การบริหารจัดการระบบบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินเพื่อรองรับการพัฒนาระบบเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง

นางสาวเพ็ญนภา พีรวงศ์สกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Multi-reservoir operations under economic development in Mae Klong River Basin

Miss Pennapa Perawongsakul

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Water Resources Engineering

Department of Water Resources Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำภายใต้เงื่อนไขการพัฒนาระบบเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง
โดย	นางสาวเพ็ญนภา พีรวงศ์สกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร. พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร. ปิยธิดา เรืองรัศมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ดร. พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ดร. ปิยธิดา เรืองรัศมี)

.....กรรมการ

(ดร. สุภัทรา วิเศษศรี)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. พรศักดิ์ ศุภธราธาร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เพ็ญนภา พีรวงศ์สกุล : การบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำภายใต้เงื่อนไขการพัฒนาระบบเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง (Multi-reservoir operations under economic development in Mae Klong River Basin) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร. พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร. ปิยธิดา เรืองรัศมี, 185 หน้า.

ลุ่มน้ำแม่กลองเป็นลุ่มน้ำที่สำคัญในภาคตะวันตกของประเทศไทย มีเขื่อนขนาดใหญ่วางขนานกันจำนวน 2 เขื่อน ได้แก่ เขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนวชิราลงกรณ โดยทางด้านล่างมีเขื่อนทดน้ำอีกจำนวน 2 เขื่อน ได้แก่ เขื่อนท่าทุ่งนา และเขื่อนแม่กลอง สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อส่งเข้าระบบในช่วงการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของภาคกลางและภาคตะวันตกได้อย่างดี โดยในปัจจุบันพบว่าในปีน้ำปกติลุ่มน้ำแม่กลองมีปริมาณน้ำมากกว่าความต้องการใช้น้ำ สามารถผันน้ำเข้าช่วยเหลือโครงการชลประทานบริเวณลุ่มน้ำท่าจีน ผันน้ำเพื่อผลิตน้ำประปาที่โรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ และผันน้ำเพื่อช่วยผลักดันน้ำเค็มทางตอนล่างของลุ่มน้ำ แต่ในปีน้ำน้อยพบว่าลุ่มน้ำแม่กลองมีการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะภาคเกษตรกรรม ขาดแคลนน้ำผลักดันน้ำเค็มท้ายลุ่ม และรวมถึงปัญหาปริมาณน้ำในเขื่อนต่ำจนไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ในปัจจุบันเขื่อนทั้ง 4 เขื่อนในโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองนั้น มีการบริหารจัดการน้ำที่เป็นอิสระต่อกัน ทั้งที่อ่างเก็บน้ำเหล่านั้นเชื่อมต่อกันด้วยแม่น้ำแควใหญ่ และแม่น้ำแควน้อย ซึ่งสามารถบริหารจัดการน้ำร่วมกันเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดภายใต้ข้อจำกัดที่มี วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือการพัฒนาแบบจำลองการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ (multi - reservoir) โดยการหาแนวทางการบริหารจัดการน้ำที่เหมาะสมกับเป้าหมาย (objective function) ภายใต้เงื่อนไขการพัฒนาเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาความสัมพันธ์ความสัมพันธ์ระหว่างตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) และความต้องการใช้น้ำ ของ 3 ภาคส่วนเศรษฐกิจ ได้แก่ ภาคส่วนเกษตรกรรม ภาคส่วนอุตสาหกรรม และภาคส่วนบริการ ซึ่งเป็นวิธีการใหม่ในการพิจารณามูลค่าของน้ำ สามารถหาผลประโยชน์ทั้งทางตรง ทางอ้อม และกิจกรรมในห่วงโซ่อุปทานอุปสงค์ของระบบเศรษฐกิจตามความต้องการใช้น้ำของแต่ละภาคส่วนได้ โดยแบบจำลองของระบบอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำแม่กลองเป็นปัญหาแบบไม่เป็นเชิงเส้นจำนวนผสม (MINLP) การศึกษานี้ได้พัฒนาแบบจำลองการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำในโปรแกรม GAMS ใช้โปรแกรมแก้ปัญหาสำร็จรูป BONMIN โดยจะพิจารณาการบริหารจัดการน้ำในปี พ.ศ. 2556 – 2557 ซึ่งเป็นปีน้ำปกติ และน้ำน้อยตามลำดับ มีสมการเป้าหมาย (objective function) ที่พิจารณาผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของน้ำที่ส่งไปให้ใช้ประโยชน์ดังนี้ น้ำเพื่อการเกษตร น้ำเพื่อการประปาโรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ น้ำเพื่อภาคอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำ น้ำเพื่อภาคบริการในลุ่มน้ำ และพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำจากเขื่อนที่พิจารณา จากการศึกษาพบว่าการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำร่วมกันสามารถลดการขาดน้ำของภาคเกษตรได้ถึงร้อยละ 80 สามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำได้มากขึ้นร้อยละ 0.70 และสามารถเพิ่มผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์เมื่อเทียบกับการบริหารจัดการจริงได้ถึงร้อยละ 10.10 ในปีน้ำปกติ ส่วนในปีน้ำน้อยสามารถลดการขาดน้ำของภาคเกษตรได้ถึงร้อยละ 58.56 สามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำได้มากขึ้นร้อยละ 16.15 และสามารถเพิ่มผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ได้ถึงร้อยละ 4.36

ภาควิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา 2560	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5870354821 : MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING
KEYWORDS: MAE KLONG BASIN / MULTI RESERVOIR / OPTIMIZATION / GAMS / INPUT - OUTPUT TABLE / MINLP / HYDRO POWER / WATER DEFICIT

PENNAPA PERAWONGSAKUL: Multi-reservoir operations under economic development in Mae Klong River Basin. ADVISOR: PH.D. PONGSAK SUTTINON, CO-ADVISOR: PH.D. PIYATIDA RUANGRASSAMEE, 185 pp.

Mae Klong River Basin is a major river basin in the western part of Thailand. There are two parallel large dams, namely Srinakarin Dam and Vajiralongkorn Dam with two additional diversion dams, namely Tha Thung Na Dam and Mae Klong Dam. The electricity generated by these four dams is transmitted to the electricity utilization system in the western and central parts. During normal years, water supply in the Mae Klong River Basin is higher than its water demand. The excess water can be used for the irrigation project in the Tha Chin River Basin, supplying water for the Mahasawat water supply plant and alleviate salt intrusion in the lower Mae Klong River Basin. However, during dry years, there is water shortage in the Mae Klong River Basin especially in the agricultural sector and there is a problem of salt intrusion downstream. In addition, the water level in the dams is too low for generating electricity. . Normally the four dams in the Mae Klong River Basin development projects are independently operated even though the reservoirs are connected by the Kwai Yai and the Kwai Noi Rivers. The objective of this research is to develop a multi-reservoir operation model under the economic development. This research applies the relationship of Input – Output Table and the water demand to estimate value of water in monetary term for agricultural, industrial, and service sectors. This new approach in obtaining the value of water provides different aspects from a conventional approach in the estimation of benefit and damage of water usage and deficit since it reflects both direct and indirect benefit and cost along the supply chain in the economic system. The multi-reservoir operation model developed in this research is a mixed- integer nonlinear programming problem (MINLP). The model is developed in GAMS and sloved by BONMIN. The objective function is to maximize the net benefit from water use in the agricultural sector and hydropower generation subjected to domestic and industrial surface water demands and environmental flow requirements. The multi-reservoir operation model was optimized during the years 2013 - 2014, which was the normal and dry years, respectively, The results of this study demonstrate that the multi-reservoir operation could potentially reduce water deficit for the agricultural sector by 80 %, generate 0.7 % more hydropower, and increase the basin economic benefits up to 10.10 % when compared to the actual management during normal year. In dry year, the operation reduce water deficit for the agricultural sector by 58.56 %, generate 16.15 % more hydropower, and increase the basin economic benefits up to 4.36 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Water Resources Engineering	Student's Signature	.....
Field of Study:	Water Resources Engineering	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2017	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากคำแนะนำ ความช่วยเหลือ กำลังใจ ตลอดจนความอนุเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อต่างๆของวิทยานิพนธ์นี้

ขอกราบขอพระคุณ อาจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ และ อาจารย์ ดร. ปิยธิดา เรืองรัศมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสในการทำงานวิจัยที่ข้าพเจ้าสนใจ และได้สละเวลาให้คำปรึกษาทั้งทางด้านวิชาการ และการดำเนินชีวิต รวมถึงการสนับสนุนด้านการเงินในการออกสำรวจภาคสนามเพื่อให้มองเห็นภาพในการวิจัยชัดเจนมากขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ช่วยเหลือ และแนะนำแนวทางในการปรับตัว ให้สามารถศึกษาในระดับปริญญาโทได้สำเร็จ และผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.พรศักดิ์ ศุภธราธาร รองประธานเจ้าหน้าที่บริหารระหว่างประเทศจากบริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเมนท์ จำกัด ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่า มาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภายนอกมหาลัย รวมถึงคำถามไถ่ และมอบกำลังใจในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สุภัทรา วิเศษศรี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำ และตรวจทานสิ่งตกหล่นบกพร่องในวิทยานิพนธ์ รวมถึงมอบกำลังใจในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ หัวหน้ากองจัดการทรัพยากรน้ำ ฝ่ายสำรวจ การไฟฟ้าผ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และ วศ. 10 ที่เข้าใจสถานการณ์ในการทำงานวิจัยนี้ ช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี รวมถึงการให้คำแนะนำบางส่วนในการปรับปรุงงานวิจัยให้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากขึ้น

ขอขอบคุณ บิดา ที่สนับสนุนให้มีกำลังใจในการทำงานวิจัย น้องชาย ผู้จัดหาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ให้ และ สามีที่คอยดูแลในระหว่างการทำวิจัย

ขอขอบคุณน้องๆ และเพื่อนๆในภาควิศวกรรมแหล่งน้ำ สำหรับมิตรภาพ และกำลังใจในระหว่างที่ทำวิจัย และพี่ๆเจ้าหน้าที่ธุรการภาควิศวกรรมแหล่งน้ำที่เป็นธุระ และดูแลงานด้านเอกสารให้แก่ข้าพเจ้า

และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ ทุกเหตุการณ์ที่ผ่านเข้ามาในชีวิต ในระหว่างทำวิจัย ที่ทำให้ข้าพเจ้าเติบโตทั้งด้านสติปัญญา ภาวะอารมณ์ และจิตใจ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญรูปภาพ ..... ฑ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 ขอบเขตการศึกษา 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 อ่างเก็บน้ำและหลักสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ 5
2.2 การแก้ปัญหาที่เหมาะสม 6
2.3 ทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ 8
2.4 ตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต (Input – Output Table) 10
2.4.1 โครงสร้างของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต 11
2.4.2 ตารางแสดงการไหลเวียนของระบบเศรษฐกิจ 11
2.5 การศึกษางานวิจัยในการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง 15
บทที่ 3 พื้นที่ศึกษา และสภาพทั่วไป 16
3.1 พื้นที่ศึกษา 16
3.1.1 เขื่อนศรีนครินทร์ 18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3.1.2 เขื่อนวชิราลงกรณ 18
3.1.3 เขื่อนท่าทุ่งนา 18
3.1.4 เขื่อนแม่กลอง 19
3.1.5 โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ 19
3.2 สภาพอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา 23
3.2.1 สภาพภูมิอากาศ 23
3.2.2 สภาพน้ำฝน 23
2.2.3 สภาพน้ำท่า 23
3.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน 25
3.4 การบริหารจัดการน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง 25
3.4.1. การระบายน้ำในช่วงปกติ 26
3.4.2 การระบายน้ำในช่วงน้ำหลาก 26
3.4.3 การระบายน้ำในช่วงน้ำแล้ง 27
บทที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้น้ำและระบบเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง 28
4.1 การศึกษา และคำนวณความต้องการใช้น้ำ 28
4.1.1 ความต้องการใช้น้ำภาคเกษตรกรรม 29
4.1.2 ความต้องการใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรม 36
4.1.3 ความต้องการใช้น้ำในภาคบริการ 38
4.2 การหาผลิตภัณฑ์มวลรวมของลุ่มน้ำแม่กลอง 45
4.2.1 ผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคเกษตรกรรม 45
4.2.2 ผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคอุตสาหกรรม 52
4.2.3 ผลิตภัณฑ์มวลภาคบริการของลุ่มน้ำแม่กลอง 57
4.3 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) ของลุ่มน้ำแม่กลอง 60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้น้ำ และตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต..... 63
บทที่ 5 การพัฒนาแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองภายใต้การพัฒนาระบบเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ..... 65
5.1 การสร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ..... 65
5.1.1 ฟังก์ชันเป้าหมาย..... 66
5.1.2 แบบจำลองกระบวนการ..... 70
5.1.3 กลุ่มของเงื่อนไขบังคับ..... 73
5.2 การรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา..... 75
5.2.1 ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำระบาย และปริมาณการระบายน้ำของอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง..... 76
5.2.2 การวิเคราะห์ประเภทปีน้ำ..... 80
5.2.3 สัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำในอ่างเก็บน้ำ..... 81
5.2.4 ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับกักเก็บ ปริมาณน้ำ และพื้นที่ผิวน้ำ..... 82
5.2.5 การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานน้ำ..... 84
5.2.6 ข้อมูลการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ..... 85
5.2.7 ข้อมูลโค้งอัตราการระบายน้ำ – ระดับน้ำ – ประสิทธิภาพในการผลิพลังงานไฟฟ้า..... 89
5.2.8 ข้อมูลระดับน้ำท้ายเขื่อน..... 92
5.2.9 ข้อมูลการสูบกลับ..... 93
5.2.10 การกำหนดปริมาณความต้องการน้ำเป้าหมายท้ายเขื่อนแม่กลอง..... 94
5.3 ผลจากแบบจำลองเพื่อหาความเหมาะสมในการบริหารจัดการน้ำระบบอ่างเก็บ ภายใต้การพัฒนาเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง..... 95
5.3.1 ปริมาตรอ่างเก็บน้ำจากแบบจำลอง..... 95
5.3.2 พลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลอง..... 98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

5.3.3 ปริมาณน้ำขาดจากแบบจำลอง 101
5.3.4 ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จากแบบจำลอง 102
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา ข้อเสนอแนะ และการศึกษาในอนาคต 105
6.1 การหาความสัมพันธ์ของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) กับความต้องการใช้น้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง 105
6.1.1 ภาคส่วนเกษตรกรรม 105
6.1.2 ภาคส่วนอุตสาหกกรรม 106
6.1.3 ภาคส่วนบริการ 107
6.2 การพัฒนาแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองภายใต้การพัฒนาระบบเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ 108
6.3 ข้อเสนอแนะ 110
6.4 การศึกษาต่อในอนาคต 112
รายการอ้างอิง 114
ภาคผนวก 119
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 185

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 รูปแบบทั่วไปของตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต 12
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดสำคัญของระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง 21
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดสำคัญของระบบไฟฟ้าพลังน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง 22
ตารางที่ 3.3 สภาพภูมิอากาศของลุ่มน้ำแม่กลอง 23
ตารางที่ 3.4 การใช้ที่ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำแม่กลอง 25
ตารางที่ 4.1 แนวคิดการศึกษาและประเมินความต้องการใช้น้ำของลุ่มน้ำแม่กลอง 29
ตารางที่ 4.2 ช่วงเวลาในการปลูกพืช (crop pattern) ที่สำคัญในลุ่มน้ำแม่กลอง 31
ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างการคำนวณการใช้น้ำจริงของอ้อยในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง 32
ตารางที่ 4.4 ความต้องการใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆที่ปลูกในลุ่มน้ำแม่กลอง 33
ตารางที่ 4.5 อัตราความต้องการใช้น้ำในการปศุสัตว์ 34
ตารางที่ 4.6 ความต้องการใช้น้ำของการปศุสัตว์ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง 35
ตารางที่ 4.7 ความต้องการใช้น้ำภาคเกษตรของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง 35
ตารางที่ 4.8 ความต้องการใช้น้ำสูงสุด 10 อันดับแรกของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆใน ลุ่มน้ำแม่กลอง 38
ตารางที่ 4.9 ความต้องการใช้น้ำรายบุคคลในหน่วยลิตรต่อคนต่อวัน แบ่งตามเขตการปกครอง 39
ตารางที่ 4.10 ข้อมูลประชากร และความต้องการใช้น้ำรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง 40
ตารางที่ 4.11 การพิจารณาความต้องการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยวในลุ่มน้ำแม่กลอง 41
ตารางที่ 4.12 ความต้องการใช้น้ำในสถานพยาบาลของลุ่มน้ำแม่กลอง 42
ตารางที่ 4.13 ความต้องการใช้น้ำของนักเรียนในลุ่มน้ำแม่กลอง 43
ตารางที่ 4.14 ความต้องการใช้น้ำของบุคคลากรในสถานศึกษาในลุ่มน้ำแม่กลอง 43
ตารางที่ 4.15 สรุปความต้องการใช้น้ำภาคบริการของลุ่มน้ำแม่กลอง 44
ตารางที่ 4.16 สรุปความต้องการใช้น้ำในภาคส่วนต่างๆในกิจกรรมเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง 45
ตารางที่ 4.17 สรุปรายได้ที่ได้จากการเกษตรส่วนการเพาะปลูกพืช 47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.18 สรุปรายได้ที่ได้จากการเกษตรส่วนการปศุสัตว์..... 48

ตารางที่ 4.19 การหาผลิตภัณฑ์มวลรวมของภาคส่วนเกษตร..... 50

ตารางที่ 4.20 ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัดภาคส่วนอุตสาหกรรม เงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงาน ของจังหวัดกาญจนบุรี ในปีพ.ศ. 2546 - 2557..... 54

ตารางที่ 4.21 ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัดภาคส่วนอุตสาหกรรม เงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงาน ของจังหวัดกาญจนบุรี ในปีพ.ศ. 2546 – 2557 ในรูปแบบของล็อกการิทึม 55

ตารางที่ 4.22 ค่าสัมประสิทธิ์ Cobb – Douglas ของจังหวัดกาญจนบุรี 55

ตารางที่ 4.23 สรุปผลการพิจารณารายได้ประชาชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองปี พ.ศ. 2556 56

ตารางที่ 4.24 การปรับผลิตภัณฑ์มวลรวมในลุ่มน้ำแม่กลองจากปี พ.ศ. 2556 เป็น พ.ศ. 2553 57

ตารางที่ 4.25 การพิจารณาผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคส่วนบริการในล้ำแม่กลอง 58

ตารางที่ 4.26 ผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัดในทุกภาคส่วนเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง 60

ตารางที่ 4.27 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตแยกเป็นแต่ละภาคส่วนตามกิจกรรมเศรษฐกิจ 61

ตารางที่ 4.28 ค่าอัตราส่วน a, b และ c ของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต..... 61

ตารางที่ 4.29 ขั้นตอนการทำตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิตในขั้นตอนที่ 3 62

ตารางที่ 4.30 ขั้นตอนการทำตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิตในขั้นตอนที่ 4 62

ตารางที่ 4. 31 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของลุ่มน้ำแม่กลองในแต่ละภาคส่วน 62

ตารางที่ 4.32 การประยุกต์ใช้ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต กับการหามูลค่าน้ำในแต่ละภาคส่วนเศรษฐกิจ..... 64

ตารางที่ 5.1 มูลค่าน้ำตามประเภทที่จัดสรร และมูลค่าไฟฟ้าที่ผลิตโดยเขื่อน..... 67

ตารางที่ 5.2 ผลการพิจารณา ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในการส่งน้ำให้การประปานครหลวง (B_{MWA})..... 68

ตารางที่ 5.3 การกำหนดความสำคัญของความต้องการใช้น้ำในแบบจำลอง..... 69

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลที่รวบรวมได้เพื่อใช้ในการศึกษา..... 75

ตารางที่ 5.5 ผลการจัดประเภทปีน้ำ..... 81

ตารางที่ 5.6 อัตราการระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำรายเดือน 82

ตารางที่ 5.7 ข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าในลุ่มน้ำแม่กลองที่ใช้กำหนดในแบบจำลอง 89
ตารางที่ 5.8 ข้อมูลโค้งอัตราการระบายน้ำ ระดับน้ำ ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ... 89
ตารางที่ 5.9 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอยเพื่อประมาณค่าประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแต่ละเขื่อน 91
ตารางที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายน้ำ-ระดับน้ำท้ายเขื่อนศรีนครินทร์ 92
ตารางที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายน้ำ-ระดับน้ำท้ายเขื่อนวชิราลงกรณ..... 92
ตารางที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายน้ำ-ระดับน้ำท้ายเขื่อนท่าทุ่งนา..... 92
ตารางที่ 5.13 การผันน้ำเข้าคลองเหนือเขื่อนแม่กลอง..... 94
ตารางที่ 5.14 ปริมาณความต้องการน้ำผันเข้าคลองเพื่อการชลประทานรายเดือน..... 95
ตารางที่ 5.15 การระบายน้ำผ่านเขื่อนแม่กลอง..... 95
ตารางที่ 5.16 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง 101
ตารางที่ 5.17 ปริมาณน้ำผันเข้าคลองเพื่อการชลประทานรายเดือน 102
ตารางที่ 5.18 ผลประโยชน์ภาคเกษตรกรรมระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง 103
ตารางที่ 5.19 ผลประโยชน์ของพลังงานไฟฟ้าระหว่างปฏิบัติการจริงและแบบจำลอง..... 103
ตารางที่ 5.20 ผลประโยชน์งภาคบริการ ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และพลังงานไฟฟ้าระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง 104
ตารางที่ 6.1 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) ในระดับลุ่มน้ำ และมูลค่าน้ำในแต่ละภาคส่วน 105
ตารางที่ 6.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเขื่อนระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง 109
ตารางที่ 6.3 ปริมาณการผันน้ำเข้าคลองชลประทานระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง . 109
ตารางที่ 6.4 ผลประโยชน์ภาคบริการ ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และพลังงานไฟฟ้าระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง 110

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 4
รูปที่ 2.1 สมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ 5
รูปที่ 2.2 กระบวนการแก้ปัญหาทาง Optimization 6
รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงลุ่มน้ำแม่กลอง 17
รูปที่ 3.2 แผนผังน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง 20
รูปที่ 3.3 ฝนเฉลี่ยรายเดือนของลุ่มน้ำแม่กลอง 24
รูปที่ 3.4 น้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของลุ่มน้ำแม่กลอง 24
รูปที่ 4.1 แผนผังในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้น้ำและระบบเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง 28
รูปที่ 4.2 ปริมาณพื้นที่การเพาะปลูกในลุ่มน้ำแม่กลอง 29
รูปที่ 4.3 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Kc) ในพื้นที่ของลุ่มน้ำแม่กลอง 30
รูปที่ 4.4 ปริมาณการปศุสัตว์ในลุ่มน้ำแม่กลอง 34
รูปที่ 4.5 จำนวนและสัดส่วนของโรงงานอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำแม่กลอง 36
รูปที่ 4.6 ขั้นตอนการพิจารณาความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำแม่กลอง 37
รูปที่ 4.7 สัดส่วนจำนวนประชากรในแต่ละจังหวัดที่อาศัยอยู่ในลุ่มน้ำแม่กลอง 39
รูปที่ 4.8 สัดส่วนความต้องการใช้น้ำของภาคส่วนต่างๆในภาคส่วนบริการในลุ่มน้ำแม่กลอง 44
รูปที่ 4.9 สัดส่วนการใช้น้ำในภาคส่วนเกษตร ภาคส่วนอุตสาหกรรม และภาคส่วนบริการในลุ่มน้ำแม่กลอง 44
รูปที่ 4.10 ขั้นตอนกาพิจารณาหารผลิตภัณฑ์มวลรวมจากการเพาะปลูกพืช 46
รูปที่ 4.11 สัดส่วนของรายได้จากการเพาะปลูกพืชลุ่มน้ำแม่กลอง 46
รูปที่ 4.12 ขั้นตอนกาพิจารณาหาผลิตภัณฑ์มวลรวมจากการปศุสัตว์ 48
รูปที่ 4.13 สัดส่วนของรายได้จากการปศุสัตว์ในลุ่มน้ำแม่กลอง 49
รูปที่ 4.14 สัดส่วนของผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคส่วนเกษตรกรรมในลุ่มน้ำแม่กลอง 8 อันดับแรก 51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4.15 ขั้นตอนการพิจารณารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำแม่กลองโดยใช้วิธีทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ Cobb-Douglas 53
รูปที่ 4.16 สัดส่วนผลิตภัณฑ์มวลรวมจากภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง 57
รูปที่ 4.17 สัดส่วนผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคส่วนบริการของแต่ละจังหวัดในลุ่มน้ำแม่กลอง 59
รูปที่ 4.18 ผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัดในทุกภาคส่วนเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง 59
รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการพิจารณาผลประโยชน์ในการส่งน้ำให้การประปานครหลวง (B_{MWA})..... 67
รูปที่ 5.2 แผนผังลุ่มน้ำแม่กลอง คลองผันน้ำ และสถานีวัดน้ำที่ใช้ในการศึกษา..... 74
รูปที่ 5.3 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำระบายของเขื่อนศรีนครินทร์ 77
รูปที่ 5.4 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำระบายของเขื่อนวชิราลงกรณ 77
รูปที่ 5.5 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำระบายของเขื่อนท่าทุ่งนา..... 78
รูปที่ 5.6 ปริมาณน้ำผันเข้าคลอง และระบายน้ำผ่านเขื่อนแม่กลอง 79
รูปที่ 5.7 ปริมาณน้ำผันเข้าคลอง และระบายน้ำผ่านเขื่อนแม่กลอง 79
รูปที่ 5.8 ผลการจัดประเภทปีน้ำ 80
รูปที่ 5.9 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวน้ำ ปริมาณกักเก็บ และระดับน้ำเขื่อนศรีนครินทร์.. 83
รูปที่ 5.10 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวน้ำ ปริมาณกักเก็บและระดับน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ 83
รูปที่ 5.11 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวน้ำปริมาณกักเก็บ และระดับน้ำของเขื่อนท่าทุ่งนา 84
รูปที่ 5.12 พลังงานการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีเขื่อนศรีนครินทร์..... 85
รูปที่ 5.13 ชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนเครื่องที่ 1-3 เขื่อนศรีนครินทร์ 86
รูปที่ 5.14 ชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนของเครื่องที่ 4-5 เขื่อนศรีนครินทร์ 86
รูปที่ 5.15 พลังงานการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีเขื่อนวชิราลงกรณ 87
รูปที่ 5.16 ชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนของเขื่อนวชิราลงกรณ..... 87
รูปที่ 5.17 พลังงานการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีเขื่อนท่าทุ่งนา..... 88
รูปที่ 5.18 ชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนของเครื่องที่ 1-2 เขื่อนท่าทุ่งนา..... 88
รูปที่ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในเขื่อนท่าทุ่งนา และปริมาณน้ำสูบกลับ 94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 5.20 ปริมาณน้ำในเขื่อนศรีนครินทร์ระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง..... 96
รูปที่ 5.21 ปริมาณน้ำในเขื่อนวชิราลงกรณระหว่างปฏิบัติการจริงและแบบจำลอง 97
รูปที่ 5.22 ปริมาณน้ำในเขื่อนท่าทุ่งนาระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง..... 97
รูปที่ 5.23 ปริมาณน้ำในเขื่อนแม่กลองระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง 98
รูปที่ 5.24 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่เขื่อนศรีนครินทร์ระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง.. 99
รูปที่ 5.25 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่เขื่อนวชิราลงกรณระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง 99
รูปที่ 5.26 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่เขื่อนท่าทุ่งนาระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง..... 100
รูปที่ 5. 27 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่เขื่อนแม่กลองระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง.... 100
รูปที่ 5.28 ปริมาณน้ำขาดภาคเกษตรกรรมระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง..... 101

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองประกอบไปด้วย เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิราลงกรณ เขื่อนท่าทุ่งนา และเขื่อนแม่กลอง ได้ดำเนินการเพื่อตอบสนองความต้องการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆเช่น การชลประทานในเขตพื้นที่ชลประทานใหญ่แม่กลอง การระบายน้ำเพื่อผลักดันน้ำเค็ม การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และการผลิตไฟฟ้า เป็นต้น รวมเป็นปริมาณน้ำทั้งสิ้นเฉลี่ยปีละ 9,335 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งในปัจจุบันปริมาณน้ำต้นทุน หรือปริมาณน้ำที่ไหลเข้าโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองมีค่าเฉลี่ยสูงถึงปีละ 12,000 ล้านลูกบาศก์เมตร (สสนก., 2555) แต่เมื่อพิจารณาการผลิตไฟฟ้ากลับพบว่า เครื่องผลิตไฟฟ้าที่เขื่อนศรีนครินทร์มักประสบปัญหาในการเดินเครื่องหมายเลขที่ 4 และ หมายเลขที่ 5 เนื่องจากระดับน้ำในเขื่อนต่ำจนไม่สามารถระบายน้ำผ่านเครื่องผลิตไฟฟ้าได้ จึงทำให้เกิดการเสียโอกาสในการผลิตไฟฟ้ามากถึง วันละ 100 – 1,000 Mwh รวมถึงมีการระบายน้ำผ่านทางระบายน้ำล้น (Spillway) ของเขื่อนวชิราลงกรณที่เกิดขึ้นในปีน้ำมาก และน้ำปกติในบางครั้งคราว ซึ่งการระบายน้ำผ่านทางระบายน้ำล้นเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงเนื่องจากมีผลเสียต่อท้ายน้ำ และโครงสร้างของเขื่อน

นอกจากนี้กรมชลประทานได้มีโครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนเพื่อรองรับการพัฒนาแหล่งน้ำให้สอดคล้องตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 ซึ่งโครงการที่สำคัญคือ การปรับปรุงโครงการพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่เพิ่มอีก 320,000 ไร่ (ส่วนวิศวกรรมบริหาร สำนักชลประทานที่ 13 กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2546) การจัดทำแผนโครงการผันน้ำจากลุ่มน้ำแม่กลองสู่จังหวัดอุทัยธานีในฤดูแล้ง รวมถึงการสูบน้ำจากแม่น้ำแม่กลองเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการหล่อเย็นที่โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนราชบุรีซึ่งกำลังอยู่ในช่วงเริ่มต้นของการดำเนินการส่งผลให้ปริมาณความต้องการใช้น้ำในอนาคตอันใกล้ของลุ่มน้ำแม่กลองเพิ่มขึ้นเป็น 11,650 ล้านลูกบาศก์เมตรโดยประมาณ (อารียา, 2553)

ในช่วงปี พ.ศ. 2554 – 2559 พบว่าอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองประสบปัญหาการบริหารจัดการน้ำเนื่องจากสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยในช่วงปีพ.ศ. 2554 – 2555 ประสบปัญหาน้ำไหลเข้าอ่างมากผิดปกติ จนต้องระบายน้ำเป็นจำนวนมากส่งผลให้เกิดน้ำท่วมบริเวณพื้นที่ราบท้ายน้ำโดยท่วมสูงประมาณ 1-3 เมตร แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2557 – 2558 เขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ ประสบปัญหาภัยแล้งที่สุดในรอบ 20 ปี โดยเหลือน้ำใช้งานได้เพียง 16% และ 14% ของปริมาณน้ำใช้งานได้ตามลำดับ จึงไม่สามารถผันน้ำเพื่อช่วยเหลือลุ่มน้ำท่าจีนฝั่งตะวันตกได้ ทางกรมชลประทานจึงจำเป็นต้องประกาศให้ประชาชนงดปลูกข้าวนาปรังเพื่อลดการใช้น้ำจากเขื่อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากเหตุการณ์ดังกล่าวพบว่าสภาพของทรัพยากรน้ำในบริเวณลุ่มน้ำแม่กลองนั้นมีความแปรปรวนสูงในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา

เนื่องจากในปัจจุบันเขื่อนทั้ง 4 เขื่อนในโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองนั้น มีการบริหารจัดการน้ำที่เป็นอิสระต่อกัน ทั้งที่อ่างเก็บน้ำเหล่านั้นเชื่อมต่อกันด้วยแม่น้ำแควใหญ่ แม่น้ำแควน้อย และแม่น้ำแม่กลอง ซึ่งสามารถบริหารจัดการน้ำร่วมกันเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดภายใต้ข้อจำกัดที่มี ถึงแม้ว่าปัจจุบันสัดส่วนในการปล่อยน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์ต่อเขื่อนวชิราลงกรณอยู่ที่ประมาณ 46% : 54% (สสนก., 2555) เนื่องจากขนาดอ่างและศักยภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์มีมากกว่า จึงจำเป็นต้องกักเก็บน้ำไว้ใช้ให้มากกว่าเขื่อนวชิราลงกรณ แต่ทั้งนี้เขื่อนศรีนครินทร์ก็ยังไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้เต็มที่เท่าที่ควร

ด้วยปัญหาที่เกิดขึ้นข้างต้น จึงเกิดแนวคิดในการทำวิจัยการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ (multi-reservoir system) ในลุ่มน้ำแม่กลองซึ่งประกอบไปด้วย เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิราลงกรณ เขื่อนท่าทุ่งนา และเขื่อนแม่กลอง โดยการหาแนวทางการบริหารจัดการน้ำที่เหมาะสมกับเป้าหมาย (objective function) ภายใต้เงื่อนไขการพัฒนาเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการน้ำ และเพิ่มพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้มากขึ้น รวมถึงวิเคราะห์แนวทางการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำที่ได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้การตัดสินใจในการเลือกใช้แผนการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำครอบคลุมทั้งประโยชน์ในด้านการใช้น้ำ และผลประโยชน์ในด้านเศรษฐศาสตร์

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาการบริหารจัดการน้ำในอดีตของลุ่มน้ำแม่กลอง
2. ศึกษาการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองในเชิงเศรษฐศาสตร์ในปัจจุบัน
3. กำหนดแนวทางการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง ภายใต้เงื่อนไขการพัฒนาเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. วิเคราะห์ผลการบริหารจัดการน้ำในอดีตในพื้นที่ใต้ระบบอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง
2. การวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำเป้าหมายจะพิจารณาเฉพาะบริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำเท่านั้น
3. การศึกษาในเชิงเศรษฐศาสตร์จะใช้แบบจำลอง Input – Output Table (I/O Table) ในการศึกษาหาความเชื่อมโยงระหว่างการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ และผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์

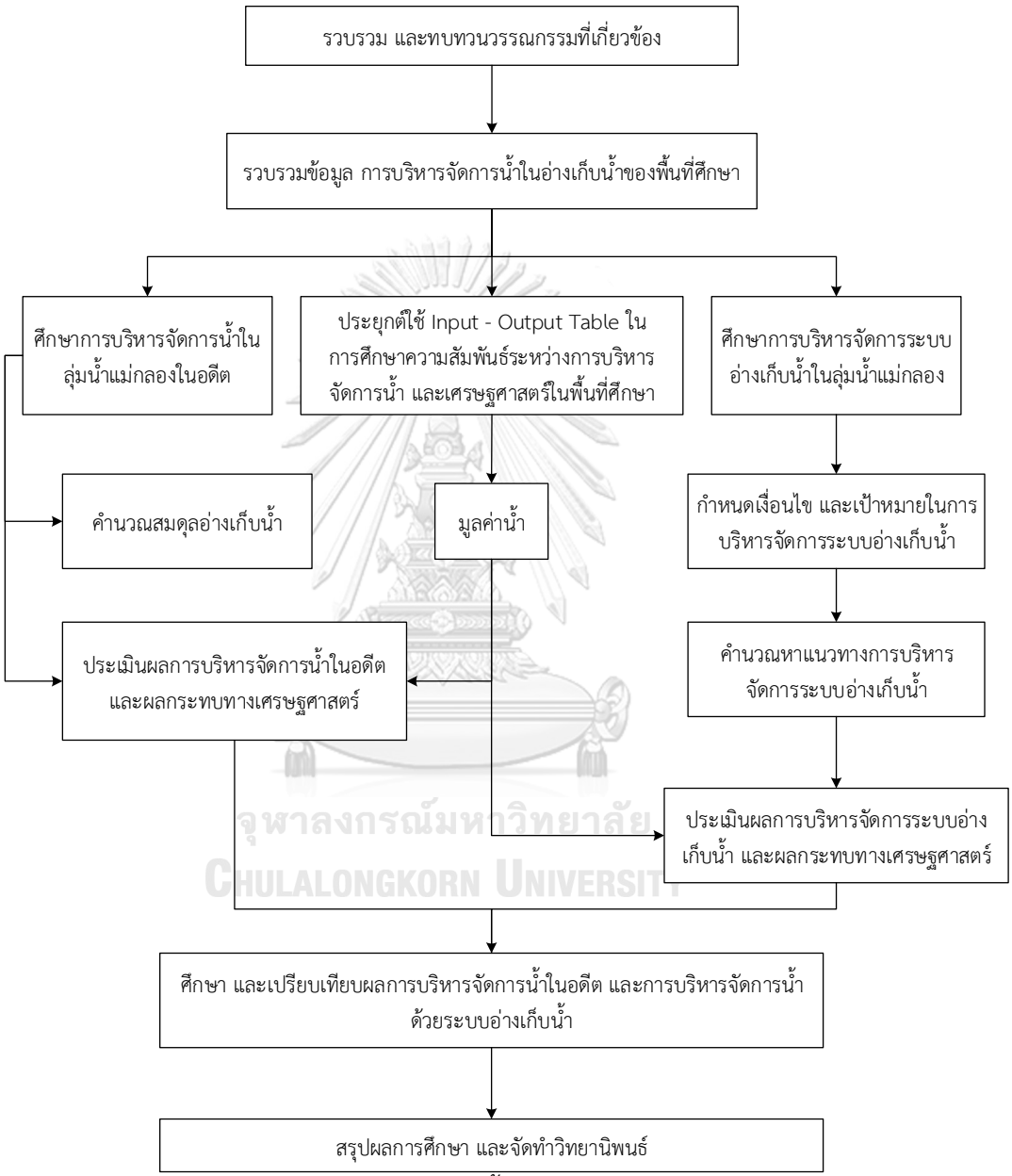
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ภาคส่วนทางเศรษฐศาสตร์ที่ศึกษาประกอบด้วย 3 ภาคส่วน ได้แก่ ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ
5. การวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำเป้าหมายจะพิจารณาเฉพาะบริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำเท่านั้น
6. ข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง เช่นข้อมูลน้ำไหลเข้าเขื่อน และน้ำท่า เป็นข้อมูลย้อนหลังในปี พ.ศ. 2556 – 2557
7. การวิเคราะห์ข้อจำกัดทางกายภาพของระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง ประกอบไปด้วย เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิราลงกรณ เขื่อนท่าทุ่งนา และเขื่อนแม่กลอง
8. การใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรมกำหนดให้ใช้น้ำจากการประปาส่วนภูมิภาคเท่านั้น เนื่องจากขาดข้อมูลการใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินของโรงงานอุตสาหกรรม
9. การกำหนดเป้าหมาย ในการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองในปีน้ำน้อย ตามความต้องการใช้น้ำในลุ่มน้ำแม่กลองประกอบไปด้วย การชลประทาน การรักษาระบบนิเวศน์ การอุปโภคบริโภค ด้านอุตสาหกรรม และการผลิตไฟฟ้า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. แนวทางในการบริหารระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองภายใต้การพัฒนาเศรษฐกิจ 3 ภาคส่วน ได้แก่ ภาคเกษตร ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ
2. ข้อแตกต่างระหว่างการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองเมื่อเทียบกับการบริหารอ่างเก็บน้ำที่เป็นอิสระต่อกัน
3. ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ในการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองในอดีต และการบริหารจัดการด้วยระบบอ่างเก็บน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อ่างเก็บน้ำและหลักสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (reservoir and water balance)

อ่างเก็บน้ำทำหน้าที่ในการเก็บกักน้ำไว้ในช่วงที่มีปริมาณน้ำไหลเข้ามากๆ เพื่อที่จะมีปริมาณน้ำใช้ทีเพียงพอกับความต้องการในช่วงเวลาที่ขาดแคลน การวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำจะทำได้เมื่อทำการวิเคราะห์สมดุลน้ำในอ่างโดยมีหลักการสมดุลน้ำที่กล่าวว่า “ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างลบด้วยปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่างทั้งหมดจะเท่ากับปริมาณน้ำในอ่างที่เปลี่ยนไป” (ฉลอง, 2538) หลักการสมดุลน้ำจัดว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่จะนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (reservoir operation) เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำเกิดประโยชน์สูงสุดภายใต้ข้อจำกัดที่มี ซึ่งหลักการสมดุลน้ำสามารถแสดงโดยใช้สมการความต่อเนื่อง (continuity equation) ของการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ดังต่อไปนี้

$$S_t = S_{(t-1)} + I_t + P_t - O_t - L_t - E_t \qquad (2..1)$$

โดยที่

S_t = ปริมาตรน้ำที่เก็บกักไว้ที่ช่วงเวลา t

$S_{(t-1)}$ = ปริมาตรน้ำที่เก็บกักไว้ที่ช่วงเวลา t – 1

I_t = ปริมาตรน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่ช่วงเวลา t

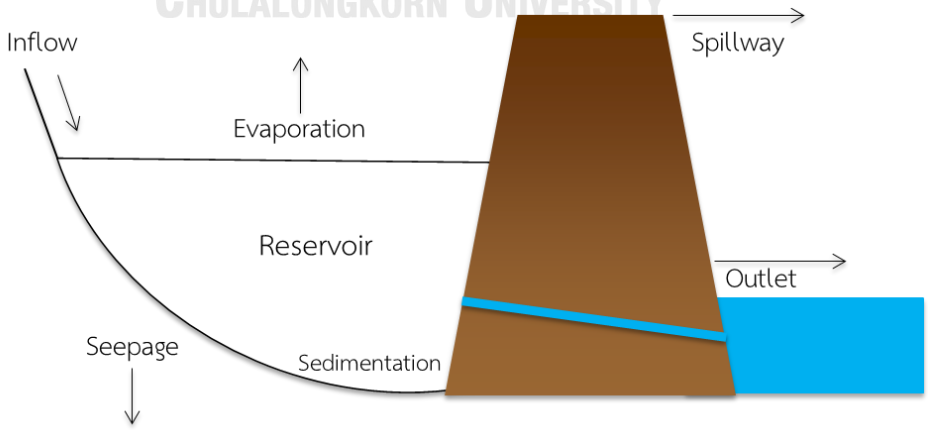
P_t = ปริมาตรฝนตกในอ่างเก็บน้ำที่ช่วงเวลา t

O_t = ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา t

L_t = การรั่วซึมในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา t

E_t = ปริมาณการระเหยจากอ่างในเวลา t

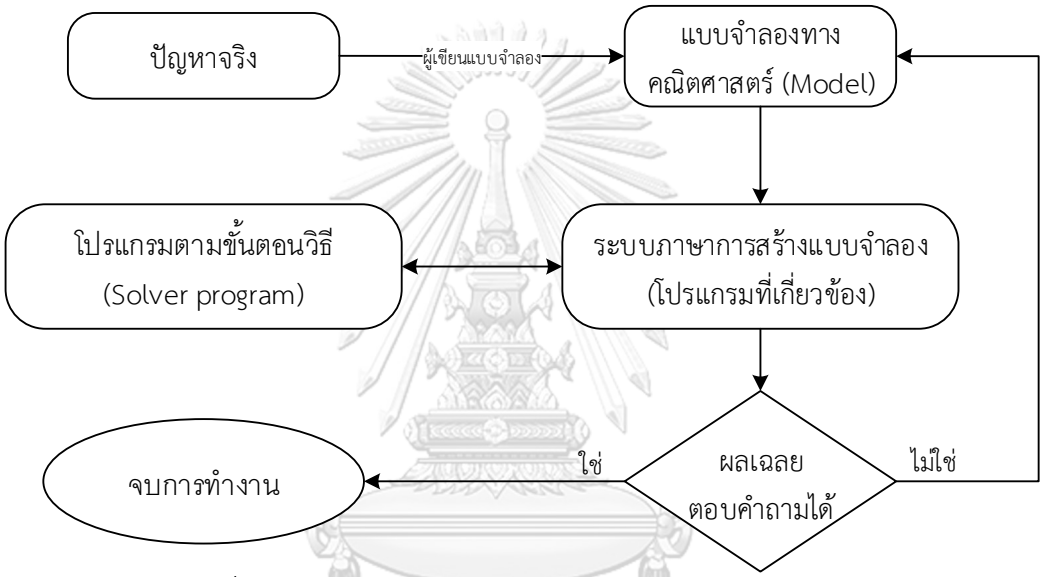
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2.1 สมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ

2.2 การแก้ปัญหาที่เหมาะสม (optimization)

การแก้ปัญหาที่เหมาะสม (optimization) เป็นเทคนิคการหาคำตอบชั้นสูงโดยอาศัยความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์วิธีการนี้การค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาใดๆ ด้วยกระบวนการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ หรือที่เรียกว่า optimum solutions โดยปกติการแก้ปัญหาประเภทนี้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการเขียนตัวแบบจำลอง (model) ซึ่งเป็นการแปลงปัญหาจริงให้อยู่ในรูปของสมการหรือตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และส่วนของโปรแกรมการหาคำตอบ (solver program) ที่พัฒนาหรือเขียนโปรแกรมแก้ปัญหาที่เหมาะสมโดยเฉพาะ (กรุง, 2554) โดยมีขั้นตอนดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กระบวนการแก้ปัญหาทาง Optimization (กรุง, 2545)

การแก้ปัญหาทาง Optimization สามารถแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาปัญหา และเขียนความสัมพันธ์ของปัญหาจริง
2. จำลองปัญหาในรูปแบบทางคณิตศาสต์ โดยพิจารณาทุกข้อจำกัดที่สนใจ
3. เขียนปัญหาให้อยู่ในรูปแบบหรือคำสั่งของระบบภาษาการสร้างแบบจำลอง
4. เรียกใช้โปรแกรมสำเร็จรูป สำหรับการแก้ไขปัญาทาง optimization
5. ตรวจสอบคำตอบที่ได้ ว่าสามารถนำไปใช้ได้หรือไม่
6. ถ้าคำตอบที่ได้ไม่สามารถนำไปแก้ปัญหาจริงได้ ให้ปรับปรุงการเขียนแบบจำลองใหม่ หรือเพิ่มข้อกำหนด (constraints) แล้วกลับไปที่ข้อ 3
7. เมื่อคำตอบที่ได้สามารถเป็นตัวแทนของคำตอบที่ต้องการ ให้หยุดการวนซ้ำ และนำคำตอบไปใช้

ส่วนประกอบของการวิเคราะห์ปัญหาด้วยวิธีการ optimization

1. แบบจำลองกระบวนการ (process model)
2. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function)
3. ข้อจำกัด (constraints)
4. ตัวแปรตัดสินใจ (decision variable)

ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด (optimization problem) คือปัญหาที่หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function) ที่กำหนด โดยให้สอดคล้องกับข้อจำกัด (constraints) ทั้งหมดที่พิจารณา โดยปกติข้อจำกัดจะเขียนแทนด้วยฟังก์ชันหรือที่เรียกว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ลักษณะของปัญหาสามารถเขียนในรูปแบบมาตรฐานได้ดังนี้

$$\text{Minimize or Maximize} \quad f(x) \tag{2.2}$$

$$\text{Subject to} \quad g(x) \le 0 \tag{2.3}$$

$$h(x) = 0 \tag{2.4}$$

$$x \in B \tag{2.5}$$

โดยที่ $f(x)$ คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function)

$g(x)$ คือ ฟังก์ชันข้อจำกัดแบบไม่เท่ากัน (inequality constraints)

$h(x)$ คือ ฟังก์ชันข้อจำกัดแบบเท่ากัน (equality constraints)

B คือ เวกเตอร์ของจำนวนจริง

ในกรณีที่ x_0 สอดคล้องกับข้อกำหนดทั้งหมด คือ $g(x_0) \le 0$, $h(x_0) = 0$ และ $x_0 \in B$ เราจะเรียก x_0 ว่าเป็นผลเฉลยที่เป็นไปได้ หรือ feasible point หรือ feasible solution ของปัญหา และผลเฉลยที่เป็นคำตอบของปัญหาที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์ที่เหมาะที่สุดจะเรียกว่า ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (optimal solution) จากสมการที่ 2.2 ถึง 2.4 ในสภาพความเป็นจริงปัญหาส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาประเภทไม่เชิงเส้น (nonlinear programming problem) ในกรณีที่ฟังก์ชัน $f(x)$, $g(x)$ และ $h(x)$ เป็นฟังก์ชันกำลัง 1 หรือเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวแปร x ปัญหานี้ถึงจะเป็นปัญหาเชิงเส้น (linear programming problem)

Heydari et al. (2016) ได้ศึกษาระบบอ่างเก็บน้ำ (multi – reservoir system) ในแม่น้ำ Karun ในภาคตะวันตกเฉียงใต้ของอิหร่าน มีทั้งหมด 5 เขื่อน โดยเรียงกันแบบทั้งอนุกรม และขนาน ผู้วิจัยได้ใช้วิธีโครงสร้างแบบเมตริกซ์ (matrix structure) ในการหาแนวทางการบริหารอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม (optimal) โดยใช้โปรแกรม Matlab อัลกอริทึม (algorithm) ที่ใช้คือ ε - constraint method algorithm ผลที่ได้พบว่า วิธีนี้สามารถทำให้การบริหารจัดการน้ำในลุ่มแม่น้ำ Karun เพื่อ

ตอบสนองภาคเกษตร และอุตสาหกรรม ดีขึ้น 80 – 85% และสามารถลดปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเพื่อรองรับน้ำในช่วงฤดูน้ำหลากได้ดีขึ้น

Marques et al. (2013) ได้ศึกษาการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำแม่น้ำ Parana ประเทศบราซิล ประกอบไปด้วยเขื่อน 10 เขื่อน และโรงไฟฟ้า 10 โรง โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบการบริหารจัดการ 2 แบบ คือ การบริหารแบบอิสระต่อกัน และการบริหารแบบร่วมกัน ซึ่งใช้วิธี Stochatic Dual Dynamic Programming Algorithm (SDDP) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นไปที่การลดการไหลล้นเขื่อน (spill) และการปล่อยน้ำในเวลาที่เหมาะสมเพื่อสนับสนุนการผลิตไฟฟ้า ซึ่งฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของผู้วิจัยจะมองเป็นรายได้ที่ได้รับจากการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ (revenues) ซึ่งการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำร่วมกันจะช่วยให้การผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 3% – 8% ในช่วงปีน้ำแล้ง คิดเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้น 7.9%

Xu et al. (2014) ได้ศึกษาการหาแนวทางที่เหมาะสมของการบริหารระบบอ่างเก็บน้ำโดยให้ตอบสนองประโยชน์หลายด้านสูงสุด ซึ่งการวิจัยนี้ได้ใช้พื้นที่ศึกษาในประเทศจีนทางตอนเหนือบริเวณลุ่มน้ำ Nanpan ประกอบไปด้วยเขื่อนขนาดใหญ่ 4 เขื่อน และโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ 2 โรงไฟฟ้า ซึ่งในแต่ละเขื่อนได้สร้างขึ้นเพื่อประโยชน์เฉพาะของทางโดยไม่ได้คำนึงถึงประโยชน์ร่วมกันในลุ่มน้ำ จึงทำให้ลุ่มน้ำนี้ประสบปัญหาทางด้านน้ำหลายอย่าง เช่นปัญหาคุณภาพน้ำ ปัญหาการระบายน้ำผ่านทางน้ำล้น เป็นต้น โดยงานวิจัยนี้ได้คำนึงประโยชน์ร่วมกันของลุ่มน้ำนี้อยู่ 4 ด้าน คือ ด้านคุณภาพน้ำ ด้านการรักษาระบบนิเวศน์ ด้านประโยชน์ทางสังคม และด้านเศรษฐกิจ ซึ่งใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธี Feasible Search Discrete Differential Dynamic Programming (FS-DDDP) ซึ่งผู้วิจัยได้พิจารณาเคสในการศึกษาตามปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนขนาดใหญ่ 2 เขื่อนด้านบนของลุ่มน้ำ จากการคำนวณผู้วิจัยพบว่าการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำร่วมกันสามารถเพิ่มผลประโยชน์ในทุกๆด้านได้มากกว่า 8% - 12% จากการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำที่เป็นอิสระต่อกัน โดยในช่วงน้ำมากจะมีผลประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำมากกว่าในช่วงน้ำน้อย และผลประโยชน์ทางด้านการรักษาระบบนิเวศน์ให้ผลประโยชน์มากขึ้นถึง 55 % ในช่วงน้ำมาก เมื่อบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำร่วมกัน

2.3 ทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ Cobb–Douglas

ฟังก์ชันการผลิตที่นิยมใช้กันมากในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ฟังก์ชันค็อบ-ดักลัส (Cobb-Douglas function) ซึ่งเป็นฟังก์ชันเอกพันธ์อันดับที่ 1 (homogeneous function of degree 1) โดยฟังก์ชันนี้เป็นความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ประชาชาติภาคส่วนอุตสาหกรรม จำนวนเงินทุน และจำนวนแรงงานเพื่อนำสมการความสัมพันธ์ที่ได้ไปใช้ประมาณค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคส่วนอุตสาหรรมเฉพาะพื้นที่ที่สนใจหรือการคาดการณ์ผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคส่วนอุตสาหกรรมในอนาคตได้ โดยมีสมการที่ 2.6

$$Q = a \times L^b \times K^c \quad (2.6)$$

โดยที่

Q คือ รายได้ประชาชาติภาคส่วนอุตสากรรม

L คือ ปริมาณปัจจัยการผลิตในที่นี้คือจำนวนเงินทุน

K คือ ปริมาณปัจจัยการผลิตสมมติว่าเป็นในที่นี้คือจำนวนแรงงาน

a คือ ค่าคงที่ ที่มีค่ามากกว่า 0

b คือ ค่าคงที่ ที่เป็นเศษส่วน > 0

c คือ ค่าคงที่ ที่เป็นเศษส่วน > 0

Cobb-Douglas Production Function มีคุณสมบัติต่างๆ ที่น่าสนใจ คือฟังก์ชัน Cobb - Douglas สามารถแปลงเป็นฟังก์ชันเส้นตรงในรูป logarithm ได้ดังสมการที่ 2.7

$$LogQ = Log(a) + (b \times Log(L)) + (c \times Log(K)) \quad (2.7)$$

ปิยนาถ (2536) ได้ทำ การศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศไทยโดยเน้นการวัดผลจากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและศึกษาประสิทธิภาพการใช้ปัจจัยการผลิตรวมถึงผลตอบแทนต่อขนาดในการผลิต โดยทำ การวิเคราะห์บทบาทของเทคโนโลยีมูลภัณฑ์ทุนและแรงงานที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ภายในประเทศโดยรวมและ สาขาการผลิตหลัก 4 สาขา คือ สาขาเกษตรกรรม สาขาอุตสาหกรรม สาขาสาธารณูปโภคและสาขาบริการ ในการศึกษาใช้สมการการผลิตแบบ Cobb-Douglas โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิในช่วงปี พ.ศ.2521-2533 มาทำ การวิเคราะห์สมการถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square: OLS) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆของสมการการผลิต พบว่าผลตอบแทนต่อขนาดการผลิตพบว่าส่วนใหญ่มีลักษณะการผลิตอยู่ในระยะที่ผลตอบแทนเพิ่มขึ้นส่วนอัตราความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นบวกทั้งการผลิตรวมและรายสาขา โดยที่สาขาการผลิตภาคอุตสาหกรรมมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสูงที่สุด เนื่องจากมีการนำเข้าเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้เทคนิคใหม่ๆจากต่างประเทศเป็นมูลค่าเพิ่มขึ้นทุกปี

ผดุงพงศ์ (2548) ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้องการแรงงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตของประเทศไทยทั้งในภาพรวมและจำแนกตามภูมิภาค โดยแบบจำลองที่ใช้คือสมการการผลิตของ Cobb - Douglas ผลการศึกษาพบว่าความต้องการแรงงานในอุตสาหกรรมการผลิตทั้งโดยภาพรวมและภูมิภาค เพิ่มขึ้นและลดลงตามสภาวะเศรษฐกิจที่ขยายตัวและหดตัว โดยในช่วงปีพ.ศ. 2531-2539 อัตราการขยายตัวของสาขาอุตสาหกรรมการผลิตเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ความต้องการแรงงานเพิ่มขึ้น สำหรับในช่วงวิกฤตเศรษฐกิจโดยเฉพาะในปีพ.ศ. 2541 อัตราการขยายตัว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ของอุตสาหกรรมต่ำส่งผลให้ความต้องการแรงงานลดลง และเมื่อผ่านพ้นช่วงวิกฤตเศรษฐกิจอัตราการขยายตัวของอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น ความต้องการแรงงานเพิ่มขึ้น

ภวิสร (2558) ได้ทำการศึกษาหาผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคส่วนอุตสาหกรรมในลุ่มแม่น้ำน่าน ซึ่งได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ Cobb-Douglas จำนวน 8 จังหวัด ได้แก่ นครสวรรค์ พิจิตร กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ พิษณุโลก อุตรดิตถ์ น่าน และสุโขทัย พบว่าความสัมพันธ์รายได้รายจังหวัด (Gross regional and Provincial Product, GPP) จำนวนเงินทุน และแรงงาน จากทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ Cobb-Douglas สามารถ เป็นตัวแทนในการคำนวณหารายได้รายจังหวัดในเฉพาะพื้นที่ที่คาบเกี่ยวในลุ่มน้ำได้เป็นอย่างดี ยกเว้นในจังหวัดนครสวรรค์ และ กำแพงเพชรที่ได้ค่า R^2 ระหว่างค่า GDP จริง และค่า GDP ที่คำนวณได้จาก Cobb- Douglas เพียง 0.40 ส่วนอีก 6 จังหวัดที่เหลือได้ค่า R^2 มากกว่า 0.75 ทั้งหมด ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าอาจจะเกิดจากความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูลของทางกรมโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่บางจังหวัด

2.4 ตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต (Input – Output Table)

ตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต หรือ Input – Output Table คิดค้นโดย Professor Wassily W. Leontief เป็นระบบบัญชีหนึ่งในระบบบัญชีมหภาค หรืออาจจะเรียกว่าเป็นระบบบัญชีสังคม ตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิตเป็นหนึ่งในวิธีการที่จะจัดรวบรวมกิจกรรมทางเศรษฐกิจของประเทศไว้อย่างเป็นระบบ โดยการแบ่งกลุ่มของกิจกรรมเหล่านั้นให้เป็นหมวดหมู่ตามประเภทสาขาการ เช่น สาขาการผลิตภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม เหมืองแร่ ขนส่ง ก่อสร้าง การบริการ และอื่นๆ เป็นต้น และมีการตั้งข้อสมมติ เบื้องต้นว่าแต่ละสาขาการผลิตจะผลิตสินค้าประเภทเดียว และมีกระบวนการผลิตรูปแบบเดียว โดยตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิตจะเป็นตารางที่แสดงความสัมพันธ์ของการผลิต และการแจกแจงผลผลิตของสินค้า และบริการในระบบเศรษฐกิจนั้น ซึ่งสาขาการผลิตแต่ละสาขาจำเป็นจะต้องใช้ปัจจัยการผลิต (input) อะไรบ้าง เพื่อนำมาใช้ในการผลิตสินค้าต่างๆ โดยมีการจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือปัจจัยการผลิตเบื้องต้น ได้แก่ แรงงาน ทุน และส่วนเกินของการประกอบการ ปัจจัยการผลิตขั้นกลาง ได้แก่ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ในขณะเดียวกันเมื่อแต่ละสาขาการผลิต ผลิตสินค้าขึ้นมาแล้วก็จะขายสินค้าที่ผลิตได้ (output) ให้กับสาขาการผลิตอื่นๆ เพื่อใช้เป็นปัจจัยการผลิตในการผลิตสินค้าอื่นๆต่อไป นอกจากนี้แล้วยังจำหน่ายให้กับภาคครัวเรือน รัฐบาล ต่างประเทศ และเก็บไว้เป็นสินค้าคงเหลือ ซึ่งเรียกว่าเป็นการใช้จ่ายเพื่อการบริโภคขั้นสุดท้ายต่อไป (ศิลป์ชัย, 2554)

อุตสาหกรรมต่างๆ ในตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิตเป็นการจำแนกสาขาอุตสาหกรรมตามประเภทรายการสินค้าและบริการ มิใช่การจำแนกตามกิจกรรมการผลิต เหมือนในบัญชีการผลิตในบัญชีรายได้ประชาชาติ ในกรณีของประเทศไทยตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต มีการจัดจำแนกสาขาผลผลิต 4 รูปแบบ โดยจำแนกสินค้า และบริการออกเป็น 180 รายการ 58 รายการ 26 รายการ

และ 16 รายการ ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นการจัดจำแนกแบบใดก็ตาม รายการในตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต ก็ยังคงครอบคลุมสินค้าและบริการในทุกภาคเศรษฐกิจที่มีอยู่ทั้งหมด ตั้งแต่ภาคการเกษตร ภาคการอุตสาหกรรม ภาคการค้าและภาคการบริการ (ธีรภัทร, 2556)

2.4.1 โครงสร้างของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต

ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต เป็นการแสดงถึงความสัมพันธ์ทางเศรษฐกิจ ที่เกี่ยวกับปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) สามารถจำลองเป็นรูปแบบตารางธุรกิจ หรือกิจกรรมในเชิงปริมาณที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันได้ ซึ่งในระบบเศรษฐกิจจะแสดงถึงปริมาณของสินค้า และบริการของแต่ละสาขาการผลิตในระบบเศรษฐกิจในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิตจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ปัจจัยการผลิต (input) กระบวนการแปลงสภาพ (conversion process) และผลผลิต (output) (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติ, 2543)

2.4.2 ตารางแสดงการไหลเวียนของระบบเศรษฐกิจ

ตารางแสดงการไหลเวียนของระบบเศรษฐกิจ คือตารางแสดงการเคลื่อนย้ายปัจจัยการผลิตและผลผลิตของสาขาเศรษฐกิจต่างๆ โดยมีรูปแบบในด้านของการกระจายผลผลิตของสาขาการผลิตใดสาขาการผลิตหนึ่ง แต่ด้านของโครงสร้างการผลิตของสาขาเศรษฐกิจใดสาขาหนึ่งในระบบเศรษฐกิจที่จำลองปัจจัยการผลิตผลผลิตนั้นส่วนที่หนึ่งแสดงถึงการเคลื่อนย้ายระหว่างปัจจัยการผลิตกับผลผลิตหรือมูลค่าความต้องการสินค้า และบริการขั้นกลางเพื่อใช้ในการผลิตสินค้า และบริการของแต่ละสาขาเศรษฐกิจ ส่วนที่สองแสดงถึงมูลค่าเพิ่มของแต่ละสาขาเศรษฐกิจ โดยมูลค่าเพิ่มประกอบด้วย ค่าเช่า ค่าจ้างแรงงาน ดอกเบี้ย และกำไร ส่วนที่สามแสดงถึงมูลค่าของอุปสงค์ขั้นสุดท้ายของแต่ละสาขาเศรษฐกิจ ประกอบด้วย การบริโภคของครัวเรือน การลงทุน การใช้จ่ายของรัฐบาล และการส่งออก ส่วนที่สี่คือ ส่วนที่แสดงถึงมูลค่ารวมของผลผลิตของแต่ละสาขาเศรษฐกิจในแบบจำลองปัจจัยการผลิตผลผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1 รูปแบบทั่วไปของตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต

		Producers					Final Demand					Total Output
		X_1	X_2	X_3	.....	X_j	C	I	G	X	M	
Producers	X_1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	.....	X_{1j}	C_1	I_1	G_1	X_1	M_1	X_1
	X_2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	.....	X_{2j}	C_2	I_2	G_2	X_2	M_2	X_2
	....						....	....	....	....	....	....
	....						....	....	....	....	....	....
	X_i	X_{i1}	X_{i2}	X_{i3}	.....	X_{ij}	C_i	I_i	G_i	X_i	M_i	X_j
Value Added		V_1	V_2	V_3	.....	V_j	Gross National Product					
Total Input		X_1	X_2	X_3	.....	X_j						

ที่มา : อัทธ์, 2549

จากตารางที่ 2.1 ทางด้านแนวนอน ได้แสดงการกระจายผลผลิตของสินค้าในแต่ละสาขาการผลิต คือขายให้กับสาขาหรืออุตสาหกรรมอื่นๆ เพื่อใช้เป็นปัจจัยการผลิตขั้นกลาง และเพื่อตอบสนองความต้องการขั้นสุดท้าย ซึ่งประกอบด้วยการบริโภคของครัวเรือน และรัฐบาล การสะสมทุนหรือสต๊อก การส่งออก ในขณะที่แนวตั้งได้แสดงโครงสร้างการผลิตของแต่ละอุตสาหกรรมว่าต้องใช้ปัจจัยการผลิตอะไรบ้าง อันได้แก่ วัตถุดิบต่างๆ และปัจจัยการผลิตขั้นต้น ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าจ้างแรงงาน ส่วนเกินของการประกอบการ ซึ่งก็คือกำไร ค่าเช่าที่ดิน และดอกเบี้ย ค่าเสื่อมราคา ภาษีทางอ้อมสุทธิ และเมื่อรวมราคาสินค้านำเข้า มาบันทึกไว้ในตารางแล้ว ตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต (Input – Output Table) จะแสดงภาวะของอุปทาน และ อุปสงค์ ของสินค้าในระบบเศรษฐกิจ ซึ่งก็คือภาวะดุลยภาพทั่วไปของสินค้า และบริการในระบบเศรษฐกิจแบบเปิด และจากตารางจะแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยการผลิตที่เท่ากับผลผลิตเสมอ

ธุรกรรมทางเศรษฐกิจระหว่างสาขาการผลิต (inter – industrial transactions) สามารถอธิบายได้ชัดเจนขึ้นในรูปของพีชคณิต ดังต่อไปนี้

ในแต่ละแนวนอนจะแสดงถึงการกระจายผลผลิตของอุตสาหกรรม โดยสมมติให้มี n สาขาการผลิต คือ

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij} + F_i = X_i (i = 1, 2, \ldots\ldots\ldots\ldots, n) \qquad (2.8)$$

เมื่อ X_{ij} = ความต้องการสินค้าอุตสาหกรรม I เพื่อการผลิตสินค้าอุตสาหกรรม

X_i = มูลค่าผลผลิตของอุตสาหกรรม i

F_i = อุปสงค์ขั้นสุดท้ายที่มีต่อสินค้าอุตสาหกรรม i

ในทำนองเดียวกันในแต่ละแนวตั้งจะแสดงถึงโครงสร้างการใช้จ่าย (หรือต้นทุน) การผลิตสินค้าอุตสาหกรรม j คือ

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij} + V_i = X_j \, (j = 1, 2, \ldots\ldots\ldots\ldots, n) \tag{2.9}$$

เมื่อ V_i = มูลค่าเพิ่มของสาขาการผลิต

สมมติให้การใช้ปัจจัยการผลิต (Input) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับมูลค่าของผลผลิต (Output) จะได้ว่า

$$X_{ij} = a_{ij} X_j \tag{2.10}$$

หรือ $$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j} \tag{2.11}$$

โดยที่ a_{ij} จะเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์การผลิต (Input or technical coefficients) ของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการผลิตสินค้าอุตสาหกรรม i

จากความสัมพันธ์ที่แสดงข้างต้น อธิบายในรูปเมตริกซ์ (Matrix form) ได้ดังนี้

$$X = AX + F \tag{2.12}$$

หรือ $$X = (I - A)^{-1} F \tag{2.13}$$

โดยที่ $$X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix} \qquad F = \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_n \end{pmatrix} \tag{2.14}$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{31} & a_{32} & \cdots & a_{3n} \end{pmatrix} \tag{2.15}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$(I - A)^{-1}$ เรียกว่า Leontief Incerse Matrix ซึ่งตั้งชื่อให้ตาม Prof. Wassily W. Leontief ผู้คิดคนทฤษฎี Input-Output inverse matrix ที่นับเปนหัวใจสำคัญในการใช วิเคราะหระบบเศรษฐกิจด้วย Input – Output Table

Deng et. al (2014) ได้ศึกษา Input – Output Table Model เพื่อทำการวิเคราะห์ความต้องการน้ำ และการใช้น้ำในระดับภูมิภาคของจีน ในเขต Shandan เมือง Gansu โดยการใช้ Non Survey base RAS Technique สำหรับผลลัพธ์ที่เป็นค่าความน่าจะเป็น และใช้ Partial Survey based สำหรับค่าจริงที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรน้ำ โดยผู้วิจัยได้พยายามสร้างโครงสร้างที่ถูกต้องมากขึ้นระหว่างการใช้น้ำ กับผลกระทบทางเศรษฐกิจในระดับภูมิภาค เนื่องจากแต่เดิมมีการวิจัย Input –

Output Table (I/O Table) ในระดับเมือง ผลการศึกษาผู้วิจัยพบว่าในเขต Shandan มีหลายภาคส่วนที่ตาราง I/O ในระดับเมือง มีการคำนวณผลตอบแทนที่ได้สูงกว่าความเป็นจริง (overestimate) และต่ำกว่าความเป็นจริง (underestimate) เมื่อเทียบกับตาราง I/O ในระดับเขตที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นมากใหม่ เนื่องจากความละเอียดของการใช้ข้อมูลแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้แนะนำให้จัดระดับความสำคัญของภาคส่วนใหม่ เพื่อการบริหารจัดการปริมาณน้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

