



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินประสิทธิผลของระบบระบายน้ำในโครงการส่งน้ำและบำรุงพลาชชุมพล โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON

An Assessment of Drainage System Effectiveness in Plai Chum Pol

Operation and Maintenance Project using RUBICON Mathematical Model

นามผู้วิจัย นายนัทธี นุ่มมาก

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์อนุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์วีระพล แด่สมบัติ, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์วินัย เลียงเจริญสิทธิ์, D.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวัฒนา จิตตลดากร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อางคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 7 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2547

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินประสิทธิผลของระบบระบายน้ำในโครงการส่งน้ำและบำรุง
รักษาปลายชุมพล โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON

An Assessment of Drainage System Effectiveness in Plai Chum Pol
Operation and Maintenance Project using RUBICON Mathematical
Model

โดย

นายณัฏฐิ นุ่มมาก

เสนอ

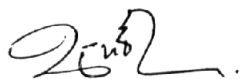
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)
พ.ศ. 2547

ISBN 974-273-873-4

บทที่ นุ่มมาก 2547: การประเมินประสิทธิผลของระบบระบายน้ำในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาหลายชุมพล โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์นุชนารถ ศรีวงศิดานนท์, Ph.D.
169 หน้า
ISBN 974-273-873-4

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาหลายชุมพลเป็นโครงการชลประทานที่มีระบบส่งน้ำ ระบบระบายน้ำตลอดจนระบบการจัดรูปที่ดิน โดยมีพื้นที่โครงการประมาณ 270,000 ไร่ เนื่องจากพื้นที่โครงการตั้งอยู่ระหว่างแม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน ดังนั้นการระบายน้ำจากพื้นที่โครงการจึงไหลลงสู่แม่น้ำทั้งสองนี้ ในช่วงฤดูน้ำหลากในแม่น้ำยมและแม่น้ำน่านจะมีระดับน้ำที่สูงกว่าระดับน้ำของคลองระบายน้ำในพื้นที่โครงการ จึงจำเป็นต้องปิดอาคารปากคลองระบายน้ำในช่วงเวลาดังกล่าว ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำออกจากพื้นที่โครงการ เป็นผลให้เกิดสภาพน้ำท่วมขังและสร้างความเสียหายให้กับพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 50,000 ไร่เป็นประจำเกือบทุกปี ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาประสิทธิผลของระบบระบายน้ำของโครงการเพื่อหามาตรการในการบรรเทาอุทกภัยของพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับความเสียหาย การศึกษาดำเนินการโดยการใช้แบบจำลอง RUBICON ซึ่งเป็นแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ที่สามารถจำลองสภาพการไหลแบบไม่คงที่กับเวลาในระบบการไหลในทางน้ำเปิด เพื่อศึกษาสภาพการไหลของคลองระบายน้ำต่างๆ สำหรับการประเมินกราฟน้ำท่าของการไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำคำนวณโดยใช้เทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ประกอบกับแบบจำลองการสูญเสียโดยวิธี SCS

การศึกษาเพื่อการประเมินประสิทธิผลของระบบระบายน้ำในกรณีที่เกิดปัญหาการท่วมขังของคลองระบายน้ำจำนวน 11 คลอง ได้พิจารณาเลือกเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีตสำหรับช่วงเวลาที่ทำการปิดอาคารปากคลองระบายน้ำ โดยได้ทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON และ แบบจำลองการสูญเสีย SCS ควบคู่กันไปเพื่อการประเมินหาพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองทั้งสอง ผลการศึกษาพบว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของ Manning สำหรับการไหลในคลองระบายน้ำมีค่าเท่ากับ 0.03 สำหรับค่า CN มีค่าเท่ากับ 84 และ Lag Time มีค่าระหว่าง 2.70 ถึง 35.40 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำค่าพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลองมาประยุกต์ใช้เพื่อการศึกษาสภาพการเกิดน้ำท่วมสำหรับพายุฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 และ 5 ปี ตลอดจนการหามาตรการในการบรรเทาอุทกภัยที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าระบบระบายน้ำในปัจจุบันของคลองระบายน้ำจำนวน 6 คลอง คือ คลองระบาย DR1-43L, DR1-30L, DR1-25L, DR1-21L, DR1-19L และ DR1-10L เกิดปัญหาการท่วมขัง ดังนั้นจึงได้เสนอมาตรการในการแก้ปัญหาคือการท่วมขังที่เกิดขึ้นเฉพาะในกรณีฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี เนื่องจากมีความเหมาะสมในด้านเศรษฐศาสตร์ โดยการติดตั้งเครื่องสูบน้ำตามตำแหน่งของอาคารปากคลองระบายน้ำดังกล่าว ด้วยขนาดของเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 3, 5, 3, 4, 3 และ 7 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ เมื่อได้ดำเนินการสูบน้ำแล้ว พบว่าสามารถแก้ปัญหาคือการเกิดน้ำท่วมสำหรับคลองระบายดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ลายมือชื่อนิสิต



ลายมือชื่อประธานกรรมการ

A ๘๕/2547

Nathee Nummark 2004: An Assessment of Drainage System Effectiveness in Plai Chum Pol Operation and Maintenance Project using RUBICON Mathematical Model. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Nuchanart Sriwongsitanon, Ph.D. 169 pages.
ISBN 974-273-873-4

The Plai Chum Pol operation and maintenance project is an irrigation project which consists of conveyance system, drainage system, and land reform system. The project area of around 270,000 rai is located between the Yom and Nan Rivers. The excess water from the project area is drained into these rivers. In the flooding period, the water level in the Yom and Nan Rivers are higher than the water level in the project's drainage canals. At that period, the regulators at the drainage outlets are then be closed. The excess water in the project area cannot be drained into the Yom and Nan Rivers. The irrigation area of approximately 50,000 rai was therefore flooded almost every year. An assessment of drainage system effectiveness was therefore carried out to identify a suitable flood mitigation measure to solve flooding problem. An investigation was carried out using the RUBICON model - a hydrodynamic model that can be used to simulate an unsteady flow situation in an open channel system - to simulate flow characteristics of the drainage canals. Flow hydrograph estimation for each drainage canal was carried out using the Unit Hydrograph technique together with the SCS loss model.

An assessment of drainage system effectiveness for 11 drainage canals, that facing the flooding problem, was undertaken using the historical flooding data for the period of the regulators at the drainage outlets were closed. RUBICON and SCS models were calibrated and verified at the same time to evaluate control parameters of each model. The result of the study showed that the Manning's n roughness coefficient for each drainage canal was 0.03, the CN was 84, and the Lag Time was between 2.70 and 35.40 hours. These control parameters were then applied to evaluate flooding characteristics using design rainfall for the return periods of 2 and 5 years and flood mitigation measure was investigated. The study showed that there were 6 drainage canals - DR1-43L, DR1-30L, DR1-25L, DR1-21L, DR1-19L and DR1-10L - facing flooding problem. Only mitigation measure for the return period of 2 years was suggested according to economic feasible. Pumping stations should be installed at the outlet of those drainage canals with the capacity of 3, 5, 3, 4, 3 and 7 m³/s, respectively. Once this measure was applied, flooding problem of the project area was effectively solved.

N. Nummark.

Student's signature

N. Sriwongsitanon 4/06/2004

Thesis Advisor's signature

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นุชนารถ ศรีวงคิตานนท์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วีระพล แต่สมบัติ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย เลียงเจริญสิทธิ์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิธิษฐ วุฒิบัญชร อาจารย์ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ขอขอบคุณนางวริยา สจิริวัฒนากุล ที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือวิธีการใช้โปรแกรมในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาตงเศรษฐี กรมชลประทาน ที่ให้การช่วยเหลืออำนวยความสะดวก ตลอดจนเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำทุกท่าน ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการศึกษาและจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้ ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดในชีวิตของข้าพเจ้าคือ นายแหว นุ่มมาก (คุณพ่อ) นางปาน นุ่มมาก (คุณแม่) ผู้ให้กำเนิด ให้ความรัก ความเอาใจใส่ในการเลี้ยงดูเป็นอย่างดี และคุณศรีัญญา นุ่มมาก (ภรรยา) ที่ให้กำลังใจและความรักมาตลอดเวลา

นัทธี นุ่มมาก
มิถุนายน 2547

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	4
พื้นที่ศึกษา	4
ลักษณะทั่วไป	7
หลักการระบายน้ำ	9
การเคลื่อนที่ของน้ำท่า	9
หลักการในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง	10
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
การวิเคราะห์ความถี่ปริมาณน้ำหลากสูงสุด	15
แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา	15
อุปกรณ์และวิธีการ	37
อุปกรณ์	37
วิธีการ	37
การรวบรวมข้อมูล	37
การวิเคราะห์ข้อมูลฝน	49
การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง	51
การประเมินปริมาณการไหลเข้าด้านข้างของฝนออกแบบโดยวิธี SCS	56
การวิเคราะห์ตัวแปรทางสถิติแสดงความเข้ากันได้ดีของกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากการบันทึกข้อมูล	57
ผลและวิจารณ์	59
ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON	59
วิเคราะห์ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON โดยตัวแปรทางสถิติ	72
ผลการประเมินประสิทธิผลระบบระบายน้ำด้วยฝนออกแบบ	74

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แนวทางการแก้ไขในการบรรเทาอุทกภัย	90
สรุปและข้อเสนอแนะ	99
สรุป	99
ข้อเสนอแนะ	100
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	102
ภาคผนวก	104
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการคำนวณหากราฟน้ำท่าผิวดินโดยวิธี SCS ด้วย โปรแกรม Microsoft Excel	105
ภาคผนวก ข การจำแนกกลุ่มดินของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาหลายชุมพล	112
ภาคผนวก ค แพคเตอร์รีเอสเซนของพื้นที่รับน้ำฝนย่อย และผลการวิเคราะห์ ปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ถึง 3 วัน	115
ภาคผนวก ง กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี	128
ภาคผนวก จ การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มี เครื่องสูบน้ำ	163

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชนิดของดิน	19
2	ลักษณะการใช้ดิน (Land Use)	19
3	ค่า CN สำหรับพื้นที่ที่มีชนิดดินและการใช้ดินประเภทต่าง ๆ ตาม มาตรฐานที่พัฒนาโดย U.S. Department of Agriculture (1972)	20
4	เกณฑ์การแบ่งชนิดของ AMC	22
5	พื้นที่รับน้ำฝน รหัสพื้นที่รับน้ำ และระดับตลิ่งของคลองระบายน้ำ ในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพล	38
6	ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่น้ำย่อยสำหรับวิเคราะห์ปริมาณ การไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำ	41
7	ตำแหน่งที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา	46
8	อัตราส่วนกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำในรูปไม่มีหน่วยสำหรับลุ่มน้ำยมและน่าน	50
9	แสดงรายชื่อคลองระบายน้ำสายหลักและช่วงเวลาเหตุการณ์ที่ทำการ สอบเทียบ	52
10	ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ถึง 3 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา	56
11	ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของการสอบเทียบแบบจำลอง RUBICON	73
12	ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON	73
13	ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่จุดพิจารณาที่อาคารปากคลองระบายน้ำต่าง ๆ	74

ตารางผนวกที่

ก1	การคำนวณกราฟ Unit Hydrograph	107
ก2	การคำนวณหาปริมาณฝนสะสม	108
ก3	การคำนวณหากราฟน้ำฝนส่วนเกิน	109
ก4	การคำนวณหากราฟน้ำท่าผิวดิน	110
ค1	แฟกเตอร์รีเอสเซนของพื้นที่รับน้ำฝนย่อยที่ต้องประเมินปริมาณการไหลเข้า สู่คลองระบายน้ำ	116
ค2	ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ถึง 3 วัน ของพื้นที่รับน้ำย่อยที่ศึกษา	119

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ที่ตั้งของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล	5
2	พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล	6
3	ประเภทจัดรูปที่ดินในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล	8
4	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าตามทฤษฎีของ SCS	17
5	ปริมาตรสะสมระหว่าง P กับ Pe	18
6	แสดงโค้งมาตรฐานของ CN ที่สร้างขึ้นโดย SCS	18
7	ช่วงคลองและบัพ	27
8	ชนิดความแตกต่างกันของเงื่อนไขขอบ	29
9	ชนิดความแตกต่างกันของการบรรจบกัน	30
10	นิยามพารามิเตอร์ของหน้าตัดขวาง	31
11	บัพและตำแหน่งกริด	32
12	ตัวอย่างการไหลทางข้าง	33
13	ตัวอย่างของโครงการสร้างมาตรฐาน	34
14	การแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล	39
15	แผนภูมิระบายน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล	40
16	การหาสัดส่วนการถ่วงน้ำหนักโดยวิธีรูปเหลี่ยมอีเอสเสน	45
17	เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฝนสูงสุด 1 วัน ของจังหวัดพิษณุโลก	46
18	การแบ่งกลุ่มดินตามหน่วยแผนที่ของกรมพัฒนาที่ดินในโครงการ	48
19	แผนภูมิแสดงโครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลองระบายน้ำต่าง ๆ	53
20	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-59L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 23 - 30 พฤศจิกายน 2543	62
21	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-49L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 14 กันยายน - 11 ตุลาคม 2543	62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-43L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำท่าระหว่างวันที่ 18 กันยายน - 7 ตุลาคม 2543	63
23	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-30L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำท่าระหว่างวันที่ 19 กันยายน - 18 ตุลาคม 2543	63
24	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-25L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำท่าระหว่างวันที่ 13 กันยายน - 22 ตุลาคม 2543	64
25	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-25L ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำท่าระหว่างวันที่ 13 สิงหาคม - 5 ตุลาคม 2544	64
26	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-21L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำท่าระหว่างวันที่ 13 กันยายน - 22 ตุลาคม 2543	67
27	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-19L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำท่าระหว่างวันที่ 1 - 30 กันยายน 2543	67
28	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-19L ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำท่าระหว่างวันที่ 13 สิงหาคม - 5 ตุลาคม 2544	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
29	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-10L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 21 กันยายน - 23 ตุลาคม 2543	68
30	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-10L ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 23 สิงหาคม - 15 ตุลาคม 2544	69
31	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR-15.8 ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 14 - 19 กันยายน 2543	69
32	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR-2.8 ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 14 - 19 กันยายน 2543	71
33	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR2-13.8L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 16 กันยายน - 18 ตุลาคม 2543	71
34	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR2-13.8L ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 2 กันยายน - 13 ตุลาคม 2544	72
35	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-59L ที่รอบ การเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี	76
36	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-49L ที่รอบ การเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี	77

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
37	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-43L ที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี	78
38	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-30L ที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี	79
39	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-25L ที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี	81
40	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-21L ที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี	82
41	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-19L ที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี	83
42	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-10L ที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี	85
43	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR15.8 ที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี	86
44	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR2.8 ที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี	87
45	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR2-13.8L ที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี	89
46	แนวทางการแก้ไขบรรเทาอุทกภัยที่เสนอแนะตั้งสถานีสูบน้ำ	91
47	ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-43L กรณีแก้ไขบรรเทาอุทกภัย	92
48	ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-30L กรณีแก้ไขบรรเทาอุทกภัย	94
49	ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-25L กรณีแก้ไขบรรเทาอุทกภัย	95
50	ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-21L กรณีแก้ไขบรรเทาอุทกภัย	96
51	ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-19L กรณีแก้ไขบรรเทาอุทกภัย	97

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
52	ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-10L กรณีแก้ไขบรรเทาอุทกภัย	98
ภาพผนวกที่		
ก1	การสร้างตารางการคำนวณปริมาณการสูญเสียของฝนโดยวิธี SCS	106
ก2	กราฟน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้โดยวิธี SCS	111
ง1	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A59L/1	129
ง2	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A59L/2	129
ง3	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A59L/3	130
ง4	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A59L/4	130
ง5	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A59L/5	131
ง6	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A49L/1	131
ง7	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A49L/2	132
ง8	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A49L/3	132
ง9	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A49L/4	133
ง10	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A49L/5	133
ง11	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A49L/6	134

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง68	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A13.8L/3	162
จ1	การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มีเครื่อง สูบน้ำ ณ เวลาเริ่มต้น ของคลอง DR1-43L	164
จ2	การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มีเครื่อง สูบน้ำ ณ เวลาเริ่มต้น ของคลอง DR1-30L	165
จ3	การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มีเครื่อง สูบน้ำ ณ เวลาเริ่มต้น ของคลอง DR1-25L	166
จ4	การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มีเครื่อง สูบน้ำ ณ เวลาเริ่มต้น ของคลอง DR1-21L	167
จ5	การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มีเครื่อง สูบน้ำ ณ เวลาเริ่มต้น ของคลอง DR1-19L	168
จ6	การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มีเครื่อง สูบน้ำ ณ เวลาเริ่มต้น ของคลอง DR1-10L	169

การประเมินประสิทธิผลของระบบระบายน้ำในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา พลายชุมพล โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON

An Assessment of Drainage System Effectiveness in Plai Chum Pol Operation and Maintenance Project using RUBICON Mathematical Model

คำนำ

โครงการส่งน้ำและบำรุงพลายชุมพล เป็นโครงการหนึ่งที่เกิดขึ้นมาจากโครงการพัฒนาเกษตรชลประทานพิษณุโลกระยะแรก โดยพื้นที่โครงการประกอบไปด้วย งานระบบส่งน้ำ งานระบบระบายน้ำ คันกั้นน้ำบรรเทาอุทกภัย และงานพัฒนาในแปลงไร่นา พื้นที่โครงการทั้งหมดมี 270,000 ไร่ เป็นพื้นที่ชลประทาน 218,000 ไร่ แหล่งน้ำต้นทุนที่ได้คือการชักน้ำจากแม่น้ำน่านสู่คลองสายใหญ่ โดยมีเขื่อนทดน้ำนเรศวรเป็นตัวกั้นระดับน้ำ

การระบายน้ำของโครงการเป็นการระบายน้ำสู่คลองธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ และมีแม่น้ำยมกับแม่น้ำน่านเป็นคลองระบายสายประธานในการรองรับน้ำจากคลองระบายสาขาในพื้นที่โครงการ สภาพการระบายน้ำในพื้นที่เป็นการระบายน้ำผิวดิน โดยเป็นการระบายน้ำที่เหลือจากการเกษตรและน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่ ในช่วงฤดูฝนระดับน้ำของแม่น้ำยมและแม่น้ำน่านจะสูงกว่าระดับในคลองระบาย ทำให้การระบายน้ำของพื้นที่มีปัญหาถ้ามีพายุฝนตกในพื้นที่ก็จะเกิดน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน ต้องรอให้ระดับน้ำในแม่น้ำยมและแม่น้ำน่านลดต่ำกว่าระดับคลองระบายจึงจะเปิดประตูระบายน้ำได้ ซึ่งสภาพการเกิดจะเป็นอย่างนี้เกือบทุกปี ความเสียหายจะเกิดกับพื้นที่การเกษตรโดยประมาณ 50,000 ไร่ ช่วงเวลาที่น้ำท่วมขังจะเกิดขึ้นประมาณเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม ทำให้เสียโอกาสทำการเพาะปลูกไม่ได้ในช่วงเวลานั้น และประชาชนเดือดร้อนเป็นอย่างมาก มีความเสียหายทั้งในด้านเศรษฐกิจและด้านสังคม ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิผลของระบบระบายน้ำในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพลเพื่อหามาตรการในการแก้ไขปัญหาการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่โครงการต่อไป

ในการศึกษาประสิทธิผลของระบบระบายน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพล ได้นำแบบจำลอง RUBICON มาจำลองสภาพการระบายน้ำของพื้นที่โครงการให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงสำหรับเหตุการณ์ในอดีต เพื่อให้ได้แบบจำลองที่ผ่านการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองแล้วมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนแก้ไขระบบระบายน้ำในอนาคตตลอดจนการหามาตรการในการแก้ปัญหาคาระบายน้ำในเขตพื้นที่โครงการ ในการพิจารณาเลือกแบบจำลอง RUBICON มาเป็นเครื่องมือในการศึกษาถึงประสิทธิผลของระบบระบายน้ำใน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา

พลาซมุด เนื่องจากแบบจำลอง RUBICON เป็นแบบจำลองทางด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic) ที่สามารถจำลองการไหลแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Unsteady Flow) ในทางน้ำเปิดรวมถึงในกรณีที่มีผลกระทบของอาคารชลศาสตร์ต่อระบบทางน้ำ นอกจากนี้แล้วแบบจำลอง RUBICON ยังมีความสามารถในการทำนายสภาพการไหลของน้ำในอนาคตตามคาบความถี่ของการเกิดน้ำท่วมที่ออกแบบ ตลอดจนในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางกายภาพที่ควบคุมการไหลของทางน้ำ เพื่ออำนวยความสะดวกในการออกแบบการปรับปรุงระบบระบายน้ำให้เหมาะสมกับสภาพการเกิดอุทกภัยในพื้นที่โครงการ ดังนั้นแบบจำลอง RUBICON จึงมีความเหมาะสมในการที่จะศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำในโครงการได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาซมุดในปัจจุบัน ด้วยแบบจำลอง RUBICON
2. ตรวจสอบความสามารถการระบายน้ำในสภาพการเกิดน้ำหลากของพื้นที่เพาะปลูกสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ
3. เสนอแนะมาตรการในการบรรเทาอุทกภัยของพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาซมุดในการเกิดน้ำหลาก สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

ขอบเขตการศึกษา

1. รวบรวมและทบทวนผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาซมุด จากกรมชลประทาน
2. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาซมุดและบริเวณใกล้เคียง จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง คือ กรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา
3. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำหลากในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาซมุด จากกรมชลประทาน ข้อมูลที่ต้องทำการรวบรวม และวิเคราะห์ ได้แก่ ข้อมูลระดับน้ำที่ทำการบันทึกที่ประตูระบายน้ำต่าง ๆ

4. รวบรวมข้อมูลรูปตัดตามยาวและรูปตัดตามขวางของคลองระบายน้ำต่าง ๆ ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล ตลอดจนลักษณะเฉพาะทางเรขาคณิตของอาคารชลศาสตร์ต่างๆ ตามแนวคลองระบายน้ำ
5. ประยุกต์ใช้แบบจำลอง RUBICON เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพระบบระบายน้ำ และอาคารชลศาสตร์ที่มีผลกระทบการระบายน้ำในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล
6. วิเคราะห์ฝนออกแบบและกราฟน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ เพื่อมาประยุกต์ใช้แบบจำลอง RUBICON ในการศึกษาสภาพการท่วมของน้ำสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ
7. เสนอมาตรการการแก้ไขปัญหาน้ำท่วม สำหรับเหตุการณ์น้ำหลากในรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

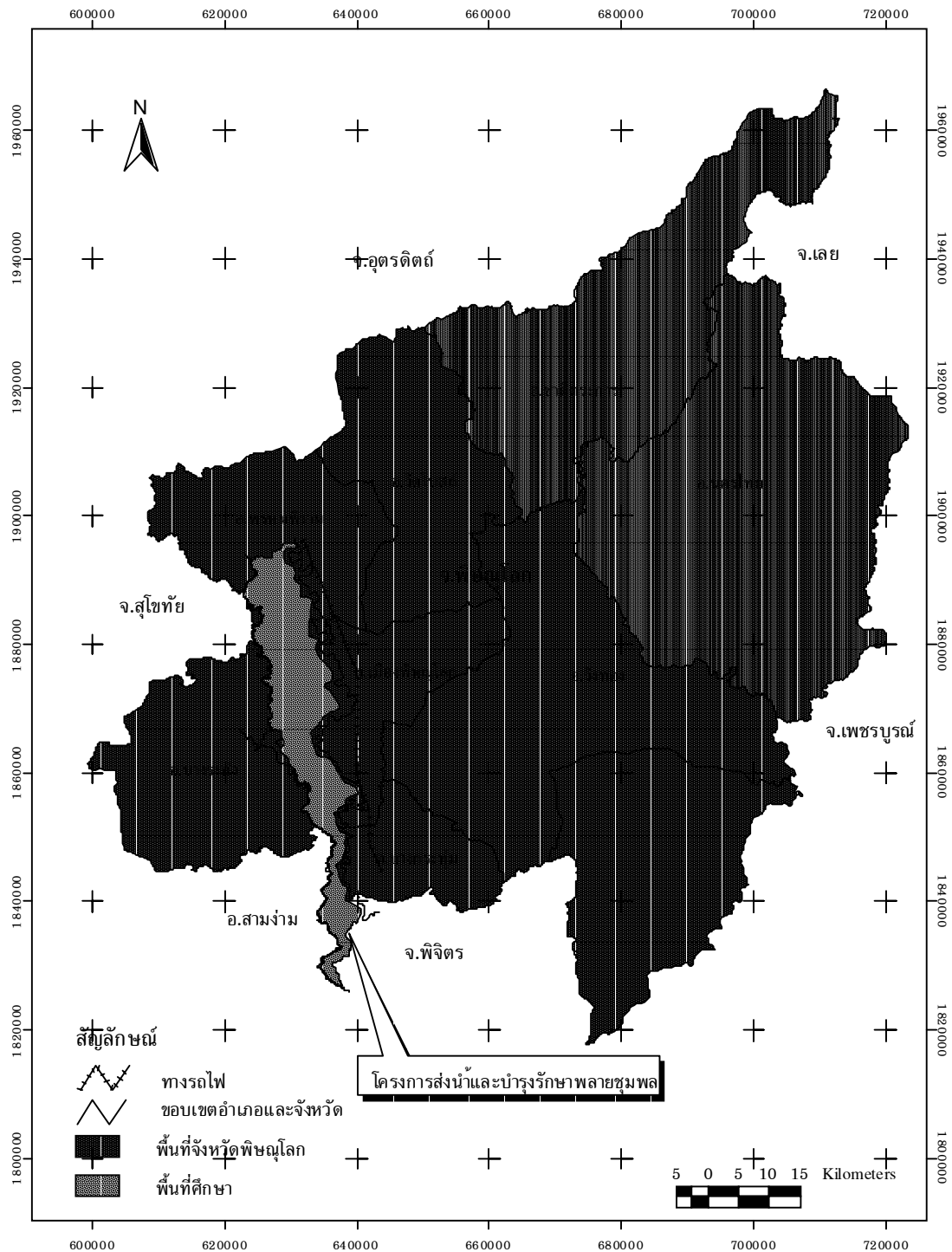
การตรวจเอกสาร

1. พื้นที่ศึกษา

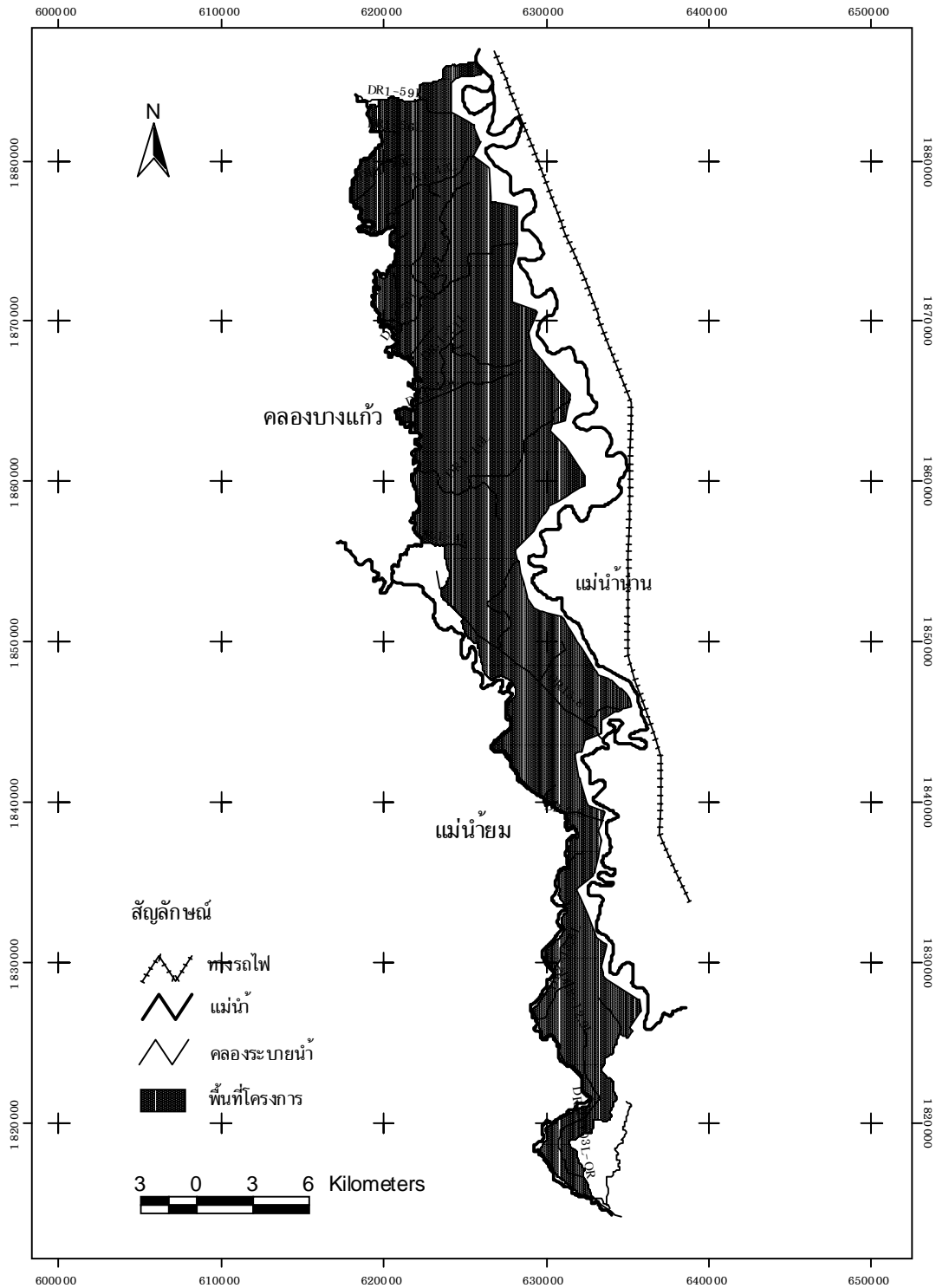
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล มีพื้นที่โครงการทั้งสิ้น 270,000 ไร่ เป็นพื้นที่ชลประทาน 218,000 ไร่ ตั้งอยู่ในเขตบางส่วนของ อ.พรหมพิราม อ.เมือง อ.บางระกำ และ อ.บางกระทุ่ม ใน จ.พิษณุโลก รวมทั้งพื้นที่บางส่วนของ อ.เมือง อ.สามง่าม ใน จ.พิจิตร ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยพื้นที่โครงการเป็นพื้นที่ราบลุ่มอยู่ระหว่างแม่น้ำน่านกับคลองบางแก้ว และแม่น้ำยม โดยรายละเอียดของพื้นที่โครงการและคลองระบายน้ำต่างๆ แสดงในภาพที่ 2 สำหรับระบบชลประทานในเขตโครงการที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

1.1 ระบบส่งน้ำ ประกอบด้วยคลองส่งน้ำสายใหญ่ สายซอยและสายแยกชอก รวมความยาวประมาณ 303 กม. พร้อมอาคารในระบบทั้งสิ้นประมาณ 870 แห่ง เป็นงานที่ก่อสร้างขึ้นใหม่สามารถแพร่กระจายน้ำได้อย่างทั่วถึงโดยตลอดแนวคลองส่งน้ำจะมีถนนทางลำเลียงผลผลิตควบคู่ไปกับคลองส่งน้ำโดยตลอดทุกสาย คลองส่งน้ำทุกสายเป็นคลองลอยที่มีระดับสูงกว่าผิวดินธรรมชาติใช้ระบบส่งน้ำแบบแรงโน้มถ่วงของโลกจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ

1.2 ระบบระบายน้ำและบรรเทาอุทกภัย ประกอบด้วยคลองระบายน้ำ 30 สาย รวมความยาวประมาณ 176 กม.พร้อมอาคารในระบบทั้งสิ้นประมาณ 140 แห่ง ลักษณะระบบระบายจะใช้คลองธรรมชาติ ดำเนินการขุดลอกและขยายลำน้ำธรรมชาติให้มีขนาดใหญ่ขึ้นพร้อมทั้งขุดคลองขึ้นใหม่ตามความเหมาะสม ซึ่งคลองระบายน้ำทั้ง 30 สาย จะมีการระบายน้ำไปลงคลองวังมะขาม คลองเมฆ คลองบางแก้ว และแม่น้ำยม ตามลำดับ ซึ่งอยู่นอกเขตโครงการและเปรียบเสมือนเป็นคลองระบายน้ำสายประธานของโครงการ ปากคลองระบายน้ำที่มีอาคารควบคุมไหลลงสู่คลองระบายสายประธานหลักมีจำนวน 16 สาย ส่วนงานบรรเทาอุทกภัยของโครงการประกอบด้วยคันกันน้ำ จำนวน 2 สาย ที่เชื่อมต่อกับรวมความยาวประมาณ 120 กม. พร้อมอาคารประกอบในระบบ จำนวน 40 แห่ง โดยคันกันน้ำดังกล่าวจะกันริมตลิ่งฝั่งซ้ายของคลองระบายน้ำสายประธานของโครงการตลอดแนวพื้นที่โครงการเพื่อป้องกันน้ำไหลล้นตลิ่งจากคลองระบายสายประธานคือคลองวังมะขาม คลองเมฆ คลองบางแก้ว และแม่น้ำยม ในช่วงน้ำหลากของฤดูฝน



ภาพที่ 1 ที่ตั้งของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล
 ที่มา: โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล กรมชลประทาน



ภาพที่ 2 พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาผลไม้มูล
 ที่มา: โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาผลไม้มูล กรมชลประทาน

1.3 งานพัฒนาในแปลงไร่นา เพื่อให้สามารถส่งน้ำไปถึงแปลงเพาะปลูกของเกษตรกรแต่ละรายได้ทุกแปลงและสามารถระบายน้ำจากแปลงเพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพในเวลาที่ไม่ต้องการน้ำ จึงได้ดำเนินการเฉพาะในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมโดยแบ่งการจัดรูปที่ดินออกเป็น 3 ประเภท ในเขตพื้นที่โครงการแสดงในภาพที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ประเภท ก. เป็นงานพัฒนาในแปลงไร่นาแบบสมบูรณ์โดยมีการปรับระดับพื้นที่ดินในแปลงนา เพื่อให้สะดวกในส่งน้ำและระบายน้ำ โดยมีการก่อสร้างคูส่งน้ำและระบายน้ำตลอดถนนเพื่อหลีกเลี่ยงผลผลิต และมีจัดรูปแปลงที่ดินใหม่โดยในเขตโครงการมีการจัดรูปที่ดินลักษณะนี้ประมาณ 52,000 ไร่

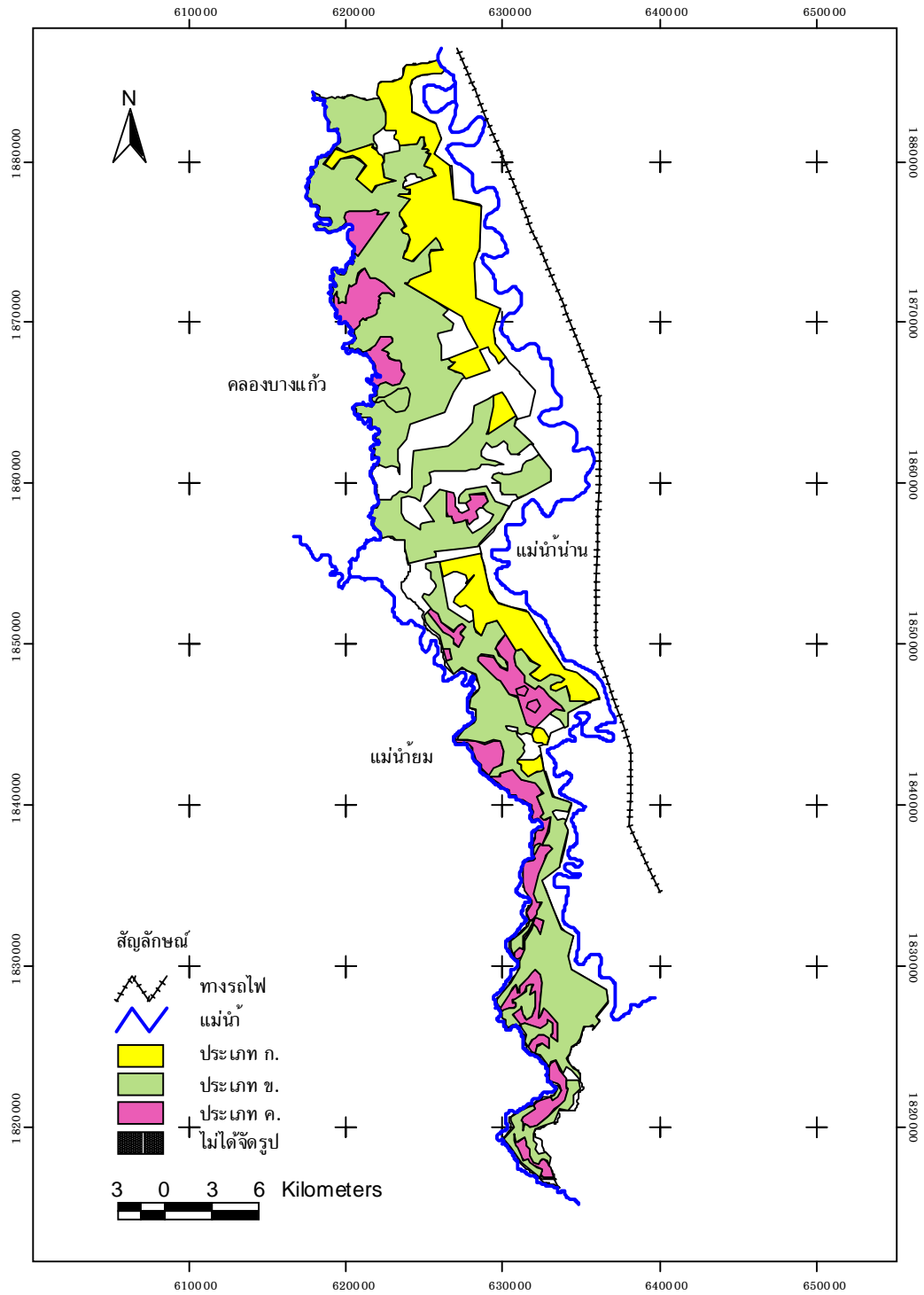
ประเภท ข. เป็นงานพัฒนาแปลงไร่นาแบบไม่มีการจัดรูปแปลงใหม่ หรือพัฒนาบางส่วนซึ่งมักเป็นพื้นที่ทำนาดำหรือนาหว่านโดยจะทำการพัฒนารองมาจากประเภท ก. มีการปรับระดับพื้นที่น้อยกว่าก่อสร้างคูส่งน้ำ ระบายน้ำ และถนนเพื่อหลีกเลี่ยงผลผลิตลัดเลาะไปตามขอบแปลงกรรมสิทธิ์ที่เกษตรกรถือครอง ในเขตโครงการมีการจัดรูปที่ดินในลักษณะนี้ประมาณ 109,100 ไร่

ประเภท ค. เป็นงานพัฒนาแปลงไร่นาทั่วไป ไม่มีการจัดรูปแปลงใหม่ การจัดรูปประเภทนี้จะกระทำในพื้นที่ดินที่เป็นที่ลุ่มต่ำ เป็นพื้นที่ที่ทำนาหว่านมีน้ำท่วมในฤดูฝน ก่อสร้างคูส่งน้ำ ระบายน้ำตลอดจนถนนในแปลงนาตามความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ ซึ่งอาจไม่ลัดเลาะไปตามแนวเขตแปลงกรรมสิทธิ์ที่ถือครอง ในเขตโครงการมีการจัดรูปที่ดินลักษณะนี้ประมาณ 40,800 ไร่

2. ลักษณะทั่วไป

2.1 สภาพภูมิประเทศ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล ตั้งอยู่ในจังหวัดพิษณุโลกที่อยู่ทางเหนือของประเทศไทย ห่างจากกรุงเทพมหานคร 377 กม. สภาพพื้นที่ของโครงการเป็นที่ราบลุ่มอยู่ระหว่างแม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน มีคลองส่งน้ำสายใหญ่รับน้ำจากแม่น้ำน่านที่มีเขื่อนนเรศวรเป็นเขื่อนทดน้ำตั้งอยู่ในเขตอำเภอพรหมพิราม



ภาพที่ 3 ประเภทจัดรูปที่ดินในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล
 ที่มา: โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล กรมชลประทาน

2.2 สภาพภูมิอากาศ

พื้นที่โครงการตั้งอยู่ในจังหวัดพิษณุโลก ดังนั้นจึงได้นำข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งทำการตรวจวัดไว้สำหรับจังหวัดพิษณุโลกมาพิจารณาเป็นตัวแทนของลักษณะภูมิอากาศโดยสรุป สภาพภูมิอากาศได้ดังนี้ ในช่วงระหว่างปี 2540 ถึง 2544 อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีมีค่าอยู่ที่ 27.8 องศาเซลเซียส ถึง 29.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดจะอยู่ระหว่าง 39.3 องศาเซลเซียส ถึง 41.5 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิต่ำสุดวัดได้ 8.9 องศาเซลเซียส ถึง 15.4 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนของจังหวัดพิษณุโลก จะอยู่ในช่วง 965.4 มิลลิเมตร ถึง 1,656.9 มิลลิเมตร

3. หลักการระบายน้ำ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพลมีระบบระบายน้ำเป็นประเภทน้ำผิวดิน ซึ่งหลักการระบายน้ำประเภทนี้อธิบายได้ 2 ลักษณะดังนี้ (สิทธิพร, 2534)

1. ระบายน้ำที่ซึ่งอยู่ในพื้นที่ออกไปจากพื้นที่โดยการรวบรวมน้ำ และระบายออกไป
2. ระบายน้ำโดยผันน้ำที่ไหลมาจากนอกพื้นที่ไม่ให้เข้ามาในพื้นที่โดยสร้างทางระบายน้ำสกัดกั้นแล้วผันน้ำออกไปจากพื้นที่

ระบบระบายน้ำผิวดินแบ่งออกตามหน้าที่ได้ 3 ส่วนคือ

1. ระบบรวบรวมน้ำ ที่เป็นร่องระบาย คูระบาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบจะทำหน้าที่ส่วนแรกรวบรวมน้ำจากแปลงเพาะปลูกภายในพื้นที่โดยตรง
2. ระบบลำเลียงน้ำ ปกติจะเป็นคลองระบายน้ำ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบจะทำหน้าที่ลำเลียงน้ำจากระบบรวบรวมน้ำ ระบายออกไปสู่ที่ทิ้งน้ำ
3. ที่ทิ้งน้ำ จะทำหน้าที่เป็นจุดสุดท้ายของระบายในการกำจัดน้ำออกไปจากพื้นที่

4. การเคลื่อนที่ของน้ำท่า

การเคลื่อนที่ของน้ำท่า (Flow Routing) เป็นวิธีการในการคำนวณหาขนาดและเวลาของกราฟน้ำท่า ณ จุดใด ๆ บนทางน้ำจากกราฟน้ำท่าที่ทราบค่า หรือที่สมมุติขึ้น ณ จุดใดจุดหนึ่งทาง

ด้านเหนือน้ำในกรณีน้ำท่าหมายถึงน้ำหลาก แล้ววิธีการดังกล่าวจะเรียกการเคลื่อนที่ของน้ำหลาก (Flood Routing) ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของน้ำท่าสามารถทำได้ 2 วิธีใหญ่ๆ คือ วิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบลัมพ์ (Lumped System Routing) และวิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบกระจาย (Distributed System Routing) มีรายละเอียดดังนี้ (นุชนารถ, 2545)

4.1 การเคลื่อนที่ของระบบแบบลัมพ์ หมายถึงการเคลื่อนที่ทางอุทกวิทยา (Hydrologic Routing) น้ำท่าจะถูกคำนวณให้เป็นฟังก์ชันของเวลาอย่างเดียว ณ จุดที่พิจารณา

4.2 การเคลื่อนที่ของระบบแบบกระจาย หมายถึงการเคลื่อนที่ทางชลศาสตร์ (Hydraulic Routing) น้ำท่าจะถูกคำนวณให้เป็นฟังก์ชันของเวลา (Time) และสถานที่ (Space)

5. หลักการในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ในสภาพความเป็นจริงไม่มีแบบจำลองใดที่สามารถเลียนแบบการตอบสนองของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีต่อพายุฝนได้ถูกต้องสมบูรณ์แบบใด ซึ่งโดยทั่วไปแบบจำลองมีความสามารถเพียงเลียนแบบขบวนการที่มีความสำคัญในการตอบสนองของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีต่อพายุฝนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์เท่านั้น ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองมีความจำเป็นที่ต้องพิจารณาไม่เฉพาะแบบจำลองเพียงอย่างเดียว แต่จะต้องพิจารณาถึงความสมเหตุสมผลในการประยุกต์ใช้แบบจำลองและผลที่ต้องการได้รับ ดังนั้นควรคำนึงถึงขั้นตอนการใช้งานแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ (นุชนารถ, 2545)

5.1 การกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง (Definition of Goals and Objectives) ในขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดเป้าหมายพื้นฐานของงานที่ต้องทำและข้อมูลที่ต้องการจากการวิเคราะห์หรือการออกแบบงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยรวมถึงการกำหนดข้อจำกัดต่างๆ ของงานที่ต้องทำ

5.2 การรวบรวมและตรวจสอบข้อมูล (Collation of Data) สำหรับในขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวม ตรวจสอบ และวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้เกิดความมั่นใจในความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับแบบจำลองที่ถูกเลือก ในกรณีที่ข้อมูลที่ต้องการไม่เพียงพอที่จะทำให้บรรลุถึงเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของงานที่ต้องการแล้ว มีความจำเป็นที่จะต้องย้อนกลับไปขั้นตอนก่อนหน้าและปรับเปลี่ยนข้อจำกัดในการศึกษา

5.3 การเลือกแบบจำลองและซอฟต์แวร์ (Selection of Models and Softwares) เมื่อได้มีการกำหนดเป้าหมายของงานที่ทำแล้ว ในขั้นตอนนี้จะเป็นการตัดสินใจเลือกแบบจำลองทางอุทกวิทยาและชลศาสตร์ (Hydrologic and Hydraulic Model) ที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ รวมทั้งซอฟต์แวร์หรือวิธีการในการคำนวณอื่นๆ ซึ่งจะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการใช้งานแบบจำลอง

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองนั้นจำเป็นต้องทำความเข้าใจอย่างชัดเจนต่อวัตถุประสงค์ของงาน และเลือกแบบจำลองให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยไม่เหมาะสมที่จะปรับเปลี่ยนวัตถุประสงค์ของงานเพื่อให้เข้าได้กับแบบจำลองที่เลือกไว้ ในกรณีที่ซอฟต์แวร์ที่ต้องการสำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลองไม่มีแล้วก็เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องปรับเปลี่ยนวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง หรือไม่เช่นนั้นก็ต้องพัฒนาซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมขึ้นมาใช้งานเอง

5.4 การสอบเทียบ การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง และการใช้งานแบบจำลอง (Model Calibration, Model Validation, and Models Use) สำหรับในขั้นตอนนี้ผู้ใช้งานแบบจำลองอาจจะประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ หรือการคำนวณด้วยมือ โดยสรุปแล้วขั้นตอนต่อไปนี้จะถูกนำมาใช้ในการประเมินพารามิเตอร์ของแบบจำลองดังนี้

1. การเตรียมความพร้อมของแบบจำลอง เช่น การใส่ข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง
2. การสอบเทียบแบบจำลอง
3. การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง
4. ผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้รับจากแบบจำลอง

5.5 การแปลความหมายของผลลัพธ์จากแบบจำลองและซอฟต์แวร์ (Interpretation of Model and Software Results) ขั้นตอนสุดท้ายในการใช้งานแบบจำลองคือการวิเคราะห์และการแปลความหมายของข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้แน่ใจว่าได้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนแรก ซึ่งในขั้นตอนสุดท้ายขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้งานแบบจำลองที่จะสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้มาประยุกต์ใช้กับปัญหาของงานที่เกิดขึ้น ตลอดจนทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ต่างๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในการประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall Runoff)

วงศ์สถิตย์ (2545) ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำมูลด้วยแบบจำลอง HEC-HMS ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนามาจากแบบจำลอง HEC-1 ข้อมูลที่แบบจำลองต้องการได้แก่ ข้อมูลฝนรายวัน น้ำท่ารายวัน และลักษณะลุ่มน้ำ โดยการประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำมูลนั้นได้เลือกแบบจำลองการสูญเสียน้ำท่าโดยวิธี SCS โดยนำมาประยุกต์กับกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย เพื่อประเมินปริมาณการไหลน้ำท่าผิวดิน แบบจำลองการไหลพื้นฐานใช้วิธี Exponential Recession และแบบจำลองการไหลในลำน้ำใช้วิธี Muskingum ผลการศึกษาพบว่า กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองใกล้เคียงกับที่ได้จากการตรวจวัด แต่มีบางสถานีและบางช่วงปีที่ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงมาก ทั้งนี้เนื่องจากการกระจายของสถานีวัดน้ำฝนที่ไม่ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำ จึงทำให้ปริมาณฝนเฉลี่ยที่ใช้เป็นตัวแทนที่ไม่ดีของลุ่มน้ำ เช่น ในบางลุ่มน้ำย่อยใช้ข้อมูลฝนเพียงสถานีเดียวเป็นค่าเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำย่อย

ณัฐ (2542) ได้ทำการวิเคราะห์หมายเลขโค้งน้ำท่า(Curve Number; CN) ในวิธี SCS ของอำเภอต่างๆในประเทศไทย เพื่อนำมาใช้ประกอบการประเมินปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากน้ำฝน โดยการวิเคราะห์การสูญเสียปริมาณน้ำฝนโดยวิธี SCS (Soil Conservation Service) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าต้องอาศัยข้อมูลน้ำฝนและสภาพพื้นที่รับน้ำ ได้แก่ ชนิดของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และความชื้นของดิน เพื่อจะหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณ น้ำท่าในรูปกราฟหมายเลขโค้งน้ำท่า โดยในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ค่าหมายเลขโค้งน้ำท่าและกราฟหมายเลขโค้งน้ำท่าสำหรับ 810 อำเภอ ใน 75 จังหวัด ทั้งนี้ยกเว้นกรุงเทพมหานครเนื่องจากไม่มีข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยระดับอำเภอมีค่าอยู่ระหว่าง 40 ถึง 92 ระดับจังหวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 49 ถึง 90 และระดับภาคมีค่าอยู่ระหว่าง 58 ถึง 72

นิวติชัย (2539) ได้ทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบทางอุทกวิทยาของอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กโดยวิธี SCS สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยได้ทำการศึกษาค่าเฉลี่ย Runoff Curve Number (CN) ของลุ่มน้ำ โดยได้นำข้อมูลการไหลโดยตรงสะสมพล็อตกับปริมาณฝนสะสมของช่วงที่เกิดน้ำนองสูงสุดในแต่ละรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ จากนั้นทำการคำนวณเส้นโค้งเฉลี่ยโดยนำไปเทียบค่า CN จากโค้งมาตรฐาน CN ที่สร้างขึ้นโดยวิธี SCS ผลการศึกษาบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำชีค่า CN มีค่าอยู่ระหว่าง 73-77 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำมูลค่า CN มีค่าอยู่ระหว่าง 70-74 และบริเวณลุ่มน้ำโขงค่า CN มีค่าอยู่ระหว่าง 80-81

วีระชัย (2530) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 7 สถานี ภายในลุ่มน้ำป่าสัก โดยใช้การกำหนดค่าคงที่ 14 ชนิด ของแบบจำลอง TANK ลุ่มน้ำมีพื้นที่ไม่เกิน 1,000 ตร.กม. สรุปได้ว่าแบบจำลอง TANK สามารถคำนวณปริมาณน้ำท่า

จากสถิติน้ำฝนได้ผลดี ข้อมูลน้ำท่าจากการวัดและปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณมีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์ แต่เนื่องจากแบบจำลอง TANK ถูกพัฒนาขึ้น ในประเทศญี่ปุ่น และลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำของประเทศญี่ปุ่นชุ่มชื้นตลอดทั้งปี ดังนั้นแบบจำลองนี้ จึงสามารถใช้ได้ดีสำหรับพื้นที่ชุ่มชื้นตลอดปีเท่านั้น สำหรับพื้นที่ที่ไม่ชุ่มชื้นตลอดทั้งปี ความชื้น ในดินจะไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งลุ่มน้ำ โดยปกติในบริเวณที่สูงจะแห้งก่อนบริเวณที่ลุ่ม ซึ่งจะทำให้ กลไกในการเกิดน้ำท่าไม่เหมือนกัน ดังนั้นจึงควรแบ่งพื้นที่รับน้ำออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ ตามปริมาณ ความชื้นในดินแล้วจึงจำลองพื้นที่ย่อยๆ ของแต่ละส่วนด้วยแบบจำลอง TANK

6.2 งานวิจัยในการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Models)

แบบจำลอง MIKE 11

ภูวดล (2544) ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกงโดยใช้แบบจำลอง คณิตศาสตร์ MIKE 11 โดยในการศึกษาเป็นการประยุกต์แบบจำลองย่อยอุทกพลศาสตร์และ แบบจำลองย่อยคุณภาพน้ำ เพื่อศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ ศึกษาถึงผล กระทบจากแหล่งชุมชนเมือง อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ว่ามีผลอย่างไรกับคุณภาพน้ำในแม่ น้ำบางปะกง และมีการทำนายคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงในอนาคต ผลการศึกษาในช่วงฤดู ฝนมีค่า บีโอดีเฉลี่ยประมาณ 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานบีโอดีของแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 ช่วงฤดูแล้งมีค่าบีโอดีเฉลี่ยประมาณ 4.5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งสูงกว่าค่าบีโอดีของแหล่ง น้ำผิวดินประเภทที่ 3 จากแบบจำลองคุณภาพน้ำ แหล่งมลพิษที่ทำให้คุณภาพน้ำเสียมากที่สุดคือ จากแหล่งเกษตรกรรม ในอนาคตปี พ.ศ.2550 และ พ.ศ.2560 กรณีที่ปิดเขื่อนทตน้ำบางปะกง จะมีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมและไม่อยู่ภายใต้มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3

นุชนารถ (2540) ได้ศึกษาสภาวะน้ำท่วมของลุ่มน้ำปึงตอนบน โดยการประยุกต์ใช้แบบ จำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 เพื่อศึกษาสภาวะการเกิดน้ำท่วมในอดีต และการทำนายการเกิด สภาวะน้ำท่วมในอนาคตของแม่น้ำปึงและลำน้ำสาขา โดยทำการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นใน ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2537 ซึ่งประกอบด้วยกราฟน้ำหลากขนาดเล็กที่มี การไหลเฉพาะในแม่น้ำ และกราฟน้ำหลากขนาดใหญ่ที่มีการไหลล้นตลิ่งลงสู่ทุ่งน้ำท่วมโดยในปี ดังกล่าวเป็นปีที่มีเหตุการณ์น้ำท่วมสูงสุดที่มีการบันทึกไว้ในช่วงเวลาของการศึกษาครั้งนี้ ผลการ สอบเทียบแบบจำลอง MIKE 11 จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน Manning's n ทั้งในลำน้ำ และทุ่งน้ำท่วม ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาแนวทางป้องกันและแผนการบรรเทาอุทกภัยที่ เหมาะสมต่อการเกิดอุทกภัยสำหรับเหตุการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ. 2537 และในแต่ละรายปีการเกิด ซ้ำ 5 ปี 10 ปี และ 20 ปี สำหรับแนวทางป้องกันและแผนการบรรเทาอุทกภัยนั้นมีหลายทาง

เลือก เช่น การปรับปรุงสภาพแม่น้ำให้ลึกหรือกว้างขึ้นเพื่อเพิ่มความจุของแม่น้ำ การสร้างพนังกั้นน้ำเพื่อป้องกันการไหลล้นตลิ่ง และการผันน้ำ เป็นต้น

6.3 แบบจำลอง RUBICON ที่ใช้ในการศึกษา

วริยา (2543) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง RUBICON ในการจำลองและพยากรณ์การไหลของแม่น้ำบางปะกงและลำน้ำสาขา และใช้แบบจำลอง SCS ร่วมกับเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำในการประเมินการไหลด้านข้าง โดยในการจำลองการไหลได้มีการสอบเทียบ (Calibration) และตรวจพิสูจน์ (Validation) แบบจำลองที่ใช้ทุกแบบจำลอง และใช้การแจกแจงความถี่ด้วยวิธีกัมเบลโดยพิจารณาที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี, 5 ปี, 10 ปี, 25 ปี และ 50 ปี ผลการศึกษาเพื่อการพยากรณ์สภาพน้ำท่วมพบว่า ระดับน้ำสูงสุดในสภาพหลังจากมีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงสูงกว่าก่อนมีการก่อสร้างไม่มากนัก และพบว่าระดับน้ำท่วมสูงสุดเกิดที่บริเวณ อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี เท่ากับ 4.81 ม.รทก. ซึ่งส่งผลให้น้ำล้นคันกั้นน้ำด้านขวาสูงถึง 1.78 ม.รทก. ดังนั้นจึงต้องมีมาตรการในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยซึ่งประกอบด้วยการสร้างคันกั้นน้ำและปรับปรุงสภาพทางน้ำโดยการขุดลอกแม่น้ำให้ลึกลงไปจากเดิม

มนตรี (2542) ได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปฐมภูมิของพื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยาในอาณาเขตของกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบจำลอง RUBICON เพื่อนำมาใช้ในการจำลองสภาพ (Simulation) ของระบบระบายน้ำปฐมภูมิ และได้นำแบบจำลองมาใช้ประเมินประสิทธิผลระบบระบายน้ำปฐมภูมิสภาพปัจจุบันกับกรณีเงื่อนไขการใช้ที่ดินสภาพปัจจุบัน (ปี พ.ศ.2538) และอนาคต (ปี พ.ศ.2559) จากการศึกษาพบว่าระบบระบายน้ำปฐมภูมิปัจจุบัน ของพื้นที่ศึกษาสามารถรองรับปริมาณฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ได้โดยไม่เกิดน้ำท่วมพื้นที่ ส่วนในกรณีที่ใช้ฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี พบว่าระดับน้ำสูงสุดในคลองระบายน้ำปฐมภูมิจะมีระดับสูงขึ้นและเป็นผลทำให้เกิดน้ำท่วมขังในบางพื้นที่ และเมื่อใช้สมมุติฐานการใช้ที่ดินปี พ.ศ.2559 พบว่าระบบระบายน้ำในสภาพปัจจุบันไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำฝนออกแบบได้ จะต้องมีการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่มีอยู่เดิม

7. การวิเคราะห์ความถี่ปริมาณน้ำหลากสูงสุด

สมการทั่วไปของการแจกแจงความถี่กัมเบล (Gumbel Distribution) มีดังนี้

$$P(Q \leq q) = e^{-e^{-\left(\frac{Q-u}{\alpha}\right)}} \quad (1)$$

สมการการคำนวณขนาดน้ำหลากสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำเฉลี่ย มีดังนี้

$$Q_{T_r} = \bar{Q} - 0.45S_Q - 0.7797S_Q \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right] \quad (2)$$

โดยที่ Q_{T_r} = ขนาดน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำที่พิจารณา

Q = ค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ (Mean) ของขนาดน้ำหลาก

S_Q = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของขนาดน้ำหลาก

T_r = รอบปีการเกิดซ้ำที่พิจารณา

สำหรับการศึกษาคั้งนี้ได้ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ส่วน คือแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall Runoff) เป็นการคำนวณหาปริมาณการไหลของน้ำท่าจากน้ำฝนในพื้นที่ที่ศึกษาโครงการ และแบบจำลองทางด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic) เป็นการจำลองสภาพการไหลของการระบายน้ำ โดยในการศึกษาคั้งนี้ได้พิจารณาเลือกใช้แบบจำลอง SCS มาประยุกต์ร่วมกับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าในการประมาณกราฟน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝน และเลือกใช้แบบจำลอง RUBICON มาจำลองสภาพการระบายน้ำของพื้นที่โครงการฯ โดยรายละเอียดของทฤษฎีที่ใช้ในแบบจำลองแต่ละแบบจำลองมีดังต่อไปนี้

8. แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

8.1 การประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายโดยแบบจำลอง SCS

U.S. Department of Agriculture (1972) ซึ่งเป็นหน่วยงานหนึ่งของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ทำการศึกษเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Soil Conservation Service; SCS) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่า โดยได้ทำการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากน้ำฝน ในการออกแบบกราฟน้ำท่าวมจากข้อมูลน้ำฝนโดยใช้วิธี SCS ซึ่งเป็นแบบจำลองการสูญเสียของปริมาณฝน (Loss Model) เพื่อใช้ในการหาฝนส่วนเกิน (Rainfall Excess) โดยนำมาประยุกต์ใช้กับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) เพื่อให้ได้กราฟน้ำท่าผิวดิน หลักการของการประเมินกราฟน้ำท่าโดยใช้แบบจำลองการสูญเสียของน้ำฝนโดยวิธี SCS สรุปได้ดังนี้ (วริยา, 2543)

8.1.1 การหาปริมาณการไหลโดยตรง (Direct Runoff)

ฝน (Rainfall; P) ที่ตกลงมา จะถูกแยกออกเป็น 3 ส่วนใหญ่คือ ส่วนแรกเป็นการไหลโดยตรง (Direct Runoff; Pe) ส่วนที่สองเป็นการซึมลงดิน (Infiltration; Fa) และส่วนสุดท้ายเป็นการสูญเสียเริ่มต้น (Initial Abstraction; Ia) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง P, Pe, Ia และ Fa แสดงได้ดังภาพที่ 4 และแสดงเป็นปริมาตรสะสมของ P กับ Pe ได้ดังภาพที่ 5 โดยมีความสัมพันธ์กันตามสมการสมดุลของมวลน้ำ (Water Balance) ดังนี้

$$P = Pe + Ia + Fa \quad (3)$$

การหาปริมาณการไหลโดยตรงโดยใช้วิธี Curve Number (CN) ซึ่งในการพัฒนาได้รวบรวมข้อมูลฝนและข้อมูลการไหลโดยตรง แล้วนำข้อมูลปริมาณการไหลโดยตรงสะสมพล็อตกับปริมาณฝนสะสมจะได้ความสัมพันธ์ดังภาพที่ 6 ซึ่งพบว่า การไหลโดยตรงจะเริ่มมีหลังจากที่ฝนตกแล้วช่วงเวลาหนึ่งปริมาณฝนที่สูญเสียก่อนที่จะมีการไหลออกโดยตรง เรียกว่า การสูญเสียเริ่มต้น (Initial Abstraction; Ia) โดยมีสมมุติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างพายุกับการไหลโดยตรง ดังนี้

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{P - Ia} \quad (4)$$

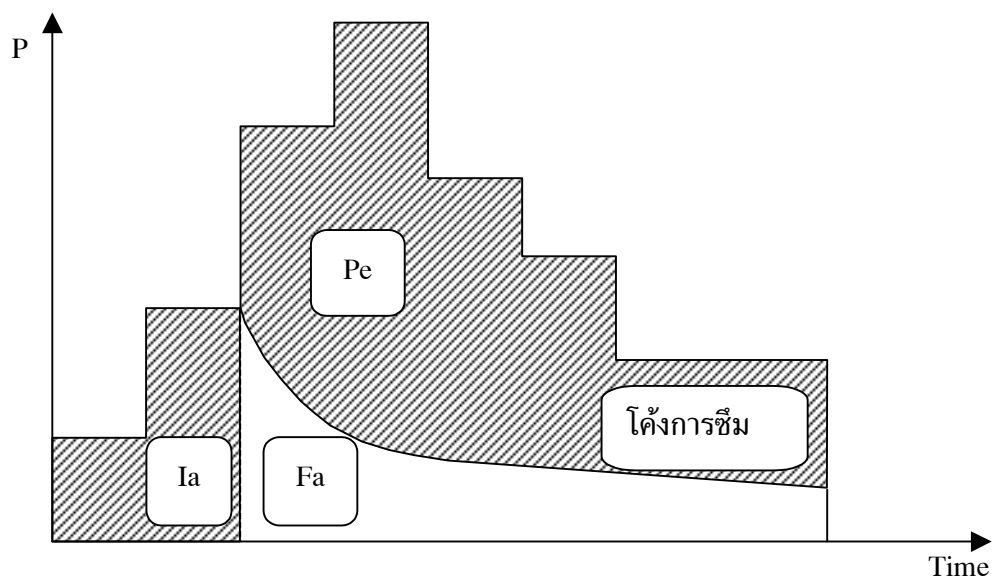
โดยที่ S = ศักยภาพการสูญเสียสูงสุด (Potential Maximum Retention) ซึ่งหมายถึงปริมาตรเก็บกักสูงสุดของดินที่เหลืออยู่ (Available Maximum Void Storage) ที่สามารถอุ้มน้ำได้อีกโดยค่า S นี้จะรวมค่าสูญเสียเริ่มต้นไว้ด้วย จากความสัมพันธ์ของสมการที่ (3) และสมการที่ (4) จะได้ดังนี้

