การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สำหรับเขื่อนสิริกิติ์

Probable Maximum Precipitation and Probable Maximum Flood

นายภัคพล เอื้อธีรศรัณย์, นายกฤตวัฒน์ สุโกสิ, ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์, ผศ.ดร.ณัฐ มาแจ้ง
Mr.Pakkapol Aueteerasarun, Mr.Kittawat Sukosi, Dr.Chaiyapong Theprasit, Asst.Prof. Dr.Nat Marjang
ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP)และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF)สำหรับเขื่อนสิริกิติ์ การศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้(PMP)ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีThe Transposition Method โดยใช้ข้อมูลพายุฝนที่พัดผ่านเข้าสู่ประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494-2558 ของกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 190 ลูกข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ เช่น อุณหภูมิจุดน้ำค้าง และข้อมูลปริมาณฝนรายวัน สำหรับการศึกษาปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ลุ่มน้ำ-ลำน้ำ และทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-HMSในการประเมินกราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

Abstract

This research aims to study Probable Maximum Precipitation (PMP) and Probable Maximum Flood (PMF) ofSirikit dam. In order to study PMP, Analysis wasThe Transposition Method by using data from Thai Meteorological Department, data of 190 storms that passed through Thailand since 1951-2015. Moreover, Dew Point and Daily Rain Data are also important to analyze for PMP. Unit Hydrograph Method was applied to study PMF, by using relationship between unit hydrograph parameter and basin-basin parameter, calculated on Mathematical Model, HEC-HMS, to generate PMF's graph.

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เขื่อนสิริกิติ์ก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อปี พ.ศ.2517 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) สำหรับการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนในอดีตอาจมีข้อจำกัดในด้านความเพียงพอของข้อมูลปัจจุบันข้อมูลที่สำคัญทางด้านอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา ได้มีการเก็บบันทึกทางสถิติที่ยาวนาน และมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลพายุฝนขนาดใหญ่ที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยเพื่อนำมาประกอบการศึกษาวิเคราะห์ และประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่มีความถูกต้องเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมปัจจุบัน และสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ การปฏิบัติการในสภาวะน้ำหลากได้

2. วัตถุประสงค์

ศึกษา วิเคราะห์ และประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ที่มีความถูกต้องเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมปัจจุบัน และสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ การปฏิบัติการในสภาวะน้ำหลากได้

3. วิธีการวิจัย

3.1 การรวบรวมและทบทวนข้อมูล

การดำเนินการวิจัยต้องดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งดำเนินการทบทวนและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ ทุกข้อมูลก่อนนำมาใช้งานสำหรับงานวิจัยในขั้นตอนต่อไป โดยมีข้อมูลที่สำคัญสำหรับการวิจัย ดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลรายละเอียดทางกายภาพของลุ่มน้ำและสถานีวัดน้ำท่า ได้แก่ ข้อมูลที่วัดและคำนวณได้จากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร สำหรับลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่รับน้ำฝนเหนืออ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ และสถานีวัดน้ำท่าที่ศึกษา ประกอบด้วย ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่นับจากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ (L) และจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงบนลำน้ำที่มากที่สุด (L_c) และความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำสายหลัก

2) รวบรวมข้อมูลที่วัดและคำนวณได้จากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร สำหรับลำน้ำที่คลื่นน้ำท่วมไหล ได้แก่ ความยาวลำน้ำของแต่ละช่วงลำน้ำ (ระหว่างจุดควบคุม)และความลาดเทเฉลี่ยของแต่ละช่วงลำน้ำ

3) รวบรวมข้อมูลพายุฝนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และเส้นทางของพายุที่พัดผ่านเข้าประเทศไทยจากรายงานพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียง

4) รวบรวมข้อมูลภูมิอากาศโดยทั่วไปของลุ่มน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์กระแสลม เมฆปกคลุม อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ปริมาณการระเหยจากถาด ที่ตั้งสถานีตรวจอากาศ และระดับความสูงของที่ตั้งสถานีตรวจอากาศในพื้นที่รับน้ำฝนและใกล้เคียงจากกรมอุตุนิยมวิทยา

5) รวบรวม ข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง และระดับความสูงของที่ตั้งสถานีภูมิอากาศในบริเวณพายุฝนที่เลือกศึกษา จากกรมอุตุนิยมวิทยา

6) รวบรวมปริมาณฝนรายวัน และปริมาณฝนสูงสุดในช่วงเวลา 1 วันถึง7 วัน ของสถานีตรวจวัดหลัก จำนวน 28 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 1ขณะที่เกิดพายุฝนที่เลือกศึกษาแต่ละลูก และปริมาณฝน ณ วันที่เกิดพายุฝนที่เลือกศึกษาของสถานีใกล้เคียงรอบข้างสถานีตรวจอากาศหลัก

ตารางที่ 1 สถานีวัดน้ำฝนที่นำมาใช้วิเคราะห์ Thiessen

สถานีวัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝน เขื่อนสิริกิติ์	สถานีวัดน้ำฝน	ค่าแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝน เขื่อนสิริกิติ์
28013	0.020	40043	0.058
28022	0.016	40072	0.056
28032	0.050	70111	0.062
28042	0.008	70022	0.054
28053	0.050	70032	0.033
28062	0.015	70062	0.029
28073	0.027	70072	0.020
28102	0.008	70151	0.031
28111	0.018	70192	0.028
28131	0.028	70202	0.030
28142	0.037	70232	0.040
28152	0.031	73022	0.061
28164	0.025	73032	0.076
28172	0.046	73062	0.042

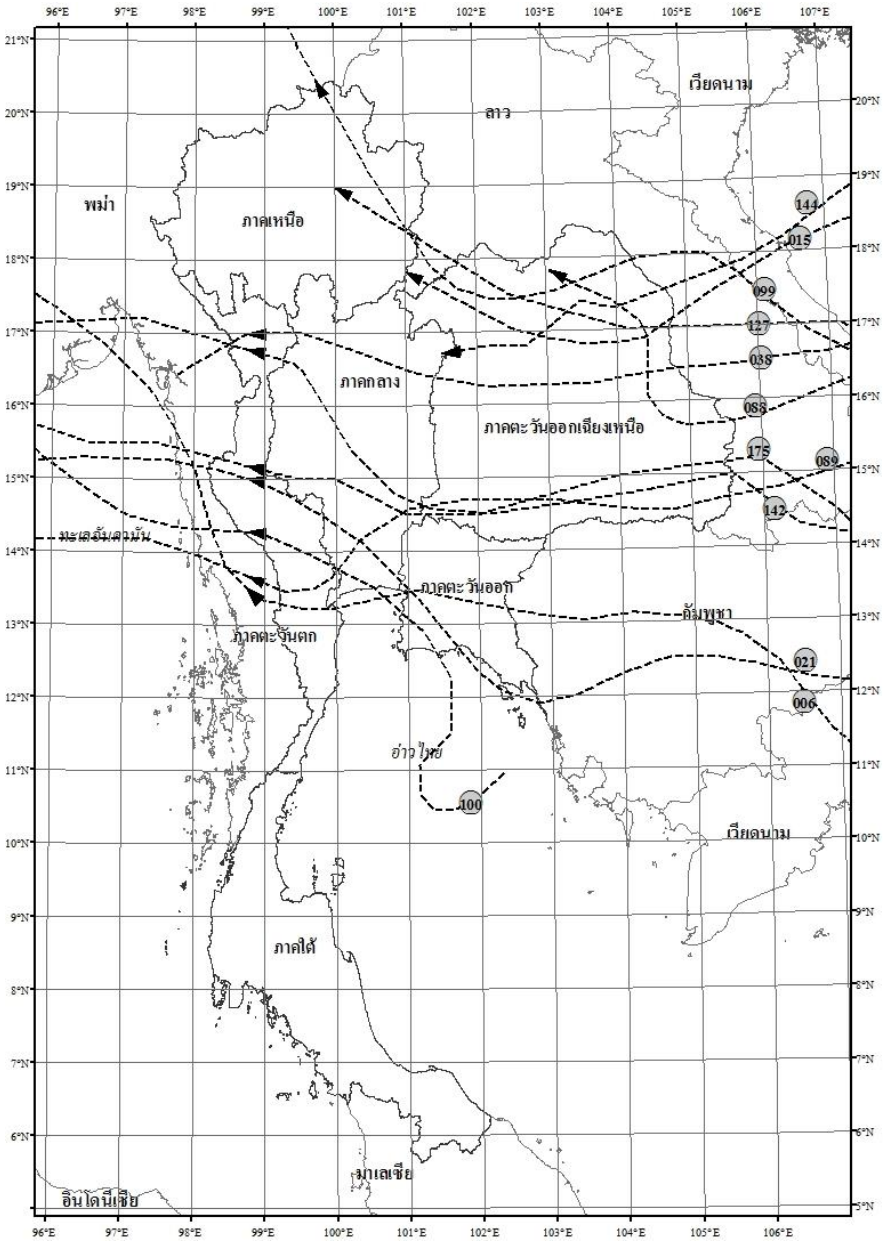
7) ข้อมูลการแพร่กระจายของปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง ที่สถานีวัดน้ำฝนต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำและข้างเคียง

8) รวบรวมข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นได้และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นได้ของโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่ได้สร้างแล้วเสร็จ และโครงการที่มีการศึกษาไว้โดยหน่วยงานต่างๆ

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP)

งานวิจัยได้ทำการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) โดยใช้วิธีการทำพายุฝนมากสุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน (The Storm Transposition Method) ตามวิธีการของ World Meteorological Organization (2009) โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1) การวิเคราะห์พายุฝนที่เกิดขึ้นในประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียง ในคาบ 65 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494-2558 ของกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 190 ลูก และพบว่า มีพายุที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก สำหรับประเทศไทยตอนบน ช่วงเวลา 1 วัน ถึง 7 วัน จำนวนทั้งสิ้น 12 ลูก ดังรูปที่ 1 และตารางที่2



รูปที่ 1 เส้นทางพายุฝนสูงสุด10 อันดับแรก สำหรับพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย

ตารางที่ 2 พายุฝนสูงสุด 10 อันดับแรก ที่มีอิทธิพลกับเขื่อนในพื้นที่ตอนบนของประเทศไทย

ลำดับ	รหัสพายุ	ชื่อพายุฝน	วันที่พายุเข้า/สถานีฝนสูงสุด	ปริมาณฝนสูงสุด (มม.)						
				1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
1	006	พายุไต้ฝุ่น VAE	16-24 ต.ค.2495	425.60	457.30	482.80	488.10	528.10	559.80	608.10
			สถานี 06032	22 ต.ค.2495	22-23 ต.ค.2495	21-23 ต.ค.2495	19-22 ต.ค.2495	18-22 ต.ค.2495	18-23 ต.ค.2495	16-22 ต.ค.2495
2	015	พายุดีเปรสชั่น	24-30 ส.ค.2501	346.80	355.50	400.60	401.90	405.10	470.90	485.50
			สถานี 18090	28 ส.ค.2501	27-28 ส.ค.2501	26-28 ส.ค.2501	26-29 ส.ค.2501	26-30 ส.ค.2501	28-2 ก.ย.2501	28-3 ก.ย.2501
3	021	พายุดีเปรสชั่น	30-8 ต.ค.2503	352.10	519.50	739.30	817.40	844.90	906.40	937.50
			สถานี 66032	2 ต.ค.2503	2-3 ต.ค.2503	2-4 ต.ค.2503	1-4 ต.ค.2503	1-5 ต.ค.2503	1-6 ต.ค.2503	1-7 ต.ค.2503
4	038	พายุไต้ฝุ่น TILDA	13-25 ก.ย.2507	391.80	464.20	464.20	477.60	478.80	526.20	529.50
			สถานี 49052	22 ก.ย.2507	22-23 ก.ย.2507	21-23 ก.ย.2507	20-23 ก.ย.2507	22-26 ก.ย.2507	22-27 ก.ย.2507	22-28 ก.ย.2507
5	088	พายุดีเปรสชั่น	2-6 มิ.ย.2515	424.40	562.40	591.90	617.60	632.00	651.60	659.00
			สถานี 67192	4 มิ.ย.2515	3-4 มิ.ย.2515	3-5 มิ.ย.2515	3-6 มิ.ย.2515	2-6 มิ.ย.2515	1-6 มิ.ย.2515	3-9 มิ.ย.2515
6	089	พายุไต้ฝุ่น ELSIE	31-9 ก.ย.2515	250.80	401.40	454.00	464.50	464.50	464.50	464.50
			สถานี 32072	6 ก.ย.2515	5-6 ก.ย.2515	5-7 ก.ย.2515	4-7 ก.ย.2515	3-7 ก.ย.2515	2-7 ก.ย.2515	1-7 ก.ย.2515
			31-9 ก.ย.2515	205.60	380.50	491.70	555.80	562.40	578.60	585.20
			สถานี 60360	6 ก.ย.2515	6-7 ก.ย.2515	5-7 ก.ย.2515	5-8 ก.ย.2515	4-8 ก.ย.2515	5-10 ก.ย.2515	4-10 ก.ย.2515
7	099	พายุดีเปรสชั่น	14-18 ส.ค.2517	497.50	610.60	647.60	673.50	682.20	719.20	745.10
			สถานี 11230	16 ส.ค.2517	15-16 ส.ค.2517	14-16 ส.ค.2517	13-16 ส.ค.2517	15-19 ส.ค.2517	14-19 ส.ค.2517	13-19 ส.ค.2517
8	100	พายุดีเปรสชั่น	8-13 ต.ค.2517	205.50	356.70	513.20	523.50	523.50	538.20	548.50
			สถานี 09102	9 ต.ค.2517	8-9 ต.ค.2517	7-9 ต.ค.2517	6-9 ต.ค.2517	6-9 ต.ค.2517	7-12 ต.ค.2517	6-12 ต.ค.2517
9	127	พายุโซนร้อน VERNON	8-12 มิ.ย.2527	500.00	505.00	505.00	552.00	557.00	582.00	587.00
			สถานี 70180	11 มิ.ย.2527	11-12 มิ.ย.2527	10-12 มิ.ย.2527	8-11 มิ.ย.2527	8-12 มิ.ย.2527	6-11 มิ.ย.2527	6-12 มิ.ย.2527
10	142	พายุโซนร้อน IRA	1-8 ต.ค.2533	499.20	597.40	601.70	601.70	605.60	609.90	630.30
			สถานี 42280	4 ต.ค.2533	3-4 ต.ค.2533	3-5 ต.ค.2533	2-5 ต.ค.2533	30-4 ต.ค.2533	30-5 ต.ค.2533	3-9 ต.ค.2533
			1-8 ต.ค.2533	475.40	645.90	645.90	645.90	645.90	654.10	661.20
			สถานี 22230	4 ต.ค.2533	3-4 ต.ค.2533	2-4 ต.ค.2533	1-4 ต.ค.2533	30-4 ต.ค.2533	3-8 ต.ค.2533	28-4 ต.ค.2533
11	144	พายุไต้ฝุ่น FRED	9-19 ส.ค.2534	388.50	424.30	424.50	428.90	429.10	433.50	444.70
			สถานี 36172	18 ส.ค.2534	18-19 ส.ค.2534	18-20 ส.ค.2534	16-19 ส.ค.2534	16-20 ส.ค.2534	14-19 ส.ค.2534	18-24 ส.ค.2534
12	175	พายุดีเปรสชั่น TD3	10-21 ก.ย.2548	500.60	900.70	1,089.50	1,301.60	1,701.80	1,890.60	1,893.90
			สถานี 13582	10 ก.ย.2548	13-14 ก.ย.2548	13-15 ก.ย.2548	10-13 ก.ย.2548	10-14 ก.ย.2548	10-15 ก.ย.2548	9-15 ก.ย.2548

2) คัดเลือกพายุฝนขนาดใหญ่และเป็นพายุที่เกิดขึ้นในเขตอิทธิพลเดียวกันกับพื้นที่ศึกษา สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำของอ่างเก็บน้ำต่างๆโดยการเลือกปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา3 วัน และตรวจสอบกับข้อมูลพายุฝนที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้ปริมาณฝนช่วงเวลา1 วัน 2 วัน และ3 วัน ของพายุฝน

3) ทำการคำนวณค่าปรับแก้ความชื้นเพื่อทำพายุฝนมากที่สุด ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุ โดยใช้การปรับแก้ตามสมการ

$$r_1 = \frac{(W_{m1})_{h_1}}{(W_S)_{h_1}} \qquad (1)$$

เมื่อ r_1 = ค่าปรับแก้ปริมาณความชื้นสำหรับการทำพายุฝนมากที่สุด ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน

$(W_{m1})_{h_1}$ = ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝนที่ระดับ h_1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

$(W_S)_{h_1}$ = ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้ ณ วันที่เกิดพายุฝนที่เลือกศึกษา ที่ระดับ h_1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

h_1 = ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่เกิดพายุฝน มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

4) ทำการคำนวณการปรับแก้ความชื้น ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป โดยการปรับแก้ด้วยอัตราส่วนของอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุกับตำแหน่งที่ย้ายไป และทำการเปลี่ยนค่าเป็นปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้และนำมาหาค่าอัตราส่วน (r2) การปรับแก้ ดังนี้

$$r_2 = \frac{(W_{m2})_{h_1}}{(W_{m1})_{h_1}} \quad (2)$$

เมื่อ r_2 = ค่าปรับแก้ปริมาณความชื้น ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป

$(W_{m1})_{h_1}$ = ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน ที่ระดับ h1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

$(W_{m2})_{h_1}$ = ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายไปที่ระดับ h1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

h_1 = ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่เกิดพายุฝน มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

