



วิทยานิพนธ์

การประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง
“คลองมหาชัย – คลองสนามชัย” โดยแบบจำลอง MIKE 11

A PERFORMANCE EVALUATION OF DRAINAGE SYSTEM OF
“KLONG MAHACHAI – KLONG SANAMCHAI” MONKEY
CHEEK PROJECT USING MIKE 11 MODEL

นายพรเทพ จูทั่งคะ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2547



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)
ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ	วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
สาขา	ภาควิชา

เรื่อง การประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง "คลองมหาชัย - คลองสนามชัย" โดยแบบจำลอง MIKE 11

A Performance Evaluation of Drainage System of "Klong Mahachai – Klong Sanamchai" Monkey Cheek Project using MIKE 11 Model

นามผู้วิจัย นายพรเทพ จูทั่งคะ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์นันทนารถ ศรีวงศิตานนท์, Ph.D.)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวัฒน์นา จิตตลดากร, Ph.D.)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อััจฉรา ดวงเดือน, M.S.(Env.Science))

หัวหน้าภาควิชา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวัฒน์นา จิตตลดากร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 20 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2547

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย”
โดยแบบจำลอง MIKE 11

A Performance Evaluation of Drainage System of “Klong Mahachai – Klong Sanamchai”
Monkey Cheek Project using MIKE 11 Model

โดย

นายพรเทพ จูทังคะ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2547

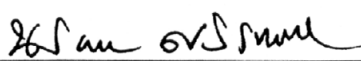
ISBN 974-274-472-6

พรเทพ จูฑังคะ 2547: การประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย” โดยแบบจำลอง MIKE 11 ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, Ph.D.143 หน้า
ISBN 974-274-472-6

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมรรถนะของการระบายน้ำจากคลองมหาชัย และคลองสนามชัย ตลอดจนการประเมินผลกระทบด้านน้ำท่วมของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย” ที่มีต่อพื้นที่ในเขต อ.เมือง จ.สมุทรสาคร การศึกษากระทำได้โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE 11 ซึ่งประกอบด้วย 2 แบบจำลองย่อย คือ แบบจำลอง Unit Hydrograph และ แบบจำลอง MIKE 11 - HD ในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Unit Hydrograph ซึ่งได้เลือกใช้วิธีการของ Soil Conservation Service (SCS) ในการประเมินการสูญเสียของปริมาณฝนนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินกราฟน้ำท่าของปริมาณการไหลบริเวณด้านเหนือน้ำและการไหลเข้าด้านข้างของทุกพื้นที่ย่อยของโครงการ ฯ สำหรับแบบจำลอง MIKE 11 - HD ซึ่งเป็นแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์นั้น นำมาประยุกต์ใช้ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำในคลองต่างๆ ของโครงการฯ โดยกำหนดจุดควบคุมด้านเหนือน้ำอยู่ที่คลองมหาชัย ณ บริเวณ ปตร.สนามชัย และที่บริเวณต้นคลองสรรพสามิตโดยใช้กราฟน้ำท่ารายชั่วโมงที่ประเมินได้ ส่วนจุดควบคุมด้านท้ายน้ำซึ่งถูกควบคุมโดยการขึ้นลงของน้ำทะเล กำหนดให้อยู่ที่ปากคลองมหาชัย และ ปากคลองสรรพสามิต ในการศึกษาได้ทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองย่อยทั้งสองในเวลาเดียวกันเพื่อให้ได้พารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองทั้งสอง โดยค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในทางน้ำและในทุ่งน้ำท่วมในแบบจำลอง MIKE 11 - HD มีค่าเท่ากับ 0.033 และ 0.09 ตามลำดับ และ ค่า CN ที่เหมาะสมของวิธีการ SCS ในแบบจำลอง Unit Hydrograph เท่ากับ 65 จากนั้นได้นำพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลองทั้งสองมาใช้ในการศึกษาสมรรถนะของการระบายน้ำ ผลกระทบด้านน้ำท่วม และ การบรรเทาอุทกภัย โดยแบ่งการประยุกต์ใช้แบบจำลองออกเป็น 6 กรณี คือ 1) การเปิด ปตร. ทั้งหมดในพื้นที่โครงการ ฯ 2) การปิด ปตร. ทั้งหมด 3) การปิด ปตร. ทั้งหมดและทำการสูบน้ำออกจากพื้นที่โครงการ ฯ 4) การเปิด ปตร. ทั้งหมดและมีการสร้างคันกันน้ำตลอดแนวคลองมหาชัย 5) การปิด ปตร. ทั้งหมดและมีการสร้างคันกันน้ำตลอดแนวคลองมหาชัย และ 6) การปิด ปตร. ทั้งหมดและทำการสูบน้ำออกจากพื้นที่โครงการ ฯ ผลการศึกษาพบว่า การศึกษาในกรณีที่ 2 เกิดสภาพน้ำท่วมสูงสุด โดยที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เกิดการไหลล้นตลิ่งเกือบทุกหน้าตัดลำน้ำ โดยระดับน้ำล้นตลิ่งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.64 เมตร ซึ่งเป็นกรณีที่มีการก่อสร้างโครงการแก้มลิงโดยไม่มีมาตรการในการแก้ปัญหาผลกระทบในด้านน้ำท่วม สำหรับกรณีศึกษาที่สามารถแก้ปัญหาผลกระทบด้านน้ำท่วมได้ทั้งหมด คือ ในกรณีที่ 5 โดยคันกันน้ำที่กำลังก่อสร้างโดยกรมชลประทานให้อยู่ที่ระดับ 2.75 ม. รทก. สามารถแก้ไขปัญหาน้ำท่วมได้ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี อย่างไรก็ตาม การเสนอให้กรมชลประทานติดตั้งเครื่องสูบน้ำด้วยกำลังสูบรวมทั้งสิ้น 300 ลบ.ม./วินาที ดังการศึกษาในกรณีที่ 6 จะไม่มีความจำเป็นในการแก้ปัญหาด้านน้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี เมื่อคันกันน้ำถูกสร้างเรียบร้อยแล้ว แต่จะเป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหาน้ำท่วมได้ในช่วงเวลาที่การสร้างคันกันน้ำดังกล่าวยังไม่แล้วเสร็จ



ลายมือชื่อนิติ

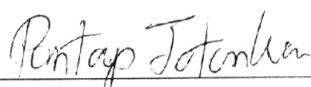


ลายมือชื่อประธานกรรมการ

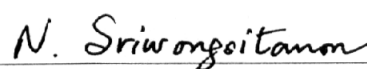
๙ / ๓๑ / ๕๗

Pontap Jutunka 2004: A Performance Evaluation of Drainage System of “Klong Mahachai — Klong Sanamchai” Monkey Cheek Project using MIKE 11 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. 143 pages.
ISBN 974-274-472-6

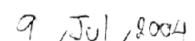
This study aimed to evaluate the drainage performance of Klong Mahachai and Klong Sanamchai and to evaluate the impact of flood problem at Amper Mueang Samutsakorn due to Klong Mahachai and Klong Sanamchai Monkey Cheek Project. The study was carried out using two submodels of the MIKE 11 model, i.e. the Unit Hydrograph model and the MIKE 11 - HD model. For the application of the Unit Hydrograph model, the rainfall loss rate was estimated using the SCS technique to evaluate the hydrographs at the upstream boundary controls and the lateral flows of all subareas between the upstream and downstream controls. The MIKE 11 - HD - the hydrodynamic model - was used to simulate flows along the canals in the project area. The upstream boundary controls are situated at Sanamchai Regulator located on Klong Mahachai and at the most upstream of Klong Sappasamit using estimated hourly flow hydrographs. The downstream boundary controls are situated at the entrance of Klong Mahachai and Klong Sappasamit using hourly tidal data. In this study these two submodels were calibrated and verified at the same time to evaluate the suitable control parameters. Roughness coefficients (Manning's n) for the channel and floodplain flows in the MIKE 11 - HD model are 0.033 and 0.09, respectively. The suitable CN value for the SCS method in the Unit Hydrograph model is 65. These control parameters were applied to evaluate the performance of the drainage system, the flood effect, and flood mitigation measures for the project area. The model applications were separated into 6 cases. The first case is when all regulators in the project area are opened. The second case is when all regulators are closed. The third case is when all regulators are closed and excess flows are pumped out from the project area. The fourth case is when all regulators are opened and dikes are constructed along Klong Mahachai. The fifth case is when all regulators are closed and dikes are constructed along Klong Mahachai. The sixth case is when all regulators are closed and excess flows are pumped out from the project area. The results of the study show that the maximum flood for the 50 years return period occurs in case two which the overbank flow occurs almost every cross-section with an average depth of 0.64 m. over the bankfull level. This case is when the Monkey Cheek Project was constructed without flood mitigation measures to relieve the flood effect occurring by the project. Flood mitigation measures suggested in case 5 - with dike construction along Klong Mahachai by the Royal Irrigation Department (RID) at level of 2.75 m. - can solve flood problem of up to 100 years return period flood. However, the pumping operation with the total capacity of 300 cms. — suggested to RID as applied in case 6 - is not necessary once the dikes are completely constructed, but it is useful to prevent flooding problem at this stage when the dikes are not yet completely constructed.



Student's signature



Thesis Advisor's signature



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รศ.ดร.นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุวัฒนา จิตตลดากร กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก อ.อัจฉรา ดวงเดือน กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ และ ผศ.ดร.ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้กล่าวนามมาไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่กรมชลประทาน เจ้าหน้าที่กรมอุตุนิยมิวิทยา เจ้าหน้าที่กรมเจ้าท่า เจ้าหน้าที่กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ เจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการศึกษาวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์

คุณประโยชน์อันใดที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอขอบความดีทั้งปวงแด่ บิดามารดา ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้าตั้งแต่ต้นจนสำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

นายพรเทพ จูทังคะ

กรกฎาคม 2547

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	3
การเกิดอุทกภัย	12
ลักษณะน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	12
กระบวนการน้ำฝน – น้ำท่า	16
การศึกษาแบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่าโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์	18
การศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์	22
ทฤษฎีของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา	25
เกณฑ์การยอมรับแบบจำลอง	35
อุปกรณ์และวิธีการ	39
อุปกรณ์	39
วิธีการดำเนินงาน	39
ผลการศึกษา	48
การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SCS และ แบบจำลอง MIKE 11 - HD	48
การประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าที่จุดควบคุมด้านเหนือน้ำและด้านข้าง โดยแบบจำลอง SCS สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ	73
การประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย”	79
มาตรการป้องกันและบรรเทาอุทกภัย	94
ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ	102
ข้อสรุป	102

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ข้อเสนอแนะ	105
เอกสารอ้างอิง	107
ภาคผนวก	110
กราฟปริมาณน้ำหลากสำหรับแต่ละพื้นที่รับน้ำฝน ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ	111

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พื้นที่รับน้ำฝนของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย”	5
2	ค่า CN สำหรับพื้นที่ที่มีชนิดดินและการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ ตามมาตรฐาน โดย U.S. Department of Agriculture	29
3	บทสรุปของสมการเซนต์-วีแนนท์	36
4	รายละเอียดพื้นที่รับน้ำฝนของโครงการฯ	40
5	ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในช่วง 30 ปี ของสถานีวัดน้ำฝน อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม	42
6	ข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง SCS	44
7	ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ แบบจำลอง SCS และ MIKE 11 - HD กรณีการไหลเฉพาะในลำน้ำ	59
8	ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ แบบจำลอง SCS และ MIKE 11 - HD กรณีการไหลในทุ่งน้ำท่วม	73
9	ผลการประเมินปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี 1 ถึง 7 วัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ	73
10	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ในแต่ละคลองของโครงการฯ	74
11	ปริมาณน้ำหลากสูงสุดสำหรับแต่ละพื้นที่รับน้ำฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ	81
12	รายละเอียดประตูละบายน้ำของโครงการฯ	83
13	ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัย – คลองสนามชัยกรณีเปิดประตูละบายน้ำต่างๆ ของโครงการฯ ทั้งหมด	84
14	ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัย – คลองสนามชัยกรณีปิดประตูละบายน้ำต่างๆ ของโครงการฯ ทั้งหมด	87
15	ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัย – คลองสนามชัยกรณีปิดประตูละบายน้ำและสูบน้ำออกจากคลองของโครงการฯ	91
16	ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัย – คลองสนามชัยกรณีเปิดประตูละบายน้ำของโครงการฯ โดยมีการก่อสร้าง กันกั้นน้ำ	95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัย – คลองสนามชัยกรณีปิดประตูระบายน้ำของโครงการฯ โดยมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำ	97
18	ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัย – คลองสนามชัยกรณีปิดประตูระบายน้ำและสูบน้ำออกจากคลองของโครงการฯ โดยมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำ	99

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขอบเขตของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย”	4
2	การแพร่กระจายของภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนที่สถานีอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร	7
3	การผันแปรของปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝน อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม	8
4	การผันแปรของระดับน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของสถานีวัดระดับน้ำท่าบางน้ำจืด	9
5	ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย”	11
6	แสดงตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณปริมาณการสูญเสียของพายุฝนโดยวิธี SCS	27
7	แสดงโค้งมาตรฐานของค่า CN สำหรับใช้ในวิธี SCS	28
8	แสดงค่าจำกัดความพารามิเตอร์ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ใช้ในวิธี SCS	33
9	พื้นที่รับน้ำฝนของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย”	41
10	ผังระบบลำน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย”	45
11	กราฟปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2536	50
12	การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11 – HD กับ ที่ได้จากการตรวจวัดสำหรับการสอบเทียบ แบบจำลองกรณีที่มีการไหลเฉพาะในลำน้ำระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน 2536 ที่สถานีบางน้ำจืด	53
13	กราฟปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2538	54
14	การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11 – HD กับ ที่ได้จากการตรวจวัดสำหรับการตรวจ พิสูจน์แบบจำลองกรณีที่มีการไหลเฉพาะในลำน้ำระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน 2532 ที่สถานีบางน้ำจืด	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
15	การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11 – HD กับ ที่ได้จากการตรวจวัดสำหรับการตรวจ พิสูจน์แบบจำลองกรณีที่มีการไหลเฉพาะในลำน้ำระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน 2538 ที่สถานีบางน้ำจืด	58
16	กราฟปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2536	60
17	การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11 – HD กับ ที่ได้จากการตรวจวัดสำหรับการ สอบเทียบแบบจำลองกรณีที่มีการไหลในทุ่งน้ำท่วมระหว่าง วันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน 2536 ที่สถานีบางน้ำจืด	63
18	กราฟปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2532	65
19	กราฟปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2538	68
20	การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11 – HD กับ ที่ได้จากการตรวจวัดสำหรับการตรวจ พิสูจน์แบบจำลองกรณีที่มีการไหลในทุ่งน้ำท่วมระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน 2532 ที่สถานีบางน้ำจืด	71
21	การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11 – HD กับ ที่ได้จากการตรวจวัดสำหรับการตรวจ พิสูจน์แบบจำลองกรณีที่มีการไหลในทุ่งน้ำท่วมระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน 2538 ที่สถานีบางน้ำจืด	72
22	กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ความถี่ของฝนสูงสุด 1 วัน ของโครงการฯ	75
23	กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ความถี่ของฝนสูงสุด 3 วัน ของโครงการฯ	76
24	กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ความถี่ของฝนสูงสุด 5 วัน ของโครงการฯ	77
25	กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ความถี่ของฝนสูงสุด 7 วัน ของโครงการฯ	78
26	การกระจายตัวของฝน 24 ชั่วโมงของสถานีวัดน้ำฝน อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม	80

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย – คลองสนามชัย กรณีเปิด ประตู ที่รอบปีการเกิดน้ำต่างๆ	85
28	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย – คลองสนามชัย กรณีปิด ประตู ที่รอบปีการเกิดน้ำต่างๆ	88
29	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย – คลองสนามชัย กรณีปิด ประตู และสูบน้ำออกจากคลอง ที่รอบปีการเกิดน้ำต่างๆ	92
30	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย – คลองสนามชัย กรณีมีคันกั้นน้ำและเปิด ประตู ที่รอบปีการเกิดน้ำต่างๆ	96
31	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย – คลองสนามชัย กรณีมีคันกั้นน้ำและปิด ประตู ที่รอบปีการเกิดน้ำต่างๆ	98
32	ระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย – คลองสนามชัย กรณีมีคันกั้นน้ำ ปิด ประตู และสูบน้ำออกจากคลอง ที่รอบปีการเกิดน้ำต่างๆ	100
ภาพผนวกที่		
1	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านเหนือน้ำ (upstream boundary) ที่รอบปี การเกิดน้ำต่างๆ ของคลองมหาชัยโดยใช้ฝนสูงสุด 1 วัน	112
2	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดน้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำราชมณเฑียรโดยใช้ฝนสูงสุด 1 วัน	113
3	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดน้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำสะแกโดยใช้ฝนสูงสุด 1 วัน	114
4	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดน้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำเลนเบนโดยใช้ฝนสูงสุด 1 วัน	115
5	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดน้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำปรังโดยใช้ฝนสูงสุด 1 วัน	116
6	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดน้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำน้ำจืด โดยใช้ฝนสูงสุด 1 วัน	117

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
7	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำลุ่มน้ำโดยใช้ฝนสูงสุด 1 วัน	118
8	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านเหนือ (upstream boundary) ที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองสรรพสามิตโดยใช้ฝนสูงสุด 1 วัน	119
9	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านเหนือ (upstream boundary) ที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัยโดยใช้ฝนสูงสุด 3 วัน	120
10	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำราชมนตรีโดยใช้ฝนสูงสุด 3 วัน	121
11	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำสะแกโดยใช้ฝนสูงสุด 3 วัน	122
12	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำเลนเบนโดยใช้ฝนสูงสุด 3 วัน	123
13	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำปรังโดยใช้ฝนสูงสุด 3 วัน	124
14	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำน้ำจืดโดยใช้ฝนสูงสุด 3 วัน	125
15	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำลุ่มน้ำโดยใช้ฝนสูงสุด 3 วัน	126
16	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านเหนือ (upstream boundary) ที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองสรรพสามิตโดยใช้ฝนสูงสุด 3 วัน	127
17	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านเหนือ (upstream boundary) ที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัยโดยใช้ฝนสูงสุด 5 วัน	128
18	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำราชมนตรีโดยใช้ฝนสูงสุด 5 วัน	129
19	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำสะแกโดยใช้ฝนสูงสุด 5 วัน	130

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
20	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำเลนเบน โดยใช้ฝนสูงสุด 5 วัน	131
21	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำปรัง โดยใช้ฝนสูงสุด 5 วัน	132
22	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำน้ำจืด โดยใช้ฝนสูงสุด 5 วัน	133
23	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำสีวา โดยใช้ฝนสูงสุด 5 วัน	134
24	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านเหนือ (upstream boundary) ที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองสรรพสามิต โดยใช้ฝนสูงสุด 5 วัน	135
25	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านเหนือ (upstream boundary) ที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัย โดยใช้ฝนสูงสุด 7 วัน	136
26	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำราชมณตรี โดยใช้ฝนสูงสุด 7 วัน	137
27	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำสะแก โดยใช้ฝนสูงสุด 7 วัน	138
28	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำเลนเบน โดยใช้ฝนสูงสุด 7 วัน	139
29	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำปรัง โดยใช้ฝนสูงสุด 7 วัน	140
30	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำน้ำจืด โดยใช้ฝนสูงสุด 7 วัน	141
31	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านข้างที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำสีวา โดยใช้ฝนสูงสุด 7 วัน	142
32	กราฟปริมาณน้ำไหลเข้าทางด้านเหนือ (upstream boundary) ที่รอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองสรรพสามิต โดยใช้ฝนสูงสุด 7 วัน	143

การประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง
“คลองมหาชัย – คลองสนามชัย” โดยแบบจำลอง MIKE 11

A Performance Evaluation of Drainage System of “Klong Mahachai – Klong
Sanamchai” Monkey Cheek Project using MIKE 11 Model

คำนำ

ปัจจุบันมักจะเกิดอุทกภัยขึ้นในเกือบทุกภูมิภาคของโลก ซึ่งบางแห่งก็มีความรุนแรงมากมีผู้คนเสียชีวิตไปในอุทกภัย แต่ครั้งไม่บ่อย และความเสียหายที่เกิดกับบ้านเรือน ทรัพย์สินมีมากมาย ซึ่งการจะป้องกันอุทกภัยเหล่านั้น ต้องมีการจัดการที่เป็นระบบ มีความร่วมมือจากทุกฝ่าย ถึงจะสามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากอุทกภัยได้

กรุงเทพมหานครเป็นเมืองหลวงของประเทศ มีพื้นที่เป็นที่ราบลุ่ม มักจะถูกน้ำท่วมขังจากน้ำที่ไหลลงมาจากทางตอนเหนือของประเทศ ประกอบกับการได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชัน ทำให้เกิดน้ำท่วมขังในหลายพื้นที่ ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจ

โครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” เป็นโครงการที่ช่วยในการป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยาและปริมณฑล ซึ่งหลักการของโครงการมุ่งจัดการกับปัจจัยที่จำกัดของกรุงเทพมหานคร โครงการนี้จะมีสมรรถนะในการป้องกันน้ำท่วมได้มากแค่ไหน ขึ้นอยู่กับการจัดการที่มีระบบที่ดีและความผสมผสานของโครงสร้างย่อยต่างๆ เช่น ทางระบายน้ำ ประตูระบายน้ำ สถานีสูบน้ำ ฯลฯ

ในการประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” ครั้งนี้ เน้นการศึกษาเพื่อหาแนวทางเพิ่มสมรรถนะระบบระบายน้ำและลดผลกระทบที่เกิดจากโครงการฯ โดยการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 มาจำลองสภาพการระบายน้ำของโครงการฯ เพื่อศึกษาถึงปัญหาที่เกิดจากน้ำท่วมขัง ในพื้นที่กรุงเทพมหานครฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยาและปริมณฑล ตลอดจนบริเวณพื้นที่รับน้ำของโครงการฯ พร้อมเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงแก้ไขระบบระบายน้ำให้มีสมรรถนะดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

การศึกษาเพื่อประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย”
2. ประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย - คลองสนามชัย” โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE 11
3. ศึกษาผลกระทบด้านน้ำท่วมที่เกิดขึ้นเนื่องจากโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย” พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการแก้ไข

การตรวจเอกสาร

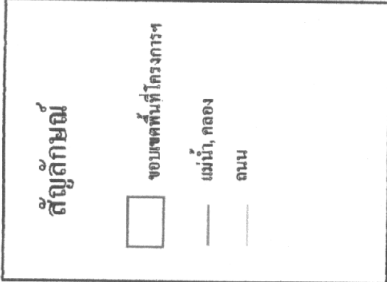
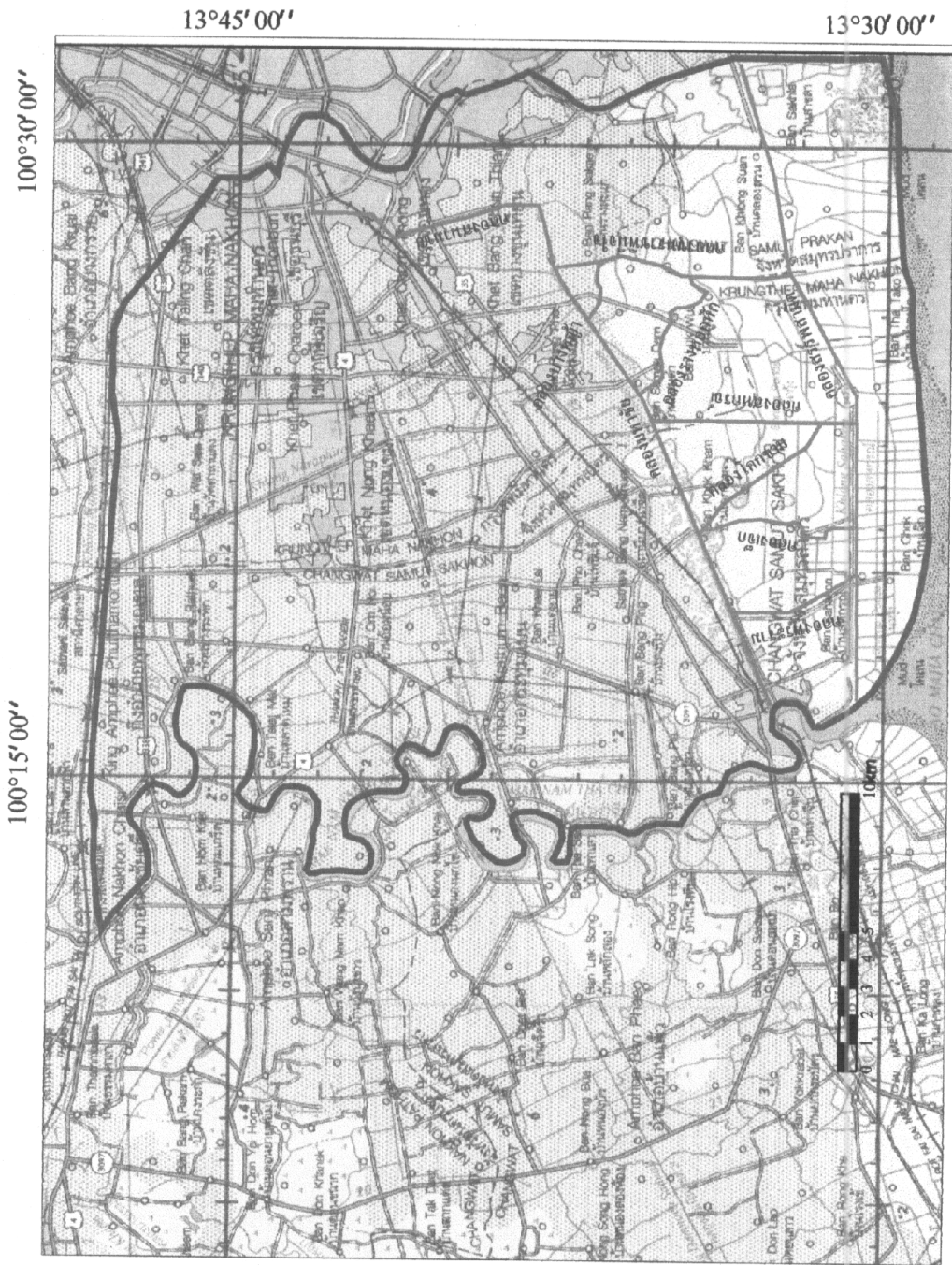
1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

1.1 สภาพภูมิประเทศ

โครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” เป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริมีวัตถุประสงค์ในการช่วยระบายน้ำท่วมขังจากพื้นที่ตอนบน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา (ฝั่งธนบุรี) ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เพื่อระบายน้ำออกสู่ทะเลโดยเร็วที่สุด โดยการก่อสร้างประตูระบายน้ำ (ปตร.) ปิดกั้นคลองสายต่างๆ พร้อมทั้งสถานีสูบน้ำตามความจำเป็น โดยแก้มลิงจะทำหน้าที่รวบรวม รับ และดึงน้ำท่วมขังออกจากพื้นที่ตอนบนลงมาเก็บไว้ในคลองมหาชัย-คลองสนามชัย แล้วสูบน้ำลงทะเลผ่านทางปากคลองมหาชัย คลองพระราม และคลองขุนราชพินิจใจ ในช่วงที่ระดับน้ำทะเลหนุนสูง รวมทั้งการเปิดระบายออกสู่อ่าวไทยตามจังหวะการขึ้น-ลงของน้ำทะเล โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (กรมชลประทาน, 2541)

โครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย” ตั้งอยู่ระหว่างแม่น้ำเจ้าพระยา กับแม่น้ำท่าจีน โดยมีพื้นที่รับน้ำฝน 486.47 ตารางกิโลเมตร ในเขตจังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร และ กรุงเทพมหานคร โดยตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูด $13^{\circ} 48' 30''$ ถึง $13^{\circ} 30' 00''$ เหนือ และระหว่างเส้นลองจิจูด $100^{\circ} 17' 00''$ ถึง $100^{\circ} 30' 00''$ ตะวันออก สำหรับสภาพภูมิประเทศของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย” นั้นเป็นที่ราบลุ่มมีความลาดชันของพื้นที่ประมาณ 1:24,000 โดยรับน้ำตั้งแต่แนวคันกั้นน้ำคลองมหาสวัสดิ์ ไหลลงมาทางด้านทิศใต้ ลงสู่คลองมหาชัย และ คลองสนามชัย แล้วไหลออกทะเลบริเวณอ่าวมหาชัย อ.เมือง จ.สมุทรสาคร ซึ่งขอบเขตพื้นที่โครงการฯ แสดงดังในภาพที่ 1 โดยอาณาเขตติดต่อของโครงการฯ สรุปได้ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับเขตกิ่ง อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม และเขตคลังชั้น กรุงเทพมหานคร โดยอาศัยคลองมหาสวัสดิ์เป็นแนวรับน้ำ



ภาพที่ 1 ขอบเขตของโครงการแก้มลิง "คลองมหาชัย - คลองสนามชัย"

ทิศตะวันออก ติดต่อกับแม่น้ำเจ้าพระยาตั้งแต่ได้สะพานพระราม 7 ลงไปจนจดเขตราชบุรีบูรณะ เขต อ.พระประแดง และเขตกิ่ง อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ โดยมีคลองขุนราชพินิจใจเป็นแนวแบ่งเขต

ทิศใต้ ติดกับชายทะเลในเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร และชายทะเลเขต อ.เมือง จ.สมุทรสาคร

ทิศตะวันตก ติดกับแม่น้ำท่าจีนในเขต อ.กระทุ่มแบน และ อ.เมือง จ.สมุทรสาคร

พื้นที่รับน้ำของ โครงการฯ แบ่งได้เป็น 8 พื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พื้นที่รับน้ำฝนของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย”

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่รับน้ำฝน	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)
1	มหาชัย	161.69
2	ราชมนตรี	13.85
3	สะแก	20.24
4	เลนเบน	17.60
5	ปรัง	7.60
6	น้ำจืด	63.19
7	คลองสีวา	119.95
8	สรรพสามิต	82.35

1.2 สภาพอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

1.2.1 สภาพภูมิอากาศ

โครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย” มีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มภาคกลาง สภาพภูมิอากาศทั่วไปอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตก

เฉียงใต้ และ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มีฝนตกชุกตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือน ตุลาคม และเนื่องจากพื้นที่รับน้ำของโครงการฯ มีพื้นที่ครอบคลุม 3 จังหวัด คือ จังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรสาคร และ กรุงเทพมหานคร ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่สถานีอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร ของกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ. 2541 ถึง 2543 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

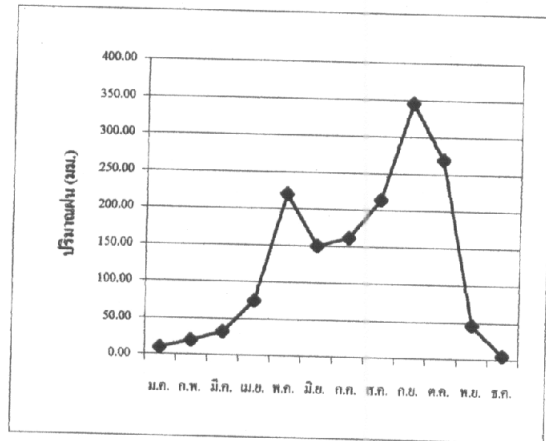
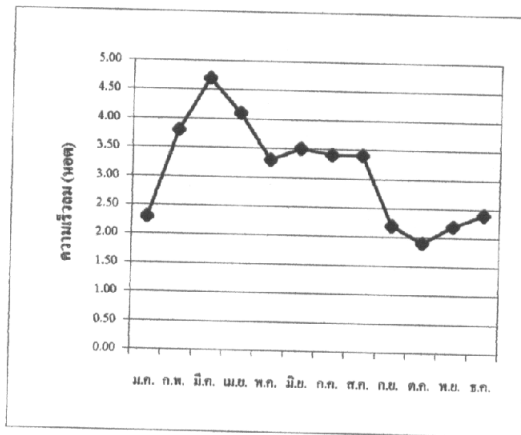
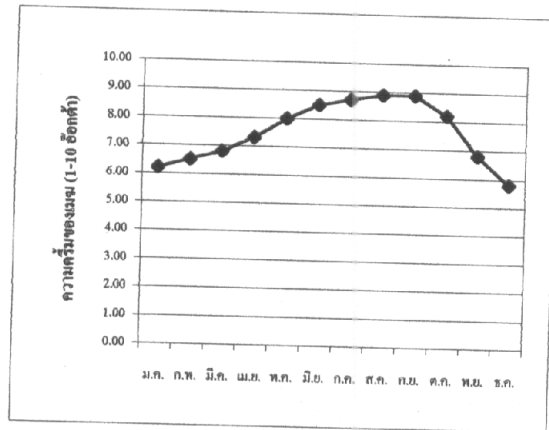
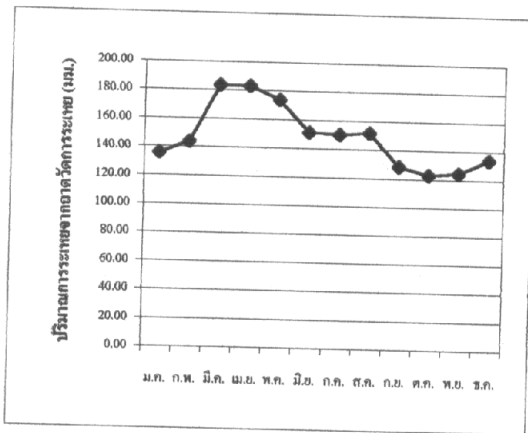
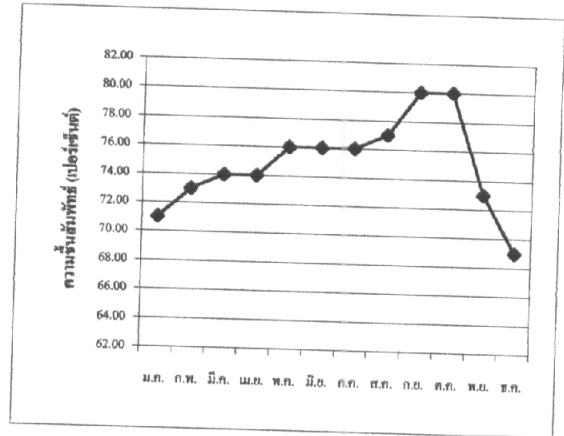
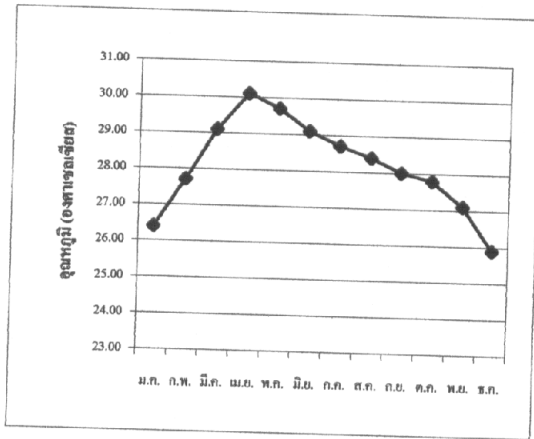
ตัวแปรภูมิอากาศ	ค่าเฉลี่ยรายปี	ช่วงพิสัย	ค่าเฉลี่ยสูงสุด	ค่าเฉลี่ยต่ำสุด
		ค่าเฉลี่ยรายเดือน	รายเดือน	รายเดือน
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.2	25.9-30.1	35.1 (เม.ย.)	21.1 (ธ.ค.)
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	75.0	69.0-80.0	93.0 (ก.ย.)	49.0 (ม.ค.)
ความครึ้มของเมฆ (0-10 อีอกดำ)	7.6	5.8-8.9	-	-
ความเร็วลม (ม็อต)	2.4	1.9-4.7	45.0 (เม.ย.)	-
ปริมาณการระเหย จากผิวดิน การระเหย (มม.)	1,782.50	122.8-183.6	-	-

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2545)

สำหรับการแพร่กระจายของตัวแปรภูมิอากาศรายเดือนที่สำคัญของสถานีตรวจวัด อากาศกรุงเทพมหานครแสดงดังภาพที่ 2

1.2.2 ปริมาณฝน

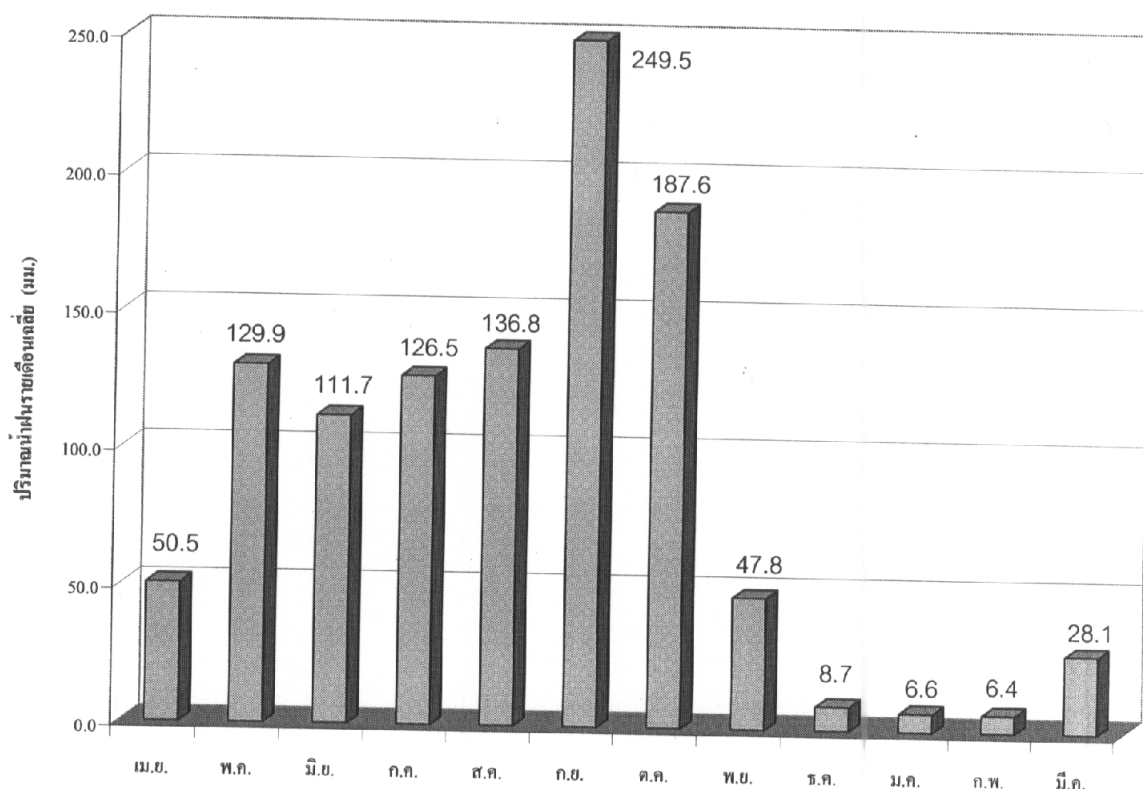
เนื่องจากไม่มีสถานีวัดน้ำฝนในเขตพื้นที่โครงการฯ จึงได้นำสถิติข้อมูลน้ำฝนของสถานีที่อยู่ใกล้พื้นที่โครงการฯ มากที่สุด คือ สถานีนครชัยศรี (23022) ซึ่งทำการตรวจวัดโดยกรมชลประทาน ซึ่งรวบรวมตั้งแต่ปี พ.ศ.2514 ถึง 2543 โดยค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนและรายปีสรุปได้ดังนี้



ภาพที่ 2 การแพร่กระจายของตัวแปรภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนที่สถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพมหานคร

	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
ปริมาณฝนเฉลี่ย (มม.)	50.5	129.9	111.7	126.5	136.8	249.5	187.6	47.8	8.7	6.6	6.4	28.1	942.1	148.2	1090.3

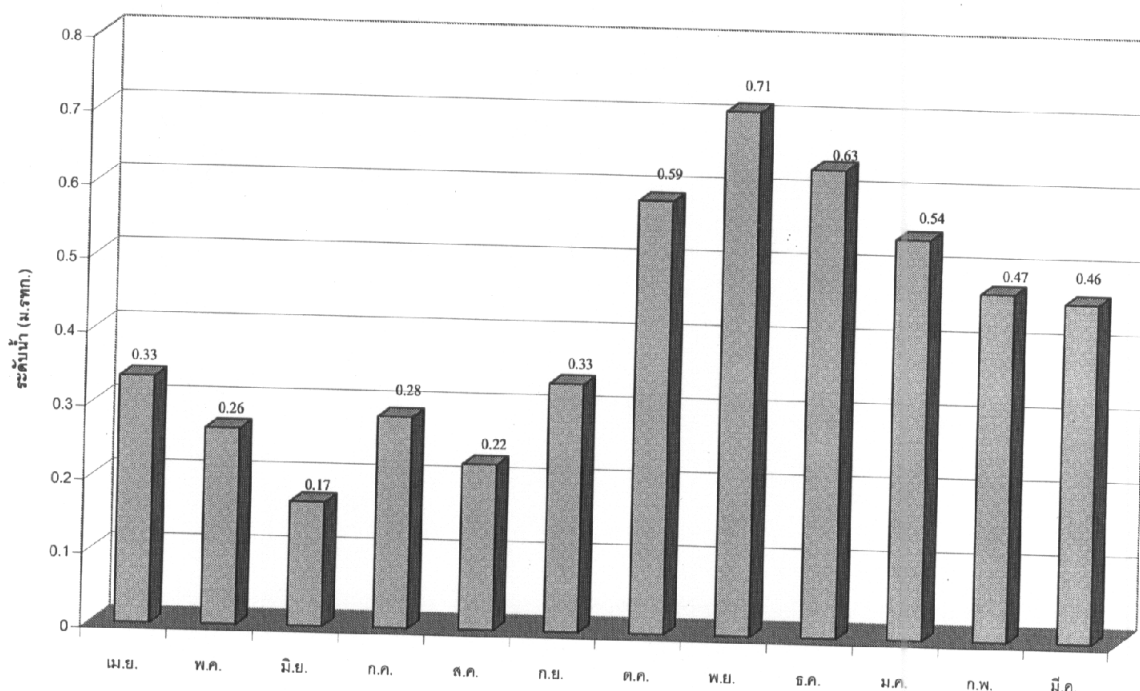
จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนข้างต้นสามารถแสดงการกระจายของปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน ได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การผันแปรของปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝน อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม

1.2.3 ปริมาณน้ำท่า

เนื่องจากพื้นที่โครงการฯ มีสถานีวัดระดับน้ำท่าอยู่สถานีเดียว คือสถานีบางน้ำจืด การศึกษาปริมาณน้ำท่าในเขตพื้นที่โครงการฯ หาได้จากการประเมินปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝนโดยเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ซึ่งรายละเอียดของการประเมินกราฟน้ำท่าจากข้อมูลฝนจะได้กล่าวต่อไปในหัวข้อวิธีการดำเนินงาน โดยที่ระดับน้ำท่าเฉลี่ยที่สถานีบางน้ำจืดแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การผันแปรของระดับน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของสถานีวัดระดับน้ำท่าบางน้ำจืด

1.3 สภาพดินและการใช้ที่ดิน

สภาพดิน

พื้นที่โครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” อยู่ห่างจากชายฝั่งทะเลโดยเฉลี่ยไม่เกิน 20 กิโลเมตร เป็นพื้นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเลและที่ลุ่มบริเวณปากแม่น้ำลำคลองที่น้ำทะเลขึ้นถึง ดินในบริเวณนี้เกิดจากตะกอนทับถม ความลาดเทของพื้นที่น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ส่วนใหญ่จะมีน้ำแช่ขังเป็นเวลานาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝน การระบายน้ำของดินค่อนข้างไม่ดี เนื้อดินบนเป็นดินเหนียว หรือดินเหนียวปนทรายแป้งมีสีน้ำตาลจนถึงสีเทาเข้มปนเขียว ดินล่างเป็นดินเหนียวจนถึงดินเลน มีสีเทาปนเขียว ความสามารถในการรับน้ำหนัก (bearing capacity) ต่ำ ปฏิกริยาของดินเป็นกลางถึงเป็นด่างแก่ มีปริมาณเกลือโซเดียมค่อนข้างสูง โดยเฉพาะดินด้านล่าง จากข้อมูลการสำรวจดินเบื้องต้นพบว่าในพื้นที่โครงการมีชุดดินที่ปรากฏชัดอยู่ 2 ชุด คือ ดินชุดท่าจีน (Tc) และดินชุดสมุทรปราการ (Sm)

การใช้ที่ดิน

พื้นที่ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่โครงการใช้ในการเลี้ยงปลา เลี้ยงกุ้ง เลี้ยงปู เลี้ยงหอย และทำนาเกลือ ส่วนที่เหลือจะเป็นหมู่บ้าน ที่ดินจัดสรร โรงงานอุตสาหกรรม และป่าชายเลน ฯลฯ โดยภาพที่ 5 ได้แสดงลักษณะการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่โครงการฯ

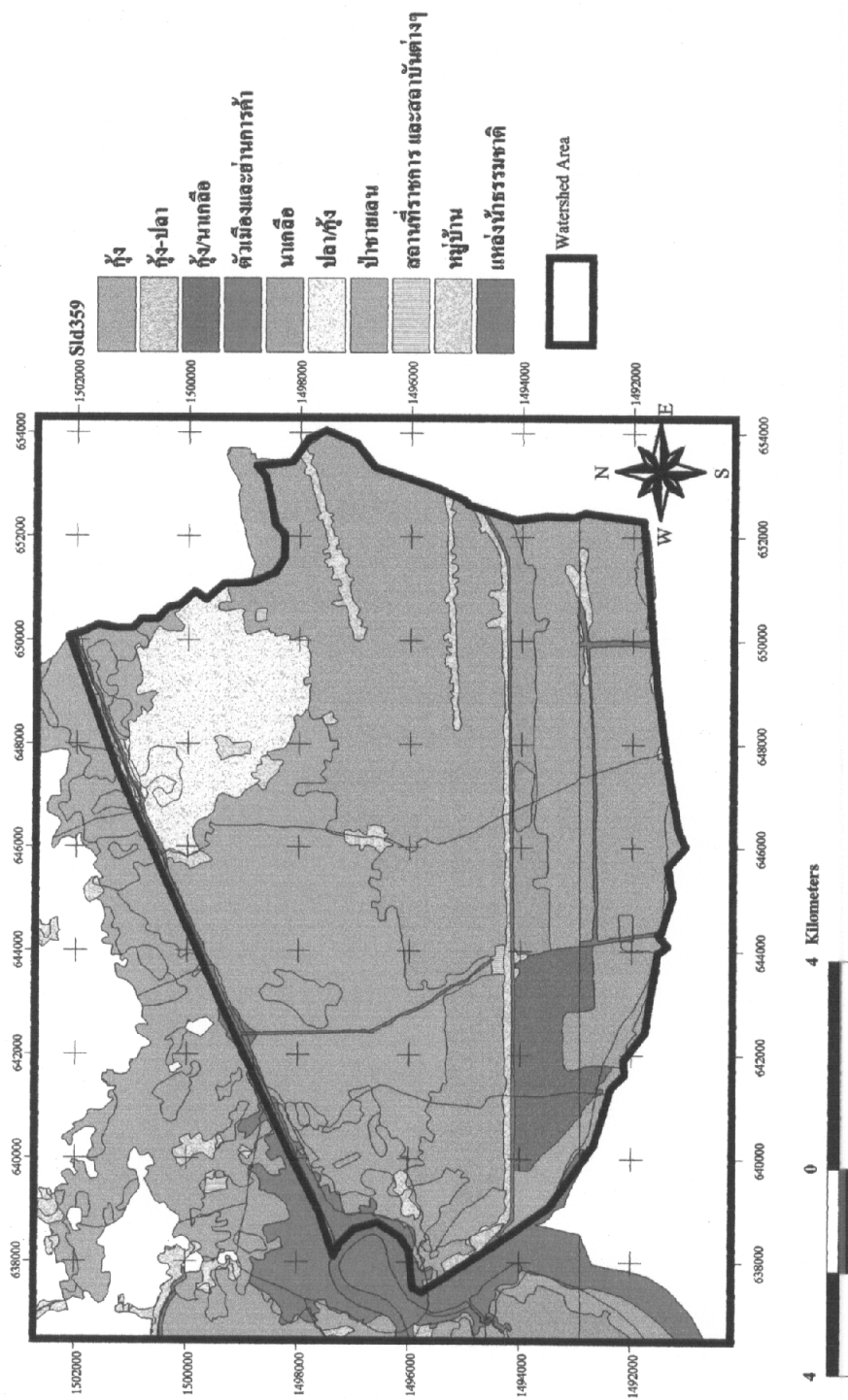
1.4 การระบายน้ำ

พระราชดำริโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” มีวัตถุประสงค์ในการช่วยระบายน้ำจากพื้นที่ตอนบน โดยเฉพาะทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา รวมทั้งกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลออกสู่ทะเลโดยเร็วที่สุด

พื้นที่ทางตอนล่างตั้งแต่คลองภาษีเจริญจนถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเลจะมีคูคลองธรรมชาติที่เชื่อมต่อระหว่างคลองภาษีเจริญและคลองมหาชัย-คลองสนามชัย ตามแนวเหนือ-ใต้ อาทิเช่น คลองน้อย คลองมะเดื่อ คลองสี่วาพาสวัสดิ์ คลองบางบอน คลองน้ำจืด คลองปรัง และคลองขุนราชพินิจใจ เป็นต้น และระหว่างคลองมหาชัย-คลองสนามชัย กับคลองสหกรณ์ซึ่งเป็นคลองที่วิ่งเลียบบไปตามชายฝั่งทะเล จะมีคลองธรรมชาติที่เชื่อมต่อกัน เช่น คลองเจ๊ก คลองโคกขาม คลองแสมดำ คลองรางหอกหัก คลองบางหญ้า เป็นต้น

คลองมหาชัย-คลองสนามชัย เป็นคลองที่เชื่อมระหว่างแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีน โดยทางปลายด้านแม่น้ำเจ้าพระยาเรียกว่าคลองสนามชัย ส่วนปลายคลองด้านแม่น้ำท่าจีนเรียกว่าคลองมหาชัย ลักษณะคลองเป็นคลองที่มีความกว้างของคลองประมาณ 80-110 เมตร ลึก 6-8 เมตร บริเวณด้านคลองมหาชัยที่ติดกับแม่น้ำท่าจีนมีลักษณะการใช้ที่ดินค่อนข้างหนาแน่น โดยปัจจุบันได้เปลี่ยนเป็นชุมชนเกือบหมด โดยเฉพาะที่ดินติดกับแม่น้ำท่าจีนและคลองมหาชัยมีการสร้างที่อยู่อาศัยและรีสอร์ทเป็นจำนวนมาก ทางฝั่งขวาของคลองมหาชัยมีทางรถไฟสายมหาชัยเลียบบผ่าน นอกจากนี้ยังมีถนนสายธนบุรี-ปากท่อ อยู่ทางทิศเหนือของทางรถไฟ

คูคลองธรรมชาติที่เชื่อมในแนวเหนือใต้ ส่วนใหญ่เป็นคลองขนาดเล็ก ที่มีความกว้างคลองไม่มากนัก ประมาณ 20-50 เมตร และลึก 2-5 เมตร



ภาพที่ ๕ ลักษณะการใช้ที่ดินในบริเวณโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย”

2. การเกิดอุทกภัย

กรมอุตุฯ (2522) ได้ให้ความหมายของการเกิดอุทกภัยไว้ว่า อุทกภัยหมายถึง สภาวะที่น้ำไหลเอ่อล้นฝั่งแม่น้ำ ลำธารหรือทางน้ำ ท่วมพื้นที่ซึ่งโดยปกติมิได้อยู่ใต้อุทกภัยหรือเกิดจากการสะสมน้ำบนพื้นที่ซึ่งระบายออกไม่ทัน ทำให้พื้นที่ปกคลุมไปด้วยน้ำ ลักษณะการเกิดอุทกภัยในประเทศไทยแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ลักษณะน้ำท่วมขัง (drainage floods) เป็นสภาวะน้ำท่วมที่เกิดขึ้นเนื่องจากระบบระบายน้ำไม่มีประสิทธิภาพ มักเกิดบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำและบริเวณชุมชนเมืองใหญ่ๆ มีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป เกิดจากฝนตกหนัก ณ บริเวณนั้นๆ ติดต่อกันเป็นเวลาหลายวันหรือเกิดจากสภาวะน้ำล้นตลิ่ง น้ำท่วมขัง ส่วนใหญ่จะเกิดบริเวณท้ายน้ำ มีลักษณะแผ่เป็นบริเวณกว้าง

2. ลักษณะน้ำท่วมฉับพลัน (flash floods) เป็นสภาวะน้ำท่วมที่เกิดขึ้นและลดลงอย่างฉับพลันเนื่องจากฝนตกหนักในบริเวณพื้นที่ที่มีความชันมากและมีคุณสมบัติในการเก็บกักหรือต้านน้ำน้อย น้ำท่วมฉับพลันมักเกิดขึ้นหลังจากฝนตกหนักไม่เกิน 6 ชั่วโมง และมักจะเกิดบริเวณที่ราบระหว่างหุบเขา ซึ่งอาจไม่มีฝนตกหนักในบริเวณนั้นมาก่อน แต่มีฝนตกหนักมากบริเวณต้นน้ำที่อยู่ห่างออกไปทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันได้

3. ลักษณะน้ำท่วมในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ชูเกียรติและไตรรัตน์ (2529) กล่าวว่า เนื่องจากลุ่มน้ำเจ้าพระยาอยู่ภายใต้อิทธิพลของฝนที่นำมาโดยลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดีย และพายุจรจากทะเลจีนใต้ในตอนต้นฤดูฝนเมื่อดินยังชุ่มน้ำอยู่ น้ำฝนจะมีโอกาสกลายเป็นน้ำท่าได้มากขึ้น แต่ปริมาณจะไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดน้ำท่วมได้