Suttinon et al. (2012) ทำการศึกษาระบบบัญชีของสิ่งแวดล้อม – เศรษฐศาสตร์สำหรับทรัพยากรน้ำ(System of Environmental – Economic Accounting for Water, SEEA – Water) สำหรับประเทศไทย ซึ่งเป็นตารางมาตรฐานที่เน้นเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำในระบบอุทกวิทยาและข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์โดยทำการกำหนดและแบ่งลักษณะของทรัพยากรน้ำแต่ละประเภทที่มีความเชื่อมโยงกันในโครงสร้างทางเศรษฐศาสตร์ เช่น การพัฒนาทางอุตสาหกรรมและผลิตผลของเกษตรกรรม ที่ต้องใช้ทรัพยากรน้ำในการนำเข้าสู่ระบบหรือกระบวนการผลิต ประกอบไปด้วย 1) ตัวบ่งชี้และค่าทางสถิติสำหรับตรวจสอบความเชื่อมโยงระหว่างทรัยพยากรน้ำกับเศรษฐศาสตร์ 2) เป็นฐานข้อมูลทางสถิติเพื่อใช้ในวิเคราะห์สำหรับการวางแผนทางยุทธศาสตร์ โดยผู้ศึกษาได้ทำการสร้างตารางมาตรฐานใหม่โดยใช้ I/O Table (Input -Output Table) ที่มีการแสดงข้อมูล การใช้น้ำในกระบวนการผลิตและการอุปโภค บริโภค ซึ่งมีความจำเป็นต่อระบบเศรษฐกิจ โดยกระบวนการศึกษาได้ใช้การบูรณาการของข้อมูล I/O Table ทางเศรษฐศาสตร์ของประเทศไทยปี ค.ศ. 2005 ข้อมูลการใช้น้ำโดยแสดงเป็นตารางการใช้น้ำและเมตริกซ์ของการเคลื่อนที่ของน้ำ ในระบบเศรษฐกิจ จากการศึกษาพบว่า I/O Table เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพในการตัดสินใจความคุ้มค่าของผลิตภัณฑ์กับปริมาณการใช้น้ำที่ใช้ในการพัฒนาในแต่ละภาคส่วนทางเศรษฐกิจของประเทศไทยได้เป็นอย่างดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Suttinon et al. (2013) ได้ทำการศึกษาการบริหารจัดการน้ำในจังหวัดชิโกกุ โดยใช้วิธีการ Inter -Regional Input – Output Table (IRIO – Water) โดยการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการศึกษารวมกันระหว่าง IRIO – Water กับระบบบัญชีน้ำ (Water accounts) เข้าด้วยกัน ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินความต้องการใช้น้ำ และผลกระทบจากนโยบายด้านน้ำในแต่ละภาคส่วนทางเศรษฐกิจในพื้นที่จังหวัดชิโกกุ โดย IRIO – Water ที่ผู้วิจัยได้จัดทำ จะรวมพื้นที่เข้าด้วยกัน 3 ส่วน คือ 1) ตอนเหนือของจังหวัดชิโกกุ 2) ตอนใต้ของจังหวัดชิโกกุ และ 3) สถานที่พักผ่อนของประเทศญี่ปุ่น โดยกำหนดเงื่อนไขของรูปแบบฝน สภาพทางธรณีวิทยา และการติดต่อแลกเปลี่ยนค้าขายระหว่างแต่ละพื้นที่ เพื่อตอบสนองนโยบายของรัฐบาลคือ 3Rs (Reduce – Reuse – Recycle) ผลลัพธ์จากการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า IRIO – Water สามารถเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจในการประเมินความต้องการใช้น้ำ และผลกระทบจากนโยบายด้านน้ำของรัฐบาลได้อย่างแม่นยำ

2.5 การศึกษางานวิจัยในการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง

ประดิษฐ์ (2544) ศึกษาการกระจายน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง และใช้แบบจำลอง Planning Distribution Model (PDM) ช่วยในการจำลองแบบเพื่อการคาดการณ์ปริมาณน้ำทั้งบนผิวดินและน้ำใต้ดินในด้านของความพอเพียงของปริมาณน้ำต่อความต้องการ และคาดการณ์ผลผลิตของพืชหลักในลุ่มน้ำแม่กลองแม่น้ำแม่กลองแบบจำลอง PDM เป็นการจำลองระบบส่งน้ำและปริมาณน้ำที่ส่งในระบบส่งน้ำ รวมทั้งระบบระบายน้ำ ปริมาณน้ำที่ส่งให้แก่พืช จำนวนโดยอาศัยแผนการปลูกพืช การใช้ที่ดิน และข้อมูลสภาพอากาศ PDM จะคำนวณสมดุลของน้ำผ่านระบบลำน้ำ ระบบส่งน้ำและระบบระบายน้ำ โดยมีแหล่งน้ำจากอ่าง น้ำใต้ดิน น้ำทางด้านท้ายน้ำ และลำน้ำธรรมชาติ ซึ่งจากการปรับเทียบแบบจำลองพบว่า ค่าชลภาพน้ำท่าที่ได้จากการสำรวจจริง และจากแบบจำลองมีค่าน้อยมากอยู่ระหว่าง -3.20 ถึง 2.70 เปอร์เซ็นต์ผลการจำลองแบบที่ได้ ทำให้ทราบล่วงหน้าถึงสภาพการเพาะปลูกพืชที่อาจเกิดขึ้นรวมถึงผลประโยชน์ที่ได้รับ เพื่อใช้ในการวางแผนสำหรับการเพาะปลูกจริงได้

อารียา (2549) ได้ศึกษาความน่าเชื่อถือได้ของการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองในรูปของฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัด โดยได้ทำการศึกษา 3 สภาวะ ได้แก่ สภาวะน้ำท่วม สภาวะการขาดน้ำ และสภาวะที่ระบบไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เต็มศักยภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความน่าเชื่อถือได้ของการปฏิบัติงานทั้งในสภาวะปัจจุบัน และอนาคต ผลการศึกษาพบว่าในปัจจุบันความน่าเชื่อถือได้ของการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ดี คือ 98.60%, 99.80% และ 73.60% ตามลำดับ ซึ่งความน่าเชื่อถือในการผลิตไฟฟ้าได้มีค่าน้อยที่สุด และถ้าในอนาคตมีความต้องการน้ำสูงขึ้น 25% จะทำให้ความน่าเชื่อถือของการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำลดลง 3% - 5% ในสภาวะน้ำท่วม และสภาวะขาดน้ำ แต่ความน่าเชื่อถือในการผลิตไฟฟ้าได้เหลือเพียง 51% เท่านั้น ถึงแม้ว่าในปัจจุบันการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำแม่กลองจะอยู่ในเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือได้ แต่อย่างไรก็ดีมีการปล่อยน้ำส่วนเกินที่บริเวณท้ายเขื่อนแม่กลองค่อนข้างสูง ซึ่งส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำในระยะยาว ซึ่งสาเหตุมาจากการคำนึงถึงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ด้วย ดังนั้นจึงควรทบทวนแผนการปฏิบัติให้เหมาะสมเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองให้มีประสิทธิภาพในระยะยาวมากขึ้น

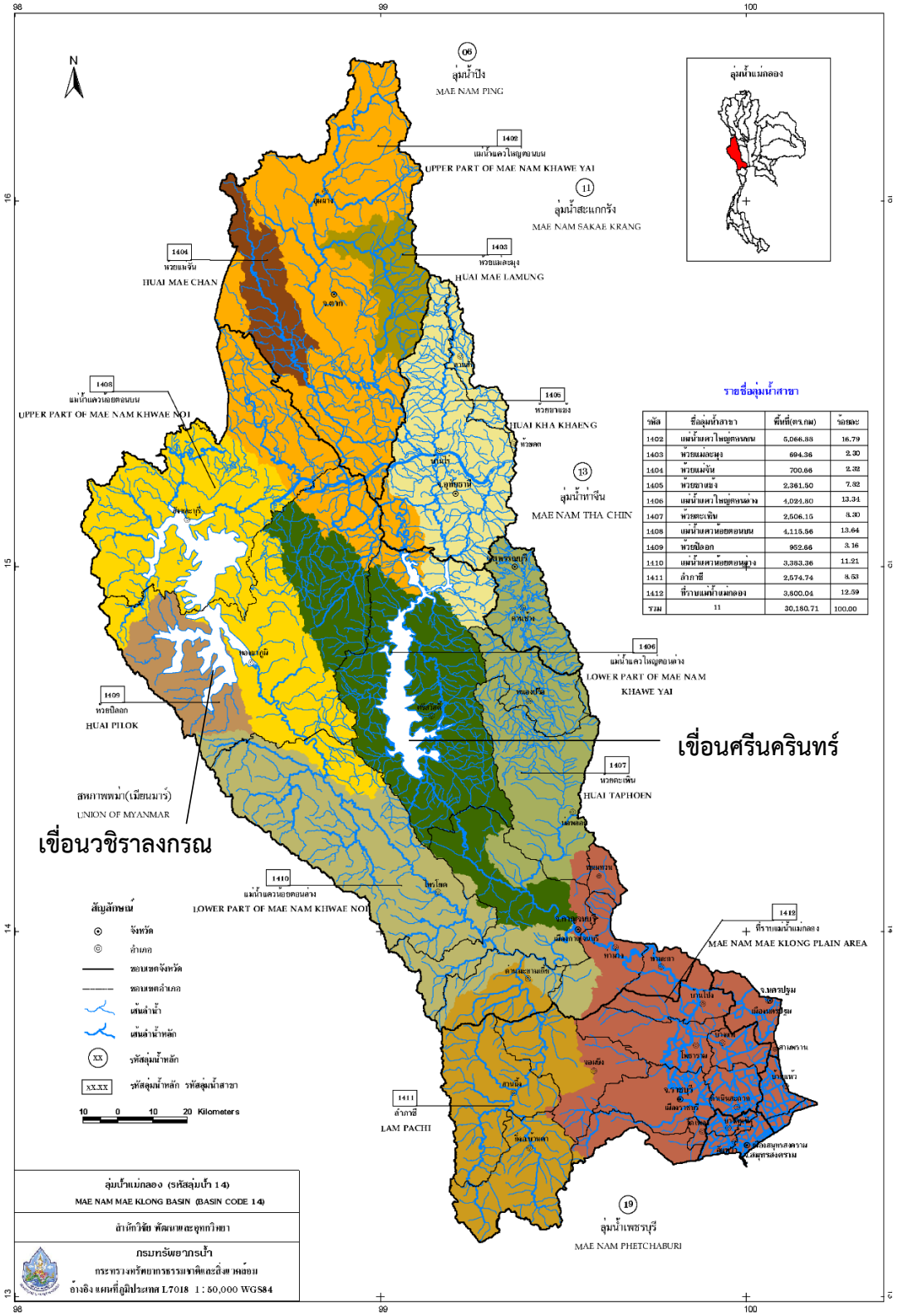
บทที่ 3 พื้นที่ศึกษา และสภาพทั่วไป

3.1 พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำแม่กลองเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของประเทศไทย ทางฝั่งขวาของลุ่มน้ำเจ้าพระยา ขอบเขตของลุ่มน้ำเริ่มจากอำเภออุ้มผาง ซึ่งอยู่ทางตอนล่างของเขตจังหวัดตาก ลงมาทางทิศใต้จนถึงเขตติดต่อระหว่างจังหวัดราชบุรีกับจังหวัดเพชรบุรี มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 30,837 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดตาก อุทัยธานี กาญจนบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม ราชบุรี สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร ลักษณะของลุ่มน้ำวางตัวตามแนวทิศเหนือ-ใต้ มีทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำสาละวิน ทิศตะวันตกติดเทือกเขาตะนาวศรีซึ่งเป็นเทือกเขาสูงชันแบ่งเขตชายแดนไทยกับประเทศพม่า (Myanmar) ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำท่าจีนและลุ่มน้ำสะแกกรัง ส่วนทางทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำเพชรบุรีและอ่าวไทยมีแม่น้ำที่สำคัญในบริเวณพื้นที่ได้แก่ แม่น้ำแควใหญ่ หรือแม่น้ำศรีสวัสดิ์ซึ่งมีต้นกำเนิดน้ำบริเวณเทือกเขาถนนธงชัยความยาวตลอดลำน้ำทั้งสิ้นประมาณ 380 กิโลมตร และแม่น้ำแควน้อยหรือแม่น้ำไทรโยคมีความยาวตลอดลำน้ำทั้งสิ้น 320 กิโลเมตร แม่น้ำแควใหญ่และแควน้อยไหลมาบรรจบกันที่อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี กลายเป็นแม่น้ำแม่กลอง จากนั้นไหลผ่านจังหวัดราชบุรีและลงสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสงครามโดยมีความยาวประมาณ 132 กิโลเมตร

ระบบอ่างเก็บน้ำ (reservoir system) ในลุ่มน้ำแม่กลองประกอบด้วยเขื่อนเก็บกักน้ำขนาดใหญ่ 2 เขื่อนซึ่งเชื่อมต่อกันในลักษณะขนาน (parallel) คือเขื่อนศรีนครินทร์ ซึ่งสร้างปิดกั้นแม่น้ำแควใหญ่ และเขื่อนวชิราลงกรณสร้างปิดกั้นลำน้ำแควน้อย และทางด้านท้ายเขื่อนศรีนครินทร์มีเขื่อนทดน้ำท่าทุ่งนา ซึ่งช่วยเสริมการผลิตไฟฟ้าให้กับโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ และควบคุมปริมาณน้ำในลำน้ำแควใหญ่ทางด้านท้ายน้ำ ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ และท่าทุ่งนานี้จะถูกนำมาใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ทางด้านท้ายน้ำได้แก่ เพื่อการชลประทานในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่และโครงการชลประทานประเภทสูบน้ำด้วยไฟฟ้า เพื่อการอุปโภคบริโภค และผลักดันน้ำเค็ม ตลอดจนผันน้ำไปใช้ในลุ่มน้ำท่าจีนในช่วงฤดูแล้งและเพื่อการผลิตน้ำประปาในกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑล โดยมีเขื่อนแม่กลองซึ่งตั้งอยู่ทางตอนล่างของลุ่มน้ำทำหน้าที่ทดน้ำไปใช้ในกิจกรรมดังกล่าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงลุ่มน้ำแม่กลอง

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ, 2552

3.1.1 เขื่อนศรีนครินทร์

เขื่อนศรีนครินทร์หรือแต่เดิมเรียกโครงการเขื่อนบ้านเจ้าเณรเป็นเขื่อนเก็บกักน้ำขนาดใหญ่ซึ่งสร้างปิดกั้นแม่น้ำแควใหญ่ที่บ้านเจ้าเณร ตำบลท่ากระดาน อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี ตามแผนการพัฒนาลุ่มน้ำแม่กลองระยะที่ 2 โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ดำเนินการสำรวจความเหมาะสมและออกแบบก่อสร้างโครงการระหว่างปี พ.ศ. 2508-2515 และดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จระยะแรกในช่วงปี พ.ศ. 2516-2523 โดยในระยะแรกได้ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดกำลังผลิต 120 เมกกะวัตต์ จำนวน 3 ชุด และเริ่มผลิตไฟฟ้าครั้งแรกในปี พ.ศ. 2523 ต่อมาได้ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดสูบกลับเป็นเครื่องที่ 4 โดยมีขนาดกำลังผลิต 180 เมกกะวัตต์ และเริ่มดำเนินการผลิตไฟฟ้าครั้งแรกในปี พ.ศ. 2528 หลังจากนั้นได้มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดสูบกลับเพิ่มเป็นเครื่องที่ 5 ขนาดกำลังผลิต 180 เมกกะวัตต์ โดยการก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2534 ทำให้เขื่อนศรีนครินทร์มีกำลังผลิตไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 720 เมกกะวัตต์ โดยให้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยปีละ 1,228 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับตัวเขื่อนศรีนครินทร์เป็นหินทิ้งแกนดินเหนียว สูง 140 เมตร สันเขื่อนยาว 610 เมตร พื้นที่รับน้ำ 10,800 ตารางกิโลเมตร ความจุ 17,745 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำใช้การ 7,470 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสุทธิเฉลี่ย 4,535 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

3.1.2 เขื่อนวชิราลงกรณ

เขื่อนวชิราลงกรณหรือเขื่อนเขาแหลมเดิมเป็นโครงการตามแผนพัฒนาลุ่มน้ำแม่กลองระยะที่ 3 ซึ่งสร้างปิดกั้นลำน้ำแควน้อยที่บ้านท่าขนุน ตำบลท่าขนุน อำเภอทองผาภูมิ โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ดำเนินการศึกษาความเหมาะสมของโครงการระหว่างปี พ.ศ. 2516-2520 และดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2527 เขื่อนวชิราลงกรณเป็นเขื่อนหินถม ดาดผิวหน้าด้านอ่างเก็บน้ำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก สูง 92 เมตร สันเขื่อนยาว 1,019 เมตร พื้นที่รับน้ำ 3,720 กิโลเมตร ความจุ 8,860 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำใช้การ 5,848 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสุทธิเฉลี่ย 5,357 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี นอกจากนี้ยังได้ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดกำลังผลิต 100 เมกกะวัตต์จำนวน 3 ชุด โดยให้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยปีละ 767 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง

3.1.3 เขื่อนท่าทุ่งนา

เขื่อนท่าทุ่งนาเป็นเขื่อนที่ทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ดำเนินการก่อสร้างขึ้นเพื่อเสริมประสิทธิภาพในการบริหารจัดการน้ำในแม่น้ำแควใหญ่ และเพิ่มศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยตัวเขื่อนตั้งอยู่ทางตอนล่างของเขื่อนศรีนครินทร์ห่างออกมาประมาณ 25 กิโลเมตร ที่บ้านท่าทุ่งนา ตำบลช่องสะเดา ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี สำหรับงานศึกษาความ

เหมาะสมได้ดำเนินการในปี พ.ศ. 2508-2509 โดยเริ่มดำเนินการก่อสร้างปลายปี พ.ศ. 2520 แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2525 ตัวเขื่อนท่าทุ่งนาสูง 30 เมตร ยาว 840 เมตร สร้างเป็นเขื่อนแบบผสมประกอบด้วยเขื่อนคอนกรีตยาว 118 เมตร และเขื่อนแบบหินถมแกนดินเหนียวยาว 722 เมตร มีโรงไฟฟ้าซึ่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 19 เมกกะวัตต์ จำนวน 2 ชุด ซึ่งสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยปีละ 166 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนมีขนาดความจุ 55 ล้านลูกบาศก์เมตรโดยรับน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนศรีนครินทร์และระบายน้ำลงสู่เขื่อนแม่กลอง โดยอ่างเก็บน้ำของเขื่อนนี้จะเป็นอ่างสำหรับระบบสูบกลับของเขื่อนศรีนครินทร์เพื่อเพิ่มศักยภาพในการบริหารจัดการน้ำและความสามารถการผลิตพลังงานไฟฟ้า

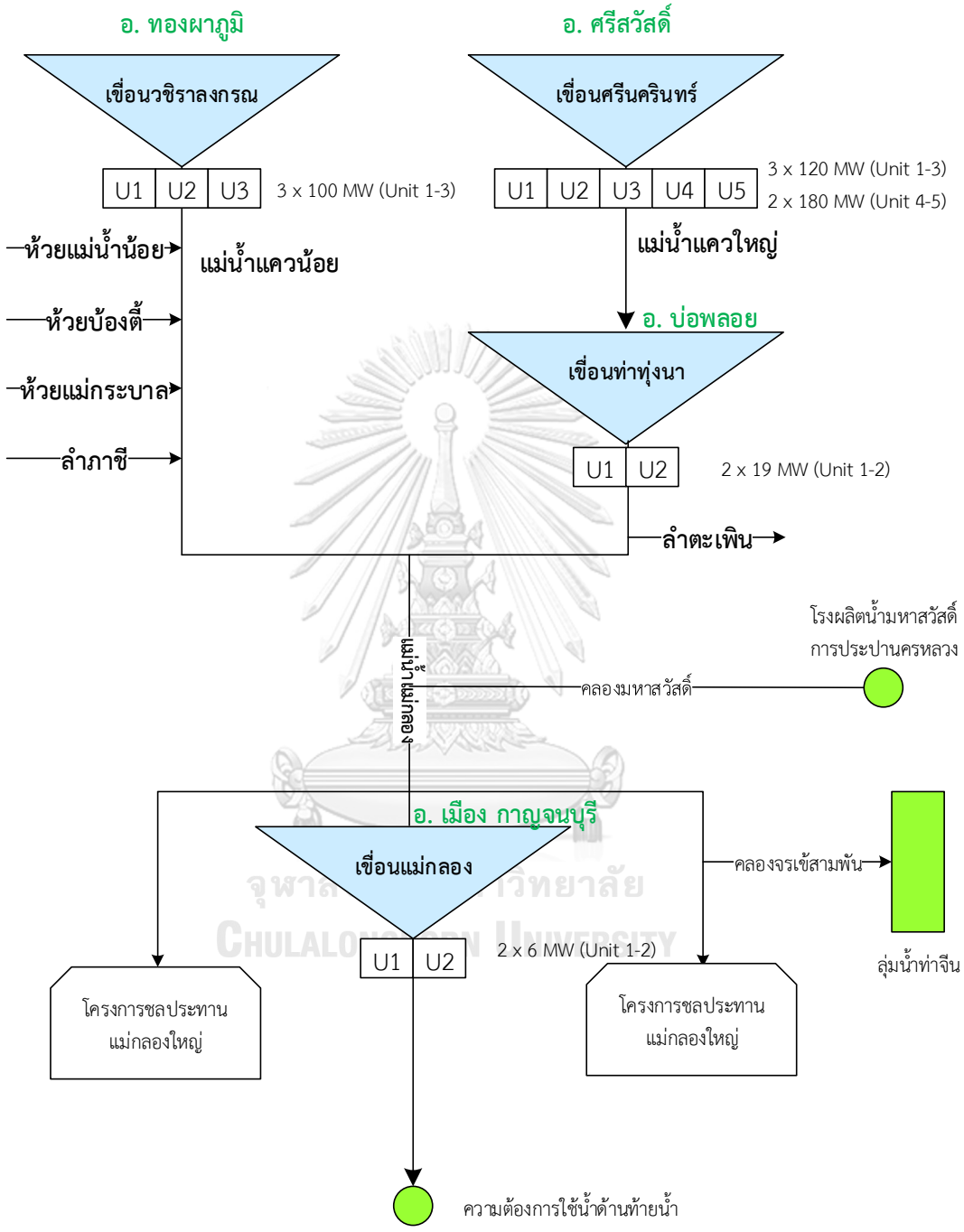
3.1.4 เขื่อนแม่กลอง

เขื่อนแม่กลองเป็นเขื่อนทดน้ำซึ่งตั้งอยู่ที่ตำบลม่วงชุม อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ตัวเขื่อนสูง 14 เมตร ยาว 117.50 เมตร ระดับเก็บกัก 22.00 เมตร รทก. ช่องระบายน้ำกว้าง 12.50 เมตรจำนวน 8 ช่องระบายน้ำได้ 3,100 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เขื่อนแม่กลองรับน้ำจากเขื่อนศรี-นครินทร์และ เขื่อนวชิราลงกรณ โดยการระบายน้ำจากเขื่อนทั้งสองเป็นไปตามข้อตกลงระหว่างกรมชลประทานและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยซึ่งเป็นหน่วยงานรับผิดชอบเพื่อทดน้ำและส่งน้ำไปช่วยการเพาะปลูกในบริเวณสองฝั่งแม่น้ำแม่กลอง

3.1.5 โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่เป็นหนึ่งในโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแม่กลองเพื่อพัฒนาการเกษตรชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง โครงการนี้นอกจากจะอำนวยประโยชน์ในด้านการชลประทาน การจัดหาน้ำเพื่ออุปโภค บริโภค การบรรเทาอุทกภัย การประมง และคมนาคมแล้ว ยังสามารถการระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำเค็มรุกล้ำทางด้านท้ายน้ำอีกด้วย พื้นที่โครงการรวมทั้งสิ้น 3,230,360 ไร่ โดยครอบคลุม 10 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา ได้แก่ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากำแพงแสน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครปฐม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครชุม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาราชบุรีฝั่งซ้าย โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่ามะกา โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาราชบุรีฝั่งขวา และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาดำเนินสะดวก ภายใต้ความรับผิดชอบของสำนักชลประทานที่ 13 กรมชลประทาน การผันน้ำไปใช้ในเขตพื้นที่ชลประทานของโครงการจะผันผ่านคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย และคลองสายใหญ่ฝั่งขวา ในขณะที่การผันน้ำไปใช้ข้ามลุ่มน้ำจะผันผ่านคลองจระเข้สามพันและคลองท่าสาร-บางปลาซึ่งเป็นคลองธรรมชาติเดิมดังแสดงในรูปที่ 3.2 รายละเอียดสำคัญของระบบอ่างเก็บน้ำและระบบไฟฟ้าพลังน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.2 แผนผังน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดสำคัญของระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง

รายละเอียดสำคัญ	อ่างเก็บน้ำ			
	เขื่อนศรีนครินทร์	เขื่อนวชิราลงกรณ	เขื่อนท่าทุ่งนา	เขื่อนแม่กลอง
ประเภทเขื่อน	เขื่อนเก็บกักน้ำ	เขื่อนเก็บกักน้ำ	เขื่อนทดน้ำ	เขื่อนระบายน้ำ/ทดน้ำ
ลักษณะสำคัญของเขื่อน	เขื่อนหินทิ้งแกนดินเหนียว	เขื่อนหินถม ดาดผิว ด้านหน้าด้วยคอนกรีต เสริมเหล็ก	เขื่อนผสมระหว่างเขื่อน หินถมแกนดินเหนียวและ เขื่อนคอนกรีต	เขื่อนคอนกรีต
พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	10,800	3,720	-	26,441
ระดับเก็บกัก (ม.รทก.)				
-ระดับเก็บกักสูงสุด	182.4	160.5	59.77	23.66
-ระดับเก็บกักปกติ	180	155	59.7	22.5
-ระดับเก็บกักต่ำสุด	159	135	55.5	-
ความจุเก็บกัก (ล้าน ลบ.ม.)				
-ความจุเก็บกักสูงสุด	18,790	11,000	55.03	59.8
-ความจุเก็บกักปกติ	17,745	8,860	51.57	50.5
-ความจุเก็บกักต่ำสุด	10,276	3,011	28.95	21.98
ปริมาณน้ำใช้การ (ล้าน ลบ.ม.)	7,470	5,848	28.8	-
ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้าน ลบ.ม.)	4,535	5,357	-	10,184

ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดสำคัญของระบบไฟฟ้าพลังน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง

รายละเอียดสำคัญ	อ่างเก็บน้ำ			
	เขื่อนศรีนครินทร์	เขื่อนวชิราลงกรณ	เขื่อนท่าทุ่งนา	เขื่อนแม่กลอง
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Unit)	5	3	2	2
กำลังผลิตยูนิตละ (MW)	120 (1-3) , 180 (4-5)	100	19	6
กำลังผลิตติดตั้งทั้งหมด (MW)	720	300	38	12
อัตราการระบายน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า (Rated Discharge, cms)	120.00 (1-3) , 175.10 (4-5)	167	-	-
ความสูงของหัวน้ำ (Rated Head, m)	105.00 (1-3) , 111.10 (4-5)	63	-	9.2
ระดับน้ำต่ำสุดที่ผลิตไฟฟ้าได้ (m.msl.)	159.00 (1-3) , 164.50 (4-5)	135	55.5	-
ระดับน้ำต่ำสุดที่ผลิตไฟฟ้าได้เต็มที่ (m.msl.)	162.50 (1-3) , 168.00 (4-5)	147	55.5	-
ระดับน้ำท้ายเขื่อน (m.msl.)	55.5	87	41.5	-
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีเฉลี่ย (GWh)	1,228	767	166	74
ความต้องการไฟฟ้าต่ำสุด				
-กำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ใช้ (MW)	100	40	10	-
-พลังงานไฟฟ้าต่ำสุดที่ได้รายปี (GWh)	876	350	88	-

ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

3.2 สภาพอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

3.2.1 สภาพภูมิอากาศ

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีต่างๆ ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง โดยกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ.2523-2552 จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีอุ้มผาง สถานีทองผาภูมิ สถานีจังหวัดกาญจนบุรี และสถานีจังหวัดราชบุรี สรุปได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สภาพภูมิอากาศของลุ่มน้ำแม่กลอง

ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ	หน่วย	ค่าสูงสุดรายปี	ค่าต่ำสุดรายปี	ค่าเฉลี่ยรายปี
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	29.2	13.6	21.1
ความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	76.2	30.4	60.9
ความเร็วลม	น๊อต	1.3	0.6	0.9
เมฆปกคลุม	0-10	7	1.8	4.5
ปริมาณการระเหยจากถาด	มิลลิเมตร	1,905.10	1,301.90	1,555.10
ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง	มิลลิเมตร	1,886.90	1,484.80	1,708.90

ที่มา : สสนก., 2555

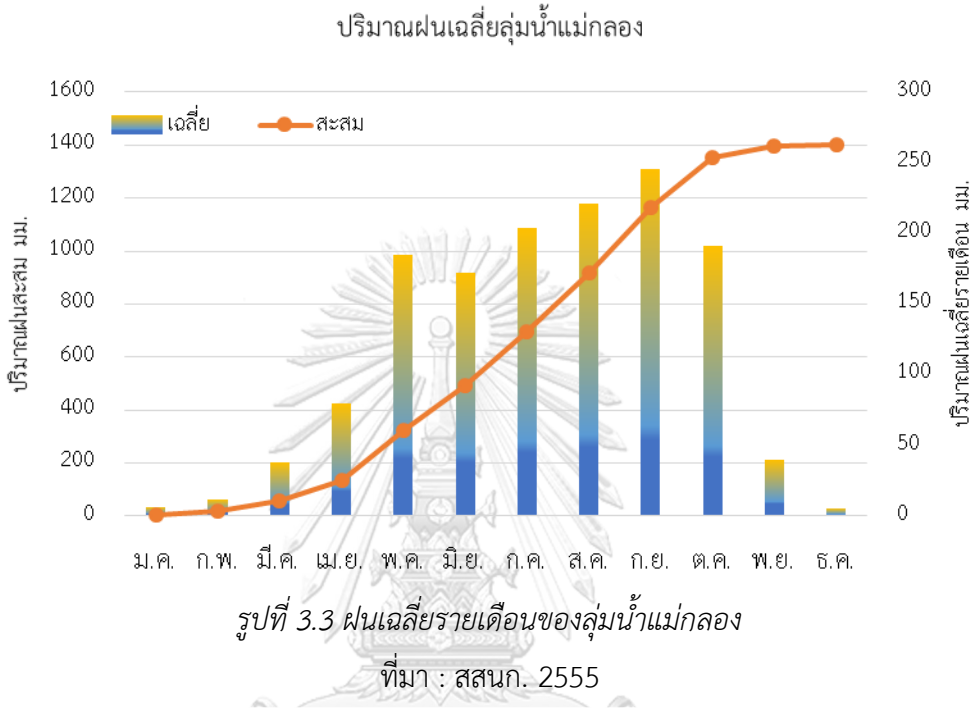
3.2.2 สภาพน้ำฝน

ส่วนใหญ่ฝนที่ตกในบริเวณลุ่มน้ำแม่กลองเป็นฝนที่เกิดจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งตามปกติจะเริ่มตกในราวเดือน พฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม ปริมาณและความถี่ของฝนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากตอนต้นฤดู จนถึงราวเดือนสิงหาคม ซึ่งจะมีปริมาณและความถี่สูงสุด และจะลดลงในเดือนถัดมา อย่างไรก็ตามจะมีฝนในช่วงระยะสั้นๆ ในเดือนมิถุนายนหรือเดือนกรกฎาคมอยู่บ้าง แต่ปริมาณฝนในเดือนทั้งสองนี้จะไม่แตกต่างจากที่ฝนตกในเดือนพฤษภาคมนัก สำหรับฝนที่ตกนอกอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แล้วก็ยังมีฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเดือน ธันวาคม มกราคม และกุมภาพันธ์ แต่ฝนดังกล่าวนี้จะมีปริมาณน้อยมาก และไม่สามารถใช้ทำการเกษตรได้อย่างเต็มที่ โดยปริมาณฝนเฉลี่ยรายได้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.3

2.2.3 สภาพน้ำท่า

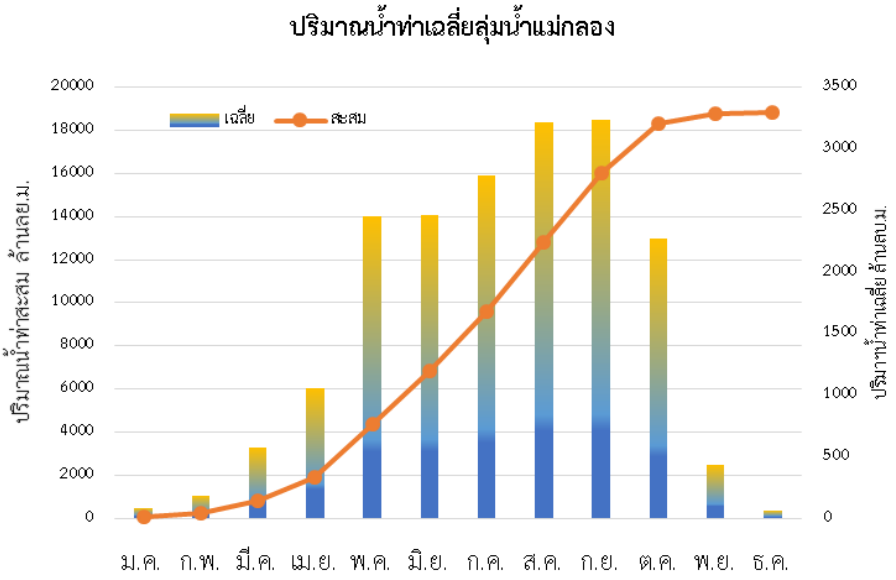
บริเวณลุ่มน้ำแม่กลองเริ่มได้รับฝนในเดือนพฤษภาคมและมีช่วงที่ขาดฝนในเดือนมิถุนายนหรือกรกฎาคม ระดับน้ำในแม่น้ำแม่กลองจึงมีระดับสูงขึ้นสองครั้ง ครั้งแรกในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน ในระยะนี้ระดับน้ำในแม่น้ำจะสูงกว่าในฤดูแล้งประมาณ 3 ถึง 4 เมตร และจะลดลงประมาณ 2 เมตรในราวเดือนกรกฎาคมเป็นเวลา 1 เดือน แล้วจะกลับขึ้นมาใหม่ในปลายเดือน นอกจากนั้นความจุ (capacity) ของลำน้ำยังลดลงตามความยาวของลำน้ำ กล่าวคือที่เขื่อนวชิราลงกรณ์ ความจุของตัวเขื่อนได้ออกแบบไว้ให้น้ำไหลผ่านได้ 3,100 ลบ.ม.ต่อวินาที ถัดลงมาจากท่าม่วงประมาณ 15 กิโลเมตร ความจุของลำน้ำลดลงเหลือ 2,250 ลบ.ม.ต่อวินาที และลดลงเหลือประมาณ 1,500 ลบ.ม.ต่อวินาที ที่จังหวัดราชบุรี ดังนั้นถ้าแม่น้ำแควใหญ่หรือแม่น้ำแควน้อยเพียงแควเดียวเกิด

มีน้ำมากไหลบ่าลงมาอย่างเต็มที่ ระดับน้ำในแม่น้ำแม่กลองก็อาจจะขึ้นถึงขอบฝั่งได้ แต่ถ้าน้ำมากทั้งสองแควเมื่อใด น้ำในแม่กลองก็จะล้นฝั่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งตั้งแต่อำเภอบ้านโป่ง ลงมาจนถึง จังหวัดราชบุรี จะมีน้ำล้นตลิ่งในเดือนสิงหาคมหรือกันยายนเสมอ โดยปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 ฝนเฉลี่ยรายเดือนของลุ่มน้ำแม่กลอง

ที่มา : สสนก. 2555



รูปที่ 3.4 น้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของลุ่มน้ำแม่กลอง

ที่มา : สสนก. 2555

3.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ.2552 ของลุ่มน้ำแม่กลองพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำแม่กลองเป็นพื้นที่ป่าไม้ถึงร้อยละ 68.66 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังตารางที่ 3.4 เนื่องจากการโครงการพัฒนาแหล่งน้ำส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำแม่กลองอยู่ทางตอนล่างของลุ่มน้ำทำให้พื้นที่ด้านบนของลุ่มน้ำขาดน้ำอยู่เป็นประจำ รวมถึงลักษณะของดินปนทรายที่ไม่อุ้มน้ำจึงทำให้ไม่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก

ตารางที่ 3.4 การใช้ที่ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำแม่กลอง

ประเภทการใช้ที่ดิน ลุ่มน้ำแม่กลอง	พื้นที่	
	ไร่	สัดส่วน (%)
ป่าไม้	12,947,330.00	68.66%
พืชไร่	2,051,814.00	10.88%
พื้นที่อื่นๆ	1,712,514.00	9.08%
ไม้ผล - ไม้ยืนต้น	1,163,828.00	6.17%
นาข้าว	635,831.00	3.37%
เกษตรกรรมอื่นๆ	200,522.00	1.06%
พืชผัก	145,183.00	0.77%

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน, 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 การบริหารจัดการน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง

ลุ่มน้ำแม่กลองมีเขื่อนแม่กลองของกรมชลประทานเป็นเขื่อนทดน้ำขนาดใหญ่สำหรับผันน้ำเข้าพื้นที่การเกษตรของลุ่มน้ำ โดยได้รับน้ำจากเขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนวชิราลงกรณ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่หล่อเลี้ยงพื้นที่การเกษตร การอุปโภค-บริโภค และการรักษาสิ่งแวดล้อมตลอดทั้งลุ่มน้ำ ดังนั้นการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำนี้จึงมีความจำเป็นต้องบริหารการปล่อยน้ำจากเขื่อนทั้งสองให้สอดคล้องกันกับความต้องการใช้น้ำของลุ่มน้ำ การจัดแผนการระบายน้ำจึงต้องดำเนินการทั้งแผนการระบายน้ำระยะสั้น และระยะยาว รวมถึงแผนการระบายน้ำสำหรับฤดูแล้งอย่างรอบคอบเพื่อให้น้ำมีใช้อย่างพอเพียงสม่ำเสมอตลอดทั้งปี โดยการพิจารณาการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองนั้นแบ่งเป็น 2 สายแม่น้ำได้แก่แม่น้ำแควใหญ่ และแม่น้ำแควน้อย โดยมีการจัดสรรน้ำตามลำดับน้ำสำคัญของผู้ใช้น้ำ (priority of user) ดังนี้

1. น้ำอุปโภค บริโภค กำหนดให้น้ำส่วนนี้มีความสำคัญอันดับแรก และขาดแคลนไม่ได้ (รวมถึงนอกลุ่ม เช่น การประปานครหลวง)
2. ด้านสิ่งแวดล้อม ในการผลักดันน้ำเค็ม และไล่น้ำเสียที่ปล่อยลงแม่น้ำ
3. ด้านชลประทาน
4. ด้านอุตสาหกรรม มีการใช้น้ำด้านอุตสาหกรรมในเขตจังหวัดราชบุรี และสมุทรสาคร
5. ด้านผลิตไฟฟ้าเป็นผลพลอยได้จากการปล่อยน้ำจากความต้องการใช้น้ำในด้านต่างๆ

3.4.1. การระบายน้ำในช่วงปกติ

ในช่วงปกติสำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ สังกัดกรมชลประทานจะมีการวางแผนการใช้น้ำในลุ่มน้ำรายสัปดาห์ โดยในการวางแผนการระบายน้ำ จะต้องวางแผนควบคู่กับการวางแผนของเขื่อนวชิราลงกรณ และเขื่อนท่าทุ่งนา ซึ่งเป็นเขื่อนคู่ที่จะต้องบริหารจัดการร่วมกัน เนื่องจากปริมาณน้ำของทั้งสองเขื่อนจะไหลไปสู่เขื่อนแม่กลอง ซึ่งเป็นเขื่อนทดน้ำเพื่อการชลประทานของลุ่มน้ำแม่กลอง โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศจะนำแผนรายสัปดาห์ที่ได้มาปรับเป็นแผนระบายน้ำรายวัน โดยคำนึงถึงสภาพความพร้อมของระบบส่งกำลังไฟฟ้า ความพร้อมของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแต่ละเครื่อง และข้อจำกัดการระบายในแต่ละลำน้ำ

กรณีโรงไฟฟ้าเขื่อนท่าทุ่งนา มีการเดินเครื่อง เต็มที่ 2 เครื่องอยู่แล้ว จะไม่มีการระบายน้ำเพิ่มโดยการเปิดประตูระบายน้ำล้น (Spillway) อีก เนื่องจากได้ทำข้อตกลงกับหน่วยราชการของจังหวัดกาญจนบุรี ในการระบายน้ำสูงสุดเท่ากับปริมาณน้ำที่ผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 เครื่อง ทั้งนี้ถ้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนท่าทุ่งนามากจนอาจจะเกิดปัญหาน้ำล้น จะต้องลดการระบายน้ำสำหรับการเดินเครื่องที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ลง หรือพิจารณาปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามความเหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.2 การระบายน้ำในช่วงน้ำหลาก

กรณีน้ำหลากในช่วงฤดูฝน อาจมีเหตุการณ์กรณีมีปริมาณน้ำในเขื่อนศรีนครินทร์อยู่ในระดับสูงจนใกล้ระดับ 178 ม.รทก.(เก็บกักสูงสุด 180 ม.รทก.) ซึ่งจำเป็นต้องเปิดประตูระบายน้ำ เพื่อป้องกันอันตรายต่อตัวเขื่อนซึ่งอาจจะจำเป็นต้องระบายน้ำผ่านทางน้ำล้น โดยก่อนที่จะระบายน้ำผ่านทางน้ำล้นจะต้องแจ้งและประกาศให้ประชาชนในพื้นที่ทราบก่อนจะเปิดประตูระบายน้ำล้น 12 ชั่วโมง เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่ชุมชนด้านท้ายน้ำรับทราบผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการระบายน้ำตามปริมาณการปล่อยในแต่ละช่วงเวลา

ในการเปิดประตูระบายน้ำแต่ละระดับจะต้องพิจารณาข้อมูลหลายๆด้านประกอบด้วย อาทิ ปริมาณฝนที่ยังมีอยู่ด้านเหนือเขื่อน ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำท่วมพื้นที่ ด้านท้ายน้ำ ทั้งนี้ไม่ว่าจะปล่อยน้ำที่ระดับใดก็ตาม โดยจะต้องควบคุมปริมาณน้ำในลำน้ำแควใหญ่บริเวณ

จุดวัดน้ำ K.35A (หนองบัว) ไม่ให้เกิน 320 ลบ.ม.ต่อวินาที จากเดิม 980 ลบ.ม.ต่อวินาที (ปริมาณน้ำจาก เขื่อนท่าทุ่งนา + ลำตะเพิน) เนื่องจากมีการสร้างรีสอร์ทรุกล้ำบริเวณท้ายน้ำเป็นจำนวนมาก

กรณีของเขื่อนวชิราลงกรณอาจมีข้อจำกัดในการระบายน้ำ และมีปริมาณน้ำในเขื่อนวชิราลง-กรณอยู่ในระดับสูง ซึ่งอาจจะมีน้ำขึ้นจนถึงระดับ 156.00 ม.รทก. ซึ่งเป็นอันตรายต่อตัวเขื่อน โดยจะต้องเฝ้าระวังตั้งแต่ระดับ 152.00 ม.รทก. ซึ่งจะมีสถานีที่ต้องเฝ้าระวังอยู่ 2 สถานีคือ K.37 และ K.58 ต้องควบคุมปริมาณน้ำที่ 950 ลบ.ม.ต่อวินาที และ 540 ลบ.ม.ต่อวินาที ตามลำดับ

กรณีที่มีปริมาณฝนตกท้ายมาก และ(หรือ) เกิดน้ำท่วมในบางพื้นที่ช่วงท้ายเขื่อนลงมา ตั้งแต่ใต้จังหวัดกาญจนบุรีลงไป เช่น จังหวัดราชบุรี จังหวัดสมุทรสงคราม เป็นต้น ในกรณีนี้เขื่อนศรี-นครินทร์งจะต้องทราบปริมาณความต้องการน้ำช่วงจังหวัดกาญจนบุรี เพื่อวางแผนการระบายน้ำที่เหมาะสมเพียงพอต่อการอุปโภค-บริโภค ในท้องที่เท่าที่จำเป็น โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับผู้ใช้น้ำพื้นที่อื่นๆ หรืออาจพิจารณาว่าสามารถงดการระบายน้ำได้หรือไม่ เพื่อบรรเทาความเดือดร้อนจากอุทกภัย

3.4.3 การระบายน้ำในช่วงน้ำแล้ง

ในกรณีที่เกิดสถานการณ์ภัยแล้งขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองเขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนท่างทุ่งนา และเขื่อนวชิราลงกรณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จะประสานงานกับหน่วยงานกรมชลประทานส่วนกลาง ในการหาทางลดปัญหาภัยแล้ง และจัดแผนระบายน้ำที่เหมาะสม สำหรับในกรณีที่มีปริมาณน้ำอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำตัวล่าง (Lower rule curve) เป็นเวลานาน การบริหารการปล่อยน้ำจะเป็นไปตามสถานการณ์ และความเหมาะสมตามปริมาณน้ำที่มีอยู่

ดังนั้นเขื่อนศรีนครินทร์ อาจจะมีปัญหาการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าในหน่วยที่ 4 และ 5 ในบางช่วงต้นปีน้ำหากในช่วงฤดูแล้งปล่อยน้ำจากเขื่อนมากเกินไป สำหรับน้ำในอ่างเก็บน้ำมีบางเดือนที่ต่ำกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำล่าง (lower rule curve) โดยเฉพาะปีน้ำน้อย ปีน้ำค่อนข้างน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

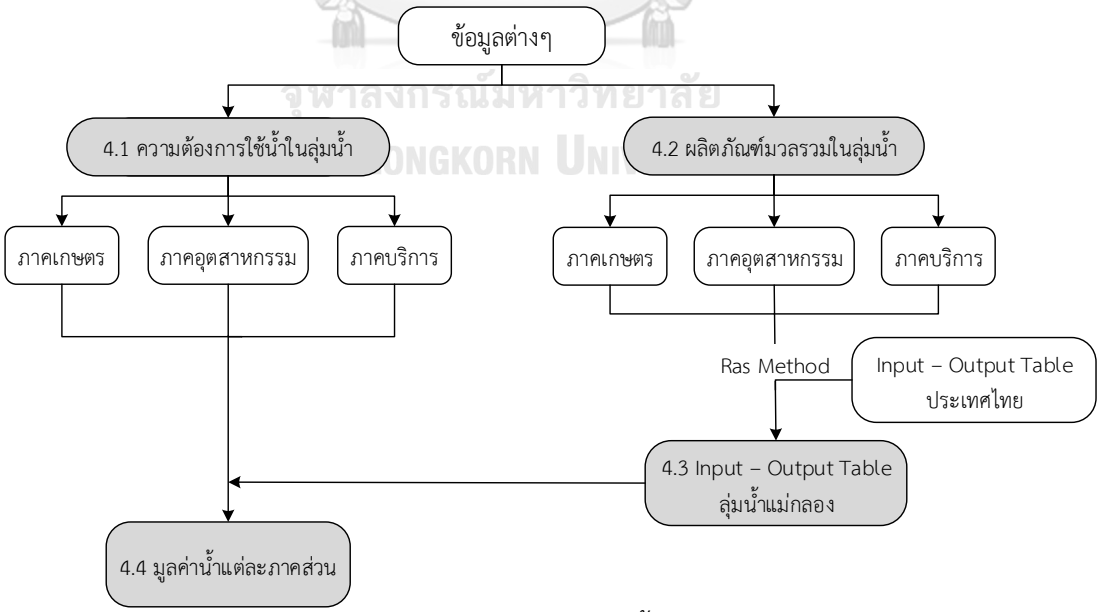
บทที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้น้ำและระบบเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง

ทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และเป็นทรัพยากรพื้นฐานในการพัฒนาระบบเศรษฐกิจในพื้นที่ลุ่มน้ำ จึงกล่าวได้ว่าทรัพยากรน้ำมีความสัมพันธ์กับระบบเศรษฐกิจทุกภาคส่วนอย่างมีนัยสำคัญ โดยในระบบเศรษฐกิจนั้นสามารถแบ่งภาคส่วนตามลักษณะของกิจกรรมได้ 3 ภาคส่วนหลัก ได้แก่ ภาคเกษตร ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ การศึกษาหาความสัมพันธ์ดังกล่าว ได้ประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table, I/O Table) เพื่อพิจารณาหามูลค่าน้ำ จากความต้องการใช้น้ำ (water demand) และผลิตภัณฑ์มวลรวม (Gross Domestic Product, GDP) ที่ได้จากกิจกรรมทางเศรษฐกิจของแต่ละภาคส่วนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

การพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้น้ำ และระบบเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลองในบทนี้จะมีขั้นตอนโดยสังเขปดังรูปที่ 4.1

4.1 การศึกษา และคำนวณความต้องการใช้น้ำ

การศึกษา และประเมินความต้องการใช้น้ำของกิจกรรมต่างๆ จะพิจารณาจากสภาพของสังคม และเศรษฐกิจของลุ่มน้ำแม่กลองในปีพ.ศ.2553 เพื่อให้สอดคล้องกับตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (I/O Table) ล่าสุดที่จัดทำโดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยมีแนวคิดการศึกษาและประเมินความต้องการใช้น้ำของลุ่มน้ำแม่กลองดังแสดงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนผังความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้น้ำ และตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต

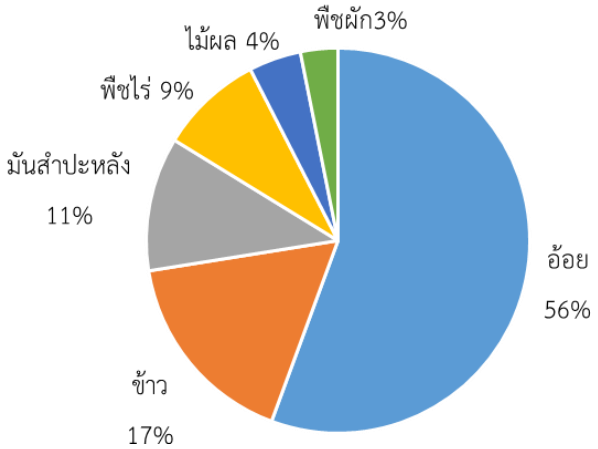
ตารางที่ 4.1 แนวคิดการศึกษาและประเมินความต้องการใช้น้ำของลุ่มน้ำแม่กลอง

กิจกรรมการใช้น้ำ	การศึกษา/คำนวณความต้องการใช้น้ำ	
	ข้อมูลที่ใช้	การประเมิน/คำนวณ
การเกษตร (Agrilcuture)	- ข้อมูลสารสนเทศการใช้ที่ดินเพาะปลูก - จำนวนปศุสัตว์	ประเมินความต้องการใช้น้ำของการเพาะปลูก ด้วยวิธีการ Penman-Monteith และ Lysismeter ส่วนปศุสัตว์ ใช้ข้อมูลความต้องการใช้น้ำของสัตว์แต่ละประเภทจากกรมปศุสัตว์
การอุตสาหกรรม (Manufacture)	- ข้อมูลสารสนเทศที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรม - ข้อมูลกำลังของเครื่องจักรในโรงงาน	ประเมินปริมาณการใช้น้ำโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ จากโครงการจัดการน้ำอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม
การบริการ (Service)	- จำนวนประชากรในลุ่มน้ำ - จำนวนนักท่องเที่ยว - จำนวนโรงเรียน นักเรียน และบุคลากร ด้านการศึกษา - จำนวนโรงพยาบาล ผู้ป่วยใน-นอก และ บุคคลากรด้านสาธารณสุข	ประเมินความต้องการใช้น้ำ ตามจำนวนประชากร นักท่องเที่ยว สถานศึกษา และการบริการด้านสาธารณสุข

4.1.1 ความต้องการใช้น้ำภาคเกษตรกรรม

4.1.1.1 ความต้องการใช้น้ำในการเพาะปลูก

จากข้อมูลสารสนเทศการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2555) แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองทั้งหมดประมาณ 18,857,022 ไร่ หรือ 30,171.2352 ตร.กม. พื้นที่สวนใหญ่เป็นป่าไม้ประมาณ 68.66% มีอุทยานแห่งชาติหลายแห่ง เช่น อุทยานแห่งชาติเขาแหลม อุทยานแห่งชาติเอราวัณ เป็นต้น ที่เหลืออีก 31.34 % เป็นพื้นที่ทำการเกษตร ในส่วนนี้มากกว่าครึ่งหนึ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อย และที่เหลือเป็นพืชหลักอีก 3 ชนิดคือ ข้าว มันสำปะหลัง พืชไร่ เป็นต้น ดังที่แสดงในรูปที่ 4.2 โดยพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกส่วนมากจะอยู่ในบริเวณทางตอนล่างของลุ่มน้ำ เนื่องจากมีโครงการชลประทานที่สามารถส่งน้ำให้แก่เกษตรกรได้ทั้งปี



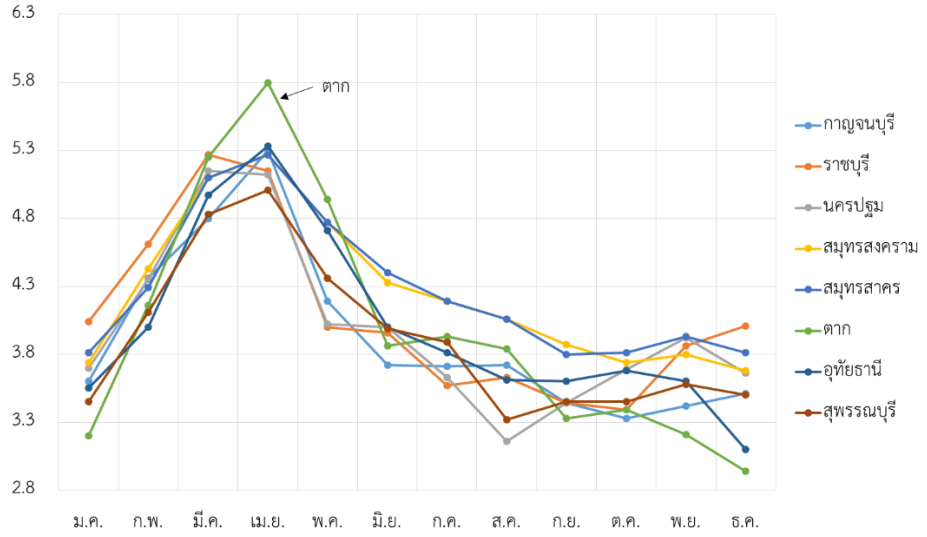
รูปที่ 4.2 ปริมาณพื้นที่การเพาะปลูกในลุ่มน้ำแม่กลอง

ในการประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูก โดยใช้วิธี Penman-Monteith นั้น ซึ่งเป็นการคำนวณหาความต้องการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดที่เพาะปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำดังสมการที่ 4.1

$$ETcrop = Kc \times ETo \quad (4.1)$$

$ETcrop$	คือ	ความต้องการใช้น้ำของพืช (Crop evapotranspiration) มม./วัน
Kc	คือ	สัมประสิทธิ์พืช (Crop coefficient)
ETo	คือ	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference crop evapotranspiration)

ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) เป็นค่าคงที่ของพืชที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำจริงของพืช ($ETcrop$) ซึ่งได้จากการทดลอง และตรวจวัดจากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) กับผลการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ซึ่งขึ้นอยู่กับความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ โดยค่าสัมประสิทธิ์ของพืช (Kc) ในประเทศไทยนั้นได้จัดทำโดยกรมชลประทานรวมทั้งหมด 40 ชนิด ซึ่งเป็นพืชที่เกษตรนิยมปลูก เช่น ข้าว กข., มันสำประหลัง, ถั่วเหลือง และอ้อย เป็นต้น ส่วนค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ในแต่ละพื้นที่จะมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากค่า ETo นั้นขึ้นกับสภาพอากาศ และภูมิประเทศที่แตกต่างกันดังรูปที่ 4.3 ซึ่งจะพบว่าจังหวัดตากมีค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงสูงที่สุดในช่วงเดือนเมษายน



รูปที่ 4.3 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Kc) ในพื้นที่ของลุ่มน้ำแม่กลอง

ทั้งนี้ยังมีพืชบางชนิดที่กรมชลประทานไม่ได้ทำการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) เช่น ยางพารา กระเทียม และมะพร้าวเป็นต้น ซึ่งเป็นพืชที่นิยมปลูกในลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่างบริเวณจังหวัดสมุทรสาคร และจังหวัดสมุทรสงคราม จึงจำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลความต้องการใช้น้ำของพืชจากการทดลองด้วยการใช้ถังวัดอัตราการใช้น้ำ หรือที่เรียกว่า Lysimeter ซึ่งทุกจังหวัดจะมีข้อมูลการศึกษาทดลองการใช้น้ำของพืช 36 ชนิด โดยพืชแต่ละชนิดมีช่วงเวลาการเพาะปลูก และการเก็บ

เกี่ยวผลผลิตไม่พร้อมกัน โดยในลุ่มน้ำแม่กลองนั้นมีช่วงเวลาในการปลูกพืช (crop pattern) ที่สำคัญ ดังตารางที่ 4.2

จากช่วงเวลาในการเพาะปลูกพืช (crop pattern) พบว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชในแต่ช่วงเวลาไม่เท่ากันเนื่องจากพืชไร่เช่น อ้อย มันสำปะหลัง และข้าว เป็นต้น มีช่วงเวลาการเพาะปลูกเป็นบางช่วงของปี ส่วนไม้ผลนั้นใช้น้ำตลอดทั้งปี ดังนั้นพิจารณาความต้องการใช้น้ำของพืชตามสมการที่ 4.1 ต้องเลือกใช้ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ตามช่วงเวลาที่เพาะปลูกพืชให้ถูกต้องตามช่วงเวลาในการเพาะปลูกของพืชชนิดนั้นๆ ตัวอย่างการคำนวณปริมาณการใช้น้ำจริงของอ้อย ($ETcrop$) ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำแม่กลองซึ่งมีการเพาะปลูกในช่วงเดือน ก.พ. – พ.ย. ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งได้ผลรวมความต้องการใช้น้ำของอ้อยในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองเท่ากับ 8,639.51 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี ส่วนความต้องการใช้น้ำของพืชชนิดอื่นๆทั้งหมดเท่ากับ 13,820 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีแสดงดังในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.2 ช่วงเวลาในการปลูกพืช (crop pattern) ที่สำคัญในลุ่มน้ำแม่กลอง

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
อ้อย		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
มันสำปะหลัง				■	■	■			■	■	■	■
นาปี					■	■	■	■	■	■		
ฝรั่ง	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
มะพร้าว		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
นาปรัง	■	■	■								■	■
ข้าวโพด				■	■	■	■	■			■	■
มะนาว	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
กล้วยไม้	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ยูคาลิปตัส	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ยางพารา	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
สับปะรด	■	■			■	■	■	■	■	■	■	■
ส้มเขียวหวาน	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
กระเทียม										■	■	
ลำไย	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
เงาะ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ปาล์มน้ำมัน	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ลิ้นจี่	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
กาแฟ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
หอมหัวใหญ่									■	■	■	■
ถั่วลิสง	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ถั่วเหลือง	■	■	■		■	■	■	■	■			■
ถั่วเขียว	■	■			■	■	■	■	■	■		

■ ช่วงเวลาที่มีการเพาะปลูก

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างการคำนวณการใช้น้ำจริงของอ้อยในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

	พื้นที่ในลุ่มน้ำที่มีการปลูกอ้อย ตร.กม.	เดือนในการเพาะปลูก	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ผลรวมการใช้น้ำ ล้าน ลบ.ม.
		Kc อ้อย	0.65	0.86	1.13	1.35	1.57	1.29	1.20	0.93	0.63	0.52	
กาญจนบุรี	2,823.81	Eto	4.36	4.80	5.30	4.19	3.72	3.71	3.72	3.44	3.33	3.42	3,497.75
		การใช้น้ำรายเดือน	224.07	361.36	507.35	495.16	494.77	418.95	390.77	271.02	183.65	150.66	
ราชบุรี	2,300.89	Eto	4.61	5.27	5.15	4.00	3.96	3.57	3.63	3.44	3.39	3.86	2,883.24
		การใช้น้ำรายเดือน	193.05	323.27	401.70	385.17	429.15	328.48	310.70	220.83	152.33	138.55	
นครปฐม	1,307.52	Eto	4.35	5.15	5.12	4.02	4.00	3.63	3.16	3.44	3.69	3.92	1,619.48
		การใช้น้ำรายเดือน	103.52	179.52	226.94	219.97	246.34	189.80	153.70	125.49	94.23	79.96	
ตาก	34.77	Eto	4.16	5.25	5.80	4.94	3.86	3.93	3.84	3.33	3.39	3.21	45.55
		การใช้น้ำรายเดือน	2.63	4.87	6.84	7.19	6.32	5.46	4.97	3.23	2.30	1.74	
อุทัยธานี	0.40	Eto	4.00	4.97	5.33	4.71	4.00	3.81	3.61	3.60	3.68	3.60	0.51
		การใช้น้ำรายเดือน	0.03	0.05	0.07	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	
สุพรรณบุรี	477.31	Eto	4.11	4.83	5.01	4.36	3.99	3.89	3.32	3.45	3.45	3.58	592.99
		การใช้น้ำรายเดือน	35.70	61.46	81.07	87.09	89.70	74.25	58.95	45.94	32.16	26.66	
												รวมการใช้น้ำในการปลูกอ้อย	**8,639.51**

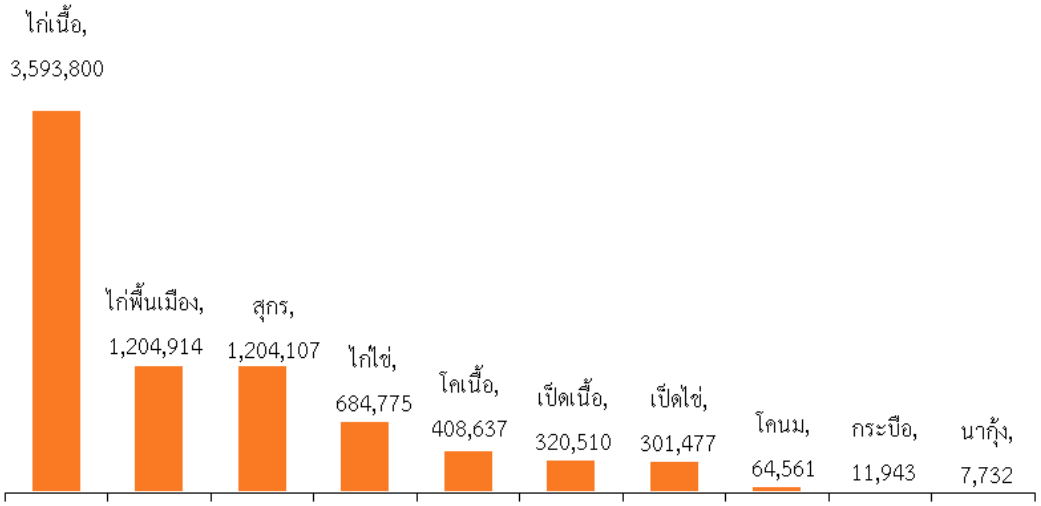
ตารางที่ 4.4 ความต้องการใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆที่ปลูกในลุ่มน้ำแม่กลอง

ชนิดของพืช	ความต้องการใช้น้ำ ล้าน ลบ.ม. / ปี
อ้อย	8,639.51
มันสำปะหลัง	1,316.87
นาปรัง	1,051.23
ข้าวโพด	753.57
นาปี	554.47
มะนาว	461.44
ยูคาลิปตัส	222.97
สับปะรด	216.20
ยางพารา	188.91
มะพร้าว	119.05
ฝรั่ง	67.01
ฝรั่ง	57.05
ส้มเขียวหวาน	49.14
ลำไย	43.36
นาปี	27.05
เงาะ	12.22
ลิ้นจี่	11.64
กล้วยไม้	10.15
ปาล์มน้ำมัน	9.02
กาแฟ	3.81
กระเทียม	1.82
ถั่วเหลือง	1.52
ถั่วลิสง	1.34
ส้ม	0.47
หอมหัวใหญ่	0.21
ถั่วเขียว	0.01
รวม	**13,820.04**

4.1.1.2 ความต้องการใช้น้ำในการปศุสัตว์

ในการประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อการปศุสัตว์ ใช้ฐานข้อมูลจากข้อมูล กชช. 2ค (ข้อมูลระดับหมู่บ้านที่แสดงสภาพทั่วไปของหมู่บ้าน) ปี 2541 จากกรมพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ซึ่งได้รวบรวมประเภทและจำนวนปศุสัตว์ไว้ในระดับตำบล นำมาวิเคราะห์ต่อโดยนำข้อมูลจำนวนสัตว์แต่ละประเภทมาคูณกับอัตราการใช้น้ำต่อตัวต่อวันของสัตว์แต่ละประเภท ซึ่งได้จากการประเมินของกรมปศุสัตว์ และบางส่วนจากรายงานการศึกษาต่างๆ ดังตารางที่ 4.5

จากสถิติการเกษตรของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,2554) พบว่าในลุ่มน้ำแม่กลองมีการเลี้ยงไก่เนื้อมากที่สุดในบริเวณจังหวัดราชบุรีทางตอนล่างของลุ่มน้ำรองลงมาเป็นสุกรซึ่งนิยมเลี้ยงในจังหวัดนครปฐมดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ปริมาณการปศุสัตว์ในลุ่มน้ำแม่กลอง (ตัว หรือ ไร่)

ตารางที่ 4.5 อัตราความต้องการใช้น้ำในการปศุสัตว์

ปศุสัตว์	ความต้องการใช้น้ำ ลิตร/ตัว/วัน
โค และกระบือ	80
สุกร	20
แพะ และแกะ	15
ไก่ และเป็ด	3
อื่นๆ (เฉลี่ย)	15

ที่มา : กรมปศุสัตว์

จากข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ และอัตราการใช้น้ำของสัตว์แต่ละชนิดสามารถคำนวณหาปริมาณความต้องการใช้น้ำของการปศุสัตว์ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองทั้งหมดได้ซึ่งเท่ากับ 29.63 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ความต้องการใช้น้ำของการปศุสัตว์ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

ปศุสัตว์	ความต้องการใช้น้ำเพื่อการปศุสัตว์ของจังหวัดต่างๆที่อยู่ในลุ่มน้ำแม่กลอง (ล้าน ลบ.ม. ต่อปี)								รวม (ล้าน ลบ.ม. ต่อปี)
	กาญจนบุรี	ราชบุรี	ตาก	นครปฐม	สมุทรสงคราม	สมุทรสาคร	สุพรรณบุรี	อุทัยธานี	
โคเนื้อ	6.64	3.29	1.38	0.12	-	0.01	0.48	-	**11.93**
โคนม	0.61	1.19	0.00	0.07	-	-	0.01	0.00	**1.88**
กระบือ	0.14	0.01	0.06	0.00	-	-	0.04	0.10	**0.35**
สุกร	0.21	7.52	0.05	0.78	0.01	0.01	0.10	0.11	**8.79**
ไก่เนื้อ	0.63	2.59	0.01	0.22	0.01	0.01	0.29	0.18	**3.94**
ไก่ไข่	0.13	0.11	0.00	0.20	0.02	0.04	0.24	0.02	**0.75**
ไก่พื้นเมือง	0.62	0.23	0.18	0.02	-	0.01	0.04	0.21	**1.32**
เป็ดเนื้อ	0.18	0.13	0.00	0.02	-	-	0.01	0.00	**0.35**
เป็ดไข่	0.05	0.14	0.00	0.06	-	-	0.02	0.06	**0.33**
รวม	**9.21**	**15.20**	**1.69**	**1.50**	**0.03**	**0.08**	**1.23**	**0.68**	**29.63**

จากตารางที่ 4.6 พบว่าในจังหวัดราชบุรีมีความต้องการใช้น้ำสำหรับการปศุสัตว์มากที่สุดเท่ากับ 15.2 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี และสัตว์ที่มีความต้องการน้ำมากที่สุดในลุ่มน้ำนี้คือโคเนื้อเท่ากับ 11.93 ล้าน ลบ.ม.ต่อปีซึ่งถึงแม้จะมีจำนวนน้อยกว่าไก่ดังรูปที่ 4.3 แต่โคเนื้อมีความต้องการใช้น้ำ 80 ลิตรต่อวันซึ่งสูงกว่าความต้องการใช้น้ำของไก่อย่างมีนัยสำคัญ

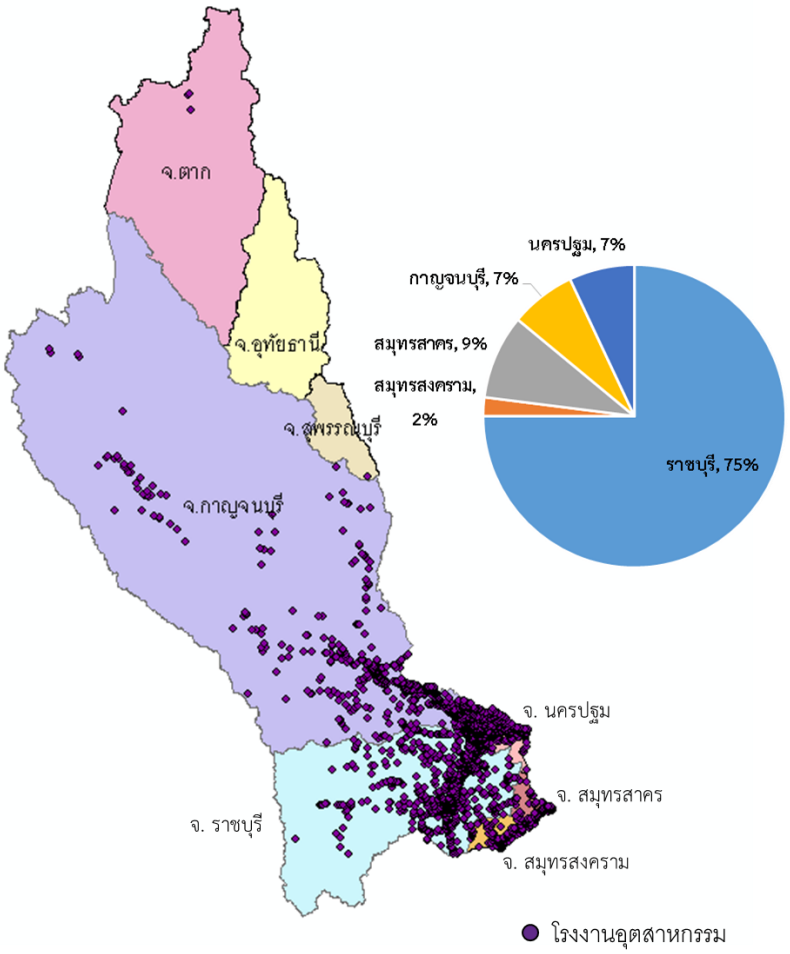
จากการรวบรวมความต้องการใช้น้ำในภาคเกษตรอันประกอบด้วย การเพาะปลูก และการปศุสัตว์ มีค่าเท่ากับ 13,850 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ความต้องการใช้น้ำภาคเกษตรของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

