

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน
โดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT



นาย โอฟาร์ เวศอุไร

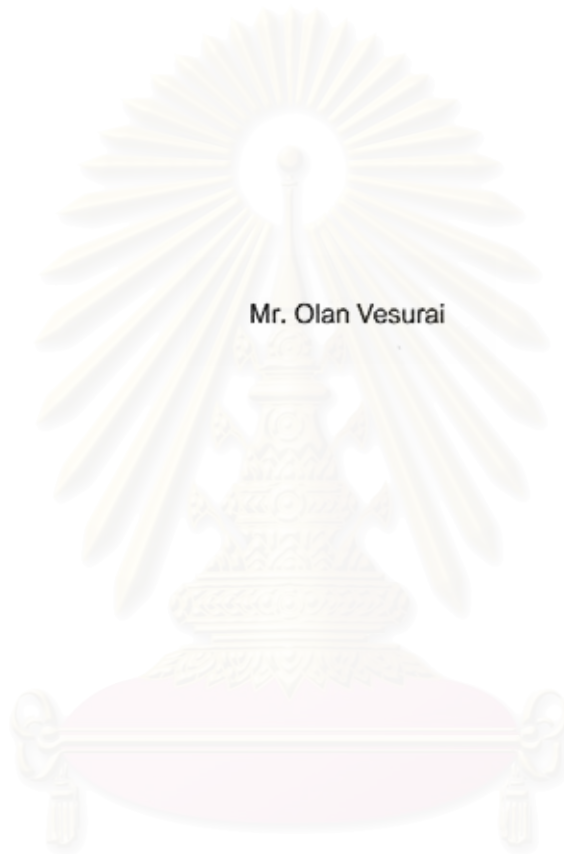
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2634-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE IMPACTS OF LAND USE CHANGES ON RUNOFF IN THE UPPER NAN BASIN
USING SWAT HYDROLOGIC MODEL



Mr. Olan Vesurai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Water Resources Engineering

Department of Water Resources Engineering

Faculty of Engineering

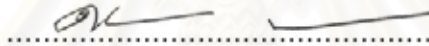
Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-53-2634-8

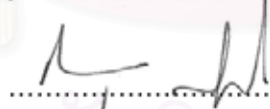
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อทำในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน
โดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT
โดย นายโอฬาร เวศอุไร
สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ชัยยุทธ สุขศรี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นายฉัตรชัย ชินวรสิริวัฒน์


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ชัยยุทธ สุขศรี)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นายฉัตรชัย ชินวรสิริวัฒน์)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ครรชิต ลิขิตเดชาโรจน์)

ไอฟาร์ เวศอุไร : ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT (THE IMPACTS OF LAND USE CHANGES ON RUNOFF IN THE UPPER NAN BASIN USING SWAT HYDROLOGIC MODEL) อ.ปริกษา: อ.ชัยยุทธ สุขศรี, อ.ปริกษาร่วม: นายจักรชัย ชินวรสิริวัฒน์. 210 หน้า. ISBN 974-53-2634-8.

แบบจำลอง SWAT ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ตามพื้นที่แบบกระจายพารามิเตอร์ ถูกนำมาทดสอบเพื่อประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ต่อค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือนของลุ่มน้ำน่านตอนบน โครงข่ายลำน้ำสามารถจำลองได้จากข้อมูล DEM ที่นำเข้าแบบจำลอง ข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2520 2537 และ 2544 ใช้เป็นตัวแทนการเปลี่ยนแปลง และสามารถจำแนกหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของแบบจำลองในแต่ละช่วงเวลา ข้อมูลน้ำท่าที่ตรวจวัดรายเดือนต่อเนื่องประมาณ 5-10 ปี ของแต่ละช่วงการเปลี่ยนแปลง ถูกนำมาใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง โดยผลจากการใช้ SWAT พบว่าโครงข่ายลำน้ำที่จำลองขึ้นมีสภาพใกล้เคียงกับสภาพลำน้ำจริง และปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้ใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัดในขนาดที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ในแต่ละช่วงของการเปลี่ยนแปลงยังได้วิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์โดยปรับแก้ตามช่วงที่แนะนำจากแบบจำลอง ซึ่งพบว่าส่วนใหญ่พารามิเตอร์ที่อ่อนไหวคือ คุณสมบัติทางกายภาพ เช่นปริมาณน้ำที่ยอมให้มีในดิน และค่า Curve Number (CN)

แบบจำลองที่ได้รับการปรับเทียบของแต่ละช่วงการเปลี่ยนแปลง ถูกนำมาใช้ประมาณค่าปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดน้ำฝนรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2541-2545 เพื่อประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน นอกจากนี้ ยังได้กำหนดกรณีการเปลี่ยนแปลงจากปัจจุบันอีก 3 กรณี คือกรณีพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้น กรณีพื้นที่การเกษตรเพิ่มขึ้น และกรณีพื้นที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น ซึ่งในทุก ๆ กรณีแบบจำลองให้ผลที่ต่างกันอย่างชัดเจนถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า และแสดงให้เห็นว่าการศึกษานี้สามารถแสดงให้เห็นประโยชน์ของการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในการวางแผนพัฒนาและบริหารจัดการลุ่มน้ำ

ภาควิชา...วิศวกรรมแหล่งน้ำ.....ลายมือชื่อนิสิต.....
 สาขาวิชา...วิศวกรรมแหล่งน้ำ.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ปีการศึกษา.....2548.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4670620221: MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING

KEY WORD: SWAT/ LAND USE CHANGE/ DEM/ MONTHLY RUNOFF/ CURVE NUMBER

OLAN VESURAI: THE IMPACTS OF LAND USE CHANGES ON RUNOFF IN THE UPPER NAN BASIN USING SWAT HYDROLOGIC MODEL. THESIS ADVISOR: CHAIYUTH SUKHSRI, THESIS COADVISOR: CHATCHAI CHINAVORNSIRIWATTANA, 210 pp. ISBN 974-53-2634-8.

A distributed parameter model SWAT (Soil and Water Assessment Tool) was tested on monthly basis for estimating surface runoff from the Upper Nan River Basin, to determine the impacts of land use changes. The network of streams in the basin was delineated from the DEM data. Land uses data for the year 1977, 1994 and 2001 which shown significant land use changes in the watershed are utilized to classify the basin hydrologic response units (HRUs) for each case study. The period of 5-10 years for continuous observed monthly runoff of each land use data is used to calibrate the model. The analyses show the similarities between the generated stream network and the actual basin network. The calibrations are also acceptable for all cases. Sensitivity analysis was performed by varying range of model parameters recommended by the model's developer. The significant sensitive parameters are the physical properties such as the available water capacity and the Curve Number (CN).

The year 1977, 1994 and 2001 calibrated models are then used to estimate runoffs from the observed daily rainfalls during 1998-2002. The comparison of each runoff series shows the impact of land use changes. Besides, three scenarios postulating changes in land uses, reforestation, agricultural and the urban expansions, are modeled and then used to assess the consequences on surface runoff. The results demonstrated that impacts on runoff can be clearly detected, and hence verify the applicability of using SWAT model in the planning and management of water resource of the river basin.

Department.....Water Resources Engineering..... Student's signature.....*Ob*
 Field of study...Water Resources Engineering.....Advisor's signature.....*Chaiyuth Sukhsri*
 Academic year.....2005Co-Advisor's signature.....*Chatchai Chinavornsiriwattana*

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าครั้งนี้ ข้าพเจ้าได้รับความช่วยเหลือ คำแนะนำและความอนุเคราะห์จากบุคคลและหน่วยงานต่างๆ ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ชัยยุทธ สุขศรี และคุณฉัตรชัย ชินวรสิริวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิดมาโดยตลอด ทั้งยังให้การช่วยสนับสนุน ผลักดัน ในการทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล อาจารย์ ดร.ศรชิต ลิขิตเดชาโรจน์ ประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาใช้เวลาของท่านในการให้คำแนะนำชี้แนะ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาการศึกษาต่างๆ แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ คณะทำงาน DSF สุ่มน้ำโขง ที่ถ่ายทอดความรู้ และให้คำแนะนำเรื่องแบบจำลอง SWAT และคำแนะนำต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ และบุคลากรของภาคทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ และการติดต่อประสานงานในเรื่องต่างๆ ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ชาวแหล่งน้ำทุกท่านที่ช่วยเป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณ กรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณในการทำวิทยานิพนธ์บางส่วน และขอขอบคุณสำนักบริหารโครงการ ที่ให้การสนับสนุนต่างๆ มาด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณธนา สุวัฑฒน คุณภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ คุณชิตา ทองแกมแก้ว คุณณัฐพร รัฐกิจวิจารณ์ ณ นคร และขอขอบคุณผู้ร่วมงานทุกท่าน ในกลุ่มงานวางโครงการ 1 ที่ได้ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในขณะจัดทำวิทยานิพนธ์

ท้ายสุดนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ครอบครัวของข้าพเจ้า เป็นอย่างยิ่งที่ให้โอกาส และเป็นกำลังใจที่ดีต่อข้าพเจ้ามาโดยตลอด

สารบัญ

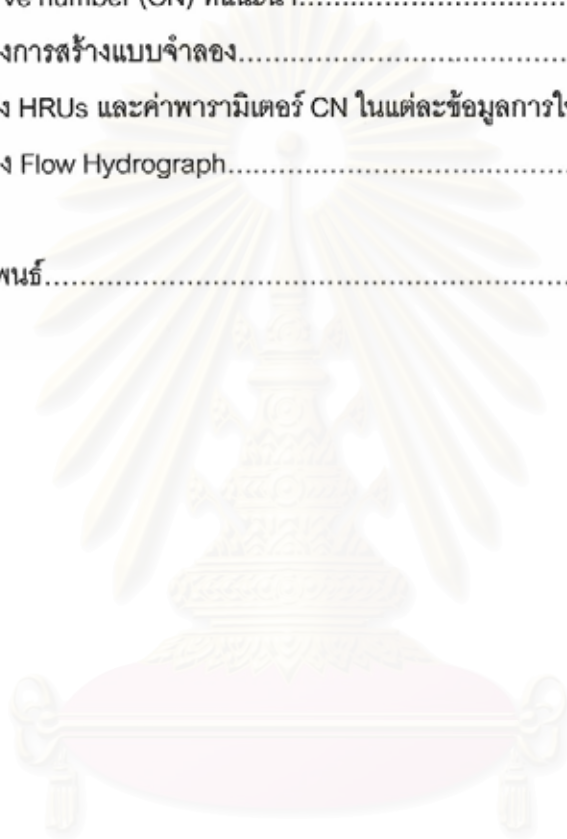
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป.....	ฎ
สารบัญตาราง.....	ฏ
บทที่ 1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา.....	5
1.4.1 การเลือกแบบจำลอง.....	5
1.4.2 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา.....	6
1.5 การศึกษาที่ผ่านมา.....	8
1.5.1 การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน.....	8
1.5.2 การศึกษาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า.....	9
1.5.3 การศึกษาแบบจำลอง SWAT.....	15
บทที่ 2 ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา.....	19
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์น้ำฝนน้ำท่า.....	19
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการคำนวณน้ำท่าด้วยวิธี SCS.....	21
2.3 ทฤษฎีที่ใช้ในแบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT.....	25
2.3.1 การคำนวณทางอุทกวิทยาของแบบจำลอง SWAT ส่วนพื้นดิน.....	29
2.3.2 การคำนวณการเคลื่อนที่ในลำน้ำ ของแบบจำลอง SWAT.....	34
2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการปรับเทียบแบบจำลอง.....	37
บทที่ 3 การศึกษาด้านการสร้างแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า.....	40
3.1 การพัฒนาการจำลองเชิงกายภาพ.....	40
3.1.1 ขั้นตอนปรับเทียบและวิเคราะห์ผลจากการปรับเทียบแบบจำลอง.....	42

3.1.2	ขั้นตอนประยุกต์การวิเคราะห์ผลจากการเปรียบเทียบแบบจำลอง.....	42
3.1.3	ขั้นตอนประยุกต์การวิเคราะห์ที่นายผล จากการจำลอง เชิงกายภาพ.....	42
3.2	การกำหนดค่าพารามิเตอร์.....	44
3.2.1	ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับดิน (.SOL file).....	44
3.2.2	ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับภูมิอากาศ (.WGN file).....	46
3.2.3	ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับลุ่มน้ำ (.SUB file).....	48
3.2.4	ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (.HRU file).....	49
3.2.5	ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับลำน้ำ (.RTE file).....	50
3.2.6	ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับน้ำใต้ดิน (.GW file).....	51
3.2.7	ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับการจัดการที่ดิน (.MGT file).....	53
3.3	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง.....	55
3.4	การเปรียบเทียบแบบจำลอง.....	56
บทที่ 4	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา.....	60
4.1	สภาพภูมิประเทศ.....	60
4.2	สภาพภูมิอากาศ.....	63
4.3	สภาพอุทกวิทยา.....	65
4.4	สภาพทรัพยากรดิน.....	70
4.5	สภาพการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน.....	70
บทที่ 5	ข้อมูลที่ใช้และการสร้างแบบจำลองในพื้นที่ศึกษา.....	81
5.1	แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	81
5.1.1	ข้อมูลด้านภูมิประเทศ.....	81
5.1.2	ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา.....	83
5.1.3	ข้อมูลด้านดินและการใช้ที่ดิน.....	84
5.2	การจัดเตรียมไฟล์ข้อมูล และการนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลอง.....	85
5.2.1	การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ.....	86
5.2.2	การกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการกำหนดชนิดดิน.....	87

5.2.3	การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs).....	89
5.2.4	การนำเข้าข้อมูลสภาพอากาศ/ข้อมูลฝน.....	91
5.2.5	สร้างไฟล์ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง SWAT.....	92
5.3	การตั้งค่าพารามิเตอร์แบบจำลอง SWAT.....	92
5.4	การประยุกต์ใช้กรณีศึกษากับแบบจำลอง ตามเหตุการณ์ต่าง ๆ.....	95
บทที่ 6	ผลการศึกษา.....	98
6.1	ผลการจำลองสภาพทางกายภาพของกลุ่มน้ำจากแบบจำลอง	
6.1.1	การกำหนดแนวขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย.....	98
6.1.2	ผลการแผ่กระจายของหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs).....	103
6.2	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง.....	103
6.3	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง.....	108
6.3.1	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง ชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2520.....	110
6.3.2	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง ชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2537.....	114
6.3.3	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง ชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544.....	118
6.4	ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง วิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน.....	122
6.4.1	ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในปัจจุบันกับอดีตที่ผ่านมา.....	123
6.4.2	ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในปัจจุบันกับกรณี สมมติในอนาคตกรณีต่างๆ.....	131
บทที่ 7	บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	134
7.1	บทสรุป.....	134
7.1.1	การสร้างแบบจำลองน้ำฝน น้ำท่าสำหรับพื้นที่ศึกษา.....	135
7.1.2	การประเมินค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และการประเมินผลการเปรียบเทียบ แบบจำลอง.....	136
7.1.3	การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในพื้นที่ศึกษาต่อปริมาณน้ำท่า.....	138
7.2	ข้อเสนอแนะ.....	141
	รายการอ้างอิง.....	148

ภาคผนวก

ก	รายละเอียดสภาพทั่วไป พื้นที่ศึกษา.....	153
ข	สภาพภูมิอากาศ / สภาพฝน.....	171
ค	ค่า Manning 's "n" ที่แนะนำ.....	175
ง	ค่า Hydraulic conductivity ที่แนะนำ.....	177
จ	ค่า Curve number (CN) ที่แนะนำ.....	179
ฉ	ตัวอย่างการสร้างแบบจำลอง.....	183
ช	การแบ่ง HRUs และค่าพารามิเตอร์ CN ในแต่ละข้อมูลการใช้ที่ดิน.....	206
ซ	ตัวอย่าง Flow Hydrograph.....	208
ประวัติเขียนวิทยานิพนธ์.....		210



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1-1	ขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....4
1-2	ขั้นตอนการดำเนินงานศึกษา.....7
2-1	วัฏจักรของน้ำท่า.....22
2-2	สมมติฐานของวิธี SCS.....22
2-3	ใ้ดงการหาน้ำท่าด้วยวิธี SCS.....24
2-4	วงจรรูทกวิทยา.....26
2-5	ขั้นตอนการจำลองกระบวนการเคลื่อนที่ของน้ำในวงจรรูทกวิทยา.....26
2-6	การเตรียมข้อมูลการนำเข้า และการแสดงผลของแบบจำลอง.....27
2-7	แนวคิดของกระบวนการในแบบจำลอง SWAT.....28
2-8	ตัวอย่างข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข DEM.....28
2-9	ปริซึมและลิ้มของความจุในช่วงของการไหล.....35
3-1	ความสัมพันธ์ของระบบน้ำใต้ดินกับสภาพของลำน้ำ.....52
4-1	สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำน่าน.....61
4-2	ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา.....62
4-3	สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา.....64
4-4	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนและการแบ่งรูปเหลี่ยมมีเอสเสน.....69
4-5	ที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา.....71
4-6	การจำแนกกลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษา.....74
4-7	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ศึกษา.....76
4-8	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในปีต่าง ๆ ที่ผ่านมา.....79
5-1	การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำจากแบบจำลอง.....88
5-2	การกำหนดลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน.....90
5-3	การกำหนดชนิดของดินของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน.....90
5-4	การนำเข้าสถานีฝน.....94
5-5	การกำหนดค่าต่าง ๆ เพื่อสังค้ำนวนแบบจำลอง SWAT.....94

รูปที่	หน้า
5-6	กรณีศึกษาเหตุการณ์สมมติ กรณีการเปลี่ยนแปลงที่1 (Scenario 1)..... 96
5-7	กรณีศึกษาเหตุการณ์สมมติ กรณีการเปลี่ยนแปลงที่2 (Scenario 2)..... 96
5-8	กรณีศึกษาเหตุการณ์สมมติ กรณีการเปลี่ยนแปลงที่3 (Scenario 3)..... 97
6-1	ก) การแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำย่อยจากแบบจำลอง
	ข) การแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำย่อยจากข้อมูลจริง..... 100
6-2	ภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา..... 100
6-3	สภาพลำนํ้าในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 2..... 101
6-4	สภาพลำนํ้าในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 6..... 101
6-5	ตัวอย่างการนำข้อมูลมาแบ่งการแผ่กระจายของหน่วยตอบสนอง ทางอุทกวิทยา (HRUs)..... 104
6-6	การพิจารณาเลือกช่วงที่เหมาะสมในการเปรียบเทียบแบบจำลอง..... 109
6-7	กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาณน้ำท่ารายปีที่วัดได้กับค่าที่ได้ จากการคำนวณ ช่วงปี พ.ศ. 2517-2530..... 112
6-8	กราฟเปรียบเทียบการพิจารณาถึงการเข้ากันได้ดีของรูปร่าง กราฟน้ำท่า และความสัมพันธ์ของน้ำท่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริงกับน้ำท่า ที่ได้จากการจำลอง ช่วงปี พ.ศ. 2517-2530..... 113
6-9	กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาณน้ำท่ารายปีที่วัดได้ กับค่าที่ได้จากการคำนวณ ช่วงปี พ.ศ. 2531-2540..... 116
6-10	กราฟเปรียบเทียบการพิจารณาถึงการเข้ากันได้ดีของรูปร่าง กราฟน้ำท่า และความสัมพันธ์ของน้ำท่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริงกับน้ำท่า ที่ได้จากการจำลอง ช่วงปี พ.ศ. 2531-2540..... 117
6-11	กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาณน้ำท่ารายปีที่วัดได้ กับค่าที่ได้จากการคำนวณ ช่วงปี พ.ศ. 2541-2545..... 120
6-12	กราฟเปรียบเทียบการพิจารณาถึงการเข้ากันได้ดีของรูปร่าง กราฟน้ำท่า และความสัมพันธ์ของน้ำท่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริงกับน้ำท่า ที่ได้จากการจำลอง ช่วงปี พ.ศ. 2541-2545..... 121

รูปที่	หน้า
6-13	กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่ารายเดือน ช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้งที่ได้จากการจำลอง กับค่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริง ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544..... 127
6-14	กราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือนช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ที่ได้จากการ จำลองกับค่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริง ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544..... 128
6-15	กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่ารายเดือน ช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้งที่ได้จากการจำลอง กับค่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริง ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2520..... 129
6-16	กราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือนช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ที่ได้จากการ จำลองกับค่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริง ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2520..... 130
6-17	กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าช่วงฤดูฝนในแต่ละกรณีการเปลี่ยนแปลง กับปริมาณน้ำท่ากรณีการใช้ที่ดินในปัจจุบัน(ปี พ.ศ. 2544)..... 131
6-18	กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าช่วงฤดูแล้งในแต่ละกรณีการเปลี่ยนแปลง กับปริมาณน้ำท่ากรณีการใช้ที่ดินในปัจจุบัน(ปี พ.ศ. 2544)..... 132

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
3-1	ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในแบบจำลอง SWAT.....	54
4-1	สรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ.....	65
4-2	รายชื่อสถานีวัดน้ำฝน ช่วงปีที่บันทึก และสถิติปริมาณฝนรายปีในพื้นที่ศึกษา.....	66
4-3	สถิติปริมาณฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา.....	67
4-4	ปริมาณฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยสำหรับลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา.....	68
4-5	รายชื่อสถานีวัดน้ำท่าและสถิติปริมาณน้ำท่ารายปีในพื้นที่ศึกษา.....	72
4-6	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา.....	73
4-7	สัดส่วนการจำแนกพื้นที่ของชุดดินในพื้นที่ศึกษา.....	75
4-8	รายละเอียดของการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา.....	77
4-9	เปรียบเทียบข้อมูลพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละช่วงเวลา.....	80
5-1	ข้อมูลที่รวบรวมจากหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อใช้ในการศึกษา.....	82
5-2	การแบ่งสัดส่วนพื้นที่อิทธิพล ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของแบบจำลอง.....	93
6-1	สภาพกายภาพของลุ่มน้ำน่านตอนบน จากการจำลองโดยแบบจำลอง SWAT.....	102
6-2	ค่าความแตกต่างของผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเมื่อมีการปรับพารามิเตอร์เพิ่มขึ้น.....	105
6-3	ค่าปริมาณน้ำรายเดือน ที่ได้จากการตรวจวัดและจากแบบจำลอง ช่วงปี พ.ศ. 2517-2530.....	111
6-4	ค่าปริมาณน้ำรายเดือน ที่ได้จากการตรวจวัดและจากแบบจำลอง ช่วงปี พ.ศ. 2531-2540.....	115
6-5	ค่าปริมาณน้ำรายเดือน ที่ได้จากการตรวจวัดและจากแบบจำลอง ช่วงปี พ.ศ. 2541-2545.....	119
6-6	ปริมาณน้ำท่า ช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ของชั้นข้อมูลปี พ.ศ. 2544.....	124
6-7	ปริมาณน้ำรายเดือน ในช่วงปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ของชั้นข้อมูลปี พ.ศ. 2544.....	124
6-8	ปริมาณน้ำท่า ช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ของชั้นข้อมูลปี พ.ศ. 2520.....	126
6-9	ปริมาณน้ำรายเดือน ในช่วงปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ของชั้นข้อมูลปี พ.ศ. 2520.....	126
6-10	เปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าแต่ละกรณี.....	133

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดรวมทั้งพืชและสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อความเป็นอยู่ทางสังคมของชีวิตมนุษย์ แต่อย่างไรก็ตามมนุษย์ต้องการปริมาณน้ำเท่าที่เพียงพอแก่ความต้องการและช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมเท่านั้น ในปัจจุบันการเพิ่มของประชากรอย่างรวดเร็วส่งผลให้มีความต้องการใช้น้ำมากขึ้น อีกทั้งยังมีการพัฒนาเศรษฐกิจ จนเปลี่ยนสภาพพื้นที่เป็นเมืองและย่านการค้ามากขึ้น การตัดไม้ทำลายป่า ทำไร่เลื่อนลอย ในช่วงต้นน้ำ จึงทำให้ไม่มีป่าไม้หรือสิ่งปกคลุมดิน ที่จะดักและดูดซับน้ำฝนที่ตกลงมาบนพื้นที่ลุ่มน้ำ จึงทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับน้ำตามมาอีกมากมาย เช่นการขาดแคลนน้ำ การเกิดอุทกภัย เป็นต้น

สำหรับปัญหาในเรื่องน้ำของแต่ละลุ่มน้ำ นอกจากจะขึ้นกับสภาพทางด้านอุตุนิยมวิทยา สภาพฝนของลุ่มน้ำนั้นๆ แล้ว ยังขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำนั้นๆ อีกด้วย โดยลักษณะทางกายภาพสำคัญ ที่มีผลต่อคุณลักษณะน้ำหลาก คือ ขนาด รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ ความลาดเอียงของลำน้ำและลุ่มน้ำ ลักษณะดินและการใช้ที่ดินหรือการปกคลุมพื้นดินในพื้นที่ เป็นต้น ลักษณะทางกายภาพต่างๆ เหล่านี้ ตัวแปรที่นับว่ามีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายและมากที่สุด คือการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เช่น การเปลี่ยนแปลงจากป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม หรือเป็นพื้นที่ทิ้งร้างว่างเปล่าจากการทำไร่เลื่อนลอย หรือกระทั่งอาจเปลี่ยนเป็นชุมชนที่อยู่อาศัยในที่สุด

สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา ในงานด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ คือ ปริมาณน้ำที่จะนำมาใช้ประโยชน์ที่เหมาะสม ซึ่งส่วนใหญ่ก็คือ ปริมาณน้ำท่า แต่การทำงานด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำมักจะพบปัญหาที่สำคัญ คือการประเมินปริมาณน้ำท่าทั้งในปัจจุบันและในอนาคต ให้ได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงตามธรรมชาติให้ได้มากที่สุด และยังมีความจำเป็นต้องหาข้อมูลน้ำในช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน เพื่อประโยชน์ต่อการคำนวณน้ำ เพื่องานวิศวกรรม โดยอุปสรรคที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือมักไม่มีการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่เพียงพอ หรือบางแห่งอาจไม่มีสถานีวัดน้ำท่าในลำน้ำที่ต้องการทราบข้อมูลเลย แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าน้ำท่ามีความสัมพันธ์กับน้ำฝนและสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งในปัจจุบันมีการเก็บข้อมูลน้ำฝนที่ค่อนข้างยาวนาน ดังนั้น ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่กล่าวมา อาจแก้ไขได้โดยการหาวิธีประเมินน้ำท่าให้ได้ใกล้เคียงกับสภาพ

ความเป็นจริงให้ได้มากที่สุดจากสภาพน้ำฝน อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงแล้วสภาพทางกายภาพของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาโดยเฉพาะในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการจัดการน้ำ ทำให้รูปแบบของการให้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำอาจเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของน้ำฝน-น้ำท่า ที่พิจารณาประเด็นในเชิงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของพื้นที่ด้วย น่าจะทำให้การประเมินปริมาณน้ำท่ามีความถูกต้องยิ่งขึ้น และการคาดคะเนลักษณะของน้ำที่อาจเปลี่ยนแปลงในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำจึงนับว่ามีความสำคัญและมีประโยชน์อย่างมาก

พื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน เป็นอีกพื้นที่หนึ่งที่มีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องน้ำ ทั้งเรื่องน้ำท่วมและน้ำแล้ง โดยลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีบริเวณต้นน้ำเป็นพื้นที่ภูเขาสูง และครอบคลุมถึงพื้นที่ในอำเภอเมือง จังหวัดน่าน ที่เป็นพื้นที่ราบลุ่ม ซึ่งเมื่อพิจารณาในบริเวณพื้นที่ภูเขาที่เป็นต้นน้ำพบว่าในช่วงหลายปีที่ผ่านมามีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่จากป่าไม้สมบูรณ์ในอดีตเป็นการรุกป่าของพื้นที่เกษตรกรรม และชุมชนที่อยู่อาศัย ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินอย่างต่อเนื่อง ป่าไม้ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ในการศึกษาครั้งนี้ จึงต้องการหาผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินว่าจะส่งผลต่อสภาพน้ำท่าอย่างไร

นับแต่อดีตที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน การประเมินปริมาณน้ำท่าเป็นกระบวนการทางด้านอุทกวิทยาที่ทำได้หลายวิธี ทั้งแบบจำลองคณิตศาสตร์หาความสัมพันธ์ของน้ำฝนน้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) แบบจำลองทางสถิติ (Statistic Model) และแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Model) ล้วนเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของน้ำฝนน้ำท่าทั้งสิ้น แต่อย่างไรก็ตามในแง่ของความเหมาะสมของการนำไปใช้งานในแต่ละแบบจำลองมีคุณสมบัติ และศักยภาพที่แตกต่างกัน เช่น แบบจำลองคณิตศาสตร์หาความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่าเป็นแบบจำลองที่นำข้อมูลฝนมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่า โดยใช้ลักษณะทางกายภาพและสภาพอุทกวิทยา สำหรับแบบจำลองถดถอยเชิงซ้อน เป็นแบบจำลองที่ใช้หลักสถิติที่เรียกว่าการวิเคราะห์ถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression Analysis) และการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) แบบจำลองประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องใช้คุณลักษณะของลุ่มน้ำ (วิเคราะห์ แต่สมบัติ, 2534) และแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเป็นการจำลองพฤติกรรมการไหลที่มีความสลับซับซ้อนแบบไม่เชิงเส้นและแปรเปลี่ยนตามเวลาได้ โดยไม่จำเป็นต้องพิจารณาพื้นฐานของความสัมพันธ์ทางกายภาพของตัวแปรต่าง ๆ หรือบนพื้นฐานของการวิเคราะห์สถิติ แต่จะใช้กระบวนการเรียนรู้จากข้อมูลที่มีอยู่ เป็นต้น ฉะนั้นในการเลือก

แบบจำลองเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์น้ำท่าต้องแล้วแต่ความสามารถของแบบจำลอง และดุลยพินิจของผู้ศึกษาในการนำไปใช้ให้สอดคล้องเหมาะสมกับลักษณะงานด้วย

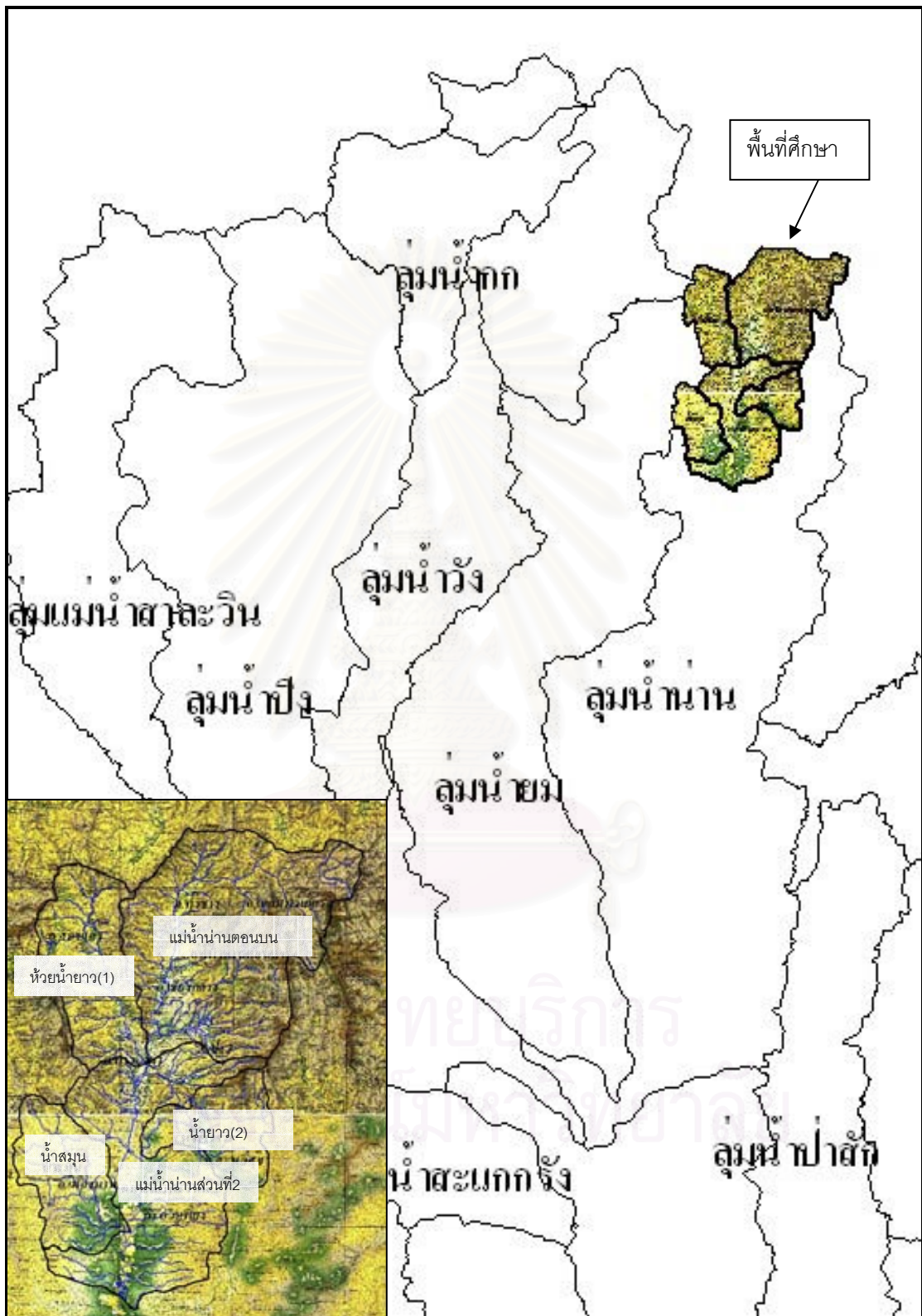
แบบจำลองคณิตศาสตร์หาความสัมพันธ์ของน้ำฝนน้ำท่า หรือแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่ผ่านมาในอดีตเป็นการจำลองน้ำท่าในลักษณะของการรวมและเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ ทั้งลุ่มน้ำ แต่แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาแบบหนึ่ง ที่จำลองลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำเป็นการกระจายพารามิเตอร์ตามสภาพทางกายภาพของพื้นที่จริง สามารถใช้ในการทำนายผลกระทบของการใช้ที่ดินต่อทรัพยากรน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน ที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพ ดิน การใช้ที่ดิน และการจัดการ โดยมีกระบวนการคำนวณที่มีประสิทธิภาพ การศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงนำแบบจำลอง SWAT มาใช้ประโยชน์ เพื่อศึกษากระบวนการของแบบจำลอง และประยุกต์ใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน เพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อสภาพน้ำท่า สำหรับเพิ่มขีดความสามารถในการวางแผนและกำหนดยุทธศาสตร์การบริหารจัดการพัฒนาและการใช้ที่ดินต่าง ๆ ภายในลุ่มน้ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- (1) เพื่อศึกษาหลักการ โครงสร้าง ความสามารถ รายละเอียดวิธีการใช้งาน ผลดีของขอบเขตและข้อจำกัด ของแบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT (Soil and Water Assessment Tool)
- (2) ศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม วิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ ปรับเทียบแบบจำลอง ให้เข้ากับสภาพพื้นที่ที่ศึกษาโดยใช้ข้อมูลและเทคนิค วิเคราะห์เชิงพื้นที่ของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้การประเมินน้ำท่าที่สัมพันธ์กับน้ำฝนและสภาพทางกายภาพ
- (3) ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) เพื่อประเมิน หรือคาดการณ์น้ำท่า ในช่วงระยะเวลาที่ยาว และศึกษาวิเคราะห์ เพื่อดูผลกระทบของน้ำท่า เนื่องจากการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- (1) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน (ตอนบน) ดังแสดงในรูปที่ 1-1 เนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จากฐานข้อมูลการใช้ที่ดินจังหวัดน่าน ปีที่แตกต่างกัน



รูปที่ 1-1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

(2) เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผล ที่สถานี N1 อำเภอเมือง จังหวัดน่าน และคิดกรณีศึกษาเป็นช่วงระยะเวลาโดยพิจารณาขอบเขตของระยะเวลาการเปรียบเทียบตามข้อมูลการใช้ที่ดินเท่าที่มี คือช่วงข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2520 ช่วงข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2537 และช่วงปีข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 และพยากรณ์น้ำในอนาคตตามกรณีศึกษา

(3) ศึกษา หาความสัมพันธ์ด้านอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน (ตอนบน) ในเชิงของปริมาณน้ำ โดยไม่พิจารณาถึงค่าระดับน้ำ การตกตะกอน การกัดเซาะ และคุณภาพน้ำ

(4) ประเมินผลการพยากรณ์ค่าปริมาณน้ำ เปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่ได้จากการวัดจริงทั้งในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝนโดยการพิจารณาค่าตามเกณฑ์ในการยอมรับค่าของการเปรียบเทียบแบบจำลอง

(5) เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ Personal Computer, Digitizer, แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool), GIS Software เช่น Arcview และ Extension ต่างๆที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เช่น Spatial Analysis

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

1.4.1 การเลือกแบบจำลอง

เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง(ทางอุทกวิทยา) ในการหาความสัมพันธ์น้ำฝนน้ำท่า และความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ โดยพิจารณาศึกษาวิเคราะห์ คุณลักษณะของน้ำท่า จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน การศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงพิจารณาเลือกใช้แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) โดยมีเหตุผลในการเลือก ดังนี้

1.) แบบจำลองนี้จำลองลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำเป็นหลัก (Physically based) สามารถวิเคราะห์และตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งเปรียบเทียบผลที่ได้จากความสัมพันธ์ทางลักษณะภูมิประเทศ เป็นแบบจำลองชนิดกระจายพารามิเตอร์ (Distribute) ที่คำนวณผลครอบคลุมในระดับของลุ่มน้ำ พัฒนาขึ้นมาเพื่อทำนายผลกระทบต่อน้ำจากการบริหารจัดการ (management) ได้ทั้งระบบลุ่มน้ำ

2.) สามารถคำนวณผล หรือปฏิบัติการได้ทั้งในระดับการเปลี่ยนแปลงรายวัน รายเดือน และรายปี โดยสามารถจำลองได้ในช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน (100 ปีขึ้นไป) สำหรับประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

3.) แบบจำลองมีทางเลือกในการคำนวณฝนส่วนเกิน ได้ทั้งวิธี SCS curve number และ Green-Ampt. มีการยอมรับอย่างกว้างขวาง กระบวนการจัดการไม่ซับซ้อน การนำพารามิเตอร์มาใช้ในแบบจำลอง มีความสมเหตุสมผล นอกจากนั้น เป็นแบบจำลองสาธารณสิทธิ สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีจากทางเว็บไซต์

1.4.2 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษามีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 1-2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

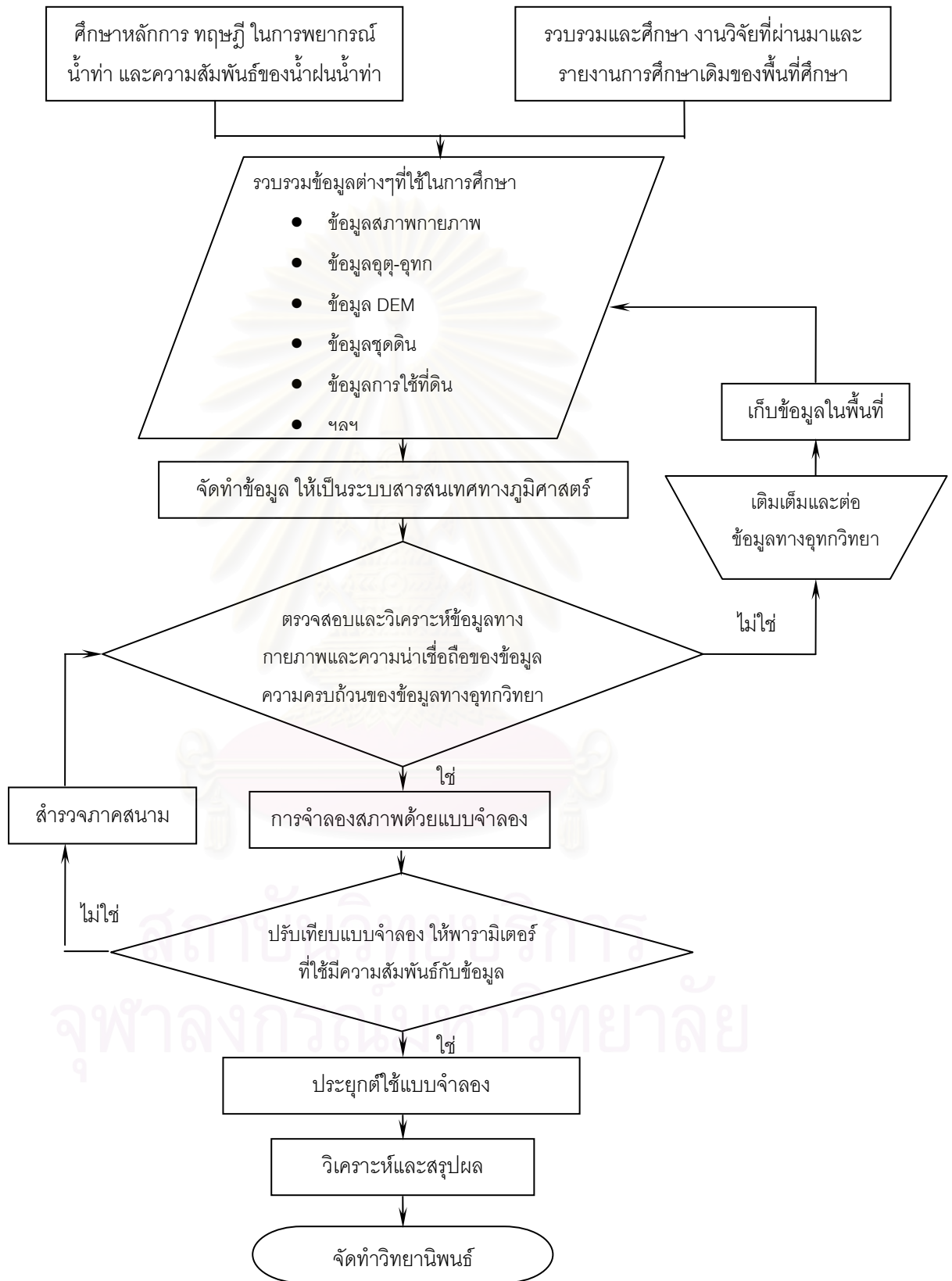
(1) ศึกษาหลักการ ทฤษฎี ในการพยากรณ์น้ำท่า และความสัมพันธ์ของน้ำฝน น้ำท่า และความสัมพันธ์ของน้ำท่ากับคุณลักษณะของกลุ่มน้ำ ทบทวนการศึกษาที่ผ่านมา ด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และด้านแบบจำลองทางอุทกวิทยา รวบรวมและศึกษา งานวิจัยและรายงานการศึกษาเดิมของพื้นที่ศึกษา

(2) ศึกษาสภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา เพื่อทำความเข้าใจสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ลักษณะทางอุทกวิทยา การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสภาพคุณลักษณะดิน อันจะเป็นพื้นฐานในการศึกษาส่วนต่าง ๆ ในรายละเอียดต่อไป โดยรวบรวมข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการศึกษา เช่น ข้อมูลอุตุ-อุทก ข้อมูล DEM ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลการใช้ที่ดิน จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจัดทำเป็นข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

(3) ตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพและความน่าเชื่อถือของข้อมูล ความครบถ้วนของข้อมูลทางอุทกวิทยาโดยศึกษาสภาพพื้นที่ จากแผนที่ต่างๆ จากนั้นจึงเก็บข้อมูลในสนามพื้นที่จริง เบื้องต้น

(4) วิเคราะห์ข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา พัฒนาการจำลองการไหลของน้ำท่า สำหรับพื้นที่ศึกษา โดยมีขั้นตอนย่อย ๆ ตั้งแต่การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ การกำหนดลักษณะการใช้ที่ดินร่วมกับการกำหนดชนิดดินเพื่อกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) และการนำเข้าสู่ข้อมูลภูมิอากาศและข้อมูลฝน หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการปรับเทียบแบบจำลอง แล้วพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่ใช้ กับข้อมูลทางกายภาพ โดยตรวจสอบสภาพกายภาพในพื้นที่จริง อีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นจึงนำแบบจำลองไปประยุกต์หาผลกระทบต่อน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

(5) วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์ เสนอผลการศึกษา และเสนอแนะต่อการศึกษา การพัฒนาแบบจำลอง การประยุกต์ใช้แบบจำลอง รวมทั้งการจัดการ ที่เกี่ยวกับทรัพยากรลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 1-2 ขั้นตอนการดำเนินงานศึกษา

1.5 การศึกษาที่ผ่านมา

1.5.1 การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำที่ดิน

วิชา นิยม (2523) ศึกษาการไหลในลำธารจากพื้นที่ป่าไม้และไร่เลื่อนลอย จากการสุ่มพื้นที่ 4 แบบ คือป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง ลุ่มน้ำใช้ประโยชน์ผสม และไร่เลื่อนลอย วัดน้ำด้วยเขื่อนวัดน้ำเป็นเวลา 2 ปี ที่บริเวณจุดออกของลุ่มน้ำ จะได้ว่าลุ่มน้ำแต่ละแบบให้ศักยภาพการให้น้ำที่แตกต่างกันโดยป่าดิบแล้งมีศักยภาพให้น้ำสูงสุด

วิมล แก้ววันเพ็ญ (2529) ศึกษาคุณผลกระทบของการทำลายป่าต่อศักยภาพและลักษณะการไหลของน้ำ พื้นที่ศึกษาคือบริเวณลุ่มน้ำปึงตอนบน พบว่าเมื่อป่าถูกทำลายมากขึ้น ลักษณะการไหลในลำธารจะเปลี่ยนไปโดยทำให้ส่วนยอดและส่วนลาดของกราฟน้ำท่าลดต่ำลง การตัดไม้ทำลายป่าทำให้ปริมาณน้ำในลำธารรายปีลดลง และลดปริมาณน้ำในลำธารในช่วงแล้ง

กฤติมา ลีรัตน์วิสุทธิ์ (2542) ศึกษาวางแผนเพื่อบรรเทาความเสียหายจากอุทกภัยพื้นที่ลุ่มน้ำชุมพร โดยมีเป้าหมาย คือ เพื่อลดความเสียหายของผลกระทบที่เกิดจากปัญหาอุทกภัยให้น้อยที่สุด รายละเอียดของแผนเสนอแนะมีเรื่องเกี่ยวกับการวางแผนการใช้น้ำที่ดินซึ่งเหมาะสมกับศักยภาพและข้อจำกัดของพื้นที่ โดยแบ่งประเภทการใช้น้ำที่ดินออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ คือ พื้นที่อนุรักษ์ พื้นที่ฟื้นฟู พื้นที่พัฒนา และพื้นที่ที่มีปัญหาอุทกภัย

ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ (2545) ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้น้ำที่ดินต่อน้ำหลาก โดยศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และครอบคลุมพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำที่ดินค่อนข้างมาก กับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำที่ดินค่อนข้างน้อยมาก เป็นการวิเคราะห์หาค่าพื้นฐานทางเศรษฐกิจ และวิเคราะห์ขนาดน้ำหลากที่คาบการเกิดต่างๆ ของแต่ละชุดข้อมูล โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบ Log Pearson Type III นำมาเปรียบเทียบ แล้วหาความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของน้ำหลากและเปอร์เซ็นต์การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ พบว่า ขนาดของพื้นที่น้ำหลากสูงสุดในรอบปีสูงขึ้นในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ลดลง โดยการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำที่ดินมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำหลากที่คาบการเกิดต่างๆ มากกว่าปริมาณน้ำหลากที่คาบการเกิดสูงๆ และปริมาณการไหลสูงสุดสูงขึ้นประมาณร้อยละ 10 ในทุกช่วงเวลา นอกจากนี้พบว่าปริมาณน้ำท่ารายปีเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 29 ซึ่งในการศึกษานี้ได้มุ่งถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำเป็นหลัก และมีสมมติฐานว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพอุทกนิยมนิเวศวิทยาคือฝนที่เป็นตัวหลักไม่มีการเปลี่ยนแปลง

1.5.2 การศึกษาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

Dooge (1974) ได้จำแนกแบบจำลองอุทกวิทยาหรือแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า ไว้ 3 ประเภทคือ Physically Based Distributed Model, Lumped Conceptual Model และ Black Box Model

วีระชัย ชูพิศาลัยโรจน์ (2530) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำป่าสักโดยใช้วิธีแบบจำลองแบบถัง (TANK) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Sagawara ในปี 1974 เพื่อใช้ในการหาปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝน ซึ่งมีแนวความคิดในการกำหนดชั้นดินให้มีลักษณะเป็นถังน้ำ หลักการของแบบจำลองนี้คือ การสมมติให้ลุ่มน้ำเป็นถังเก็บน้ำ เมื่อฝนตกลงยังถังน้ำจะมีบางส่วนเก็บกักอยู่ในถังและบางส่วนไหลออกทางก้นถัง ถ้าลุ่มน้ำใดมีปริมาณน้ำสะสมอยู่มาก อัตราการไหลออกของน้ำจากลุ่มน้ำจะมาก ถ้าลุ่มน้ำใดมีปริมาณน้ำสะสมอยู่น้อยอัตราการไหลของน้ำท่าจะน้อยตามไปด้วย ปริมาณน้ำในถังจึงเปรียบเสมือนความชื้นที่มีอยู่ในดินต่อมาได้มีการปรับปรุงแบบจำลองนี้โดยการใช้ถังเป็นตัวแทนของชั้นดิน ดังนั้นปริมาณน้ำในถังแต่ละถังแทนความชื้นของชั้นดินแต่ละชั้น และอัตราการไหลของน้ำจากถังแต่ละถังก็จะแตกต่างกันออกไป ทำให้แบบจำลองนี้สามารถอธิบายถึงลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำได้ดียิ่งขึ้น การใช้แบบจำลองนี้ผู้ใช้จะต้องปรับพารามิเตอร์ที่แสดงคุณสมบัติต่าง ๆ ของถังแต่ละใบ จนกระทั่งแบบจำลองสามารถให้ปริมาณน้ำท่าเลียนแบบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดได้ แต่แบบจำลอง TANK ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น ที่มีลักษณะพื้นที่ชุ่มชื้นตลอดปีเท่านั้น โดยในการใช้แบบจำลองนี้กับการศึกษานี้มีพื้นที่ครอบคลุมประมาณ 1000 ตร.กม. เพื่อหาวิธีกำหนดชุดของค่าคงที่ที่เหมาะสมและเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการขยายการใช้ค่าคงที่ จากลุ่มน้ำย่อยไปใช้ในลุ่มน้ำรวม ผลการศึกษาได้ประมาณน้ำท่าจากสถิติน้ำฝนโดยใช้แบบจำลองมีค่าคงที่ชนิดต่างๆ จำนวน 14 ชนิด จากสถานีวัดน้ำท่า 6 สถานี มีความสัมพันธ์กับน้ำท่าจากการวัดพอประมาณตั้งแต่ 0.7056 - 0.9159 อย่างไรก็ตามในบางปีค่าที่คำนวณได้จะผิดจากความจริงมากสำหรับการใช้ค่าคงที่จากลุ่มน้ำย่อยไปลุ่มน้ำรวม พบว่าแต่ละสถานีย่อยมีค่าคงที่ที่แตกต่างกันมาก ฉะนั้นการหาค่าคงที่ในแบบจำลองนี้สำหรับลุ่มน้ำป่าสักรวม จึงควรได้จากการทำแบบจำลองนี้ของตัวเอง

วีระพล แต่สมบัติ (2534) กล่าวว่าวิธีการประเมินปริมาณน้ำท่าเชิงอุทกวิทยาเป็นกระบวนการในการจัดหาข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาโดยทางอ้อมและสามารถนำสถิตินั้นไปประกอบการพิจารณาศึกษาและออกแบบงานด้านพัฒนาแหล่งน้ำได้ ซึ่งมีอยู่หลายวิธี โดยแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 2 กลุ่ม คือแบบจำลองคณิตศาสตร์หาความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่า

(Rainfall-Runoff Model) และแบบจำลองทางสถิติที่ใช้หลักการวิเคราะห์ถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression Analysis Model) แบบจำลองคณิตศาสตร์หาความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่าเป็นแบบจำลองที่นำข้อมูลฝนมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่า โดยใช้ลักษณะทางกายภาพและสภาพอุทกวิทยา เช่น ประเภทของดิน การใช้ที่ดิน เป็นต้น สำหรับแบบจำลองถดถอยเชิงซ้อน เป็นแบบจำลองที่ใช้หลักสถิติที่เรียกว่าการวิเคราะห์ถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression Analysis) และการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) แบบจำลองประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องใช้คุณลักษณะของกลุ่มน้ำ เช่น แบบจำลอง HEC-4 โดยวิธีดังกล่าวมีตั้งแต่รูปแบบจำลองอย่างง่าย จนถึงรูปแบบการจำลองอย่างยากและซับซ้อน

ปกครอง สุดีใจนาค (2534) ศึกษาการสังเคราะห์น้ำท่าด้วยแบบจำลอง HEC-4 ซึ่งจัดเป็น Statistical Model และแบบจำลอง SCMT ซึ่งจัดเป็นแบบจำลองเลียนแบบกายภาพ Physical Resemblance Model พื้นที่ศึกษาคือลุ่มน้ำเพชรบุรี พบว่าการศึกษาแบบจำลอง HEC-4 โดยการขยายข้อมูลน้ำท่า และการสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าขึ้นมาใหม่ ข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์น้ำท่าในแต่ละสถานีจะไม่มี ความสอดคล้องซึ่งกันและกันกับสถานีข้างเคียง ส่วนในการสังเคราะห์น้ำท่าในแต่ละสถานีด้วยแบบจำลอง SCMT จะได้ชุดของค่าคงที่ที่เหมาะสมในแต่ละสถานี และผลการสังเคราะห์ที่ได้มีความสอดคล้องกันกับข้อมูลน้ำท่าจริง แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถรับข้อมูลน้ำฝนเกิน 5 สถานี และสถานีน้ำท่าไม่เกิน 1 สถานี จึงสรุปว่าหากต้องการข้อมูลน้ำท่าที่ยาวกว่าช่วงเวลาจริง ควรใช้ Physical Resemblance Model ก่อน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แล้วจึงใช้ Statistical Model สังเคราะห์น้ำท่าเป็นระบบลุ่มน้ำ

Singh (1992) กล่าวว่า การจำลองสภาพน้ำท่าในลุ่มน้ำ แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แบบจำลองน้ำท่าเหตุการณ์เดียว (event base stream flow simulation) และแบบจำลองน้ำท่าเหตุการณ์ต่อเนื่อง (continuous stream flow simulation) โดยแบบจำลองน้ำท่าที่เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายคือ Stanford Watershed เป็นแบบจำลองน้ำท่าแบบต่อเนื่อง ได้พัฒนาขึ้นโดย Crawford และ Linsley ในปี 1966 เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าตามลักษณะทางกายภาพและสภาพทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำ ข้อมูลพื้นฐานที่แบบจำลองต้องการคือ ข้อมูลน้ำฝน การระเหย และตัวแปรต่าง ๆ ที่บอกคุณลักษณะของดิน เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำหรือซึ่มลงสู่ดินชั้นล่าง หลักการของแบบจำลองคือ เมื่อฝนตกลงมาจะแบ่งเป็นน้ำได้ดินบางส่วนกลายเป็นน้ำผิวดิน และในที่สุดน้ำเหล่านี้จะไหลลงสู่ทางน้ำธรรมชาติ

อวิรุทธ์ สุขสมอรรถ (2535) ใช้แบบจำลอง RIBAMAN (RBM-DOGGS) ศึกษาความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า ในลุ่มน้ำบางปะกง โดยแบบจำลอง RIBAMAN (RBM-DOGGS) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จำลองการไหลของน้ำแบบหนึ่งมิติ และเป็นการไหลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยทำการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าและนำผลการไหลของน้ำท่าจากลุ่มน้ำย่อยมาคำนวณการเคลื่อนตัวผ่านโครงข่ายลำน้ำ ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน น้ำท่า และพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้กำหนดให้ใช้หลักการประเมินการสูญเสียของแบบจำลองของ Soil Conservation Service (SCS) ซึ่งเป็นวิธีที่ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ที่ดินและประเภทของดิน การศึกษาพบว่าแบบจำลองนี้สามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนน้ำท่าได้อย่างเหมาะสม โดยเป็นการปรับเทียบรายวัน แยกวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลการคำนวณกับค่าที่วัดได้ของ อัตราการไหล อัตราการไหลสูงสุด และเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด มีค่าที่เหมาะสมทุกค่า

อรรถนันท์ เล็กอุทัย (2536) ศึกษาการประยุกต์ใช้ Kalman Filter Technique(KFM) และ Non-Linear Storage Function Model (NLSFM) ในการปรับเทียบแบบจำลอง ในการพยากรณ์น้ำที่ไหลเข้าอ่างอุบลรัตน์ เป็นการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าในฉับพลัน โดยใช้ข้อมูลที่บันทึกได้ใหม่ล่าสุดเช่น หนึ่งชั่วโมง หรือ หนึ่งวัน ก่อนเวลาที่ต้องการพยากรณ์ ผลการประยุกต์ใช้ Non-Linear Storage Function Model (NLSFM) และ Kalman Filter Technique (KFM) กับปริมาณฝนจากการวัดจริง สรุปว่าใช้ KFM ให้ผลการคำนวณน้ำท่าได้ดีกว่า NLSFM โดยให้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดการคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดเท่ากับร้อยละ 15.70 และร้อยละ 29.05

นิวัติชัย คำภีร์ (2537) ใช้วิธี SCS ศึกษาหาข้อมูลพื้นฐานที่เหมาะสมในการออกแบบทางอุทกวิทยาของอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กสำหรับภาคอีสานพื้นที่ไม่เกิน 400 ตร.กม. เนื่องจากที่ผ่านมามีการออกแบบทางอุทกวิทยาของอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กโดยวิธี SCS มักจะประสบปัญหาการขาดข้อมูลด้านกายภาพ ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลทางอุทกวิทยาเป็นไปได้ยาก ดังนั้นวิธีการศึกษาคือ หาค่า CN รวมของพื้นที่ โดยวิธีลองผิดลองถูกแล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย CN ของลุ่มน้ำที่ได้จากข้อมูลน้ำท่าและน้ำฝนของลุ่มน้ำเดียวกัน ให้ได้ค่าใกล้เคียงกันจะได้ค่า CN เฉลี่ยของชนิดดินและการใช้พื้นที่ สำหรับการหาค่า CN ของลุ่มน้ำ คือนำข้อมูลน้ำทานำมาพล็อตกับฝนสะสมของช่วงที่เกิดน้ำนองแต่ละรอบปี ได้เส้นโค้งเฉลี่ยเทียบกับ CN จากค่ามาตรฐาน ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปสร้าง Inflow Hydrograph ได้

สุชาติ ศิริจัสกุล (2538) ศึกษาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า เป็นแบบจำลอง WRECU-I ของภาควิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นแบบจำลองประเภท Non-Linear Lump และ Deterministic Model ข้อมูลป้อนเข้า คือ ปริมาณฝนรายเดือนโดยคิดปริมาณฝนย้อนหลัง 3 เดือน ผลลัพธ์เป็นข้อมูลน้ำท่ารายเดือน พื้นที่ศึกษาคือ กลุ่มน้ำเพชรบุรี และกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก ได้ผลว่าช่วงเวลาการไหลสูงสุดแบบจำลองให้ค่าใกล้เคียงกับการวัด แต่ที่การไหลต่ำแบบจำลองให้ค่าที่แตกต่างมาก ดังนั้นแบบจำลองจึงเหมาะสมสำหรับใช้ศึกษาการใช้ น้ำแต่ไม่เหมาะกับการศึกษาที่อัตราการไหลต่ำ เช่น เรื่องคุณภาพน้ำ เป็นต้น และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลอง HEC-4PC พบว่าแบบจำลอง WRECU-I สังเคราะห์น้ำท่าในช่วงที่มีการไหลสูงแม่นยำทั้งปริมาณและช่วงเวลา แต่แบบจำลอง HEC-4PC ให้ค่าสถิติที่สำคัญของ ข้อมูลน้ำท่าสังเคราะห์ใกล้เคียงกับการวัด แต่ให้ค่าการไหลสูงสุดไม่ตรงกับที่น่าจะเป็นเมื่อเทียบกับข้อมูลฝน

ชุตินันท์ ภัคดีบุญ (2544) การทำนายการเกิดน้ำท่าจากข้อมูลฝน และลักษณะของลุ่มน้ำ โดยใช้วิธีการที่เหมาะสม ลุ่มน้ำกรณีศึกษาคือลุ่มน้ำแม่ตื่นตอนบนมีพื้นที่ประมาณ 503 ตารางกิโลเมตร อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ ลักษณะแรกเป็นการศึกษาแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม HEC-HMS ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของน้ำฝน-น้ำท่า โดยอาศัยฟังก์ชันของพารามิเตอร์ และตัวแปรต่างๆ การประมาณค่าพารามิเตอร์จากลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ ลักษณะที่สองคือแบบจำลองแท่งค้ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของน้ำฝน-น้ำท่า โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์จาก ข้อมูลของน้ำท่า ซึ่งผลการศึกษาพบว่า HEC-HMS เหมาะสำหรับการวางแผนด้านการเกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำและด้านทำนน้ำ สำหรับแบบจำลองแท่งค้ เหมาะสำหรับการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดและเหมาะสมกับข้อมูลระยะสั้น

กานดา คงธรรม (2545) ศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแบบจำลอง NAM สำหรับลุ่มน้ำนาน โดยแบบจำลอง NAM พัฒนาขึ้นโดย Neilsen และ Hansen (1973) ต่อมา Danish Hydraulic Institute (DHI) ได้รวมแบบจำลอง NAM ไว้ในซอฟต์แวร์ MIKE 11 เป็นการจำลองการเกิดปริมาณน้ำท่าเพื่อนำมาใช้เป็นปริมาณการไหลเข้าด้านข้าง (Lateral Inflow) ของ Hydrodynamic Module ในการศึกษาได้ปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองโดยเปรียบเทียบกราฟน้ำท่ากับที่ได้จากการวัด และหาค่าความอ่อนไหวของพารามิเตอร์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นแนวทางในการทำงาน แบบจำลอง ในส่วนของผลการปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองของการศึกษานี้ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกราฟน้ำท่าระหว่างการคำนวณกับค่าที่ได้

จากการตรวจวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.57 - 0.98 สำหรับการศึกษาค่าความอ่อนไหวทำโดยการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบให้อยู่ในช่วงของคู่มือ แล้วดูผลต่อองค์ประกอบของน้ำท่าจะได้ความอ่อนไหวที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ไม่ได้เป็นค่าคงที่ที่ทำให้ต้องปรับเทียบได้ใกล้เคียงกับข้อมูลการวัดจริงอยู่เสมอเนื่องจากพารามิเตอร์เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการใช้ที่ดิน

ชัยวัฒน์ ภูวกรกุลชัย (2546) ศึกษาความสัมพันธ์น้ำฝน น้ำท่า ในลุ่มน้ำภาชีโดยแบบจำลอง HEC-HMS และแบบจำลอง TOP ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน โดยแบบจำลอง HEC-HMS มีพื้นฐานมาจากแบบจำลอง HEC-1 ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำนองสูงสุดกับพื้นที่รับน้ำฝน โดยสามารถจำลองการแปลงข้อมูลน้ำฝนและพื้นที่รับน้ำฝนให้เป็นน้ำท่า จำลองกราฟน้ำท่าในช่วงเวลานาน คำนวณการกระจายของน้ำท่าในรูปแบบ Grid-Cell ของพื้นที่รับน้ำฝน การเคลื่อนตัวของน้ำท่าผ่านลำน้ำ แม่น้ำ และอ่างเก็บน้ำ และผลกระทบจากอาคารชลศาสตร์ในระบบแม่น้ำได้ ข้อมูลที่ให้ ได้แก่ ข้อมูลฝนรายวัน น้ำท่ารายวัน และลักษณะลุ่มน้ำ โดยการประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำมูลนั้นได้เลือกแบบจำลองการสูญเสียน้ำท่าใช้วิธี SCS โดยนำมาใช้ประกอบกับ Unit Hydrograph เพื่อประเมินปริมาณการไหลบนผิวดิน แบบจำลองการไหลพื้นฐานใช้วิธี Exponential Recession และแบบจำลองการไหลในลำน้ำใช้วิธี Muskingum สำหรับแบบจำลอง TOP หรือ Topographic Model ถูกพัฒนาโดย Beven (1997) เพื่อจำลองกระบวนการเกิดน้ำท่าของกลุ่มน้ำเล็ก ๆ ในประเทศอังกฤษ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนพารามิเตอร์ เป็นแบบจำลองประเภท Continuous Model ในการจำลองกระบวนการเกิดน้ำท่าแบบจำลองขึ้นกับลักษณะการกระจายของพื้นที่ทางกายภาพของกลุ่มน้ำและความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งในการประเมินน้ำท่าจะใช้วิธีหาความชันที่ขาดหายไปของชั้นดินโดยคิดอัตราการไหลผ่านของน้ำในชั้นดินเมื่อดินดินมีลักษณะเป็นดินชนิดเดียวกัน การศึกษาได้ทดสอบในสองประเภทการใช้งาน คือแบบเหตุการณ์เดียวและแบบเหตุการณ์ต่อเนื่อง โดยแบบเหตุการณ์เดียวมีความถูกต้องกว่าเพราะลุ่มน้ำนี้มีความลาดชันสูง ซึ่งการปรับเทียบแบบจำลองของแบบจำลอง HEC-HMS และ แบบจำลอง TOP ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำท่าที่ตรวจวัดกับน้ำท่าที่คำนวณได้ในเหตุการณ์ต่อเนื่อง เท่ากับ 0.597 และ 0.739 ตามลำดับ ในเหตุการณ์เดียวเท่ากับ 1 และ 0.951 ตามลำดับ เมื่อพิจารณากราฟน้ำท่าจากการคำนวณพบว่าแบบจำลอง TOP เหมาะสมในการใช้งานกับลุ่มน้ำนี้มากกว่า เนื่องจากนำลักษณะทางกายภาพมาพิจารณาหาค่าพารามิเตอร์ด้วย แต่อย่างไรก็ตามจำนวนของสถานีที่ใช้กับพารามิเตอร์ของแต่ละแบบจำลองไม่

สัมพันธ์กัน ในแบบจำลอง HEC-HMS มีถึง 19 ตัว แบบจำลอง TOP มี 5 ตัว แต่สถานีที่ใช้มี 3 สถานี ทำให้ข้อมูลไม่กระจายตัวในกลุ่มน้ำ ส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของพารามิเตอร์

ศิริกัญญา แสงสว่าง (2547) เปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับและแบบจำลองอุทกวิทยา(NAM Model) เพื่อประเมินน้ำท่าในกลุ่มน้ำปิงตอนบน ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลการประเมินน้ำท่ารายวันที่ถูกต้องกว่า ในด้านของสมมูลน้ำ กราฟน้ำท่า และปริมาณการไหลสูงๆ แต่สำหรับปริมาณการไหลต่ำๆ แบบจำลอง NAM ให้ผลที่ดีกว่า แต่ก็มีบางสถานีที่ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าของแบบจำลองทั้งสองไม่ดี ซึ่งในการวิจารณ์กล่าวว่า มีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากสถานีวัดน้ำท่าเหล่านี้ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่มีพื้นที่ชลประทานมากหรือมีฝายทดน้ำขวางอยู่มากทำให้ปริมาณน้ำท่าถูกควบคุม ไม่เกิดความสอดคล้องกันระหว่างปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ารายวัน

ทงศักดิ์ สุทธิ (2547) ศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่าโดยระบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ และแบบจำลองถัง เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแม่นยำในการนำไปใช้งานจำลองฝน - น้ำท่า เป็นรายวัน โดยเปรียบเทียบใช้ข้อมูล 1 กรกฎาคม 1995 – 1997 และทดสอบใช้ข้อมูลช่วง 1999 – 2000 พบว่าการพยากรณ์น้ำท่าของแบบจำลองโครงข่ายประดิษฐ์ให้ค่าแม่นยำกว่าแบบจำลองถัง ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองถังเป็นการนำองค์ประกอบของน้ำท่า ซึ่งพารามิเตอร์บางตัวต้องนำเอาลักษณะทางกายภาพมาพิจารณา หากมีการใช้ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะการปกคลุมของพืชที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะส่วนที่เป็น น้ำท่าผิวดิน จะมีผลกระทบโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ช่วงปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่จะต้องนำไปใช้ประโยชน์ในทางวิศวกรรมแหล่งน้ำ ดังนั้นอาจจะต้องเปรียบเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลที่เกิดขึ้นหลังจากมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ แต่จะมีข้อดีคือสามารถทราบถึงองค์ประกอบของน้ำท่า ส่วนแบบจำลองโครงข่ายประสาทประดิษฐ์เป็นการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลด้านเข้าและข้อมูลด้านออก ดังนั้นควรต้องนำข้อมูลที่เกิดขึ้นหลังจากมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่แล้วมาใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง เช่นเดียวกับแบบจำลองถัง แต่โดยสรุปแล้วในการเลือกแบบจำลองถังหรือแบบจำลองโครงข่ายประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้พยากรณ์น้ำท่านั้นขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มี

1.5.3 การศึกษาแบบจำลอง SWAT

กิตติพงษ์ ธนาศิริยะกุล (2546) ศึกษาประเมินสัมพันธภาพลำน้ำย่อยด้วยแบบจำลอง SWAT/GIS บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตื่นตอนบน จ. เชียงใหม่ เนื้อที่ประมาณ 1500 ตร.กม. ใช้โปรแกรม Data Analysis เพื่อเป็นเครื่องมือในการสอบเทียบ โดยการแยก Base Flow จากน้ำท่าโดยวิธี Hysep ผลการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง แสดงความแตกต่างสัมพัทธ์ระหว่างข้อมูลจากแบบจำลอง กับข้อมูลจากสถานีวัดน้ำ บ้านหลวง ได้ผลลัพธ์สำหรับปริมาณการไหลรวมเฉลี่ยทั้งปี คือร้อยละ 3 และได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.5795 ในส่วนของสถานีวัดน้ำป่าคาได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.5361 แต่ในการศึกษานี้ได้กล่าวถึงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ว่าในส่วนที่เป็นพื้นที่เล็กๆ จะไม่มีผลต่อการจำลอง และในแต่ละหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา(HRUs) ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจะสมมติให้ว่ามีลักษณะเหมือนกันทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยๆ นั้น

CHESS (2001) ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำในยุโรปในอนาคต เพื่อการจัดการน้ำในอนาคต ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อหาปริมาณน้ำ และใช้ ICECREAM Model ในการหา point source จากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งในเรื่องของปริมาณน้ำท่าและแบบจำลอง SWAT พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศค่อนข้างมีผลกระทบที่มีความสำคัญต่อพื้นที่ศึกษาในอนาคต โดยการเปลี่ยนแปลงน้ำท่ามีค่ามากกว่าการเปลี่ยนแปลงน้ำฝน สำหรับการปรับเทียบเป็นการวาดกราฟเปรียบเทียบระหว่างผลน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการวัดจริง แล้วดูรูปร่างของกราฟให้ใกล้เคียงกัน

King (2001) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการคำนวณปริมาณฝนส่วนเกินที่มาเป็นน้ำท่า ของวิธี Green-Ampt และ วิธี Curve Number โดยใช้โมเดล SWAT พื้นที่ศึกษามีพื้นที่รับน้ำ 21.3 ตารางกิโลเมตร มีสถานีวัดน้ำฝน 32 สถานี ผลการศึกษาปรากฏว่าการจำลองน้ำท่ารายเดือนมีค่าความสัมพันธ์ 0.84 สำหรับวิธี SCS Curve Number และ 0.69 สำหรับ Green-Ampt และวิธี SCS Curve Number มักจะจำลองปริมาณน้ำท่าออกมาได้ต่ำกว่าค่าวัดจริง แต่สำหรับวิธี Green-Ampt ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน

Peschel (2002) พัฒนาวิธีการแบ่งสรรการสร้างข้อมูลการนำเข้าข้อมูลการใช้ที่ดินเรียกว่า Neuro-Fuzzy โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป็นเครื่องมือช่วย สำหรับโมเดล SWAT และคิดถึงผลกระทบทางด้านอุทกวิทยาจากพื้นที่เมืองและการเติบโตของเศรษฐกิจ จากนั้นนำผลจากการคำนวณใส่เข้า Arcview เพื่อแสดงให้เห็นภาพตัวแทนของลำน้ำที่ชัดเจน

Riyadh Al-soufi (2002) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อวิเคราะห์การกัดเซาะและอัตราการตกตะกอน ในลุ่มน้ำโขง ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำมากถึง 615,800 ตารางกิโลเมตร และมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย ปีละประมาณ 15,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยได้พบว่า อัตราการกัดเซาะและการนำพาตะกอน เกิดเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการเพิ่มกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การเพิ่มพื้นที่การเกษตร และการปลูกสร้างบ้านเรือนเพิ่มขึ้น ในการสร้างแบบจำลองจะมีสถานีหลวงพระบาง เป็นสถานีที่นำเข้าสู่ข้อมูล และได้จำแนกประเภทหลักของการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาออกเป็น 4 ประเภทคือ พื้นที่ป่าผลัดใบ พื้นที่ป่าผสม พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ และพื้นที่เกษตรกรรม การเปรียบเทียบของแบบจำลองใช้วิธี Relative Error และคูณ ด้วย 100 ค่าความผิดพลาดที่ออกมาจะได้เป็นร้อยละ การเปรียบเทียบทำในช่วงปี 1990 - 1994 และ การสอบทานแบบจำลองช่วงปี 1996-1999 เกณฑ์ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ คือร้อยละ 15 ส่วนค่าความผิดพลาดของการเปรียบเทียบข้อมูลอัตราการตกตะกอน อยู่ที่ร้อยละ 21 - 44 และสรุปได้ว่า แบบจำลองทางอุทกวิทยาสามารถใช้ได้กับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่

Watson (2002) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อทำนายผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในพื้นที่ศึกษาของ ลุ่มน้ำ Woody Yaloak พื้นที่รับน้ำ 1,157 ตารางกิโลเมตร ในประเทศออสเตรเลีย วิเคราะห์สมดุลน้ำในลุ่มน้ำเนื่องจากการลดของการคายระเหย โดยพบว่าพื้นที่ป่าไม้จะดักฝนได้ในปริมาณที่มากกว่าจากนั้นจะมีการปลดปล่อยน้ำออกมาจากดินที่ความลึกมากกว่าการใช้ที่ดินแบบทุ่งหญ้า หรือพื้นที่การเกษตร อีกทั้งยังมีปริมาณการระเหยที่มากกว่าด้วย ซึ่งแบบจำลองทางอุทกวิทยาสามารถนำมาใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจ กับการบริหารจัดการการใช้ที่ดินในอนาคต ในส่วนของการนำเข้าสู่ข้อมูลการใช้ที่ดิน ใช้แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT รวมทั้งการออกสนาม ในการกำหนดค่าต่ำสุด (Threshold) ของค่าหน่วยรับผิดชอบทางอุทกวิทยา ใช้ร้อยละ 10 ของทั้งชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินและชั้นข้อมูลของชนิดดิน สามารถแบ่งได้ 92 HRUs ในส่วนของการคำนวณ ใช้วิธี SCS ในการหาปริมาณน้ำท่าและวิธี Priestly_Taylor ในการหาค่าอัตราการระเหย สรุปได้ว่าผลที่ได้จากการจำลองสมดุลน้ำทั้งสิ้น 24 ปี โดยได้เปรียบเทียบในปี 1978 -1989 และการสอบทานทำในช่วงปี 1990 – 2001 ที่จุดออกของลุ่มน้ำค่อนข้างดี ยกเว้นการเปรียบเทียบในปี 1989 และสรุปการใช้ที่ดินของพื้นที่ป่ายูคาลิปตัส มีการลดการสูญเสียจากการระเหยน้อยลง กว่า การใช้ที่ดินแบบทุ่งหญ้า

Hansa Vatthananukij (2003) ศึกษาโมเดลสำหรับการจัดการแหล่งน้ำอย่างยั่งยืน เป็นการพยากรณ์ทางอุทกวิทยาด้วยโมเดล SWAT/GIS2000 พื้นที่ศึกษาครอบคลุมบริเวณจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดน่าน มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 1,500 และ 10,000 ตารางกิโลเมตร ลักษณะพื้นที่เป็นภูเขาสูง ค่าความสัมพันธ์กับข้อมูลที่มีจากการสอบเทียบโมเดลประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และสามารถนำผลการคำนวณปริมาณน้ำที่ได้มาทำ Flood Animation เพื่อช่วยในระบบการตัดสินใจ ซึ่งผลการปรับเทียบแบบจำลองเป็นที่น่าพอใจโดยที่ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.3512 – 0.7045 โดยที่สถานี N.1 ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.6008 อีกทั้งในปีถัดมา Hansa Vatthananukij (2004) ยังใช้โมเดล SWAT/GIS2000 สำหรับการเปรียบเทียบพื้นที่ที่ไม่มีการควบคุมน้ำ เป็นลุ่มน้ำที่ชันและภูเขาสูงคือ แม่น้ำปิง แม่น้ำน่าน กับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่มีการควบคุมน้ำและพื้นที่ไม่ชันนัก คือพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก บนพื้นฐานข้อมูลแผนที่ 1:50,000 การหาความสัมพันธ์กับข้อมูลที่มีจากการสอบเทียบโมเดล ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บริเวณพื้นที่ชันได้ประมาณ 0.35 – 0.70 และพื้นที่ไม่ชันประมาณ 0.75 - 0.97

Tripathi (2003) ศึกษาโมเดล SWAT ร่วมกับการใช้ข้อมูลดาวเทียมและระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ สำหรับการพยากรณ์ทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก (17.43 ตร.กม.) เป็นการประมาณน้ำท่ารายวัน และรายเดือน จำลองเหตุการณ์ในช่วงมรสุมของปี 2002 จำลองทั้งสิ้น 2 เดือน

Xing (2003) ศึกษาการใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า โมเดล SWAT เพื่อเป็นระบบรองรับการตัดสินใจสำหรับลุ่มน้ำในพื้นที่อนุรักษ์ ช่วยในการจัดการแหล่งน้ำและด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม

Milver (2003) พัฒนา ArcGIS Interface และ ออกแบบฐานข้อมูลสำหรับการใช้ในโมเดล SWAT เพื่อการจัดการกระบวนการของ Input/Output ของข้อมูลให้ง่ายขึ้นโดยใช้ Geodatabase และหลักการของ Hydrological Data Model เช่น Archydro

Huang (2003) ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือช่วยในการทำแบบจำลองทางอุทกวิทยาแบบกระจายพารามิเตอร์ ซึ่งแบบจำลอง SWAT ถูกนำมาใช้งานเพื่อจำลองน้ำท่า และอัตราการนำพาตะกอน พื้นที่ศึกษาคือ Malian River ซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของแม่น้ำเหลือง ประเทศจีน มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 19,086 ตารางกิโลเมตร ในการนำเข้าข้อมูลใช้ระดับความสูงเชิงเลข DEM มาตรฐาน 1:10,000 พื้นที่ลุ่มน้ำแบ่งออกเป็น 7 ลุ่มน้ำย่อย ใช้สถานี

อุทกวิทยา 6 สถานี โดยผลของการจำลองสภาพพื้นที่ออกมาเป็นที่น่าพอใจ สำหรับผลการเปรียบเทียบน้ำท่าระหว่างแบบจำลองกับค่าที่วัดได้จริง มีค่าความผิดพลาด Absolute Error 0.38 ส่วนค่าความผิดพลาดของการจำลองการตกตะกอน มีค่าความผิดพลาดร้อยละ 58.7 เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูล ถึงแม้จะมีความผิดพลาดมากแต่ก็ยังมีความสัมพันธ์กันอยู่ระหว่างค่าที่วัดได้จริงกับค่าจากแบบจำลอง

