



วิทยานิพนธ์

บัญชีน้ำและสมดุลน้ำในลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำโขง
(ตะวันออกเฉียงเหนือ)

**WATER ACCOUNTING AND WATER BALANCE IN
KHONG SUB BASIN (NORTHEASTERN)**

นางสาวปริยกร สาทารมณ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง บัญชีน้ำและสมดุลน้ำในกลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)

Water Accounting and Water Balance in Khong Sub Basin (Northeastern)

นามผู้วิจัย นางสาวปรีกร สาธารมณ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์กอบเกียรติ ผ่องบุผิ, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ ขยันการนาวิ, M.Eng.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ศุภกิจ นนทนันทน์, D.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัช ลิปิวัฒนาการ, M.Asc.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อางคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 2 เดือน พ.ค. พ.ศ. ๒๕๕๐

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

บัญชีน้ำและสมดุลน้ำในกลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)

Water Accounting and Water Balance in Khong Sub Basin (Northeastern)

โดย

นางสาวปริยกร สาธารมณ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

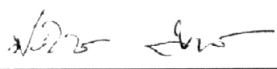
พ.ศ. 2550

ปริยกร สาธารณ 2550: บัญชีน้ำและสมดุลน้ำในกลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชา
วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ประชานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์กอบเกียรติ ผ่องฟู, Ph.D.
130 หน้า

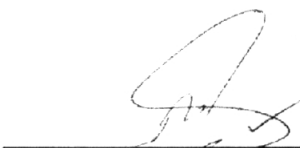
งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบแนวทางการวิเคราะห์สมดุลน้ำและบัญชีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) โดยเน้นการประเมินปริมาณการคายระเหยของพืช ซึ่งพารามิเตอร์หลักในการประเมินได้แก่ ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช โดยเลือกใช้ข้อมูลสภาพทางอุทกวิทยาของปี พ.ศ.2545 ทั้งข้อมูลปริมาณฝน สภาพการใช้ที่ดิน ความต้องการใช้น้ำในด้านต่างๆ นอกจากนี้ยังได้ทำการทบทวนผลการศึกษาสมดุลน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE BASIN ของพื้นที่ลุ่มน้ำ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์และปรับปรุงองค์ประกอบในการวิเคราะห์บัญชีน้ำในพื้นที่ศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่า มีปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด 9,047.49 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำหมดไปสำหรับการคายระเหยเป็น ร้อยละ 43.72 ของปริมาณฝน และคิดเป็นร้อยละ 86.05 ของปริมาณน้ำที่หมดไป ซึ่งสอดคล้องกับสัดส่วนพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้ที่รวมกันมีประมาณ 80-90% ของพื้นที่ จากการวิเคราะห์ดัชนีบัญชีน้ำ พบว่า DF_{GI} มีค่าอยู่ระหว่าง 0.40-0.47 ในฤดูฝน และ 1.62-2.54 ในฤดูแล้ง แสดงว่าในช่วงฤดูแล้งปริมาณการใช้น้ำมากกว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้า จึงมีการนำน้ำจากแหล่งเก็บกักภายในลุ่มน้ำมาใช้ DF_{AW} รายปี มีค่าอยู่ระหว่าง 0.69-0.86 แสดงว่าการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำยังไม่เต็มความสามารถ เมื่อเทียบกับ PF_{AW} รายปีที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.46-0.63 เนื่องจากสภาพการใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ดังนั้นการใช้น้ำนอกกระบวนการจึงมีสัดส่วนค่อนข้างน้อย ส่วนค่าของดัชนี DF_{AW} และ PF_{AW} จึงมีค่าประมาณร้อยละ 20 ส่วนดัชนี BU มีค่าอยู่ในช่วง 0.61-0.72 แสดงว่าการใช้น้ำในพื้นที่ยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

จากผลการศึกษาและทบทวนการวิเคราะห์สมดุลน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE BASIN ทำให้เข้าใจองค์ประกอบในการวิเคราะห์บัญชีน้ำ ทำให้สามารถจำลองสภาพทางอุทกวิทยาและประเมินสถานการณ์น้ำของกลุ่มน้ำ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินบัญชีน้ำในพื้นที่อื่นๆ และเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำต่อไป



ลายมือชื่อนิติ



ลายมือชื่อประธานกรรมการ

26 / ๓๑ / ๕๐

Priyakorn Satarom 2007: Water Accounting and Water Balance in Khong Sub Basin (Northeastern). Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resource Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Kobkiat Phongphut, Ph.D. 130 pages.

This research is a comparison of water accounting and water balance in Khong sub basin (Northeastern) by concentrating on estimation of evapotranspiration which are two main parameters; reference evapotranspiration and crop coefficient. The hydrological data in year 2002 such as rainfall, runoff, land use and amount of water demand. Moreover, the result of water balance simulation by MIKE BASIN model is considered for analyzing and improving components of water accounting.

The study shows that the components of water accounting in Khong sub basin (Northeastern) are as follows: from 9,047.49 MCM of rainfall, 43.72% will be evapotranspiration which is 86.05% of depletion water and consistent to the accumulate percentage of agriculture and forest area which is 80-90% of total area. According to the analysis of monthly water accounting of Khong's sub basin, four indexes are obtained. Depleted fraction of gross inflow (DF_{GI}) are between 0.40-0.47 in rainy season and 1.62-2.54 in dry season. This indicates that in dry season the depleted water is more than gross inflow, therefore some water is withdrawn from the storage to compensate the short of water. Annual DF_{AW} are between 0.69-0.86, which indicated that the water utilization in basin is not full capacity. Annual PF_{AW} are between 0.46-0.63 which is less than DF_{AW} by 20% due to majority of land use are composed of agriculture area, which means that non-process depletion water is low. The benefit utilization of available water (BU) are between 0.61-0.72, which indicates that the efficiency of water utilization is rather low.

The study shows that the hydrological simulation using the MIKE BASIN model is a tool to help understanding the water accounting component. The result of water accounting analysis can be used to contribute the integrated water resources management.



Student's signature



Thesis Advisor's signature

26 / Oct / 07

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์กอบเกียรติ ผ่องบุผิ ประธานกรรมการที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ ขยันการนาวิ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รองศาสตราจารย์ศุภกิจ นนทนันทน์
กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำการจัดทำวิทยานิพนธ์ และขอกราบ
ขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฏฐมล วงศ์ธนาสุนทร ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ความกรุณาตรวจ
แก้วิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้กล่าวนามมาข้างต้น
ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมพัฒนา
ที่ดิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำ
โครงการวิศวกรรมทรัพยากรน้ำภาคพิเศษทุกท่าน รวมถึง พี่ๆ และน้องๆ ทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือ
และให้กำลังใจในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ คุณอานันท์ สุวรรณสินธุ์ ผู้จัดการบริษัท ชันยู คอนซัลแตนท์ส (ประเทศไทย)
จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องเวลาและข้อมูลในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ความสำเร็จและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแด่ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง
อาจารย์ทุกท่านที่ประสาทวิชาความรู้ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่คอยชี้แนะมาโดยตลอด

ปริญกร สาธารมณั

กันยายน 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	34
อุปกรณ์	34
วิธีการ	35
ผลและวิจารณ์	70
ผล	70
วิจารณ์	94
สรุปและข้อเสนอแนะ	97
สรุป	97
ข้อเสนอแนะ	100
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	102
ภาคผนวก	104
ภาคผนวก ก ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	105
ภาคผนวก ข สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก	
FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56	111
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ	118
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	130

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สรุปรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่พิจารณา	19
2	การใช้ประโยชน์ที่ดินรายลุ่มน้ำสาขา	22
3	Water content ของดินแต่ละประเภท	32
4	ข้อมูลภูมิอากาศ ที่สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ อ.เมือง จ.อุดรธานี	36
5	ข้อมูลภูมิอากาศ ที่สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ อ.เมือง จ.หนองคาย	37
6	ค่าเฉลี่ยรายปีของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่ศึกษา	38
7	ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนและช่วงปีของข้อมูล	39
8	ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของปริมาณฝนเป็นรายลุ่มน้ำสาขา	40
9	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่า และช่วงปีสถิติข้อมูล	42
10	ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำสาขา	44
11	อัตราการไหลซึมของน้ำฝนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำบาดาล	45
12	ปริมาณน้ำฝนไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำบาดาล	45
13	สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา	47
14	การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรของพื้นที่ในเขตชลประทาน	48
15	การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรของพื้นที่นอกเขตชลประทาน	48
16	สรุปความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา	54
17	สรุปโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา	54
18	ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	55
19	แสดงระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชในแต่ละช่วงอายุ	58
20	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเฉลี่ยในแต่ละช่วงอายุ	59
21	ผลการวิเคราะห์บัญชีน้ำของลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยดาน	78
22	ผลการคำนวณบัญชีน้ำ	87
23	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆ ในเขตลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)	99

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่

หน้า

ข1 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c)

112

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างและการทำงานของแบบจำลอง MIKE BASIN	5
2	วัฏจักรของน้ำ	8
3	องค์ประกอบในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ	9
4	องค์ประกอบของการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ	10
5	แผนที่แสดงขอบเขตลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)	18
6	สภาพการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)	21
7	แผนที่อุทกธรณีวิทยาในลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)	23
8	สัดส่วนการระเหยและคายน้ำของพืชตามการเจริญเติบโตในแต่ละช่วงอายุของพืช	25
9	การคำนวณหาการคายระเหยของพืช	26
10	ค่า K_c ของพืชชนิดต่างๆ ที่โตเต็มวัย	29
11	ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศกับช่วงของค่า K_c ของพืชชนิดต่างๆ ที่โตเต็มวัย	29
12	การระเหยของน้ำในดินที่มีผลต่อค่า K_c ของพืช	30
13	การเจริญเติบโตของพืชประเภทต่างๆ ในแต่ละช่วงอายุ	30
14	ค่า K_c ในแต่ละช่วงอายุของพืช	31
15	สมดุลของน้ำในเขตรากพืช	32
16	ความสัมพันธ์ระหว่าง K_s กับปริมาณน้ำในเขตรากพืช	33
17	แสดงที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ	41
18	แสดงที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ	43
19	ปฏิทินการปลูกพืชในเขตลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)	50
20	การสร้างกราฟความสัมพันธ์ของค่า K_c กับช่วงอายุของพืช	58
21	โครงข่ายของระบบลุ่มน้ำสาขาจากการจำลองด้วย MIKE BASIN	61
22	แผนผังของลำน้ำสาขาในลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)	62
23	แผนผังทิศทางการไหลของน้ำท่าผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	แผนผังการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ	69
25	แผนผังลำน้ำลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6	71
26	แผนผังลำน้ำลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย	73
27	แผนผังลำน้ำลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง	75
28	แผนผังลำน้ำลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน	76
29	แผนภาพปัญหาน้ำของลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6	80
30	แผนภาพปัญหาน้ำของลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย	82
31	แผนภาพปัญหาน้ำของลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง	84
32	แผนภาพปัญหาน้ำของลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน	86
33	อัตราส่วนของปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด	89
34	อัตราส่วนปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้	90
35	อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้	90
36	ประสิทธิภาพของลุ่มน้ำรายปี	91
ภาพผนวกที่		
ก1	ผลการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6	119
ก2	ผลการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย	120
ก3	ผลการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง	121
ก4	ผลการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน	122
ก5	การคำนวณปัญหาน้ำ	123

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

K_c	=	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช
K_s	=	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในสภาวะปริมาณน้ำจำกัด
ET_0	=	ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง, มิลลิเมตร/เดือน
ET_c	=	ปริมาณการคายระเหยของพืช, มิลลิเมตร/เดือน
MJ	=	Mega Joule
kPa	=	Kilo Pascal
IWMI	=	International Water Management Institute
SWIM	=	System-Wide Initiative on Water Management
FAO	=	Food and Agriculture Organization of the United Nations

บัญชีน้ำและสมดุลน้ำในกลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)

Water Accounting and Water Balance in Khong Sub Basin (Northeastern)

คำนำ

การวิเคราะห์สมดุลน้ำใช้หลักการของการอนุรักษ์มวลสาร โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในระบบที่พิจารณาเท่ากับผลต่างของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและไหลออกจากพื้นที่ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าได้แก่ ปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้า ส่วนปริมาณน้ำที่ไหลออกได้แก่ ปริมาณการคายระเหยและปริมาณน้ำท่าที่ไหลออก สมดุลน้ำสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในระดับพื้นที่ลุ่มน้ำ โครงการชลประทานและแปลงเพาะปลูก

การวิเคราะห์บัญชีน้ำอาศัยหลักการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์สมดุลน้ำ โดยพิจารณาปริมาณน้ำที่ไหลเข้า ปริมาณน้ำที่ไหลออก ปริมาณน้ำที่ถูกใช้และหมดไปในพื้นที่ บัญชีน้ำสามารถอธิบายการใช้น้ำและผลผลิตที่ได้ ทำให้ทราบถึงสถานการณ์การใช้น้ำของพื้นที่ ทั้งนี้ผลที่ได้จะนำไปสู่การปรับปรุงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบที่ใช้สำหรับวิเคราะห์บัญชีน้ำจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ เช่น สภาพการใช้ที่ดิน ความต้องการใช้น้ำในด้านต่างๆ โดยเฉพาะความต้องการใช้น้ำเพื่อการคายระเหยของพืชซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยมีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_0) และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c)

ลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) ประกอบด้วยลุ่มน้ำสาขาทั้งสิ้น 29 ลุ่มน้ำสาขา ในการทำวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์บัญชีน้ำในกลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยดาน โดยวิเคราะห์เป็นรายเดือน รายฤดูกาลและรายปี เนื่องจากการศึกษาเรื่องบัญชีน้ำจะชี้ให้เห็นถึงปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ การหมดไปและปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ ทำให้เห็นสัดส่วนการใช้น้ำในด้านต่างๆ บางส่วนเป็นประโยชน์แต่บางส่วนไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการปรับปรุงการใช้น้ำและการศึกษาเรื่องบัญชีน้ำต่อไป

วัตถุประสงค์

ความต้องการใช้น้ำเพื่อการคายระเหยของพืชเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ การวิเคราะห์ปัญหาน้ำจะช่วยประเมินสถานการณ์การใช้น้ำ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและก่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้น้ำ วัตถุประสงค์ของการศึกษาเป็นดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบแนวทางและวิธีการวิเคราะห์สมดุลน้ำและปัญหาน้ำ
2. เพื่อจัดทำปัญหาน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวง และห้วยดานซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)
3. เพื่อเสนอช่วงของพารามิเตอร์สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในพื้นที่อื่นๆ ต่อไป

ขอบเขตการศึกษา

ปัญหาน้ำเป็นการวิเคราะห์สถานการณ์และสภาพทางอุทกวิทยา ในการศึกษาวิจัยนี้จะเปรียบเทียบผลของปัญหาน้ำและสมดุลน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE BASIN เพื่อให้การศึกษาเป็นไปตามวัตถุประสงค์จึงได้กำหนดขอบเขตการศึกษาไว้ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลทางด้านอุทกนิยวิทยาและอุทกวิทยาของลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยดาน ได้แก่ข้อมูลปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่า สภาพภูมิอากาศ รวมถึงสภาพภูมิประเทศและสภาพการใช้ที่ดิน
2. ทบทวนผลการศึกษาสมดุลน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ ด้วยโปรแกรม MIKE BASIN จากโครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)
3. ศึกษาองค์ประกอบในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในลุ่มน้ำ
4. วิเคราะห์ปัญหาน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นรายเดือน รายฤดูกาล และรายปี

การตรวจเอกสาร

สมดุลน้ำ

สมดุลน้ำเป็นการมองภาพรวมของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ การวิเคราะห์สมดุลน้ำสามารถกระทำได้ในระดับพื้นที่ลุ่มน้ำ โครงการชลประทาน และแปลงเพาะปลูก โดยการคำนวณปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณน้ำไหลออกและการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกัก ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าส่วนใหญ่เกิดจากปริมาณฝน และน้ำท่าผิวดิน ปริมาณน้ำที่ไหลออกได้แก่ ปริมาณการคายระเหยและน้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่

องค์ประกอบในการวิเคราะห์สมดุลน้ำ ประกอบด้วย

- ปริมาณฝน (Precipitation, P) ได้แก่ ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ หิมะ ลูกเห็บ
- ปริมาณการคายระเหยที่แท้จริง (Actual evapotranspiration, AE) เป็นปริมาณน้ำที่ใช้หมดไปในพื้นที่ ประกอบด้วยปริมาณน้ำที่กลายเป็นไอน้ำจากการระเหยบนพื้นที่และจากการคายน้ำของพืช ปริมาณการคายระเหยที่แท้จริง จะขึ้นกับความชื้นของดิน อุณหภูมิและความชื้นในอากาศ
- ปริมาณการคายระเหยเต็มศักยภาพ (Potential evapotranspiration, PE) เป็นปริมาณความต้องการใช้น้ำภายใต้สภาวะที่เหมาะสม โดยไม่จำกัดปริมาณ ปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณการคายระเหยเต็มศักยภาพคือปริมาณแสงแดด (Solar radiation) ซึ่งเป็นพลังงานที่ทำให้ปริมาณความต้องการน้ำสูงขึ้น
- ปริมาณความชื้นในดิน (Soil moisture storage, ST) เป็นปริมาณน้ำส่วนที่ดินสามารถอุ้มน้ำไว้ได้ ขึ้นกับคุณสมบัติของเนื้อดินและปริมาณอินทรีย์สารในดิน ปริมาณความชื้นสูงสุดในดิน (Field capacity) ของดินเม็ดละเอียดจะสูงกว่าดินเม็ดหยาบ ดินทราย ที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้น้อย
- การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน (Change in soil moisture storage, DST) เป็นปริมาณน้ำส่วนที่เพิ่มหรือลดลงจากปริมาณน้ำที่ดินสามารถอุ้มน้ำไว้ได้
- ปริมาณน้ำส่วนที่ขาด (Deficit, D) จะเกิดขึ้นเมื่อปริมาณความต้องการใช้น้ำสูงกว่าปริมาณน้ำที่ใช้หมดไปในพื้นที่

- ปริมาณน้ำส่วนที่เกิน (Surplus, S) เกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณฝนที่ตกมากกว่าปริมาณความต้องการใช้น้ำ

การวิเคราะห์สมดุลน้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำต้นทุนให้เหมาะสมกับปริมาณความต้องการน้ำสำหรับกิจกรรมต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งประกอบด้วย ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการท่องเที่ยว การอุตสาหกรรม การเกษตร และการรักษาสมดุลระบบนิเวศท้ายน้ำ สำหรับสมการในการวิเคราะห์สมดุลน้ำเป็นดังนี้

$$S_i = S_{i-1} + I_i - Q_i - E_i \dots\dots\dots(1)$$

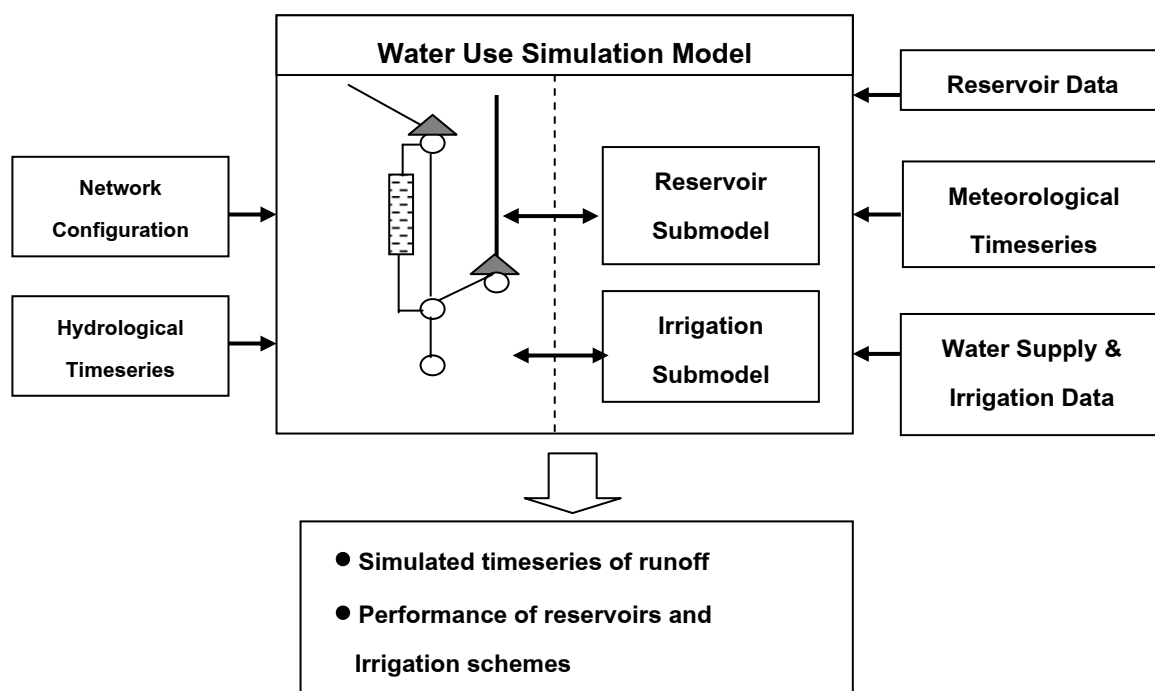
โดย	S_i	=	ปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำที่ปลายคาบเวลาปัจจุบัน
	S_{i-1}	=	ปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำที่ปลายคาบเวลาที่ผ่านมา
	I_i	=	ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำระหว่างคาบเวลา
	Q_i	=	ปริมาณน้ำท่าที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำระหว่างคาบเวลา
	E_i	=	ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยสู่อากาศและรั่วซึมระหว่างคาบเวลา

1. แบบจำลองการวิเคราะห์สมดุลน้ำ

แบบจำลองการวิเคราะห์สมดุลน้ำ MIKE BASIN เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพัฒนาโดย Danish Hydraulic Institute (DHI) ประเทศเดนมาร์ก เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสมดุลของปริมาณน้ำท่า สามารถศึกษาศักยภาพการพัฒนาแหล่งน้ำและคุณภาพของน้ำ โดยทำงานบน ArcGIS สามารถป้อนข้อมูลและเรียกเก็บบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ สามารถแสดงแผนที่สภาพภูมิประเทศประกอบกับโครงข่ายของระบบลุ่มน้ำ ทำให้สะดวกต่อการใช้งานและการแสดงผล แบบจำลองมีลักษณะโครงสร้างและการทำงานแสดงดังภาพที่ 1

คุณลักษณะและการใช้งานแบบจำลอง

- การแก้ปัญหาการจัดสรรน้ำ โดยใช้การกำหนดลำดับการใช้น้ำก่อน-หลังทั้งในระดับเฉพาะของจุดบนแม่น้ำ หรือเฉพาะตำแหน่งที่ต้องการ และในระดับโดยรวมของลุ่มน้ำ
- การวิเคราะห์และการลดปัญหาของการขาดแคลนน้ำ



ภาพที่ 1 โครงสร้างและการทำงานของแบบจำลอง MIKE BASIN

- การปรับปรุงการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำให้ดีขึ้น มีความยืดหยุ่นมากขึ้น
- การจัดการการใช้น้ำได้ดินร่วมกับน้ำผิวดิน
- การคำนวณความต้องการน้ำของพืช ความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานและสามารถ

วิเคราะห์สมรรถนะทางการชลประทาน

- การจำลองความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคและการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ
- การแก้ปัญหาทาง Optimization ของหลายวัตถุประสงค์
- ประกอบด้วยแบบจำลองปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-runoff module) และการ

วิเคราะห์ข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (Temporal Analyst)

- ประกอบด้วยแบบจำลองคุณภาพของน้ำ และสามารถประเมินค่าใช้จ่ายในการจัดการคุณภาพน้ำ

- การหาค่าที่เหมาะสม (Optimization) ของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำ

ข้อดีของแบบจำลอง

- ต้องการข้อมูลไม่มาก – ในกระบวนการทางด้านอุทกวิทยาถูกนำมาพิจารณาทั้งหมด แต่ลักษณะของกระบวนการต่างๆ ได้ถูกเก็บไว้เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายที่สุด

- เรียนรู้ได้ง่าย – มีวิธีการที่ไม่ซับซ้อน และความสัณพันธ์ของวิธีการสามารถนำไปอธิบายและง่ายต่อการนำเสนอในที่ประชุมได้
- การคำนวณที่รวดเร็ว – การสร้างแบบจำลองในสถานการณ์สมมุติ การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด หรือการวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ใช้เวลาน้อย
- มีความคล่องตัว – กรณีเพิ่มมิติ หรือขนาดต่างๆ ใน GIS การสร้างหรือขยายแบบจำลองสามารถทำได้ทันทีและสามารถดูผลได้จากโปรแกรม GIS และสามารถสร้างไฟล์วิดีโอเพื่อการนำเสนอได้
- ทำงานอยู่บน ArcGIS เป็นหลัก – โครงข่ายแม่น้ำสามารถสร้างได้อย่างรวดเร็วจากฐานข้อมูล GIS ที่มีอยู่ และสามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้โดยใช้เครื่องมือของ GIS ซึ่งผลการจำลองจะถูกนำเสนอบนหน้าต่างในลักษณะที่วางซ้อนกัน
- การเพิ่มเติมคำสั่ง – ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมคำสั่งเพิ่มเติมได้เช่นเดียวกับ Visual Basic ทำให้มีความยืดหยุ่นในการคำนวณสูง สามารถเพิ่มกฎเกณฑ์การใช้น้ำที่มีความซับซ้อนได้

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง ประกอบด้วย

- 1) โครงข่ายของระบบลุ่มน้ำ (Network Configuration) ประกอบด้วยจุดที่พิจารณา (Node) โดยมีลำน้ำ (Branch) ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างจุดที่พิจารณา ซึ่งสร้างขึ้นตามลักษณะของลำน้ำและสภาพภูมิประเทศจากแผนที่ด้วยโปรแกรม ArcView GIS 3.2
- 2) ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือน (Hydrological Time Series) ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ย่อยต่าง ๆ ซึ่งการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) จะเป็นการปรับข้อมูลปริมาณการไหลที่วิเคราะห์ได้จากแบบจำลองให้สอดคล้องกับปริมาณการไหลที่ได้จากการตรวจวัดจริงที่จุดควบคุม (Control Point)
- 3) ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Data) ที่มีอยู่ในปัจจุบันประกอบด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างระดับกับปริมาตรและพื้นที่ผิวของอ่างเก็บน้ำ เกณฑ์การจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ตามช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งกำหนดค่าระดับน้ำต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมบริหารจัดการอ่างฯ ได้แก่ ระดับน้ำขึ้น ระดับน้ำเก็บกักปกติ-สูงสุด อัตราการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำสูงสุดและต่ำสุด
- 4) ข้อมูลปริมาณฝนและข้อมูลการระเหย (Meteorological Time Series) บริเวณอ่างเก็บน้ำ
- 5) ข้อมูลความต้องการใช้น้ำของกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ น้ำเพื่อการชลประทาน การประปา การอุตสาหกรรม ปศุสัตว์ รวมถึงความต้องการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมอื่นๆ

บัญชีน้ำ

การวิเคราะห์บัญชีน้ำเพื่อเป็นแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ได้มีการนำเสนอโดย Molden (1997) และได้พัฒนาต่อโดย Molden and Sakthivadivel (1999) หรือเรียกว่า M-S เพื่อใช้ในการอธิบายถึงการใช้น้ำ และผลผลิตที่ได้จากน้ำ โดยที่ยังคงรักษาสีแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบัน ได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในประเทศต่างๆ ได้แก่ ฟิลิปปินส์ เนปาล ปากีสถาน อินเดีย ศรีลังกา และจีน (IWMI, 1999; Molden *et al.*, 2001)

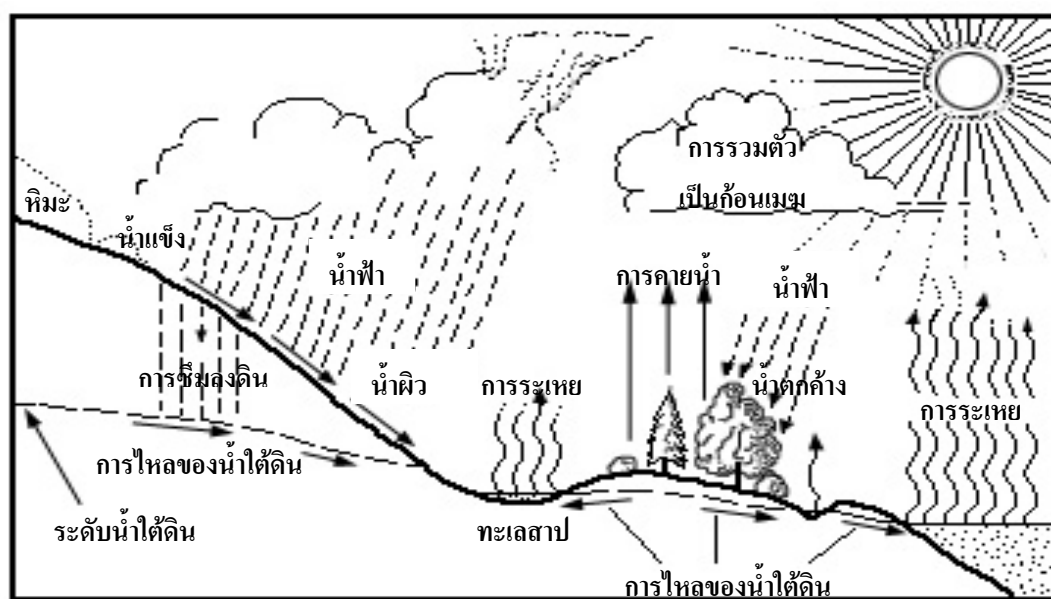
บัญชีน้ำ (Water Accounting) เป็นกรอบที่ใช้ในการอธิบายการใช้น้ำ และผลผลิตที่ได้จากน้ำ ภายในพื้นที่ที่พิจารณา (Domain) แสดงให้เห็นถึงสถานการณ์ปัจจุบันในพื้นที่ และสามารถคาดการณ์สถานการณ์ในอนาคตได้ ทำให้มีการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Taesombut *et al.*, 2002)

1. วัฏจักรของน้ำ

วัฏจักรของน้ำ คือ การเกิดและหมุนเวียนของน้ำในโลก โดยไม่มีการสูญหายไปไหน แต่จะเปลี่ยนรูปไปอยู่ในสภาพต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยเริ่มจาก ไอน้ำ ในบรรยากาศหากมีปริมาณมากขึ้นถึงจุดอิ่มตัวจะเกิดการกลั่นตัวและรวมตัว เป็นหยดน้ำ เกิดเป็นน้ำฟ้าตกลงสู่ผิวโลก บางส่วนจะระเหยกลับสู่บรรยากาศ (Evaporation) บางส่วนดก้างตามลำต้น และใบพืช (Interception) ส่วนที่ตกบนผิวดินจะซึมลงดิน (Infiltration) ส่วนที่ซึมลงไปจะถูกแรงดึงดูดให้ซึมลึกลงไปอีก (Percolation) เกิดเป็นน้ำใต้ดินที่อาจขังอยู่บนชั้นที่บน้ำหรือไหลออกสู่แม่น้ำลำธาร หรือผิวดินต่อไป

ปริมาณฝนที่ตกสู่ผิวดินส่วนหนึ่งพืชจะนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตและคายออกทางผิวใบ (Transpiration) ส่วนที่เหลือของปริมาณฝนจากการไหลซึมลงดินและนำไปใช้ของพืชจะเป็นปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ที่ต่ำ (Overland flow) บางส่วนจะรวมตัวกันอยู่บนผิวดินบริเวณที่ลุ่มเกิดเป็น Surface storage เมื่อมีปริมาณมากขึ้นจะไหลไปตามร่องน้ำ ลำธาร แม่น้ำ หรือเรียกว่า Surface runoff จากนั้นจะไหลออกสู่ทะเล และมหาสมุทรในที่สุด

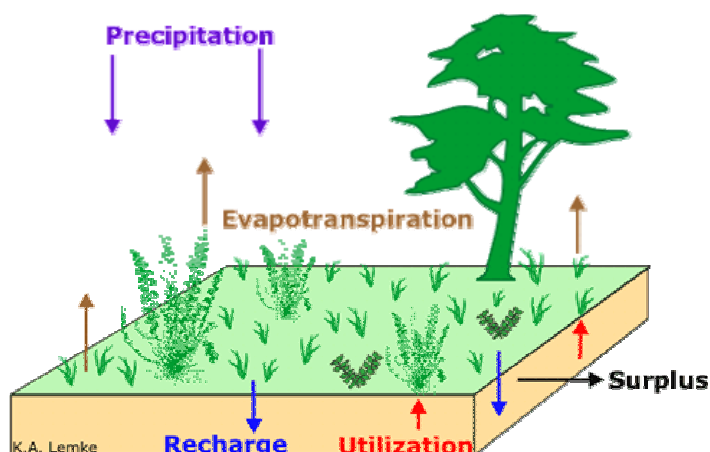
วัฏจักรของน้ำในพื้นที่พิจารณาใดๆ จะเป็นการศึกษาถึงปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและปริมาณน้ำที่ไหลออก โดยปริมาณน้ำที่ไหลเข้าประกอบด้วยปริมาณฝน หิมะ น้ำแข็ง และการไหลเข้าของน้ำใต้ดิน ส่วนปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่จะอยู่ในรูปของการระเหยจากน้ำที่อยู่บนผิวดิน การคายน้ำของพืชซึ่งรวมกันเรียกว่า Evapotranspiration น้ำผิวดินที่ไหลรวมกันสู่ลำน้ำและไหลซึมลงสู่ใต้ดิน ส่วนที่เหลือจะไหลออกจากพื้นที่พิจารณา



ภาพที่ 2 วัฏจักรของน้ำ

2. การวิเคราะห์ปัญหาน้ำ

การวิเคราะห์ปัญหาน้ำ อาศัยหลักการของสมดุลน้ำ โดยพิจารณาปริมาณน้ำที่เข้าและออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยปริมาณน้ำที่เข้าประกอบด้วย ฝนที่ตกในพื้นที่ ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าพื้นที่ซึ่งมีทั้งน้ำท่าผิวดินและน้ำท่าใต้ดิน ส่วนน้ำที่ออกจากพื้นที่ประกอบด้วย น้ำที่ระเหยออกจากพื้นที่และส่วนที่ไหลออกจากพื้นที่ทั้งทางผิวดินและใต้ดิน ส่วนที่เหลือจะถูกเก็บกักไว้ในพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งมีทั้งบนดินและใต้ผิวดินดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์บัญชีน้ำ

ที่มา : Lemke (2007)

องค์ประกอบในการวิเคราะห์บัญชีน้ำประกอบด้วยปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด ปริมาณน้ำเข้าสู่สุทธิ ปริมาณน้ำที่หมดไปและปริมาณน้ำที่ไหลออกดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

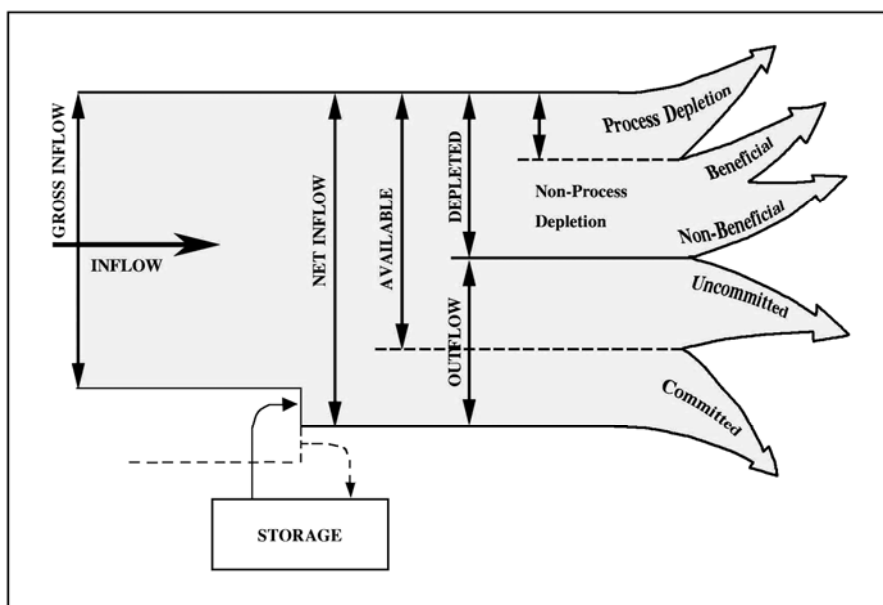
1) ปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด (Gross Inflow : GI) หมายถึงปริมาณน้ำทั้งหมดที่เข้าสู่พื้นที่ลุ่มน้ำ ประกอบด้วย ปริมาณฝน (Precipitation: PP) น้ำท่าผิวดิน (Surface inflow: SI) และน้ำใต้ดิน (Sub-Surface inflow: SSI) สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$GI = PP + SI + SSI \quad \dots\dots\dots(2)$$

2) ปริมาณน้ำเข้าสู่สุทธิ (Net Inflow : NI) เป็นผลรวมของปริมาณน้ำเข้าทั้งหมดและการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกัก (ΔS) ซึ่งแบ่งเป็นสองส่วน คือ ปริมาณน้ำเก็บกักบนดิน (Surface Storage : SS) และปริมาณน้ำเก็บกักใต้ดิน (Sub Surface Storage : SSS) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$NI = GI + \Delta S \quad \dots\dots\dots(3)$$

3) ปริมาณน้ำที่หมดไป (Water Depletion : WD) เป็นปริมาณน้ำที่ระเหยหรือหมดไปจากลุ่มน้ำ และไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ถือเป็นกุญแจสำคัญในการวิเคราะห์บัญชีน้ำ ซึ่งมุ่งเน้นผลประโยชน์ที่ได้รับจากปริมาณน้ำที่หมดไป ปริมาณน้ำที่หมดไปประกอบด้วย



ภาพที่ 4 องค์ประกอบของการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ

ที่มา : Molden (1997)

การระเหย (Evaporation : E) เป็นปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดิน การคายระเหยจากพืช (Evapotranspiration , ET) ซึ่งเป็นผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient, K_c) และปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (Reference crop evapotranspiration , ET_0)

ปริมาณน้ำสิ้นสภาพ (Flow to Sinks : FS) เป็นปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ทะเล แหล่งน้ำเก็บได้ดิน หรือในแหล่งน้ำอื่น ๆ ซึ่งไม่คุ้มค่าที่จะนำน้ำกลับมาใช้ประโยชน์

ปริมาณน้ำที่เกิดมลภาวะ (Pollution) เป็นปริมาณน้ำที่มีคุณภาพน้ำลดต่ำกว่ามาตรฐานที่สามารถนำไปใช้งานได้

ปริมาณน้ำที่ถูกนำไปบรรจุภัณฑ์ (Incorporation into a Product) เป็นปริมาณน้ำที่นำไปใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม เกษตรกรรม หรืออื่น ๆ เช่น น้ำบรรจุขวด หรือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของพืช

ปริมาณน้ำที่หมดไปสามารถสรุปได้ดังนี้

$$WD = P + B + NB \quad \dots\dots\dots(4)$$

การใช้น้ำในกระบวนการ (Process Consumption : P) เป็นกระบวนการซึ่งแจกจ่ายหรือให้น้ำสำหรับกิจกรรมการใช้น้ำของมนุษย์ ได้แก่ การคายระเหยของพืช การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม และการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค

การใช้น้ำนอกกระบวนการ (Non-process Depletion : NP) เกิดขึ้นเมื่อปริมาณน้ำระเหยหรือหายไปจากพื้นที่ลุ่มน้ำนอกเหนือกิจกรรมการใช้น้ำของมนุษย์ แบ่งได้เป็นการใช้น้ำนอกกระบวนการที่เกิดประโยชน์ (Beneficial non-process Depletion: B) เช่น การคายระเหยจากป่าไม้ต่างๆ และการใช้น้ำนอกกระบวนการที่ไม่เกิดประโยชน์ (Non-Beneficial non-process Depletion: NB) เช่น การระเหยจากแหล่งน้ำ หรือจากพื้นที่ดินว่างเปล่า

4) ปริมาณน้ำไหลออก (Outflow: O) ประกอบด้วย ปริมาณน้ำมีพันธะ (Committed water: C) เป็นปริมาณน้ำที่ระบายออกจากลุ่มน้ำตามข้อตกลงต่าง ๆ และปริมาณน้ำไม่มีพันธะแต่ต้องไหลออกจากลุ่มน้ำ เพราะขาดแหล่งน้ำที่จะเก็บกักไว้ได้หรือขาดการบริหารจัดการน้ำที่ดี ทั้งที่ใช้ประโยชน์ได้ (Utilizable outflow: UO) และใช้ประโยชน์ไม่ได้ (Non-Utilizable outflow: NUO) ซึ่งสามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (Available water: AW) ดังสมการ

$$O = NI - WD \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$AW = NI - C - NUO \quad \dots\dots\dots(6)$$

3. ดัชนีบัญชีน้ำ

ดัชนีบัญชีน้ำ (Water Accounting Indications) เป็นอัตราส่วนของเทอมต่างๆ ที่สำคัญในบัญชีน้ำ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาหรือปรับปรุงระบบการจัดการน้ำในพื้นที่พิจารณา ประกอบด้วย

1) สัดส่วนปริมาณน้ำที่หมดไปเทียบกับปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด (Depleted Fraction of Gross Inflow, DF_{GI}) เป็นดัชนีแสดงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ถูกใช้ไปภายใน Domain คำนวณได้จากสมการ

$$DF_{GI} = \frac{WD}{GI} \dots\dots\dots(7)$$

เมื่อ

WD = ปริมาณน้ำที่หมดไป = P + NP

P = การใช้น้ำในกระบวนการ

NP = การใช้น้ำนอกกระบวนการ

GI = ปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด

2) สัดส่วนปริมาณน้ำที่หมดไปเทียบกับปริมาณน้ำที่ใช้งานได้ (Depleted Fraction of Available Water, DF_{AW}) เป็นดัชนีแสดงปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งระเหยหรือหายไปจากพื้นที่พิจารณา คำนวณได้จากสมการ

$$DF_{AW} = \frac{WD}{AW} \dots\dots\dots(8)$$

เมื่อ

WD = ปริมาณน้ำที่หมดไป

AW = ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้

3) สัดส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้ (Process Fraction of Available Water, PF_{AW}) เป็นดัชนีแสดงปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งนำไปใช้ในกระบวนการใช้น้ำของมนุษย์ คำนวณได้จากสมการ

$$PF_{AW} = \frac{P}{AW} \dots\dots\dots(9)$$

เมื่อ

P = การใช้น้ำในกระบวนการ

AW = ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้

4) สัดส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ในภาคเกษตร (Process Fraction of Available Water for Agriculture, PW_{AW-ag}) เป็นดัชนีแสดงปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งนำไปใช้ในกระบวนการใช้น้ำของมนุษย์ เช่นเดียวกับอัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้ (PF_{AW}) แต่มุ่งเน้นไปที่การใช้น้ำและปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ในภาคเกษตร โดยปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ภาคเกษตรได้จากการหักค่าการใช้น้ำนอกภาคเกษตร ได้แก่ การใช้น้ำภายในครัวเรือนและอุตสาหกรรม และการคายระเหยจากป่า