เมื่อลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งนำฝนมาตกในพื้นที่แล้ว ดินก็จะเริ่มอืดตัวขึ้น น้ำท่าก็จะยังมีขังอยู่ในห้วย หนอง คลอง บึง ตลอดจนแม่น้ำลำธารต่างๆ และถ้าเกิดพายุจรนำฝนใหญ่มาให้ก็เป็นครั้งคราวแล้ว น้ำท่าก็จะเกิดมีขึ้นอย่างรวดเร็ว

หากน้ำท่าที่เกิดขึ้นในสาขาใหญ่ของแม่น้ำเจ้าพระยา เช่น แม่น้ำปิง แม่น้ำวัง แม่น้ำยม และแม่น้ำน่าน เกิดขึ้นพร้อมกันหลายๆ สาขาแล้ว น้ำท่าที่ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาก็จะมีปริมาณมากเกินความจุของแม่น้ำเจ้าพระยา และทำให้น้ำล้นตลิ่งและเกิดภาวะน้ำท่วมขึ้นที่บริเวณสองฝั่งของแม่น้ำเจ้าพระยา

โอกาสที่จะมีพายุจรนำฝนใหญ่หรือฝนที่มีปริมาณมากไปตกบริเวณกว้างๆ ก็คือในเดือนกันยายนซึ่งในเวลาเดียวกันฝนจากลมมรสุมก็อยู่ในเกณฑ์ชุกมากอยู่แล้ว ฉะนั้นเมื่อพายุจร 2-3 ลูกนำฝนจำนวนมากมาตกเป็นบริเวณกว้างในกลุ่มน้ำเจ้าพระยาเพิ่มเติมขึ้นอีกก็จะทำให้ระดับน้ำสูงขึ้นมากกว่าปกติจนกลายเป็นอุทกภัยขึ้นได้ ดังนั้นเดือนกันยายนของทุกปีจึงเป็นเดือนที่สำคัญที่สุดสำหรับกลุ่มน้ำเจ้าพระยา

กลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างประกอบด้วยแม่น้ำเจ้าพระยาและสาขาแยกคือ แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำน้อย แม่น้ำลพบุรี และแม่น้ำป่าสัก สำหรับแม่น้ำเจ้าพระยานั้น เมื่อได้รับน้ำท่าจากแม่น้ำ ปิง วัง ยม น่าน ซึ่งมาบรรจบกันเป็นแม่น้ำเจ้าพระยาที่ปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์นั้นระดับน้ำจะค่อยๆ สูงขึ้นจากเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนมิถุนายน แล้วจะลดลงเล็กน้อยในเดือนกรกฎาคม แล้วจะกลับสูงขึ้นใหม่อย่างช้าๆ ตั้งแต่ปลายเดือนกรกฎาคม จนมีระดับน้ำสูงสุดระหว่างปลายเดือนกันยายนถึงต้นเดือนตุลาคม ถ้าปีใดมีฝนตกหนักในกลุ่มน้ำตอนบนและบ่าลงมาจากลำน้ำสาขาทางเหนือ 2 สาขาพร้อมๆ กัน เช่น แม่น้ำปิงกับแม่น้ำวัง หรือแม่น้ำยมกับแม่น้ำน่านแล้วก็จะทำให้น้ำท่วมจนเป็นอุทกภัยในทุ่งราบภาคกลางได้

ในระหว่างจังหวัดนครสวรรค์กับจังหวัดชัยนาททางฝั่งขวาหรือฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยาจะมีแม่น้ำสาขาที่รับน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาระบายออกไปคือ แม่น้ำสุพรรณ หรือแม่น้ำท่าจีน ซึ่งสามารถรับเอาน้ำไปได้เวลาน้ำขึ้นจนเต็มตลิ่งประมาณ 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ส่วนอีกสาขาหนึ่งก็คือแม่น้ำน้อยซึ่งสามารถรับน้ำไปได้ประมาณ 200-250 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ส่วนแม่น้ำเจ้าพระยาตอนใต้ปากแม่น้ำน้อยสามารถรับน้ำเต็มตลิ่งได้ประมาณ 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ฉะนั้นจึงเป็นเกณฑ์ความจุของแม่น้ำเจ้าพระยาที่นครสวรรค์ประมาณ 3,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ถ้าปีใดมีปริมาณน้ำเหนือน้อยกว่านี้หรือเพียงเท่านี้แล้ว ที่ราบตอนกลางส่วนเหนือก็จะไม่มีน้ำท่วมตลิ่ง

สำหรับทางฝั่งตะวันออก หรือฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา มีทางระบายน้ำโดยรับน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาเข้าแม่น้ำลพบุรีที่จังหวัดสิงห์บุรี ซึ่งสามารถรับน้ำได้ประมาณ 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที นอกจากนั้นยังมีคลองที่สำคัญ เช่นคลองบางแก้วที่จังหวัดอ่างทองซึ่งสามารถรับน้ำได้ประมาณ 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แล้วไหลไปบรรจบกับแม่น้ำลพบุรีที่อำเภอหาราช จังหวัดพระนครศรีอยุธยา แต่เนื่องด้วยแม่น้ำน้อยและแม่น้ำลพบุรีได้ไหลกลับเข้าบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และแม่น้ำป่าสักซึ่งเป็นแม่น้ำสาขาที่ห้าซึ่งมีปริมาณน้ำนองในฤดูน้ำปีปกติประมาณ 500-700 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที นั้นก็มาบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

จากสาเหตุที่มีน้ำจากที่ราบตอนกลางส่วนเหนือ ไหลลงสู่ที่ราบตอนกลางส่วนใต้บริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยารวมทั้งสองกรณีดังกล่าวข้างต้น และสาเหตุที่สามก็คือตัวของ แม่น้ำเจ้าพระยาเองตั้งแต่บริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยาลงไปมีความลาดชันน้อย ความจุของ แม่น้ำจึงเหลือเพียงประมาณ 2,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เท่านั้น ดังนั้นที่ราบตอนกลางส่วนใต้คือตั้งแต่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาลงมาจึงต้องมีน้ำล้นตลิ่งแทบทุกปี แต่ที่ราบนี้เป็นพื้นที่ราบแบบผืนใหญ่กว้างประมาณข้างละ 20-30 กิโลเมตร และยาวถึง 60 กิโลเมตร น้ำที่ล้นฝั่งจึงแผ่ตัวเป็นชั้นบางๆ เข้าไปในทุ่งได้โดยง่าย กลายเป็นลักษณะน้ำท่วมทุ่งที่พอเหมาะสำหรับทำนาปีได้ดี โดยระดับน้ำสูงสุดรายปีที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาจะอยู่ระหว่าง 3.50-4.20 เมตร (ร.ท.ก.) ซึ่งเกณฑ์นี้ถือว่าเป็นปีที่น้ำพอเหมาะแก่การทำไร่นา

หากเมื่อน้ำล้นฝั่งของทุ่งตอนบนแล้วประจวบเหมาะกับน้ำจากเหนือลดลงและน้ำในร่องน้ำลดลงด้วย น้ำที่เข้าไปขังอยู่ในทุ่งก็จะทยอยกันไหลกลับสู่ร่องน้ำทางระบายต่างๆ ใหม่อีกได้ เพื่อไหลไปลงทะเล ในปีเช่นนี้ระดับน้ำจะขึ้นก่อนข้างสูงแต่อยู่ไม่นานและตามปกติประมาณ 1 ครั้งในรอบ 4-5 ปี และถ้าท่วมก็จะท่วมเฉพาะที่ลุ่มเป็นบางส่วน ไม่เดือดร้อนไปทั่วทั้งที่ราบตอนกลางของประเทศ แต่ถ้าบังเอิญลุ่มน้ำในภาคเหนือที่มีฝนตกในคราวเดียวกันนั้นเป็นลุ่มน้ำใหญ่ เช่น แม่น้ำปิง แม่น้ำน่าน และน้ำท่าที่เกิดได้ไหลลงมาถึงปากน้ำโพพร้อมกันก็จะมีปริมาณมากกว่าในกรณีดังกล่าวมาแล้วอีก และถ้ามีฝนหนักเนื่องจากอิทธิพลของพายุจร 2-3 ลูกในเดือนกันยายน ทำให้มีน้ำท่าจำนวนมากไหลบ่าลงสู่ทุ่งราบภาคกลางหนุ่นเนื่องกันมาเรื่อยๆ ทำให้น้ำในร่องน้ำมีระดับสูงอยู่หลายวันแล้วล้นฝั่งได้เป็นระยะทางยาวขึ้น และปริมาณน้ำไหลเข้าทุ่งก็มากขึ้น เพราะถ้าเมื่อน้ำล้นเข้าทุ่งในระยะแรกแล้วน้ำยังไม่หมด ระดับน้ำที่ไหลลงมากก็ยังต้องมียอดของระดับน้ำสูงเกินตลิ่งเข้ามาอีก น้ำจึงล้นเข้าทุ่งในเขตตอนล่างลงมาได้ด้วย พอน้ำที่ล้นตลิ่งตั้งแต่ในบริเวณเมือง

ชัยนาท ไหลป่าตามผิวดินลงมาถึงทุ่งตอนล่างนี้ก็ไม่มีความที่จะไหลกลับลงสู่แม่น้ำได้ กลับต้องปะทะกับน้ำที่ล้นตลิ่งเข้ามาอีก ทั้งนี้เพราะความจุเต็มตลิ่งของแม่น้ำเจ้าพระยาจะลดลงเหลือประมาณ 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่บริเวณจังหวัดอ่างทอง

ภายหลังที่แม่น้ำลพบุรีและแม่น้ำป่าสักได้มาบรรจบกันที่บริเวณวัดตองปุ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่บริเวณวัดพนัญเชิง ในบริเวณตัวจังหวัดพระนครศรีอยุธยาเช่นเดียวกันแล้ว ก็ไหลผ่านอำเภอบางปะอิน และมีแม่น้ำน้อยมาบรรจบที่บริเวณอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เนื่องจากปริมาณน้ำได้เพิ่มมากขึ้น ณ จุดบรรจบแห่งนี้ ฉะนั้นแม่น้ำเจ้าพระยาตั้งแต่อำเภอบางไทรลงมาจึงมีขนาดใหญ่ กว้างประมาณ 400-700 เมตรและลึกมาก เพื่อปรับตัวที่จะรับทั้งน้ำจากร่องแม่น้ำและน้ำที่ไหลออกจากทุ่ง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระดับน้ำบนแผ่นดินท่วมทันสูงขึ้น ระดับน้ำนี้จะค่อยๆ สูงขึ้นทุกที่ตราบใดที่มีน้ำในทุ่งและระลอกของยอดของน้ำในแม่น้ำยังไหลมาเรื่อยๆ เพราะไหลลงทะเลไปไม่ทัน หรือจำนวนน้ำที่ไหลมามีมากกว่าจำนวนน้ำที่จะระบายลงทะเลไปได้ ลักษณะน้ำท่วมจึงจะทรงอยู่ระหว่าง 3-6 สัปดาห์ แล้วแต่ปริมาณของน้ำเหนือ โดยที่ความลาดชันทั้งของภูมิประเทศและของผิวน้ำจากอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จนถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยามีน้อยมาก ประกอบกับอยู่ในเขตอิทธิพลของน้ำทะเลหนุนได้ถึง ฉะนั้นความจุของร่องน้ำเต็มตลิ่งบริเวณอำเภอบางไทรจึงมีประมาณ 2,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และที่บริเวณกรุงเทพมหานครประมาณ 2,000-3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในช่วงที่น้ำทะเลหนุนสูงสุดและลดต่ำสุดตามลำดับ

ระยะเวลาที่น้ำในร่องน้ำจากนครสวรรค์จะไหลมาถึงบริเวณกรุงเทพมหานครประมาณ 15 วันและระยะเวลาที่น้ำไหลป่าเข้าไปอยู่ในทุ่งแล้วน้ำจะไหลลงมาตามท้องทุ่งเพื่อไปหาที่ต่ำซึ่งจะไหลช้ากว่าน้ำในร่องน้ำราว 10-20 เท่า คือใช้เวลาประมาณ 4-6 สัปดาห์ เนื่องจากยอดน้ำสูงสุดประจำปีของแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์จะเกิดขึ้นในระยะตั้งแต่ปลายเดือนกันยายนจนถึงกลางเดือนตุลาคม ดังนั้นยอดน้ำสูงสุดที่บริเวณกรุงเทพมหานครจะเกิดขึ้นในระยะกลางเดือนตุลาคมจนถึงปลายเดือนพฤศจิกายน

4. กระบวนการน้ำฝน-น้ำท่า

4.1 กราฟน้ำท่า

กราฟน้ำท่าคือกราฟของปริมาณน้ำหรือระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดิน จะมีการสูญเสียไปในลักษณะของการระเหย บางส่วนซึมลงสู่ผิวดินส่วนที่เหลือเป็นน้ำท่า ซึ่งสามารถเป็นปริมาณน้ำในลำน้ำได้สามลักษณะคือ น้ำที่ไหลบนผิวดิน (Overland Flow) น้ำที่ไหลใต้ผิวดิน (Interflow) และน้ำใต้ดิน (Groundwater Flow) น้ำที่ไหลบนผิวดินเกิดได้ก็ต่อเมื่อความเข้มของฝนที่ตกมีอัตรามากกว่าอัตราการสูญเสียจากกระบวนการต่างๆ ถ้าหากปริมาณน้ำที่ไหลบนผิวดินมีปริมาณมากกว่าความสามารถในการระบายน้ำของลำน้ำก็จะทำให้เกิดน้ำท่วม (Flood) ได้ ส่วนน้ำที่ไหลใต้ผิวดินเกิดจากน้ำส่วนที่ไหลซึมลงในดินผ่านดินชั้นต่างๆ จนกระทั่งถึงชั้นที่น้ำไหลซึมผ่านได้ยากและไหลไปตามแนวนอนในดินจนบรรจบลำน้ำ ซึ่งมีลักษณะการไหลช้ากว่าน้ำที่ไหลบนผิวดินมาก สำหรับน้ำใต้ดินเป็นน้ำฝนส่วนที่ซึมลึกลงไปจนถึงระดับน้ำใต้ดิน และกลายเป็นส่วนหนึ่งของน้ำใต้ดิน น้ำใต้ดินที่เพิ่มขึ้นนี้จะเคลื่อนตัวและไหลไปรวมกับน้ำในลำน้ำในที่สุด น้ำใต้ดินหรือ Baseflow เคลื่อนตัวได้ช้ามากกว่าจะไปปรากฏที่ลำน้ำ จึงถือเป็นองค์ประกอบส่วนน้อยของกราฟน้ำท่า

กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) หมายถึงกราฟน้ำท่าขนาดหนึ่งหน่วยของ Direct Runoff ที่เกิดจากพายุฝนตามช่วงเวลาที่กำหนด โดยสามารถประยุกต์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าเพื่อใช้ในการสร้างกราฟน้ำหลาก (Storm Hydrograph) ที่เกิดจากพายุฝนที่มีความเข้มต่างกัน ซึ่งจะให้ได้ปริมาณการไหลสูงสุดและปริมาตรน้ำท่วมที่นำไปใช้สำหรับการออกแบบอาคารแหล่งน้ำต่างๆ (วีระพล, 2528)

4.2 การเคลื่อนที่ของน้ำท่า

การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของน้ำท่าทำได้ 2 วิธีคือ วิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบลัมพ์ (Lumped System Routing) และวิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบดิสทริบิวท์ (Distributed System Routing) (บุษนารถ, 2545)

4.2.1 วิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบลัมพ์ (Lumped System Routing) แบบจำลองลักษณะนี้มีพื้นฐานของการเฉลี่ยตามพื้นที่ (Spatial Averaging) โดยเป็นการเฉลี่ยแบบทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ น้ำท่าถูกคำนวณให้เป็นฟังก์ชันของเวลาเพียงอย่างเดียว ณ จุดที่พิจารณา การเปลี่ยนแปลงของกระบวนการต่างๆ ภายในระบบของพื้นที่ลุ่มน้ำจะไม่นำมาพิจารณา เช่น การซึมผ่านผิวดิน (Infiltration) จะสมมติให้คงที่ตลอดพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยทั่วไปวิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบลัมพ์หมายถึงการเคลื่อนที่ทางอุทกวิทยา (Hydrologic Routing)

4.2.2 วิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบดิสทริบิวท์ (Distributed System Routing) แบบจำลองประเภทนี้จะพิจารณาดำเนินการเกิดกระบวนการน้ำฝน-น้ำท่า โดยน้ำท่าจะถูกคำนวณให้เป็นฟังก์ชันของทั้งพื้นที่และเวลา (Space and Time) ซึ่งโดยทั่วไปการเคลื่อนที่ของน้ำท่าแบบดิสทริบิวท์นั้นหมายถึงการเคลื่อนที่ทางชลศาสตร์ (Hydraulic Routing)

นุชนารถ (2545) ได้กล่าวถึงการเคลื่อนที่ของน้ำท่าทางชลศาสตร์ (hydraulic routing) ว่า การเคลื่อนที่ของน้ำท่าผ่านผิวดินหรือทางน้ำของลุ่มน้ำใดๆ เป็นการเคลื่อนที่แบบ ดิสทริบิวท์ (distributed flow routing) หรือ การเคลื่อนที่ทางชลศาสตร์ (hydraulic routing) เนื่องจากอัตราการไหล ความเร็ว และความลึกของการไหล มีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ (space) ตลอดพื้นที่ลุ่มน้ำ ในการประมาณค่าอัตราการไหล และระดับน้ำ ณ ตำแหน่งที่สนใจในระบบลำน้ำ กระทำได้โดยใช้แบบจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำท่าแบบดิสทริบิวท์ (a distributed flow routing model) โดยที่แบบจำลองนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของ partial differential equations (the Saint-Venant equations) สำหรับการไหลแบบมิติเดียว (one dimensional flow) ซึ่งสามารถคำนวณค่าอัตราการไหลและระดับน้ำได้ในรูปฟังก์ชันของเวลาและพื้นที่ (time and space)

สมการเซนต์-เวแนนท์ (Saint-Venant Equations)

สมการเซนต์-เวแนนท์ (Saint-Venant Equations) ได้ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดย Barre de Saint-Venant ในปี ค.ศ.1871 ซึ่งเป็นการอธิบายการไหลในทางน้ำเปิดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาแบบหนึ่งมิติ (one-dimensional unsteady open channel flow) ในการสร้างสมการเซนต์-เวแนนท์นั้นจำเป็นต้องมีสมมุติฐานดังต่อไปนี้

(1) เป็นการไหลแบบหนึ่งมิติ (one-dimensional flow) โดยความลึกและความเร็วในการไหลมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางตามความยาวของลำน้ำ ซึ่งหมายความว่า ความเร็วมีค่าคงที่ และพิกัดอยู่ในแนวระดับหน้าตัดใดๆ ที่ตั้งฉากกับแกนตามแนวความยาว (longitudinal axis)

(2) สมมุติให้การไหลเป็นแบบค่อยๆ เปลี่ยนแปลง (gradually varied flow) ตามแนวลำน้ำ ดังนั้นแรงดันของน้ำแบบสถิต (hydrostatic pressure) และความเร่งในแนวตั้ง (vertical accelerations) สามารถไม่นำมาพิจารณาได้

(3) แกนตามแนวความยาวของลำน้ำเป็นเส้นตรงโดยประมาณ

(4) ความลาดชันของท้องน้ำมีน้อยและท้องน้ำมีลักษณะไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งหมายถึง ไม่พิจารณาผลของการกัดเซาะ (scour) และการทับถม (deposition) ของท้องน้ำ

(5) สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (resistance coefficients) สำหรับการไหลแบบ steady uniform turbulent flow สามารถนำมาประยุกต์ได้ ดังนั้นความสัมพันธ์เช่นสมการของแมนนิงสามารถนำมาใช้เพื่ออธิบายผลที่เกิดจากความเสียดทานได้

(6) ของไหลมีสภาพที่ไม่สามารถอัดได้ (incompressible) และความหนาแน่นมีค่าคงที่ตลอดช่วงของการไหล

5. การศึกษาแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

ในการจำลองการไหลของน้ำนั้นจะต้องหาปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้าง (side flow) ที่เกิดจากฝนตกในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ซึ่งจะต้องใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่ามาทำการประมาณปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างด้วย แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่าและสภาพการไหลน้ำท่วมของพื้นที่ลุ่มน้ำที่นิยมใช้ในประเทศไทยมีดังนี้

5.1 แบบจำลอง Tank (Tank Model)

เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย Dr. M. Sugawara แห่ง National Research Center for Disaster Prevention ประเทศญี่ปุ่น ลักษณะของแบบจำลองเป็นแบบ Conceptual Model ซึ่งมีวิธีการคำนวณแบบ explicit รูปแบบของแบบจำลองเรียกว่า serial storage type model ใช้เพื่อการพยากรณ์น้ำสำหรับโครงการด้านแหล่งน้ำต่างๆ โดยใช้ครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1956

ลักษณะของ Tank ที่ใช้ในแบบจำลองนั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันไป เช่น บริเวณที่ชุ่มชื้น ประกอบด้วย Tank 1 ชุด (ชุดละ 4 ใบ) เรียงตัวตามแนวขนานกัน ซึ่งหมายความว่าบริเวณนี้มีการระเหยตัวของน้ำสูงในขณะที่การดูดซึมและการไหลที่ชั้นผิวดินนั้นมีน้อย Tank แต่ละใบจะประกอบด้วยช่องเล็ก ๆ 2 ช่อง คือ ด้านข้าง 1 ช่อง และด้านก้นถังอีก 1 ช่อง โดยช่องด้านข้างจะแทนการไหลของน้ำชั้นผิวดินและการระเหยของน้ำ ส่วนด้านก้นถังจะแทนการดูดซึมของดิน ซึ่งการไหลของน้ำทั้ง 2 ช่องนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของชั้นใต้ดิน Sugawara (1974) แนะนำว่าการที่จะกำหนดรูปแบบของแบบจำลองให้อยู่ในรูป Tank ชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของชั้นน้ำใต้ดิน

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการพัฒนาแบบจำลองประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำท่าและปริมาณฝนตั้งแต่ 5 สถานีขึ้นไป พื้นที่ลุ่มน้ำ แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ พืชพรรณไม้ที่ปกคลุมลุ่มน้ำ ลักษณะของดินและหินบริเวณลุ่มน้ำ สิ่งก่อสร้างต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในลำน้ำ อุณหภูมิรายวัน (สำหรับบริเวณที่มีหิมะปกคลุม) ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ปริมาณน้ำท่ารายวัน

5.1.1 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง Tank

Kamal Uddin (1977) ได้ทดสอบความเหมาะสมในการใช้งานของแบบจำลอง Tank โดยคำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือนจากสถิติน้ำฝนรายเดือนของแม่น้ำน่านบริเวณเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำฝน 12,086 ตารางกิโลเมตร แม่น้ำยม ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.6 จังหวัดสุโขทัย ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำฝน 12,658 ตารางกิโลเมตร และแม่น้ำแควน้อย ที่สถานีวัดน้ำท่า K.10 จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำฝน 7,000 ตารางกิโลเมตร ผลการศึกษาสรุปว่า การใช้แบบ

จำลอง Tank เพื่อคำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือนจากสถิติข้อมูลน้ำฝนได้ผลพอใช้สำหรับแม่น้ำน่าน และแม่น้ำยม ส่วนแม่น้ำแควน้อยได้ผลที่ไม่ดี

M.Loria (1980) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง Tank เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำฝนรายวันและปริมาณน้ำท่ารายวันของกลุ่มน้ำปิง ที่สถานีวัดน้ำท่า P.19A ซึ่งตั้งอยู่ที่บ้านท่าศาลา อำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำฝน 14,230 ตารางกิโลเมตร ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง Tank สามารถใช้คำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือนสำหรับพื้นที่ชุ่มชื้นได้เป็นอย่างดี

วีระชัย (2530) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง Tank เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ น้ำฝน และปริมาณน้ำท่า ของสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 7 สถานี บริเวณลุ่มน้ำป่าสัก โดย กำหนดค่าคงที่ 14 ค่า ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำไม่เกิน 1,000 ตารางกิโลเมตร ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง Tank สามารถคำนวณปริมาณน้ำท่าจากสถิติปริมาณน้ำฝนได้ดี ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ ท่าที่ได้จากการตรวจวัดกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง มีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

5.2 แบบจำลอง SSARR (The Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation Model)

แบบจำลอง SSARR พัฒนาขึ้นโดย Mr. D. Speers แห่ง Corps of Engineer, Portland, Oregon, U.S.A. ใช้สำหรับการพยากรณ์น้ำและการเตือนระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ใช้ครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1957 แบบจำลองนี้สามารถใช้กับลุ่มน้ำใดๆ ก็ได้ที่มีค่าความเปลี่ยนแปลงของเวลา (t) อยู่ ระหว่าง 0.1 ชั่วโมง ถึง 1 วัน สามารถพยากรณ์ได้ 3-4 วันล่วงหน้าสำหรับเหตุการณ์ที่มีสาเหตุมาจากฝน และ 10 วันสำหรับเหตุการณ์ที่มีสาเหตุมาจากหิมะละลาย และยังสามารถคาดหมายเหตุการณ์ต่างๆ ได้ 30-40 วันล่วงหน้า

ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ประจำวันประกอบด้วย ปริมาณฝน อุณหภูมิระดับต่างๆ ที่ ทำให้หิมะละลาย พื้นที่ป่าไม้ที่หิมะปกคลุม น้ำระเหยประจำวันจากถาดน้ำระเหย หรือค่าน้ำระเหย เฉลี่ยรายเดือน ตารางความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับปริมาณน้ำ (rating table) บริเวณทะเลสาบหรือ อ่างเก็บน้ำ

ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ระดับน้ำหรือปริมาณน้ำในบริเวณทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำกับเวลา (hydrograph) และข้อมูลอุตุนิยมิวิทยาต่างๆ รายวัน

5.3 แบบจำลองย่อย Unit Hydrograph ในแบบจำลอง MIKE 11

เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย Danish hydraulic Institute (DHI) ใช้สำหรับเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า โดยการใช้เทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองนั้นประกอบไปด้วย

- ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ
- ลักษณะของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า
- Time Series

5.3.1 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลองย่อย Unit Hydrograph ในแบบจำลอง MIKE 11

ไมตรี (2532) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับน้ำท่า โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ SCS โดยใช้ข้อมูลฝนรายวัน การใช้พื้นที่ ชนิดของดิน ผลการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์แสดงสภาพการปกคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำ (CN) และความชันของพื้นที่มีผลต่อการไหลสูงสุด ปริมาณน้ำท่า และเวลาการเก็บกัก

วริยา (2543) ได้ทำการประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้างของกลุ่มน้ำบางปะกงโดยใช้แบบจำลองย่อย Unit Hydrograph ในแบบจำลอง MIKE 11 เพื่อใช้พยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกง ซึ่งใช้ข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปีตั้งแต่ 1 วัน ถึง 5 วัน สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 25 และ 50 ปี

6. การศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

6.1 แบบจำลอง RUBICON

แบบจำลอง RUBICON ถูกพัฒนาขึ้นโดย HASKONING BV และ Delft Engineering Software ซึ่งเป็นแบบจำลองทางไฮโดรไดนามิก (hydrodynamic) แบบจำลอง RUBICON นี้เหมาะที่จะใช้ในการจำลองพฤติกรรมของอัตราการไหลและระดับน้ำในระบบชลศาสตร์ของทางน้ำเปิดและทางน้ำปิดบางชนิดโดยเฉพาะ ภายใต้เงื่อนไขการไหลแบบไม่ทรงตัว (unsteady flow) และแบบคงตัว (steady flow) แบบจำลอง RUBICON สามารถใช้สำหรับศึกษาปัญหาทางด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น

1. การเคลื่อนตัวของเคลื่อนน้ำท่วมที่ผ่านเข้ามาในทางน้ำ แม่น้ำ ที่ราบที่น้ำสามารถท่วมถึงได้ (flood plain) และอ่างเก็บน้ำ
2. การไหลแบบน้ำขึ้นน้ำลง (tidal flow) ในแม่น้ำ และปริมาณปากแม่น้ำ
3. ผลกระทบของอาคาร หรือ โครงสร้างต่อระบบของทางน้ำ
4. การออกและการปฏิบัติการที่เหมาะสมของระบบชลประทาน และระบบระบายน้ำ
5. การเคลื่อนตัวของคลื่นในระบบไฟฟ้าพลังน้ำ
6. พารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ ในการศึกษาคุณภาพน้ำ
7. การเคลื่อนตัวของคลื่นเนื่องจากผลจากการพังทลายของเขื่อน
8. การออกแบบและการดำเนินการ การระบายน้ำเนื่องจากพายุฝนในชุมชน

แบบจำลองเหมาะสมสำหรับเงื่อนไขการไหลหนึ่งมิติที่มีความเร็วการไหลต่ำกว่าค่าวิกฤติ แบบจำลองจะใช้งานได้ดีต่อเมื่อมีข้อมูลเพียงพอต่อการจำลองพฤติกรรมของระบบ ซึ่งครอบคลุมเงื่อนไขของระบบอยู่

6.1.1 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง RUBICON

มนตรี (2542) ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON มาจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำในระบบระบายน้ำปฐมภูมิของพื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณกรุงเทพมหานคร เพื่อ

ประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปฐมภูมิของพื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยได้ทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองกับระดับน้ำที่จุดควบคุมต่างๆ ผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับที่ทำการตรวจวัดในสนาม จากนั้นได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปฐมภูมิเดิมในกรณีการใช้ที่ดินในสภาพปัจจุบันและอนาคต (ปี พ.ศ.2559) ผลการศึกษาพบว่าระบบระบายน้ำในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษายังสามารถรองรับปริมาณฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ได้โดยไม่เกิดน้ำท่วม ส่วนกรณีการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปในอนาคต โดยมีฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี จะเกิดน้ำท่วมทั้งพื้นที่ศึกษา

วริยา (2543) ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON มาจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำท่วมของกลุ่มน้ำบางปะกง เพื่อพยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกง โดยได้ทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ซึ่งใช้เหตุการณ์น้ำหลากในการสอบเทียบจำนวน 2 เหตุการณ์ และ จำนวน 2 เหตุการณ์สำหรับการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง แบ่งเป็นเหตุการณ์น้ำหลากขนาดเล็กเพื่อสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีที่มีการไหลเฉพาะในลำน้ำ กับเหตุการณ์น้ำหลากขนาดใหญ่เพื่อสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีที่มีการไหลในทุ่งน้ำท่วม จากนั้นได้ทำการพยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาพบว่า ระดับน้ำสูงสุดในสภาพหลังจากรีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงสูงกว่าก่อนมีการสร้างไม่มากนัก โดยที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี มีค่าความแตกต่างของระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดที่บริเวณอำเภอบางคล้า และ อำเภอบางปะกง เท่ากับ 0.17 และ 0.01 ม.รทก. ตามลำดับ และพบว่าระดับน้ำท่วมสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณอำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี เท่ากับ 4.81 ม.รทก. ซึ่งส่งผลให้น้ำล้นคันกั้นน้ำด้านขวาสูงถึง 1.78 เมตร

6.2 แบบจำลองย่อย Hydrodynamic ในแบบจำลอง MIKE 11 (MIKE 11 – HD)

MIKE 11 - HD ใช้คำนวณการไหลแบบ gradually varied unsteady flow ในทางน้ำเปิด โดยใช้สมการ Saint Venant equations ซึ่งประกอบด้วยสมการ continuity และสมการ momentum การแก้ปัญหาระบบสมการใช้วิธี implicit finite difference

6.2.1 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง MIKE 11 - HD

DHI และ AIT (1993) ได้ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 – HD เพื่อการจำลองสภาพน้ำท่วมของกลุ่มน้ำชีและกลุ่มน้ำมูลให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เพื่อทำนายปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนปากมูล และดำเนินงานเขื่อนให้เป็นไปตามเงื่อนไขระดับน้ำที่
ต้องการในตัวเขื่อน ถึงแม้ว่าเงื่อนไขทางด้านศาสตร์ของแม่น้ำมูลตอนล่างมีความซับซ้อนเนื่อง
จากมีน้ำตกขนาดเล็กจำนวนมาก แต่ปัญหานี้แบบจำลอง MIKE 11 - HD สามารถแก้ไขได้ ทั้งยัง
สามารถจัดการในการดำเนินงานเขื่อนโดยใช้ข้อมูลที่เป็นเวลาจริง (real time) ของการเกิดฝนตกได้
โดยการติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนและระดับน้ำอัตโนมัติภายในพื้นที่ 13,000 ตารางกิโลเมตรเหนือเขื่อน
ปากมูล ผลจากการทำนายปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนปากมูลโดยใช้แบบจำลองมีความคลาดเคลื่อน
ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และข้อมูลจากแบบจำลองจะใช้ดำเนินงานในการปล่อยน้ำของเขื่อนปาก
มูลเพื่อป้องกันน้ำท่วม

วัชรวิ (2538) ได้ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 - HD ในการ
พยากรณ์น้ำในลุ่มน้ำอุ้มตะโก เพื่อทำการพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วมบริเวณอำเภอหาดใหญ่
จังหวัดสงขลา พบว่าสามารถพยากรณ์น้ำท่วมรายวันได้

นุชนารถ (2540) ได้ทำการศึกษาสถานะน้ำท่วมของกลุ่มน้ำปึงตอนบน โดยประยุกต์ใช้
แบบจำลอง MIKE 11 - HD เพื่อจำลองสภาวะการเกิดอุทกภัยของตัวเมืองเชียงใหม่และบริเวณใกล้
เคียง โดยได้ทำการวิเคราะห์เหตุการณ์ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2537 จำนวน 2
เหตุการณ์ ประกอบด้วยเหตุการณ์กราฟน้ำหลากขนาดเล็กที่มีการไหลเฉพาะในลำน้ำ และ
เหตุการณ์กราฟน้ำหลากขนาดใหญ่ที่มีการไหลในทุ่งน้ำท่วม จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์
แบบจำลองแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำหลากที่ได้จากการบันทึกข้อมูลเข้ากันได้ดีเป็นที่ยอมรับได้ กับ
กราฟน้ำหลากที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง จากนั้นได้ทำการศึกษาแนวทางป้องกันและ
มาตรการบรรเทาอุทกภัยที่เหมาะสมต่อการเกิดอุทกภัยในแต่ละรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับแนว
ทางป้องกันและมาตรการบรรเทาอุทกภัยนั้นมีหลากหลายทางเลือก เช่น การปรับปรุงสภาพแม่น้ำให้ลึก
หรือกว้างขึ้นเพื่อเพิ่มความจุของแม่น้ำ การสร้างคันกันน้ำเพื่อป้องกันการไหลล้นตลิ่ง และการผัน
น้ำ

Poomthaisong (1997) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 - HD และ
HEC-5 ในการควบคุมสภาพการเกิดน้ำท่วมของพื้นที่ลุ่มน้ำกกและลุ่มน้ำอิง โดยได้แบ่งการจำลอง
การไหลของน้ำออกเป็น 2 กรณีคือกรณีการผันน้ำจากแม่น้ำอิงผ่านแม่น้ำน่านลงสู่เขื่อนสิริกิติ์และ
กรณีการผันน้ำจากแม่น้ำน่านลงสู่อ่างเก็บน้ำ และใช้แบบจำลอง HEC-5 ในการจำลองระบบอ่างเก็บ

น้ำใหม่ที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมการเกิดน้ำท่วม โดยเปรียบเทียบผลกระทบจากการจำลองการไหลของน้ำทั้ง 2 กรณีผลการศึกษาพบว่าอ่างเก็บน้ำในอนาคตสามารถลดขนาดของน้ำท่วมได้

Kawinpoomstan (1998) ได้ทำการพยากรณ์การเกิดน้ำท่วมของกลุ่มน้ำยมโดยใช้แบบจำลอง MIKE 11 – HD เพื่อนำไปจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมบริเวณจังหวัดแพร่และสุโขทัย การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจำแนกออกเป็น 3 รูปแบบ คือ รูปแบบแรกพิจารณาตามลักษณะทางกายภาพของภูมิประเทศโดยจะประเมินจากกันกันน้ำตามธรรมชาติและเส้นทางการไหลของน้ำในลำน้ำเก่า รูปแบบที่สองพิจารณาจากข้อมูลน้ำท่วมในอดีต และรูปแบบที่สามพิจารณาจากแบบจำลองอุทกศาสตร์และแบบจำลองชลศาสตร์ในการหาพื้นที่น้ำท่วมความลึกและช่วงเวลา อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ในแต่ละรูปแบบจะมีทั้งข้อดีและข้อเสียขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และเงื่อนไขของพื้นที่

ยุพิน (2542) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE 11 – HD มาจำลองสภาพการไหลของน้ำท่วมในกลุ่มน้ำบางปะกงเพื่อพยากรณ์สภาพน้ำท่วมในกลุ่มน้ำบางปะกง โดยได้ทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ปรากฏว่ากราฟน้ำหลากที่ได้จากการบันทึกข้อมูลเข้ากันได้ดีเป็นที่ยอมรับได้กับกราฟน้ำหลากที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง จากนั้นได้ทำการพยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาพบว่า ระดับน้ำสูงสุดและอัตราการไหลสูงสุดในแม่น้ำบางปะกงสายหลักในกลุ่มน้ำตอนกลางและตอนล่าง พบว่า ตั้งแต่รอบปีการเกิดซ้ำ 25 ปีขึ้นไป ระดับน้ำสูงสุดจะล้นคันกันน้ำช่วงตั้งแต่อำเภอบางคล้าขึ้นไปจนถึงอำเภอเมืองปราจีนบุรี

7. ทฤษฎีของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลอง MIKE 11 ซึ่งประกอบด้วย 2 แบบจำลองย่อยคือ แบบจำลองย่อยอุทกพลศาสตร์ (MIKE – HD) และ แบบจำลองย่อย Unit Hydrograph โดยใช้วิธี SCS ซึ่งทฤษฎีของแบบจำลองทั้งสองสรุปได้ดังนี้

7.1 การวิเคราะห์ปริมาณการสูญเสียของพายุฝนโดยวิธี SCS

นุชนารถ (2545) ได้กล่าวถึงหลักการในการวิเคราะห์ปริมาณการสูญเสียของพายุฝน โดยวิธี SCS ไว้ว่า Soil Conservation Service (1972) ได้พัฒนาวิธีการคำนวณปริมาณการสูญเสียจากพายุฝน ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างฝนและน้ำท่าสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_c}{P - I_a} \quad (1)$$

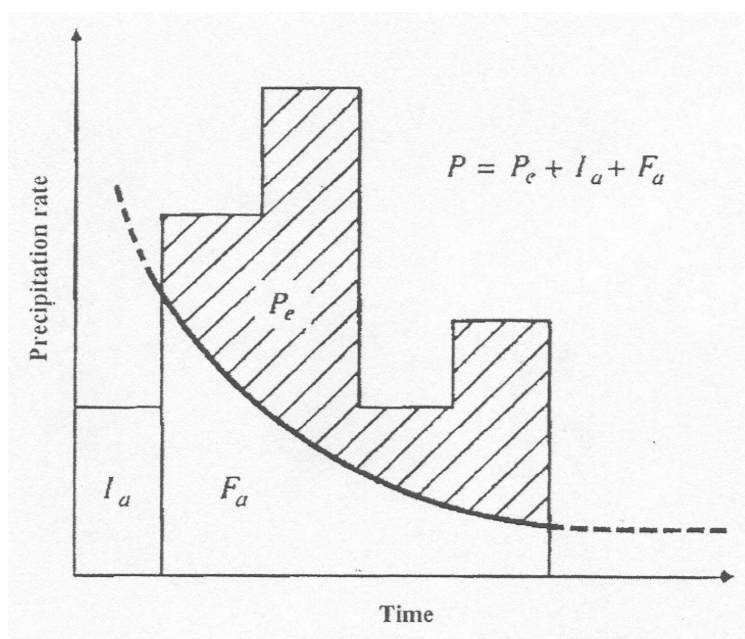
เมื่อ P_c = ความลึกของฝนส่วนเกิน (excess precipitation) หรือ น้ำท่าโดยตรง (direct runoff) เป็น ซม.
 P = ความลึกของฝนที่ตกลงมา เป็น ซม.
 I_a = ปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (initial abstraction) เป็น ซม.
 F_a = ความลึกของน้ำที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็น ซม.
 S = ปริมาณศักยภาพสูงสุดในการกักเก็บน้ำของลุ่มน้ำ (Potential Maximum Retention) เป็น ซม.

ความสัมพันธ์ระหว่างฝน น้ำท่า และความลึกของน้ำที่เพิ่มขึ้นในลุ่มน้ำสามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ว่า

$$F_a = (P - I_a) - P_c \quad (2)$$

แทนค่า F_a ลงในสมการที่ (1) และจัดรูปสมการใหม่จะได้

$$P_c = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (3)$$



ภาพที่ 6 แสดงตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณปริมาณการสูญเสียของพายุฝน โดยวิธี SCS
ที่มา: U.S. Department of Agriculture (1972)

โดยการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงเอ็มไพริคัลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างฝนและน้ำท่าพบว่า

$$I_a = 0.2S \quad (4)$$

สมการที่ (4) อาจไม่เป็นจริงสำหรับบางกรณี

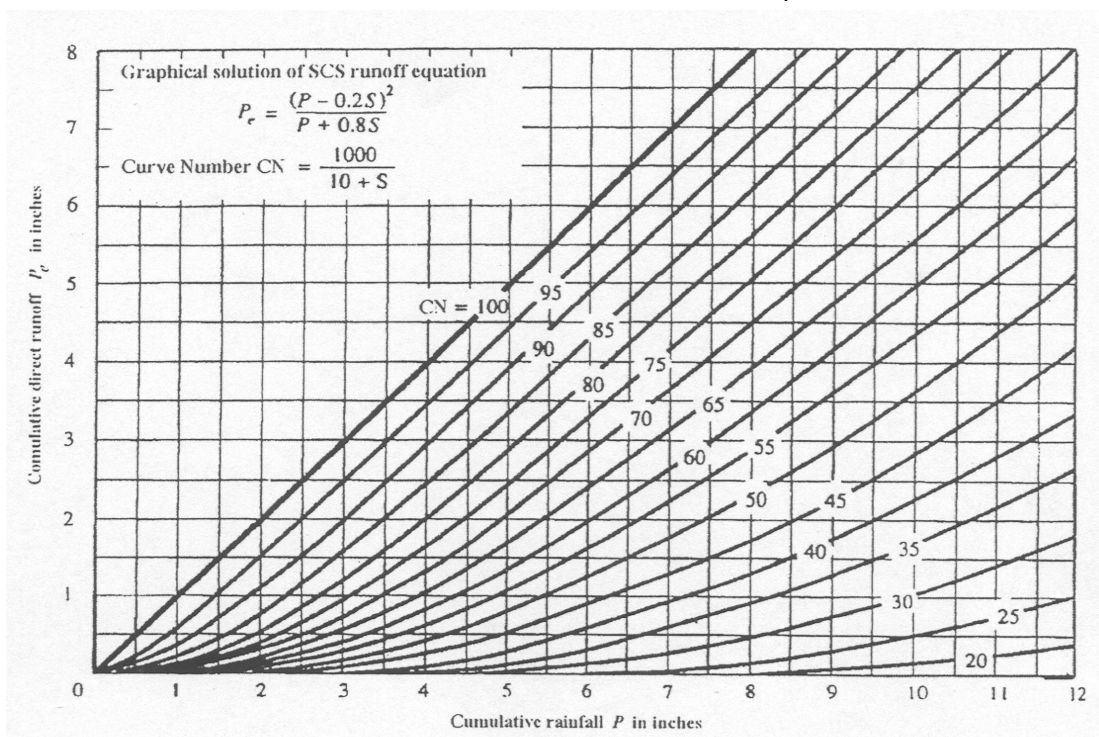
แทนค่า I_a ลงในสมการที่ (3) ได้

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P + 0.8S)} \quad (5)$$

จากการศึกษาในเชิงเอ็มไพริคัล

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

เมื่อ CN = หมายเลขของโค้งน้ำท่า (Runoff Curve Number) ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพดิน การใช้ที่ดิน และสภาพความชื้นในดินที่คาดไว้ (antecedent soil moisture) ของคู่มน้ำ



ภาพที่ 7 แสดงโค้งมาตรฐานของค่า CN สำหรับใช้ในวิธี SCS

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

ค่า CN สามารถประมาณได้จากตารางที่ 2 ซึ่งสัมพันธ์กับชนิดของดิน (soil type) และลักษณะการใช้ที่ดิน (land use) โดยมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มดินทางอุทกวิทยา (hydrologic soil group) แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มดังต่อไปนี้

- 1) กลุ่ม A เป็นดินที่มีอัตราการซึมลงดินสูง มีการระบายน้ำดี มีศักยภาพในการเกิดปริมาณการไหลโดยตรงต่ำมาก โดยดินในกลุ่มนี้ส่วนมากประกอบด้วยทรายและกรวด
- 2) กลุ่ม B เป็นดินที่มีอัตราการซึมของน้ำลงดินปานกลาง มีการระบายน้ำดีปานกลาง ดินในกลุ่มนี้มีเนื้อตั้งแต่ละเอียดปานกลางจนถึงหยาบปานกลาง

ตารางที่ 2 ค่า CN สำหรับพื้นที่ที่มีชนิดดินและการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ ตามมาตรฐานที่พัฒนาโดย

U.S. Department of Agriculture (1972) กรณีส 1a = 0.2S

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	สิ่งปกคลุม ลักษณะกิจกรรม	สถานภาพ ที่ดิน	ประเภทของภูมิดิน			
			A	B	C	D
การพักดิน (fallow)	แถวตรง (straight row)	-	77	86	91	94
การปลูกพืช เป็นแถว (row crops)	แถวตรง	ไม่ดี	72	81	88	91
	แถวตรง	ดี	67	78	85	89
	แถวค้อยตามระดับ (contoured)	ไม่ดี	70	79	84	88
	แถวค้อยตามระดับ	ดี	65	75	82	86
	แถวค้อยตามระดับ - ขึ้นบันได (contoured and terraced)	ไม่ดี	66	74	80	82
	แถวค้อยตามระดับ - ขึ้นบันได	ดี	62	71	78	81
การปลูกพืช เมล็ดเล็กๆ (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 - ขึ้นบันได	ไม่ดี	61	72	79	82
	แถวค้อยตามระดับ - ขึ้นบันได	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 - ขึ้นบันได	ไม่ดี	63	73	80	83
	แถวค้อยตามระดับ - ขึ้นบันได	ดี	51	67	76	80

3) กลุ่ม C เป็นดินที่มีอัตราการซึมของน้ำลงดินต่ำ มีการระบายน้ำต่ำ ดินในกลุ่มนี้มีเนื้อตั้งแต่ละเอียดปานกลางจนถึงละเอียด

4) กลุ่ม D เป็นดินที่มีอัตราการซึมลงดินต่ำมาก มีการระบายน้ำต่ำมาก มีศักยภาพในการเกิดปริมาณการไหลโดยตรงค่อนข้างสูง

สิ่งปกคลุม (cover) หมายถึงสิ่งต่างๆ ที่ปกคลุมดินและป้องกันการกระแทกของเม็ดฝนที่ตกลงมาสู่ดิน ประกอบด้วย

1) ลักษณะการใช้ที่ดิน (land use)

2) การรักษาหน้าดิน (land treatment) ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะและวิธีการปลูกพืช การเตรียมแปลง โดยแบ่งออกเป็นทำการเพาะปลูกเป็นแถวตรง (straight row) ทำการเพาะปลูกเป็นแถวค้อยตามระดับพื้นที่ (contoured) การทำการเพาะปลูกแบบขั้นบันได (terraced)

สภาพทางอุทกวิทยา (hydrologic condition) แบ่งออกเป็น

1) สภาพไม่ดี (poor) หมายถึงดินที่มีพืชปกคลุมพื้นที่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

2) สภาพพอใช้ (fair) หมายถึงดินที่มีพืชปกคลุมพื้นที่ระหว่าง 50 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์

3) สภาพดี (good) หมายถึงดินที่มีพืชปกคลุมพื้นที่มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use classification) แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ

1) ไม้ป่า (wood, forest)

2) ไม้เกษตรกรรม (agriculture)

3) ไม้โล่งเตียนและพื้นที่ที่เป็นที่อยู่อาศัย (bare land & residential)

พื้นที่ที่เป็นน้ำ (water body)

7.2 การสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี SCS

นุชนารถ (2545) ได้กล่าวถึงการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี SCS ว่าสามารถกระทำได้โดยคำนวณหากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร้มิติ (dimensionless unit hydrograph) ของลุ่มน้ำที่

ศึกษา ซึ่งใช้ค่า Curve Number (CN) มาคำนวณหาปริมาณการไหลโดยตรง (direct runoff) โดยแนะนำให้ใช้ความชื้นของดินก่อนหน้าชนิด AMC II โดยวิธีการดังนี้

1) คำนวณหาค่า Watershed Lag (L) ซึ่งเป็นระยะเวลาจากศูนย์กลางของฝนส่วนเกิน (excess rainfall) ถึงเวลาของปริมาณการไหลสูงสุด (peak) ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงในภาพที่ 7 คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$L = \frac{I^{0.8} (S + 1)^{0.7}}{1900y^{0.5}} \quad (7)$$

เมื่อ

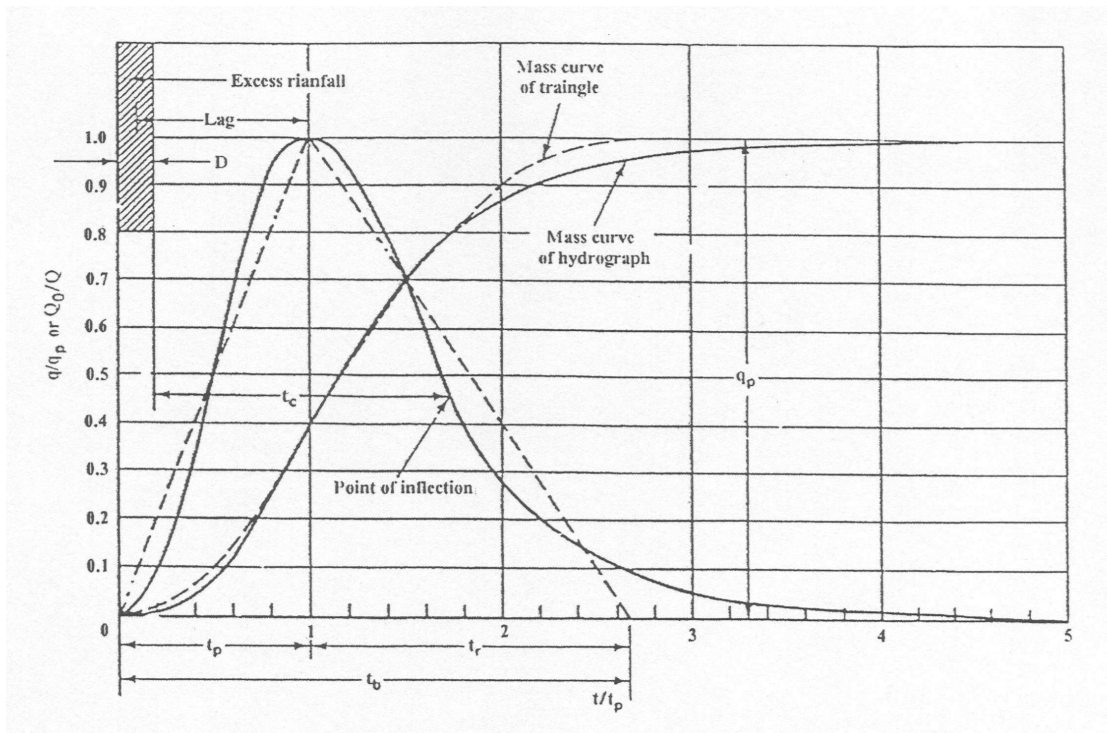
- L = Watershed lag (ชั่วโมง)
- I = ความยาวของทางน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ฟุต)
- S = ศักย์สูญเสียดินสูงสุด (นิ้ว)
- CN = Runoff Curve Number
- y = ความลาดเทเฉลี่ยของพื้นที่ลุ่มน้ำ (เปอร์เซ็นต์)

2) เวลาน้ำท่าเข้มข้น (time of concentration; t_c) มีหน่วยเป็นชั่วโมง คำนวณได้จากสมการ

$$t_c = \frac{L}{0.6} \quad (8)$$

3) ช่วงเวลา (duration) ของฝนส่วนเกินหนึ่งหน่วย (unit rainfall excess) ซึ่งมีหน่วยเป็นชั่วโมงคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$D = 0.133t_c \quad (9)$$



ภาพที่ 8 แสดงคำจำกัดความพารามิเตอร์ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ใช้ในวิธี SCS
ที่มา: U.S. Department of Agriculture (1972)

4) เวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด (Time to Peak) ซึ่งมีหน่วยเป็นชั่วโมง คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$t_p = \frac{D}{2} + L \quad (10)$$

5) ปริมาณการไหลสูงสุด (peak discharge) ซึ่งมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$q_p = \frac{484AQ}{t_p} \quad (11)$$

เมื่อ

A = พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางไมล์)

Q = กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย ซึ่งมีความลึกลงน้ำท่าผิวดินเท่ากับ 1 นิ้ว

6) เมื่อนำค่า t_p และ q_p ที่ได้จากการคำนวณไปคูณกับค่าอัตราส่วนของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร้มิติ (dimensionless unit hydrograph) ก็จะได้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (unit hydrograph)

7.2 การจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำโดยแบบจำลอง MIKE 11 – HD

นุชนารถ (2545) ได้กล่าวถึงการจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำในแบบจำลอง MIKE 11 – HD ว่า เป็นการเคลื่อนที่ของคลื่นแบบพลศาสตร์ (Dynamic Wave Description) โดยการแก้สมการความต่อเนื่อง และสมการโมเมนตัม ซึ่งเรียกว่า Saint Venant Equations ซึ่งตารางที่ 3 ได้แสดงบทสรุปของสมการเซนต์ – วีแนนท์

ความสัมพันธ์ของสมการต่อเนื่องและสมการโมเมนตัมในแบบจำลอง MIKE 11 – HD แสดงได้ดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (12)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\alpha Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (13)$$

โดยที่ Q = อัตราการไหล ($\text{ม}^3 / \text{วินาที}$)

A = หน้าตัดขวางของการไหล (ม^2)

q = ปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง ($\text{ม}^3 / \text{วินาที}$)

h = ระดับน้ำเหนือจุดอ้างอิง (ม.)

C = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของ Chezy

R = รัศมีชลศาสตร์ (ม.)

α = สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของโมเมนต์

8. เกณฑ์การยอมรับแบบจำลอง

การเปรียบเทียบกลุ่มของข้อมูลสองกลุ่ม เพื่อยอมรับข้อมูลทั้งสองกลุ่มเข้ากันได้และเป็นไปในแนวทางเดียวกัน สามารถใช้เกณฑ์ในการยอมรับ (fitting criteria) ได้ดังนี้

8.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) มีสมการดังนี้

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{Q}_{oi} - \bar{Q}_c)(\bar{Q}_{ci} - \bar{Q}_c)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{Q}_{oi} - \bar{Q}_c)^2 \sum_{i=1}^n (\bar{Q}_{ci} - \bar{Q}_c)^2}} \quad (14)$$

โดยที่

- n = ลำดับที่ของข้อมูล
- \bar{Q}_{oi} = ค่าเฉลี่ยลำดับที่ i ของข้อมูลจากการบันทึก
- \bar{Q}_{ci} = ค่าเฉลี่ยลำดับที่ i ของข้อมูลจากการคำนวณ
- \bar{Q}_c = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของข้อมูลจากการคำนวณ

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นบวกแสดงว่ากลุ่มของข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์เป็นแบบปฏิภาคโดยตรง ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นลบแสดงว่ากลุ่มของข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์เป็นแบบปฏิภาคผกผัน และถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ 0 แสดงว่ากลุ่มของข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงน้อยมาก โดยทั่วไปแล้วในด้านอุทกวิทยากำหนดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ควรมากกว่า 0.65 (วิระพล, 2531) จึงจะถือว่ากลุ่มของข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันเป็นที่ยอมรับได้

ตารางที่ 3 บทสรุปของสมการเซนต์-วีแนนท์

สมการต่อเนื่อง (Continuity equation)

Conservation form
$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

Nonconservation form
$$V \frac{\partial y}{\partial x} + y \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0$$

สมการโมเมนตัม (Momentum equation)

Conservation form

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(S_0 - S_f) = 0$$

Local	Convective	Pressure	gravity	Friction
Acceleration	acceleration	force	force	forec
Term	term	term	term	term

Nonconservation form (unit width element)

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(S_0 - S_f) = 0$$

8.2 ค่าผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง (sum of squares of differences) มีสมการดังต่อไปนี้

$$\epsilon Q = \sum_{i=1}^n (Q_{ci} - Q_{oi})^2 \quad (15)$$

โดยทั่วไปแล้วค่าผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง (ϵQ) มีค่าที่ต่ำสุดเท่ากับศูนย์ อย่างไรก็ตามค่าผลรวมความแตกต่างยกกำลังสองนี้ควรมีค่าน้อยโดยการเปรียบเทียบกับขนาดของข้อมูลที่พิจารณา

8.3 Root Mean Square Error (RMSE) เป็นตัวแปรทางสถิติที่แสดงความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Absolute Error) ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายวันที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองและปริมาณน้ำท่ารายวันที่ได้จากการตรวจวัด ควรมีค่าเข้าใกล้ศูนย์

$$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - Q_{sim,i})^2}{N} \right)^{1/2} \quad (16)$$

เมื่อ Q_{obs} = ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด
 Q_{sim} = ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง
 N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

8.4 Efficiency Index (EI) เป็นตัวแปรทางสถิติที่แสดงระดับความสัมพันธ์ (Degree of Association) ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายวันที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองและปริมาณน้ำท่ารายวันที่ได้จากการตรวจวัด ค่าที่ยอมรับได้ควรมีค่าเข้าใกล้ 1

$$EI = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - Q_{sim,i})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs})^2} \right) \quad (17)$$

เมื่อ Q_{obs} = ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด
 Q_{sim} = ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง

8.5 Water Balance Error เป็นตัวแปรทางสถิติที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำท่าสะสมระหว่างปริมาณน้ำท่ารายวันที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองและปริมาณน้ำท่ารายวันที่ได้จากการตรวจวัด ควรมีค่าเข้าใกล้ศูนย์

$$WBE = \frac{\sum_{i=1}^N Q_{obs,i} - \sum_{i=1}^N Q_{sim,i}}{\sum_{i=1}^N Q_{obs,i}} \times 100 \quad (18)$$

เมื่อ Q_{obs} = ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด
 Q_{sim} = ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิต หรือ 32 บิต พร้อม Hard Disk และ Mathcoprocessor
2. โปรแกรมสำเร็จรูปแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองย่อยอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Module; MIKE 11 – HD) และแบบจำลองย่อยกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph Module) ซึ่งทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองการสูญเสียโดยวิธี SCS
3. แผนที่ภูมิประเทศบริเวณโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” และบริเวณพื้นที่ข้างเคียง มาตรฐาน 1:50,000 และ 1:250,000
4. รูปตัดขวางลำน้ำและรูปตัดตามยาว (cross-section and profiles) ของคลองระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” ซึ่งทำการสำรวจโดยกรมชลประทานจำนวน 119 รูปตัด
5. ข้อมูลทางอุทกวิทยาที่ได้มีการจัดเก็บไว้ภายในโครงการและพื้นที่ข้างเคียง ประกอบด้วยข้อมูลฝนรายวัน และข้อมูลระดับน้ำรายวัน

วิธีการดำเนินงาน

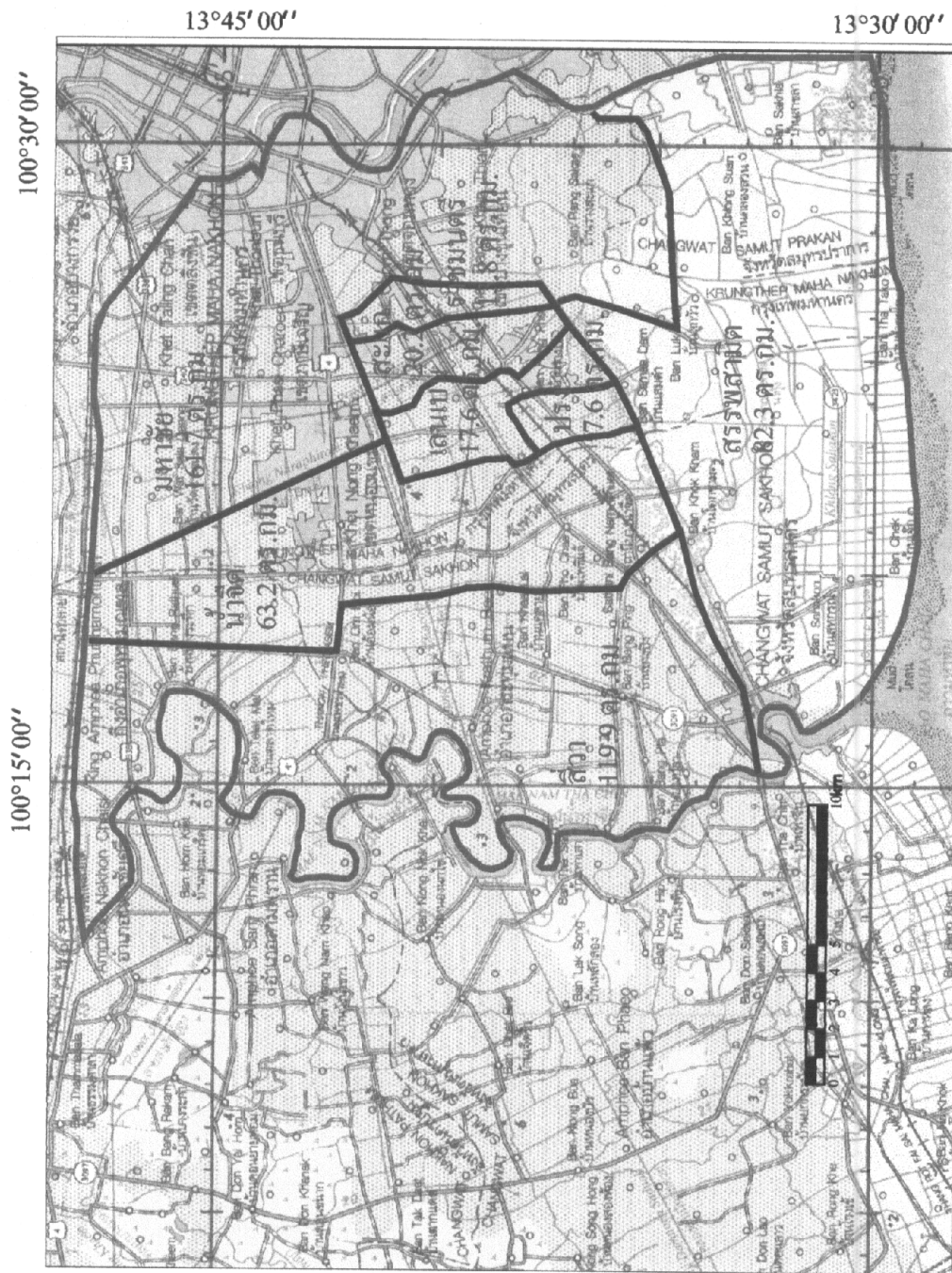
1. การเก็บรวบรวมข้อมูล
 - 1.1 รวบรวมแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตรฐาน 1:50,000 และ 1:250,000 ของบริเวณพื้นที่โครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” และพื้นที่ฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา เพื่อหาลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ลุ่มน้ำ ความยาวลำน้ำของพื้นที่ที่ทำการศึกษา และการสร้าง schematic ของการไหลในลำน้ำ ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 และภาพที่ 9 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนของโครงการฯ

ตารางที่ 4 พื้นที่รับน้ำฝนของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย”

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่รับน้ำฝน	รหัสพื้นที่รับน้ำฝน	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)
1	มหาชัย	MH	161.69
2	ราชมนตรี	RMT	13.85
3	สะแก	SK	20.24
4	เลนเบน	LB	17.60
5	ปรัง	PL	7.60
6	น้ำจืด	NJ	63.19
7	สีวา	SW	119.95
8	สรรพสามิต	SAP	82.35
9	พระราม	PR	6.18
10	แจ็ก	JK	4.2
11	โคกขาม	KK	5.65
12	สหกรณ์	SH	12.3
13	รางหอกหัก	HK	3.2
14	บางหญ้า	BY	3.1
15	ขุนราชพินิจใจ	KRT	10

1.2 ข้อมูลอนุนิยมิวิทยาและอุทกวิทยา

1.2.1 รวบรวมข้อมูลน้ำฝน จากสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในเขตโครงการฯ ซึ่งพบว่าไม่มีสถานีวัดน้ำฝนอยู่ในพื้นที่โครงการฯ ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลน้ำฝนของสถานีที่อยู่ใกล้พื้นที่โครงการฯ มากที่สุดคือสถานีนครชัยศรี (23022) ซึ่งได้ทำการตรวจวัดโดยกรมชลประทาน โดยในตารางที่ 5 ได้แสดงปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในช่วง 30 ปีในระหว่างปี พ.ศ.2514 ถึง 2543 ของสถานีวัดน้ำฝน อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม



ภาพที่ 9 การแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนย่อยของโครงการแก้มลิง "คลองมหาชัย - คลองสามชัย"

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วง 30 ปี ของสถานีวัดน้ำฝน อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม (23022)

ปี พ.ศ.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	หน่วย : มิลลิเมตร		
													ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
													(พ.ค. - ต.ค.) (พ.ย. - เม.ย.)		
2514	54.2	166.0	64.6	78.4	231.2	160.8	169.4	5.2	7.9	0.0	0.0	18.2	870.4	85.5	955.9
2515	92.4	57.5	244.3	126.9	145.7	565.7	99.1	165.4	73.9	0.0	0.0	8.8	1239.2	340.5	1579.7
2516	9.2	87.4	209.7	94.8	107.6	265.5	206.5	66.0	3.1	0.0	0.0	3.2	971.5	81.5	1053.0
2517	230.4	48.3	109.3	132.2	169.3	188.8	336.4	43.8	11.8	23.6	1.5	0.0	984.3	311.1	1295.4
2518	1.4	255.2	166.1	84.7	154.0	136.7	165.4	54.6	24.5	0.0	14.2	24.8	962.1	119.5	1081.6
2519	167.1	278.2	88.5	238.7	204.7	252.7	319.2	52.6	4.4	0.0	7.2	0.0	1382.0	231.3	1613.3
2520	47.8	110.9	65.3	63.4	96.8	283.8	154.5	40.1	0.0	20.1	18.0	0.0	774.7	126.0	900.7
2521	15.7	160.9	159.7	239.4	85.6	285.9	77.1	19.8	0.0	0.0	8.1	0.0	1008.6	43.6	1052.2
2522	7.7	124.7	92.2	79.4	64.4	187.7	5.9	12.2	0.0	0.0	25.9	0.0	554.3	45.8	600.1
2523	0.5	42.6	171.4	103.6	189.4	383.3	300.8	38.3	3.0	0.0	0.0	0.0	1191.1	41.8	1232.9
2524	67.2	147.2	102.6	157.6	215.6	330.3	142.3	143.3	0.0	0.0	55.9	10.2	1095.6	276.6	1372.2
2525	179.5	68.3	112.9	221.5	115.9	217.0	200.8	33.3	13.6	0.0	0.0	0.0	936.4	226.4	1162.8
2526	0.0	24.0	117.4	78.0	208.7	213.9	226.7	198.4	51.0	0.0	0.0	41.2	868.7	290.6	1159.3
2527	36.8	101.6	45.2	184.3	103.6	289.4	155.6	67.2	0.0	0.0	0.0	4.0	879.7	108.0	987.7
2528	39.6	144.8	58.8	162.5	55.2	251.6	224.5	52.1	0.0	0.0	0.0	0.0	897.4	91.7	989.1
2529	0.0	183.5	111.3	121.1	154.2	223.8	245.6	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1039.5	1.2	1040.7
2530	24.8	69.7	145.6	11.0	82.9	257.1	91.7	164.5	0.0	0.0	16.2	7.4	658.0	212.9	870.9
2531	9.8	92.6	150.7	245.5	191.6	144.7	154.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	979.8	10.5	990.3
2532	0.0	81.0	80.9	67.1	138.3	187.8	133.1	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	688.2	9.4	697.6
2533	0.0	64.7	10.5	87.3	31.8	156.5	332.7	99.3	0.0	128.5	3.6	0.0	683.5	231.4	914.9
2534	13.6	114.5	144.7	73.0	120.8	178.6	166.0	0.3	62.1	0.0	11.0	0.0	797.6	87.0	884.6
2535	0.0	24.9	100.6	77.8	28.3	157.2	168.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.5	556.8	52.5	609.3
2536	0.0	120.4	59.4	136.1	318.5	190.7	266.4	0.0	0.0	0.0	0.0	178.6	1091.5	178.6	1270.1
2537	0.0	259.7	148.6	114.7	106.3	311.2	115.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1056.3	0.0	1056.3
2538	50.1	66.3	63.6	294.6	243.3	457.4	222.8	11.4	0.0	0.0	4.7	2.3	1348.0	68.5	1416.5
2539	5.2	444.0	65.9	95.0	117.6	373.4	111.2	13.5	0.0	0.0	0.0	85.2	1207.1	103.9	1311.0
2540	88.3	129.4	93.1	45.8	87.8	209.0	193.6	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	758.7	105.3	864.0
2541	9.8	8.7	125.0	93.3	62.0	217.9	125.6	40.3	0.0	5.3	17.0	80.0	632.5	152.4	784.9
2542	231.2	240.7	56.5	121.3	193.3	164.6	234.3	83.0	6.5	0.0	9.3	0.0	1010.7	330.0	1340.7
2543	131.8	180.5	187.1	165.2	80.4	241.4	283.5	2.5	0.0	21.4	0.0	326.3	1138.1	482.0	1620.1
ค่าเฉลี่ย	50.5	129.9	111.7	126.5	136.8	249.5	187.6	47.8	8.7	6.6	6.4	28.1	942.1	148.2	1090.3
ค่าต่ำสุด	0.0	8.7	10.5	11.0	28.3	136.7	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	554.3	0.0	600.1
ค่าสูงสุด	231.2	444.0	244.3	294.6	318.5	565.7	336.4	198.4	73.9	128.5	55.9	326.3	1382.0	482.0	1620.1

1.2.2 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ใช้ข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปีในระหว่างปี พ.ศ.2514 ถึง 2543 ของสถานีตรวจวัดอากาศกรุงเทพมหานคร ซึ่งทำการตรวจวัดโดย กรมอุตุนิยมวิทยา ดังแสดงในตารางที่ 2 และการแพร่กระจายของภูมิอากาศได้แสดงในภาพที่ 2

1.2.3 รวบรวมข้อมูลระดับน้ำในพื้นที่โครงการฯ ซึ่งมีอยู่ 1 สถานี คือสถานีบางน้ำจืด โดยจัดเก็บเป็นข้อมูลราย 3 ชั่วโมง ตั้งแต่ 6.00 – 18.00 น. ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 ถึง 2543 ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยกรมชลประทาน

1.2.4 ข้อมูลทางกายภาพของลำน้ำสายหลักซึ่งทำการสำรวจโดย กรมชลประทาน ประกอบด้วย แปลนแสดงตำแหน่งภาพตัดขวางแต่ละแห่ง รวมทั้งภาพตัดขวางของแต่ละคลองในโครงการฯ โดยข้อมูลภาพตัดขวางมีจำนวน 119 รูปตัด ซึ่งเป็นภาพตัดขวางของคลองรางหอกหัก คลองบางหญ้า คลองแจ็ก คลองโคกขาม คลองขุนราชพินิจใจ คลองมหาชัย – สนามชัย คลองพระราม คลองสหกรณ์ และคลองสรรพสามิต จำนวน 3, 8, 11, 18, 22, 18, 13, 18 และ 8 รูป ตามลำดับ

1.2.5 รวบรวมข้อมูลดิน คุณสมบัติของหน่วยดินประกอบด้วยแผนที่แสดงการใช้ที่ดิน และแผนที่หน่วยดินของแต่ละจังหวัดที่อยู่ในเขตโครงการฯ มาตราส่วน 1:50,000 และ 1:250,000 เพื่อหาลักษณะของดินและการใช้ที่ดินเพื่อเป็นตัวช่วยในการกำหนดค่า Curve Number (CN) ในแบบจำลอง SCS ซึ่งภาพที่ 4 ได้แสดงแผนที่ลักษณะการใช้ที่ดินในเขตของโครงการฯ

2. ทำการจำลองแบบสภาพการไหลของระบบระบายน้ำในพื้นที่โครงการฯ เพื่อศึกษาสภาพการเกิดน้ำท่วม

2.1 การประเมินกราฟน้ำหลากของปริมาณการไหลเข้าด้านข้างหรือกราฟน้ำหลากสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนที่ไม่มีการตรวจวัดข้อมูลน้ำท่าในพื้นที่รับน้ำของโครงการฯ ด้วยแบบจำลองการสูญเสียของพายุฝนโดยวิธี SCS ประกอบกับเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph)

ในการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเพื่อนำมาใส่ในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำทำนั้นได้ทำการแบ่งพื้นที่ตามลักษณะภูมิประเทศจากแผนที่ 1:50,000 ซึ่งภาพที่ 9 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนของโครงการฯ โดยที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แสดงในตารางที่ 6

2.2 การจำลองสภาพการไหลน้ำท่วมในลำน้ำด้วยแบบจำลองย่อยอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Module) ซึ่งเป็นแบบจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำในทางน้ำ

กำหนดจุดควบคุมทางด้านเหนือน้ำ และทางด้านท้ายน้ำ รวมถึงการกำหนดจุดบรรจบของคลองสาขาต่างๆ ในระบบลำน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย” ซึ่งได้แสดงในภาพที่ 10

ตารางที่ 6 ข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง SCS

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่รับน้ำฝน	รหัสพื้นที่รับน้ำฝน	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ความยาวลำน้ำ (กม.)	ความลาดชันเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
1	มหาชัย	MH	161.69	13.6	0.0042
2	ราชมนตรี	RMT	13.85	6	0.0042
3	สะแก	SK	20.24	3.5	0.0042
4	เลนเบน	LB	17.60	13.8	0.0042
5	ปรัง	PL	7.60	3.9	0.0042
6	น้ำจืด	NJ	63.19	5.8	0.0042
7	สีวา	SW	119.95	12	0.0042
8	สรรพสามิต	SAP	82.35	5	0.0042
9	พระราม	PR	6.18	1.2	0.0042
10	เจ๊ก	JK	4.2	1	0.0042
11	โคกขาม	KK	5.65	1.5	0.0042
12	สหกรณ์	SH	12.3	2	0.0042
13	รางหอหัก	HK	3.2	1	0.0042
14	บางหญ้า	BY	3.1	1	0.0042
15	ขุนราชพินิจใจ	KRT	10	3	0.0042

3. การสอบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Model Calibration and Verification)

การจำลองสภาพการไหลของระบบระบายน้ำของโครงการฯ โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE 11 ซึ่งประกอบด้วย 2 แบบจำลองย่อย คือ แบบจำลองย่อยกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph Module) ที่มีการคำนวณการสูญเสียของปริมาณน้ำฝนโดยวิธี SCS ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าคือ Curve Number (CN) และ Lag time และแบบจำลองย่อยอุทกพลศาสตร์ (MIKE 11 - HD) ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าคือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง (Manning's n) ซึ่งต้องทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองกับ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอดีตที่มีการตรวจวัดข้อมูลเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมกับแบบจำลอง โดยในการศึกษานี้ได้ทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองย่อยทั้งสองไปพร้อมกัน โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำที่สถานีวัดระดับน้ำบางน้ำจืดซึ่งอยู่ห่างจากท้ายน้ำ 9 กิโลเมตร ซึ่งใช้เหตุการณ์กราฟน้ำหลากสำหรับการสอบเทียบแบบจำลองจำนวน 2 เหตุการณ์ ประกอบด้วย เหตุการณ์กราฟน้ำหลากขนาดเล็กคือ ระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2536 และ เหตุการณ์กราฟน้ำหลากขนาดใหญ่คือ ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2536

สำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากที่ใช้ในการตรวจพิสูจน์แบบจำลองนั้นได้ใช้เหตุการณ์กราฟน้ำหลากจำนวน 4 เหตุการณ์ประกอบด้วย เหตุการณ์กราฟน้ำหลากขนาดเล็ก 2 เหตุการณ์คือ ระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2532 และ ระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2538 และเหตุการณ์กราฟน้ำหลากขนาดใหญ่ 2 เหตุการณ์คือ ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2532 และ ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2538

4. การประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำปัจจุบันด้วยฝนออกแบบ

หลังจากที่ได้ทำการเทียบมาตรฐานระบบระบายน้ำในพื้นที่โครงการแล้ว ก็จะนำแบบจำลอง MIKE 11 มาประเมินสมรรถนะการระบายน้ำของพื้นที่โครงการแก้มถึง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย”

การประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มถึงนี้ จะเลือกใช้ฝนออกแบบที่คาบการเกิดซ้ำ (return period) ต่างๆ โดยนำค่าฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝนนครชัยศรี (23022) มาแจกแจงความถี่ด้วยวิธีโมเมนต์ของกัมเบล

ส่วนรูปแบบการกระจายของฝนออกแบบนี้ จะหาจากการหารูปแบบการกระจายของฝนแต่ละปี โดยหารด้วยค่าปริมาณฝนในแต่ละวันด้วยค่าฝนรายปี หาค่าเฉลี่ยของรูปแบบการกระจายของฝนเพื่อเป็นตัวแทนในแต่ละพื้นที่ได้และฝนออกแบบที่ค่าอุบัติต่างๆ ของแต่ละพื้นที่ จะมีรูปแบบการกระจายต่างๆกัน และค่าในแต่ละวันจะหาได้โดยคูณค่ารายปีที่คำนวณไว้ จะได้ฝนออกแบบที่คาบอุบัติต่างๆ เพื่อใช้จำลองสภาพน้ำท่วมและการระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” และทำการประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” ที่เหตุการณ์จากคาบการเกิดซ้ำ (return period) ต่างๆ ต่อไป

ผลการศึกษา

ผลของการศึกษาประกอบไปด้วย

- (1) ผลของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SCS และ MIKE 11 – HD
- (2) ผลการประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าที่จุดควบคุมด้านเหนือน้ำและด้านข้างโดยแบบจำลอง SCS สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ
- (3) ผลการประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการฯ ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

รายละเอียดของผลการศึกษา มีดังนี้

1. การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SCS และแบบจำลอง MIKE 11 - HD

การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SCS ได้ทำควบคู่ไปกับการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE 11 – HD โดยต้องทำการประเมินปริมาณน้ำท่าที่จุดควบคุมต่างๆ จากปริมาณน้ำฝนในช่วงของเหตุการณ์ที่พิจารณา แล้วนำปริมาณน้ำท่าที่ได้ทำการประเมินมาเป็นข้อมูลทางด้านเข้าในแบบจำลอง MIKE 11 – HD และทำการเปรียบเทียบกับกราฟระดับน้ำที่ได้จากการจดบันทึก ซึ่งในแบบจำลอง SCS จะทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ค่า Curve Number (CN) และในแบบจำลอง MIKE 11 – HD จะทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง (Manning's n) โดยแบ่งการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่มีการไหลเฉพาะในลำน้ำ และ กรณีที่มีการไหลในทุ่งน้ำท่วม

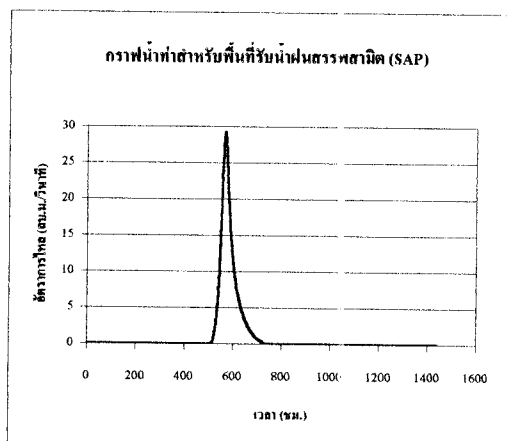
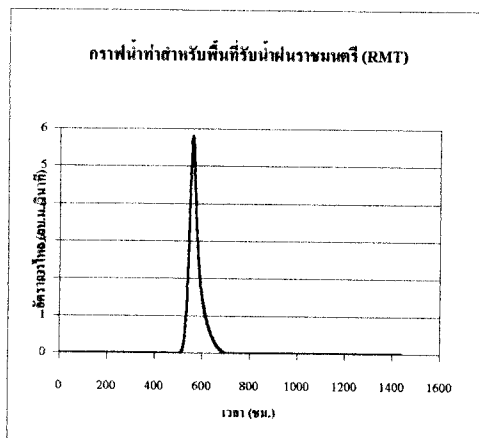
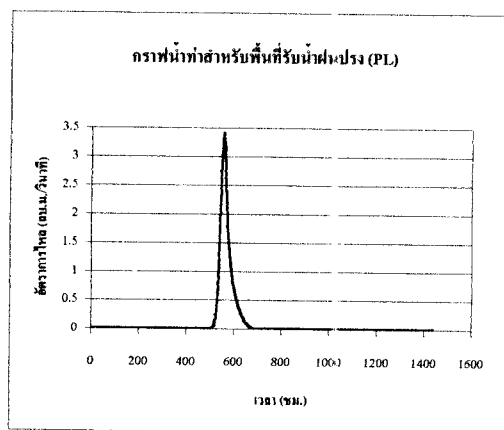
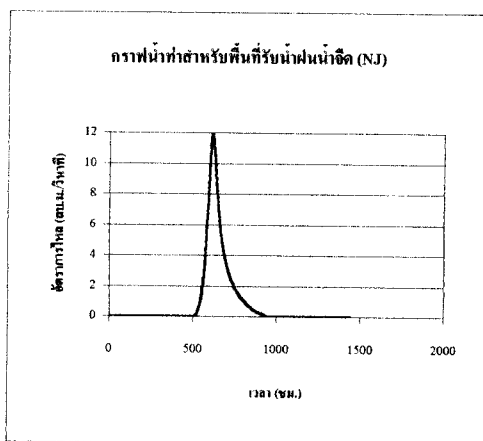
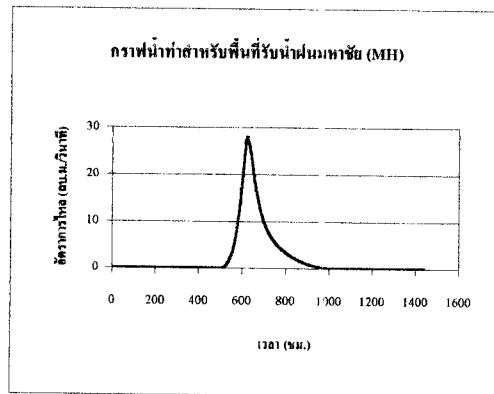
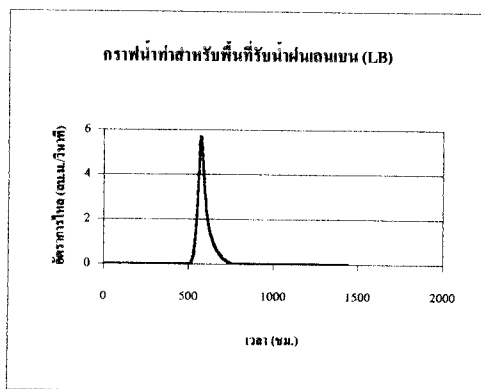
1.1 การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองคณิตศาสตร์ SCS และ MIKE 11 - HD กรณีการไหลเฉพาะในลำน้ำ

ในการสอบเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ SCS และ MIKE 11 - HD นั้นได้ทำการเลือกเหตุการณ์ของน้ำท่าที่มีการไหลเฉพาะในลำน้ำ (channel flow) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning สำหรับการไหลในลำน้ำของคลองต่างๆ ที่อยู่ในโครงการแก้มลิง “คลอง

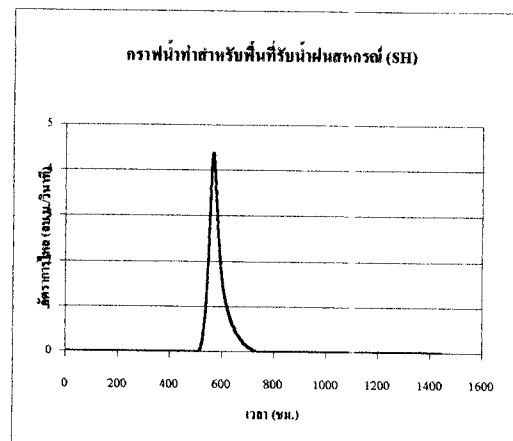
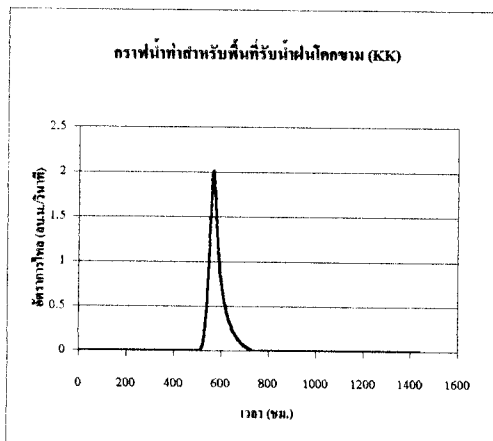
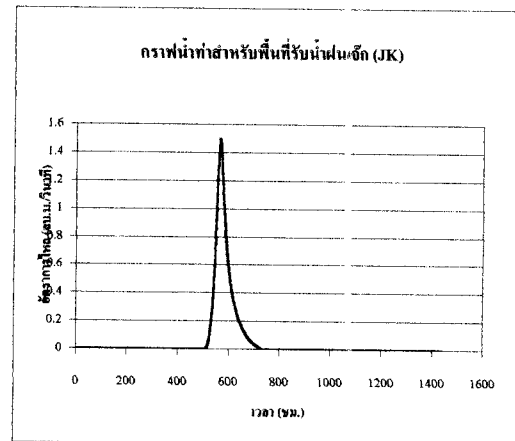
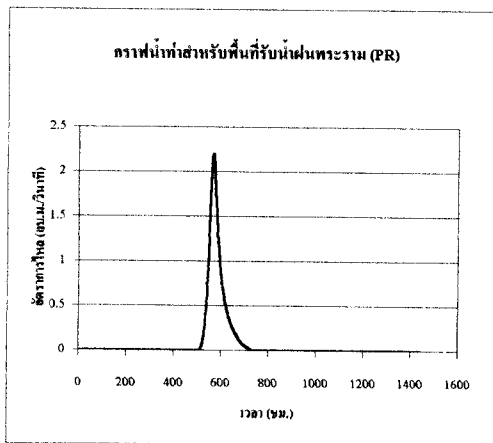
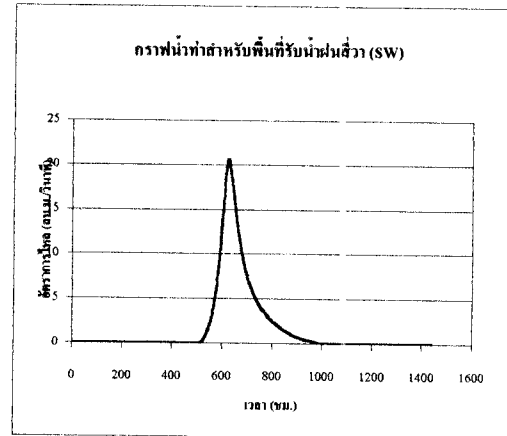
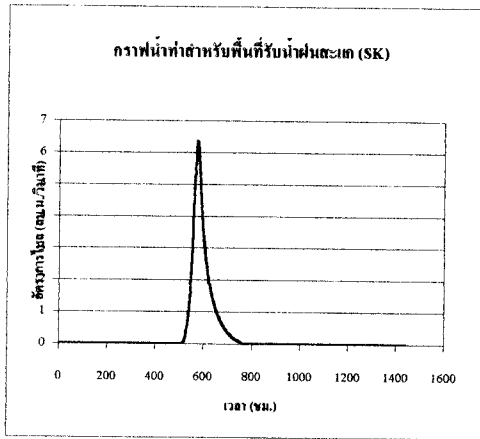
มหาชัย-คลองสนามชัย” ซึ่งเหตุการณ์น้ำท่าที่ได้เลือกมานั้น คือ เหตุการณ์น้ำท่าระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2536 ในภาพที่ 11 ได้แสดงกราฟปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำต่างๆ ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 6 ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2536 โดยค่าพารามิเตอร์ CN ในแบบจำลอง SCS ที่เหมาะสมนั้นได้เท่ากับ 65 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง MIKE 11 – HD ได้ทำการเปรียบเทียบกราฟระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11 – HD กับข้อมูลที่มีการจดบันทึกไว้ ซึ่งจุดพิจารณาระดับน้ำนั้นมีอยู่จุดเดียวคือสถานีบางน้ำจืด ซึ่งอยู่ห่างจากจุดพิจารณาด้านท้ายน้ำ 9 กิโลเมตร ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning สำหรับกรณีการไหลเฉพาะในลำน้ำของแบบจำลอง MIKE 11 – HD ที่เหมาะสมนั้นได้เท่ากับ 0.033 ดังแสดงในภาพที่ 12 ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟระดับน้ำที่จุดพิจารณามีความใกล้เคียงกันและค่าความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเป็นที่ยอมรับได้ โดยระดับน้ำสูงสุดและเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9721 ค่าผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง เท่ากับ 6.05 ค่า Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 0.14 ค่า Efficiency Index (EI) เท่ากับ 0.908 ค่า Water Balance Error เท่ากับ 6.81 ซึ่งผลการเปรียบเทียบทางสถิติได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 7

สำหรับการตรวจพิสูจน์แบบจำลองคณิตศาสตร์ SCS และ MIKE 11 – HD นั้นได้ใช้เหตุการณ์น้ำท่า 2 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์น้ำท่าระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2532 ซึ่งมีปริมาณฝนเท่ากับศูนย์ และเหตุการณ์น้ำท่าระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2538 ในภาพที่ 13 ได้แสดงกราฟปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2538 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบของแบบจำลองทั้งสอง กล่าวคือ ค่า CN เท่ากับ 65 และ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning เท่ากับ 0.033 มาตรวจพิสูจน์

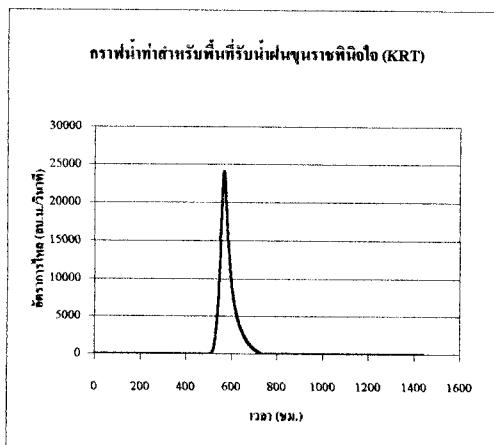
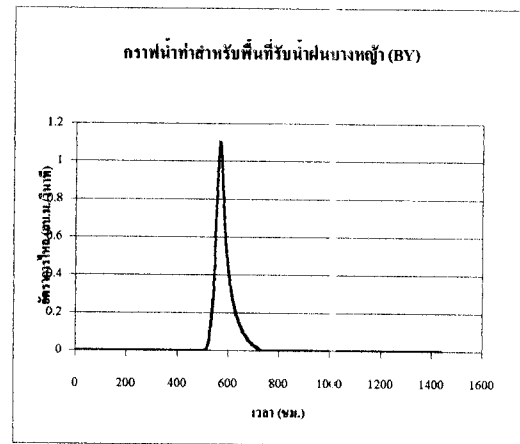
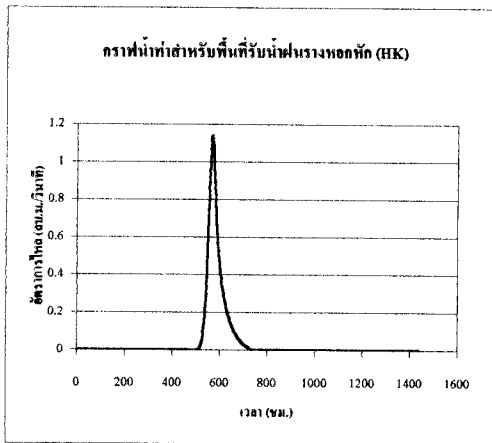
ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE 11 - HD ของทั้ง 2 เหตุการณ์ โดยการเปรียบเทียบกราฟระดับน้ำที่คำนวณโดยแบบจำลองกับกราฟระดับน้ำที่มีการจดบันทึกไว้ที่สถานีบางน้ำจืดแสดงได้ดังภาพที่ 14 และ ภาพที่ 15 ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟระดับน้ำที่จุดพิจารณานั้นมีความใกล้เคียงกัน และค่าความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเป็นที่ยอมรับได้ โดยเหตุการณ์น้ำท่าระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2532 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9825 ค่าผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง เท่ากับ 4.57 ค่า Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 0.12 ค่า Efficiency Index (EI) เท่ากับ 0.942 ค่า Water Balance Error เท่ากับ 1.1 และ เหตุการณ์น้ำท่าระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2538 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9718 ค่า



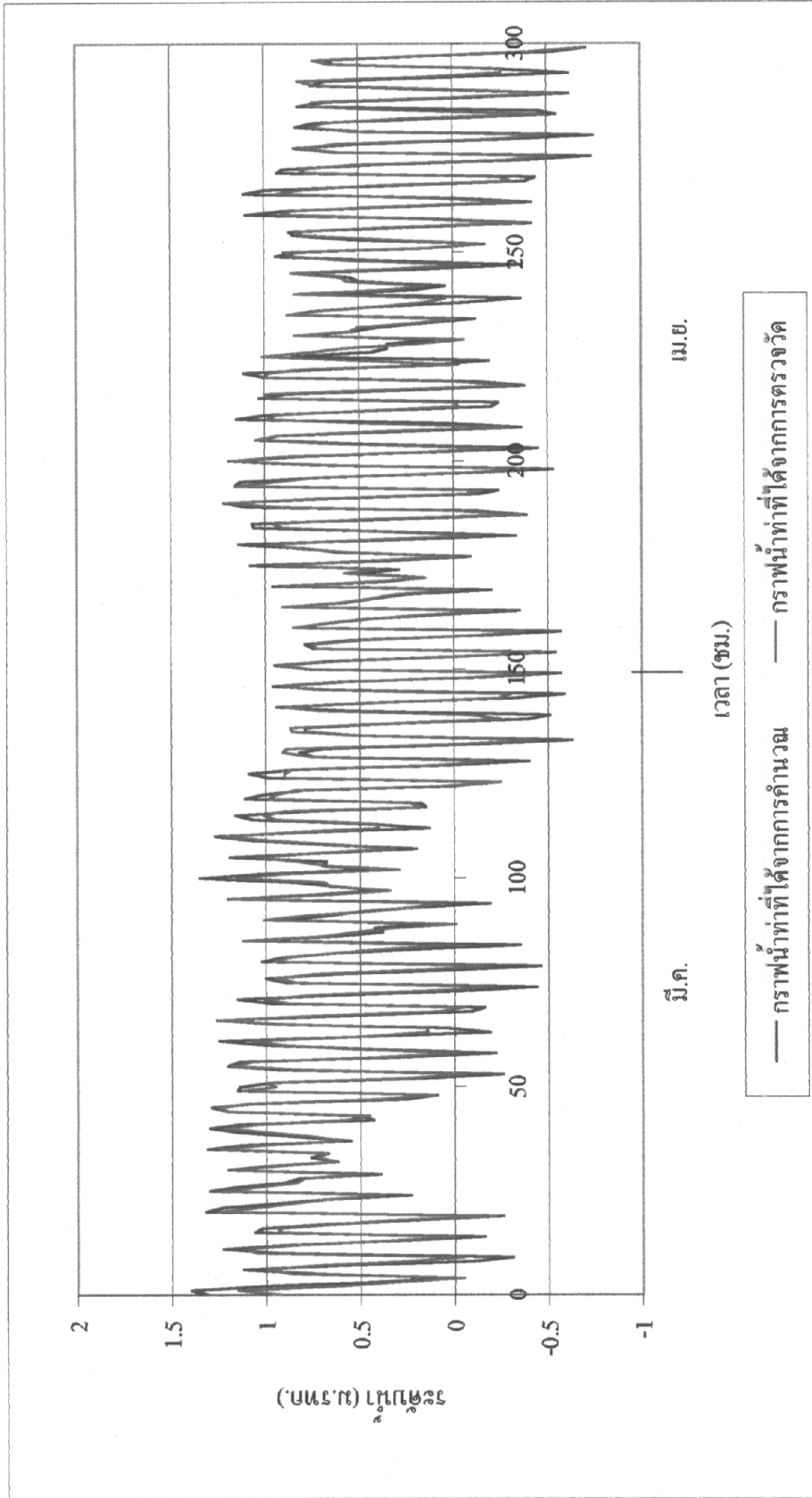
ภาพที่ 11 กราฟปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2536 สำหรับการสอบเทียบแบบจำลองกรณีที่มีการไหลเฉพาะในลำน้ำ



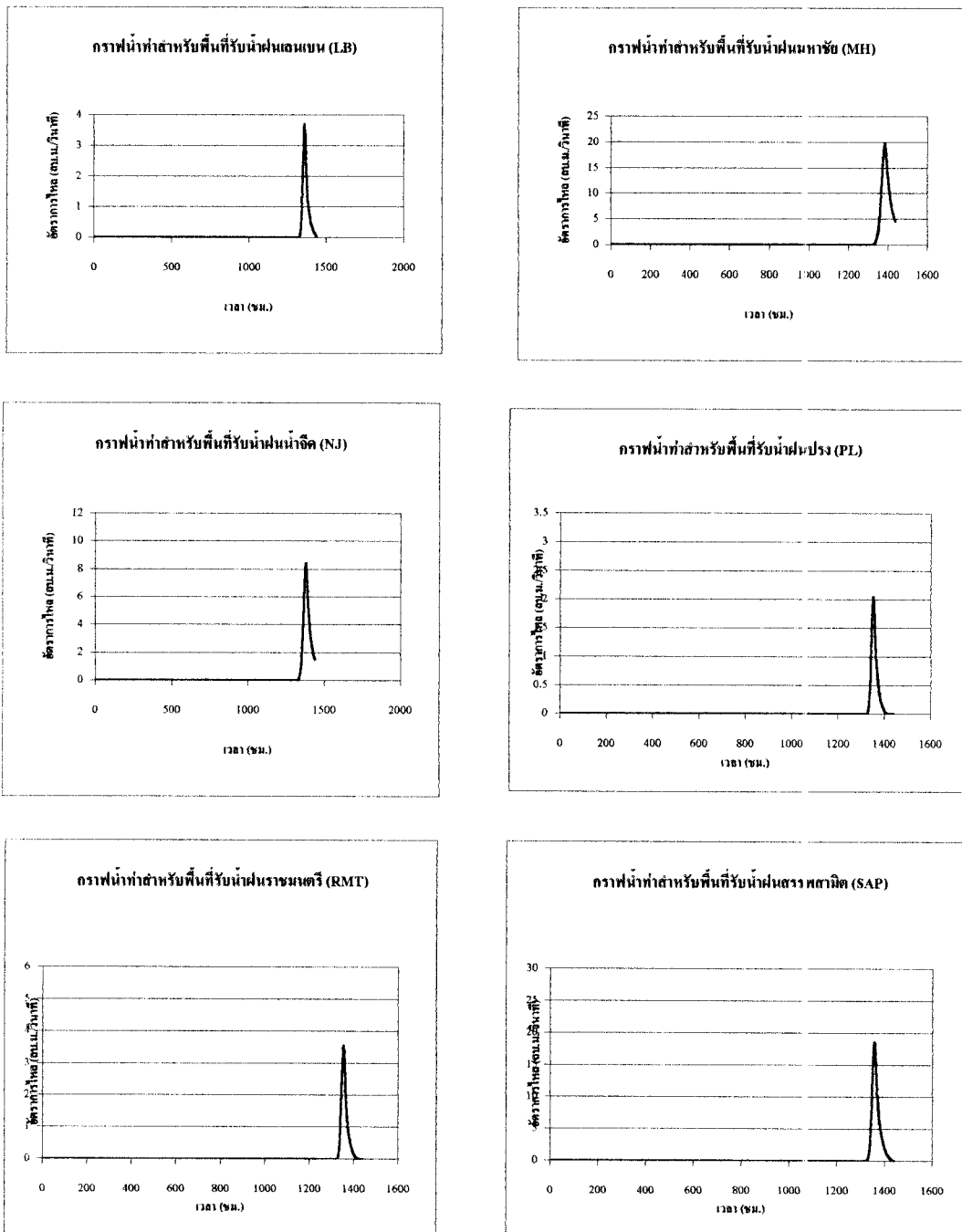
ภาพที่ 11 (ต่อ)



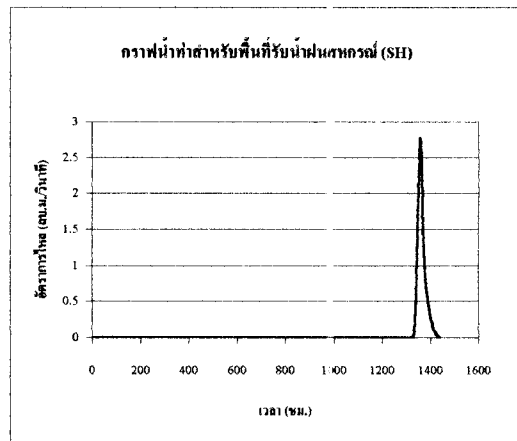
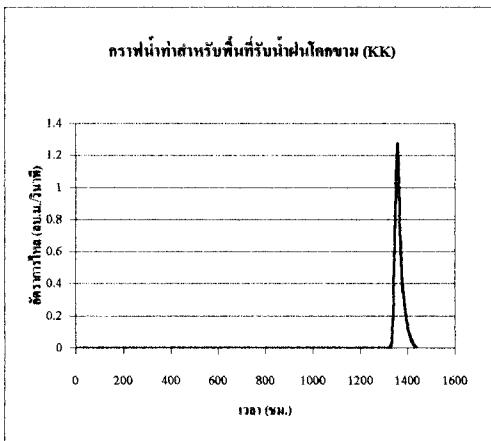
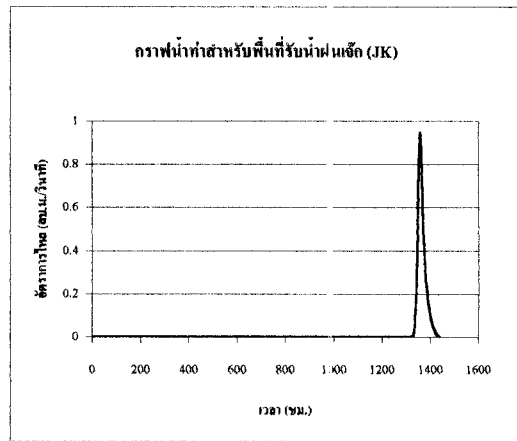
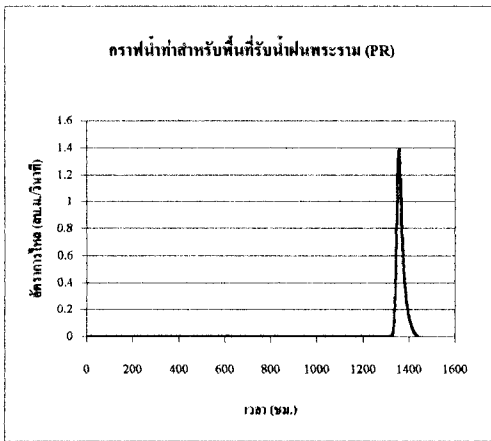
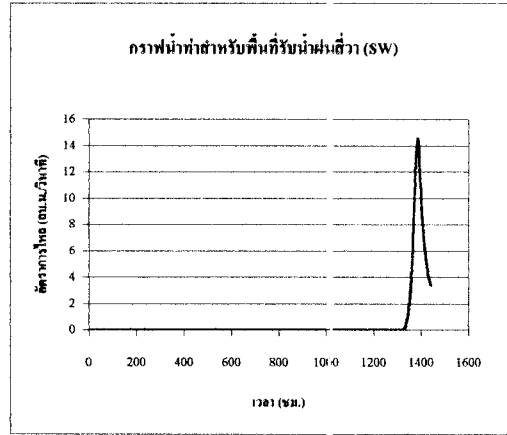
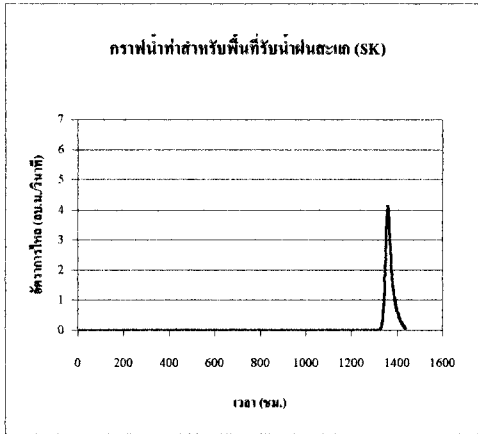
ภาพที่ 11 (ต่อ)



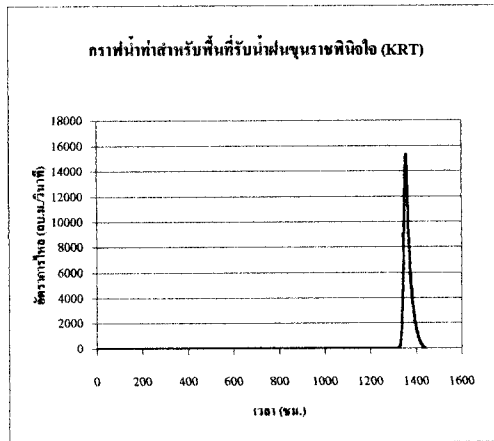
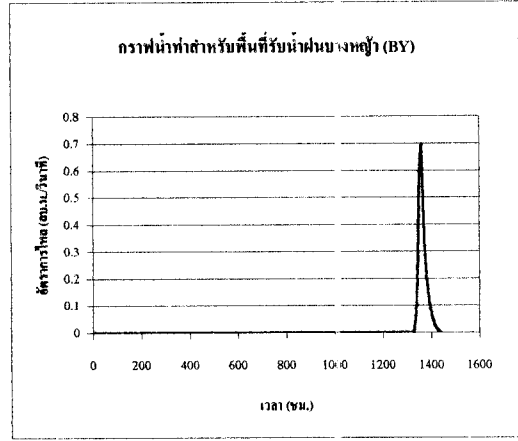
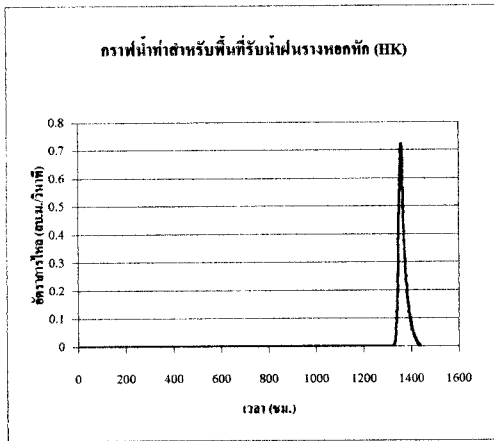
ภาพที่ 12 การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11-HD กับที่ได้จากการตรวจวัดสำหรับการสอบเทียบแบบจำลองกรณีที่มีการไหลเฉพาะในลำน้ำ ของหนองคูกรมชลประทานระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน 2536 ที่สถานีบางน้ำจืด