รูปแบบของรายงานวิทยานิพนธ์

สำหรับการนำเสนอในรายงานฉบับนี้ ได้จัดเรียงลำดับเนื้อหาตามขั้นตอนของการศึกษา โดยในบทที่ 1 เสนอวัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา และขั้นตอนการศึกษา รวมทั้งนำเสนอผลการทบทวนการศึกษาที่ผ่านมาในด้านต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาคั้งนี้ ในบทที่ 2 ทบทวนทฤษฎีที่จำเป็นในการศึกษา เป็นการนำเสนอในเชิงกว้างของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็น ทฤษฎีที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์น้ำฝนน้ำท่า ทฤษฎีที่เกี่ยวกับแบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT ซึ่งกล่าวถึงหลักการคิดและหลักการคำนวณของแบบจำลองนี้ และทฤษฎีที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการเปรียบเทียบแบบจำลอง ส่วนบทที่ 3 เป็นการศึกษาด้านการสร้างแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า กล่าวถึงการนำแบบจำลอง SWAT มาใช้ในรายงานการศึกษานี้ ควรมีขั้นตอนในการศึกษาอย่างไร ซึ่งคล้ายกับเรื่องทฤษฎีของแบบจำลอง SWAT แต่จะกล่าวถึงในเชิงลึกของแบบจำลองว่ามีขีดความสามารถแค่ไหน พารามิเตอร์ที่สำคัญๆมีอะไรบ้าง และมีวิธีการนำแบบจำลองมาศึกษาด้วยแนวทางอย่างไร อีกทั้งจะเลือกใช้การเปรียบเทียบแบบจำลองวิธีใด ส่วนในบทที่ 4 แสดงถึงสภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา จะกล่าวคร่าวๆเฉพาะที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาต่อไปเท่านั้น ซึ่งในภาคผนวก ก จะมีรายละเอียดเกี่ยวกับสภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษาเพิ่มเติมอีก สำหรับบทที่ 5 และ 6 เป็นรายละเอียดของการพัฒนาแบบจำลองในพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้นำแนวทางของการใช้แบบจำลองในบทที่ 3 มาขยายผลในพื้นที่ศึกษา รวมทั้งการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อนำเสนอผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยในบทที่ 5 อธิบายถึงข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ ขั้นตอนของการเก็บรวบรวม การตรวจสอบและวิเคราะห์ จนถึงขั้นตอนของการนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลอง หลักการในการพัฒนาแบบจำลองในพื้นที่ศึกษา และการประยุกต์ใช้กรณีศึกษากับแบบจำลอง ตามเหตุการณ์ต่างๆ ส่วนบทที่ 6 กล่าวถึงผลการเปรียบเทียบ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง และการวิเคราะห์ผลการคำนวณต่าง ๆ จากการพัฒนาแบบจำลองของบทที่ 5 และในบทสุดท้าย คือ บทที่ 7 เป็นส่วนของการสรุปผลและข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาคั้งนี้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่ใช้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์น้ำฝนน้ำท่า

ความสัมพันธ์น้ำฝนน้ำท่าเชิงพื้นที่

หลักการและทฤษฎีของการศึกษานี้ เริ่มต้นพิจารณาแนวคิดจาก เรื่องวัฏจักรของน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2-1 กล่าวคือน้ำท่า (Runoff) คือ น้ำบนผิวดินที่ไหลมารวมกันสู่ลำน้ำ ซึ่งอาจจะมีขนาดใหญ่หรือเล็กหรืออาจไม่มีรูปแบบ มีแหล่งกำเนิดมาจากความชื้นในบรรยากาศที่ตกลงมาเป็นฝน ซึ่งในที่สุดจะไปปรากฏที่ลำน้ำที่จุดออก (outlet) ของลุ่มน้ำ

ในลุ่มน้ำต่าง ๆ นั้น การเกิดน้ำท่า (runoff) หรือน้ำท่วม (flood) ทั้งปริมาณและอัตราการผันแปรได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของลุ่มน้ำ คือ

- คุณลักษณะเกี่ยวกับภูมิประเทศ
- คุณลักษณะเกี่ยวกับดินและพืชปกคลุม
- คุณลักษณะเกี่ยวกับภูมิอากาศ
- คุณลักษณะเกี่ยวกับผลกระทบจากมนุษย์

โดยปกติคุณลักษณะของดินและพืชปกคลุมลุ่มน้ำจะพิจารณาแยกออกเป็นชนิดต่างกัน แต่ถ้าหากพิจารณารวมเข้าด้วยกันแล้วจะเรียกว่า Soil-cover complexes การคำนวณค่า complexes นี้จะนำไปใช้เป็นแฟคเตอร์แสดงคุณลักษณะอย่างหนึ่งของลุ่มน้ำในการประมาณค่า น้ำท่า (runoff) จากลุ่มน้ำดังกล่าว

1. ดิน (soil) คุณสมบัติทางอุทกวิทยาของดินหรือกรุปของดิน (Hydrologic Soil Group) เป็นแฟคเตอร์ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ทางด้านอุทกวิทยาเกี่ยวกับข้อมูลทางด้านลุ่มน้ำ หากไม่พิจารณาเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของลุ่มน้ำและพืชปกคลุมแล้วจะสามารถแบ่งดินออกได้ตามคุณสมบัติทางด้านอุทกวิทยา ดังนี้

กรุป A (low runoff potential) ดินในกรุปนี้จะมีอัตราการซึมลงดินสูง ถึงแม้ว่าจะเปียกชุ่มแล้วก็ตาม ส่วนมากประกอบด้วยทรายและกรวด มีความลึกจากผิวดินลงไปมาก และมีความสามารถระบายน้ำได้ดี ดินประเภทนี้จะมีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดิน (water transmission) สูง ด้วยเหตุดังกล่าวจึงมีศักยภาพน้ำท่า (runoff potential) ต่ำมาก

กรุป B ดินในกรุปนี้มีอัตราการซึมลงดินปานกลางเมื่อเปียกชุ่ม มีความลึกปานกลางถึงลึกมาก การระบายน้ำดีปานกลางและดี ดินประเภทนี้มีเนื้อตั้งแต่ละเอียดปานกลางจนถึงหยาบปานกลาง นอกจากนี้ยังมีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดินปานกลาง

กรุป C ดินในกรุปนี้มีอัตราการซึมของน้ำลงดินต่ำเมื่อเปียกชุ่ม ส่วนใหญ่ประกอบด้วยชั้นดินซึ่งขัดขวางต่อการเคลื่อนตัวลึกลงของน้ำ ดินประเภทนี้มีเนื้อละเอียดปานกลางจนถึงละเอียด และมีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดินต่ำ

กรุป D (high runoff potential) ดินในกรุปนี้มีอัตราการซึมของน้ำลงดินต่ำมากเมื่อเปียกชุ่ม ส่วนใหญ่จะเป็นพวกดินเหนียวที่มีศักยภาพในการบวมตัวสูง เป็นพวกดินที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงตลอดเวลา เป็นดินที่มีชั้นดินเหนียวอยู่ใกล้ ๆ กับผิวดิน หรือเป็นพวกดินที่มีชั้นดินซึ่งน้ำซึมผ่านได้ยากอยู่ใกล้กับผิวดิน เป็นต้น อัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดินประเภทนี้จะต่ำมาก ดังนั้นพอสรุปได้ว่าลุ่มน้ำที่ปกคลุมไปด้วยดิน กรุปนี้จะมีศักยภาพในการเกิดน้ำท่าค่อนข้างสูง

2. สิ่งปกคลุม (Cover) โดยทั่วไป cover ก็คือสิ่งต่าง ๆ (ส่วนมากจะเป็นพวกพืชปกคลุม) ที่ปกคลุมดินและป้องกันการกระแทกของเม็ดฝนที่ตกลงมาสู่พื้นดิน นิยมเอากาไรใช้ที่ดิน (land use) มาเป็นกรณีนี้เกี่ยวกับการพิจารณาสิ่งปกคลุมดินแทนในด้านการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ลุ่มน้ำ

การหมุนเวียนปลูกพืช (crop rotation) เป็นแพคเตอร์ที่สำคัญต่อสภาพการปกคลุมของลุ่มน้ำ การหมุนเวียนจะพิจารณาเกี่ยวข้องกับเชิงอุทกวิทยามากกว่าผลผลิตของพืช (crop yields) อย่างไรก็ตามถ้ามีผลผลิตของพืชมากย่อมแสดงถึงผลกระทบต่อการปกคลุมของลุ่มน้ำมากด้วยและเป็นผลต่อการเกิดน้ำท่าผิวดินมากด้วยเช่นกัน ในเชิงอุทกวิทยานั้นจะแบ่งสภาพการหมุนเวียนของพืชจากกรณีที่เลว (poor) จนถึงสภาพที่ดี (good) โดยเทียบเป็นสัดส่วนต่อความหนาแน่นของพืช สภาพที่ปกคลุมดีประกอบด้วยกาไรที่ขุ่นหนาแน่นติดกัน เป็นต้น ซึ่งจะทำให้อัตราการซึมลงไปในดินดียิ่งขึ้น

ปรากฏการณ์ของน้ำท่า (The Phenomena Of Runoff)

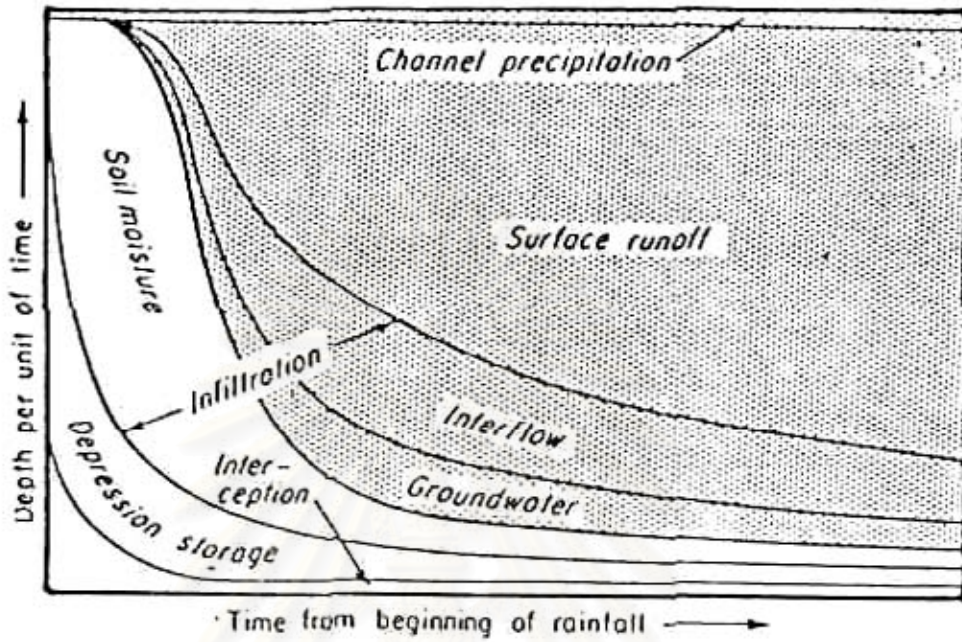
น้ำฝนส่วนใหญ่ที่ตกลงมาในช่วงเวลาแรก จะค้างอยู่ตามใบไม้ใบหญ้า ซึ่งเรียกว่า interception และค้างอยู่ในหลุม บ่อ ตามพื้นผิวดิน ซึ่งเรียกว่า depression detention และในขณะเดียวกันการไหลจะเริ่มขึ้นโดยมีทิศทางไปตามความลาดชันของพื้นผิวดินจนกว่าจะถึงลำน้ำหรือแม่น้ำ ส่วนของน้ำฝนซึ่งไม่ซึมผ่านผิวดินลงสู่ใต้ดิน (infiltration) หรือไม่เป็นน้ำท่าไหลตามผิวดิน (surface runoff) ส่วนน้ำนี้จะเรียกว่า น้ำเก็บกักที่ผิวดิน (surface retention)

ในบางครั้งปริมาณน้ำที่เก็บกัก โดยพืชปกคลุมบางชนิดจะเป็นส่วนใหญ่ ของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงตลอดทั้งปี เมื่อปริมาตรเก็บกักของใบไม้ใบหญ้า เต็มไปด้วยน้ำฝนแล้ว จำนวนน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดินจะเท่ากับปริมาณน้ำฝนทั้งหมด ลบด้วยปริมาณน้ำที่ระเหยจากใบไม้ ใบหญ้า ความสามารถในการเก็บกักจะลดลงเมื่อความเร็วของกระแสลมเพิ่มขึ้น แต่อัตราการระเหยจะสูงขึ้น

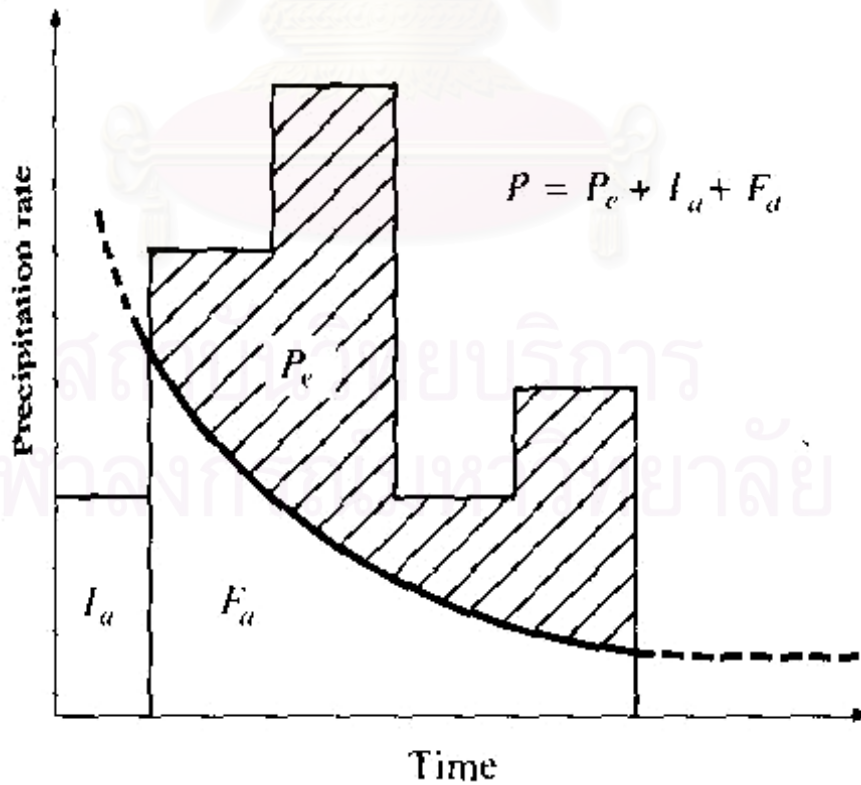
ส่วนของน้ำฝนที่ค้างอยู่ตามหนอง บึง หลุม บ่อ หรือ Depressions อื่น ๆ ตามผิวดิน จะรวมเรียกว่า depression storage ในทันทีที่ความเข้มข้นของฝนเกินกว่าความสามารถซึมผ่านผิวดิน (infiltration) น้ำฝนส่วนเกิน (rainfall excess) จะเริ่มเข้าไปขังใน surface depressions ต่าง ๆ และเมื่อเต็มแล้ว ปริมาณการไหลของน้ำเข้ามาจะเท่ากับผลรวมของปริมาณการไหลออกการซึมผ่านผิวดินลงดิน และการระเหย

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการคำนวณน้ำท่าด้วยวิธี SCS

The Soil Conservation Service (1972) พัฒนาวิธีนี้ขึ้นสำหรับการคำนวณหาค่าการดักน้ำจากน้ำฝนเป็นค่าของความสูงของฝนส่วนเกิน (excess precipitation) หรือน้ำท่าตรง (direct runoff P_d) (ดังแสดงในรูปที่ 2-2) คือ หลังจากฝนเริ่มตกจะค่อยๆมีการเพิ่มความลึกน้ำไปในลุ่มน้ำ ค่าการดักซึม (F_a) ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับศักยภาพสูงสุดของการกักน้ำ (retention S) จะมีปริมาณของน้ำฝนเริ่มดักซึม I_a (initial abstraction before ponding) สำหรับการที่ไม่มีน้ำท่าเกิดขึ้น ดังนั้นค่าศักยภาพของน้ำท้านั้นคือ $P - I_a$ สมมติฐานของวิธี SCS คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณของศักยภาพทั้งสองส่วนนั้นเท่ากัน ดังนี้



รูปที่ 2-1 วิจัยกรของน้ำท่า



รูปที่ 2-2 สมมติฐานของวิธี SCS

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (2-1)$$

และจาก

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (2-2)$$

I_a = initial abstraction, P_e = rainfall excess, F_a = continuing abstraction, P = total rainfall,

จะได้

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

เป็นสมการพื้นฐานสำหรับการคำนวณค่าความลึกของฝนส่วนเกิน (excess rainfall) หรือนำมาใช้จากพายุฝนโดยวิธี SCS method.

จากการศึกษาที่ผ่านมาของแบบการทดลองลุ่มน้ำ จะได้ความสัมพันธ์ $I_a = 0.2S$ ดังนั้น จะได้

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (2-4)$$

เมื่อพลอตค่าข้อมูลสำหรับ P และ P_e จากหลายลุ่มน้ำ SCS ได้โค้งสำหรับแต่ละชนิดดังแสดงในรูปที่ 2-3 เพื่อเป็นการหามาตรฐานของโค้งนี้ จะได้ค่ามิติของ curve number CN ดังนี้ $0 \leq CN \leq 100$. สำหรับพื้นที่ที่ที่น้ำ ค่า CN = 100 สำหรับสภาพธรรมชาติ ค่า CN < 100

ค่า curve number และ S มีความสัมพันธ์ ดังนี้

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (2-5)$$

โดยที่ S หน่วยเป็นนิ้ว และค่า curve number ที่แสดงในภาคผนวก จ เป็นค่า Antecedant moisture condition ที่ปกติ (AMC II) สำหรับค่าตอนสภาวะแห้ง (AMC I) และสภาวะเปียก (AMC III) ต้องมีการเทียบโดยการคำนวณ ดังนี้

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad \text{และ} \quad CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \quad (2-6, 2-7)$$

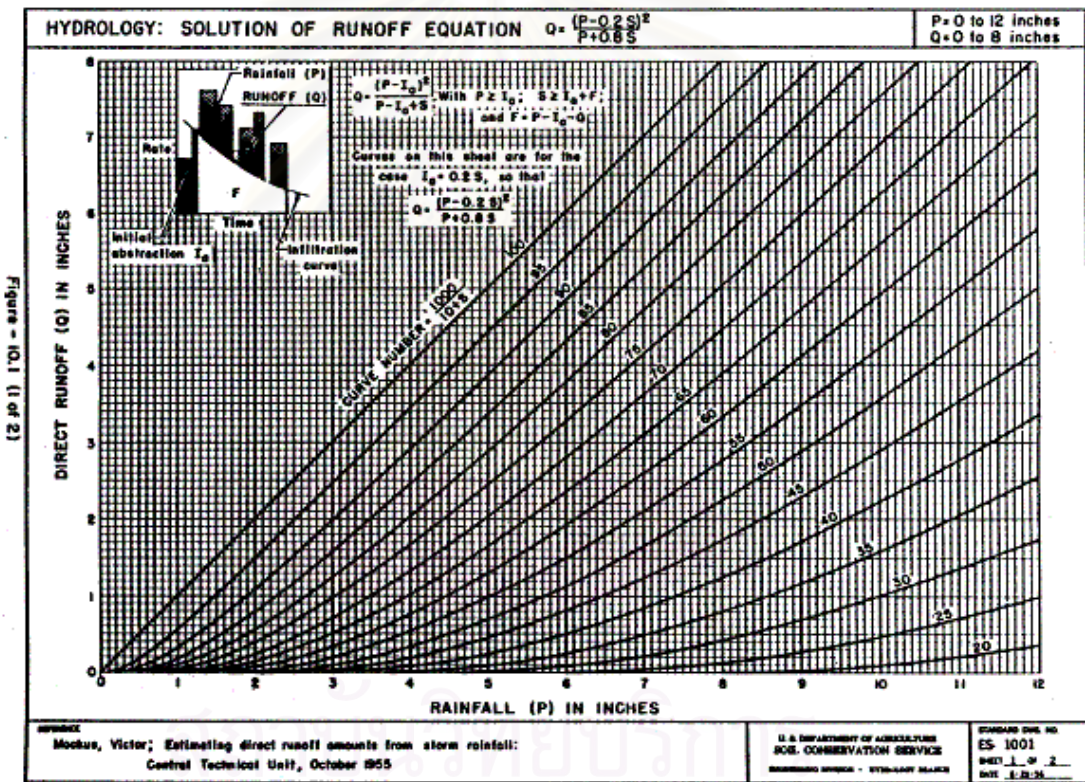


Figure - 10.1 (1 of 2)

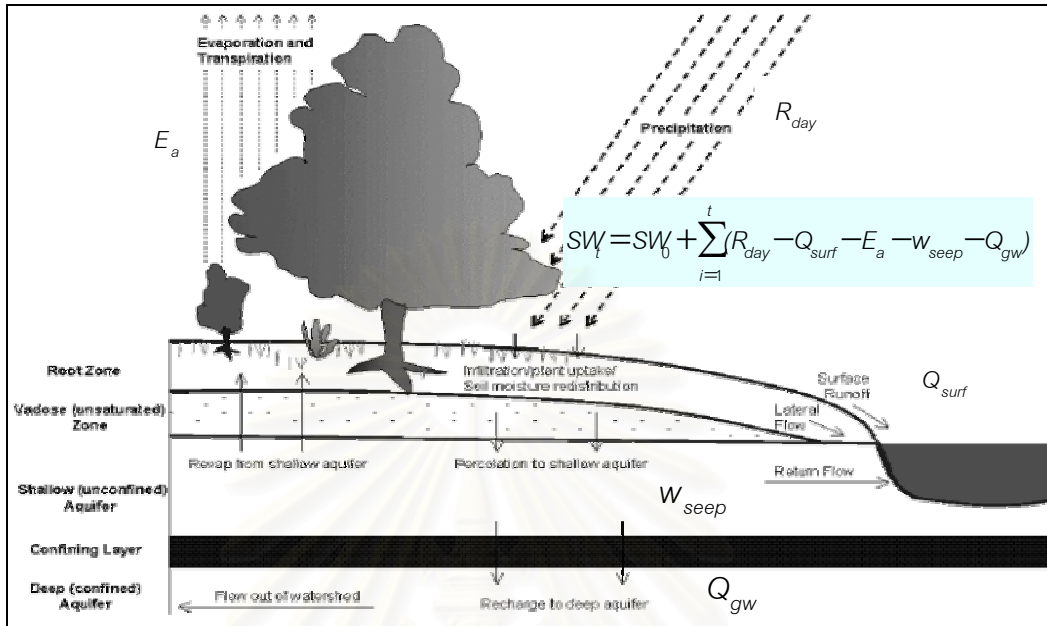
รูปที่ 2-3 Graphical solution of SCS runoff equation
ที่มา www.bsye.wsu.edu

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับแบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT

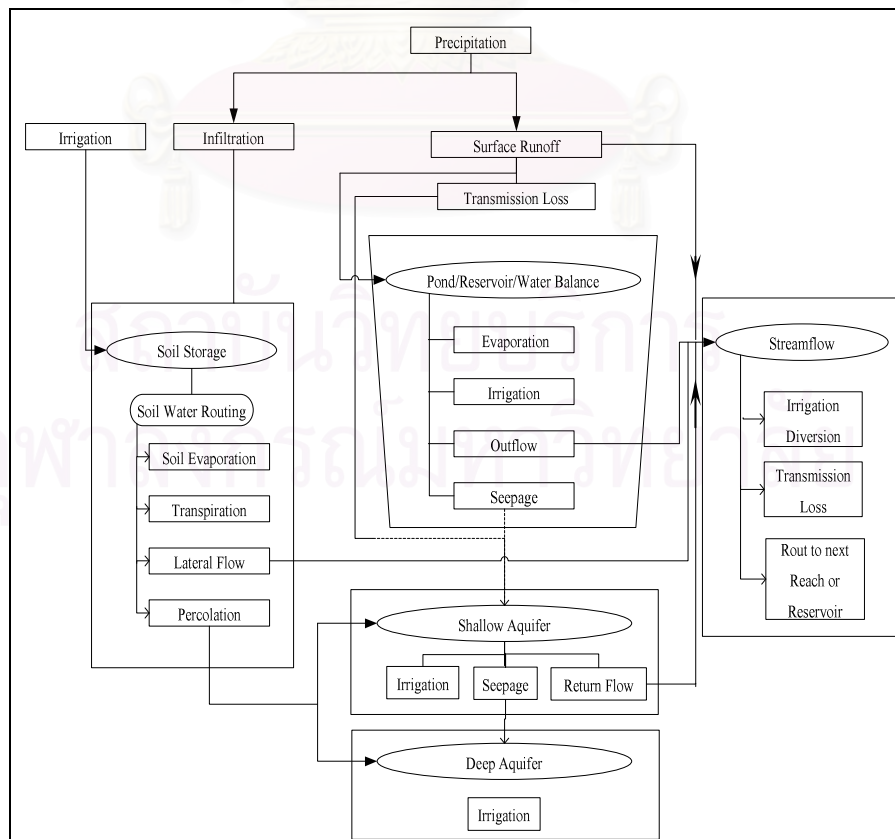
แบบจำลอง SWAT พัฒนาขึ้นโดย Blackland Research Center, TAES และ United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service (USDA-ARS) เพื่อใช้ในการทำนายผลกระทบของการใช้ที่ดินต่อทรัพยากรน้ำ ได้แก่ น้ำท่า ตะกอน และสารเคมีจากการเกษตร ของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน ที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพ ดิน การใช้ที่ดิน และการจัดการ โดยสามารถจำลองกระบวนการทางกายภาพต่างๆ ที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ โดยแบ่งลุ่มน้ำที่ต้องการศึกษาออกเป็นลุ่มน้ำย่อยต่างๆ โดยข้อมูลที่ใช้ต้องกำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยประกอบด้วย ภูมิอากาศ หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Unit, HRUs) หนอง/บึง น้ำใต้ดิน ลำน้ำสายหลัก ลำน้ำสาขา

การวิเคราะห์และการคำนวณด้วยแบบจำลอง SWAT แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนพื้นดิน (Land Phase) และส่วนการเคลื่อนที่ในลำน้ำ (Routing Phase) โดยการวิเคราะห์ในส่วนพื้นดินจะเป็นการศึกษาวงจรอุทกวิทยาดังในรูปที่ 2-4 เพื่อประเมินหาปริมาณน้ำท่า การวิเคราะห์ของส่วนการเคลื่อนที่ในลำน้ำจะคำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำ ตลอดทั้งโครงข่ายระบบลำน้ำของลุ่มน้ำที่ศึกษา

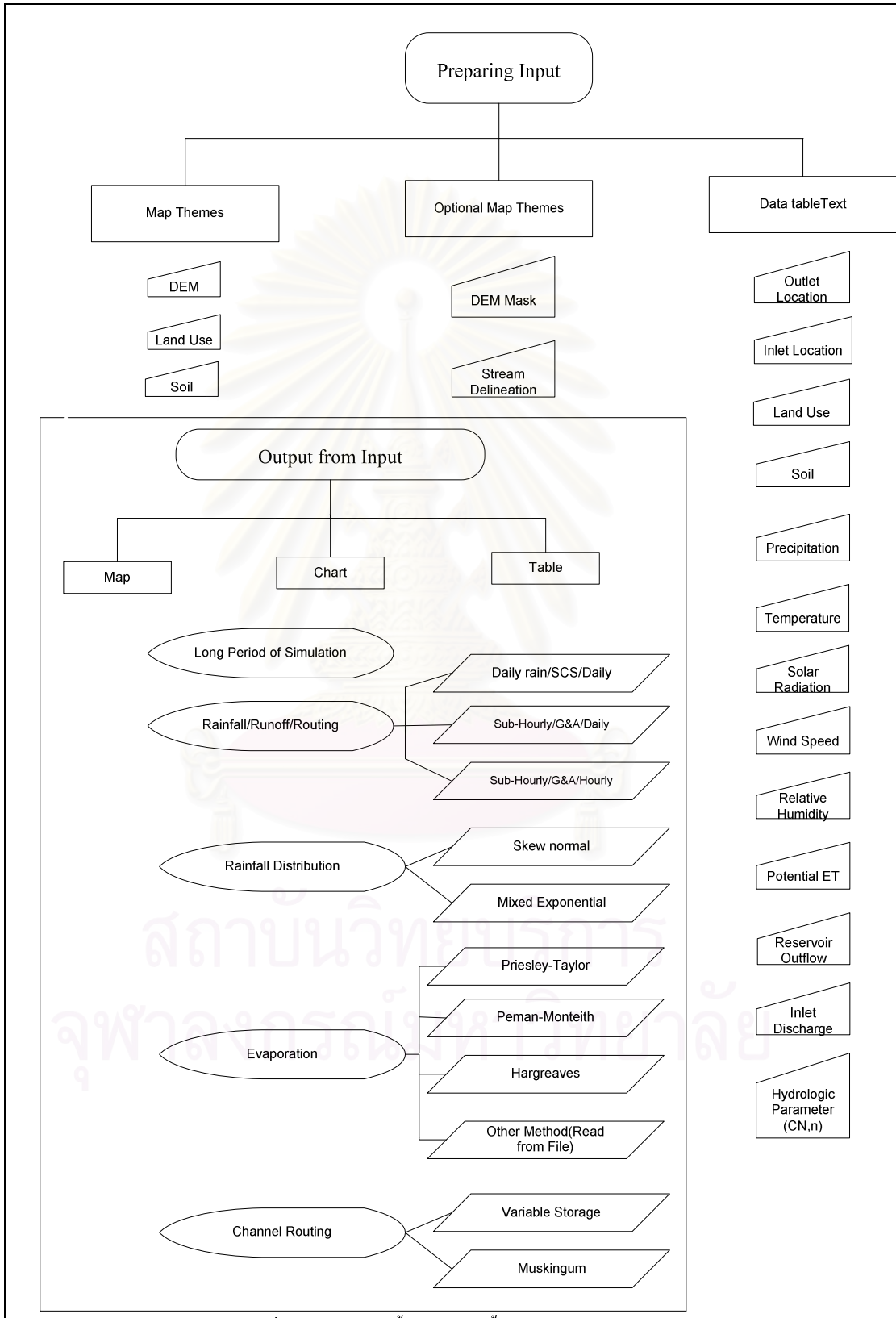
ขั้นตอนการจำลองกระบวนการของ วงจรอุทกวิทยา จะกำหนดให้ปริมาณฝนที่จะตกลงสู่พื้นดินถูกพืชกักไว้เป็นบางส่วนปริมาณฝนส่วนที่เหลือที่ไหลลงสู่ผิวดินก็จะไหลซึมลงสู่ผิวดินหรือซังนองอยู่ตามผิวดินแล้วรวมตัวกันไหลลงสู่ที่ต่ำ จนกระทั่งไปเป็น น้ำท่า อยู่ในแม่น้ำลำธาร สำหรับปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงสู่ผิวดินส่วนหนึ่งจะถูกเก็บกักไว้ในเนื้อดินซึ่งต่อมาจะระเหยคืนสู่บรรยากาศโดยพืช และอีกส่วนหนึ่งจะไหลซึมต่อไปยังชั้นน้ำใต้ดิน กลายเป็น น้ำใต้ดิน โดยจะไหลกลับลงสู่แม่น้ำลำธารเมื่อผ่านไปช่วงเวลาหนึ่งด้วยการไหลไปทางด้านข้างของชั้นน้ำใต้ดิน ดังแสดงขั้นตอนการจำลองกระบวนการในแบบจำลองในรูปที่ 2-5 และแสดงการเตรียมข้อมูลการนำเข้า การแสดงผลของแบบจำลอง ในรูปที่ 2-6 อีกทั้ง ได้แสดงแนวคิดของกระบวนการในแบบจำลอง SWAT ในรูปที่ 2-7 ซึ่งเห็นได้ว่าข้อมูลการนำเข้าหลักชนิดหนึ่งของแบบจำลองนี้ ที่เป็นประโยชน์มากในการคำนวณสภาพทางกายภาพของพื้นที่ คือ ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข DEM (Digital Elevation Model) ซึ่งหมายถึง ข้อมูลแผนที่เชิงเลข ที่เป็นตัวแทนของสภาพพื้นที่ ทางกายภาพ ที่มีข้อมูลระดับความสูงกำหนดอยู่ โดยข้อมูลดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้ในการสร้างโครงข่ายลำน้ำได้ โดยการคำนวณความสูงของกริด ที่จุดหนึ่งแล้วหาค่าความสูงของกริดรอบๆ 8 ทิศ แล้วคำนวณเป็นค่า +,- จึงได้ทิศทางการไหลคร่าวๆ และคำนวณค่าสภาพกายภาพทั่วไปของพื้นที่ๆได้ เช่น ความชัน ลักษณะลุ่มน้ำ HRUs เป็นต้น (ดังแสดงตัวอย่างข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข DEM ในรูปที่ 2-8)



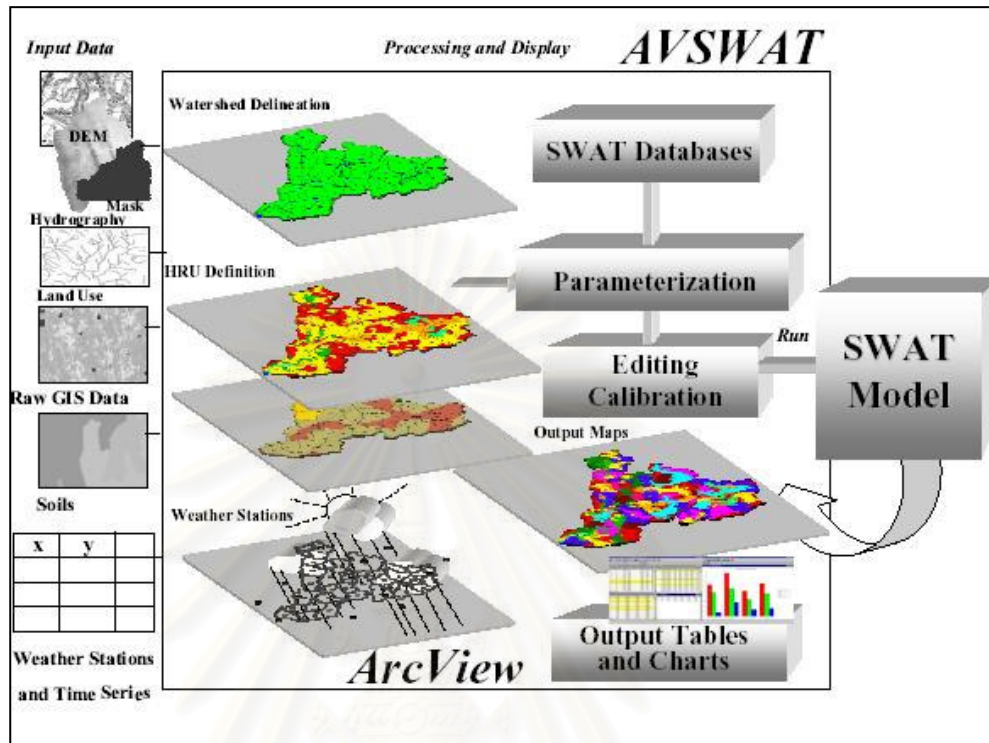
รูปที่ 2-4 วงจรอุทกวิทยา
ที่มา <http://www.brc.tamus.edu/swat/>



รูปที่ 2-5 ขั้นตอนการจำลองกระบวนการเคลื่อนที่ของน้ำในวงจรอุทกวิทยา

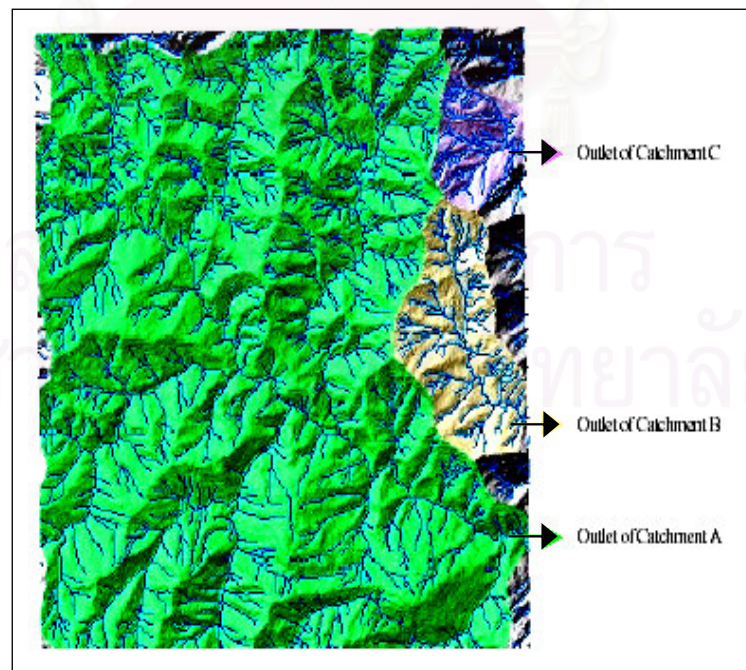


รูปที่ 2-6 การเตรียมข้อมูลการนำเข้า และการแสดงผลของแบบจำลอง



รูปที่ 2-7 แนวคิดของกระบวนการในแบบจำลอง SWAT

ที่มา <http://www.brc.tamus.edu/swat/>



รูปที่ 2-8 ตัวอย่างข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข DEM

2.3.1 การคำนวณทางอุทกวิทยาของแบบจำลองSWAT ส่วนพื้นดิน (Land Phase)

การศึกษาวงจรอุทกวิทยา (Hydrologic Cycle) ในการวิเคราะห์ส่วนพื้นดิน ใช้สมการสมดุลน้ำ ดังนี้

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (2-8)$$

เมื่อ	SW_t	คือ ปริมาณน้ำในดินสุดท้าย
	SW_0	คือ ปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นในวันที่ i
	t	คือ เวลา (วัน)
	R_{day}	คือ ปริมาณฝนในวันที่ i
	Q_{surf}	คือ ปริมาณน้ำผิวดินในวันที่ i
	E_a	คือ ปริมาณการคายระเหยในวันที่ i
	W_{seep}	คือ ปริมาณน้ำไหลซึมลงสู่ชั้นใต้ดินในวันที่ i
และ	Q_{gw}	คือ ปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลกลับสู่ลำน้ำในวันที่ i

ขั้นตอนการจำลองกระบวนการของ วงจรอุทกวิทยา จะกำหนดให้ปริมาณฝนที่จะตกลงสู่พื้นดินถูกพืชกักไว้เป็นบางส่วนปริมาณฝนส่วนที่เหลือที่ไหลลงสู่ผิวดินจะไหลซึมลงสู่ผิวดินหรือซังนองอยู่ตามผิวดินแล้วรวมตัวกันไหลลงสู่ที่ต่ำ จนกระทั่งไปอยู่ในแม่น้ำลำธาร กลายเป็นน้ำท่า สำหรับปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงสู่ผิวดินส่วนหนึ่งจะถูกเก็บกักไว้ในเนื้อดินซึ่งต่อมาจะระเหยคืนสู่บรรยากาศโดยพืช และอีกส่วนหนึ่งก็จะไหลซึมต่อไปยังชั้นน้ำใต้ดิน กลายเป็น น้ำใต้ดิน ซึ่งจะไหลกลับลงสู่แม่น้ำลำธารเมื่อผ่านไประยะเวลาหนึ่งด้วยการไหลไปทางด้านข้างของน้ำใต้ดิน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วและแสดงหลักการไว้ในรูปที่ 2-4 และรูปที่ 2-5

การคำนวณปริมาณน้ำท่าผิวดิน

น้ำท่าผิวดินเกิดขึ้นเมื่ออัตราเข้าของน้ำในพื้นที่รับน้ำสู่พื้นดินมีอัตราเกินกว่าอัตราการซึม โดยที่อัตราการซึมจะเริ่มลดลงเมื่อดินมีความชื้นเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณน้ำที่เข้าสู่สูงกว่าอัตราการซึมมาก จะเกิดการดักที่ผิวดินและเมื่อเต็มพื้นที่ที่เก็บกักของการดักที่ผิวดินแล้ว น้ำที่ไหลต่อมาเป็นน้ำท่าผิวดิน ในแบบจำลอง SWAT ผู้ใช้สามารถเลือกคำนวณปริมาณของน้ำท่าผิวดิน และค่าอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด ได้ 2 วิธี ได้แก่ SCS Curve Number และวิธี Green & Ampt infiltration

โดยในการศึกษานี้ใช้วิธี SCS Curve Number เนื่องจากเป็นวิธีที่นิยมใช้กันค่อนข้างแพร่หลาย มีทฤษฎีดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2 ซึ่งใช้สมการหลักคือ

$$Q = \frac{(R - 0.2S)^2}{R + 0.8S}, \quad R > 0.2 S \quad (2-9)$$

$$Q = 0.0, \quad R < 0.2 S \quad (2-10)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวัน (ลบ.ม./วินาที)
 R คือ ปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.)
 S คือ Retention Parameter

โดยตัวแปร S มีความสัมพันธ์กับค่า Curve number (CN) ดังสมการ

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (2-11)$$

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า CN มีดังนี้คือ

- คุณสมบัติทางอุทกวิทยาของดิน (Hydrologic Soil Group) แบ่งกลุ่มดินออกเป็น 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มดินจะขึ้นอยู่กับอัตราการซึมน้ำของดิน ดังที่กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 2.1

- สิ่งปกคลุม (Land Cover) คือ ลักษณะสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งป้องกันการกระแทกของเม็ดฝนที่ตกลงมาสู่ดิน ประกอบด้วย ลักษณะการใช้ที่ดิน (Land use) และการรักษาหน้าดิน (Land Treatment) จะเกี่ยวข้องกับลักษณะและวิธีการปลูกพืช การเตรียมแปลงโดยแบ่งออกเป็น การทำการเพาะปลูกเป็นแถว (straight - row) การทำการเพาะปลูกเป็นแถวตามระดับพื้นที่ (contoured) และการทำการเพาะปลูกเป็นขั้นบันได (terraced)

- สภาพอุทกวิทยา (Hydrologic Condition) โดยแบ่งออกเป็น

- สภาพเลว (poor) มีพืชคลุมดินพื้นที่น้อยกว่าร้อยละ 50
- สภาพปานกลาง (fair) มีพืชคลุมดินพื้นที่ระหว่างร้อยละ 50-75
- สภาพดี (good) มีพืชคลุมดินพื้นที่มากกว่าร้อยละ 75

- การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Classification) จำแนกเป็น 4 ประเภทหลัก ได้แก่ พื้นที่ป่า (wood, forest) พื้นที่เกษตรกรรม (agriculture) พื้นที่โล่งเตียนและพื้นที่อยู่อาศัย (bare-land & residential) และพื้นที่ที่เป็นน้ำ (water body)

- เงื่อนไขความชื้นในดินเริ่มต้น (Antecedent Moisture Content: AMC) แบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ I - แห้ง (Wilting point) II - ชื้นเฉลี่ย และ III - เปียก (Field capacity) ค่า CN ที่แสดงในภาคผนวก จ เป็นค่าสำหรับกรณีของ AMC II เท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ค่า CN ให้เป็นกรณี AMC I และ AMC III ตามเงื่อนไขความชื้นในดินก่อนหน้าที่คำนวณได้ โดยใช้สมการดังนี้

$$CN_1 = CN_2 - \frac{20 \cdot (100 - CN_2)}{(100 - CN_2 + \exp[2.533 - 0.0636 \cdot (100 - CN_2)])}$$

$$CN_3 = CN_2 \cdot \exp(0.00673 \cdot (100 - CN_2)) \quad (2-12, 2-13)$$

การคำนวณอัตราการไหลสูงสุด (Peak Runoff Rate)

อัตราการไหลสูงสุด (Peak Runoff Rate) แบบจำลอง SWAT ประมาณค่าอัตราการไหลสูงสุดสำหรับแต่ละเหตุการณ์ฝน โดยใช้วิธี Modified Rational Formula ดังสมการ

$$q_{peak} = \frac{C \cdot i \cdot A}{3.6} \quad (2-14)$$

เมื่อ	q_{peak}	คือ	อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
	C	คือ	สัมประสิทธิ์น้ำท่า
	i	คือ	ความเข้มของฝน (มม./ชั่วโมง)
	A	คือ	ขนาดพื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)

การคำนวณอัตราการคายระเหยของพืช (Evapotranspiration)

อัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration) ในแบบจำลอง SWAT มีทางเลือกในการประมาณค่าอัตราการคายระเหย 3 วิธี ได้แก่

(1) วิธี Penman-Monteith (Monteith, 1965; Allen, 1986) ต้องใช้ข้อมูล การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\lambda E_t = \frac{\Delta \cdot (H_{net} - G) + \gamma \cdot K_1 \cdot (0.622 \cdot \lambda \cdot \rho_{air} / P) \cdot [e_z^0 - e_z]}{\Delta + \gamma \cdot (1 + r_c / r_a)} \quad (2-15)$$

(2) วิธี Priestley-Taylor (Priestley and Taylor, 1972) ต้องใช้ข้อมูล การแผ่รังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\lambda E_0 = \alpha_{pet} \cdot \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (H_{net} - G) \quad (2-16)$$

(3) วิธี Hargreaves (Hargreaves และคณะ, 1985) ต้องใช้เพียงข้อมูลอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\lambda E_0 = 0.0023 \cdot H_o (T_{mx} - T_{mn})^{0.5} \cdot (\bar{T}_{av} + 17.8) \quad (2-17)$$

การคำนวณค่าการปกคลุมของพุ่มไม้ (canopy storage)

ค่าการปกคลุมของพุ่มไม้ก็มีผลต่อค่าการซึ่ม ค่าปริมาณการไหลและค่าการคายระเหยของพืชด้วย โดยเมื่อฝนตกการดักหยดน้ำฝน ของพุ่มไม้จะสามารถลดปริมาณของน้ำได้ส่วนหนึ่ง ซึ่งกระบวนการดักน้ำขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของพืช และชนิดของพืช ซึ่งในการคำนวณของแบบจำลอง คิดการดักของพุ่มไม้ในลักษณะการล่าช้าโดยใส่ค่าเป็นดัชนีพื้นที่ใบไม้ (Leaf area index) สมการ คือ

$$can_{day} = can_{mx} \cdot \frac{LAI}{LAI_{mx}} \quad (2-18)$$

can_{day} คือปริมาณน้ำมากที่สุดที่สามารถดักได้ในพุ่มไม้ (mm H₂O), can_{mx} คือปริมาณน้ำมากที่สุดที่สามารถดักได้ในพุ่มไม้เมื่อพุ่มไม้นั้นขึ้นสมบูรณ์ (mm H₂O), LAI คือดัชนีพื้นที่ใบไม้, และ LAI_{mx} คือพื้นที่ใบไม้ที่มากที่สุดของพืช

การคำนวณค่าของน้ำในดิน

น้ำที่เข้ามาในดินสามารถเคลื่อนย้ายผ่านดินได้หลายทาง เช่น สามารถย้ายออกจากดินได้โดยการดูดของพืช หรือการระเหย หรือการซึมลงไปในดินชั้นที่ต่ำกว่า หรือไหลไปทางด้านข้างตามลำน้ำและเข้าไปเสริมกับแม่น้ำได้ ซึ่งกระบวนการต่างๆเหล่านี้ ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของดิน เช่น ค่า bulk density ค่าชนิดของดินสัดส่วนของดินเหนียว กรวด ททราย ค่า hydraulic conductivities (ซึ่งค่าการนำน้ำของดินทรายมักจะมีค่ามากกว่าดินเหนียว) รวมทั้งค่าการให้น้ำของดินแก่พืช (Available Water Content) ก็เป็นค่าหนึ่งที่ใช้ในการคำนวณด้วย (ซึ่งค่าการให้น้ำของดินแก่พืช ของดินร่วนจะมีค่ามากกว่าดินเหนียว และดินทราย ตามลำดับ)

การคำนวณปริมาณการไหลด้านข้างใต้ผิวดิน (Lateral Subsurface Flow)

การจำลองการไหลของข้างใต้ผิวดินจะใช้ Kinematic Storage Model ที่พัฒนาโดย Sloan & More (1984) ซึ่งใช้สมการ Mass Continuity Equation โดยใช้ Entire Hillslope Segment ของ Soil Profile เป็น Control Volume แสดงสมการที่ใช้ในการคำนวณได้ดังนี้

$$Q_{lat} = 0.024 * \left(\frac{2 * SW_{ly,excess} * K_{sat} * s/p}{\phi_d * L_{hill}} \right) \quad (2-19)$$

เมื่อ	Q_{lat}	คือ ปริมาณการไหลด้านข้างใต้ผิวดินที่จุดออก (มม./วัน)
	$SW_{ly,excess}$	คือ ปริมาณน้ำที่สามารถระบายได้ในชั้นดินอิ่มตัว (มม.)
	K_{sat}	คือ Saturated Hydraulic Conductivity (มม./ชม.)
	s/p	คือ ความลาดชัน
	ϕ_d	คือ ความพรุนของดิน (มม./มม.)
	L_{hill}	คือ Hillslope Length (ม.)

การคำนวณปริมาณการไหลของน้ำใต้ดิน (Groundwater Flow)

แบบจำลอง SWAT แบ่งการจำลองการไหลของน้ำใต้ดินออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) เขต Shallow aquifer และ (2) เขต Deep aquifer โดยปริมาณการไหลในเขต Shallow aquifer เป็นปริมาณน้ำที่จะไหลออกสู่แม่น้ำลำธารในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งปริมาณน้ำท่าผิวดิน ปริมาณการไหล

ด้านข้างในเขตรากพืช และปริมาณน้ำไหลกลับ (return flow) จากเขต Shallow aquifer จะมีส่วนหนึ่งที่ไหลซึมลึกถึงดินสู่ชั้น Deep aquifer โดยจะเป็นน้ำที่เป็นส่วนที่สูญหายไปของระบบ จะไม่มีการไหลกลับออกมาในระบบลุ่มน้ำอีก สมการสมดุลของน้ำสำหรับเขต Shallow aquifer แสดงได้ดังนี้

$$aq_{sh,i} = aq_{sh,i-1} + w_{rchrg} - Q_{gw} - w_{revap} - w_{deep} - w_{pump,sh} \quad (2-20)$$

เมื่อ	$aq_{sh,i}$	คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในชั้น Shallow aquifer ในวันที่ i (มม.)
	$aq_{sh,i-1}$	คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในชั้น Shallow aquifer ในวันที่ i-1 (มม.)
	w_{rchrg}	คือ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่ชั้น Shallow aquifer ในวันที่ i (มม.)
	Q_{gw}	คือ ปริมาณการไหลของน้ำใต้ดินออกสู่แม่น้ำลำธาร ในวันที่ i (มม.)
	w_{reap}	คือ ปริมาณน้ำที่ไหลจากผิวดินลงสู่เขตรากพืช ในวันที่ i (มม.)
	w_{deep}	คือ ปริมาณน้ำที่ไหลจาก Shallow aquifer ลงสู่ Deep aquifer ในวันที่ i (มม.)
	$w_{pump,sh}$	คือ ปริมาณน้ำที่ถูกสูบออกไปจาก Shallow aquifer ในวันที่ i (มม.)

สำหรับสมดุลของน้ำของเขต Deep aquifer แสดงได้ดังสมการ

$$aq_{dp,i} = aq_{dp,i-1} + w_{deep} - w_{pump,dp} \quad (2-21)$$

เมื่อ	$aq_{dp,i}$	คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในชั้น Deep aquifer ในวันที่ i (มม.)
	$aq_{dp,i-1}$	คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในชั้น Deep aquifer ในวันที่ i-1 (มม.)
	w_{deep}	คือ ปริมาณน้ำที่ไหลจาก Shallow aquifer ลงสู่ Deep aquifer ในวันที่ i (มม.)
	$w_{pump,dp}$	คือ ปริมาณน้ำที่ถูกสูบออกไปจาก Deep aquifer ในวันที่ i (มม.)

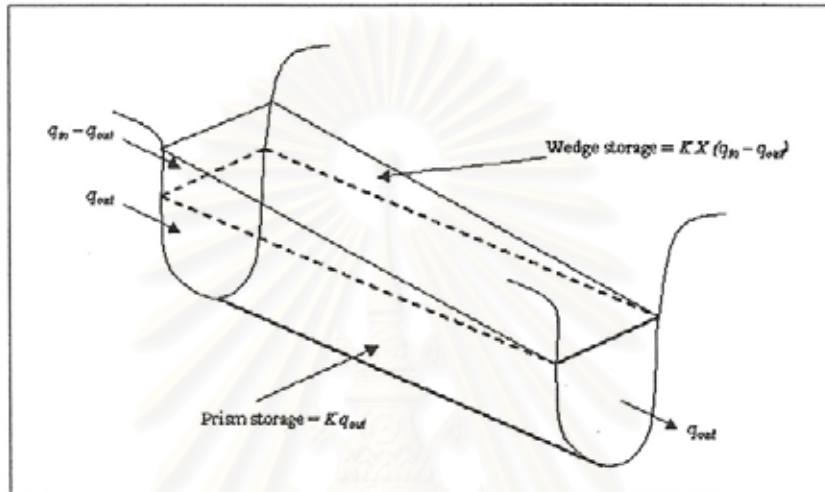
2.3.2 การคำนวณการเคลื่อนที่ในลำน้ำ (Routing Phase) ของแบบจำลอง SWAT

การจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำในลำน้ำ (Flood Routing) ใช้สมการของแมนนิง ในการกำหนดระดับและความเร็วของกระแสน้ำ การจำลอง Kinematic Wave ใช้วิธี Muskingum Routing และวิธี Variable Storage ข้อมูลนำเข้าของทางน้ำ ประกอบด้วย ความยาวของช่วงของทางน้ำ ความลาดชันทางน้ำ ความลาดชันทางน้ำ ความกว้างทางน้ำด้านบน ความลาดเทของ

ทุ่งน้ำท่วม ค่าสัมประสิทธิ์ Manning's n ของทางน้ำและทุ่งน้ำท่วมโดย SWAT สามารถทำการเตรียมข้อมูลนำเข้าพื้นฐานได้ อย่างเช่น ความยาวลำน้ำ ความลาดเทของน้ำ เป็นต้น

การคำนวณการเคลื่อนที่ในลำน้ำ (Routing Phase) โดยวิธี Muskingum Routing

วิธี Muskingum Routing จะจำลองความจุในลำน้ำของช่วงการไหล ในลักษณะการประกอบกันของ ลิ้ม (wedge) และปริซึมของการไหล ดังแสดงในรูปที่ 2-9



รูปที่ 2-9 ปริซึมและลิ้มของความจุในช่วงของการไหล(Chow,1988)

ปริมาตรของปริซึม สามารถหาได้โดยใช้สมการ $K * q_{out}$ โดยที่ K คืออัตราส่วนระหว่างปริมาตรเก็บกักและปริมาณการไหลเข้าของน้ำ มีหน่วยเป็นเวลา ประมาณเท่ากับระยะเวลาเดินทางของคลื่นน้ำท่วมผ่านช่วงของลำน้ำที่พิจารณา

ปริมาตรของลิ้ม สามารถหาได้โดยใช้สมการ $K * X * (q_{in} - q_{out})$ โดยที่ X คือ weighting factor เป็นสัดส่วนความสำคัญของปริมาณน้ำไหลเข้าและปริมาณน้ำไหลออก ต่อการคำนวณปริมาตรเก็บกัก ในกรณีลำน้ำโดยทั่วไปค่า X จะอยู่ระหว่าง 0.0 - 0.3 ซึ่งเฉลี่ยแล้วจะใกล้เคียงกับ 0.20

เมื่อรวมปริมาตรของทั้ง 2 เทอม จะได้ว่า

$$V_{stored} = K * q_{out} + K * X * (q_{in} - q_{out}) \quad (2-22)$$

โดยที่ V_{stored} คือปริมาตรความจุ (ลบ.ม.) q_{in} คือ อัตราการไหลเข้า (cms.)

q_{out} คืออัตราการไหลออก (cms.)

จากสมการที่ 2-22 และใช้สมการของ Continuity equation จะได้

$$q_{out,2} = C_1 * q_{in,2} + C_2 * q_{in,1} + C_3 * q_{out,1} \quad (2-23)$$

โดย $q_{in,1}$ คืออัตราการไหลเข้าที่เวลาเริ่มต้น (cms.) $q_{in,2}$ คืออัตราการไหลที่เวลาถัดไป $q_{out,1}$ คืออัตราการไหลออกที่เวลาเริ่มต้น (cms.) $q_{out,2}$ คืออัตราการไหลออกที่เวลาถัดไป และ

$$C_1 = \frac{\Delta t - 2 * K * X}{2 * K * (1 - X) + \Delta t} \quad (2-24)$$

$$C_2 = \frac{\Delta t - 2 * K * X}{2 * K * (1 - X) + \Delta t} \quad (2-25)$$

$$C_3 = \frac{2 * K * (1 - X) - \Delta t}{2 * K * (1 - X) + \Delta t} \quad (2-26)$$

โดยที่ $C_1 + C_2 + C_3 = 1$ และเมื่อกระจายค่าในรูปหน่วยของความจุ จะได้

$$V_{out,2} = C_1 * V_{in,2} + C_2 * V_{in,1} + C_3 * V_{out,1} \quad (2-27)$$

การคำนวณการเคลื่อนที่ในลำน้ำ (Routing Phase) โดยวิธี Variable Storage

ปริมาณน้ำไหลออก (Outflow) จากช่วงของลำน้ำหาค่าได้จากสมการดังนี้

$$O_i = SC (I_i + S_{i-1}) \quad (2-28)$$

เมื่อ O_i คือ ปริมาณน้ำไหลออกของวันที่ i (ลบ.ม.)
 I_i คือ ปริมาณน้ำไหลเข้าของวันที่ i (ลบ.ม.)
 S_{i-1} คือ ปริมาณน้ำความจุของช่วงลำน้ำของวันที่ i-1 (ลบ.ม.)
 SC คือ ค่า Storage coefficient สามารถประมาณค่าโดยใช้สมการดังนี้

$$SC = \frac{2 \cdot \Delta t}{2 \cdot TT + \Delta t} \quad (2-29)$$

เมื่อ TT คือ Travel time (ชั่วโมง)

อัตราการไหล (q_{ch}) และความเร็ว (v_c) ของน้ำเฉลี่ยจะคำนวณโดยใช้สมการ Manning's equation ดังนี้

$$q_{ch} = \frac{A_{ch} \cdot R_{ch}^{2/3} \cdot slp_{ch}^{1/2}}{n} \quad (2-30)$$

$$v_c = \frac{R_{ch}^{2/3} \cdot slp_{ch}^{1/2}}{n} \quad (2-31)$$

เมื่อ	A_{ch}	คือ	พื้นที่หน้าตัดการไหล (ตร.ม.)
	R_{ch}	คือ	รัศมีชลศาสตร์ (ม.)
	slp	คือ	ความลาดชันของลำน้ำ (ม./ม.)
	n	คือ	สัมประสิทธิ์แมนนิง

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการเปรียบเทียบแบบจำลอง

การเปรียบเทียบแบบจำลอง เป็นการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ให้เกิดความถูกต้องในการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนเทียบกับข้อมูลจากการวัดจริง พิจารณาความถูกต้องโดยอาศัยค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีต่างๆ มีวัตถุประสงค์ หรือหลักการของการเปรียบเทียบคือการลดความคลาดเคลื่อน (Error) ให้เหลือน้อยที่สุด และการประมาณค่าพารามิเตอร์มีค่าสมเหตุสมผลกับคุณลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำ ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบเป็นการแสดงถึงค่าประมาณจากการเฉลี่ยต่อพื้นที่ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ข้อมูลที่ใช้สำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์ เช่น อัตราการไหล ระดับน้ำมิดิน ระดับน้ำใต้ดิน ค่าความเข้มข้นของตะกอน ค่าความเข้มข้นของสารเคมี เป็นต้น

สำหรับการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนนั้นสามารถอธิบายได้หลายวิธี เช่น

การตรวจสอบค่าร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ เป็นการดูค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีจากค่าที่วัดจากสถานีวัดน้ำ (R_f) กับค่าที่ได้จากการคำนวณ (R_m) สมการเป็น ดังนี้

$$(R_f - R_m) / R_f \cdot 100 \quad (2-32)$$

ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Error; *ME*) คือค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่วัดจากสถานีวัดน้ำ (q_i) และค่าที่ได้จากแบบจำลอง (q_m) โดยที่ n คือจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (เท่ากับจำนวนข้อมูลจากสถานีตรวจวัดน้ำที่มี) ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยนี้ทำการคำนวณได้ง่ายแต่มีจุดอ่อนเนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนที่เป็นบวกและลบจะถูกคำนวณรวมกันและอาจจะชดเชยกันไป ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ต่ำอาจมิได้หมายถึงผลการเปรียบเทียบที่ดีเสมอไป สมการเป็น ดังนี้

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (q_i - q_m) \quad (2-33)$$

ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error; *MAE*) คือค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างค่าที่วัดจากสถานีวัดน้ำ (q_i) และค่าที่ได้จากแบบจำลอง (q_m) สมการเป็น ดังนี้

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |q_i - q_m| \quad (2-34)$$

ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error; *RMSE*) หรือค่าความแปรปรวนมาตรฐาน (Standard deviation) ของค่าที่วัดจากสถานีวัดน้ำ (q_i) และค่าที่ได้จากแบบจำลอง (q_m) สมการเป็น ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (q_i - q_m)^2} \quad (2-35)$$

ค่ารากที่สองสัมพันธ์ของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Root Mean Square Relative Error; *ER*) จากค่าที่วัดจากสถานีวัดน้ำ (q_i) และค่าที่ได้จากแบบจำลอง (q_m) สมการเป็น ดังนี้

$$ER = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_m - q_i)^2}{\sum_{i=1}^n q_i^2}} \quad (2-36)$$

สำหรับการศึกษานี้ใช้วิธี ค่าร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ และค่ารากที่สองสัมพัทธ์ของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Root Mean Square Relative Error; ER) พิจารณาค่าปริมาณการไหลรวมต่อปี และรายเดือนตามลำดับ ถ้าหากมีค่าน้อยแสดงว่าค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์นั้นให้ผลการคำนวณได้ดีใกล้เคียงกับการวัดจริง รวมทั้งการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิผล (R^2) ซึ่งเป็นการประเมินผลของค่าอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการวัดกับค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยถ้าค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าค่าของทั้งสองกลุ่มเข้ากันได้และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีค่าใกล้ 0 แสดงว่าค่ามีความสัมพันธ์กันน้อยมาก ซึ่งการเปรียบเทียบค่าจะใช้กระบวนการ Trial and Error โดยจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 3 ต่อไป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การศึกษาด้านการสร้างแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง(ทางอุทกวิทยา) ในการหาความสัมพันธ์น้ำฝนน้ำท่า และความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ โดยพิจารณา ศึกษาวิเคราะห์ คุณลักษณะของน้ำท่า จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน ซึ่งการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้พิจารณาเลือกใช้แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) โดยในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงเชิงลึกของการที่จะนำแบบจำลอง SWAT มาใช้ในรายงานการศึกษานี้ ควรจะมีขั้นตอนในการศึกษาอย่างไร พิจารณาขีดความสามารถแบบจำลอง SWAT และอธิบายถึง พารามิเตอร์ที่สำคัญๆ

3.1 การพัฒนาการจำลองเชิงกายภาพ

การศึกษาน้ำท่าของระบบลุ่มน้ำเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับปริมาณและอัตราการตกของฝนลงบนลุ่มน้ำที่เวลาต่างๆ กับปริมาณการเก็บกัก ปริมาณการไหล และอัตราการไหลของน้ำท่า ออกจากลุ่มน้ำ ดังนั้นในการขั้นตอนศึกษาจึงประกอบด้วย การวัดข้อมูลน้ำฝนน้ำท่า การวิเคราะห์ ข้อมูล การคำนวณปริมาณและอัตราการไหล ตลอดจนเรื่องของการคาดคะเนปริมาณของน้ำ แต่เนื่องจากปรากฏการณ์ธรรมชาติหลายอย่างมีความสลับซับซ้อน เราจึงต้องมีแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์เหล่านั้นในการทำความเข้าใจพฤติกรรมสำคัญของปรากฏการณ์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการคาดคะเนหรือทำนายพฤติกรรมของเหตุการณ์ ในลุ่มน้ำ ได้

กานดา(2545) ได้แบ่งปัจจัยที่ควบคุมการไหลของน้ำในลำน้ำ เป็น 2 ประเภทคือ

1. ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะภูมิอากาศ ได้แก่ ลักษณะฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ โดยที่ฝนจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อการไหล

2. ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ สภาพพื้นที่ลักษณะการระบายน้ำของพื้นที่ ชนิดดิน สภาพพืช การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ต่างมีความสัมพันธ์ต่อกันซึ่งจะมีอิทธิพลต่อการไหล และปริมาณของน้ำในลำน้ำ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น อีก เช่น

ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ ขนาดที่แตกต่างกันจะให้น้ำแก่ลำน้ำที่แตกต่างกัน ขนาดรูปร่าง และความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นจะมีลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นตัวควบคุม โดยที่ขนาด รูปร่าง และความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำนี้ จะมีผลต่อปริมาณ และการไหลของน้ำในลำน้ำ ปริมาณของน้ำในลำน้ำจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่เพิ่มขึ้น ถ้าพื้นที่ขนาดใหญ่ฐานของไฮโดรกราฟจะกว้างและ peak สูง หรือลดลงอย่างช้าๆ และพื้นที่ขนาดใหญ่ยังมีแนวโน้มให้น้ำในลำน้ำอย่างสม่ำเสมอ มากกว่าพื้นที่ขนาดเล็ก

ความลาดชันของลุ่มน้ำ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการซึมลงสู่ดินชั้นล่าง การไหลของน้ำท่าผิวดิน ความชื้นในดินและการไหลของน้ำลงสู่ลำน้ำ ตลอดจนควบคุม peak ของลำน้ำอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม การเข้าใจในแบบจำลองระหว่าง ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสมนับว่ามีความยุ่งยากมากทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของระบบอุทกวิทยามีความซับซ้อน และความแปรปรวนทางธรรมชาตินับวันยิ่งมีความรุนแรง อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพจากการบริหารจัดการของลุ่มน้ำอยู่ตลอดเวลา ก็อาจจะมีผลกระทบต่อระบบด้วย ความซับซ้อนของกระบวนการทางอุทกวิทยามีหลายสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และแต่ละสถานการณ์จะมีเอกลักษณ์เฉพาะของลุ่มน้ำนั้น ประกอบกับกิจกรรมต่างๆ หรือขั้นตอนแต่ละขั้นตอนไม่สามารถใช้ได้ดีที่แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงเส้น และแบบจำลองที่เป็นลักษณะทางกายภาพมีรูปแบบที่ไม่สามารถให้ปริมาณที่ถูกต้อง เนื่องจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาและสถานภาพสิ่งแวดล้อมที่ใหญ่และมากเกินไป ดังนั้นจึงควรใช้แบบจำลองที่สามารถรองรับเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงต่างๆดังที่ได้กล่าวมาอย่างเหมาะสม

แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่จำลองลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำเป็นหลัก (Physically based) สามารถวิเคราะห์และตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งเปรียบเทียบผลที่ได้จากความสัมพันธ์ทางลักษณะภูมิประเทศ เป็นแบบจำลองชนิดกระจายพารามิเตอร์ (Distribute) ที่คำนวณผล ครอบคลุมในระดับของลุ่มน้ำ พัฒนาขึ้นมาเพื่อทำนายผลกระทบต่อน้ำจากการบริหารจัดการ ได้ทั้งระบบลุ่มน้ำ สามารถคำนวณผล หรือปฏิบัติการได้ทั้งในระดับการเปลี่ยนแปลงรายวัน รายเดือน และรายปี โดยสามารถจำลองได้ในช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน เพื่อประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้

การศึกษานี้ ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ศึกษาการทำในลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่าน คัดกรองน้ศึกษาจากลักษณะทางกายภาพและการบริหารจัดการในพื้นที่ ที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา และทำนายเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต โดยมีขั้นตอนในการจำลองเชิงกายภาพ ดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนปรับเทียบและวิเคราะห์ผลจากการปรับเทียบแบบจำลอง

เป็นการปรับเทียบแบบจำลอง หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยใช้หลักความสัมพันธ์ทางอุทกวิทยา กับลักษณะของสภาพภูมิประเทศ สภาพชุดดินและ สภาพการใช้ที่ดินตามข้อมูลที่มีอยู่คือปี พ.ศ. 2520 2537 และ 2544 เป็นตัวแทนการเปลี่ยนแปลง และพิจารณาช่วงของเหตุการณ์น้ำท่าที่ตรวจวัดรายเดือนต่อเนื่องประมาณ 5-10 ปีของแต่ละช่วงการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม นำมาใช้ปรับเทียบแบบจำลองเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมในการใช้งาน และศึกษาความอ่อนไหวของแบบจำลอง

3.1.2 ขั้นตอนประยุกต์การวิเคราะห์ผลจากการปรับเทียบแบบจำลอง

ขั้นตอนต่อไป เป็นเหตุการณ์สมมติ จากการเปลี่ยนพารามิเตอร์ทางกายภาพที่ได้รับการปรับเทียบของแต่ละช่วงการเปลี่ยนแปลง คัดกรองน้ศึกษาตามการใช้ที่ดินในอดีต คือปี พ.ศ.2520 และในช่วงปัจจุบัน คือปี พ.ศ. 2544 เป็นตัวแทน นำมาใช้ประมาณค่าปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลตรวจวัดน้ำฝนรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2541-2545 ประเมินผลปริมาณน้ำท่า ที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าช่วงฤดูฝน และการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าช่วงฤดูแล้ง ตามช่วงเหตุการณ์การใช้ที่ดินจากอดีต 20 ปีที่ผ่านมาเทียบกับปัจจุบัน

3.1.3 ขั้นตอนประยุกต์การวิเคราะห์ทำนายผล จากการจำลองเชิงกายภาพ

ขั้นตอนสุดท้าย คัดกรองน้การเปลี่ยนแปลงในอนาคต โดยนำพารามิเตอร์ทางกายภาพในอนาคตที่ทำนายไว้ ซึ่งพิจารณาจากการใช้ที่ดินในอนาคต จำแนกใหม่กำหนดจากชั้นความสูง มาวิเคราะห์กรณีการเปลี่ยนแปลงจากปัจจุบัน แล้วพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า ที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา ในแต่ละกรณีศึกษา โดยใช้กรณีข้อมูลตรวจวัดน้ำฝนรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2541-2545 วิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณน้ำท่าช่วงฤดูฝน และแนวโน้มของปริมาณน้ำท่าช่วงฤดูแล้ง ในอนาคต

ในส่วนของกระบวนการพัฒนาการจำลองของแบบจำลอง SWAT นั้น เนื่องจากในปัจจุบันมีกระบวนการหรือการประมวลผลหลายอย่างที่พัฒนาการทำงานร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งแบบจำลอง SWAT ก็เป็นแบบจำลองหนึ่ง ที่ปรับปรุงการทำงานร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ขึ้นเพื่อให้มีการนำเข้าข้อมูลได้ง่ายขึ้น โดยในการศึกษานี้ได้นำแบบจำลอง Arcview SWAT ที่เป็น extension หนึ่งของ Arcview GIS มาใช้งาน ขั้นตอนของกระบวนการสร้างแบบจำลองมีดังนี้

1.) การสร้างโครงข่ายลำน้ำ (Watershed Delineation) เป็นขั้นตอนเริ่มแรกของการสร้างแบบจำลอง โดยผู้ใช้จะต้องใส่ ชั้นข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข DEM ชั้นข้อมูลพื้นที่ศึกษา และชั้นข้อมูลจุดที่เป็นจุดออกของลุ่มน้ำย่อยที่ต้องการแบ่ง จากนั้นแบบจำลองจะคำนวณความสูงของกริดเซลจาก DEM และวาดสันปันน้ำ แล้วจำลองโครงข่ายลำน้ำ รวมทั้งแบ่งพื้นที่รับน้ำของแต่ละลุ่มน้ำย่อย

2.) การนำเข้าข้อมูลการใช้ที่ดิน และ ข้อมูลชนิดดิน (Land use and Soil Definition) เป็นขั้นตอนของการบ่งชี้ถึงลักษณะของหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาในพื้นที่ (HRUs) ซึ่งจะมาจากการกำหนดของเขตของชั้นข้อมูลการใช้ที่ดิน และชั้นข้อมูลของชนิดดิน

3.) การนำเข้าข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา (Definition of the Weather Station) เป็นขั้นตอนของการบอกลักษณะทางภูมิอากาศเช่น ความชื้นสัมพัทธ์ แรงแลม โดยใส่ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนของสถานีตรวจวัดภูมิอากาศ และใส่ข้อมูลของน้ำฝนเป็นรายวัน แต่ละสถานีที่อยู่บริเวณพื้นที่ศึกษา

4.) การกำหนดค่าพารามิเตอร์ ผู้ใช้สามารถใส่ข้อมูลได้อย่างสมเหตุสมผล ตามค่าของช่วงที่คู่มือแนะนำไว้ โดยต้องใส่พารามิเตอร์และปรับแก้ให้เหมาะสมกับสภาพทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

5.) การหาผลลัพธ์ด้วยแบบจำลอง (Model Run) เป็นขั้นตอนที่ทำหลังจากมีการนำเข้าชั้นข้อมูล และข้อมูลได้อย่างถูกต้องครบตามขั้นตอนแล้ว เป็นกระบวนการคำนวณเพื่อแสดงผลจำลองสภาพของลักษณะทางอุทกวิทยา ที่สนใจ อัตราการไหลของน้ำท่า อัตราการระเหย อัตราการกัดเซาะและการตกตะกอน เป็นต้น

6.) การอ่านผลลัพธ์ของการจำลอง เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการจำลอง ซึ่งในแบบจำลอง SWAT จะแสดงผลลัพธ์เป็นแผนภูมิ และ ตาราง โดยสามารถเลือกแสดงเฉพาะชนิดข้อมูล หรือช่วงปีที่สนใจได้

3.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์

ในขั้นตอนของการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง SWAT นี้ จะต้องวิเคราะห์และพิจารณาก่อนว่ามีพารามิเตอร์ใดบ้างที่มีความสำคัญในการพัฒนาแบบจำลอง และพารามิเตอร์เหล่านั้นจะมีวิธีการในการประเมินค่า หรือมีค่าในช่วงที่สมเหตุสมผลกับสภาพทางกายภาพหรือไม่ จากนั้นจึงดำเนินการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ ประเมินผล และตรวจสอบ แล้วจึงนำเข้าสู่ข้อมูลเหล่านั้นสู่แบบจำลอง ซึ่งพารามิเตอร์และข้อมูลที่จำเป็นในการพัฒนาแบบจำลอง SWAT ได้จัดเก็บอยู่ในไฟล์แยกตามประเภทของพารามิเตอร์ ดังนี้

- .SOL
- .WGN
- .SUB
- .HRU
- .RTE
- .GW
- .MGT

3.2.1 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับดิน (.SOL file)

ค่าข้อมูลดินที่ใช้ในแบบจำลอง SWAT สามารถจำแนกการใส่ข้อมูลได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ข้อมูลลักษณะดินทางกายภาพ และข้อมูลลักษณะดินทางเคมี ในการศึกษานี้ใช้เพียงข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของดินเท่านั้น โดยคุณสมบัตินี้ของแต่ละชนิด มีช่องว่างหรือโพรงอากาศไม่เท่ากัน ซึ่งจะส่งผลให้การเคลื่อนย้ายของมวลน้ำได้ไม่เท่ากัน และคุณสมบัตินี้จะเป็นส่วนหลักที่ส่งผลกระทบต่อ วัฏจักรของน้ำในแต่ละหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRU) และการใส่ค่าข้อมูลดินนั้น (.SOL) สามารถบ่งชี้ค่าคุณลักษณะของดินได้ในหลายชั้นดิน โดยมีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ดังนี้

ค่าคุณสมบัติน้ำทางอุทกวิทยาของดินหรือกรุปของดิน (Hydrologic Soil Group) สำหรับในแบบจำลอง SWAT นั้น หน่วยงาน The U.S. Natural Resource Conservation Service (NRCS 1996) ได้จำแนกดินออกเป็น 4 กรุป บนพื้นฐานของคุณลักษณะการซึมได้ของดิน โดยค่าคุณสมบัตินี้ของแต่ละชนิดและสภาวะนั้นเป็นตัวนำไปเกิดศักยภาพน้ำท่าที่ต่างกันแม้จะ

อยู่ภายใต้เหตุการณ์ของฝนลูกเดียวกัน เช่น ดินแห้งกับดินชื้นหรือ ดินที่อยู่ในสภาวะอิ่มตัว จะให้ปรากฏการณ์ของน้ำท่าที่ต่างกัน อีกทั้งเป็นเหตุให้เกิดระดับน้ำใต้ดินที่ต่างกัน โดยสามารถแบ่งคุณสมบัติทางอุทกวิทยาของดินได้ดังนี้

กรุ๊ป A (low runoff potential) ดินมีอัตราการซึมได้สูง แม้กระทั่งอยู่ในสภาวะที่เปียกชุ่มแล้วก็ตาม ส่วนมากเป็นดินที่ประกอบด้วยทรายหรือกรวดทราย มีความสามารถระบายน้ำที่ดี ดินประเภทนี้จะมีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดิน (water transmission) สูง ด้วยเหตุดังกล่าวจึงมีศักยภาพน้ำท่า (runoff potential) ต่ำมาก

กรุ๊ป B ดินมีอัตราการซึมลงดินปานกลางเมื่อเปียกชุ่ม มีความลึกปานกลางถึงลึกมาก การระบายน้ำดีปานกลางถึงดี ดินประเภทนี้มีเนื้อตั้งแต่ละเอียดปานกลางจนถึงหยาบปานกลาง นอกจากนี้ยังมีอัตราการเคลื่อนของน้ำผ่านดินปานกลาง

กรุ๊ป C ดิน มีอัตราการซึมของน้ำลงดินต่ำเมื่อเปียกชุ่ม ส่วนใหญ่ประกอบด้วยชั้นดินซึ่งขัดขวางต่อการเคลื่อนตัวลึกของน้ำ ดินประเภทนี้มีเนื้อละเอียดปานกลางจนถึงละเอียด และมีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดินต่ำ

กรุ๊ป D (high runoff potential) ดินมีอัตราการซึมของน้ำลงดินต่ำมากเมื่อเปียกชุ่ม ส่วนใหญ่จะเป็นพวกดินเหนียวที่มีศักยภาพในการบวมตัวสูง เป็นพวกดินที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงตลอดเวลา เป็นดินที่มีชั้นดินเหนียวอยู่ใกล้ ๆ กับผิวดิน หรือเป็นพวกดินที่มีชั้นดินซึ่งน้ำซึมผ่านได้ยากอยู่ใกล้กับผิวดิน เป็นต้น อัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดินประเภทนี้จะต่ำมาก ดังนั้นพอสรุปได้ว่าลุ่มน้ำที่ปกคลุมไปด้วยดิน กรุ๊ปนี้จะมีความเสี่ยงในการเกิดน้ำท่าค่อนข้างสูง

ค่าความลึกของดิน (SOL_Z) (mm.) เป็นค่าความลึกจากหน้าดินถึงก้นของชั้นดินนั้นๆ สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0-3500 มิลลิเมตร

ค่าปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้ (Available Water Capacity of soil layer) (SOL AWC) (mm H₂O/mm soil) เป็นค่าความจุน้ำที่มีอยู่ในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ คำนวณได้จากการหักลบกันของความชื้นในดินสูงสุดที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (field capacity) กับความชื้นที่สภาวะจุดเหี่ยวเฉาถาวร (permanent wilting point) สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0-1 มิลลิเมตร/มิลลิเมตร