ไม่ ออกจากปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ในภาคเกษตร (PW_{AW-ag}) คำนวณได้จากสมการ

$$PF_{AW-ag} = \frac{ET}{AW_{ag}} \quad \dots\dots\dots(10)$$

เมื่อ ET = ปริมาณการใช้น้ำของพืช
 AW_{ag} = ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ในภาคเกษตร

ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ในภาคเกษตร คำนวณได้จากสมการ

$$PF_{ag} = NI - C - NUO - D_{bnag} \quad \dots\dots\dots(11)$$

เมื่อ NI = ปริมาณน้ำเข้าสู่สุทธิ
 C = ปริมาณน้ำมีพันธะ
 NUO = ปริมาณน้ำไม่มีพันธะใช้ประโยชน์ไม่ได้
 D_{bnag} = ปริมาณน้ำที่หมดไปและเกิดประโยชน์ นอกเหนือจากการใช้น้ำในภาคเกษตร

ปริมาณน้ำที่หมดไปและเกิดประโยชน์ คำนวณได้จากสมการ

$$D_{bnag} = P_{bnag} + B_{bnag} \quad \dots\dots\dots(12)$$

เมื่อ P_{bnag} = การใช้น้ำในกระบวนการ ที่ไม่ใช่การใช้น้ำในภาคเกษตร
 B_{bnag} = ปริมาณการใช้น้ำนอกกระบวนการที่เกิดประโยชน์ แต่ไม่ใช่
 น้ำ ในภาคเกษตร

5) อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่หมดไป (Process Fraction of Depleted Water, PF_{TD}) เป็นดัชนีแสดงปริมาณน้ำที่หมดไปในการเกษตรกรรม เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่หมดไปทั้งหมด คำนวณได้จากสมการ

$$PF_{TD} = \frac{P}{WD} \dots\dots\dots(13)$$

เมื่อ P = การใช้น้ำในกระบวนการ
 WD = ปริมาณน้ำที่หมดไป

6) อัตราส่วนปริมาณการใช้น้ำที่เกิดประโยชน์เทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้หรือประสิทธิภาพของกลุ่มน้ำ (Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency, BU or BE) เป็นดัชนีแสดงปริมาณของปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งระเหยหรือหายไปจาก domain ทั้งโดยการใช้น้ำในกระบวนการและการใช้น้ำนอกกระบวนการ และเกิดประโยชน์ คำนวณได้จากสมการ

$$BU \text{ or } BE = \frac{D_b}{AW} \dots\dots\dots(14)$$

เมื่อ D_b = ปริมาณน้ำที่หมดไปและเกิดประโยชน์
 AW = ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Molden (1997) ได้จัดทำบัญชีสำหรับการใช้น้ำและผลผลิตที่ได้จากน้ำ ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นงานหนึ่งของ SWIM โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อจัดทำรูปแบบมาตรฐานในการวิเคราะห์บัญชีน้ำเพื่อให้สามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ได้ สำหรับการศึกษานี้ได้จำแนกตัวอย่างของพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1) ระดับแปลงนา (Field-Level) พื้นที่ศึกษา คือ Sirsa Cirsa of the Bhakra system ประเทศอินเดีย ในปี ค.ศ.1991 ผลการศึกษาพบว่า มีการส่งน้ำให้พื้นที่เกษตร น้อยกว่าความต้องการใช้น้ำของพืชที่สามารถปลูกได้ นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบผลผลิตทางการเกษตร โดยใช้อัตราส่วนของมวลผลผลิตต่อปริมาณน้ำที่ส่งให้หรือปริมาณการใช้น้ำ สำหรับพืชชนิดเดียวกัน แต่ถ้าวัดเป็นการเปรียบเทียบกับพืชหลาย ๆ ชนิด ควรใช้วิธีการเปรียบเทียบราคาผลผลิตแทน

2) ระดับพื้นที่ชลประทาน (Service-Level) พื้นที่ศึกษา คือ Sirsa Cirsa of the Bhakra system ประเทศอินเดีย ในปี ค.ศ.1977 – 1990 (24 ปี) สำหรับกรณีนี้ ปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่ถูกกำหนดโดยความต้องการน้ำด้านท้ายน้ำ และไม่ได้ทำการแยกการใช้น้ำนอกกระบวนการ ให้คิดเป็นการใช้น้ำในกระบวนการทั้งหมด ดังนั้น อัตราส่วนของ DP ต่อ P จึงมีค่าเท่ากับ 1.0 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรเก็บกักของน้ำได้ดิน 15% ของปริมาณน้ำไหลเข้า โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำได้ดินโดยเฉลี่ย ประมาณ 0.6 เมตร/ปี

3) ระดับลุ่มน้ำ (Basin-Level) พื้นที่ศึกษา คือ High Aswan Dam ประเทศอียิปต์ ทางด้านท้ายน้ำ มีปริมาณน้ำไหลเข้า จากปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากเขื่อน 53.2 พันล้าน ลบ.ม. และจากน้ำใต้ดิน 0.5 พันล้าน ลบ.ม. มีการใช้น้ำในกระบวนการจาก การคายระเหยประมาณ 34.8 พันล้าน ลบ.ม. การใช้น้ำในพื้นที่ชุมชนและอุตสาหกรรม 1.6 พันล้าน ลบ.ม. การใช้น้ำนอกกระบวนการ ประมาณ 3.2 พันล้าน ลบ.ม. รวมการใช้น้ำทั้งหมด 39.6 พันล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่ไหลออก ได้แก่ จากแม่น้ำลงสู่ทะเล 1.8 พันล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำระบายลงทะเล 12.3 พันล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำด้านท้ายน้ำเพื่อการเดินเรือ 1.8 พันล้าน ลบ.ม. รักษาระบบนิเวศ 8 พันล้าน ลบ.ม. เหลือปริมาณน้ำไม่มีพันธะ 4.3 พันล้าน ลบ.ม. ค่าดัชนี DF_{GI} 0.74 ค่า P/DP 0.92 และค่า PF_{AW} 0.83

Molden and Sakthivadivel (1999) ได้มีการจัดทำบัญชีน้ำอีก 5 ประเทศ ประกอบด้วย ประเทศจีน จัดทำบัญชีน้ำในกลุ่มน้ำ Fuyang ประเทศศรีลังกา จัดทำบัญชีน้ำในกลุ่มน้ำ Deduru Oya ประเทศเนปาล จัดทำบัญชีน้ำในกลุ่มน้ำ EastRapti ประเทศอินโดนีเซีย จัดทำบัญชีน้ำในกลุ่มน้ำ Singkarak-Ombilin และประเทศฟิลิปปินส์ จัดทำบัญชีน้ำในกลุ่มน้ำ Pampaga ตอนบน

Taesombut *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษาโครงการ Development of Effective Water Management Institutes ในประเทศไทย ซึ่งพื้นที่ศึกษา คือ ลุ่มน้ำบางปะกง โดยมีการรวมการวิเคราะห์ 3 ส่วนเข้าด้วยกัน คือ การวิเคราะห์บัญชีน้ำ การวิเคราะห์เศรษฐกิจ-สังคม และการวิเคราะห์องค์กร ในส่วนของการวิเคราะห์บัญชีน้ำทำเป็นรายฤดูและรายปี โดยเลือกปี ค.ศ. 1994, 1995 และ 1996 เป็นตัวแทนสำหรับปีฝนปกติ ปีฝนมาก และปีฝนแล้ง พบว่า ปริมาณน้ำเข้าทั้งหมดในฤดูฝนมีปริมาณที่สูงกว่าปริมาณน้ำที่หมดไป แต่ในฤดูแล้งจะน้อยกว่าปริมาณน้ำที่หมดไป

เอกสิทธิ์ และบัญชา (2545) ได้จัดทำบัญชีน้ำโดยแยกการวิเคราะห์การจัดทำบัญชีน้ำออกเป็น 3 ส่วน คือการจัดทำบัญชีน้ำรายปี ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า ลุ่มน้ำแม่กลองอยู่ในสถานะ

กำลังปิด (Closing basin) คือ มีน้ำเหลือใช้ให้นำไปใช้เพิ่มได้มาก การจัดทำบัญชีรายฤดูกาลทั้งลุ่มน้ำ พบว่า อ่างเก็บน้ำมีส่วนที่สำคัญในการเก็บน้ำช่วงฝนตกชุกไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้ง และการจัดทำบัญชีรายปีของกลุ่มน้ำย่อย ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า ตอนบนของกลุ่มน้ำอยู่ในสถานะเปิด (Open basin) ตอนกลางอยู่ในสถานะกำลังปิด และตอนล่างอยู่ในสถานะปิด

ภัสสร (2548) ได้ทำการศึกษาบัญชีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยเน้นการประเมินปริมาณน้ำได้ดินโดยใช้แบบจำลอง MIKE SHE เพื่อจำลองสภาพทางอุทกวิทยา และประเมินปริมาณน้ำได้ดิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบในการวิเคราะห์บัญชีน้ำ นอกจากนี้แบบจำลอง MIKE SHE ยังช่วยให้ทราบทิศทางการไหลของน้ำได้ดิน ที่มีทิศทางการไหลจากขอบเขตแอ่งน้ำได้ดินเข้าสู่ใจกลางแอ่ง และไหลจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ตามทิศทางการไหลของแม่น้ำปิง จากการวิเคราะห์ดัชนีบัญชีน้ำ พบว่าค่า DF_{GI} ของช่วงฤดูฝนมีค่าน้อยกว่าฤดูแล้งแสดงว่าในฤดูแล้งปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไปมากกว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้า ค่า DF_{AW} มีค่าเข้าใกล้ 1 ถือว่ามีการใช้น้ำอย่างเต็มความสามารถ แต่เมื่อพิจารณาการใช้น้ำในกระบวนการพบว่ายังมีปริมาณน้อย เนื่องจากสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นป่าไม้มาก ทำให้เกิดการใช้น้ำนอกกระบวนการมาก และเมื่อมองภาพรวมของทั้งลุ่มน้ำพบว่า ค่า BU ของลุ่มน้ำปิงตอนบนมีค่า 0.94 แสดงว่าการใช้น้ำในพื้นที่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

สภาพทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)

1. สภาพที่ตั้ง

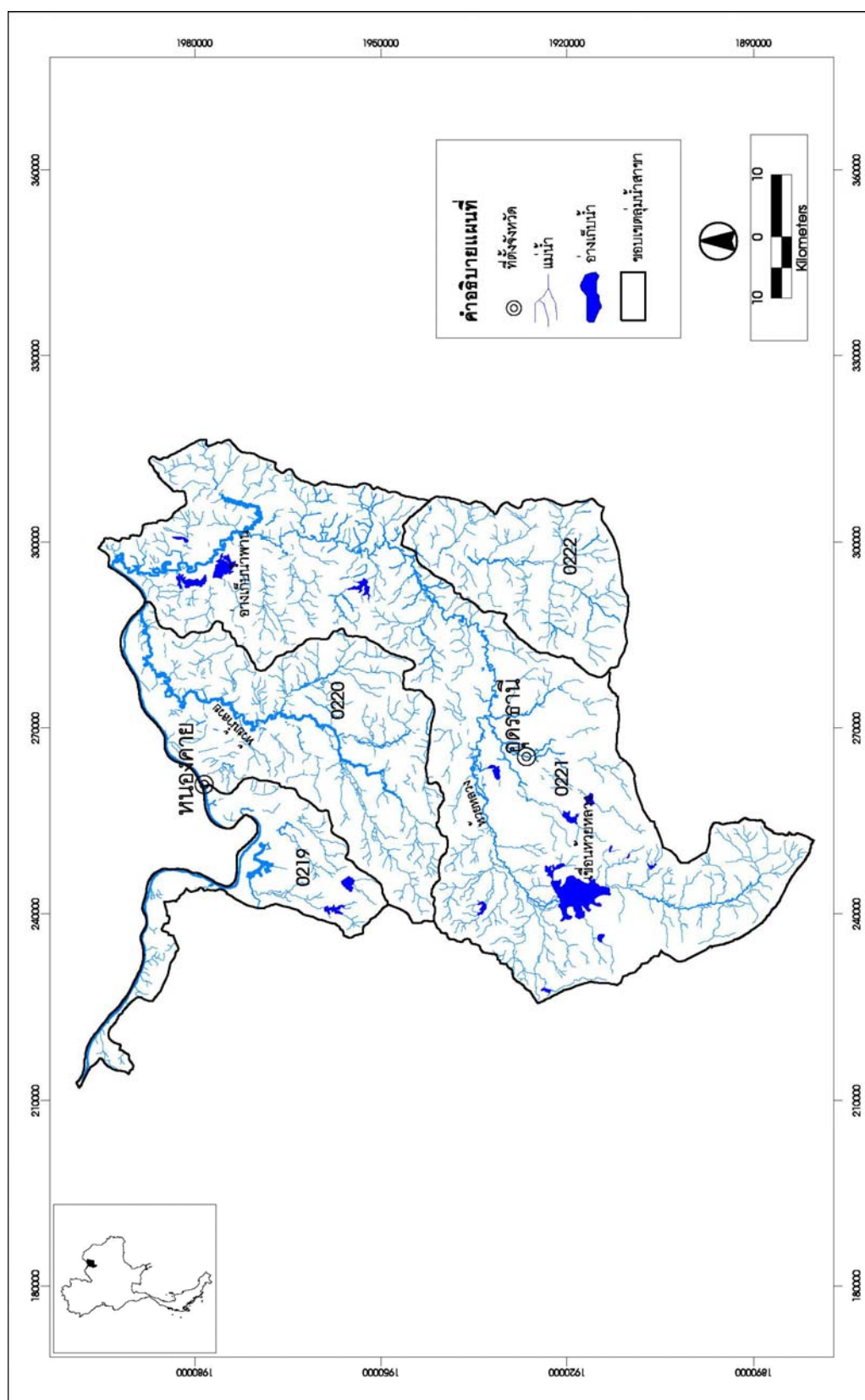
ลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 46,932 ตร.กม. ครอบคลุมพื้นที่ใน 9 จังหวัด ประกอบด้วยจังหวัดเลย หนองคาย อุดรธานี หนองบัวลำภู สกลนคร นครพนม มุกดาหาร อำนาจเจริญ และจังหวัดอุบลราชธานี ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ $15^{\circ}00'$ เหนือถึงเส้นรุ้งที่ $18^{\circ}30'$ เหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ $100^{\circ}50'$ ตะวันออกถึงเส้นแวงที่ $105^{\circ}40'$ ตะวันออก ทิศเหนือติดกับประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำชี ลุ่มน้ำมูล ทิศตะวันออกติดกับประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำน่าน

2. สภาพภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปจัดเป็นพื้นที่ราบสูง มีระดับอยู่เหนือระดับน้ำทะเลปานกลางระหว่าง 100-200 ม.รทก. มีเทือกเขาทางด้านทิศใต้และทิศตะวันตกของลุ่มน้ำ เทือกเขาที่สำคัญ คือ เทือกเขาเพชรบูรณ์ ดงพญาเย็น ภูพาน และพนมดงรัก ทำให้พื้นที่ของลุ่มน้ำด้านทิศตะวันตก และทิศใต้มีแนวเขาเป็นตัวแบ่งเขตมีลาดเทจากทิศใต้ไปทิศเหนือ เป็นแหล่งกำเนิดของแม่น้ำที่สำคัญ คือ แม่น้ำเลย น้ำโมง น้ำสวย ห้วยหลวง แม่น้ำสงคราม ห้วยน้ำคำ เป็นต้น

3. สภาพลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) ประกอบด้วย 29 ลุ่มน้ำสาขา สำหรับลุ่มน้ำที่จะใช้ในการศึกษาสมดุลน้ำและบัญชีน้ำจะเลือกพิจารณาลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวง และห้วยดาน ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยตั้งอยู่บริเวณตอนกลางของลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) มีพื้นที่ต่อเนื่องกัน มีแม่น้ำสายสำคัญซึ่งไหลลงสู่แม่น้ำโขง ได้แก่ น้ำสวย และห้วยหลวง



ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 (รหัสลุ่มน้ำสาขา 0219) มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 553.45 ตร.กม. หรือ 345,908.6 ไร่ อยู่ในพื้นที่อำเภอบ้านฝ้อ จังหวัดอุดรธานี อำเภอเมือง และอำเภอท่าบ่อ จังหวัดหนองคาย สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบลุ่มริมแม่น้ำโขง มีหนอง บึง กระจายอยู่ในพื้นที่ค่อนข้างมาก และมีลำน้ำสายสั้น ๆ หลายสายไหลลงสู่แม่น้ำโขงโดยตรง

ลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย (รหัสลุ่มน้ำสาขา 0220) มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 1,336.96 ตร.กม. หรือ 835,601.1 ไร่ อยู่ในพื้นที่อำเภอสระใคร อำเภอเมืองหนองคาย อำเภอโพนพิสัย จังหวัดหนองคาย อำเภอบ้านฝ้อ อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบเรียบโดยเฉพาะบริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำ จะมีหนอง บึง กระจายอยู่ทั่วไป ส่วนพื้นที่ตอนบนจะมีลักษณะเป็นพื้นที่ลาดและเนินเตี้ยๆ เล็กน้อย

ลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง (รหัสลุ่มน้ำสาขา 0221) มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 3,417.64 ตร.กม. หรือ 2,136,023.1 ไร่ อยู่ในพื้นที่อำเภอเมืองหนองบัวลำภู จังหวัดหนองบัวลำภู อำเภอกุดจับ อำเภอเมืองอุดรธานี อำเภอหนองหาน อำเภอเพ็ญ อำเภอสร้างคอม อำเภอบ้านดุง อำเภอพิบูลย์รักษ์ จังหวัดอุดรธานี อำเภอโพนพิสัย จังหวัดหนองคาย บริเวณที่ราบลุ่มจะอยู่ตามแนวลำน้ำห้วยหลวงตอนใต้ของลุ่มน้ำมีแนวเขาภูพานโอบจากด้านทิศตะวันตกมาถึงทิศใต้ พื้นที่ลาดชันลงมาจนสุดแนวที่เขื่อนห้วยหลวง พื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าว พืชไร่ กระจายทั้งลุ่มน้ำ ยกเว้นทางตอนใต้ของลุ่มน้ำซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าต้นน้ำ

ลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน (รหัสลุ่มน้ำสาขา 0222) พื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 675.77 ตร.กม. หรือ 422,353.4 ไร่ อยู่ในพื้นที่อำเภอหนองหาน อำเภอพิบูลย์รักษ์ อำเภอทุ่งฝน อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบพื้นที่ลาดจากทางทิศใต้และทิศตะวันออกมาทางทิศเหนือ ระดับความสูงของพื้นที่อยู่ที่ประมาณ 170-190 ม.รทก.

ตารางที่ 1 สรุปรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่พิจารณา

รหัสลุ่มน้ำสาขา	รายชื่อลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่ลุ่มน้ำ	
		(ตร.กม.)	(ไร่)
0219	แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	553.45	345,909
0220	น้ำสวย	1,336.96	835,601
0221	ห้วยหลวง	3,417.64	2,136,023
0222	ห้วยดาน	675.77	422,353

4. สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และ ตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งได้รับอิทธิพลของพายุดีเปรสชันจากทะเลจีนใต้เป็นผลให้มีฝนตกหนักในฤดูฝน อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 25.5 – 26.9 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุดในเดือนเมษายนและต่ำสุดในเดือนมกราคม อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 26.3 องศาเซลเซียส (กรมทรัพยากรน้ำ, 2549)

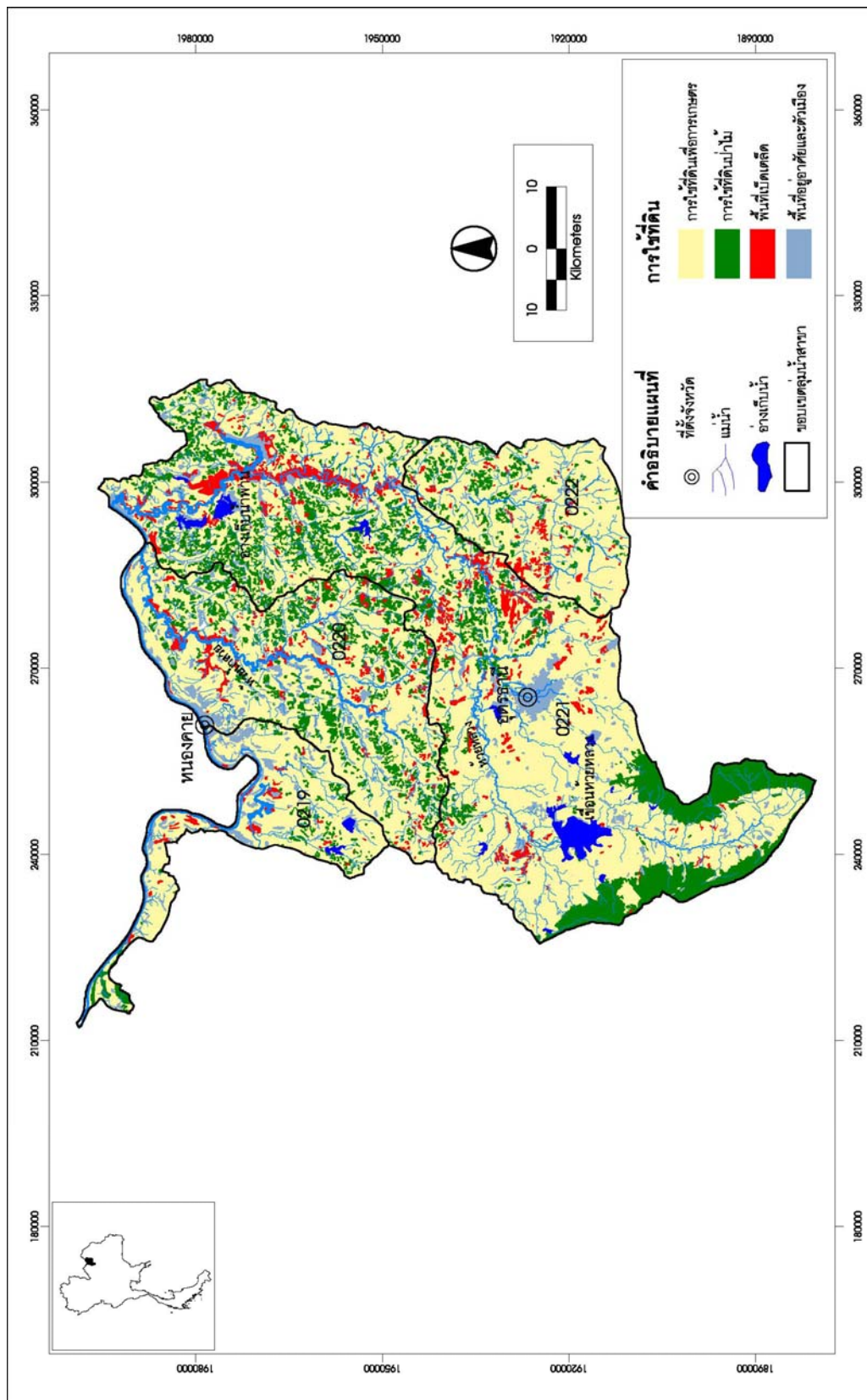
5. สภาพอุทกวิทยา

ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำมีค่าผันแปรมากพอสมควร มีค่าอยู่ระหว่าง 805.39 – 2999.93 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีเป็น 1,557.61 มิลลิเมตร โดยจะตกมากในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงตุลาคม บริเวณที่มีฝนตกหนักตั้งอยู่ทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของลุ่มน้ำซึ่งได้รับอิทธิพลจาก พายุดีเปรสชันหรือพายุโซนร้อน ที่เกิดในทะเลจีนใต้

ปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำมีปริมาณแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ และ ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ ความสามารถในการให้น้ำ (Runoff Yield) มีค่าอยู่ระหว่าง 7.02 – 30.84 ลิตร/วินาที/ตร.กม. โดยพื้นที่ที่มีความสามารถในการให้น้ำท่าสูงจะสอดคล้องกับพื้นที่ที่มีฝนตกชุก

6. สภาพการใช้ที่ดิน

สภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาทำโดยใช้ข้อมูลสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2547 ของกรมพัฒนาที่ดิน ดังแสดงในภาพที่ 6 ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 5 ประเภทหลักด้วยกันคือ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่แหล่งน้ำ สำหรับพื้นที่ เกษตรกรรมยังแบ่งออกเป็นพื้นที่ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน สามารถสรุปได้ดัง ตารางที่ 2



ภาพที่ 6 สภาพการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)

ตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินรายลุ่มน้ำสาขา

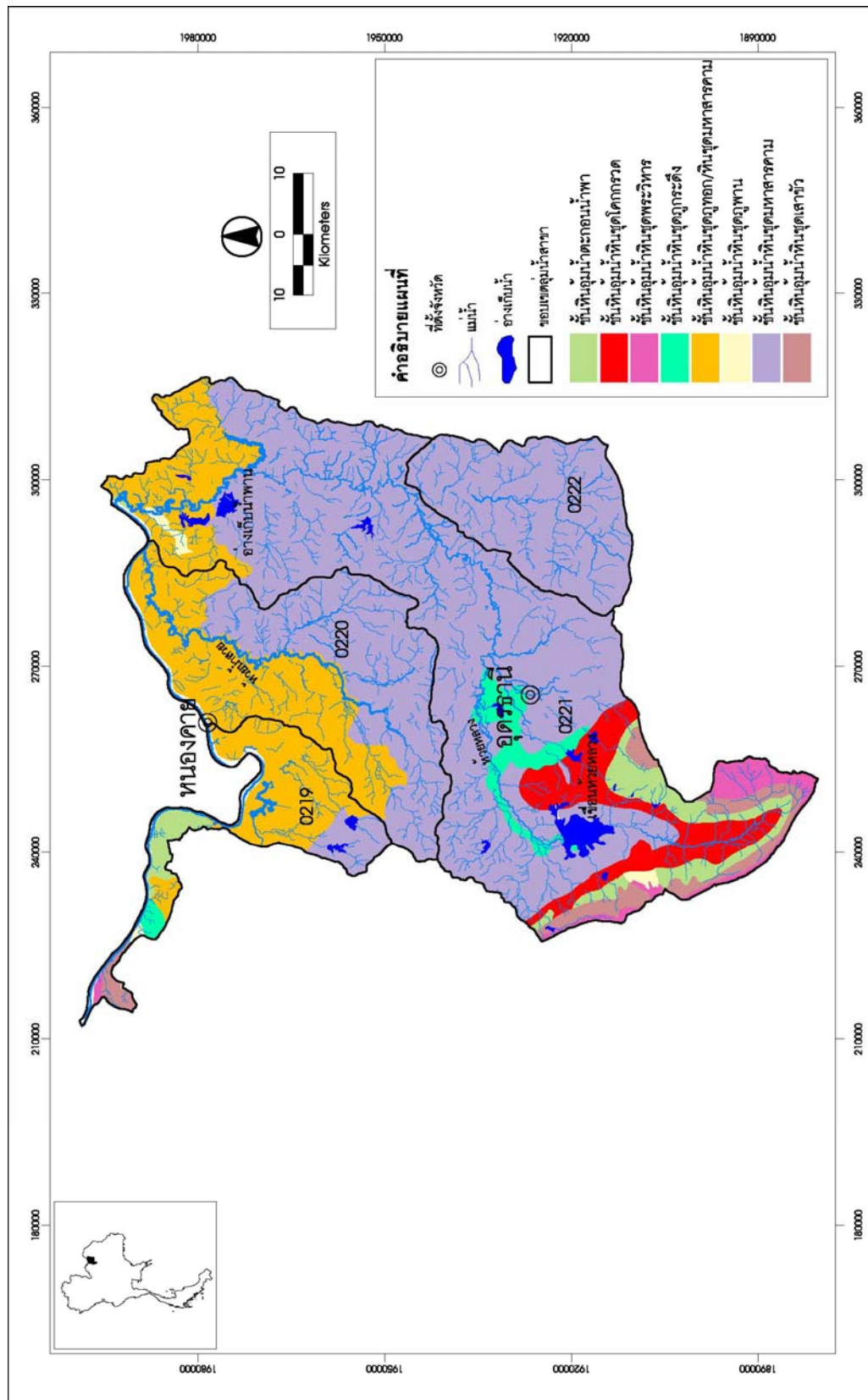
ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ไร่)	สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ไร่)				
		เกษตรกรรม	ป่าไม้	เบ็ดเตล็ด	ที่อยู่อาศัย	แหล่งน้ำ
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	345,909	256,851.03	33,858.34	12,037.88	22,348.61	20,812.71
น้ำสวย	835,601	626,810.09	115,604.82	42,932.32	34,941.44	15,312.40
ห้วยหลวง	2,136,023	1,530,391.59	357,688.20	117,355.90	61,973.15	68,614.23
ห้วยดาน	422,353	368,390.46	33,082.29	15,046.70	3,367.39	2,466.60

ที่มา : สภาพการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2547 กรมพัฒนาที่ดิน

7. สภาพอุทกธรณี

สภาพอุทกธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือประกอบด้วยหินชั้น (Sedimentary Rock) ประเภทหินทราย (Sandstone) หินดินดาน (Shale) และหินทรายแป้ง (Siltstone) และแม้ว่าจะมีหินอื่นๆ เช่น หินปูนหรือตะกอนกรวดทรายที่จะจำกัดอยู่ในที่ราบลุ่มขนาดเล็กซึ่งจะเป็นเพียงส่วนน้อยของพื้นที่ (รายงานศึกษาความเหมาะสมโครงการ โขง ชี มูล, 2535) แหล่งน้ำบาดาลแบ่งได้ 2 ประเภท คือ แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน (Unconsolidated rocks aquifer) และแหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง (Consolidated rocks aquifer) จากผลสำรวจบ่อน้ำบาดาลพบว่าประมาณร้อยละ 90 ของบ่อน้ำบาดาลได้น้ำจากชั้นหินแข็ง ที่เหลือร้อยละ 10 ได้น้ำจากชั้นกรวดทราย ภาพที่ 7 แสดงแผนที่อุทกธรณีวิทยาในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาของแม่น้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)

ปริมาณน้ำบาดาลที่เก็บกักอยู่ในชั้นน้ำบาดาลของพื้นที่ลุ่มน้ำมีค่าประมาณ 3,500 ล้าน ลบ.ม. มีศักยภาพที่จะนำมาพัฒนาได้ประมาณ 420 ล้าน ลบ.ม. ข้อมูลการเจาะสำรวจบ่อน้ำบาดาลและบ่อน้ำตื้นในลุ่มน้ำพบว่าปริมาณน้ำที่สูบขึ้นมาใช้มีค่า 185 ล้าน ลบ.ม.



ภาพที่ 7 แผนที่ลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)

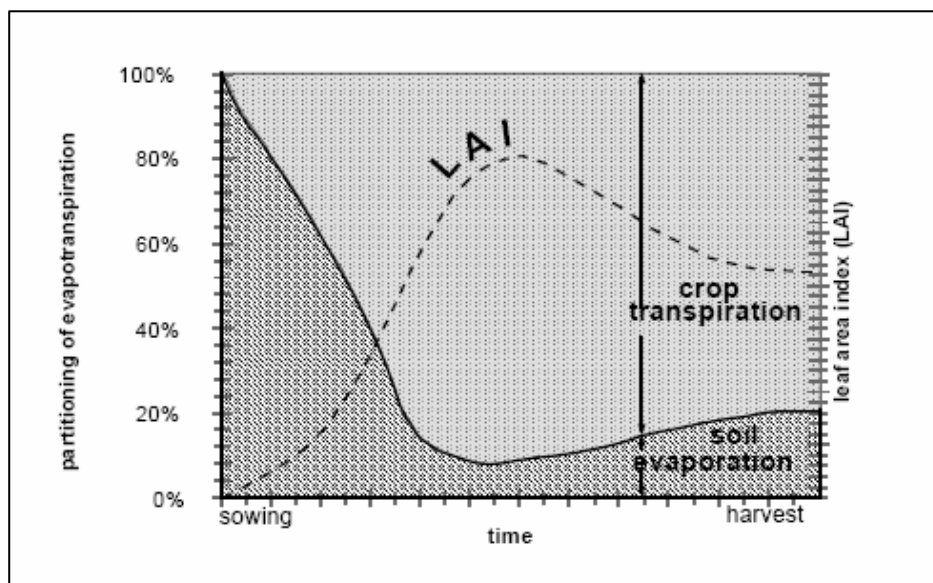
การคายระเหยของพืช

ปริมาณการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำเมื่อพิจารณาตามสัดส่วน พบว่าส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้เพื่อการเพาะปลูก การศึกษาความต้องการใช้น้ำของพืชจึงมีความสำคัญต่อการศึกษาปริมาณน้ำที่ถูกใช้และหมดไปในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นตัวแปรหนึ่งในการวิเคราะห์บัญชีน้ำ ในการศึกษาความต้องการใช้น้ำของพืชจึงได้นำการศึกษาของ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) ในหัวข้อ FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับการคายระเหยของพืช ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการศึกษาความต้องการใช้น้ำของพืชได้สามารถสรุปประเด็นได้ดังนี้

1. หลักการศึกษาและพิจารณาการคายระเหยของพืช

การคายระเหยของพืชเป็นกระบวนการที่พืชนำน้ำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตโดยปริมาณน้ำจะสูญเสียไปในสองทางคือ การระเหยบนผิวดินและการคายน้ำของพืช

การระเหยบนผิวดินมีปัจจัยหลักเกิดจาก แสงแดดที่ตกกระทบผิวดิน อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และความเร็วลม ส่วนปัจจัยรองลงมาได้แก่ ปริมาณน้ำที่มีในดิน ร่มเงาของต้นไม้บนผิวดิน และปริมาณฝนหรือปริมาณน้ำที่ให้แก่พื้นที่ ส่วนการคายน้ำของพืชขึ้นกับปัจจัยหลักอันได้แก่ ประเภทของพืช และช่วงอายุของพืชจะมีผลให้การคายน้ำของพืชแตกต่างกันไป นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่เกิดจากลักษณะการเพาะปลูก การให้น้ำแก่พืช สภาพแวดล้อมรวมถึงความเค็มของดิน ความสัมพันธ์ระหว่างการระเหยและการคายน้ำของพืชจึงรวมเป็นการคายระเหยของพืชซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 8 จากกราฟจะพบว่าเมื่อเริ่มทำการเพาะปลูก การระเหยจากผิวดินจะเกิดขึ้นมากกว่าการคายน้ำของพืชทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนของพื้นที่ผิวใบมีน้อยกว่าพื้นที่ผิวดิน เมื่อเวลาผ่านไปการคายน้ำจะเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของพืชจนกระทั่งพืชโตเต็มวัยและเริ่มเก็บเกี่ยว ค่าการคายน้ำจึงลดลง



ภาพที่ 8 สัดส่วนการระเหยและการคายน้ำของพืชตามการเจริญเติบโตในแต่ละช่วงอายุของพืช
ที่มา: FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56 (1998)

2. การคายระเหยของพืช

การคำนวณปริมาณการคายระเหยของพืชเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายด้านทั้งสภาพภูมิอากาศ ชนิดของพืช การจัดการและการให้น้ำแก่พืชรวมถึงสภาพแวดล้อมซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณการคายระเหยซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 9

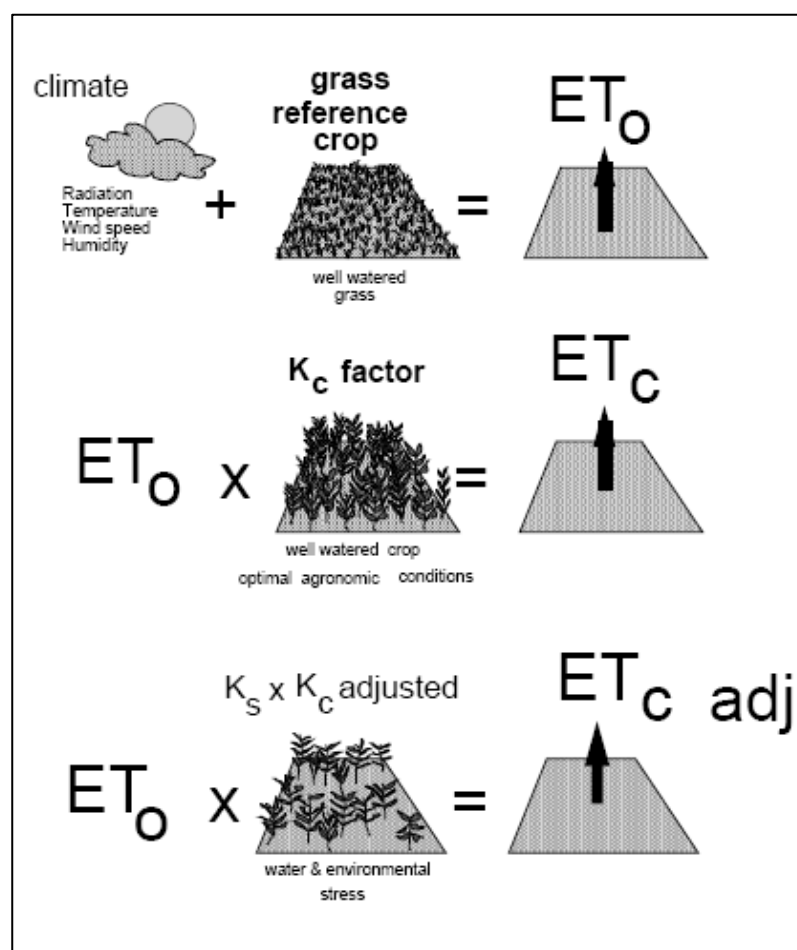
การคายระเหยของพืชในสภาวะที่มีการจัดการในเรื่องดิน ปุ๋ยและการให้น้ำอย่างสมบูรณ์ รวมถึงมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกและเจริญเติบโตของพืชสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$ET_c = \text{ปริมาณการคายระเหยของพืช, mm/month}$$

$$K_c = \text{สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช}$$

$$ET_0 = \text{ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง, mm/month}$$



ภาพที่ 9 การคำนวณหาการคายระเหยของพืช

ที่มา: FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56 (1998)

ส่วนการคายระเหยของพืชในสถานะที่ต่างไปจากที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น เช่น ขาดการดูแลเรื่องโรคและศัตรูพืช ความเค็มของดิน การให้ปุ๋ยและน้ำแก่พืชไม่เพียงพอ ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและทำให้อัตราการคายระเหยของพืชลดลง โดยการคูณค่าปริมาณการคายระเหยของพืชในสถานะปกติด้วยสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในสถานะปริมาณน้ำจำกัด (Water stress coefficient, K_s) ดังสมการ

$$ET_c \text{ adj} = K_s \times ET_c \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$ET_c \text{ adj} = \text{ปริมาณการคายระเหยของพืชในสถานะจำกัด, mm/month}$$

$$K_s = \text{สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในสถานะปริมาณน้ำจำกัด}$$

2.1 การคายระเหยของพืชอ้างอิง

การคำนวณปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_0) โดยวิธี FAO Penman – Monteith หลักการคำนวณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเกี่ยวข้องกับตัวแปรต่างๆ ของสภาพภูมิอากาศ หรือกล่าวได้ว่า การคายระเหยของพืชอ้างอิงเป็นพลังงานที่ใช้สำหรับการระเหยในพื้นที่เฉพาะ ในช่วงเวลาต่างๆ ของปี โดยไม่คำนึงถึงคุณลักษณะของพืชและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดิน สามารถแสดงได้ดังสมการดังนี้

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad \dots\dots\dots(17)$$

เมื่อ	ET_0	=	ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง, mm/day
	R_n	=	Net radiation, MJ/m ² /day
	G	=	Soil heat flux density, MJ/m ² /day
	T	=	อุณหภูมิที่ความสูง 2 ม. จากผิวดิน, °C
	u_2	=	ความเร็วลมที่ความสูง 2 ม. จากผิวดิน, m/s
	e_s	=	Saturation vapour pressure, kPa
	e_a	=	Actual vapour pressure, kPa
	$e_s - e_a$	=	Saturation vapour pressure deficit, kPa
	Δ	=	Slope vapour pressure curve, kPa / °C
	γ	=	Psychrometric constant, kPa / °C

การคำนวณปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง มีขั้นตอนดังนี้

- 1) หาค่าอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ค่าความสูงจากระดับน้ำทะเล (Z) ค่าความเร็วลมเฉลี่ย (u_2) ซึ่งสามารถหาข้อมูลได้จากสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ
- 2) คำนวณหาค่า Saturation vapour pressure (e_s), Actual vapour pressure (e_a) เพื่อนำไปคำนวณหาค่า Vapour pressure deficit ($e_s - e_a$)
- 3) คำนวณหาค่า Net radiation (R_n) ซึ่งเป็นผลต่างระหว่าง Net shortwave radiation (R_{ns}) และ Net longwave radiation (R_{nl})

- 4) ทำการแปลงหน่วยจาก MJ/m²/day ให้เป็น มม./วัน โดยการคูณด้วยค่า 0.408
- 5) คำนวณหาค่าการคายระเหยของพืชของพืชอ้างอิง (ET₀)

รายละเอียดและผลการคำนวณแสดงในภาคผนวก

2.2 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

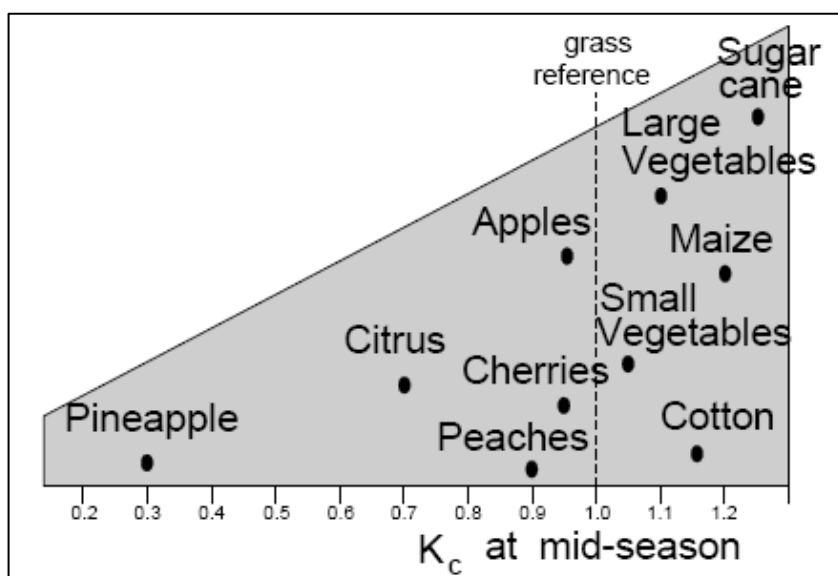
สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) เป็นค่าที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบปริมาณการคายระเหยของพืชกับปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง พืชแต่ละชนิดจะให้ค่า K_c ที่ต่างกัน อายุของพืชในแต่ละช่วง การระเหยของน้ำในดินและสภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่า K_c เช่นกัน สามารถสรุปปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชได้ดังต่อไปนี้

