

การปรับปรุงการวิเคราะห์ฝนนอกแบบของพื้นที่ลุ่มน้ำภาคกลาง

An Improvement of Design Rainfall Analysis of the Central Basin of Thailand

อารียา ฤทธิมา, คุณากร เปี่ยมฟ้า, ณัฐฐ์ อุทัย และอรรคเดช จันทรมานะ

Areeya Rittima, Kunakorn Piemfa, Nat Uthai, and Akadej Jantaramana

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล อ.สาขลา จ.นครปฐม 73170

โทร. 02-889-2138 ต่อ 6384 โทรสาร 02-889-2138 ต่อ 6388

E-mail: egart@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ฝนนอกแบบในประเทศไทยมีการศึกษาและพัฒนาไว้ค่อนข้างนานและครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของประเทศ ด้วยเหตุนี้การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นที่จะทำการวิเคราะห์และปรับปรุงฝนนอกแบบใหม่เพื่อให้มีความทันสมัยโดยอาศัยฐานข้อมูลฝนปัจจุบัน และเลือกพื้นที่ศึกษาที่อยู่ในบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซากในบางจังหวัดของกลุ่มน้ำภาคกลาง การศึกษาได้อาศัยวิธีการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ของข้อมูลฝนสูงสุดรายนาที และรายชั่วโมงเพื่อวิเคราะห์ฝนนอกแบบในรูปของโค้งความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่ (รอบปีการเกิดซ้ำ) จากนั้นทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมาของกรมชลประทานในปี พ.ศ. 2544 ผลการศึกษาได้โค้งความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่ปรับปรุงใหม่รายจังหวัดจำนวน 19 จังหวัด และรายลุ่มน้ำ 11 ลุ่มน้ำที่ช่วงเวลา 15, 30, 45 นาที, 1, 2, 3, 6, 12, 24 ชั่วโมง ตลอดจนสมการความเข้มฝน นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าปริมาณความเข้มฝนนอกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ รายจังหวัดและรายลุ่มน้ำส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

Abstract

The design rainfall analysis in Thailand was studied and established long ago and covered just some area of the country. Therefore, this study aimed to analyze and improve the design rainfall by using the present rainfall data. The flood risk area in some provinces of the central region of Thailand was selected as a case study. The frequency

analysis technique of maximum rainfall was used to construct the Intensity-Duration-Frequency (IDF) Curve and finally compared with the previous study done by RID in 2001. The results showed the updated IDF curve of rainfall duration of 15, 30, 45 minutes, 1, 2, 3, 6, 12, 24 hours covering 19 provinces and 11 catchment areas together with the derived rainfall intensity equations. In addition, the comparison of results between the updated rainfall intensity and the old one at the different return periods showed the upward trend of design rainfall intensity in each province and catchment area.

Key words : Design Rainfall Analysis, Intensity-Duration-Frequency (IDF) Curve

1. บทนำ

ปรากฏการณ์ฝนตกหนักติดต่อกันในช่วงเดือนกันยายนและตุลาคมทำให้หลายพื้นที่ในเขตเมืองประสบเหตุการณ์น้ำท่วม ซึ่งเป็นประจำและเกิดปัญหาการจราจรติดขัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ต่ำในเขตกรุงเทพมหานคร หรือแม้กระทั่งพื้นที่เศรษฐกิจในเขตเมืองของหลายจังหวัดบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางกลายเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม หลายหน่วยงานได้ออกมาให้ข้อมูลถึงสาเหตุของปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่กรุงเทพมหานครจากฝนตกหนักกว่าเป็นปัญหาเกี่ยวกับระบบท่อระบายน้ำซึ่งทางกรุงเทพมหานครใช้ฐานข้อมูลฝนนอกแบบเก่าในอดีตมาเป็นเกณฑ์ในการออกแบบกล่าวคือ ใช้ความเข้มฝน 60 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงเป็นฝนนอกแบบ (Design Rainfall) โดยสามารถระบายน้ำไม่ท่วมขังบนผิวจราจรได้สะดวกภายใน

RECEIVED 23 May, 2013

ACCEPTED 1 August, 2013

เวลา 3 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามหากฝนตกหนักกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ออกแบบนี้จะต้องใช้เวลาระบายนานถึง 6 ชั่วโมงหรือมากกว่านั้นในการระบายน้ำท่วมขังทั้งหมดส่งผลให้ปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่กรุงเทพมหานครเกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แนวทางหนึ่งที่ทางหน่วยงานภาครัฐได้ตระหนักและดำเนินการแก้ปัญหาก็คือการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับน้ำฝนให้ได้สูงสุด โดยในระยะสั้นได้มีโครงการขุดลอกสิ่งปฏิกูลและตะกอนของระบบท่อระบายน้ำ และมาตรการระยะยาวได้เสนอให้เพิ่มมาตรฐานการออกแบบระบบระบายน้ำให้สูงขึ้น ซึ่งหมายความว่าข้อมูลฝนออกแบบในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับการศึกษาวิเคราะห์และทบทวนใหม่ทั้งหมดอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพทางภูมิอากาศ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการออกแบบทางวิศวกรรมได้อย่างเหมาะสม สำหรับในประเทศไทยได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลฝนออกแบบไว้โดย Mustonen ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มาช่วยงานกรมอุตุนิยมวิทยาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512 โดยได้พัฒนากราฟความลึก-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ (Depth-Duration-Return Period) ของพื้นที่ 8 จังหวัดได้แก่ เชียงใหม่ พิษณุโลก อุตรธานี สกลนคร นครราชสีมา อุบลราชธานี ร้อยเอ็ด และลพบุรี และพัฒนากราฟความเข้มฝน-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ (Intensity-Duration-Return Period) ของพื้นที่ 6 จังหวัดได้แก่ กรุงเทพมหานคร กาญจนบุรี ชลบุรี จันทบุรี ชุมพร และสงขลา [1] นอกจากนี้ยังมีผู้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลฝนออกแบบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือไว้ในปี พ.ศ. 2523 โดยสร้างแผนที่แสดงเส้นชั้นความลึกฝนสูงสุดที่ช่วงเวลา 1, 2, และ 3 วัน และที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ [2] และในปี พ.ศ. 2544 กรมชลประทานได้พัฒนาโค้งความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่ไว้ทั่วประเทศรวม 7 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือตอนบน ภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ [3] จะเห็นได้ว่าฐานข้อมูลการวิเคราะห์ฝนออกแบบในประเทศไทยนั้นศึกษาไว้ค่อนข้างนานและไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซาก ด้วยเหตุนี้งานวิจัย

ชิ้นนี้จึงมุ่งเน้นที่จะทำการศึกษาและปรับปรุงการวิเคราะห์ฝนออกแบบใหม่เพื่อให้มีความทันสมัยและเป็นปัจจุบันมากที่สุด โดยเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำภาคกลางเป็นกรณีศึกษา รวมถึงวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมา

2. วิธีการศึกษา

รายละเอียดของขั้นตอนการศึกษามีดังนี้

- (1) รวบรวมข้อมูลฝนที่ช่วงเวลา 15, 30, 45 นาที, 1, 2, 3, 6, 12, 24 ชั่วโมง ของสถานีวัดน้ำฝนในจังหวัดของพื้นที่ลุ่มน้ำภาคกลางที่มีการตรวจวัดข้อมูลฝนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนานพอซึ่งประกอบด้วย 11 ลุ่มน้ำได้แก่ เจ้าพระยา ท่าจีน ป่าสัก สะแกกรัง ปิง วัง ยม น่าน แม่กลอง บางปะกง และชายฝั่งทะเลตะวันออก
- (2) วิเคราะห์ข้อมูลฝนสูงสุดรายปีเฉพาะสถานีตามช่วงเวลาที่กำหนดข้างต้น จากนั้นวิเคราะห์ฝนสูงสุดแยกรายจังหวัดและรายลุ่มน้ำ
- (3) วิเคราะห์การแจกแจงความถี่ (Frequency Analysis) ของอนุกรมเวลาฝนสูงสุดรายปีตามช่วงเวลาที่กำหนดเพื่อพัฒนาโค้งความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่ (รอบปีการเกิดซ้ำ) โดยแยกวิเคราะห์รายจังหวัดและรายลุ่มน้ำ [1, 4]
- (4) พัฒนาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่รายจังหวัดและรายลุ่มน้ำเพื่อสะดวกในการนำไปประยุกต์ใช้
- (5) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณความเข้มฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ กับผลการศึกษาที่ผ่านมาโดยกรมชลประทานในปี พ.ศ. 2544

3. ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการรวบรวมข้อมูลฝน

การศึกษานี้รวบรวมข้อมูลฝนที่ช่วงเวลา 15, 30, 45 นาที, 1, 2, 3, 6, 12, 24 ชั่วโมง ของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคกลางได้ 19 จังหวัดประกอบด้วย กรุงเทพมหานคร ลพบุรี นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ กำแพงเพชร กาญจนบุรี สุพรรณบุรี ตาก ลำพูน ลำปาง แพร่ พะเยา พิษณุโลก น่าน อุตรดิตถ์ เพชรบุรี ชลบุรี จันทบุรี และระยอง ในช่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533-

2553 ซึ่งจากการวิเคราะห์สถิติข้อมูลฝนสูงสุดในช่วงดังกล่าว พบว่ามีความผันแปรแตกต่างกันในแต่ละจังหวัดโดยฝนสูงสุดที่ช่วงเวลา 15, 30, 45 นาที, 1, 2, 3, 6, 12, 24 ชั่วโมง อยู่ในช่วงพิสัย 26.9-58.2, 36.3-80.4, 53.7-103.2, 57.5-103.2, 58.2-122.0, 60.6-155.0, 60.6-205.0, 68.9-245.8, 82.6-263.7 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 และเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลรายลุ่มน้ำพบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำที่อยู่ใกล้กันปริมาณฝนสูงสุดมีแนวโน้มใกล้เคียงกันเช่น ลุ่มน้ำเจ้าพระยาและป่าสัก ลุ่มน้ำท่าจีนและแม่กลอง ลุ่มน้ำบางปะกงและชายฝั่งทะเลตะวันออก เป็นต้น นอกจากนี้ปริมาณฝนสูงสุดรายวันของ 11 ลุ่มน้ำอยู่ในช่วงตั้งแต่ 143.1-263.7 มิลลิเมตร และสูงสุดในลุ่มน้ำน่าน

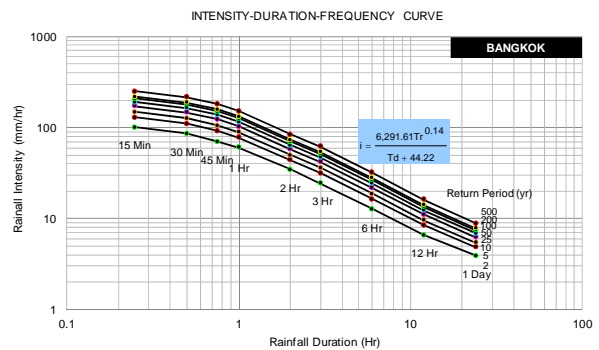
ตารางที่ 1 สถิติข้อมูลฝนสูงสุดในช่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533-

2553

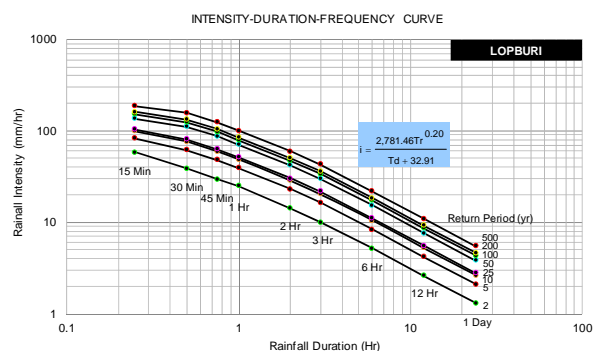
Prov.	Max. Rainfall Since 1990-2010 (mm)								
	Duration (Min)			Duration (Hr)					
	15	30	45	1	2	3	6	12	24
BKK	48.0	51.4	103.2	103.2	120.0	128.1	128.1	128.1	143.9
LBR	26.9	55.1	62.8	62.8	70.8	78.0	78.1	78.1	203.4
NKS	52.8	66.0	71.3	71.3	77.1	81.7	111.3	150.1	150.1
PCB	40.4	51.5	72.8	96.3	102.3	102.8	103.3	135.3	143.1
KPP	46.6	54.8	67.5	85.0	91.0	93.6	104.7	117.2	117.2
KCB	54.1	79.6	79.6	81.1	93.9	93.9	128.7	132.4	132.4
SPB	46.6	77.6	79.5	81.5	83.9	86.7	88.9	111.9	190.4
TAK	28.8	48.4	58.3	61.6	69.3	73.4	73.4	73.4	170.7
LPO	34.1	36.3	55.4	57.5	58.2	60.6	60.6	68.9	82.6
LPA	48.0	72.0	96.0	98.4	98.9	100.1	101.5	128.7	139.3
PRA	47.2	66.1	77.3	88.0	113.4	140.9	158.2	158.2	218.2
PYO	30.6	46.9	60.4	81.6	97.7	106.1	118.4	118.4	118.4
PLK	58.2	80.4	80.4	97.8	104.0	107.1	152.3	167.1	167.1
NAN	32.4	61.1	73.0	83.3	98.1	98.9	129.1	187.0	220.1
UTD	55.6	65.7	66.7	81.0	84.4	84.4	88.0	114.9	263.7
PBR	32.6	47.3	53.7	67.2	114.0	153.5	205.0	245.8	259.6
CBR	38.2	73.0	91.0	100.0	122.0	155.0	187.8	189.4	189.4
CTB	40.0	60.0	71.5	92.0	100.0	149.4	193.3	195.9	221.8
RYO	33.4	61.2	87.6	94.5	115.7	115.7	115.7	115.8	193.0
Max	58.2	80.4	103.2	103.2	122.0	155.0	205.0	245.8	263.7
Min	26.9	36.3	53.7	57.5	58.2	60.6	60.6	68.9	82.6