จังหวัด	ความต้องการใช้น้ำ ล้าน ลบ.ม.ต่อปี	
	การเพาะปลูก	การปศุสัตว์
กาญจนบุรี	6,025.85	9.21
ราชบุรี	4,039.97	15.20
ตาก	465.12	1.69
นครปฐม	1,751.49	1.50
สมุทรสงคราม	85.13	0.03
สมุทรสาคร	481.08	0.08
สุพรรณบุรี	959.25	1.23
อุทัยธานี	12.11	0.68
รวม	**13,820.00**	**29.63**

4.1.2 ความต้องการใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรม

ภาคส่วนอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองเป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจอย่างหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ปริมาณมากให้แก่พื้นที่ เนื่องจากในลุ่มน้ำแม่กลองโรงงานอุตสหากรรมที่มีการผลิตสินค้าหลากหลายชนิดที่สามารถส่งออก หรืออุปโภค-บริโภคภายในประเทศได้ จากการศึกษาข้อมูลสารสนเทศที่ได้จากกรมโรงงานอุตสาหกรรมในปีพ.ศ. 2550 พบว่าโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองมีการรวมตัวกันเป็นปริมาณมากตรงบริเวณทางตอนใต้ของลุ่มน้ำ ซึ่งสัดส่วนของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีความหนาแน่นมากที่สุดในบริเวณจังหวัดราชบุรี จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดนครปฐม และจังหวัดสมุทรสงคราม ตามลำดับดังรูปที่ 4.5



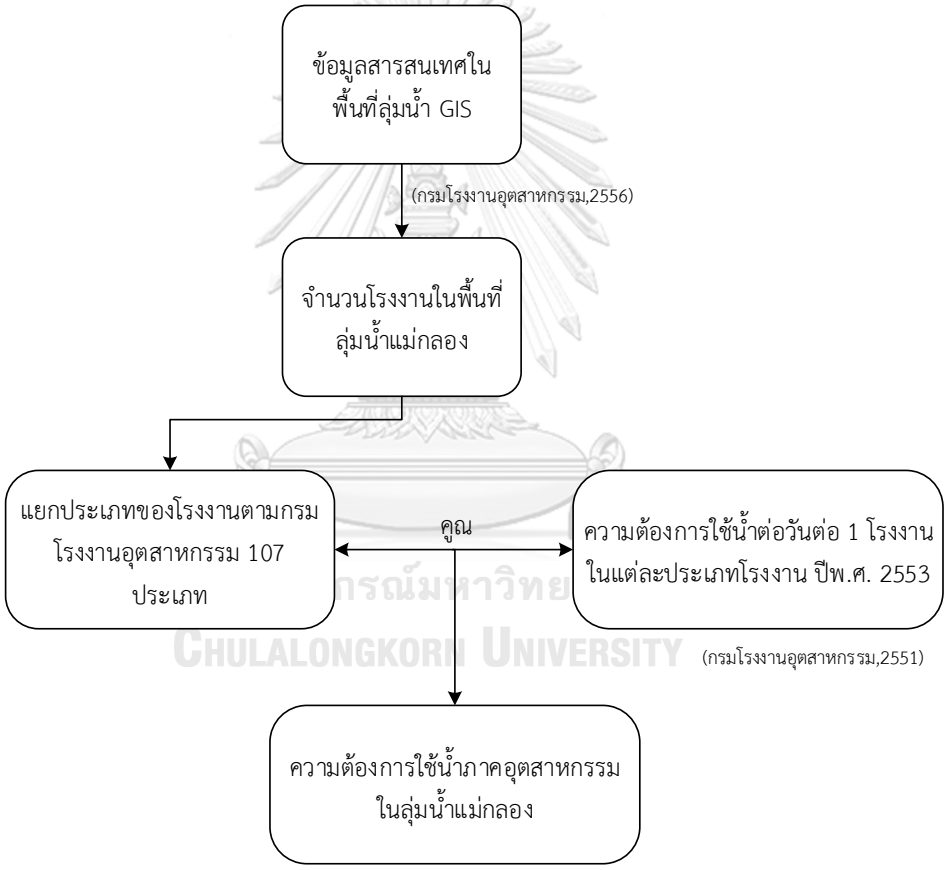
รูปที่ 4.5 จำนวนและสัดส่วนของโรงงานอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำแม่กลอง

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556

โดยในลุ่มน้ำแม่กลองมีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ 3 ตามพรบ.อุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดินสำหรับใช้ในการก่อสร้างมากที่สุด จำนวน 223

โรงงานจากทั้งหมด 2,465 โรงงาน รองลงมาจะเป็นโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับยานที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์, ผลิตภัณฑ์โลหะ, กิจการเกี่ยวกับไม้, กิจการเกี่ยวกับเมล็ดพืช ผัก ผลไม้ เป็นต้น

การพิจารณาความต้องการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองนั้น อ้างอิงจากรายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการจัดการน้ำอุตสาหกรรม พ.ศ.2551 โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งได้มีการเผยแพร่สัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำรายวันของแต่ละประเภทของโรงงานรวม 107 ประเภท ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 – 2559 โดยงานวิจัยนี้จะต้องเลือกช่วงเวลาให้สอดคล้องกับตารางปัจจัยผลผลิตและผลผลิต (I/O Table) จากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติล่าสุดคือปีพ.ศ. 2553 โดยขั้นตอนการพิจารณาความต้องการใช้น้ำของภาคส่วนอุตสาหกรรมดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ขั้นตอนการพิจารณาความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำแม่กลอง

จากการศึกษาความต้องการใช้น้ำของภาคส่วนอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำแม่กลองในปีพ.ศ. 2553 พบว่าความต้องการใช้น้ำรวมของภาคอุตสาหกรรมเท่ากับ 6.47 ล้าน ลบ.ม.ต่อวัน หรือเท่ากับ 2,362.92 ล้านลบ.ม.ต่อปี โดยโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความต้องการใช้น้ำมากที่สุดคือโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าซึ่งมากถึง 1,987.35 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี ลำดับต่อมาจะเป็นอุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตเครื่องปรุงประกอบอาหาร, วัสดุก่อสร้าง และการผลิต

กระดาษ ตามลำดับ ในตารางที่ 4.8 เป็นอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำแม่กลองที่มีความต้องการใช้น้ำมากที่สุด 10 อันดับแรก ส่วนอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ จะแสดงอย่างละเอียดในภาคผนวก ข ผลการคำนวณความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมตามประเภทอุตสาหกรรมของ พรบ.โรงงานอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำแม่กลอง

ตารางที่ 4.8 ความต้องการใช้น้ำสูงสุด 10 อันดับแรกของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆในลุ่มน้ำแม่กลอง

ประเภทอุตสาหกรรมตามพรบ.	รายละเอียด	จำนวนโรงงานในลุ่มน้ำแม่กลอง (1)	ความต้องการใช้น้ำ ลบ.ม./วัน/โรงงาน (2)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./ปี) (3) = (1) x (2) x 365
88	โรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้า	17	320,281.28	1,987,345,346.97
13	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหาร	30	4,670.14	51,138,086.44
3	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดินสำหรับใช้ในการก่อสร้าง	223	538.39	43,822,462.76
38	โรงงานผลิตเยื่อ หรือกระดาษ	13	5,197.03	24,659,913.15
22	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้าย หรือเส้นใยซึ่งมิใช่ใยหิน (asbestos)	68	769.48	19,098,376.36
11	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ น้ำตาล ซึ่งทำจากอ้อย บีช หญ้าหวาน หรือพืชอื่นที่ให้ความหวาน	14	3,459.19	17,676,447.60
8	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผัก ผืช หรือผลไม้	70	684.02	17,476,771.04
57	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับซีเมนต์ ปูนขาว หรือปูนปลาสเตอร์	23	1,971.27	16,548,850.27
34	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับไม้	149	296.56	16,128,444.18
103	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเกลือ	3	14,360.46	15,724,700.21

ที่มา : (1), (2) กรมโรงงานอุตสาหกรรม

4.1.3 ความต้องการใช้น้ำในภาคบริการ

ในการศึกษาวิจัยนี้ ความต้องการใช้น้ำในภาคบริการของพื้นที่ในลุ่มน้ำแม่กลองจะประกอบไปด้วย 4 ส่วนดังต่อไปนี้คือ

- ความต้องการใช้น้ำภายในครัวเรือน
- ความต้องการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยว
- ความต้องการใช้น้ำในสถานพยาบาล
- ความต้องการใช้น้ำในสถานศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาความต้องการใช้น้ำจะมาจากหน่วยงานต่างๆในปีพ.ศ. 2553 ทั้งหมดเพื่อให้สอดคล้องกับตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (I/O Table) ปีพ.ศ. 2553 เช่น ข้อมูลจำนวนประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำรายตำบล, ข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยว, ข้อมูลจำนวนคนไข้และบุคลากรในสถานพยาบาล และข้อมูลจำนวนนักเรียนและบุคลากรในสถานศึกษา ทั้งนี้การพิจารณาความต้องการใช้น้ำทุกหัวข้อนั้นมีความซับซ้อน และสามารถคำนวณได้หลายวิธี เนื่องจากความ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ต้องการใช้น้ำของแต่ละบุคคลในสภาพจริงมีความแตกต่างกันได้ ดังนั้นค่าความต้องการใช้น้ำการศึกษานี้จึงเป็นการประมาณค่าให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงเท่านั้น

4.1.3.1 ความต้องการใช้น้ำภายในครัวเรือน

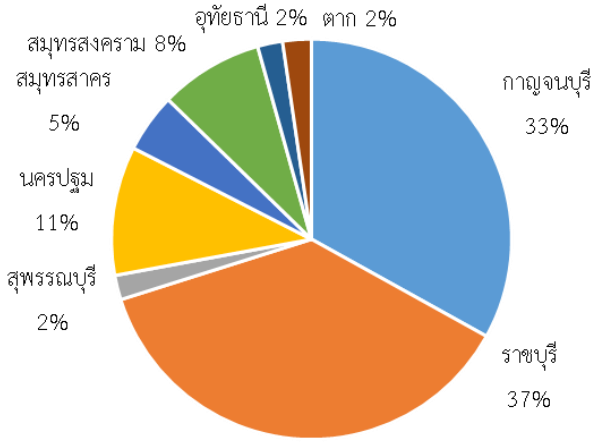
การพิจารณาความต้องการใช้น้ำภายในครัวเรือนในลุ่มน้ำแม่กลองนั้น จะอ้างอิงข้อมูลประชากรรายตำบลจากข้อมูลของกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทยในปี พ.ศ. 2553 (เนื่องจากการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทยนั้นแบ่งตามขอบเขตการปกครองรายตำบล) และแบ่งพื้นที่เขตการปกครอง ตามความต้องการใช้น้ำรายบุคคลในหน่วยลิตรต่อคนต่อวัน (Liter per Capital per Day, LPCD) ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ความต้องการใช้น้ำรายบุคคลในหน่วยลิตรต่อคนต่อวัน แบ่งตามเขตการปกครอง

เขตการปกครอง	อัตราการใช้น้ำ ลิตร/คน/วัน
เทศบาลนคร	250
เทศบาลเมือง	200
เทศบาลตำบล	120
นอกเขตเทศบาล	50
การปกครองท้องถิ่นรูปแบบพิเศษ	400

ที่มา : การประปาส่วนภูมิภาค ปี พ.ศ. 2529-2552

จากการพิจารณาข้อมูลประชากรในลุ่มน้ำแม่กลองทั้งหมดพบว่ามีจำนวนประชากรของจังหวัดราชบุรีอาศัยอยู่ในลุ่มน้ำแม่กลองมากที่สุด รองลงมาเป็นจังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรสงคราม และจังหวัดสมุทรสาครตามลำดับดังรูปที่ 4.7 ความต้องการใช้น้ำภายในครัวเรือนรวมทั้งหมดเท่ากับ 106.46 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี โดยผลการศึกษาข้อมูล และการพิจารณาความต้องการใช้น้ำภายในครัวดังตารางที่ 4.10



รูปที่ 4.7 สัดส่วนจำนวนประชากรในแต่ละจังหวัดที่อาศัยอยู่ในลุ่มน้ำแม่กลอง

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลประชากร และความต้องการใช้น้ำรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

จังหวัด	จำนวนตำบลในลุ่มน้ำ	จำนวนประชากร	เทศบาลเมือง	เทศบาลตำบล	ความต้องการใช้น้ำ ล้าน ลบ.ม./ปี
กาญจนบุรี	80	703,649	19	61	36.28
ราชบุรี	98	788,887	15	83	39.94
สุพรรณบุรี	6	42,139	0	6	1.85
นครปฐม	20	221,879	2	18	11.25
สมุทรสาคร	12	101,389	0	12	4.44
สมุทรสงคราม	32	178,098	1	31	8.66
อุทัยธานี	6	42,974	0	6	1.88
ตาก	7	49,480	0	7	2.17
				ความต้องการใช้น้ำรวม (ล้าน ลบ.ม./ปี)	**106.46**

การพิจารณาความต้องการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยว สถานพยาบาล และสถานศึกษานั้น จะไม่สามารถพิจารณาหาความต้องการใช้น้ำได้อย่างละเอียดในระดับลุ่มน้ำ เนื่องจากไม่มีการจัดทำข้อมูลสารสนเทศเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวกับหัวข้อดังกล่าว ดังนั้นจึงได้ใช้สัดส่วนของประชากรรายจังหวัดที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ในลุ่มน้ำต่อจำนวนประชากรทั้งหมดรายจังหวัด เป็นตัวคูณปรับจำนวนนักท่องเที่ยว คนไข้ บุคคลากรสถานพยาบาล นักเรียนและบุคคลากรสถานศึกษา ให้ใกล้เคียงกับสภาพจริงที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำแม่กลอง ดังที่จะแสดงในหัวข้อต่อไป

4.1.3.2 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยว

ความต้องการน้ำเพื่อการท่องเที่ยว การประเมินความต้องการน้ำเพื่อการท่องเที่ยวคำนวณได้โดยนำจำนวนนักท่องเที่ยวปี พ.ศ. 2553 ในรายจังหวัดคูณกับอัตราการใช้น้ำของนักท่องเที่ยวคูณกับจำนวนวันพักแรมและคูณกับสัดส่วนประชากรในลุ่มน้ำ นักท่องเที่ยวตามนิยามมีเป็น 2 ประเภทคือ “นักท่องเที่ยว” คือ ผู้มาท่องเที่ยวแบบค้างคืน และ “นักทัศนาจร” คือ ผู้มาท่องเที่ยวแบบไม่ค้างคืน สำหรับอัตราการใช้น้ำของนักท่องเที่ยวนั้นพิจารณาใช้ผลการศึกษาแผนหลักพัฒนาการท่องเที่ยวในปี พ.ศ. 2537 ซึ่งได้กำหนดอัตราการใช้น้ำของนักท่องเที่ยวประมาณ 300 - 400 ลิตรต่อคนต่อวัน (กรมการท่องเที่ยว,2537) การคำนวณความต้องการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยวถือว่านักท่องเที่ยวเท่านั้นที่มีความต้องการใช้น้ำ ส่วนนักทัศนาจรถือว่ามีความต้องการใช้น้ำปริมาณน้อยมากจนจัดว่าไม่มีนัยสำคัญต่อการประมาณความต้องการใช้น้ำ ผลของการพิจารณาความต้องการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยวในลุ่มน้ำแม่กลองแสดงในตารางที่ 4.11 ซึ่งจะพบว่าจังหวัดที่มีนักท่องเที่ยวมากสุดคือ

จังหวัดกาญจนบุรี จึงส่งผลให้ปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยวสูงที่สุดถึงร้อยละ 64 โดยความต้องใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยวรวมทั้งหมดในลุ่มน้ำแม่กลองมีค่าเท่ากับ 1.72 ล้านลบ.ม.ต่อปี

ตารางที่ 4.11 การพิจารณาความต้องการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยวในลุ่มน้ำแม่กลอง

จังหวัด	จำนวนนักท่องเที่ยวรายจังหวัด ปีพ.ศ.2553 (1)	สัดส่วนประชากรในลุ่มน้ำ (2)	จำนวนนักท่องเที่ยวในลุ่มน้ำ (3) = (1) x (2)	จำนวนวันค้างคืนเฉลี่ย (4)	LPCD (5)	ความต้องการใช้น้ำ ลบ.ม./ปี (6) = (3) x (4) x (5)
กาญจนบุรี	1,923,219.00	0.84	1,611,466.78	1.95	350	1,099,826.08
ราชบุรี	421,268.00	0.94	396,070.49	1.75	350	242,593.18
สุพรรณบุรี	397,488.00	0.05	19,802.27	1.93	350	13,376.43
นครปฐม	561,100.00	0.26	144,721.75	2.28	350	115,487.96
สมุทรสาคร	184,342.00	0.21	37,997.04	1.59	350	21,145.35
สมุทรสงคราม	268,332.00	0.92	246,264.72	1.52	350	131,012.83
อุทัยธานี	146,652.00	0.13	19,216.50	1.98	350	13,317.03
ตาก	1,058,785.00	0.09	99,658.13	2.34	350	81,620.00
					ความต้องการใช้น้ำรวม (ล้าน ลบ.ม./ปี)	**1.72**

ที่มา : (1) กรมการท่องเที่ยว, 2553

4.1.3.3 ความต้องการใช้น้ำในสถานพยาบาล

ในสถานพยาบาลนั้นประกอบไปด้วยผู้ป่วย บุคคลากรทางการแพทย์ และลูกจ้าง แต่เนื่องจากความละเอียดข้อมูลจากกระทรวงสาธารณสุข และข้อมูลอัตราการใช้น้ำมีไม่เพียงพอต่อการพิจารณาบุคคลทุกประเภทที่กล่าวมา ในการศึกษานี้จึงใช้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยในหรือจำนวนเตียงผู้ป่วยในเป็นตัวแทนในการพิจารณาความต้องการใช้น้ำในสถานพยาบาลซึ่งมีค่าประมาณ 250-400 แกลอนต่อวันต่อผู้ป่วยใน หรือเท่ากับ 950-1500 ลิตรต่อวันต่อผู้ป่วยใน (Office of Drinking Water,2009) ทั้งนี้เลือกใช้อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยที่ 1200 ลิตรต่อวันต่อผู้ป่วยใน ส่วนระยะเวลาเข้าพักในโรงพยาบาลเฉลี่ย พบว่าสำนักงานสถิติมีการเก็บข้อมูลและเผยแพร่ข้อมูลเป็นรายภาค ซึ่งลุ่มน้ำแม่กลองจัดอยู่ในภาคกลางตามข้อมูลของสำนักงานสถิติ ซึ่งมีระยะเวลาเข้าพักในโรงพยาบาลเฉลี่ยของผู้ป่วยในอยู่ที่ 2.5 วันต่อผู้ป่วยใน 1 คน ซึ่งการคำนวณความต้องการใช้น้ำในสถานพยาบาลแสดงในตารางที่ 4.12

จากตารางที่ 4.12 พบว่าจำนวนผู้ป่วยในตามสัดส่วนประชากรนั้น จังหวัดราชบุรีมีจำนวนผู้ป่วยในมากที่สุดจึงทำให้ความต้องการใช้น้ำในสถานพยาบาลสูงที่สุดรองมาเป็นจังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดนครปฐม และจังหวัดสมุทรสาคร ตามลำดับ โดยความต้องการใช้น้ำรวมในสถานพยาบาลของลุ่มน้ำแม่กลองอยู่ที่ 1.51 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.12 ความต้องการใช้น้ำในสถานพยาบาลของลุ่มน้ำแม่กลอง

จังหวัด	จำนวนผู้ป่วยใน รายจังหวัดปีพ.ศ.2553 (1)	สัดส่วนประชากร ในลุ่มน้ำ (2)	จำนวนผู้ป่วยใน ในลุ่มน้ำ (3) = (1) x (2)	ระยะเวลาเข้าพักเฉลี่ย (4)	LPCD (5)	ความต้องการใช้น้ำ ลบ.ม./ปี (6) = (3) x (4) x (5)
กาญจนบุรี	210,937.00	0.84	176,744.29	2.5	1200	530,232.86
ราชบุรี	209,788.00	0.94	197,239.85	2.5	1200	591,719.55
สุพรรณบุรี	206,700.00	0.05	10,297.49	2.5	1200	30,892.47
นครปฐม	124,946.00	0.26	32,226.70	2.5	1200	96,680.11
สมุทรสาคร	124,946.00	0.21	25,754.19	2.5	1200	77,262.56
สมุทรสงคราม	42,533.00	0.92	39,035.14	2.5	1200	117,105.42
อุทัยธานี	77,915.00	0.13	10,209.57	2.5	1200	30,628.70
ตาก	134,245.00	0.09	12,635.81	2.5	1200	37,907.43
					ความต้องการใช้น้ำรวม (ล้าน ลบ.ม./ปี)	**1.51**

ที่มา : (1) กระทรวงสาธารณสุข, 2553, (4) สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2550

4.1.3.4 ความต้องการใช้น้ำในสถานศึกษา

การพิจารณาความต้องการใช้น้ำในสถานศึกษาในการศึกษานี้จะพิจารณาจำนวนนักเรียนและบุคคลากรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาจากกระทรวงศึกษาธิการในปีพ.ศ.2553 แต่ช่วงเวลาการใช้น้ำของนักเรียน และบุคคลากรไม่เหมือนกัน โดยนักเรียนมีช่วงเวลาในการใช้น้ำในสถานศึกษาเป็นเวลา 9 เดือนต่อปี เมื่อหักลบวันหยุดเสาร์อาทิตย์ พบว่านักเรียนมีการใช้น้ำในสถานศึกษาจำนวน 180 วันต่อปีเท่านั้น ส่วนบุคคลากรนั้นจะใช้น้ำตลอดทั้งปีหักลบวันหยุดเสาร์อาทิตย์เช่นกัน จึงเหลือ260 วันต่อปี โดยสมมติฐานเรื่องช่วงเวลานี้ไม่รวมวันหยุดตามประเพณี การพิจารณาจะใช้อัตราการใช้น้ำของนักเรียน และบุคคลากรอยู่ที่ 75 ลิตรต่อคนต่อวัน (Office of Drinking Water,2009) ซึ่งการคำนวณความต้องการใช้น้ำในสถานศึกษาแสดงในตารางที่ 4.13 และ 4.14

จากตารางที่ 4.13 และ 4.14 พบว่า จังหวัดราชบุรีมีความต้องการใช้น้ำในสถานศึกษามากที่สุดรองลงมาเป็นจังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรสงคราม และจังหวัดสมุทรสาครตามลำดับ ส่วนความต้องการใช้น้ำรวมทั้งหมดในสถานศึกษาในลุ่มน้ำแม่กลองเท่ากับ 4.82 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี

ตารางที่ 4.13 ความต้องการใช้น้ำของนักเรียนในลุ่มน้ำแม่กลอง

จังหวัด	จำนวนนักเรียน รายจังหวัดปีพ.ศ.2553 (1)	สัดส่วนประชากร ในลุ่มน้ำ (2)	จำนวนนักเรียน ในลุ่มน้ำ (3) = (1) x (2)	ระยะเวลา การศึกษา (4)	LPCD (5)	ความต้องการใช้น้ำ ลบ.ม./ปี (6) = (3) x (4) x (5)
กาญจนบุรี	136,576.00	0.84	114,437.14	180	75	1,544,901.42
ราชบุรี	124,926.00	0.94	117,453.74	180	75	1,585,625.50
สุพรรณบุรี	123,294.00	0.05	6,142.33	180	75	82,921.39
นครปฐม	160,608.00	0.26	41,424.83	180	75	559,235.18
สมุทรสาคร	61,145.00	0.21	12,603.36	180	75	170,145.40
สมุทรสงคราม	33,265.00	0.92	30,529.33	180	75	412,145.94
อุทัยธานี	49,543.00	0.13	6,491.85	180	75	87,639.99
ตาก	93,082.00	0.09	8,761.34	180	75	118,278.12
					ความต้องการใช้น้ำรวม (ล้าน ลบ.ม./ปี)	**4.56**

ที่มา : (1) กระทรวงศึกษาธิการ, 2553

ตารางที่ 4.14 ความต้องการใช้น้ำของบุคคลากรในสถานศึกษาในลุ่มน้ำแม่กลอง

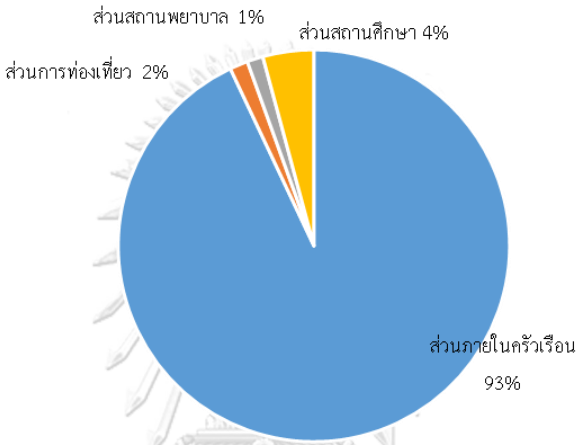
จังหวัด	จำนวนบุคคลากร รายจังหวัดปีพ.ศ.2553 (1)	สัดส่วนประชากร ในลุ่มน้ำ (2)	จำนวนบุคคลากร ในลุ่มน้ำ (3) = (1) x (2)	ระยะเวลา การทำงาน (4)	LPCD (5)	ความต้องการใช้น้ำ ลบ.ม./ปี (6) = (3) x (4) x (5)
กาญจนบุรี	5,761.00	0.84	4,827.15	260	75	94,129.36
ราชบุรี	4,987.00	0.94	4,688.71	260	75	91,429.85
สุพรรณบุรี	5,822.00	0.05	290.04	260	75	5,655.85
นครปฐม	5,079.00	0.26	1,310.00	260	75	25,545.03
สมุทรสาคร	2,039.00	0.21	420.28	260	75	8,195.54
สมุทรสงคราม	1,214.00	0.92	1,114.16	260	75	21,726.16
อุทัยธานี	2,701.00	0.13	353.92	260	75	6,901.53
ตาก	3,382.00	0.09	318.33	260	75	6,207.45
					ความต้องการใช้น้ำรวม (ล้าน ลบ.ม./ปี)	**0.26**

ที่มา : (1) กระทรวงศึกษาธิการ, 2553

จากการศึกษาความต้องการใช้น้ำของภาคบริการในลุ่มน้ำแม่กลองอันประกอบไปด้วย ส่วนภายในครัวเรือน ส่วนการท่องเที่ยว ส่วนสถานพยาบาล และส่วนสถานศึกษา พบว่าความต้องการใช้น้ำรวมทั้งหมดของภาคบริการนั้นเท่ากับ 114.52 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี โดยที่ความต้องการใช้น้ำในส่วนภายในครัวเรือนมีปริมาณมากสุดถึงร้อยละ 93 รองมาเป็นส่วนสถานศึกษา ส่วนการท่องเที่ยว และส่วนสถานพยาบาลตามลำดับ แสดงดังในตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.8

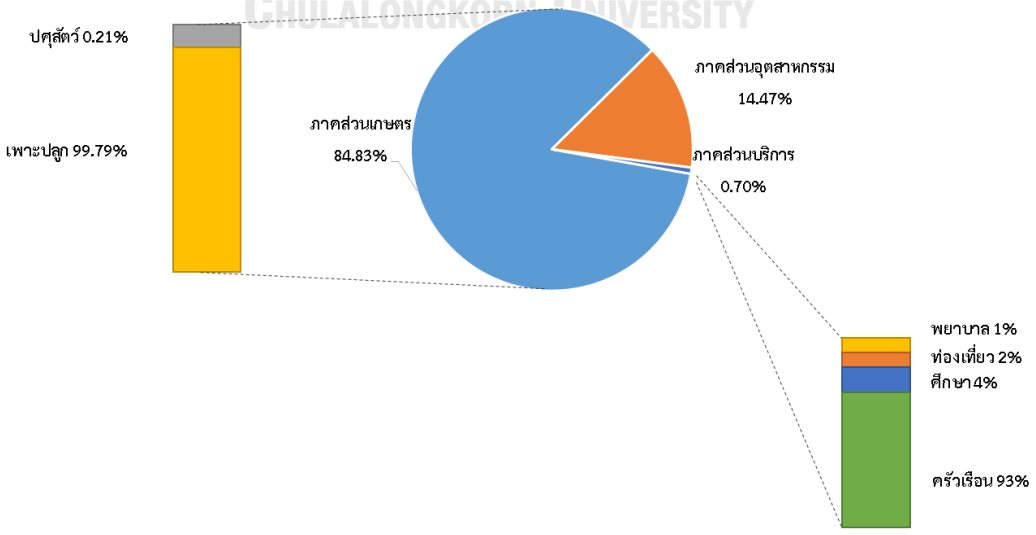
ตารางที่ 4.15 สรุปความต้องการใช้น้ำภาคบริการของลุ่มน้ำแม่กลอง

ส่วนการใช้น้ำ	ความต้องการใช้น้ำ (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)
ส่วนภายในครัวเรือน	106.46
ส่วนการท่องเที่ยว	1.72
ส่วนสถานพยาบาล	1.51
ส่วนสถานศึกษา	4.82
ร วม	**114.52**



รูปที่ 4.8 สัดส่วนความต้องการใช้น้ำของภาคส่วนต่างๆในภาคส่วนบริการในลุ่มน้ำแม่กลอง

เมื่อพิจารณาความต้องการน้ำทั้งหมดได้แก่ ภาคส่วนเกษตร ภาคส่วนอุตสาหกรรม และภาคส่วนบริการสรุปได้ดังตารางที่ 4.16 พบว่าความต้องการใช้น้ำในภาคส่วนเกษตรมีความต้องการใช้น้ำมากที่สุด รองมาเป็นภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 สัดส่วนการใช้น้ำภาคเกษตร ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการในลุ่มน้ำแม่กลอง

ตารางที่ 4.16 สรุปความต้องการใช้น้ำในภาคส่วนต่างๆในกิจกรรมเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง

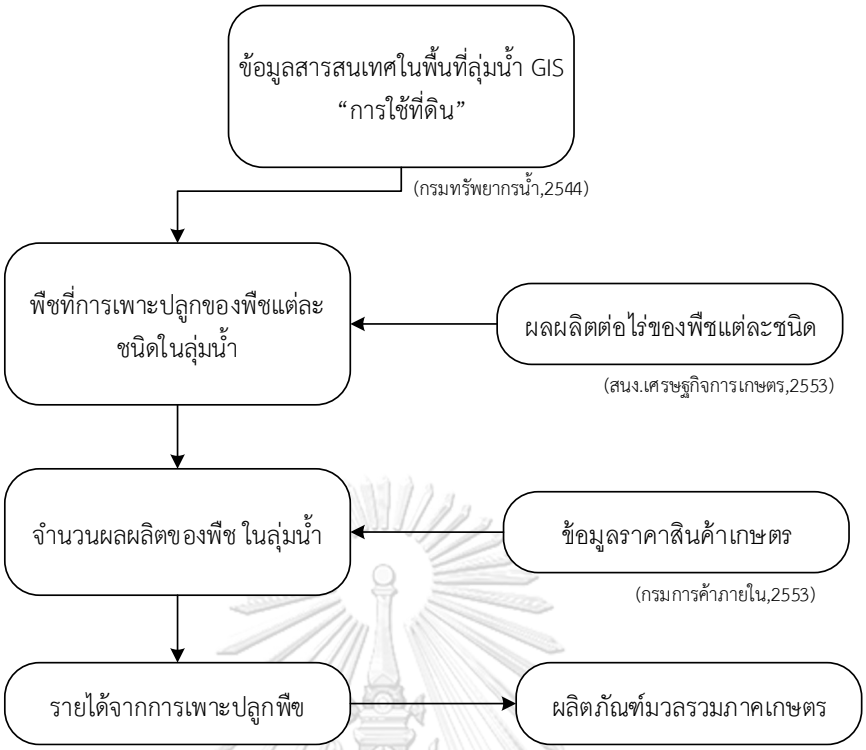
ภาคส่วนเศรษฐกิจ	ความต้องการใช้น้ำ ล้าน ลบ.ม.ต่อปี
ภาคส่วนเกษตร	**13,849.51**
- เพาะปลูก	13,820.00
- ปศุสัตว์	29.63
ภาคส่วนอุตสาหกรรม	**2,362.92**
ภาคส่วนบริการ	**114.52**
- ส่วนภายในครัวเรือน	106.46
- ส่วนการท่องเที่ยว	1.72
- ส่วนสถานพยาบาล	1.51
- ส่วนสถานศึกษา	4.82

4.2 การหาผลิตภัณฑ์มวลรวมของลุ่มน้ำแม่กลอง

ในลุ่มน้ำแม่กลองนั้นประกอบไปด้วย 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดราชบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดตาก และจังหวัดอุทัยธานี โดยในแต่ละจังหวัดมีสัดส่วนพื้นที่ที่อยู่ในลุ่มน้ำแม่กลองแตกต่างกันออกไป จึงไม่สามารถนำผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัด (Gross Province product, GPP) มาใช้เป็นตัวแทนผลิตภัณฑ์มวลรวมของลุ่มน้ำแม่กลองได้ การศึกษานี้ได้นำตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Table, I/O Table) ประเทศไทยปีพ.ศ. 2553 จากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติซึ่งเป็นปีล่าสุดที่มีการเผยแพร่ นำมาพิจารณาหาผลิตภัณฑ์มวลรวมจากภาคส่วนเศรษฐกิจหลัก 3 ส่วนคือ ภาคส่วนเกษตร ภาคส่วนอุตสาหกรรม และภาคบริการของพื้นที่ในลุ่มน้ำแม่กลอง

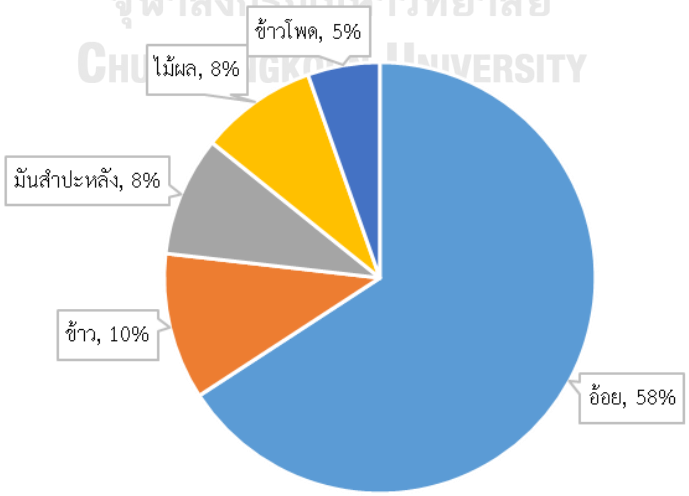
4.2.1 ผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคเกษตรกรรม

ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองกิจกรรมทางเศรษฐกิจภาคส่วนเกษตรนั้นประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ การเพาะปลูก และการปศุสัตว์ การหารายได้ของภาคเกษตรส่วนการเพาะปลูกของลุ่มน้ำนั้นจะใช้ข้อมูลสารสนเทศเชิงพื้นที่ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อหาพื้นที่การเพาะปลูกพืชชนิดต่างๆในพื้นที่ลุ่มน้ำ จากนั้นจึงใช้ข้อมูลผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิด (yield of product) ในจังหวัดต่างๆจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรปีพ.ศ.2553 และข้อมูลราคาสินค้าเกษตรต่างๆจากกรมการค้าภายในปีพ.ศ.2553 เพื่อคำนวณหารายได้จากภาคเกษตรของลุ่มน้ำแม่กลอง โดยการพิจารณาผลิตภัณฑ์มวลรวมจากภาคเกษตรมีขั้นตอนในการคำนวณดังรูปที่ 4.10 สำหรับการเพาะปลูกพืช



รูปที่ 4.10 ขั้นตอนกาพิจารณาหารผลิตภัณฑ์มวลรวมจากการเพาะปลูกพืช

ผลการพิจารณารายได้จากภาคเกษตรส่วนการเพาะปลูกพืชพบว่าในลุ่มน้ำแม่กลองมีการเพาะปลูกอ้อยมากที่สุด จึงทำให้รายได้จากการเพาะปลูกอ้อยในพื้นที่นี้มีค่ามากที่สุดคิดเป็น 58% ของการเพาะปลูกพืชทั้งหมดในลุ่มน้ำรองมาเป็นข้าว มันสำปะหลัง ไม้ผล และข้าวโพดตามลำดับ รายได้รวมจากการเพาะปลูกพืชในลุ่มน้ำแม่กลองเท่ากับ 77.21 พันล้านบาทในปีพ.ศ.2553



รูปที่ 4.11 สัดส่วนของรายได้จากการเพาะปลูกพืชลุ่มน้ำแม่กลอง

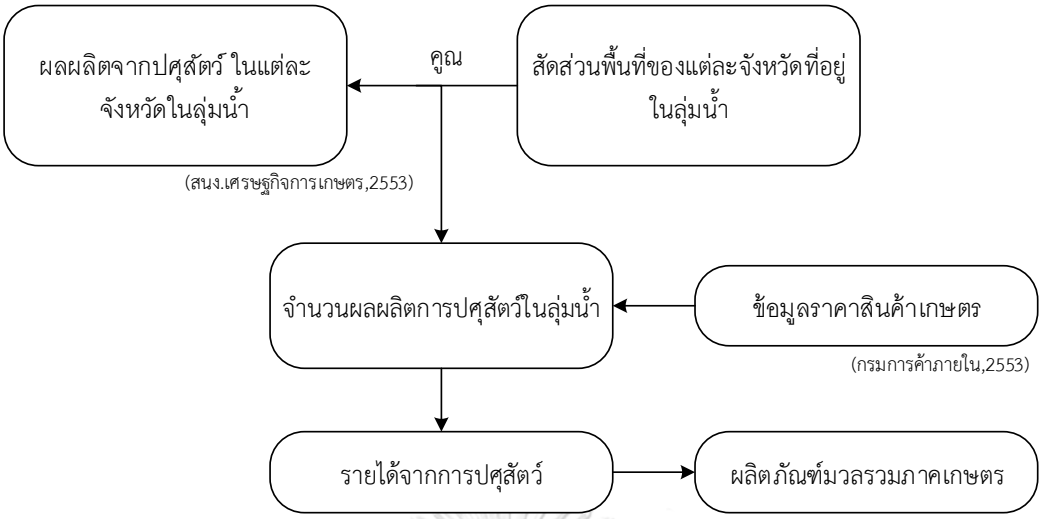
ตารางที่ 4.17 สรุปรายได้ที่ได้จากการเกษตรส่วนการเพาะปลูกพืช

พืช	พื้นที่การเพาะปลูก (ไร่) (1)	ผลผลิต (ตัน) (2)	ราคาต่อหน่วย (บาท/ตัน) (3)	รายได้ (บาท) (4) = (2) x(3)
อ้อย	4,340,434.35	47,307,748.05	947.06	44,803,275,865.08
ข้าว	1,314,906.23	873,714.11	8,400.17	7,492,130,820.42
มันสำปะหลัง	877,911.32	2,626,205.87	2.33	6,119,059,672.26
ไม้ผล	343,569.57	674,585.65	8,869.51	5,983,245,988.73
ข้าวโพด	675,841.64	462,676.37	7.97	3,687,530,657.62
มะพร้าว	198,412.37	4,478,167.29	648.83	2,905,569,284.48
พืชผัก	249,454.15	308,094.04	6,661.94	2,052,504,464.69
กล้วยไม้	5,288.41	12,253.07	2.72	1,666,418,062.73
ยูคาลิปตัส	173,115.15	-	8,000.00	1,384,921,190.27
ยางพารา	62,969.79	10,685.30	102.70	1,097,380,713.98
ปาล์มน้ำมัน	2,998.78	4,863.01	4.45	21,475,318.71
			รวม (บาท)	**77,213,512,038.95**

ที่มา : (1) กรมพัฒนาที่ดิน, (2) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553, (3) กรมการค้าภายใน, 2553
หมายเหตุ : ไม้ผล และพืชผัก ค่าผลผลิต และค่าราคาต่อหน่วยเป็นค่าเฉลี่ย

จากตารางที่ 4.17 จะพบว่ายูคาลิปตัสจะไม่มีผลผลิตต่อไร่ เนื่องจากเป็นพืชที่มีการเก็บเกี่ยวเพื่อใช้ประโยชน์ด้านต่างๆอย่างหลากหลายเช่น เมื่อปลูกไปแล้ว 1 ปี ตัดออก 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำฟืนขนาดเล็ก ปีที่ 3-4 ตัดออกอีก 50 เปอร์เซ็นต์ของที่เหลือเพื่อทำฟืนและถ่าน ที่เหลือตัดในปีที่ 5 เพื่อผลิตเยื่อกระดาษ ชิ้นไม้สับ เสาขนาดเล็ก และไม้แปรรูปขนาดเล็ก (สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, 2556) จึงมีการประเมินจากกรมป่าไม้ที่เกษตรกรสามารถมีรายได้จากการปลูกยูคาลิปตัสโดยปลูกห่าง 2 x 2 เมตร อยู่ที่ 8,000 บาท/ไร่/ปี (กรมป่าไม้, 2556)

การพิจารณารายได้ในภาคเกษตรส่วนการปศุสัตว์นั้น จะมีความแตกต่างจากส่วนของการเพาะปลูกพืช เนื่องจากไม่มีข้อมูลสารสนเทศของการปศุสัตว์ ซึ่งไม่เหมือนกับส่วนการเพาะปลูกที่มีข้อมูลการใช้ที่ดิน ในการศึกษานี้จึงนำข้อมูลผลผลิตที่ได้การปศุสัตว์รายจังหวัดที่อยู่ในลุ่มน้ำแม่กลองจากสำนักเศรษฐกิจการเกษตรปีพ.ศ.2553 คูณกับสัดส่วนพื้นที่ของจังหวัดที่อยู่ในลุ่มน้ำแม่กลองจึงเป็นผลผลิตการปศุสัตว์ที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยขั้นตอนการพิจารณาแสดงไว้ดังรูปที่ 4.12



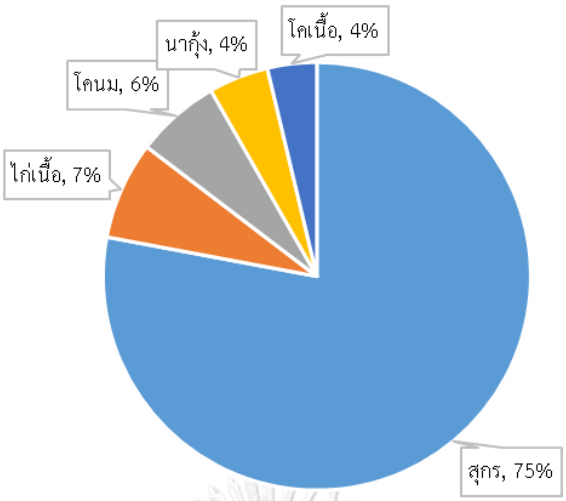
รูปที่ 4.12 ขั้นตอนกาพิจารณาหาผลิตภัณฑ์มวลรวมจากการปศุสัตว์

โดยผลจากการพิจารณาพบว่าในลุ่มน้ำแม่กลองการปศุสัตว์ที่สร้างรายได้ให้ลุ่มน้ำมากที่สุดคือสุกรเท่ากับ 20.1 หมื่นล้านบาทต่อปี หรือคิดเป็น 75% ของรายได้จากการปศุสัตว์ทั้งหมดในลุ่มน้ำ รองลงมาเป็น ไก่เนื้อ โคนม นากุ้ง และโคเนื้อ ตามลำดับ รายได้รวมจากการปศุสัตว์ในลุ่มน้ำแม่กลองเท่ากับ 26.65 พันล้านบาทในปีพ.ศ.2553 ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.18 สรุปรายได้ที่ได้จากการเกษตรส่วนการปศุสัตว์

ปศุสัตว์	จำนวนปศุสัตว์ (ตัว) (1)	ผลผลิต x สัดส่วนพื้นที่ (2)	หน่วย	รายได้ (บาท) (3)
สุกร	1,204,107.36	1,488,924.00	ตัว	20,100,473,972.45
ไก่เนื้อ	3,593,800.22	23,857,425.93	ตัว	1,908,594,074.28
โคนม	64,561.43	97,167.47	ตัน	1,651,199,118.76
นากุ้ง	7,731.64	6,619.58	ตัน	1,166,987,059.63
โคเนื้อ	408,636.71	73,950.29	ตัว	961,205,878.55
ไก่ไข่	684,775.25	152,114.09	1,000ฟอง	410,708,030.39
ไก่พื้นเมือง	1,204,913.56	1,336,114.86	ตัว	151,194,757.22
เป็ดไข่	301,477.04	56,472.57	1,000ฟอง	144,005,047.77
เป็ดเนื้อ	320,509.70	655,878.64	ตัว	137,734,515.36
กระบือ	11,942.83	1,692.78	ตัว	19,280,783.96
			รวม (บาท)	**26,651,383,238.38**

ที่มา : (1) กรมพัฒนาที่ดิน, (2) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553, (3) กรมการค้าภายใน, 2553



รูปที่ 4.13 สัดส่วนของรายได้จากการปศุสัตว์ในลุ่มน้ำแม่กลอง

ทั้งนี้รายได้ทั้งส่วนเพาะปลูกพืช และส่วนปศุสัตว์ ที่คำนวณได้นั้นประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ต้นทุน (cost) และมูลค่าเพิ่ม (value added) แต่ผลิตภัณฑ์มวลรวมนั้นหมายถึงมูลค่าเพิ่มเพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงต้องหาต้นทุนของกิจกรรมทางเศรษฐกิจภาคส่วนเกษตรมาหักลบออกจากรายได้ที่คำนวณได้ในข้างต้นออก โดยต้นทุนหลักของการเพาะปลูกพืชได้แก่ ต้นทุนเมล็ดพันธุ์ ต้นทุนปุ๋ย ต้นทุนการใช้เครื่องจักร ต้นทุนยาฆ่าแมลง เป็นต้น ส่วนต้นทุนหลักของการปศุสัตว์ได้แก่ ต้นทุนอาหารสัตว์ ต้นทุนยารักษาโรควัคซีน เป็นต้น การพิจารณาหาต้นทุนภาคเกษตรนั้นจะประยุกต์ใช้สัดส่วนของต้นทุน (Input) และรายได้ (Output) จากตารางปัจจัยผลผลิตและผลผลิตปี พ.ศ. 2553 ซึ่งมีทั้งหมด 180 กิจกรรมทางเศรษฐกิจ โดยในภาคส่วนเกษตรกรรมจะอยู่ในลำดับที่ 1-29 ของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต โดยสัดส่วนรายได้ต่อต้นทุนตามภาคส่วนเกษตรของลุ่มน้ำแม่กลองแสดงดังตารางที่ 4.19 โดยเรียงลำดับตามรหัสกิจกรรมทางเศรษฐกิจของตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต (I/O Table)

จากตารางที่ 4.19 พบว่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของผลผลิตทางการเกษตรในลุ่มน้ำแม่กลองมีค่าเท่ากับ 57.35 พันล้านบาทในปี พ.ศ. 2553 โดยมีอ้อยสร้างผลิตภัณฑ์มวลรวมมากที่สุดถึงร้อยละ 45.32 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคเกษตรกรรมทั้งหมดที่ผลิตได้ในลุ่มน้ำนี้ โดยปลูกกันอย่างหนาแน่นในบริเวณทางตอนกลางของลุ่มน้ำใต้เขื่อนขนาดใหญ่อย่างเขื่อนวชิรลงกรณ และเขื่อนศรีนครินทร์ ในจังหวัดกาญจนบุรี และราชบุรี เป็นจำนวนมาก ส่วนที่รองลงมานั้นเป็นผลิตภัณฑ์มวลรวมจากผลผลิตจากการปศุสัตว์นั่นคือสุกรคิดเป็นร้อยละ 10.86 ซึ่งนิยมเลี้ยงในจังหวัดทางตอนล่างของลุ่มน้ำได้แก่ จังหวัดราชบุรี และจังหวัดนครปฐม ดังรูปที่ 4.14 แสดงถึงผลิตภัณฑ์มวลรวมจากผลผลิตทางการเกษตร 8 อันดับแรกของลุ่มน้ำแม่กลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

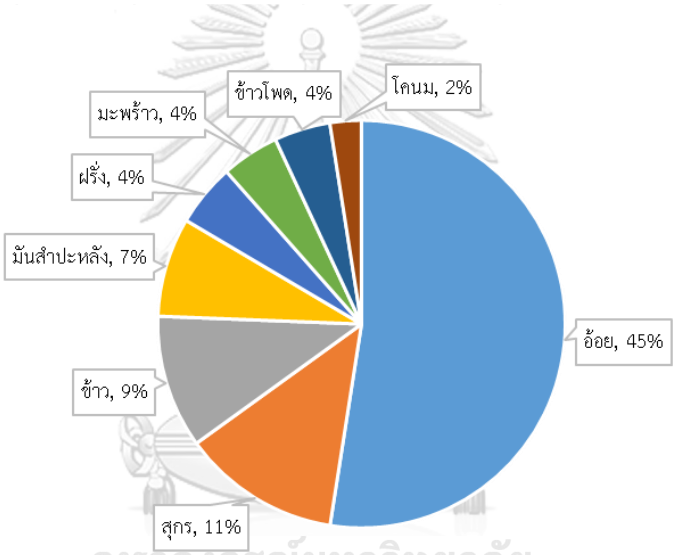
ตารางที่ 4.19 การหาผลิตภัณฑ์มวลรวมของภาคส่วนเกษตร

ภาคส่วนเกษตรกรรม	I/O Table Code	สัดส่วนต้นทุนต่อรายได้ (1)	รายได้ที่คำนวณได้ (2)	ต้นทุน (3) = (1) x (2)	ผลิตภัณฑ์มวลรวม (มูลค่าเพิ่ม) (4) = (2) - (3)
ข้าว	001	0.30	7,492,130,820.42	2,255,429,124.25	5,236,701,696.17
ข้าวโพด	002	0.40	3,687,530,657.62	1,482,775,619.33	2,204,755,038.29
มันสำปะหลัง	004	0.36	6,119,059,672.26	2,215,984,721.38	3,903,074,950.88
ถั่วลิสง	006	0.47	7,772,989.27	3,652,074.16	4,120,915.10
ถั่วเหลือง	006	0.47	5,982,428.62	2,810,794.18	3,171,634.44
ถั่วเขียว	006	0.47	148,291.64	69,673.59	78,618.05
มะนาว	007	0.36	1,794,845,984.73	643,709,723.09	1,151,136,261.64
กระเทียม	007	0.36	208,165,382.11	74,657,146.97	133,508,235.14
หอมหัวใหญ่	007	0.36	10,643,101.86	3,817,078.57	6,826,023.28
ฝรั่ง	008	0.39	4,064,155,018.88	1,602,276,797.74	2,461,878,221.14
สับปะรด	008	0.39	1,140,839,818.07	449,771,517.56	691,068,300.51
ส้มเขียวหวาน	008	0.39	441,525,609.58	174,069,698.76	267,455,910.82
ลำไย	008	0.39	209,180,060.58	82,468,398.98	126,711,661.60
เงาะ	008	0.39	102,189,625.77	40,287,849.65	61,901,776.13
ลิ้นจี่	008	0.39	17,460,424.81	6,883,702.37	10,576,722.44
ส้ม	008	0.39	7,895,431.03	3,112,741.98	4,782,689.05
อ้อย	009	0.42	44,803,275,865.08	18,812,092,308.36	25,991,183,556.71
มะพร้าว	010	0.22	2,905,569,284.48	630,579,613.28	2,274,989,671.20
ปาล์มน้ำมัน	011	0.46	21,475,318.71	9,981,178.14	11,494,140.57
กาแฟ	015	0.60	24,946,286.46	14,956,294.13	9,989,992.33
ยางพารา	016	0.21	1,097,380,713.98	226,609,328.81	870,771,385.17
กล้วยไม้	017	0.33	1,666,418,062.73	543,593,307.86	1,122,824,754.87
ยูคาลิปตัส	017	0.33	1,384,921,190.27	451,767,721.31	933,153,468.96
โคนม	018	0.25	1,651,199,118.76	417,993,189.45	1,233,205,929.32
โคเนื้อ	018	0.25	961,205,878.55	243,324,688.30	717,881,190.26
กระบือ	018	0.25	19,280,783.96	4,880,838.59	14,399,945.37
สุกร	019	0.69	20,100,473,972.45	13,872,103,534.86	6,228,370,437.59
นากุ้ง	020	0.45	1,166,987,059.63	521,653,754.58	645,333,305.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) การหาผลิตภัณฑ์มวลรวมของภาคส่วนเกษตร

ภาคส่วนเกษตรกรรม	I/O Table Code	สัดส่วนต้นทุนต่อรายได้ (1)	รายได้ที่คำนวณได้ (2)	ต้นทุน (3) = (1) x (2)	ผลิตภัณฑ์มวลรวม (มูลค่าเพิ่ม) (4) = (2) - (3)
ไก่เนื้อ	021	0.60	1,908,594,074.28	1,154,114,499.92	754,479,574.36
ไก่พื้นเมือง	021	0.60	151,194,757.22	91,426,492.40	59,768,264.82
เป็ดเนื้อ	021	0.60	137,734,515.36	83,287,171.15	54,447,344.21
ไก่ไข่	022	0.71	410,708,030.39	292,241,800.03	118,466,230.35
เป็ดไข่	022	0.71	144,005,047.77	102,467,668.66	41,537,379.11
				รวม (บาท)	**57,350,045,224.93**



รูปที่ 4.14 สัดส่วนของผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคส่วนเกษตรกรรมในลุ่มน้ำแม่กลอง 8 อันดับแรก

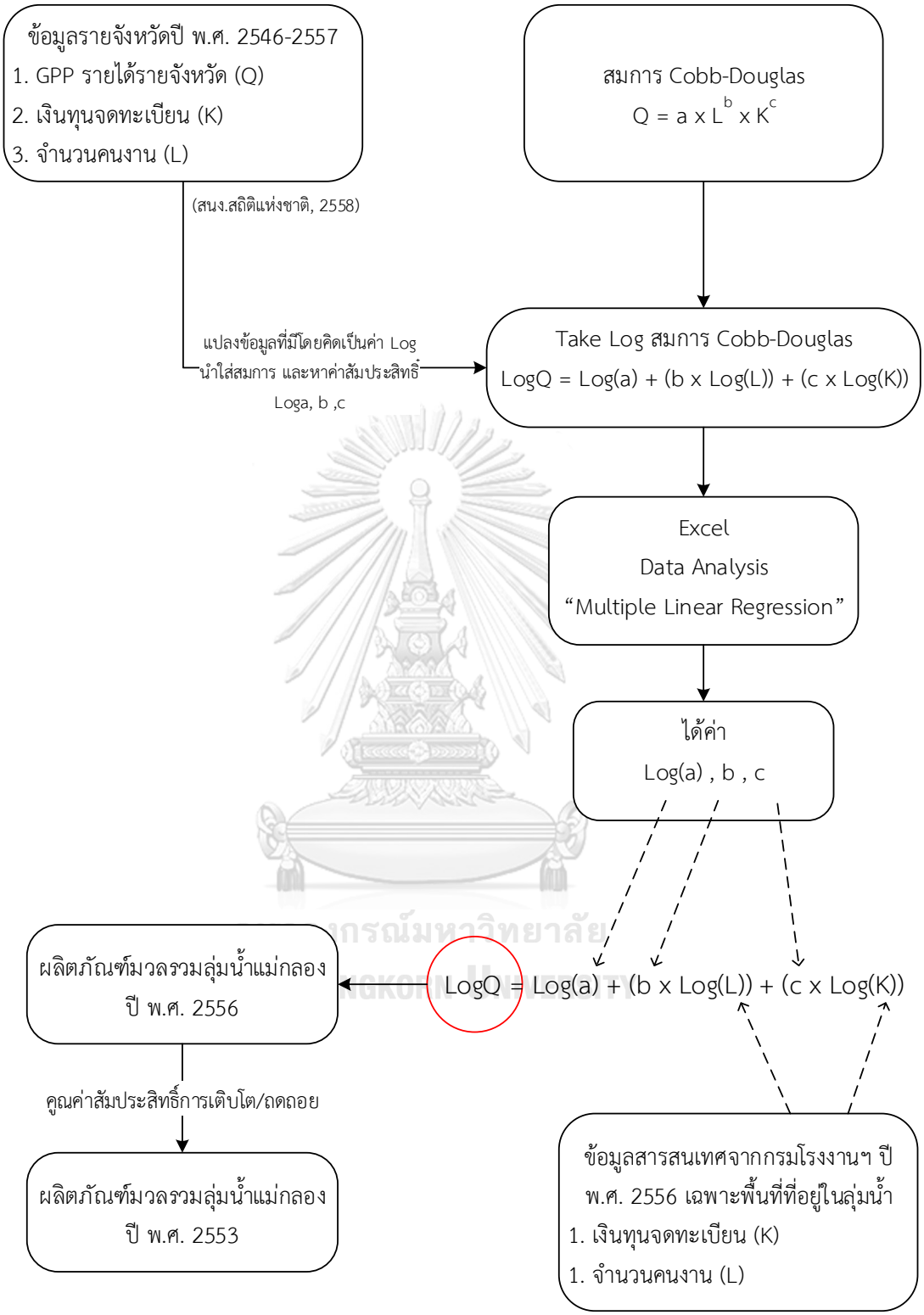
จากการศึกษาข้อมูลพบว่ากิจกรรมทางเศรษฐกิจภาคเกษตรในลุ่มน้ำแม่กลองนั้น ส่วนใหญ่จะรวมตัวกันอยู่ทางตอนกลางถึงตอนล่างของลุ่มน้ำเนื่องจากมีโครงการชลประทานขนาดใหญ่อยู่ ส่วนทางตอนบนของลุ่มน้ำนั้นเป็นพื้นที่ป่าเป็นส่วนใหญ่ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเขตภูเขาสูงและมีความลาดชัน ดินจึงมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำไม่เหมาะในการเพาะปลูก หรือมีสภาพเป็นดินทราย หรือดินที่เกิดจากการสลายตัวของหินที่เป็นกรด รวมถึงไม่มีการพัฒนาโครงการชลประทาน จึงทำให้พื้นที่ส่วนบนของลุ่มน้ำแม่กลองส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมกับการเพาะปลูก

4.2.2 ผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคอุตสาหกรรม

กิจกรรมทางเศรษฐกิจภาคส่วนอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำแม่กลองนั้น สามารถพิจารณาได้จากข้อมูลสารสนเทศเชิงพื้นที่ จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อระบุที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรม และข้อมูลที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากกรมโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีเพียงข้อมูลชุดในปี พ.ศ. 2556 เท่านั้น เนื่องจากในประเทศไทยมีการสำรวจข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับโรงงานอุตสาหกรรมครั้งแรกใน พ.ศ. 2556 ซึ่งช่วงเวลาของข้อมูลไม่สอดคล้องกับช่วงเวลาของตารางปัจจัยผลผลิตและผลผลิต ที่เผยแพร่โดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติในปี พ.ศ. 2553 รวมถึงข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัด (GPP) นั้นไม่สามารถเป็นตัวแทนของแต่ละจังหวัดในลุ่มน้ำได้ เนื่องจากพื้นที่ที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมของแต่ละจังหวัดนั้นไม่ได้อยู่ในลุ่มน้ำแม่กลองทั้งหมด ดังนั้นจึงต้องใช้ทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ Cobb-Douglas Production Function ช่วยในการหาความสัมพันธ์ หรือที่เรียกว่า “ฟังก์ชัน” ในแต่ละจังหวัด ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัด (GPP) จำนวนเงินทุน และแรงงาน

ทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ Cobb–Douglas เป็นแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ที่นิยมใช้เพื่อหาผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคอุตสาหกรรมของพื้นที่ๆสนใจได้ ซึ่งมีตัวแปรที่สำคัญคือ ค่าสัมประสิทธิ์ค่าคงที่ 3 ค่าคือ ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งเป็นค่าคงที่ของ Cobb–Douglas (a) ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อแรงงาน (b) และค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อทุน (c) ในการศึกษาจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องหาค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 3 ค่าเพื่อหาค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในลุ่มน้ำแม่กลอง มีขั้นตอนการพิจารณาโดยสังเขปดังรูปที่ 4.15 โดยมีขั้นตอน 5 ขั้นตอนที่สำคัญตามที่อธิบายไว้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.15 ขั้นตอนการพิจารณารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำแม่กลองโดยใช้วิธีทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ Cobb-Douglas

1. รวบรวมข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัด (GPP) ภาคส่วนอุตสาหกรรม จำนวนเงินลงทุนและแรงงานในปี พ.ศ. 2546 – 2557 รายจังหวัดที่อยู่ในลุ่มน้ำแม่กลอง 8 จังหวัด จากสำนักสถิติแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 ตัวอย่างจังหวัดกาญจนบุรีดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัดภาคส่วนอุตสาหกรรม เงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงาน ของจังหวัดกาญจนบุรี ในปีพ.ศ. 2546 - 2557

กาญจนบุรี	จำนวนโรงงาน (แห่ง)	ผลิตภัณฑ์มวลรวมเหมือง+โรงงาน (ล้านบาท) Q	เงินทุนจดทะเบียน (ล้านบาท) K	จำนวนคนงาน (คน) L
2546	1,453.00	14,226.95	35,003.76	29,073.00
2547	1,356.00	13,866.86	35,916.16	27,107.00
2548	1,485.00	14,883.75	37,925.42	29,027.00
2549	1,450.00	17,841.32	36,555.94	28,364.00
2550	1,449.00	19,599.26	35,795.32	28,421.00
2551	1,464.00	18,804.97	35,649.74	29,338.00
2552	1,486.00	21,170.58	54,954.11	34,001.00
2553	1,522.00	19,079.99	48,349.09	32,355.00
2554	1,515.00	24,721.08	50,494.55	32,669.00
2555	1,567.00	24,938.06	54,138.80	33,155.00
2556	1,655.00	23,231.43	59,941.83	34,257.00
2557	1,748.00	24,997.03	66,988.86	36,048.00

2. เปลี่ยนค่าของข้อมูลในข้อที่ 1 เป็นรูปแบบของล็อกการิทึม เพื่อเปลี่ยนสมการ Cobb–Douglas $Q = a \times L^b \times K^c$ เป็นสมการ $LogQ = Log(a) + (b \times Log(L)) + (c \times Log(K))$ เพื่อให้สามารถใช้วิธี Multiple linear regression หาสัมประสิทธิ์คงที่ 3 ค่า คือ ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งเป็นค่าคงที่ของ Cobb–Douglas (a) ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อแรงงาน (b) และค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อทุน (c) โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 3 ต้องมีค่ามากกว่า 0 ดังตารางที่ 4.21 และตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.21 ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัดภาคส่วนอุตสาหกรรม เงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงาน ของจังหวัดกาญจนบุรี ในปีพ.ศ. 2546 – 2557 ในรูปแบบของล็อกการิทึม

กาญจนบุรี	ผลิตภัณฑ์มวลรวม เหมือง+โรงงาน (ล้านบาท) Log (Q)	เงินทุนจดทะเบียน (ล้านบาท) Log (K)	จำนวนคนงาน (คน) Log (L)
2546	4.15	4.54	4.46
2547	4.14	4.56	4.43
2548	4.17	4.58	4.46
2549	4.25	4.56	4.45
2550	4.29	4.55	4.45
2551	4.27	4.55	4.47
2552	4.33	4.74	4.53
2553	4.28	4.68	4.51
2554	4.39	4.70	4.51
2555	4.40	4.73	4.52
2556	4.37	4.78	4.53
2557	4.40	4.83	4.56

ตารางที่ 4.22 ค่าสัมประสิทธิ์ Cobb – Douglas ของจังหวัดกาญจนบุรี

กาญจนบุรี	log (a)	a	b	c
ค่าสัมประสิทธิ์	-1.89	0.013	0.36	1.00

จากผลของการหาค่าสัมประสิทธิ์ของจังหวัดกาญจนบุรี ทำให้สามารถเขียนความสัมพันธ์ของสมการ Cobb – Douglas ได้ดังสมการที่ 4.2 และสมการที่ 4.3 สำหรับสมการรูปแบบล็อกการิทึม

$$Q = 0.013 \times L^{0.36} \times K^{1} \quad (4.2)$$

$$LogQ = -1.89 + (0.36 \times Log(L)) + Log(K) \quad (4.3)$$

3. ทดสอบการใช้สมการ Cobb – Douglas ที่ได้ โดยเปรียบเทียบค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัดจริง และผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัดที่ได้จากการคำนวณจากสมการ Cobb – Douglas ในปีพ.ศ. 2546 – 2557 ตามสมการที่ 4.2 หรือสมการที่ 4.3 โดยใช้ค่า R^2 เป็นตัวแทนในการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.23

4. รวบรวมข้อมูลเงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงานในภาคส่วนอุตสาหกรรม จากข้อมูลสารสนเทศปีพ.ศ. 2556 ในเฉพาะพื้นที่ของจังหวัดที่อยู่ในขอบเขตของลุ่มน้ำแม่กลอง และแทนค่าในสมการที่ 4.2 หรือ สมการที่ 4.3 ตามค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละจังหวัด ยกตัวอย่างจังหวัดกาญจนบุรีในพื้นที่ในลุ่มน้ำแม่กลอง มีจำนวนเงินทุนจดทะเบียน (K) เท่ากับ 6,577.30 ล้านบาท และจำนวนคนงาน (L) เท่ากับ 10,377 คน เมื่อแทนในสมการที่ 4.2 หรือ สมการที่ 4.3 จะได้ว่าจังหวัดกาญจนบุรีในพื้นที่ที่อยู่ในลุ่มน้ำแม่กลองมีผลิตภัณฑ์มวลรวมเท่ากับ 3,166.42 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2556 โดยจังหวัดที่มีข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 5 จังหวัด แสดงผลการพิจารณาไว้ดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 สรุปผลการพิจารณารายได้ประชาชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองปี พ.ศ. 2556

	loga	b	c	R2	เงินทุนจดทะเบียน (ล้านบาท) K	จำนวนคนงาน (คน) L	ผลิตภัณฑ์มวลรวมในพื้นที่ลุ่มน้ำ (ล้านบาท) Q
กาญจนบุรี	-1.89	0.36	1.00	0.7272	6,577.30	10,377.00	3,166.42
ราชบุรี	2.02	0.06	0.48	0.7434	66,634.85	57,447.00	36,605.61
นครปฐม	-4.77	0.89	1.00	0.8967	6,181.43	8,186.00	325.19
สมุทรสงคราม	4.08	0.71	0.80	0.5646	1,824.27	2,447.00	4,954.72
สมุทรสาคร	-1.23	0.66	0.55	0.9405	7,510.70	11,614.00	3,616.18
						รวม (ล้านบาท)	48,668.13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

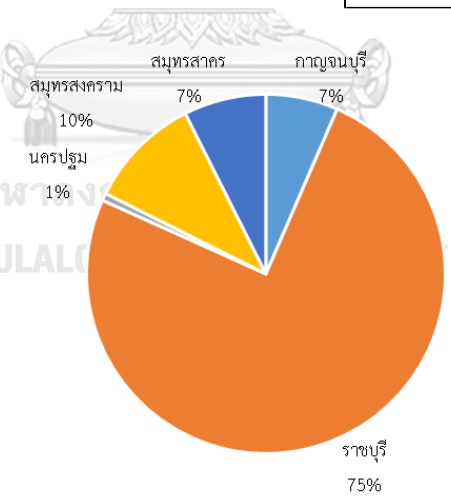
5. พิจารณาสัมประสิทธิ์การเติบโตหรือถดถอย ของและผลิตภัณฑ์มวลรวมของภาคตะวันตกระหว่างปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2553 โดยอ้างอิงข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ พบว่าในภาคอุตสาหกรรมในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2556 มีการเติบโต 6.34% การคำนวณและผลิตภัณฑ์มวลรวมของลุ่มน้ำแม่กลองภาคส่วนอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2553 ดังแสดงในตารางที่ 4.24

จากตารางที่ 4.23 พบว่าในจังหวัดสมุทรสงครามมีค่า R^2 เพียง 0.56 ซึ่งเป็นผลจากลักษณะของประเภทของอุตสาหกรรมการประมงที่มีจำนวนคนงาน เงินทุนจดทะเบียน และผลิตภัณฑ์มวลรวมไม่สอดคล้องกัน กล่าวคือมีจำนวนคนงานมาก แต่ผลิตภัณฑ์มวลรวม และจำนวนเงินทุนจดทะเบียนมีค่าน้อย จึงทำให้ความสัมพันธ์ Cobb – Douglas ไม่สามารถประเมินผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดสมุทรสงครามได้อย่างถูกต้อง

จากตารางที่ 4..24 พบว่าในลุ่มน้ำแม่กลองมีผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคส่วนอุตสาหกรรมรวมเท่ากับ 45,582.30 ล้านบาท จังหวัดราชบุรีมีผลิตภัณฑ์มวลรวมในภาคส่วนอุตสาหกรรมมากที่สุด 34,284.61 ล้านบาทคิดเป็นร้อยละ 75 ทั้งหมดของลุ่มน้ำ รองมาเป็น จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดนครปฐมตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 4.16 ซึ่งในลุ่มน้ำแม่กลองมีโรงงานอุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดินสำหรับใช้ในการก่อสร้างมากที่สุด รองลงมาจะเป็นโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับ ยานที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์, ผลิตภัณฑ์โลหะ, กิจการเกี่ยวกับกระดาษ, กิจการเกี่ยวกับเมล็ดพืช ผัก ผลไม้ เป็นต้น

ตารางที่ 4.24 การปรับผลิตภัณฑ์มวลรวมในลุ่มน้ำแม่กลองจากปี พ.ศ. 2556 เป็น พ.ศ. 2553

จังหวัด	ผลิตภัณฑ์มวลรวม ปี พ.ศ. 2556 (ล้านบาท) Q	ผลิตภัณฑ์มวลรวม ปี พ.ศ. 2553 (ล้านบาท) Q
กาญจนบุรี	3,166.42	2,965.65
ราชบุรี	36,605.61	34,284.61
นครปฐม	325.19	304.57
สมุทรสงคราม	4,954.72	4,640.57
สมุทรสาคร	3,616.18	3,386.90
	รวม (ล้านบาท)	45,582.30



รูปที่ 4.16 สัดส่วนผลิตภัณฑ์มวลรวมจากภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

4.2.3 ผลิตภัณฑ์มวลภาคบริการของลุ่มน้ำแม่กลอง

การพิจารณาผลิตภัณฑ์มวลของลุ่มน้ำภาคส่วนบริการนั้น มีความซับซ้อนอย่างมากเนื่องจากภาคส่วนบริการนั้นมีการจำแนกไว้หลากหลายหมวดหมู่ ซึ่งข้อมูลบางหมวดหมู่ในประเทศไทยไม่ได้จัดเก็บให้สมบูรณ์ โดยหมวดหมู่ที่อยู่ในภาคส่วนบริการจำแนกตามสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติมีทั้งหมด 12 หมวดหมู่ดังนี้