ค่าความสามารถการนำน้ำของดิน (Saturated hydraulic conductivity) (SOL, Ksat) (mm/hr) มีความสัมพันธ์กับค่าอัตราการไหลของน้ำในดิน (flux density) และค่า hydraulic gradient ซึ่งประเมินได้จากความสามารถในการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดิน สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0-2000 มิลลิเมตร / ชั่วโมง

ค่าสัดส่วนของดินเหนียว CLAY (% soil weight) คือค่าร้อยละของดินเหนียวที่เป็นส่วนประกอบในดินหรือหมายถึงดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 0.002 มิลลิเมตร

ค่าสัดส่วนของกรวด SILT (% soil weight) คือค่าร้อยละของกรวดที่เป็นส่วนประกอบในดินหรือหมายถึงดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ระหว่าง 0.05 กับ 0.002 มิลลิเมตร

ค่าสัดส่วนของทราย SAND (% soil weight) คือค่าร้อยละของทรายที่เป็นส่วนประกอบในดินหรือหมายถึงดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ระหว่าง 2.0 กับ 0.05 มิลลิเมตร

3.2.2 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศ (.WGN file)

แบบจำลอง SWAT ต้องการข้อมูลน้ำฝนเป็นรายวัน แต่ในส่วนของข้อมูลภูมิอากาศซึ่งประกอบด้วย ค่าอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด ค่ารังสีจากดวงอาทิตย์ แรงลม ความชื้นสัมพัทธ์ สามารถอ่านได้จากการเก็บข้อมูลที่วัดได้จริงหรือการสร้างตัวแทนของข้อมูลภูมิอากาศได้ โดยการใส่ข้อมูลทางสถิติ อย่างน้อย 20 ปีที่มีการบันทึกข้อมูลไว้ จากนั้นแบบจำลองจะคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆของภูมิอากาศ ไว้ที่ไฟล์ .WGN มีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ดังนี้

ค่าอุณหภูมิสูงสุด TMPMX(mon) (°C). เป็นค่าเฉลี่ยรายวันของอุณหภูมิสูงสุด ซึ่งต้องใส่ค่าของแต่ละเดือน สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง -30 - 50 °C

ค่าอุณหภูมิต่ำสุด TMPMN(mon) (°C). เป็นค่าเฉลี่ยรายวันของอุณหภูมิต่ำสุด ซึ่งต้องใส่ค่าของแต่ละเดือน สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง -40 - 40 °C

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิสูงสุด TMPSTDMX(mon) (°C). เป็นค่าความแปรผันของค่าอุณหภูมิสูงสุด ในแต่ละเดือน สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0.1-100 °C

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิต่ำสุด $TMPSTDMX(mon)$ ($^{\circ}C$). เป็นค่าความแปรผันของค่าอุณหภูมิต่ำสุด ในแต่ละเดือน สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0.1-30 $^{\circ}C$

ค่าเฉลี่ยของน้ำฝนรายเดือน $PCPMM(mon)$ (mm.) เป็นค่าเฉลี่ยของน้ำฝนรายเดือน สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0-600 มิลลิเมตร

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำฝนรายเดือน $PCPSTD(mon)$ (mm.) เป็นค่าความแปรผันของค่าน้ำฝน ในแต่ละเดือน สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0.1-50 มิลลิเมตร

ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของน้ำฝน $PCPSKW(mon)$ (mm.) เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ ของฝนรายวันในแต่ละเดือน สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง -50 - 20 มิลลิเมตร สมการในการคำนวณ คือ

$$g_{mon} = \frac{N * \sum_{d=1}^N (R_{day,mon} - \bar{R}_{mon})^3}{(N-1) * (N-2) * (\sigma_{mon})^3} \quad (3-1)$$

โดยที่ g_{mon} คือ ค่าความเบ้ของฝนรายวัน, N คือจำนวนของข้อมูล $R_{day,mon}$ คือ ค่าปริมาณน้ำฝน (mm. น้ำ), \bar{R}_{mon} คือ ค่าเฉลี่ยของฝนและ σ_{mon} คือ ค่า เบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าความน่าจะเป็นของจำนวนวันที่ฝนตก $PR W (1, mon)$ เป็นค่าความน่าจะเป็นของจำนวนวันที่ฝนตกในแต่ละเดือนคิดเทียบกับจำนวนวันที่ฝนไม่ตก โดยวันที่ฝนตกคือวันที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 10 มิลลิเมตร และวันที่ฝนไม่ตกคือวันที่มีปริมาณฝน เป็น 0 มิลลิเมตร

ค่าเฉลี่ยของจำนวนวันที่ฝนตก $PCPD (mon)$ เป็นค่าสัดส่วนของจำนวนวันที่ฝนตกในแต่ละเดือนของปีที่เก็บข้อมูลทั้งหมด กับจำนวนปีของข้อมูล

ค่าฝนสูงสุด ครึ่งชั่วโมง $RAINHHMX (mon)$ (mm.) เป็นค่าตัวแทนความเข้มฝนครึ่งชั่วโมงสูงสุดในแต่ละเดือน จากช่วงปีของข้อมูลทั้งหมด สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0 - 125 มิลลิเมตร

ค่ารังสีจากดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน $SOLARAV (mon)$ ($MJ/m^2/day$). เป็นค่าเฉลี่ยรายวันของรังสีจากดวงอาทิตย์ในแต่ละเดือน คำนวณโดยการนำผลรวมของรังสีจากดวง

อาทิตย์ ของทุกวันในแต่ละเดือน สำหรับทุกปีของช่วงข้อมูล หารด้วยจำนวนวันทั้งหมดของช่วงข้อมูล สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0 - 750 มิลลิเมตร

ค่าจุดน้ำค้าง เฉลี่ยรายวัน DEWPT (mon) (°C) เป็นค่าเฉลี่ยรายวันของอุณหภูมิที่จุดน้ำค้างในแต่ละเดือนคำนวณโดยการนำผลรวมอุณหภูมิที่จุดน้ำค้างในแต่ละเดือน ของทุกวันในแต่ละเดือน สำหรับทุกปีของช่วงข้อมูล แล้วหารด้วยจำนวนวันทั้งหมดของช่วงข้อมูล สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง -50 - 25 มิลลิเมตร

ค่าความเร็วลม เฉลี่ยรายวัน WND AV (mon) (m/s) เป็นค่าเฉลี่ยรายวันของความเร็วลมในแต่ละเดือนคำนวณโดยการนำผลรวมของค่าความเร็วลมเฉลี่ย ของทุกวันในแต่ละเดือน สำหรับทุกปีของช่วงข้อมูล แล้วหารด้วยจำนวนวันทั้งหมดของช่วงข้อมูล สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0-100 (เมตร/วินาที)

3.2.3 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับลุ่มน้ำ (.SUB file)

ในการนำเข้าข้อมูลลุ่มน้ำนั้น ไฟล์.SUB จะเก็บรายละเอียดของความสัมพันธ์ต่างๆของน้ำภายในลุ่มน้ำ ข้อมูลที่บันทึกไว้ในไฟล์นำเข้าลุ่มน้ำสามารถที่จะจัดกลุ่มตามลำดับชั้นของคุณสมบัติของลำน้ำย่อยภายในลุ่มน้ำ ซึ่งสภาพที่เด่นชัดของสภาพภูมิประเทศภายในลุ่มน้ำย่อย จะส่งผลต่อสภาพของภูมิอากาศ การผันแปรของภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งจำนวนของหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา HRUs ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ด้วย ซึ่งสภาพทางกายภาพทั่วไปของลุ่มน้ำ เช่น ความยาวสูงสุดของลำน้ำในลุ่มน้ำ ความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำย่อยในลุ่มน้ำ ค่าระดับที่จุดศูนย์กลางมวลของลุ่มน้ำ เป็นต้น นั้น จะได้ค่าเบื้องต้นจากการสร้างและคำนวณของแบบจำลอง จากค่าระดับเชิงเลข แล้วแบบจำลองจะส่งค่ามาเก็บไว้ที่ไฟล์.SUB สำหรับค่าพารามิเตอร์ชนิดอื่นที่สำคัญ มีดังนี้

ค่าความสามารถการนำน้ำแท้จริง (Effective hydraulic conductivity) (CH K) เป็นค่าความสามารถในการนำพानीที่แท้จริงในแต่ละลำน้ำย่อย ซึ่งค่าพารามิเตอร์นี้จะควบคุมการสูญเสียน้ำบนพื้นดิน ของการไหลในลำน้ำสายหลักภายในลุ่มน้ำ สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0-150 มิลลิเมตร/ชั่วโมง

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (CH_N) เป็นค่า Manning's "n" สำหรับลำน้ำย่อย ในลุ่มน้ำ สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0.01-0.50 โดยมีค่าที่แนะนำสำหรับแต่ละพื้นที่ ดังตารางใน ภาคผนวก ค

3.2.4 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (.HRU file)

ในการนำเข้าข้อมูลหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยานั้น ไฟล์ .HRU จะเก็บรายละเอียดของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ต่างๆของสภาพภายในแต่ละหน่วยตอบสนอง ข้อมูลที่บันทึกไว้ในไฟล์นำเข้าหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาสามารถที่จะจัดกลุ่มตามลำดับชั้น กล่าวคือ พื้นที่แต่ละพื้นที่ที่อยู่ในหน่วยตอบสนอง จะส่งผลต่อพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับน้ำที่ผิวดิน รวมไปถึงน้ำใต้ผิวดินด้วย การนำเข้ามาจะเกี่ยวกับการบริหารจัดการพื้นที่ ซึ่งสภาพของหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาทั่วไป เช่น สัดส่วนของการใช้ที่ดิน สัดส่วนของชนิดดิน นั้น จะได้ค่าเบื้องต้นจากการสร้างและคำนวณของแบบจำลอง จากค่าข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ไฟล์กริดการใช้ที่ดิน และไฟล์กริดชนิดดิน แล้วแบบจำลองจะส่งค่ามาเก็บไว้ที่ไฟล์ .HRU สำหรับค่าพารามิเตอร์ชนิดอื่นที่สำคัญ มีดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน บนพื้นดิน OV_N เป็นค่า Manning's "n" สำหรับการไหลบนพื้นดิน สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0.01-0.50 โดยมีค่าที่แนะนำสำหรับแต่ละพื้นที่ ดังตารางในภาคผนวก ค

ค่าพื้นที่ปกคลุมสูงสุดของพุ่มไม้ (Maximum canopy storage) (CANMX) (mm.น้ำ) เมื่อมีฝนตก พุ่มไม้จะดักปริมาณน้ำบางส่วนของฝน เป็นการลดพลังการกัดเซาะของฝนที่ตก ซึ่งความสามารถของกระบวนการดักของพุ่มไม้เหล่านี้ ขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่นของพืชที่ปกคลุม และ ชนิดของพืช ในการคำนวณการไหลที่ผิวดิน ด้วยวิธี SCS Curve Number นั้น การเฉลี่ยค่าการดักของพุ่มไม้ อยู่ในเทอมของสภาพการดักเริ่มต้น (Initial Abstractions) คำนี้อวมถึงความจุบนพื้นดิน และความซึมจากการไหลของน้ำท่า ซึ่งจะมีค่าประมาณร้อยละ 20 ของพารามิเตอร์การกักเก็บ (retention) อย่างไรก็ตามแบบจำลอง SWAT ให้ใส่ค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่อยู่ในส่วนการเก็บกักของพุ่มไม้ในแต่ละวัน เป็นฟังก์ชันของดัชนีพื้นที่ของใบไม้ โดยค่า CANMX คือค่าสูงสุดของปริมาณน้ำที่ถูกดักไว้ในพุ่มไม้ เมื่อพุ่มไม้ชนิดนั้นๆ มีการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0-100 มิลลิเมตร

ค่าแฟกเตอร์ชดเชยการระเหยในดิน (Soil evaporation compensation factor) (ESCO) เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ผู้ใช้สามารถปรับแก้การกระจายความลึกน้ำที่พบในดิน หรือความต้องการการระเหยของดิน เป็นปริมาณที่ก่อให้เกิดผลกระทบของการดึงดูตในดิน (capillary) ซึ่งเมื่อค่า ESCO ถูกลดลง แบบจำลองจะสามารถหาค่าความต้องการการระเหยของดินชั้นล่างได้มากขึ้น โดยค่าแฟกเตอร์ชดเชยการระเหยในดิน สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0.01-1.0

ค่าแฟกเตอร์ชดเชยการดูดน้ำของพืช (Plant uptake compensation factor) (EPCO) เป็นค่าปริมาณน้ำที่ถูกดูดขึ้นมาในแต่ละวัน ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ต้องการคายน้ำของพืช และปริมาณน้ำที่ดินสามารถให้แก่พืชได้ ถ้าดินชั้นบน ไม่สามารถจุน้ำได้เพียงพอกับที่พืชต้องการ ในแบบจำลองสามารถให้มีการดึงน้ำชดเชยจากชั้นล่างได้ โดยค่าแฟกเตอร์ชดเชยการดูดน้ำของพืช สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0.01-1.0 เมื่อค่า EPCO เข้าใกล้ 1.0 ในแบบจำลองหมายถึงมีปริมาณน้ำที่ต้องการถูกดึงจากดินชั้นล่างมาก เมื่อค่า EPCO เข้าใกล้ 0.0 แบบจำลองหมายถึงมีความผันแปรของการกระจายความลึกของน้ำในดินหรือปริมาณน้ำที่ต้องการถูกดึงจากดินชั้นล่างน้อยมาก

3.2.5 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับลำน้ำ (.RTE file)

การนำเข้าข้อมูลลำน้ำสายหลัก (.RTE) เป็นการรวมคุณสมบัติทางกายภาพของลำน้ำที่ส่งผลต่อการไหลของน้ำ เนื่องจากการจำลองในกระบวนการทางกายภาพ ส่งผลต่อการไหลของน้ำ ในโครงข่ายของลำน้ำของกลุ่มน้ำแบบจำลอง SWAT จึงต้องการข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพของลำน้ำสายหลักภายในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ซึ่งสภาพทางกายภาพทั่วไปของลำน้ำ เช่น ความยาวของลำน้ำสายหลัก ความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำสายหลัก เป็นต้น นั้น จะได้ค่าเบื้องต้นจากการสร้างและคำนวณของแบบจำลอง จากค่าระดับเชิงเลข แล้วแบบจำลองจะส่งค่ามาเก็บไว้ที่ไฟล์ .RTE สำหรับค่าพารามิเตอร์ชนิดอื่นที่สำคัญ มีดังนี้

ค่าความสามารถการนำน้ำแท้จริง (Effective hydraulic conductivity) (CH K) เป็นค่าความสามารถในการนำพาที่แท้จริงในแต่ละลำน้ำสายหลัก ซึ่งค่าพารามิเตอร์นี้จะควบคุมการสูญเสียน้ำบนพื้นดิน ของการไหลในลำน้ำสายหลักภายในกลุ่มน้ำ สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0.01 -150 มิลลิเมตร/ชั่วโมง ดังแสดงค่า hydraulic conductivity ที่แนะนำดังตารางในภาคผนวก

สภาพของลำน้ำอาจจะแบ่งลำดับชั้นจากความสัมพันธ์ของระบบน้ำใต้ดิน ได้ดังนี้คือ ลำน้ำที่ตั้งอยู่ในพื้นที่การไหลที่ได้รับน้ำใต้ดินคือลำน้ำที่ได้มาจากการทิ้งน้ำของน้ำใต้ดิน

ลำน้ำชนิดนี้ มักจะมีคุณลักษณะของการเพิ่มการไหลที่ท้ายน้ำ (ดังแสดงในรูปที่ 3-1 a) ลำน้ำที่ตั้งอยู่ในพื้นที่การเติมน้ำคือลำน้ำที่สูญเสียไปให้น้ำใต้ดิน ซึ่งลำน้ำชนิดนี้มักจะมีคุณลักษณะของการลดการไหลที่ท้ายน้ำ เป็นลำน้ำที่มีการสูญเสียจากการเชื่อมต่อกัน (ดังแสดงในรูปที่ 3-1 b) หรือมีการรั่วซึมจากด้านบน (ดังแสดงในรูปที่ 3-1 c) ลำน้ำที่ตั้งอยู่ในระหว่างพื้นที่ของน้ำใต้ดิน เป็นลำน้ำที่ทั้งได้รับและสูญเสียไปยังน้ำใต้ดินในเวลาพร้อมๆกัน เป็นการไหลผ่านลำน้ำ (ดังแสดงในรูปที่ 3-1 d)

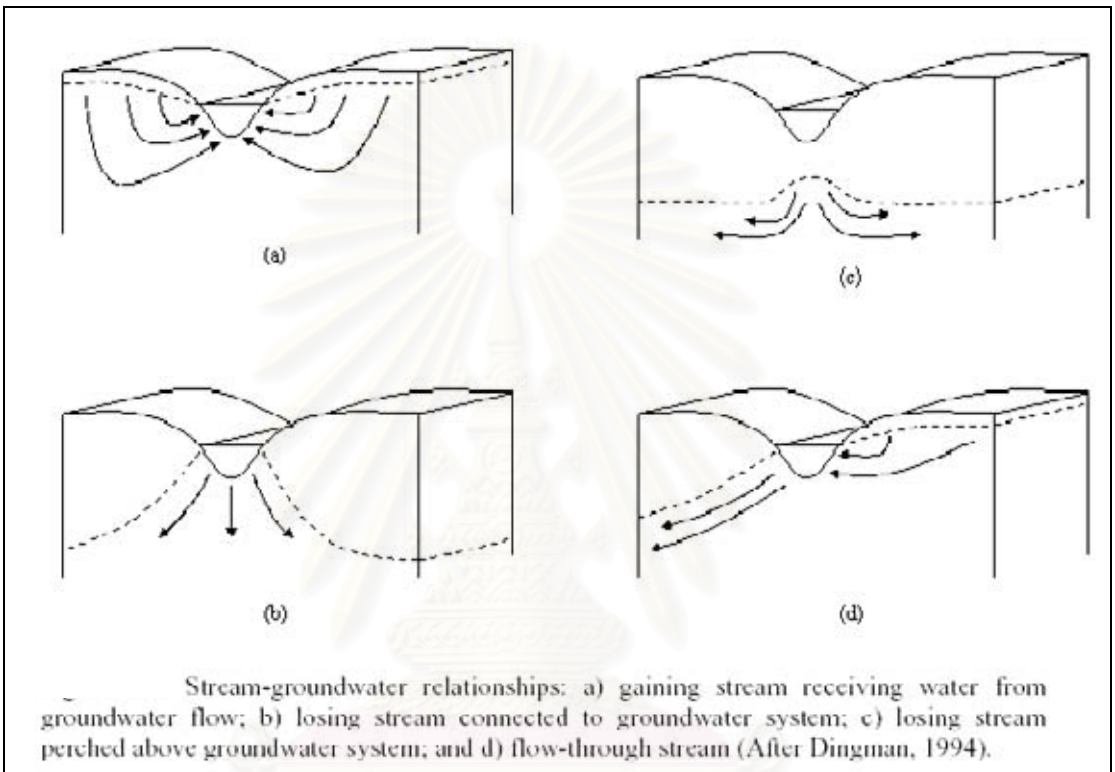
ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (CH_N) เป็นค่า Manning's "n" สำหรับลำน้ำสายหลัก ในลุ่มน้ำ สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0.01-0.50

ค่าอัลฟาเบงก์ ALPHA_BNK (days) เป็นค่าแฟกเตอร์ของการไหลพื้นฐานสำหรับการเก็บกักที่ตลิ่ง (Baseflow alpha factor) โดยความจุเก็บกักที่ตลิ่ง จะสามารถเพิ่มการไหลที่ลำน้ำหลักหรือตามลำน้ำย่อยภายในลุ่มน้ำได้ ซึ่งค่าการไหลที่ตลิ่งถูกจำลองจากโค้งส่วนลด (recession curve) ของกราฟน้ำท่า โดยค่า baseflow alpha factor หรือค่าคงที่ recession นี้ มีคุณลักษณะของโค้งส่วนลดจากความจุเก็บกักที่ตลิ่ง การใส่ค่าคงที่นี้จะมีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งจะมาก (เข้าใกล้ 1) สำหรับโค้งส่วนลดที่ค่อนข้างราบ และน้อย (เข้าใกล้ 0) สำหรับโค้งส่วนลดที่ชัน

3.2.6 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับน้ำใต้ดิน (.GW file)

ในส่วนของการคำนวณน้ำใต้ดินของแบบจำลอง SWAT เป็นระบบของ 2 ชั้นใต้ดิน คือ (1) ชั้นแหล่งน้ำตื้น (shallow) หรือชั้นน้ำใต้ดินไร้แรงดัน (unconfined aquifer) ซึ่งสามารถเพิ่มการไหลย้อนกลับ (return flow) ไปที่ลำน้ำ ภายในลุ่มน้ำได้ และ (2) ชั้นแหล่งน้ำลึกหรือชั้นน้ำใต้ดินมีแรงดัน (confined aquifer) ซึ่งน้ำใต้ดินจะไหลคืนสู่ลำน้ำที่ภายนอกลุ่มน้ำ โดยคุณสมบัติของการเคลื่อนย้ายภายในและออกนอกชั้นน้ำตื้นดังที่กล่าวไปนั้น เป็นการเริ่มต้นของการนำเข้าไฟล์ของน้ำใต้ดิน มีพารามิเตอร์ที่สำคัญ ดังนี้

ค่าความลึกต่ำสุดของน้ำในแหล่งน้ำตื้นที่ต้องการสำหรับไหลกลับสู่ลำน้ำ (GWQMN) เป็นค่าปริมาณน้ำที่น้อยสุดใน shallow aquifer ที่ต้องการเพื่อทำให้เกิดการไหลของน้ำใต้ดินที่ไหลจาก shallow aquifer เป็นปริมาณน้ำไหลกลับ (Return flow) โดยการไหลของน้ำใต้ดินสู่ลำน้ำสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อความลึกของน้ำในแหล่งชั้นน้ำตื้นเท่ากับ หรือมากกว่า ระดับน้ำที่ GWQMN สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0 – 5000 มิลลิเมตร



รูปที่ 3-1 ความสัมพันธ์ของระบบน้ำใต้ดินกับสภาพของลำน้ำ

ที่มา Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2000, Texas Water Resources Institute.,2001.

สำนักงานวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าสัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำใต้ดิน GW_REVAP คือการที่มีการเคลื่อนย้ายน้ำจากชั้นแหล่งน้ำตื้นไปสู่ ชั้นดินที่ยังไม่อิ่มตัว (unsaturated zone) เมื่อวัสดุส่วนมากของชั้นน้ำใต้ดินนั้นอยู่ในสภาวะแห้ง น้ำในแรงดึงดูดคาปิลลารี ที่แยกส่วนระหว่างชั้นอิ่มตัวกับชั้นไม่อิ่มตัว จะระเหยและแพร่กระจายขึ้นสู่ด้านบน เป็นการแทนที่ของน้ำจากชั้นน้ำใต้ดิน น้ำส่วนนี้อาจรวมถึงการเคลื่อนย้ายน้ำ จากชั้นที่ลึกลงไปอีกมาสู่ชั้นเขตรากพืชจากการดูดน้ำของพืช ซึ่งกระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่สำคัญในกลุ่มน้ำอย่างหนึ่ง ในการพิจารณาชั้นน้ำอิ่มตัวที่ไม่ไกลมากนักใต้พื้นดินหรือที่ชั้นเขตรากพืช เนื่องจากชนิดของพืชที่ปกคลุมจะส่งผลที่สำคัญของการระเหยในการสมดุลน้ำ โดยที่เมื่อค่า GW_REVAP เข้าใกล้ 0 การเคลื่อนที่ของน้ำจากชั้นแหล่งน้ำตื้นไปสู่ชั้นเขตรากพืชจะมีข้อจำกัด แต่เมื่อค่า GW_REVAP เข้าใกล้ 1 อัตราการเคลื่อนย้ายจากชั้นแหล่งน้ำตื้นไปสู่ชั้นเขตรากพืชจะใกล้เคียงกับอัตราการคายระเหยอ้างอิง ซึ่งค่าพารามิเตอร์นี้สามารถใส่ค่าได้ในช่วง 0.02 - 0.20

ค่าความลึกต่ำสุดของน้ำในแหล่งน้ำตื้นที่ต้องการสำหรับไหลลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน (REVAPMN) เป็นค่าปริมาณน้ำที่น้อยสุดใน shallow aquifer ที่ทำให้เกิดการไหลของน้ำใต้ดินจาก shallow aquifer ซึมลงสู่ชั้นใต้ดินที่ลึกลงไป โดยการเคลื่อนตัวของน้ำในชั้นแหล่งน้ำตื้นลงชั้นน้ำใต้ดินนี้ สามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อความจุของน้ำในแหล่งชั้นน้ำตื้นเท่ากับ หรือมากกว่า ระดับน้ำที่ REVAPMN ซึ่งพารามิเตอร์นี้ สามารถใส่ค่าได้อยู่ในช่วง 0 – 500 มิลลิเมตร

3.2.7 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการที่ดิน (.MGT file)

เป้าหมายของแบบจำลองทั่วไปคือประเมินผลกระทบของกิจกรรมของมนุษย์บนระบบที่มีมาแต่เดิม โดยศูนย์กลางในการที่จะประเมินเรื่องนี้คือรายการของพื้นดินและการจัดการน้ำ ในระบบ ซึ่งไฟล์เริ่มต้นในการใช้พิจารณาสิ่งเหล่านี้คือ ไฟล์ HRU Management (.MGT) โดยการนำเข้าไฟล์การบริหารจัดการทั่วไป เป็นการบอกสถานะของการเจริญเติบโตของพืช ในแต่ละหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา ณ เวลาที่เริ่มการจำลอง ในส่วนของค่าพารามิเตอร์ที่ใส่คือ curve number สำหรับแต่ละหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา รายละเอียด ดังนี้ คือ

ค่า Curve Number CN2 เป็นค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของการหาน้ำท่าด้วยวิธี SCS curve number สำหรับ moisture condition II โดยที่ค่า SCS curve number เป็นฟังก์ชันของการซึมได้ในดิน และสภาพการใช้ที่ดิน (ดังแสดงค่าของ Curve Number ที่แนะนำ ในภาคผนวก จ)

ดังสรุปพารามิเตอร์และวิธีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ ที่สำคัญ ในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในแบบจำลอง SWAT

ประเภทของพารามิเตอร์	วิธีการกำหนดค่าพารามิเตอร์		
	เก็บข้อมูล	ตามคู่มือแนะนำ	ปรับเทียบ
1. ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับดิน (.SOL file)			
- Hydrologic Soil Group			
- ค่าความลึกของดิน (SOL_Z)			
- ค่าปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้ (SOL_AWC)			
- ค่าความสามารถการนำน้ำของดิน (Ksat)			
2. ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศ (.WGN file)			
3. ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับลุ่มน้ำ (.SUB file)			
- ค่าความสามารถการนำน้ำแท้จริง (CH_K)			
- ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย (CH_N)			
4. ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (.HRU file)			
- ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย บนพื้นดิน OV_N			
- ค่าพื้นที่ปกคลุมสูงสุดของพุ่มไม้ (CANMX)			
- ค่าแฟกเตอร์ชดเชยการดูดน้ำของพืช (EPCO)			
5. ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับลำน้ำ (.RTE file)			
- ค่าความสามารถการนำน้ำแท้จริง (CH_K)			
- ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย (CH_N)			
6. ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำใต้ดิน (.GW file)			
- ค่าความลึกต่ำสุดของน้ำในแหล่งน้ำต้นที่ต้องการสำหรับไหลกลับสู่ลำน้ำ (GWQMN)			
- ค่าสัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำใต้ดิน (GW_REVAP)			
- ค่าความลึกต่ำสุดของน้ำในแหล่งน้ำต้นที่ต้องการสำหรับไหลลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน (REVAPMN)			
7. ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการที่ดิน (.MGT file)			
- ค่า Curve Number (CN)			

หมายเหตุ

หมายถึง วิธีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้

3.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองคือการประเมินปริมาณความไม่แน่นอนในการปรับแก้พารามิเตอร์ของแบบจำลอง ความไวในการกระทบต่อแบบจำลอง ซึ่งเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์บางตัว โดยที่ยังคงค่าอื่นๆไว้ เช่น พารามิเตอร์ทางกายภาพในพื้นที่ศึกษาของแบบจำลอง พารามิเตอร์เกี่ยวกับการใช้ที่ดิน (ค่า CN Curve Number) พารามิเตอร์เกี่ยวกับชนิดดิน เป็นต้น โดยการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองแสดงให้เห็นนัยสำคัญของพารามิเตอร์และข้อมูลเหล่านั้นว่า พารามิเตอร์ใดมีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ของแบบจำลองในลักษณะใด และการพัฒนาแบบจำลองจำเป็นต้องให้ความสำคัญ ในการวิเคราะห์ตรวจสอบข้อมูลที่มีนัยสำคัญสูงเหล่านั้นอย่างละเอียดก่อน

ในขั้นตอนของการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองในการศึกษานี้ ทำโดยการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากที่มีการตั้งค่าอัตโนมัติเริ่มต้นไว้ของแบบจำลอง หลังจากที่มีการสร้างสภาพทางกายภาพให้กับลุ่มน้ำในแบบจำลองแล้ว เนื่องจากแบบจำลองจะใส่ค่าในช่วงที่เหมาะสมของแต่ละพารามิเตอร์ไว้เบื้องต้นแล้ว ซึ่งค่าที่ได้มักจะให้ผลการคำนวณในรูปแบบที่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงที่อยู่บ้าง แต่ยังมีที่ผิดพลาดมากในเรื่องของปริมาณ และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะถูกเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบภายในช่วงที่แบบจำลองแนะนำ วิธีการโดยทั่วไปในการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองนั้น มักกระทำโดยเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ทีละตัว โดยปรับทั้งในทิศทางเพิ่มขึ้นและลดลงตามสัดส่วนที่เท่าๆกันภายในช่วงของค่าที่แนะนำของแต่ละพารามิเตอร์ การเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้ค่าปริมาณน้ำท่า ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของการคำนวณของแบบจำลองต่างไปจากผลที่ได้เมื่อครั้งที่กำหนดเบื้องต้นจากแบบจำลองครั้งแรก ผลต่างของผลลัพธ์นี้คือตัวชี้วัดความอ่อนไหวของแบบจำลองที่มีต่อพารามิเตอร์แต่ละตัว

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวถูกกำหนดให้เป็นขั้นตอนสำคัญหลักในการพัฒนาแบบจำลอง โดยมีพารามิเตอร์และข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ดังที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 3.2 ซึ่งผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองโดยทั่วไป สามารถพิจารณาได้จากผลต่างของผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณก่อนการปรับ

พารามิเตอร์แต่ละครั้ง หรืออาจแสดงโดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่ได้จากการคำนวณเดิม

3.4 การปรับเทียบแบบจำลอง

ก่อนที่จะนำแบบจำลองทางอุทกวิทยามาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาเรื่องใดๆก็ตาม ควรต้องมีการผ่านขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลองเสียก่อน เนื่องจากแบบจำลองทางอุทกวิทยาเป็นผลมาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการจำลองสภาพจริงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ เป็นไปได้ยากมากที่ให้การคำนวณที่ตรงหรือใกล้เคียงข้อมูลจากการวัดจริงมากที่สุด จึงอาจเกิดความไม่น่าเชื่อถือได้หากนำแบบจำลองไปใช้งานเลย ดังนั้นเพื่อให้เกิดความมั่นใจในการนำแบบจำลองทางอุทกวิทยา รวมทั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เหมาะสมของแบบจำลองทางอุทกวิทยา ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ต่อไป จึงต้องมีกระบวนการในการปรับเทียบแบบจำลอง

ในการปรับเทียบแบบจำลองทางอุทกวิทยา (Model Calibration) เป็นการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับแบบจำลอง โดยต้องปรับค่าตัวแปร หรือพารามิเตอร์ ที่ใช้เพื่อให้กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง (Simulated) และจากข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ (Observed) มีความสัมพันธ์กันให้มากที่สุด ซึ่งการปรับเทียบแบบจำลองสามารถทำได้หลายวิธี ดังที่กล่าวแล้วในบทที่ 2 และการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการปรับเทียบ โดยทั่วไปจะใช้วิธี Trial and Error หรือวิธีการหาค่าที่เหมาะสมทางคณิตศาสตร์ (Numerical Optimization) ซึ่งพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT มีรายละเอียดค่อนข้างมาก และเป็นค่าพารามิเตอร์ที่ถูกประเมินขึ้นจากค่าทางธรรมชาติ สามารถนำข้อมูลที่แตกต่างกันของการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน สภาพชนิดดิน ที่เป็นข้อมูลทางระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาใช้ได้ ดังนั้นจึงควรศึกษาและปรับเทียบในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับข้อมูลที่มี แม้ว่าในการปรับเทียบช่วงเวลาที่สั้นจะทำให้มีความผิดพลาดมากได้ง่ายก็ตาม แต่การปรับเทียบแบบจำลองสำหรับช่วงเวลาที่สั้นก็นับว่ามีประโยชน์ในเชิงความคิด ของการเปลี่ยนแปลงสภาพทั่วไปในความเป็นจริงเช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

ในการตรวจสอบความเข้ากันได้ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าค่าของ พารามิเตอร์ที่ได้ไปนั้นมีความเหมาะสมที่จะเป็นข้อมูลด้านเข้า สำหรับแบบจำลองของกลุ่มน้ำ แต่ในการปรับเทียบ

แบบจำลองในการศึกษานี้ เปรียบเสมือนมีหลายเหตุการณ์ตามสภาพทางกายภาพจึงอาจทำให้พารามิเตอร์ที่ได้ไม่ตรงกันในแต่ละช่วงเหตุการณ์ แต่โดยการวิเคราะห์ทางสถิติและจากสภาพพื้นที่ศึกษาจริงนำมาเป็นแนวทางการพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

เงื่อนไขที่มีความซับซ้อนกว่าในการตรวจสอบความเข้ากันได้ระหว่างกราฟน้ำท่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริงและจากการจำลอง มักจะได้รับการยอมรับในการนำมาใช้มากกว่าเงื่อนไขที่ง่าย ๆ เช่น เงื่อนไขที่นำกราฟน้ำท่าทั้งแผ่นมาใช้ในการตรวจสอบความเข้ากันได้จะมีความถูกต้องและเหมาะสมมากกว่าการใช้เพียงบางจุดเท่านั้น โดยในการศึกษานี้ได้นำทั้งเงื่อนไขทั้งง่ายและยาก หลายเงื่อนไขมาประกอบการวิเคราะห์ คือ การพิจารณาถึงค่าร้อยละของความแตกต่างของผลรวมปริมาณน้ำท่ารายปี ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ของปริมาณน้ำท่ารายเดือน ค่าการเข้ากันได้ดีของรูปร่างกราฟน้ำท่า ค่าความแตกต่างของปริมาณการไหลสูงสุด เวลาที่เกิดการไหลสูงสุด ค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิผลของอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือน

หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจคัดเลือกผลการเปรียบเทียบข้อมูล ของการศึกษานี้ ได้เปรียบเทียบผลของน้ำท่าที่ได้จากการจำลองและข้อมูลน้ำท่าที่ได้จากการบันทึก ของสถานีวัดน้ำท่า N1 อำเภอเมือง จังหวัดน่าน โดยใช้การพิจารณาค่าทางสถิติของข้อมูลทั้ง 2 ชุด เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ ได้แก่

1. การพิจารณาถึงค่าร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ เป็นการดูค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีจากค่าที่วัดจากสถานีวัดน้ำ (R_f) กับค่าที่ได้จากการคำนวณ (R_m) ซึ่งค่าที่ได้ควรจะมีค่าน้อย สมการเป็น ดังนี้

$$(R_f - R_m) / R_f * 100 \quad (3-2)$$

2. ค่ารากที่สองสัมพัทธ์ของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Root Mean Square Relative Error; ER) จากค่าที่วัดจากสถานีวัดน้ำ (q_f) และค่าที่ได้จากแบบจำลอง (q_m) โดยพิจารณาจากค่าปริมาณน้ำรายเดือน ซึ่งค่าที่ได้ควรจะมีค่าน้อย สมการเป็น ดังนี้

$$ER = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_m - q_f)^2}{\sum_{i=1}^n q_f^2}} \quad (3-3)$$

3. ค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิผล (R^2) โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของค่าอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือน จากข้อมูลการบันทึกจริงของสถานีวัดน้ำ (q_f) กับการจำลอง (q_m) โดยใช้วิธีกำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ชั่วขณะของเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient) ซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 โดยค่าที่เหมาะสม ควรจะเข้าใกล้ 1 จึงกล่าวได้ว่าอัตราการไหลที่ได้จากการบันทึกจริง และอัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลอง มีความสัมพันธ์แบบปฏิกิริยาตรง โดยมีสมการเป็น ดังนี้

$$R = \frac{n(\sum q_f q_m) - (\sum q_f)(\sum q_m)}{\sqrt{[n\sum q_f^2 - (\sum q_f)^2][n\sum q_m^2 - (\sum q_m)^2]}} \quad (3-4)$$

4. การพิจารณาถึงการเข้ากันได้ดีของรูปร่างกราฟน้ำท่า โดยพิจารณาจากการดูรูปร่างของกราฟน้ำท่า ซึ่งรูปร่างของกราฟควรจะใกล้เคียงกันและไปในทิศทางเดียวกัน และพลอตกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าน้ำท่าที่ได้จากการจำลอง กับค่าน้ำท่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริง โดยกราฟเปรียบเทียบที่ได้ควรจะเกาะกลุ่มกันที่เส้นแบ่ง 45 องศาของกราฟ

เทคนิคการเปรียบเทียบปริมาณการไหล

ปัจจัยที่ควรพิจารณาเป็นหลักในการเปรียบเทียบปริมาณการไหล มีดังนี้

- Water balance : ค่าเฉลี่ยรายปี และ ปริมาตรการไหลรวมรายปี
- Time lag หรือ shifts : เวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด และเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนตัวของน้ำ
- Shape of hydrograph : ค่าอัตราการไหลสูงสุด และลักษณะการลดลงของกราฟน้ำท่า

ในการเปรียบเทียบแบบจำลองของสมดุลงน้ำ และน้ำท่า ต้องมีความเข้าใจของเงื่อนไขของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริงในสภาพลุ่มน้ำเสียก่อน จากนั้นจึงเริ่มเปรียบเทียบแบบจำลองโดยเริ่มที่การปรับเทียบค่าปริมาณน้ำท่ารายปีก่อน แล้วค่อยปรับเทียบ ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน ตามลำดับ เพื่อจะได้หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการปรับเทียบ

จากการค้นคว้าการศึกษาเรื่องเกี่ยวกับการปรับเทียบแบบจำลองที่ผ่านมา ประกอบกับศึกษาในเรื่องการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง สามารถยกตัวอย่างเทคนิคการแก้ไขปัญหาในการปรับเทียบปริมาณการไหล ที่มักจะเกิดขึ้นเสมอ ดังนี้

(1) กรณีมีอัตราการไหลสูงโดดขึ้นมาอย่างผิดปกติต่างจากข้อมูลตรวจวัด อาจะเกิดขึ้นจากข้อมูลฝนของสถานีที่เลือกใช้ไม่สามารถเป็นตัวแทนของฝนที่ตกในพื้นที่รับน้ำได้จริง หรือความผิดพลาดในการตรวจวัดของเครื่องมือที่สถานีวัดน้ำฝน หรือ ปริมาณการไหล ดังนั้นควรมีการตรวจสอบความถูกต้องและความคงตัวของข้อมูลฝน และข้อมูลปริมาณการไหล

(2) ควรเริ่มการปรับเทียบ ในส่วนของน้ำท่าผิวดิน (Surface runoff) โดยการปรับแก้ ค่า Curve Number (CN2 ใน .MGT) จนกระทั่งค่าปริมาณน้ำท่าของแบบจำลองใกล้เคียงกับข้อมูลที่บ้านที่จริง ให้ปรับแก้โดยถ้าแบบจำลองประเมินปริมาณการไหลผิวดินสูงเกินไป ให้แก้ไขโดยปรับลดค่า CN สำหรับการใช้น้ำที่ดินต่างๆ ถ้าค่าของน้ำท่าผิวดิน ยังไม่สมเหตุผลผล หลังจากการปรับ CN ให้ปรับแก้ค่าค่าปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้ (soil available water capacity) (SOL_AWC ใน .SOL) หรือ ค่าแฟกเตอร์ชดเชยการระเหยในดิน (soil evaporation compensation factor) (ESCO ใน .HRU)

(3) หลังจากปรับการไหลที่น้ำท่าผิวดินแล้ว ให้พิจารณาการไหลพื้นฐาน (Base flow) ถ้าแบบจำลองประเมินปริมาณการไหลพื้นฐานสูงเกินไป และค่าอัตราการคายระเหยต่ำไป ให้แก้ไขโดยปรับแก้ไฟล์ข้อมูลน้ำใต้ดิน .GW ดังนี้ เพิ่มค่า GWQMN, เพิ่มค่า GW_REVAP, ลดค่า REVAPMN

(4) กรณีเวลาเกิดอัตราการไหลสูงสุดไม่ตรงกับผลตรวจวัด เกิดขึ้นจากการกำหนดค่า Time of concentration ค่าความลาดชันในการไหลของน้ำผิวดิน และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ไม่ถูกต้องตามสภาพพื้นที่รับน้ำ แก้ไขโดยปรับแก้ค่า SLOPE ค่า OV_N และ ค่า SLSUBBSN ในไฟล์ .HRU

(5) กรณีอัตราการลดลงของกราฟน้ำหลากเร็วหรือช้ากว่าผลตรวจวัด แสดงว่าค่า Channel Hydraulic Conductivity ยังไม่เหมาะสม แก้ไขโดยปรับแก้ค่า CH_K ในไฟล์ .RTE

บทที่ 4

สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

4.1 สภาพภูมิประเทศ

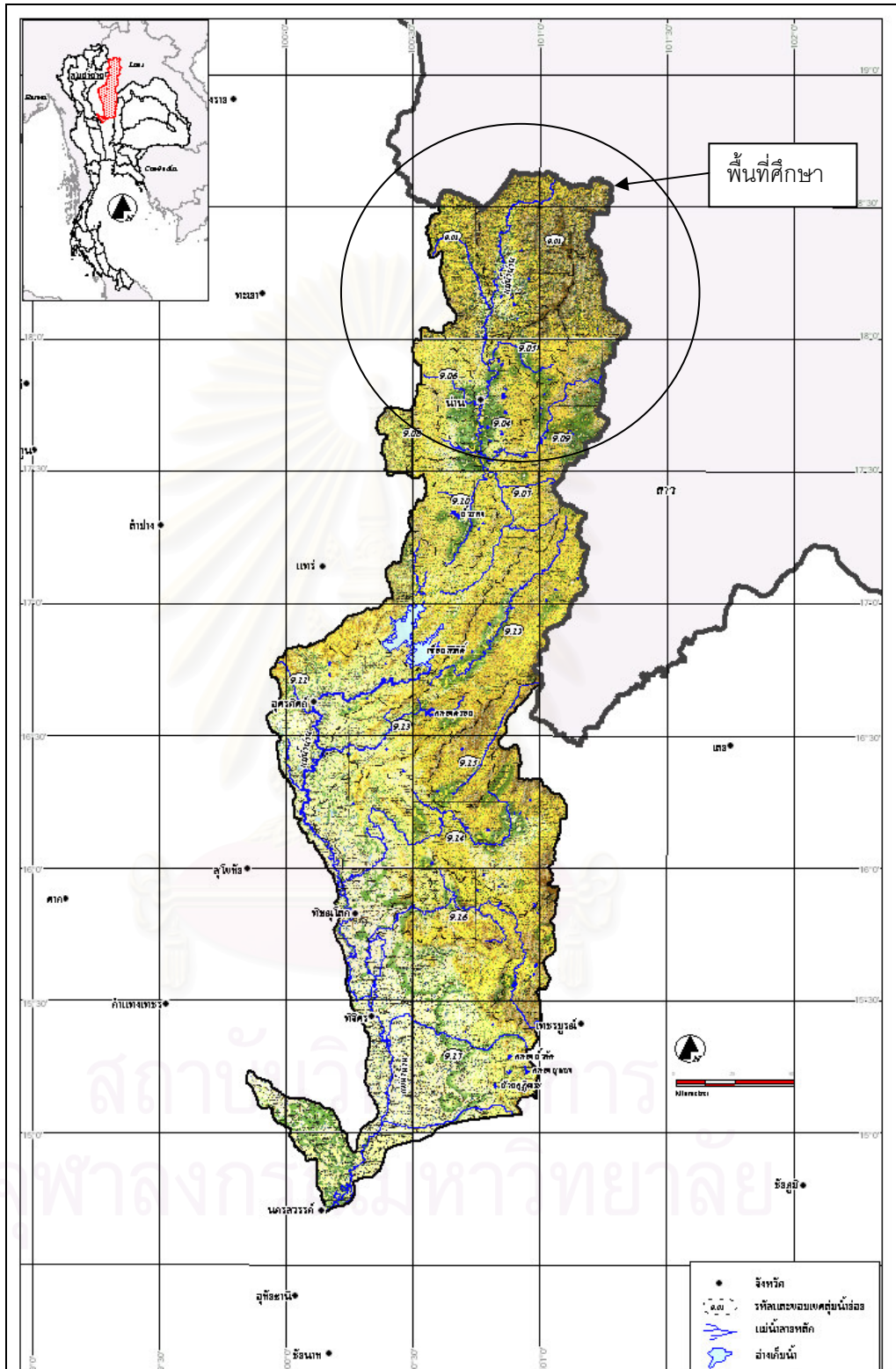
พื้นที่ศึกษา ลุ่มน้ำน่านตอนบน

พื้นที่ศึกษาอยู่ในลุ่มน้ำน่าน ซึ่งตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย (ดังแสดง ลักษณะสภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำน่านในรูปที่ 4-1) ครอบคลุม 5 ลุ่มน้ำย่อยตามการแบ่งลุ่มน้ำ สาขาของคณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติ คือ แม่น้ำน่านตอนบน ห้วยน้ำยาว (1) แม่น้ำน่านส่วนที่ 2 น้ำสมุน และ น้ำยาว (2) มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 5,729 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ใน เขต อ.เฉลิมพระเกียรติ อ.สองแคว อ.เชียงกลาง อ.ทุ่งช้าง อ.บัว อ.สันติสุข กิ่งอ.ภูเวียง อ.เมือง จังหวัดน่าน (ดังแสดงในรูปที่ 4-2) ลักษณะลุ่มน้ำวางตัวตามแนวทิศเหนือ - ใต้ ตั้งอยู่ระหว่าง พิกัด 206000 ใต้ ถึง พิกัด 218000 เหนือ และระหว่างพิกัด 660000 ตะวันตก ถึงพิกัด 740000 ตะวันออก มีทิศเหนือของลุ่มน้ำติดกับลุ่มน้ำโขง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำย่อย น้ำสา และน้ำน่านส่วนที่สาม ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำย่อย น้ำว่า และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำยม มีลักษณะแต่ละลุ่มน้ำย่อย เป็นดังนี้ (สำหรับรายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ก)

1) ลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำน่านตอนบน มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 2,247 ตารางกิโลเมตร อยู่ในพื้นที่อำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอเชียงกลาง และอำเภอบัว จังหวัดน่าน ประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อยต่างๆ คือ น้ำอบ น้ำสอด ห้วยน้ำพาะ น้ำเลียบ ห้วยน้ำมีด ห้วยน้ำเปือ น้ำกอน น้ำหุย น้ำแกง และน้ำบัว

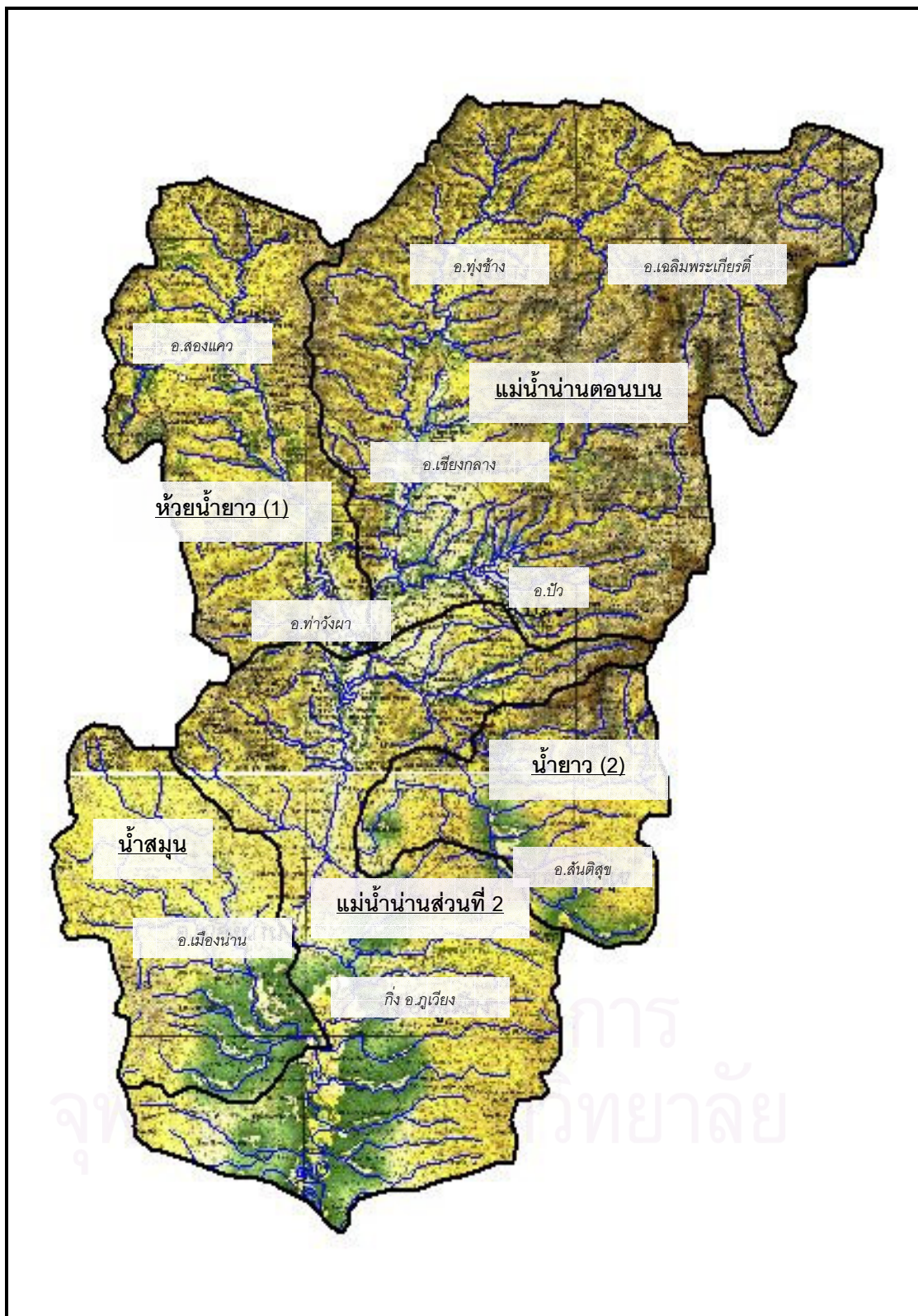
2) ลุ่มน้ำย่อยห้วยน้ำยาว มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 863 ตารางกิโลเมตร อยู่ในพื้นที่อำเภอสองแคว และอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อยต่างๆ คือ น้ำปุกโครง น้ำมอน น้ำพริก น้ำก้อม น้ำยอด น้ำพร้าว น้ำทอง น้ำถ่าน น้ำพาน น้ำใต้และน้ำริม

3) ลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำน่านส่วนที่ 2 มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 1,450 ตารางกิโลเมตร อยู่ในพื้นที่อำเภอท่าวังผา อำเภอบัว อำเภอเมือง กิ่งอำเภอภูเวียง และอำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อยต่างๆ คือ ห้วยร่องกต น้ำปุด น้ำยาง น้ำสบสาย ห้วยเสี้ยว น้ำงาน แม่น้ำยาว ห้วยจัน ห้วยวะ ห้วยส้มปอย น้ำต้อน น้ำเห็ด น้ำบัวและน้ำครก



รูปที่ 4-1 สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำน่าน

ที่มา โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลัก สำหรับแผน 9, กรมชลประทาน, 2546.



รูปที่ 4-2 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา

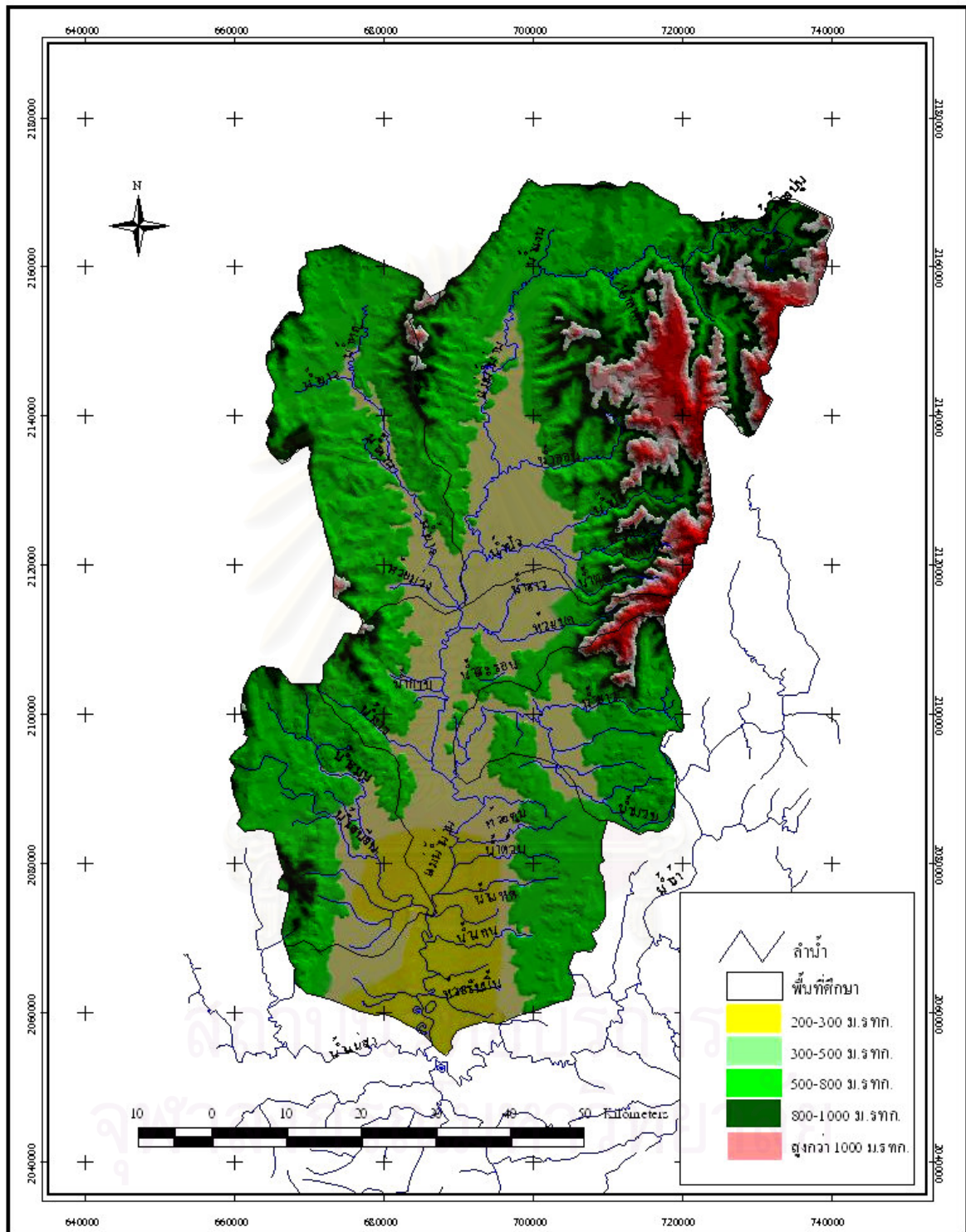
4) กลุ่มน้ำย่อยห้วยน้ำยาว (2) มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 597 ตารางกิโลเมตร อยู่ในพื้นที่อำเภอสันติสุข และอำเภอปัว จังหวัดน่าน ประกอบด้วยลำน้ำย่อยต่างๆ คือ ห้วยคุด ห้วยหาด น้ำแม่วอน ห้วยมัด ห้วยกุ่ม ห้วยหลวง น้ำมวบ น้ำพง ห้วยอินคำ ห้วยไฮและห้วยก้อ

5) กลุ่มน้ำย่อยน้ำสมุน มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 584 ตารางกิโลเมตร อยู่ในพื้นที่อำเภอบ้านหลวง และอำเภอเมือง จังหวัดน่าน ประกอบด้วยลำน้ำย่อยต่างๆ คือ ห้วยแม่คังแผน ห้วยเกิ้น น้ำซุ่น ห้วยระพี ห้วยม่วง ห้วยเหตุ ห้วยปุก ห้วยขม้น ห้วยกาไธ น้ำเสเนียน และน้ำขาว

พื้นที่ศึกษา เป็นลุ่มน้ำต้นน้ำของแม่น้ำน่านมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาหลวงพระบาง ซึ่งเป็นเส้นแบ่งเขตแดนไทย - ลาว มีความสูงอยู่ที่ระดับประมาณ 800 - 1200 ม.รทก. ที่แม่น้ำน่านตอนบน จากนั้นไหลผ่านที่ราบระหว่างหุบเขาในเขตอำเภอเมือง และอำเภอเวียงสา จังหวัดน่านโดย หุบเขาทางด้านตะวันตกเป็นต้นกำเนิดของลำน้ำสาขา ห้วยน้ำยาว น้ำสมุน และตะวันออกเป็นต้นกำเนิดของลำน้ำสาขาน้ำยาว(2) มาบรรจบลงแม่น้ำน่าน ที่ราบบริเวณนี้จะมีระดับความสูงประมาณ 180 - 220 ม.รทก. จากนั้นแม่น้ำน่านจะไหลผ่านหุบเขาลงสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ ดังแสดงสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา ในรูปที่ 4-3

4.2 สภาพภูมิอากาศ

พื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยประมาณกลางเดือนพฤษภาคม หย่อมความกดอากาศทางซีกโลกใต้เคลื่อนตัวผ่านมหาสมุทรอินเดีย ทางทะเลอันดามัน ผ่านพื้นที่คาบสมุทรทางตอนใต้ ไปแทนที่หย่อมความกดอากาศต่ำทางซีกโลกเหนือ ทำให้เกิดลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดผ่านทะเลและมหาสมุทร พัดพาเอาความชื้นจากทะเลเข้าสู่ฝั่ง ทำให้เกิดฝนตกในภาคพื้นทวีป โดยจะทำให้เกิดฝนตกชุกทั่วไปในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม จากนั้นช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จากการศึกษาข้อมูลของสถานีตรวจอากาศจังหวัดน่าน สามารถสรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ ประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ เมฆปกคลุม ความเร็วลม และปริมาณการระเหยจากผิวดิน (สภาพภูมิอากาศของจังหวัดน่าน แสดงไว้ในภาคผนวก ข) ได้ดังนี้



รูปที่ 4-3 สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 4-1 สรุปข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ

ข้อมูลภูมิอากาศ ที่สำคัญ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย รายเดือนสูงสุด	ค่าเฉลี่ย รายเดือนต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย รายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	20.4	28.7	25.6
ความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	66.0	85.0	78
เมฆปกคลุม	0-10	2.3	8.4	5.2
ความเร็วลม	น็อต	0.4	0.9	0.6
ปริมาณการระเหย จากภาค	มิลลิเมตร	6.8	270.9	1237.3

ดังแสดงการผันแปรค่าเฉลี่ยรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศสถานีตรวจอากาศจังหวัดน่าน ในภาคผนวก ข

4.3 สภาพอุทกวิทยา

(1) ปริมาณฝน

ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา ได้ศึกษาจากจากเส้นชั้นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีต่อหน่วยพื้นที่ในลุ่มน้ำน่าน และการผันแปรของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของกลุ่มน้ำย่อยต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาดังรายละเอียดในภาคผนวก ข และข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนจากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (เดิม) และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านและข้างเคียง ดังแสดงรายชื่อสถานีวัดน้ำฝนช่วงปีที่ยกมา และสถิติปริมาณฝนรายปีในพื้นที่ศึกษาในตารางที่ 4-2 และสถิติปริมาณฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาในตารางที่ 4-3 จากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำโดยการแบ่ง พื้นที่รับน้ำฝนด้วยวิธีสามเหลี่ยมมธิเอสเสน ดังแสดงตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนและการแบ่งรูปเหลี่ยมมธิเอสเสน ในรูปที่ 4-4 สรุปได้ว่าลุ่มน้ำน่านตอนบน มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,200 มม. จนถึงประมาณ 1,800 มม. โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,390.39 มม. เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 1,199.38 มม. หรือคิดเป็นปริมาณฝนร้อยละ 86 ของปริมาณฝนทั้งปี และสรุปการผันแปรของปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยทั้งพื้นที่ศึกษาได้ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-2 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝน ช่วงปีที่บันทึก และสถิติปริมาณฝนรายปีในพื้นที่ศึกษา

ชื่อสถานี	จังหวัด	รหัส สถานี	ตำแหน่ง		ช่วงปี สถิติข้อมูล	ปริมาณฝนรายปี, มม.		
			ละติจูด (น.)	ลองจิจูด (อ.)		เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
1. อ.เมืองน่าน	น่าน	28013	18-46-35	100-46-26	1952 - 2003	1,222.56	1,602.30	755.20
2. อ.เวียงสา	น่าน	28022	18-34-10	100-45-15	1953 - 2003	1,119.90	1,680.20	790.60
3. อ.ป่า	น่าน	28042	19-10-57	100-55-03	1952 - 2003	1,256.62	1,792.00	747.20
4. อ.ทุ่งช้าง	น่าน	28053	19-23-11	100-52-47	1952 - 2000	1,615.85	2,135.30	882.30
5. อ.ท่าวังผา	น่าน	28073	19-07-04	100-48-48	1968 - 2003	1,406.96	1,991.50	956.90
6. อ.เชียงกลาง	น่าน	28102	19-17-33	100-51-57	1970 - 2003	1,192.92	1,724.00	766.90
7. แม่น้ำว่า บ้านหาดข้าวสาร (N.42) อ.เวียงสา	น่าน	28111	18-34-05	100-52-28	1977 - 2003	1,248.64	1,829.90	841.38
8. อ.แม่จริม	น่าน	28152	18-44-00	101-01-00	1980 - 2003	1,231.52	1,877.20	587.21

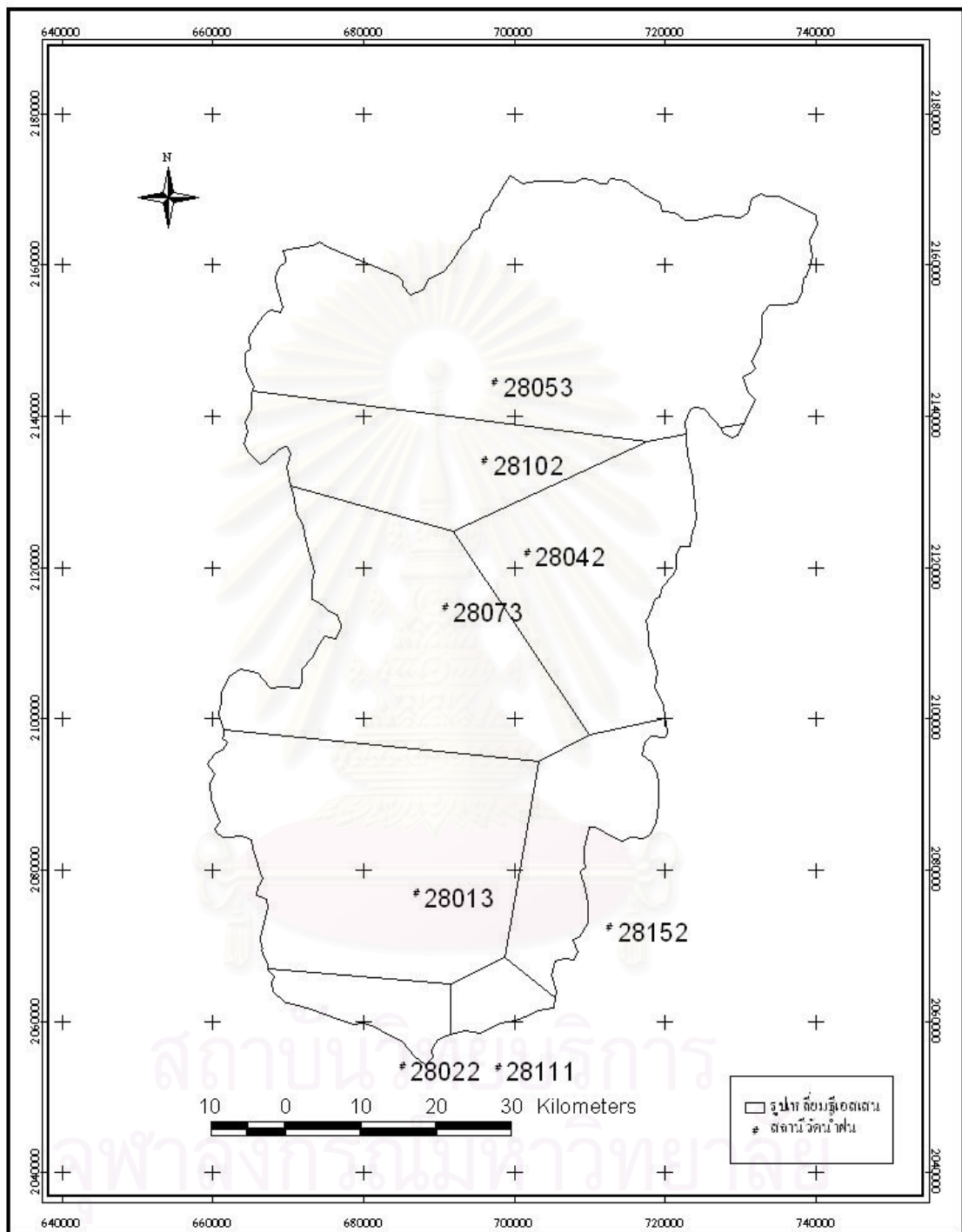
ตารางที่ 4-3 สถิติปริมาณฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา

ลำดับ ที่	รหัส สถานี	ช่วงปี สถิติข้อมูล	ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย, มม.												ปริมาณน้ำฝน, มม.		
			เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
1.	28013	1952 - 2003	91.34	160.38	137.27	194.05	270.22	212.89	76.39	20.07	6.19	7.43	12.55	32.62	1,051.21	170.19	1,221.41
2.	28022	1953 - 2003	79.28	164.60	139.20	170.13	246.99	186.72	68.81	14.07	5.95	4.45	9.13	30.57	976.45	143.45	1,119.90
3.	28042	1952 - 2003	69.83	161.54	155.75	241.62	282.96	203.04	62.85	17.21	7.84	7.05	9.41	37.51	1,107.76	148.86	1,256.62
4.	28053	1952 - 2000	103.90	193.73	207.95	316.46	391.94	230.32	72.68	22.87	14.80	10.35	10.58	40.29	1,413.07	202.78	1,615.85
5.	28073	1968 - 2003	92.47	193.33	197.86	264.54	305.84	184.64	79.24	24.56	9.67	8.69	10.35	33.98	1,225.45	179.72	1,405.17
6.	28102	1970 - 2003	79.96	138.60	138.52	269.17	296.05	157.31	52.60	13.86	5.20	8.81	5.48	27.37	1,052.24	140.69	1,192.92
7.	28111	1977 - 2003	84.20	183.38	149.84	203.08	249.99	217.54	94.28	20.22	6.65	2.61	13.15	23.69	1,098.11	150.53	1,248.64
8.	28152	1980 - 2003	67.38	178.92	145.94	229.10	271.84	205.33	74.79	14.67	2.85	2.50	8.60	24.39	1,105.91	120.38	1,226.29

ตารางที่ 4-4 ปริมาณฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยสำหรับลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำสาขาย่อย	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ร้อยละ ของพื้นที่ลุ่มน้ำ	ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย, มม.												ปริมาณน้ำฝน, มม.		
				เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
1. แม่น้ำ่านตอนบน	09.02	2,232.00	38.97	94.08	182.29	190.85	297.83	356.34	215.81	69.28	20.98	11.99	9.39	9.64	38.35	1,312.40	184.43	1,496.84
2. ห้วยน้ำยาว (1)	09.03	845.00	14.75	105.87	230.11	249.75	385.56	364.54	230.37	93.22	29.98	9.47	8.22	7.88	44.79	1,553.55	206.20	1,759.75
3. แม่น้ำ่านส่วนที่ 2	09.04	1,485.00	25.93	85.87	177.85	156.89	221.72	278.31	199.23	75.36	20.76	7.25	6.20	10.69	31.05	1,109.35	161.81	1,271.16
4. น้ำยาว (2)	09.05	575.00	10.04	77.45	178.42	160.05	239.67	284.12	199.41	71.80	19.31	6.73	5.69	9.59	31.20	1,133.47	149.97	1,283.44
5. น้ำสมุน	09.06	590.00	10.30	92.66	183.02	147.32	217.38	278.64	201.35	74.63	24.77	8.16	6.22	11.16	30.59	1,102.34	173.55	1,275.90
รวม		5,727.00	100.00	91.24	175.49	173.41	259.28	316.54	204.07	70.59	20.02	9.27	8.32	10.35	51.81	1,199.38	191.01	1,390.39

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-4 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนและการแบ่งรูปเหลี่ยมทีเอสเซน

(2) ปริมาณน้ำท่า

จากการรวบรวมข้อมูล พบว่าสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษามีทั้งสิ้น 13 สถานี ดังแสดงรายชื่อสถานีวัดน้ำท่าและสถิติปริมาณน้ำท่ารายปีในพื้นที่ศึกษา ตารางที่ 4-5 และ ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่าใน รูปที่ 4-5 สำหรับปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา วัดจากสถานี N.1 มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยทั้งหมด 2,760.90 ล้าน ลบ.ม. โดยเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 2,452.47 ล้าน ลบ.ม. (ร้อยละ 88.82 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 308.42 ล้าน ลบ.ม. (ร้อยละ 11.17 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย) และคิดเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนเท่ากับ 18 ลิตร/วินาที/ตร.กม. สรุปการผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำน่านตอนบนได้ ดังตารางที่ 4-6

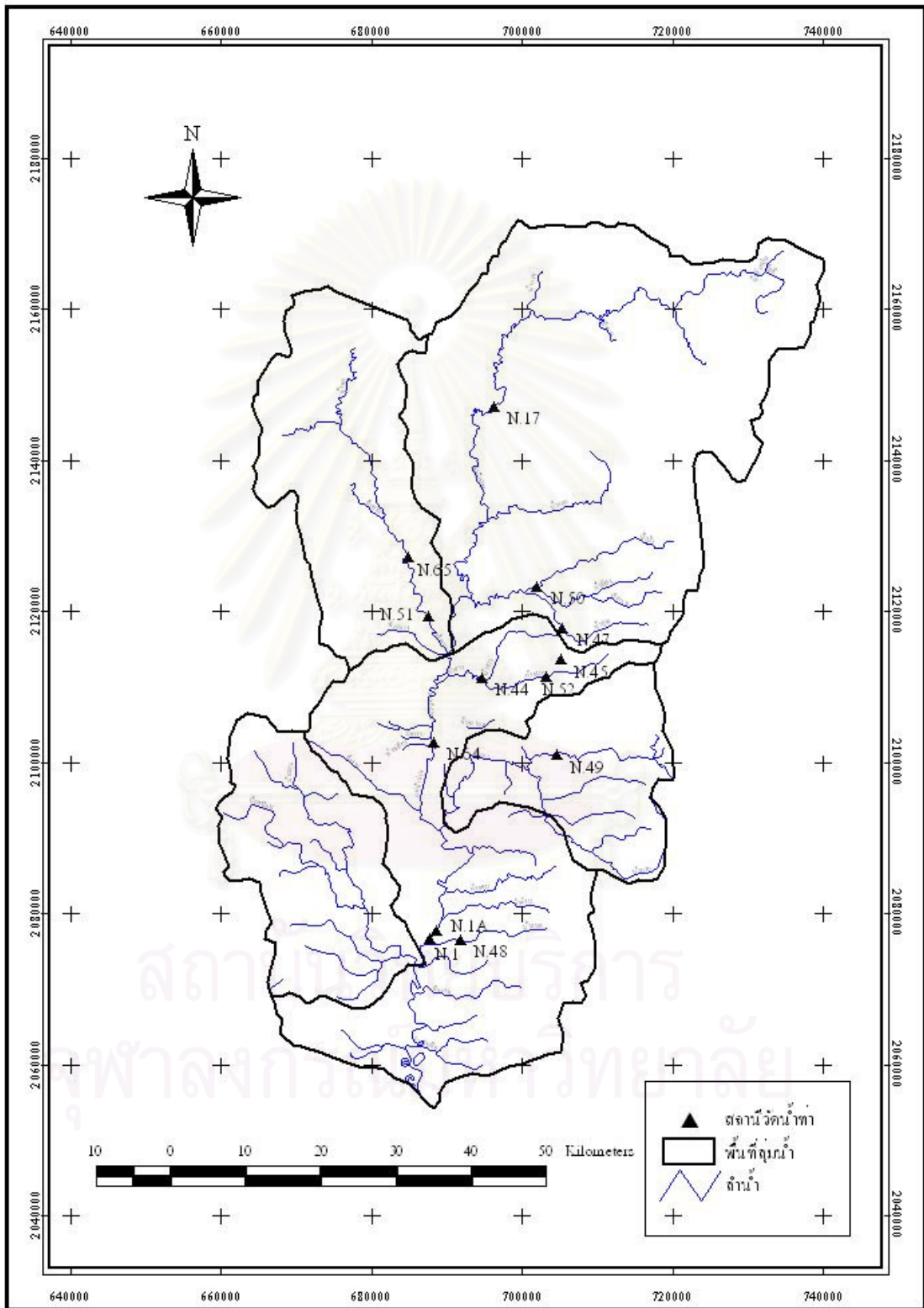
4.4 สภาพทรัพยากรดิน

การศึกษาเกี่ยวกับเรื่องดิน ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3,579,760 ไร่ ใช้ข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน รายละเอียดประกอบด้วย ฐานข้อมูลแผนที่กลุ่มชุดดิน การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกพืช ในมาตราส่วน 1:50,000 พบหน่วยแผนที่ของกลุ่มชุดดินโดยรวม 28 กลุ่มด้วยกัน ดังแสดงการจำแนกกลุ่มชุดดินในรูปที่ 4-6 และแสดงสัดส่วนพื้นที่ของแต่ละกลุ่มชุดดินในตารางที่ 4-7 ซึ่งคุณสมบัติของทรัพยากรดินจะมีความแตกต่างกันไปตามวัตถุต้นกำเนิดและธรณีสัณฐานการแพร่กระจายของดิน (ดังอธิบายรายละเอียดในภาคผนวก ก)

4.5 สภาพการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

การใช้ที่ดินในปัจจุบัน

การศึกษาเรื่องการใช้ที่ดิน ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน ใช้ข้อมูลด้านภูมิศาสตร์สารสนเทศ ปี พ.ศ. 2544 ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดของพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นพื้นที่การเกษตรและพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งมีพื้นที่ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน คือ คิดเป็นร้อยละ 51.4 และ 45.3 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเล็กน้อยเป็นพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ โดยมีพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 2.32 0.63 และ 0.37 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ ดังแสดงการจำแนกการใช้ที่ดินในปัจจุบันในรูปที่ 4-7 และสรุปสัดส่วนพื้นที่การใช้ที่ดินในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษาดังตารางที่ 4-8 ทั้งนี้ ได้อธิบายรายละเอียด ของการใช้ที่ดินในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษาไว้ในภาคผนวก ก



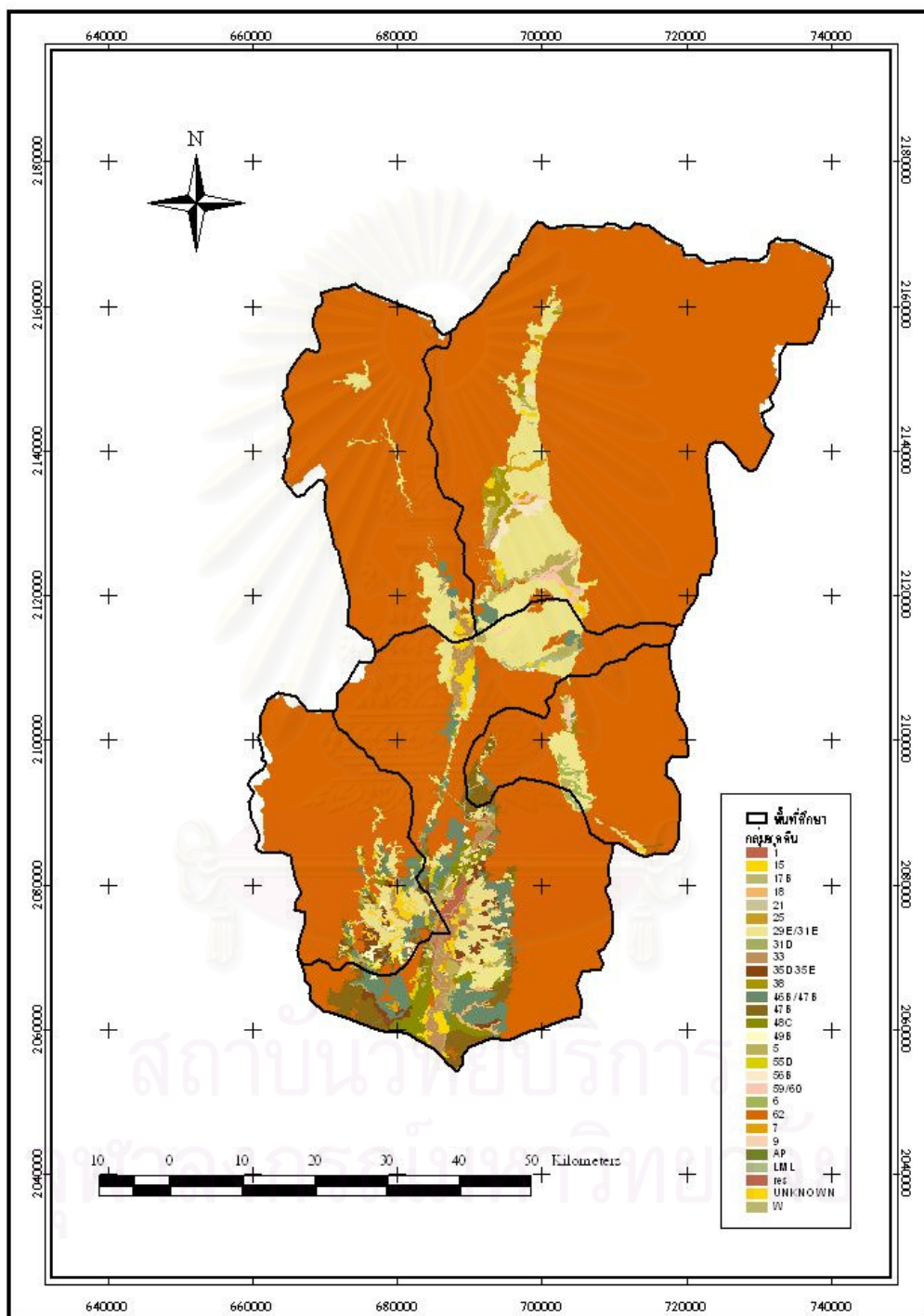
รูปที่ 4-5 ที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 4-5 รายชื่อสถานีวัดน้ำท่าและสถิติปริมาณน้ำท่ารายปีในพื้นที่ศึกษา

ชื่อสถานี	จังหวัด	รหัสสถานี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ตำแหน่ง		ช่วงปีข้อมูล	ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)		
				ละติจูด (น.)	ลองจิจูด (อ.)		เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
1. แม่น้ำน่านที่บ้านหมอน	น่าน	N.17	1,156.0	19-24-34	100-52-05	1964 - 1988	699.66	1,060.39	451.37
2. แม่น้ำน่านที่บ้านท่าช้าง	น่าน	N.1A	4,609.0	18-47-00	100-47-22	1954 - 1962	2,728.03	4,425.06	1,388.31
3. แม่น้ำน่านที่สำนักงานป่าไม้	น่าน	N.1	4,609.0	18-46-23	100-46-51	1950 - 2003	2,760.90	5,325.40	915.06
4. แม่น้ำน่านที่บ้านปลาขวาง	น่าน	N.64	13,086.0	19-00-31	100-47-18	1994 - 2003	2,615.41	3,686.30	1,337.81
5. ห้วยน้ำยาวที่บ้านปางสา	น่าน	N.65	FloodP	19-13-47	100-45-26	1996 - 2003	460.84	855.76	136.52
6. น้ำบัวที่สะพานทางหลวง	น่าน	N.50	192.0	19-11-38	100-55-14	1979 - 1997	234.07	375.24	118.88
7. ห้วยน้ำยาวที่บ้านวังหิต	น่าน	N.51	774.0	19-09-31	100-46-56	1979 - 1991	384.57	608.42	198.83
8. น้ำขุนที่บ้านหัวน้ำ	น่าน	N.47	35.0	19-08-36	100-57-08	1979 - 1988	26.53	61.79	5.32
9. ห้วยบัวที่บ้านนาขาม	น่าน	N.45	7.0	19-06-21	100-56-59	1979 - 1979	0.44	0.44	0.44
10. น้ำยางที่สะพานทางหลวง	น่าน	N.52	49.0	19-05-08	100-55-51	1980 - 1992	72.75	99.13	42.87
11. น้ำสาวที่สะพานทางหลวง	น่าน	N.44	41.0	19-05-06	100-50-59	1979 - 1988	10.12	24.40	3.23
12. น้ำยาวที่สะพานทางหลวง	น่าน	N.49	155.0	18-59-29	100-56-32	1979 - 2003	291.04	475.14	99.57
13. ห้วยแฮดที่บ้านทุ่งน้อย	น่าน	N.48	48.0	18-46-20	100-49-10	1979 - 1979	3.56	3.56	3.56

ตารางที่ 4-6 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา

ชื่อสถานี	รหัสสถานี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีข้อมูล	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ย, ล้าน ลบ.ม.												ปริมาณน้ำท่า, ล้าน ลบ.ม.		
				เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
1. แม่น้ำน่านที่บ้านหมอน	N.17	1,156.0	1964 - 1988	17.10	28.28	48.83	103.70	174.41	134.82	67.27	41.65	28.70	21.72	16.75	16.42	557.31	142.35	699.66
2. แม่น้ำน่านที่บ้านท่าช้าง	N.1A	4,609.0	1954 - 1962	31.06	52.06	133.41	313.17	778.44	903.47	248.87	90.77	68.45	44.84	33.33	30.17	2,429.41	298.61	2,728.03
3. แม่น้ำน่านที่สำนักงานป่าไม้	N.1	4,609.0	1950 - 2003	28.43	66.65	168.12	465.73	836.54	657.09	258.34	117.70	65.90	42.24	28.81	25.35	2,452.47	308.42	2,760.90
4. แม่น้ำน่านที่บ้านปลาขวาง	N.64	13,086.0	1994 - 2003	26.68	77.78	145.24	409.29	797.18	641.98	242.09	114.32	67.62	44.02	25.93	23.29	2,313.56	301.85	2,615.41
5. ห้วยน้ำยาวที่บ้านปางสา	N.65	FloodP	1996 - 2003	6.78	18.48	32.17	84.09	104.97	112.67	41.32	22.01	14.12	10.67	7.23	6.35	393.69	67.16	460.84
6. น้ำปัวที่สะพานทางหลวง	N.50	192.0	1979 - 1997	2.85	4.39	13.25	49.82	81.42	42.61	20.96	9.55	3.89	2.19	1.52	1.61	212.44	21.63	234.07
7. ห้วยน้ำยาวที่บ้านวังหิต	N.51	774.0	1979 - 1991	5.70	12.47	23.02	66.47	91.03	86.02	39.93	22.17	14.77	10.67	6.87	5.43	318.94	65.63	384.57
8. น้ำขุนที่บ้านหัวน้ำ	N.47	35.0	1979 - 1988	0.25	0.53	1.07	6.86	6.81	6.33	1.99	1.22	0.63	0.33	0.27	0.25	23.59	2.94	26.53
9. ห้วยบัวที่บ้านนาขาม	N.45	7.0	1979 - 1979	0.03	0.05	0.07	0.03	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.27	0.17	0.44
10. น้ำยางที่สะพานทางหลวง	N.52	49.0	1980 - 1992	1.06	2.24	5.52	15.52	19.21	14.66	6.49	2.82	1.83	1.35	1.02	1.03	63.64	9.12	72.75
11. น้ำสาวที่สะพานทางหลวง	N.44	41.0	1979 - 1988	0.09	0.33	0.71	1.44	3.92	2.06	0.83	0.34	0.17	0.11	0.07	0.06	9.28	0.84	10.12
12. น้ำยาวที่สะพานทางหลวง	N.49	155.0	1979 - 2003	2.63	5.95	18.81	69.64	92.04	59.21	19.69	8.26	5.49	3.89	2.84	2.60	265.33	25.71	291.04
13. ห้วยแฮดที่บ้านทุ่งน้อย	N.48	48.0	1979 - 1979	0.03	0.11	0.39	0.17	1.35	0.36	0.27	0.22	0.17	0.17	0.15	0.17	2.65	0.91	3.56

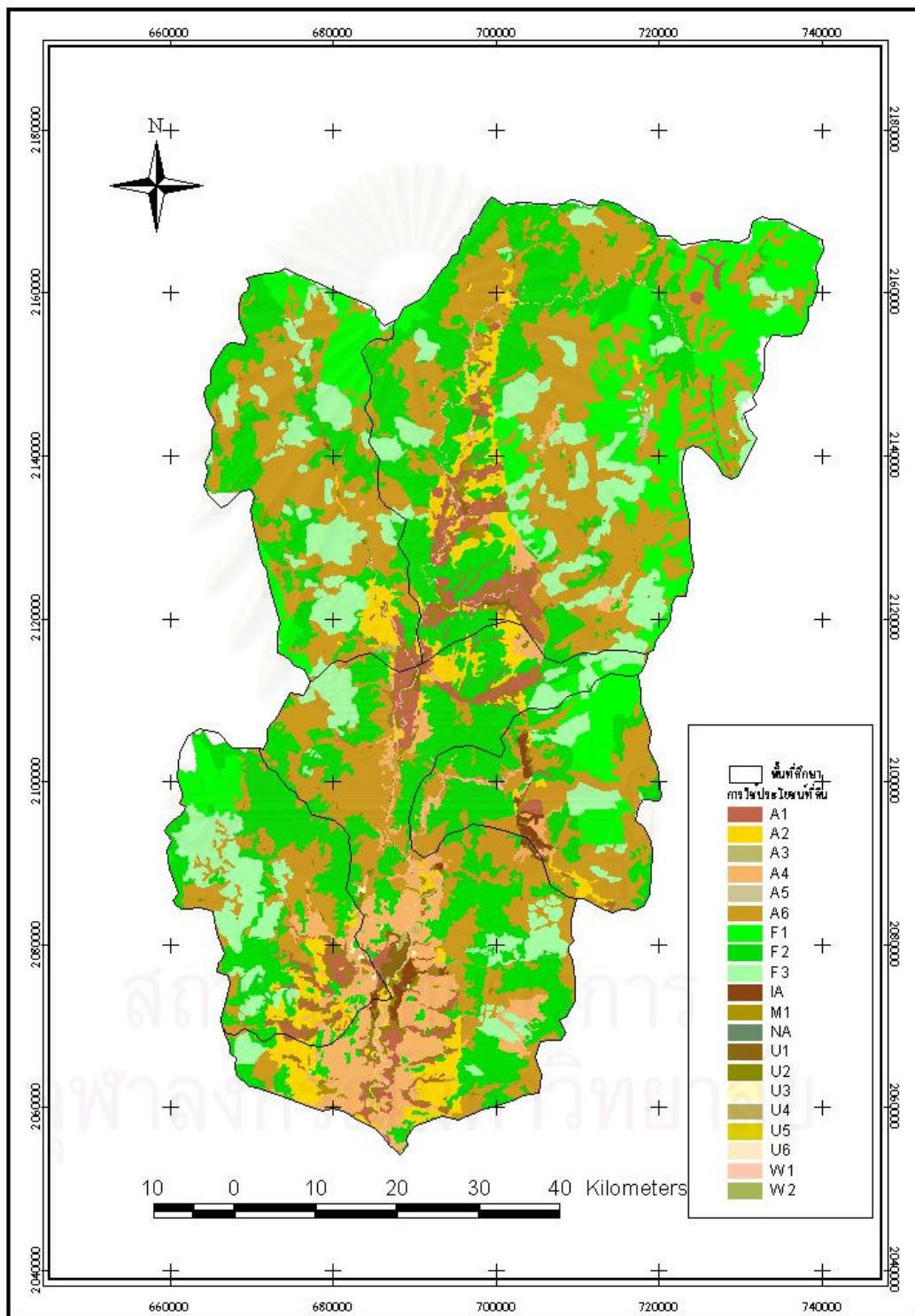


รูปที่ 4-6 การจำแนกกลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 4-7 สัดส่วนการจำแนกพื้นที่ของชุดดิน (Soil Series) ในพื้นที่ศึกษา

ลำดับ	กลุ่มชุดดิน	ร้อยละ	ลำดับ(ต่อ)	กลุ่มชุดดิน	ร้อยละ
1	1	0.016	15	38	0.356
2	5	1.197	16	46	2.673
3	6	0.201	17	47	1.698
4	7	0.205	18	48	0.936
5	9	0.002	19	49	0.162
6	15	0.938	20	55	0.126
7	17	0.032	21	56	0.272
8	18	0.131	22	59	0.269
9	21	0.001	23	62	79.164
10	25	0.041	24	AP	0.018
11	29	8.953	25	LM	0.122
12	31	0.035	26	re	0.296
13	33	1.037	27	UN	0.151
14	35	0.616	28	W	0.344

ที่มา : การวินิจฉัยคุณภาพของดินด้านปฐพีกลศาสตร์ ตามกลุ่มชุดดินในประเทศไทย,
กรมพัฒนาที่ดิน, 2538.