3.2 ผลการพัฒนาโค้งความเข้มข้น-ช่วงเวลา-ความถี่รายจังหวัด

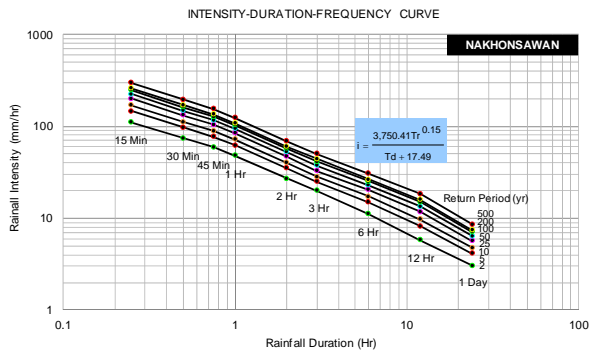
เมื่อทำการทดสอบความเหมาะสมของฟังก์ชันการแจกแจงโอกาสความน่าจะเป็นของอนุกรมเวลาข้อมูลฝนสูงสุดรายปีทั้ง 19 จังหวัด โดยอาศัยวิธีสไมนอฟ-กอลโมโกรอฟ (Smimov-Kolmogorov Test) พบว่า ข้อมูลฝนสูงสุดที่ช่วงเวลา 15, 30, 45 นาที, 1, 2, 3, 6, 12, 24 ชั่วโมง มีความเหมาะสมกับฟังก์ชันการแจกแจงแบบกัมเบลที่ระดับนัยสำคัญ 5% ทุกช่วงเวลา ด้วยเหตุนี้จึงเลือกกระจายกราฟกัมเบลมาใช้ในการพัฒนาโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ (Depth-Duration-Return Period) จากนั้นทำการอ่านค่าความลึกฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 และ 500 ปี และท้ายที่สุดทำการแปลงค่าความลึกฝนให้กลายเป็นความเข้มข้นและนำผลที่ได้มาพล็อตในกระจายกราฟล็อก-ล็อกก็จะได้โค้งความเข้มข้น-ช่วงเวลา-ความถี่ (Intensity-Duration-Frequency, IDF) รายจังหวัดดังแสดงในรูปที่ 1