1) ประเภทของพืช : ลักษณะของใบพืชที่แตกต่างกันมีผลต่ออัตราส่วนระหว่างแสงที่สะท้อนออกจากพื้นที่ผิวและแสงทั้งหมดที่ตกกระทบ ซึ่งขึ้นกับจำนวนใบของพืช ความสูงของลำต้นพืช การหมุนเวียนของอากาศบริเวณพื้นที่ปลูกพืช ลักษณะของปากใบพืชมีผลต่อการคายระเหยภาพที่ 10 แสดงค่า K_c ของพืชชนิดต่างๆ ที่โตเต็มวัย

2) สภาพภูมิอากาศ : สภาพภูมิอากาศที่ต่างจากสภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์การคายระเหยของพืชอ้างอิงมาก เช่น บริเวณพื้นที่ที่มีความเร็วลมสูง มีผลทำให้ค่า K_c สูง ส่วนพื้นที่ที่มีความชื้นสูง ลมค่อนข้างสงบ จะทำให้ค่า K_c ต่ำ ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศกับช่วงของค่า K_c ของพืชชนิดต่างๆ ที่โตเต็มวัย

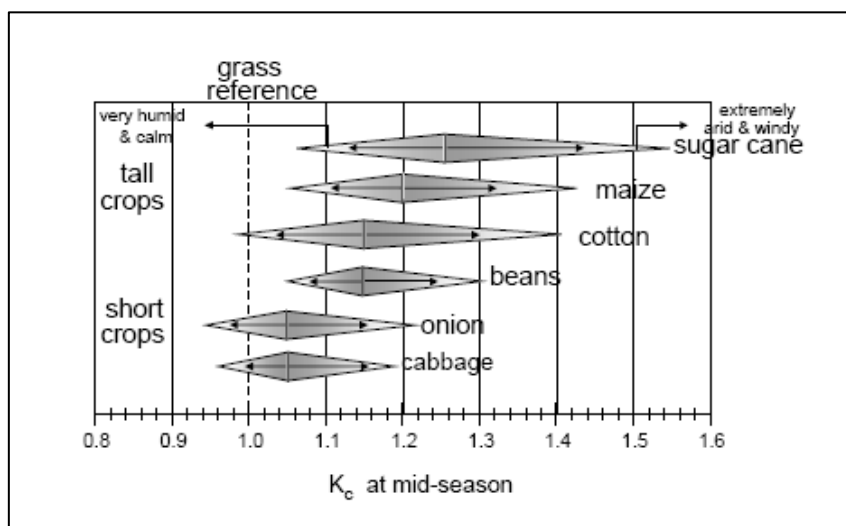
3) การระเหยของน้ำในดิน : ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นว่าเมื่อเริ่มทำการเพาะปลูก ปริมาณการระเหยของน้ำจากผิวดินจะมีปริมาณมากกว่าการคายน้ำของพืช ดังนั้นในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของพืช ค่าการระเหยจะมีผลต่อค่า K_c ของพืชมากกว่าการคายน้ำ และเมื่อพืชโตเต็มวัยแล้ว ปัจจัยที่มีผลต่อค่า K_c จะเป็นการคายน้ำของพืช ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 12

4) ช่วงอายุของพืช : เมื่อพืชเริ่มเจริญเติบโต ทำให้เกิดร่มเงาปกคลุมดินและจะมากขึ้นตามอายุของพืช รวมถึงประเภทของพืช เช่น พืชที่ปลูกรายปี พืชล้มลุก ไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 13 การเจริญเติบโตของพืชซึ่งมีผลต่อค่า K_c สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 14



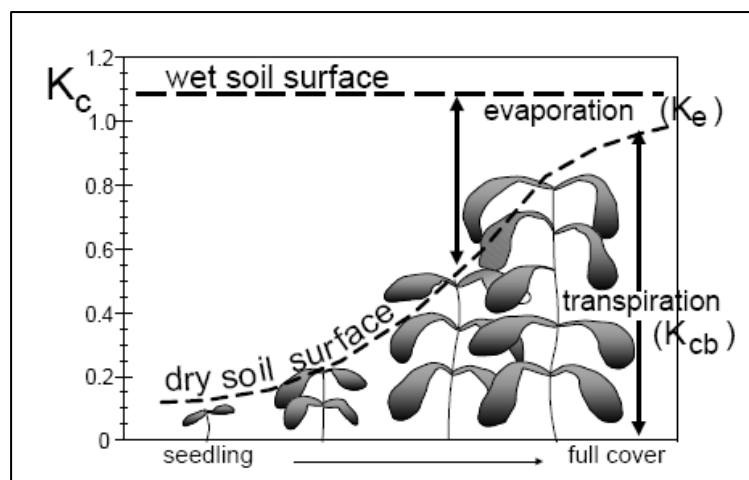
ภาพที่ 10 ค่า K_c ของพืชชนิดต่างๆ ที่โตเต็มวัย

ที่มา : FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56 (1998)



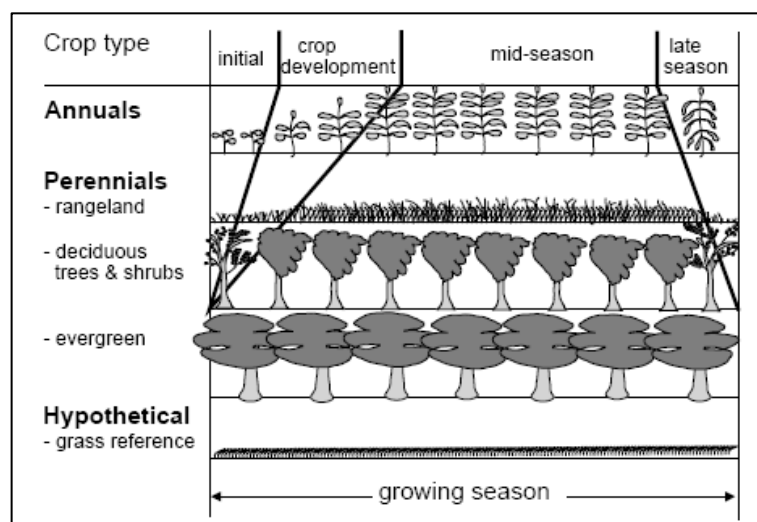
ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศกับช่วงของค่า K_c ของพืชชนิดต่างๆ ที่โตเต็มวัย

ที่มา : FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56 (1998)



ภาพที่ 12 การระเหยของน้ำในดินที่มีผลต่อค่า K_c ของพืช

ที่มา : FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56 (1998)



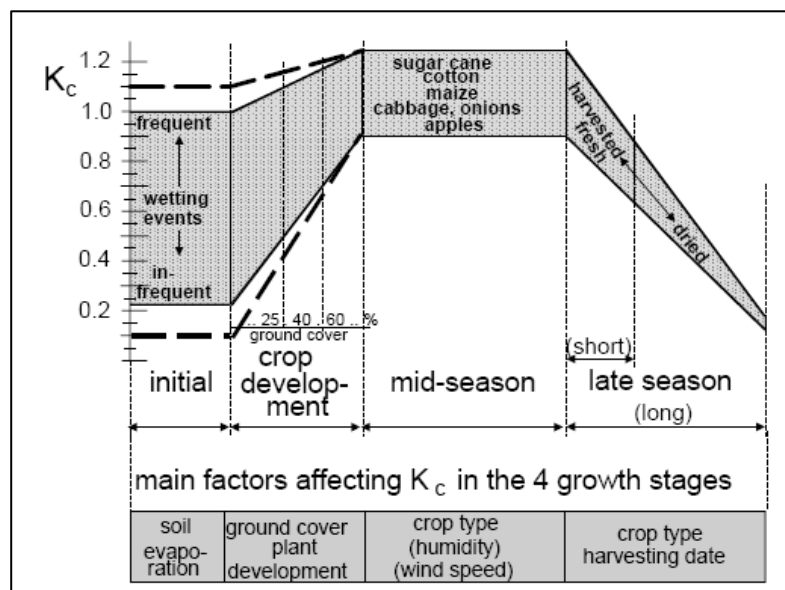
ภาพที่ 13 การเจริญเติบโตของพืชประเภทต่างๆ ในแต่ละช่วงอายุ

ที่มา : FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56 (1998)

2.3 การคายระเหยของพืชในสภาวะปริมาณน้ำจำกัด

การคำนวณปริมาณการคายระเหยของพืชภายใต้สภาวะที่การจัดการการเพาะปลูกไม่มีประสิทธิภาพ ขาดการบำรุงดินและปุ๋ย ปริมาณน้ำที่ให้ไม่เพียงพอแก่พืช ขาดการจัดการเรื่องโรค ศัตรูพืช และความเค็มของดินทำให้พืชเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์ การคายระเหยของพืชจึงต่างไปจาก

สภาวะปกติ ซึ่งจะเกิดขึ้นบริเวณพื้นที่เกษตรนอกเขตชลประทาน (พื้นที่เกษตรน้ำฝน) ที่มีปัญหาหลักคือขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ การลดค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) โดยคูณด้วยสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในสภาวะปริมาณน้ำจำกัด ดังสมการที่ (16) เพื่อคำนวณหาปริมาณการคายระเหยในสภาวะปริมาณน้ำจำกัด



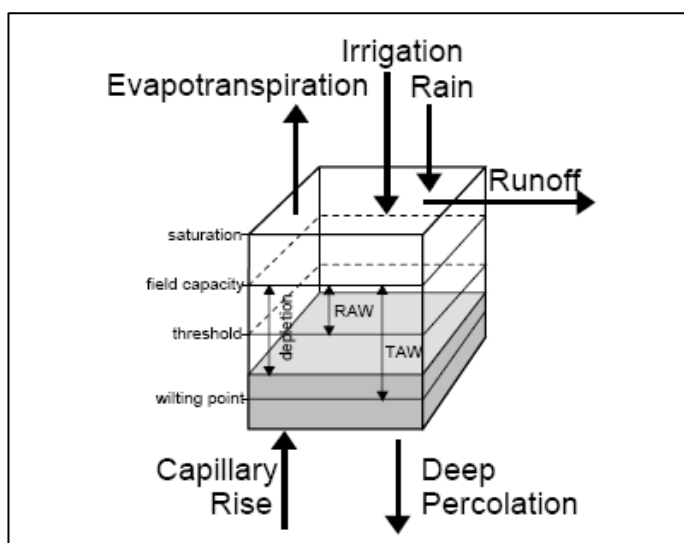
ภาพที่ 14 ค่า K_c ในแต่ละช่วงอายุของพืช

ที่มา : FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56 (1998)

การประเมินค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในสภาวะจำกัดจะต้องพิจารณาสมดุลของน้ำในเขตรากพืชดังในภาพที่ 15

2.3.1 ปริมาณน้ำทั้งหมดในเขตรากที่พืชสามารถนำมาใช้ได้

ปริมาณน้ำทั้งหมดในเขตรากที่พืชสามารถนำมาใช้ได้ (Total available water, TAW) เป็นปริมาณน้ำที่ดินเก็บกักไว้และอยู่ในเขตรากพืช ขึ้นกับคุณสมบัติของดินแต่ละชนิดที่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้และความยาวของรากพืช Water content ของดินแต่ละประเภทแสดงในตารางที่ 3 สามารถสรุปความสัมพันธ์ได้ดังนี้



ภาพที่ 15 สมดุลของน้ำในเขตรากพืช

ที่มา : FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56 (1998)

$$TAW = 1000 (\theta_{FC} - \theta_{WP}) Z_r \quad \dots\dots\dots(18)$$

TAW = ปริมาณน้ำทั้งหมดในเขตรากที่พืชสามารถนำมาใช้ได้, mm

θ_{FC} = Water content at field capacity, (m^3 / m^3)

θ_{WP} = Water content at wilting point, (m^3 / m^3)

Z_r = ความลึกของรากพืช, m

ตารางที่ 3 Water content ของดินแต่ละประเภท

Soil Type	θ_{FC} (m^3 / m^3)	θ_{WP} (m^3 / m^3)	$\theta_{FC} - \theta_{WP}$ (m^3 / m^3)
Sand	0.07 – 0.17	0.02 – 0.07	0.05 – 0.11
Loamy sand	0.11 – 0.19	0.03 – 0.10	0.06 – 0.12
Sandy loam	0.18 – 0.28	0.06 – 0.16	0.11 – 0.15
Loam	0.20 – 0.30	0.07 – 0.17	0.13 – 0.18
Silt loam	0.22 – 0.36	0.09 – 0.21	0.13 – 0.19
Silt	0.28 – 0.36	0.12 – 0.22	0.16 – 0.20
Silt clay loam	0.30 – 0.37	0.17 – 0.24	0.13 – 0.18
Silty clay	0.30 – 0.42	0.17 – 0.29	0.13 – 0.19
Clay	0.32 – 0.40	0.20 – 0.24	0.12 – 0.20

ที่มา : FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56 (1998)

2.3.2 ปริมาณน้ำในเขตรากที่พืชพร้อมนำมาใช้ได้

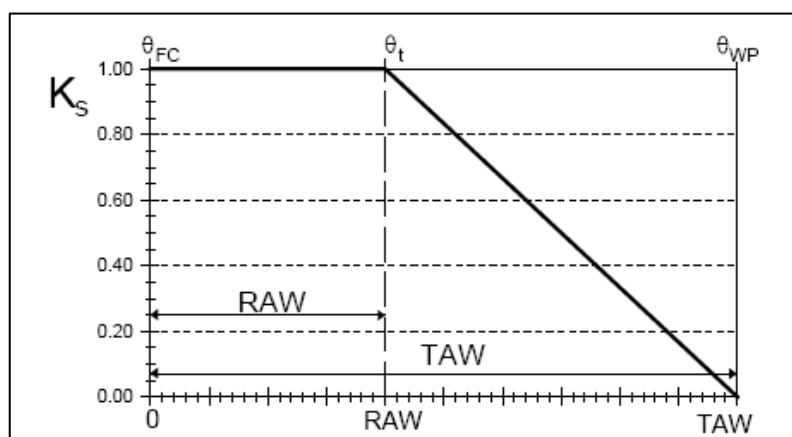
ปริมาณน้ำในเขตรากที่พืชพร้อมนำมาใช้ได้ (Readily available water, RAW) เป็นปริมาณน้ำในเขตรากที่พืชพร้อมนำมาใช้ได้ก่อนที่จะถึงจุดขีดจำกัด (Threshold) สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$RAW = p \text{ TAW} \quad \dots\dots\dots(19)$$

$$RAW = \text{ปริมาณน้ำในเขตรากที่พืชพร้อมนำมาใช้ได้, mm}$$

$$p = \text{สัดส่วนของปริมาณน้ำทั้งหมดในเขตราก, (0-1)}$$

เมื่อปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไปมากเกินไปเกินกว่าค่า RAW พืชต้องใช้พลังงานมากขึ้นเพื่อดึงน้ำมาใช้ในกระบวนการคายระเหย ทำให้ปริมาณการคายระเหยของพืชลดลง ค่า K_s จึงเป็นค่าปรับลดปริมาณการคายระเหยของพืชในกรณีที่ปริมาณน้ำหรือความชื้นในดินลดลงต่ำกว่าบริเวณขีดจำกัดนั่นเอง ความสัมพันธ์ระหว่าง K_s กับปริมาณน้ำในเขตรากพืชสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่าง K_s กับปริมาณน้ำในเขตรากพืช

ที่มา : FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56 (1998)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไมโครคอมพิวเตอร์ และเครื่องพิมพ์ 1 ชุด
2. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 และ 1:250,000 ของกรมแผนที่ทหาร
3. แผนที่อุทกธรณีวิทยาลุ่มน้ำโขง-ชี-มูล และแผนที่น้ำบาดาลรายจังหวัด ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
4. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ของกรมพัฒนาที่ดิน
5. ข้อมูลลักษณะทางกายภาพภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ ที่ตั้งและขอบเขตของพื้นที่ศึกษา ข้อมูลทางด้านอุทกนิยมนิคมวิทยาและอุทกวิทยา พื้นที่ชลประทานและความต้องการใช้น้ำ ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลทรัพยากรดินและการใช้ที่ดิน และข้อมูลน้ำใต้ดิน
6. เครื่องมือวัดพื้นที่ (Planimeter)

วิธีการ

1. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาและวิจัยประกอบด้วย ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา อุทกวิทยา สภาพภูมิประเทศ ลักษณะการใช้ที่ดิน ทรัพยากรดิน และความต้องการใช้น้ำในด้านต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ

ทำการรวบรวมข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยดาน ซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) โดยเป็นแผนที่ของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 เพื่อใช้ศึกษาลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ลุ่มน้ำ ความยาวลำน้ำ รวมถึงการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งได้แสดงการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยไว้ดังภาพที่ 5

1.2 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

1.2.1 สภาพภูมิอากาศ

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศประกอบด้วย ข้อมูลอุณหภูมิ ความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณการระเหยจากผิวดิน การระเหย ความชื้นของเมฆ และความเร็วลม โดยทำการรวบรวมจากรายงานสถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 30 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2514 - 2543

การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศเพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา ได้เลือกใช้ข้อมูลของสถานีตรวจวัดที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี และอำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย เป็นข้อมูลจากรายงานสถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 30 ปี ก็ีระหว่างปี พ.ศ. 2514 – 2543 ดังแสดงในตารางที่ 4 และตารางที่ 5 ตามลำดับ และสามารถสรุปข้อมูลค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญในพื้นที่ศึกษาได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 4 ข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ อ.เมือง จ.อุดรธานี

	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
ความดันบรรยากาศ (มิลลิบาร์)													
เฉลี่ย	1014.02	1011.77	1009.42	1007.57	1006.41	1004.81	1004.71	1004.87	1007.52	1010.61	1013.44	1015.36	1009.21
สูงสุด	1028.32	1025.64	1026.66	1021.42	1015.44	1011.84	1012.4	1012.97	1016.22	1020.94	1025.02	1027.2	1028.32
ต่ำสุด	1001.54	999.08	998.28	996.36	998.08	993.79	995.18	993.6	995.84	999.9	1003.11	1003.54	993.6
อุณหภูมิ (°C)													
เฉลี่ย	22.6	24.9	28	29.6	28.7	28.5	28.1	27.7	27.5	26.8	24.7	22.1	26.6
สูงสุดเฉลี่ย	29.7	31.9	34.7	35.7	34	32.9	32.3	31.7	31.6	31.2	30.2	28.7	32.1
ต่ำสุดเฉลี่ย	16.4	18.8	21.9	24.3	24.8	25	24.8	24.6	24.2	22.9	19.6	16.2	22
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)													
เฉลี่ย	64	62	59	63	74	77	78	80	81	75	68	65	71
สูงสุดเฉลี่ย	86	82	79	82	89	90	90	92	93	90	88	89	88
ต่ำสุดเฉลี่ย	40	39	37	43	55	61	62	65	63	55	46	41	51
อัตราการระเหยจากภาค (มม.)													
เฉลี่ย	127.7	136.8	177.2	187.8	171.2	146.2	137.2	130.5	122.2	130.1	125.3	123.2	1715.4
ความเค็มของเมฆ (0 - 10)													
เฉลี่ย	2.5	2.7	2.9	4.6	6.7	7.9	8.1	8.4	7.1	5.3	3.8	2.8	5.2
ความเร็วลม (นอต)													
เฉลี่ย	1.5	1.8	1.9	2.1	2	1.9	1.9	1.9	1.6	1.8	2	1.9	-
ทิศทาง	E	E	E	S	S	S	S	W	E	E	NE	NE	-

ที่มา: กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม (2547)

ตารางที่ 5 ข้อมูลภูมิอากาศ ที่สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ อ.เมือง จ.หนองคาย

	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
ความดันบรรยากาศ (มิลลิบาร์)													
เฉลี่ย	1014.45	1012.16	1009.73	1007.83	1006.66	1004.98	1004.86	1005.04	1007.77	1010.95	1013.87	1015.81	1009.51
สูงสุด	1028.98	1025.71	1027.52	1022.32	1016.72	1011.85	1012.72	1013.65	1016.53	1021.78	1025.65	1028.05	1028.98
ต่ำสุด	1002.18	1000.58	998.4	996.32	998.32	994.32	995.12	993.79	996.85	1000.18	1002.73	1003.52	993.79
อุณหภูมิ (° C)													
เฉลี่ย	22.2	24.5	27.4	29.2	28.3	28.1	27.6	27.3	27.3	26.5	24.2	21.7	26.2
สูงสุดเฉลี่ย	29.5	31.7	34.7	35.8	33.9	32.7	32	31.5	31.7	31.4	30.2	28.6	32
ต่ำสุดเฉลี่ย	16.5	18.6	21.6	24	24.4	24.8	24.6	24.4	24.1	22.8	19.5	16.1	21.8
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)													
เฉลี่ย	68	65	64	68	79	83	84	86	84	78	71	69	75
สูงสุดเฉลี่ย	90	87	84	87	93	95	95	96	96	93	90	90	91
ต่ำสุดเฉลี่ย	45	42	41	47	59	66	68	70	66	58	49	45	55
อัตราการระเหยจากภาค (มม.)													
เฉลี่ย	107.6	115.6	150.7	170.4	147.5	117.7	113.5	102.6	111	120	114.4	107.8	1478.8
ความเค็มของเมฆ (0 - 10)													
เฉลี่ย	3.1	3.1	3.2	4.9	7.1	8.3	8.5	8.7	7.3	5.6	4.1	3	5.6
ความเร็วลม (นอต)													
เฉลี่ย	1.4	1.6	1.7	1.8	1.6	1.5	1.5	1.5	1.2	1.3	1.5	1.5	-
ทิศทาง	E	E	E	E	E	W	W	W	E	E	NE	NE	-

ที่มา: กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม (2547)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยรายปีของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่ศึกษา

สถานีตรวจวัด สภาพภูมิอากาศ	ตัวแปรภูมิอากาศ	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี	ความกดอากาศ (มิลลิบาร์)	1,009.21	1,028.32	993.6
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	26.6	32.1	22
	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	71	88	51
	ปริมาณการระเหยจากผิวดิน	1,715.4	187.8	122.2
	การระเหย (มิลลิเมตร)			
	ความชื้นของเมฆ (0-10 อ็อกต้า)	5.2	8.4	2.5
	ความเร็วลม (นอต)	-	2.1	1.5
อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย	ความกดอากาศ (มิลลิบาร์)	1,009.51	1,028.98	993.79
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	26.2	32.0	21.8
	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	75	91	55
	ปริมาณการระเหยจากผิวดิน	1,478.8	170.4	102.6
	การระเหย (มิลลิเมตร)			
	ความชื้นของเมฆ (0-10 อ็อกต้า)	5.6	8.7	3
	ความเร็วลม (นอต)	-	1.8	1.2

ที่มา : กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา (2547)

1.2.2 ปริมาณฝน

ข้อมูลปริมาณฝนได้จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน และรายปี ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยดาน จากกรมชลประทาน 19 สถานี กรมอุตุนิยมวิทยา 10 สถานี กรมทรัพยากรน้ำ 11 สถานี และของหน่วยงานอื่นอีก 1 สถานี รวมมีสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 41 สถานี ช่วงปีของสถิติข้อมูลอยู่ระหว่างปี พ.ศ. 2495 – 2545 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนและช่วงปีของข้อมูลแสดงดังตารางที่ 7 และภาพที่ 17 แสดงที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยจากสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 41 สถานี สามารถนำมาสรุปหาค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดรายเดือน รายฤดูกาล (ฤดูฝน ตั้งแต่พฤษภาคมถึงตุลาคม และฤดูแล้ง ตั้งแต่พฤศจิกายนถึงเมษายน) และรายปี เป็นรายลุ่มน้ำสาขาดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนและช่วงปีของข้อมูล

ลำดับ ที่	ชื่อสถานี	จังหวัด	รหัส สถานี	พิกัด		ช่วงปีข้อมูล
				ละติจูด	ลองจิจูด	
1	อำเภอเมืองหนองคาย	หนองคาย	30013	17-52-40	102-44-29	2495-2545
2	สถานีทดลองส่งเสริมการเลี้ยงไหม	หนองคาย	30052	17-45-00	102-44-00	2504-2545
3	อำเภอศรีเชียงใหม่	หนองคาย	30082	17-57-15	102-35-33	2509-2545
4	ท่าระบายน้ำห้วยวังยู อ.เมือง	หนองคาย	30090	17-52-18	102-42-55	2497-2542
5	ท่าระบายน้ำห้วยบังพวน อ.ท่าบ่อ	หนองคาย	30100	17-49-30	102-42-11	2497-2542
6	ท่าระบายน้ำห้วยเวียงคุก อ.เมือง	หนองคาย	30110	17-47-58	102-40-34	2497-2542
7	อ่างเก็บน้ำห้วยบังพวน อ.ท่าบ่อ	หนองคาย	30180	17-40-33	102-36-18	2499-2542
8	ปากห้วยโสมง อ.ท่าบ่อ	หนองคาย	30200	17-51-12	102-35-22	2514-2539
9	จังหวัดหนองคาย	หนองคาย	KHNR12	-	-	2513-2540
10	บ้านท่าบ่อ	หนองคาย	KHNR79	-	-	2513-2540
11	ท่าระบายน้ำห้วยหมากก่อง อ.เมือง	หนองคาย	30130	17-58-23	102-54-07	2503-2542
12	ท่าระบายน้ำห้วยโพธิ์ อ.เมือง	หนองคาย	30140	17-56-00	102-49-04	2506-2542
13	ท่าระบายน้ำห้วยบอน อ.เมือง	หนองคาย	30150	17-55-50	102-48-53	2497-2542
14	อ่างเก็บน้ำหนองสองห้อง อ.เมือง	หนองคาย	30160	17-46-01	102-45-58	2497-2542
15	อำเภอเพ็ญ	อุดรธานี	68022	17-41-36	102-54-40	2495-2545
16	อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำเที่ยง อ.เพ็ญ	อุดรธานี	68190	17-41-39	102-54-09	2514-2542
17	บ้านสมสะอาด	อุดรธานี	KHNR78	-	-	2516-2540
18	บ้านนาสี	อุดรธานี	KHNR83	-	-	2516-2540
19	บ้านถ้ำ	อุดรธานี	KHNR84	-	-	2516-2540
20	บ้านดงเย็น	อุดรธานี	KHNR85	-	-	2516-2540
21	ยอดห้วยบาง	อุดรธานี	KHNR86	-	-	2516-2540
22	ห้วยขวาง	อุดรธานี	KHNR87	-	-	2516-2540
23	บ้านศรีบุญเรือง	อุดรธานี	KHNR88	-	-	2516-2540
24	อำเภอเมืองอุดรธานี	อุดรธานี	68013	17-24-50	102-47-24	2495-2545
25	นิคมสร้างตนเองเขียงพิณ อำเภอเมือง	อุดรธานี	68082	17-21-00	102-40-00	2504-2545
26	ที่ทำการชลประทาน	อุดรธานี	68100	17-24-23	102-47-43	2495-2542
27	เขื่อนระบายน้ำห้วยหลวง	อุดรธานี	68110	17-25-11	102-36-07	2497-2532
28	อ่างเก็บน้ำกุดลิงจ้อ (TNK.74) อำเภอเมือง	อุดรธานี	68120	17-19-33	102-43-58	2504-2542
29	อ่างเก็บน้ำหนองโสน (TNK.75) อำเภอเมือง	อุดรธานี	68130	17-24-52	102-41-14	2504-2542
30	อ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (TNK.76) อำเภอเมือง	อุดรธานี	68140	17-26-59	102-46-53	2504-2542
31	อ่างเก็บน้ำหนองคาไถ่ (TNK.76) อำเภอเมือง	อุดรธานี	68170	17-23-11	102-50-34	2504-2542
32	อำเภอหนองวัวซอ	อุดรธานี	68232	17-16-18	102-36-13	2517-2545
33	อำเภอกุดจับ	อุดรธานี	68242	17-25-00	102-34-34	2517-2545
34	ห้วยหลวง (KH-29)	อุดรธานี	68291	17-21-40	102-34-31	2519-2540
35	นิคมสร้างตนเองห้วยหลวง อำเภอกุดจับ	อุดรธานี	68304	17-26-00	102-32-00	2520-2545
36	อ่างเก็บน้ำลำปาดัว (TNK.-126)	อุดรธานี	68340	17-15-41	102-43-20	2529-2542
37	กิ่งอำเภอสร้างคอม	อุดรธานี	68372	17-49-00	103-05-00	2523-2545

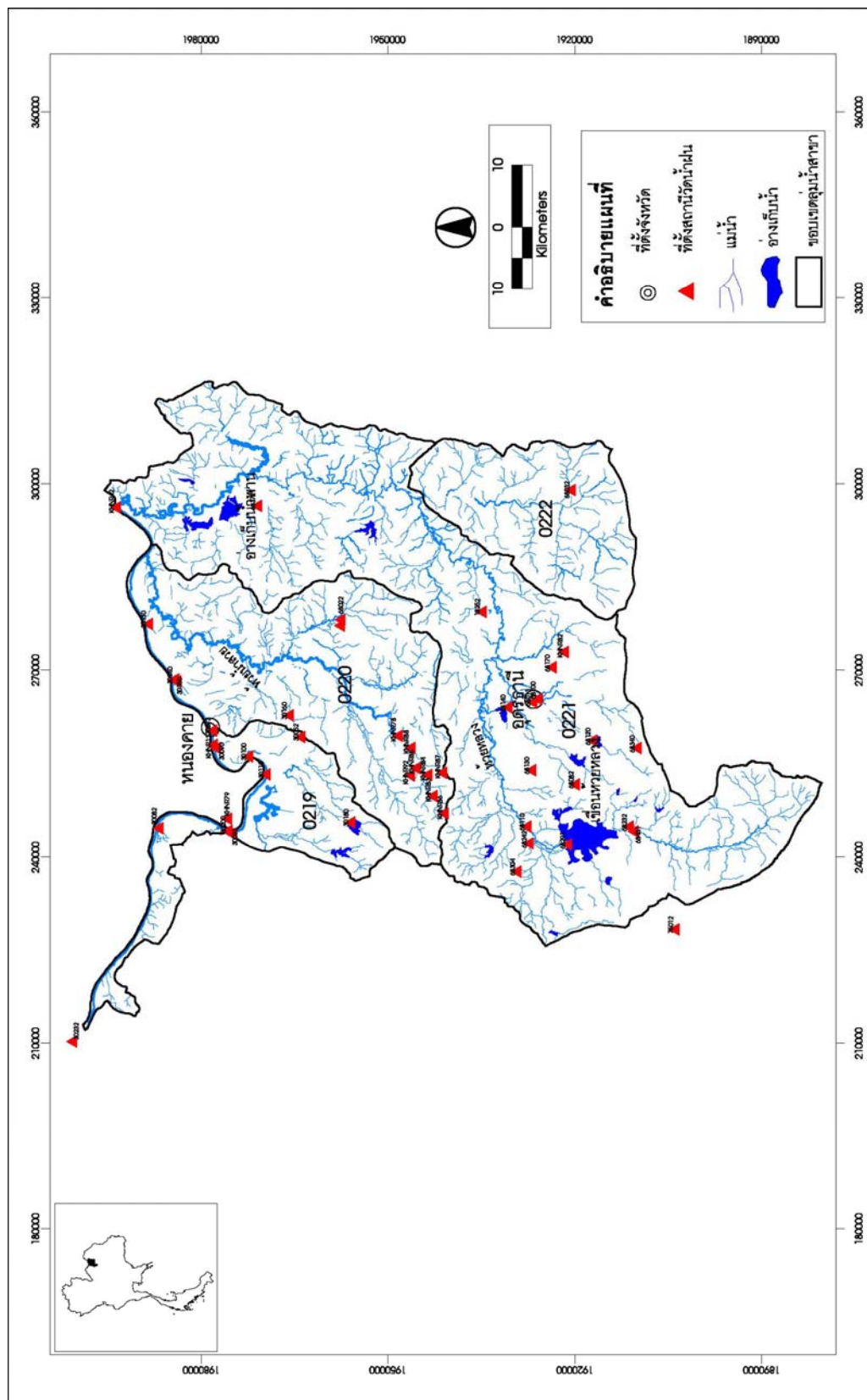
ตารางที่ 7 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อสถานี	จังหวัด	รหัส สถานี	พิกัด		ช่วงปีข้อมูล
				ละติจูด	ลองจิจูด	
38	ห้วยหลวง (KH-53) อำเภอหนองวัวซอ	อุดรธานี	68431	17-15-53	102-35-48	2531-2542
39	บ้านโพนพิสัย	หนองคาย	KHNR42	-	-	2513-2540
40	นิคมสร้างตนเองอุดรธานี	อุดรธานี	KHNR82	-	-	2513-2540
41	อำเภอหนองหาน	อุดรธานี	68032	17-21-39	103-06-43	2495-2545

ที่มา : กรมชลประทาน (2546)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของปริมาณฝนเป็นรายลุ่มน้ำสาขา

เดือน	ปริมาณฝน (มม.)			
	แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	น้ำสวย	ห้วยหลวง	ห้วยดาน
เม.ย.	69.64	67.77	60.96	73.92
พ.ค.	214.76	187.15	187.07	188.16
มิ.ย.	255.34	239.20	220.13	224.81
ก.ค.	241.99	240.94	206.45	221.72
ส.ค.	290.74	296.85	270.00	250.25
ก.ย.	255.50	243.37	233.21	222.13
ต.ค.	77.16	82.11	83.21	72.18
พ.ย.	7.39	6.81	8.14	6.71
ธ.ค.	4.15	5.21	2.78	2.06
ม.ค.	6.41	6.76	4.83	3.49
ก.พ.	12.26	15.45	14.16	14.61
มี.ค.	28.31	35.54	31.10	38.96
ฤดูฝน	1,335.49	1,289.62	1,200.08	1,179.25
ฤดูแล้ง	128.16	137.54	121.96	139.75
รายปี	1,463.65	1,427.16	1,322.04	1,319.00
สูงสุด	2,089.42	2,161.82	2,080.90	2,044.50
ต่ำสุด	694.01	812.37	822.24	582.20



ภาพที่ 17 แสดงที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ

1.2.3 ปริมาณน้ำท่า

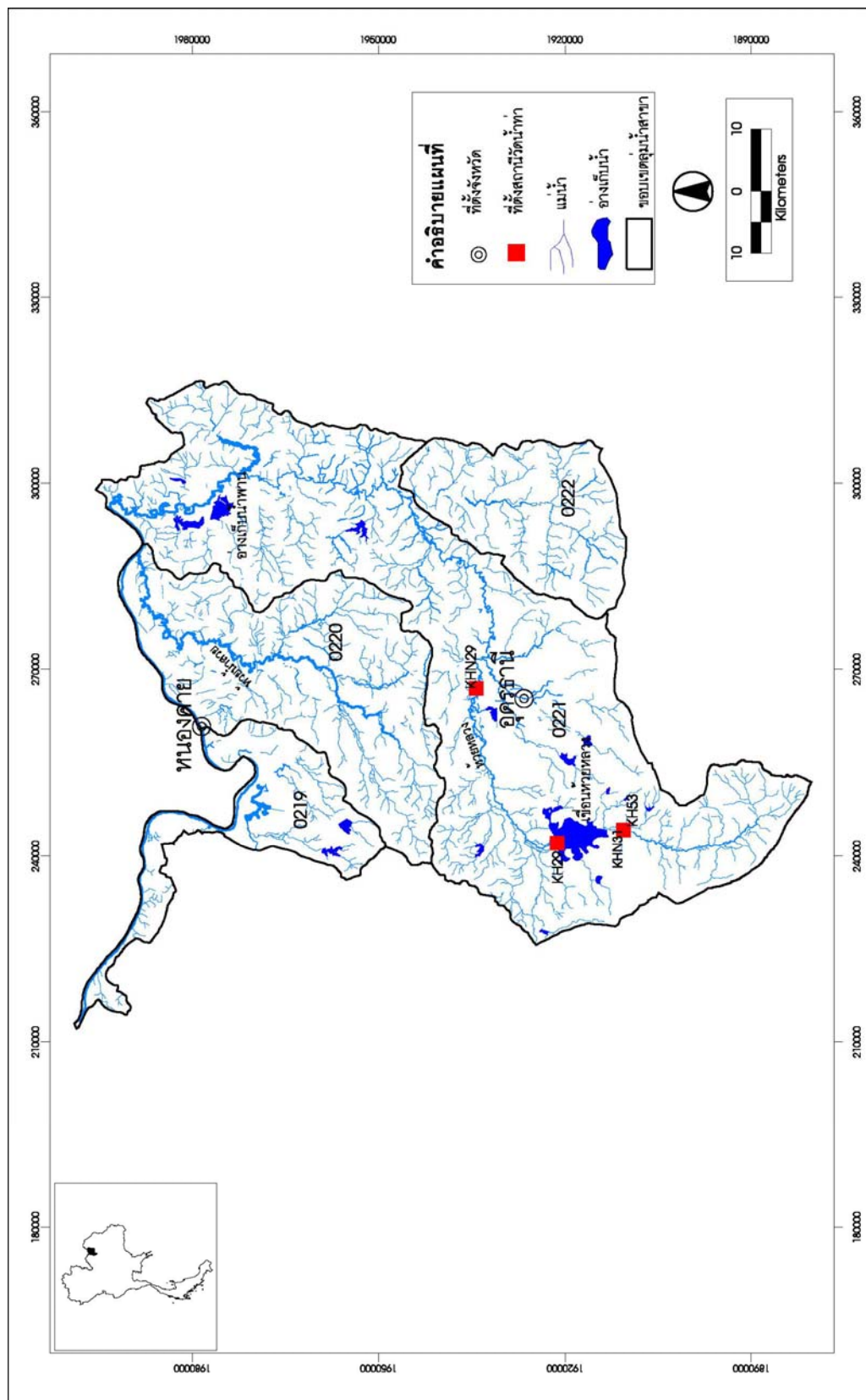
ข้อมูลปริมาณน้ำท่าได้จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือน ของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวง และห้วยคาน รวมทั้งสิ้น 3 สถานี เป็นของกรมชลประทาน 1 สถานี และกรมทรัพยากรน้ำ 2 สถานี ที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าและช่วงปีของสถิติข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 9 ภาพที่ 18 แสดงตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่า

เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาทั้ง 4 ลุ่มน้ำมีจำนวนสถานีวัดน้ำทำน้อย ไม่เพียงพอต่อการประเมินข้อมูลปริมาณน้ำท่า จึงได้นำข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยจากรายงานฉบับสุดท้ายของโครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) ซึ่งได้ทำการจัดกลุ่มและต่อขยายข้อมูลโดยแบบจำลอง HEC-4 Monthly Stream Flow Simulation ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและความสามารถในการให้น้ำจำเพาะ (Specific Yield Runoff) ของแต่ละลุ่มน้ำสาขาแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 9 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่า และช่วงปีสถิติข้อมูล

ลำดับ ที่	สถานี	อำเภอ	จังหวัด	รหัส สถานี	รหัส ลุ่มน้ำ	พื้นที่ รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีข้อมูล
1	บ้านหนองวัว	หนองวัวซอ	อุดรธานี	KH.53	0221	436	2513-2529, 2532-2534, 2540
2	บ้านท่าตูม	เมือง	อุดรธานี	KHN.29	0221	1,220	2525-2541, 2543
3	บ้านมหาตัน	หนองวัวซอ	อุดรธานี	KHN.31	0221	418	2527-2535, 2537-2538

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำ (2546)



ภาพที่ 18 แสดงที่ตั้งสถานีวิจัยน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ตารางที่ 10 ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม./ปี)			Yield (ลิตร/วินาที/ตร.กม.)
		รายปีเฉลี่ย	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	553.45	122.46	112.82	9.64	7.02
น้ำสวย	1,336.96	485.79	447.56	38.23	11.52
ห้วยหลวง	3,417.64	1,263.11	1,163.71	99.40	11.72
ห้วยดาน	675.77	167.29	154.13	13.16	7.85

ที่มา : รายงานฉบับสุดท้าย โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) (2549)

1.2.4 อุทกธรณีวิทยา

การศึกษาสภาพอุทกวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่ศึกษาเพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์บัญชีน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ส่วนหนึ่งจะเป็นน้ำท่าไหลลงตามแม่น้ำ ลำธารแล้วไหลลงสู่ทะเล ส่วนหนึ่งระเหยกลับไปในอากาศ บางส่วนยังอยู่ตามแอ่งน้ำ บึง หนองน้ำธรรมชาติ บางส่วนพืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และส่วนหนึ่งเกิดการไหลซึมลงสู่ใต้ดินและเก็บกักอยู่ในแหล่งน้ำบาดาล

ปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึมลงไปเก็บกักอยู่ในแหล่งน้ำบาดาลจะมีปริมาณมากน้อยเพียงใดขึ้นกับ ความสามารถของชั้นหินใต้ดินที่สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ ถ้าเป็นหินร่วน (Unconsolidated rocks) เช่น กรวด ทราย หรือดินเหนียว ปริมาณน้ำขึ้นกับความพรุนของหินหรือช่องว่างในหิน ถ้าเป็นหินแข็ง (Consolidated rocks) ปริมาณน้ำขึ้นกับขนาดและความต่อเนื่องของรอยแตกรอยเลื่อน โพรง และช่องว่างระหว่างการวางตัวของชั้นหินต่างชนิดกัน จากข้อมูลการศึกษาโดยทั่วไปพบว่าบริเวณที่เป็นหินร่วน ปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำบาดาลประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณฝนที่ตกเฉลี่ยทั้งปี บริเวณที่เป็นหินแข็งน้ำมากประมาณร้อยละ 5 บริเวณที่เป็นหินแข็งน้ำปานกลางประมาณร้อยละ 3 และหินแข็งน้ำน้อยประมาณร้อยละ 2 ของปริมาณน้ำฝน ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 อัตราการไหลซึมของน้ำฝนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำบาดาล

ประเภทแหล่งน้ำบาดาล	อัตราการไหลซึมของน้ำฝนสู่แหล่งน้ำบาดาล คิดเป็นร้อยละของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี
หินร่วน	10
หินแข็งอุ้มน้ำมาก	5
หินแข็งอุ้มน้ำปานกลาง	3
หินแข็งอุ้มน้ำน้อย	2

ที่มา: วจิ และ สมชัย (2541)

ปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6
น้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยคานแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ปริมาณน้ำฝนไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำบาดาล

ลุ่มน้ำสาขา	ประเภทชั้นน้ำ	พื้นที่ชั้นน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย		ปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึม ลงสู่แหล่งน้ำบาดาล (ล้าน ลบ.ม.)
			(มม.)	(ล้าน ลบ.ม.)	
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	ชั้นหินร่วน	454.83	1,463.65	665.71	66.57
	ชั้นหินแข็ง	98.62	1,463.65	144.35	5.77
น้ำสวย	ชั้นหินร่วน	-	1,427.16	-	-
	ชั้นหินแข็ง	1,336.96	1,427.16	1,908.06	76.32
ห้วยหลวง	ชั้นหินร่วน	175.06	1,322.04	231.44	23.14
	ชั้นหินแข็ง	3,242.58	1,322.04	4,286.82	171.47
ห้วยคาน	ชั้นหินร่วน	-	1,319.00	-	-
	ชั้นหินแข็ง	675.77	1,319.00	891.34	35.65

ที่มา : รายงานฉบับสุดท้าย โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ
โขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) (2549)

1.3 สภาพการใช้ที่ดิน

ข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบันของพื้นที่ได้จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2547 ซึ่งประกอบด้วยการใช้ประโยชน์ 5 กลุ่มหลักคือ

1) การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตร ซึ่งแบ่งเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรในเขตชลประทาน และนอกเขตชลประทาน ในหน่วยแผนที่ประกอบด้วยการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรประเภทต่างๆ ได้ 7 ประเภทด้วยกันคือ

- พื้นที่นาข้าว
- พื้นที่ปลูกพืชไร่
- พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น
- พื้นที่ปลูกไม้ผล
- พื้นที่ปลูกพืชผัก
- พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
- พื้นที่ปศุสัตว์

2) การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ ซึ่งประกอบด้วย

- พื้นที่ป่าไม้ จำพวก ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณและป่าดิบแล้ง
- พื้นที่ป่าเสื่อมโทรม
- พื้นที่ป่าปลูกหรือสวนป่า

3) พื้นที่เบ็ดเตล็ด ประกอบด้วยพื้นที่รกร้าง ทุ่งหญ้าตามธรรมชาติ พื้นที่ไม้พุ่ม พื้นที่ทำเกลือและพื้นที่อื่นๆ

4) พื้นที่อยู่อาศัยและตัวเมือง ประกอบด้วยที่ตั้งของจังหวัด อำเภอ หมู่บ้าน สถานที่ราชการ พื้นที่อุตสาหกรรม และสถานที่พักผ่อน

5) พื้นที่แหล่งน้ำ ประกอบด้วย พื้นที่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ พื้นที่อ่างเก็บน้ำและเขื่อน

การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินมีผลต่อการคำนวณการใช้น้ำในพื้นที่ เพราะในแต่ละพื้นที่มีปริมาณความต้องการใช้น้ำต่างกัน สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำสาขา	การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ตร.กม.)							รวม
	ป่าไม้	การเกษตร			ชุมชน	เบ็ดเตล็ด	แหล่งน้ำ	
		นาข้าว	พืชไร่	ไม้ยืนต้น/ ไม้ผล/ พืชผัก				
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6 (ร้อยละ)	35.90 (6.49)	290.57 (52.50)	99.76 (18.03)	20.68 (3.74)	35.75 (6.46)	19.26 (3.48)	51.53 (9.31)	553.45 (100.00)
น้ำสว (ร้อยละ)	172.94 (12.93)	912.16 (68.22)	63.84 (4.77)	26.36 (1.97)	55.91 (4.18)	68.69 (5.14)	37.09 (2.77)	1,337.00 (100.00)
ห้วยหลวง (ร้อยละ)	572.45 (16.75)	1,823.09 (53.34)	586.65 (17.17)	35.62 (1.04)	99.16 (2.90)	187.68 (5.49)	112.91 (3.30)	3,417.57 (100.00)
ห้วยดาน (ร้อยละ)	52.92 (7.83)	491.36 (72.72)	96.84 (14.33)	1.21 (0.18)	5.39 (0.80)	24.07 (3.56)	3.95 (0.58)	675.73 (100.00)

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

1.3.1 การเกษตร

การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรในเขตลุ่มน้ำสาขา ประกอบด้วยพื้นที่ในเขตชลประทานและพื้นที่นอกเขตชลประทาน สำหรับพื้นที่ทำการเกษตรในเขตลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) สามารถแบ่งเป็นกลุ่ม ดังนี้ พื้นที่นาข้าว พื้นที่ปลูกพืชไร่ พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น พื้นที่ปลูกไม้ผล พื้นที่ปลูกพืชผัก พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และพื้นที่ปศุสัตว์ ตารางที่ 14 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรของพื้นที่ในเขตชลประทาน และตารางที่ 15 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรของพื้นที่นอกเขตชลประทานรายลุ่มน้ำสาขา

ตารางที่ 14 การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรของพื้นที่ในเขตชลประทาน

หน่วย : ตร.กม.