1. การไฟฟ้า แก๊ส และการประปา
2. การก่อสร้าง
3. การขายส่ง ขายปลีก การซ่อมแซมยานยนต์ จักรยานต์ ของใช้ส่วนบุคคล และของใช้ครัวเรือน
4. โรงแรม และภัตตาคาร
5. การขนส่ง สถานที่เก็บสินค้า และการคมนาคม
6. ตัวกลางทางการเงิน
7. บริการด้านอสังหาริมทรัพย์ การใช้เช่า และบริการทางธุรกิจ
8. การบริหารรายการ และการป้องกันประเทศ รวมทั้งการประกัน สังคมภาคบังคับ
9. การศึกษา
10. การบริการด้านสุขภาพ และสังคม
11. การให้บริการด้านชุมชน สังคม และบริการส่วนบุคคลอื่นๆ
12. ลูกจ้างในครัวเรือนส่วนบุคคล

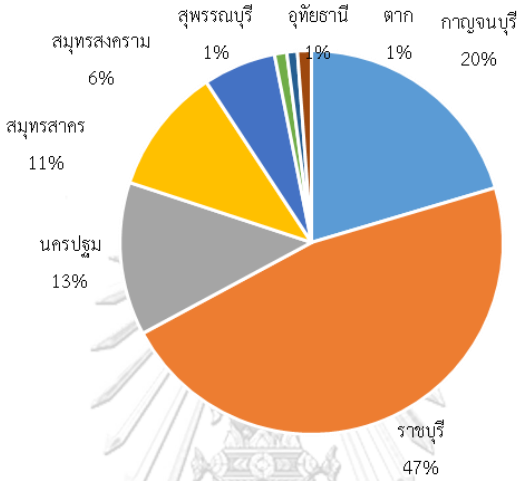
ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้การพิจารณาผลิตภัณฑ์มวลรวมในลุ่มน้ำแม่กลองภาคส่วนบริการเป็นค่าประมาณเท่านั้น โดยการศึกษานี้จะประยุกต์ใช้สัดส่วนของจำนวนประชากรรายจังหวัดที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองเป็นตัวแทนการหาผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคส่วนบริการดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 การพิจารณาผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคส่วนบริการในลำแม่กลอง

จังหวัด	ประชากรทั้งจังหวัด (คน) (1)	ประชากรที่อยู่ในลุ่มน้ำ (คน) (2)	สัดส่วนประชากร (3)=(2)/(1)	GPP จังหวัด (ล้านบาท) (4)	GPP ลุ่มน้ำ (ล้านบาท) (5)=(3) x (4)
กาญจนบุรี	839,776.00	703,649.00	0.84	33,959.94	28,455.06
ราชบุรี	839,075.00	788,887.00	0.94	69,361.10	65,212.37
นครปฐม	860,246.00	221,879.00	0.26	69,853.86	18,017.06
สมุทรสาคร	491,887.00	101,389.00	0.21	72,269.44	14,896.36
สมุทรสงคราม	194,057.00	178,098.00	0.92	9,346.92	8,578.24
สุพรรณบุรี	845,850.00	42,139.00	0.05	29,029.16	1,446.19
อุทัยธานี	327,959.00	42,974.00	0.13	9,474.91	1,241.54
ตาก	525,684.00	49,480.00	0.09	17,570.71	1,653.84
				รวม (ล้านบาท)	**139,500.67**

Chulalongkorn University

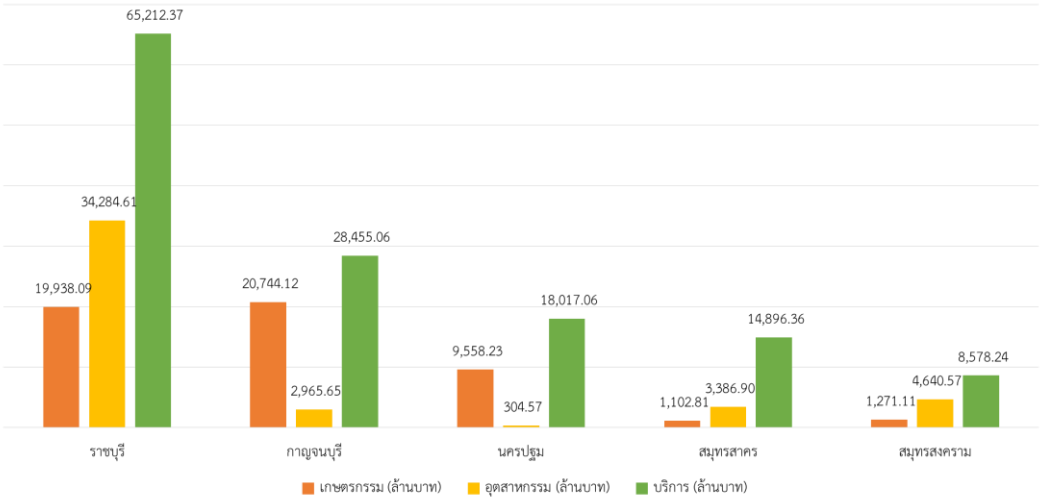
จากตารางที่ 4.25 พบว่าหากจังหวัดใดมีสัดส่วนของประชากรที่อาศัยอยู่ในลุ่มน้ำแม่กลองมากก็ทำให้จังหวัดนั้นมีผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคบริการมากตามไปด้วย ในที่นี้จังหวัดราชบุรีมีสัดส่วนของประชากรในลุ่มน้ำมากที่สุดร้อยละ 94 จึงทำให้มีผลิตภัณฑ์มวลรวมของพื้นที่ที่อยู่ในลุ่มน้ำแม่กลองมากที่สุด 65,212.37 ล้านบาท ในปีพ.ศ. 2553 คิดเป็นร้อยละ 47 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคบริการทั้งหมดในลุ่มน้ำแม่กลองรองมาเป็นจังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทราสาคร และจังหวัดสมุทรสงครามตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 สัดส่วนผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคส่วนบริการของแต่ละจังหวัดในลุ่มน้ำแม่กลอง

จากการพิจารณารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำแม่กลองทั้งภาคส่วนเกษตรกรรม ภาคส่วนอุตสาหกรรม และภาคส่วนบริการ โดยผลิตภัณฑ์มวลรวมรวมในลุ่มน้ำแม่กลองเท่ากับ 242,433.02 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2553 โดยรายได้ส่วนใหญ่อยู่ที่ภาคส่วนบริการรองมาเป็นภาคเกษตรกรรม และภาคอุตสาหกรรมตามลำดับ จากรูปที่ 4.18 แสดงให้เห็นถึงผลิตภัณฑ์มวลรวมสูงสุด 5 จัดหวัดโดยแยกเป็นแต่ละภาคส่วน

Chulalongkorn University



รูปที่ 4.18 ผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัดสูงสุด 5 จังหวัด ในทุกภาคส่วนเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง

ตารางที่ 4.26 ผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัดในทุกภาคส่วนเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง

จังหวัด	ผลิตภัณฑ์มวลรวมลุ่มน้ำแม่กลอง			รวม (ล้านบาท)
	เกษตรกรรม (ล้านบาท)	อุตสาหกรรม (ล้านบาท)	บริการ (ล้านบาท)	
กาญจนบุรี	20,744.12	2,965.65	28,455.06	52,164.84
ราชบุรี	19,938.09	34,284.61	65,212.37	119,435.08
นครปฐม	9,558.23	304.57	18,017.06	27,879.86
สมุทรสงคราม	1,271.11	4,640.57	8,578.24	14,489.91
สมุทรสาคร	1,102.81	3,386.90	14,896.36	19,386.07
สุพรรณบุรี	2,640.59	-	1,446.19	4,086.78
อุทัยธานี	186.44	-	1,241.54	1,427.98
ตาก	1,908.65	-	1,653.84	3,562.50
รวม (ล้านบาท)	**57,350.05**	**45,582.30**	**139,500.67**	**242,433.02**

4.3 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) ของลุ่มน้ำแม่กลอง

ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต คือตารางที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตและการใช้ผลผลิต ทั้งที่ใช้ไปในขั้นสุดท้าย และที่ใช้ไปเพื่อการอุปโภคขั้นกลาง ซึ่งเป็นการแสดงความเชื่อมโยงระหว่างภาคส่วนทางเศรษฐกิจต่างๆ ในระบบเศรษฐกิจทั้งหมดเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบและมีความสอดคล้องกัน (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2553) การศึกษานี้ได้อ้างอิงตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตจำนวน 180 หมวดหมู่จากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยเลือกใช้ปีข้อมูลที่เผยแพร่ล่าสุด พ.ศ. 2553 แต่ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตที่นำมาใช้นี้ยังไม่สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนของลุ่มน้ำแม่กลองได้ เนื่องจากเป็นตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตที่นำมาพิจารณานั้นเป็นตารางในระดับประเทศ จึงจะต้องย่อส่วนตารางระดับประเทศให้เป็นตารางสำหรับลุ่มน้ำโดยใช้วิธี Row And Sum (RAS Method) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. แบ่งประเภทของหมวดหมู่ในตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตในระดับประเทศซึ่งได้มาจากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ของปีพ.ศ. 2553 โดยแบ่งออกเป็น 3 ภาคส่วน ได้แก่ภาคส่วนเกษตรกรรม (Agricultural, A) หมวดหมู่ที่ 1-29 ภาคส่วนอุตสาหกรรม (Manufacturing, M) หมวดหมู่ที่ 30-134 ภาคส่วนบริการ (Service, S) หมวดหมู่ที่ 135-180 ดังตารางที่ 4.27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.27 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตโดยแยกเป็นแต่ละภาคส่วนตามกิจกรรมเศรษฐกิจ

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A	167,540	1,195,668	167,635	1,530,842	256,517	1,787,359	1,112,077
M	445,126	8,581,620	2,888,249	11,914,994	2,400,013	14,315,008	3,585,873
S	62,617	951,848	1,999,466	3,013,930	8,398,396	11,412,327	6,356,977
SUMIT	675,282	10,729,135	5,055,349				
SUM VA	1,112,077	3,585,873	6,356,977		ล้านบาท		
SUM Tinput	1,787,359	14,315,008	11,412,327				

2. คำนวณหาอัตราส่วน 3 ค่า a, b และ c ด้วยความสัมพันธ์แบบเส้นตรง เพื่อนำไปใช้ย่อส่วนตารางปัจจัยการผลิตระดับประเทศเป็นระดับลุ่มน้ำ โดยมีละเอียดดังนี้
   - ตัวแปร a คือค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมกำไร (Value Added, VA) หรือรายได้ประชาชาติ (GDP) และผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาก (Total Output, TO)
   - ตัวแปร b คือค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมมูลค่าผลผลิตขั้นกลาง (Intermediate Transection, IT) และผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาก (Total Output, TO)
   - ตัวแปร c คือค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมการบริโภคขั้นสุดท้าย (Final Demand, FD) และผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาก (Total Output, TO)

ตารางที่ 4.28 ค่าอัตราส่วน a, b และ c สำหรับการย่อส่วนของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต

	a = GDP/TO	b = IT/TO	C = FD/TO
A	0.622	0.856	0.144
M	0.250	0.832	0.168
S	0.557	0.264	0.736

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. แทนค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในภาคส่วนเกษตรกรรม ภาคส่วนอุตสาหกรรม และภาคส่วนบริการในลุ่มน้ำแม่กลองที่ได้จากการพิจารณาไว้ในหัวข้อที่แล้ว (ตารางที่ 4.26) แทนใน GDP และ VA (Value Added) ของตารางที่ 4.27 จากนั้นจึงใช้อัตราส่วน a, b และ c หาค่าผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาก (Total Output, TO), ผลรวมมูลค่าผลผลิตขั้นกลาง (Intermediate Transection, IT) และผลรวมการบริโภคขั้นสุดท้าย (Final Demand, FD) ดังตารางที่ 4.29
4. หาค่าผลรวมมูลค่าผลผลิตขั้นกลาง (Intermediate Transection, IT) ในแนวนอน ในตารางที่ 4.29 จากทฤษฎีของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตกล่าวไว้ว่าผลรวมมูลค่าผลผลิตขั้นกลางในแนวนอนหาได้จาก (1-a) x ผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่นำเข้า (Total Input, TI)

5. เมื่อสามารถหาค่าต่างๆดังตารางที่ 4.30 ได้แล้ว จะต้องทำการหามูลค่าผลผลิตขั้นกลางของแต่ละภาคส่วน ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของลุ่มน้ำแม่กลองจึงจะสมบูรณ์ โดยการพิจารณามูลค่าผลผลิตขั้นกลางของแต่ละภาคส่วนนั้นจะประยุกต์ใช้ Ras Method ซึ่งหลักการนี้จะใช้เมตริกซ์แก้สมการ โดยให้ผลรวมในเมตริกซ์แต่ละประเภทมีค่าเท่ากับผลรวมของมูลค่าผลผลิตขั้นกลาง (SUM IT) ในแนวตั้งและแนวนอน โดยตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของลุ่มน้ำแม่กลองแสดงดังตารางที่ 4.31 วิธีคำนวณด้วยวิธี RAS Method อย่างละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ง การย่อส่วนตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต ด้วยวิธีการ RAS (Row And Sum Method)

ตารางที่ 4.29 ขั้นตอนการทำตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิตในขั้นตอนที่ 3

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A	มูลค่าผลผลิตขั้นกลางของแต่ละภาคส่วน			78,613.91	13,173.04	91,786.94	57,108.91
M				151,459.06	30,508.09	181,967.15	45,582.30
S				51,927.01	198,510.75	250,437.76	139,500.67
SUM IT							
SUM VA	57,108.91	45,582.30	139,500.67				
SUM TI	91,786.94	181,967.15	250,437.76				

ล้านบาท

ตารางที่ 4.30 ขั้นตอนการทำตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิตในขั้นตอนที่ 4

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A	มูลค่าผลผลิตขั้นกลางของแต่ละภาคส่วน			78,613.91	13,173.04	91,786.94	57,108.91
M				151,459.06	30,508.09	181,967.15	45,582.30
S				51,927.01	198,510.75	250,437.76	139,500.67
SUM IT	34,678.03	136,384.85	110,937.09				
SUM VA	57,108.91	45,582.30	139,500.67				
SUM TI	91,786.94	181,967.15	250,437.76				

ล้านบาท

ตารางที่ 4. 31 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของลุ่มน้ำแม่กลองในแต่ละภาคส่วน

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A	19,733.71	45,599.47	13,280.72	78,613.91	13,173.04	91,786.94	57,108.91
M	13,049.36	81,457.92	56,951.78	151,459.06	30,508.09	181,967.15	45,582.30
S	1,895.17	9,327.85	40,703.99	51,927.01	198,510.75	250,437.76	139,500.67
SUM IT	34,678.03	136,384.85	110,937.09				
SUM VA	57,108.91	45,582.30	139,500.67				
SUM TI	91,786.94	181,967.15	250,437.76				

ล้านบาท

ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตที่ได้นี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายไม่ว่าจะเป็นการหาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในภาคอุตสาหกรรม (สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม, 2553) การพิจารณาการท่องเที่ยวในภาคบริการ (กระทรวงท่องเที่ยวและกีฬา, 2553) เป็นต้น แต่ในการศึกษานี้จะศึกษาหามูลค่าน้ำที่ส่งให้ภาคส่วนเศรษฐกิจต่างๆ เพื่อนำมูลค่านี้ไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำต่อไป

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้น้ำ และตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต

จากการพิจารณาความต้องการใช้น้ำในแต่ละภาคส่วน และตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง พบว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้หามูลค่าของน้ำที่ส่งให้แต่ละภาคส่วนได้ ยกตัวอย่างเช่น หากส่งน้ำให้แก่ภาคเกษตรกรรม 1 ลูกบาศก์เมตรจะให้มูลค่าทางเศรษฐกิจกลับมาเท่าไหร่ โดยที่มูลค่าของน้ำที่พิจารณานี้จะนำไปใช้ในการจำลองการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำเพื่อให้ได้ประโยชน์ทั้งด้านการใช้น้ำ และด้านการตอบสนองกิจกรรมทางเศรษฐกิจ

ในลุ่มน้ำแม่กลองความต้องการใช้น้ำส่วนใหญ่ทั้งหมดอยู่ทางตอนล่างของลุ่มน้ำ โดยเฉพาะในจังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงคราม โดยภาคส่วนเกษตรมีความต้องการใช้น้ำมากที่สุดรองมาเป็น ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการตามลำดับ จากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตการหามูลค่าน้ำจะสามารถหาได้จาก ผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่นำเข้า (SUM TI) หารด้วยความต้องการใช้น้ำ โดยจะทำการเพิ่มความต้องการใช้น้ำในทุกภาคส่วนในบรรทัดสุดท้ายของตาราง และหามูลค่าน้ำดังตารางที่ 4.32

จากตารางที่ 4.32 จะพบว่ามูลค่าน้ำภาคเกษตรจะมีค่าน้อยที่สุด กล่าวคือ เมื่อมีการจ่ายน้ำให้ภาคส่วนเกษตร 1 ลูกบาศก์เมตร จะสามารถสร้างมูลค่ากลับคืนมา 6.63 บาท ส่วนภาคส่วนอุตสาหกรรมเมื่อได้รับน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร จะสามารถสร้างมูลค่ากลับคืน 77.01 บาท และภาคส่วนบริการสามารถสร้างมูลค่าได้ 2,186.85 บาทต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการส่งน้ำให้กับภาคส่วนต่างๆยังต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสังคมด้วย ยกตัวอย่างเช่น การส่งน้ำให้ภาคส่วนเกษตรกรรมซึ่งถึงแม้จะมีมูลค่าน้ำน้อย แต่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรจึงอาจจะต้องกำหนดปริมาณการส่งน้ำขั้นต่ำเพื่อให้เกษตรกรสามารถเพาะปลูกได้ตลอดฤดูเพาะปลูก เป็นต้น

นอกจากนี้การพิจารณามูลค่าน้ำยังสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดการพัฒนาทรัพยากรน้ำ และเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อกระตุ้นระบบเศรษฐกิจในลุ่มน้ำได้อีกด้วย กล่าวคือ เมื่อมีตัวชี้วัดชัดเจนว่ามูลค่าน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยรายปีนั้นอยู่ที่ 6.63 บาท ต่อ น้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจึงมีตัวชี้วัดเพื่อวัดผลมูลค่าน้ำที่เพิ่มขึ้นเมื่อพัฒนาวิธีการเพาะปลูก หรือประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่ๆได้

ตารางที่ 4.32 การประยุกต์ใช้ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต กับการหามูลค่าน้ำในแต่ละภาคส่วนเศรษฐกิจ

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A	19,733.71	45,599.47	13,280.72	78,613.91	13,173.04	91,786.94	57,108.91
M	13,049.36	81,457.92	56,951.78	151,459.06	30,508.09	181,967.15	45,582.30
S	1,895.17	9,327.85	40,703.99	51,927.01	198,510.75	250,437.76	139,500.67
SUM IT	34,678.03	136,384.85	110,937.09				
SUM VA	57,108.91	45,582.30	139,500.67				
SUM TI	91,786.94	181,967.15	250,437.76				
Water Demand	13,849.51	2,362.92	114.52				
มูลค่าน้ำ บาท/ลบ.ม.	6.63	77.01	2,186.85				

$$\frac{\text{Sum Total Input}}{\text{Water Demand}} = \text{มูลค่าน้ำ (บาท/ลบม.)}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5 การพัฒนาแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองภายใต้การพัฒนาระบบเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ

ในอดีตลุ่มน้ำแม่กลองมีการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำที่เป็นอิสระต่อกัน ถึงแม้ว่าอ่างเก็บน้ำอยู่ในระบบแม่น้ำที่เชื่อมต่อกัน โดยการศึกษานี้จะนำการพิจารณาระบบอ่างเก็บน้ำ (Multi - Reservoir) มาประยุกต์สร้างและพัฒนาแบบจำลองของระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองซึ่งประกอบไปด้วย เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิราลงกรณ เขื่อนท่าทุ่งนา และเขื่อนแม่กลอง ซึ่งจะพิจารณาหาความเหมาะสมของการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำภายใต้การพัฒนาเศรษฐกิจในแต่ละภาคส่วนจากมูลค่าน้ำที่ได้จากบทที่ 4 เพื่อให้การบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองมีประโยชน์ทั้งในแง่ของการใช้น้ำ และในแง่ของระบบเศรษฐกิจ

5.1 การสร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ (optimization modeling)

การค้นหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (optimization) เป็นกระบวนการค้นหาค่าที่ดีที่สุดของตัวแปรหนึ่ง เพื่อการตัดสินใจที่ดีที่สุดตามฟังก์ชั่นเป้าหมายภายใต้เงื่อนไขบังคับ องค์ประกอบของปัญหาที่ต้องการผลลัพธ์ที่ดีที่สุดประกอบไปด้วยแบบจำลองกระบวนการ (process model) กลุ่มตัวแปรตัดสินใจ (decision variables) ฟังก์ชันเป้าหมาย (objective function) และกลุ่มของเงื่อนไขบังคับ (constraints)

- ฟังก์ชันเป้าหมาย (objective function) เป้าหมายที่ต้องการที่ต้องการให้ค่าผลลัพธ์ดีที่สุดไม่ว่าสูงสุดหรือต่ำสุดก็ตาม
- กลุ่มตัวแปรตัดสินใจ (decision variables) เป็นกลุ่มตัวแปรที่สามารถเลือกได้ว่าจะให้มีค่าเท่าใด โดยที่ค่าของตัวแปรเหล่านี้ จะเป็นตัวกำหนดถึงผลลัพธ์ที่จะได้ ไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อม ในการศึกษานี้กลุ่มตัวแปรตัดสินใจคือ ปริมาณน้ำระบาย (release) และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ (storage)
- แบบจำลองกระบวนการ (process model) การจำลองภาพของกระบวนการ เพื่อให้เห็นถึงการจัดโครงสร้างลำดับขั้นตอนของกระบวนการในปัญหาที่สนใจ ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงกระบวนการต่างๆด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ หรือแผนภาพได้
- กลุ่มของเงื่อนไขบังคับ (constraints) การค้นหาค่าของกลุ่มตัวแปรตัดสินใจที่ทำให้ฟังก์ชันเป้าหมายได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยที่ค่าของกลุ่มตัวแปรตัดสินใจต้องทำให้ตัวแปรอื่นๆ สอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับที่ตั้งไว้

ในการศึกษาระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม GAMS (The General Algebraic Modeling System) เป็นระบบการสร้างภาษาแบบจำลองทาง Optimization โดยเฉพาะ GAMS ประกอบไปด้วยคอมไพเลอร์ (complier) และโปรแกรมแก้ปัญหาสำเร็จรูป (solver programming) ที่มีประสิทธิภาพ โดยสามารถศึกษาการใช้งาน GAMS ได้อย่างละเอียดจาก ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งานโปรแกรม The General Algebraic Modeling System (GAMS)

5.1.1 ฟังก์ชันเป้าหมาย **(objective function)**

ฟังก์ชันเป้าหมายที่พิจารณาในการศึกษานี้เป็นแบบหลายวัตถุประสงค์ แต่หน่วยที่ได้เป็นหน่วยเดียวกันคือหน่วยเงิน (บาท) โดยฟังก์ชันเป้าหมายนี้ประกอบไปด้วย ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ การระบายน้ำเพื่อการประปา การผันน้ำเข้าคลองเพื่อการชลประทาน โดยรายละเอียดต่างๆแสดงในตารางที่ 5.1 โดยเป้าหมายแต่ละเป้าหมายได้ถ่วงน้ำหนักตามมูลค่าน้ำที่ได้ศึกษาไว้ในบทที่ 4 โดยมีสมการเป้าหมายดังสมการที่ 5.1

$$\text{MaxObjective} = B_A \bullet D_{pa} + B_{MWA} \bullet R_{MWA} + B_M \bullet R_M + B_S \bullet R_S + B_E \bullet R_E + B_{Ele} \bullet G \quad (5.1)$$

โดยที่

B_A คือ ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในการส่งน้ำให้โครงการชลประทาน

B_{MWA} คือ ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในการส่งน้ำให้การประปานครหลวง

B_M คือ ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในการส่งน้ำให้ภาคอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำ

B_S คือ ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในการส่งน้ำให้ภาคบริการในลุ่มน้ำ

B_E คือ ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในการส่งน้ำเพื่อการรักษาระบบนิเวศน์ของลุ่มน้ำ

B_{Ele} คือ ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตโดยเขื่อนในลุ่มน้ำ

R คือ การระบายน้ำเพื่อจุดประสงค์ต่างๆ

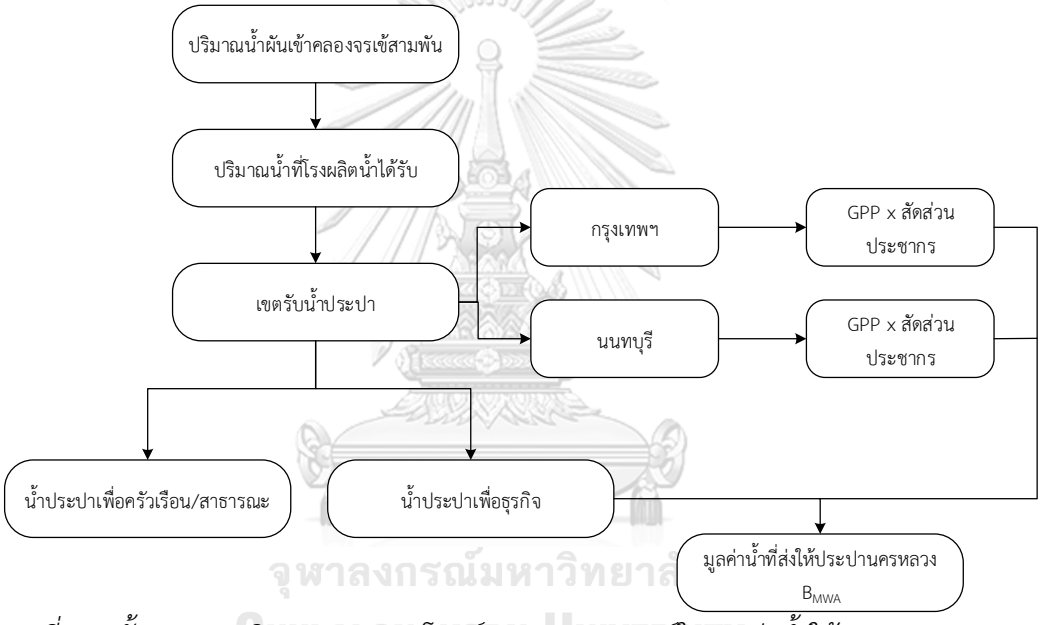
G คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเขื่อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยในการศึกษานี้ได้พิจารณาการระบายน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศน์ ไม่ได้พิจารณาถึงผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ $B_E = 0$ แต่ได้กำหนดการระบายน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศน์เป็นเงื่อนไขบังคับ โดยกำหนดไว้ที่ 7.13 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน ส่วนน้ำอุปโภคบริโภค หรือน้ำเพื่อภาคบริการ และน้ำเพื่อภาคอุตสาหกรรมสามารถคำนวณด้วยความต้องการใช้น้ำจริงที่เกิดขึ้นในปีพ.ศ. 2556 – 2557 ส่วนการพิจารณาผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในการส่งน้ำให้การประปานครหลวง (B_{MWA}) ซึ่งผันน้ำผ่านคลองจรเข้สามพัน เพื่อนำน้ำดิบส่งไปให้โรงประปามหา-สวัสดิ์โดยน้ำประปาที่ผลิตที่โรงผลิตน้ำแห่งนี้จะส่งให้บริการในเขตกรุงเทพด้านตะวันตก และนนทบุรี จำนวน 9 เขต ได้แก่ ตลิ่งชัน ภาษี-เจริญ หนองแขม บางขุนเทียน บางบัวทอง ไทรน้อย บางใหญ่ บาง-กรวย และนนทบุรี (การประปานครหลวง,2553) ในการพิจารณามูลค่าน้ำที่ส่งให้การประปานคร-หลวงมีขั้นตอนโดยสังเขปดังรูปที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 มูลค่าน้ำตามประเภทที่จัดสรร และมูลค่าไฟฟ้าที่ผลิตโดยเขื่อน

ตัวแปร	กิจกรรมใช้น้ำ	มูลค่าน้ำ หรือ ไฟฟ้า	หน่วย
B_A	การผันน้ำเพื่อการชลประทานโครงการแม่กลอง	6.63	บาท/ลบ.ม.
B_{MWA}	การผันน้ำให้การประปานครหลวง	2250.00	บาท/ลบ.ม.
	การระบายน้ำด้านท้ายเขื่อนแม่กลอง		บาท/ลบ.ม.
B_M B_S	- การประปาภูมิภาค (อุตสาหกรรม/บริการ)	(77.01 / 2,186.85)	บาท/ลบ.ม.
B_M	- การหล่อเย็นโรงไฟฟ้าราชบุรี	82.22	บาท/ลบ.ม.
B_E	- การรักษาระบบนิเวศน์ท้ายน้ำ	-	บาท/ลบ.ม.
B_{Ele}	การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ	3.25	บาท/Kwh



รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการพิจารณาผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในการส่งน้ำให้การประปานครหลวง (B_{MWA})

1. รวบรวมข้อมูลการผันน้ำเข้าคลองจรเข้สามพันในช่วงปี พ.ศ. 2553-2558
2. รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำดิบที่โรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ได้รับ และผลิตในช่วงปี พ.ศ. 2553-2558
3. หาสัดส่วนประชากรในเขตรับน้ำของโรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ต่อประชากรในจังหวัด จากนั้นนำไปคูณผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัด (GPP) เพื่อหาผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคส่วนเฉพาะเขตที่ได้รับน้ำประปาจากโรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์
4. พิจารณาสัดส่วนการส่งน้ำประปาเพื่อครัวเรือนหรือสาธารณะ กับการส่งน้ำประปาเพื่อธุรกิจ เนื่องจากการส่งน้ำประปาเพื่อครัวเรือนหรือสาธารณะไม่ก่อให้เกิดผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ จึงพิจารณาเฉพาะน้ำประปาเพื่อธุรกิจเท่านั้น

5. นำสัดส่วนน้ำประปาเพื่อธุรกิจไปคูณลดปริมาณน้ำผันเข้าคลองจรเข้สามพัน และนำไปหารผลิตภัณฑ์มวลรวมเฉพาะเขตที่ได้รับน้ำประปาจากโรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ผลที่ได้คือผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในการส่งน้ำให้การประปานครหลวง (B_{MWA}) โดยเลือกใช้ปี พ.ศ. 2553 เพื่อให้สอดคล้องกับผลประโยชน์ด้านต่างๆที่คำนวณจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) ปี พ.ศ. 2553

ตารางที่ 5.2 ผลการพิจารณา ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในการส่งน้ำให้การประปานครหลวง (B_{MWA})

	การผันเข้าคลองจรเข้สามพัน ล้าน ลบ.ม.	รน.มหาสวัสดิ์น้ำผลิตจำหน่าย ล้าน ลบ.ม.	สัดส่วนน้ำเพื่อธุรกิจ	น้ำที่ก่อให้เกิดรายได้ ล้าน ลบ.ม.	GPP เขตรับน้ำประปา ล้านบาท	มูลค่าน้ำ บาท/ลบ.ม.
2553	388.41	357.70	0.51	198.09	445,517.77	2,249.08
2554	376.10	400.30	0.51	191.81	467,958.27	2,439.68
2555	345.20	404.70	0.51	176.05	513,803.48	2,918.48
2556	475.20	529.00	0.51	242.35	559,239.21	2,307.55
2557	484.60	479.90	0.51	247.15	621,448.55	2,514.50
2558	687.70	510.60	0.51	350.73	664,074.47	1,893.42

การพิจาณาผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตโดยเขื่อนในลุ่มน้ำ (B_{Ele}) ได้รวบรวมข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยพบว่ามีสถานีไฟฟ้าแรงสูงรับพลังงานงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเขื่อนจำนวน 4 สถานีได้แก่ สถานีเขื่อนศรีนครินทร์ สถานีเขื่อนวชิราลงกรณ์ สถานีเขื่อนท่าทุ่งนา และสถานีท่าม่วง โดยสถานีเหล่านี้ได้ส่งพลังงานไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคภาคตะวันตก และภาคกลาง มีราคาขายไฟเฉลี่ย 3.25 บาท ต่อ Kwh

การศึกษานี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมในการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง ในปี พ.ศ. 2556 – 2557 ซึ่งเป็นปีน้ำปกติ และน้ำน้อยตามลำดับ ในอดีตการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองนั้นเป็นอิสระต่อกัน กล่าวคือการมองประโยชน์ในการบริหารน้ำแยกเขื่อนโดยไม่ได้มองภาพรวมของลุ่มน้ำ การพัฒนาแบบจำลองดังกล่าวได้อาศัยหลักการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำพื้นฐาน (basic water balance approach) โดยในเขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนวชิราลงกรณจะกำหนดขอบเขตอ่างด้วยระดับกักเก็บปกติ (normal pool level) และระดับกักเก็บต่ำสุด (minimum water level) ส่วนเขื่อนท่าทุ่งนา และเขื่อนแม่กลอง ซึ่งเป็นเขื่อนทดน้ำได้กำหนดการบริหารจัดการน้ำอย่างง่ายซึ่งก็คือพยายามให้เขื่อนรักษาระดับน้ำที่ปริมาณน้ำ 46.86 ล้าน ลบ.ม. ที่เขื่อนท่าทุ่งนา และ 55.5 ล้านลบ.ม. ที่เขื่อนแม่กลอง นอกจากนี้การพัฒนาแบบจำลองได้กำหนดความสำคัญของความต้องการใช้น้ำด้านท้ายน้ำไว้ตามลำดับความสำคัญของผู้ใช้น้ำโดยกรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยดังนี้

1. น้ำอุปโภค บริโภค กำหนดให้น้ำส่วนนี้มีความสำคัญอันดับแรก และขาดแคลนไม่ได้ (รวมถึงนอกลุ่ม เช่น การประปานครหลวง)
2. ด้านสิ่งแวดล้อม ในการผลักดันน้ำเค็ม และไล่น้ำเสียที่ปล่อยลงแม่น้ำ
3. ด้านชลประทาน
4. ด้านอุตสาหกรรม มีการใช้น้ำด้านอุตสาหกรรมในเขตจังหวัดราชบุรี และสมุทรสาคร
5. ด้านผลิตไฟฟ้าเป็นผลพลอยได้จากการปล่อยน้ำจากความต้องการใช้น้ำในด้านต่างๆ

จากความสำคัญในการใช้น้ำดังข้อ 1-5 การศึกษานี้จึงได้กำหนดให้ความสำคัญของความต้องการใช้น้ำด้านท้ายน้ำเพื่อพัฒนาแบบจำลองตามนโยบายการบริหารน้ำจากกรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 การกำหนดความสำคัญของความต้องการใช้น้ำในแบบจำลอง

ความต้องการใช้น้ำ	ความสำคัญ
น้ำอุปโภค บริโภค	ขาดแคลนไม่ได้
น้ำเพื่อสิ่งแวดล้อม	ขาดแคลนไม่ได้
น้ำเพื่อชลประทาน	ขาดแคลนได้
น้ำเพื่ออุตสาหกรรม	ขาดแคลนไม่ได้ เนื่องจากกำหนดให้โรงงานอุตสาหกรรมใช้น้ำจากการประปาภูมิภาค
น้ำผลิตไฟฟ้า	ขาดแคลนได้ เนื่องจากเป็นผลพลอยได้จากการระบายน้ำ

ดังนั้นสมการเป้าหมายของการศึกษานี้คือ

$$\text{Maximize_Objective} = B_A \times (\text{Dpac} - \text{Def}) + B_{Ele} \times (\text{Gto} - \text{Gpu}) \quad (5.2)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยที่

B_A คือ มูลค่าน้ำภาคเกษตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.63 บาท/ลบ.ม.

Dpac คือ ปริมาณน้ำที่ส่งให้แก่ภาคเกษตรโดยไม่คิดน้ำที่ส่งเกินความต้องการ

Def คือ ปริมาณน้ำภาคเกษตรที่ขาด

B_{Ele} คือ มูลค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเขื่อน 3.25 บาท/Kwh

Gto คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเขื่อน Mwh

Gpu คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สูบน้ำกลับระหว่างเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนท่าทุ่งนา 2.8 ล้าน ลบ.ม./Kwh

ในการศึกษานี้ได้ตั้งสมมติฐานให้มูลค่าน้ำภาคส่วนเกษตรที่สามารถส่งได้ตามความต้องการเป้าหมาย และมูลค่าความเสียหายจากการขาดน้ำในภาคเกษตรมีค่าเท่ากัน

5.1.2 แบบจำลองกระบวนการ **(process model)**

แบบจำลองกระบวนการ หมายถึงการจำลองภาพของกระบวนการ เพื่อให้เห็นถึงการจัดโครงสร้างลำดับขั้นตอนของกระบวนการในปัญหาที่สนใจ ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงกระบวนการต่างๆด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ หรือแผนภาพได้ ในการศึกษาระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองมีสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นแบบจำลองกระบวนการดังนี้

สมการสมดุลน้ำของอ่างเก็บน้ำ

$$S_{VRK,t} = S_{VRK,t-1} + In1_t - Ev_{VRK,t} - R_{VRK,t} - Spill_{VRK,t} \quad (5.3)$$

$$S_{SNR,t} = S_{SNR,t-1} + In2_t - Ev_{SNR,t} - R_{SNR,t} + P_{SNR,t} - Spill_{SNR,t} \quad (5.4)$$

$$S_{TN,t} = S_{TN,t-1} - Ev_{TN,t} + R_{SNR,t} + Spill_{SNR,t} - R_{TN,t} - Spill_{TN,t} - P_{SNR,t} \quad (5.5)$$

$$S_{MKL,t} = S_{MKL,t-1} + C37_t + C35a_t - R_{MKL,t} - Dpa_t - MWA_t \quad (5.6)$$

สมการการแปลงปริมาณความจุเป็นพื้นที่ผิวน้ำ หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร, ตารางกิโลเมตร

$$Area_{VRK,t} = (1.99E-10)(S_{VRK,t})^3 - (5.512E-6)(S_{VRK,t})^2 + (7.48)S_{VRK,t} + 17.279 \quad (5.7)$$

$$Area_{SNR,t} = (3.1E-11)(S_{SNR,t})^3 - (1.51E-6)(S_{SNR,t})^2 + (39.33E-2)S_{SNR,t} + 17.828 \quad (5.8)$$

$$Area_{TN,t} = (8.94E-5)(S_{TN,t})^3 + (9.14E-3)(S_{TN,t})^2 - (1.2)S_{TN,t} + 28.33 \quad (5.9)$$

สมการการหาค่าการระเหยจากอ่างเก็บน้ำ หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

$$Ev_{VRK,t} = Es_{VRK,t} \times Area_{VRK,t} \quad (5.10)$$

$$Ev_{SNR,t} = Es_{SNR,t} \times Area_{SNR,t} \quad (5.11)$$

$$Ev_{TN,t} = Es_{TN,t} \times Area_{TN,t} \quad (5.12)$$

ความต้องการใช้น้ำในโครงการชลประทานประเภทสูบน้ำ และระบายน้ำ

$$Dpa_t = L1_t + L2_t + R2_t + R1_t + LMC_t + TJ_t \quad (5.13)$$

$$Dr_t = PP_t + SI_t \quad (5.14)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สมการสมดุลน้ำของสถานีวัดน้ำในแม่น้ำ

$$C58_t = R_{VRK,t} + Spill_{VRK,t} + Sf31_t + Sf32a_t \quad (5.15)$$

$$C37_t = C58_t + Sf53_t \quad (5.16)$$

$$C35a_t = R_{TN,t} + Spill_{TN,t} + Sf12_t \quad (5.17)$$

$$C11_t = R_{MKL,t} \quad (5.18)$$

อัตราการระบายน้ำใน หน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

$$Rcms_{VRK,t} = R_{VRK,t} \times 25.25 \quad (5.19)$$

$$Rcms_{SNR,t} = R_{SNR,t} \times 23.15 \quad (5.20)$$

$$Rcms_{TN,t} = R_{TN,t} \times 16.34 \quad (5.21)$$

$$Rcms_{MKL,t} = R_{MKL,t} \times 11.574 \quad (5.22)$$

สมการการแปลงปริมาณความจุเป็นระดับน้ำ หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร, เมตร รทก.

$$Ele_{VRK,t} = (8.71E-11)(S_{VRK,t})^3 - (1.88E-6)(S_{VRK,t})^2 + (1.54E-2)S_{VRK,t} + 104.56 \quad (5.23)$$

$$Ele_{SNR,t} = (2.48E-11)(S_{SNR,t})^3 - (1.04E-6)(S_{SNR,t})^2 + (0.162)S_{SNR,t} + 80.19 \quad (5.24)$$

$$Ele_{TN,t} = (2.45E-5)(S_{TN,t})^3 - (6.43E-3)(S_{TN,t})^2 + (0.6)S_{TN,t} + 42.96 \quad (5.25)$$

$$Ele_{MKL,t} = (0.03)S_{MKL,t} + 20.969 \quad (5.26)$$

สมการการแปลงอัตราการระบายน้ำเป็นระดับความสูงท้ายน้ำ หน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที, เมตร รทก.

$$Tail_{VRK,t} = 76.63 + (0.0153 \times Rcms_{VRK,t}) - (7.12E-6 \times (Rcms_{VRK,t})^2) \quad (5.27)$$

$$Tail_{SNR,t} = 57.66 + (0.031 \times Rcms_{SNR,t}) + ((1.22E-6) \times (Rcms_{SNR,t})^2) \quad (5.28)$$

$$Tail_{TN,t} = 42.07 - (0.0083 \times Rcms_{TN,t}) + ((1.23E-5) \times (Rcms_{TN,t})^2) \quad (5.29)$$

$$Tail_{MKL,t} = (0.0039 \times Rcms_{MKL,t}) + 11.5 \quad (5.30)$$

ความต่างระหว่างระดับน้ำในเขื่อนและท้ายน้ำ หน่วย เมตร

$$Diff_{VRK,t} = Ele_{VRK,t} - Tail_{VRK,t} \quad (5.31)$$

$$Diff_{SNR,t} = Ele_{SNR,t} - Tail_{SNR,t} \quad (5.32)$$

$$Diff_{TN,t} = Ele_{TN,t} - Tail_{TN,t} \quad (5.33)$$

$$Diff_{MKL,t} = Ele_{MKL,t} - Tail_{MKL,t} \quad (5.34)$$

ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า %

$$Eff_{VRK,t} = 0.95 \quad (5.35)$$

$$Eff_{SNR13,t} = (2.144 + 0.722Diff_{SNR,t} + 0.048)/100 \quad (5.36)$$

$$Eff_{SNR45,t} = (2.146 + 0.754Diff_{SNR,t} + 0.05)/100 \quad (5.37)$$

$$Eff_{TN,t} = (69.8 + 0.141Diff_{TN,t} + 26.6)/100 \quad (5.38)$$

$$Eff_{MKL,t} = 0.95 \quad (5.39)$$

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ หน่วย กิโลวัตต์-ชั่วโมง kW-hr

$$G = \eta\gamma TRH_T \quad (5.40)$$

$$G_{VRK,t} = Eff_{VRK,t} \times 9.81 \times 11 \times (Rcms_{VRK,t}/3) \times (Diff_{VRK,t}) \quad (5.41)$$

$$G_{SNR13,t} = Eff_{SNR13,t} \times 9.81 \times 12 \times (Rcms_{SNR,t} \times 0.2267) \times (Diff_{SNR,t}) \quad (5.42)$$

$$G_{SNR45,t} = Eff_{SNR45,t} \times 9.81 \times 6 \times (Rcms_{SNR,t} \times 0.16) \times (Diff_{SNR,t}) \quad (5.43)$$

$$G_{TN,t} = Eff_{TN,t} \times 9.81 \times 17 \times (Rcms_{TN,t}/2) \times (Diff_{TN,t}) \quad (5.44)$$

$$G_{MKL,t} = Eff_{TN,t} \times 9.81 \times 24 \times (Rcms_{MKL,t}/2) \times (Diff_{MKL,t}) \quad (5.45)$$

โดยที่

VRK คือ เขื่อนวชิราลงกรณ มีโรงไฟฟ้า 3 ยูนิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

SNR คือ เขื่อนศรีนครินทร์ มีโรงไฟฟ้า 5 ยูนิต

TN คือ เขื่อนท่าทุ่งนา มีโรงไฟฟ้า 2 ยูนิต

MKL คือ เขื่อนแม่กลอง

S คือ ความจุกักเก็บของเขื่อน (Storage) หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

R คือ น้ำระบายจากเขื่อน (Release) หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

C คือ สถานีวัดอัตราความเร็วน้ำในแม่น้ำ (River node) หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

G คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ หน่วยวัตต์-ชั่วโมง (W-hr)

P คือ น้ำสูบกลับระหว่างเขื่อนศรีนครินทร์ และท่าทุ่งนา หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร

Area คือ พื้นที่ผิวน้ำของเขื่อนที่ความจุนั้นๆ หน่วยตารางกิโลเมตร (km^2)

Es คือ สัมประสิทธิ์การระเหย หน่วยล้านลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตร (MCM/ km^2)

Ev คือ ปริมาณการระเหยของน้ำ หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

In คือ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (Inflow) หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

Spill คือ ปริมาณน้ำระบายทางระบายน้ำล้น หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

Sf คือ ปริมาณน้ำผิวดินที่ไหลลงลำน้ำ หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

D_{pump} คือ ปริมาณน้ำรวมของความต้องการใช้น้ำประเภทโครงการสูบน้ำของเขื่อนแม่กลอง

D_{re} คือ ปริมาณน้ำรวมของความต้องการใช้น้ำประเภทระบายท้ายเขื่อน

L1 คือ ปริมาณน้ำที่ต้องสูบให้คลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย 1 หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

L2 คือ ปริมาณน้ำที่ต้องสูบให้คลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย 2 หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

R1 คือ ปริมาณน้ำที่ต้องสูบให้คลองสายใหญ่ฝั่งขวา 1 หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

R2 คือ ปริมาณน้ำที่ต้องสูบให้คลองสายใหญ่ฝั่งขวา 2 หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

LMC คือ ปริมาณน้ำที่ต้องสูบเข้าคลองเชื่อม หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

MWA คือ ปริมาณน้ำที่สูบให้การประปานครหลวง โรงน้ำมหาสวัสดิ์ หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร

SI คือ ปริมาณน้ำที่ต้องระบายเพื่อผลักดันน้ำเค็ม หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

TJ คือ ปริมาณน้ำที่สูบให้ลุ่มน้ำท่าจีนฝั่งซ้ายหน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

Ele คือ ระดับกักเก็บของน้ำในเขื่อน หน่วย เมตร รทก. (M msl.)

Tail คือ ระดับท้ายน้ำของเขื่อน หน่วย เมตร รทก. (M msl.)

Diff คือ ความต่างระหว่างระดับกักเก็บกับระดับท้ายน้ำ หน่วย เมตร รทก. (M msl.)

Eff คือ ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่การระบายน้ำต่างๆ

จากแบบจำลองกระบวนการของระบบอ่างเก็บน้ำของลุ่มน้ำแม่กลองพบว่ามีสมการการแปลงปริมาณความจุเป็นพื้นที่ผิวน้ำ, สมการการแปลงปริมาณความจุเป็นระดับน้ำ และสมการการแปลงอัตราการระบายน้ำเป็นความสูงท้ายน้ำ เป็นสมการแบบไม่เชิงเส้น (nonlinear programming)

5.1.3 กลุ่มของเงื่อนไขบังคับ **(constraints)**

ในการศึกษาระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองมีกลุ่มของเงื่อนไขบังคับดังนี้

ความจุของอ่างเก็บน้ำ หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

$$3,012 \le S_{VRK} \le 8,860 \quad (5.46)$$

$$10,264 \le S_{SNR} \le 17,745 \quad (5.47)$$

$$32.90 \le S_{TN} \le 55.09 \quad (5.48)$$

$$21.84 \le S_{MKL} \le 50.5 \quad (5.49)$$

การระบายน้ำของเขื่อน หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

$$2.5 \le R_{VRK} \le 22 \quad (5.50)$$

$$2.5 \le R_{SNR} \le 24.82 \quad (5.51)$$

$$2.5 \le R_{TN} \le 36.57 \quad (5.52)$$

$$6.5 \le R_{MKL} \le 13.07 \quad (5.53)$$

ปริมาณน้ำที่รับได้ของแม่น้ำจากสถานีวัดน้ำ หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

$$2.5 \le C_{58} \le 57.02 \quad (5.54)$$

$$2.5 \le C_{37} \le 82.08 \quad (5.55)$$

$$2.5 \le C_{35a} \le 30.65 \quad (5.56)$$

$$6.5 \le C_{11} \le 131.15 \quad (5.57)$$

ปริมาณไฟฟ้าสูงสุดตามกำลังของเครื่องผลิตไฟฟ้า MWh ใน 1 วัน

$$G_{VRK} \le 3,300 \quad (5.58)$$

$$G_{SNR13} \le 4,320 \quad (5.59)$$

$$G_{SNR45} \le 2,160 \quad (5.60)$$

$$G_{TN} \le 646 \quad (5.61)$$

$$G_{MKL} \le 288 \quad (5.62)$$

การสูบน้ำกลับระหว่างเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนท่าทุ่งนา หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

$$\text{Pump SNR when } S_{TN} \ge 39.90\text{mcm} \quad (5.63)$$

ปริมาณน้ำที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ หน่วย ล้านลูกบาศก์เมตร

$$PP_{SNR13} \ge 10,265 \quad (5.64)$$

$$PP_{SNR45} \ge 12,054 \quad (5.65)$$

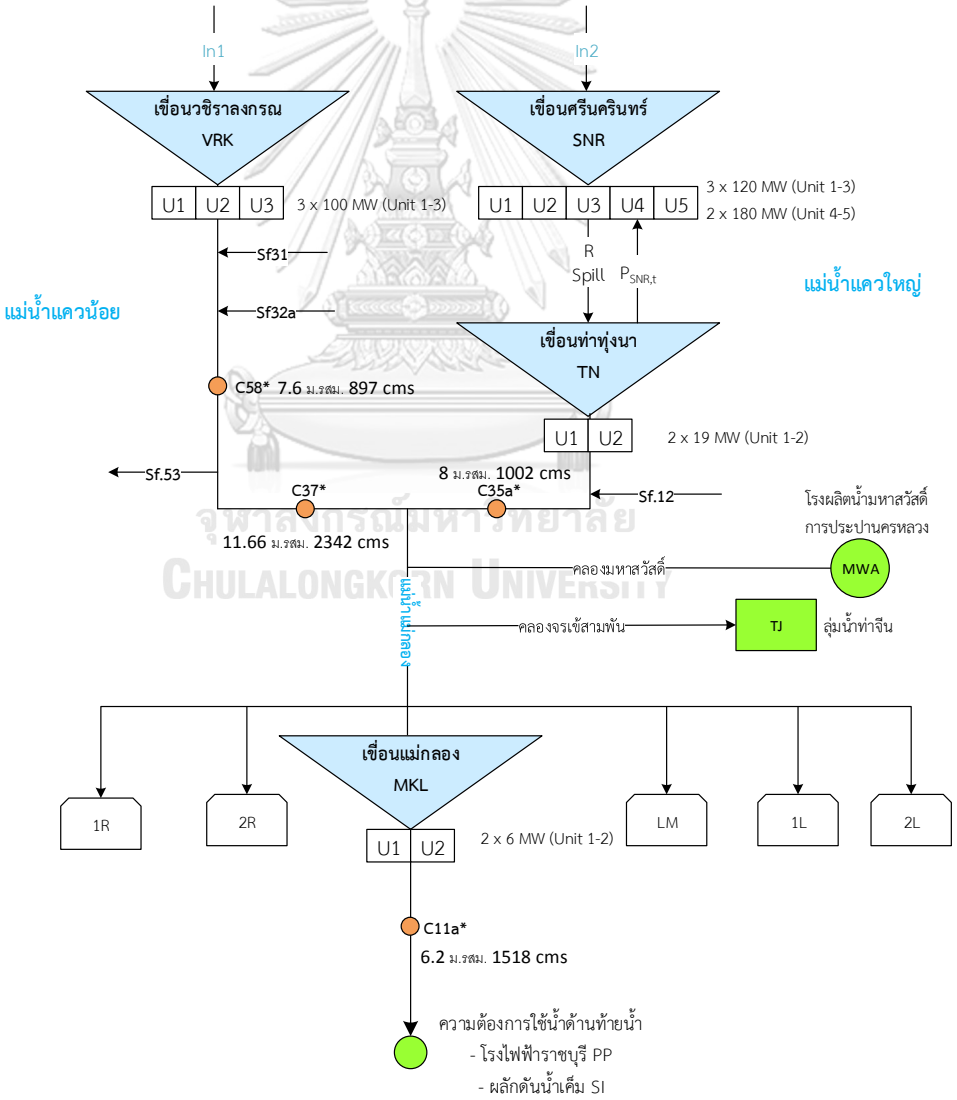
โดยที่

PP คือ ความจุกักเก็บต่ำสุดที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร (MCM)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากกลุ่มของเงื่อนไขบังคับของระบบอ่างเก็บน้ำของลุ่มน้ำแม่กลองพบว่ามีเงื่อนไข การสูบน้ำกลับระหว่างเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนท่าทุ่งนา และปริมาณน้ำที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ของเขื่อนศรีนครินทร์ มีตัวแปรที่มีค่าเฉพาะ 1 หรือ 0 (binary variable)

จากการพิจารณา แบบจำลองกระบวนการ และกลุ่มของเงื่อนไขบังคับของแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง พบว่ามีรูปแบบของปัญหาแบบไม่เชิงเส้น (nonlinear programming) ที่มีตัวแปรบางตัวที่มีค่าเฉพาะ 1 หรือ 0 (binary variable) ในการศึกษานี้จึงได้เลือกใช้โปรแกรมแก้ปัญหาสำเร็จรูป Bonmin ย่อมาจาก Basic Open-source Nonlinear Mixed INteger programming ซึ่งพัฒนาโดย Carnegie Mellon University และ IBM Research เพื่อเพิ่มอัลกอลิทึมใหม่ ให้แก่ปัญหาทางคณิตศาสตร์ประเภท ไม่เป็นเชิงเส้นจำนวนผสม (Mixed Integer Nonlinear Programming, MINLP)



รูปที่ 5.2 แผนผังลุ่มน้ำแม่กลอง คลองผันน้ำ และสถานีวัดน้ำที่ใช้ในการศึกษา

5.2 การรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้ได้ทำการรวบรวมจากหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อใช้ในการศึกษานี้ได้สรุปรายละเอียดที่สำคัญไว้ในตารางที่ 5.4 ข้อมูลสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนหลักทั้ง 4 เขื่อน ประกอบด้วย เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิราลงกรณ เขื่อนท่าทุ่งนา และเขื่อนแม่กลอง ข้อมูลการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิราลงกรณ และเขื่อนท่าทุ่งนา ข้อมูลการผันน้ำ และระบายน้ำของเขื่อนแม่กลอง ตลอดจนข้อมูลลักษณะกายภาพที่สำคัญอื่น ๆ ของพื้นที่ศึกษา เขื่อน และอ่างเก็บน้ำ

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลที่รวบรวมได้เพื่อใช้ในการศึกษา

	ประเภทข้อมูล	ลักษณะข้อมูล	ช่วงข้อมูล
เขื่อนศรีนครินทร์	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้า	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อย	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	ข้อมูลปริมาณการระเหย	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกัก	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	ข้อมูลระดับน้ำเก็บกัก	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	รายชั่วโมง	1/1/2540-31/12/2559
เขื่อนวชิราลงกรณ	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้า	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อย	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	ข้อมูลปริมาณการระเหย	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกัก	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	ข้อมูลระดับน้ำเก็บกัก	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	รายชั่วโมง	1/1/2540-31/12/2559
เขื่อนท่าทุ่งนา	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้า	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อย	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	ข้อมูลปริมาณการระเหย	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกัก	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	ข้อมูลระดับน้ำเก็บกัก	รายวัน	1/1/2540-31/12/2559
	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	รายชั่วโมง	1/1/2540-31/12/2559

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) ข้อมูลที่รวบรวมได้เพื่อใช้ในการศึกษา

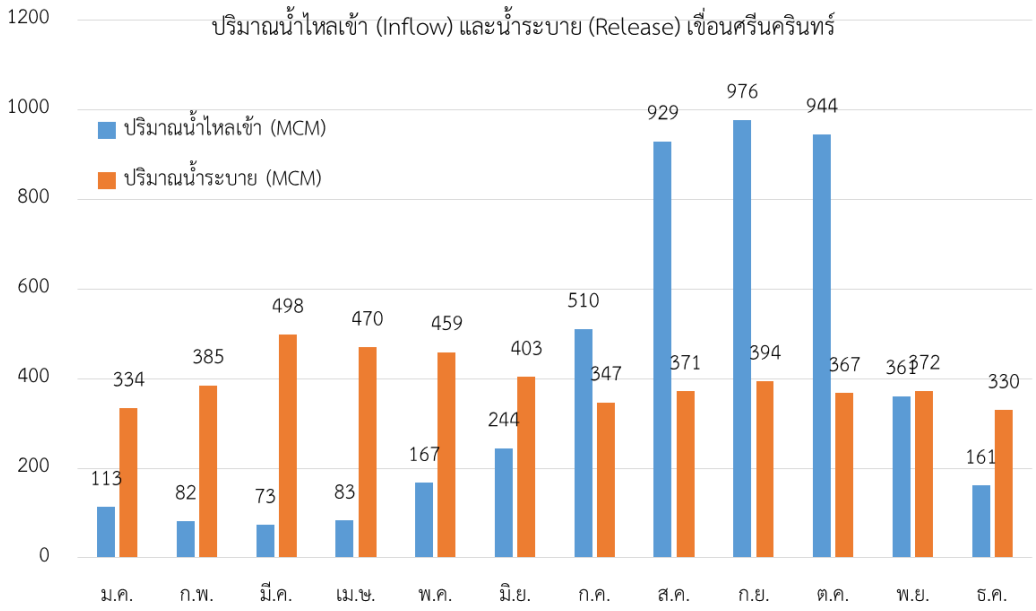
	ประเภทข้อมูล	ลักษณะข้อมูล	ช่วงข้อมูล
เขื่อนแม่กลอง	ข้อมูลระดับน้ำเก็บกัก	รายวัน	1/1/2520-31/12/2559
	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ผันไปใช้	รายวัน	
	คลอง 1L	รายวัน	1/1/2520-31/12/2559
	คลอง 2L	รายวัน	1/1/2520-31/12/2559
	คลอง 1R	รายวัน	1/1/2520-31/12/2559
	คลอง 2R	รายวัน	1/1/2520-31/12/2559
	คลอง LMC	รายวัน	1/1/2520-31/12/2559
	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ผันเข้าคลอง	รายวัน	1/1/2520-31/12/2559
	ข้อมูลปริมาณน้ำระบายท้ายเขื่อน	รายวัน	1/1/2520-31/12/2559
ศูนย์อุทกวิทยา ภาคตะวันตก	ข้อมูลปริมาณน้ำผิวดิน		
	- K 12	รายวัน	1/1/2547 - 31/12/2559
	- K 31	รายวัน	1/1/2547 - 31/12/2560
	- K 32A	รายวัน	1/1/2547 - 31/12/2561
	- K 53	รายวัน	1/1/2547 - 31/12/2562
ข้อมูลลักษณะกายภาพ	เขื่อน	บรรยาย	-
	อ่างเก็บน้ำ	บรรยาย	-
	โรงไฟฟ้า	บรรยาย	-
	พื้นที่ลุ่มน้ำ	บรรยาย	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

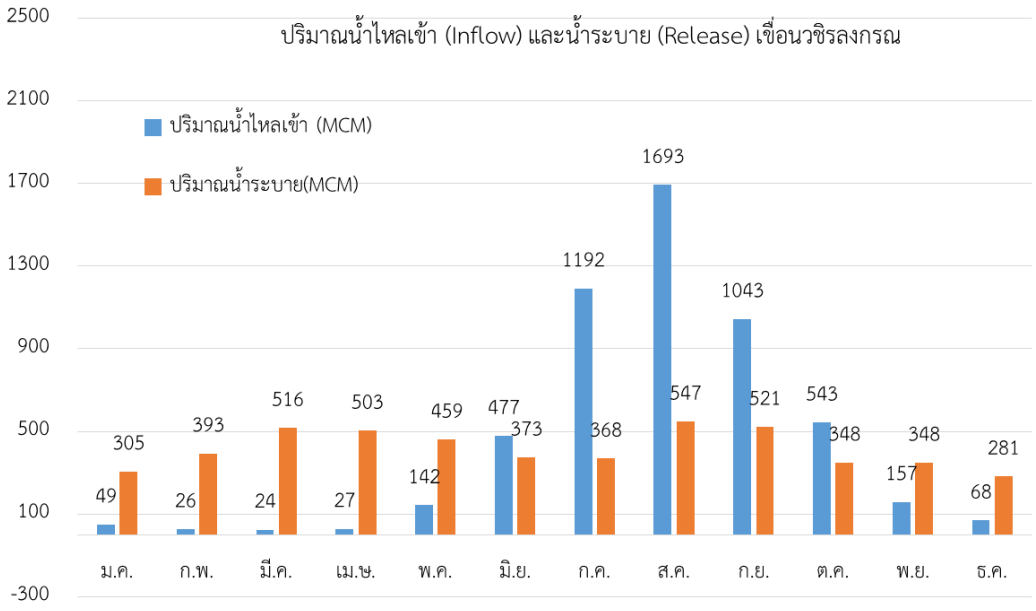
5.2.1 ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำระบาย และปริมาณการระบายน้ำของอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างฯ และปริมาณการระบายน้ำที่ปล่อยออกจากเขื่อน ศรีนครินทร์พบว่าปริมาณน้ำไหลเข้ารายปีเฉลี่ยอยู่ที่ 4,645 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณน้ำที่ปล่อยผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายูนิตที่ 1-5 เฉลี่ยเท่ากับ 5,643 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในจำนวนนี้เป็นปริมาณน้ำสูบกลับจากยูนิตที่ 4-5 เฉลี่ยเท่ากับ 695 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็นปริมาณน้ำที่ปล่อยออกสุทธิเท่ากับ 4,948 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรืออาจจะกล่าวได้ว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้ารายปีเฉลี่ยของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์น้อยกว่าปริมาณน้ำที่ปล่อยออกสุทธิจากอ่างเก็บน้ำอยู่เล็กน้อย ในขณะที่ปริมาณน้ำที่ไหลเข้ารายปีเฉลี่ยของอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณเท่ากับ 5,440 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำที่ระบายจากเขื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 5,962 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี สำหรับเขื่อนท่าทุ่งนาพบว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าซึ่งเป็นผลจากการปล่อยน้ำจากเขื่อนศรีนครินทร์ นั้นมี

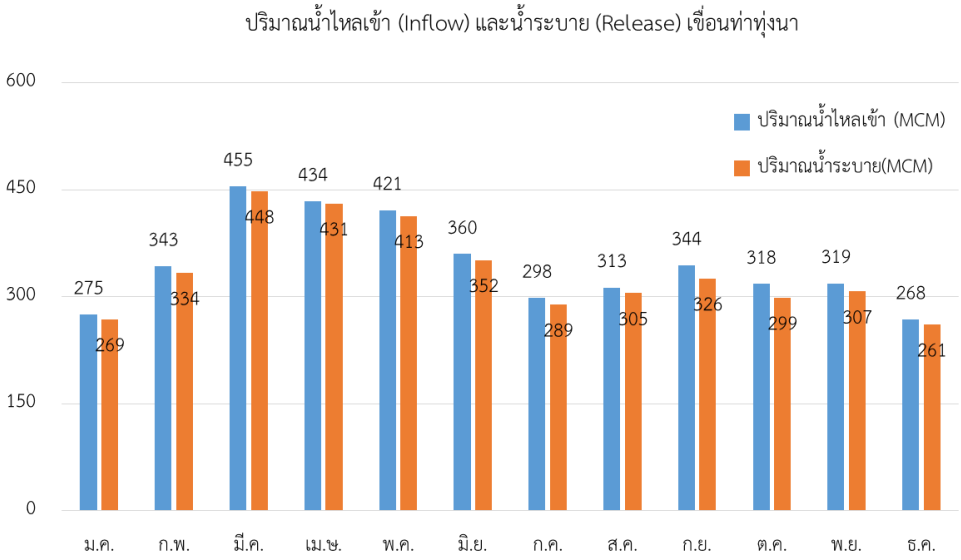
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4,146 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งมากกว่าปริมาณน้ำที่ปล่อยออกที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4,033 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ดังรูปที่ 5.3 – 5.5



รูปที่ 5.3 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำระบายของเขื่อนศรีนครินทร์ (เฉลี่ยรายเดือน)



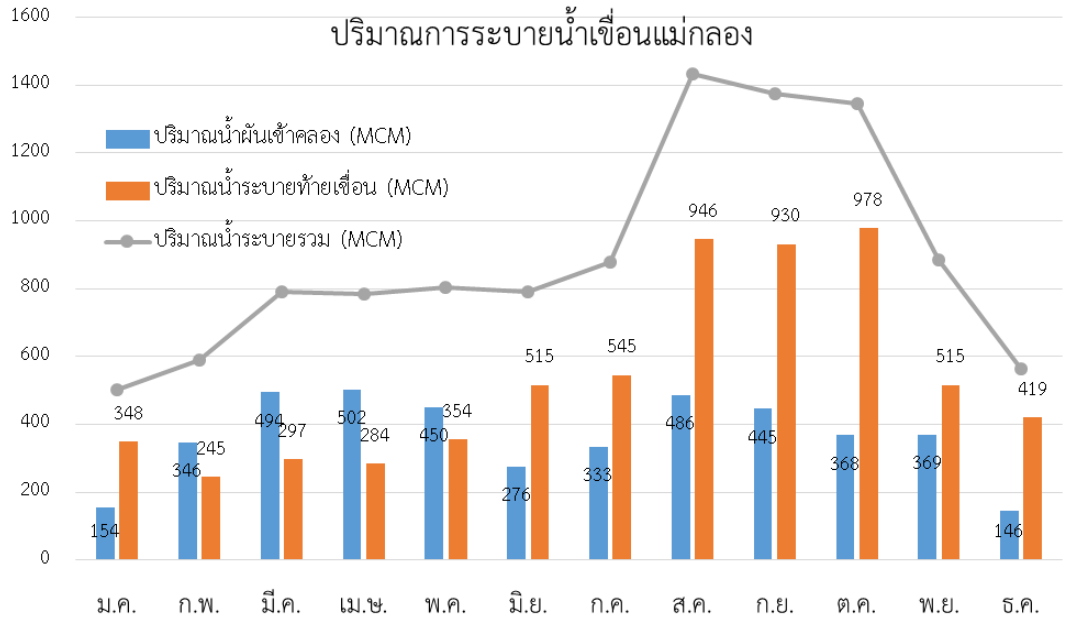
รูปที่ 5.4 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำระบายของเขื่อนวชิราลงกรณ (เฉลี่ยรายเดือน)



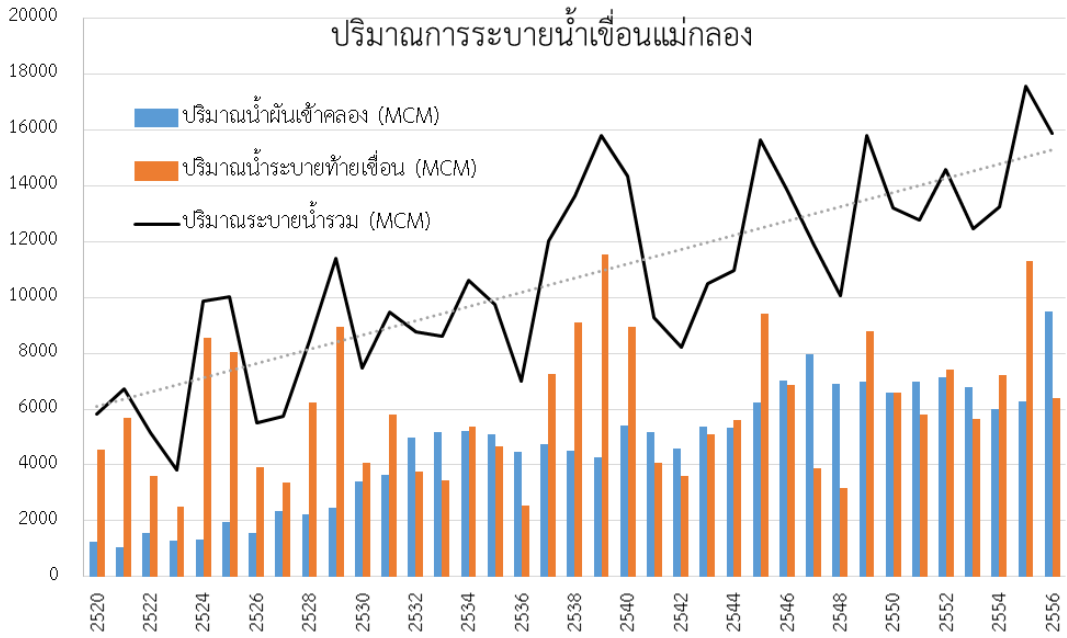
รูปที่ 5.5 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำระบายของเขื่อนท่าทุ่งนา(เฉลี่ยรายเดือน)

สำหรับเขื่อนแม่กลองซึ่งรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำที่ผันเข้าคลองชลประทานและปริมาณน้ำระบายท้ายเขื่อนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 - 2556 พบว่า มีการระบายน้ำสูงในช่วงฤดูฝน (ส.ค. – ต.ค.) และปริมาณน้ำที่ปล่อยทั้งหมดซึ่งคิดจากปริมาณน้ำที่ผันเข้าคลองชลประทานและปริมาณน้ำระบายท้ายเขื่อนแม่กลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงอย่างต่อเนื่องดังแสดงในรูปที่ 5.6 – 5.7

จากการศึกษาปริมาณน้ำต้นทุนซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างสุทธิของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณพบว่ามีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 10,085 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นสัดส่วนปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ 46:54 ซึ่งสูงกว่าปริมาณน้ำที่ผันเข้าคลองชลประทานที่ประเมินไว้ที่ 6,600 ล้านลูกบาศก์เมตร และสูงกว่าปริมาณความต้องการน้ำท้ายน้ำทั้งหมดที่ต้องระบายท้ายเขื่อนแม่กลอง 2,800 ล้านลูกบาศก์เมตร (สสนก.2555) อย่างไรก็ดี 90% ของปริมาณน้ำต้นทุนจะเกิดในช่วงฤดูฝนตั้งแต่เดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน ในขณะที่ปริมาณความต้องการน้ำท้ายเขื่อนแม่กลองในช่วงฤดูแล้งสูงกว่าในช่วงฤดูฝน ด้วยเหตุนี้หลักการบริหารจัดการน้ำในระบบลุ่มน้ำแม่กลองจึงเป็นลักษณะของการเก็บกักน้ำต้นทุนในช่วงฤดูฝนและจัดสรรน้ำไปใช้ให้เพียงพอตามความต้องการทางด้านท้ายน้ำตลอดทั้งปีทั้งในปัจจุบันและอนาคต (กฟผ.,2553)



