

การประเมินความสามารถสูงสุดในการรองรับมลพิษต่อวันของแม่น้ำพองตอนล่าง
โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

นายกฤษฎา จันทรเสนา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**TOTAL MAXIMUM DAILY LOAD EVALUATION OF THE LOWER PHONG
RIVER BY USING A MATHEMATICAL MODEL**

Mr. Kritsada Jantharasena

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science
(Interdisciplinary Program)**

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

491431

✓ วิทยุ จันทรเสนา : การประเมินความสามารถสูงสุดในการรองรับมลพิษต่อวันของแม่น้ำพองตอนล่าง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (TOTAL MAXIMUM DAILY LOAD EVALUATION OF THE LOWER PHONG RIVER BY USING MATHEMATICAL MODEL) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ทวีวงศ์ ศรีบุรี, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ. ดร. ศุภิชัย ตั้งใจตรง 177 หน้า

การประเมินความสามารถในการรองรับมลพิษสูงสุดต่อวันของแม่น้ำพองตอนล่าง ช่วงตั้งแต่ท้ายเขื่อนอุบลรัตน์อำเภออุบลรัตน์จนถึงจุดบรรจบแม่น้ำชีบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รวมความยาวประมาณ 140 กิโลเมตร โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ QUAL2K พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาได้แก่ Biochemical Oxygen Demand (BOD), Dissolved Oxygen (DO) และ Nitrate Nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประเมินมลพิษที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยได้แบ่งแหล่งกำเนิดมลพิษออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แหล่งกำเนิดที่แน่นอน (point source) ประกอบด้วย ชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน (non-point source) ประกอบด้วย ธรรมชาติพื้นผิวของน้ำฝน การทำปศุสัตว์และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และทำการประเมินความสามารถสูงสุดในการรองรับมลพิษต่อวัน (TMDL) ของแม่น้ำพองตอนล่างในระดับที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่กำหนดให้แม่น้ำพองตอนล่างเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภท 3 ซึ่งมีค่า BOD ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/ลิตร DO ไม่ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร และ $\text{NO}_3\text{-N}$ ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/ลิตร และการศึกษาได้แบ่งออกเป็น 2 ช่วงฤดูกาล คือ ฤดูฝนและฤดูแล้ง

ผลการประเมินมลพิษที่เกิดขึ้นในปัจจุบันที่ลงสู่แม่น้ำพองตอนล่าง ช่วงฤดูฝน มีดังนี้ BOD เท่ากับ 39,184 กิโลกรัม/วัน และ $\text{NO}_3\text{-N}$ เท่ากับ 3,008 กิโลกรัม/วัน และช่วงฤดูแล้ง BOD เท่ากับ 20,652 กิโลกรัม/วัน และ $\text{NO}_3\text{-N}$ เท่ากับ 383 กิโลกรัม/วัน ผลการประเมินความสามารถสูงสุดในการรองรับมลพิษต่อวัน (TMDL) ช่วงฤดูฝน BOD เท่ากับ 62,905 กิโลกรัม/วัน และ $\text{NO}_3\text{-N}$ เท่ากับ 40,581 กิโลกรัม/วัน และช่วงฤดูแล้ง BOD เท่ากับ 37,880 กิโลกรัม/วัน และ $\text{NO}_3\text{-N}$ เท่ากับ 36,728 กิโลกรัม/วัน

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2549

ลายมือชื่อนิสิต _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

4789054420 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD: TOTAL MAXIMUM DAILY LOAD / QUAL2K / LOWER PHONG RIVER

KRITSADA JANTHARASENA : TOTAL MAXIMUM DAILY LOAD EVALUATION OF THE LOWER PHONG RIVER BY USING A MATHEMATICAL MODEL. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. THAVIVONGSE SRIBURI, THESIS COADVISOR : SUPICHAJ THANGJAITRONG Ph.D., 177 pp.