ลุ่มน้ำสาขา	นาข้าว	พืชไร่	ไม้ผล	ไม้ยืนต้น	พืชผัก	สัตว์น้ำ	ปศุสัตว์	รวม
แม่น้ำโขงส่วนที่ 1	129.51	37.26	0	0	0	0.03	0	166.8
น้ำสวย	99.56	0.81	2.11	0.09	0	0	0	102.57
ห้วยหลวง	173.78	58.10	1.27	0.06	0	0	0	233.21
ห้วยดาน	6.09	1.85	0	0	0	0	0	7.94

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางที่ 15 การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรของพื้นที่นอกเขตชลประทาน

หน่วย : ตร.กม.

ลุ่มน้ำสาขา	นาข้าว	พืชไร่	ไม้ผล	ไม้ยืนต้น	พืชผัก	สัตว์น้ำ	ปศุสัตว์	รวม
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	161.06	62.5	4.1	2.92	0	13.62	0	244.2
น้ำสวย	811.15	63.03	13.61	1.34	8.8	0.41	1.32	899.66
ห้วยหลวง	1,650.19	528.99	14.25	8.95	9.24	0.13	3.02	2,214.77
ห้วยดาน	486.45	93.24	0.55	0.55	0	0	0	580.79

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

การพัฒนาการเกษตรสามารถแบ่งได้เป็นพื้นที่เพื่อการเกษตรในเขตชลประทานและพื้นที่เพื่อการเกษตรนอกเขตชลประทานดังได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น โดยการเกษตรในเขตชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่ศึกษาในช่วงฤดูฝนปลูกข้าวเป็นพืชหลัก ส่วนในฤดูแล้งปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน และถั่วลิสง เป็นต้น นอกจากนี้ มีการปลูกพืชผักและปศุสัตว์ ปลา สำหรับพื้นที่นอกเขตชลประทานในฤดูฝนจะปลูกข้าวเป็นหลัก บริเวณที่ดอนนิยมปลูกพืชไร่ ส่วนในฤดูแล้งมีการปลูกพืชไร่และพืชผัก การพัฒนาที่ดินเพื่อการเกษตรของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่ศึกษาสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6

การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรรวม 256,881 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่เพื่อการเกษตรในเขตชลประทาน 104,250 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 40.58 ของพื้นที่เกษตรกรรม ในฤดูฝนปลูกข้าวเป็นพืชหลัก พันธุ์ข้าวเจ้าที่นิยมปลูกคือข้าวหอมมะลิ 105 และ กข 15 ส่วนพันธุ์ข้าวเหนียวนิยมปลูกข้าว กข 6 กข 10 ในฤดูแล้งปลูกพืชไร่จำพวก มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน และถั่วลิสง นอกจากนี้มีการ

ทำบ่อเลี้ยงปลา ส่วนพื้นที่ทำการเกษตรนอกเขตชลประทาน 152,631 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 59.42 ของพื้นที่เกษตรกรรม ในฤดูฝนปลูกข้าวเป็นพืชหลัก โดยปลูกข้าวเหนียวมากกว่าข้าวเจ้า ส่วนที่ดอนปลูกพืชไร่ ในฤดูแล้งปลูกพืชไร่และพืชผัก

2) กลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย

การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรรวม 626,475 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน 562,369 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 89.77 ของพื้นที่เกษตรกรรม ในฤดูฝนบริเวณที่ราบลุ่มปลูกข้าวเป็นพืชหลัก พันธุ์ข้าวเจ้าที่นิยมปลูกคือข้าวหอมมะลิ 105 และ กข 15 ส่วนพันธุ์ข้าวเหนียวนิยมปลูกข้าว กข 6 กข 10 บริเวณที่ดอน นิยมปลูกพืชไร่และพืชผักจำพวก มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน และถั่วลิสง สำหรับไม้ผล/ ไม้ยืนต้น มีการเพาะปลูกบ้าง จำพวก มะม่วง มะขามเปรี้ยว

3) กลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง

การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรรวม 1,528,350 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่เกษตรในเขตชลประทาน 145,756 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.54 ของพื้นที่เกษตรกรรม ในฤดูฝนปลูกข้าวเป็นพืชหลัก มีทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ข้าวเจ้าได้แก่พันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 และ กข 15 ส่วนข้าวเหนียวได้แก่พันธุ์ กข 6 กข 10 ในฤดูแล้งมีการทำนาปรัง ปลูกพืชผัก ส่วนพื้นที่เกษตรนอกเขตชลประทาน 1,382,594 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 90.46 ของพื้นที่เกษตรกรรม ในฤดูฝนบริเวณที่ราบลุ่มปลูกข้าวเป็นหลัก บริเวณที่ดอนนิยมปลูกพืชไร่และพืชผัก จำพวกมันสำปะหลัง อ้อยโรงงานและถั่วลิสง ส่วนไม้ผล/ ไม้ยืนต้น มีการเพาะปลูกบ้าง

4) กลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน

การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรรวม 368,381 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน 363,419 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 98.65 ของพื้นที่เกษตรกรรม ในฤดูฝนบริเวณที่ราบลุ่มปลูกข้าวเป็นพืชหลัก พันธุ์ข้าวเจ้าที่นิยมปลูกคือข้าวหอมมะลิ 105 และ กข 15 ส่วนพันธุ์ข้าวเหนียวนิยมปลูกข้าว กข 6 กข 10 ส่วนบริเวณที่ดอน ในฤดูฝนนิยมปลูกพืชไร่ จำพวก มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน ถั่วลิสง ส่วนไม้ผล/ ไม้ยืนต้น มีปลูกบ้างจำพวก มะม่วง มะขาม ขนุนหนัง

1.3.2 ระบบการปลูกพืช

ระบบการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ศึกษาแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ระบบการเพาะปลูกในพื้นที่ชลประทานและระบบการเพาะปลูกในพื้นที่เกษตรน้ำฝน โดยมีข้าวเป็นพืชหลัก รองลงมาคือพืชไร่ การเพาะปลูกจะทำในช่วงฤดูฝนเป็นหลักและพื้นที่ที่อยู่ติดแหล่งน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดแม้แต่ในเขตพื้นที่ชลประทาน ภาพที่ 19 แสดงปฏิทินการปลูกพืช ทั้งในเขตชลประทานและเขตเกษตรน้ำฝนของพื้นที่ศึกษาซึ่งตั้งอยู่ในเขตลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)

เดือน	ม.ค.		ก.พ.		มี.ค.		เม.ย.		พ.ค.		มิ.ย.		ก.ค.		ส.ค.		ก.ย.		ต.ค.		พ.ย.		ธ.ค.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
เขตชลประทาน																								
เขตเกษตรน้ำฝน																								

หมายเหตุ : พืชผัก ไม้แก๊ว กล้วย ฝรั่ง

ที่มา : รายงานฉบับสุดท้าย, โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) (2549)

ภาพที่ 19 ปฏิทินการปลูกพืชในเขตลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)

1.4 ความต้องการใช้น้ำ

ความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทด้วยกันคือ

- (1) ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการท่องเที่ยว
- (2) ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม
- (3) ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร
- (4) ความต้องการใช้น้ำเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศท้ายน้ำ

1.4.1 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการท่องเที่ยว

ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการท่องเที่ยวประเมินจากจำนวนประชากรและอัตราการใช้น้ำ ข้อมูลจำนวนประชากรได้จากกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ส่วนอัตราการใช้น้ำขึ้นกับประเภทของชุมชน โดยชุมชนขนาดใหญ่จะมีอัตราการใช้น้ำสูงกว่าชุมชนชนบท จากข้อมูลการประปาส่วนภูมิภาคพบว่าอัตราการใช้น้ำของชุมชนเมืองมีค่าระหว่าง 110 – 250 ลิตร/คน/วัน ส่วนชุมชนชนบทมีค่า 50 ลิตร/คน/วัน

ประเภทของชุมชน	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน)
1. ชุมชนเมือง*	
1.1 เทศบาลตำบล (ประชากร 3,000 – 10,000 คน)	110
1.2 เทศบาลขนาดเล็ก (ประชากร 10,001 – 20,000 คน)	120
1.3 เทศบาลขนาดกลาง (ประชากร 20,000 – 50,000 คน)	200
1.4 เทศบาลขนาดใหญ่ (ประชากรมากกว่า 50,000 คน)	250
2. ชุมชนชนบท**	50

ที่มา : * การประปาส่วนภูมิภาค

** ผลการสำรวจความจำเป็นพื้นฐาน (จปฐ.) ของกระทรวงสาธารณสุข

1.4.2 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม

ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมประเมินได้จากข้อมูลจำนวนโรงงานและอัตราการใช้น้ำของโรงงานตามประเภทอุตสาหกรรม ข้อมูลจำนวนโรงงานได้จากรายงานทำเนียบโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนประเภทของอุตสาหกรรมแบ่งได้ 2 ประเภท คือ โรงงานที่ใช้น้ำในกระบวนการผลิตและไม่ใช้น้ำในกระบวนการผลิต โดยการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย กำหนดว่าอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำในกระบวนการผลิตมีอัตราการใช้น้ำเป็น 7 ลบ.ม./ไร่/วัน (คิดวันทำงาน 300 วัน) ส่วนอุตสาหกรรมที่ไม่ใช้น้ำในกระบวนการผลิต กำหนดให้มีอัตราการใช้น้ำของโรงงานเป็น 50 ลิตร/คน/วัน

1.4.3 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร

การประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรโดยใช้แบบจำลองฝนใช้การ และแบบจำลองความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน (WUSMO : Water User Study Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ประเมินค่าความต้องการใช้น้ำของพื้นที่การเกษตร ที่มีกิจกรรมการปลูกพืชประเภทต่างๆ (ใช้ประเมินทั้งในและนอกเขตชลประทาน) โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานการประกอบในการคำนวณ สามารถสรุปได้ดังนี้

- ขนาดของพื้นที่เพาะปลูกทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง
- ค่าอัตราการคายระเหยของพืชและปริมาณฝนของแต่ละพื้นที่เพาะปลูก
- ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (K_c) ของพืชชนิดต่างๆ ค่าการรั่วซึม รวมทั้งปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับเตรียมแปลง
- ชนิดของพืชที่ปลูกในแต่ละพื้นที่
- ปฏิทินการปลูกพืช (Cropping Pattern) ในแต่ละพื้นที่
- ประสิทธิภาพชลประทาน

การประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรเมื่อพิจารณาตามลักษณะพื้นที่เพาะปลูกสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในเขตชลประทานและความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรนอกเขตชลประทาน

1) ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในเขตชลประทาน

ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกได้จากสถิติข้อมูลด้านการเพาะปลูกพืชและพื้นที่ชลประทานของโครงการขนาดใหญ่ ขนาดกลาง ขนาดเล็กและโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลสถิติภูมิอากาศระหว่างปี พ.ศ. 2514 – 2543 และปริมาณฝนรายวันในพื้นที่ระหว่างปี พ.ศ. 2516 – 2545 เพื่อใช้ประเมินอัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิงและปริมาณฝนใช้การ ข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกเฉลี่ยได้จากสถิติการปลูกพืชรายอำเภอในช่วงกิจกรรมการเพาะปลูกของปี พ.ศ. 2542/2543-2546/2547 จากแนวทางการประเมินสามารถคำนวณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานได้จากสมการ

$$\text{ปริมาณน้ำที่ต้องการเพื่อการชลประทาน} = \frac{\text{ปริมาณการใช้น้ำของพืช} + \text{การรั่วซึม} - \text{ปริมาณฝนใช้การ}}{\text{ประสิทธิภาพชลประทาน}} \dots\dots(20)$$

2) ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรนอกเขตชลประทาน

พื้นที่การเกษตรนอกเขตชลประทานเป็นพื้นที่เกษตรที่อาศัยน้ำฝน พื้นที่ส่วนใหญ่ปลูกข้าวนาปี รองลงมาเป็นการปลูกพืชไร่ (มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน ละหุ่ง งาม ถั่วลิสง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปอแก้ว) การประเมินความต้องการน้ำของพื้นที่การเกษตรนอกเขตชลประทานได้กำหนดให้เป็น 800 ลบ.ม./ไร่/ปี และพืชไร่เป็น 400 ลบ.ม./ไร่/ปี

1.4.4 ความต้องการใช้น้ำเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศท้ายน้ำ

ความต้องการใช้น้ำเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศท้ายน้ำโดยปกติประเมินจากปริมาณน้ำต่ำสุดที่ไหลในช่วงฤดูแล้ง ของลำน้ำนั้นๆ แต่สำหรับลำน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ศึกษาทำให้ไม่มีปริมาณน้ำในช่วงฤดูแล้ง จึงกำหนดจากโอกาสที่เกิดปริมาณน้ำไหลในลำน้ำมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณน้ำไหลในอดีตที่ 90 เปอร์เซนต์ ของช่วงเวลาปี พ.ศ. 2516 – 2545

สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ทบทวนวิธีการและผลการศึกษาความต้องการใช้น้ำจากรายงานฉบับสุดท้ายของโครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) และสรุปความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาได้ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 สรุปความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำสาขา	ความต้องการใช้น้ำ (ล้าน ลบ.ม./ปี)					รวม
	อุปโภคบริโภค และท่องเที่ยว	การ อุตสาหกรรม	การเกษตร		รักษาสสมดุล ระบบนิเวศ ท้ายน้ำ	
			ในเขต ชลประทาน	นอกเขต ชลประทาน		
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	8.2	0.3	53.7	122.1	3.0	186.2
น้ำสวย	3.9	0.7	30.5	449.2	3.7	488.5
ห้วยหลวง	31.3	3.2	144.0	1,071.9	11.2	1,260.9
ห้วยดาน	3.4	0.5	3.1	287.4	0.5	293.9

ที่มา : รายงานฉบับสุดท้าย โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) (2549)

1.5 โครงการพัฒนาแหล่งน้ำ

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา ประกอบด้วย โครงการชลประทาน ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง ขนาดเล็ก และโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน สำหรับการศึกษานี้จะเน้นเฉพาะโครงการชลประทานซึ่งมีพื้นที่สำหรับกักเก็บน้ำ และรวมถึงแหล่งเก็บน้ำธรรมชาติอันได้แก่ บึง หนองน้ำ ห้วย ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกักในพื้นที่ลุ่มน้ำ สรุปจำนวนโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในแต่ละลุ่มน้ำสาขาได้ดังตารางที่ 17

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่สำคัญได้แก่ เขื่อนห้วยหลวง ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง ความจุ 113.32 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่โครงการ 86,987 ไร่

ตารางที่ 17 สรุปโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำสาขา	จำนวนโครงการ	ความจุ (ล้าน ลบ.ม.)	พื้นที่โครงการ (ไร่)
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	21	10.09	78,590
น้ำสวย	53	5.74	31,665
ห้วยหลวง	107	161.33	149,785
ห้วยดาน	16	2.04	3,900

ที่มา: กรมชลประทาน (2546)

2. การคายระเหยของพืชอ้างอิง

การคำนวณปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_0) โดยวิธี FAO Penman – Monteith ดังสมการ (17) และแสดงในภาคผนวก โดยตัวแปรสภาพภูมิอากาศจะใช้สถานีตรวจวัดอากาศของ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี และอำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย ข้อมูลสภาพภูมิอากาศเฉลี่ย ใน คาบ 30 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2514 – 2543 ดังแสดงในตารางที่ 4 และ 5 การคำนวณที่ได้จะเป็น ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ย ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยคานดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง

เดือน	ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (มม.)		
	สถานี อ.เมือง อุดรธานี	สถานี อ.เมือง หนองคาย	เฉลี่ย
เม.ย.	156.80	152.92	154.86
พ.ค.	138.83	134.83	136.83
มิ.ย.	120.11	113.43	116.77
ก.ค.	119.93	111.65	115.79
ส.ค.	113.12	106.64	109.88
ก.ย.	108.70	105.62	107.16
ต.ค.	116.81	114.13	115.47
พ.ย.	117.99	114.69	116.34
ธ.ค.	120.98	116.60	118.79
ม.ค.	126.95	119.65	123.30
ก.พ.	128.73	123.87	126.30
มี.ค.	162.31	157.38	159.85
ฝน	717.50	686.30	701.90
แล้ง	813.75	785.11	799.43
รายปี	1,531.26	1,471.41	1,501.33

ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยของทั้งสองสถานีจะนำไปใช้ในการคำนวณหา ปริมาณการคายระเหยของพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา (ตามสมการที่ 15)

3. สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ดังได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นว่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเป็นการเปรียบเทียบค่าปริมาณการคายระเหยระหว่างพืชที่พิจารณากับพืชอ้างอิง ที่อยู่ในสภาวะที่มีการจัดการเรื่องดิน ปุ๋ยและการให้น้ำอย่างสมบูรณ์ ประกอบกับสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช การประเมินสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชขึ้นกับปัจจัยต่างๆ คือ ประเภทของพืช สภาพภูมิอากาศ การระเหยของน้ำในดินและช่วงอายุของพืช

3.1 องค์ประกอบในการพิจารณา

1) ประเภทของพืช

การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่ศึกษาแบ่งเป็น 5 ประเภทหลัก โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เบ็ดเตล็ดคิดเป็นพื้นที่รวม 3,488,781.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 93.29 ของพื้นที่ศึกษา ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่ชุมชนและพื้นที่แหล่งน้ำ

ประเภทของพืชที่ปลูกในพื้นที่เกษตรกรรม ส่วนใหญ่เป็น นาข้าว รองลงมาได้แก่ พืชไร่ ซึ่งได้แก่ ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน ไม้ผล/ ไม้ยืนต้น จำพวกมะม่วง มะขามเปรี้ยว ขนุนหนั่ง ขางพารา ส่วนพืชผักได้แก่ คื่นห่าน พริก แตงโม

คุณลักษณะของพืชรวมถึงลักษณะการเพาะปลูกมีผลต่อค่า K_c เช่น อ้อย ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มีระยะห่างระหว่างต้นปลูกน้อย ลำต้นเดี่ยวและใบคลุมดิน มีผลทำให้ค่า K_c ของพืชที่โตเต็มวัยสูงกว่าพืชอ้างอิง 15-20% คือมีค่า K_c ประมาณ 1.2 – 1.25 ลักษณะของปากใบพืชในสลับปรด ที่ปากใบปิดในช่วงกลางวันทำให้ค่า K_c น้อยกว่าพืชอ้างอิงมาก คือมีค่า K_c ประมาณ 0.3 ดังแสดงในภาพที่ 10

2) สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในช่วงตอนกลางถึงตอนท้ายของการเจริญเติบโตของพืช โดยพื้นที่ที่มีสภาพอากาศร้อน ความเร็วลมสูง ความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างต่ำ จะมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชสูง ส่วนพื้นที่ที่มีอากาศชื้น ความเร็วลมต่ำ มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูง จะมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชต่ำ ปัจจัยเหล่านี้

จะรวมไปพิจารณาในการประเมินปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง ซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยสภาพภูมิอากาศโดยตรง

3) การระเหยของน้ำในดิน

ในสถานะที่พืชได้รับน้ำอย่างเพียงพอ ค่า K_c จะมีค่าคงที่ ดังแสดงในภาพที่ 12 โดยในช่วงเริ่มเพาะปลูก ค่า K_c เกิดจากปัจจัยด้านการระเหยของน้ำในดินเป็นหลัก จากนั้นจึงค่อยๆ ลดลง และเปลี่ยนเป็นเกิดจากปัจจัยด้านการคายน้ำและผันแปรตามการเจริญเติบโตของพืชเป็นหลัก แต่ในสถานะที่ขาดแคลนน้ำ ค่า K_c จะมีค่าน้อยกว่า โดยเกิดจากปัจจัยด้านการคายน้ำของพืชเพียงอย่างเดียวและมีค่าผันแปรตามการเจริญเติบโตของพืช

4) ช่วงอายุของพืช

ช่วงอายุของพืชจะแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิด พันธุ์พืช สภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศ สามารถแบ่งการเจริญเติบโตของพืชออกเป็น 4 ช่วงคือ ช่วงเริ่มเจริญเติบโต ช่วงพัฒนาการเติบโต ช่วงตอนกลางและช่วงตอนท้ายของการเจริญเติบโต ช่วงอายุของพืชดังแสดงในตารางที่ 19 จะเป็นตัวแทนของพืชที่ปลูกในพื้นที่ศึกษาและใช้ในการคำนวณปริมาณการคายระเหยของพืช

3.2 ประเมินสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

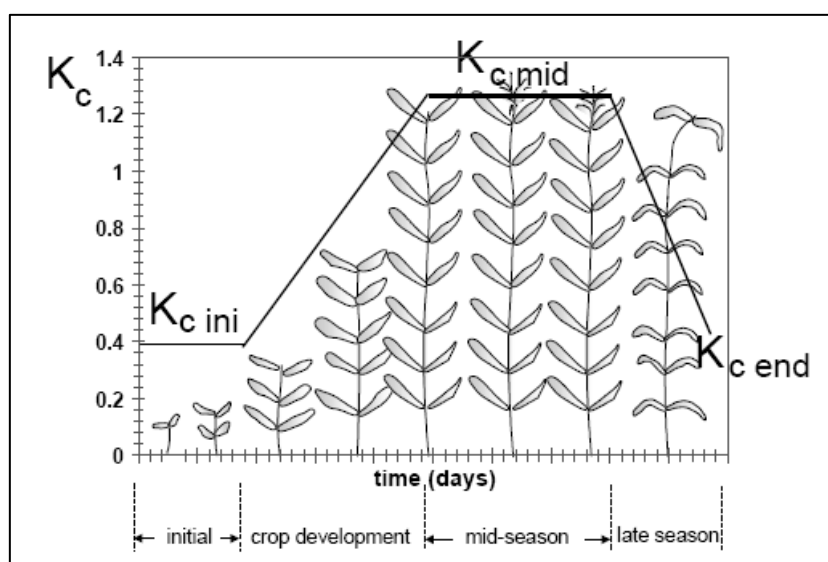
การประเมินสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) ในแต่ละช่วงอายุของพืช ทำได้โดยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ของ K_c กับช่วงอายุของพืชหรือระยะเวลาการเพาะปลูก ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเจริญเติบโตของพืชที่ปกคลุมบริเวณผิวดิน เพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 20

สร้างกราฟสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช โดยเริ่มจากกำหนดช่วงอายุตามประเภทของพืช สร้างกราฟ $K_{c_{ini}}$ และ $K_{c_{mid}}$ ในช่วงเวลาเริ่มเจริญเติบโตและช่วงตอนกลาง จากนั้นลากเส้นเพื่อเชื่อม $K_{c_{ini}}$ กับ $K_{c_{mid}}$ ในช่วงพัฒนาการเติบโตของพืช ส่วนช่วงท้ายการเจริญเติบโตให้ทำการลากเส้นเชื่อม $K_{c_{mid}}$ กับ $K_{c_{end}}$ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในแต่ละช่วงอายุแสดงดัง ตารางที่ 20 กราฟสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ปลูกในพื้นที่ศึกษาแสดงดังภาคผนวก

ตารางที่ 19 แสดงระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชในแต่ละช่วงอายุ

ประเภทพืช	การเจริญเติบโตของพืช (วัน)				รวม
	ช่วงเริ่ม	ช่วงพัฒนาการ	ช่วงตอนกลาง	ช่วงท้าย	
ข้าวนาปี	30	30	80	40	180
ข้าวนาปรัง	20	35	40	30	125
ถั่วลิสง	25	35	45	25	130
ถั่วเหลือง	15	15	40	15	85
ข้าวโพด	25	40	45	30	140
อ้อยปลูก	50	70	220	140	480
อ้อยต่อ	30	50	180	60	320
มันสำปะหลัง	150	40	110	60	360
คะน้า	25	40	45	15	125
พริก	30	35	40	20	125
แตงโม	20	30	30	30	110
มะม่วง	60	90	120	95	365

ที่มา : FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56



ภาพที่ 20 การสร้างกราฟความสัมพันธ์ของค่า K_c กับช่วงอายุของพืช

ที่มา : FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56 (1998)

3.3 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในสภาวะปริมาณน้ำจำกัด

การประเมินสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในสภาวะปริมาณน้ำจำกัด (K_s) สำหรับการศึกษานี้ได้กำหนดตัวแปร K_s ดังในสมการ (16) เพื่อลดปริมาณการคายระเหยของพืชในสภาวะปกติลง โดยในพื้นที่เกษตรนอกเขตชลประทาน จะกำหนดให้เป็นพื้นที่ที่มีสภาวะจำกัด แต่เนื่องจากการพัฒนาพื้นที่และทำการเกษตร ดังนั้นเกษตรกรจะมีการดูแลเรื่องการให้น้ำแก่พืชเพื่อให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ดังนั้นค่า K_s จึงกำหนดให้อยู่ในช่วง 0.75 – 1.0

ตารางที่ 20 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเฉลี่ยในแต่ละช่วงอายุ

ประเภทพืช	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c)		
	K_c ini	K_c mid	K_c end
ข้าว	1.05	1.20	0.75
ถั่วลิสง	0.40	1.15	0.60
ถั่วเหลือง	0.40	1.15	0.50
ข้าวโพด	0.40	1.20	0.45
อ้อย	0.40	1.25	0.75
มันสำปะหลัง	0.30	0.95	0.4
คะน้า	0.70	1.05	0.95
พริก	0.60	1.15	0.80
แตงโม	0.50	1.00	0.80
มะม่วง	1.20	1.20	1.20

ที่มา : FAO Crop Evapotranspiration Paper No.56 (1998)

4. การวิเคราะห์สมดุลน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE BASIN

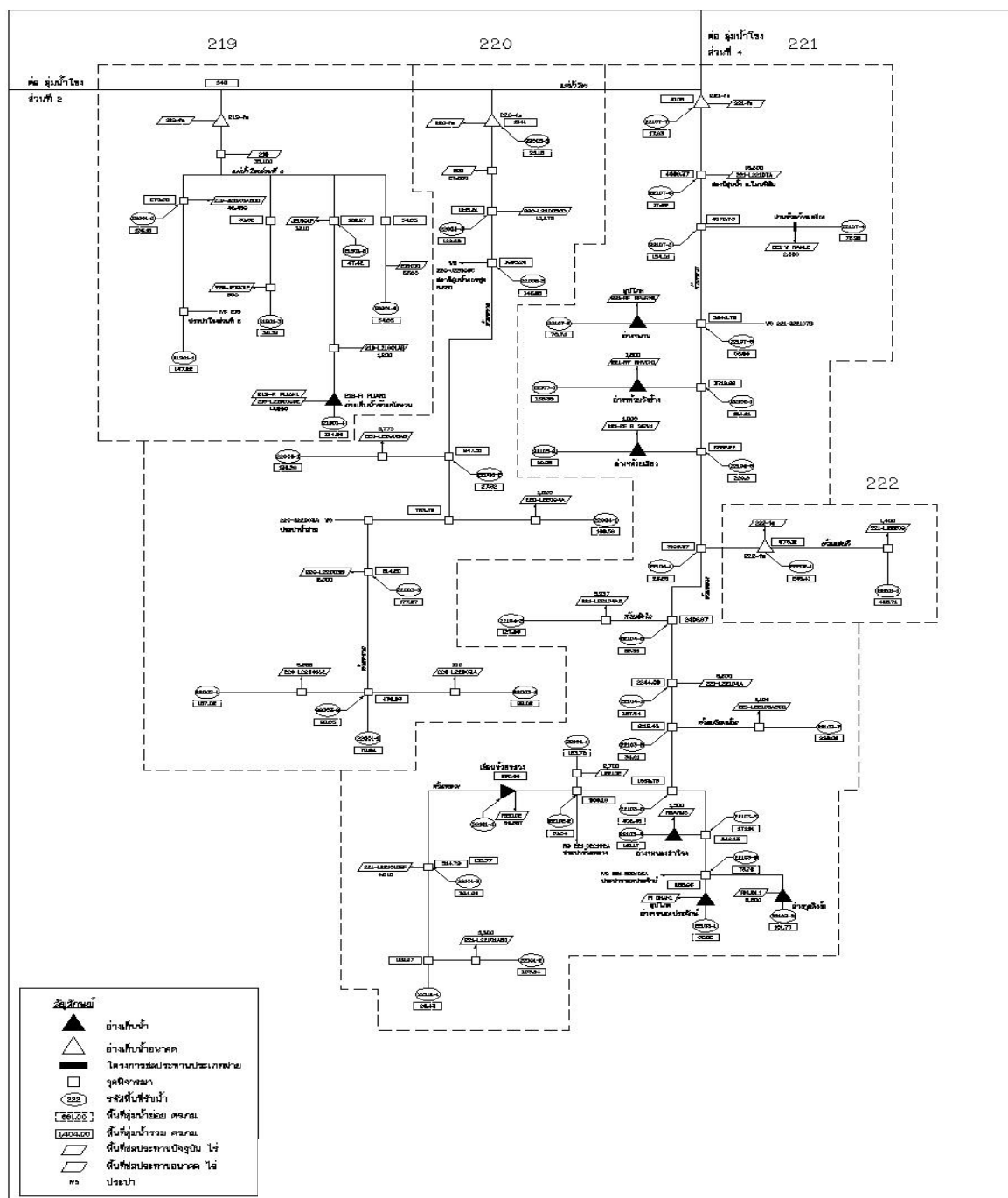
การวิเคราะห์สมดุลน้ำเป็นการจำลองสภาพระบบแหล่งน้ำและวิเคราะห์ความสมดุลของปริมาณน้ำท่า โดยนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE BASIN ที่มีความสะดวกในการป้อนข้อมูลและเรียกแก้ไขข้อมูล สามารถแสดงลักษณะภูมิประเทศ ที่ตั้งโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ โครงข่ายของระบบแหล่งน้ำทำให้สะดวกต่อการวิเคราะห์สถานการณ์และประเมินศักยภาพการพัฒนาแหล่งน้ำ

4.1 ข้อมูลในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์สมมูลน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE BASIN ได้ทำการ ทบทวนผลการวิเคราะห์สมมูลน้ำจากโครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำใน พื้นที่ลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) โดยข้อมูลในการวิเคราะห์ประกอบด้วย

- 1) โครงข่ายของระบบลุ่มน้ำ (Network Configuration) ประกอบด้วยจุดที่พิจารณา (Node) โดยมีลำน้ำ (Branch) เชื่อมระหว่างจุดที่พิจารณาในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยดาน
- 2) ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือน (Hydrological Time Series) ในพื้นที่ศึกษาเป็น ระยะเวลา 30 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2516 – 2545 ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยปรับข้อมูลปริมาณการ ไหลที่วิเคราะห์ได้จากแบบจำลองให้สอดคล้องกับปริมาณการไหลที่ได้จากการวัดจริง
- 3) ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Data) ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ข้อมูลการจัดการอ่างเก็บน้ำ ในช่วงเวลาต่างๆ ในรอบปี ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำ อัตรา การปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำ รวมถึงค่าระดับน้ำต่างๆ ที่ใช้ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ
- 4) ข้อมูลฝนและข้อมูลการระเหย (Meteorological Time Series) ในพื้นที่ศึกษาเป็น ระยะเวลา 30 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2516 – 2545
- 5) ข้อมูลความต้องการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ ปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค อุตสาหกรรม น้ำเพื่อการชลประทาน โดยมีแบบจำลองย่อยของอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Model) และแบบจำลองย่อยของการชลประทาน (Irrigation Model) เพื่อใช้คำนวณความต้องการน้ำ ชลประทาน

โครงข่ายของระบบลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยดาน จากการ จำลองด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE BASIN ดังแสดงในภาพที่ 21 ส่วนโครงข่าย ของลำน้ำสาขาซึ่งแสดงรายละเอียดพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา ที่ตั้งโครงการชลประทาน พื้นที่ชลประทาน ที่ตั้งจุดสูบน้ำเพื่อผลิตน้ำประปาในพื้นที่ศึกษาที่ใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 แผนผังของลำน้ำสาขาในกลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)

4.2 ข้อกำหนดการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์สมดุลน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE BASIN ร่วมกับโปรแกรม Arc View 3.2 ผลการวิเคราะห์ที่สำคัญที่ได้จากแบบจำลองคือ ปริมาณน้ำที่ไหลในลำน้ำ ณ จุดที่พิจารณา สภาพการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำด้านต่างๆ และสถานภาพของอ่างเก็บน้ำ ทำให้สามารถวิเคราะห์ศักยภาพของแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีความเพียงพอหรือเกิดการขาดแคลนน้ำ ณ ตำแหน่งใด เวลาใดบ้าง เกณฑ์การแบ่งระดับของสถานะการขาดแคลนน้ำเป็นดังนี้

ปริมาณขาดแคลนต่อปริมาณน้ำที่ต้องการ ระดับของสถานะขาดแคลนน้ำ

0%	ไม่ขาดแคลนน้ำ
น้อยกว่า 10%	น้อย
10 ถึง 20%	ปานกลาง
มากกว่า 20%	มาก

การวิเคราะห์สมดุลน้ำในการศึกษานี้เป็นเพียงการเปรียบเทียบแนวคิดและวิธีการในการคำนวณ เพื่อนำไปสู่การคำนวณหาบัญชีน้ำ จึงไม่ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าของการคำนวณที่ได้จากสมดุลน้ำและบัญชีน้ำโดยตรง

4.3 แนวทางการวิเคราะห์

แนวทางการวิเคราะห์สมดุลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE BASIN

1) แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นส่วนๆ โดยการพิจารณาจากระบบแหล่งน้ำและกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำเป็นหลัก เพื่อให้การวิเคราะห์สมดุลของปริมาณน้ำในระบบสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงให้มากที่สุด โดยกิจกรรมดังกล่าวเป็นกิจกรรมที่มีอยู่ในสภาพปัจจุบัน

2) แหล่งน้ำที่ใช้เป็นแหล่งน้ำต้นทุน เพื่อการจัดสรรน้ำไปให้กับกิจกรรมการใช้น้ำด้านต่างๆ นั้น จะทำการวิเคราะห์แหล่งน้ำดังกล่าวทั้งระบบว่ามีสถานภาพอย่างไร ปริมาณน้ำต้นทุนในระบบมีมากกว่าหรือน้อยกว่าความต้องการที่มีอยู่อย่างไร

3) สามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์ระบบแหล่งน้ำตามทางเลือกต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำและจัดการทรัพยากรน้ำได้

5. การวิเคราะห์บัญชีน้ำ

ปริมาณน้ำที่เกี่ยวข้องในการคำนวณบัญชีน้ำ แยกเป็นสี่กลุ่มหลักคือ ปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำ ปริมาณการคายระเหยจากทุกส่วนของพื้นที่ในลุ่มน้ำ ปริมาณการไหลเข้าและออกจากลุ่มน้ำบนผิวดินและใต้ดิน และปริมาณน้ำที่เก็บกักบนผิวดินและใต้ดิน ซึ่งปริมาณน้ำทั้งหมดนี้จะคำนวณเป็นปริมาตรของน้ำ สมมติฐานในการประเมิน และข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต่างๆ เป็นดังนี้

5.1 ปริมาตรฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ปริมาตรฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำ คำนวณได้จากผลคูณของ ปริมาตรฝนเฉลี่ย ค่าปรับลดน้ำฝนจากขนาดพื้นที่ (Areal Rainfall factors) และพื้นที่รับน้ำฝน การคำนวณนี้ทำเป็นรายเดือน และนำเสนอผลเป็นรายฤดู คือฤดูฝน, ฤดูแล้ง และรายปี โดยคำนวณทุกลุ่มน้ำสาขา และเลือกใช้ปริมาณฝนที่วัดได้จากทุกสถานีในพื้นที่เฉลี่ยด้วยวิธีธีเอสเซนโพลีกอน (Thiessen Polygon)

5.2 ปริมาณการคายระเหยจากพื้นที่ในลุ่มน้ำ

ปริมาณการคายระเหยจากพื้นที่ในลุ่มน้ำ คำนวณโดยหลักการที่เสนอโดย FAO นั้น ถือเป็นผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์พืชกับการคายระเหยของพืชอ้างอิงและพื้นที่เพาะปลูกที่พิจารณา ซึ่งจะต้องแยกการคำนวณตามการใช้พื้นที่เพาะปลูกและการใช้ที่ดินให้ถูกต้องเหมาะสม เช่น พื้นที่ปลูกข้าว พืชไร่ หรือพืชเศรษฐกิจชนิดต่างๆ และแม้แต่พื้นที่ปลูกป่า และพื้นที่ว่างเปล่า ผลการคำนวณการคายระเหยที่ได้ตามแนวทางที่เสนอโดย FAO นั้นจะเป็นปริมาณการคายระเหยของพืชที่ได้รับน้ำอย่างสมบูรณ์ตามความต้องการของพืชนั้นๆ ในระหว่างช่วงอายุพืชต่างๆ กัน

แต่อย่างไรก็ตาม ในสภาพความเป็นจริงของพืชที่อยู่ในเขตชลประทาน และนอกเขตชลประทาน จะมีสภาพการได้รับน้ำที่แตกต่างกันไปตามที่พืชชนิดนั้นๆ ควรจะได้รับ เช่น พืชที่ปลูกนอกเขตชลประทานมักจะประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณการคายระเหยน้อยกว่าที่คำนวณได้โดยวิธีของ FAO ในการคำนวณนี้จึงกำหนดให้มีสัมประสิทธิ์ปรับแก้สำหรับพืชในเขต กับพืชนอกเขตพื้นที่ชลประทาน