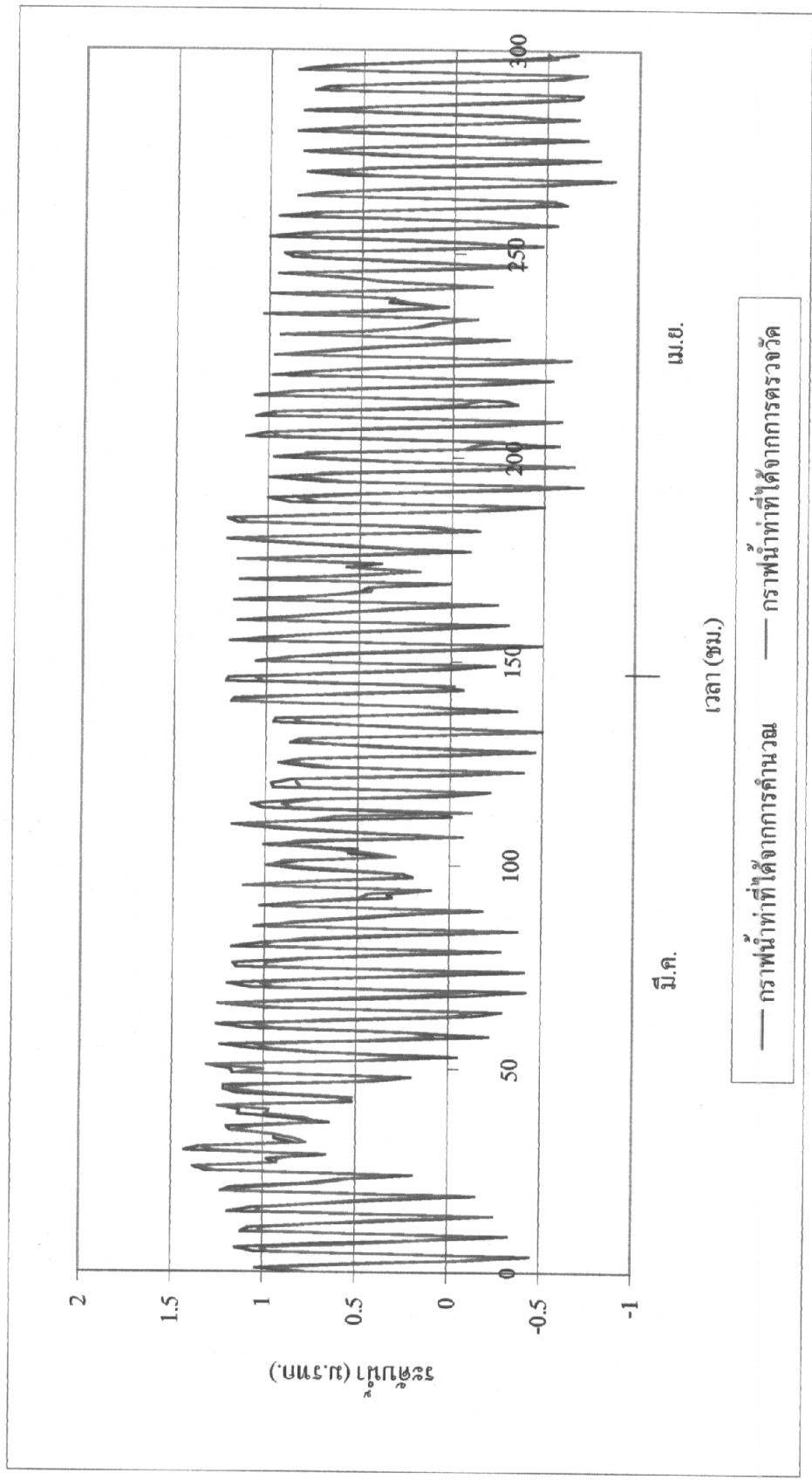
ภาพที่ 13 กราฟปริมาณน้ำทำสำหรับพื้นที่รับน้ำต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2538 สำหรับการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง กรณีที่มีการไหลเฉพาะในลำน้ำ



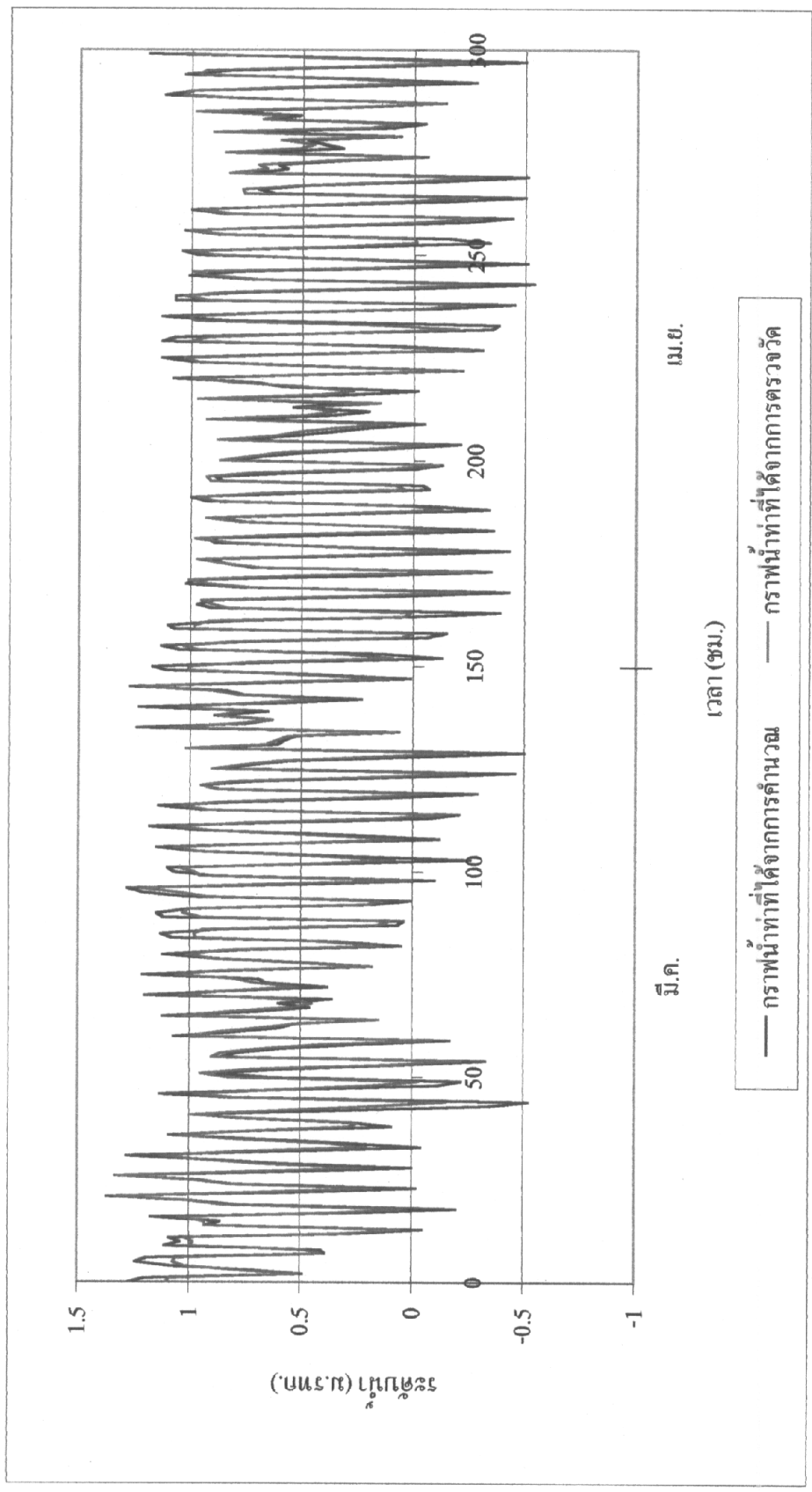
ภาพที่ 13 (ต่อ)



ภาพที่ 13 (ต่อ)



ภาพที่ 14 การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11-HD กับที่ได้จากการตรวจวัดสำหรับการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีที่มีการไหลเฉพาะในลำน้ำของเหตุการณ์กรำน้ำท่าระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน 2532 ที่สถานีบางน้ำเจ็ด



ภาพที่ 15 การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ใต้จากการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11-HD กับที่ได้จากการตรวจวัดสำหรับการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีที่มีการไหลเฉพาะในลำน้ำ ของเหตุการณ์น้ำท่าระหว่างวันที่ 1 มีนาคม ถึง 30 เมษายน 2538 ที่สถานีบางน้ำจืด

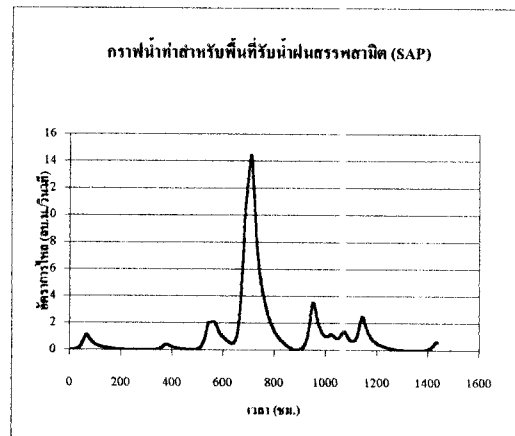
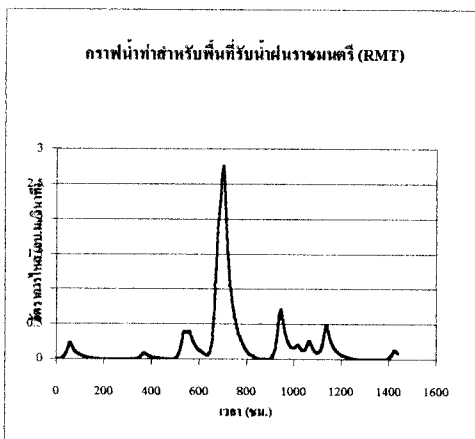
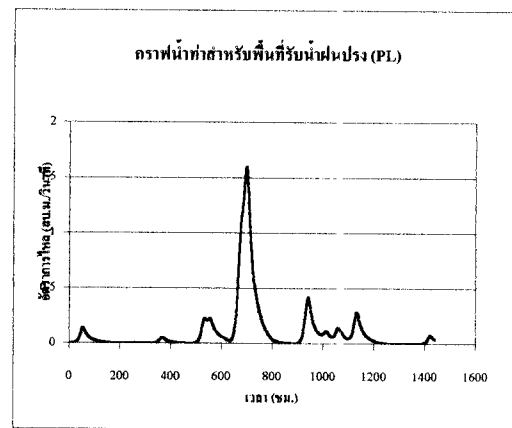
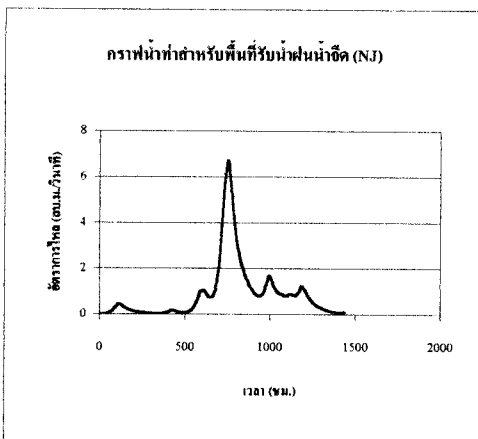
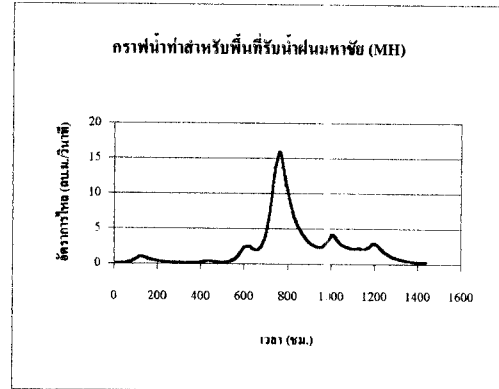
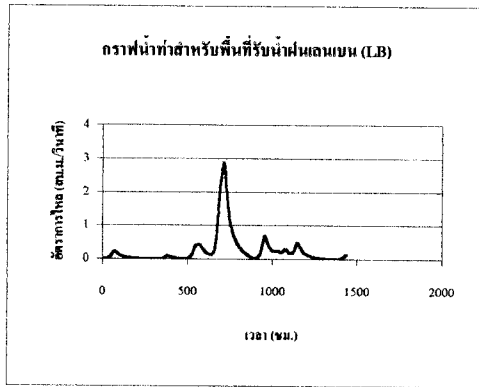
ผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง เท่ากับ 5.45 ค่า Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 0.13 ค่า Efficiency Index (EI) เท่ากับ 0.900 ค่า Water Balance Error เท่ากับ 10.19 โดยระดับน้ำสูงสุดและเวลาการเกิดน้ำนองสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งผลการเปรียบเทียบทางสถิติแสดงได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SCS และ MIKE 11 - HD กรณีการไหลเฉพาะในลำน้ำ

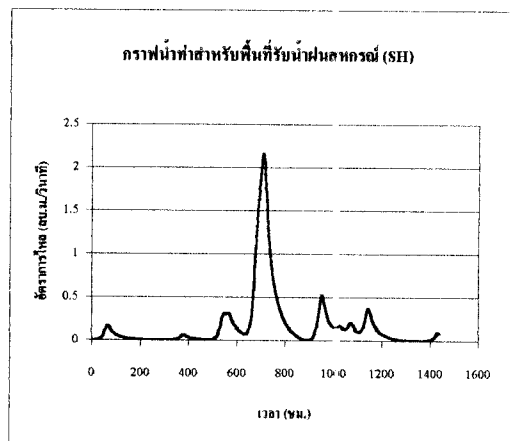
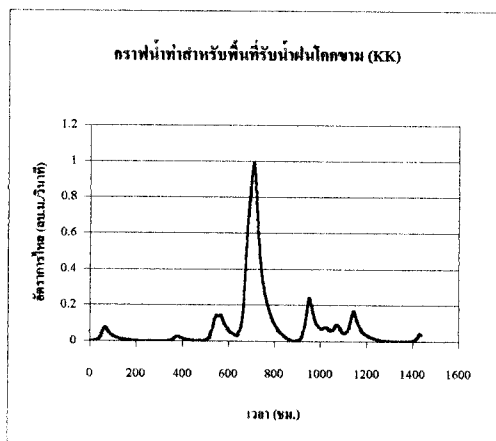
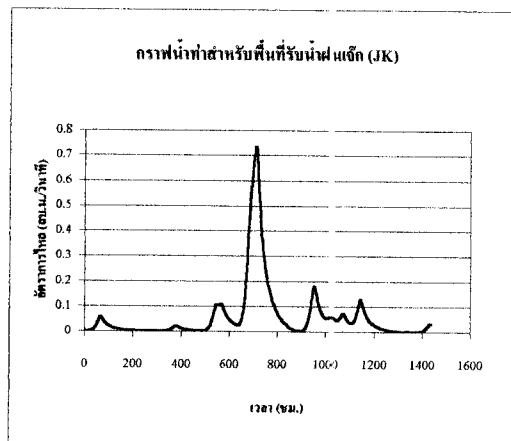
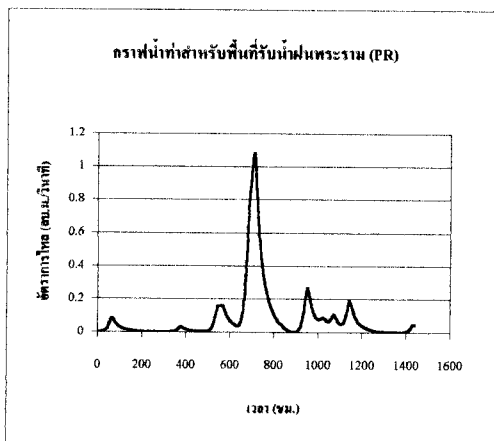
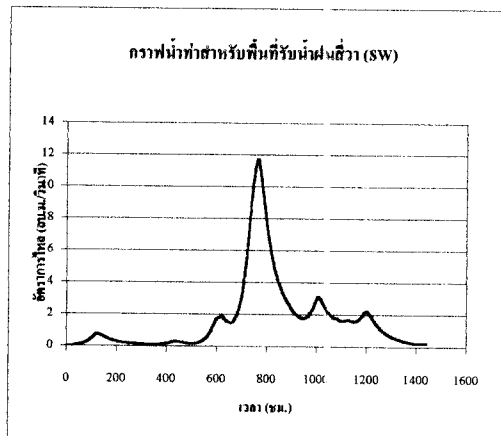
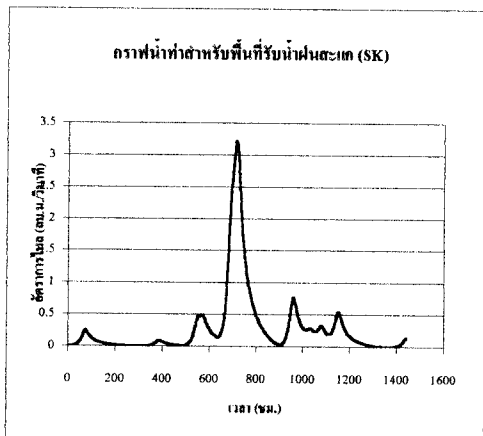
เหตุการณ์น้ำหลาก	สถานีวัดระดับน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง	RMSE	EI	WBE
ในปี พ.ศ.		(Correlation coefficient)	(Sum of squares of differences)			(%)
2536	สถานีบางน้ำจืด	0.9721	6.05	0.14	0.908	6.81
2532	สถานีบางน้ำจืด	0.9825	4.57	0.12	0.942	1.1
2538	สถานีบางน้ำจืด	0.9718	5.45	0.13	0.900	10.19

1.2 การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองคณิตศาสตร์ SCS และ MIKE 11 - HD กรณีการไหลในทุ่งน้ำท่วม

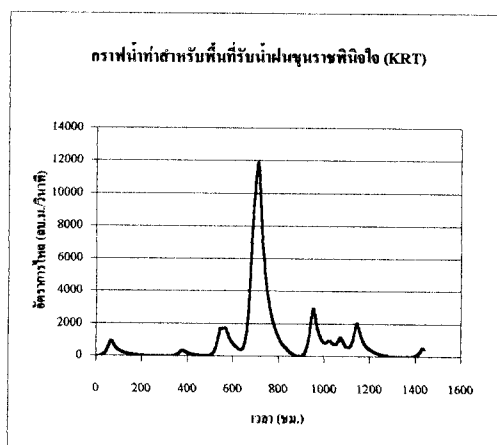
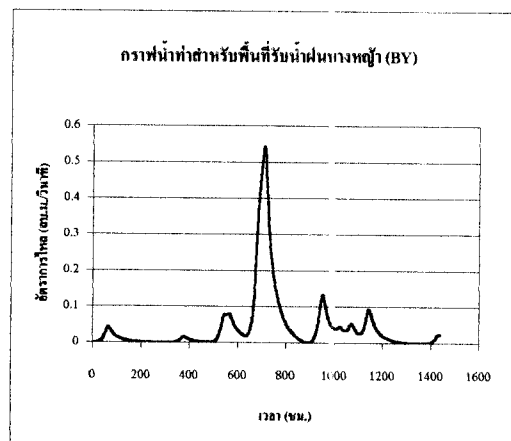
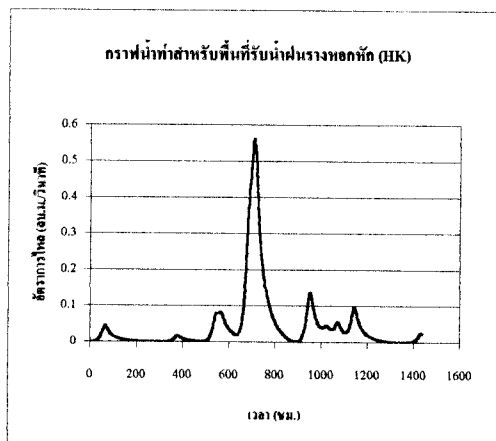
ในการสอบเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ SCS และ MIKE 11 - HD นั้นได้ทำการเลือกเหตุการณ์ของน้ำหลากที่มีการไหลในทุ่งน้ำท่วม เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning สำหรับการไหลในลำน้ำและทุ่งน้ำท่วมของคลองต่างๆ ที่อยู่ในโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” ซึ่งเหตุการณ์น้ำหลากที่ได้เลือกมานั้น คือ เหตุการณ์น้ำท่าระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2536 ในภาพที่ 16 ได้แสดงกราฟปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำต่างๆ ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 6 ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2536 โดยค่าพารามิเตอร์ CN ในแบบจำลอง SCS ที่เหมาะสมนั้นได้เท่ากับ 65 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง MIKE 11 - HD ได้ทำการเปรียบเทียบกราฟระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง MIKE 11 - HD กับข้อมูลที่มีการจดบันทึกไว้ ซึ่งจุดพิจารณาระดับน้ำนั้นนี้อยู่จุดเดียวคือสถานีบางน้ำจืด ซึ่งอยู่ห่างจากจุดพิจารณาด้านท้ายน้ำ 9 กิโลเมตร ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning สำหรับการไหลในทุ่งน้ำท่วมของแบบจำลอง MIKE 11 - HD ที่เหมาะสมนั้นได้เท่ากับ 0.09 ดังแสดงในภาพที่ 17 ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟระดับน้ำที่จุดพิจารณามีความใกล้เคียงกันและค่าความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเป็นที่ยอมรับได้ โดยระดับน้ำสูงสุดและเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.977 ค่าผลรวมความ



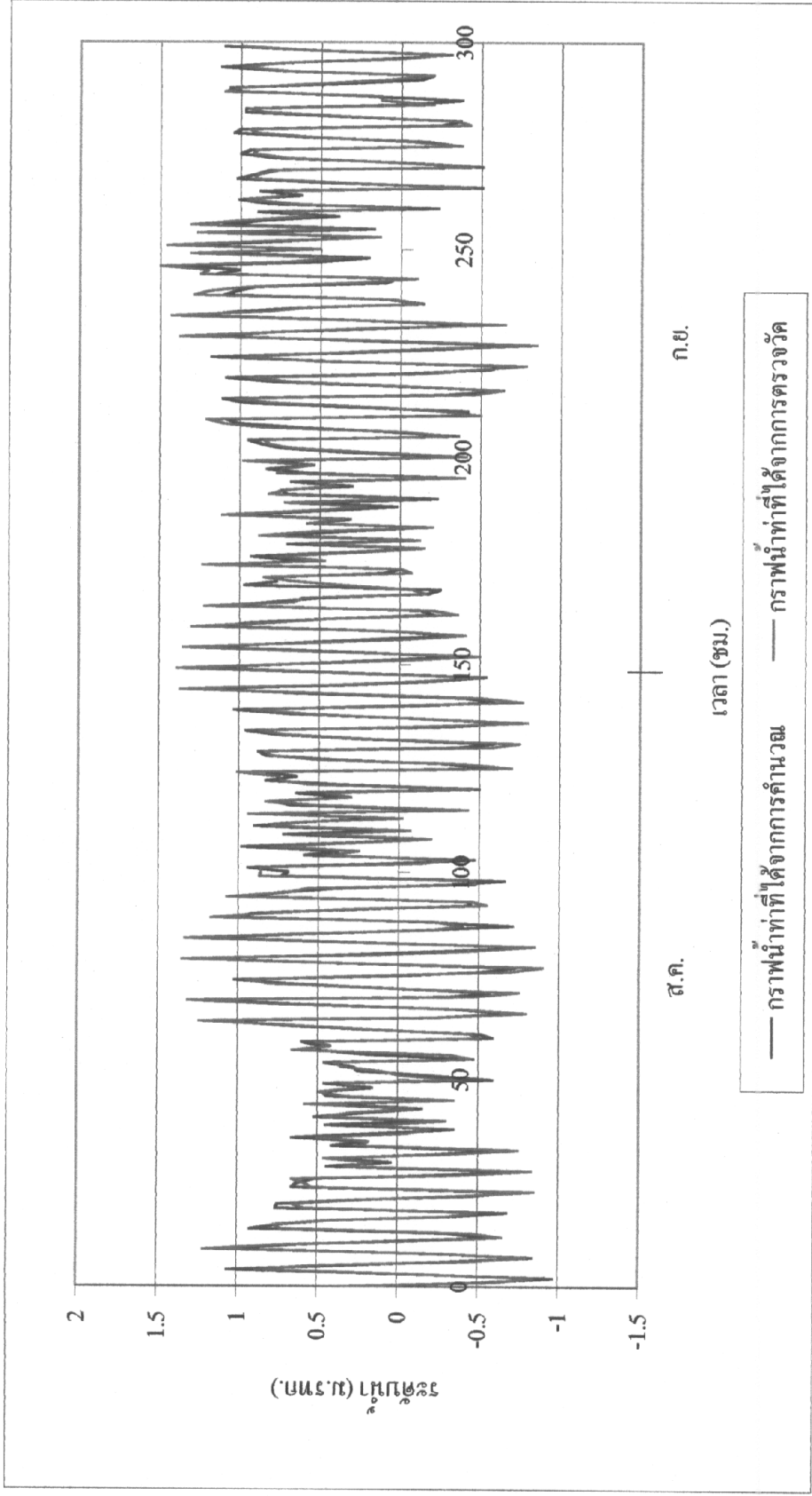
ภาพที่ 16 กราฟปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2536 สำหรับการสอบเทียบแบบจำลอง กรณีที่มีการไหลในทุ่งน้ำท่วม



ภาพที่ 16 (ต่อ)



ภาพที่ 16 (ต่อ)

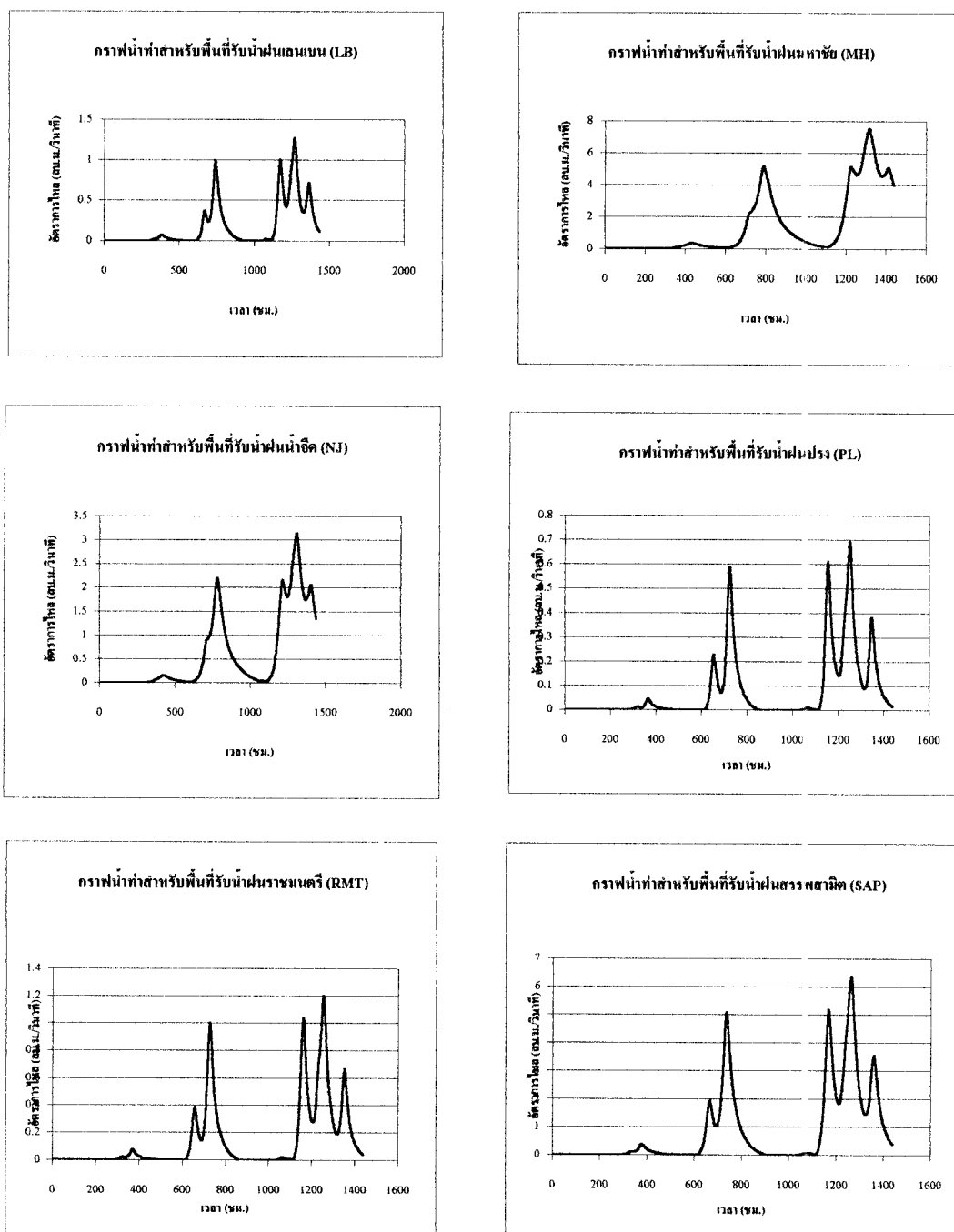


ภาพที่ 17 การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11-HD กับที่ได้จากการตรวจวัดสำหรับการสอบเทียบแบบจำลองกรณีที่มีการไหลในทุ่งน้ำท่วม ของเหตุการณ์กราฟน้ำท่าระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน 2536 ที่สถานีบางน้ำจืด

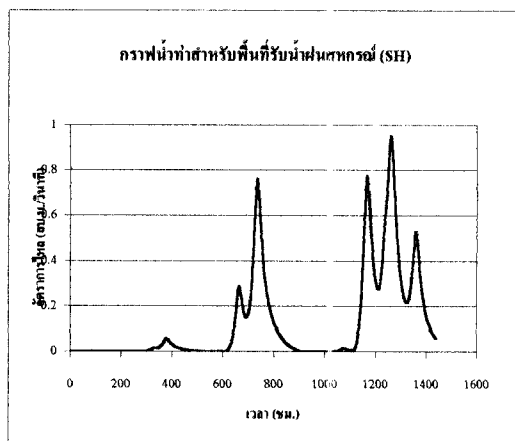
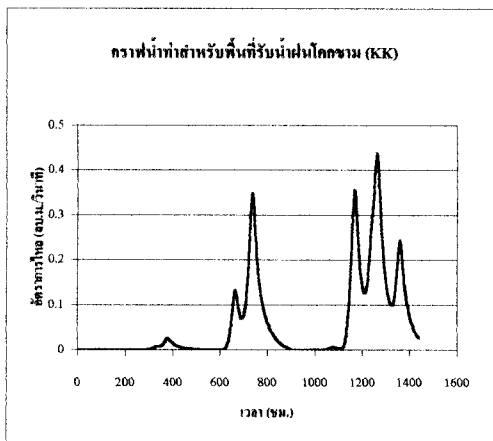
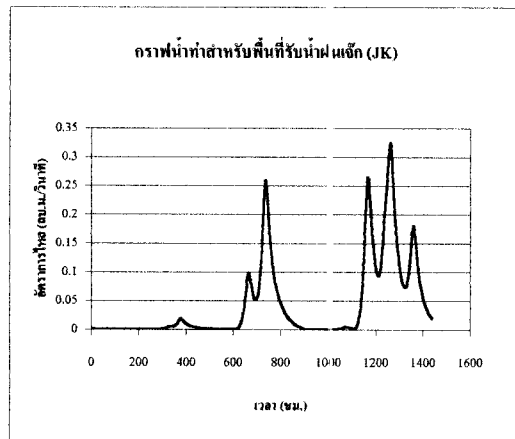
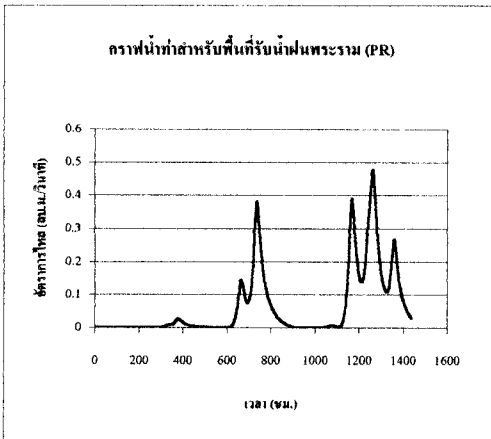
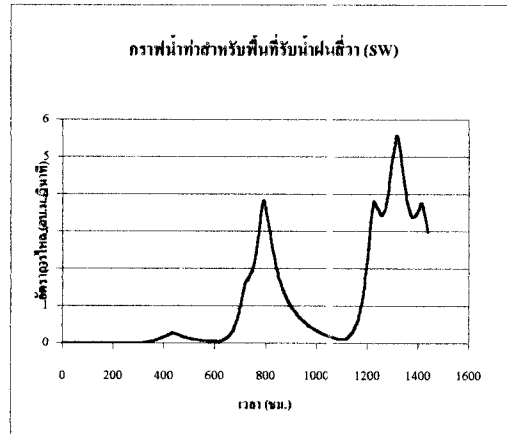
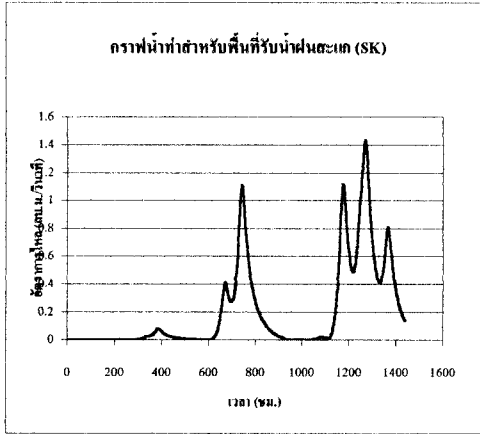
แตกต่างกันกำลังสอง เท่ากับ 5.15 ค่า Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 0.13 ค่า Efficiency Index (EI) เท่ากับ 0.93 ค่า Water Balance Error เท่ากับ 1.12 ซึ่งผลการเปรียบเทียบทางสถิติได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 8

สำหรับการตรวจพิสูจน์แบบจำลองคณิตศาสตร์ SCS และ MIKE 11 – HD นั้นได้ใช้เหตุการณ์น้ำหลาก 2 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์น้ำหลากระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2532 และเหตุการณ์น้ำหลากระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2538 ในภาพที่ 18 และ ภาพที่ 19 ได้แสดงกราฟปริมาณน้ำหลากที่ได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2532 และ กราฟปริมาณน้ำหลากที่ได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2538 ตามลำดับ โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบของแบบจำลองทั้งสอง กล่าวคือ ค่า CN เท่ากับ 65 และ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ในทุ่งน้ำท่วม เท่ากับ 0.09 มาตรฐานพิสูจน์

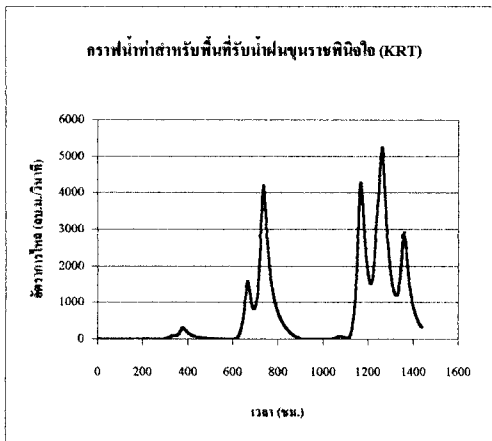
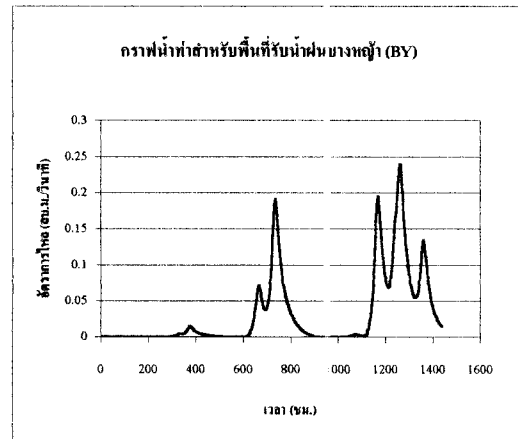
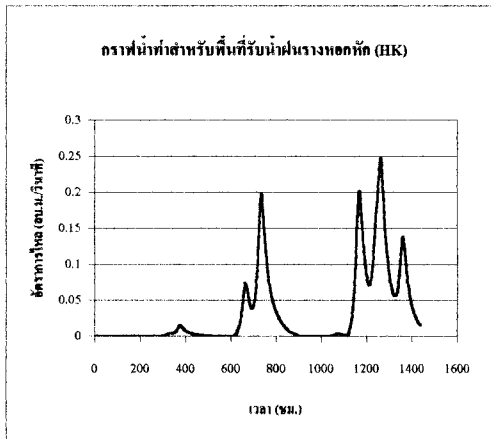
ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE 11 – HD ของทั้ง 2 เหตุการณ์โดยการเปรียบเทียบกับกราฟระดับน้ำที่คำนวณโดยแบบจำลองกับกราฟระดับน้ำที่มีการจดบันทึกไว้ที่สถานีบางน้ำจืดแสดงได้ดังภาพที่ 20 และ ภาพที่ 21 ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟระดับน้ำที่จุดพิจารณานั้นมีความใกล้เคียงกัน และค่าความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเป็นที่ยอมรับได้ โดยเหตุการณ์น้ำหลากระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2532 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9645 ค่าผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง เท่ากับ 9.25 ค่า Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 0.17 ค่า Efficiency Index (EI) เท่ากับ 0.89 ค่า Water Balance Error เท่ากับ 4.2 และ เหตุการณ์น้ำหลากระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2538 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.967 ค่าผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง เท่ากับ 4.28 ค่า Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 0.12 ค่า Efficiency Index (EI) เท่ากับ 0.91 ค่า Water Balance Error เท่ากับ 10.08 ซึ่งผลการเปรียบเทียบทางสถิติได้แสดงไว้ใน โดยระดับน้ำสูงสุดและเวลาการเกิดน้ำนองสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งผลการเปรียบเทียบทางสถิติแสดงได้ดัง ตารางที่ 8 และ ตารางที่ 10 ได้แสดงสรุปค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง MIKE 11 – HD สำหรับลำน้ำต่างๆ ของโครงการฯ



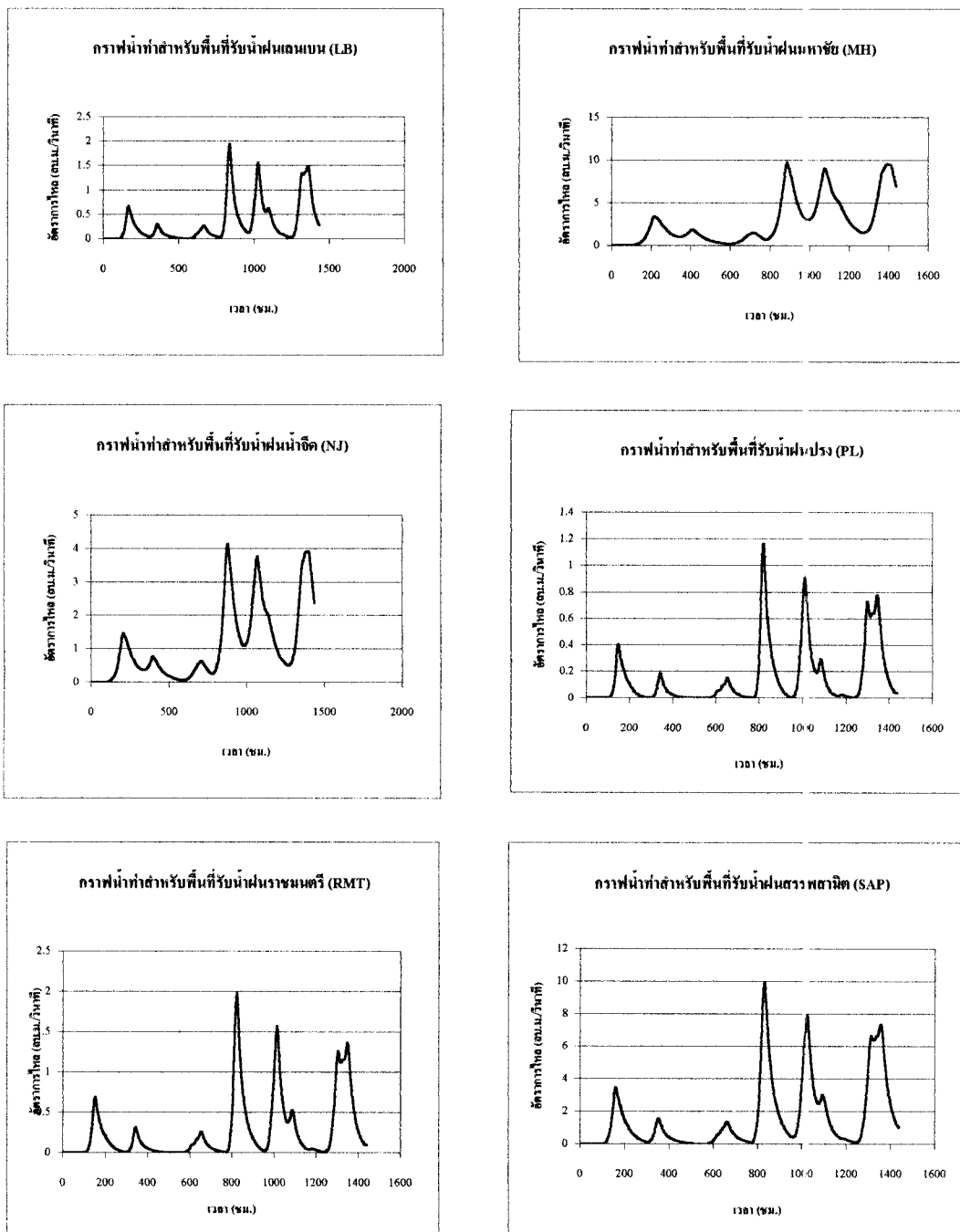
ภาพที่ 18 กราฟปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2532 สำหรับการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง กรณีที่มีการไหลในทุ่งน้ำท่วม



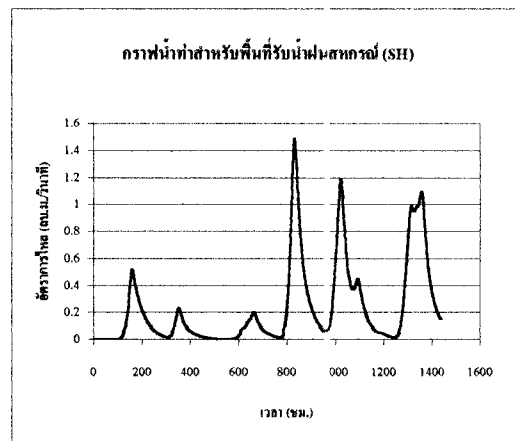
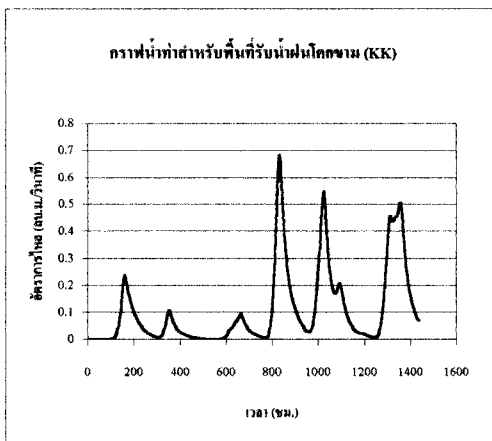
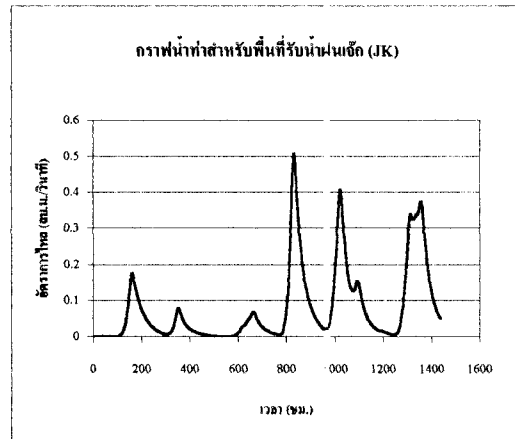
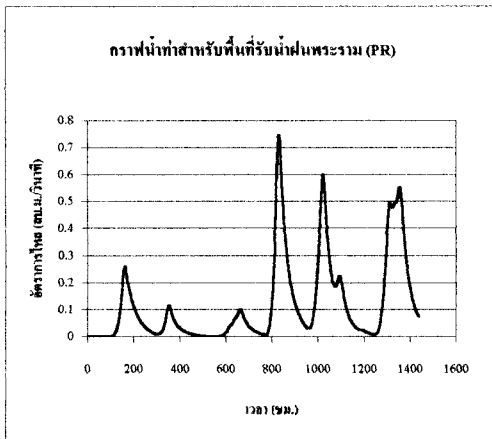
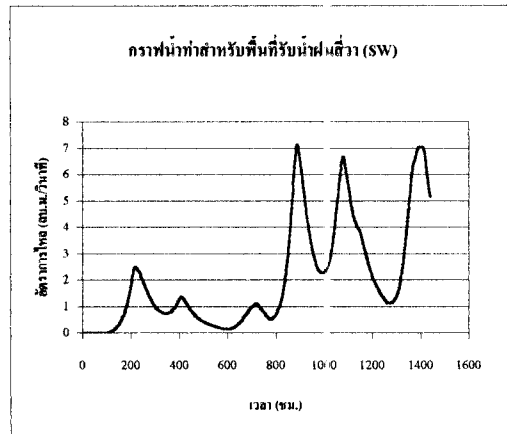
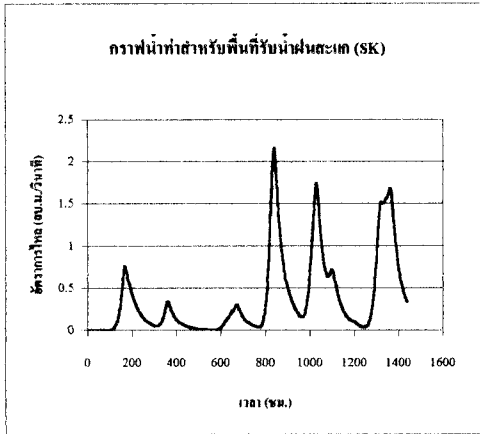
ภาพที่ 18 (ต่อ)



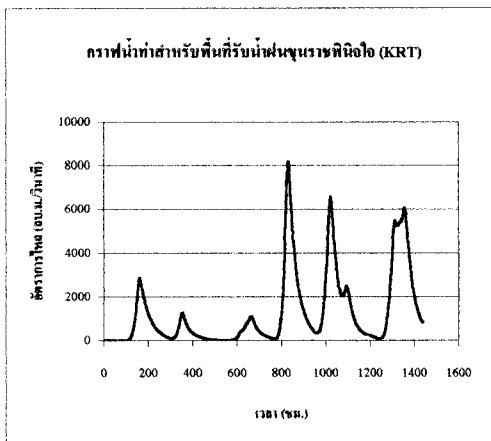
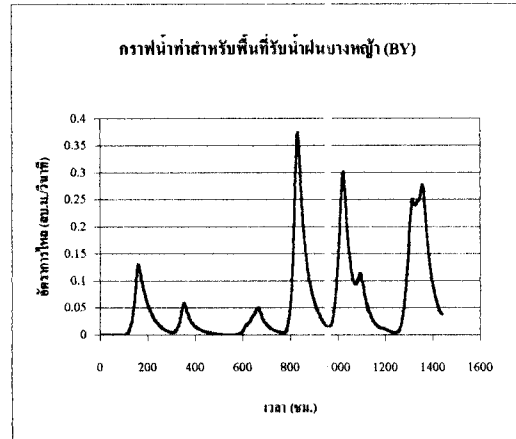
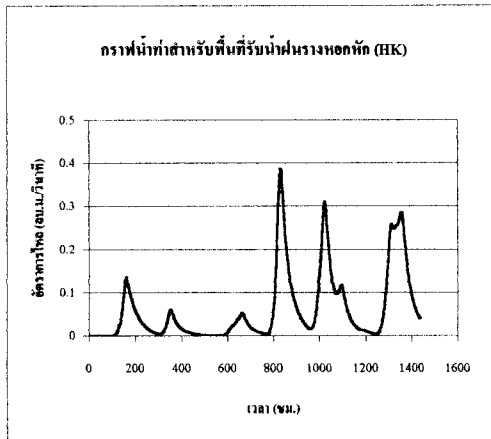
ภาพที่ 18 (ต่อ)



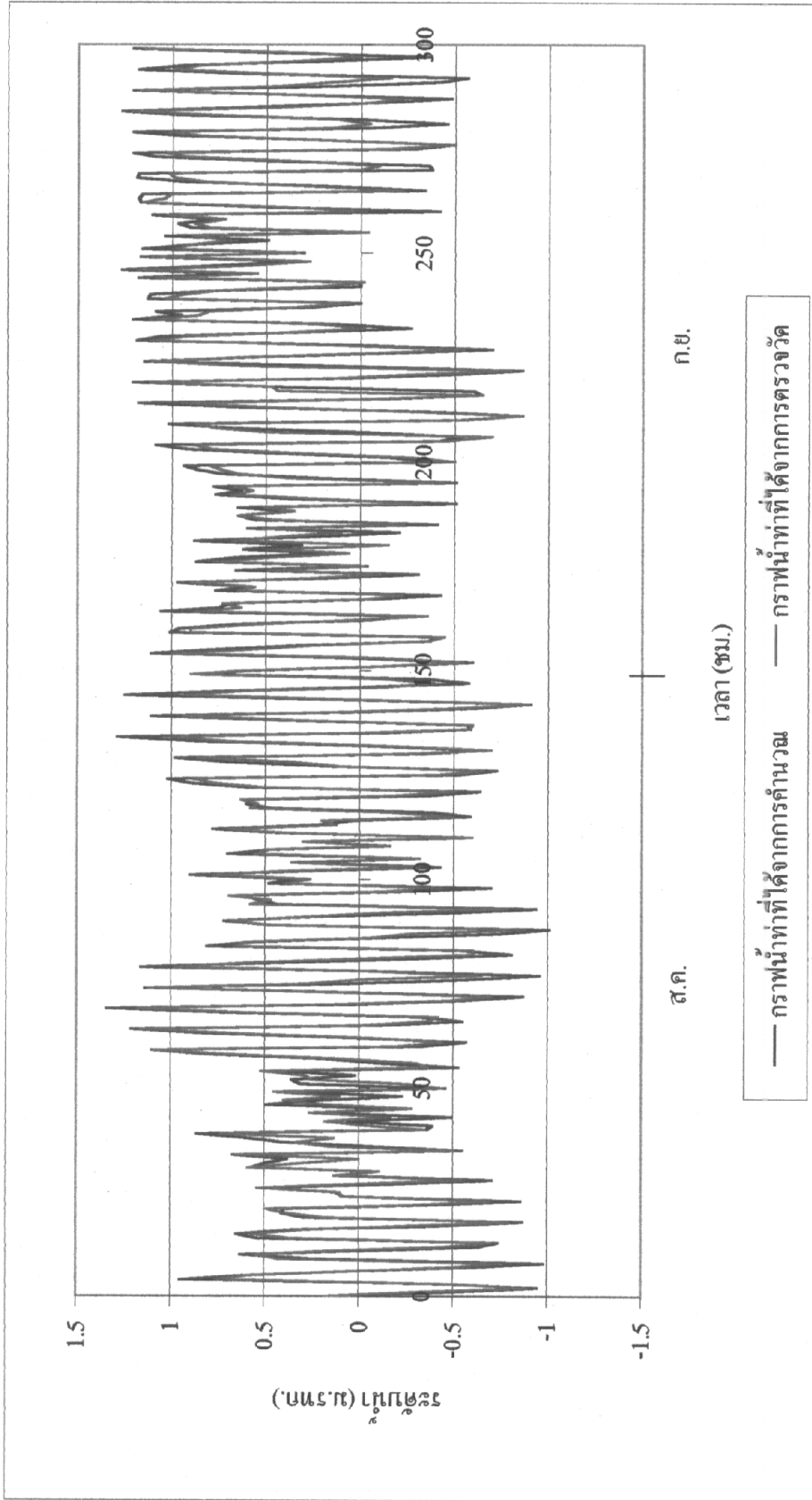
ภาพที่ 19 กราฟปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลอง SCS ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2538 สำหรับการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง กรณีที่มีการไหลในทุ่งน้ำท่วม



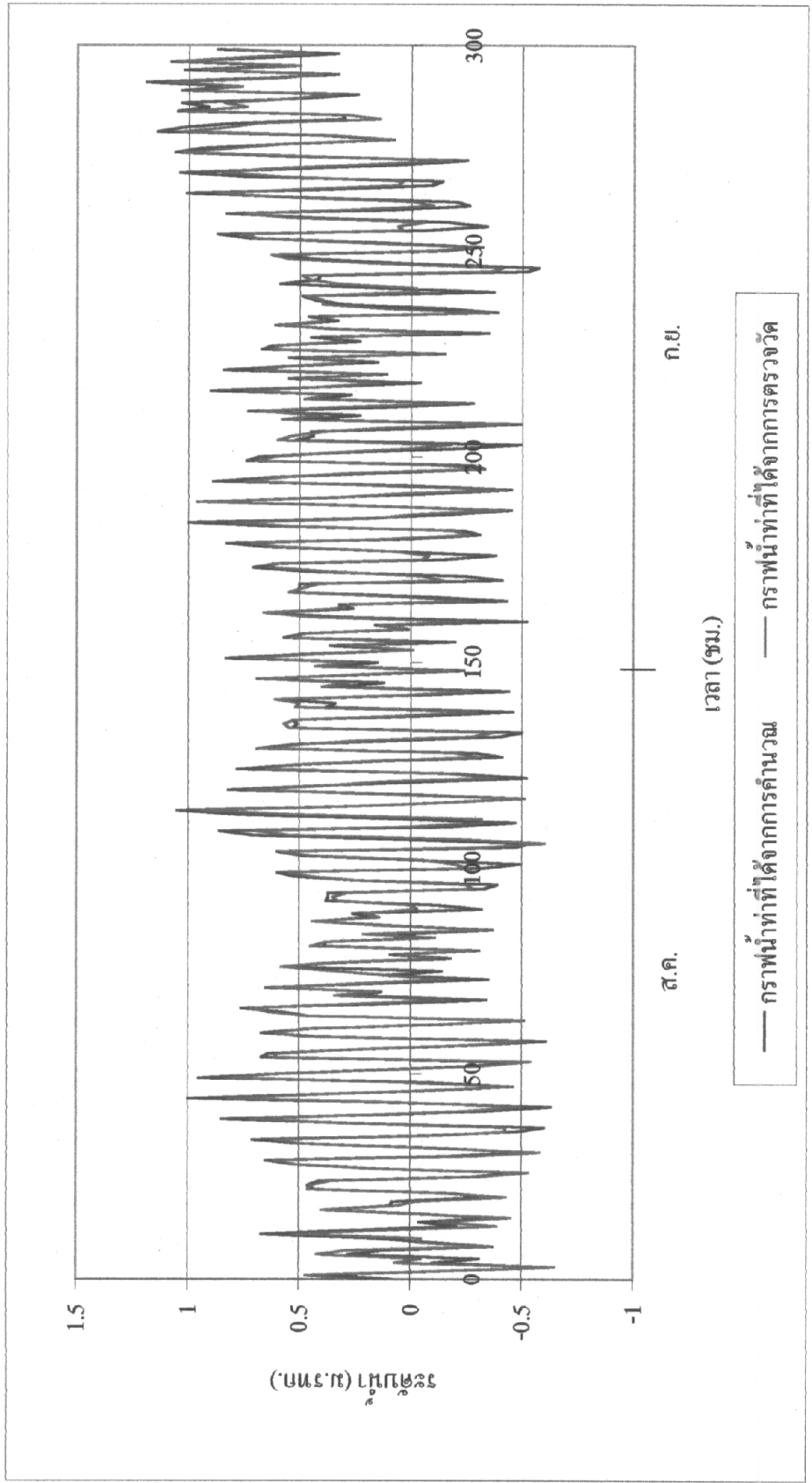
ภาพที่ 19 (ต่อ)