5) ทำการคำนวณการปรับแก้เนื่องจากระดับจากน้ำทะเลปานกลางและสิ่งกีดขวาง (Adjustment of Elevation and Barrier) จะต้องพิจารณาร่วมกัน เนื่องจากการปรับแก้เนื่องจากระดับจากน้ำทะเลปานกลางเพียงอย่างเดียวจะใช้วิธีนี้ต่อเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวางเนื่องจากภูมิประเทศระหว่างพื้นที่ฝนตกกับแหล่งความชื้น แต่ถ้าหากมีสิ่งกีดขวางเนื่องจากเทือกเขาต่อเนื่องติดต่อกันระหว่างพื้นที่ซึ่งเกิดพายุฝนกับแหล่งความชื้น จะใช้การปรับแก้เนื่องจากสิ่งกีดขวางมาพิจารณาร่วมด้วย การเคลื่อนย้ายพายุฝนระยะสั้นและมีระดับต่างกันไม่เกิน 300 เมตร จะไม่ทำการปรับแก้เนื่องจากระดับ แต่ถ้าระดับต่างกันเกิน 700 เมตร จะไม่ปรับแก้ด้วยระดับแต่ให้ใช้การปรับแก้เนื่องจากสิ่งกีดขวางโดยการปรับแก้ด้วยอัตราส่วนของอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป และทำการเปลี่ยนค่าเป็นปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้และนำมาหาค่าอัตราส่วน (r3) การปรับแก้ ดังนี้

$$r_3 = \frac{(W_{m2})_{h_2}}{(W_{m2})_{h_1}} \quad (3)$$

เมื่อ r_3 = ค่าปรับแก้ค่าสูงสุดระหว่างค่าระดับหรือสิ่งกีดขวาง ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป

$(W_{m2})_{h_1}$ = ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายไปที่ระดับ h1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

$(W_{m2})_{h_2}$ = ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายไปที่ระดับ h2 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

h_1 = ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่เกิดพายุฝน มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

h_2 = ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่ย้ายไป มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

6) ทำการวิเคราะห์ปัจจัยการเกิดปริมาณฝนร่วมกันระหว่างวิธีการทำพายุฝนมากที่สุดและวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน โดยการพิจารณาค่าปรับแก้ความชื้นเพื่อทำพายุฝนมากที่สุด ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุ (r1) ในสมการที่ 1 ร่วมกับการปรับแก้ความชื้น ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป (r2) ในสมการที่ 2 และการปรับแก้เนื่องจากระดับจากน้ำทะเลปานกลางและสิ่งกีดขวาง (r3) ในสมการที่ 398 จะได้ค่าการปรับแก้รวม (rm) ดังสมการที่ 4

$$r_m = r_1 \times r_2 \times r_3 = \frac{(W_{m1})_{h_1}}{(W_S)_{h_1}} \times \frac{(W_{m2})_{h_1}}{(W_{m1})_{h_1}} \times \frac{(W_{m2})_{h_2}}{(W_{m2})_{h_1}}$$

$$r_m = \frac{(W_{m2})_{h_2}}{(W_S)_{h_1}} \qquad (4)$$

เมื่อ r_m = ค่าปรับแก้เนื่องจากความชื้น ระดับจากน้ำทะเลปานกลางและสิ่งกีดขวาง

$(W_{m2})_{h_2}$ = ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายไปที่ระดับ h2 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

$(W_S)_{h_1}$ = ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้ ณ วันที่เกิดพายุฝนที่เลือกศึกษา ที่ระดับ h1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

h_1 = ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่เกิดพายุฝน มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

h_2 = ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่ย้ายไป มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

โดยค่าปรับแก้ของวิธีการทำพายุฝนมากสุดและการเคลื่อนย้ายพายุฝน เป็นการเปลี่ยนปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายพายุไปไปเทียบกับปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุ ซึ่งเป็นปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายไปต่อปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้ ณ วันที่เกิดพายุ

7) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นได้ที่ได้ทำการศึกษาไว้ก่อนแล้ว กับปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้จากพายุฝนที่เลือกศึกษา

3.3 การวิเคราะห์ประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

1) ทำการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนเพื่อเป็นสถานีดัชนี สำหรับหาค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของลุ่มน้ำด้วยวิธีรูปเหลี่ยมธีเอสเสน (Thiessen Polygons)

2) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปีช่วงเวลา 1 ถึง7 วัน ของแต่ละสถานีดัชนีที่รวบรวมได้ มาทำการวิเคราะห์แจกแจงความถี่ด้วยวิธีกัมเบล ซึ่งจะได้ค่าปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 1 ถึง7 วัน ที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่างๆจำนวน 28 สถานี

3) นำข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่างๆ มาทำการวิเคราะห์แจกแจงปริมาณฝนตามพื้นที่ด้วยวิธีรูปเหลี่ยมธีเอสเสน (Thiessen Polygons) เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝนสูงสุดจากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่างๆ ของพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนสิริกิติ์