นอกจากนี้แล้วยังมีปัจจัยอื่นที่จะทำให้สภาพความสมบูรณ์ของน้ำในพื้นที่มีความแตกต่างกัน เช่น ในบริเวณพื้นที่ป่าไม้ กับป่าชายเลนจะมีการคายระเหยที่แตกต่างกัน หรือป่าไม้ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือก็จะมีสภาพความสมบูรณ์ของน้ำที่ต่างจากป่าไม้ในบริเวณภาคใต้ ทั้งนี้ฝนจะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ความสมบูรณ์ของน้ำในพื้นที่มีความแตกต่างกัน ป่าไม้ในบริเวณภาคใต้จะมีความลึกของการคายระเหยมากกว่าป่าไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นจึงได้กำหนดให้มีค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้การคายระเหยสำหรับภูมิภาคต่างๆ ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันตก และภาคใต้ฝั่งตะวันออก

5.3 ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออกจากกลุ่มน้ำทางผิวดินและใต้ดิน

ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากกลุ่มน้ำทางผิวดินและใต้ดิน จะไหลเข้าสู่อีกกลุ่มน้ำหนึ่งทางด้านท้ายน้ำ ในการคำนวณนี้จะสมมติว่าน้ำที่ไหลออกจากกลุ่มน้ำ เป็นปริมาณน้ำไม่มีพันธะ ทั้งนี้เพราะประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดที่ชัดเจนในการที่จะบังคับให้กลุ่มน้ำหนึ่งต้องส่งน้ำไปให้อีกกลุ่มน้ำหนึ่งด้วยปริมาณที่กำหนด แต่การวิเคราะห์ปัญหานี้จะเป็นแนวทางในการกำหนดการแบ่งปันน้ำระหว่างกลุ่มน้ำในอนาคตได้

ปริมาณน้ำผิวดินที่ไหลออกจากกลุ่มน้ำซึ่งคำนวณได้จากการวิเคราะห์ปัญหานี้ จะนำมาเปรียบเทียบกับค่าศักยภาพการให้น้ำท่าของกลุ่มน้ำ (Runoff yield) โดยการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การคายระเหยจากกลุ่มน้ำอย่างเหมาะสม ดังที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ผ่านมา

5.4 ปริมาณน้ำเก็บกักบนผิวดินและใต้ดิน

ปริมาณน้ำเก็บกักบนผิวดิน ประเมินจากผลรวมของปริมาตรอ่างเก็บน้ำ และปริมาตรลำน้ำกับแหล่งน้ำธรรมชาติในพื้นที่กลุ่มน้ำ ส่วนปริมาตรเก็บกักน้ำใต้ดินซึ่งประเมินได้ค่อนข้างยากนั้น ประเมินจากการเปลี่ยนแปลงของระดับใต้ดิน ในช่วงฤดูฝนกับฤดูแล้ง ประกอบกับการประเมินสัดส่วนของปริมาณน้ำท่ากับน้ำผิวดิน การประเมินปริมาณน้ำฝนที่เข้าไปสะสมเป็นน้ำใต้ดินกับน้ำใต้ดินที่ไหลออกมาเป็นน้ำผิวดินค่อนข้างยาก แต่คาดว่าปริมาณน้ำใต้ดินจะไม่มีผลมากนัก การประเมินในส่วนที่เกี่ยวกับน้ำใต้ดินนับเป็นจุดอ่อนประการหนึ่งในการวิเคราะห์ปัญหานี้

โดยทั่วไปแล้ว ปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ อาจจะเต็มหรือไม่เต็มอ่างก็ได้ โดยเฉพาะอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ เช่น อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล มักจะมีน้ำเก็บไว้ไม่เต็มอ่าง การคำนวณบัญชีน้ำจะต้องพิจารณาประกอบกับการศึกษาสมดุลน้ำในลุ่มน้ำที่ได้เคยมีการศึกษาไว้ก่อนแล้ว

5.5 ปริมาณฝนและศักยภาพการคายระเหยในลุ่มน้ำ

ปริมาณฝนเฉลี่ยและศักยภาพการคายระเหยในลุ่มน้ำ เป็นข้อมูลสำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการวิเคราะห์บัญชีน้ำ เนื่องจากการคายระเหยในลุ่มน้ำ จะแตกต่างกันไปตามการใช้ที่ดิน ซึ่งการคายระเหยในลุ่มน้ำจะต้องมีค่าน้อยกว่าศักยภาพการคายระเหยอย่างแน่นอน ส่วนค่าการคายระเหยอาจจะมากหรือน้อยกว่าปริมาณฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำก็ได้ ทั้งนี้เพราะมีส่วนของปริมาณน้ำเก็บกัก บนผิวดินและใต้ผิวดินเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โดยทั่วไปการคายระเหยในฤดูฝนจะมีค่าน้อยกว่าปริมาณฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำ ส่วนในฤดูแล้งการคายระเหยจะมีค่ามากกว่าปริมาณฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำ ทั้งนี้เพราะปริมาณการคายระเหยส่วนหนึ่งมาจากปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในลุ่มน้ำ อย่างไรก็ตามหากเป็นการเปรียบเทียบปริมาณฝนเฉลี่ยและศักยภาพการคายระเหยในลุ่มน้ำเป็นรายปีแล้ว ส่วนของปริมาณน้ำเก็บกักในลุ่มน้ำจะไม่มีผลมากนัก

5.6 การวิเคราะห์บัญชีน้ำในพื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำสาขาที่พิจารณา ได้แก่ ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวง และ ห้วยดาน ซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาของแม่น้ำโขง จากสภาพทางอุทกวิทยาทิศทางการไหลของน้ำท่าในลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวยและห้วยหลวงจะไหลลงสู่แม่น้ำโขง ส่วนลุ่มน้ำสาขาห้วยดานทิศทางการไหลของน้ำท่าจะไหลจากตอนท้ายของลุ่มน้ำเข้าสู่ลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวงจากนั้นจะไหลลงสู่แม่น้ำโขงต่อไป สามารถเขียนทิศทางการไหลของน้ำท่าผิวดินได้ดังภาพที่ 23

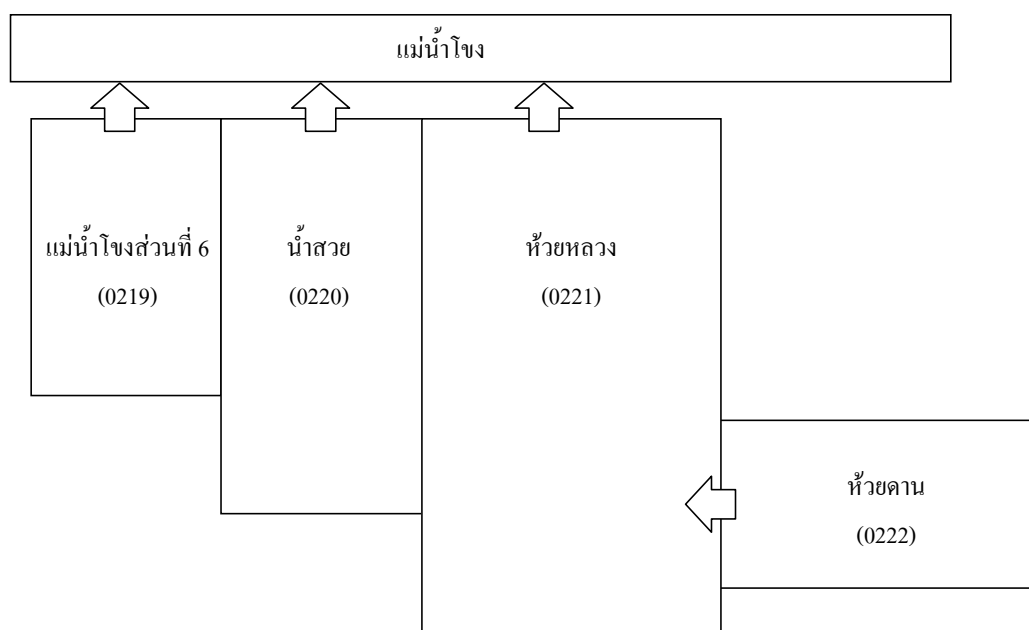
การวิเคราะห์บัญชีน้ำในแต่ละพื้นที่ย่อยจะทำการคำนวณเป็นรายเดือน สรุปเป็นรายฤดูกาลคือ ฤดูฝนซึ่งครอบคลุมเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และฤดูแล้งครอบคลุมเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน จากนั้นจึงสรุปผลการคำนวณเป็นรายปี

1) ปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด

ปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด หรือ Gross Inflow ประกอบด้วย ปริมาณฝน น้ำท่าผิวดิน และน้ำท่าใต้ดิน ดังแสดงในสมการที่ (2) สำหรับการศึกษานี้ได้ทำการเฉลี่ยข้อมูลน้ำฝนของปี พ.ศ.2545 จำนวนทั้งสิ้น 41 สถานี ด้วยวิธีเอสเสนโพลีกอน โดยคำนวณเป็นรายลุ่มน้ำสาขา

ปริมาณน้ำท่าผิวดินที่ไหลเข้าพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา แบ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนบน ซึ่งไม่ได้รับน้ำเข้าจากลุ่มน้ำอื่นอันได้แก่ ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย และห้วยดาน จะมีปริมาณน้ำท่าผิวดินที่ไหลเข้าพื้นที่เป็นศูนย์ (0) กับลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ตอนล่าง ซึ่งจะรับน้ำจากลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ทางตอนบน ได้แก่ ลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวงที่มีปริมาณน้ำท่าผิวดินที่ไหลเข้าพื้นที่ เท่ากับ ปริมาณน้ำท่าผิวดินที่ไหลออกจากลุ่มน้ำสาขาห้วยดานที่ตั้งอยู่ทางด้านเหนือน้ำของลุ่มน้ำห้วยหลวง

สำหรับปริมาณน้ำท่าใต้ดิน ในการศึกษาจะไม่นำมาพิจารณาเนื่องจากมีปริมาณ น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าผิวดิน



ภาพที่ 23 แผนผังทิศทางการไหลของน้ำท่าผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา

2) ปริมาณน้ำเข้าสู่สุทธิ

ปริมาณน้ำเข้าสู่สุทธิ หรือ Net Inflow เป็นผลรวมของปริมาณน้ำเข้าทั้งหมดและการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกัก ดังแสดงในสมการ (3)

3) ปริมาณน้ำที่หมดไป

ปริมาณน้ำที่หมดไป หรือ Depleted Water ประกอบด้วย การใช้น้ำในกระบวนการใช้น้ำนอกกระบวนการที่เกิดประโยชน์และการใช้น้ำนอกกระบวนการที่ไม่เกิดประโยชน์

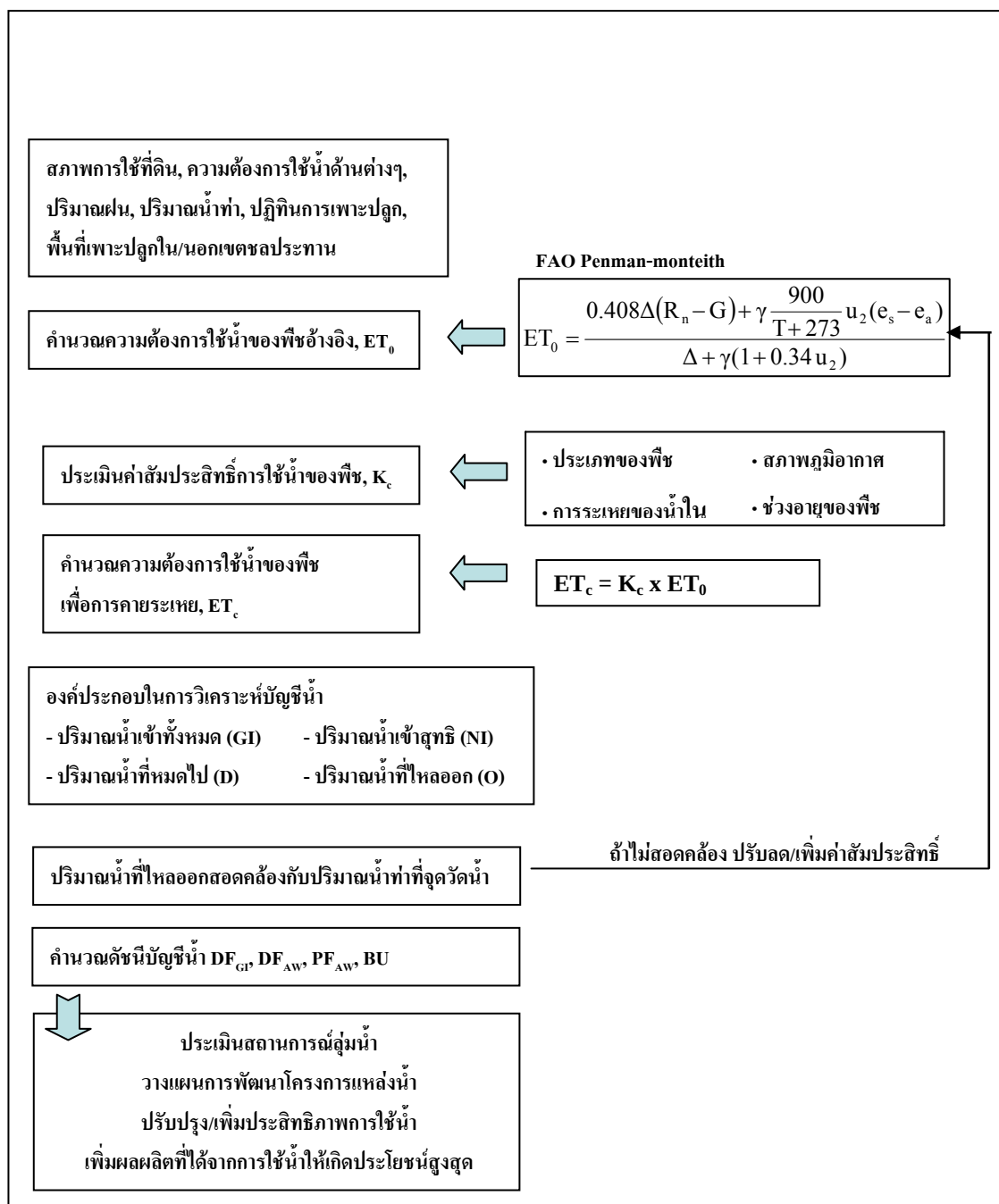
การใช้น้ำในกระบวนการประกอบด้วย ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม และปริมาณน้ำเพื่อการคายระเหยของพืช จากผลการศึกษาของโครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) การคำนวณหาความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และอุตสาหกรรม สามารถทำได้โดยการคูณจำนวนประชากรและจำนวนโรงงานในพื้นที่ศึกษาด้วยอัตราการใช้

ส่วนการคำนวณปริมาณการใช้น้ำเพื่อการคายระเหยของพืช โดยการคำนวณหาปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_0) จากสมการ (7) ซึ่งเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิประเทศ โดยเลือกใช้ข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2514 – 2543 ของสถานีตรวจวัดอากาศที่ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี และที่อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย เพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวง และห้วยดาน การประเมินสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) ซึ่งขึ้นกับประเภทของพืช สภาพภูมิอากาศ การระเหย และช่วงอายุของพืช จากผลการศึกษาของ FAO Crop Evapotranspiration Paper No. 56 ผลคูณของปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจะได้ค่าปริมาณการใช้น้ำเพื่อการคายระเหยของพืช

4) ปริมาณน้ำไหลออก

ปริมาณน้ำไหลออก หรือ Outflow ประกอบด้วย ปริมาณน้ำมีพันธะ สำหรับการศึกษานี้ ได้แก่ ปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศท้ายน้ำ โดยประเมินจากปริมาณน้ำต่ำสุดที่ไหลในช่วงฤดูแล้ง ของช่วงปี พ.ศ. 2516 – 2545 และปริมาณน้ำไม่มีพันธะซึ่งต้องปล่อยออกจากลุ่มน้ำเนื่องจากไม่มีแหล่งเก็บกัก ปริมาณน้ำไหลออกเป็นปริมาณน้ำที่เหลือจากปริมาณน้ำที่ถูกใช้หมดไปในพื้นที่ลุ่มน้ำ

แผนผังแนวทางการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในพื้นที่ศึกษาสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 แผนผังการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ

ผลและวิจารณ์

การวิเคราะห์ปัญหาน้ำในลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) โดยเปรียบเทียบ
กับผลการวิเคราะห์สมดุลน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE BASIN สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

ผลการวิเคราะห์สมดุลน้ำ

การวิเคราะห์สมดุลน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE BASIN ทำให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพ
ของระบบลุ่มน้ำ ซึ่งประกอบด้วย แหล่งน้ำ อ่างเก็บน้ำ ระบบชลประทาน พื้นที่ใช้น้ำ ได้แก่ พื้นที่ใน
เขตชลประทาน พื้นที่ใช้น้ำอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังช่วยให้เข้าใจปริมาณ
น้ำในระบบ ได้แก่ ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าในพื้นที่ ปริมาณความต้องการใช้น้ำด้านต่างๆ ปริมาณน้ำ
ที่สูญเสียในระบบซึ่งเกิดจากการรั่วซึมและการระเหยบนพื้นที่แหล่งน้ำ ระบบการส่งน้ำและใน
พื้นที่ชลประทาน และปริมาณน้ำที่เหลือใช้จากพื้นที่เพาะปลูกและไหลกลับสู่ระบบ

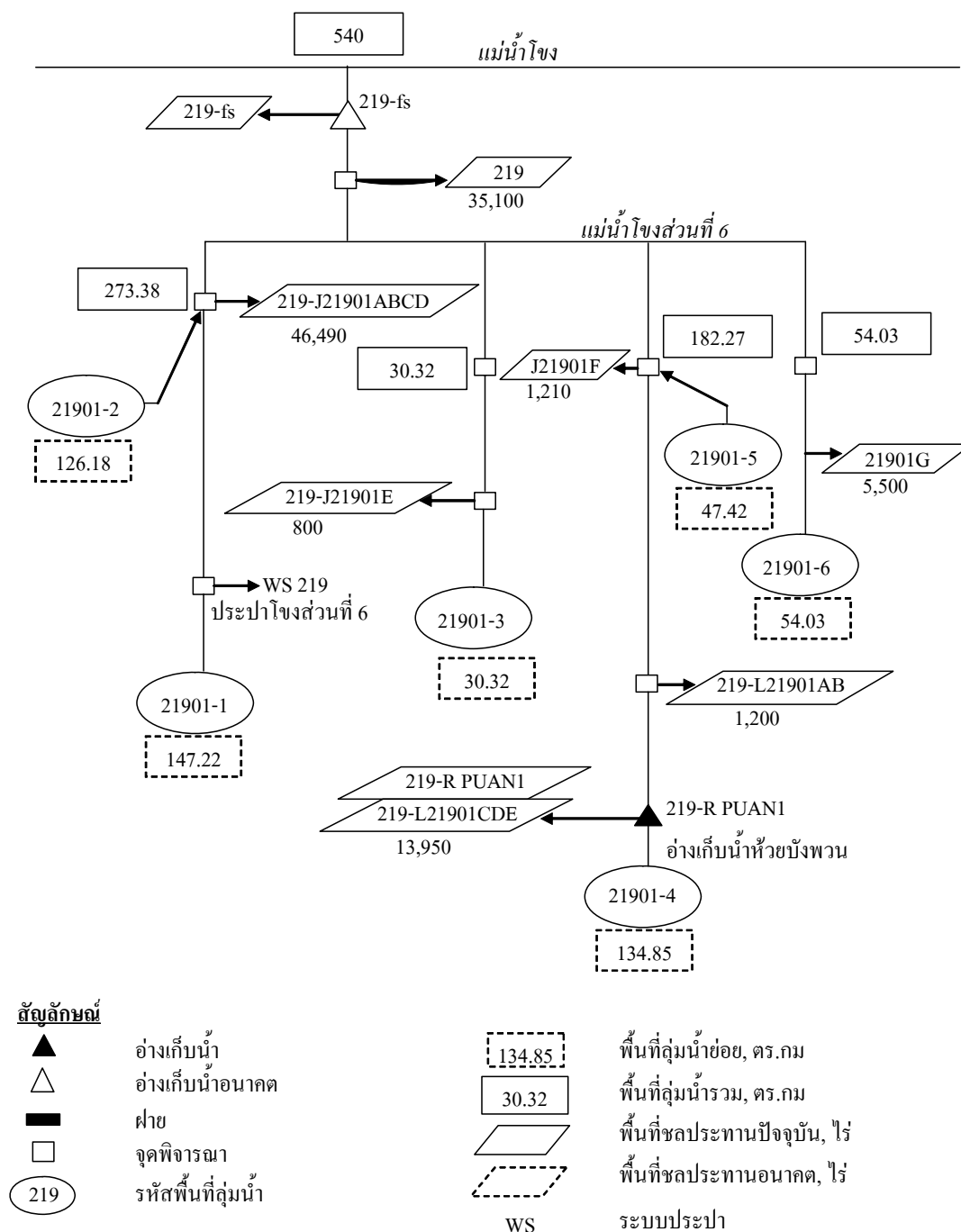
โครงข่ายของระบบลุ่มน้ำสำหรับการศึกษาประกอบด้วยลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6
น้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยดาน มีรายละเอียดของแต่ละลุ่มน้ำสาขาดังนี้

ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6

1) จากภาพที่ 25 แผนผังลุ่มน้ำลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 มีพื้นที่รับน้ำ 540 ตร.กม.
ปัจจุบันมีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำจำนวน 36 โครงการ ประกอบด้วยโครงการอ่างเก็บน้ำ
ห้วยบังพวน ฝ่ายและระบบประปาที่สูบน้ำจากแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 จำนวน 1 แห่ง โดยมีความจุเก็บ
กักรวมทั้งลุ่มน้ำ 10.09 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่เพาะปลูกในเขตชลประทานรวม 104,250 ไร่ ปริมาณ
น้ำท่ารายปีเฉลี่ย 122.46 ล้าน ลบ.ม. แบ่งเป็นปริมาณน้ำท่าในฤดูฝนและฤดูแล้ง 112.82 และ
9.64 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ

2) ปริมาณความต้องการน้ำในปัจจุบันคิดเป็น 61.1 ล้าน ลบ.ม. เป็นปริมาณน้ำเพื่อ
การเกษตรในเขตชลประทาน 53.7 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การท่องเที่ยวและ
อุตสาหกรรม 7.4 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศท้ายน้ำ 3.0 ล้าน ลบ.ม.

ปริมาณน้ำเหลือไหลออกจากกลุ่มน้ำรวม 73.6 ล้าน ลบ.ม. แบ่งเป็นปริมาณน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง 70.1 และ 3.5 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ



ภาพที่ 25 แผนผังลำนํ้าลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6

3) ผลการวิเคราะห์สมดุลของกลุ่มน้ำสาขาพบการขาดแคลนน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค และการเกษตรในเขตพื้นที่ชลประทานเป็นจำนวน 3.4 ล้าน ลบ.ม. ระดับการขาดแคลนน้ำอยู่ในเกณฑ์น้อย

ลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย

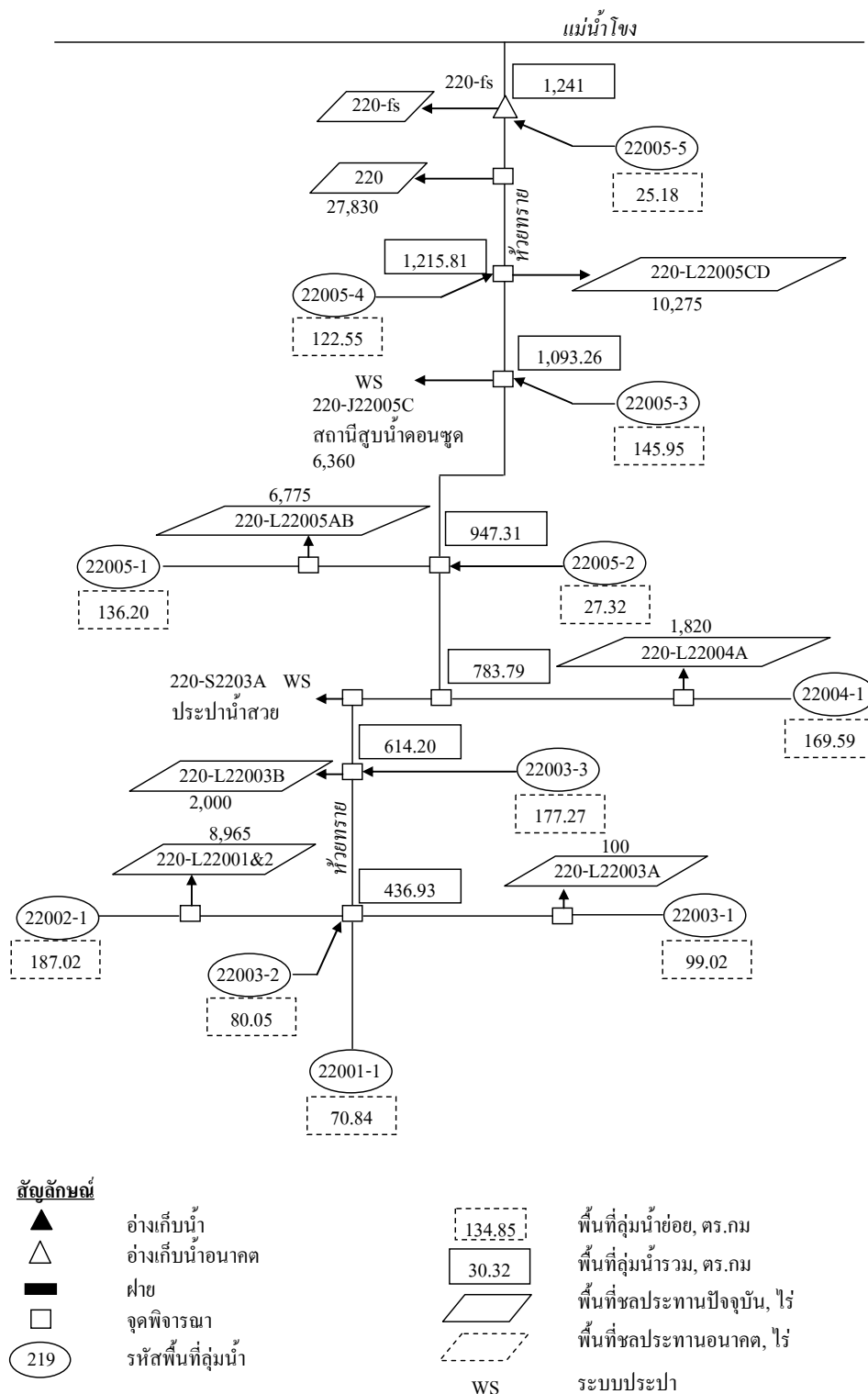
1) จากภาพที่ 26 แผนผังลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย มีพื้นที่รับน้ำ 1,240.97 ตร.กม. ปัจจุบันมีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำจำนวน 78 โครงการ ประกอบด้วยโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ฝาย ระบบประปาที่สูบน้ำจากห้วยน้ำสวยและสถานีสูบน้ำคอนซูด โดยมีความจุเก็บกักรวมทั้งลุ่มน้ำ 5.74 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่เพาะปลูกในเขตชลประทานรวม 64,125 ไร่ ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย 485.8 ล้าน ลบ.ม. แบ่งเป็นปริมาณน้ำท่าในฤดูฝนและฤดูแล้ง 447.56 และ 38.2 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ

2) ปริมาณความต้องการน้ำในปัจจุบันคิดเป็น 35.6 ล้าน ลบ.ม. เป็นปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรในเขตชลประทาน 30.5 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การท่องเที่ยวและอุตสาหกรรม 5.1 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศท้ายน้ำ 3.7 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำเหลือไหลออกจากลุ่มน้ำรวม 457.3 ล้าน ลบ.ม. แบ่งเป็นปริมาณน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง 422.6 และ 34.7 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ

3) ผลการวิเคราะห์สมดุลของกลุ่มน้ำสาขาพบการขาดแคลนน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคและการเกษตรในเขตพื้นที่ชลประทานเป็นจำนวน 2.9 ล้าน ลบ.ม. ระดับการขาดแคลนน้ำอยู่ในเกณฑ์น้อย

ลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง

1) จากภาพที่ 27 แผนผังลุ่มน้ำสาขห้วยหลวง มีพื้นที่รับน้ำ 4,106 ตร.กม. ปัจจุบันมีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำจำนวน 108 โครงการ ประกอบด้วยโครงการเขื่อนห้วยหลวง อ่างเก็บน้ำขนาดกลางและขนาดเล็ก ฝาย ระบบประปาที่สูบน้ำจากห้วยหลวงและสถานีสูบน้ำ โดยมีความจุเก็บกักรวมทั้งลุ่มน้ำ 161.33 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่เพาะปลูกในเขตชลประทานรวม 147,160 ไร่ ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย 1,263.1 ล้าน ลบ.ม. แบ่งเป็นปริมาณน้ำท่าในฤดูฝนและฤดูแล้ง 1,163.71 และ 99.4 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ



ภาพที่ 26 แผนผังลำน้ำลุ่มน้ำสาขาน้ำสว

2) ปริมาณความต้องการน้ำในปัจจุบันคิดเป็น 177.8 ล้าน ลบ.ม. เป็นปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรในเขตชลประทาน 144.0 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การท่องเที่ยวและอุตสาหกรรม 33.8 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศท้ายน้ำ 11.2 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำเหลือไหลออกจากกลุ่มน้ำรวม 1,120.9 ล้าน ลบ.ม. แบ่งเป็นปริมาณน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง 1,039.3 และ 81.6 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ

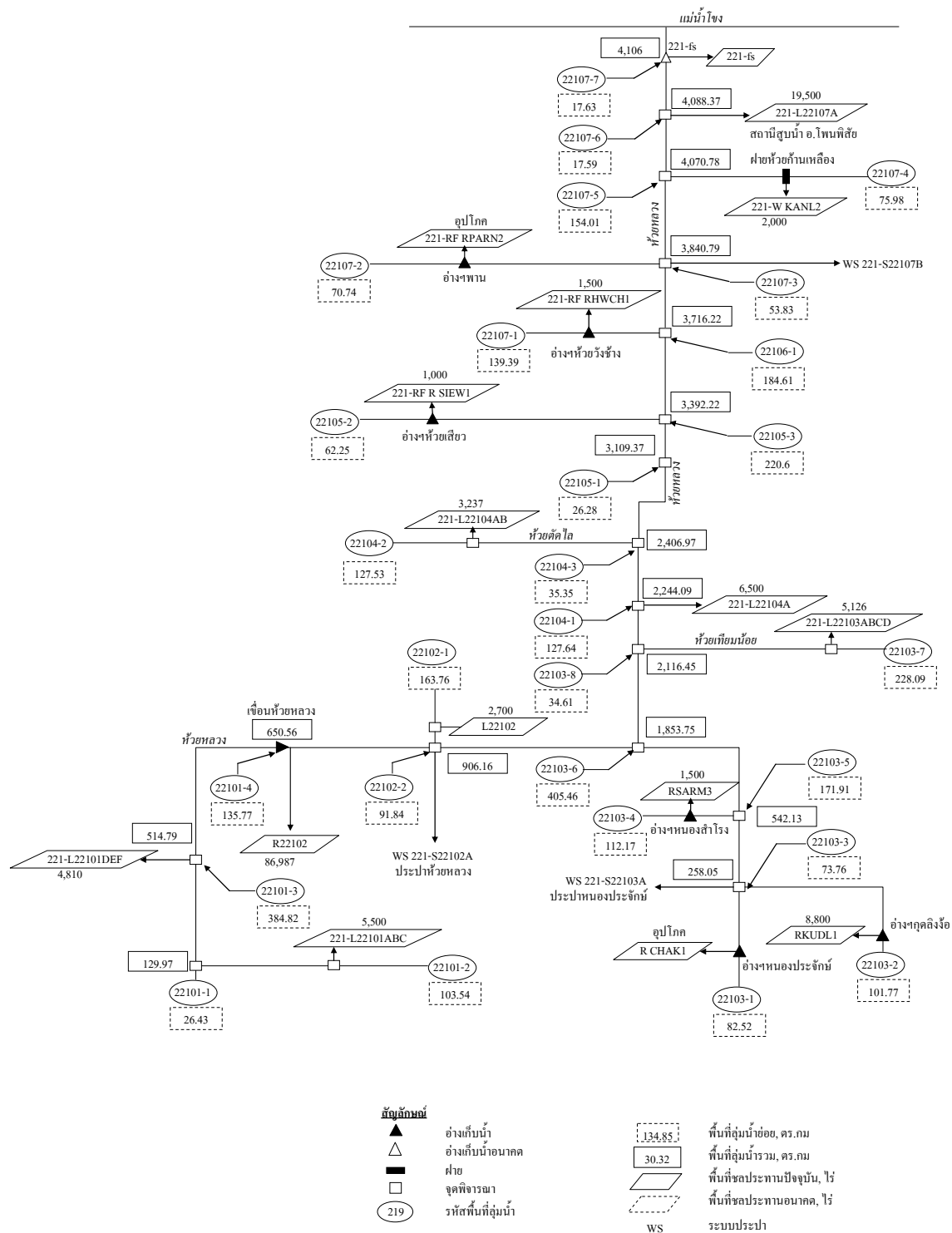
3) ผลการวิเคราะห์สมดุลของกลุ่มน้ำสาขาพบการขาดแคลนน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคและการเกษตรในเขตพื้นที่ชลประทานเป็นจำนวน 19.8 ล้าน ลบ.ม. ระดับการขาดแคลนนํ้าอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

กลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน

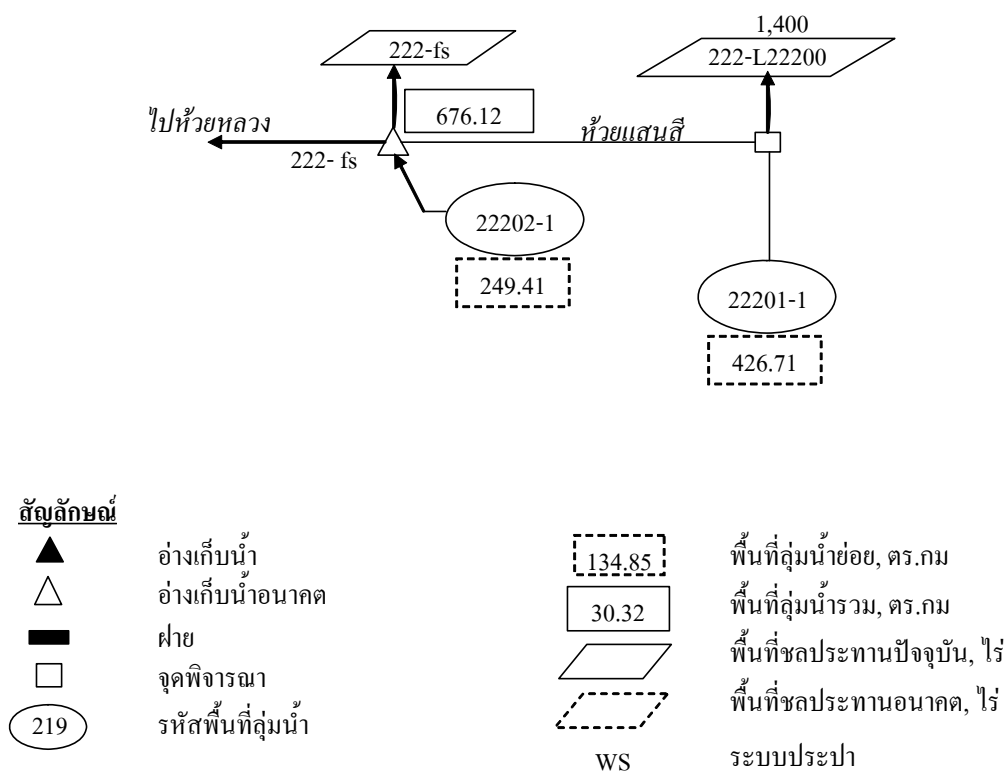
1) จากภาพที่ 28 แผนผังลำน้ำกลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน มีพื้นที่รับน้ำ 676.12 ตร.กม. ปัจจุบันมีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำจำนวน 17 โครงการ ประกอบด้วยโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กและฝาย โดยมีความจุเก็บกักรวมทั้งกลุ่มน้ำ 2.04 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่เพาะปลูกในเขตชลประทานรวม 1400 ไร่ ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย 167.3 ล้าน ลบ.ม. แบ่งเป็นปริมาณน้ำท่าในฤดูฝนและฤดูแล้ง 154.13 และ 13.2 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ

2) ปริมาณความต้องการน้ำในปัจจุบันคิดเป็น 6.0 ล้าน ลบ.ม. เป็นปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรในเขตชลประทาน 3.1 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การท่องเที่ยวและอุตสาหกรรม 2.9 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศท้ายน้ำ 0.5 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำเหลือไหลออกจากกลุ่มน้ำรวม 162.5 ล้าน ลบ.ม. แบ่งเป็นปริมาณน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง 149.9 และ 12.6 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ

3) ผลการวิเคราะห์สมดุลของกลุ่มน้ำสาขาพบการขาดแคลนน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคและการเกษตรในเขตพื้นที่ชลประทานเป็นจำนวน 0.2 ล้าน ลบ.ม. ระดับการขาดแคลนนํ้าอยู่ในเกณฑ์น้อย



ภาพที่ 27 แผนผังลำน้ำลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง



ภาพที่ 28 แผนผังลำน้ำลุ่มน้ำสาขาห้วยคาน

ผลสมมูลน้ำของลุ่มน้ำสาขาสามารถแสดงได้ดังนี้

ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)	พื้นที่ชลประทาน (ไร่)	ความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม./ปี)			ปริมาณน้ำไหลออก จากลุ่มน้ำ (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)	ขาดแคลนน้ำรวม (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)
				เกษตร	อื่นๆ	รวม		
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	553.45	122.46	104,250	53.7	7.4	61.1	73.6	3.4
น้ำสวย	1,336.96	485.79	64,125	30.5	5.1	35.6	457.3	2.9
ห้วยหลวง	3,417.64	1,263.11	147,160	144.0	33.8	177.8	1,120.9	19.8
ห้วยคาน	675.77	167.29	1,400	3.1	2.9	6.0	162.5	0.2

หมายเหตุ : - ความต้องการน้ำด้านอื่นๆ ประกอบด้วยน้ำอุปโภคบริโภค ท่องเที่ยวและอุตสาหกรรม
- การขาดแคลนน้ำคิดเฉพาะพื้นที่ในเขตชลประทานและปริมาณน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค

ผลการวิเคราะห์ห้วยชีน้ำ

ผลการวิเคราะห์ห้วยชีน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยดาน ดังแสดงในตารางที่ 21 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ห้วยชีน้ำเป็นดังนี้

ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6

1) ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าพื้นที่ลุ่มน้ำ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เพียงอย่างเดียว จากสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งเป็นที่ราบลุ่มริมแม่น้ำโขง บริเวณที่ลุ่มต่ำเกิดเป็นหนอง บึง กระจายตัวอยู่ในลุ่มน้ำ มีลำน้ำสายสั้นๆ ไหลลงสู่แม่น้ำโขงโดยตรง ในปี พ.ศ. 2545 มีปริมาณน้ำเข้าทั้งหมดในช่วงฤดูฝน 703.84 ล้าน ลบ.ม. ช่วงฤดูแล้ง 46.56 ล้าน ลบ.ม. รวมปริมาณน้ำเข้าทั้งหมดรายปีเป็น 750.40 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำเข้าสู่สุทธิในช่วงฤดูฝน 411.21 ล้าน ลบ.ม. ช่วงฤดูแล้ง 126.35 ล้าน ลบ.ม. รวมมีปริมาณน้ำเข้าสู่สุทธิรายปี 537.56 ล้าน ลบ.ม.