ภาพที่ 19 (ต่อ)



ภาพที่ 20 การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11-HD กับที่ได้จากการตรวจวัดสำหรับการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีที่มีการไหลในทุ่งน้ำท่วม ของเหตุการณ์กราฟน้ำท่าระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน 2532 ที่สถานีบึงน้ำเจ็ด



ภาพที่ 21 การเปรียบเทียบระหว่างกราฟน้ำท่าของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลอง MIKE 11-HD กับที่ได้จากการตรวจวัดสำหรับการตรวจพิสูจน์แบบจำลองกรณีที่มีการไหลในทุ่งน้ำท่วม ของเหตุการณ์กราฟน้ำท่าระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน 2538 ที่สถานีบางน้ำจืด

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง SCS และ MIKE 11 - HD กรณีการไหลในทุ่งน้ำท่วม

เหตุการณ์น้ำหลาก ในปี พ.ศ.	สถานีวัดระดับน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)	ผลรวมความแตกต่างยกกำลังสอง (Sum of squares of differences)	RMSE	EI	WBE (%)
2536	สถานีบางน้ำจืด	0.977	5.15	0.13	0.93	1.12
2532	สถานีบางน้ำจืด	0.9645	9.25	0.17	0.89	4.2
2538	สถานีบางน้ำจืด	0.967	4.28	0.12	0.91	10.08

2. การประมาณปริมาณน้ำไหลเข้าที่จุดควบคุมด้านเหนือน้ำและด้านข้างโดยแบบจำลอง SCS สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

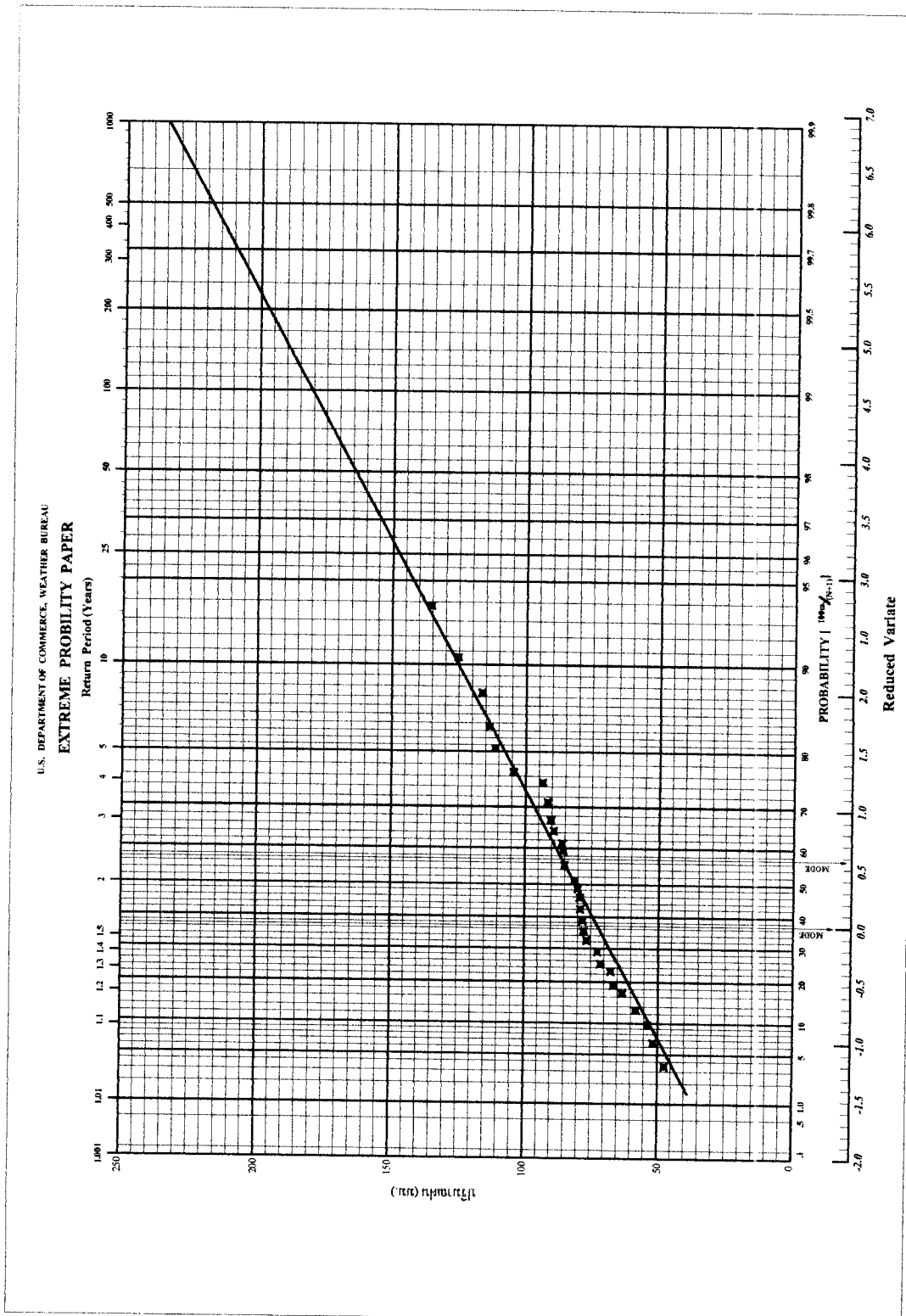
ในการประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการฯ ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ จะต้องทำการออกแบบพายุฝนสำหรับการไหลเข้าที่จุดควบคุมด้านเหนือน้ำและด้านข้างโดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง SCS สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปี โดยการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ปริมาณฝนสูงสุดรายปี 1, 3, 5 และ 7 วัน โดยวิธีแจกแจงความถี่แบบกัมเบล โดยใช้ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม (23022) ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในภาพที่ 22 ถึงภาพที่ 25 และตารางที่ 9 แสดงผลการประเมินปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี 1 ถึง 7 วัน สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

ตารางที่ 9 ผลการประเมินปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี 1 ถึง 7 วัน สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

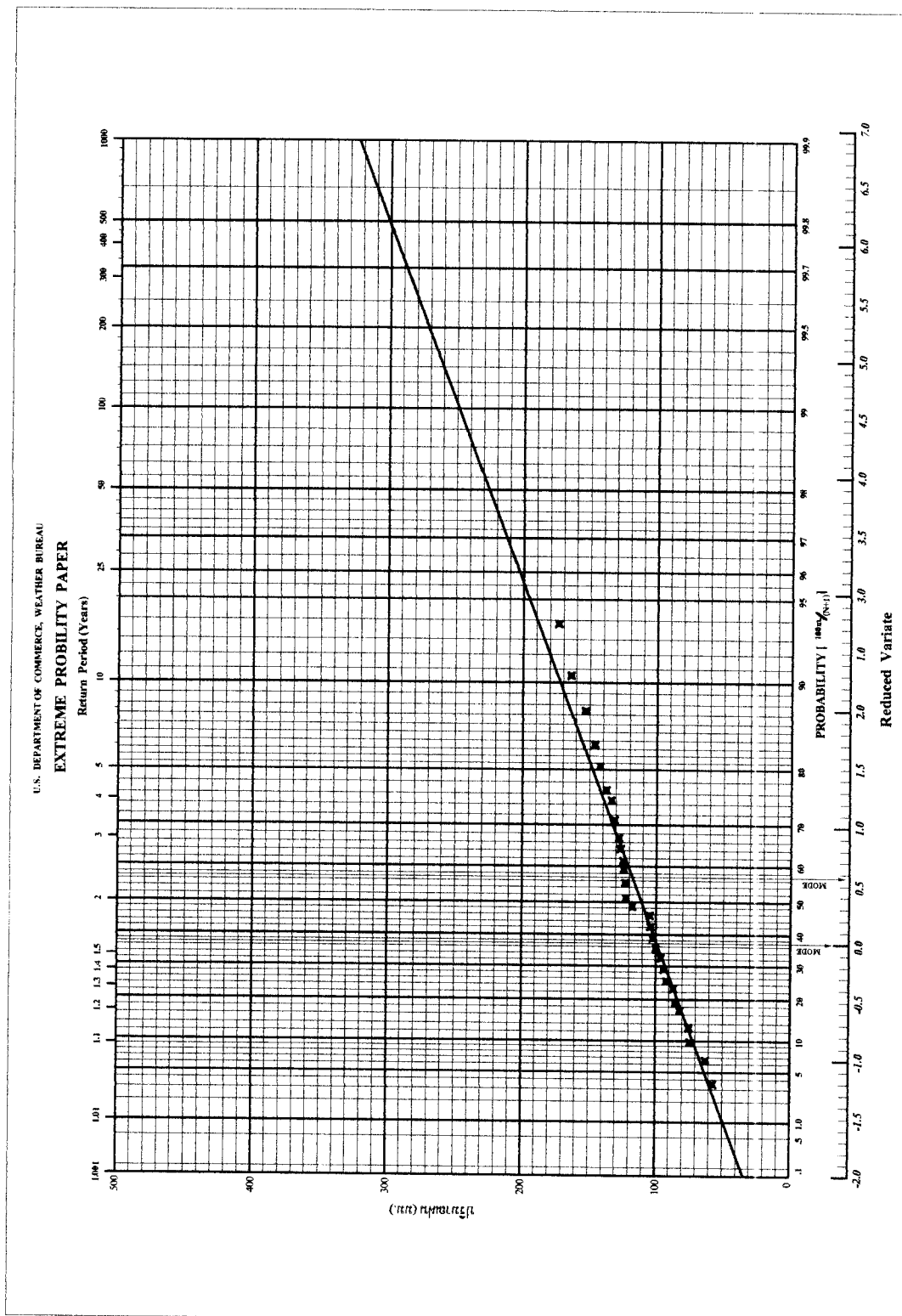
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)						
	1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
2	82	97	112	123	140	150	160
5	107	123	150	171	180	210	220
10	125	140	174	200	210	248	260
20	140	160	196	225	236	280	300
50	162	180	225	260	270	325	348
100	178	198	248	290	298	360	380

ตารางที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ในแต่ละคลองของโครงการแก้มลิง "คลองมหาชัย - คลองสนามชัย"

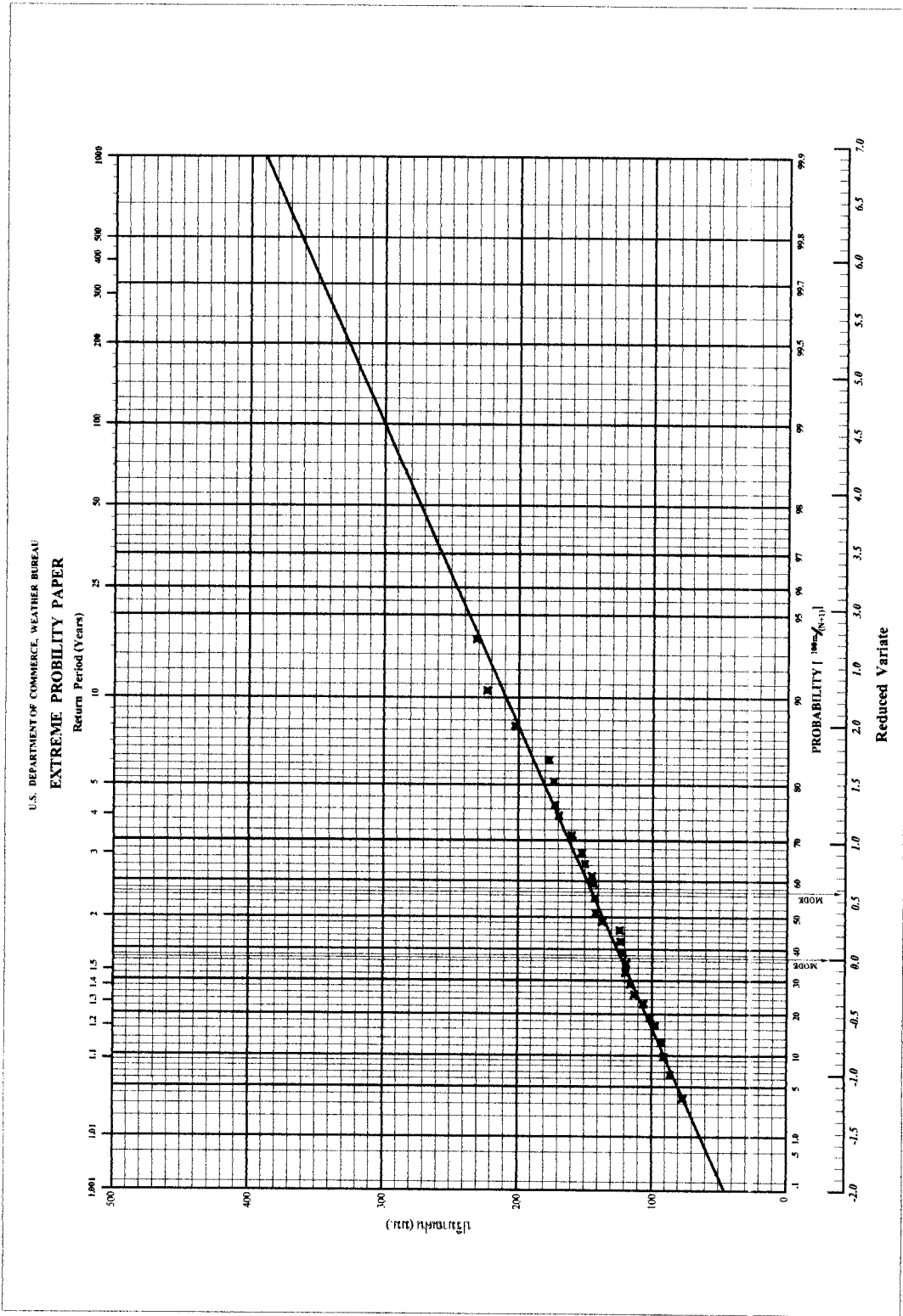
คลอง	ระยะทาง (chainage) (กม.)	สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning	
		กรณีการไหลเฉพาะในลำน้ำ (channel flow)	กรณีการไหลในทุ่งน้ำท่วม (floodplain flow)
คลองสนามชัย - คลองมหาชัย	38.5	0.033	0.09
คลองบางหญ้า	3.5	0.033	0.09
คลองรางหอกหัก	3.7	0.033	0.09
คลองเจ๊ก	6.9	0.033	0.09
คลองโคกขาม	9	0.033	0.09
คลองขุนราชพินิจใจ	9.4	0.033	0.09
คลองพระราม	5.7	0.033	0.09
คลองสหกรณ์	8.5	0.033	0.09
คลองสรรพสามิต	33.4	0.033	0.09



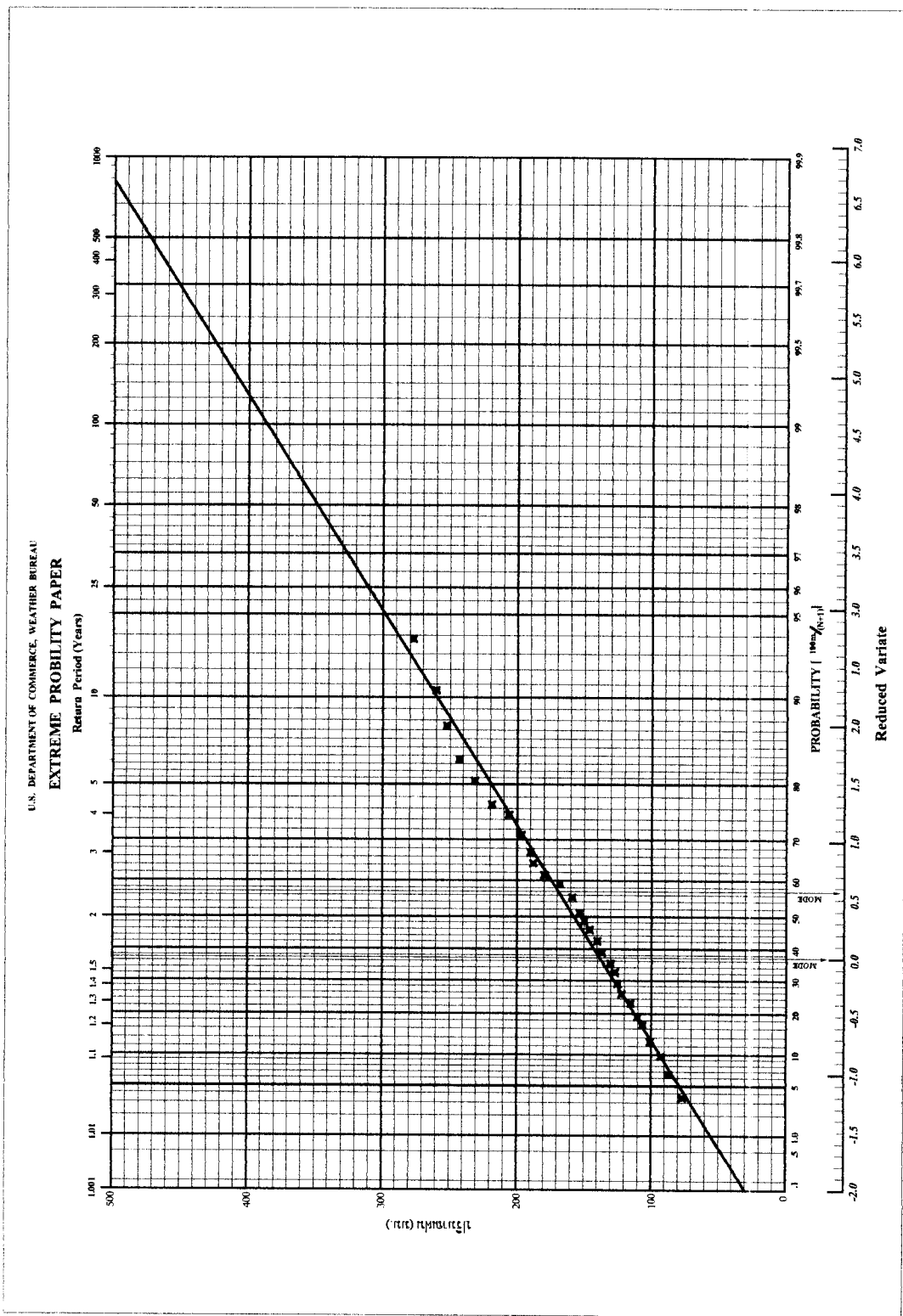
ภาพที่ 22 กราฟแสดง ผลการวิเคราะห์ความถี่ของฝนสูงสุด 1 วัน ของโครงการแก้มลิง "คลองมหาชัย - คลองสนามชัย"



ภาพที่ 23 กราฟแสดง ผลการวิเคราะห์ความถี่ของฝนสูงสุด 3 วัน ของโครงการแก้มลิง "คลองมหาชัย - คลองสนามชัย"



ภาพที่ 24 กราฟแสดง ผลการวิเคราะห์ความถี่ของฝนสูงสุด 5 วัน ของโครงการแก้มลิง "คลองมหาชัย - คลองสนามชัย"



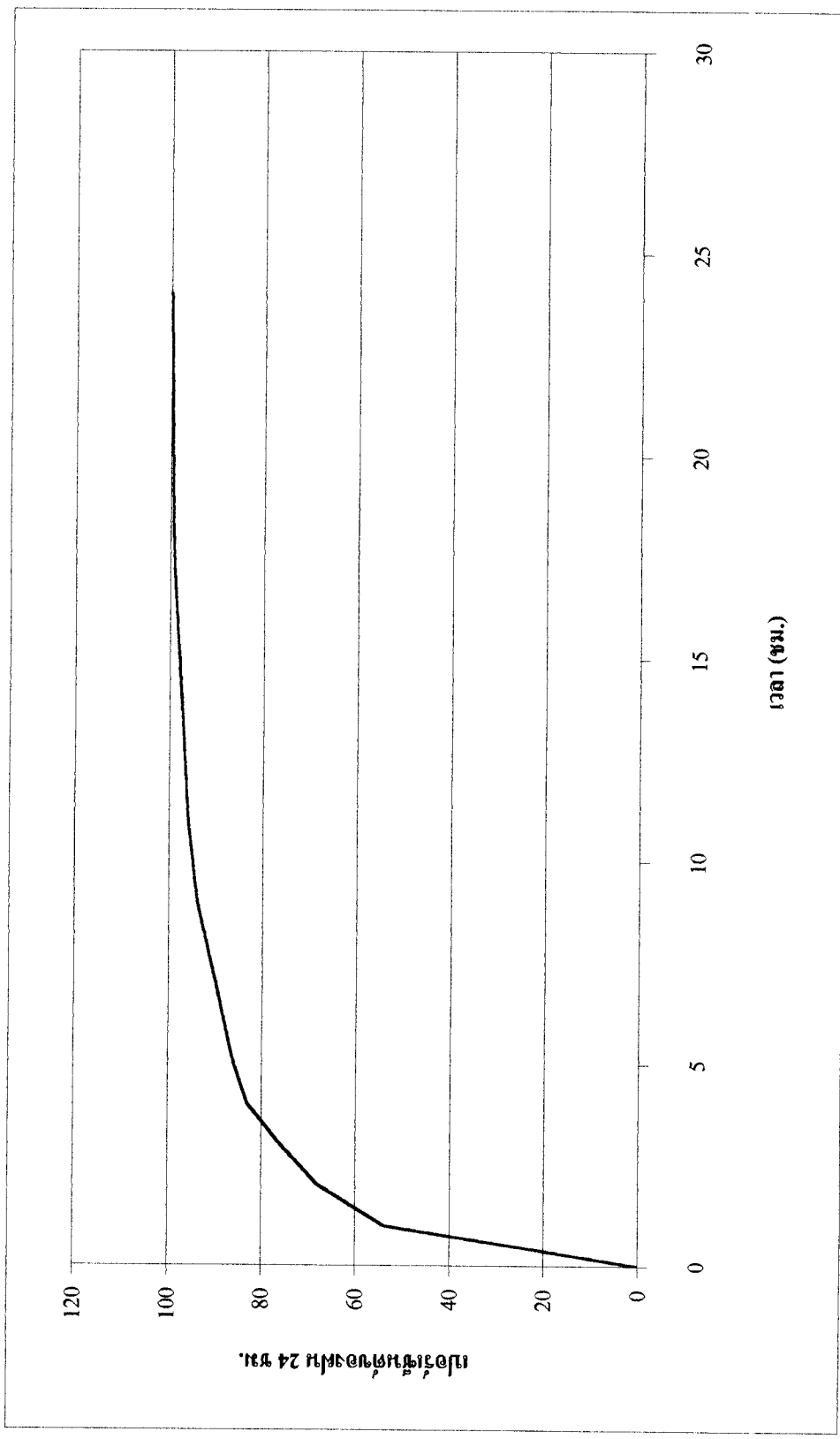
ภาพที่ 25 กราฟแสดง ผลการวิเคราะห์ความถี่ของฝนสูงสุด 7 วัน ของโครงการแก้มลิง "คลองมหาชัย - คลองสนามชัย"

จากผลการคำนวณหาปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ นำค่าที่ได้มากระจาย เป็นฝน 24 ชั่วโมง โดยใช้การกระจายตัวของฝน 24 ชั่วโมงของสถานีวัดน้ำฝน อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม ซึ่งจัดทำโดยกรมชลประทานดังแสดงในภาพที่ 26 และคำนวณฝนส่วนเกินโดยวิธี SCS แล้วนำมาประยุกต์กับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณโดยวิธี SCS จะได้กราฟน้ำนอง สูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของแต่ละพื้นที่รับน้ำฝน ซึ่งแสดงไว้ภาคผนวก ก สำหรับกราฟ น้ำนองสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของแต่ละพื้นที่รับน้ำฝนได้สรุปในตารางที่ 11

3. การประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย”

การประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” ได้แบ่งการพิจารณาสภาพการไหลเป็น 6 กรณีสำหรับสภาพการไหลการเกิดน้ำท่วมที่รอบปี การเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปี โดยการศึกษาในแต่ละกรณีมีดังนี้

1. การไหลในสภาพที่เปิดประตูระบายน้ำต่างๆ ของโครงการฯ
2. การไหลในสภาพที่ปิดประตูระบายน้ำต่างๆ ของโครงการฯ
3. การไหลในสภาพที่ปิดประตูระบายน้ำต่างๆ ของโครงการฯ และ สูบน้ำออกจาก คลองต่างๆ
4. การไหลในสภาพที่เปิดประตูระบายน้ำต่างๆ ของโครงการฯ เมื่อมีการสร้างคันกั้นน้ำ ในโครงการฯ
5. การไหลในสภาพที่ปิดประตูระบายน้ำต่างๆ ของโครงการฯ เมื่อมีการสร้างคันกั้นน้ำ ในโครงการฯ
6. การไหลในสภาพที่ปิดประตูระบายน้ำต่างๆ ของโครงการฯ และ สูบน้ำออกจาก คลองต่างๆ ขณะกำลังก่อสร้างคันกั้นน้ำ



ภาพที่ 26 การกระจายตัวของฝน 24 ชั่วโมงของสถานีวัดน้ำฝน อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม
 ที่มา: กรมชลประทาน (2541)

ตารางที่ 11 ปริมาณน้ำตกลงสูงสุดสำหรับแต่ละพื้นที่รับน้ำฝนหรือรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่รับน้ำฝน	รหัสพื้นที่รับน้ำฝน	พื้นที่รับน้ำฝน					ปริมาณน้ำตกลงสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ	
			(ตร.กม.)	2 ปี	5 ปี	10 ปี	20 ปี		50 ปี
1	มหาชัย	MH	161.69	10.08	16.90	22.30	27.58	35.79	41.84
2	ราชมนตรี	RMT	13.85	2.21	3.59	4.67	5.66	7.19	8.34
3	สะแก	SK	20.24	2.35	3.87	5.06	6.19	7.93	9.24
4	เลนบน	LB	17.60	2.11	3.47	4.54	5.54	7.10	8.26
5	ปรัง	PL	7.60	1.31	2.12	2.76	3.34	4.23	4.90
6	น้ำจืด	NJ	63.19	4.34	7.25	9.56	11.80	15.29	17.86
7	สีวา	SW	119.95	7.42	12.43	16.41	20.29	26.33	30.79
8	สรรพสามิต	SAP	82.35	10.95	17.92	23.42	28.51	36.45	42.35
9	พระราม	PR	6.18	0.82	1.35	1.76	2.14	2.74	3.18
10	เจ๊ก	JK	4.2	0.56	0.91	1.19	1.45	1.86	2.16
11	โคกขาม	KK	5.65	0.75	1.23	1.61	1.96	2.50	2.91
12	สทกรณ	SH	12.3	1.64	2.68	3.50	4.26	5.44	6.33
13	รางหอหัก	HK	3.2	0.43	0.70	0.91	1.11	1.42	1.65
14	บางหญ้า	BY	3.1	0.41	0.67	0.88	1.07	1.37	1.59
15	ขุนราชพินิจใจ	KRT	10	1.33	2.18	2.84	3.46	4.43	5.14

จากกรณีศึกษาต่างๆแสดงให้เห็นว่ามีส่วนสัมพันธ์กับประตูละบายน้ำต่างๆในพื้นที่โครงการฯ โดยในปัจจุบันได้มีการก่อสร้างประตูละบายน้ำต่างๆ ของโครงการฯ จำนวน 13 แห่ง โดยมีประตูละบายน้ำคลองมหาชัยเป็นประตูละบายน้ำหลัก โดยรายละเอียดของขนาดประตูละบายน้ำและเครื่องสูบน้ำสำหรับแต่ละคลองแสดงในตารางที่ 12 ซึ่งโครงการฯจะทำการปิดประตูละบายน้ำเมื่อมีระดับน้ำทะเลขึ้นสูงกว่าระดับน้ำในคลองต่างๆ และกำลังมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำตลอดแนวคลองมหาชัย – คลองสนามชัยเพื่อป้องกันน้ำล้นตลิ่ง สำหรับผลการศึกษาในแต่ละกรณีสรุปได้ดังนี้

กรณีที่ 1 กรณีเปิดประตูละบายน้ำต่างๆ ของโครงการฯ

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ โดยกำหนดเงื่อนไขทางด้านท้ายน้ำในปีที่ทำให้ค่าระดับการขึ้นของน้ำทะเลสูงสุด ซึ่งเกิดขึ้นใน พ.ศ.2538 โดยผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดแสดงดังตารางที่ 13 และภาพที่ 27 แสดงระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย – คลองสนามชัย กรณีเปิด ประตู. ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดการเกิดสภาวะน้ำล้นตลิ่งของคลองมหาชัยดังนี้

รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 9 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.44 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 0.72 เมตร บริเวณ อ.เมือง จ.สมุทรสาคร

รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 9 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.48 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 0.72 เมตร บริเวณ อ.เมือง จ.สมุทรสาคร และ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

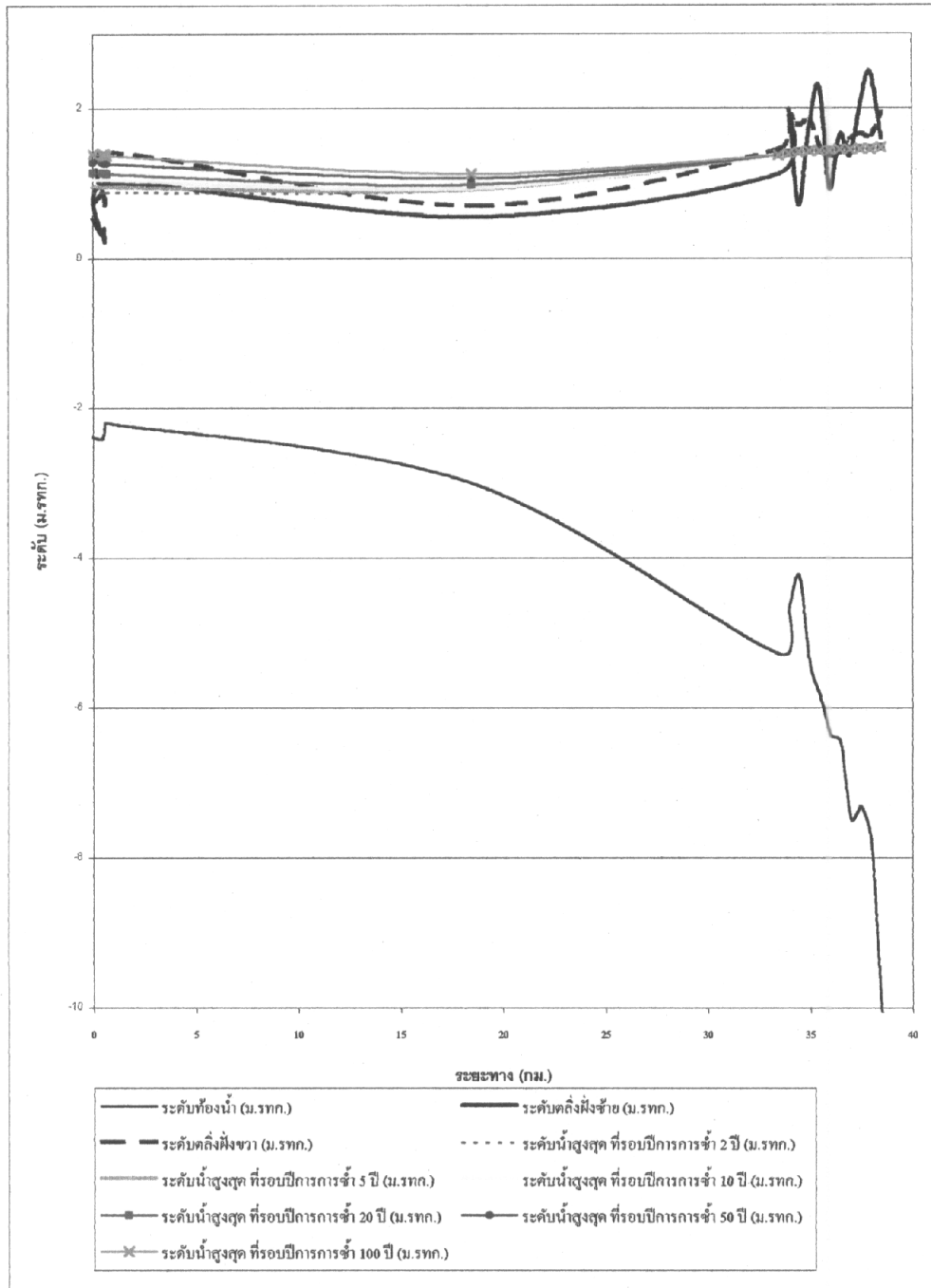
ตารางที่ 12 ขนาดประตูละบายน้ำและเครื่องสูบน้ำสำหรับคลองต่างๆ ในโครงการแก้มลิง "คลองมหาชัย - คลองสนามชัย"

ลำดับที่	ชื่อ ประตู	ขนาด ประตู			เครื่องสูบน้ำ	
		ช่องกว้าง (ม.)	จำนวน (ช่อง)	ขนาด (ลบ.ม./วินาที)	จำนวน (เครื่อง)	
1	คลองมหาชัย	12.5	5	3.0	16	
2	คลองสนามชัย	6.0	3	-	-	
3	คลองหลวง	6.0	2	3.0	6	
4	คลองเจ๊ก	6.0	1	3.0	4	
5	คลองโคกขาม	6.0	1	3.0	4	
6	คลองสหกรณ์	6.0	2	3.0	10	
7	คลองสามคำใต้	6.0	1	-	-	
8	คลองบางหญ้า	6.0	1	-	-	
9	คลองรางยายเพียร	6.0	1	-	-	
10	คลองรางหอหัก	6.0	1	-	-	
11	คลองหัวกระบือ	6.0	1	-	-	
12	คลองตุ๊กบัว	6.0	1	-	-	
13	คลองขุนราชพินิจใจ	6.0	2	3.0	6	

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัย - คลองสนามชัย กรณีเปิดประตูระบายน้ำต่างๆ ของโครงการฯ

ระยะทาง (กม.)	ระดับน้ำสูงสุด		ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)					รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี	
	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี		
0.00	0.53	-2.38	0.73	0.88 (0.35)	0.97 (0.44)	1.06 (0.53)	1.14 (0.61)	1.28 (0.75)	1.40 (0.87)
0.48	0.31	-2.40	0.86	0.88 (0.57)	0.96 (0.65)	1.05 (0.74)	1.14 (0.83)	1.28 (0.97)	1.39 (1.08)
0.56	0.41	-2.20	0.71	0.88 (0.47)	0.96 (0.55)	1.05 (0.64)	1.14 (0.73)	1.27 (0.86)	1.39 (0.98)
0.60	0.24	-2.20	0.78	0.88 (0.64)	0.96 (0.72)	1.05 (0.81)	1.14 (0.90)	1.27 (1.03)	1.38 (1.14)
0.68	1.00	-2.20	1.43	0.88 (-)	0.96 (-)	1.05 (0.05)	1.13 (0.13)	1.27 (0.27)	1.38 (0.38)
18.50	0.55	-3.00	0.70	0.91 (0.36)	0.92 (0.37)	0.93 (0.38)	0.98 (0.43)	1.07 (0.52)	1.13 (0.58)
33.50	1.12	-5.28	1.46	1.38 (0.26)	1.38 (0.26)	1.38 (0.26)	1.38 (0.26)	1.38 (0.26)	1.38 (0.26)
34.00	1.99	-4.67	1.90	1.40 (-)	1.40 (-)	1.40 (-)	1.40 (-)	1.40 (-)	1.40 (-)
34.50	0.70	-4.24	1.78	1.42 (0.72)	1.42 (0.72)	1.42 (0.72)	1.42 (0.72)	1.42 (0.72)	1.42 (0.72)
35.00	1.78	-5.41	1.85	1.43 (-)	1.43 (-)	1.43 (-)	1.43 (-)	1.43 (-)	1.43 (-)
35.50	2.29	-5.84	1.49	1.43 (-)	1.43 (-)	1.43 (-)	1.43 (-)	1.43 (-)	1.43 (-)
36.00	0.92	-6.36	1.37	1.44 (0.52)	1.44 (0.52)	1.44 (0.52)	1.44 (0.52)	1.44 (0.52)	1.44 (0.52)
36.50	1.66	-6.45	1.42	1.45 (-)	1.45 (-)	1.45 (-)	1.45 (-)	1.45 (-)	1.45 (-)
37.00	1.37	-7.48	1.59	1.45 (0.08)	1.45 (0.08)	1.45 (0.08)	1.45 (0.08)	1.45 (0.08)	1.45 (0.08)
37.50	2.06	-7.31	1.67	1.46 (-)	1.46 (-)	1.46 (-)	1.46 (-)	1.46 (-)	1.46 (-)
38.00	2.49	-7.77	1.64	1.46 (-)	1.46 (-)	1.46 (-)	1.46 (-)	1.46 (-)	1.46 (-)
38.50	1.60	-10.14	1.94	1.48 (-)	1.48 (-)	1.48 (-)	1.48 (-)	1.48 (-)	1.48 (-)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บแสดงระดับน้ำเกินสิ่งที่คาดการณ์สูงสุด และในกรณีที่ไม่มีการคำนวณให้สัญลักษณ์ (-)



ภาพที่ 27 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย - คลองสนามชัย กรณีเปิดประตู ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 10 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.48 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 0.81 เมตร บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 10 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.52 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 0.90 เมตร บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 10 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.60 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 1.03 เมตร บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 10 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.66 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 1.14 เมตร บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

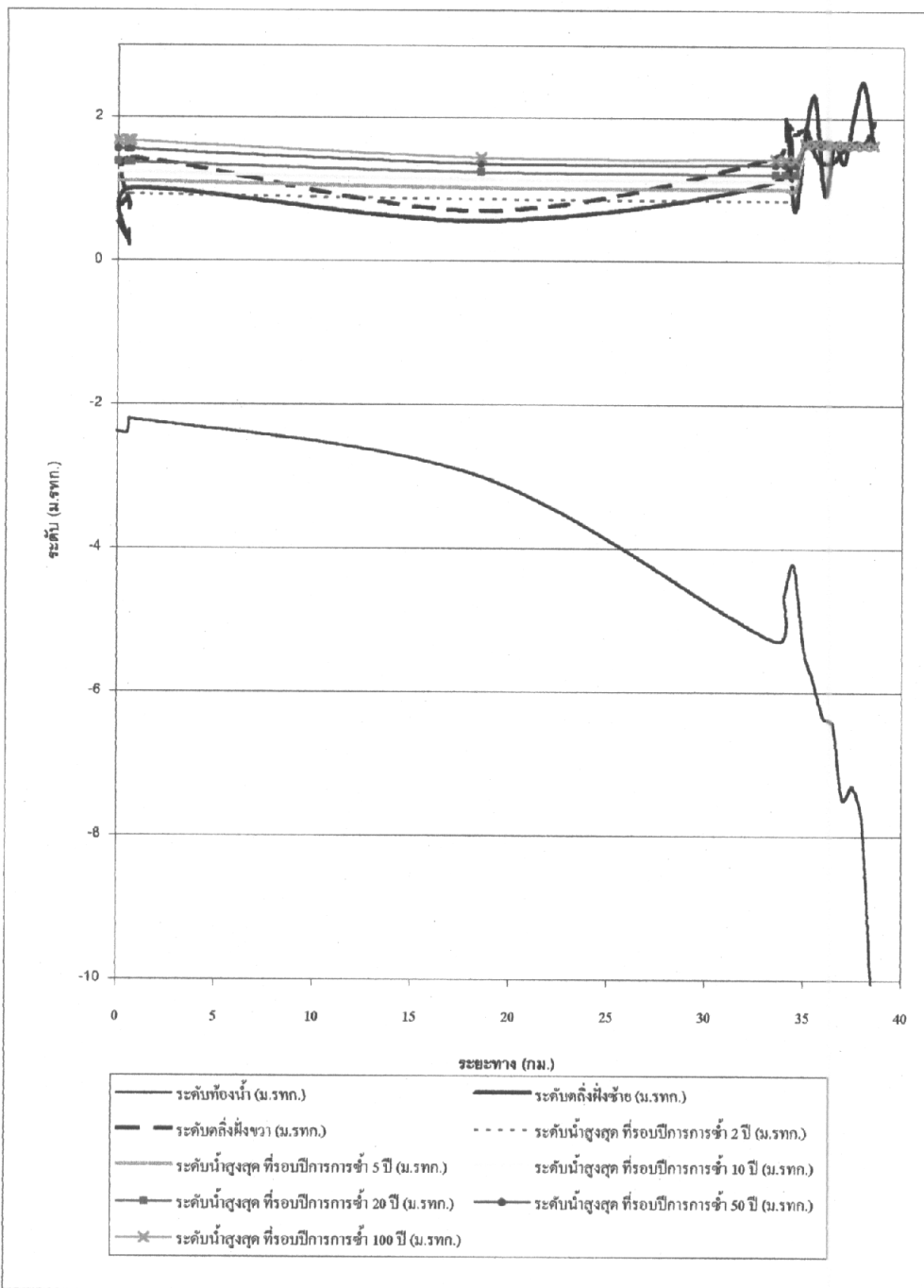
กรณีที่ 2 กรณีปิดประตูระบายน้ำของโครงการฯ

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ โดยกำหนดเงื่อนไขทางด้านท้ายน้ำในปีที่ทำให้ค่าระดับการขึ้นของน้ำทะเลสูงสุด ซึ่งเกิดขึ้นใน พ.ศ.2538 โดยผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดแสดงดังตารางที่ 14 และภาพที่ 28 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลอง

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัย - คลองสนามชัย กรมชลประทานต่างๆ ของโครงการฯ

ระยะทาง (กม.)	ระดับน้ำสูงสุด		ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)						
	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี (ม.รทก.)	รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี (ม.รทก.)	รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี (ม.รทก.)	รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี (ม.รทก.)	รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี (ม.รทก.)		
0.00	0.53	-2.38	0.73	0.92 (0.39)	1.11 (0.58)	1.24 (0.71)	1.38 (0.85)	1.56 (1.03)	1.68 (1.15)
0.48	0.31	-2.40	0.86	0.92 (0.61)	1.11 (0.80)	1.24 (0.93)	1.37 (1.06)	1.55 (1.24)	1.67 (1.36)
0.56	0.41	-2.20	0.71	0.92 (0.51)	1.11 (0.70)	1.24 (0.83)	1.37 (0.96)	1.55 (1.14)	1.67 (1.26)
0.60	0.24	-2.20	0.78	0.92 (0.68)	1.11 (0.87)	1.24 (1.00)	1.37 (1.13)	1.55 (1.31)	1.67 (1.43)
0.68	1.00	-2.20	1.43	0.92 (-)	1.11 (0.11)	1.24 (0.24)	1.37 (0.37)	1.55 (0.55)	1.67 (0.67)
18.50	0.55	-3.00	0.70	0.86 (0.31)	1.02 (0.47)	1.14 (0.59)	1.24 (0.69)	1.36 (0.81)	1.44 (0.89)
33.50	1.12	-5.28	1.46	0.84 (-)	1.01 (-)	1.12 (-)	1.21 (0.09)	1.34 (0.22)	1.42 (0.30)
34.00	1.99	-4.67	1.90	0.84 (-)	1.01 (-)	1.12 (-)	1.21 (-)	1.34 (-)	1.42 (-)
34.50	0.70	-4.24	1.78	0.84 (0.14)	1.00 (0.30)	1.12 (0.42)	1.21 (0.51)	1.34 (0.64)	1.42 (0.72)
35.00	1.78	-5.41	1.85	1.64 (-)	1.64 (-)	1.64 (-)	1.64 (-)	1.64 (-)	1.64 (-)
35.50	2.29	-5.84	1.49	1.64 (0.15)	1.64 (0.15)	1.64 (0.15)	1.64 (0.15)	1.64 (0.15)	1.64 (0.15)
36.00	0.92	-6.36	1.37	1.64 (0.72)	1.64 (0.72)	1.64 (0.72)	1.64 (0.72)	1.64 (0.72)	1.64 (0.72)
36.50	1.66	-6.45	1.42	1.63 (0.21)	1.63 (0.21)	1.63 (0.21)	1.63 (0.21)	1.63 (0.21)	1.63 (0.21)
37.00	1.37	-7.48	1.59	1.63 (0.26)	1.63 (0.26)	1.63 (0.26)	1.63 (0.26)	1.63 (0.26)	1.63 (0.26)
37.50	2.06	-7.31	1.67	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)
38.00	2.49	-7.77	1.64	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)
38.50	1.00	-10.14	1.94	1.62 (0.02)	1.62 (0.02)	1.62 (0.02)	1.62 (0.02)	1.62 (0.02)	1.62 (0.02)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บแสดงระดับน้ำสูงสุดที่เกิดการผันผวนสูงสุดและในกรณีที่ไม่มีการผันผวนใช้สัญลักษณ์ (-)



ภาพที่ 28 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย - คลองสนามชัย กรมชลประทาน. ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

มหาชัย – คลองสนามชัย กรณีปิด ประตู. ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดการเกิดสภาวะน้ำ
ล้นตลิ่งของคลองมหาชัยดังนี้

รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 11 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17
หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.36 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 0.72 เมตร
บริเวณ อ.เมือง จ.สมุทรสาคร

รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 12 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17
หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.43 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 0.87 เมตร
บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 12 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17
หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 1.00 เมตร
บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 13 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17
หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.54 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 1.13 เมตร
บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 13 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.64 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 1.24 เมตร บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 13 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.70 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 1.43 เมตร บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

กรณีที่ 3 กรณีปิดประตูระบายน้ำและสูบน้ำออกจากคลองของโครงการฯ

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ โดยกำหนดเงื่อนไขทางด้านท้ายน้ำในปีที่ให้ค่าระดับการขึ้นของน้ำทะเลสูงสุด ซึ่งเกิดขึ้นใน พ.ศ.2538 โดยผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดแสดงดังตารางที่ 15 และภาพที่ 29 แสดงระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย – คลองสนามชัย กรณีปิด ประตู และสูบน้ำออกจากคลอง ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดการเกิดสภาวะน้ำล้นตลิ่งของคลองมหาชัยดังนี้

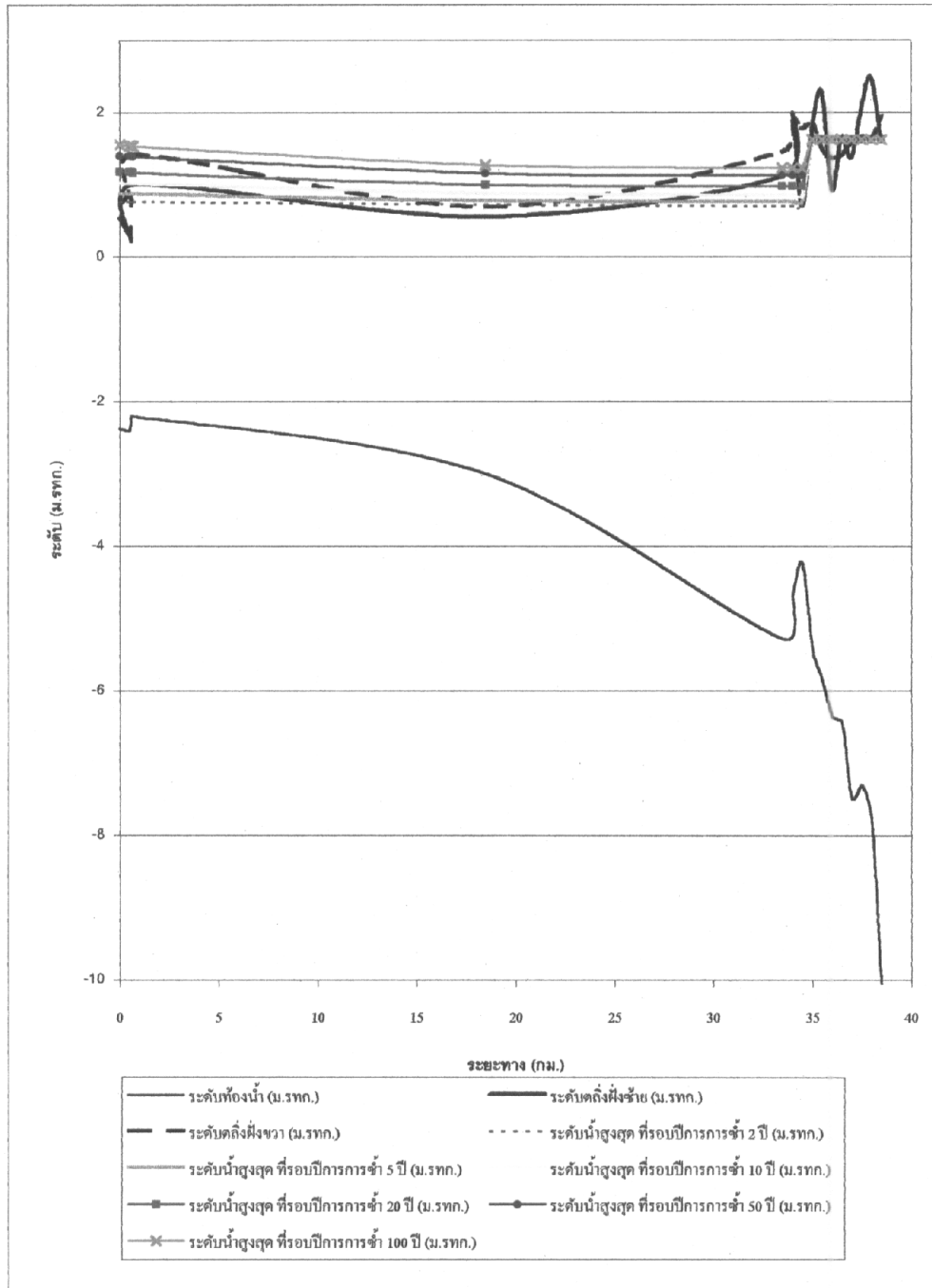
รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 10 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.30 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 0.70 เมตร บริเวณ อ.เมือง จ.สมุทรสาคร

ตารางที่ 1.5 ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัย - คลองสนามชัย กรณีปีประจวบและสูบน้ำออกนอกคลองของโครงการ

ระยะทาง (กม.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)									
	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)
0.00	0.53	-2.38	0.73	0.76 (0.23)	0.88 (0.35)	1.03 (0.50)	1.18 (0.65)	1.40 (0.87)	1.55 (1.02)	
0.48	0.31	-2.40	0.86	0.76 (0.45)	0.88 (0.57)	1.02 (0.71)	1.18 (0.87)	1.40 (1.09)	1.54 (1.23)	
0.56	0.41	-2.20	0.71	0.76 (0.35)	0.88 (0.47)	1.02 (0.61)	1.18 (0.77)	1.40 (0.99)	1.54 (1.13)	
0.60	0.24	-2.20	0.78	0.76 (0.52)	0.88 (0.64)	1.02 (0.78)	1.18 (0.94)	1.40 (1.16)	1.54 (1.30)	
0.68	1.00	-2.20	1.43	0.76 (-)	0.88 (-)	1.02 (0.02)	1.17 (0.17)	1.39 (0.39)	1.53 (0.53)	
18.50	0.55	-3.00	0.70	0.72 (0.17)	0.78 (0.23)	0.89 (0.34)	1.00 (0.45)	1.16 (0.61)	1.27 (0.72)	
33.50	1.12	-5.28	1.46	0.70 (-)	0.77 (-)	0.86 (-)	0.98 (-)	1.13 (0.01)	1.23 (0.11)	
34.00	1.99	-4.67	1.90	0.70 (-)	0.77 (-)	0.86 (-)	0.98 (-)	1.13 (-)	1.23 (-)	
34.50	0.70	-4.24	1.78	0.70 (-)	0.77 (0.07)	0.86 (0.16)	0.98 (0.28)	1.13 (0.43)	1.23 (0.53)	
35.00	1.78	-5.41	1.85	1.62 (0.13)	1.62 (0.13)	1.62 (0.13)	1.62 (0.13)	1.62 (0.13)	1.62 (0.13)	
35.50	2.29	-5.84	1.49	1.62 (0.70)	1.62 (0.70)	1.62 (0.70)	1.62 (0.70)	1.62 (0.70)	1.62 (0.70)	
36.00	0.92	-6.36	1.37	1.62 (0.20)	1.62 (0.20)	1.62 (0.20)	1.62 (0.20)	1.62 (0.20)	1.62 (0.20)	
36.50	1.66	-6.45	1.42	1.62 (0.25)	1.62 (0.25)	1.62 (0.25)	1.62 (0.25)	1.62 (0.25)	1.62 (0.25)	
37.00	1.37	-7.48	1.59	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	
37.50	2.06	-7.31	1.67	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	
38.00	2.49	-7.77	1.64	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	1.62 (-)	
38.50	1.60	-10.14	1.94	1.62 (0.02)	1.62 (0.02)	1.62 (0.02)	1.62 (0.02)	1.62 (0.02)	1.62 (0.02)	

หมายเหตุ: ค่าเลขในวงเล็บแสดงระดับน้ำสัมตติ่งฝั่งที่เกิดการล้นฝั่งสูงสุด และในกรณีที่ไม่มีการล้นฝั่งใช้สัญลักษณ์ (-)



ภาพที่ 29 ระดับน้ำสูงสุดตามรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย - คลองสนามชัย กรณีปีคปตร. และสูบน้ำออกจากคลองที่รอบปีการเกิดซ้ำ ต่างๆ

รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 11 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.33 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 0.70 เมตร บริเวณ อ.เมือง จ.สมุทรสาคร

รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 12 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.37 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 0.78 เมตร บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 12 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.45 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 0.94 เมตร บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 13 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 1.16 เมตร บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี

เกิดสภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 13 หน้าตัด จากจำนวนทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.60 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 1.30 เมตร บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

กรณีที่ 4 กรณีเปิดประตูระบายน้ำต่างๆ ของโครงการฯ โดยมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำ

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ โดยกำหนดเงื่อนไขทางด้านท้ายน้ำในปีที่ทำให้ค่าระดับการขึ้นของน้ำทะเลสูงสุด ซึ่งเกิดขึ้นใน พ.ศ.2538 โดยผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดแสดงดังตารางที่ 16 และภาพที่ 30 แสดงระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย – คลองสนามชัย กรณีเปิด ประตู. โดยมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำ ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ซึ่งปรากฏว่าไม่มีน้ำล้นคันกั้นน้ำที่ก่อสร้างใหม่ซึ่งมีระดับ +2.75 ม.รทก.