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia + S)} \quad (5)$$

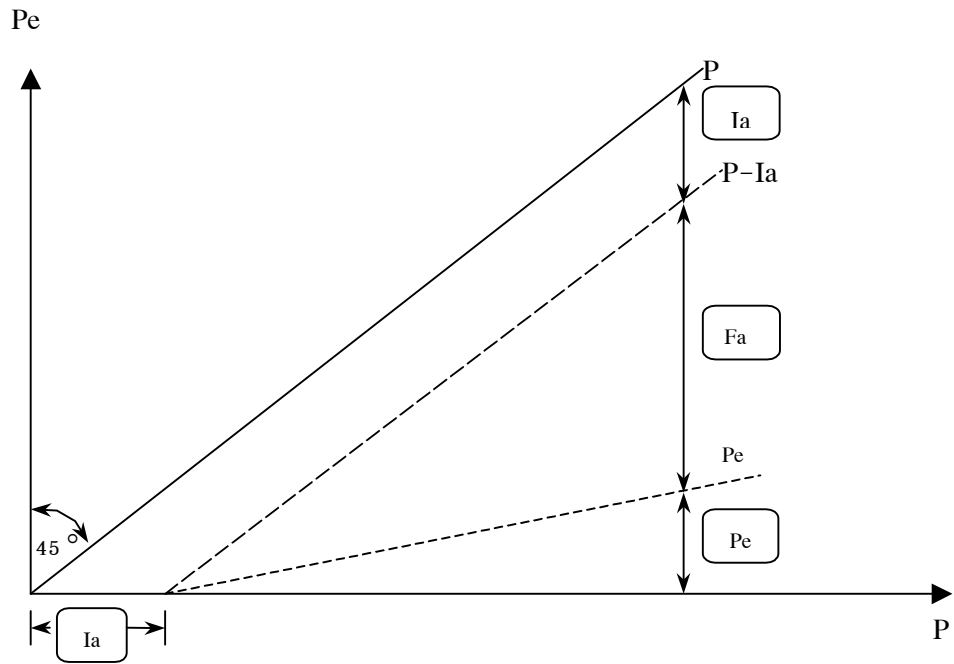
ค่า S นี้จะรวมค่าการสูญเสียเริ่มต้นไว้ด้วย ในแบบจำลองของ SCS มีความสัมพันธ์กับค่า Curve Number (CN) ซึ่งเป็นปริมาณในนามธรรมไม่มีความหมายทางกายภาพ ดังนี้

$$CN = \frac{1000}{(S + 10)} \quad (6)$$

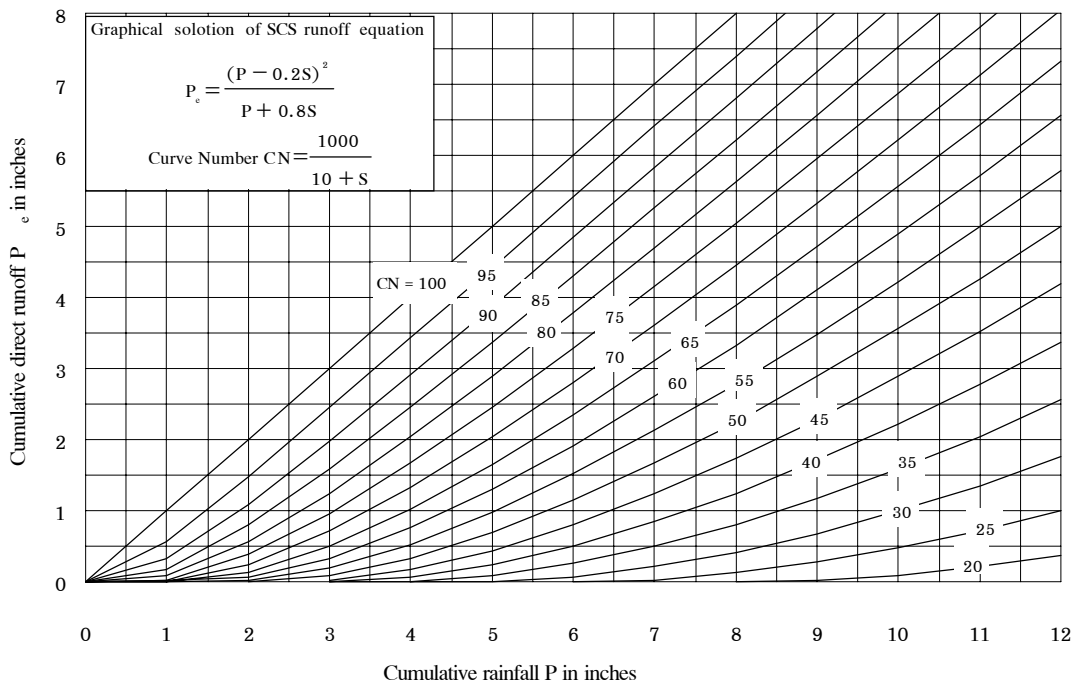
สำหรับค่า CN ที่นำไปหาการสูญเสียของน้ำฝนสำหรับพื้นที่ที่พิจารณา จำเป็นต้องรู้ลักษณะของดินมีอัตราการซึมผ่านที่แตกต่างโดยจำแนกได้ 4 กลุ่ม ตามตารางที่ 1 และลักษณะการใช้ที่ดินตามตารางที่ 2 เพื่อนำมาหาความสัมพันธ์ของค่า CN ในกรณี $Ia = 0.2S$ ตามตารางที่ 3



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าตามทฤษฎีของ SCS
ที่มา: U.S. Department of Agriculture (1972)



ภาพที่ 5 ปริมาตรสะสมระหว่าง P กับ Pe
ที่มา: U.S. Department of Agriculture (1972)



ภาพที่ 6 แสดงโค้งมาตรฐานของ CN ที่สร้างขึ้นโดย SCS
ที่มา: U.S. Department of Agriculture (1972)

ตารางที่ 1 ชนิดของดิน (Soil Type)

กลุ่มดิน	ลักษณะของดิน
A	ชั้นดินหนาลึกและมีอัตราการซึมผ่านได้สูง ได้แก่ ดินทราย ดินทรายปนดินร่วน
B	มีอัตราการซึมผ่านปากกลาง ได้แก่ ดินร่วน ดินร่วนปนดินทราย
C	มีอัตราการซึมผ่านได้ต่ำ ได้แก่ ดินร่วนปนดินเหนียวเชิงทราย
D	มีอัตราการซึมผ่านได้ต่ำมาก ได้แก่ ดินร่วนปนดินเหนียว ดินเหนียว

ที่มา: U.S. Department of Agriculture (1972)

ตารางที่ 2 ลักษณะการใช้ที่ดิน (Land Use)

ประเภท	จำแนกเป็น
สิ่งปกคลุม (Cover) การรักษาหน้าดินโดยการปลูก พืช	<ol style="list-style-type: none"> 1. แถวตรง (Straight Row) 2. แถวค้อยตามระดับพื้นที่ (Contoured) 3. ชั้นบันได (Terraced)
สภาพอุทกวิทยา (Hydrologic Condition)	<ol style="list-style-type: none"> 1. สภาพเลว (Poor) มีพืชปกคลุม < 50 เปอร์เซ็นต์ 2. สภาพปานกลาง (Fair) มีพืชปกคลุม 50-75 เปอร์เซ็นต์ 3. สภาพดี (Good) มีพืชปกคลุม > 75 เปอร์เซ็นต์
การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Classification)	<ol style="list-style-type: none"> 1. พื้นที่ป่า (Wood, Forest) 2. พื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) 3. พื้นที่โล่งเตียนและพื้นที่อยู่อาศัย (Bareland & Residential) 4. พื้นที่ที่เป็นน้ำ (Water Body)

ที่มา: U.S. Department of Agriculture (1972)

ตารางที่ 3 ค่า CN สำหรับพื้นที่ที่มีชนิดดินและการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ ตามมาตรฐานที่พัฒนา โดย U.S. Department of Agriculture (1972) กรณีส $I_a = 0.2S$

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	สิ่งปกคลุม ลักษณะกิจกรรม	สภาพ ที่ดิน	ประเภทของกลุ่มดิน			
			A	B	C	D
การพักดิน (Fallow)	แถวตรง (Straight Row)	-	77	86	91	94
การปลูกพืช เป็นแถว (Row Crops)	แถวตรง	ไม่ดี (Poor)	72	81	88	91
	แถวตรง	ดี (Good)	67	78	85	89
	แถวค้อยตามระดับ (Contoured)	ไม่ดี	70	79	84	88
	แถวค้อยตามระดับ	ดี	65	75	82	86
	แถวค้อยตามระดับ-ขั้นบันได (Contoured and Terraced)	ไม่ดี	66	74	80	82
	แถวค้อยตามระดับ-ขั้นบันได	ดี	62	71	78	81
การปลูกพืช เมล็ดเล็ก ๆ (Small Grain)	แถวตรง	ไม่ดี	65	76	84	88
	แถวตรง	ดี	63	75	83	87
	แถวค้อยตามระดับ	ไม่ดี	63	74	82	85
	แถวค้อยตามระดับ	ดี	61	73	81	84
	แถวค้อยตามระดับ-ขั้นบันได	ไม่ดี	61	72	79	82
	แถวค้อยตามระดับ-ขั้นบันได	ดี	59	70	78	81
การปลูกพืช หมุนเวียน (Rotation Meadow)	แถวตรง	ไม่ดี	66	77	85	89
	แถวตรง	ดี	58	72	81	85
	แถวค้อยตามระดับ	ไม่ดี	64	75	83	85
	แถวค้อยตามระดับ	ดี	55	69	78	83
	แถวค้อยตามระดับ-ขั้นบันได	ไม่ดี	63	73	80	83
	แถวค้อยตามระดับ-ขั้นบันได	ดี	51	67	76	80

ตารางที่ 3 (ต่อ)

การใช้ประโยชน์ ที่ดิน	สิ่งปกคลุม		ประเภทของกลุ่มดิน			
	ลักษณะกิจกรรม	สถานภาพ ที่ดิน	A	B	C	D
ทุ่งหญ้า สำหรับปศุสัตว์ (Pasture)		ไม่ดี	68	79	86	89
		พอใช้ (Fair)	49	69	79	84
		ดี	39	61	74	80
	แถวค้อยตามระดับ	ไม่ดี	47	67	81	88
	แถวค้อยตามระดับ	พอใช้	25	59	75	83
	แถวค้อยตามระดับ	ดี	6	35	70	79
ทุ่งหญ้า (Meadow)		ดี	30	58	71	78
ป่าไม้ (Wood Land or Forest)		ไม่ดี	45	66	77	83
		พอใช้	36	60	73	79
		ดี	25	55	70	77
ที่นาซึ่งมีโรงเรือน (Farmsteads)		-	59	74	82	86
ถนน (Streets and Roads) :						
		ไม่ลาดผิวดิน (Dirt)	72	82	87	89
		มีผิวหน้า ขอบทางและรางระบายน้ำฝน	98	98	98	98
		กรวด-ลูกรัง (Gravel)	76	85	89	91
ที่พักอาศัย (Residential) :						
		65% ของส่วนที่บ้น้ำ	77	85	90	92
		30% ของส่วนที่บ้น้ำ	57	72	81	86
		20% ของส่วนที่บ้น้ำ	51	68	79	84
		ลานจอดรถตาดผิว, หลังคา	98	98	98	98

ที่มา: U.S. Department of Agriculture (1972) และเวรียา (2543)

ความชื้นในดินก่อนหน้า (Antecedent Moistent Content; AMC) โดยพิจารณาปริมาณฝนสะสมทั้งหมดที่ตกก่อนหน้าพายุฝนที่พิจารณา 5 วัน รวมทั้งพิจารณาช่วงฤดูการเพาะปลูกด้วย โดยได้แบ่ง AMC ออกเป็น 3 กรณี ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การแบ่งชนิดของ AMC

AMC	ปริมาณฝนสะสมก่อนหน้า 5 วัน			
	ฤดูไม่มีการเพาะปลูก		ฤดูเพาะปลูก	
	(นิ้ว)	(มม.)	(นิ้ว)	(มม.)
AMC I (ความชื้นต่ำ)	< 0.5	< 12.7	< 1.4	< 35.6
AMC II (ความชื้นเฉลี่ย)	0.5-1.1	12.7-27.9	1.4-2.1	35.6-53.3
AMC III (ความชื้นสูง)	> 1.1	> 27.9	> 2.1	> 53.3

ที่มา: U.S. Department of Agriculture (1972)

สำหรับค่า CN ที่กำหนดในตารางที่ 3 นั้น เป็นค่า CN II ในกรณีของ AMC II เท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ค่า CN ให้อยู่ในกรณีเดียวกันกับ AMC ในกรณีต่างๆ ตามเงื่อนไขความชื้นในดินก่อนหน้าที่คำนวณได้ โดยในการปรับค่า CN คำนวณได้ดังสมการที่ (7) และ (8)

$$CN I = \frac{CN II}{(2.281 - 0.0128 CN II)} \quad (7)$$

$$CN III = \frac{CN II}{(0.427 - 0.00573 CN II)} \quad (8)$$

8.1.2 การสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี SCS

ในการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธีของ SCS ทำได้โดยคำนวณหากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) จากกราฟน้ำท่าไร้มิติ (Dimensionless Hydrograph) ของลุ่มน้ำที่ศึกษา ซึ่งในการคำนวณหาปริมาณการไหลโดยตรง (Direct Runoff) ที่เกิดจากพายุฝนคำนวณโดยใช้ระบบ Curve Number (CN) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะและชนิดของดิน (Soil Type) การใช้ที่ดิน (Land Use) ความลาดเทของผิวดิน ตลอดจนความชื้นของดินก่อนที่จะมีฝนตก (Antecedent Moisture Conditions) โดยแนะนำให้ใช้ความชื้นของดินก่อนที่จะมีฝนตกชนิด AMC II โดยมีวิธีการดังนี้ (วริยา, 2543)

1. คำนวณหาค่า Watershed Lag; L ซึ่งเป็นระยะเวลาจากศูนย์กลางของฝนส่วนเกิน (Rainfall Excess) ถึงเวลาที่จุดสูงสุด (Peak) ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ดังสมการ

$$L = \frac{I^{0.8} (S + 1)^{0.7}}{1900 y^{0.5}} \quad (9)$$

- เมื่อ
- L = Watershed Lag (ชั่วโมง)
 - I = ความยาวของทางน้ำของพื้นที่รับน้ำฝน (ฟุต)
 - S = ศักย์สูญเสียน้ำสูงสุด (นิ้ว)
 - $= \frac{1000}{CN} - 10$
 - CN = Runoff Curve Number ของลุ่มน้ำ
 - y = ความลาดเทเฉลี่ยของพื้นที่รับน้ำ (เปอร์เซ็นต์)

2. คำนวณหาค่าเวลาน้ำท่าเข้มข้น (Time of Concentration; t_c) มีหน่วยเป็น ชั่วโมง จากสมการ

$$t_c = \frac{L}{0.6} \quad (10)$$

3. คำนวณหาค่าช่วงเวลา (Duration) ของฝนส่วนเกินหนึ่งหน่วย (Unit Rainfall Excess) มีหน่วยเป็นชั่วโมง จากสมการ

$$D = 0.133 t_c \quad (11)$$

4. คำนวณหาเวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด (Time to Peak) มีหน่วยเป็น ชั่วโมง จากสมการ

$$t_p = \frac{D}{2} + L \quad (12)$$

5. คำนวณหาค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Peak Discharge) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที จากสมการ

$$q_p = \frac{484 AQ}{t_p} \quad (13)$$

เมื่อ A = พื้นที่รับน้ำฝน (ตารางไมล์)
 Q = ความลึกของน้ำท่าผิวดิน = 1 นิ้วสำหรับกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย

6. นำค่า t_p และ q_p ที่ได้จากการคำนวณไปคูณกับค่าอัตราส่วนของกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยไร้มิติ (Dimensionless Unit Hydrograph) ก็จะได้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph)

8.1.3 การสร้างกราฟน้ำท่าจากด้วยกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

หลังจากได้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี SCS ซึ่งเป็นวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนกับลักษณะพื้นที่ ได้แก่ ลักษณะการใช้ที่ดิน และชนิดของดิน ข้อมูลที่ต้องการจะนำเข้าแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic) เป็นข้อมูลกราฟน้ำท่า (Flood Hydrograph) โดยจะกล่าวถึงวิธีการหาดังนี้ (วีระพล, 2531)

เมื่อทำการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าแล้วต่อไปก็นำไปประยุกต์กับพายุฝนส่วนเกิน (Rainfall Excess) เพื่อคำนวณกราฟน้ำท่าต่อไป ในบางครั้งพายุฝนส่วนเกินที่คำนวณได้อาจมีช่วงเวลาของฝนไม่ตรงกับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ดังนั้นจำเป็นต้องมีปรับช่วงเวลาของฝนหรือกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าเสียก่อน การปรับช่วงเวลาดังกล่าวสามารถทำได้ 2 วิธี คือ (1) เปลี่ยนกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าให้มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของพายุฝนส่วนเกินแล้วนำไปประยุกต์กับพายุฝนส่วนเกิน และ (2) ทำการแบ่งพายุฝนส่วนเกินออกเป็นช่วงๆ โดยให้แต่ละช่วงมีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า จากนั้นประยุกต์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่ากับแต่ละช่วงของฝนที่แบ่งจนครบและให้แต่ละช่วงเกิดห่างกัน (Time Lag) เท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่ง

หน่วยน้ำท่า จากนั้นก็นำผลของ Direct Runoff แต่ละช่วงมารวมกันตามเวลาเกิดก่อนหลังเป็น Direct Runoff รวมจากพายุฝนส่วนเกินทั้งหมด เมื่อประยุกต์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าไปใช้กับพายุฝนส่วนเกินแล้วก็จะคำนวณกราฟน้ำท่าของ Direct Runoff จากนั้นนำกราฟน้ำท่าของ Direct Runoff ไปบวกกับการไหลพื้นฐาน (Base Flow) ก็จะได้กราฟน้ำท่าลาก (Flood Hydrograph) ตามต้องการ

สำหรับพายุฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้องมีการคำนวณค่าแฟคเตอร์ลดความลึกน้ำฝนตามขนาดพื้นที่ (Area Rainfall Reduction Factor, ARF) เพื่อให้ปริมาณฝนที่พิจารณามีความถูกต้อง เมื่อนำ ARF ไปคูณกับปริมาณน้ำฝนก็จะได้ปริมาณฝนแบบ Area Rainfall โดยค่า ARF คำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$ARF = 1 - \exp(-1.1D^{0.25}) + \exp(-1.1D^{0.25} - 0.01A) \quad (14)$$

โดยที่ D = ช่วงเวลาของฝนส่วนเกินหนึ่งหน่วย (ชั่วโมง)
A = พื้นที่รับน้ำฝน (ตารางไมล์)

การออกแบบกราฟน้ำท่าลากโดยใช้วิธี SCS ที่กล่าวมานั้น เป็นแบบจำลองการสูญเสียปริมาณน้ำฝน (Loss Model) เพื่อเปลี่ยนปริมาณน้ำฝนพื้นที่ลุ่มน้ำไปเป็นน้ำท่า จากนั้นปริมาณน้ำท่ามีการเคลื่อนที่ (Routing) ผ่านลำน้ำและทุ่งน้ำท่วมในสภาพการไหลเช่นนี้เป็นแบบการไหลที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (Unsteady Flow) ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับที่ศึกษาระบบระบายน้ำในพื้นที่โครงการโดยใช้แบบจำลอง RUBICON โดยจะขออธิบายลักษณะของแบบจำลองดังกล่าวดังต่อไปนี้

8.2. การศึกษาระบบระบายน้ำในพื้นที่โครงการแบบจำลอง RUBICON

HD - System RUBICON ถูกพัฒนาขึ้นโดย HASKONING BV และ Delft Engineer Software เพื่อใช้สำหรับจำลองสภาพการไหลแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Unsteady) และแบบไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (Steady) ในระบบของทางน้ำเปิดและทางน้ำปิดบางชนิด ซึ่งสามารถใช้สำหรับศึกษาปัญหาทางด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น

1. การเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วมที่ผ่านเข้ามาในทางน้ำ แม่น้ำ ที่ราบที่น้ำสามารถท่วมถึงได้ และอ่างเก็บน้ำ
2. การไหลแบบน้ำขึ้นน้ำลงในแม่น้ำและบริเวณปากแม่น้ำ

3. ผลกระทบของอาคารหรือโครงสร้างต่อระบบของทางน้ำ
4. การออกแบบและการปฏิบัติการที่เหมาะสมของระบบชลประทาน และระบบระบายน้ำ
5. การเคลื่อนตัวของคลื่นในระบบไฟฟ้าพลังน้ำ
6. พารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ในการศึกษาด้านคุณภาพน้ำ
7. การเคลื่อนตัวของคลื่นเนื่องจากผลของเขื่อนฝัก
8. การออกแบบและปฏิบัติการ การระบายน้ำเนื่องจากพายุฝนในชุมชน

แบบจำลองนั้นอยู่บนพื้นฐานผลเฉลยของสมการ Saint-Venant แบบเต็มรูปแบบด้วยความแน่นอนสูง และมีความยืดหยุ่นมากสำหรับเงื่อนไขขอบภายในและภายนอก ผู้ใช้สามารถเลือกได้จากหมายเลขส่วนประกอบของระบบ เพื่อจำลองสภาพการไหลบนที่ราบน้ำท่วมที่ซับซ้อนหรือกำหนดโครงสร้างที่ตำแหน่งใด ๆ ในระบบของทางน้ำ เช่น ทำนบกั้นน้ำ ประตูน้ำ ท่อลอด ไชฟอน ทางระบายน้ำล้น ประตูน้ำชนิดเลื่อนขึ้นลง เครื่องป้องกันคลื่นพายุ คั่นกั้นน้ำ เป็นต้น

ข้อจำกัดแบบจำลองก็คือ การจำลองสภาพการไหลแบบสูงกว่าวิกฤติ (Super-critical Flow) และการไหลแบบ 2 มิติ (Two-Dimensional) ซึ่งมีพจน์ของการพาโมเมนต์เป็นบทสำคัญ

ลักษณะของแบบจำลอง RUBICON

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ ในการจำลองสภาพอัตราการไหลและระดับน้ำ โดยเฉพาะระบบคลองของ RUBICON ซึ่งสามารถเลือกจากส่วนประกอบเหล่านี้ได้

ส่วนประกอบที่ใช้ในการนิยามของแบบจำลอง คือ

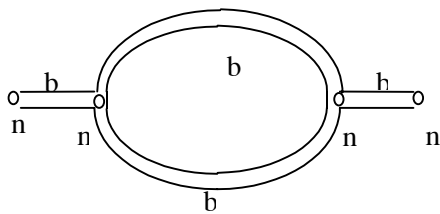
1. บัพ
2. ช่วงคลอง
3. หน้าตัดขวาง
4. ตำแหน่งกริด
5. การไหลทางข้าง
6. โครงสร้าง
7. ฟังก์ชัน

1. บัพ (Nodes)

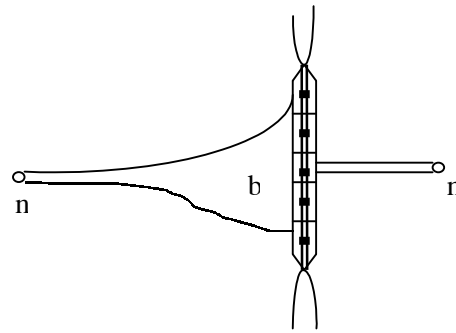
บัพที่ใช้เป็นแผนภูมิของส่วนประกอบสำหรับ

1. ช่วงคลองอิสระสุดท้าย
2. การเชื่อมต่อกันของช่วงคลอง
3. เซลของที่ราบน้ำท่วม

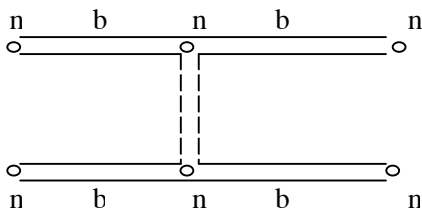
หนึ่งบัพสามารถเชื่อมต่อได้กับหลายช่วงคลอง ตัวอย่างของช่วงคลองและบัพกำหนดไว้ในภาพที่ 7



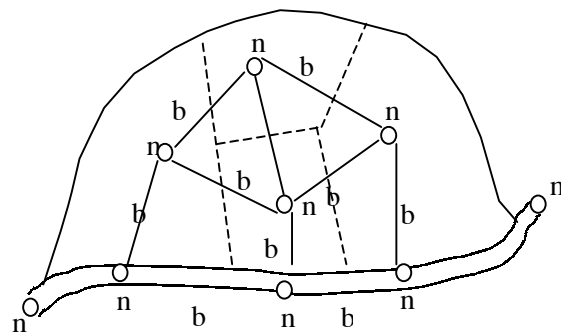
(ก) การไหลรอบเกาะ



(ข) การไหลผ่านอ่างน้ำ



(ค) การไหลผ่านท่อลอดที่เชื่อมคลอง



(ง) การไหลของที่ราบน้ำท่วม

ภาพที่ 7 ช่วงคลองและบัพ

ที่มา: Haskoning (1986)

ที่ช่วงคลองอิสระท้ายสุดนั้น สามารถระบุเงื่อนไขที่บัพได้ดังนี้

1. ระดับน้ำ (h) กำหนดให้คงที่หรือเป็นฟังก์ชันของเวลา
2. อัตราการไหล (Q) กำหนดให้คงที่หรือเป็นฟังก์ชันของเวลา
3. อัตราการไหล (Q) เป็นฟังก์ชันของระดับน้ำ (h)
4. การไหลออกวิกฤติ

การไหลออกวิกฤติที่ระบุในระบบด้วยความสัมพันธ์ของ

$$Q = A \sqrt{\frac{gA}{b}} \quad (15)$$

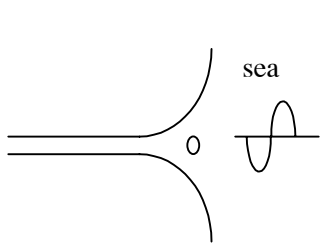
โดยที่ b (เมตร) เป็นความกว้างการไหลของหน้าตัดขวางคลองที่ช่วงคลองท้ายสุด

ตำแหน่งบัพที่มีการเชื่อมต่อกันหลายๆ ช่วงคลองนั้น จะสมมุติให้ระดับตรงกันและไม่มี การเปลี่ยนแปลงมวล ในกรณีที่สมมุติให้ไม่มีน้ำเก็บเอาไว้ที่บัพแล้ว ที่เก็บกักน้ำทั้งหมดจะถูกนำไปไว้ที่ช่วงคลอง ในสถานะนี้การอนุรักษ์มวลที่บัพคือ

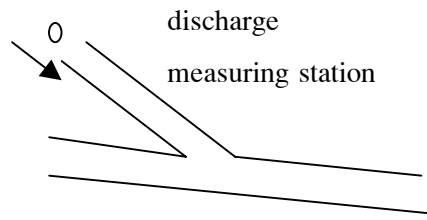
$$\sum_{k=1}^{km} Q = 0 \quad (16)$$

โดยที่ km เป็นจำนวนช่วงคลองที่เชื่อมกับบัพ และ Q กำหนดให้เป็นบวก สำหรับการไหลเข้าหาบัพ

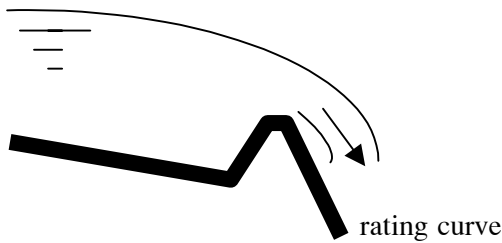
ตัวอย่างของบัพที่แสดงเป็นเงื่อนไขที่ช่วงคลองอิสระท้ายสุด แสดงไว้ในภาพที่ 8



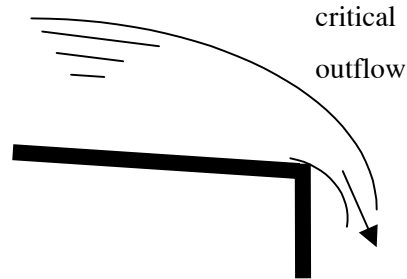
(ก) ขอบเขตทะเลเปิด



(ข) กราฟน้ำท่าทางด้านเหนือน้ำ



(ค) การไหลอิสระเหนือโครงสร้าง



(ง) การไหลออกแบบวิกฤติ

ภาพที่ 8 ชนิดความแตกต่างของเงื่อนไขขอบเขต

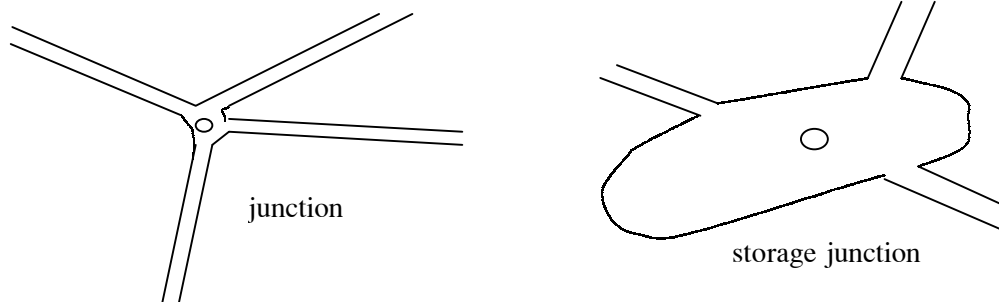
ที่มา: Haskoning (1986)

ในบางกรณีสำหรับที่เก็บกักน้ำที่บัพ (เช่น เซลที่กราฟน้ำท่วม) นั้น พื้นที่เก็บกัก A_s สามารถกำหนดให้เป็นค่าคงที่หรือเป็นฟังก์ชันของระดับน้ำที่บัพ

การอนุรักษ์มวลเป็นเงื่อนไขคือ

$$\sum_{k=1}^{km} Q = A_s \frac{\partial h}{\partial t} \tag{17}$$

ตัวอย่างของบัพธรรมดาบรรจบกันและบัพที่เก็บกักน้ำบรรจบกันกำหนดในภาพที่ 9



(ก) บรรจบกันแบบธรรมดา (ไม่มีที่เก็บกักน้ำ) (ข) บรรจบกันแบบที่มีเก็บกักน้ำ

ภาพที่ 9 ชนิดความแตกต่างกันของการบรรจบกัน
ที่มา: Haskoning (1986)

2. ช่วงคลอง (Branches)

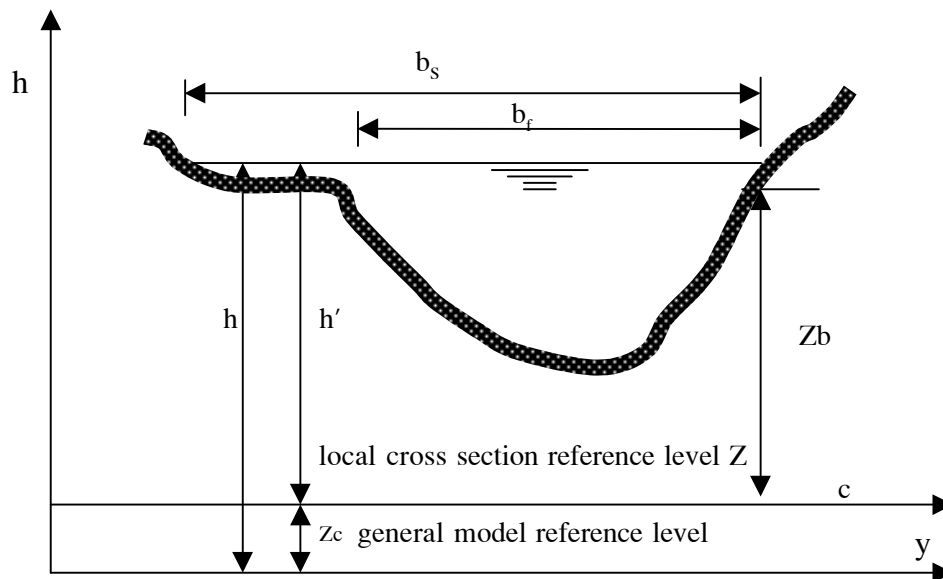
ช่วงคลองที่ใช้เป็นแผนภูมิของส่วนประกอบสำหรับ

1. แม่น้ำ
2. คู คลอง
3. ปากแม่น้ำ
4. คลองในปากแม่น้ำ
5. การเชื่อมต่อระหว่างที่ราบน้ำท่วม
6. รางน้ำเปิด

ตัวอย่างของช่วงคลองได้แสดงไว้ในภาพที่ 7 ซึ่งตำแหน่งต่างๆ ในช่วงคลอง เช่น ตำแหน่งกริดจะถูกกำหนดด้วยหลักกิโลของคลองให้ตรงกับหน่วยที่กำหนดไว้

3. หน้าตัดขวาง (Cross Sections)

ช่วงคลองนั้นสามารถกำหนดได้โดยหน้าตัดขวางที่ระบุเอาไว้ที่ตำแหน่งกริดที่ผู้ใช้กำหนดเอาไว้



ภาพที่ 10 นิยามพารามิเตอร์ของหน้าตัดขวาง
ที่มา: Haskoning (1986)

สำหรับแต่ละข้อมูลหน้าตัดขวางนั้นเป็นฟังก์ชันของ h' เหนือระดับอ้างอิง Z_c (ดูภาพที่ 10) ซึ่งมีพารามิเตอร์ต่อไปนี้

1. พื้นที่หน้าตัดขวาง (A) (ตารางเมตร)
2. ความกว้างเก็บกัก (b_s) (เมตร)
3. ความกว้างการไหล (b_f) (เมตร)
4. สัมประสิทธิ์การกระจายความเร็ว (β)
5. สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning (วินาที/เมตร^{1/3})
6. รัศมีชลศาสตร์ (R) (เมตร)

4. ตำแหน่งกริด (Grid Points)

ตำแหน่งกริดที่กำหนดโดยผู้ใช้สำหรับวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อสร้างการคำนวณของกริด
2. เพื่อกำหนดตำแหน่งของหน้าตัดขวางที่กำหนดให้
3. เพื่อระบุตำแหน่งของข้อมูลด้านเข้าหรือข้อมูลด้านออกที่ต้องการ

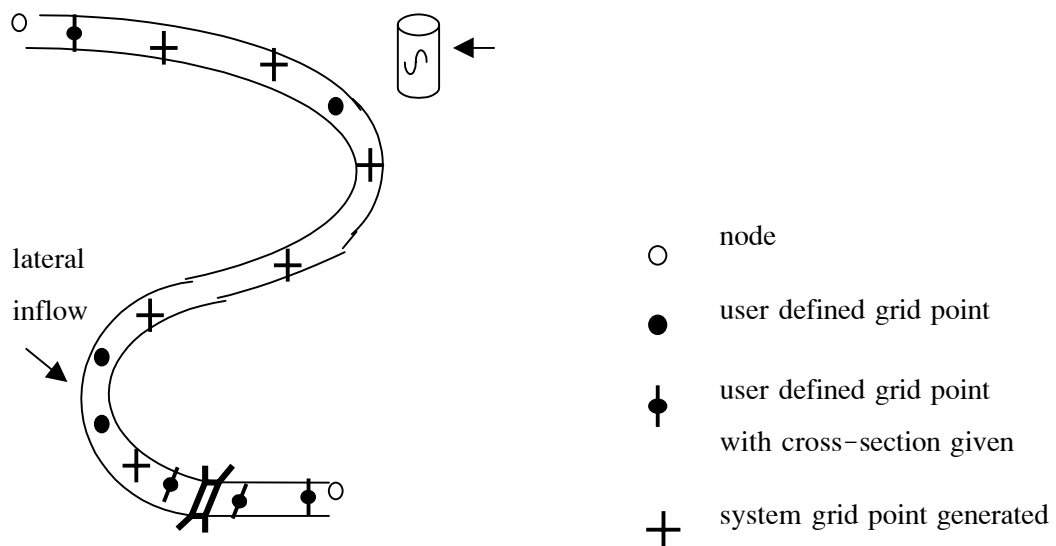
4. เพื่อลดขั้นตอนของกริดเฉพาะแห่ง

HD - System RUBICON ต้องการการคำนวณของกริดเพื่อกำหนดส่วนย่อยเล็กๆ ในช่วงคลองจากการอินทริกัลเชิงตัวเลขของสมการ Saint Venant ดังนั้น ระหว่างตำแหน่งกริดที่ผู้ใช้กำหนดเอาไว้ การคำนวณของกริดจะถูกสร้างขึ้นอัตโนมัติโดยระบุที่ขึ้นอยู่กับก้าว Δx สูงสุด ที่ระบุเอาไว้โดยผู้ใช้สำหรับแต่ละช่วงคลอง

สำหรับการปรับปรุงเทียบแบบจำลองนั้น ก็ระบุตำแหน่งกริดในช่วงคลองที่มีความโค้ง ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับอัตราการไหล (Rating Curve) ที่สามารถจัดหาได้ หรือระดับน้ำที่ได้จากเครื่องบันทึกอัตโนมัติซึ่งได้ติดตั้งเอาไว้ ตำแหน่งที่เป็นไปได้อื่นๆ อาจเป็นที่ที่มีระดับคั่นกันต่ำ เพื่อตรวจสอบความเสี่ยงของการล้น ข้ามคั่นกันน้ำ

สำหรับแต่ละช่วงคลองนั้นต้องระบุตำแหน่งกริดอย่างน้อย 2 ตำแหน่ง โดยที่ตำแหน่งที่ 1 เป็นตำแหน่งเริ่มต้น และอีกตำแหน่งเป็นตำแหน่งสุดท้ายของช่วงคลอง

ลักษณะของบัพแต่ละตำแหน่งกริด และแสดงภาพที่ 11

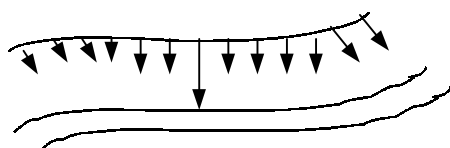


ภาพที่ 11 บัพและตำแหน่งกริด

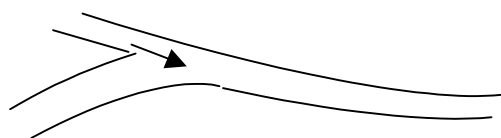
ที่มา: Haskoning (1986)

5. การไหลทางข้าง (Lateral Flows)

การไหลทางข้างนั้นสามารถกำหนดลงไปได้ทุกตำแหน่งตลอดช่วงคลองในรูปแบบการไหลเป็นจุด ดังแสดงในภาพที่ 12, (ก) ซึ่งที่จุดหนึ่งๆ นั้นอาจจะกำหนดให้มีมากกว่าหนึ่งการไหลก็ได้ การไหลทางข้างจะถูกพิจารณาให้เป็นบวกสำหรับการไหลเข้า และเป็นลบสำหรับการไหลออก ซึ่งการไหลทางข้างนี้มีอิทธิพล อย่างมากต่อการไหลในช่วงคลองนั้นๆ (เช่นการเกิดน้ำท่วมขึ้น, ทำนบทางขึ้น) ส่วนสาขาของคลองนั้นถูกกำหนดให้เป็นช่วงคลองและการไหลเข้าเป็นจุด จากทางด้านเหนือน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 12, (ข) การไหลทางข้างนั้นอาจจะกำหนดให้เป็นค่าคงที่หรือฟังก์ชันก็ได้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 12 ตัวอย่างการไหลทางข้าง
ที่มา: Haskoning (1986)

6. โครงสร้าง (Structures)

HD-System RUBICON ได้แบ่งโครงสร้างหลัก ออกเป็น 2 ชนิด คือ โครงสร้างมาตรฐาน เช่นทำนบ ท่อลอด ฯลฯ และโครงสร้างที่ผู้กำหนดขึ้นสำหรับกรณีที่ไม่สามารถอธิบายได้ โดยโครงสร้างมาตรฐาน

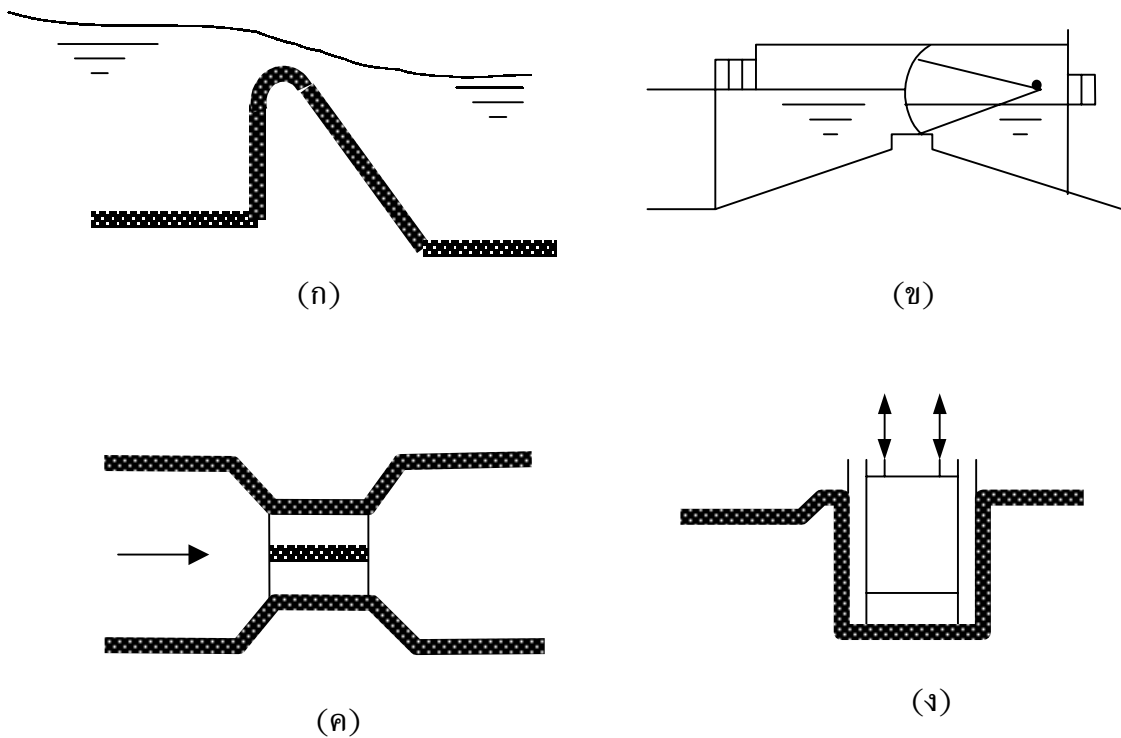
6.1 โครงสร้างมาตรฐาน (Standard Structures)

ในโครงสร้างมาตรฐานของ HD - System RUBICON ได้จำแนกตามลักษณะโครงสร้างเชิงคณิตศาสตร์ โครงสร้างมาตรฐานข้างล่างที่สามารถจำลองขึ้นได้ทุกตำแหน่งในช่วงคลอง ดังนี้

1. โครงสร้างชนิดน้ำไหลล้น
2. โครงสร้างชนิดน้ำไหลลอด

3. โครงสร้างชนิดสูญเสียพลังงาน
4. โครงสร้างแบบพิเศษ
5. เครื่องจ่ายแบบ Neyrtec
6. เครื่องสูญน้ำ
7. ทำนบกั้นน้ำหรือฝาย
8. โครงสร้างชนิด Orifice
9. โครงสร้างชนิดท่อ

ตัวอย่างของโครงสร้างมาตรฐานแสดงไว้ในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตัวอย่างของโครงสร้างมาตรฐาน
ที่มา: Haskoning (1986)

6.2 โครงสร้างที่กำหนดขึ้นโดยผู้ใช้

ข้อได้เปรียบของ HD - System RUBICON ก็คือ ผู้ใช้สามารถที่จะกำหนดโครงสร้างที่ไม่มาตรฐานพิเศษขึ้นมาได้

รายละเอียดของโครงสร้างทางชลศาสตร์นั้นจะอยู่ในรูปของสมการต่อไปนี้

$$Q_{j-1} = f(h_{j-1}, h_j) \quad (18)$$

โดยที่ Q_{j-1} = อัตราการไหลผ่านโครงสร้างที่ตำแหน่งกริด $j - 1$
 h_{j-1} = ระดับน้ำที่ตำแหน่งกริดใกล้เคียงกันด้วยหลักกิโล (Chainage) ที่ต่ำกว่า
 h = ระดับน้ำที่ตำแหน่งกริดใกล้เคียงกันด้วยหลักกิโล (Chainage) ที่สูงกว่า
 $f(h_{j-1}, h_j)$ = ฟังก์ชันที่อธิบายด้วยรหัสแบบ Fortran

7. ฟังก์ชัน

สำหรับข้อมูลด้านเข้าสามารถที่จะเลือกกำหนดชนิดของข้อมูลได้หลายแบบ เช่น อัตราการไหลที่เป็นฟังก์ชันของเวลา พารามิเตอร์อื่นๆ ที่เป็นฟังก์ชันของระดับน้ำ

ชนิดของฟังก์ชันสามารถเลือกได้ดังนี้

1. ค่าคงที่
2. ฟังก์ชันในรูปตาราง
3. ฟังก์ชันที่ผู้ใช้ต้องการ

7.1 ค่าคงที่

เช่น สัมประสิทธิ์อัตราการไหลคงที่ การไหลทางข้างคงที่

7.2 ฟังก์ชันในรูปตาราง

ระบบได้แบ่งแยกกระหว่างฟังก์ชันในรูปตารางเวลา และฟังก์ชันในรูปตารางทั่วไป ฟังก์ชันในรูปตารางของเวลา เช่น การไหล ระดับน้ำ เป็นต้น หรือตัวแปรอื่นๆ ที่สามารถจะเสนอเป็นอนุกรมของเวลาได้ ฟังก์ชันในรูปตารางทั่วไป เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับพื้นที่ผิวเก็บกักน้ำ เพื่อเป็นตัวแปรของที่เก็บกักน้ำที่บัพ

7.3 ฟังก์ชันที่ผู้ใช้ต้องการ

คล้ายกับอาคารที่ผู้ใช้ต้องการกำหนดประเภทของอาคาร ระบบที่ผู้ใช้ต้องการกำหนดฟังก์ชัน ตัวอย่างเช่น ค่าที่ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์มากกว่าหนึ่งพารามิเตอร์ รูปแบบฟังก์ชันเหมือนฟังก์ชันในรูปตารางแต่มีพารามิเตอร์มากกว่าหนึ่งตัว เช่นการใช้ข้อมูลจากกริดทางด้านเหนือน้ำ และทำย่น้ำที่ตำแหน่งของฟังก์ชัน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไมโครคอมพิวเตอร์ 32 บิต พร้อม Hard disk, Math co-processor และเครื่องพิมพ์ 1 ชุด
2. แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON พร้อมคู่มือการใช้และทฤษฎีของแบบจำลอง RUBICON
3. แผนที่ภูมิประเทศของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพลและบริเวณใกล้เคียงมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร
4. รูปหน้าตัดขวางและรูปตัดตามยาวของคลองระบายน้ำในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพล
5. ข้อมูลอุตุวิทยามหวิทยา อุทกวิทยา และข้อมูลชลศาสตร์ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพล
6. เครื่องมือวัดพื้นที่ (Planimeter)

วิธีการ

1. การรวบรวมข้อมูล

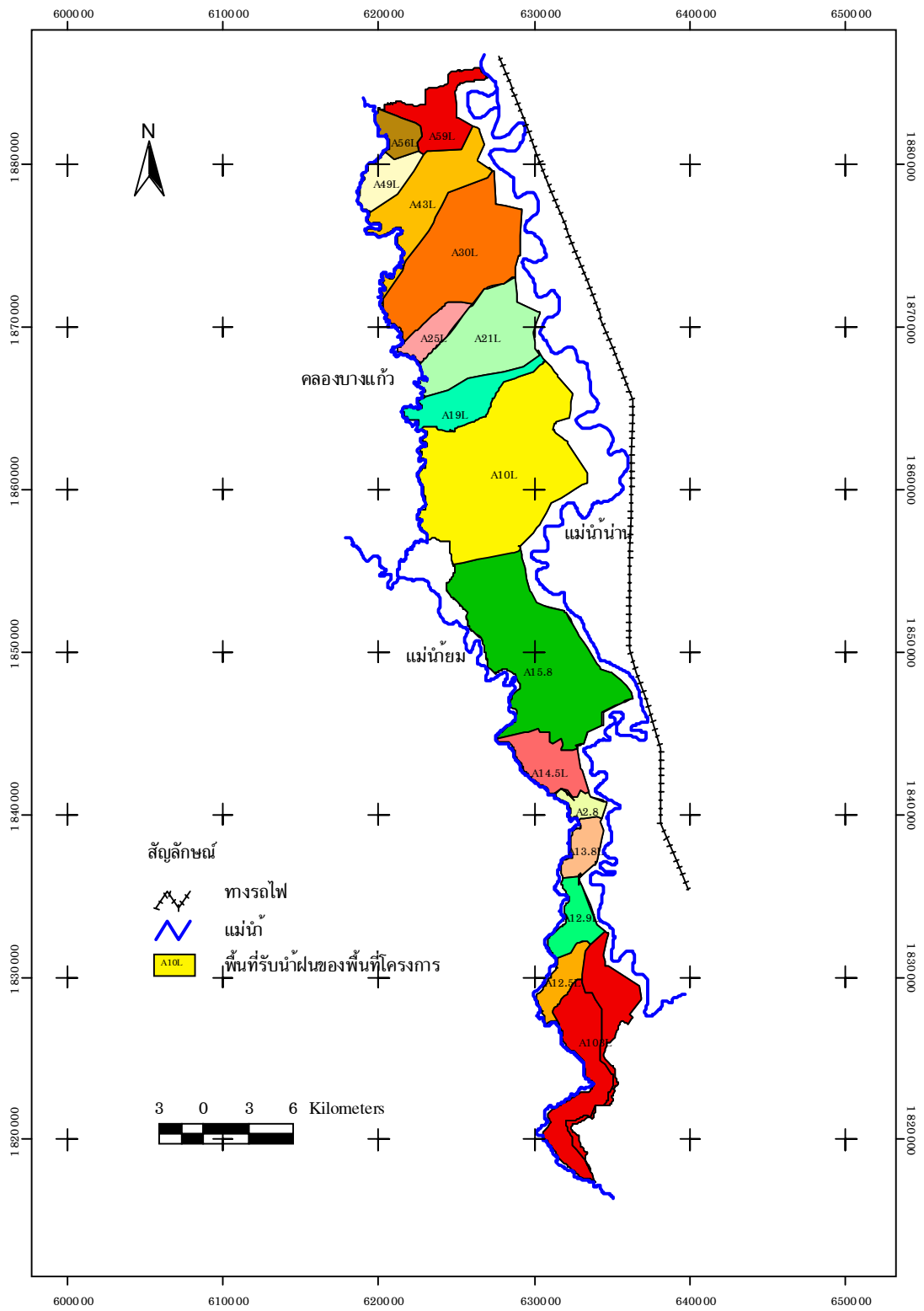
ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพล ข้อมูลรูปตัดตามยาวและตามขวางของคลองระบาย ข้อมูลน้ำฝน ข้อมูลระดับน้ำที่อาคารปากคลองระบาย ลักษณะการใช้ที่ดิน เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มาจากการเก็บรวบรวมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมชลประทาน และการเก็บเพิ่มเติมจากสนาม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ข้อมูลลักษณะทางกายภาพ

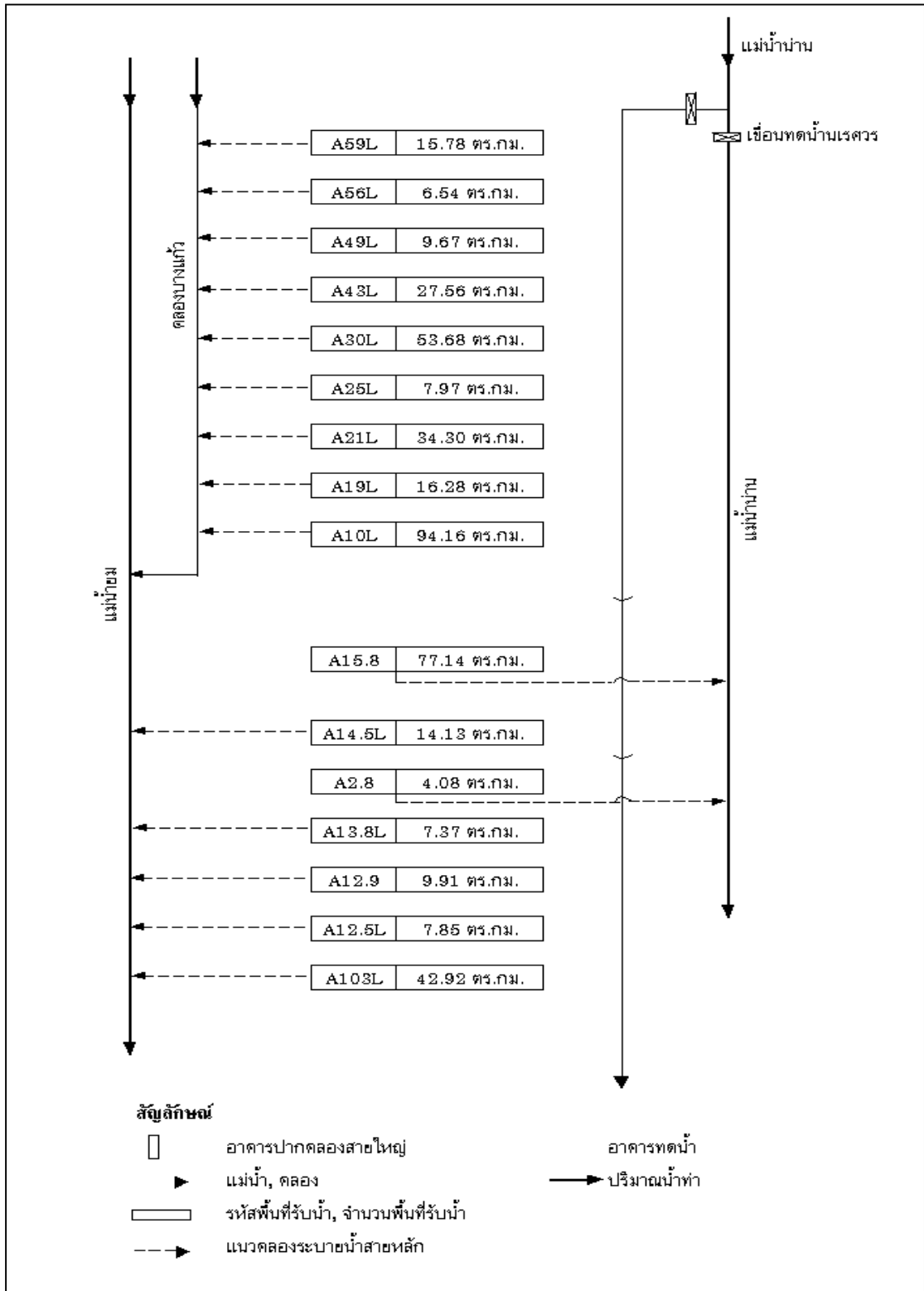
จากแผนที่ภูมิประเทศของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล มาตรฐาน 1:50,000 ได้ทำการแบ่งพื้นที่รับน้ำตามคลองระบายสายหลักดังแสดงในตารางที่ 5 และแผนที่แสดงการแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนดังภาพที่ 14 ระบบการระบายน้ำของพื้นที่มีลักษณะแยกเป็นส่วน ๆ โดยคลองระบายน้ำสายหลักจะทำหน้าที่รับน้ำลงสู่แม่น้ำยมและแม่น้ำน่านตามแผนภูมิจำลองการไหลของน้ำโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพลดังแสดงภาพที่ 15 และลักษณะทางกายภาพที่ใช้สำหรับการคำนวณการไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำ (Lateral Inflow) ได้แสดงตามตารางที่ 6

ตารางที่ 5 พื้นที่รับน้ำฝน รหัสพื้นที่รับน้ำ และระดับตลิ่งของคลองระบายน้ำ ในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล

ลำดับที่	รหัสพื้นที่	ชื่อคลองระบายน้ำ	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ระดับตลิ่งที่อาคาร ปากคลอง (ม.รทก.)
1	A59L	DR1-59L	15.78	43.60
2	A56L	DR1-56L	6.54	43.60
3	A49L	DR1-49L	9.67	43.10
4	A43L	DR1-43L	27.56	41.60
5	A30L	DR1-30L	53.68	40.70
6	A25L	DR1-25L	7.97	40.60
7	A21L	DR1-21L	34.30	39.90
8	A19L	DR1-19L	16.28	39.70
9	A10L	DR1-10L	94.16	40.00
10	A15.8	DR-15.8	77.14	39.40
11	A14.5L	DR2-14.5L	14.13	38.90
12	A2.8	DR-2.8	4.08	39.50
13	A13.8L	DR2-13.8L	7.37	37.20
14	A12.9L	DR2-12.9L	9.91	36.90
15	A12.5L	DR2-12.5L	7.85	35.60
16	A103L	DR2-103L-0R	42.92	34.20



ภาพที่ 14 การแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพล



ภาพที่ 15 แผนภูมิระบบระบายน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล

ตารางที่ 6 ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่รับน้ำย่อยสำหรับวิเคราะห์ปริมาณการไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำ

คลองระบายน้ำที่พิจารณา	รหัสพื้นที่รับน้ำย่อย	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ความยาวทางน้ำ (กม.)	ความลาดเทพื้นที่รับน้ำ (เปอร์เซ็นต์)
DR1-59L	A59L/1	4.20	4.77	0.021
	A59L/2	3.55	2.93	0.034
	A59L/3	1.57	1.78	0.056
	A59L/4	4.02	3.80	0.026
	A59L/5	2.44	2.77	0.036
DR1-56L	A56L/1	2.01	1.50	0.067
	A56L/2	0.81	1.53	0.065
	A56L/3	1.32	1.59	0.063
	A56L/4	0.91	1.82	0.055
	A56L/5	1.49	1.99	0.050
DR1-49L	A49L/1	0.63	1.14	0.088
	A49L/2	0.93	1.30	0.077
	A49L/3	1.92	2.09	0.048
	A49L/4	1.88	2.20	0.045
	A49L/5	2.19	2.04	0.049
	A49L/6	0.95	1.70	0.059
	A49L/7	1.17	1.86	0.054
DR1-43L	A43L/1	2.97	3.58	0.028
	A43L/2	2.13	2.58	0.039
	A43L/3	3.85	3.08	0.032
	A43L/4	1.84	2.24	0.045
	A43L/5	2.94	3.08	0.032
	A43L/6	2.96	2.80	0.036
	A43L/7	2.77	2.90	0.034
	A43L/8	5.34	3.62	0.028
	A43L/9	2.75	2.06	0.049

ตารางที่ 6 (ต่อ)

คลองระบายน้ำที่ พิจารณา	รหัสพื้นที่ รับน้ำย่อย	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ความยาวทาง น้ำ (กม.)	ความลาดเท พื้นที่รับน้ำ (เปอร์เซ็นต์)
DR1-30L	A30L/1	7.86	4.61	0.039
	A30L/2	4.67	3.78	0.042
	A30L/3	2.00	3.30	0.048
	A30L/4	1.25	1.88	0.053
	A30L/5	18.75	7.00	0.031
	A30L/6	8.34	5.20	0.038
	A30L/7	1.80	2.28	0.043
	A30L/8	1.59	2.19	0.045
	A30L/9	0.88	1.45	0.069
	A30L/10	6.54	3.69	0.043
DR1-25L	A25L/1	3.11	2.95	0.035
	A25L/2	1.90	2.66	0.032
	A25L/3	2.96	2.74	0.033
DR1-21L	A21L/1	3.53	3.23	0.031
	A21L/2	14.79	6.37	0.016
	A21L/3	4.62	3.57	0.028
	A21L/4	5.53	3.41	0.029
	A21L/5	0.93	1.92	0.052
	A21L/6	2.31	3.14	0.032
	A21L/7	2.59	2.20	0.045
DR1-19L	A19L/1	1.68	2.85	0.035
	A19L/2	1.2	2.96	0.034
	A19L/3	4.95	3.24	0.031
	A19L/4	0.95	3.15	0.032
	A19L/5	4.57	3.51	0.028
	A19L/6	2.93	2.46	0.041

ตารางที่ 6 (ต่อ)

คลองระบายน้ำที่ พิจารณา	รหัสพื้นที่ รับน้ำย่อย	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ความยาวทาง น้ำ (กม.)	ความลาดเท พื้นที่รับน้ำ (เปอร์เซ็นต์)
DR1-10L	A10L/1	15.68	2.85	0.035
	A10L/2	38.13	2.96	0.034
	A10L/3	10.27	3.24	0.031
	A10L/4	17.96	3.15	0.032
	A10L/5	7.91	3.51	0.028
	A10L/6	4.21	2.46	0.041
DR-15.8	A15.8/1	10.99	4.76	0.021
	A15.8/2	15.44	8.18	0.012
	A15.8/3	6.18	5.25	0.019
	A15.8/4	15.28	4.96	0.020
	A15.8/5	11.19	5.31	0.019
	A15.8/6	6.85	3.31	0.030
	A15.8/7	5.54	3.87	0.026
	A15.8/8	5.67	3.42	0.029
DR2-14.5L	A14.5L/1	4.57	2.46	0.041
	A14.5L/2	1.15	2.09	0.048
	A14.5L/3	0.79	1.29	0.078
	A14.5L/4	7.62	4.27	0.023
DR-2.8	A2.8/1	1.00	1.65	0.0485
	A2.8/2	1.15	1.55	0.0516
	A2.8/3	1.40	2.10	0.0381
	A2.8/4	0.525	1.00	0.0400
DR2-13.8L	A13.8L/1	3.02	2.40	0.042
	A13.8L/2	1.58	2.77	0.036
	A13.8L/3	2.77	2.03	0.049

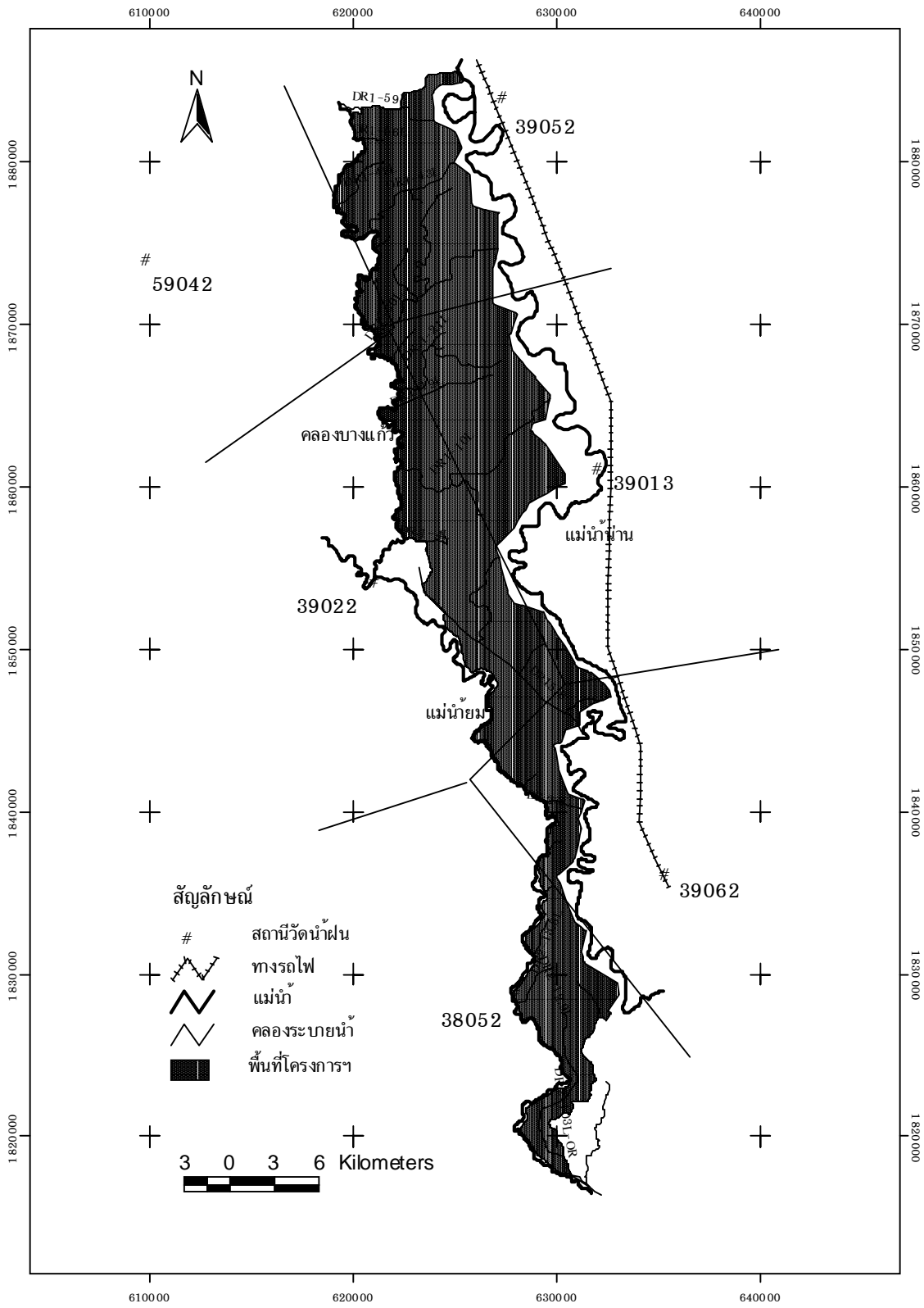
ตารางที่ 6 (ต่อ)