2) ปริมาณน้ำทั้งหมดไปในพื้นที่ลุ่มน้ำ จากการวิเคราะห์พบว่าการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำ ประกอบด้วย การใช้น้ำในกระบวนการและนอกกระบวนการรวมเป็นปริมาณทั้งสิ้น 448.96 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งประกอบด้วย การคายระเหยของพืชในพื้นที่เกษตรกรรม 316.77 คิดเป็นร้อยละ 71 ของปริมาณน้ำทั้งหมดไป การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมรวม 8.5 ล้าน ลบ.ม. การใช้น้ำนอกกระบวนการในส่วนที่เกิดประโยชน์ได้แก่ การคายระเหยในพื้นที่ป่าไม้ 36.36 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 8 ของปริมาณน้ำทั้งหมดไป การใช้น้ำนอกกระบวนการที่ไม่เกิดประโยชน์ได้แก่ การระเหยจากแหล่งน้ำ พื้นที่ชุมชน พื้นที่เบ็ดเตล็ดและปริมาณน้ำสิ้นสภาพ รวมเป็น 87.34 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 19 ของปริมาณน้ำทั้งหมดไป

3) ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณน้ำที่ไหลออกเป็น 88.60 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี เป็นปริมาณน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง 80.52 และ 8.08 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ 521.16 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี

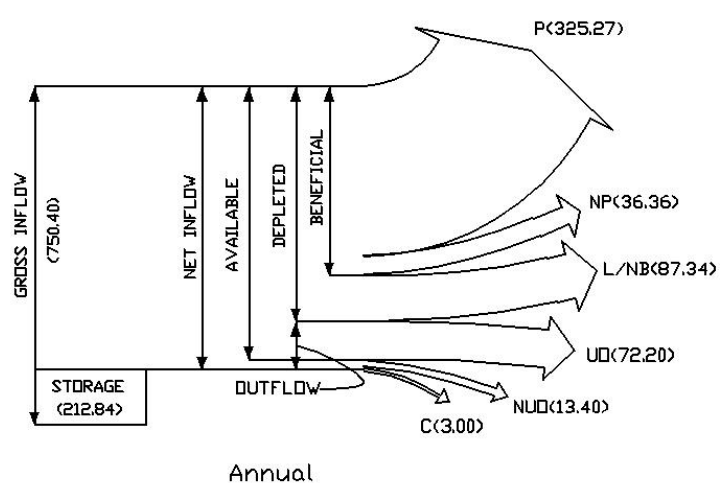
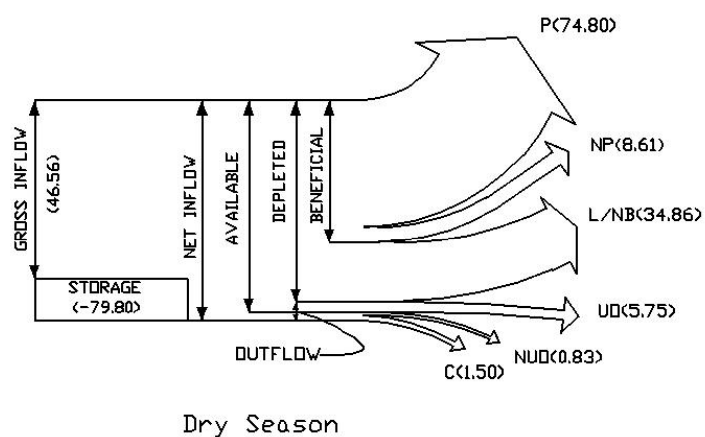
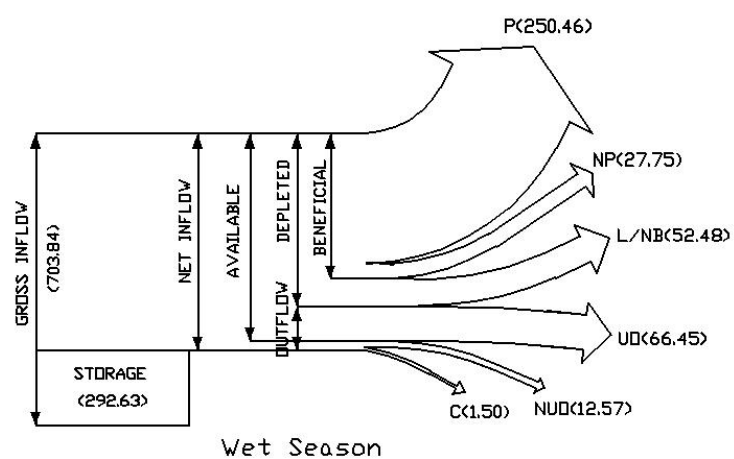
ผลการวิเคราะห์ห้วยชีน้ำของลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 แสดงเป็นแผนภาพได้ดังภาพที่ 29

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์บัญชีน้ำของกลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยคาน

Item	กลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6			กลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย			กลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง			กลุ่มน้ำสาขาห้วยคาน		
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
Gross Inflow	703.84	46.56	750.40	2,000.49	114.15	2,114.65	5,043.94	302.38	5,346.32	934.59	51.24	985.82
Precipitation	703.84	46.56	750.40	2,000.49	114.15	2,114.65	4,909.06	287.56	5,196.62	934.59	51.24	985.82
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.88	14.82	149.70	0.00	0.00	0.00
Sub-Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Net Inflow	411.21	126.35	537.56	1,231.86	246.82	1,478.67	3,136.73	683.18	3,819.91	541.60	98.04	639.65
Surface Storage Change	292.63	-79.80	212.84	768.63	-132.66	635.97	1,907.21	-380.80	1,526.41	392.98	-46.81	346.18
Sub Surface Storage Change	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Depleted Water	330.69	118.27	448.96	808.18	204.56	1,012.73	2,097.75	547.44	2,645.19	406.72	83.22	489.94
Process Water	250.46	74.80	325.27	587.57	126.07	713.64	1,421.19	303.89	1,725.08	335.28	62.79	398.07
Water uses intended by humans	4.25	4.25	8.50	2.30	2.30	4.60	17.25	17.25	34.50	1.95	1.95	3.90
Evapotranspiration by crops (ET)	246.21	70.55	316.77	585.27	123.77	709.04	1,403.94	286.64	1,690.58	333.33	60.84	394.17
Pumping	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beneficial Non-process Water	27.75	8.61	36.36	133.69	41.48	175.16	442.50	137.29	579.79	40.91	12.69	53.60
Low or Non-beneficial Non- process Water	52.48	34.86	87.34	86.92	37.01	123.93	234.06	106.25	340.31	30.53	7.74	38.27
Evaporation from municipal and industrial uses (M&I)	42.62	34.21	76.83	66.92	35.87	102.79	184.97	103.38	288.35	17.44	7.02	24.46

ตารางที่ 21 (ต่อ)

Item	ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6			ลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย			ลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง			ลุ่มน้ำสาขาห้วยคาน		
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
Flows to sinks	9.85	0.65	10.51	20.00	1.14	21.15	49.09	2.88	51.97	13.08	0.72	13.80
Outflow	80.52	8.08	88.60	423.68	42.26	465.94	1,038.98	135.74	1,174.72	134.88	14.82	149.70
Available Water	397.14	124.02	521.16	1,214.00	244.05	1,458.05	3,088.84	675.10	3,763.94	533.88	97.38	631.26
Uncommitted Outflow	79.02	6.58	85.60	421.83	40.41	462.24	1,033.38	130.14	1,163.52	134.63	14.57	149.20
Utilizable Outflow	66.45	5.75	72.20	405.83	39.50	445.32	991.09	127.66	1,118.76	127.16	14.16	141.32
Non-utilizable Outflow	12.57	0.83	13.40	16.00	0.91	16.92	42.29	2.48	44.77	7.48	0.41	7.89
Committed Outflow	1.50	1.50	3.00	1.85	1.85	3.70	5.60	5.60	11.20	0.25	0.25	0.50
Downstream Maintain	1.50	1.50	3.00	1.85	1.85	3.70	5.60	5.60	11.20	0.25	0.25	0.50
Indicator												
Depleted Fraction of Gross Inflow (DF _{GI})	0.47	2.54	0.60	0.40	1.79	0.48	0.42	1.81	0.49	0.44	1.62	0.50
Depleted Fraction of Available Water (DF _{AW})	0.83	0.95	0.86	0.67	0.84	0.69	0.68	0.81	0.70	0.76	0.85	0.78
Process Fraction of Available Water (PF _{AW})	0.63	0.60	0.62	0.48	0.52	0.49	0.46	0.45	0.46	0.63	0.64	0.63
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency (BU)	0.70	0.67	0.69	0.59	0.69	0.61	0.60	0.65	0.61	0.70	0.78	0.72



ภาพที่ 29 แผนภาพบัญชีของกลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6

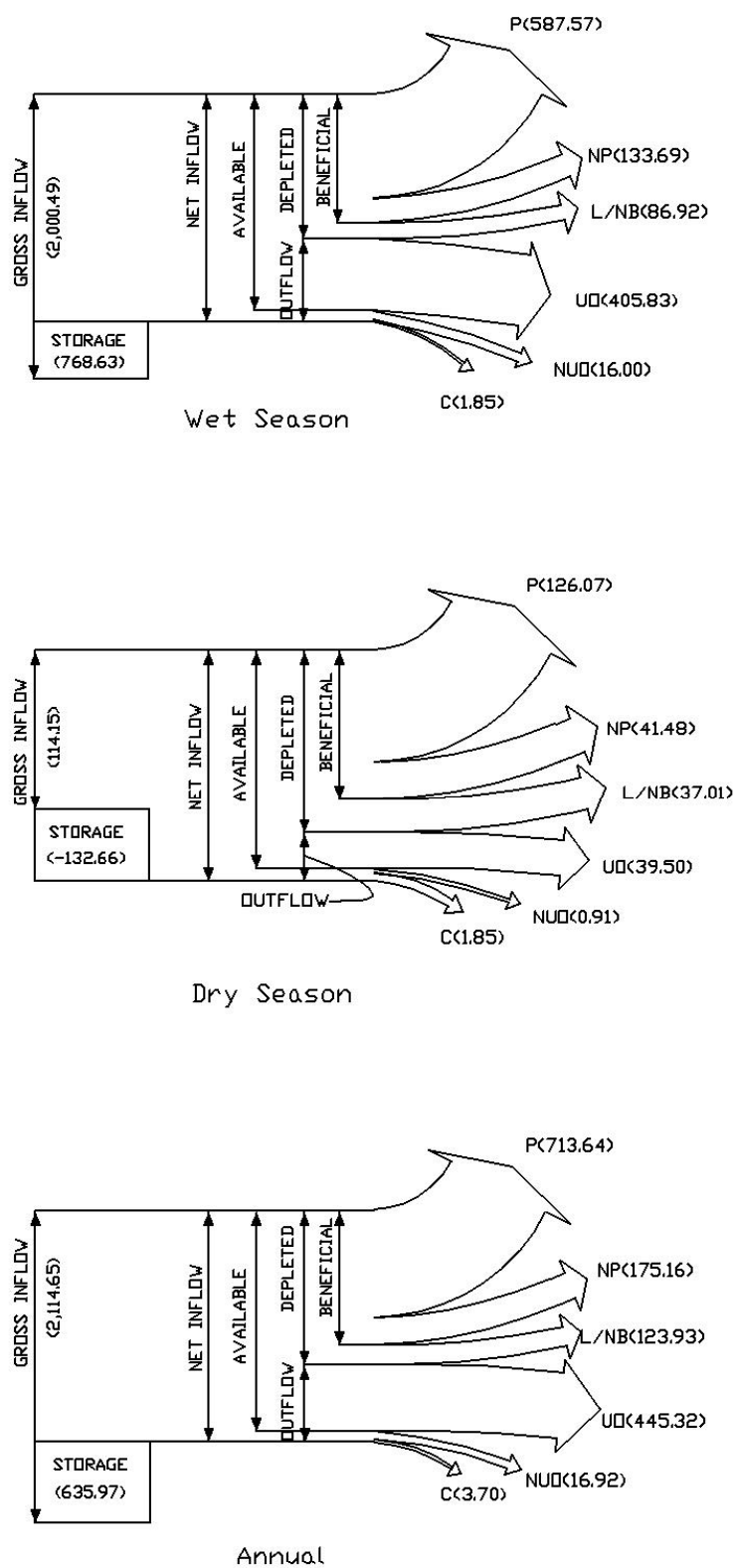
ลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย

1) ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าพื้นที่ลุ่มน้ำ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เพียงอย่างเดียว จากสภาพพื้นที่ซึ่งส่วนใหญ่เป็นที่ราบ โดยเฉพาะตอนล่างของลุ่มน้ำจะมีหนอง บึง กระจายอยู่ทั่วไป มีห้วยน้ำสวยตั้งอยู่ตอนกลางของพื้นที่ลุ่มน้ำไหลลงสู่แม่น้ำโขงทางทิศเหนือ ในปี พ.ศ. 2545 มีปริมาณน้ำเข้าทั้งหมดในช่วงฤดูฝน 2,000.49 ล้าน ลบ.ม. ช่วงฤดูแล้ง 114.15 ล้าน ลบ.ม. รวมปริมาณน้ำเข้าทั้งหมดรายปีเป็น 2,114.65 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำเข้าสู่ห้วยในฤดูฝน 1,231.86 ล้าน ลบ.ม. ช่วงฤดูแล้ง 246.82 ล้าน ลบ.ม. รวมมีปริมาณน้ำเข้าสู่ห้วยรายปี 1,478.67 ล้าน ลบ.ม.

2) ปริมาณน้ำที่หมดไปในพื้นที่ลุ่มน้ำ จากการวิเคราะห์พบว่าการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำ ประกอบด้วยการใช้น้ำในกระบวนการและนอกกระบวนการรวมเป็นปริมาณทั้งสิ้น 1,012.73 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งประกอบด้วย การคายระเหยของพืชในพื้นที่เกษตรกรรม 709.04 คิดเป็นร้อยละ 70 ของปริมาณน้ำที่หมดไป การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมรวม 4.6 ล้าน ลบ.ม. การใช้น้ำนอกกระบวนการในส่วนที่เกิดประโยชน์ได้แก่ การคายระเหยในพื้นที่ป่าไม้ 175.16 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 17 ของปริมาณน้ำที่หมดไป การใช้น้ำนอกกระบวนการที่ไม่เกิดประโยชน์ได้แก่ การระเหยจากแหล่งน้ำ พื้นที่ชุมชน พื้นที่เบ็ดเตล็ดและปริมาณน้ำสิ้นสภาพ รวมเป็น 123.93 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 12 ของปริมาณน้ำที่หมดไป

3) ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณน้ำที่ไหลออกเป็น 465.94 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี เป็นปริมาณน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง 423.68 และ 42.26 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ 1,458.05 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี

ผลการวิเคราะห์บัญชีน้ำของลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย แสดงเป็นแผนภาพได้ดังภาพที่ 30



ภาพที่ 30 แผนภาพบัญชีน้ำของกลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย

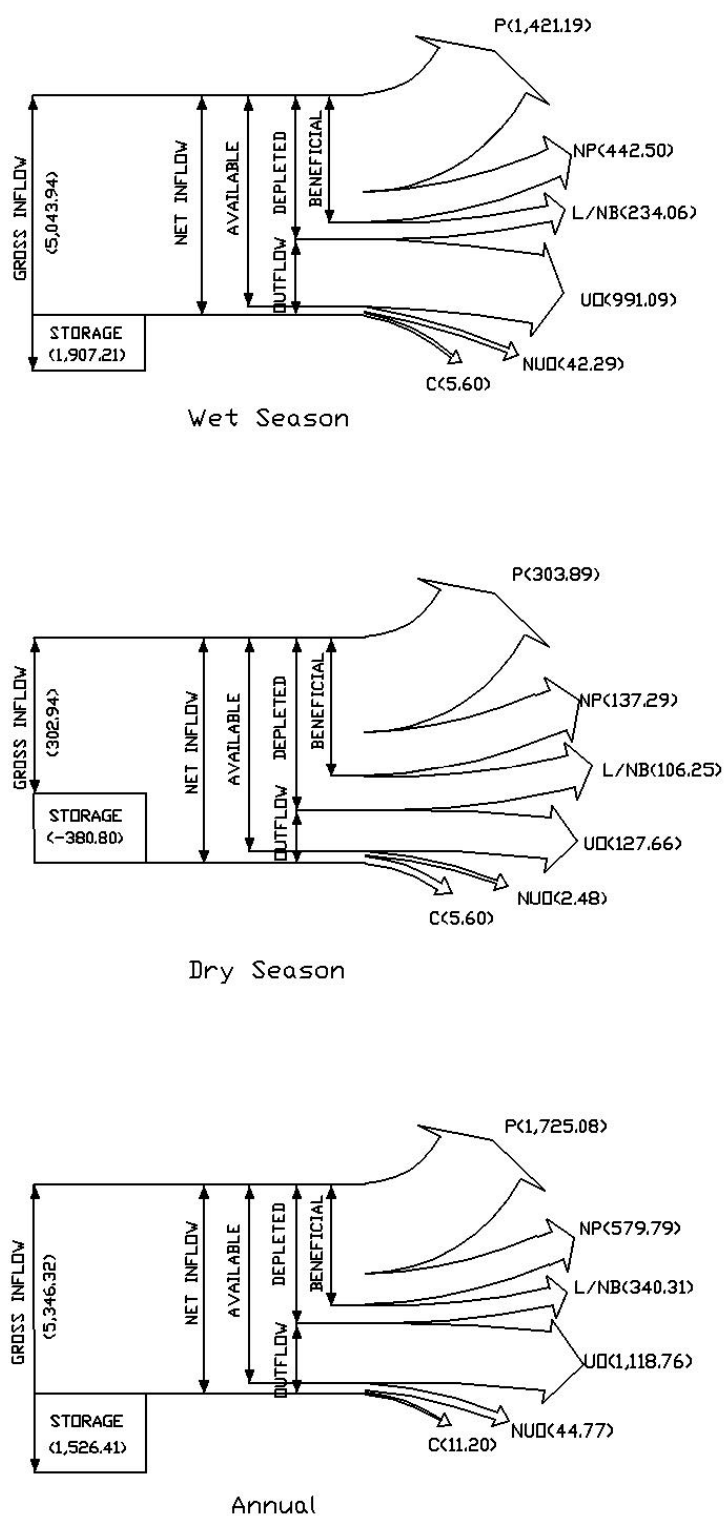
ลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง

1) ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าพื้นที่ลุ่มน้ำ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่และปริมาณน้ำท่าผิวดินที่ไหลออกจากลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน พื้นที่ทางตอนบนของลุ่มน้ำมีสภาพเป็นป่าต้นน้ำ มีแนวเขาภูพานที่มีความลาดชันลงมาจากยอดที่เขื่อนห้วยหลวง บริเวณที่ราบลุ่มอยู่ตามแนวลำน้ำห้วยหลวง พื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำใช้ทำการเกษตร ในปี พ.ศ. 2545 มีปริมาณน้ำเข้าทั้งหมดในช่วงฤดูฝน 5,043.94 ล้าน ลบ.ม. ช่วงฤดูแล้ง 302.38 ล้าน ลบ.ม. รวมปริมาณน้ำเข้าทั้งหมดรายปีเป็น 5,346.32 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำเข้าสุทธิในช่วงฤดูฝน 3,136.73 ล้าน ลบ.ม. ช่วงฤดูแล้ง 683.18 ล้าน ลบ.ม. รวมมีปริมาณน้ำสุทธิรายปี 3,819.91 ล้าน ลบ.ม.

2) ปริมาณน้ำทั้งหมดไปในพื้นที่ลุ่มน้ำ จากการวิเคราะห์พบว่าการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำ ประกอบด้วยการใช้น้ำในกระบวนการและนอกกระบวนการรวมเป็นปริมาณทั้งสิ้น 2,645.19 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งประกอบด้วย การคายระเหยของพืชในพื้นที่เกษตรกรรม 1,690.58 คิดเป็นร้อยละ 64 ของปริมาณน้ำทั้งหมดไป การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมรวม 34.50 ล้าน ลบ.ม. การใช้น้ำนอกกระบวนการในส่วนที่เกิดประโยชน์ได้แก่ การคายระเหยในพื้นที่ป่าไม้ 579.79 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 22 ของปริมาณน้ำทั้งหมดไป การใช้น้ำนอกกระบวนการที่ไม่เกิดประโยชน์ได้แก่ การระเหยจากแหล่งน้ำ พื้นที่ชุมชน พื้นที่เบ็ดเตล็ดและปริมาณน้ำสิ้นสภาพ รวมเป็น 340.31 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 13 ของปริมาณน้ำทั้งหมดไป

3) ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณน้ำที่ไหลออกเป็น 1,174.72 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี เป็นปริมาณน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง 1,038.98 และ 135.74 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ 3,763.94 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี

ผลการวิเคราะห์บัญชีน้ำของลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง แสดงเป็นแผนภาพได้ดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 แผนภาพบัญชีน้ำของกลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง

ลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน

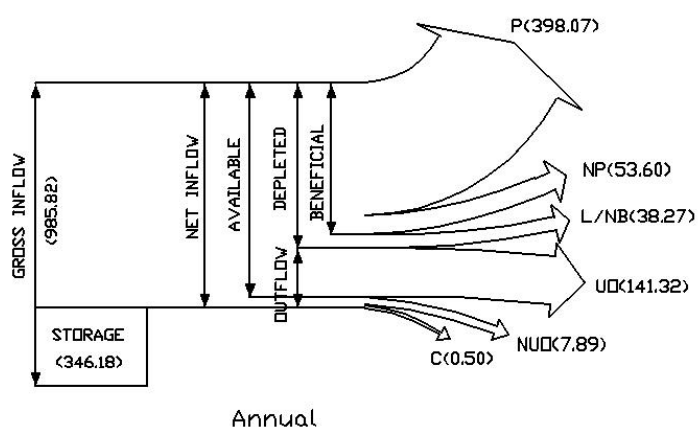
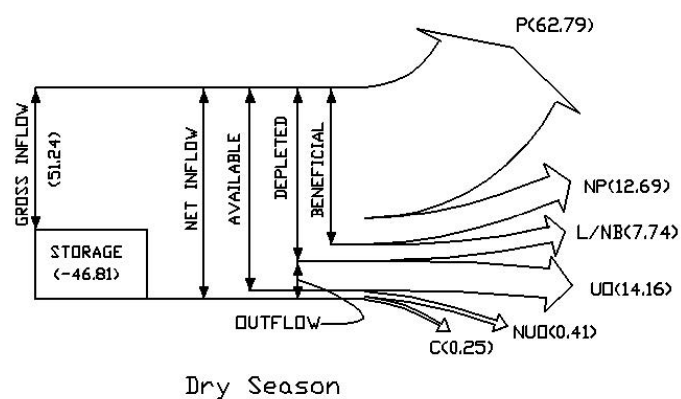
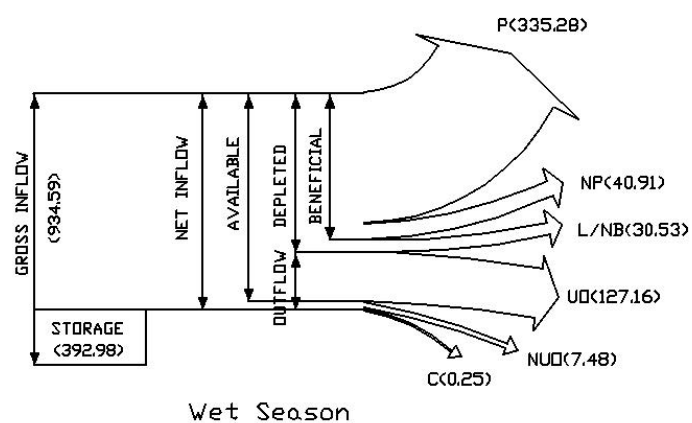
1) ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าพื้นที่ลุ่มน้ำ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เพียงอย่างเดียว ปริมาณน้ำท่าผิวดินที่ไหลออกจากลุ่มน้ำสาขาจะไหลเข้าสู่ลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ มีความลาดชันจากทิศใต้และตะวันออกลาดไปทางทิศเหนือ ซึ่งเป็นตอนล่างของลุ่มน้ำ ในปี พ.ศ. 2545 มีปริมาณน้ำเข้าทั้งหมดในช่วงฤดูฝน 934.59 ล้าน ลบ.ม. ช่วงฤดูแล้ง 51.24 ล้าน ลบ.ม. รวมปริมาณน้ำเข้าทั้งหมดรายปีเป็น 985.82 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำเข้าสุทธิในช่วงฤดูฝน 541.60 ล้าน ลบ.ม. ช่วงฤดูแล้ง 98.04 ล้าน ลบ.ม. รวมมีปริมาณน้ำเข้าสุทธिरายปี 639.65 ล้าน ลบ.ม.

2) ปริมาณน้ำที่หมดไปในพื้นที่ลุ่มน้ำ จากการวิเคราะห์พบว่าการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำ ประกอบด้วย การใช้น้ำในกระบวนการและนอกกระบวนการรวมเป็นปริมาณทั้งสิ้น 489.94 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งประกอบด้วย การคายระเหยของพืชในพื้นที่เกษตรกรรม 394.17 คิดเป็นร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำที่หมดไป การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมรวม 3.9 ล้าน ลบ.ม. การใช้น้ำนอกกระบวนการในส่วนที่เกิดประโยชน์ได้แก่ การคายระเหยในพื้นที่ป่าไม้ 53.60 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 11 ของปริมาณน้ำที่หมดไป การใช้น้ำนอกกระบวนการที่ไม่เกิดประโยชน์ได้แก่ การระเหยจากแหล่งน้ำ พื้นที่ชุมชน พื้นที่เบ็ดเตล็ดและปริมาณน้ำสิ้นสภาพรวมเป็น 38.27 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 8 ของปริมาณน้ำที่หมดไป

3) ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณน้ำที่ไหลออกเป็น 149.70 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี เป็นปริมาณน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง 134.88 และ 14.82 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ 631.26 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี

ผลการวิเคราะห์บัญชีน้ำของลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน แสดงเป็นแผนภาพได้ดังภาพที่ 32

ผลการคำนวณบัญชีน้ำในแต่ละองค์ประกอบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 22



ภาพที่ 32 แผนภาพบัญชีน้ำของกลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน

ตารางที่ 22 ผลการคำนวณบัญชีน้ำ

ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณฝน		พื้นที่ที่มีการคายระเหย (ตร.กม.)						ปริมาณการคายระเหย (ล้าน ลบ.ม.)						ปริมาณน้ำที่หมดไป (ล้าน ลบ.ม.)					
		(มม.)	(ล้าน ลบ.ม.)	เกษตรกรรม		ป่าไม้	ชุมชน	เปิดเตล็ด	แหล่งน้ำ	เกษตรกรรม		ป่าไม้	ชุมชน	เปิดเตล็ด	แหล่งน้ำ	รวม	การ คาย ระเหย ในพื้นที่	น้ำ อุปโภค บริโภค	น้ำดื่ม น้ำกิน ส้วภาพ	รวม	
				ในเขต	นอกเขต					ในเขต	นอกเขต										
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
			$= (3) \times 0.85$														$= (17)$				
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	553.45	1,595.12	750.40	166.80	244.20	35.90	35.75	19.26	51.53	163.80	152.97	36.36	3.62	15.61	57.60	429.96	429.96	8.20	0.30	10.51	448.96
น้ำสาย	1,336.96	1,860.80	2,114.65	102.57	898.34	172.94	55.91	68.69	37.09	107.08	601.96	175.16	5.66	55.66	41.47	986.99	986.99	3.90	0.70	21.15	1,012.73
ห้วยหลวง	3,417.64	1,788.86	5,196.62	233.21	2,211.75	572.45	99.16	187.68	112.91	227.27	1,463.32	579.79	10.04	152.07	126.23	2,558.72	2,558.72	31.30	3.20	51.97	2,645.19
ห้วยดาน	675.77	1,716.25	985.82	7.94	580.79	52.92	5.39	24.07	3.95	7.78	386.40	53.60	0.55	19.51	4.41	472.24	472.24	3.40	0.50	13.80	489.94

หน่วย : ล้าน ลบ.ม.

ลุ่มน้ำสาขา	ปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด		ปริมาณน้ำเข้าสู่สุทธิ		ปริมาณน้ำที่หมดไป										ปริมาณน้ำ ไหลออก =(27)-(36)	ปริมาณน้ำ มีพื้นที่ (รักษา ระบบ นิเวศ)	ปริมาณน้ำ ไม่มีพื้นที่ ใช้ประโยชน์ ไม่ได้	ปริมาณน้ำ ที่สามารถ ใช้งานได้
	น้ำฝน =(4)	น้ำท่า ควิน	รวม	การเปลี่ยนแปลง ปริมาณ น้ำเก็บกัก	การใช้น้ำในกระบวนการ				การใช้น้ำนอกกระบวนการ				รวม					
					อุปโภค บริโภค	อุตสาหกรรม	คายระเหย ในพื้นที่	การเกษตร	เกิด ประโยชน์	ไม่เกิดประโยชน์	รวม							
											ปศุสัตว์	ปศุสัตว์		ปศุสัตว์				
(1)	(23) = (4)	(24)	(25)	(26)	(27) = (25)-(26)	(28)	(29)	(30) = (11)+(12)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	(38)	(39)	(40)
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสาย	750.40	0.00	750.40	212.84	537.56	8.20	0.30	316.77	36.36	3.62	15.61	57.60	10.51	448.96	88.60	3.00	13.40	521.16
	2,114.65	0.00	2,114.65	635.97	1,478.67	3.90	0.70	709.04	175.16	5.66	55.66	41.47	21.15	1,012.73	465.94	3.70	16.92	1,458.05
	5,196.62	149.70	5,346.32	1,526.41	3,819.91	31.30	3.20	1,690.58	579.79	10.04	152.07	126.23	51.97	2,645.19	1,174.72	11.20	44.77	3,763.94
ห้วยดาน	985.82	0.00	985.82	346.18	639.65	3.40	0.50	394.17	53.60	0.55	19.51	4.41	13.80	489.94	149.70	0.50	7.89	631.26

ผลการวิเคราะห์ดัชนีบัญชีน้ำ

จากตาราง 21 พบว่าสัดส่วนปริมาณน้ำที่หมดไปเทียบกับปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด (DF_{GI}) ในช่วงฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วง 0.40 – 0.47 ส่วนในฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วง 1.62 – 2.54 แสดงให้เห็นว่าในช่วงฤดูฝนปริมาณน้ำที่หมดไปน้อยกว่าปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด แต่ในช่วงฤดูแล้งสัดส่วนของปริมาณน้ำที่หมดไปกลับมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด ดังนั้นหากมีการนำน้ำส่วนที่เหลือจากการใช้ในช่วงฤดูฝนไปเก็บกักไว้ตามแหล่งเก็บกักต่างๆ เช่น อ่างเก็บน้ำ หนองน้ำธรรมชาติ จะช่วยบรรเทาปัญหาขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งและมีน้ำสำหรับใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

ผลการวิเคราะห์สัดส่วนปริมาณน้ำที่หมดไปเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (DF_{AW}) พบว่าคงมีปริมาณน้ำเหลือจากการใช้งานโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน โดยค่าเฉลี่ยรายปีอยู่ในช่วง 0.69 – 0.86 โดยลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 มีค่าสูงสุด ดังนั้นจึงควรพัฒนาโครงการแหล่งน้ำที่มีศักยภาพเพิ่มเติมในลุ่มน้ำที่เหลือได้แก่ ลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยดาน

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้พบว่า PF_{AW} มีค่าเฉลี่ยรายปีอยู่ในช่วง 0.46 – 0.63 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า ค่า DF_{AW} ทั้งนี้เกิดจากในพื้นที่ลุ่มน้ำมีการใช้น้ำนอกกระบวนการนั่นเอง

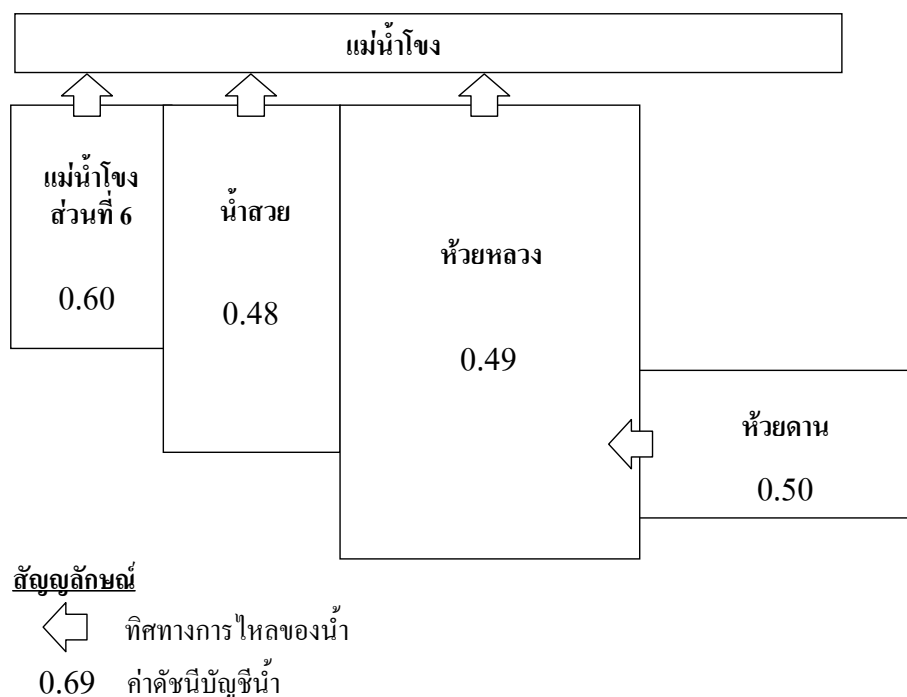
สัดส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่หมดไป (PF_{TD}) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 65 – 80 โดยลุ่มน้ำสาขาห้วยดานเป็นลุ่มน้ำที่มีสัดส่วนสูงที่สุด

ประสิทธิภาพของลุ่มน้ำ (BE) คือสัดส่วนการใช้น้ำในกระบวนการและการใช้น้ำนอกกระบวนการที่เกิดประโยชน์เทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 60 – 70 แสดงว่าการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำค่อนข้างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิเคราะห์ดัชนีบัญชีน้ำรายปีสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 33 – 36

ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6

1) อัตราส่วนของปริมาณน้ำที่หมดไปเทียบกับปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด (DF_{GI}) จากการวิเคราะห์บัญชีน้ำ พบว่า DF_{GI} ในช่วงฤดูฝนมีค่า 0.47 และในช่วงฤดูแล้งมีค่า 2.54 แสดงว่า ในช่วงฤดูฝนปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามากกว่าปริมาณน้ำที่หมดไปจึงมีน้ำเหลือ ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำไหลเข้าในพื้นที่ไม่เพียงพอกับการใช้น้ำ จึงเกิดการนำน้ำที่เก็บกักไว้ในลุ่มน้ำมาใช้

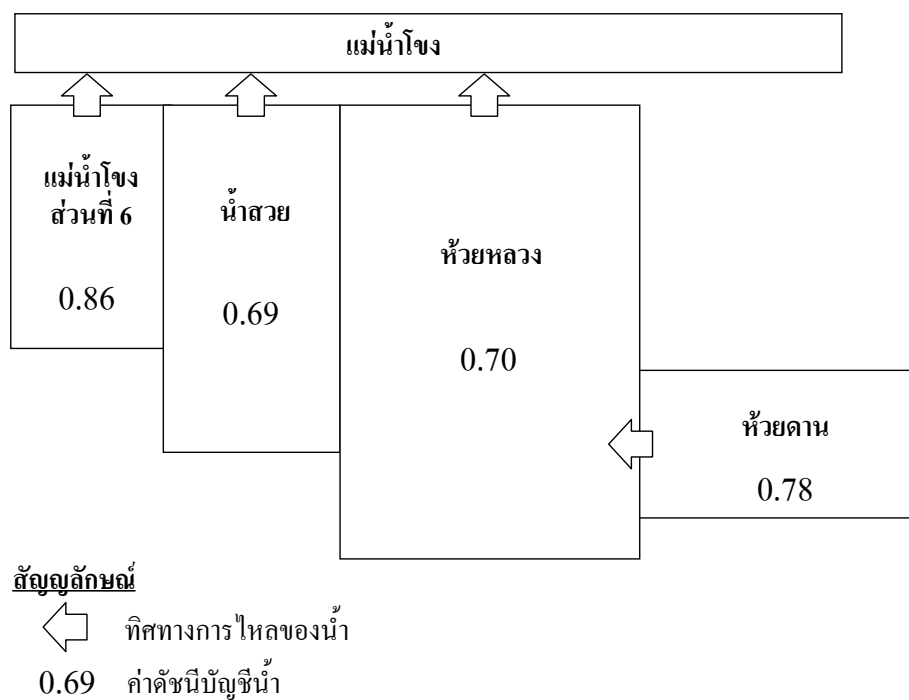


ภาพที่ 33 อัตราส่วนของปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด (DF_{GI})

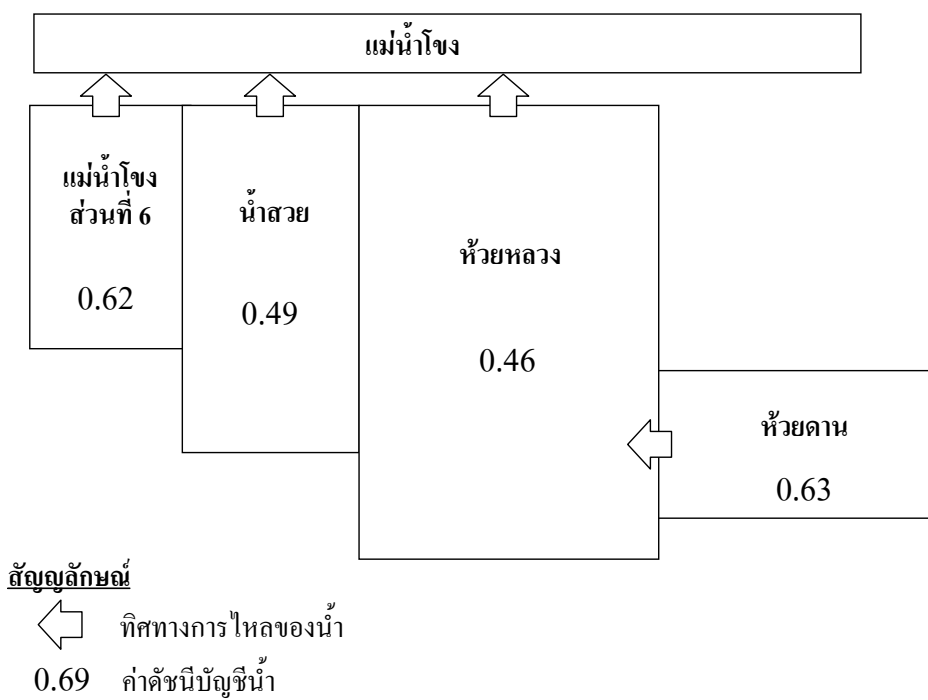
2) อัตราส่วนปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (DF_{AW}) จากผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่า DF_{AW} รายปีเป็น 0.86 แสดงว่ามีการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำจนเกือบเต็มความสามารถ อย่างไรก็ตามยังคงมีปริมาณน้ำเหลือที่จะสามารถนำไปใช้ได้อีกร้อยละ 14

3) อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (PF_{AW}) จากการวิเคราะห์พบว่า มีค่า PF_{AW} รายปีร้อยละ 62 ของปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ และเมื่อเทียบกับค่า DF_{AW} จะพบว่ามีย่านน้อยกว่าประมาณร้อยละ 24 เนื่องจากมีการใช้น้ำนอกกระบวนการไปเพื่อการระเหยนอกพื้นที่เกษตรกรรม

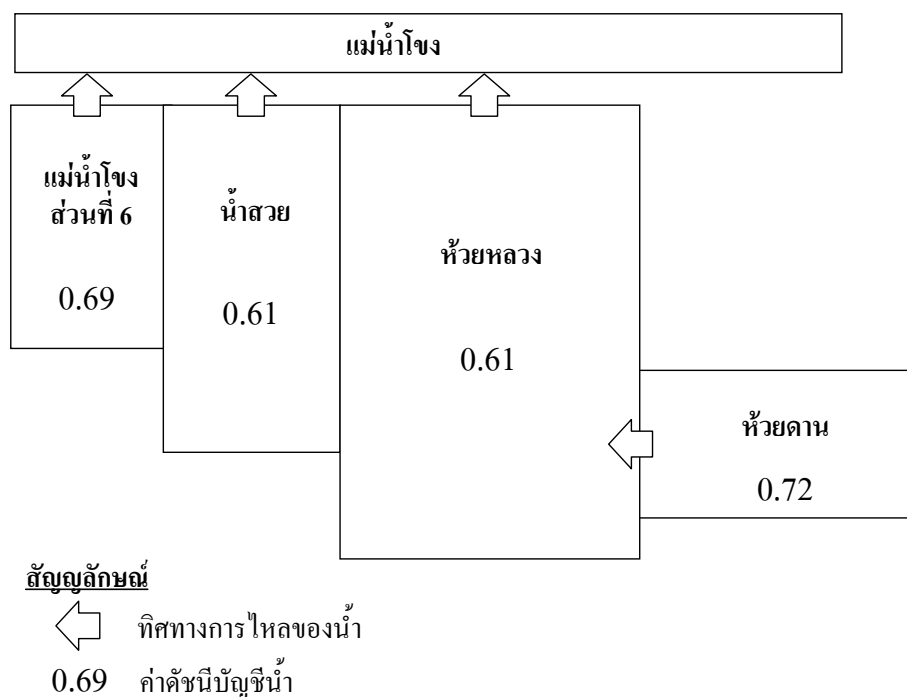
4) อัตราส่วนปริมาณน้ำที่เกิดประโยชน์เทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ หรือประสิทธิภาพของกลุ่มน้ำ (BU) จากผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่า BU ร้อยละ 69 แสดงว่าการใช้น้ำในลุ่มน้ำยังไม่มีประสิทธิภาพ คือสามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์ได้เพียงร้อยละ 69 ของปริมาณน้ำทั้งหมดที่สามารถใช้งานได้



ภาพที่ 34 อัตราส่วนของปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (DF_{AW})



ภาพที่ 35 อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (PF_{AW})



ภาพที่ 36 ประสิทธิภาพของกลุ่มน้ำรายปี (BU)

กลุ่มน้ำสาขาน้ำสวย

1) อัตราส่วนของปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด (DF_{GI}) จากการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ พบว่า DF_{GI} ในช่วงฤดูฝนมีค่า 0.40 และในช่วงฤดูแล้งมีค่า 1.79 แสดงว่า ในช่วงฤดูฝนปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามากกว่าปริมาณน้ำทั้งหมดไปจึงมีน้ำเหลือ ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำไหลเข้าในพื้นที่ไม่เพียงพอกับการใช้น้ำ จึงเกิดการนำน้ำที่เก็บกักไว้ภายในลุ่มน้ำมาใช้

2) อัตราส่วนปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (DF_{AW}) จากผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่า DF_{AW} รายปีเป็น 0.69 แสดงว่ามีการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำไม่เต็มความสามารถ จึงมีปริมาณน้ำเหลือที่จะนำไปใช้ได้อีกร้อยละ 31

3) อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (PF_{AW}) จากการวิเคราะห์พบว่า มีค่า PF_{AW} รายปีร้อยละ 49 ของปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ และเมื่อเทียบกับค่า DF_{AW} จะพบว่ามีย่านน้อยกว่าประมาณร้อยละ 20 เนื่องจากมีการใช้น้ำนอกกระบวนการไปเพื่อการระเหยนอกพื้นที่เกษตรกรรม

4) อัตราส่วนปริมาณน้ำที่เกิดประโยชน์เทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ หรือประสิทธิภาพของกลุ่มน้ำ (BU) จากผลการวิเคราะห์พบว่ามีค่า BU ร้อยละ 61 แสดงว่าการใช้น้ำในกลุ่มน้ำยังไม่มีประสิทธิภาพ คือสามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์ได้เพียงร้อยละ 61 ของปริมาณน้ำทั้งหมดที่สามารถใช้งานได้

ลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง

1) อัตราส่วนของปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด (DF_{GI}) จากการวิเคราะห์ปัญหานี้ พบว่า DF_{GI} ในช่วงฤดูฝนมีค่า 0.42 และในช่วงฤดูแล้งมีค่า 1.81 แสดงว่า ในช่วงฤดูฝนปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามากกว่าปริมาณน้ำทั้งหมดไปจึงมีน้ำเหลือ ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำไหลเข้าในพื้นที่ไม่เพียงพอกับการใช้น้ำ จึงเกิดการนำน้ำที่เก็บกักไว้ภายในลุ่มน้ำมาใช้

2) อัตราส่วนปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (DF_{AW}) จากผลการวิเคราะห์พบว่ามีค่า DF_{AW} รายปีเป็น 0.70 แสดงว่ามีการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำไม่เต็มความสามารถ จึงมีปริมาณน้ำเหลือที่จะนำไปใช้ได้อีกร้อยละ 30

3) อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (PF_{AW}) จากการวิเคราะห์พบว่ามีค่า PF_{AW} รายปีร้อยละ 46 ของปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ และเมื่อเทียบกับค่า DF_{AW} จะพบว่ามีค่าน้อยกว่าประมาณร้อยละ 24 เนื่องจากมีการใช้น้ำนอกกระบวนการไปเพื่อการระเหยนอกพื้นที่เกษตรกรรม