3.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

1) จากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยทำการแบ่งช่วงเวลาของพายุฝนให้เท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยการใช้เปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง และทำการปรับลดปริมาณฝนด้วยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณฝน จากนั้นทำการจัดลำดับพายุฝนใหม่เพื่อให้กราฟน้ำหลากที่ได้มีลักษณะวิกฤตที่สุด ซึ่งจะได้ปริมาณฝนสูงสุดส่วนเกินจากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปี ที่มีช่วงเวลาเท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของลุ่มน้ำ

2) นำปริมาณฝนสูงสุดส่วนเกินที่วิเคราะห์ได้นำไปประยุกต์ใช้กับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของแต่ละลุ่มน้ำย่อย ซึ่งจะได้กราฟน้ำท่าผิวดินของลุ่มน้ำจากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปี ที่รอบปีการเกิดต่างๆ ตามลำดับ

3) พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐาน (QB) กับปริมาณการไหลสูงสุด (QP) ในรูปสมการเลขยกกำลังระหว่าง QBกับ QPของลุ่มน้ำ

4) จากกราฟน้ำท่าผิวดินของลุ่มน้ำย่อยที่วิเคราะห์ได้ข้างต้นนำปริมาณการไหลสูงสุดมาใช้วิเคราะห์ในสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานกับปริมาณการไหลสูงสุด จะได้ปริมาณการไหลพื้นฐานของลุ่มน้ำ และเมื่อนำไปรวมกับกราฟน้ำท่าผิวดินจะได้กราฟน้ำหลากสูงสุดของลุ่มน้ำที่รอบปีการเกิดต่างๆ จากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปี

5) ทำการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุดที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ โดยใช้สมการเคลื่อนตัวของกราฟน้ำหลากผ่านลำน้ำ (Channel Routing)โดยวิธีของ Muskingum

3.5 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF)

1) จากผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยทำการแบ่งช่วงเวลาของพายุฝนให้เท่ากับช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยการใช้เปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายรายชั่วโมงของปริมาณฝนสูงสุด 24 ชั่วโมง และทำการปรับลดปริมาณฝนด้วยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณฝน จากนั้นทำการจัดลำดับพายุฝนใหม่เพื่อให้กราฟน้ำหลากที่ได้มีลักษณะวิกฤตที่สุด ซึ่งจะได้ปริมาณฝนส่วนเกินที่อาจเป็นไปได้ (Probable Rainfall Excess) ที่มีช่วงเวลาเท่ากับ

ช่วงเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของลุ่มน้ำ

2) นำปริมาณฝนส่วนเกินที่อาจเป็นไปได้ที่วิเคราะห์ได้นำไปประยุกต์ใช้กับกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของแต่ละลุ่มน้ำย่อย ซึ่งจะได้กราฟน้ำท่าผิวดินของลุ่มน้ำจากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP)

3) พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐาน (QB) กับปริมาณการไหลสูงสุด (QP) ในรูปสมการเลขยกกำลังระหว่าง QBกับ QP ของลุ่มน้ำ

4) จากกราฟน้ำท่าผิวดินของลุ่มน้ำย่อยที่วิเคราะห์ได้ข้างต้นนำปริมาณการไหลสูงสุดมาใช้วิเคราะห์ในสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลพื้นฐานกับปริมาณการไหลสูงสุด จะได้ปริมาณการไหลพื้นฐานของลุ่มน้ำ และเมื่อนำไปรวมกับกราฟน้ำท่าผิวดินจะได้กราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF)

5) ทำการวิเคราะห์กราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ โดยใช้สมการเคลื่อนตัวของกราฟน้ำหลากผ่านลำน้ำ (Channel Routing)โดยวิธีของ Muskingum

4. ผลการศึกษาวิจัย

1. ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่า ฝนสูงสุดช่วงเวลา 1 วัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ถึง 10,000 ปี มีค่าพิสัย 34.85 – 187.00 มม. และมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้(PMP) 281.18 มม. ฝนสูงสุดช่วงเวลา 2 วัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ถึง 10,000 ปี มีค่าพิสัย 45.90 – 238.42 มม. และ มีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) 346.20 มม. ฝนสูงสุดช่วงเวลา 3 วัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ถึง 10,000 ปี มีค่าพิสัย 54.26 – 268.92 มม. และ มีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) 379.44 มม. ฝนสูงสุดช่วงเวลา 4 วัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ถึง 10,000 ปี มีค่าพิสัย 60.12 – 299.54 มม. และ มีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) 394.61 มม. ฝนสูงสุดช่วงเวลา 5 วัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ถึง 10,000 ปี มีค่าพิสัย 65.57 – 320.27 มม. และ มีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) 399.71 มม. ฝนสูงสุดช่วงเวลา 6 วัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ถึง 10,000 ปี มีค่าพิสัย 70.51 – 342.09 มม. และ มีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) 421.39 มม. และ ฝนสูงสุดช่วงเวลา 7 วัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ถึง 10,000 ปี มีค่าพิสัย 75.17 – 361.86 มม. และ มีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP) 436.57 มม. ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMP)

ช่วงเวลา (วัน)	ปริมาณฝนสูงสุดที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ , มม.										PMP
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
เขื่อนสิริกิติ์											
1	34.85	49.72	60.36	74.60	85.80	97.45	109.47	126.18	139.47	187.00	281.18
2	45.90	64.74	78.23	96.26	110.43	125.18	140.38	161.51	178.32	238.42	346.20
3	54.26	75.74	91.10	111.65	127.78	144.58	161.88	185.92	205.06	268.92	379.44
4	60.12	83.59	100.39	122.83	140.46	158.81	177.71	203.99	224.88	299.54	394.61
5	65.57	90.56	108.44	132.32	151.09	170.61	190.72	218.65	240.88	320.27	399.71
6	70.51	97.16	116.24	141.70	161.71	182.54	203.96	233.76	257.46	342.09	421.39
7	75.17	103.33	123.47	150.34	171.48	193.46	216.08	247.53	272.53	361.86	436.57

2. ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ถึง 10,000 ปี มีค่าพิสัย 1,313.97 – 8,462.02 ลบ.ม./วินาที และ มีค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้11,488.22 ลบ.ม./วินาที ปริมาตรน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ถึง 10,000 ปี มีค่าพิสัย 551.77 – 3,304.97 ล้าน ลบ.ม. และ ปริมาตรน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 3,991.04 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณการไหลพื้นฐานที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ถึง 10,000 ปี มีค่าพิสัย 36.41 – 130.14 ลบ.ม./วินาที และปริมาณการไหลพื้นฐานสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 160.34 ลบ.ม./วินาที ดังแสดงในตารางที่ 4 และรูปที่ 2,3

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ และ ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF)

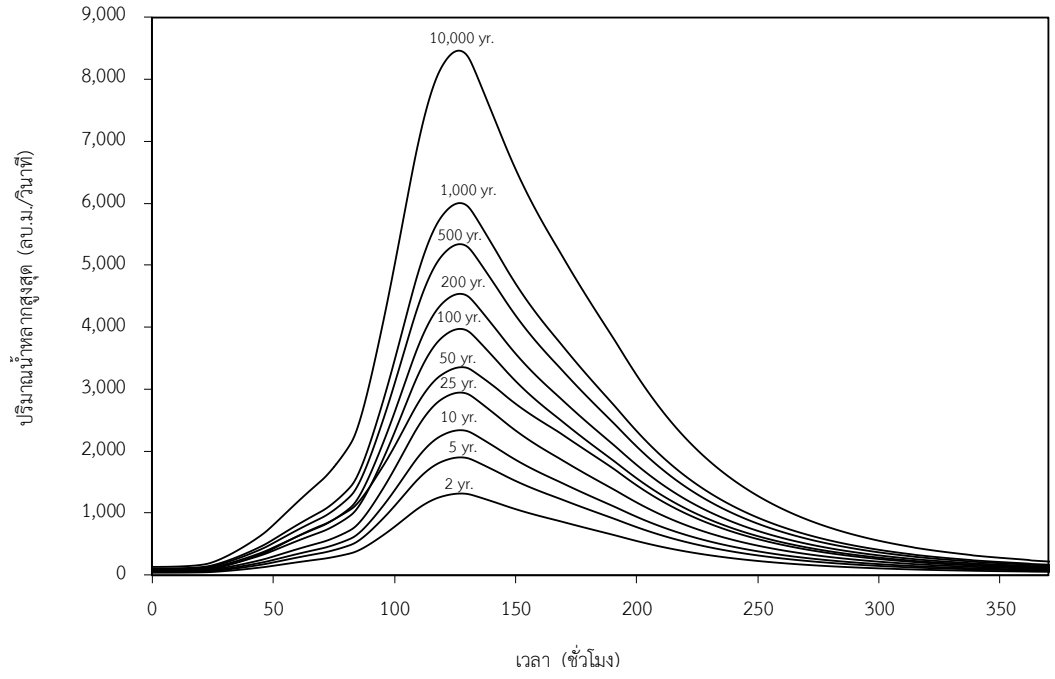
	กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ										PMF
	2	5	10	25	50	100	200	500	1,000	10,000	
เขื่อนสิริกิติ์											
Q_P	1,313.97	1,897.59	2,336.36	2,943.70	3,353.78	3,971.39	4,537.44	5,339.50	6,002.62	8,462.02	11,488.22
V_T	551.77	779.86	950.15	1,185.14	1,437.03	1,581.47	1,799.42	2,104.58	2,357.36	3,304.97	3,991.04
Q_B	36.41	46.83	54.00	63.25	69.16	77.62	85.03	95.03	102.94	130.14	160.34

หมายเหตุ : Q_P หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุด, ลบ.ม./วินาที

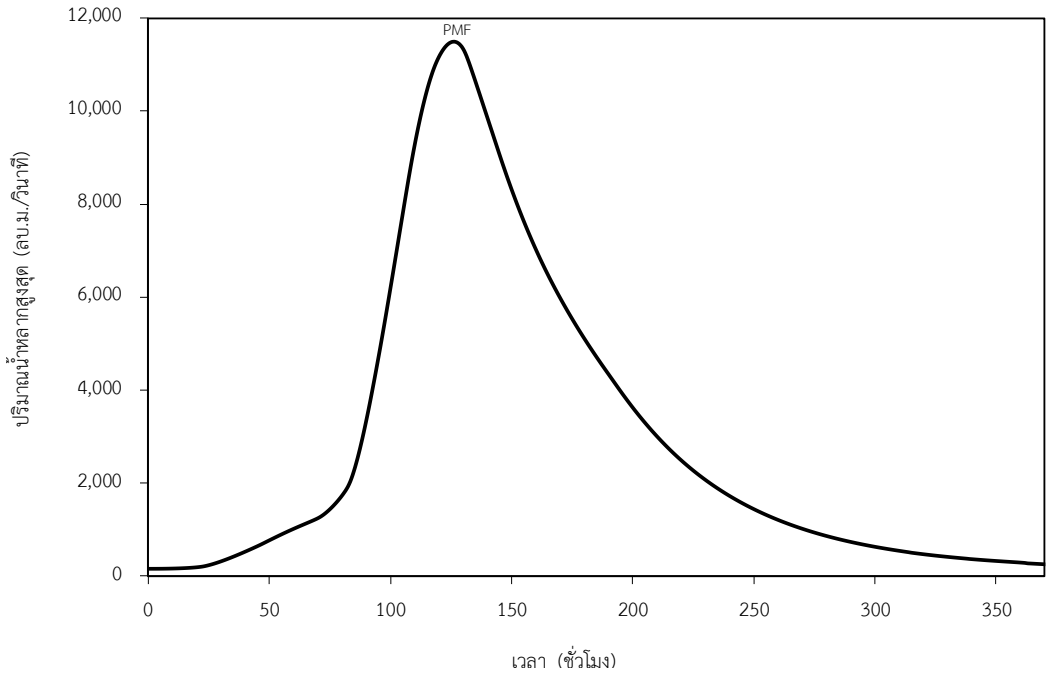
V_T หมายถึง ปริมาตรน้ำหลาก, ล้าน ลบ.ม.

Q_B หมายถึง ปริมาณการไหลพื้นฐาน, ลบ.ม./วินาที

PMF หมายถึง ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้



รูปที่ 2 กราฟน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆของเขื่อนสิริกิติ์



รูปที่ 3 กราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ของเขื่อนสิริกิติ์

3. เปรียบเทียบผลการศึกษา PMF ครั้งนี้ กับ ผลการศึกษา FAO (2000)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของ FAO เมื่อปี 2000มีค่า 12,736 ลบ.ม./วินาที เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้ที่มีปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้เท่ากับ 11,488.22 ลบ.ม./วินาที พบว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ มีอัตราลดลง 9.8% และปริมาตรน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของ FAO เมื่อปี 2000 มีค่า 4,515 ล้าน ลบ.ม. นำมาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้ที่มีปริมาตรน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้เท่ากับ 3,991.04 พบว่าปริมาตรน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ มีอัตราลดลง 11.6%

5. ประโยชน์จากการศึกษา

จากผลการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้นั้นเพื่อนำไปใช้สำหรับการบริหารจัดการน้ำหลาก เช่นการจัดทำคู่มือสำหรับบริหารจัดการน้ำ การเปิดปิดบานระบายน้ำล้นให้มีประสิทธิภาพสูงสุด การจัดทำแผนเตรียมความพร้อมฉุกเฉิน เป็นต้น ซึ่งทาง กฟผ. ได้ตระหนักถึงการทำแผนเตรียมความพร้อมฉุกเฉินให้เป็นไปตามหลักมาตรฐานสากล เพื่อลดผลกระทบ ความเสียหาย และเพิ่มความมั่นใจให้แก่ประชาชน

6. บรรณานุกรม

Report on Dam Safety. (2000). FAO (2000). Thailand : Dam Safety Review Panel.

World Meteorological Organization.(2009). WMO-No.1045. Switzerland :Chairperson, Publications Board.