รูปที่ 4-7 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 4-8 รายละเอียดของการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา (ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ.2544)

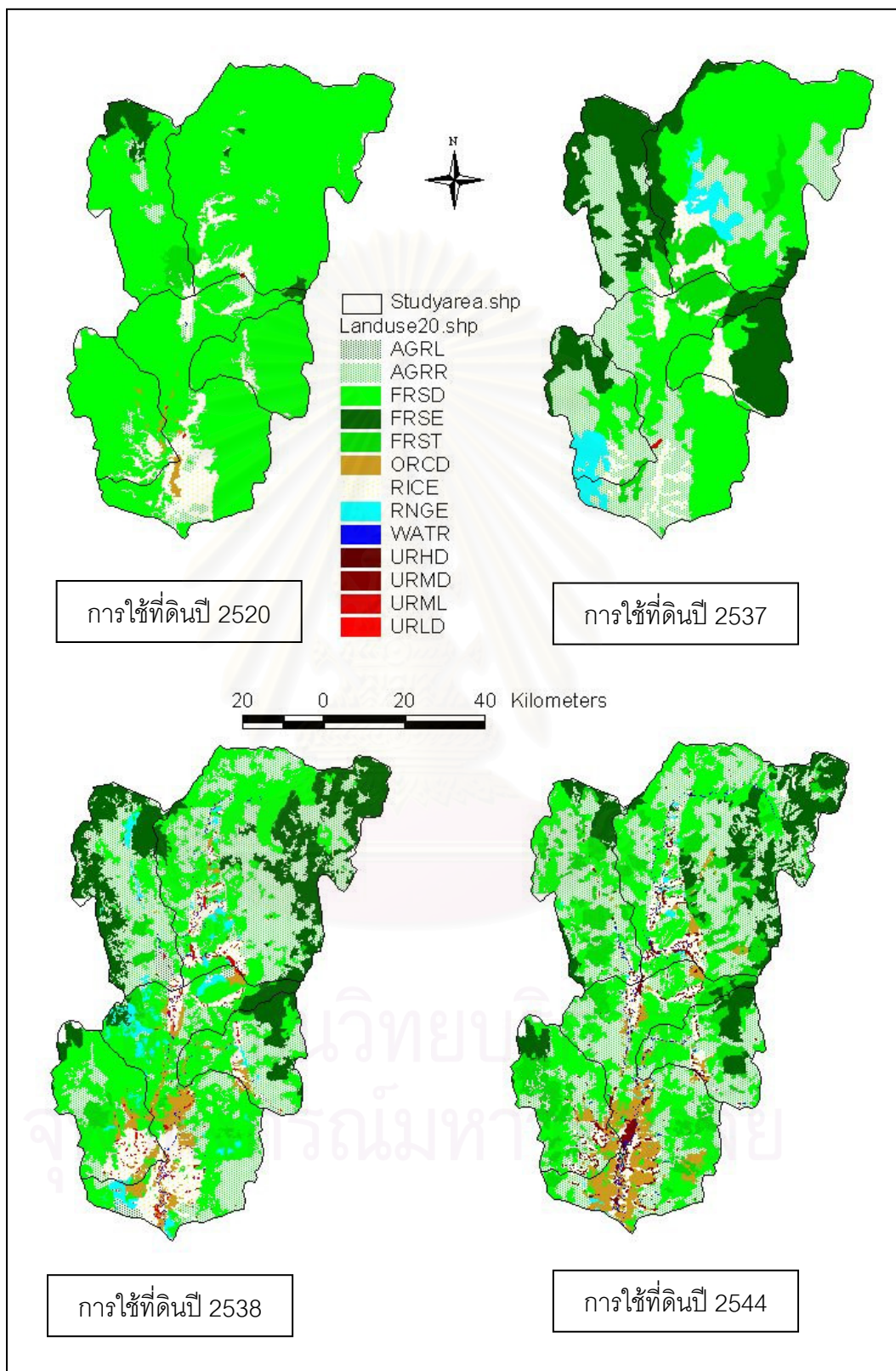
การใช้ที่ดิน	พื้นที่(ไร่)	ร้อยละ
1 พื้นที่อยู่อาศัย		
ตัวเมืองและย่านการค้า (U1)	14,446	0.40
หมู่บ้านบนพื้นที่สูง (U2)	65,294	1.83
สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ (U3)	2,218	0.06
สนามบิน (U4)	903	0.02
โรงงานอุตสาหกรรม (U5)	75	0.002
สนามกอล์ฟ (U6)	58	0.002
2 พื้นที่เกษตรกรรม		
นาดำ (A1)	138,326	3.89
ข้าวโพด (A2)	169,003	4.75
ไม้ยืนต้นผสม (A3)	4,023	0.11
ไม้ผลผสม (A4)	210,461	5.91
พืชผัก (A5)	2,117	0.06
ไร่ร้าง-ไร่หมุนเวียนผสม (A6)	1,068,428	30.04
นาดำ(เขตชลประทาน) (IA)	17,544	0.49
3 พื้นที่ป่าไม้		
ป่าดิบเขา-ป่าไม่ผลัดใบเสื่อมโทรม (F1)	414,556	11.65
ป่าเบญจพรรณ-ป่าผลัดใบเสื่อมโทรม (F2)	989,588	27.82
สวนป่าผสม (F3)	423,943	11.92
4 พื้นที่แหล่งน้ำ		
ทะเลสาบ บึง (W1)	19,207	0.54
อ่างเก็บน้ำ (W2)	3,438	0.09
5 พื้นที่อื่น ๆ		
ไม้พุ่ม หรือทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม (M1)	13,061	0.37
ไม่ระบุรายละเอียด (NA)	62	0.002
รวม	3,556,750	100

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน ได้เคยสำรวจสภาพการใช้ที่ดินจังหวัดน่านไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 ซึ่งในช่วงเกือบสองทศวรรษที่ผ่านมาสภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่นี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมา อันเนื่องมาจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและการเพิ่มประชากร เมื่อพิจารณาพื้นที่ศึกษาซึ่งอยู่ใน จังหวัดน่านที่เป็นจังหวัดชายแดนทางภาคเหนือ มีประชากรที่อาศัยบนพื้นที่เป็นชาวไทยภูเขาเผ่า ต่าง ๆ อาชีพหลักของประชากรเหล่านี้คือ การเกษตรกรรมแบบไร่เลื่อนลอยหรือไร่หมุนเวียนซึ่ง ก่อให้เกิดปัญหาการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าไม้เพื่อใช้พื้นที่การเกษตร และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2538) สาเหตุดังกล่าวก่อให้เกิดความสูญเสียพื้นที่ป่าไม้ซึ่งเป็นแหล่งต้นกำเนิด ของลำน้ำน่าน เป็นอย่างมาก

การบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อใช้เป็นพื้นที่การเกษตรเป็นปัญหาสำคัญของจังหวัดน่านใน ปัจจุบัน จากการศึกษาพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ศึกษาด้วยข้อมูลด้านภูมิศาสตร์สารสนเทศโดยกรมพัฒนา ที่ดิน พบว่ามีพื้นที่ป่าไม้ลดน้อยลงเรื่อยๆ (ดังแสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในรูปที่ 4-8) จนในปี พ.ศ. 2544 เหลืออยู่ 1,828,086 ไร่หรือประมาณร้อยละ 51.39 ของพื้นที่ศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2520 ซึ่งมีอยู่ 3,163,923 ไร่หรือประมาณร้อยละ 88.94 ของพื้นที่ศึกษา แสดงว่าในช่วง 20 ปีที่ ผ่านมา พื้นที่ป่าไม้ลดลงเกือบครึ่งหนึ่ง ทั้งนี้พื้นที่นี้เป็นพื้นที่ต้นน้ำ จึงถือว่าการสูญเสีย ทรัพยากรป่าไม้อย่างมากมาย ทั้งนี้เนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น การตัดไม้เพื่อการค้าและใช้สอย และ การบุกรุกทำลายป่าไม้เพื่อทำไร่เลื่อนลอย การขยายตัวของพื้นที่อยู่อาศัยที่จะมีมากขึ้น ดังแสดงการ เปรียบเทียบพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาในตารางที่ 4-9

การเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ประกอบด้วย ปัจจัยทางด้านกายภาพ ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ และปัจจัยทางด้านสังคม ซึ่งควร จะต้องมีการศึกษาวิเคราะห์ สาเหตุ สภาพปัญหา รวมถึงผลกระทบที่ตามมาของการเปลี่ยนแปลง การใช้ที่ดินด้วย เพื่อให้การใช้ประโยชน์ที่ดินมีความเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 4-8 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในปีต่างๆที่ผ่านมา

ตารางที่ 4-9 เปรียบเทียบข้อมูลพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละช่วงเวลา

พื้นที่การใช้ที่ดิน	ปี พ.ศ.2520		ปี พ.ศ. 2537		ปี พ.ศ. 2538		ปี พ.ศ. 2544	
	ร้อยละ	พื้นที่(ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่(ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่(ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่(ไร่)
ป่าไม้ (F)	88.94	3,163,923	65.836	2,349,965	53.424	1,900,243	51.394	1,828,087
เกษตรกรรม (A)	11.01	391,709	30.166	1,076,741	42.231	1,501,812	45.27	1,609,898
ที่อยู่อาศัย (U)	0.04	1,385	0.052	1,848	1.355	48,091	2.324	82,992
แหล่งน้ำ (W)	0.007	244	-	-	0.348	12,353	0.63	22,645
อื่นๆ (M)	-	-	3.705	132,233	2.655	94,252	0.369	13,061

หมายเหตุ: ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศปี พ.ศ. 2520 ไม่มีรหัสข้อมูลการใช้ที่ดินอื่นๆ

ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศปี พ.ศ. 2537 นำข้อมูลการใช้ที่ดินแหล่งน้ำ รวมกับข้อมูลการใช้ที่ดินอื่น

บทที่ 5

ข้อมูลที่ใช้และการสร้างแบบจำลองในพื้นที่ศึกษา

เนื่องจากการศึกษานี้ เป็นเรื่องเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ด้วยแบบจำลองทางอุทกวิทยา ที่เป็นแบบจำลองเชิงกายภาพ เป็นหลัก ดังนั้น การเลือกนำข้อมูลมาใช้ จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ มีปริมาณมาก และต้องมีข้อมูลจากหลายชั้นของช่วงข้อมูลที่แสดงถึงความเปลี่ยนแปลงสภาพตามกาลเวลา จึงต้องประกอบด้วยแหล่งที่มาของข้อมูล จากหลายแห่ง และหลายช่วงเวลา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ยังอาจรวมถึงข้อมูลบางส่วนที่มีการทำนายอนาคตมาใช้ด้วย อีกทั้งต้องนำข้อมูลต่างๆที่ได้ มาเตรียมไฟล์การนำเข้าให้เป็นข้อมูลเชิงเลขในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ให้ถูกต้องตามรูปแบบของแบบจำลอง โดยรายละเอียดของข้อมูลเบื้องต้นต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการศึกษาค้างนี้ ได้แสดงไว้แล้วในบทที่ 2 ซึ่งการศึกษาในบทนี้ แบ่งออกเป็น การกล่าวถึง แหล่งข้อมูลที่ใช้ การนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลอง และการประยุกต์ใช้กรณีศึกษากับแบบจำลอง ตามเหตุการณ์ต่างๆ

5.1 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้จากรวบรวมจากหน่วยงานต่าง ๆ อาทิ เช่น กรมพัฒนาที่ดิน กรมชลประทาน กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม เป็นต้น (ดังแสดงข้อมูลในการศึกษาที่ได้รวบรวมในตารางที่ 5-1) และอีกส่วนหนึ่งได้จากการสำรวจข้อมูลภาคสนามเพื่อทำความเข้าใจสภาพพื้นที่ และเพื่อรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานและประชาชนในพื้นที่ ทั้งในด้านของอุทกวิทยา สภาพดิน สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพป่าไม้ สภาพการเกษตรกรรม เป็นต้น มีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 ข้อมูลด้านภูมิประเทศ

ข้อมูลทั่วไปทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาได้แก่ ระดับความสูงของพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ ขอบเขตการปกครอง ขอบเขตลุ่มน้ำ และลักษณะโครงข่ายของลำน้ำ ข้อมูลเหล่านี้ส่วนใหญ่จะรวบรวมจากรายงานการศึกษาต่างๆที่ผ่านมา เพื่อเป็นการตรวจสอบข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งส่วนใหญ่ได้ข้อมูลจากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ที่ได้รวบรวมไว้จากแหล่งที่มาต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 5-1 ข้อมูลที่รวบรวมจากหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อใช้ในการศึกษา

ลำดับ	รายการข้อมูล	ที่มา	ปี	ลักษณะข้อมูล
1. ข้อมูลด้านภูมิประเทศ				
1.1	แผนที่ภูมิประเทศ	กรมแผนที่ทหาร		แผนที่
1.2	แผนที่เขตการปกครอง	สำนักงานสถิติแห่งชาติ	2540	ข้อมูลGIS
1.3	ระดับชั้นความสูงของพื้นที่	กรมแผนที่ทหาร	2535	ข้อมูลGIS
1.4	ข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำ โครงข่ายลำน้ำ	กรมชลประทาน	2536	ข้อมูลGIS
		กรมชลประทาน	2535	ข้อมูลGIS
2. ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา – อุทกวิทยา				
2.1	ข้อมูลฝน 8 สถานี	กรมชลประทาน	2517-2545	ข้อมูลรายวัน และ ข้อมูลรายเดือน
2.2	ข้อมูลสภาพอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	2514-2543	ข้อมูลรายวัน
2.3	ปริมาณน้ำท่า สถานี N.1	กรมชลประทาน	2517-2545	ข้อมูลรายเดือน
2.4	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีฝน	กรมชลประทาน		ข้อมูลGIS
2.5	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีอากาศ	กรมส่งเสริมฯ	2540	ข้อมูลGIS
2.6	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัด น้ำท่า	กรมชลประทาน		ข้อมูลGIS
3. ข้อมูลด้านดินและการใช้ที่ดิน				
3.1	ข้อมูลชนิดดิน และแผนที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2515	รายงานวิชาการ พร้อมข้อมูลGIS
3.2	ลักษณะการใช้ที่ดิน ลักษณะการใช้ที่ดิน ลักษณะการใช้ที่ดิน ลักษณะการใช้ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2520	ข้อมูลGIS
		กรมเศรษฐกิจ การเกษตร	2537	ข้อมูลGIS
		กรมพัฒนาที่ดิน	2538	รายงานการศึกษา พร้อมข้อมูลGIS
		กรมพัฒนาที่ดิน	2544	ข้อมูลGIS และ ภาพถ่ายทางอากาศ
3.3	แผนที่ป่าไม้อุทยานแห่งชาติ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า	กรมป่าไม้	2543	ข้อมูลGIS
3.4	การจำแนกประเภทของการใช้ ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2536/2538	รายงานวิชาการ

ระดับความสูงของพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ (Contour) ที่ทำการแปลงระบบเป็นระดับความสูงเชิงเลข (DEM) มีที่มาจากข้อมูลของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วนการนำเข้าไป 1:50000

ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำประธานทั้ง 25 ลุ่มน้ำ จากรายงาน “มาตรฐานลุ่มน้ำและลุ่มน้ำสาขา” ของคณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ และข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำย่อยจากระบบสารสนเทศของกรมชลประทาน

ข้อมูลขอบเขตการปกครองและข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ จาก “แผนที่แสดงเขตอำเภอ ตำบล เทศบาล และข้อมูลพื้นฐานของจังหวัด พ.ศ.2543” ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี และข้อมูลขอบเขตการปกครองระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด จากกระทรวงมหาดไทย

ข้อมูลลักษณะโครงข่ายของลำน้ำจากระบบสารสนเทศของกรมชลประทาน

5.1.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาในการศึกษารั้วนี้รวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลในส่วนนี้ที่สำคัญได้แก่ สภาพอากาศ อุณหภูมิ ความเร็วลม ปริมาณฝน รังสีจากดวงอาทิตย์ โดยนำข้อมูลมาจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศจังหวัดน่าน เนื่องจากพื้นที่ศึกษาทั้งหมดอยู่ในขอบเขตของจังหวัดน่าน

ข้อมูลฝน ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานทางอุทกวิทยา และเป็นข้อมูลหลักในการนำไปใช้คำนวณหาหน้าท่าของแบบจำลอง ได้จากสถานีตรวจวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน ที่กระจายอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษาและข้างเคียง ข้อมูลฝนที่รวบรวมได้มีลักษณะทั้งเป็นข้อมูลรายวันและข้อมูลรายเดือนของแต่ละสถานี จำนวน 8 สถานี (ดังแสดงในรูปที่ 2-4) โดยก่อนหน้าที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์ และจัดเตรียมไฟล์นำเข้า นั้น ควรต้องมีการตรวจสอบความคงตัวของข้อมูลน้ำฝนก่อนแล้วจึงค่อยดำเนินการสู่ขั้นตอนต่อไป

ข้อมูลปริมาณน้ำท่า เพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง มีข้อมูลที่ใช้เป็นปริมาณน้ำท่ารายเดือน ซึ่งจะเป็นตัวแทนของปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา จากสถานีวัดปริมาณน้ำท่าของ กรมชลประทาน คือ สถานี N.1 อำเภอเมืองน่าน

ในส่วนของที่ตั้งของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ สถานีตรวจวัดน้ำฝน สถานีวัดปริมาณน้ำท่า ที่จะต้องนำเข้าไปในแบบจำลองเป็นระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์นั้น ได้นำมาจากฐานข้อมูลของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ได้รวบรวมมาจากกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน

5.1.3 ข้อมูลด้านดินและการใช้ที่ดิน

ในการศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์หาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการรวบรวมข้อมูล สภาพการใช้ที่ดิน หลายช่วงเวลา และต้องจัดเก็บข้อมูลเป็นระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และจากนั้นต้องนำข้อมูลไปแปลงระบบให้เป็นระบบตำแหน่งพิกัดของชั้นข้อมูลแผนที่ (Grid) เพื่อการนำเข้าแบบจำลองต่อไป ซึ่งการหาข้อมูลนี้มีที่มาจากหลายแหล่งข้อมูล ดังนี้

- ชั้นข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2520 รวบรวมโดยกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และมีที่มาจาก กรมพัฒนาที่ดิน
- ชั้นข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2537 รวบรวมโดยกรมชลประทาน และมีที่มาจาก กรมเศรษฐกิจการเกษตร
- ชั้นข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2538 รวบรวมโดยกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และมีที่มาจาก กรมพัฒนาที่ดิน
- ชั้นข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2544 รวบรวมโดยกรมพัฒนาที่ดิน

สำหรับข้อมูลดินโดยทั่วไปแล้ว ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางกายภาพเท่าใดนัก จึงใช้ชั้นข้อมูลชนิดดิน ที่เป็นระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพียงชั้นข้อมูลเดียว เป็นแผนที่ข้อมูลชนิดดิน บนมาตราส่วนการนำเข้า 1:100,000 จากกรมพัฒนาที่ดิน ในปี พ.ศ. 2515 ซึ่งจากข้อมูลนี้จะต้องไปแปลงระบบให้เป็นระบบ Grid เพื่อการนำเข้าแบบจำลอง และต้องใช้รายงาน "การวินิจฉัยคุณภาพของดินด้านปฐพีกลศาสตร์ ตามกลุ่มชุดดินในประเทศไทย" ประกอบการพิจารณาจำแนกคุณสมบัติของดิน เพื่อเป็นการจัดการการนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลองด้วย

นอกจากนั้นยังมีการนำข้อมูลแผนที่ป่าไม้ อุทยานแห่งชาติ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า จากกรมป่าไม้ บนมาตราส่วนการนำเข้า 1:50,000 ในปี พ.ศ. 2539 มาประกอบ ในการพิจารณาตรวจสอบ ความถูกต้อง ของชั้นข้อมูล ลักษณะการใช้ที่ดิน และสภาพดิน ด้วย

อีกทั้งยังใช้ข้อมูลจากรายงาน “การศึกษาความเหมาะสมเพื่อวางแผนพัฒนาพื้นที่สูง จังหวัดน่าน” ปี พ.ศ. 2536 และ รายงาน “การสำรวจและวิเคราะห์การใช้ที่ดินจังหวัดน่าน” ปี พ.ศ. 2538 เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาจำแนกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ให้ถูกต้องตามรหัสที่ใช้ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ จากนั้นต้องแปลงรหัสดังกล่าวให้เป็นรหัสของรูปแบบการนำเข้าข้อมูลในแบบจำลอง ต่อไป

อย่างไรก็ตามจากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาที่ได้รวบรวม จากหน่วยงานต่างๆ นั้น ควรต้องมีการสำรวจในสนามเบื้องต้นประกอบด้วยเพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล เช่น ข้อมูลด้านภูมิประเทศ โครงข่ายลำน้ำ การประมาณความกว้าง ความลึก ความลาดชันในลำน้ำ สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพชนิดดิน สภาพป่า สภาพปกคลุมของต้นไม้ ในปัจจุบัน เป็นต้น

5.2 การจัดเตรียมไฟล์ข้อมูล และการนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลอง

ระบบและขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลของแบบจำลอง SWAT มีการนำเข้า 2 รูปแบบ คือการนำเข้าข้อมูลภูมิศาสตร์เชิงพื้นที่ และการนำเข้าข้อมูลที่เป็นตาราง ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ต้องได้รวบรวมและวิเคราะห์ จัดทำเป็นไฟล์ไว้ก่อนแล้ว จึงค่อยนำเข้าแบบจำลอง โดยมีขั้นตอนหลักๆ ในการสร้างแบบจำลอง ดังนี้

- การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ
- การกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการกำหนดชนิดดิน
- การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs)
- การนำเข้าข้อมูลสภาพอากาศ
- การนำเข้าข้อมูลฝน

จากที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 ว่าในปัจจุบันแบบจำลอง SWAT ได้มีการพัฒนา เพื่อให้ใช้งานได้กับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ในที่นี้จึงได้นำแบบจำลอง AV SWAT ที่เป็น extension หนึ่งของ Arcview GIS มาใช้งาน หน้าต่างแรกของการเปิดใช้แบบจำลองจึงเป็น หน้าต่างของ ArcView เรียกว่า Watershed View สำหรับการเริ่มใช้แบบจำลอง (ทั้งนี้ได้แสดง ตัวอย่างการสร้างแบบจำลอง SWAT สำหรับพื้นที่ศึกษาอย่างรายละเอียดในภาคผนวก ฉ)

5.2.1 การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ

ส่วนนี้เป็นขั้นตอนแรกของการสร้างแบบจำลอง เป็นการจำลองสภาพทางกายภาพทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำจากแบบจำลอง ซึ่งต้องนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ 3 ชั้นข้อมูล คือ DEM grid, Focusing watershed area option และ Burn in option รายละเอียดเป็น ดังนี้

1.) DEM grid เป็นการนำเข้าข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข DEM เพื่อให้แบบจำลองใช้ในการคำนวณสภาพทางกายภาพทั่วไปของพื้นที่ เช่น ความลาดชันของพื้นที่ ขอบเขตสันปันน้ำเพื่อกำหนดพื้นที่รับน้ำ เป็นต้น ซึ่งต้องมีการกำหนด Properties ของ DEM grid ก่อนการนำเข้า โดยประกอบด้วย หน่วยวัดระยะทางตามแกน X-Y-Z และระบบที่จะใช้สำหรับการ Projection (พื้นที่ในประเทศไทยใช้ UTM-1983 Zone 47) จะได้ข้อมูล DEM ที่มีพิกัดเดียวกับข้อมูลอื่น ๆ ที่ต้องการนำเข้า

2.) Focusing watershed area option เป็นการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่สนใจ ซึ่งก่อนที่จะนำเข้าแบบจำลองต้องสร้างไฟล์ขอบเขตพื้นที่ศึกษาให้เป็น ระบบ Grid จากนั้นจึงนำเข้าสู่แบบจำลอง

3.) Burn in option การกำหนดเพิ่มข้อมูลที่แสดงเส้นแนวแม่น้ำสายหลัก เป็นการกำหนดเส้นแนวแม่น้ำจากแบบจำลอง ที่ได้เตรียมไว้แล้ว มีลักษณะของข้อมูลเป็น Shape File เพื่อให้การคำนวณใช้เวลาน้อยลงและมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

เมื่อกำหนดข้อมูลสำหรับ DEM set up ครบแล้ว โปรแกรมจะประมวลผลข้อมูล DEM ประกอบด้วย การคำนวณทิศทางการไหลของน้ำสำหรับแต่ละกริด และการกำจัดพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นแอ่งต่ำ หนอง (Sink) จากนั้นจะเป็นขั้นตอนกำหนดรายละเอียดของโครงข่ายลำน้ำ โดยตั้งค่า Threshold Area ในส่วนของ Stream definition ซึ่งถ้ากำหนดค่า Threshold Area ต่ำๆจะทำให้โครงข่ายลำน้ำที่ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม AVSWAT มีความละเอียดมาก

หลังจากการสร้างโครงข่ายลำน้ำเบื้องต้นเสร็จแล้ว ในขั้นตอนสุดท้ายของการกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นการกำหนดจุดออก (outlet) ของลำน้ำย่อยต่างๆ และการกำหนดจุดปลายสุดของลำน้ำของพื้นที่ศึกษา วิธีการกำหนดจุดออกสามารถทำได้ 2 แบบ คือ 1) การเลือกเฉพาะจุดเชื่อมลำน้ำที่ทำให้เกิดลุ่มน้ำย่อยที่สนใจด้วยมือ (Manual) โดยกำหนดตำแหน่งของจุดออกด้วยมือผ่านทางหน้าจอของ Watershed View โดยตรง และ 2) กำหนดจุดออกบริเวณที่เป็นสถานีวัดน้ำท่าหรือที่ตั้งโครงการชลประทานที่ต้องการวิเคราะห์ ในที่นี้คือ สถานีวัดน้ำท่า N.1 เมื่อพิจารณาขอบเขตลุ่ม

น้ำหลัก และลุ่มน้ำย่อย ที่โปรแกรมสร้างขึ้น แล้วพบว่าถูกต้องตรงตามความต้องการดีแล้ว โปรแกรมจะคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของพื้นที่ลุ่มน้ำและลำน้ำ ที่จำเป็นต้องใช้ในการ จัดเตรียมข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลอง SWAT ได้แก่ ขนาดพื้นที่รับน้ำ ความลาดชัน ความยาว ลำน้ำ ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง เป็นต้น และแบบจำลองจะไปใช้ในการคำนวณทางอุทกวิทยาต่อไป ดังแสดงการกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำบนตอนบนจากแบบจำลอง SWAT ในรูปที่ 5-1

5.2.2 การกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการกำหนดชนิดดิน

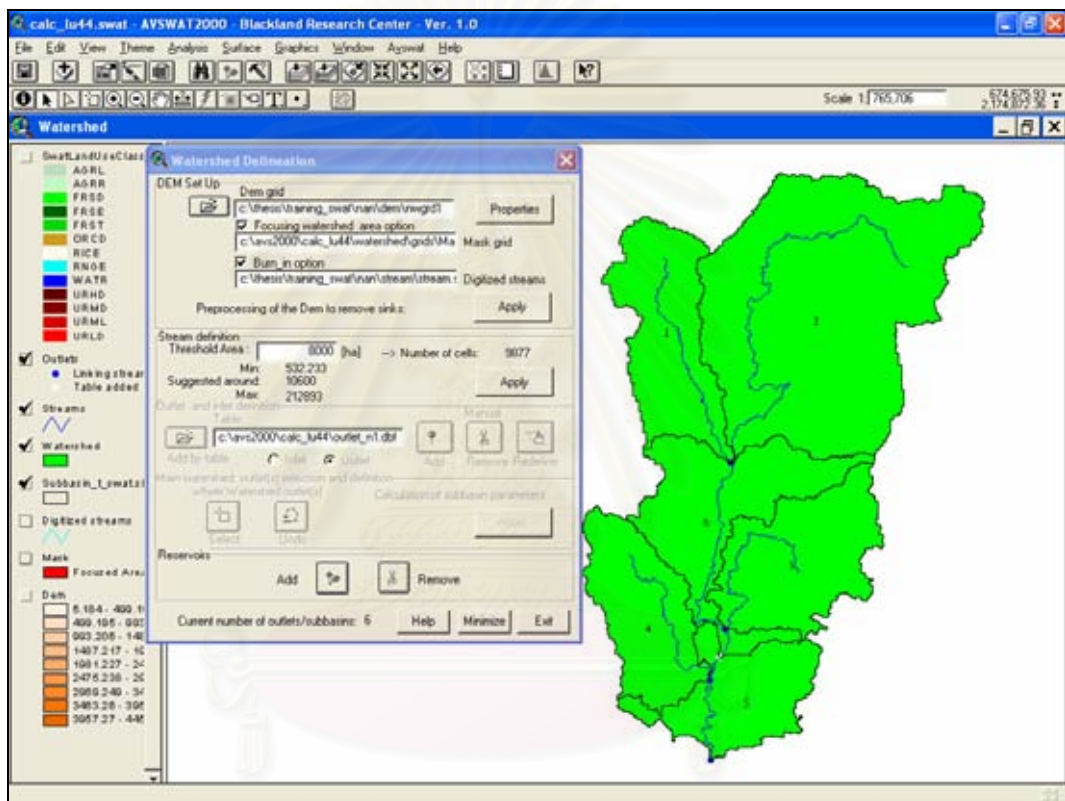
ขั้นตอนนี้เป็นกรนำเข้าข้อมูลของสภาพลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสภาพ ชนิดดิน ของพื้นที่ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา โดยต้องกำหนดรหัสการใช้ที่ดินแต่ละประเภทให้ สอดคล้องกับฐานข้อมูลประเภทการใช้ที่ดินของโปรแกรม AVSWAT ซึ่งทำได้ 2 วิธีคือ

1.) Manual Define เป็นกำหนดรหัสฐานข้อมูล AVSWAT จากหน้าต่าง SWAT Land Use เพื่อให้ผู้ใช้งานกำหนดว่าประเภทการใช้ที่ดินนั้นอยู่ในกลุ่ม Land Cover/Plant หรือ กลุ่ม Urban จากนั้นจึงแสดงหน้าต่างรายการรหัสประเภทการใช้ที่ดินของฐานข้อมูล AVSWAT ให้เลือก วิธีนี้ต้องกำหนดรหัสการใช้ที่ดินทีละประเภท ซึ่งทำให้เสียเวลามากถ้าหากพื้นที่ลุ่มน้ำประเภทการใช้ที่ดินหลายประเภท

2.) Lookup Table เป็นการเตรียมไฟล์ตารางข้อมูล (dbf) หรือไฟล์ข้อความ (txt) สำหรับเชื่อมโยงรหัสประเภทการใช้ที่ดินของแผนที่ที่นำเข้ากับรหัสในฐานข้อมูล AVSWAT (ดู ตัวอย่าง Lookup Table ในตาราง ๕-1)

และสำหรับการแบ่งประเภท ของการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับแบบจำลอง SWAT ในการศึกษานี้ ได้นำข้อมูลการใช้ที่ดินจากฐานข้อมูลของหน่วยงานต่างๆในประเทศไทย ดังที่ได้ กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 5.1 มาแบ่งประเภทให้ตรงกับรหัสของแบบจำลองที่เป็น 4 ตัวอักษร ได้ดังนี้

- AGRG (Agricultural Land-Generic) เป็นพื้นที่เกษตรกรรม พืชไร่นา ไม้ยืนต้น
- AGRR (Agricultural Land-Row Crops) เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ไร่หมุนเวียน
- FRSD (Forest-deciduous) เป็นพื้นที่ป่าไม้ ป่าผลัดใบ ป่าเบญจพรรณ ป่าแดง
- FRSE (Forest-evergreen) เป็นพื้นที่ป่าไม้ ป่าไม่ผลัดใบ ป่าดิบเขา
- FRST (Forest-mixed) เป็นพื้นที่ป่าไม้ สวนป่าผสม
- ORCD (Orchard) เป็นพื้นที่ ไม้ผล ส้ม มะม่วง กะท้อน ลำไย
- RICE (Rice) เป็นพื้นที่นาข้าว



รูปที่ 5-1 การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำจากแบบจำลอง

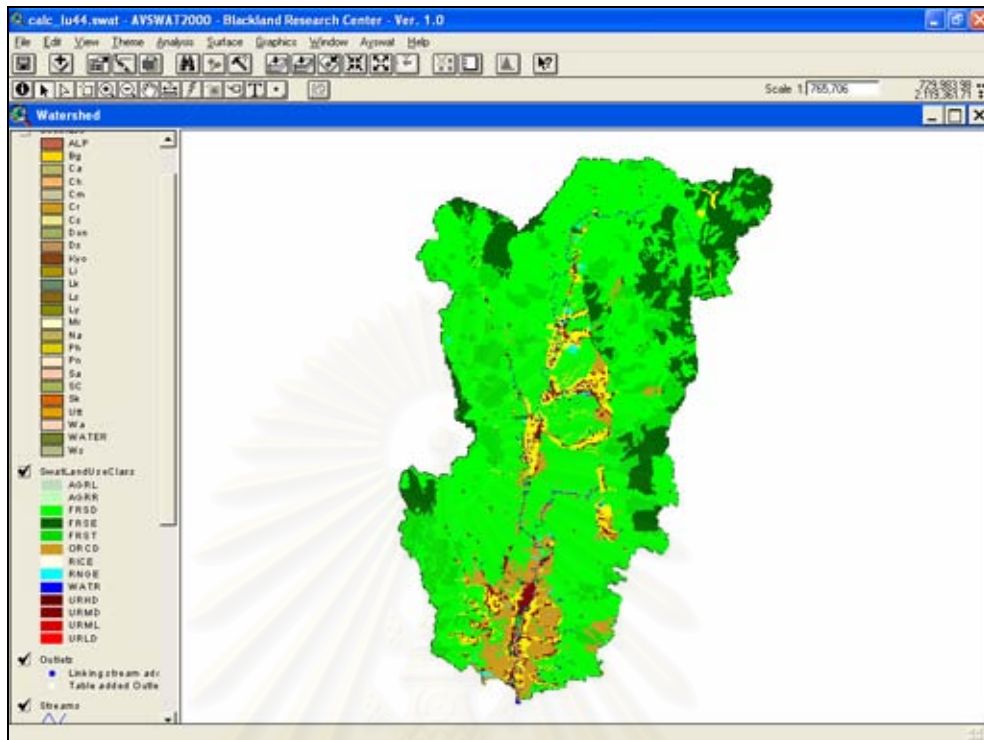
- RUGE (Range-grasses) เป็นพื้นที่ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม
- WATR (Water) เป็นพื้นที่แหล่งน้ำ
- URHD (Residential-High Density) เป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัย ระดับความหนาแน่นสูง
- URMD (Residential-Medium Density) เป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัย ระดับความหนาแน่นปานกลาง
- URLD (Residential-Low Density) เป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัย ระดับความหนาแน่นต่ำ

เมื่อทำการเชื่อมโยงรหัสประเภทการใช้ที่ดินแล้ว หน้าต่าง Watershed View จะปรากฏชั้นข้อมูล (Themes) ใหม่ชื่อ "SwatLanduseClass" เป็นชั้นข้อมูลในระบบตำแหน่งพิกัดของชั้นข้อมูลแผนที่ (Grid) ซึ่งมีรหัสการใช้ที่ดินตรงกับฐานข้อมูล AVSWAT โดยจะได้ผลลัพธ์การกำหนดลักษณะการใช้ที่ดินดังแสดงในรูปที่ 5-2

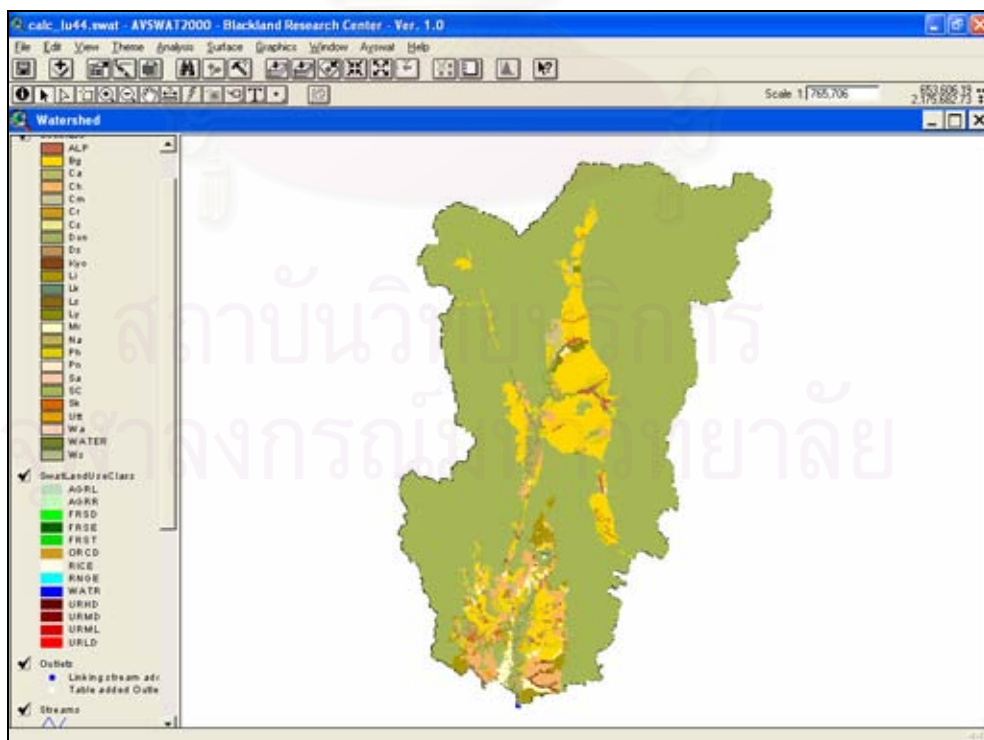
ในส่วนของกรนำเข้าแผนที่ชนิดของดิน มีวิธีการและขั้นตอนเช่นเดียวกับส่วนของการนำเข้าแผนที่การใช้ที่ดินดังกล่าวข้างต้น แต่สำหรับการกำหนดรหัสชนิดดินให้สอดคล้องกับฐานข้อมูลชนิดดินของโปรแกรม AVSWAT นั้นต้องเลือก option ของรหัสฐานข้อมูลชนิดดินที่ผู้ต้องการ กรณีพื้นที่ในประเทศไทยไม่สามารถใช้รหัส Stmuid หรือ S5id ซึ่งเป็นรหัสเฉพาะของชนิดในประเทศสหรัฐอเมริกา จึงต้องเลือก option "name" โดยทางเลือกนี้จะสั่งให้โปรแกรมใช้ฐานข้อมูลชนิดดินที่ผู้ใช้สร้างขึ้นเอง เมื่อโปรแกรม Reclassify เสร็จแล้ว หน้าต่าง Watershed View จะปรากฏชั้นข้อมูล (Themes) ใหม่ชื่อ "SoilClass" ซึ่งมีรหัสชนิดดินตรงกับฐานข้อมูล AVSWAT โดยจะได้ผลลัพธ์การกำหนดลักษณะการใช้ที่ดินดังแสดงในรูปที่ 5-3

5.2.3 การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs)

ขั้นตอนนี้เป็นกรกำหนดเงื่อนไขการสร้างหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Units หรือ HRUs) ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย สอดคล้องตามการแพร่กระจายของลักษณะการใช้ที่ดินและชนิดของดิน ในการศึกษานี้เลือกการกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาแบบ Multiple Hydrologic Response Units เป็นการกำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยมี HRUs สอดคล้องตามเปอร์เซ็นต์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและชนิดดินในลักษณะของสัดส่วนพื้นที่ที่ต่ำสุดในการนำไปกำหนดหน่วยแต่ละ HRU ซึ่งแสดงถึงความละเอียดของแบบจำลอง



รูปที่ 5-2 การกำหนดลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน



รูปที่ 5-3 การกำหนดชนิดของดินของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน

โดยหากกำหนดให้หน่วยพื้นที่การใช้ที่ดินหรือพื้นที่ชุดดินยังมีค่าน้อย แบบจำลองที่ได้จะยิ่งละเอียด ส่งผลให้การคำนวณซับซ้อนและยากขึ้น ดังนั้นการกำหนด HRUs จึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้งานด้วย และเนื่องจากการศึกษานี้เกี่ยวกับเรื่องของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จึงต้องเน้นความสำคัญในส่วนของการกำหนดพื้นที่ต่ำสุดของการใช้ที่ดินที่ละเอียด ในที่นี้จึงกำหนดให้ $\text{Land use \% over subbasin area} = 1\%$ และ $\text{Soil class \% over subbasin area} = 10\%$ นั่นคือโปรแกรมจะทำการแบ่งทุก ๆ พื้นที่ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่มีค่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่และชนิดของดินที่มีค่าตั้งแต่ 1% และ 10% ขึ้นไป ตามลำดับให้เป็น 1 HRU ภายในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ

5.2.4 การนำเข้าข้อมูลสภาพอากาศ/ข้อมูลฝน

เมื่อได้ทำขั้นตอนการจำลองสภาพลุ่มน้ำลงในแบบจำลองแล้ว ขั้นตอนต่อไปต้องนำเข้าข้อมูลสภาพทางอุทกวิทยา ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำค่าไปคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยข้อมูลนำเข้าสภาพทางอุทกวิทยา หลักๆ ประกอบด้วยข้อมูลฝน และข้อมูลสภาพภูมิอากาศ โดยจัดเตรียมไฟล์ของตำแหน่งที่ตั้งสถานี และข้อมูลต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบของแบบจำลอง SWAT และโปรแกรมจะใช้ข้อมูลของสถานีเหล่านี้ในการคำนวณข้อมูลภูมิอากาศรายวันที่จะใช้ในการคำนวณแบบจำลอง SWAT ต่อไป

ในส่วนของคุณสมบัติของข้อมูลน้ำฝนนั้น ก่อนที่จะนำข้อมูลของสภาพฝนไปใช้นั้น ต้องมีการตรวจสอบความคงตัวของข้อมูล ซึ่งหมายถึงการพิจารณาความมั่นคงของข้อมูลว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ เนื่องจากในระหว่างการเก็บข้อมูลอาจมีการเปลี่ยนแปลงที่ตั้งของเครื่องวัด หรือเปลี่ยนแปลงการวัดเก็บข้อมูล โดยในการศึกษานี้ใช้วิธี Double mass curve เป็นการเปรียบเทียบค่าสะสมของปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีที่จะตรวจสอบค่าความคงตัว กับค่าสะสมของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยของสถานีต่างๆ ที่ตั้งอยู่รอบๆ (ดังแสดงผลการทำ Double mass curve ในรูปที่ ๑-15) และพบว่าข้อมูลมีความคงตัวไปในทิศทางเดียวกัน สามารถนำไปใช้ในการศึกษาได้

จากนั้นตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลฝน พบว่ามีการขาดหายไปของข้อมูลบ้างเล็กน้อย จึงต้องมีการประมาณค่าของข้อมูลที่ขาดหายไป โดยในที่นี้เลือกใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic average) เป็นการใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนตลอดปีของแต่ละสถานีบริเวณใกล้เคียงอย่างน้อย 3 สถานีเป็นตัวเปรียบเทียบกับสถานีที่ข้อมูลหายไป

ในขั้นตอนต่อไป เป็นการจัดเตรียมไฟล์ข้อมูลของข้อมูลน้ำฝนให้อยู่ในรูปแบบของแบบจำลอง SWAT ซึ่งต้องหาตัวแทนของฝนในพื้นที่แต่ละลุ่มน้ำย่อยจากที่มีการแบ่งด้วย

แบบจำลองมาแล้ว ทั้งสิ้น 6 กลุ่มน้ำย่อย โดยในการศึกษานี้ได้ใช้วิธีของ Thiessen Polygon แบ่งย่อยพื้นที่รับน้ำฝนให้กับสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานี จากนั้นจึงคิดเป็นสัดส่วนของพื้นที่ที่มีอิทธิพลฝนในแต่ละพื้นที่กลุ่มน้ำย่อย (ดังแสดงในตารางที่ 5-2) แล้วเปลี่ยนตำแหน่งที่ตั้งสถานีน้ำฝนที่เป็นตัวแทนพื้นที่กลุ่มน้ำย่อย ให้อยู่ที่บริเวณจุดศูนย์ถ่วงของแต่ละกลุ่มน้ำย่อยนั้นๆ (ดังแสดงในรูปที่ 5-4)

5.2.5 สร้างไฟล์ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง SWAT

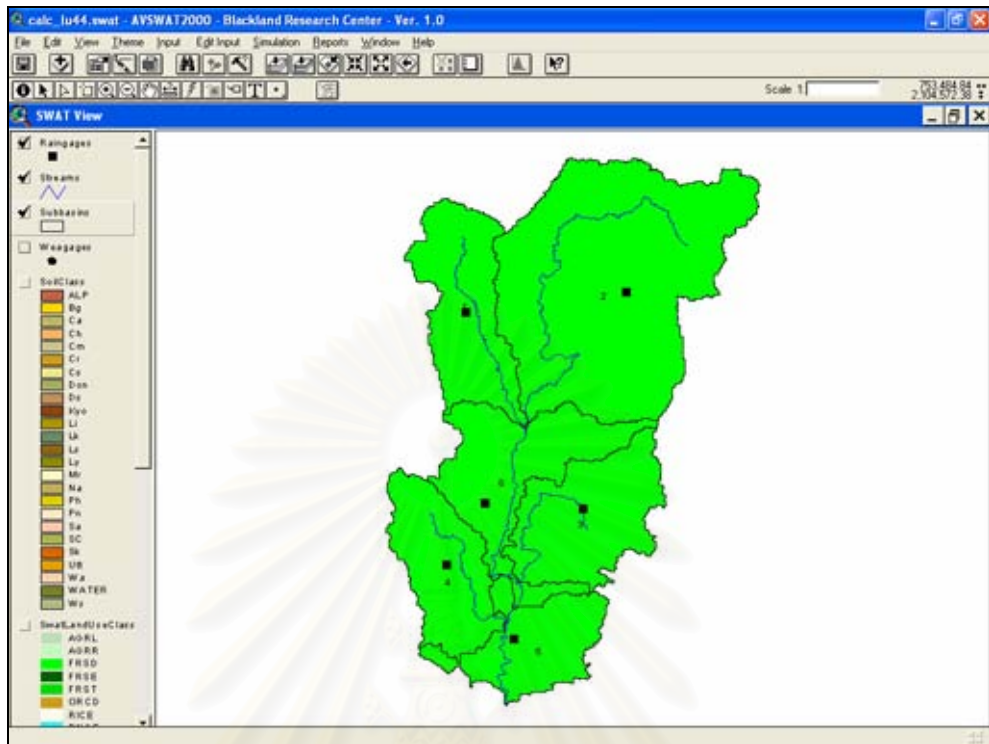
หลังจากมีการนำเข้าข้อมูลครบถ้วนตามกระบวนการของแบบจำลอง SWAT แล้ว สิ่งที่ต้องทำต่อไปคือ การสั่งให้ข้อมูลนำเข้าแต่ละส่วน เข้าสู่กระบวนการสร้างฐานข้อมูลในแบบจำลอง เพื่อนำข้อมูลไปคำนวณทางคณิตศาสตร์ ทำได้โดยการเลือกเมนู Input ซึ่งเป็นเมนูที่อยู่ใน SWAT View ซึ่งในแต่ละคำสั่งที่ปรากฏ จะเป็นการสั่งให้มีการนำเข้าข้อมูลตามลำดับขั้นตอน แต่ละขั้นตอนจะมีความสัมพันธ์กัน คือถ้าจะผ่านไปขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลต่อไปต้องผ่านการนำเข้าข้อมูลที่กำหนดไว้จากแบบจำลองของขั้นที่แล้วสำเร็จก่อน โดยก่อนที่แบบจำลอง SWAT จะนำค่าต่างๆ ไปคำนวณ ต้องมีการนำเข้าลุ่มน้ำเริ่มต้นที่ถูกตั้งขึ้นอัตโนมัติ จากฐานของการกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ และการกำหนดสภาพดิน/ สภาพการใช้ที่ดิน เสียก่อน และเลือกคำสั่ง Write All เพื่อให้โปรแกรมมีการนำเข้าข้อมูลทุกอย่างสู่แบบจำลอง ตามลำดับขั้นตอนที่แบบจำลองกำหนดไว้

5.3 การสั่งคำนวณแบบจำลอง SWAT

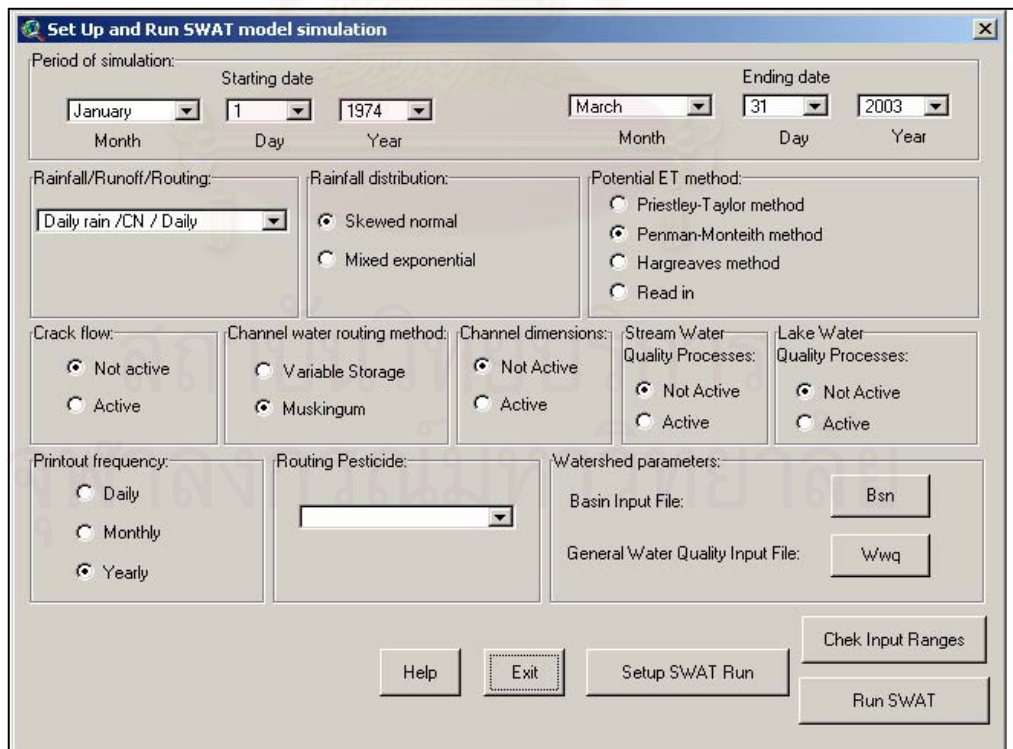
เมื่อการนำเข้าข้อมูล และการสั่งให้โปรแกรมเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลของแบบจำลองเสร็จสิ้นแล้ว ต่อไปจึงเป็นขั้นตอนการสั่งให้มีการคำนวณค่าต่างๆ จากข้อมูลที่นำเข้าไป (ดังแสดงในรูปที่ 5-5) สำหรับในที่นี้ สนใจเฉพาะในส่วนของแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า ดังนั้นจึงให้กำหนดช่อง Crack flow, Channel dimensions, Stream Water, Lake Water และ Routing Pesticides ให้เป็น not active ส่วนตัวแปรในช่องอื่นๆ กำหนดตามความต้องการใช้งาน เมื่อกำหนดตัวแปรต่างๆ ครบถ้วนแล้วให้กดปุ่ม Setup SWAT Run เพื่อให้โปรแกรมสร้างไฟล์ข้อมูลฝน (pcp.pcp) ที่จะใช้ในการคำนวณของแบบจำลอง SWAT

ตารางที่ 5-2 การแบ่งสัดส่วนพื้นที่อิทธิพลฝน ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของแบบจำลอง

ลุ่มน้ำย่อย	รหัสสถานี	สัดส่วนอิทธิพล
1	28053	0.456
1	28073	0.244
1	28102	0.3
รวม	-	1
2	28042	0.206
2	28053	0.641
2	28073	0.02
2	28102	0.132
รวม	-	1
3	28013	0.279
3	28042	0.215
3	28073	0.251
3	28152	0.254
รวม	-	1
4	28013	0.876
4	28022	0.003
4	28073	0.122
รวม	-	1
5	28013	0.462
5	28022	0.217
5	28111	0.153
5	28152	0.169
รวม	-	1
6	28013	0.193
6	28042	0.155
6	28073	0.643
6	28152	0.01
รวม	-	1



รูปที่ 5-4 การนำเข้าสถานีฝน



รูปที่ 5-5 การกำหนดค่าต่างๆ เพื่อตั้งคำนวณแบบจำลอง SWAT

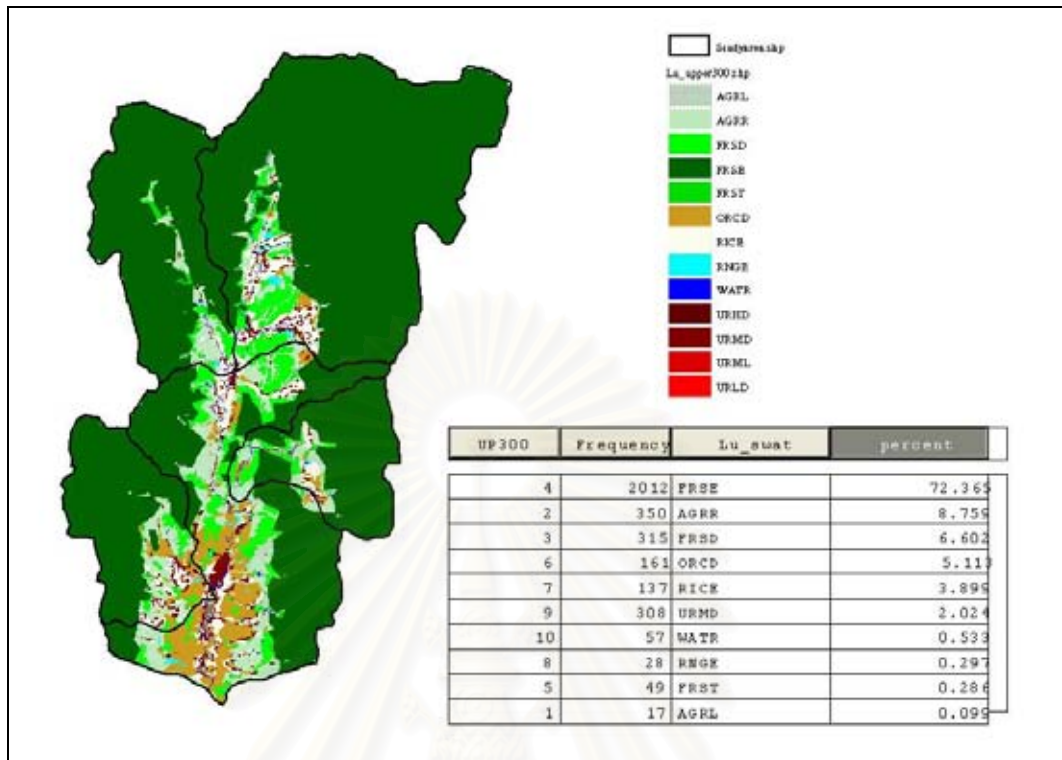
5.4 การประยุกต์ใช้กรณีศึกษากับแบบจำลอง ตามเหตุการณ์ต่างๆ

เมื่อมีการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลต่างๆ เช่น ความเหมาะสมของการใช้แบบจำลอง SWAT และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง SWAT เรียบร้อยแล้วนั้น ขั้นตอนต่อไปจึงเป็นการประยุกต์ใช้กรณีศึกษากับแบบจำลอง และเนื่องจากการศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ดังนั้นในการคิดกรณีศึกษาเหตุการณ์สมมติกรณีการเปลี่ยนแปลง (Scenarios) ในอนาคต จึงนำ พารามิเตอร์ทางกายภาพในอนาคตที่คาดการณ์ ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินใหม่ พิจารณาจากการตัดไม้ทำลายป่า การปลูกป่าเพิ่มเติม หรือการเพิ่มของที่ทำกินและที่อยู่อาศัย ในพื้นที่ แล้วประเมินผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า ที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งกรณีศึกษาเหตุการณ์สมมติ กรณีการเปลี่ยนแปลง (Scenarios) ของการใช้ที่ดินในอนาคต จะใช้วิธีการเปลี่ยนสภาพการใช้ที่ดินตามชั้นความสูงของพื้นที่ โดยให้เป็นตัวแทนของการใช้ที่ดินในแต่ละสภาพที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน มีดังนี้คือ

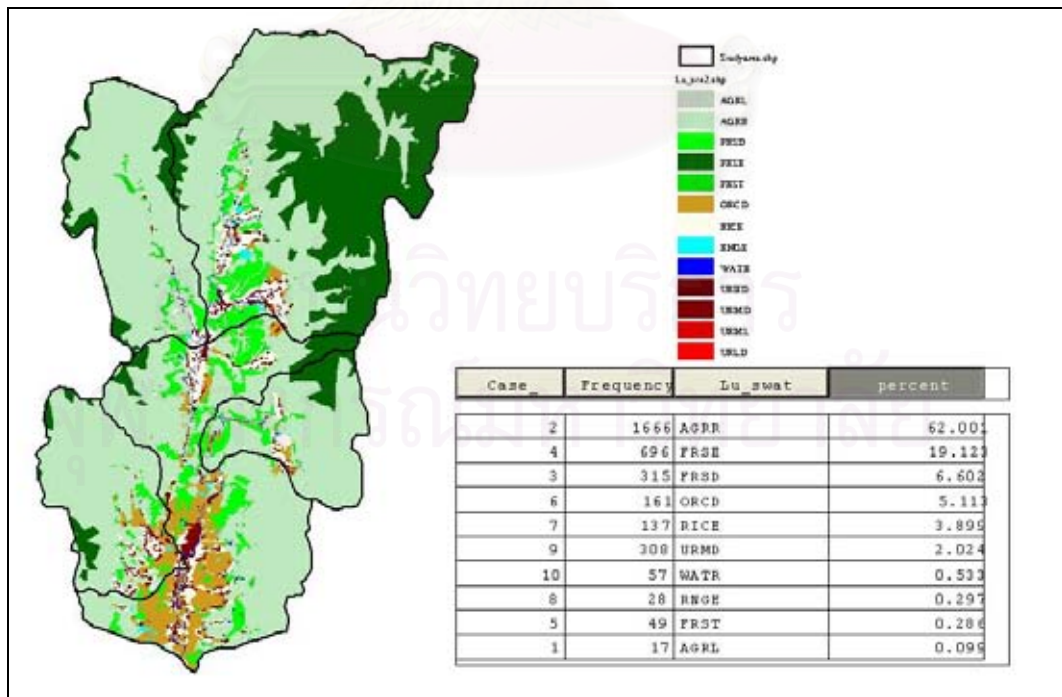
Scenario 1) การฟื้นฟูสภาพป่าไม้ เป็นการเปลี่ยนสภาพการใช้ที่ดินของพื้นที่เหนือระดับชั้นความสูง 300 ม.รทก. เป็นป่าไม้หรือสมมติให้ในอนาคตมีการฟื้นฟูสภาพพื้นที่เป็นป่าไม้ผลัดใบทั้งหมดเหนือระดับความสูงนี้ ส่วนการใช้ที่ดินระดับชั้นความสูงอื่นที่เหลือให้คงสภาพเดิมตามสภาพการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2544 ซึ่งจะทำให้สัดส่วนการใช้ที่ดินหลักในพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนใหม่เป็นพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 80 พื้นที่ที่เหลือเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่นาข้าว และพื้นที่อยู่อาศัย ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5-6

Scenario 2) การใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เป็นการเปลี่ยนสภาพการใช้ที่ดินของพื้นที่เหนือระดับชั้นความสูง 800 ม.รทก. เป็นป่าไม้ผลัดใบ และที่ระดับระหว่างระดับชั้นความสูง 300 -800 ม.รทก. สมมติให้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ส่วนการใช้ที่ดินระดับชั้นความสูงอื่นที่เหลือให้คงสภาพเดิมตามสภาพการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2544 ซึ่งจะทำให้สัดส่วนการใช้ที่ดินหลักในพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนใหม่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชไร่ร้อยละ 62 พื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 25 ที่เหลือเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่นา และพื้นที่อยู่อาศัย ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5-7

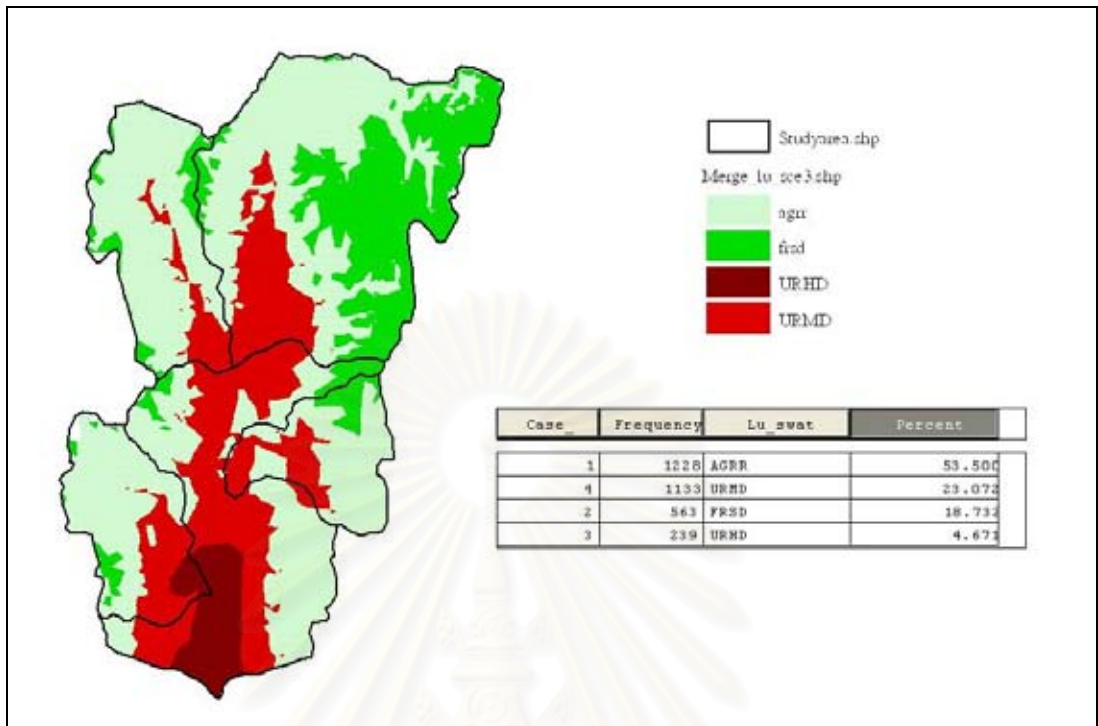
Scenario 3) การเพิ่มพื้นที่อยู่อาศัย เป็นการเปลี่ยนสภาพการใช้ที่ดินของพื้นที่ใหม่ทั้งหมด ซึ่งจะเน้นในเรื่องของการเพิ่มพื้นที่อยู่อาศัย โดยให้เหนือระดับชั้นความสูง 800 ม.รทก. เป็นป่าหรือสมมติให้ในอนาคตมีสภาพพื้นที่เป็นป่าไม้ผลัดใบที่ระดับชั้นความสูงนี้ ที่ระดับระหว่างระดับชั้นความสูง 300 -800 ม.รทก. สมมติให้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ที่ระดับชั้นความสูงต่ำกว่า 300 ม.รทก. สมมติให้เป็นพื้นที่อยู่อาศัย ซึ่งจะทำให้สัดส่วนการใช้ที่ดินหลักในพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนใหม่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชไร่ ร้อยละ 53 พื้นที่อยู่อาศัยร้อยละ 27 พื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 18 ดังแสดงในรูปที่ 5-8



รูปที่ 5-6 กรณีศึกษาเหตุการณ์สมมติ กรณีการเปลี่ยนแปลงที่ 1 (Scenario 1)



รูปที่ 5-7 กรณีศึกษาเหตุการณ์สมมติ กรณีการเปลี่ยนแปลงที่ 2 (Scenario 2)



รูปที่ 5-8 กรณีศึกษาเหตุการณ์สมมติ กรณีการเปลี่ยนแปลงที่ 3 (Scenario 3)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

ผลการศึกษา

ในการศึกษานี้ มีผลการศึกษาที่สำคัญจากการพัฒนาแบบจำลองทางอุทกวิทยาในพื้นที่ตอนบนของกลุ่มน้ำน่าน 2 ส่วนหลัก คือ 1) ผลของการจำลองสภาพทางกายภาพของกลุ่มน้ำจากแบบจำลอง SWAT และ 2) ผลของพฤติกรรมและปริมาณของน้ำท่าในกลุ่มน้ำ จากการคำนวณของแบบจำลอง SWAT ซึ่งได้ใช้สถานี N.1 เป็นตัวแทนในการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ โดยวิเคราะห์ผลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2517 - 2545 ดังจะกล่าวรายละเอียดต่อไป ผลที่ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับพฤติกรรมการไหลและปริมาณของน้ำท่า รวมไปถึงความเชื่อมโยงกับสภาพทางกายภาพของพื้นที่ นอกจากนี้ยังส่งผลให้มีการวิเคราะห์น้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในรอบ 20 กว่าปีที่ผ่านมาได้ อีกทั้งรวมถึงการทำนายน้ำท่าในอนาคต เพื่อให้สามารถประเมินผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน แต่อย่างไรก็ตามผลลัพธ์จากแบบจำลอง SWAT จะมีความถูกต้องน่าเชื่อถือเพียงใดนั้น ต้องมีการตรวจสอบผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่วัดได้จริงในพื้นที่ ซึ่งหมายถึงการเปรียบเทียบแบบจำลอง และนอกจากนี้ในการที่จะ 4) เปรียบเทียบแบบจำลองให้ได้ค่าที่น่าเชื่อถือสามารถใช้งานได้อย่างชำนาญต่อไป ต้องมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลองอีกด้วย ดังนั้นในส่วนแรกของบทนี้จึงได้กล่าวถึงผลการจำลองสภาพทางกายภาพของกลุ่มน้ำจากแบบจำลอง ว่าสามารถทำได้ใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่จริงหรือไม่ และในหัวข้อต่อไป จะเป็นการพิจารณาผลลัพธ์ของการคำนวณจากแบบจำลอง ซึ่งหมายรวมถึงการเปรียบเทียบแบบจำลองว่ามีความน่าเชื่อถือเพียงใด การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองเพื่อความเหมาะสมในการใช้พารามิเตอร์ และผลจากการประยุกต์ใช้แบบจำลองวิเคราะห์กรณีศึกษาต่างๆ

6.1 ผลการจำลองสภาพทางกายภาพของกลุ่มน้ำจากแบบจำลอง

6.1.1 การกำหนดแนวขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

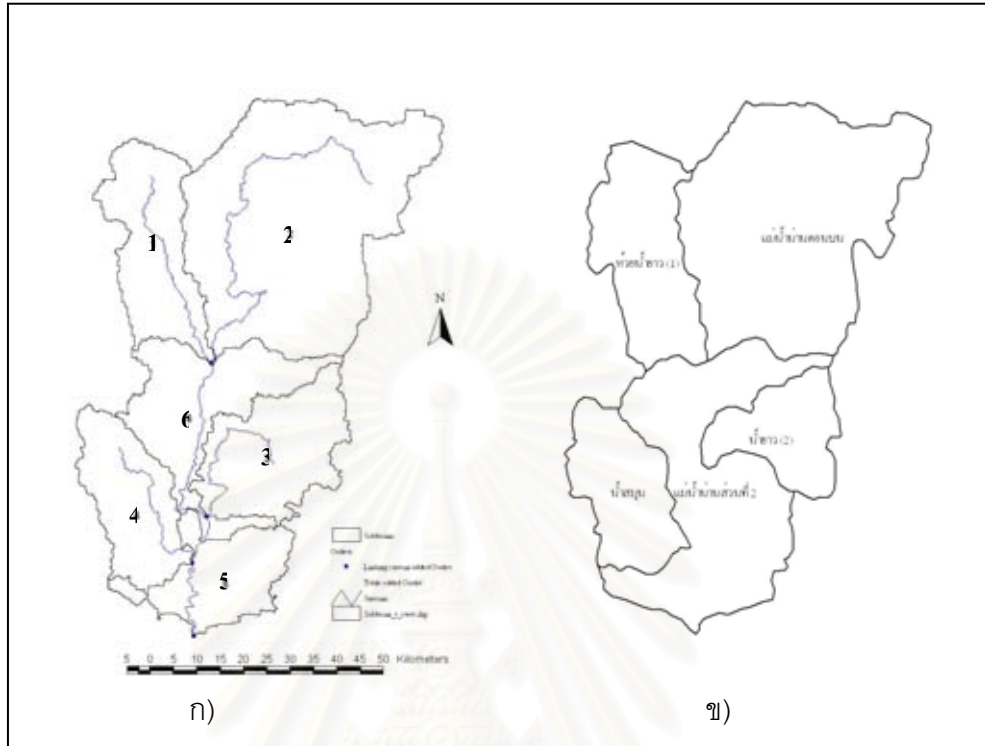
ในการกำหนดแนวขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจะใช้ฐานข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (DEM) ที่สร้างมาจากข้อมูลชั้นความสูงทางภูมิศาสตร์ (Contour) ในแผนที่ 1:50,000 และเพื่อเป็น