คลองระบายน้ำที่ พิจารณา	รหัสพื้นที่ รับน้ำย่อย	พื้นที่รับน้ำ ฝน (ตร.กม.)	ความยาว ทางน้ำ (กม.)	ความลาดเทพื้นที่รับ น้ำ (เปอร์เซ็นต์)
DR2-12.9L	A12.9L/1	4.93	3.34	0.030
	A12.9L/2	2.57	3.05	0.033
	A12.9L/3	1.69	2.44	0.041
	A12.9L/4	0.72	1.37	0.073
DR2-12.5L	A12.5L/1	1.50	2.12	0.047
	A12.5L/2	1.93	2.78	0.036
	A12.5L/3	1.66	1.95	0.051
	A12.5L/4	1.41	2.08	0.048
	A12.5L/5	1.35	2.01	0.050
DR2-103L-OR	A103L/1	4.39	2.86	0.035
	A103L/2	5.49	6.02	0.017
	A103L/3	4.38	5.05	0.020
	A103L/4	5.45	7.25	0.014
	A103L/5	6.69	7.91	0.013
	A103L/6	16.52	17.54	0.006

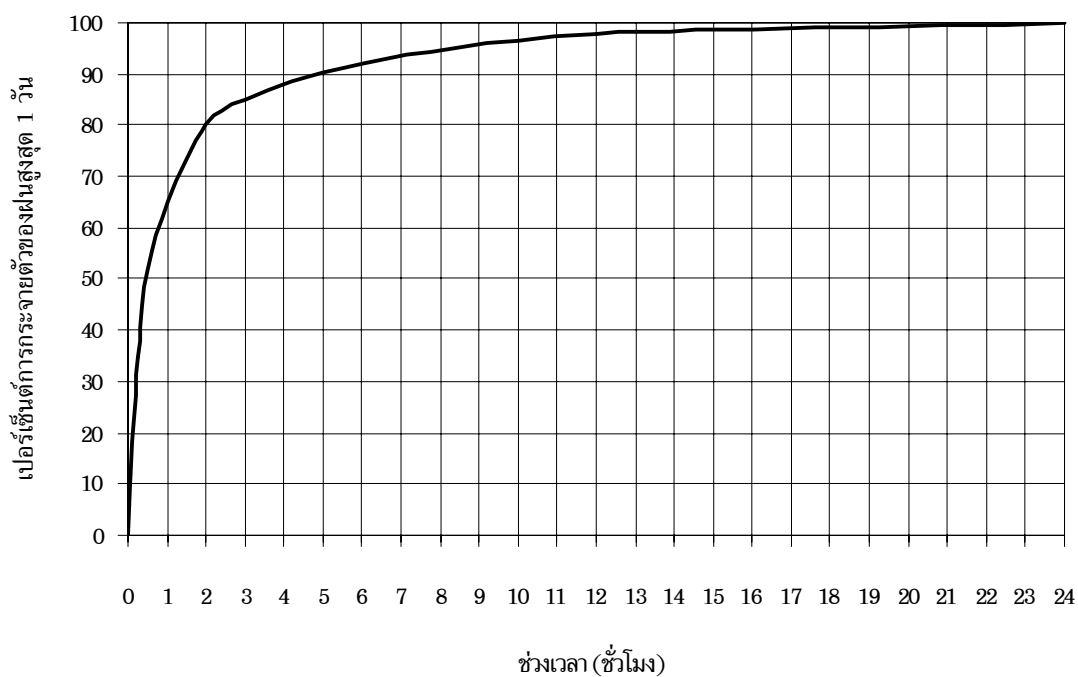
1.2 ข้อมูลปริมาณฝน

1.2.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของสถานีวัดน้ำฝน ที่ครอบคลุมพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาปลายชุมพล เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง โดยได้การประมาณน้ำท่าผิวดินใช้วิธี SCS ประกอบกับเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ข้อมูลปริมาณฝนในเขตพื้นที่โครงการซึ่งรวบรวมโดยกรมชลประทาน จำนวน 6 สถานี แสดงรายชื่อสถานีที่ใช้วิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 7 จุดที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนและการแบ่งสัดส่วนพื้นที่โดยวิธีรูปเหลี่ยมธีเอสเซน แสดงดังภาพที่ 16

1.2.2 การแพร่กระจายของฝนสูงสุด 1 วัน ที่จังหวัดพิษณุโลก ใช้กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์กระจายของปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน คึกษาโดยสุภาพรรณ (2532) แสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 16 การทำสัดส่วนการถ่วงน้ำหนักโดยวิธีรูปเหลี่ยมสี่เหลี่ยม



ภาพที่ 17 เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฝนสูงสุด 1 วัน ของจังหวัดพิษณุโลก
ที่มา: สุภาพรณ (2532)

ตารางที่ 7 ตำแหน่งที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา

ชื่อสถานี	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ที่ตั้ง		
			จังหวัด	เส้นรุ้ง	เส้นแวง
1.อำเภอสามง่าม	38052	2510-2544	พิจิตร	16-30-25	100-12-33
2.อำเภอเมือง	39013	2510-2544	พิษณุโลก	16-49-24	100-15-45
3.อำเภอบางระกำ	39022	2510-2544	พิษณุโลก	16-45-23	100-07-18
4.อำเภอพรหมพิราม	39052	2510-2544	พิษณุโลก	17-02-56	100-12-13
5.อำเภอบางกระทุ่ม	39062	2510-2544	พิษณุโลก	16-34-40	100-18-10
6.อำเภอกงไกรลาศ	59042	2510-2544	สุโขทัย	16-57-04	99-58-46

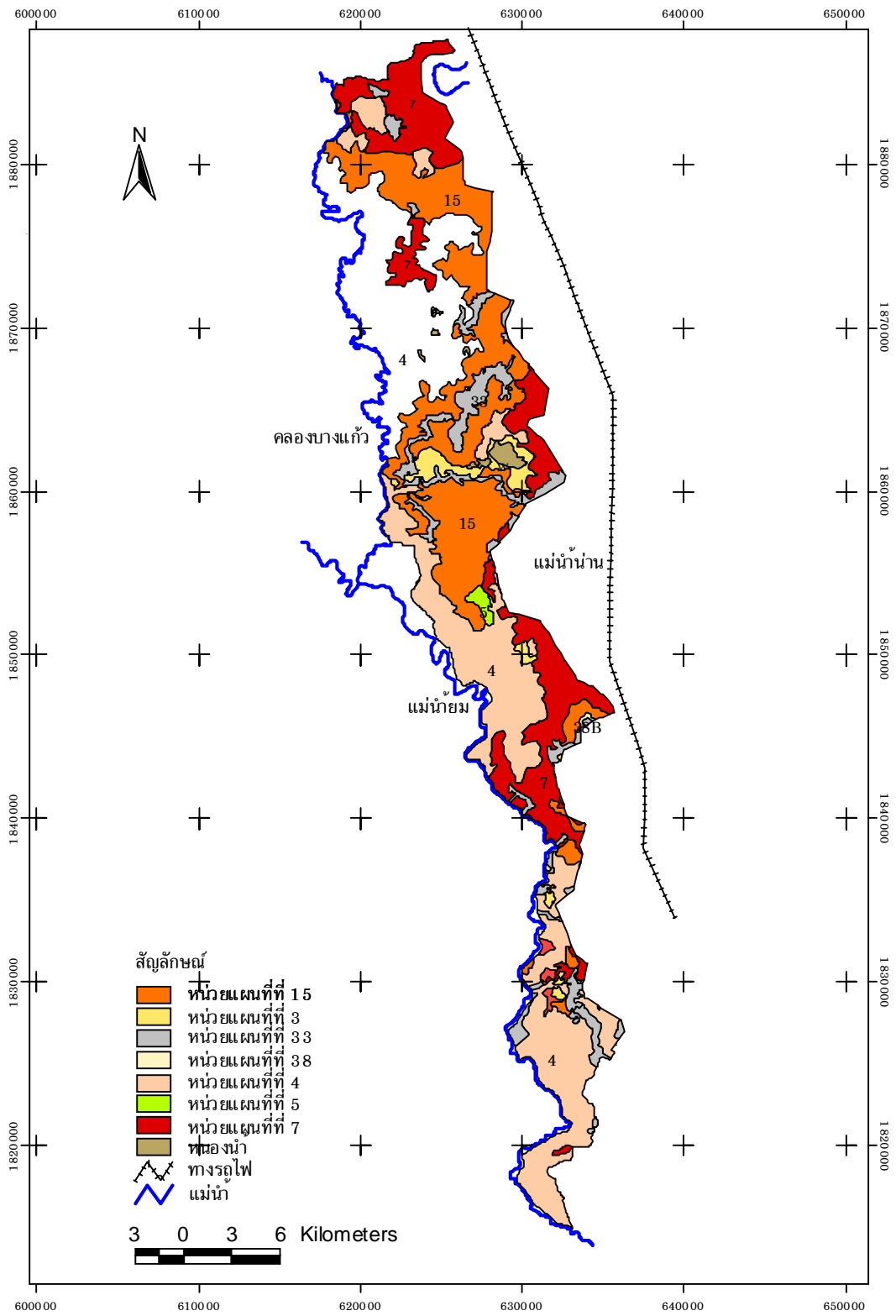
ที่มา: กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน (2546)

1.3 ข้อมูลน้ำท่า

ข้อมูลน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลระดับน้ำรายวันที่มีการบันทึกไว้ในช่วงฤดูน้ำหลากที่ตำแหน่งด้านหน้าอาคารปากคลองระบายน้ำและด้านหลังอาคารปากคลองระบายน้ำ ได้ทำการบันทึกระดับน้ำไว้ตามอาคารปากคลองระบายน้ำมีทั้งหมด 11 แห่ง คือ DR1-59L, DR1-49L, DR1-43L, DR1-30L, DR1-25L, DR1-21L, DR1-19L, DR1-10L, DR-15.8, DR-2.8 และ DR2-13.8L ปีที่มีการจดบันทึกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เป็นต้นมา

1.4 ข้อมูลหน่วยดิน

กรมพัฒนาที่ดิน ได้จำแนกกลุ่มของดินออกเป็นหน่วยแผนที่ดินทั้งประเทศจำนวน 62 หน่วย ในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพลที่มีพื้นที่ส่วนมากอยู่ในจังหวัดพิษณุโลก มีลักษณะกลุ่มดินส่วนใหญ่ตรงกับหน่วยแผนที่ดินที่ 4, 7, 15 และ 33 แสดงดังภาพที่ 18 พื้นที่เหมาะสำหรับปลูกข้าวเป็นกลุ่มดินที่มีเนื้อเป็นพวกดินเหนียว มีสีเทาหรือสีน้ำตาลปนเทา มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว พบบริเวณพื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ดินดังกล่าวส่วนใหญ่ใช้ทำนา



ภาพที่ 18 การแบ่งกลุ่มดินตามหน่วยแผนที่ของกรมพัฒนาที่ดินในเขตโครงการ
 ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน

2. การวิเคราะห์ข้อมูลฝน

การประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำโดยวิธี SCS มีขั้นตอนดังนี้

2.1 การคำนวณหาฝนส่วนเกิน (Rainfall Excess) ของพื้นที่ที่ศึกษา โดยต้องทราบค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้คือ ปริมาณฝนรายวัน (Rainfall; P) การสูญเสียเริ่มต้น (Initial Abstraction; Ia) และค่าศักยภาพการเก็บกักสูงสุด (Potential Maximum Retention; S) เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณการสูญเสียของฝนเพื่อนำไปคำนวณหากราฟน้ำฝนส่วนเกิน (Excess Rainfall Hydrograph)

ความสัมพันธ์การสูญเสียของฝนเริ่มต้น มีผลการศึกษาทดลองบนพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กของ U.S. Department of Agriculture (1972) ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$I_a = 0.2S \quad (19)$$

ค่าศักยภาพการเก็บกักสูงสุด (Potential Maximum Retention; S) คำนวณจากสมการที่ (6) โดยค่า CN ที่ได้พิจารณาจากลักษณะของดินและการใช้พื้นที่ของดินตามตารางที่ 1 และ 3

2.2 การสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี SCS โดยทำการคำนวณหาเวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด (t_p) ตามสมการที่ (12) และคำนวณหาค่าปริมาณการไหลสูงสุด (q_p) ตามสมการที่ (13) จากนั้นนำค่าที่ได้ทั้งสองไปคูณกับอัตราส่วนของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร้มิติ (Dimensionless Unit Hydrograph) ก็จะได้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) สำหรับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร้มิติของลุ่มน้ำยมและน่านนั้นธวัช (2530) ได้ศึกษาไว้ดังแสดงตามตารางที่ 8

2.3 นำกราฟน้ำฝนส่วนเกินที่ได้มาประยุกต์ใช้กับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่หาโดยวิธี SCS และปรับช่วงเวลาของกราฟทั้งสองเป็นช่วงเวลาเดียวกัน จะได้กราฟน้ำท่าผิวดิน (Direct Runoff Hydrograph)

2.4 นำกราฟน้ำท่าผิวดินบวกกับการไหลพื้นฐาน (Base Flow) ก็จะได้กราฟน้ำหลาก (Flood Hydrograph)

ตารางที่ 8 อัตราส่วนกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำในรูปไม่มีหน่วยสำหรับลุ่มน้ำยมและน่าน

Time Ratios (t/t_p)	Discharge Ratios (q/q_p)
0.00	0.000
0.20	0.030
0.40	0.100
0.60	0.235
0.80	0.540
1.00	1.000
1.20	0.865
1.40	0.675
1.60	0.525
1.80	0.415
2.00	0.335
2.20	0.275
2.40	0.225
2.60	0.185
2.80	0.150
3.00	0.115
3.20	0.090
3.40	0.070
3.60	0.050
3.80	0.035
4.00	0.020
4.20	0.010
4.40	0.000

ที่มา: ธวัช (2530)

3. การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Model Calibration and Verification)

การศึกษาพื้นที่ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพลครั้งนี้ เป็นพื้นที่ปิดรอบล้อมด้วยคันคลองส่งน้ำและคันกั้นน้ำแบ่งเป็นพื้นที่ย่อยๆตามคลองระบายน้ำสายหลักที่ไหลลงแม่น้ำยมได้จำนวน 14 สาย และไหลลงแม่น้ำน่านได้จำนวน 2 สาย รวมพื้นที่รับน้ำฝนทั้งหมด 16 พื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 14 ในการศึกษาสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองได้กระทำสำหรับพื้นที่ย่อย 11 พื้นที่ ส่วนที่เหลืออีก 5 พื้นที่ย่อย ไม่ได้ที่มีจุดบันทึกข้อมูลระดับน้ำเนื่องจากไม่มีการปิดอาคารปากคลองระบายน้ำในช่วงน้ำหลากและไม่มีปัญหาในการระบายน้ำ ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นต้องศึกษา

การสอบเทียบแบบจำลองในสภาพเงื่อนไขปัจจุบัน เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่นำมาใช้ในการศึกษากับพื้นที่ก่อนที่จะทำการประเมินประสิทธิภาพการระบายน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพลและนำไปสู่การวิเคราะห์การแก้ไขปัญหาด้วยแบบจำลองนี้ ข้อมูลฝนและระดับน้ำที่หน้าอาคารปากคลองระบายที่นำมาใช้ในการสอบเทียบคือปี พ.ศ. 2543 ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ดี การสอบเทียบผลการจำลองสภาพระบบระบายน้ำด้วยแบบจำลอง RUBICON ได้ทำการสอบเทียบเฉพาะกับข้อมูลระดับน้ำหน้าอาคารปากคลองที่บันทึกไว้เพียงอย่างเดียว การสอบเทียบด้วยอัตราการไหลของน้ำผ่านอาคารปากคลองไม่สามารถทำได้เนื่องจากเลือกช่วงที่ศึกษาเป็นพื้นที่ปิดไม่มีน้ำไหลผ่านอาคารปากคลองการระบายน้ำในช่วงนี้ต้องใช้เครื่องสูบน้ำเท่านั้น การสอบเทียบแบบจำลอง RUBICON มีรายละเอียดและขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

3.1 ป้อนข้อมูลในแบบจำลอง RUBICON ประกอบด้วยข้อมูลด้านกายภาพของระบบระบายน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ข้อมูลโครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลองระบายน้ำต่างๆ และข้อมูลรูปตัดตามขวางของคลองระบายน้ำที่มีทั้งหมด 16 คลอง ในการศึกษาครั้งนี้เลือกคลองระบายหลักจำนวน 11 คลอง มีความยาวรวมทั้งหมด 80.859 กิโลเมตร และรูปตัดตามขวางของคลองระบายน้ำจำนวน 242 รูปตัด โดยมีรายชื่อตามตารางที่ 9 ข้อมูลหน้าตัดคลองที่นำมาใช้ในการสอบเทียบแบบจำลองโดยเริ่มตั้งแต่ปากคลองระบายที่ไหลลงสู่น้ำถึงสิ้นสุดปลายคลองด้านบน (Upstream) โดยได้แสดงโครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลองระบายน้ำต่างๆ ดังในภาพที่ 19

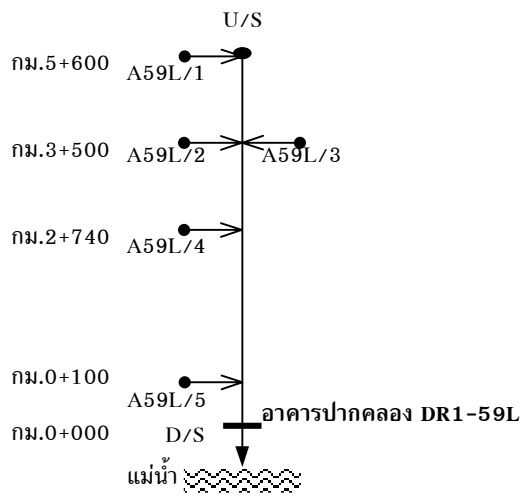
3.2 ป้อนข้อมูลด้านอุทกวิทยาสำหรับแบบจำลอง RUBICON ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ข้อมูลระดับน้ำรายวันของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพล ที่หน้าอาคารปากคลองระบายน้ำ จำนวน 11 แห่ง เพื่อเป็นจุดพิจารณาสำหรับเหตุการณ์น้ำหลากที่เลือกในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

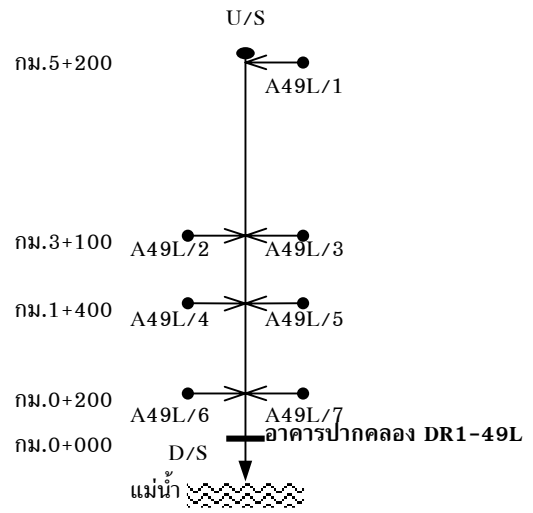
3.3 เปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง กับกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่มีบันทึกไว้ ณ หน้าอาคารปากคลองระบายน้ำทั้งหมด 11 แห่ง โดยค่าผลต่างของระดับน้ำจะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แล้ว จึงเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่เหมาะสมสำหรับแต่ละรูปตัดขวางของคลองระบายน้ำ

ตารางที่ 9 แสดงรายชื่อคลองระบายน้ำสายหลักและช่วงเวลาเหตุการณ์ที่ทำการสอบเทียบ

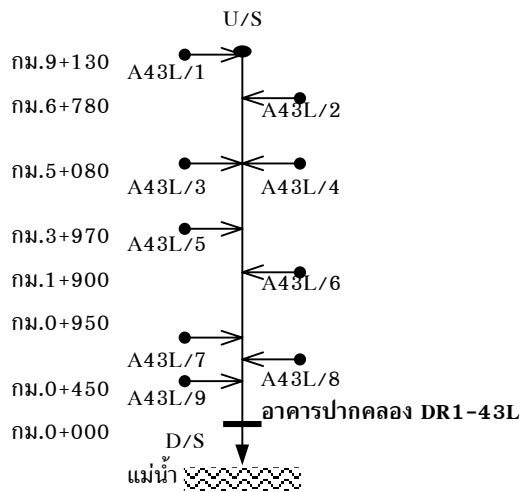
ลำดับที่	ชื่อคลองระบายน้ำสายหลัก	ช่วงเวลาเหตุการณ์
1	DR1-59L	23 ถึง 30 พฤศจิกายน 2543
2	DR1-49L	14 กันยายน ถึง 11 ตุลาคม 2543
3	DR1-43L	18 กันยายน ถึง 8 ตุลาคม 2543
4	DR1-30L	19 กันยายน ถึง 18 ตุลาคม 2543
5	DR1-25L	13 กันยายน ถึง 22 ตุลาคม 2543
6	DR1-21L	13 กันยายน ถึง 22 ตุลาคม 2543
7	DR1-19L	1 ถึง 30 กันยายน 2543
8	DR1-10L	21 กันยายน ถึง 23 ตุลาคม 2543
9	DR-15.8	14 ถึง 19 กันยายน 2543
10	DR-2.8	14 ถึง 19 กันยายน 2543
11	DR2-13.8L	16 ถึง 18 กันยายน 2543



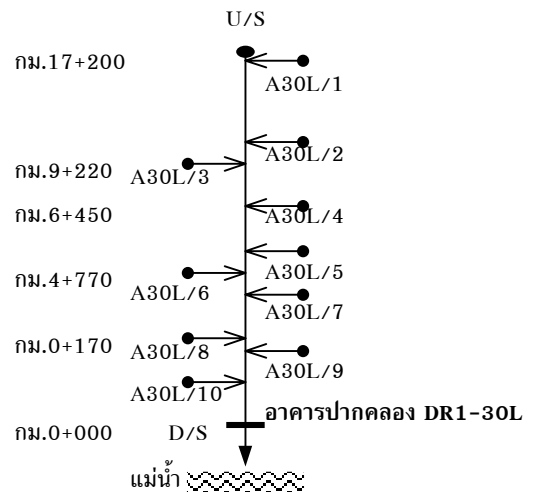
(ก) โครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลอง
DR1-59L



(ข) โครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลอง
DR1-49L

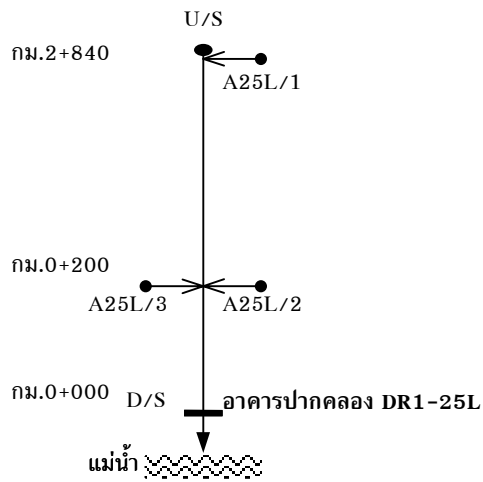


(ค) โครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลอง
DR1-43L

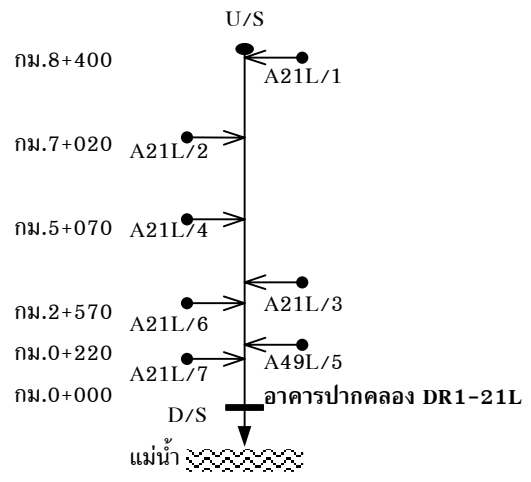


(ง) โครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลอง
DR1-30L

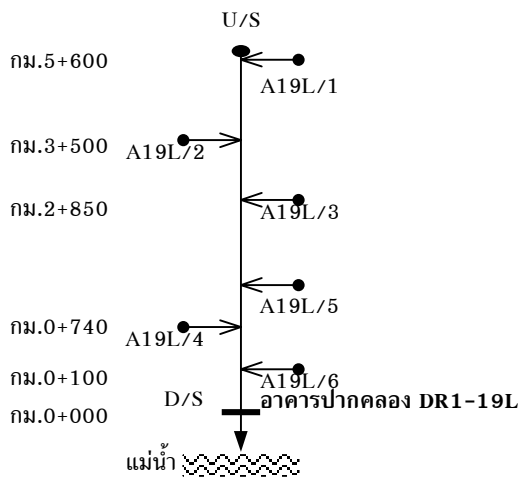
ภาพที่ 19 แผนภูมิแสดงโครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลองระบายน้ำต่าง ๆ



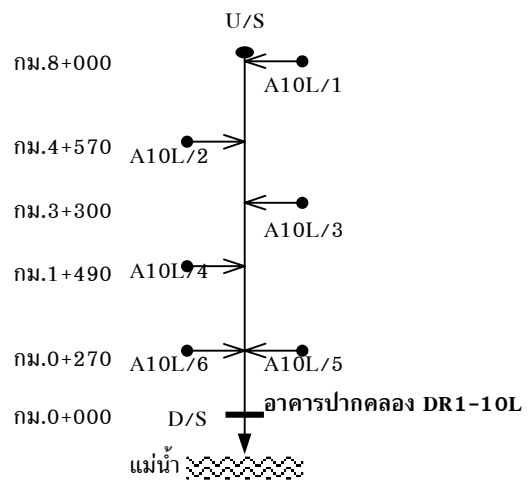
(จ) โครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลอง
DR1-25L



(ฉ) โครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลอง
DR1-21L

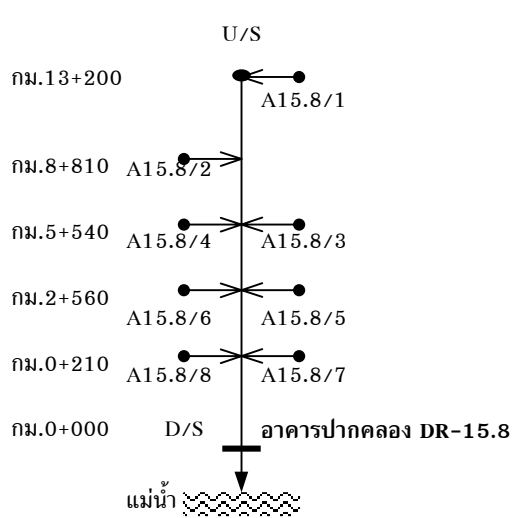


(ช) โครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลอง
DR1-19L

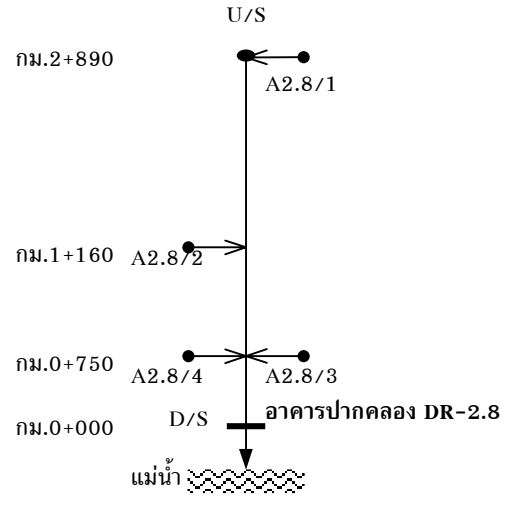


(ซ) โครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลอง
DR1-10L

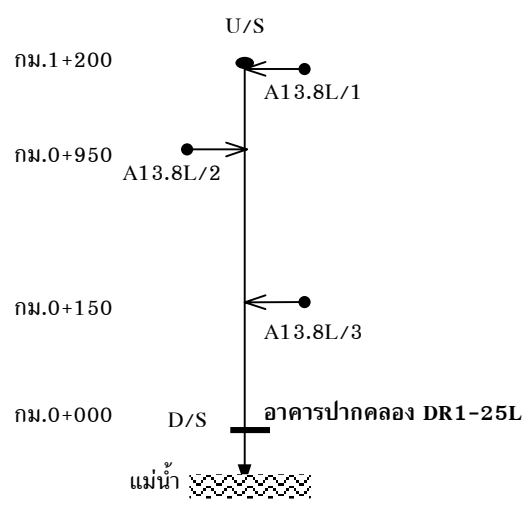
ภาพที่ 19 แผนภูมิแสดงโครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลองระบายน้ำต่างๆ (ต่อ)