4) อัตราส่วนปริมาณน้ำที่เกิดประโยชน์เทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ หรือประสิทธิภาพของกลุ่มน้ำ (BU) จากผลการวิเคราะห์พบว่ามีค่า BU ร้อยละ 72 แสดงว่าการใช้น้ำในกลุ่มน้ำยังไม่มีประสิทธิภาพ คือสามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์ได้เพียงร้อยละ 72 ของปริมาณน้ำทั้งหมดที่สามารถใช้งานได้

ลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน

1) อัตราส่วนของปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด (DF_{GI}) จากการวิเคราะห์ปัญหานี้ พบว่า DF_{GI} ในช่วงฤดูฝนมีค่า 0.44 และในช่วงฤดูแล้งมีค่า 1.62 แสดงว่า ในช่วงฤดูฝนปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามากกว่าปริมาณน้ำทั้งหมดไปจึงมีน้ำเหลือ ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำไหลเข้าในพื้นที่ไม่เพียงพอกับการใช้น้ำ จึงเกิดการนำน้ำที่เก็บกักไว้ภายในลุ่มน้ำมาใช้

2) อัตราส่วนปริมาณน้ำทั้งหมดไปเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (DF_{AW}) จากผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่า DF_{AW} รายปีเป็น 0.78 แสดงว่ามีการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำไม่เต็มความสามารถ จึงมีปริมาณน้ำเหลือที่จะนำไปใช้ได้อีกร้อยละ 22

3) อัตราส่วนการใช้น้ำในกระบวนการเทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (PF_{AW}) จากการวิเคราะห์พบว่า มีค่า PF_{AW} รายปีร้อยละ 63 ของปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ และเมื่อเทียบกับค่า DF_{AW} จะพบว่ามีค่าน้อยกว่าประมาณร้อยละ 15 เนื่องจากมีการใช้น้ำนอกกระบวนการไปเพื่อการระเหยนอกพื้นที่เกษตรกรรม

4) อัตราส่วนปริมาณน้ำที่เกิดประโยชน์เทียบกับปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ หรือประสิทธิภาพของกลุ่มน้ำ (BU) จากผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่า BU ร้อยละ 72 แสดงว่าการใช้น้ำในกลุ่มน้ำยังไม่มีประสิทธิภาพ คือสามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์ได้เพียงร้อยละ 72 ของปริมาณน้ำทั้งหมดที่สามารถใช้งานได้

สรุปดัชนีบัญชีน้ำรายฤดูกาลและรายปีของกลุ่มน้ำสาขาได้ดังตาราง

กลุ่มน้ำสาขา	ดัชนี											
	DF_{GI}			DF_{AW}			PF_{AW}			BU		
	ฝน	แล้ง	รายปี	ฝน	แล้ง	รายปี	ฝน	แล้ง	รายปี	ฝน	แล้ง	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.47	2.54	0.60	0.83	0.95	0.86	0.63	0.60	0.62	0.70	0.67	0.69
น้ำสวย	0.40	1.79	0.48	0.67	0.84	0.69	0.48	0.52	0.49	0.59	0.69	0.61
ห้วยหลวง	0.42	1.81	0.49	0.68	0.81	0.70	0.46	0.45	0.46	0.60	0.65	0.61
ห้วยดาน	0.44	1.62	0.50	0.76	0.85	0.78	0.63	0.64	0.63	0.70	0.78	0.72

วิจารณ์

เปรียบเทียบการวิเคราะห์สมมูลน้ำด้วยแบบจำลองกับบัญชีน้ำ

เปรียบเทียบการวิเคราะห์สมมูลน้ำด้วยแบบจำลองกับการวิเคราะห์บัญชีน้ำจะพบความแตกต่างในเรื่องข้อมูลด้านเข้า โดยการวิเคราะห์สมมูลน้ำจะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าผิวดินที่สถานีวัดน้ำในพื้นที่ศึกษา ส่วนการวิเคราะห์บัญชีน้ำจะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่สถานีวัดน้ำฝน นอกจากนี้การแบ่งพื้นที่เพื่อวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำยังมีความแตกต่างกัน โดยการวิเคราะห์สมมูลน้ำจะประเมินปริมาณการใช้น้ำเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ในเขตชลประทานและจุดที่มีการดึงน้ำไปใช้เท่านั้น ในขณะที่การวิเคราะห์บัญชีน้ำจะแบ่งพื้นที่ทั้งหมดในลุ่มน้ำเป็น 5 ประเภทหลัก เพื่อทำการประเมินปริมาณการคายระเหยของพื้นที่แต่ละประเภท ทั้งพื้นที่เกษตรกรรม ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด ชุมชนและแหล่งน้ำ

การประเมินความต้องการใช้น้ำโดยวิธีสมมูลน้ำจะแบ่งประเภทการใช้น้ำออกเป็นความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม เกษตรกรรม และปริมาณน้ำเพื่อรักษาสมมูลนิเวศท้ายน้ำ โดยปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรมเป็นปริมาณน้ำเฉพาะที่อยู่ในเขตชลประทานเท่านั้น ส่วนวิธีบัญชีน้ำได้ทำการแบ่งประเภทการใช้น้ำเช่นเดียวกับวิธีสมมูลน้ำแต่ปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรจะทำการคำนวณในรูปของปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการคายระเหย ซึ่งพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำจะมีการคายระเหยแตกต่างกันไป โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเป็นตัวแบ่ง เช่นพื้นที่เกษตรกรรมทั้งในเขตและนอกเขตชลประทาน และพื้นที่ป่าไม้ จะมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำสูงกว่าพื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและแหล่งน้ำ ทำให้มีปริมาณการคายระเหยสูงกว่า

เพื่อให้เกิดความถูกต้องของการวิเคราะห์สมมูลน้ำด้วยแบบจำลองจะต้องทำการปรับปริมาณน้ำท่าที่ไหลในลำน้ำให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง เช่นเดียวกับการวิเคราะห์บัญชีน้ำจะต้องทำการปรับปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำที่จุดออกของลุ่มน้ำ

ผลการวิเคราะห์สมมูลน้ำด้วยแบบจำลองทำให้ทราบปริมาณน้ำที่ไหลในลำน้ำ ณ จุดที่พิจารณา สภาพการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำด้านต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำ สภาพแหล่งน้ำต้นทุนต่างๆ ว่ามีปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการตลอดระยะเวลาที่พิจารณาหรือไม่ ส่วนการวิเคราะห์บัญชีน้ำจะทำให้ทราบถึงสถานภาพโดยรวมของลุ่มน้ำ โดยพิจารณาปริมาณน้ำที่ไหลเข้าพื้นที่ลุ่มน้ำ

ปริมาณน้ำที่หมดไปและปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยไม่ได้พิจารณาปริมาณน้ำในลำน้ำเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง

สรุปการเปรียบเทียบวิเคราะห์สมดุลน้ำด้วยแบบจำลองกับบัญชีน้ำได้ดังตาราง

หัวข้อพิจารณา	วิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง	บัญชีน้ำ
1. ปริมาณน้ำไหลเข้าพื้นที่	จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าผิวดินที่สถานีวัดน้ำท่า	จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่
2. ประเมินความต้องการใช้น้ำ		
2.1 เพื่ออุปโภคบริโภค	ประเมินจากจำนวนประชากรและอัตราการใช้น้ำ	
2.2 เพื่อการอุตสาหกรรม	1) กรณีใช้น้ำในกระบวนการผลิต ประเมินจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมและอัตราการใช้น้ำ 2) กรณีไม่ใช้น้ำในกระบวนการผลิต ประเมินจากจำนวนคนงานและอัตราการใช้น้ำ	
2.3 เพื่อรักษาสสมดุลระบบนิเวศ ทำนน้ำ	ประเมินจากปริมาณน้ำต่ำสุดที่ไหลในช่วงฤดูแล้งของลำน้ำสายนั้นๆ	
2.4 เพื่อการเกษตร	ประเมินจากแบบจำลองฝนใช้การและแบบจำลองความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน (WUSMO)	ประเมินจากปริมาณการคายระเหยในพื้นที่เกษตรกรรมทั้งในเขตและนอกเขตชลประทาน
3. พื้นที่พิจารณา	พื้นที่ชลประทานและจุดที่พิจารณา (node)	แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็น 5 ประเภทหลัก ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด ชุมชน และแหล่งน้ำ
4. การตรวจสอบความถูกต้อง	พิจารณาปริมาณน้ำท่าที่ไหลในลำน้ำจากการจำลองด้วยแบบจำลองให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงที่สถานีวัดน้ำท่า	พิจารณาปริมาณน้ำที่ไหล ณ จุดออกของพื้นที่ลุ่มน้ำ (พื้นที่ศึกษา) เปรียบเทียบกับค่าศักยภาพการให้น้ำท่าของลุ่มน้ำ (Runoff yield) โดยปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การคายระเหยของพืช

หัวข้อพิจารณา	วิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง	บัญชึ้น้ำ
5. ผลที่ได้	- ปริมาณน้ำที่ไหลในลำน้ำ หรือ ณ จุดที่พิจารณา - สภาพการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำประเภทต่างๆ - สถานภาพของแหล่งน้ำต้นทุนเมื่อเทียบกับปริมาณความต้องการใช้น้ำ - ศักยภาพ/ แนวทางในการพัฒนาโครงการแหล่งน้ำเพื่อแก้ปัญหาภัยแล้งและน้ำท่วม - ปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉพาะในเขตพื้นที่ชลประทาน - สามารถนำเสนอข้อมูลในรูปของแผนที่ แสดงลักษณะภูมิประเทศที่ตั้งโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ - มีความสะดวกในการป้อน/ปรับแก้ข้อมูล	- ปริมาณน้ำต้นทุนที่ไหลเข้าพื้นที่ - ปริมาณน้ำที่หมดไป ทั้งที่เกิดประโยชน์และไม่เกิดประโยชน์ - ปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้งานได้ - สัดส่วนการใช้น้ำหรือดัชนีบัญชึ้น้ำในด้านต่างๆ ทำให้ประเมินประสิทธิภาพของกลุ่มน้ำได้ - ศักยภาพ/ แนวทางในการพัฒนาโครงการแหล่งน้ำเพื่อแก้ปัญหาภัยแล้งและน้ำท่วม - สามารถวิเคราะห์สถานการณ์น้ำของทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำได้ ทั้งพื้นที่ในเขตและนอกเขตชลประทาน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การวิเคราะห์ปัญหาน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงส่วนที่ 6 น้ำสวย ห้วยหลวงและห้วยดาน ซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ) โดยเน้นการศึกษาเรื่องการประเมินปริมาณการคายระเหยของพืช พารามิเตอร์ที่สำคัญซึ่งมีผลต่อการวิเคราะห์คือ ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_0) และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) ในการศึกษาได้ทำการจำลองสภาพทางอุทกวิทยา โดยเลือกใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของปี พ.ศ.2545 รวมทั้งข้อมูลสภาพการใช้ที่ดิน และความต้องการใช้น้ำในด้านต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับการวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบผลการศึกษากับการวิเคราะห์สมมูลน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE BASIN เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงองค์ประกอบในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ ทั้งนี้ผลของการศึกษาทำให้สามารถกำหนดช่วงของพารามิเตอร์สำหรับการใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำของลุ่มน้ำสาขาและพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1) องค์ประกอบในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำประกอบด้วย ปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด ปริมาณน้ำเข้าสู่ห้วย ปริมาณน้ำที่หมดไปและปริมาณน้ำที่ไหลออก ผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบสัดส่วนการใช้น้ำและปริมาณน้ำที่หมดไปในด้านต่างๆ สำหรับในพื้นที่ศึกษาสัดส่วนของพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้รวมกันมีมากถึง 80 – 90 % ของพื้นที่ ทำให้สัดส่วนของปริมาณน้ำที่หมดไปเกิดจากการใช้น้ำของพืชเป็นหลัก ดังนั้นการคำนวณปริมาณการคายระเหยของพืชและกำหนดช่วงของสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจึงมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ปัญหาน้ำ ทำให้การจำลองสภาพลุ่มน้ำมีความถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด

2) การคำนวณปริมาณการคายระเหยของพืชและสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ได้อ้างอิงการศึกษาขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS ,FAO) แต่ทั้งนี้ปัจจัยในด้านสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น ประเภทและช่วงอายุของพืช การบำรุงและดูแลรักษาสภาพแปลงเพาะปลูกก็มีผลทำให้ปริมาณการคายระเหยและสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเปลี่ยนไป สำหรับในพื้นที่ศึกษาซึ่งประกอบด้วยพื้นที่เกษตรกรรมนอกเขตชลประทานประมาณร้อยละ 50 – 90 ทำให้การคายระเหยของพืชในพื้นที่ดังกล่าวเกิดขึ้นภายใต้สภาวะปริมาณน้ำจำกัด จึงได้กำหนดตัวแปร

K_s เพื่อลดปริมาณการคายระเหยของพืชจากสภาวะปกติ เพื่อให้ปริมาณการใช้น้ำของพืชมีความสอดคล้องกับสภาพการใช้น้ำในพื้นที่จริง โดยได้ปรับลดลง 80% จากค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในสภาวะปกติ

3) ผลการวิเคราะห์ปัญหาน้ำพบว่า ปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด 9,047.49 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งเกิดจากปริมาณฝน ปริมาณน้ำทั้งหมดไป 4,596.82 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 50.81 ของปริมาณฝน แบ่งเป็นการใช้น้ำในกระบวนการ ซึ่งประกอบด้วย น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม และการคายระเหยในพื้นที่เกษตรกรรม 3,162.06 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 68.79 ของปริมาณน้ำทั้งหมดไป ปริมาณการใช้น้ำนอกกระบวนการที่เกิดประโยชน์ ได้แก่การคายระเหยในเขตป่าไม้ 844.91 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 18.38 ของปริมาณน้ำทั้งหมดไป ส่วนที่เหลือเป็นการใช้น้ำนอกกระบวนการที่ไม่เกิดประโยชน์ ได้แก่ การคายระเหยในพื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชน และการระเหยจากแหล่งน้ำ 589.85 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 12.83 ของปริมาณน้ำทั้งหมดไป

ค่าดัชนีปัญหาน้ำเป็นดังนี้ ดัชนี DF_{GI} ในฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.40 – 0.47 และในฤดูแล้งอยู่ในช่วง 1.62 – 2.54 ดัชนี DF_{AW} ในฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.67 – 0.83 และในฤดูแล้งอยู่ในช่วง 0.81 – 0.95 ดัชนี PF_{AW} ในฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.46 – 0.63 และในฤดูแล้งอยู่ในช่วง 0.45 – 0.64 และประสิทธิภาพของกลุ่มน้ำ ดัชนี BU ในฤดูฝนอยู่ในช่วง 0.59 – 0.70 ฤดูแล้งอยู่ในช่วง 0.65 – 0.78 แสดงว่าควรปรับปรุงการให้น้ำให้เกิดประโยชน์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของกลุ่มน้ำโดยเฉพาะในกลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวงและน้ำสวยที่มีประสิทธิภาพรายปีเพียงร้อยละ 61

4) ประเภทของพืชหลักเพื่อใช้ในการประเมินค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) ในพื้นที่ศึกษาแบ่งออกได้ดังนี้ ในพื้นที่ทำการเกษตรกรรม ประกอบด้วย ข้าว พืชไร่ พืชผัก ไม้ผล ไม้ยืนต้น ส่วนพื้นที่นอกเกษตรกรรม ได้แก่ บริเวณที่ว่าง/ทุ่งหญ้า/พื้นที่เบ็ดเตล็ด และป่าไม้ ค่าสัมประสิทธิ์สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การใช้ น้ำของพืชชนิดต่างๆ ในเขตลุ่มน้ำโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ)

[illegible]

ข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์สมดุลน้ำและบัญชีน้ำเป็นการจำลองสภาพและระบบแหล่งน้ำ ศึกษาองค์ประกอบในแต่ละส่วนของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมทั้งปริมาณความต้องการใช้น้ำในแต่ละด้านซึ่งมีความสำคัญและนำไปสู่การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพก่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงเศรษฐศาสตร์สูงสุด โดยการวิเคราะห์บัญชีน้ำสามารถจัดทำได้ทั้ง 3 ระดับคือ ระดับลุ่มน้ำ ระดับโครงการชลประทาน และระดับแปลงเพาะปลูก อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการประเมินองค์ประกอบต่างๆ คือ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลหลายด้านซึ่งได้รวบรวมและสรุปเป็นดังนี้

1) ข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินของพื้นที่ศึกษา ต้องมีความถูกต้องและตรงกับสภาพความเป็นจริงทั้งนี้เนื่องจากการพัฒนาก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน ทั้งพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรมโดยเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการแบ่งเป็นพื้นที่ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีสัดส่วนของการใช้น้ำสูงที่สุด มีข้อจำกัดในการประเมินพื้นที่เพาะปลูกของพืชแต่ละชนิด อีกทั้งลักษณะการเพาะปลูกและปฏิทินการเพาะปลูกพืชในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไป หากสามารถทำแปลงทดลองเพื่อศึกษาปริมาณการคายระเหยและสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในแต่ละพื้นที่ จะทำให้ผลการประเมินปริมาณน้ำที่ถูกใช้และหมดไปเพื่อการคายระเหยมีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

2) ที่ตั้งและจำนวนสถานีวัดน้ำทำต้องกระจายตัวและครอบคลุมทั่วพื้นที่ศึกษา และจำนวนปีที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลต้องยาวนานพอ เพื่อที่จะสามารถประเมินปริมาณน้ำที่ถูกใช้และหมดไปในพื้นที่แต่ละส่วนที่พิจารณาให้มีความถูกต้องมากขึ้น

3) การประเมินทิศทางและปริมาณการไหลของน้ำใต้ดินเป็นข้อจำกัดประการหนึ่งในการวิเคราะห์บัญชีน้ำ ในการศึกษาต้องใช้ข้อมูลจำนวนชั้นน้ำใต้ดิน ค่าระดับในแต่ละชั้น ระดับน้ำของบ่อสังเกตการณ์ ข้อมูลต้องครอบคลุมทั้งปีกระจายทั่วพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้อง ควรสำรวจสภาพธรณีฟิสิกส์และเจาะบ่อสังเกตการณ์เพิ่ม ทั้งนี้ขึ้นกับความละเอียดถูกต้องของข้อมูลที่ต้องการ

4) การประเมินปริมาณการใช้น้ำเพื่อการคายระเหยในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำจำกัด สำหรับ การศึกษานี้อาจยังมีความคลาดเคลื่อนทั้งนี้เพราะตัวแปรที่ไม่ทราบค่าที่แน่นอน ซึ่งได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในเขตรากพืช จัดจำกัดในเขตรากพืชที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และการคายระเหย การวิเคราะห์จึงเป็นเพียงการตั้งสมมติฐานว่ายอมให้พืชขาดน้ำได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของพืช

5) ควรวิเคราะห์ปัญหาน้ำเพิ่มเติมโดยเลือกใช้ข้อมูลปริมาณฝนในปีอื่น เช่น ปีฝนมาก (Wet year) ปีฝนน้อย (Dry year) และปีฝนปกติ (Normal year) เพื่อเป็นการปรับผลการวิเคราะห์ ปัญหาน้ำให้มีความถูกต้องและเป็นการจำลองสภาพลุ่มน้ำให้ใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ข้อมูลปริมาณฝนในปีใดๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาน้ำนั้น ควรคำนึงถึงข้อมูลด้านอื่นๆ เช่น สภาพการใช้ที่ดินและความต้องการใช้น้ำ ต้องมีความสอดคล้อง ในช่วงเดียวกันเช่นกัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2549. **โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มโขง (ตะวันออกเฉียงเหนือ).**

คณะกรรมการวิสามัญศึกษาแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่สัมฤทธิ์ผลในประเทศไทย.
2546. **รายงานการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่สัมฤทธิ์ผลในประเทศไทย.**

วชิ งามณรงค์ และ สมชัย วงศ์สวัสดิ์. 2541. **ศักยภาพน้ำบาดาลในประเทศไทย.** วารสารชมรม
นักอุทกวิทยา ปีที่ 2 ฉบับที่ 2

เอกสิทธิ์ โหมสิดสกุลชัย และ บัญชา ขวัญยืน. 2545. **การจัดทำบัญชีน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง.**
วิศวกรรมสาร มก. 46: 122 – 133.

Chow, V.T., D.R. Maidment. and L.W.Mays. 1988. **Applied Hydrology.** McGraw-Hill,
NewYork.

Domenico, P.A. and F.W. Schwartz, 1998. **Physical and Chemical Hydrogeology.** 2nd ed.
John Wiley and Sons, Inc., New York.

Molden, D. and R. Sakthivadivel. 1999. Water accounting to assess use and productivity of
water. **Water Resour. Dev.** 15: 55-71.

Taesombut, V., K. Pongput, S. Aekaraj, S. Kaysavawng and E. Biltonen. 2002. **Regional Study
on the Development of Effective Water Management Institutions: A Case Study of
the Bang Pakong River Basin,** Thailand Research Fund (TPF), Bangkok.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1998. **FAO Crop Evapotranspiration paper No. 56.**

Danish Hydraulic Institute (DHI). 2002. **MIKE BASIN Guide to Getting Started Tutorial.**

ฉลอง เกิดพิทักษ์. 2538. **การจัดการน้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทย. ครั้งที่ 3.**

Karen A. Lemke. 2007. **HYDROLOGIC CYCLE & WATER BUDGETS.** The Physical Environment. Available Source:
http://www.uwsp.edu/geo/faculty/lemke/geog101/lecture_outlines/10_hydrologic_cycle_water_budgets.html, March 4, 2007.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง

1 การคำนวณหาปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง

การคำนวณปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_0) โดยวิธี FAO Penman – Monteith หลักการคำนวณการคายระเหยของพืชอ้างอิงเกี่ยวข้องกับตัวแปรต่างๆ ของสภาพภูมิอากาศ หรือกล่าวได้ว่า การคายระเหยของพืชอ้างอิงเป็นพลังงานที่ใช้สำหรับการระเหยในพื้นที่เฉพาะ ในช่วงเวลาต่างๆ ของปี โดยไม่คำนึงถึงคุณลักษณะของพืชและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดิน สามารถแสดงได้ดังสมการดังนี้

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

เมื่อ	ET_0	=	ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง, มม./วัน
	R_n	=	Net radiation, MJ/m ² /day
	G	=	Soil heat flux density, MJ/m ² /day
	T	=	อุณหภูมิที่ความสูง 2 ม. จากผิวดิน, องศาเซลเซียส
	u_2	=	ความเร็วลมที่ความสูง 2 ม. จากผิวดิน, ม./วินาที
	e_s	=	Saturation vapour pressure, kPa
	e_a	=	Actual vapour pressure, kPa
	$e_s - e_a$	=	Saturation vapour pressure deficit, kPa
	Δ	=	Slope vapour pressure curve, kPa /°C
	γ	=	Psychrometric constant, kPa /°C

Psychrometric constant (γ)

$$\gamma = \frac{c_p P}{\epsilon \lambda} = 0.665 \times 10^{-3} P$$

γ	=	Psychrometric constant, kPa /°C
P	=	ความดันบรรยากาศ, kPa
λ	=	Latent heat of vaporization, 2.45 MJ/kg
c_p	=	Specific heat at constant pressure, 1.013×10^{-3} MJ/kg/°C

$$\varepsilon = \text{Ratio molecular weight of water vapour/dry air} = 0.622$$

ความดันบรรยากาศ (P)

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065 z}{293} \right)^{5.26}$$

$$Z = \text{Elevation above sea level, m}$$

Slope of saturation vapour pressure curve (Δ)

$$\Delta = \frac{4098 \left[0.6108 \exp \left(\frac{17.27T}{T + 237.3} \right) \right]}{(T + 237.3)^2}$$

Saturation vapour pressure (e_s)

$$e_s = \frac{e^\circ(T_{\max}) + e^\circ(T_{\min})}{2}$$

$$e^\circ(T) = 0.6108 \exp \left[\frac{17.27T}{T + 237.3} \right]$$

$$e^\circ(T) = \text{Saturation vapour pressure at the air temperature } T, \text{ kPa}$$

Actual vapour pressure (e_a)

$$e_a = \frac{e^\circ(T_{\min}) \frac{RH_{\max}}{100} + e^\circ(T_{\max}) \frac{RH_{\min}}{100}}{2}$$

$$e_a = \text{Actual vapour pressure, kPa}$$

$$e^\circ(T_{\min}) = \text{Saturation vapour pressure at daily minimum temperature, kPa}$$

$$e^\circ(T_{\max}) = \text{Saturation vapour pressure at daily maximum temperature, kPa}$$

$$RH_{\max} = \text{maximum relative humidity, \%}$$

$$RH_{\min} = \text{minimum relative humidity, \%}$$

Extraterrestrial radiation (R_a)

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)]$$

$$\varphi[\text{Radians}] = \frac{\pi}{180} [\text{decimal degrees}]$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right)$$

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right)$$

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi) \tan(\delta)]$$

$$R_a = \text{Extraterrestrial radiation, MJ/m}^2/\text{day}$$

$$G_{sc} = \text{Solar constant} = 0.082 \text{ MJ/m}^2/\text{min}$$

$$d_r = \text{Inverse relative distance Earth-Sun}$$

$$\omega_s = \text{Sunset hour angle, rad}$$

$$\varphi = \text{Latitude, rad (positive for northern hemisphere, negative for southern hemisphere)}$$

$$\delta = \text{Solar declination, rad}$$

$$J = \text{the number of the day in the year}$$

Solar Radiation (R_s)

$$R_s = \left(a_a + b_s \frac{n}{N} \right) R_a$$

$$R_s = \text{Solar or shortwave radiation, MJ/m}^2/\text{day}$$

$$n = \text{Actual duration of sunshine, hour}$$

$$N = \text{Maximum possible duration of sunshine or daylight hours}$$

$$n/N = \text{Relative sunshine duration}$$

$$R_a = \text{Extraterrestrial radiation, MJ/m}^2/\text{day}$$

a_s = Regression constant, expressing the fraction of extraterrestrial radiation reaching the earth on overcast days ($n=0$)

$a_s + b_s$ = Fraction of extraterrestrial radiation reaching the earth on clear days ($n=N$)

or
$$R_s = k_{Rs} \sqrt{(T_{\max} - T_{\min})} R_a$$

k_{Rs} = Adjust coefficient (for interior location = 0.16, for coastal location = 0.19), $^{\circ}\text{C}^{-0.5}$

Clear-sky solar radiation (R_{s0})

$$R_{s0} = (a_s + b_s) R_a ; (n=N, a_s = 0.25, b_s = 0.50)$$

Net solar or net shortwave radiation (R_{ns})

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s$$

R_{ns} = Net solar or net shortwave radiation, $\text{MJ/m}^2/\text{day}$

α = Albedo or canopy reflection coefficient, = 0.23 for the hypothetical grass reference crop

R_s = the incoming solar radiation, $\text{MJ/m}^2/\text{day}$

Net longwave radiation (R_{nl})

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{T_{\max,K}^4 + T_{\min,K}^4}{2} \right] (0.34 - 0.14\sqrt{e_a}) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{s0}} - 0.35 \right)$$

R_{nl} = Net outgoing longwave radiation, $\text{MJ/m}^2/\text{day}$

σ = Stefan-Boltzmann constant,
= $4.903 \times 10^{-9} \text{ MJ/K}^4/\text{m}^2/\text{day}$

$T_{\max,K}$ = Maximum absolute temperature, ($K = ^{\circ}\text{C} + 273.16$)

$T_{\min,K}$	=	Minimum absolute temperature, ($K=^{\circ}C+273.16$)
e_a	=	Actual vapour pressure, kPa
R_s/R_{so}	=	Relative shortwave radiation (limited to ≤ 1.0)
R_s	=	Solar radiation, $MJ/m^2/day^1$
R_{so}	=	Clear-sky radiation, $MJ/m^2/day^1$

Net radiation (R_n)

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

Soil heat flux (G)

$G_{\text{month},i}$	=	$0.14 (T_{\text{month},i} - T_{\text{month},i-1})$
G	=	Soil heat flux, $MJ/m^2/day$
$T_{\text{month},i}$	=	Mean air temperature of month i , $^{\circ}C$
$T_{\text{month},i-1}$	=	Mean air temperature of previous month, $^{\circ}C$

ภาคผนวก ข

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก

FAO Crop Evapotranspiration paper No.56

ตารางผนวกที่ ข1 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c)

Crop	K_c ini ¹	K_c mid	K_c end	Maximum Crop Height, h (m)
a. Small Vegetables	0.7	1.05	0.95	
Broccoli		1.05	0.95	0.3
Brussel Sprouts		1.05	0.95	0.4
Cabbage		1.05	0.95	0.4
Carrots		1.05	0.95	0.3
Cauliflower		1.05	0.95	0.4
Celery		1.05	1.00	0.6
Garlic		1.00	0.70	0.3
Lettuce		1.00	0.95	0.3
Onions - dry		1.05	0.75	0.4
- green		1.00	1.00	0.3
- seed		1.05	0.80	0.5
Spinach		1.00	0.95	0.3
Radish		0.90	0.85	0.3
b. Vegetables – Solanum Family (<i>Solanaceae</i>)	0.6	1.15	0.80	
Egg Plant		1.05	0.90	0.8
Sweet Peppers (bell)		1.05 ²	0.90	0.7
Tomato		1.05 ²	0.70-0.90	0.6
c. Vegetables – Cucumber Family (<i>Cucurbitaceae</i>)	0.5	1.00	0.80	
Cantaloupe	0.5	0.85	0.60	0.3
Cucumber - Fresh Market	0.6	1.00 ²	0.75	0.3
- Machine harvest	0.5	1.00	0.90	0.3
Pumpkin, Winter Squash		1.00	0.80	0.4
Squash, Zucchini		0.95	0.75	0.3
Sweet Melons		1.05	0.75	0.4
Watermelon	0.4	1.00	0.75	0.4
d. Roots and Tubers	0.5	1.10	0.95	
Beets, table		1.05	0.95	0.4
Cassava - year 1	0.3	0.80 ³	0.30	1
- year 2	0.3	1.10	0.50	1.5
Parsnip	0.5	1.05	0.95	0.4
Potato		1.15	0.75 ⁴	0.6
Sweet Potato		1.15	0.65	0.4
Turnip (and Rutabaga)		1.10	0.95	0.6
Sugar Beet	0.35	1.20	0.70 ⁵	0.5
e. Legumes (<i>Leguminosae</i>)	0.4	1.15	0.55	
Beans, green	0.5	1.05 ²	0.90	0.4
Beans, dry and Pulses	0.4	1.15 ²	0.35	0.4
Chick pea		1.00	0.35	0.4
Fababean (broad bean) - Fresh	0.5	1.15 ²	1.10	0.8
- Dry/Seed	0.5	1.15 ²	0.30	0.8
Grabanzo	0.4	1.15	0.35	0.8
Green Gram and Cowpeas		1.05	0.60-0.35 ⁶	0.4
Groundnut (Peanut)		1.15	0.60	0.4

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Crop	K _c ini ¹	K _c mid	K _c end	Maximum Crop Height, h (m)
Lentil		1.10	0.30	0.5
Peas - Fresh	0.5	1.15 ²	1.10	0.5
- Dry/Seed		1.15	0.30	0.5
Soybeans		1.15	0.50	0.5-1.0
f. Perennial Vegetables (with winter dormancy and initially bare or mulched soil)	0.5	1.00	0.80	
Artichokes	0.5	1.00	0.95	0.7
Asparagus	0.5	0.95 ⁷	0.30	0.2-0.8
Mint	0.6	1.15	1.10	0.6-0.8
Strawberries	0.4	0.85	0.75	0.2
g. Fibre Crops	0.35			
Cotton		1.15-1.20	0.70-0.50	1.2-1.5
Flax		1.10	0.25	1.2
Sisal		0.4-0.7	0.4-0.7	1.5
h. Oil Crops	0.35	1.15	0.35	
Castorbean (<i>Ricinus</i>)		1.15	0.55	0.3
Rapeseed, Canola		1.0-1.15 ⁹	0.35	0.6
Safflower		1.0-1.15 ⁹	0.25	0.8
Sesame		1.10	0.25	1.0
Sunflower		1.0-1.15 ⁹	0.35	2.0
i. Cereals	0.3	1.15	0.40	
Barley		1.15	0.25	1.0
Oats		1.15	0.25	1.0
Spring Wheat		1.15	0.25-0.4 ¹⁰	1.0
Winter Wheat - with frozen soils	0.4	1.15	0.25-0.4 ¹⁰	1.0
- with non-frozen soils	0.7	1.15	0.25-0.4 ¹⁰	
Maize, Field (grain) (<i>field corn</i>)		1.20	0.60,0.35 ¹¹	2.0
Maize, Sweet (<i>sweet corn</i>)		1.15	1.05 ¹²	1.5
Millet		1.00	0.30	1.5
Sorghum - grain		1.00-1.10	0.55	1-2
- sweet		1.20	1.05	2-4
Rice	1.05	1.20	0.90-0.60	1.0
j. Forages				
Alfalfa Hay - averaged cutting effects	0.4	0.95 ¹³	0.90	0.7
- individual cutting periods	0.4 ¹⁴	1.20 ¹⁴	1.15 ¹⁴	0.7
- for seed	0.4	0.50	0.50	0.7
Bermuda Hay - averaged cutting effects	0.55	1.00 ¹³	0.85	0.35
- Spring crop for seed	0.35	0.90	0.65	0.4
Clover hay, Berseem - averaged cutting effects	0.4	0.90 ¹³	0.85	0.6
- individual cutting periods	0.4 ¹⁴	1.15 ¹⁴	1.10 ¹⁴	0.6
Rye Grass Hay - averaged cutting effects	0.95	1.05	1.00	0.3

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Crop	K _c ini ¹	K _c mid	K _c end	Maximum Crop Height, h (m)
Sudan Grass Hay (annual) - averaged cutting effects	0.5	0.90 ¹⁴	0.85	1.2
- individual cutting periods	0.5 ¹⁴	1.15 ¹⁴	1.10 ¹⁴	1.2
Grazing Pasture - Rotated Grazing	0.4	0.85-1.05	0.85	0.15-0.30
- Extensive Grazing	0.3	0.75	0.75	0.1
Turf grass - cool season ¹⁵	0.9	0.95	0.95	0.1
- warm season ¹⁵	0.8	0.85	0.85	0.1
k. Sugar Cane	0.4	1.25	0.75	3
l. Tropical Fruits and Trees				
Banana - 1 st year	0.5	1.10	1.00	3
- 2 nd year	1	1.20	1.10	4
Cacao	1	1.05	1.05	3
Coffee - bare ground cover	0.9	0.95	0.95	2-3
- with weeds	1.05	1.10	1.10	2-3
Date Palms	0.9	0.95	0.95	8
Palm Trees	0.95	1.00	1.00	8
Pineapple ¹⁶ - bare soil	0.5	0.30	0.30	0.6-1.2
- with grass cover	0.5	0.50	0.50	0.6-1.2
Rubber Trees	0.95	1.00	1.00	10
Tea - non-shaded	0.95	1.00	1.00	1.5
- shaded ¹⁷	1.1	1.15	1.15	2
m. Grapes and Berries				
Berries (bushes)	0.3	1.05	0.50	1.5
Grapes - Table or Raisin	0.3	0.85	0.45	2
- Wine	0.3	0.70	0.45	1.5-2
Hops	0.3	1.05	0.85	5
n. Fruit Trees				
Almonds, no ground cover	0.40	0.90	0.65 ¹⁸	5
Apples, Cherries, Pears ¹⁹				
- no ground cover, killing frost	0.45	0.95	0.70 ¹⁸	4
- no ground cover, no frosts	0.60	0.95	0.75 ¹⁸	4
- active ground cover, killing frost	0.50	1.20	0.95 ¹⁸	4
- active ground cover, no frosts	0.80	1.20	0.85 ¹⁸	4
Apricots, Peaches, Stone Fruit ^{19, 20}				
- no ground cover, killing frost	0.45	0.90	0.65 ¹⁸	3
- no ground cover, no frosts	0.55	0.90	0.65 ¹⁸	3
- active ground cover, killing frost	0.50	1.15	0.90 ¹⁸	3
- active ground cover, no frosts	0.80	1.15	0.85 ¹⁸	3
Avocado, no ground cover	0.60	0.85	0.75	3
Citrus, no ground cover ²¹				
- 70% canopy	0.70	0.65	0.70	4
- 50% canopy	0.65	0.60	0.65	3
- 20% canopy	0.50	0.45	0.55	2
Citrus, with active ground cover or weeds ²²				
- 70% canopy	0.75	0.70	0.75	4
- 50% canopy	0.80	0.80	0.80	3
- 20% canopy	0.85	0.85	0.85	2

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Crop	$K_c \text{ ini}^1$	$K_c \text{ mid}$	$K_c \text{ end}$	Maximum Crop Height, h (m)
Conifer Trees ²³	1.00	1.00	1.00	10
Kiwi	0.40	1.05	1.05	3
Olives (40-60% ground coverage by canopy) ²⁴	0.65	0.70	0.70	3-5
Pistachios, no ground cover	0.40	1.10	0.45	3-5
Walnut Orchard ¹⁹	0.50	1.10	0.65 ¹⁸	4-5
o. Wetlands – temperate climate				
Cattails, Bulrushes, killing frost	0.30	1.20	0.30	2
Cattails, Bulrushes, no frost	0.60	1.20	0.60	2
Short Veg., no frost	1.05	1.10	1.10	0.3
Reed Swamp, standing water	1.00	1.20	1.00	1-3
Reed Swamp, moist soil	0.90	1.20	0.70	1-3
p. Special				
Open Water, < 2 m depth or in sub humid climates or tropics		1.05	1.05	
Open Water, > 5 m depth, clear of turbidity, temperate climate		0.65 ²⁵	1.25 ²⁵	

- 1 These are general values for $K_c \text{ ini}$ under typical irrigation management and soil wetting. For frequent wettings such as with high frequency sprinkle irrigation or daily rainfall, these values may increase substantially and may approach 1.0 to 1.2. $K_c \text{ ini}$ is a function of wetting interval and potential evaporation rate during the initial and development periods and is more accurately estimated using Figures 29 and 30, or Equation 7-3 in Annex 7, or using the dual $K_{cb} \text{ ini} + K_e$.
- 2 Beans, Peas, Legumes, Tomatoes, Peppers and Cucumbers are sometimes grown on stalks reaching 1.5 to 2 meters in height. In such cases, increased K_c values need to be taken. For green beans, peppers and cucumbers, 1.15 can be taken, and for tomatoes, dry beans and peas, 1.20. Under these conditions h should be increased also.
- 3 The midseason values for cassava assume non-stressed conditions during or following the rainy season. The $K_c \text{ end}$ values account for dormancy during the dry season.
- 4 The $K_c \text{ end}$ value for potatoes is about 0.40 for long season potatoes with vine kill.
- 5 This $K_c \text{ end}$ value is for no irrigation during the last month of the growing season. The $K_c \text{ end}$ value for sugar beets is higher, up to 1.0, when irrigation or significant rain occurs during the last month.
- 6 The first $K_c \text{ end}$ is for harvested fresh. The second value is for harvested dry.
- 7 The K_c for asparagus usually remains at $K_c \text{ ini}$ during harvest of the spears, due to sparse ground cover. The $K_c \text{ mid}$ value is for following regrowth of plant vegetation following termination of harvest of spears.
- 8 K_c for sisal depends on the planting density and water management (e.g., intentional moisture stress).
- 9 The lower values are for rainfed crops having less dense plant populations.
- 10 The higher value is for hand-harvested crops.
- 11 The first $K_c \text{ end}$ value is for harvest at high grain moisture. The second $K_c \text{ end}$ value is for harvest after complete field drying of the grain (to about 18% moisture, wet mass basis).
- 12 If harvested fresh for human consumption. Use $K_c \text{ end}$ for field maize if the sweet maize is allowed to mature and dry in the field.

- 13 This K_C mid coefficient for hay crops is an overall average K_C mid coefficient that averages K_C for both before and following cuttings. It is applied to the period following the first development period until the beginning of the last late season period of the growing season.
- 14 These K_C coefficients for hay crops represent immediately following cutting; at full cover; and immediately before cutting, respectively. The growing season is described as a series of individual cutting periods (Figure 35).
- 15 Cool season grass varieties include dense stands of bluegrass, ryegrass, and fescue. Warm season varieties include bermuda grass and St. Augustine grass. The 0.95 values for cool season grass represent a 0.06 to 0.08 m mowing height under general turf conditions. Where careful water management is practiced and rapid growth is not required, K_C 's for turf can be reduced by 0.10.
- 16 The pineapple plant has very low transpiration because it closes its stomates during the day and opens them during the night. Therefore, the majority of ET_C from pineapple is evaporation from the soil. The K_C mid < K_C ini since K_C mid occurs during full ground cover so that soil evaporation is less. Values given assume that 50% of the ground surface is covered by black plastic mulch and that irrigation is by sprinkler. For drip irrigation beneath the plastic mulch, K_C 's given can be reduced by 0.10.
- 17 Includes the water requirements of the shade trees.
- 18 These K_C end values represent K_C prior to leaf drop. After leaf drop, K_C end $\approx$ 0.20 for bare, dry soil or dead ground cover and K_C end $\approx$ 0.50 to 0.80 for actively growing ground cover (consult Chapter 11).
- 19 Refer to Eq. 94, 97 or 98 and footnotes 21 and 22 for estimating K_C for immature stands.
- 20 Stone fruit category applies to peaches, apricots, pears, plums and pecans.
- 21 These K_C values can be calculated from Eq. 98 for K_C min = 0.15 and K_C full = 0.75, 0.70 and 0.75 for the initial, mid season and end of season periods, and f_c eff = f_c where f_c = fraction of ground covered by tree canopy (e.g., the sun is presumed to be directly overhead). The values listed correspond with those in Doorenbos and Pruitt (1977) and with more recent measurements. The midseason value is lower than initial and ending values due to the effects of stomatal closure during periods of peak ET. For humid and subhumid climates where there is less stomatal control by citrus, values for K_C ini, K_C mid, and K_C end can be increased by 0.1 - 0.2, following Rogers et al. (1983).
- 22 These K_C values can be calculated as $K_C = f_c K_C$ ngc + (1 - f_c) K_C cover where K_C ngc is the K_C of citrus with no active ground cover (calculated as in footnote 21), K_C cover is the K_C for the active ground cover (0.95), and f_c is defined in footnote 21. The values listed correspond with those in Doorenbos and Pruitt (1977) and with more recent measurements. Alternatively, K_C for citrus with active ground cover can be estimated directly from Eq. 98 by setting K_C min = K_C cover. For humid and subhumid climates where there is less stomatal control by citrus, values for K_C ini, K_C mid, and K_C end can be increased by 0.1 - 0.2, following Rogers et al. (1983). For non-active or only moderately active ground cover (active indicates green and growing ground cover with LAI > about 2 to 3), K_C should be weighted between K_C for no ground cover and K_C for active ground cover, with the weighting based on the "greenness" and approximate leaf area of the ground cover.
- 23 Conifers exhibit substantial stomatal control due to reduced aerodynamic resistance. The K_C can easily reduce below the values presented, which represent well-watered conditions for large forests.
- 24 These coefficients represent about 40 to 60% ground cover. Refer to Eq. 98 and footnotes 21 and 22 for estimating K_C for immature stands. In Spain, Pastor and Orgaz (1994) have found the following monthly K_C 's for olive orchards having 60% ground cover: 0.50, 0.50, 0.65, 0.60, 0.55, 0.50, 0.45, 0.45, 0.55, 0.60, 0.65, 0.50 for months January through December. These coefficients can be invoked by using K_C ini = 0.65, K_C mid = 0.45, and K_C end = 0.65, with stage lengths = 30, 90, 60 and 90 days, respectively for initial, development, midseason and late season periods, and using K_C during the winter ("off season") in December to February = 0.50.
- 25 These K_C 's are for deep water in temperate latitudes where large temperature changes in the water body occur during the year, and initial and peak period evaporation is low as radiation

energy is absorbed into the deep water body. During fall and winter periods (K_c end), heat is released from the water body that increases the evaporation above that for grass. Therefore, K_c mid corresponds to the period when the water body is gaining thermal energy and K_c end when releasing thermal energy. These K_c 's should be used with caution.