การช่วยให้แบบจำลองสามารถกำหนดตำแหน่งของแนวลำน้ำได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น จะใช้ประกอบกับฐานข้อมูลเส้นแนวลำน้ำที่มีอยู่เดิม ทำการสร้างสภาพลำน้ำจากต้นน้ำจนถึงจุดออกของกลุ่มน้ำโดยแบบจำลอง จากผลการกำหนดแนวลำน้ำ จะได้ตำแหน่งจุดออกของกลุ่มน้ำ (Outlet) แต่ละจุดตามความละเอียดของแบบจำลองดังที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 5.2 ซึ่งในที่นี้ได้เลือกเฉพาะจุดออกกลุ่มน้ำย่อยตามการแบ่งกลุ่มน้ำย่อยมาตรฐานของประเทศไทย ตามขอบเขตของการศึกษานี้คือพื้นที่กลุ่มน้ำน่านตอนบนแบ่งเป็น 5 กลุ่มน้ำย่อย (รายละเอียดกล่าวไว้ในหัวข้อ 2.1) แต่ในการสร้างแบบจำลอง ได้เพิ่มจุดออกอีกหนึ่งจุดคือตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่า N.1 ส่งผลให้ผลลัพธ์ของการแบ่งเส้นขอบเขตพื้นที่กลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษา เป็น 6 กลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงการเปรียบเทียบการสร้างขอบเขตกลุ่มน้ำย่อยโดยแบบจำลองกับการแบ่งขอบเขตกลุ่มน้ำย่อยจริง ในรูปที่ 6 - 1

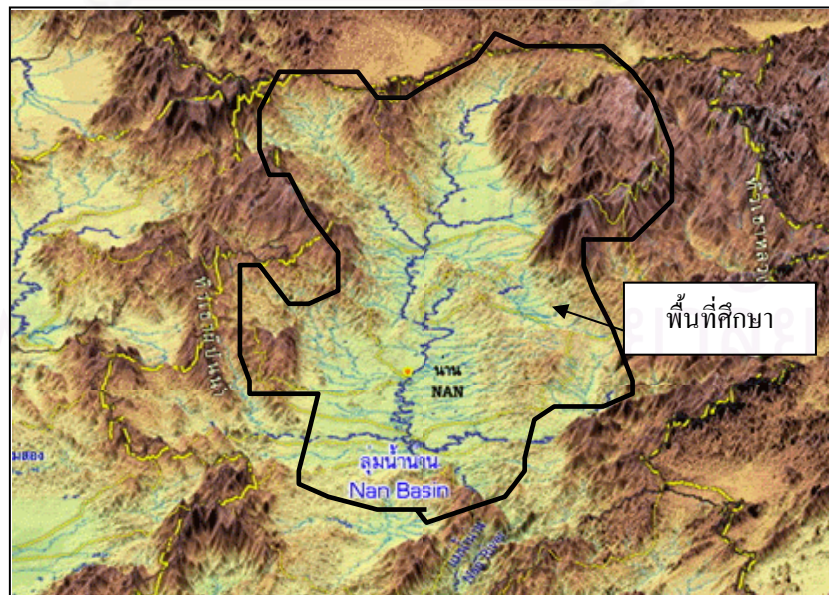
พบว่า การแบ่งขอบเขตของกลุ่มน้ำย่อยจากแบบจำลอง เพื่อนำข้อมูลทางกายภาพไปคำนวณหาปริมาณน้ำท่าต่อไปนั้น มีความสมเหตุสมผล กับข้อมูลสภาพพื้นที่จริง (ดังแสดงภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณพื้นที่กลุ่มน้ำที่ศึกษาในรูปที่ 6-2 และแสดงตัวอย่างสภาพพื้นที่กลุ่มน้ำย่อยจากการออกสนามในรูปที่ 6-3 และรูปที่ 6-4 ตามลำดับ) ซึ่งจะเห็นได้ว่าสภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำที่ศึกษานี้มีคุณลักษณะ ของกลุ่มน้ำเป็นสองสัณฐาน คือเป็นทั้งลักษณะของพื้นที่สูงชันและพื้นที่ราบสูง โดยสามารถสรุปลักษณะทางกายภาพหลักๆ สำหรับการนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำท่า ได้ ดังตารางที่ 6-1

เนื่องจากความสลับซับซ้อน ของลักษณะทางภูมิประเทศ จึงเป็นการยากที่จะกำหนดให้ ภูมิประเทศเป็นชนิดใดชนิดหนึ่งได้ จึงต้องพิจารณาลักษณะที่สำคัญหลักๆ ทางกายภาพ ที่มีความสัมพันธ์กับการคำนวณปริมาณน้ำ คือ

- พื้นที่รับน้ำฝนหรือพื้นที่กลุ่มน้ำ คือ พื้นที่ทั้งหมดภายในกลุ่มน้ำที่อยู่เหนือจุดออกของลำน้ำ
- ความยาวลำน้ำ คือ ระยะทางที่วัดจากจุดออกลำน้ำขึ้นไปตามลำน้ำสายที่ยาวที่สุดจนถึงต้นน้ำในบริเวณที่เป็นต้นน้ำ
- ความลาดชันของลำน้ำ ใช้ความลาดชันเฉลี่ยเป็นตัวแทนความลาดชันของลำน้ำ
- รูปร่างของพื้นที่รับน้ำ คือลักษณะความกว้างและความยาวของพื้นที่กลุ่มน้ำ
- สภาพลักษณะการใช้ที่ดิน เป็นลักษณะของสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมทั้งสภาพการปกคลุมของพืช
- สภาพชนิดดิน คือคุณลักษณะของดินภายในกลุ่มน้ำ ดังที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 2.4



รูปที่ 6-1 ก) การแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำย่อยจากแบบจำลอง
 ข) การแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำย่อยจากข้อมูลจริง



รูปที่ 6-2 ภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา



รูปที่ 6-3 สภาพลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 2



รูปที่ 6-4 สภาพลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ 6

ตารางที่ 6-1 สภาพกายภาพของกลุ่มน้ำน่านตอนบน จากการจำลองโดยแบบจำลอง SWAT

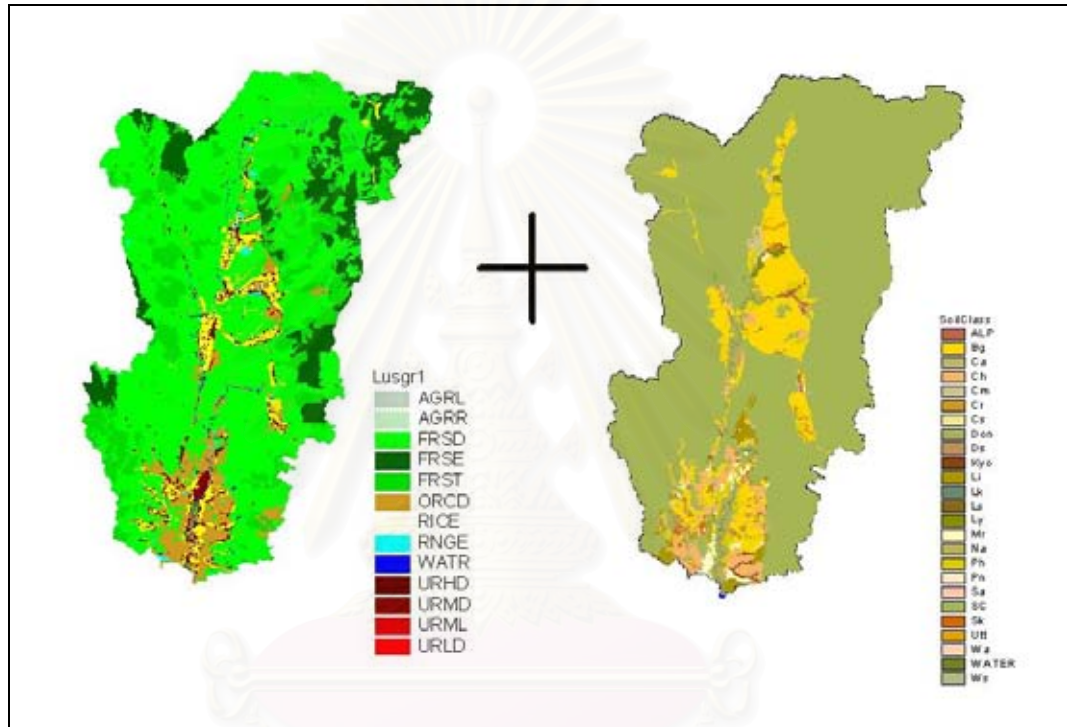
รายละเอียด	หน่วย	ลุ่มน้ำย่อยที่1	ลุ่มน้ำย่อยที่2	ลุ่มน้ำย่อยที่3	ลุ่มน้ำย่อยที่4	ลุ่มน้ำย่อยที่5	ลุ่มน้ำย่อยที่6
พื้นที่รับน้ำ	(ตารางกิโลเมตร)	668	2133	707	570	495	749
ความยาวรวมของกลุ่มน้ำ	กิโลเมตร	68	151	81	60	58	86
ความยาวของของลำน้ำสายหลัก	กิโลเมตร	55	119	48	44	31	54
ความชันของกลุ่มน้ำ	เปอร์เซ็นต์	14.01	19.43	10.91	10.87	4.44	11.30
ความกว้างลำน้ำ	เมตร	64	128	66	58	222	194
ละติจูดของจุดศูนย์ถ่วงของกลุ่มน้ำ		19.3320	19.3661	18.9557	18.8518	18.7107	18.9686
ค่าระดับที่จุดศูนย์ถ่วงของกลุ่มน้ำ	เมตร	489	1125	291	300	200	448
ระดับต่ำสุดของลำน้ำ	ม.รทก	259	259	226	200	200	200
ระดับสูงสุดของลำน้ำ	ม.รทก	406	600	318	400	200	310

6.1.2 การแบ่งกระจายของหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs)

จากการแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำย่อยจากแบบจำลองออกเป็น 6 ลุ่มน้ำย่อยแล้วนั้น แบบจำลอง SWAT จะแบ่งให้มีหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา โดยแบ่งจากจากลักษณะของสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของดิน ดังแสดงตัวอย่างการนำข้อมูลมาแบ่งการกระจายของหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา ในรูปที่ 6-5 โดยในการศึกษานี้กำหนดให้แบ่งแบบ Multiple Hydrologic Response Units เป็นการกำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยมี HRUs สอดคล้องตามสัดส่วนของการใช้ประโยชน์ที่ดินและชนิดดิน ใช้ Land use % over subbasin area = 1% และ Soil class % over subbasin area = 10% นั่นคือ โปรแกรมจะทำการแบ่งทุก ๆ พื้นที่ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่มีค่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่และชนิดของดินที่มีค่าตั้งแต่ 1% และ 10% ขึ้นไป ตามลำดับให้เป็น 1 HRUs ภายในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนั้นจะได้ HRUs ที่แตกต่างกันไป แต่ละชั้นข้อมูลของการใช้ที่ดินแต่ละปี โดยในขั้นการปรับเทียบแบบจำลองได้ใช้ 3 ปีฐานข้อมูลการใช้ที่ดิน คือปี พ.ศ. 2520 2537 และ 2544 สามารถแบ่ง HRUs ได้เป็น 47 64 และ 84 หน่วยตามลำดับ ซึ่งในแต่ละการจำลองสภาพการใช้ที่ดินที่มี HRUs ที่ต่างกันนี้ก็จะมีความ CN ที่ต่างกันด้วย ทำให้ได้ผลการคำนวณปริมาณน้ำที่ต่างกัน (ดังแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ข)

6.2 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง

สืบเนื่องจากที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.3 ถึงขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งคือการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง (Sensitivity Analysis) หรือความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ของแบบจำลอง เป็นการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากที่มีการตั้งค่าอัตโนมัติเริ่มต้นไว้ของแบบจำลอง หลังจากที่มีการสร้างสภาพทางกายภาพให้กับลุ่มน้ำในแบบจำลองแล้ว วิธีการโดยทั่วไปในการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองนั้นกระทำโดยทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ให้เปลี่ยนไปจากการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ที่ละตัว โดยปรับทั้งในทิศทางเพิ่มขึ้นและลดลงตามสัดส่วนที่เท่าๆกันภายในช่วงของค่าที่แนะนำของแต่ละพารามิเตอร์ การเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้เป็นผลลัพธ์ของการคำนวณของแบบจำลองต่างไปจากผลที่ได้เมื่อครั้งที่กำหนดเบื้องต้นจากแบบจำลองครั้งแรก ผลต่างของผลลัพธ์หรือปริมาณน้ำทำนี้แสดงถึงความอ่อนไหว (Sensitivity) หรือนัยสำคัญที่พารามิเตอร์นั้น ๆ มีต่อแบบจำลอง SWAT ดังแสดงผลของการปรับค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 6-2



รูปที่ 6-5 ตัวอย่างการนำข้อมูลมาแบ่งการแผ่กระจายของหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา(HRUs)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6-2 ค่าความแตกต่างของผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเมื่อมีการปรับพารามิเตอร์เพิ่มขึ้น

ชนิดไฟล์	พารามิเตอร์	ช่วงที่กำหนด	หน่วย	รายละเอียด		
				รายปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
MGT	cn	35-95		เพิ่ม สูง	เพิ่ม สูง	เพิ่ม สูง
sol	sol_awc	0-1	mm/mm	ลด สูง	ลด ปานกลาง	ลด สูง
sub	ch_k1	0-150	mm/hr	ลด ปานกลาง	ลด ปานกลาง	ลด ปานกลาง
	ch_n1	.01-30		น้อย	น้อย	น้อย
HRU	esco	0-1		เพิ่ม ปานกลาง	เพิ่ม ปานกลาง	เพิ่ม ปานกลาง
	ov_n	.01-30		น้อย	น้อย	น้อย
	canmx	0-100	mm	ลด ปานกลาง	เพิ่ม ปานกลาง	ลด ปานกลาง
RTE	ch_n2	0-.30		ลด ปานกลาง	เพิ่ม น้อย	ลด ปานกลาง
	k2	.01-150	mm/hr	ลด ปานกลาง	ลด ปานกลาง	เพิ่ม น้อย
GW	gwqmn	0-5000	mm	ลด สูง	ลด สูง	ลด สูง
	gwrevap	0-500	mm	เพิ่ม ปานกลาง	เพิ่ม ปานกลาง	เพิ่ม ปานกลาง
	alf_bf	0-1	day	เพิ่ม น้อย	เพิ่ม น้อย	เพิ่ม น้อย

หมายเหตุ คำอธิบายและรายละเอียดของพารามิเตอร์กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ สามารถแบ่งการประมาณค่าพารามิเตอร์ออกได้ เป็น 3 กลุ่ม (กิตติพงษ์ 2546) คือ

1) ประมาณค่าพารามิเตอร์จากข้อมูลสนามที่เชื่อถือได้โดยมีข้อมูลนั้นอยู่จริง ซึ่ง อาจเป็นเพียงค่าที่อยู่เพียงไม่กี่ค่า โดยรวมถึงค่าสัมประสิทธิ์ทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่น ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ ความยาวลำน้ำ ความลาดชันของลุ่มน้ำ เป็นต้น

2) ประมาณค่าพารามิเตอร์จากข้อมูลสนามที่เชื่อถือได้โดยไม่มีข้อมูลนั้นอยู่จริง เนื่องจาก ความหลากหลายของสภาพพื้นที่ ดังนั้นจึงอาจแสดงค่าอยู่ในรูปค่าเฉลี่ย รวมทั้ง ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้ยาก เช่น จำนวนชั้นของดิน ความลึกของเขตรากพืช สัดส่วนของชนิดดิน (%Clay Silt Sand) เป็นต้น

3) ประมาณค่าพารามิเตอร์จากการทดลองปรับค่าในแบบจำลอง เช่น ค่า Hydraulic Conductivity ค่า CN ค่า Manning n เป็นต้น

ผลการวิเคราะห์พบว่า ความไวในการกระทบต่อแบบจำลองเกิดขึ้นเมื่อเปลี่ยน ค่าพารามิเตอร์บางตัว โดยที่ยังคงค่าพารามิเตอร์อื่นๆไว้ โดยพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญในระดับสูง คือ ค่า Curve Number (CN) ค่าปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้ so_{l_awc} ค่าความลึกต่ำสุด ของน้ำในแหล่งน้ำตื้นที่ต้องการสำหรับไหลกลับสู่ลำน้ำ (gw_{qm}) ส่วนพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญ ในระดับปานกลางคือ ค่าความสามารถการนำน้ำ (ch_k) ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย (ch_n2) ค่าพื้นที่ปกคลุมสูงสุดของพุ่มไม้ (can_{mx}) ค่าแฟกเตอร์ชดเชยการระเหยใน ($esco$) ค่าสัมประสิทธิ์ การระเหยของน้ำใต้ดิน (gw_rev) และสำหรับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับลุ่มน้ำย่อย เช่น ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายในลำน้ำย่อย (ch_n) ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายของพื้นดินในลุ่มน้ำ (ov_n) มีนัยสำคัญต่ำกว่าอย่างชัดเจน โดยในรายละเอียดพอจะสรุปได้ดังนี้

1) ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่า CN (Curve Number) ซึ่งค่านี้ขึ้นกับการ ใช้ประโยชน์ที่ดินกับชนิดของดิน เมื่อเพิ่มค่า CN ทำให้ผลลัพธ์ของการคำนวณน้ำท่ามีค่าเพิ่มขึ้น และสังเกตเห็นได้ว่าอัตราการไหลจะมีการเพิ่มของกราฟตลอดทั้งช่วงที่วิเคราะห์ นั้นหมายถึงหากมีการเปลี่ยนแปลงฐานข้อมูลน้ำเข้าที่เกี่ยวกับดิน และการใช้ที่ดิน จะทำให้การคำนวณน้ำท่ามีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายมาก ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการคำนวณทางอุทกวิทยาจากน้ำฝนบ่งชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสภาพทางกายภาพที่เกี่ยวกับคุณลักษณะของดินและพืชที่ปกคลุมลุ่มน้ำ กับน้ำท่า ดังนั้นในการพัฒนาแบบจำลองทางอุทกวิทยา น้ำฝนน้ำท่า จึงควรให้ความสำคัญในการนำเข้า ข้อมูล และตรวจสอบการนำเข้าพารามิเตอร์เกี่ยวกับดินและการใช้ที่ดินเป็นอย่างมาก

2) ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้ (Available Water Capacity) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้คุณสมบัติของดิน เมื่อเพิ่มค่านี้ ทำให้ผลลัพธ์ของการคำนวณน้ำท่ามีค่าลดลง แต่จากที่สังเกตเห็นได้ว่าน้ำท่าที่ลดลงนี้ไม่ได้ลดลงในอัตราที่เท่ากันตลอดทั้งช่วงที่วิเคราะห์ มักจะลดในช่วงฤดูแล้ง ในอัตราที่มากกว่าการลดลงของน้ำท่าในช่วงฤดูฝน นั่นคือความสามารถของดินแต่ละชนิดในการเก็บน้ำสำหรับให้พืชไปใช้ประโยชน์ได้ ก็มีผลทำให้เกิดน้ำท่าในอัตราที่ต่างกัน โดยหากฝนตกลงบนดินที่ความสามารถในการเก็บน้ำสำหรับพืชได้มาก น้ำก็จะเหลือเป็นน้ำท่าน้อยลง โดยเฉพาะช่วงการไหลพื้นฐาน (Base flow) ฝนที่ตกลงมาซึ่งมีปริมาณน้อยมักจะถูกเก็บไว้ในดินไว้เป็นส่วนมาก แต่ในช่วงฤดูฝนหรือช่วงการไหลตรง (Direct Runoff) จะมีปริมาณฝนที่มากจนเกินความสามารถในการเก็บน้ำของดิน ทำให้ไม่ค่อยเห็นความแตกต่างของการคำนวณน้ำท่าสำหรับดินแต่ละชนิด

3) สำหรับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับค่าความสามารถการนำน้ำ (Hydraulic Conductivity) ซึ่งเกี่ยวกับคุณสมบัติของดิน ส่งผลต่อการคำนวณน้ำท่าในระดับปานกลาง คือ เมื่อมีการเพิ่มค่านี้ ทำให้ผลลัพธ์การคำนวณน้ำท่าลดลง หมายถึงหากฝนตกลงบนดินที่มีค่าความสามารถการนำน้ำสูง จะทำให้เกิดการซึมลงสู่ดินชั้นล่างได้มาก จึงเหลือเป็นน้ำท่าลดลง โดยค่าพารามิเตอร์นี้ถ้าเป็นค่าตัวแทนของลำน้ำสายหลัก จะส่งผลกระทบมากกว่าการเป็นตัวแทนของลำน้ำย่อย

4) ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย ก็เป็นพารามิเตอร์หนึ่งซึ่งส่งผลต่อการไหลในลำน้ำ โดยจะไม่ค่อยส่งผลต่อการคำนวณน้ำท่าในส่วนพื้นดิน (Land Phase) แต่จะส่งผลถึงช่วงเวลาของการไหล และความสัมพันธ์ของอัตราการไหล หรือการเคลื่อนตัวของน้ำ โดยหากเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายจะทำให้เกิดการไหลน้อยลงและการเคลื่อนตัวของน้ำมาได้ช้า

5) ค่าพารามิเตอร์การไหลของน้ำใต้ดิน มีพารามิเตอร์หลายชนิดที่ให้ผลกระทบต่างกัน เช่น ค่าความลึกต่ำสุดของน้ำในแหล่งน้ำต้นที่ต้องการสำหรับไหลกลับสู่ลำน้ำ เมื่อมีการเพิ่มค่าพารามิเตอร์นี้จะทำให้เกิดการลดลงของน้ำท่าในอัตราที่ค่อนข้างสูง อาจอธิบายได้ว่า ถ้าปริมาณน้ำต่ำสุดหรือระดับความลึกต่ำสุดที่จะทำให้ น้ำจากใต้ดินในชั้นแหล่งน้ำต้น ไหลกลับสู่ลำน้ำ มีค่าสูง จะทำให้มีปริมาณน้ำถูกเก็บไว้ในชั้นแหล่งน้ำต้นของน้ำใต้ดินได้ในปริมาณที่สูง จนทำให้น้ำไม่สามารถไหลกลับสู่ลำน้ำหรือไหลกลับคืนได้น้อยมาก น้ำท่าที่ได้จากการไหลคืนมานี้จึงมีปริมาณน้อย ส่วนผลกระทบของค่าสัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำใต้ดิน คือ เมื่อมีการเพิ่มค่าพารามิเตอร์นี้จะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของน้ำท่าปานกลาง อธิบายได้ว่า หากเพิ่มค่าพารามิเตอร์นี้ ทำให้มีการเคลื่อนย้ายน้ำจากชั้นแหล่งน้ำต้นไปสู่ ชั้นดินที่ยังไม่อิ่มตัว น้ำในแรงดึงดูดคาปิลลารี จะระเหยและแพร่กระจายขึ้นสู่ด้านบน น้ำส่วนนี้อาจรวมถึงการเคลื่อนย้ายน้ำจากชั้นที่ลึกลงไปอีกมาสู่ชั้นเขตรากพืชจากการดูดน้ำของพืชก็ได้

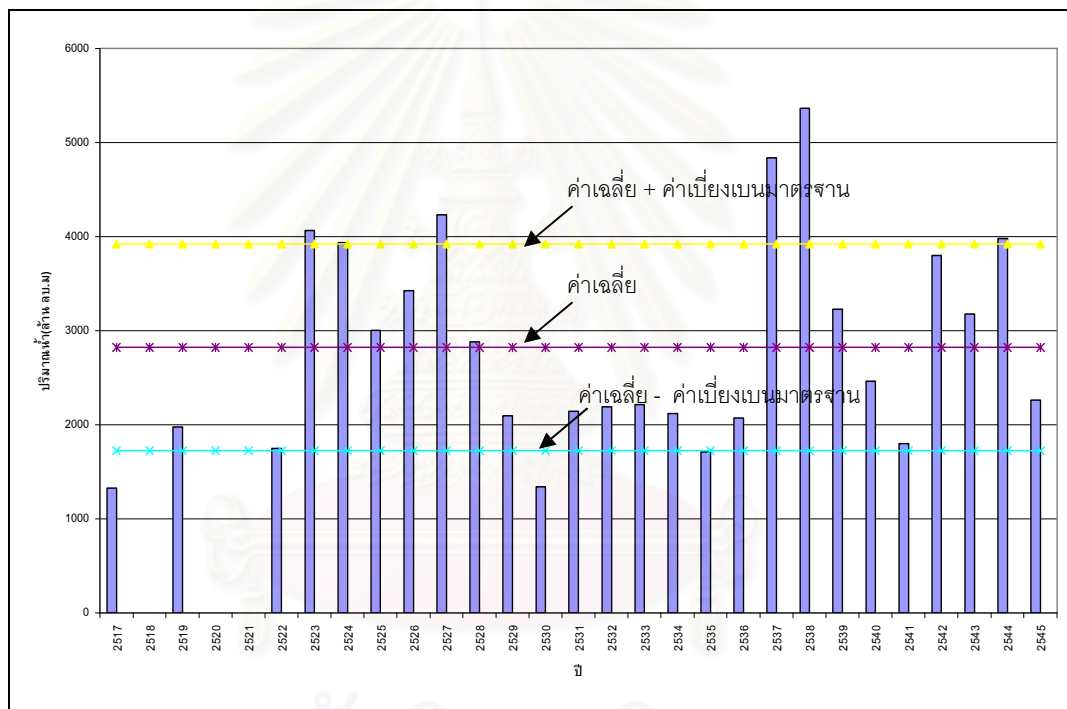
6.3 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration and Verification)

ขั้นตอนของการปรับเทียบแบบจำลอง เป็นอีกขั้นตอนหนึ่งของการสร้างแบบจำลองทางอุทกวิทยา เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการนำแบบจำลอง สามารถนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เหมาะสมไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ต่อไป โดยวิธีการหลักๆ คือการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม พิจารณาผลลัพธ์จากการคำนวณเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำท่า แล้วปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้อง จนกว่าจะมีความสอดคล้องและเหมาะสมดังวิธีการและรายละเอียดของการปรับเทียบแบบจำลอง ในหัวข้อ 4-4

ในการศึกษานี้ ได้นำข้อมูลที่แตกต่างกันของการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้น้ำที่ดิน สภาพชนิดดิน ที่เป็นข้อมูลทางระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาใช้ สร้างและปรับเทียบแบบจำลองด้วยพารามิเตอร์ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับข้อมูลที่มี ซึ่งเป็นช่วงสั้นๆกับพารามิเตอร์ที่คาดว่าจะเป็นตัวแทนสภาพทางกายภาพในช่วงนั้นๆ ซึ่งนับว่ามีประโยชน์ในเชิงความคิด ของการเปลี่ยนแปลงสภาพทั่วไปสมเหตุผลของความเป็นจริง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำที่ดิน มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งชั้นข้อมูลการใช้น้ำที่ดินที่ได้เลือกมาสำหรับปรับเทียบหาความเหมาะสมของแบบจำลอง คือชั้นข้อมูลปี พ.ศ. 2520 2537 และ 2540 และผลลัพธ์ของปริมาณน้ำท่าเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริงของสถานีวัดน้ำท่า N.1

สำหรับการพิจารณาเลือกช่วงที่เหมาะสมในการปรับเทียบแบบจำลองตามแต่ละช่วงชั้นข้อมูลการใช้น้ำที่ดินนั้น วิเคราะห์จากค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลน้ำท่ารายปีในสถานีวัดน้ำท่า N.1 ของช่วงปี พ.ศ. 2517-2545 (ดังแสดงในรูปที่ 6-6) เนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าจริงที่บันทึกได้ในสถานีวัดน้ำท่านั้น มีการผันแปรของข้อมูลค่อนข้างมาก จึงต้องเลือกช่วงปีที่มีข้อมูลปริมาณน้ำที่ครอบคลุมทั้งเกณฑ์เฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อให้ทำการปรับเทียบได้ผลเป็นที่น่าพอใจและสมเหตุผลผลในแต่ละช่วงข้อมูล โดยเลือกช่วงข้อมูลที่น่ามาปรับเทียบสำหรับชั้นข้อมูลการใช้น้ำที่ดิน ดังนี้

- ชั้นข้อมูลการใช้น้ำที่ดินปี พ.ศ. 2520 ใช้ปรับเทียบข้อมูล ในช่วงปี พ.ศ. 2517-2530
- ชั้นข้อมูลการใช้น้ำที่ดินปี พ.ศ. 2537 ใช้ปรับเทียบข้อมูล ในช่วงปี พ.ศ. 2531-2540
- ชั้นข้อมูลการใช้น้ำที่ดินปี พ.ศ. 2544 ใช้ปรับเทียบข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2541-2545



รูปที่ 6-6 การพิจารณาเลือกช่วงที่เหมาะสมในการปรับเทียบแบบจำลอง

6.3.1 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2520

จากการปรับแก้พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างแบบจำลองทางอุทกวิทยาโดยใช้ชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2520 แล้วให้มีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า N.1 ในช่วงสถิติของข้อมูลปี พ.ศ. 2517-2530 พบว่า

1. ค่าร้อยละ ความแตกต่างของผลรวมปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย คือ 7.84 รายละเอียดดังนี้

รหัสสถานี	ช่วงสถิติของข้อมูล	ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)		ร้อยละความแตกต่าง
		ตรวจวัด	แบบจำลอง	
N.1	2517-2530	2,729.02	2,942.89	7.84

2. ค่ารากที่สองสัมพัทธ์ของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Root Mean Square Relative Error; ER) โดยพิจารณาจากค่าปริมาณน้ำรายเดือน คือ 0.22 รายละเอียดดังตารางที่ 6-3 และแสดงกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาณน้ำท่ารายปีที่วัดได้กับค่าที่ได้จากการคำนวณดังรูปที่ 6-7

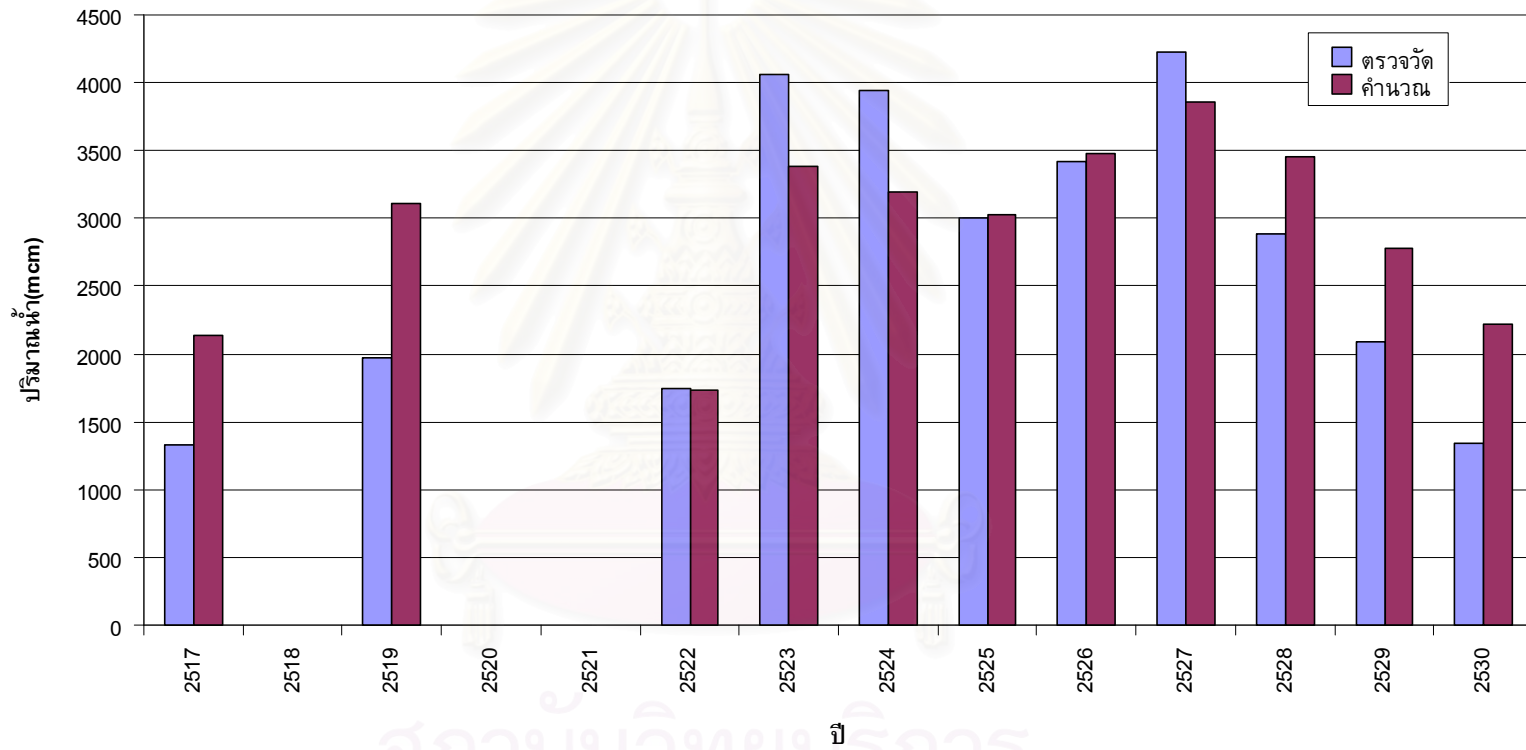
3. ค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิผล (R^2) โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของค่าอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือน จากข้อมูลการบันทึกจริงกับการจำลอง โดยใช้วิธีกำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ชั่วขณะของเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient) คือ 0.78

4. กราฟเปรียบเทียบการพิจารณาถึงการเข้ากันได้ดีของรูปร่างกราฟน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน โดยพิจารณาจากการดูรูปร่างของกราฟน้ำท่า ซึ่งรูปร่างของกราฟใกล้เคียงกันและไปในทิศทางเดียวกัน และพลอตกราฟ เปรียบเทียบระหว่างค่าน้ำท่าที่ได้จากการจำลอง กับค่าน้ำท่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริง โดยกราฟที่ได้มีการเกาะกลุ่มกันที่เส้นแบ่ง 45 องศาของกราฟดังรูปที่ 6-8

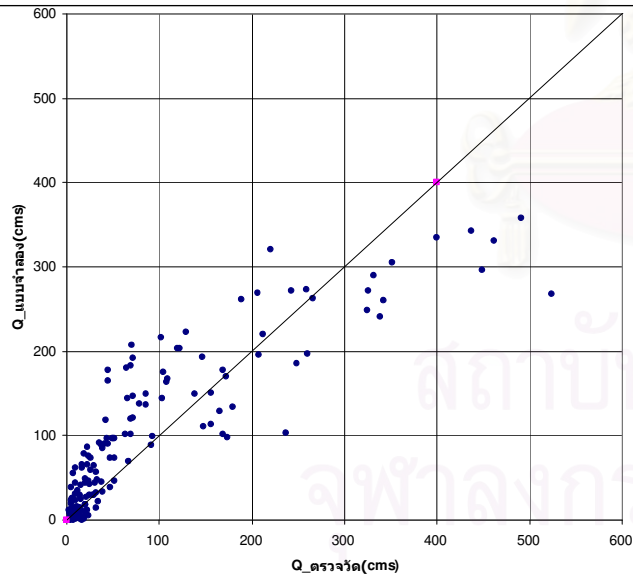
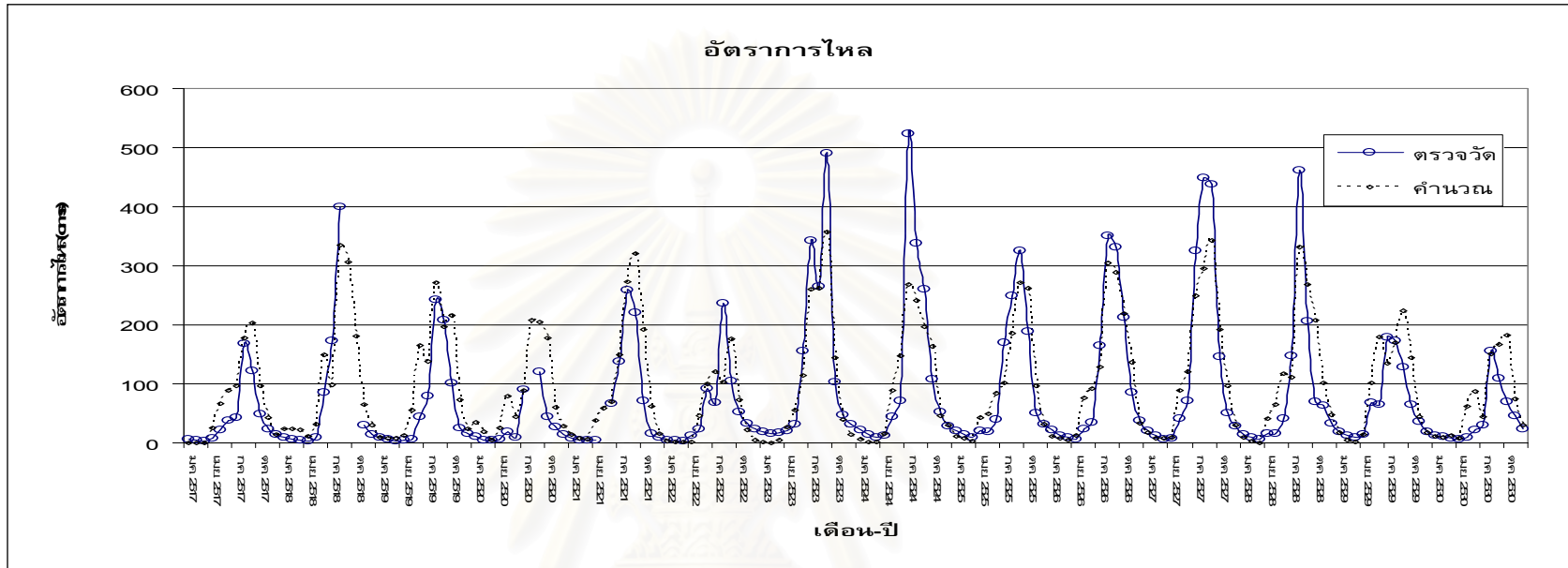
ตารางที่ 6-3 ค่าปริมาณน้ำรายเดือน ที่ได้จากการตรวจวัดและจากแบบจำลองช่วงปี 2517-2530

ปีพ.ศ.	ปีค.ศ.	ปริมาณน้ำรายเดือนจากการตรวจวัด (MCM)												ตรวจวัด	แบบจำลอง	แบบจำลอง
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	MCM	MCM	MCM
2517	1974	17.5	9.9	9.5	18.6	58.7	96.8	116.2	452.6	315.8	131.5	62.7	36.3	1326.10	2141.19	2141.19
2518	1975	24.6	13.9	14	6.9	25.3	220.4	464.7	1070			77.4	38.3			3367.44
2519	1976	26.4	14.5	10.4	11.5	17.8	115.9	211	648.8	537.7	273.7	66.4	41.5	1975.60	3113.26	3113.26
2520	1977	30.1	12.7	11.1	16.11	49.35	25.36	244.3		311.1	120.5	68.17	36.72			2574.22
2521	1978	20.28	12.42	10.65	13.1		174.2	371.7	693.7	570.6	192.6	41.7	27.5			3195.06
2522	1979	13.4	9.7	8	34.4	62.7	240	184.9	632.9	270.2	139.3	87.5	64.1	1747.10	1729.08	1729.08
2523	1980	50.9	38.9	44.9	54.7	84	404.5	917.8	711.7	1272	277.7	121.9	85.3	4064.40	3380.66	3380.66
2524	1981	57.4	32.7	23.6	31.4	119.5	184	1404	907.6	675.2	289.5	133.8	77.3	3936.40	3194.00	3194.00
2525	1982	53.6	32.9	24.7	52.5	51.8	101.7	453.5	666.4	843.3	506.1	132	83.4	3001.90	3027.76	3027.76
2526	1983	59.6	31.3	24.2	17.8	61.8	92.4	443.9	941.3	859	569.4	221.7	102.5	3424.90	3475.87	3475.87
2527	1984	54.8	30.8	18	22.1	109.8	186.3	870.4	1203	1134	391.3	133.2	76.6	4230.70	3858.51	3858.51
2528	1985	40.1	23.2	15.5	40.7	44	108.4	394.9	1236	535.9	188.9	164.6	87.3	2879.70	3450.02	3450.02
2529	1986	51.9	29.7	24	35.4	184.8	166.7	481.4	461.5	333.2	176.4	96.4	52.5	2093.90	2782.51	2782.51
2530	1987	36.1	25.6	22.6	16.3	25.5	56.3	82.8	417.4	283.6	186.6	120.9	64.8	1338.50	2218.98	2218.98
ค่าเฉลี่ย =														2729.02	2942.89	
คลาดเคลื่อน ER =														0.22		

ปริมาณน้ำรายปี



รูปที่ 6-7 กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาณน้ำทำรายปีที่วัดได้กับค่าที่ได้จากการคำนวณ ช่วงปี พ.ศ. 2517-2530



รูปที่ 6-8 กราฟเปรียบเทียบการพิจารณาถึงการเข้ากันได้ดีของรูปร่าง
กราฟน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนและความสัมพันธ์ของน้ำท่าที่ได้จาก
การบันทึกข้อมูลจริงกับน้ำท่าที่ได้จากการจำลอง ช่วงปี พ.ศ.
2517-2530

6.3.2 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2537

จากการปรับแก้พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างแบบจำลองทางอุทกวิทยาโดยใช้ชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2537 แล้วให้มีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า N.1 ในช่วงสถิติของข้อมูลปี พ.ศ. 2531-2540 พบว่า

1. ค่าร้อยละ ความแตกต่างของผลรวมปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย คือ 0.62 ร้อยละเอียงดังนี้

รหัสสถานี	ช่วงสถิติของข้อมูล	ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)		ร้อยละความแตกต่าง
		ตรวจวัด	แบบจำลอง	
N.1	2531-2540	2833.32	2850.92	0.62

2. ค่ารากที่สองสัมพัทธ์ของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Root Mean Square Relative Error; ER) โดยพิจารณาจากค่าปริมาณน้ำรายเดือน คือ 0.14 ร้อยละเอียงดังตารางที่ 6-4 และแสดงกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาณน้ำท่ารายปีที่วัดได้กับค่าที่ได้จากการคำนวณดังรูปที่ 6-9

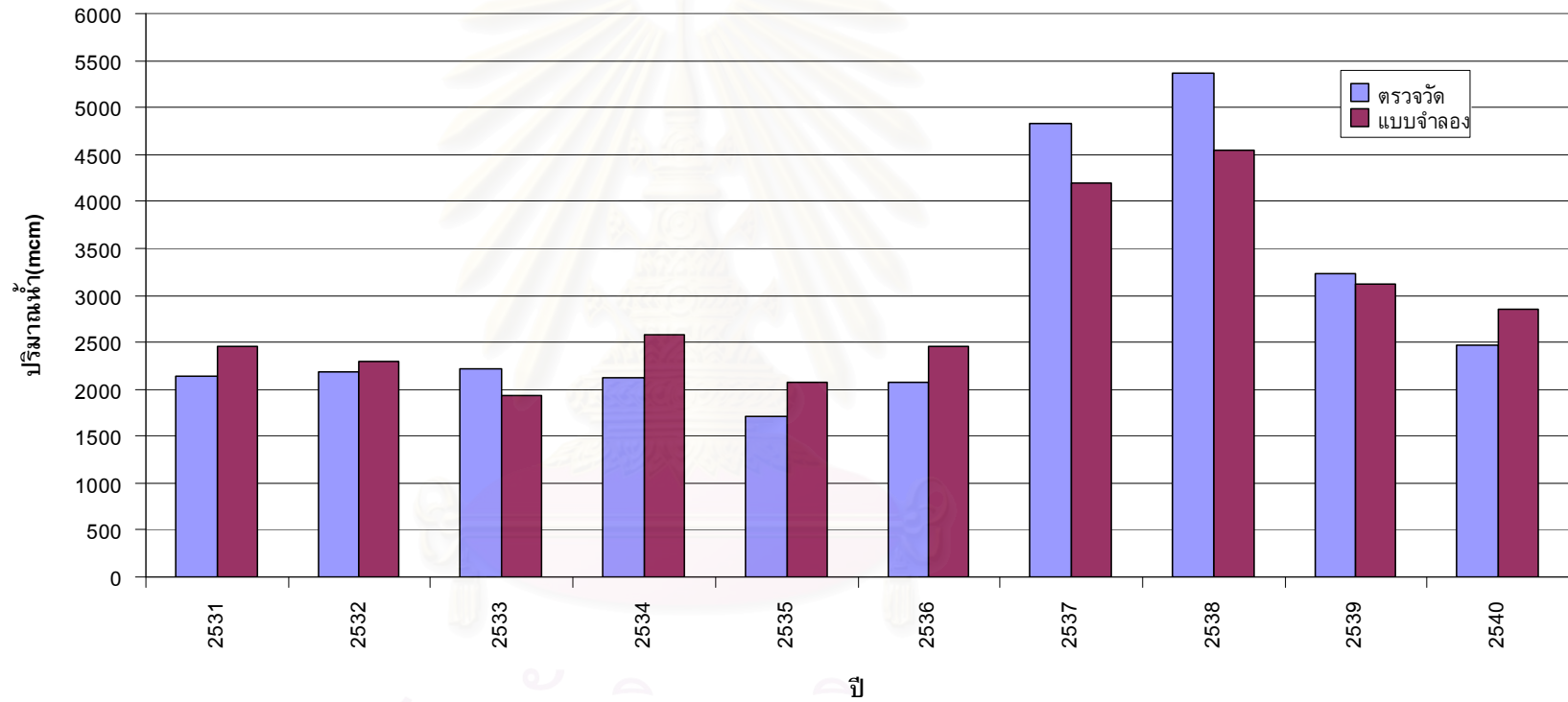
3. ค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิผล (R^2) โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของค่าอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือน จากข้อมูลการบันทึกจริงกับการจำลอง โดยใช้วิธีกำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ชั่วขณะของเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient) คือ 0.85

4. กราฟเปรียบเทียบการพิจารณาถึงการเข้ากันได้ดีของรูปร่างกราฟน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน โดยพิจารณาจากการดูรูปร่างของกราฟน้ำท่า ซึ่งรูปร่างของกราฟใกล้เคียงกันและไปในทิศทางเดียวกัน และพลอตกราฟ เปรียบเทียบระหว่างค่าน้ำท่าที่ได้จากการจำลอง กับค่าน้ำท่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริง โดยกราฟที่ได้มีการเกาะกลุ่มกันที่เส้นแบ่ง 45 องศาของกราฟดังรูปที่ 6-10

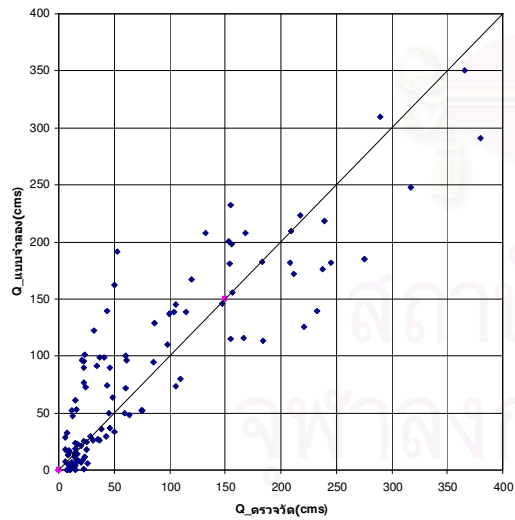
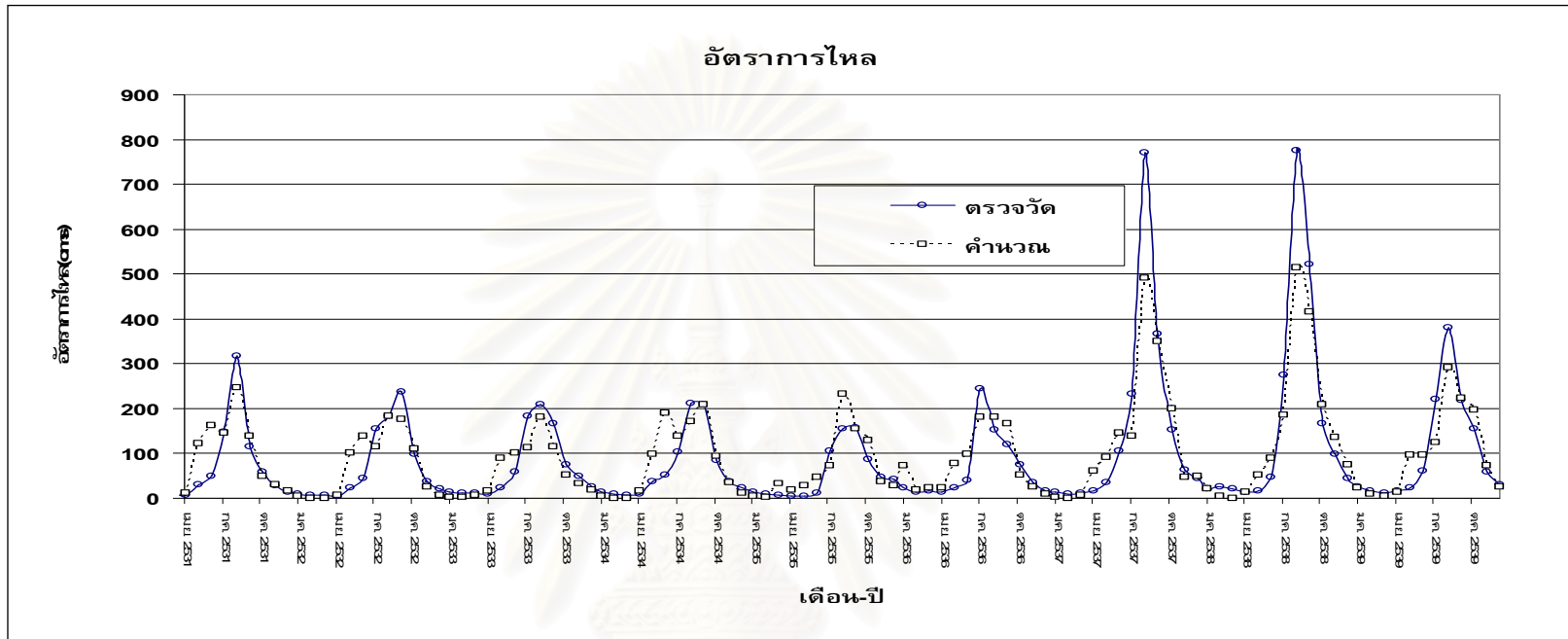
ตารางที่ 6-4 ค่าปริมาณน้ำรายเดือน ที่ได้จากการตรวจวัดและจากแบบจำลอง ช่วงปี 2531-2540

ปีพ.ศ.	ปีค.ศ.	ปริมาณน้ำรายเดือนจากการตรวจวัด												ตรวจวัด	แบบจำลอง	แบบจำลอง
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	MCM	MCM	MCM
2531	1988	39.8	26.8	23.2	21.1	84.2	130.9	394.8	849.2	298.2	158.8	72.9	40.9	2140.80	2459.04	2459.04
2532	1989	26.4	19.6	19.7	14.8	61.7	113.3	414.8	491	615.2	262.6	96.3	54.1	2189.50	2296.10	2296.10
2533	1990	35.4	27.6	31.4	24.6	59.9	155.3	493.5	557.7	430.9	201.4	129.8	67.6	2215.10	1935.02	1935.02
2534	1991	40.7	22.5	21.1	22.8	99	136.1	277.1	566.4	543	227.6	98.7	63.6	2118.60	2577.13	2577.13
2535	1992	38	22.1	20	15.1	15.4	32.7	283.2	414.1	405.7	230.7	119.1	114.1	1710.20	2077.09	2077.09
2536	1993	64.9	36.3	45.5	38.3	60.4	105.5	656.5	411.9	310.6	200.5	91.8	46.6	2068.80	2457.58	2457.58
2537	1994	37.2	25.1	32.4	39.8	92.3	274.1	622.9	2066	948.8	410.5	165.5	121.8	4836.40	4195.07	4195.07
2538	1995	53.9	62.6	59.5	35.9	42.6	119.9	736.6	2078.8	1349.7	449.6	258.1	117.6	5364.80	4547.28	4547.28
2539	1996	67.2	41	28.4	43.7	59.8	159.1	591.8	1016.7	563.6	416.9	155.3	83.5	3227.00	3121.74	3121.74
2540	1997	57.3	31.2	27.1	36.05	56.5	30.83	292.59	640.05	750.85	353.23	124.93	61.37	2462.00	2843.14	2843.14
ค่าเฉลี่ย =													2833.32	2850.92		
คลาดเคลื่อน ER =													0.14			

ปริมาณน้ำรายปี



รูปที่ 6-9 กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาณน้ำท่ารายปีที่วัดได้กับค่าที่ได้จากการคำนวณ ช่วงปี พ.ศ. 2531-2540



รูปที่ 6-10 กราฟเปรียบเทียบการพิจารณาถึงการเข้ากันได้ดีของรูปร่าง
 กราฟน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน และความสัมพันธ์ของน้ำท่าที่ได้จาก
 การบันทึกข้อมูลจริงกับน้ำท่าที่ได้จากการจำลอง ช่วงปี พ.ศ.
 2531-2540

6.3.3 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544

จากการปรับแก้พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างแบบจำลองทางอุทกวิทยาโดยใช้ชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 แล้วให้มีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่า N.1 ในช่วงสถิติของข้อมูลปี พ.ศ. 2541-2545 พบว่า

1. ค่าร้อยละ ความแตกต่างของผลรวมปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย คือ 2.57 ร้อยละเอียงดังนี้

รหัสสถานี	ช่วงสถิติของข้อมูล	ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)		ร้อยละความแตกต่าง
		ตรวจวัด	แบบจำลอง	
N.1	2541-2545	3002.0614	3079.19	2.57

2. ค่ารากที่สองสัมพัทธ์ของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Root Mean Square Relative Error; ER) โดยพิจารณาจากค่าปริมาณน้ำรายเดือน คือ 0.17 ร้อยละเอียงดังตารางที่ 6-5 และแสดงกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาณน้ำท่ารายปีที่วัดได้กับค่าที่ได้จากการคำนวณดังรูปที่ 6-11

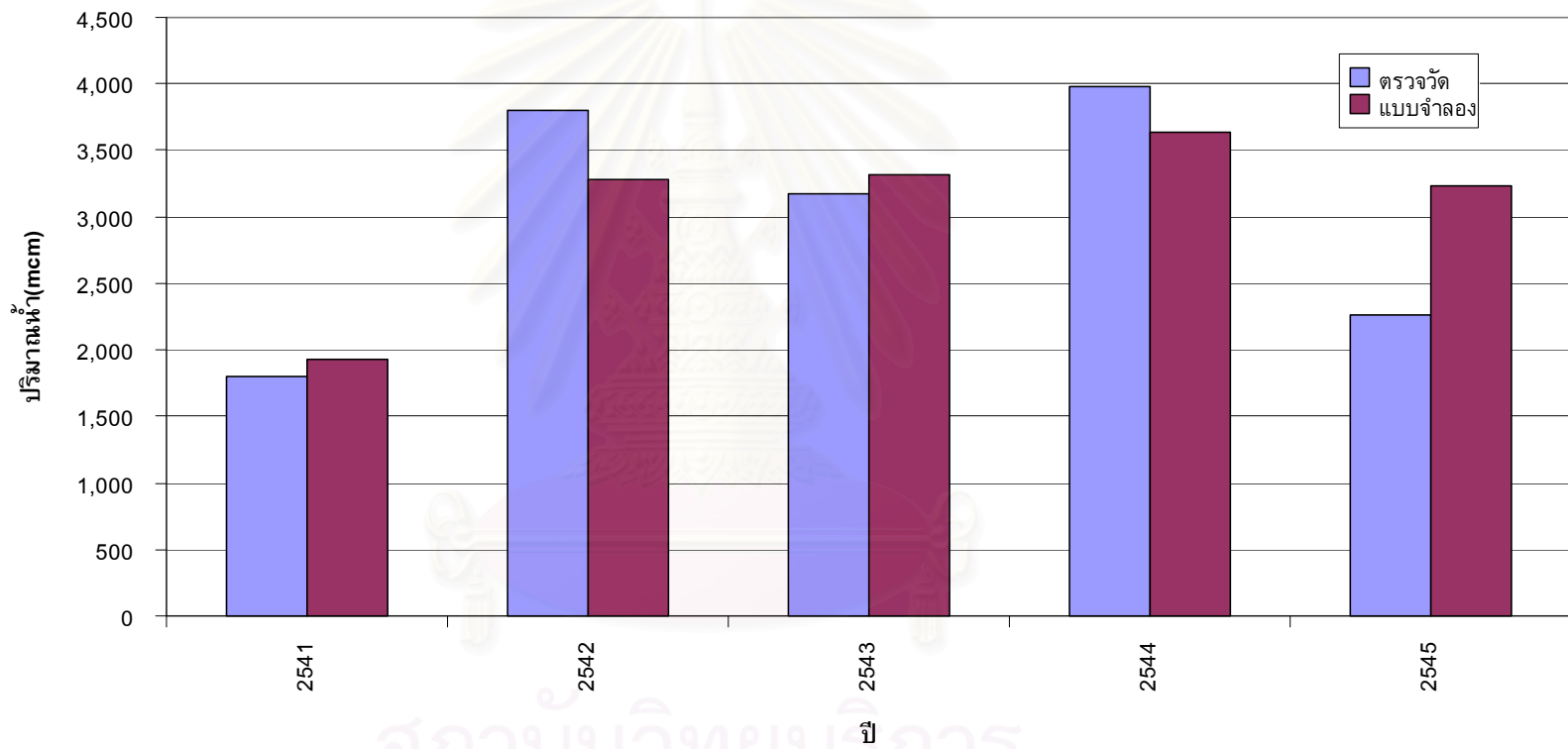
3. ค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิผล (R^2) โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของค่าอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือน จากข้อมูลการบันทึกจริงกับการจำลอง โดยใช้วิธีกำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ชั่วขณะของเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient) คือ 0.80

4. กราฟเปรียบเทียบการพิจารณาถึงการเข้ากันได้ดีของรูปร่างกราฟน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน โดยพิจารณาจากการดูรูปร่างของกราฟน้ำท่า ซึ่งรูปร่างของกราฟใกล้เคียงกันและไปในทิศทางเดียวกัน และพลอตกราฟ เปรียบเทียบระหว่างค่าน้ำท่าที่ได้จากการจำลอง กับค่าน้ำท่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริง โดยกราฟที่ได้มีการเกาะกลุ่มกันที่เส้นแบ่ง 45 องศาของกราฟดังรูปที่ 6-12

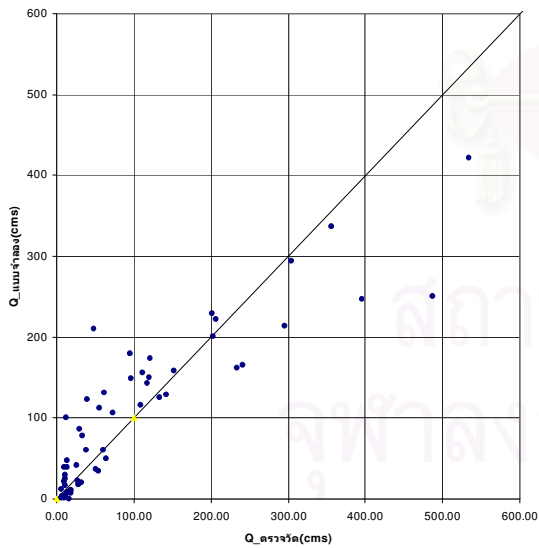
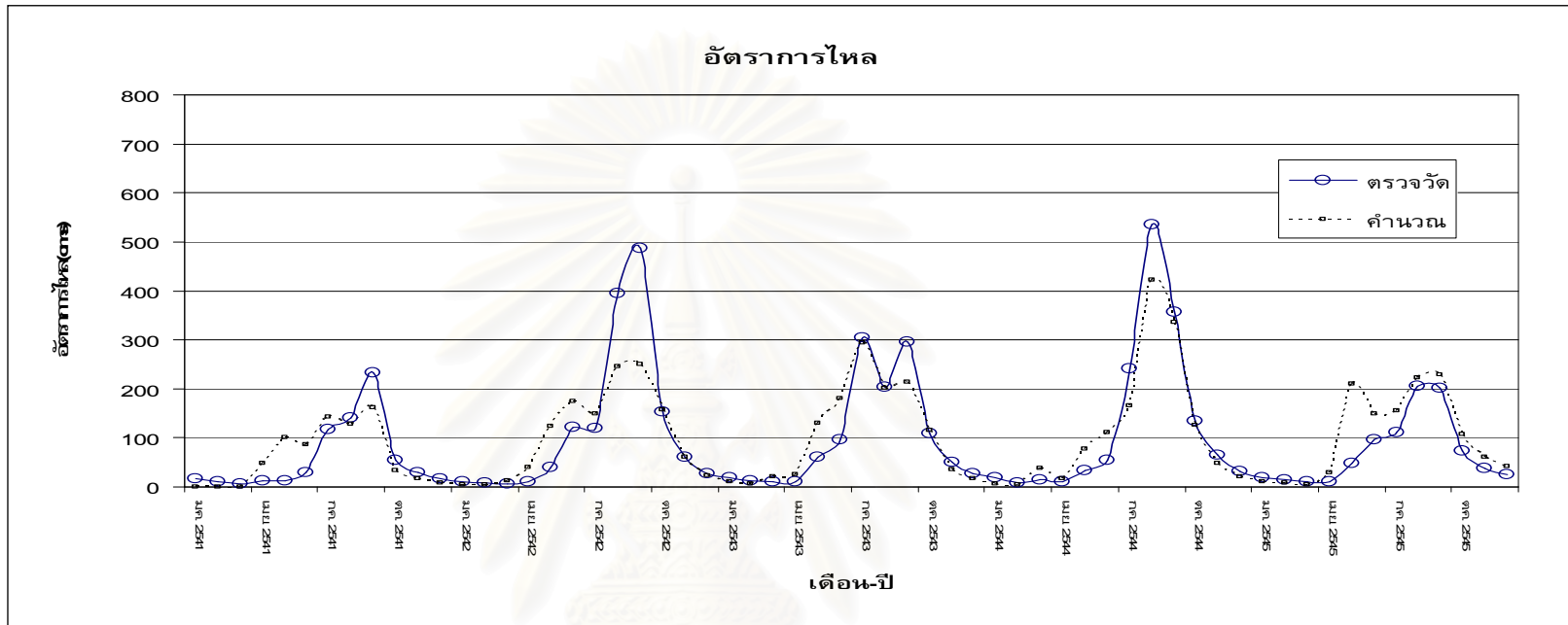
ตารางที่ 6-5 ค่าปริมาณน้ำรายเดือน ที่ได้จากการตรวจวัดและจากแบบจำลองช่วงปี 2541-2545

ปีพ.ศ.	ปีค.ศ.	ปริมาณน้ำรายเดือนจากการตรวจวัด												ตรวจวัด	แบบจำลอง	แบบจำลอง
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	MCM	MCM	MCM
2541	1998	43.06	25.06	17.12	34.66	34.64	75.48	316.37	379.51	605.79	144.36	74.52	46.82	1797.39	1928.20	1928.20
2542	1999	29.71	18.42	15.94	25.7	107.5	314.1	322.3	1059.1	1265	408.4	158.3	73.8	3798.27	3280.73	3280.73
2543	2000	48.5	32.8	26.6	28.4	164.1	248	814	544.6	767.7	292	133	75.4	3175.10	3315.42	3315.42
2544	2001	48.6	21.4	36.9	28.1	89.1	142.9	644.6	1432.8	923.4	359.3	167.9	85.5	3980.50	3633.70	3633.70
2545	2002	48.8	34.7	28.9	27.767	130.38	249.29	297.91	552.83	524.09	197.13	99.165	68.094	2259.05	3237.89	3237.89
ค่าเฉลี่ย =														3002.06	3079.19	
คลาดเคลื่อน ER =														0.17		

ปริมาณน้ำรายปี



รูปที่ 6-11 กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาณน้ำท่ารายปีที่วัดได้กับค่าที่ได้จากการคำนวณ ช่วงปี พ.ศ. 2541-2545



รูปที่ 6-12 กราฟเปรียบเทียบการพิจารณาถึงการเข้ากันได้ดีของรูปร่าง
 กราฟน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน และความสัมพันธ์ของน้ำท่าที่ได้จาก
 การบันทึกข้อมูลจริงกับน้ำท่าที่ได้จากการจำลอง ช่วงปี พ.ศ.
 2541-2545

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT จะเห็นได้ว่าแนวคิดของการสร้างแบบจำลอง ด้วยวิธีการแบ่งการเปรียบเทียบตามช่วงของชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินต่างๆ ประกอบกับการซ้อนทับของระบบกริดของชั้นข้อมูลแผนที่ และความเหมาะสมของพารามิเตอร์ต่างๆ ได้รับการตรวจสอบและปรับแก้ให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น ทำให้ผลการคำนวณมีแนวโน้มสอดคล้องกับข้อมูลการวัดจริง ทั้งในแง่ของปริมาณน้ำรายปี ปริมาณน้ำรายเดือน และอัตราการไหลของน้ำท่า แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาการเปรียบเทียบในหลายด้านทั้งปริมาณและอัตราการไหล ดังนั้นในการเปรียบเทียบจึงพยายามให้มีค่าที่พอยอมรับได้ของการปรับปริมาณน้ำ ทำให้ค่าอัตราการไหลสูงสุดมีความผิดพลาดไปบ้าง

6.4 ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง วิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

เมื่อได้วิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองและการปรับเทียบแบบจำลอง ซึ่งเป็นขั้นตอนเบื้องต้นในการพิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลองและความสอดคล้องกันของพารามิเตอร์ก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป แล้ว หลังจากนั้นจึงเป็นขั้นตอนของการประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง โดยหัวข้อนี้เป็นการนำเสนอผลของการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อน้ำท่าดังที่เป็นวัตถุประสงค์ของงานศึกษานี้ ซึ่งในการวิเคราะห์ผลของการประยุกต์พิจารณาบนพื้นฐานของแนวคิดจากการปรับเทียบและการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง แต่อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลองพบว่า การปรับพารามิเตอร์ให้ได้ผลการคำนวณที่น่าพอใจ มักจะเป็นการพิจารณาปริมาณน้ำทั้งปี ซึ่งถ้าจะให้มีการพิจารณาปริมาณน้ำและอัตราการไหลเป็นที่น่าพอใจทั้งช่วงฤดูฝนกับช่วงฤดูแล้งของแต่ละปีนั้นเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ยากมาก โดยเฉพาะพื้นที่ที่อัตราการผันแปรของน้ำท่าของช่วงปีที่สูงๆ เนื่องจากพารามิเตอร์ของแบบจำลอง SWAT เป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของทั้งปี ซึ่งในสภาพความเป็นจริง พารามิเตอร์บางอย่างอาจมีค่าไม่เท่ากันตลอดทั้งปี เช่น ค่าความสามารถการนำน้ำของดิน (hydraulic conductivity) ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานบนพื้นดิน ค่าพื้นที่ปกคลุมสูงสุดของพุ่มไม้ (Maximum canopy storage) หรือแม้แต่ค่า curve number เป็นต้น ดังนั้น หากมีการประยุกต์แบบจำลองเพื่อให้มีการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำท่าให้ใกล้เคียงความเป็นจริงทั้งในช่วงการไหลตรง (Direct Runoff) และช่วงการไหลพื้นฐาน (Base flow) นั้น จึงควรมีการปรับพารามิเตอร์ในเชิงแนวคิด (Conceptual) ให้ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยทำการแยกการนำเข้าพารามิเตอร์เพื่อวิเคราะห์การไหลทั้ง 2 สถานภาพที่แตกต่างกันดังกล่าว

ในการนำเข้าสู่ข้อมูลและพารามิเตอร์ของทั้ง 2 สถานภาพ ได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ให้เท่ากันตามขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลองเนื่องจากเป็นสภาพกายภาพของพื้นที่เดียวกัน และได้ปรับค่าพารามิเตอร์ที่พิจารณาแล้วว่าน่าจะมีค่าต่างกันบางค่า ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เพื่อวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อน้ำท่าในช่วงฤดูแล้ง และผลกระทบต่อน้ำท่าในช่วงฤดูฝน แต่เนื่องจากลักษณะการไหลในพื้นที่นี้ มีการผันแปรของน้ำท่าในช่วงเดือนที่เป็นช่วงต่อ (Transition) ของการไหลตรง (Direct Runoff) และการไหลพื้นฐาน (Base flow) ในแต่ละปีมาก (ดังแสดง flow hydrograph ในภาคผนวก ซ) จนไม่สามารถระบุค่าปริมาณน้ำท่าในช่วงต่อนั้นให้แน่ชัดว่าเป็นการไหลแบบใดได้ ดังนั้นในการพิจารณาช่วงที่จะนำมาวิเคราะห์ ได้วิเคราะห์การไหลในช่วงเดือนที่มีการไหลของ 2 ลักษณะที่ชัดเจน คือ ใช้เดือนมกราคมถึงเมษายน หรือช่วงน้ำแล้งเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์น้ำท่าช่วงฤดูแล้ง และใช้เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคมหรือช่วงน้ำหลากเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์น้ำท่าช่วงฤดูฝน โดยได้นำข้อมูลการใช้ที่ดินของปี พ.ศ. 2544 เป็นกรณีฐาน (Base line) และประยุกต์เปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากแบบจำลองของชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินในอดีต คือปี พ.ศ. 2520 นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากแบบจำลองของชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินกรณีศึกษาสมมติ 3 กรณี ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 5.5

6.4.1 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในปัจจุบันกับอดีตที่ผ่านมา

การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางอวกวิทยา SWAT โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่พิจารณาว่าเหมาะสมจากขั้นตอนที่ผ่านมาจนถึงขั้นตอนนี้ ใช้กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าในช่วงปี พ.ศ. 2541-2545 เป็นกรณีฐาน ซึ่งในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องมีการปรับเทียบแบบจำลองใหม่ โดยการปรับค่าพารามิเตอร์บางค่าในช่วงน้ำหลากกับช่วงน้ำแล้งให้ต่างกัน

จากผลการปรับเทียบ เพื่อการประยุกต์ใช้แบบจำลองเห็นได้ว่าเมื่อปรับพารามิเตอร์ให้มีค่าต่างกันนั้น ผลการคำนวณให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริงทั้ง 2 สถานภาพในทั้ง 2 ชั้นข้อมูลการใช้ที่ดิน โดยในการปรับเทียบพารามิเตอร์สำหรับชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 ให้ค่าปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง 2,417 และ 106.18 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละความแตกต่างของผลรวมปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง คือ 2 และ -14.52 ตามลำดับ ค่ารากที่สองสัมพัทธ์ของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Root Mean Square Relative Error; ER) ของค่าปริมาณน้ำท่า ในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง คือ 0.13 และ 0.33 ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 6-6 (แสดงรายละเอียดปริมาณน้ำรายเดือน ในช่วงปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ของชั้นข้อมูลปี พ.ศ. 2544 ของค่าที่วัดได้กับค่าที่ได้จากการคำนวณในตารางที่ 6-7 แสดงกราฟ

ตารางที่ 6-6 ปริมาณน้ำท่า ช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ของชั้นข้อมูลปี 2544

ปีข้อมูล การใช้ที่ดิน	ช่วงสถิติ ข้อมูล	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)		% ต่างต่าง	ER
		ตรวจวัด	แบบจำลอง		
2544	เฉพาะช่วงน้ำหลาก	2370.24	2417.60	2.00	0.13
	2541-2545 รายปีเฉลี่ย	3002.06	3711.60	23.64	0.26
	เฉพาะช่วงน้ำแล้ง	124.23	106.18	-14.52	0.33
	2541-2545 รายปีเฉลี่ย	3002.06	2895.11	-3.56	0.20

ตารางที่ 6-7 ปริมาณน้ำรายเดือน ในช่วงปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ของชั้นข้อมูลปี 2544

ปีพ.ศ.	ปีค.ศ.	ปริมาณน้ำช่วงน้ำหลาก				ตรวจวัด (ล้าน ลบ.ม.)	คำนวณ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำช่วงน้ำแล้ง				ตรวจวัด (ล้าน ลบ.ม.)	คำนวณ (ล้าน ลบ.ม.)
		ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.		
2541	1998	316.37	379.51	605.79	144.36	1446.03	1537.18	43.06	25.06	17.12	34.66	119.9	37.87
2542	1999	322.3	1059.1	1265	408.4	3054.8	2566.47	29.71	18.42	15.94	25.7	89.77	68.45
2543	2000	814	544.6	767.7	292	2418.3	2571.88	48.5	32.8	26.6	28.4	136.3	112.68
2544	2001	644.6	1432.8	923.4	359.3	3360.1	3319.77	48.6	21.4	36.9	28.1	135	163.02
2545	2002	297.906	552.83	524.089	197.126	1571.951	2092.72	48.8	34.7	28.9	27.767	140.167	148.90
average						2370.2362	2417.60	average				124.2274	106.18
ER =						0.13		ER =				0.33	

เปรียบเทียบปริมาณน้ำท่า ช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ที่ได้จากการจำลอง กับค่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริงในรูปที่ 6-13 และแสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือนช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ที่ได้จากการจำลอง กับค่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริงในรูปที่ 6-14)

ส่วนในการเปรียบเทียบพารามิเตอร์สำหรับชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2520 ให้ค่าร้อยละความแตกต่างของผลรวมปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง คือ 8.55 และ 26.28 ตามลำดับ ค่ารากที่สองสัมพัทธ์ของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Root Mean Square Relative Error; ER) ของค่าปริมาณน้ำรายเดือน ในช่วงปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง คือ 0.21 และ 0.35ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 6-8 (แสดงรายละเอียดปริมาณน้ำรายเดือน ในช่วงปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ของชั้นข้อมูลปี พ.ศ. 2520 ของค่าที่วัดได้กับค่าที่ได้จากการคำนวณ ในตารางที่ 6-9 แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่ารายเดือนช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ที่ได้จากการจำลอง กับค่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริงในรูปที่ 6-15 และแสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือนช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ที่ได้จากการจำลอง กับค่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริงในรูปที่ 6-16)

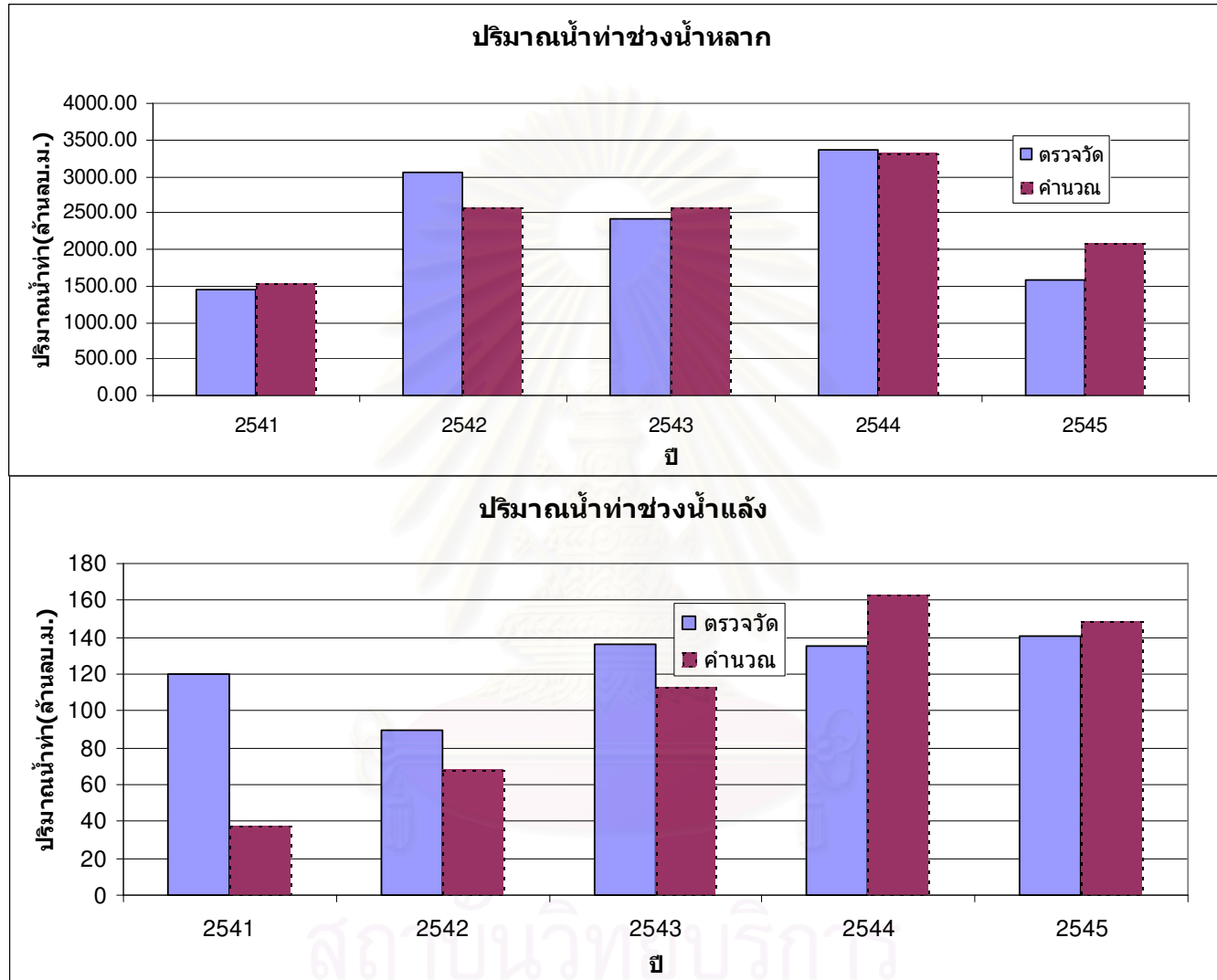
ในเบื้องต้นจะเห็นได้ว่า การประยุกต์ใช้พารามิเตอร์ที่แตกต่างกันกับแบบจำลอง SWAT ของชั้นข้อมูลเดียวกันในแต่ละฤดูกาลนั้น ให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่า เป็นที่น่าพอใจคือการปรับเทียบค่อนข้างให้ผลที่ใกล้เคียงกับข้อมูลการตรวจวัด ทั้ง ฤดูฝนและฤดูแล้ง จากเดิมที่มีการปรับเทียบและวิเคราะห์ข้อมูลเป็นรายปี ซึ่งโดยส่วนใหญ่ข้อมูลในช่วงหน้าแล้งจากการคำนวณและจากการตรวจวัดมีค่าที่แตกต่างกันมากจนไม่สามารถนำค่าผลการคำนวณน้ำท่าของช่วงฤดูแล้งไปเป็นตัวแทนเพื่อทำการประยุกต์และวิเคราะห์ในขั้นต่อไปได้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นในการปรับเทียบโดยใช้พารามิเตอร์ที่แตกต่างกันนี้ก็ส่งผลให้ผลการคำนวณน้ำท่ารายปีมีค่าร้อยละความแตกต่าง และค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าการใช้พารามิเตอร์ ที่เป็นค่าเฉลี่ยค่าเดียวตลอดทั้งปี เนื่องจากกระบวนการคำนวณของแบบจำลองจะคำนวณโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดียวตลอดทั้งปี แต่อย่างไรก็ตามจะพบอีกว่าในการประยุกต์ปรับเทียบแบบนี้จะให้ผลในช่วงฤดูฝน ค่อนข้างดีกว่าในช่วงฤดูแล้ง อาจเป็นเพราะค่าน้ำท่าในช่วงฤดูแล้งมีค่าน้อยมาก จนค่าแต่ละค่ามีความอ่อนไหวมากหรืออาจเป็นเพราะค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ทั้งปีของแบบจำลองนี้ เหมาะสมกับการเป็นตัวแทนของพารามิเตอร์ในช่วงฤดูฝนมากกว่า ก็เป็นไปได้

ตารางที่ 6-8 ค่าปริมาณน้ำท่า ช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ของชั้นข้อมูลปี 2520