(ฉ) โครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลอง DR-15.8



(ญ) โครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลอง DR-2.8



(ฎ) โครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลอง DR2-13.8L

สัญลักษณ์

- U/S = จุดพิจารณาด้านเหนือน้ำ
- A59L/1 = พื้นที่รับน้ำฝนย่อย
- → = การไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำ
- = ทิศทางการไหล
- D/S = จุดพิจารณาด้านท้ายน้ำที่อาคารปากคลองระบาย
- ~~~~~ = แม่น้ำ
- กม.1+000 = ระยะทางตามคลองระบายน้ำจากจุดพิจารณาด้านเหนือน้ำ

ภาพที่ 19 แผนภูมิแสดงโครงข่ายการระบายน้ำเข้าสู่คลองระบายน้ำต่างๆ (ต่อ)

4. การประเมินปริมาณการไหลเข้าด้านข้างของฝนออกแบบโดยวิธี SCS

เนื่องจากพื้นที่ที่ศึกษาเป็นระบบระบายของพื้นที่การเกษตร ดังนั้นในการประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างของฝนออกแบบโดยวิธี SCS จึงเลือกใช้รอบปีการเกิดซ้ำที่ 2 ปี และ 5 ปี เท่านั้น และการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ปริมาณฝนสูงสุดของพื้นที่ใช้ปริมาณฝนสูงสุดใน 1, 2 และ 3 วัน ในการวิเคราะห์นี้ใช้วิธีแจกแจงความถี่ด้วยวิธีกัมเบลโดยใช้ข้อมูลฝนจาก 6 สถานี ซึ่งมีข้อมูลฝนจำนวน 35 ปี ตั้งแต่ปี 2510 ถึง 2544 ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ถึง 3 วัน ของสถานีวัดน้ำฝนที่ศึกษา

ชื่อสถานี	รหัสสถานี	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.)	
			Tr = 2 ปี	Tr = 5 ปี
1. อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร	38052	1	96.3	120.4
		2	108.5	135.6
		3	122.5	151.6
2. อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก	39052	1	80.8	107.1
		2	104.4	133.8
		3	119.1	151.3
3. อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก	39013	1	88.2	121.9
		2	114.1	154.6
		3	128.4	168.4
4. อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก	39022	1	73.5	111.9
		2	98.5	139.7
		3	113.1	153.8
5. อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก	39062	1	82.4	100.6
		2	99.8	126.3
		3	115.4	145.0
6. อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย	59042	1	81.7	98.0
		2	108.5	135.8
		3	127.3	158.2

จากผลการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ปริมาณฝนสูงสุดรายปีในช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน นำมาหาค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำย่อยโดยวิธีรูปเหลี่ยมเฉลี่ยธีเอสเซน ที่มีแพคเตอร์ธีเอสเซนของพื้นที่รับน้ำฝนย่อยแสดงไว้ในตารางผนวกที่ ค1 และปริมาณน้ำฝนสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนย่อยที่ได้ แสดงไว้ในตารางผนวกที่ ค2 จากนั้นนำปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำย่อยมาทำการกระจายฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาประยุกต์ใช้วิธี SCS เพื่อคำนวณหาปริมาณการสูญเสียเพื่อให้ได้กราฟน้ำฝนส่วนเกิน (Excess Rainfall Hyetograph)

จากผลกราฟน้ำฝนส่วนเกิน (Excess Rainfall Hyetograph) ของพื้นที่รับน้ำย่อยต่างๆ นำมาประยุกต์กับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่คำนวณได้จากวิธี SCS จะได้กราฟน้ำท่าผิวดิน (Direct Runoff Hydrograph) เมื่อนำมาบวกกับการไหลพื้นฐาน (Base Flow) ก็จะได้กราฟน้ำหลากสูงสุด (Flood Hydrograph) ของพื้นที่รับน้ำย่อยต่างๆ ที่ออกแบบไว้ในรอบปีการเกิดซ้ำที่ 2 ปี และ 5 ปี ซึ่งกราฟน้ำหลากสูงสุดของพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพหลโยธินที่แบ่งเป็นพื้นที่รับน้ำย่อยจำนวน 68 พื้นที่แสดงไว้ตั้งในภาพผนวกที่ ง1 ถึงภาพผนวกที่ ง68

5. การวิเคราะห์ตัวแปรทางสถิติแสดงความเข้ากันได้ดีของกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากการบันทึกข้อมูล

การตรวจสอบความสามารถของแบบจำลองในการประเมินกราฟน้ำท่าของระดับน้ำ เพื่อให้เกิดความเข้ากันได้ดี (Goodness of Fit) ระหว่างกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากการบันทึกใช้การวิเคราะห์ทางสถิติในการวัดความสามารถของแบบจำลอง โดยการศึกษานี้ได้ใช้ตัวแปรทางสถิติ 2 ตัวแปร เพื่อตรวจสอบความเข้ากันได้ ดังนี้คือ

5.1 Correlation Coefficient (r) เป็นตัวแปรที่แสดงความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear Relationship) ระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการตรวจวัดโดยมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ค่าที่เท่ากับ -1 ะเป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์แบบเส้นตรงเป็นอย่างดีในทิศทางเดียวกัน (Perfect Negative Linear Relation) ส่วนค่าที่เท่ากับ 1 แสดงความสัมพันธ์แบบเส้นตรงที่ดีในทิศทางตรงกันข้าม (Perfect Positive Linear Association) สำหรับค่าที่เท่ากับศูนย์ แสดงว่าข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กันเลย (No Linear Relation)

$$r = \frac{N \sum H_{obs} H_{cal} - (\sum H_{obs})(\sum H_{cal})}{\sqrt{[N \sum H_{obs}^2 - (\sum H_{obs})^2][N \sum H_{cal}^2 - (\sum H_{cal})^2]}} \quad (20)$$

5.2 Root Mean Square Error (RMSE) เป็นตัวแปรที่แสดงความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Absolute Error) ระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการตรวจวัด ซึ่งควรจะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum (H_{\text{obs}} - H_{\text{cal}})^2}{N}} \quad (21)$$

เมื่อ H_{obs} = ระดับน้ำที่บันทึก
 H_{cal} = ระดับน้ำที่คำนวณ
 N = จำนวนของข้อมูลระดับน้ำที่ใช้ในการศึกษา

ผลและวิจารณ์

1. ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON

การจำลองสภาพระบบระบายน้ำของพื้นที่ที่ศึกษา เพื่อทำการสอบเทียบจะใช้ชุดข้อมูลฝนในช่วงเวลาตามตารางที่ 9 โดยใช้ข้อมูลฝนรายวันจากกรมชลประทาน จากนั้นจำลองสภาพการระบายน้ำด้วยแบบจำลอง RUBICON ที่ได้จัดสร้างขึ้นเพื่อเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์โดยแบบจำลองกับข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการบันทึก พบว่าโดยรวมแล้วผลที่ได้จากการจำลองแตกต่างจากผลที่บันทึกไม่มากนักโดยอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และผลการเปรียบเทียบทางสถิติของการสอบเทียบแบบจำลอง RUBICON ดังตารางที่ 11

การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON ทำได้โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning สำหรับแต่ละรูปตัดขวางของคลองระบายน้ำที่ยอมรับจากผลการสอบเทียบ มาประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์น้ำหลากในปี 2544 เพื่อเป็นการยืนยันค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning เหตุการณ์ที่พิจารณาในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองเป็นเหตุการณ์ลักษณะเดียวกันกับการสอบเทียบแบบจำลองคือ น้ำไม่สามารถระบายออกได้เนื่องจากปิดอาคารปากคลองระบายน้ำแต่เป็นเหตุการณ์น้ำหลากของปี 2544 และได้ทำการเลือกตรวจพิสูจน์คลองระบายน้ำเพียง 4 แห่ง จากทั้งหมด 11 แห่ง เนื่องจากลักษณะของพื้นที่คลองระบายน้ำแต่ละแห่งมีสภาพคลองที่ใกล้เคียงกัน และอยู่ในบริเวณไม่ห่างกันมาก คลองระบายน้ำที่เลือกตรวจพิสูจน์คือ DR1-25L ใช้เหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 13 สิงหาคม 2544 ถึง 5 ตุลาคม 2544, DR1-19L ใช้เหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 13 สิงหาคม 2544 ถึง 5 ตุลาคม 2544, DR1-10L ใช้เหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 23 สิงหาคม 2544 ถึง 15 ตุลาคม 2544 และ DR2-13.8L ใช้เหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 2 กันยายน 2544 ถึง 13 ตุลาคม 2544 ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองในแต่ละคลองระบายน้ำ มีรายละเอียดดังนี้

1.1 คลองระบายน้ำ DR1-59L

คลองระบายน้ำ DR1-59L มีพื้นที่รับน้ำฝน 15.78 ตร.กม. มีระดับตลิ่งที่หน้าอาคารปากคลองระบาย 43.60 ม.รทก. ช่วงเวลาที่นำมาสอบเทียบระหว่างวันที่ 23 - 30 พฤศจิกายน 2543 ผลของกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON นำมาเปรียบเทียบกับที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 20 จากภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำท่าของระดับน้ำทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และการวิเคราะห์ห้ระดับน้ำท่วมสูงสุดที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 42.97 ม.รทก. ซึ่งมีต่ำกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่ากับ 0.63

เมตร น้ำจึงไม่ท่วมพื้นที่ในเขตคลองระบายน้ำ DR1-59L สำหรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของคลองระบายน้ำ DR1-59L ที่ได้จากการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 0.03 ซึ่งจะได้นำไปใช้เพื่อการตรวจสอบประสิทธิผลการระบายน้ำด้วยฝนอกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ต่อไป

1.2 คลองระบายน้ำ DR1-49L

คลองระบายน้ำ DR1-49L มีพื้นที่รับน้ำฝน 9.67 ตร.กม. มีระดับตลิ่งที่หน้าอาคารปากคลองระบาย 43.10 ม.รทก. ช่วงเวลาที่นำมาสอบเทียบระหว่างวันที่ 14 กันยายน 2543 ถึง 11 ตุลาคม 2543 ผลของกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON นำมาเปรียบเทียบกับที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 21 จากภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำท่าของระดับน้ำทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และการวิเคราะห์ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 42.82 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่ากับ 0.28 เมตร น้ำจึงไม่ท่วมพื้นที่ในเขตคลองระบายน้ำ DR1-49L สำหรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของคลองระบายน้ำ DR1-49L ที่ได้จากการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 0.03 ซึ่งจะได้นำไปใช้เพื่อการตรวจสอบประสิทธิผลการระบายน้ำด้วยฝนอกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ต่อไป

1.3 คลองระบายน้ำ DR1-43L

คลองระบายน้ำ DR1-49L มีพื้นที่รับน้ำฝน 27.56 ตร.กม. มีระดับตลิ่งที่หน้าอาคารปากคลองระบาย 41.60 ม.รทก. ช่วงเวลาที่นำมาสอบเทียบระหว่างวันที่ 18 กันยายน 2543 ถึง 8 ตุลาคม 2543 ผลของกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON นำมาเปรียบเทียบกับที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 22 จากภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำท่าของระดับน้ำทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และการวิเคราะห์ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 42.57 ม.รทก. ซึ่งสูงกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่ากับ 0.97 เมตร มีน้ำท่วมขังการระบายน้ำมีปัญหา สำหรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของคลองระบายน้ำ DR1-43L ที่ได้จากการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 0.03 ซึ่งจะได้นำไปใช้เพื่อการตรวจสอบประสิทธิผลการระบายน้ำด้วยฝนอกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ต่อไป

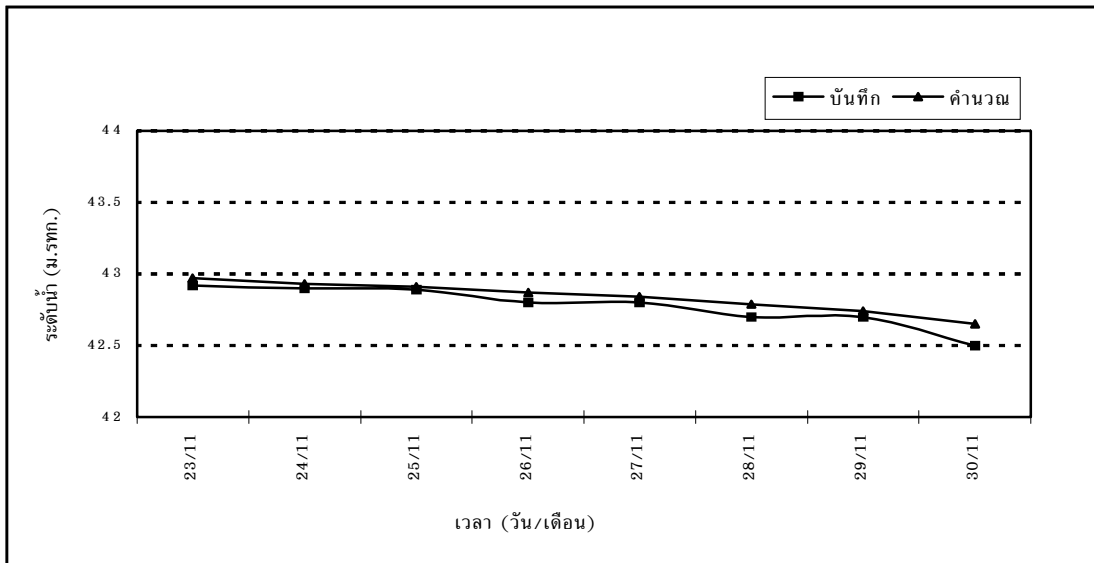
1.4 คลองระบายน้ำ DR1-30L

คลองระบายน้ำ DR1-30L มีพื้นที่รับน้ำฝน 53.68 ตร.กม. มีระดับตลิ่งที่หน้าอาคารปากคลองระบาย 40.70 ม.รทก. ช่วงเวลาที่นำมาสอบเทียบระหว่างวันที่ 19 กันยายน 2543 ถึง 18 ตุลาคม 2543 ผลของกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON นำมาเปรียบเทียบกับที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 23 จากภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำท่าของระดับน้ำทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และการวิเคราะห์ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 41.26 ม.รทก. ซึ่งสูงกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่ากับ 0.44 เมตร มีน้ำท่วมขังการระบายน้ำมีปัญหา สำหรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของคลองระบายน้ำ DR1-30L ที่ได้จากการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 0.03 ซึ่งจะได้นำไปใช้เพื่อการตรวจสอบประสิทธิผลการระบายน้ำด้วยฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ต่อไป

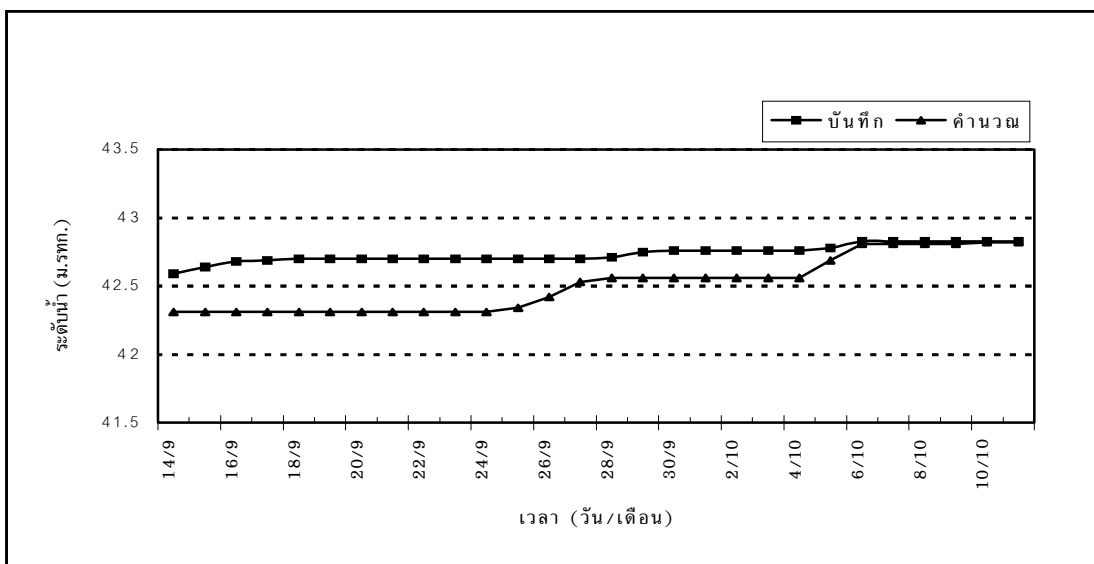
1.5 คลองระบายน้ำ DR1-25L

คลองระบายน้ำ DR1-25L มีพื้นที่รับน้ำฝน 7.97 ตร.กม. มีระดับตลิ่งที่หน้าอาคารปากคลองระบาย 40.60 ม.รทก. ช่วงเวลาที่นำมาสอบเทียบระหว่างวันที่ 13 กันยายน 2543 ถึง 22 ตุลาคม 2543 ผลของกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON นำมาเปรียบเทียบกับที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 24 จากภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำท่าของระดับน้ำทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และการวิเคราะห์ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 41.41 ม.รทก. ซึ่งสูงกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่ากับ 0.81 เมตร มีน้ำท่วมขังการระบายน้ำมีปัญหา สำหรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของคลองระบายน้ำ DR1-25L ที่ได้จากการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 0.03 ซึ่งจะได้นำไปใช้เพื่อการตรวจสอบประสิทธิผลการระบายน้ำด้วยฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ต่อไป

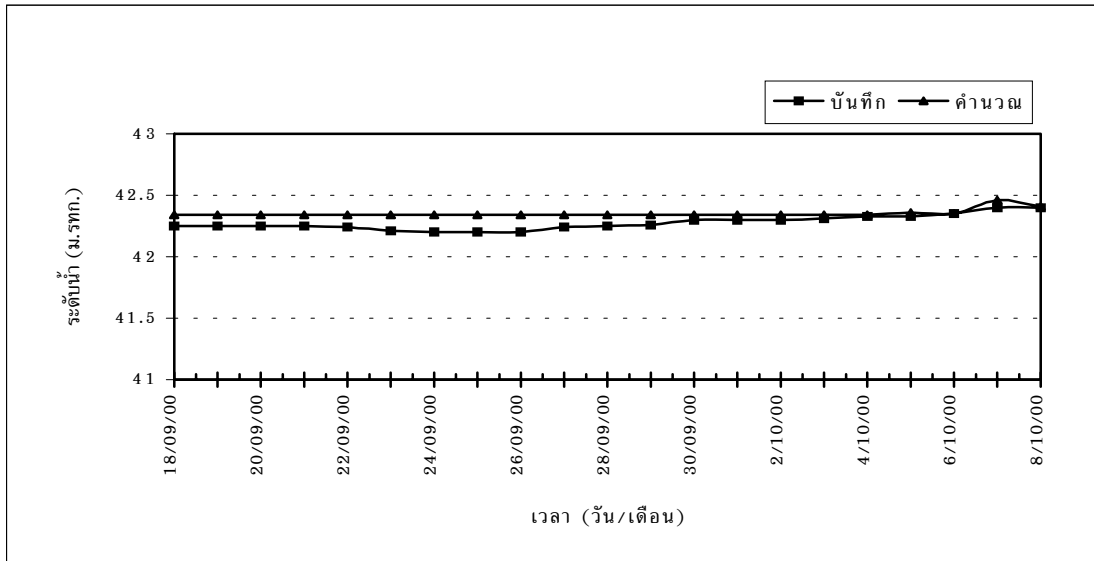
ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกระทำได้โดยการประยุกต์ใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ที่เกิดจากการสอบเทียบแบบจำลอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.03 มาประยุกต์ใช้กับสำหรับเหตุการณ์น้ำหลากระหว่างวันที่ 13 สิงหาคม 2544 ถึง 5 ตุลาคม 2544 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON ของเหตุการณ์กราฟน้ำหลากสำหรับคลอง DR1-25L โดยการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่บันทึกไว้ แสดงดังภาพที่ 25 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่บันทึกไว้และการวิเคราะห์ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 42.50 ม.รทก. ซึ่งสูงกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่า 1.90 เมตร



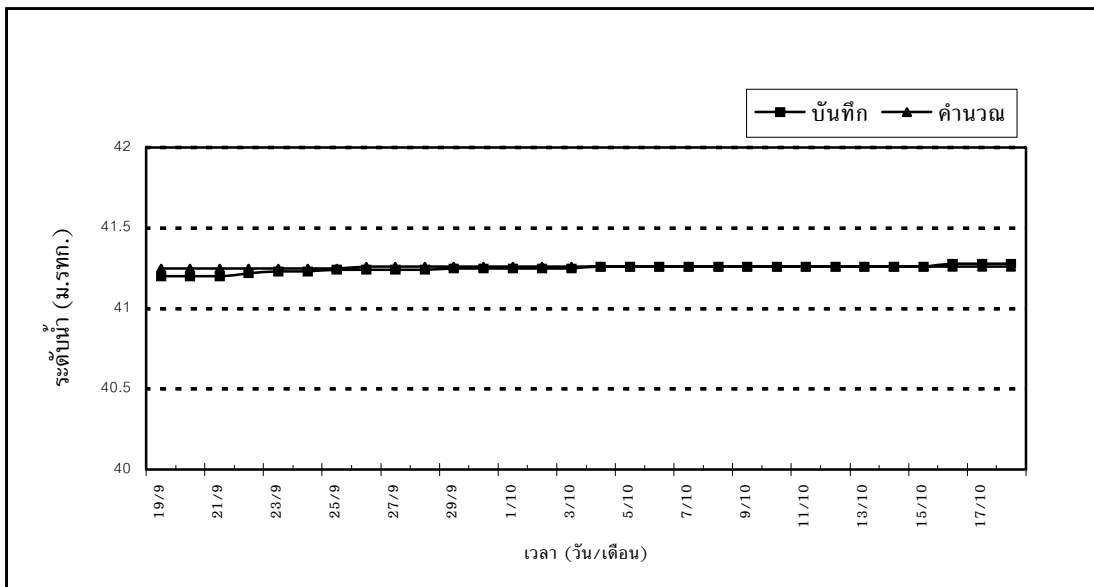
ภาพที่ 20 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-59L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 23 - 30 พฤศจิกายน 2543



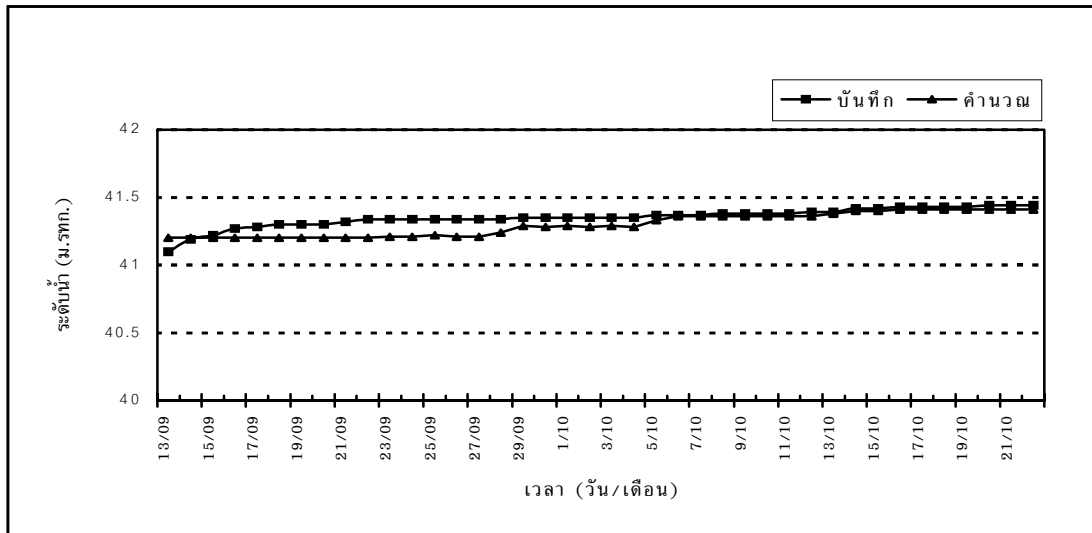
ภาพที่ 21 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-49L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 14 กันยายน - 11 ตุลาคม 2543



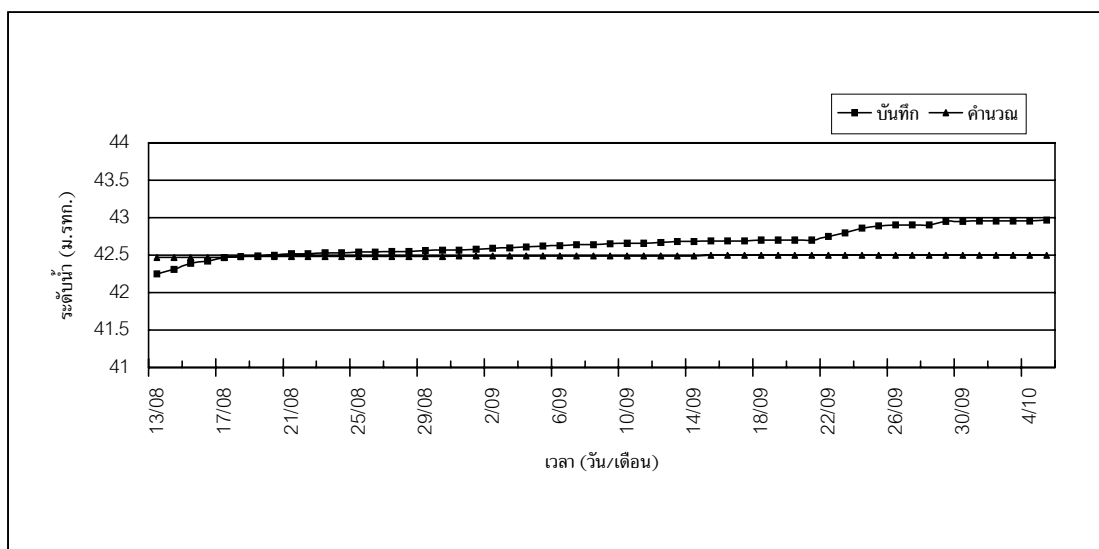
ภาพที่ 22 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-43L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 18 กันยายน - 7 ตุลาคม 2543



ภาพที่ 23 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-30L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 19 กันยายน - 18 ตุลาคม 2543



ภาพที่ 24 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-25L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 13 กันยายน - 22 ตุลาคม 2543



ภาพที่ 25 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-25L ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 13 สิงหาคม - 5 ตุลาคม 2544

1.6 คลองระบายน้ำ DR1-21L

คลองระบายน้ำ DR1-21L มีพื้นที่รับน้ำฝน 34.30 ตร.กม. มีระดับตลิ่งที่หน้าอาคารปากคลองระบาย 39.90 ม.รทก. ช่วงเวลาที่นำมาสอบเทียบระหว่างวันที่ 13 กันยายน 2543 ถึง 22 ตุลาคม 2543 ผลของกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON นำมาเปรียบเทียบกับที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 26 จากภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำท่าของระดับน้ำทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และการวิเคราะห์ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 42.00 ม.รทก. ซึ่งสูงกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่ากับ 2.3 เมตร มีน้ำท่วมขังการระบายน้ำมีปัญหา สำหรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของคลองระบายน้ำ DR1-21L ที่ได้จากการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 0.03 ซึ่งจะได้นำไปใช้เพื่อการตรวจสอบประสิทธิผลการระบายน้ำด้วยฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ต่อไป

1.7 คลองระบายน้ำ DR1-19L

คลองระบายน้ำ DR1-19L มีพื้นที่รับน้ำฝน 16.28 ตร.กม. มีระดับตลิ่งที่หน้าอาคารปากคลองระบาย 39.70 ม.รทก. ช่วงเวลาที่นำมาสอบเทียบระหว่างวันที่ 1-30 กันยายน 2543 ผลของกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON นำมาเปรียบเทียบกับที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 27 จากภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำท่าของระดับน้ำทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และการวิเคราะห์ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 40.65 ม.รทก. ซึ่งสูงกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่ากับ 0.95 เมตร มีน้ำท่วมขังการระบายน้ำมีปัญหา สำหรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของคลองระบายน้ำ DR1-19L ที่ได้จากการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 0.03 ซึ่งจะได้นำไปใช้เพื่อการตรวจสอบประสิทธิผลการระบายน้ำด้วยฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ต่อไป

ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกระทำได้โดยการประยุกต์ใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ที่เกิดจากการสอบเทียบแบบจำลอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.03 มาประยุกต์ใช้กับสำหรับเหตุการณ์น้ำหลากระหว่างวันที่ 13 สิงหาคม 2544 ถึง 5 ตุลาคม 2544 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON ของเหตุการณ์กราฟน้ำหลากสำหรับคลอง DR1-19L โดยการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่บันทึกไว้ แสดงดังภาพที่ 28 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่บันทึกไว้และการวิเคราะห์ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 40.60 ม.รทก. ซึ่งสูงกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่า 0.90 เมตร

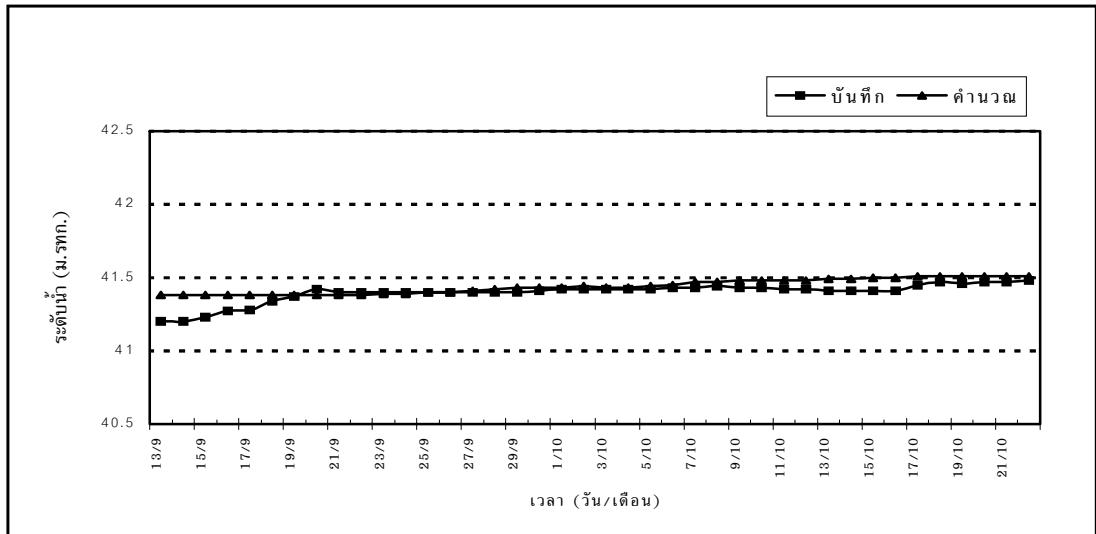
1.8 คลองระบายน้ำ DR1-10L

คลองระบายน้ำ DR1-10L มีพื้นที่รับน้ำฝน 94.16 ตร.กม. มีระดับตลิ่งที่หน้าอาคารปากคลองระบายเฉลี่ย 40.00 ม.รทก. ช่วงเวลาที่นำมาสอบเทียบระหว่างวันที่ 21 กันยายน 2543 ถึง 23 ตุลาคม 2543 ผลของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON นำมาเปรียบเทียบกับที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 29 จากภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระดับน้ำทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และการวิเคราะห์ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 41.36 ม.รทก. ซึ่งสูงกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่ากับ 1.36 เมตร มีน้ำท่วมขังการระบายน้ำมีปัญหา สำหรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของคลองระบายน้ำ DR1-10L ที่ได้จากการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 0.03 ซึ่งจะได้นำไปใช้เพื่อการตรวจสอบประสิทธิผลการระบายน้ำด้วยฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ต่อไป

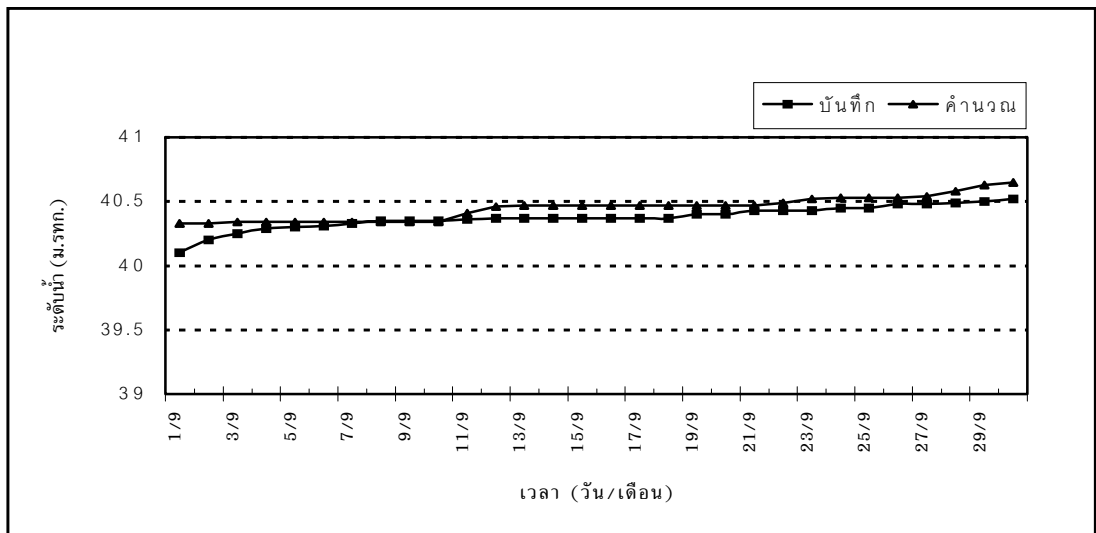
ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกระทำได้โดยการประยุกต์ใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ที่เกิดจากการสอบเทียบแบบจำลอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.03 มาประยุกต์ใช้กับสำหรับเหตุการณ์น้ำหลากระหว่างวันที่ 23 สิงหาคม 2544 ถึง 15 ตุลาคม 2544 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON ของเหตุการณ์กราฟน้ำหลากสำหรับคลอง DR1-10L โดยการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่บันทึกไว้ แสดงดังภาพที่ 30 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่บันทึกไว้และการวิเคราะห์ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 41.68 ม.รทก. ซึ่งสูงกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่า 1.68 เมตร

1.9 คลองระบายน้ำ DR-15.8

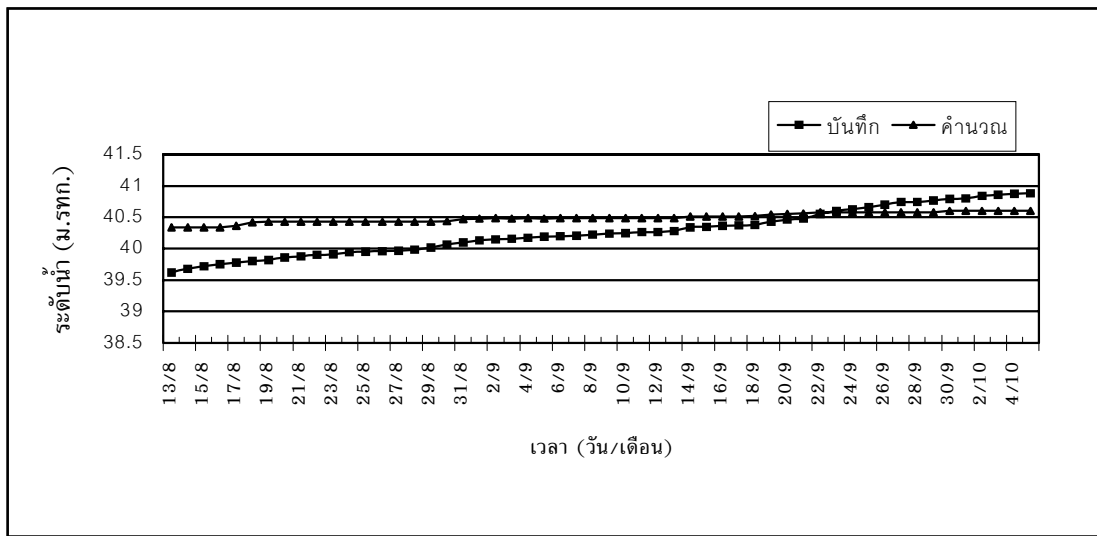
คลองระบายน้ำ DR-15.8 มีพื้นที่รับน้ำฝน 77.14 ตร.กม. มีระดับตลิ่งที่หน้าอาคารปากคลองระบายเฉลี่ย 39.40 ม.รทก. ช่วงเวลาที่นำมาสอบเทียบระหว่างวันที่ 14-19 กันยายน 2543 ผลของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณแบบจำลอง RUBICON นำมาเปรียบเทียบกับที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 31 จากภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระดับน้ำทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และการวิเคราะห์ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 39.08 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่ากับ 0.32 เมตร น้ำจึงไม่ท่วมพื้นที่ในเขตคลองระบายน้ำ DR-15.8 สำหรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของคลองระบายน้ำ DR-15.8 ที่ได้จากการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 0.03 ซึ่งจะได้นำไปใช้เพื่อการตรวจสอบประสิทธิผลการระบายน้ำด้วยฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ต่อไป



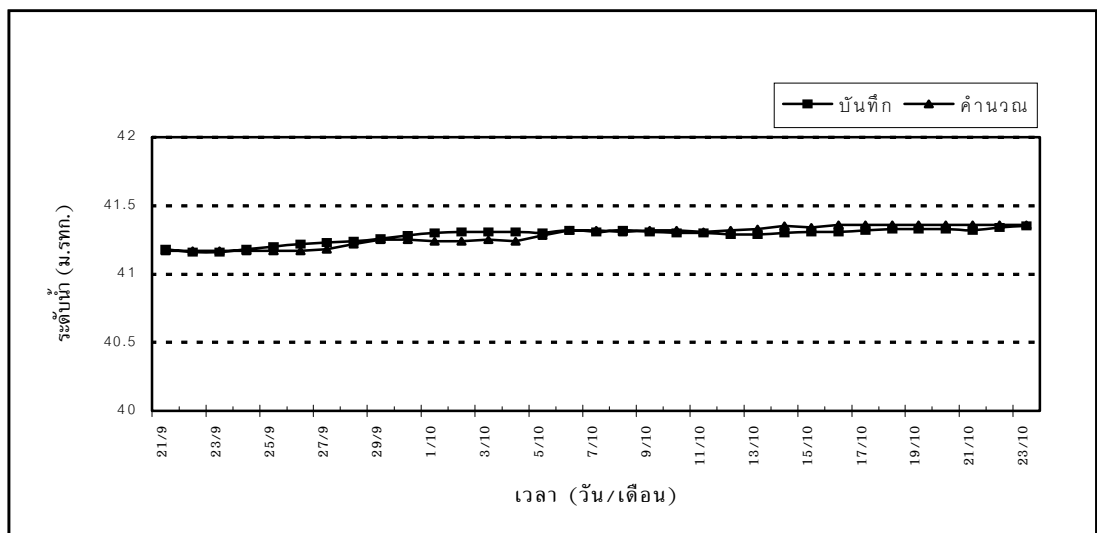
ภาพที่ 26 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-21L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำท่ากลางระหว่างวันที่ 13 กันยายน – 22 ตุลาคม 2543



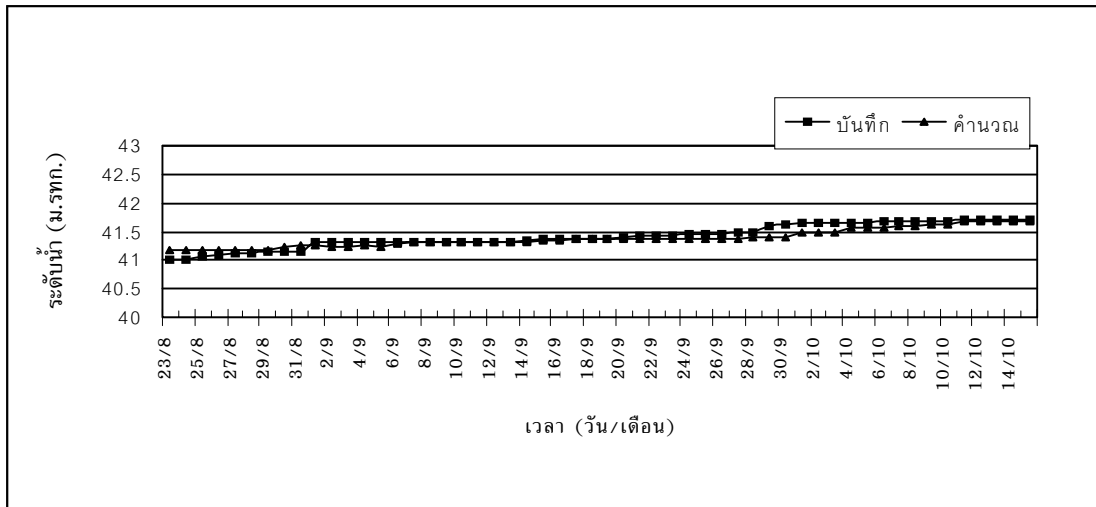
ภาพที่ 27 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-19L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำท่ากลางระหว่างวันที่ 1 – 30 กันยายน 2543



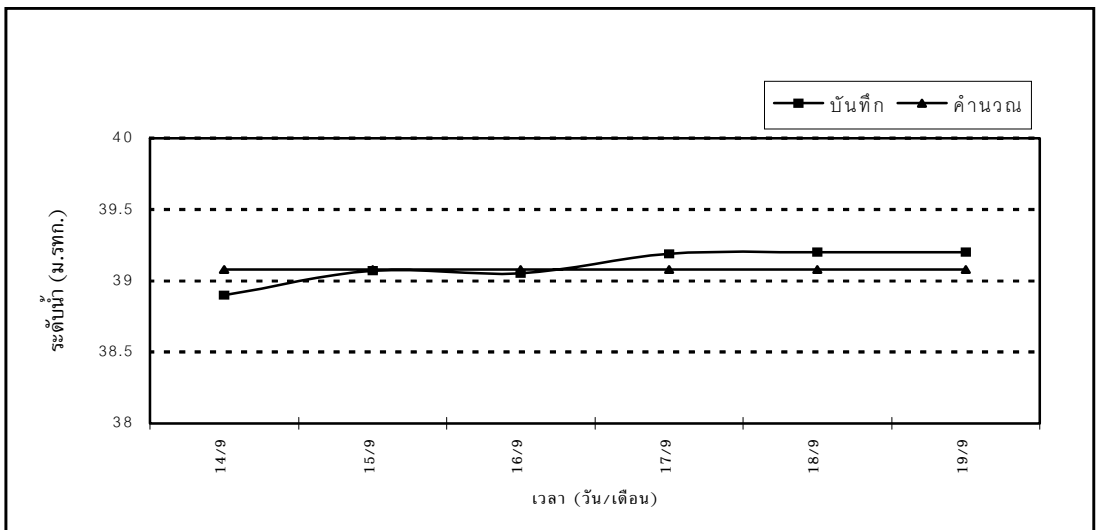
ภาพที่ 28 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-19L ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 13 สิงหาคม – 5 ตุลาคม 2544



ภาพที่ 29 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-10L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 21 กันยายน – 23 ตุลาคม 2543



ภาพที่ 30 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR1-10L ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 23 สิงหาคม - 15 ตุลาคม 2544



ภาพที่ 31 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR-15.8 ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากระหว่างวันที่ 14 - 19 กันยายน 2543

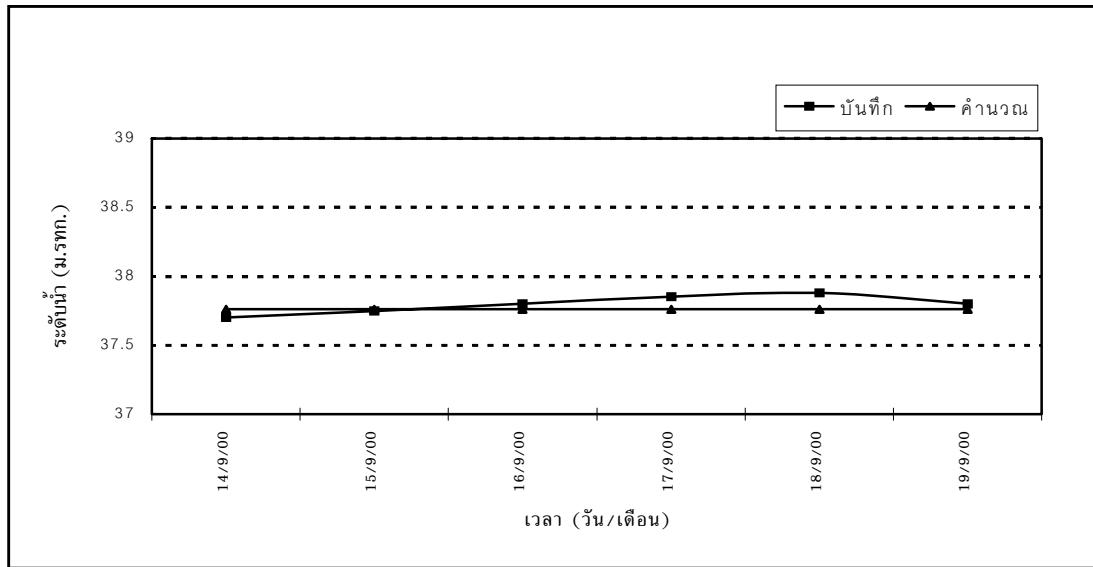
1.10 คลองระบายน้ำ DR-2.8

คลองระบายน้ำ DR-2.8 มีพื้นที่รับน้ำฝน 4.08 ตร.กม. มีระดับตลิ่งที่หน้าอาคารปากคลองระบายเฉลี่ย 39.50 ม.รทก. ช่วงเวลาที่นำมาสอบเทียบระหว่างวันที่ 14-19 กันยายน 2543 ผลของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON นำมาเปรียบเทียบกับที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 32 จากภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระดับน้ำทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และการวิเคราะห์ห้ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 37.76 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่ากับ 1.74 เมตร น้ำจึงไม่ท่วมพื้นที่ในเขตคลองระบายน้ำ DR-2.8 สำหรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของคลองระบายน้ำ DR-2.8 ที่ได้จากการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 0.03 ซึ่งจะได้นำไปใช้เพื่อการตรวจสอบประสิทธิผลการระบายน้ำด้วยฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ต่อไป

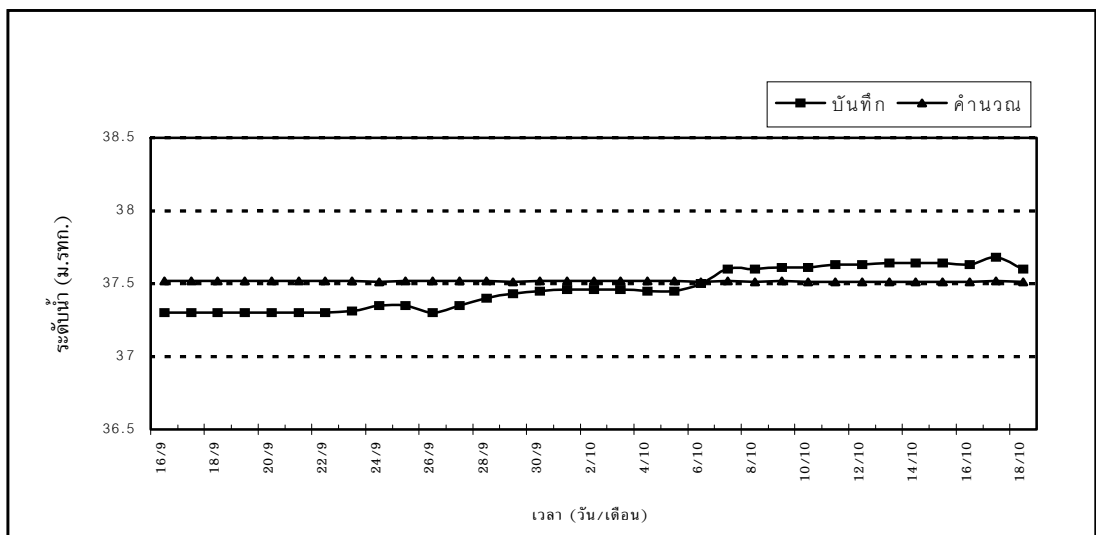
1.11 คลองระบายน้ำ DR2-13.8L

คลองระบายน้ำ DR2-13.8L มีพื้นที่รับน้ำฝน 7.37 ตร.กม. มีระดับตลิ่งที่หน้าอาคารปากคลองระบายเฉลี่ย 39.50 ม.รทก. ช่วงเวลาที่นำมาสอบเทียบวันที่ 16-18 กันยายน 2543 ผลของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON นำมาเปรียบเทียบกับที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 33 จากภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระดับน้ำทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และการวิเคราะห์ห้ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 37.56 ม.รทก. ซึ่งสูงกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่ากับ 1.94 เมตร มีน้ำท่วมขังการระบายน้ำมีปัญหา สำหรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ของคลองระบายน้ำ DR2-13.8L ที่ได้จากการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 0.03 ซึ่งจะได้นำไปใช้เพื่อการตรวจสอบประสิทธิผลการระบายน้ำด้วยฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ต่อไป

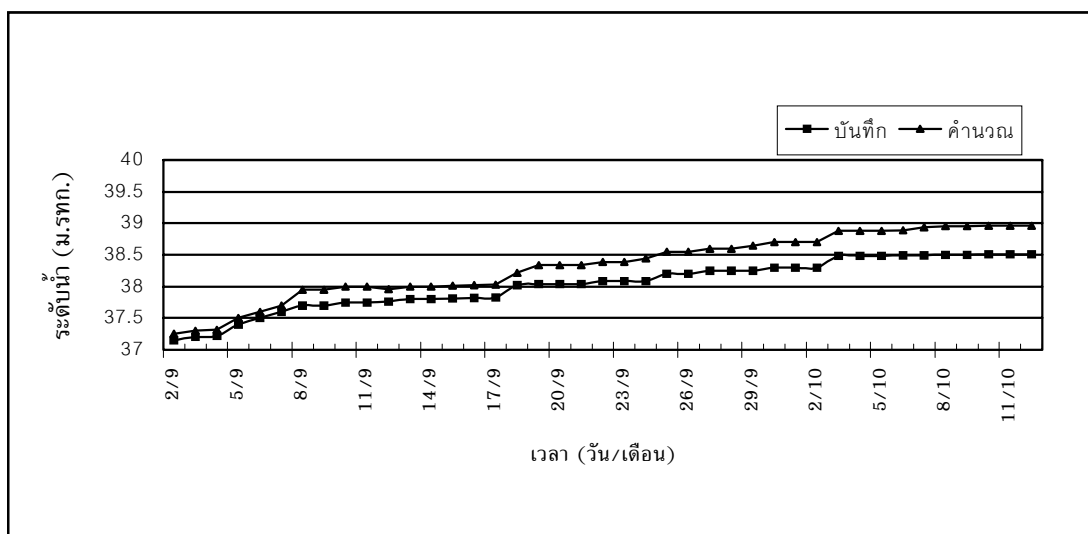
ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกระทำได้โดยการประยุกต์ใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ที่เกิดจากการสอบเทียบแบบจำลอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.03 มาประยุกต์ใช้กับสำหรับเหตุการณ์น้ำหลากระหว่างวันที่ 2 กันยายน 2544 ถึง 13 ตุลาคม 2544 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON ของเหตุการณ์กราฟน้ำหลากสำหรับคลอง DR2-13.8L โดยการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่บันทึกไว้ แสดงดังภาพที่ 34 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่บันทึกไว้และการวิเคราะห์ห้ระดับน้ำท่วมสูงสุดจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 38.96 ม.รทก. ซึ่งต่ำกว่าระดับตลิ่งด้านซ้ายและด้านขวาเท่า 0.54 เมตร



ภาพที่ 32 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR-2.8 ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำท่ากลางระหว่างวันที่ 14 - 19 กันยายน 2543



ภาพที่ 33 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR2-13.8L ในการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำท่ากลางระหว่างวันที่ 16 กันยายน - 18 ตุลาคม 2543



ภาพที่ 34 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RUBICON และที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่อาคารปากคลอง DR2-13.8L ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองสำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำท่าระหว่างวันที่ 2 กันยายน - 13 ตุลาคม 2544

2. วิเคราะห์ผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON โดยตัวแปรทางสถิติ

การตรวจสอบความสามารถของแบบจำลองในการประเมินกราฟน้ำท่าของระดับน้ำเพื่อตรวจสอบความเข้ากันได้ (Goodness of Fit) ระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการบันทึก ได้ใช้การวิเคราะห์ทางด้านสถิติในการวัดพฤติกรรมของแบบจำลอง ผลการประเมินตัวแปรทางสถิติซึ่งประกอบด้วยค่า Correlation Coefficient (r) และ ค่า Root Mean Square Error (RMSE) แสดงในตารางที่ 11 ค่า Correlation Coefficient (r) มีค่าสูงสุดที่คลองระบายน้ำ DR-15.8 และ DR-2.8 โดยมีค่าเท่ากับ 0.99 และค่าต่ำสุดที่คลองระบายน้ำ DR2-13.8L โดยมีค่าเท่ากับ 0.62 สำหรับค่าเฉลี่ยของทุกคลองมีค่าเท่ากับ 0.83 โดยผลการประเมินค่า r สรุปได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับในส่วนของค่า Root Mean Square Error (RMSE) พบว่ามีค่าสูงสุดที่คลองระบายน้ำ DR1-49L โดยมีค่าเท่ากับ 0.269 และค่าต่ำสุดที่คลองระบายน้ำ DR1-30L โดยมีค่าเท่ากับ 0.009 สำหรับค่าเฉลี่ยของทุกคลองมีค่าเท่ากับ 0.093 ผลการตรวจสอบค่า RMSE ซึ่งพบว่าค่าเข้าใกล้ศูนย์ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับแบบจำลองว่าเข้ากันได้ดี

การตรวจสอบการตรวจพิสูจน์ของแบบจำลองทั้ง 4 คลอง มีผลการเปรียบเทียบตามแสดงในตารางที่ 12 ค่า Correlation Coefficient (r) มีค่าสูงสุดที่คลองระบายน้ำ DR2-13.8L โดยมีค่าเท่ากับ 0.99 และค่าต่ำสุดที่คลองระบายน้ำ DR1-25L โดยมีค่าเท่ากับ 0.88 สำหรับค่า

เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.94 โดยผลการประเมินค่า r สรุปได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับในส่วน
ของค่า Root Mean Square Error (RMSE) พบว่ามีค่าสูงสุดที่คลองระบายน้ำ DR1-19L โดยมี
ค่าเท่ากับ 0.424 และค่าต่ำสุดที่คลองระบายน้ำ DR1-10L โดยมีค่าเท่ากับ 0.100 สำหรับค่า
เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.283 ผลการตรวจสอบค่า RMSE ซึ่งพบว่าค่าเข้าใกล้ศูนย์ว่าอยู่ในเกณฑ์ซึ่ง
สามารถยอมรับแบบจำลองว่าเข้ากันได้ดี

ตารางที่ 11 ผลการประเมินค่า Correlation Coefficient (r) และ Root Mean Square Error
(RMSE) ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลอง RUBICON สำหรับการไหลในคลอง
ระบายน้ำ

คลองระบายน้ำ	Correlation Coefficient (r)	Root Mean Square Error (RMSE)
DR1-59L	0.98	0.073
DR1-49L	0.92	0.269
DR1-43L	0.70	0.085
DR1-30L	0.67	0.009
DR1-25L	0.81	0.073
DR1-21L	0.68	0.065
DR1-19L	0.86	0.089
DR1-10L	0.88	0.035
DR-15.8	0.99	0.111
DR-2.8	0.99	0.070
DR2-13.8L	0.62	0.148

ตารางที่ 12 ผลการประเมินค่า Correlation Coefficient (r) และ Root Mean Square Error
(RMSE) ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลอง RUBICON สำหรับการไหลในคลอง
ระบายน้ำ

คลองระบายน้ำ	Correlation Coefficient (r)	Root Mean Square Error (RMSE)
DR1-25L	0.88	0.278
DR1-19L	0.97	0.424
DR1-10L	0.94	0.100
DR2-13.8L	0.99	0.329

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบระบายน้ำด้วยฝนออกแบบ

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่ใช้ฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ให้ตกลงบนพื้นที่ศึกษา โดยกำหนดให้คลองเป็นที่เก็บกักน้ำชั่วคราว น้ำไม่สามารถไหลผ่านอาคารได้ เนื่องจากทำการปิด ผลที่ได้จากการจำลองสภาพด้วยแบบจำลอง RUBICON ปรากฏว่าที่รอบปีการเกิดซ้ำที่ 2 ปี และ 5 ปี มีระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งซ้ายและตลิ่งขวาเกือบทั้งหมดยกเว้นคลอง DR1-59L ที่น้ำไม่ท่วมล้นตลิ่ง ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง RUBICON แสดงในตารางที่ 13 และนำค่าระดับน้ำสูงสุดที่ได้มาเทียบกับค่าระดับที่ท้องคลองและค่าระดับตลิ่งที่สองฝั่งคลองได้ผลดังแสดงในภาพที่ 35 ถึงภาพที่ 45 และอธิบายรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่จุดพิจารณาที่อาคารปากคลองระบายน้ำต่าง ๆ

อาคารปากคลอง	ระดับตลิ่ง หน้าอาคาร (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ (ม.รทก.)	
		2 ปี	5 ปี
DR1-59L	43.60	42.79	43.06
DR1-49L	43.10	43.40	43.80
DR1-43L	41.60	42.54	43.22
DR1-30L	40.70	41.23	41.43
DR1-25L	40.60	41.30	41.72
DR1-21L	39.90	41.68	41.81
DR1-19L	39.70	40.56	41.12
DR1-10L	40.00	41.19	41.29
DR-15.8	39.40	39.87	40.40
DR-2.8	39.50	39.73	40.15
DR2-13.8L	37.20	37.52	37.60

คลองระบายน้ำ DR1-59L

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 42.79 ม.รทก. โดยระดับน้ำต่ำกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.81 เมตร ดังนั้นระดับน้ำในคลองระบายจึงไม่ท่วมล้นตลิ่ง ทำให้ไม่มีปัญหาในการระบายน้ำ

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 43.06 ม.รทก. โดยระดับน้ำต่ำกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.54 เมตร ดังนั้นระดับน้ำในคลองระบายจึงไม่ท่วมล้นตลิ่ง ทำให้ไม่มีปัญหาในการระบายน้ำ แสดงดังภาพที่ 35

คลองระบายน้ำ DR1-49L

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 43.40ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.30 เมตร ระดับน้ำในคลองระบายไหลท่วมล้นตลิ่งไม่มาก ทำให้ปัญหาน้ำท่วมพื้นที่มีไม่มาก

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 43.08 ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.70 เมตร ดังนั้นระดับน้ำในคลองระบายจึงไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาในการระบายน้ำ แสดงดังภาพที่ 36

คลองระบายน้ำ DR1-43L

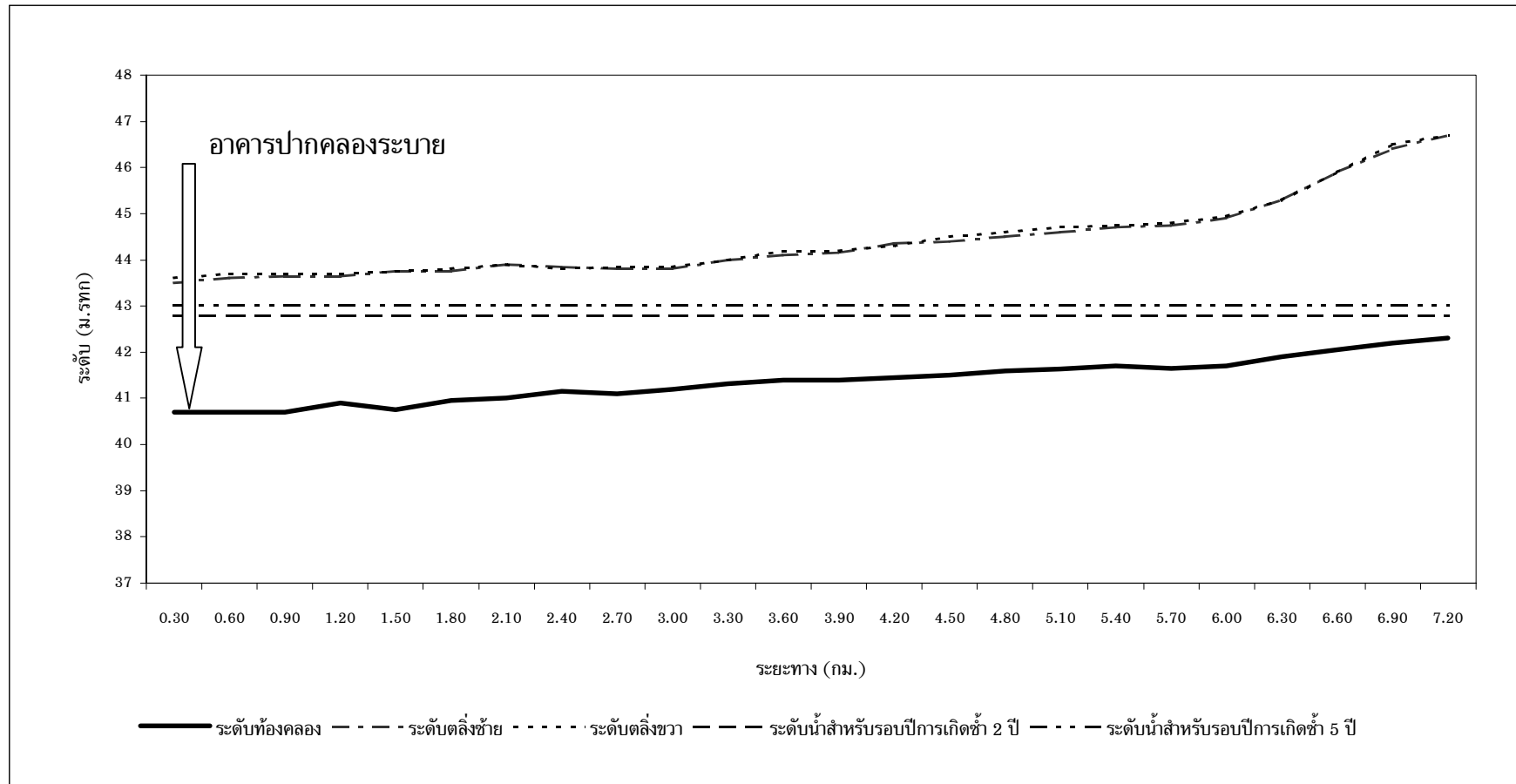
ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 42.54ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.94 เมตร ระดับน้ำในคลองระบายไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาคการระบายน้ำ

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 43.22 ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 1.62 เมตร ดังนั้นระดับน้ำในคลองระบายจึงไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาในการระบายน้ำ แสดงดังภาพที่ 37

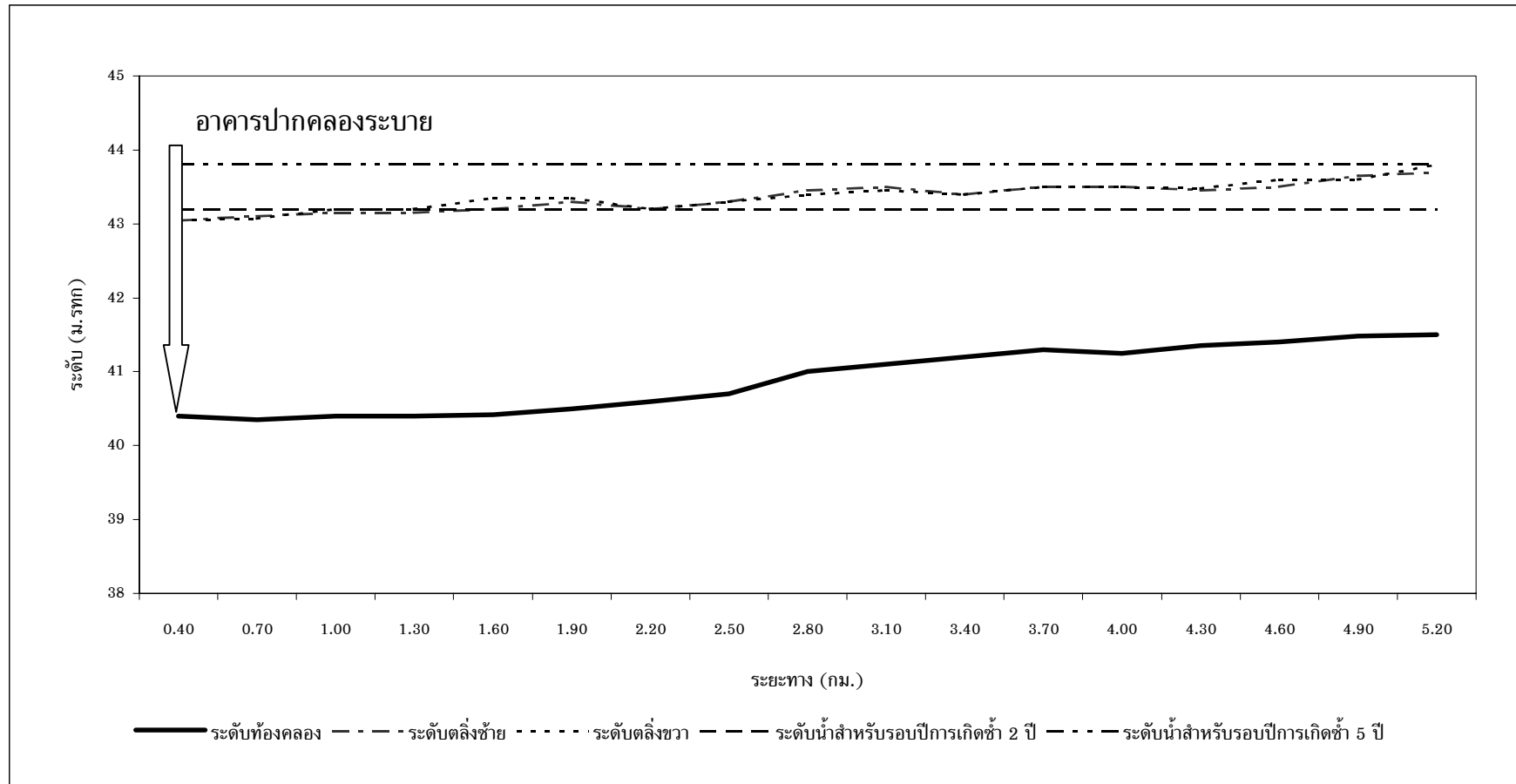
คลองระบายน้ำ DR1-30L

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 41.23ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.53 เมตร ระดับน้ำในคลองระบายไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาคการระบายน้ำ

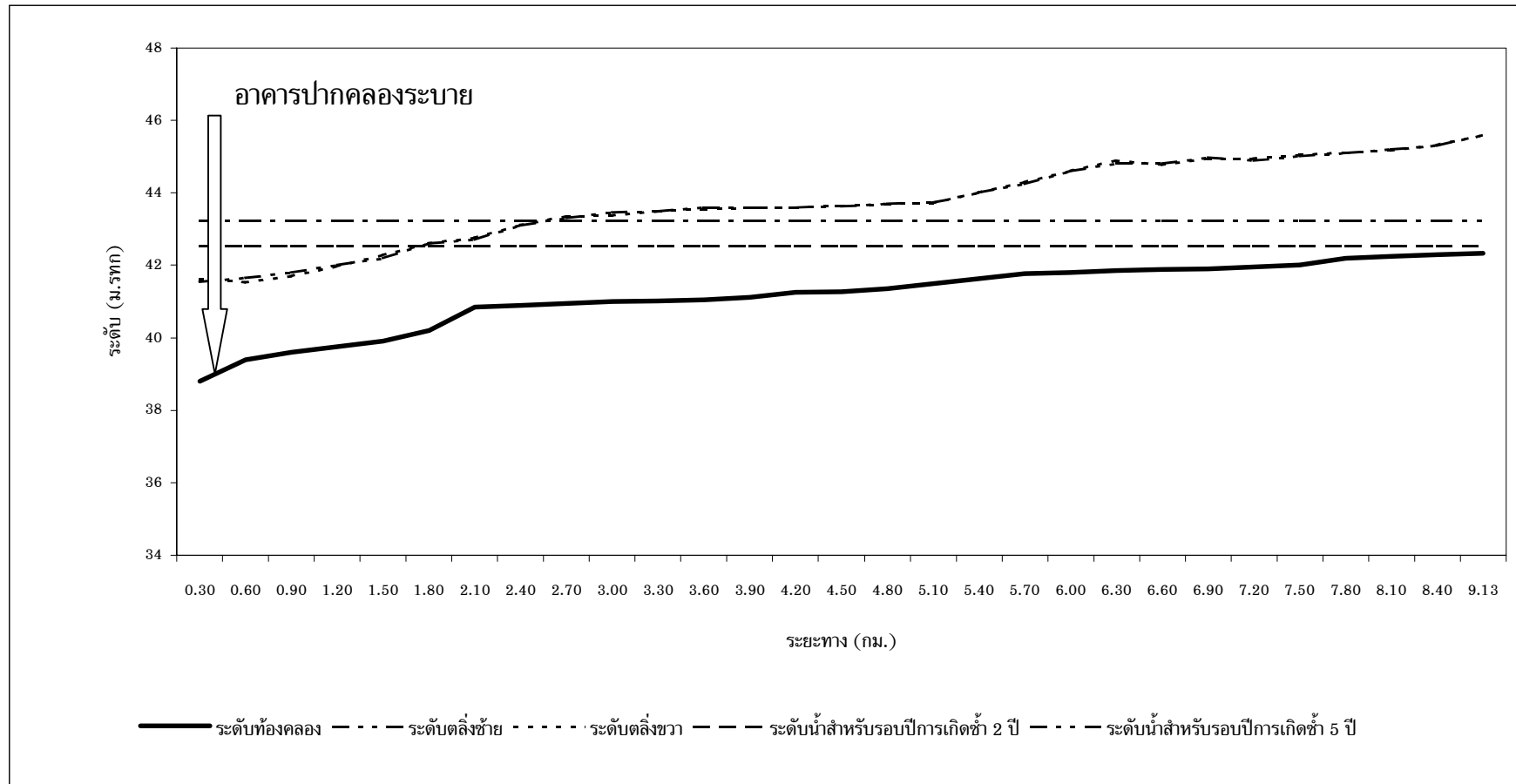
ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 41.43 ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.73 เมตร ดังนั้นระดับน้ำในคลองระบายจึงไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาในการระบายน้ำ แสดงดังภาพที่ 38



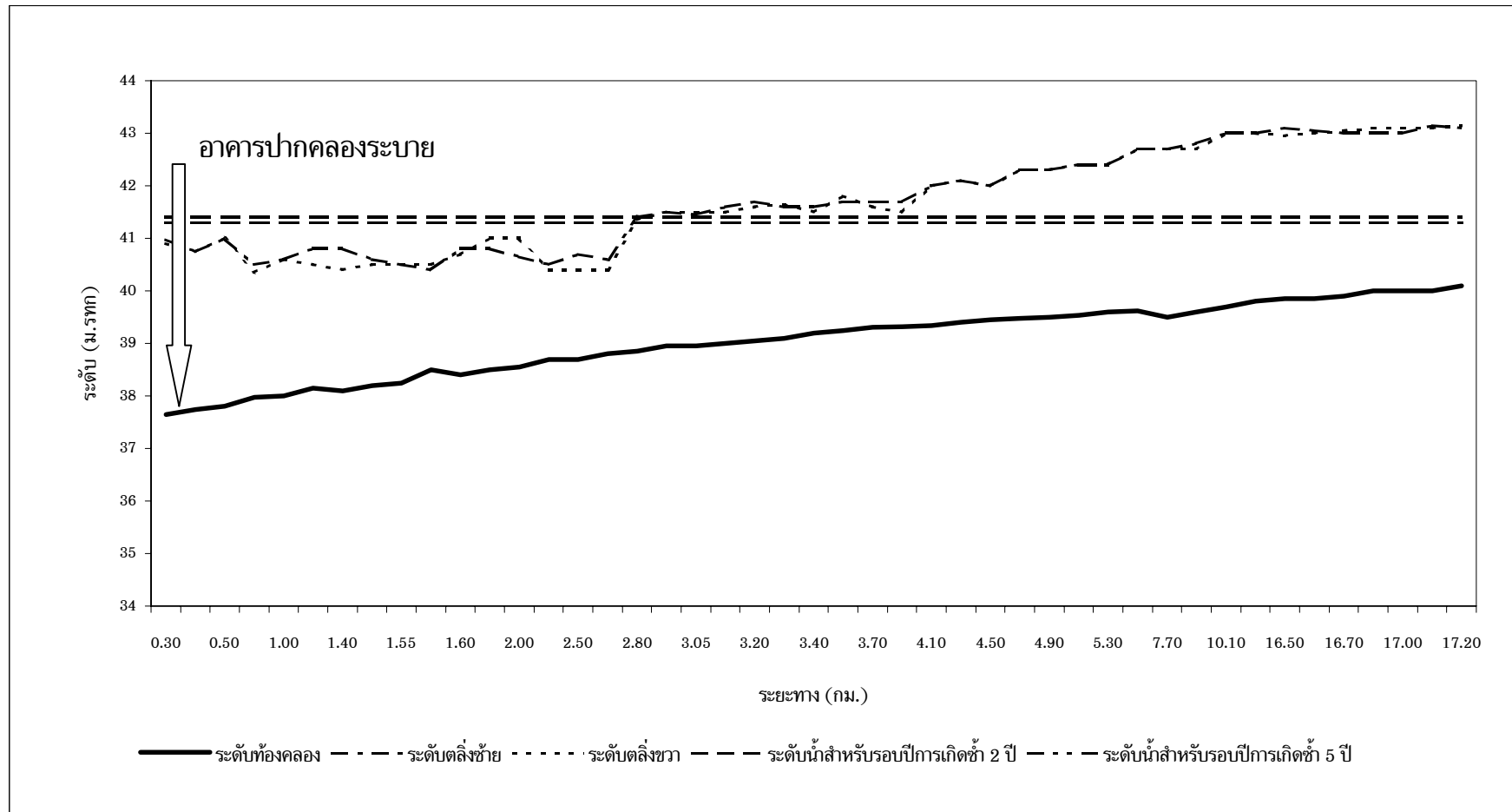
ภาพที่ 35 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-59L สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี



ภาพที่ 36 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายนน้ำ DR1-49L สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี



ภาพที่ 37 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-43L สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี



ภาพที่ 38 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-30L สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี

คลองระบายน้ำ DR1-25L

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 41.30ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.70 เมตร ระดับน้ำในคลองระบายไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาคอขวดระบายน้ำ

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 41.72 ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 1.12 เมตร ดังนั้นระดับน้ำในคลองระบายจึงไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาคอขวดในการระบายน้ำ แสดงดังภาพที่ 39

คลองระบายน้ำ DR1-21L

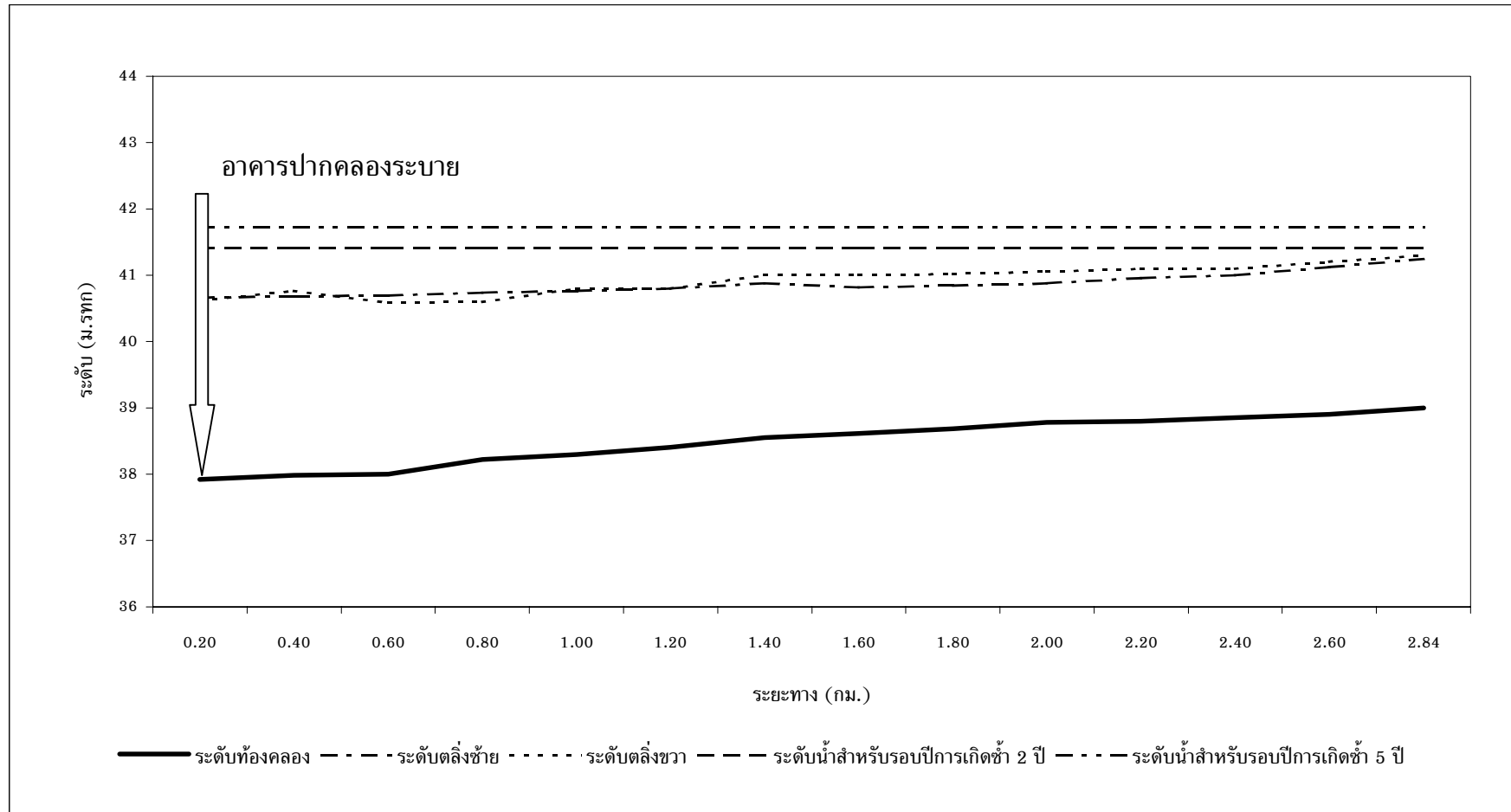
ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 41.68ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 1.78 เมตร ระดับน้ำในคลองระบายไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาคอขวดระบายน้ำ

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 41.81 ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 1.91 เมตร ดังนั้นระดับน้ำในคลองระบายจึงไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาคอขวดในการระบายน้ำ แสดงดังภาพที่ 40

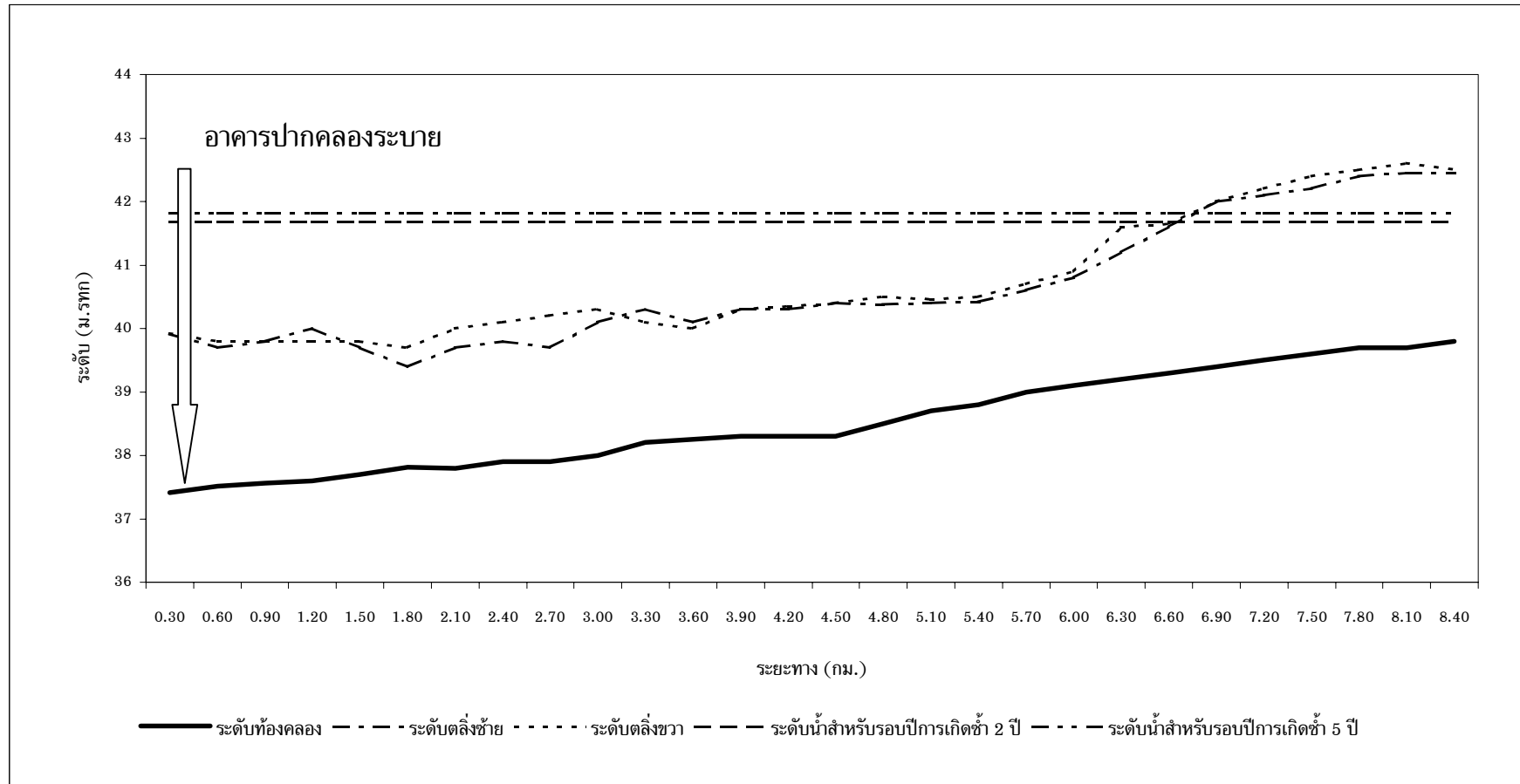
คลองระบายน้ำ DR1-19L

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 40.56ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.86 เมตร ระดับน้ำในคลองระบายไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาคอขวดระบายน้ำ

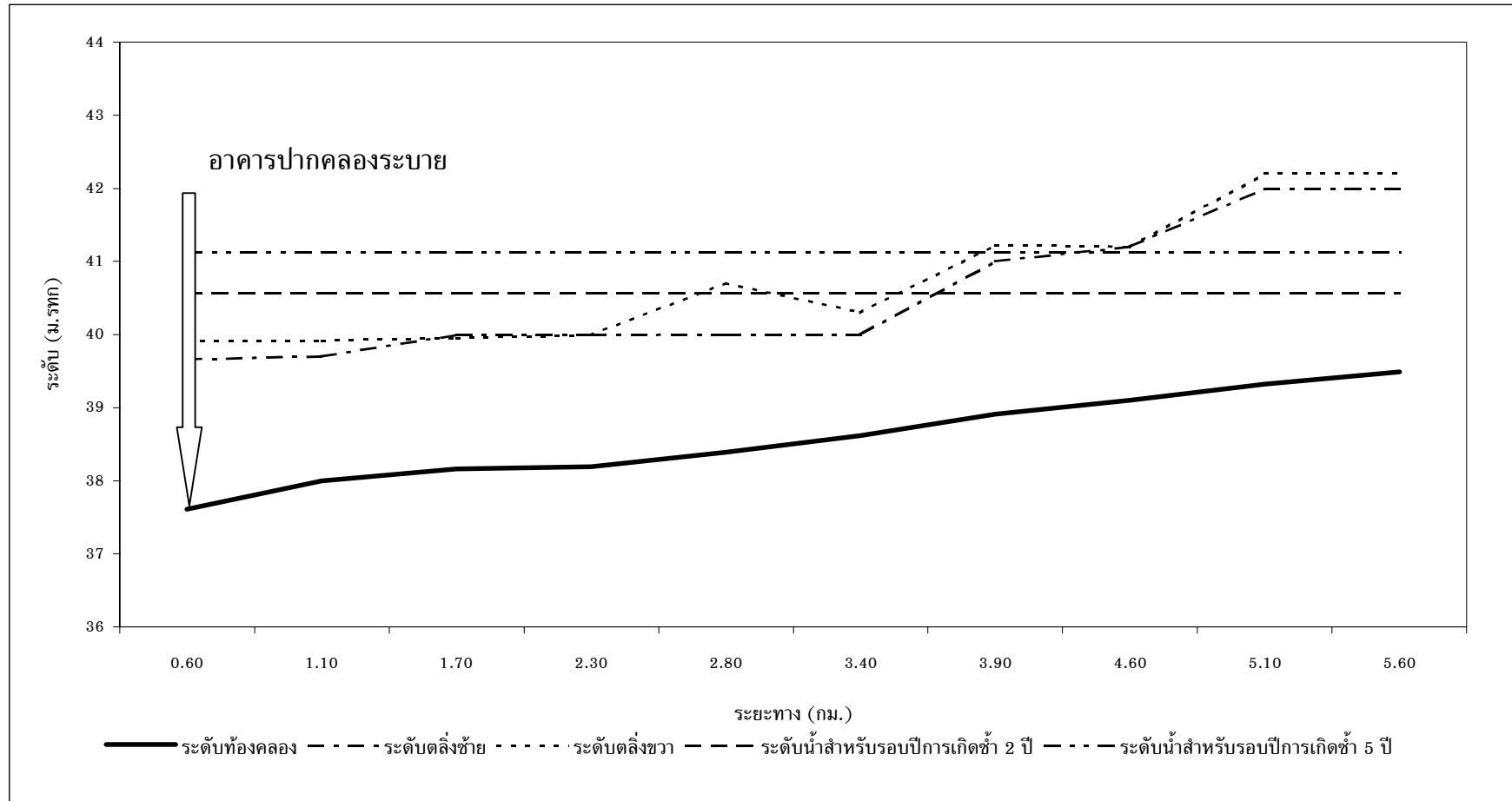
ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 41.12 ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 1.42 เมตร ดังนั้นระดับน้ำในคลองระบายจึงไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาคอขวดในการระบายน้ำ แสดงดังภาพที่ 41



ภาพที่ 39 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายนน้ำ DR1-25L สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี



ภาพที่ 40 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายนน้ำ DR1-21L สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี



ภาพที่ 41 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายนน้ำ DR1-19L สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี

คลองระบายน้ำ DR1-10L

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 40.19ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 1.19 เมตร ระดับน้ำในคลองระบายไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาคาระบายน้ำ

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 41.29 ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 1.29 เมตร ดังนั้นระดับน้ำในคลองระบายจึงไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาในการระบายน้ำ แสดงดังภาพที่ 42

คลองระบายน้ำ DR-15.8

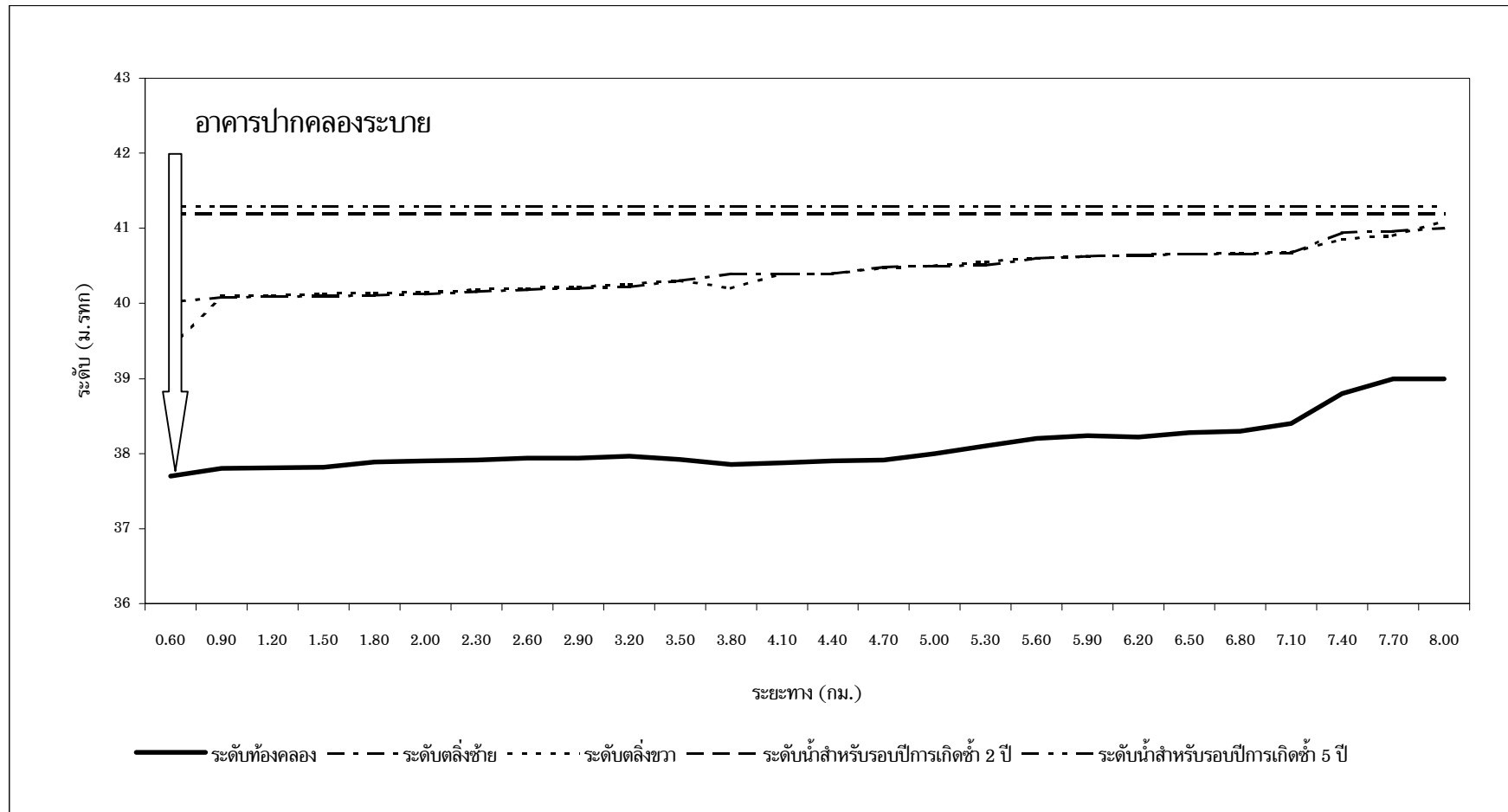
ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 39.87ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.47 เมตร ระดับน้ำในคลองระบายไหลท่วมล้นตลิ่งไม่มาก ทำให้ปัญหาน้ำท่วมพื้นที่มีไม่มาก

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 40.40 ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 1.00 เมตร ดังนั้นระดับน้ำในคลองระบายจึงไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาในการระบายน้ำ แสดงดังภาพที่ 43

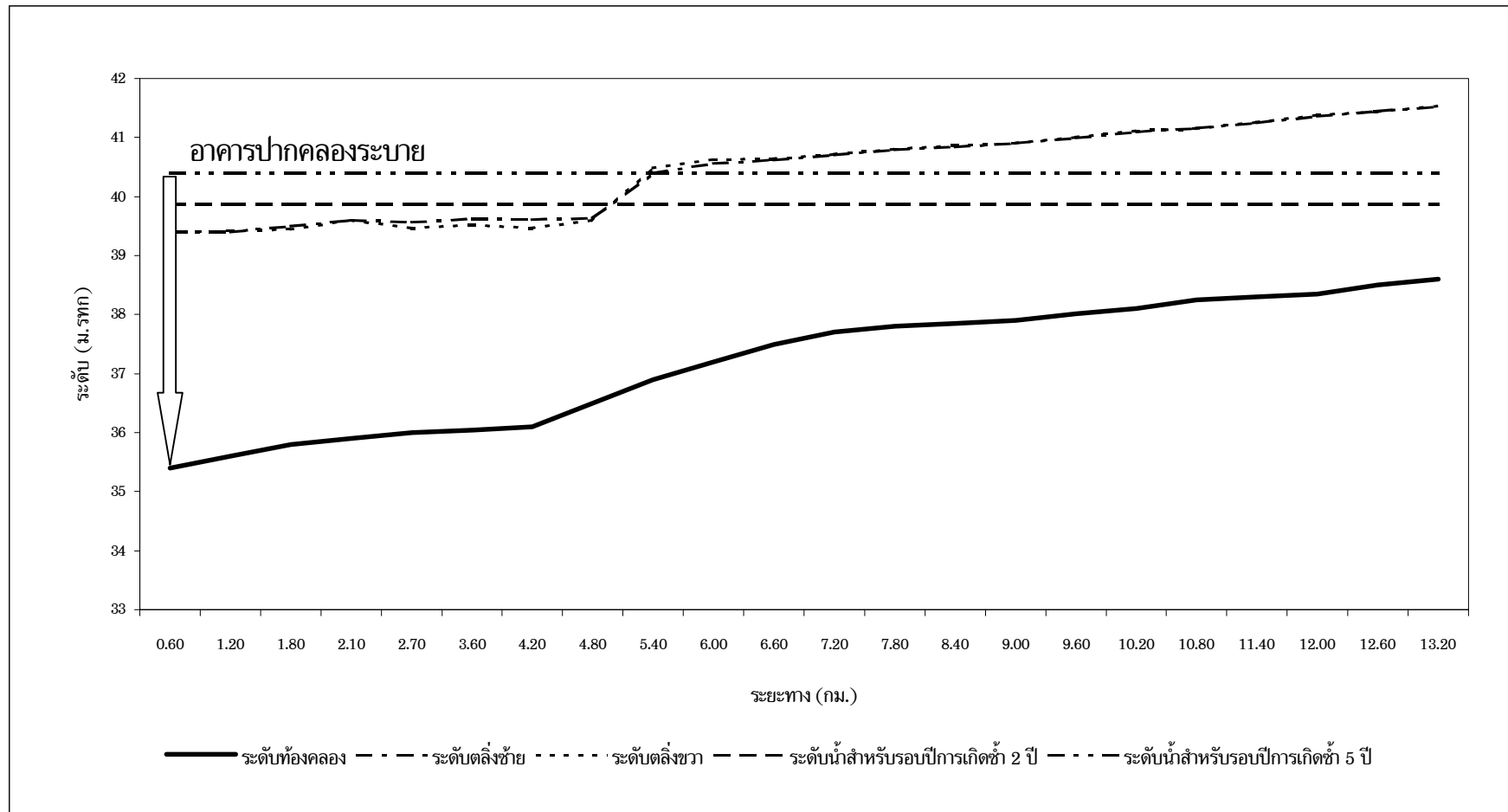
คลองระบายน้ำ DR-2.8

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 39.73ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.23 เมตร ระดับน้ำในคลองระบายไหลท่วมล้นตลิ่งไม่มาก ทำให้ปัญหาน้ำท่วมพื้นที่มีไม่มาก

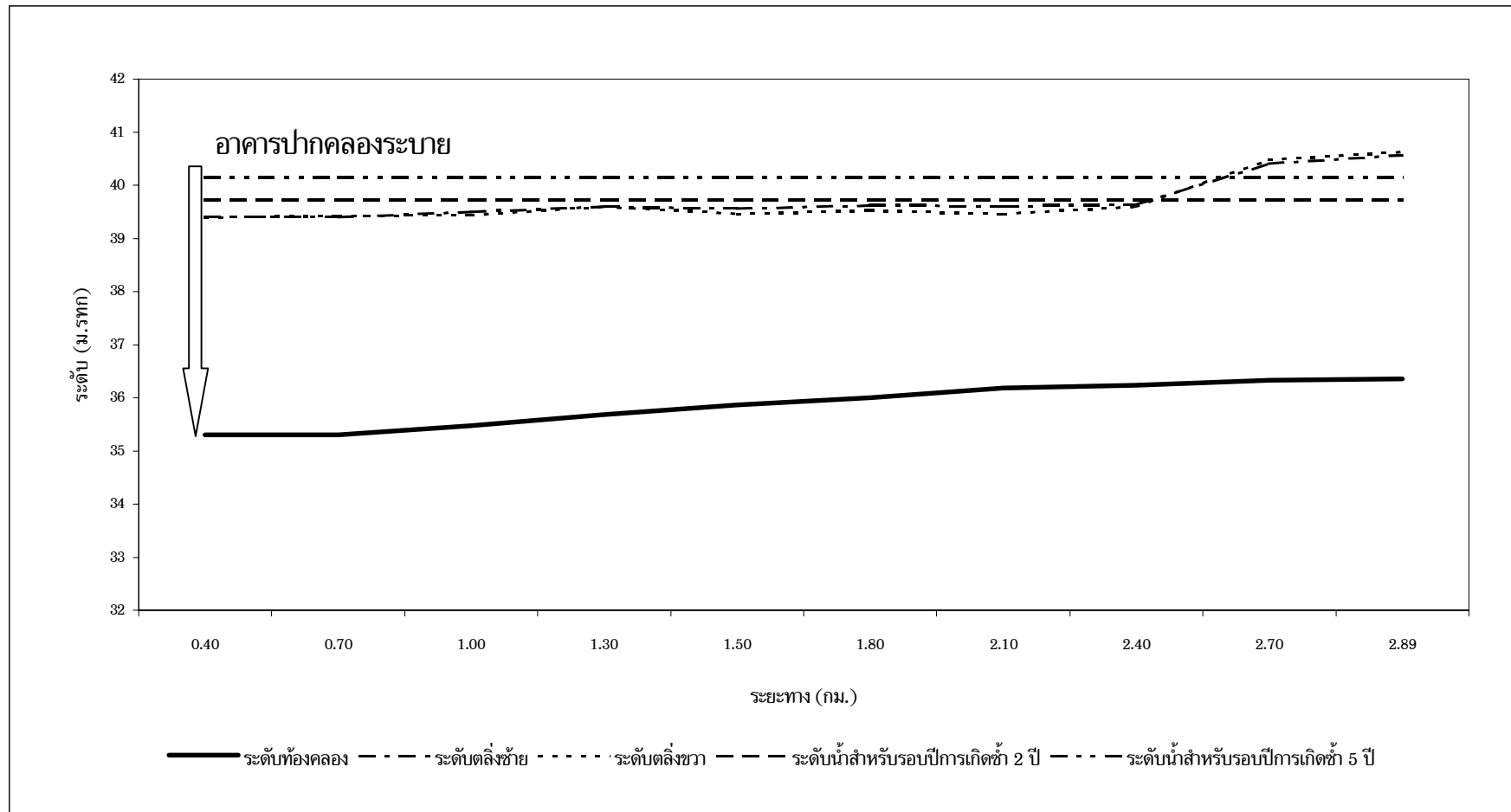
ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 40.15 ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.65 เมตร ดังนั้นระดับน้ำในคลองระบายจึงไหลท่วมล้นตลิ่ง ทำให้มีปัญหาในการระบายน้ำ แสดงดังภาพที่ 44



ภาพที่ 42 ระดับน้ำสูงที่สุดตามแนวการไหลของคลองระบายนน้ำ DR1-10L สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี



ภาพที่ 43 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR-15.8 สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี

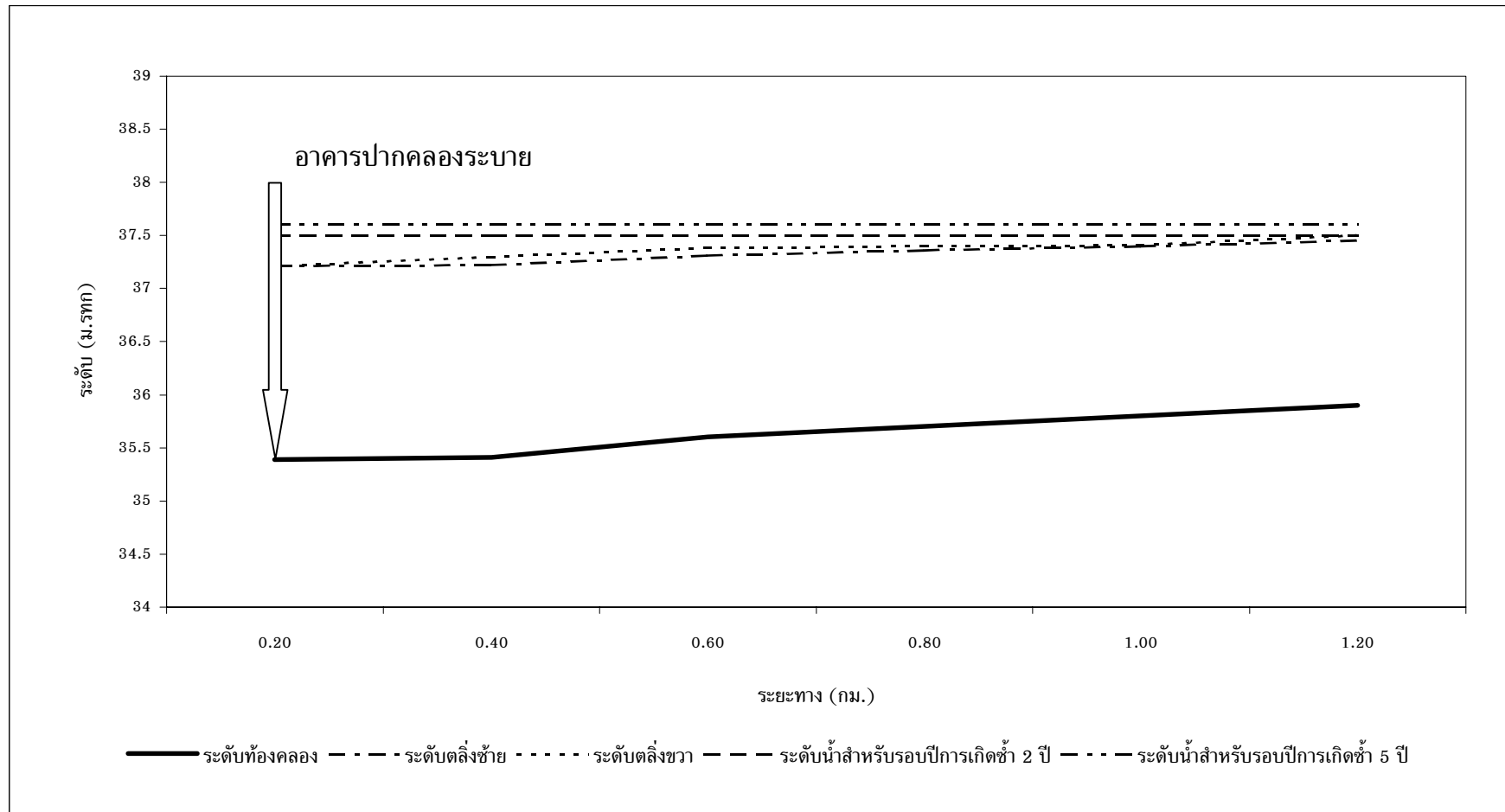


ภาพที่ 44 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR-2.8 สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี

คลองระบายน้ำ DR2-13.8L

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 37.52ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.32 เมตร ระดับน้ำในคลองระบายไหลท่วมล้นตลิ่งไม่มาก ทำให้ปัญหาการท่วมพื้นที่มีไม่มาก

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี โดยแบบจำลอง RUBICON มีค่าเท่ากับ 37.60 ม.รทก. โดยระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งด้านหน้าอาคารเท่ากับ 0.40 เมตร ระดับน้ำในคลองระบายไหลท่วมล้นตลิ่งไม่มาก ทำให้ปัญหาน้ำท่วมพื้นที่มีไม่มาก แสดงดังภาพที่ 45



ภาพที่ 45 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวการไหลของคลองระบายนน้ำ DR2-13.8L สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี

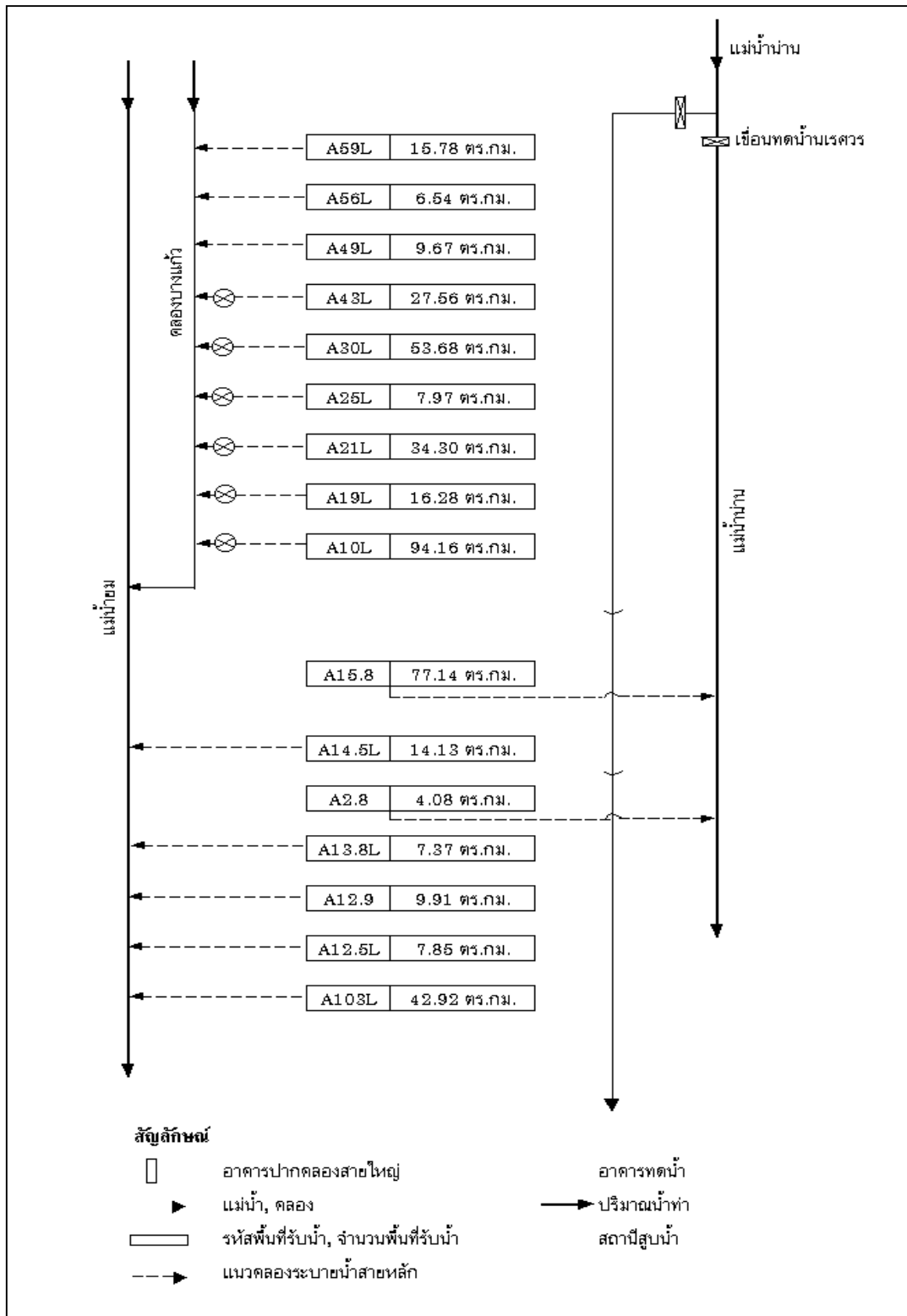
4. แนวทางการแก้ไขในการบรรเทาอุทกภัย

จากการประเมินประสิทธิผลระบบระบายน้ำด้วยฝนอกแบบที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ทำให้ทราบถึงข้อจำกัดของระบบระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา ในกรณีที่ปิดอาคารปากคลองทำให้ระดับน้ำหน้าอาคารปากคลองมีระดับสูงกว่าตลิ่งทำให้เกิดน้ำท่วมขังพื้นที่เกือบทั้งหมดยกเว้นพื้นที่รับน้ำของคลอง DR1-59L ที่ระดับน้ำไม่ล้นตลิ่ง แนวทางการแก้ไขเพื่อระบายน้ำออกจากพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพลที่ไม่สามารถระบายน้ำให้ไหลได้ตามแรงโน้มถ่วงของโลกในช่วงเกิดน้ำหลาก ดังนั้นต้องพิจารณากระทำได้โดยการใช้เครื่องสูบน้ำในการระบายน้ำออกนอกพื้นที่เพื่อรักษาระดับน้ำในคลองระบายน้ำไม่ให้เกินระดับตลิ่ง

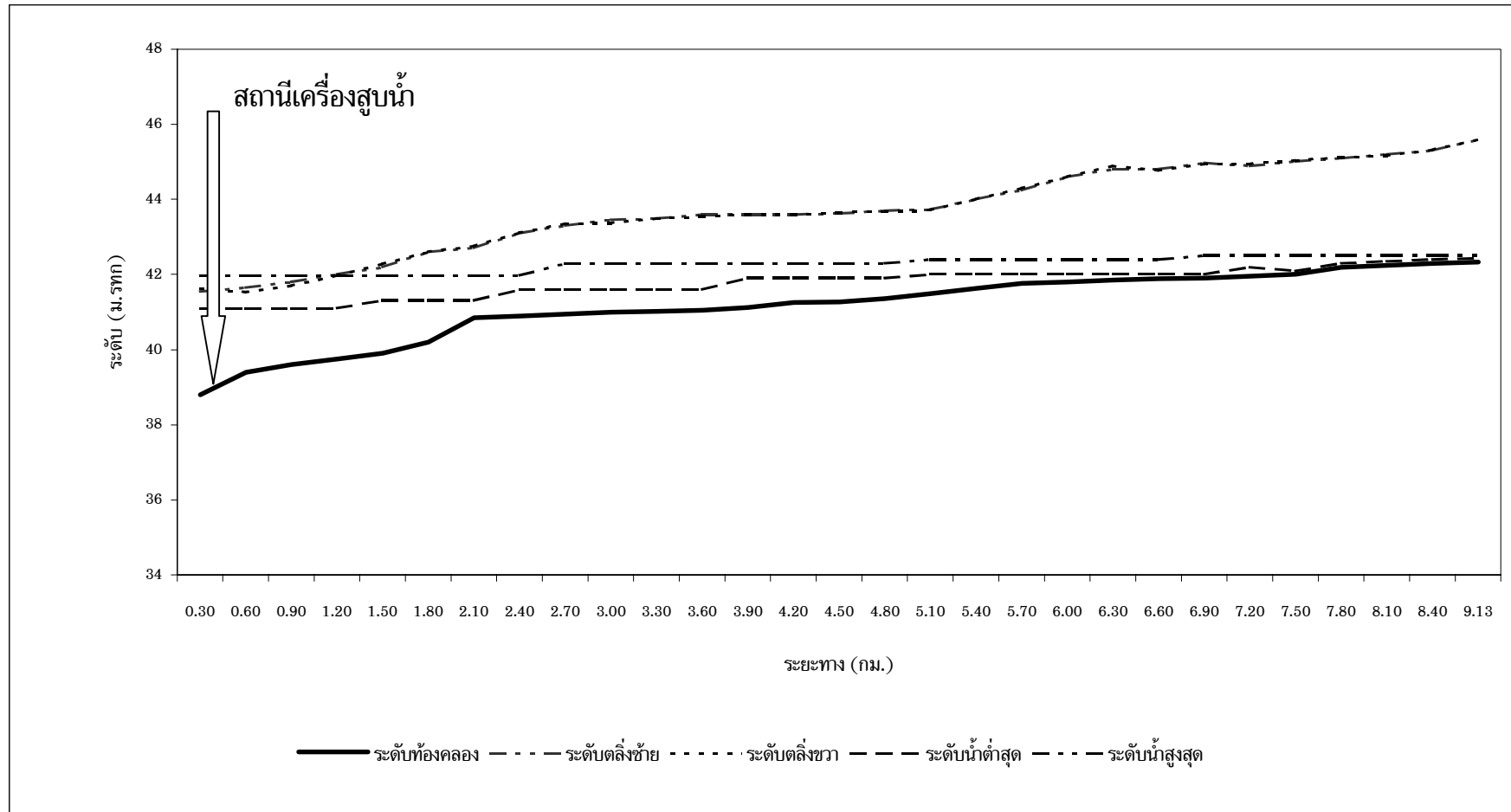
การวางแผนเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในการศึกษาได้พิจารณาประสิทธิภาพระบบระบายน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพลที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ที่มีระดับน้ำสูงสุดใกล้เคียงกับในปี 2543 ซึ่งเกิดน้ำท่วมคลองระบายไหลล้นตลิ่งจำนวน 6 แห่ง ดังนี้คือ DR1-43L, DR1-30L, DR1-25L, DR1-21L, DR1-19L และ DR1-10L โดยมีความจำเป็นต้องพิจารณาติดตั้งเครื่องสูบน้ำแก้ไขน้ำท่วมพื้นที่เพาะปลูกโดยเร่งด่วน ส่วนที่เหลืออีก 5 แห่ง มีระดับน้ำไหลล้นตลิ่งสูงไม่มากจึงไม่พิจารณาติดตั้งเครื่องสูบน้ำ นอกจากนั้นแล้วเหตุที่ไม่พิจารณาเลือกฝนอกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี เนื่องจากการแก้ปัญหาที่น้ำท่วมจำเป็นต้องใช้เครื่องสูบน้ำตลอดเวลา เครื่องที่มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็นซึ่งไม่เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริงรวมถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาจะสูงมาก

ในการศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาการระบายน้ำของพื้นที่โครงการได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง RUBICON เพื่อพิจารณาเลือกขนาดเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่น้ำท่วม 6 แห่ง โดยกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่เครื่องสูบน้ำต้องทำงานและระดับน้ำสิ้นสุดที่เครื่องสูบน้ำต้องหยุด เพื่อเป็นการรักษาระดับน้ำไม่ให้สูงเกินตลิ่งของคลองระบายน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้ได้เสนอการแก้ไขระบบระบายน้ำโดยติดตั้งสถานีเครื่องสูบน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 46 และผลของขนาดเครื่องสูบน้ำที่เสนอแนะมีรายละเอียดดังนี้

4.1 คลองระบายน้ำ DR1-43L มีพื้นที่เพาะปลูกที่น้ำท่วมอยู่ในเขตพื้นที่จัดรูปที่ดินประเภท ข เป็นส่วนมาก ดังนั้นจึงเสนอแนะให้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำมีขนาด 3 ลบ.เมตร/วินาที โดยกำหนดให้เครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งบริเวณหน้าอาคารปากคลองเริ่มทำงานที่ระดับน้ำสูง 41.80 ม.รทก. และหยุดทำงานที่ระดับน้ำลดต่ำ 41.60 ม.รทก. ระดับน้ำสูงสุดและระดับน้ำต่ำสุดที่ได้มีระดับต่ำกว่าตลิ่ง แสดงในภาพที่ 47



ภาพที่ 46 แนวทางการแก้ไขบรรเทาอุทกภัยที่เสนอแนะตั้งสถานีสูบน้ำ



ภาพที่ 47 ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-43L กรณีแก้ไขบรรเทาอุทกภัย

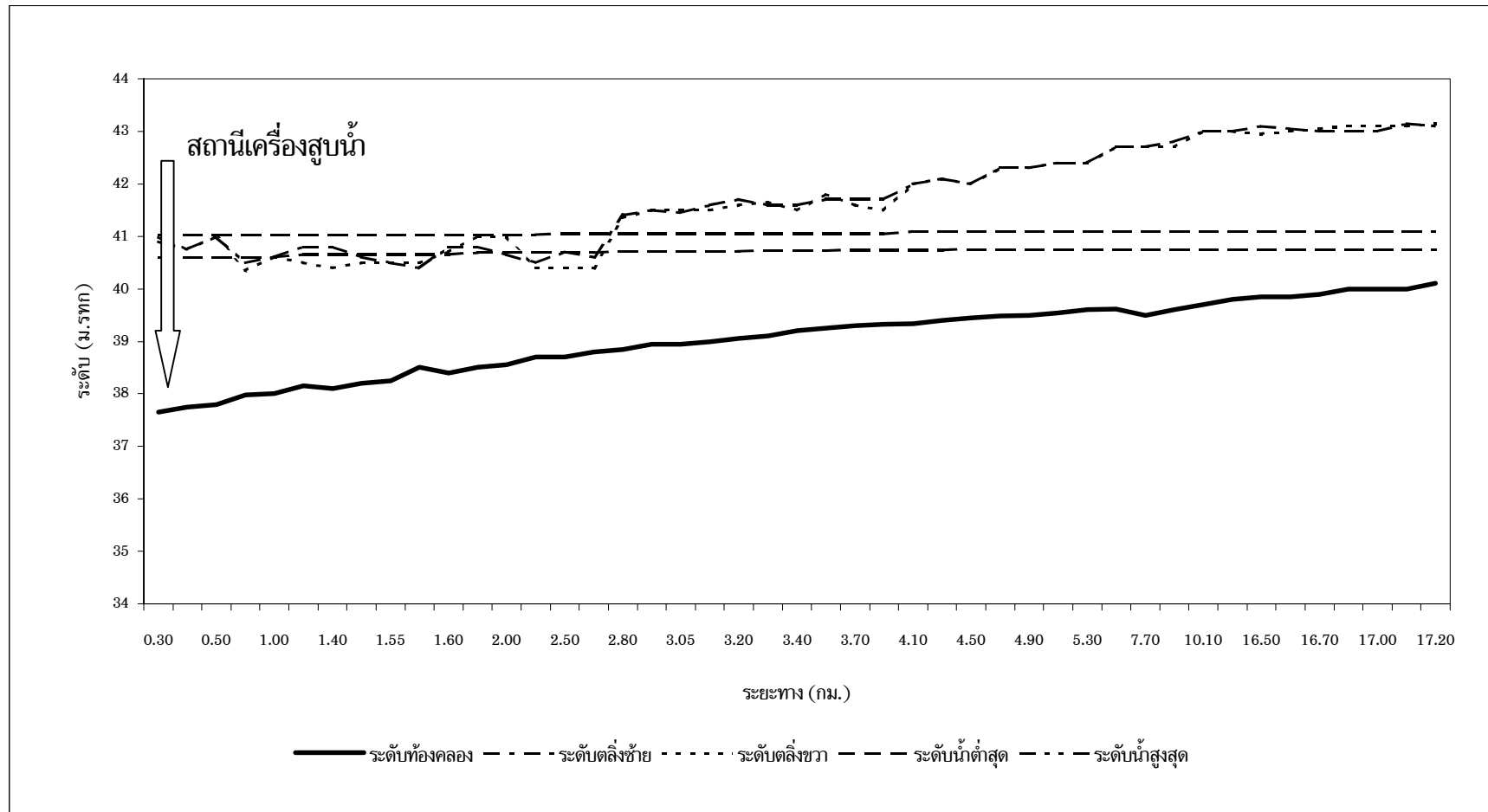
4.2 คลองระบายน้ำ DR1-30L มีพื้นที่เพาะปลูกที่น้ำท่วมอยู่ในเขตพื้นที่จัดรูปที่ดินประเภท ข เป็นส่วนมาก ดังนั้นจึงเสนอแนะให้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำขนาด 5 ลบ.เมตร/วินาที โดยกำหนดให้เครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งบริเวณหน้าอาคารปากคลองเริ่มทำงานที่ระดับน้ำสูง 40.90 ม.รทก. และหยุดทำงานที่ระดับน้ำลดต่ำ 40.70 ม.รทก. ระดับน้ำสูงสุดและระดับน้ำต่ำสุดที่ได้มีระดับสูงกว่าตลิ่งไม่มาก แสดงในภาพที่ 48

4.3 คลองระบายน้ำ DR1-25L มีพื้นที่เพาะปลูกที่น้ำท่วมอยู่ในเขตพื้นที่จัดรูปที่ดินประเภท ข เป็นส่วนมาก ดังนั้นจึงเสนอแนะให้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำขนาด 3 ลบ.เมตร/วินาที โดยกำหนดให้เครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งบริเวณหน้าอาคารปากคลองเริ่มทำงานที่ระดับน้ำสูง 41.00 ม.รทก. และหยุดทำงานที่ระดับน้ำลดต่ำ 40.80 ม.รทก. ระดับน้ำสูงสุดและระดับน้ำต่ำสุดที่ได้มีระดับต่ำกว่าตลิ่ง แสดงในภาพที่ 49

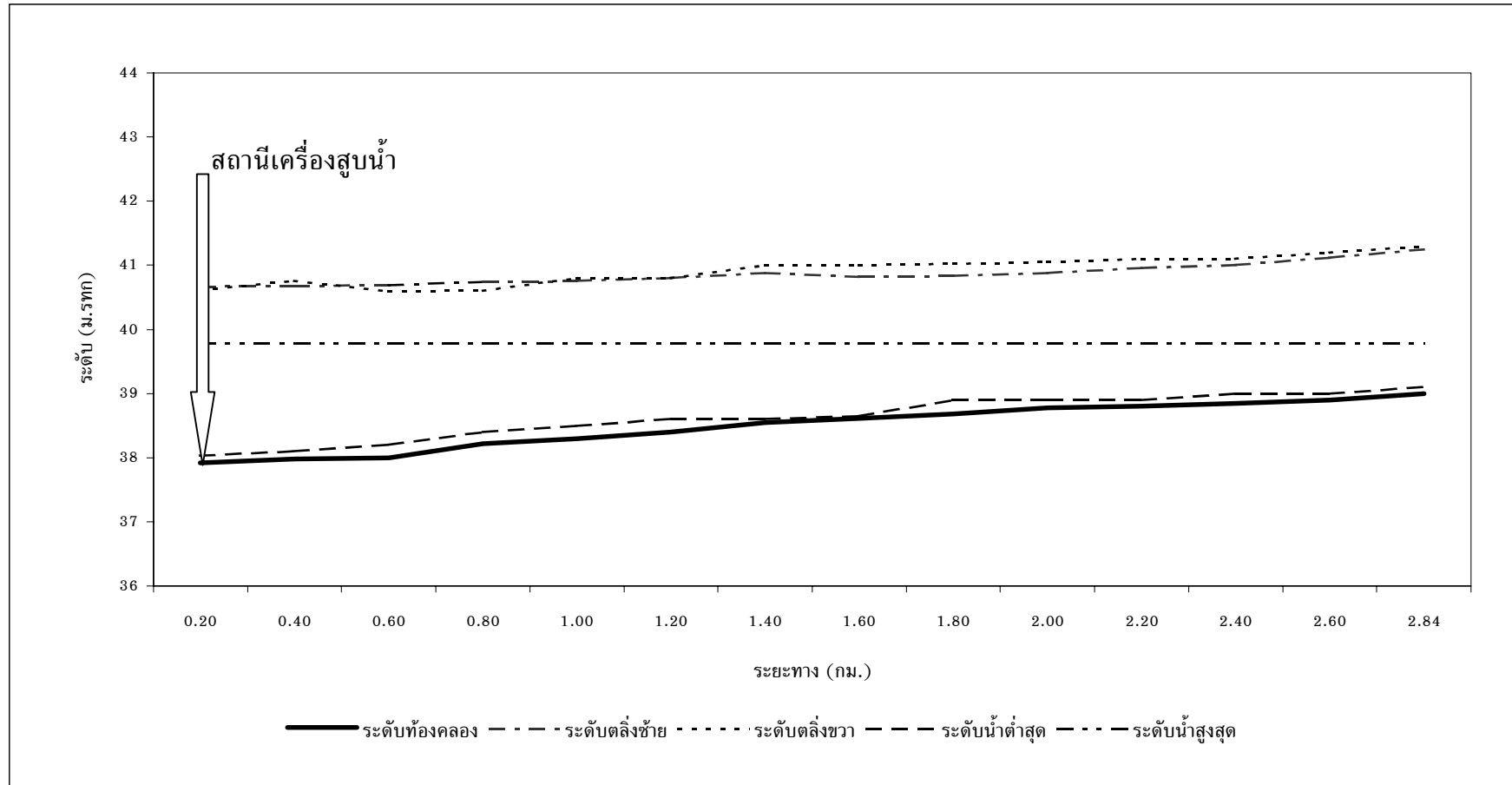
4.4 คลองระบายน้ำ DR1-21L มีพื้นที่เพาะปลูกที่น้ำท่วมอยู่ในเขตพื้นที่จัดรูปที่ดินประเภท ข เป็นส่วนมาก ดังนั้นจึงเสนอแนะให้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำขนาด 4 ลบ.เมตร/วินาที โดยกำหนดให้เครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งบริเวณหน้าอาคารปากคลองเริ่มทำงานที่ระดับน้ำสูง 41.10 ม.รทก. และหยุดทำงานที่ระดับน้ำลดต่ำ 40.00 ม.รทก. มีระดับน้ำสูงสุดที่สูงกว่าตลิ่งและระดับน้ำต่ำสุดที่ได้มีระดับต่ำกว่าตลิ่ง แสดงในภาพที่ 50

4.5 คลองระบายน้ำ DR1-19L มีพื้นที่เพาะปลูกที่น้ำท่วมอยู่ในเขตพื้นที่จัดรูปที่ดินประเภท ข เป็นส่วนมาก ดังนั้นจึงเสนอแนะให้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำขนาด 3 ลบ.เมตร/วินาที โดยกำหนดให้เครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งบริเวณหน้าอาคารปากคลองเริ่มทำงานที่ระดับน้ำสูง 40.00 ม.รทก. และหยุดทำงานที่ระดับน้ำลดต่ำ 39.70 ม.รทก. ระดับน้ำสูงสุดและระดับน้ำต่ำสุดที่ได้มีระดับต่ำกว่าตลิ่ง แสดงในภาพที่ 51

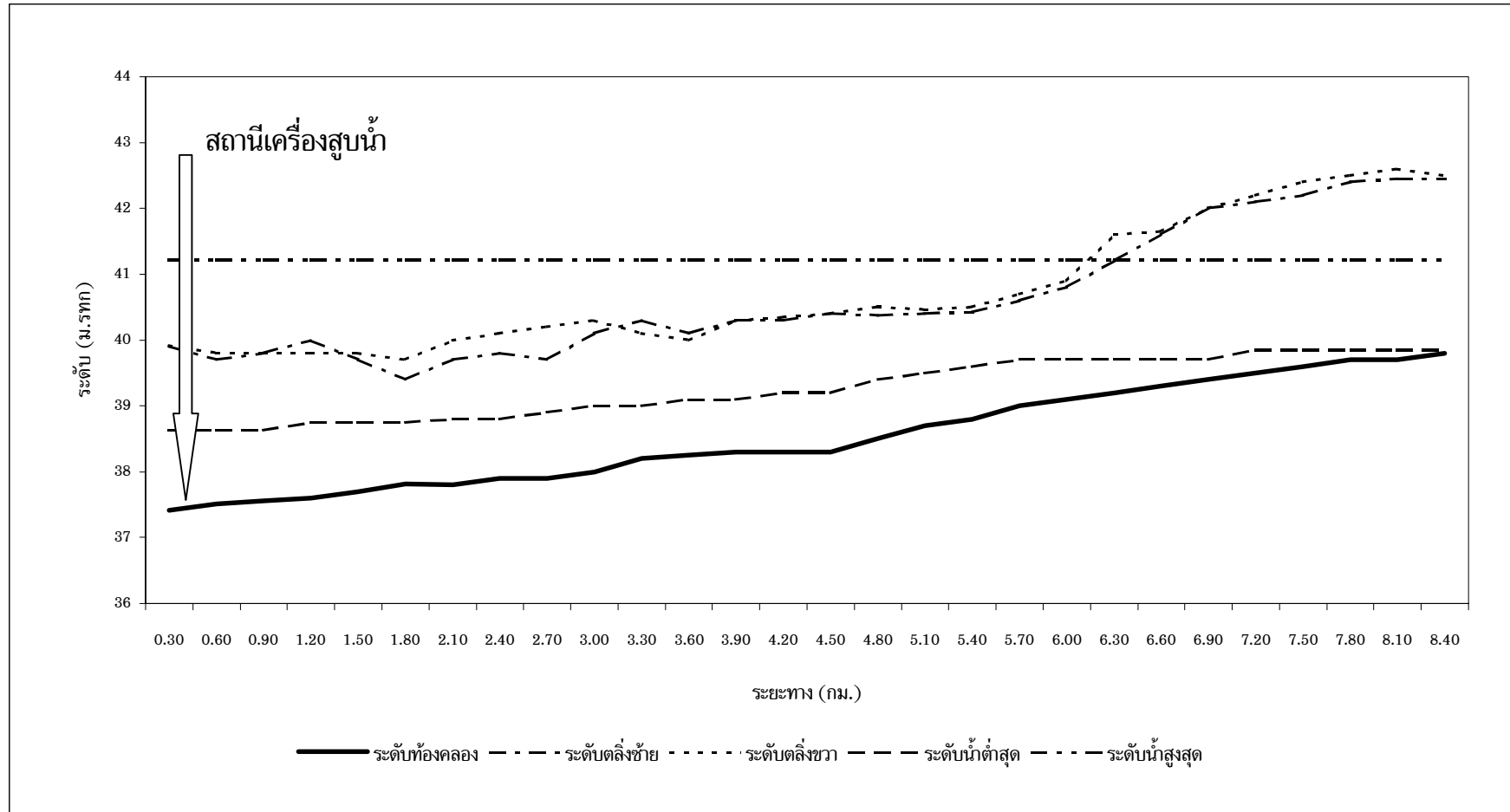
4.6 คลองระบายน้ำ DR1-10L มีพื้นที่เพาะปลูกที่น้ำท่วมอยู่ในเขตพื้นที่จัดรูปที่ดินประเภท ข เป็นส่วนมาก ดังนั้นจึงเสนอแนะให้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำขนาด 7 ลบ.เมตร/วินาที โดยกำหนดให้เครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งบริเวณหน้าอาคารปากคลองเริ่มทำงานที่ระดับน้ำสูง 40.50 ม.รทก. และหยุดทำงานที่ระดับน้ำลดต่ำ 40.00 ม.รทก. มีระดับน้ำสูงสุดที่สูงกว่าตลิ่งไม่มากและระดับน้ำต่ำสุดมีระดับต่ำกว่าตลิ่ง แสดงในภาพที่ 52



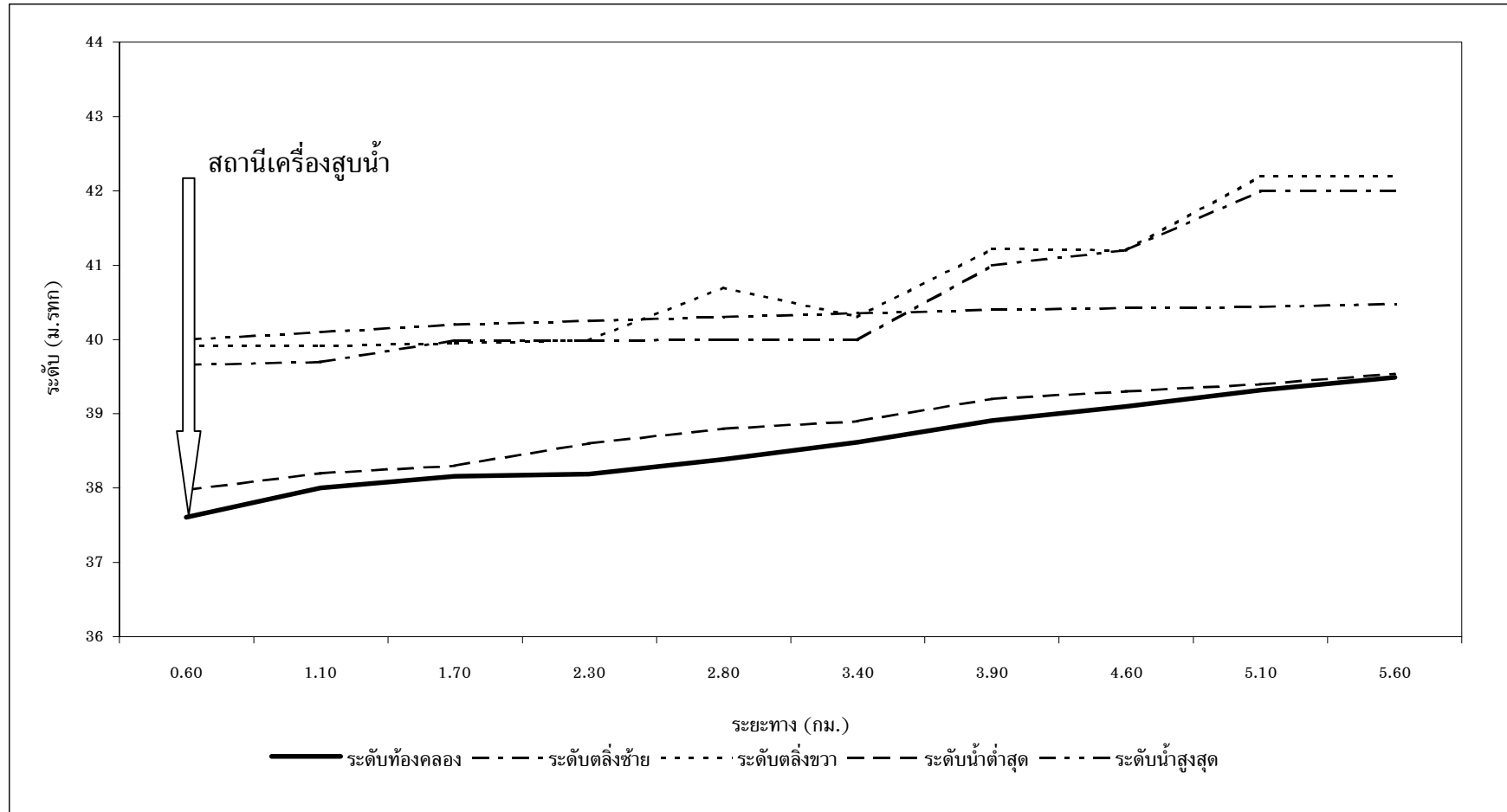
ภาพที่ 48 ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-30L กรณีแก้ไขบรรเทาอุทกภัย



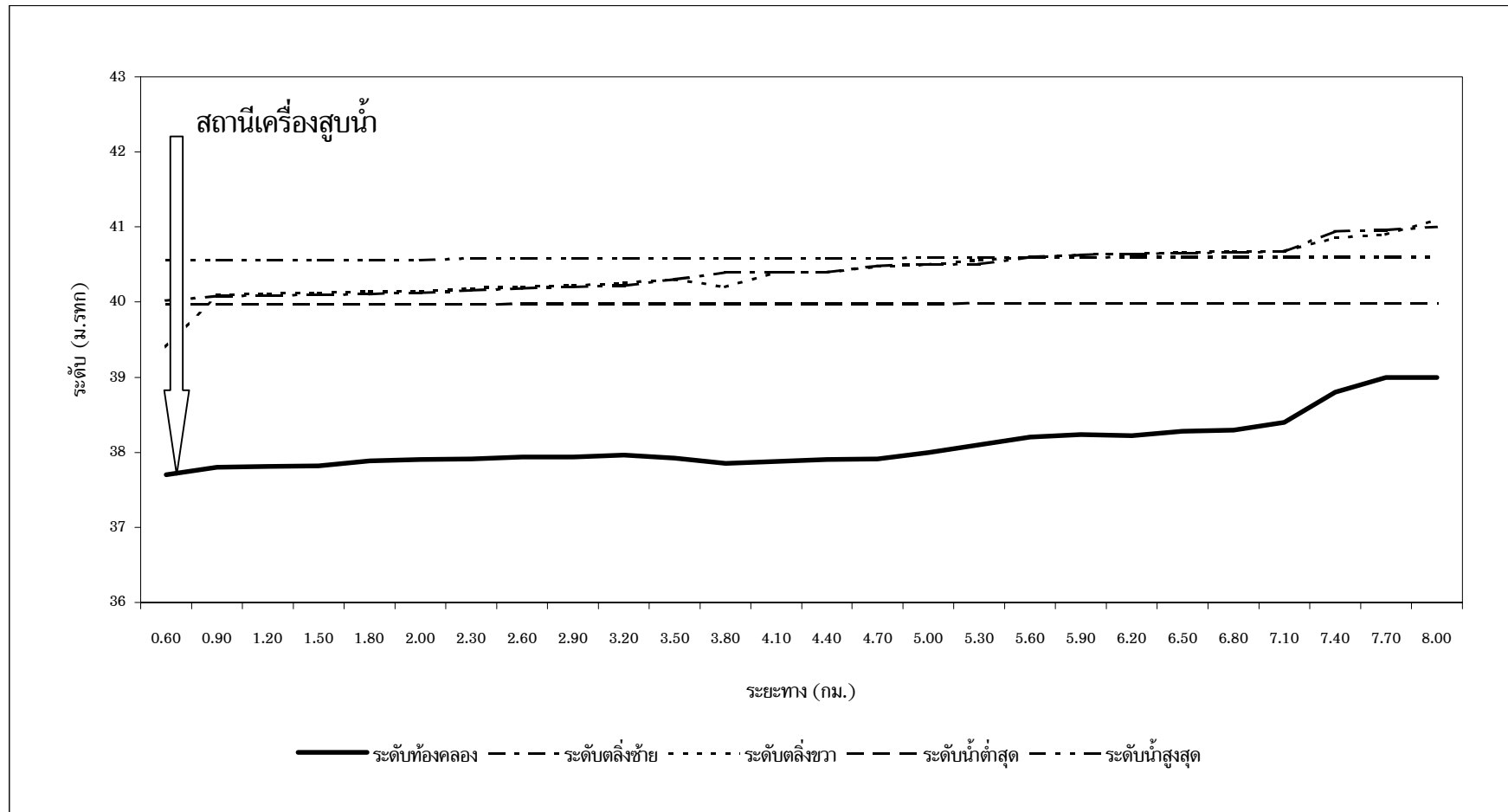
ภาพที่ 49 ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-25L กรณีแก้ไขบรรเทาอุทกภัย



ภาพที่ 50 ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-21L กรณีแก้ไขบรรเทาอุทกภัย



ภาพที่ 51 ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-19L กรณีแก้ไขบรรเทาอุทกภัย



ภาพที่ 52 ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดตามแนวการไหลของคลองระบายน้ำ DR1-10L กรณีแก้ไขบรรเทาอุทกภัย

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. สรุป

สภาพปัจจุบันการระบายน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาหลายชุมพลออกนอกพื้นที่ไม่สามารถกระทำได้ ในกรณีระดับน้ำของแม่น้ำยมและแม่น้ำน่านสูงกว่าระดับน้ำด้านในพื้นที่โครงการ ต้องทำการปิดกั้นอาคารปากคลองระบายน้ำป้องกันน้ำจากด้านนอกไหลเข้าพื้นที่ และฝนที่ตกลงมาบนพื้นที่โครงการไม่สามารถระบายน้ำออกได้ต้องเก็บขังอยู่ในพื้นที่โครงการ ระบบระบายน้ำของโครงการที่ทำการศึกษา ได้ใช้การวิเคราะห์การสูญเสียของน้ำฝนเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำโดยวิธี SCS และใช้แบบจำลอง RUBICON จำลองสภาพการไหลของระบบระบายน้ำในช่วงเกิดน้ำหลาก ทำให้ทราบการประเมินประสิทธิผลของระบบระบายน้ำในโครงการที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี และเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาได้ โดยสรุปได้ดังนี้

1.1 การประเมินปริมาณการไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำโดยวิธี SCS

สภาพทางกายภาพของพื้นที่ศึกษามีการใช้ที่ดินสำหรับทำการเพาะปลูกข้าวเป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 76 ของพื้นที่ทั้งหมด ลักษณะกลุ่มดินเป็นกลุ่มดินเหนียวที่มีการซึมของน้ำไม่ดี ดังนั้นค่า Curve Number (CN) มีค่าเท่ากับ 84 ทำการสอบเทียบสามารถยอมรับค่า CN ได้ และนำมาวิเคราะห์ปริมาณการสูญเสียของน้ำฝนโดยวิธี SCS

1.2 การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON

จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง RUBICON ในการวิเคราะห์สภาพการไหลของคลองระบายน้ำต่างๆ ของโครงการ ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning เท่ากับ 0.03 และสามารถคำนวณระดับน้ำที่หน้าอาคารระบายน้ำได้ใกล้เคียงกับที่บันทึกระดับน้ำไว้ ปีเหตุการณ์ที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลองคือ ปี 2543 และปีเหตุการณ์ที่ใช้ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองคือ ปี 2544 ผลการวิเคราะห์สอบเทียบแบบจำลองตัวแปรทางสถิติของคลองระบายน้ำต่างๆ ได้ค่า r เฉลี่ยของทุกคลองเท่ากับ 0.83 และได้ค่า RMSE เฉลี่ยของทุกคลองเท่ากับ 0.093 และการวิเคราะห์ตรวจพิสูจน์แบบจำลองตัวแปรทางสถิติ ได้ค่า r เฉลี่ยของทุกคลองเท่ากับ 0.93 และได้ค่า RMSE เฉลี่ยของทุกคลองเท่ากับ 0.283 สรุปผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองสามารถยอมรับแบบจำลองเข้ากันได้ดี

1.3 การประเมินประสิทธิผลระบบระบายน้ำด้วยฝนอกแบบ

จากการจำลองสภาพระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาใช้ฝนสูงสุด 3 วัน ที่ฝนอกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี พบว่าระบบระบายน้ำที่ฝนอกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ระดับน้ำคลองระบายน้ำ DR1-59L ต่ำกว่าตลิ่งไม่เกิดปัญหาน้ำท่วมขังพื้นที่เพาะปลูก คลองระบายน้ำ DR1-49L, DR15.8, DR2.8 และ DR2-13.8L มีระดับน้ำล้นตลิ่งเพียงเล็กน้อยไม่ท่วมพื้นที่พื้นที่เพาะปลูกเป็นเวลานาน ส่วนคลองระบายน้ำ DR1-43L, DR1-30L, DR1-25L, DR1-21L, DR1-19L และ DR1-10L มีระดับน้ำล้นตลิ่งมากท่วมพื้นที่เพาะปลูกระบบระบายน้ำมีปัญหา สำหรับฝนอกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี ระดับน้ำคลองระบายน้ำ DR1-59L ต่ำกว่าตลิ่งไม่เกิดปัญหาน้ำท่วมขังพื้นที่เพาะปลูก คลองระบายน้ำ DR15.8, DR2.8 และ DR2-13.8L มีระดับน้ำล้นตลิ่งเพียงเล็กน้อยไม่ท่วมพื้นที่พื้นที่เพาะปลูกเป็นเวลานาน ส่วนคลองระบายน้ำ DR1-49L, DR1-43L, DR1-30L, DR1-25L, DR1-21L, DR1-19L และ DR1-10L มีระดับน้ำล้นตลิ่งมากท่วมพื้นที่เพาะปลูกระบบระบายน้ำมีปัญหา

1.4 แนวทางการแก้ไขปรับปรุงประสิทธิผลระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาและประเมินประสิทธิผลระบบระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา ทำให้ทราบว่าประสิทธิภาพในการระบายน้ำของระบบระบายน้ำคลอง DR1-43L, DR1-30L, DR1-25L, DR1-21L, DR1-19L และ DR1-10L ไม่สามารถที่จะรองรับฝนอกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้มีการศึกษาแนวทางการแก้ไขในการบรรเทาอุทกภัยให้กับพื้นที่ที่มีปัญหาระบบระบายน้ำโดยการติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่หน้าอาคารปากคลองระบายน้ำ โดยมีขนาดต่างๆ กันดังนี้ DR1-43L มีขนาดเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 3 ลบ.เมตร/วินาที, DR1-30L มีขนาดเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 5 ลบ.เมตร/วินาที, DR1-25L มีขนาดเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 3 ลบ.เมตร/วินาที, DR1-21L มีขนาดเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 4 ลบ.เมตร/วินาที, DR1-19L มีขนาดเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 3 ลบ.เมตร/วินาที และ DR1-10L มีขนาดเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 7 ลบ.เมตร/วินาที

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 เนื่องจากแบบจำลอง RUBICON เป็นโปรแกรมประเภท Public Domain ทำให้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการนำมาใช้งาน จึงเป็นเหตุผลหลักที่ถูกเลือกนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้แบบจำลอง RUBICON นั้นมีความยุ่งยากหลายประการในการนำเข้าสู่ข้อมูล เช่นการแสดงผล ตลอดจนการกำหนดค่าสถานะเริ่มต้น (Initial State) ของระดับน้ำ

และค่าอัตราการไหลโดยผู้ใช้งานแบบจำลอง ดังนั้นจึงแนะนำให้มีการปรับปรุงแบบจำลอง RUBICON ในสิ่งเหล่านี้เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้

2.2 ในการเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำในคลองระบายน้ำต่างๆ ของโครงการ โดยเสนอให้มีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำตามอาคารปากคลองของพื้นที่ที่มีปัญหาการระบายน้ำนั้น ขนาดเครื่องสูบน้ำเป็นผลการศึกษาโดยแบบจำลอง ในการปฏิบัติงานจริงจำเป็นต้องพิจารณาขนาดของเครื่องสูบน้ำให้สอดคล้องกับขนาดเครื่องสูบน้ำที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน นอกจากนั้นแล้วในการติดตั้งเครื่องสูบน้ำแต่ละแห่งควรเลือกขนาดเครื่องสูบน้ำที่มีขนาดเดียวกัน แต่อาจต่างกันที่จำนวนเครื่องเพื่อง่ายในการจัดหาอะไหล่และการบำรุงรักษา

2.3 เนื่องจากการติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่มีขนาดใหญ่ ต้องมีค่าใช้จ่ายสูงทั้งในช่วงการติดตั้งและค่าใช้จ่ายผูกพันในอนาคตเกี่ยวกับค่ากระแสไฟฟ้าและค่าดูแลบำรุงรักษา ดังนั้นควรจะต้องมีการศึกษาในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ตลอดจนผลประโยชน์ที่จะได้รับในรูปตัวเงินจากการบรรเทาปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่โครงการ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ณัฐ เทภาสิต. 2542. การวิเคราะห์หมายเลขโค้งน้ำท่า SCS ของอำเภอในประเทศไทย.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- นิวัติชัย คัมภีร์. 2539. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบทางอุทกวิทยาของอ่างเก็บน้ำ
ขนาดเล็กโดยวิธี SCS สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2531. การศึกษาสภาวะน้ำท่วมของกลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยการ
ประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE 11. วิศวกรรมสารเกษตรศาสตร์ 12(35): 113-145.
- _____. 2545. เอกสารประกอบวิชาการจำลองสภาวะการเกิดน้ำท่วม.
ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
กรุงเทพฯ
- ภูวดล พรหมชา. 2544. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกงโดยใช้แบบจำลอง
คณิตศาสตร์ MIKE 11. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ
- มนตรี วิวัฒน์วงศ์เจริญ. 2538. คู่มือการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
RUBICON version 2.4 รายงานวิชาปัญหาพิเศษ (Special Problem). สาขาวิชา
วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 284 น.
- _____. 2540. การประเมินประสิทธิผลของระบบระบายน้ำปทุมภูมิในพื้นที่
ที่ชุมชนชานเมืองด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลอง RUBICON.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- วงศ์สถิตย์ บุญธัญกรณ์. 2545. การศึกษาคุณลักษณะทางอุทกศาสตร์ของกลุ่มน้ำมูลโดยใช้
แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- วริยา ผาฟองยุ่น. 2543. การพยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- วีระชัย ชูพิศาลโยธิน. 2530. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำป่าสักโดยวิธีแบบจำลองถั่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วีระพล แต่สมบัติ. 2531. อุทกวิทยาประยุกต์. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 317 น.
- สิทธิพร เงินประเสริฐศรี. 2534. เอกสารประกอบการสอนวิชา 207422 (การระบายน้ำบนผิวดินและใต้ผิวดิน). ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 124 น.
- Chow, V.T. 1957. **Open Channel Hydraulics**. McGraw-Hill Kogkusha, Tokyo. 380 p.
- Hashoning, D.E.S. 1986. **Reference Manual of RUBICON-A Microcomputer Based Modelling System for River and Cannels**. The Public Works Department of NSW, Australia. 143 p.
- _____. 1990. **User Manual of RUBICON-A Microcomputer Based Modelling System for River and Cannels**. Webb, McKeown & Associates Pty. Ltd., Australia. 68 p.
- U.S. Department of Agriculture. 1972. **National Engineering Handbook**. Hydrology Section 4. U.S. Government Printing, Washington, D.C. 23 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการคำนวณหากราฟน้ำท่าผิวดินโดยวิธี SCS ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

ขั้นตอนการคำนวณหากราฟน้ำท่าผิวดินโดยวิธี SCS ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

การประมาณปริมาณการไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำโดยวิธี SCS นั้นสามารถคำนวณได้ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยมีขั้นตอนตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่าง พื้นที่รับน้ำ A1(59L) มีข้อมูลทางกายภาพ $A = 4.2 \text{ km}^2$, $I = 4.770 \text{ km}$, $y = 0.021 \%$, $CN = 84$

1. การวิเคราะห์ปริมาณการสูญเสียของพายุฝน ใส่ข้อมูลตามตัวอย่างในโปรแกรม Microsoft Excel ดังภาพผนวกที่ ก1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	การวิเคราะห์ปริมาณการสูญเสียของพายุฝนโดยวิธี SCS												
2	Input Data												
3			Curve Number (CN)	84									
4			Initial AMC (เลือก 1, 2, 3)	2									
5			ค่า CN ที่ใช้	84									
6													
7			เลือกใช้ค่า CN	84									
8	ข้อมูลทางกายภาพของลุ่มน้ำ												
9			พื้นที่ลุ่มน้ำ (A)	4.200 km^2									
10			ความยาวของทางน้ำ (I)	4.770 km									
11			ความลาดเฉลี่ย (Y)	0.021 %									
12			ARF ที่คำนวณได้	0.997									
13	ค่าที่คำนวณได้												
14			Watershed Lag (L)	17.37 hr.									
15			Time of Concentration (t_c)	28.96 hr.									
16			Time to Peak (t_p)	19.30 hr.									
17			Peak Discharge (q_p)	0.45 m^3/s									

ภาพผนวกที่ ก1 การสร้างตารางการคำนวณปริมาณการสูญเสียของฝนโดยวิธี SCS

2. คำนวณหากราฟ Unit Hydrograph จากกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร้น้ำที่มีโดยนำค่า t_p และ q_p ที่คำนวณได้มาคูณ ดังตารางผนวกที่ ก1

ตารางผนวกที่ ก1 การคำนวณกราฟ Unit Hydrograph

t/t_p	q/q_p	t ชม.	q ม ³ /วินาที	q ปรับแก้
0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
0.20	0.030	3.860	0.014	0.02
0.40	0.100	7.720	0.045	0.05
0.60	0.235	11.580	0.106	0.12
0.80	0.540	15.441	0.244	0.27
1.00	1.000	19.301	0.453	0.51
1.20	0.865	23.161	0.392	0.44
1.40	0.675	27.021	0.306	0.34
1.60	0.525	30.881	0.238	0.27
1.80	0.415	34.741	0.188	0.21
2.00	0.335	38.601	0.152	0.17
2.20	0.275	42.461	0.124	0.14
2.40	0.225	46.322	0.102	0.11
2.60	0.185	50.182	0.084	0.09
2.80	0.150	54.042	0.068	0.08
3.00	0.115	57.902	0.052	0.06
3.20	0.090	61.762	0.041	0.05
3.40	0.070	65.622	0.032	0.04
3.60	0.050	69.482	0.023	0.03
3.80	0.035	73.343	0.016	0.02
4.00	0.020	77.203	0.009	0.01
4.20	0.010	81.063	0.005	0.01
4.40	0.000	84.923	0.000	0.00
รวม			2.69	3.02
แปลงเป็น ชม.			0.89	1.00

3. การหาปริมาณฝนสะสมของช่วงเวลา 3 ชั่วโมง ที่มีฝนสูงสุด 1 วัน เท่ากับ 80.80 มม. โดยมีวิธีคำนวณตามตารางผนวกที่ ก2

ตารางผนวกที่ ก2 การคำนวณหาปริมาณฝนสะสม

เวลา (ชม.)	เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฝน	ผลต่าง	ฝนกระจายตัว 1 วัน	ช่วงเวลาที่ 3 ชม.	ปริมาณฝนสะสม มม.
1	65	65	52.52		
2	80	15	12.12		
3	85	5	4.04	68.68	68.68
4	88	3	2.42		
5	90	2	1.62		
6	92	2	1.62	5.66	74.34
7	93	1	0.81		
8	94	1	0.81		
9	95	1	0.81	2.42	76.76
10	96.5	1.5	1.21		
11	97.8	1.3	1.05		
12	98.5	0.7	0.57	2.83	79.59
13	99	0.5	0.40		
14	99.1	0.1	0.08		
15	99.2	0.1	0.08	0.57	80.15
16	99.3	0.1	0.08		
17	99.4	0.1	0.08		
18	99.5	0.1	0.08	0.24	80.40
19	99.6	0.1	0.08		
20	99.7	0.1	0.08		
21	99.8	0.1	0.08	0.24	80.64
22	99.9	0.1	0.08		
23	99.95	0.05	0.04		
24	100	0.05	0.04	0.16	80.80

4. คำนวณหากราฟน้ำฝนส่วนเกินโดยการวิเคราะห์ปริมาณการสูญเสียของฝนโดยวิธี SCS ดังตารางผนวกที่ ก3

ตารางผนวกที่ ก3 การคำนวณหากราฟน้ำฝนส่วนเกิน

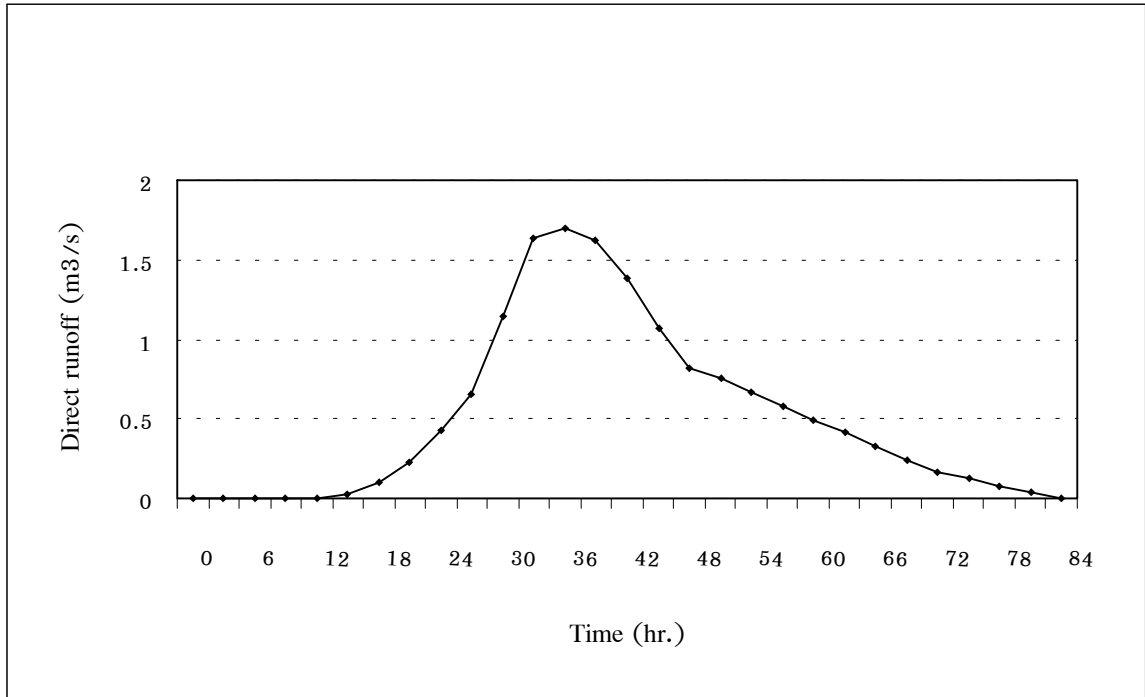
เวลา (ชม.)	ปริมาณฝน สะสม (มม.)	ปริมาณฝน สะสม (นิ้ว)	ปริมาณการสูญเสีย สะสม (นิ้ว)		ปริมาณฝนส่วน เกินสะสม (นิ้ว)	ปริมาณฝนส่วน เกินสะสม (มม.)	Pe*ARF (มม.)	กราฟน้ำฝน ส่วนเกิน (มม.)
			Ia	Fa				
3	68.68	2.704	0.38	1.05	1.28	32.42	32.32	32.32
6	74.34	2.927	0.38	1.09	1.46	36.99	36.88	4.55
9	76.76	3.022	0.38	1.11	1.53	38.97	38.86	1.98
12	79.59	3.133	0.38	1.13	1.63	41.32	41.20	2.34
15	80.15	3.156	0.38	1.13	1.65	41.79	41.66	0.47
18	80.4	3.165	0.38	1.13	1.65	42.00	41.87	0.21
21	80.64	3.175	0.38	1.13	1.66	42.20	42.07	0.20
24	80.8	3.181	0.38	1.13	1.67	42.33	42.20	0.13

5. การคำนวณกราฟน้ำท่าผิวดินโดยการประยุกต์ใช้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่หามาได้โดยเลือกช่วงเวลาที่มึขนาดเดียวกันกับปริมาณฝนส่วนเกินดังแสดงในตารางผนวกที่ ก4

ตารางผนวกที่ ก4 การคำนวณหากราฟน้ำท่าผิวดิน

Time hr.	Pe mm.	Unit Hydrograph Ordinates (m ³ /s)/cm.																			Direct runoff m ³ /s						
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54		57	60	63	66	69	
		0	0	0	0.1	0.1	0.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0		
3	0.13	0																								0.00	
6	0.21	0	0																							0.00	
9	1.98	0	0	0																						0.00	
12	4.55	0	0	0	0																					0.00	
15	32.32	0	0.1	0.1	0	0																				0.02	
18	2.34	0	0.5	0.2	0.2	0	0																			0.10	
21	0.47	0	0	1.5	0.4	0.3	0.1	0.1																		0.23	
24	0.2	0	0	0.1	2.9	0.6	0.5	0.1	0.1																	0.43	
27		0	0	0	0.2	4.2	1.1	0.9	0.1	0.1																0.66	
30		0	0	0	0	0.3	8.1	2	0.8	0.1	0															1.14	
33			0	0	0	0.1	0.6	15	1.9	0.8	0.1	0														1.80	
36				0	0	0	0.1	1.1	13	1.8	0.7	0.1	0													1.70	
39					0	0	0.1	0.2	1	13	1.5	0.5	0	0												1.63	
42						0	0	0.1	0.2	0.9	11	1.2	0.4	0	0											1.38	
45							0	0	0.1	0.2	0.8	8.4	0.9	0.4	0	0										1.07	
48								0	0	0.1	0.2	0.6	6.1	0.8	0.3	0	0									0.82	
51									0	0	0.1	0.1	0.4	5.8	0.7	0.3	0	0								0.75	
54										0	0	0.1	0.1	0.4	5.2	0.6	0.2	0	0							0.66	
57											0	0	0	0.1	0.4	4.5	0.5	0.2	0	0						0.58	
60												0	0	0	0.1	0.3	3.9	0.5	0.2	0	0					0.49	
63													0	0	0	0.1	0.3	3.2	0.4	0.1	0	0				0.41	
66														0	0	0	0.1	0.2	2.6	0.3	0.1	0	0			0.33	
69															0	0	0	0.2	1.9	0.2	0.1	0	0			0.24	
72																0	0	0	0	0.1	1.3	0.1	0	0	0	0	0.17
75																	0	0	0	0	0.1	1	0.1	0	0	0	0.12
78																		0	0	0	0	0.1	0.6	0	0	0	0.07
81																			0	0	0	0	0	0	0.3	0	0.03
84																					0	0	0	0	0	0	0.00

กราฟน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้โดยวิธี SCS ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel แสดงดังภาพ
ที่ ก2



ภาพผนวกที่ ก2 กราฟน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้โดยวิธี SCS

ภาคผนวก ข

การจำแนกกลุ่มดินของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพล

การจำแนกชนิดกลุ่มดินของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลาญชุมพลในจังหวัดพิษณุโลก ของกรมพัฒนาที่ดินได้แบ่งหน่วยแผนที่ดังแสดงในภาพที่ 17 นั้น สามารถอธิบายลักษณะดินได้ ดังนี้

1. หน่วยแผนที่ที่ 3 เป็นกลุ่มดินที่มีเนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว ดินบนจะมีสีดำหรือสีเทาเข้ม ส่วนดินล่างมีสีเทา มีจุดประสีเหลืองและสีน้ำตาลตามหรือสีแดง เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า เป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำเร็ว พบบริเวณที่ราบลุ่ม ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0 – 7.0 ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ทำนา แต่มักจะมีปัญหาเรื่องน้ำท่วมในฤดูฝน

2. หน่วยแผนที่ที่ 4 เป็นกลุ่มดินที่มีเนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว ดินบนมีสีน้ำตาลปนเทา ถึงสีเทาเข้ม ดินล่างมีสีน้ำตาลปนเหลือง มีจุดประสีน้ำตาล สีเหลืองหรือสีเทา อาจพบก้อนสารเคมีสะสมพวกเหล็ก และแมงกานีสในดินชั้นล่าง เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า เป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว พบบริเวณที่ราบเรียบถึงที่ราบลุ่ม ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0 – 7.0 ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ทำนา จึงมักมีปัญหาระบาดน้ำท่วมในฤดูฝน บางแห่งใช้ปลูกพืชไร่ เช่น ถั่ว และพืชผักต่าง ๆ ได้ในฤดูแล้งบริเวณที่มีการชลประทาน

3. หน่วยแผนที่ที่ 5 เป็นกลุ่มดินที่มีเนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว ดินบนมีสีเทาเข้ม ดินล่างมีสีเทา มีจุดประสีน้ำตาลและสีเหลืองหรือสีแดง ตลอดชั้นดิน อาจพบก้อนสารเคมีสะสมพวกเหล็ก และแมงกานีสปะปนอยู่เล็กน้อย เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า เป็นดินลึก มีการระบายน้ำเร็ว พบบริเวณพื้นที่ราบเรียบ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0 – 7.0 ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ทำนาได้ผลดี ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง

4. หน่วยแผนที่ที่ 7 เป็นกลุ่มดินที่มีเนื้อดินเป็นพวกดินร่วนเหนียว หรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ดินบนมีสีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาลปนแดง ดินล่างมีสีน้ำตาล สีน้ำตาลปนแดง หรือสีเทาปนชมพู พบจุดประสีเหลืองหรือสีน้ำตาลปนเหลืองตลอดชั้นดิน และอาจพบก้อนสารเคมีสะสมพวกเหล็ก และแมงกานีสปะปนอยู่บ้าง เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า พบบริเวณพื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ เป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงต่างปานกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0 – 8.0 ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ทำนา ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดินของหน่วยแผนที่นี้โดยทั่วไปไม่มี

5. หน่วยแผนที่ที่ 15 เป็นกลุ่มดินที่มีเนื้อดินเป็นพวกดินร่วนเหนียว หรือดินร่วนเหนียวทรายแป้ง ดินบนมีสีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาลปนแดง ดินล่างมีสีน้ำตาล สีน้ำตาลปนแดง หรือสีเทาปนชมพู พบจุดประสีเหลืองหรือสีน้ำตาลปนเหลืองตลอดชั้นดิน และอาจพบก้อนสารเคมีสะสมพวกเหล็ก และแมงกานีสปะปนอยู่บ้าง เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำน้ำ พบบริเวณพื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบเป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงต่างปานกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0-8.0 ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ทำนา ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดินของหน่วยแผนที่นี้โดยทั่วไปไม่มี

6. หน่วยแผนที่ที่ 33 เป็นกลุ่มดินที่มีเนื้อดินเป็นพวกดินร่วนปนทรายแป้ง สีดินเป็นสีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลปนแดง ในดินล่างลึก ๆ อาจมีจุดประสีเทาและสีน้ำตาล อาจมีแร่ไมก้าหรือก้อนปูนปะปนอยู่ด้วย เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำน้ำ พบบนสันดินริมน้ำเก่าและเนินตะกอนรูปพัด มีพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาด เป็นลึกมาก มีการระบายน้ำดี ถึงดีปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดแก่ถึงถึงต่างปานกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.5 - 8.0 ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ปลูกพืชไร่ต่าง ๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อยและถั่วต่าง ๆ หรือบางแห่งใช้ปลูกไม้ผลได้ดีในบริเวณใกล้ลำน้ำ และใช้เป็นที่อยู่อาศัย ดินกลุ่มนี้ไม่มีปัญหาในการใช้ประโยชน์นอกจากมีบางพื้นที่เปิดทำนา อาจมีการขาดแคลนน้ำได้

7. หน่วยแผนที่ที่ 38 เป็นกลุ่มดินที่มีเนื้อดินเป็นพวกดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายละเอียด มีลักษณะการรับถมเป็นชั้น ๆ ของตะกอนลำน้ำในแต่ละช่วงเวลา สีดินเป็นสีน้ำตาลอ่อน อาจพบจุดประสีเทาหรือสีน้ำตาลแก่ในดินชั้นล่าง เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำน้ำ พบบริเวณสันดินริมน้ำที่มีสภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ เป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0 - 7.0 ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้เป็นที่อยู่อาศัย ปลูกพืชผักและสวนผลไม้ แต่ในช่วงฤดูฝนน้ำในลำน้ำอาจเอ่อล้นฝั่งทำความเสียหายให้พืชผลได้ บางแห่งอาศัยปรับสภาพพื้นที่นำมาใช้ทำนา จะทำให้ข้าวขาดแคลนน้ำได้ ถ้าฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน และไม่มีการชลประทานที่ดีพอ

ภาคผนวก ค

แฟคเตอร์รีเอสเซนของพื้นที่รับน้ำฝนย่อย และผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ถึง 3 วัน

ตารางผนวกที่ ค1 แฟคเตอร์รีเอสเซนของพื้นที่รับน้ำฝนย่อยที่ต้องประเมินปริมาณการไหลเข้าสู่
คลองระบายน้ำ

พื้นที่รับน้ำ ย่อย	รหัสสถานีวัดน้ำฝน						รวม
	38052	39013	39022	39052	39062	59042	
A59L/1	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A59L/2	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A59L/3	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A59L/4	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A59L/5	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A56L/1	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A56L/2	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A56L/3	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A56L/4	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A56L/5	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A49L/1	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A49L/2	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A49L/3	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A49L/4	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A49L/5	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A49L/6	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A49L/7	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A43L/1	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A43L/2	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A43L/3	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A43L/4	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A43L/5	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A43L/6	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A43L/7	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A43L/8	-	-	-	0.95	-	0.05	1.00
A43L/9	-	-	-	1.00	-	-	1.00

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

พื้นที่รับน้ำ ย่อย	รหัสสถานีวัดน้ำฝน						รวม
	38052	39013	39022	39052	39062	59042	
A30L/1	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A30L/2	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A30L/3	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A30L/4	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A30L/5	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A30L/6	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A30L/7	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A30L/8	-	-	-	1.00	-	-	1.00
A30L/9	-	0.35	0.25	0.40	-	-	1.00
A30L/10	-	-	-	0.70	-	0.30	1.00
A25L/1	-	0.50	-	0.50	-	-	1.00
A25L/2	-	0.95	0.05	-	-	-	1.00
A25L/3	-	0.60	0.40	-	-	-	1.00
A21L/1	-	1.00	-	-	-	-	1.00
A21L/2	-	0.85	-	-	-	-	1.00
A21L/3	-	1.00	-	-	-	-	1.00
A21L/4	-	1.00	-	-	-	-	1.00
A21L/5	-	0.60	0.40	-	-	-	1.00
A21L/6	-	1.00	-	-	-	-	1.00
A21L/7	-	0.70	0.30	-	-	-	1.00
A19L/1	-	1.00	-	-	-	-	1.00
A19L/2	-	1.00	-	-	-	-	1.00
A19L/3	-	1.00	-	-	-	-	1.00
A19L/4	-	0.55	0.45	-	-	-	1.00
A19L/5	-	0.60	0.40	-	-	-	1.00
A19L/6	-	-	1.00	-	-	-	1.00
A10L/1	-	0.60	0.40	-	-	-	1.00
A10L/2	-	0.90	0.10	-	-	-	1.00
A10L/3	-	0.05	0.95	-	-	-	1.00

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

พื้นที่รับน้ำ ย่อย	รหัสสถานีวัดน้ำฝน						รวม
	38052	39013	39022	39052	39062	59042	
A10L/4	-	0.20	0.80	-	-	-	1.00
A10L/5	-	-	1.00	-	-	-	1.00
A10L/6	-	-	1.00	-	-	-	1.00
A15.8/1	-	-	1.00	-	-	-	1.00
A15.8/2	-	-	1.00	-	-	-	1.00
A15.8/3	-	-	1.00	-	-	-	1.00
A15.8/4	-	0.40	0.60	-	-	-	1.00
A15.8/5	-	-	0.90	-	0.10	-	1.00
A15.8/6	-	0.25	0.50	-	0.25	-	1.00
A15.8/7	-	-	-	-	1.00	-	1.00
A15.8/8	-	-	0.05	-	0.95	-	1.00
A14.5L/1	-	-	-	-	1.00	-	1.00
A14.5L/2	-	-	-	-	1.00	-	1.00
A14.5L/3	-	-	-	-	1.00	-	1.00
A14.5L/4	-	-	0.15	-	0.85	-	1.00
A2.8/1	-	-	-	-	1.00	-	1.00
A2.8/2	-	-	-	-	1.00	-	1.00
A2.8/3	-	-	-	-	1.00	-	1.00
A2.8/4	-	-	-	-	1.00	-	1.00
A13.8L/1	-	-	-	-	1.00	-	1.00
A13.8L/2	-	-	-	-	1.00	-	1.00
A13.8L/3	-	-	-	-	1.00	-	1.00
A12.9L (ทั้งหมด)	1	-	-	-	-	-	1.00
A103L (ทั้งหมด)	1	-	-	-	-	-	1.00

ตารางผนวกที่ ค2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน ถึง 3 วัน ของพื้นที่รับน้ำย่อยที่ศึกษา

รหัสพื้นที่ รับน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.)	
		Tr = 2 ปี	Tr = 5 ปี
1. A59L/1	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
2. A59L/2	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
3. A59L/3	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
4. A59L/4	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
5. A59L/5	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
6. A49L/1	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
7. A49L/2	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
8. A49L/3	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

รหัสพื้นที่ รับน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.)	
		Tr = 2 ปี	Tr = 5 ปี
9. A49L/4	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
10. A49L/5	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
11. A49L/6	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
12. A49L/7	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
13. A43L/1	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
14. A43L/2	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
15. A43L/3	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
16. A43L/4	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

รหัสพื้นที่ รับน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.)	
		Tr = 2 ปี	Tr = 5 ปี
17. A43L/5	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
18. A43L/6	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
19. A43L/7	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
20. A43L/8	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
21. A43L/9	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
22. A30L/1	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
23. A30L/2	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
24. A30L/3	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

รหัสพื้นที่ รับน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.)	
		Tr = 2 ปี	Tr = 5 ปี
25. A30L/4	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
26. A30L/5	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
27. A30L/6	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
28. A30L/7	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
29. A30L/8	1	80.8	107.1
	2	104.4	133.8
	3	119.1	151.3
30. A30L/9	1	81.6	113.5
	2	106.3	142.6
	3	120.8	157.9
31. A30L/10	1	81.1	104.4
	2	105.7	134.4
	3	121.6	153.4
32. A25L/1	1	84.5	114.5
	2	109.3	144.2
	3	123.7	159.8

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

รหัสพื้นที่ รับน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.)	
		Tr = 2 ปี	Tr = 5 ปี
33. A25L/2	1	87.4	121.4
	2	113.3	153.8
	3	127.6	167.7
34. A25L/3	1	82.3	117.9
	2	107.8	148.6
	3	122.3	162.6
35. A21L/1	1	88.2	121.9
	2	114.1	154.6
	3	128.4	168.4
36. A21L/2	1	87.1	119.7
	2	112.6	151.5
	3	127.0	165.8
37. A21L/3	1	88.2	121.9
	2	114.1	154.6
	3	128.4	168.4
38. A21L/4	1	88.2	121.9
	2	114.1	154.6
	3	128.4	168.4
39. A21L/5	1	82.3	117.9
	2	107.8	148.6
	3	122.3	162.6
40. A21L/6	1	88.2	121.9
	2	114.1	154.6
	3	128.4	168.4

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

รหัสพื้นที่ รับน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.)	
		Tr = 2 ปี	Tr = 5 ปี
41. A21L/7	1	83.8	118.9
	2	109.4	150.1
	3	123.8	164.0
42. A19L/1	1	88.2	121.9
	2	114.1	154.6
	3	128.4	168.4
43. A19L/2	1	88.2	121.9
	2	114.1	154.6
	3	128.4	168.4
44. A19L/3	1	88.2	121.9
	2	114.1	154.6
	3	128.4	168.4
45. A19L/4	1	81.6	117.4
	2	107.1	147.9
	3	121.5	161.8
46. A19L/5	1	82.3	117.9
	2	107.8	148.6
	3	122.3	162.6
47. A19L/6	1	73.5	111.9
	2	98.5	139.7
	3	113.1	153.8
48. A10L/1	1	82.3	117.9
	2	107.8	148.6
	3	122.3	162.6

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

รหัสพื้นที่ รับน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.)	
		Tr = 2 ปี	Tr = 5 ปี
49. A10L/2	1	86.7	120.9
	2	112.5	153.1
	3	126.9	166.9
50. A10L/3	1	74.3	112.4
	2	99.2	140.5
	3	113.9	154.5
51. A10L/4	1	76.4	113.9
	2	101.6	142.7
	3	116.2	156.7
52. A10L/5	1	73.5	111.9
	2	98.5	139.7
	3	113.1	153.8
53. A10L/6	1	73.5	111.9
	2	98.5	139.7
	3	113.1	153.8
54. A15.8L/1	1	73.5	111.9
	2	98.5	139.7
	3	113.1	153.8
55. A15.8L/2	1	73.5	111.9
	2	98.5	139.7
	3	113.1	153.8
56. A15.8L/3	1	73.5	111.9
	2	98.5	139.7
	3	113.1	153.8

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

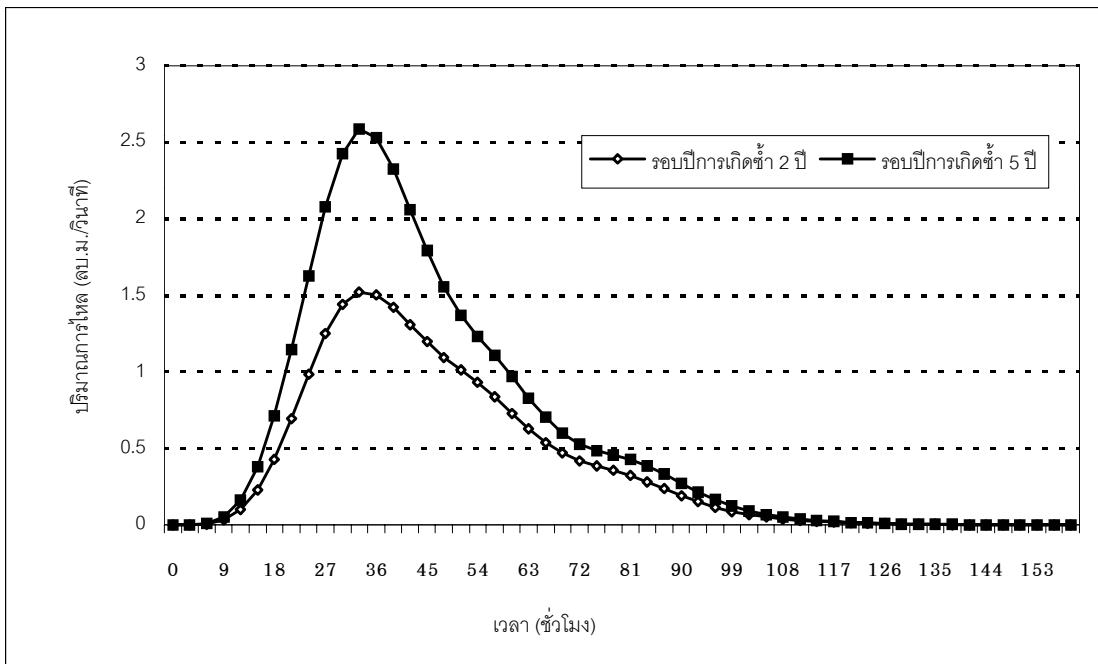
รหัสพื้นที่ รับน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.)	
		Tr = 2 ปี	Tr = 5 ปี
57. A15.8L/4	1	82.3	117.9
	2	107.8	148.6
	3	122.3	162.6
58. A15.8L/5	1	74.4	110.8
	2	98.6	138.4
	3	113.3	152.9
59. A15.8L/6	1	79.4	111.6
	2	102.7	140.1
	3	117.5	155.2
60. A15.8L/7	1	82.4	100.6
	2	99.8	126.3
	3	115.4	145.0
61. A15.8L/8	1	82.0	101.2
	2	99.7	126.9
	3	115.3	145.4
62. A2.8L/1	1	82.4	100.6
	2	99.8	126.3
	3	115.4	145.0
63. A2.8L/2	1	82.4	100.6
	2	99.8	126.3
	3	115.4	145.0
64. A2.8L/3	1	82.4	100.6
	2	99.8	126.3
	3	115.4	145.0

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

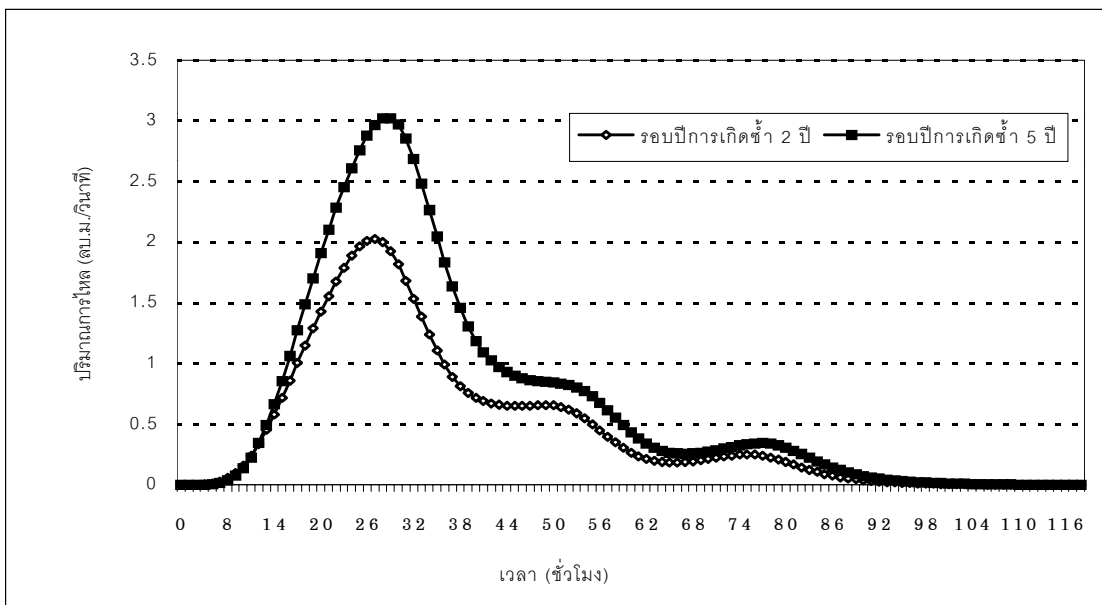
รหัสพื้นที่ รับน้ำย่อย	ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.)	
		Tr = 2 ปี	Tr = 5 ปี
65. A2.8L/4	1	82.4	100.6
	2	99.8	126.3
	3	115.4	145.0
66. A13.8L/1	1	82.4	100.6
	2	99.8	126.3
	3	115.4	145.0
67. A13.8L/2	1	82.4	100.6
	2	99.8	126.3
	3	115.4	145.0
68. A13.8L/3	1	82.4	100.6
	2	99.8	126.3
	3	115.4	145.0

ภาคผนวก ง

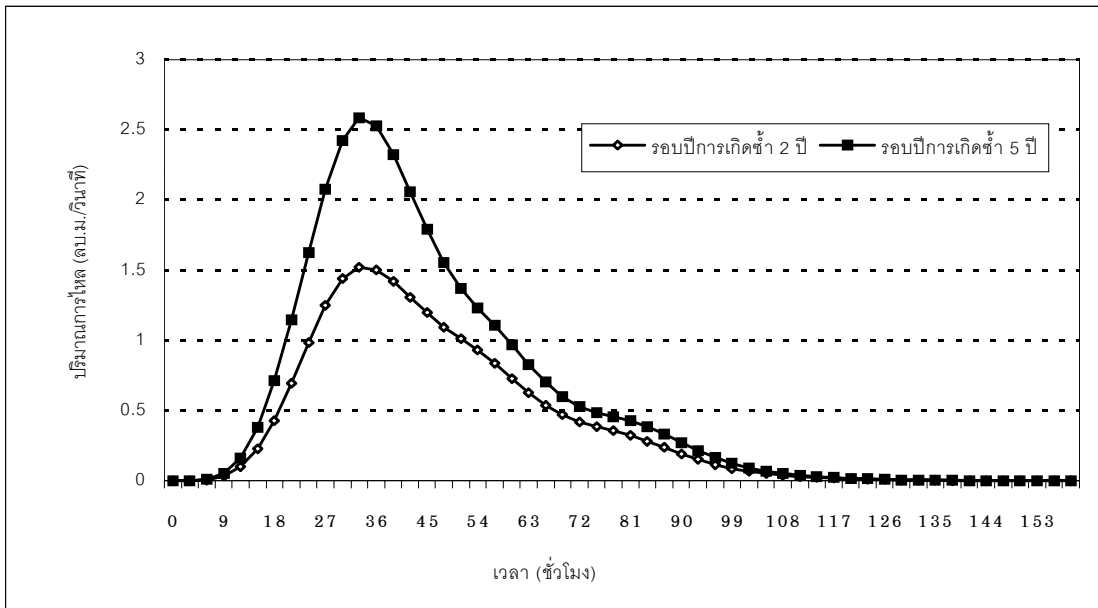
กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี



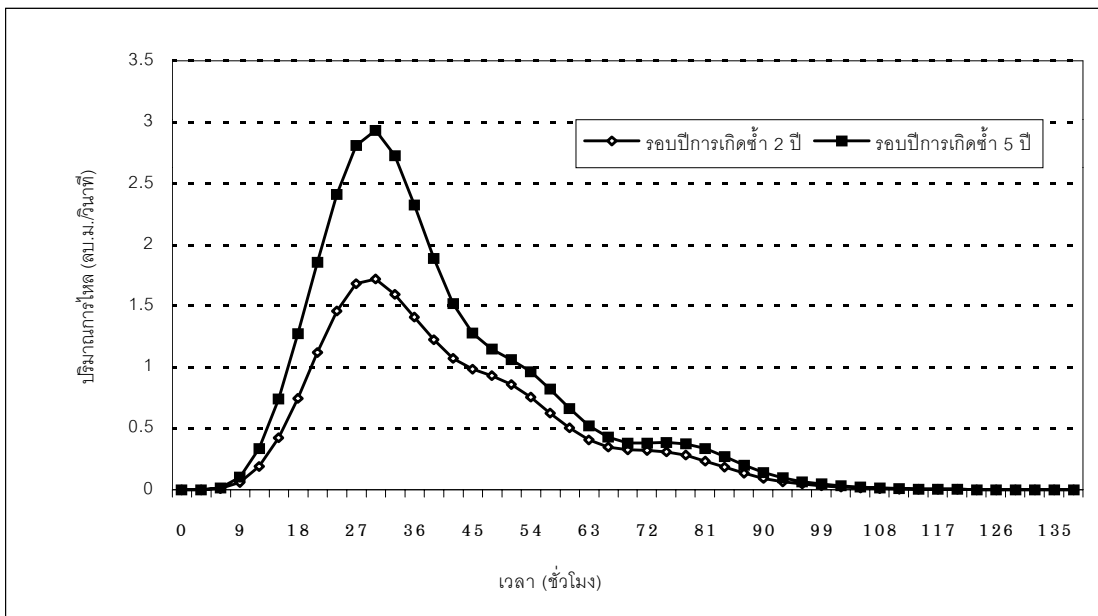
ภาพผนวกที่ ๑1 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A59L/1



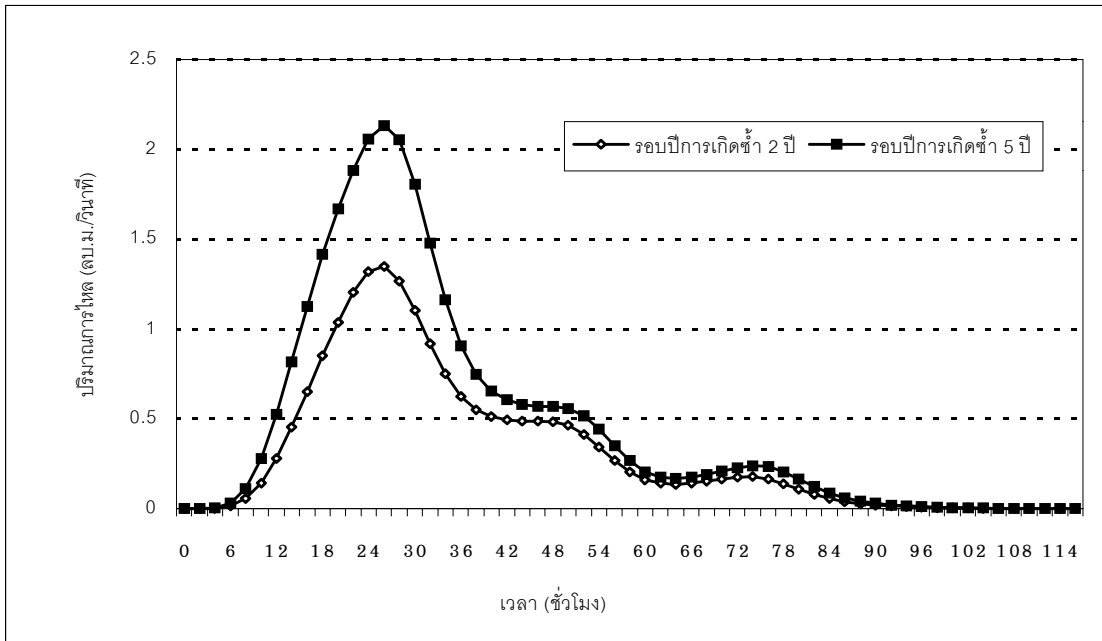
ภาพผนวกที่ ๑2 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A59L/2



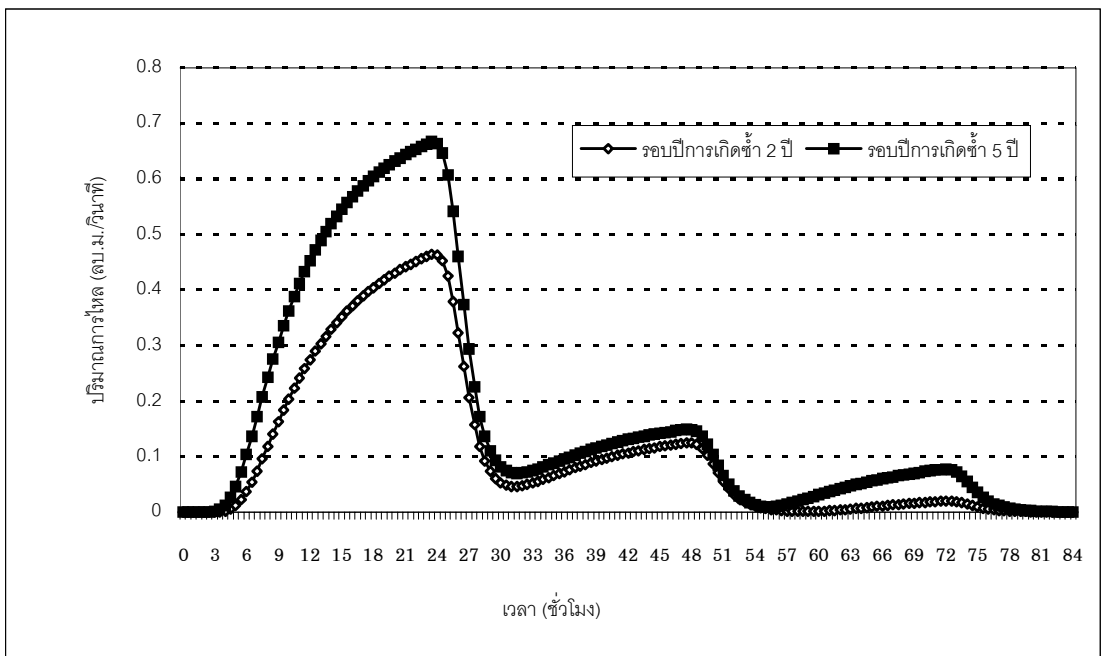
ภาพผนวกที่ 3 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A59L/3



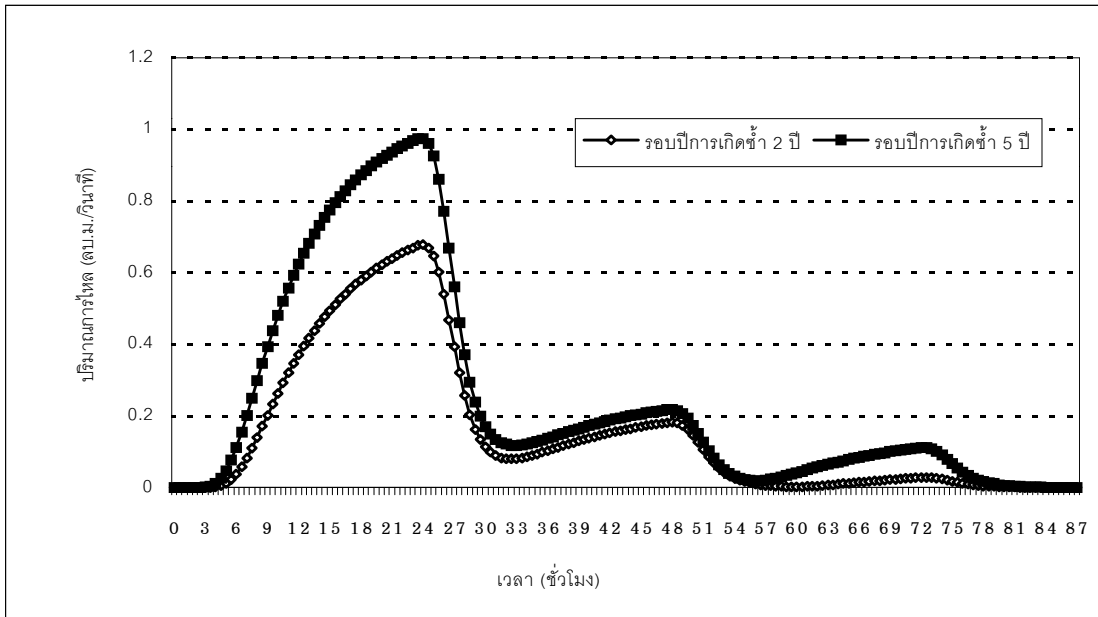
ภาพผนวกที่ 4 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A59L/4



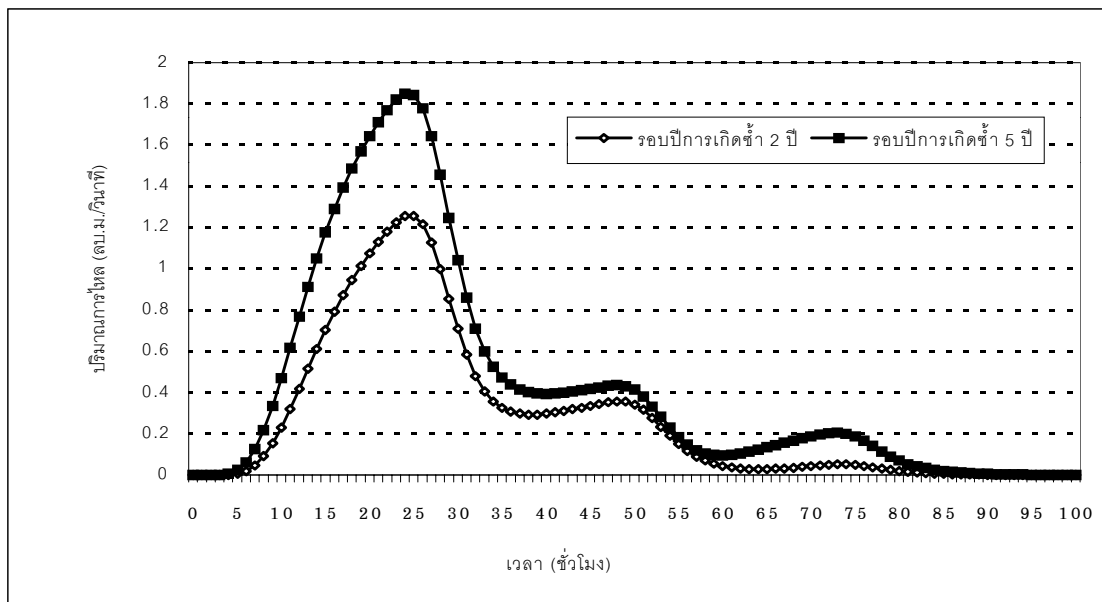
ภาพผนวกที่ 5 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A59L/5



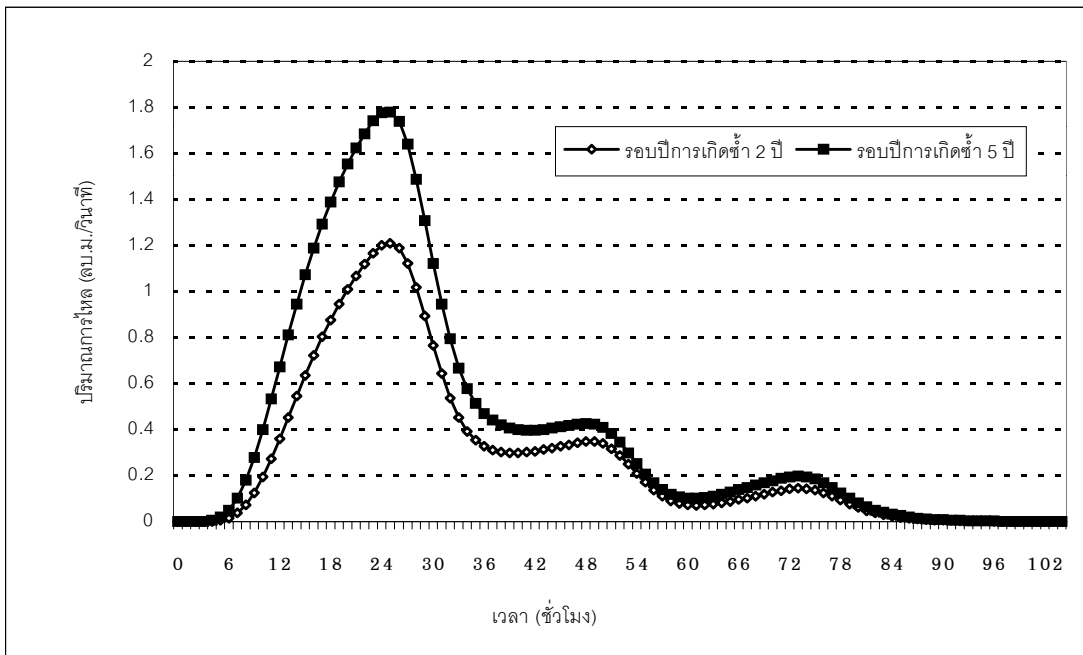
ภาพผนวกที่ 6 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A49L/1



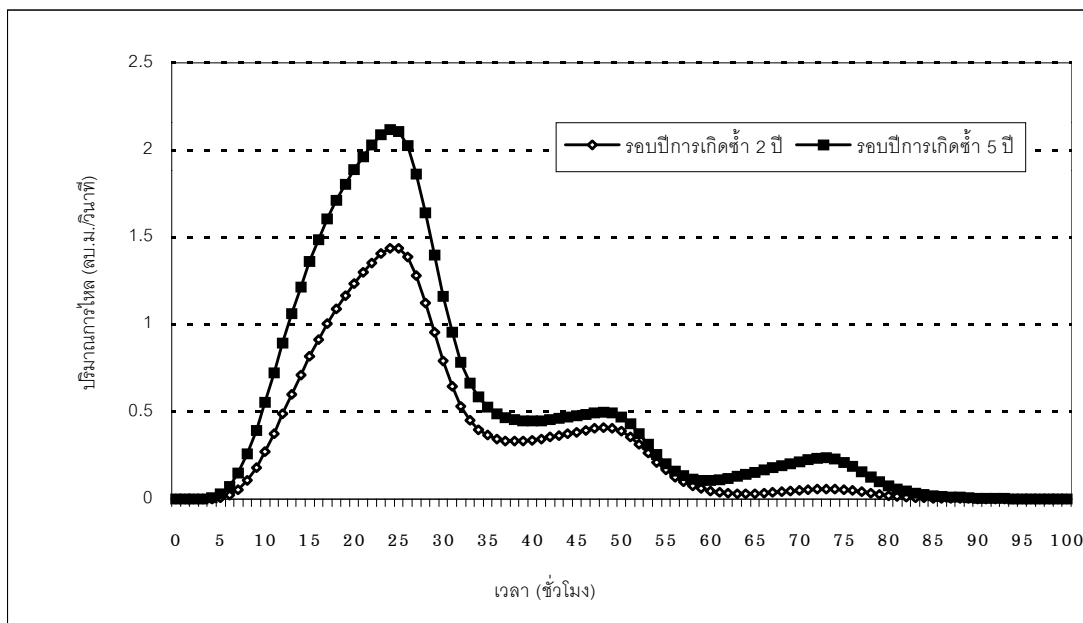
ภาพผนวกที่ 7 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A49L/2



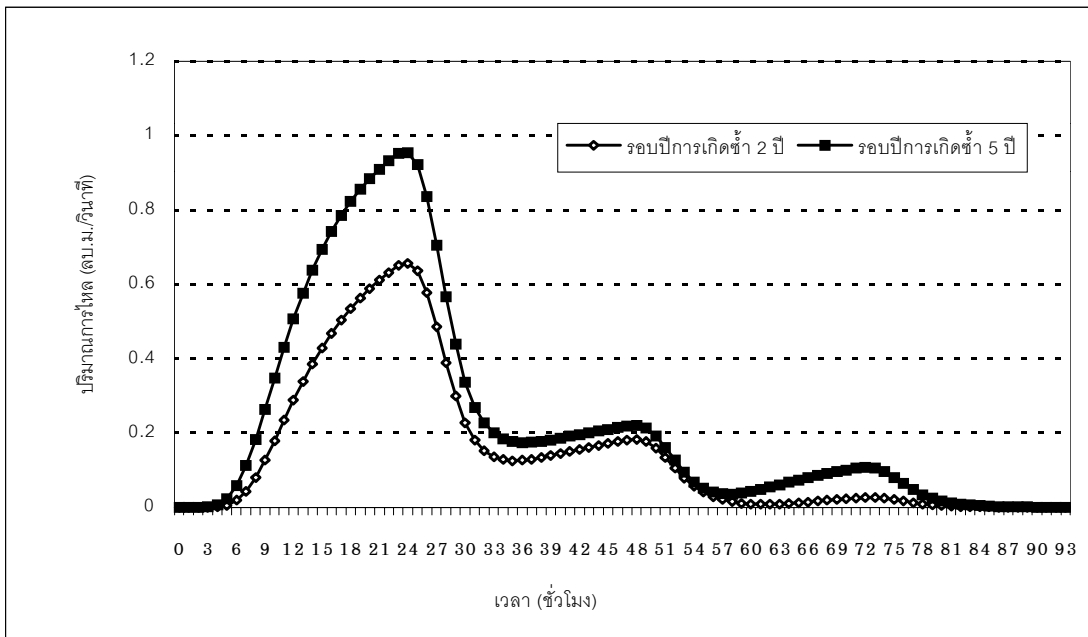
ภาพผนวกที่ 8 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A49L/3



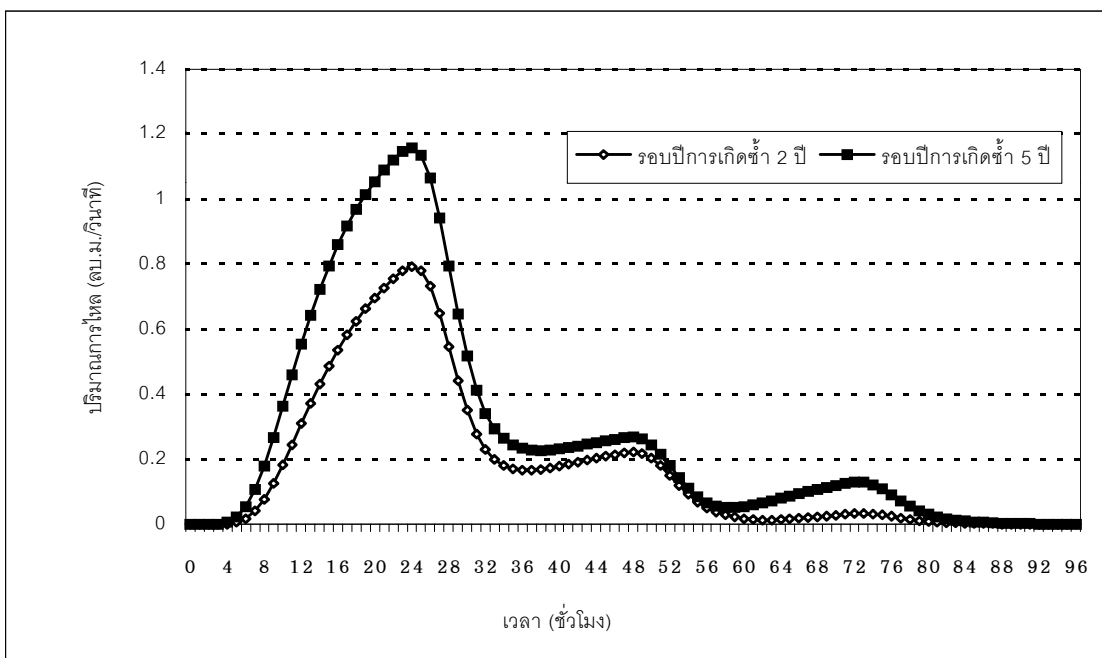
ภาพผนวกที่ 9 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A49L/4



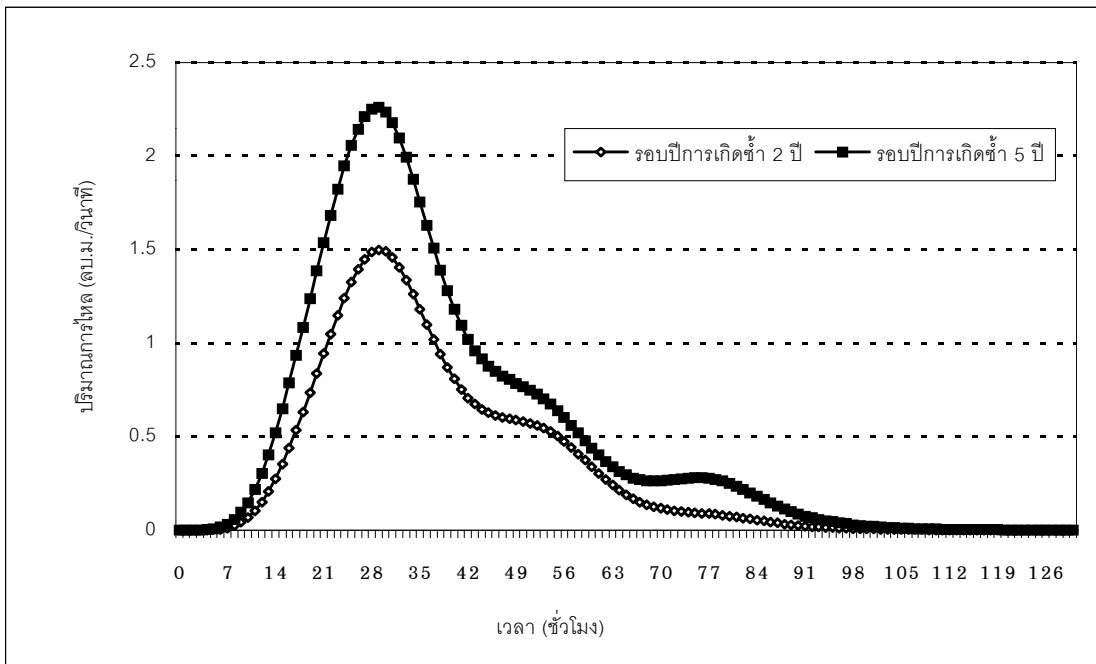
ภาพผนวกที่ 10 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A49L/5



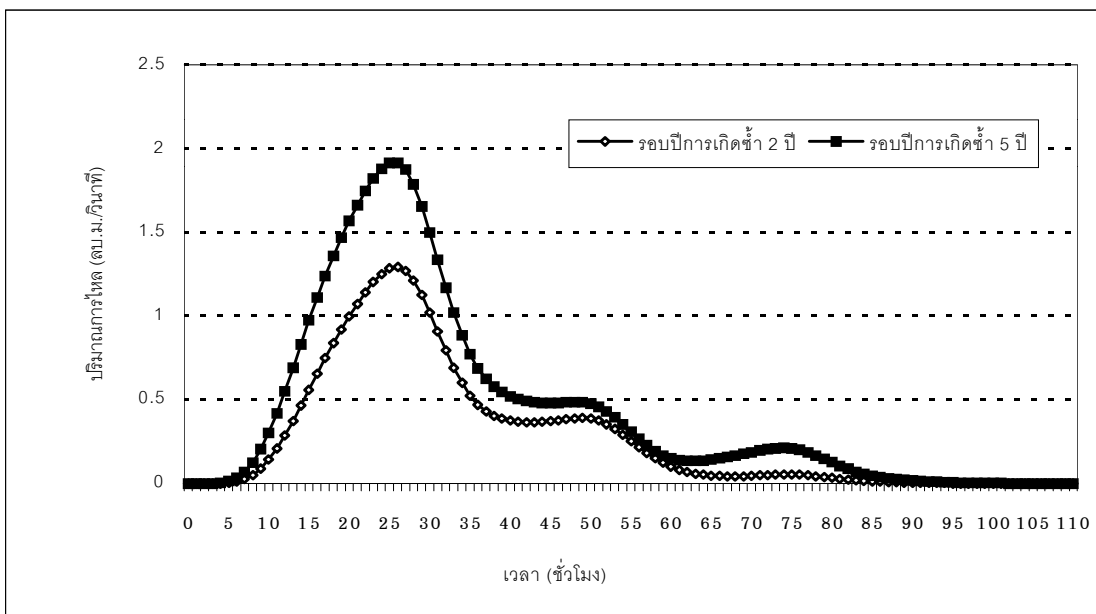
ภาพผนวกที่ 11 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A49L/6



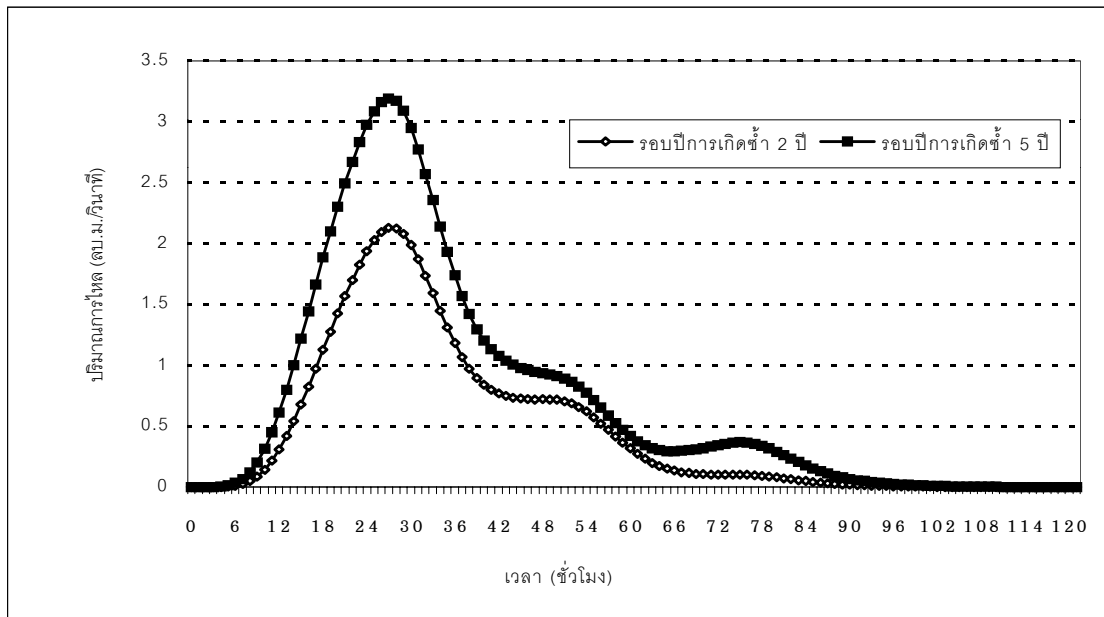
ภาพผนวกที่ 12 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A49L/7



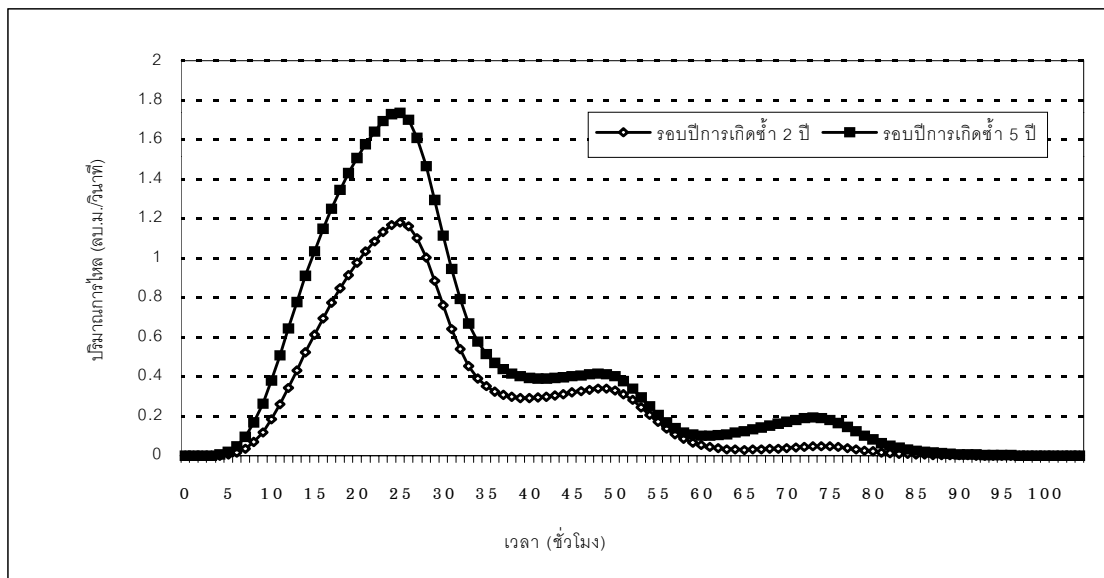
ภาพผนวกที่ 13 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A43L/1



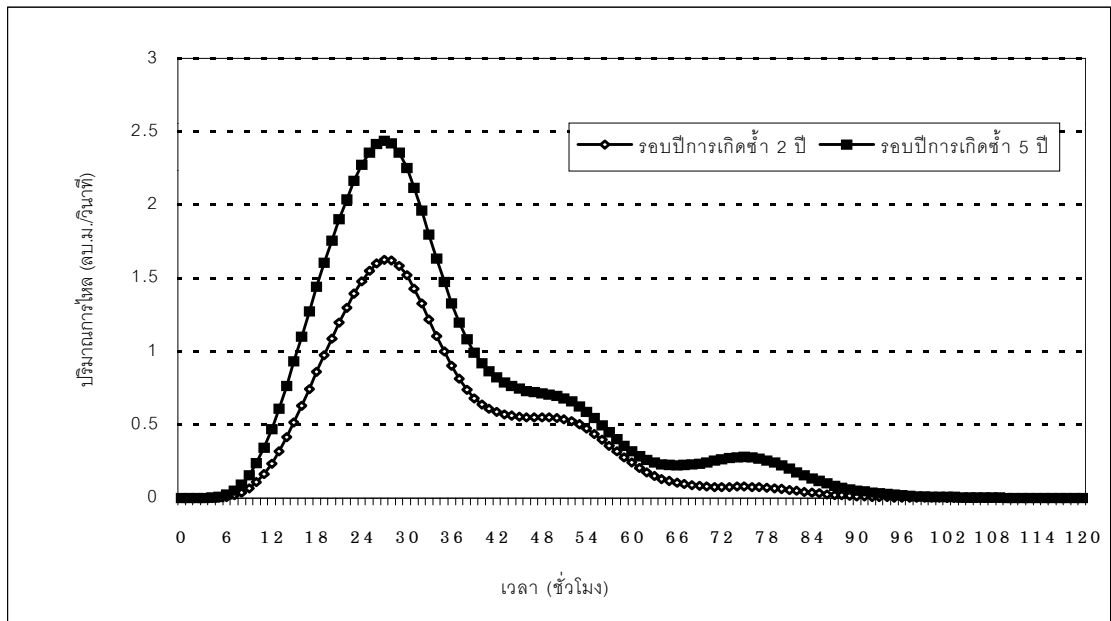
ภาพผนวกที่ 14 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A43L/2



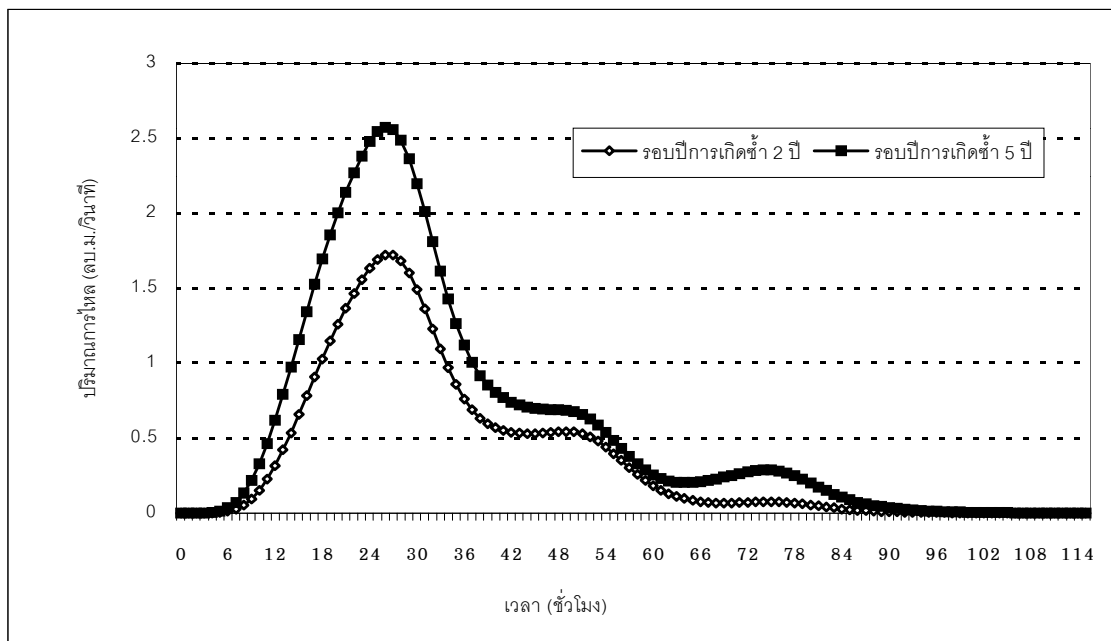
ภาพผนวกที่ 15 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A43L/3



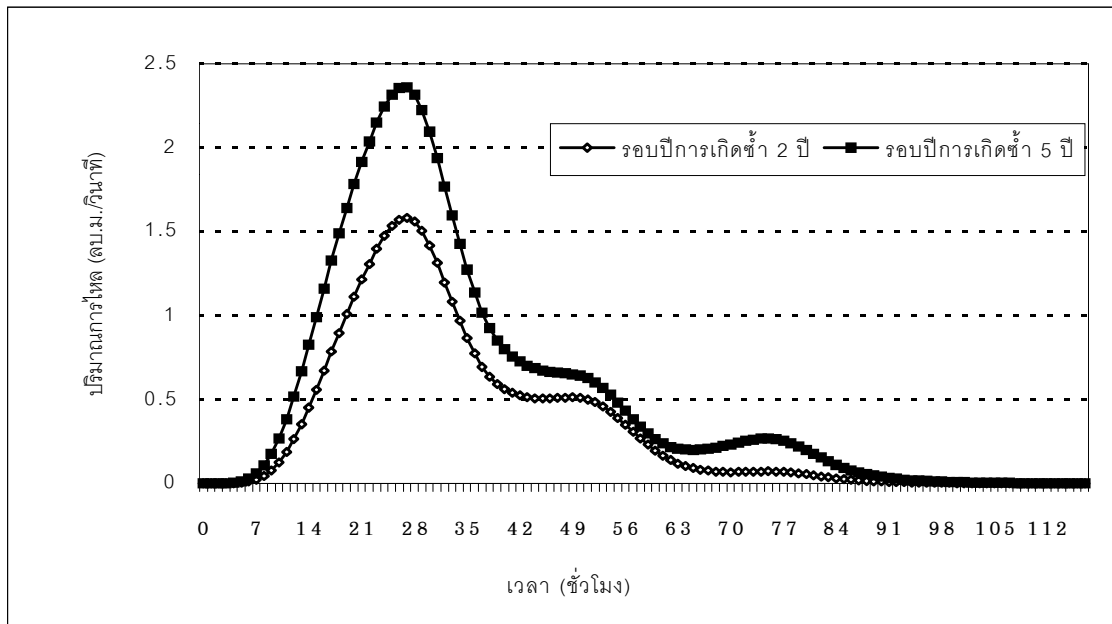
ภาพผนวกที่ 16 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A43L/4



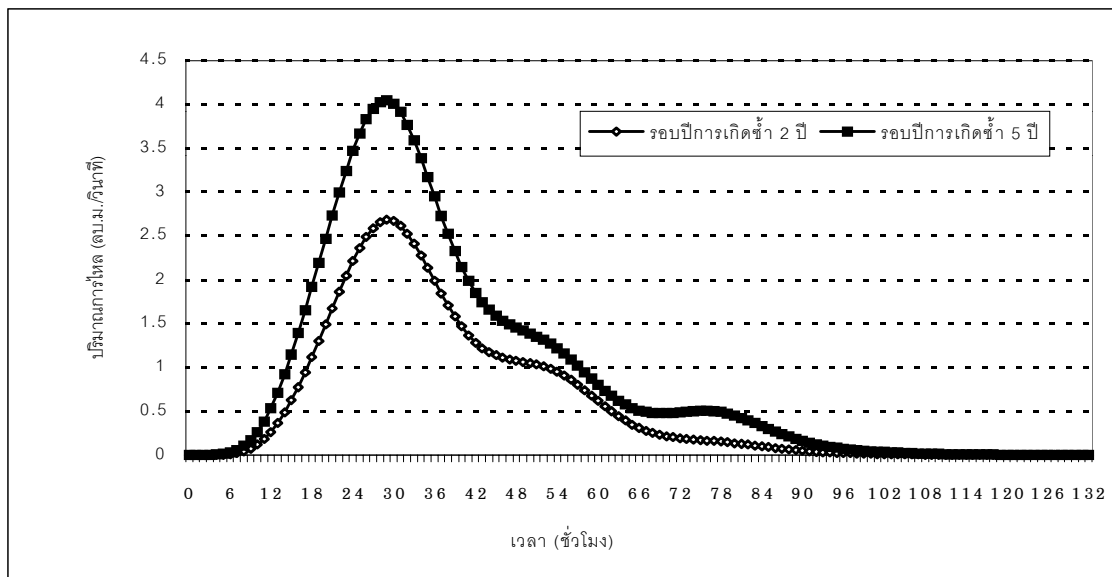
ภาพผนวกที่ 17 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A43L/5



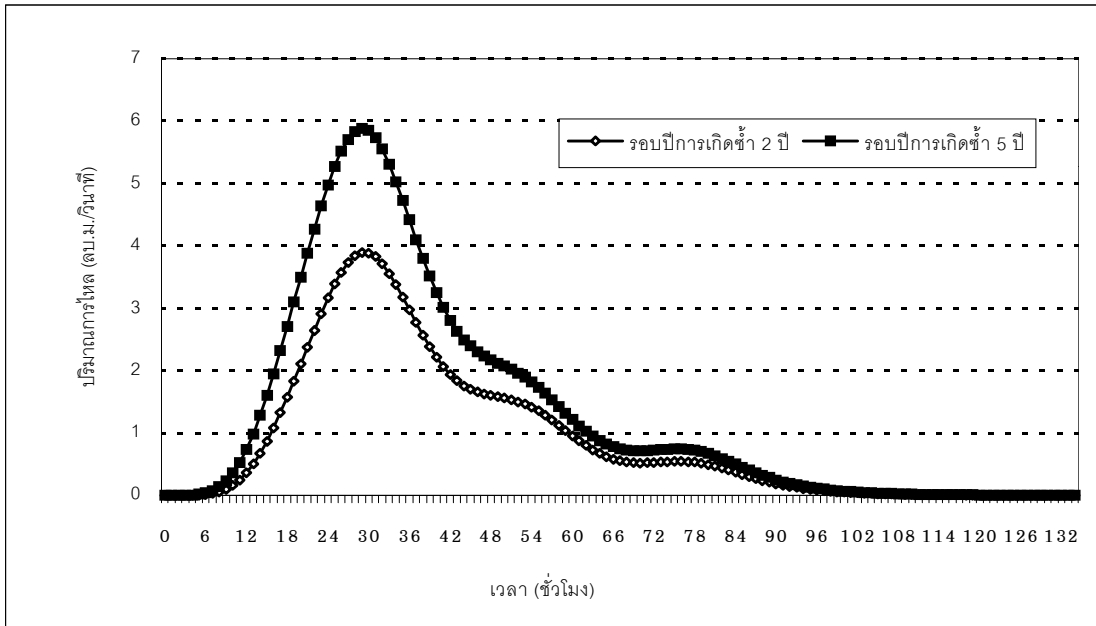
ภาพผนวกที่ 18 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A43L/6



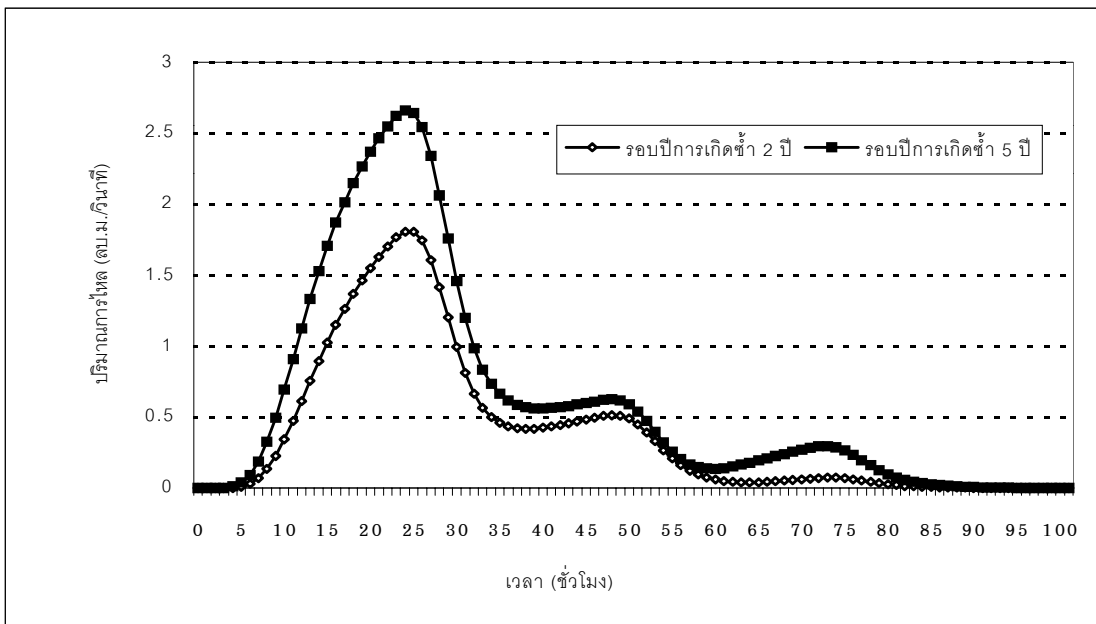
ภาพผนวกที่ 19 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A43L/7



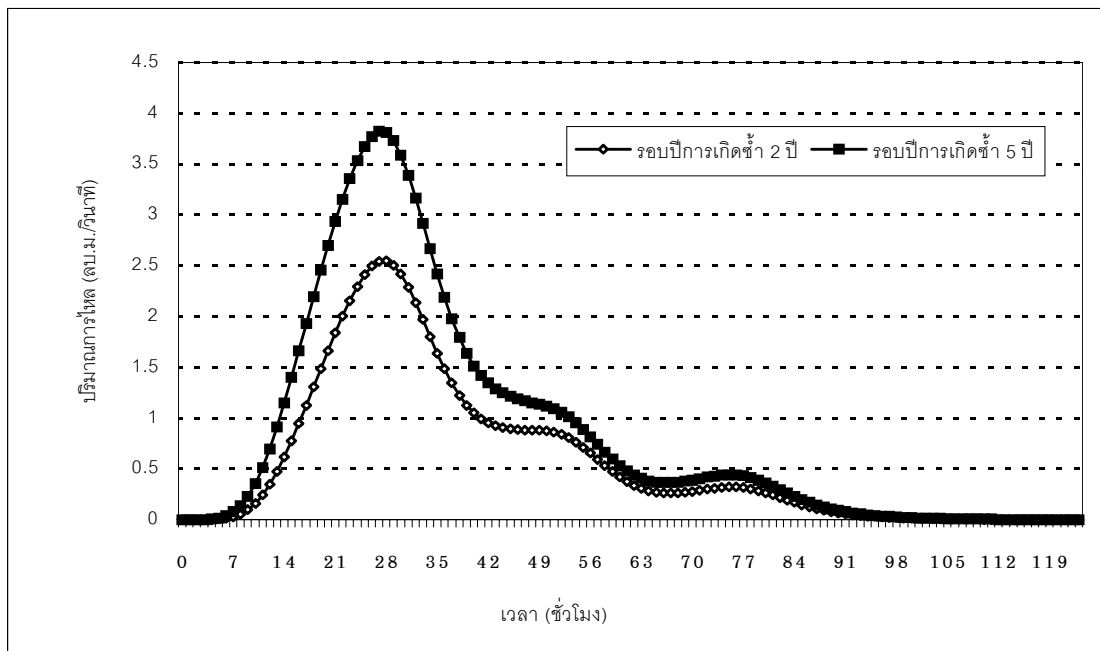
ภาพผนวกที่ 20 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A43L/8



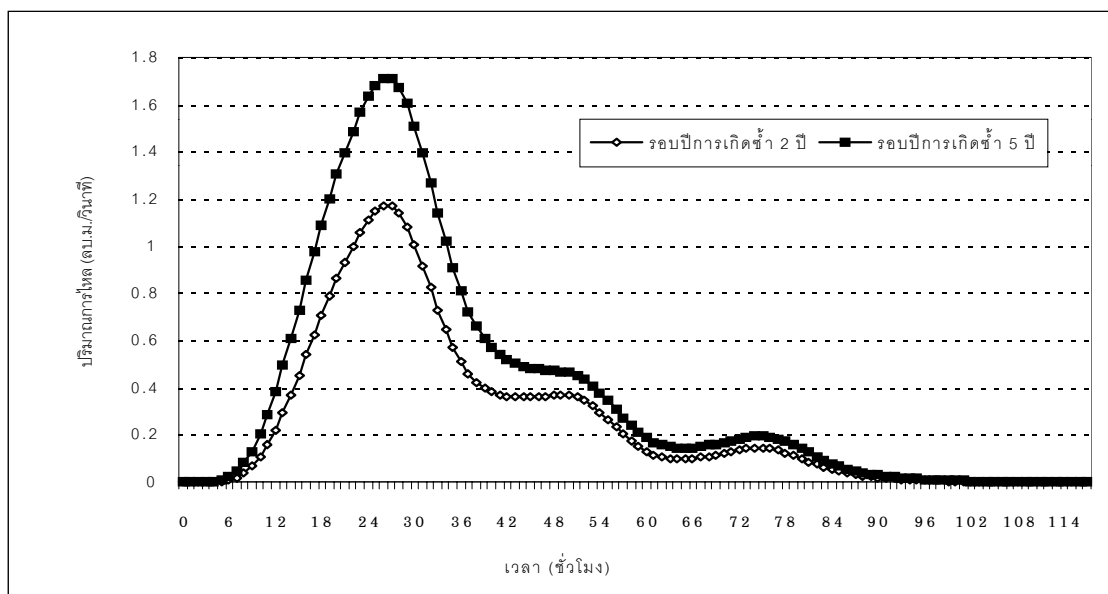
ภาพผนวกที่ 21 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A43L/9



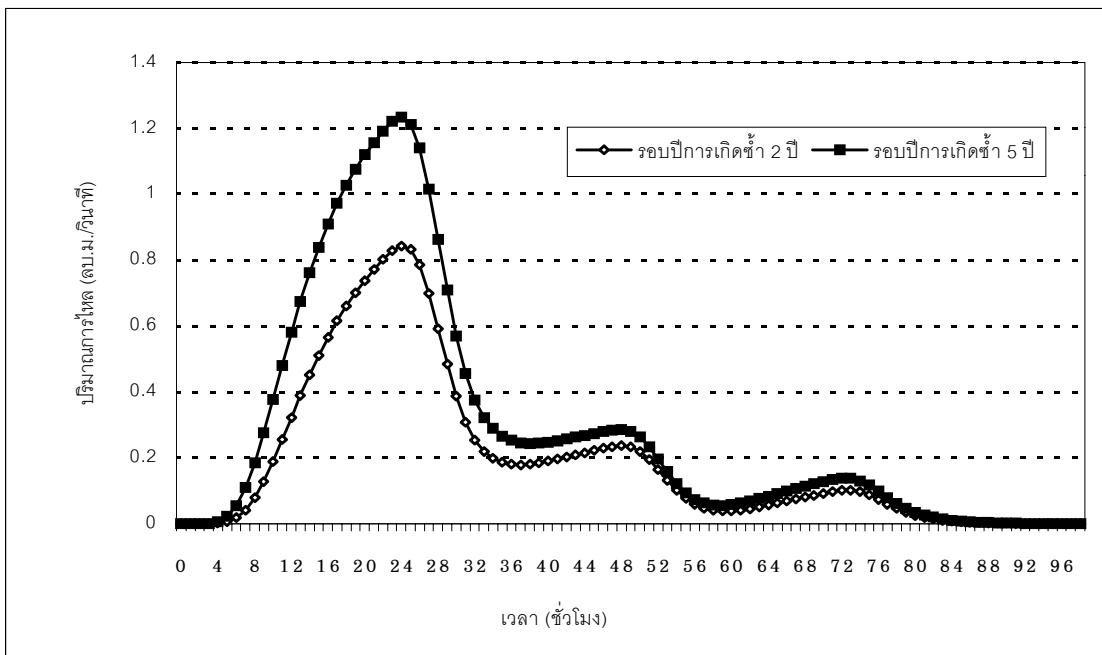
ภาพผนวกที่ 22 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A30L/1



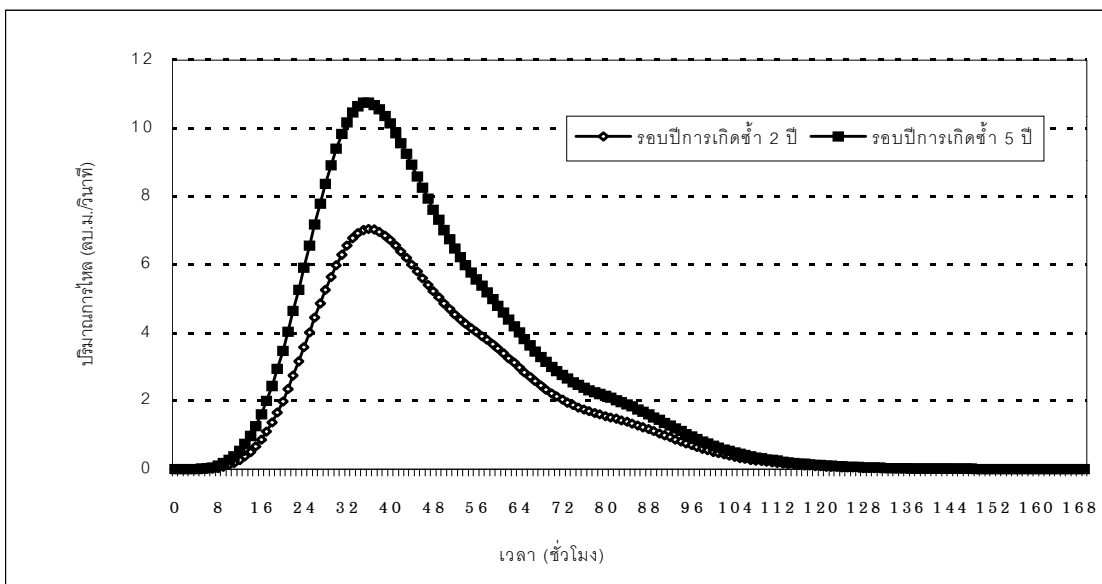
ภาพผนวกที่ 23 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A30L/2



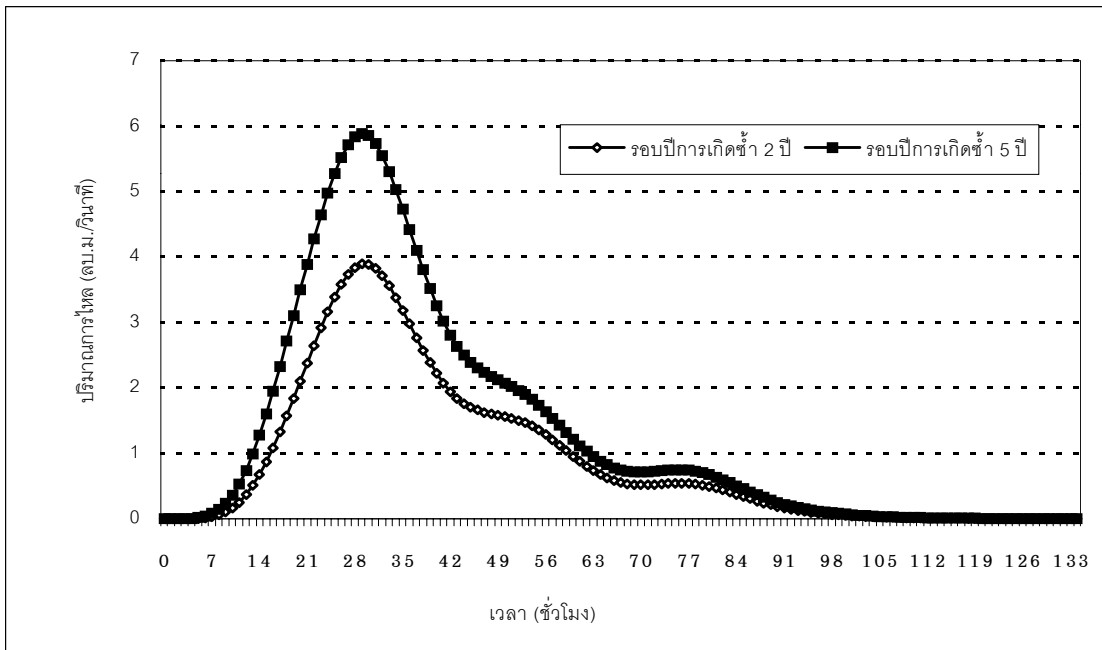
ภาพผนวกที่ 24 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A30L/3



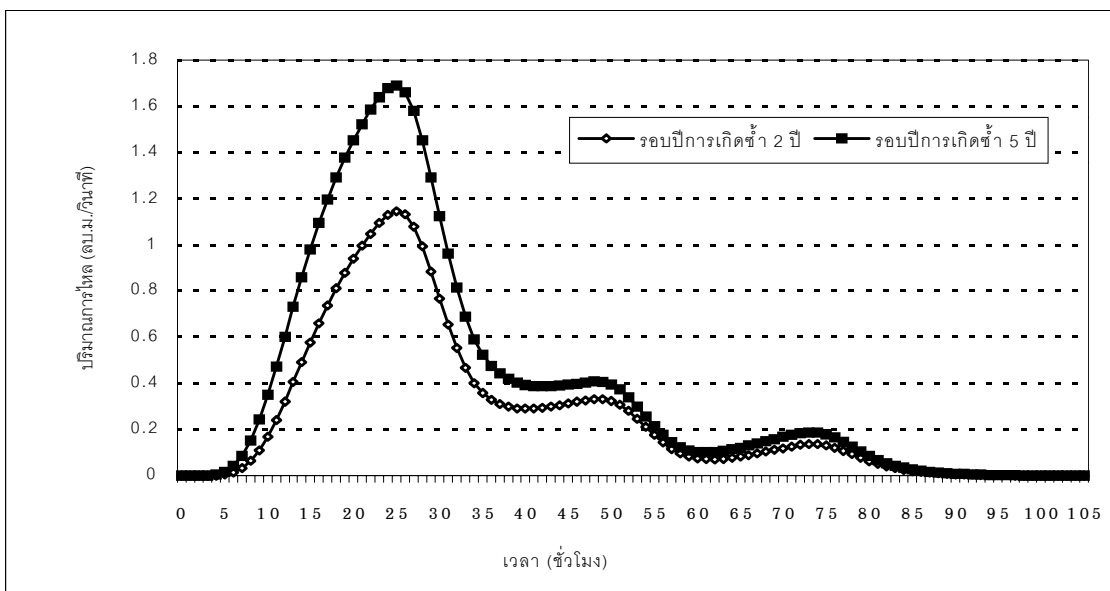
ภาพผนวกที่ 25 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A30L/4



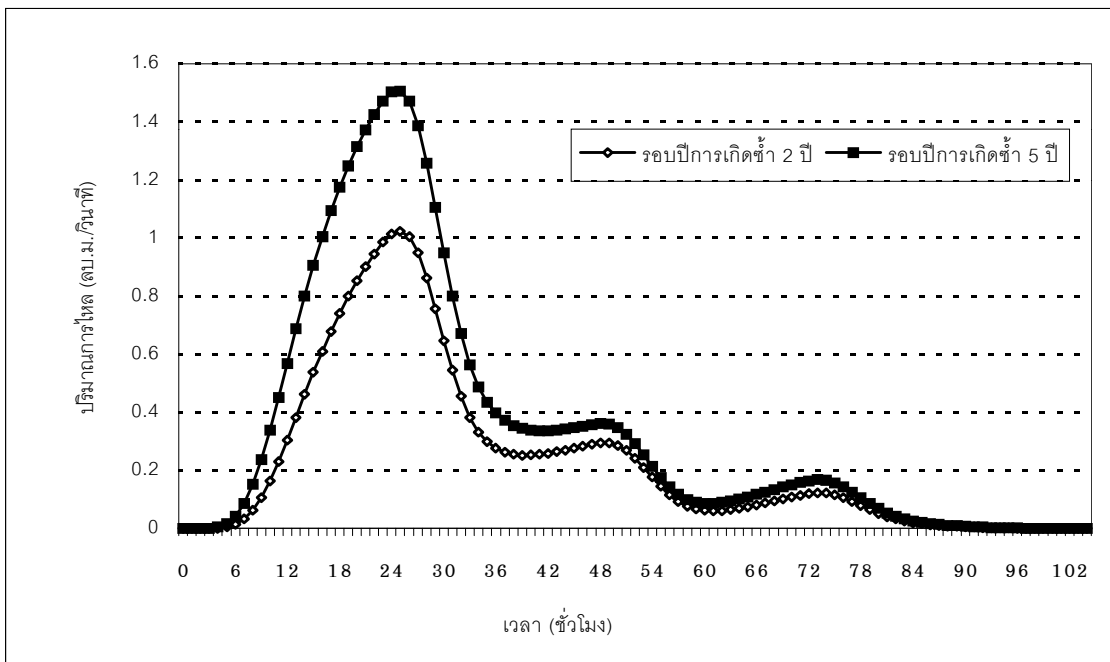
ภาพผนวกที่ 26 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A30L/5



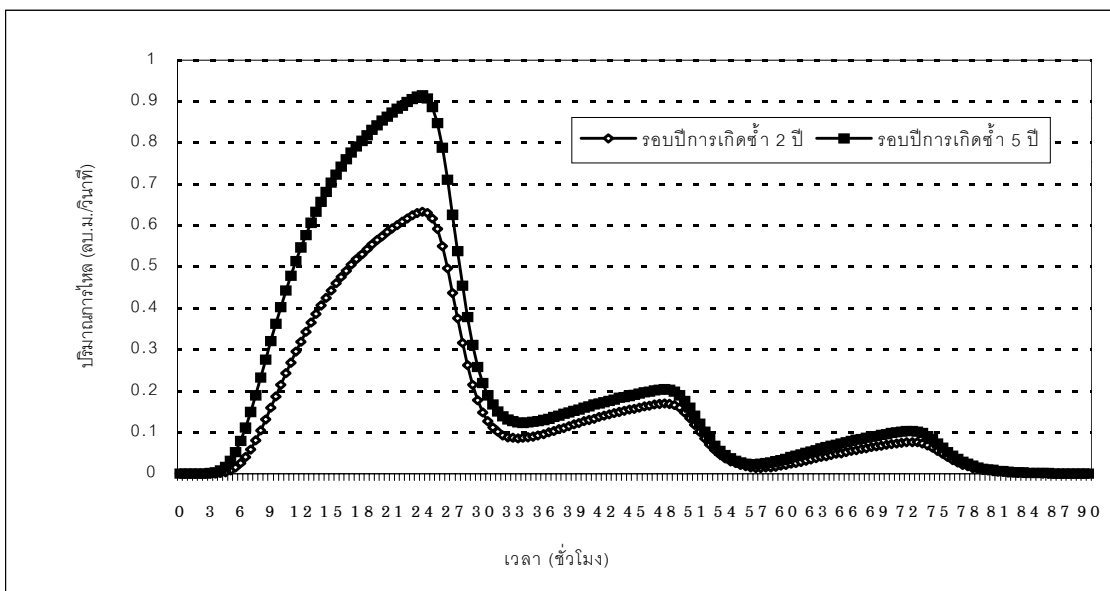
ภาพผนวกที่ 27 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A30L/6



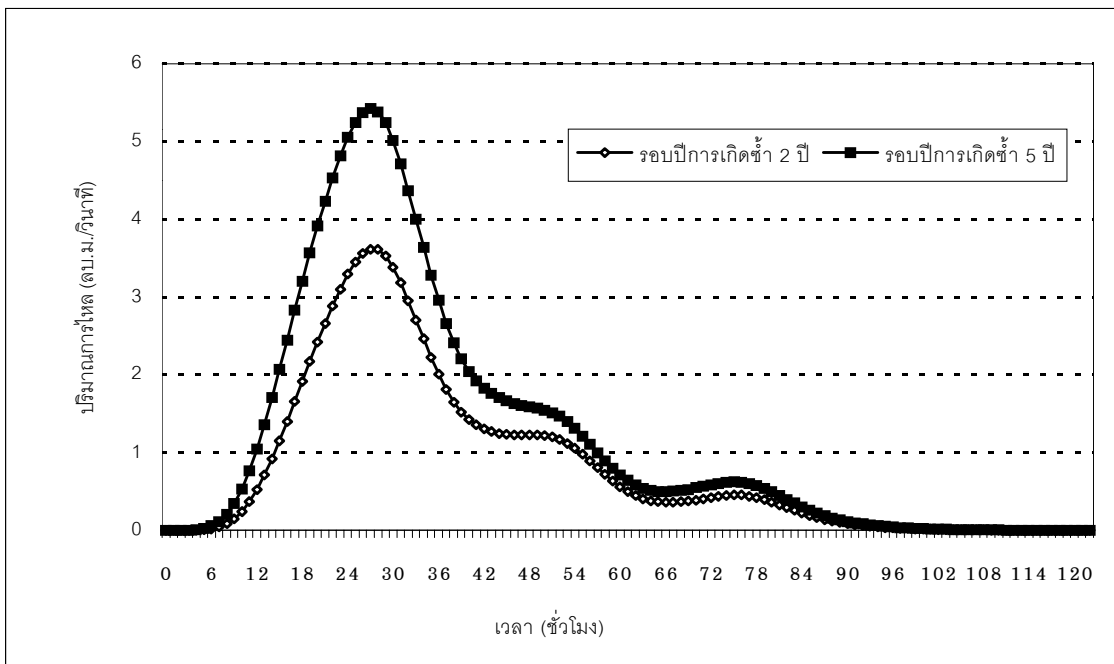
ภาพผนวกที่ 28 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A30L/7



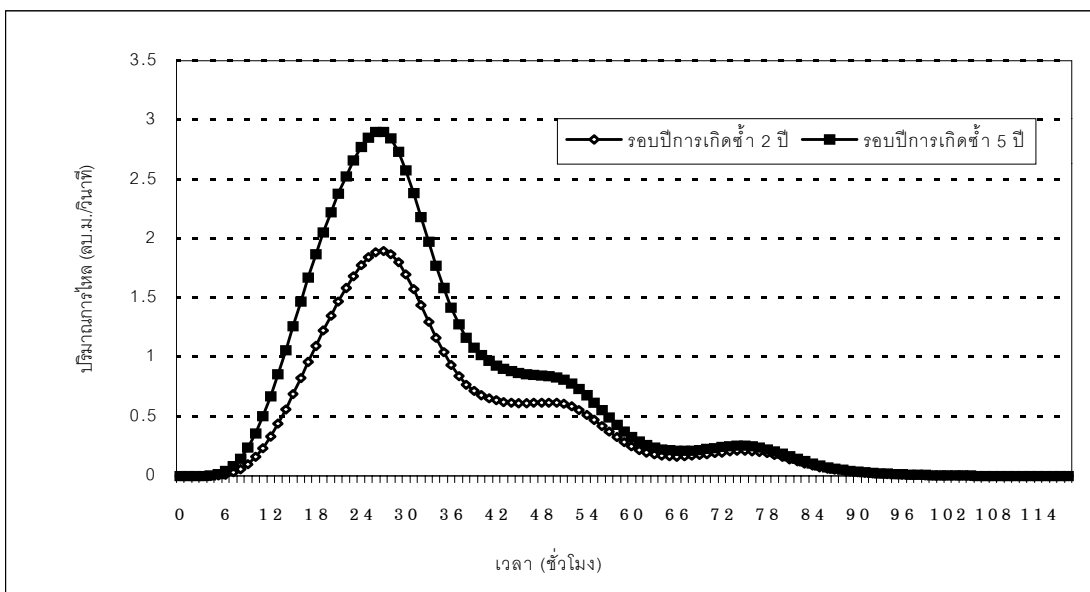
ภาพผนวกที่ 29 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A30L/8



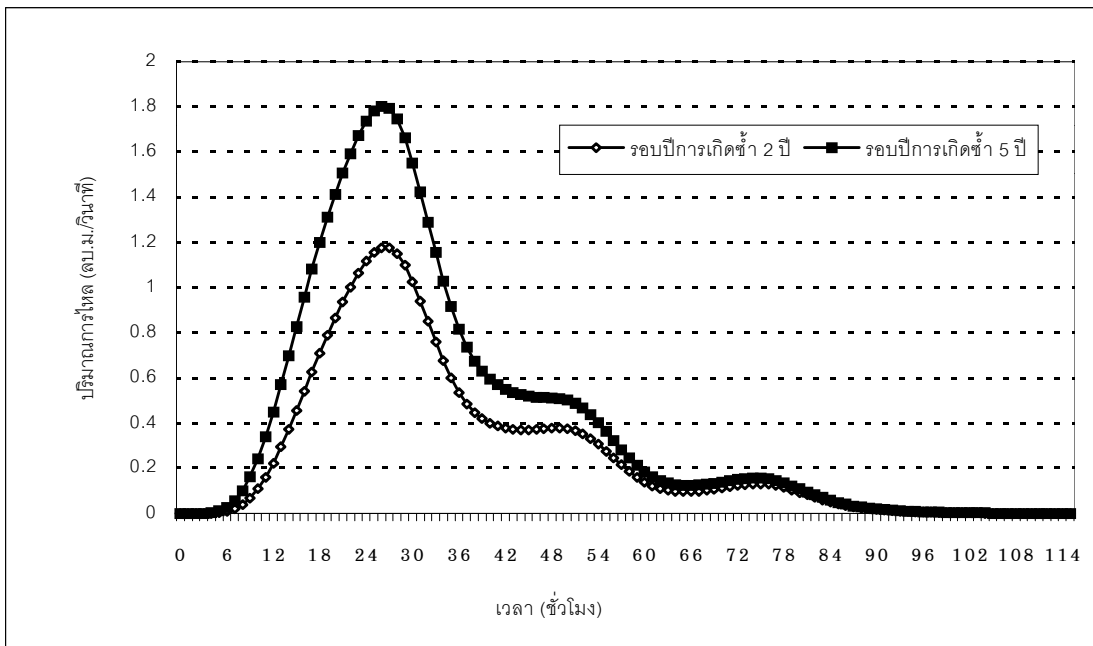
ภาพผนวกที่ 30 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A30L/9



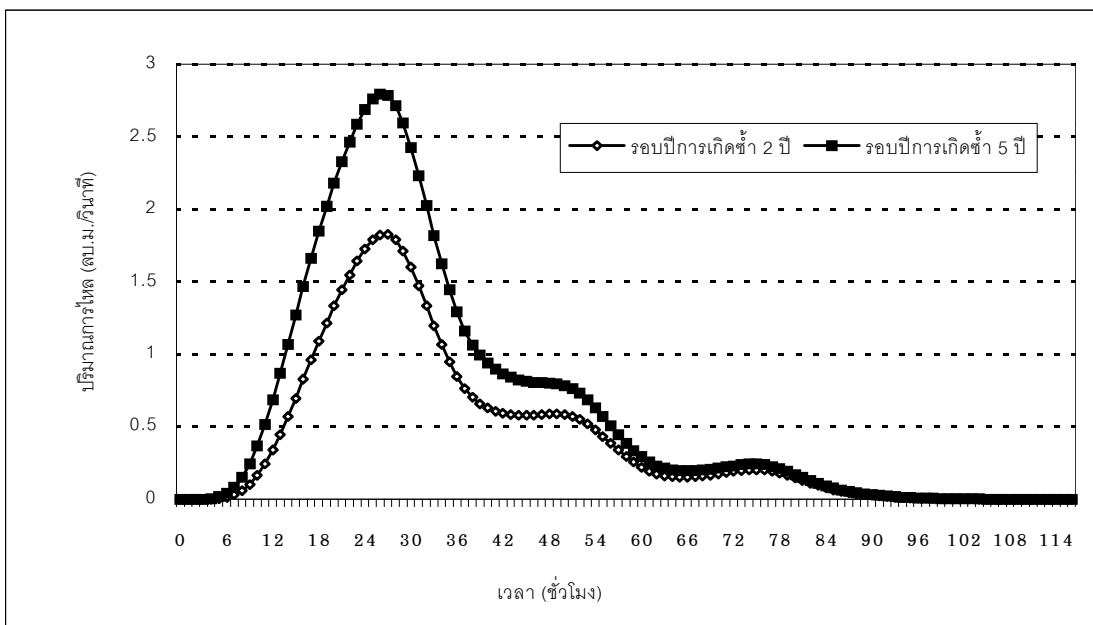
ภาพผนวกที่ 31 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ลิตร และ 5 ลิตร ของพื้นที่รับน้ำย่อย A30L/10



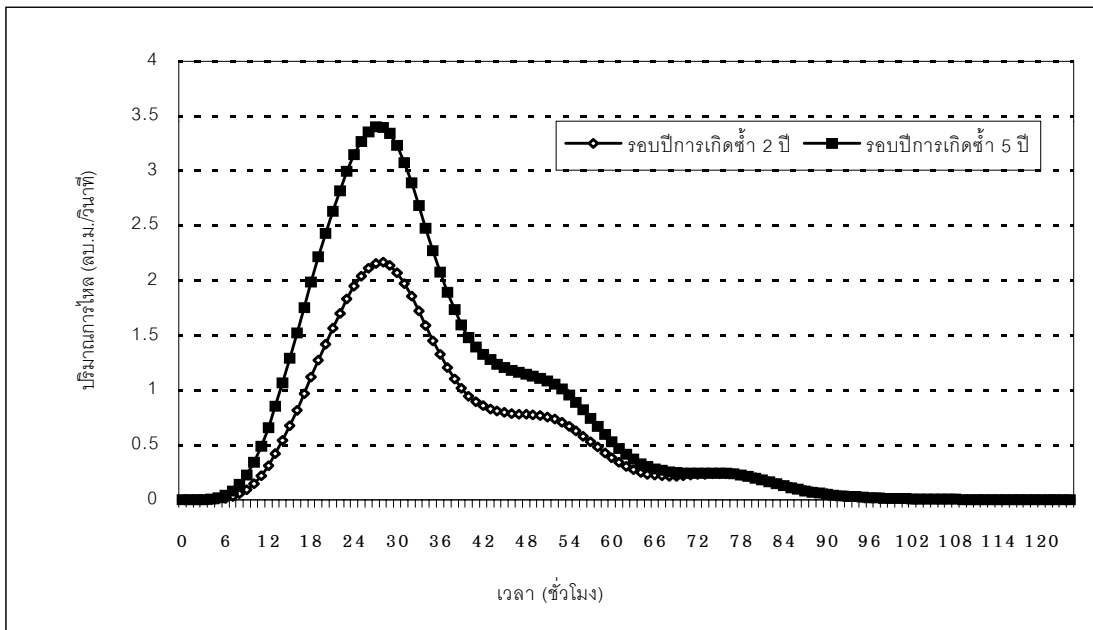
ภาพผนวกที่ 32 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ลิตร และ 5 ลิตร ของพื้นที่รับน้ำย่อย A25L/1



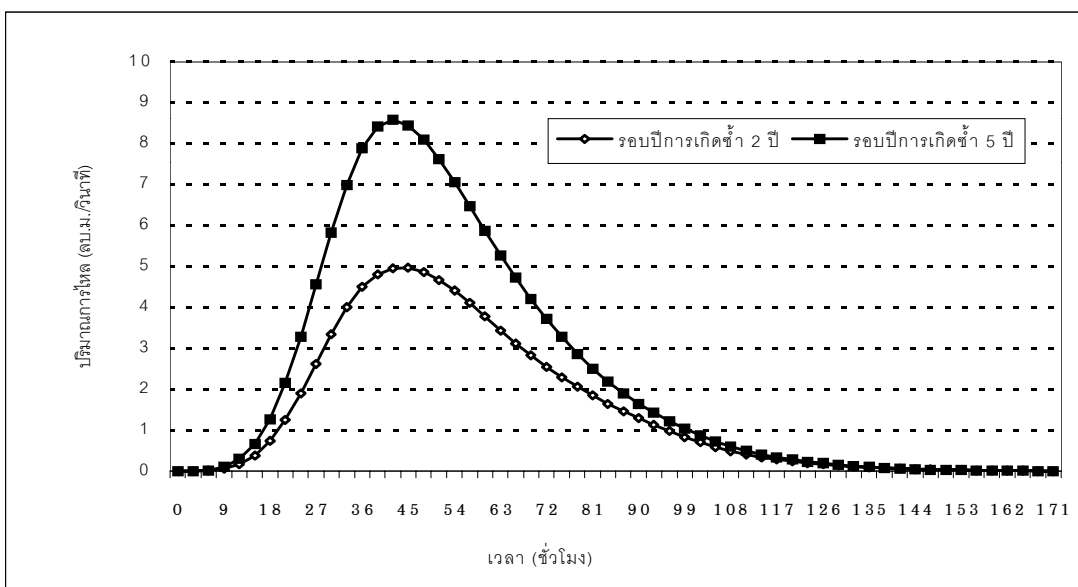
ภาพผนวกที่ 33 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A25L/2



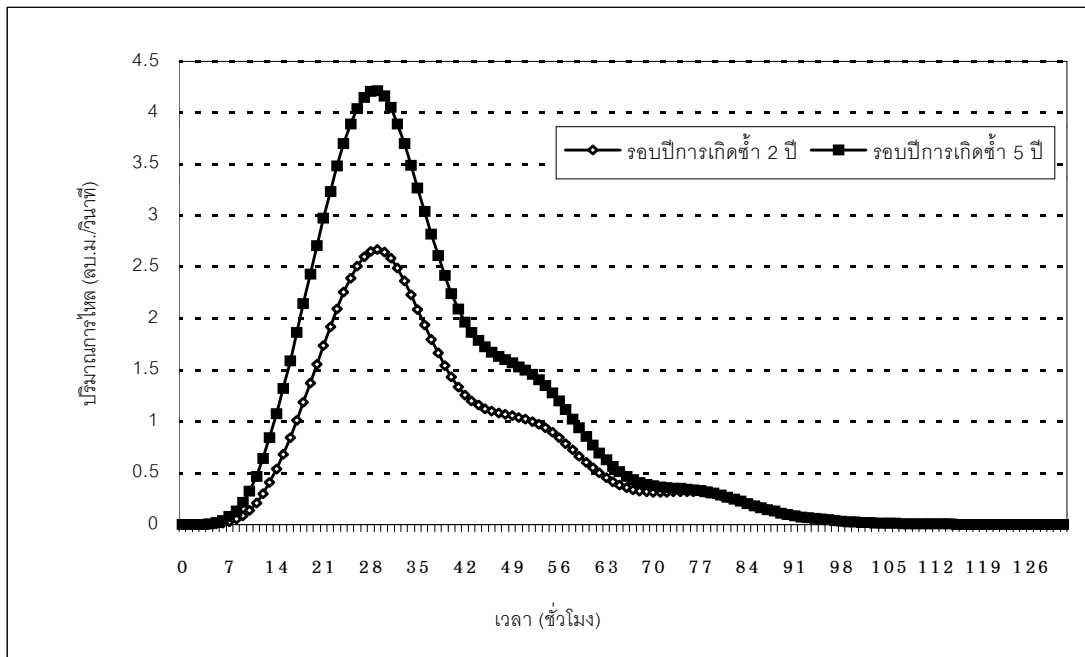
ภาพผนวกที่ 34 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A25L/3



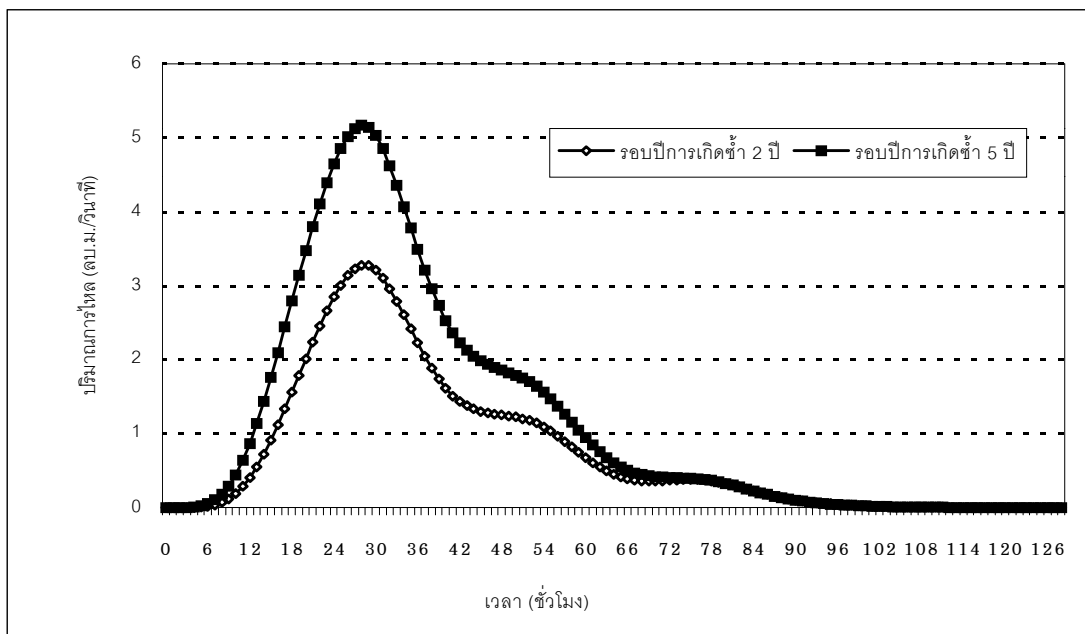
ภาพผนวกที่ 35 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A21L/1



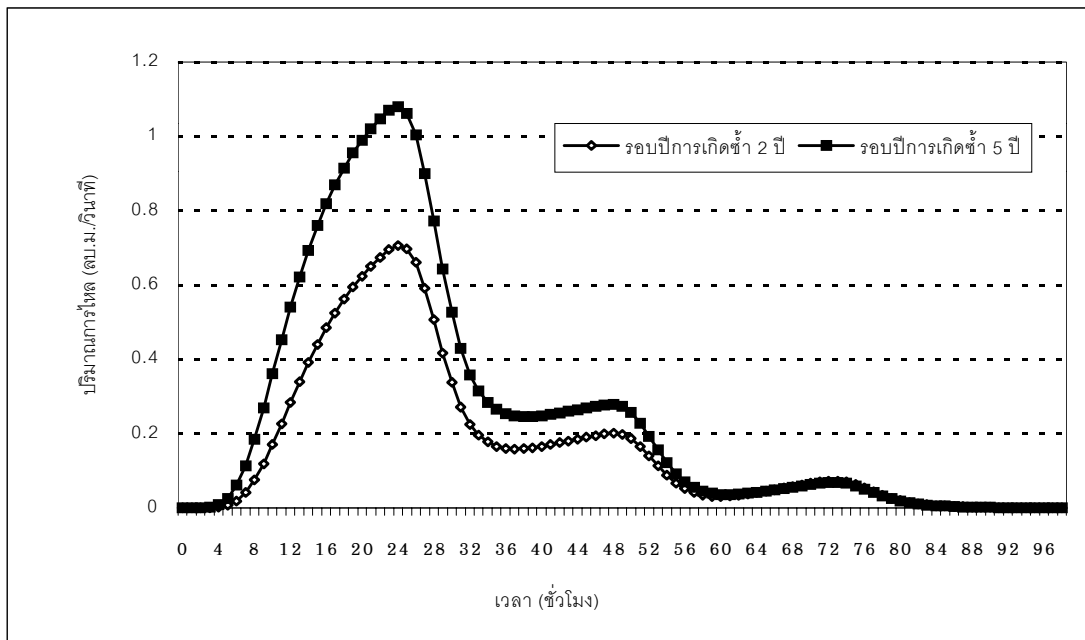
ภาพผนวกที่ 36 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A21L/2



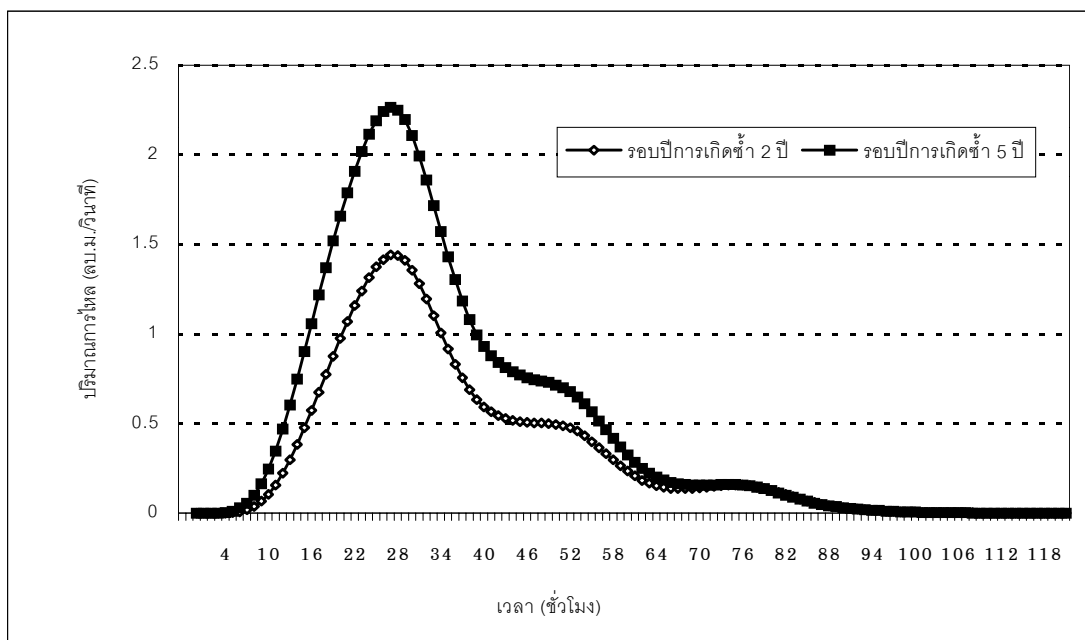
ภาพผนวกที่ 37 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A21L/3



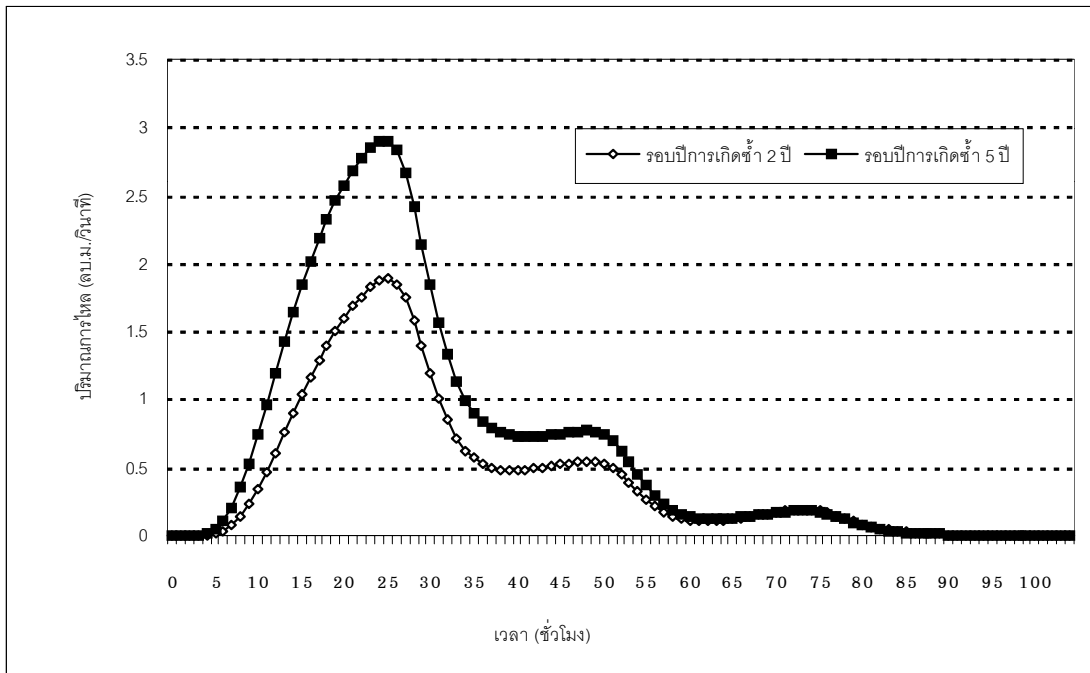
ภาพผนวกที่ 38 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A21L/4



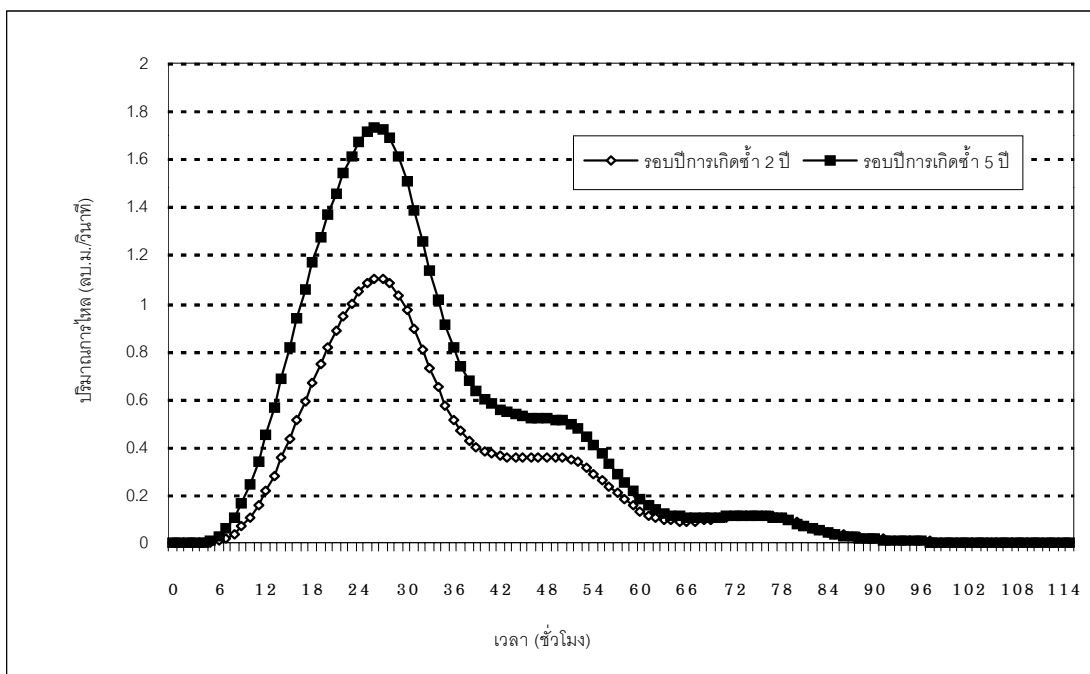
ภาพผนวกที่ 39 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A21L/5



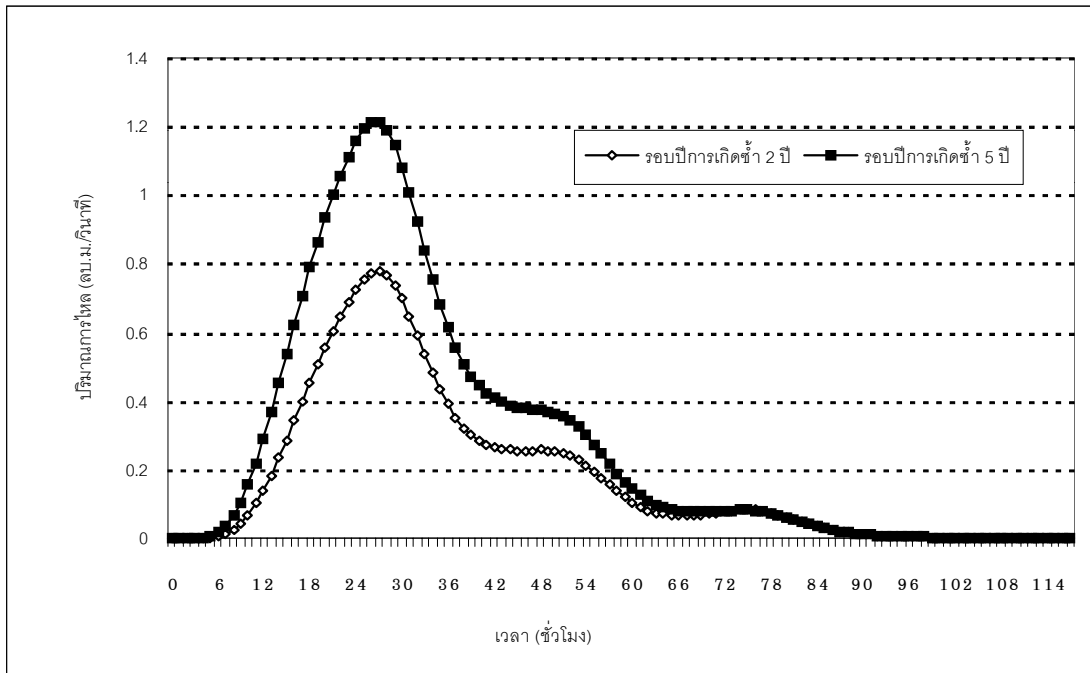
ภาพผนวกที่ 40 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A21L/6



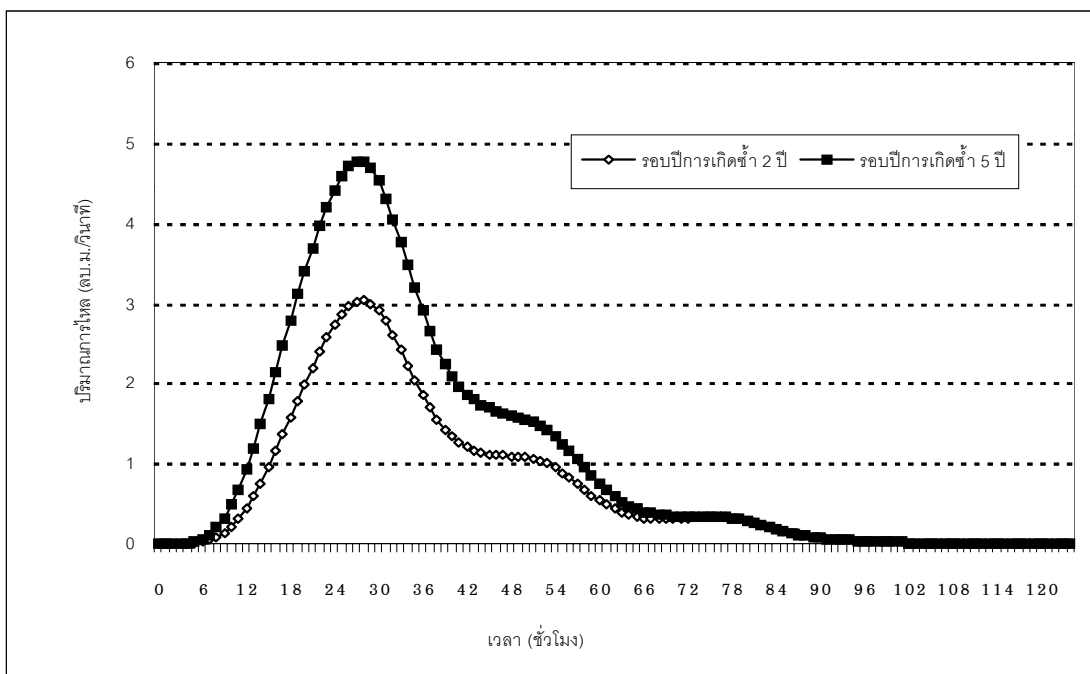
ภาพผนวกที่ 41 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A21L/7



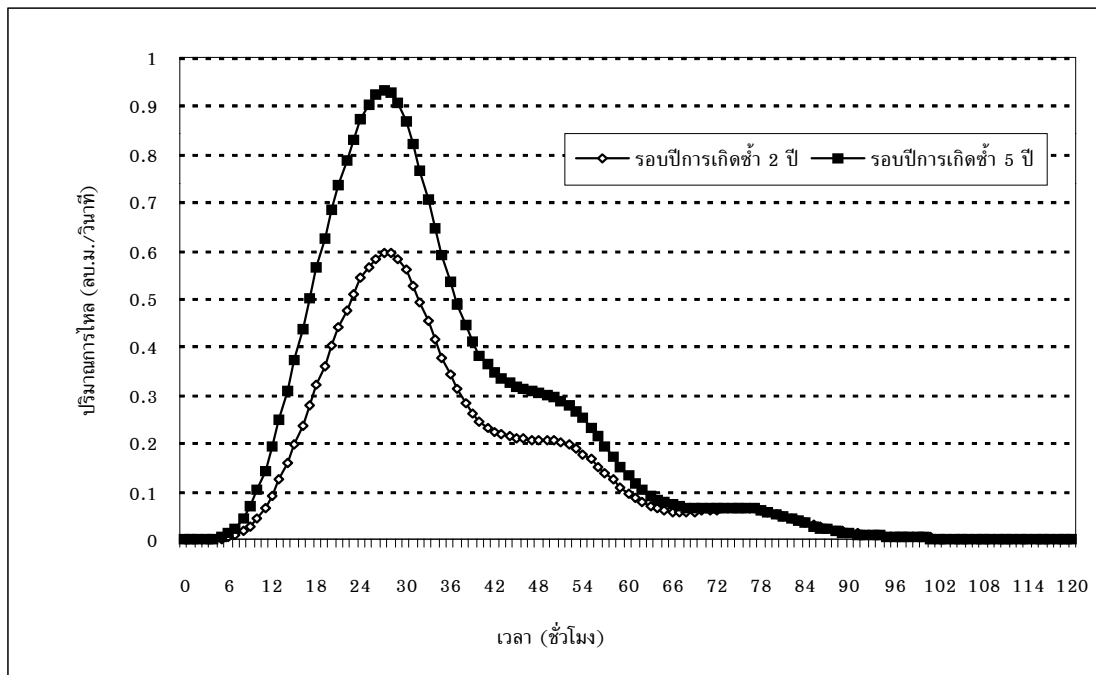
ภาพผนวกที่ 42 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A19L/1



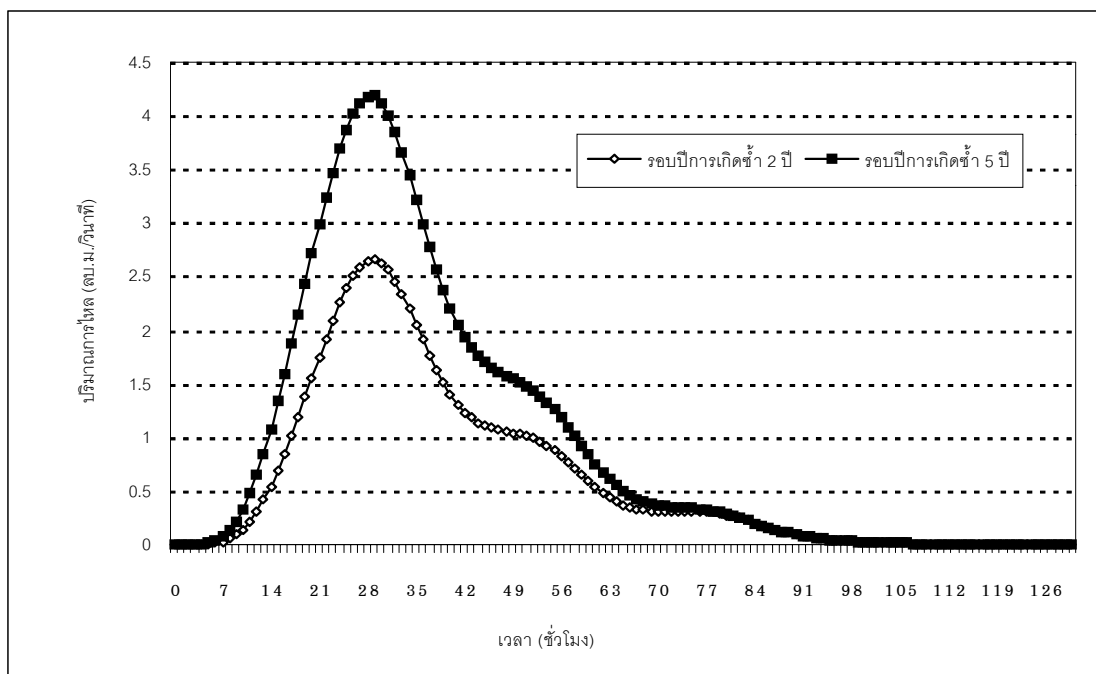
ภาพผนวกที่ 43 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A19L/2



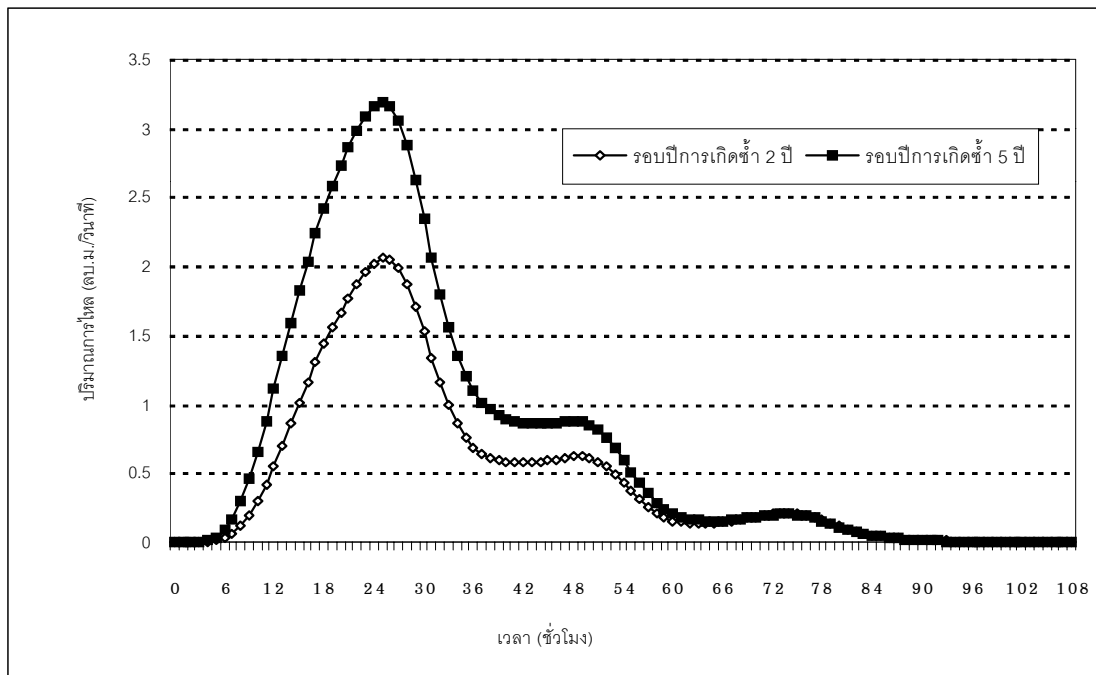
ภาพผนวกที่ 44 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A19L/3



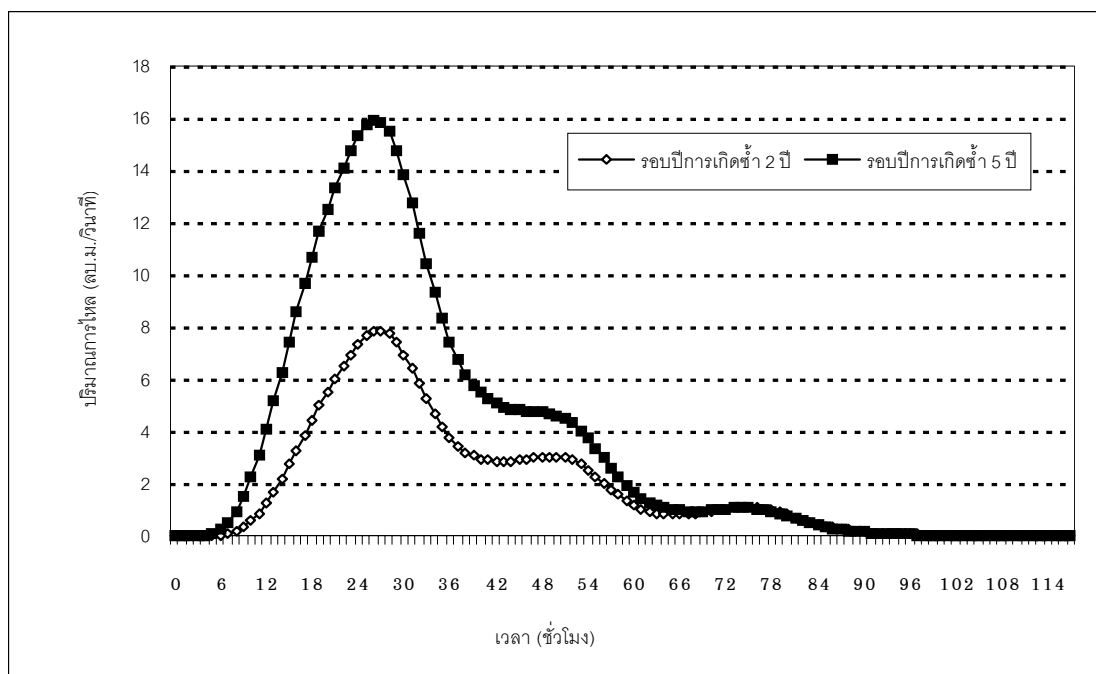
ภาพผนวกที่ 45 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A19L/4



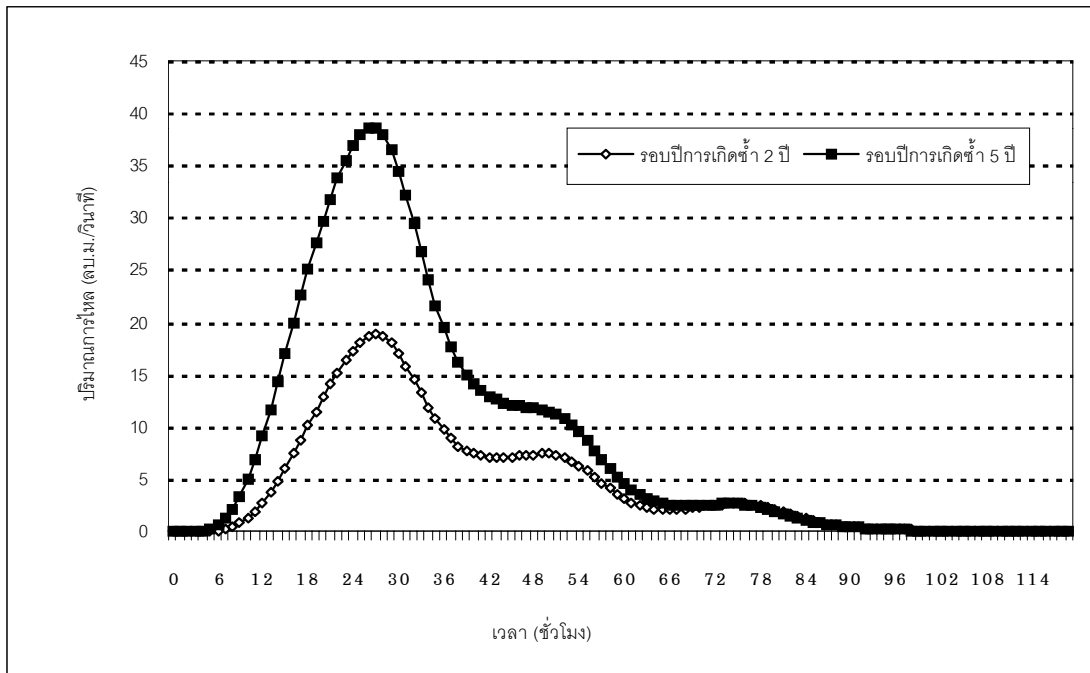
ภาพผนวกที่ 46 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A19L/5



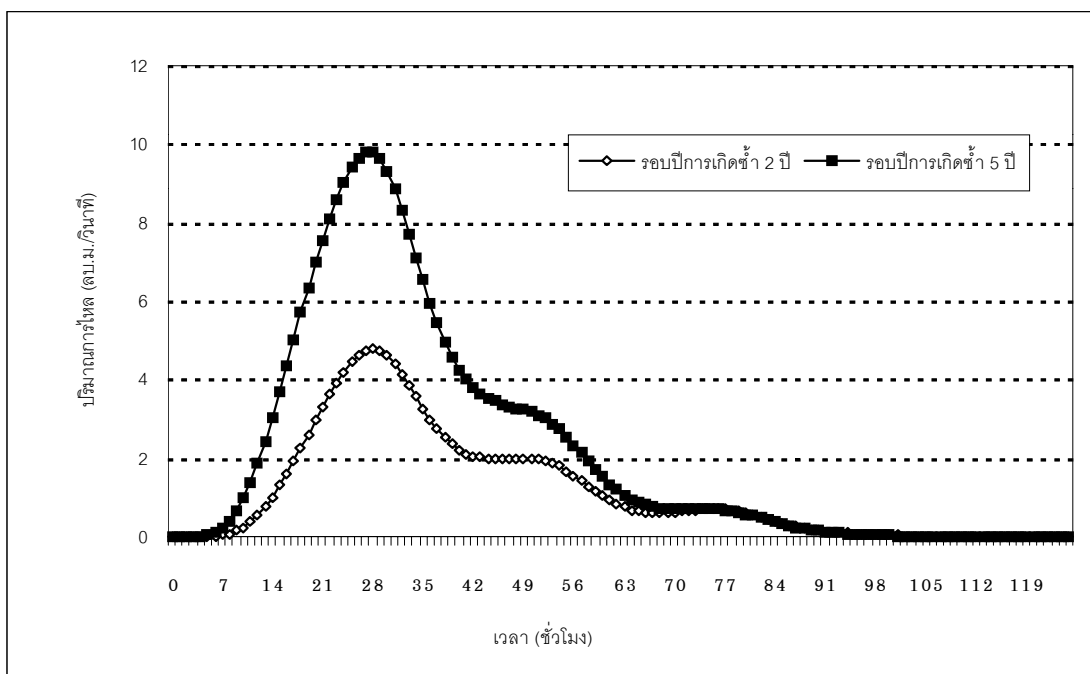
ภาพผนวกที่ 47 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A19L/6



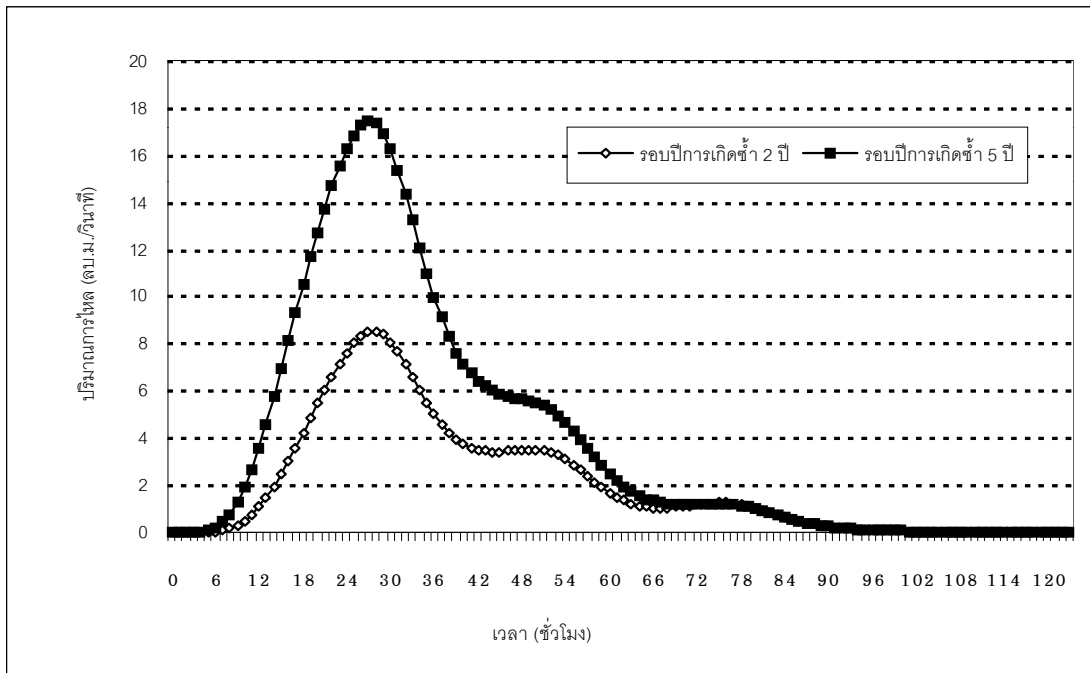
ภาพผนวกที่ 48 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A10L/1



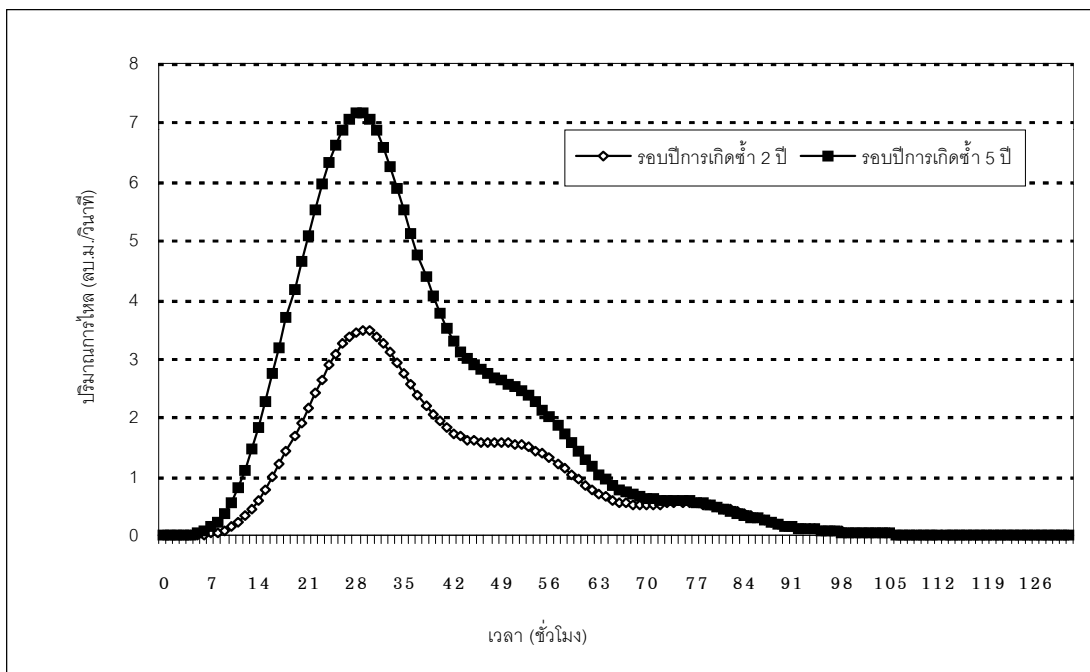
ภาพผนวกที่ 49 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A10L/2



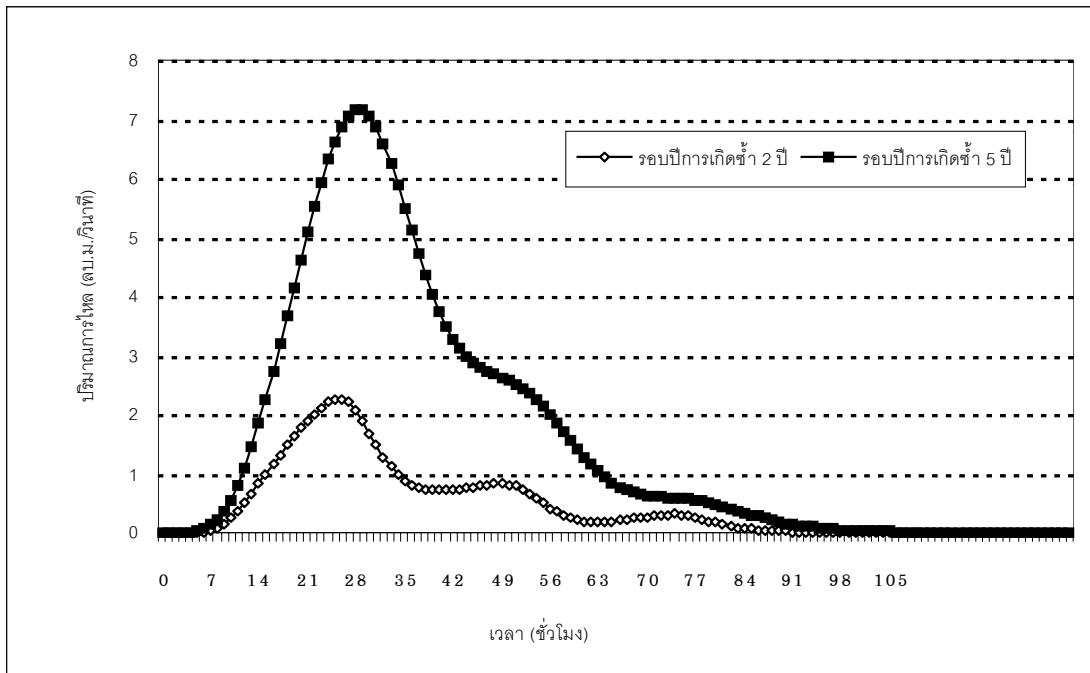
ภาพผนวกที่ 50 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A10L/3



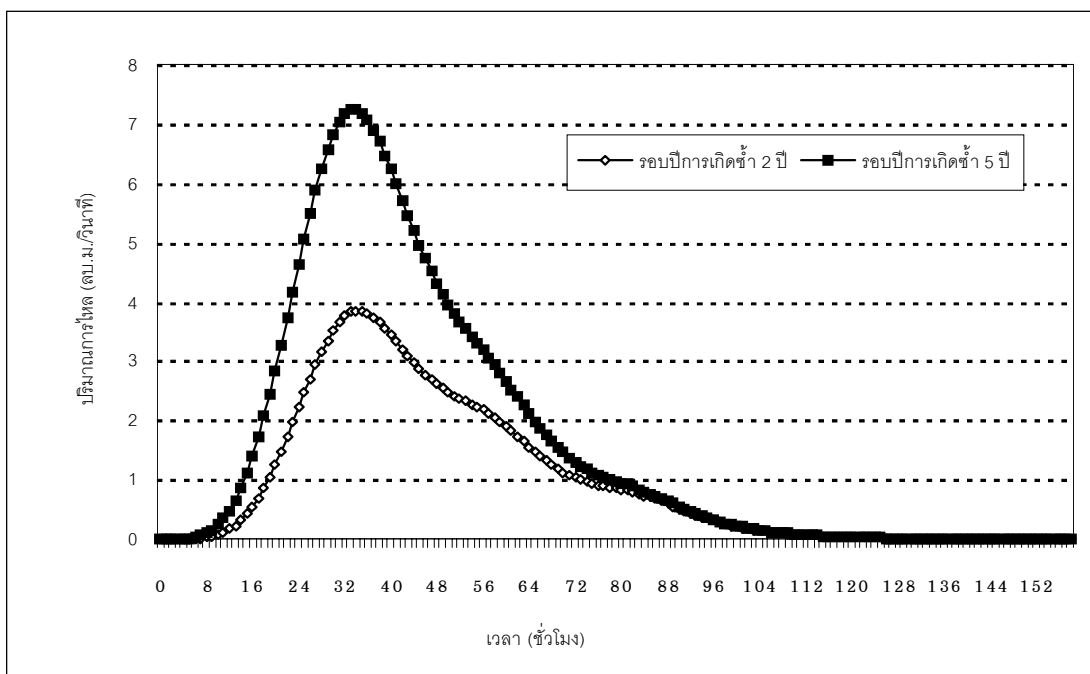
ภาพผนวกที่ 51 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A10L/4



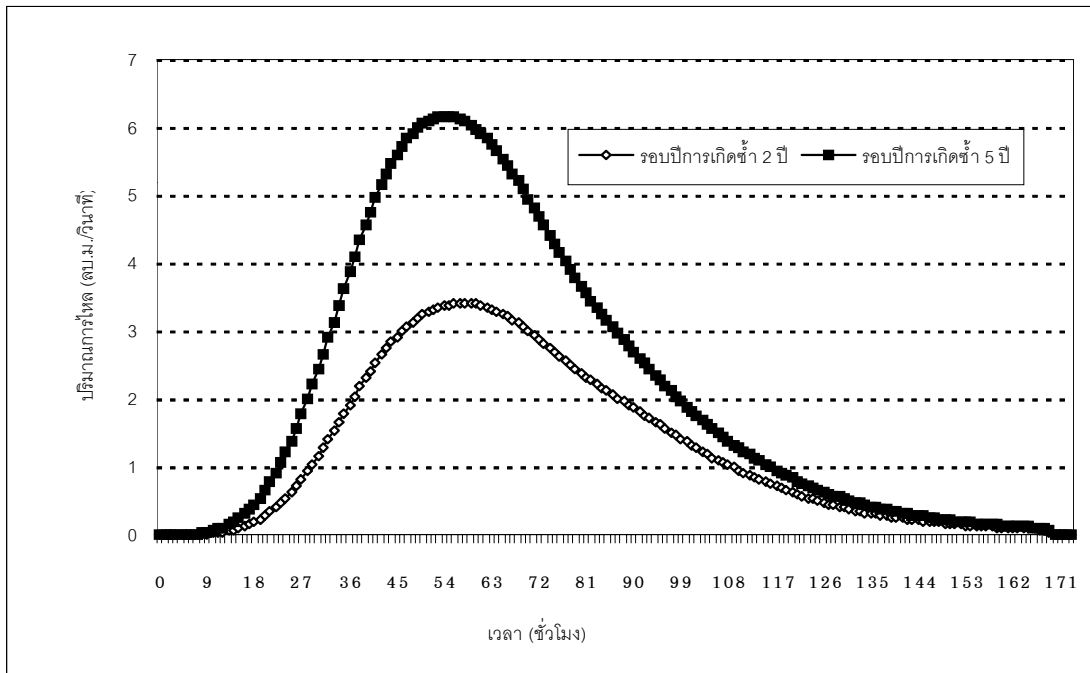
ภาพผนวกที่ 52 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A10L/5



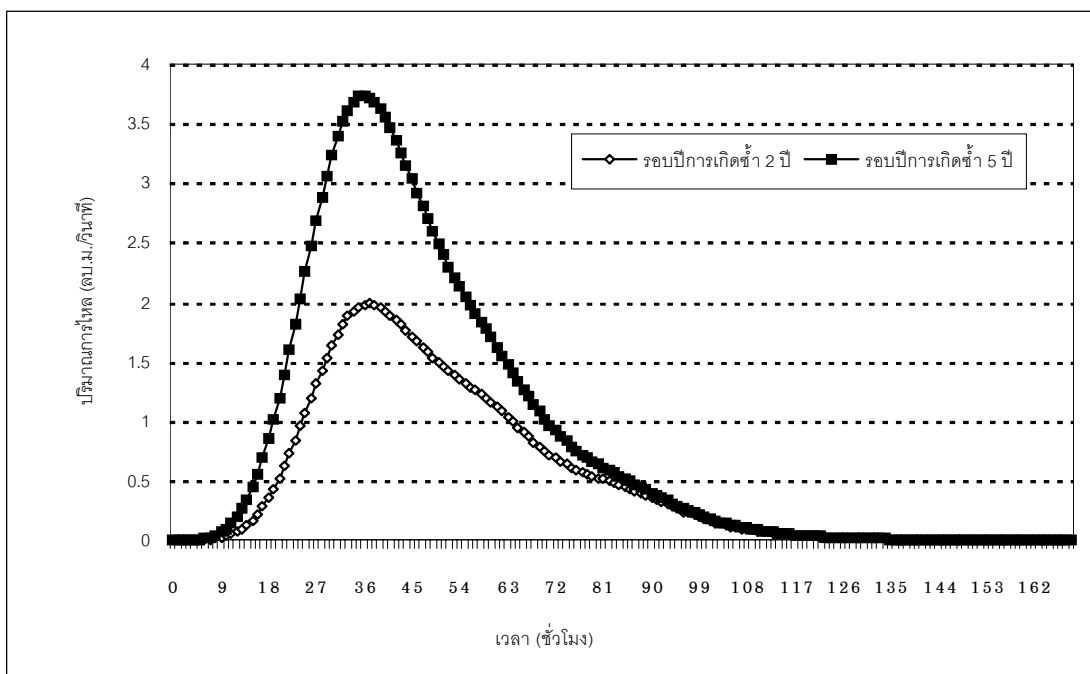
ภาพผนวกที่ 53 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A10L/6



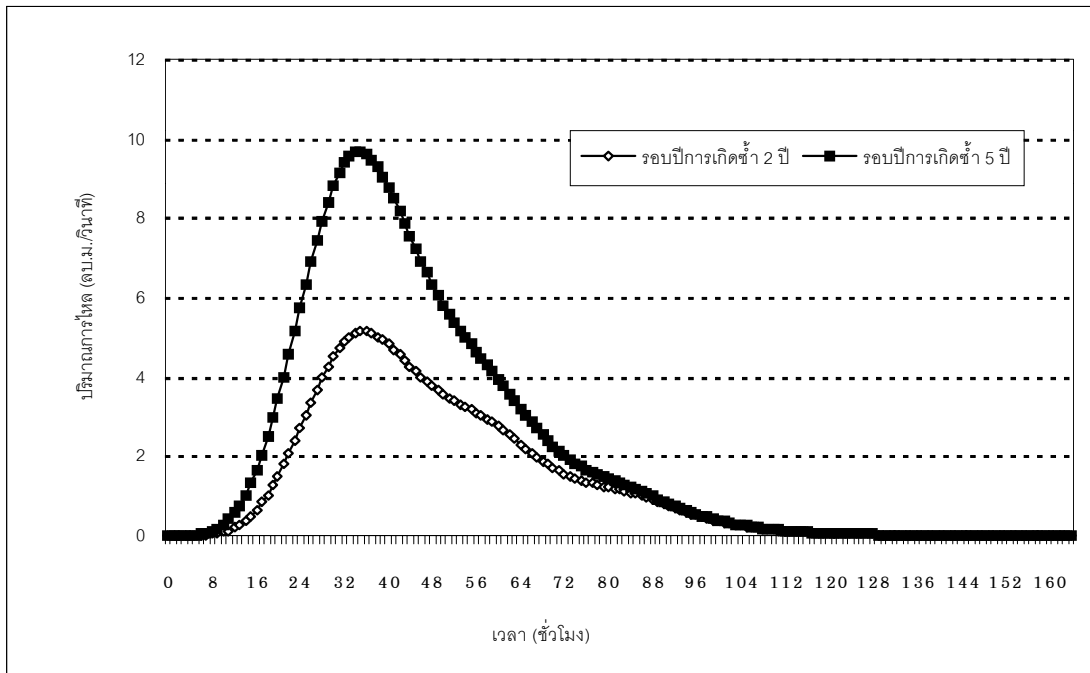
ภาพผนวกที่ 54 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A15.8/1



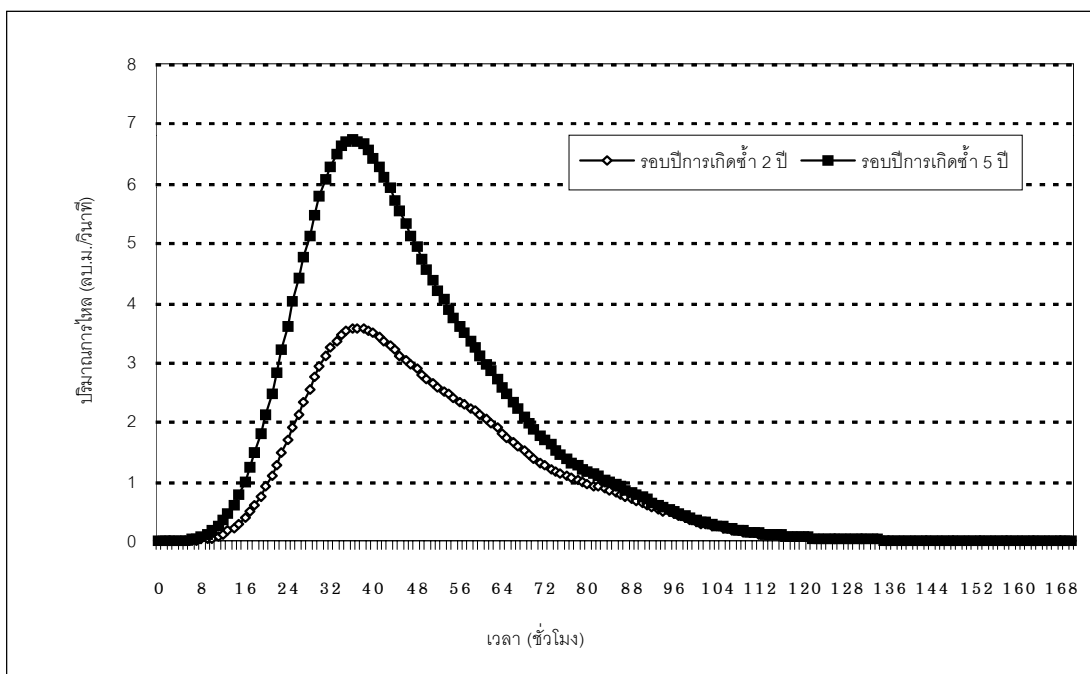
ภาพผนวกที่ 55 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A15.8/2



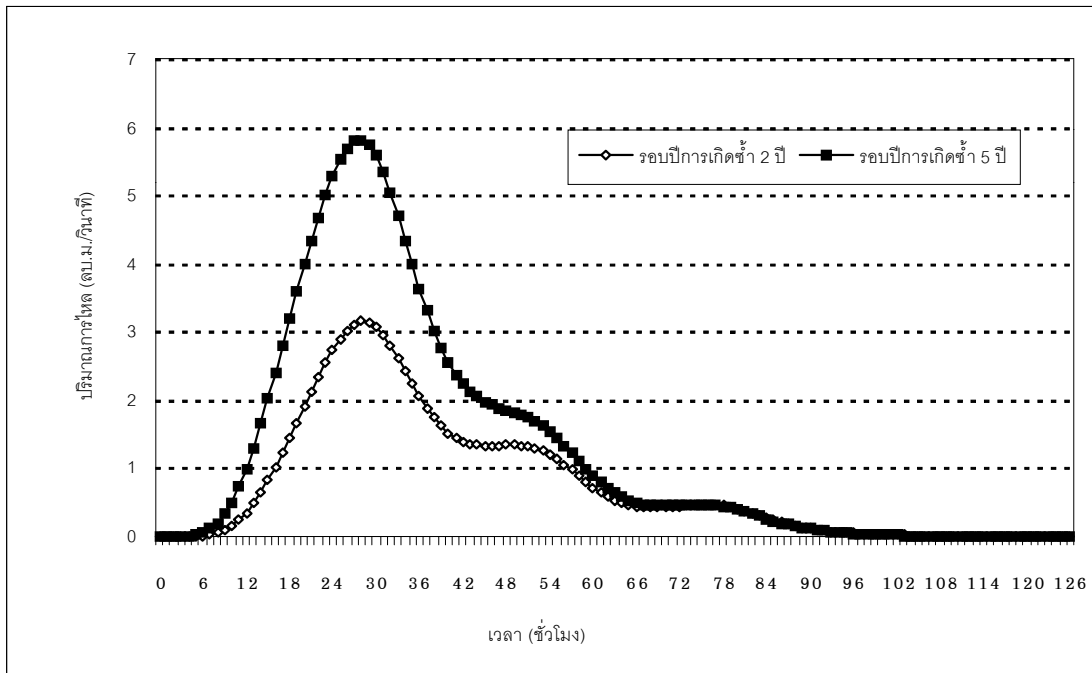
ภาพผนวกที่ 56 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A15.8/3



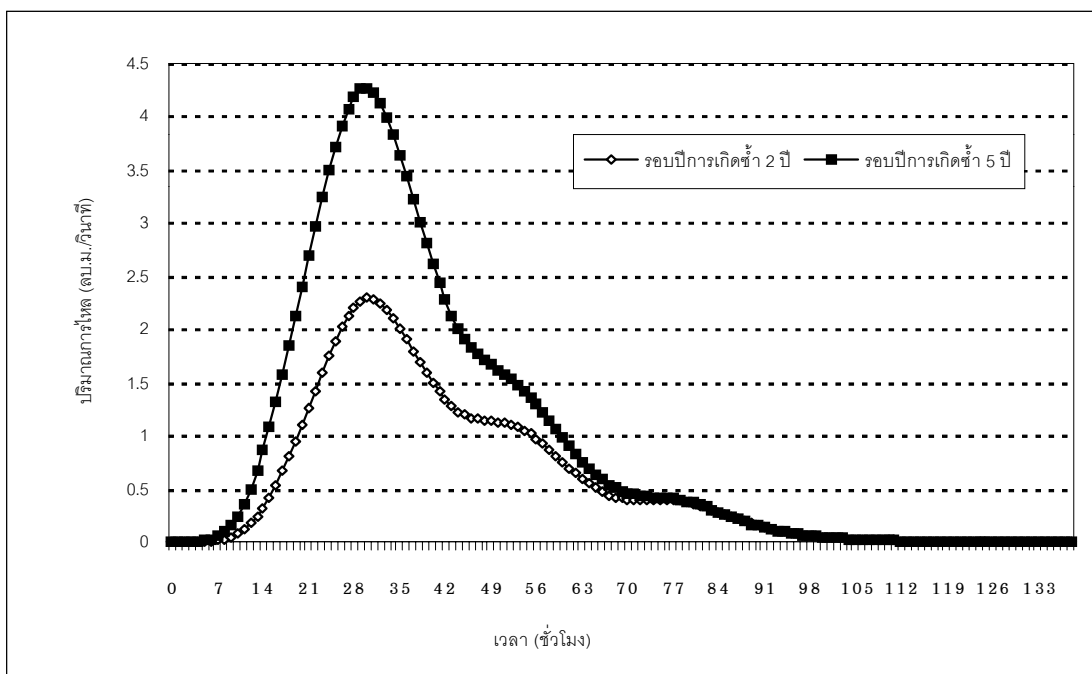
ภาพผนวกที่ 57 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A15.8/4



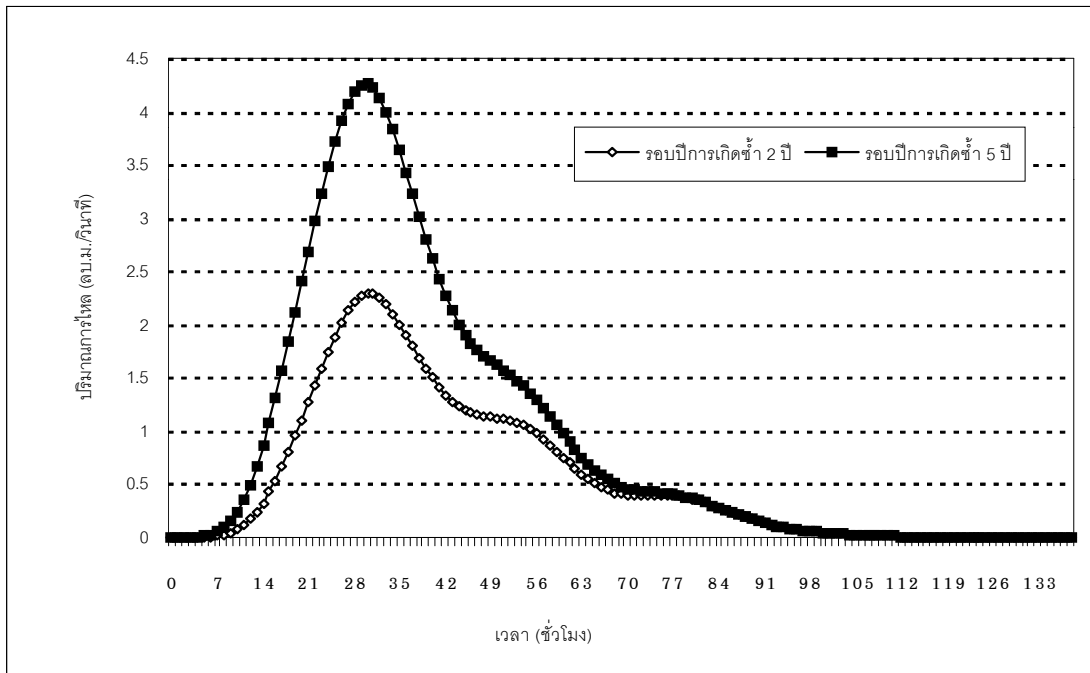
ภาพผนวกที่ 58 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A15.8/5



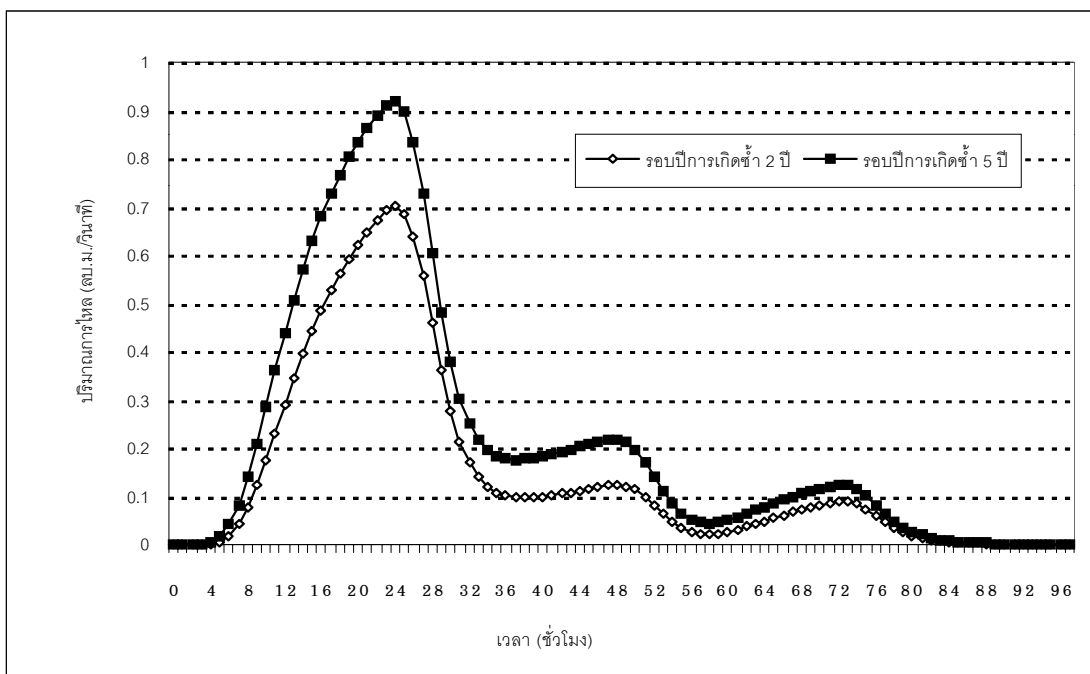
ภาพผนวกที่ 59 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A15.8/6



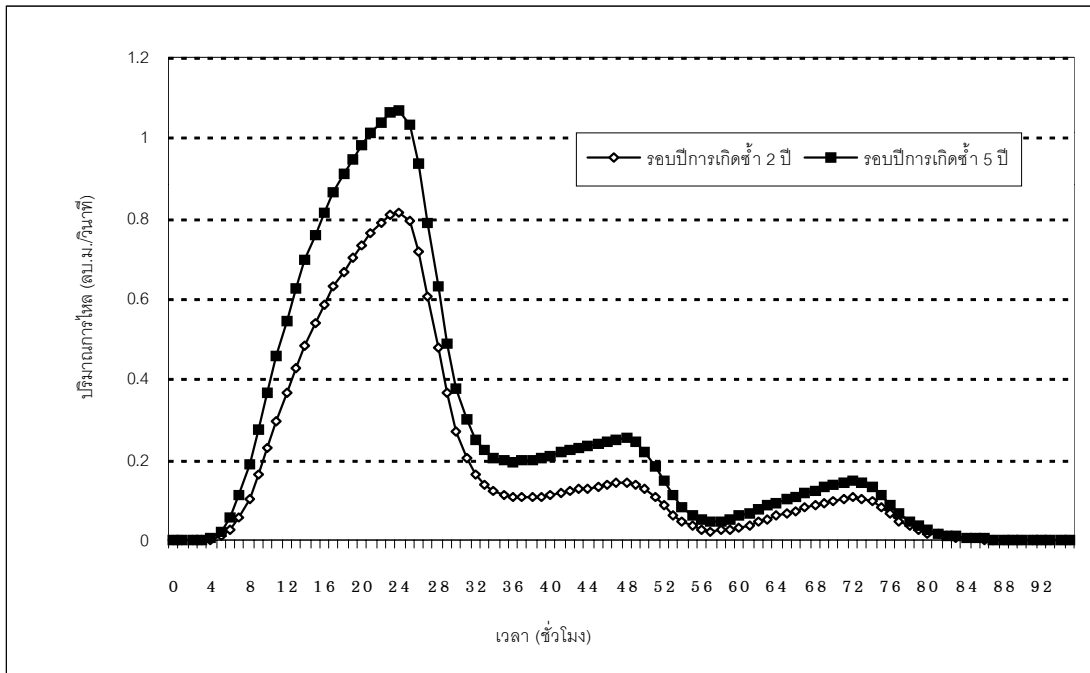
ภาพผนวกที่ 60 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A15.8/7



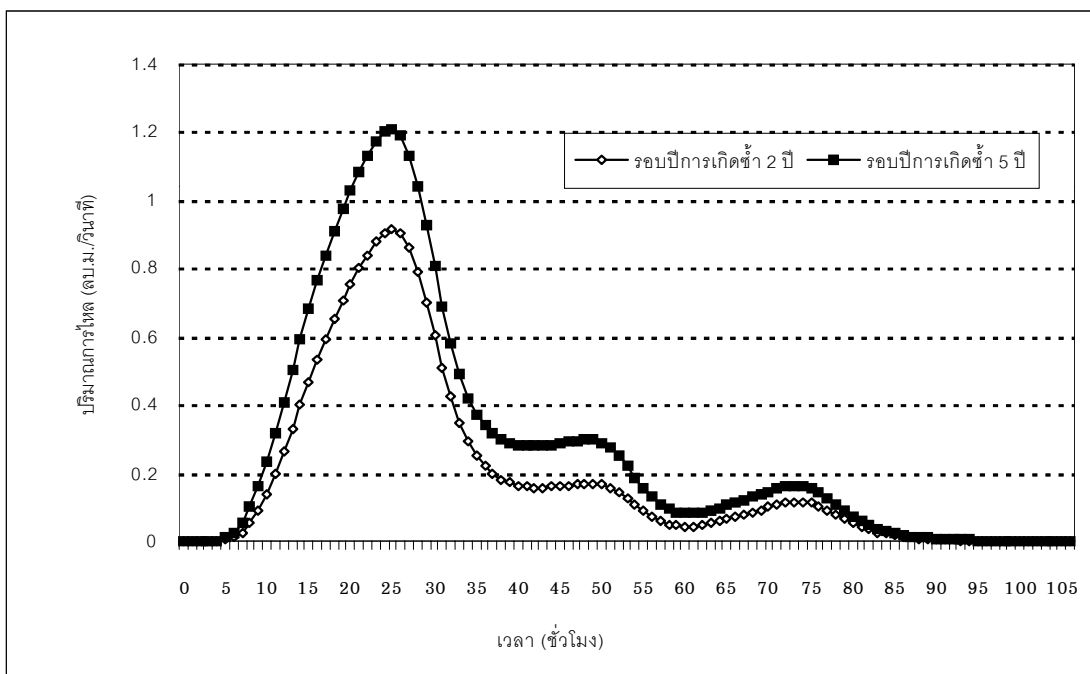
ภาพผนวกที่ 61 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A15.8/8



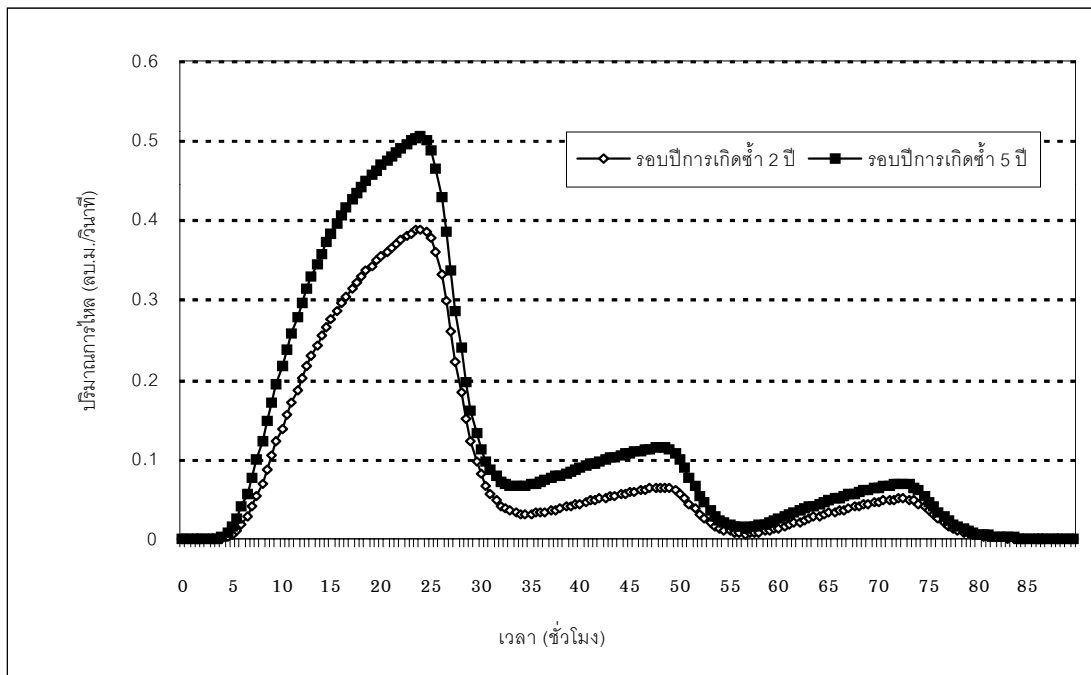
ภาพผนวกที่ 62 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A2.8/1



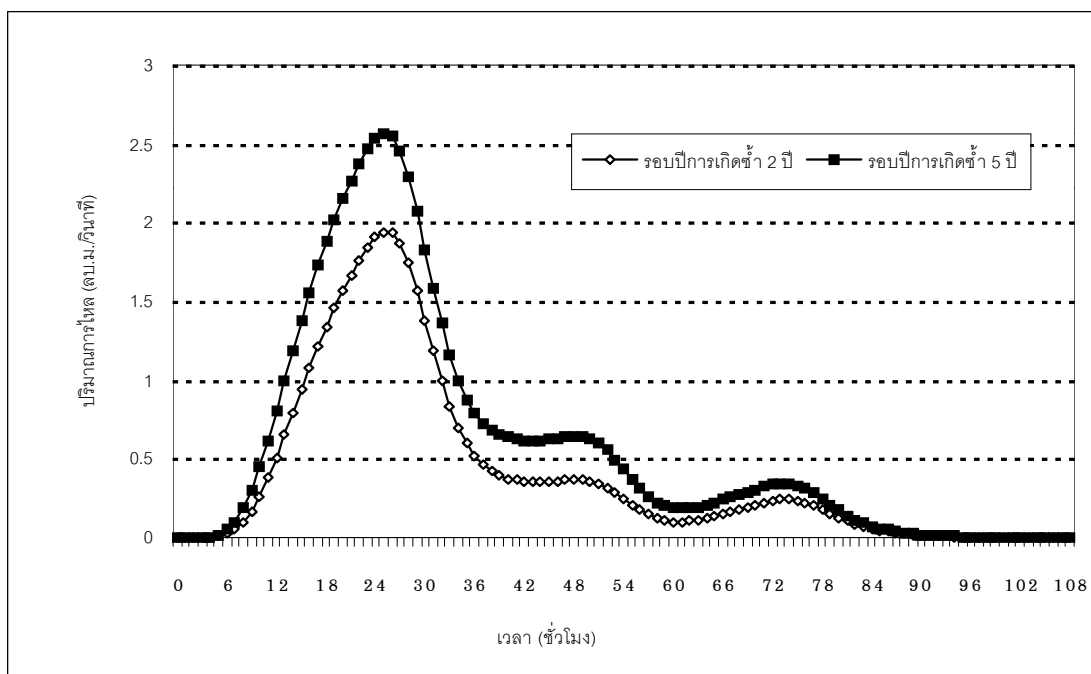
ภาพผนวกที่ 63 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A2.8/2



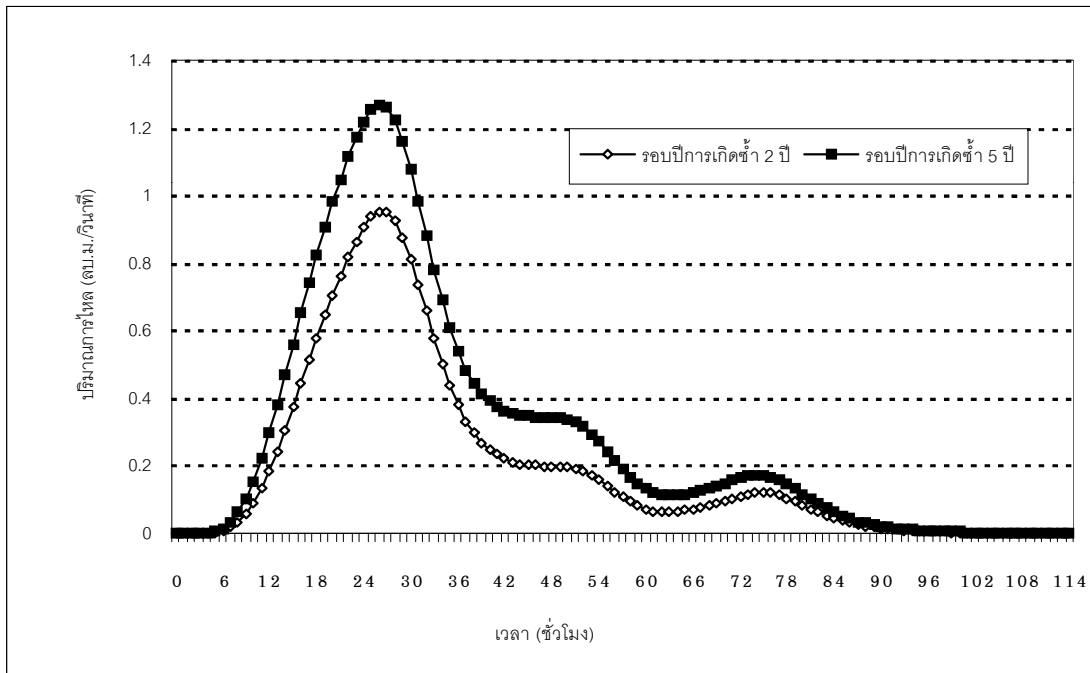
ภาพผนวกที่ 64 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A2.8/3



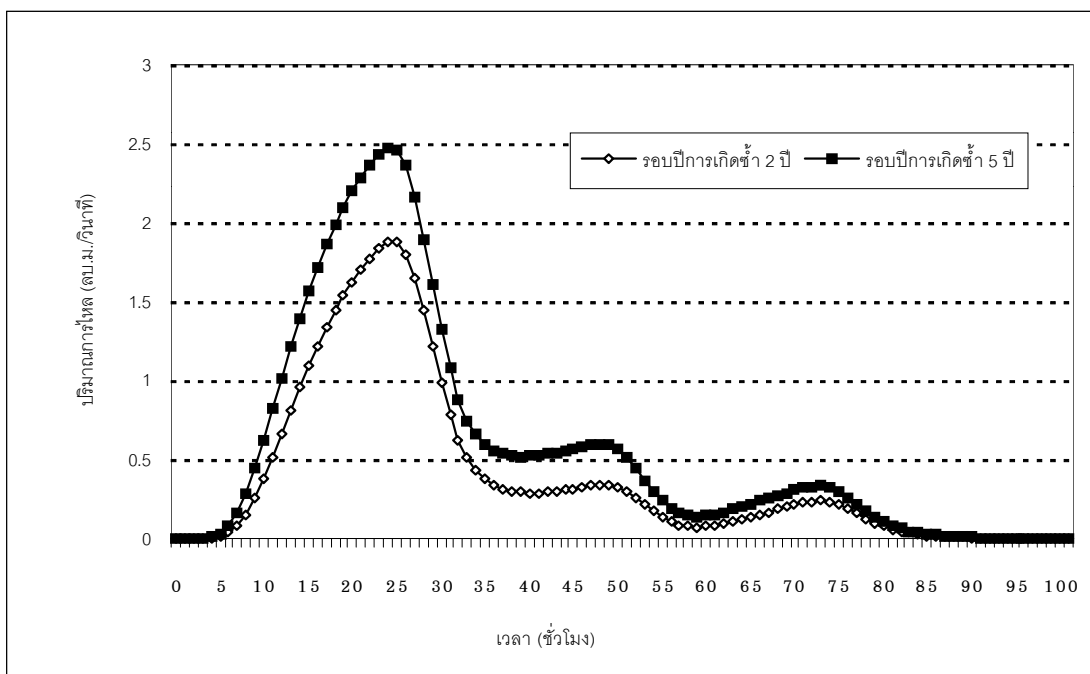
ภาพผนวกที่ 65 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A2.8/4



ภาพผนวกที่ 66 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A13.8L/1



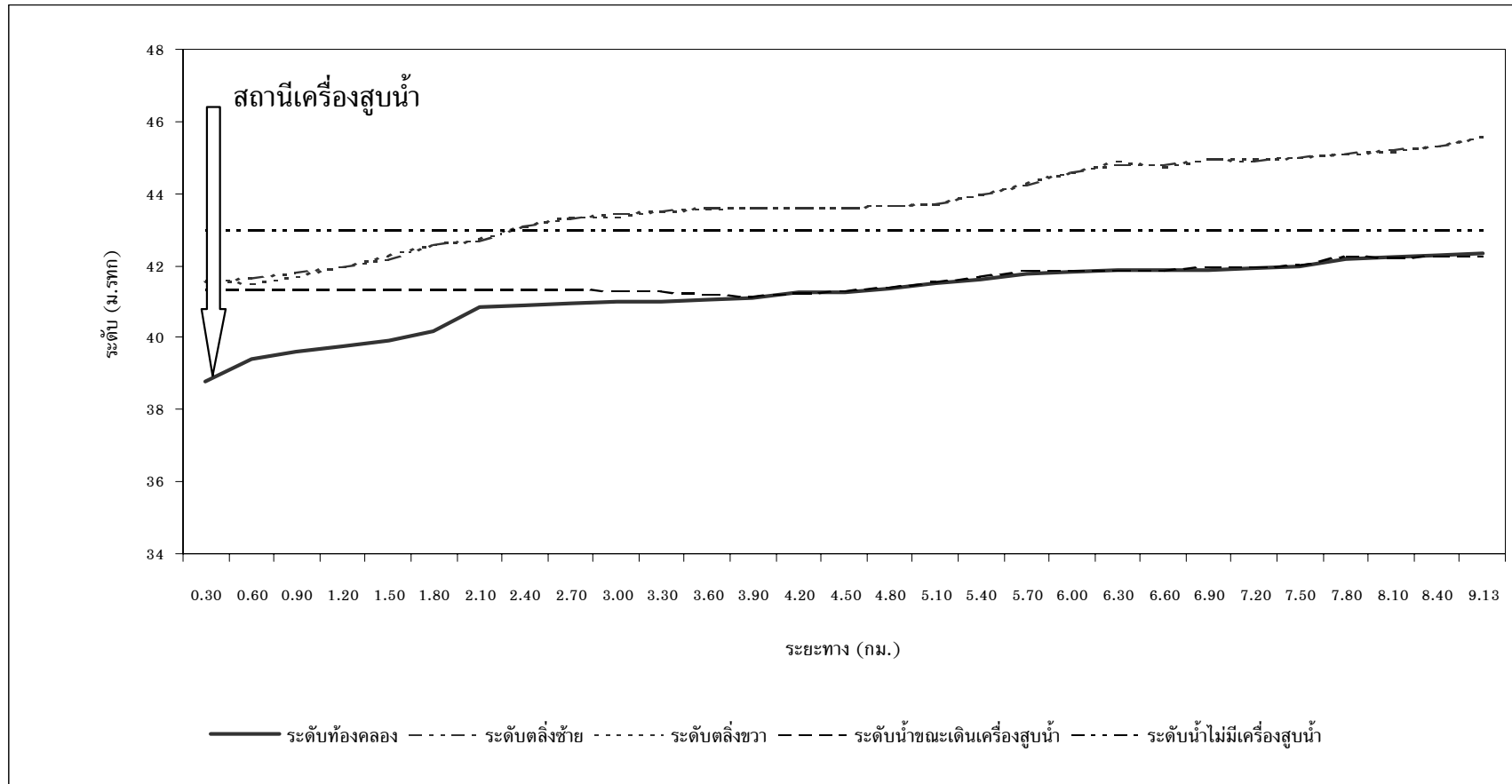
ภาพผนวกที่ 67 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A13.8L/2



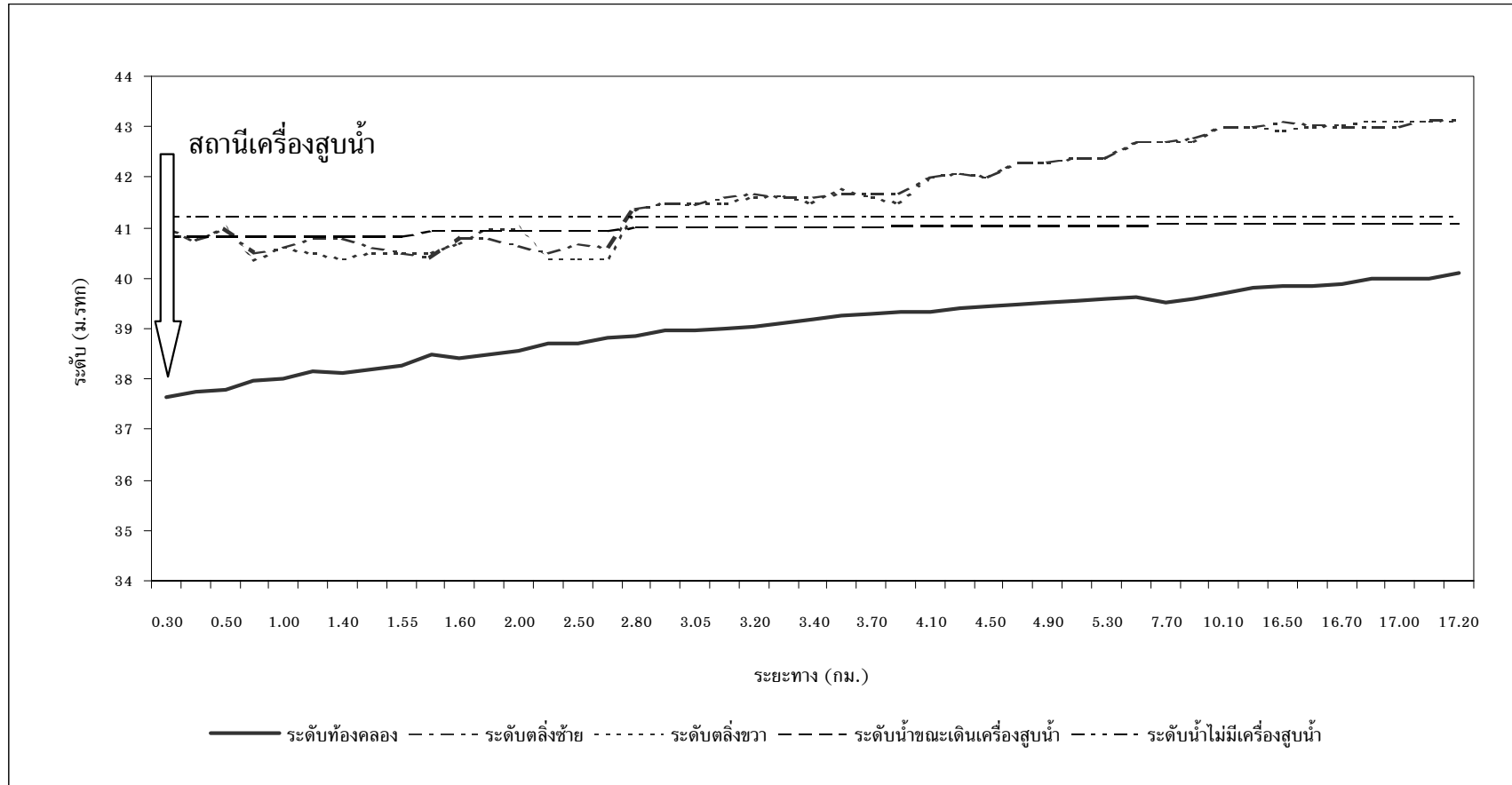
ภาพผนวกที่ 68 กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าสู่คลองระบายน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และ 5 ปี ของพื้นที่รับน้ำย่อย A13.8L/3

ภาคผนวก จ

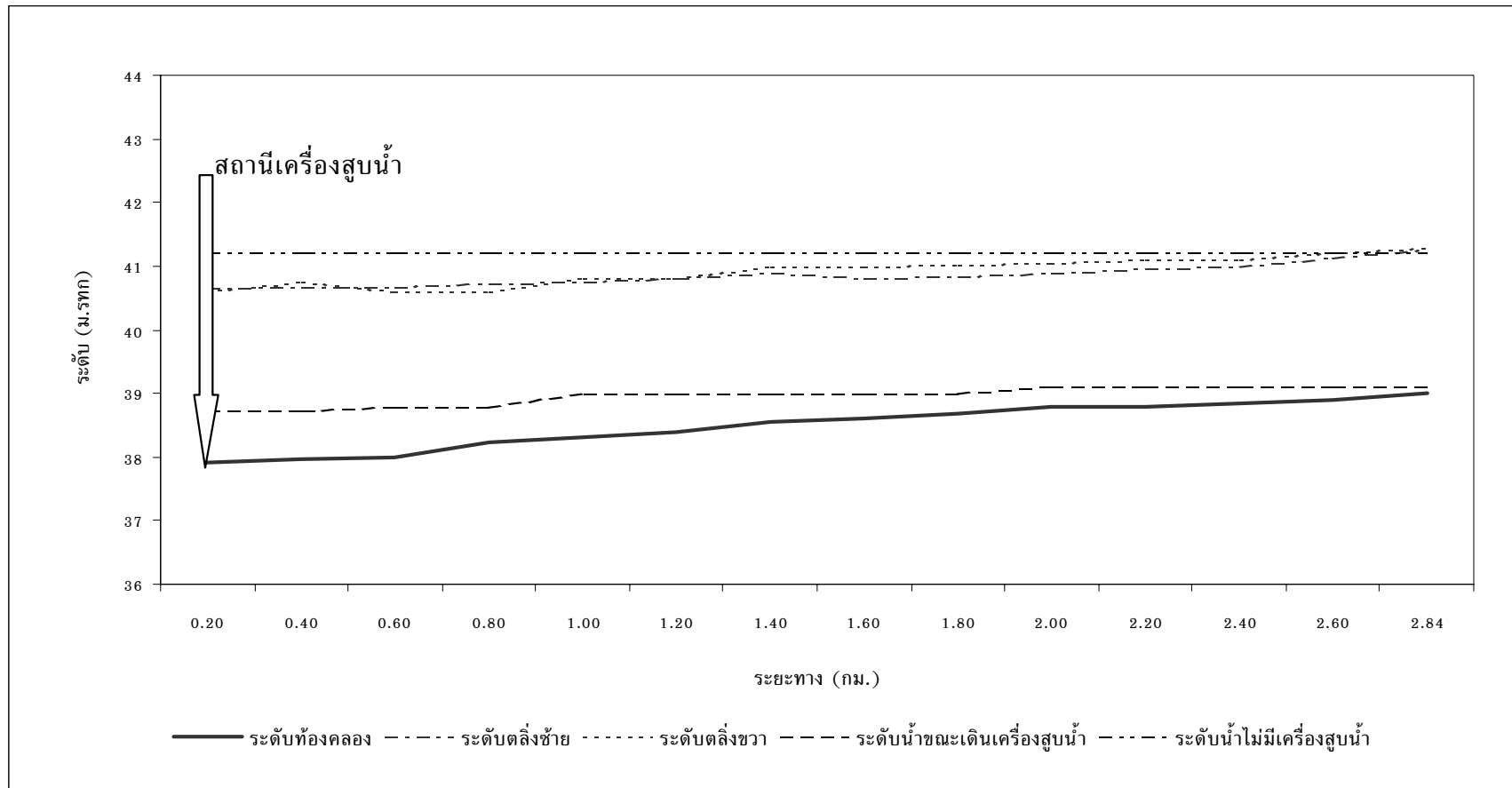
การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มีเครื่องสูบน้ำ



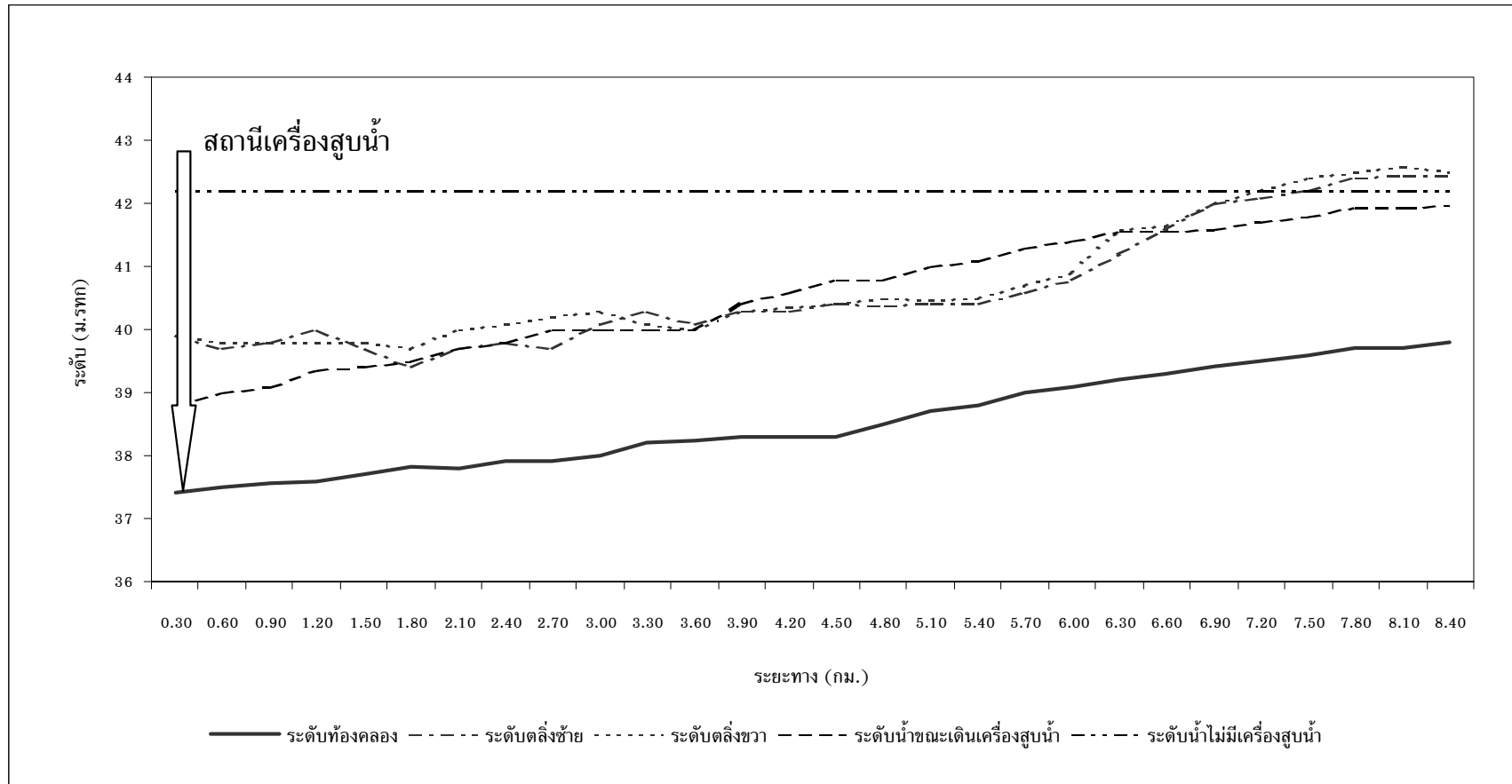
ภาพผนวกที่ จ1 การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มีเครื่องสูบน้ำ ณ เวลาเริ่มต้น ของคลอง DR1-43L



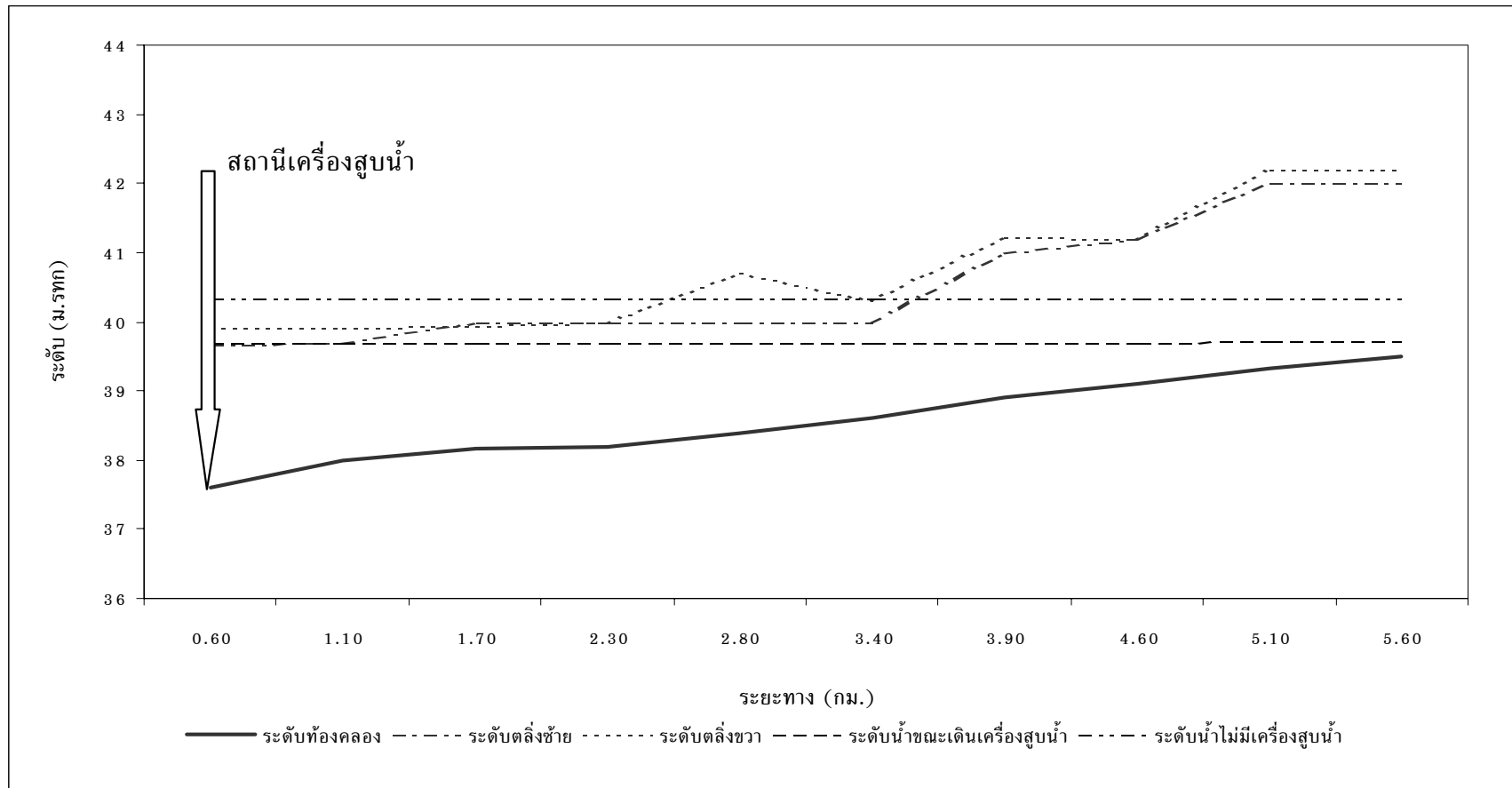
ภาพผนวกที่ จ2 การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มีเครื่องสูบน้ำ ณ เวลาเริ่มต้น ของคลอง DR1-30L



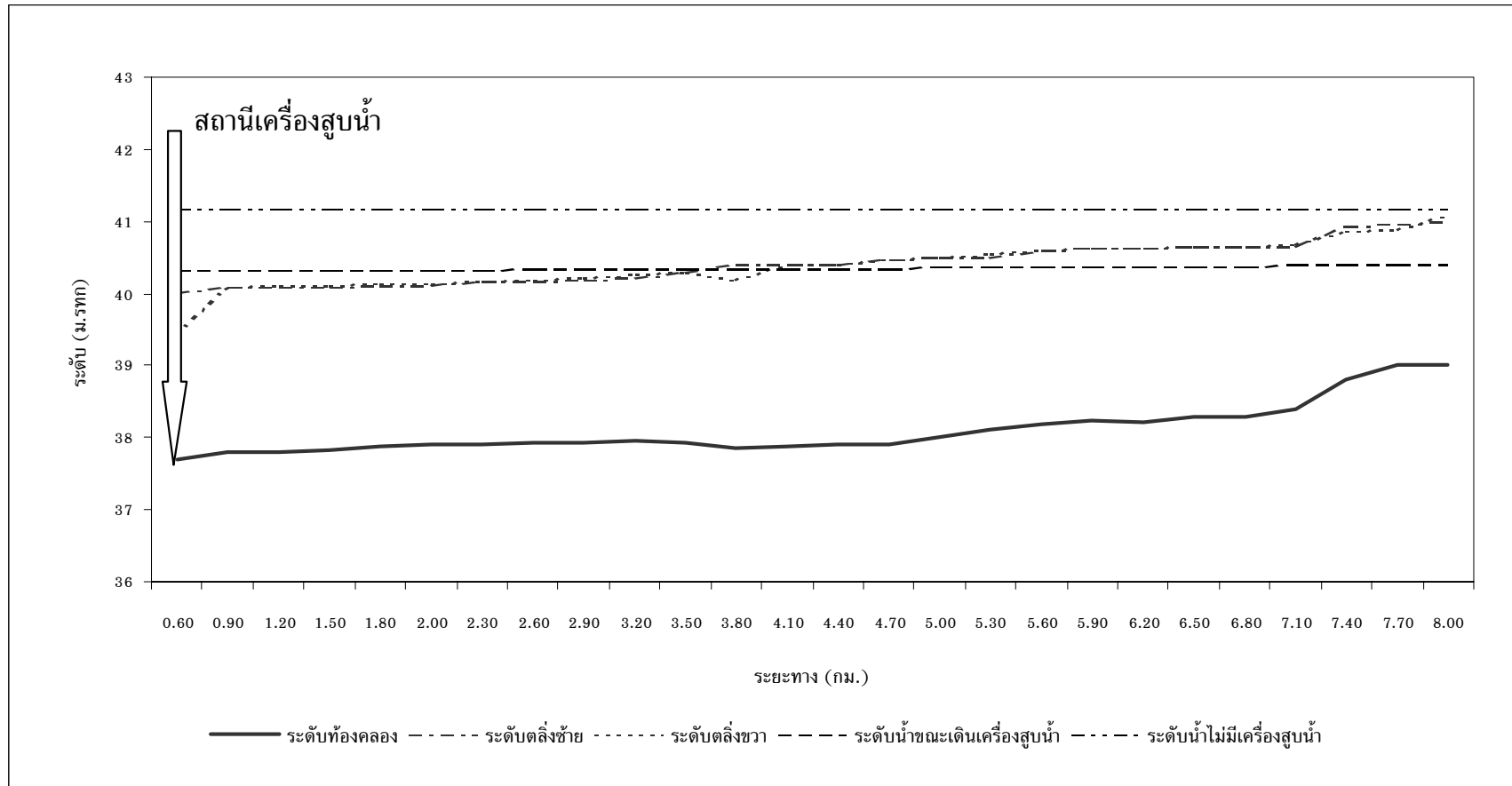
ภาพผนวกที่ จ3 การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มีเครื่องสูบน้ำ ณ เวลาเริ่มต้น ของคลอง DR1-25L



ภาพผนวกที่ จ4 การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มีเครื่องสูบน้ำ ณ เวลาเริ่มต้น ของคลอง DR1-21L



ภาพผนวกที่ จ5 การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มีเครื่องสูบน้ำ ณ เวลาเริ่มต้น ของคลอง DR1-19L



ภาพผนวกที่ จ6 การเปรียบเทียบระดับน้ำขณะเดินเครื่องสูบน้ำและระดับน้ำที่ไม่มีเครื่องสูบน้ำ ณ เวลาเริ่มต้น ของคลอง DR1-10L