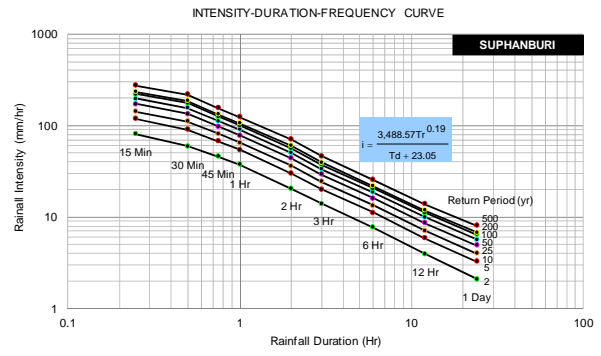
(1.1) จังหวัดกรุงเทพมหานคร



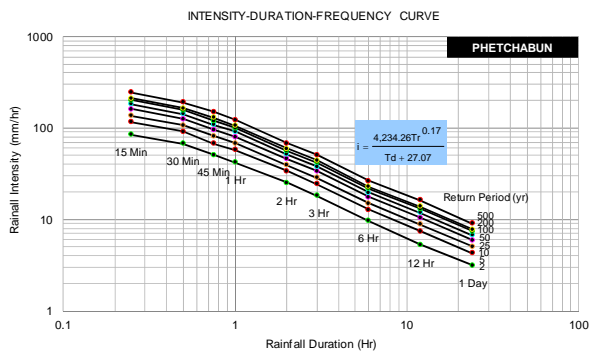
(1.2) จังหวัดลพบุรี



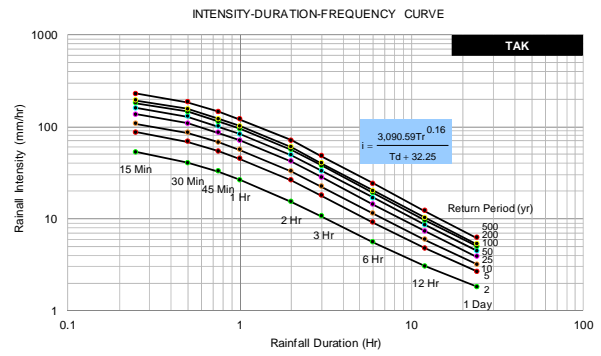
(1.3) จังหวัดนครสวรรค์



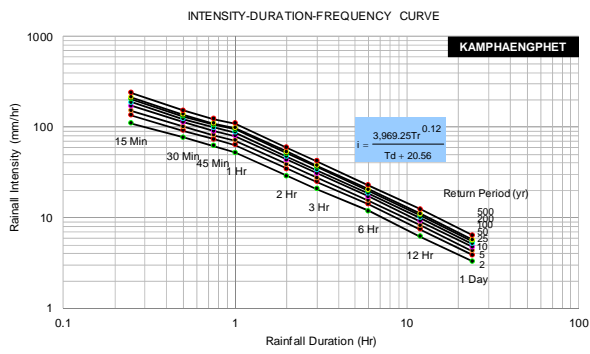
(1.7) จังหวัดสุพรรณบุรี



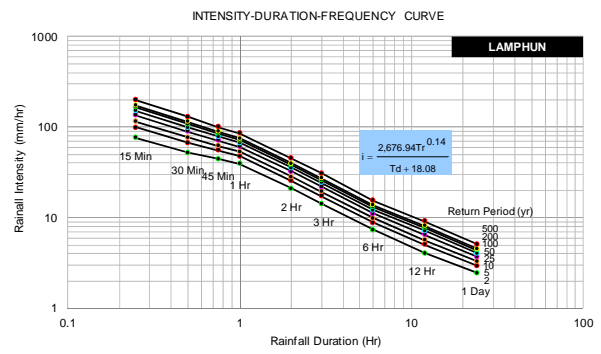
(1.4) จังหวัดเพชรบูรณ์



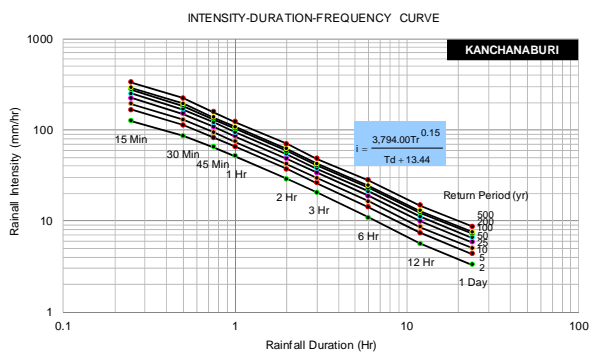
(1.8) จังหวัดตาก



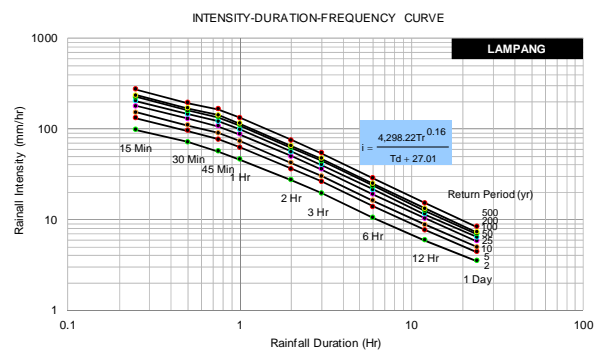
(1.5) จังหวัดกำแพงเพชร



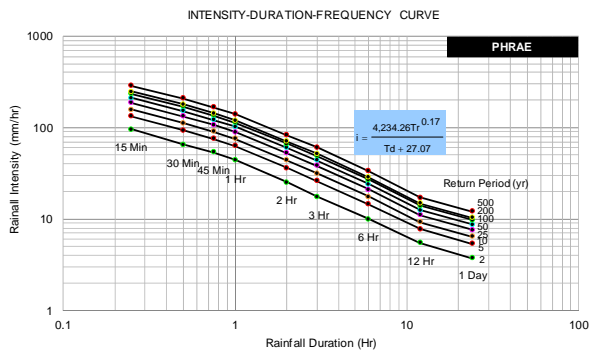
(1.9) จังหวัดลำพูน



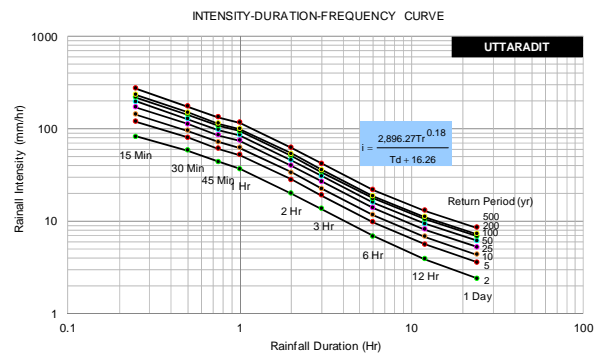
(1.6) จังหวัดกาญจนบุรี



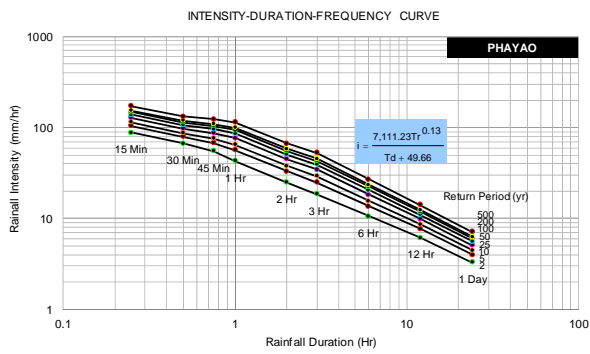
(1.10) จังหวัดลำปาง



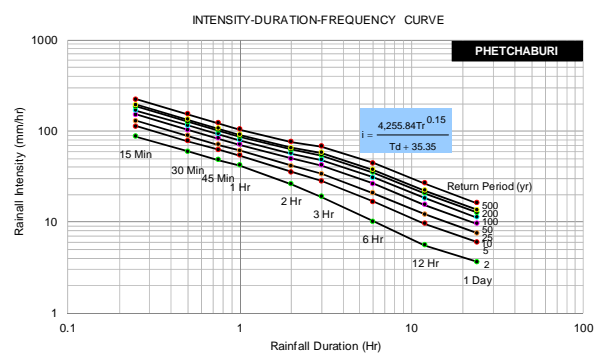
(1.11) จังหวัดแพร่



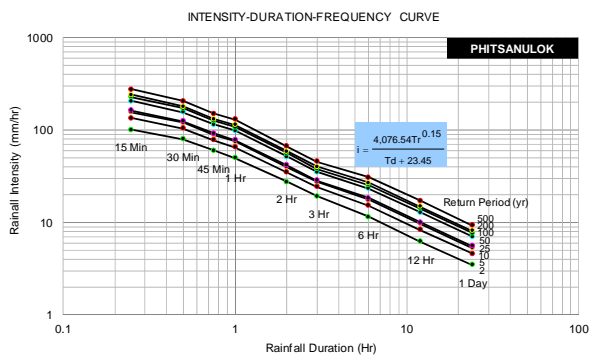
(1.15) จังหวัดอุดรดิตถ์



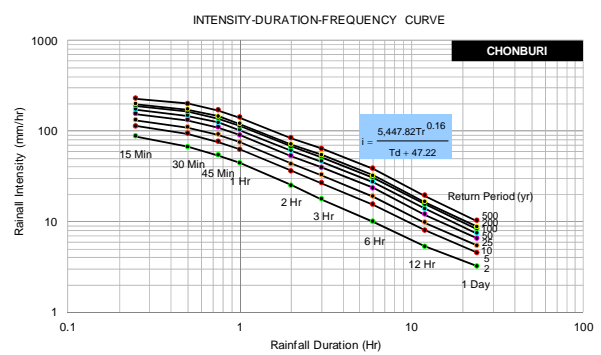
(1.12) จังหวัดพะเยา



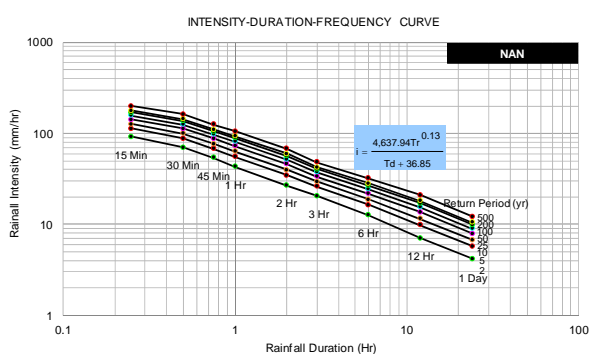
(1.16) จังหวัดเพชรบุรี



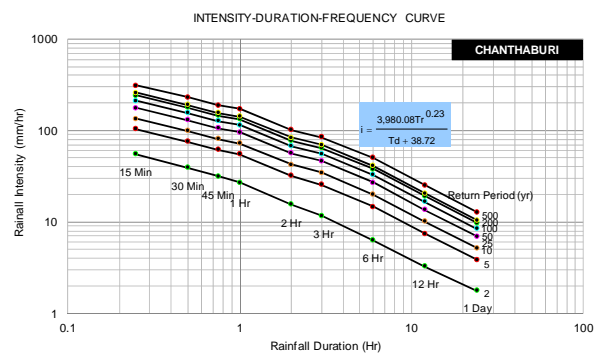
(1.13) จังหวัดพิษณุโลก



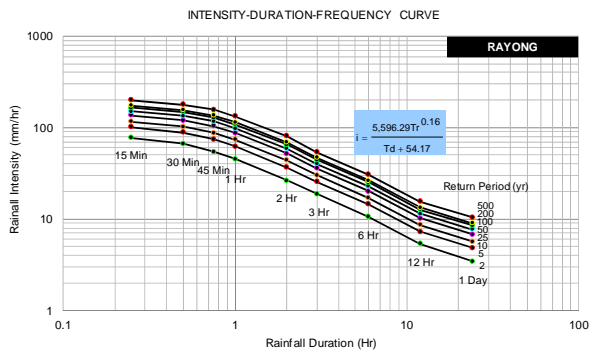
(1.17) จังหวัดชลบุรี



(1.14) จังหวัดน่าน



(1.18) จังหวัดจันทบุรี

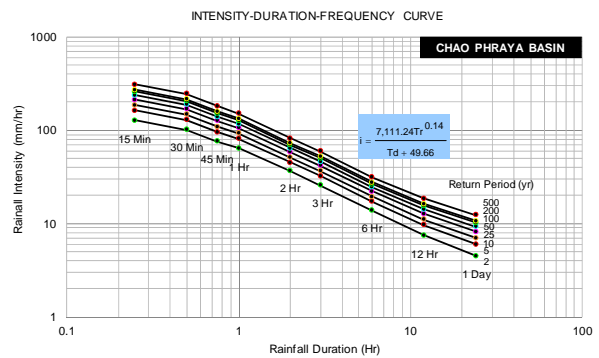


(1.19) จังหวัดระยอง

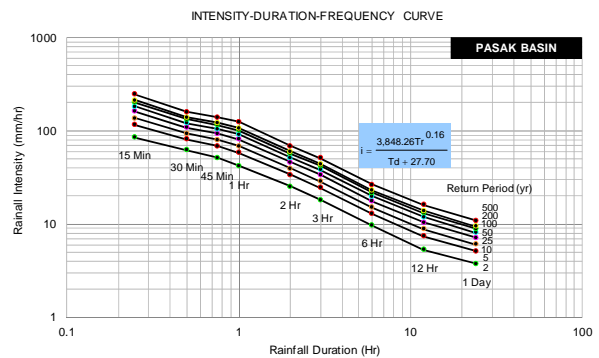