Primary sources: K_c ini: Doorenbos and Kassam (1979)

K_c mid and K_c end: Doorenbos and Pruitt (1977); Pruitt (1986); Wright (1981, 1982), Snyder et al., (1989)

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ปัญหานี้

ภาพผนวกที่ ๑๑ ผลการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในลุ่มน้ำสาขามแม่น้ำโขงส่วนที่ 6

Item	ลุ่มน้ำสาขามแม่น้ำโขงส่วนที่ 6												
	ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ก.ตุ.
Gross Inflow	22.59	110.02	110.80	119.22	170.28	153.97	39.54	3.10	4.69	1.04	3.74	11.39	703.84
Precipitation	22.59	110.02	110.80	119.22	170.28	153.97	39.54	3.10	4.69	1.04	3.74	11.39	703.84
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub-Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Net Inflow	26.58	51.72	59.34	67.27	82.84	91.42	58.61	23.60	14.26	16.61	19.87	25.43	411.21
Surface Storage Change	-3.99	58.29	51.46	51.95	87.44	62.56	-19.07	-20.51	-9.57	-15.56	-16.13	-14.03	292.63
Sub Surface Storage Change	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Depleted Water	24.50	48.64	55.28	57.91	58.20	57.47	53.18	22.88	12.88	15.01	18.28	24.71	330.69
Process Water	15.18	32.34	41.28	44.10	44.38	44.05	44.32	16.60	6.69	8.73	11.60	16.00	250.46
Water uses intended by humans	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	4.25
Evapotranspiration by crops (ET)	14.47	31.63	40.58	43.39	43.67	43.34	43.61	15.89	5.99	8.02	10.89	15.30	246.21
Pumping	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beneficial Non-process Water	1.67	5.89	5.03	4.99	4.73	4.62	2.49	1.25	1.28	1.33	1.36	1.72	27.75
Low or Non-beneficial Non-process Water	7.66	10.40	8.97	8.83	9.09	8.80	6.38	5.03	4.91	4.96	5.32	6.98	52.48
Evaporation from municipal and industrial uses (M&I)	7.34	8.86	7.42	7.16	6.71	6.65	5.83	4.99	4.84	4.95	5.27	6.82	42.62
Flows to sinks	0.32	1.54	1.55	1.67	2.38	2.16	0.55	0.04	0.07	0.01	0.05	0.16	9.85
Outflow	2.08	3.09	4.06	9.36	24.64	33.95	5.43	0.72	1.38	1.59	1.59	0.72	80.52
Available Water	25.92	49.51	57.11	64.89	79.55	88.42	57.65	23.30	13.93	16.34	19.56	24.98	397.14
Uncommitted Outflow	1.83	2.84	3.81	9.11	24.39	33.70	5.18	0.47	1.13	1.34	1.34	0.47	79.02
Utilizable Outflow	1.42	0.87	1.83	6.98	21.35	30.95	4.47	0.42	1.05	1.32	1.27	0.27	66.45
Non-utilizable Outflow	0.40	1.97	1.98	2.13	3.04	2.75	0.71	0.06	0.08	0.02	0.07	0.20	12.57
Committed Outflow	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.50
Downstream Mainain	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.50
Indicator													
Depleted Fraction of Gross Inflow (DFGI)	1.08	0.44	0.50	0.49	0.34	0.37	1.35	7.39	2.75	14.40	4.88	2.17	0.47
Depleted Fraction of Available Water (DFAW)	0.95	0.98	0.97	0.89	0.73	0.65	0.92	0.98	0.92	0.92	0.94	0.99	0.83
Process Fraction of Available Water (PFAW)	0.59	0.65	0.72	0.68	0.56	0.50	0.77	0.71	0.48	0.53	0.59	0.64	0.63
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency (BU)	0.65	0.77	0.81	0.76	0.62	0.55	0.81	0.77	0.57	0.62	0.66	0.71	0.70

ภาพผนวกที่ ๑๒ ผลการวิเคราะห์ศักยภาพน้ำในลุ่มน้ำสาขาน้ำสาย

Item	ลุ่มน้ำสาขาน้ำสาย											
	มบ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Gross Inflow	55.61	265.29	304.41	319.17	506.94	473.75	130.93	6.31	17.16	2.67	9.47	22.93
Precipitation	55.61	265.29	304.41	319.17	506.94	473.75	130.93	6.31	17.16	2.67	9.47	22.93
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub-Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Net Inflow	40.80	114.97	173.62	191.13	234.63	297.47	220.04	67.20	37.05	28.78	32.66	40.34
Surface Storage Change	14.81	150.32	130.78	128.04	272.31	176.29	-89.11	-60.89	-19.88	-26.11	-23.19	-17.40
Sub Surface Storage Change	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Depleted Water	36.50	104.87	139.67	146.03	146.55	141.80	129.26	52.93	23.91	25.99	28.47	36.75
Process Water	20.45	59.74	100.48	107.14	107.67	104.01	108.53	41.61	12.42	14.28	16.25	21.06
Water uses intended by humans	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Evapotranspiration by crops (ET)	20.06	59.36	100.10	106.76	107.28	103.63	108.14	41.22	12.04	13.89	15.87	20.68
Pumping	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beneficial Non-process Water	8.03	28.40	24.23	24.03	22.80	22.24	11.98	6.04	6.16	6.40	6.55	8.29
Low or Non-beneficial Non-process Water	8.02	16.73	14.95	14.86	16.08	15.55	8.75	5.29	5.33	5.32	5.67	7.39
Evaporation from municipal and industrial uses (M&I)	7.46	14.08	11.91	11.67	11.01	10.81	7.44	5.22	5.16	5.29	5.57	7.16
Flows to sinks	0.56	2.65	3.04	3.19	5.07	4.74	1.31	0.06	0.17	0.03	0.09	0.23
Outflow	4.31	10.10	33.95	45.10	88.08	155.66	90.78	14.27	13.13	2.78	4.18	3.59
Available Water	40.05	112.54	170.88	188.27	230.26	293.37	218.69	66.84	36.60	28.45	32.27	39.85
Uncommitted Outflow	4.00	9.80	33.64	44.79	87.77	155.36	90.47	13.96	12.82	2.47	3.88	3.28
Utilizable Outflow	3.55	7.67	31.21	42.24	83.71	151.57	89.43	13.91	12.69	2.45	3.80	3.10
Non-utilizable Outflow	0.44	2.12	2.44	2.55	4.06	3.79	1.05	0.05	0.14	0.02	0.08	0.18
Committed Outflow	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Downstream Maintain	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Indicator												
Depleted Fraction of Gross Inflow (DFGI)	0.66	0.40	0.46	0.46	0.29	0.30	0.99	8.39	1.39	9.75	3.01	1.60
Depleted Fraction of Available Water (DFAW)	0.91	0.93	0.82	0.78	0.64	0.48	0.59	0.79	0.65	0.91	0.88	0.92
Process Fraction of Available Water (PFAW)	0.51	0.53	0.59	0.57	0.47	0.35	0.50	0.62	0.34	0.50	0.50	0.53
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency (BU)	0.71	0.78	0.73	0.70	0.57	0.43	0.55	0.71	0.51	0.73	0.71	0.74

ภาพผนวกที่ ๑๓ ผลการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง

Item	ลุ่มน้ำสาขาห้วยหลวง													
	มมย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ก.ตุ.	ธ.ย.
Gross Inflow	174.44	789.30	825.26	493.07	1,204.98	1,378.10	353.23	31.27	23.87	5.52	11.28	56.00	5,043.94	302.38
Precipitation	171.92	787.40	823.21	476.37	1,171.00	1,321.79	329.30	27.94	21.76	3.68	9.70	52.57	4,909.06	287.56
Surface Inflow	2.51	1.91	2.05	16.70	33.98	56.31	23.94	3.33	2.11	1.85	1.58	3.43	134.88	14.82
Sub-Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Net Inflow	119.04	341.65	421.06	489.06	592.16	803.64	489.15	174.37	81.02	90.23	90.80	127.72	3,136.73	683.18
Surface Storage Change	55.40	447.65	404.19	4.01	612.82	574.46	-135.92	-143.10	-57.15	-84.70	-79.52	-71.72	1,907.21	-380.80
Sub Surface Storage Change	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Depleted Water	101.25	306.50	362.57	375.47	374.70	363.57	314.94	126.79	67.79	72.24	78.18	101.19	2,097.75	547.44
Process Water	51.35	165.76	241.26	259.01	257.19	246.95	251.01	91.47	32.34	35.81	40.35	52.58	1,421.19	303.89
Water uses intended by humans	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	17.25	17.25
Evapotranspiration by crops (ET)	48.47	162.89	238.39	256.14	254.32	244.07	248.14	88.59	29.46	32.93	37.48	49.71	1,403.94	286.64
Pumping	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beneficial Non-process Water	26.59	93.99	80.21	79.54	75.48	73.61	39.66	19.98	20.40	21.17	21.69	27.45	442.50	137.29
Low or Non-beneficial Non-process Water	23.31	46.75	41.09	36.91	42.03	43.02	24.27	15.34	15.05	15.26	16.14	21.16	234.06	106.25
Evaporation from municipal and industrial uses (M&I)	21.59	38.88	32.86	32.15	30.32	29.80	20.97	15.06	14.83	15.22	16.04	20.63	184.97	103.38
Flows to sinks	1.72	7.87	8.23	4.76	11.71	13.22	3.29	0.28	0.22	0.04	0.10	0.53	49.09	2.88
Outflow	17.79	35.14	58.50	113.60	217.46	440.07	174.21	47.58	13.23	17.99	12.62	26.53	1,038.98	135.74
Available Water	116.62	333.93	413.04	484.02	581.14	791.32	485.38	173.19	79.90	89.26	89.78	126.34	3,088.84	675.10
Uncommitted Outflow	16.85	34.21	57.57	112.66	216.52	439.14	173.28	46.65	12.30	17.05	11.69	25.60	1,033.38	130.14
Utilizable Outflow	15.37	27.43	50.47	108.56	206.44	427.75	170.44	46.41	12.11	17.02	11.61	25.14	991.09	127.66
Non-utilizable Outflow	1.48	6.78	7.09	4.10	10.09	11.39	2.84	0.24	0.19	0.03	0.08	0.45	42.29	2.48
Committed Outflow	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	5.60	5.60
Downstream Maintain	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	5.60	5.60
Indicator														
Depleted Fraction of Gross Inflow (DFGI)	0.58	0.39	0.44	0.76	0.31	0.26	0.89	4.05	2.84	13.08	6.93	1.81	0.42	1.81
Depleted Fraction of Available Water (DFAW)	0.87	0.92	0.88	0.78	0.64	0.46	0.65	0.73	0.85	0.81	0.87	0.80	0.68	0.81
Process Fraction of Available Water (PFAW)	0.44	0.50	0.58	0.54	0.44	0.31	0.52	0.53	0.40	0.40	0.45	0.42	0.46	0.45
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency (BU)	0.67	0.78	0.78	0.70	0.57	0.41	0.60	0.64	0.66	0.64	0.69	0.63	0.60	0.65

ภาพผนวกที่ ๔ ผลการวิเคราะห์ปัญหาน้ำในลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน

Item	ลุ่มน้ำสาขาห้วยดาน												
	มย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน
Gross Inflow	31.30	174.20	201.61	81.65	238.36	201.34	37.41	0.28	4.62	0.17	0.40	14.47	934.59
Precipitation	31.30	174.20	201.61	81.65	238.36	201.34	37.41	0.28	4.62	0.17	0.40	14.47	934.59
Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub-Surface Inflow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Net Inflow	16.14	51.63	72.92	89.85	108.59	127.70	90.92	28.79	11.93	12.02	12.14	17.01	541.60
Surface Storage Change	15.16	122.58	128.69	-8.20	129.78	73.65	-53.50	-28.51	-7.31	-11.86	-11.74	-2.54	392.98
Sub Surface Storage Change	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Depleted Water	13.63	49.72	70.87	73.15	74.61	71.38	66.98	25.46	9.82	10.18	10.56	13.58	406.72
Process Water	9.31	34.90	57.50	61.56	61.36	58.89	61.07	22.59	6.84	7.16	7.45	9.44	335.28
Water uses intended by humans	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.95
Evapotranspiration by crops (ET)	8.99	34.58	57.17	61.23	61.04	58.56	60.75	22.26	6.52	6.83	7.13	9.11	333.33
Pumping	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beneficial Non-process Water	2.46	8.69	7.42	7.35	6.98	6.81	3.67	1.85	1.89	1.96	2.01	2.54	40.91
Low or Non-beneficial Non-process Water	1.85	6.13	5.96	4.24	6.27	5.69	2.24	1.03	1.09	1.06	1.10	1.60	30.53
Evaporation from municipal and industrial uses (M&I)	1.41	3.69	3.14	3.10	2.93	2.87	1.72	1.02	1.02	1.06	1.10	1.40	17.44
Flows to sinks	0.44	2.44	2.82	1.14	3.34	2.82	0.52	0.00	0.06	0.00	0.01	0.20	13.08
Outflow	2.51	1.91	2.05	16.70	33.98	56.31	23.94	3.33	2.11	1.85	1.58	3.43	134.88
Available Water	15.85	50.19	71.27	89.16	106.64	126.04	90.57	28.75	11.85	11.98	12.10	16.85	533.88
Uncommitted Outflow	2.47	1.86	2.01	16.66	33.93	56.27	23.90	3.29	2.07	1.81	1.54	3.39	134.63
Utilizable Outflow	2.22	0.47	0.40	16.00	32.03	54.66	23.60	3.29	2.04	1.80	1.54	3.27	127.16
Non-utilizable Outflow	0.25	1.39	1.61	0.65	1.91	1.61	0.30	0.00	0.04	0.00	0.00	0.12	7.48
Committed Outflow	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.25
Downstream Maintain	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.25
Indicator													
Depleted Fraction of Gross Inflow (DFGI)	0.44	0.29	0.35	0.90	0.31	0.35	1.79	91.63	2.13	61.59	26.29	0.94	0.44
Depleted Fraction of Available Water (DFAW)	0.86	0.99	0.99	0.82	0.70	0.57	0.74	0.89	0.83	0.85	0.87	0.81	0.76
Process Fraction of Available Water (PFAW)	0.59	0.70	0.81	0.69	0.58	0.47	0.67	0.79	0.58	0.60	0.62	0.56	0.63
Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency (BU)	0.74	0.87	0.91	0.77	0.64	0.52	0.71	0.85	0.74	0.76	0.78	0.71	0.70

ภาพผนวกที่ ค5 การคำนวณบัญชีน้ำ

ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค (ล้าน ลบ.ม.) M															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	4.10	4.10	8.20
น้ำสวย	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.95	1.95	3.90
ห้วยหลวง	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	15.65	15.65	31.30
ห้วยคาน	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	1.70	1.70	3.40

ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม (ล้าน ลบ.ม.) I															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.15	0.15	0.30
น้ำสวย	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.35	0.35	0.70
ห้วยหลวง	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	1.60	1.60	3.20
ห้วยคาน	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.25	0.25	0.50

1 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการปลูกข้าว ในเขต															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	8.28	10.79	15.88	16.87	17.08	16.65	17.72	6.89	2.15	4.05	6.25	8.66	94.99	36.29	131.29
น้ำสวย	6.37	8.30	12.21	12.97	13.13	12.80	13.62	5.30	1.66	3.11	4.81	6.66	73.03	27.90	100.93
ห้วยหลวง	11.11	14.48	21.31	22.64	22.91	22.35	23.78	9.25	2.89	5.44	8.39	11.62	127.46	48.70	176.17
ห้วยคาน	0.39	0.51	0.75	0.79	0.80	0.78	0.83	0.32	0.10	0.19	0.29	0.41	4.47	1.71	6.17

1.1 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการคายระเหยในพื้นที่ปลูกข้าว ในเขต (นอกฤดูเพาะปลูก)															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.54	1.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.43	0.44	0.56	1.91	2.39	4.30
น้ำสวย	0.42	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.33	0.34	0.43	1.47	1.84	3.31
ห้วยหลวง	0.73	2.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.58	0.59	0.75	2.57	3.21	5.77
ห้วยคาน	0.03	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.09	0.11	0.20

2 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการปลูกข้าว นอกเขต															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.00	0.00	15.80	16.78	16.99	16.57	17.63	6.86	0.00	0.00	0.00	0.00	83.77	6.86	90.63
น้ำสวย	0.00	0.00	79.56	84.53	85.57	83.45	88.79	34.54	0.00	0.00	0.00	0.00	421.90	34.54	456.44
ห้วยหลวง	0.00	0.00	161.86	171.97	174.07	169.76	180.64	70.26	0.00	0.00	0.00	0.00	858.30	70.26	928.57
ห้วยคาน	0.00	0.00	47.71	50.69	51.31	50.04	53.25	20.71	0.00	0.00	0.00	0.00	253.01	20.71	273.73

2.1 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการคายระเหยในพื้นที่ปลูกข้าว นอกเขต (นอกฤดูเพาะปลูก)															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	2.24	7.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72	1.79	1.83	2.32	7.93	9.90	17.84
น้ำสวย	11.31	39.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.67	9.00	9.22	11.67	39.96	49.87	89.82
ห้วยหลวง	23.00	81.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.64	18.31	18.76	23.74	81.29	101.45	182.74
ห้วยคาน	6.78	23.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20	5.40	5.53	7.00	23.96	29.91	53.87

3 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการปลูกพืชไร่ ในเขต															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	1.87	3.02	2.44	2.59	3.06	4.43	3.56	1.18	0.62	0.64	1.23	2.31	19.10	7.87	26.97
น้ำสวย	0.04	0.07	0.05	0.06	0.07	0.10	0.08	0.03	0.01	0.01	0.03	0.05	0.42	0.17	0.59
ห้วยหลวง	2.92	4.71	3.80	4.04	4.78	6.91	5.55	1.85	0.97	1.00	1.92	3.61	29.78	12.27	42.05
ห้วยคาน	0.09	0.15	0.12	0.13	0.15	0.22	0.18	0.06	0.03	0.03	0.06	0.11	0.95	0.39	1.34

3.1 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการคายระเหยในพื้นที่ปลูกพืชไร่ ในเขต (นอกฤดูเพาะปลูก)															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.16	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.12	0.13	0.16	0.55	0.69	1.24
น้ำสวย	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03
ห้วยหลวง	0.24	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.19	0.20	0.25	0.86	1.07	1.93
ห้วยคาน	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.06

ภาพผนวกที่ ๕ (ต่อ)

4 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการปลูกพืชไร่ นอกเขต															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.32	6.50	5.68	6.37	5.80	4.96	4.31	0.17	0.15	0.15	0.15	0.21	33.61	1.16	34.77
น้ำสวย	0.33	6.55	5.72	6.42	5.85	5.01	4.34	0.17	0.16	0.15	0.16	0.21	33.89	1.17	35.07
ห้วยหลวง	2.75	55.01	48.04	53.88	49.08	42.01	36.44	1.45	1.31	1.26	1.30	1.76	284.47	9.83	294.30
ห้วยคาน	0.48	9.70	8.47	9.50	8.65	7.41	6.42	0.26	0.23	0.22	0.23	0.31	50.14	1.73	51.87
4.1 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการคายระเหยในพื้นที่ปลูกพืชไร่ นอกเขต (นอกฤดูเพาะปลูก)															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.60	0.62	0.64	0.81	0.00	4.05	4.05
น้ำสวย	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.61	0.63	0.64	0.82	0.00	4.08	4.08
ห้วยหลวง	6.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.98	5.09	5.28	5.41	6.85	0.00	34.25	34.25
ห้วยคาน	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.90	0.93	0.95	1.21	0.00	6.04	6.04
5 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการปลูกพืชผัก ในเขต															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
น้ำสวย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ห้วยหลวง	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ห้วยคาน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.1 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการคายระเหยในพื้นที่ปลูกพืชผัก ในเขต (นอกฤดูเพาะปลูก)															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
น้ำสวย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ห้วยหลวง	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ห้วยคาน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการปลูกพืชผัก นอกเขต															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
น้ำสวย	0.04	0.67	0.57	0.81	0.81	0.46	0.33	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	3.65	0.22	3.87
ห้วยหลวง	0.05	0.71	0.60	0.85	0.85	0.48	0.34	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	3.83	0.23	4.06
ห้วยคาน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.1 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการคายระเหยในพื้นที่ปลูกพืชผัก นอกเขต (นอกฤดูเพาะปลูก)															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
น้ำสวย	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.08	0.09	0.09	0.11	0.00	0.57	0.57
ห้วยหลวง	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.09	0.09	0.09	0.12	0.00	0.60	0.60
ห้วยคาน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการปลูกไม้ผล ในเขต															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
น้ำสวย	0.10	0.35	0.30	0.29	0.28	0.27	0.15	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	1.63	0.51	2.14
ห้วยหลวง	0.06	0.21	0.18	0.18	0.17	0.16	0.09	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.98	0.30	1.29
ห้วยคาน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการปลูกไม้ผล นอกเขต															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.15	0.54	0.46	0.46	0.43	0.42	0.23	0.11	0.12	0.12	0.12	0.16	2.54	0.79	3.32
น้ำสวย	0.51	1.79	1.53	1.51	1.44	1.40	0.75	0.38	0.39	0.40	0.41	0.52	8.42	2.61	11.03
ห้วยหลวง	0.53	1.87	1.60	1.58	1.50	1.47	0.79	0.40	0.41	0.42	0.43	0.55	8.81	2.73	11.55
ห้วยคาน	0.02	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.34	0.11	0.45

ภาพผนวกที่ ๕ (ต่อ)

9 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการปลูกไม้ยืนต้น ในเขต															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
น้ำสวย	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.02	0.09
ห้วยหลวง	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.06
ห้วยคาน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการปลูกไม้ยืนต้น นอกเขต															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.11	0.38	0.33	0.32	0.31	0.30	0.16	0.08	0.08	0.09	0.09	0.11	1.81	0.56	2.37
น้ำสวย	0.05	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.07	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.83	0.26	1.09
ห้วยหลวง	0.33	1.18	1.00	0.99	0.94	0.92	0.50	0.25	0.26	0.26	0.27	0.34	5.53	1.72	7.25
ห้วยคาน	0.02	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.34	0.11	0.45
11 ความต้องการใช้น้ำเพื่อป้า ในเขต															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	1.67	5.89	5.03	4.99	4.73	4.62	2.49	1.25	1.28	1.33	1.36	1.72	27.75	8.61	36.36
น้ำสวย	8.03	28.40	24.23	24.03	22.80	22.24	11.98	6.04	6.16	6.40	6.55	8.29	133.69	41.48	175.16
ห้วยหลวง	26.59	93.99	80.21	79.54	75.48	73.61	39.66	19.98	20.40	21.17	21.69	27.45	442.50	137.29	579.79
ห้วยคาน	2.46	8.69	7.42	7.35	6.98	6.81	3.67	1.85	1.89	1.96	2.01	2.54	40.91	12.69	53.60
12 การระเหยจากอ่างเก็บน้ำ-แหล่งน้ำ															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	6.46	5.75	4.76	4.52	4.20	4.21	4.51	4.32	4.17	4.24	4.55	5.91	27.95	29.66	57.60
น้ำสวย	4.65	4.14	3.43	3.25	3.03	3.03	3.25	3.11	3.00	3.05	3.28	4.26	20.12	21.35	41.47
ห้วยหลวง	14.16	12.59	10.43	9.91	9.21	9.22	9.88	9.47	9.13	9.30	9.97	12.96	61.24	64.99	126.23
ห้วยคาน	0.49	0.44	0.36	0.35	0.32	0.32	0.35	0.33	0.32	0.32	0.35	0.45	2.14	2.27	4.41
13 การระเหยจากพื้นที่บึงตลิ่ง															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.72	2.53	2.16	2.14	2.03	1.98	1.07	0.54	0.55	0.57	0.58	0.74	11.91	3.70	15.61
น้ำสวย	2.55	9.02	7.70	7.64	7.25	7.07	3.81	1.92	1.96	2.03	2.08	2.64	42.48	13.18	55.66
ห้วยหลวง	6.98	24.65	21.04	20.86	19.80	19.31	10.40	5.24	5.35	5.55	5.69	7.20	116.06	36.01	152.07
ห้วยคาน	0.89	3.16	2.70	2.68	2.54	2.48	1.33	0.67	0.69	0.71	0.73	0.92	14.89	4.62	19.51
14 การระเหยจากพื้นที่ชุมชน															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.17	0.59	0.50	0.50	0.47	0.46	0.25	0.12	0.13	0.13	0.14	0.17	2.76	0.86	3.62
น้ำสวย	0.26	0.92	0.78	0.78	0.74	0.72	0.39	0.20	0.20	0.21	0.21	0.27	4.32	1.34	5.66
ห้วยหลวง	0.46	1.63	1.39	1.38	1.31	1.28	0.69	0.35	0.35	0.37	0.38	0.48	7.67	2.38	10.04
ห้วยคาน	0.03	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.42	0.13	0.55
ความต้องการใช้น้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศ (ด้าน 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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.50	1.50	3.00
น้ำสวย	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	1.85	1.85	3.70
ห้วยหลวง	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	5.60	5.60	11.20
ห้วยคาน	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.25	0.25	0.50

รวมความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรระยะ ในเขต																
	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	รายปี	
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	10.85	16.28	18.32	19.46	20.14	21.09	21.28	8.08	3.31	5.25	8.06	11.69	116.56	47.24	163.80	
น้ำสาย	6.93	10.21	12.57	13.33	13.48	13.18	13.85	5.40	2.07	3.54	5.26	7.25	76.62	30.45	107.08	
ห้วยหลวง	15.07	22.84	25.29	26.86	27.87	29.43	29.42	11.14	4.65	7.26	11.16	16.29	161.70	65.56	227.27	
ห้วยคาน	0.52	0.77	0.87	0.92	0.96	1.00	1.01	0.38	0.16	0.25	0.38	0.56	5.53	2.24	7.78	

รวมความต้องการใช้น้ำด้านอื่นๆ (อุปโภคบริโภค เพื่อเที่ยว อุตสาหกรรม และน้ำดื่มสุขภาพ)															
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ล.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	1.02	2.25	2.26	2.38	3.09	2.86	1.26	0.75	0.77	0.72	0.76	0.87	14.10	4.90	19.01
น้ำผาย	0.94	3.04	3.43	3.58	5.45	5.12	1.69	0.45	0.55	0.41	0.48	0.61	22.30	3.44	25.75
ห้วยหลวง	4.59	10.75	11.11	7.64	14.59	16.09	6.17	3.15	3.09	2.91	2.97	3.40	66.34	20.13	86.47
ห้วยคาน	0.76	2.76	3.15	1.47	3.66	3.14	0.85	0.33	0.39	0.33	0.33	0.53	15.03	2.67	17.70

	ปริมาณน้ำที่ระเหยในพื้นที่														
	ม.ย.	พ.ย.	มิ.ย.	ก.ย.	ธ.ย.	ก.ย.	ค.ย.	พ.ย.	ธ.ย.	ม.ย.	ก.พ.	มิ.ย.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	23.48	46.39	53.02	55.54	55.11	54.60	51.92	22.13	12.11	14.29	17.52	23.84	316.58	113.37	429.96
น้ำสวย	35.56	101.83	136.24	142.45	141.10	136.68	127.57	52.48	23.36	25.58	27.99	36.13	785.87	201.12	986.99
ห้วยหลวง	96.66	295.76	351.46	367.83	360.12	347.48	308.77	123.63	64.70	69.33	75.21	97.79	2,031.41	527.31	2,558.72
ห้วยคาน	12.86	46.96	67.73	71.69	70.95	68.24	66.13	25.13	9.43	9.85	10.23	13.05	391.68	80.56	472.24

[illegible]

ภาพผนวกที่ คร (ต่อ)

น้ำท่าได้ดิน (ล้าน ลบ.ม.) , SSI															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
น้ำสวย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ห้วยหลวง	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ห้วยคาน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด (ล้าน ลบ.ม.) , GI															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	22.59	110.02	110.80	119.22	170.28	153.97	39.54	3.10	4.69	1.04	3.74	11.39	703.84	46.56	750.40
น้ำสวย	55.61	265.29	304.41	319.17	506.94	473.75	130.93	6.31	17.16	2.67	9.47	22.93	2,000.49	114.15	2,114.65
ห้วยหลวง	174.44	789.30	825.26	493.07	1,204.98	1,378.10	353.23	31.27	23.87	5.52	11.28	56.00	5,043.94	302.38	5,346.32
ห้วยคาน	31.30	174.20	201.61	81.65	238.36	201.34	37.41	0.28	4.62	0.17	0.40	14.47	934.59	51.24	985.82

Net Inflow (NI)

NI = GI + ΔS

ปริมาณน้ำเข้าสุทธิ = ปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด + การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกัก

ปริมาณน้ำเข้าทั้งหมด (ล้าน ลบ.ม.) , GI															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	22.59	110.02	110.80	119.22	170.28	153.97	39.54	3.10	4.69	1.04	3.74	11.39	703.84	46.56	750.40
น้ำสวย	55.61	265.29	304.41	319.17	506.94	473.75	130.93	6.31	17.16	2.67	9.47	22.93	2,000.49	114.15	2,114.65
ห้วยหลวง	174.44	789.30	825.26	493.07	1,204.98	1,378.10	353.23	31.27	23.87	5.52	11.28	56.00	5,043.94	302.38	5,346.32
ห้วยคาน	31.30	174.20	201.61	81.65	238.36	201.34	37.41	0.28	4.62	0.17	0.40	14.47	934.59	51.24	985.82
การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกัก (ล้าน ลบ.ม.) , ΔS															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	-3.99	58.29	51.46	51.95	87.44	62.56	-19.07	-20.51	-9.57	-15.56	-16.13	-14.03	292.63	-79.80	212.84
น้ำสวย	14.81	150.32	130.78	128.04	272.31	176.29	-89.11	-60.89	-19.88	-26.11	-23.19	-17.40	768.63	-132.66	635.97
ห้วยหลวง	55.40	447.65	404.19	4.01	612.82	574.46	-135.92	-143.10	-57.15	-84.70	-79.52	-71.72	1,907.21	-380.80	1,526.41
ห้วยคาน	15.16	122.58	128.69	-8.20	129.78	73.65	-53.50	-28.51	-7.31	-11.86	-11.74	-2.54	392.98	-46.81	346.18
ปริมาณน้ำเข้าสุทธิ (ล้าน ลบ.ม.) , NI															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	26.58	51.72	59.34	67.27	82.84	91.42	58.61	23.60	14.26	16.61	19.87	25.43	411.21	126.35	537.56
น้ำสวย	40.80	114.97	173.62	191.13	234.63	297.47	220.04	67.20	37.05	28.78	32.66	40.34	1,231.86	246.82	1,478.67
ห้วยหลวง	119.04	341.65	421.06	489.06	592.16	803.64	489.15	174.37	81.02	90.23	90.80	127.72	3,136.73	683.18	3,819.91
ห้วยคาน	16.14	51.63	72.92	89.85	108.59	127.70	90.92	28.79	11.93	12.02	12.14	17.01	541.60	98.04	639.65

Water Depletion (WD)

WD = P + B + NB

ปริมาณน้ำที่หมดไป = การใช้น้ำในกระบวนการ + การใช้น้ำนอกกระบวนการที่เกิดประโยชน์ + การใช้น้ำนอกกระบวนการที่ไม่เกิดประโยชน์

การใช้น้ำในกระบวนการ (ล้าน ลบ.ม.) , P {การอุปโภคบริโภค, อุตสาหกรรม, การเกษตรเหี้ยของพืช} P = M&I + ETag															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	15.18	32.34	41.28	44.10	44.38	44.05	44.32	16.60	6.69	8.73	11.60	16.00	250.46	74.80	325.27
น้ำสวย	20.45	59.74	100.48	107.14	107.67	104.01	108.53	41.61	12.42	14.28	16.25	21.06	587.57	126.07	713.64
ห้วยหลวง	51.35	165.76	241.26	259.01	257.19	246.95	251.01	91.47	32.34	35.81	40.35	52.58	1,421.19	303.89	1,725.08
ห้วยคาน	9.31	34.90	57.50	61.56	61.36	58.89	61.07	22.59	6.84	7.16	7.45	9.44	335.28	62.79	398.07
การใช้น้ำนอกกระบวนการที่เกิดประโยชน์ (ล้าน ลบ.ม.) , B {ประกอบด้วย การคายระเหยจากป่าไม้}															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	1.67	5.89	5.03	4.99	4.73	4.62	2.49	1.25	1.28	1.33	1.36	1.72	27.75	8.61	36.36
น้ำสวย	8.03	28.40	24.23	24.03	22.80	22.24	11.98	6.04	6.16	6.40	6.55	8.29	133.69	41.48	175.16
ห้วยหลวง	26.59	93.99	80.21	79.54	75.48	73.61	39.66	19.98	20.40	21.17	21.69	27.45	442.50	137.29	579.79
ห้วยคาน	2.46	8.69	7.42	7.35	6.98	6.81	3.67	1.85	1.89	1.96	2.01	2.54	40.91	12.69	53.60

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 ราชปี

	ปริมาณน้ำทั้งหมดไป (ล้าน ลบ.ม.) , WD														
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	24.50	48.64	55.28	57.91	58.20	57.47	53.18	22.88	12.88	15.01	18.28	24.71	330.69	118.27	448.96
น้ำสวช	36.50	104.87	139.67	146.03	146.55	141.80	129.26	52.93	23.91	25.99	28.47	36.75	808.18	204.56	1,012.73
หัวหลวง	101.25	306.50	362.57	375.47	374.70	363.57	314.94	126.79	67.79	72.24	78.18	101.19	2,097.75	547.44	2,645.19
หัวคาน	13.63	49.72	70.87	73.15	74.61	71.38	66.98	25.46	9.82	10.18	10.56	13.58	406.72	83.22	489.94

O = NI - WD

$$AW = NI - C - NUO$$

ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ = ปริมาณน้ำเข้าสู่หตุ - ปริมาณน้ำมีพันธะ - ปริมาณน้ำไม่มีพันธะใช้ประโยชน์ไม่ได้

	ปริมาณน้ำมีพิษระ (ล้าน ลบ.ม.) , C													รายปี	
	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
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.50	1.50	3.00
น้ำสาย	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	1.85	1.85	3.70
หัวขหลวง	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	5.60	5.60	11.20
หัวขดาน	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.25	0.25	0.50

	ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ (ล้าน ลบ.ม.) , AW														
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	25.92	49.51	57.11	64.89	79.55	88.42	57.65	23.30	13.93	16.34	19.56	24.98	397.14	124.02	521.16
น้ำสาย	40.05	112.54	170.88	188.27	230.26	293.37	218.69	66.84	36.60	28.45	32.27	39.85	1,214.00	244.05	1,458.05
ห้วยหลวง	116.62	333.93	413.04	484.02	581.14	791.32	485.38	173.19	79.90	89.26	89.78	126.34	3,088.84	675.10	3,763.94
ห้วยคาน	15.85	50.19	71.27	89.16	106.64	126.04	90.57	28.75	11.85	11.98	12.10	16.85	533.88	97.38	631.26

ภาพผนวกที่ ๕ (ต่อ)

Depleted Fraction of Gross Inflow, DF _{GI}															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	1.08	0.44	0.50	0.49	0.34	0.37	1.35	7.39	2.75	14.40	4.88	2.17	0.47	2.54	0.60
น้ำสวย	0.66	0.40	0.46	0.46	0.29	0.30	0.99	8.39	1.39	9.75	3.01	1.60	0.40	1.79	0.48
ห้วยหลวง	0.58	0.39	0.44	0.76	0.31	0.26	0.89	4.05	2.84	13.08	6.93	1.81	0.42	1.81	0.49
ห้วยคาน	0.44	0.29	0.35	0.90	0.31	0.35	1.79	91.63	2.13	61.59	26.29	0.94	0.44	1.62	0.50

Depleted Fraction of Available Water, DF _{AW}															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.95	0.98	0.97	0.89	0.73	0.65	0.92	0.98	0.92	0.92	0.94	0.99	0.83	0.95	0.86
น้ำสวย	0.91	0.93	0.82	0.78	0.64	0.48	0.59	0.79	0.65	0.91	0.88	0.92	0.67	0.84	0.69
ห้วยหลวง	0.87	0.92	0.88	0.78	0.64	0.46	0.65	0.73	0.85	0.81	0.87	0.80	0.68	0.81	0.70
ห้วยคาน	0.86	0.99	0.99	0.82	0.70	0.57	0.74	0.89	0.83	0.85	0.87	0.81	0.76	0.85	0.78

Process Fraction of Available Water, PF _{AW}															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.59	0.65	0.72	0.68	0.56	0.50	0.77	0.71	0.48	0.53	0.59	0.64	0.63	0.60	0.62
น้ำสวย	0.51	0.53	0.59	0.57	0.47	0.35	0.50	0.62	0.34	0.50	0.50	0.53	0.48	0.52	0.49
ห้วยหลวง	0.44	0.50	0.58	0.54	0.44	0.31	0.52	0.53	0.40	0.40	0.45	0.42	0.46	0.45	0.46
ห้วยคาน	0.59	0.70	0.81	0.69	0.58	0.47	0.67	0.79	0.58	0.60	0.62	0.56	0.63	0.64	0.63

ปริมาณน้ำที่หมดไปและเกิดประโชยน์ นอกภาคเกษตร, D _{mag} = การใช้น้ำในกระบวนการที่ไม่ใช่ในภาคเกษตร + การใช้น้ำนอกกระบวนการที่เกิดประโชยน์ นอกภาคเกษตร															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	2.38	6.60	5.74	5.70	5.44	5.32	3.20	1.96	1.99	2.04	2.07	2.43	32.00	12.86	44.86
น้ำสวย	8.42	28.78	24.62	24.41	23.19	22.62	12.37	6.42	6.55	6.78	6.94	8.68	135.99	43.78	179.76
ห้วยหลวง	29.47	96.87	83.09	82.42	78.36	76.49	42.54	22.85	23.28	24.05	24.57	30.33	459.75	154.54	614.29
ห้วยคาน	2.78	9.01	7.74	7.68	7.30	7.13	3.99	2.17	2.21	2.28	2.33	2.86	42.86	14.64	57.50

ปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ในภาคเกษตร, AW _{ag} AW _{ag} = NI - C - NUO - D _{mag}															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	23.55	42.91	51.38	59.20	74.11	83.09	54.46	21.34	11.94	14.30	17.49	22.55	365.14	111.16	476.30
น้ำสวย	31.63	83.76	146.26	163.85	207.08	270.75	206.32	60.42	30.05	21.67	25.34	31.17	1078.02	200.28	1278.29
ห้วยหลวง	87.15	237.06	329.95	401.61	502.78	714.84	442.85	150.34	56.63	65.21	65.22	96.01	2629.09	520.56	3149.65
ห้วยคาน	13.06	41.18	63.53	81.48	99.33	118.91	86.58	26.58	9.64	9.70	9.77	13.99	491.02	82.74	573.76

Process Fraction of Available Water for Agriculture, PW _{AW-ag}															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.61	0.74	0.79	0.73	0.59	0.52	0.80	0.74	0.50	0.56	0.62	0.68	0.67	0.63	0.67
น้ำสวย	0.63	0.71	0.68	0.65	0.52	0.38	0.52	0.68	0.40	0.64	0.63	0.66	0.54	0.62	0.55
ห้วยหลวง	0.56	0.69	0.72	0.64	0.51	0.34	0.56	0.59	0.52	0.51	0.57	0.52	0.53	0.55	0.54
ห้วยคาน	0.69	0.84	0.90	0.75	0.61	0.49	0.70	0.84	0.68	0.70	0.73	0.65	0.68	0.74	0.69

Process Fraction of Depleted Water, PF _{TD}															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.62	0.66	0.75	0.76	0.76	0.77	0.83	0.73	0.52	0.58	0.63	0.65	0.76	0.63	0.72
น้ำสวย	0.56	0.57	0.72	0.73	0.73	0.73	0.84	0.79	0.52	0.55	0.57	0.57	0.73	0.62	0.70
ห้วยหลวง	0.51	0.54	0.67	0.69	0.69	0.68	0.80	0.72	0.48	0.50	0.52	0.52	0.68	0.56	0.65
ห้วยคาน	0.68	0.70	0.81	0.84	0.82	0.82	0.91	0.89	0.70	0.70	0.71	0.69	0.82	0.75	0.81

Beneficial Utilization of Available Water or Basin Efficiency, BU															
	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	รายปี
แม่น้ำโขงส่วนที่ 6	0.65	0.77	0.81	0.76	0.62	0.55	0.81	0.77	0.57	0.62	0.66	0.71	0.70	0.67	0.69
น้ำสวย	0.71	0.78	0.73	0.70	0.57	0.43	0.55	0.71	0.51	0.73	0.71	0.74	0.59	0.69	0.61
ห้วยหลวง	0.67	0.78	0.78	0.70	0.57	0.41	0.60	0.64	0.66	0.64	0.69	0.63	0.60	0.65	0.61
ห้วยคาน	0.74	0.87	0.91	0.77	0.64	0.52	0.71	0.85	0.74	0.76	0.78	0.71	0.70	0.78	0.72

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวปริญกร สาदारมณั
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 29 สิงหาคม 2517
สถานที่เกิด	จังหวัดชลบุรี
ประวัติการศึกษา	ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรแหล่งน้ำ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ชันยู คอนซัลแตนท์ส (ประเทศไทย) จำกัด
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	