รูปที่ 5.6 ปริมาณน้ำฝนเข้าคลอง และระบายน้ำผ่านเขื่อนแม่กลอง (เฉลี่ยรายเดือน)



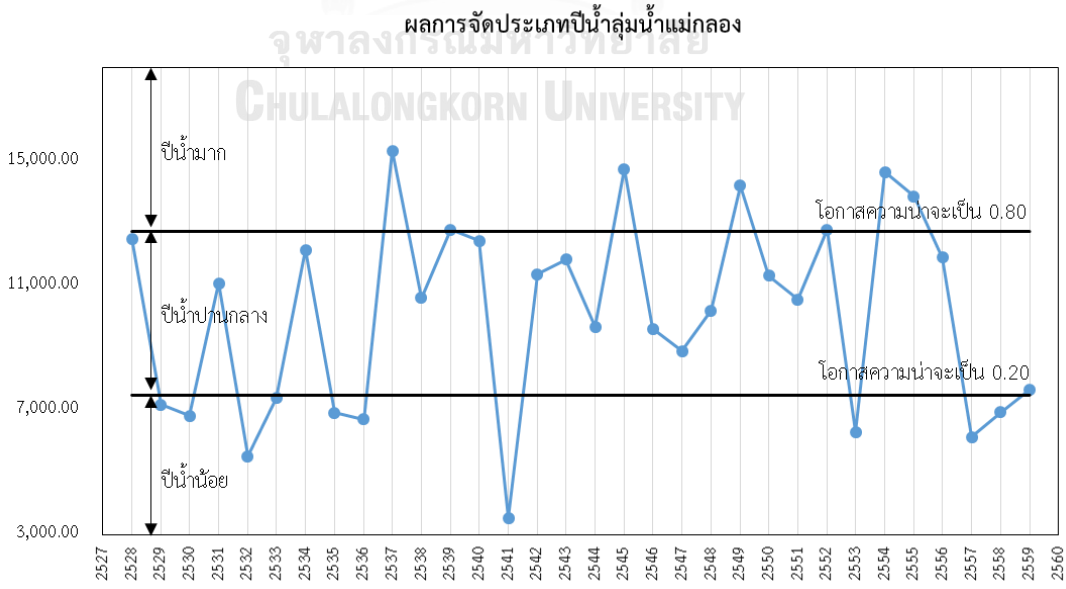
รูปที่ 5.7 ปริมาณน้ำฝนเข้าคลอง และระบายน้ำผ่านเขื่อนแม่กลอง (เฉลี่ยรายปี)

5.2.2 การวิเคราะห์ประเภทปีน้ำ

ในการวิเคราะห์ประเภทปีน้ำ (water year analysis) ได้อาศัยข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสุทธิรายปีซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุนของลุ่มน้ำจากตอนบนโดยตรงซึ่งคือเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ จากนั้นนำมาทำการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่เพื่อเลือกฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสมโดยอาศัยวิธีการทดสอบทางสถิติ Smirnov-Kolmogorov ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่าฟังก์ชันการแจงแจงโอกาสความน่าจะเป็นแบบปกติ (normal distribution function) มีความเหมาะสมกับข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสุทธิรายปีที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นประเมินค่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสุทธิรายปีที่โอกาสความน่าจะเป็น 0.20 และ 0.80 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7,475.99 และ 12,732.30 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีตามลำดับ เพื่อกำหนดเป็นเป็นเกณฑ์การจัดแบ่งประเภทปีน้ำตามเงื่อนไขดังนี้คือ (กฟผ.,2553)

- เมื่อโอกาสความน่าจะเป็นของข้อมูลปริมาณน้ำท่าสุทธิรายปีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20% หรือ Prob(X≤0.20) จะกำหนดให้เป็นปีน้ำน้อย
- เมื่อโอกาสความน่าจะเป็นของข้อมูลปริมาณน้ำท่าสุทธิรายปีมากกว่าหรือเท่ากับ 80% หรือ Prob(X≥0.80) จะกำหนดให้เป็นปีน้ำมาก
- เมื่อโอกาสความน่าจะเป็นของข้อมูลปริมาณน้ำท่าสุทธิรายปีอยู่ระหว่าง 20-80% หรือ Prob (0.2<X<0.8) จะกำหนดให้เป็นปีน้ำปกติ

ผลการจัดแบ่งประเภทปีน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองแสดงดังรูปที่ 5.8 และตารางที่ 5.5



รูปที่ 5.8 ผลการจัดประเภทปีน้ำจากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯสุทธิของเขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนวชิราลงกรณ

ตารางที่ 5.5 ผลการจัดประเภทปีน้ำจากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯสุทธิของเขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนวชิราลงกรณ

ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างสุทธิ (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)	ผลการจัดแบ่งประเภทปีน้ำ	ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างสุทธิ (ล้าน ลบ.ม.ต่อปี)	ผลการจัดแบ่งประเภทปีน้ำ
2528	12,502.75	ปีน้ำปานกลาง	2544	9,663.22	ปีน้ำปานกลาง
2529	7,168.87	ปีน้ำน้อย	2545	14,738.53	ปีน้ำมาก
2530	6,814.93	ปีน้ำน้อย	2546	9,599.22	ปีน้ำปานกลาง
2531	11,058.60	ปีน้ำปานกลาง	2547	8,890.42	ปีน้ำปานกลาง
2532	5,513.33	ปีน้ำน้อย	2548	10,185.30	ปีน้ำปานกลาง
2533	7,376.49	ปีน้ำน้อย	2549	14,199.75	ปีน้ำมาก
2534	12,131.07	ปีน้ำปานกลาง	2550	11,316.44	ปีน้ำปานกลาง
2535	6,901.60	ปีน้ำน้อย	2551	10,542.58	ปีน้ำปานกลาง
2536	6,705.76	ปีน้ำน้อย	2552	12,794.64	ปีน้ำมาก
2537	15,323.41	ปีน้ำมาก	2553	6,294.75	ปีน้ำน้อย
2538	10,598.74	ปีน้ำปานกลาง	2554	14,631.86	ปีน้ำมาก
2539	12,782.75	ปีน้ำมาก	2555	13,861.88	ปีน้ำมาก
2540	12,438.74	ปีน้ำปานกลาง	2556	11,896.21	ปีน้ำปานกลาง
2541	3,524.46	ปีน้ำน้อย	2557	6,124.87	ปีน้ำน้อย
2542	11,357.85	ปีน้ำปานกลาง	2558	6,926.51	ปีน้ำน้อย
2543	11,828.14	ปีน้ำปานกลาง	2559	7,651.87	ปีน้ำปานกลาง

5.2.3 สัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำในอ่างเก็บน้ำ

ในการพัฒนาแบบจำลองการบริหารจัดหาระบบอ่างเก็บน้ำของลุ่มน้ำแม่กลอง ได้ใช้สัมประสิทธิ์อัตราการระเหยของน้ำในอ่างเก็บน้ำของแต่ละอ่างเก็บนำรายเดือน สำหรับนำมาใช้คำนวณหาปริมาณการระเหยของน้ำในแต่ละวันซึ่งผันแปรตามระดับน้ำเก็บกัก และพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ ดังตารางที่ 5.6 ส่วนเขื่อนแม่กลอง ทางกรมชลประทานไม่ได้มีการจัดเก็บข้อมูลการระเหยของน้ำในเขื่อนแม่กลอง เนื่องจากเป็นเขื่อนทดน้ำจึงไม่มีเส้นขอบเขตของอ่างเก็บน้ำอ่าง และพื้นที่อ่างเก็บน้ำที่ชัดเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.6 อัตราการระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำรายเดือน

เดือน	อัตราการระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำ (มิลลิเมตรต่อวัน)		
	เขื่อนศรีนครินทร์	เขื่อนวชิราลงกรณ	เขื่อนท่าทุ่งนา
มกราคม	3.09	3.14	2.97
กุมภาพันธ์	2.00	3.80	2.99
มีนาคม	2.00	2.60	4.46
เมษายน	2.70	3.60	3.04
พฤษภาคม	5.00	4.43	2.76
มิถุนายน	5.00	3.23	3.09
กรกฎาคม	4.82	4.38	3.00
สิงหาคม	2.00	3.11	3.48
กันยายน	2.00	2.51	3.11
ตุลาคม	2.00	3.30	2.70
พฤศจิกายน	5.00	4.39	2.91
ธันวาคม	4.17	4.18	2.96

5.2.4 ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับกักเก็บ ปริมาณน้ำ และพื้นที่ผิวน้ำ

ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับกักเก็บ ปริมาณน้ำ และพื้นที่ผิวน้ำนั้นจะช่วยให้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าไปมาระหว่างระดับกักเก็บ (ม.รทก.) ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.) และพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ (ตร.กม.) โดยระดับกักเก็บในอ่างเก็บน้ำสามารถนำไปใช้คำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ ส่วนพื้นที่ผิวน้ำจะนำไปคำนวณปริมาณการระเหยของน้ำในอ่างเก็บน้ำได้ ซึ่งข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ดังกล่าวได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยดังแสดงในรูปที่ 5.15 – 5.17

สมการความสัมพันธ์พื้นที่ผิวน้ำ ปริมาณกักเก็บ และระดับน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์

$$\text{Area}_{SNR,t} = (3.1\text{E}-11)(S_{SNR,t})^3 - (1.51\text{E}-6)(S_{SNR,t})^2 + (39.33\text{E}-2)S_{SNR,t} + 17.828 \quad (5.66)$$

$$\text{Ele}_{SNR,t} = (2.48\text{E}-11)(S_{SNR,t})^3 - (1.04\text{E}-6)(S_{SNR,t})^2 + (0.162)S_{SNR,t} + 80.19 \quad (5.67)$$

สมการความสัมพันธ์พื้นที่ผิวน้ำ ปริมาณกักเก็บ และระดับน้ำของเขื่อนวชิราลงกรณ

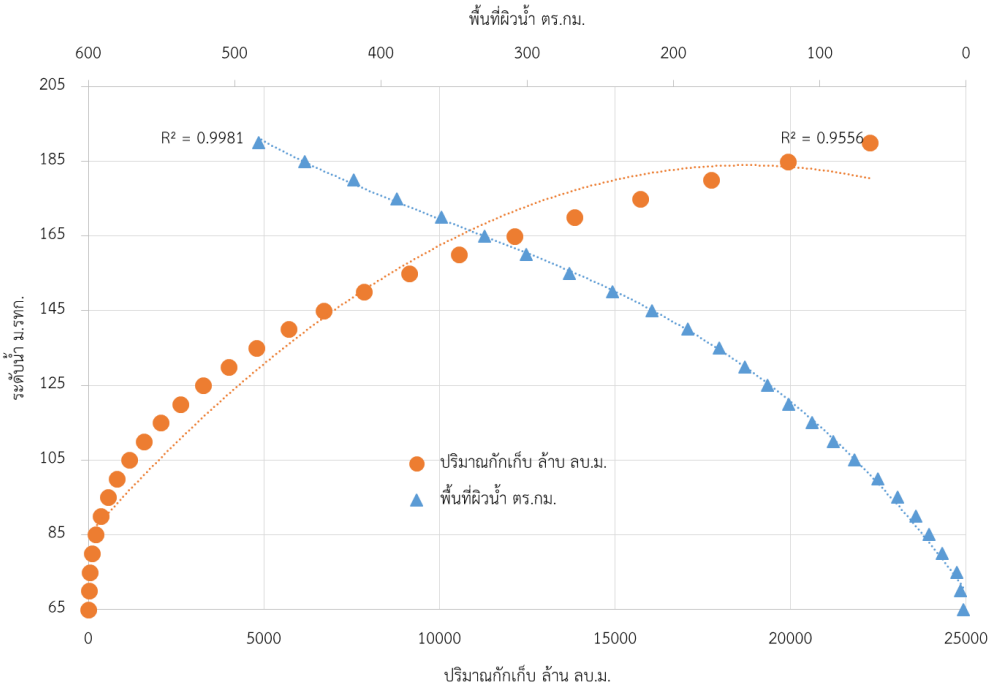
$$\text{Area}_{VRK,t} = (1.99\text{E}-10)(S_{VRK,t})^3 - (5.512\text{E}-6)(S_{VRK,t})^2 + (7.48)S_{VRK,t} + 17.279 \quad (5.68)$$

$$\text{Ele}_{VRK,t} = (8.71\text{E}-11)(S_{VRK,t})^3 - (1.88\text{E}-6)(S_{VRK,t})^2 + (1.54\text{E}-2)S_{VRK,t} + 104.56 \quad (5.69)$$

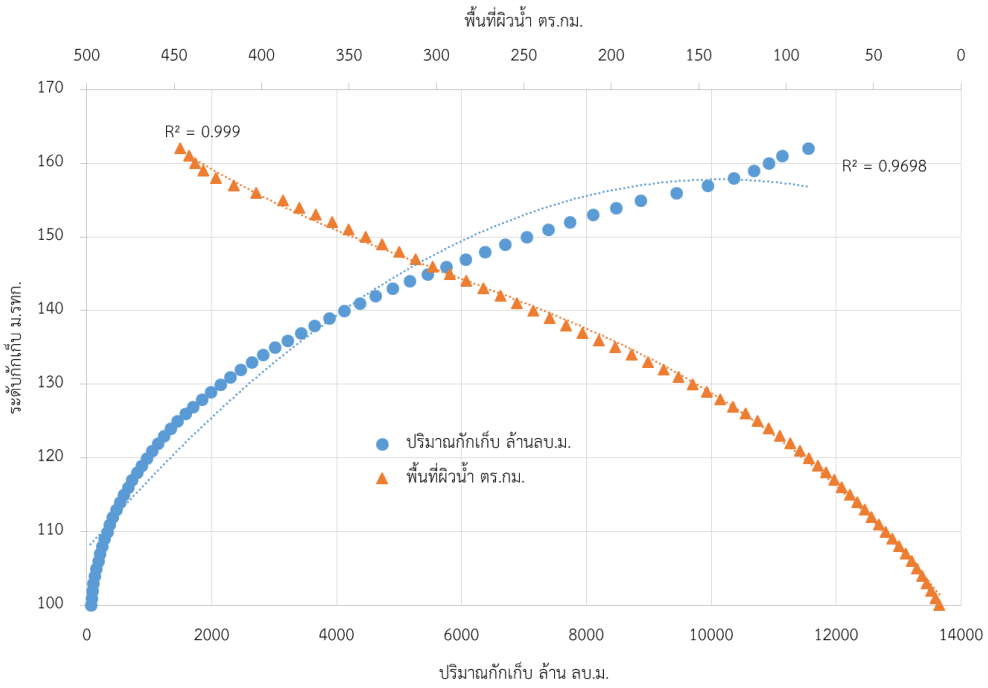
สมการความสัมพันธ์พื้นที่ผิวน้ำ ปริมาณกักเก็บ และระดับน้ำของเขื่อนท่าทุ่งนา

$$\text{Area}_{TN,t} = (8.94\text{E}-5)(S_{TN,t})^3 + (9.14\text{E}-3)(S_{TN,t})^2 - (1.2)S_{TN,t} + 28.33 \quad (5.70)$$

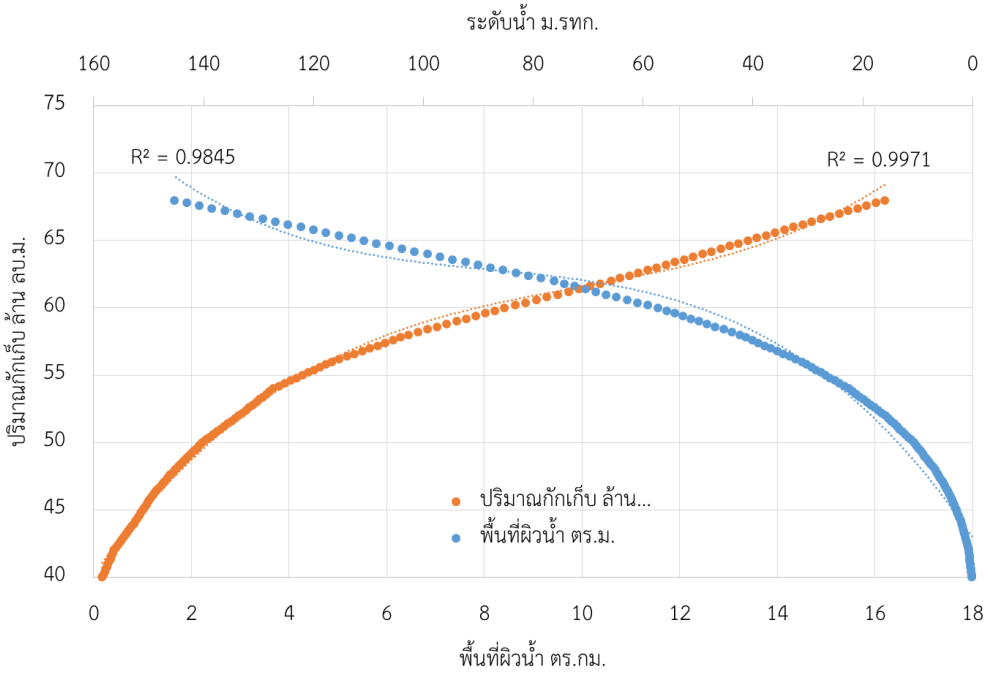
$$Ele_{TN,t} = (2.45E-5)(S_{TN,t})^3 - (6.43E-3)(S_{TN,t})^2 + (0.6)S_{TN,t} + 42.96 \quad (5.71)$$



รูปที่ 5. 9 โค้งความสัมพันธ์ระหว่าง พื้นที่ผิวน้ำ ปริมาณกักเก็บ และระดับน้ำ เขื่อนศรีนครินทร์



รูปที่ 5.10 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวน้ำ ปริมาณกักเก็บ และระดับน้ำ ของเขื่อนวชิราลงกรณ



รูปที่ 5. 11 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวน้ำ ปริมาณกักเก็บ และระดับน้ำของเขื่อนท่าทุ่งนา

ส่วนเขื่อนแม่กลองที่ดูแลโดยกรมชลประทานนั้นไม่มีเส้นขอบเขตของอ่างเก็บน้ำอย่างชัดเจน จึงไม่มีโค้งความสัมพันธ์ดังกล่าว แต่ทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศได้เข้าไปดำเนินการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่ด้านท้ายเขื่อนจึงได้สำรวจความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในเขื่อนแม่กลอง และปริมาณน้ำโดยสังเขปซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 5.72

$$\mathrm{Ele}_{\mathrm{MKL},t} = (0.03)\mathrm{S}_{\mathrm{MKL},t} + 20.969 \tag{5.72}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2.5 การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานน้ำ

ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ประกอบด้วย อัตราการระบายน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (water Discharge) อัตราการระบายน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้สูงสุด (rated discharge) ระดับน้ำต่ำสุดที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ (minimum water level for power generation) โค้งอัตราการระบายน้ำ-ระดับน้ำ-ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า (Capability-Discharge-Efficiency Curves) และความสูงของเฮดน้ำ (head) จากนั้นคำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการปล่อยน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยอาศัยสมการดังนี้

$$G = \eta\gamma TRH_T \tag{5.73}$$

โดยที่

G คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

η คือ ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า (เปอร์เซ็นต์)

γ คือ น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (9.81 กิโลนิวตันต่อลูกบาศก์เมตร)

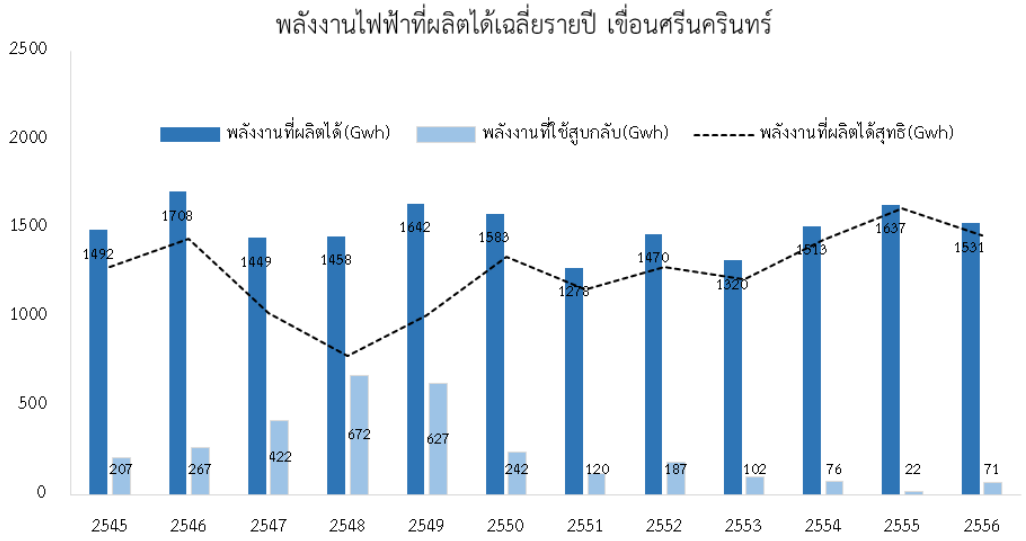
T คือ เวลาในการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ชั่วโมง)

R คือ อัตราการระบายน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

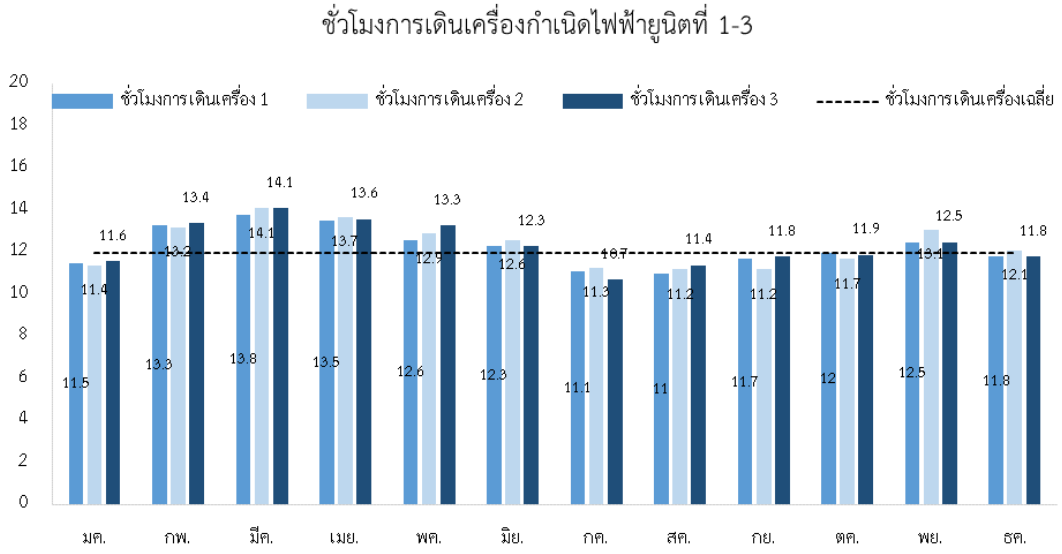
H_T คือ ความสูงน้ำ (เมตร)

5.2.6 ข้อมูลการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ

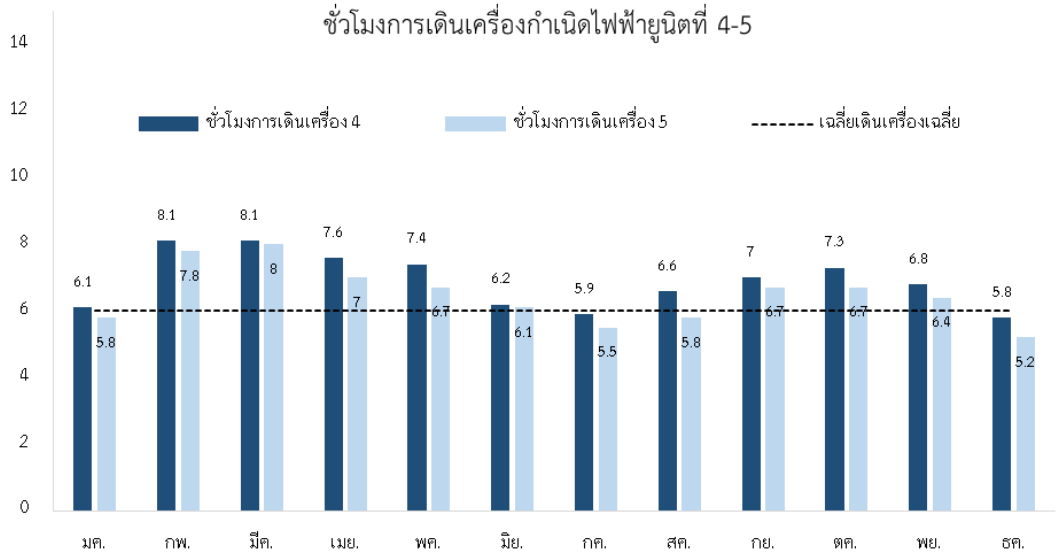
จากการวิเคราะห์ข้อมูลการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเขื่อนศรีนครินทร์ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยรายชั่วโมงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2558 พบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีจากการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายูนิตที่ 1-5 ของเขื่อนศรีนครินทร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,507 กิกะวัตต์-ชั่วโมง ในขณะที่พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการสูบกลับน้ำท้ายเขื่อนที่ยูนิต 4-5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 251 กิกะวัตต์-ชั่วโมง ส่วนการวิเคราะห์ถึงจำนวนชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์พบว่า การปล่อยน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายูนิตที่ 1-3 มีลักษณะคล้ายคลึงกันทั้งรูปแบบ และจำนวนการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยมีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ระหว่าง 11-14 ชั่วโมงต่อวัน ในขณะที่การเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายูนิตที่ 4-5 ซึ่งเดินเครื่องทำงานอยู่ที่ 5-8 ชั่วโมงต่อวัน ในการศึกษานี้จึงเลือกใช้ 12 ชั่วโมง สำหรับการคำนวณพลังงานไฟฟ้าในยูนิตที่ 1-3 และ 6 ชั่วโมง สำหรับโรงไฟฟ้ายูนิตที่ 4 และ 5



รูปที่ 5.12 พลังงานการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีเขื่อนศรีนครินทร์

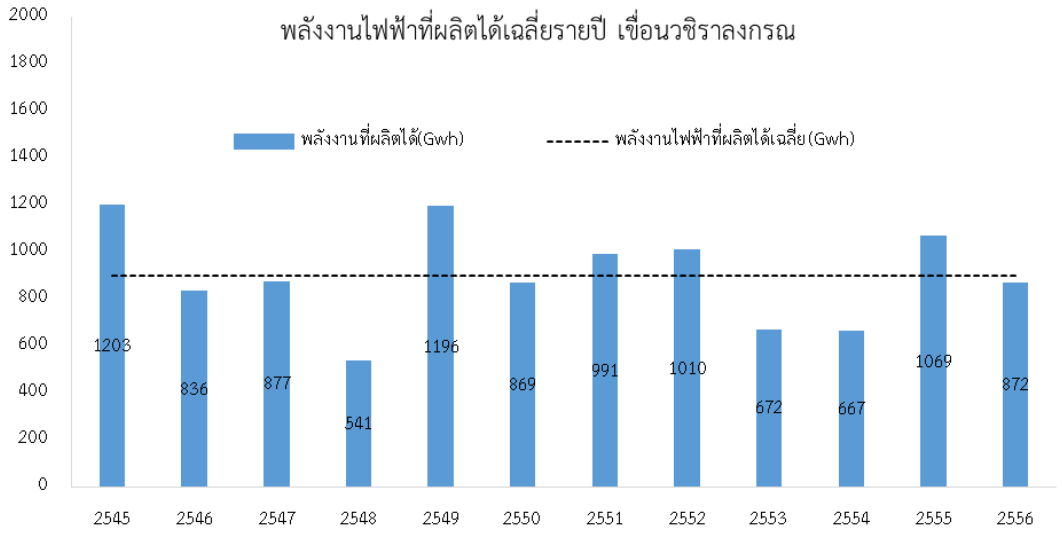


รูปที่ 5.13 ชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนของเครื่องที่ 1-3 เขื่อนศรีนครินทร์

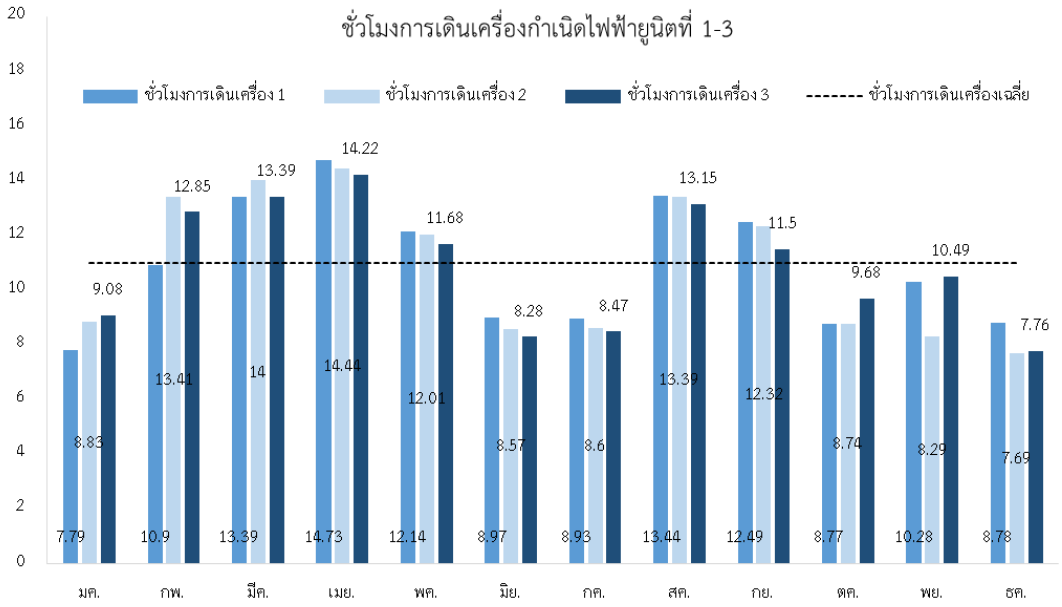


รูปที่ 5.14 ชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนของเครื่องที่ 4-5 เขื่อนศรีนครินทร์

การวิเคราะห์ข้อมูลการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเขื่อนวชิราลงกรณรายชั่วโมงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2558 พบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีของเขื่อนวชิราลงกรณผันแปรขึ้นลงระหว่างปีตามสถานะของน้ำในอ่างเก็บน้ำและปริมาณน้ำที่ปล่อยผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งมีจำนวน 3 ยูนิต โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 900 กิกะวัตต์-ชั่วโมง พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ค่อนข้างสูงในปี พ.ศ. 2545, 2549 และ 2555 และค่อนข้างน้อยในปี พ.ศ. 2548, 2553 และ 2554 ส่วนการวิเคราะห์จำนวนชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายวันเฉลี่ยของเขื่อนวชิราลงกรณแสดงให้เห็นว่ามีการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 11 ชั่วโมงต่อวัน

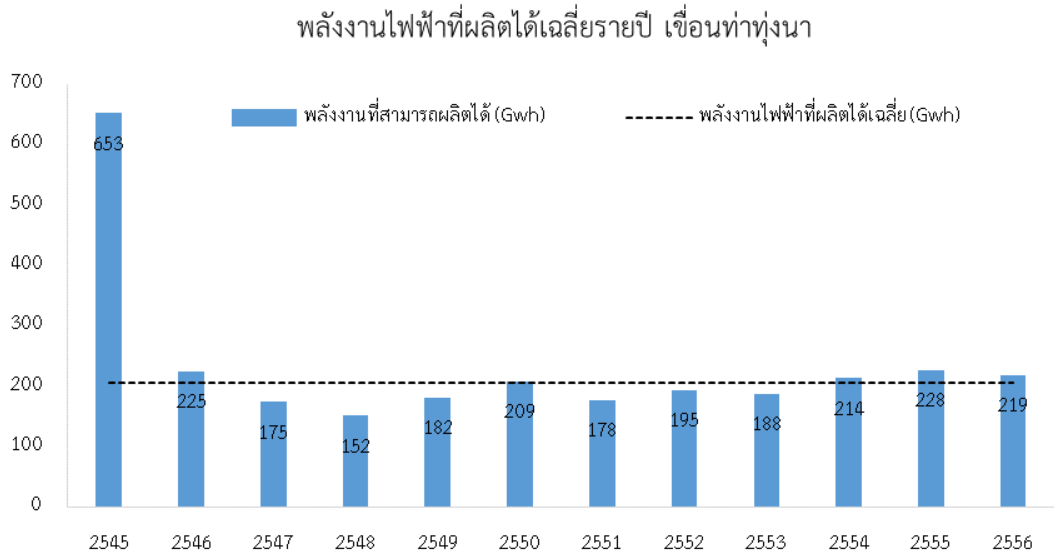


รูปที่ 5.15 พลังงานการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีเขื่อนวชิราลงกรณ

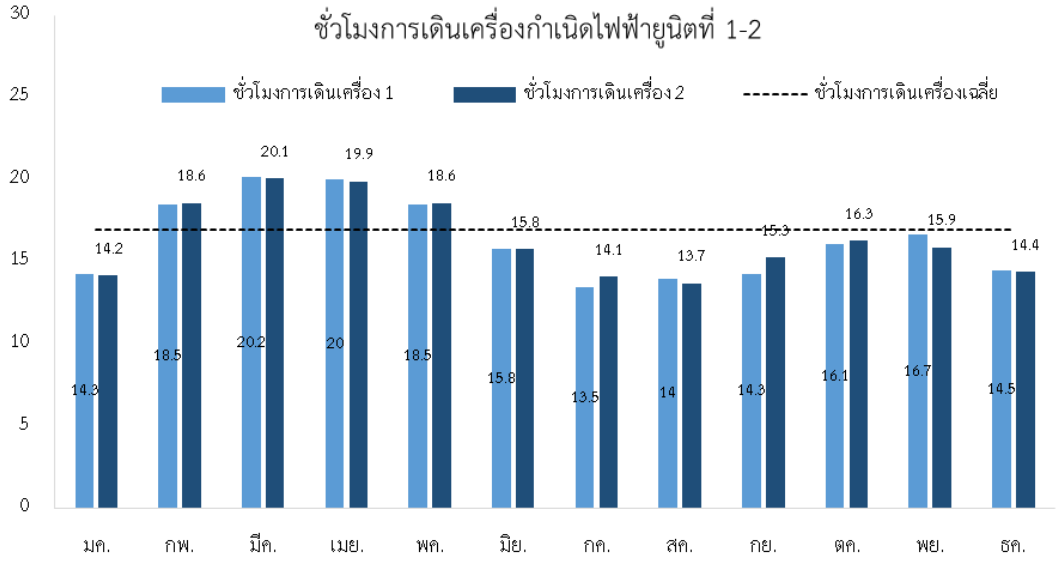


รูปที่ 5.16 ชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนของเครื่องที่ 1-3 เขื่อนวชิราลงกรณ

การวิเคราะห์ข้อมูลการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเขื่อนท่าทุ่งนา รายชั่วโมงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2556 พบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีซึ่งเป็นผลการการปล่อยน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวน 2 ยูนิต มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 234.88 กิกะวัตต์-ชั่วโมง อย่างไรก็ดีจากการตรวจสอบข้อมูลพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปี พ.ศ. 2545 สูงถึง 652.90 กิกะวัตต์-ชั่วโมง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากเป็นปีวิกฤตน้ำมากในลุ่มน้ำแม่กลอง ส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงกว่าในปีอื่นๆ โดยมีชั่วโมงการเดินเครื่องเฉลี่ยอยู่ที่ 17 ชั่วโมงต่อวัน



รูปที่ 5.17 พลังงานการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีเขื่อนท่าทุ่งนา



รูปที่ 5.18 ชั่วโมงการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนของเครื่องที่ 1-2 เขื่อนท่าทุ่งนา

ส่วนโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำท้ายเขื่อนแม่กลองนั้น ข้อมูลในการเดินเครื่องได้เริ่มต้นนำเข้าระบบเมื่อปีพ.ศ. 2558 ช่วงปลายปี และยังมีการซ่อมบำรุงโรงไฟฟ้าอยู่บ่อยครั้ง จึงยังไม่สามารถนำข้อมูลอนุกรมที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์ได้จึงได้ตั้งสมมติฐานของชั่วโมงการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าท้ายน้ำเขื่อนแม่กลองไว้ที่ 24 ชั่วโมงต่อวัน จากการพิจารณาข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำของทั้ง 4 เขื่อน สรุปข้อมูลได้ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองที่ใช้กำหนดในแบบจำลอง

ข้อกำหนด	เขื่อนศรีนครินทร์		เขื่อนวชิราลงกรณ	เขื่อนท่าทุ่งนา	เขื่อนแม่กลอง
	Unit 1-3	Unit 4-5	Unit 1-3	Unit 1-2	Unit 1-2
สัดส่วนการปล่อยน้ำต่อยูนิต %	22.67%	16%	33.33%	50%	50%
อัตราการระบายน้ำต่อยูนิต (cms)	125.4	199.5/205	185	150	75.56
ชั่วโมงการเดินเครื่องโดยเฉลี่ย (hr/day)	12	6 / 4 (สูบกลับ)	11	17	24
กำลังผลิต (mW-hr) ต่อยูนิต	120	180	100	19	6
ระดับต่ำสุดที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ (m.msl)	159	164	135	55.5	21.5
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อปี (Gwh)	1507		900	234.88	-

5.2.7 ข้อมูลโค้งอัตราการระบายน้ำ – ระดับน้ำ – ประสิทธิภาพในการผลิพลังงานไฟฟ้า

ข้อมูลประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้านับเป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่นำมาใช้ในการคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ตามที่แสดงไว้ในสมการที่ 5.1 ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสามารถอ่านค่าประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้จากโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายน้ำ-ระดับน้ำ-ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าแสดงไว้ในตารางที่ 5.8

ทั้งนี้เมื่อได้ศึกษารายงานหลายฉบับในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พบว่า ตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2545 – 2558 เป็นต้นมา ผลการคำนวณพลังงานไฟฟ้าจากสมการที่ ไม่ใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริง เนื่องจากค่าประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าไม่ตรงกับสภาพจริงที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากระยะเวลา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจึงได้พัฒนาสมการการถดถอยกรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปรในรูปของสมการโพลิโนเมียลอย่างง่ายเพื่อใช้คำนวณค่าประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแต่ละเขื่อน โดยกำหนดให้ค่าประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าผันแปรตามปริมาณน้ำที่ปล่อย (water discharge) และความสูงน้ำ (head) ในรูปของสมการดังสมการที่ 5.74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.8 ข้อมูลโค้งอัตราการระบายน้ำ – ระดับน้ำ – ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

เขื่อนศรีนครินทร์ยูนิตที่ 1-3		
อัตราการระบายน้ำ (Discharge)	ระดับน้ำ (Elevation)	ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า (Adjusting Factor, %)
104.5	120	72
141	160	83.4
133.5	170	85.2
150	172.5	85.4
100	175	85.2
	180	84.6

ตารางที่ 5.8 (ต่อ) ข้อมูลโค้งอัตราการระบายน้ำ – ระดับน้ำ – ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

เขื่อนศรีนครินทร์ยูนิตที่ 4-5		
อัตราการระบายน้ำ (Discharge)	ระดับน้ำ (Elevation)	ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า (Adjusting Factor, %)
175	152	80.2
194.4	155	81
183	160	82
150	165	82.5
100	170	82.8
	175	82.8
เขื่อนวชิราลงกรณยูนิตที่ 1-3		
อัตราการระบายน้ำ (Discharge)	ระดับน้ำ (Elevation)	ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า (Adjusting Factor, %)
145	130	84.6
182	140	89.2
177	145	91.2
140	150	93
190	151	93.2
	152	93.3
	153	93.2
	154	93
เขื่อนท่าทุ่งนายูนิตที่ 1-2		
อัตราการระบายน้ำ (Discharge)	ระดับน้ำ (Elevation)	ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า (Adjusting Factor, %)
260	53.7	89.6
270	54.4	90.2
280	55.2	90.6
290	55.9	90.8
298.8	56.7	91
280	57.4	91.1
265	58.2	91.2
250	58.9	91.3
240	59.7	91.4

ตารางที่ 5.8 (ต่อ) ข้อมูลโค้งอัตราการระบายน้ำ – ระดับน้ำ – ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

เขื่อนแม่กลองยูนิตที่ 1-2		
อัตราการระบายน้ำ (Discharge)	ระดับน้ำ (Elevation)	ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า (Adjusting Factor, %)
(ไม่มีข้อมูล)	(ไม่มีข้อมูล)	95

$$\text{AdjustedEff.} = aR^3 + aR^2 + cR + d + eH^3 + fH^2 + gH + h \quad (5.74)$$

โดยที่

AdjustedEff.	คือ	ค่าประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าปรับแก้
a, b, c, d, e, f, g, h	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอย
R	คือ	อัตราการระบายน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ลบ.ม.ต่อวินาที)
H	คือ	เฮดน้ำ (เมตร)

ผลการวิเคราะห์สมการการถดถอยเพื่อประมาณค่าประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ของโรงไฟฟ้าแต่ละเขื่อนได้ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการดังแสดงในตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการถดถอยเพื่อประมาณค่าประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแต่ละเขื่อน

ค่าสัมประสิทธิ์	เขื่อนศรีนครินทร์		เขื่อนวชิราลงกรณ	เขื่อนท่าทุ่งนา	เขื่อนแม่กลอง
	ยูนิตที่ 1-3	ยูนิตที่ 4-5			
a	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.95E-13	1.94E-04
b	2.36E-06	0.00E+00	0.00E+00	3.38E-13	-1.86E-02
c	2.10E-03	2.10E-03	0.00E+00	9.44E-13	6.22E-01
d	2.14E+00	2.15E+00	9.50E+01	6.98E+01	6.05E-01
e	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.53E-13	-1.51E+01
f	7.21E-12	7.21E-12	5.58E-06	1.03E-04	1.00E+02
g	7.22E-01	7.54E-01	0.00E+00	1.41E-01	0.00E+00
h	4.85E-02	5.04E-02	0.00E+00	2.66E+01	0.00E+00

ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2553

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2.8 ข้อมูลระดับน้ำท้ายเขื่อน

ข้อมูลระดับน้ำท้ายเขื่อนเป็นข้อมูลสำคัญในการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำในตัวแปรเฮดน้ำ H ซึ่งเกิดจากการนำระดับน้ำในเขื่อนลบด้วยระดับน้ำท้ายเขื่อน โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้จัดทำความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายน้ำ – ระดับน้ำท้ายเขื่อนไว้ 3 เขื่อนดังตารางที่ 5.10 – 5.12

ตารางที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายน้ำ-ระดับน้ำท้ายเขื่อนศรีนครินทร์

เขื่อนศรีนครินทร์	
ระดับน้ำท้ายเขื่อน (เมตร รทก.)	อัตราการระบายน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
58	130
58.5	200
59	400
60	600
61	800
62	1000

ตารางที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายน้ำ-ระดับน้ำท้ายเขื่อนวชิราลงกรณ

เขื่อนวชิราลงกรณ	
ระดับน้ำท้ายเขื่อน (เมตร รทก.)	อัตราการระบายน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
77.5	180
81	200
82	400
83	600
84	800
85	1000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายน้ำ-ระดับน้ำท้ายเขื่อนท่าทุ่งนา

เขื่อนท่าทุ่งนา	
ระดับน้ำท้ายเขื่อน (เมตร รทก.)	อัตราการระบายน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
39	120
40	200
41	400
42	600
43	800
44	1000

สำหรับเขื่อนแม่กลองซึ่งอยู่ในช่วงเริ่มต้นการดำเนินการของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำนั้น ได้นำข้อมูลอนุกรมเวลาของอัตราการระบายน้ำผ่านเขื่อน และระดับน้ำท้ายเขื่อนมาหาความสัมพันธ์ถดถอยทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย โดยกำหนดให้ระดับน้ำท้ายเขื่อนผันแปรตามอัตราการระบายน้ำผ่านเขื่อนในรูปของสมการ 5.75 ดังนี้คือ

$$TWL_{MK} = 0.004Rt + 11.50 \quad (5.75)$$

โดยที่

TWL_{MK} คือ ระดับน้ำท้ายเขื่อนแม่กลอง (เมตร รทก.)

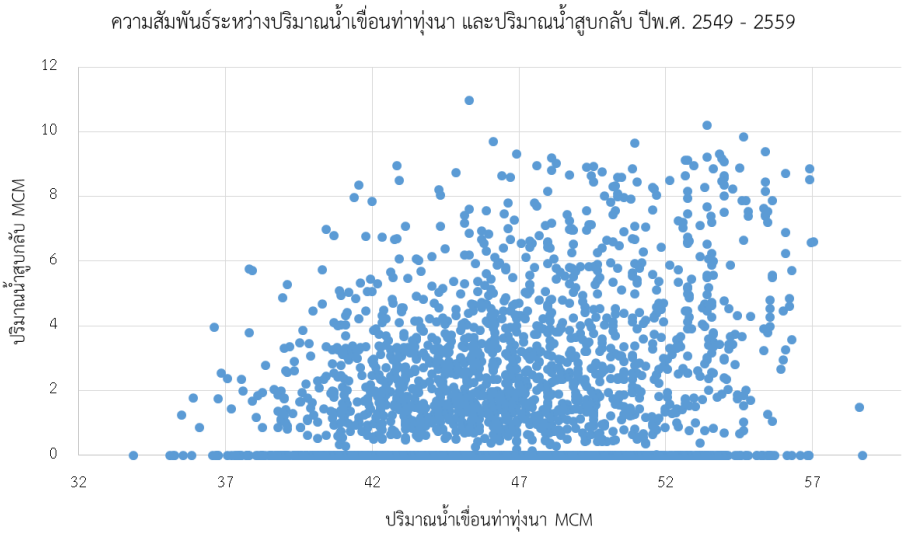
Rt คือ อัตราการระบายน้ำผ่านเขื่อน (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

5.2.9 ข้อมูลการสูบกลับ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำสูบกลับของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายูนิตที่ 4 และ 5 ในเขื่อนศรีนครินทร์ พบว่าปริมาณน้ำที่สูบกลับไม่มีความสัมพันธ์ใดๆกับปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำท่าทุ่งนาหรือปริมาณน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนศรีนครินทร์ เนื่องจากการสูบน้ำกลับนั้นเป็นไปตามคำสั่งของศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าแห่งชาติ (National Control Center, NCC) ซึ่งจะพิจารณาปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า ประกอบกับปริมาณการผลิตไฟฟ้าการโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆในประเทศ จึงทำให้ไม่มีเกณฑ์ตัดสินใจในการสูบน้ำกลับระหว่าง เขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนท่าทุ่งนาอย่างชัดเจน แต่มีข้อกำหนดที่สำคัญคือ โรงไฟฟ้าเขื่อนศรีนครินทร์จะสามารถสูบน้ำได้ก็ต่อเมื่อระดับน้ำในเขื่อนท่าทุ่งนาต้องไม่ต่ำกว่า 57.50 เมตร รทก. หรือ 39.90 ล้าน ลบ.ม. ถ้าต่ำกว่านี้จะเกิดแรงดันอากาศในท่อซึ่งจะทำให้เครื่องสูบเกิดความเสียหายได้

ในการศึกษานี้จึงได้ใช้ข้อมูลสถิติการสูบน้ำกลับย้อนหลัง 10 ปี คือ ปีพ.ศ. 2549 – 2559 เพื่อพิจารณาหาค่าเฉลี่ยของปริมาณการสูบน้ำกลับรายวันซึ่งเท่ากับ 0.50 ล้าน ลบ.ม.ต่อวัน โดยให้เงื่อนไขว่าเมื่อระดับน้ำในเขื่อนท่าทุ่งนาสูงกว่า 57.50 เมตร รทก. หรือ 39.90 ล้าน ลบ.ม. จึงจะสามารถสูบกลับได้ 0.5 ล้าน ลบ.ม.ต่อวัน โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการสูบน้ำกลับของโรงไฟฟ้าอยู่ที่ 2.80 ลบ.ม.ต่อ Kwh (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในเขื่อนท่าทุ่งนาและปริมาณน้ำสูบกลับ ปีพ.ศ. 2549 - 2559

5.2.10 การกำหนดปริมาณความต้องการน้ำเป้าหมายท้ายเขื่อนแม่กลอง

ในการศึกษานี้ได้กำหนดปริมาณความต้องการน้ำเป้าหมายท้ายเขื่อนแม่กลองสำหรับนำมาใช้ในแบบจำลองโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ตามลักษณะการระบายน้ำคือ การผันน้ำเข้าคลองด้านเหนือเขื่อน และการระบายน้ำผ่านเขื่อนแม่กลองด้านท้ายน้ำ

5.2.10.1 ข้อมูลปริมาณน้ำที่ผันเข้าคลอง

น้ำที่ผันเข้าคลองด้านเหนือเขื่อนแม่กลองแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ น้ำผันเพื่อนส่งให้แค่โครงการชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง น้ำผันเพื่อส่งให้แก่การประปานครหลวง และน้ำผันเพื่อนส่งให้แก่การชลประทานลุ่มน้ำท่าจีนด้านตะวันตกโดยแต่ละคลองส่งน้ำมีรายละเอียดดังตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 การผันน้ำเข้าคลองเหนือเขื่อนแม่กลอง

คลองผันน้ำ	ตัวย่อ	การระบายขั้นต่ำ	ความจุสูงสุดของคลอง
		ลบ.ม./วินาที	ลบ.ม./วินาที
คลองชลประทานฝั่งซ้าย 1	L1	10	21
คลองชลประทานฝั่งซ้าย 2	L2	50	121
คลองชลประทานฝั่งขวา 1	R1	20	92
คลองชลประทานฝั่งขวา 2	R2	10	22
คลองใหญ่กลาง	LMC	60	129
การประปานครหลวง	MWA	15	50
แม่น้ำท่าจีน	TJ	15	50

โดยทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ประเมินความต้องการใช้น้ำในการผันน้ำเข้าคลองเพื่อการชลประทานโดยใช้ CROPWAT ซึ่งประกอบไปด้วย คลองชลประทานฝั่งซ้าย 1 (L1), คลองชลประทานฝั่งซ้าย 2 (L2), คลองชลประทานฝั่งขวา 1 (R1), คลองชลประทานฝั่งขวา 2 (R2), คลองใหญ่กลาง (LMC) และการผันน้ำให้แม่น้ำท่าจีนเพื่อการเกษตร (TJ) ดังตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.14 ปริมาณความต้องการน้ำผันเข้าคลองเพื่อการชลประทานรายเดือน

ปริมาณความต้องการน้ำผันเข้าคลองชลประทาน ล้าน ลูกบาศก์เมตร					
ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
352.56	589.61	943.32	963.33	752.97	532.99
ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
544.06	544.06	526.52	544.06	526.52	544.06

ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2553

5.2.10.2 ข้อมูลปริมาณน้ำระบายผ่านเขื่อนแม่กลอง

ในการระบายน้ำผ่านเขื่อนแม่กลอง หรือการระบายท้ายเขื่อนแม่กลอง มีวัตถุประสงค์อยู่ 3 อย่างคือ การระบายน้ำเพื่อหล่อเสี้ยงแม่น้ำแม่กลอง การระบายน้ำเพื่อใช้ในการหล่อเย็นโรงไฟฟ้าด้านท้ายน้ำ การระบายน้ำเพื่อผลักดันน้ำเค็ม ซึ่งมีการกำหนดปริมาณน้ำขั้นต่ำที่ต้องระบายให้ท้ายน้ำอยู่ที่ 7.13 ล้าน ลบ.ม. ต่อวัน โดยกรมชลประทาน ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 การระบายน้ำผ่านเขื่อนแม่กลอง

การระบายน้ำผ่านเขื่อน	ตัวย่อ	การระบายขั้นต่ำ	ความจุสูงสุดของคลอง
		ลบ.ม./วินาที	ลบ.ม./วินาที
หล่อเลี้ยงแม่น้ำแม่กลองและผลักดันน้ำเค็ม	RMKL, SI	80	ผลรวมการระบายน้ำไม่เกินความจุลำน้ำแม่กลองที่ สถานวัด 11a = 1520 cms
หล่อเย็นโรงไฟฟ้าท้ายน้ำ	PP	2.5	

Chulalongkorn University

5.3 ผลจากแบบจำลองเพื่อหาความเหมาะสมในการบริหารจัดการน้ำระบบอ่างเก็บภายใต้การพัฒนาเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่กลอง

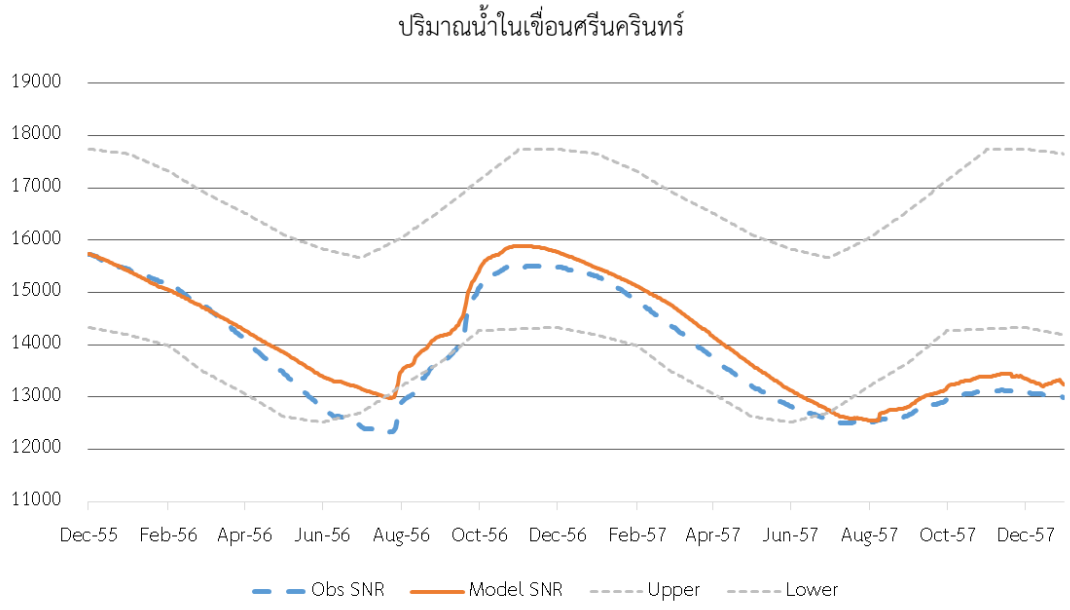
5.3.1 ปริมาตรอ่างเก็บน้ำจากแบบจำลอง

ในเขื่อนศรีนครินทร์พบว่าแบบจำลองสามารถควบคุมปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในช่วงปีพ.ศ. 2556 ได้ค่อนข้างดี ในขณะที่การบริหารจัดการน้ำจริงมีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำต่ำกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำตัวล่าง (lower rule curve) ในช่วงเดือน กรกฎาคม ถึง ตุลาคม ส่วนในปีพ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นปีน้ำน้อยนั้นพบว่าเมื่อมีการใช้น้ำในช่วงฤดูแล้ง (พ.ย.56 – เม.ย. 57) จนน้ำเริ่มต่ำกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำตัว

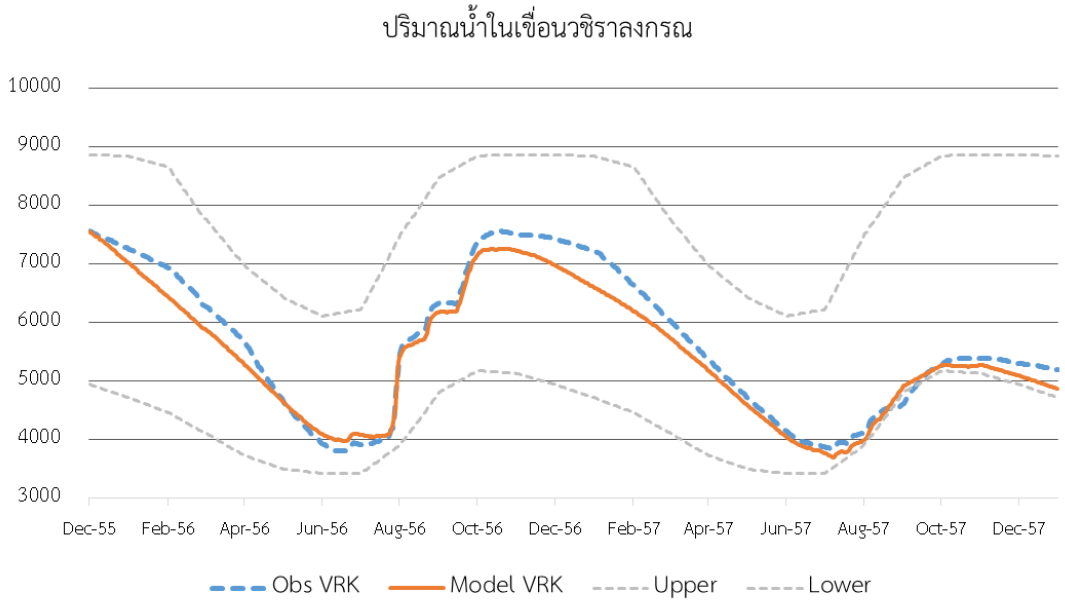
ล่างแล้ว แต่เนื่องจากมีน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในฤดูฝนน้อยมากจึงทำให้ปริมาณน้ำทั้งในแบบจำลองและการบริหารจริงมีปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์ควบคุมน้ำตัวล่าง ดังรูปที่ 5.20

เขื่อนวชิราลงกรณ พบว่าแบบจำลองมีการปล่อยน้ำมากกว่าการปฏิบัติการจริงประมาณ 14% เพื่อพยายามลดการปล่อยน้ำจากเขื่อนศรินครินทร์ จึงทำให้ปริมาณน้ำในเขื่อนศรีนครินทร์สูงกว่าปฏิบัติการจริงในช่วงที่พิจารณา ส่วนเขื่อนวชิราลงกรณนั้นปริมาณน้ำในเขื่อนจะน้อยกว่าการปฏิบัติงานจริงเล็กน้อย และสามารถรักษาให้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมน้ำตัวสูง และตัวล่างได้ ดังรูปที่ 5.21

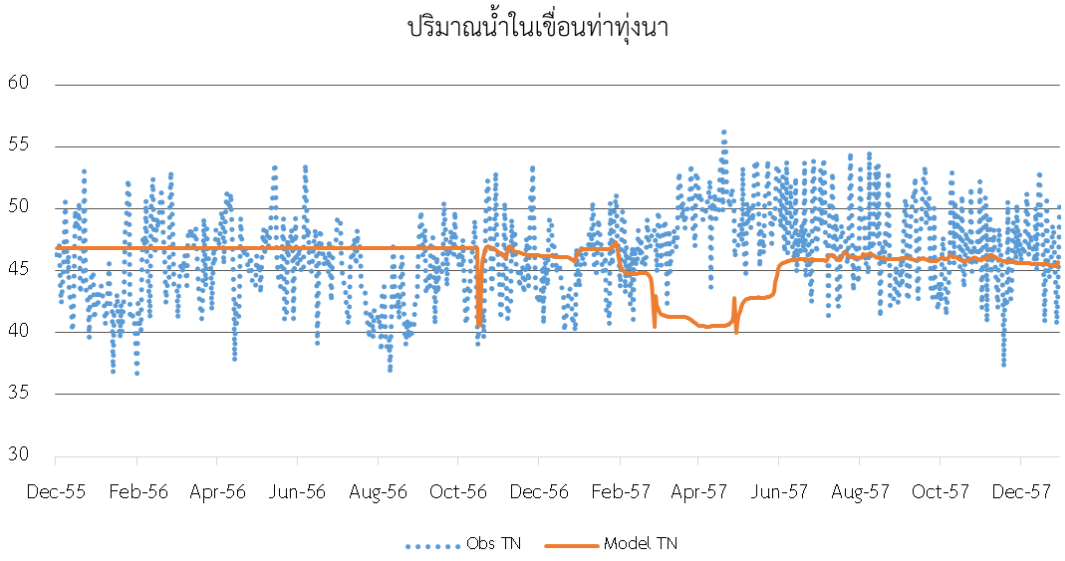
ส่วนเขื่อนท่าทุ่งนา และเขื่อนแม่กลอง ซึ่งเป็นเขื่อนทดน้ำนั้นพยายามรักษาปริมาณน้ำไว้ที่ 46.86 ล้าน ลบ.ม. และ 55.5 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ พบว่าแบบจำลองสามารถรักษาระดับได้ดีเว้นแต่บางช่วงที่ได้รับน้ำจากเขื่อนด้านบน 2 เขื่อนน้อยจึงต้องระบายน้ำมากขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำทางด้านท้ายน้ำ โดยในช่วงครึ่งปีหลังของปี พ.ศ. 2557 เขื่อนท่าทุ่งนารักษาระดับที่ต่ำลงอยู่ที่เฉลี่ย 45.20 ล้าน ลบ.ม. และเขื่อนแม่กลองอยู่ที่เฉลี่ย 53.4 ล้าน ลบ.ม. เนื่องจากปริมาณน้ำในลุ่มน้ำน้อย แต่ในการปฏิบัติการจริงพบว่าด้วยขนาดอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดเล็กจึงทำให้เป็นการยากที่จะรักษาระดับน้ำให้คงที่เหมือนในแบบจำลองที่เป็นการคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการที่มีข้อจำกัดในการกำหนดขอบเขตของตัวแปรต่างๆในโปรแกรม GAMS จึงทำให้ผลที่ได้ไม่มีความยืดหยุ่นเท่าที่ควร



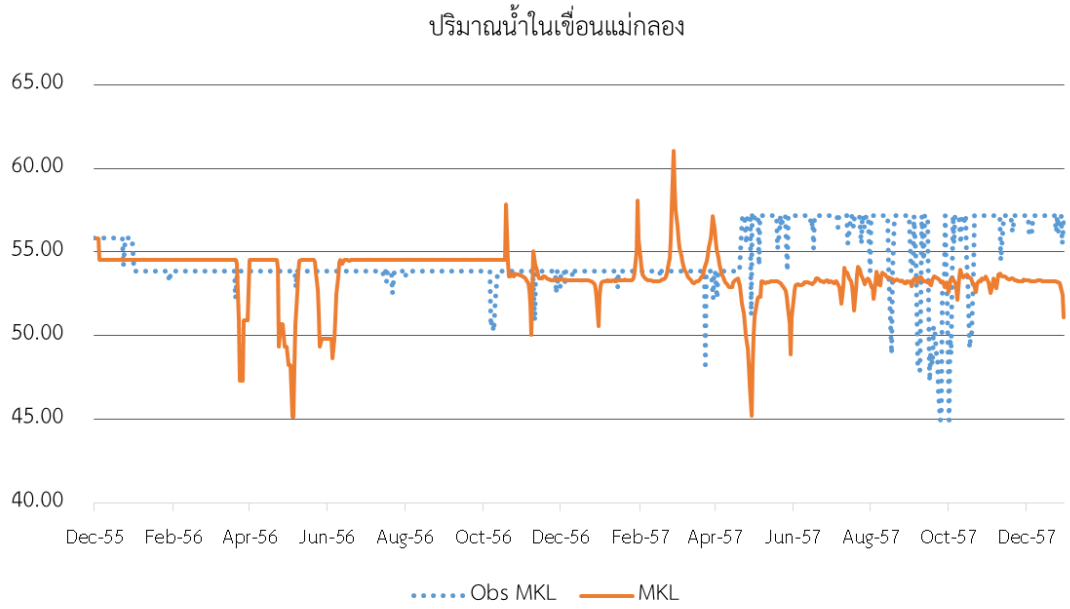
รูปที่ 5.20 ปริมาณน้ำในเขื่อนศรีนครินทร์เปรียบเทียบกันระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง



รูปที่ 5.21 ปริมาณน้ำในเขื่อนวชิราลงกรณเปรียบเทียบกันระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง



รูปที่ 5.22 ปริมาณน้ำในเขื่อนท่าทุ่งนาเปรียบเทียบกันระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง



รูปที่ 5.23 ปริมาณน้ำในเขื่อนแม่กลองเปรียบเทียบกันระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง

5.3.2 พลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลอง

ในเขื่อนศรีนครินทร์ พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปี พ.ศ. 2556 ลดลง 148 Gwh คิดเป็นร้อยละ 9.67 เนื่องจากมีการลดการระบายน้ำเพื่อรักษาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ส่วนในปี พ.ศ. 2557 พลังงานที่ผลิตได้เพิ่มขึ้น 111 Gwh คิดเป็นร้อยละ 8.92 เนื่องจากเป็นปีน้ำน้อย จึงต้องระบายน้ำเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำด้านท้ายน้ำ ส่วนการสูบกลับของโรงไฟฟ้ายูนิตที่ 4 และ 5 นั่นจะเป็นค่าคงที่ เนื่องจากปริมาณน้ำสูบกลับของโรงไฟฟ้า ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรใดๆ จึงกำหนดให้สูบกลับคงที่เท่ากับ 0.5 ล้าน ลบ.ม. เมื่อปริมาณน้ำในเขื่อนท่าทุ่งนามากกว่า 39.95 ล้าน ลบ.ม.