รูปที่ 1 โค้งความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่รายจังหวัด

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าที่รอบปีการเกิดซ้ำสูงขึ้น ความเข้มฝนออกแบบจะสูงขึ้นทุกช่วงเวลา ในขณะที่ยิ่งช่วงเวลาฝนตกนานขึ้น ความเข้มฝนออกแบบก็จะยิ่งลดลงเรื่อยๆ นอกจากนี้เมื่อทำการวิเคราะห์สมการความเข้มฝนออกแบบในรูปแบบสมการยกกำลัง $i = aTr^b / (Td + c)$ เมื่อ i คือความเข้มฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) Tr คือรอบปีการเกิดซ้ำ (ปี) Td คือช่วงเวลา (นาที) และ a, b, c คือพารามิเตอร์ (ไม่มีหน่วย) ได้ผลตามที่แสดงไว้ในรูปข้างต้น ทั้งนี้พบว่าค่าพารามิเตอร์ a ผันแปรแตกต่างกันในแต่ละจังหวัด ในขณะที่ค่าพารามิเตอร์ b และ c ของแต่ละจังหวัดไม่แตกต่างกันมากนัก

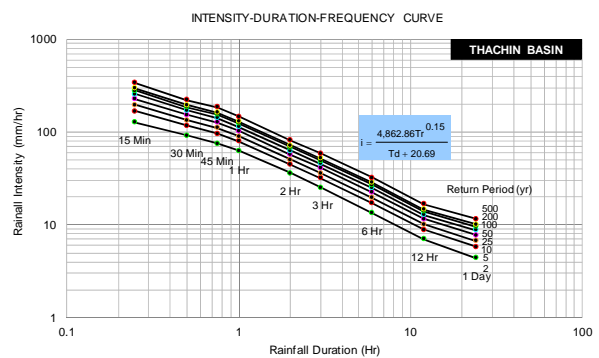
3.3 ผลการพัฒนาโค้งความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่รายลุ่มน้ำ
การศึกษานี้ยังได้วิเคราะห์ข้อมูลฝนสูงสุดรายลุ่มน้ำที่ช่วงเวลา 15, 30, 45 นาที, 1, 2, 3, 6, 12, 24 ชั่วโมง จากฐานข้อมูลฝนสูงสุดรายจังหวัดของทุกสถานีตรวจวัดที่รวบรวมได้ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นๆ และทำการพัฒนาโค้งความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่และสมการความเข้มฝนออกแบบรายลุ่มน้ำในลักษณะทำนองเดียวกันกับขั้นตอนการศึกษาข้างต้นซึ่งผลที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2



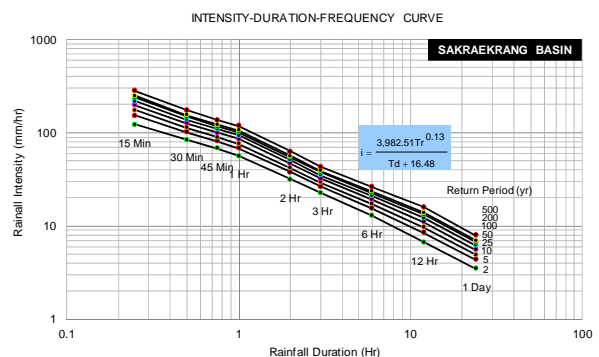
(2.1) ลุ่มน้ำเจ้าพระยา



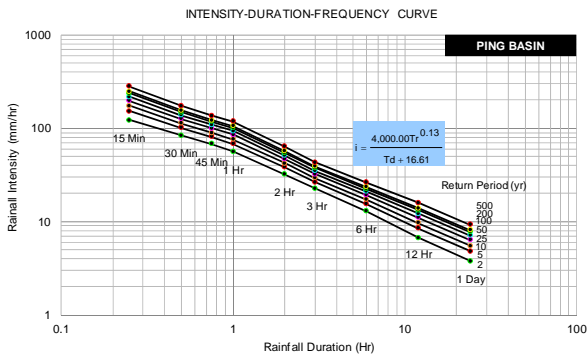
(2.2) ลุ่มน้ำป่าสัก



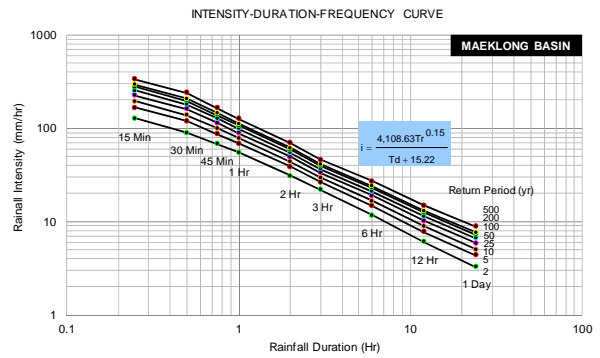
(2.3) ลุ่มน้ำท่าจีน



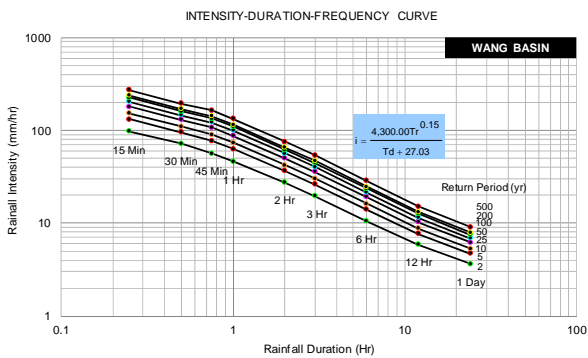
(2.4) ลุ่มน้ำสะแกกรัง



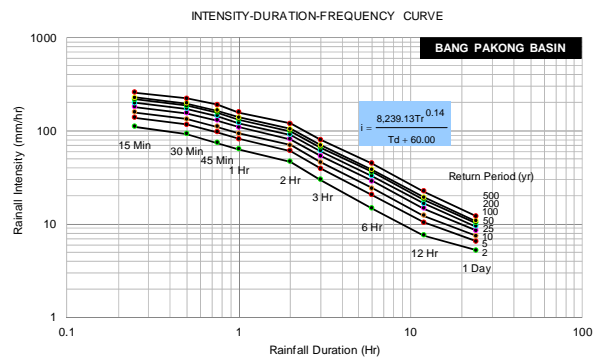
(2.5) ลุ่มน้ำปิง



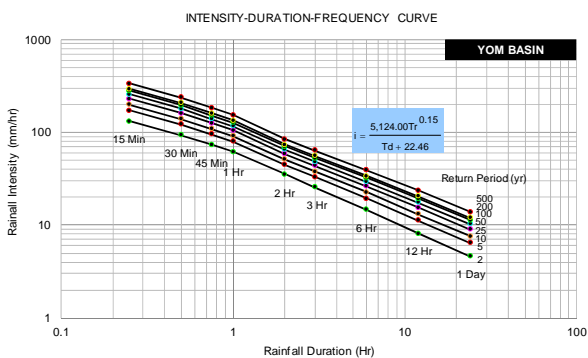
(2.9) ลุ่มน้ำแม่กลอง



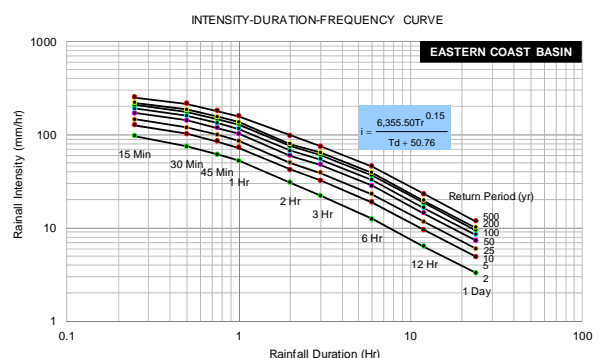
(2.6) ลุ่มน้ำวัง



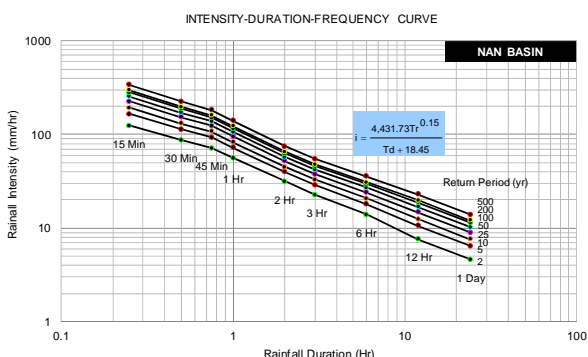
(2.10) ลุ่มน้ำบางปะกง



(2.7) ลุ่มน้ำยม



(2.11) ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก



(2.8) ลุ่มน้ำน่าน

รูปที่ 2 โฉมความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่รายลุ่มน้ำ

3.4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณความเข้มฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ กับผลการศึกษาที่ผ่านมา การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มฝนออกแบบที่ปรับปรุงใหม่แยกเป็นรายลุ่มน้ำเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษางกรมชลประทานที่ผ่านมาโดยแสดงผลไว้ในตารางที่ 2-12

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มฝนนอกแบบ
ของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา

Tr	Percent Difference in Rainfall Intensity							
	2	5	10	25	50	100	200	500
15 Min	+32.30	+27.59	+25.56	+22.47	+22.63	+21.57	+17.20	+20.32
30 Min	+39.91	+39.72	+39.56	+38.06	+39.49	+39.38	+34.84	+39.38
45 Min	+33.36	+33.26	+33.05	+31.62	+32.94	+32.92	+28.61	+32.84
1 Hr	+32.21	+29.65	+28.45	+25.93	+26.61	+26.15	+21.73	+25.19
2 Hr	+27.79	+19.61	+16.18	+11.99	+11.32	+9.81	+5.34	+7.32
3 Hr	+24.78	+18.15	+14.71	+10.47	+9.85	+8.36	+3.76	+5.87
6 Hr	+20.36	+9.87	+5.45	+0.19	-1.28	-2.97	-7.34	-5.84
12 Hr	+24.03	+12.90	+8.06	+3.14	+1.88	+0.58	-4.38	-2.34
1 Day	+32.67	+20.41	+17.00	+12.13	+11.08	+9.14	+3.76	+6.95

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มฝนนอกแบบ
ของกลุ่มน้ำท่าจีน

Tr	Percent Difference in Rainfall Intensity							
	2	5	10	25	50	100	200	500
15 Min	+27.90	+33.62	+36.48	+37.36	+40.46	+41.69	+37.81	+43.91
30 Min	+26.04	+26.88	+27.28	+26.23	+27.89	+28.09	+24.06	+28.37
45 Min	+28.80	+28.05	+27.79	+26.01	+27.24	+27.06	+22.81	+26.80
1 Hr	+30.98	+26.90	+25.10	+22.05	+22.36	+21.61	+17.03	+20.18
2 Hr	+29.96	+17.97	+13.18	+7.71	+6.32	+4.29	-0.39	+1.00
3 Hr	+25.40	+12.84	+7.82	+2.31	+1.06	-0.86	-5.50	-4.05
6 Hr	+15.43	+1.01	-4.36	-9.84	-11.46	-13.54	-17.98	-16.92
12 Hr	+10.00	-8.14	-14.71	-20.62	-25.17	-24.62	-28.69	-28.10
1 Day	+13.08	-1.69	-7.81	-13.33	-14.95	-17.07	-21.02	-20.00

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มฝนนอกแบบ
ของกลุ่มน้ำป่าสัก

Tr	Percent Difference in Rainfall Intensity							
	2	5	10	25	50	100	200	500
15 Min	-12.27	-9.22	-7.91	-7.78	-5.99	-5.58	-8.37	-4.40
30 Min	-14.08	-12.26	-11.48	-11.65	-10.19	-9.85	-12.59	-9.13
45 Min	-9.73	-5.15	-3.18	-2.35	-0.05	0.92	-1.87	2.60
1 Hr	-13.30	-7.13	-4.42	-3.14	-0.40	0.87	-1.86	3.01
2 Hr	-10.80	-10.71	-10.62	-11.53	-10.42	-10.44	-13.49	-10.34
3 Hr	-12.19	-10.29	-9.93	-10.68	-9.38	-9.28	-12.48	-9.04
6 Hr	-15.69	-17.61	-18.48	-20.45	-20.15	-20.44	-23.50	-20.92
12 Hr	-11.25	-12.66	-13.59	-15.17	-14.59	-14.51	-18.17	-14.99
1 Day	10.56	3.08	1.30	-1.98	-2.28	-3.54	-8.09	-4.73

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มฝนนอกแบบ
ของกลุ่มน้ำสะแกกรัง

Tr	Percent Difference in Rainfall Intensity							
	2	5	10	25	50	100	200	500
15 Min	+31.38	+27.01	+25.01	+21.91	+22.02	+21.16	+16.73	+19.62
30 Min	+19.67	+10.98	+7.22	+2.74	+1.72	+0.07	-4.16	-2.87
45 Min	+20.55	+10.68	+6.29	+1.39	-0.12	-2.05	-6.31	-5.44
1 Hr	+20.60	+11.18	+7.24	+2.47	+1.22	-0.52	-4.73	-3.53
2 Hr	+17.43	+4.12	-1.60	-7.35	-9.48	-11.91	-16.14	-15.86
3 Hr	+16.24	-1.23	-8.37	-15.37	-18.04	-20.93	-25.16	-25.64
6 Hr	+20.00	3.49	-3.28	-9.91	-12.31	-14.96	-19.13	-19.16
12 Hr	+12.00	-2.41	-8.00	-13.15	-14.41	-16.69	-20.68	-19.54
1 Day	-0.57	-13.20	-19.51	-23.70	-24.88	-26.48	-30.69	-30.00

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มฝนนอกแบบ
ของกลุ่มน้ำป่า

Tr	Percent Difference in Rainfall Intensity							
	2	5	10	25	50	100	200	500
15 Min	+43.24	+37.89	+35.47	+31.95	+31.99	+30.93	+26.04	+29.08
30 Min	+32.46	+20.57	+15.47	+9.80	+8.14	+6.00	+1.26	+2.25
45 Min	+35.15	+19.35	+12.75	+5.74	+3.38	+0.66	-4.29	-3.98
1 Hr	+35.83	+22.15	+16.43	+10.14	+8.24	+5.94	+0.93	+1.87
2 Hr	+34.77	+15.15	+7.17	-0.66	-3.71	-6.72	-11.64	-11.98
3 Hr	+32.65	+10.25	+1.49	-6.83	-10.28	-13.66	-18.60	-19.25
6 Hr	+38.06	+15.94	+7.67	-1.04	-3.82	-6.85	-11.81	-12.09
12 Hr	+31.76	+14.73	+8.54	+2.13	+0.33	-1.99	-6.93	-5.65
1 Day	+25.00	+9.09	+5.96	-1.25	-2.08	-3.75	-8.18	-6.97

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มฝนนอกแบบ
ของกลุ่มน้ำยม

Tr	Percent Difference in Rainfall Intensity							
	2	5	10	25	50	100	200	500
15 Min	+42.00	+42.65	+42.87	+41.50	+43.18	+43.31	+38.63	+43.51
30 Min	+33.26	+32.74	+32.61	+30.99	+32.49	+32.45	+27.88	+32.32
45 Min	+31.94	+30.07	+29.17	+27.05	+27.92	+27.54	+23.00	+26.83
1 Hr	+32.54	+29.48	+28.32	+25.67	+26.30	+25.74	+21.22	+24.80
2 Hr	+30.89	+23.48	+20.26	+16.41	+15.96	+14.54	+9.87	+12.39
3 Hr	+31.49	+22.19	+18.34	+13.72	+13.29	+11.62	+6.81	+9.12
6 Hr	+37.29	+30.20	+27.23	+23.35	+23.45	+22.27	+17.47	+20.68
12 Hr	+35.33	+28.16	+25.33	+22.13	+23.01	+21.63	+16.70	+20.71
1 Day	+32.00	+28.40	+24.75	+23.29	+24.76	+24.62	+18.61	+23.01

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มฝนนอกแบบ
ของกลุ่มน้ำวัง

Tr	Percent Difference in Rainfall Intensity							
	2	5	10	25	50	100	200	500
15 Min	+14.42	+18.28	+19.01	+20.57	+23.01	+23.79	+20.04	+25.18
30 Min	+13.39	+13.51	+12.72	+12.74	+14.18	+14.29	+10.34	+14.43
45 Min	+12.69	+13.80	+13.32	+13.57	+15.35	+15.55	+11.45	+15.93
1 Hr	+11.97	+12.98	+12.50	+12.72	+14.42	+14.68	+10.57	+15.00
2 Hr	+15.32	+10.55	+7.70	+5.96	+6.29	+5.66	+1.40	+4.39
3 Hr	+15.24	+8.80	+5.49	+3.37	+3.45	+2.46	-1.98	+0.91
6 Hr	+13.01	+5.11	+1.64	-1.35	-1.20	-2.03	-6.23	-3.70
12 Hr	+15.88	+3.92	-1.01	-4.72	-5.57	-7.13	-11.53	-9.58
1 Day	+21.67	+6.36	+2.50	-3.28	-4.17	-5.63	-10.00	-8.79

ตารางที่ 9 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มฝนนอกแบบ
ของกลุ่มน้ำน่าน

Tr	Percent Difference in Rainfall Intensity							
	2	5	10	25	50	100	200	500
15 Min	+33.19	+37.50	+39.19	+39.34	+42.41	+43.28	+38.96	+44.79
30 Min	+24.79	+25.26	+25.41	+24.30	+26.35	+26.52	+22.25	+26.75
45 Min	+27.74	+27.35	+26.97	+25.50	+27.11	+27.03	+22.67	+26.85
1 Hr	+20.65	+17.76	+16.54	+14.15	+15.03	+14.52	+10.40	+13.65
2 Hr	+17.03	+9.83	+6.58	+2.97	+2.70	+1.33	-2.85	-0.75
3 Hr	+17.01	+7.51	+3.45	-0.99	-1.43	-3.07	-7.37	-5.62
6 Hr	+30.00	+21.34	+17.63	+13.44	+13.36	+11.97	+7.44	+9.97
12 Hr	+26.50	+21.38	+19.14	+16.61	+18.18	+17.06	+12.44	+16.60
1 Day	+31.71	+28.40	+24.92	+23.56	+25.61	+25.49	+19.50	+24.07

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มฝนออกแบบ
ของลุ่มน้ำแม่กลอง

Tr	Percent Difference in Rainfall Intensity							
	2	5	10	25	50	100	200	500
15 Min	+27.28	+32.43	+35.02	+35.68	+38.59	+39.70	+35.83	+41.71
30 Min	+23.41	+28.60	+30.99	+31.65	+34.62	+35.74	+31.92	+37.67
45 Min	+16.65	+15.40	+14.92	+13.09	+14.04	+13.77	+9.91	+13.33
1 Hr	+14.15	+10.04	+8.23	+5.37	+5.48	+4.72	+0.72	+3.28
2 Hr	+11.18	+1.00	-3.08	-7.72	-8.89	-10.62	-14.63	-13.41
3 Hr	+8.19	-5.81	-11.41	-17.14	-18.99	-21.13	-25.12	-24.74
6 Hr	+0.49	-13.32	-18.48	-23.63	-25.30	-27.28	-31.13	-30.53
12 Hr	-5.40	-19.93	-25.20	-29.98	-33.74	-33.06	-36.60	-35.82
1 Day	-16.58	-26.68	-31.01	-34.84	-35.93	-37.41	-40.30	-39.40

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มฝนออกแบบ
ของลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

Tr	Percent Difference in Rainfall Intensity							
	2	5	10	25	50	100	200	500
15 Min	-2.56	-7.57	-9.63	-11.75	-12.19	-12.98	-16.53	-14.32
30 Min	+4.91	+7.54	+8.53	+9.22	+10.61	+11.11	+7.50	+11.99
45 Min	+7.73	+11.24	+12.65	+13.70	+15.37	+16.07	+12.32	+17.22
1 Hr	+13.23	+15.84	+16.76	+17.45	+18.75	+19.37	+15.38	+20.25
2 Hr	+13.11	+13.79	+13.83	+13.62	+14.71	+14.83	+10.62	+22.33
3 Hr	+18.17	+24.20	+26.64	+53.74	+30.41	+31.69	+27.20	+33.33
6 Hr	+21.46	+32.40	+36.22	+68.36	+42.66	+44.28	+39.57	+46.93
12 Hr	+17.05	+24.04	+26.94	+55.76	+31.74	+32.89	+29.14	+35.10
1 Day	+2.69	+9.48	+7.26	+11.41	+12.51	+13.92	+9.17	+14.63

ตารางที่ 11 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มฝนออกแบบ
ของลุ่มน้ำบางปะกง

Tr	Percent Difference in Rainfall Intensity							
	2	5	10	25	50	100	200	500
15 Min	+11.49	+1.44	-2.64	-6.58	-8.05	-9.65	-13.72	-12.37
30 Min	+29.77	+24.14	+21.61	+19.07	+18.57	+17.57	+13.01	+15.86
45 Min	+30.50	+27.15	+25.65	+24.03	+24.13	+23.60	+18.99	+22.60
1 Hr	+36.49	+30.00	+27.13	+24.40	+23.69	+22.75	+17.89	+20.95
2 Hr	+73.19	+63.38	+59.10	+54.97	+54.14	+52.59	+46.16	+49.86
3 Hr	+58.74	+51.66	+48.85	+74.72	+45.27	+44.51	+38.54	+42.61
6 Hr	+43.65	+43.64	+43.07	+72.00	+43.41	+43.32	+37.84	+43.07
12 Hr	+40.68	+35.89	+34.25	+59.83	+32.81	+32.23	+27.68	+31.52
1 Day	+63.27	+45.84	+32.93	+29.44	+25.71	+23.60	+16.72	+18.22

จากข้อมูลในตารางให้ผลดังนี้

- (1) เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มฝนออกแบบของลุ่มน้ำยมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในรอบปีการเกิดซ้ำและทุกช่วงเวลาฝนตกที่กำหนด โดยอยู่ในช่วงตั้งแต่ 6.81% ถึง 43.51%
- (2) ปริมาณความเข้มฝนออกแบบของลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำน่าน ลุ่มน้ำบางปะกง และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกที่รอบปีการเกิดซ้ำและช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในอดีต โดยมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี และช่วงเวลาฝนตก 30 นาที เพิ่มขึ้นถึง 39.91% สำหรับลุ่มน้ำเจ้าพระยา และที่รอบปีการเกิด 500 ปี ช่วงเวลาฝนตก 15 นาที เพิ่มขึ้นถึง 44.79% สำหรับลุ่มน้ำน่าน และที่รอบปีการเกิด 25 ปี ช่วงเวลาฝนตก 6 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นถึง 68.36% สำหรับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก
- (3) เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มฝนออกแบบของลุ่มน้ำท่าจีน ลุ่มน้ำสะแกกรัง ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำวัง และลุ่มน้ำแม่กลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาฝนตกระยะสั้นรายนาที่ในช่วงตั้งแต่ 25.18%-43.91% และมีแนวโน้มที่จะลดลงในช่วงเวลาฝนตกรายชั่วโมงตั้งแต่ -11.53% ถึง -40.30% เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในอดีต
- (4) เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มฝนออกแบบของลุ่มน้ำป่าสักโดยส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงที่รอบปีการเกิด

ซ้ำและทุกช่วงเวลาฝนตกที่กำหนด โดยลดลงสูงสุดถึง -23.50% ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 200 ปี และช่วงเวลาฝนตก 6 ชั่วโมงเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในอดีต

อย่างไรก็ดีผลการศึกษาข้างต้นเป็นเพียงการวิเคราะห์ฝน ออกแบบรายลุ่มน้ำจากฐานข้อมูลฝนสูงสุดของสถานีวัดน้ำฝน ที่รวบรวมได้ในบางจังหวัดของกลุ่มน้ำนั้น ๆ และยังเป็นการ เปรียบเทียบความเข้มฝนออกแบบที่ปรับปรุงใหม่รายลุ่มน้ำกับ ความเข้มฝนออกแบบรายภาคที่ได้ศึกษาไว้ในอดีต นอกจากนี้ ข้อจำกัดของช่วงความยาวของข้อมูลฝนสูงสุดที่รวบรวมได้ เพียง 20 ปี อาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์การ เปลี่ยนแปลงความเข้มฝนออกแบบที่ค่อนข้างสูงในบางลุ่มน้ำ ได้

4. สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาเพื่อปรับปรุงโค้งความเข้มฝน-ช่วงเวลา- ความถี่ในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคกลางจำนวน 11 ลุ่มน้ำโดยอาศัย ฐานข้อมูลฝนในปีปัจจุบันตั้งแต่ พ.ศ. 2533-2553 พบว่า ปริมาณความเข้มฝนออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำและช่วงเวลา ฝนตกต่าง ๆ ทั้งรายจังหวัดและรายลุ่มน้ำโดยส่วนใหญ่มี แนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากผลการศึกษาเดิมในอดีต ดังนั้น เพื่อเพิ่มมาตรฐานในการออกแบบทางวิศวกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น อาจนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ เพื่อแก้ปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ชุมชนเมืองระยะยาว

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในการ สนับสนุนทุนวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] วราวุธ วุฒิวณิชย์, ทองเปลว กองจันทร์ และวัชรระ เสือดี, “อุทกวิทยาทางวิศวกรรม”, สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรม ชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์, 2550, กรุงเทพฯ ฯ.
- [2] วีระพล แต่สมบัติ, “อุทกวิทยาประยุกต์”, พิสิกเซนเตอร์ การพิมพ์, 2531, กรุงเทพฯ ฯ.

[3] กรมชลประทาน, “ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน- ช่วงเวลา-ความถี่ฝน และเปอร์เซ็นต์การแผ่กระจายของ ปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ภาคเหนือตอนบน ภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก ภาคกลาง ภาคใต้”, ฝ่ายวิจัยและอุทกวิทยา ประยุกต์ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, 2544, กรุงเทพฯ ฯ.

[4] V.T. Chow, D.R. Maidment and L.W. Mays, “Applied Hydrology”, McGraw-Hill, 1988, New York.