อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ Pentium III 800 MHz 1 เครื่อง และเครื่องพิมพ์ 1 ชุด
2. โปรแกรมระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ Microsoft Windows Me หรือสูงกว่า
3. แบบจำลอง HEC – HMS Version 2.2.2 พร้อมคู่มือ
4. ข้อมูล แผนที่ภูมิประเทศ 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร
5. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Ms Office 97 หรือสูงกว่า
6. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา ที่อยู่ในบริเวณที่ศึกษา
7. เครื่องมือวัดแผนที่ (Planimeter)
8. อุปกรณ์สำนักงาน เช่น แผ่นดิสก์ กระดาษ เป็นต้น

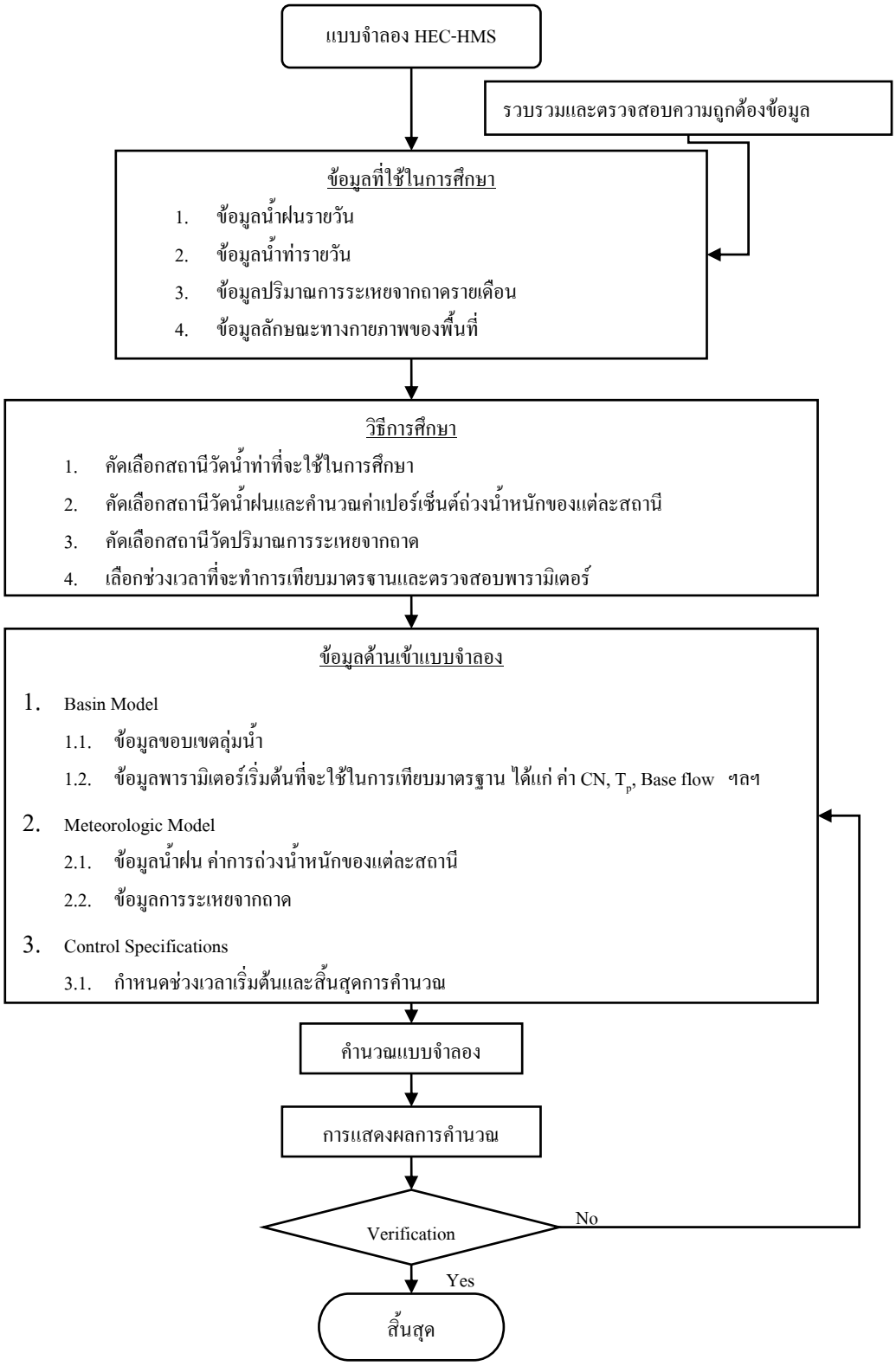
วิธีการ

การศึกษาคุณลักษณะทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำยมโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-HMS ครั้งนี้ ได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก คือ การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสอบเทียบและตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง และการสรุปผลพร้อมเสนอแนะ ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนได้แสดงเป็น flow chart ดังภาพที่ 13

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.1 ศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่อยู่ในลุ่มน้ำยมที่มีสถานีวัดน้ำท่าและมีการจัดเก็บข้อมูลน้ำท่าเพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาและประเมินตรวจสอบ

1.2 รวบรวมข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลฝนรายวัน ซึ่งตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน และรวบรวมข้อมูลปริมาณการระเหยจากถาดโดยใช้ข้อมูลรายวันของสถานีที่มีการตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา



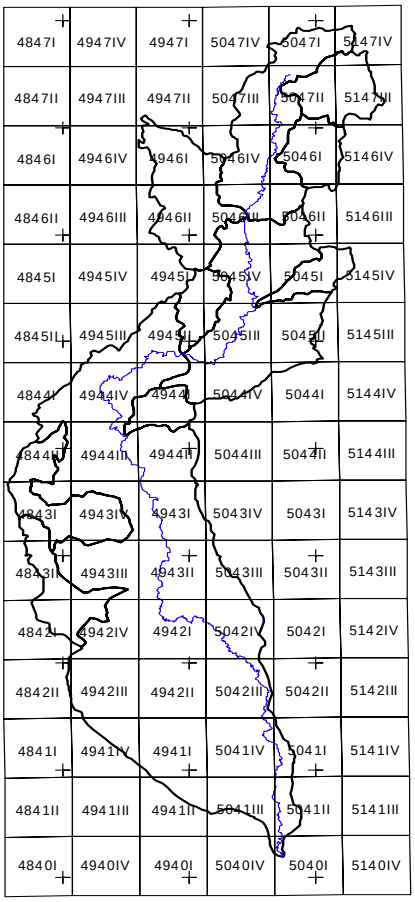
ภาพที่ 13 flow chart แสดงรายละเอียดขั้นตอนการศึกษา

ที่มา: ดัดแปลงจาก เกษม (2548)

1.3 รวบรวมข้อมูลน้ำท่า ได้แก่ ข้อมูลอัตราการไหลน้ำท่ารายวัน ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลน้ำท่าและระดับน้ำ (rating curve) ตรวจวัดโดยกรมชลประทาน

1.4 ข้อมูลดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) สำหรับใช้หาลักษณะของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณากำหนดค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน

1.5 ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ (topography) ศึกษาจากแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตรส่วน 1:50,000 ระวางแผนที่ ดังแสดงในภาพที่14 เพื่อหาลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ลุ่มน้ำ ความยาวลำน้ำ ความลาดชัน เป็นต้น



ภาพที่ 14 การเชื่อมต่อระวางแผนที่ 1 : 50,000 ของลุ่มน้ำยม

2. <u>วิธีการวิเคราะห์</u>

2.1 คัดเลือกพื้นที่ศึกษา ทำการคัดเลือกพื้นที่ที่มีสถานีตรวจวัดน้ำท่าเพื่อสามารถนำมาตรวจสอบกับผลคำนวณจากแบบจำลอง โดยพื้นที่ที่คัดเลือกและนำมาทำการศึกษาหาลักษณะกายภาพของพื้นที่ ได้แก่ ขนาดพื้นที่ (A) ความยาวลำน้ำ (L) ความยาวลำน้ำจากจุดออกจนถึงจุดที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วง (Lc) ความลาดชันลำน้ำ (S) จากนั้นจะคำนวณหาเวลาการเกิดอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด (Tp) เพื่อดูลักษณะของการเกิดกราฟน้ำท่า สำหรับรายละเอียดลักษณะกายภาพพื้นที่ของแต่ละประเภทลุ่มน้ำย่อยที่นำมาศึกษาได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 และ ภาพที่ 15 โดยทำการคำนวณค่าเวลาที่น้ำท่าใช้เดินทางจากจุดไกลสุดมายังจุดออกของพื้นที่ลุ่มน้ำ