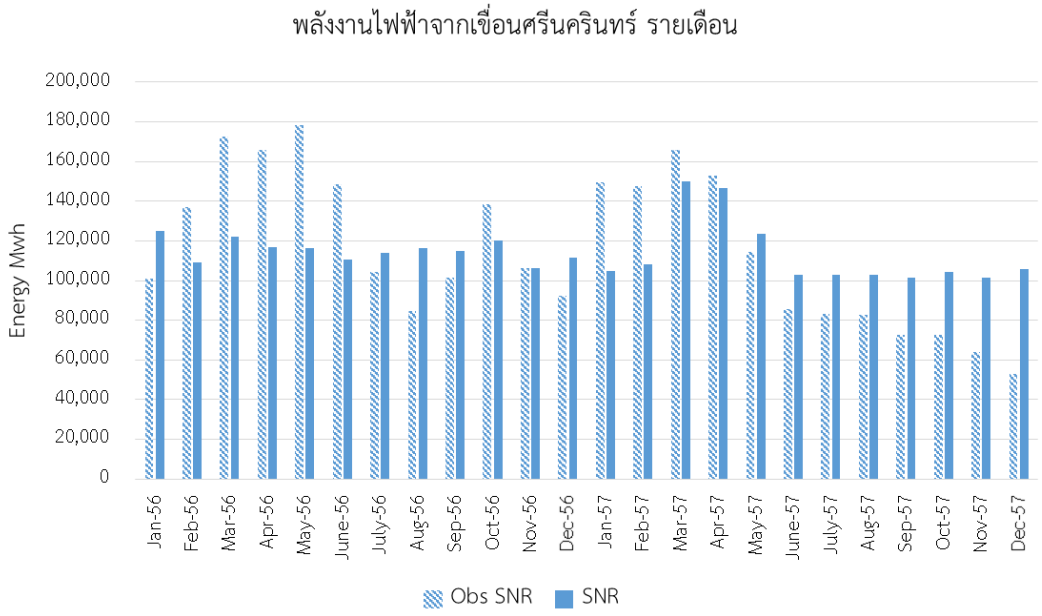
ในเขื่อนวชิราลงกรณ พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปี พ.ศ. 2556 และ 2557 นั้นมีค่ามากกว่าการปฏิบัติการจริงทั้ง 2 ปี เนื่องจากการระบายน้ำที่เพิ่มขึ้นเพื่อช่วยเขื่อนศรีนครินทร์ โดยในปี พ.ศ. 2556 เพิ่มขึ้น 164 Gwh คิดเป็นร้อยละ 18.8 ส่วนปีพ.ศ. 2557 เพิ่มขึ้น 154 Gwh คิดเป็นร้อยละ 20.37

เขื่อนท่าทุ่งนาสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ใกล้เคียงค่าปฏิบัติงานจริงในปี พ.ศ. 2556 และเพิ่มขึ้น 65 Gwh ในปี พ.ศ. 2557 คิดเป็นร้อยละ 35.32 เนื่องจากระบายน้ำเพิ่มขึ้นเพื่อความต้องการน้ำท้ายน้ำ

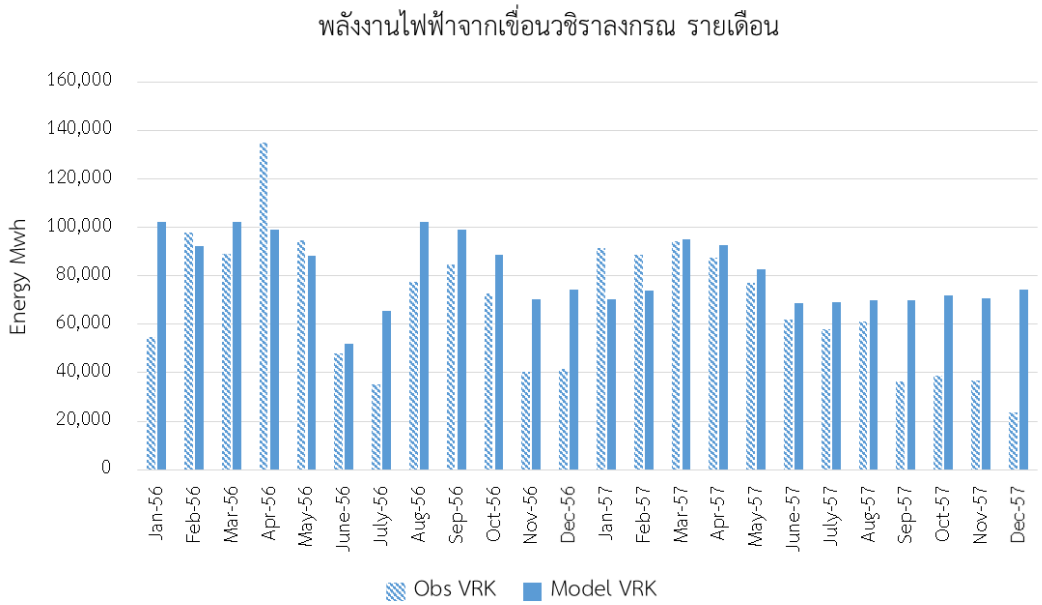
เขื่อนแม่กลองนั้นในฐานข้อมูลยังไม่มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างสมบรูณ์ และมีการซ่อมบำรุงเครื่องผลิตไฟฟ้าอยู่บ่อยครั้ง ถึงแม่จะเปิดใช้งานโรงไฟฟ้ามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 แล้วก็ตาม ทั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

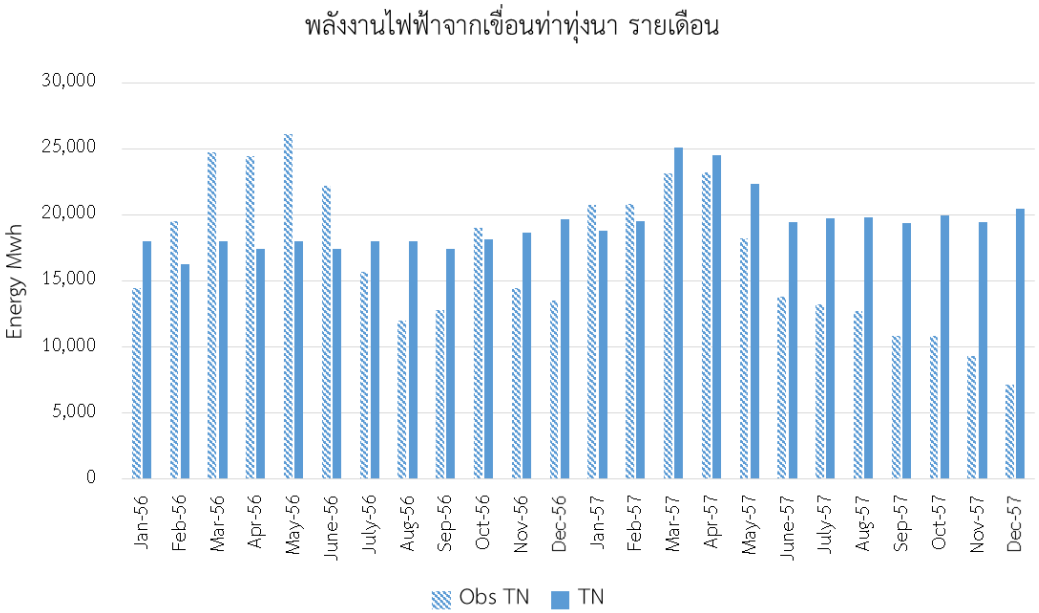
แบบจำลองสามารถคำนวณพลังงานไฟฟ้า ในปี พ.ศ 2556 – 2557 ได้ 51 Gwh และ 68 Gwh ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.24 -5.27 และในตารางที่ 5.16



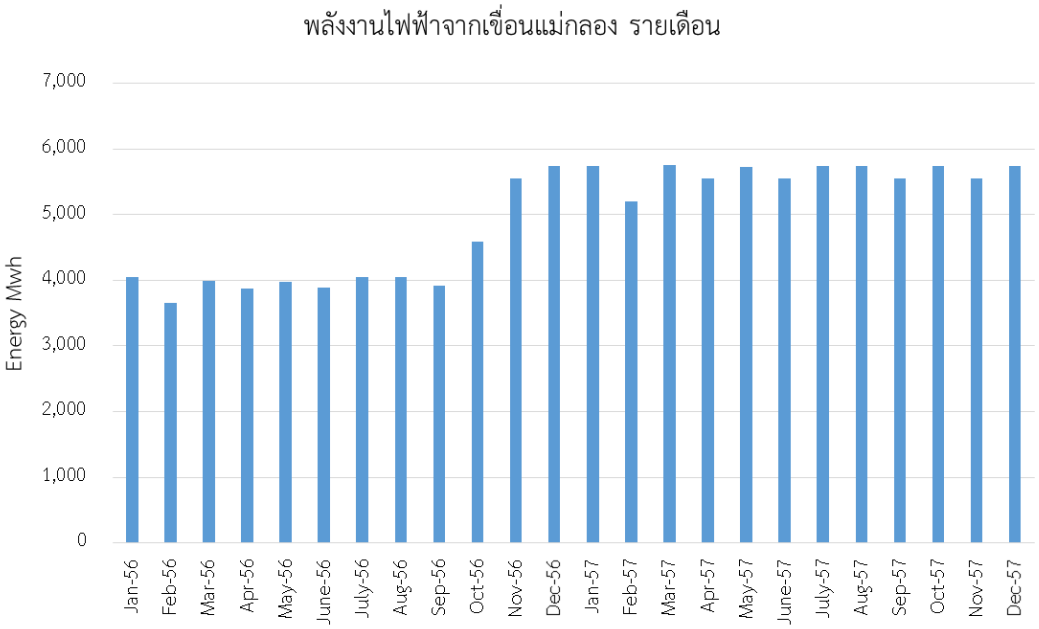
รูปที่ 5.24 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่เขื่อนศรีนครินทร์ เปรียบเทียบกันระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง



รูปที่ 5.25 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่เขื่อนวชิราลงกรณ เปรียบเทียบกันระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง



รูปที่ 5.26 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่เขื่อนท่าทุ่งนา เปรียบเทียบกันระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง



รูปที่ 5.27 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่เขื่อนแม่กลอง เปรียบเทียบกันระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง

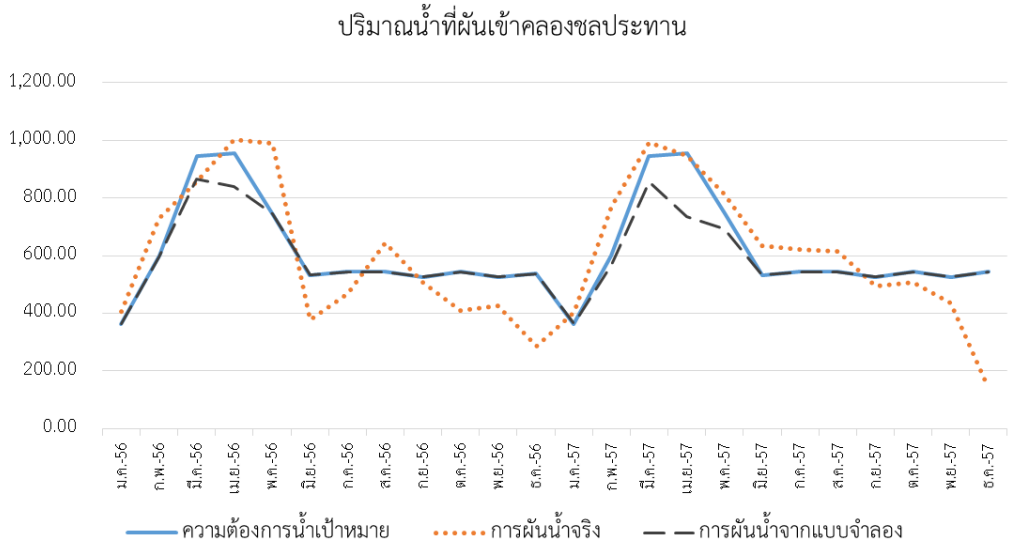
ตารางที่ 5.16 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เปรียบเทียบกันระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง

พลังงานไฟฟ้า Gwh	พ.ศ. 2556		พ.ศ. 2557	
	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง
เขื่อนศรีนครินทร์	1,530.68	1,383.08 ↓	1,243.67	1,355.16 ↑
สูบกลับ	71.00	65.00	75.00	65.00
เขื่อนวชิราลงกรณ	871.52	1,036.30 ↑	755.61	910.18 ↑
เขื่อนท่าทุ่งนา	218.90	215.22 ↓	183.97	248.53 ↑
รวม	2,550.10	2,569.60 ↑	2,108.24	2,448.86 ↑
เขื่อนแม่กลอง	-	51.31	-	67.55

5.3.3 ปริมาณน้ำขาดจากแบบจำลอง

จากการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำขาดของการปฏิบัติการจริงจะเกิดขึ้นตลอดทั้งปี แต่ในแบบจำลองจะพบแต่ในช่วงฤดูแล้งเท่านั้น (มี.ค. – พ.ค.) จากการพิจารณาในปี พ.ศ. 2556 พบว่าโครงการชลประทานขาดน้ำตามช่วงเวลาจำนวน 1,028 ล้าน ลบ.ม. ผลจากแบบจำลองพบว่าขาดน้ำเพียง 202 ล้านลบ.ม. ส่วนในปี พ.ศ. 2557 พบว่าโครงการชลประทานขาดน้ำตามช่วงเวลาจำนวน 703 ล้าน ลบ.ม. ผลจากแบบจำลองพบว่าขาดน้ำเพียง 291 ล้านลบ.ม. ดังตารางที่ 5.19

โดยการพิจารณาความต้องการใช้น้ำเป้าหมายภาคเกษตรกรรมได้อ้างอิงความต้องการใช้น้ำเป้าหมายโดยวิธี CROPWAT จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งไม่ได้หักลบปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ออก และเนื่องจากการศึกษานี้ไม่ได้พิจารณาถึงแบบจำลองน้ำฝนและน้ำท่า (rainfall – runoff Model) จึงทำให้ปริมาณน้ำขาดไม่สอดคล้องกับการปฏิบัติการจริงเท่าที่ควร



รูปที่ 5.28 ปริมาณน้ำขาดภาคเกษตรกรรมเปรียบเทียบกันระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง

ตารางที่ 5.17 ปริมาณน้ำผันเข้าคลองเพื่อการชลประทานรายเดือน

เดือน-ปี	ความต้องการน้ำ เป้าหมาย ล้าน ลบ.ม.	การผันน้ำจริง ล้าน ลบ.ม.	การผันน้ำจากแบบจำลอง ล้าน ลบ.ม.	ปริมาณน้ำขาดจริง ล้าน ลบ.ม.	ปริมาณน้ำขาดจากแบบจำลอง ล้าน ลบ.ม.
ม.ค.-56	362.24	406.89	362.25	-12.43	0.00
ก.พ.-56	598.98	729.53	595.21	-4.86	-3.78
มี.ค.-56	945.00	856.30	864.37	-88.91	-80.63
เม.ย.-56	955.51	1,002.72	838.35	-5.54	-117.15
พ.ค.-56	746.45	988.18	746.44	0.00	0.00
มิ.ย.-56	532.77	375.47	532.76	-216.14	0.00
ก.ค.-56	544.06	469.46	544.05	-111.22	0.00
ส.ค.-56	544.06	645.53	544.05	-3.47	0.00
ก.ย.-56	526.52	505.79	526.53	-75.43	0.00
ต.ค.-56	544.06	409.75	544.05	-136.98	0.00
พ.ย.-56	526.52	424.89	526.53	-121.02	0.00
ธ.ค.-56	537.88	286.21	537.87	-251.68	0.00
ม.ค.-57	362.24	402.63	362.25	-27.05	0.00
ก.พ.-57	598.98	771.43	568.93	-18.36	-27.06
มี.ค.-57	945.00	992.68	857.37	-0.52	-87.63
เม.ย.-57	955.51	948.37	734.96	-19.36	-124.58
พ.ค.-57	746.45	813.50	694.35	-2.08	-52.08
มิ.ย.-57	532.77	634.22	532.98	-5.37	0.00
ก.ค.-57	544.06	620.09	544.06	-43.63	0.00
ส.ค.-57	544.06	613.20	544.06	-8.19	0.00
ก.ย.-57	526.52	493.48	526.52	-40.68	0.00
ต.ค.-57	544.06	506.24	544.06	-45.82	0.00
พ.ย.-57	526.52	437.02	526.52	-90.68	0.00
ธ.ค.-57	544.06	142.90	544.06	-401.16	0.00

หมายเหตุ : การพิจารณาในแบบจำลองเป็นแบบรายวันซึ่งมีบางวันที่ส่งน้ำเกินผลรวมรายเดือนจึงไม่สามารถเอามาคำนวณได้ เพียงแต่เป็นการสรุปผลการผันน้ำเข้าคลองชลประทานรายเดือนเท่านั้น

5.3.4 ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จากแบบจำลอง

จากสมการเป้าหมาย (objective function) ดังสมการที่ 5.2 ในแบบจำลองได้พิจารณาผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์อยู่ 2 ส่วน คือภาคเกษตรกรรม และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ เนื่องจากภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ กรมชลประทานได้กำหนดไว้ว่าเป็นส่วนที่ห้ามขาดน้ำ

$$\text{Maximize_Objective} = \text{Cost_Ag} \times (\text{Dpac} - \text{Def}) + \text{Cost_PP} \times (\text{Gto} - \text{Gpu}) \qquad (5.2)$$

จากแบบจำลองพบว่าน้ำสามารถสร้างมูลค่าให้ภาคเกตรกรรมได้มากกว่าการปฏิบัติการจริง โดยในปี พ.ศ. 2556 มากกว่าเป็นจำนวนเงิน 3,940 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 9.78 ส่วนในปี พ.ศ. 2557 มากกว่าเป็นจำนวนเงิน 1,507 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 3.4

ตารางที่ 5.18 ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของภาคเกษตรกรรม เปรียบเทียบกันระหว่าง ปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง

ภาคเกตร	พ.ศ.2556		พ.ศ.2557	
	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง
(1) ปริมาณน้ำต้องการ (ล้าน ลบ.ม.)	7,370.24	7,370.24	7,370.24	7,370.24
(2) ปริมาณน้ำที่ส่งให้ (Supply) (ล้าน ลบ.ม.)	7,100.71	7,162.46	7,375.76	7,185.80
(3) ปริมาณน้ำขาด (Deficit) ตามช่วงเวลา (ล้าน ลบ.ม.)	1,027.68	201.55 ↓	702.91	291.22 ↓
(4) มูลค่าน้ำ (ล้านบาท) 6.63 บาท / ลบ.ม. 6.63 x ((2) - (3))	40,264.24	46,150.84 ↑	44,204.39	45,711.06 ↑

ส่วนพลังงานไฟฟ้านั้นได้พิจารณาเฉพาะเขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิราลงกรณ และเขื่อนท่าทุ่งนาเท่านั้น เนื่องจากในการปฏิบัติงการจริงนั้นไม่มีข้อมูลให้เปรียบเทียบชัดเจน จากการพิจารณาพบว่ามูลค่าของไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่ามากกว่าปฏิบัติการจริงทั้ง 2 ปี ในพ.ศ. 2556 นั้นมากกว่าเล็กน้อยเพียง 63.37 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 0.76 ส่วนปี พ.ศ. 2557 มูลค่าไฟฟ้าของแบบจำลองมากกว่าการปฏิบัติการจริงถึง 1,107 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 16.15

ตารางที่ 5.19 ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของพลังงานไฟฟ้า เปรียบเทียบกันระหว่าง ปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง

รายละเอียด	พ.ศ.2556		พ.ศ.2557	
	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง
เขื่อนศรีนครินทร์	1,530.68	1,383.08	1,243.67	1,355.16
- สูบกลับ	71.00	65.00	75.00	65.00
- สุทธิ	1,459.68	1,318.08 ↓	1,168.67	1,290.16 ↑
เขื่อนวชิราลงกรณ	871.52	1,036.30 ↑	755.61	910.18 ↑
เขื่อนท่าทุ่งนา	218.90	215.22 ↓	183.97	248.53 ↑
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด (Gwh)	2,550.10	2,569.60 ↑	2,108.24	2,448.86 ↑
มูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (ล้านบาท) 3.25 บาท/Kwh	8,287.82	8,351.19 ↑	6,851.78	7,958.80 ↑

เมื่อมองภาพรวมทั้งหมด ทั้งภาคเกตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการได้ผลสรุปดังตารางที่ 5.22 โดยน้ำที่ส่งให้แก่การประปานครหลวงนั้นถือเป็นผลประโยชน์นอกลุ่มน้ำ ขึ้นอยู่กับว่าภาพรวมในบริหารจัดการน้ำของผู้พิจารณาจะใหญ่แค่ไหน

ตารางที่ 5.20 ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของภาคบริการ ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และพลังงานไฟฟ้า เปรียบเทียบกันระหว่าง ปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง

ภาคส่วน	พ.ศ.2556		พ.ศ.2557	
	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง
ภาคบริการ				
- การประปานครหลวง (MWA)	1,069,212.05	1,069,212.05	1,090,317.67	1,090,317.67
-การประปาภูมิภาค (PWA)	2,493.01	2,493.01	2,624.22	2,624.22
ภาคอุตสาหกรรม				
- หล่อเย็นโรงไฟฟ้าราชบุรี	5,775.75	5,775.75	5,775.75	5,775.75
- การประปาภูมิภาค (PWA)	1,668.04	1,668.04	1,755.83	1,755.83
ภาคเกตรกรรม	40,264.24	46,150.84 ↑	44,204.39	45,711.06 ↑
พลังงานไฟฟ้า	8,287.82	8,351.19 ↑	6,851.78	7,958.80 ↑
รวมมูลค่าน้ำ (ล้านบาท)	58,488.86	64,438.82 ↑	61,211.97	63,825.66 ↑

หมายเหตุ : มูลค่าน้ำในตารางที่ ไม่รวมมูลค่าที่ส่งน้ำให้แก่การประปานครหลวง

จากตารางที่5.22 พบว่าการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำให้เป็นระบบนั้นสามารถให้ผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่มากกว่า การบริหารแบบอิสระต่อกัน ไม่ว่าจะเป็นปีน้ำปกติ หรือปีน้ำน้อย โดยในปีพ.ศ. 2556 ซึ่งเป็นปีน้ำปกติแบบจำลองให้ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าการปฏิบัติการจริง 5,950 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 10.10 ส่วนในปีพ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นปีน้ำน้อยพบกว่าแบบจำลองให้ผลประโยชน์มากกว่า 2,613 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 4.23

จากการพิจารณาทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นด้านปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ปริมาณน้ำขาดในภาคเกษตรกรรม และผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าแบบจำลองการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ (multi – reservoir system) ให้ผลที่ดีกว่าการปฏิบัติการจริงซึ่งเป็นการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำที่เป็นอิสระต่อกัน โดยสามารถเพิ่มพลังงานไฟฟ้าสุทธิในลุ่มน้ำแม่กลองได้ร้อยละ 11.65 ลดปริมาณน้ำขาดภาคเกษตรกรรมตามช่วงเวลาได้ถึงร้อยละ 40 รวมถึงเพิ่มผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ได้ร้อยละ 10.10 ทั้งนี้เขื่อนศรีนครินทร์นั้นยังสามารถผลิตไฟฟ้าได้ตลอดทั้งปีอีกด้วยเนื่องจากไม่มีช่วงเวลาใดที่ปริมาณน้ำต่ำกว่าระดับท่อของโรงไฟฟ้ายูนิตที่ 4 และ 5 (12,054 ล้าน ลบ.ม.)

บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา ข้อเสนอแนะ และการศึกษาในอนาคต

จากการศึกษานี้ได้ศึกษาการบริหารจัดการน้ำด้วยระบบอ่างเก็บน้ำ (multi-reservoir system) ในลุ่มน้ำแม่กลอง โดยมุ่งเน้นผลประโยชน์ที่ได้จากการบริหารจัดการน้ำเพื่อการพัฒนาระบบเศรษฐกิจในลุ่มน้ำ โดยแบ่งการหามูลค่าน้ำตามภาคส่วนเศรษฐกิจ 3 ภาคส่วน ได้แก่ ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ สามารถสรุปผลการศึกษา ข้อจำกัดของงานวิจัย และข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

6.1 การหาความสัมพันธ์ของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) กับความต้องการใช้น้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง

การศึกษานี้ได้ปรับปรุงตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) ในระดับประเทศจากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ เป็นตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตในระดับลุ่มน้ำ เพื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณความต้องการใช้น้ำ และมูลค่าทางเศรษฐกิจที่น้ำสร้างได้ หรือที่เรียกว่า มูลค่าน้ำ โดยมีหน่วยเป็นบาท ต่อ ลูกบาศก์เมตร

โดยการปรับปรุงตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) ในระดับประเทศ ให้เป็นในระดับลุ่มน้ำ จะอาศัยวิธีที่ชื่อว่า RAS Method ตามภาคผนวก ง สามารถสรุปมูลค่าน้ำในแต่ละภาคส่วนได้ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) ในระดับลุ่มน้ำ และมูลค่าน้ำในแต่ละภาคส่วน

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A	19,201.61	46,641.80	12,769.73	78,613.91	13,173.04	91,786.94	57,108.91
M	13,618.33	89,362.38	58,731.80	161,712.54	32,573.43	194,285.97	48,668.13
S	1,858.09	9,613.65	39,435.56	50,906.51	199,531.25	250,437.76	139,500.67
SUM IT	34,678.03	145,617.83	110,937.09				
SUM VA	57,108.91	48,668.13	139,500.67				
SUM TI	91,786.94	194,285.97	250,437.76				
Water Demand	13,849.51	2,362.92	114.52				
มูลค่าน้ำ บาท/ลบ.ม.	6.63	82.22	2,186.85				

$$\frac{\text{Sum Total Input}}{\text{Water Demand}} = \text{มูลค่าน้ำ (บาท/ลบม.)}$$

6.1.1 ภาคส่วนเกษตรกรรม

จากข้อมูลสารสนเทศการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2555) แสดงให้เห็นว่าในลุ่มน้ำแม่กลองพื้นที่สวนใหญ่เป็นป่าไม้ประมาณ 68.66% มีอุทยานแห่งชาติหลายแห่ง ที่เหลืออีก 31.34 % เป็นพื้นที่ทำการเกษตร ในส่วนนี้มากกว่าครึ่งหนึ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อย และที่เหลือ

เป็นพืชหลักอีก 3 ชนิดคือ ข้าว มันสำปะหลัง พืชไร่ เป็นต้น จากสถิติการเกษตรของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,2554) พบว่าในลุ่มน้ำแม่กลองมีการเลี้ยงไก่เนื้อมากที่สุดในบริเวณจังหวัดราชบุรีทางตอนล่างของลุ่มน้ำ รองลงมาเป็นสุกรซึ่งนิยมเลี้ยงในจังหวัดนครปฐม

- ความต้องการใช้น้ำ

ภาคส่วนนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนเพาะปลูก และส่วนปศุสัตว์ ในลุ่มน้ำแม่กลองมีการปลูกอ้อยกันอย่างหนาแน่น โดยเฉพาะบริเวณทางตอนล่างของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ คือ เขื่อนวชิ-ราลงกรณ และเขื่อนศรีนครินทร์ซึ่งมีความต้องการใช้น้ำ 8,639.51 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 62.5 ของความต้องการใช้น้ำของภาคเกษตร

- ผลิตภัณฑ์มวลรวม

ในลุ่มน้ำแม่กลองมีอ้อยที่มีผลิตภัณฑ์มวลรวมสูงที่สุด รองมาเป็นการเลี้ยงสุกร ปลูกข้าว และมันสำปะหลัง โดยพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกของลุ่มน้ำแม่กลองจะหนาแน่นในส่วนทางตอนล่างของลุ่มน้ำเนื่องจากมีโครงการชลประทานที่สามารถส่งน้ำให้ได้ตลอดทั้งปี ส่วนการปศุสัตว์มีการเลี้ยงสุกรกันอย่างแพร่หลายทางตอนล่างของลุ่มน้ำบริเวณจังหวัดราชบุรี และจังหวัดนครปฐม

- มูลค่าน้ำ

ภาคส่วนเกษตรมีความต้องการใช้น้ำมากที่สุดในลุ่มน้ำแม่กลอง แต่กลับมีมูลค่าน้ำโดยเฉลี่ยเพียง 6.63 บาทต่อลบ.ม. ทั้งนี้ทั้งนั้นการส่งน้ำให้กับภาคส่วนต่างๆยังต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสังคมด้วย ยกตัวอย่างเช่น การส่งน้ำให้ภาคส่วนเกษตรกรรมซึ่งถึงแม้จะมีมูลค่าน้ำน้อย แต่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรจึงอาจจะต้องกำหนดปริมาณการส่งน้ำขั้นต่ำเพื่อให้เกษตรกรสามารถเพาะปลูกได้ตลอดฤดูเพาะปลูก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.1.2 ภาคส่วนอุตสาหกรรม

จากการศึกษาข้อมูลสารสนเทศที่ได้จากกรมโรงงานอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2550 พบว่าโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองมีการรวมตัวกันเป็นปริมาณมากตรงบริเวณทางตอนใต้ของลุ่มน้ำ ซึ่งสัดส่วนของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีความหนาแน่นมากที่สุดในบริเว ณจังหวัดราชบุรี โดยในลุ่มน้ำแม่กลองมีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ 3 ตามพรบ.อุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดินสำหรับใช้ในการก่อสร้างมากที่สุด จำนวน 223 โรงงานจากทั้งหมด 2,465 โรงงาน

- ความต้องการใช้น้ำ

ความต้องการใช้น้ำในภาคส่วนอุตสาหกรรม ใช้ข้อมูลจากรายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการจัดการน้ำอุตสาหกรรม ปี พ.ศ.2551 พบว่าประเภทโรงงานในลุ่มน้ำแม่กลองที่มีความต้องการใช้น้ำ

มากที่สุดคือ โรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้า มีความต้องการใช้น้ำ 1,987.35 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 84.11

- ผลิตภัณฑ์มวลรวม

การหาผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำแม่กลองไม่สามารถใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัด (GPP) ในภาคอุตสาหกรรมได้ เนื่องจากพื้นที่ที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมของแต่ละจังหวัดนั้นไม่ได้อยู่ในลุ่มน้ำแม่กลองทั้งหมด ดังนั้นจึงต้องใช้ทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ Cobb-Douglas ช่วยในการหาความสัมพันธ์ หรือที่เรียกว่า “ฟังก์ชัน” ในแต่ละจังหวัด ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง ผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัด (GPP) จำนวนเงินทุน และแรงงาน โดยจะพบว่าจังหวัดราชบุรีมีผลิตภัณฑ์มวลรวมในภาคส่วนอุตสาหกรรมมากที่สุด 34,284.61 ล้านบาทคิดเป็นร้อยละ 75 ทั้งหมดของลุ่มน้ำ รองมาเป็น จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดนครปฐม ตามลำดับ

- มูลค่าน้ำ

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) กับความต้องการใช้น้ำในลุ่มน้ำแม่กลองในภาคส่วนอุตสาหกรรมพบว่า มูลค่าน้ำที่ส่งให้แก่ภาคอุตสาหกรรมอยู่ที่ 77.01 บาทต่อลบ.ม.

6.1.3 ภาคส่วนบริการ

- ความต้องการใช้น้ำ

การพิจารณาความต้องการใช้น้ำในภาคบริการนั้นมีความซับซ้อน และสามารถคำนวณได้หลายวิธี เนื่องจากความต้องการใช้น้ำของแต่ละบุคคลในสภาพจริงมีความแตกต่างกันได้ ดังนั้นค่าความต้องการใช้น้ำการศึกษานี้จึงเป็นการประมาณค่าให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงเท่านั้น ในการศึกษานี้พิจารณาความต้องการใช้น้ำของภาคบริการไว้ 4 ส่วนคือ ความต้องการใช้น้ำภายในครัวเรือน ความต้องการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยว ความต้องการใช้น้ำในสถานพยาบาล และความต้องการใช้น้ำในสถานศึกษา พบว่าในส่วนภายในครัวเรือนมีความต้องการใช้น้ำมากที่สุด 106.46 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 93

- ผลิตภัณฑ์มวลรวม

การพิจารณาผลิตภัณฑ์มวลของลุ่มน้ำภาคส่วนบริการนั้น มีความซับซ้อนอย่างมากเนื่องจากภาคส่วนบริการนั้นมีการจำแนกไว้หลากหลายหมวดหมู่ ซึ่งข้อมูลบางหมวดหมู่ในประเทศไทยไม่ได้จัดเก็บให้สมบูรณ์ โดยหมวดหมู่ที่อยู่ในภาคส่วนบริการจำแนกตามสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติมีทั้งหมด 12 หมวดหมู่ ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้สัดส่วนของจำนวนประชากรรายจังหวัดที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองเป็นตัวแทนการหาผลิตภัณฑ์มวลรวมภาค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนบริการ พบว่าจังหวัดราชบุรีมีสัดส่วนของประชากรในลุ่มน้ำมากที่สุดร้อยละ 94 จึงทำให้มีผลิตภัณฑ์มวลรวมของพื้นที่ที่อยู่ในลุ่มน้ำแม่กลองมากที่สุด 65,212.37 ล้านบาท ในปีพ.ศ. 2553 คิดเป็นร้อยละ 47

- มูลค่าน้ำ

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) กับความต้องการใช้น้ำในลุ่มน้ำแม่กลองในภาคส่วนบริการพบว่า มูลค่าน้ำที่ส่งให้แก่ภาคบริการอยู่ที่ 2,186.85 บาทต่อลบ.ม.

6.2 การพัฒนาแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองภายใต้การพัฒนาระบบเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ

ในอดีตลุ่มน้ำแม่กลองมีการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำที่เป็นอิสระต่อกัน ถึงแม้ว่าอ่างเก็บน้ำอยู่ในระบบแม่น้ำที่เชื่อมต่อกัน จึงเกิดแนวคิดในการทำวิจัยการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ (multi-reservoir) ในลุ่มน้ำแม่กลองซึ่งประกอบไปด้วย เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิราลงกรณ์ เขื่อนท่าทุ่งนา และเขื่อนแม่กลอง โดยการหาแนวทางการบริหารจัดการน้ำที่เหมาะสมกับเป้าหมาย (objective function) ภายใต้เงื่อนไขการพัฒนาเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการน้ำ และเพิ่มพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้มากขึ้น รวมถึงวิเคราะห์แนวทางการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำที่ได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้การตัดสินใจในการเลือกใช้แผนการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำครอบคลุมทั้งประโยชน์ในด้านการใช้น้ำ และผลประโยชน์ในด้านเศรษฐศาสตร์ โดยการศึกษานี้จะพิจารณาลำดับความสำคัญของผู้ใช้น้ำซึ่งกำหนดโดยกรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ดังนี้

1. น้ำอุปโภค บริโภค กำหนดให้น้ำส่วนนี้มีความสำคัญอันดับแรก และขาดแคลนไม่ได้ (รวมถึงนอกลุ่ม เช่น การประปานครหลวง)
2. ด้านสิ่งแวดล้อม ในการผลักดันน้ำเค็ม และไล่น้ำเสียที่ปล่อยลงแม่น้ำ
3. ด้านชลประทาน
4. ด้านอุตสาหกรรม มีการใช้น้ำด้านอุตสาหกรรมในเขตจังหวัดราชบุรี และสมุทรสาคร
5. ด้านผลิตไฟฟ้าเป็นผลพลอยได้จากการปล่อยน้ำจากความต้องการใช้น้ำในด้านต่างๆ

โดยข้อที่ 1, 2 และ 4 เป็นส่วนที่ขาดแคลนน้ำไม่ได้ดังนั้นสมการเป้าหมายของการศึกษานี้คือ

$$\text{Maximize_Objective} = \text{Cost_Ag} \times (\text{Dpac} - \text{Def}) + \text{Cost_PP} \times (\text{Gto} - \text{Gpu}) \quad (6.1)$$

โดยที่

Cost_Ag คือ มูลค่าน้ำภาคเกษตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.63 บาท/ลบ.ม.

Dpac คือ ปริมาณน้ำที่ส่งให้แก่ภาคเกษตรโดยไม่คิดน้ำที่ส่งเกินความต้องการ

Def	คือ	ปริมาณน้ำภาคเกษตรที่ขาด
Cost_PP	คือ	มูลค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเขื่อน 3.25 บาท/Kwh
Gto	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเขื่อน Mwh
Gpu	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สูบน้ำกลับระหว่างเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนท่าทุ่งนา 2.8 ล้าน ลบ.ม./Kwh

จากการศึกษาพบว่าแบบจำลองการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ (multi – reservoir system) ในปีพ.ศ. 2556 – 2557 ให้ผลที่ดีกว่าการปฏิบัติการจริงซึ่งเป็นการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำที่เป็นอิสระต่อกัน โดยสามารถเพิ่มพลังงานไฟฟ้าสุทธิในลุ่มน้ำแม่กลองได้ร้อยละ 11.65 ลดปริมาณน้ำขาดภาคเกษตรกรรมตามช่วงเวลาได้ถึงร้อยละ 40 รวมถึงเพิ่มผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ได้ร้อยละ 10.10 ทั้งนี้เขื่อนศรีนครินทร์นั้นยังสามารถผลิตไฟฟ้าได้ตลอดทั้งปีอีกด้วย เนื่องจากไม่มีช่วงเวลาใดที่ปริมาณน้ำต่ำกว่าระดับท่อของโรงไฟฟ้า ยูนิตที่ 4 และ 5 (12,054 ล้าน ลบ.ม.) รายละเอียดดังตารางที่ 6.2 – 6.4

ตารางที่ 6.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเขื่อน เปรียบเทียบระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง

พลังงานไฟฟ้า Gwh	พ.ศ. 2556		พ.ศ. 2557	
	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง
เขื่อนศรีนครินทร์	1,530.68	1,383.08 ↓	1,243.67	1,355.16 ↑
สูบกลับ	71.00	65.00	75.00	65.00
เขื่อนวชิราลงกรณ	871.52	1,036.30 ↑	755.61	910.18 ↑
เขื่อนท่าทุ่งนา	218.90	215.22 ↓	183.97	248.53 ↑
รวม	2,550.10	2,569.60 ↑	2,108.24	2,448.86 ↑

ตารางที่ 6.3 ปริมาณการผันน้ำเข้าคลองชลประทาน เปรียบเทียบระหว่างปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง

ภาคเกตร	พ.ศ.2556		พ.ศ.2557	
	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง
(1) ปริมาณน้ำต้องการ (ล้าน ลบ.ม.)	7,370.24	7,370.24	7,370.24	7,370.24
(2) ปริมาณน้ำที่ส่งให้ (Supply) (ล้าน ลบ.ม.)	7,100.71	7,162.46	7,375.76	7,185.80
(3) ปริมาณน้ำขาด (Deficit) ตามช่วงเวลา (ล้าน ลบ.ม.)	1,027.68	201.55 ↓	702.91	291.22 ↓

ตารางที่ 6.4 ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของภาคบริการ ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และพลังงานไฟฟ้า เปรียบเทียบกันระหว่าง ปฏิบัติการจริง และแบบจำลอง

ภาคส่วน	พ.ศ.2556		พ.ศ.2557	
	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง	ปฏิบัติการจริง	แบบจำลอง
ภาคบริการ				
- การประปานครหลวง (MWA)	1,069,212.05	1,069,212.05	1,090,317.67	1,090,317.67
-การประปาภูมิภาค (PWA)	2,493.01	2,493.01	2,624.22	2,624.22
ภาคอุตสาหกรรม				
- หล่อเย็นโรงไฟฟ้าราชบุรี	5,775.75	5,775.75	5,775.75	5,775.75
- การประปาภูมิภาค (PWA)	1,668.04	1,668.04	1,755.83	1,755.83
ภาคเกตรกรรม	40,264.24	46,150.84 ↑	44,204.39	45,711.06 ↑
พลังงานไฟฟ้า	8,287.82	8,351.19 ↑	6,851.78	7,958.80 ↑
รวมมูลค่าน้ำ (ล้านบาท)	58,488.86	64,438.82 ↑	61,211.97	63,825.66 ↑

6.3 ข้อเสนอแนะ

1) การคำนวณความต้องการใช้น้ำในภาคส่วนบริการอาจจะมีความซ้ำซ้อนได้ เนื่องจากจำนวนประชากรที่ใช้ในการคำนวณ ไม่มีการจัดเก็บ แบ่งประเภท และสำรวจข้อมูลอย่างละเอียด ยกตัวอย่างเช่นการคำนวณความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนซึ่งนำจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ทั้งหมดมาพิจารณา แต่ในความเป็นจริงประชากรบางส่วนก็ทำงานในสถานศึกษา หรือสถานพยาบาลเช่นกัน จึงอาจจะเกิดความซ้ำซ้อนในการคำนวณได้

2) การคำนวณผลิตภัณฑ์มวลรวมของลุ่มน้ำ และความต้องการใช้น้ำ พบว่าไม่สามารถพิจารณาได้อย่างละเอียด เนื่องจากความสมบูรณ์ของข้อมูล เช่น ไม่มีการสำรวจ หรือการสำรวจไม่ได้ปรับปรุงให้เป็นปัจจุบัน จึงทำให้การศึกษานี้เป็นการประมาณค่าของมูลค่าน้ำต่อภาคส่วนเศรษฐกิจต่างๆ เท่านั้น

3) ข้อมูลในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ และตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตนั้น มีความล่าหลังเนื่องจากจะต้องอ้างอิงข้อมูลตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตจากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ซึ่งมีการเผยแพร่ล่าสุดในปี พ.ศ. 2553 รวมถึงการใช้ข้อมูลจากกรมการปกครอง และกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้เผยแพร่ข้อมูลในช่วงเวลาที่ไม่ตรงกับตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต ซึ่งในบางหัวข้อจำเป็นต้องประมาณค่าต่างๆเพื่อให้ใกล้เคียงกับช่วงเวลาของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต

4) ความสัมพันธ์ Cobb – Douglas ของจังหวัดสมุทรสงครามมีค่า R^2 เพียง 0.56 ซึ่งเป็นผลจากลักษณะของประเภทของอุตสาหกรรมการประมงที่มีจำนวนคนงาน เงินทุนจดทะเบียน และผลิตภัณฑ์มวลรวมไม่สอดคล้องกัน สามารถใช้ความสัมพันธ์อื่นๆทางเศรษฐศาสตร์ประเมินผลิตภัณฑ์มวลรวมในอนาคตได้

5) ผลประโยชน์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้านการรักษาระบบนิเวศน์ท้ายน้ำในการศึกษานี้ถือว่าเป็นการระบายน้ำโดยไม่ได้รับผลตอบแทนเนื่องจากไม่มีการระบุถึงผลประโยชน์ตามหมวดหมู่ที่ชัดเจนในตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (I/O Table) ซึ่งถ้าจะพิจารณาสามารถพิจารณาด้วยการคำนวณอย่างง่าย หรืออาจจะพิจารณาด้วยผลกระทบของแต่ละกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่น้ำเค็มหนุนขึ้นมาตามพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

6) มูลค่าน้ำภาคเกษตรกรรมในการศึกษานี้ถือเป็นมูลค่าน้ำเฉลี่ยทั้งปี แต่สามารถพิจารณามูลค่าน้ำเป็นรายเดือนตามช่วงเวลาการปลูกพืชได้ เพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาพการเพาะปลูก และการใช้น้ำมากขึ้น

7) มูลค่าน้ำขาดตามช่วงเวลาของภาคเกษตรกรรม (deficit) ในการศึกษานี้ได้ใช้มูลค่าน้ำภาคเกษตรกรรมที่ได้จากการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้น้ำภาคเกษตรกรรม และตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (I/O Table) เป็นตัวแทนของมูลค่าน้ำขาด แต่เพื่อให้มูลค่าน้ำขาดมีสภาพใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้นสามารถพิจาณามูลค่าน้ำขาดตามลักษณะและช่วงเวลาของการเติบโตของพืชได้

8) มูลค่าน้ำในการศึกษานี้ยังไม่ได้พิจารณาถึงผลกระทบทางด้านสังคม ซึ่งเป็นเรื่องละเอียดอ่อนและมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการพิจารณาการวางแผนในการบริหารจัดการน้ำในช่วงวิกฤต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

9) โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง คือ The General Algebraic Modeling System (GAMS) ซึ่งมีข้อดีคือ สามารถออกแบบการเดินทางของน้ำ ที่ตั้งเขื่อน และสถานีที่วัดน้ำ ได้อย่างอิสระผ่านระบบสมการ แต่ข้อเสียคือ การนำเข้าข้อมูลมีความยุ่งยากเนื่องจากต้องเตรียมข้อมูลนำเข้าด้วยไฟล์ TEXT และที่สำคัญเนื่องจากปัญหาในการศึกษานี้ เป็นแบบปัญหาไม่เป็นเชิงเส้นจำนวนผสม MINLP, Mixed Integer Nonlinear Programming ซึ่งผลที่ได้อาจจะไม่ใช่ ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (global optimal) แต่จะเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในขอบเขตที่กำหนด (local optimal)

10) การตั้งขอบเขตของอ่างเก็บน้ำศรีนครินทร์ และวชิราลงกรณ ตั้งจากระดับกักเก็บปกติ (normal pool level) และ ระดับกักเก็บต่ำสุด (minimum water level) ดังนั้นเมื่อพิจารณาในปีที่

น้ำน้อย หรือปีที่น้ำมาก ติดต่อกันอาจจะทำให้ไม่สามารถพิจารณาด้วยขอบเขตดังกล่าวได้ จำเป็นจะต้องหาโปรแกรมที่มีความสามารถในการตั้งขอบเขตให้มากขึ้น

11) ข้อมูลในการสูบกลับที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรใดๆในแง่ของงานบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ แต่อาจจะมีความสัมพันธ์กับระบบไฟฟ้าบริเวณภาคตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาและศึกษาต่อได้ในอนาคต

12) ข้อมูลปริมาณน้ำท่าไม่ได้พิจารณาทุกสถานีที่ไหลในทางแม่น้ำที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เนื่องจากกรมชลประทานไม่ได้จัดทำข้อมูลได้อย่างครบถ้วน จึงเลือกใช้สถานีที่มีผลกระทบต่อลำน้ำ จำนวน 4 สถานี ได้แก่ K.12, K.31, K.32a และ K.53

13) การพิจารณาความต้องการใช้น้ำเป้าหมายภาคเกษตรกรรมได้พิจารณาโดยวิธี CROPWAT ซึ่งไม่ได้หักลบปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ออก เนื่องจากการศึกษานี้ไม่ได้พิจารณาถึงแบบจำลองน้ำฝนและน้ำท่า (rainfall – runoff Model) จึงทำให้ปริมาณน้ำขาดไม่สอดคล้องกับการปฏิบัติการจริงเท่าที่ควร

14) ข้อมูลในการสูบกลับที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรใดๆในแง่ของงานบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ แต่อาจจะมีความสัมพันธ์กับระบบไฟฟ้าบริเวณภาคตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาและศึกษาต่อได้ในอนาคต

15) การใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรมกำหนดให้ใช้น้ำจากการประปาส่วนภูมิภาคเท่านั้น เนื่องจากขาดข้อมูลการใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินของโรงงานอุตสาหกรรม

6.4 การศึกษาต่อในอนาคต

1) แบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำในการศึกษานี้พิจารณาปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจากข้อมูลในอดีต สำหรับการวางแผนการบริหารจัดการน้ำในอนาคต สามารถพิจารณาปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจากการใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าร่วมกับปริมาณฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก (Global Climate Model, GCM) ที่มีการย่อส่วนและปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติเพื่อให้เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา รวมถึงสามารถพิจารณาปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่มีความไม่แน่นอน (stochastic variables) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนนโยบายการบริหารจัดการอ่างในระยะยาวที่มีความยืดหยุ่นต่อความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

2) ในการศึกษานี้พิจารณาเฉพาะในส่วนของปีน้ำน้อย และน้ำปกติเท่านั้น แต่การวางแผนการบริหารจัดการน้ำจะต้องคำนึงถึงปีน้ำมากด้วย ซึ่งการพิจารณาผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากน้ำท่วมมีความแตกต่างออกไป การบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำโดย

พิจารณาปีน้ำมากร่วมกับปีน้ำน้อยจะเป็นผลดีต่อการวางนโยบายจัดการระบบอ่างเก็บน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในระยะยาว

3) ในปัจจุบันการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองนั้นยังเป็นอิสระต่อกัน เมื่อพิจารณาผลของการศึกษานี้พบว่า เมื่อมองถึงการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำอย่างเป็นระบบ สามารถปรับปรุงเกณฑ์ตัดสินใจตัวบน และตัวล่าง (upper and lower rule curve) เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำอย่างเป็นระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ในการปฏิบัติการจริง

4) จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำในเขื่อนศรีนครินทร์ พบว่าการบริหารจัดการยังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีนัก มีปริมาณน้ำที่ค่อนข้างต่ำกว่าเกณฑ์ตัดสินใจตัวล่าง (lower rule curve) ในช่วงฤดูแล้งและไม่สามารถรักษาปริมาณน้ำไหลเข้าส่วนใหญ่ในช่วงฤดูฝน ซึ่งคาดว่าเป็นผลกระทบมาจากการที่มีเขื่อนท่าทุ่งนาทางด้านล่างของเขื่อนศรีนครินทร์ที่มีปริมาตรของอ่างเก็บน้ำที่แตกกันอย่างมาก การปรับปรุงระบบการบริหารจัดการน้ำอาจจะต้องพิจารณาการปรับปรุงการปฏิบัติการ และโครงสร้างต่างๆที่เขื่อนท่าทุ่งนาใหม่ ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้ และความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยสามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ วิธีพิจารณาผลประโยชน์ และความเสียหายที่ได้จากการศึกษานี้ เพื่อพิจารณาปัญหาดังกล่าวได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการเอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กองเดินเครื่องเขื่อนศรีนครินทร์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. คู่มือปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนท่าทุ่งนา. กาญจนบุรี: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2555.

กองเดินเครื่องเขื่อนวชิราลงกรณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. คู่มือปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ กาญจนบุรี: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2559.

กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. โครงการจัดทำแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างเป็นระบบ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555.

กองสารสนเทศ และประมวลผลข้อมูลการผลิต และซื้อขายไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. สถานการณ์การผลิตและซื้อไฟฟ้าในระบบ กฟผ. นนทบุรี: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2559

กรุง สินอภิรมย์สราญ. การแก้ปัญหาที่เหมาะที่สุดในเชิงปฏิบัติสำหรับอุตสาหกรรม. ซันแอด แอนด์ พริ้น. กรุงเทพฯ, 2545

คณะทำงานศึกษาเพื่อปรับปรุง Rule Curve การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2544ก). คู่มือการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์. กรุงเทพฯ: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2554

คณะทำงานศึกษาเพื่อปรับปรุง Rule Curve การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2544ข). คู่มือการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ. : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2554

คณิสร นำชัยสวัสดิ์วงศ์. การหาความเหมาะสมในการปล่อยน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำโดยใช้พันธุกรรมทางคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษาลุ่มน้ำแม่กลอง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม มหาลัยมหิดล, 2547

ธัชชัย แสนเสนา. การประยุกต์ใช้แบบจำลองชลศาสตร์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสร้างแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมพื้นที่ศึกษาแม่น้ำแม่กลองตอนบน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ) มหาวิทยาลัยมหิดล, 2546

ธีรภัทร อนรรฆสิริกุล. ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจตลอดวัฏจักรชีวิตของสินค้าอุตสาหกรรมโดยใช้เทคนิคตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2556

คณะกรรมการกาหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ. แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เล่มหลัก. กรุงเทพฯ: สำนักวางแผนการเกษตร ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม, 2558

ธีระพงษ์ ควรคำนวณ และ สุนทร เฉินประยูร. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-ResSim ช่วยในการบริหารงานอ่างเก็บน้ำโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำพระเพลิง. ใน The 14th TSAE National Conference and 6th TSAE International Conference, 2556.

ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน. ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2556

อารียา ฤทธิมา และ วราวุธ วุฒิวณิชย์. การวิเคราะห์การปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง. 1-11, 2549

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร สสนก. การดำเนินการด้านการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง ลุ่มน้ำแม่กลอง. กรุงเทพฯ: บริษัท แอสดีคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด, 2555

ส่วนวิศวกรรมบริหาร สำนักชลประทานที่ 13 กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. รายงานวางโครงการงานปรับปรุงโครงการท่าล้อ อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี; 2546.

สำนักงานนโยบายและแผนทรพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม . แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยงแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2558-2593. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาตและสิ่งแวดล้อม, 2558

สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรน้ำ. แผนที่มาตรฐานการแบ่งลุ่มน้ำหลัก และลุ่มน้ำสาขาของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง, 2552

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2553. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2554

ศราวุธ สากล. การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสร้างแบบจำลองบริหารจัดการน้ำหลากพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างฝั่งตะวันออก. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2553

ศักดิ์สิทธิ์ ศุขสุเมฆ. สร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ Optimization Modeling ด้วย Excel (Solver). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2557

อัทธ์ พิศาลวานิช และคณะผู้วิจัย. การศึกษาโครงสร้างปัจจัยการผลิตและผลผลิตสำหรับกลุ่มจังหวัดภาคใต้ตอนกลางเพื่อประเมินผลด้านเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2550

อารียา ฤทธิมา การพัฒนา Dynamic Rule Curves ของระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง. กรุงเทพฯ: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2553

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาษาอังกฤษ

Abebe G. GAMS-Modeling and Solving Optimization Problems. Institute of Mathematics Department of Operations Research & Stochastic Ilmenau University of Technology, 2008

Adhikary S.K., S.K. Das, S.S. Atef, A. DasGupta, M.S. Babel. Simulating impacts of EFR consideration on reservoir operation policy and irrigation management in the Hari Rod River Basin, Afghanistan. 19th International Congress on Modelling and Simulation, 4085-4091. 2011

Beard G., Leo R. Flood Control by Reservoir. United State: US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center, 1986.

Daene M., Andre G. Basic Optimization Models for Water and Energy Management., 2003

Heydari M., Othman F., Taghieh M. Optimization of Multiple and Multipurpose Reservoir System Operations by Using Matrix Structure (Case Study: Karun and Dez Reservoir Dams. Malaysian InternationalScholarship (MIS) by the Ministry of Education (MOE,Malaysia) for their financial support: 1-16, 2016

Klipsch J., Manilyn B. HEC-ResSim Reservoir System Simulation User's Mannual. United State: US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Rngineering Center , 2013.

Labadie J.W., M.ASCE. Optimal Operation of Multireservoir System: State-of-the-Art Review. Journal of Water Resources Planning and Management 2004: 93-111. 2004

Marques G. F., Tilmant A., The economic value of coordination in large- scale multireservoirsystems: The Parana River case. Water Resources Research, Vol. 49: 7546–7557, 2013

Rittima A. Hedging Policy for Reservoir System Operation: A Case Study of Mun Bon and Lam Chae Reservoirs. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 43 : 833 - 842, 2009

Sangam V., Mukand S.B., Kshitij P. Impact of Climate Change on River Flow and Hydropower Production in Kulekhani Hydropower Project of Nepal Springer International Publishing Switzerland 2014, 231-250. 2014

Suttinon, P., Bongochgetsakul N., Uemoto K., Nasu S. and Ihara T. (2012). System of Environmental-Economic Accounting for Water in case of Thailand, Pawees 2012 International Conference, Thailand.

Suttinon P., Nasu S., Ihara T., Bongochgetsakul N. and Uemoto K. Water resources Management in Shikoku Region by Inter-Regional Input-Output Table. The Applied Regional Science Conference (ARSC)/ Wiley Publishing Asia Pty Ltd, 2013

Vudhivanich V. Methodology for inclusion of risk in multireservoir operations. Colorado: Doctoral Dissertation, Department of Civil Engineering, Colorado State University, 1986

Wurbs R.A. Reservoir/River System Management Models. Texas Water Journal Volume 3, Number, 26-41. 2012

Xinyi X., Lingling B., Chengzhong P. Optimal Reoperation of Multi-Reservoirs for Integrated Watershed Management with Multiple Benefits. Water 2014, MDPI, Basel, Switzerland 798-812. 2014

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก.
ข้อมูลปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้ารายเดือนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ (ล้าน ลบ.ม.)

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
2523	104.7	50.7	66	68.5	151.6	182.2	244.3	400.2	714.8	764.7	256.9	127.4	3132.00
2524	76.6	75	69.9	64.6	125.5	385.3	529.9	1430.8	1087.2	859.4	1235	330.7	6269.90
2525	181.1	102	70.6	96.5	92.7	255.9	624.4	1599.1	1008.4	705.3	275.2	146.1	5157.30
2526	103.8	56.5	47	51.6	77.7	96.3	121.4	297.9	500.1	1839.1	656.8	209.7	4057.90
2527	139.1	100.7	81.4	117.4	84.4	312.4	366.4	661.7	848.3	872.5	302.9	160.8	4048.00
2528	114.1	93.3	65.8	95.1	93.6	289	790.3	861.1	1609.7	908.9	404	206.8	5531.70
2529	141.4	83.3	68.1	103.7	472.3	191.3	436.4	668.1	586.1	573.1	218.6	139.9	3682.30
2530	85.2	71.1	85.7	100.5	67.9	168.9	236.3	423.6	833.7	613	368.9	134.3	3189.10
2531	111.9	90.7	66.3	103.5	336.6	491.2	426.3	601.3	1244.8	2149.2	480.6	241.3	6343.70
2532	175	117	71.9	39.5	128.3	124.4	165.1	503.9	442.3	409	129	84.2	2389.60
2533	76.9	94.2	56.4	49	103.8	164.9	407.1	397.8	650.2	798.2	230.9	113	3142.40
2534	81.5	56.9	33.3	44.2	80.9	340.4	429.2	1754.8	812.3	1125.1	300	134.4	5193.00
2535	135.8	57	46.7	74	73.3	68.1	258.7	751.4	474.3	705.1	271.9	130.9	3047.20
2536	87.9	43.7	61.8	53.6	49	78.9	206.2	616.3	750.3	350.2	135.5	60.3	2493.70
2537	61.4	93.9	49	45.8	186.2	294.9	1445.3	2037.4	1279.3	741.4	231.5	122.6	6588.70
2538	100.8	58.2	51	56.2	82	127	261.9	866.7	1881.2	929.3	334.1	152.8	4901.20
2539	105.4	92.6	67.3	80.8	179.7	210.7	732.4	1144.2	1277.1	2173.6	607.3	243.2	6914.30
2540	139.9	85.8	85.2	74.9	55.4	71.4	724.4	1381.8	845.3	638.9	252	114.3	4469.30
2541	77.3	58.9	47.8	37.9	67.8	90.5	161	295.7	437.1	396.7	121.9	75.3	1867.90
2542	63.7	37.9	42.9	129.4	213.7	234.9	374.8	969.8	571.1	1310.7	939.9	232.3	5121.10
2543	159.4	119.1	89.9	241.6	406.3	552.9	719.8	675.2	1169.2	1144.8	445.1	199	5922.30
2544	140.9	90.8	128.3	101.5	199.9	283.2	609.2	887.2	626.1	622.5	248	141.4	4079.00
2545	106.2	82.7	59	65.8	260.6	236.3	612.3	1440.9	2050.7	1028.6	486.6	243.8	6673.50
2546	127.5	91.9	180.1	90.4	83.4	259.4	797.3	803.3	954.3	874.9	237.6	120.2	4620.30
2547	125.8	92.5	56.2	49.4	321.1	580.2	565.8	988.7	746	304.6	130.3	94.7	4055.30
2548	78.6	72.5	78.4	75	93.5	156.6	466.3	1007.5	1047	656.1	293.9	151	4176.40
2549	98.2	83	87.3	121.4	442.8	415.5	1201.1	1612.6	1198.1	1031.1	255.1	140.7	6686.90
2550	107	92.8	77.9	117.5	370.1	181.5	597.2	817.9	749.9	1756.4	346	195.8	5410.00
2551	108.9	89.9	81.5	100.3	339.1	233.3	350.9	1021.2	716.5	714.1	600.5	203.7	4559.90
2552	124.2	96.5	118.1	86	192	430.8	697.7	1162.7	827.1	1359.8	376.8	228.7	5700.40
2553	169.9	91.9	85.9	92.6	88.5	61.4	217.9	490.6	909.3	1084.3	322.9	179.6	3794.80
2554	146.6	107.3	107.5	121.2	332.5	553.4	875.2	1609.6	1856.3	1332.4	356.9	185.9	7584.80
2555	150.1	98.9	77.5	79	117.6	307	658.9	1478.4	1732.4	1041.8	345.2	198	6284.80
2556	130.2	114.3	71.7	57.2	49.3	266.1	726.5	1259.4	1668.8	1006.9	373.4	181.7	5905.50
2557	111.29	81.22	72.19	89.28	66.75	96.86	286.58	448.18	576.02	463.19	231.01	101.32	2623.89
2558	93.87	60.19	68.86	70.58	47.29	115.17	237.25	427.63	494.01	542.85	164.15	91.08	2412.93
2559	54.27	40.56	44.36	31.29	49.24	129.28	317.19	564.73	945.34	1099.61	387.04	151.2	3814.11
Min.	54.27	37.90	33.30	31.29	47.29	61.40	121.40	295.70	437.10	304.60	121.90	60.30	1867.90
Max.	181.10	119.10	180.10	241.60	472.30	580.20	1445.30	2037.40	2050.70	2173.60	1235.00	330.70	7584.80
Avg.	113.42	81.77	73.48	83.16	167.09	244.26	510.24	928.63	976.23	943.98	360.90	161.30	4644.46

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อยรายเดือนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ (ล้าน ลบ.ม.)

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
2523	0	31.8	120.7	141.7	22.5	30.3	24.9	10	0	5.1	3.9	19.5	410.4
2524	32.4	179.5	199.7	238.6	188.4	71.6	4.9	0	0	18.6	0.9	58.3	992.9
2525	56	289.9	363.5	334	309.4	253.7	316.7	178	516.3	315.8	280.8	287.6	3501.7
2526	296	344.2	465.2	530.9	546.1	541.9	372.4	334.1	216	105.3	111.6	148.2	4011.9
2527	149.2	368.4	500.7	485.9	458.8	335.8	200.7	383.1	541.6	272.6	470.4	149.9	4317.1
2528	219.3	391.4	527.8	459.1	372.2	206.6	135.4	140.9	135.4	111.8	100.9	138	2938.8
2529	118.1	134.3	478.3	691.2	411.1	688.7	582.8	680.1	604.8	262.6	207.4	233.5	5092.9
2530	251.1	201.6	402.4	392.2	388.9	359	263.2	360.4	238.7	247.7	221.2	118.5	3444.9
2531	128.4	118.5	240.1	212.4	257.2	301.5	447.7	436.5	427.6	328.2	356.2	321.7	3576
2532	231.8	344.7	534.8	583.7	641.6	595.5	408.7	447	457.8	477.8	467.9	187.7	5379
2533	266.9	329.3	419.5	308.9	380	303.3	325.8	420.2	421.3	397.5	391.5	307.5	4271.7
2534	488.6	360.6	467.5	473.8	468.9	346.3	319.5	460.8	554	479.8	530.7	396.5	5347
2535	369.4	422	614.6	526.9	503.2	497.8	436.6	291.5	467.4	435.8	385.8	499.5	5450.5
2536	314.8	433.9	514.6	402.3	381.3	433.5	289.2	188.2	297.8	252.9	302.1	199.8	4010.4
2537	275	348.9	434.2	489.4	491.6	338.6	332.8	385.3	468.5	514.6	566.4	582.4	5227.7
2538	562.6	548.6	709.5	543.6	721.5	747.8	590.5	626.2	439.1	632.3	659.2	491.3	7272.2
2539	609.2	429	634.1	527.9	622.7	603.4	361.5	477.5	505.8	474.7	601.8	458.1	6305.7
2540	491.3	537.1	656.7	575.4	723.1	712.9	700.2	586.5	577.5	664.9	531.7	611.3	7368.6
2541	553.8	460.2	578.3	534	546.5	421.6	324	392.5	357.4	343	386.9	198.2	5096.4
2542	257.9	393.7	609.1	519.5	194	240.5	179.8	248	239	154.8	169.8	194.9	3401
2543	277.2	313.8	407.8	423.9	442.9	137.4	148.5	396.4	510.1	314.4	433.2	384.9	4190.5
2544	312.9	405.6	428.5	380.8	524.2	461	411.9	401	474.9	452.9	418.1	358.6	5030.4
2545	342.4	308.5	472.8	479.3	380.8	357.1	348.2	486.8	689.1	813.2	543.9	549	5771.1
2546	535.5	480.4	531	554	594.4	468.8	453.9	557.8	515.4	556.3	558.9	564.2	6370.6
2547	576	465.6	605.6	548.5	408.2	319.2	379.3	349.7	431.8	394.2	528	428.5	5434.6
2548	470.8	619.4	641.8	653.9	666	516	361.4	313.7	338.9	292.5	418.9	370.7	5664
2549	361.1	511.7	550.5	458.3	462.8	443.9	467.8	579.3	705.1	622.1	560.9	422.9	6146.4
2550	363.4	432.4	538.9	468.3	511.6	516.9	527.8	558.5	519.6	460.1	483.8	487.9	5869.2
2551	416.8	456.4	583	547.9	550.4	498.4	397.3	279.1	231.9	240.7	235.9	342.3	4780.1
2552	404.4	488.4	554	546.8	475.8	369.9	428.7	478.1	337.3	479.6	433.4	487.6	5484
2553	388.4	357	511.4	338.1	592.7	608	527.1	591.5	320.4	134.1	382.4	267.3	5018.4
2554	245.3	454.6	596	641	583.8	428.2	202.1	399.2	480.9	681.4	547.7	466.2	5726.4
2555	550.1	763.1	783	689.8	546.2	406.1	277	159.3	430.6	554.4	508.8	476.8	6145.2
2556	377.1	517.5	648.1	630.1	694.3	585.2	410.4	327.9	386.7	512.4	393.7	339.4	5822.8
2557	556.78	551.5	627.08	588.93	449.12	327.93	329.84	327.11	287.07	285.88	250.76	207.35	4789.35
2558	236.89	212.72	204.42	198.44	182.57	195.21	266.85	188.49	208.1	153.74	154.29	210.34	2412.06
2559	272.35	228.68	263.79	254.64	288.91	259.64	270.77	297.32	231.05	138.91	162.39	226.41	2894.86
Min.	0.00	31.80	120.70	141.70	22.50	30.30	4.90	0.00	0.00	5.10	0.90	19.50	410.40
Max.	609.20	763.10	783.00	691.20	723.10	747.80	700.20	680.10	705.10	813.20	659.20	611.30	7368.60
Avg.	334.03	384.73	497.81	469.57	459.02	403.49	346.65	371.30	393.65	367.10	371.95	329.54	4728.83

ตารางที่ ก-3 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายเดือนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ (Gwh)

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
2523	0	6.8	26.6	30.8	4.6	6.5	5.5	2.2	0	1.2	0.9	4.5	89.8
2524	8	44.5	49	58.1	45	16.7	1.1	0	0	5.1	0.2	16.1	243.8
2525	15.4	82.5	101	90.5	81.7	67.7	85.2	48.8	146.4	88.9	78.9	81	968.1
2526	82.6	97.4	132.1	152.4	149.8	147.4	99.8	88.5	56.7	28.1	30.7	40.6	1106.1
2527	41.2	104	142.8	133.9	124.9	90.3	54.2	104.6	150	74.9	133	42	1195.9
2528	59.1	107.6	144.3	123.6	98.6	54.4	35.6	37.9	36.8	31	27.9	39.2	796.1
2529	33.4	40.4	130.2	194	114.4	190.5	160.3	188	166.5	72.6	57.1	64.6	1412.1
2530	69.4	55	109.4	104.9	103.5	94.6	69.5	94.6	62.7	65.7	59.4	31.4	919.9
2531	34.2	31.9	63.8	55.9	69	80	119	116.5	115.4	91.3	101.1	91.1	969.2
2532	66.2	97.9	151.3	163.3	177.4	162.4	110	120.3	123.4	128.4	125.6	49.5	1475.6
2533	71	87.1	110.6	79.9	97.9	77.8	84.3	109.1	110.1	105.3	103.2	81.4	1117.6
2534	129.9	95.2	121.5	121	117.9	87.1	80.7	118.7	146.8	128.7	143.2	106.3	1397
2535	98.7	112.1	161.7	136.8	128.6	125.6	109.5	72.7	120.9	114.3	101.9	131.3	1414.1
2536	82.3	113.1	132.3	103.2	97.4	110.5	73.2	47.8	76.2	64.8	77.6	51.9	1030.3
2537	70.3	88.5	109.9	122.4	122.6	84.3	83.7	102.6	129.2	144.3	158.3	162.7	1378.8
2538	155.4	149.2	191	144.3	190.1	194.3	-	-	-	-	-	-	-
2539	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2541	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2542	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2543	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2544	-	-	-	-	-	-	-	-	81.6	1.2	107.3	85.8	275.8
2545	93.8	82.4	135.8	124.1	95.4	96.7	99.4	102.9	206.8	149.5	148.4	157	1492
2546	138.1	139.8	148.4	141.8	156.1	128.6	116.6	145.5	136.4	148.6	156.2	151.5	1707.5
2547	158.4	131.6	164.8	140.9	104.7	83.1	97.4	95.9	112.2	105.2	143.8	110.7	1448.7
2548	131.1	156.1	166.4	168.1	168.5	128.7	90.1	79.2	86.7	75.5	110.3	97.2	1458
2549	94.3	134.3	142.8	118	118.6	114	122.6	155.7	195.7	174.8	155.1	116.4	1642.4
2550	98.7	118.5	146.2	125.6	135.9	137.6	141.3	147.8	142.3	123.9	132.3	133.2	1583.3
2551	112.8	127.6	156.8	147.8	143.7	132.6	99.6	72.6	61	64	65.3	94.2	1278.1
2552	112	126	149.7	146.4	124	97.5	111.2	126.1	90.9	130.3	118.5	137.1	1469.7
2553	105.7	96.6	138	89.7	159.2	160	135.6	149.7	80.6	34.7	100.6	69.9	1320.1
2554	64.1	118.1	154	163.7	150.7	111	51.7	104.4	129.8	187.7	150.7	127.5	1513.4
2555	148.7	213.2	206	180.2	138.4	100.2	71.1	41.4	116.4	153.1	141.5	127.1	1637.1
2556	100.8	136.9	172.4	165.6	178.6	148.7	104.1	84.8	101.4	138.5	106.3	92.4	1530.7
Min.	0	6.8	26.6	30.8	4.6	6.5	1.1	0	0	1.2	0.2	4.5	89.8
Max.	158.4	213.2	206	194	190.1	194.3	160.3	188	206.8	187.7	158.3	162.7	1707.5
Avg.	84.8	103.4	134.2	126	121.3	108.2	89.3	94.8	106.5	94	101.3	89.1	1209.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-4 ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้ารายเดือนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ (ล้าน ลบ.ม.)

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
2527										604.2	195.6	94.4	894.2
2528	75.8	40.7	51.9	61	96.8	1263.8	1385.7	1969.5	1347.4	448.6	187.6	62.1	6990.9
2529	47.4	39.4	27.5	34.8	183.3	283.3	696.1	1073.9	558.3	348.6	130.3	63.8	3486.7
2530	45.3	21	71.6	21.3	26.2	296.2	444	861.3	993.3	564.6	202.1	78.7	3625.6
2531	65.8	32.3	5.5	56	266.1	723.4	561.7	1121.3	580.4	949.6	239.4	98.8	4700.3
2532	78.7	39.4	30	17.5	81.7	192.5	470.9	1055.9	674.3	348.8	105	43.3	3138
2533	40.8	17.3	4.8	23.9	68.4	471.3	769.1	894.9	995.4	728.5	147	72.6	4234
2534	40.9	29.1	13.5	16.7	36.1	1004.4	1357	3155.7	711	441.8	85	46.9	6938.1
2535	46.3	18.1	1.5	8.4	34	155	506.9	1729.8	774.7	430.8	129.1	96.2	3930.8
2536	54.7	29.9	25.5	18.8	58.8	148.4	622.2	1880.1	933.4	309.5	93.2	39.6	4214.1
2537	37.9	15.4	20	6.4	143.1	526.1	3285.2	3165.5	996.8	425.4	76.4	36.4	8734.6
2538	40.5	21	23.6	19.2	135.1	613	607.5	1697.9	1836.2	521.4	111.6	70.6	5697.6
2539	38.7	31.8	12.1	34.8	78.9	211.7	1393.3	1598.2	1419.5	777.4	195	74.2	5865.6
2540	52	27.4	13.6	11.9	48	220.9	2820.1	3273.4	837	450.4	158.8	58.9	7972.4
2541	38.4	11.3	2.5	2.8	73.4	98.5	194.4	272.9	534.7	326.7	80.7	20.3	1656.6
2542	27.1	12.9	23.5	100.2	224.3	650.2	1196.3	2026.4	934.1	605.7	340.8	95.3	6236.8
2543	62.3	55.9	39.3	107.5	366.6	638.2	1122	1018.6	1523.5	692.7	186	88	5900.6
2544	57.6	24.1	33.1	11	185.2	427.3	1387.3	1846.2	885.3	527.5	125.7	66.6	5576.9
2545	43	18.9	8.5	17	470.6	508.4	1754.5	2433	1958.5	454.7	178.6	107.8	7953.5
2546	57.2	25.1	37.6	6.9	103.7	362.7	1234.9	1360.6	1139.5	443.8	112.1	39.1	4923.2
2547	49.3	8.4	0.5	0	389.6	1008	670.4	1689.1	752.6	201	42.7	33.7	4845.3
2548	34.3	16.8	13.7	5	59.3	315.6	1560.2	2062.7	1198.5	472.4	203.6	65.8	6007.9
2549	46.8	28.2	21.8	80.1	335	547.9	2334.5	2718.5	744.4	480.2	120	53.4	7510.8
2550	39.8	24.4	15	11.5	106.1	237.9	1311.4	2017.3	919.2	1027.3	130.2	71.2	5911.3
2551	36.8	9.5	7.7	23.7	419.3	562.1	842.7	2227.1	963.6	484.8	255.7	103.7	5936.7
2552	45.6	29.6	30.2	30.4	126.2	745.4	2005.3	1797.3	1140.3	893.3	187.5	76.5	7107.6
2553	77.8	18.6	1.8	11.5	16.5	74.5	290.6	709.9	751.1	384	97.3	66.4	2500
2554	39.3	22.8	71.2	61.2	187.3	867.9	1634.4	1721.8	1574.7	672.5	146.9	47.4	7047.4
2555	46.4	29.2	21.6	8.4	83.5	927.1	1716.8	2288.3	1597.1	593.2	179.2	81	7571.8
2556	52.2	34.7	31.2	12.4	11.3	343.4	1814.2	1394.9	1575.3	606.1	189	77.2	6141.9
2557	38.26	22.64	23.9	15.21	8.47	188.08	671.06	938.55	924.02	416.43	176.14	72.92	3495.68
2558	58.57	29.92	44.41	21.08	51.4	405	932.78	1071.95	850.99	647.84	165.11	87.18	4366.23
2559	38.1	34.69	24.32	7.23	59.74	236.4	537.21	1104.06	764.89	689.45	253.58	88.1	3837.77
Min.	27.1	8.4	0.5	0	8.47	74.5	194.4	272.9	534.7	201	42.7	20.3	1656.6
Max.	78.70	55.90	71.60	107.50	470.60	1263.80	3285.20	3273.40	1958.50	1027.30	340.80	107.80	8734.60
Avg.	48.55	25.64	23.53	26.99	141.69	476.71	1191.58	1693.02	1043.44	542.66	157.23	68.24	5439.27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-5 ข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อยรายเดือนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ (ล้าน ลบ.ม.)