ปีข้อมูล การใช้ที่ดิน	ช่วงสถิติ ข้อมูล	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)		% ต่าง	ER
		ตรวจวัด	แบบจำลอง		
2520	เฉพาะช่วงน้ำหลาก	2184.67	2371.57	8.55	0.21
	2517-2530 รายปีเฉลี่ย	2729.02	3453.73	26.56	0.31
	เฉพาะช่วงน้ำแล้ง	118.34	141.52	19.59	0.31
	2517-2530 รายปีเฉลี่ย	2729.02	3176.39	16.39	0.24

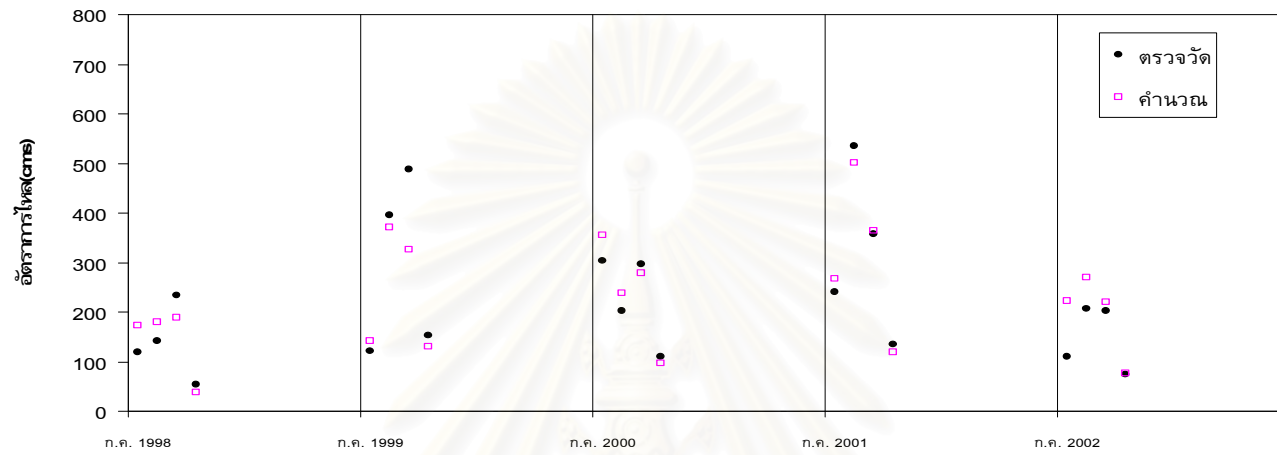
ตารางที่ 6-9 ปริมาณน้ำรายเดือน ในช่วงปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ของชั้นข้อมูลปี 2520

ปีพ.ศ.	ปีค.ศ.	ปริมาณน้ำช่วงน้ำหลาก				ตรวจวัด (ล้าน ลบ.ม.)	คำนวณ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำช่วงน้ำแล้ง				ตรวจวัด (ล้าน ลบ.ม.)	คำนวณ (ล้าน ลบ.ม.)
		ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.		
2517	1974	116.2	452.6	315.8	131.5	1016.10	1644.12	17.5	9.9	9.5	18.6	55.50	25.54
2518	1975	464.7	1070.2					24.6	13.9	14	6.9		
2519	1976	211	648.8	537.7	273.7	1671.20	2487.32	26.4	14.5	10.4	11.5	62.80	158.01
2520	1977	244.34		311.13	120.53			30.1	12.7	11.1	16.11		
2521	1978	371.7	693.7	570.6	192.6			20.28	12.42	10.65	13.1		
2522	1979	184.9	632.9	270.2	139.3	1227.30	1277.66	13.4	9.7	8	34.4	65.50	133.65
2523	1980	917.8	711.7	1272.1	277.7	3179.30	3307.74	50.9	38.9	44.9	54.7	189.40	88.85
2524	1981	1404.4	907.6	675.2	289.5	3276.70	2484.61	57.4	32.7	23.6	31.4	145.10	131.52
2525	1982	453.5	666.4	843.3	506.1	2469.30	2603.15	53.6	32.9	24.7	52.5	163.70	148.75
2526	1983	443.9	941.3	859	569.4	2813.60	2952.25	59.6	31.3	24.2	17.8	132.90	160.18
2527	1984	870.4	1203.3	1134.1	391.3	3599.10	3136.35	54.8	30.8	18	22.1	125.70	216.39
2528	1985	394.9	1236.2	535.9	188.9	2355.90	2668.76	40.1	23.2	15.5	40.7	119.50	159.19
2529	1986	481.4	461.5	333.2	176.4	1452.50	1779.80	51.9	29.7	24	35.4	141.00	187.53
2530	1987	82.8	417.4	283.6	186.6	970.40	1745.53	36.1	25.6	22.6	16.3	100.60	147.10
AVG						2184.67	2371.57	AVG				118.34	141.52
ER =							0.21	ER =					0.31

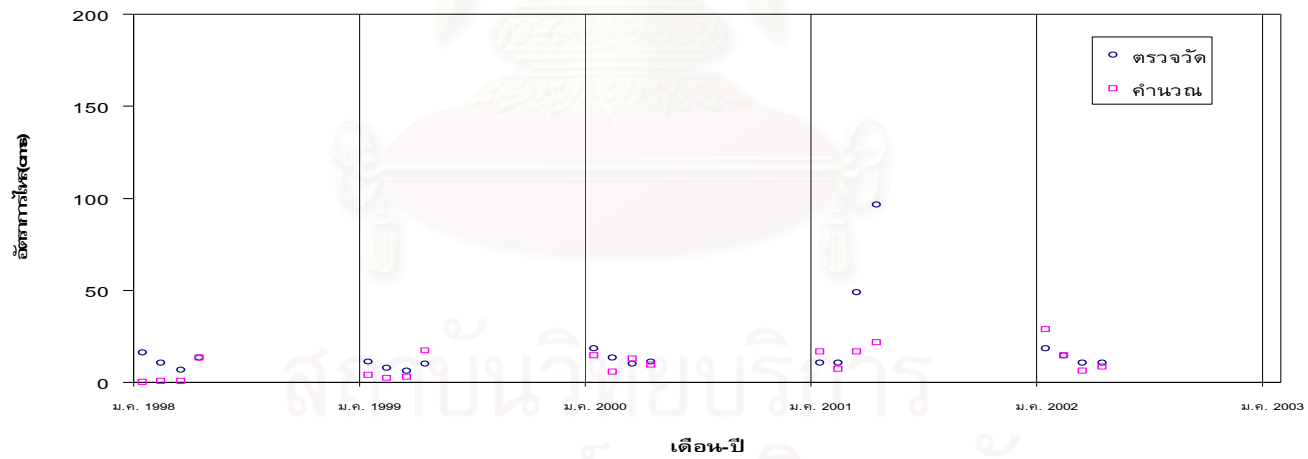


รูปที่ 6-13 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่ารายเดือน ช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ที่ได้จากการจำลอง กับค่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริง ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544

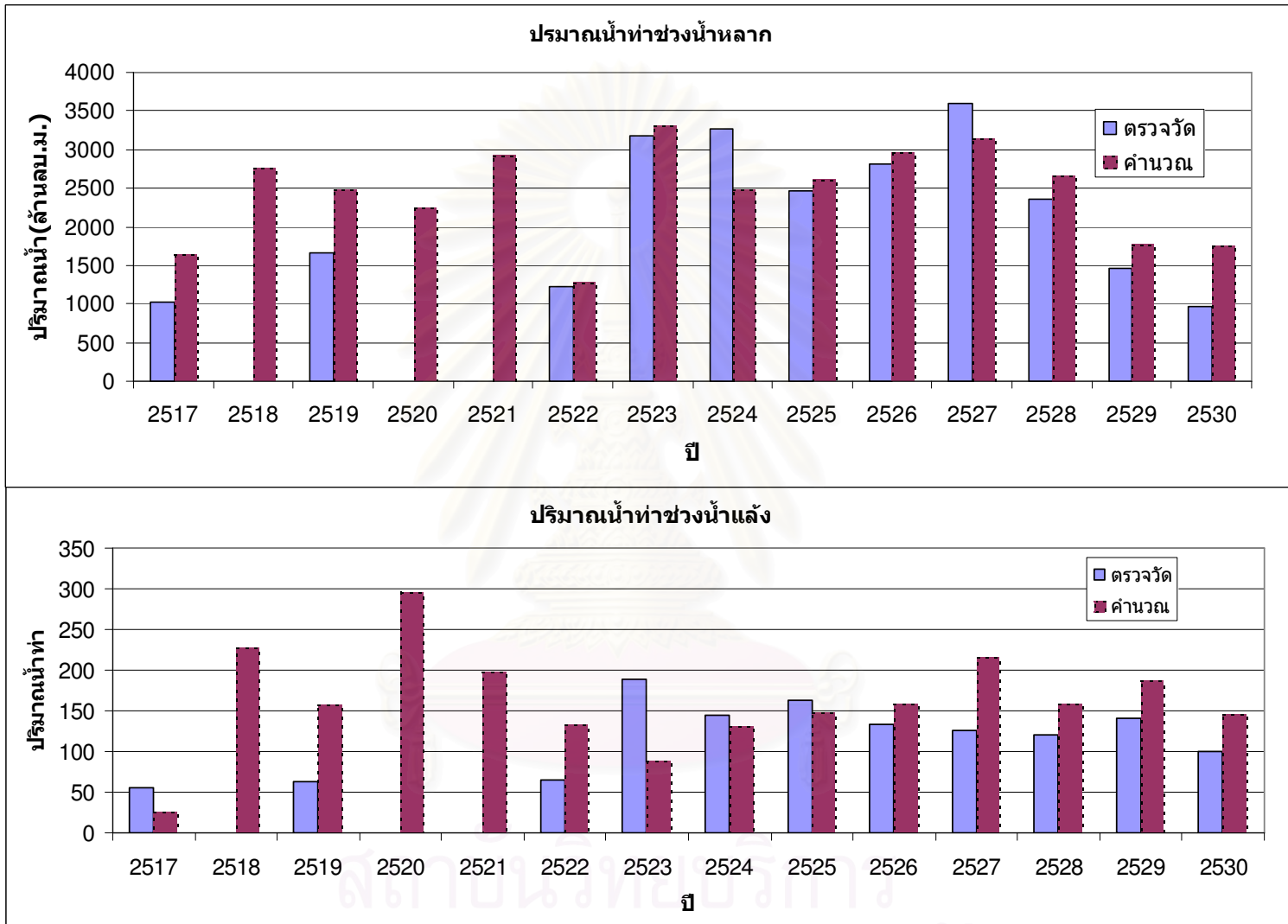
อัตราการไหลช่วงน้ำหลาก



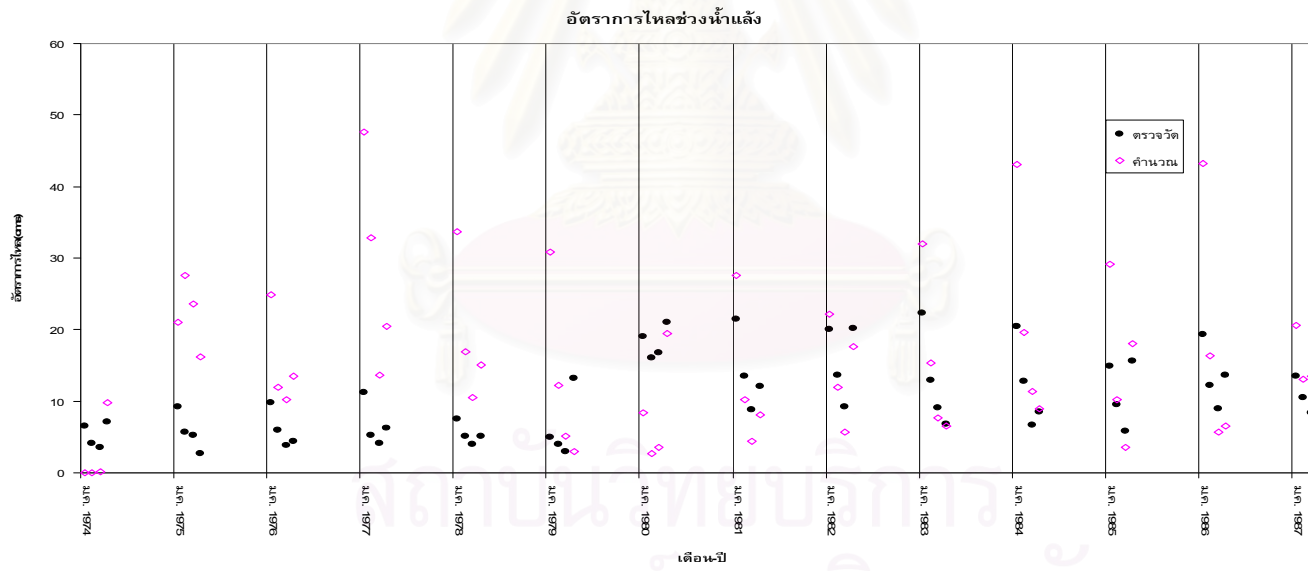
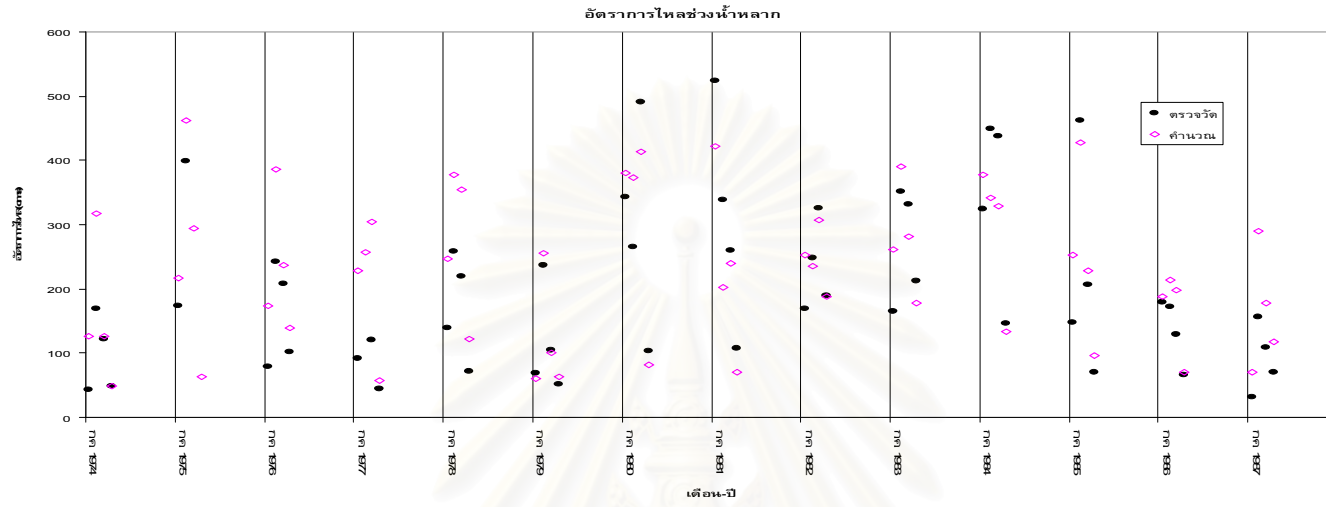
เดือน-ปี อัตราการไหลช่วงน้ำแล้ง



รูปที่ 6-14 กราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือนช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ที่ได้จากการจำลอง กับค่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริง ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544(ค.ศ.2001)



รูปที่ 6-15 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่ารายเดือน ช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ที่ได้จากการจำลอง กับค่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริง ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2520



รูปที่ 6-16 กราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือนช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ที่ได้จากการจำลอง กับค่าที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจริง ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2520(ค.ศ.1977)

จากนั้นเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์จากผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำท่า ของชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2520 ซึ่งเป็นชั้นข้อมูลที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากอดีต(เท่าที่มีข้อมูล) เทียบกับข้อมูลการใช้ที่ดินปัจจุบันเห็นความแตกต่างที่ชัดเจนนั้น นำมาคำนวณโดยใช้เหตุการณ์น้ำฝนเดียวกัน มาวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าสำหรับช่วงฤดูฝน มีค่าปริมาณน้ำท่าและค่าอัตราการไหลสูงสุด ในช่วงปี พ.ศ. 2541-2545 จากการคำนวณประมาณ 2132.41 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 497.7 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ซึ่งปริมาณน้ำท้าน้อยกว่าผลการคำนวณจากข้อมูลการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2544 อยู่ประมาณร้อยละ 11.88 และอัตราการไหลสูงสุด น้อยกว่าผลการคำนวณจากข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ.2544 อยู่ประมาณร้อยละ 0.78 สำหรับช่วงฤดูแล้ง มีค่าปริมาณน้ำท่า ในช่วงปี พ.ศ. 2541-2545 จากการคำนวณประมาณ 123.54 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณน้ำท่ามากกว่าผลการคำนวณจากข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 อยู่ประมาณร้อยละ 5.27 (ปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้งที่คำนวณจากฐานข้อมูลการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2544 คือ 2,417 และ 106.18 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ อัตราการไหลสูงสุด 506 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

6.4.2 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในปัจจุบันกับกรณีสมมติในอนาคตกรณีต่างๆ

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อน้ำท่า สำหรับกรณีการเปลี่ยนแปลงในอนาคตต่างๆ (scenarios) นั้น เป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่สามารถแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT นี้สามารถใช้สำหรับการวิเคราะห์น้ำท่าในเชิงกายภาพได้อย่างเหมาะสม ซึ่งกรณีสมมติอนาคตในการศึกษานี้ได้พิจารณาไว้ 3 กรณี คือ 1.) กรณีพื้นที่ส่วนใหญ่มีการฟื้นฟูสภาพป่าไม้จนเกือบเต็มพื้นที่ 2.) กรณีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นการเกษตรกรรม และ 3.) กรณีพื้นที่ส่วนใหญ่เปลี่ยนมาเป็นการพัฒนาที่อยู่อาศัยหรือพื้นที่เมือง ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 5.5 และจะนำผลการคำนวณของกรณีสมมติทั้ง 3 กรณีนี้ ไปเปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากฐานข้อมูลการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2544 ซึ่งได้ค่ามาจากหัวข้อที่แล้ว (ปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง 2,417 และ 106.18 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับอัตราการไหลสูงสุด 506 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

ผลการคำนวณน้ำท่า จากการใช้ข้อมูลทางกายภาพ ด้านการใช้ที่ดิน ในกรณีสมมติกรณีที่ 1 นั้นพบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากเดิม ให้มีการฟื้นฟูสภาพป่า จะทำให้ปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนประมาณ 2080 ล้านลูกบาศก์เมตร และอัตราการไหล

สูงสุด 498.73 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที นั่นคือมีปริมาณน้ำท่า และอัตราการไหลสูงสุดลดลงจากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 ประมาณร้อยละ 13.97 และ 0.58 ตามลำดับ ส่วนช่วงฤดูแล้งให้ผลการคำนวณค่าปริมาณน้ำท่าในทางกลับกัน คือ มีปริมาณน้ำท่า 133.99 ล้านลูกบาศก์เมตร นั่นคือมีปริมาณน้ำท่า เพิ่มขึ้นจากการคำนวณน้ำท่าโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 ประมาณร้อยละ 26

สำหรับในกรณีสมมติที่ 2 นั้น ได้มีการปรับเปลี่ยนสภาพการใช้ที่ดิน ให้เป็นพื้นที่การเกษตรมากขึ้นถึง เกือบร้อยละ 70 ของพื้นที่ทั้งหมด แต่ว่าการปรับแก้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมของกรณีนี้ได้กำหนดให้เป็นการเพาะปลูกลักษณะลดหลั่นตามชั้นความสูงของพื้นที่และปลูกเป็นขั้นบันได มีการวางตัวของต้นพืชอย่างเป็นระเบียบและมีพื้นที่ปกคลุมของต้นไม้มาก (Contour and Terrace Cover Good) ซึ่งจะส่งผลให้ค่า CN มีค่าต่ำลงแม้ว่าจะเป็นการใช้ที่ดินในลักษณะการเกษตรมากก็ตาม ทำให้ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณในกรณีนี้ได้ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าของการคำนวณในการใช้ที่ดินของปี พ.ศ. 2544 โดยการใช้ที่ดิน กรณีสมมติที่ 2 ให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนประมาณ 2,424 ล้านลูกบาศก์เมตร และอัตราการไหลสูงสุด 493.20 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที นั่นคือมีปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นจากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 และอัตราการไหลสูงสุดลดลงจากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 ประมาณร้อยละ 1 ซึ่งน้อยมากจนอาจจะถือว่าให้ค่าเหมือนกัน ส่วนช่วงฤดูแล้งให้ผลการคำนวณค่าปริมาณน้ำท่า 106 ล้านลูกบาศก์เมตร นั่นคือมีปริมาณน้ำท่า ที่ใกล้เคียงกับการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 เช่นเดียวกัน

และกรณีสมมติที่ 3 ซึ่งเป็นกรณีสมมติสุดท้ายที่สมมติให้ มีการตัดไม้ทำลายป่าจนเกือบหมดพื้นที่ และเปลี่ยนมาเป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัย เกือบร้อยละ 30 และพื้นที่เกษตรกรรมประมาณร้อยละ 50 จะทำให้ปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนประมาณ 2695 ล้านลูกบาศก์เมตร และอัตราการไหลสูงสุด 579 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที นั่นคือมีปริมาณน้ำท่า และอัตราการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้นจากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 ประมาณร้อยละ 11.5 และ 15.5 ตามลำดับ ส่วนช่วงฤดูแล้งให้ผลการคำนวณค่าปริมาณน้ำท่าในทางกลับกัน คือ มีปริมาณน้ำท่า 96 ล้านลูกบาศก์เมตร นั่นคือมีปริมาณน้ำท่า ลดลงจากการคำนวณน้ำท่าโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 ประมาณร้อยละ 10

ทั้งนี้ได้แสดงสรุปความแตกต่าง ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยของแต่ละช่วง จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในแต่ละกรณีเทียบกับการคำนวณปริมาณน้ำท่าด้วยการใช้ที่ดินในปัจจุบัน(ปี พ.ศ. 2544) ดังตารางที่ 6-10 และแสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝน และช่วงฤดูแล้ง จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละกรณีเทียบกับการคำนวณปริมาณน้ำท่าด้วยการใช้ที่ดินในปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2544) รูปที่ 6-17 และ 6-18 ตามลำดับ

แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบในบางปี มีความคลาดเคลื่อนออกไปบ้าง เนื่องจากกระบวนการทำแบบจำลองเชิงแนวความคิดในปัจจุบัน หรือแม้กระทั่งแบบจำลองทางกายภาพแบบกระจายพารามิเตอร์ในการศึกษานี้ก็ตาม ยังไม่สามารถหาผลลัพธ์การคำนวณน้ำท่าได้ถูกต้อง เสมือนในธรรมชาติจริงๆ หรือยังไม่สามารถอธิบายกระบวนการทางอุทกวิทยา ได้ครบถ้วนไขทุกอย่างสมบูรณ์ได้ สอดคล้องกับที่ Yevjevich (1972) กล่าวไว้ว่า เราไม่สามารถเข้าใจและอธิบายพฤติกรรมทางอุทกวิทยาอย่างสมบูรณ์ได้ และกระบวนการในธรรมชาติเป็นการผสมผสานกันระหว่างการอธิบายเชิงกายภาพ (Deterministic) กับ โอกาสความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ขึ้น (Stochastic) ไม่มีกระบวนการทางอุทกวิทยาใดๆที่จะเป็น Pure Deterministic อย่างแท้จริง ดังนั้นในการศึกษาและวิเคราะห์จึงพิจารณาในระดับของค่าเฉลี่ยของช่วงที่มีการวิเคราะห์ ซึ่งผลลัพธ์พอที่จะสามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงได้

ตารางที่ 6-10 เปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าแต่ละกรณี

กรณีการใช้ที่ดิน	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยของช่วงเวลา(MCM)		% ต่างต่าง เทียบกับการใช้ที่ดินปัจจุบัน	
	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง
2544	2,417	106.18	-	-
2520	2,132	123	-11.88	+5.27
Scenario 1	2,080	134	-13.97	+26
Scenario 2	2,424	106	-1	+1
Scenario 3	2,695	96	+11..5	-10

หมายเหตุ การวิเคราะห์พิจารณาโดยใช้ข้อมูลฝนช่วงปี 2541-2545

บทที่ 7

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

7.1 บทสรุป

ในการศึกษาเรื่องเกี่ยวกับความสัมพันธ์ น้ำฝนน้ำท่า เป็นเรื่องที่สำคัญและเป็นงานขั้นตอนแรกๆ ของงานด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ ที่ต้องวิเคราะห์ทางอุทกวิทยา หาปริมาณน้ำท่า เพื่อจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์การศึกษาด้านต่างๆ ของงานด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ ไม่ว่าจะเป็นงานศึกษาความเหมาะสมของการพัฒนาแหล่งน้ำ งานศึกษาสมดุลน้ำในลุ่มน้ำ งานศึกษาด้านการป้องกันน้ำท่วม หรือแม้กระทั่งการออกแบบเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ ล้วนแล้วแต่มีความจำเป็นที่จะต้องหาปริมาณน้ำท่าที่ใกล้เคียงกับความจริงให้ได้มากที่สุดเพื่อความถูกต้องของงานศึกษาและส่งผลความถูกต้องต่อสภาพความเป็นจริงเมื่อมีการพัฒนาโครงการเกิดขึ้น

ในการศึกษานี้มุ่งเน้นศึกษาแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า หรือแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่สามารถพิจารณาความสัมพันธ์ของน้ำฝนน้ำท่า ในเชิงพื้นที่หรือเชิงกายภาพได้ เพื่อตรงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ ที่จะหาผลกระทบต่อน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยได้นำแบบจำลองทางอุทกวิทยาSWAT มาเป็นเครื่องมือในการศึกษา และได้ศึกษาถึงความเหมาะสมและความถูกต้องของแบบจำลองดังกล่าว ก่อนที่จะนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาตามวัตถุประสงค์และขอบข่ายของการศึกษานี้อย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งถือว่าเป็นการประยุกต์องค์ความรู้ต่าง ๆ ทั้งในเรื่องการเตรียมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การนำระบบฐานข้อมูลที่มี มาปรับใช้ให้สอดคล้องกับสภาพของพื้นที่ เพื่อประเมินพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่สมเหตุสมผลกับสภาพความเป็นจริง และได้ออกแบบระเบียบวิธีในการพัฒนาแบบจำลองให้เหมาะสมกับสภาพจริงของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ที่มีความซับซ้อน และมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา นอกจากนั้นยังได้นำเสนอผลการศึกษาที่ได้จากแบบจำลองในแง่ของความถูกต้องของแบบจำลอง ความอ่อนไหวของแบบจำลอง การจำลองสภาพทางกายภาพของกลุ่มน้ำจากแบบจำลอง การจำลองปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง แล้วประยุกต์ผลการศึกษาดังกล่าวนั้นนำไปศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามกรณีการใช้ที่ดินต่างๆ เป็นการจำลองสภาพจากอดีตที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันและรวมไปถึงกรณีสภาพการใช้ที่ดินในอนาคตที่สมมติขึ้น โดยใช้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับสถานการณ์และสภาพจริงในพื้นที่ ซึ่งสามารถกล่าวโดยสรุปถึงผลการศึกษาคั้งนี้ ในประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

7.1.1 การสร้างแบบจำลองน้ำฝน น้ำท่าสำหรับพื้นที่ศึกษา

ในการใช้งานแบบจำลองต่างๆไป ขั้นตอนในการพัฒนาการจำลอง อย่างหนึ่งที่เป็นปัญหาสำคัญคือการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อนำเข้าแบบจำลอง ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการออกแบบตรวจสอบให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ และข้อจำกัดของข้อมูลที่มี โดยจากการศึกษาในรายละเอียดของแบบจำลองพบว่า แบบจำลองเชิงกายภาพแบบกระจายพารามิเตอร์ (Distributed Model) ทั่วๆไป ต้องใช้พารามิเตอร์และข้อมูลการนำเข้าที่ค่อนข้างมาก ดังนั้น ความถูกต้องของการคำนวณจะใกล้เคียงกับสภาพจริงมากแค่ไหนนั้น จึงขึ้นกับความละเอียดของข้อมูลที่มีบันทึกไว้ และสามารถเป็นตัวแทนให้กับพื้นที่ศึกษาได้จริง อย่างไรก็ตามแบบจำลอง SWAT มีความแตกต่างจากแบบจำลองอื่นๆที่ผ่านมาอย่างเห็นได้ชัด คือ แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองเชิงกายภาพแบบกระจายพารามิเตอร์ (Physical Base Distributed Parameter) แต่สามารถสร้างแบบจำลองได้ง่าย เห็นภาพการนำเสนอในเชิงกายภาพได้ชัดเจน อีกทั้งยังมีศักยภาพในการใช้พารามิเตอร์และการจัดเตรียมข้อมูลการนำเข้า ที่มีจำนวนมากให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้งานได้ง่ายในรูปแบบของ GIS สามารถใช้ข้อมูล DEM มาใช้เพื่อคำนวณสภาพพื้นที่ศึกษา นำเสนอเป็นภาพได้ และมีช่วงของพารามิเตอร์ที่แนะนำตามทฤษฎีที่สมเหตุสมผลกับสภาพพื้นที่จริง สามารถนำแบบจำลองนี้ไปใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพทางกายภาพต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยความสำคัญจะอยู่ที่ความสามารถ และความเชี่ยวชาญของผู้ใช้แบบจำลองที่จะใช้งานได้ถูกต้องหรือไม่

การนำเข้าข้อมูลแบบจำลอง SWAT เพื่อการพัฒนาการจำลองการไหลของน้ำท่าของการศึกษานี้ มี 2 เรื่องหลักๆ คือการนำเข้าข้อมูลทางกายภาพ และการนำเข้าข้อมูลทางอุทกวิทยา

โดยการนำเข้าทางกายภาพขั้นตอนแรกคือการ นำเข้าข้อมูลชั้นความสูงเชิงเลขของพื้นที่ศึกษาในรูปแบบของกริดเซลล์สี่เหลี่ยม หรือ DEM ซึ่งในการศึกษานี้ใช้ความละเอียดของข้อมูล DEM มาตรฐาน 1:50,000 แล้วสร้างแบบจำลองกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 5,700 ตารางกิโลเมตร และจำลอง โครงข่ายลำน้ำ ทิศทางการไหลของลำน้ำ การแบ่งลุ่มน้ำย่อย ด้วยแบบจำลอง SWAT โดยผลการจำลองพบว่าแบบจำลองในการศึกษานี้ สามารถจำลองโครงข่ายลำน้ำ ได้ใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่จริงมาก จากนั้นเมื่อได้โครงข่ายลำน้ำและการแบ่งลุ่มน้ำย่อยแล้ว จึงมีการนำเข้าข้อมูลด้านดินและข้อมูลการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันหลายปีข้อมูล ส่งผลให้มีการจำแนกหน่วยรับผิวดินทางอุทกวิทยาที่แตกต่างกันของแต่ละชั้นปีข้อมูล จากนั้นจึงนำเข้าข้อมูล

พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ ประมวลผล แล้วคำนวณและปรับเทียบแบบจำลอง สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้อย่างสมเหตุสมผล และประเมินผลกระทบจากความแตกต่างของ ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินได้

ส่วนการนำเข้าข้อมูลทางอุตุนิยมนวิทยา นั้นสามารถใช้สถานีตรวจวัดอากาศ จังหวัดน่านเพียงสถานีเดียวได้ เนื่องจากข้อมูลของสถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดน่าน จะครอบคลุมทั้งพื้นที่ขนาดใหญ่ถือเป็นตัวแทนของทั้งจังหวัด แต่จำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลให้ดีก่อน สำหรับการนำเข้าข้อมูลทางอุทกวิทยา ในที่นี้คือการนำเข้าข้อมูลฝน พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วข้อมูลน้ำฝนของสถานีน้ำฝนในจังหวัดน่าน ค่อนข้างมีการบันทึกข้อมูลไว้นาน แต่มีบางสถานีที่ข้อมูลฝนรายวันบางช่วงปีของข้อมูลขาดหายไป ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic average) เติมข้อมูลน้ำฝนรายวันส่วนที่ขาดหายไปให้ครบก่อน โดยให้มีระยะเวลาของข้อมูลครอบคลุมช่วงเวลาที่เราวิเคราะห์ (ปี พ.ศ.2517 -2545) และเนื่องจากข้อมูลน้ำฝนที่นำมาใช้ในแบบจำลอง เป็นลักษณะการวัดในแต่ละสถานีหรือมีลักษณะของข้อมูลเป็นจุดๆ และสถานีวัดน้ำฝนกระจายอยู่ทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนั้นเพื่อให้ฝนที่ใช้กับลุ่มน้ำย่อยแต่ละลุ่ม เป็นตัวแทนของฝนทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ จึงได้ใช้วิธี Thiessen Polygon แบ่งย่อยพื้นที่รับน้ำฝนให้กับสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานี จากนั้นจึงคิดเป็นสัดส่วนของพื้นที่ที่มีอิทธิพลฝนในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย แล้วจึงนำเข้าข้อมูลทางอุตุ อุทกวิทยา สู่วแบบจำลอง ซึ่งถือว่าสมเหตุสมผลในการนำเข้าข้อมูลทางอุตุ อุทกเพื่อให้เป็นตัวแทนของทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ แต่ในความเป็นจริงแล้วข้อมูลน้ำฝนในแต่ละพื้นที่อาจมีความแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะลักษณะพื้นที่ที่เป็นหุบเขา ซึ่งอาจมีลักษณะของฝนที่ตกหนักในบางพื้นที่ แต่อาจไม่ตกในพื้นที่ที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามการจัดทำข้อมูลที่เป็นตัวแทนของทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ สามารถยอมรับได้ เป็นการทำงานบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่

7.1.2 การประเมินค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และการประเมินผลการปรับเทียบแบบจำลอง

การประเมินหาความสัมพันธ์ของน้ำฝน น้ำท่าของการศึกษานี้ เป็นการศึกษาการใช้งานของแบบจำลอง SWAT พิจารณาถึงความเหมาะสม ความถูกต้อง และประสิทธิภาพในการคำนวณหาน้ำท่าในลุ่มน้ำ ซึ่งก่อนที่จะนำไปประยุกต์การใช้แบบจำลอง ได้มีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองเพื่อความสะดวกและความเหมาะสมของการปรับแก้พารามิเตอร์ให้ได้ การคำนวณปริมาณที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองพบว่า พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวมากที่สุดคือ ค่าที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ

เช่น ค่าปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้ (Available Water Capacity of soil layer) ,ค่า Curve Number (CN) เป็นต้น และพบว่าปริมาณการไหลของน้ำในลำน้ำที่ได้จากการคำนวณ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนเป็นหลัก จากนั้นเมื่อฝนตกลงมาปริมาณน้ำท่าจะขึ้นกับธรรมชาติของเนื้อดิน โดยดินต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันในการที่จะดูดซับ หรือปลดปล่อยน้ำจากดิน เช่นในดินพวกกรวดหรือทราย ซึ่งมีช่องว่างในดินมากมีค่าการนำน้ำที่สูง จะทำให้น้ำซึมลงสู่ดินได้อย่างรวดเร็ว ดินที่มีปริมาณดินเหนียวมาก มีคุณสมบัติการนำน้ำที่ไม่ดีหรือมีความชุ่มน้ำดี สามารถเก็บน้ำไว้ได้มากขณะเดียวกันก็ทำให้มีการระบายน้ำสู่ลำน้ำได้รวดเร็ว สม้าเสมอ เนื่องจากน้ำส่วนนี้มีปริมาณที่ไหลลงดินน้อย ส่วนพื้นที่ที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงกันและมีลักษณะดินและหินใกล้เคียงกัน ลักษณะการไหลของน้ำท่าจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดิน และลักษณะพืชที่ปกคลุมดินเป็นป่าไม้ โดยหากกำหนดให้พื้นที่ที่มีปริมาณใบไม้ที่ปกคลุมดินสูง ปริมาณน้ำท่ามักจะมีสม้าเสมอ เนื่องจากใบไม้ที่ปกคลุมของป่าไม้ มีส่วนในการสกัดกั้นน้ำฝนให้ไหลลงสู่ผิวดินอย่างช้าๆ และสำหรับการพิจารณาประกอบกันทั้งคุณลักษณะของดิน กับลักษณะการใช้ที่ดิน ที่เป็นการกำหนดค่าตัวเลขเป็นตัวแทน เรียกว่า curve number ก็เป็นอีกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณของน้ำท่า

สำหรับการเปรียบเทียบแบบจำลอง โดยพิจารณาจากผลของการคำนวณน้ำท่า ได้ใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2520 2537 และ 2544 เป็นตัวแทนการเปลี่ยนแปลงสภาพและสามารถจำแนกหน่วยรับผิดชอบทางอุทกวิทยา (HRUs) ของแบบจำลองที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาได้ เปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าที่ตรวจวัดรายเดือนต่อเนื่องสถานีวัดน้ำท่า N.1 ของแต่ละช่วงการเปลี่ยนแปลง พบว่า

- 1) ค่าร้อยละของความแตกต่างของผลรวมปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย ของการเปรียบเทียบในแต่ละช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงมีความใกล้เคียงกันมาก ไม่เกินร้อยละ 10 ในทุกช่วงชั้น ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
- 2) ค่ารากที่สองสัมพัทธ์ของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Root Mean Square Relative Error; ER) ของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลง มีค่าประมาณ 0.2 ถือว่าค่าความคลาดเคลื่อนยอมรับได้
- 3) ค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิผล (R^2) ความสัมพันธ์ของค่าอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือน จากข้อมูลการบันทึกจริงกับการจำลอง ในแต่ละช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงมีค่าประมาณ 0.8 – 0.85

4) จากการเปรียบเทียบกราฟถึงการเข้ากันได้ดีของรูปร่างกราฟน้ำท่า โดยพิจารณาจากการดูรูปร่างของกราฟน้ำท่า ของข้อมูลการบันทึกจริงกับการจำลอง พบว่ารูปร่างของกราฟใกล้เคียงกันและไปในทิศทางเดียวกัน

สรุปได้ว่าแบบจำลอง SWAT ที่พัฒนามาเพื่อใช้รับกับฐานข้อมูลของหน่วยงานภาครัฐของประเทศสหรัฐอเมริกา สามารถปรับมาใช้ประโยชน์ในการหาปริมาณน้ำท่าจากน้ำฝน และความสัมพันธ์กับสภาพกายภาพ ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน ซึ่งเป็นพื้นที่ในประเทศไทยได้อย่างเหมาะสมพอสมควร มีการใช้พารามิเตอร์ และการใช้ฐานข้อมูลในการนำเข้าที่สมเหตุผล ผลการคำนวณที่ได้มีความสอดคล้องกันกับข้อมูลน้ำท่าจริง แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลฝนที่ได้จากสถานีต่าง ๆ นั้น ไม่ได้เป็นตัวแทนที่แท้จริงได้ทั่วทั้งลุ่มน้ำและในพื้นที่ศึกษานี้มีสภาพทางภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเทือกเขา จึงมีสภาพอุทกวิทยาที่ผันแปรมาก ทำให้ข้อมูลบางช่วงที่มีปริมาณน้ำสูงเกินไป หรือปริมาณน้ำต่ำเกินไป ผลการคำนวณอาจมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไปบ้าง

การสร้างกระบวนการในการประเมินพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดของข้อมูลที่มีเป็นสิ่งจำเป็น โดยนอกจากพารามิเตอร์หลักที่มีความอ่อนไหวมาก ดังกล่าวแล้ว ในการศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์ ประเมินพารามิเตอร์อื่น ๆ เพื่อประกอบในการพัฒนาแบบจำลอง ซึ่งทำให้แบบจำลองที่ได้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง มากที่สุด

7.1.3 การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาต่อปริมาณน้ำท่า

ในตอนท้ายของการศึกษาครั้งนี้ ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อให้สามารถคาดการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ซึ่งพบว่าจากอดีตที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน พื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาแนวโน้มจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ ในปี พ.ศ. 2520-2537 จนถึงปี พ.ศ. 2544 จะเห็นได้ว่ามีการตัดไม้ทำลายป่ามากขึ้นเรื่อยๆ เปลี่ยนสภาพการใช้ที่ดินส่วนใหญ่ไปเป็นพื้นที่ทำมาหากิน และพื้นที่ที่อยู่อาศัย โดยข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2520 มีพื้นที่ป่าไม้อยู่ประมาณร้อยละ 89 และข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2544 มีพื้นที่ป่าไม้อยู่ประมาณร้อยละ 51

และนอกจากนั้นยังได้สมมติกรณีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในอนาคตที่อาจเกิดขึ้นอีก 3 กรณี คือกรณีพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้น กรณีพื้นที่การเกษตรเพิ่มขึ้น และกรณีพื้นที่ที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น มาวิเคราะห์ด้วย

จากการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินอย่างเห็นได้ชัดนี้ ได้นำไปวิเคราะห์หาผลกระทบต่อน้ำท่าที่เกิดขึ้นแยกเป็นช่วงฤดูแล้ง และช่วงฤดูฝน ด้วยแบบจำลอง SWAT โดยใช้การสมมติเหตุการณ์ของน้ำฝนในช่วงปี พ.ศ. 2541-2545 เป็นช่วงในการวิเคราะห์ ผลการศึกษาพอจะสรุปได้ดังนี้ คือ

1) ถ้าสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน เป็นดังอดีตในปี พ.ศ. 2520 คือมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ จะทำให้ลักษณะการไหลของน้ำท่าในช่วงที่วิเคราะห์เปลี่ยนไปจากผลการคำนวณของสภาพการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 โดยน้ำท่าในช่วงฤดูฝนมีปริมาณลดลงประมาณร้อยละ 11 ส่วนยอดของไฮโดรกราฟลดต่ำลง แต่อาจเห็นได้ไม่ชัดเจนเนื่องจากพื้นที่ศึกษานี้มีความลาดชันของพื้นที่มาก ทำให้เวลาที่น้ำมามาก มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของยอดน้ำน้อยมาก โดยยังไม่ทันที่จะมีการตกของป่าไม้ หรือใบไม้ น้ำก็ไหลลงสู่ลำน้ำแล้ว แต่ในความเป็นจริงยังมีบางส่วนของพื้นที่เกินความสามารถของแบบจำลองและไม่ได้พิจารณาอีก เช่น การตกของลำต้นไม้เมื่อมีน้ำหลาก การตกของหลุมต่างๆบริเวณรอบๆต้นไม้อื่น การตกของใบไม้ที่ร่วงอยู่ตามพื้นดิน เป็นต้น และสำหรับผลการคำนวณในช่วงฤดูแล้ง พบว่ามีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นจากผลการคำนวณของข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 ประมาณ ร้อยละ 5

2) ถ้าสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน เป็นกรณีการเปลี่ยนแปลงที่ 1 คือ สมมติให้ในอนาคตมีการฟื้นฟูสภาพพื้นที่ป่าไม้เป็นป่าไม่ผลัดใบเกือบเต็มพื้นที่ (ร้อยละ 80 ของพื้นที่ทั้งหมด) จะทำให้ลักษณะการไหลของน้ำท่าในช่วงที่วิเคราะห์เปลี่ยนไปจากผลการคำนวณของสภาพการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 โดยในช่วงฤดูฝน มีปริมาณลดลงประมาณร้อยละ 14 ส่วนยอดของไฮโดรกราฟลดต่ำลง ในทำนองเดียวกันกับกรณีสภาพการใช้ที่ดินในอดีต ปี พ.ศ. 2520 และสำหรับผลการคำนวณในช่วงฤดูแล้ง พบว่ามีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นจากผลการคำนวณของข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 ประมาณ ร้อยละ 26

3) ถ้าสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน เป็นกรณีการเปลี่ยนแปลงที่ 2 คือ สมมติให้ในอนาคตมีการปรับเปลี่ยนสภาพการใช้ที่ดิน ให้เป็นพื้นที่การเกษตรมากขึ้นถึง เกือบร้อยละ 70 ของพื้นที่ทั้งหมด เป็นการเพาะปลูกลักษณะลดหลั่นตามชั้นความสูงของพื้นที่และปลูกเป็นขั้นบันได มีการวางตัวของคันที่ขอย่างเป็นระเบียบและมีพื้นที่ปกคลุมของต้นไม้มาก (Contour and Terrace Cover Good) จะทำให้ลักษณะการไหลของน้ำท่าในช่วงที่วิเคราะห์ใกล้เคียงกับผลการคำนวณของสภาพการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 นั้นหมายถึงว่าหากในอนาคตมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นเกษตรกรรมทั้งหมด แต่มีการจัดพื้นที่การเพาะปลูกที่เหมาะสม ก็อาจทำให้ลักษณะการไหลของน้ำท่าไม่เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิมที่เป็นอยู่

4) ถ้าสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน เป็นกรณีการเปลี่ยนแปลงที่ 3 คือ สมมติให้ในอนาคตมีการตัดไม้ทำลายป่าจนเกือบหมดพื้นที่ และเปลี่ยนมาเป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัย จะทำให้ลักษณะการไหลของน้ำท่าในช่วงที่วิเคราะห์เปลี่ยนไปจากผลการคำนวณของสภาพการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 โดยในช่วงฤดูฝน มีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 12 ส่วนยอดของไฮโดรกราฟเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญคือประมาณร้อยละ 16 และสำหรับผลการคำนวณในช่วงฤดูแล้ง ให้ผลการคำนวณตรงกันข้ามกับฤดูฝน คือมีปริมาณน้ำลดลงจากผลการคำนวณของข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 ประมาณ ร้อยละ 10

จากผลการศึกษาโดยการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในกรณีต่างๆ สามารถสรุปได้ว่า อิทธิพลของป่าไม้มีต่อลักษณะการไหลของน้ำท่า ทั้งในช่วงฤดูฝน และในช่วงฤดูแล้ง จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง SWAT ชี้ให้เห็นว่าเมื่อนำเข้าข้อมูลด้วยฐานข้อมูลการใช้ที่ดินที่ต่างกัน จะได้หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาที่แตกต่างกัน และส่งผลให้ได้ค่า Curve Number (CN) ที่แตกต่างกันด้วย นั่นคือเมื่อนำเข้าข้อมูลการใช้ที่ดินที่มีพื้นที่ป่าน้อย ทำให้ต้องปรับค่า CN เพิ่มขึ้น ผลลัพธ์การคำนวณจะได้ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น หรือในสภาพความเป็นจริง หากพื้นที่การใช้ที่ดินมีการตัดไม้ทำลายป่าทำให้ปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลาก เพิ่มขึ้น และปริมาณน้ำในช่วงฤดูแล้งลดลง นั่นคือปริมาณน้ำไหลมาในช่วงเวลา และปริมาณที่ไม่เหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์ จนเกิดขาดความสมดุล อย่างไรก็ตามหากมีการเปลี่ยนสภาพพื้นที่การใช้ที่ดินมาเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ก็ควรให้มีการวางพื้นที่ในการเพาะปลูกที่เหมาะสม เช่น เพาะปลูกลักษณะลดหลั่นตามชั้นความสูงของพื้นที่และปลูกเป็นขั้นบันได มีการวางตัวของคันพิช้อย่างเป็นระเบียบ จึงจะทำให้ลักษณะการไหลของน้ำท่า ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิมมากนัก หรือเมื่อพิจารณาในแง่ของแบบจำลอง คือ เมื่อนำเข้าข้อมูลการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่เกษตรกรรม หากกำหนดพื้นที่เป็นการเพาะปลูกแบบลดหลั่นตามชั้นความสูงของพื้นที่และปลูกเป็นขั้นบันได มีการวางตัวของคันพิช้อย่างเป็นระเบียบ จะต้องปรับค่า CN ลดลงกว่าการวางพื้นที่เพาะปลูกแบบอื่นๆ

ดังนั้น การวางแผนพัฒนาประเทศโดยขาดฐานของความรู้ของการใช้ที่ดินให้ถูกต้องก่อให้เกิดปัญหาการใช้ที่ดินผิดประเภท เช่น การนำพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในทางเกษตรมาให้สร้างเมืองและย่านอุตสาหกรรม แต่เปิดโอกาสให้มีการบุกรุกป่าเพื่อนำเอามาเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และทำถนน ก่อให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรป่าไม้ จนเกิดการเสื่อมโทรมของป่าต้นน้ำลำธารและทรัพยากรดิน ส่งผลกระทบกับทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำในด้านลบ จึงจำเป็นต้องมีการปกป้องทรัพยากรลุ่มน้ำจากการจัดการของมนุษย์ เพื่อให้มีทรัพยากรน้ำตามช่วงเวลาที่เหมาะสม

7.2 ข้อเสนอแนะ

แบบจำลองทางอุทกวิทยา หรือแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า SWAT เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ชนิดหนึ่ง ที่เป็นแบบจำลองชนิดกระจายพารามิเตอร์ (Distributed Model) ซึ่งใช้สมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ในเชิงแนวความคิดมาประกอบเพื่อให้พารามิเตอร์ที่ใช้ มีความสมเหตุสมผลกับสภาพจริงๆ แต่อย่างไรก็ตามก็ยังไม่สามารถพิสูจน์ความถูกต้องได้แน่ชัด หรือไม่สามารถบอกได้ว่าแบบจำลองนี้ หรือแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่าอื่นๆเท่าที่มีมา ได้มีการพิจารณาถึงเงื่อนไขต่างๆที่มีต่อความสัมพันธ์ของน้ำฝนน้ำท่าทั้งหมดแล้วหรือยัง มีแต่เพียงการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองว่ามีความใกล้เคียงกับข้อมูลที่วัดได้จริง ในแต่ละช่วงหรือในแต่ละเงื่อนไขที่สนใจเท่านั้น และ ถึงแม้ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบกระจายพารามิเตอร์ จะเป็นแบบจำลองที่มีการพิจารณาเงื่อนไขต่างๆของพารามิเตอร์หลายชนิด และสอดคล้องกับสภาพจริงก็ตาม แต่หากมีข้อมูลในการนำเข้าแบบจำลองที่น้อย หรือไม่เหมาะสมกับความต้องการของแบบจำลอง ก็อาจทำให้แบบจำลองนั้น มีความคลาดเคลื่อนได้ แต่อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองใดๆ ก็นับว่าเป็นการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ดีในขณะเวลานั้น ๆ ส่วนความคลาดเคลื่อนหรือจุดอ่อนบางอย่างที่พบจากการศึกษาในแบบจำลองนั้น ก็จะนำไปสู่การพัฒนาปรับปรุงให้เกิดความเข้าใจต่อความสัมพันธ์น้ำฝนน้ำท่าได้ดียิ่งขึ้นต่อไป

สำหรับการศึกษานี้ ได้มีการนำเสนอในแง่ของการพัฒนาการจำลองการไหลของน้ำท่าจากความสัมพันธ์ของน้ำฝน น้ำท่าและสภาพทางกายภาพของพื้นที่ โดยพยายามคำนึงถึงเงื่อนไขต่างๆที่มีผลต่อสภาพการไหล ให้ครบถ้วนใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดตามสภาพข้อมูลในพื้นที่ที่มีอยู่ แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้การจำลองมีการพัฒนาต่อไป หรือการหาแนวทางการศึกษาที่น่าสนใจ เพื่อพัฒนาแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า ในพื้นที่ศึกษานี้ให้มีความถูกต้องเหมาะสมยิ่งขึ้น และมีการประยุกต์เพื่อใช้ประโยชน์ในการปฏิบัติงานจริง ต่อไปนี้ จึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ปัญหาเรื่องของข้อมูลทางด้านอุตุ-อุทกวิทยา เป็นปัญหาหลักเรื่องหนึ่งของการสร้างแบบจำลองทั้งในแง่ของความครบถ้วนของข้อมูล ความน่าเชื่อถือของข้อมูล และในแง่ของการแพร่กระจายของสถานีที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์การเป็นตัวแทนที่ดีของพื้นที่ศึกษา หรือบางลุ่มน้ำอาจไม่มีสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำเลย ซึ่งในที่นี้หมายถึง การใช้ข้อมูลภูมิอากาศ และข้อมูลน้ำฝนเพื่อการนำเข้าแบบจำลอง และหมายรวมถึงข้อมูลน้ำท่าเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลอง ปัญหาที่พบ คือ ข้อมูลไม่มีการรวบรวมอย่างเป็นระบบ และระยะเวลาของการเก็บรวบรวมข้อมูลไม่มีความต่อเนื่องยาวนานเพียงพอ ดังนั้นจึงควรต้องเน้น

ความถูกต้องของข้อมูล โดยควรมีการตรวจสอบความคงตัวของข้อมูลก่อนทุกครั้งในการนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลอง และเนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการวัดที่สถานีจะมีลักษณะเป็นจุดของสถานี (Point Rainfall) ดังนั้นจึงควรทำการแบ่งน้ำหนักรวมการแพร่กระจายของน้ำฝน เพื่อหาน้ำฝนที่เป็นตัวแทนของพื้นที่สำหรับการสร้างแบบจำลอง แต่อย่างไรก็ตามถ้ากลุ่มน้ำมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ก็จะมีผลของความไม่สม่ำเสมอของฝนที่กระจายครอบคลุมพื้นที่ ดังนั้นควรพิจารณาถึงการใช้ค่าเฉลี่ยของฝนในพื้นที่ที่เหมาะสมและละเอียดมากขึ้น เช่น วิธีการเส้นชั้นเท่าของน้ำฝน เป็นต้น และในส่วนของข้อมูลน้ำท่า เนื่องจากข้อมูลน้ำท่าบางช่วงเวลาของบางสถานีไม่สามารถวัดปริมาณการไหลได้ เช่น ในช่วงน้ำหลาก เป็นต้น ข้อมูลน้ำท่าที่ได้มักมาจากการดูความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับปริมาณการไหล และบางครั้งข้อมูลอาจได้มาจากการต่อขยายข้อมูลซึ่งอาจสูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริงก็ได้ ดังนั้น ก่อนนำไปใช้ก็ควรต้องระมัดระวัง และในอนาคตประเด็นเรื่องของการเก็บข้อมูลน้ำจะเป็นประเด็นใหญ่ที่มองเห็นถึงความสำคัญเพื่อประโยชน์ต่อการพัฒนา ถึงแม้ว่าอาจต้องมีการลงทุนที่ค่อนข้างสูงก็ตาม ซึ่งเป็นที่แน่ชัดว่าข้อมูลที่ได้จากการวัดโดยใช้คนจดบันทึกส่วนใหญ่มักจะมีคุณภาพด้อยกว่าข้อมูลที่ได้จากการบันทึกแบบอัตโนมัติมาก

2. การศึกษานี้มุ่งเน้นที่การวิเคราะห์ ประเมินความสามารถของแบบจำลองและความเหมาะสมของการใช้พารามิเตอร์ สำหรับการพัฒนาและการประยุกต์การจำลองของแบบจำลองทางอุทกวิทยา เพื่อหาวิธีการในการพัฒนาการจำลองให้สอดคล้องกับเงื่อนไขของสภาพความเป็นจริง และพัฒนากระบวนการให้สอดคล้องกับข้อมูลที่มี ดังนั้นหากในอนาคตมีฐานข้อมูลที่ครอบคลุมระยะเวลายาวนานขึ้น และข้อมูลมีความละเอียดมากขึ้นทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา การพัฒนาแบบจำลองก็ย่อมสามารถทำได้ใกล้เคียงกับวิธีการตามทฤษฎีมากยิ่งขึ้น และส่งผลให้ความถูกต้องแม่นยำของผลการคำนวณดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มุ่งเน้นสภาพทางกายภาพที่อาจมีสภาพบางอย่างต่างกันในแต่ละช่วงเวลา เช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ซึ่งพบว่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด คือ ค่าพารามิเตอร์ด้านดิน และพารามิเตอร์ของสิ่งที่ปกคลุมดินหรือการใช้ที่ดิน โดยในสภาพความเป็นจริงการใช้ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น ในเวลานำแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า SWAT ไปใช้งานจริงในการเติมข้อมูลน้ำท่าที่ขาดไปในช่วงใดๆ ควรจะนำฐานข้อมูลสภาพความเป็นจริงของข้อมูลในช่วงนั้นๆ มาปรับแก้พารามิเตอร์ แต่ถึงแม้ว่าการศึกษานี้จะสามารถประเมินพารามิเตอร์ดังกล่าวให้สอดคล้องกับเงื่อนไขของสภาพความเป็นจริง แต่สมมติฐานบางอย่าง ก็ควรได้รับการตรวจสอบอย่างละเอียด อีกทั้งในการศึกษานี้เป็นการคิดด้วยระเบียบวิธีใหม่ จึงควรตรวจสอบความถูกต้องโดยละเอียดต่อไป

3. จากการประเมินค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการศึกษาครั้งนี้ได้รับการตรวจสอบแล้วว่าให้ผลได้เป็นอย่างดีมีความสมเหตุสมผลกับสภาพความเป็นจริง และพบว่านอกจากค่าพารามิเตอร์ด้านดินและพารามิเตอร์ของสิ่งที่ปกคลุมดิน ยังมีพารามิเตอร์อีกหลายชนิดที่มีความสำคัญ เช่น ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับปริมาณน้ำใต้ดิน ค่าความสามารถการนำน้ำของดิน เป็นต้น ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เหล่านี้ มีกระบวนการตรวจวัดที่ค่อนข้างยาก ซึ่งถ้าหากจะมีการศึกษาในพื้นที่ย่อยที่เฉพาะเจาะจงลงไป หรือต้องการพัฒนาแบบจำลองให้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น พารามิเตอร์ต่าง ๆ เหล่านี้ สมควรที่จะได้รับการตรวจวัด ตรวจสอบ และประเมินโดยละเอียด อีกทั้งน่าจะได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป

4. ปัญหาเรื่องของขั้นตอนและระยะเวลาการสร้างแบบจำลองก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งสำหรับผู้ใช้แบบจำลอง โดยในการเชื่อมโยงระบบข้อมูลเข้ากับแบบจำลอง ตามขั้นตอนของการนำเข้า นับว่าเป็นงานที่ใช้ระยะเวลามาก แต่ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อประโยชน์ในการเตรียมข้อมูลนำเข้า และพบว่าสามารถประหยัดเวลาทำให้การนำเข้าแบบจำลองง่าย และสะดวกขึ้นอย่างมาก ดังนั้น หากมีการเรียนรู้การพัฒนาการจัดการและวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ จะทำให้ระบบการนำเข้าข้อมูลในแบบจำลองมีประสิทธิภาพและถูกต้องมากขึ้น สำหรับขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองก็ใช้เวลาในการประมวลผลมาก ดังนั้นในอนาคต ถ้าใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง จะทำให้ระบบประมวลผลและการคำนวณผลลัพธ์เร็วขึ้น และในส่วนของปรับแก้ข้อมูลต่าง ๆ ก็เช่นกัน เนื่องจากรายละเอียดของพารามิเตอร์มาก และไฟล์ของแต่ละชนิดพารามิเตอร์ต้องอยู่ในรูปแบบของแบบจำลอง ซึ่งนับว่าเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก ดังนั้นการพัฒนาระบบ หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยงานส่วนนี้นับว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง หรือการหาค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองให้เป็นแบบอัตโนมัติก็เป็นจุดสนใจเช่นกัน แต่ระบบหรือโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้น จำเป็นต้องพิจารณาถึงความเปลี่ยนแปลงของข้อมูล และระบบการจัดเก็บข้อมูลในภาพรวมที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ด้วย

5. การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลอง SWAT ในการอธิบายความสัมพันธ์ของน้ำฝน น้ำท่า และความสัมพันธ์กับสภาพทางกายภาพ เท่านั้นก็จริง แต่แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมา นี้ยังอาจนำไปประยุกต์ใช้งานในลักษณะอื่น ๆ ได้อีก เช่น การคาดการณ์เหตุการณ์ในอนาคตโดยการกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ ทั้งทางด้านกายภาพ และความต้องการใช้น้ำ ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการวางแผน จัดการลุ่มน้ำ ต่อไป น่าจะมีส่วนให้ผู้เกี่ยวข้องต่อปัญหาทรัพยากรลุ่มน้ำในพื้นที่ต่าง ๆ สามารถนำแบบจำลองนี้ หรือที่จะมีการพัฒนาขึ้นในอนาคต มาใช้ให้สอดคล้องกับลักษณะปัญหา

และหน้าที่ของแต่ละฝ่ายได้ อาทิเช่น ผู้วางแผนด้านการใช้ที่ดิน อาจใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับสภาพการใช้ที่ดิน เพื่อช่วยในการคาดการณ์ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในแต่ละฤดูกาล ทำให้การวางแผนจัดการลุ่มน้ำได้ดียิ่งขึ้น

6. ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง น้ำฝน น้ำท่า ทั่วไป และรวมถึงแบบจำลอง SWAT นี้ด้วยจะเห็นได้ว่าไม่สามารถจะเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการคำนวณให้ได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดจริง ได้ทั้งช่วงน้ำหลาก และช่วงน้ำน้อย พร้อมๆกันได้ อาจเป็นเพราะค่าพารามิเตอร์บางค่าในความเป็นจริงแปรผันไปตามฤดูกาลหรือตามเงื่อนไขของแต่ละพื้นที่ในแต่ละช่วงเวลา แต่แบบจำลอง SWAT ได้กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ สามารถใส่ได้เพียงค่าเดียวตลอดทั้งปีในพารามิเตอร์แต่ละชนิด ซึ่งหากจะนำแบบจำลอง SWAT ไปใช้วิเคราะห์แต่ละสถานการณ์น้ำ ควรเลือกพิจารณาเปรียบเทียบแบบจำลองเป็นแต่ละช่วงเวลาจะดีกว่า จะทำให้ได้ผลแม่นยำมากขึ้น หรือในอนาคตอาจมีการพัฒนาแบบจำลองให้สามารถปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ให้แปรผันตามช่วงเวลาได้ ก็จะทำให้การจำลองในเชิงแนวความคิดมีสภาพใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามพึงระลึกอยู่เสมอว่า แบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า ต่างๆที่ศึกษานั้นเป็นเพียงเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้สมการและการคำนวณทางคณิตศาสตร์ มาช่วยให้เราศึกษาถึงพฤติกรรมของน้ำฝนน้ำท่าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเท่านั้น มิใช่สิ่งที่จะให้คำตอบหรือให้ความเชื่อถือในเรื่องของการสังเคราะห์น้ำฝน น้ำท่าได้ทั้งหมดอย่างชัดเจน

7. สำหรับการกล่าวถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลอง การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT แบบหนึ่ง ที่พบว่าสามารถใช้งานเพื่อประเมินและวิเคราะห์ได้จริง ก่อให้เกิดประโยชน์ในแง่ของการเรียนรู้ซึ่งกันและกันระหว่างผู้ศึกษาในฐานะผู้เสนอผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ทำให้หน่วยงานผู้กำหนดนโยบายสามารถหา แนวทางการจัดการหรือวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตเพื่อความเหมาะสมได้ และประชาชนผู้ใช้น้ำในฐานะผู้จัดการทรัพยากรและในฐานะผู้ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ควรได้รับข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา ได้ทราบถึงข้อเท็จจริง เข้าใจในสภาพปัญหาที่แท้จริง ส่งผลให้มีกระบวนการในการจัดการปัญหาในปัจจุบัน ด้วยกระบวนการเชื่อมโยงที่เหมาะสม และในที่สุดผู้ใช้ทรัพยากรของลุ่มน้ำ ในฐานะผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาโดยตรง จะได้มีแนวทางการจัดการปัญหาที่อาจเกิดขึ้นด้วยตนเอง และตระหนักถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น หากมีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างผิดๆ กล่าวคือ การศึกษานี้อาจถูกนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือการจัดการทรัพยากรลุ่มน้ำเพื่อความเหมาะสมในการใช้น้ำอย่าง

ยั่งยืนต่อไป โดยพบว่าในเขตร้อนที่มีสภาพตามธรรมชาติของลุ่มน้ำมีปกคลุมด้วยป่าสามารถควบคุมตัวของมันเองให้เอื้ออำนวยแก่มนุษย์ได้ ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง เนื้อดินและองค์ประกอบดิน ตลอดจนโครงสร้างของป่าที่ปลดปล่อยน้ำให้ลงสู่แม่น้ำลำธารสม่ำเสมอตลอดปี จึงเสนอแนะให้มีการฟื้นฟูสภาพป่าให้มากที่สุด และถึงแม้ว่าพื้นที่ลุ่มน้ำเหล่านี้จะถูกใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรแต่ถ้าเป็นไปตามหลักของการใช้ที่ดินที่ถูกต้อง ระบบลำน้ำและสภาพการไหลของน้ำในลุ่มน้ำก็จะยังคงรักษาสภาพของมันไว้ได้ แต่ถ้าลุ่มน้ำถูกเปลี่ยนสภาพโดยสิ้นเชิง ลุ่มน้ำก็จะขาดคุณภาพและเสื่อมโทรมจนปริมาณน้ำมาไม่ตรงตามความต้องการของมนุษย์

ในผลการศึกษาี้ มีข้อเสนอแนะการใช้ที่ดิน สอดคล้องกับนิพนธ์ (2539) ที่กล่าวไว้ว่า นักนิเวศวิทยาและนักจัดการลุ่มน้ำส่วนใหญ่ได้ชี้แนะให้จัดการพื้นที่ลุ่มน้ำเพื่อสนองเป้าประสงค์ของการจัดการลุ่มน้ำตามประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1) รักษาไว้ซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำบนภูเขา (highland/mountainous area) ที่อยู่บนที่สูงทั้งหมดให้ปราศจากซึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินทุกรูปแบบด้วยเหตุผลที่ว่า ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำดังกล่าวมีสถานภาพของภูมิอากาศ ดิน พืช และสัตว์ป่าที่สลับซับซ้อน และมีศักยภาพในการเอื้ออำนวยด้วยปริมาณ คุณภาพและช่วงเวลาการไหลของน้ำที่ยอดเยี่ยม และการคายระเหยน้ำค่อนข้างต่ำ แต่จะมีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมทุกด้านอย่างรุนแรงและรวดเร็ว ถ้าถูกทำลายหรือเปลี่ยนสภาพ ดังนั้นการดำรงไว้ซึ่งสถานภาพตามธรรมชาติของพื้นที่ลุ่มน้ำอย่างถาวร จึงน่าจะเป็นทางเดียวที่พื้นที่เช่นนี้จะให้ผลประโยชน์คุ้มค่าแก่ส่วนรวมมากที่สุด

2) จัดสรรพื้นที่ราบหรือเนินลาดในที่ต่ำ (lowland and upland) เพื่อใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรกรรม และเป็นที่อยู่อาศัย แนวทางนี้อาจกระทำได้ในกรณีพื้นที่ราบหรือพื้นที่เนินลาดในที่ต่ำมีมากพอ และสามารถจำกัดจำนวนผู้ใช้ที่ดินและจำนวนประชากรได้ แต่เป็นไปได้ยากสำหรับสถานการณ์ปัจจุบันและอนาคตที่พลเมืองในประเทศเกษตรกรรมมีอัตราเกิดมากและความต้องการที่ดินมีปริมาณสูง ดังนั้นการจัดพื้นที่ราบต่ำให้สนองความต้องการเพื่อปรับฐานะความยากจนและแค้นแค้นของชุมชนผู้ใช้ที่ดินประกอบการเกษตร จึงหวังความสำเร็จได้ยาก อย่างไรก็ตาม การกำหนดลักษณะการใช้ที่ดินในที่ต่ำให้เหมาะสมก็อาจช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนปัจจัยสี่ และปัญหามลภาวะได้บ้าง เช่น ถนอมรักษา และคงไว้ซึ่งพื้นที่ราบลุ่ม หรือที่ดินตะกอนทับถมสองฝั่งแม่น้ำ เพื่อการเกษตรกรรมโดยเฉพาะการปลูกข้าว แทนที่จะยอมให้เปลี่ยนไปเป็นแหล่งอุตสาหกรรมและที่พักอาศัย เป็นต้น

3) ใช้พื้นที่ลุ่มน้ำบนภูเขาสูงแบบผสมผสานโดยมีมาตรการอนุรักษ์ที่ถูกหลักการ ในกรณีที่มีการดำเนินการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำในข้อ 2 เป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ เพราะเมื่อประชากรเพิ่มขึ้นความต้องการใช้ที่ดินก็ต้องมากขึ้น และเมื่อพื้นที่ราบต่ำมีปริมาณจำกัด พื้นที่ลุ่มน้ำบนภูเขาสูงก็จะต้องถูกเปิด หรือบุกเบิกโดยไม่ถูกกฎหมาย แผ่กว้างขึ้นทุกปี ดังนั้นพื้นที่ลุ่มน้ำที่อยู่ในเขตที่เรียกว่า "ต้นน้ำลำธาร" (head water) ก็จะต้องถูกนำมาใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีทางหลีกเลี่ยง อันที่จริงแล้วพื้นที่ต้นน้ำลำธารนี้ควรจะถูกห้ามใช้ประโยชน์ในทุกรูปแบบ นอกจากเหลือไว้เป็นป่าป้องกัน แต่ข้อเท็จจริงที่ปรากฏในปัจจุบันก็คือ บริเวณต้นน้ำลำธารทุกภูมิภาคของประเทศได้ถูกบุกรุก และบุกเบิกใช้ประโยชน์ทางการเกษตรกันอย่างกว้างขวาง

กิจกรรมทางเกษตรเป็นสิ่งจำเป็นที่มนุษย์จะต้องเสียสละพื้นที่ป่าเพื่อนำมาทำเพราะเป็นที่มาของอาหารซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งจะขาดเสียไม่ได้ ดังนั้นคุณลักษณะของดินที่เหมาะสมต่อการเกษตรจึงมีความละเอียดอ่อนและสลับซับซ้อนกว่าคุณลักษณะทางนิเวศวิทยาของป่า นิพนธ์ (2539) กล่าวว่า ถ้าหากจะยอมรับข้อเท็จจริงดังกล่าวนี้ และยอมให้มีการใช้ที่ดินบนที่สูงนี้กันต่อไป จะด้วยเหตุผลที่ว่าไม่สามารถดำเนินการเพิกถอนพื้นที่เกษตรกรรมในเขตต้นน้ำลำธารด้วยมาตรการด้านกฎหมาย หรือเหตุผลทางการเมือง หรือด้วยเหตุผลที่มีความจำเป็นจะต้องเพิ่มผลผลิตอาหารสนองความต้องการของประชาชนของประเทศก็ตาม พื้นที่ต้นน้ำลำธารควรจะได้รับ การวางแผนใช้ที่ดินให้ถูกต้องและใช้อย่างละเอียด รอบคอบ และระมัดระวังมากขึ้น เช่น พื้นที่ลาดเขาบริเวณต้นน้ำลำธารที่มีความลาดเท 35 เปอร์เซ็นต์อาจใช้ปลูกพืชล้มลุกได้โดยการสร้างขั้นบันไดดิน หรือมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบอื่นที่เหมาะสม ความลาดเทตั้งแต่ 35-34 เปอร์เซ็นต์ อาจอนุโลมให้ปลูกไม้ผล หรือทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ถ้ามีการทำคันคูรอบขอบเขา และ/หรือใช้วัสดุคลุมดินช่วย ส่วนพื้นที่ลาดเทที่ความลาดเอียงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปก็ควรจะต้องให้ดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อการค้า เป็นต้น และถ้าพื้นที่ต้นน้ำลำธารตอนใดมีความลาดเทมากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ก็จะต้องเหลือไว้เป็นป่าถาวรเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ความเหมาะสมของการกำหนดลักษณะการใช้ที่ดิน ชนิดพืช และกรรมวิธีในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ควรจะต้องพิจารณาจากชนิดดิน ความต้องการใช้ที่ดิน และเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับท้องถิ่นและชุมชนนั้น ๆ ด้วย

8. จากการวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในการศึกษานี้ เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษามีผลต่อปริมาณการไหลของน้ำท่าอย่างมีนัยสำคัญ และขอเสนอแนะถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลองนี้ ในเรื่องอื่นๆ โดยน่าจะทำการศึกษาและพิสูจน์

ต่อไปในพื้นที่ลักษณะอื่นๆ ผลกระทบอื่นๆ และการเปลี่ยนแปลงสภาพอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตเช่น ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศต่อน้ำท่า ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อสภาพตะกอน เป็นต้น ซึ่งในงานวิศวกรรมแหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็นงานวางแผนพัฒนาหรืออนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ ต่างต้องใช้ข้อมูลอุตุ อุตกวิทยาของกลุ่มน้ำ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมักจะเป็นข้อมูลในอดีต ที่ใช้ในขณะทำการศึกษาวางแผนงานต่างๆ ที่จะมีขึ้นในอนาคตโดยอาจไม่คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โครงการไม่บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ในตอนแรกหรืออาจทำให้เกิดความเสียหายขึ้นได้ ดังนั้นเราควรพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงหลายๆอย่างด้วยความรอบคอบ เพื่องานวางแผนพัฒนาอนุรักษ์ทรัพยากร และตรวจสอบโครงการต่างๆ ที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลง เพื่อจะหาวิธีการพัฒนาโครงการอย่างปลอดภัยและบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการต่อไป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กฤติมา ลีรัตนวิสุทธิ. การวางแผนการใช้ที่ดิน เพื่อบรรเทาความเสียหายจากอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำ
ชุมพร วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2542.
- กานดา คงธรรม. การศึกษาพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM สำหรับลุ่มน้ำน่าน. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545.
- กิตติพงษ์ ธนาศิริยะกุล. การประเมินสัมพันธภาพลุ่มน้ำย่อยของประเทศไทยด้วยข้อมูลระบบ
ภูมิสารสนเทศและแบบจำลองสาธารณสิทธิ์ SWAT/GIS. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546.
- ชลประทาน, กรม. โครงการศึกษา เพื่อทำแผนรองรับการพัฒนาแหล่งน้ำและปรับปรุงโครงการ
ชลประทาน สำหรับแผน 9 ลุ่มน้ำน่าน. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิ
เนียริง แอนด์ เมเนจเม้นท์ จำกัด, 2546.
- ชลประทาน, กรม. โครงการพัฒนาลุ่มน้ำน่าน. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์,
2548.
- ชัยวัฒน์ ภู่วรกุลชัย. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำลำภาชีโดย
แบบจำลองน้ำฝนและน้ำท่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรม
ชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546.
- ชุติพันธ์ ภักดีบุญ. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแสดงความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า ในลุ่มน้ำ
ขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาคณิตศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2544.
- นิวัติชัย คำภีร์. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบทางอุทกวิทยาของอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก
โดยวิธี SCS สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2539.
- นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. การจำลองสภาวะน้ำท่วม. กรุงเทพมหานคร:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545.
- ปกครอง สุดใจนาค. การสังเคราะห์น้ำท่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชากรรมโยธา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

- พัฒนาที่ดิน, กรม. การวิจัยศักยภาพของดินด้านปฐพีกลศาสตร์ ตามกลุ่มชุดดินในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร, 2538.
- พัฒนาที่ดิน, กรม. การสำรวจและวิเคราะห์การใช้ที่ดินจังหวัดน่าน. กรุงเทพมหานคร, 2538.
- พัฒนาที่ดิน, กรม. การศึกษาความเหมาะสมเพื่อวางแผนพัฒนาพื้นที่สูง จังหวัดน่าน. กรุงเทพมหานคร, 2536.
- วิชา นิยม. ลักษณะการไหลในลำธารจากพื้นที่ป่าไม้และไร่เลื่อนลอยบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อม สะแกกราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2523.
- วิจารณ์ สฤษฏีชัยกุล. การต่อเชื่อมระหว่างแบบจำลองชลศาสตร์กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- วิมล แก้ววันเพ็ญ. ผลกระทบของการทำลายป่าต่อศักยภาพและลักษณะการไหลของน้ำจากพื้นที่ต้นน้ำบริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.
- วีรพล แต่สมบัติ. หลักอุทกวิทยา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซนเตอร์, 2528.
- วีรพล แต่สมบัติ. อุทกวิทยาประยุกต์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซนเตอร์, 2531.
- วีระชัย ชูพิศาลโยธิน. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-น้ำท่า ในลุ่มน้ำป่าสักโดยวิธีแบบจำลองถึง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.
- ส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, กรม. ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมเชิงพื้นที่ จังหวัดน่าน. กรุงเทพมหานคร, 2543.
- สุชาติ ศิริจัสกุล. แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่ารายเดือน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- ศิริกัญญา แสงสว่าง. การเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและแบบจำลองอุทกวิทยา ในการประเมินน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.
- ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินต่อน้ำหลากในลุ่มน้ำเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

อวิรุทธ์ สุขสมอรรถ. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่า ในลุ่มน้ำบางปะกงโดยใช้แบบจำลอง RIBAMAN (RBM-DOGGS). วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2538.

อรรถนันท์ เล็กอุทัย. การประยุกต์ใช้เทคนิคคาลแมนฟิลเตอร์ ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำหลากเข้าเขื่อนอุบลรัตน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

ภาษาอังกฤษ

Chow, V. T., David, R. Maidment. , and Larry, W. Mays. Applied Hydrology. Singapore: McGraw-Hill International Edition, 1988.

Chow, V. T. Open-channel Hydraulics. New York: McGraw-Hill International Edition, 1959.

Dooge, C. J. I. Linear Theory of Hydrologic System. Washington,D.C. : United States Department of Agriculture, 1973.

Environment and Climate Research Programmed. Climate,Hydrochemistry and economics of Surface-Water Systems.

www.nwl.ac.uk/ih/www/research/images/chessreport.pdf, 2001.

Haan, C. T. Hydrologic Modeling of Small Watersheds. Michigan: ASAE, 1982.

Hansa Vathananukij. Sustention Model for Water Resource Management.

www.wrrc.dpri.kyoto-u.ac.jp/~aphw/APHW2004/proceedings/JSD, 2003

Hansa Vathananukij. Regulated and Unregulated River Reach Perception through Geoinformatic Public Domain Model Particularized Upon The Chaophraya

Tributaries. http://www.hyarc.nagoyau.ac.jp/game/6thconf/html/abs_html/pdfs, 2004.

Huang, Y. F., Chen, X., and Huang, G. H. GIS-based distributed model for simulating runoff and sediment load in. the Malian River Basin. www.paper.edu.cn/scholar, 2003.

- Joshua, M. P. Creating Land Cover Input Datasets for the SWAT 2000 Model Using Remotely Sensed Data,
<http://www.ceprofs.tamu.edu/folivera/TxAgGIS/Spring2002>, 2002.
- Keith, B., and Kirkby, M.J. Channel Network Hydrology. England: John Wiley & Sons, 1993.
- King, K. W., Arnold, J. G. and Bingber, R. L. Comparison of Green-ampt and Curve Number Methods on Goodwin Creek Watershed Using SWAT.
www.asae.frymulti.com/request.asp.2001.
- Luzio, M. D., Srinivasan, R. Arnold, J.G., and Neitsch, S.L. Arcview Interface for SWAT 2000 User's Guide. Texas: Texas Water Resources Institute, 2002.
- Milver, V., Francisco, O., and Raghavan, S. Linkage of the ArcHydro Data Model with SWAT. www.brc.tamus.edu/swat/2ndswatconf/Session%20F/Olivera.pdf, 2003.
- Neitsch, S. L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., and Williams, J.R. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2000. Texas: Texas Water Resources Institute, 2001.
- Singh, V. P. Elementary Hydrology. New Jersey: Prentice Hall, 1992.
- Singh, V. P. Hydrologic Systems Volume I Rainfall-Runoff Modeling. New Jersey: Prentice Hall, 1988.
- Singh, V. P. Hydrologic Systems Volume II Watershed Modeling. New Jersey: Prentice Hall, 1989.
- Thomas, D. P., and Bradley, R. C. Handbook of Weather, Climate, and Water. England: John Wiley & Sons, 2003.
- Tripathi, M. P., Shrivastava, P.K., and Dwivedi, S.K. Hydrological Modeling of A Small Watershed Using Satlite Data And GIS. In Singh, V. P. (ed.), Advances in Hydrology, pp.313-329. New Delhi: Allied Publishers, 2003.
- Tripathi, M. P., R. K. Panda, N. S. Raghuwanshi, and Singh, R. Hydrological modelling of a small watershed using generated rainfall in the soil and water assessment tool model. <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/abstract>, 2003.