This study evaluated Total Maximum Daily Load (TMDL) for the lower Phong River which runs downstream for 140 kilometers from Ubolrat Dam in Ubolrat district of Khonkaen province to the Shee River in Muang district of Khonkaen province. Mathematical model QUAL2K was applied to evaluate TMDL for Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Nitrate Nitrogen (NO₃-N) in rainy and dry seasons. Only recent BOD and NO₃-N at both point sources (domestic and industrial waste) and non-point sources (discharge and runoff) was analysed to evaluate TMDL in this study. TMDL for the lower Phong River was also evaluated according to the standard quality of runoff water issued by the Pollution Control Department which classified the lower Phong River as a Type 3 runoff source with a maximum BOD value of 2 mg./liter, a maximum NO₃-N content of 5 mg./liter

The results of this study showed that recently the average BOD value and the average concentration NO₃-N of the lower Phong River in the rainy season were 39,184 kilograms/day and 3,008 kilograms/day respectively, and in the dry season were 20,652 kilograms/day and 383 kilograms/day respectively. However, TMDL for BOD and NO₃-N of the lower Phong River estimated in this study for the rainy season were 62,905 kilograms/day and 40,581 kilograms/day respectively while the estimation for the dry season were 37,880 kilograms/day and 36,728 kilograms/day respectively.

Field of study Environmental Science

Academic year 2006

Student's signature..... *Kritsada Jantarasena*

Advisor's signature..... *Thavivongse Sriburi*

Co-Advisor's signature..... *Supichai Thangjaitrong*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและได้รับการสนับสนุนจากบุคคลและหน่วยงานหลายๆ ฝ่าย ข้าพเจ้าขอกราบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีวงศ์ ศรีบุรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร. ศุภิชัย ตั้งใจตรง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำและชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อาจอง ประทศสุนทรสาร รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรวิจิตรกุล รองศาสตราจารย์ ดร. จักษ์ อัสวานันท์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่งเพื่อเป็นกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์และสอบวิทยานิพนธ์รวมทั้งให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ ตลอดจนจนช่วยตรวจสอบรายละเอียดต่างๆ ในวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณเจ้าเจ้าหน้าที่ทุกท่านในสำนักชลประทานที่ 6 โครงการบำรุงรักษาฝายหนองหวาย สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือข้อมูลต่างๆ ทั้งข้อมูลปริมาณน้ำ ระดับน้ำและข้อมูลต่างๆ ของแม่น้ำพองตอนล่าง

ขอกราบขอบพระคุณเจ้าเจ้าหน้าที่ทุกท่านในสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 10 สำนักงานสถิติจังหวัดขอนแก่น สำนักงานประมงจังหวัดขอนแก่น สำนักงานเกษตรจังหวัดขอนแก่น สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดขอนแก่น เทศบาลนครขอนแก่นและมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับลุ่มน้ำพองตอนล่าง

ขอกราบขอบพระคุณสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีวงศ์ ศรีบุรี คุณธีรพล คังคะเกตุ คุณทรงกฤษณ์ ประภักดี ที่ให้โอกาสให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และเครื่องมือต่างๆ ตลอดช่วงระยะเวลาในการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ โรงแรมบันฉันทรี ที่ให้ทุนการศึกษาแก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โขมิตานนท์ และเจ้าหน้าที่สหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือตลอดการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และบุคคลในครอบครัวทุกคน ที่ให้ความห่วงใยและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ท
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 สภาพทั่วไปและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 สมมุติฐาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2. ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 สภาพทั่วไปกลุ่มน้ำพอง.....	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
3. เครื่องมือ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการศึกษา.....	28
3.1 เครื่องมือ อุปกรณ์และแบบจำลอง QUAL2K.....	28
3.2 วิธีดำเนินการศึกษา.....	46
3.3 การป้อนข้อมูลลงแบบจำลอง.....	51
3.4 การประเมินข้อมูลปริมาณมลพิษลงแบบจำลอง.....	66
3.5 การประเมินปริมาณมลพิษของกลุ่มน้ำพองตอนล่างในปัจจุบัน.....	84
3.6 การประเมินความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณมลพิษต่อวันของแม่น้ำพองตอนล่าง.....	95
4. ผลการศึกษาและการวิจารณ์ผล.....	97
4.1 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง.....	97
4.2 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง.....	112
4.3 ผลการประเมินความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณมลพิษต่อวันของแม่น้ำพองตอนล่าง.....	120

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	124
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	124
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	128
รายการอ้างอิง.....	130
ภาคผนวก.....	133
ภาคผนวก ก.....	134
ภาคผนวก ข.....	144
ภาคผนวก ค.....	150
ภาคผนวก ง.....	153
ภาคผนวก จ.....	168
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	177