<u>ตารางที่ 4</u> รายละเอียดคุณลักษณะของพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำยม

ลำดับที่	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	L (กม.)	Lc (กม.)	ความชัน (S)	tc [1/] (ชม.)
1	แม่น้ำยมตอนบน	1,978	113.34	57.89	0.00265	24.96
2	แม่น้ำควน	858	49.12	37.84	0.00813	11.32
3	น้ำปี้	636	36.08	22.87	0.00556	9.58
4	แม่น้ำงาว	1,644	71.41	34.38	0.00476	16.84
5	แม่น้ำยมตอนกลาง	2,884	124.78	60.31	0.00084	43.21
6	น้ำแม่คำมี	444	48.38	37.31	0.00621	12.09
7	น้ำแม่ต้ำ	518	44.15	27.29	0.00256	14.82
8	ห้วยแม่สิน	522	40.89	27.44	0.00490	11.57
9	แม่น้ำแม่มอก	1,332	58.41	38.71	0.00513	14.60
10	แม่น้ำแม่รำพัน	894	56.96	28.89	0.00351	15.98
11	แม่น้ำยมตอนล่าง	11,906	409.28	208.48	0.00066	131.27

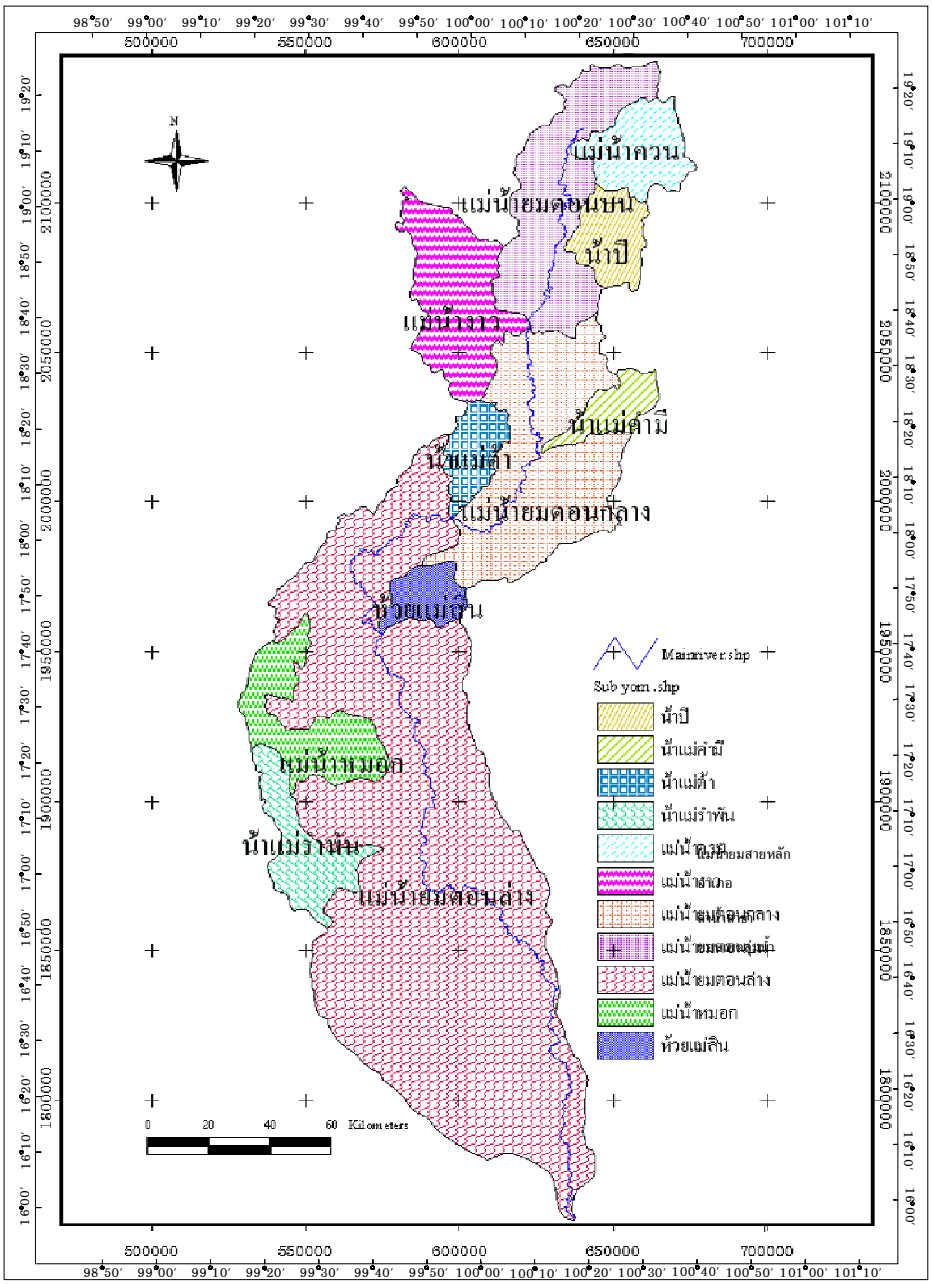
หมายเหตุ: tc คำนวณจาก $t_c = \left[\frac{0.87L^3}{H}\right]^{0.375}$