Watson, B. M., Ghafouri, M., and Selvalingam S. Application of SWAT to Model the Water Balance of the Woody Yaloak River Catchment, Australia.

www.brc.tamus.edu/swat/2ndswatconf/Session%20D/Watson.pdf, 2003.

Whited, D. C., E. M. Jahnke. , B. N. Wilson., and D. G. Pitt. Modeling the Effects of Urbanization on Surface Flows and Water Quality in the Valley Branch Watershed Final Project Report to the LCMR.

<http://www.smm.org/SCWRS/researchreports/1999lcmr6wsModel.pdf>, 1999.

Xing. Modeling water quality in the Sandusky watershed, Ohio.

www.asae.frymulti.com/techpapers.asp, 2003.

Yevjevich, V. Probability and Statistics in Hydrology. . Colorado: Water Resource Publications Fort Collins, 1972.

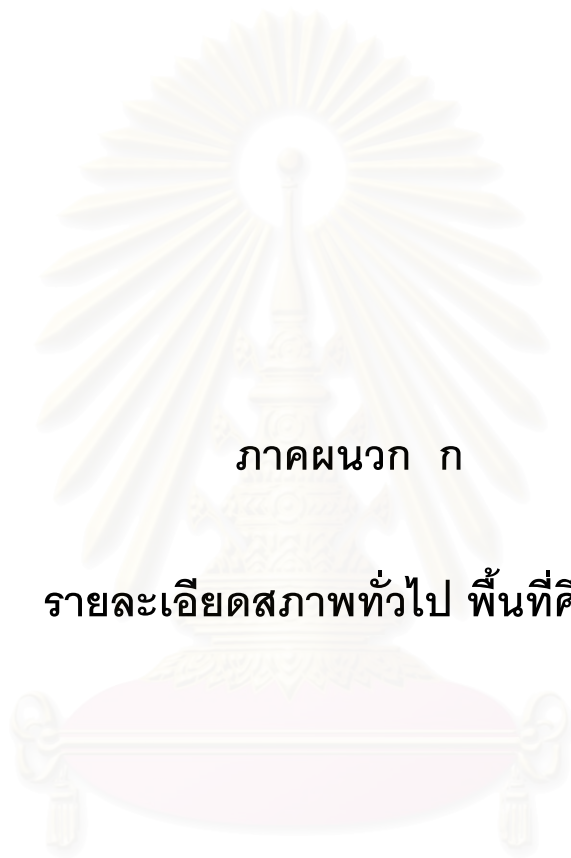


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

รายละเอียดสภาพทั่วไป พื้นที่ศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลุ่มน้ำน่าน

ลุ่มน้ำน่านมีพื้นที่รับน้ำฝนทั้งหมดประมาณ 34,331 ตร.กม. อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ $15^{\circ} 42'$ เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ $19^{\circ} 37'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $99^{\circ} 51'$ ตะวันออก ถึงเส้นแวง $101^{\circ} 21'$ ตะวันออก มีอาณาเขตทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำโขง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำเจ้าพระยา ทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำยม และทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำโขงและลุ่มน้ำป่าสัก แม่น้ำน่านมีต้นกำเนิดจากดอยภูแว ในทิวเขาหลวงพระบางในเขตอำเภอทุ่งช้าง อำเภอเชียงกลาง และอำเภอบัว จังหวัดน่าน มีความยาวรวม 770 กิโลเมตร มีทิศทางการไหลจากทิศเหนือลงทิศใต้จากจังหวัดน่านสู่จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดพิจิตร และไหลมาบรรจบกับลำน้ำยม ที่อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ ก่อนไหลผ่านบึงบอระเพ็ดทางฝั่งซ้ายไปบรรจบกับแม่น้ำปิงที่อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ โดยมีลำน้ำสาขาที่สำคัญ คือ ห้วยน้ำยาง น้ำสา น้ำว่า น้ำแหง น้ำปาด คลองตรอน แม่น้ำแควน้อย น้ำภาค และแม่น้ำวังทอง

สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำน่าน มีรูปร่างคล้ายขนนก ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาหลวงพระบาง อันเป็นเส้นเขตแดนระหว่างไทยกับสาธารณรัฐประชาชนลาว สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูง ความสูงในพื้นที่ริมแม่น้ำอยู่ที่ระดับความสูงกว่า 220 ม.รทก. ความลาดชันประมาณ 1:480 ในเขตอำเภอทุ่งช้างและอำเภอเชียงกลาง จากนั้นแม่น้ำน่านไหลลงสู่ที่ราบและหุบเขาในเขตอำเภอเมือง อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน เช่น น้ำว่า น้ำยาว น้ำแหง ฯลฯ พื้นที่บริเวณนี้เป็นที่ราบสูงมีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 180-220 ม.รทก. มีความลาดชันประมาณ 1:3,500 จากนั้นแม่น้ำน่านจะไหลผ่านเขตอำเภอเวียงสา ผ่านหุบเขาสูงชันเอียงลาดโดยมีความลาดชันมากขึ้นเป็น 1:5,300 ก่อนลงสู่พื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง มีลักษณะเป็นภูเขาสูงในฝั่งตะวันออกและลาดเทลงสู่ตะวันตก ซึ่งเป็นที่ราบกว้างใหญ่ ตั้งแต่ได้เชื่อมท่อน้ำนครหลวงไปจนถึงจังหวัดนครสวรรค์มีระดับเฉลี่ยประมาณ 27 ม.รทก. โดยมีความลาดชันลำน้ำลดลงเหลือประมาณ 1:13,600

รายละเอียดลุ่มน้ำสาขาของแม่น้ำน่านบริเวณพื้นที่ศึกษา

1. ลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยที่ต้นแม่น้ำน่านเกิดจากดอยภูคาที่ระดับ 1,400 ม.รทก. ทางฝั่งขวาและดอยภูแวที่ระดับ 1,500 ม.รทก. ทางฝั่งซ้าย โดยทางขวา (ไหลขึ้นเหนือ) เป็นสันปันน้ำเขตแดน ไทย-ลาว ความสูงช่วงแรกประมาณ 1,700 ม.รทก. มีพื้นที่การเกษตรบนฝั่งซ้ายเป็นระยะทาง 5 กม. เหนือที่ตั้งอำเภอทุ่งช้าง และที่ปลายลำห้วย น้ำเลียบ น้ำและ และน้ำสอง เป็นต้น ขนาดพื้นที่การเกษตรผืนใหญ่ขึ้นทั้งทิศเหนือและท้ายอำเภอเชียงกลางตามลำน้ำน่านเป็นระยะทาง

ประมาณ 10 กม. (เหนือ 4 กม. และท้าย 6 กม.) และโดยเฉพาะบนสองฝั่งที่ปลายห้วยน้ำเปือและน้ำกอน จากนั้นจะมีพื้นที่การเกษตร โดยเฉพาะบนฝั่งซ้ายของแม่น้ำบัวไหลลงทั้งเหนือน้ำและท้ายน้ำ (เหนือน้ำ 3 กม. ท้ายน้ำ 2 กม.) โดยต้นน้ำเกิดจากคอกขุนน้ำน่าน ที่ระดับความสูง 1,800 ม.รทก. และคอกค้างฮ่อที่ความสูง 1,900 ม.รทก. ทางทิศเหนือและไหลลงสู่แม่น้ำน่านทางฝั่งซ้าย

2.แม่น้ำห้วยยาว (1) แม่น้ำห้วยยาวต้นน้ำเกิดจากสันปันน้ำแบ่งเขตแดน ไทย-ลาว ทางทิศเหนือมีความสูง 950-1,050 ม.รทก. ไหลผ่านอำเภอสองแคว มีลำน้ำขนาดเล็กหลายสาย (น้ำพวง น้ำพริกปรุงและน้ำพริกปลายทางฝั่งขวาและน้ำกอนทางฝั่งซ้าย) ไหลมารวมกันทำให้เกิดชุมชนขึ้นหลายแห่ง (บ้านใหม่ชายแดน บ้านห้วยแกลบ บ้านห้วยมอย บ้านน้ำหลุ บ้านน้ำปาน บ้านวังเสก บ้านสบพวงและบ้านปางกอม เป็นต้น) ช่วง 14 (6+8) กม. สองฝั่งของลำน้ำลาดชัน เหนือขึ้นไปมีพื้นที่การเกษตรสองฝั่งรวมทั้งลำน้ำสาขาด้วย ท้ายอำเภอสองแควลงไปประมาณ 8 กม. มีพื้นที่การเกษตรผืนเล็กสองฝั่ง จากจุดนี้ถึงปากแม่น้ำเป็นระยะทางประมาณ 24 กม. มีชุมชนตั้งอยู่เป็นระยะๆ และบางช่วง (ช่วงละ 3-4 กม.) ลำน้ำไหลผ่านที่ลาดชัน ห้วยยาวไหลลงสู่แม่น้ำน่านทางฝั่งขวาในเขตอำเภอท่าวังผา ช่วงปลายแม่น้ำระยะทาง 5 กม. มีพื้นที่การเกษตรสองฝั่งความลาดเท ช่วงปลายแม่น้ำ 1:600 เส้นชั้นความสูง 220 ม.รทก. ขึ้นไปตามห้วยยาวประมาณ 1.2 กม.

3.แม่น้ำห้วยยาว (2) มีสันปันน้ำทางทิศเหนือมีระดับ 1,200 ม.รทก. ต้นน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำติดกับน้ำแม่บางสาขาของน้ำว้า และน้ำยาง ซึ่งไหลลงแม่น้ำน่านทางฝั่งซ้ายเหนือที่ตั้งอำเภอ ท่าวังประมาณ 2 กม. มีพื้นที่การเกษตรจากน้ำแม่วอนและน้ำมวบ ช่วง 20 กม. สุดท้ายไหลผ่านที่สูงชันมีชุมชนขนาดเล็กตั้งอยู่ตามลำน้ำเป็นระยะๆ โดยมีพื้นที่การเกษตรขนาดเล็กอยู่บนสองฝั่ง ไหลลงแม่น้ำน่านทางฝั่งซ้ายเหนือที่ตั้งตัวจังหวัดประมาณ 19 กม. ความลาดเทที่ปลายแม่น้ำ ประมาณ 1:500 และ 1:2,400 บนแม่น้ำน่าน

4.แม่น้ำน่านส่วนที่ 2 ในลุ่มน้ำสาขานี้มีพื้นที่การเกษตรมาก ต้นน้ำ เกิดจากสันปันน้ำที่ระดับ 1,800 ม.รทก. ติดกับน้ำว้าทางทิศตะวันออก ทิศเหนือน้ำบัวและน้ำยาวทางทิศใต้ เริ่มมีพื้นที่การเกษตรที่ระดับ 400 ม.รทก. ไหลลงแม่น้ำน่านทางฝั่งทางซ้าย ช่วงเหนือปากแม่น้ำ ตลอดระยะทาง 8 กม. มีพื้นที่การเกษตร 2 ฝั่ง และที่เหนือปากแม่น้ำประมาณ 3 กม. รอบๆที่ตั้งทั้งอำเภอบัวและอำเภอท่าวังผามีพื้นที่การเกษตรผืนใหญ่ ส่วนทางฝั่งขวาแม่น้ำน่านมีลำห้วยสายใหญ่ได้แก่ห้วยน้ำงาว มีพื้นที่การเกษตรผืนเล็กบนสองฝั่งที่มีชุมชนตั้งอยู่เป็นระยะๆ สองฝั่งของแม่น้ำน่านในเขตอำเภอเมืองมีพื้นที่การเกษตรเป็นจำนวนมาก

5. น้ำสมุน ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาที่เป็นสันปันน้ำระหว่างอำเภอเมืองน่านและอำเภอบาง จังหวัดพะเยา ความสูง 800-1000 ม.รทก. สองฝั่งของลำน้ำเป็นที่ลาดชัน มีชุมชนเป็นระยะๆ และมีพื้นที่การเกษตรผืนเล็ก ไหลลงสู่แม่น้ำน่านทางฝั่งขวาทำยจุดที่ตั้งจังหวัดประมาณ 7 กม. เส้นชั้นความสูง 200 ม.รทก. บนฝั่งซ้ายมีพื้นที่การเกษตรประมาณ 10,000 ไร่ และมีชุมชนหนาแน่นเกือบตลอดสองฝั่ง มีเส้นชั้นความสูง 220 ม.รทก. อยู่ห่างจากเส้นชั้นความสูง 200 ม.รทก. ขึ้นไปตามลำน้ำประมาณ 11 กม. หรือความลาดเทลำน้ำประมาณ 1: 550 เหนือปากแม่น้ำขึ้นไปประมาณ 20 กม. แม่น้ำสมุนจะไหลผ่านที่ลาดชันและมีชุมชนตั้งอยู่เป็นระยะๆ

สภาพการใช้ที่ดิน

การศึกษาเรื่องการใช้ที่ดิน ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน ใช้ข้อมูลด้านภูมิศาสตร์สารสนเทศ ปี พ.ศ. 2544 ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดของพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นพื้นที่การเกษตรและพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งมีพื้นที่ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน คือ คิดเป็นร้อยละ 51.4 และ 45.3 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเล็กน้อยเป็นพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ โดยมีพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 2.32 0.63 และ 0.37 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

จากการสำรวจและวิเคราะห์การใช้ที่ดิน สามารถจำแนกประเภทการใช้ที่ดินได้ 5 ประเภทหลักๆ ดังนี้

1. พื้นที่อยู่อาศัย (U) มีเนื้อที่รวมทั้งสิ้น 82,993.75 ไร่ หรือร้อยละ 2.324 ของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยชุมชนที่อยู่อาศัยซึ่งเป็นตัวเมืองหรือย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สนามบิน และแหล่งอุตสาหกรรม เป็นต้น

2. พื้นที่เกษตรกรรม (A) มีเนื้อที่รวมทั้งสิ้นประมาณ 1,609,901 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 45.27 ของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย 2 ประเภท คือ พื้นที่เกษตรกรรมถาวรซึ่งมีการทำการเกษตรทุกปี พื้นที่บริเวณนี้ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณพื้นที่ราบหรือค่อนข้างราบหรือที่ราบลุ่มริมลำน้ำ พืชที่ปลูกบริเวณนี้ เช่น ข้าว ไม้ผล พืชไร่ พื้นที่เกษตรกรรมอีกประเภทหนึ่ง คือ ไร่หมุนเวียนซึ่งจะไม่ทำการเกษตรบริเวณเดียวซ้ำทุกปี มักจะหมุนเวียนไปในพื้นที่ใกล้เคียง โดยอาจมีช่วงเวลาการหมุนเวียนกลับมาพื้นที่เดิม 3-4 ปี การทำการเกษตรประเภทนี้มักนิยมทำกันบนพื้นที่สูงชันซึ่งเป็นพื้นที่อยู่อาศัยของชาวไทยภูเขาเผ่าต่าง ๆ แต่พื้นที่สูงบางแห่งที่ชาวไทยพื้นราบอาศัยอยู่ก็มักนิยมทำไร่หมุนเวียนเช่นเดียวกับชาวเขา พืชที่นิยมปลูก เช่น ข้าวไร่ ข้าวโพด ฝ้าย เป็นต้น

3. พื้นที่ป่าไม้(F) มีเนื้อที่ทั้งหมด 1,828,086 ไร่ หรือร้อยละ 51.39 ของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยพื้นที่ป่าไม้สภาพสมบูรณ์ซึ่งมีทั้งประเภทป่าไม่ผลัดใบและป่าผลัดใบ พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมและพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่า ดังรายละเอียดต่อไปนี้

-พื้นที่ป่าไม้สมบูรณ์ สภาพป่าโดยทั่วไปส่วนใหญ่เป็นป่าดั้งเดิมที่ยังคงสภาพป่าสมบูรณ์อยู่ ประกอบด้วยป่าประเภทไม่ผลัดใบและป่าผลัดใบ (ป่าเบญจพรรณ, ป่าเต็งรัง) ป่าไม่ผลัดใบ ส่วนมากเป็นป่าดิบเขา โดยจะขึ้นปกคลุมบนพื้นที่ภูเขาสูงชันในระดับความสูงตั้งแต่ 1,000-1,200 เมตร จากระดับน้ำทะเลขึ้นไป ส่วนป่าดิบแล้ว มักจะขึ้นในบริเวณที่ต่ำกว่า โดยส่วนมากมักจะขึ้นปะปนกับป่าผลัดใบ (ป่าเบญจพรรณ) จึงไม่สามารถจำแนกขอบเขตอย่างชัดเจนได้

-พื้นที่สวนป่า เป็นพื้นที่ที่มีการปลูกสร้างสวนป่าโดยหน่วยงานของรัฐและเอกชนทั้งบนพื้นที่สูงและพื้นที่ราบ พันธุ์ไม้ที่นิยมปลูกสวนป่ามากที่สุดคือ สัก ยูคาลิปตัส กระถินยักษ์ และสน

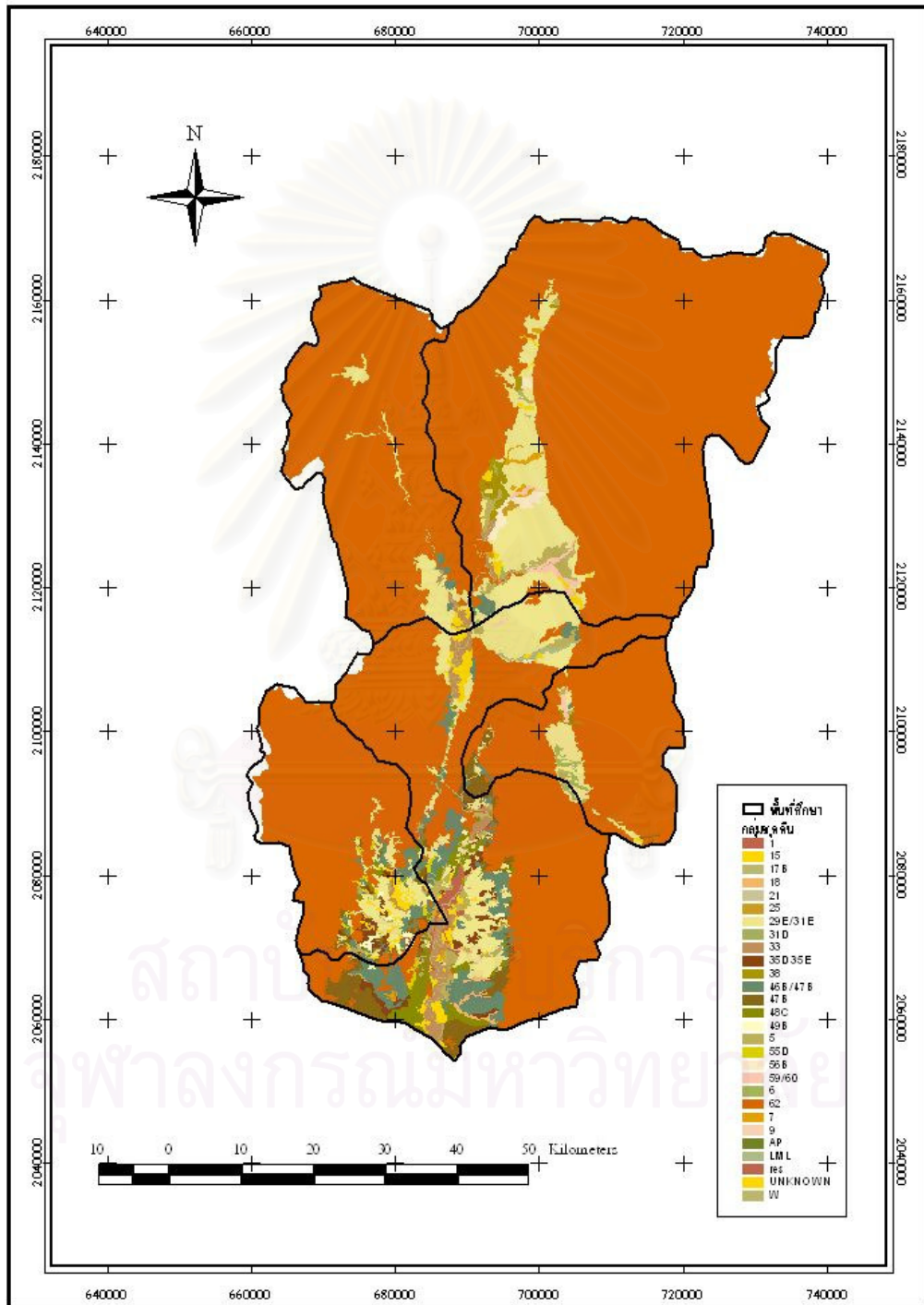
4. พื้นที่แหล่งน้ำ (W) มีเนื้อที่ทั้งหมด 22,645 ไร่ หรือร้อยละ 0.63ของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยพื้นที่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น หนองน้ำและลำน้ำขนาดใหญ่

5. พื้นที่อื่น ๆ (M) มีเนื้อที่ 13,122.5 ไร่ หรือร้อยละ 0.371ของพื้นที่ศึกษา เป็นพื้นที่ทิ้งร้างที่พบทั้งบนพื้นที่สูงชันและพื้นที่ไม่สูงชันมากนัก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เคยทำไร่เลื่อนลอยหรือการเกษตรอื่น ๆ มาก่อนแล้วถูกปล่อยทิ้งร้างไว้

สภาพทรัพยากรดิน

การศึกษาเกี่ยวกับเรื่องดิน ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3,579,760 ไร่ ใช้ข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน รายละเอียดประกอบด้วย ฐานข้อมูลแผนที่กลุ่มชุดดิน การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกพืช ในมาตราส่วน 1:50,000 พบหน่วยแผนที่ของกลุ่มชุดดินโดยรวม 28 กลุ่มด้วยกัน ดังแสดงการจำแนกกลุ่มชุดดินในรูปที่ ก-1 คุณสมบัติของทรัพยากรดินจะมีความแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์กำเนิดและธรณีฐานการแพร่กระจายของดิน โดยภาพรวมสรุปได้ดังนี้

1.) ดินเกิดจากตะกอนลำน้ำใหม่ (Recent Alluvium) ปรากฏในภูมิประเทศที่เป็นที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood plain) อยู่ในระดับต่ำ คุณสมบัติของดินโดยรวมเป็นดินลึกมีการระบายน้ำเร็ว-ค่อนข้างเร็ว เนื้อดินเป็นดินเหนียวเนื้อละเอียด มีภูมิประเทศราบเรียบ ใช้ประโยชน์ในการทำนาข้าว พืชผักฤดูแล้ง การแพร่กระจายของดินตะกอนลำน้ำใหม่ จะปรากฏเป็นบริเวณกว้างในลักษณะที่ราบริมแม่น้ำน่านบริเวณอำเภอเมืองจังหวัดน่าน



รูปที่ ก-1 การจำแนกกลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษา

2.) ดินเกิดจากตะกอนลำน้ำค่อนข้างใหม่ (Semi-Recent Alluvium) และสันดินริมน้ำ (Levee) พบเป็นบริเวณแคบๆ กระจายอยู่ทั่วไปในบริเวณที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ รวมทั้งบริเวณริมฝั่งแม่น้ำดินตะกอนเหล่านี้จะมีระดับสูงกว่าที่ราบน้ำท่วมถึง ลักษณะดินจะมีการระบายน้ำค่อนข้างเร็วจนถึงค่อนข้างดี สามารถใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชผัก พืชไร่ ตลอดจนไม้ผล การแพร่กระจายของดินตะกอนลำน้ำค่อนข้างเก่า จะพบปะปนอยู่กับดินตะกอนลำน้ำใหม่ แต่ดินเหล่านี้จะไม่เกิดเป็นบริเวณกว้างแต่เกิดกระจายทั่วไป

3.) ดินเกิดจากตะกอนลำน้ำเก่า (Old Alluvium) ดินเหล่านี้จะเกิดจากการทับถมลำน้ำนานมาแล้ว มีสภาพภูมิฐานเป็นลานตะพักลำน้ำชั้นบันไดระดับต่ำ (Low terrace) ระดับกลาง Middle terrace) และระดับสูง (High terrace) พบกระจายทั่วไปในพื้นที่ระดับกลางและสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นลูกคลื่นลอนลาดระหว่างเทือกเขาได้แก่บริเวณท้องที่อำเภอท่าม่วง อำเภอบ้านหลวง อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก รวมทั้งท้องที่อำเภอชนแดน วังโป่ง เพชรบูรณ์ ลักษณะดินจะเป็นดินที่คุณสมบัติความแตกต่างกันมากทั้งด้านความลึก เนื้อดิน การระบายน้ำและความลาดชัน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างกว้างขวาง ได้แก่ การทำนาข้าว พืชไร่ และพืชยืนต้น

4.) ดินเกิดจากการผุสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดอยู่กับที่และที่มีการเคลื่อนย้าย (Residuum and Colluvium fan) เกิดจากการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดของหินภาคเชิงเขา พบทั่วไปตามบริเวณเชิงเขาและที่สูงในพื้นที่ลุ่มน้ำโดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนของลุ่มน้ำน่าน ลักษณะของดินจะมีคุณสมบัติต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศและวัตถุต้นกำเนิด ส่วนใหญ่จะมีการระบายน้ำดี ความลึกของดินไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับอายุและลักษณะของวิวัฒนาการ การใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่จะเป็นพืชไร่ หรือพื้นที่ป่าไม้

จากคุณสมบัติของทรัพยากรดินที่แตกต่างกันไปตามวัตถุต้นกำเนิดดิน สามารถจำแนกและจัดกลุ่มชุดดินในพื้นที่โดยพิจารณาจากลักษณะพื้นที่ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกลุ่มชุดดินโดยทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำ แบ่งเป็นดินบนพื้นที่ราบต่ำ และดินบนที่ดอน ดังนี้

ดินบนพื้นที่ราบต่ำ 11 กลุ่มชุดดิน เป็นกลุ่มชุดดินที่มีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มถึงที่ราบ เนื้อดินเป็นดินเหนียว เนื้อละเอียด ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในการทำนาข้าว บริเวณเป็นที่ราบลุ่มสองฝั่งลำน้ำสายหลัก รวมทั้งลำน้ำสาขาต่างๆ มีพื้นที่รวมกันคิดเป็นร้อยละ 3.033 ของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย กลุ่มชุดดินต่าง ๆ ดังนี้

กลุ่มชุดดินที่ 1 5 6 7 9 15 17 18 21 25 59

ดินบนที่ดอน 12 กลุ่มชุดดิน เป็นกลุ่มดินที่อยู่บนที่ดอนสภาพไร้มลพิษและเป็นลอนลาด หรือเป็นเนินเตี้ย รวมถึงกลุ่มดินที่เป็นพื้นที่ลาดชันและภูเขา เป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณที่เป็นภูเขา และพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ลักษณะดินมีความแตกต่างกันไปตามภูมิประเทศโดยทั่วไปมีทั้งดินต้นและดินลึกบริเวณดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร เนื่องจากหน้าดินต้น มีหินโผล่และบางพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงและหน้าดินเกิดการชะล้างพังทลายได้ง่าย ควรปล่อยให้ป่าไม้ธรรมชาติเพื่อเป็นต้นน้ำลำธาร พื้นที่รวมกันคิดเป็นร้อยละ 96.028 ของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย กลุ่มชุดดินต่าง ๆ ดังนี้

กลุ่มชุดดินที่ 29 31 33 35 38 46 47 48 49 55 56 62

ส่วนพื้นที่ที่เหลือเป็นหน่วยของพื้นที่อื่นๆ 5 ประเภท มีพื้นที่รวมกันคิดเป็นร้อยละ 0.931 ของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยหน่วยพื้นที่บ่อขุด (AP) พื้นที่แหล่งน้ำ(W) พื้นที่อยู่อาศัย(re) พื้นที่ท่าเหมืองลิทไนท์ (LM) และพื้นที่อื่น ๆ

รายละเอียดของกลุ่มชุดดิน

กลุ่มชุดดินที่ 1

เป็นชุดดินที่เกิดจากวัสดุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำน้ำ ในบริเวณที่อกเขาหินปูนหรือหินภูเขาไฟ สภาพพื้นที่เป็นที่ราบลุ่ม มีน้ำแช่ขังในช่วงฤดูฝน เป็นดินลึกที่มีการระบายน้ำเร็วหรือค่อนข้างเร็ว เนื้อดินเป็นพวกดินเหนียวจัด หน้าดินแตกกระแหว เป็นร่องลึกในฤดูแล้ง และมีรอยอุกไถลในดิน สีดินส่วนมากเป็นสีดำ หรือสีเทาแก่ตลอด มีจุดประสีน้ำตาล สีเหลือง และอาจพบจุดประสีแดงบ้าง ปะปนตลอดชั้นดิน ส่วนดินชั้นล่างมักมีก้อนหินปูนปะปน ปฏิกริยาดินส่วนใหญ่เป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่าง ปานกลางมีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.5-8.0 ดินมีความอุดมสมบูรณ์เป็นธรรมชาติปานกลางถึงสูง

ปัญหาในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ การไถพรวนลำบาก เนื่องจากเป็นดินเหนียวจัด ต้องไถพรวนในช่วงระยะเวลาที่มีความชื้นเหมาะสม ในขณะเดียวกันพืชที่ปลูกอาจขาดแคลนน้ำได้ง่าย เมื่อฝนทิ้งช่วงนานกว่าปกติ เนื่องจากน้ำที่ขังอยู่จะซึมหายไปง่าย เมื่อดินเริ่มแห้ง และแตกกระแหวเป็นร่องลึก ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่ใช้ทำนา นอกฤดูทำนาบางแห่งใช้ปลูกพืชไร่ เช่นฝ้ายและถั่วต่างๆ ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ชุดโคกเคียน ชุดดินช่องแค ชุดดินบ้านหมี ชุดดินวัฒนาหรือดินคล้ายอื่นๆที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 5

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า พบในบริเวณที่ราบตะกอนน้ำพามีสภาพพื้นที่เป็นที่ราบเรียบ มีน้ำแช่ขังในช่วงฤดูฝน เป็นดินลึกที่มีการระบายน้ำเร็วหรือค่อนข้างเร็ว มีเนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวหรือดินเหนียว สีเทาแก่ ดินล่างเป็นดินเหนียวสีน้ำตาลอ่อน หรือสีเทา มีจุดประน้ำตาล สีเหลือง หรือสีแดงตลอดชั้น มักพบก้อนสารเคมีสะสมพวกเหล็กและแมงกานีสปะปนอยู่ และในชั้นดินล่างลึกๆ อาจพบก้อนปูน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดน้อย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.5-6.5 แต่ถ้าดินมีก้อนปูนปะปน จะมีปฏิกริยาเป็นกลางหรือเป็นด่างปานกลาง มีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 7.0-8.0

ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่ใช้ทำนา ในบริเวณที่มีแหล่งน้ำใช้ปลูกพืชไร่ พืชผัก และยาสูบ ในช่วงฤดูแล้ง ข้าวที่ปลูกโดยมากให้ผลผลิตค่อนข้างสูง ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ชุดดินหางดง ชุดดินพาน ชุดดินละงู หรือดินคล้ายอื่นๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 6

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า พบในบริเวณที่ราบตะกอนน้ำพามีสภาพพื้นที่เป็นที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ มีน้ำแช่ขังในช่วงฤดูฝน เป็นดินลึกที่มีการระบายน้ำเร็วหรือค่อนข้างเร็ว เนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว มีเนื้อดินบนเป็นเนื้อดินร่วนเหนียวหรือดินเหนียว สีเทาแก่ดินล่างเป็นดินเหนียวสีน้ำตาลอ่อน หรือสีเทา มีจุดประสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีแดงตลอดชั้นดิน บางแห่งมีศิลาแลงอ่อนหรือก้อนสารเคมีสะสมพวกเหล็กแมงกานีสปะปนอยู่ด้วย ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำหรือค่อนข้างต่ำ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ ค่อนข้างต่ำ บริเวณดังกล่าว ส่วนใหญ่ใช้ทำนา ในช่วงฤดูแล้ง บริเวณที่มีแหล่งน้ำใช้ปลูกพืชไร่ พืชผัก หรือยาสูบ ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ชุดดินบางนรา ชุดดินเชียงราย ชุดดินนครพนม ชุดดินปากท่อ ชุดดินแกลง ชุดดินท่าศาลา หรือดินคล้ายอื่นๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในชุดนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 7

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า พบในบริเวณที่ราบตะกอนน้ำพามีสภาพพื้นที่เป็นที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ มีน้ำแช่ขังในช่วงฤดูฝน เป็นดินที่มี

การระบายน้ำเลวหรือค่อนข้างเลว เนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวหรือดินเหนียวสีเทาแก่ ดินล่างเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลอ่อน สีเทาหรือสีน้ำตาลปนเทา พบจุดประสีน้ำตาล สีเหลืองหรือสีแดง ปะปนตลอดชั้นดิน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0-7.0

ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่ใช้ทำนา ถ้าหากมีการชลประทานและการจัดการที่ดี สามารถ ทำนาได้ 2 ครั้ง ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง ในช่วงฤดูแล้ง บริเวณที่มีแหล่งน้ำ ใช้ปลูกพืชล้มลุก พืชไร่ พืชผักหรือยาสูบ ตัวอย่างชุดดินที่มีอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ชุดดินนครปฐม ชุดดินอุตรดิตถ์ ชุดดินท่าตูม ชุดดินเดิมบาง ชุดดินสุโขทัย หรือดินคล้ายอื่นๆ ที่มีลักษณะสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 15

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า พบบริเวณที่ราบตะกอนน้ำพา มีสภาพพื้นที่เป็นที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ มีน้ำแช่ขังในช่วงฤดูฝน เป็นดินลึกมากที่มีการระบายน้ำค่อนข้างเลวหรือเลว เนื้อดินเป็นพวกดินร่วนเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ดินบนมีสีน้ำตาลปนเทา ดินล่างสีน้ำตาลหรือสีเทาปนชมพู พบจุดประสีเหลืองหรือสีน้ำตาลปนเหลืองตลอดชั้นดิน ในดินชั้นล่างมักพบก้อนสารเคมีสะสมพวกเหล็ก และแมงกานีส ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำถึงปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลาง ถึงเป็นด่างเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0-7.5

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และหน้าดินแน่นทึบ ทำให้ข้างแตกกอได้ยาก ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ทำนา ในฤดูแล้งบริเวณใกล้แหล่งน้ำ ใช้ปลูกยาสูบพืชผักต่างๆ หรือพืชไร่บางชนิด ถ้ามีการชลประทาน ใช้ทำนาได้ 2 ครั้งในรอบปี ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ชุดดินแม่สาย ชุดดินน่าน ชุดดินหล่มสัก หรือดินคล้ายอื่นๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 17

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดพวกตะกอนลำนํ้า หรือจากการสลายผุพังอยู่กับที่หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วถูกเคลื่อนย้ายนํานาทับถม ของวัสดุเนื้อหยาบ พบในบริเวณที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ ส่วนใหญ่มีน้ำแช่ขังในช่วงฤดูฝน เป็นดินลึกมากที่มีการระบายน้ำค่อนข้างเลว มีเนื้อดินเป็นพวกดินร่วนละเอียด เนื้อดินเป็นพวกดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย หรือดินร่วนเหนียว ในบางพื้นที่ อาจมีเนื้อดินเป็นพวกดินปนทรายแป้ง

ละเอียด ดินมีสีน้ำตาลอ่อนถึงสีเทา พบจุดประพอกสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีแดงปะปน บางแห่งอาจพบศิลาแลงอ่อน หรือก้อนสารเคมีสะสมพวกเหล็กและแมงกานีสในดินชั้นล่าง ดินมีความสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำปฏิกิริยาดินเป็นดินกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื้อดินบนค่อนข้างเป็นทราย และมักจะขาดแคลนน้ำถ้าใช้ปลูกข้าว ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่ใช้ทำนา บางแห่งใช้ปลูกพืชไร่ หรือไม้ยืนต้น แต่มีปัญหาเรื่องแช่ขังของน้ำในฤดูฝน ตัวอย่างชุดดิน ที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ชุดดินหล่มเก่า ชุดดินร้อยเอ็ด ชุดดินเรณู ชุดดินสายบุรี ชุดดินโคกเคียน หรือดินคล้ายอื่นๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 18

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า หรือจากการสลายตัว ผุพังอยู่กับที่หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วถูกเคลื่อนย้ายนํานาทับถม ของวัสดุเนื้อหยาบ พบในบริเวณที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ ส่วนใหญ่มีน้ำแช่ขังในช่วงฤดูฝน เป็นดินลึกที่มีการระบายน้ำส่วนใหญ่ค่อนข้างเร็ว เนื้อดินบนเป็นพวกดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน ดินล่างเป็นดินเหนียวปนทราย หรือดินร่วนเหนียว ดินมีสีน้ำตาลอ่อนถึงสีเทา พบจุดประพอกสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีแดงปะปน บางแห่งอาจพบศิลาแลงอ่อนหรือก้อนสารเคมีสะสมพวกเหล็กและแมงกานีสในดินชั้นล่าง ดินมีความสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ดินชั้นบนมักมีปฏิกิริยาเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.0-6.0 ส่วนดินชั้นล่างจะเป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0-7.5

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและมีเนื้อดินบนค่อนข้างเป็นทราย พืชมีโอกาสเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำถ้าใช้ปลูกข้าว ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่ใช้ทำนา บางแห่งใช้ปลูกอ้อย หรือปลูกพืชล้มลุกในฤดูแล้ง ตัวอย่างดินชุด ที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ชุดดินชลบุรี ชุดดินเขาย้อย ชุดดินโคกสำโรง หรือดินคล้ายอื่นๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 21

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า พบบริเวณที่ราบตะกอนน้ำพา ที่เป็นส่วนต่ำของสันดินริมน้ำ มีสภาพพื้นที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ มีน้ำแช่ขังในช่วงฤดูฝน เป็นดินลึกมีการระบายน้ำดีปานกลางถึงค่อนข้างเร็ว เนื้อดินเป็นพวกดินร่วนหรือดิน

ร่วนเหนียวปนทราย มีสีน้ำตาลปนเทา น้ำตาลอ่อน และพบจุดประสีต่างๆ เช่น เทา น้ำตาลปนเหลือง ตลอดชั้นดิน และในเนื้อดินมักมีแร่ไมกาปะปนอยู่ด้วย ดินมีความสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงปานกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.5-7.0

ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่ในฤดูฝนใช้ปลูกข้าว บริเวณที่มีแหล่งน้ำสามารถปลูกพืชผัก ถั่วต่างๆ และยาสูบได้ในฤดูแล้ง ปัญหาในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ไม่ค่อยน่าแต่อาจมีปัญหาเรื่องน้ำท่วมอย่างเฉียบพลันในฤดูน้ำหลาก หรือใช้ทำนา ดินอาจขาดแคลนน้ำ หากฝนทิ้งช่วง ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ชุดดินสรรพยา ชุดดินเพชรบุรี หรือดินคล้ายอื่นๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 25

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนน้ำพา หรือจากการสลายตัว ผุพังอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วถูกเคลื่อนย้ายนํานาทับถมของวัสดุเนื้อหยาบ วางทับอยู่บนชั้นหินผุ พบในบริเวณที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ มีน้ำแช่ขังในช่วงฤดูฝน เป็นดินต้นที่มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว มีเนื้อดินเป็นพวกดินร่วนปนทราย หรือดินร่วน ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินเหนียว หรือดินร่วนปนดินเหนียวที่มีกรวดหรือลูกรังปะปนเป็นปริมาณมากภายในความลึก 50 ซม. ดินมีสีน้ำตาลอ่อนถึงสีเทาและพบจุดประพวงสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีแดงปะปน ได้ชั้นลูกรังอาจพบชั้นดินเหนียวที่มีสีแลงอ่อนปะปน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำมาก มีปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ เป็นดินต้น มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีโอกาสที่จะขาดน้ำได้ง่ายในช่วงฤดูเพาะปลูก บางแห่งมีเนื้อดินบนค่อนข้างเป็นทราย ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ทำนา บางแห่งเป็นป่าละเมาะหรือป่าเต็งรัง ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ชุดดินอัน ชุดดินเพ็ญ ชุดดินกันตัง ชุดดินพยอมงาม หรือดินคล้ายอื่นๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 29

เป็นกลุ่มดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วถูกเคลื่อนย้ายนํานาทับถมจาววัสดุหลายชนิดที่มีเนื้อละเอียด ทั้งที่มาจากหินตะกอน หรือหินภูเขา หรือจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลําน้ำ พบบริเวณพื้นที่ดอน ที่ลูกคลื่นจนถึงเนินเขา เป็นดินลึกมาก มีการระบายดี เนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว สีดินเป็นสีน้ำตาล สีเหลืองหรือสีแดง ดินมีความ

อุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในช่วงฤดูเพาะปลูกพืช อาจขาดน้ำได้หากฝนทิ้งช่วงไปเป็นเวลานาน ส่วนในบริเวณที่มีความลาดชันสูงจะมีปัญหาเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ปลูกพืชไร่และไม่ผลต่างๆ บางบริเวณยังคงสภาพเป็นป่าธรรมชาติ

กลุ่มชุดดินที่ 31

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังกับที่ หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วถูกเคลื่อนย้ายนำหน้าทับถมของวัสดุเนื้อละเอียด หรือจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า พบบริเวณพื้นที่ดอน ที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงเป็นเนินเขา เป็นดินลึกที่มีการระบายน้ำดีถึงปานกลาง เนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว สีดินเป็นสีน้ำตาล สีเหลืองหรือสีแดง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.5-7.0

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ บริเวณที่มีความลาดชันจะมีปัญหาเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของหน้าดิน และดินมีโอกาสดินเค็มในช่วงฤดูเพาะปลูก ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ปลูกพืชไร่ ไม่ผลต่างๆ มีส่วนน้อยที่ยังคงสภาพเป็นป่าธรรมชาติ ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ชุดดินเลย ชุดดินวังไฮ หรือดินคล้ายอื่นๆที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 33

เป็นกลุ่มชุดดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นพวกตะกอนลำนํ้า พบสันดินริมน้ำเก่า เนินตะกอนรูปพัด หรือที่ราบตะกอนน้ำพา พบบริเวณพื้นที่ดอนที่มีสภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาด เป็นดินลึกมาก การระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง เนื้อดินเป็นพวกดินทรายแป้งหรือดินร่วนละเอียด สีดินเป็น สีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลปนแดง บางแห่งในดินล่างลึก ๆ มีจุดประสีเทาและสีน้ำตาล อาจมีแร่ไมกาหรือก้อนปูนปะปนอยู่ด้วย มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ดินชั้นบนมักมีปฏิกริยาเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.5-6.5 ส่วนชั้นดินล่าง ถ้าก้อนปูนปะปน มีปฏิกริยาเป็นกลางถึงเป็นด่างจัด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 7.0-8.5

ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ปลูกพืชไร่ต่าง ๆ เช่น ข้าวโพด อ้อย ฝ้าย ยาสูบ ถั่วต่าง ๆ และสับปะรด บางแห่งใช้ปลูกไม้ผลหรือเป็นที่อยู่อาศัย ดินกลุ่มนี้ไม่ค่อยน่ามีปัญหาในการใช้ประโยชน์ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ชุดดินดงยางเอน ชุดดินกำแพงแสน ชุดดินกำแพงเพชร หรือดินคล้ายอื่น ๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 35

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า หรือการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ หรือการสลายตัวผุพังแล้วถูกเคลื่อนย้ายนํานาทับถม ของวัสดุเนื้อหยาบที่ส่วนใหญ่มาจาก หินตะกอน พบบริเวณพื้นที่ดอน ที่มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นจนถึงเนินเขา หรือเป็นพื้นที่ภูเขา เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง เนื้อดินเป็นพวกดินร่วนละเอียดที่มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ส่วนดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินมีสีน้ำตาล สีเหลืองหรือแดง และอาจพบจุดประสีต่าง ๆ ในชั้นดินล่าง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดจัดมาก มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ เนื้อดินค่อนข้างเป็นทรายและดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในบริเวณที่มีความลาดชันสูงจะมีปัญหาเกี่ยวกับชะล้างพังทลายของหน้าดิน ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ปลูกพืชไร่ต่าง ๆ เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อยปอ งา และถั่ว บางแห่งใช้ปลูกไม้ผลและไม่ยืนต้น ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ชุดดินมาบบอน ชุดดินโคราช ชุดดินสะตึก ชุดดินวาริน ชุดดินด่านซ้าย หรือดินคล้ายอื่น ๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 38

เป็นกลุ่มชุดดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นพวกตะกอนลำนํ้าที่มีลักษณะการทับถมเป็นชั้น ๆ ของตะกอนลำนํ้าในแต่ละช่วงเวลา พบบนสันดินริมน้ำ หรือที่ราบตะกอนน้ำพา เป็นพื้นที่ดอนที่มีสภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง เนื้อดินเป็นพวกดินร่วนหรือดินร่วนหยาบ สีดินเป็นสีน้ำตาลอ่อน อาจพบจุดประสีเทาและสีน้ำตาลในชั้นดินล่าง ในบางบริเวณมีแร่ไมกา หรือก้อนปูนปะปนอยู่ด้วย ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.5-7.0

ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้เป็นที่อยู่อาศัย ปลูกผัก และสวนไม้ผลและยาสูบ ดินกลุ่มนี้ไม่มีปัญหาในการใช้ประโยชน์ ยกเว้นในช่วงฤดูฝนน้ำในลำนํ้าอาจเอ่อล้นฝั่ง ทำความเสียหาย

ให้แก่พืชผลได้ ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ชุดดินเชียงใหม่ ชุดดินท่าม่วง ชุดดินชุมพลบุรี ชุดดินไทรงาม หรือดินคล้ายอื่น ๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 46

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำน้ำ หรือจากการสลายตัว ผุพังอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วถูกเคลื่อนย้ายน่านาทับถม ของวัสดุเนื้อละเอียดที่มาจาก พวกหินตะกอน หรือหินภูเขาไฟ พบบริเวณพื้นที่ดอน ที่มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นจนถึงเนินเขา เป็น ดินต้นมาก มีการระบายน้ำดี เนื้อดินเป็นพวกดินเหนียวปนกรวดหกรวดปนลูกรัง หรือเศษหินที่มีเหล็ก เคลือบ พบภายในความลึก 50 ซม. สีดินเป็นสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีแดง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ จากธรรมชาติต่ำ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.0-6.5

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ เป็นดินต้น มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ บริเวณที่มีความลาดชันสูงจะมีปัญหาเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของหน้าดินได้ง่าย ปัจจุบันบริเวณ ดังกล่าวใช้ปลูกพืชไร่บางชนิด เช่น มันสำปะหลัง อ้อย และปอ บางแห่งเป็นทุ่งหญ้าธรรมชาติ และป่า ละเมาะ หรือมีการปลูกป่าทดแทน ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ชุดดินเชียงคาน ชุดดินกบินทร์ บุรี ชุดดินสุรินทร์ หรือดินคล้ายอื่น ๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 47

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผุพังแล้ว ถูกเคลื่อนย้ายน่านาในระยะทางไม่ไกลนัก ของวัสดุเนื้อละเอียดที่มาจากทั้งหินตะกอน หรือหินอัคนี พบบริเวณพื้นที่ดอน ที่มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลานลาดจนถึงเนินเขา เป็นดินต้น มีการระบายน้ำดี เนื้อดินเป็นพวกดินเหนียวหรือดินร่วนที่มีเศษหินปะปนมาก มักพบชั้นหินพื้นต้นกว่า 50 ซม. สีดินเป็น สีน้ำตาล สีเหลืองหรือสีแดง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำถึงปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็น กรดจัดถึงเป็นปานกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.5-7.0

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ เป็นดินต้น มีเศษหินปะปนอยู่ในเนื้อ ดินเป็นปริมาณมาก ในบริเวณที่มีความลาดชันสูงจะมีปัญหาเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของหน้า ดินอย่างรุนแรง ปัจจุบันบริเวณดังกล่าว เป็นป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรังหรือป่าละเมาะ บางแห่งใช้ทำ ไร่เลื่อนลอย หรือปลูกป่าทดแทน ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ชุดดินลี่ ชุดดินมวกเหล็ก ชุดดิน ท่าลี่ ชุดดินสบปราบ หรือดินคล้ายอื่น ๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 48

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า หรือจากการสลายตัว ผุพังอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วถูกเคลื่อนย้ายนานาในระยะเวลาทางไม่ไกลนัก ของวัสดุเนื้อ ค่อนข้างหยาบที่มาจากพวกหินตะกอน หรือหินแปร พบบริเวณพื้นที่ดอน ที่มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่น ลานลาดจนถึงเนินเขา เป็นดินต้น มีการระบายน้ำดี เนื้อดินบนส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ดิน ส่วนล่างเป็นดินปนเศษหินหรือปนกรวด ก้อนกรวดส่วนใหญ่เป็นหินกลมมน หรือเศษหินต่างๆ ถ้าเป็น ดินปนเศษหินมักพบชั้นหินพื้นต้นกว่า 50 ซม. สีดินเป็นสีน้ำตาล สีเหลืองหรือสีแดง ดินมีความอุดม สมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ประมาณ 5.0-6.0

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ เป็นดินต้นมาก บริเวณที่มีความลาดชันสูงเกิดการชะล้างพังทลายได้ง่าย นอกจากนี้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำอีกด้วย ปัจจุบันบริเวณ ดังกล่าว เป็นป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ป่าละเมาะ และทุ่งหญ้าธรรมชาติ บางแห่งใช้ปลูกพืชไร่หรือ ไม้โตเร็วอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ชุดดินท้ายาง ชุดดินแมริม หรือคล้ายอื่นๆ ที่มีลักษณะและ สมบัติจัดอยู่ในกลุ่มดินชุดนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 49

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า หรือจากการสลายตัว ผุ พังอยู่กับที่หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วถูกเคลื่อนย้ายนานาทับถมในระยะเวลาทางไม่ไกลนัก ของวัตถุต้น กำเนิดดินที่มาจากวัสดุเนื้อค่อนข้างหยาบ วางทับอยู่บนชั้นดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินพื้นหรือ จากวัตถุต้นกำเนิดดินที่ต่างชนิดต่างยุคกัน พบบริเวณพื้นที่ดอน มีสภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูก คลื่นลอนลาดเล็กน้อย เป็นดินต้นมากถึงชั้นลูกรัง มีการระบายน้ำดีปานกลาง เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปน ทราย ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินเหนียว ปนลูกรังหรือเศษหินทราย พบภายในความลึกก่อน 50 ซม. สีดินเป็น สีน้ำตาลหรือสีเหลือง และก่อนความลึก 100 ซม. จะเป็นชั้นดินเหนียวสีเทา มีจุดประสีน้ำตาล สีแดง และ มีศิลาแลงอ่อนปะปนอยู่จำนวนมาก อาจพบชั้นหินทรายหรือหินดินดานที่ผุพังสลายตัวแล้วในชั้นถัดไป ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ปฏิกริยาเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรด เป็นด่างประมาณ 5.0-6.5

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ บางแห่งมีก้อน ศิลาแลงโผล่กระจายอยู่ทั่วไปเป็นอุปสรรคต่อการเกษตรกรรม บริเวณที่มีความลาดชันสูงเกิดการชะ ล้างพังทลายของหน้าดินอย่างรุนแรง ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่ใช้ปลูกพืชไร่ ทุ่งหญ้าธรรมชาติที่

รกร้างว่างเปล่า ป่าเต็งรังหรือใช้ปลูกไม้โตเร็ว ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ชุดดินโพนพิสัย ชุดดินบรือ ชุดดินสกลนคร หรือดินคล้ายอื่น ๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 55

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากการสลายตัวผู้พังอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผู้พังแล้ว ถูกเคลื่อนย้ายนานาทั่วมในระยะเวลาทางไมไกลนัก ของวัสดุต้นกำเนิดดินที่มาจากวัสดุเนื้อละเอียดที่มี ปูนปน พบบริเวณพื้นที่ดอน มีสภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด เป็นดินลึกปานกลาง มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง เนื้อดินเป็นดินเหนียว ในดินชั้นล่างที่ระดับความลึกประมาณ 50-100 ซม. พบชั้นหินฝุ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนเนื้อละเอียด บางแห่งมีก้อนปูนปะปนอยู่ด้วย สีดินเป็นสีน้ำตาล สีเหลืองหรือสีแดง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างปานกลาง มีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0-8.0

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ ดินมีโครงสร้างแน่นที่บยากต่อการไหล ซอนของรากพืช มักไถพรวนได้ยาก หากไถพรวนในระยะเวลาที่ไม่เหมาะสม ปัจจุบันบริเวณดังกล่าว ใช้ปลูกพืชไร่บางชนิด เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง ถั่วฝักยาว บางแห่งเป็นป่าละเมาะ หลุ่มเพ็กและไม้ ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ชุดดินวังสะพุง ชุดดินจัตุรัส หรือดินคล้ายอื่น ๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 56

เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากการสลายตัวผู้พังอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผู้พังแล้ว ถูกเคลื่อนย้ายนานาทั่วมในระยะเวลาทางไมไกลนัก ของวัสดุเนื้อหยาบที่มาจากพวกหินตะกอนหรือหิน อัดนี้ พบบริเวณพื้นที่ดอน มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดจนถึงเนินเขา เป็นดินลึกปานกลาง มีการระบายน้ำดี เนื้อดินตอนบนช่วง 50 ซม. เป็นดินร่วน หรือเป็นดินร่วนปนทราย ส่วนดินล่างเป็นดิน ปนเศษหิน มักพบชั้นพบหินพื้นลึกกว่า 100 ซม. สีดินเป็นสีน้ำตาล สีเหลืองหรือสีแดง ดินมีความ อุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็น ด่างประมาณ 5.0-6.0

ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ และอาจเกิดการชะล้างพังทลายได้ง่าย ถ้าปลูกพืชในบริเวณที่มีความลาดชันมากๆ โดยไม่มีการ อนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่ใช้ในการปลูกพืชไร่ เช่น อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ชุดดินลาดหญ้า ชุดดินโพนงาม และชุด ดินภูสะนา หรือดินคล้ายอื่นๆ ที่มีลักษณะและสมบัติจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินนี้ เป็นต้น

กลุ่มชุดดินที่ 59

กลุ่มดินนี้พบบริเวณที่ราบลุ่มหรือบริเวณพื้นล่างของเนิน หรือหุบเขา ที่มีสภาพพื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ เป็นหน่วยผสมของดินหลายชนิดที่เกิดจากตะกอนลำน้ำพัดพามาทับถมกัน ดินที่พบส่วนใหญ่มีการระบายค่อนข้างเลวถึงเลว มีลักษณะและคุณสมบัติต่างๆ เช่น เนื้อดินสีดิน ความลึกของดิน ปฏิกริยาดิน ตลอดจนความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดินในบริเวณนั้นๆ ส่วนมากมีก้อนกรวดและเศษหินปะปนอยู่ในเนื้อดินด้วย

ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ประโยชน์ในการทำนา ส่วนในฤดูแล้ง ถ้ามีแหล่งน้ำ นิยมใช้ปลูกพืชผักหรือพืชไร่อายุสั้น เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง เนื่องจากหน่วยแผนที่นี้เป็นหน่วยผสมของดินหลายชนิด ดังนั้นในแผนที่ดินระดับจังหวัด จึงเรียกว่าพวกดินตะกอนลำน้ำที่มีการระบายน้ำเลว

กลุ่มชุดดินที่ 62

กลุ่มดินนี้ประกอบด้วยพื้นที่ภูเขาและเทือกเขาซึ่งมีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะและสมบัติของดินที่พบไม่แน่นอน มีทั้งดินลึกและดินตื้น ลักษณะของเนื้อดินและความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของหินต้นกำเนิดในบริเวณนั้น มักมีเศษหิน ก้อนหินหรือพื้นผิวลึกระจัดกระจายทั่วไป ส่วนใหญ่ยังปกคลุมด้วยป่าไม้ประเภทต่างๆ เช่น ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง หรือป่าดงดิบชื้น หลายแห่งมีการทำไร่เลื่อนลอยโดยปราศจากมาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน จนบางแห่งเหลือแต่หินโผล่

กลุ่มดินนี้ไม่ควรนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เนื่องจากมีปัญหาหลายประการที่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ ควรสงวนไว้เป็นป่าธรรมชาติเพื่อรักษาแหล่งน้ำลำธารกลุ่มดินนี้ในแผนที่ดินระดับจังหวัด เรียกว่า ที่ลาดเชิงชัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข

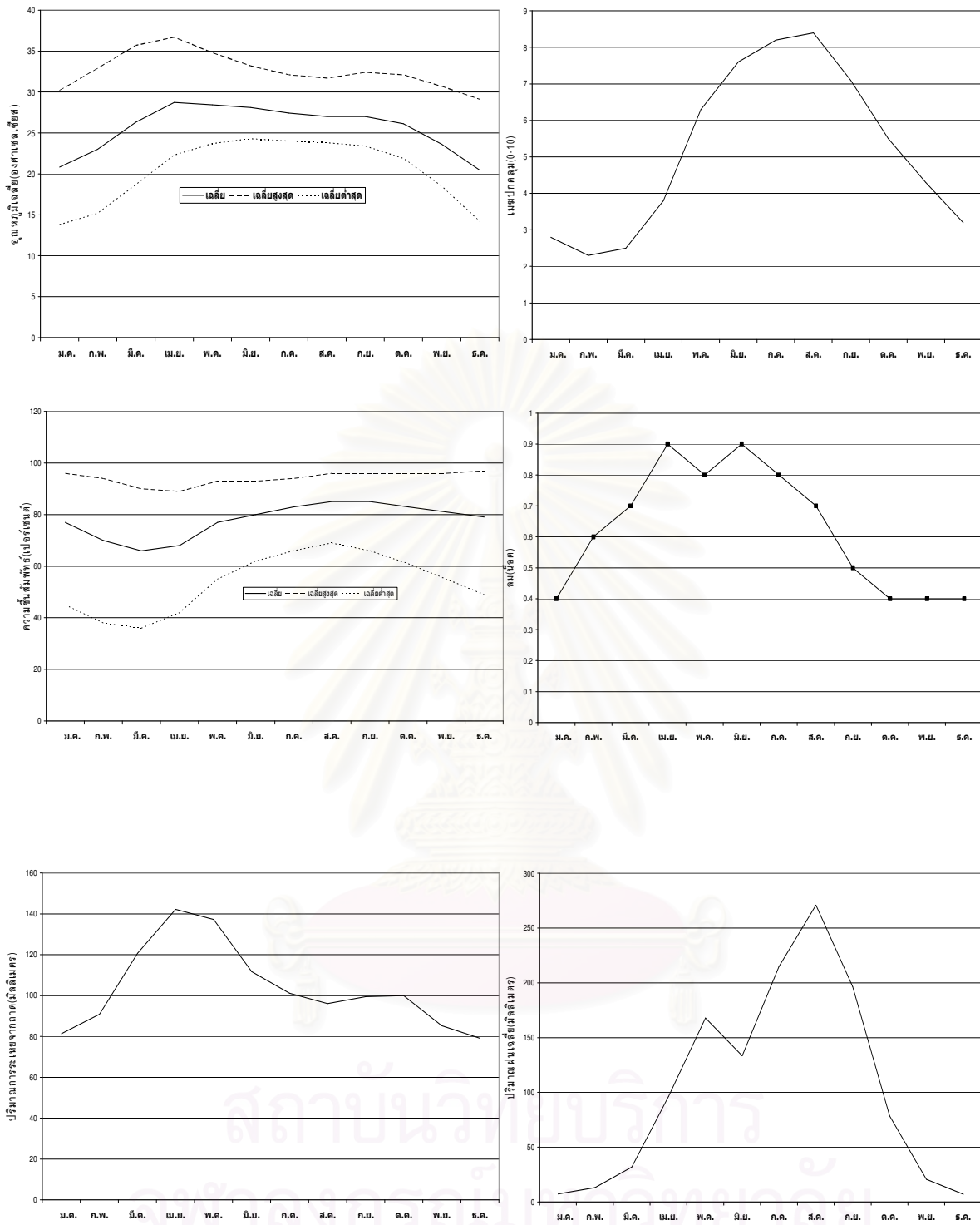
สภาพภูมิอากาศ / สภาพฝน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

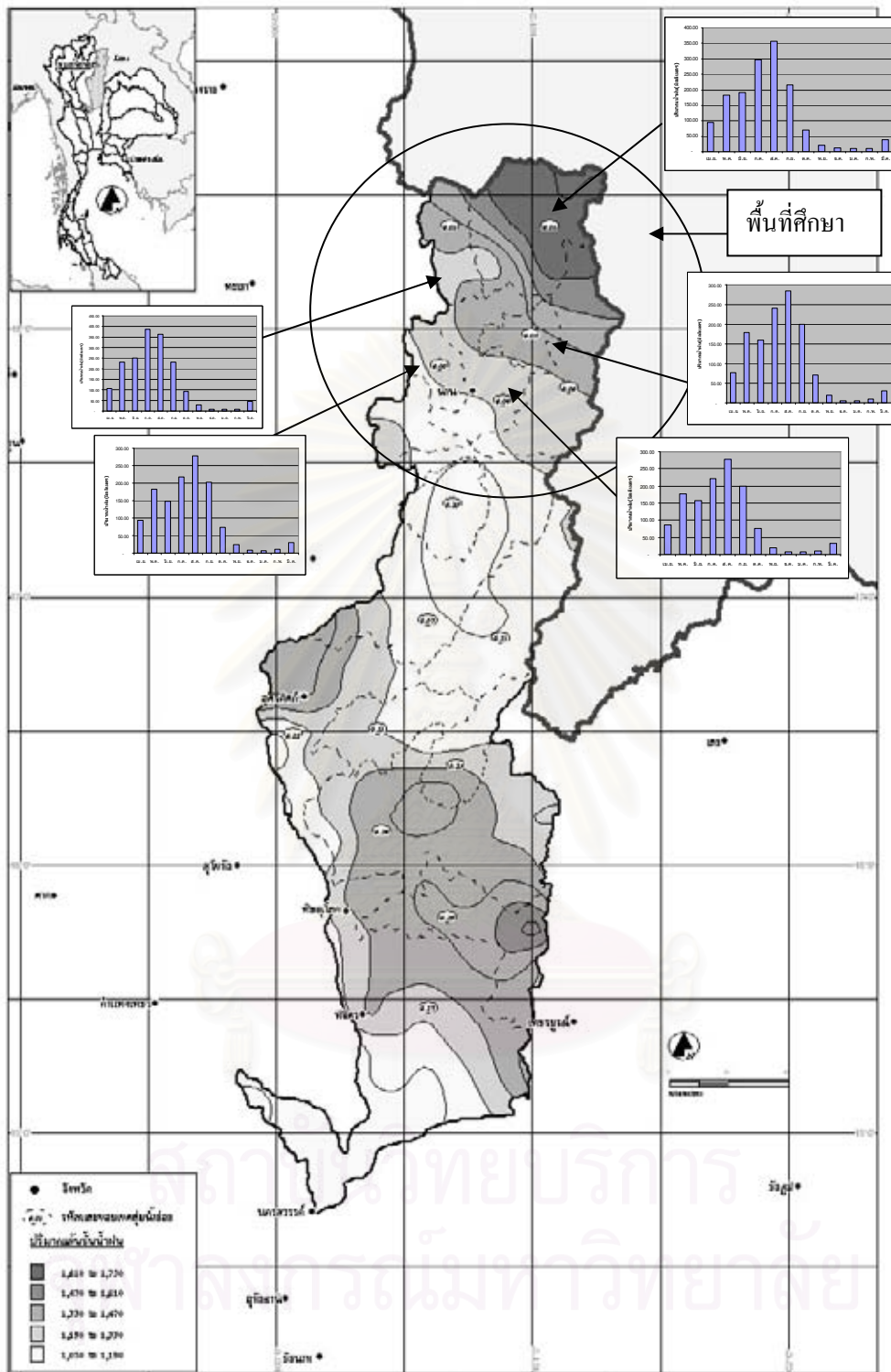
ตารางที่ 1 ข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514 -2543) ของสถานีตรวจอากาศจังหวัดน่าน

สถานีภูมิอากาศ น่าน	ความสูงของสถานีเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	200.00	เมตร
รหัสสถานี 48331	ความสูงของบาโรมิเตอร์เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง	201.00	เมตร
เส้นรุ้ง 18 46 N	ความสูงของเทอร์โมมิเตอร์เหนือระดับผิวดิน	1.20	เมตร
เส้นแวง 100 46 E	ความสูงของเครื่องวัดลมเหนือระดับผิวดิน	18.76	เมตร
	ความสูงของที่วัดน้ำฝน	0.80	เมตร

ข้อมูลภูมิอากาศ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
ความกดอากาศ (เฮกโตปาสกาล)													
เฉลี่ย	1014.21	1011.82	1009.4	1007.47	1006.37	1004.95	1005	1005.31	1007.88	1010.99	1013.85	1015.86	1009.43
เฉลี่ยสูงสุด	1027.18	1024.84	1026.18	1021	1015.31	1012.61	1012.91	1013.1	1016.19	1021.1	1025.52	1028.27	1028.27
เฉลี่ยต่ำสุด	1003.1	1000.42	998.48	995.75	997.42	995.8	996	995.18	996.6	1000.04	1003.66	1004.12	995.18
พิสัยรายวันเฉลี่ย	6.79	7.18	7.2	6.78	5.7	4.63	4.39	4.6	5.23	5.49	5.77	6.37	5.84
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ย	20.8	23	26.3	28.7	28.4	28.1	27.4	27	27	26.1	23.6	20.4	25.6
เฉลี่ยสูงสุด	30.2	32.9	35.7	36.7	34.8	33.2	32.1	31.7	32.4	32.1	30.7	29.1	32.6
เฉลี่ยต่ำสุด	13.8	15.2	18.7	22.3	23.7	24.3	24	23.8	23.4	21.9	18.5	14.2	20.3
สูงสุด	35.2	38.3	41.2	43	41.9	40.3	37.8	38.4	36.3	35.7	35.8	35.3	43
ต่ำสุด	3.5	8	9.1	17.4	18.5	20.1	19.6	19.4	18.8	12.1	6.2	2.7	2.7
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)													
เฉลี่ย	77	70	66	68	77	80	83	85	85	83	81	79	78
เฉลี่ยสูงสุด	96	94	90	89	93	93	94	96	96	96	96	97	94
เฉลี่ยต่ำสุด	45	38	36	42	55	62	66	69	66	61	55	49	54
ต่ำสุด	18	15	11	16	28	26	42	37	42	34	32	26	11
จุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ย	15.8	16.2	18.2	21.2	23.5	24	24	24.1	24	22.6	19.7	16.1	20.8
ปริมาณการระเหยจากถาด (มม.)													
เฉลี่ย-ถาด	81.3	90.8	120.6	142.2	137.2	111.7	101.1	96	99.4	99.9	85.2	79.1	1244.5
เมฆปกคลุม (0-10)													
เฉลี่ย	2.8	2.3	2.5	3.8	6.3	7.6	8.2	8.4	7.1	5.5	4.3	3.2	5.2
ชั่วโมงที่มีแสงแดด (ชม.)													
เฉลี่ย	NO OBSERVATION												
ทัศนวิสัย (กม.)													
เวลา 07.00 น.	2.4	2.9	2.6	4.1	6.9	8.3	7.8	7.4	6	4.4	2.9	2.1	4.8
เฉลี่ย	5.8	4.8	3.8	5.4	8.7	9.9	9.4	9.1	8.8	8.1	7.3	6.5	7.3
ลม (มอต)													
ความเร็วลมเฉลี่ย	0.4	0.6	0.7	0.9	0.8	0.9	0.8	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6
ทิศทาง	SE	S	S	S	S	S	S	S	S	N	N	S	-
ความเร็วลมสูงสุด	13	21	32	40	35	35	21	22	21	20	15	12	40
ฝน (มม.)													
เฉลี่ย	7.3	13.1	31.6	96.1	167.8	133.4	214.8	270.9	196.5	78.5	20.5	6.8	1237.3
จำนวนวันที่ฝนตก	1.3	1.7	3.4	8.6	16.1	15	18.9	22.5	16.9	10.1	3.6	1.2	119.3
ฝนสูงที่สุดใน 24 ชม.	41	42.3	65	77.2	97.7	77.3	155.2	135.6	189.7	80.1	89.2	72.6	189.7
จำนวนวันที่เกิด													
เมฆหมอก	23	26.1	29.7	25	8.4	2.3	1.1	0.6	2.2	6.6	10	16.9	151.9
หมอก	10.5	1.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.8	6.2	12.3	17	49.6
ลูกเห็บ	0	0	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
ฟ้าคะนอง	0.3	0.8	3.4	8.6	12.6	8.9	7.3	10.7	10.2	4.1	0.6	0.1	67.6
พายุฝน	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1



รูปที่ ข-1 การผันแปรค่าเฉลี่ยรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศสถานีตรวจอากาศจังหวัดน่าน



รูปที่ ข-2 เส้นชั้นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในกลุ่มน้ำน่านและการผันแปรของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของกลุ่มน้ำย่อยต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา

ที่มา โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลัก สำหรับแผน 9 , กรมชลประทาน, 2546.