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์เป็นรายเดือน.....	7
2.2	ค่าพิสัยข้อมูลต่างๆ ทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยรายปี.....	7
2.3	ปริมาณน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์(พ.ศ.2510-2540).....	10
2.4	ผลการวิเคราะห์น้ำของกลุ่มน้ำพองตอนล่างประจำปี 2548.....	14
2.5	ข้อมูลทั่วไปสังคมและเศรษฐกิจจังหวัดขอนแก่น.....	17
2.6	พื้นที่ปกครอง จำนวนประชากร ของพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	18
2.7	จำนวนผู้ถือครองที่รายงานการใช้ประโยชน์ในที่ดินและเนื้อที่ถือครองทำ การเกษตรของกลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	21
2.8	การทำประมงในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	22
2.9	การทำปศุสัตว์ในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	24
2.10	จำนวนสถานประกอบการอุตสาหกรรม จำนวนเงินทุน และจำนวนคนงาน จำแนกตามประเภทอุตสาหกรรม จังหวัดขอนแก่น.....	25
3.1	พารามิเตอร์คุณภาพน้ำและหน่วยที่ใช้ในแบบจำลอง.....	30
3.2	การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ Manning's n ของลำน้ำ.....	37
3.3	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ วิเคราะห์และการเก็บรักษาตัวอย่าง.....	49
3.4	มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งผิวดินประเภทที่ 3.....	51
3.5	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย สถานี E30 ในช่วงปี พ.ศ.2537-2547.....	54
3.6	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่ปล่อยจากเขื่อนอุบลรัตน์ในช่วงปี พ.ศ. 2537-2547.....	55
3.7	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่ปล่อยจากเขื่อนอุบลรัตน์ในช่วงปี พ.ศ. 2537-2547.....	55
3.8	คุณภาพน้ำสถานีตรวจวัดคุณภาพบ้านบ่อนกเขา เฉลี่ยช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งใน ระหว่างปี พ.ศ. 2538-2548.....	56
3.9	ประเภทแหล่งกำเนิดมลพิษในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	58
3.10	สภาพภูมิอากาศที่สถานีอุตุนิยมหาวิทยาลัยจังหวัดขอนแก่นในช่วงปี พ.ศ. 2509-2538.....	60
3.11	ข้อมูลทางอุตุนิยวิทยาที่ป้อนลงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	61
3.12	ค่าพารามิเตอร์ของแสงและความร้อนที่ป้อนลงในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของลำน้ำพองตอนล่าง.....	61
3.13	ค่า coefficients ของแบบจำลอง QUAL2K ที่ได้จากการศึกษา Nakdong River....	63

ตารางที่	หน้า
3.14 การปรับค่า coefficients ของแบบจำลอง QUAL2 Kที่ได้จากการศึกษาแม่น้ำ ปราจีนบุรี.....	64
3.15 การปรับค่าcoefficients ของแบบจำลอง QUAL2K ที่ใช้ในการศึกษาของลำน้ำ พองตอนล่าง.....	65
3.16 ปริมาณน้ำเสียรวมที่เกิดจากแต่ละเทศบาลในลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	67
3.17 ค่าเฉลี่ยความสกปรกของน้ำทิ้งจากเทศบาลต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน.....	68
3.18 ปริมาณมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	69
3.19 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	71
3.20 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละลุ่มน้ำย่อย.....	73
3.21 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนกรมอุตุฯ จังหวัดขอนแก่น ระหว่างปี พ.ศ.2509-2538.....	74
3.22 ปริมาณฝนในแต่ละฤดูกาล.....	74
3.23 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า(C_v) ของแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน.....	75
3.24 ปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	76
3.25 ค่าความเข้มข้นของสารพิษต่างๆ ตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ใช้ในการ คำนวณ.....	76
3.26 คุณภาพน้ำจากการทำลองเก็บตัวอย่างของลำธารทั้ง 2 สายจากภูเขา Rocky.....	77
3.27 เเปอร์เซ็นต์สัดส่วนของไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆเทียบกับ Total Nitrogen(TN).....	78
3.28 ปริมาณความเข้มข้นของมลสาร ตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	78
3.29 จำนวนและการกระจายตัวของปลูสดัวในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	79
3.30 อัตราการเกิดน้ำเสียจากการเลี้ยงสุกร.....	80
3.31 ปริมาณการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อของพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	81
3.32 ความเข้มข้นของมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลา.....	81
3.33 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อ.....	82
3.34 ปริมาณการเลี้ยงปลาในกระชังในลำน้ำพองตอนล่าง.....	83
3.35 ปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังของลำน้ำพองตอนล่าง.....	83
3.36 ปริมาณน้ำเสียรวมที่เกิดขึ้นแต่ละเทศบาลในลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	84
3.37 ค่าเฉลี่ยความสกปรกของน้ำทิ้งจากเทศบาลที่ใช้ประเมินมลพิษของลำน้ำพอง ตอนล่าง.....	85

ตารางที่		หน้า
3.38	ผลการประเมินมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอนประเภทชุมชนเขตเทศบาลที่ลงสู่ลำน้ำพองตอนล่าง.....	85
3.39	ปริมาณมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	86
3.40	ปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำพองตอนล่าง ช่วงฤดูฝน(พฤษภาคม-ตุลาคม).....	87
3.41	ปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำพองตอนล่าง ช่วงฤดูแล้ง(พฤศจิกายน-เมษายน).....	87
3.42	ค่าความเข้มข้นของสารพิษต่างๆ ตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	88
3.43	ปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอนกรณี run off ในช่วงฤดูฝน.....	89
3.44	ปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอนกรณี run off ในช่วงฤดูแล้ง.....	89
3.45	จำนวนสุกรและอัตราการเกิดน้ำเสียของพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	90
3.46	ผลการประเมินมลพิษจากการเลี้ยงสุกร.....	91
3.47	ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดในบ่อ.....	92
3.48	ความเข้มข้นของมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลานิล.....	92
3.49	ผลการประเมินมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในบ่อ.....	93
3.50	จำนวนปลานิลที่เลี้ยงในกระชังของลำน้ำพองตอนล่าง.....	93
3.51	ผลการประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาในกระชังของลำน้ำพองตอนล่าง.....	94
3.52	ผลการประเมินมลพิษที่ลงสู่ลำน้ำพองตอนล่างในปัจจุบัน.....	94
3.53	มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3.....	95
4.1	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองและข้อมูลจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาฝายหนองหวาย ช่วงฤดูฝน(พฤษภาคม – ตุลาคม).....	98
4.2	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาฝายหนองหวาย ช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน – เมษายน).....	100
4.3	ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ BOD ที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองและจากข้อมูลกรมควบคุมมลพิษ ช่วงฤดูฝน.....	102

ตารางที่	หน้า
4.4 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ DO ที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองและจากข้อมูล กรมควบคุมมลพิษ ช่วงฤดูฝน.....	103
4.5 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ NO ₃ -N ที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองและจาก ข้อมูลกรมควบคุมมลพิษ ช่วงฤดูฝน.....	105
4.6 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ BOD ที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองและจาก ข้อมูลกรมควบคุมมลพิษ ช่วงฤดูแล้ง.....	107
4.7 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ DO ที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองและจากข้อมูล กรมควบคุมมลพิษ ช่วงฤดูแล้ง.....	109
4.8 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ NO ₃ -N ที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองและจาก ข้อมูลกรมควบคุมมลพิษ ช่วงฤดูฝน.....	111
4.9 ปริมาณน้ำจากสถานีฝายหนองหวายเฉลี่ย ปี 2537-2547.....	112
4.10 ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำ BOD ที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองและจากการ ตรวจวัดเอง ช่วงฤดูฝน.....	114
4.11 ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำ DO ที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองและจากการ ตรวจวัดเอง ช่วงฤดูฝน.....	115
4.12 ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำ BOD ที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองและจากการ ตรวจวัดเอง ช่วงฤดูแล้ง.....	117
4.13 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ DO ที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองและจากข้อมูล กรมควบคุมมลพิษ ช่วงฤดูแล้ง.....	119
4.14 มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งผิวดินประเภทที่ 3 ที่ใช้ประเมิน TMDL.....	120
4.15 ผลการปรับเพิ่มปริมาณน้ำเสียช่วงฤดูฝน.....	121
4.16 ผลการประเมินความสามารถสูงสุดในการรองรับมลพิษต่อวันของแม่น้ำพอง ตอนล่าง ช่วงฤดูฝน(พฤษภาคม-ตุลาคม).....	122
4.17 ผลการปรับเพิ่มปริมาณน้ำเสียช่วงฤดูแล้ง.....	122
4.18 ผลการประเมินความสามารถสูงสุดในการรองรับมลพิษต่อวันของแม่น้ำพอง ตอนล่าง ช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน).....	123
5.1 ผลการประเมิน TMDL คุณภาพน้ำพารามิเตอร์ BOD (กก./วัน).....	126
5.2 ผลการประเมิน TMDL คุณภาพน้ำพารามิเตอร์ NO ₃ -N (กก./วัน).....	127

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ที่ตั้งลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	3
2.1	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	5
2.2	สภาพลำนน้ำพองตอนล่างช่วงตั้งแต่ท้ายเขื่อนอุบลรัตน์จนถึงจุดบรรจบแม่น้ำชี.....	6
2.3	แผนที่ลำนน้ำสาขาต่างๆของลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	9
2.4	พื้นที่ชลประทานของลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	11
2.5	แหล่งน้ำเพื่อการชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	12
2.6	จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ.....	15
2.7	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	16
2.8	การทำเกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	23
2.9	การทำประมงในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	23
3.1	การวางแผนการแบ่งลำนน้ำสำหรับแม่น้ำและลำนน้ำสาขาที่ไหลมารวมกัน.....	31
3.2	QUAL2K วางแผนการแบ่งช่วงลำนน้ำ.....	32
3.3	Reach ของ model สามารถแบ่งอันดับของ element.....	33
3.4	อัตราการไหลของลำนน้ำในแต่ละ Element.....	33
3.5	ลักษณะ non-point source ที่ไหลเข้าแม่น้ำจะเป็นตัวกำหนดในแต่ละ element.....	35
3.6	ลักษณะลำนน้ำช่องสี่เหลี่ยมคางหมู.....	36
3.7	sharp-crest weir เกิดขึ้นที่ขอบเขตระหว่าง 2 reaches.....	38
3.8	การแพร่กระจาย heat balance ของ element.....	41
3.9	Mass balance.....	42
3.10	model kinetics และกระบวนการ mass transfer.....	43
3.11	แผนผังการดำเนินการศึกษา.....	46
3.12	แผนที่จุดเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ.....	50
3.13	การแบ่ง Reach ของลำนน้ำพองตอนล่าง.....	53
3.14	การแบ่งประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษในพื้นที่ลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	57
3.15	รูปแบบการแบ่งแหล่งกำเนิดมลพิษที่ลงสู่ลำนน้ำพองตอนล่าง.....	59
3.16	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำพองตอนล่าง.....	72

ภาพที่	หน้า
4.1 ปริมาณน้ำช่วงฤดูฝน(พฤษภาคม - ตุลาคม) จากการคำนวณแบบจำลอง	97
4.2 ปริมาณน้ำช่วงฤดูแล้ง(พฤศจิกายน - เมษายน) จากการคำนวณแบบจำลอง	99
4.3 ค่า BOD จากการเปรียบเทียบค่า K_{dc} ในช่วงฤดูฝน	101
4.4 ค่า DO จากการเปรียบเทียบค่า Prescribed Reaeration Oxygen ในช่วงฤดูฝน	103
4.5 ค่า NO_3-N จากการเปรียบเทียบค่า K_{dn} ในช่วงฤดูฝน	105
4.6 ค่า BOD จากการเปรียบเทียบค่า K_{dc} ในช่วงฤดูแล้ง	107
4.7 ค่า DO จากการเปรียบเทียบค่า Prescribed Reaeration Oxygen ในช่วงฤดูแล้ง	109
4.8 ค่า NO_3-N จากการเปรียบเทียบค่า K_{dn} ในช่วงฤดูฝน	110
4.9 การตรวจสอบแบบจำลองคุณภาพน้ำ BOD ในช่วงฤดูฝน	113
4.10 การตรวจสอบแบบจำลองคุณภาพน้ำ DO ในช่วงฤดูฝน	115
4.11 การตรวจสอบแบบจำลองคุณภาพน้ำ BOD ในช่วงฤดูแล้ง	117
4.12 การตรวจสอบแบบจำลองคุณภาพน้ำ DO ในช่วงฤดูแล้ง	118
5.1 สรุปปริมาณมลพิษ BOD จากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ที่ลงสู่มแม่น้ำพอง ตอนล่าง	124
5.2 สรุปปริมาณมลพิษ NO_3-N จากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ที่ลงสู่มแม่น้ำพอง ตอนล่าง	125
5.3 สรุปปริมาณมลพิษ BOD จากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ที่ลงสู่มแม่น้ำพอง ตอนล่าง	125
5.4 สรุปปริมาณมลพิษ NO_3-N จากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ที่ลงสู่มแม่น้ำพอง ตอนล่าง	126