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
2527										0.2	13	159.5	172.7
2528	39.6	41.3	39.2	37.3	35	35.8	757.3	576.8	989.6	113.8	163.2	427.6	3256.5
2529	316.3	280.5	408.8	421.6	548.7	660.5	443.6	685.8	620.6	248	210	243.2	5087.6
2530	179.7	258.8	298.4	210.4	306	418.5	299.3	404.3	311.9	253.3	224	81.6	3246.2
2531	218.5	346.1	530.2	473.7	355.5	291.6	295.6	300.7	323.2	149.2	74.1	80.2	3438.6
2532	215.1	203.9	320.4	266.7	509.7	509.1	200.7	243	384.4	289	217.1	246.9	3606
2533	286.5	456	570.4	543.1	594.9	298.2	325.2	491.5	487.8	483.2	348.7	169.9	5055.4
2534	267	232.3	428.3	374.3	250.7	149.1	297.7	580.6	773.6	610.2	619.1	384.7	4967.6
2535	325.5	330.9	580.9	482.3	442.1	556.5	513.1	447.9	412.2	528.8	353.4	214.2	5187.8
2536	97.6	283.1	367.1	425.7	312.7	194.3	238.4	408.9	325.6	176.6	242	166.1	3238.1
2537	247.8	373.8	525.1	438.9	383.2	229.2	181.8	765.7	915.1	662.9	917.8	670.6	6311.9
2538	449.7	413.4	548.1	486.8	563.3	576.4	335.1	270.2	466.5	380.5	412.9	225.3	5128.2
2539	352	388	570.3	521.3	474.4	605.7	445.3	596.5	630.8	385.4	463.9	274.5	5708.1
2540	237.5	338.4	421	420.2	436.9	403	369	1063.6	866.2	614.7	288.4	399.4	5858.3
2541	442.9	474.4	704	669.4	688.9	503.2	367.3	435	278.2	119.1	214.8	129.5	5026.7
2542	203.2	218.8	300.9	202	84.7	126	199.2	412.2	430.1	219.3	149.3	203.4	2749.1
2543	280.4	419.9	574.7	518.4	578.4	587.9	363.6	502.7	569.8	263.4	322.3	292.6	5274.1
2544	252.4	380.3	561.8	651.3	455	335.6	420.1	639.1	636.2	311.8	244.5	289.8	5177.9
2545	369.1	469.4	649	645.9	593.1	462.1	454.5	888	1122.9	780	475.3	337.8	7247.1
2546	513.4	521.9	585.1	550.3	589.9	501.8	410.6	446.8	247.6	224.3	332.9	310.1	5234.7
2547	394.5	475.8	646.4	612.2	427	252.9	413.1	528.6	499.2	451.5	575.7	311.7	5588.6
2548	310.5	472.4	531.4	496.8	410.1	217.3	211.4	148.1	198.3	77.7	325.7	242.2	3641.9
2549	334.3	534	713.1	648.4	544.6	706.9	780.3	1253.9	955.2	237	389.4	231.6	7328.7
2550	315.9	482.6	669.7	745.2	720	453.2	242.7	344.5	395	341.7	466.6	360.9	5538
2551	384.9	500.1	694.1	665	578.2	460.9	503	546.8	612.3	563.1	460.3	249.7	6218.4
2552	375.6	519.3	623.9	603.3	466	288.6	343.5	852.9	551.2	625.6	474.6	599.3	6323.8
2553	411.7	562.9	917.2	812.9	703.6	232.7	118.6	102.1	61.9	29.9	342.5	222	4518
2554	234.6	460.7	263.7	251	191.4	110.8	306	799.1	543.2	384.5	368.9	436.5	4350.4
2555	338.7	485.7	651.9	792	619.5	328	479.5	1043.8	706.8	489.9	470.4	350.6	6756.8
2556	331.6	625.7	579.2	897.3	661.2	341.4	248	517.5	524.1	428.9	241.7	249.4	5646
2557	558.54	555.29	612.68	588.91	540.41	451.86	421.03	429.64	247.6	259.92	245.04	156.83	5067.75
2558	206.74	196.53	322.01	333.73	323.37	377.72	527.24	467.02	374.28	338.08	362.65	251	4080.37
2559	277.64	262.54	306.61	302.88	312.22	273.81	262.23	296.59	213.86	102.9	132.6	179.18	2923.06
Min.	39.6	41.3	39.2	37.3	35	35.8	118.6	102.1	61.9	29.9	74.1	80.2	2749.1
Max.	558.54	625.7	917.2	897.3	720	706.9	780.3	1253.9	1122.9	780	917.8	670.6	7328.7
Avg.	305.2944	392.6488	516.1125	502.7881	459.3969	373.1434	367.9375	546.5578	521.1013	348.2563	347.8059	280.8847	4961.928

ตารางที่ ก-6 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายเดือนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ (Gwh)

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
2527										0	1.5	24.6	-
2528	5.9	5.9	5.6	5.4	5	5.3	120.7	95.5	170.2	20	28.9	73.9	542.4
2529	54.8	48	67.4	61.3	87.5	103	69.5	109.3	94.4	40.5	34.3	39.3	809.2
2530	28.7	40.5	46.2	31.9	45.4	61.3	44.4	59.7	47.7	39.9	35.5	12.8	494
2531	34.4	53.8	80.3	69.1	50.5	42.2	43.5	45.8	50.2	23.8	12	13.1	518.7
2532	35.6	33	51	41.9	78.5	76.1	30	37.9	61.4	46.3	34.9	39.1	565.7
2533	44.7	69.9	84.5	77	80	39.5	44.7	68.6	71.2	72.3	52	24.9	729.5
2534	38.8	33.4	59.5	50.1	33	19.8	42.5	94.1	131.2	102.5	102	61.9	768.8
2535	51.8	51.3	88.1	70.5	62.4	75.2	67.6	62.4	62.2	78.5	51.6	31.3	752.8
2536	14.3	40.5	50.8	57.5	40.7	24.7	31.1	56.9	48	26.4	36.7	24.9	452.5
2537	36.9	54.8	74.5	59.9	50.4	30	25.9	132.6	160.4	115.5	157.4	111.3	1009.6
2538	72.5	64.9	84.3	72.7	82.1	80.3	-	-	-	-	-	-	-
2539	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2541	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2542	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2543	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2544	-	-	-	-	-	-	-	-	2	52.6	40.8	49.6	-
2545	60.6	76	104.6	100.2	90.5	68.9	71	148.7	201.7	139.1	83.3	58.1	1202.6
2546	86.5	85.7	93.7	87.7	89.1	73.9	60.6	71.1	41.5	37.9	54.9	53.4	835.9
2547	65.2	79.4	101.6	91.8	62.1	37	63.2	84.1	78.1	73.2	92.5	48.6	876.8
2548	47.9	68.6	77.7	70.6	55.3	30.2	28.7	21.3	32.2	14.1	54.4	39.6	540.7
2549	55.7	88.2	115.5	101.1	82.6	107.2	121	210.6	170.4	39	65.1	39.9	1196.2
2550	50.5	78	106.4	115.9	105.3	66.6	35.5	54	65	56.7	72	62.7	868.7
2551	61.8	83.8	109.9	104.2	85.8	67.9	77	87.2	101.3	93.8	77.5	40.6	990.6
2552	61.2	79.2	95.3	89.5	68.4	40.6	51.2	139.6	94.5	106.6	82.8	101.3	1010.1
2553	67.5	88.9	141.7	119.7	96.6	32.7	15.7	13.8	8.8	4.4	48.9	33.2	671.8
2554	32.9	63.5	37.3	33.4	25	15.2	43	124.1	91.9	66.9	60.9	72.4	666.6
2555	56.2	79	101.2	117.2	87.1	45.4	70.2	168.7	118.8	85.4	81.2	58.8	1069.2
2556	54.6	97.8	89.3	134.9	94.8	48	35.3	77.7	84.6	72.8	40.3	41.4	871.5
Min.	5.9	5.9	5.6	5.4	5	5.3	15.7	13.8	2	0	1.5	12.8	452.5
Max.	86.5	97.8	141.7	134.9	105.3	107.2	121	210.6	201.7	139.1	157.4	111.3	1202.6
Avg.	48.7	63.6	81.1	76.7	67.7	51.8	54.2	89.3	86.4	58.7	58.4	48.2	792.9

ตารางที่ ก-7 ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้ารายเดือนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา (ล้าน ลบ.ม.)

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
2524												57.8	-
2525	57.2	285	360.7	330.6	306.5	249.2	308.4	175	497.7	313.9	274.8	275.8	3434.8
2526	285.3	334.8	450.2	509.7	530.6	525.9	366.5	330.7	216.2	128.7	121.3	145.9	3945.8
2527	149	361.9	485.7	468.6	442.9	322	197	375.8	529.8	266.2	446.7	147.1	4192.7
2528	212.7	380.5	515.2	446.9	365.4	204.6	136.1	139.6	138	121.7	107.8	134.5	2903
2529	114	130.8	461.6	659.7	407.2	657.8	566.3	659.1	587.1	273.2	206.9	231.1	4954.8
2530	247.4	205	399.7	389	381.2	322.6	262.3	362.7	188.6	229.5	228.1	50.4	3266.5
2531	118	118.9	241.2	203.3	254.7	262.2	376	367.6	373.9	289.8	289.4	234.9	3129.9
2532	166	345.7	531.2	580.3	635.7	587.3	403.8	439.8	439.5	392.1	400.3	87.2	5008.9
2533	178.9	250.2	371.5	257.8	277.8	208.4	238.2	325	337.2	309.6	302.5	206.8	3263.9
2534	381.2	290.4	382.3	414.3	387.2	234.9	187.9	345.3	418.2	399.7	462.6	302.4	4206.4
2535	292.4	343.6	537.6	477	450.9	435.4	353.6	187.4	360.3	369.6	299.7	399.2	4506.7
2536	213.8	325.2	406	338.1	315.7	356.8	216.8	150.2	224.1	165.8	189.2	117.3	3019
2537	171.3	254.1	267.5	299.3	295.2	188.4	129.9	168.3	274.6	309.7	357.3	387	3102.6
2538	372.2	389.4	536.2	399.3	578.6	556.7	390.2	406.1	298	435.6	465.5	312.6	5140.4
2539	422.8	259.4	506.9	400	450.8	491.7	225.5	369.9	426.2	409	501.2	301.8	4765.2
2540	358.2	439.1	532.6	480.2	643.2	591.4	539.6	327.7	414.8	479.7	346.9	473.5	5626.9
2541	366.2	292.8	460.8	478.5	443.8	283.5	199	288.3	245.4	163.9	233	121.8	3577
2542	203	297.7	477.5	507	195.6	237.9	171.8	191.3	206.3	143.9	119.6	70.5	2822.1
2543	174.1	275.2	379.9	390.9	417.7	129.3	86.7	305.3	382	229.5	367.1	332.1	3469.8
2544	263.8	385.5	375.8	334.6	477.4	408.4	333.1	335.9	388.8	346.5	271.8	240.2	4161.8
2545	213.2	260.5	420.2	424.9	349.4	288.6	264.1	351.2	590.2	807.1	516.2	507.7	4993.3
2546	466.3	442.8	495.3	519.6	551.9	416.1	374.4	430.8	410.8	423.8	430.7	424.8	5387.3
2547	440.5	408.5	506.2	466.4	315	193.3	281.6	221.2	302.9	289.2	418.4	296.1	4139.3
2548	313.8	462.4	527.9	527.3	458	359.4	259.6	139.8	200.5	77.6	260.4	195.7	3782.4
2549	182.3	367.7	380	351.9	302.2	199.1	222.7	368.8	614.1	568.8	458.3	297.2	4313.1
2550	250.3	386.7	512.6	418.9	451.1	472.8	503	477.1	417.7	340.1	375.4	406.1	5011.8
2551	326.4	387.6	517.6	509.4	519.9	462.4	355.1	233.1	199.4	216.9	212.8	305.5	4246.1
2552	370.7	452.5	515.7	519.5	422.7	284	343.2	372.8	274.8	411.9	363.7	415.3	4746.8
2553	325.4	327.7	462.5	297.8	553.2	578.7	492	554.3	290	98.8	312.7	233	4526.1
2554	183.2	405.5	555.4	595.6	548.8	410.5	186.4	350.2	419.2	607	510.8	433.8	5206.4
2555	504	732.5	726.7	633	487.6	371.1	260.3	149.9	415.8	539.8	483.4	451.3	5755.4
2556	352.8	493	617	602.4	652.8	545.3	375.5	295.6	309.8	466.1	344.7	320.9	5375.9
2557	509.41	512.04	567.51	548.79	434.53	316.01	308.3	299.53	252.6	255.06	220.41	166.91	4391.1
2558	220.05	185.63	194.9	154.68	160.62	188.2	255.34	172.53	171.91	131	122.24	166.86	2123.96
2559	217.61	203.21	238.45	241.3	276.9	250.58	259.81	283.2	220.8	110.74	132.11	189.76	2624.47
Min.	57.20	118.90	194.90	154.68	160.62	129.30	86.70	139.60	138.00	77.60	107.80	50.40	2123.96
Max.	509.41	732.50	726.70	659.70	652.80	657.80	566.30	659.10	614.10	807.10	516.20	507.70	5755.40
Avg.	274.96	342.67	454.80	433.62	421.22	359.73	298.00	312.89	343.92	317.76	318.68	268.09	4146.33

ตารางที่ ก-8 ข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อยรายเดือนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา (ล้าน ลบ.ม.)

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
2524												15.2	-
2525	72.5	279.9	350.6	324.8	311	244.2	314.2	170.7	496.5	313.7	281.5	275.2	3434.8
2526	285.7	338.7	448.3	504.3	530.9	528	370.2	319	216.9	128.7	117.5	150.7	3938.9
2527	149.3	360.4	479.2	474.6	440	321.1	201.8	371.8	521.9	268.3	444.8	133.5	4166.7
2528	200.5	372	509.9	450.1	357.5	218.1	119.2	145.9	130.9	118	107.4	138.2	2867.7
2529	119.7	121.2	464.8	660.8	402.8	652	567.7	660.9	585.3	275.3	206.5	228.3	4945.3
2530	249.7	198.3	406.4	384.8	386.9	311.9	260.9	352.5	185.2	229.4	227.1	36.5	3229.6
2531	111.6	129.6	234	207.5	252.4	251.4	362	376	367	289.3	285.3	239.8	3105.9
2532	165.7	335.5	525.7	589.5	623.8	597.1	396.3	443.1	433.2	386.6	403.6	66.5	4966.6
2533	137.7	217.8	366.2	246.8	228.3	169.3	205.2	325.6	309.2	271.6	265.7	158.4	2901.8
2534	358.8	269.8	379.2	385.9	341.5	217	149.2	321.3	403.4	366.2	431.9	278.7	3902.9
2535	262.5	337.6	534.5	471.4	450.7	287.6	200.5	142.6	293.7	231.2	229.8	367.2	3809.3
2536	185.8	301.3	376.6	332.5	317.8	353.6	200.9	136.3	211.6	132.2	157.2	109	2814.8
2537	124.7	227.2	225.1	270.9	241.7	150.5	108.5	111.9	198	220.5	307.5	302	2488.5
2538	347.2	374.9	521.8	394.7	561.5	553	378.7	393.7	288.7	412.8	444.3	299.3	4970.6
2539	415.6	235.1	488.3	390	436.9	477.6	222.5	342.4	291.3	388.2	496.1	302.6	4486.6
2540	355.1	446.2	537	465.6	600	597.6	529.6	336	406.5	482.8	340.7	475.6	5572.7
2541	365.6	289.5	468.9	462.7	459	265.8	188	240.2	246.9	157.2	224.1	136	3503.9
2542	196.1	297.2	479	496.3	204.2	220.4	191.6	179.8	198.3	141.3	64.7	72.2	2741.1
2543	179.2	274.2	380.8	387.7	407.7	128.6	85.5	308.9	383.7	221.3	368.3	331.8	3457.7
2544	270.4	374.1	378	347.4	471.5	404.6	332.2	334.1	394.3	341.9	261	245.6	4155.1
2545	211.4	256	418	422.9	347.3	301.1	260.4	351.5	431	598.6	502	506	4606.2
2546	478.5	441.5	493.4	516	549.5	421.4	370.1	431	402	416.4	439.1	427.2	5386.1
2547	427.9	409.1	510	468.9	316.1	188.9	275.8	231	285.4	291.4	413.1	310.6	4128.2
2548	309	466.6	526.3	517.9	463.2	366.5	252.1	128.8	171.7	56	212	181	3651.1
2549	181.1	367.1	388.2	344.1	284.1	198	227.3	363.1	616	568.4	450.9	304.8	4293.1
2550	247.5	387.6	497.2	438.3	439.4	469.9	496.1	478.8	409.5	343.2	379	406.7	4993.2
2551	322.8	382.9	520.2	514.9	510.6	471.2	370.9	237.4	196.5	222.8	212.6	303.3	4266.1
2552	366.4	459.3	514.3	515.5	423.7	284.3	338.4	346.5	271.8	413	363.1	412.6	4708.9
2553	328	329.5	449.4	305.5	550.2	580.5	489.3	552.4	291.7	94.9	310	233.7	4515.1
2554	178	403.2	559.5	592.3	545.6	405.7	187.3	345	421.6	605.8	510.4	432.5	5186.9
2555	503.9	603	644.8	639.7	503.5	369	258.3	147.2	410.7	531.9	487.9	455.3	5555.2
2556	353.2	488.7	614.5	603.1	646.6	547.1	380.1	294.6	304.7	464.8	348.8	318.1	5364.3
2557	507.31	510.7	561.32	554.31	426.79	322.57	309.11	299.34	251.51	249.79	216.21	162.24	4371.2
2558	217.52	186.49	185.35	156.95	158.38	187.87	254.66	170.31	160.11	123.78	120.38	164.53	2086.33
2559	212.74	202.74	240.42	240.89	275.14	240.79	261.81	289.34	213.67	101.1	131.82	176.96	2587.42
Min.	72.50	121.20	185.35	156.95	158.38	128.60	85.50	111.90	130.90	56.00	64.70	36.50	2086.33
Max.	507.31	603.00	644.80	660.80	646.60	652.00	567.70	660.90	616.00	605.80	510.40	506.00	5572.70
Avg.	268.53	333.57	447.92	430.84	413.32	351.55	289.04	305.11	325.73	298.81	307.49	261.22	4033.14

ตารางที่ ก-9 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายเดือนของอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา (Gwh)

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
2527												0.7	-
2528	2.9	12.2	13.7	13.4	12.8	10.4	13	7.2	20.9	13.3	11.6	11.4	142.9
2529	11.2	13.2	17.7	19.7	20.7	20.5	14.6	12.5	9	5.4	5	6.3	155.7
2530	6.2	13.7	19.2	19	17.4	12.9	8.5	13.9	19.9	11.3	16.1	6.2	164.2
2531	7.8	14.5	20.4	18.1	15.3	9.5	5.7	6.5	5.9	5.4	5	6.4	120.3
2532	5.2	5.7	18.2	27.1	16.8	27.1	22.8	27.4	25.9	12.5	9.1	10.2	207.9
2533	11.5	8.7	18	16.1	17.9	13.8	11.3	16.6	8.6	10.2	10.6	2.1	145.3
2534	4.5	5.9	10.5	9.3	11.5	9.9	16.1	17.2	16.1	12.4	12.4	11	136.7
2535	7.5	12.6	21.7	24.7	25.9	25.6	18.2	18.3	18.6	16.8	18.2	3.3	211.3
2536	6.1	8.6	15.5	11.5	9.7	7.7	8.5	14	13.8	11.3	11.8	8.1	126.6
2537	14.7	11.7	16.3	16.1	15.1	10.2	6.1	13.4	17.7	15.7	18.3	13.6	168.9
2538	9.5	15.2	22.8	19.8	19.9	13.9	9	6.4	12.3	10.3	10.7	15.3	165
2539	9.1	12.7	15.5	14.8	14.6	15.5	8.7	5.8	8.8	7.3	6.2	5.5	124.4
2540	5.4	9.8	9.3	11.8	10.7	6.9	5.3	4.8	8.1	9.9	12.4	14.5	108.9
2541	15.1	14.6	22.5	16.8	23.4	23.3	1.8	-	-	-	-	-	-
2542	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2543	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2544	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.4	4.5	-
2545	28.9	47.4	52	54.7	47.8	43.3	43.4	55.3	73.8	86	64.4	55.7	652.9
2546	19.9	18	20.2	21.5	22.9	17.7	15.6	18.6	17.1	17.7	18.5	17.8	225.4
2547	18.1	17.8	21.7	19.6	13.4	8.2	11.6	10	12.3	12.2	17	12.8	174.7
2548	13.2	18.6	21.5	21.4	19.3	15.2	10.5	5.6	7.3	2.6	9.1	7.9	152.3
2549	7.9	15.8	16.8	15.2	12.6	8.9	9.8	15	24.9	23.1	19	12.7	181.7
2550	10.5	15.9	20.5	18.1	18.6	19.4	20.7	19.8	17.2	14.9	16.3	17.5	209.3
2551	13.6	16.6	22	21.3	20.9	19.6	14.9	9.8	8.4	9.6	9	12.4	178.1
2552	15.4	17.9	21.2	21.3	17.7	11.9	14.2	14.6	11.8	17.2	14.9	16.6	194.8
2553	13.4	13.8	18.4	12.7	22.5	24.1	20.4	23	12.6	4.1	13	9.9	187.8
2554	7.6	16.7	22.7	23.7	21.9	17.1	8.4	14.8	17.5	25	21.2	18	214.4
2555	21.1	25.5	25.9	26	20.4	14.8	11.1	6.2	16.5	22.2	20.1	18.3	228.1
2556	14.4	19.5	24.7	24.5	26.1	22.2	15.7	12	12.8	19	14.4	13.5	218.9
Min.	2.9	5.7	9.3	9.3	9.7	6.9	1.8	4.8	5.9	2.6	4.4	0.7	108.9
Max.	28.9	47.4	52	54.7	47.8	43.3	43.4	55.3	73.8	86	64.4	55.7	652.9
Avg.	11.6	15.5	20.3	19.9	19.1	16.5	13.3	14.7	16.7	15.8	14.9	12.3	191.9

.

ตารางที่ ก-10 ข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อยเข้าคลองชลประทานรายเดือนของเขื่อนแม่กลอง (ล้าน ลบ.ม.)

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
2517	0	9	17	16	17	32	122	57	65	30	20	8	393
2518	0	10	31	35	20	24	81	134	108	77	49	11	580
2519	4	15	27	34	12	39	95	205	121	153	64	8	777
2520	8	35	59	55	50	77	155	156	243	243	142	26	1249
2521	7	27	49	78	57	22	77	185	226	177	144	14	1063
2522	4	55	84	89	71	59	176	271	276	266	204	19	1574
2523	5	28	95	109	85	53	186	234	265	123	104	11	1298
2524	3	69	92	127	74	69	139	220	231	190	90	10	1314
2525	3	105	160	106	108	72	228	321	302	339	218	9	1971
2526	7	108	150	160	114	106	203	236	207	155	97	27	1570
2527	6	103	166	173	142	109	179	372	373	330	358	48	2359
2528	14	168	266	223	122	122	215	361	311	153	245	24	2224
2529	10	163	253	271	130	146	184	386	420	165	304	29	2461
2530	11	170	301	300	291	216	382	573	444	414	272	26	3400
2531	15	267	555	536	320	260	243	458	356	186	366	96	3658
2532	30	286	550	622	599	334	279	572	577	483	503	159	4994
2533	67	383	629	650	603	268	406	696	645	366	351	113	5177
2534	35	342	590	598	572	351	427	633	552	442	517	159	5218
2535	99	416	675	673	663	325	361	502	558	376	379	89	5116
2536	72	371	513	542	538	204	330	543	434	330	409	191	4477
2537	163	345	535	517	534	243	203	512	488	404	570	232	4746
2538	148	376	600	642	622	231	236	460	489	214	365	141	4524
2539	124	404	617	661	494	159	320	510	420	151	307	113	4280
2540	118	396	643	595	685	365	448	591	469	519	355	225	5409
2541	245	473	689	683	678	239	304	513	485	342	393	142	5186
2542	228	447	617	563	379	231	314	568	534	379	188	151	4599
2543	155	394	659	539	579	330	284	621	583	504	532	204	5384
2544	207	424	464	640	703	405	413	613	589	383	336	153	5330
2545	228	470	678	837	683	486	532	711	535	496	387	183	6226
2546	250	577	774	814	759	515	396	726	633	477	707	387	7015
2547	348	676	958	971	736	527	636	686	587	682	788	364	7959
2548	405	724	809	852	805	478	497	650	493	405	475	323	6916
2549	314	669	888	817	710	439	577	726	584	460	557	255	6996
2550	259	635	885	804	441	483	427	629	535	554	611	334	6597
2551	470	670	882	849	687	362	529	669	672	654	434	94	6972
2552	355	661	828	818	569	476	587	736	662	470	583	411	7156
2553	373	507	925	894	974	585	369	533	466	369	606	200	6801
2554	246	620	637	681	660	445	379	612	542	397	514	284	6017
2555	262	600	762	796	805	448	475	632	432	395	441	222	6269.847
2556	445	690	894	1010	1035	414	522	688	1040	1507	937	316	9499.656
2557	439	807	1032	992	871	657	660	650	529	542	461	183	7823.101
2558	252	198	298	307	340	434	688	622	542	464	434	264	4842.651
Min.	0	9	17	16	12	22	77	57	65	30	20	8	393
Max.	470	807	1032	1010	1035	657	688	736	1040	1507	937	411	9500
Avg.	153	355	508	516	460	282	340	495	453	375	377	149	4462

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-11 ข้อมูลปริมาณน้ำที่ระบายท้ายเขื่อนแม่กลองรายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
2517	242	145	114	114	268	1122	833	3564	2122	3406	1438	588	13956
2518	410	232	189	138	222	638	1166	1804	1802	2119	1139	484	10343
2519	291	178	131	96	298	430	997	1495	2284	1532	1429	514	9675
2520	319	166	136	106	150	173	573	1346	1146	269	99	74	4557
2521	76	51	66	51	67	100	267	1782	1527	1377	193	125	5682
2522	74	72	90	83	65	53	678	1500	369	490	58	59	3591
2523	55	61	65	86	87	73	178	359	742	500	177	135	2518
2524	94	132	133	118	204	1220	1052	2933	936	690	828	219	8559
2525	154	166	157	195	168	309	1131	3178	1513	555	237	280	8043
2526	206	161	167	184	274	286	139	253	363	1213	519	160	3925
2527	200	315	377	379	400	442	140	109	336	178	199	301	3376
2528	186	150	194	179	203	186	922	581	1516	1087	389	642	6235
2529	509	259	589	847	1005	1343	866	1036	910	945	192	457	8958
2530	445	245	386	335	416	590	187	233	239	278	537	192	4083
2531	243	230	219	199	487	585	512	434	785	1640	212	256	5802
2532	330	190	294	224	396	831	316	171	317	334	185	181	3769
2533	300	177	283	153	259	276	193	185	267	690	430	218	3431
2534	476	105	171	207	102	135	124	830	887	1028	714	611	5390
2535	396	225	349	223	176	548	480	288	166	867	429	504	4651
2536	180	120	186	198	156	384	130	216	328	413	108	111	2530
2537	159	188	142	203	176	224	529	1314	1439	1023	830	1049	7276
2538	656	382	455	328	557	1099	684	466	1618	1530	759	578	9112
2539	653	259	528	319	534	1119	875	971	1703	2544	1331	683	11519
2540	551	377	361	300	407	608	519	1933	1296	1170	690	740	8952
2541	508	199	345	357	424	523	288	220	220	703	171	119	4077
2542	151	109	106	141	274	202	30	367	195	829	981	233	3618
2543	317	303	270	445	518	457	374	241	711	490	436	549	5111
2544	331	306	566	368	335	460	454	621	739	674	304	469	5627
2545	350	204	371	248	456	411	446	1117	2223	1748	922	932	9428
2546	867	436	439	389	556	637	757	570	461	922	293	523	6850
2547	549	314	293	230	470	302	252	390	369	193	252	280	3894
2548	210	195	315	209	158	155	173	286	423	513	321	209	3167
2549	216	199	285	274	438	851	1496	1638	1810	898	372	317	8794
2550	283	217	295	512	1096	597	732	662	672	557	386	594	6603
2551	279	266	397	442	624	777	527	551	484	522	597	350	5816
2552	447	372	396	420	521	366	507	1242	613	1222	512	788	7406
2553	503	434	600	412	462	398	415	342	400	970	241	467	5644
2554	220	332	407	310	286	350	354	1091	1064	1313	633	875	7235
2555	796	725	769	893	619	544	716	1324	1583	1628	899	790	11286
2556	425	451	443	689	522	779	500	648	540	444	439	504	6386
2557	823	448	342	339	182	236	176	277	119	324	397	263	3925
2558	202	208	224	224	214	192	189	207	184	216	138	230	2428
Min.	55	51	65	51	65	53	30	109	119	178	58	59	2428
Max.	867	725	769	893	1096	1343	1496	3564	2284	3406	1438	1049	13956
Avg.	350	245	301	290	363	500	521	923	891	953	510	420	6267

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข
ผลการคำนวณความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมตามประเภท พรบ.กรมโรงงานอุตสาหกรรม ของลุ่มน้ำแม่กลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-1 ความต้องการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมตามพรบ.โรงงานในลุ่มน้ำแม่กลอง

ประเภทอุตสาหกรรมตามพรบ.	รายละเอียด	จำนวนโรงงานในลุ่มน้ำแม่กลอง	ความต้องการใช้น้ำ ลบ.ม./วัน/โรงงาน	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./ปี)
1	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการบ่มใบชาหรือใบยาสูบ	-	-	-
2	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตผลเกษตรกรรม	30	44.29	484,976.58
3	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดินสำหรับใช้ในการก่อสร้าง	223	538.39	43,822,462.76
4	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์ ซึ่งมิใช่สัตว์น้ำ	41	1,040.79	15,575,442.72
5	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับน้ำนม	7	172.13	439,796.57
6	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำ	15	532.00	2,912,698.26
7	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับน้ำมัน จากพืชหรือ สัตว์ หรือไขมันจากสัตว์	15	411.62	2,253,620.13
8	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผัก พืช หรือผลไม้	70	684.02	17,476,771.04
9	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ เมล็ดพืช หรือหัวพืช	117	38.63	1,649,689.20
10	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารจากแป้ง	46	71.12	1,194,052.11
11	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ น้ำตาล ซึ่งทำจากอ้อย บีช หญ้าหวาน หรือพืชอื่นที่ให้ความหวาน	14	3,459.19	17,676,447.60
12	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับชา กาแฟ โกโก้ ช็อกโกเลต หรือขนมหวาน	3	95.53	104,600.71
13	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหาร	30	4,670.14	51,138,086.44
14	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ การทำน้ำแข็ง หรือ ต้ม ซอย บด หรือย่อยน้ำแข็ง	49	70.36	1,258,367.77
15	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ อาหารสัตว์	44	124.02	1,991,772.30
16	โรงงานต้ม กลั่น หรือผสมสุรา	9	1,436.97	4,720,446.45
17	โรงงานผลิต เอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งมิใช่ เอทิลแอลกอฮอล์ ที่ผลิตจากกากซัลไฟต์ในการทำเยื่อกระดาษ	3	9,862.02	10,798,907.41
18	โรงงานทำหรือผสมสุราจากผลไม้ หรือสุราแช่อื่นๆ แต่ไม่รวมถึงโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับมอลต์หรือเบียร์ในลำดับที่ 19	1	320.71	117,060.61
19	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับมอลต์ หรือเบียร์		1,809.68	-
20	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับน้ำดื่ม เครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ น้ำอัดลม หรือน้ำแร่	9	123.28	404,987.62
21	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยาสูบ ยาอัด ยาเส้น ยาเคี้ยว หรือยานัตถุ์	1	-	-
22	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้าย หรือเส้นใยซึ่งมิใช่ใยหิน (asbestos)	68	769.48	19,098,376.36
23	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากสิ่งทอ ซึ่งมิใช่เครื่องนุ่งห่ม	2	285.66	208,534.30
24	โรงงานถักผ้า ผ้าลูกไม้ หรือเครื่องนุ่งห่มด้วยด้ายหรือเส้นใย หรือฟอกย้อมสี หรือแต่งสำเร็จผ้า ผ้าลูกไม้ หรือเครื่องนุ่งห่มที่ถักด้วยด้ายหรือเส้นใย	12	393.92	1,725,364.83
25	โรงงานผลิตเสื่อหรือพรมด้วยวิธีทอ สาน ถัก หรือผูกให้เป็นปุย ซึ่งมิใช่เสื่อหรือพรมที่ทำด้วยยางหรือพลาสติกหรือพรมน้ำมัน	-	196.18	-
26	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเชือก ตาข่าย แห หรืออวน	-	66.43	-
27	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งมิใช่ทำด้วยวิธีถัก	8	198.07	578,358.84
28	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องแต่งกาย ซึ่งมิใช่รองเท้า	17	68.45	424,718.77

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-1 (ต่อ) ความต้องการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมตามพรบ.โรงงานในลุ่มน้ำแม่กลอง

ประเภทอุตสาหกรรมตามพรบ.	รายละเอียด	จำนวนโรงงานในลุ่มน้ำแม่กลอง	ความต้องการใช้น้ำ ลบ.ม./วัน/โรงงาน	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./ปี)
29	โรงงานหมักแต่ง ชำแหละ อบ ปนหรือบด ฟอก ขัดและแต่งสำเร็จ อัดให้เป็นลายนูน หรือเคลือบสีหนังสัตว์	-	46.40	-
30	โรงงานสาง ฟอก ฟอกสี ย้อมสี ขัดหรือแต่งขนสัตว์	-	-	-
31	โรงงานทำพรม หรือเครื่องใช้จากหนังสัตว์หรือขนสัตว์	-	47.36	-
32	โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนของ ซึ่งมิใช่เครื่องแต่งกาย หรือรองเท้า	4	80.63	117,726.41
33	โรงงานผลิตรองเท้า หรือชิ้นส่วนของรองเท้า ซึ่งมิได้ทำจากไม้ ยางอบแข็ง ยางอัดเข้ารูป หรือพลาสติกอัดเข้ารูป	4	142.02	207,342.88
34	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับไม้	149	296.56	16,128,444.18
35	โรงงานผลิตเครื่องใช้จากไม้ไผ่ หวาย ฟาง อ้อ กก หรือผักตบชวา	21	47.25	362,159.39
36	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากไม้หรือไม้ก๊อก	48	31.18	546,334.79
37	โรงงานทำเครื่องเรือนหรือเครื่องตบแต่งภายในอาคารจากไม้ แก้ว ยาง หรืออโลหะอื่น ซึ่งมิใช่เครื่องเรือนหรือเครื่องตบแต่งภายในอาคารจากพลาสติกอัดเข้ารูป และรวมถึงชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว	54	55.90	1,101,767.28
38	โรงงานผลิตเยื่อ หรือกระดาษ	13	5,197.03	24,659,913.15
39	โรงงานผลิตภาชนะบรรจุจากกระดาษทุกชนิดหรือแผ่นกระดาษไฟเบอร์	14	27.01	138,021.49
40	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเยื่อ กระดาษ หรือกระดาษแข็ง	9	56.55	185,772.64
41	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการพิมพ์ การทำแฟ้มเก็บเอกสาร การเย็บเล่ม ทำปก หรือตบแต่งสิ่งพิมพ์	4	16.82	24,563.92
42	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ เคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุเคมี ซึ่งมิใช่ปุ๋ย	10	1,796.85	6,558,486.63
43	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับปุ๋ย หรือสารป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์	69	115.81	2,916,604.45
44	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตยางเรซินสังเคราะห์ ยางอีลาสโตเมอร์ พลาสติก หรือเส้นใยสังเคราะห์ซึ่งมิใช่ใยแก้ว	2	1,073.18	783,421.56
45	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสี (paints) น้ำมันชักเงา เชลแล็ก แล็กเกอร์ หรือผลิตภัณฑ์ สำหรับใช้ยาหรืออุด	4	1,078.54	1,574,671.50
46	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ ยา	5	234.86	428,624.69
47	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ สบู่ เครื่องสำอาง หรือสิ่งปรุงแต่งร่างกาย	3	73.79	80,796.78
48	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เคมี	7	3,300.50	8,432,784.72
49	โรงงานกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม		8,052.20	-
50	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม ถ่านหิน หรือลิกไนต์	17	50.31	312,146.87
51	โรงงานผลิต ซ่อม หล่อ หรือหล่อดอกยางนอกหรือยางในสำหรับยานพาหนะที่เคลื่อนที่ด้วยเครื่องกล คนหรือสัตว์	16	233.60	1,364,221.49
52	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยาง	16	492.63	2,876,973.66
53	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์พลาสติก	69	70.15	1,766,631.97
54	โรงงานผลิตแก้ว เส้นใยแก้ว หรือผลิตภัณฑ์แก้ว	3	943.63	1,033,278.47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ข-1 (ต่อ) ความต้องการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมตามพรบ.โรงงานในลุ่มน้ำแม่กลอง

ประเภทอุตสาหกรรมตามพรบ.	รายละเอียด	จำนวนโรงงานในลุ่มน้ำแม่กลอง	ความต้องการใช้น้ำ ลบ.ม./วัน/โรงงาน	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./ปี)
55	โรงงานผลิตภัณฑ์ เครื่องกระเบื้องเคลือบ เครื่องปั้นดินเผา หรือเครื่องดินเผา และรวมถึงการเตรียมวัสดุเพื่อการดังกล่าว	64	491.79	11,488,206.32
56	โรงงานผลิตอิฐ กระเบื้องหรือท่อสำหรับใช้ในการก่อสร้างเบ้าหลอมโลหะ กระเบื้องประดับ (architectural terracotta) รองในเตาไฟท่อหรือยอดปล่องไฟ หรือวัตถุทนไฟ จากดินเหนียว	13	52.85	250,781.45
57	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับซีเมนต์ ปูนขาว หรือปูนปลาสเตอร์	23	1,971.27	16,548,850.27
58	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อโลหะ	130	42.57	2,020,097.10
59	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุง หลอม หล่อ รีด ดึง หรือผลิตเหล็กหรือเหล็กกล้าในขั้นต้น	3	210.06	230,018.78
60	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับถลุง ผสม ทำให้บริสุทธิ์ หลอม หล่อ รีด ดึง หรือผลิตโลหะในขั้นต้น ซึ่งมิใช่เหล็กหรือเหล็กกล้า	29	248.71	2,632,642.51
61	โรงงานผลิต ตบแต่ง ดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องมือ หรือเครื่องใช้ที่ทำด้วยเหล็กหรือเหล็กกล้า และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของเครื่องมือหรือเครื่องใช้ดังกล่าว	3	106.84	116,993.34
62	โรงงานผลิตตบแต่ง ดัดแปลง หรือซ่อมแซม เครื่องเรือนหรือเครื่องตบแต่งภายในอาคารที่ทำจากโลหะหรือโลหะเป็นส่วนใหญ่ และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ ของเครื่องเรือน หรือเครื่องตบแต่งดังกล่าว	11	46.80	187,911.92
63	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์โลหะสำหรับใช้ในการก่อสร้าง	30	21.20	232,149.94
64	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์โลหะ	152	69.57	3,859,739.55
65	โรงงานผลิต ประกอบ หรือดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องยนต์ เครื่องกังหัน และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของเครื่องยนต์ หรือเครื่องกังหันดังกล่าว	70	134.91	3,446,975.90
66	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องจักรสำหรับใช้ในการกสิกรรมหรือการเลี้ยงสัตว์ และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของเครื่องจักรดังกล่าว	36	29.17	383,275.65
67	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องจักร ส่วนประกอบ หรืออุปกรณ์ของเครื่องจักรสำหรับประดิษฐ์โลหะหรือไม้	5	10.77	19,647.77
68	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องจักรสำหรับอุตสาหกรรมกระดาษ เคมี อาหาร การปั่นท่อ การพิมพ์ การผลิตซีเมนต์ หรือผลิตภัณฑ์ดินเหนียว การก่อสร้าง การทำเหมืองแร่ การเจาะหาปิโตเลียม หรือการกลั่นน้ำมัน	12	41.48	181,664.53
69	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องคำนวณ เครื่องทำบัญชี เครื่องจักรสำหรับระบบบัตรเจาะ เครื่องจักรสำหรับใช้ในการคำนวณชนิดดิจิตัล หรือชนิดอนาล็อก	1	612.31	223,491.91

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-1 (ต่อ) ความต้องการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมตามพรบ.โรงงานในลุ่มน้ำแม่กลอง

ประเภทอุตสาหกรรมตามพรบ.	รายละเอียด	จำนวนโรงงานในลุ่มน้ำแม่กลอง	ความต้องการใช้น้ำ ลบ.ม./วัน/โรงงาน	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./ปี)
70	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องสูบน้ำ เครื่องอัดอากาศ หรือก๊าซ เครื่องเป่าลม เครื่องปรับหรือถ่ายเทอากาศ เครื่องโปรยน้ำดับไฟ ตู้เย็นหรือเครื่องประกอบตู้เย็น เครื่องขายสินค้าอัตโนมัติ เครื่องล้าง ซัก ซักแห้ง หรือรีดผ้า เครื่องเย็บ เครื่องส่งกำลังกล เครื่องยก ปั่นจั่น ลิฟต์ บันไดเลื่อน รถบรรทุก รถแทรกเตอร์ รถพ่วงสำหรับใช้ในการอุตสาหกรรม รถยกข้อนของ เตาไฟหรือเตาอบสำหรับใช้ในการอุตสาหกรรม หรือสำหรับใช้ในบ้าน แต่ผลิตภัณฑ์นั้นต้องไม่ใช้พลังงานไฟฟ้า	15	128.92	705,833.73
71	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องจักรหรือผลิตภัณฑ์ที่ระบุไว้ในลำดับที่ 70 เฉพาะที่ใช้ไฟฟ้า เครื่องยนต์ไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลงแรงไฟฟ้า เครื่องสับหรือบังคับไฟฟ้า เครื่องใช้สำหรับแผงไฟฟ้า เครื่องเปลี่ยนทางไฟฟ้า เครื่องส่งหรือจำหน่ายไฟฟ้า เครื่องสำหรับใช้บังคับไฟฟ้า หรือเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	5	58.75	107,221.51
72	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องรับวิทยุ เครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องกระจายเสียงหรือบันทึกเสียง เครื่องเล่นแผ่นเสียง เครื่องบันทึกคำบอกเครื่องบันทึกเสียงด้วยเทป เครื่องบันทึกคำบอกเครื่องบันทึกด้วยเทป เครื่องเล่นหรือเครื่องบันทึกแถบภาพ (วิดิทัศน์) แผ่นเสียง เทปแม่เหล็กที่ได้บันทึกเสียงแล้ว เครื่องโทรศัพท์หรือโทรเลขชนิดมีสายหรือไม่มีสาย เครื่องส่งวิทยุ เครื่องส่งโทรทัศน์ เครื่องรับส่งสัญญาณหรือจับสัญญาณ เครื่องเรดาร์ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวกึ่งนำหรือตัวกึ่งนำชนิดไวที่เกี่ยวข้อง	9	2,883.78	9,473,228.72
73	โรงงานผลิต ประกอบหรือดัดแปลงเครื่องมือหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ได้ระบุไว้ในลำดับใด และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว	2	22.74	16,601.53
74	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้า	7	88.06	224,988.36
75	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเรือ	5	31.18	56,899.28
76	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ รถไฟ รถรางไฟฟ้า หรือกระเช้าไฟฟ้า		-	-
77	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับรถยนต์ หรือรถพ่วง	137	307.60	15,381,444.16
78	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ จักรยานยนต์ จักรยานสามล้อ หรือจักรยานสองล้อ	10	429.23	1,566,695.26
79	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ อากาศยาน หรือเรือโฮเวอร์คราฟท์	-	533.79	-
80	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซมล้อเลื่อนที่ขับเคลื่อนด้วยแรงคน หรือสัตว์ ซึ่งมิใช่จักรยานและรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว	-	5.02	-
81	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องมือ เครื่องใช้ หรืออุปกรณ์วิทยาศาสตร์ หรือการแพทย์	-	44.91	-
82	โรงงานผลิตเครื่องมือหรือเครื่องใช้เกี่ยวกับนัยน์ตาหรือการวัดสายตา เลนส์ เครื่องมือหรือเครื่องใช้ที่ใช้แสงเป็นอุปกรณ์ในการทำงานหรือเครื่องอัดสำเนาด้วยการถ่ายภาพ	-	11,240.62	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-1 (ต่อ) ความต้องการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมตามพรบ.โรงงานในลุ่มน้ำแม่กลอง

ประเภทอุตสาหกรรมตามพรบ.	รายละเอียด	จำนวนโรงงานในลุ่มน้ำแม่กลอง	ความต้องการใช้น้ำ ลบ.ม./วัน/โรงงาน	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./ปี)
83	โรงงานผลิตหรือประกอบนาฬิกา เครื่องวัดเวลา หรือชิ้นส่วนของนาฬิกา หรือเครื่องวัดเวลา	1	146.13	53,337.00
84	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ เพชร พลอย ทอง เงิน นาก หรืออัญมณี	2	41.13	30,021.97
85	โรงงานผลิตหรือประกอบเครื่องดนตรี และรวมถึงชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ของเครื่องดนตรี	1	-	-
86	โรงงานผลิตหรือประกอบเครื่องมือ หรือเครื่องใช้ในการกีฬา การบริหารร่างกาย การเล่นบิลเลียด โบว์ลิ่ง หรือตกปลา และรวมถึงชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ของเครื่องมือหรือเครื่องใช้ดังกล่าว	2	119.88	87,512.00
87	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องเล่น เครื่องมือหรือเครื่องใช้ที่มิได้ระบุไว้ในลำดับอื่น	20	9.78	71,403.25
88	โรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้า	17	320,281.28	1,987,345,346.97
89	โรงงานผลิตก๊าซ ซึ่งมิใช่ก๊าซธรรมชาติ ส่งหรือจำหน่ายก๊าซ	3	41.53	45,471.63
90	โรงงานจัดหาน้ำ ทำน้ำให้บริสุทธิ์ หรือจำหน่ายน้ำไปยังอาคารหรือโรงงานอุตสาหกรรม	2	11,336.39	8,275,563.78
91	โรงงานบรรจุสินค้าในภาชนะโดยไม่มีการผลิตอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	28	61.30	626,459.18
92	โรงงานห้องเย็น	12	112.18	491,342.15
93	โรงงานซ่อมรองเท้า หรือเครื่องหนัง	-	-	-
94	โรงงานซ่อมเครื่องมือไฟฟ้า หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าสำหรับใช้ในบ้านหรือใช้ประจำตัว	-	-	-
95	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยานที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ รถพ่วง จักรยานสามล้อ จักรยานสองล้อ หรือส่วนประกอบของยานดังกล่าว	154	14.66	824,180.31
96	โรงงานซ่อมนาฬิกา เครื่องวัดเวลา หรือเครื่องประดับที่ทำด้วยเพชร พลอย ทองคำ ทองขาว เงิน นาก หรืออัญมณี	-	-	-
97	โรงงานซ่อมผลิตภัณฑ์ที่มิได้ระบุการซ่อมไว้ในลำดับใด	1	-	-
98	โรงงานซักรีด ซักแห้ง ซักฟอก รีด อัด หรือย้อมผ้าเครื่องนุ่งห่ม พรม หรือขนสัตว์	1	188.40	68,765.73
99	โรงงานผลิต ซ่อมแซม ดัดแปลง หรือเปลี่ยนลักษณะอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน วัตถุระบิด อาวุธหรือสิ่งอื่นใดที่มีอำนาจในการประหาร ทำลายหรือทำให้หมดสมรรถภาพในทำนองเดียวกับอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน หรือวัตถุระเบิด และรวมถึงสิ่งประกอบของสิ่งดังกล่าว	2	-	-
100	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการตบแต่งหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์โดยไม่มีการผลิต	14	263.77	1,347,883.49
101	โรงงานปรับคุณภาพของเสียรวม (central waste treatment plant)	3	9,191.24	10,064,408.85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-1 (ต่อ) ความต้องการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมตามพรบ.โรงงานในลุ่มน้ำแม่กลอง

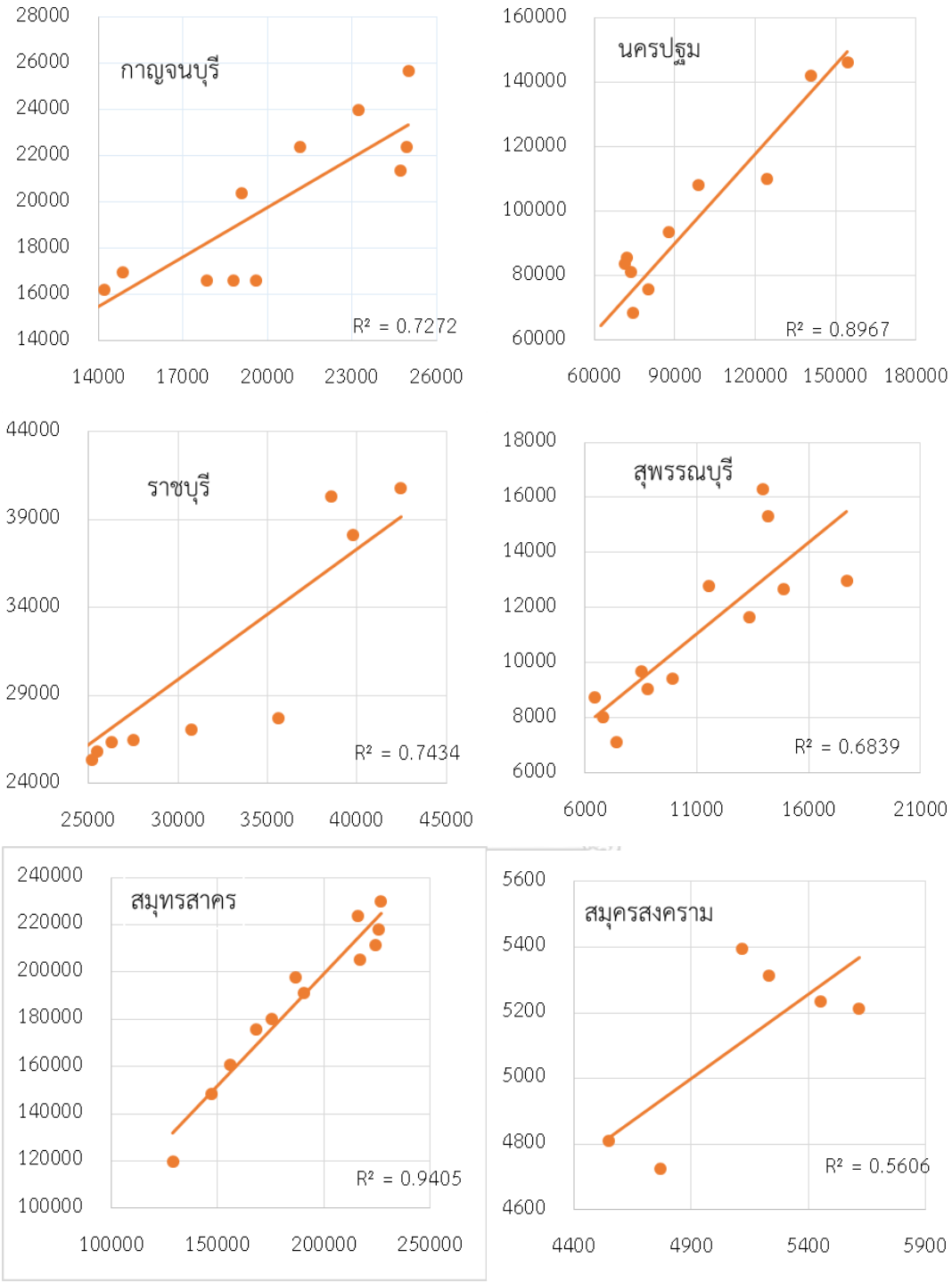
ประเภทอุตสาหกรรมตามพรบ.	รายละเอียด	จำนวนโรงงานในลุ่มน้ำแม่กลอง	ความต้องการใช้น้ำ ลบ.ม./วัน/โรงงาน	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./ปี)
102	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิต และหรือจำหน่ายไอน้ำ (steam generating)	1	357.58	130,515.31
103	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเกลือ	3	14,360.46	15,724,700.21
104	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซม หม้อไอน้ำ (boiler) หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวหรือก๊าซเป็นสื่อนำความร้อน ภาชนะทนแรงดัน และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว	2	6.96	5,082.83
105	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการคัดแยกหรือฝังกลบสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีลักษณะและคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ใน กฎกระทรวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535	27	23.73	233,834.18
106	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ไม่ใช้แล้วหรือของเสียจากโรงงานมาผลิตเป็นวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ใหม่โดยผ่านกรรมวิธีการผลิตทางอุตสาหกรรม	22	59.54	478,094.94
107	โรงงานผลิตแผ่นซีดี (ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับบันทึกข้อมูล เสียงหรือภาพ ในรูปอิเล็กทรอนิกส์และสามารถอ่านได้โดยใช้เครื่องมือที่อาศัยแหล่งแสงที่มีกำลังสูง เช่น แสงเลเซอร์ แผ่นเสียง แถบบันทึกภาพ แถบบันทึกเสียง และแถบบันทึกภาพและเสียง ทั้งนี้ ไม่ว่าจะอยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการบันทึกข้อมูลไว้แล้ว หรือมีการบันทึกซ้ำได้อีกหรือยังมิได้มีการบันทึกข้อมูล)	-	-	-
			ผลรวมความต้องการใช้น้ำรวม (ล้าน ลบ.ม./ปี)	**2,362.92**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

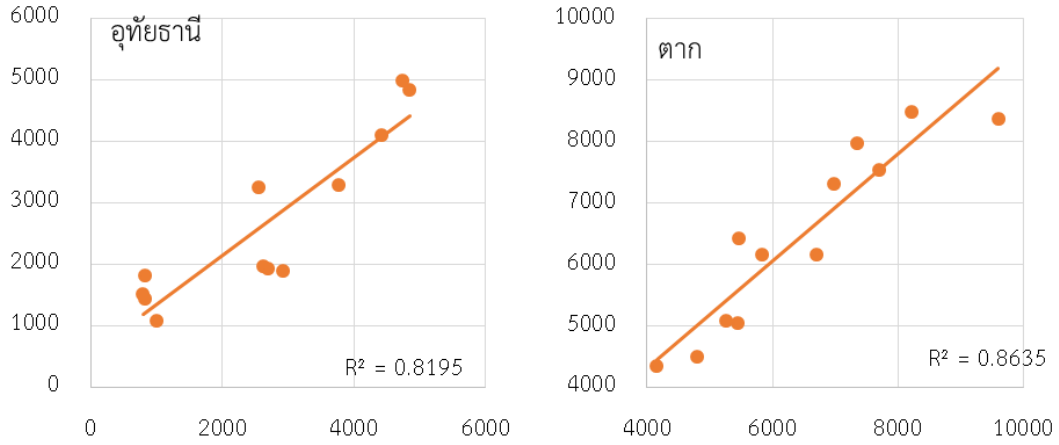
ภาคผนวก ค

ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคอุตสาหกกรรม แรงงาน และต้นทุน จาก Cobb-Douglas Production Function

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ ค-1 ความสัมพันธ์ระหว่าง GDP ที่ได้จาก Cobb-Douglas Function และGDP ของจริงราย จังหวัด



รูปที่ ค-1 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่าง GDP ที่ได้จาก Cobb-Douglas Function และGDP ของจริงรายจังหวัด

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่า GDP ภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำแม่กลองสามารถหาได้จากสมการที่ ค-1 และข้อมูลที่ใช้ดังตารางที่ ค-1 จากข้อมูลสารสนเทศกรมโรงงานอุตสาหกรรมพบว่ามีเพียง 5 จังหวัดดังตารางที่ ค-1 ที่มีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

$$LogQ = Log(a) + (b \times Log(L)) + (c \times Log(K)) \quad \text{(ค-1)}$$

โดยที่

Q คือ ผลิตภัฑ์มวลรวมรายจังหวัดภาคอุตสาหกรรม

L คือ จำนวนแรงงาน

K คือ จำนวนเงินทุน (ล้านบาท)

ตารางที่ ค-1 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากความสัมพันธ์ Cobb-Douglas Function

	loga	b	c	R2	เงินทุนจดทะเบียน (ล้านบาท) K	จำนวนคนงาน (คน) L	ผลิตภัณฑ์มวลรวมในพื้นที่ลุ่มน้ำ (ล้านบาท) Q
กาญจนบุรี	-1.89	0.36	1.00	0.7272	6,577.30	10,377.00	3,166.42
ราชบุรี	2.02	0.06	0.48	0.7434	66,634.85	57,447.00	36,605.61
นครปฐม	-4.77	0.89	1.00	0.8967	6,181.43	8,186.00	325.19
สมุทรสงคราม	4.08	0.71	0.80	0.5646	1,824.27	2,447.00	4,954.72
สมุทรสาคร	-1.23	0.66	0.55	0.9405	7,510.70	11,614.00	3,616.18
						รวม (ล้านบาท)	48,668.13

ภาคผนวก ง

การย่อส่วนตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตด้วยวิธีการ RAS (Row And Sum Method)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

RAS Method (Row And Sum Method) คือวิธีการสร้างแมทริกใหม่ เมื่อมีค่าของข้อมูลผลรวมค่าใหม่เกิดขึ้นโดยที่เมทริกซ์ใหม่ยังคงโครงสร้างของ element ต่างๆ เหมือนเมทริกซ์เดิม หรือเรียกว่าการปรับสมดุล (Balance) ให้แก่ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตให้มีค่ามูลค่าผลผลิตขั้นกลางและผลรวมทั้งแนวตั้งและแนวนอนที่ถูกต้อง

RAS Method เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อปรับปรุงตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต (Input – Output Table, I/O Table) ให้ตรงตามกับวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น ในหลายประเทศจะจัดทำตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต ทุกๆ 5 ปี ดังนั้นการนำตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิตมาใช้ในช่วงเวลาที่ศึกษาจำเป็นจะต้องปรับแก้ก่อน หรือการศึกษาที่สนใจพื้นที่เฉพาะจุด เช่น การจัดทำตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของลุ่มน้ำ เป็นต้น หลักการสำคัญของเทคนิค Ras Method คือการหาสัมประสิทธิ์ปรับแก้ซึ่งเป็นค่าความสัมพันธ์ของ มูลค่าทางเศรษฐกิจที่นำเข้า และมูลค่าทางเศรษฐกิจที่นำออก (Input – Output Value) โดยปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ไปเรื่อยๆ จนกว่ารายได้ประชาชาติ (GDP) ของแต่ละภาคส่วนจะมีค่าเท่ากันดังสมการที่ จ-1

$$A_1 = \hat{r}A_0\hat{s}$$

(ง-1)

โดยที่

A_0 คือ เมทริกซ์ที่ต้องการปรับแก้หรือปรับสมดุล

A_1 คือ เมทริกซ์ที่ต้องการ

$\hat{r}$ คือ Ras Multipliers ตัวคูณแนวนอน (Row)

$\hat{s}$ คือ Ras Multipliers ตัวคูณแนวตั้ง (Column)

สมการที่ สามารถเขียนได้ในรูปแบบเมทริกซ์ให้สอดคล้องกับการพิจารณาตารางปัจจัยการผลิดและผลผลิตที่มีหลายภาคส่วนได้ดังสมการที่

$$A_1 = \begin{bmatrix} r_1 & 0 \\ 0 & r_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} s_1 & 0 \\ 0 & s_2 \end{bmatrix}$$

(ง-2)

$$A_1 = \begin{bmatrix} r_1 a_{11} s_1 & r_1 a_{12} s_2 \\ r_2 a_{21} s_1 & r_2 a_{22} s_2 \end{bmatrix}$$

(ง-3)

Ras Method จะเริ่มด้วยการมีตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิตที่สมบูรณ์ ซึ่งอาจจะเป็นตารางในปีเก่า หรือตารางในระดับประเทศเป็นต้น และผลรวมของข้อมูลทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ได้แก่ รายได้ประชาชาติ (GDP) หรือ ผลรวมกำไร (Value Added, VA), ผลรวมของมูลค่าทาง

เศรษฐกิจที่นำเข้า (Total Input, TI), ผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาก (Total Output, TO), ผลรวมมูลค่าผลผลิตขั้นกลาง (Intermediate Transection, IT) และผลรวมการบริโภคขั้นสุดท้าย (Final Demand, FD) ในช่วงเวลาที่สนใจ หรือพื้นที่ที่ศึกษาดังรูปที่ ง-1 และ ง-2

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A	167,540	1,195,668	167,635	1,530,842	256,517	1,787,359	1,112,077
M	445,126	8,581,620	2,888,249	11,914,994	2,400,013	14,315,008	3,585,873
S	62,617	951,848	1,999,466	3,013,930	8,398,396	11,412,327	6,356,977
SUM IT	**675,282**	**10,729,135**	**5,055,349**				
SUM VA	**1,112,077**	**3,585,873**	**6,356,977**				
SUM TI	**1,787,359**	**14,315,008**	**11,412,327**				

รูปที่ ง-1 ตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต (Input – Output Table, I/O Table) โดยสมบูรณ์ของประเทศไทยอย่างย่อตามภาคส่วนปีพ.ศ. 2553

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A	มูลค่าผลผลิตขั้นกลางของแต่ละภาคส่วน			78,613.91	13,173.04	91,786.94	57,108.91
M				161,712.54	32,573.43	194,285.97	48,668.13
S				50,906.51	199,531.25	250,437.76	139,500.67
SUM IT	34,678.03	145,617.83	110,937.09	ล้านบาท			
SUM VA	57,108.91	48,668.13	139,500.67				
SUM TI	91,786.94	194,285.97	250,437.76				

รูปที่ ง-2 ตารางว่างสำหรับการใช้ Ras Method ในการปรับปรุงมูลค่าผลลผลิตขั้นกลางของแต่ละภาคส่วนของลุ่มน้ำแม่กลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าเมทริกซ์ X_0 ซึ่งหาได้จากการนำผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่นำเข้า (Total Input, TI) หรือ ผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาก (Total Output, TO) จากรูปที่ มาเรียงเป็นเมทริกซ์ทแยงมุมดังรูปที่ ง-3

X_0

91,786.94	0.00	0.00
0.00	194,285.97	0.00
0.00	0.00	250,437.76

รูปที่ ง-3 เมทริกซ์ X_0

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าเมทริกซ์ A_0 ซึ่งได้จากการนำมูลค่าผลลผลิตขั้นกลางของแต่ละภาคส่วนหารด้วยผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่นำเข้า (Total Input, TI) จากตารางที่สมบูรณ์รูปที่ จะได้ค่าเมทริกซ์ A_0 ดังรูปที่ ง-4

A_0

0.094	0.084	0.015
0.249	0.599	0.253
0.035	0.066	0.175

รูปที่ ง-4 ค่าของเมทริกซ์ที่ต้องการปรับแก้ A_0

ขั้นตอนที่ 3 คูณเมทริกซ์ X_0 กับ A_0 ดังรูปที่ ง-5

$X_0 \times A_0$

8,603.720	16,227.826	3,678.657
22,858.725	116,471.352	63,381.161
3,215.585	12,918.656	43,877.273

รูปที่ ง-5 ผลการคูณเมทริกซ์ X_0 กับ A_0

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาเมทริกซ์ทแยงมุม r_1 โดยได้จากการหาผลหารระหว่างผลรวมมูลค่าผลผลิตขั้นกลาง(Intermediate Transection, IT)ในแนวนอน (U^*) จากรูปที่ และ ผลรวมแนวนอน (U_1) จากตารางที่คำนวณ ดังรูปที่ ง-6 และ ง-7

$X_0 \times A_0$			U^*	U_1	$r_1 = U^*/U_1$
8,603.720	16,227.826	3,678.657	78,613.91	28,510.20	2.76
22,858.725	116,471.352	63,381.161	161,712.54	202,711.24	0.80
3,215.585	12,918.656	43,877.273	50,906.51	60,011.51	0.85

รูปที่ ง-6 การคำนวณหาเมทริกซ์ r_1

r_1

2.76	0.00	0.00
0.00	0.80	0.00
0.00	0.00	0.85

รูปที่ ง-7 เมทริกซ์ r_1

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาเมทริกซ์ทแยงมุม s_1 โดยได้จากการผลคูณ $X_0 \times A_0$ กับ r_1 และหาผลหารระหว่างผลรวมมูลค่าผลผลิตขั้นกลาง(Intermediate Transection, IT)ในแนวตั้ง (v^*) จากรูปที่ และผลรวมแนวตั้งจากตารางที่คำนวณ (v_1) ดังรูปที่ ง-8

$X_0 \times A_0 \times r1$	23,746.268	44,788.798	10,153.093
	18,286.980	93,177.082	50,704.928
	2,733.247	10,980.857	37,295.682
v^*	34,678.03	145,617.83	110,937.09
v_1	44,766.50	148,946.74	98,153.70
$s_1 = v^*/v_1$	0.77	0.98	1.13

รูปที่ ง-8 การคำนวณหาเมทริกซ์ s_1

s_1

0.77	0	0
0	0.98	0
0	0	1.13

รูปที่ ง-9 เมทริกซ์ s_1

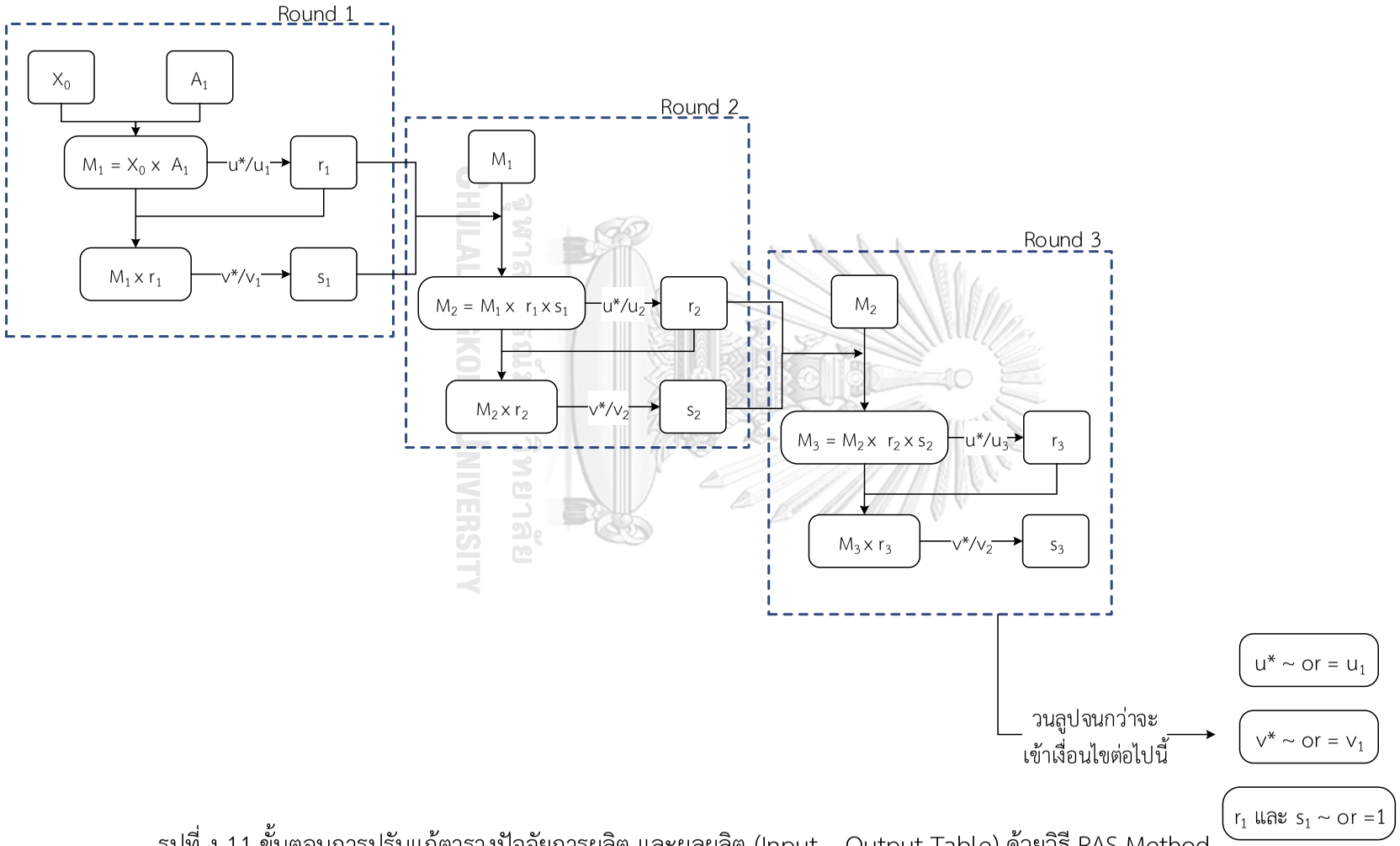
ขั้นตอนที่ 6 คำนวณหาเมทริกซ์ A_2 เพื่อใช้สำหรับการปรับแก้ในรอบต่อไป โดยเมทริกซ์ A_2 สามารถคำนวณได้จากการคูณเมทริกซ์ A_1, r_1 ด้วยกัน ดังรูปที่ จ-10

$A_2 = A_1 \times r_1$

0.259	0.231	0.041
0.199	0.480	0.202
0.030	0.057	0.149

รูปที่ ง-10 เมทริกซ์ A_2

โดยจะคำนวณวนตั้งแต่ขั้นตอนที่ 4 – 6 จนกว่าค่า u^* และ u_1 หรือ v^* และ v_1 จะมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากัน หรือ ค่า r_1 และ s_1 มีค่าใกล้เคียง หรือเท่ากับ 1 ซึ่งขั้นตอนสามารถสรุปโดยย่อได้ดังรูปที่ ง-11



รูปที่ ง-11 ขั้นตอนการปรับแก้ตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต (Input – Output Table) ด้วยวิธี RAS Method

รายการคำนวณการปรับแก้ตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต (Input – Output Table) ด้วยวิธี RAS Method ของลุ่มน้ำแม่กลองมีดังต่อไปนี้