ภาคผนวก ค

ค่า manning's "n" ที่แนะนำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 ค่า Manning's "n" ที่แนะนำสำหรับลำน้ำ

Characteristics of Channel	Median	Range
Excavated or dredged		
Earth, straight and uniform	0.025	0.016-0.333
Earth, winding and sluggish	0.035	0.023-0.050
Not maintained, weeds and brush	0.075	0.040-0.140
Natural streams		
Few tree, stones or brush	0.05	0.025-0.065
Heavy timber and brush	0.1	0.050-0.150

ตารางที่ ค-2 ค่า Mannina's "n" ที่แนะนำสำหรับกรไหลบนพื้นดิน

Characteristics of Channel	Median	Range
Fall, no residue	0.010	0.008-0.012
Conventional tillage, no residue	0.090	0.060-0.120
Conventional tillage, residue	0.190	0.160-0.220
Chisel plow, no residue	0.090	0.060-0.120
Chisel plow, residue	0.130	0.100-0.160
Fall disking, residue	0.400	0.300-0.500
No till, no residue	0.070	0.040-0.100
No till, 0.5-1 t/ha residue	0.120	0.070-0.170
No till, 2-9 t/ha residue	0.300	0.170-0.470
Rangeland, 20% cover	0.600	
Short grass prairie	0.150	0.100-0.200
Dense grass	0.240	0.170-0.300
Bermudagrass	0.410	0.300-0.480



ภาคผนวก ง

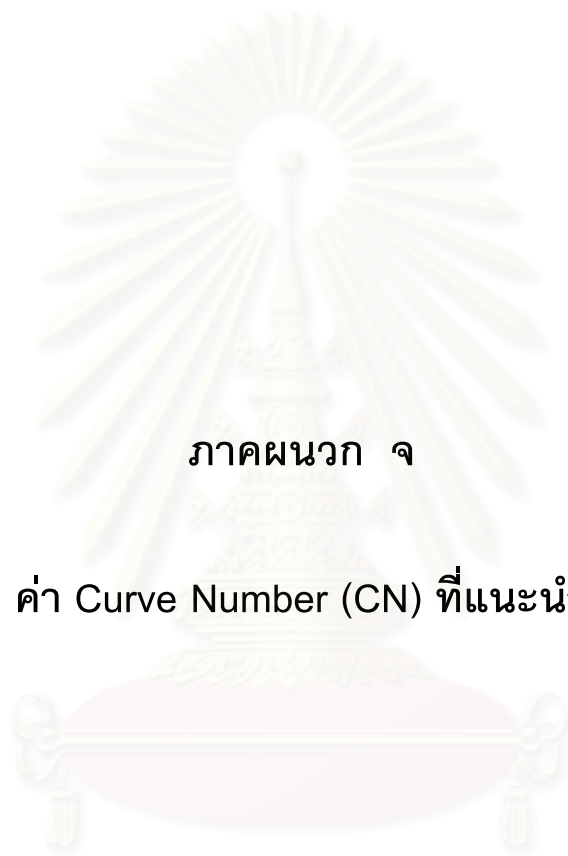
ค่า Hydraulic conductivity ที่แนะนำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างค่า Hydraulic conductivity สำหรับชนิดของวัสดุท้องน้ำที่แตกต่างกัน

Bed material group	Bed material characteristics	Hydraulic conductivity
1 Very high loss rate	Very clean gravel and large sand	>127 mm/hr
2 High loss rate	Clean sand and gravel, field conditions	51-127 mm/hr
3 Moderately high loss rate	Sand and gravel mixture with low silt-clay content	25-76 mm/hr
4 Moderate loss rate	Sand and gravel mixture with high silt-clay content	6-25 mm/hr
5 Insignifiacant to low loss rate	Consolidated bed material; high silt-clay content	0.025-2.5 mm/hr

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก จ

ค่า Curve Number (CN) ที่แนะนำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ-1 ค่า Curve Number (CN) ที่เหมาะสม

Runoff curve numbers for cultivated agricultural lands

Cover		Hydrologic Soil Group					
Land Use	Treatment or practice	Hydrologic condition	A	B	C	D	
Fallow	Bare soil	----	77	86	91	94	
		Poor	76	85	90	93	
		Good	74	83	88	90	
Row crops	Straight row	Poor	72	81	88	91	
		Good	67	78	85	89	
	Straight row w/ residue	Poor	71	80	87	90	
		Good	64	75	82	85	
	Contoured	Poor	70	79	84	88	
		Good	65	75	82	86	
	Contoured w/ residue	Poor	69	78	83	87	
		Good	64	74	81	85	
	Contoured & terraced	Poor	66	74	80	82	
		Good	62	71	78	81	
	Contoured & terraced w/ residue	Poor	65	73	79	81	
		Good	61	70	77	80	
	Small grains	Straight row	Poor	65	76	84	88
			Good	63	75	83	87
		Straight row w/ residue	Poor	64	75	83	86
Good			60	72	80	84	
Contoured		Poor	63	74	82	85	
		Good	61	73	81	84	
Contoured w/ residue		Poor	62	73	81	84	
		Good	60	72	80	83	
Contoured & terraced		Poor	61	72	79	82	
		Good	59	70	78	81	
Contoured & terraced w/ residue		Poor	60	71	78	81	
		Good	58	69	77	80	
Close-seeded or broadcast legumes or rotation		Straight row	Poor	66	77	85	89
			Good	58	72	81	85
		Contoured	Poor	64	75	83	85
	Good		55	69	78	83	
	Contoured & terraced	Poor	63	73	80	83	
		Good	51	67	76	80	

ตารางที่ จ-1 (ต่อ) ค่า Curve Number (CN) ที่เหมาะสม

Runoff curve numbers for urban areas

Cover	Average % impervious area	Hydrologic Soil Group			
		A	B	C	D
Cover Type	Hydrologic condition				
Fully developed urban areas					
Open spaces (lawns, parks, golf courses, cemeteries,	Poor	68	79	86	89
	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
<i>Impervious areas :</i>					
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way)	-----	98	98	98	98
Paved streets and roads ; curbs and storm sewers (excluding right-of-way)	-----	98	98	98	98
Paved streets and roads ; open ditches (including right-of-way)	-----	83	89	92	93
Gravel streets and roads (including right-of-way)	-----	76	85	89	91
Dirt streets and roads (including right-of way)	-----	72	82	87	89
<i>Urban districts :</i>					
Commercial and business	85%	89	92	94	95
Industrial	72%	81	88	91	93
Residential Districts by average lot size :					
1/8 acre (0.05 ha) or less (town gouses)	65%	77	85	90	92
1/4 acre (0.10 ha)	38%	61	75	83	87
1/3 acre (0.13 ha)	30%	57	72	81	86
1/2 acre (0.20 ha)	25%	54	70	80	85
1 acre (0.40 ha)	20%	51	68	79	84
2 acres (0.81 ha)	12%	46	65	77	82
<i>Developing urban areas :</i>					
Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation)		77	86	91	94

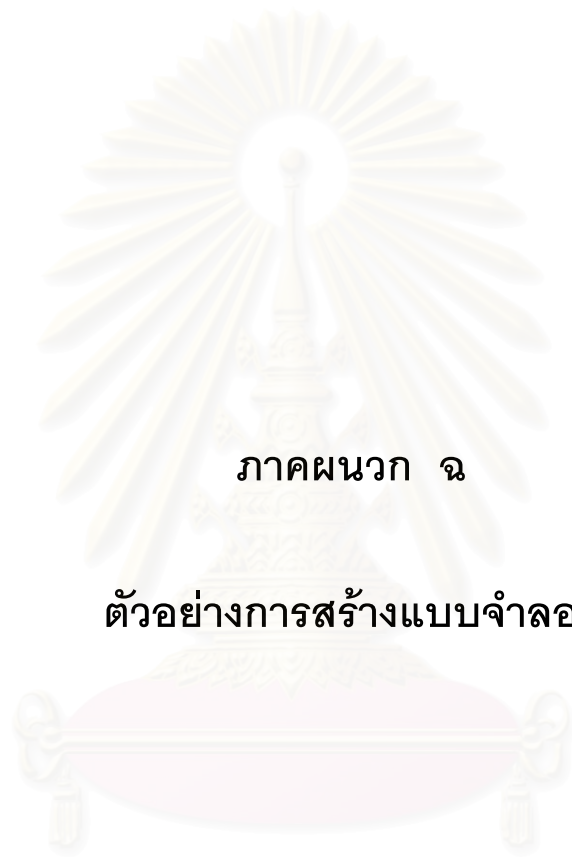
ตารางที่ ๑-1 (ต่อ) ค่า Curve Number (CN) ที่เหมาะสม

Runoff curve numbers for other agricultural lands

Cover	Hydrologic Soil Group				
	Hydrologic condition	A	B	C	D
Pasture, grassland, or range--continuous forage for grazing	Poor	68	79	86	89
	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
Meadow--continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay.	-----	30	58	71	78
Brush--brush-weed-grass mixture with brush the major	Poor	48	67	77	83
	Fair	35	56	70	77
	Good	30	48	65	73
Woods--grass combination (orchard or tree farm)	Poor	57	73	82	86
	Fair	43	65	76	82
	Good	32	58	72	79
Woods	Poor	45	66	77	83
	Fair	36	60	73	79
	Good	30	55	70	77
Farmsteads--buildings, lanes, driveways, and surrounding	-----	59	74	82	86

ตารางที่ ๑-1 (ต่อ) ค่า Curve Number (CN) ที่เหมาะสม

Land Cover Category	Hydrologic Soil Group			
	A	B	C	D
Row crop	61-72	70-81	77-88	80-91
Small grain/close grown crop	58-65	69-76	77-84	80-88
Perennial grasses	30-68	58-79	71-86	78-89
Annual grasses (close-seeded legumes)	51-66	67-77	76-85	80-89
Range	39-68	61-79	74-86	80-89
Semiarid/arid range	39-74	62-80	74-87	85-93
Brush	30-48	48-67	65-77	73-83
Woods	25-45	55-66	70-77	77-83
Orchard/tree farm	32-57	58-73	72-82	79-86
Urban	46-89	65-92	77-94	82-95



ภาคผนวก จ

ตัวอย่างการสร้างแบบจำลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การจัดเตรียมไฟล์ข้อมูล และการนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลอง

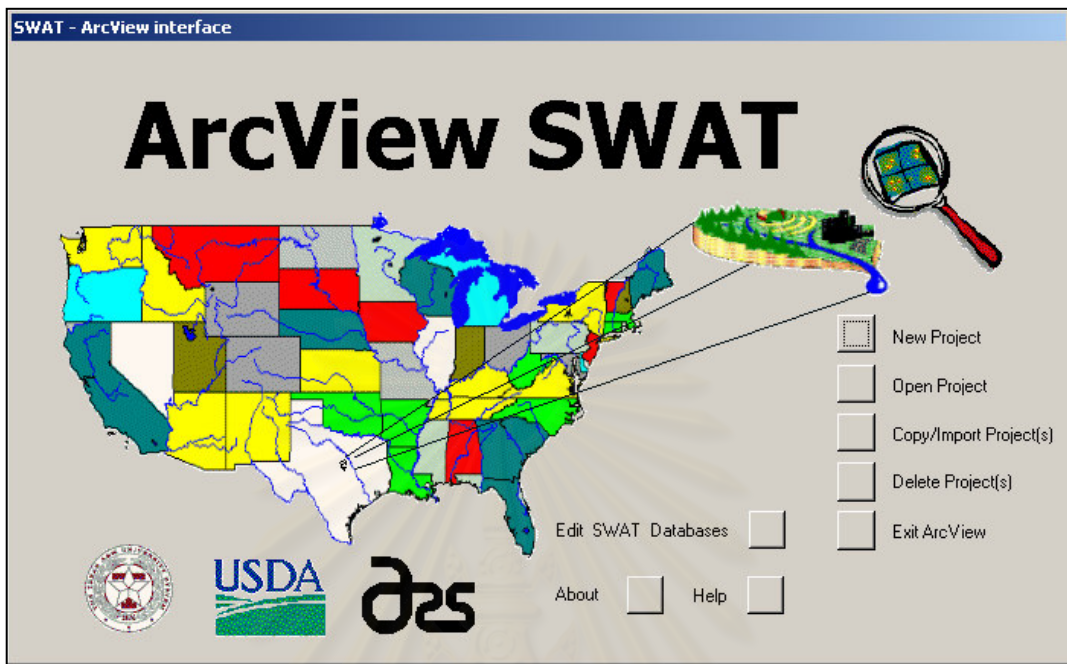
ระบบและขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลของแบบจำลอง SWAT (ดังแสดงหน้าต่างหลักของแบบจำลองเมื่อเปิดโปรแกรมในรูปแบบที่ ๑-1) มีการนำเข้า 2 รูปแบบ คือการนำเข้าข้อมูลภูมิศาสตร์เชิงพื้นที่ และการนำเข้าข้อมูลที่เป็นตาราง ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ต้องได้รวบรวมและวิเคราะห์ จัดทำเป็นไฟล์ไว้ก่อนแล้ว จึงค่อยนำเข้าแบบจำลอง โดยมีขั้นตอนหลักๆ ในการสร้างแบบจำลอง ดังนี้

- การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ
- การกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการกำหนดชนิดดิน
- การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs)
- การนำเข้าข้อมูลสภาพอากาศ
- การนำเข้าข้อมูลฝน

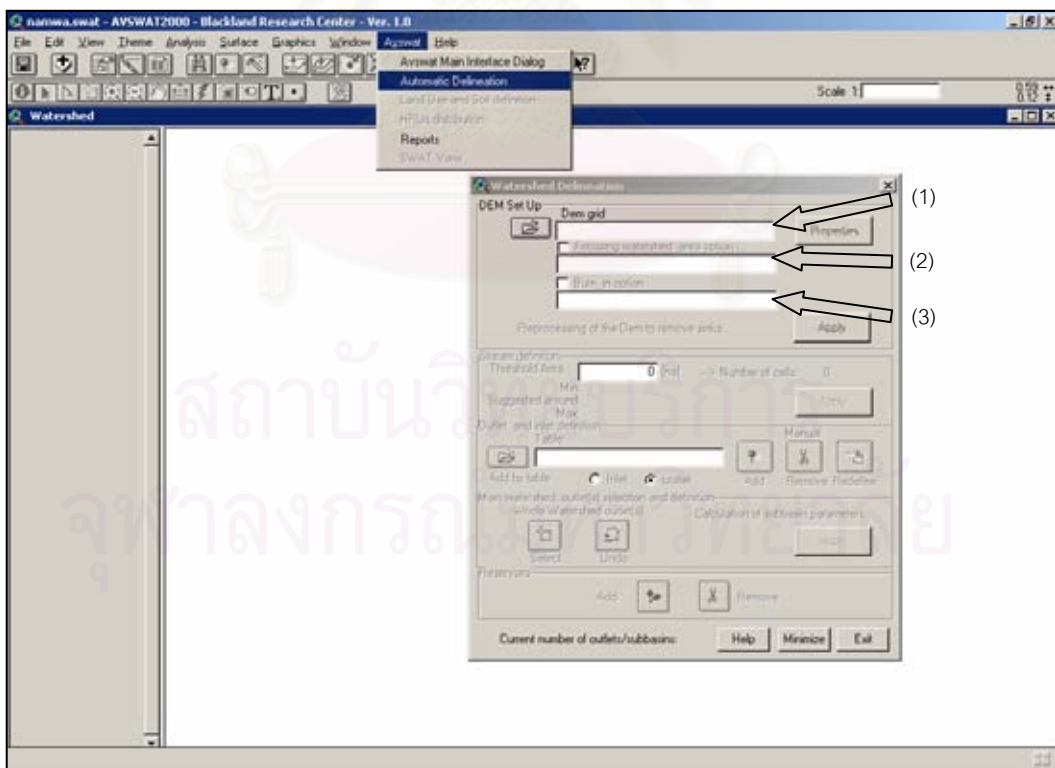
ในปัจจุบันแบบจำลอง SWAT ได้มีการพัฒนาเพื่อให้ใช้งานได้กับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ในที่นี้จึงได้นำแบบจำลอง Arcview SWAT ที่เป็น extension หนึ่งของ Arcview GIS มาใช้งาน หน้าต่างแรกของการเปิดใช้แบบจำลองจึงเป็นหน้าต่างของ ArcView เรียกว่า Watershed View สำหรับการเริ่มใช้แบบจำลอง จะกลับไปสู่หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม ArcView โดยการ New Project เพื่อสร้างโครงการใหม่ หรือ Open Project เพื่อเปิดโครงการที่มีอยู่เดิมแล้ว

การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ

เมื่อได้สร้างโครงการใหม่แล้ว โปรแกรม AVSWAT จะเปิด Watershed View และแสดงหน้าต่าง Watershed Delineation โดยอัตโนมัติ (ดังแสดงในรูปแบบที่ ๑-2) สำหรับกรณีที่เปิดโครงการเดิมขึ้นมาเพื่อแก้ไข ก็สามารถเรียกหน้าต่าง Watershed Delineation ได้โดยการเลือกคำสั่ง Automatic Delineation ในเมนูบาร์ของโปรแกรม ArcView โดยในส่วนนี้เป็นขั้นตอนแรกของการสร้างแบบจำลอง เป็นการจำลองสภาพทางกายภาพทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำจากแบบจำลอง ซึ่งต้องนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ 3 ชั้นข้อมูล คือ DEM grid , Focusing watershed area option, Burn in option รายละเอียดเป็น ดังนี้




รูปที่ จ-1 หน้าต่าง SWAT ArcView Main Interface



รูปที่ จ-2 หน้าต่าง Watershed Delineation

(1) DEM grid

เป็นการนำเข้าข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข DEM เพื่อให้แบบจำลองใช้ในการคำนวณสภาพทางกายภาพทั่วไปของพื้นที่ เช่น ความลาดชันของพื้นที่ ขอบเขตสันปันน้ำเพื่อกำหนดพื้นที่รับน้ำ เป็นต้น วิธีการนำเข้าทำได้โดยกดปุ่ม  Load the DEM grid ในช่อง DEM Set Up เพื่อกำหนดตำแหน่งของไฟล์ข้อมูลระดับสูงต่ำของภูมิประเทศพื้นที่ศึกษา (Digital Elevation Map) จากนั้นให้กำหนด Properties ของ DEM grid (ดังแสดงในรูปที่ จ-3) ประกอบด้วย หน่วยวัดระยะทางตามแกน X-Y-Z และระบบที่จะใช้สำหรับการ Projection (พื้นที่ในประเทศไทยใช้ UTM-1983 Zone 47) จะได้ข้อมูล DEM ที่มีพิพัดเดียวกับข้อมูลอื่นๆที่ต้องการนำเข้า (ดังแสดงในรูปที่ จ-4)

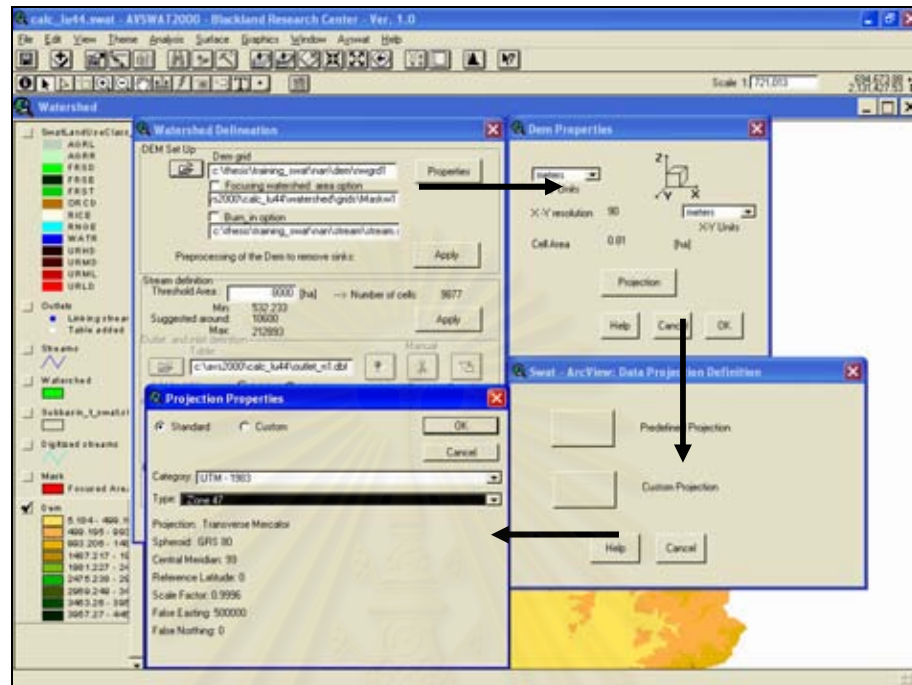
(2) Focusing watershed area option

การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่สนใจ เป็นการสั่งให้แบบจำลองคำนวณอยู่ในเฉพาะขอบเขตที่สนใจเท่านั้น ซึ่งก่อนที่จะนำเข้าแบบจำลองต้องสร้างไฟล์ โดยการลากขอบเขตพื้นที่ศึกษาให้เป็น Shape File แล้วแปลงจาก Shape File ให้เป็น ระบบกริด จากนั้นจึงนำเข้าสู่แบบจำลอง โดยคลิกที่ช่อง Focusing watershed area option แล้วใส่ชื่อไฟล์ขอบเขตพื้นที่ศึกษาระบบกริดที่ได้เตรียมไว้แล้ว (ดังแสดงในรูปที่ จ-5)

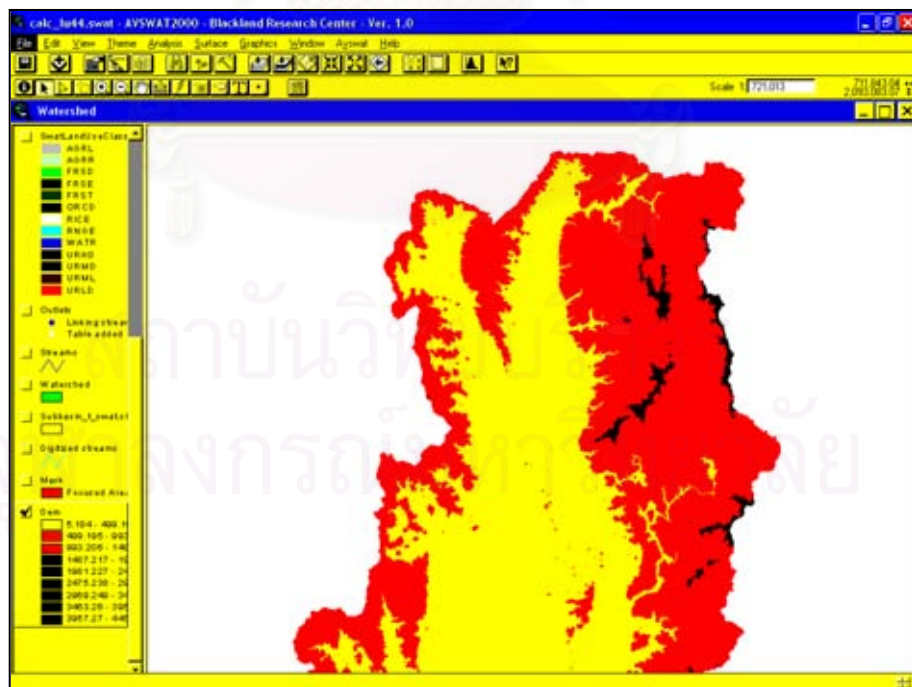
(3) Burn_in option

การกำหนดไฟล์ที่แสดงเส้นแนวแม่น้ำสายหลัก เป็นการกำหนดเส้นแนวแม่น้ำจากแบบจำลอง เพื่อให้การคำนวณใช้เวลาน้อยลงและมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น วิธีการนำเข้าทำได้โดยคลิกที่ช่อง Burn_in option แล้วใส่ชื่อไฟล์เส้นแนวแม่น้ำ ที่ได้เตรียมไว้แล้ว มีลักษณะของข้อมูลเป็น Shape File (ดังแสดงในรูปที่ จ-6)

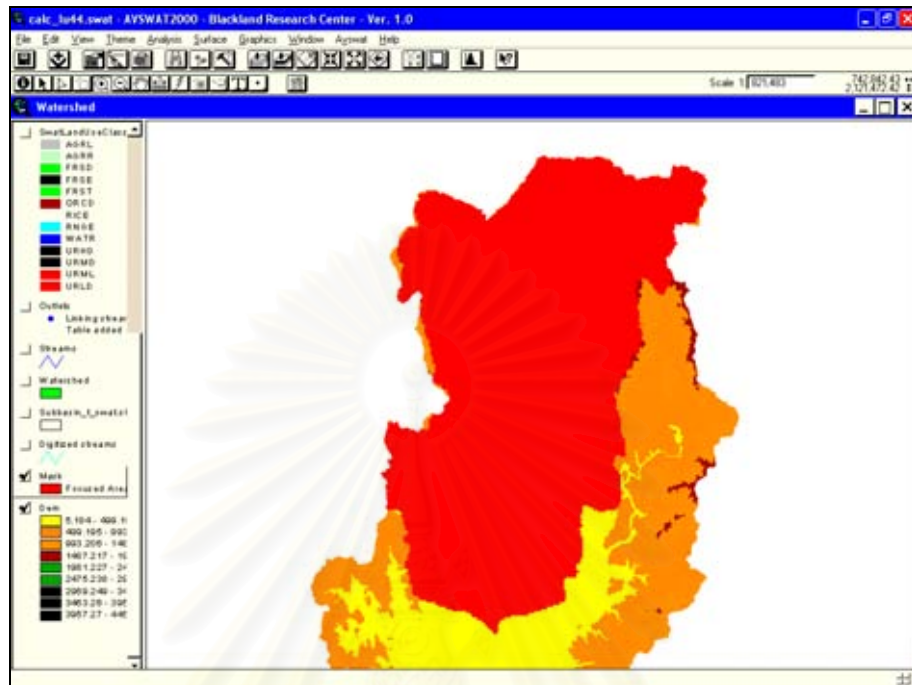
เมื่อกำหนดข้อมูลสำหรับ DEM Set Up ครบแล้ว กดปุ่ม Apply เพื่อให้โปรแกรมประมวลผลข้อมูล DEM ประกอบด้วย การคำนวณทิศทางกรไหลของน้ำสำหรับแต่ละกริด จากนั้นจะเป็นขั้นตอนกำหนดรายละเอียดของโครงข่ายลำน้ำ โดยตั้งค่า Threshold Area ในส่วนของ Stream definition จะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ จ-7



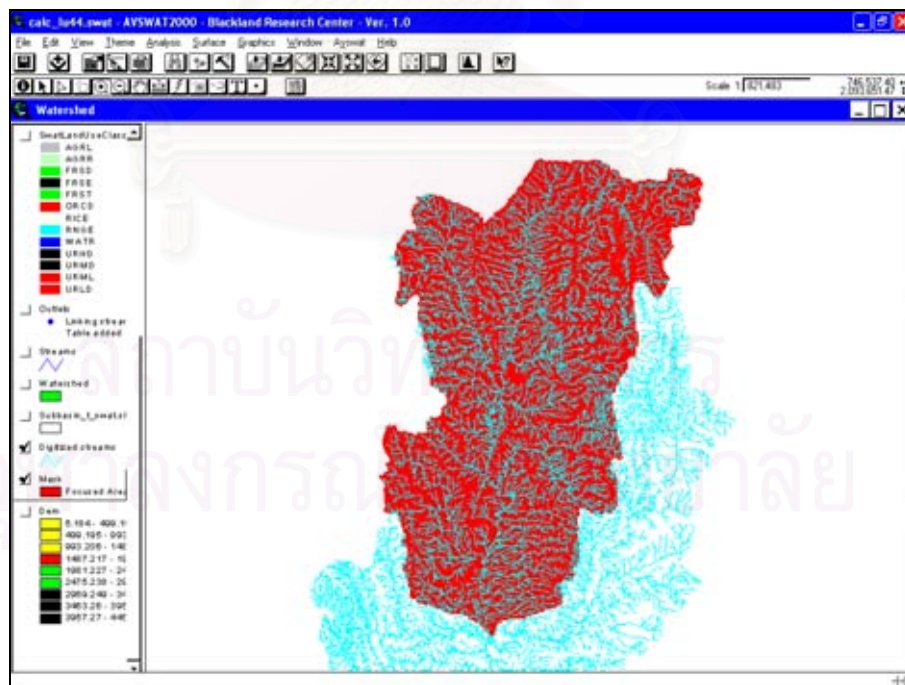
รูปที่ ฉ-3 การกำหนด Projection ของพื้นที่โครงการ



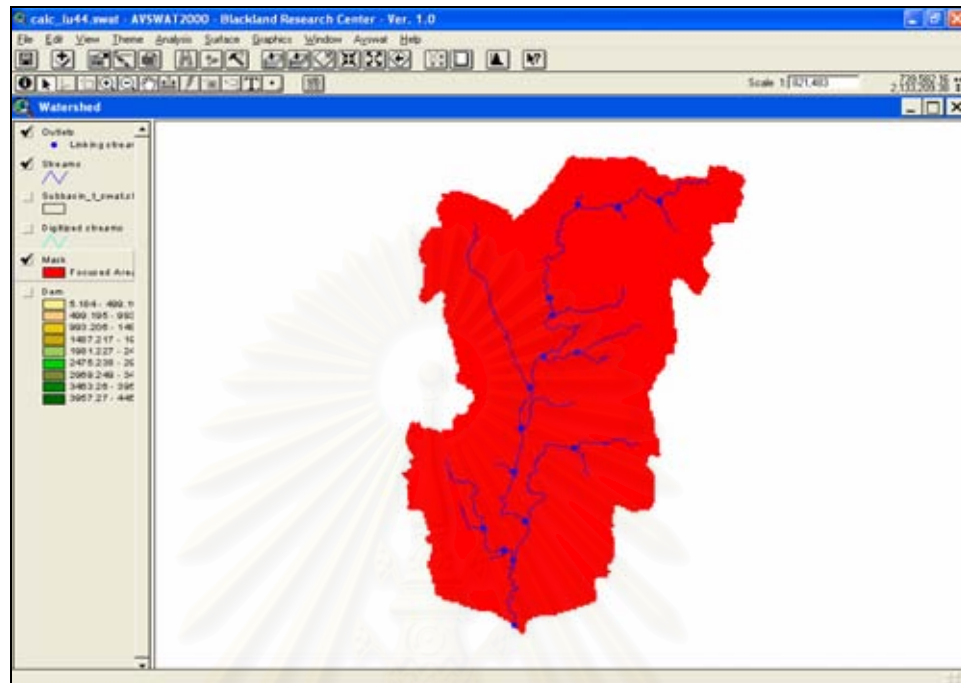
รูปที่ ฉ-4 การนำเข้าข้อมูล DEM



รูปที่ ฉ-5 การนำเข้าขอบเขตพื้นที่ศึกษา



รูปที่ ฉ-6 การนำเข้าเส้นแนวแม่น้ำ





รูปที่ จ-7 การสร้างเส้นแนวน้ำของพื้นที่ศึกษา

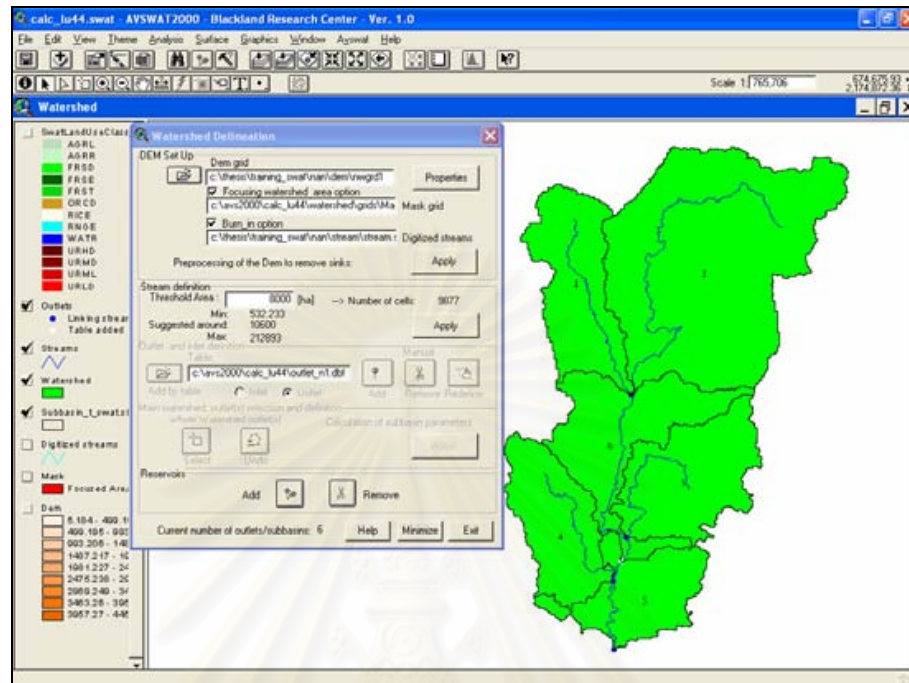
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลังจากการสร้างโครงข่ายลำน้ำเบื้องต้นเสร็จแล้ว ในขั้นตอนสุดท้ายของการกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ จะเป็นการกำหนดจุดออก (outlet) ของลำน้ำย่อยต่างๆ และการกำหนดจุดปลายสุดของลำน้ำของพื้นที่ศึกษา (ดังแสดงในรูปที่ ๓-8) วิธีการกำหนดจุดออกสามารถทำได้ 2 แบบ คือ 1) การเลือกเฉพาะจุดเชื่อมลำน้ำที่ทำให้เกิดลุ่มน้ำย่อยที่สนใจด้วยมือ โดยสามารถลบจุดออก (ในแบบจำลองจะเรียกจุดออกประเภทนี้ว่า Linking stream added Outlet) ซึ่งสร้างขึ้นโดยโปรแกรม ที่ไม่ต้องการใช้ในการคำนวณได้ ด้วยการคลิกปุ่ม Remove นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มเติมจุดออกที่ต้องการด้วยการกดปุ่ม Add เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุดออกด้วยมือผ่านทางหน้าจอของ Watershed View โดยตรง และ 2) กำหนดจุดออกบริเวณที่เป็นสถานีวัดน้ำทำหรือที่ตั้งโครงการชลประทานที่ต้องการวิเคราะห์ ในที่นี้คือ สถานีวัดน้ำท่า N.1 โดยคลิกที่ช่อง Add by Table ในส่วนของ Outlet and Inlet Definition แล้วเลือกไฟล์ข้อมูลจุดออกในรูปแบบตารางของแบบจำลอง SWAT เมื่อพิจารณาขอบเขตลุ่มน้ำหลัก และลุ่มน้ำย่อย ที่โปรแกรมสร้างขึ้น แล้วพบว่าถูกต้องตรงตามความต้องการดีแล้ว ให้กดปุ่ม Apply ในช่อง Main watershed เพื่อสั่งให้โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของพื้นที่ลุ่มน้ำและลำน้ำ ที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลอง SWAT ได้แก่ ขนาดพื้นที่รับน้ำ ความลาดชัน ความยาวลำน้ำ ตำแหน่งจุดศูนย์กลาง เป็นต้น และแบบจำลองจะไปใช้ในการคำนวณทางอุทกวิทยา ต่อไป

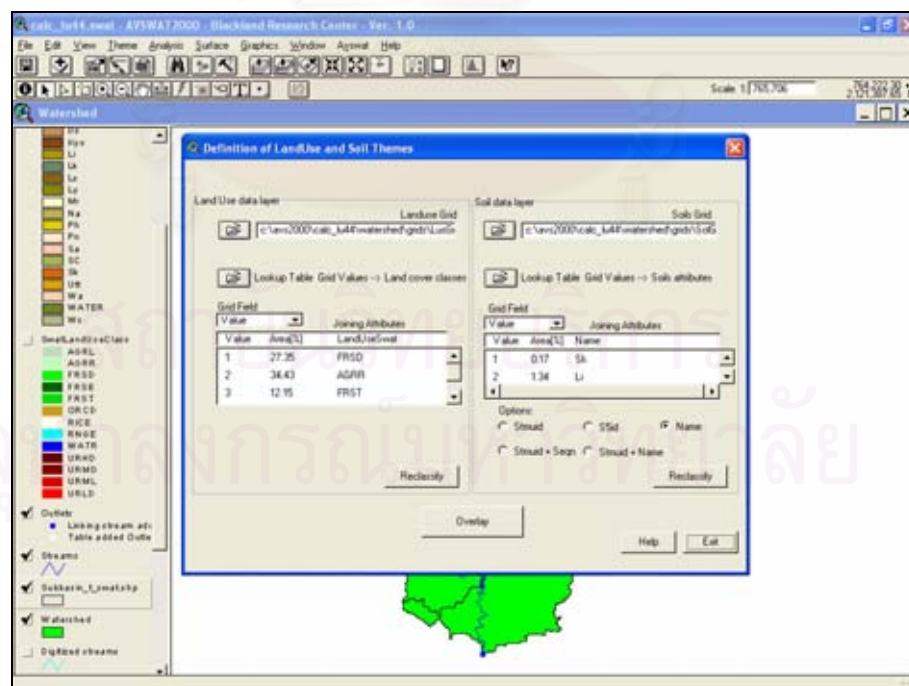
การกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการกำหนดชนิดดิน

ขั้นตอนนี้เป็นการนำเข้าข้อมูลของสภาพลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสภาพชนิดดิน ของพื้นที่ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา วิธีการนำเข้าข้อมูลทำได้โดย เรียกหน้าต่าง Definition of LandUse and Soil Themes โดยเลือกเมนู Land use and soil definition ในเมนู Avswat จากเมนูบาร์ของโปรแกรม ArcView (ดังแสดงในรูปที่ ๓-9)

นำเข้าแผนที่การใช้ที่ดิน โดยการกดปุ่ม  ในช่อง Land Use data Image จากนั้นเลือกชื่อไฟล์แผนที่การใช้ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ แล้วกำหนด Field ที่เป็นเป็นรหัสประเภทการใช้ที่ดินของที่แผนที่ที่นำเข้า ด้วยการคลิกเลือกที่ scroll bar  ขั้นตอนที่ต่อไปผู้ใช้จะต้องกำหนดรหัสการใช้ที่ดินแต่ละประเภทให้สอดคล้องกับฐานข้อมูลประเภทการใช้ที่ดินของโปรแกรม AVSWAT ซึ่งทำได้ 2 วิธีคือ



รูปที่ ๘-8 การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำจากแบบจำลอง



รูปที่ ๘-9 หน้าต่าง Definition of LandUse and Soil Themes

- *Manual Define* ให้ดับเบิลคลิกที่ช่องว่างใต้ Joining Attributes ในบรรทัดที่ตรงกับรหัสประเภทการใช้ที่ดินที่ต้องการกำหนดรหัสฐานข้อมูล AVSWAT โปรแกรมจะแสดงหน้าต่าง SWAT Land Use เพื่อให้ผู้ใช้กำหนดว่าประเภทการใช้ที่ดินนั้นอยู่ในกลุ่ม Land Cover/Plant หรือกลุ่ม Urban จากนั้นจึงแสดงหน้าต่างรายการรหัสประเภทการใช้ที่ดินของฐานข้อมูล AVSWAT ให้เลือก วิธีนี้ต้องกำหนดรหัสการใช้ที่ดินทีละประเภท ซึ่งทำให้เสียเวลามากถ้าหากพื้นที่ลุ่มน้ำประเภทการใช้ที่ดินหลายประเภท

- *Lookup Table* กดเลือกที่ปุ่ม Lookup Table Grid Values ซึ่งโปรแกรมจะแสดงหน้าต่างสอบถามว่าตารางที่นำเข้าจะใช้รหัสของ USGS LULC หรือไม่ กรณีพื้นที่ในประเทศไทยให้ตอบ “No” แล้วเลือกไฟล์ตารางข้อมูล (dbf) หรือไฟล์ข้อความ (txt) ที่จัดเตรียมไว้สำหรับเชื่อมโยงรหัสประเภทการใช้ที่ดินของแผนที่ที่นำเข้ากับรหัสในฐานข้อมูล AVSWAT (ดังตารางที่ จ-1) แล้วกด OK จะปรากฏรหัส โดยแบ่งตามประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จะได้ผลลัพธ์การกำหนดลักษณะการใช้ที่ดินดังแสดงในรูปที่ จ-10 และสำหรับการแบ่งประเภท ของการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับแบบจำลอง SWAT ในการศึกษา นี้ ได้นำข้อมูลการใช้ที่ดินจากฐานข้อมูลของหน่วยงานต่างๆในประเทศไทย มาแบ่งประเภทให้ตรงกับรหัสของแบบจำลองที่เป็น 4 ตัวอักษร ได้ดังนี้

- AGRL Agricultural Land-Generic เป็นพื้นที่เกษตรกรรม พืชไร่ ผสม ไม้ยืนต้น สัก ยูคาลิปตัส
- AGRR Agricultural Land-Row Crops เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ไร่หมุนเวียน ข้าวโพด
- FRSD Forest-deciduous เป็นพื้นที่ป่าไม้ ป่าผลัดใบ ป่าแดง ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ
- FRSE Forest-evergreen เป็นพื้นที่ป่าไม้ ป่าไม่ผลัดใบ ป่าดิบเขา
- FRST Forest-mixed เป็นพื้นที่ป่าไม้ สวนป่าผสม
- ORCD Orchard เป็นพื้นที่ ไม้ผล ส้ม มะม่วง กะท้อน ลำไย
- RICE RICE เป็นพื้นที่นาข้าว

- RNGE Range-grasses เป็นพื้นที่ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม
- WATR Water เป็นพื้นที่แหล่งน้ำ
- URHD Residential-High Density เป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัย ระดับความหนาแน่นสูง
- URMD Residential-Medium Density เป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัย ระดับความหนาแน่นปานกลาง
- URLD Residential-Low Density เป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัย ระดับความหนาแน่นต่ำ

ตารางที่ ๑-1 ตัวอย่าง Lookup Table ของฐานข้อมูลการใช้ที่ดินปีพ.ศ. 2544

VALUE	LANDUSE
1	ORCD
2	AGRR
3	FRSD
4	RICE
5	URMD
6	WATR
7	FRST
8	RNGE
9	AGRL
10	FRSE

เมื่อเชื่อมโยงรหัสประเภทการใช้ที่ดินแล้ว ให้กดปุ่ม Reclassify เพื่อให้โปรแกรมกำหนดรหัสประเภทการใช้ที่ดินของแผนที่การใช้ที่ดินใหม่ เมื่อโปรแกรม Reclassify เสร็จแล้ว หน้าต่าง Watershed View จะปรากฏชั้นข้อมูล (Themes) ใหม่ชื่อ "SwatLanduseClass" เป็นชั้นข้อมูลในรูปแบบกริด ซึ่งมีรหัสการใช้ที่ดินตรงกับฐานข้อมูล AVSWAT

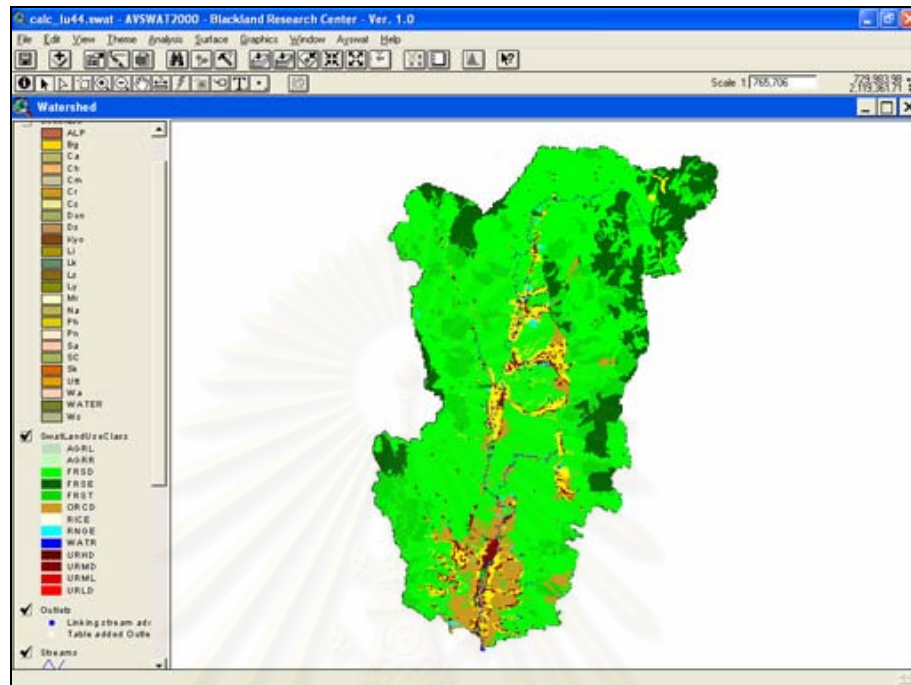
ในส่วนของการนำเข้าแผนที่ชนิดของดิน (ดังแสดงในรูปที่ จ-11) มีวิธีการและขั้นตอนเช่นเดียวกันกับส่วนของการนำเข้าแผนที่การใช้ที่ดินดังกล่าวข้างต้น แต่สำหรับการกำหนดรหัสชนิดดินให้สอดคล้องกับฐานข้อมูลชนิดดินของโปรแกรม AVSWAT นั้นต้องเลือก option ของรหัสฐานข้อมูลชนิดดินที่ผู้ใช้ต้องการ กรณีพื้นที่ในประเทศไทยไม่สามารถใช้รหัส Stmuid หรือ S5id ซึ่งเป็นรหัสเฉพาะของชนิดดินในประเทศสหรัฐอเมริกา จึงต้องเลือก option “name” โดยทางเลือกนี้จะสั่งให้โปรแกรมใช้ฐานข้อมูลชนิดดินที่ผู้ใช้สร้างขึ้นเอง เมื่อโปรแกรม Reclassify เสร็จแล้ว หน้าต่าง Watershed View จะปรากฏชั้นข้อมูล (Themes) ใหม่ชื่อ “SoilClass” ซึ่งมีรหัสชนิดดินตรงกับฐานข้อมูล AVSWAT

การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs)

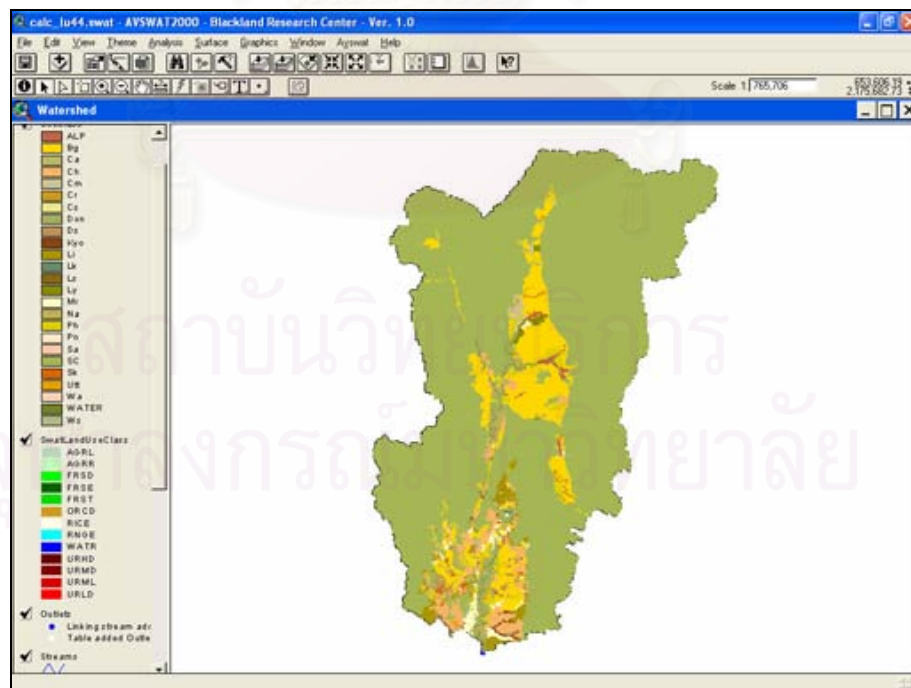
ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดเงื่อนไขการสร้างหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา (hydrologic response units หรือ HRUs) ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย สอดคล้องตามการแพร่กระจายของลักษณะการใช้ที่ดินและชนิดของดิน โดยเลือกคำสั่ง HRUs Distribution จากเมนู Avswat ที่เมนูบาร์ โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างให้ผู้ใช้กำหนดรูปแบบ HRU ที่ต้องการ ซึ่งมี 2 ทางเลือก คือ

- Dominate Land Use and Soil เป็นการกำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำมี HRU เพียงแบบเดียวตามสัดส่วนของการใช้ที่ดิน หรือชนิดดินที่สูงที่สุดเป็นตัวแทน ในการกำหนดพารามิเตอร์ของลุ่มน้ำ

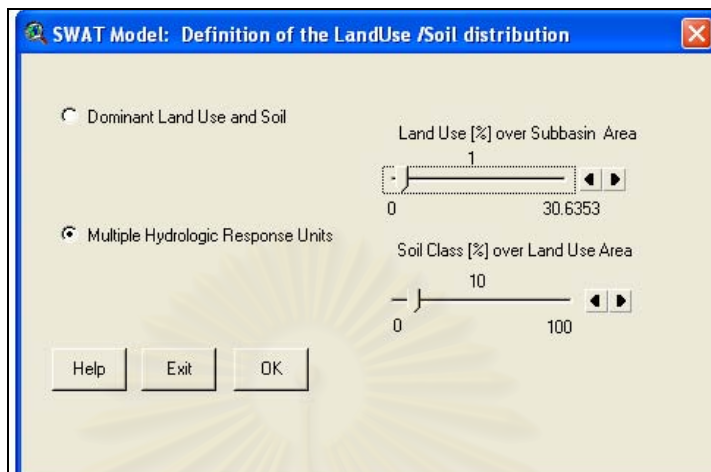
- Multiple Hydrologic Response Units เป็นการกำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยมี HRUs สอดคล้องตามเปอร์เซ็นต์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและชนิดดิน ในที่นี้กำหนดให้ Land use % over subbasin area = 1% และ Soil class % over subbasin area = 10% นั่นคือ โปรแกรมจะแบ่งทุก ๆ พื้นที่ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่มีค่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่และชนิดของดินที่มีค่าตั้งแต่ 1% และ 10% ขึ้นไป ตามลำดับให้เป็น 1 HRUs ภายในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ (ดังแสดงในรูปที่ จ-12)



รูปที่ ฉ-10 การกำหนดลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา



รูปที่ ฉ-11 การกำหนดชนิดของดินของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา



รูปที่ ๑-12 การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา

หลังจากโปรแกรมกำหนด HRUs ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยเสร็จแล้ว โปรแกรมก็จะสร้าง SWAT View ขึ้นเพื่อใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลนำเข้า การสังเคราะห์ และเรียกดูผลการคำนวณ

การนำเข้าข้อมูลสภาพอากาศ/ข้อมูลฝน

เมื่อได้ทำขั้นตอนการจำลองสภาพลุ่มน้ำลงไปแบบจำลองแล้ว ขั้นตอนต่อไปต้องนำเข้าข้อมูลสภาพทางอุทกวิทยา ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยข้อมูลนำเข้าสภาพทางอุทกวิทยา หลักๆ ประกอบด้วยข้อมูลฝน และข้อมูลสภาพภูมิอากาศ วิธีการนำเข้าทำได้โดยเลือกคำสั่ง Weather station จากเมนู Input ในเมนูบาร์ของหน้าต่าง SWAT View โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างให้ผู้ใช้กำหนดลักษณะข้อมูลภูมิอากาศต่างๆ ประกอบด้วย ฝน อุณหภูมิ ภูมิอากาศ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ (ดังแสดงในรูปที่ ๑-13)

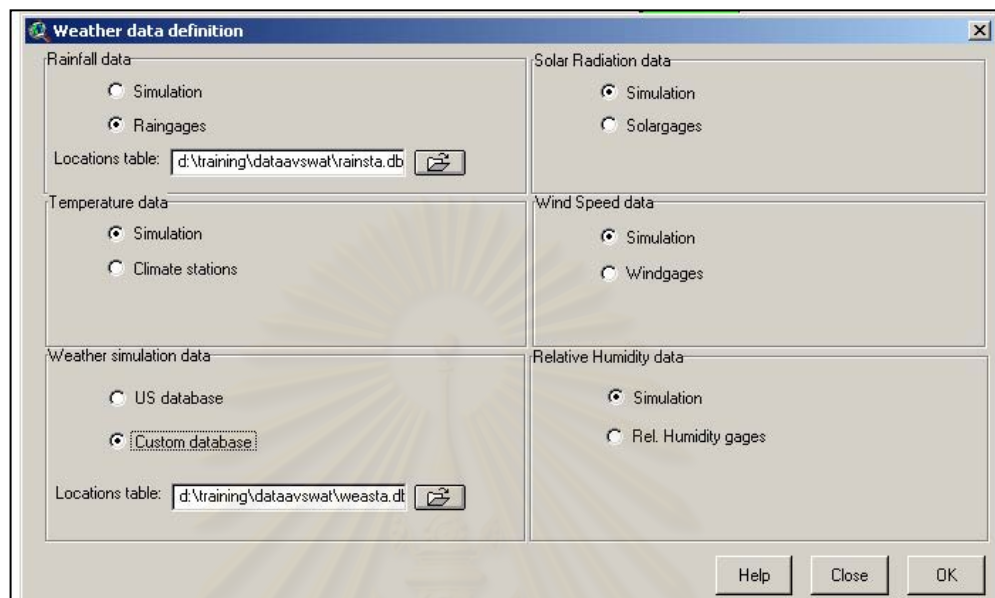
กรณีไม่มีข้อมูลตรวจวัดในพื้นที่ให้เลือกช่อง Simulation เพื่อให้โปรแกรมคำนวณข้อมูลเป็นรายวันโดยอัตโนมัติจากข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยในฐานะข้อมูล AVSWAT แต่ถ้าหากมีข้อมูลตรวจวัดในพื้นที่ให้เลือก Raingages, Climate stations, Solargages, Windgages และ Rel. Humidity gages สำหรับช่อง Rainfall data, Temperature data, Solar Radiation data, Wind Speed data และ Relative Humidity data ตามลำดับ จากนั้นให้เลือกไฟล์ที่แสดงรายชื่อและตำแหน่งของสถานีประเภทนั้นๆ

สำหรับช่อง Weather simulation data ให้เลือก Custom database แล้วเลือกไฟล์ฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และตำแหน่ง ของสถานีตรวจวัดภูมิอากาศบริเวณพื้นที่โครงการ โดยโปรแกรมจะใช้ข้อมูลของสถานีเหล่านี้ในการคำนวณข้อมูลภูมิอากาศรายวันที่ใช้ในการคำนวณแบบจำลอง SWAT ต่อไป ดังแสดงตำแหน่งของสถานีตรวจวัดอากาศ จากการนำเข้าสู่ฐานข้อมูลสู่แบบจำลอง ในรูปที่ ๓-14

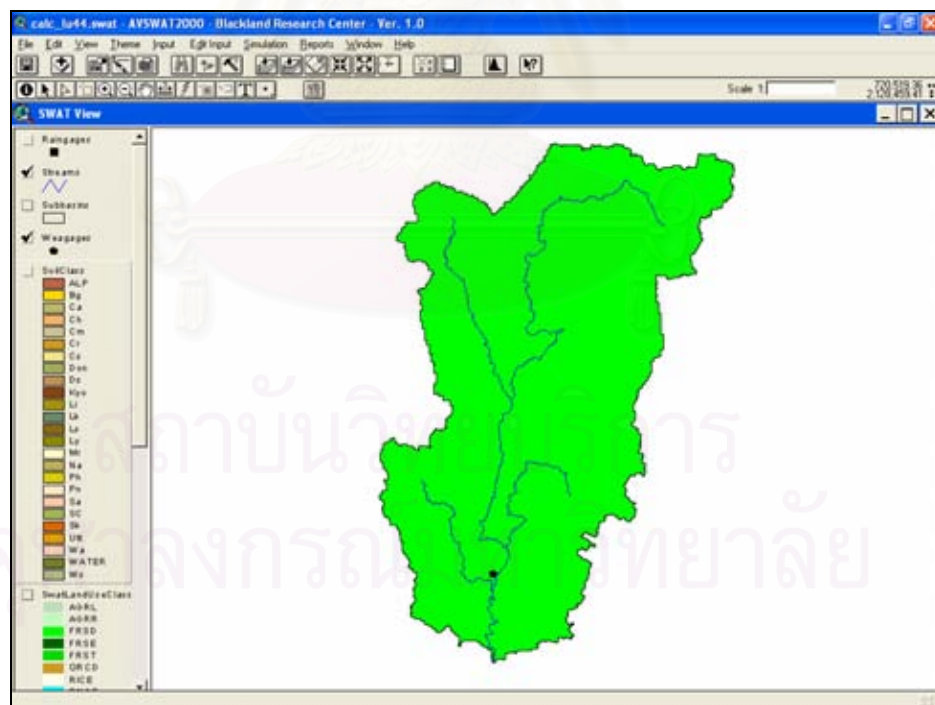
ในส่วนของคุณภาพน้ำฝนนั้น ก่อนที่จะนำข้อมูลของสภาพฝนไปใช้นั้น ต้องมีการตรวจสอบความคงตัวของข้อมูล ซึ่งหมายถึงการพิจารณาความมั่นคงของข้อมูลว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ เนื่องจากในระหว่างการเก็บข้อมูลอาจมีการเปลี่ยนแปลงที่ตั้งของเครื่องวัด หรือเปลี่ยนแปลงการวัดเก็บข้อมูล โดยในการศึกษานี้ใช้วิธี Double mass curve เป็นการเปรียบเทียบค่าสะสมของปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีที่จะตรวจสอบค่าความคงตัว กับค่าสะสมของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยของสถานีต่างๆ ที่ตั้งอยู่รอบๆ ดังแสดงผลการทำ Double mass curve ในรูปที่ ๓-15 และพบว่าข้อมูลมีความคงตัวไปในทิศทางเดียวกัน สามารถนำไปใช้ในการศึกษาได้

จากนั้นตรวจสอบความครบถ้วนของคุณภาพฝน พบว่ามีการขาดหายไปของคุณภาพบ้างเล็กน้อย จึงต้องมีการประมาณค่าของคุณภาพที่ขาดหายไป โดยในที่นี้เลือกใช้สัดส่วนปกติ (Arithmetic average) เป็นการใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนตลอดปีของแต่ละสถานีบริเวณใกล้เคียงอย่างน้อย 3 สถานีเป็นตัวเปรียบเทียบกับสถานีที่คุณภาพหายไป

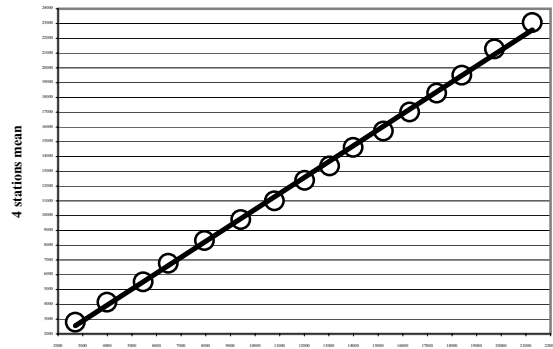
ในขั้นตอนนี้ต่อไป เป็นการจัดเตรียมไฟล์ข้อมูลของคุณภาพน้ำฝนให้อยู่ในรูปแบบของแบบจำลอง SWAT ซึ่งต้องหาตัวแทนของฝนในพื้นที่แต่ละลุ่มน้ำย่อยจากที่มีการแบ่งด้วยแบบจำลองมาแล้วทั้งสิ้น 6 ลุ่มน้ำย่อย โดยในการศึกษานี้ได้ใช้วิธีของ Thiessen Polygon แบ่งย่อยพื้นที่รับน้ำฝนให้กับสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานี จากนั้นจึงคิดเป็นสัดส่วนของพื้นที่ที่มีอิทธิพลฝนในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย แล้วเปลี่ยนตำแหน่งที่ตั้งสถานีน้ำฝนที่เป็นตัวแทนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ให้อยู่ที่บริเวณจุดศูนย์กลางของแต่ละลุ่มน้ำย่อยนั้นๆ (ดังแสดงในรูปที่ ๓-16)



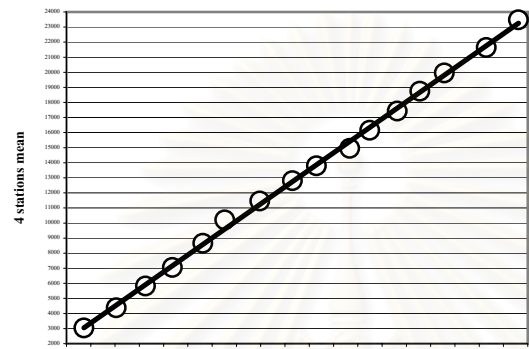
รูปที่ จ-13 การกำหนดลักษณะข้อมูลภูมิอากาศ



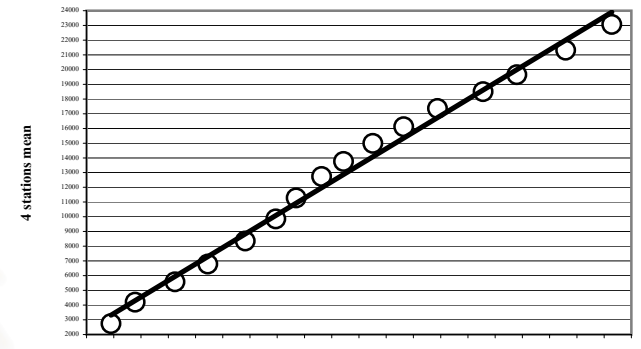
รูปที่ จ-14 การนำเข้าสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ



sta.28013

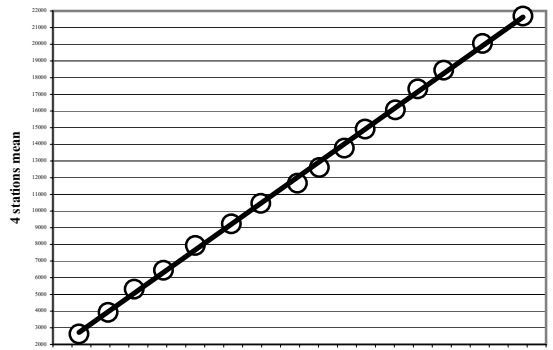


sta.28102

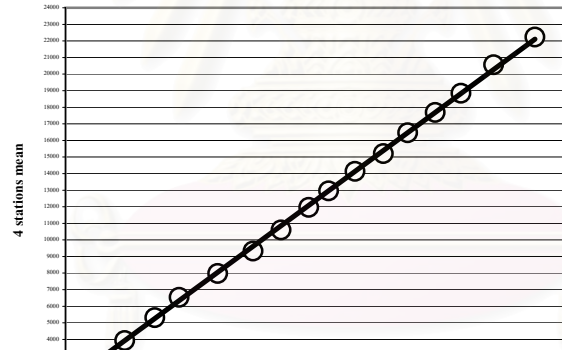


sta.28042

e



sta.28053



sta.28073

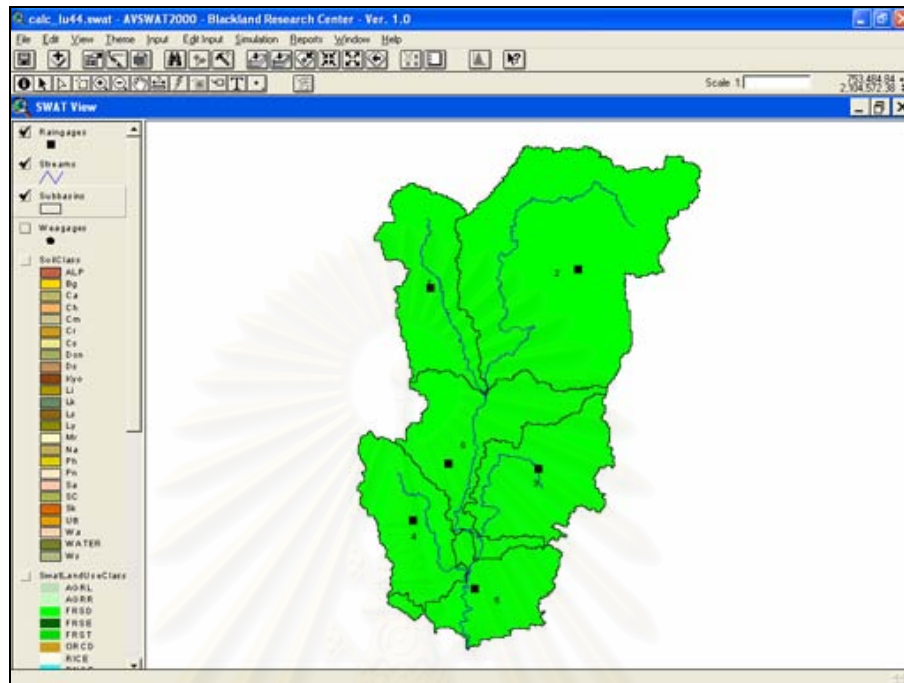
รูปที่ ๑-15 การตรวจสอบค่าความคงตัวของข้อมูลฝน ของสถานีหลักในพื้นที่ศึกษา ด้วยวิธี Double Mass Curve

สร้างไฟล์ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง SWAT

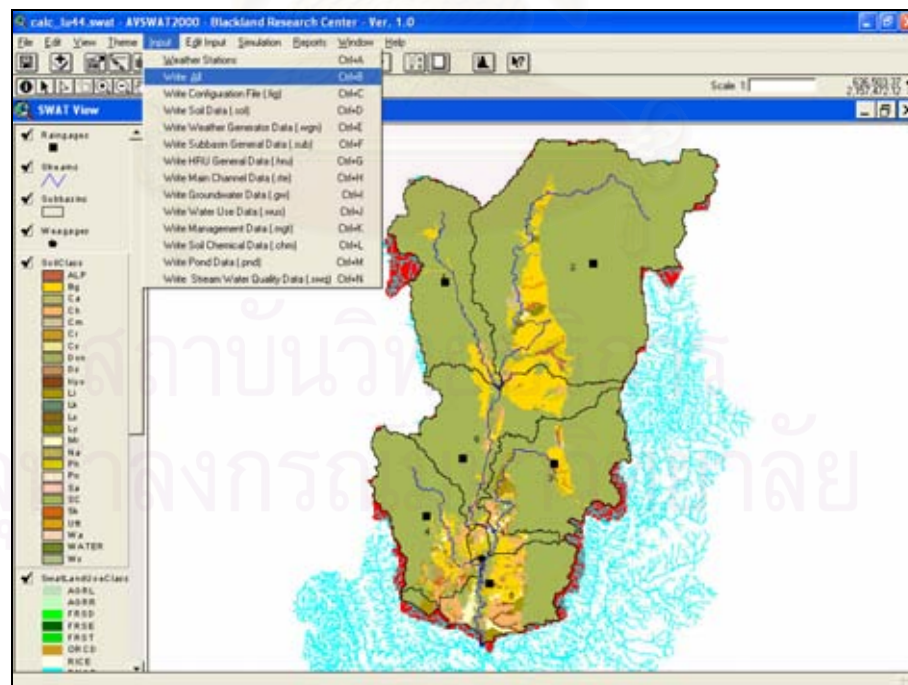
หลังจากมีการนำเข้าข้อมูลครบถ้วนตามกระบวนการของแบบจำลอง SWAT แล้ว สิ่งที่ต้องทำต่อไปคือ การสั่งให้ข้อมูลนำเข้าแต่ละส่วน เข้าสู่กระบวนการสร้างฐานข้อมูลในแบบจำลอง เพื่อนำข้อมูลไปคำนวณทางคณิตศาสตร์ ทำได้โดยการเลือกเมนู Input (หรือกดปุ่ม ALT+I) ซึ่งเป็นเมนูที่อยู่ใน the SWAT View ดังแสดงหน้าจอการเลือกเมนูในรูปที่ ๑-17 ซึ่งในแต่ละคำสั่งที่ปรากฏ จะเป็นการสั่งให้มีการนำเข้าข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีความสัมพันธ์กัน คือถ้าจะผ่านไปขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลต่อไปต้องผ่านการนำเข้าข้อมูลที่กำหนดไว้จากแบบจำลองของขั้นที่แล้วสำเร็จก่อน โดยก่อนที่แบบจำลอง SWAT จะนำค่าต่างๆ ไปคำนวณ ต้องมีการนำเข้าลุ่มน้ำเริ่มต้นที่ถูกตั้งขึ้นอัตโนมัติ จากฐานของการกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ และการกำหนดสภาพดิน/ สภาพการใช้ที่ดิน เสียก่อน

จากนั้นเลือกคำสั่ง Write All เพื่อให้โปรแกรมมีการนำเข้าข้อมูลทุกอย่างสู่แบบจำลองตามลำดับขั้นตอนที่แบบจำลองกำหนดไว้

ในเมนู Input ของเมนูบาร์ ผู้ใช้สามารถเลือกคำสั่ง Write All เพื่อสร้างข้อมูลนำเข้าทั้งหมดภายในครั้งเดียว หรือเลือกคำสั่งอื่นๆ เพื่อเลือกสร้างไฟล์นำเข้าที่ละไฟล์ก็ได้ โดยไฟล์นำเข้าสำหรับแบบจำลอง SWAT มีทั้งหมด 12 ไฟล์ ดังแสดงในรูปที่ ๑-18



รูปที่ ฉ-16 การนำเข้าสถานีฝน



รูปที่ ฉ-17 หน้าจอการเลือกเมนู Input



รูปที่ ๑-18 ไฟล์ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง SWAT

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การตั้งค่าคำนวณแบบจำลอง SWAT

ต่อไปเป็นขั้นตอนการสั่งให้มีการคำนวณค่าต่างๆจากข้อมูลที่น่าเข้าไป ทำได้โดยคลิกที่เมนู Simulation จากหน้าต่าง SWAT View แล้วเลือก Setup SWAT Run (ดังแสดงในรูปที่ ฅ-19) โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างให้ผู้ใช้งานกำหนดค่าต่างๆ สำหรับควบคุมการคำนวณของแบบจำลอง SWAT

สำหรับในที่นี้ สนใจเฉพาะในส่วนของแบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่า ดังนั้นจึงให้กำหนดช่อง Crack flow, Channel dimensions, Stream Water, Lake Water และ Routing Pesticides ให้เป็น Not active ส่วนตัวแปรในช่องอื่นๆ กำหนดตามความต้องการใช้งานของผู้ใช้ เมื่อกำหนดตัวแปรต่างๆ ครบถ้วนแล้วให้กดปุ่ม Setup SWAT Run เพื่อให้โปรแกรมสร้างไฟล์ข้อมูลฝน (pcp.pcp) ที่จะใช้ในการคำนวณของแบบจำลอง SWAT

ถ้าหากต้องการตรวจสอบค่าตัวแปรต่างๆ ที่กำหนดให้แบบจำลองว่าเกินขอบเขตกำหนดของแบบจำลองหรือไม่ ให้กดปุ่ม Check Input Ranges จากนั้นกดปุ่ม Run SWAT เพื่อสั่งคำนวณแบบจำลอง ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างดอส แสดงกระบวนการคำนวณของแบบจำลอง SWAT (ดังแสดงในรูปที่ ฅ-20)

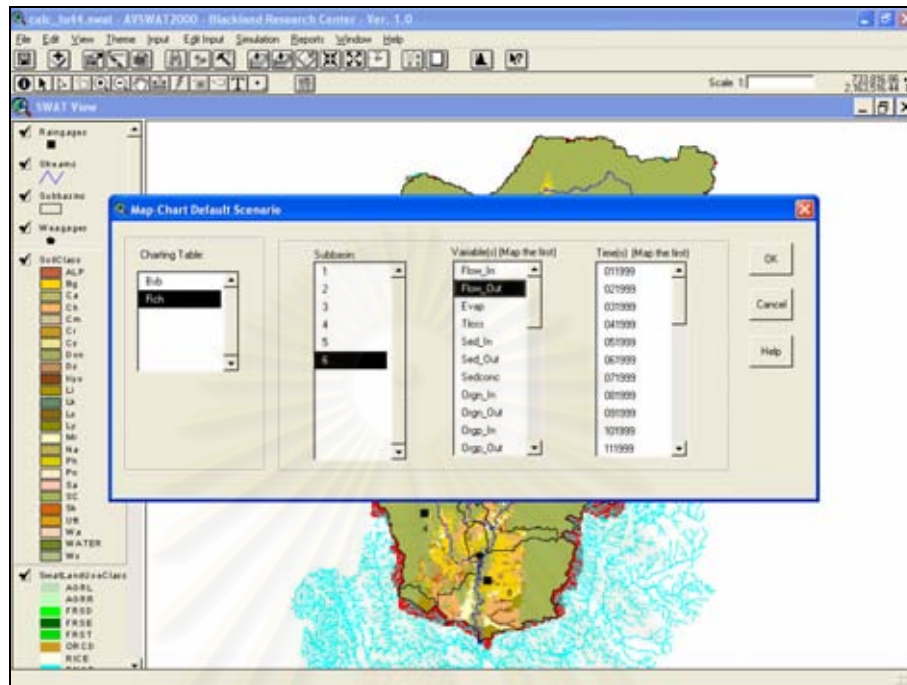
การแสดงผลลัพธ์การคำนวณจากแบบจำลอง

เมื่อกระบวนการทุกอย่างเสร็จสิ้นตามขั้นตอนของแบบจำลองอย่างถูกต้อง จะส่งผลให้ผ่านการคำนวณของแบบจำลอง SWAT สำเร็จ โดยคำสั่ง Read Results ในเมนู Simulation ใช้สำหรับอ่านไฟล์ ASCII ของผลการคำนวณจากแบบจำลอง SWAT โดยตารางฐานข้อมูลที่โปรแกรมอ่านจากไฟล์ ASCII ประกอบด้วย Sbs Bsb และ Rch ซึ่งเก็บข้อมูลผลการคำนวณของหน่วยตอบสนอง (HRUs) กลุ่มน้ำย่อย และลำน้ำ ตามลำดับ เป็นอันเสร็จสิ้นการคำนวณของแบบจำลอง SWAT

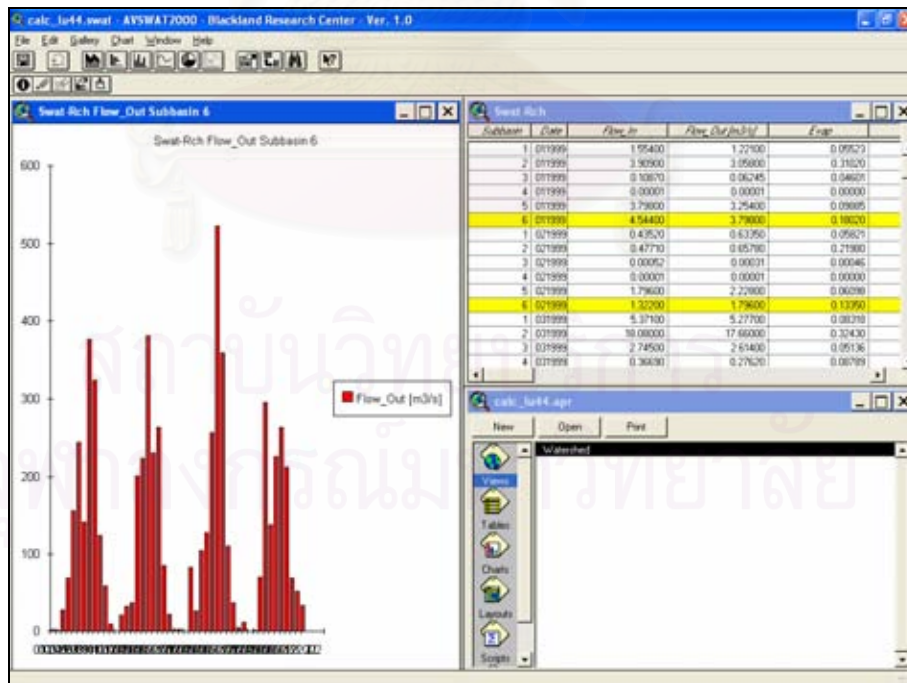
จากนั้นจึงเป็นขั้นตอนของการนำผลลัพธ์ไปปรับเทียบและวิเคราะห์ ให้เลือกคำสั่ง Map-Chart ในเมนู Reports ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างให้เลือกตารางผลการคำนวณที่ต้องการถึงข้อมูลมาวาดกราฟ จากนั้นให้เลือกหมายเลขกลุ่มน้ำย่อย ตัวแปรผลการคำนวณ และช่วงเวลา ที่ต้องการดูกราฟ (ดังแสดงในรูปที่ ฅ-21) เมื่อเสร็จแล้วหน้าต่างจะแสดงผลการคำนวณ ประกอบด้วย กราฟ ภาพแผนที่ ตารางข้อมูล และส่วนประกอบของ ArcView project (ดังแสดงในรูปที่ ฅ-22)

รูปที่ ฉ-19 การกำหนดค่าต่างๆ เพื่อตั้งคำนวณแบบจำลอง SWAT

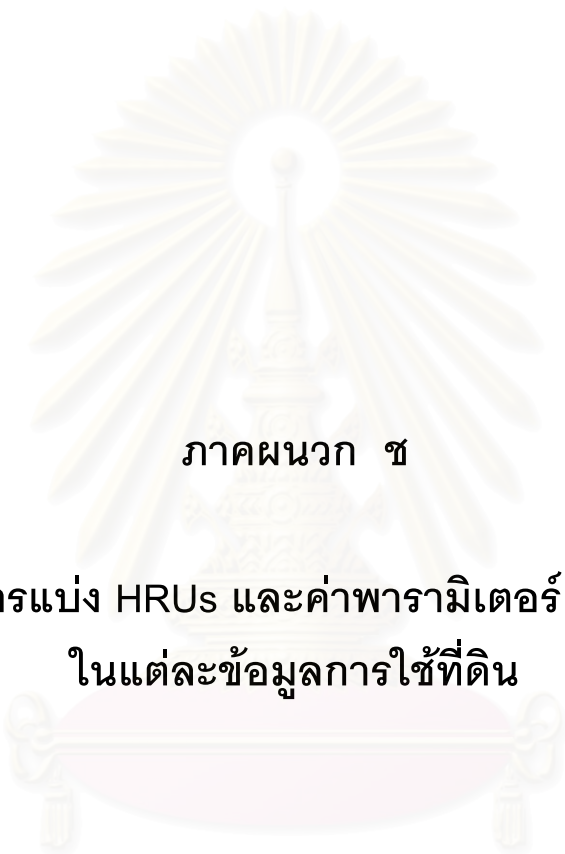
รูปที่ ฉ-20 หน้าต่างแสดงกระบวนการคำนวณของแบบจำลอง SWAT



รูปที่ จ-21 หน้าต่างการเลือกให้แบบจำลองแสดงผลการคำนวณ



รูปที่ จ-22 การแสดงผลการคำนวณจากแบบจำลอง SWAT



ภาคผนวก ช

การแบ่ง HRUs และค่าพารามิเตอร์ CN
ในแต่ละข้อมูลการใช้ที่ดิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LU20				LU37				LU44						
SUBBHURU	LANDUSE	SOIL	CN2	SUBBHURU	LANDUSE	SOIL	CN2	SUBBHURU	LANDUSE	SOIL	CN2			
1	1	FRSD	SC	36.00	1	1	FRSE	SC	25.00	1	1	FRSD	SC	36.00
1	2	FRSE	SC	25.00	1	2	FRST	Ch	45.00	1	2	FRSE	SC	25.00
1	3	FRST	Ch	45.00	1	3	FRST	SC	45.00	1	3	FRST	SC	45.00
1	4	FRST	SC	45.00	1	4	RICE	SC	51.00	1	4	RICE	Don	73.00
1	5	FRST	Bg	66.00	1	5	RICE	Bg	67.00	1	5	RICE	Bg	73.00
1	6	AGRR	SC	65.00	1	6	AGRR	SC	65.00	1	6	RICE	Na	80.00
1	7	AGRR	Bg	65.00	2	1	RNGE	SC	39.00	1	7	AGRR	SC	66.00
2	1	FRSD	SC	36.00	2	2	RNGE	Bg	61.00	2	1	FRSD	SC	36.00
2	2	RICE	SC	61.00	2	3	FRSD	SC	36.00	2	2	FRSD	Bg	60.00
2	3	RICE	ALP	73.00	2	4	FRSE	SC	25.00	2	3	FRSE	SC	25.00
2	4	RICE	Bg	67.00	2	5	FRST	SC	45.00	2	4	FRST	SC	45.00
2	5	RICE	Ph	76.00	2	6	FRST	Bg	66.00	2	5	RICE	SC	63.00
2	6	AGRR	SC	65.00	2	7	RICE	SC	51.00	2	6	RICE	ALP	73.00
2	7	AGRR	Bg	65.00	2	8	RICE	Cm	73.00	2	7	RICE	Bg	73.00
3	1	FRSD	SC	36.00	2	9	RICE	Bg	67.00	2	8	RICE	Ph	80.00
3	2	RICE	Cr	81.00	2	10	RICE	Ph	76.00	2	9	AGRR	SC	66.00
3	3	RICE	Don	67.00	2	11	AGRR	SC	65.00	2	10	URMD	SC	74.00
3	4	RICE	Bg	67.00	3	1	FRSD	SC	36.00	2	11	URMD	Bg	84.00
4	1	FRSD	SC	36.00	3	2	FRSE	SC	25.00	2	12	URMD	Ph	90.00
4	2	RICE	Bg	67.00	3	3	RICE	SC	51.00	2	13	ORCD	SC	61.00
4	3	RICE	Na	76.00	3	4	RICE	Bg	67.00	2	14	ORCD	Bg	72.00
4	4	AGRR	SC	65.00	3	5	AGRR	Ch	65.00	3	1	FRSD	SC	36.00
4	5	AGRR	Bg	65.00	3	6	AGRR	SC	65.00	3	2	FRSE	SC	25.00
4	6	ORCD	Ch	61.00	3	7	AGRR	Don	65.00	3	3	FRST	SC	45.00
4	7	ORCD	SC	61.00	3	8	AGRR	Bg	65.00	3	4	RICE	Cr	80.00
4	8	ORCD	Bg	73.00	3	9	AGRR	Mr	65.00	3	5	RICE	ALP	73.00
5	1	FRSD	Ch	36.00	4	1	RNGE	SC	39.00	3	6	RICE	Bg	73.00
5	2	FRSD	SC	36.00	4	2	FRSD	SC	36.00	3	7	RICE	Ph	80.00
5	3	RICE	Ch	51.00	4	3	FRSE	SC	25.00	3	8	AGRR	SC	66.00
5	4	RICE	Bg	67.00	4	4	FRST	Li	66.00	3	9	URMD	Don	84.00
5	5	RICE	Ph	76.00	4	5	FRST	Ch	45.00	3	10	URMD	Bg	84.00
5	6	AGRR	Li	65.00	4	6	FRST	SC	45.00	3	11	ORCD	Ch	61.00
5	7	AGRR	Ch	65.00	4	7	RICE	Bg	67.00	3	12	ORCD	SC	61.00
5	8	AGRR	Don	65.00	4	8	RICE	Ds	51.00	3	13	ORCD	Bg	72.00
5	9	AGRR	Bg	65.00	4	9	RICE	Ph	76.00	3	14	ORCD	Mr	72.00
5	10	AGRR	Mr	65.00	4	10	RICE	Na	76.00	4	1	FRSD	SC	36.00
5	11	ORCD	WATER	61.00	4	11	AGRR	SC	65.00	4	2	FRSE	SC	25.00
5	12	ORCD	Don	73.00	4	12	AGRR	Bg	65.00	4	3	FRST	SC	45.00
6	1	FRSD	SC	36.00	5	1	RNGE	Li	61.00	4	4	RICE	Bg	73.00
6	2	FRSD	Bg	66.00	5	2	RNGE	SC	39.00	4	5	RICE	Ph	80.00
6	3	FRSE	SC	25.00	5	3	FRSD	SC	36.00	4	6	RICE	Na	80.00
6	4	RICE	Don	67.00	5	4	FRST	Ch	45.00	4	7	AGRR	SC	66.00
6	5	RICE	Bg	67.00	5	5	FRST	SC	45.00	4	8	AGRR	Bg	74.00
6	6	RICE	Ph	76.00	5	6	FRST	Ws	66.00	4	9	URMD	Ch	74.00
6	7	RICE	Na	76.00	5	7	RICE	Ch	51.00	4	10	URMD	Don	84.00
6	8	AGRR	Don	65.00	5	8	RICE	Don	67.00	4	11	URMD	Bg	84.00
6	9	AGRR	Bg	65.00	5	9	RICE	Bg	67.00	4	12	URMD	Na	90.00
					5	10	RICE	Ph	76.00	4	13	ORCD	Ch	61.00
					5	11	RICE	Na	76.00	4	14	ORCD	SC	61.00
					5	12	AGRR	Li	65.00	4	15	ORCD	Bg	72.00
					5	13	AGRR	Ch	65.00	5	1	WATR	Ch	92.00
					5	14	AGRR	Don	65.00	5	2	WATR	WATER	92.00
					5	15	AGRR	Bg	65.00	5	3	WATR	Don	92.00
					5	16	AGRR	Mr	65.00	5	4	FRSD	SC	36.00
					6	1	FRSD	SC	36.00	5	5	FRST	SC	45.00
					6	2	FRSE	SC	25.00	5	6	RICE	Ph	80.00
					6	3	FRST	SC	45.00	5	7	RICE	Na	80.00
					6	4	FRST	Bg	66.00	5	8	RICE	Kyo	80.00
					6	5	RICE	SC	51.00	5	9	AGRR	Li	74.00
					6	6	RICE	Don	67.00	5	10	AGRR	Ch	66.00
					6	7	RICE	Bg	67.00	5	11	AGRR	SC	66.00
					6	8	RICE	Na	76.00	5	12	URMD	Ch	74.00
					6	9	AGRR	SC	65.00	5	13	URMD	Don	84.00
					6	10	AGRR	Bg	65.00	5	14	URMD	Bg	84.00
										5	15	ORCD	Ch	61.00
										5	16	ORCD	SC	61.00
										5	17	ORCD	Bg	72.00
										5	18	ORCD	Mr	72.00
										6	1	FRSD	SC	36.00
										6	2	FRSD	Bg	60.00
										6	3	FRSE	SC	25.00
										6	4	FRST	SC	45.00
										6	5	RICE	Don	73.00
										6	6	RICE	Bg	73.00
										6	7	RICE	Ph	80.00
										6	8	RICE	Na	80.00
										6	9	AGRR	SC	66.00
										6	10	AGRR	Bg	74.00
										6	11	URMD	SC	74.00
										6	12	URMD	Don	84.00
										6	13	URMD	Bg	84.00
										6	14	ORCD	Ch	61.00
										6	15	ORCD	SC	61.00
										6	16	ORCD	Bg	72.00

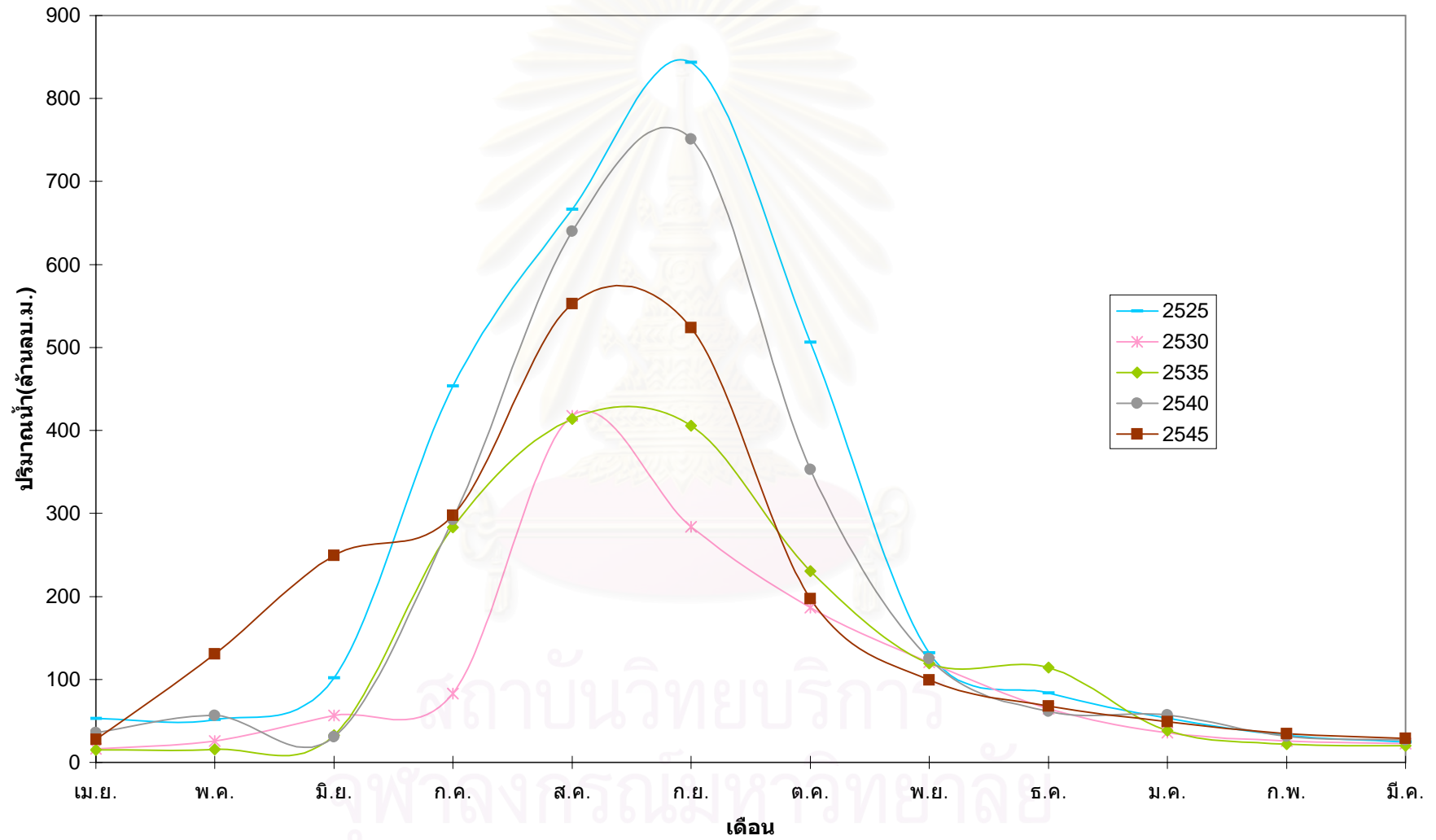


ภาคผนวก ซ

ตัวอย่าง Flow Hydrograph

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างแสดง Flow Duration Curve



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ	นายไอฟาร์ เวศอุไร
เกิด	16 กรกฎาคม 2519 จังหวัดนนทบุรี
การศึกษา	พ.ศ. 2540 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) จากวิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2546 เข้าศึกษาต่อหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
การทำงาน	ปัจจุบัน รับราชการที่กลุ่มงานวางโครงการ 1 สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน ตำแหน่งวิศวกรโยธา 6 ว
ผลงานทางวิชาการ	ไอฟาร์ เวศอุไร และ ชัยยุทธ สุขศรี. <u>ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการ ใช้ที่ดินต่อน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยใช้แบบจำลองทางอุทก วิทยา SWAT. การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 11, 2549.</u>

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย