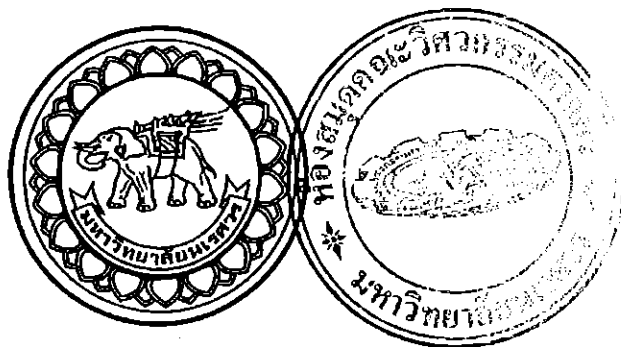




การใช้โปรแกรม HEC – HMS สำหรับลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า

Using program HEC - HMS for Ungauged catchment

นางสาวสุกษชา ลิขธิรส รหัส 50363464
นายร่มเกล้า ทรงมัจฉา รหัส 50363358

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 28 ส.ค. 2554
เลขทะเบียน..... 15511616
เลขเรียกหนังสือ..... 582
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๘๔43 ๗

2553



ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงการ	การใช้โปรแกรม HEC – HMS สำหรับลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า		
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวสุกัซชา สิทธีรส	รหัส	50363464
	นายร่มเกล้า ทรงมัจฉา	รหัส	50363358
ที่ปรึกษาโครงการ	รศ.ดร. สมบัติ ชื่นชูกลิ่น		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2553		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงการ
(รศ.ดร. สมบัติ ชื่นชูกลิ่น)

.....กรรมการ
(รศ.ดร. สงวน ปัทมธรรมกุล)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การใช้โปรแกรม HEC – HMS สำหรับลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีสถานีวิัดน้ำท่า		
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวสุภชชา สิทธีรส	รหัส	50363464
	นายร่วมเกล้า ทรงมัจฉา	รหัส	50363358
ที่ปรึกษาโครงการ	รศ.ดร. สมบัติ ชื่นชุกกลิ่น		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2553		

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่าของกลุ่มน้ำโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC – HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System) ซึ่งได้นำแบบจำลองดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำขนาดเล็ก (จังหวัดน่าน) โดยอาศัยข้อมูลสำรวจทางอุทกวิทยาจากฝายน้ำปัว ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลฝนรายวัน และน้ำท่ารายวัน แบบจำลองการสูญเสียของน้ำท่า (Loss Method) ใช้วิธี SCS Curve Number แบบจำลองการไหลผิวดินใช้ (Transform Method) ใช้วิธี Snyder Unit Hydrograph แบบจำลองการไหลพื้นฐาน (Base flow Method) ใช้วิธี Recession และการปรับเทียบความถูกต้องของแบบจำลองใช้วิธีการลองผิดลองถูก (Trail & Error)

ผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC – HMS คือปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านฝายในช่วงเวลาที่เกิดฝนตก ซึ่งจะแสดงอยู่ในรูปของกราฟน้ำท่า

Project title Using program HEC - HMS for Ungauged catchment
Name Miss. Supatchar sittiros ID. 50363464
Mr. Romkaow Songmatcha ID. 50363358
Project advisor Assoc.Pro.Dr. Sombat Chuenchooklin
Major Civil Engineering
Department Civil Engineering
Academic year 2010

.....

Abstract

This project is a study of the relationship between rainfall and runoff of the watershed by using mathematical model HEC - HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System), which applies the model applied to the river basin small. (Nan), based on survey data from the Dam Pua hydrological data used is the daily rainfall data. Daily runoff. Model, the loss of runoff (Loss Method) using SCS Curve Number equation of surface used (Transform Method) using Snyder Unit Hydrograph equation based (Base flow Method) method Recession and calibration of. accuracy of the model using trial and error (Trail & Error).

The result calculated by the mathematical model HEC - HMS is the amount of runoff that flows into the reservoir during times of rain. This is shown in the graph runoff.

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินงานครั้งนี้คณะผู้ดำเนินโครงการ ขอขอบพระคุณ อาจารย์สมบัติ ชื่นชุกกลิน เป็นอย่างยิ่งที่กรุณาให้ความรู้ ความเข้าใจ คำปรึกษา คำแนะนำรวมถึงช่วยชี้แนะแนวทางต่างๆ ตลอดจนให้ความกรุณาช่วยเหลือตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องและปัญหาต่าง ๆ ในการทำรายงาน การศึกษาอิสระด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่งจนทำให้การดำเนินการในครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ ลุล่วง และผ่านไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธา และคณะวิศวกรรมศาสตร์ ทุกท่านที่คอย กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา อบรมสั่งสอน และให้ความรู้ทางด้านวิชาการต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ อย่างยิ่งต่อการดำเนินการครั้งนี้ ตลอดจนคอยชี้แนะประสบการณ์ที่ดีที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหา และนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการศึกษาอิสระให้ประสบผลสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์ฝ่ายน้ำปัว โครงการชลประทานน่าน สำหรับข้อมูลฝนรายวัน ของสถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝาง

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่คอยช่วยเหลือในด้าน ข้อมูล และคอยให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

คณะผู้ดำเนินโครงการวิศวกรรม

นางสาวสุภัชชา สิทธีรส

นายร่มเกล้า ทรงมั่งฉา

มีนาคม 2554

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาบัตร.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....	ฎ

บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
1.4 ขอบเขตการทำโครงการ.....	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.6 แผนการดำเนินงาน.....	3
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....	4
2.1 วงจรอุทกวิทยา.....	4
2.2 ฝน.....	5
2.3 การวิเคราะห์การแจกแจงปริมาณน้ำฝนตามพื้นที่	6
2.4 การซึมลงดิน.....	8
2.5 กราฟน้ำท่า.....	10
2.6 เอกชลภาพ.....	13
2.7 การสังเคราะห์เอกชลภาพ.....	14
2.8 อุทกวิทยาการไหลหลากในลำน้ำ (Hydrologic River Routing).....	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ.....	22
3.1 อุปกรณ์.....	22
3.2 ขั้นตอนการปฏิบัติการ.....	22
3.3 การรวบรวมข้อมูล.....	24
3.4 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง (Model Calibration).....	29
3.5 ลักษณะการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม HEC - HMS.....	31
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....	33
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น.....	21
4.2 การสอบเทียบน้ำท่าข้อมูลกับน้ำท่าจากโปรแกรม.....	40
ณ สถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1) ในปี 2551	
4.3 การเปรียบเทียบน้ำท่าข้อมูลกับน้ำท่าจากโปรแกรม.....	54
ณ สถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1) ในปี 2549	
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	66
5.1 บทสรุป.....	66
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	67
เอกสารอ้างอิง.....	68
ภาคผนวก ก.....	70
ภาคผนวก ข.....	72
ภาคผนวก ค.....	82
ภาคผนวก ง.....	91
ภาคผนวก จ.....	115

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน.....	3
2.1 ค่าคงที่ในสมการความกว้างของเอกชลภาพ.....	18
3.1 แสดงที่ตั้งตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษาปี 2551.....	26
3.3 แสดงที่ตั้งตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาปี 2551.....	27
3.4 ข้อจำกัดของค่าตัวแปรของแบบจำลองต่างๆ ในโปรแกรม HEC-HMS.....	30
4.1 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอบเทียบ โปรแกรมปี 2551.....	33
4.2 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอบเทียบ โปรแกรมกรณีที่ 1.....	34
4.3 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอบเทียบ โปรแกรมกรณีที่ 2.....	35
4.4 ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำป่า.....	37
4.5 ชุดดินที่พบบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำป่า.....	37
4.6 ค่า CN เฉลี่ย ของพื้นที่ลุ่มน้ำป่า กรณี AMC II และ $I_a = 0.2S$	37
4.7 ค่า Parameter ที่ได้จากการปรับเทียบ โดยวิธี SCS Curve Number.....	38
จากข้อมูลปี 2551	
4.8 ค่า Parameter ที่ได้จากการปรับเทียบ โดยวิธี Snyder Unit Hydrograph.....	38
จากข้อมูลปี 2551	
4.9 ค่า Parameter ที่ได้จากการปรับเทียบ โดยวิธี Recession จากข้อมูลปี 2551.....	39
4.10 ค่า Parameter ที่ได้จากการสอบเทียบ โดยวิธี Muskingum จากข้อมูล.....	39
ปี 2551	
4.11 ผลสอบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1).....	41
จากโปรแกรมกับข้อมูลปี 2551 ใน กรณีที่ 1	
4.12 ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจาก โปรแกรมในพื้นที่ลุ่มน้ำข้างข้อมูลปี 2551.....	43
ในกรณีที่ 1	
4.13 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Run จาก โปรแกรม HEC-HES.....	44
ใน ปี 2551 ในกรณีที่ 1 ณ จุดรวมน้ำป่าและน้ำข้าง	
4.14 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Run จาก โปรแกรม HEC-HES.....	45
ใน ปี 2551 ในกรณีที่ 1 ณ จุดออกแม่น้ำน่าน	

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.15 ผลสอบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1).....	48
จากโปรแกรมกับข้อมูลปี2551ในกรณีที่ 2	
4.16 ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากโปรแกรมในพื้นที่ลุ่มน้ำข้างข้อมูลปี2551.....	50
ในกรณีที่ 2	
4.17 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Runจากโปรแกรม HEC-HES.....	51
ใน ปี2551ในกรณีที่2 ณ จุดรวมน้ำป่าและน้ำข้าง	
4.18 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Runจากโปรแกรม HEC-HES.....	52
ใน ปี2551ในกรณีที่2 ณ จุดออกแม่น้ำน่าน	
4.19 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการเปรียบเทียบ โปรแกรมปี2549.....	54
4.20 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอบเทียบ โปรแกรมกรณีที่ 1.....	54
4.21 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอบเทียบ โปรแกรมกรณีที่ 2.....	57
4.22 ผลเปรียบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1).....	59
จากโปรแกรมกับข้อมูลปี2549ใน กรณีที่1	
4.23 ผลสอบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1).....	62
จากโปรแกรมกับข้อมูลปี2549ในกรณีที่ 2	
4.24 สรุปผลสอบเทียบแบบจำลอง.....	64
ค1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและความลึกน้ำท่าที่หมายเลข โค้งน้ำท่า.....	86
ค2 การจัดระดับความขึ้นก่อนหน้า (AMC) ของพื้นที่ตามวิธีของ SCS.....	87
ค3 ความสัมพันธ์ของค่า CN ตามการจัดระดับความขึ้นก่อนหน้า (AMC).....	87
ค4 โค้งตัวเลข (CN) สำหรับพื้นที่ทำการเกษตร กรณี AMC II และ $I_a = 0.2S$	88
ค5 ค่าโค้งตัวเลข (CN) สำหรับพื้นที่รับน้ำในเขตเมือง.....	89
ง1 ผลสอบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1).....	91
จาก โปรแกรมกับข้อมูลปี2551 ในกรณีที่1	
ง2 ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากโปรแกรมในพื้นที่ลุ่มน้ำข้างข้อมูลปี2551ในกรณีที่ 1.....	94
ง3 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Runจาก.....	97
โปรแกรม HEC-HESใน ปี2551 ณ จุดรวมน้ำป่าและน้ำข้าง ในกรณีที่1	
ง4 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Runจากโปรแกรม HEC-HES.....	100
ใน ปี2551ในกรณีที่1 ณ จุดออกแม่น้ำน่าน กรณีที่1	

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
จ5 ผลสอบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1).....	103
จากโปรแกรมกับข้อมูลปี2551ในกรณีที่ 2	
จ6 ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากโปรแกรมในพื้นที่ลุ่มน้ำวังข้อมูลปี2551ในกรณีที่ 2.....	106
จ7การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Runจาก.....	109
โปรแกรม HEC-HESใน ปี2551 ณ จุดรวมน้ำปัวและน้ำขวัง กรณีที่2	
จ8 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Runจาก โปรแกรม HEC-HES.....	112
ในปี2551 ณ จุดออกแม่น้ำน่าน กรณีที่2	
จ1 ผลสอบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1).....	115
จากโปรแกรมกับข้อมูลปี2549 กรณีที่1	
จ2 ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากโปรแกรมในพื้นที่ลุ่มน้ำวังข้อมูลปี2549ในกรณีที่ 1.....	119
จ3การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Run.....	123
จากโปรแกรม HEC-HESใน ปี2549 ณ จุดรวมน้ำปัวและน้ำขวัง กรณีที่1	
จ4 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Runจาก โปรแกรม HEC-HES.....	127
ใน ปี2549 ณ จุดออกแม่น้ำน่าน กรณีที่1	
จ5 ผลสอบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1).....	131
จากโปรแกรมกับข้อมูลปี2549กรณีที่ 2	
จ6 ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากโปรแกรมในพื้นที่ลุ่มน้ำวังข้อมูลปี2549.....	135
กรณีที่ 2	
จ7การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Run.....	139
จากโปรแกรม HEC-HESใน ปี2549 ณ จุดรวมน้ำปัวและน้ำขวัง กรณีที่2	
จ8 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Runจาก โปรแกรม HEC-HES.....	143
ใน ปี2549 ณ จุดออกแม่น้ำน่าน กรณีที่2	

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนผังวงจรอุทกวิทยา.....	4
2.2 วิธีแยกการไหลออกพื้นฐานจากชลภาพน้ำท่า.....	12
2.3 เอกชลภาพมาตรฐานของกลุ่มน้ำ.....	14
2.4 เอกชลภาพที่ต้องการ ($t_p \neq 5.5 t$)	16
2.5 ลักษณะการไหลหลากและการเก็บกักในลำน้ำแบบรูปลิ้นหรือปริซึม.....	20
2.6 แสดงชลภาพน้ำหลากไหลออก ด้วยค่า $X=0$ และ 0.5 เทียบกับชลภาพน้ำไหลเข้า.....	21
3.1 แผนผังวิธีการศึกษาสภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำน่าน โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์.....	23
HEC-HMS	
3.2 ที่ตั้งของพื้นที่ลุ่มน้ำและจุดทดสอบแบบจำลอง.....	24
3.3 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยฝ่ายซ้าย.....	25
3.4 แสดงโครงข่ายสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการเฉลี่ย ถ่วงน้ำหนักฮีเอสเซน.....	27
3.5 แสดงหน้าจอ โปรแกรม HEC-HMS ใน โหมด Basin Model.....	28
3.6 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำอำเภอป่า.....	29
3.7 แสดงขั้นตอนการสอบเทียบตัวแปรของแบบจำลอง.....	30
3.8 กราฟแสดง Initial Baseflow Recession.....	32
4.1 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคา.....	34
เปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝาง ปี 2551 กรณีที่ 1	
4.2 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาเปรียบเทียบกับ.....	34
ข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝางช่วงวันที่ 01 ก.ค. – 31 ส.ค. ของลุ่มน้ำป่า ปี 2551 กรณีที่ 1	
4.3 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาและ.....	36
สถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝาง ปี 2551 กรณีที่ 2	
4.4 แสดงการเลือกช่วงปริมาณข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคา.....	36
และสถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝาง	
ช่วงวันที่ 01 ก.ค. – 31 ส.ค. ของลุ่มน้ำป่า ปี 2551 กรณีที่ 2	
4.5 ผลสอบเทียบโปรแกรมระหว่างกราฟน้ำท่าข้อมูลและน้ำท่า.....	40
จากโปรแกรมลุ่มน้ำป่า(J-1)ปี 2551 กรณีที่ 1	
4.6 ข้อมูลน้ำฝนอุทยานฯภูคาสอบเทียบกราฟน้ำท่าที่ได้.....	40
จากโปรแกรมHEC – HMS ของลุ่ม น้ำป่า ปี 2551 กรณีที่ 1	

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 การสอบเทียบความสัมพันธ์น้ำท่าจากโปรแกรม HEC – HMS.....	42
และจากข้อมูล ปี 2551 กรณีที่ 1	
4.8 ข้อมูลน้ำฝนอุทยานฯถูกเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าที่ได้.....	42
จากโปรแกรมHEC – HMS ของลุ่มน้ำขวัง ปี2551 กรณีที่ 1	
4.9 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าจากโปรแกรมในกรณีที่ 1.....	46
4.10 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าจากโปรแกรม.....	46
ณ จุดออกแม่น้ำน่านในกรณีที่ 1 กรณีที่ 1	
4.11 ผลสอบเทียบโปรแกรมระหว่างกราฟน้ำท่าข้อมูล.....	47
และน้ำท่าจากโปรแกรมลุ่มน้ำปัว(J-1)ปี 2551กรณีที่ 2	
4.12 ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าที่ได้.....	47
จากโปรแกรมHEC – HMS ของลุ่มน้ำปัว ปี2551 กรณีที่ 2	
4.13 การสอบเทียบความสัมพันธ์น้ำท่าจากโปรแกรม HEC – HMS.....	49
และจากข้อมูล ปี 2551 กรณีที่ 2	
4.14 ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าที่ได้.....	49
จาก โปรแกรมHEC – HMS ของลุ่มน้ำขวัง ปี2551 กรณีที่ 2	
4.15 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าจากโปรแกรมในกรณีที่ 2.....	53
4.16 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าจากโปรแกรม	53
ณ จุดออกแม่น้ำน่านในกรณีที่ 2	
4.17 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯถูก.....	55
เปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝาง ปี2549 กรณีที่ 1	
4.18 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯถูกเปรียบเทียบ.....	55
ข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝางช่วงวันที่ 01 ก.ค. – 30 ก.ย. ของลุ่มน้ำปัว ปี 2549 กรณีที่ 1	
4.19 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าจากโปรแกรม.....	56
ณ จุดออกแม่น้ำน่าน ปี2549 ในกรณีที่ 1	
4.20 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯถูก.....	57
และสถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝาง ปี2549	
กรณีที่ 2	

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.21 แสดงการเลือกช่วงปริมาณข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯ.....57	
และสถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝางช่วง	
วันที่ 01 ก.ค. – 30 กันยายน. ของลุ่มน้ำปีว ปี 2549 กรณีที่ 2	
4.22 ผลสอบเทียบโปรแกรมระหว่างกราฟน้ำท่าข้อมูลและน้ำท่า.....58	
จากโปรแกรมลุ่มน้ำปีว(J-1)ปี 2549 กรณีที่ 1	
4.23 ข้อมูลน้ำฝนอุทยานฯทดสอบเทียบกราฟน้ำท่าที่ได้จากโปรแกรมHEC – HMS.....58	
ของลุ่มน้ำปีว ปี2549 กรณีที่ 1	
4.24 การสอบเทียบความสัมพันธ์น้ำท่าจากโปรแกรม HEC – HMS และจากข้อมูล ปี 2549.....60	
4.25 ผลเปรียบเทียบโปรแกรมระหว่างกราฟน้ำท่าข้อมูลและน้ำท่า.....61	
จากโปรแกรมลุ่มน้ำปีว(J-1)ปี 2549 กรณีที่ 2	
4.26 ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าที่ได้จากโปรแกรมHEC – HMS.....61	
ของลุ่มน้ำปีว ปี2549 กรณีที่ 2	
4.27 การสอบเทียบความสัมพันธ์น้ำท่าจากโปรแกรม HEC – HMS และจากข้อมูล.....63	
ปี 2549กรณีที่ 2	
4.28 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าจากโปรแกรม.....64	
ณ จุดออกแม่น้ำน่านในกรณีที่ 2	
ก1 แสดงรูปแบบการคำนวณน้ำท่าจากพื้นที่รับน้ำในแบบจำลองHEC-HMS.....71	
ข1 Create a new project.....72	
ข2 Enter a project name, a project description, location of project files72	
and the default unit system	
ข3 Open the basin model manager.....73	
ข4 Create a new basin model.....73	
ข5 Hydrologic element tools.....74	
ข6 Component editor for a sub basin element.....75	
ข7 ค่า Parameter โดยวิธี SCS Curve Number.....75	
ข8 ค่า Parameter โดยวิธี Snyder Unit Hydrograph.....76	
ข9 ค่า Parameter โดยวิธี Recession.....76	

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข10 Open the meteorologic model manager.....	76
ข11 Create a new meteorologic model.....	77
ข12 Component editor for a meteorologic model.....	77
ข13 Adding subbasin elements to a meteorologic model.....	78
ข14 Open control specifications model manager.....	78
ข15 Create a new control specifications model.....	79
ข16 Control specifications.....	79
ข17 Open input data managers.....	80
ข18 Create a new Time-Series Data.....	80
ข19 เลือกวิธีนำเข้าข้อมูล, กำหนดหน่วยของข้อมูลและเลือกช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล.....	81
ข20 กำหนดวัน เดือน ปี และเวลาที่เริ่มต้น – สิ้นสุดของข้อมูล.....	81
ข21 การใส่ข้อมูล.....	82
ข22 กราฟแสดงผลข้อมูล.....	83
ข23 การสร้าง Simulation run.....	83
ข24 Selecting a simulation run.....	84
ข25 Computing the selected simulation run.....	84
ข26 ผลการ Run โปรแกรม.....	85

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

กม.	=	กิโลเมตร
ชม.	=	เซนติเมตร
ตร.ม.	=	ตารางเมตร
ม.	=	เมตร
มม.	=	มิลลิเมตร
ลบ.ม./วินาที	=	ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
ล้าน ลบ.ม./วัน	=	ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ว-ค-ป	=	วัน – เดือน – ปี
A	=	พื้นที่รับน้ำ
CN	=	โค้งตัวเลข
Δs	=	ผลต่างการเก็บกัก
I	=	น้ำไหลเข้า
L	=	ระยะจากจุดออกบนลำน้ำหลักไปจนถึงจุดไกลสุดของลำน้ำ
L_c	=	ระยะจากจุดออกบนลำน้ำหลักไปจนถึงจุดศูนย์ถ่วงของลำน้ำ
Q	=	น้ำไหลออก
Q_p	=	อัตราการไหลสูงสุด
S	=	ปริมาณกักเก็บ
SCS	=	Soil Conservation Service
t_p	=	เวลาจากจุดเริ่มต้นถึงอัตราการไหลสูงสุด
UH	=	Unit hydrograph หรือ เอกชลภาพ
Base flow	=	การไหลพื้นฐาน
Direct runoff	=	น้ำท่าที่เกิดจากฝนส่วนเกิน
Duration	=	ระยะเวลาของฝนตกส่วนเกิน
Excess rainfall	=	น้ำฝนที่จะกลายเป็นน้ำท่าไหลตรง
Hydrograph	=	กราฟแสดงระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำเทียบกับเวลา
Hydrologic cycle	=	วงจรอุทกวิทยา
Precipitation	=	น้ำจากอากาศ, น้ำฝน
Stream flow	=	น้ำท่า

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากในจังหวัดน่าน ประสบปัญหาปริมาณกักเก็บน้ำในฤดูแล้งไม่เพียงพอ และมีน้ำหลากในช่วงฤดูฝน สาเหตุคาดว่ามาจากปริมาณตะกอนทับถมบริเวณเหนือสันฝายมีปริมาณมาก และปริมาณตะกอนจะมีการทับถมในระยะเวลาอันรวดเร็ว ส่งผลให้การคำนวณค่าระดับน้ำในบริเวณเหนือสันฝายมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ทำให้การจัดสรรน้ำเพื่อการเพาะปลูกจะทำได้ยาก และ เมื่อถึงฤดูน้ำหลากระยะเวลาในการชะลอน้ำของฝายจะทำได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ในการศึกษาได้เลือกใช้แบบจำลอง HEC – HMS ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงการเกิดน้ำท่าจากผลทางอุทกวิทยา ข้อมูลที่ใช้คือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ข้อมูลการระเหยรายเดือน และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่า ในลักษณะกราฟที่แสดงการผันแปรของปริมาณน้ำท่าตามเวลาที่ผ่านไป หรือกราฟน้ำท่า (Hydrograph)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ประเมินปริมาณน้ำท่ารายวัน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จากสถิติข้อมูลน้ำฝน ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน และข้อมูลการระเหยรายเดือน จากสถานีวัดน้ำท่าข้างเคียง โดยการประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC – HMS
2. เพื่อทำการเปรียบเทียบมาตรฐานและตรวจสอบพารามิเตอร์ (Calibration and Verification) ของแบบจำลอง HEC - HMS
3. เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษา โดยใช้แบบจำลอง HEC – HMS กับผลการศึกษาที่ผ่านมา

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาไปใช้กับพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูลน้ำฝนน้ำท่าได้
2. ผลที่ได้จากแบบจำลอง HEC – HMS สามารถทราบถึงองค์ประกอบของน้ำท่า เช่น Overland flow , Inter flow และ Base flow ซึ่งสามารถดูผลได้จากกราฟทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการหาค่าเหล่านี้อีก
3. สามารถนำการคำนวณโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC – HMS ไปเป็นข้อมูลด้านเข้าของโปรแกรมอื่น ๆ ได้ เช่น HEC – RAS เพื่อศึกษาลักษณะหน้าตัดการไหล เป็นต้น

1.4 ขอบเขตการทำโครงการ

1. ศึกษาวิธีการหาค่าเฉลี่ยน้ำฝนในพื้นที่ลุ่ม
2. ศึกษาปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยที่มีสถานีวัดน้ำท่าและมีการจัดเก็บข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน
3. ศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ของสถานีวัดน้ำฝนในบริเวณใกล้พื้นที่ ที่การจัดเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน เพื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายวัน
4. ศึกษาการทำ Synthetic Unit Hydrograph กรณีที่ลุ่มน้ำไม่มีสถานีวัดน้ำท่าโดยวิธีของ Synder

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การศึกษาสภาพอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำย่อย โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-HMS ประกอบด้วยวิธีการศึกษา 4 ขั้นตอน คือ

1. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ(Topography) ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศทางกายภาพของสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ที่ทำการสำรวจโดยจะเลือกพื้นที่อำเภอบัว ซึ่งมีทั้งแบ่งออกเป็น 12 ตำบล

ข้อมูลน้ำฝน(Rainfall Data) การรวบรวมข้อมูลสถิติน้ำฝน ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งแบบจำลอง HEC-HMS สามารถนำเข้าข้อมูลฝนที่ความละเอียดของข้อมูลตั้งแต่รายนาที่จนถึงรายหนึ่งวัน ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ข้อมูลฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน จำนวน 3 สถานี แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยวิธี Thiessen Method และมีช่วงของข้อมูลเฉลี่ยในปี 2549, 2551 โดยกำหนดรหัสแทนชื่อสถานีวัดน้ำฝนประกอบด้วยตัวเลข 5 ตัว เลขหลักหมื่นและหลักพันหมายถึง ชื่อจังหวัด เลขหลักร้อย และ หลักสิบ หมายถึง ชื่อสถานีวัดน้ำฝน เลขหลักหน่วย หมายถึง ชื่อหน่วยงานเจ้าของสถานี

ข้อมูลน้ำท่าราย(Runoff Data) การรวบรวมข้อมูลสถิติน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลปริมาณน้ำท่า เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับผลการคำนวณปริมาณการไหล ซึ่งเป็นสถานีของกรมชลประทาน โดยได้เลือกสถานีวัดน้ำท่า จำนวน 1 สถานี สถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง อ.บัว จ.น่าน

2. ทำการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง
3. เสนอผลที่ได้และวิจารณ์
4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตาราง 1.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
-ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เขียนโครง ร่างการทำงาน	←→				
-ศึกษาวิธีการใช้แบบจำลอง HEC - HMS	←→				
-เก็บรวบรวมข้อมูลจากกรมอุตุและ อุทกวิทยา (ศูนย์อุตุนิยมและ บริหารน้ำ ภาคเหนือตอนล่าง และสำนักงานอุทกวิทยภาค จ. น่าน)		←→			
-วิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บมาโดยใช้ แบบจำลอง HEC - HMS และตรวจสอบผลที่ได้			←→		
-ทำรายงานและส่งรายงานฉบับ โครงร่างพร้อมทั้งการแก้ไข ปรับปรุง		←→			→
-ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์					←→

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1. ค่าจัดทำรูปเล่ม	800 บาท
2. ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์	500 บาท
3. ค่าสำเนาเอกสารข้อมูล A3 , A4	500 บาท
4. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	200 บาท
รวมเป็นเงิน	2,000 บาท (สองพันบาทถ้วน)

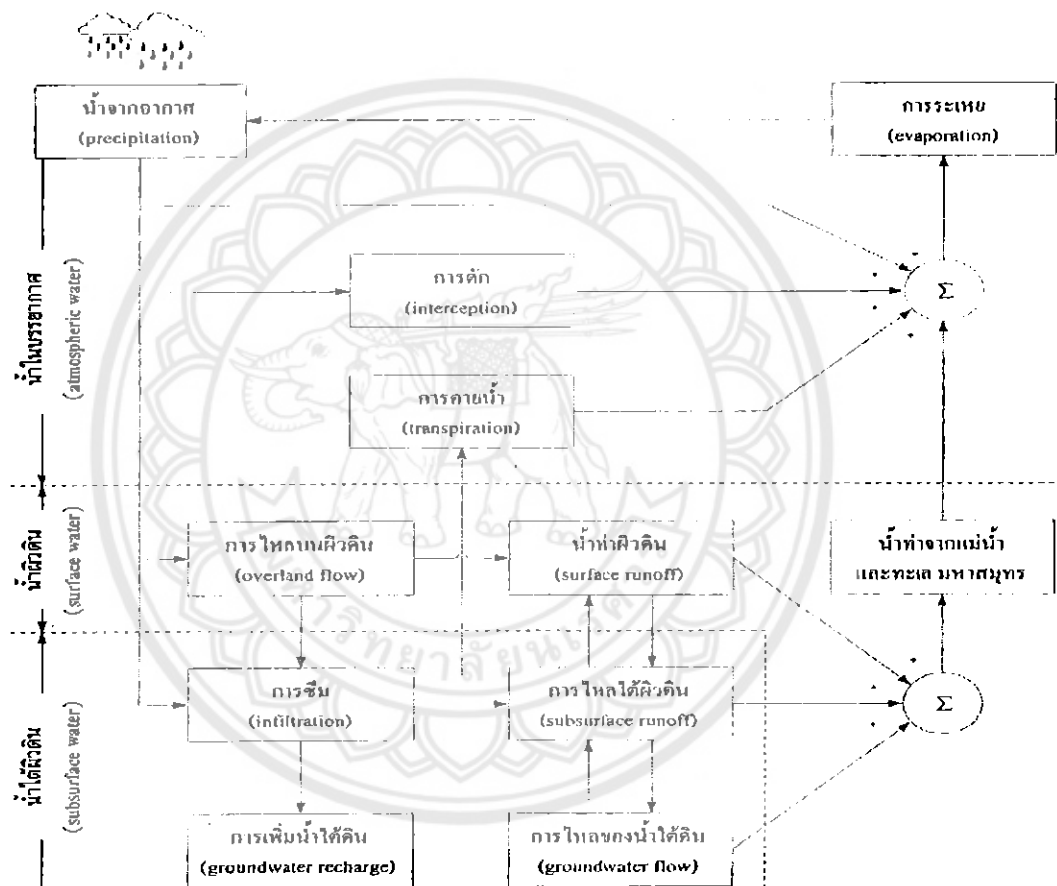
หมายเหตุ : ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 วงจรอุทกวิทยา(Hydrologic cycle)

วงจรอุทกวิทยาเป็นศูนย์รวมในการศึกษาอุทกวิทยาโดยวงจรอุทกวิทยาเป็นวงจรที่ไม่มีจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของกระบวนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในโลก เพราะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งภาพรวมของวงจรอุทกวิทยาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนผังวงจรอุทกวิทยา

2.2 ฝน(Rain)

น้ำจากอากาศที่ตกลงมาจะเป็นข้อมูลดิบ (Input Data) ของระบบอุทกวิทยา การวิเคราะห์อุทกวิทยาใดๆ ก็ตาม จำเป็นจะต้องมีการเตรียมและ เรียบเรียงข้อมูลให้อยู่ในสภาพที่จะเป็นข้อมูลดิบของระบบนั้นได้ ข้อมูลน้ำจากอากาศอาจจะมีทั้งแบบการบันทึกที่เป็นระยะเวลานานและข้อมูลเฉพาะพายุใดพายุหนึ่ง ถึงอย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำจากอากาศ ส่วนใหญ่จะพิจารณาเฉพาะการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพายุฝน โดยเฉพาะ ซึ่งจะไม่รวมถึงการนำอนุกรมเวลามาใช้ ในการวิเคราะห์ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบระยะเวลานาน ยกเว้นเฉพาะกรณีการใช้ double mass curve ในการตรวจสอบความเชื่อถือได้ ของข้อมูลเท่านั้น น้ำจากอากาศก็จะกล่าวถึงน้ำฝนเท่านั้น

2.2.1 การวิเคราะห์เฉพาะจุดหรือสถานี

ข้อมูลน้ำฝนในประเทศไทยส่วนใหญ่จะพิมพ์เป็นตารางข้อมูลรายวัน หน่วยราชการที่ทำการเก็บข้อมูลน้ำฝนหลาย ๆ สถานีทั่วประเทศก็คือ กรมอุตุนิยมวิทยา การพลังงานแห่งชาติ กรมชลประทาน เป็นต้น สถานีวัดน้ำฝนจำนวนมากไม่สามารถเก็บข้อมูลติดต่อกันได้เป็นเวลานานๆจะมีช่วงระยะเวลาหนึ่งที่ข้อมูลขาดหายไป ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น เครื่องวัดชำรุด ลืมเก็บข้อมูล หรือลืมนำไปชั่วคราวหรือถาวร ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องประมาณค่าข้อมูลที่หายไปนั้น การประมาณค่าของข้อมูลที่หายไปนั้นทำได้ 3 วิธี

- หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากสถานีใกล้เคียงอย่างน้อย 3 สถานี
- หาค่าจากเส้นชั้นความลึกน้ำฝน(isohyets)
- หาค่าโดยวิธีสัดส่วนปกติ (normal-ratio-method)

วิธีสัดส่วนปกตินี้จะใช้ในกรณีที่ข้อมูลน้ำฝนแตกต่างกันมากในแต่ละสถานี ซึ่งใช้ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนตลอดปี (normal annual rainfall) เป็นเกณฑ์การเปรียบเทียบ ถ้าค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนตลอดปีของสถานีใกล้เคียง 3 สถานีที่จะนำข้อมูลมาเฉลี่ยหาข้อมูลของสถานีที่ขาดหายไบนั้นแตกต่างกัน 10 % ของสถานีที่ข้อมูลหายไป ก็คำนวณหาข้อมูลที่หายไปด้วยการเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์จาก 3 สถานีใกล้เคียงนั้น แต่ถ้าหากค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนตลอดปีของสถานีทั้ง 3 ต่างเกินกว่า 10 % จะใช้วิธีสัดส่วนปกติซึ่งข้อมูลน้ำฝนของสถานีใกล้เคียงที่เลือกมาใช้งานเฉลี่ยโดยใช้อัตราส่วนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีที่ข้อมูลขาดหายไกับสถานีใกล้เคียง

2.2.2 การตรวจสอบการเชื่อถือได้ของข้อมูล

การเปลี่ยนแปลงสถานีที่ตั้งเครื่องวัด สภาพแวดล้อม เครื่องวัดและวิธีการเก็บข้อมูลอาจทำให้ข้อมูลที่เกิดขึ้นมาเปลี่ยนแปลงได้ โดยปกติแล้วการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะไม่เปิดเผยหรือทราบได้ทันทีจากข้อมูลที่เกิดขึ้นมา ดังนั้นการที่จะนำข้อมูลในระยะเวลานานๆ ไปใช้จะต้องมีการตรวจสอบความเชื่อถือได้ (consistency) ของข้อมูลเหล่านั้นเสียก่อน วิธีที่นิยมใช้ในการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลดังกล่าวคือ Double mass analysis เป็นวิธีตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลน้ำฝน โดยการเปรียบเทียบค่าสะสมของปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีที่จะตรวจสอบกับค่าสะสมที่เกี่ยวข้องของสถานีต่างๆ ที่ตั้งอยู่รอบๆ การเปรียบเทียบกระทำได้โดยพล็อตค่าสะสมของปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีที่ต้องการตรวจสอบกับค่าเฉลี่ยของค่าสะสมปริมาณน้ำฝนรายปีจากสถานีต่างๆ บนกระดาษกราฟ หากข้อมูลเชื่อถือได้ กราฟที่พล็อตได้จะเป็นเส้นตรงมีความลาดเทเดียวตลอด

2.3 การวิเคราะห์การแจกแจงปริมาณน้ำฝนตามพื้นที่

ในการวิเคราะห์ประเภทนี้ ปริมาณน้ำฝนที่วัดทุกสถานีในพื้นที่ใดๆ จะนำมาวิเคราะห์รวมกันเพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยของในที่เกิดลงในพื้นที่นั้น เนื่องจากคำว่าเฉลี่ยคือ Average หรือ Mean ได้ใช้บ่อยครั้งในอุทกวิทยา ในกรณีความลึกเฉลี่ยของน้ำฝน จึงนิยมใช้คำว่า Equivalent Uniform depth หรือชื่อย่อว่า EUD และเรียกเป็นภาษาไทยว่า ความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่า คำจำกัดความของความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าของน้ำฝนก็คือ ความลึกของน้ำซึ่งเกิดจากน้ำฝนหรือน้ำจากอากาศที่สมมุติให้ตกสม่ำเสมอเทียบเท่าทั่วพื้นที่ที่ฝนตก คำว่า EUD นี้ Johnstone และ Cross ได้แนะนำให้ใช้นานกว่า 20 ปีแล้ว ความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่านี้จะนำไปใช้คำนวณหาปริมาตรของน้ำฝนจากพื้นที่รับน้ำฝนซึ่งจะเป็นข้อมูลดิบในระบบพื้นที่ลุ่มน้ำในการเปรียบเทียบกับปริมาตรของน้ำท่าจากลุ่มน้ำ การคำนวณความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าของน้ำฝนนั้น กระทำได้ 3 วิธีด้วยกัน

2.3.1 การเฉลี่ยด้วยวิธีคณิตศาสตร์(Arithmetic average)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด วิธีการคือ เฉลี่ยปริมาณน้ำฝนด้วยการรวมปริมาณน้ำฝนทุกสถานีแล้วหารด้วยจำนวนสถานีวัดน้ำฝน ก็จะได้ค่าเฉลี่ยความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าตามต้องการ สถานีวัดน้ำฝนที่ใช้จะเป็นสถานีที่ตั้งอยู่ภายในเส้นขอบเขตลุ่มน้ำเท่านั้น จะเห็นว่าวิธีนี้จะได้ผลถูกต้องดีนั้น พื้นที่ลุ่มน้ำจะค่อนข้างราบเรียบ สถานีวัดน้ำฝนติดตั้งกระจายสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำ และในแต่ละสถานีจะบันทึกปริมาณน้ำฝนไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยมากนัก ขีดจำกัดของวิธีนี้อาจจะทำให้ลดน้อยลงได้ด้วยการนำเอาสภาพของภูมิประเทศมาพิจารณาในการเลือกที่ตั้งสถานีด้วย

2.3.2 วิธีเฉลี่ยธีเอสเซน (Thiessen average)

วิธีนี้พยายามลดปัญหาความไม่สม่ำเสมอในการกระจายที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนโดยคำนึงถึงขนาดของพื้นที่ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของแต่ละสถานี การกำหนดว่าสถานีใดจะคลุมพื้นที่เท่าใดหรือมีอิทธิพลในพื้นที่เท่าใดนั้นให้สร้างรูปสามเหลี่ยมธีเอสเซน (Thiessen polygon) ล้อมรอบสถานีนั้นๆ เป็นขอบเขตไว้

หลักในการสร้างสามเหลี่ยมธีเอสเซนก็คือ ลากเส้นตรงแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับเส้นเชื่อมระหว่าง 2 สถานีใกล้เคียงกัน เส้นเหล่านี้และในบางครั้งเส้นขอบเขตของกลุ่มน้ำจะประกอบกันเป็นรูปสามเหลี่ยม จุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งตั้งฉากดังกล่าวคือ มุมของรูปสามเหลี่ยมนั่นเอง พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมของแต่ละสถานีหารด้วยพื้นที่ของกลุ่มน้ำทั้งหมดจะเป็นตัว weighting factor สำหรับแต่ละสถานีนั้น

จะเห็นว่าวิธีนี้มีหลักเกณฑ์คือการเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ซึ่งใช้หลักการเฉลี่ยโดยสมมุติว่าแต่ละสถานีมีความสำคัญเท่ากัน วิธีเฉลี่ยธีเอสเซนเหมาะสำหรับพื้นที่กลุ่มน้ำขนาดใหญ่ ข้อที่จะทำให้ผลการคำนวณผิดพลาดได้ง่ายก็คือ สถานีที่คลุมพื้นที่มาก ถ้าวัดปริมาณน้ำฝนผิดพลาดก็จะทำให้ค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อนมากด้วย นอกจากนั้นวิธีการนี้คำนึงถึงระยะทางระหว่างสถานีเป็นหลักการสร้างรูปสามเหลี่ยมโดยไม่คำนึงถึงสภาพภูมิประเทศแต่อย่างใด ดังนั้นหากพื้นที่กลุ่มน้ำมีลักษณะลุ่มๆ ดอนๆ หรือมีภูเขามาก จะทำให้การหาความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าผิดพลาดได้ง่าย ข้อเสียอีกประการหนึ่งของวิธีนี้ก็คือ จะต้องสร้างรูปสามเหลี่ยมใหม่ทุกครั้ง หากโครงข่ายหรือจำนวนสถานีกลุ่มน้ำเปลี่ยนแปลงไป

2.3.3 วิธีเฉลี่ยด้วยเส้นชั้นน้ำฝน

วิธีนี้เป็นวิธีที่ค่อนข้างจะละเอียดถูกต้องในการคำนวณหาความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าของปริมาณน้ำฝน เพราะใช้เส้นชั้นน้ำฝนเป็นหลักซึ่งนับว่าแน่นอนและสมเหตุสมผลกว่าทั้ง 2 วิธีแรกที่กำลังกล่าวมาแล้ว เส้นชั้นน้ำฝนหรือ isohyets นั้นคือ เส้นที่ลากผ่านบริเวณที่มีความลึกของน้ำฝนเท่าๆกัน โดยประมาณ ที่ตั้งของสถานีและปริมาณน้ำฝนที่สถานีวัดได้จะเขียนลงบนแผนที่ จากนั้นก็ลากเส้นชั้นน้ำฝน ในขั้นแรกคำนวณค่าเฉลี่ยของน้ำฝนในพื้นที่ระหว่างเส้นชั้นน้ำฝนซึ่งปกติแล้วก็คือ ค่าเฉลี่ยของความลึกเส้นชั้นน้ำฝนทั้งสองนั่นเอง คูณค่าเฉลี่ยความลึกของน้ำฝนด้วยพื้นที่ระหว่างเส้นชั้นน้ำฝน และรวมกันให้ครบทุกเส้นชั้นน้ำฝน ความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าก็คือ ผลรวมดังกล่าวหารด้วยพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำนั่นเอง

สรุปแล้วจะเห็นว่าการคำนวณความลึกสมำเสมอเทียบเท่าของน้ำฝนด้วยวิธีเขียนเส้นชั้นน้ำฝนค่อนข้างจะยุ่งยาก แต่โดยหลักการแล้วจะเป็นวิธีที่ให้ผลเฉลี่ยถูกต้องมากที่สุด ข้อเสนอแนะสำหรับวิธีนี้ก็คือ การทำแผนที่เส้นชั้นน้ำฝนควรจะนำเอาความรู้เกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ โดยเฉพาะอิทธิพลของภูเขาที่มีปริมาณน้ำฝนมาพิจารณาด้วย นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงลักษณะของพายุฝนที่เกิดในลุ่มน้ำที่ศึกษาด้วย ความแม่นยำของวิธีนี้ขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้เขียนเส้นชั้นน้ำฝน ถ้าหากการเขียนเส้นชั้นน้ำฝนยึดหลักเปรียบเทียบสัดส่วนโดยตรงแล้วผลของความลึกสมำเสมอเทียบเท่าจะไม่แตกต่างจากผลที่ได้จากวิธีเอสเซนแต่อย่างใด สำหรับข้อดีอีกอันหนึ่งของวิธีนี้คือ สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสมำเสมอเทียบเท่าพื้นที่ของกลุ่มน้ำได้ ข้อเสียก็คือ ไม่ว่าโครงข่ายหรือจำนวนสถานีวัดน้ำฝนจะคงเดิมหรือเปลี่ยนแปลงก็ตามจะต้องมีการเขียนเส้นชั้นน้ำฝนทุกครั้งสำหรับแต่ละพายุฝนที่ศึกษา

2.4 การซึมลงดิน

การซึมลงดิน หมายถึง การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านผิวดินลงสู่ชั้นดิน ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านผิวดินเป็นองค์ประกอบสำคัญส่วนหนึ่งในวัฏจักรของน้ำ โดยทั่วไปฝนที่ตกลงบนพื้นโลกส่วนใหญ่จะเคลื่อนเข้าไปใต้ดิน บางส่วนอาจไหลผ่านผิวดินออกมาในรูปแบบต่างๆ บางส่วนจะเก็บสะสมเป็นความชื้นในดินหรือน้ำใต้ดิน การคาดหมายปริมาณและอัตราการซึมลงดินเป็นส่วนสำคัญในงานด้านอุทกวิทยา

อัตราการซึมลงดินวัดได้จากการสังเกตความสัมพันธ์ของน้ำฝนกับน้ำท่า เมื่อฝนตก น้ำบางส่วนจะเก็บกักตามพื้นผิวก่อนที่จะไหลออกเป็นน้ำท่า หลังจากฝนหยุดตก น้ำส่วนนี้จะระบายออกจากผิวดินไปจนหมดแต่ในขณะเดียวกัน ปริมาณน้ำส่วนหนึ่งจะซึมลงต่อเนื่องไปในดิน นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำบางส่วนจับอยู่บนต้นไม้ ต้นพืช และค้างอยู่ตามหลุมบ่อบางแห่ง ปริมาณน้ำที่สูญหายต่างๆ เหล่านี้ จะต้องนำมาประกอบการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าด้วย

2.4.1 การหาค่าอัตราการซึมลงดินโดยวิธี(SCS Curve Number)

2.3.1 การหาค่าอัตราการซึมลงดินโดยวิธี SCS Curve Number

ถูกออกแบบมาเพื่อใช้คำนวณปริมาณน้ำไหลออกเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ที่ดินและพิจารณาลักษณะของเนื้อดินเป็นหลัก โดยจะแบ่งพิจารณาปริมาณฝน (P) ที่ตกลงมาเป็นองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ปริมาณฝนส่วนเกิน ปริมาณการไหลออก (Q) การสูญเสียเริ่มแรก (Ia) และปริมาณการเก็บกัก (F)

หลักการพื้นฐานของวิธี SCS Curve Number พิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ในรูปของสมการ

$$\frac{F_a}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad (2.1)$$

เมื่อ S คือปริมาณเก็บกักสูงสุดไม่รวมค่าการสูญเสียเริ่มต้น

สมการที่ 2.1 สามารถประยุกต์ใช้ได้กับกรณีที่มีปริมาณฝนมากกว่าการสูญเสียเริ่มแรก ($P > I_a$) จากหลักการทรงมวลจะได้ว่า

$$F = P - Q - I_a \quad (2.2)$$

ถ้าจัดเทอม F ออกจากสมการ 2.1 และ 2.2 จะได้

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad \text{เมื่อ } P > I_a \quad (2.3)$$

การสูญเสียเริ่มแรก I_a มีความสัมพันธ์กับปริมาณการเก็บกักสูงสุด S ตามสมการ

$$I_a = 0.2S \quad (2.4)$$

จากสมการที่ 2.3 และ 2.4 จะได้

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (2.5)$$

จะสามารถหาการเก็บกักของน้ำในลุ่มน้ำได้ จากค่าเลขโค้ง (Curve number: CN จากตารางภาคผนวก ก2)

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad \text{หน่วยฝนและเก็บกักเป็นนิ้ว} \quad (2.6)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{หน่วยฝนและเก็บกักเป็นมิลลิเมตร} \quad (2.7)$$

2.5 กราฟน้ำท่า

งานวิศวกรรมทางด้านอุทกวิทยาจะเกี่ยวกับการศึกษาน้ำท่าในสามลักษณะด้วยกัน คือ

1) ปริมาณการไหลรายเดือนหรือรายปี เพื่อศึกษาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำและการนำน้ำไปใช้

2) ปริมาณการไหลในช่วงน้ำน้อย (low flow) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับขีดจำกัดของการใช้น้ำในลำน้ำและการบริหารจัดการในฤดูแล้ง

3) ปริมาณการไหลในช่วงน้ำหลากหรือน้ำท่วม (flood) เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการบรรเทาหรือป้องกันความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมหรืออุทกภัย การศึกษาเกี่ยวกับการทำนายหรือการเกิดน้ำท่วม และการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบขนาดของน้ำท่วมสำหรับอาคารชลศาสตร์ต่างๆ ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์กราฟน้ำท่า และการนำกราฟน้ำท่าไปใช้คำนวณปริมาณน้ำหรือขนาดของน้ำท่วมสำหรับการออกแบบอาคารชลศาสตร์ต่างๆ

2.5.1 คุณลักษณะของกราฟน้ำท่า

กราฟน้ำท่า (hydrograph) คือกราฟที่แสดงการผันแปรของปริมาณน้ำหรือระดับน้ำตามเวลาปริมาณน้ำดังกล่าวประกอบด้วยการไหลตามผิวดิน และน้ำใต้ดิน ที่ไหลซึมผ่านผิวดินออกสู่แม่น้ำลำธาร กราฟน้ำท่าของกลุ่มน้ำใด ๆ จะรวมและแสดงสภาพต่าง ๆ ของกลุ่มน้ำเข้าไว้ด้วยกัน ดังนั้น ถ้าลักษณะประจำของกลุ่มน้ำเปลี่ยนแปลงไป กราฟน้ำท่าก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย

2.5.2 องค์ประกอบของกราฟน้ำท่า (Hydrograph components)

ปริมาณฝนหรือหยาดน้ำฟ้า (precipitation) เมื่อตกลงสู่พื้นดินที่จุดใด ๆ จะเกิดการสูญเสียในลักษณะต่าง ๆ คือการดัก (interception) ปริมาณน้ำขังตามหลุมบ่อ (depression storage) น้ำรอการไหลตามผิวดิน (detention storage) การซึมลงดิน (infiltration) การระเหย (evaporation) และการคายระเหย (evapotranspiration) ปริมาณน้ำฝนส่วนที่หักการสูญเสียต่าง ๆ ออกไปแล้ว เรียกว่า ปริมาณฝนส่วนเกิน (rainfall excess) จะเกิดการไหลออกเป็นน้ำท่าผิวดิน (surface flow หรือ surface runoff หรือ direct runoff) ไหลออกสู่ลำน้ำ (channel)

น้ำส่วนที่ไหลซึมลงดินผ่านชั้นดินต่าง ๆ จนกระทั่งถึงชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากหรือชั้นดินตื้นน้ำ น้ำส่วนหนึ่งจะไหลไปตามความลาดชันดินจนกระทั่งบรรจบหรือไหลออกสู่แม่น้ำ ณ จุดซึ่งอยู่ห่างออกไปทางด้านท้ายน้ำจากบริเวณที่น้ำเริ่มไหลซึมลงดินมากพอสมควร ปริมาณน้ำส่วนนี้เรียกว่า ปริมาณน้ำท่าไหลใต้ผิวดิน (interflow) ซึ่งมีลักษณะการไหลที่ช้ากว่าน้ำท่าบนผิวดินมาก น้ำฝนบางส่วนจะไหลซึมลึก (percolation) ตามแรงดึงดูดของโลกลงไปจนถึงระดับน้ำใต้ดินและกลายเป็นส่วนหนึ่งของน้ำใต้ดิน ซึ่งมีโอกาสที่จะเคลื่อนตัวและไหลออกสู่ลำน้ำได้ ซึ่งปริมาณน้ำใน

ส่วนนี้ เรียกว่า น้ำใต้ดิน (ground water flow หรือ base flow หรือ dry weather flow) เนื่องจากน้ำใต้ดินเคลื่อนตัวช้ามาก จึงต้องใช้เวลานานกว่าจะไปปรากฏที่ลำน้ำ และลักษณะการปรากฏที่ลำน้ำ และลักษณะการปรากฏที่ลำน้ำจะไม่ทำให้กราฟน้ำท่าขึ้นลงรวดเร็วแต่อย่างใด

ความแตกต่างขององค์ประกอบกราฟน้ำท่าทั้งสาม ดังกล่าวข้างต้น อาจสังเกตหรือแบ่งออกได้ยาก น้ำท่าอาจเริ่มไหลไปตามผิวดิน และซึมลงไปในดินกลายเป็นน้ำใต้ดินก่อนจะไหลออกสู่ลำน้ำ ในทางตรงกันข้าม น้ำที่ไหลใต้ดินขนานไปกับชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยาก อาจไหลออกผิวดินกลายเป็นน้ำท่าที่ไหลบนผิวดินได้ถ้าหากมีชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากมาติดกับผิวดิน การเกิดน้ำที่ไหลใต้ผิวดิน (interflow) และน้ำใต้ดิน (base flow) นั้นจะแตกต่างกันในด้านอัตราการเร็วของการเคลื่อนที่สู่ลำน้ำ โดยน้ำที่ไหลใต้ดิน (interflow) จะเคลื่อนตัวสู่ลำน้ำได้เร็วกว่า

เพื่อความสะดวก โดยทั่วไปจะพิจารณาแบ่งปริมาณน้ำในลำน้ำทั้งหมดออกเป็น 2 ส่วน คือ น้ำท่าผิวดิน (direct runoff หรือ surface runoff) และน้ำใต้ดิน (base flow) การแบ่งดังกล่าวจะพิจารณาเวลาที่น้ำไหลจากจุดเริ่มต้นจนออกสู่ลำน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญกว่าการพิจารณาทางเดินของน้ำ ปริมาณน้ำส่วนที่เป็น direct runoff หมายถึงน้ำท่าที่ไหลบนผิวดินทั้งหมดรวมกับน้ำที่ไหลใต้ดินที่เคลื่อนตัวสู่ลำน้ำเร็วพอสมควร สำหรับ base flow ส่วนใหญ่จะหมายถึงน้ำใต้ดิน ที่มีอัตราการเคลื่อนตัวสู่ลำน้ำช้ากว่านั่นเอง

2.5.3 โค้งการลดลงของน้ำใต้ดิน (Ground water recession)

กราฟน้ำท่าช่วงขาลงด้านท้าย ๆ เป็นการไหลที่มาจากน้ำใต้ดิน ในการวิเคราะห์เพื่อแยกปริมาณน้ำท่าผิวดินและปริมาณน้ำใต้ดิน ทำได้โดยศึกษาจากโค้งการลดลงของน้ำใต้ดิน (groundwater recession หรือ depletion curve) ซึ่งแสดงอัตราการลดลงของ base flow โดยสมมุติว่ามีความสัมพันธ์แบบฟังก์ชัน exponential กับเวลาตามสมการ

$$q_t = q_0 K^t \quad (2.8)$$

หรือ

$$q_t = q_0 e^{-Kt} \quad (2.9)$$

เมื่อ

q_0 คืออัตราการไหลเริ่มต้นที่กำหนด

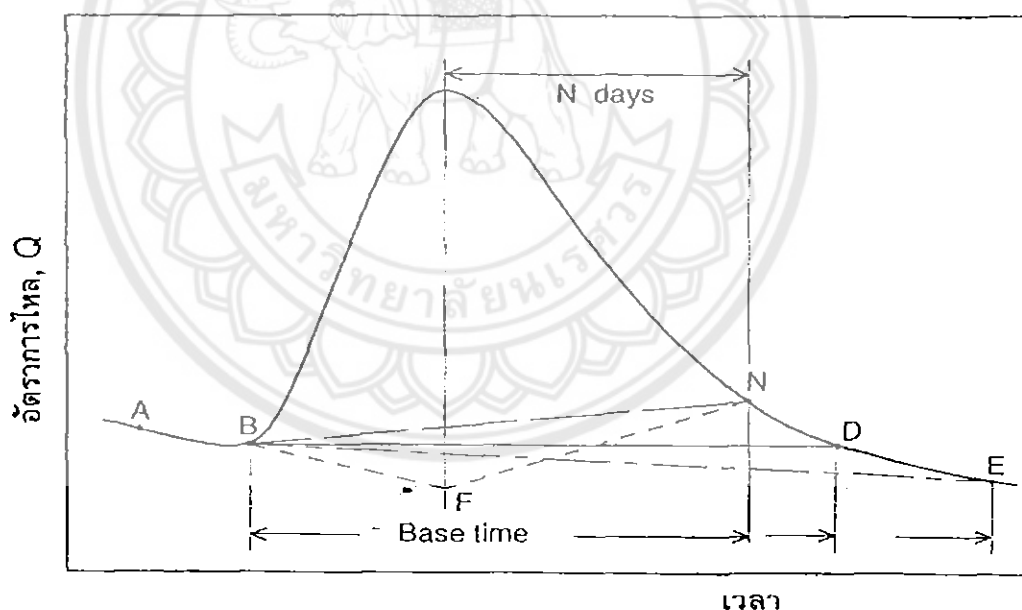
q_t คืออัตราการไหลเมื่อเวลา t หลังจากเกิดอัตราการไหล q_0

K คือค่าคงที่ของการลดลง (Recession constant)

หน่วยของเวลานิยมใช้หน่วยเป็น วัน แต่สำหรับลุ่มน้ำขนาดเล็ก อาจใช้หน่วยเวลาที่สั้นกว่าได้ (เป็นชั่วโมงหรือนาที) ค่าคงที่ K จะขึ้นอยู่กับหน่วยเวลาที่ใช้

2.5.3.1 การแยก Baseflow ออกจากปริมาณน้ำท่าทั้งหมดมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีอาจให้ผลการคำนวณที่แตกต่างกัน แต่ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากผลการคำนวณปริมาณน้ำใต้ดิน (base flow) จะมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำรวมไม่มากนัก โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีฝนตกหนัก ซึ่งปริมาณน้ำในลำน้ำส่วนใหญ่จะมากจากปริมาณน้ำท่าผิวดิน

2.5.3.2 direct runoff ที่เกิดจากพายุฝนลูกใดลูกหนึ่งจะเริ่มเกิดขึ้นและสิ้นสุดลงในลำน้ำ การเริ่มมี direct runoff จะสังเกตได้จาก 1) เส้นโค้งการลดลงของกราฟน้ำท่า (หรือช่วงขาน้ำลงของกราฟน้ำท่า) จะเริ่มสูงขึ้นทันทีทันใด 2) ก่อนที่กราฟน้ำท่าจะเริ่มสูงขึ้นนี้ จะมีฝนตกหนักก่อนหน้านั้นแล้ว สำหรับเวลาที่ direct runoff ของพายุฝนใดจะสิ้นสุดลงนั้น สังเกตได้โดยการพล็อตกราฟน้ำท่าช่วงขาน้ำลง (ข้อมูลช่วงท้ายๆ) ในกระดาษกราฟกึ่งล็อก (semi-logarithmic paper) โดยให้อัตราการไหลอยู่ในสเกลล็อกและเวลาอยู่ในสเกลปกติ จากหลักความจริงที่ว่า base flow จะแสดงลักษณะกราฟเส้นตรงในกระดาษกราฟกึ่งล็อก ดังนั้น เวลาที่โค้งของกราฟน้ำท่าเริ่มเบี่ยงเบนออกจากแนวเส้นตรง ก็คือเวลาที่ปริมาณการไหลอันเกิดจาก direct runoff สิ้นสุดลงโดยประมาณ จุดหรือเวลาที่ direct runoff สิ้นสุดลงนี้มีความสำคัญและนำไปใช้ในการพิจารณาแยก base flow ออกจากปริมาณน้ำท่ารวม ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละวิธีดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 วิธีแยกการไหลออกพื้นฐานจากชลภาพน้ำท่า

วิธีที่ 1 สมมุติว่าการไหลออกพื้นฐานมีค่าคงที่โดยการลากเส้นแนวนอนจากจุด B ไปตัดเส้นชลภาพที่จุด D (BD) วิธีนี้เหมาะสำหรับลำน้ำในเขตแห้งแล้งมีน้ำไหลในลำน้ำเป็นบางเวลา ในช่วงที่มีฝนตกเท่านั้น ฝนที่ตกลงมาส่วนใหญ่จะกลายเป็นการไหลหลากบนผิวดินลงลำน้ำ วิธีนี้จะไม่เหมาะสมถ้าหากทำให้ได้ช่วงเวลาที่เกิดการไหลหลากโดยตรง (Base time) นานเกินไป

วิธีที่ 2 คล้ายกับวิธีที่ 1 โดยการลากเส้นตรงจากจุด B ไปตัดส่วนของเส้นชลภาพน้ำท่าตรงช่วงที่เริ่มเข้าสู่แวนอน (BE) วิธีนี้ใช้ได้และมีข้อจำกัดเช่นเดียวกับวิธีที่ 1

วิธีที่ 3 เป็นวิธีที่กำหนดช่วงเวลาที่เกิดการไหลหลากโดยตรงของการไหลออกโดยตรง โดยให้หยุดที่เวลา N วันหลังจากจุดสูงสุดของชลภาพ การแยกทำได้โดยลากเส้นตรงจากจุด B ให้มีความลาดเอียงตามเส้นการไหลออกพื้นฐาน ก่อนที่เกิดการไหลหลากไปตัดกับเส้นเวลาที่เกิดการไหลสูงสุด (BF) จากนั้นลากเส้นตรงจากจุด F ไปยังจุด N บนเส้นชลภาพที่เวลา N วัน หลังจากการไหลสูงสุด (FN) วิธีนี้เหมาะสำหรับลำน้ำในเขตร้อนชื้น ซึ่งมีการไหลของน้ำท่าตลอดปีและฝนส่วนที่ตกลงบนลุ่มน้ำจะซึมลงอัดเสริมน้ำใต้ดินทำให้ปริมาณที่ไหลออกเป็นการไหลออกพื้นฐานมีมากขึ้น ค่าทั่วไปของ N สำหรับลำน้ำขนาดต่างๆสามารถคำนวณได้ดังนี้ (Linter, Kohler, Paulhus, 1975)

$$N = 0.84A^{0.2} \quad (2.10)$$

โดยที่ A คือ ขนาดของพื้นที่รับน้ำมีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

2.6 เอกชลภาพ(Unit Hydrograph)

ในปี 1932 Sherman ได้เสนอวิธีการหาชลภาพของการไหลหลากบนผิวดินออกจากพื้นที่รับน้ำ (direct runoff hydrograph) ที่เกิดจากฝนส่วนเกิน (excess rainfall หรือ effective rainfall) หนึ่งหน่วยซึ่งอาจจะเป็น 1 เซนติเมตร หรือ 1 นิ้ว ที่ตกอย่างสม่ำเสมอลงบนพื้นที่รับน้ำเป็นระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้น วิธีการของ Sherman ก็เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางและเรียกเก็บโดยทั่วไปว่าวิธีเอกชลภาพ (Unit hydrograph)

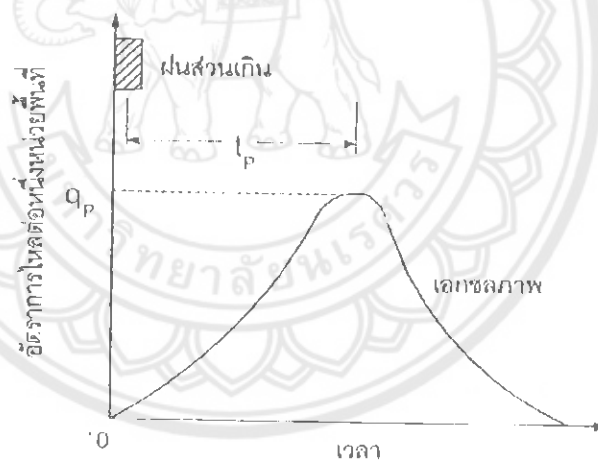
เอกชลภาพเป็นเสมือนคุณสมบัติรวมทางอุทกวิทยาของพื้นที่รับน้ำในการสนองตอบต่อฝนที่ตกลงบนพื้นที่รับน้ำเป็นระยะเวลาหนึ่ง (Duration) โดยการเปลี่ยนปริมาณฝนส่วนที่เหลือจากการสูญหายให้กลายเป็นการไหลหลากตามผิวดินออกจากพื้นที่รับน้ำ ระยะเวลาของเอกชลภาพ ซึ่งก็คือระยะเวลาของฝนส่วนเกินอาจจะเป็น นาที ชั่วโมง หรือวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่รับน้ำ ชลภาพที่เกิดจากฝนหนึ่งหน่วย (UH) ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางอุทกวิทยาของพื้นที่รับน้ำดังกล่าวที่สามารถนำเสนอให้อยู่ในรูปกราฟหรือตารางค่าอัตราการไหลของเอกชลภาพที่เวลาต่างๆ หลักการและสมมุติฐานที่ใช้ในวิธีการเอกชลภาพ (Unit hydrograph) ดังนี้

1. ฝนส่วนเกินมีอัตราการตกคงที่ และตกสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่รับน้ำ
2. ช่วงเวลาของการเกิดน้ำไหลออกโดยตรงที่เกิดจากฝนส่วนเกินระยะเวลาหนึ่งจะมีค่าคงที่ ถึงแม้ว่าการไหลออกโดยตรงจะมีปริมาณแตกต่างกันตามสัดส่วนของอัตราการตกของฝนส่วนเกิน
3. ลักษณะของ Hydrograph ที่เกิดจากฝนส่วนเกินระยะเวลาต่างๆ สะท้อนให้เห็นถึงคุณสมบัติของพื้นที่รับน้ำในส่วนที่ไม่เปลี่ยนแปลงในระยะสั้น
4. Hydrograph รวมที่เกิดจากฝนส่วนเกินที่มีระยะเวลาเท่ากันหลายลูก หาได้จากผลรวมของ hydrograph ย่อยที่เกิดจากฝนแต่ละลูก

2.7 การสังเคราะห์เอกชลภาพ

2.6.1 วิธีของ Snyder

Snyder ได้ศึกษาลุ่มน้ำหลายแห่งในบริเวณพื้นที่ราบสูงอัปป์ลาเซีย ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านตะวันออกของสหรัฐอเมริกา โดยข้อมูลที่ศึกษานี้มีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำอยู่ในช่วง 30 ถึง 30000 ตารางกิโลเมตร ผลการศึกษาพบว่าสำหรับลุ่มน้ำใดๆ จะมีเอกชลภาพมาตรฐานดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 เอกชลภาพมาตรฐานของลุ่มน้ำ

เอกชลภาพมาตรฐานหมายถึง เอกชลภาพที่มีช่วงเวลาฝนตก t_p สัมพันธ์กับเวลาในการเกิดอัตราการไหลสูงสุดนับจากกึ่งกลางของช่วงเวลาฝนตก ดังสมการ

$$t_p = 5.5t_r \quad (2.11)$$

สำหรับเอกชลภาพมาตรฐาน Snyder ยังพบว่า

$$t_p = C_1 C_i (LL_c)^{0.3} \quad (2.12)$$

โดยที่ t_p คือ เวลาในการเกิดอัตราการไหลสูงสุดนับจากกึ่งกลางของช่วงเวลาที่ฝนตก (ชั่วโมง)

C_1 คือ ค่าคงที่เท่ากับ 0.75 สำหรับหน่วยเมตริก

C_i คือ สัมประสิทธิ์ของพื้นที่ ซึ่งหาได้จากข้อมูลลุ่มน้ำที่มีการวัดสภาพทางอุทกวิทยาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันมีค่า 0.4-8.0 ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นๆ

L_c คือ ความยาวลำน้ำหลัก วัดจากจุดออกหรือจุดที่ต้องการหาเอกชลภาพของลุ่มน้ำถึงจุดสันปันน้ำทางด้านเหนือ (กิโลเมตร)

L_c คือ ความยาวของลำน้ำ วัดจากจุดออกถึงจุดที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลางของลุ่มน้ำ (กิโลเมตร)
อัตราการไหลสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำ q_p สามารถหาได้จาก

$$q_p = \frac{C_2 C_p}{t_p} \quad (2.13)$$

โดยที่ q_p คือ อัตราการไหลสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำ (ลบ.ม./วินาที)

C_2 คือ ค่าคงที่เท่ากับ 2.75 สำหรับหน่วยเมตริก

C_p คือ สัมประสิทธิ์เกี่ยวกับอัตราการไหลของลุ่มน้ำ หาได้จากข้อมูลลุ่มน้ำ
สปส. มีค่า 0.56 - 0.69

เมื่อกำหนดให้พื้นที่ลุ่มน้ำมีขนาด A จะสามารถหาอัตราการไหลสูงสุดได้จาก

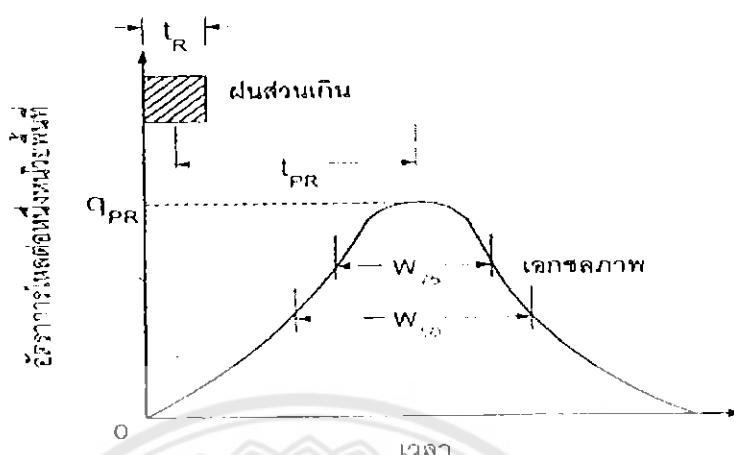
$$Q_p = q_p A \quad (2.14)$$

แทนค่า q_p จากสมการที่ 2.12 ในสมการที่ 2.13 จะได้

$$Q_p = \frac{C_2 C_p}{t_p} A \quad (2.15)$$

โดยที่ A คือพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร)

ปัญหาในการคำนวณเอกชลภาพตาวิธีของ Snyder นั้น มักพบอยู่ 2 เรื่องคือการหาค่าสัมประสิทธิ์ C_1 และ C_p และการหาเอกชลภาพของกลุ่มน้ำที่ต้องการ ($t_{pr} \neq 5.5 t_r$) ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 เอกชลภาพที่ต้องการ ($t_{pr} \neq 5.5 t_r$)

การหาค่าสัมประสิทธิ์ C_1 และ C_p มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปเป็นตัวแปรในการคำนวณเอกชลภาพของกลุ่มน้ำที่ต้องการ โดยอาศัยข้อมูลที่สำคัญคือ

1) คุณลักษณะของกลุ่มน้ำ จะต้องวัดความยาว L และ L_c และพื้นที่ลุ่มน้ำ A จากแผนที่ภูมิประเทศ

2) ช่วงเวลาที่ฝนตก t_r และเวลาจากจุดศูนย์กลางของช่วงเวลาที่เกิดฝนตกถึงเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุดของเอกชลภาพของกลุ่มน้ำ t_p

อัตราการไหลสูงสุดของเอกชลภาพของกลุ่มน้ำ Q_{pr}

สำหรับลุ่มน้ำที่มีการวัดข้อมูลที่กล่าวมานี้ หรือลุ่มน้ำที่ไม่มีการวัดข้อมูล ก็ต้องอาศัยข้อมูลจากลุ่มน้ำข้างเคียงหรือลุ่มน้ำที่มีสภาพภูมิประเทศและสภาพทางอุทกวิทยาใกล้เคียงกันเป็นตัวแทนลุ่มน้ำที่ไม่มีการวัดข้อมูล สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ C_1 และ C_p ได้ ซึ่งจะต้องตรวจสอบว่า $t_{pr} \neq 5.5 t_r$ หรือไม่ โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ถ้า $t_{pr} = 5.5 t_r$ แสดงว่าเป็นลุ่มน้ำที่มีเอกชลภาพมาตรฐาน จึงกำหนดให้ $t_{pr} = t_p$ และ $Q_{pr} = Q_p$ ดังนั้น

จะได้
$$C_1 = \frac{t_p}{C_1(LL_c)^{0.3}} \quad (2.16)$$

และ
$$C_p = \frac{Q_p t_p}{C_2 A} \quad (2.17)$$

กรณีที่ 2 ถ้า $t_{pr} \neq 5.5 t_r$ แสดงว่าเป็นเอกชลภาพใดๆ จะมีเวลาเหลื่อมลุ่มน้ำมาตรฐาน t_b คือ

$$t_p = t_{pr} + \frac{t_r - t_R}{4} \quad (2.18)$$

และ
$$t_p = 5.5 t_r \quad (2.19)$$

จากสมการที่ 2.17 และ สมการที่ 2.18 มีข้อมูลที่รู้ค่าคือ t_{pr} และ t_r ดังนั้นจะเหลือตัวแปรที่ไม่รู้ค่า 2 ตัวคือ t_b และ t_r ซึ่งจากสมการทั้งสองทำให้สามารถแก้สมการหาค่า t_b และ t_r ได้ จากนั้นจะสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ C_i และ C_p ได้

การหาเอกชลภาพของกลุ่มน้ำที่ต้องการ จะต้องอาศัยข้อมูลที่จำเป็นคือ

คุณลักษณะของกลุ่มน้ำ จะต้องวัดความยาว L ความยาว L_c และพื้นที่ลุ่มน้ำ A

ช่วงเวลาที่ฝนตก t_R

ค่าสัมประสิทธิ์ C_i และ C_p

ความสัมพันธ์ระหว่าง q_p และ q_{pr} ($t_{pr} \neq 5.5 t_r$) แสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$q_p = \frac{q_{pr} t_{pr}}{t_p} \quad (2.20)$$

เวลาที่ฐาน t_b ของเอกชลภาพที่ต้องการ สามารถหาได้จากหลักการที่ว่าพื้นที่ใต้เส้นเอกชลภาพมีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำนอง 1 ซม. ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ของ Snyder จะสมมติว่าเอกชลภาพมีรูปร่างสามเหลี่ยม ดังนั้นจะได้

$$t_b = \frac{C_s}{q_{pr}} \quad (2.21)$$

เมื่อ t_b คือ เวลาที่ฐานของเอกชลภาพ (ชั่วโมง)

C_s คือค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 5.56 สำหรับหน่วยเมตร

ความกว้างของเอกชลภาพที่อัตราการไหลต่อหน่วยพื้นที่ใดๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของอัตราการไหลสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หาได้จาก

$$W = C_w q_{pr}^{-1.08} \quad (2.22)$$

เมื่อ W คือ ความกว้างของเอกชลภาพ (ชั่วโมง)

C_w คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่พิจารณาความกว้างของเอกชลภาพ ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.1 ค่าคงที่ในสมการความกว้างของเอกชลภาพ

ความกว้างของเอกชลภาพ W (ชั่วโมง)	ค่าคงที่ C_w (หน่วยเมตริก)
W_{50}	4.42
W_{75}	2.14

หมายเหตุ W_{50} คือ ความกว้างของเอกชลภาพที่อัตราการไหล 50 % ของ q_{pr} และ

W_{75} คือ ความกว้างของเอกชลภาพที่อัตราการไหล 75 % ของ q_{pr}

2.6.2 การสร้างเอกชลภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือฝายปัว โดยประยุกต์ใช้วิธีของ Snyder

การสร้างเอกชลภาพโดยประยุกต์วิธีของ Snyder โดย นายชัยวุฒิ วัฒนากา (นักอุทกวิทยา 6 ว) อาศัยหลักการคือ ในการสร้างเอกชลภาพนั้นจำเป็นต้องใช้ข้อมูลกราฟน้ำท่าที่ได้จากการวัดจริงในสนาม แต่บางครั้ง มีความจำเป็นต้องหาวิธีสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำที่ไม่มี การวัดข้อมูลน้ำท่า หลักการง่ายๆคือ พยายามหาสูตรเพื่อคำนวณหาเวลาที่เกิดปริมาณการไหลสูงสุดยอด (Peak Flow) และฐานเวลา (Time Base) ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า หลังจากนั้นจึงสเกลกราฟ โดยควบคุมให้พื้นที่ใต้กราฟมีขนาด 1 หน่วย เช่นมีหน่วยเป็น 1 เซนติเมตร หรือ 1 นิ้ว

จากนั้นทำการวัดหาค่าพารามิเตอร์ของลุ่มน้ำได้แก่ พื้นที่ลุ่มน้ำ (A) ความยาวลำน้ำ (L) ความยาวตามลำน้ำจากจุดที่ตั้งสถานีถึงจุดใกล้จุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำมากที่สุด (LC) และความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำ (S) และนำค่าที่คำนวณได้มาหาความสัมพันธ์ดังนี้

$$(T_p) = a (L L_c / S^{0.5})^b \quad (2.23)$$

โดยที่ T_p คือ เวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด มีหน่วยเป็นชั่วโมง

a และ b คือ ค่าสัมประสิทธิ์ Regression

L คือความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกหรือที่ตั้งสถานีวัดน้ำไปจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

L_c คือความยาวตามลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกหรือที่ตั้งสถานีวัดน้ำไปจนถึงบนลำน้ำที่ใกล้กับจุดศูนย์กลางของกลุ่มน้ำมากที่สุด มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

S คือความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำ

2.8.อุทกวิทยาการไหลหลากในลำน้ำ (Hydrologic River Routing)

จากหลักชลภาพของน้ำไหลหลากจากจุดวัดน้ำทางต้นน้ำในแม่น้ำหนึ่ง ไปยังอีกจุดหนึ่ง ด้านท้ายน้ำนั้น ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Graeff ในปี ค.ศ. 1883 ซึ่งเทคนิคนี้อาศัยพื้นฐานมาจากการประยุกต์หาความเร็วคลื่นและโค้งของการไหลออก ซึ่งในทางอุทกวิทยาของการไหลหลากในแม่น้ำ แสดงได้โดยใช้สมการของการไหลต่อเนื่อง (Chow et al., 1988) ดังนี้

$$I - O = \frac{ds}{dt} \quad (2.24)$$

เมื่อ I คือ อัตราการไหลเข้าสู่ลำน้ำที่จุดวัดน้ำด้านต้นน้ำ (ปริมาตรต่อหน่วยเวลา)

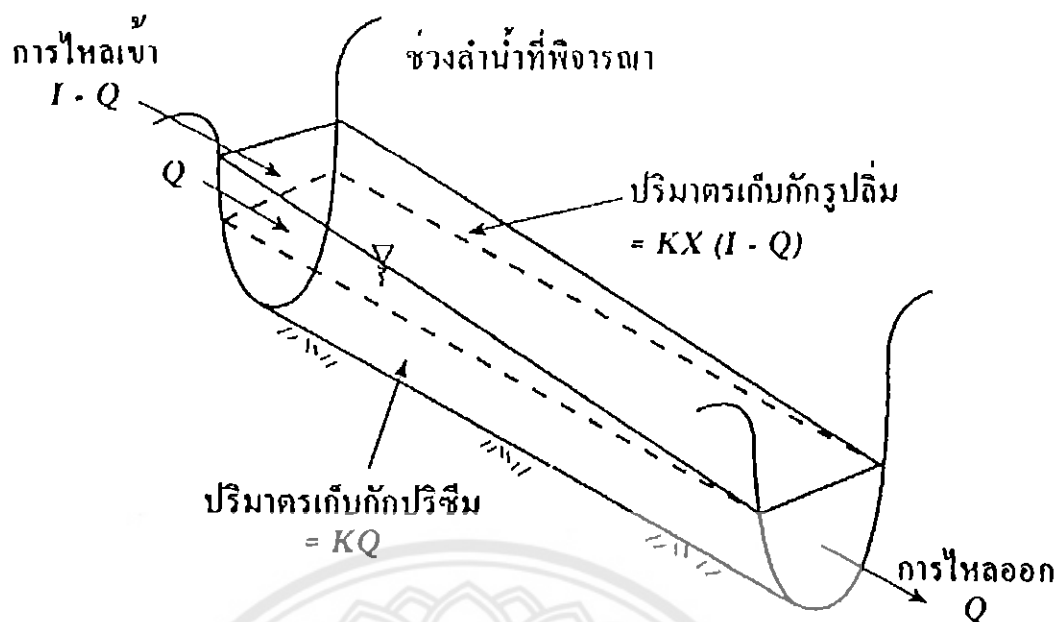
O การไหลออกจากลำน้ำที่จุดวัดน้ำด้านท้ายน้ำ (ปริมาตรต่อหน่วยเวลา)

$\frac{ds}{dt}$ เปลี่ยนแปลงของปริมาตรน้ำที่กักเก็บในลำน้ำแต่ละคาบเวลาที่พิจารณา

ซึ่งโดยทั่วไป ในการแก้ไขปัญหามหาอุทกวิทยาของสมการการไหลหลากในลำน้ำดังกล่าวแล้วข้างต้น สามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการสากลนิยม ดังต่อไปนี้

2.7.1 วิธีของมัสคิงกัม(Muskingum method)

ปริมาตรการกักเก็บน้ำภายในลำน้ำหรือในอ่างเก็บน้ำ จะพิจารณาจากรูปปลั่มหรือปริซึมของการไหลในลำน้ำดังรูป ซึ่งจะสามารถบอกได้โดยอัตราการไหลเข้า(Inflow) และอัตราการไหลออก(Outflow) ภายในที่กักเก็บโดยการคิดที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่ง



รูปที่ 2.5 ลักษณะการไหลหลากและการเก็บกักในลำนํ้าแบบรูปปลีหรือปริซึม
ซึ่งสมการการกักเก็บภายในเขื่อนแสดงได้ ดังสมการปริมาตรของการเก็บกักในลำนํ้า ดังนี้

$$S = \frac{b}{a} \left[XI^{\frac{m}{n}} + (1-X)O^{\frac{m}{n}} \right] \quad (2.25)$$

ค่าคงที่ a และ n แสดงถึงสถานะของการระบายน้ำภายในภาคตัดซึ่งควบคุมไว้แล้ว ส่วน b และ m แสดงถึงสถานะของปริมาณน้ำของภาคตัดซึ่ง ค่า X แสดงถึงค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ในสภาวะสมดุล ที่หาได้จากชลภาพของกราฟอัตราการไหลเข้าสู่ลำนํ้า และไหลออกจากลำนํ้า (Chow et al., 1988)

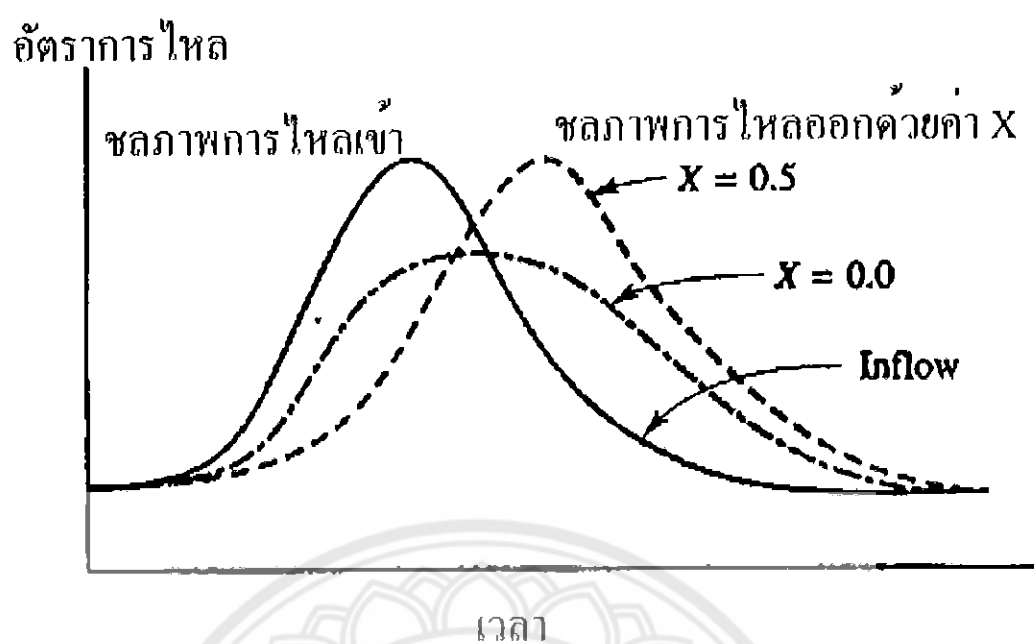
วิธีของ Muskingum ได้สมมติให้ $\frac{m}{n} = 1$ และ $\frac{b}{a} = K$ ดังนั้นสมการของการเก็บกักจะเป็น

$$S = K[XI + (1-X)O] \quad (2.26)$$

เมื่อ K คือ ค่าคงที่ของเวลาในการเก็บในลำนํ้า มีหน่วยเป็นเวลา

X คือ ค่าของน้ำหนักถ่วงมีค่าระหว่าง 0 และ 0.5 (ในลำนํ้าทั่วไปนิยมใช้ค่า 0.2)

พฤติกรรมของคลื่นน้ำท่วมที่มีค่า X ต่างกันจะบอกถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลเข้าหรือไหลออกแสดงได้ดังรูปที่ 2.7 เช่น กรณีถ้า $X=0$ ปริมาตรการเก็บกักของน้ำในลำนํ้าจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลออกที่ปลายลำนํ้าเท่านั้น ในทางตรงข้ามถ้า $X=0.5$ ปริมาตรการเก็บกักของน้ำในลำนํ้า นั้น ก็จะเป็นการเฉลี่ยค่าระหว่างอัตราการไหลเข้าที่ต้นน้ำและไหลออกที่ปลายน้ำอย่างละเท่าๆกัน



รูปที่ 2.6 แสดงชลภาพน้ำหลากไหลออก ด้วยค่า $X=0$ และ 0.5 เทียบกับชลภาพน้ำไหลเข้า

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงการ

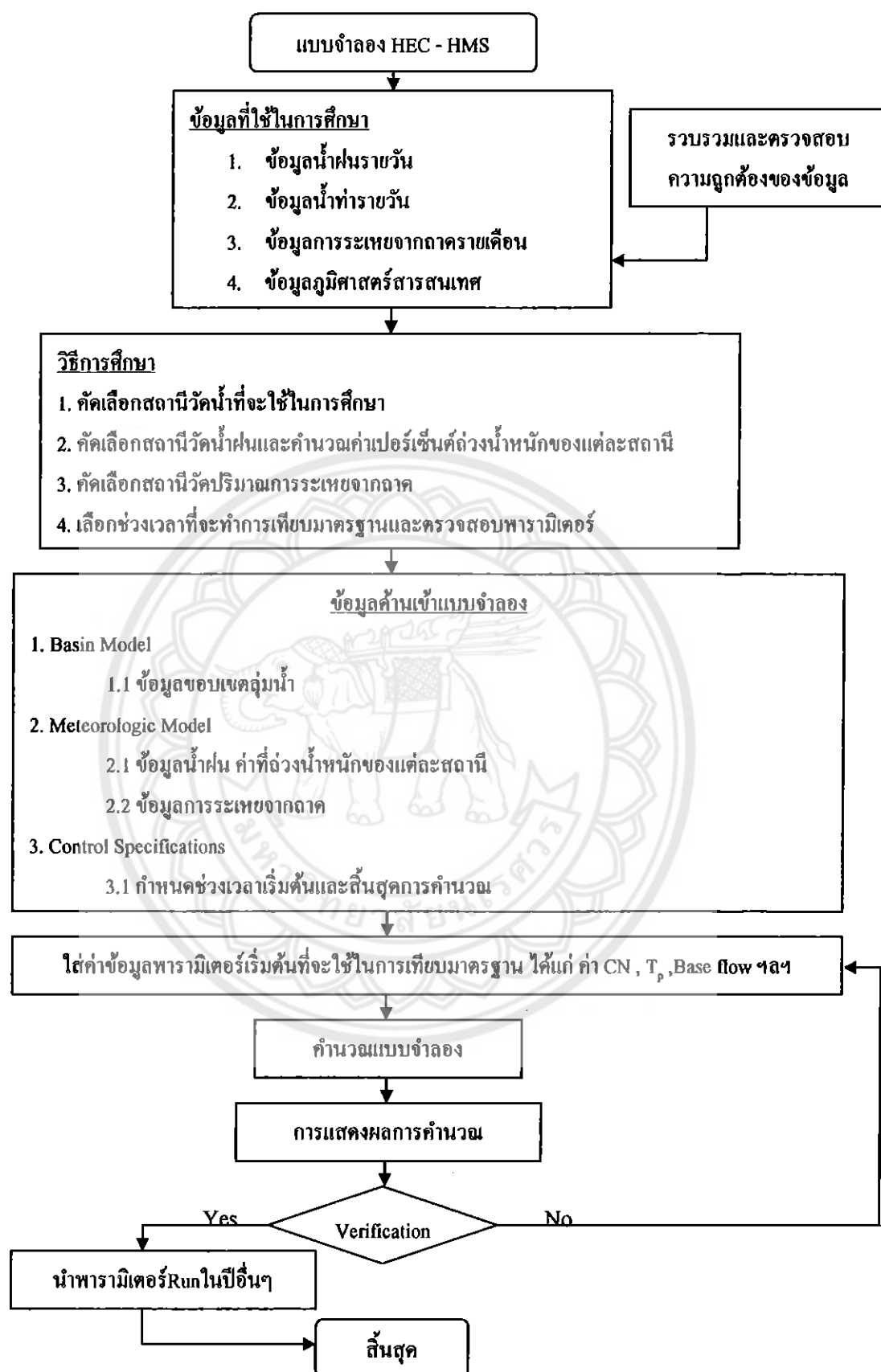
3.1 อุปกรณ์

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ CPU Pentium และเครื่องพิมพ์ 1 ชุด
2. โปรแกรมระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ Microsoft Windows XP
3. โปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS Version 3.5
4. ข้อมูล GIS ของพื้นที่ลุ่มน้ำในเขตร่มน้ำน่าน
5. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Quantum GIS (1.6.0)
6. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Ms Office
7. ข้อมูล อุตุ-อุทกวิทยา และข้อมูลชลศาสตร์ของลุ่มน้ำน่าน

3.2 ขั้นตอนการปฏิบัติการ

การศึกษาสภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS ตามแผนผังที่แสดงในรูปที่ 3.1 ประกอบด้วยวิธีการศึกษา 4 ขั้นตอน คือ

1. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล
2. ทำการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง
3. เสนอผลที่ได้และวิจารณ์
4. สรุปและข้อเสนอแนะ



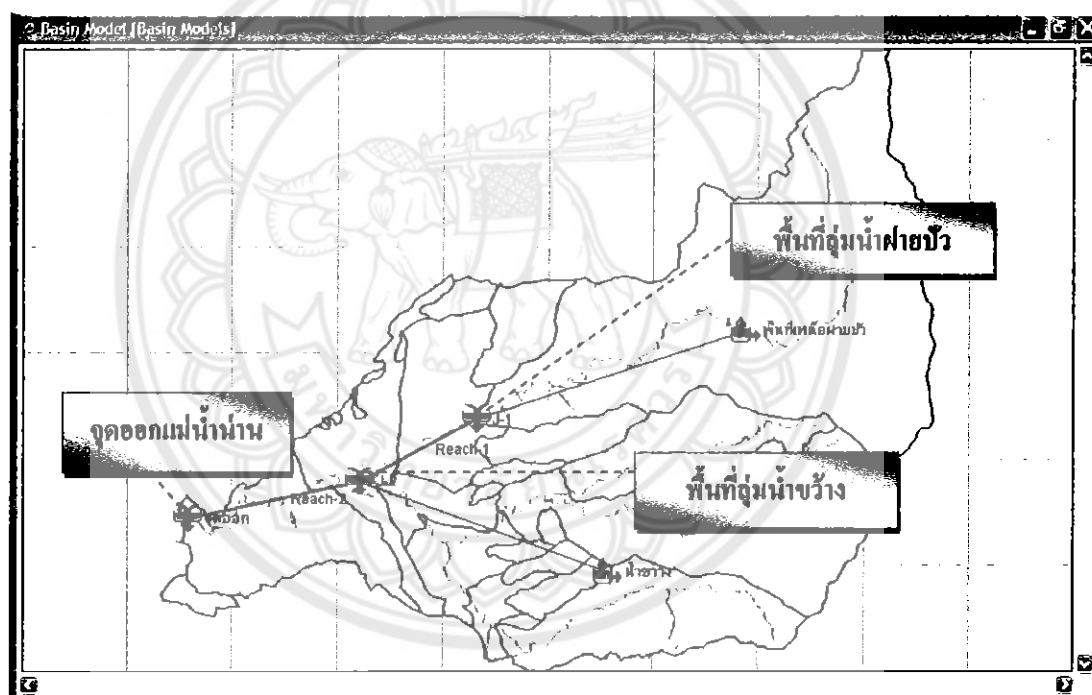
รูปที่ 3.1 แผนผังวิธีการศึกษาสภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำน่านโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS

3.3 การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สามารถแบ่งออกเป็นข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ (Topography), ข้อมูลน้ำฝนรายวัน (Daily Rainfall Data), ข้อมูลน้ำท่ารายวัน (Daily Runoff Data), ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ชั้นต่าง ๆ, ข้อมูลการวิเคราะห์หมายเลข โค้งน้ำท่า (CN), ข้อมูลสถิติภูมิอากาศ (Climatologically), ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้า เพื่อเป็นข้อมูลด้านเข้า (Input Data) ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS

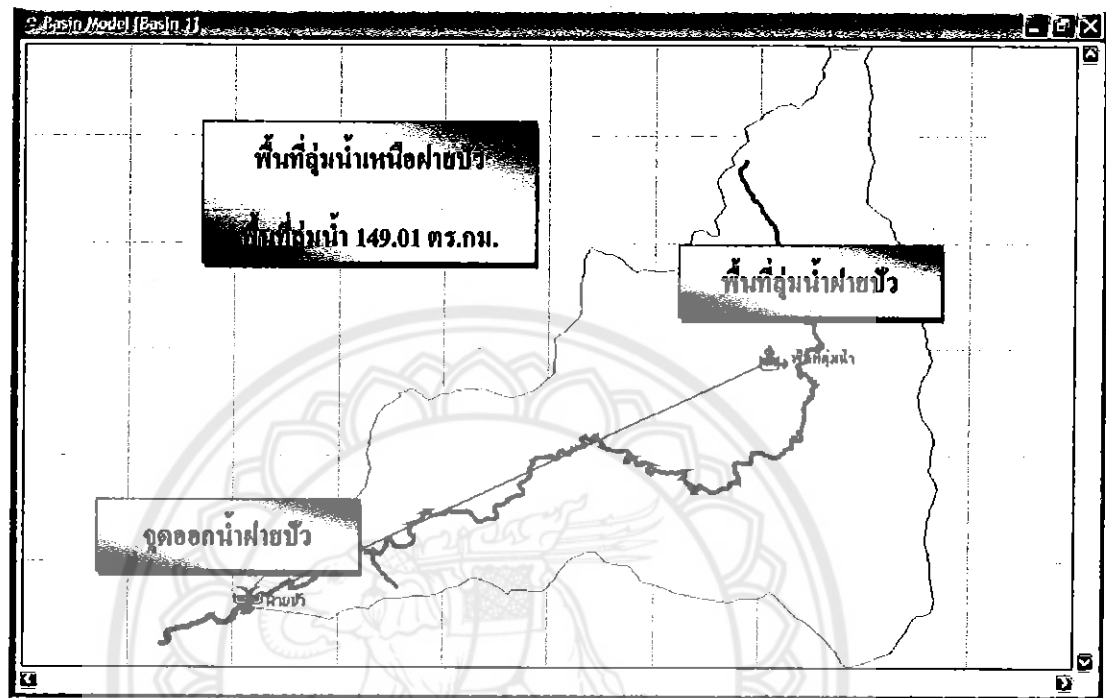
3.3.1 ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ (Topography Data)

ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศทางกายภาพของสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำอ.ปัว แบ่งพื้นที่รับน้ำออกเป็น ลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ จำนวน 3 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยประกอบด้วย



รูปที่ 3.2 ที่ตั้งของพื้นที่ลุ่มน้ำและจุดทดสอบแบบจำลอง

3.3.1.1 ข้อมูลพื้นที่รับน้ำฝนของกลุ่มน้ำย่อยที่ทำการทดสอบเลือกใช้พื้นที่ลุ่มน้ำเหนือฝายบัว ตำบลสถาน อำเภอบัว จังหวัดน่าน ใช้ในการสอบเทียบค่าพารามิเตอร์ โดยมีขนาดพื้นที่รับน้ำฝน 149.01 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 3.3 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยฝายบัว

15511616

2/5.

3.3.1.2 รายละเอียดการแบ่งพื้นที่ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยนำมาพิจารณาอำเภอที่มีขอบเขตอยู่ ๘ 8431/ ในพื้นที่แต่ละลุ่มน้ำย่อย เพื่อมาเฉลี่ยรายอำเภอเป็นค่าเริ่มต้นของค่าหมายเลข ไค้งน้ำท่า(CN) 2553

3.3.2 ข้อมูลน้ำฝน (Rainfall Data)

การรวบรวมข้อมูลสถิติน้ำฝน ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งแบบจำลอง HEC-HMSสามารถนำเข้าข้อมูลน้ำฝนที่มีความละเอียดของข้อมูลตั้งแต่รายนาทิจนถึงรายหนึ่งวัน ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ข้อมูลน้ำฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน จำนวน 1 สถานี คือ สถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคา และ กรมทรัพยากรน้ำจำนวน 1 สถานี คือ สถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝาง ที่ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำอำเภอบัว มีช่วงของข้อมูลเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 โดยกำหนดรหัสแทนชื่อสถานีวัดน้ำฝนประกอบด้วยตัวเลข 5 ตัว เลขหลักหมื่นและหลักพัน หมายถึงชื่อจังหวัด เลขหลักร้อย และหลักสิบ หมายถึง ชื่อสถานีวัดน้ำฝน เลขหลักหน่วย หมายถึง ชื่อหน่วยงานเจ้าของสถานี โดยแบ่งเป็น 2 กรณีคือ

3.3.2.1 ใช้ข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯ ภูคาครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำเหนือฝายบัว

3.3.2.2 ใช้ข้อมูลน้ำฝนเป็นค่าที่ถ่วงน้ำหนักของ สถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯ ภูคาและและ สถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำเหนือฝายบัว

ตารางที่ 3.1 แสดงที่ตั้งตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษาปี 2551

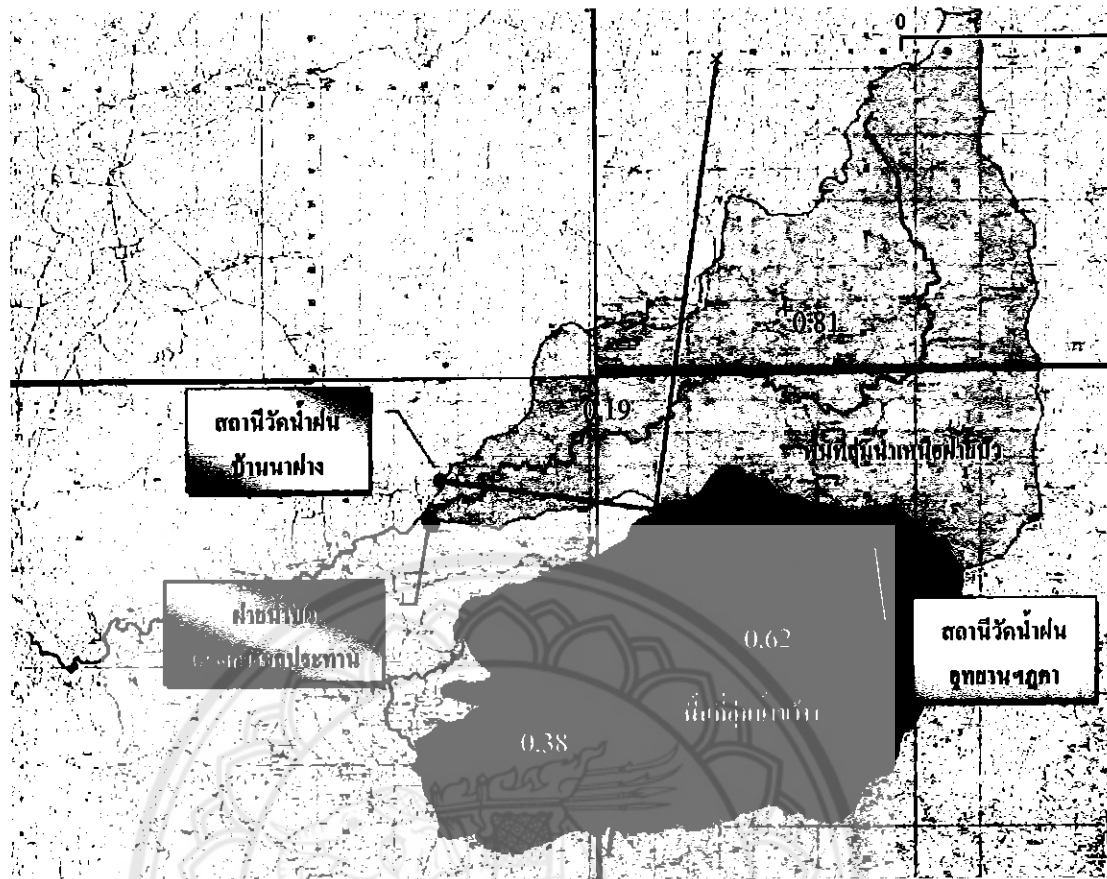
รหัส สถานี	ที่ตั้ง		ตำแหน่ง		ฝนตลอดปี (มม.)
	ชื่อสถานี	จังหวัด	Latitude	Longitude	
28164	อุทยานแห่งชาติออยภูคา	น่าน	19 12 17	101 04 52	2797.8

ที่มา: กรมชลประทาน

ตารางที่ 3.2 แสดงที่ตั้งตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษาปี 2551

รหัส สถานี	ที่ตั้ง		ตำแหน่ง		ฝนตลอดปี (มม.)
	ชื่อสถานี	จังหวัด	Latitude	Longitude	
090201	บ้านนาฝาง	น่าน	19 13 20	100 57 13	1753.5

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ



รูปที่ 3.4 แสดง โครงข่ายสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการเฉลี่ย ถ่วงน้ำหนักเรซิเอสเซน

3.3.3 ข้อมูลน้ำท่า (Runoff Data)

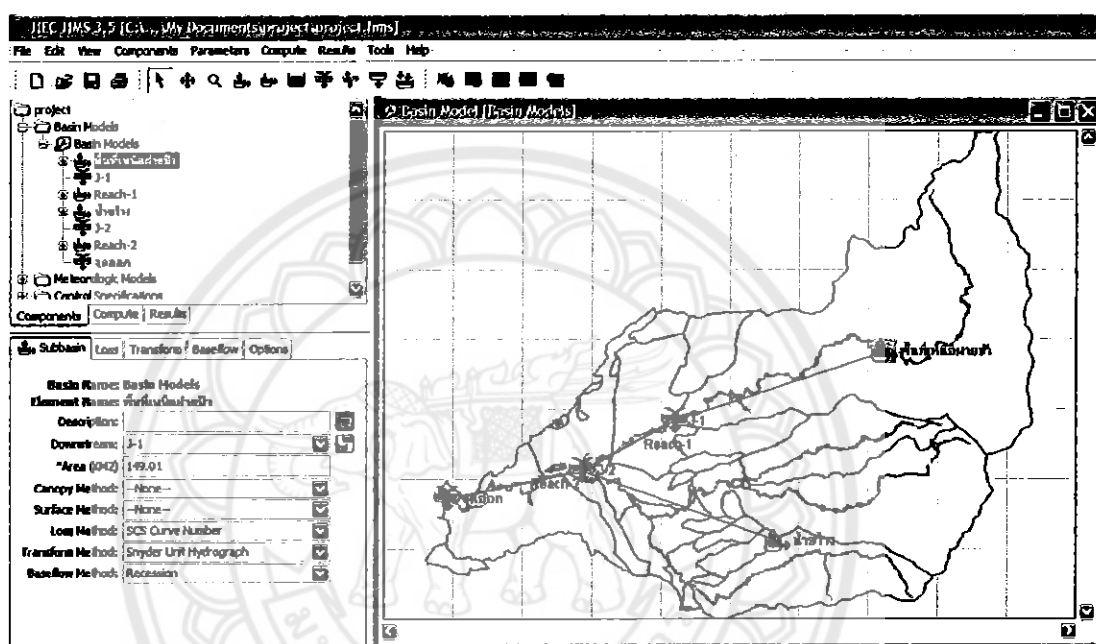
การรวบรวมข้อมูลสถิติน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันเพื่อนำมาเป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับผลการคำนวณปริมาณการไหล รวบรวมจากสถานีวัดน้ำท่าในเขตลุ่มน้ำน่าน ซึ่งเป็นสถานีของกรมทรัพยากร โดยจะคัดเลือกสถานีที่อยู่ในลำน้ำหลัก ทั้งนี้เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบให้ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยอย่างทั่วถึงและเพื่อเป็นการศึกษาสภาพอุทกวิทยาทั้งลุ่มน้ำ ซึ่งได้คัดเลือกสถานีวัดน้ำท่า จำนวน 1 สถานี โดยเราได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่าบ้านนาฝางหรือสถานีวัดน้ำท่าปัว อำเภอ ปัว จังหวัด น่าน

ตารางที่ 3.3 แสดงที่ตั้งตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาปี 2551

รหัส	ที่ตั้ง		ตำแหน่ง		น้ำท่าตลอดปี (ลบ.ม./วินาที)
	ชื่อสถานี	จังหวัด	Latitude	Longitude	
090201	บ้านนาฝาง	น่าน	19 13 20	100 57 13	4947.8

3.3.4 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์(GIS) ชั้นต่าง ๆ

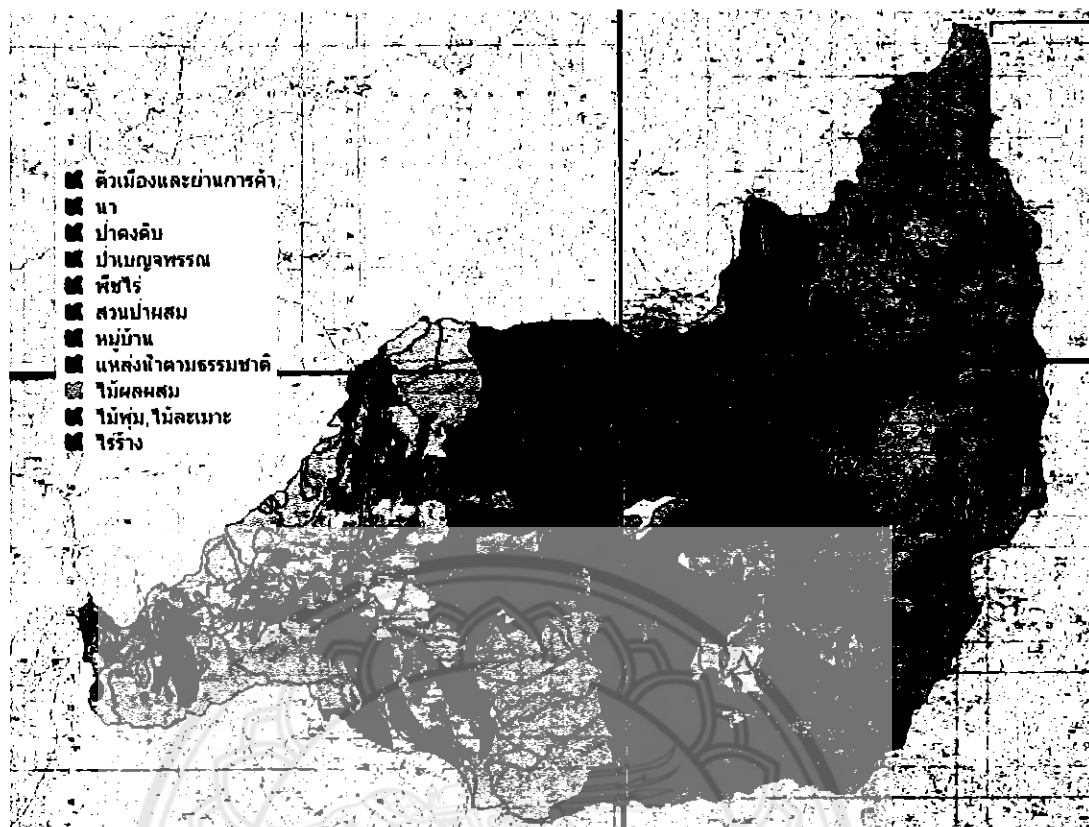
รวบรวมข้อมูลจากชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งต้องจัดทำชั้นข้อมูล (Layer) ขอบเขตลุ่มน้ำน่านรวม ขอบเขตแต่ละลุ่มน้ำย่อย เส้นลำน้ำหลัก เส้นลำน้ำย่อย เพื่อให้มองเห็นภาพรวมและ Schematic ของลุ่มน้ำน่านได้ชัดเจนขึ้น ด้วยโปรแกรม Quantum GIS และทำการแปลงเป็น Background เพื่อใช้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS นอกจากนี้ขอบเขตอำเภอ จังหวัด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่า CN เริ่มต้น



รูปที่ 3.5 แสดงหน้าจอ โปรแกรม HEC-HMS ในโหมด Basin Model

3.3.5 ข้อมูลแผนที่จำแนกสภาพการใช้พื้นที่ในเขตลุ่มน้ำน่าน (Land Use Classification)

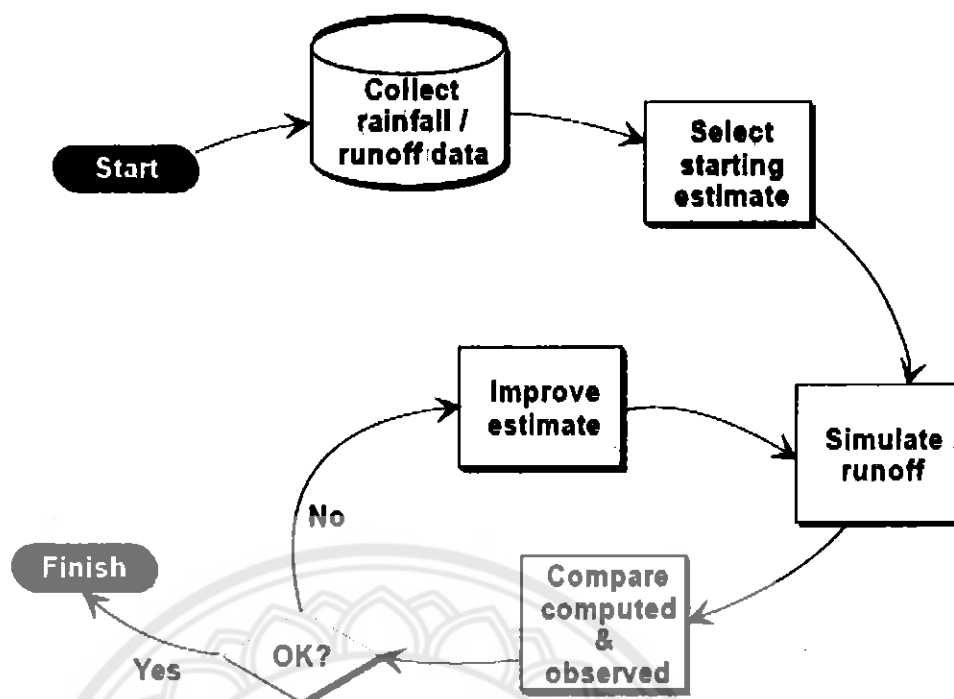
เป็นการรวบรวมข้อมูลของที่ดินและสภาพการใช้ที่ดิน(Land Used) ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการจำแนกลักษณะดิน และสภาพการใช้ที่ดิน เป็นข้อมูลในรูปของฐานข้อมูล (Database) จากฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ดังแสดงในรูปที่3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในกลุ่มน้ำอำเภอปัว

3.4 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง (Model Calibration)

การสอบเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) จะใช้วิธี Trail & Error โดยค่าเริ่มต้นเป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ของพารามิเตอร์แต่ละตัว ซึ่งได้ทำการสมมุติค่าตัวแปร (Parameter) ที่ต้องการสอบเทียบป้อนเข้าโปรแกรม ทดลองการ Run โปรแกรมในการดำเนินการครั้งนี้ Loss Method เลือกใช้วิธี SCS Curve Number, Transform Method เลือกใช้วิธี Snyder Unit Hydrograph และ Baseflow Method เลือกใช้วิธี Recession การปรับเทียบค่า Parameter เลือกกระทำในปี 2551 ช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม – 30 สิงหาคม เลือกช่วงเวลาในการ Run เป็นราย 1 วัน หน่วยที่ใช้ในการคำนวณเป็นหน่วย Metric ผลที่ได้คือกราฟน้ำท่า ทำการสอบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณ (Calculate) และค่าปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จากสถานี (Observe) ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นและ Run โปรแกรม สังเกตปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณ (Calculate) และค่าปริมาณน้ำท่าที่วัดจากสถานี (Observe) อีกครั้ง และปรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ว่าพารามิเตอร์ตัวไหนมีผลต่อ Hydrograph น้อยที่สุดก็ทิ้งไว้และเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นไปจนกว่าจะครบทุกตัว เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ตามรูปที่ 3.7 และมีข้อจำกัดของค่าตัวแปรตามตารางที่ 3.4



รูปที่ 3.7 แสดงขั้นตอนการสอบเทียบตัวแปรของแบบจำลอง
ที่มา: HEC-HMS Technical Reference Manual (2000)

ตารางที่ 3.4 ข้อกำหนดของค่าตัวแปรของแบบจำลองต่างๆ ในโปรแกรม HEC-HMS

Mode	Parameter	Minimum	Maximum
Initial and Constant rate loss	Initial loss	0 mm.	500 mm.
	Constant loss rate	0 mm/hr.	300 mm./hr.
Snyder's UH	Lag	0.1 hr.	500 hr.
	Cp	0.1	1
Base flow	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	0.5
	Number of step	1	100

3.5 ลักษณะการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม HEC - HMS

โปรแกรม HEC - HMS (หรือแบบจำลอง HEC - HMS) เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน - น้ำท่า และแสดงผลที่ได้ในรูปแบบของกราฟที่แสดงการแปรผันของปริมาณน้ำตามเวลาที่ผ่านไปหรือเรียกว่ากราฟน้ำท่า

โครงการนี้ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม HEC - HMS เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำกับปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนเป็นน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปัวได้เป็นดังนี้

3.5.1 การวิเคราะห์ค่า Parameter ของลุ่มน้ำ

การปรับเทียบค่า Parameter จะต้องคำนึงถึงสภาพความเป็นจริงของลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำและเปรียบเทียบผลของกราฟน้ำท่าที่ได้จากการปรับเทียบกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากข้อมูล ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีหลักในการปรับเทียบค่า Parameter สำหรับวิธีการที่เลือกใช้ดังนี้

3.5.1.1 วิธี SCS Curve Number เป็นวิธีที่ใช้คำนวณปริมาณฝนส่วนเกินที่หักปริมาณการสูญเสียต่างๆออกแล้ว (อยู่ในส่วนของ Loss Method) ประกอบด้วยค่า Parameter คือ Initial Abstraction, Curve Number และ % Impervious ซึ่งค่า Parameter เหล่านี้จะพิจารณาจากลักษณะของเนื้อดินและการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดิน การใช้ที่ดิน และค่า CN เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำปัว

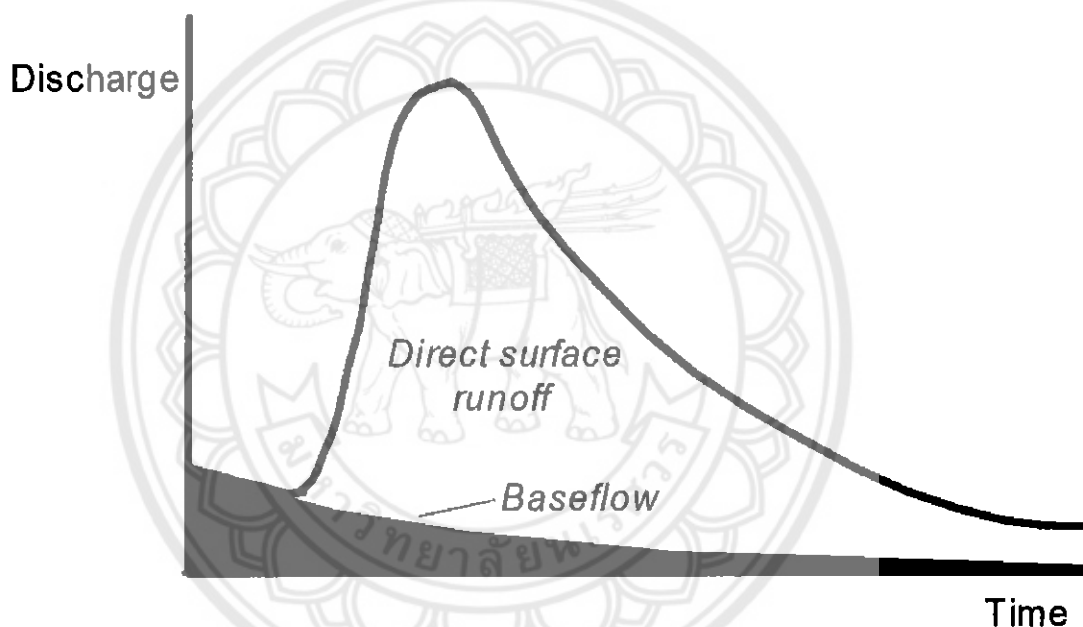
3.5.1.2 วิธี Snyder Unit Hydrograph เป็นวิธีที่ใช้ในการสร้างกราฟน้ำท่า ประกอบด้วย Parameter คือ Standard Lag Time และ Peaking Coefficient การปรับเทียบค่า Standard Lag Time จะพิจารณาช่วงเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุดของกราฟน้ำท่าที่ได้จากโปรแกรม และ น้ำท่าไหลที่ได้จากข้อมูล ว่าช่วงเวลาดังกล่าวใกล้เคียงกันหรือไม่ ในส่วนของ Peaking Coefficient จะพิจารณาจากกราฟน้ำท่าที่ได้จากโปรแกรมว่าอัตราการไหลมีความใกล้เคียงกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลหรือไม่

3.5.1.3 วิธี Recession เป็นวิธีที่ใช้ในการหาการไหลพื้นฐานที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย Parameter คือ Initial Flow, Recession Constant และ Threshold ratio-to-peak ซึ่งจะพิจารณาจากกราฟของการไหลพื้นฐานที่เป็นเส้นประสีแดงการปรับเทียบค่า Parameter จะต้องพิจารณาจากกราฟของการไหลพื้นฐานร่วมกับกราฟน้ำท่าและเปรียบเทียบผลของกราฟน้ำท่าที่ได้จากโปรแกรม และกราฟน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

Chow et al. (1988) กล่าวว่า การจำลองการไหลพื้นฐานวิธีการถดถอย มักใช้ในการอธิบายการระบายน้ำจากระบบเก็บกักตามธรรมชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยการหาความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$Q_t = Q_0 k' \quad (3.1)$$

เมื่อ Q_t คือ ปริมาณการไหลพื้นฐาน ที่เวลา t ใดๆ
 Q_0 คือ ปริมาณการไหลพื้นฐานเริ่มต้น(ที่เวลา $t = 0$)
 K คือ เลขคงที่ยกกำลัง



รูปที่ 3.8 กราฟแสดง Initial Baseflow Recession

ที่มา: HEC-HMS Technical Reference Manual (2000)

จากรูปที่ 3.8 พื้นที่ที่แสดง เป็นตัวแทนของการไหลพื้นฐาน ซึ่งมีการลดลงแบบยกกำลังจากปริมาณเริ่มต้น ปริมาณการไหลทั้งหมด คือ ผลรวมของการไหลพื้นฐานและการไหลของน้ำท่าผิวดิน

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ในการสอบเทียบแบบจำลองและตรวจสอบพารามิเตอร์ในปี 2551 ได้นำเข้าข้อมูลน้ำฝนและข้อมูลน้ำท่า เพื่อจะเลือกช่วงเวลาสอบเทียบ โดยได้ใช้ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอบเทียบโปรแกรมปี 2551

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	ประเภทข้อมูล	ปีที่สอบเทียบ	ปริมาณน้ำทั้งปี	
28164	อุทยานฯภูคา	ฝนรายวัน	2551	2797.8 มม./ปี	7.67 มม./วัน
90201	บ้านนาฝาง	ฝนรายวัน	2551	1753.5 มม./ปี	4.80 มม./วัน
90201	บ้านนาฝาง	น้ำท่ารายวัน	2551	4947.8 ลบ.ม./วินาที	427 ล้าน ลบ.ม.

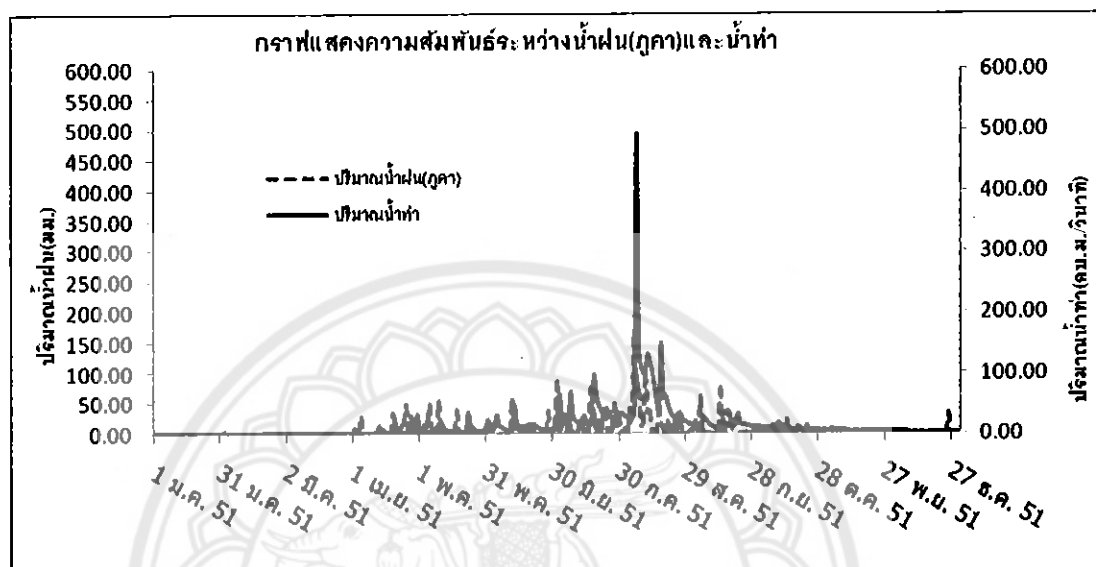
ในการสอบเทียบแบบจำลองแบ่งการนำเข้าข้อมูลน้ำฝนเป็น 2 กรณี

4.1.1 กรณีที่ 1 นำเข้าข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำเหนือฝ่ายซ้ายเป็นกรณีแรก โดยมีปริมาณฝนตลอดทั้งปี 2797.8 มม./ปี คิดเป็นปริมาณฝนเฉลี่ย 7.67 มม./วัน เปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าบ้านนาฝาง โดยมีปริมาณน้ำท่าตลอดทั้งปี 4947.8 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นปริมาณน้ำท่า 427 ล้าน ลบ.ม.

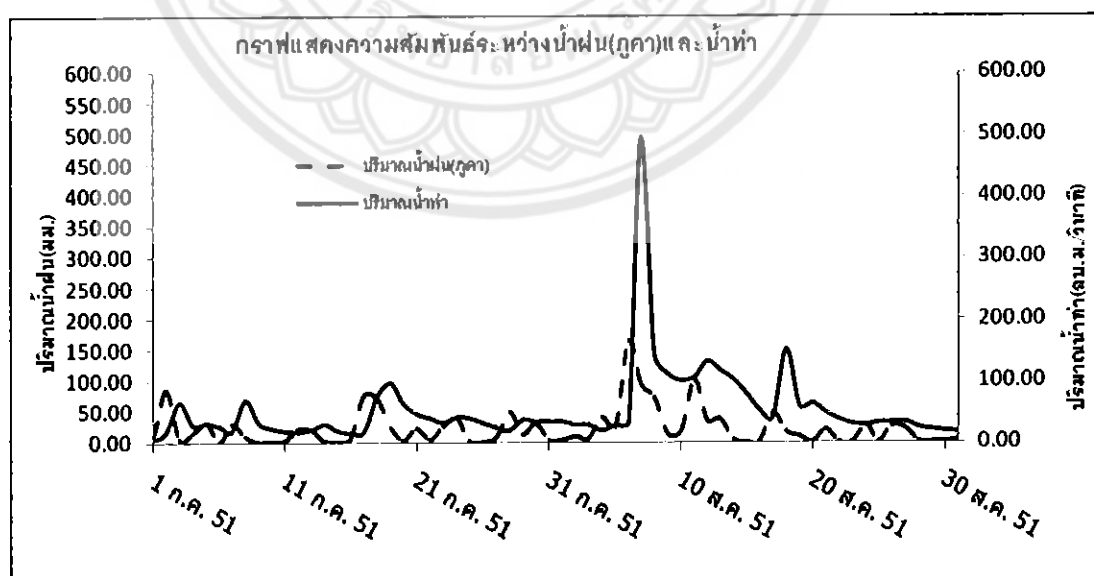
รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีวัดน้ำบ้านนาฝางจะเห็นว่าช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าสูงสุดคือ ช่วงเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน ดังนั้นจึงได้เลือกช่วงเวลาดังกล่าวเพื่อนำไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม HEC-HMS โดยช่วงเวลาที่เลือกคือตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม-31 สิงหาคม มีปริมาณน้ำฝนรวมในช่วงเวลาดังกล่าวของปี 2551 มีค่าเท่ากับ 1412 มม. น้ำฝนสูงสุด 164.2 มม. ในวันที่ 6 สิงหาคม และ ปริมาณน้ำท่ารวมมีค่าเท่ากับ 3290 ลบ.ม./วินาที น้ำท่าสูงสุด 493 ลบ.ม./วินาที ในวันที่ 7 สิงหาคม ความสัมพันธ์ของข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝางในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นดังรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอบเทียบโปรแกรมกรณีที่ 1

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	ประเภทข้อมูล	ปริมาณน้ำรวม	ปริมาณน้ำสูงสุด	ว-ค-ป
28164	อุทยานฯภูคา	ฝนรายวัน	1412 มม.	164.2 มม.	6-ส.ค.-51
90201	บ้านนาฝาง	น้ำท่ารายวัน	3290 ลบ.ม./วินาที	493 ลบ.ม./วินาที	7-ส.ค.-51



รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝาง ปี2551 กรณีที่ 1



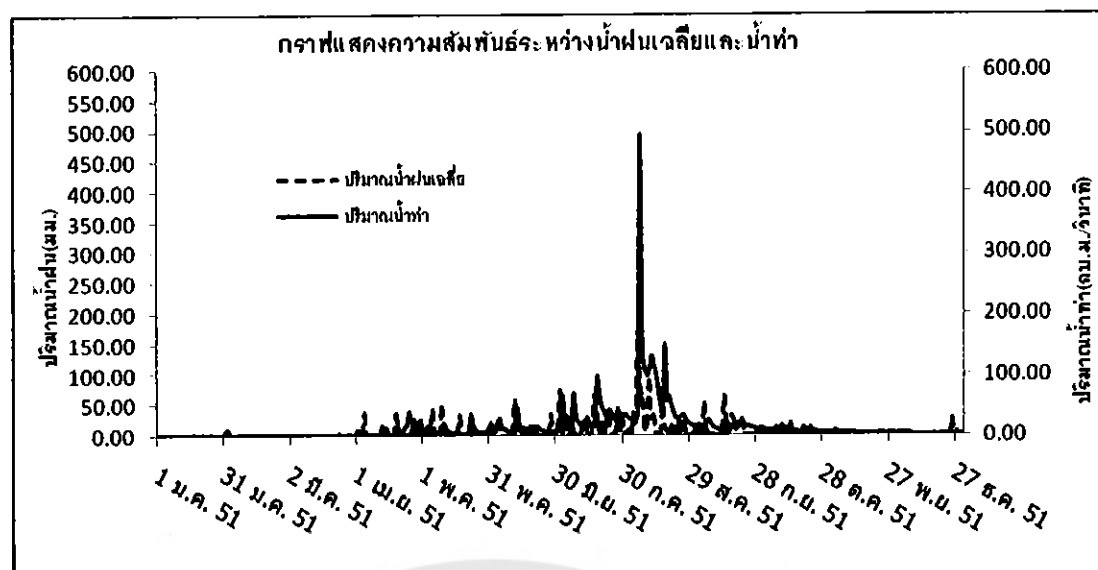
รูปที่ 4.2 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝางช่วงวันที่ 01 ก.ค. - 31 ส.ค. ของกลุ่มน้ำปี 2551 กรณีที่ 1

4.1.2 กรณีที่ 2 ใช้ข้อมูลน้ำฝนเป็นค่าที่ถ่วงน้ำหนักของ สถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาและ สถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำเหนือฝายบัว โดยมีปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปี 2600 มม./ปี คิดเป็นปริมาณฝนเฉลี่ย 7.12 มม./วัน สอดเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าบ้านนาฝางโดยมีปริมาณน้ำท่าตลอดทั้งปี 4947.8 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นปริมาณน้ำท่า 497 ล้าน ลบ.

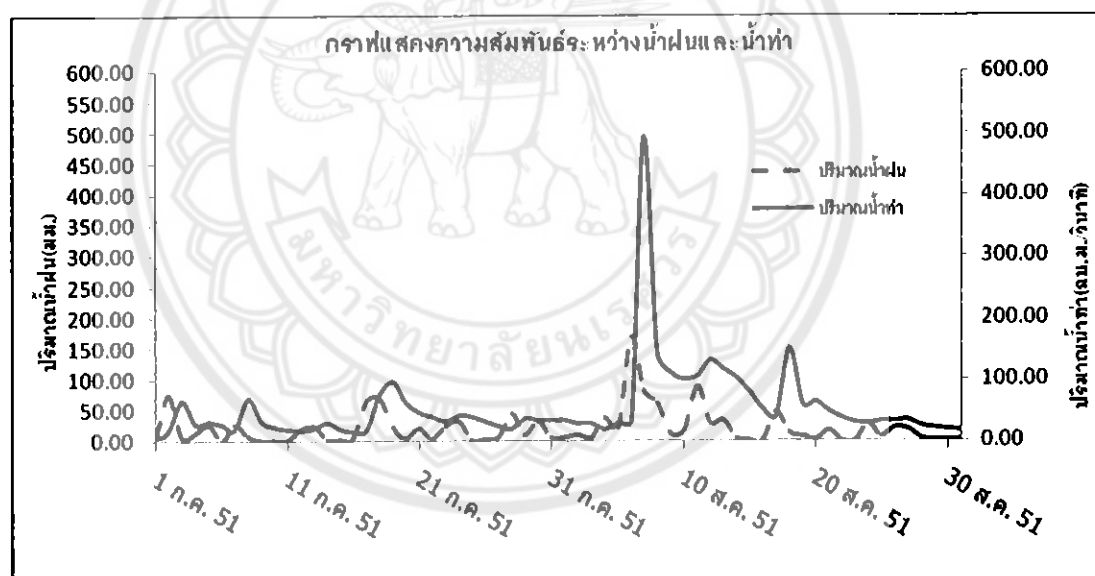
รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาและสถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝางจะเห็นว่าช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าสูงสุดคือ ช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ดังนั้นจึงได้เลือกช่วงเวลาดังกล่าวเพื่อนำไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม HEC-HMS โดยช่วงเวลาที่เลือกคือตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม-31 สิงหาคม ปริมาณน้ำฝนรวมในช่วงเวลาดังกล่าวของปี 2551 มีค่าเท่ากับ 1290 มม. น้ำฝนสูงสุด 169.2 มม. ในวันที่ 6 สิงหาคม และ ปริมาณน้ำท่ารวม มีค่าเท่ากับ 3290 ลบ.ม./วินาที น้ำท่าสูงสุด 493 ลบ.ม./วินาที ในวันที่ 7 สิงหาคม ความสัมพันธ์ของข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาและ สถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝางในช่วงเวลาดังกล่าวเป็น ดังรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอบเทียบโปรแกรมกรณีที่ 2

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	ประเภทข้อมูล	ปริมาณน้ำรวม	ปริมาณน้ำสูงสุด	ว-ค-ป
28164	อุทยานฯภูคา	ฝนรายวันเฉลี่ย	1290 มม.	169.2 มม.	6-ส.ค.-51
90201	บ้านนาฝาง	น้ำท่ารายวัน	3290 ลบ.ม./วินาที	493ลบ.ม.	7-ส.ค.-51



รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาและสถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝาง ปี 2551 กรณีที่ 2



รูปที่ 4.4 แสดงการเลือกช่วงปริมาณข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาและสถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝางช่วงวันที่ 01 ก.ค. - 31 ส.ค. ของกลุ่มน้ำปี 2551 กรณีที่ 2

ตารางที่ 4.4 ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปัว

การใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	% (ของพื้นที่ทั้งหมด)
ป่า	62.2	41.74
ทำนา (แถวตามระดับพื้นที่)	-	-
ทำไร่ (แถวตามระดับพื้นที่)	86.82	58.26
ทำสวน (สิ่งปกคลุมดิน 50 - 75 %)	-	-
ที่อยู่อาศัย	-	-

ตารางที่ 4.5 ชุดดินที่พบบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปัว

ชุดดิน	%(ของพื้นที่ทั้งหมด)	ลักษณะเนื้อดิน	อัตราการซึม	กลุ่ม
62	100	ดินจากการผุพังสลายตัวของหินต้นกำเนิด	ดี,ปานกลาง	B

หมายเหตุ :

A = อัตราการซึมสูง

B = อัตราการซึมปานกลาง

C = อัตราการซึมต่ำ

D = อัตราการซึมต่ำมาก

ตารางที่ 4.6 ค่า CN เฉลี่ย ของพื้นที่ลุ่มน้ำปัว กรณี AMC II และ $I_a = 0.2S$

ลักษณะการใช้ที่ดิน	% ของพื้นที่ทั้งหมด	Hydrologic Soil Group		
		B (100%)		
		%	CN	Product
ป่า	62.2	41.74	60	25.04
ทำนา (แถวตามระดับพื้นที่)	-	-	-	-
ทำไร่ (แถวตามระดับพื้นที่)	86.82	58.26	75	43.69
ทำสวน (สิ่งปกคลุมดิน 50 - 75 %)	-	-	-	-
ที่อยู่อาศัย,สิ่งปลูกสร้าง	-	-	-	-
Total		100		<u>68.74</u>

ค่า CN เฉลี่ยที่ได้จากตารางที่ 4.6 เป็นในกรณี Average AMC II ซึ่งมีค่า 68.74 สามารถปรับเทียบเป็นในกรณี Wet AMC III ตารางผนวกที่ ค2

$$\text{จะได้ CN(III)} = 83.49$$

ตารางที่ 4.7 ค่า Parameter ที่ได้จากการสอบเทียบโดยวิธี SCS Curve Number จากข้อมูล ปี2551

ค่า Parameter ของแบบจำลองการสูญเสีย (Loss Parameter)		
การสูญเสียเริ่มต้น(Intital Abstraction) (ลบ.ม./วินาที)	ค่าโค้งตัวเลข (Curve Number)	เปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่บ้น้ำ (Impervious %)
10.04	83.49	0.2

4.1.3 แบบจำลองการสูญเสียของน้ำท่า (Loss Model)

4.1.3.1 ค่าหมายเลข โค้งน้ำท่าของ SCS(CN) พบว่าค่าหมายเลข โค้งน้ำท่าของ SCS(CN) ได้ค่า CN 83.49 พบว่าในสภาพพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ทำไร่และป่าไม้ จากช่วงเวลาที่ได้เริ่มการจำลองในวันที่ 1 กรกฎาคม และสิ้นสุดวันที่ 31 สิงหาคม ของช่วงปีที่ศึกษา คือ 2551 ดังนั้นในช่วงเวลาที่เริ่มการจำลองจึงเป็นสภาพความชื้นที่เปียกมาก ทำให้ค่า CN มีค่ามาก

4.1.3.2 ค่าการสูญเสียเริ่มต้น(I_a) ผลการศึกษาพบว่าค่า I_a มีค่า 10.04 จากการประมาณ 0.2S

ตารางที่ 4.8 ค่า Parameter ที่ได้จากการสอบเทียบโดยวิธี Snyder Unit Hydrograph จากข้อมูล ปี2551

ค่า Parameter ของแบบจำลองการไหล (Transform Parameter)					
พื้นที่ลุ่มน้ำป่า (ตร.กม.)	L (กม.)	L_e (กม.)	t_p (Standard Lag) (ชั่วโมง)	C_p (Peaking Coefficient)	C_t
149.01	33	20	23	0.57	4.37

4.1.4 การจำลองน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน (Medels of direct runoff)

ค่าช่วงระยะเวลาการตอบสนองลุ่มน้ำ (Standard Lag) มีค่าประมาณ 23 ชั่วโมง เนื่องจากข้อมูลน้ำฝนที่ใช้เป็นแบบรายวัน สามารถคำนวณค่า C_t จากสมการ (2.15) และจากช่วงเวลาที่ทำการ Optimization ได้ค่า C_p 0.57

ตารางที่ 4.9 ค่า Parameter ที่ได้จากการสอบเทียบโดยวิธี Recession จากข้อมูลปี 2551

ค่า Parameter ของแบบจำลองการไหลพื้นฐาน (Baseflow Parameter)		
อัตราการไหลเริ่มต้น (Initial Flow) (ลบ.ม./วินาที)	ค่าคงที่ของการลดลง (Recession Constant)	จุดเริ่มต้นการไหลพื้นฐาน (Threshold ratio-to-peak)
30.9	0.64	0.977

4.1.5 การจำลองการไหลพื้นฐาน (Models of baseflow)

4.1.5.1 ค่าเริ่มต้นของการไหล (Initial flow) เป็นค่าอัตราการไหลเริ่มต้นจากข้อมูลของสถานีวัดน้ำบ้านนาฝางก่อนเกิดอัตราการไหลสูงสุด

4.1.5.2 อัตราส่วนของการลดลง (Recession Ratio) มีค่า 0.64 จากช่วงเวลาที่ทำการ Optimization

4.1.5.3 ค่าจุดเริ่มต้นของกาไหลพื้นฐาน (Threshold flow) มีค่า 0.977 จากช่วงเวลาที่ทำการ Optimization

ตารางที่ 4.10 ค่า Parameter ที่ได้จากการสอบเทียบโดยวิธี Muskingum จากข้อมูลปี 2551

ค่า Parameter ของแบบจำลองการเคลื่อนตัวในลำน้ำ (Reach)		
Routing	ช่วงเวลาการเคลื่อนตัวผ่านช่วงลำน้ำที่พิจารณา (K) (ชั่วโมง)	ค่าคงที่ (X)
Reach - 1	1.1	0.2
Reach - 2	6.84	0.2

4.1.6 การจำลองการไหลพื้นฐาน (Models of baseflow)

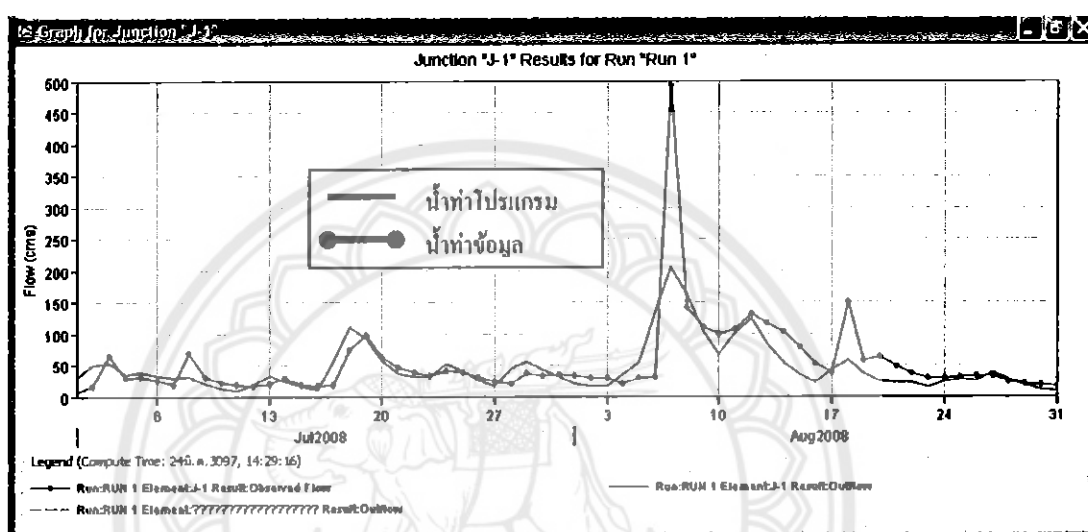
4.1.4.1 ค่าช่วงเวลาการเคลื่อนตัวผ่านช่วงลำน้ำที่พิจารณา (K) ของวิธี Muskingum มีค่า 1.1 และ 6.84 ชั่วโมง จากช่วงเวลาที่ทำการ Optimization

4.1.4.2 ค่าคงที่ของ Muskingum (x) มีค่า 0.2 ซึ่งเป็นค่าที่นิยมใช้ในลำน้ำทั่วไป

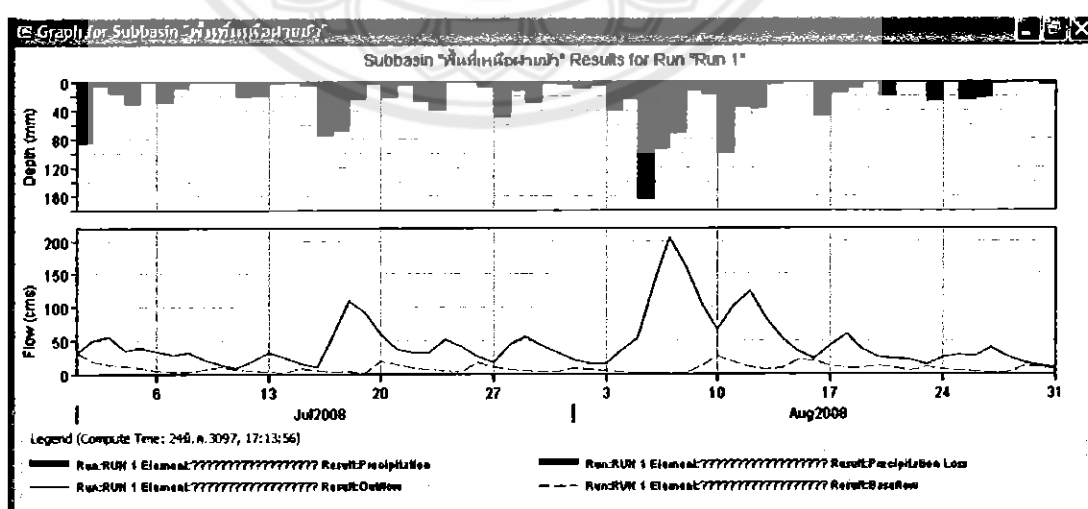
4.2 การสอบเทียบน้ำท่าข้อมูลกับน้ำท่าจากโปรแกรม ณ สถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง(J-1) ในปี 2551

ในการสอบเทียบแบบจำลองแบ่งการนำเข้าข้อมูลน้ำฝนเป็น 2 กรณี

4.2.1 กรณีที่ 1 นำเข้าข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯ ภูคาครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำเหนือฝายปัว



รูปที่ 4.5 ผลสอบเทียบโปรแกรมระหว่างกราฟน้ำท่าข้อมูลและน้ำท่าจากโปรแกรม
กลุ่มน้ำปัว(J-1)ปี 2551 กรณีที่ 1

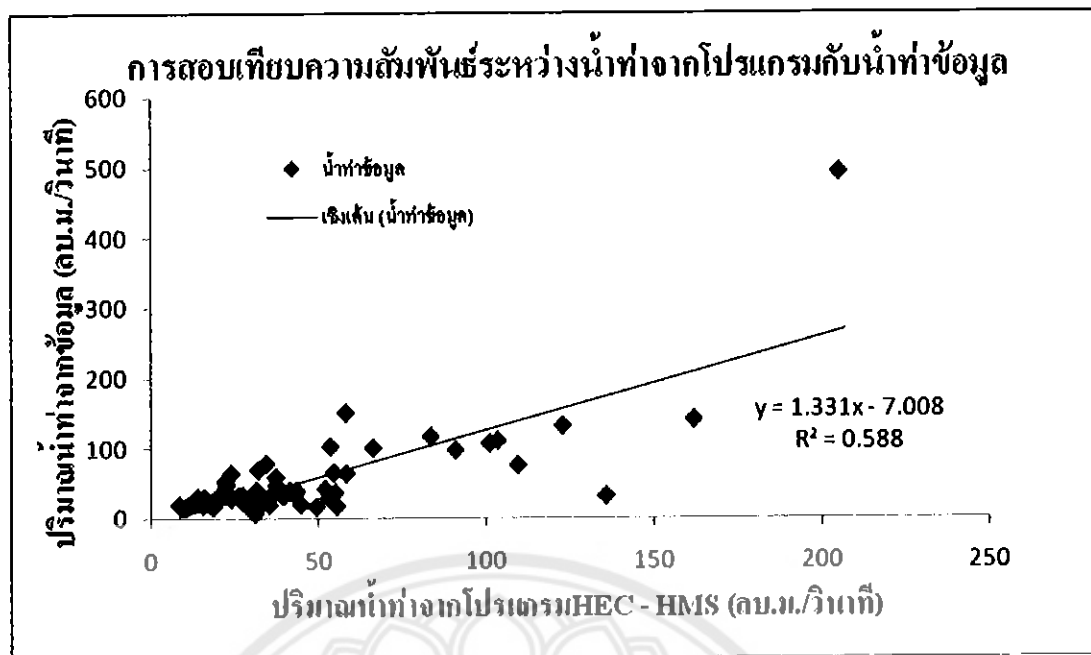


รูปที่ 4.6 ข้อมูลน้ำฝนอุทยานฯ ภูคาสอบเทียบกราฟน้ำท่าที่ได้จากโปรแกรม HEC – HMS ของกลุ่ม
น้ำปัว ปี 2551 กรณีที่ 1

ตาราง 4.11 ตัวอย่างผลสอบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1) จากโปรแกรมกับข้อมูลปี 2551 ใน กรณีที่ 1

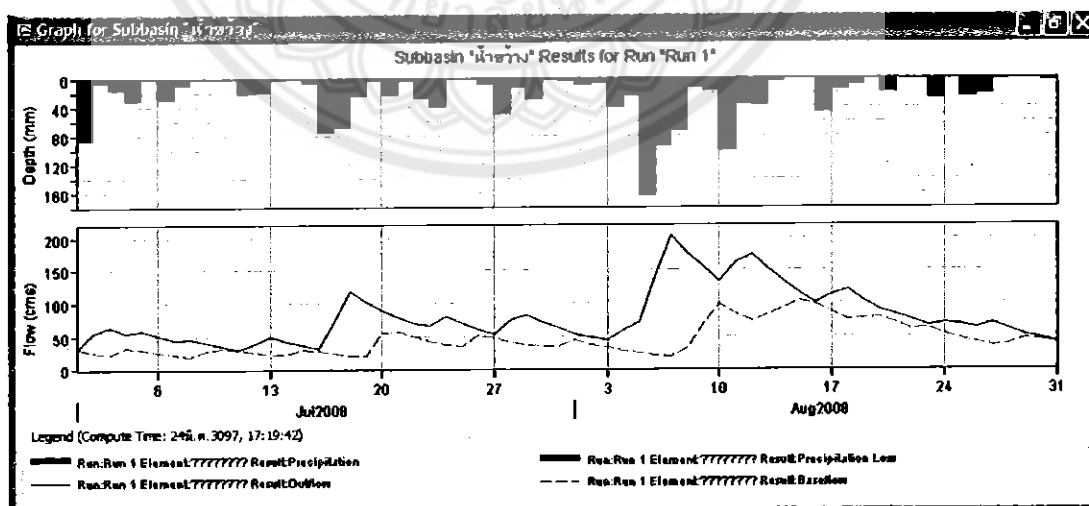
ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
1-ส.ค.-51	3.7	20.4	33.2
2-ส.ค.-51	9.2	15.9	28.5
3-ส.ค.-51	5.2	15.5	28.5
4-ส.ค.-51	41.2	35.1	19.2
5-ส.ค.-51	24.3	52.9	28.5
6-ส.ค.-51	164.2	135.6	30.9
7-ส.ค.-51	93.8	204.9	493
8-ส.ค.-51	72.0	161.7	140
9-ส.ค.-51	12.8	103.5	110
10-ส.ค.-51	18.3	66.2	100
11-ส.ค.-51	100.7	101	106
12-ส.ค.-51	35.6	122.7	131
13-ส.ค.-51	37.9	83.5	116
14-ส.ค.-51	4.5	53.4	102

เมื่อนำปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการ โปรแกรมและปริมาณน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลกรณีที่ 1 ในปี 2551 มาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.7 โดยกำหนดให้แกน x คือน้ำท่าที่ได้จากโปรแกรม และแกน y คือน้ำท่าที่ได้จากข้อมูล ค่า R^2 ที่ได้ในกรณีแรก มีค่าเท่ากับ 0.588 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า R^2 ในปี 2551 มีความสัมพันธ์ปานกลาง โดยปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากการสอบเทียบโปรแกรม มีค่าเท่ากับ 204.9 ลบ.ม./วินาที ซึ่งเกิดขึ้นในวันที่ 7 สิงหาคม 2551 ตรงกับวันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากข้อมูล คิดเป็นผลต่างระหว่างน้ำท่าข้อมูลกับน้ำท่าที่ได้จากการสอบเทียบโปรแกรมร้อยละ 58.44



รูปที่ 4.7 การสอบเทียบความสัมพันธ์น้ำท่าจากโปรแกรม HEC - HMS และจากข้อมูล ปี 2551
กรณีที่ 1

4.2.1.1 นำเข้าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบในพื้นที่เหนือฝายป่ามาใช้ในการ Run โปรแกรมในพื้นที่น้ำขังเพื่อหาปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่น้ำขังในกรณีที่ 1



รูปที่ 4.8 ข้อมูลน้ำฝนอุทยานฯ เปรียบเทียบกราฟน้ำท่าที่ได้จากโปรแกรม HEC - HMS ของกลุ่ม
น้ำขัง ปี 2551 กรณีที่ 1

ตาราง 4.12 ตัวอย่างผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากโปรแกรมในพื้นที่ลุ่มน้ำวังข้อมูลปี 2551 ใน
กรณีที่ 1

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
1-ต.ค.-51	3.7	53.7
2-ต.ค.-51	9.2	46.9
3-ต.ค.-51	5.2	43.5
4-ต.ค.-51	41.2	58.1
5-ต.ค.-51	24.3	71.2
6-ต.ค.-51	164.2	142.9
7-ต.ค.-51	93.8	202.8
8-ต.ค.-51	72.0	176.3
9-ต.ค.-51	12.8	153.4
10-ต.ค.-51	18.3	133.4
11-ต.ค.-51	100.7	160.6
12-ต.ค.-51	35.6	174.5
13-ต.ค.-51	37.9	151.8
14-ต.ค.-51	4.5	132.1

4.2.1.2 นำเข้าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบในพื้นที่เหนือฝายปัวมาใช้ในการ Run โปรแกรมเพื่อหาปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1) รวมกับปริมาณน้ำท่าที่ไหลจากจุดของลำน้ำขว้างรวมกันที่จุด Junction-2(J-2) โดยที่เส้นทางการไหลของลำน้ำปัวคือ (Reach-1)

ตาราง 4.13 ตัวอย่างการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Run

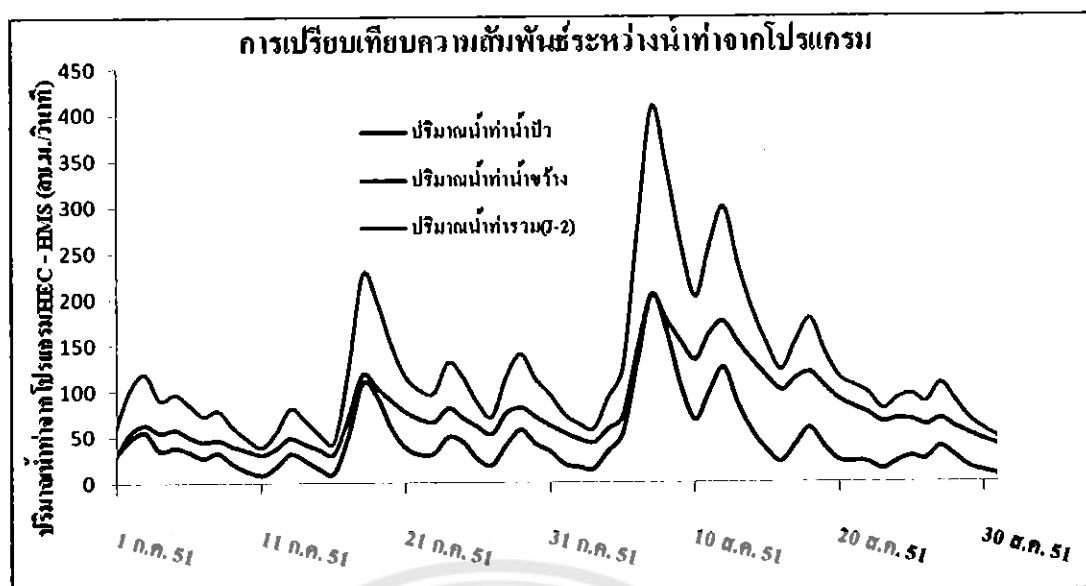
จากโปรแกรม HEC-HMS ใน ปี 2551 ในกรณีที่ 1 ณ จุดรวมน้ำปัวและน้ำขว้าง

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่าฝายปัว (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าลำน้ำขว้าง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)
1-ต.ค.-51	19.8	53.7	73.5
2-ต.ค.-51	16.8	46.9	63.7
3-ต.ค.-51	14.8	43.5	58.3
4-ต.ค.-51	34.1	58.1	92.2
5-ต.ค.-51	52.3	71.2	123.5
6-ต.ค.-51	129.1	142.9	272
7-ต.ค.-51	204.6	202.8	407.4
8-ต.ค.-51	165.7	176.3	342
9-ต.ค.-51	105.1	153.4	258.4
10-ต.ค.-51	68.1	133.4	201.5
11-ต.ค.-51	96.5	160.6	257.1
12-ต.ค.-51	124.8	174.5	299.3
13-ต.ค.-51	85.1	151.8	236.9
14-ต.ค.-51	54.7	132.1	186.8

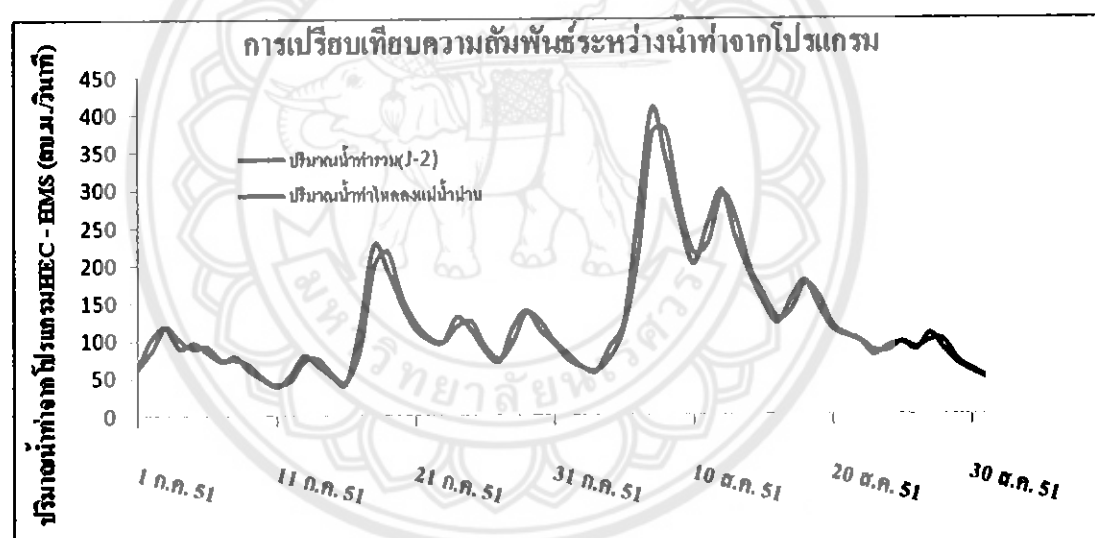
4.2.1.3 นำเข้าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบในพื้นที่เหนือฝายปัวมาใช้ในการ Run โปรแกรมเพื่อหาปริมาณน้ำท่าที่ไหลจากจุดรวมปริมาณน้ำท้าน้ำปัวกับปริมาณน้ำท้าน้ำขวางที่จุด Junction-2(J-2) ออกสู่จุดไหลลงแม่น้ำน่าน

ตาราง 4.14 ตัวอย่างการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Run จากโปรแกรม HEC-HMS ใน ปี 2551 ในกรณีที่ 1 ณ จุดออกแม่น้ำน่าน

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน(ลบ.ม./วินาที)
1-ส.ค.-51	73.5	81.2
2-ส.ค.-51	63.7	64.7
3-ส.ค.-51	58.3	60.1
4-ส.ค.-51	92.2	78.3
5-ส.ค.-51	123.5	116.4
6-ส.ค.-51	272	216.5
7-ส.ค.-51	407.4	375.2
8-ส.ค.-51	342	379.6
9-ส.ค.-51	258.4	277
10-ส.ค.-51	201.5	216.8
11-ส.ค.-51	257.1	229.6
12-ส.ค.-51	299.3	293
13-ส.ค.-51	236.9	263.7
14-ส.ค.-51	186.8	196.4

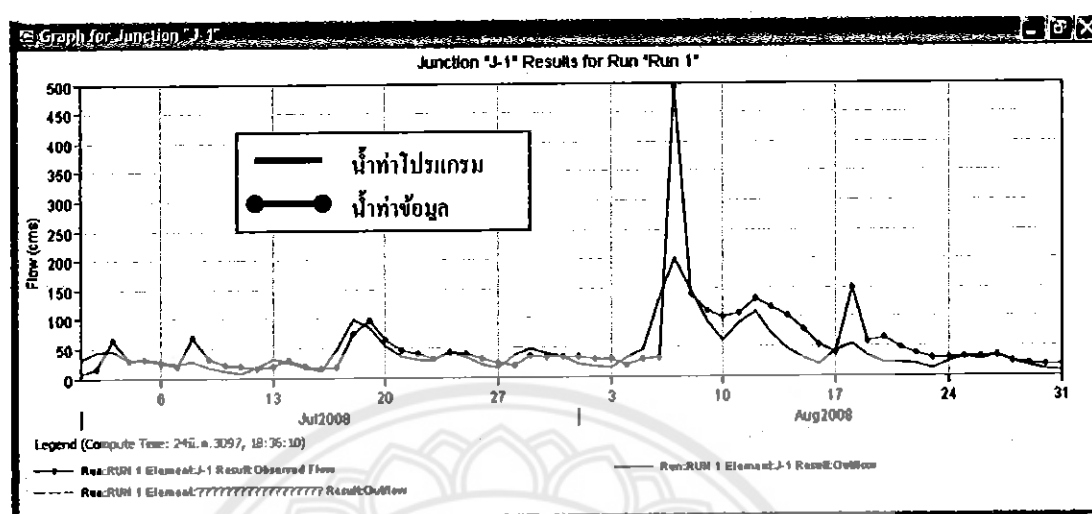


รูปที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าจากโปรแกรมในกรณีที่ 1

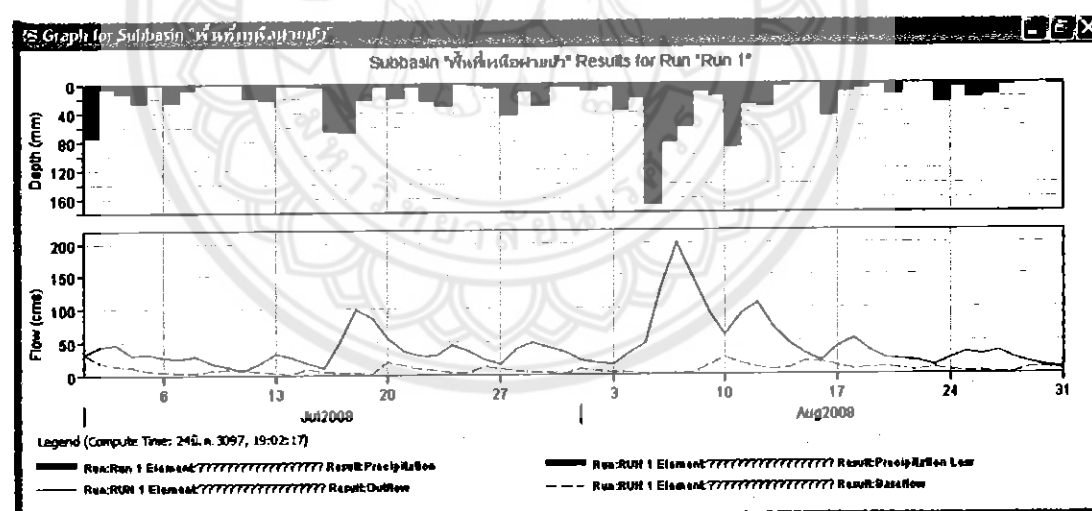


รูปที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าจากโปรแกรม ณ จุดออกแม่น้ำน่าน
ในกรณีที่ 1

4.2.2 กรณีที่ 2 นำเข้าข้อมูลน้ำฝนเป็นค่าที่ถ่วงน้ำหนักของ สถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาและ
และสถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำเหนือฝายปัว



รูปที่ 4.11 ผลสอบเทียบ โปรแกรมระหว่างกราฟน้ำทำข้อมูลและน้ำทำจาก โปรแกรม
กลุ่มน้ำปัว(J-1)ปี 2551 กรณีที่ 2

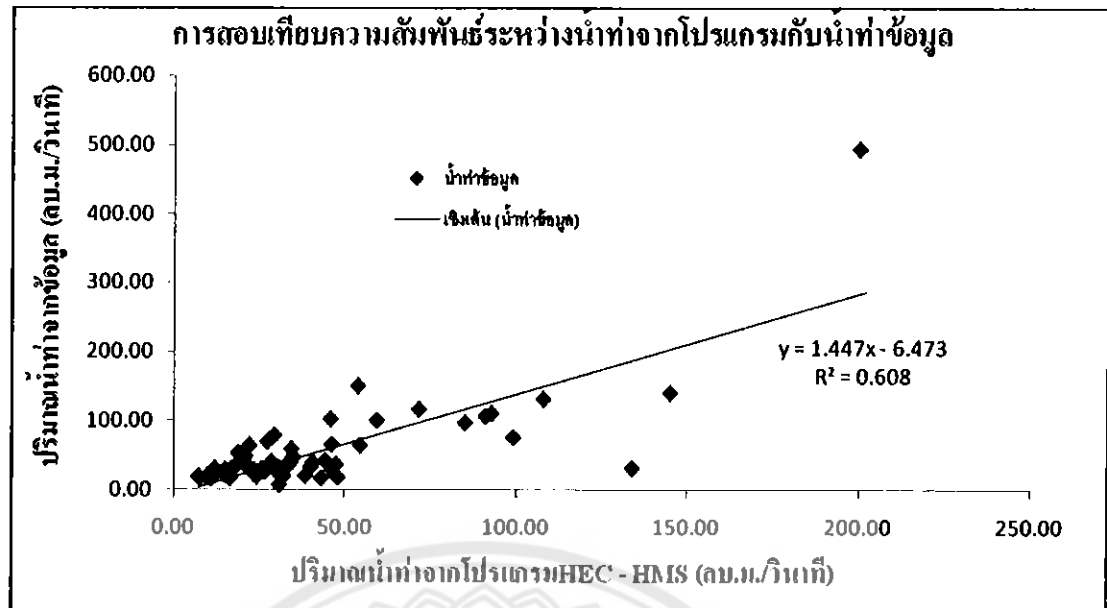


รูปที่ 4.12 ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยเปรียบเทียบกับกราฟน้ำทำที่ได้จากโปรแกรมHEC – HMS ของกลุ่มน้ำปัว
ปี 2551 กรณีที่ 2

ตาราง 4.15 ตัวอย่างผลสอบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1) จากโปรแกรมกับข้อมูลปี 2551 ในกรณีที่ 2

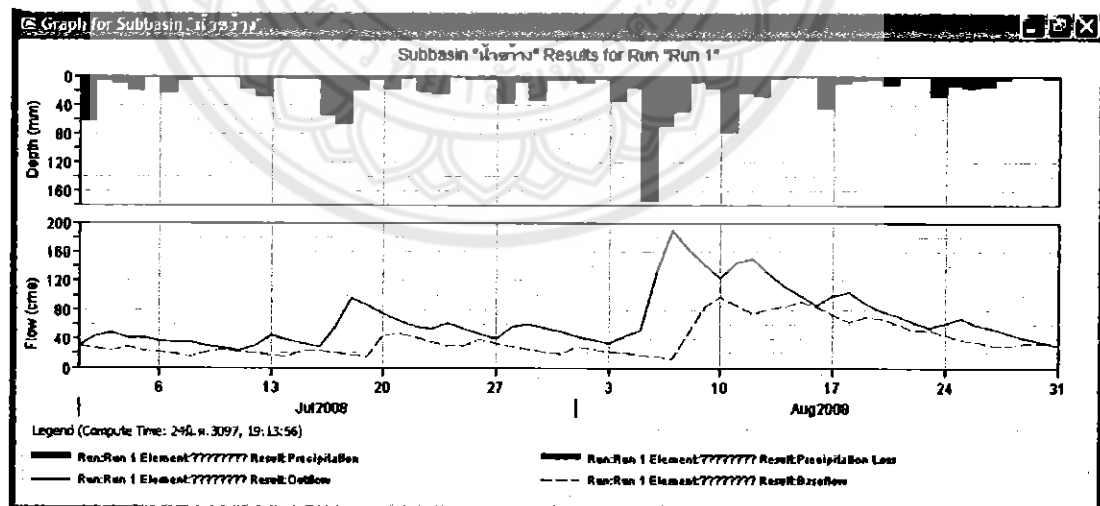
ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
1-ต.ค.-51	4.99	21.40	33.20
2-ต.ค.-51	9.41	16.60	28.50
3-ต.ค.-51	4.38	14.90	28.50
4-ต.ค.-51	37.32	31.60	19.20
5-ต.ค.-51	19.78	46.30	28.50
6-ต.ค.-51	169.18	133.90	30.90
7-ต.ค.-51	81.83	200.10	493.00
8-ต.ค.-51	60.37	145.00	140.00
9-ต.ค.-51	10.50	92.80	110.00
10-ต.ค.-51	16.82	59.40	100.00
11-ต.ค.-51	89.34	91.00	106.00
12-ต.ค.-51	28.89	107.90	131.00
13-ต.ค.-51	32.68	71.70	116.00
14-ต.ค.-51	3.65	45.90	102.00

เมื่อนำปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการ โปรแกรมและปริมาณน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลกรณีที่ 2 ในปี 2551 มาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.7 โดยกำหนดให้แกน x คือน้ำท่าที่ได้จากโปรแกรม และแกน y คือน้ำท่าที่ได้จากข้อมูล ค่า R^2 ที่ได้ในกรณีแรก มีค่าเท่ากับ 0.608 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า R^2 ในปี 2551 มีความสัมพันธ์ปานกลาง โดยปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากการสอบเทียบโปรแกรม มีค่าเท่ากับ 200.1 ลบ.ม./วินาที ซึ่งเกิดขึ้นในวันที่ 7 สิงหาคม 2551 ตรงกับวันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากข้อมูล คิดเป็นผลต่างระหว่างน้ำท่าข้อมูลกับน้ำท่าที่ได้จากการสอบเทียบโปรแกรมร้อยละ 59.41 โดยสังเกตได้ว่า ปริมาณน้ำฝนข้อมูลในกรณีหนึ่งและกรณีสองที่มีความใกล้เคียงกันทั้งปริมาณน้ำท่าสูงสุดจากการ Run โปรแกรม และค่า R^2



รูปที่ 4.13 การสอบเทียบความสัมพันธ์น้ำท่าจากโปรแกรม HEC - HMS และจากข้อมูล ปี 2551
กรณีที่ 2

4.2.2.1 นำเข้าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบในพื้นที่เหนือฝายปัวมาใช้ในการ Run โปรแกรมในพื้นที่น้ำขังเพื่อหาปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่น้ำขังในกรณีที่ 2



รูปที่ 4.14 ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากโปรแกรม HEC - HMS ของกลุ่มน้ำขัง
ปี 2551 กรณีที่ 2

ตาราง 4.16 ตัวอย่างผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากโปรแกรมในพื้นที่ลุ่มน้ำข้างข้อมูลปี 2551 ใน
กรณีที่ 2

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
1-ต.ค.-51	6.28	43.70
2-ต.ค.-51	9.62	38.10
3-ต.ค.-51	3.57	33.30
4-ต.ค.-51	33.45	43.60
5-ต.ค.-51	15.26	52.10
6-ต.ค.-51	174.16	133.50
7-ต.ค.-51	69.86	188.60
8-ต.ค.-51	48.74	163.80
9-ต.ค.-51	8.20	142.50
10-ต.ค.-51	15.34	124.00
11-ต.ค.-51	77.98	144.50
12-ต.ค.-51	22.19	149.40
13-ต.ค.-51	27.45	130.00
14-ต.ค.-51	2.79	113.10

4.2.2.2 นำเข้าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบในพื้นที่เหนือฝายปัวมาใช้ในการ Run โปรแกรมเพื่อหาปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1) รวมกับปริมาณน้ำท่าที่ไหลจากจุดของลำน้ำขว้างรวมกันที่จุด Junction-2(J-2) โดยที่เส้นทางการไหลของลำน้ำปัวคือ (Reach-1)

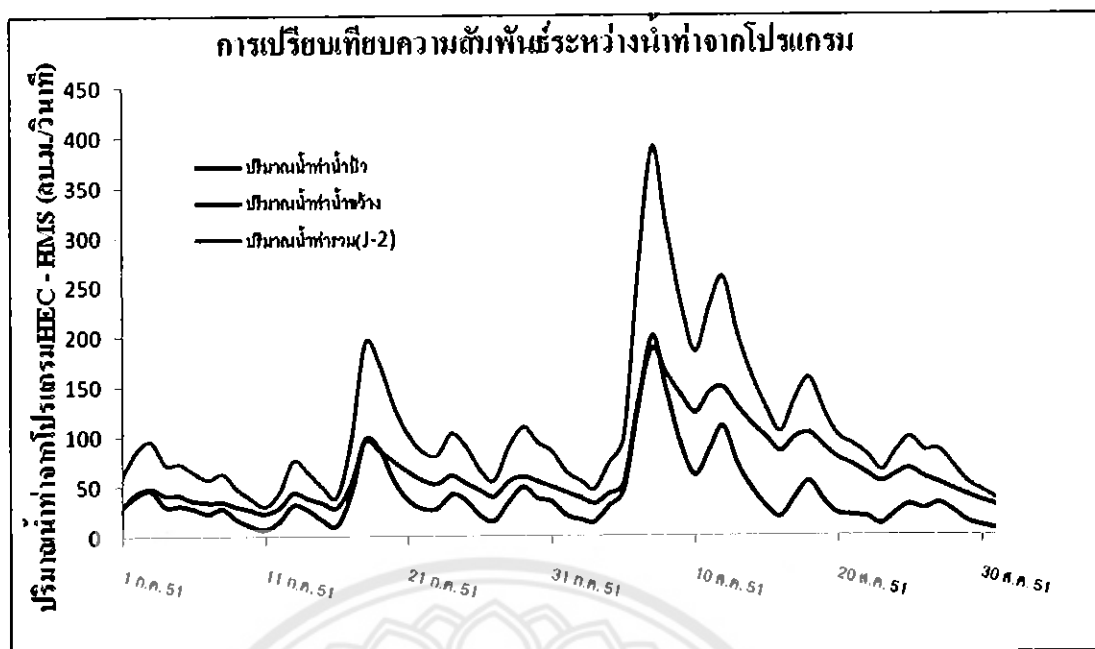
ตาราง 4.17 ตัวอย่างการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Run จากโปรแกรม HEC-HMS ใน ปี 2551 ในกรณีที่ 2 ณ จุดรวมน้ำปัวและน้ำขว้าง

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่าน้ำปัว(ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าน้ำขว้าง(ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)
1-ต.ค.-51	21.1	43.70	64.8
2-ต.ค.-51	17.3	38.10	55.3
3-ต.ค.-51	14.4	33.30	47.7
4-ต.ค.-51	30.6	43.60	74.2
5-ต.ค.-51	45.9	52.10	98
6-ต.ค.-51	126.7	133.50	260.2
7-ต.ค.-51	200.6	188.60	389.3
8-ต.ค.-51	149.3	163.80	313.1
9-ต.ค.-51	93.6	142.50	236.1
10-ต.ค.-51	61.6	124.00	185.6
11-ต.ค.-51	86.4	144.50	230.9
12-ต.ค.-51	110.4	149.40	259.8
13-ต.ค.-51	72.6	130.00	202.6
14-ต.ค.-51	47.3	113.10	160.3

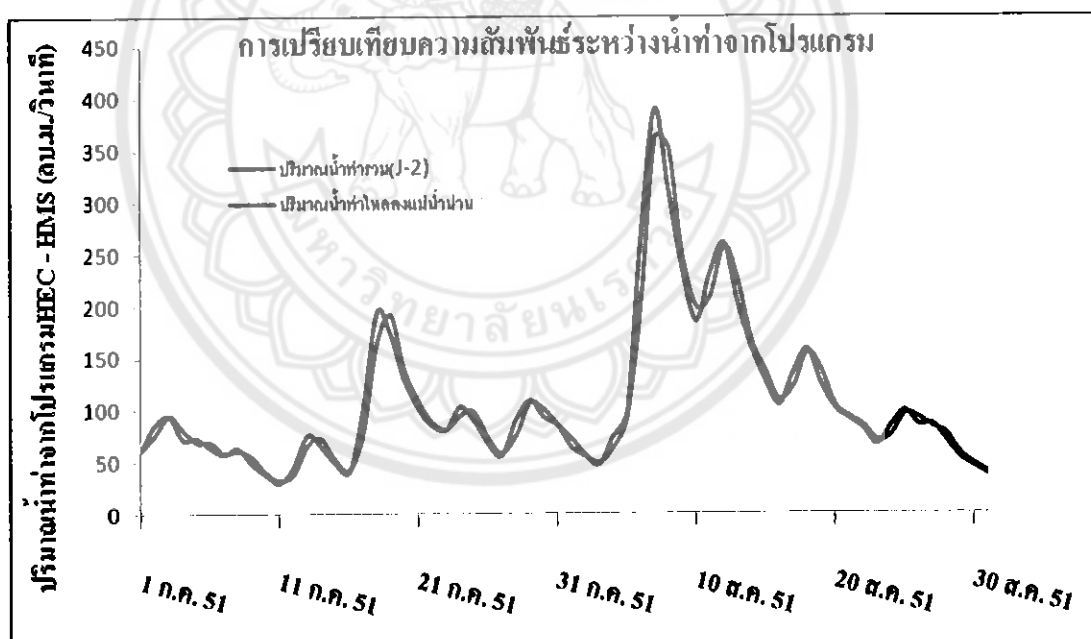
4.2.2.3 นำเข้าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบในพื้นที่เหนือฝายปัวมาใช้ในการ Run โปรแกรมเพื่อหาปริมาณน้ำท่าที่ไหลจากจุดรวมปริมาณน้ำท้าน้ำปัวกับปริมาณน้ำท้าน้ำขวังที่จุด Junction-2(J-2) ออกสู่จุดไหลลงแม่น้ำน่าน

ตาราง 4.18 ตัวอย่างการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Run จากโปรแกรม HEC-HMS ในปี 2551 ในกรณีที่ 2 ณ จุดออกแม่น้ำน่าน

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน(ลบ.ม./วินาที)
1-ต.ค.-51	64.8	72.6
2-ต.ค.-51	55.3	56.2
3-ต.ค.-51	47.7	50.4
4-ต.ค.-51	74.2	62.9
5-ต.ค.-51	98	92.9
6-ต.ค.-51	260.2	198.6
7-ต.ค.-51	389.3	361.7
8-ต.ค.-51	313.1	353.2
9-ต.ค.-51	236.1	251.3
10-ต.ค.-51	185.6	199.7
11-ต.ค.-51	230.9	207.9
12-ต.ค.-51	259.8	257.1
13-ต.ค.-51	202.6	226
14-ต.ค.-51	160.3	168.1



รูปที่ 4.15 ผลการเปรียบเทียบความสัมพัทธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าจากโปรแกรมในกรณีที่ 2



รูปที่ 4.16 ผลการเปรียบเทียบความสัมพัทธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าจากโปรแกรม ณ จุดออกแม่น้ำน่าน ในกรณีที่ 2

4.3 ผลการทดสอบโปรแกรมของปี 2549

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในทดสอบโปรแกรมปี2549

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	ประเภทข้อมูล	ปีที่สอบเทียบ	ปริมาณน้ำทั้งปี	
28164	อุทยานฯภูคา	ฝนรายวัน	2549	2100.4 มม./ปี	5.75 มม./วัน
90201	บ้านนาฝาง	ฝนรายวัน	2549	1543.5 มม./ปี	4.23 มม./วัน
90201	บ้านนาฝาง	น้ำท่ารายวัน	2549	3904.2 ลบ.ม./วินาที	337 ล้าน ลบ.

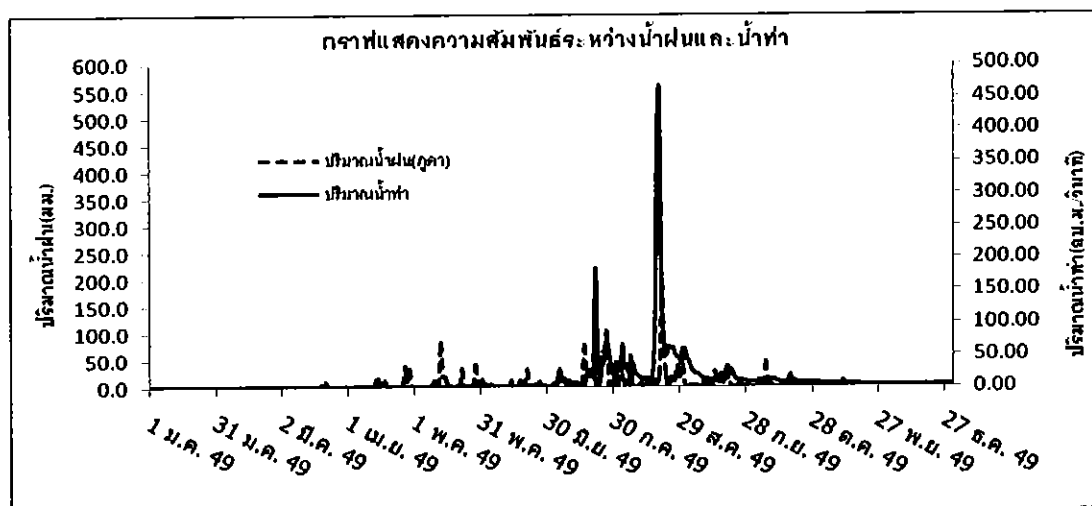
ในการทดสอบแบบจำลองแบ่งการนำเข้าข้อมูลน้ำฝนเป็น 2 กรณี

4.3.1 กรณีที่ 1 นำเข้าข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำเหนือฝายปัวเป็นกรณีแรกโดยมีปริมาณฝนตลอดทั้งปี 2100.4 มม./ปี คิดเป็นปริมาณฝนเฉลี่ย 5.75 มม./วัน เปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่บ้านนาฝางโดยมีปริมาณน้ำท่าตลอดทั้งปี 3904.2 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นปริมาณน้ำท่า 337 ล้าน ลบ.ม.

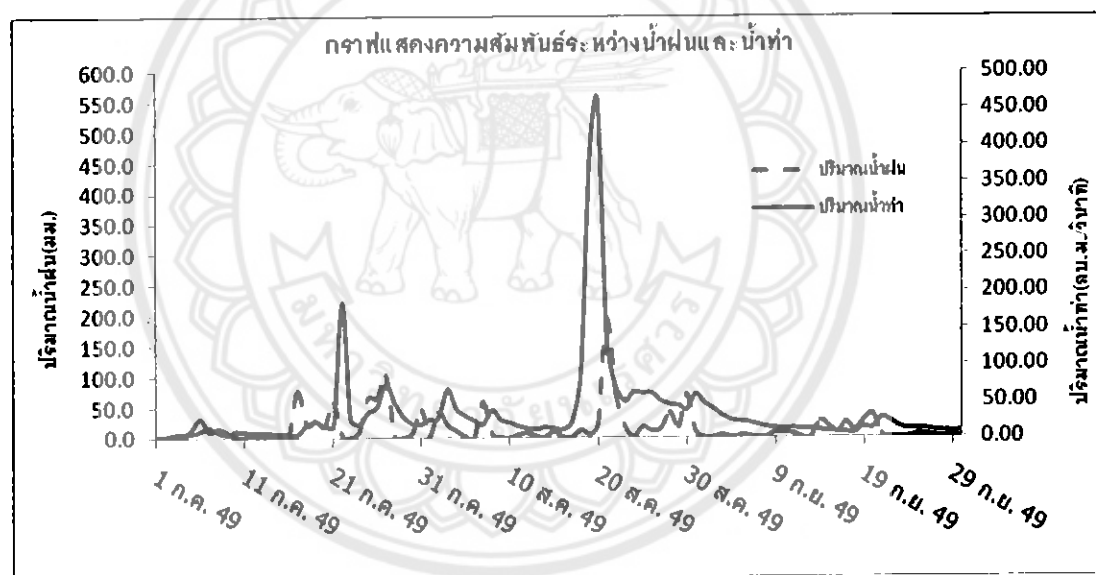
รูปที่ 4.11 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีวัดน้ำบ้านนาฝางจะเห็นว่าช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าสูงสุดคือ ช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ดังนั้นจึงได้เลือกช่วงเวลาดังกล่าวเพื่อนำไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม HEC-HMS โดยช่วงเวลาที่เลือกคือตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม-30 กันยายน มีปริมาณน้ำฝนรวมในช่วงเวลาดังกล่าวของปี2549 มีค่าเท่ากับ 1478.9 มม.น้ำฝนสูงสุด 193.5 มม.ในวันที่ 21 สิงหาคม และ ปริมาณน้ำท่ารวม มีค่าเท่ากับ 3180.9 ลบ.ม./วินาที น้ำท่าสูงสุด 461 ลบ.ม.ในวันที่ 20 สิงหาคม ความสัมพันธ์ของข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝางในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นดังรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.20 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมกรณีที่ 1

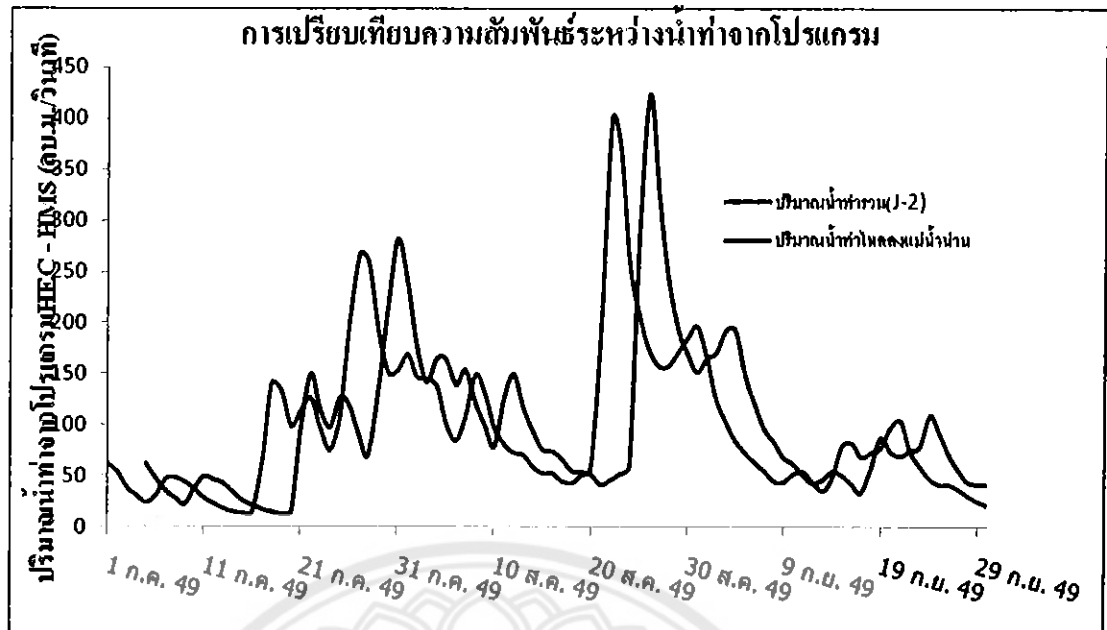
รหัสสถานี	ชื่อสถานี	ประเภทข้อมูล	ปริมาณน้ำรวม	ปริมาณน้ำสูงสุด	ว-ค-ป
28164	อุทยานฯภูคา	ฝนรายวัน	1478.9 มม.	193.5 มม.	21 ต.ค.49
90201	บ้านนาฝาง	น้ำท่ารายวัน	3180.9 ลบ.ม./วินาที	461 ลบ.ม.	20 ต.ค.49



รูปที่ 4.17 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝาง ปี2549 กรณีที่ 1



รูปที่ 4.18 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝางช่วงวันที่ 01 ก.ค. – 30 ก.ย. ของกลุ่มน้ำปี 2549 กรณีที่ 1



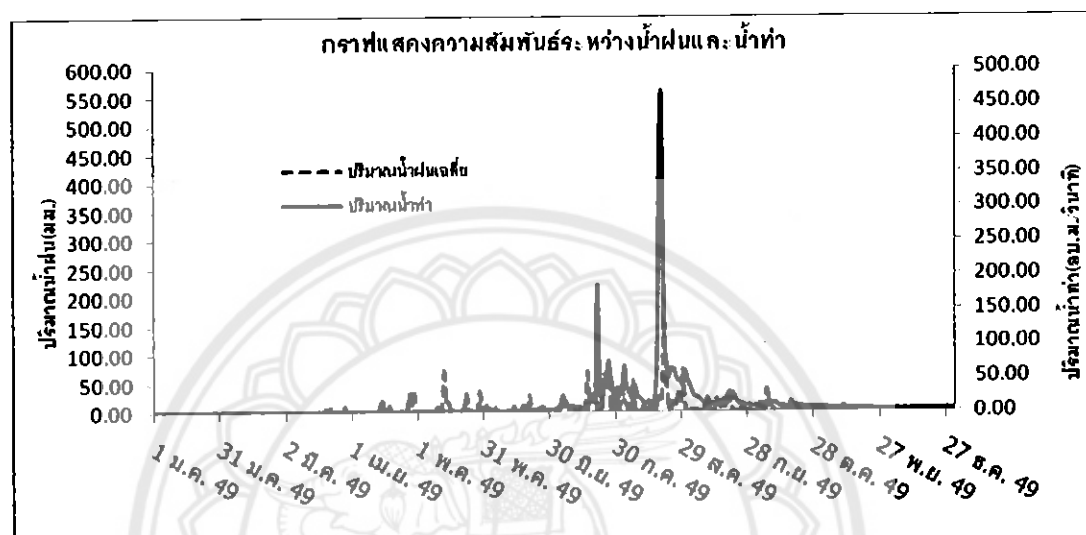
รูปที่ 4.19 ผลการเปรียบเทียบความสัณพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าจาก โปรแกรม ณ จุดออกแม่น้ำน่าน ปี 2549 ในกรณีที่ 1

4.3.2 กรณีที่ 2 ใช้ข้อมูลน้ำฝนเป็นค่าที่ถ่วงน้ำหนักของ สถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาและและ สถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำเหนือฝายปัว โดยมีปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปี 2000.1 มม./ปี คิดเป็นปริมาณฝนเฉลี่ย 5.48 มม./วัน เปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าบ้านนาฝาง โดยมีปริมาณน้ำท่าตลอดทั้งปี 3904.2 ลบ.ม./วินาที คิดเป็นปริมาณน้ำท่า 337 ล้าน ลบ.ม.

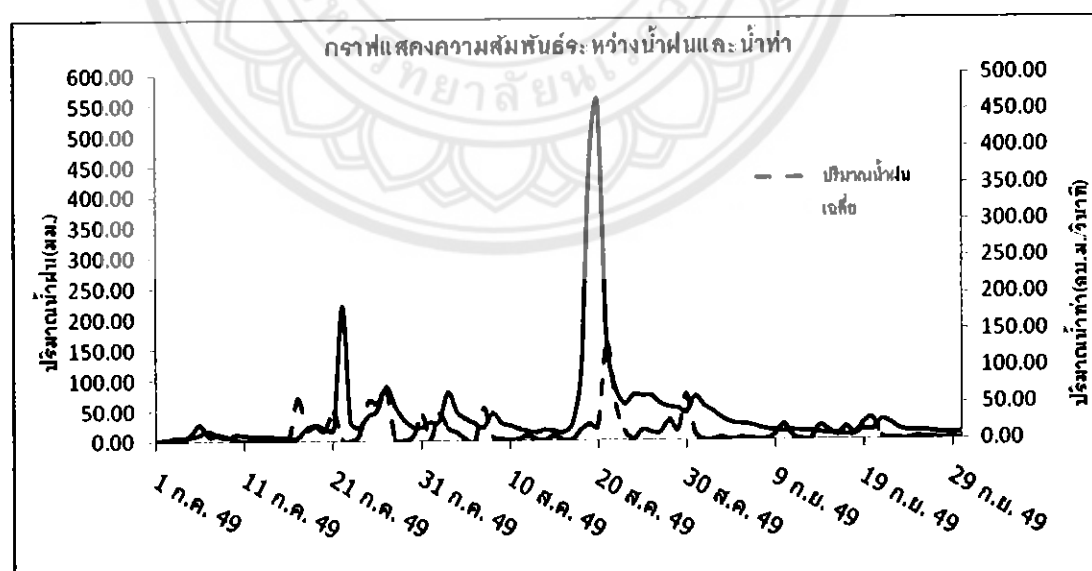
รูปที่ 4.13 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาและสถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝางจะเห็นว่าช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าสูงสุดคือ ช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ดังนั้นจึงได้เลือกช่วงเวลาดังกล่าวเพื่อนำไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม HEC-HMS โดยช่วงเวลาที่เลือกคือตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม-30 กันยายน ปริมาณน้ำฝนรวมในช่วงเวลาดังกล่าวของปี 2549 มีค่าเท่ากับ 1379.9 มม. น้ำฝนสูงสุด 157 มม. ในวันที่ 21 สิงหาคม และ ปริมาณน้ำท่ารวม มีค่าเท่ากับ 3180.9 ลบ.ม./วินาที น้ำท่าสูงสุด 461 ลบ.ม./วินาที ในวันที่ 20 สิงหาคม ความสัมพันธ์ของข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาและสถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝางในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นดังรูปที่ 4.14

ตารางที่ 4.21 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมกรณีที่ 2

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	ประเภทข้อมูล	ปริมาณน้ำรวม	ปริมาณน้ำสูงสุด	ว-ค-ป
28164	อุทยานฯภูคา	ฝนรายวันเฉลี่ย	1379.9 มม.	157 มม.	21 ต.ค. 49
90201	บ้านนาฝาง	น้ำท่ารายวัน	3180.9 ลบ.ม./วินาที	461ลบ.ม.	20 ต.ค.49

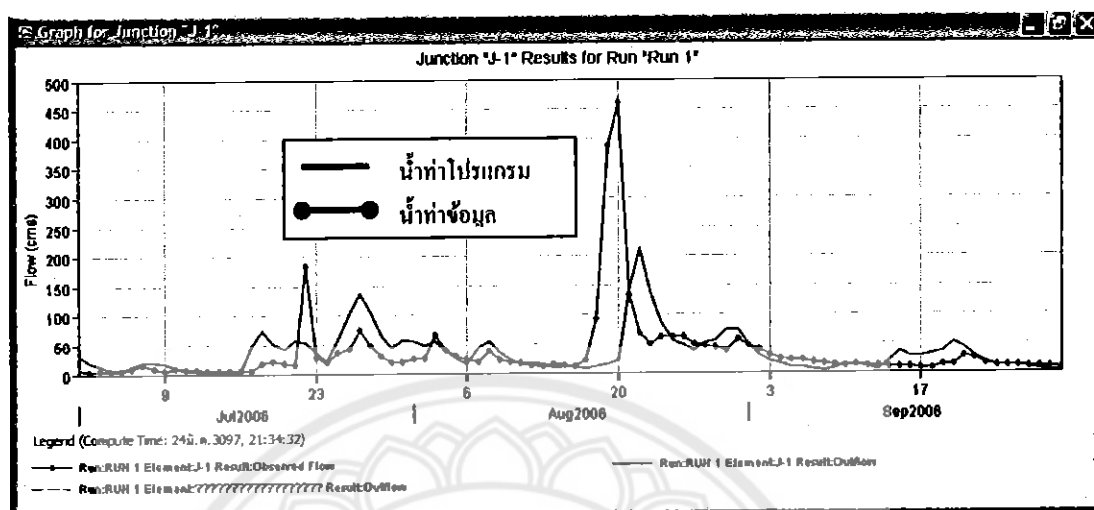


รูปที่ 4.20 แสดงปริมาณข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาและ
สถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝาง ปี2549กรณีที่ 2

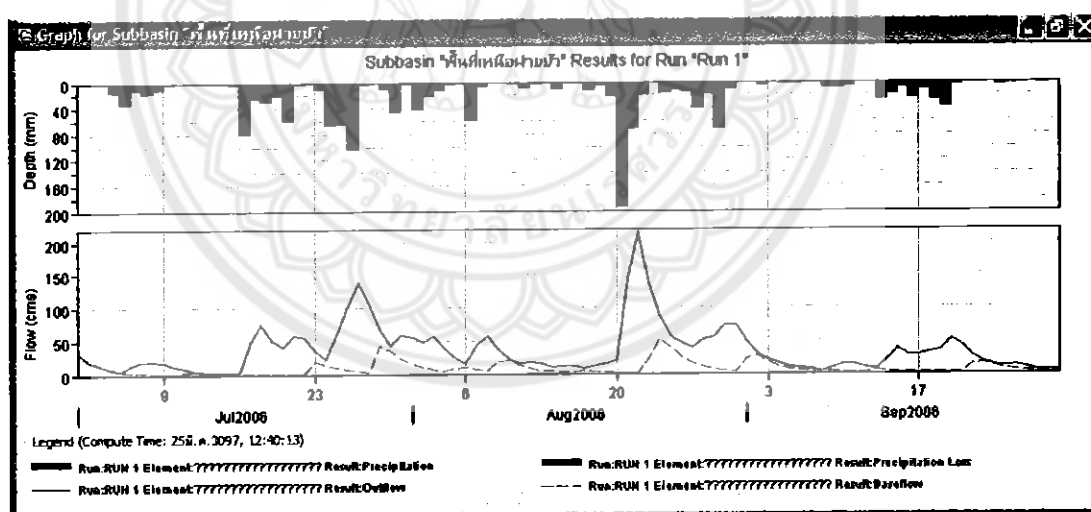


รูปที่ 4.21 แสดงการเลือกช่วงปริมาณข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาและสถานี
วัดน้ำฝนบ้านนาฝางเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าของสถานีบ้านนาฝางช่วง
วันที่ 01 ก.ค. – 30 กันยายน. ของกลุ่มน้ำปี 2549 กรณีที่ 2

4.3.3 กรณีที่ 1 นำเข้าข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯ มาคำนวณหาค่าพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำเหนือฝายบัว



รูปที่ 4.22 ผลทดสอบ โปรแกรมระหว่างกราฟน้ำท่าข้อมูลและน้ำท่าจาก โปรแกรมกลุ่มน้ำบัว(J-1) ปี 2549 กรณีที่ 1

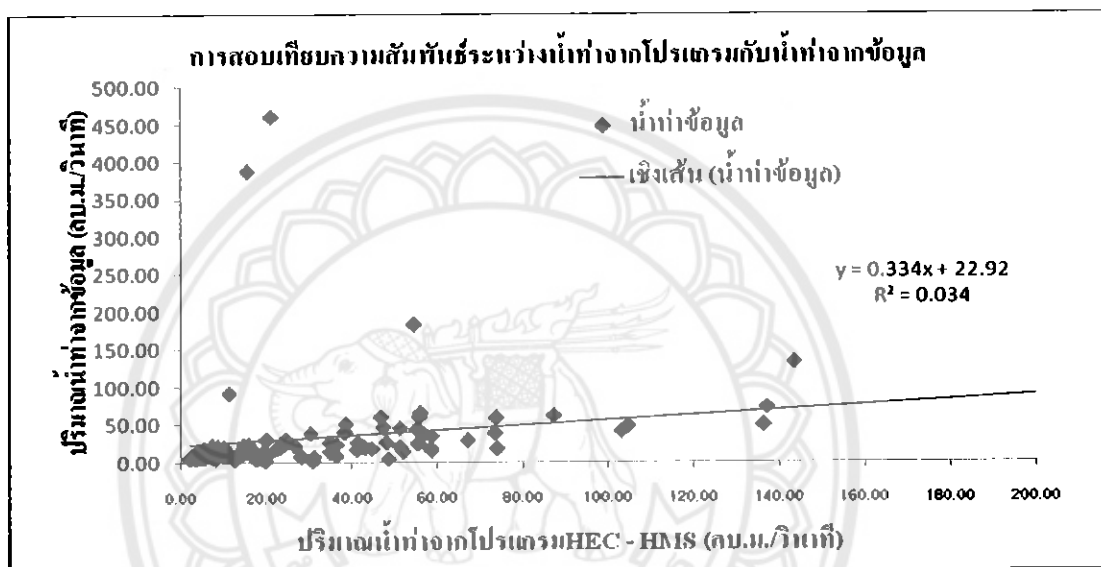


รูปที่ 4.23 ข้อมูลน้ำฝนอุทยานฯ มาคำนวณหาค่าพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำบัว ปี 2549 กรณีที่ 1

ตาราง 4.22 ตัวอย่างผลการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1) จากโปรแกรมกับ
ข้อมูลปี 2549 ใน กรณีที่ 1

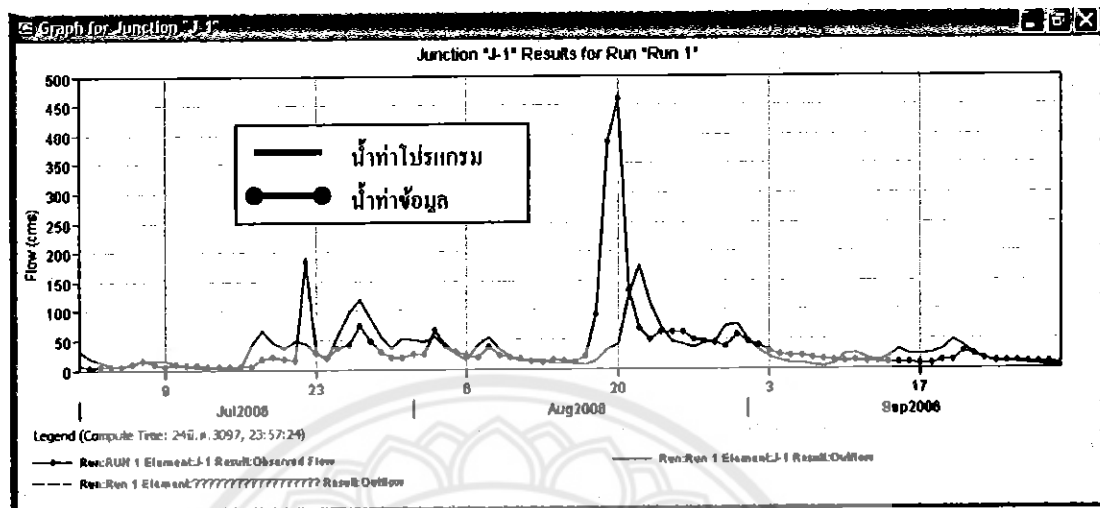
ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./ วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ. ม./วินาที)
15-ต.ค.-49	10.4	10.80	13.20
16-ต.ค.-49	0.6	11.40	11.10
17-ต.ค.-49	0.0	7.30	22.10
18-ต.ค.-49	12.5	11.20	91.70
19-ต.ค.-49	4.8	15.40	388.00
20-ต.ค.-49	20.5	21.10	461.00
21-ต.ค.-49	193.5	143.40	133.00
22-ต.ค.-49	70.4	213.10	69.00
23-ต.ค.-49	18.6	136.40	49.70
24-ต.ค.-49	0.5	87.30	62.40
25-ต.ค.-49	16.5	55.80	61.20
26-ต.ค.-49	11.2	46.80	61.20
27-ต.ค.-49	14.3	38.40	50.80
28-ต.ค.-49	40.5	51.10	45.70
29-ต.ค.-49	17.5	55.30	43.60
30-ต.ค.-49	70.7	73.50	38.30
31-ต.ค.-49	10.8	73.80	58.80

เมื่อนำปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการโปรแกรมและปริมาณน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลกรณีที่ 1 ในปี 2549 มาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.17 โดยกำหนดให้แกน x คือน้ำท่าที่ได้จากการโปรแกรม และแกน y คือน้ำท่าที่ได้จากข้อมูล ค่า R^2 ที่ได้ในกรณีแรก มีค่าเท่ากับ 0.034 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า R^2 ในปี 2549 มีความสัมพันธ์น้อยมาก เนื่องจากปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากการเปรียบเทียบโปรแกรม มีค่าเท่ากับ 213. ลบ.ม./วินาที ซึ่งเกิดขึ้นในวันที่ 22 สิงหาคม 2549 ซึ่งไม่ตรงกับวันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากข้อมูลที่เกิดก่อนหน้า 2 วัน สาเหตุเนื่องจากข้อมูลฝนที่ใช้ในการนำเข้าเกิดปริมาณสูงสุดในวัน 21 สิงหาคม ทำให้ไม่สามารถอธิบายความแตกต่างได้

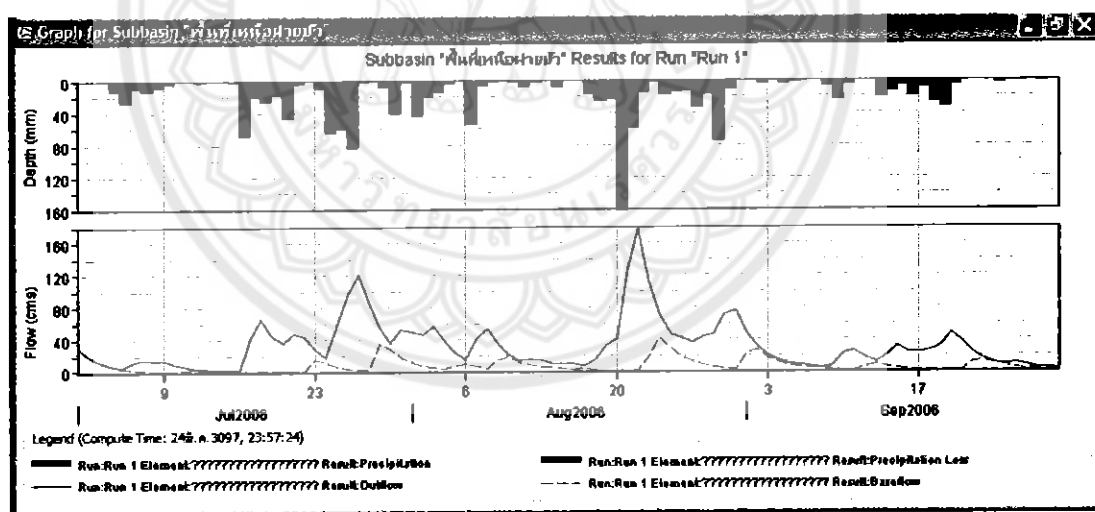


รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์น้ำท่าจากโปรแกรม HEC - HMS และจากข้อมูล ปี 2549
กรณีที่ 1

4.3.4 กรณีที่ 2 นำเข้าข้อมูลน้ำฝนเป็นค่าที่ถ่วงน้ำหนักของ สถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯภูคาและ สถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำเหนือฝายบัว



รูปที่ 4.25 ผลเปรียบเทียบ โปรแกรมระหว่างกราฟน้ำทำข้อมูลและน้ำทำจากโปรแกรม
ลุ่มน้ำบัว(J-1)ปี 2549 กรณีที่ 2

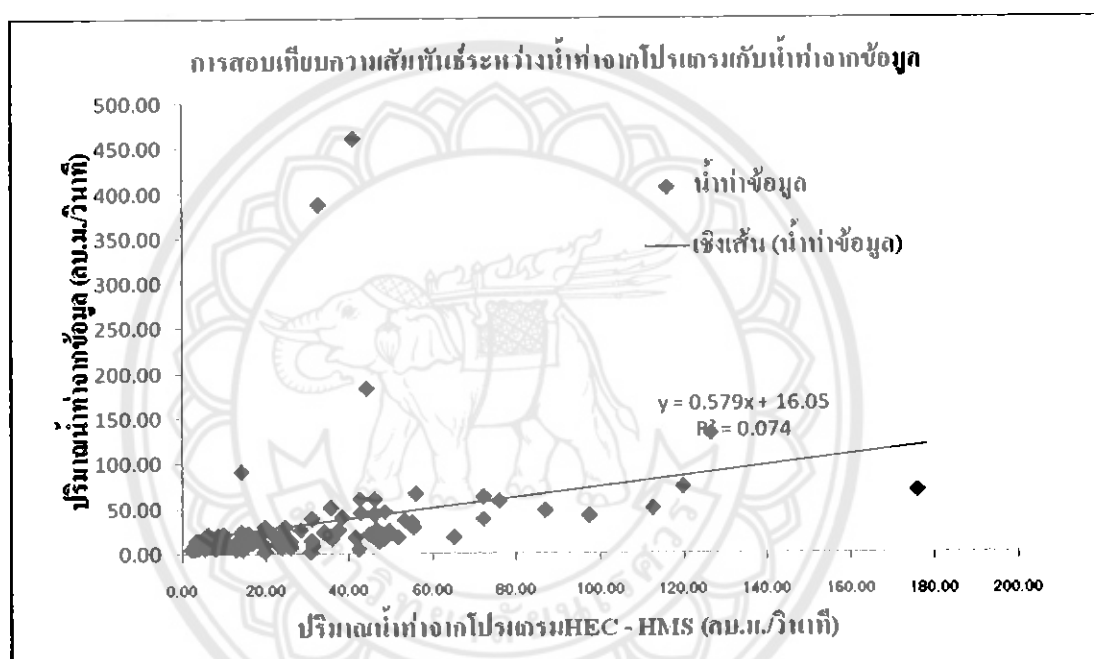


รูปที่ 4.26 ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยเปรียบเทียบกราฟน้ำทำที่ได้จากโปรแกรมHEC – HMS ของลุ่มน้ำบัว
ปี2549 กรณีที่ 2

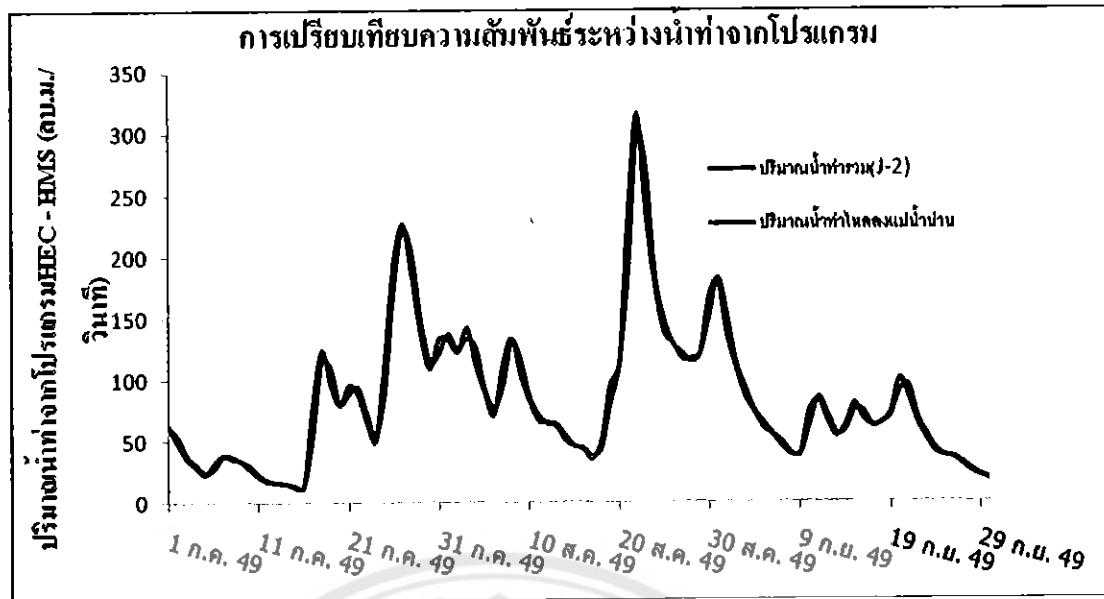
ตาราง 4.23 ตัวอย่างผลการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1) จากโปรแกรมกับ
ข้อมูลปี 2549 ในกรณีที่ 2

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./ วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ. ม./วินาที)
15-ต.ค.-49	8.48	9.60	13.20
16-ต.ค.-49	0.81	9.70	11.10
17-ต.ค.-49	1.10	6.20	22.10
18-ต.ค.-49	17.12	14.10	91.70
19-ต.ค.-49	26.35	32.70	388.00
20-ต.ค.-49	22.55	41.10	461.00
21-ต.ค.-49	157.50	126.50	133.00
22-ต.ค.-49	58.79	176.00	69.00
23-ต.ค.-49	15.58	112.60	49.70
24-ต.ค.-49	2.17	72.10	62.40
25-ต.ค.-49	16.67	46.10	61.20
26-ต.ค.-49	14.09	42.50	61.20
27-ต.ค.-49	12.89	35.70	50.80
28-ต.ค.-49	32.81	42.90	45.70
29-ต.ค.-49	16.53	46.20	43.60
30-ต.ค.-49	74.12	72.00	38.30
31-ต.ค.-49	11.33	75.90	58.80

เมื่อนำปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการโปรแกรมและปริมาณน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลกรณีที่ 2 ในปี 2549 มาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.20 โดยกำหนดให้แกน x คือน้ำท่าที่ได้จากการโปรแกรม และแกน y คือน้ำท่าที่ได้จากข้อมูล ค่า R^2 ที่ได้ในกรณีแรก มีค่าเท่ากับ 0.074 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า R^2 ในปี 2549 มีความสัมพันธ์น้อยมาก เนื่องจากปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากการเปรียบเทียบโปรแกรม มีค่าเท่ากับ 176 ลบ.ม./วินาที ซึ่งเกิดขึ้นในวันที่ 22 สิงหาคม 2549 ซึ่งไม่ตรงกับวันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากข้อมูลที่เกิดก่อนหน้า 2 วัน ทำให้ไม่สามารถอธิบายความแตกต่างได้ โดยสังเกตได้ว่า ปริมาณน้ำฝนข้อมูลในกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 มีความใกล้เคียงกันทั้งปริมาณน้ำท่าสูงสุดจากการ Run โปรแกรม และค่า R^2



รูปที่ 4.27 การสอบเทียบความสัมพันธ์น้ำท่าจากโปรแกรม HEC – HMS และจากข้อมูล ปี 2549



รูปที่ 4.28 ผลการทดสอบความถี่ผันระหว่างกราฟน้ำท่าจากโปรแกรม ณ จุดออกแม่น้ำป่าน
ในกรณีที่ 2

ตาราง 4.24 สรุปผลการทดสอบโปรแกรมปี 2551 และ ปี 2549 ในกรณีที่ 1 นำเข้าข้อมูลน้ำฝน
อุทยานฯภูคาและ กรณีที่ 2 นำเข้าฝนเฉลี่ย

สรุปผลการสอบเทียบในปี 2551 ช่วงเวลา 1 ก.ค. - 31 ส.ค.					
กรณี	ปริมาณฝนรวม(มม.)	ปริมาณน้ำท่าข้อมูล (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำท่าโปรแกรม (ล้าน ลบ.ม.)	อัตราการไหลสูงสุดจากข้อมูล (ลบ.ม./วินาที)	อัตราการไหลสูงสุดจากโปรแกรม (ลบ.ม./วินาที)
1	1412.00	746.5	241.6	493.00	204.90
2	1290.00	746.5	220.3	493.00	200.10

ตาราง 4.24(ต่อ)

สรุปผลการสอบเทียบในปี 2549 ช่วงเวลา 1 ก.ค. - 30 กันยายน					
กรณี	ปริมาณฝน รวม(มม.)	ปริมาณน้ำท่า ข้อมูล (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำท่า โปรแกรม (ล้าน ลบ.ม.)	อัตราการไหล สูงสุดจากข้อมูล (ลบ.ม./วินาที)	อัตราการไหล สูงสุดจาก โปรแกรม (ลบ.ม./วินาที)
1	1479.80	274.8	276.6	461.00	213.10
2	1379.90	274.8	253.8	461.00	176.00

สรุป ผลที่ได้จากการสอบเทียบในพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือสายบัว ที่เลือกทำการทดสอบในช่วงปี 2551 ซึ่งช่วงที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด ค่าที่ได้จากข้อมูลกับการ Run โปรแกรมมีความแตกต่างกันค่อนข้างสูง เมื่อได้คัดเลือกค่าพารามิเตอร์ความสัมพันธ์ผลลัพธ์ระหว่างข้อมูลกับการ Run จากโปรแกรมใกล้เคียงกันมากที่สุด และได้ค่า R^2 เฉลี่ยประมาณ 0.6 แม้จะได้พยายามปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆแล้ว แต่ผลของกราฟปริมาณน้ำท่าที่ได้จากโปรแกรมในส่วนก่อนและหลังที่เกิดอัตราการไหลสูงสุดมีค่าที่ใกล้เคียงกันตามช่วงระยะเวลาการขึ้น-ลงของโค้งน้ำท่ามีความสัมพันธ์สอดคล้องกันดี ดังจะเห็นว่า ปริมาณของน้ำท่าที่ได้จากโปรแกรมมีค่าต่ำกว่าอัตราการไหลของน้ำท่าที่ได้จากข้อมูล ซึ่งเมื่อนำค่า พารามิเตอร์เหล่านี้ไปใช้ในการทดสอบในปี 2549 ความสัมพันธ์ผลลัพธ์ระหว่างข้อมูลกับการ Run โปรแกรม ข้อมูลน้ำท่าลดลงเหลือ R^2 0.03-0.07 พร้อมทั้งอาจเกิดจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ทั้งในเรื่องความลาดชัน สภาพความชื้นของพื้นที่ ที่มีลักษณะความลาดชันมากและมีความชื้นที่สูงกว่า ค่าที่กำหนดให้ใช้จากตารางค่าโค้งตัวเลข (CN)

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

การศึกษาศาภาพอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำ อำเภอปัว โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS ที่มีความสามารถในการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวัน จากข้อมูลน้ำฝนรายวัน และค่าเงื่อนไขเริ่มต้นของแบบจำลอง การปรับเทียบแบบจำลองในแต่ละขั้นตอนเป็นการหาค่าพารามิเตอร์ต่าง คือ การจำลองการสูญเสียของน้ำท่า (Loss Model) ในการศึกษาใช้วิธีของ SCS Curve Number พารามิเตอร์คือ Initial Abstraction, Curve Number, Impervious การจำลองน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน (Direct Runoff Model) ใช้วิธีของ Snyder Unit Hydrograph พารามิเตอร์คือ Standard Lag และ Peaking Coefficient การจำลองการไหลพื้นฐาน (Base flow Model) ใช้วิธีของ Recession พารามิเตอร์คือ Initial flow, Recession Ratio และ Threshold flow การจำลองการเคลื่อนตัวในลำน้ำ ใช้วิธีของ Muskingum พารามิเตอร์คือ K, X

ในการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันนี้ ได้ประยุกต์กับสถานีวัดน้ำท่าบ้านนาฝาง โดยได้กรนำเข้าข้อมูลน้ำฝน 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ใช้ข้อมูลน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯ ภูคาครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำเหนือฝายปัว และ กรณีที่ 2 ใช้ข้อมูลน้ำฝนเป็นค่าที่ถ่วงน้ำหนักของ สถานีวัดน้ำฝนอุทยานฯ ภูคาและและสถานีวัดน้ำฝนบ้านนาฝางครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำเหนือฝายปัว ช่วงเวลาที่ทำการสอบเทียบปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่เหนือฝายปัวในแบบจำลองใช้ ปี 2551 ทั้ง 2 กรณี และทำการประเมินปริมาณน้ำท่าทั้งระบบของกลุ่มน้ำปัวช่วงเวลาในการจำลองใช้เวลา 2 ปี คือ ปี 2551 และ ปี 2549 ข้อมูลที่ใช้คือ ปริมาณน้ำฝนรายวันซึ่งมีสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 2 สถานี จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS ผลการศึกษาได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของกลุ่มน้ำดังนี้การจำลองการสูญเสียน้ำท่า (Loss Model) ของ SCS คือ CN มีค่า และ Ia 83.49 มีค่า 10.04 มม. การจำลองน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน (Direct Runoff Model) SCS คือ ประมาณ 23 ชั่วโมง การจำลองการไหลพื้นฐาน (Base flow Model) วิธีการจำลองแบบ Recession คือ Initial flow มีค่า 30.9 ลบ.ม./วินาที, Recession Ratio และ Threshold flow มีค่า 0.67 และ 0.977 ตามลำดับ การจำลองการเคลื่อนตัวในลำน้ำ วิธี Muskingum คือ K และ X มีค่า 1.1-6.8 ชั่วโมง, 0.2 ตามลำดับ ค่า R^2 ที่ได้ของปี 2551 กรณีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.0580 กรณีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.608 และปี 2549 กรณีที่ 1 0.034 กรณีที่ 2 0.074 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันปานกลางทั้ง 2 กรณี ในปี 2551 และมีความสัมพันธ์กันน้อยทั้ง 2 กรณี ในปี 2549 อันเนื่องมาจากสาเหตุ ข้อมูลที่นำเข้าในแบบจำลองทั้งเป็นข้อมูลที่มีการขาดช่วง

ในการเก็บข้อมูล จึงทำให้ข้อมูลน้ำฝนและข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ย มีการคลาดเคลื่อน และสถานที่ตั้งของ สถานีวัดน้ำฝนที่ไกลจากสถานีวัดน้ำท่า

อีกสาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากปริมาณตะกอนที่ทับถมซึ่งเป็นปัญหาหลักที่เกิดในลุ่มน้ำ ทำให้อัตราการไหลที่วัดได้ มีความคลาดเคลื่อนไปจากปริมาณฝนที่ได้จากข้อมูล ซึ่งสังเกตได้จากในช่วง ปริมาณที่ฝนตกไม่สูง ปริมาณอัตราการไหลจะมีค่าใกล้เคียงกับการ Run โปรแกรม

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการโดยใช้โปรแกรม HEC – HMS เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของน้ำฝน น้ำท่า และข้อมูลสภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ ทำให้ทราบถึงเทคนิคและสิ่งที่ต้องปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

1. เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากสถานีน้ำฝนที่เลือกใช้ ไม่ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนั้นจึงควรมีการติดตั้งสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ และให้มีการจดบันทึกข้อมูลน้ำฝนเป็นรายชั่วโมง เพื่อได้ข้อมูลที่มีความละเอียดมากขึ้น

2. ข้อมูลน้ำฝนที่ในการศึกษาในบางสถานีขาดความต่อเนื่อง การศึกษานี้จึงแบ่งเป็น 2 กรณี โดยแบ่งเป็นการใช้ฝน 1 สถานี และการเฉลี่ยของฝน 2 สถานี ทำให้มีผลต่อการกระจายตัวของฝน และการประเมินปริมาณน้ำท่าจึงเกิดการผิดพลาดได้

3. ควรให้ความสำคัญของฐานข้อมูล มีการตรวจสอบและบำรุงรักษาสถานีวัดน้ำท่า สถานีวัดน้ำฝน ของทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อความถูกต้องและต่อเนื่องของข้อมูล

4. ควรทำการจำลองกราฟน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อยด้วยวิธีอื่นที่มีอยู่ในแบบจำลอง HEC-HMS เพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบกับ ทั้งนี้เพราะในแบบจำลอง HEC-HMS มีวิธีการคำนวณให้เลือกหลายวิธี

5. การปรับเทียบค่า Parameter ควรทำครั้งละค่าแล้วดูผลที่ได้จากการปรับค่า Parameter นั้น ไม่ควรปรับพร้อมกันทีละหลายค่า เนื่องจากจะทำให้ไม่สามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของกราฟน้ำท่าได้ชัดเจน เพราะการปรับค่า Parameter บางค่าอาจให้ผลตรงข้ามกัน โดยการปรับค่า Parameter ในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากมีค่าเป็น Wet Condition (AMC III) สภาพดินมีความชื้นที่สูง ส่งผลให้การปรับเทียบค่า Parameter อื่นๆ มีความคลาดเคลื่อนได้

6. ควรทำการปรับเทียบและตรวจสอบตัวแปรในช่วงปีที่ใกล้เคียงกับปัจจุบันเพราะจะทำให้ทำนายปริมาณน้ำท่าในอนาคตได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพใช้ที่ดิน อดีตเป็นพื้นที่ป่าไม้ แต่ในปัจจุบันเป็นพื้นที่เกษตรกรรมหรือชุมชนเมือง

7. ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม HEC – HMS นอกจากจะได้กราฟน้ำท่าและปริมาณน้ำท่าแล้ว ยังสามารถทราบถึงองค์ประกอบของน้ำท่าได้แก่ Baseflow, Precipitation Loss, Excess Precipitation, Cumulative Excess Precipitation และ Cumulative Precipitation Loss ซึ่งจะแสดงผลในรูปของกราฟทำให้ไม่ต้องคำนวณค่าเหล่านั้นอีก

เอกสารอ้างอิง

- ดร.วีระพล เต้สมบัติ (2528). หลักอุทกวิทยา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วิโรจน์ ชัยธรรม. (2546). อุทกวิทยา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ฝ่ายน้ำป่า โครงการชลประทานน่าน. ข้อมูลลักษณะฝ่าย. สืบค้นเมื่อ 18 ตุลาคม 2553
- ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน กรมชลประทาน,สภาพภูมิอากาศลุ่มน้ำทุ่งช้าง,ลุ่มน้ำท่าวังผา,ลุ่มน้ำภูคา สืบค้นเมื่อ 4 มกราคม 2554, จาก :
<http://hydro-1.com/index.php?id=1>
- ภูมิสารสนเทศดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน,สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2553
- US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. User's Manual HEC – HMS
Version 3.4. U.S.A



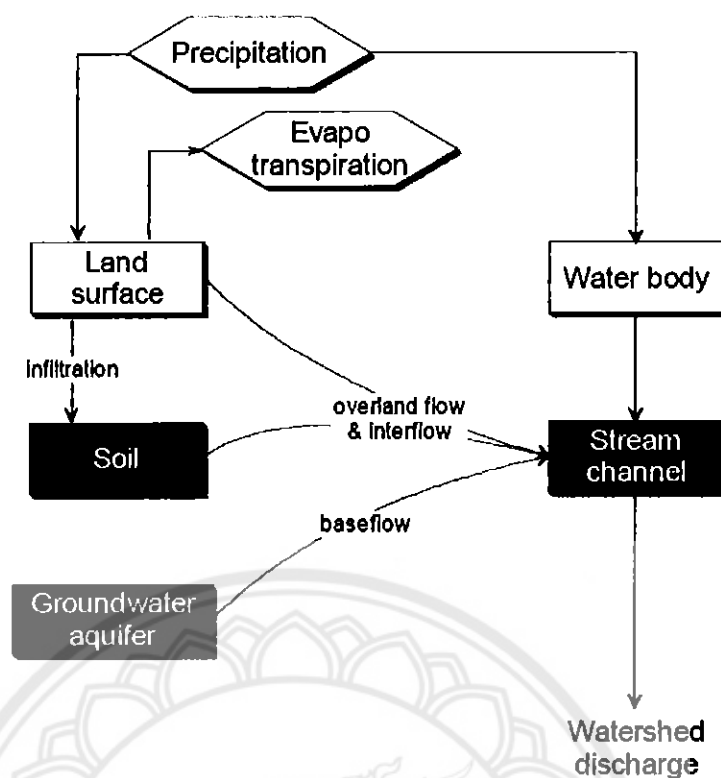
ภาคผนวก ก

ภาพรวมของโปรแกรม HEC- HMS

หน่วยงาน Hydrologic Engineering Center, U.S. Army Corps of Engineers. (1998) ได้แนะนำโปรแกรม HEC-HMS ที่สามารถแยกออกเป็นแบบจำลองส่วนต่าง ของวงจรน้ำทำได้ดังนี้

- แบบจำลองสำหรับคำนวณปริมาณน้ำท่า (Direct Runoff Model) ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่รับน้ำ, ปริมาณการซึมลงสู่ผิวดิน, ปริมาณน้ำท่าที่ผ่านผิวดินได้, ปริมาณน้ำท่าที่ไม่สามารถผ่านผิวดินได้ หรือเมื่อไหร่จะเกิดน้ำท่า
- แบบจำลองสำหรับการไหลออกผิวดิน (Direct Runoff Model) เฉพาะการไหลตามผิว(Over flow) และการไหลเสริม(Inter Flow)แสดงถึงน้ำที่ไม่ซึมลงดินหรือน้ำที่ค้างอยู่บนพื้นที่รับน้ำหรือน้ำที่อยู่ใต้พื้นที่รับน้ำ
- แบบจำลองของการไหลออกพื้นฐาน (Base Flow Model) ซึ่งจำลองการระบายอย่างช้าๆของน้ำใต้ผิวดินลงสู่ลำน้ำ
- แบบจำลองการไหลในลำน้ำ(Open Channel Flow Model)สามารถจำลองการไหลในลำน้ำ 1 มิติ
- และ HEC-HMS ได้เพิ่มแบบจำลองสำหรับอาคารควบคุมน้ำ (Water Control Structure) เช่น การก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำเบี่ยงเบนทางน้ำ,อ่างเก็บกักน้ำเป็นต้น

แบบจำลอง HEC-HMS สามารถจะคำนวณหาปริมาณน้ำท่าด้วยการคำนวณปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับโดยพืช(Interception)ปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงสู่ดิน(Infiltration)ปริมาณน้ำที่ถูกกักเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำหนองบึง(Storage)ปริมาณน้ำที่ระเหย(Evaporation)หรือปริมาณน้ำที่คายออกมาของพืช(Transpiration) แล้วนำมาหักออกจากปริมาณน้ำฝน (Precipitation) ดังที่ปรากฏในภาพที่ ก1 การดักและการกักเก็บน้ำบนดินเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงการกักเก็บน้ำบนดินโดยต้นไม้ ใบหญ้า การกักเก็บของน้ำใต้ผิวดินตามรอยแตก รอยร้าวตามที่จอตลอด หรือบนหลังคา หรือบริเวณพื้นผิวที่น้ำไม่มีอิสระ ในการเคลื่อนไหวเหมือนการไหลตามพื้นผิว การไหลซึมลงสู่ดินแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ของน้ำไปสู่ใต้ผิวดิน การดัก การซึม การกักเก็บ การระเหย และการคายน้ำทั้งหมดนี้ในโปรแกรม HEC-HMS คือ การสูญเสียของท่าน้ำ (Loss rate)



รูปที่ ก1 แสดงรูปแบบการคำนวณน้ำท่าจากพื้นที่รับน้ำในแบบจำลองHEC-HMS

ที่มา HEC-HMS Technical Reference Manual (March 2000)

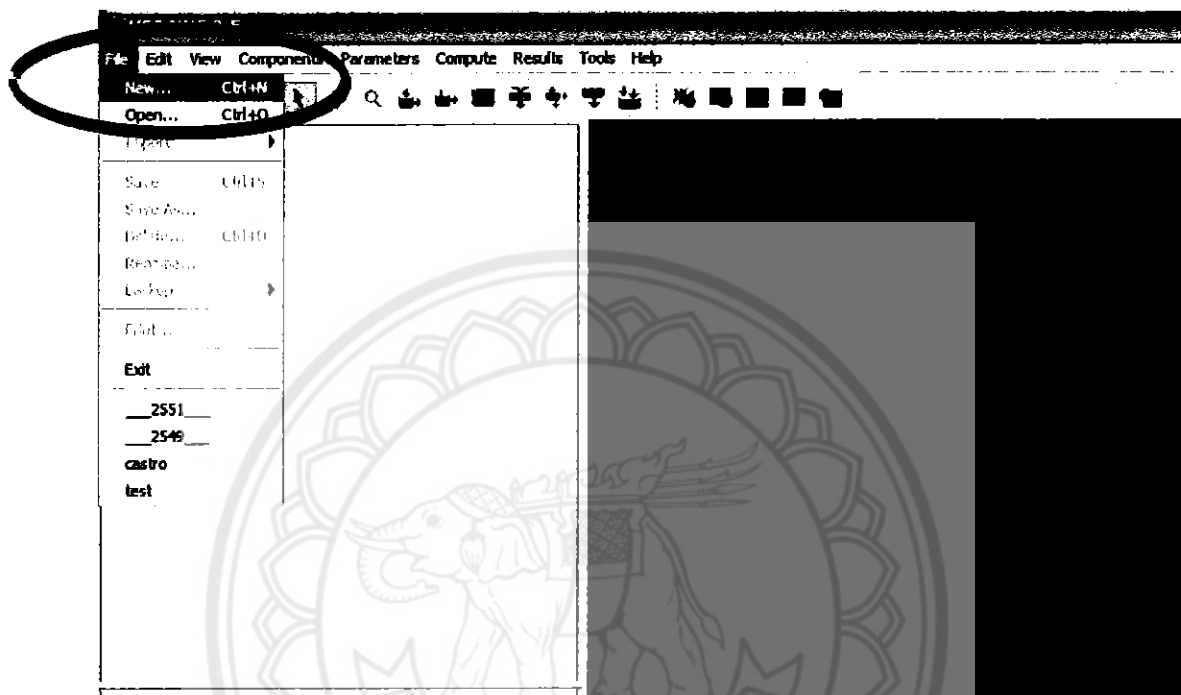
ในแต่ละแบบจำลอง จะหาค่าปริมาณน้ำฝนที่สูงที่สุดในแต่ละรอบเวลาที่ใช้คำนวณ(Time interval) และหักลบออกจากปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่รอบนั้นๆ ผลลัพธ์ที่ได้ คือปริมาณน้ำฝนส่วนเกินที่เหลืออยู่ เรียกว่า ทำน้ำ และมีการกระจายไม่สม่ำเสมอตลอดพื้นที่รับน้ำ

ซึ่งต่อไปจะกล่าวถึงแบบจำลองการสูญเสียของน้ำท่า (Loss models) ในโปรแกรม HEC-HMS และวิธีการใช้แบบจำลองเหล่านี้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำท่า

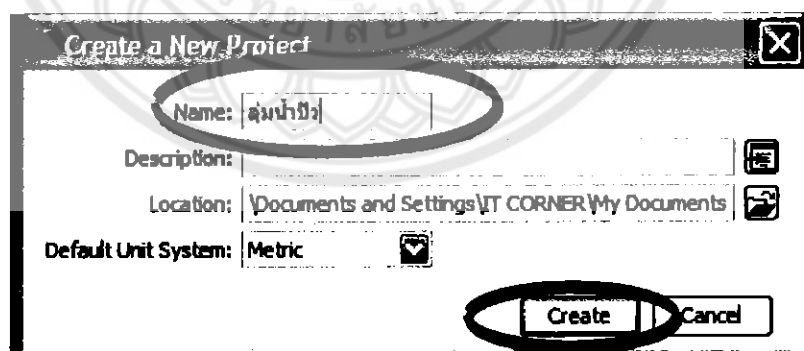
ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม HEC-HMS

1. สร้าง Project ใหม่โดยเปิดโปรแกรมขึ้นมาแล้วเลือก File → New... พิมพ์ชื่อ Project และส่วนอธิบายเพิ่มเติม (ถ้ามี) แล้วเลือกที่อยู่ของไฟล์และหน่วยที่ใช้ใน Project จากนั้นเลือก Create

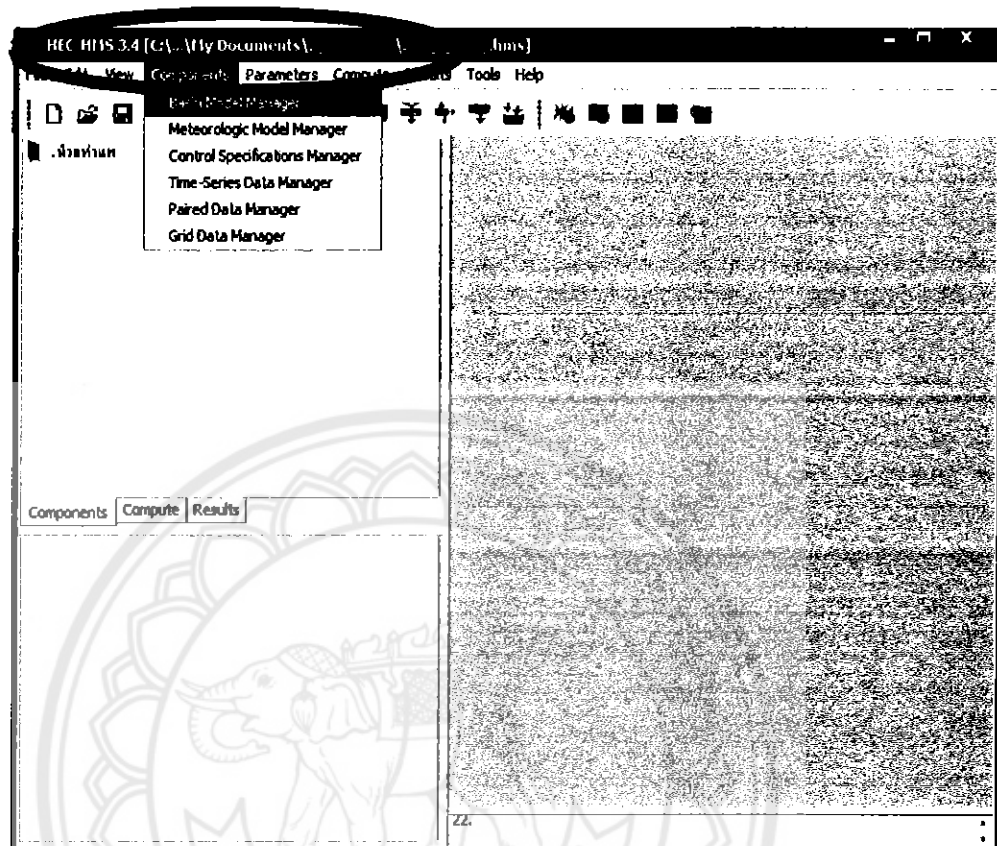


รูปที่ ข1 Create a new project

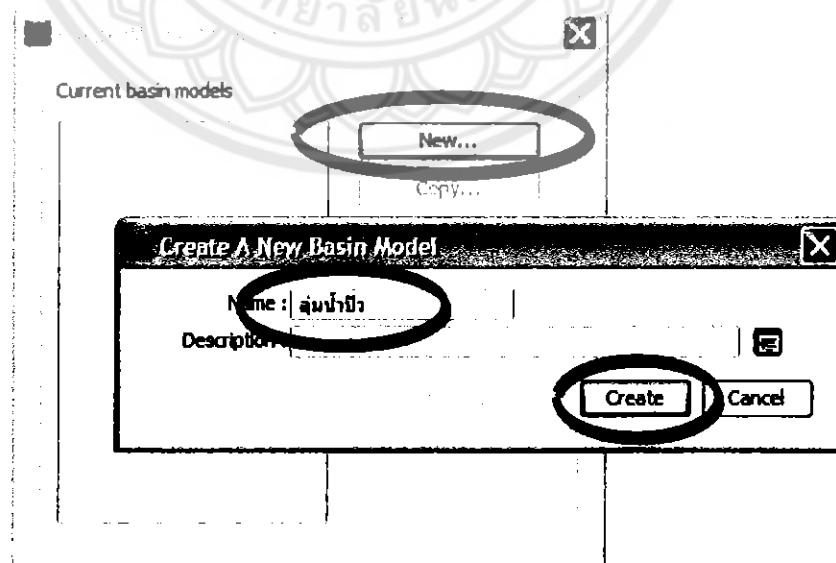


รูปที่ ข2 Enter a project name, a project description, location of project files, and the default unit system

2. สร้าง Basin model โดยเลือก Components $\Rightarrow$ Basin Model Manager จากนั้นเลือก New แล้วพิมพ์ชื่อ Basin model ที่ต้องการ และส่วนอธิบาย (ถ้ามี) จากนั้นเลือก Create

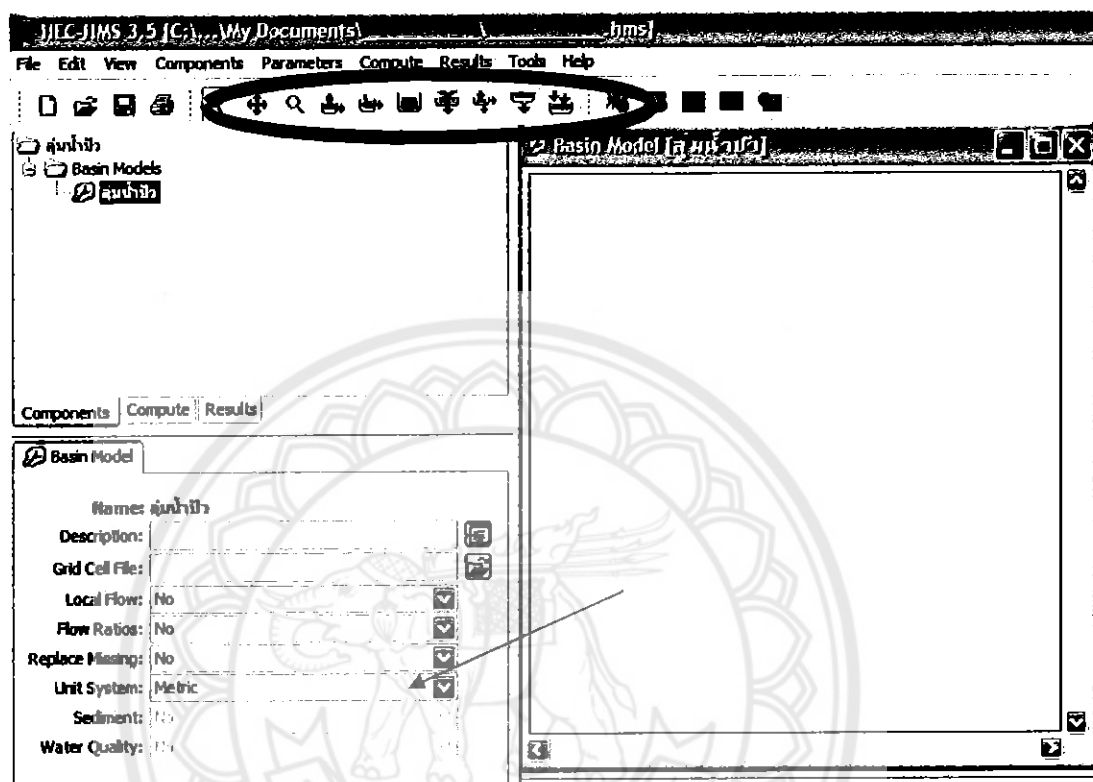


รูปที่ ข3 Open the basin model manager



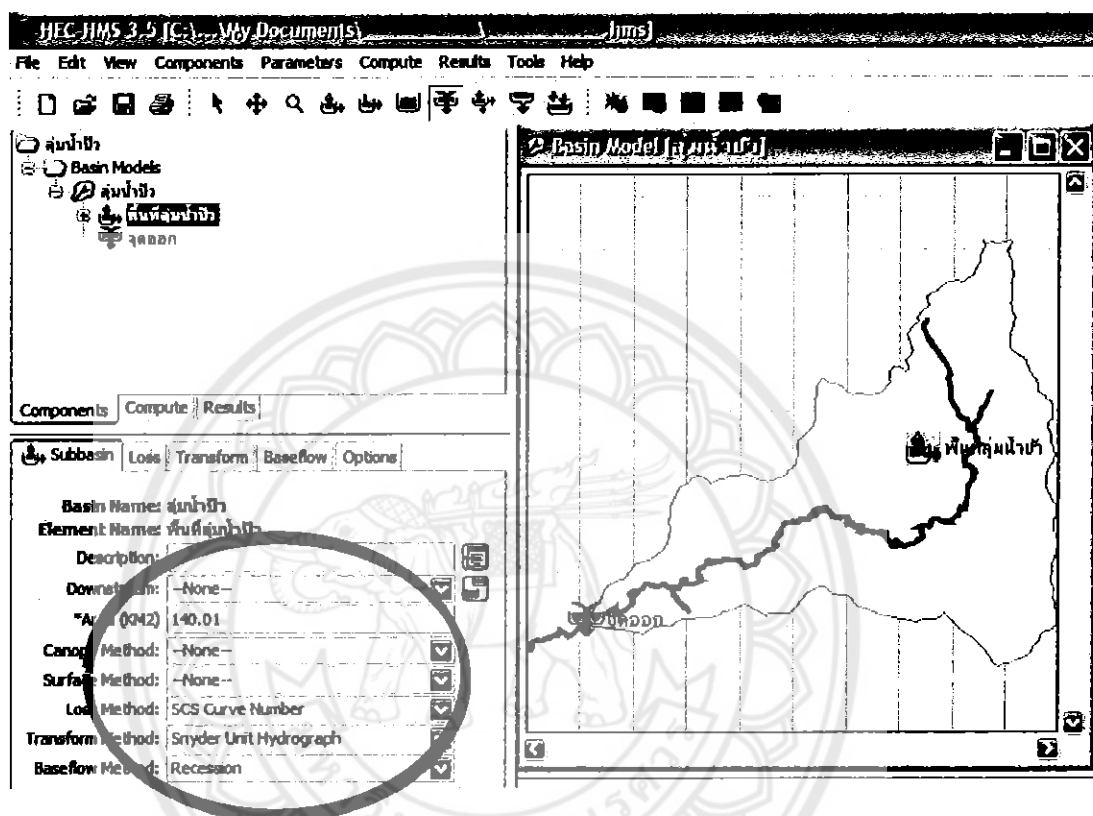
รูปที่ ข4 Create a new basin model.

เลือกหน่วยที่ใช้ในการคำนวณ (ในที่นี้ใช้หน่วย Metric) จากนั้นเลือกชนิดของ Basin model (ในที่นี้เลือก Subbasin ) จาก tool bar และทำการเชื่อมต่อกับจุดออก (ในที่นี้เลือก Junction ) โดยเลือก Connect Downstream



รูปที่ ข5 Hydrologic element tools.

ใส่ข้อมูลขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (หน่วยเป็นตารางกิโลเมตร) จากนั้นเลือกวิธีการที่ใช้ในการคำนวณกราฟน้ำท่าได้แก่ Loss Method (ในที่นี้เลือกใช้วิธี SCS Curve Number), Transform method (ในที่นี้เลือกใช้วิธี Snyder Unit Hydrograph) และ Base flow Method (ในที่นี้ เลือกใช้วิธี Recession) รายละเอียดแสดงในรูปที่ ข6



รูปที่ ข6 Component editor for a subbasin element.

Subbasin		Loss	Transform	Baseflow	Options
Basin Name: Basin 1					
Element Name: พื้นที่ลุ่มน้ำ					
Initial Abstraction (MM)	31.14				
*Curve Number:	62				
*Impervious (%)	0.20				

รูปที่ ข7 ค่า Parameter โดยวิธี SCS Curve Number.

Subbasin	Loss	Transform	Baseflow	Options
Basin Name: Basin 1 Element Name: พื้นที่ลุ่มน้ำ Method: Standard ☒				
*Standard Lag (HR)		27.41		
*Peaking Coefficient:		0.5		

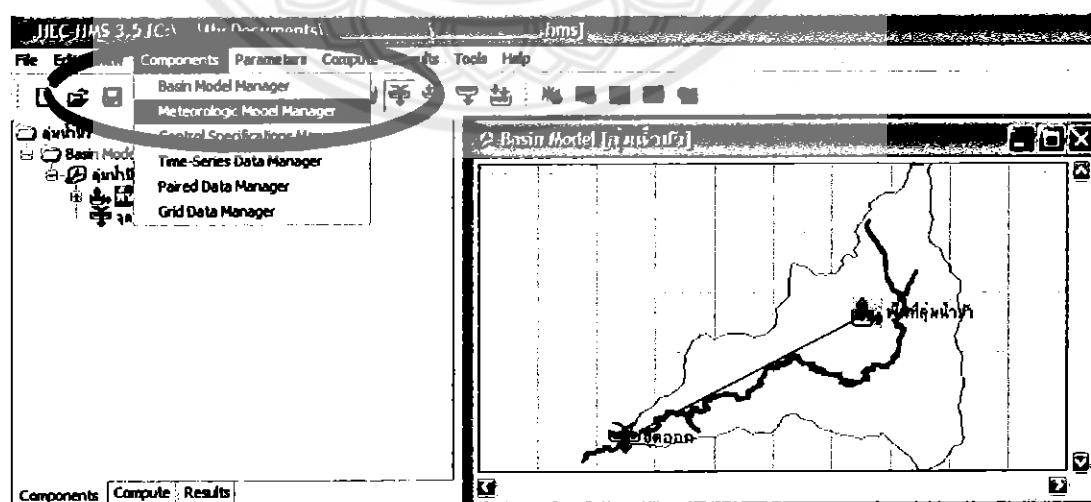
รูปที่ ข8 ค่า Parameter โดยวิธี Snyder Unit Hydrograph.

Subbasin	Loss	Transform	Baseflow	Options
Basin Name: Basin 1 Element Name: พื้นที่ลุ่มน้ำ Initial Type: Discharge ☒				
*Initial Discharge (M3/S)		3.6		
*Recession Constant:		0.87		
Threshold Type:		Ratio To Peak ☒		
*Ratio:		0.997		

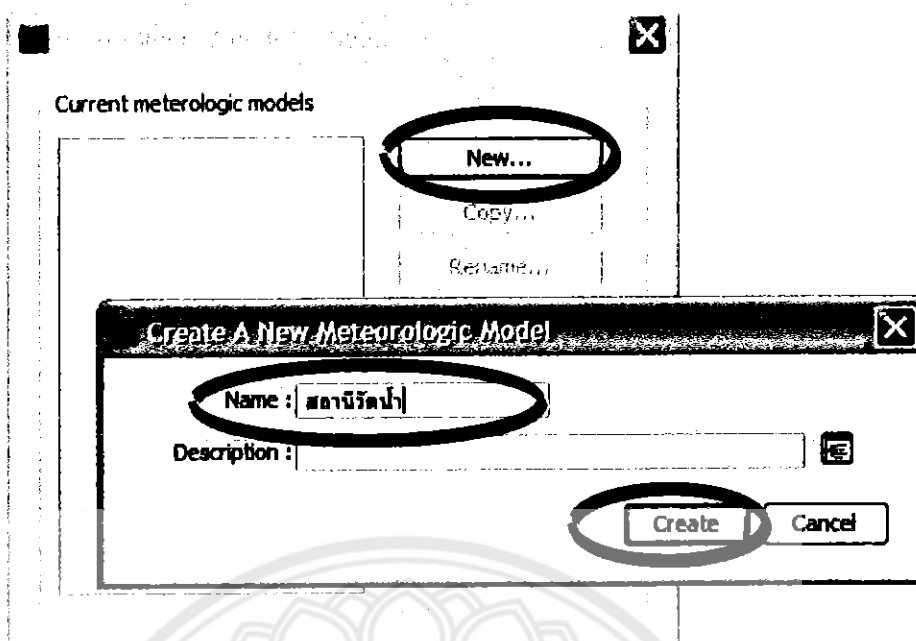
รูปที่ ข9 ค่า Parameter โดยวิธี Recession.

3. สร้าง Meteorologic Model โดยเลือก Components ➡ Meteorologic Model

Manager จากนั้นเลือก New แล้วพิมพ์ชื่อ Meteorologic Model ที่ต้องการ และส่วนอธิบาย (ถ้ามี)
จากนั้นเลือก Create

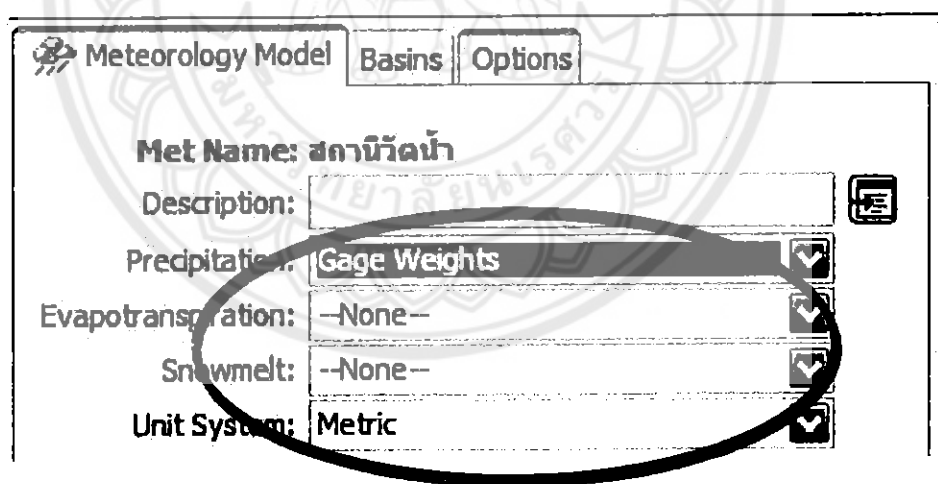


รูปที่ ข10 Open the meteorologic model manager



รูปที่ ข11 Create a new meteorologic model.

เลือกรูปแบบการนำเข้าข้อมูล (ในที่นี้เลือก Gage Weights) จากนั้นทำการเชื่อมข้อมูลกับพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเลือก Yes ในช่อง Include Subbasin รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ ข12 และรูปที่ ข13

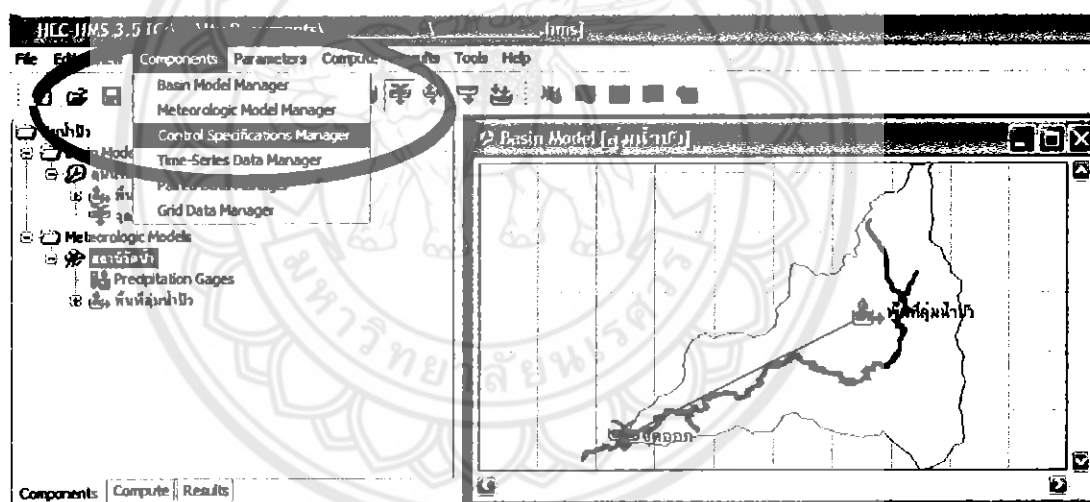


รูปที่ ข12 Component editor for a meteorologic model.

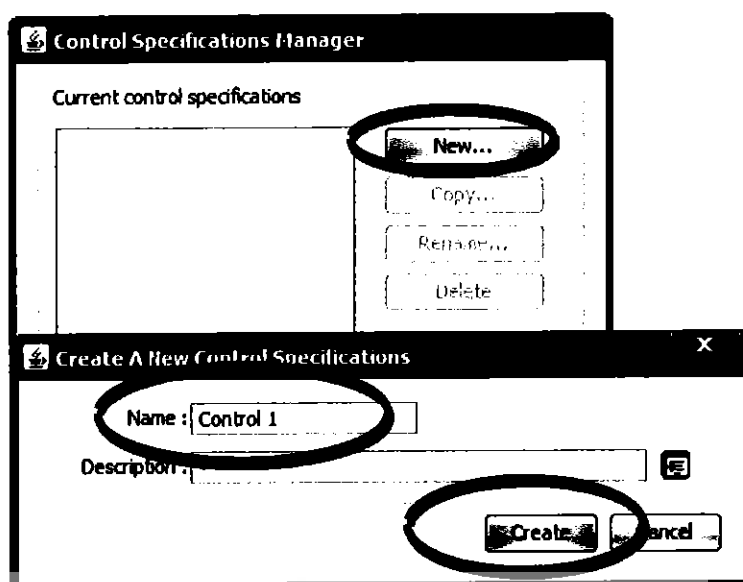
Meteorology Model Basins Options	
Met Name: สถานีวัดน้ำ	
Basin Model	Indude Subbasins
ลุ่มน้ำปาว	Yes

รูปที่ ข13 Adding subbasin elements to a meteorologic model

4. สร้าง Control Specifications โดยเลือก Components $\Rightarrow$ Control Specifications Manager จากนั้นเลือก New แล้วพิมพ์ชื่อ Control Specifications ที่ต้องการ และส่วนอธิบาย (ถ้ามี) จากนั้นเลือก Create และเลือกวันและเวลาเริ่มต้น – สิ้นสุดในการ Run (ในที่นี้คือวันที่ 1 กรกฎาคม – วันที่ 31 สิงหาคม ของปี 2551 ช่วงเวลาในการ Run เลือกเป็นราย 1 วัน) รายละเอียดดังแสดงใน รูปที่ ข14 ถึง รูปที่ ข16



รูปที่ ข14 Open control specifications model manager.



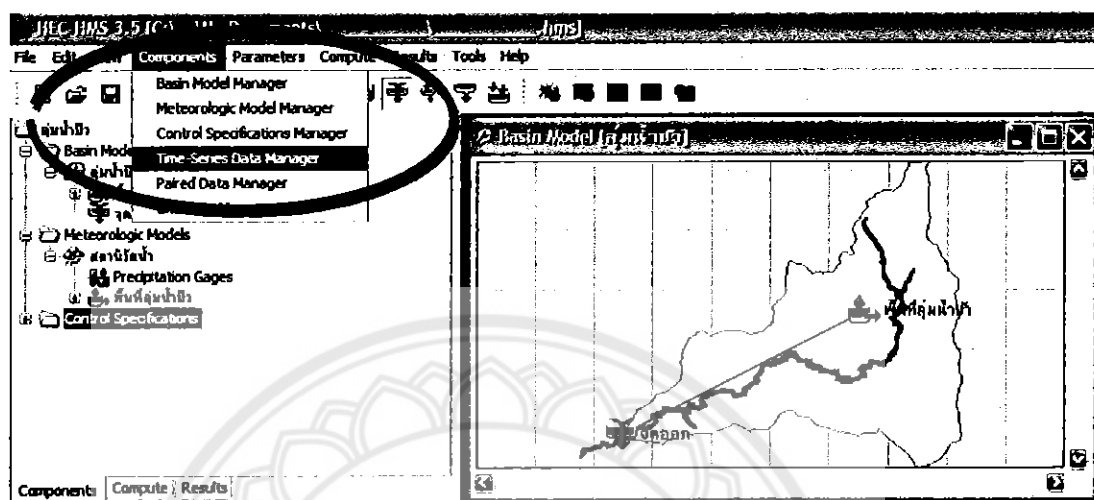
รูปที่ ๖15 Create a new control specifications model.

Control Specifications	
Name:	Control 1
Description:	
*Start Date (ddMMYYYY)	01ก.ค.2551
*Start Time (HH:mm)	00:00
*End Date (ddMMYYYY)	31ส.ค.2551
*End Time (HH:mm)	00:00
Time Interval:	1 Day

รูปที่ ๖16 Control specifications.

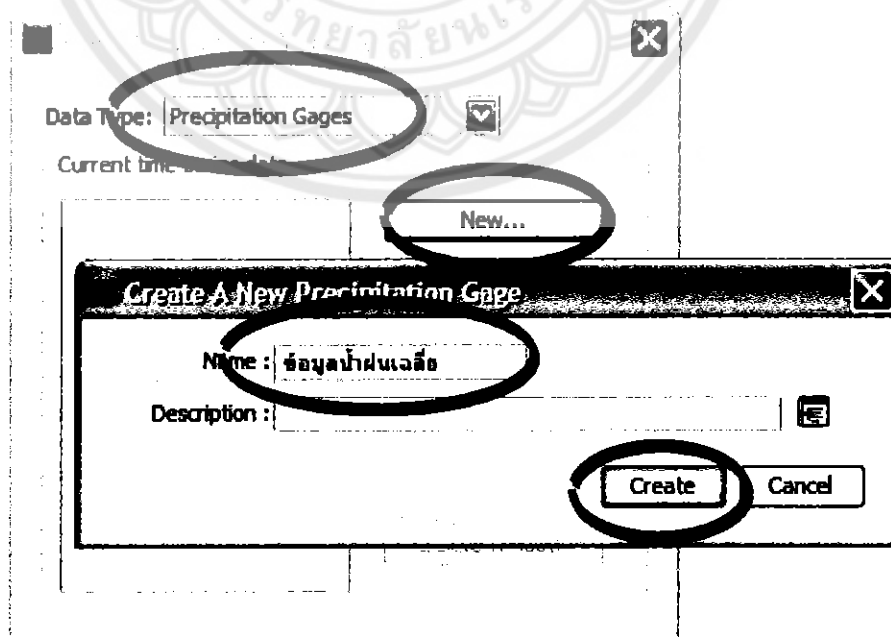
5. สร้าง Input data ซึ่งประกอบไปด้วย Time-Series Data Manager, Paired Data Manager และ Grid Data Manager ในที่นี้เลือกใช้ Time-Series Data Manager โดยเลือก Components

⇒ Time-Series Data Manager



รูปที่ ข17 Open input data managers.

เลือกชนิดของข้อมูลที่ต้องการใส่ใน โปรแกรมในที่นี้ใช้ข้อมูลฝนและข้อมูลน้ำท่า ซึ่งต้องใส่ข้อมูลทีละข้อมูล ดังนั้นจึงเลือกใส่ข้อมูลฝนก่อน โดยเลือก Precipitation Gages จากนั้นเลือก New แล้วพิมพ์ชื่อ Gages ที่ต้องการ และส่วนอธิบาย (ถ้ามี) จากนั้นเลือก Create



รูปที่ ข18 Create a new Time-Series Data.

Time-Series Gage

Name: ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ย

Description:

Data Source: Manual Entry

Units: Incremental Millimeters

Time Interval: 1 Day

Latitude Degrees:

Latitude Minutes:

Latitude Seconds:

Longitude Degrees:

Longitude Minutes:

Longitude Seconds:

รูปที่ ข19 เลือกวิธีนำเข้าข้อมูล, กำหนดหน่วยของข้อมูลและเลือกช่วงเวลาเก็บข้อมูล

เลือก Time – Series Gage เพื่อกำหนดหน่วยที่ใช้กับข้อมูล ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล และวิธีการนำเข้าข้อมูล ในที่นี้เลือกหน่วยเป็น Incremental Millimeters ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลคือ 1 Day และนำเข้าข้อมูลโดย Manual Entry

ซึ่งในส่วนนี้จะใส่หรือไม่ก็ได้เนื่องจากเป็นส่วนที่แสดงที่ตั้งของสถานีที่เก็บข้อมูล ไม่มีผลต่อการคำนวณของโปรแกรม

Time-Series Gage Time Window Table Graph

Name: ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ย

*Start Date (ddMMYY) 01ก.ค.2551

*Start Time (HH:mm) 00:00

*End Date (ddMMYYYY) 31ส.ค.2551

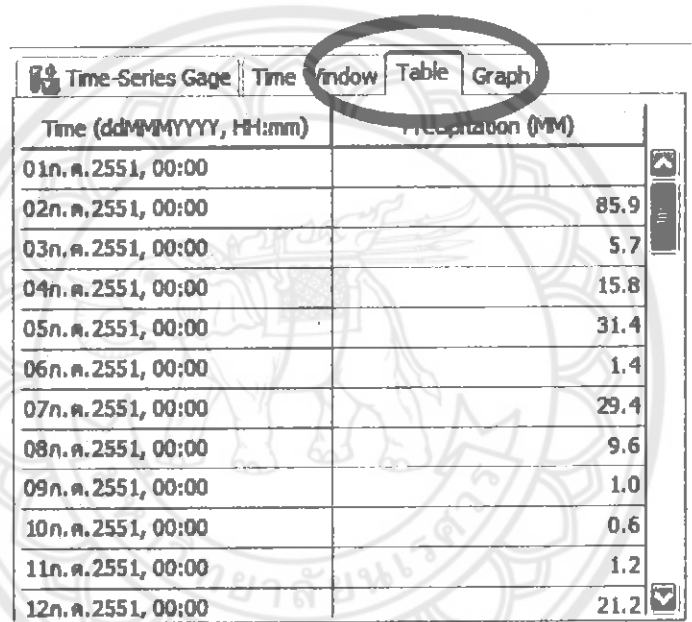
*End Time (HH:mm) 00:00

รูปที่ ข20 กำหนดวัน เดือน ปี และเวลาที่เริ่มต้น – สิ้นสุดของข้อมูล

กำหนดวัน เดือน ปี และเวลาเริ่มต้น – สิ้นสุด ของข้อมูลที่ต้องการใส่ โดยเลือก Time Window จากนั้นใส่วัน เดือน ปี ที่เริ่มต้นเก็บข้อมูลในช่อง Start Date ใส่เวลาเริ่มต้นในช่อง Start Time ใส่วันและเวลาสุดท้ายที่เก็บข้อมูลในช่อง End Date และ End Time ในที่นี้ใช้ข้อมูลเริ่มต้นวันที่ 1 ก.ค. ปี 2551 ถึงวันที่ 31 ส.ค. ปี 2551

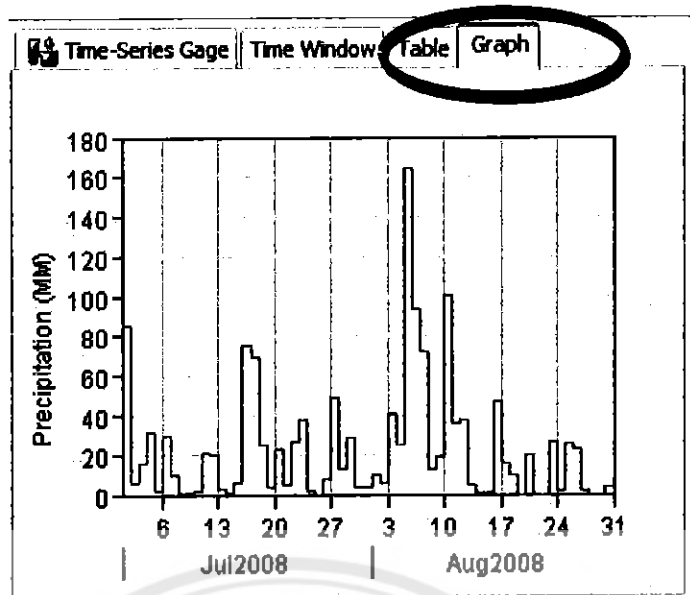
รูปแบบของวัน เดือน ปี ให้ใส่เป็นรูปแบบดังนี้ เช่น 31Aug2008 หมายถึงวันที่ 31 ส.ค. 2551 หากใส่เป็นรูปแบบอื่นจะไม่ถูกต้องและไม่สามารถ Run โปรแกรมได้

การใส่ข้อมูลให้เลือก Table จากนั้นใส่ข้อมูลในตารางที่อยู่ด้านขวา ซึ่งในที่นี้คือข้อมูลฝน และสามารถดูกราฟของข้อมูลที่ใส่เข้าไปได้โดยเลือกที่ Graph รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ ข21 และ รูปที่ ข22 ซึ่งในกรณีข้อมูลชนิดอื่นก็ใช้วิธีการดำเนินการเดียวกันกับที่กล่าวมานี้



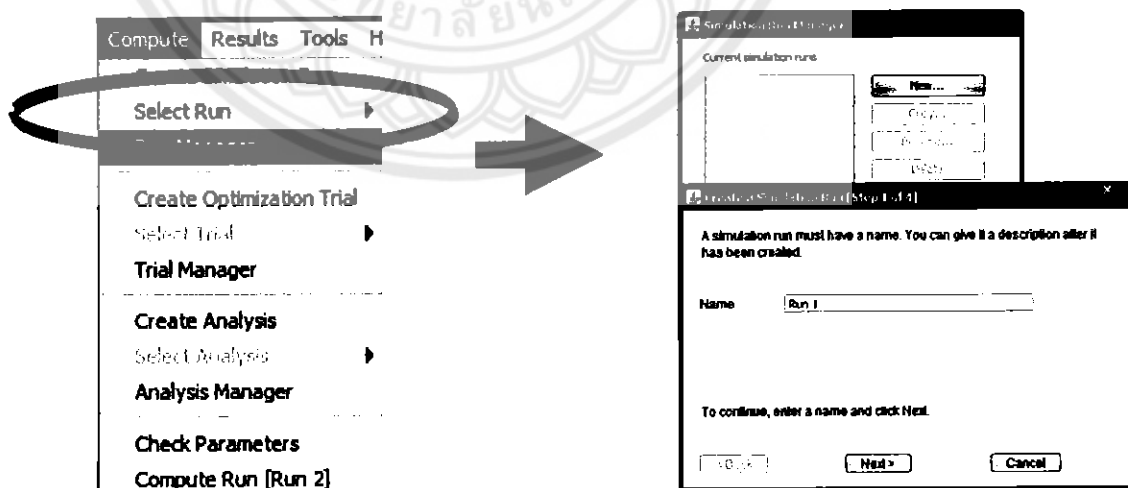
Time (ddMMYYYY, HH:mm)	Precipitation (MM)
01ก.ค.2551, 00:00	
02ก.ค.2551, 00:00	85.9
03ก.ค.2551, 00:00	5.7
04ก.ค.2551, 00:00	15.8
05ก.ค.2551, 00:00	31.4
06ก.ค.2551, 00:00	1.4
07ก.ค.2551, 00:00	29.4
08ก.ค.2551, 00:00	9.6
09ก.ค.2551, 00:00	1.0
10ก.ค.2551, 00:00	0.6
11ก.ค.2551, 00:00	1.2
12ก.ค.2551, 00:00	21.2

รูปที่ ข21 การใส่ข้อมูล

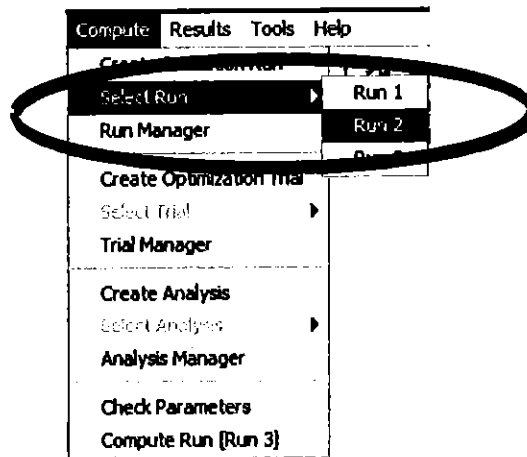


รูปที่ ข22 กราฟแสดงผลข้อมูล

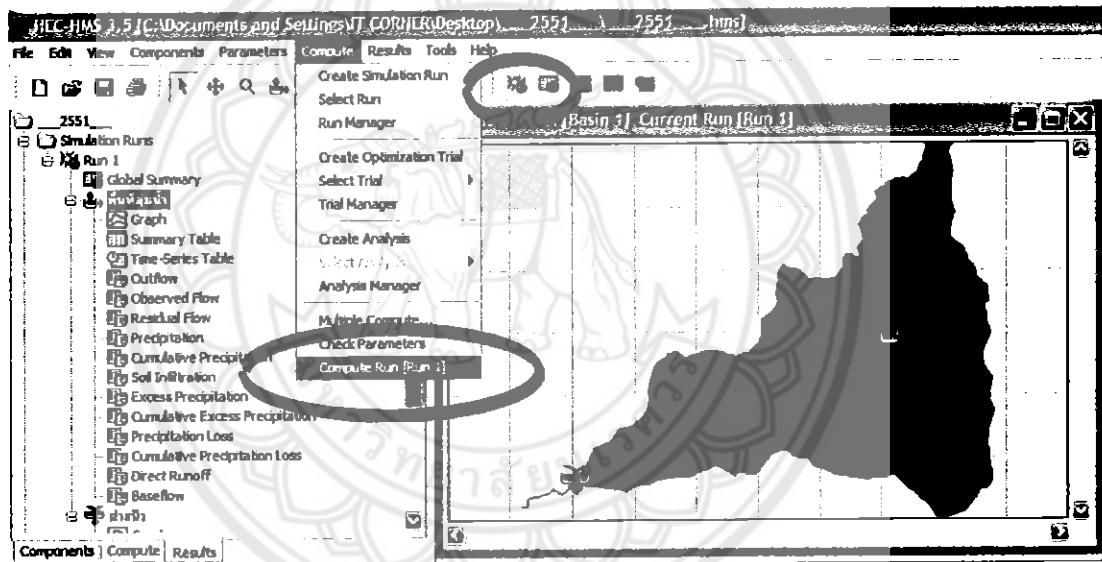
6. สร้าง Simulation run โดยเลือก Compute $\Rightarrow$ Run Manager จากนั้นเลือก New พิมพ์ชื่อ Run ที่ต้องการแล้วเลือก Next ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการสร้าง Simulation run ไว้ก่อนหากต้องการ Run โปรแกรมให้เลือก Compute $\Rightarrow$ Select run $\Rightarrow$ เลือก Run (ที่สร้างไว้ เช่น Run1) $\Rightarrow$ Compute $\Rightarrow$ Compute Run [Run ที่สร้างไว้] (หรือคลิกปุ่ม ) ซึ่งใน Project เดียวสามารถสร้าง Run ได้มากกว่าหนึ่ง Run



รูปที่ ข23 การสร้าง Simulation run

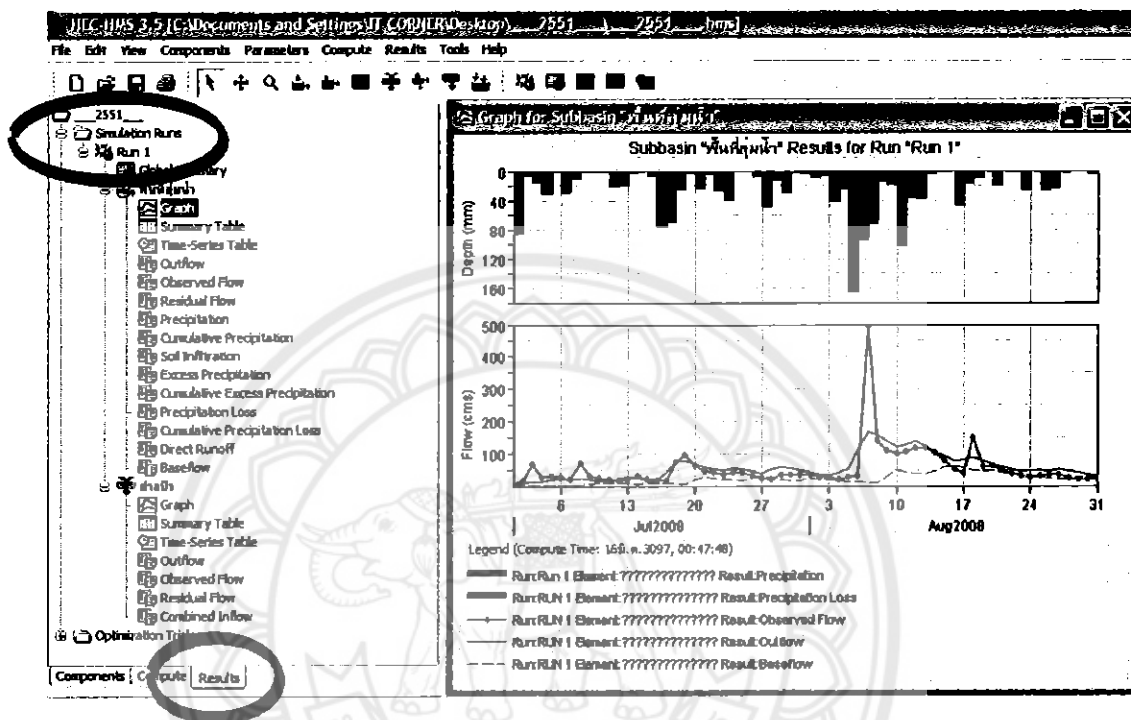


รูปที่ ข24 Selecting a simulation run.



รูปที่ ข25 Computing the selected simulation run.

7. ขั้นตอนสุดท้ายคือการดูผลที่ได้จากการ Run โปรแกรมโดยเลือก Result จากนั้นเลือก Simulation run แล้วเลือกชื่อ Run ที่ได้ทำการ Simulation run ไว้ก่อนหน้านี้ ผลที่ได้จากการ Run โปรแกรมจะเป็น Graph, Summary Table, หรือ Time-Series Table เป็นต้น ซึ่งสามารถเรียกดูผลการ Run โปรแกรมได้โดยคลิกปุ่ม   



รูปที่ ข26 ผลการ Run โปรแกรม

ภาคผนวก ค

หมายเลขโค้งน้ำท่าของ SCS

ตารางผนวกที่ ค1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและความลึกน้ำท่าที่หมายเลขโค้งน้ำท่า

ปริมาณน้ำฝน (นิ้ว)	ความลึกน้ำท่า (นิ้ว) สำหรับหมายเลขโค้งน้ำท่า (CN) ต่าง ๆ												
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	98
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.17	0.32	0.56	0.79
1.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.07	0.15	0.27	0.46	0.74	0.99
1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.13	0.02	0.39	0.61	0.92	1.18
1.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.11	0.20	0.34	0.52	0.76	1.11	1.38
1.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.09	0.17	0.29	0.44	0.65	0.93	1.29	1.58
2	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.14	0.24	0.38	0.56	0.80	1.09	1.48	1.77
2.5	0.00	0.00	0.02	0.08	0.17	0.30	0.46	0.65	0.89	1.18	1.53	1.96	2.27
3	0.00	0.02	0.09	0.19	0.33	0.51	0.71	0.96	1.25	1.59	1.98	2.45	2.77
3.5	0.02	0.08	0.20	0.35	0.53	0.75	1.01	1.30	1.64	2.02	2.45	2.94	3.28
4	0.06	0.18	0.33	0.53	0.76	1.03	1.33	1.67	2.04	2.46	2.92	3.46	3.77
4.5	0.14	0.30	0.50	0.74	1.02	1.33	1.67	2.05	2.46	2.91	3.40	3.92	4.26
5	0.24	0.44	0.69	0.98	1.30	1.65	2.04	2.45	2.89	3.37	3.88	4.42	4.76
6	0.50	0.80	1.14	1.52	1.92	2.35	2.81	3.28	3.78	4.30	4.85	5.41	5.76
7	0.84	1.24	1.68	2.12	2.60	3.10	3.62	4.15	4.96	5.25	5.82	6.41	6.76
8	1.25	1.74	2.25	2.78	3.33	3.89	4.46	5.04	5.63	6.21	6.81	7.40	7.76
9	1.71	2.29	2.88	3.49	4.10	4.72	5.33	5.95	6.57	7.18	7.79	8.40	8.76
10	2.23	2.89	3.56	4.23	4.90	5.56	6.22	6.88	7.52	8.16	8.78	9.40	9.76
11	2.78	3.52	4.26	5.00	5.72	6.43	7.13	7.81	8.48	9.13	9.77	10.39	10.76
12	3.38	4.19	5.00	5.76	6.56	7.33	8.05	8.76	9.45	10.11	10.76	11.39	11.76
13	4.00	4.89	5.76	6.61	7.42	8.21	8.98	9.71	10.45	11.10	11.76	12.39	12.76
14	4.65	5.62	6.55	7.44	8.30	9.12	9.91	10.67	11.39	12.08	12.75	13.39	13.76
15	5.33	6.36	7.35	8.29	9.19	10.04	10.85	11.63	12.37	13.07	13.74	14.39	14.76

ที่มา: Soil Conservation Service (1986)

ตารางผนวกที่ ๑2 การจัดระดับความชื้นก่อนหน้า (AMC) ของพื้นที่ตามวิธีของ SCS

AMC	ฝนสะสมก่อนหน้า 5 วัน (นิ้ว)	
	นอกฤดูเพาะปลูก	ฤดูเพาะปลูก
I (ความชื้นต่ำ)	น้อยกว่า 0.5	น้อยกว่า 1.4
II (ความชื้นปานกลาง)	0.5 ถึง 1.1	1.4 ถึง 2.1
III (ความชื้นสูง)	มากกว่า 1.1	มากกว่า 2.1

ที่มา: Soil Conservation Service (1972)

ตารางผนวกที่ ๑3 ความสัมพันธ์ของค่า CN ตามการจัดระดับความชื้นก่อนหน้า (AMC)

CN		
AMC II	AMC I	AMC III
100	100	100
95	89	97
90	80	96
85	71	93
80	64	91
75	57	88
70	51	85
65	45	82
60	40	78
55	35	75
50	31	70
45	27	66
40	23	61
35	19	56
30	16	50
5	13	44
20	10	37
15	7	30
10	5	21
50	3	11
0	0	0

ที่มา: Soil Conservation Service (1972)

ตารางผนวกที่ ๑๔ โค้งตัวเลข (CN) สำหรับพื้นที่ทำการเกษตร กรณี AMC II และ $I_s = 0.2S$

ลักษณะสิ่งปกคลุม	วิธีการเพาะปลูก	สภาพทาง อุทกวิทยา	โค้งตัวเลข(CN)			
			A	B	C	D
ที่ซึ่งไถคราดทิ้งไว้	แถวตรง	-	77	86	91	94
การปลูกพืชไร่ เป็นแนว	แถวตรง	ไม่ดี	72	81	88	91
		ดี	67	78	85	89
	ตามระดับพื้นที่	ไม่ดี	70	79	84	88
		ดี	65	75	82	86
	ตามระดับพื้นที่ และชั้นบันได	ไม่ดี	66	74	80	82
		ดี	62	71	78	81
พืชเมล็ดเล็ก, ข้าว	แถวตรง	ไม่ดี	65	76	84	88
		ดี	63	75	83	87
	แถวตรง	ไม่ดี	63	74	82	85
		ดี	61	73	81	84
	ตามระดับพื้นที่	ไม่ดี	61	72	79	82
		ดี	59	70	78	81
การหว่านพืชตระกูล ถั่วหรือทุ่งหญ้า หมุนเวียน	แถวตรง	ไม่ดี	66	77	85	89
		ดี	58	72	81	85
	แถวตรง	ไม่ดี	64	75	83	85
		ดี	55	69	78	83
	ตามระดับพื้นที่	ไม่ดี	63	73	80	83
		ดี	51	67	76	80
ทุ่งหญ้า Pasture หรือ ทุ่งหญ้าเลี้ยง สัตว์	-	ไม่ดี	68	79	86	89
		พอใช้	49	69	79	84
		ดี	39	61	74	80
	ตามระดับพื้นที่	ไม่ดี	47	67	81	88
		พอใช้	25	59	75	83
		ดี	6	35	70	79

ตารางผนวกที่ ค4(ต่อ)

ทุ่งหญ้า Meadows	-	ดี	30	58	71	78
ป่า	-	ไม่ดี	45	66	77	83
		พอใช้	36	60	3	79
		ดี	25	55	70	77
โรงนา	-	-	59	74	82	86
ถนน, ทางเดิน	-	-	72	82	87	89
พื้นผิวแข็ง	-	-	74	84	90	92
^a Closed-drilled or broadcast, ^b Including right-of-way						

ที่มา: Soil Conservation Service (1986)

ตารางผนวกที่ ค5 ค่าโค้งตัวเลข (CN) สำหรับพื้นที่รับน้ำในเขตเมือง

ส่วนอธิบาย		ค่าโค้งตัวเลข (CN)			
ชนิดของสิ่งปกคลุมดินและสภาพทางอุทกวิทยา	ร้อยละเฉลี่ยพื้นที่ที่เปียกน้ำ	A	B	C	D
พื้นที่เมืองที่ได้รับการพัฒนาอย่างสมบูรณ์ (vegetation established)					
พื้นที่โล่ง (สนามหญ้า, สนามกอล์ฟ, ที่ฝังศพ เป็นต้น)					
-สภาพไม่ดี (หญ้าปกคลุม < 50%)		68	79	86	89
-สภาพพอใช้ (หญ้าปกคลุม 50 - 75%)		49	69	79	84
-สภาพดี (หญ้าปกคลุม > 75%)		38	61	74	80
พื้นที่ที่เปียกน้ำ					
-ที่จอดรถแบบลาดผิว, หลังคา, ทางรถ เป็นต้น (ไม่รวม right-of-way)		98	98	98	98
ถนนและทางเดิน					
-แบบลาดผิว; ขอบทางและรางระบายน้ำ (ไม่รวม right-of-way)		98	98	98	98
-แบบลาดผิว; ฐานเปิด (รวม right-of-way)		83	89	92	93
-กรวด (รวม right-of-way)		76	85	89	91
-ลูกรัง(รวม right-of-way)		72	82	87	89

ตารางผนวกที่ ค5(ต่อ)

ส่วนอธิบาย		ค่าไค้งตัวเลข (CN)			
ชนิดของสิ่งปกคลุมดินและสภาพทางอุทกวิทยา	ร้อยละพื้นที่ที่บ้น้ำ	A	B	C	D
พื้นที่เมืองซึ่งเป็นทะเลทรายทางตะวันตก					
-ภูมิประเทศแบบทะเลทรายธรรมชาติ (พื้นที่ที่ข่มน้ำเท่านั้น)		63	77	85	88
-ภูมิประเทศแบบทะเลทรายที่ถูกสร้างขึ้น (มีวัชพืชขวางทำให้ทึบน้ำ, มีพุ่มไม้ทะเลทราย 1- 2 นิ้ว หรือมีทรายและกรวดล้อมรอบ)		96	96	96	96
เขตเมือง					
-ธุรกิจและพาณิชย์	85	89	92	94	95
-อุตสาหกรรม	72	81	88	91	93
เขตที่อยู่อาศัยตามขนาด โดยเฉลี่ย					
1/8 acre (0.051 ตร.ม.) หรือ น้อยกว่า	65	77	85	90	92
1/4 acre (0.101 ตร.ม.)	38	61	75	83	87
1/3 acre (0.135 ตร.ม.)	30	57	72	81	86
1/2 acre (0.202 ตร.ม.)	25	54	70	80	85
1 acre (0.405 ตร.ม.)	20	51	68	79	84
2 acre (0.809 ตร.ม.)	12	46	65	77	82
พื้นที่กำลังพัฒนา					
-พื้นที่เพิ่งมีการเคลือบให้เรียบ (พื้นที่ที่ข่มน้ำได้เท่านั้น, ไม่มีพืชปกคลุม)		77	86	91	94
-พื้นที่ว่าง (ใช้ค่า CN ในการพิจารณาสิ่งปกคลุมเช่นเดียวกับพื้นที่เกษตรกรรม)					

ที่มา: Soil Conservation Service (1986)

ภาคผนวก ง
การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากโปรแกรมและข้อมูล ปี2551

ตารางผนวกที่ ง1 ผลสอบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1) จาก
โปรแกรมกับข้อมูลปี2551 ในกรณีที1

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./ วินาที)
1-ก.ค.-51	13.4	30.9	6.7
2-ก.ค.-51	85.9	49.2	16.1
3-ก.ค.-51	5.7	54.4	64.9
4-ก.ค.-51	15.8	34.8	28.5
5-ก.ค.-51	31.4	39.4	31.7
6-ก.ค.-51	1.4	32.8	25.5
7-ก.ค.-51	29.4	28.3	18.7
8-ก.ค.-51	9.6	31.8	69
9-ก.ค.-51	1.0	20.4	31.7
10-ก.ค.-51	0.6	13	22.3
11-ก.ค.-51	1.2	8.3	18.7
12-ก.ค.-51	21.2	18.4	16.1
13-ก.ค.-51	19.8	32.3	19.7
14-ก.ค.-51	3.0	24.1	29.3
15-ก.ค.-51	0.8	15.4	18.7
16-ก.ค.-51	5.6	10.2	15.5
17-ก.ค.-51	75.6	55.4	17.1
18-ก.ค.-51	69.7	109.5	75
19-ก.ค.-51	24.5	90.9	96.5
20-ก.ค.-51	3.1	58.2	63.6
21-ก.ค.-51	22.4	37.2	46.7

ตารางผนวกที่ ๑(ต่อ)

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
22-ก.ค.-51	4.2	31.3	39.6
23-ก.ค.-51	26.9	31.2	32.4
24-ก.ค.-51	38.4	51.9	41.5
25-ก.ค.-51	1.5	41.3	39.6
26-ก.ค.-51	0.0	26.4	30.9
27-ก.ค.-51	7.9	16.9	23.6
28-ก.ค.-51	48.7	44.6	19.7
29-ก.ค.-51	12.5	54.9	35.9
30-ก.ค.-51	29.2	42.7	33.2
31-ก.ค.-51	3.1	31.9	34
1-ส.ค.-51	3.7	20.4	33.2
2-ส.ค.-51	9.2	15.9	28.5
3-ส.ค.-51	5.2	15.5	28.5
4-ส.ค.-51	41.2	35.1	19.2
5-ส.ค.-51	24.3	52.9	28.5
6-ส.ค.-51	164.2	135.6	30.9
7-ส.ค.-51	93.8	204.9	493
8-ส.ค.-51	72.0	161.7	140
9-ส.ค.-51	12.8	103.5	110
10-ส.ค.-51	18.3	66.2	100
11-ส.ค.-51	100.7	101	106
12-ส.ค.-51	35.6	122.7	131
13-ส.ค.-51	37.9	83.5	116
14-ส.ค.-51	4.5	53.4	102
15-ส.ค.-51	0.2	34.2	78.1
16-ส.ค.-51	0.6	21.9	52.3

ตารางผนวกที่ ง1(ต่อ)

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
17-ต.ค.-51	46.8	43.3	38.7
18-ต.ค.-51	16.1	58	150
19-ต.ค.-51	9.4	37.1	58.4
20-ต.ค.-51	0.0	23.7	63.6
21-ต.ค.-51	19.8	22.4	47.8
22-ต.ค.-51	0.0	21.5	36.8
23-ต.ค.-51	0.0	13.8	30.1
24-ต.ค.-51	26.8	23.7	28.5
25-ต.ค.-51	1.1	27.2	31.7
26-ต.ค.-51	26.2	26.1	32.4
27-ต.ค.-51	22.6	38.9	33.2
28-ต.ค.-51	1.8	27	24.2
29-ต.ค.-51	0.0	17.3	20.3
30-ต.ค.-51	0.0	11	18.1
31-ต.ค.-51	3.7	9	16.6

ตารางผนวกที่ ๖2 ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากโปรแกรมในพื้นที่ลุ่มน้ำข้างข้อมูลปี2551ใน
กรณีที่ 1

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
1-ก.ค.-51	13.4	30.9
2-ก.ค.-51	85.9	55
3-ก.ค.-51	5.7	63.1
4-ก.ค.-51	15.8	54.8
5-ก.ค.-51	31.4	58.2
6-ก.ค.-51	1.4	50.8
7-ก.ค.-51	29.4	45
8-ก.ค.-51	9.6	46.3
9-ก.ค.-51	1.0	40.3
10-ก.ค.-51	0.6	35
11-ก.ค.-51	1.2	30.5
12-ก.ค.-51	21.2	38
13-ก.ค.-51	19.8	48.8
14-ก.ค.-51	3.0	42.4
15-ก.ค.-51	0.8	36.9
16-ก.ค.-51	5.6	32.1
17-ก.ค.-51	75.6	71.1
18-ก.ค.-51	69.7	117.9
19-ก.ค.-51	24.5	102.5
20-ก.ค.-51	3.1	89.2
21-ก.ค.-51	22.4	77.6
22-ก.ค.-51	4.2	69.4
23-ก.ค.-51	26.9	65.8
24-ก.ค.-51	38.4	80.7

ตารางผนวกที่ 2(ต่อ)

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
25-ก.ค.-51	1.5	70.2
26-ก.ค.-51	0.0	61.1
27-ก.ค.-51	7.9	53.1
28-ก.ค.-51	48.7	75.5
29-ก.ค.-51	12.5	81.6
30-ก.ค.-51	29.2	71
31-ก.ค.-51	3.1	61.8
1-ส.ค.-51	3.7	53.7
2-ส.ค.-51	9.2	46.9
3-ส.ค.-51	5.2	43.5
4-ส.ค.-51	41.2	58.1
5-ส.ค.-51	24.3	71.2
6-ส.ค.-51	164.2	142.9
7-ส.ค.-51	93.8	202.8
8-ส.ค.-51	72.0	176.3
9-ส.ค.-51	12.8	153.4
10-ส.ค.-51	18.3	133.4
11-ส.ค.-51	100.7	160.6
12-ส.ค.-51	35.6	174.5
13-ส.ค.-51	37.9	151.8
14-ส.ค.-51	4.5	132.1
15-ส.ค.-51	0.2	114.9
16-ส.ค.-51	0.6	100
17-ส.ค.-51	46.8	112.9
18-ส.ค.-51	16.1	119.1
19-ส.ค.-51	9.4	103.6

ตารางผนวกที่ ๖2(ต่อ)

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
20-ส.ค.-51	0.0	90.1
21-ส.ค.-51	19.8	82.3
22-ส.ค.-51	0.0	75
23-ส.ค.-51	0.0	65.3
24-ส.ค.-51	26.8	69.2
25-ส.ค.-51	1.1	67.4
26-ส.ค.-51	26.2	61.7
27-ส.ค.-51	22.6	68.8
28-ส.ค.-51	1.8	59.9
29-ส.ค.-51	0.0	52.1
30-ส.ค.-51	0.0	45.3
31-ส.ค.-51	3.7	40.9

ตารางผนวกที่ 3 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Run จาก
โปรแกรม HEC-HMS ใน ปี 2551 ณ จุดรวมน้ำปัวและน้ำขวัง ในกรณีที่ 1

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่าหน้าปัว (ลบ. ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าหน้าขวัง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่ารวม (J-2) (ลบ. ม./วินาที)
237956	30.9	30.9	61.8
2-ก.ค.-51	47.6	55	102.6
3-ก.ค.-51	55.3	63.1	118.4
4-ก.ค.-51	35.7	54.8	90.5
5-ก.ค.-51	38.2	58.2	96.5
6-ก.ค.-51	34.3	50.8	85.1
7-ก.ค.-51	27.3	45	72.3
8-ก.ค.-51	32.4	46.3	78.6
9-ก.ค.-51	20.9	40.3	61.1
10-ก.ค.-51	13.2	35	48.2
11-ก.ค.-51	8.6	30.5	39
12-ก.ค.-51	17.4	38	55.4
13-ก.ค.-51	32.1	48.8	80.8
14-ก.ค.-51	25	42.4	67.5
15-ก.ค.-51	15.4	36.9	52.3
16-ก.ค.-51	10.7	32.1	42.8
17-ก.ค.-51	51.1	71.1	122.2
18-ก.ค.-51	108.5	117.9	226.4
19-ก.ค.-51	93.2	102.5	195.7
20-ก.ค.-51	58.9	89.2	148.1
21-ก.ค.-51	38.4	77.6	115.9
22-ก.ค.-51	30.8	69.4	100.2
23-ก.ค.-51	31.6	65.8	97.4
24-ก.ค.-51	49.7	80.7	130.4

ตารางผนวกที่ 33(ต่อ)

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำทำน้ำปัว (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำน้ำขวัง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำรวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)
25-ก.ค.-51	44	70.2	114.2
26-ก.ค.-51	25.3	61.1	86.4
27-ก.ค.-51	18.7	53.1	71.8
28-ก.ค.-51	40.7	75.5	116.2
29-ก.ค.-51	57.4	81.6	139
30-ก.ค.-51	41.6	71	112.6
31-ก.ค.-51	33.8	61.8	95.5
1-ส.ค.-51	19.8	53.7	73.5
2-ส.ค.-51	16.8	46.9	63.7
3-ส.ค.-51	14.8	43.5	58.3
4-ส.ค.-51	34.1	58.1	92.2
5-ส.ค.-51	52.3	71.2	123.5
6-ส.ค.-51	129.1	142.9	272
7-ส.ค.-51	204.6	202.8	407.4
8-ส.ค.-51	165.7	176.3	342
9-ส.ค.-51	105.1	153.4	258.4
10-ส.ค.-51	68.1	133.4	201.5
11-ส.ค.-51	96.5	160.6	257.1
12-ส.ค.-51	124.8	174.5	299.3
13-ส.ค.-51	85.1	151.8	236.9
14-ส.ค.-51	54.7	132.1	186.8
15-ส.ค.-51	34.8	114.9	149.7
16-ส.ค.-51	22.4	100	122.4
17-ส.ค.-51	41	112.9	153.8
18-ส.ค.-51	58.7	119.1	177.8
19-ส.ค.-51	38.2	103.6	141.9

ตารางผนวกที่ 3(ต่อ)

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำทำน้ำปัว (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำน้ำขวัง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำรวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)
20-ส.ค.-51	23.9	90.1	114
21-ส.ค.-51	22.4	82.3	104.7
22-ส.ค.-51	21.6	75	96.6
23-ส.ค.-51	14.4	65.3	79.7
24-ส.ค.-51	22.3	69.2	91.5
25-ส.ค.-51	28	67.4	95.5
26-ส.ค.-51	25.4	61.7	87.1
27-ส.ค.-51	38.4	68.8	107.2
28-ส.ค.-51	28.4	59.9	88.3
29-ส.ค.-51	16.8	52.1	68.9
30-ส.ค.-51	12	45.3	57.3
238017	8.3	40.9	49.3

ตารางผนวกที่ ๓4 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Runจากโปรแกรม HEC-HMS ใน ปี2551ในกรณีที่ 1 ณ จุดออกแม่น้ำน่าน กรณีที่1

ว-ด-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน (ลบ.ม./วินาที)
1-ก.ค.-51	61.8	61.8
2-ก.ค.-51	102.6	86.6
3-ก.ค.-51	118.4	118.2
4-ก.ค.-51	90.5	101.5
5-ก.ค.-51	96.5	90
6-ก.ค.-51	85.1	92
7-ก.ค.-51	72.3	74.8
8-ก.ค.-51	78.6	75.2
9-ก.ค.-51	61.1	69.2
10-ก.ค.-51	48.2	50.2
11-ก.ค.-51	39	41.9
12-ก.ค.-51	55.4	47.9
13-ก.ค.-51	80.8	73.7
14-ก.ค.-51	67.5	75.4
15-ก.ค.-51	52.3	55.3
16-ก.ค.-51	42.8	45.4
17-ก.ค.-51	122.2	90.1
18-ก.ค.-51	226.4	197.5
19-ก.ค.-51	195.7	218.5
20-ก.ค.-51	148.1	158.2
21-ก.ค.-51	115.9	124.7
22-ก.ค.-51	100.2	103.1
23-ก.ค.-51	97.4	97.4
24-ก.ค.-51	130.4	117.5

ตารางผนวกที่ 4(ต่อ)

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน (ลบ.ม./วินาที)
25-ก.ค.-51	114.2	125.4
26-ก.ค.-51	86.4	93.1
27-ก.ค.-51	71.8	75
28-ก.ค.-51	116.2	97.6
29-ก.ค.-51	139	137
30-ก.ค.-51	112.6	123.6
31-ก.ค.-51	95.5	98.1
1-ส.ค.-51	73.5	81.2
2-ส.ค.-51	63.7	64.7
3-ส.ค.-51	58.3	60.1
4-ส.ค.-51	92.2	78.3
5-ส.ค.-51	123.5	116.4
6-ส.ค.-51	272	216.5
7-ส.ค.-51	407.4	375.2
8-ส.ค.-51	342	379.6
9-ส.ค.-51	258.4	277
10-ส.ค.-51	201.5	216.8
11-ส.ค.-51	257.1	229.6
12-ส.ค.-51	299.3	293
13-ส.ค.-51	236.9	263.7
14-ส.ค.-51	186.8	196.4
15-ส.ค.-51	149.7	160.6
16-ส.ค.-51	122.4	129
17-ส.ค.-51	153.8	139.1
18-ส.ค.-51	177.8	173.9
19-ส.ค.-51	141.9	157.4

ตารางผนวกที่ ๓4(ต่อ)

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน (ลบ.ม./วินาที)
20-ส.ค.-51	114	119.1
21-ส.ค.-51	104.7	106.5
22-ส.ค.-51	96.6	99.2
23-ส.ค.-51	79.7	85.4
24-ส.ค.-51	91.5	84.8
25-ส.ค.-51	95.5	96.5
26-ส.ค.-51	87.1	90
27-ส.ค.-51	107.2	98.3
28-ส.ค.-51	88.3	99.1
29-ส.ค.-51	68.9	72.5
30-ส.ค.-51	57.3	60.5
31-ส.ค.-51	49.3	51.2

ตารางผนวกที่ 5 ผลสอบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1) จาก
โปรแกรมกับข้อมูลปี 2551 ในกรณีที่ 2

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
1-ก.ค.-51	11.31	30.90	6.68
2-ก.ค.-51	74.58	43.20	16.10
3-ก.ค.-51	5.47	46.20	64.90
4-ก.ค.-51	12.86	29.60	28.50
5-ก.ค.-51	25.57	32.30	31.70
6-ก.ค.-51	1.19	26.60	25.50
7-ก.ค.-51	26.04	24.20	18.70
8-ก.ค.-51	8.04	27.40	69.00
9-ก.ค.-51	0.81	17.50	31.70
10-ก.ค.-51	0.49	11.20	22.30
11-ก.ค.-51	0.97	7.20	18.70
12-ก.ค.-51	19.28	16.30	16.10
13-ก.ค.-51	23.32	32.20	19.70
14-ก.ค.-51	2.43	25.70	29.30
15-ก.ค.-51	2.61	16.50	18.70
16-ก.ค.-51	4.54	10.80	15.50
17-ก.ค.-51	65.15	48.00	17.10
18-ก.ค.-51	68.01	99.10	75.00
19-ก.ค.-51	21.78	85.10	96.50
20-ก.ค.-51	3.46	54.50	63.60
21-ก.ค.-51	20.12	34.90	46.70
22-ก.ค.-51	3.52	28.60	39.60
23-ก.ค.-51	23.77	27.90	32.40
24-ก.ค.-51	31.24	44.30	41.50
25-ก.ค.-51	1.29	34.30	39.60

ตารางผนวกที่ 5(ต่อ)

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
26-ก.ค.-51	2.00	22.00	30.90
27-ก.ค.-51	6.40	14.60	23.60
28-ก.ค.-51	43.38	38.50	19.70
29-ก.ค.-51	10.28	47.50	35.90
30-ก.ค.-51	31.33	40.20	33.20
31-ก.ค.-51	4.54	33.50	34.00
1-ส.ค.-51	4.99	21.40	33.20
2-ส.ค.-51	9.41	16.60	28.50
3-ส.ค.-51	4.38	14.90	28.50
4-ส.ค.-51	37.32	31.60	19.20
5-ส.ค.-51	19.78	46.30	28.50
6-ส.ค.-51	169.18	133.90	30.90
7-ส.ค.-51	81.83	200.10	493.00
8-ส.ค.-51	60.37	145.00	140.00
9-ส.ค.-51	10.50	92.80	110.00
10-ส.ค.-51	16.82	59.40	100.00
11-ส.ค.-51	89.34	91.00	106.00
12-ส.ค.-51	28.89	107.90	131.00
13-ส.ค.-51	32.68	71.70	116.00
14-ส.ค.-51	3.65	45.90	102.00
15-ส.ค.-51	0.16	29.40	78.10
16-ส.ค.-51	0.49	18.80	52.30
17-ส.ค.-51	45.68	40.70	38.70
18-ส.ค.-51	13.04	53.90	150.00
19-ส.ค.-51	7.73	34.50	58.40
20-ส.ค.-51	2.05	22.10	63.60

ตารางผนวกที่ 5(ต่อ)

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
21-ส.ค.-51	16.21	20.80	47.80
22-ส.ค.-51	0.00	18.60	36.80
23-ส.ค.-51	0.00	11.90	30.10
24-ส.ค.-51	27.48	23.30	28.50
25-ส.ค.-51	6.61	30.80	31.70
26-ส.ค.-51	21.32	27.40	32.40
27-ส.ค.-51	18.31	33.10	33.20
28-ส.ค.-51	3.38	23.30	24.20
29-ส.ค.-51	0.00	14.90	20.30
30-ส.ค.-51	0.00	9.50	18.10
31-ส.ค.-51	3.00	7.40	16.60

ตารางผนวกที่ ๖ ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากโปรแกรมในพื้นที่ชุ่มน้ำข้างข้อมูลปี 2551 ใน
กรณีที่ 2

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
1-ก.ค.-51	9.22	30.90
2-ก.ค.-51	63.25	44.10
3-ก.ค.-51	5.24	48.40
4-ก.ค.-51	9.91	42.00
5-ก.ค.-51	19.73	42.00
6-ก.ค.-51	0.98	36.60
7-ก.ค.-51	22.67	34.60
8-ก.ค.-51	6.48	35.70
9-ก.ค.-51	0.62	31.10
10-ก.ค.-51	0.37	27.00
11-ก.ค.-51	0.74	23.50
12-ก.ค.-51	17.36	29.70
13-ก.ค.-51	26.83	44.30
14-ก.ค.-51	1.86	38.50
15-ก.ค.-51	4.41	33.50
16-ก.ค.-51	3.47	29.20
17-ก.ค.-51	54.70	54.20
18-ก.ค.-51	66.32	96.10
19-ก.ค.-51	19.07	85.90
20-ก.ค.-51	3.82	74.80
21-ก.ค.-51	17.84	65.00
22-ก.ค.-51	2.83	57.10
23-ก.ค.-51	20.63	53.20
24-ก.ค.-51	24.07	61.20
25-ก.ค.-51	1.08	53.20

ตารางผนวกที่ ๖

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
26-ก.ค.-51	3.99	46.30
27-ก.ค.-51	4.90	40.30
28-ก.ค.-51	38.06	55.80
29-ก.ค.-51	8.05	59.90
30-ก.ค.-51	33.46	55.10
31-ก.ค.-51	5.99	50.30
1-ส.ค.-51	6.28	43.70
2-ส.ค.-51	9.62	38.10
3-ส.ค.-51	3.57	33.30
4-ส.ค.-51	33.45	43.60
5-ส.ค.-51	15.26	52.10
6-ส.ค.-51	174.16	133.50
7-ส.ค.-51	69.86	188.60
8-ส.ค.-51	48.74	163.80
9-ส.ค.-51	8.20	142.50
10-ส.ค.-51	15.34	124.00
11-ส.ค.-51	77.98	144.50
12-ส.ค.-51	22.19	149.40
13-ส.ค.-51	27.45	130.00
14-ส.ค.-51	2.79	113.10
15-ส.ค.-51	0.12	98.40
16-ส.ค.-51	0.37	85.60
17-ส.ค.-51	44.56	99.40
18-ส.ค.-51	9.98	103.40
19-ส.ค.-51	6.06	90.00
20-ส.ค.-51	4.10	78.30
21-ส.ค.-51	12.62	71.40

ตารางผนวกที่ ๖

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
22-ส.ค.-51	0.00	62.40
23-ส.ค.-51	0.00	54.30
24-ส.ค.-51	28.17	61.50
25-ส.ค.-51	12.12	67.50
26-ส.ค.-51	16.43	58.80
27-ส.ค.-51	14.01	53.50
28-ส.ค.-51	4.95	46.50
29-ส.ค.-51	0.00	40.50
30-ส.ค.-51	0.00	35.20
31-ส.ค.-51	2.29	31.00

ตารางผนวกที่ ๗ การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Run จาก
โปรแกรม HEC-HMS ใน ปี 2551 ณ จุดรวมน้ำป่าและน้ำขัง กรณีที่ 2

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่าน้ำป่า (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าน้ำขัง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)
1 ก.ค. 51	30.9	30.90	61.8
2 ก.ค. 51	42.1	44.10	86.2
3 ก.ค. 51	46.9	48.40	95.2
4 ก.ค. 51	30.5	42.00	72.5
5 ก.ค. 51	31.3	42.00	73.4
6 ก.ค. 51	27.9	36.60	64.5
7 ก.ค. 51	23.3	34.60	57.9
8 ก.ค. 51	28	35.70	63.6
9 ก.ค. 51	17.9	31.10	49
10 ก.ค. 51	11.4	27.00	38.5
11 ก.ค. 51	7.3	23.50	30.9
12 ก.ค. 51	15.4	29.70	45.1
13 ก.ค. 51	31.6	44.30	75.9
14 ก.ค. 51	26.8	38.50	65.3
15 ก.ค. 51	16.4	33.50	49.9
16 ก.ค. 51	11.4	29.20	40.5
17 ก.ค. 51	44.3	54.20	98.5
18 ก.ค. 51	97.9	96.10	193.9
19 ก.ค. 51	87.3	85.90	173.3
20 ก.ค. 51	55.2	74.80	129.9
21 ก.ค. 51	35.9	65.00	101
22 ก.ค. 51	28.2	57.10	85.3
23 ก.ค. 51	28.3	53.20	81.4
24 ก.ค. 51	42.5	61.20	103.7
25 ก.ค. 51	36.7	53.20	89.9

ตารางผนวกที่ 7(ต่อ)

ว-ด-ป	ปริมาณน้ำทำน้ำป้ว (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำน้ำข้ว้ง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำรวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)
26 ก.ค. 51	21	46.30	67.3
27 ก.ค. 51	16	40.30	56.3
28 ก.ค. 51	35.2	55.80	91
29 ก.ค. 51	49.6	59.90	109.5
30 ก.ค. 51	39	55.10	94.1
31 ก.ค. 51	35.1	50.30	85.4
1 ส.ค. 51	21.1	43.70	64.8
2 ส.ค. 51	17.3	38.10	55.3
3 ส.ค. 51	14.4	33.30	47.7
4 ส.ค. 51	30.6	43.60	74.2
5 ส.ค. 51	45.9	52.10	98
6 ส.ค. 51	126.7	133.50	260.2
7 ส.ค. 51	200.6	188.60	389.3
8 ส.ค. 51	149.3	163.80	313.1
9 ส.ค. 51	93.6	142.50	236.1
10 ส.ค. 51	61.6	124.00	185.6
11 ส.ค. 51	86.4	144.50	230.9
12 ส.ค. 51	110.4	149.40	259.8
13 ส.ค. 51	72.6	130.00	202.6
14 ส.ค. 51	47.3	113.10	160.3
15 ส.ค. 51	29.6	98.40	127.9
16 ส.ค. 51	19.5	85.60	105.1
17 ส.ค. 51	38.2	99.40	137.6
18 ส.ค. 51	54.9	103.40	158.4
19 ส.ค. 51	35.3	90.00	125.3
20 ส.ค. 51	22.5	78.30	100.8

ตารางผนวกที่ 7(ต่อ)

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำทำน้ำปัว (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำน้ำข้าง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำรวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)
21 ศ.ค. 51	20.6	71.40	92
22 ศ.ค. 51	19	62.40	81.4
23 ศ.ค. 51	12.1	54.30	66.4
24 ศ.ค. 51	22.1	61.50	83.6
25 ศ.ค. 51	31.2	67.50	98.7
26 ศ.ค. 51	27.4	58.80	86.2
27 ศ.ค. 51	32.6	53.50	86.1
28 ศ.ค. 51	24.5	46.50	71
29 ศ.ค. 51	14.5	40.50	55
30 ศ.ค. 51	10.3	35.20	45.5
31 ศ.ค. 51	6.9	31.00	37.9

ตารางผนวกที่ ๙8 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Runจากโปรแกรม HEC-HMS ในปี 2551 ณ จุดออกแม่น้ำน่าน กรณีที่ 2

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน(ลบ.ม./วินาที)
1 ก.ค. 51	61.8	61.8
2 ก.ค. 51	86.2	76.6
3 ก.ค. 51	95.2	95.3
4 ก.ค. 51	72.5	81.4
5 ก.ค. 51	73.4	69.7
6 ก.ค. 51	64.5	69.4
7 ก.ค. 51	57.9	58.7
8 ก.ค. 51	63.6	61.1
9 ก.ค. 51	49	55.7
10 ก.ค. 51	38.5	40.1
11 ก.ค. 51	30.9	33.2
12 ก.ค. 51	45.1	38.6
13 ก.ค. 51	75.9	66.3
14 ก.ค. 51	65.3	73.1
15 ก.ค. 51	49.9	53
16 ก.ค. 51	40.5	43
17 ก.ค. 51	98.5	74.9
18 ก.ค. 51	193.9	165.4
19 ก.ค. 51	173.3	192
20 ก.ค. 51	129.9	139.9
21 ก.ค. 51	101	108.6
22 ก.ค. 51	85.3	88.6
23 ก.ค. 51	81.4	81.7
24 ก.ค. 51	103.7	94.9
25 ก.ค. 51	89.9	98.6

ตารางผนวกที่ 8(ต่อ)

ว-ด-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน(ลบ.ม./วินาที)
26 ก.ค. 51	67.3	72.9
27 ก.ค. 51	56.3	58.5
28 ก.ค. 51	91	76.6
29 ก.ค. 51	109.5	107.6
30 ก.ค. 51	94.1	100.8
31 ก.ค. 51	85.4	86.3
1 ส.ค. 51	64.8	72.6
2 ส.ค. 51	55.3	56.2
3 ส.ค. 51	47.7	50.4
4 ส.ค. 51	74.2	62.9
5 ส.ค. 51	98	92.9
6 ส.ค. 51	260.2	198.6
7 ส.ค. 51	389.3	361.7
8 ส.ค. 51	313.1	353.2
9 ส.ค. 51	236.1	251.3
10 ส.ค. 51	185.6	199.7
11 ส.ค. 51	230.9	207.9
12 ส.ค. 51	259.8	257.1
13 ส.ค. 51	202.6	226
14 ส.ค. 51	160.3	168.1
15 ส.ค. 51	127.9	137.7
16 ส.ค. 51	105.1	110.4
17 ส.ค. 51	137.6	122.9
18 ส.ค. 51	158.4	155.7
19 ส.ค. 51	125.3	139.2
20 ส.ค. 51	100.8	105.1

ตารางผนวกที่ ๖8(ต่อ)

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน(ลบ.ม./วินาที)
21 ส.ค. 51	92	93.8
22 ส.ค. 51	81.4	84.9
23 ส.ค. 51	66.4	71
24 ส.ค. 51	83.6	75.2
25 ส.ค. 51	98.7	96
26 ส.ค. 51	86.2	92.1
27 ส.ค. 51	86.1	83.9
28 ส.ค. 51	71	77.8
29 ส.ค. 51	55	58.8
30 ส.ค. 51	45.5	47.8
31 ส.ค. 51	37.9	40

ภาคผนวก จ
การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากโปรแกรมและข้อมูล ปี2549

ตารางผนวกที่ จ1 ผลสอบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1) จาก
โปรแกรมกับข้อมูลปี2549 กรณีที่1

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
1-ก.ค.-49	0.8	30.90	1.87
2-ก.ค.-49	0.0	19.80	2.13
3-ก.ค.-49	0.0	12.70	4.51
4-ก.ค.-49	0.0	8.10	5.65
5-ก.ค.-49	14.0	5.40	6.03
6-ก.ค.-49	32.0	13.10	9.82
7-ก.ค.-49	10.6	19.40	14.80
8-ก.ค.-49	15.4	18.40	8.64
9-ก.ค.-49	9.4	17.70	5.08
10-ก.ค.-49	2.7	11.30	9.51
11-ก.ค.-49	0.3	7.20	7.65
12-ก.ค.-49	0.0	4.60	6.66
13-ก.ค.-49	0.0	3.00	6.03
14-ก.ค.-49	0.0	1.90	6.03
15-ก.ค.-49	1.5	2.00	4.89
16-ก.ค.-49	3.2	3.60	5.08
17-ก.ค.-49	77.9	48.50	4.70
18-ก.ค.-49	22.4	74.10	18.00
19-ก.ค.-49	28.6	51.20	21.50
20-ก.ค.-49	19.5	41.30	17.00
21-ก.ค.-49	57.7	58.50	16.00
22-ก.ค.-49	3.7	54.40	184.00

ตารางผนวกที่ จ1(ต่อ)

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
23-ก.ค.-49	0.0	34.80	26.80
24-ก.ค.-49	9.8	22.30	18.40
25-ก.ค.-49	65.2	58.50	34.90
26-ก.ค.-49	64.7	103.10	41.70
27-ก.ค.-49	102.6	137.20	73.20
28-ก.ค.-49	2.0	104.70	47.70
29-ก.ค.-49	0.0	67.00	29.00
30-ก.ค.-49	8.1	42.90	18.90
31-ก.ค.-49	45.3	58.40	18.40
1-ส.ค.-49	2.1	55.50	25.00
2-ส.ค.-49	42.2	48.00	26.20
3-ส.ค.-49	20.9	56.00	66.20
4-ส.ค.-49	12.1	38.30	40.00
5-ส.ค.-49	2.3	24.50	30.40
6-ส.ค.-49	0.0	15.70	23.30
7-ส.ค.-49	57.9	44.70	18.40
8-ส.ค.-49	5.7	56.70	37.40
9-ส.ค.-49	0.7	36.30	23.80
10-ส.ค.-49	0.0	23.20	19.90
11-ส.ค.-49	3.4	15.40	16.50
12-ส.ค.-49	8.4	16.60	13.60
13-ส.ค.-49	2.6	14.80	12.00
14-ส.ค.-49	0.0	9.50	14.80
15-ส.ค.-49	10.4	10.80	13.20
16-ส.ค.-49	0.6	11.40	11.10
17-ส.ค.-49	0.0	7.30	22.10

ตารางผนวกที่ ๑1(ต่อ)

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./ วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ. ม./วินาที)
18-ธ.ค.-49	12.5	11.20	91.70
19-ธ.ค.-49	4.8	15.40	388.00
20-ธ.ค.-49	20.5	21.10	461.00
21-ธ.ค.-49	193.5	143.40	133.00
22-ธ.ค.-49	70.4	213.10	69.00
23-ธ.ค.-49	18.6	136.40	49.70
24-ธ.ค.-49	0.5	87.30	62.40
25-ธ.ค.-49	16.5	55.80	61.20
26-ธ.ค.-49	11.2	46.80	61.20
27-ธ.ค.-49	14.3	38.40	50.80
28-ธ.ค.-49	40.5	51.10	45.70
29-ธ.ค.-49	17.5	55.30	43.60
30-ธ.ค.-49	70.7	73.50	38.30
31-ธ.ค.-49	10.8	73.80	58.80
1-ก.ย.-49	0.5	47.20	46.70
2-ก.ย.-49	0.0	30.20	39.20
3-ก.ย.-49	4.6	20.00	30.40
4-ก.ย.-49	0.0	14.60	23.80
5-ก.ย.-49	3.2	9.90	21.50
6-ก.ย.-49	2.4	8.70	20.90
7-ก.ย.-49	0.0	5.60	17.50
8-ก.ย.-49	0.0	3.60	14.40
9-ก.ย.-49	8.8	7.60	13.20
10-ก.ย.-49	8.1	13.80	11.40
11-ก.ย.-49	6.6	13.80	13.20
12-ก.ย.-49	0.0	8.80	11.70

ตารางผนวกที่ ๑1(ต่อ)

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
14-ก.ย.-49	27.2	20.20	10.10
15-ก.ย.-49	18.2	36.30	8.89
16-ก.ย.-49	8.9	28.10	8.39
17-ก.ย.-49	24.4	28.30	7.40
18-ก.ย.-49	12.1	31.10	6.91
19-ก.ย.-49	29.2	34.70	14.00
20-ก.ย.-49	37.3	51.90	13.60
21-ก.ย.-49	5.2	41.50	26.80
22-ก.ย.-49	0.0	26.60	22.70
23-ก.ย.-49	0.0	17.00	14.80
24-ก.ย.-49	0.0	10.90	11.70
25-ก.ย.-49	5.1	10.20	11.70
26-ก.ย.-49	3.5	11.00	10.80
27-ก.ย.-49	2.1	8.20	9.82
28-ก.ย.-49	0.0	5.30	8.89
29-ก.ย.-49	2.5	3.80	8.64
30-ก.ย.-49	0.0	3.20	7.90

ตารางผนวกที่ ๑2 ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากโปรแกรมในพื้นที่ลุ่มน้ำข้างข้อมูลปี2549ใน
กรณีที่ 1

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
1-ก.ค.-49	0.8	30.90
2-ก.ค.-49	0.0	26.90
3-ก.ค.-49	0.0	23.40
4-ก.ค.-49	0.0	20.30
5-ก.ค.-49	14.0	18.00
6-ก.ค.-49	32.0	25.20
7-ก.ค.-49	10.6	30.30
8-ก.ค.-49	15.4	27.90
9-ก.ค.-49	9.4	25.80
10-ก.ค.-49	2.7	22.50
11-ก.ค.-49	0.3	19.60
12-ก.ค.-49	0.0	17.00
13-ก.ค.-49	0.0	14.80
14-ก.ค.-49	0.0	12.90
15-ก.ค.-49	1.5	12.00
16-ก.ค.-49	3.2	12.30
17-ก.ค.-49	77.9	52.30
18-ก.ค.-49	22.4	74.80
19-ก.ค.-49	28.6	65.00
20-ก.ค.-49	19.5	56.50
21-ก.ค.-49	57.7	69.50
22-ก.ค.-49	3.7	63.70
23-ก.ค.-49	0.0	55.40
24-ก.ค.-49	9.8	48.20
25-ก.ค.-49	65.2	80.20

ตารางผนวกที่ ๒(ต่อ)

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
26-ก.ค.-49	64.7	118.80
27-ก.ค.-49	102.6	147.40
28-ก.ค.-49	2.0	128.10
29-ก.ค.-49	0.0	111.40
30-ก.ค.-49	8.1	97.00
31-ก.ค.-49	45.3	110.70
1-ส.ค.-49	2.1	105.30
2-ส.ค.-49	42.2	94.30
3-ส.ค.-49	20.9	96.80
4-ส.ค.-49	12.1	84.20
5-ส.ค.-49	2.3	73.30
6-ส.ค.-49	0.0	63.70
7-ส.ค.-49	57.9	85.60
8-ส.ค.-49	5.7	92.00
9-ส.ค.-49	0.7	80.10
10-ส.ค.-49	0.0	69.70
11-ส.ค.-49	3.4	60.60
12-ส.ค.-49	8.4	58.20
13-ส.ค.-49	2.6	52.70
14-ส.ค.-49	0.0	45.90
15-ส.ค.-49	10.4	43.40
16-ส.ค.-49	0.6	40.20
17-ส.ค.-49	0.0	35.00
18-ส.ค.-49	12.5	35.80
19-ส.ค.-49	4.8	36.80
20-ส.ค.-49	20.5	39.30
21-ส.ค.-49	193.5	147.10

ตารางผนวกที่ ๑๒(ต่อ)

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
22-ต.ค.-49	70.4	207.70
23-ต.ค.-49	18.6	180.30
24-ต.ค.-49	0.5	156.90
25-ต.ค.-49	16.5	136.50
26-ต.ค.-49	11.2	125.30
27-ต.ค.-49	14.3	112.10
28-ต.ค.-49	40.5	116.90
29-ต.ค.-49	17.5	113.60
30-ต.ค.-49	70.7	123.00
31-ต.ค.-49	10.8	116.80
1-ก.ย.-49	0.5	101.6
2-ก.ย.-49	0.0	88.4
3-ก.ย.-49	4.6	76.9
4-ก.ย.-49	0.0	67.9
5-ก.ย.-49	3.2	59
6-ก.ย.-49	2.4	52.9
7-ก.ย.-49	0.0	46
8-ก.ย.-49	0.0	40
9-ก.ย.-49	8.8	39.5
10-ก.ย.-49	8.1	41.3
11-ก.ย.-49	6.6	37.7
12-ก.ย.-49	0.0	32.8
13-ก.ย.-49	0.0	28.5
14-ก.ย.-49	27.2	39.4
15-ก.ย.-49	18.2	51.7
16-ก.ย.-49	8.9	45
17-ก.ย.-49	24.4	42.9

ตารางผนวกที่ ๑๒(ต่อ)

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
18-ก.ย.-49	12.1	43.2
19-ก.ย.-49	29.2	44.6
20-ก.ย.-49	37.3	58.4
21-ก.ย.-49	5.2	50.8
22-ก.ย.-49	0.0	44.2
23-ก.ย.-49	0.0	38.4
24-ก.ย.-49	0.0	33.4
25-ก.ย.-49	5.1	32
26-ก.ย.-49	3.5	31.1
27-ก.ย.-49	2.1	27.1
28-ก.ย.-49	0.0	23.6
29-ก.ย.-49	2.5	20.5
30-ก.ย.-49	0.0	18.1

ตารางผนวกที่ ๓ การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Run จาก
โปรแกรม HEC-HMS ใน ปี 2549 ณ จุดรวมน้ำป่าและน้ำขัง กรณีที่ 1

ว-ด-ป	ปริมาณน้ำท่าหน้าป่า (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าหน้าขัง(ลบ.ม./ วินาที)	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)
1 ก.ค. 49	30.9	30.90	61.8
2-ก.ค.-49	20.7	26.90	47.6
3-ก.ค.-49	12.4	23.40	35.8
4-ก.ค.-49	8.7	20.30	29
5-ก.ค.-49	5.1	18.00	23.1
6-ก.ค.-49	12.6	25.20	37.8
7-ก.ค.-49	19.2	30.30	49.5
8-ก.ค.-49	18.7	27.90	46.5
9-ก.ค.-49	17.5	25.80	43.4
10-ก.ค.-49	12	22.50	34.5
11-ก.ค.-49	7	19.60	26.6
12-ก.ค.-49	5	17.00	22.1
13-ก.ค.-49	2.8	14.80	17.6
14-ก.ค.-49	2.2	12.90	15.1
15-ก.ค.-49	1.8	12.00	13.7
16-ก.ค.-49	3.7	12.30	16
17-ก.ค.-49	44.5	52.30	96.9
18-ก.ค.-49	75.3	74.80	150.1
19-ก.ค.-49	52.1	65.00	117.1
20-ก.ค.-49	41.3	56.50	97.9
21-ก.ค.-49	57	69.50	126.5
22-ก.ค.-49	56	63.70	119.7
23-ก.ค.-49	35.1	55.40	90.5
24-ก.ค.-49	23.1	48.20	71.3
25-ก.ค.-49	54.7	80.20	134.9

ตารางผนวกที่ ๑3(ต่อ)

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำทำน้ำปัว (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำน้ำข้ว้ง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำรวม(J-2) (ลบ. ม./วินาที)
26-ก.ค.-49	102.6	118.80	221.4
27-ก.ค.-49	134.7	147.40	282.1
28-ก.ค.-49	109.6	128.10	237.7
29-ก.ค.-49	66	111.40	177.4
30-ก.ค.-49	45.8	97.00	142.8
31-ก.ค.-49	54.5	110.70	165.2
1-ส.ค.-49	59.1	105.30	164.4
2-ส.ค.-49	45.5	94.30	139.8
3-ส.ค.-49	57.4	96.80	154.2
4-ส.ค.-49	38.6	84.20	122.8
5-ส.ค.-49	25.4	73.30	98.7
6-ส.ค.-49	15.6	63.70	79.4
7-ส.ค.-49	42.2	85.60	127.9
8-ส.ค.-49	57.8	92.00	149.8
9-ส.ค.-49	37.1	80.10	117.2
10-ส.ค.-49	23.6	69.70	93.3
11-ส.ค.-49	15.8	60.60	76.4
12-ส.ค.-49	16.2	58.20	74.5
13-ส.ค.-49	15.3	52.70	68
14-ส.ค.-49	9.5	45.90	55.4
15-ส.ค.-49	10.7	43.40	54.1
16-ส.ค.-49	11.5	40.20	51.7
17-ส.ค.-49	7.6	35.00	42.5
18-ส.ค.-49	10.7	35.80	46.4
19-ส.ค.-49	15.6	36.80	52.4
20-ส.ค.-49	20.5	39.30	59.8

ตารางผนวกที่ ๖3(ต่อ)

ว-ด-ป	ปริมาณน้ำทำน้ำปัว (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำน้ำข้ว้ง(ลบ.ม./ วินาที)	ปริมาณน้ำทำรวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)
21-ต.ค.-49	133.5	147.10	280.5
22-ต.ค.-49	215.7	207.70	423.4
23-ต.ค.-49	140.6	180.30	321
24-ต.ค.-49	87.8	156.90	244.6
25-ต.ค.-49	58.1	136.50	194.6
26-ต.ค.-49	45.6	125.30	170.9
27-ต.ค.-49	40.1	112.10	152.3
28-ต.ค.-49	48.6	116.90	165.5
29-ต.ค.-49	57.2	113.60	170.8
30-ต.ค.-49	70.3	123.00	193.3
31-ต.ค.-49	76.5	116.80	193.3
1-ก.ย.-49	47.2	101.60	148.8
2-ก.ย.-49	31.7	88.40	120.2
3-ก.ย.-49	19.5	76.90	96.5
4-ก.ย.-49	15.4	67.90	83.3
5-ก.ย.-49	9.6	59.00	68.6
6-ก.ย.-49	9.1	52.90	62
7-ก.ย.-49	5.5	46.00	51.5
8-ก.ย.-49	3.8	40.00	43.8
9-ก.ย.-49	7.1	39.50	46.6
10-ก.ย.-49	13.8	41.30	55
11-ก.ย.-49	13.8	37.70	51.5
12-ก.ย.-49	9.2	32.80	42
13-ก.ย.-49	5.6	28.50	34.1
14-ก.ย.-49	19	39.40	58.4

ตารางผนวกที่ ๑3(ต่อ)

ว-ด-ป	ปริมาณน้ำทำน้ำปัว (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำน้ำข้ว้ง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำรวม(J-2) (ลบ. ม./วินาที)
15-ก.ย.-49	35.9	51.70	87.6
16-ก.ย.-49	29	45.00	74
17-ก.ย.-49	27.5	42.90	70.3
18-ก.ย.-49	31.6	43.20	74.8
19-ก.ย.-49	34	44.60	78.6
20-ก.ย.-49	51.1	58.40	109.4
21-ก.ย.-49	43.1	50.80	93.9
22-ก.ย.-49	26.5	44.20	70.7
23-ก.ย.-49	17.9	38.40	56.3
24-ก.ย.-49	10.6	33.40	44.1
25-ก.ย.-49	10.4	32.00	42.4
26-ก.ย.-49	10.7	31.10	41.8
27-ก.ย.-49	8.7	27.10	35.8
28-ก.ย.-49	5.1	23.60	28.7
29-ก.ย.-49	4.1	20.50	24.6
30 ก.ย. 49	3	18.10	21.2

ตารางผนวกที่ จ4 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Run จากโปรแกรม HEC-HMS ใน ปี 2549 ณ จุดออกแม่น้ำน่าน กรณีที่ 1

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน (ลบ.ม./วินาที)
1-ก.ค.-49	61.8	61.8
2-ก.ค.-49	47.6	53.2
3-ก.ค.-49	35.8	38.4
4-ก.ค.-49	29	30.7
5-ก.ค.-49	23.1	24.8
6-ก.ค.-49	37.8	31.4
7-ก.ค.-49	49.5	47.3
8-ก.ค.-49	46.5	48.5
9-ก.ค.-49	43.4	43.9
10-ก.ค.-49	34.5	37.8
11-ก.ค.-49	26.6	28.4
12-ก.ค.-49	22.1	23.1
13-ก.ค.-49	17.6	18.9
14-ก.ค.-49	15.1	15.5
15-ก.ค.-49	13.7	14.1
16-ก.ค.-49	16	15
17-ก.ค.-49	96.9	65.6
18-ก.ค.-49	150.1	141
19-ก.ค.-49	117.1	133.5
20-ก.ค.-49	97.9	99.3
21-ก.ค.-49	126.5	114.8
22-ก.ค.-49	119.7	126.7
23-ก.ค.-49	90.5	99.3
24-ก.ค.-49	71.3	75.5
25-ก.ค.-49	134.9	108.4

ตารางผนวกที่ จ4(ต่อ)

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน (ลบ.ม./วินาที)
26-ก.ค.-49	221.4	197.4
27-ก.ค.-49	282.1	267.3
28-ก.ค.-49	237.7	260.6
29-ก.ค.-49	177.4	192.4
30-ก.ค.-49	142.8	150.7
31-ก.ค.-49	165.2	153.4
1-ส.ค.-49	164.4	169.1
2-ส.ค.-49	139.8	147.7
3-ส.ค.-49	154.2	145.7
4-ส.ค.-49	122.8	138.3
5-ส.ค.-49	98.7	102.3
6-ส.ค.-49	79.4	85.6
7-ส.ค.-49	127.9	106.6
8-ส.ค.-49	149.8	149.2
9-ส.ค.-49	117.2	130.2
10-ส.ค.-49	93.3	97.8
11-ส.ค.-49	76.4	81.3
12-ส.ค.-49	74.5	73.3
13-ส.ค.-49	68	70.9
14-ส.ค.-49	55.4	59.2
15-ส.ค.-49	54.1	53.1
16-ส.ค.-49	51.7	53
17-ส.ค.-49	42.5	45.7
18-ส.ค.-49	46.4	43.8
19-ส.ค.-49	52.4	51.1
20-ส.ค.-49	59.8	57.4

ตารางผนวกที่ ๑๔(ต่อ)

ว-ด-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน (ลบ.ม./วินาที)
21-ส.ค.-49	280.5	195
22-ส.ค.-49	423.4	399.4
23-ส.ค.-49	321	370
24-ส.ค.-49	244.6	256.2
25-ส.ค.-49	194.6	209.9
26-ส.ค.-49	170.9	174.5
27-ส.ค.-49	152.3	158.2
28-ส.ค.-49	165.5	158.1
29-ส.ค.-49	170.8	171.5
30-ส.ค.-49	193.3	184.2
31-ส.ค.-49	193.3	196.7
1-ก.ย.-49	148.8	165
2-ก.ย.-49	120.2	125.3
3-ก.ย.-49	96.5	103.8
4-ก.ย.-49	83.3	85.7
5-ก.ย.-49	68.6	73.5
6-ก.ย.-49	62	62.8
7-ก.ย.-49	51.5	55.3
8-ก.ย.-49	43.8	45.4
9-ก.ย.-49	46.6	44.9
10-ก.ย.-49	55	52.3
11-ก.ย.-49	51.5	53.9
12-ก.ย.-49	42	44.8
13-ก.ย.-49	34.1	36.1
14-ก.ย.-49	58.4	48.1
15-ก.ย.-49	87.6	80

ตารางผนวกที่ ๑4(ต่อ)

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน (ลบ.ม./วินาที)
16-ก.ย.-49	74	82.2
17-ก.ย.-49	70.3	68.7
18-ก.ย.-49	74.8	73.7
19-ก.ย.-49	78.6	77.5
20-ก.ย.-49	109.4	97.8
21-ก.ย.-49	93.9	104.3
22-ก.ย.-49	70.7	75.8
23-ก.ย.-49	56.3	60
24-ก.ย.-49	44.1	47.5
25-ก.ย.-49	42.4	41.8
26-ก.ย.-49	41.8	42.3
27-ก.ย.-49	35.8	38
28-ก.ย.-49	28.7	30.7
29-ก.ย.-49	24.6	25.5
30-ก.ย.-49	21.2	22.2

ตารางผนวกที่ ๑5 ผลสอบเทียบการคำนวณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำบ้านนาฝาง (J-1) จาก
โปรแกรมกับข้อมูลปี 2549 กรณีที่ 2

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
1-ก.ค.-49	1.20	30.90	1.87
2-ก.ค.-49	0.46	19.80	2.13
3-ก.ค.-49	0.02	12.70	4.51
4-ก.ค.-49	0.11	8.10	5.65
5-ก.ค.-49	12.54	5.30	6.03
6-ก.ค.-49	27.50	10.80	9.82
7-ก.ค.-49	8.99	15.60	14.80
8-ก.ค.-49	12.59	14.70	8.64
9-ก.ค.-49	8.47	14.30	5.08
10-ก.ค.-49	3.14	9.80	9.51
11-ก.ค.-49	0.24	6.30	7.65
12-ก.ค.-49	0.00	4.00	6.66
13-ก.ค.-49	2.20	3.30	6.03
14-ก.ค.-49	0.00	2.80	6.03
15-ก.ค.-49	1.41	2.00	4.89
16-ก.ค.-49	2.59	2.90	5.08
17-ก.ค.-49	69.54	42.20	4.70
18-ก.ค.-49	20.27	65.20	18.00
19-ก.ค.-49	25.26	45.10	21.50
20-ก.ค.-49	16.56	35.90	17.00
21-ก.ค.-49	46.97	48.20	16.00
22-ก.ค.-49	3.00	44.20	184.00
23-ก.ค.-49	0.00	28.30	26.80
24-ก.ค.-49	9.59	18.10	18.40
25-ก.ค.-49	64.21	55.10	34.90

ตารางผนวกที่ ๑๕(ต่อ)

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
26-ก.ค.-49	59.95	97.40	41.70
27-ก.ค.-49	83.85	119.80	73.20
28-ก.ค.-49	1.73	87.00	47.70
29-ก.ค.-49	0.00	55.60	29.00
30-ก.ค.-49	8.67	35.60	18.90
31-ก.ค.-49	41.35	51.70	18.40
1-ส.ค.-49	2.35	49.50	25.00
2-ส.ค.-49	44.23	46.70	26.20
3-ส.ค.-49	20.33	56.10	66.20
4-ส.ค.-49	13.58	38.40	40.00
5-ส.ค.-49	2.97	24.60	30.40
6-ส.ค.-49	0.00	15.70	23.30
7-ส.ค.-49	53.59	41.50	18.40
8-ส.ค.-49	6.48	53.20	37.40
9-ส.ค.-49	1.80	34.10	23.80
10-ส.ค.-49	0.00	21.80	19.90
11-ส.ค.-49	2.75	14.00	16.50
12-ส.ค.-49	8.80	15.50	13.60
13-ส.ค.-49	2.81	14.60	12.00
14-ส.ค.-49	0.38	9.30	14.80
15-ส.ค.-49	8.48	9.60	13.20
16-ส.ค.-49	0.81	9.70	11.10
17-ส.ค.-49	1.10	6.20	22.10
18-ส.ค.-49	17.12	14.10	91.70
19-ส.ค.-49	26.35	32.70	388.00
20-ส.ค.-49	22.55	41.10	461.00

ตารางผนวกที่ ๑5(ต่อ)

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
21-ต.ค.-49	157.50	126.50	133.00
22-ต.ค.-49	58.79	176.00	69.00
23-ต.ค.-49	15.58	112.60	49.70
24-ต.ค.-49	2.17	72.10	62.40
25-ต.ค.-49	16.67	46.10	61.20
26-ต.ค.-49	14.09	42.50	61.20
27-ต.ค.-49	12.89	35.70	50.80
28-ต.ค.-49	32.81	42.90	45.70
29-ต.ค.-49	16.53	46.20	43.60
30-ต.ค.-49	74.12	72.00	38.30
31-ต.ค.-49	11.33	75.90	58.80
1-ก.ย.-49	0.41	48.60	46.70
2-ก.ย.-49	0.00	31.10	39.20
3-ก.ย.-49	3.73	19.90	30.40
4-ก.ย.-49	0.00	14.20	23.80
5-ก.ย.-49	3.14	9.90	21.50
6-ก.ย.-49	1.94	8.50	20.90
7-ก.ย.-49	0.00	5.40	17.50
8-ก.ย.-49	0.00	3.50	14.40
9-ก.ย.-49	7.13	6.50	13.20
10-ก.ย.-49	23.87	22.60	11.40
11-ก.ย.-49	5.44	25.90	13.20
12-ก.ย.-49	1.48	16.60	11.70
13-ก.ย.-49	0.00	10.60	11.10
14-ก.ย.-49	22.03	19.50	10.10
15-ก.ย.-49	14.74	31.20	8.89

ตารางผนวกที่ ๑๕(ต่อ)

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)	ข้อมูล น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
16-ก.ย.-49	7.21	23.90	8.39
17-ก.ย.-49	19.76	23.70	7.40
18-ก.ย.-49	10.31	26.00	6.91
19-ก.ย.-49	27.21	31.10	14.00
20-ก.ย.-49	33.23	47.20	13.60
21-ก.ย.-49	5.11	37.60	26.80
22-ก.ย.-49	0.68	24.10	22.70
23-ก.ย.-49	0.00	15.40	14.80
24-ก.ย.-49	0.00	9.90	11.70
25-ก.ย.-49	4.13	8.80	11.70
26-ก.ย.-49	2.84	9.20	10.80
27-ก.ย.-49	1.70	6.90	9.82
28-ก.ย.-49	0.46	4.40	8.89
29-ก.ย.-49	2.03	3.40	8.64
30-ก.ย.-49	0.00	2.70	7.90

ตารางผนวกที่ ๖ ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากโปรแกรมในพื้นที่ชุ่มน้ำข้างข้อมูลปี 2549
กรณีที่ 2

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
1-ก.ค.-49	1.60	30.90
2-ก.ค.-49	0.91	26.90
3-ก.ค.-49	0.04	23.40
4-ก.ค.-49	0.23	20.40
5-ก.ค.-49	11.07	17.80
6-ก.ค.-49	22.99	21.10
7-ก.ค.-49	7.37	23.30
8-ก.ค.-49	9.78	21.10
9-ก.ค.-49	7.54	19.80
10-ก.ค.-49	3.57	17.20
11-ก.ค.-49	0.19	15.00
12-ก.ค.-49	0.00	13.00
13-ก.ค.-49	4.41	12.80
14-ก.ค.-49	0.00	12.00
15-ก.ค.-49	1.31	10.40
16-ก.ค.-49	1.98	9.70
17-ก.ค.-49	61.18	39.80
18-ก.ค.-49	18.14	57.40
19-ก.ค.-49	21.91	49.90
20-ก.ค.-49	13.61	43.40
21-ก.ค.-49	36.23	48.30
22-ก.ค.-49	2.29	42.70
23-ก.ค.-49	0.00	37.20
24-ก.ค.-49	9.38	32.40
25-ก.ค.-49	63.22	65.40

ตารางผนวกที่ ๖(ต่อ)

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
26-ก.ค.-49	55.20	99.90
27-ก.ค.-49	65.09	108.00
28-ก.ค.-49	1.47	93.80
29-ก.ค.-49	0.00	81.60
30-ก.ค.-49	9.24	71.00
31-ก.ค.-49	37.40	84.40
1-ส.ค.-49	2.59	80.10
2-ส.ค.-49	46.27	78.40
3-ส.ค.-49	19.76	84.30
4-ส.ค.-49	15.06	73.30
5-ส.ค.-49	3.63	63.80
6-ส.ค.-49	0.00	55.50
7-ส.ค.-49	49.27	72.40
8-ส.ค.-49	7.26	78.90
9-ส.ค.-49	2.90	68.70
10-ส.ค.-49	0.00	59.70
11-ส.ค.-49	2.11	52.00
12-ส.ค.-49	9.20	50.50
13-ส.ค.-49	3.02	47.00
14-ส.ค.-49	0.76	40.90
15-ส.ค.-49	6.56	36.70
16-ส.ค.-49	1.02	33.30
17-ส.ค.-49	2.20	28.90
18-ส.ค.-49	21.73	36.80
19-ส.ค.-49	47.89	63.90
20-ส.ค.-49	24.60	71.60
21-ส.ค.-49	121.49	113.20

ตารางผนวกที่ ๖(ต่อ)

ว-ค-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
22-ส.ค.-49	47.18	137.70
23-ส.ค.-49	12.56	119.60
24-ส.ค.-49	3.84	104.00
25-ส.ค.-49	16.84	90.50
26-ส.ค.-49	16.98	88.40
27-ส.ค.-49	11.49	79.30
28-ส.ค.-49	25.11	76.00
29-ส.ค.-49	15.56	73.30
30-ส.ค.-49	77.54	98.90
31-ส.ค.-49	11.86	101.50
1-ก.ย.-49	0.31	88.3
2-ก.ย.-49	0	76.8
3-ก.ย.-49	2.852	66.8
4-ก.ย.-49	0	58.7
5-ก.ย.-49	3.086	51.5
6-ก.ย.-49	1.488	46
7-ก.ย.-49	0	40
8-ก.ย.-49	0	34.8
9-ก.ย.-49	5.456	33.2
10-ก.ย.-49	39.64	53.2
11-ก.ย.-49	4.282	56.3
12-ก.ย.-49	2.964	49
13-ก.ย.-49	0	42.6
14-ก.ย.-49	16.864	44.2
15-ก.ย.-49	11.284	48.8
16-ก.ย.-49	5.518	42.4
17-ก.ย.-49	15.128	39.3

ตารางผนวกที่ จ6(ต่อ)

ว-ด-ป	ฝน (มม.)	ผลการคำนวณน้ำท่า HEC-HMS (ลบ.ม./วินาที)
18-ก.ย.-49	8.528	38.4
19-ก.ย.-49	25.21	42.2
20-ก.ย.-49	29.168	53.6
21-ก.ย.-49	5.01	46.7
22-ก.ย.-49	1.368	40.6
23-ก.ย.-49	0	35.3
24-ก.ย.-49	0	30.7
25-ก.ย.-49	3.162	28.3
26-ก.ย.-49	2.17	26.6
27-ก.ย.-49	1.302	23.2
28-ก.ย.-49	0.912	20.2
29-ก.ย.-49	1.55	17.7
30-ก.ย.-49	0	15.4

ตารางผนวกที่ ๑7การเปรียบเทียบความสัมพันธะระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Runจาก
โปรแกรม HEC-HMSใน ปี2549 ณ จุดรวมน้ำปัวและน้ำขวัง กรณีที่2

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่าน้ำปัว (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าน้ำขวัง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)
1-ก.ค.-49	30.9	30.90	61.8
2-ก.ค.-49	20.7	26.90	47.6
3-ก.ค.-49	12.5	23.40	35.8
4-ก.ค.-49	8.7	20.40	29
5-ก.ค.-49	5.1	17.80	22.9
6-ก.ค.-49	10.6	21.10	31.6
7-ก.ค.-49	15.4	23.30	38.8
8-ก.ค.-49	14.9	21.10	36
9-ก.ค.-49	14.2	19.80	34
10-ก.ค.-49	10.4	17.20	27.6
11-ก.ค.-49	6.1	15.00	21.1
12-ก.ค.-49	4.4	13.00	17.4
13-ก.ค.-49	3.1	12.80	15.9
14-ก.ค.-49	3	12.00	15
15-ก.ค.-49	1.8	10.40	12.3
16-ก.ค.-49	2.9	9.70	12.7
17-ก.ค.-49	38.8	39.80	78.6
18-ก.ค.-49	66.1	57.40	123.6
19-ก.ค.-49	46	49.90	95.9
20-ก.ค.-49	35.9	43.40	79.3
21-ก.ค.-49	47.2	48.30	95.4
22-ก.ค.-49	45.4	42.70	88.2
23-ก.ค.-49	28.5	37.20	65.7
24-ก.ค.-49	18.7	32.40	51.1
25-ก.ค.-49	51.4	65.40	116.8

ตารางผนวกที่ ๗(ต่อ)

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำทำน้ำปัว (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำน้ำข้าง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำรวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)
26-ก.ค.-49	97	99.90	196.9
27-ก.ค.-49	118.2	108.00	226.2
28-ก.ค.-49	91.1	93.80	184.9
29-ก.ค.-49	54.7	81.60	136.3
30-ก.ค.-49	38.1	71.00	109.1
31-ก.ค.-49	48.1	84.40	132.5
1-ส.ค.-49	52.8	80.10	132.9
2-ส.ค.-49	44.1	78.40	122.5
3-ส.ค.-49	57.5	84.30	141.7
4-ส.ค.-49	38.7	73.30	112
5-ส.ค.-49	25.5	63.80	89.3
6-ส.ค.-49	15.7	55.50	71.2
7-ส.ค.-49	39.4	72.40	111.7
8-ส.ค.-49	54.1	78.90	133
9-ส.ค.-49	35	68.70	103.6
10-ส.ค.-49	22.1	59.70	81.8
11-ส.ค.-49	14.4	52.00	66.4
12-ส.ค.-49	15	50.50	65.5
13-ส.ค.-49	15.1	47.00	62.1
14-ส.ค.-49	9.3	40.90	50.2
15-ส.ค.-49	9.5	36.70	46.3
16-ส.ค.-49	9.7	33.30	43
17-ส.ค.-49	6.5	28.90	35.4
18-ส.ค.-49	13.2	36.80	50
19-ส.ค.-49	32	63.90	95.8
20-ส.ค.-49	41.1	71.60	112.7

ตารางผนวกที่ จ7(ต่อ)

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำทำน้ำปัว (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำน้ำข้ว้ง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำรวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)
21-ค.ค.-49	119.2	113.20	232.4
22-ค.ค.-49	178	137.70	315.7
23-ค.ค.-49	116.2	119.60	235.8
24-ค.ค.-49	72.4	104.00	176.4
25-ค.ค.-49	48.1	90.50	138.6
26-ค.ค.-49	41.1	88.40	129.5
27-ค.ค.-49	37.5	79.30	116.8
28-ค.ค.-49	40.8	76.00	116.8
29-ค.ค.-49	47.8	73.30	121.1
30-ค.ค.-49	68.5	98.90	167.4
31-ค.ค.-49	78.7	101.50	180.2
1-ก.ย.-49	48.6	88.30	136.9
2-ก.ย.-49	32.6	76.80	109.4
3-ก.ย.-49	19.6	66.80	86.4
4-ก.ย.-49	15	58.70	73.6
5-ก.ย.-49	9.6	51.50	61
6-ก.ย.-49	8.9	46.00	54.9
7-ก.ย.-49	5.3	40.00	45.4
8-ก.ย.-49	3.7	34.80	38.5
9-ก.ย.-49	6.1	33.20	39.2
10-ก.ย.-49	21.6	53.20	74.8
11-ก.ย.-49	26.5	56.30	82.8
12-ก.ย.-49	16.9	49.00	65.9
13-ก.ย.-49	10.9	42.60	53.5
14-ก.ย.-49	18.6	44.20	62.8
15-ก.ย.-49	31.1	48.80	79.8

ตารางผนวกที่ จ7(ต่อ)

ว-ด-ป	ปริมาณน้ำทำน้ำปัว (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำน้ำข้ว้ง (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำทำรวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)
16-ก.ย.-49	24.7	42.40	67.1
17-ก.ย.-49	23	39.30	62.3
18-ก.ย.-49	26.3	38.40	64.8
19-ก.ย.-49	30.4	42.20	72.5
20-ก.ย.-49	46.5	53.60	100.2
21-ก.ย.-49	39.1	46.70	85.7
22-ก.ย.-49	24	40.60	64.6
23-ก.ย.-49	16.2	35.30	51.5
24-ก.ย.-49	9.6	30.70	40.4
25-ก.ย.-49	9.1	28.30	37.4
26-ก.ย.-49	9	26.60	35.6
27-ก.ย.-49	7.4	23.20	30.5
28-ก.ย.-49	4.3	20.20	24.4
29-ก.ย.-49	3.6	17.70	21.3
30-ก.ย.-49	2.5	15.40	17.9

ตารางผนวกที่ จ8 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ Runจากโปรแกรม HEC-HMS ใน ปี2549 ณ จุดออกแม่น้ำน่าน กรณีที่2

ว-ด-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน (ลบ.ม./วินาที)
1-ก.ค.-49	61.8	61.8
2-ก.ค.-49	47.6	53.2
3-ก.ค.-49	35.8	38.4
4-ก.ค.-49	29	30.8
5-ก.ค.-49	22.9	24.7
6-ก.ค.-49	31.6	27.6
7-ก.ค.-49	38.8	37.5
8-ก.ค.-49	36	37.6
9-ก.ค.-49	34	34.2
10-ก.ค.-49	27.6	30
11-ก.ค.-49	21.1	22.8
12-ก.ค.-49	17.4	18.3
13-ก.ค.-49	15.9	16.2
14-ก.ค.-49	15	15.3
15-ก.ค.-49	12.3	13.3
16-ก.ค.-49	12.7	12.2
17-ก.ค.-49	78.6	53
18-ก.ค.-49	123.6	115.5
19-ก.ค.-49	95.9	109.7
20-ก.ค.-49	79.3	80.6
21-ก.ค.-49	95.4	88.6
22-ก.ค.-49	88.2	93.6
23-ก.ค.-49	65.7	72.5
24-ก.ค.-49	51.1	54.3
25-ก.ค.-49	116.8	89.9

ตารางผนวกที่ ๖๘(ต่อ)

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน (ลบ.ม./วินาที)
26-ก.ค.-49	196.9	175.6
27-ก.ค.-49	226.2	222.7
28-ก.ค.-49	184.9	202.4
29-ก.ค.-49	136.3	148.8
30-ก.ค.-49	109.1	115.1
31-ก.ค.-49	132.5	121.1
1-ส.ค.-49	132.9	137
2-ส.ค.-49	122.5	125
3-ส.ค.-49	141.7	133.3
4-ส.ค.-49	112	126.8
5-ส.ค.-49	89.3	92.6
6-ส.ค.-49	71.2	77
7-ส.ค.-49	111.7	93.7
8-ส.ค.-49	133	131.4
9-ส.ค.-49	103.6	115.7
10-ส.ค.-49	81.8	85.8
11-ส.ค.-49	66.4	70.9
12-ส.ค.-49	65.5	64.1
13-ส.ค.-49	62.1	63.9
14-ส.ค.-49	50.2	54.2
15-ส.ค.-49	46.3	46.3
16-ส.ค.-49	43	44.2
17-ส.ค.-49	35.4	37.9
18-ส.ค.-49	50	43.4
19-ส.ค.-49	95.8	80.4
20-ส.ค.-49	112.7	111.9

ตารางผนวกที่ ๖๘(ต่อ)

ว-ด-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน (ลบ.ม./วินาที)
21-ต.ค.-49	232.4	185.8
22-ต.ค.-49	315.7	300.5
23-ต.ค.-49	235.8	272.8
24-ต.ค.-49	176.4	185.8
25-ต.ค.-49	138.6	149.8
26-ต.ค.-49	129.5	128.8
27-ต.ค.-49	116.8	122
28-ต.ค.-49	116.8	114.8
29-ต.ค.-49	121.1	120.1
30-ต.ค.-49	167.4	149.6
31-ต.ค.-49	180.2	181.8
1-ก.ย.-49	136.9	153.2
2-ก.ย.-49	109.4	114.1
3-ก.ย.-49	86.4	93.7
4-ก.ย.-49	73.6	75.9
5-ก.ย.-49	61	65.1
6-ก.ย.-49	54.9	55.8
7-ก.ย.-49	45.4	48.8
8-ก.ย.-49	38.5	39.9
9-ก.ย.-49	39.2	38.4
10-ก.ย.-49	74.8	61.2
11-ก.ย.-49	82.8	84.7
12-ก.ย.-49	65.9	71.8
13-ก.ย.-49	53.5	56.2
14-ก.ย.-49	62.8	58.2
15-ก.ย.-49	79.8	74.9

ตารางผนวกที่ ๖๘(ต่อ)

ว-ค-ป	ปริมาณน้ำท่ารวม(J-2) (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำท่าไหลลงแม่น้ำน่าน (ลบ.ม./วินาที)
16-ก.ย.-49	67.1	73.9
17-ก.ย.-49	62.3	61.6
18-ก.ย.-49	64.8	64
19-ก.ย.-49	72.5	69.7
20-ก.ย.-49	100.2	90.4
21-ก.ย.-49	85.7	95
22-ก.ย.-49	64.6	69.4
23-ก.ย.-49	51.5	54.9
24-ก.ย.-49	40.4	43.5
25-ก.ย.-49	37.4	37.4
26-ก.ย.-49	35.6	36.3
27-ก.ย.-49	30.5	32.3
28-ก.ย.-49	24.4	26.2
29-ก.ย.-49	21.3	21.9
30-ก.ย.-49	17.9	19

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นายร่มเกล้า ทรงมั่งฉา
ภูมิลำเนา 60/236 หมู่ 7 ต.ลำลูกกา อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนธัญรัตน์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
นเรศวร

E-mail: Romkaow_ce50@hotmail.com



ชื่อ นางสาวสุภัสสา สิทธิธรส
ภูมิลำเนา 43/13 หมู่ 3 ต.บึงนาราง อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนธัญรัตน์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
นเรศวร

E-mail: Ptw_bass@hotmail.com