เมื่อ tc คือ เวลาที่น้ำเดินทางจากจุดไกลสุดมายังจุดออกหรือจุดที่พิจารณาเป็นชั่วโมง

L คือ ความยาวลำน้ำเป็นเมตร

Lc คือ ระยะตามแนวลำน้ำหลักจากศูนย์กลางพื้นที่ลุ่มน้ำจนถึงจุดออกเป็นเมตร

H คือ ค่าความต่างระดับของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นเมตร



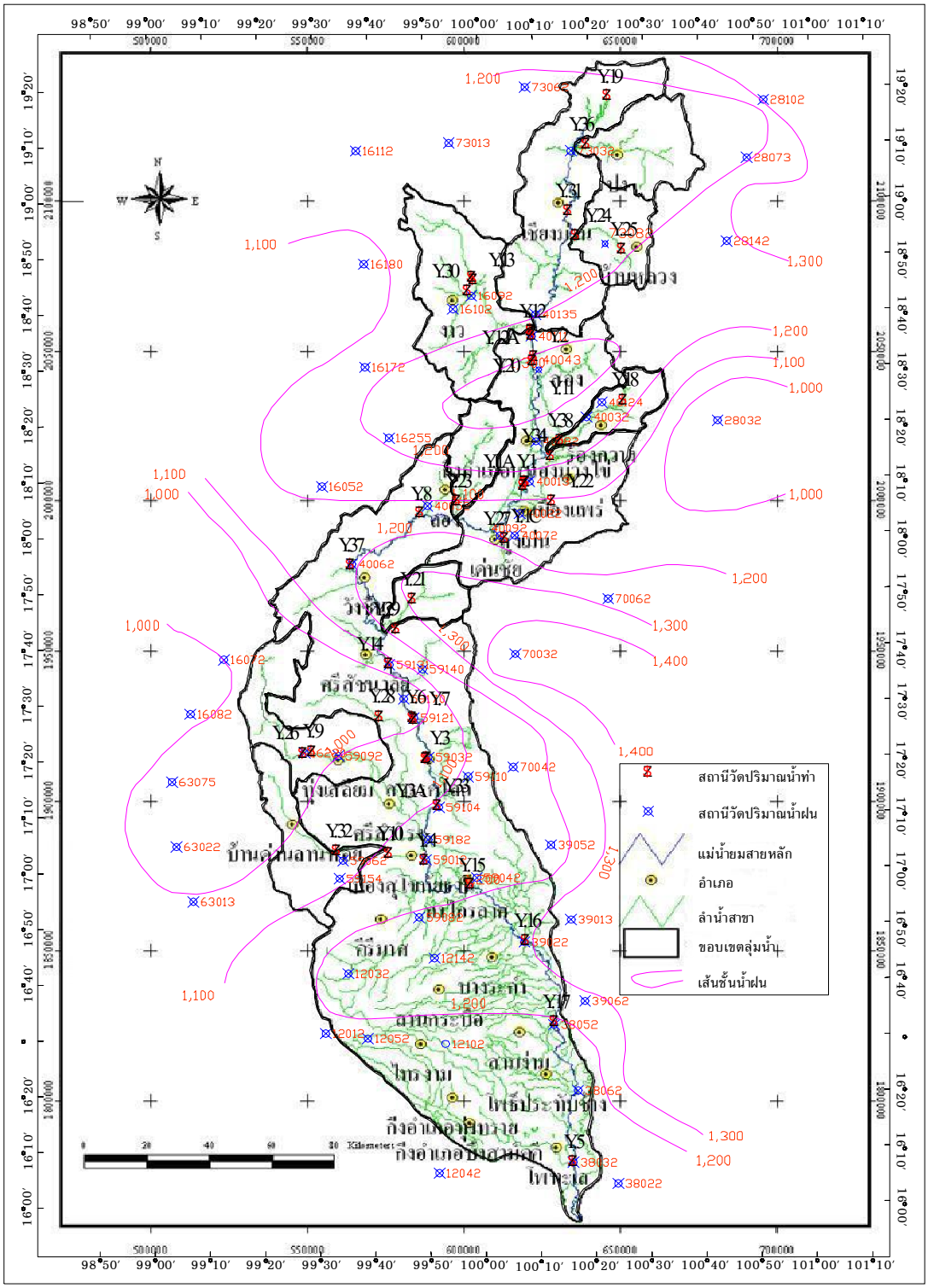
<u>ภาพที่ 15</u> พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ทำการศึกษา

ที่มา: กรมชลประทาน (2546)

2.2 ข้อมูลน้ำฝน (rainfall data) การรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง HEC–HMS ใช้ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันโดยทำการรวบรวมข้อมูลจากการเก็บข้อมูลของกรมชลประทาน ในการศึกษาจะพิจารณาผลกระทบของฝนเฉพาะจุด บนอาณาบริเวณรอบ ๆ ครอบคลุมทั่วพื้นที่ของลุ่มน้ำยม ดังแสดงในภาพที่ 16 ซึ่งในกรณีที่ สถานีตรวจวัดน้ำฝนไม่มีการเก็บบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่อง จะใช้ผลการวิเคราะห์ฝนเฉพาะจุด (point rainfall)โดยการคำนวณความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าของปริมาณฝนของการศึกษานี้จะใช้วิธีการหาค่าถ่วงน้ำหนักหรือเฉลี่ยด้วยวิธีรูปธีเอสเสน (thiessen polygon) ซึ่งวีระพล (2531) กล่าวว่าวิธีนี้จะลดปัญหาความไม่สม่ำเสมอในการกระจายที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนได้ ทั้งนี้ได้กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของสถานีในลุ่มน้ำย่อยที่ศึกษาดังแสดงในตารางที่ 5 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ.1988-2005

2.3 ข้อมูลน้ำท่า (runoff data) การรวบรวมข้อมูลสถิติน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับผลการคำนวณปริมาณการไหลรวบรวมจากสถานีวัดน้ำท่าในเขตลุ่มน้ำยม ซึ่งเป็นสถานีของกรมชลประทาน ดังแสดงในภาพที่ 16 โดยจะคัดเลือกสถานีที่อยู่ในลำน้ำหลัก ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยอย่างทั่วถึงเพื่อเป็นการศึกษาสภาพอุทกวิทยาทั้งลุ่มน้ำ ซึ่งได้ แสดงในตารางที่ 6

2.4 ข้อมูลการระเหยรายเดือน (evaporation data) การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา เป็นข้อมูลการระเหยรายเดือนมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ได้คัดเลือกข้อมูลเป็นรายจังหวัดในพื้นที่ลุ่มน้ำยม จำนวน 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดสุโขทัย จังหวัดลำปาง พิจิตร และ จังหวัดแพร่ ดังแสดงในภาพที่ 16



ภาพที่ 16 แสดงเส้นชั้นน้ำฝนตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝน สถานีวัดน้ำท่าในเขตลุ่มน้ำยม
ที่มา: กรมชลประทาน

ตารางที่ 5 แสดงที่ตั้งและการถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำยม

ลุ่มน้ำ	รหัสสถานี	ที่ตั้ง	ตำแหน่ง						ค่าน้ำหนัก
			ละติจูด			ลองติจูด			
แม่น้ำยมตอนบน									
	16092	อ.งาว จ.ลำปาง	18	42	42	99	58	58	0.110
	40111	อ.สอง จ.แพร่	18	35	35	100	9	9	0.314
	73032	อ.ปง จ.พะเยา	19	8	8	100	16	16	0.576
แม่น้ำควน									
	73032	อ.ปง จ.พะเยา	19	8	8	100	16	16	1.000
แม่น้ำปี้									
	40111	อ.สอง จ.แพร่	18	35	35	100	9	9	0.254
	73032	อ.ปง จ.พะเยา	19	8	8	100	16	16	0.746
แม่น้ำงาว									
	16092	อ.งาว จ.ลำปาง	18	42	42	99	58	58	0.273
	16102	อ.งาว จ.ลำปาง	18	40	40	99	55	55	0.431
	40082	อ.สอง จ.แพร่	18	16	16	100	10	10	0.090
	40111	อ.สอง จ.แพร่	18	35	35	100	9	9	0.206
แม่น้ำยมตอนกลาง									
	40013	อ.เมือง จ.แพร่	18	8	8	100	8	8	0.191
	40022	อ.สูงเม่น จ.แพร่	18	2	2	100	6	6	0.138
	40032	อ.ร้องกวาง จ.แพร่	18	20	20	100	19	19	0.163
	40082	อ.สอง จ.แพร่	18	16	16	100	10	10	0.163
	40092	อ.เด่นชัย จ.แพร่	17	58	58	100	3	3	0.153
	40111	อ.สอง จ.แพร่	18	35	35	100	9	9	0.193
แม่คำมี									
	40032	อ.ร้องกวาง จ.แพร่	18	20	20	100	19	19	0.235
	40124	อ.ร้องกวาง จ.แพร่	18	23	23	100	22	22	0.765
แม่ต้า									
	40013	อ.เมือง จ.แพร่	18	8	8	100	8	8	0.170
	40052	อ.ลอง จ.แพร่	18	4	4	99	50	50	0.320
	40082	อ.สอง จ.แพร่	18	16	16	100	10	10	0.510
ห้วยแม่สิน									
	40062	อ.วังชิ้น แพร่	17	53	53	99	36	36	0.267
	40092	อ.เด่นชัย จ.แพร่	17	58	58	100	3	3	0.318
	59131	อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	17	35	35	99	43	43	0.416

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลุ่มน้ำ	รหัสสถานี	ที่ตั้ง	ตำแหน่ง						ค่าน้ำหนัก
			ละติจูด			ลองติจูด			
แม่น้ำมอก									
	16220	อ.เถิน จ.ลำปาง	17	19	19	99	27	27	0.535
	40062	อ.วังชิ้น แพร่	17	53	53	99	36	36	0.050
	59092	อ.เด่นชัย จ.แพร่	17	58	58	100	3	3	0.350
	59131	อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	17	35	35	99	43	43	0.064
น้ำแม่รำพัน									
	16220	อ.เถิน จ.ลำปาง	17	19	19	99	27	27	0.398
	59062	อ.บ้านด่านลานหอย จ.สุโขทัย	17	0	0	99	34	34	0.602
แม่น้ำยมตอนล่าง									
	12032	อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	16	39	39	99	35	35	0.048
	12052	อ.เมือง จ.กำแพงเพชร	16	28	28	99	39	39	0.038
	12102	อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	16	27	27	99	53	53	0.130
	16220	อ.เถิน จ.ลำปาง	17	19	19	99	27	27	0.032
	38032	อ.โพธิ์ทะเล จ.พิจิตร	16	5	5	100	15	15	0.049
	38052	อ.สามง่าม จ.พิจิตร	16	30	30	100	12	12	0.046
	38062	อ.โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร	16	18	18	100	16	16	0.045
	39022	อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก	16	45	45	100	7	7	0.055
	40052	อ.ลอง จ.แพร่	18	4	4	99	50	50	0.054
	40062	อ.วังชิ้น แพร่	17	53	53	99	36	36	0.102
	40092	อ.เด่นชัย จ.แพร่	17	58	58	100	3	3	0.020
	59012	อ.เมือง จ.สุโขทัย	17	0	0	99	49	49	0.021
	59022	อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	17	30	30	99	45	45	0.033
	59032	อ.สวรรค์โลก จ.สุโขทัย	17	18	18	99	50	50	0.038
	59042	อ.กงไกรลาศ จ.สุโขทัย	16	57	57	99	58	58	0.056
	59062	อ.บ้านด่านลานหอย จ.สุโขทัย	17	0	0	99	34	34	0.027
	59072	อ.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย	17	10	10	99	52	52	0.041
	59082	อ.คีรีมาส จ.สุโขทัย	16	49	49	99	48	48	0.035
	59092	อ.เด่นชัย จ.แพร่	17	58	58	100	3	3	0.025
	59121	อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	17	26	26	99	47	47	0.031
	59131	อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	17	35	35	99	43	43	0.073

ตารางที่ 6 แสดงที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการสอบเทียบค่าพารามิเตอร์

รหัสสถานี	ที่ตั้ง		ตำแหน่งที่ตั้ง					
	อำเภอ	จังหวัด	ละติจูด			ลองติจูด		
Y31	เชียงม่วน	พะเยา	18	57	57	100	16	16
Y20	สอง	แพร่	18	35	35	100	9	9
Y1C	เมือง	แพร่	18	7	7	100	7	7
Y14	ศรีสัชนาลัย	สุโขทัย	17	35	35	99	43	43
Y6	ศรีสัชนาลัย	สุโขทัย	17	26	26	99	47	47
Y3A	สวรรค์โลก	สุโขทัย	17	18	18	99	49	49
Y33	ศรีสำโรง	สุโขทัย	17	10	10	99	51	51
Y4	เมือง	สุโขทัย	17	0	0	99	49	49
Y5 Outlet	โพธิ์ทะเล	พิจิตร	16	5	5	100	15	15

3. การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง (Calibration and Verification)

ในการสอบเทียบแบบจำลองต้องทำการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองเพื่อให้กราฟน้ำท่าที่คำนวณได้มีความสัมพันธ์หรือเข้ากันได้มากที่สุดกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลของสถานีตรวจวัด โดยในการปรับแบบจำลองได้ทำการใช้วิธีสมมุติคำตอบ (trial and error) ของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ซึ่ง USACE (2001) ได้แนะนำเกณฑ์การสมมติคำตอบ (trial and error) เป็นช่วงขอบเขตข้อจำกัดของค่าตัวแปรพารามิเตอร์ สำหรับแบบจำลองต่าง ๆ ในโปรแกรม HEC-HMS ซึ่งแสดงในตารางที่ 7 เพื่อให้กราฟน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองสอดคล้องกับกราฟน้ำท่าที่มีการตรวจวัดเอาไว้มากที่สุด และใช้เกณฑ์ทางสถิติในการตัดสินใจคัดเลือกผลการสอบเทียบ

ตารางที่ 7 ข้อจำกัดของค่าตัวแปรของแบบจำลองต่าง ๆ ในโปรแกรม HEC-HMS

Model	Parameter	Minimum	Maximum
Initial and constant-rate loss	Initial loss	0 mm.	500 mm.
	Constant loss rate	0 mm/hr	300 mm/hr
SCS loss	Initial abstraction	0 mm.	500 mm.
	Curve number	1	100
Green and Ampt loss	Moisture deficit	0	1
	Hydraulic Conductivity	0 mm./mm.	250 mm./mm.
	Wetting front suction	0 mm.	1000 mm.
Deficit and constant-rate loss	Initial deficit	0 mm.	500 mm.
	Maximum deficit	0 mm.	500 mm.
	Deficit recovery factor	0.1	5
Clark's UH	Time of concentration	0.1 hr.	500 hr.
	Storage coefficient	0 hr.	150 hr.
Snyder's UH	Lag	0.1 hr.	500 hr.
	Cp	0.1	1.0
SCS UH	Lag	0.1 min.	30000 min.
Kinematic wave	Manning's *n*	0	1
Baseflow	Initial baseflow	0 m^3/s	100000 $m.^3/s$
	Recession factor	0.000011	-
	Flow-to-peak ratio	0	1
Muskingum routing	K	0.1 hr.	150 hr.
	X	0	0.50
	Number of steps	1	100
Kinematic wave routing	N-value factor	0.01	10
Lag routing	Lag	0 min.	30000 min.

ที่มา: USACE (2001)

3.1 เกณฑ์ในการตัดสินใจคัดเลือกผลการปรับเทียบข้อมูล (fitting criteria)

การศึกษาครั้งนี้จะเปรียบเทียบผลที่คำนวณได้จากแบบจำลองและจากข้อมูลของสถานีตรวจวัดของลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ที่ทำการศึกษา โดยใช้วิธีการพิจารณาค่าทางสถิติเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจคัดเลือกผลการปรับเทียบข้อมูล ตาม ยุพิน (2542) ได้แก่

3.1.1 ค่าความแตกต่างของอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลที่ตรวจวัด

จาก $$\overline{Q}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_{oi}}{n} \qquad (17)$$

และ $$\overline{Q}_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_{ci}}{n} \qquad (18)$$

โดยที่ $\overline{Q}_o$ คือ อัตราการไหลเฉลี่ยที่วัดจากสถานีวัดน้ำท่า

$\overline{Q}_c$ คือ อัตราการไหลเฉลี่ยที่คำนวณได้

Q_{oi} คือ อัตราการไหลที่วัดจากสถานีวัดน้ำท่า

Q_{ci} คือ อัตราการไหลที่คำนวณ

n คือ จำนวนชั่วโมงในเหตุการณ์ที่พิจารณา

โดยพิจารณาเปอร์เซ็นต์แตกต่างระหว่างค่าอัตราการไหลสูงสุดเฉลี่ยที่ได้จากการวัดและจากการคำนวณด้วยสมการที่ 19 ดังนี้

$$\% \text{ แตกต่าง} = \frac{(\overline{Q}_o - \overline{Q}_c)}{\overline{Q}_o} \times 100 \qquad (19)$$

นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แตกต่างของค่าอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้จากแบบจำลองเทียบกับค่าจากข้อมูลตรวจวัด โดยใช้สมการที่ 19 ในการคำนวณอีกด้วย

3.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่างอัตราการไหลที่ได้จากการวัดและจากการคำนวณ

จาก
$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Q_{0i} - \overline{Q}_o\right)\times\left(Q_{ci} - \overline{Q}_c\right)}{\left[\sum_{i=1}^{n}\left(Q_{0i} - \overline{Q}_o\right)^2 \times \sum_{i=1}^{n}\left(Q_{ci} - \overline{Q}_c\right)^2\right]^{0.5}} \qquad (20)$$

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าอยู่ระหว่าง $-1 < r < 1$ ซึ่งหากค่า r มีค่าเข้าใกล้กับ 1 แสดงว่า ค่าอัตราการไหลที่วัดจากสถานีน้ำท่า และจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง มีความสัมพันธ์กันแบบปฏิภาคตรง แต่หากค่า r มีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันแบบปฏิภาคผกผัน

3.2 การตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ (model verification)

การตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง (model verification) ว่าเหมาะสมเพียงใดนั้น ได้ใช้วิธีเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบมาตรฐานแบบจำลอง โดยทำการเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวในแต่ละลุ่มน้ำย่อยเดียวกันและเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ตามประเภทความลาดชันของลุ่มน้ำ จากนั้นนำค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยที่ได้มาจำลองข้อมูลน้ำท่าจากข้อมูลฝนของเหตุการณ์อุทกภัยในลุ่มน้ำย่อยต่างๆ เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้กับชุดข้อมูลน้ำท่าของสถานีวัดน้ำที่มีการตรวจวัดไว้ และตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้