X_0

91,786.94	0	0
0	194,285.97	0
0	0	250,437.76

A_1

0.094	0.084	0.015
0.249	0.599	0.253
0.035	0.066	0.175

$X_0 \times A_0$ | U^* | U_1 | $r_1 = U^*/U_1$

8,603.72	16,227.83	3,678.66	78,613.91	28,510.20	2.76
22,858.73	116,471.35	63,381.16	161,712.54	202,711.24	0.80
3,215.59	12,918.66	43,877.27	50,906.51	60,011.51	0.85

r_1

2.76	0	0
0	0.80	0
0	0	0.85

$X_0 \times A_0 \times r1$

	23,723.86	44,746.53	10,143.51
	18,235.51	92,914.82	50,562.21
	2,727.71	10,958.63	37,220.17
v^*	34,678.03	145,617.83	110,937.09
v_1	44,687.08	148,619.98	97,925.90
$s_1 = v^*/v_1$	0.78	0.98	1.13

s_1

0.78	0	0
0	0.98	0
0	0	1.13

Round1

$M2 = r_1 \times M_1 \times s_1$			U^*	U_2	$r_2 = U^*/U_2$
18,410.170	43,842.648	11,491.258	78,613.91	73,744.08	1.07
14,151.103	91,037.926	57,280.298	161,712.54	162,469.33	1.00
2,116.758	10,737.260	42,165.534	50,906.51	55,019.55	0.93

r_2

1.07	0	0
0	1.00	0
0	0	0.93

$r_2 \times M_2$

	19,625.92	46,737.88	12,250.11
	14,085.19	90,613.87	57,013.48
	1,958.52	9,934.59	39,013.41
v^*	34,678.03	145,617.83	110,937.09
v_2	35,669.62	147,286.33	108,277.00
$s_2 = v^*/v_2$	0.97	0.99	1.02

s_2

0.97	0	0
0	0.99	0
0	0	1.02

Round 2

$M_3 = r_2 \times M_2 \times s_2$			U^*	U_3	$r_3 = U^*/U_3$
19,080.332	46,208.421	12,551.059	78,613.91	77,839.81	1.010
13,693.627	89,587.368	58,414.161	161,712.54	161,695.16	1.000
1,904.072	9,822.044	39,971.870	50,906.51	51,697.99	0.985

r_3

1.01	0	0
0	1.00	0
0	0	0.98

$M_3 \times r_3$

	19,270.08	46,667.95	12,675.88
	13,695.10	89,597.00	58,420.44
	1,874.92	9,671.67	39,359.92
v^*	34,678.03	145,617.83	110,937.09
v_3	34,840.10	145,936.62	110,456.23
$s_3 = v^*/v_3$	0.995	0.998	1.004

s_3

1.00	0	0
0	1.00	0
0	0	1.00

Round 3

$M_4 = r_3 \times M_3 \times s_3$			U^*	U_4	$r_4 = U^*/U_4$
19,180.439	46,566.008	12,731.059	78,613.91	78,477.51	1.002
13,631.392	89,401.280	58,674.765	161,712.54	161,707.44	1.000
1,866.200	9,650.546	39,531.266	50,906.51	51,048.01	0.997

r_4

1.00	0	0
0	1.00	0
0	0	1.00

$M_4 \times r_4$

	19,213.78	46,646.94	12,753.19
	13,631.82	89,404.10	58,676.62
	1,861.03	9,623.80	39,421.69
v^*	34,678.03	145,617.83	110,937.09
v_4	34,706.63	145,674.84	110,851.49
$s_4 = v^*/v_4$	0.999	1.000	1.001

s_4

1.00	0	0
0	1.00	0
0	0	1.00

Round 4

$M_5 = r_4 \times M_4 \times s_4$			U^*	U_5	$r_5 = U^*/U_5$
19,197.946	46,628.690	12,763.034	78,613.91	78,589.67	1.000
13,620.591	89,369.114	58,721.925	161,712.54	161,711.63	1.000
1,859.494	9,620.030	39,452.131	50,906.51	50,931.65	1.000

r_5

1.00	0	0
0	1.00	0
0	0	1.00

$M_5 \times r_5$

	19,203.87	46,643.07	12,766.97
	13,620.67	89,369.62	58,722.25
	1,858.58	9,615.28	39,432.66
v^*	34,678.03	145,617.83	110,937.09
v_5	34,683.11	145,627.96	110,921.88
$s_5 = v^*/v_5$	1.000	1.000	1.000

s_5

1.00	0	0
0	1.00	0
0	0	1.00

Round 5

$M_6 = r_5 \times M_5 \times s_5$			U^*	U_6	$r_6 = U^*/U_6$
19,201.055	46,639.824	12,768.721	78,613.91	78,609.60	1.000
13,618.673	89,363.397	58,730.307	161,712.54	161,712.38	1.000
1,858.304	9,614.612	39,438.063	50,906.51	50,910.98	1.000

r_6

1.00	0	0
0	1.00	0
0	0	1.00

$M_6 \times r_6$

	19,202.11	46,642.38	12,769.42
	13,618.69	89,363.49	58,730.36
	1,858.14	9,613.77	39,434.60
v^*	34,678.03	145,617.83	110,937.09
v_6	34,678.93	145,619.63	110,934.39
$s_6 = v^*/v_6$	1.000	1.000	1.000

s_6

1.00	0	0
0	1.00	0
0	0	1.00

Round 6

เมื่อคำนวณวนไปเรื่อยๆจนค่า u* มีค่าใกล้เคียง u_1 , v* มีค่าใกล้เคียง v_1 และ r_1 , s_1 มีค่าใกล้เคียง 1 จากนั้นจึงนำค่า M x r รอบสุดท้ายมาแทนค่ามูลค่าปัจจัยการผลิตขั้นกลางในแต่ละภาคส่วนของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของลุ่มน้ำแม่กลอง ในที่นี้การคำนวณด้วยวิธี RAS Method ของลุ่มน้ำแม่กลอง คำนวณทั้งหมด 6 รอบจึงได้ค่าตามเงื่อนไขที่ต้องการ และตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของลุ่มน้ำแม่กลองแสดงดังรูปที่ ง-12

$M_6 \times r_6$

19,202.11	46,642.38	12,769.42
13,618.69	89,363.49	58,730.36
1,858.14	9,613.77	39,434.60

Mae Klong Basin

M. THB

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A	19,202.11	46,642.38	12,769.42	78,613.91	13,173.04	91,786.94	57,108.91
M	13,618.69	89,363.49	58,730.36	161,712.54	32,573.43	194,285.97	48,668.13
S	1,858.14	9,613.77	39,434.60	50,906.51	199,531.25	250,437.76	139,500.67
SUM IT	34,678.93	145,617.83	110,937.09				
SUM VA	57,108.91	48,668.13	139,500.67				
SUM TI	91,787.84	194,285.97	250,437.76				
Water Demand	13,849.51	4,831.42	114.52				
มูลค่าน้ำ	6.63	40.21	2,186.85				

$$\frac{\text{Sum Total Input}}{\text{Water Demand}} = \text{มูลค่าน้ำ (บาท/ลบม.)}$$

รูปที่ ง-12 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของลุ่มน้ำแม่กลองโดยวิธี RAS

ภาคผนวก จ

คู่มือโปรแกรม The General Algebraic Modeling System (GAMS)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบจำลอง และระบบภาษาการสร้างแบบจำลอง GAMS

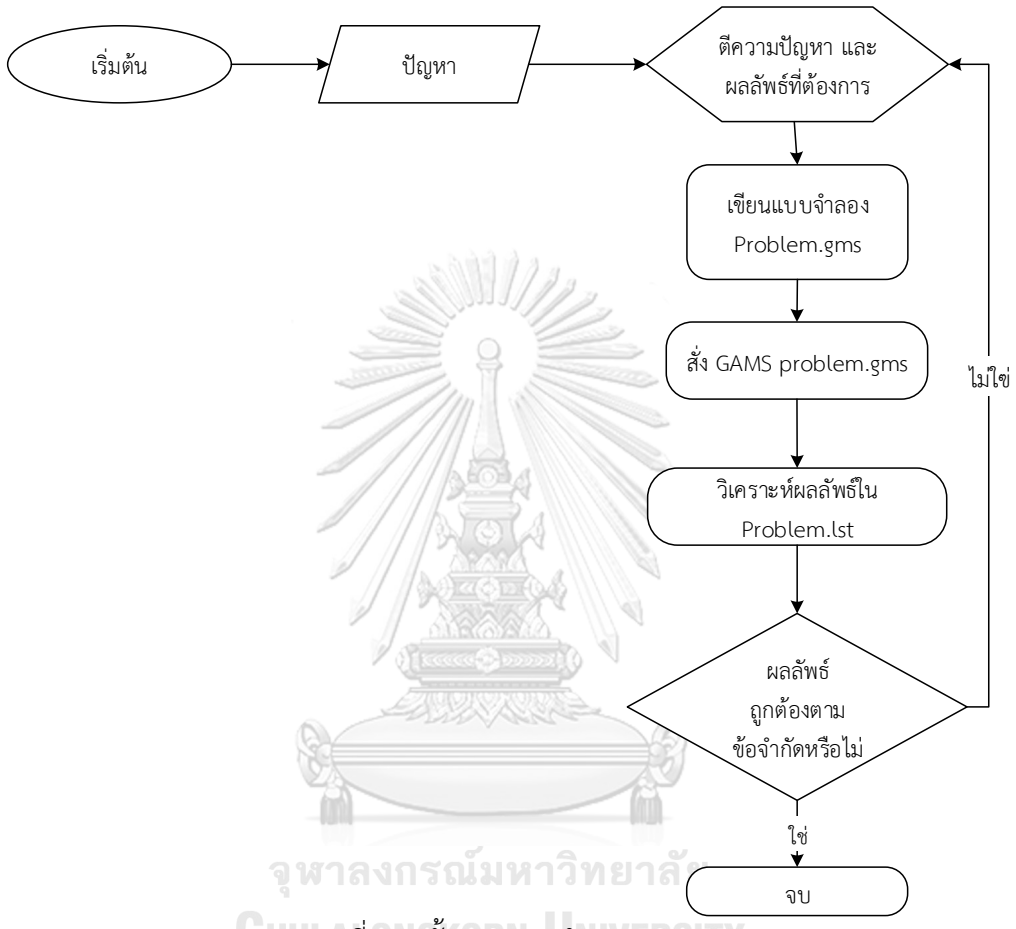
การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา Optimization เริ่มได้รับความนิยมและการยอมรับมากขึ้นไม่แต่เฉพาะด้าน Economics, Business และComputer Sciences แต่ทางด้านการบริหารจัดการน้ำก็เช่นกัน จึงมีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการแก้ปัญหาได้อย่างสะดวกขึ้น โดยมีการออกแบบระบบภาษาที่ผู้ใช้งานสามารถเขียนอธิบายปัญหาได้ง่าย สะดวก และนำไปใช้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ ในขณะที่ปัญหาที่เขียนโดยระบบภาษาจะถูกส่งผ่านให้โปรแกรมที่ถูกเขียนมาเพื่อแก้ปัญหาทาง Optimization (Solver Programming) โดยระบบภาษาที่นิยมใช้กันในปัจจุบันได้แก่ GAMS AMPL เป็นต้น โดยระบบภาษาเหล่านี้สามารถเรียกว่า ระบบภาษาการสร้างตัวแบบ (Mathematical Modeling System) เนื่องจากภาษาที่ใช้เขียนมีความคล้ายคลึงกับสมการทางคณิตศาสตร์มาก ทำให้การเขียนแบบจำลอง (Model) มีความง่ายและชัดเจน

GAMS (The General Algebraic Modeling System) เป็นระบบการสร้างภาษาแบบจำลองทาง Optimization โดยเฉพาะ GAMS ประกอบไปด้วยคอมไพเลอร์ (Complier) และโปรแกรมแก้ปัญหาสำเร็จรูป (Solver Programming) ที่มีประสิทธิภาพหลายโปรแกรม อาทิเช่น

- CONOPT เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่แก้ปัญหา NLP ขนาดใหญ่จากบริษัท ARKI Consulting and Development
- CPLEX เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปประสิทธิภาพสูงที่แก้ปัญหา LP และ MIP จากบริษัท Ilog
- DECIS เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่แก้ปัญหา Stochastic Programming ขนาดใหญ่ จากมหาวิทยาลัย Stanford
- MILES เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่แก้ปัญหา MCP จากมหาวิทยาลัย Colorado at Boulder
- MINOS เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่แก้ปัญหา NLP จากมหาวิทยาลัย Stanford
- OSL เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปประสิทธิภาพสูงที่แก้ปัญหา LP และ MIP จากบริษัท IBM
- PATH เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่แก้ปัญหา MCP ขนาดใหญ่จากมหาวิทยาลัย Wisconsin at Madison
- XA เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่แก้ปัญหา LP และ MIP จากบริษัท Sunset Software
- XPRESS เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปประสิทธิภาพสูงที่แก้ปัญหา LP และ MIP จากบริษัท Dash

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เราสามารถใช้งาน GAMS ได้สองลักษณะ คือ การทำงานในลักษณะคำสั่ง (Command Line) หรือการทำงานผ่านโปรแกรมบน Windows (gamside) แม้ว่าการสั่งงานทั้งสองแบบจะต่างกัน แต่ผลที่ได้ เช่น แบบจำลอง ไฟล์ผลลัพธ์ จะเหมือนกัน ซึ่งสารถสรุปการทำงานของ GAMS ได้ดังรูปที่ จ-1



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ จ-1 ขั้นตอนการทำงานของ GAMS

โครงสร้างเกี่ยวกับระบบภาษาแบบจำลอง GAMS สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ส่วน

1. การสร้างเซต (SET)

เป็นการกำหนดขอบเขตหรือ โดเมนของตัวแปรที่เป็นไปได้ การใช้ SET ช่วยให้การเขียนแบบจำลองมีความชัดเจน และเข้าใจง่าย การเขียนสูตรคณิตศาสตร์โดยทั่วไป จะพบว่าเรานิยนใช้เซตหรือดรรชนี (Index) เพื่ออ้างอิงถึงตัวแปรที่เก็บข้อมูลในลักษณะเดียวกันหลายค่า ตัวอย่างเช่น

- ตัวแปร $X = (x_1, x_2, ..., x_n)$ เป็นตัวแปรเวกเตอร์ ซึ่งแต่ละค่า $x_1, x_2, ..., x_n$ เป็นส่วนประกอบหนึ่งของเวกเตอร์ X
- ประเภทของสิ่งที่สนใจ เช่น การเก็บตัวแปรประเภทของเครื่องดื่ม หรือเมืองที่ขนถ่ายสินค้า $T = (New_York, Chicago, Topeka)$

ซึ่งจะพบว่าการเขียนเซตนั้นจะเกี่ยวข้องกับตัวแปร และข้อมูล รวมถึงการเขียนสมการ ดังนั้น การนิยามเซตให้เหมาะสมจึงเป็นส่วนสำคัญต่อการเขียนแบบจำลอง นอกจากนี้การใช้เซตยังเป็นการช่วยกำหนดโดเมนของตัวแปรที่ต้องการ ทำให้ GAMS สามารถตรวจจับของผิดพลาดของข้อมูลนำเข้าได้ ก่อนนำมาให้

รูปแบบในการนิยามเซต (SET) ของ GAMS

Set[s] set_name ["text"] [/element [text] {,element [text]} /]

{,set_name ["text"] [/element [text] {,element [text]} /] } ;

ข้อความที่อยู่ใน [..] หมายความว่าจะใส่หรือไม่ใส่ก็ได้ {..} หมายถึงข้อความนั้นปรากฏซ้ำกันได้ตั้งแต่ 0 ครั้งขึ้นไป set_name เป็นชื่อของเซตซึ่งต้องไม่เกิน 10 ตัวอักษร และ element เป็นชื่อของสมาชิกของเซตซึ่งต้องไม่เกิน 10 ตัวอักษรเช่นกัน

ตัวอย่างในการนิยามเซต (Set) ใน GAMS

```
Set     s       "time"              / 1*10/;
Set     t       "time"              / 1991 * 2000 /;
Set     cf      "final products"    / syncrude "refined crude (mil bbls)"
                                      lpg      "liquefied petroleum gas (million bbls)"
                                      ammonia  "ammonia (mil tons)"
                                      coke     "coke (mil tons)"
                                      sulfur   "sulfur (mil tons)" /;
```

ข้อจำกัดของเซต คือ สมาชิกของเซตจะถูกตีความว่าเป็นอักขระเสมอ แม้ว่าจะกำหนดให้เป็นตัวเลขก็ตามดังในตัวอย่างแรก ไม่สามารถนำตัวเลขในเซต S มาคำนวณค่าได้ ค่าที่สามารถนำมาอ้างอิงได้จากเซตเพียงอย่างเดียว คือตำแหน่งของสมาชิกในเซตโดยใช้คำสั่ง ORD ซึ่งย่อมาจาก Ordinal Number เช่น ORD(‘1’) หมายถึงตำแหน่งของสมาชิก 1

2. การนิยามตัวแปร (Variable)

ตัวแปรใน GAMS จะใช้ในการเก็บผลลัพธ์ของปัญหาที่เราต้องการทราบค่า ซึ่งจะไม่สามารถเก็บผลลัพธ์เป็นจำนวนเชิงซ้อนได้ โดยการเขียนแบบจำลองในขั้นตอนนี้ เป็นการกำหนดชื่อตัวแปรสำหรับเก็บผลลัพธ์หลังจากที่โปรแกรมแก้ปัญหาสำเร็จรูปหยุดที่ผลเฉลยเหมาะสมที่สุด ดังนั้นในแต่ละปัญหาต้องมีการนิยามตัวแปรที่ต้องใช้เก็บผลลัพธ์ที่ชัดเจน และจำเป็นทั้งหมดในการหาผลลัพธ์ ส่วนมากแล้วตัวแปรที่เราต้องการมักจะปรากฏอยู่ในฟังกชันวัตถุประสงค์เสมอ (Objective Function) ตัวอย่างเช่น

- ตัวแปร $X = (x_1, x_2, ..., x_n)$ ซึ่งตอบคำถามค่าฟังก์ชันสูงสุด หรือต่ำสุดของปัญหา

- ตัวแปรของจำนวนผลผลิตที่ได้จากการผลิต amount(drink) โดยที่ drink เป็นเซตของ {light, dark}

จะพบว่าตัวแปรนั้นอาจจะเป็นตัวแปรที่ไม่มีมิติ เช่น ตัวแปรที่ใช้เก็บผลลัพธ์ของฟังกชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่มีดรรชนี หรือเซต

รูปแบบในการนิยามตัวแปร (Variable) ของ GAMS

[var_type] **variable[s]** var_name [text] {, var_name [text] }

var_type เป็นชนิดของตัวแปรมีดังนี้

- Free เป็นค่าตั้งต้น หมายความว่า ค่าที่เป็นไปได้อาจจะเป็นลบหรือบวกก็ได้
- Positive ค่าที่เป็นไปได้ต้องไม่เป็นจำนวนลบ
- Negative ค่าที่เป็นไปได้ต้องไม่เป็นจำนวนบวก
- Binary ค่าที่เป็นไปได้คือ 0 หรือ 1 เท่านั้น
- Integer ค่าที่เป็นไปได้ต้องเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น ในกรณี GAMS กำหนดค่าสูงสุดเป็น 100

var_name เป็นชื่อของตัว ตัวแปรต้องไม่เกิน 10 ตัวอักษร และ “text” เป็นคำอธิบายของตัวแปรซึ่งต้องไม่เกิน 80 ตัวอักษร

ตัวอย่างในการนิยามตัวแปร (Variable) ใน GAMS

```
Free Variables
   phi          "total cost          (mill us$)"
   phipsi       "raw material cost  (mill us$)"
Positive Variables
   U (c,i)      "purchase of domestic materials (mill units per yr)"
   V (c,j)      "imports   (mill typ)"
   E (c,i)      "exports   (mill typ)";
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ถึงแม้ว่าตัวแปรของ GAMS จะสามารถกำหนดขอบเขต (Boundary) ได้ในส่วนของการเขียนสมการ (Equation) แต่ก็สามารถกำหนดไว้นอกส่วนการเขียนสมการได้ เพื่อให้ GAMS สามารถคำนวณผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็วขึ้น โดยใช้จุด(.) ต่อตัวแปร ดังตัวอย่างต่อไปนี้

```
Variable       x 1(j)   my first          / j1.up 10 , j1.lo 5, j1.l 7, j1.m 0, j1.scale 20 /;
```

หรือ

```
Variable       x 1(j)   my first  ;
```

```
j1.up       =    10    ;
j1.lo       =    5     ;
j1.l        =    7     ;
j1.m        =    0     ;
j1.scale    =    20    ;
```

โดยที่การกำหนดขอบเขตของแต่ละตัวมีความความหมายดังตารางที่ จ-1

ตารางที่ จ-1 ประเภทของการกำหนดลักษณะและขอบเขตของตัวแปร

ประเภทตัวแปร	สัญลักษณ์	รายละเอียด
Lower bound	.lo	ค่าของตัวแปรที่เป็นไปได้น้อยที่สุด ตั้งค่าโดยผู้เขียนแบบจำลอง โดยที่ประเภทของตัวเลขต้องตรงกับการตั้งประเภทของตัวแปร
Upper bound	.up	ค่าของตัวแปรที่เป็นไปได้มากที่สุด ตั้งค่าโดยผู้เขียนแบบจำลอง โดยที่ประเภทของตัวเลขต้องตรงกับการตั้งประเภทของตัวแปร
Fixed value	.fx	การกำหนดค่าตัวแปรอย่างเจาะจง ไม่สามารถใช้ร่วมกับ .lo และ .up ที่เวลาเดียวกันได้
Activity level	.l	การกำหนดค่าเริ่มต้นให้ตัวแปร โดยจะรีเซ็ตใหม่ทุกครั้งเมื่อแบบจำลองสามารถคำนวณผลลัพธ์ได้
Marginal	.m	การกำหนดค่า Marginal cost โดยจะรีเซ็ตใหม่ทุกครั้งเมื่อแบบจำลองสามารถคำนวณผลลัพธ์ได้
Scale factor	.scale	สัมประสิทธ์สำหรับคูณเข้าไปในตัวแปรเพื่อเพิ่มหรือขยายสเกลให้ตัวแปร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การกำหนดข้อมูลจากปัญหา (Parameter)

การกำหนดข้อมูลเป็นส่วนที่ขึ้นกับสถานการณ์ของแต่ละปัญหา ข้อมูลที่กำหนดจะมีผลต่อการหาผลลัพธ์ของปัญหานั่นคือ ถ้าข้อมูลเปลี่ยนไป จำนวนขั้นตอนในการหาผลลัพธ์ก็เปลี่ยนไป การเขียนแบบจำลองที่ดีผู้เขียนจะต้องแยกข้อมูลออกจากกันให้ชัดเจน เพื่อความสะดวกในการใช้แบบจำลองในสถานการณ์อื่นๆต่อไป

การกำหนดข้อมูลจากปัญหาให้แยกออกมาจากแบบจำลอง ทำให้สามารถวิเคราะห์ผลของข้อมูลแต่ละตัวกับผลลัพธ์ได้ โดยไม่ต้องเขียนแบบจำลองซ้ำ ยกตัวอย่างเช่น การทดสอบแบบจำลองกับปัญหาขนาดเล็ก เพื่อหาข้อผิดพลาดของแบบจำลองก่อนที่จะนำแบบจำลองไปใช้กับปัญหาจริงที่มีข้อมูลจำนวนมาก โดยการกำหนดข้อมูลจึงเป็นจะต้องตรวจสอบข้อมูลเสมอว่าเหมาะสมกับปัญหาที่ต้องการใช้กับแบบจำลองหรือไม่ ตัวอย่างของข้อมูล (Parameter) ได้แก่

- สัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์
- ข้อมูลการใช้วัตถุดิบในการผสมเครื่องดื่ม
- ข้อมูลระยะทางขนส่งสินค้าระหว่างเมือง
- ข้อมูลน้ำไหลเข้าอ่าง
- ข้อมูลการระเหยจากอ่าง
- ข้อมูลความต้องการน้ำ

โดยรูปแบบการกำหนดข้อมูลที่ปรากฏให้เห็นอยู่เป็นประจำได้แก่คำสั่ง Scalar, Table และ Parameter ซึ่งแต่ละตัวมีรูปแบบการนิยามข้อมูลของ GAMS ดังนี้

Scalar เป็นการนิยามข้อมูลที่ไม่มีมิติ

Scalar [s] scalar_name [text] [/numerical_value/]

{scalar_name [text] [/numerical_value/]} ;

scalar_name เป็นชื่อของข้อมูล Scalar ซึ่งต้องไม่เกิน 10 ตัวอักษร [text] เป็นคำอธิบายของข้อมูลนั้นซึ่งไม่เกิน 80 ตัวอักษร และ numerical_value หมายถึงจำนวนจริงที่เป็นบวกหรือลบก็ได้ โดยตัวอย่างการในการกำหนดข้อมูล Scalar มีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
Scalar
   rho          "discount rate"                          / 0.15 /
   life         "financial lifetime of productive units"  / 20  /;
```

Parameter เป็นการนิยามข้อมูลที่มีหรือไม่มีมิติ มีรูปแบบภาษาใน GAMS ดังนี้

Parameter[s] param_name [(index_list)] [text] [/ element [=] numerical_value {,element [=] numerical_value} /] {,param_name[(index_list)] [text] [/ element [=] numerical_value {,element [=] numerical_value} /]} ;

param_name [(index_list)] เป็นชื่อของข้อมูล Parameter ซึ่งอาจจะมีหรือไม่มีโดเมนกำกับอยู่ โดยมีความยาวไม่เกิน 10 ตัวอักษร [text] เป็นคำอธิบายของข้อมูลนั้นซึ่งไม่เกิน 80 ตัวอักษร element คือชื่อของสมาชิกเซตของ param_name [(index_list)] ที่ถูกนิยามไว้ และ numerical_value หมายถึงจำนวนจริงที่อาจจะเป็นบวกหรือลบก็ได้ โดยมีตัวอย่างการเขียนดังนี้

Parameter

a(i) / seattle = 350, san-diego = 600 /

b(i) / seattle 2000, san-diego 4500 /;

Table เป็นการนิยามข้อมูลสองมิติ มีรูปแบบภาษาใน GAMS ดังนี้

table table_name[(index_list)] [text] EOL

element { element } EOL

element numerical_value { numerical_value} EOL

{element numerical_value { numerical_value} EOL} ;

table_name[(index_list)] เป็นชื่อของข้อมูล Parameter ซึ่งอาจจะมีหรือไม่มีโดเมนกำกับอยู่ โดยมีความยาวไม่เกิน 10 ตัวอักษร [text] เป็นคำอธิบายของข้อมูลนั้นซึ่งไม่เกิน 80 ตัวอักษร element คือชื่อของสมาชิกเซตของ table_name [(index_list)] ที่ถูกนิยามไว้ numerical_value หมายถึงจำนวนจริงที่อาจจะเป็นบวกหรือลบก็ได้ และ EOL คือเครื่องหมายขึ้นบรรทัดใหม่ (End-of-line) โดยมีตัวอย่างการเขียนดังนี้

Table attrib (ci,cr,q) "blending attributes"

	w-tex.density	mid-c.density	w-tex.sulfur	mid-c.sulfur
naphtha	272	272	1.48	0.283
dist	297	292	2.83	0.526
gas-oil	303	295	5.05	0.98 ;

4. การเขียนสมการจากข้อจำกัด (Equation)

สมการหรือ Equation ใน GAMS เป็นนิยามความสัมพันธ์ของตัวแปร และข้อมูลจากปัญหาในรูปแบบของสูตรคณิตศาสตร์ โดยที่สมการจะเขียนในรูปแบบของการเปรียบเทียบระหว่างพจน์ทางด้านซ้ายและด้านขวา ซึ่งการเปรียบเทียบที่ใช้มี 3 ประเภท สมการที่มีความสัมพันธ์เท่ากับ สมการที่มีความสัมพันธ์มากกว่าหรือเท่ากับ และสมการที่มีความสัมพันธ์น้อยกว่าหรือเท่ากับ

โดยปกติสมการที่เขียนจะเกี่ยวข้องกับ Argument 2 แบบคือ Exogenous Argument (Argument ที่ทราบค่าแน่นอนก่อนการประมวลผล) เช่น ปริมาณน้ำไหลเข้าวอ่าง (Inflow) กับ Endogenous Argument (Argument ที่ยังไม่ทราบค่าสุดท้ายจนกว่าโปรแกรมจะหยุดทำงาน) เช่น ปริมาณการปล่อยน้ำ โดยรูปแบบการเขียนสมการจากข้อจำกัด (Equation) ดังนี้

Equation[s] eqn_name [(index_list)] [text]{, eqn_name [(index_list)] [text]};

eqn_name [(index_list)] เป็นชื่อของสมการ Equation ซึ่งอาจจะมีหรือไม่มีโดเมนกำกับอยู่ โดยมีความยาวไม่เกิน 10 ตัวอักษร [text] เป็นคำอธิบายของข้อมูลนั้นซึ่งไม่เกิน 80 ตัวอักษรทั้งนี้ นิยามของแต่ละสมการจะถูกกำหนดเพิ่มเติมโดยใช้รูปแบบดังนี้

eqn_name(index_list)[$logical_condition(s)].. expression eqn_type expression ;

eqn_name(index_list) เป็นชื่อของสมการที่ได้นิยามก่อนหน้านี้ logical_condition(s) เป็นเงื่อนไขในการพิจารณาโดเมนที่เกี่ยวข้อง expression แทนสูตรคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา eqn_type เป็นการเปรียบเทียบสมการมีอยู่ 7 แบบ ดังตารางที่ ฉ-2 โดยส่วนมากแล้วจะพบเห็นแบบที่ 1-3 เป็นประจำ

ตารางที่ จ-2 รูปแบบของการเปรียบเทียบสมการใน GAMS

สัญลักษณ์	ความหมาย
=e=	เท่ากับ
=g=	มากกว่าเท่ากับ
=l=	น้อยกว่าเท่ากับ
=n=	ไม่มีความสัมพันธ์กัน
=x=	สมการถูกระบุด้วยโปรแกรมอื่น
=c=	ข้อจำกัดแบบ Conic
=b=	สมการแบบ Boolean

ตัวอย่างในการเขียน Equation สมดุลน้ำ (Water Balance) ของเขื่อนวชิราลงกรณใน GAMS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
R_WBVRK('VRK',t)$(not tt(t)).. S('VRK',t) =e= S('VRK',t-1) + In('In1',t) - EV('VRK',t)
                                              -R('VRK',t) - (Spill('VRK',t)) ;
```

5. การใช้คำสั่งเพื่อหาคำตอบใน GAMS (Solver)

ขั้นตอนสุดท้ายในการหาผลลัพธ์ของแบบจำลอง GAMS คือการรวบรวมเซต (Set) ข้อมูลนำเข้า (Parameter) ตัวแปร (Variable) และสมการที่ใช้ (Equation) เพื่อแก้ไขปัญหาทาง Optimization จึงมีการเรียกใช้ Optimization Solver ตามความเหมาะสมตามที่ยกตัวอย่างในหัวข้อที่ โดยต้องมีการตั้งค่าเพื่อระบุว่าปัญหาของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ว่าต้องการค่าที่มากที่สุด (Maximizing) หรือค่าน้อยที่สุด (Minimizing) โดยมีรูปแบบการเขียนคำสั่งเพื่อหาคำตอบดังนี้

model[s] model_name [text] [/ all | eqn_name {, eqn_name} /]

{,model_name [text] [/ all | eqn_name {, eqn_name} /]} ;

model_name เป็นชื่อของแบบจำลองโดยมีความยาวไม่เกิน 10 ตัวอักษร [text] เป็นคำอธิบายของแบบจำลองนั้นซึ่งไม่เกิน 80 ตัวอักษร eqn_name เป็นชื่อของสมการที่จะรวบรวมไว้สำหรับคำนวณโดยปกติจะใช้ all เพื่อให้แบบจำลองคำนวณทุกสมการ จากนั้นจึงใช้คำสั่ง Solve เพื่อกำหนด Solver ให้ GAMS โดยมีรูปแบบการเขียนดังนี้

solve model_name using model_type maximizing|minimizing var_name;

solve model_name maximizing|minimizing var_name using model_type ;

model_name เป็นชื่อของแบบจำลอง var_name เป็นชื่อตัวแปรที่เก็บค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ซึ่งต้องนิยามไว้ก่อน Maximizing และ Minimizing คือการกำหนดหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของตัวแปรที่กำหนดค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ model_type เป็นการบอกชนิดของแบบจำลองที่พบได้เป็นประจำมีดังนี้

- LP Linear Program
- NLP Nonlinear Program
- DNLP Discontinuous Nonlinear Program
- MIP Mixed Integer Program
- RMIP Relaxed Mixed Integer Program
- RMINLP Relaxed Mixed Integer Nonlinear Program
- MINLP Mixed Integer Nonlinear Program
- MPEC Mathematical Programs with Equilibrium Constraints
- MCP Mixed Complementarity Problem
- CNS Constrained Nonlinear System

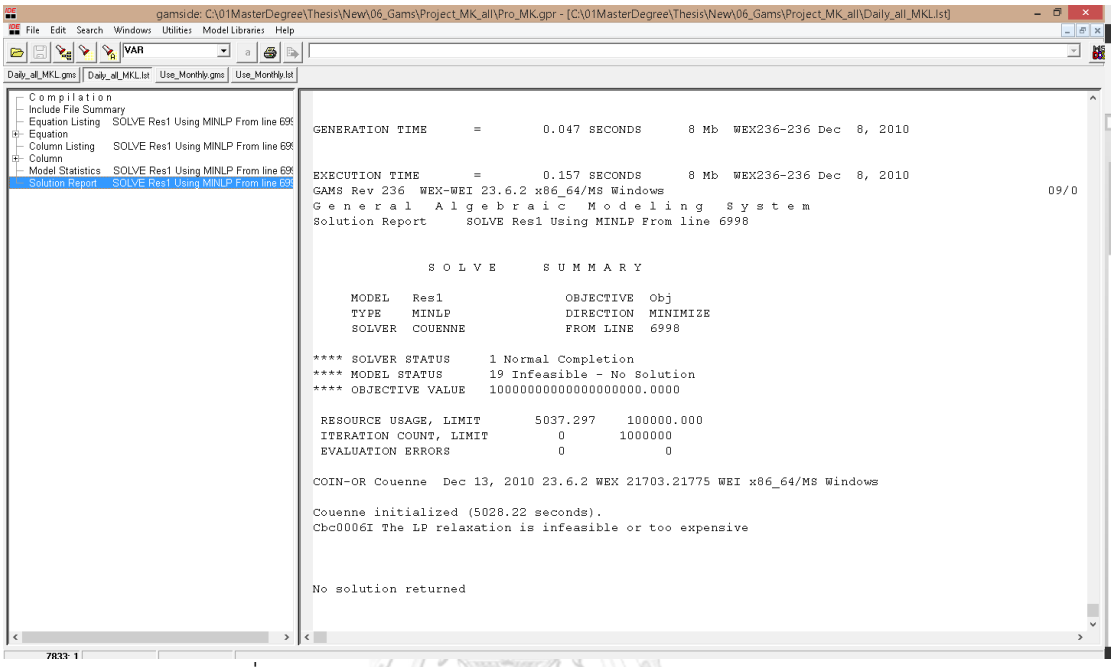
ตัวอย่างในการนิยามสมการ (Equation) ใน GAMS

Model Res1 /all/ ;

Solve Res1 using MINLP Minimizing Obj ;

คำตอบที่ได้จากการประมวลผลของ GAMS จะอยู่ในรูปแบบ Lising นามสกุลไฟล์คือ .lst ซึ่งสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์หรือทดสอบกับปัญหาที่พิจารณาได้ ถ้าผลลัพธ์ที่ได้ไม่สามารถตอบคำถามของปัญหาที่สนใจได้ จำเป็นจะต้องกลับไปตรวจสอบการเขียนแบบจำลองใน GAMS ใหม่ ทั้งการรวบรวมเซต (Set) ข้อมูลนำเข้า (Parameter) ตัวแปร (Variable) และสมการที่ใช้ (Equation)

ซึ่งอาจจะรวมถึงการเพิ่มหรือลดข้อจำกัด (Constraint) ในแบบจำลอง โดยสามารถตรวจแบบจำลองที่ได้จากการคำนวณในไฟล์ Lising ในหัวข้อ Solve Summary ดังรูปที่ และมีหัวข้อในการพิจารณาดังนี้



รูปที่ จ-1 ตัวอย่างการดูไฟล์ Lising ในหัวข้อ Solve Summary

1. ชื่อแบบจำลอง (Model) คือ Res1
2. ชื่อตัวแปรที่เก็บค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective) คือ obj
3. ชนิดของแบบจำลอง (Type) แบบจำลองเป็นปัญหาประเภท MINLP (Mixed Integer Nonlinear Program)
4. ทิศทางการแก้ปัญหา (Direction) ต้องการแบบค่าต่ำสุด (Minimize)
5. โปรแกรมแก้ปัญหาที่ใช้ (Solver) คือ Couenne

ความสำคัญของ Solve Summary จะอยู่ในบรรทัดที่มี **** จะเป็นการแสดงความผิดพลาดที่คำนวณได้ ปรือความผิดปกติในขณะการคำนวณ (Solver Status) ผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมที่สุดกับปัญหาหรือไม่(Model Status) และค่าของผลลัพธ์ (Objective Value)

ภาคผนวก ฉ
ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม GAMS เพื่อบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
$ontext
Multi-Reservoir @ Maeklong River Basin in daily time step BC 2556-2557
$offtext
Sets     t                          /1*1158/
         a(t)   Oct                 /1/
         b(t)   VRK SNR             /2*1156/
         c(t)   TN Dec to Jan       /3*1157/
         d(t)   MKL Jan to Feb+1    /4*1158/
         f(t)                       /1*2/
         tt(t)                      /1157*1158/
         ttt(t)                     /1*3/
         tttt(t)                    /1158/;

Sets     n      nodes               /In1,In2,VRK,SNR,TN,MKL,Sf31,Sf32a,Sf53,SF12,
                                    MWA,TJ,1R,2R,LMC,1L,2L,PP,SI,
                                    V1*V3,S1*S5,T1*T2,M1*M2,
                                    C58,C37,C35a,C11a,
                                    SNR13,SNR45/;
Set
ni(n)          Inflow node          /In1,In2/
nr(n)          Reservoir node       /VRK,SNR,TN,MKL/
nvt(n)         Upper Reservoir      /VRK,SNR/
ns(n)          Side flow node       /Sf31,Sf32a,Sf53,SF12/
nu(n)          Water use pumping    /MWA,TJ,1R,2R,LMC,1L,2L/
nur(n)         Water use irrigation  /PP,SI/
ncn(n)         Check node           /C58,C37,C35a,C11a/
ngv(n)         VRK power plant      /V1*V3/
ngs1(n)        SNR power plant      /S1*S3/
ngs2(n)        SNR power plant      /S4*S5/
ngs(n)         SNR power plant      /S1*S5/
ngt(n)         TN power plant       /T1*T2/
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ngm(n) MKL power plant /M1*M2/

ng(n) Power plant unit /V1*V3,S1*S5,T1*T2,M1*M2/

ngs3(n) Power plant unit /SNR13,SNR45/ ;

Scalar

Cn58 Max river capacity@540cms to mcm Khaew noi /46.66/

Cn37 Max river capacity@950cms to mcm Khaew noi /77.01/

Cn35a Max river capacity@320cms to mcm Khaew Yai /27.65/

Cn11a Max river capacity@1518cms to mcm Mae Klong /131.15/

Min_RMWA Min diversion channel capacity MWA = 15cms /1.3/

Min_RPP Min MCM for Cooling Powerplant in Basin = 2.5 cms /0.216/

Min_RSI Min MCM for Salt Intrusion in Basin = 80 cms /6.912/

NPL_VRK Normal pool VRK mcm /8860/

NPL_SNR Normal pool SNR mcm /17745/

NPL_TN Simple rule 58.6 m msl /56.8/

NPL_MKL Normal pool MKL 22.5 msl /58.5/

MinWL_VRK Minimun Water level of VRK /3012/

MinWL_SNR Minimun Water level of SNR /10264/

MinWL_TN @57 m msl /36.7/

MinWL_MKL @21.62 m msl /40/

Max_Pump Max Pump within 4hours per day 168cms per unit /9.68/

MaxR_VRK Outlet 185cms @1-3U @11hr:day /21.97/

MaxR_SNR Outlet 125.4cms @1-3U@12hr:day 199.5cms@4-5U@6hr:day
/27.65/

MaxR_TN Outlet 298.8cms:150cms @1-2U@17hr:day
/36/

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

MaxR_MKL Outlet MKL 75.56:2unit cms bypass then channel /6.53/

MinR_VRK	Ecology 2.5mcm:day	/2.5/
MinR_SNR	Ecology 2.5mcm:day	/2.5/
MinR_TN	Ecology 2.5mcm:day	/2.5/
MinR_MKL	Ecology 6.5mcm:day	/6.5/
Pump_SNR	St for pumping at TN mcm @ 57.5 m msl	/39.905/
Pump_Avg	Average of Pump up	/0.5/
St_PP_SNR45	Minimum Water for Produce Ele at SNR45	/12054/
Price_PP	Water value for hydropower million Bath	/0.00325/
Price_Man	Water value for Manufacture Bath.m3	/77.01/
Price_Service	Water value for Service Bath.m3	/2186.85/
Price_MWA	Water value for MWA Bath.m3 2553	/2249.08/

Parameter

$include Dpau.txt
$include In1.txt
$include In2.txt
$include Ess.txt
$include Est.txt
$include Esv.txt
$include S31.txt
$include S32.txt
$include S12.txt
$include S53.txt
$include MWA.txt
$include PP.txt

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$include PWAo.txt

$include PWAt.txt

$include PWAk.txt

$include Price_AR.txt

Variables

Obj;

Binary variable

Sc(n,t) Check Storage for Power plant;

Positive variables

S(n,t) Storage

R(n,t) Release

Rcms(n,t) Release in cms

Spill(n,t) Spill way

Area(n,t) Convert ele. to area

In(n,t) Inflow

Es(n,t) Rate evapo per day

EV(n,t) Evaporation refer area

Sf(n,t) Sideflow node

Ch(n,t) River capacity Check node

Dpa(t) Agriculture Pumping Demand R1 R2 L1 L2 LMC

Dr(t) Release lower basin RMKL SI PP

Dpacc(t) Water for calculate cost

Def(t) Deficit

*For Energy

Tail(n,t) Tail WL

Ele(n,t) Convert Storage to ele.

Headdiff(n,t) Diff of WL and Tail WL

Eff(n,t) Efficiency of power plant

G(n,t) Energy

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Gto G total all power plant
Gvrkt G total VRK
Gsnrt G total SNR
Gtnt G total TN
Gmklt G total MKL ;

*Boundary 1/12/2012

S.fx('VRK','1') = 6202.981 ;
S.fx('SNR','1') = 15330.88 ;
S.fx('TN','2') = 46.86 ;
S.fx('MKL','3') = 53.85 ;

S.lo('VRK',b) = MinWL_VRK ;
S.lo('SNR',b) = MinWL_SNR ;
S.lo('TN',c) = MinWL_TN ;
S.lo('MKL',d) = MinWL_MKL ;

S.up('VRK',b) = NPL_VRK ;
S.up('SNR',b) = NPL_SNR ;
S.up('TN',c) = NPL_TN ;
S.up('MKL',d) = NPL_MKL ;

R.up('VRK',b) = MaxR_VRK ;
R.up('SNR',b) = MaxR_SNR ;
R.up('TN',c) = MaxR_TN ;

Dr.up(d) = Cn11a ;
Dr.lo(d) = 6.5 ;
Dpa.up(d) = 38.32 ;
Dpa.lo(d) = 0.5 ;

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

R.lo('VRK',b) = MinR_VRK ;
R.lo('SNR',b) = MinR_SNR ;
R.lo('TN',c) = MinR_TN ;

Ch.up('C58',c) = Cn58 ;
Ch.lo('C58',c) = 2.5 ;

Ch.up('C37',c) = Cn37 ;
Ch.lo('C37',c) = 2.5 ;

Ch.up('C35a',c) = Cn35a ;
Ch.lo('C35a',c) = 2.5 ;

G.up(n,b)$(ngv(n)) = 1100 ;
G.up(n,b)$(ngs1(n)) = 1440 ;
G.up(n,b)$(ngs2(n)) = 1080 ;
G.up(n,c)$(ngt(n)) = 430 ;
G.up(n,d)$(ngm(n)) = 144 ;

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Equations

ni1(n,t) Inflow In1
ni2(n,t) Inflow In2

Side31(n,t) Sideflow @K.31
Side32a(n,t) Sideflow @K.32
Side53(n,t) Sideflow @K.53
Side12(n,t) Sideflow @K.12
Esvrk(n,t) Evapo rate:day VRK
Essnr(n,t) Evapo rate:day SNR
Estn(n,t) Evapo rate:day TN

AreVRK(n,t)	Area convert VRK
AreSNR(n,t)	Area convert SNR
AreTN(n,t)	Area convert TN
Eva1(n,t)	Evapo refer Area
Eva2(n,t)	Evapo refer Area
SpillV(n,t)	Check Spill VRK
SpillS(n,t)	Check Spill SNR
SpillT(n,t)	Check Spill TN
WBVRK(n,t)	Water Balance VRK
WBSNR(n,t)	Water Balance SNR
WBTN(n,t)	Water Balance TN
WBMK(n,t)	Water Balance MKL
WBcheck58(n,t)	Water Balance @K.58
WBcheck37(n,t)	Water Balance @K.37
WBcheck35a(n,t)	Water Balance @K.35a

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Rccmsv(n,t)	Convert MCM to cms
Rccmss(n,t)	Convert MCM to cms
Rccmst(n,t)	Convert MCM to cms
Rccmsm(n,t)	Convert MCM to cms
Dre(t)	Release lower basin
Dpac(t)	Agriculture benefit
Deficit(t)	Deficit

*Hydro power

EleVRK(n,t)	Ele convert VRK
EleSNR(n,t)	Ele convert SNR

EleTN(n,t)	Ele convert TN
EleMKL(n,t)	Ele convert MKL
TailVRK(n,t)	Tail WL VRK
TailSNR(n,t)	Tail WL SNR
TailTN(n,t)	Tail WL TN
TailMKL(n,t)	Tail WL MKL
Diff1(n,t)	Diff of WL and Tail WL
Diff2(n,t)	Diff of WL and Tail WL
Diff3(n,t)	Diff of WL and Tail WL
Diff4(n,t)	Diff of WL and Tail WL
CSTSNR45(n,t)	Storage check for power plant S4-5
effVRK(n,t)	Efficiency of power plant VRK
effSNR13(n,t)	Efficiency of power plant SNR1-3
effSNR45(n,t)	Efficiency of power plant SNR4-5
effTN(n,t)	Efficiency of power plant TN
effMKL(n,t)	Efficiency of power plant MKL
GVRK(n,t)	Energy per Power plant unit VRK MW-hr
GSNR13(n,t)	Energy per Power plant unit SNR MW-hr
GSNR45(n,t)	Energy per Power plant unit SNR MW-hr
GTN(n,t)	Energy per Power plant unit TN MW-hr
GMKL(n,t)	Energy per Power plant unit MKL MW-hr
Gtotal	
Gv	G total VRK
Gs	G total SNR
Gt	G total TN
Gm	G total MKL

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Objective Objective Function ;

*Inflow data

ni1('In1',t)$(not a(t)and not tt(t)).. In('In1',t) =e= In1(t) ;

ni2('In2',t)$(not a(t)and not tt(t)).. In('In2',t) =e= In2(t) ;

*Sideflow data

Side31('Sf31',t)$(not f(t)and not tttt(t)).. Sf('Sf31',t) =e= S31(t) ;

Side32a('Sf32a',t)$(not f(t)and not tttt(t)).. Sf('Sf32a',t) =e= S32(t) ;

Side12('Sf12',t)$(not f(t)and not tttt(t)).. Sf('Sf12',t) =e= S12(t) ;

Side53('Sf53',t)$(not f(t)and not tttt(t)).. Sf('Sf53',t) =e= S53(t) ;

*Evapo rate/day data

Esvrk('VRK',t)$(not a(t)and not tt(t)).. Es('VRK',t)=e= Esv(t);

Essnr('SNR',t)$(not a(t)and not tt(t)).. Es('SNR',t)=e= Ess(t);

Estn('TN',t)$(not f(t)and not tttt(t)).. Es('TN',t) =e= Est(t);

*Area convert from Storage

AreVRK('VRK',t)$(not a(t)and not tt(t)).. Area('VRK',t) =e= (3.89E-2)*S('VRK',t)+50.83 ;

AreSNR('SNR',t)$(not a(t)and not tt(t)).. Area('SNR',t) =e= (2.19E-2)*S('SNR',t)+43.09 ;

AreTN('TN',t)$(not f(t)and not tttt(t)).. Area('TN',t) =e= (0.113)*S('TN',t)+0.989 ;

*Evapo from area

Eva1(n,t)$(nvt(n)and not a(t)and not tt(t))..

EV(n,t) =e= ((Area(n,t)*1000000)*(Es(n,t)/1000))/1000000 ;

Eva2('TN',t)$(not f(t)and not tttt(t))..

EV('TN',t) =e= ((Area('TN',t)*1000000)*(Es('TN',t)/1000))/1000000 ;

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

SpillV('VRK',t)$(not a(t)and not tt(t))..

Spill('VRK',t) =e= max(0,S('VRK',t)-NPL_VRK);

SpillS('SNR',t)$(not a(t)and not tt(t))..

Spill('SNR',t) =e= max(0,S('SNR',t)-NPL_SNR);

SpillT('TN',t)$(not f(t)and not tttt(t))..

Spill('TN',t) =e= max(0,S('TN',t)-NPL_TN);

*Reservoir node: Mass balance

WBVRK('VRK',t)$(not a(t)and not tt(t))..

S('VRK',t)=e= S('VRK',t-1)+In('In1',t)-EV('VRK',t)-R('VRK',t)-(Spill('VRK',t));

WBSNR('SNR',t)$(not a(t)and not tt(t))..

S('SNR',t)=e= S('SNR',t-1)+In('In2',t)-EV('SNR',t)-R('SNR',t)+Pump_Avg-Spill('SNR',t);

WBTN('TN',t)$(not f(t)and not tttt(t))..

S('TN',t) =e= S('TN',t-1)-EV('TN',t)+R('SNR',t-1)+Spill('SNR',t-1)-R('TN',t)-Spill('TN',t)-Pump_Avg-PWAk(t);

WBMK('MKL',t)$(not ttt(t))..

S('MKL',t)=e= S('MKL',t-1)+R('VRK',t-2)+Spill('VRK',t-2)+Sf('Sf31',t-1)+Sf('Sf32a', t-1)+Sf('Sf53',t-1)+R('TN',t-1)+(Spill('TN',t-1))+Sf('Sf12',t-1)-R('MKL',t)-Dpa(t)-MWA(t)-PWAo(t)-PWAt(t);

WBcheck58('C58',t)$(not f(t)and not tttt(t))..

Ch('C58',t) =e= R('VRK',t-1)+Spill('VRK',t-1)+Sf('Sf31',t)+Sf('Sf32a',t);

WBcheck37('C37',t)$(not f(t)and not tttt(t))..

Ch('C37',t) =e= Ch('C58',t)+Sf('Sf53',t);

WBcheck35a('C35a',t)$(not f(t)and not tttt(t))..

Ch('C35a',t)=e= R('TN',t)+(Spill('TN',t))+Sf('Sf12',t);

Rccmsv('VRK',t)$(not a(t)and not tt(t))..

Rcms('VRK',t)=e= R('VRK',t)*1E6/(11*3600);

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
Rccmss('SNR',t)$(not a(t)and not tt(t))..
                Rcms('SNR',t)=e= R('SNR',t)*1E6/(12*3600);
Rccmst('TN',t)$(not f(t)and not tttt(t))..
                 Rcms('TN',t)=e=  R('TN',t)*1E6/(17*3600);
Rccmsm('MKL',t)$(not ttt(t))..
                Rcms('MKL',t)=e= min(MaxR_MKL,R('MKL',t))*1E6/(24*3600);

*Demand @ Maeklong dam
Dre(t)$(not ttt(t))..                          Dr(t)=e=  R('MKL',t)+PWAt(t);
Dpac(t)$(not ttt(t))..                         Dpacc(t)=e= min(Dpau(t),Dpa(t));
Deficit(t)$(not ttt(t))..                      Def(t) =e=  max(0,Dpau(t)-Dpa(t));

*Ele convert from Storage
EleVRK('VRK',t)$(not a(t)and not tt(t))..
                 Ele('VRK',t) =e=  (8.7131E-11*power(S('VRK',t),3))-(1.8883E-
                06*sqr(S('VRK',t)))+(1.5352E-02*S('VRK',t))+(1.0456E+02)  ;
EleSNR('SNR',t)$(not a(t)and not tt(t))..
                Ele('SNR',t) =e=  (2.4774E-11*power(S('SNR',t),3))-(1.0450E-
                06*sqr(S('SNR',t)))+(1.6118E-02*S('SNR',t))+(8.0185E+01)  ;
EleTN('TN',t)$(not f(t)and not tttt(t))..
                 Ele('TN',t) =e=  (2.46E-5*power(S('TN',t),3))-
                (0.0064*sqr(S('TN',t)))+(0.6*S('TN',t))+(42.96)-1.9  ;
EleMKL('MKL',t)$(not ttt(t))..
                Ele('MKL',t)=e=   0.0303*S('MKL',t)+20.969;

*Tail water level
TailVRK('VRK',t)$(not a(t)and not tt(t))..
          Tail('VRK',t) =e= 76.6345+(0.0153*Rcms('VRK',t))-
((0.0000071173)*sqr(Rcms('VRK',t)));
TailSNR('SNR',t)$(not a(t)and not tt(t))..
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        Tail('SNR',t) =e= min(62,(57.6609+(0.031*Rcms('SNR',t))+((1.2217E-
6)*sqr(Rcms('SNR',t)))));
TailTN('TN',t)$(not f(t)and not tttt(t))..
          Tail('TN',t)  =e= 42.0655-(0.0083*Rcms('TN',t))+((1.2288E-5)*sqr(Rcms('TN',t)));
TailMKL('MKL',t)$(not ttt(t))..
          Tail('MKL',t) =e= 0.0039*Rcms('MKL',t)+11.5;

Diff1('VRK',t)$(not a(t)and not tt(t))..          Headdiff('VRK',t) =e= Ele('VRK',t)-
Tail('VRK',t) ;
Diff2('SNR',t)$(not a(t)and not tt(t))..          Headdiff('SNR',t) =e= Ele('SNR',t)-
Tail('SNR',t) ;
Diff3('TN',t)$(not f(t)and not tttt(t))..         Headdiff('TN',t) =e= Ele('TN',t)-
Tail('TN',t) ;
Diff4('MKL',t)$(not ttt(t))..                     Headdiff('MKL',t) =e= Ele('MKL',t)-
Tail('MKL',t) ;

CSTSNR45('SNR45',t)$(not a(t)and not tt(t))..
                                  S('SNR',t) =g= St_PP_SNR45*(SC('SNR45',t));

effVRK(n,t)$(ngv(n)and not a(t)and not tt(t))..
                                  Eff(n,t) =e= 0.95;
effSNR13(n,t)$(ngs1(n)and not a(t)and not tt(t))..
                                  Eff(n,t) =e=
                        (2.144+((0.722)*(Headdiff('SNR',t)))+(0.048))/100;
effSNR45(n,t)$(ngs2(n)and not a(t)and not tt(t))..
                                  Eff(n,t) =e=
                        (2.146+((0.754)*(Headdiff('SNR',t)))+(0.05))/100;
effTN(n,t)$(ngt(n)and not f(t)and not tttt(t))..
                                  Eff(n,t) =e= (69.8+(0.141*Headdiff('TN',t))+26.6)/100;
effMKL(n,t)$(ngm(n)and not ttt(t))..
                                  Eff(n,t)=e= 0.975;
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

*Energy per power plant unit (MWh)

GVRK(n,t)$(ngv(n)and not a(t)and not tt(t))..

G(n,t) =e= ((Eff(n,t))*9.81*11*(Rcms('VRK',t)/3)*(Headdiff('VRK',t)))/1000 ;

GSNR13(n,t)$(ngs1(n)and not a(t)and not tt(t))..

G(n,t) =e=

((Eff(n,t))*9.81*12*(Rcms('SNR',t)*0.2267)*(Headdiff('SNR',t)))/1000;

GSNR45(n,t)$(ngs2(n)and not a(t)and not tt(t))..

G(n,t) =e= SC('SNR45',t)*((Eff(n,t))*9.81*6*(Rcms('SNR',t)*2*0.16)*(Headdiff('SNR',t)))/1000

;

GTN(n,t)$(ngt(n)and not f(t)and not tttt(t))..

G(n,t) =e= ((Eff(n,t))*9.81*17*(Rcms('TN',t)/2)*(Headdiff('TN',t)))/1000 ;

GMKL(n,t)$(ngm(n)and not ttt(t))..

G(n,t) =e= (Eff(n,t)*9.81*24*(Rcms('MKL',t)/2)*(Headdiff('MKL',t)))/1000 ;

Gv.. Gvrkt=e= sum((n,b(t)),G(n,t)$(ngv(n))) ;

Gs.. Gsnrt=e= sum((n,b(t)),G(n,t)$(ngs(n))) ;

Gt.. Gtnt=e= sum((n,c(t)),G(n,t)$(ngt(n))) ;

Gm.. Gmklt=e= sum((n,d(t)),G(n,t)$(ngm(n)))

;

Gtotal.. Gto=e= Gvrkt+Gsnrt+Gtnt+Gmklt;

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Objective.. Obj =e=

Price_Ag*sum(d(t),((Dpacc(d))))

- Price_Ag *sum(d(t),((Def(d))))

+Price_PP*(sum(d(t),Gto));

OPTION RESLIM = 100000000;

OPTION ITERLIM = 1000000000;

Model Res1 /all/ ;

Solve Res1 using MINLP Maximizing Obj ;

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต (Input – Output Table, I/O Table)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต เป็นการแสดงถึงความสัมพันธ์ทางเศรษฐกิจ ที่เกี่ยวกับปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input – Output Table) สามารถจำลองเป็นรูปแบบตารางธุรกิจ หรือกิจกรรมในเชิงปริมาณที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันได้ ซึ่งในระบบเศรษฐกิจจะแสดงถึงปริมาณของสินค้า และบริการของแต่ละสาขาการผลิตในระบบเศรษฐกิจในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิตจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ปัจจัยการผลิต (input) กระบวนการแปลงสภาพ (conversion process) และผลผลิต (output) (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติ, 2543)

ตารางที่ ช-1 รูปแบบทั่วไปของตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิต

		Producers				Final Demand					Total
		X_1 X_2 X_3	.....	X_j	C	I	G	X	M	Output
Producers	X_1	X_{11} X_{12} X_{13}	.....	X_{1j}	C_1	I_1	G_1	X_1	M_1	X_1
	X_2	X_{21} X_{22} X_{23}	.....	X_{2j}	C_2	I_2	G_2	X_2	M_2	X_2
	....				....	....	....	....	....	....
	....				....	....	....	....	....	....
	X_i	X_{i1} X_{i2} X_{i3}	.....	X_{ij}	C_i	I_i	G_i	X_i	M_i	X_j
Value Added		V_1 V_2 V_3	.....	V_j	Gross National Product					
Total Input		X_1 X_2 X_3	.....	X_j						

ที่มา : อัทธ์ , 2549

โดยในภาคผนวกนี้จะแสดงถึงตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (I/O Table) ระดับประเทศจำนวน 16 ส่วนของปีพ.ศ. 2553 แต่ในการศึกษานี้ได้ใช้ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตระดับประเทศจำนวน 180 ส่วนของปีพ.ศ. 2553 ซึ่งสามารถดาวน์โหลดเพื่อนำมาใช้งานได้โดยเข้าไปในเว็ปไซต์ของสำนักคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคม ในหัวข้อ “ข้อมูลบัญชีประชาชาติ” หรือตามลิงค์ต่อไปนี้ https://goo.gl/5Ro8Us

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

		Producers (Input)															
		001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015	016
Producers (Output)	001	167,539,500	226,898	970,191,446	4,285,639	26,752,122	4,588,563	185,799,944	906,014	159,937	2,757,089	480,171	6,127,381	10,353	2,095,784	143,593,602	15,327,310
	002	159,521	14,740,964	2,453,732	104,759	38,640	646,891	946,965,249	73,955,140	31,496,941	17,918,557	351,945,752	67,379,142	0	33,030	24,635	2,680,476
	003	117,932,862	0	416,922,010	429,379	273,545	2,424,771	16,740,383	1,166,960	59,166	10,719,429	1,265,227	0	6,489,849	6,557,110	250,037,471	25,117,466
	004	2,179,447	41,420	1,671,506	341,194,706	848,547	283,255	17,441,089	814,228	7,845,614	18,279,452	207,081	543,669	11,613,163	4,474,448	23,565,617	8,862,785
	005	2,904,500	262,750	1,944,399	111,646	45,894,492	190,204	2,336,204	778,563	13,376,145	4,302,422	88,110	27,097,566	4,551,845	1,330,402	5,496,843	968,287
	006	628,728	255,312	9,924,058	5,184,353	1,451,065	104,149,932	9,096,881	2,957,883	20,518,710	7,965,733	813,966	928,730	13,746,231	5,774,997	145,105,254	5,254,878
	007	285,493,781	64,824,489	76,934,923	92,653,070	21,136,819	37,474,972	848,942,161	59,446,826	429,028,834	76,917,919	71,067,167	57,934,868	81,909,948	467,779,270	275,869,864	24,354,868
	008	1,201,817	26,335	11,325,507	42,638	803,981	41,403	3,610,042	54,291,423	44,348,721	12,648,956	567,225	233,364,318	1,412,957	29,079	3,426,447	7,521,578
	009	34,101,283	19,261,334	57,957,695	8,787,447	8,972,989	6,143,937	29,332,402	19,838,110	3,804,570,599	215,888,583	28,127,423	228,899,308	17,470,271	159,172,034	140,054,161	37,045,625
	010	524,031	1,099,981	921,418	17,545,427	1,709,317	1,359,240	3,588,216	656,086	28,873,719	364,437,148	1,050,929	971,021	13,672,875	2,186,009	49,546,756	12,860,543
	011	6,271,827	5,006,817	54,778,477	43,149,731	5,576,510	6,296,107	77,342,274	29,937,557	119,733,501	16,224,067	238,783,370	7,034,685	62,899,674	27,301,894	166,186,448	3,098,235
	012	1,279,581	304,857	1,232,947	700,557	161,646	336,354	1,840,628	716,496	6,014,955	1,194,577	1,301,687	890,283	1,348,010	1,342,621	21,124,406	229,046
	013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	014	6,202,843	7,881,713	13,986,477	6,350,199	2,277,727	3,251,680	20,886,931	5,495,481	48,533,200	13,116,648	4,515,451	35,343,954	80,375,828	199,669,094	111,710,663	13,205,895
	015	47,005,673	61,987,421	62,125,091	25,120,191	8,579,374	12,490,527	61,782,716	24,358,804	126,890,891	34,222,666	56,660,798	39,294,956	253,877,269	137,943,216	441,861,977	15,852,493
	016	1,856,885	291,527	11,603,667	3,757,480	675,304	1,546,402	4,759,082	4,209,399	11,925,874	2,062,113	2,883,839	1,166,192	28,743,801	5,987,485	8,840,162	1,123,567
Tax and Sarary	201	310,362,799	75,067,360	144,955,858	73,988,590	25,654,501	21,401,807	145,637,203	33,343,359	291,217,943	94,020,939	135,513,233	67,580,245	496,328,316	225,994,793	1,357,152,974	4,873,284
	202	757,903,156	129,620,022	288,741,726	102,877,251	36,599,154	39,187,728	250,351,977	57,593,255	565,139,405	112,967,505	128,710,491	86,724,333	1,576,949,027	262,422,573	778,777,965	14,605,659
	203	44,261,120	51,481,015	53,218,482	33,634,696	8,774,652	10,416,012	82,301,960	22,947,204	183,555,628	28,409,810	125,914,400	43,703,190	211,833,192	131,030,049	476,238,263	17,489,854
	204	-450,208	43,892,613	200,347,716	11,839,286	3,051,229	3,937,130	195,713,771	6,169,605	142,384,578	16,562,624	17,329,403	10,060,544	74,196,814	31,093,898	107,142,992	4,180,882
Total Input		1,787,359,146	476,272,828	2,381,237,135	771,757,045	199,231,614	256,166,915	2,904,469,113	399,582,393	5,875,674,361	1,050,616,237	1,167,225,723	915,044,385	2,937,429,423	1,672,217,786	4,505,756,500	214,652,731

รูปที่ ช -1 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (I/O Table) ระดับประเทศจำนวน 16 ส่วนของปีพ.ศ. 2553

		Final Demand													
		301	302	303	304	305	306	401	402	403	404	501	502	503	Total Output
Producers (Output)	001	609,945,879	5,645,334	1,585,194	29,129,745	161,574,502	10,346,259	-103,747,202	-2,520,832	-2,304,501	-6,775,939	-210,042,928	-180,353,705	-55,964,413	1,787,359,146
	002	0	0	0	-53,644,147	64,624,866	0	-935,469,424	-343,903	-65,894,569	0	-7,326,442	-1,160,080	-35,056,902	476,272,828
	003	1,128,866,975	11,403,756	0	139,935,970	786,305,496	14,423,634	-214,619,818	-8,785,556	-21,104,172	-15,576,611	-120,028,085	-121,627,173	-54,092,909	2,381,237,135
	004	280,496,604	3,274,139	5,909,342	-12,676,674	246,649,836	81,469,191	-126,743,682	-2,119,094	-5,253,092	-15,227,554	-58,282,219	-57,363,715	-8,242,064	771,757,045
	005	57,410,420	4,564,943	43,179,744	11,098,770	50,654,634	795,097	-16,962,631	-189,904	-1,129,094	-19,307	-30,298,779	-26,303,628	-5,203,029	199,231,614
	006	53,348,265	30,084,199	0	-9,905,561	48,163,877	12,743,644	-78,744,474	-1,815,186	-4,496,324	-39,490,774	-41,292,195	-35,437,869	-10,747,398	256,166,915
	007	568,827,559	54,270,021	3,800,232	-94,243,483	1,216,636,733	49,301,347	-865,589,103	-17,017,346	-35,683,003	-67,909,264	-450,650,348	-324,070,869	-104,973,142	2,904,469,113
	008	28,251,366	1,721,005	22,406,561	37,981,410	68,202,884	0	-47,628,952	-1,007,947	-1,580,179	-910,369	-37,835,951	-30,052,810	-14,627,052	399,582,393
	009	531,284,643	57,450,215	1,560,144,241	344,682,469	2,917,012,968	14,473,623	-3,056,787,931	-54,600,699	-119,200,913	-3,547,470	-559,743,657	-442,712,178	-128,404,151	5,875,674,361
	010	271,489,605	21,880,169	98,109,229	42,629,899	544,132,975	63,388,033	-239,399,400	-3,192,227	-8,581,702	-46,467,292	-81,008,901	-103,724,325	-9,642,542	1,050,616,237
	011	181,761,058	37,739,332	0	96,028,628	5,218,049	708	-9,179,648	-2,371	-641,735	-478	-3,473,976	-7,604,400	-2,240,618	1,167,225,723
	012	8,684,665	8,313,377	858,033,566	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5,874	915,044,385
	013	7,035,190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,599,983,481	1,330,410,752	0	2,937,429,423
	014	511,723,674	34,251,158	0	0	0	330,281,046	0	0	0	-206,041,970	0	0	429,200,094	1,672,217,786
	015	1,545,520,497	1,407,237,802	0	0	0	430,152,485	0	0	0	-287,208,347	0	0	0	4,505,756,500
	016	110,151,796	20,026,530	0	0	2,000,002	17,793,170	-264	-1	-2	-26,751,279	0	0	0	214,652,731

รูปที่ ช -1(ต่อ) ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (I/O Table) ระดับประเทศจำนวน 16 ส่วนของปีพ.ศ. 2553

ความหมายดังนี้ (ในวงเล็บคือรหัสกิจกรรมทางเศรษฐกิจในตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต 180 ส่วน)

001 การเกษตรกรรม (001-029)

002 การทำเหมืองแร่และเหมืองหิน (030-041)

003 การผลิตอาหาร (042-066)

004 อุตสาหกรรมสิ่งทอ (067-074)

005 โรงเลื่อยและผลิตภัณฑ์จากไม้(078-080)

006 อุตสาหกรรมกระดาษและการพิมพ์ (081-083)

007 อุตสาหกรรมยางเคมีและปิโตรเลียม (084-098)

008 ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่โลหะ (099-104)

009 ผลิตภัณฑ์โลหะและเครื่องจักรกล (105-128)

010 อุตสาหกรรมอื่นๆ (075-077, 129-134)

011 สาธารณูปโภค (135-137)

012 การก่อสร้าง (138-144)

013 การค้าขาย (145-146)

015 การบริการ (147-148, 160-178)

014 การคมนาคมและการสื่อสาร (149-159)

016 ไม่สามารถแบ่งหมวดหมู่ได้ (180)

190 ผลรวมผลรวมเศรษฐกิจขั้นกลาง เป็นผลรวมของรายการ 001 ถึง 016

201 ค่าจ้างและเงินเดือน

203 ค่าเสื่อมราคา

204 ภาษีทางอ้อมสุทธิ

209 มูลค่าเพิ่มรวม เป็นผลรวมของรายการ 201 ถึง 204

210 ผลผลิตรวมในประเทศ เป็นผลรวมของรายการ 190 และ 209

301 รายจ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของเอกชน

302 รายจ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของรัฐบาล

303 การสะสมทุน

304 ส่วนเปลี่ยนของสินค้าคงเหลือ

305 การส่งออก

306 การส่งออกพิเศษ

309 อุปสงค์ขั้นสุดท้ายรวม เป็นผลรวมของรายการ 301 ถึง 306

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

310 อุปสงค์รวม เป็นผลรวมของรายการ 190 และ 309

401 สิงค้านำเข้า

402 ภาษีศุลกากร

403 ภาษีการค้านำเข้า

404 การนำเข้าพิเศษ

409 การนำเข้ารวม เป็นผลรวมของรายการ 401 ถึง 404

501 ส่วนเหลื่อมการค้าส่ง

502 ส่วนเหลื่อมการค้าปลีก

503 ค่าขนส่ง

509 ผลรวมของส่วนเหลื่อมการค้าและค่าขนส่ง เป็นผลรวมของรายการ 501 ถึง 503

600 ผลผลิตรวมในประเทศ เป็นผลรวมของรายการ 190 + 309 - 409 – 509

700 อุปทานรวม เป็นผลรวมของรายการ 600 + 409 + 509

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ : นางสาว เพ็ญนภา พีรวงศ์สกุล

วันที่เกิด : 20 มกราคม พ.ศ. 2532 กรุงเทพฯ

อีเมลล์ : Pennapa.pera@yahoo.com

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

พ.ศ. 2550 – 2554 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วศ.บ.) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2558 – 2560 วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วศ.ม.) ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2555 – ปัจจุบัน วิศวกรระดับ 5 แผนก บริหารจัดการน้ำ กองจัดการทรัพยากรน้ำ ฝ่ายสำรวจ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ผลงานทางวิชาการ

Perawongsakul P. and Ruangrassamee P. (2017) Multi-Reservoir System in Mae Klong Basin, The 22th National Convention on Civil Engineering, 340 July 2017, Nakornratchasrima, Thailand

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University