กรณีที่ 5 กรณีปิดประตูระบายน้ำต่างๆ ของโครงการฯ โดยมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำ

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ โดยกำหนดเงื่อนไขทางด้านท้ายน้ำในปีที่ทำให้ค่าระดับการขึ้นของน้ำทะเลสูงสุด ซึ่งเกิดขึ้นใน พ.ศ.2538 โดยผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดแสดงดังตารางที่ 17 และภาพที่ 31 แสดงระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย – คลองสนามชัย กรณีปิด ประตู. โดยมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำ ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ซึ่งปรากฏว่าไม่มีน้ำล้นคันกั้นน้ำที่ก่อสร้างใหม่ซึ่งมีระดับ +2.75 ม.รทก.

กรณีที่ 6 กรณีปิดประตูระบายน้ำและสูบน้ำออกจากคลองของโครงการฯ โดยมีกำลังสูบรวม 300 ลบ.ม. / วินาที

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ โดยกำหนดเงื่อนไขทางด้านท้ายน้ำในปีที่ทำให้ค่าระดับการขึ้นของน้ำทะเลสูงสุดซึ่งเกิดขึ้นใน พ.ศ. 2538 โดยผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดแสดงดังตารางที่ 18 และภาพที่ 32 แสดงระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย – คลองสนามชัย กรณีปิด ประตู. และสูบน้ำออกจากคลองของโครงการฯ โดยมีกำลังสูบรวม 300 ลบ.ม. / วินาที ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ซึ่งปรากฏว่าไม่มีน้ำล้นตลิ่งของคลองมหาชัย

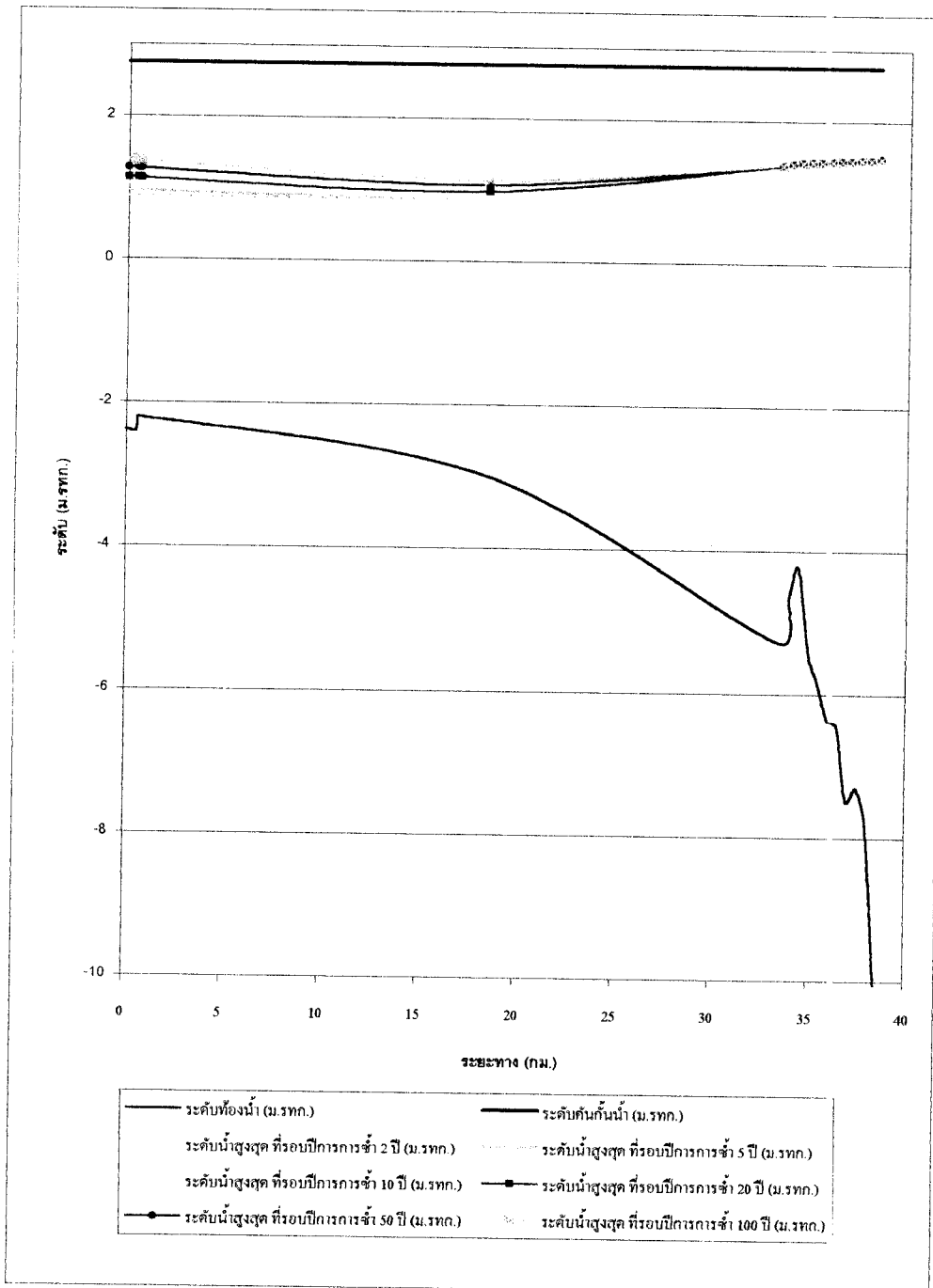
มาตรการป้องกันและบรรเทาอุทกภัย

จากการจำลองสภาพน้ำท่วมและประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” ปรากฏว่าที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปีขึ้นไปจะเกิดสภาวะน้ำท่วมในหลายพื้นที่ทั้งสองฝั่งของคลองมหาชัย ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจและสังคม

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ระดับสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัย - คลองสนามชัย กรณีเป็นไปตามของโครงการฯ โดยมีการก่อสร้างคันกันน้ำ

ระยะทาง (กม.)	ระดับคันกันน้ำ ระดับท้องถิ่น		ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)							
	(ม.รทก.)	(ม.รทก.)	รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี		
0.00	2.75	-2.38	0.88	0.97	1.06	1.14	1.28	1.40		
0.48	2.75	-2.40	0.88	0.96	1.05	1.14	1.28	1.39		
0.56	2.75	-2.20	0.88	0.96	1.05	1.14	1.27	1.39		
0.60	2.75	-2.20	0.88	0.96	1.05	1.14	1.27	1.38		
0.68	2.75	-2.20	0.88	0.96	1.05	1.13	1.27	1.38		
18.50	2.75	-3.00	0.91	0.92	0.93	0.98	1.07	1.13		
33.50	2.75	-5.28	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38		
34.00	2.75	-4.67	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40		
34.50	2.75	-4.24	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42		
35.00	2.75	-5.41	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43		
35.50	2.75	-5.84	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43		
36.00	2.75	-6.36	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44		
36.50	2.75	-6.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45		
37.00	2.75	-7.48	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45		
37.50	2.75	-7.31	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46		
38.00	2.75	-7.77	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46		
38.50	2.75	-10.14	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48		

หมายเหตุ: ไม่มีน้ำคันกันน้ำ

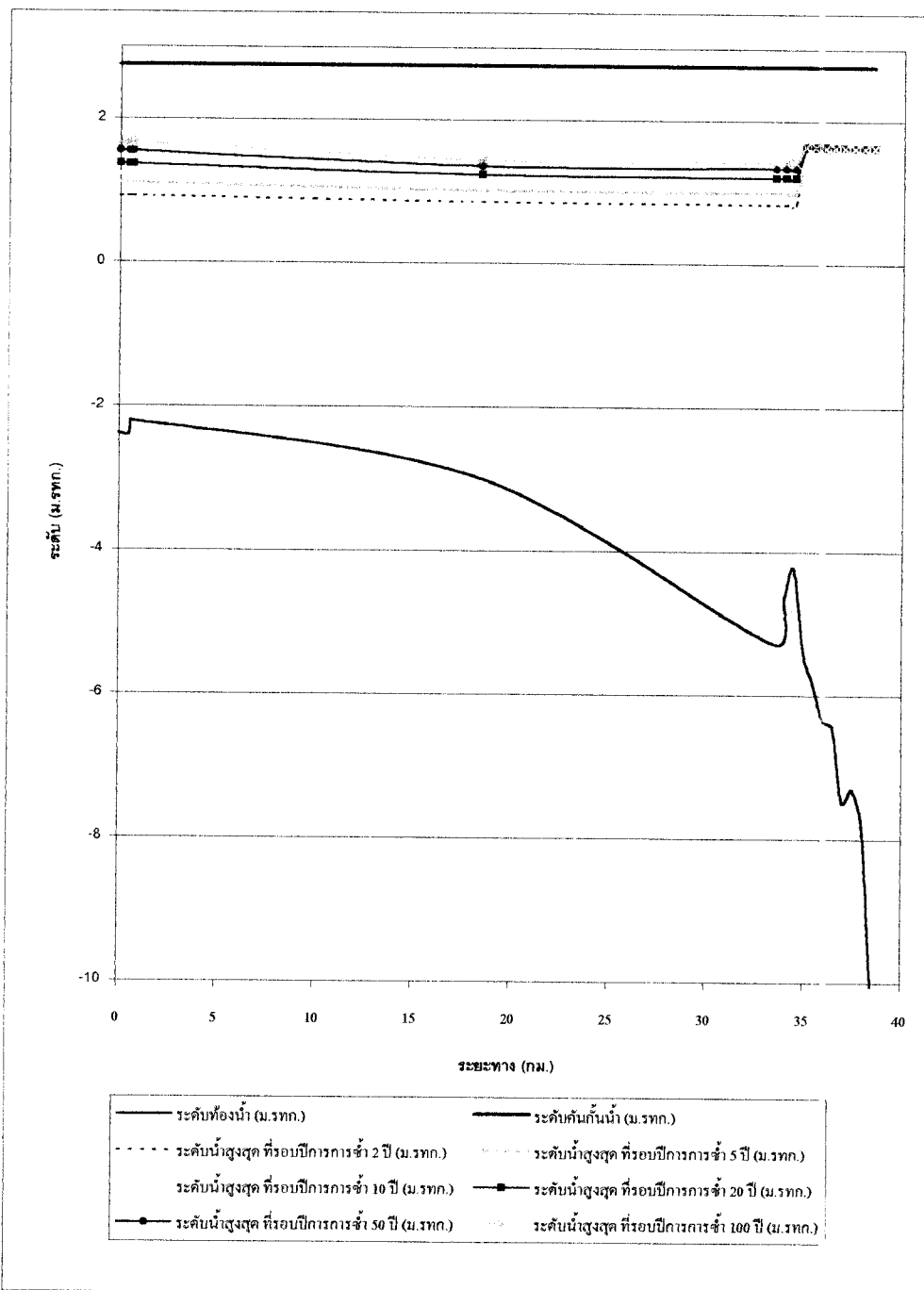


ภาพที่ 30 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย - คลองสนามชัย กรณีมีคั่นกั้นน้ำ และเปิดปตร. ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัย - คลองสนามชัย กรณีปีครบรอบน้ำของโครงการฯ โดยมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำ

ระยะทาง	ระดับคันกั้นน้ำ		ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)						
	(ก.ม.)	(ม.รทก.)	รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี	รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี	
0.00	2.75	-2.38	0.92	1.11	1.24	1.38	1.56	1.68	
0.48	2.75	-2.40	0.92	1.11	1.24	1.37	1.55	1.67	
0.56	2.75	-2.20	0.92	1.11	1.24	1.37	1.55	1.67	
0.60	2.75	-2.20	0.92	1.11	1.24	1.37	1.55	1.67	
0.68	2.75	-2.20	0.92	1.11	1.24	1.37	1.55	1.67	
18.50	2.75	-3.00	0.86	1.02	1.14	1.24	1.36	1.44	
33.50	2.75	-5.28	0.84	1.01	1.12	1.21	1.34	1.42	
34.00	2.75	-4.67	0.84	1.01	1.12	1.21	1.34	1.42	
34.50	2.75	-4.24	0.84	1.00	1.12	1.21	1.34	1.42	
35.00	2.75	-5.41	1.64	1.64	1.64	1.64	1.63	1.64	
35.50	2.75	-5.84	1.64	1.64	1.64	1.64	1.63	1.64	
36.00	2.75	-6.36	1.64	1.64	1.64	1.64	1.63	1.63	
36.50	2.75	-6.45	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	
37.00	2.75	-7.48	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	
37.50	2.75	-7.31	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	
38.00	2.75	-7.77	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	
38.50	2.75	-10.14	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	

หมายเหตุ: ไม่มีน้ำเกินคันกั้นน้ำ

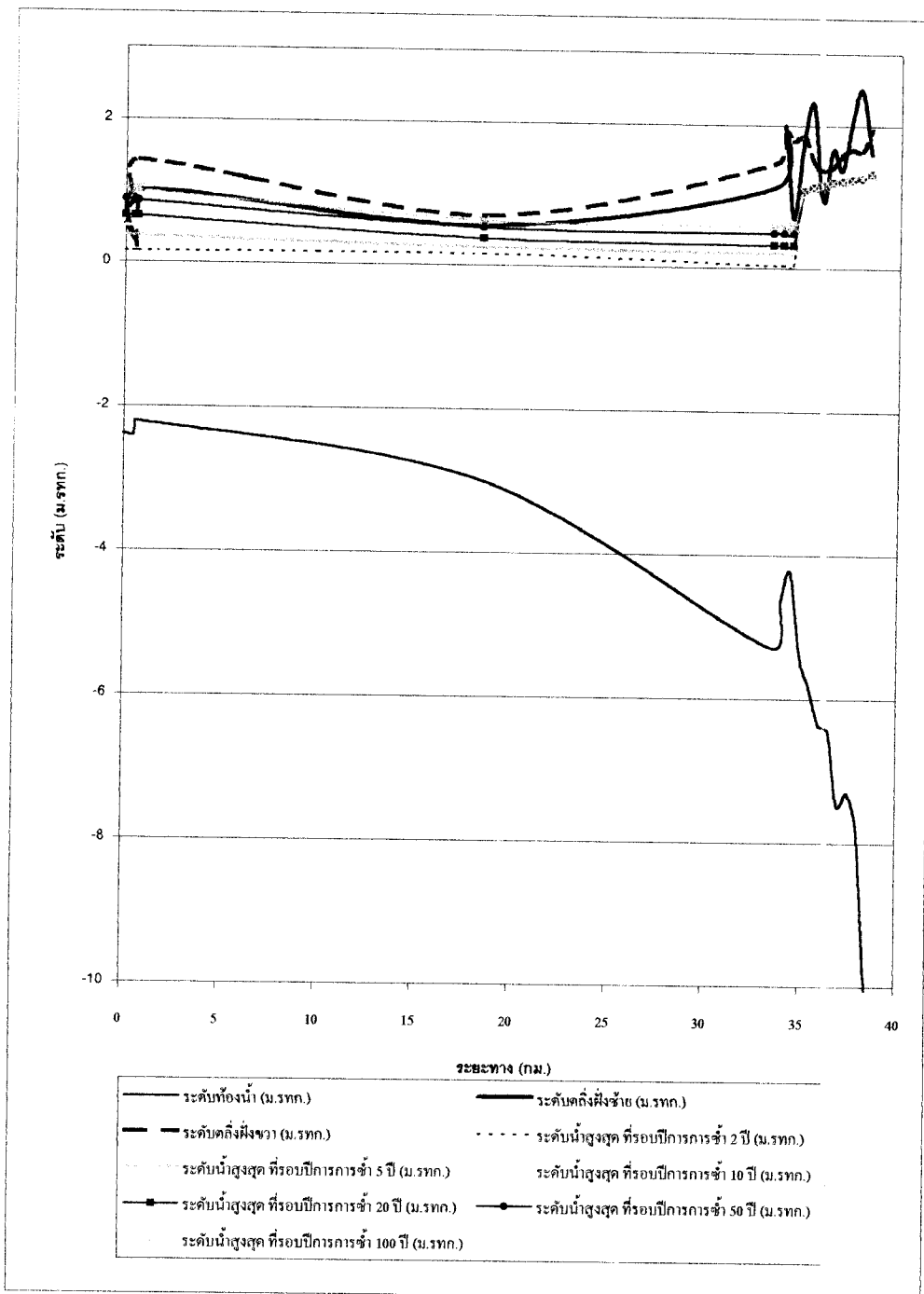


ภาพที่ 31 ระดับน้ำสูงสุดตามแนวรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย - คลองสนามชัย กรณีมีคันกันน้ำ และปิดประตูที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของคลองมหาชัย - คลองสนามชัย - คลองบางน้ำจืดและสถานีออกจากร่องของโครงการฯ

ระยะทาง (กม.)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)									
	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)	ระดับน้ำสูง (ม.รทก.)
0.00	0.53	-2.38	0.73	0.16	0.39	0.52	0.66	0.88	1.03	
0.48	0.31	-2.40	0.86	0.16	0.38	0.51	0.65	0.87	1.02	
0.56	0.41	-2.20	0.71	0.16	0.38	0.51	0.65	0.87	1.02	
0.60	0.24	-2.20	0.78	0.16	0.38	0.51	0.65	0.86	1.02	
0.68	1.00	-2.20	1.43	0.16	0.38	0.51	0.65	0.86	1.01	
18.50	0.55	-3.00	0.70	0.16	0.26	0.32	0.38	0.53	0.63	
33.50	1.12	-5.28	1.46	0.04	0.22	0.26	0.32	0.49	0.59	
34.00	1.99	-4.67	1.90	0.04	0.22	0.26	0.32	0.49	0.59	
34.50	0.70	-4.24	1.78	0.04	0.22	0.26	0.32	0.49	0.58	
35.00	1.78	-5.41	1.85	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	
35.50	2.29	-5.84	1.49	1.12	1.12	1.13	1.13	1.13	1.13	
36.00	0.92	-6.36	1.37	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	
36.50	1.66	-6.45	1.42	1.19	1.19	1.20	1.20	1.20	1.20	
37.00	1.37	-7.48	1.59	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	
37.50	2.06	-7.31	1.67	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	
38.00	2.49	-7.77	1.64	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.27	
38.50	1.60	-10.14	1.94	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	

หมายเหตุ: ไม่มีน้ำล้นฝั่ง



ภาพที่ 32 ระดับน้ำสูงสุดตามรูปตัดตามยาวของคลองมหาชัย - คลองสนามชัย กรณีปีตปร. และสูบน้ำออกจากคลองที่รอบปีการเกิดซ้ำ ต่างๆ

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีมาตรการที่เหมาะสมในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ดังกล่าว

Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP, 1991) ได้กำหนดรอบปีการเกิดซ้ำสำหรับพิจารณามาตรการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยดังนี้ พิจารณาการป้องกันอุทกภัยที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 และ 100 ปี สำหรับแม่น้ำที่ผ่านเมืองและแหล่งชุมชนที่สำคัญ และพิจารณาการป้องกันอุทกภัยที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ถึง 50 ปี สำหรับแม่น้ำที่ผ่านเมืองและแหล่งชุมชนที่ไม่สำคัญมากนัก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดให้พิจารณาที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เพื่อหามาตรการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่โครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” ดังนี้

เพิ่มความสามารถในการสูบน้ำของสถานีสูบน้ำต่างๆ ให้มีอัตราการสูบที่สูงขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

ลำดับที่	สถานีสูบน้ำ	อัตราการสูบน้ำเดิม (ลบ.ม./วินาที)	อัตราการสูบน้ำที่เสนอแนะ (ลบ.ม./วินาที)
1	ปตร.คลองมหาชัย	48	100
2	ปตร.คลองพระราม	18	50
3	ปตร.คลองแจ็ก	12	25
4	ปตร.คลองโคกขาม	12	25
5	ปตร.คลองสหกรณ์	30	50
6	ปตร.คลองขุนราชพินิจใจ	18	50

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

ข้อสรุป

การประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย” โดยใช้แบบจำลอง MIKE 11 สามารถสรุปการศึกษาในแต่ละส่วนได้ดังนี้

1. การศึกษาเพื่อประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” เริ่มต้นด้วยการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองย่อย 2 แบบจำลอง ในแบบจำลอง MIKE 11 ซึ่งประกอบด้วย แบบจำลอง MIKE 11 – HD และ Unit Hydrograph โดยได้ทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองย่อยทั้งสองในเวลาเดียวกัน โดยใช้เหตุการณ์กราฟน้ำท่าและน้ำท่วมจำนวนทั้งสิ้น 6 เหตุการณ์ ในการศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละแบบจำลองย่อยสำหรับในกรณีที่มีการไหลในลำน้ำและการไหลในทุ่งน้ำท่วม โดยผลการประเมินพบว่า ค่า CN ในวิธี SCS ที่เลือกใช้แบบจำลอง Unit Hydrograph มีค่าที่เหมาะสมเท่ากับ 65 และค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแมนนิ่งสำหรับการไหลในลำน้ำและในทุ่งน้ำท่วมมีค่าเท่ากับ 0.033 และ 0.09 ตามลำดับ โดยพารามิเตอร์ดังกล่าวได้นำมาใช้ในการประเมินสมรรถนะระบบระบายน้ำของโครงการฯ ต่อไป

2. การจำลองสภาพการไหลของน้ำในคลองต่างๆ ของโครงการฯ โดยใช้แบบจำลอง MIKE 11 สำหรับเหตุการณ์กราฟน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปี ได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 6 กรณี คือ 1) กรณีเปิดประตูระบายน้ำของโครงการฯ 2) กรณีปิดประตูระบายน้ำของโครงการฯ 3) กรณีปิดประตูระบายน้ำและสูบน้ำออกจากคลองของโครงการฯ 4) กรณีเปิดประตูระบายน้ำของโครงการฯ โดยมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำตลอดแนวคลองมหาชัย 5) กรณีปิดประตูระบายน้ำของโครงการฯ โดยมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำ และ 6) กรณีปิดประตูระบายน้ำและสูบน้ำออกจากคลองของโครงการฯ รายละเอียดของผลการศึกษาในแต่ละกรณีสรุปได้ดังนี้

กรณีที่ 1 คือกรณีการเปิดประตูระบายน้ำของโครงการฯ: กรณีนี้คือสภาพการไหลดั้งเดิมก่อนมีการก่อสร้างโครงการฯ จากการศึกษาสภาพการไหลพบว่าเกิดสภาวะน้ำท่วมทุกรอบปีการเกิดซ้ำที่พิจารณา โดยที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี เกิดสภาวะน้ำท่วมสูงกว่าระดับตลิ่งของคลอง

มหาชัยจำนวน 10 หน้าตัด จากทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.60 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 1.03 เมตร บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

กรณีที่ 2 คือกรณีการปิดประตูระบายน้ำของโครงการฯ: กรณีนี้คือสภาพการไหลเมื่อมีการก่อสร้างโครงการฯ แต่ไม่มีการหาแนวทางในการแก้ไขผลกระทบที่เกิดจากโครงการฯ จากการศึกษาสภาพการไหลพบว่า สภาพการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่โครงการมีความรุนแรงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ 1 เมื่อไม่มีการก่อสร้างโครงการฯ โดยสภาพการเกิดน้ำท่วมสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี พบว่า เกิดสภาวะน้ำท่วมสูงกว่าระดับตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 13 หน้าตัด จากทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.64 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 1.24 เมตร บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

กรณีที่ 3 คือกรณีการปิดประตูระบายน้ำและสูบน้ำออกจากคลองของโครงการฯ: กรณีนี้คือสภาพการไหลเมื่อมีการก่อสร้างโครงการฯ และมีแนวทางการแก้ไขผลกระทบในด้านน้ำท่วมขั้นต้น โดยกรมชลประทาน ซึ่งกำหนดให้ทำการสูบน้ำออกจากคลองต่าง ๆ ของโครงการฯ ด้วยอัตราการสูบสูงสุดเท่ากับ 138 ลบ.ม./วินาที จากการศึกษาสภาพการไหลพบว่า จากการใช้มาตรการดังกล่าวสามารถลดปัญหาสภาพการเกิดน้ำท่วมได้จนถึงรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี กล่าวคือ จากมาตรการดังกล่าวทำให้ระดับการท่วมที่หน้าตัดลำน้ำต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกรณีนี้ต่ำกว่าสภาพที่เกิดขึ้นในกรณีที่ 1 เมื่อไม่มีการก่อสร้างโครงการฯ แต่เมื่อรอบปีการเกิดซ้ำตั้งแต่ 20 ปี ขึ้นไป สภาพการท่วมในกรณีนี้มีมากกว่าในกรณีที่ 1 สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการสูบไม่มากพอที่จะสูบน้ำในปริมาณมากขนาดนั้นได้ โดยผลการศึกษาสภาพการเกิดน้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี พบว่า เกิดสภาวะน้ำท่วมสูงกว่าระดับตลิ่งของคลองมหาชัยจำนวน 13 หน้าตัด จากทั้งหมด 17 หน้าตัด โดยระดับน้ำท่วมเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 เมตร และมีระดับน้ำท่วมสูงสุดเท่ากับ 1.16 เมตร บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

กรณีที่ 4 คือกรณีการเปิดประตูระบายน้ำของโครงการฯ โดยมีการก่อสร้างคันกันน้ำตลอดแนวคลองมหาชัย: กรณีนี้คือสภาพการไหลเมื่อมีการก่อสร้างโครงการฯ และมีการสร้างคันกันน้ำโดยกรมชลประทาน ซึ่งมีแนวทางที่จะสร้างคันกันน้ำตลอดสองฝั่งของแนวคลองมหาชัยให้มีระดับเท่ากับ +2.75 ม.รทก. สำหรับในปัจจุบันการก่อสร้างยังไม่แล้วเสร็จ อย่างไรก็ตาม สำหรับการศึกษานี้เป็นการสมมติว่าคันกันน้ำดังกล่าวสร้างเสร็จแล้ว ซึ่งผลการศึกษาพบว่าเมื่อมีการสร้างคันกันน้ำดังกล่าวแล้วจะสามารถแก้ปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่โครงการได้ทั้งหมด กล่าวคือจะ

ไม่เกิดน้ำท่วมจนถึงรอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี อย่างไรก็ตาม การศึกษาในกรณีดังกล่าวโดยกำหนดให้มีการเปิดประตูระบายต่าง ๆ นั้น จะไม่เป็นจริงในสภาพปัจจุบัน เนื่องจาก โครงการแก้มลิงได้เกิดขึ้นแล้วและจะต้องดำเนินการและใช้ประโยชน์ต่อไป ดังนั้น จำเป็นต้องปิดประตูระบายน้ำต่าง ๆ ในกรณีที่เกิดปัญหาน้ำป่าไหลหลากและสภาพน้ำทะเลหนุน

กรณีที่ 5 คือกรณีการปิดประตูระบายน้ำของโครงการฯ โดยมีการก่อสร้างคันกั้นน้ำ: กรณีนี้คือสภาพการไหลเมื่อมีการสร้างคันกั้นน้ำ และทำการปิดประตูระบายน้ำของโครงการฯ โดยกรณีนี้เหมือนกับกรณีที่ 4 ทุกประการ ยกเว้นมีการปิดประตูระบายน้ำต่าง ๆ ในกรณีที่เกิดปัญหาน้ำป่าไหลหลากและสภาพน้ำทะเลหนุน ซึ่งเป็นสภาพที่จะเกิดขึ้นจริง ซึ่งผลการศึกษาพบว่า เมื่อมีการสร้างคันกั้นน้ำดังกล่าวแล้วจะสามารถแก้ปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่โครงการได้ทั้งหมดเช่นเดียวกับในกรณีศึกษาที่ 4 กล่าวคือจะไม่เกิดน้ำท่วมจนถึงรอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี

กรณีที่ 6 คือกรณีการปิดประตูระบายน้ำและสูบน้ำออกจากคลองของโครงการฯ: การศึกษาในกรณีนี้ทำการศึกษาไว้สำหรับการแก้ปัญหาด้านน้ำท่วมจากผลกระทบของโครงการในกรณีที่คันกั้นน้ำของกรมชลประทานยังไม่แล้วเสร็จ ซึ่งเป็นสภาพที่เป็นจริงในปัจจุบัน (กรกฎาคม พ.ศ. 2547) แต่เนื่องจากไม่สามารถกำหนดตำแหน่งที่มีการก่อสร้างคันกั้นน้ำที่แล้วเสร็จได้ เนื่องจากมีการก่อสร้างอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นในกรณีนี้จึงไม่ได้คันกั้นน้ำที่กำลังสร้างอยู่ทั้งหมด โดยจุดประสงค์ของการศึกษาในกรณีนี้เพื่อตรวจสอบว่าในกรณีที่ไม่มีคันกั้นน้ำแล้วควรที่จะกำหนดความสามารถของเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมกับปัญหาการเกิดน้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ เท่าใด ผลการศึกษาพบว่า ในกรณีที่กำหนดให้เครื่องสูบน้ำมีกำลังสูบรวม 300 ลบ.ม./วินาที แล้วจะสามารถแก้ปัญหาน้ำท่วมได้ในกรณีที่เกิดเหตุการณ์กราฟน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำสูงถึง 50 ปี อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันกรมชลประทานได้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่มีกำลังการสูบรวมเพียง 138 ลบ.ม./วินาที ดังนั้น ในช่วงเวลาของการก่อสร้างคันกั้นน้ำดังกล่าว ถ้าเกิดเหตุการณ์กราฟน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี จะก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมที่รูปตัดลำน้ำที่มีการก่อสร้างคันกั้นน้ำยังไม่แล้วเสร็จอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ข้อเสนอแนะ

1. เมื่อองค์ประกอบต่าง ๆ ของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย” ทำการก่อสร้างแล้วเสร็จ ควรมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาองค์ประกอบต่าง ๆ ตลอดจนการดำเนินการควบคุมการทำงานที่ถูกหลักวิชาการอย่างต่อเนื่อง อาทิเช่น ควรมีการตรวจสอบสภาพความมั่นคงของคันกั้นน้ำอยู่เสมอ กล่าวคือ ในกรณีที่เกิดปัญหาการทรุดตัวของคันกั้นน้ำหรือพังทลาย อันอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากสภาพความมั่นคงของชั้นดินในบริเวณดังกล่าวซึ่งจัดว่ามีความเสี่ยงค่อนข้างสูง ซึ่งควรทำการตรวจสอบและซ่อมแซมสภาพคันกั้นน้ำอย่างต่อเนื่อง โดยทางหน่วยราชการควรตั้งงบประมาณในส่วนนี้ไว้ เพื่อให้การแก้ปัญหาต่าง ๆ สามารถดำเนินไปอย่างทันเหตุการณ์ นอกจากนั้นแล้ว ในการควบคุมการเปิด-ปิด ประตูระบายน้ำต่าง ๆ สมควรได้รับการดูแล ควบคุมจากผู้ชำนาญการ เพื่อให้การแก้ปัญหาการเกิดน้ำท่วมในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ฯ ที่ได้ตั้งไว้ ตลอดจนไม่ส่งผลกระทบต่อในด้านน้ำท่วมให้กับพื้นที่โครงการ ฯ เพื่อไม่ให้เกิดการแก้ปัญหาให้กับพื้นที่หนึ่งแต่กลับไปสร้างปัญหาให้กับอีกพื้นที่หนึ่ง ซึ่งนับว่าเป็นการแก้ปัญหาแบบไม่บูรณาการ ซึ่งไม่ควรให้เกิดขึ้นกับการแก้ปัญหาในปัจจุบัน สำหรับโครงการด้านแหล่งน้ำ

2. ปัญหาการเกิดน้ำท่วมที่เกิดขึ้นใน อ. เมือง จ. สมุทรสาคร อันเนื่องมาจากผลกระทบของโครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย – คลองสนามชัย” นั้น สามารถดำเนินการให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้ โดยการสร้างคันกั้นน้ำของกรมชลประทานที่กำลังดำเนินอยู่ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม ปัญหาการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ดังกล่าวนี้จะยังไม่ได้รับการแก้ไขแบบเบ็ดเสร็จ กล่าวคือ การเกิดน้ำท่วมจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจาก ปัญหาการเกิดน้ำท่วมจากสภาพฝนในพื้นที่ดังกล่าวเอง ที่ไม่สามารถระบายออกได้อย่างทันทั่วถึง ทั้งนี้มีสาเหตุหลักมาจากสภาพพื้นที่ของ อ.เมือง จ.สมุทรสาคร อยู่ในระดับที่ต่ำมากอันเป็นผลจากการสูบน้ำใต้ดินไปใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการขาดการจัดการในด้านการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการสร้างที่อยู่อาศัยกีดขวางแนวทางการไหลของน้ำ จากตัวอย่างของสาเหตุดังกล่าว จึงจำเป็นต้องอยู่ที่ทางหน่วยงานราชการทั้งในส่วนกลางและส่วนท้องถิ่นสมควรเข้ามาร่วมมือกันแก้ปัญหาที่ต้นเหตุเพื่อให้สภาพการเกิดน้ำท่วมของ อ. เมือง จ. สมุทรสาคร บรรเทาเบาบางลงไป ซึ่งในปัจจุบันหน่วยงานรัฐบาลได้จัดให้มีการศึกษาความเหมาะสมเพื่อการแก้ปัญหาน้ำท่วมให้กับพื้นที่นี้ ซึ่งนับว่าเป็นการเริ่มต้นที่ดี อย่างไรก็ตาม สมควรทำการศึกษาถึงแนวทางการแก้ปัญหาแบบบูรณาการ โดยการประยุกต์ทั้งมาตรการที่ใช้สิ่งก่อสร้างและมาตรการที่ไม่ใช้สิ่งก่อสร้างควบคู่กัน ไป รวมทั้งประชาชนในท้องถิ่นจำเป็นต้อง

สร้างความเข้าใจและให้ความร่วมมือในการดำเนินงาน เพื่อให้เกิดการประสานงานและประสาน
ประโยชน์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2541. โครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย”. รายงานวางโครงการ กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2522. นิยามศัพท์อุตุนิยมวิทยา. โรงพิมพ์กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ. 219น.
- ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล และ ไตรรัตน์ ศรีวัฒนา. 2529. การป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำของมหานคร. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 418น.
- นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2540. การศึกษาสภาพน้ำท่วมของกลุ่มน้ำปึงตอนบน โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE 11. วิศวกรรมสารเกษตรศาสตร์ 12 (35):113-145
- _____. 2545. การจำลองสภาวะน้ำท่วม. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มนตรี วิวัฒน์วงศ์เจริญ. 2542. การประเมินประสิทธิผลของระบบระบายน้ำปทุมธานีในพื้นที่ชุมชนชานเมืองด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลอง RUBICON. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ไมตรี ฝอยทอง. 2532. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน – น้ำท่า โดยใช้แบบจำลอง SCS. รายงานโครงการงานวิศวกรรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ยุพิน จันดา. 2542. การพยากรณ์สภาพน้ำท่วมในกลุ่มน้ำบางปะกง โดยใช้แบบจำลอง MIKE 11. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วีระชัย ชูพิศาลโยธิน. 2530. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน – น้ำท่า ในกลุ่มน้ำป่าสัก โดยใช้แบบจำลองถัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

- วีระพล แต่สมบัติ. 2528. หลักอุทกวิทยา. ห้างหุ้นส่วนจำกัดสำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2531. อุทกวิทยาประยุกต์. ห้างหุ้นส่วนจำกัดสำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ. 317 น.
- วัชร วีระพันธุ์. 2538. การจำลองน้ำท่วมในลุ่มน้ำอุตะเถา. เอกสารวิชาการเล่มที่ 1. กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ. 44 น.
- วริยา ผาฟองยูน. 2543. การพยากรณ์สภาพการเกิดน้ำท่วมของแม่น้ำบางปะกง โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Chow, V.T. 1957. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo. 380 p.
- Danish Hydraulic Institute and Asian Institute of Technology. 1993. Flood modelling in Chi – Mun river basin, Thailand. Available : <http://www.dhi.dk/project/thailand/chimun.html>, March 15, 1999
- Kamal Uddin. 1977. The Applicability of Tank Model to Monthly Rainfall – Runoff . AIT thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. 73p.
- Kawinpoomstan, W. 1998. Flood Risk Mapping of the Yom River Basin. AIT thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. 176p.
- M.Loria. 1980. Automatic Calibration of Tank Model in Ping River Basin. AIT thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. 109p.
- NEDECO SPAN Co., LTD. 1987. Master Plan for Flood Protection and Drainage of Thonburi and Samut Prakan West. Kingdom of Thailand Bangkok Metropolitan Administration, Bangkok. 61p.

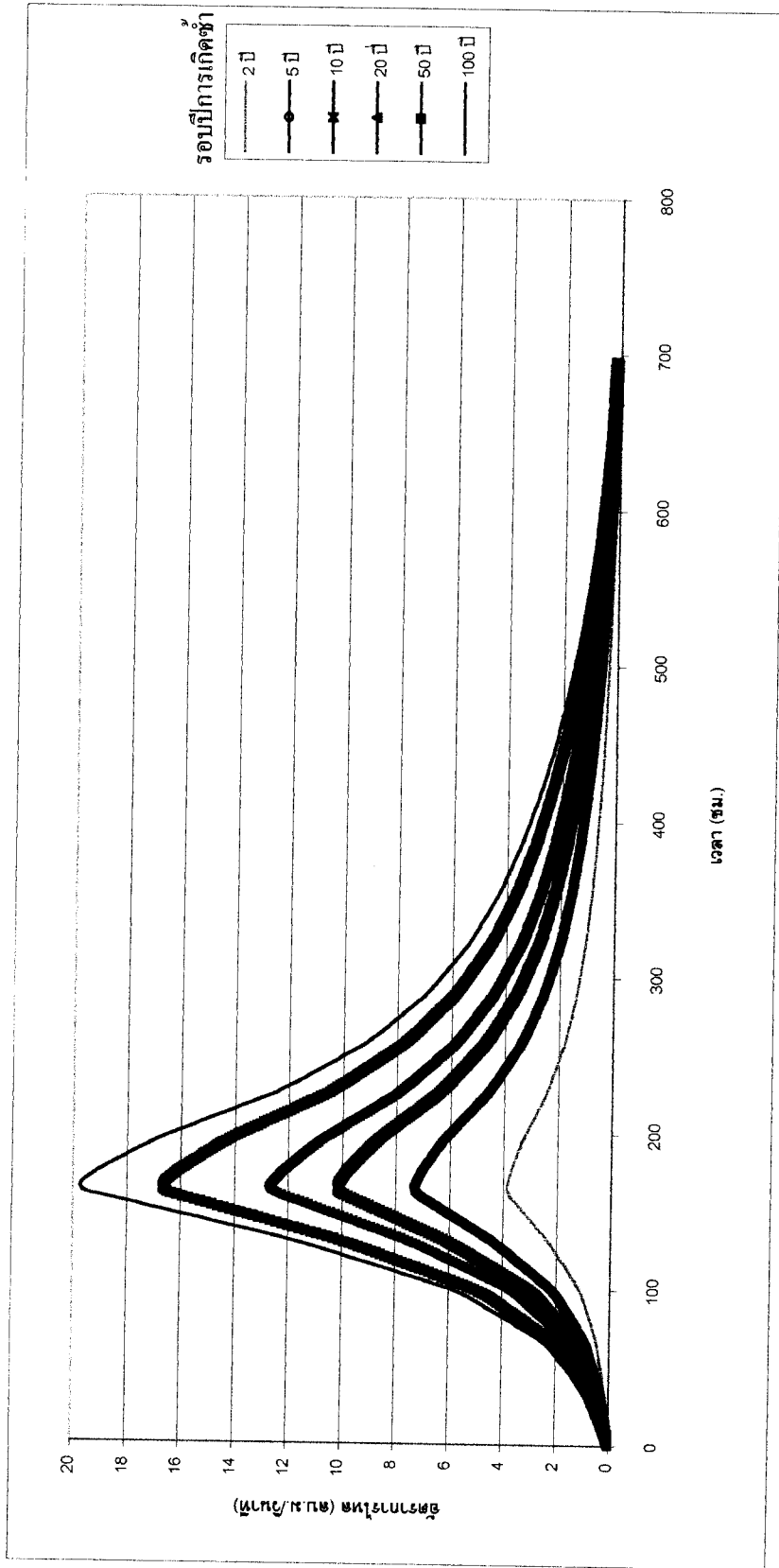
Poomthaisong, A. 1997. Flood Control Investigation of the Upper Nan River Yot and Yao Tributaries. AIT thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. 159p.

Sugawara. 1974. Fundamental Characteristics of The Tank Model . AIT thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. 32p.

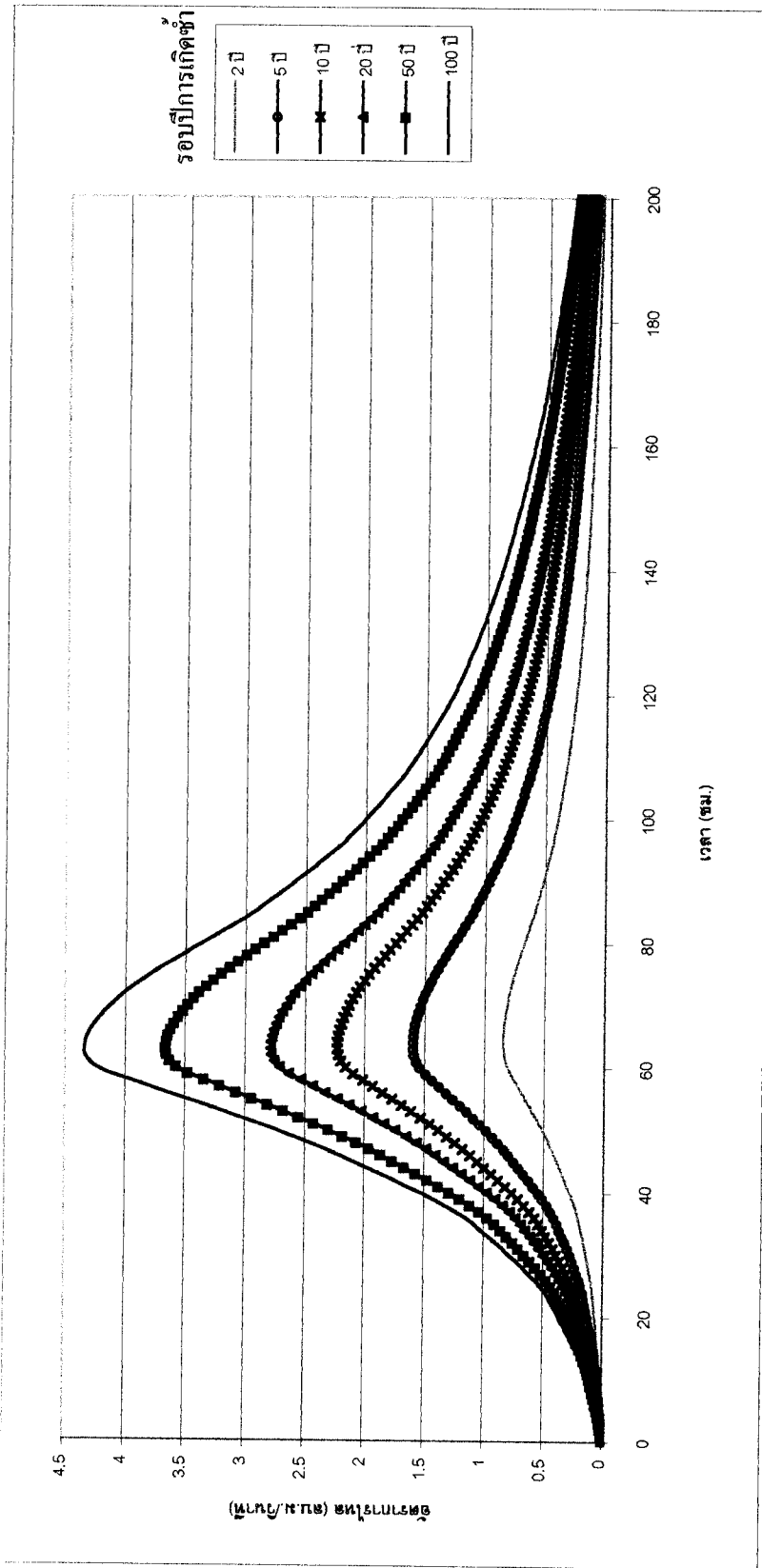
U.S. Department of Agriculture. 1972. National Engineering Handbook. Hydrology Section 4. U.S. Government Printing, Washington, D.C. 23p.

ภาคผนวก

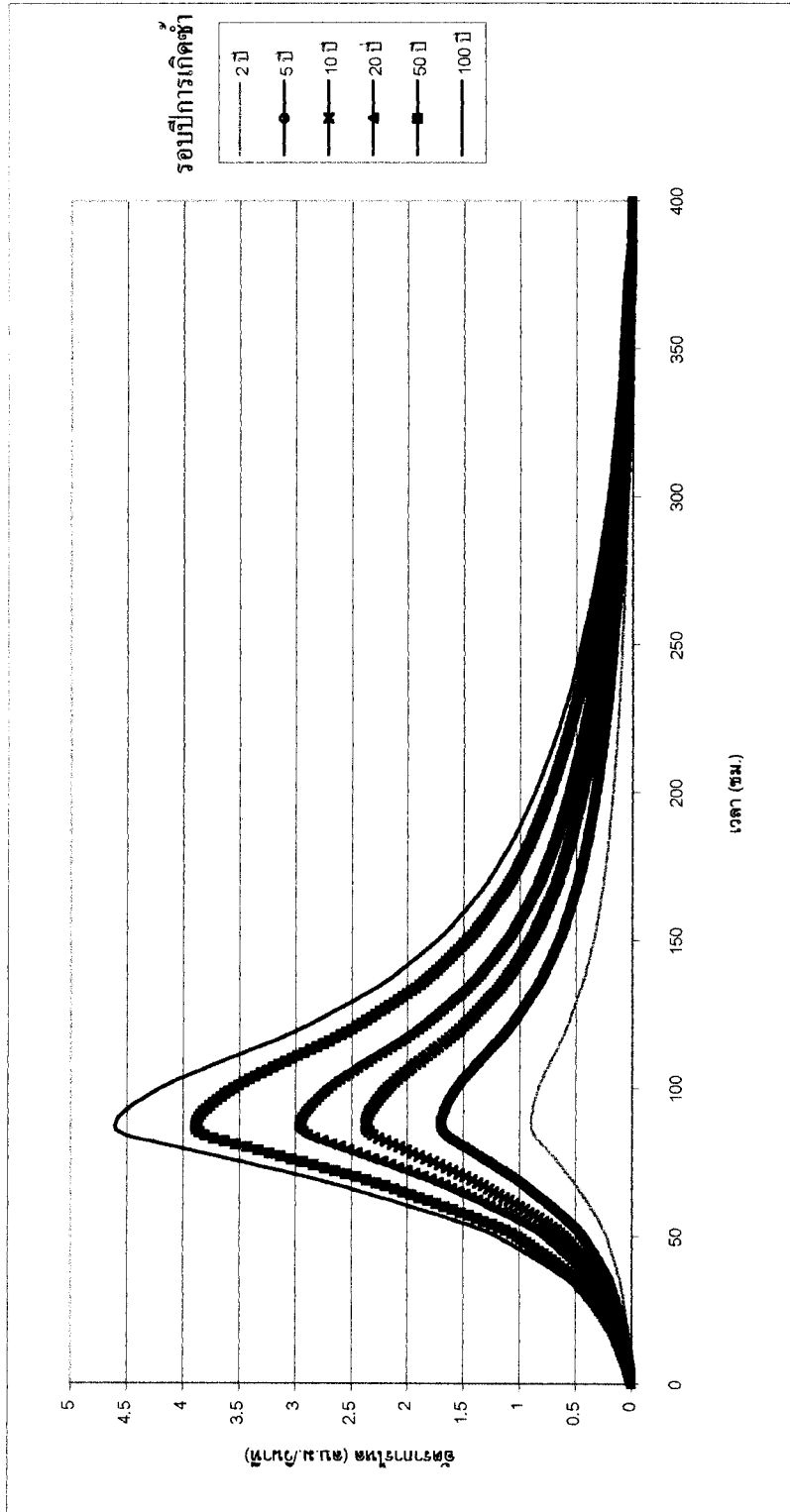
กราฟปริมาณน้ำหลากสำหรับแต่ละพื้นที่รับน้ำฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ



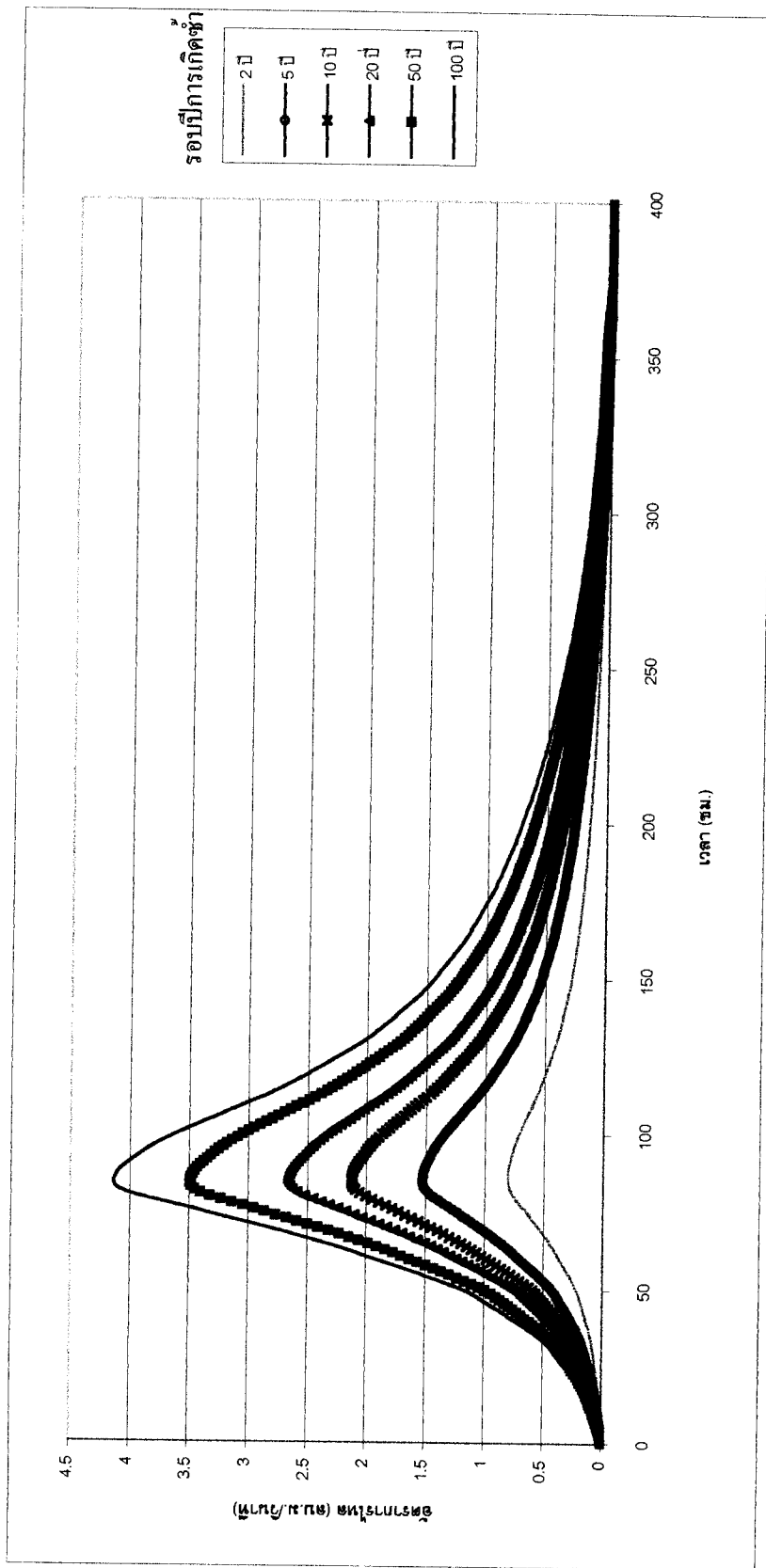
ภาพผนวกที่ 1 กราฟปริมาณการไหลเข้าของจุดควบคุมต้นน้ำ (upstream boundary) ของพื้นที่รับน้ำมหาชัย (MH) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 1 วัน



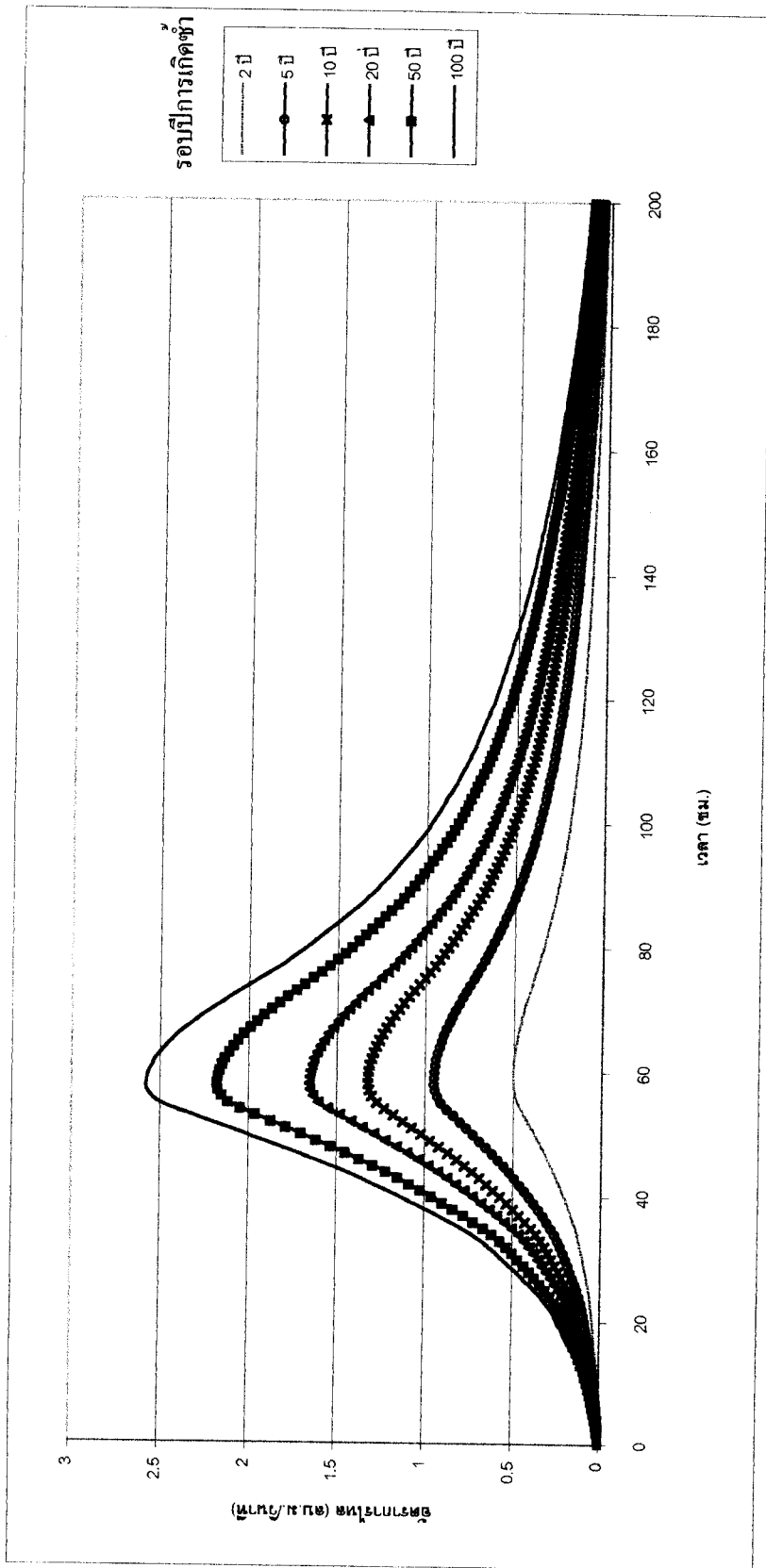
ภาพผนวกที่ 2 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำธารบนตรี (RMT) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 1 วัน



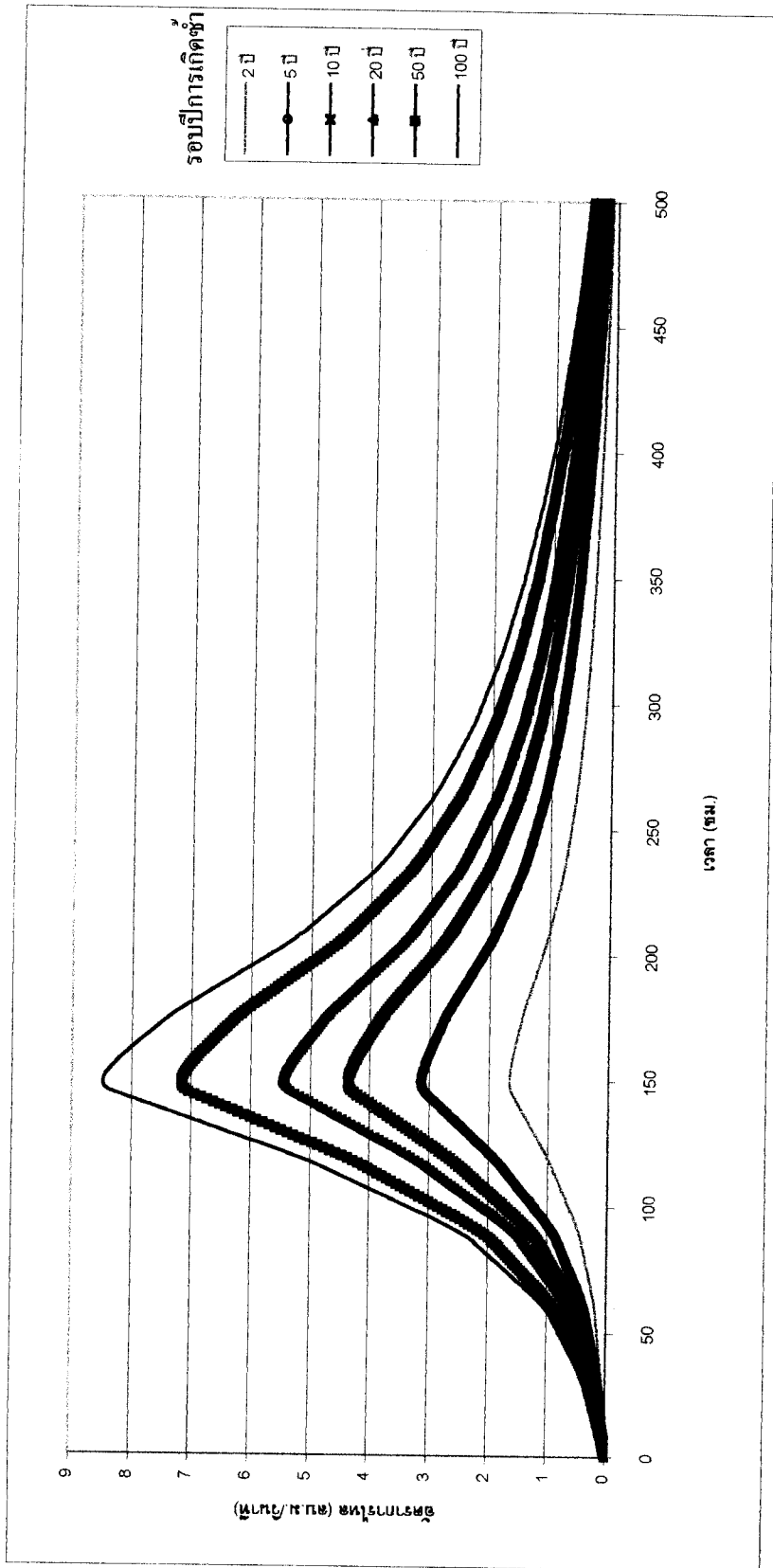
ภาพผนวกที่ 3 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำทะเล (SK) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 1 วัน



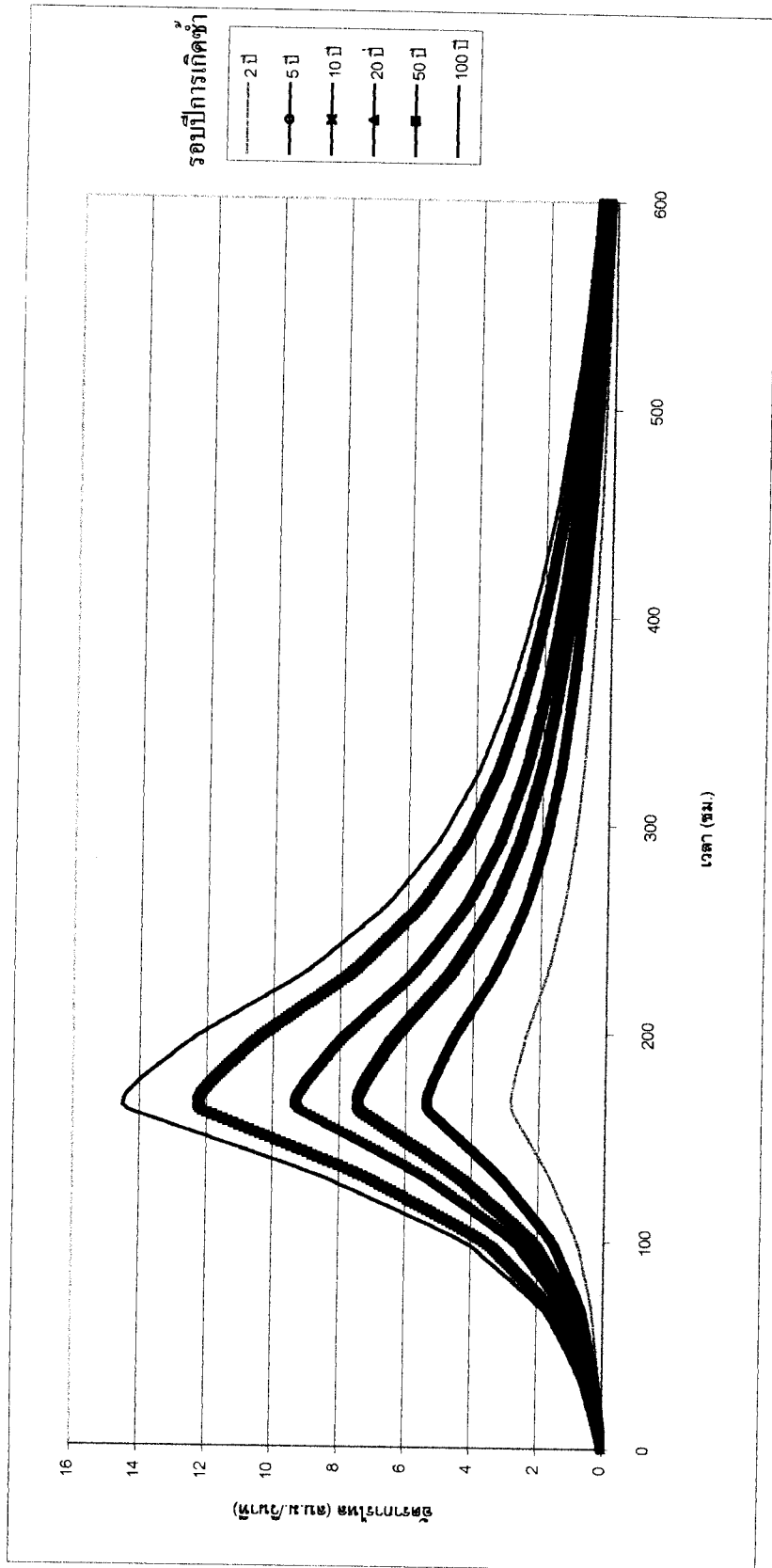
ภาพผนวทที่ 4 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำเลนบน (LB) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 1 วัน



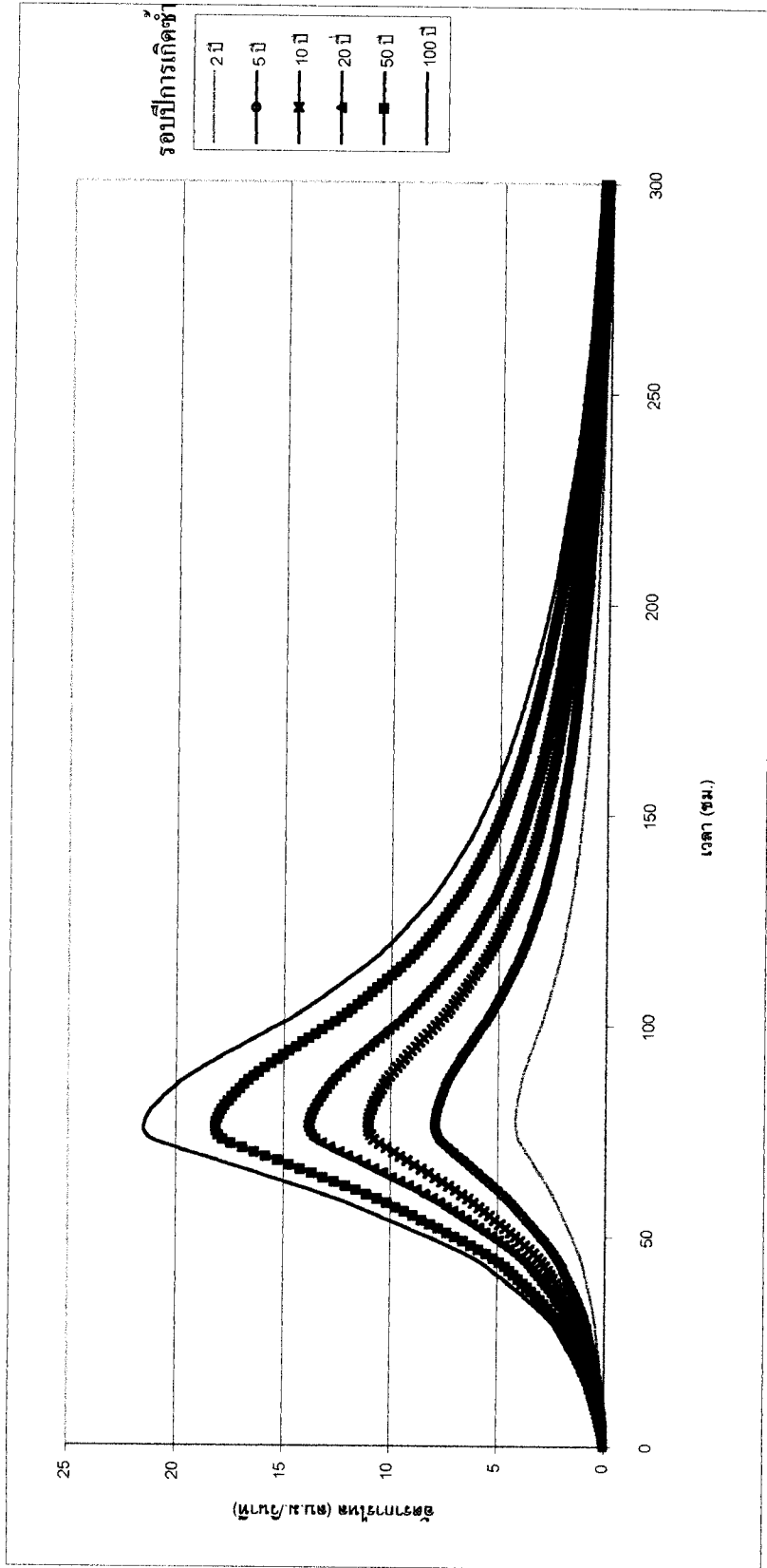
ภาพผนวกที่ 5 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพีนที่รับน้ำปรอง (PL) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 1 วัน



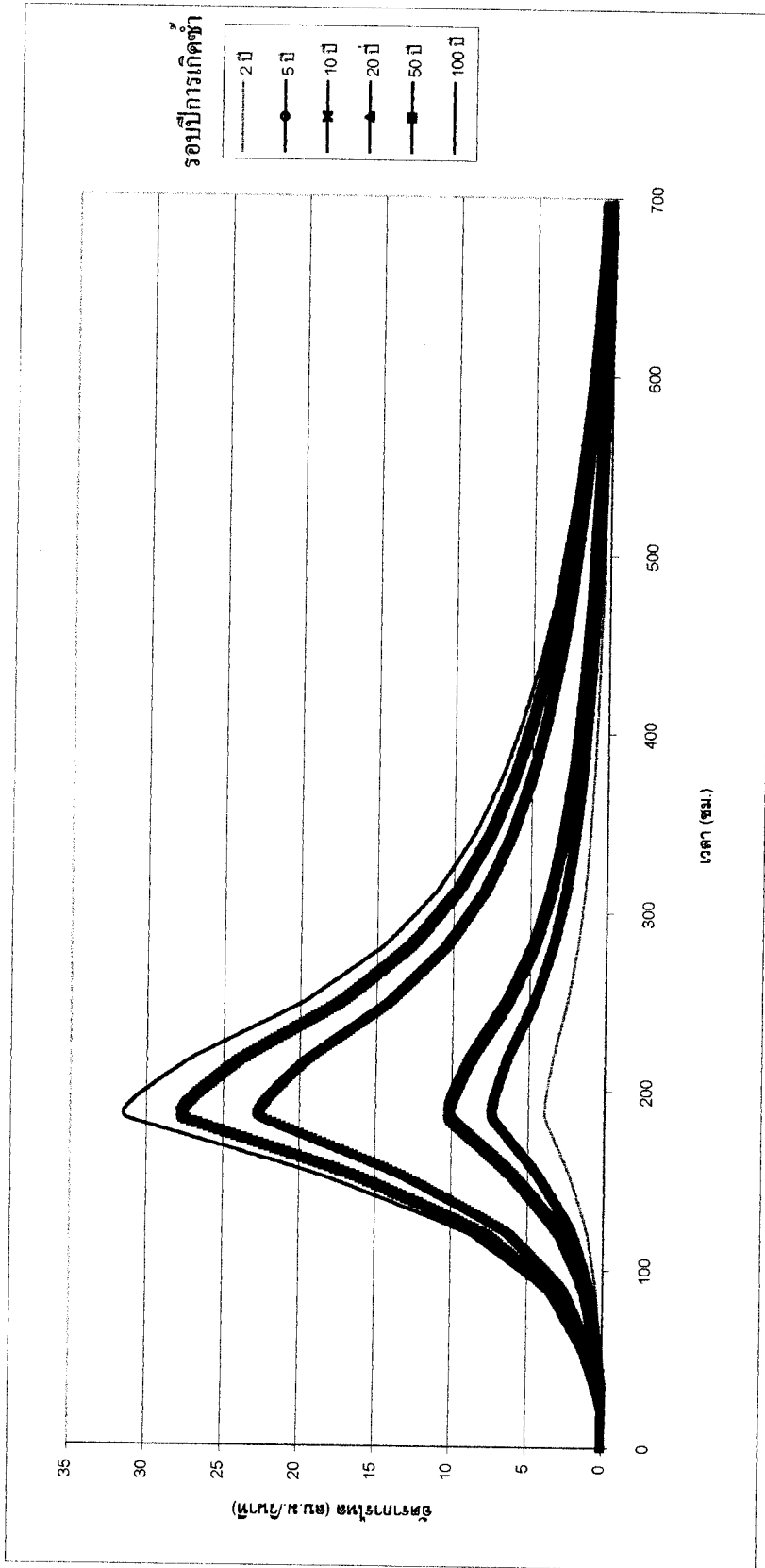
ภาพผนวกที่ ๑ กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำจืด (NJ) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 1 วัน



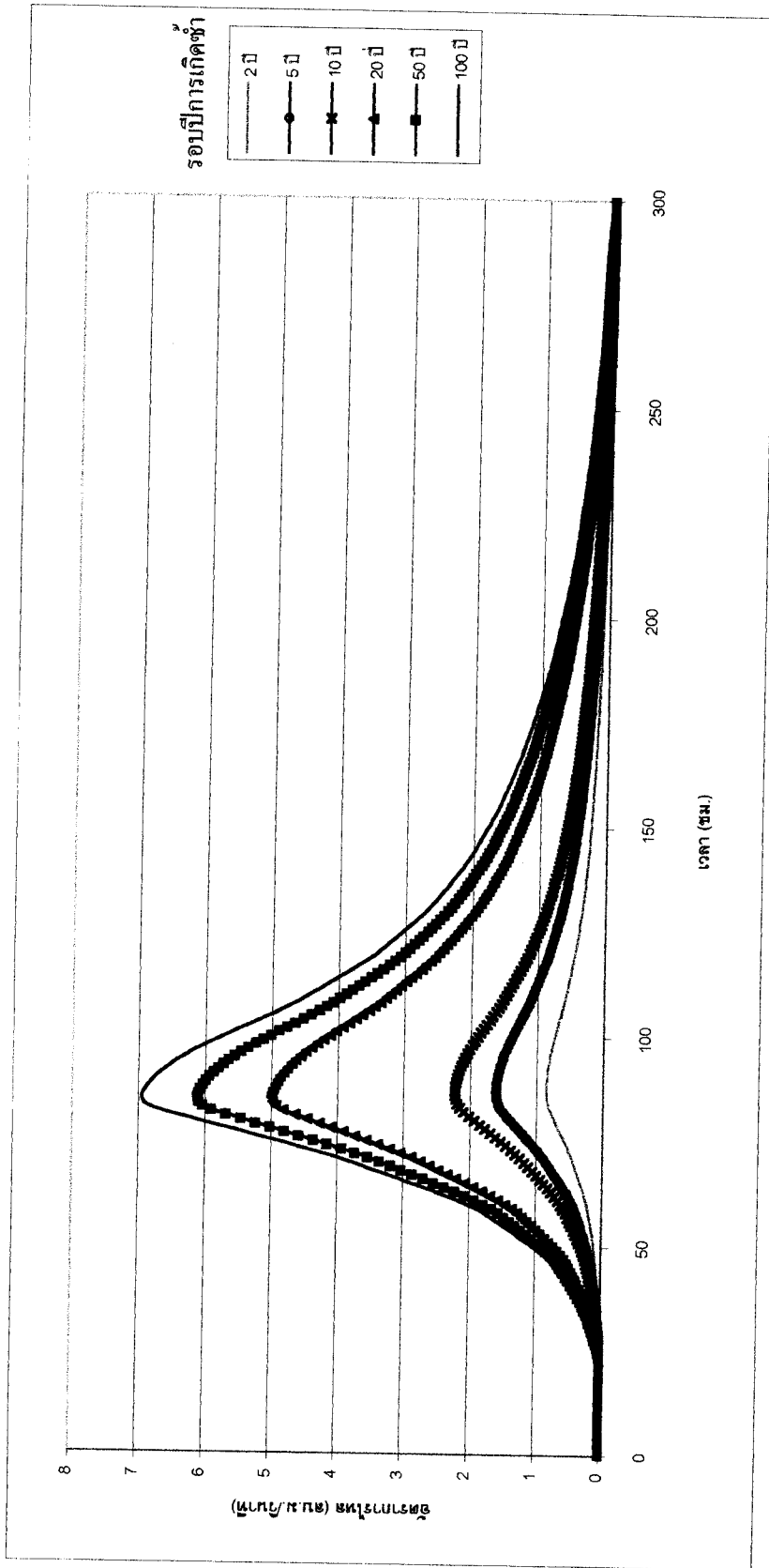
ภาพผนวกที่ 7 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำลิว (SW) ที่รอยปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 1 วัน



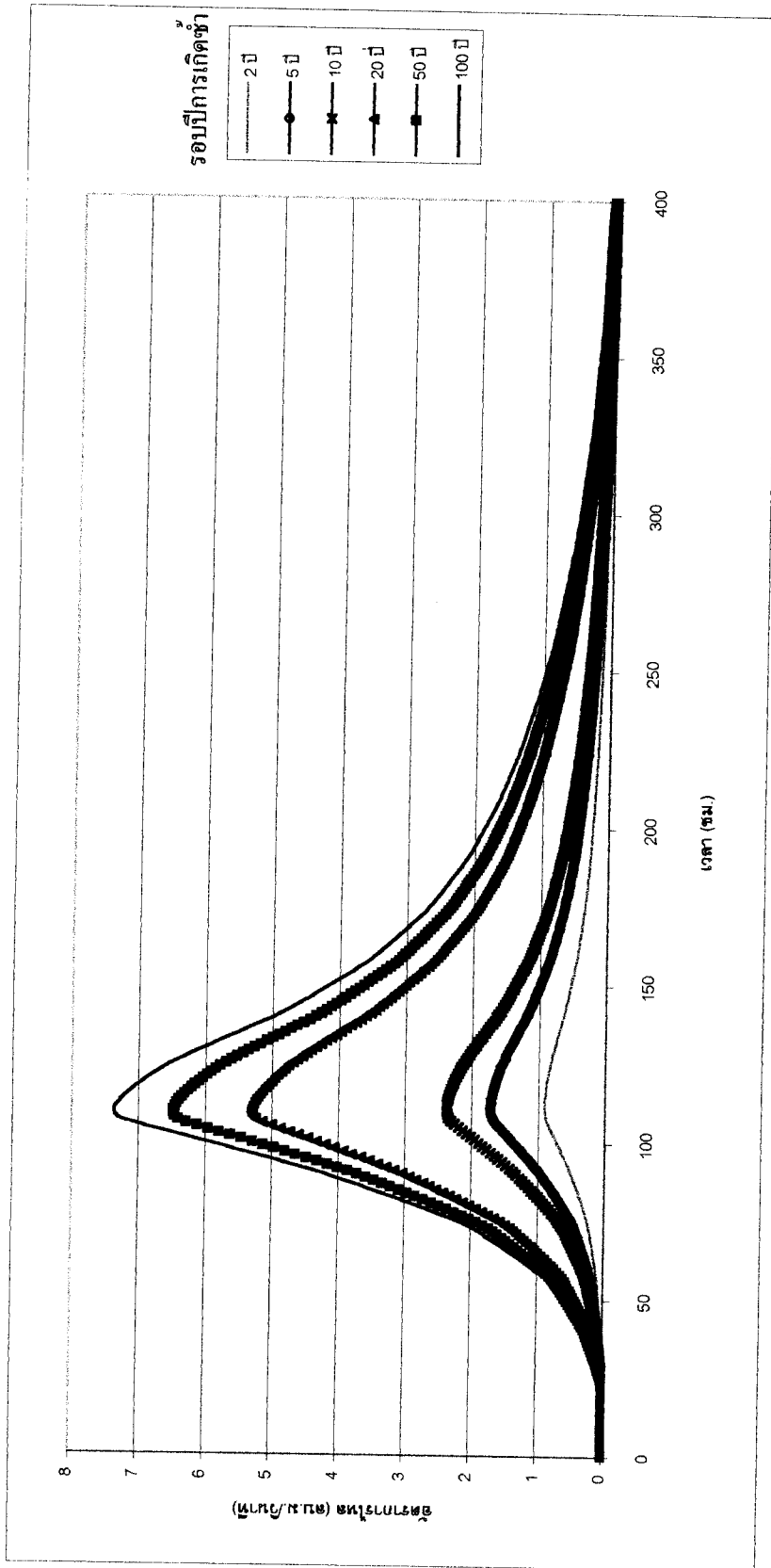
ภาพผนวกที่ 8 กราฟปริมาณการไหลเข้าของจุดควบคุมด้านเหนือน้ำ (upstream boundary) ของพื้นที่รับน้ำสรรพสามิต (SAP) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 1 วัน



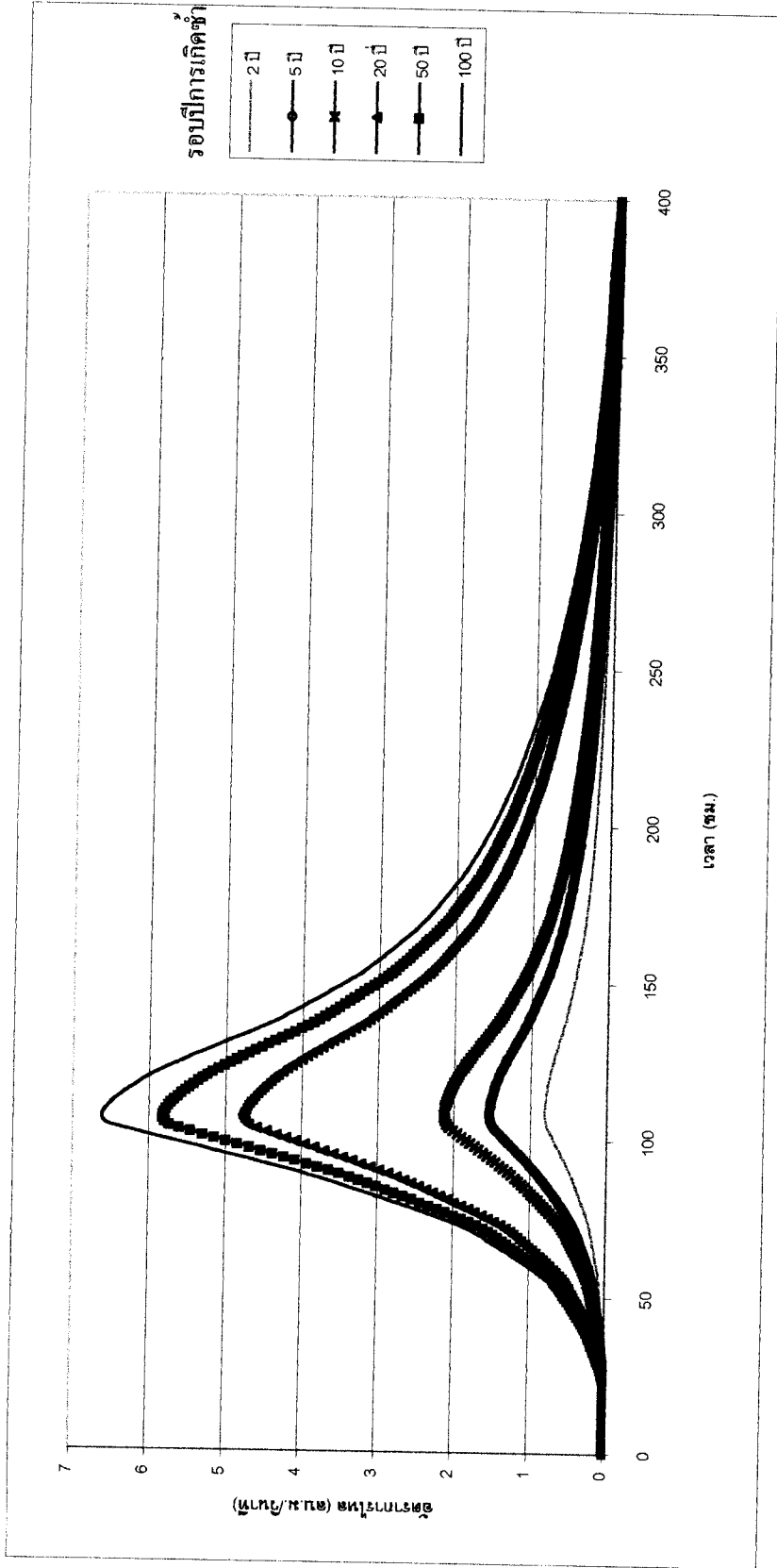
ภาพผนวกที่ 9 กราฟปริมาณการไหลเข้าของจุดควบคุมด้านเหนือน้ำ (upstream boundary) ของพื่นที่รับน้ำมหาชัย (MIH) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 3 วัน



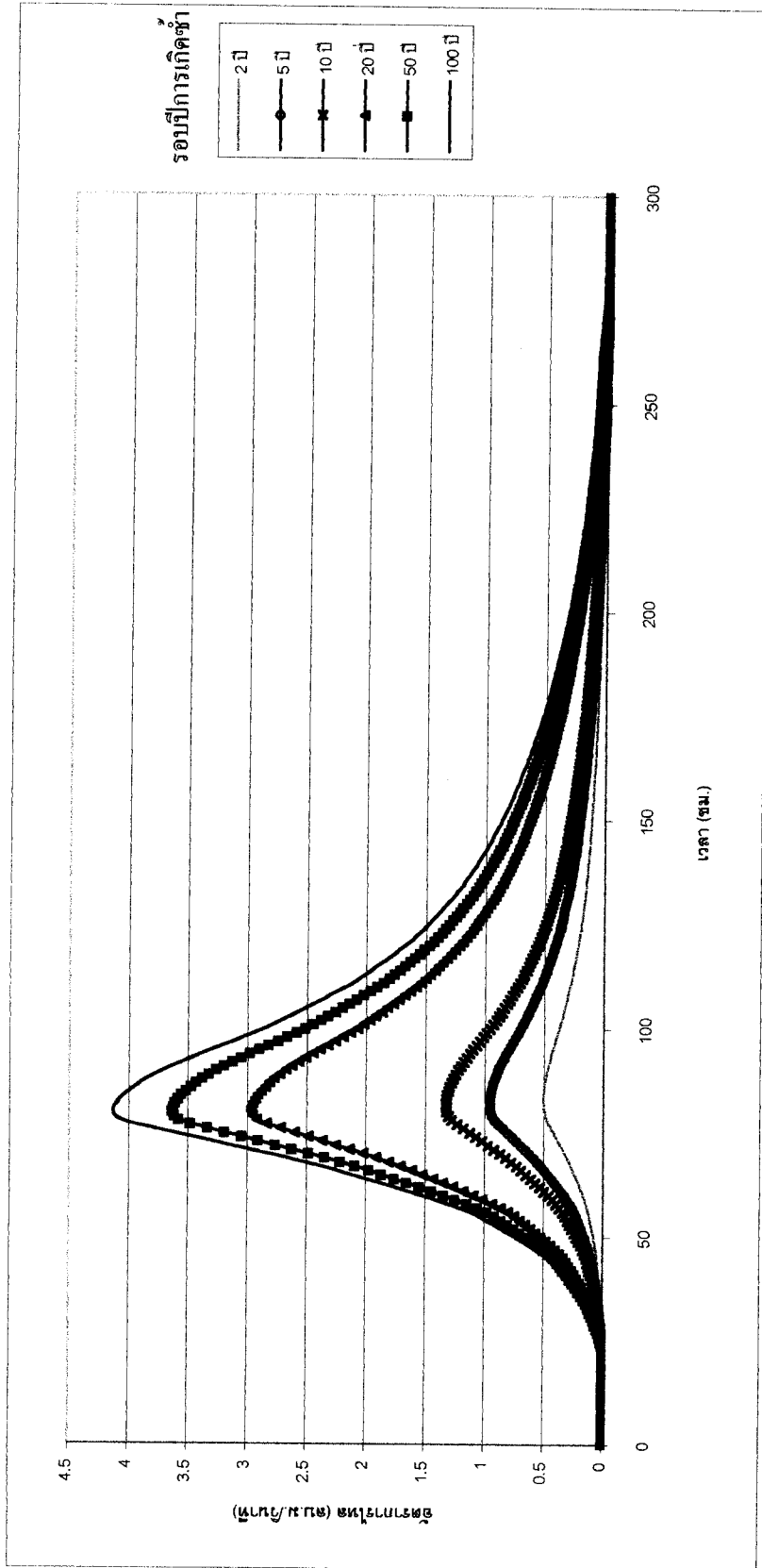
ภาพผนวกที่ 10 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำราชมณตรี (RMT) ที่รอบปีการเกิดฝ้าต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 3 วัน



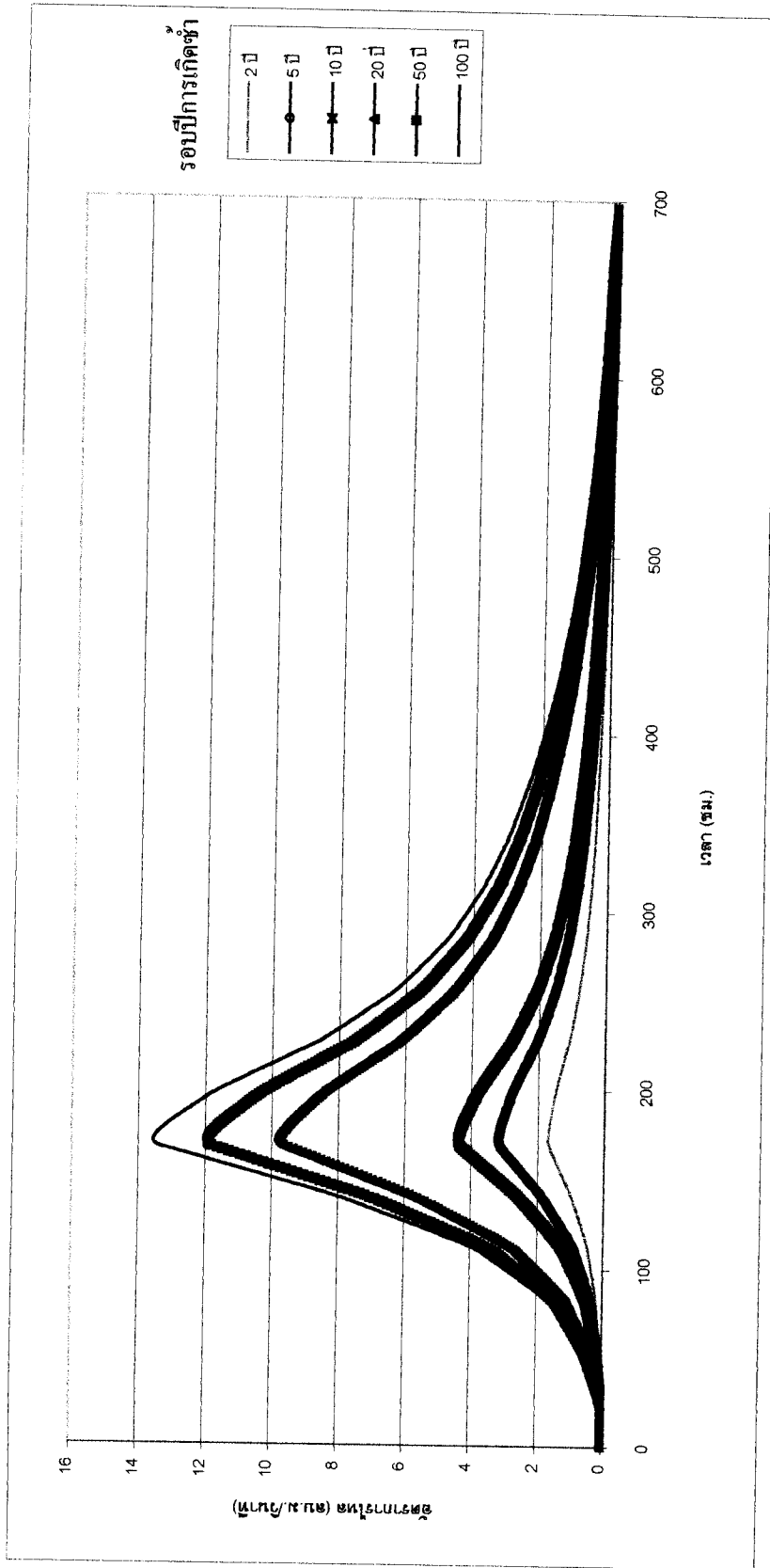
ภาพผนวกที่ 11. กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำทะเล (SK) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 3 วัน



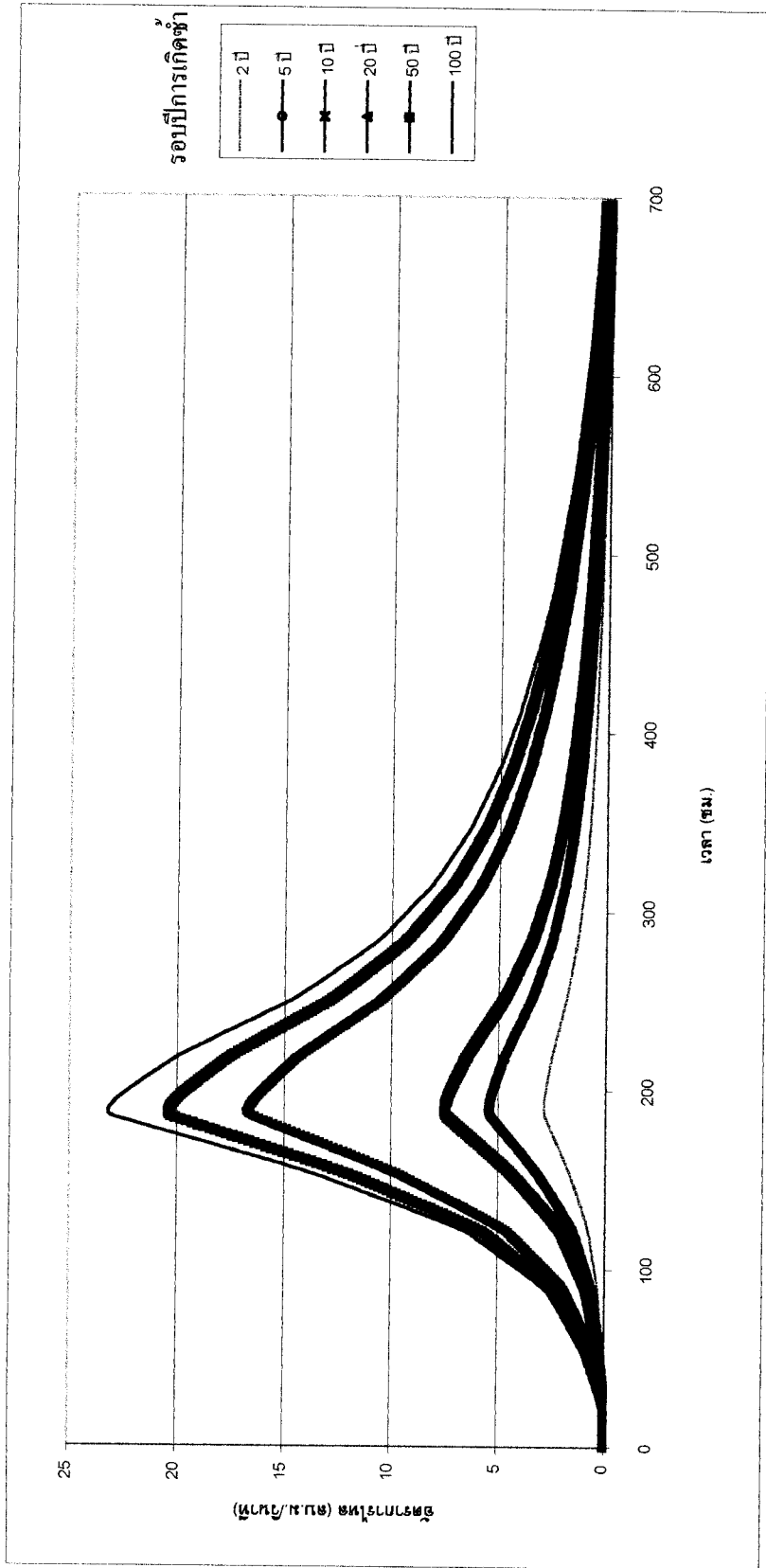
ภาพผนวกที่ 12 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำเลนเบน (LB) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 3 วัน



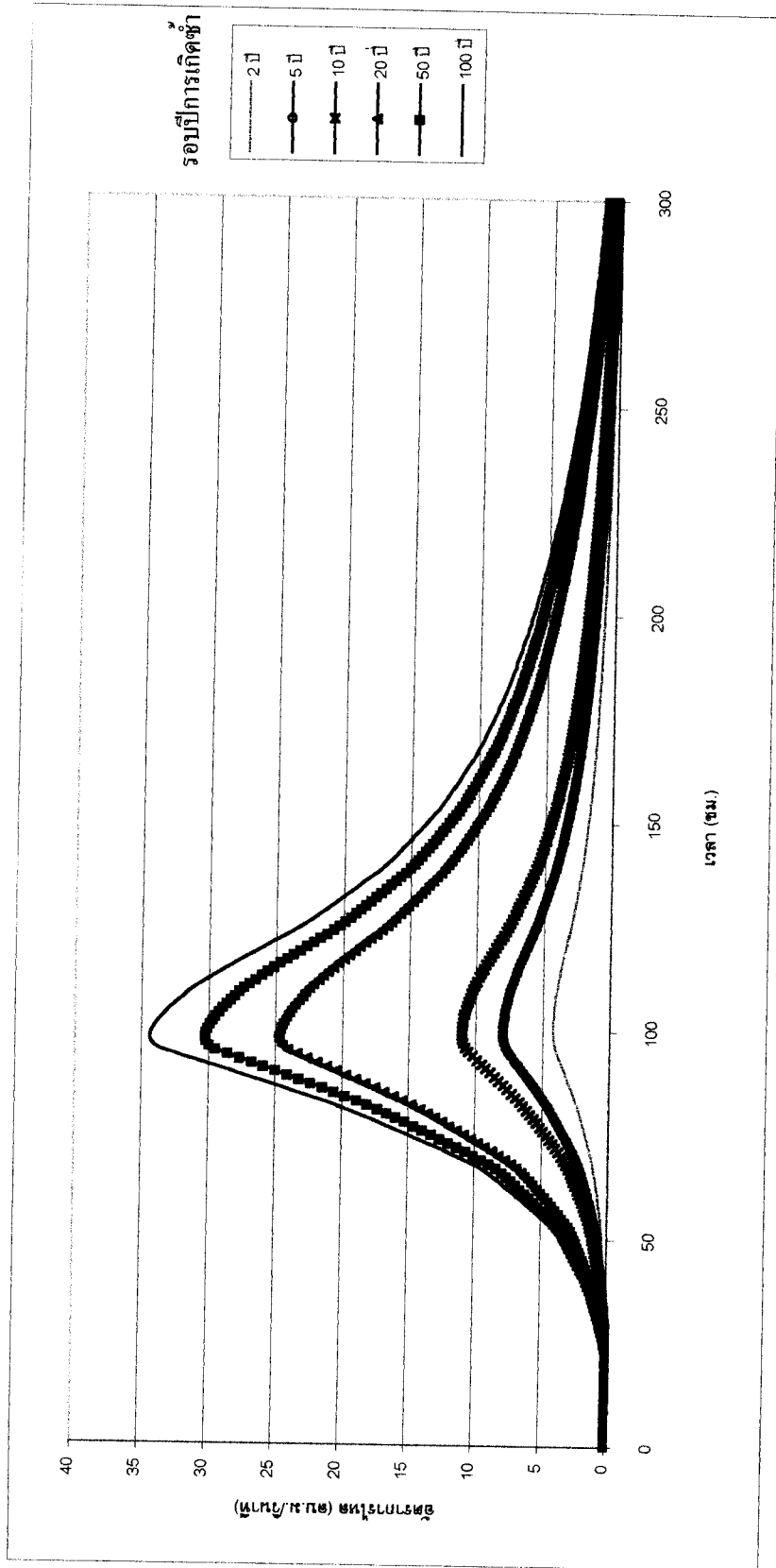
ภาพผนวกที่ 13 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านบนของพื้นที่รับน้ำปรัง (PL) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 3 วัน



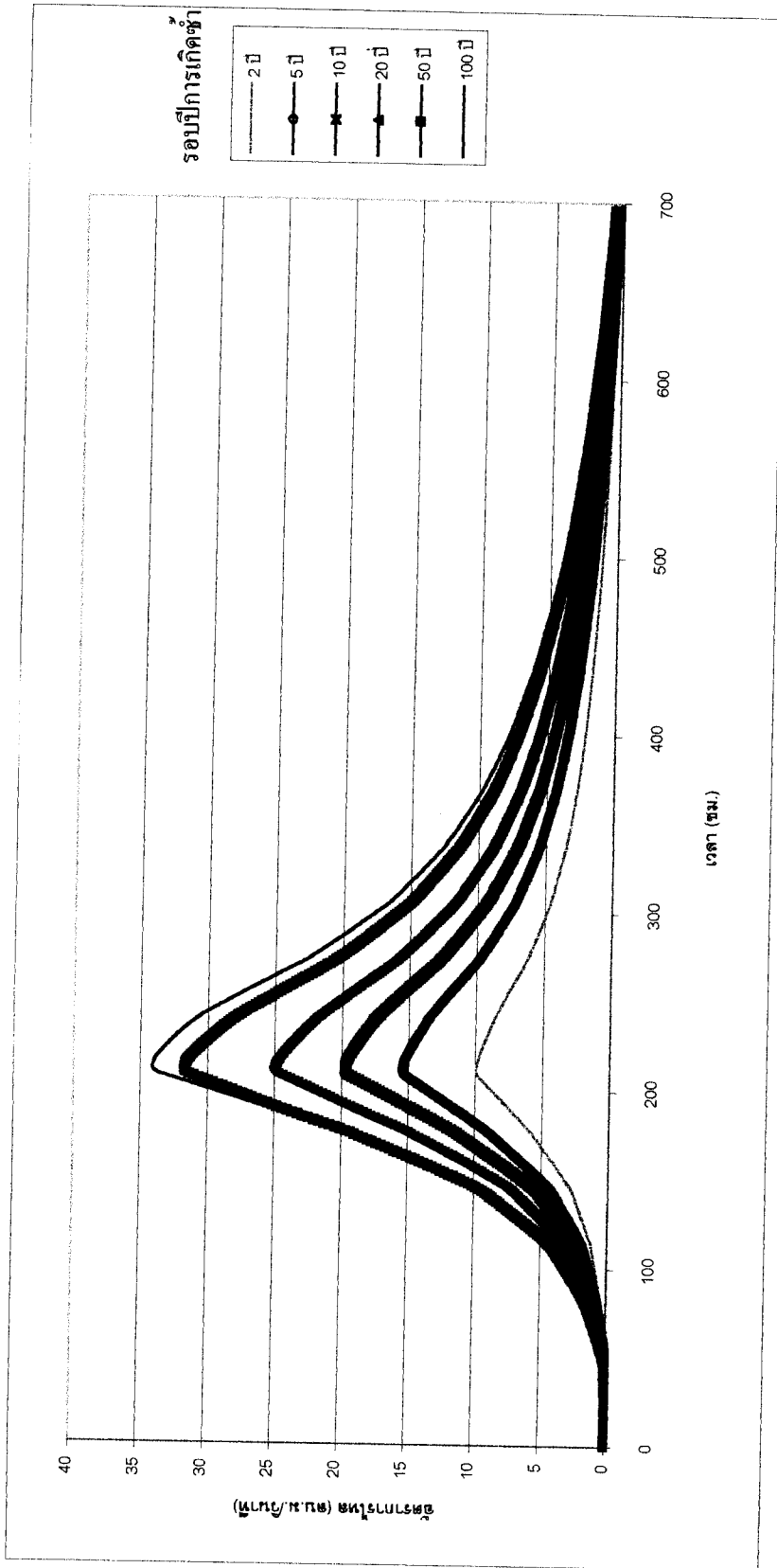
ภาพผนวกที่ 14 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำจืด (NJ) ที่รอบปีการเกิดฝ้าต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 3 วัน



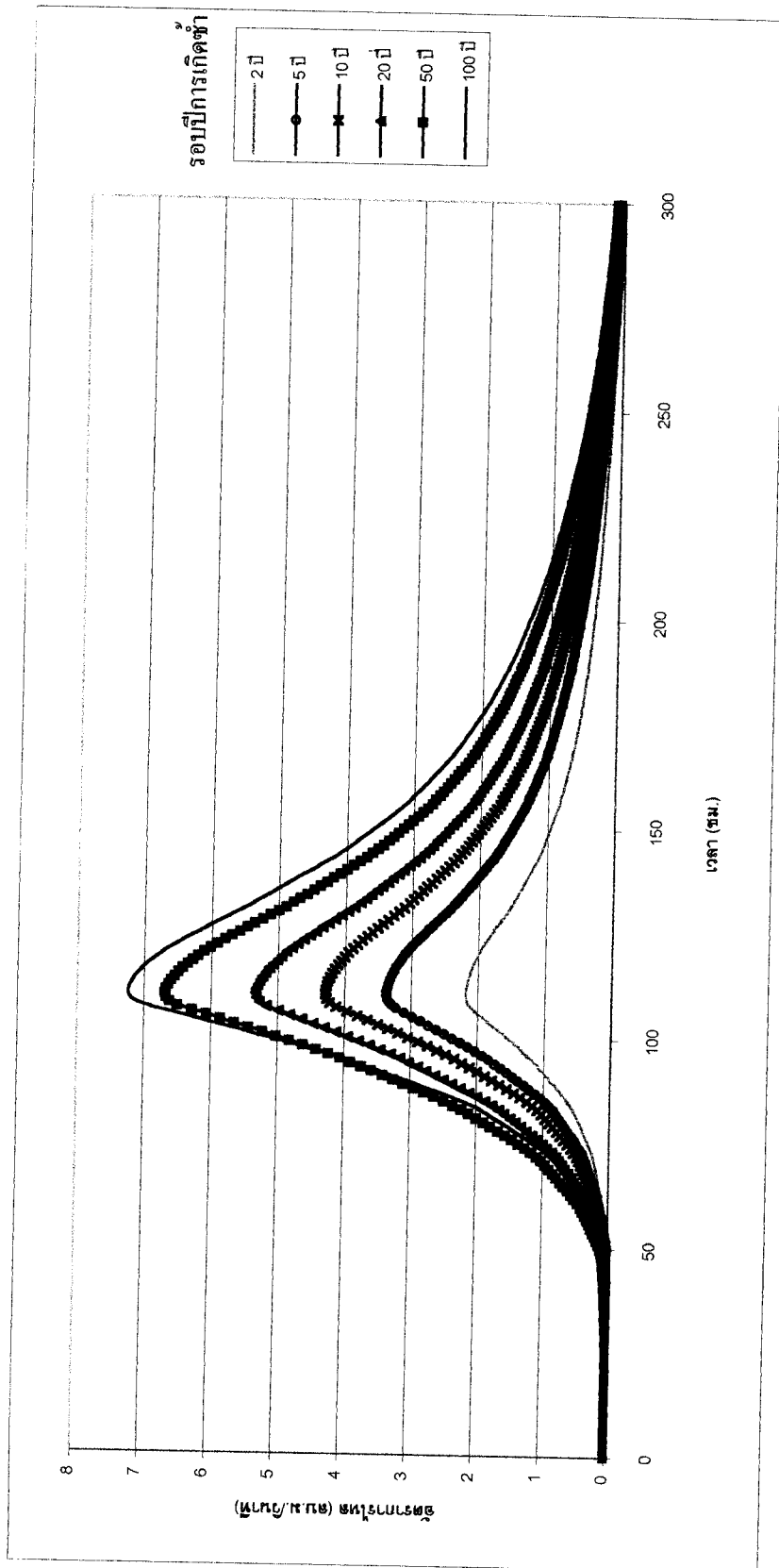
ภาพผนวกที่ 15 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำลั่ว (SW) ที่รอกปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 3 วัน



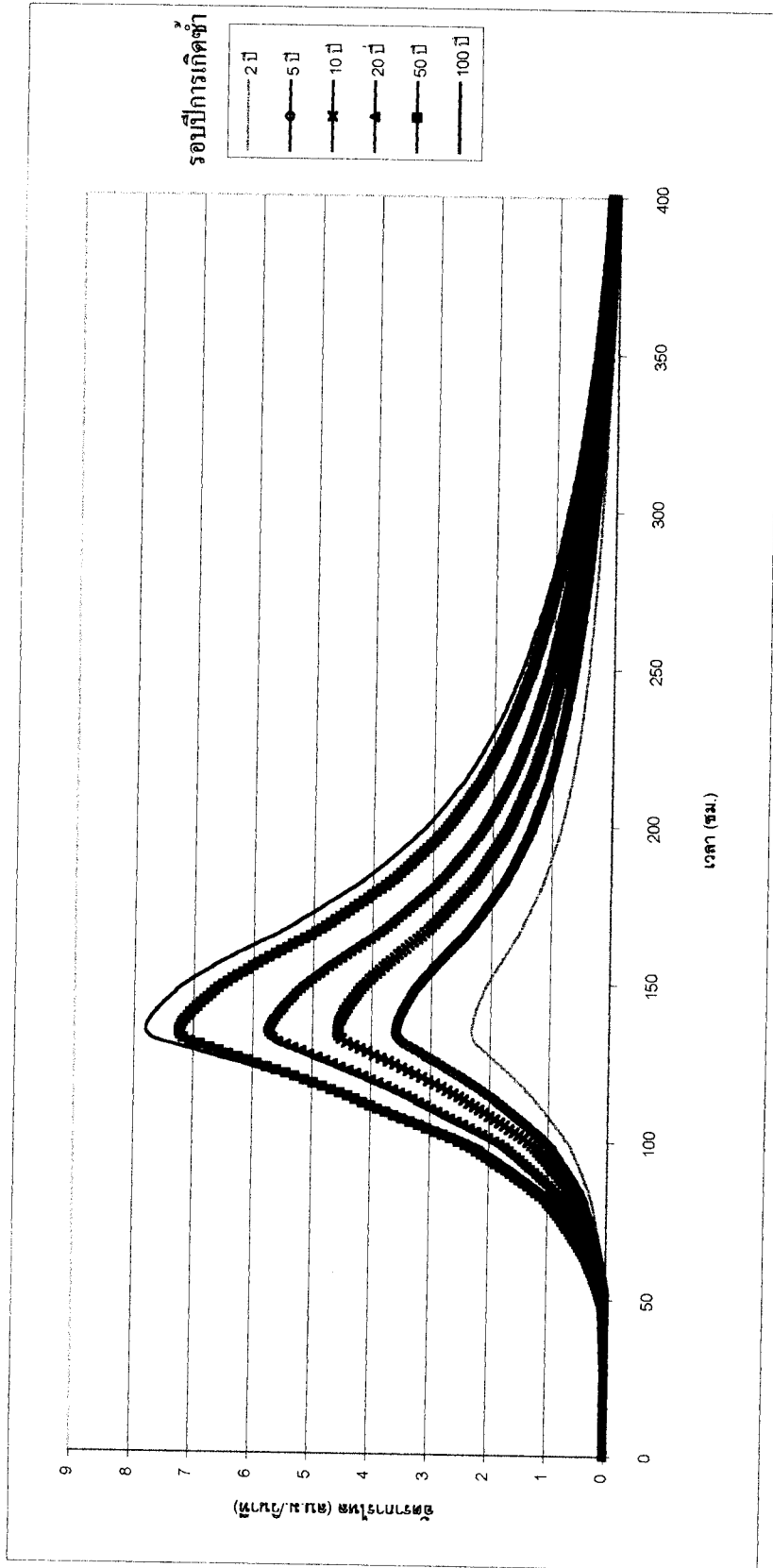
ภาพผนวกที่ 16 กราฟปริมาณการไหลเข้าของจุดควบคุมด้านเหนือน้ำ (upstream boundary) ของพื้นที่รับน้ำสรรพสามิต (SAP) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 3 วัน



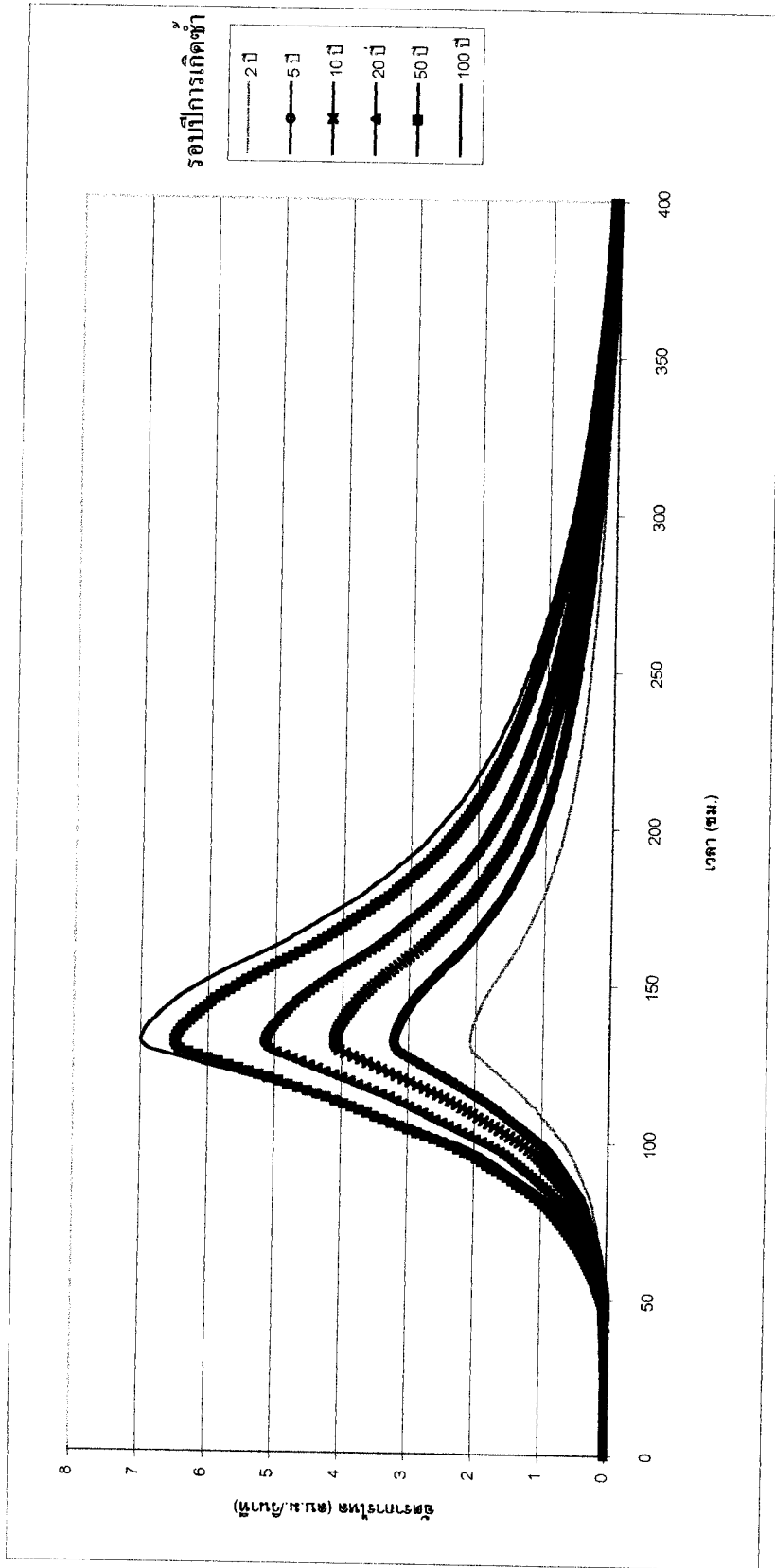
ภาพผนวกที่ 17 กราฟปริมาณการไหลเข้าของจุดควบคุมด้านเหนือน้ำ (upstream boundary) ของพื้นที่รับน้ำมหาชัย (MH) ที่รอบปีการเกิดน้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 5 วัน



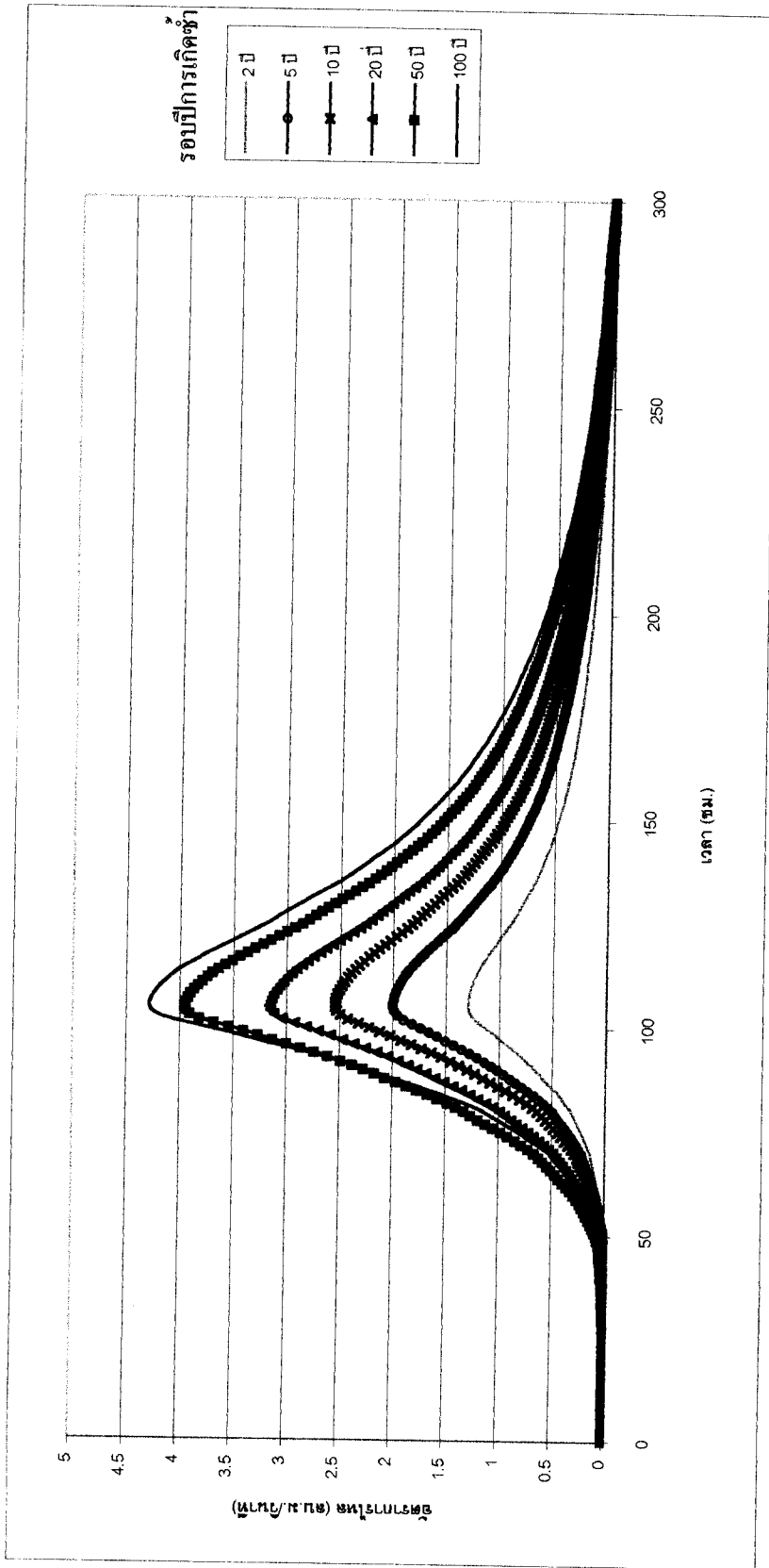
ภาพผนวกที่ 18 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำราชมณตรี (RMT) ที่รอบปีการเกิดที่ต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 5 วัน



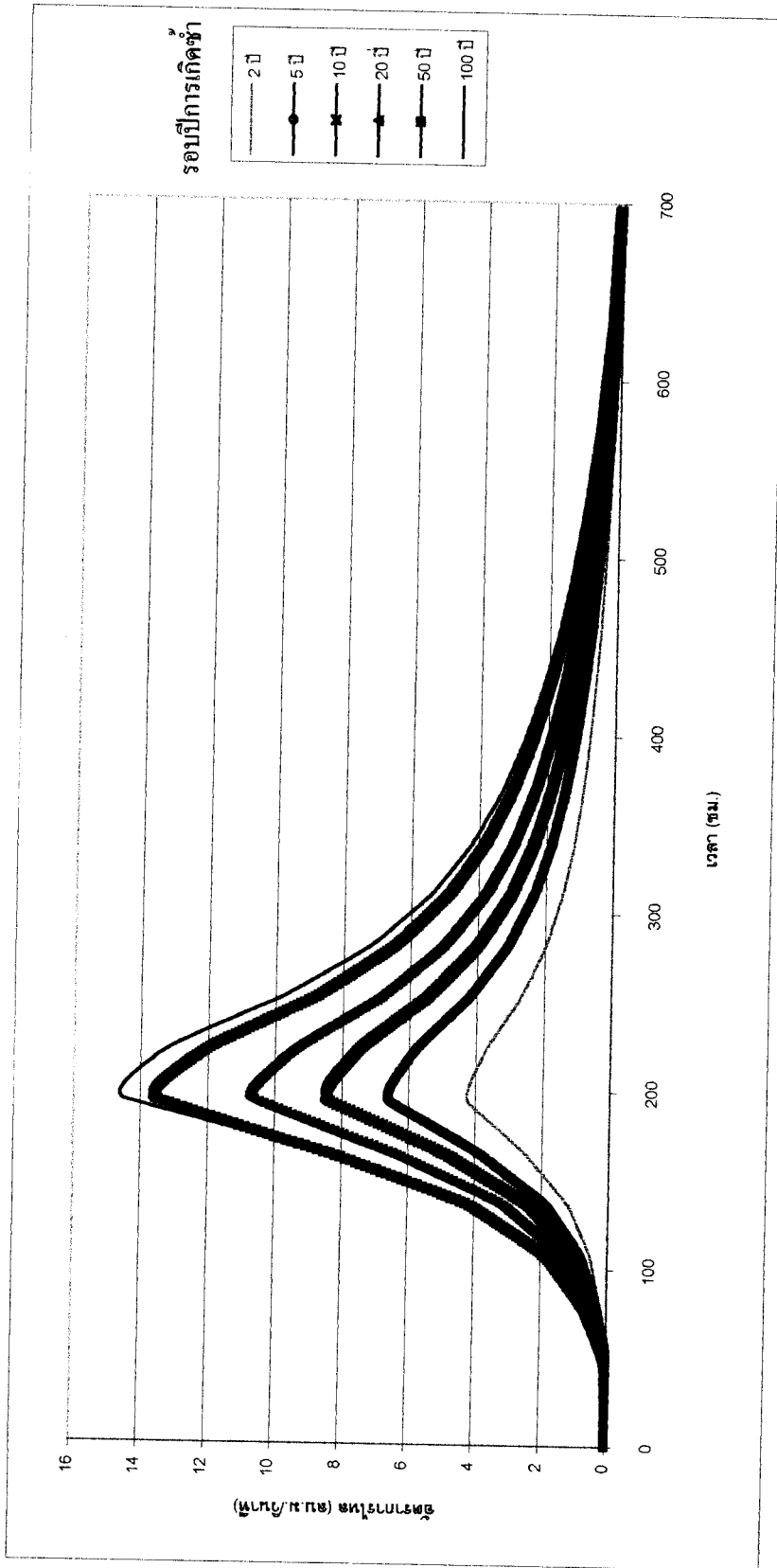
ภาพผนวกที่ 19 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำสะแก (SK) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 5 วัน



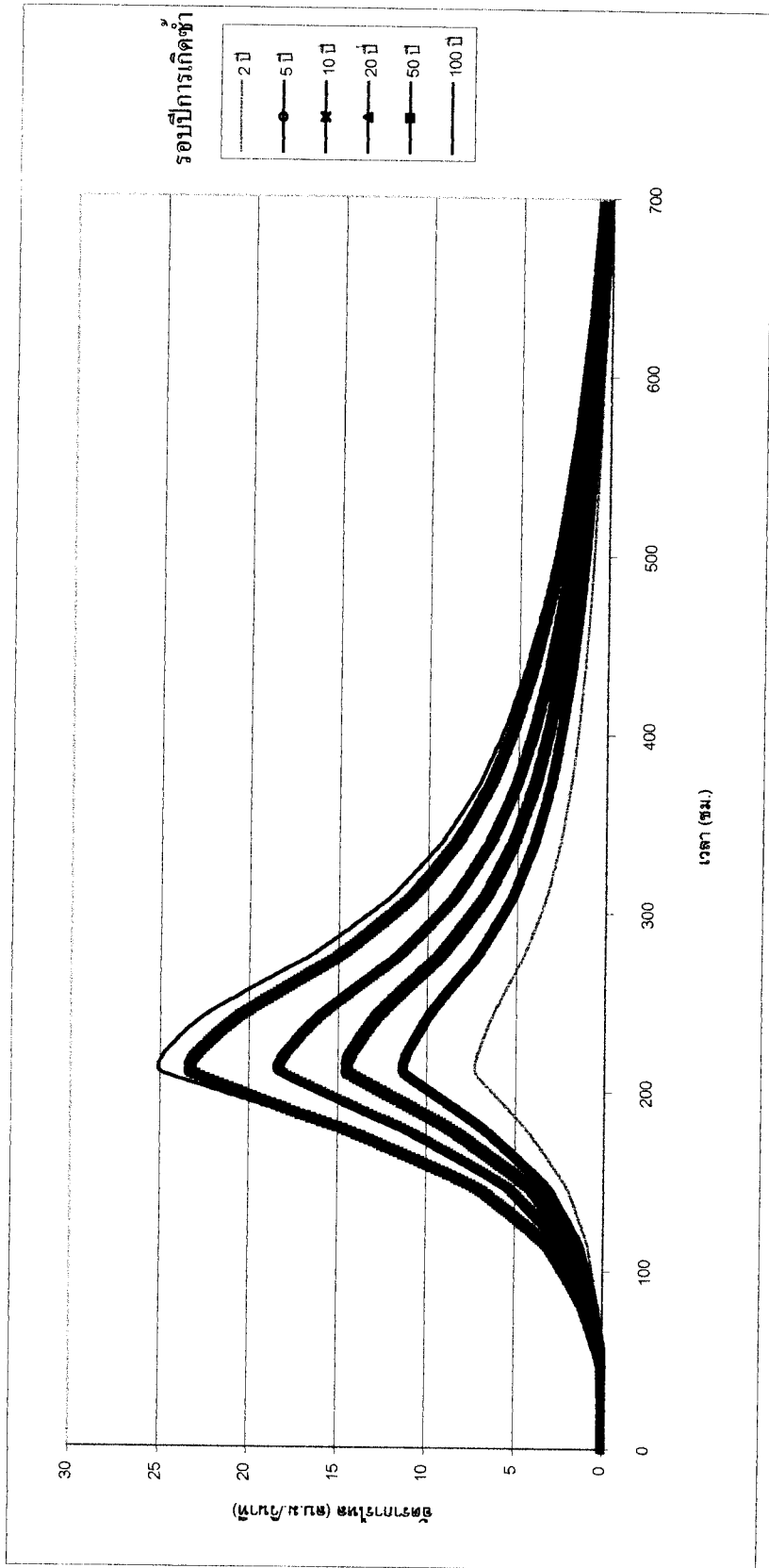
ภาพผนวกที่ 20 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำเลนเนน (LB) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 5 วัน



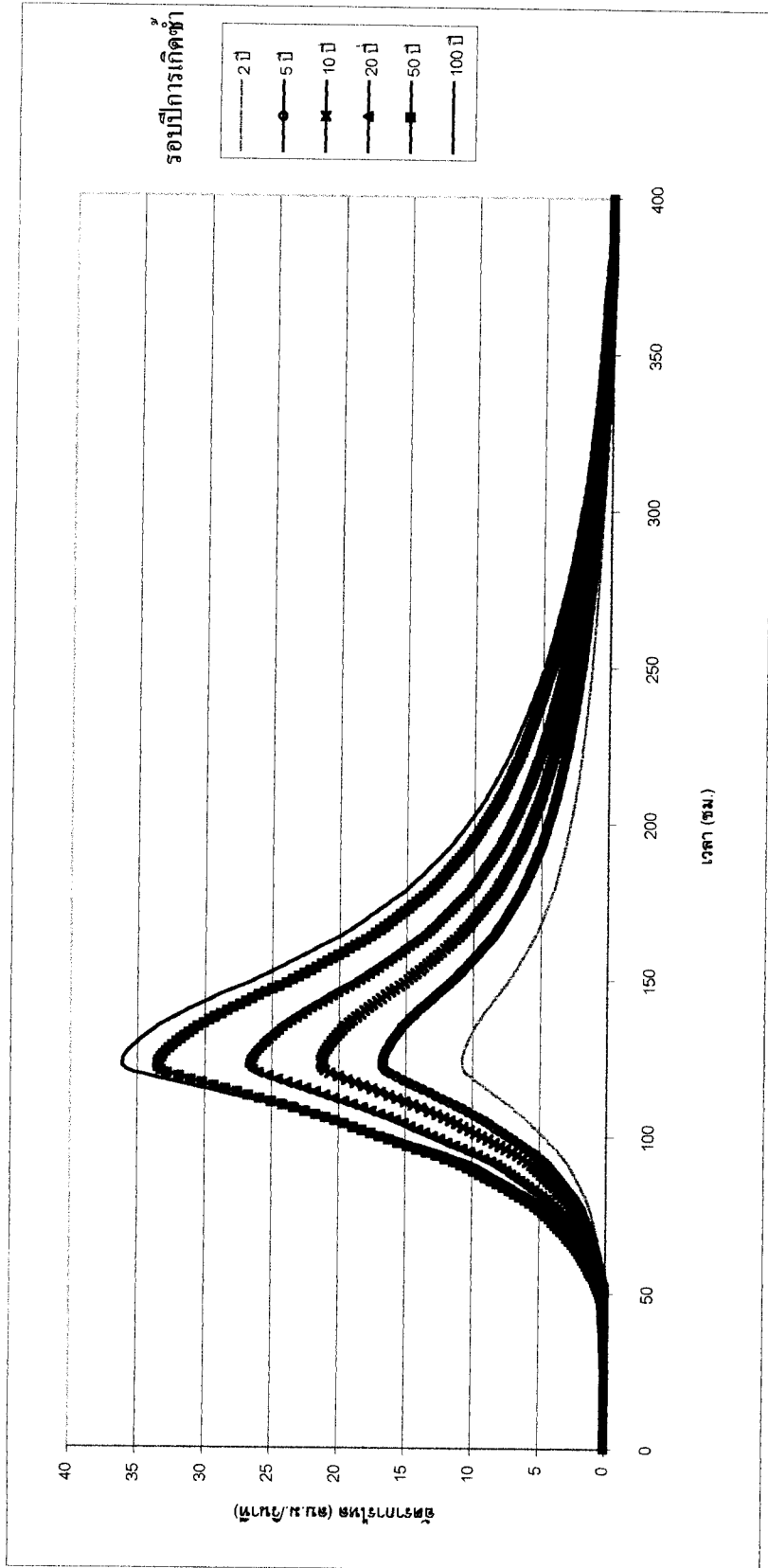
ภาพผนวกที่ 21 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำบร (PL) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 5 วัน



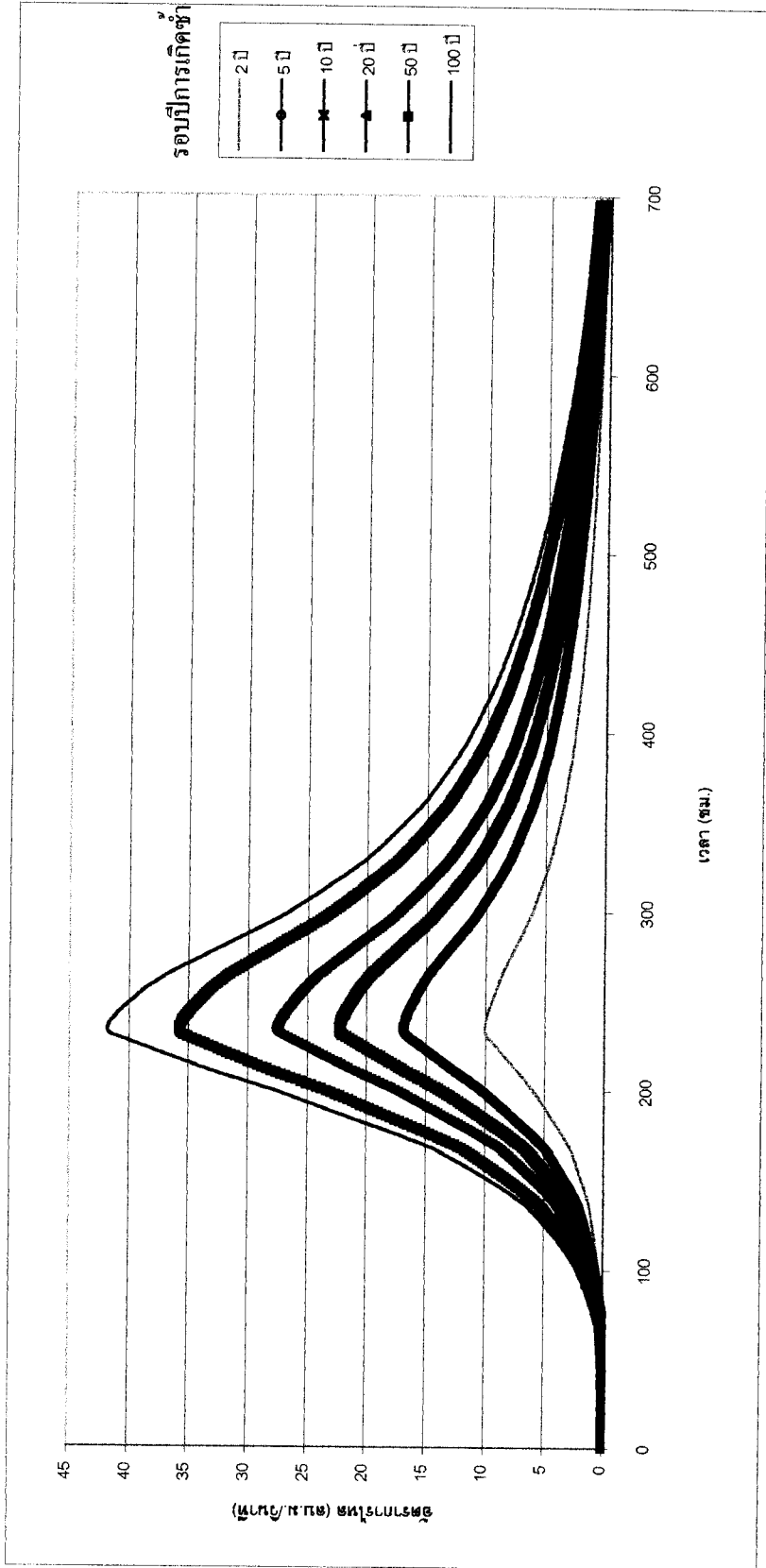
ภาพผนวกที่ 22 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำจืด (NJ) ที่รอบปีการเกิดฝ้าต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 5 วัน



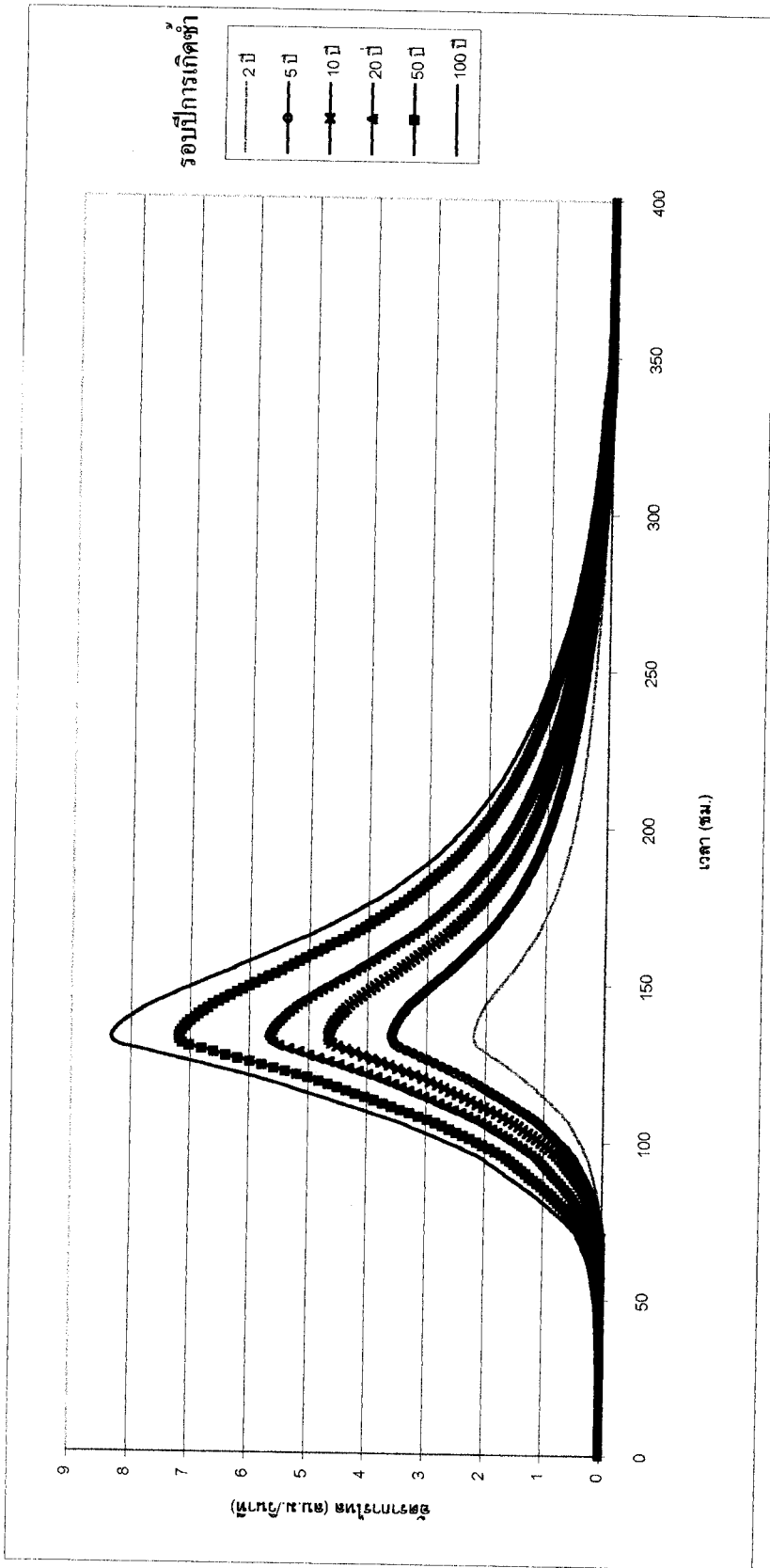
ภาพผนวกที่ 23 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำสัว (SW) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 5 วัน



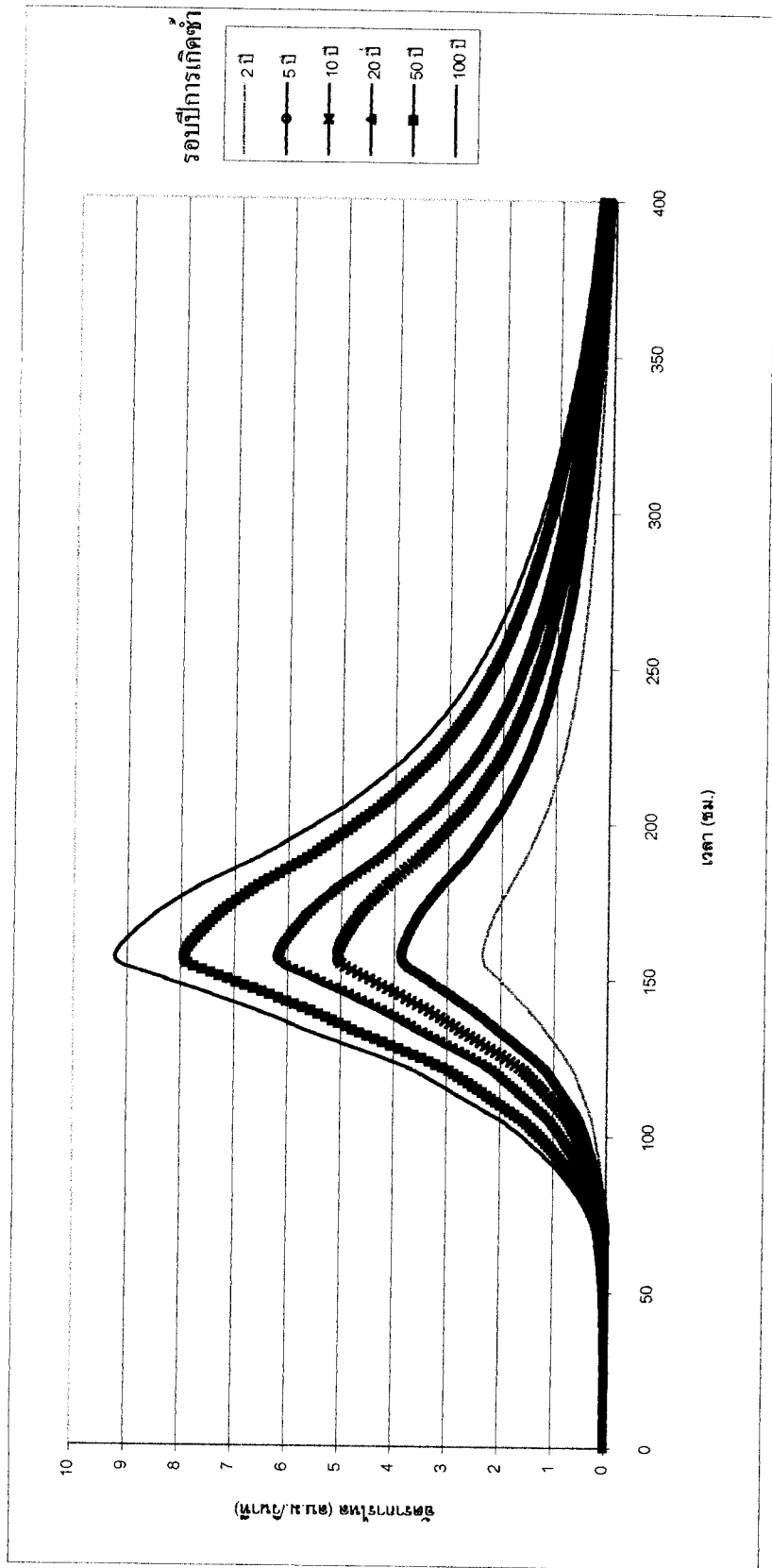
ภาพผนวกที่ 24 กราฟปริมาณการไหลเข้าของจุดควบคุมด้านเหนือน้ำ (upstream boundary) ของพื้นที่รับน้ำสรรพสามิต (SAP) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 5 วัน



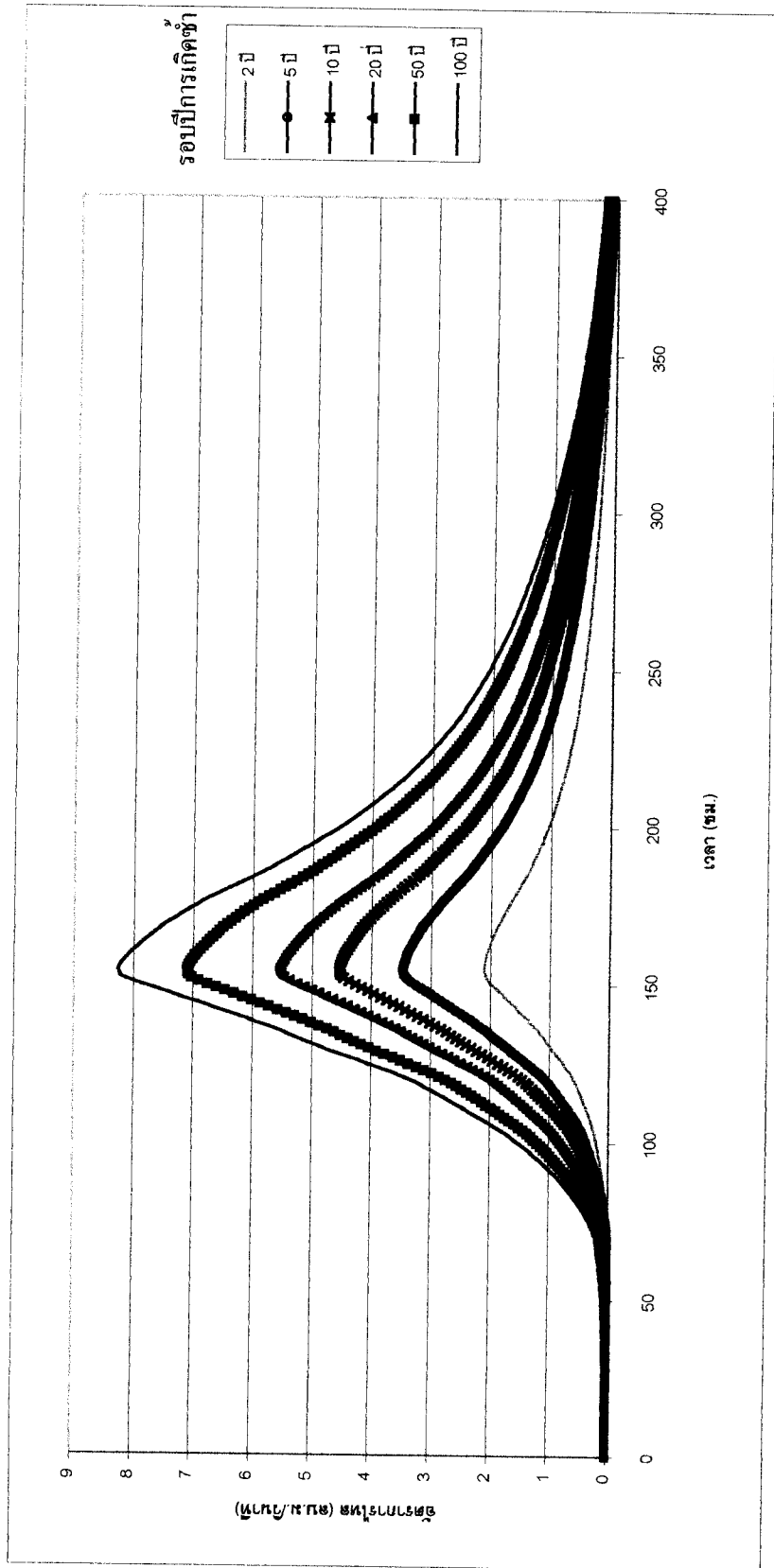
ภาพผนวกที่ 25 กราฟปริมาณการไหลเข้าของจุดควบคุมด้านเหนือน้ำ (upstream boundary) ของพื้นที่รับน้ำมหาชัย (MH) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 7 วัน



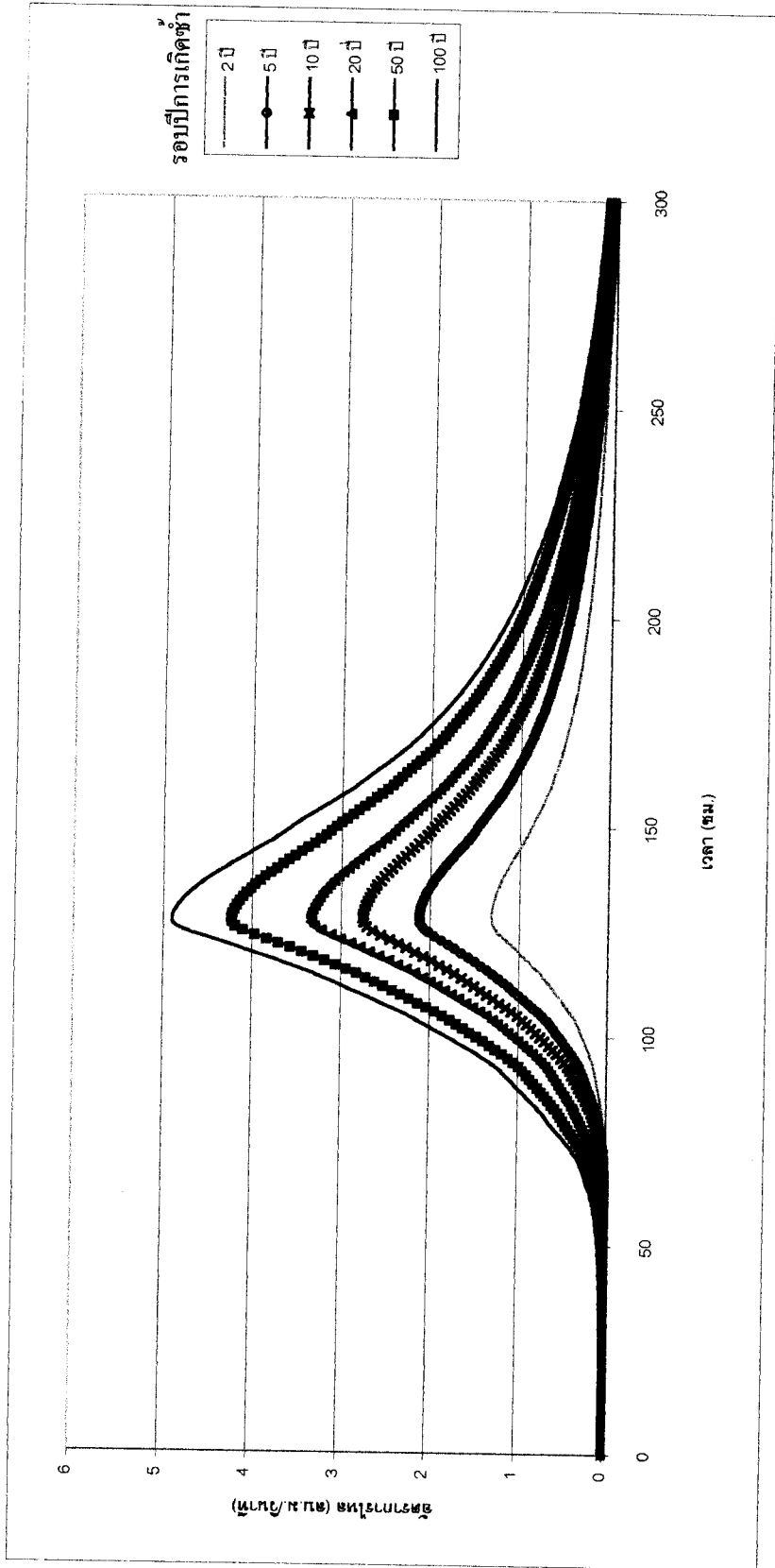
ภาพผนวกที่ 26 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำธรรมชาติ (RMT) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 7 วัน



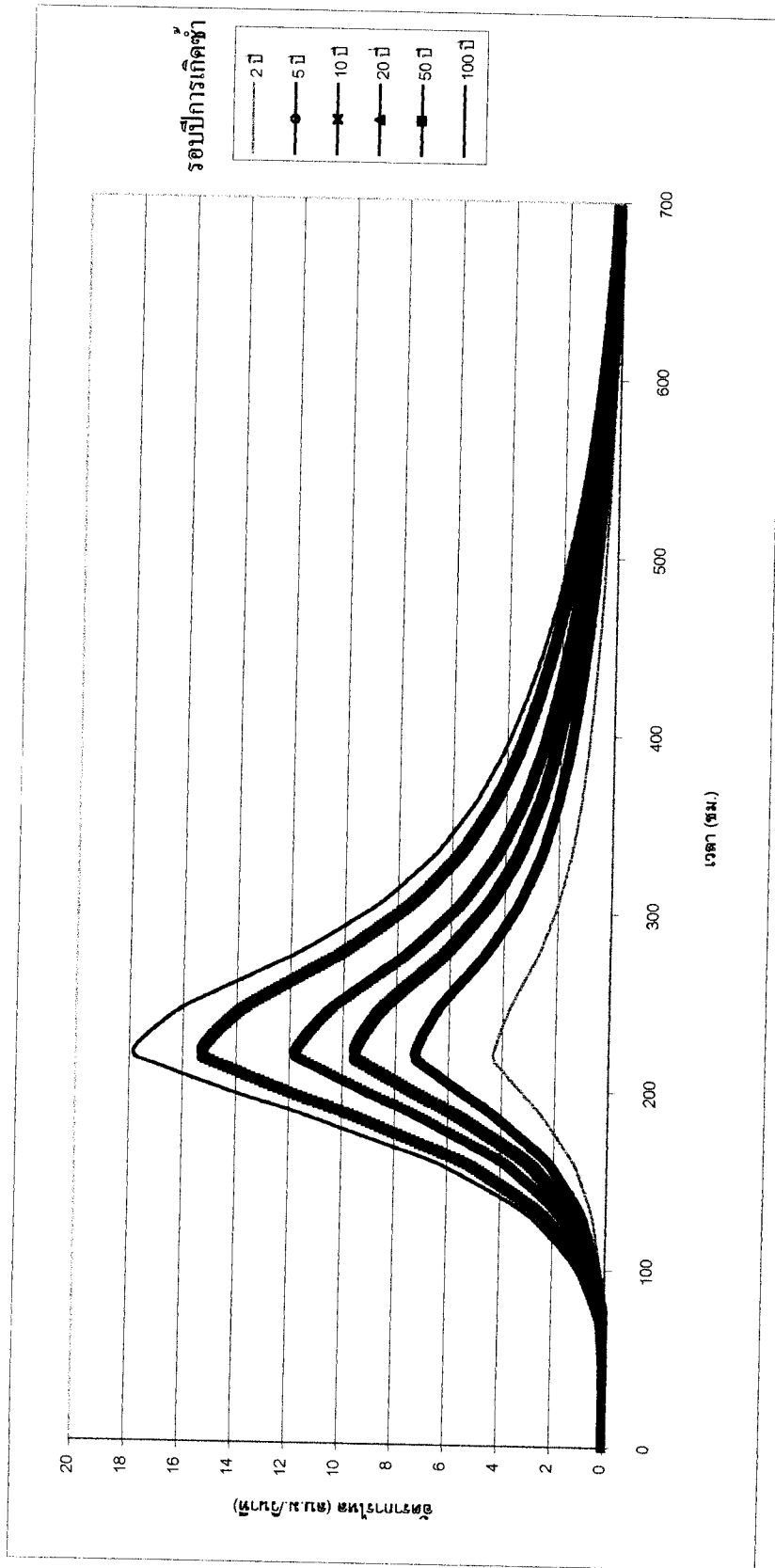
ภาพผนวกที่ 27 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำทะเล (SK) ที่รอบปีการเกิดต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 7 วัน



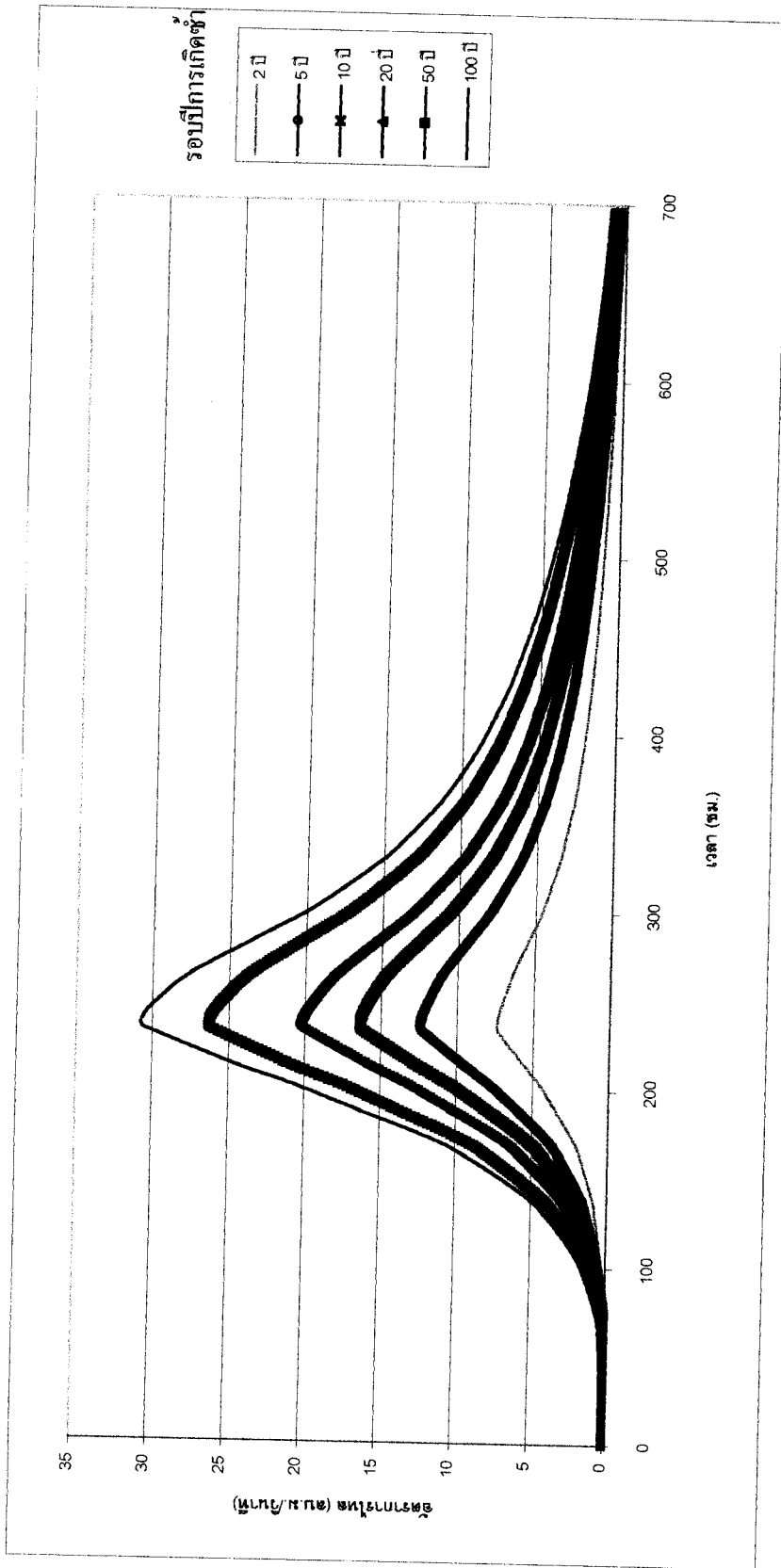
ภาพผนวกที่ 28 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำเดมเบน (LB) ที่รอยเป็การเกิดซ้ต่างๆ ถ้าได้รับฝนสูงสุด 7 วัน



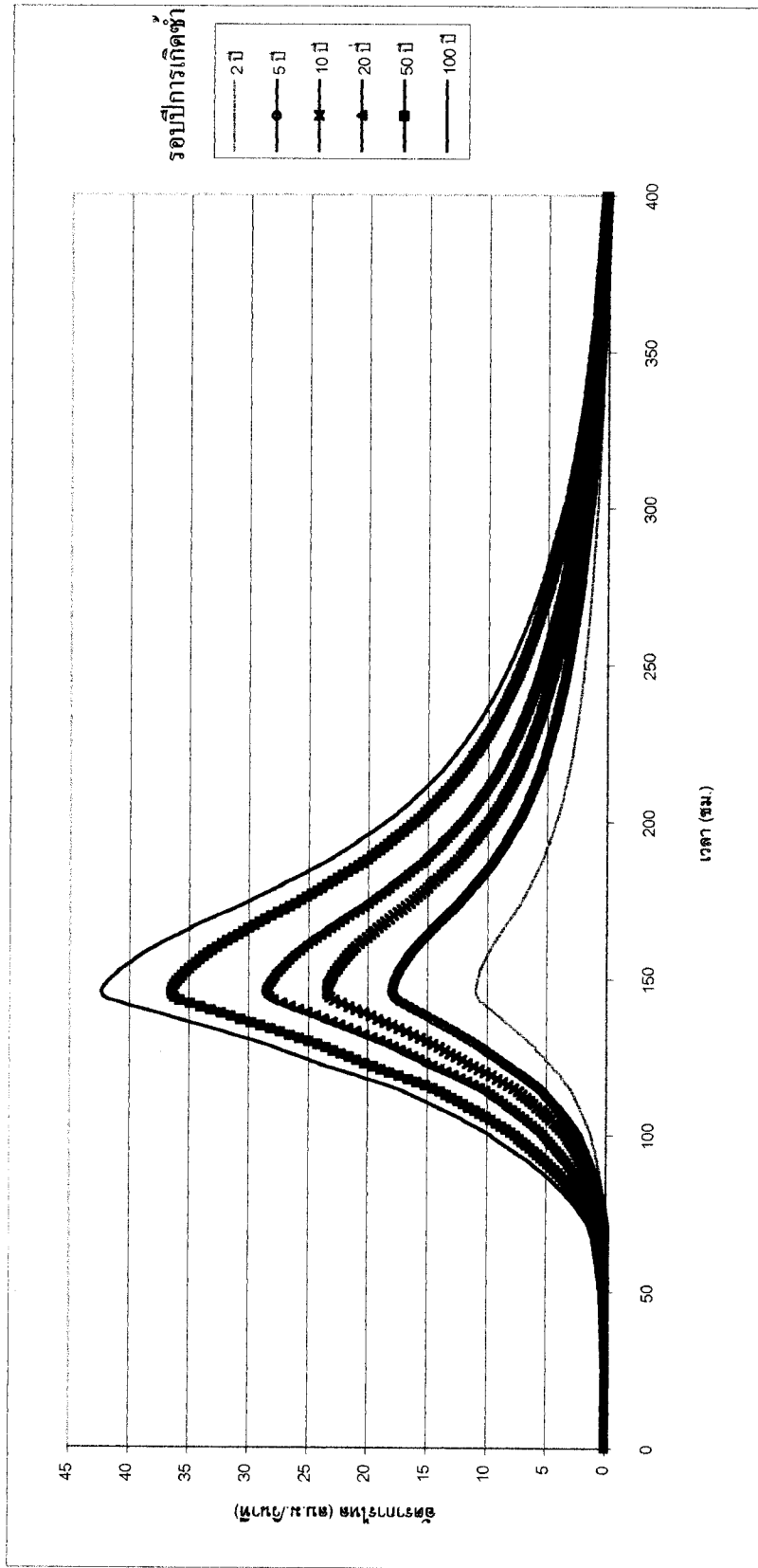
ภาพผนวกที่ 29 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้ที่รับน้ำปรัง (PL) ที่ระยะเวลาการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 7 วัน



ภาพผนวกที่ 30 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำจำกัด (NJ) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 7 วัน



ภาพผนวกที่ 31 กราฟปริมาณการไหลเข้าทางด้านข้างของพื้นที่รับน้ำถ้ำ (SW) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 7 วัน



ภาพผนวกที่ 32 กราฟปริมาณการไหลเข้าของจุดควบคุมด้านเหนือน้ำ (upstream boundary) ของพื้นที่รับน้ำสรรพสามิต (SAP) ที่รอมปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับฝนสูงสุด 7 วัน