



รายงานการวิจัยและการพัฒนาการวิจัยการเกษตร ฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การจัดการอ่างเก็บน้ำร่วมกับน้ำบาดาลในเขตโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

Conjunctive Water Management Considering Reservoir-Aquifer

Interaction for Greater Mae Klong Irrigation Project

ผู้วิจัย

ผศ.ดร.อารียา ฤทธิมา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

อ.ดร.ยุทธนา พันธุ์กมลศิลป์

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและการจัดการภัยพิบัติ มหาวิทยาลัยมหิดล

อ.ดร.ยุทธนา ตาละลักษมณ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทุนวิจัยมุ่งเป้าฯ ประจำปีงบประมาณ 2560

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)

มกราคม 2562

รายงานการวิจัยและการพัฒนาการวิจัยการเกษตร ฉบับสมบูรณ์

การจัดการอ่างเก็บน้ำร่วมกับน้ำบาดาลในเขตโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่
Conjunctive Water Management Considering Reservoir-Aquifer Interaction
for Greater Mae Klong Irrigation Project

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.อารียา ฤทธิมา หัวหน้าโครงการวิจัย

อ.ดร.ยุทธนา พันธุ์กมลศิลป์ ผู้ร่วมโครงการ

อ.ดร.ยุทธนา ตาละลักษมณ์ ผู้ร่วมโครงการ

สนับสนุนโดย

ทุนวิจัยมุ่งเป้าฯ ประจำปีงบประมาณ 2560

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)

มกราคม 2562

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง “การจัดการอ่างเก็บน้ำร่วมกับน้ำบาดาลในเขตโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ (Conjunctive Water Management Considering Reservoir-Aquifer Interaction for Greater Mae Klong Irrigation Project)” สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการพัฒนาศึกษาวิจัยการเกษตร (ทุนวิจัยมุ่งเป้าฯ ประจำปีงบประมาณ 2560) ตลอดระยะเวลาดำเนินงานวิจัย

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 2 (สุพรรณบุรี) สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 8 (ราชบุรี) กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลวิจัย

ท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาคีวิชาชีพวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล หน่วยงานต้นสังกัดที่สนับสนุนปัจจัยเกื้อหนุนอื่น ๆ จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ไปด้วยดี

ผศ.ดร.อารียา ฤทธิมา

หัวหน้าโครงการวิจัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองระบบน้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลองโดยอาศัยแบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำ (Water Evaluation and Planning Model, WEAP) เพื่อประเมินสถานะน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดินรายเดือนโดยอาศัยข้อมูลอุทกวิทยาในช่วงปี พ.ศ. 2543-2558 ร่วมกับอาศัยแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน (Model of Groundwater Flow, MODFLOW) เพื่อจำลองสภาพการไหลและประเมินสถานภาพของน้ำใต้ดิน จากนั้นทำการพัฒนาแบบจำลองการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่สำหรับนำไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่างตั้งแต่เขื่อนแม่กลองลงมาถึงปากแม่น้ำแม่กลอง ทั้งนี้ได้นำเสนอรูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินโดยอาศัยหลักการหาค่าที่ดีที่สุด ผลจากการจำลองระบบน้ำผิวดินพบว่าในปัจจุบันลุ่มน้ำแม่กลองมีปริมาณน้ำต้นทุนเพียงพอกับความต้องการน้ำในช่วงฤดูฝน อย่างไรก็ตามปัญหาการขาดแคลนน้ำเกิดขึ้นบางช่วงเวลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้งของปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2558 จากปัจจัยฝนที่มีปริมาณค่อนข้างน้อย ผลการจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาพบว่าปริมาณการสูบน้ำใต้ดินไปใช้คิดเป็น 347.92 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็น 5.68% ของปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรม โดยมีอัตราการสูบน้ำจากบ่อสูบน้ำของรัฐและบ่อสูบน้ำของเอกชนคิดเป็น 251.54 และ 320.67 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตามลำดับ ผลจากแบบจำลองการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินพบว่ามีโอกาสความเป็นไปได้ในการนำรูปแบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษาเพื่อเพิ่มปริมาณการใช้น้ำใต้ดินโดยเฉพาะในเขตพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ฝั่งซ้ายที่มีศักยภาพน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำใต้ดินสูงกว่าฝั่งขวาตามปัจจัยลักษณะของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน สภาพการไหลและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ ในขณะเดียวกันสัดส่วนการใช้น้ำใต้ดินปัจจุบันยังมีปริมาณค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำผิวดินจากระบบคลองชลประทาน นอกจากนี้การวางแผนการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในอนาคตโดยการเพิ่มอัตราการสูบน้ำใต้ดินในช่วงตั้งแต่ 24.00-26.41 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานปัจจุบันยังส่งผลต่อการลดลงของระดับน้ำใต้ดินไม่มากนัก กล่าวคือ การกำหนดค่าอัตราการสูบน้ำใต้ดินเพิ่มสูงขึ้น 20% ของอัตราการสูบน้ำใต้ดินปีปัจจุบันทำให้ระยะน้ำลดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นในช่วงตั้งแต่ 0.01-0.08 เมตร เท่านั้น ยิ่งไปกว่านั้นหากพิจารณาในมุมมองทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการวางแผนการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในอนาคต พบว่าต้นทุนเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนของการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินร่วมกันเพื่อการชลประทานมีค่าอยู่ระหว่าง 0.18-0.86 และ 0.19-0.43 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าการพิจารณาต้นทุนในมุมมองของการจัดการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินแบบแยกส่วนโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนดำเนินการผันแปรของการใช้น้ำใต้ดินเพียงอย่างเดียวสูงถึง 6.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

Abstract

This study investigated a Water Evaluation And Planning (WEAP) system to evaluate the water supply and demand situations in the Mae Klong River Basin, using hydro-meteorological data for the period 2000-2015. The availability of the groundwater for the Greater Mae Klong Irrigation Project (GMKIP) was assessed by developing a groundwater model (MODFLOW). The conjunctive water use modeling was developed accordingly to determine the optimum use of surface water and groundwater starting from the Mae Klong Dam to river mouth by using optimization approach. The simulated results showed that currently the water resources in the basin were sufficient to meet the existing needs in the wet season, but water shortages had occurred in the dry seasons of 2014 and 2015 which could be attributed to less rainfall in those years. It was found that the quantity of groundwater pumped was 347.92 MCM/year or 5.68% of the total irrigation demand. The average pumping rate of government wells and private wells were 251.54 and 320.67 m³/day, respectively. The results of conjunctive water use model showed the possibilities of increasing in groundwater use especially on the left side of GMKIP which groundwater supply was potentially high due to proper characteristics of aquifer layers, hydraulic properties, and direction of groundwater flow in the study area. Meanwhile, the percentage share of groundwater utilization was still small compared to using surface water from canal irrigation system. In addition, establishing conjunctive water management plan by increasing the pumping rates of 24.00%-26.41% of total amount of agriculture water demand could not influence much on groundwater drawdown. It was expressed that increasing in pumping rate of 20% of the existing use could slightly reduce groundwater drawdown of 0.01-0.08 meters. Moreover, the economic view of the combined use of groundwater and surface water exhibited that the average cost in wet and dry seasons was ranged between 0.18-0.86 and 0.19-0.43 THB/cubic meter, respectively. These were much lower than the variable cost of using groundwater which reached to 6.50 TBB/cubic meter.

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(i)
บทคัดย่อภาษาไทย	(ii)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(iii)
สารบัญเรื่อง	(iv)
สารบัญตาราง	(v)
สารบัญภาพ	(vi)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย	(vii)
1. บทนำ	1-1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1-2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1-2
1.3 เป้าหมายของการวิจัย	1-2
1.4 ประโยชน์ของการวิจัย	1-2
1.5 ขอบเขตการวิจัย	1-3
1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย	1-3
1.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	1-25
1.8 พื้นที่ศึกษา	1-32
2. เนื้อเรื่อง	2-1
2.1 ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง	2-1
2.2 ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่	2-23
2.3 ผลการพัฒนาแบบจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา	2-50
2.4 ผลการวิเคราะห์รูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน	2-64
3. ข้อวิจารณ์	3-1
3.1 การจำลองสถานการณ์ด้วยแบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง	3-1
3.2 การจำลองสถานการณ์ด้วยแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่	3-12

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
3.3 การเปรียบเทียบการจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินด้วยแบบจำลอง WEAP กับ การจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินด้วยแบบจำลอง WEAP- MODFLOW ในพื้นที่ศึกษา	3-15
3.4 การประเมินโอกาสความเป็นไปได้ในการนำรูปแบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำ ใต้ดินที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษา	3-26
4. สรุปและข้อเสนอแนะ	4-1
4.1 สรุป	4-1
4.2 ข้อเสนอแนะ	4-5
เอกสารอ้างอิง	R-1
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ภาพการลงพื้นที่ศึกษาดูงานข้อมูลน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในลุ่มน้ำแม่กลอง	ก-1
ภาคผนวก ข ภาพการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการแผนงานที่ 1 เรื่อง “การนำเสนอ แนวคิด หลักการงานวิจัย และฝึกปฏิบัติการใช้งานแบบจำลองระบบการ วางแผนและการประเมินสถานการณ์น้ำ (Water Evaluation and Planning Model, WEAP)”	ข-1
ภาคผนวก ค ภาพการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการแผนงานที่ 2 เรื่อง “การนำเสนอ สาธิตและฝึกปฏิบัติการการใช้งานแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน (Model of Groundwater Flow, MODFLOW)”	ค-1

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1-1	สรุปรายละเอียดที่สำคัญของข้อมูลวิจัย	1-4
ตารางที่ 1-2	รายละเอียดที่ตั้งของบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่ศึกษา	1-6
ตารางที่ 1-3	การป้อนข้อมูลเข้าแบบจำลอง WEAP	1-8
ตารางที่ 1-4	การป้อนข้อมูลเข้าแบบจำลอง MODFLOW	1-13
ตารางที่ 1-5	แผนการถ่ายทอดองค์ความรู้จากผลการวิจัยสู่ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง	1-22
ตารางที่ 1-6	แผนการดำเนินงานวิจัยและผลการดำเนินงานจริง	1-24
ตารางที่ 1-7	สรุปสถิติข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยรายเดือนและรายปีในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง	1-34
ตารางที่ 1-8	ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ทางด้านทำนน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง	1-45
ตารางที่ 1-9	พื้นที่ชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ในปี พ.ศ. 2556	1-46
ตารางที่ 1-10	ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ในปี พ.ศ. 2556	1-47
ตารางที่ 1-11	รายละเอียดสำคัญของระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง	1-53
ตารางที่ 1-12	รายละเอียดสำคัญของระบบไฟฟ้าพลังงานน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง	1-54
ตารางที่ 1-13	สรุปรายละเอียดของข้อมูลการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยระยะยาวในลุ่มน้ำแม่กลอง	1-59
ตารางที่ 1-14	อัตราการผันน้ำเข้าคลองชลประทานและระบายน้ำท้ายเขื่อนแม่กลอง	1-58
ตารางที่ 1-15	จำนวนบ่อสูบน้ำใต้ดินครอบคลุมจังหวัดกาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐมสมุทรสาคร และสมุทรสงครามในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง	1-63
ตารางที่ 1-16	จำนวนบ่อสูบน้ำใต้ดินครอบคลุมจังหวัดกาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐมสมุทรสาคร และสมุทรสงครามในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองที่ขออนุญาตใช้ตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล	1-63
ตารางที่ 1-17	จำนวนบ่อสูบน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่	1-64
ตารางที่ 2-1	ชื่อสถานีตรวจวัดน้ำฝนที่คัดเลือกเป็นตัวแทนของแต่ละลุ่มน้ำย่อย	2-3
ตารางที่ 2-2	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง	2-4
ตารางที่ 2-3	ชื่อสถานีตรวจวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา	2-5
ตารางที่ 2-4	ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง	2-6
ตารางที่ 2-5	เปอร์เซ็นต์การใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง	2-8
ตารางที่ 2-6	ข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช	2-10

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 2-7 ข้อมูลปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ET _o) ที่ใช้ป้อนเข้าในแบบจำลอง WEAP	2-10
ตารางที่ 2-8 โค้งเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำระยะยาวของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ	2-12
ตารางที่ 2-9 การกำหนดลำดับความสำคัญของการจัดสรรน้ำของแต่ละเขื่อนในแบบจำลอง WEAP	2-15
ตารางที่ 2-10 พารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง WEAP ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง	2-17
ตารางที่ 2-11 สถิติผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง WEAP ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง	2-20
ตารางที่ 2-12 สถิติผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลอง WEAP ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง	2-22
ตารางที่ 2-13 สถิติผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง	2-23
ตารางที่ 2-14 ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา	2-27
ตารางที่ 2-15 ข้อมูลการเติมน้ำเฉลี่ยรายปีแยกตามประเภทของการใช้ที่ดิน	2-34
ตารางที่ 2-16 คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินจากการปรับเทียบแบบจำลอง	2-37
ตารางที่ 2-17 ช่วงข้อมูลสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำที่แนะนำโดย Domenico	2-39
ตารางที่ 2-18 สมดุลลงน้ำใต้ดินจากการจำลองในสถานะคงที่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2558 (2 ปี)	2-47
ตารางที่ 2-19 สมดุลลงน้ำใต้ดินจากการจำลองในสถานะคงที่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2558 (5 ปี)	2-48
ตารางที่ 2-20 จำนวนกริดเซลล์แยกตามประเภทการใช้ที่ดิน	2-52
ตารางที่ 2-21 โหนดความต้องการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินที่กำหนดในแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	2-54
ตารางที่ 2-22 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินในปัจจุบันที่กำหนดในแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	2-55
ตารางที่ 2-23 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินรายเดือนเฉลี่ยในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558	2-60
ตารางที่ 2-24 ข้อกำหนดของเงินลงทุนและผลกำไรที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางการเงิน	2-62
ตารางที่ 2-25 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินที่เหมาะสม	2-66
ตารางที่ 3-1 สถานการณ์สมมุติด้านปัจจัยน้ำต้นทุนเพื่อใช้ในการจำลองระบบในอนาคต	3-3
ตารางที่ 3-2 สถานการณ์สมมุติด้านปัจจัยความต้องการน้ำเพื่อใช้ในการจำลองระบบในอนาคต	3-3

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3-3 ผลการเปรียบเทียบสมดุลงบน้ำใต้ดินกรณีอ้างอิงและกรณีสถานการณ์สมมุติจากการจำลองในสภาวะคงที่	3-12
ตารางที่ 3-4 ผลการเปรียบเทียบประยชน้ำลดกรณีอ้างอิงและกรณีสถานการณ์สมมุติจากการจำลองในสภาวะคงที่	3-14
ตารางที่ 3-5 สถานการณ์สมมุติด้านปัจจัยน้ำต้นทุนและปัจจัยความต้องการน้ำเพื่อใช้จำลองระบบในอนาคต	3-19
ตารางที่ 3-6 ประสิทธิภาพของการจำลองระบบภายใต้สถานการณ์อ้างอิงปัจจุบันและสถานการณ์สมมุติในอนาคต	3-20

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1-1	ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง WEAP	1-11
ภาพที่ 1-2	รายละเอียดขั้นตอนการประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดิน	1-12
ภาพที่ 1-3	การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาในแบบจำลอง VISUAL MODFLOW	1-13
ภาพที่ 1-4	ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง VISUAL MODFLOW และรายละเอียดขั้นตอนการประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำใต้ดิน	1-16
ภาพที่ 1-5	ความเชื่อมโยงระหว่างระบบน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา	1-18
ภาพที่ 1-6	ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง WEAP	1-27
ภาพที่ 1-7	การจำลองระบบชั้นหินอุ้มน้ำของแบบจำลอง VISUAL MODFLOW	1-29
ภาพที่ 1-8	รูปแบบการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินร่วมกัน	1-31
ภาพที่ 1-9	แผนที่ลุ่มน้ำแม่กลอง	1-33
ภาพที่ 1-10	สถิติภูมิอากาศในคาบ 10-30 ปีในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง	1-35
ภาพที่ 1-11	เขื่อนและอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองปัจจุบัน	1-42
ภาพที่ 1-12	พื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่	1-44
ภาพที่ 1-13	ข้อมูลปริมาณที่ส่งไปใช้เพื่อการชลประทานเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่	1-47
ภาพที่ 1-14	แผนผังระบบอ่างเก็บน้ำของลุ่มน้ำแม่กลองในปัจจุบัน	1-51
ภาพที่ 1-15	แผนผังระบบอ่างเก็บน้ำของลุ่มน้ำแม่กลองตามแผนพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคต	1-52
ภาพที่ 1-16	เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและปริมาณน้ำที่ปล่อยสุทธิตายเดือนของเขื่อนศรีนครินทร์	1-55
ภาพที่ 1-17	เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและปริมาณน้ำที่ปล่อยสุทธิตายเดือนของเขื่อนวชิราลงกรณ์	1-56
ภาพที่ 1-18	เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและปริมาณน้ำที่ปล่อยสุทธิตายเดือนของเขื่อนท่าทุ่งนา	1-57
ภาพที่ 1-19	ปริมาณน้ำที่ผันเข้าคลองชลประทานและระบายท้ายเขื่อนแม่กลองรายปี	1-57
ภาพที่ 1-20	การใช้น้ำใต้ดินเพื่อการเกษตรกรรมในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่	1-62
ภาพที่ 1-21	อัตราการสูบน้ำใต้ดินเพื่อธุรกิจอุตสาหกรรม	1-65
ภาพที่ 1-22	อัตราการสูบน้ำใต้ดินเพื่อธุรกิจการค้า	1-65
ภาพที่ 1-23	อัตราการสูบน้ำใต้ดินเพื่อธุรกิจบริการ	1-65
ภาพที่ 1-24	อัตราการสูบน้ำใต้ดินเพื่อการเกษตรกรรมเพาะปลูก	1-66
ภาพที่ 1-25	อัตราการสูบน้ำใต้ดินเพื่อการปศุสัตว์	1-66

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 1-26	อัตราการสูบน้ำใต้ดินเพื่อการอุปโภคบริโภค
ภาพที่ 1-27	ระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ตรวจวัดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2559
ภาพที่ 1-28	ความแตกต่างของระดับน้ำใต้ดินในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งจากบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่ศึกษา
ภาพที่ 2-1	แผนที่ลุ่มน้ำแม่กลองและพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่
ภาพที่ 2-2	ข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดที่คัดเลือกเป็นตัวแทนของแต่ละลุ่มน้ำย่อย
ภาพที่ 2-3	ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558
ภาพที่ 2-4	ข้อมูลน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดที่ใช้ในการศึกษา
ภาพที่ 2-5	ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558
ภาพที่ 2-6	ข้อมูลการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา
ภาพที่ 2-7	ข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำรายปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558
ภาพที่ 2-8	การกำหนดรูปแบบแบบจำลอง WEAP ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง
ภาพที่ 2-9	ไค้เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำระยะยาวของเขื่อนศรีนครินทร์
ภาพที่ 2-10	ไค้เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำระยะยาวของเขื่อนวชิราลงกรณ์
ภาพที่ 2-11	แบบจำลองย่อยน้ำฝน-น้ำท่าโดยวิธีสัมประสิทธิ์แบบเรียบง่าย
ภาพที่ 2-12	ผลการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง WEAP กับข้อมูลตรวจวัดจริงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2553 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง
ภาพที่ 2-13	ผลการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง WEAP กับข้อมูลตรวจวัดจริงระหว่างปี พ.ศ. 2554-2558 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง
ภาพที่ 2-14	ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำเก็บกักที่ได้จากแบบจำลอง WEAP และข้อมูลตรวจวัดจริงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ของเขื่อนหลักในลุ่มน้ำแม่กลอง
ภาพที่ 2-15	แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่ศึกษา
ภาพที่ 2-16	แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อสูบน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา
ภาพที่ 2-17	แผนที่แสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจชั้นดินในพื้นที่ศึกษา
ภาพที่ 2-18	ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินและจำนวนชั้นที่กำหนดในแบบจำลอง VISUAL MODFLOW

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 2-19	ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินกรุงเทพฯ	2-28
ภาพที่ 2-20	ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินพระประแดง	2-28
ภาพที่ 2-21	ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินนครหลวง	2-29
ภาพที่ 2-22	ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินนนทบุรี	2-29
ภาพที่ 2-23	ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินสามโคก	2-30
ภาพที่ 2-24	ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินพญาไท	2-30
ภาพที่ 2-25	ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินธนบุรี	2-31
ภาพที่ 2-26	ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินปากน้ำ	2-31
ภาพที่ 2-27	ระดับชั้นความสูงของชั้นหินแข็งอุ้มน้ำ	2-32
ภาพที่ 2-28	แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าของแม่น้ำแม่กลองและแม่น้ำท่าจีน	2-33
ภาพที่ 2-29	แผนที่แสดงประเภทของการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา	2-34
ภาพที่ 2-30	แบบจำลองเชิงมโนทัศน์เพื่อจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา	2-35
ภาพที่ 2-31	การออกแบบกริดและขอบเขตของแบบจำลองในพื้นที่ศึกษา	2-36
ภาพที่ 2-32	ประสิทธิภาพของการปรับเทียบแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในสถานะคงที่	2-38
ภาพที่ 2-33	ช่วงข้อมูลความสามารถในการนำน้ำของดินที่แนะนำโดย Heath	2-39
ภาพที่ 2-34	แผนที่แสดงทิศทางของเวกเตอร์ความเร็วน้ำจากแบบจำลองในพื้นที่ศึกษา	2-41
ภาพที่ 2-35	แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเฮดน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินกรุงเทพฯ	2-42
ภาพที่ 2-36	แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเฮดน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินพระประแดง	2-42
ภาพที่ 2-37	แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเฮดน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินนครหลวง	2-43
ภาพที่ 2-38	แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเฮดน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินนนทบุรี	2-43
ภาพที่ 2-39	แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเฮดน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินสามโคก	2-44
ภาพที่ 2-40	แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเฮดน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินพญาไท	2-44
ภาพที่ 2-41	แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเฮดน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินธนบุรี	2-45
ภาพที่ 2-42	แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเฮดน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินปากน้ำ	2-45
ภาพที่ 2-43	แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเฮดน้ำของชั้นหินแข็งอุ้มน้ำ	2-46
ภาพที่ 2-44	สมดุลลงน้ำใต้ดินจากการจำลองในสถานะคงที่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2558 (2 ปี)	2-48
ภาพที่ 2-45	สมดุลลงน้ำใต้ดินจากการจำลองในสถานะคงที่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2558 (5 ปี)	2-49
ภาพที่ 2-46	ขั้นตอนการเชื่อมโยงแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	2-51
ภาพที่ 2-47	ข้อมูลการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำย่อย-6 ที่กำหนดในแบบจำลอง MODFLOW ของชั้นผิวดิน	2-53

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 2-48 การเชื่อมโยงโหนดความต้องการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินที่กำหนดในแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	2-54
ภาพที่ 2-49 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินในปัจจุบันที่กำหนดในแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	2-56
ภาพที่ 2-50 สมดุลลงน้ำใต้ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	2-57
ภาพที่ 2-51 ภาพ 3 มิติของข้อมูลเฮดน้ำทางชลศาสตร์ของแต่ละกริดเซลล์จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	2-57
ภาพที่ 2-52 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 ของโหนดความต้องการน้ำ GMKIP_1L จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	2-58
ภาพที่ 2-53 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 ของโหนดความต้องการน้ำ GMKIP_2L จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	2-58
ภาพที่ 2-54 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 ของโหนดความต้องการน้ำ GMKIP_1R จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	2-59
ภาพที่ 2-55 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 ของโหนดความต้องการน้ำ GMKIP_2R จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	2-59
ภาพที่ 2-56 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 ของโหนดความต้องการน้ำ GMKLP จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	2-60
ภาพที่ 2-57 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินรายเดือนเฉลี่ยในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558	2-61
ภาพที่ 2-58 ต้นทุนเฉลี่ยของการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558	2-63
ภาพที่ 2-59 ซอฟต์แวร์ All_WATER_gw	2-64
ภาพที่ 2-60 หน้าต่างการใช้งานของซอฟต์แวร์ All_WATER_gw	2-65
ภาพที่ 2-61 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินที่เหมาะสม	2-67
ภาพที่ 3-1 ปริมาณการขาดน้ำจากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558	3-1
ภาพที่ 3-2 ปริมาณการขาดน้ำ ความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำในกิจกรรมต่าง ๆ จากการจำลองสถานการณ์อ้างอิง	3-2
ภาพที่ 3-3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการขาดน้ำภายใต้สถานการณ์สมมุติ A2	3-8
ภาพที่ 3-4 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการขาดน้ำภายใต้สถานการณ์สมมุติ B2	3-8

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3-5 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำภายใต้สถานการณ์สมมุติ A2	3-9
ภาพที่ 3-6 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำภายใต้สถานการณ์สมมุติ B2	3-9
ภาพที่ 3-7 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำนํ้าภายใต้สถานการณ์สมมุติ A2	3-10
ภาพที่ 3-8 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำนํ้าภายใต้สถานการณ์สมมุติ B2	3-10
ภาพที่ 3-9 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์สมมุติ A2	3-11
ภาพที่ 3-10 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์สมมุติ B2	3-11
ภาพที่ 3-11 ระยชนํ้าลดของบ่อสังเกตการณ์จากผลการจำลองกรณีสถานการณ์สมมุติที่อัตราการสูบนํ้าได้ดินไปใช้เพิ่มขึ้น 20% ของอัตราการสูบนํ้าปัจจุบัน	3-14
ภาพที่ 3-12 ปริมาณการขาดนํ้าจากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ด้วยแบบจำลอง WEAP และแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	3-16
ภาพที่ 3-13 ปริมาณการขาดนํ้าจากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ด้วยแบบจำลอง WEAP และแบบจำลอง WEAP-MODFLOW แยกตามคลองส่งนํ้า	3-16
ภาพที่ 3-14 ดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการนํ้าชลประทานจากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ด้วยแบบจำลอง WEAP และแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	3-17
ภาพที่ 3-15 ดัชนีความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำนํ้าจากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ด้วยแบบจำลอง WEAP และแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	3-17
ภาพที่ 3-16 ดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองด้านพลังงานไฟฟ้าจากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ด้วยแบบจำลอง WEAP และแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	3-18
ภาพที่ 3-17 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการขาดนํ้าภายใต้สถานการณ์สมมุติในอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2559-2573 ด้วยแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	3-22

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3-18 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำ ชลประทานภายใต้สถานการณ์สมมุติในอนาคตรหว่างปี พ.ศ. 2559-2573 ด้วยแบบจำลอง WEAP-MODFLOW	3-22
ภาพที่ 3-19 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำ น้ำภายใต้สถานการณ์สมมุติในอนาคตรหว่างปี พ.ศ. 2559-2573 ด้วย แบบจำลอง WEAP-MODFLOW	3-23
ภาพที่ 3-20 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองด้านพลังงานไฟฟ้า ภายใต้สถานการณ์สมมุติในอนาคตรหว่างปี พ.ศ. 2559-2573 ด้วย แบบจำลอง WEAP-MODFLOW	3-23
ภาพที่ 3-21 ต้นทุนเฉลี่ยของการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานภายใต้ สถานการณ์สมมุติในอนาคต A2	3-24
ภาพที่ 3-22 ต้นทุนเฉลี่ยของการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานภายใต้ สถานการณ์สมมุติในอนาคต B2	3-24
ภาพที่ 3-23 ต้นทุนเฉลี่ยของการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานภายใต้ สถานการณ์สมมุติในอนาคต A2 และกำหนดปริมาณความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น	3-25
ภาพที่ 3-24 ต้นทุนเฉลี่ยของการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานภายใต้ สถานการณ์สมมุติในอนาคต B2 และกำหนดปริมาณความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น	3-25

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

WEAP	แบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำ (Water Evaluation and Planning Model)
MODFLOW	แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน (Model of Groundwater Flow)
CROPWAT	แบบจำลองหาปริมาณความต้องการน้ำของพืช (Crop Water Requirement Model)
SNR	เขื่อนศรีนครินทร์ (Srinagarind Dam)
VJK	เขื่อนวชิราลงกรณ (Vajiralongkorn Dam)
TN	เขื่อนท่าทุ่งนา (Tha Thung Na Dam)
MK	เขื่อนแม่กลอง (Mae Klong Dam)
JD	เขื่อนจันแฉะ (Jun Day Dam)
GMKIP	โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ (Greater Mae Klong Irrigation Project)
RID	กรมชลประทาน (Royal Irrigation Department)
EGAT	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (Electricity Generating Authority of Thailand)
TMD	กรมอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Department)
MWA	การประปานครหลวง (Metropolitan Waterworks Authority)
JKSP	คลองจรเข้สามพัน (Jorrakhe Sarmpun Canal)
TSBP	คลองท่าสาร-บางปลา (Thasarn Bangpla Canal)
FAO	องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
JICA	องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น (Japan International Cooperation Agency)
MK Basin	ลุ่มน้ำแม่กลอง (Mae Klong Basin)
TC Basin	ลุ่มน้ำท่าจีน (Thachin Basin)
NPL	ระดับเก็บกักน้ำปกติ (Normal Pool Level)
MPL	ระดับเก็บกักน้ำต่ำสุด (Minimum Pool Level)
URC	ระดับควบคุมน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve)
LRC	ระดับควบคุมน้ำต่ำสุด (Lower Rule Curve)
SW	แหล่งน้ำผิวดิน (Surface Water)
GW	แหล่งน้ำใต้ดิน (Groundwater)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ผลพวงจากภาวะโลกร้อน (Global Warming) และความเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศโลก (Climate Change) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการตกของฝน (Pattern of Rainfall) ส่งผลกระทบเป็นวงกว้างไปทั่วโลก และนับวันก็ยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น รวมทั้งผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำประเทศไทยที่ย่างยากและซับซ้อนมากยิ่งขึ้นเป็นลำดับ ดังจะเห็นได้จากปลายปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยเกิดอุทกภัยครั้งใหญ่เนื่องจากมีปริมาณฝนค่อนข้างมาก ธนาคารโลกได้ประเมินมูลค่าความเสียหายสูงถึง 1.44 ล้านล้านบาท แต่หลังจากนั้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ปริมาณฝนในภาพรวมทั้งประเทศลดลง ทำให้ประเทศไทยต้องประสบปัญหาภัยแล้งอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปี พ.ศ. 2558 ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในประเทศยังคงใช้แนวทางและวิธีปฏิบัติแบบดั้งเดิมคือ แก้ปัญหาแบบแยกส่วนโดยเน้นที่การจัดหาแหล่งน้ำผิวดิน (Surface Water Source) เป็นหลัก หากแหล่งน้ำผิวดินไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำ การขุดเจาะน้ำใต้ดิน (Groundwater) จะเป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้าโดยขาดการพิจารณาความสัมพันธ์ของทรัพยากรน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ซึ่งแท้จริงแล้วน้ำทั้งหมดเชื่อมโยงเป็นระบบเดียวกัน การแก้ปัญหาด้านน้ำจึงยังไม่ได้ผลเท่าที่ควร สาเหตุมาจากการพัฒนาและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินได้ดำเนินไปในลักษณะที่เป็นเอกเทศต่อกัน หรือกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งน้ำทั้ง 2 แหล่งให้มีความเชื่อมโยงกันน้อยมาก โครงการพัฒนาแหล่งน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินต่างก็ดำเนินไปบนพื้นฐานของต้นทุนของแหล่งน้ำนั้น ๆ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554) การพัฒนาแบบแยกส่วน (Fragmented Decision Making) เพื่อสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาเฉพาะด้านคือการพิจารณาเฉพาะปัญหาใดปัญหาหนึ่งโดยมิได้คำนึงถึงผลลัพธ์ หรือความสัมพันธ์ของแหล่งน้ำนั้นต่อบัณฑิตอื่น ๆ ทำให้การพัฒนาและการบริหารจัดการไม่ได้ประโยชน์จากแหล่งน้ำอย่างเต็มที่ และอาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาภายหลัง (ยุทธนา ตาละลักษณณ์, 2556) ด้วยเหตุนี้จึงนำไปสู่แนวคิดการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (Conjunctive Water Management) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหลักการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการ (Integrated Water Resources Management, IWRM) (Global Water Partnership, 2000) ที่มุ่งเน้นที่จะเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านน้ำ (Water Security) ตามยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศของรัฐบาล และเป็นการบริหารจัดการน้ำแบบองค์รวมเพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำที่มีอยู่สูงสุด

จากการศึกษาโครงการจัดทำแผนบูรณาการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดินทั่วประเทศ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554) และโครงการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองและลุ่มน้ำท่าจีนของกรมทรัพยากรน้ำใต้ดิน (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551) พบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองมีการสูบน้ำใต้

ดินขึ้นมาใช้เพื่อการเกษตรกรรมเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามข้อมูลการศึกษาทางธรณีวิทยายังมีค่อนข้างน้อยไม่ว่าจะเป็น ลักษณะการวางตัวของชั้นน้ำใต้ดิน ปริมาณน้ำ ปริมาณการใช้น้ำใต้ดิน และคุณภาพน้ำ เป็นต้น ในบางพื้นที่ของกลุ่มน้ำแม่กลองมีศักยภาพน้ำใต้ดินโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ปานกลางซึ่งสามารถนำน้ำใต้ดินนี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีก แต่ในบางพื้นที่ศักยภาพน้ำใต้ดินโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ต่ำและบางแห่งคุณภาพน้ำใต้ดินกร่อยหรือเค็ม ส่วนศักยภาพน้ำผิวดินในพื้นที่กลุ่มน้ำแม่กลองมีทั้งอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง จนถึงขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วไป รวมทั้งมีสระกักเก็บน้ำตามมาตรฐานกรมพัฒนาที่ดิน และหนองน้ำธรรมชาติซึ่งบางแห่งต้นเงิน บริเวณดังกล่าวนี้มีปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร การอุปโภคบริโภค และอุตสาหกรรม ด้วยเหตุนี้การวิจัยขึ้นจึงเห็นความจำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนบูรณาการการจัดการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมในพื้นที่กลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่างเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเกิดความมั่นคงและยั่งยืนในระยะยาว

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นที่จะเสริมสร้างความมั่นคงด้านน้ำ (Water Security) ในพื้นที่โครงการชลประทานขนาดใหญ่ในกลุ่มน้ำแม่กลองโดยอาศัยแนวคิดในการบริหารจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (Conjunctive Water) ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของการดำเนินงานวิจัยที่สำคัญมีดังนี้

1.2.1 พัฒนาแบบจำลองการจัดการอ่างเก็บน้ำร่วมกับน้ำใต้ดินในเขตโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ซึ่งพัฒนาโดยอาศัยแบบจำลองระบบ-การหาค่าที่ดีที่สุดที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ในพื้นที่ศึกษาจริง

1.2.2 นำเสนอรูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (Conjunctive Water Management) ในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

1.3 เป้าหมายของการวิจัย

เป้าหมายของการวิจัยเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของหน่วยงานภาครัฐในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่โครงการชลประทานในกลุ่มน้ำแม่กลองอย่างมั่นคง โดยการหาความเหมาะสมที่ดีที่สุดในการจัดการแหล่งน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินภายใต้แนวคิดการบริหารจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน

1.4 ประโยชน์ของการวิจัย

1.4.1 ทราบศักยภาพของแหล่งน้ำต้นทุนทั้งจากแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทย

1.4.2 สามารถกำหนดรูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในเขตพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่สำหรับใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านน้ำในอนาคต

1.4.3 สามารถนำแนวคิดการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (Conjunctive Water Management) ไปประยุกต์ใช้เพื่อประเมินสถานะของแหล่งน้ำต้นทุนและโอกาสความเป็นไปได้ในการนำแนวคิดการจัดการน้ำร่วมกันไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำอื่น ๆ ของประเทศ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ครอบคลุมรายละเอียดเนื้อหาต่อไปนี้

1.5.1 เลือกพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองและพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่เป็นกรณีศึกษา

1.5.2 อาศัยแบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำ (Water Evaluation and Planning Model, WEAP) เพื่อประเมินสถานะน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดินรายเดือน ร่วมกับอาศัยแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน (Model of Groundwater Flow, MODFLOW) เพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินและประเมินสถานภาพของน้ำใต้ดิน

1.5.3 อาศัยซอฟต์แวร์ All_Water_gw เวอร์ชัน 1.1.1 ในการวิเคราะห์หารูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน

1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองระบบน้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลองโดยอาศัยแบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำ (Water Evaluation and Planning Model, WEAP) เพื่อประเมินสถานะน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดินรายเดือน ร่วมกับอาศัยแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน (Model of Groundwater Flow, MODFLOW) เพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินและประเมินสถานภาพของน้ำใต้ดินในพื้นที่เพื่อใช้การบริหารจัดการร่วมกัน จากนั้นทำการพัฒนาแบบจำลองการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินภายใต้ขอบเขตพื้นที่ศึกษาเฉพาะในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่สำหรับนำไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่างตั้งแต่เขื่อนแม่กลองลงมาถึงปากแม่น้ำแม่กลอง โดยได้นำเสนอรูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (Conjunctive Water Management) ของพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1.6.1 การรวบรวมข้อมูลวิจัย

ข้อมูลวิจัยได้รวบรวมจากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยข้อมูลระดับปฐมนิคมและทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลอุทกวิทยา ข้อมูลสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ และข้อมูลพลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วยเขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิราลงกรณ เขื่อนท่าทุ่งนา และเขื่อนแม่กลอง ข้อมูลความต้องการน้ำ ข้อมูลลักษณะกายภาพของพื้นที่ศึกษา และข้อมูลน้ำใต้ดิน ได้แก่ ข้อมูลบ่อสูบน้ำใต้ดินและข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ โดยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูลวิจัยก่อนนำมาศึกษา

ดังสรุปรายละเอียดที่สำคัญไว้ในตารางที่ 1-1 และรายละเอียดที่ตั้งของบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่ศึกษาแสดงในตารางที่ 1-2 นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ในจังหวัดนครปฐม ราชบุรี และกาญจนบุรี เพื่อศึกษาดูงานและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามดังแสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่ 1-1 สรุปรายละเอียดที่สำคัญของข้อมูลวิจัย

กลุ่มข้อมูล	ประเภทข้อมูล	ลักษณะข้อมูล	จำนวนสถานี
ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา	ข้อมูลสถิติภูมิอากาศ	รายคาบ 10-30 ปี	4
	ข้อมูลฝน	รายวัน	58**
	ข้อมูลน้ำท่า	รายวัน	16**
ข้อมูลสมตุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ เขื่อนศรีนครินทร์	ประเภทข้อมูล	ลักษณะข้อมูล	ช่วงข้อมูล
	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้า	รายวัน	1/1/2523-31/12/2558
	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อย	รายวัน	1/1/2523-31/12/2558
	ข้อมูลปริมาณการระเหย	รายวัน	1/1/2523-31/12/2558
	ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกัก	รายวัน	1/1/2523-31/12/2558
	ข้อมูลระดับน้ำเก็บกัก	รายวัน	1/1/2523-31/12/2558
เขื่อนวชิราลงกรณ	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้า	รายวัน	1/10/2527-31/12/2558
	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อย	รายวัน	1/10/2527-31/12/2558
	ข้อมูลปริมาณการระเหย	รายวัน	1/10/2527-31/12/2558
	ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกัก	รายวัน	1/10/2527-31/12/2558
	ข้อมูลระดับน้ำเก็บกัก	รายวัน	1/10/2527-31/12/2558
เขื่อนท่าทุ่งนา	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้า	รายวัน	1/12/2524-31/12/2558
	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อย	รายวัน	1/12/2524-31/12/2558
	ข้อมูลปริมาณการระเหย	รายวัน	1/12/2524-31/12/2558
	ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกัก	รายวัน	1/12/2524-31/12/2558
	ข้อมูลระดับน้ำเก็บกัก	รายวัน	1/12/2524-31/12/2558
เขื่อนแม่กลอง	ข้อมูลระดับน้ำเก็บกัก	รายวัน	2543-2558
	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ผันไปใช้	รายวัน	2543-2558
	คลอง 1L	รายวัน	2543-2558
	คลอง 2L	รายวัน	2543-2558
	คลอง 1R	รายวัน	2543-2558

ตารางที่ 1-1 (ต่อ)

กลุ่มข้อมูล	ประเภทข้อมูล	ลักษณะข้อมูล	จำนวนสถานี
	คลอง 2R	รายวัน	2543-2558
	คลอง LMC	รายวัน	2543-2558
	ข้อมูลปริมาณน้ำที่ผันเข้า คลอง	รายเดือน	2543-2558
	ข้อมูลปริมาณน้ำระบาย ท้ายเขื่อน	รายเดือน	2543-2558
ข้อมูลพลังงานไฟฟ้า* เขื่อนศรีนครินทร์	จำนวนชั่วโมงการ เดินเครื่อง	รายชั่วโมง	1/1/2545-13/5/2557
	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	รายชั่วโมง	1/1/2545-13/5/2557
เขื่อนวชิราลงกรณ	จำนวนชั่วโมงการ เดินเครื่อง	รายชั่วโมง	1/1/2545-5/5/2557
	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	รายชั่วโมง	1/1/2545-5/5/2557
เขื่อนท่าทุ่งนา	จำนวนชั่วโมงการ เดินเครื่อง	รายชั่วโมง	1/1/2545-26/6/2557
	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	รายชั่วโมง	1/1/2545-26/6/2557
ข้อมูลความต้องการน้ำ	ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก โครงการชลประทานแม่ กลองใหญ่	รายฤดูกาล/ รายปี	2551/2552-2556/2557
	ข้อมูลรายงานระดับน้ำ คลองประปาฝั่งตะวันตก	รายวัน	27/01/2550-10/10/2556
ข้อมูลลักษณะกายภาพ	เขื่อน	บรรยาย	-
	อ่างเก็บน้ำ	บรรยาย	-
	โรงไฟฟ้า	บรรยาย	-
	พื้นที่ลุ่มน้ำ/การใช้ที่ดิน	บรรยาย	-
ข้อมูลน้ำใต้ดิน	ข้อมูลบ่อสูบน้ำใต้ดิน	ข้อมูลสรุป	-
	ข้อมูลบ่อสังเกตการณ์	ข้อมูลสรุป	-

หมายเหตุ : * รวบรวมจากฐานข้อมูล HydroDatabase System ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

** คัดเลือกสถานีตรวจวัดดัชนีมาใช้ในการกำหนดรูปแบบแบบจำลอง WEAP เท่านั้น

ตารางที่ 1-2 รายละเอียดที่ตั้งของบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่ศึกษา

ลำดับ	พิกัด		สถานี	เลขที่บ่อ	ที่ตั้ง
	ตะวันออก	เหนือ			
1*	616942	1518972	CT151/4	NL0100	วัดดอนยายหอม อ.เมือง จ.นครปฐม
2	618097	1528536	CT114/3	NB0090	วัดไร่เกะตันสำโรง อ.เมือง จ.นครปฐม
3	611275	1530612	CT158/2	NB0123	วัดวังตะกู อ.เมือง จ.นครปฐม
4*	601999	1538751	CT154/1	PT0012	วัดหนองงูเหลือม อ.เมือง จ.นครปฐม
5*	607135	1525309	CT115/3	NB0091	วัดหนองดินแดง อ.เมือง จ.นครปฐม
6*	606031	1561216	CT152/2	NL0099	วัดทะเลบก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
7*	622290	1540233	CT156/2	SK0008	วัดดอนพุทรา อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
8*	609053	1553160	CT155/3	PD0115	วัดดอนเตาอิฐ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
9	628116	1526588	CT150/1	SK0003	วัดแค อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม
10*	628990	1535070	CT113/2	NL0090	วัดละมุด อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม
11*	625804	1550379	CT116/2	NL0094	ที่ว่าการอำเภอบางเลน อ.บางเลน จ.นครปฐม
12*	620508	1560845	CT153/2	NL0104	วัดบางหลวง อ.บางเลน จ.นครปฐม
13	625821	1516291	CT111/2	NB0087	วัดวังน้ำขาว อ.สามพราน จ.นครปฐม
14	623219	1508606	CT162/3	PT0017	วัดเจ็ดริ้ว อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร
15	621463	1497147	CT163/3	NB0106	วัดยกระบัตร์ อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร
16	617510	1506980	CT164/5	PT0026	วัดรางต้นนิลประดิษฐ์ อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร
17	614819	1505176	CT165/5	SK0024	วัดหนองสองห้อง อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร
18*	610945	1550038	CWE88/2	CT882	อบต.ดอนข่อย อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
19*	592075	1551232	CWE87/1	CT871	วัดสี่แยกเจริญพร อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
20*	602381	1547294	CWE86/2	CT862	วัดกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
21*	589022	1566460	CWE117/1	NA	วัดหนองกระดี่ อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี
22*	588896	1566424	CWE117/2	NA	วัดหนองกระดี่ อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี
23*	596723	1582692	CWE121/1	NA	วัดใหม่สิทธิवास อ.อุทอง จ.สุพรรณบุรี
24*	571874	1548812	CWE102/2	CWE1022	วัดกร่างทองราษฎร์บูรณะ อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี
25*	593553	1543998	CWE103/1	CWE10311	ที่สาธารณะอ้อกระทุ้ง อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี
26*	593556	1544013	CWE103/2	CWE10312	ที่สาธารณะอ้อกระทุ้ง อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี
27*	593551	1544015	CWE103/3	CWE10313	ที่สาธารณะอ้อกระทุ้ง อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี
28*	582346	1537409	CWE104/1	CWE1041	วัดห้วยเหนียว อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี
29	604300	1502850	CWE91/2	CWE912	วัดโคกบำรุงราษฎร์ อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี
30*	599819	1497539	CWE85/2	RB05	โรงเรียนเนกขัมวิทยา อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี
31*	591231	1522492	CWE92/1	CWE921	วัดม่วง อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี
32*	588284	1531921	CWE93/1	CWE931	วัดรางวาลย์ อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี

ตารางที่ 1-2 (ต่อ)

ลำดับ	พิกัด		สถานี	เลขที่บ่อ	ที่ตั้ง
	ตะวันออก	เหนือ			
33	607277	1510326	CWE94/2	CWE942	หน้าวัดดอนมะขามเทศ อ.บางแพ จ.ราชบุรี
34*	592294	1507280	CWE96/2	CWE962	วัดดอนทราย อ.โพธาราม จ.ราชบุรี
35*	592956	1493783	CWE97/2	CWE972	วัดบางศรีเพชร อ.เมือง จ.ราชบุรี
36*	595589	1487320	CWE99/1	CWE973	เทศบาลตำบลวัดเพลง อ.วัดเพลง จ.ราชบุรี
37*	596050	1487210	CWE99/3	CWE975	เทศบาลตำบลวัดเพลง อ.วัดเพลง จ.ราชบุรี
38*	583375	1515848	CWE98/1	CWE981	ศูนย์ทรัพยากรน้ำบาดาลภาค 10 อ.โพธาราม จ.ราชบุรี
39*	578958	1500827	NA	560B030	สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 8 อ.เมือง จ.ราชบุรี

หมายเหตุ : ข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ที่มีข้อมูลสมบูรณ์จำนวน 29 บ่อ

1.6.2 การประเมินศักยภาพของสถานะน้ำต้นทุนในลุ่มน้ำแม่กลองโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยนี้แบ่งการประเมินศักยภาพของสถานะน้ำต้นทุนใน 2 ลักษณะคือ (1) แหล่งน้ำผิวดิน (Surface Water) และ (2) แหล่งน้ำใต้ดิน (Groundwater)

1.6.2.1 การประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดิน (Analyzing Surface Water Potential)

วัตถุประสงค์ของการขั้นตอนนี้เพื่อประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลองโดยอาศัยแบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำ (Water Evaluation and Planning Model, WEAP) โดยขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง (Modeling Process) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาในแบบจำลอง WEAP

ขั้นตอนแรกในการพัฒนาแบบจำลอง WEAP เพื่อประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลองจะเริ่มต้นจากการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาซึ่งครอบคลุมถึง ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองและองค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบทรัพยากรน้ำเช่น แม่น้ำ (Rivers) อ่างเก็บน้ำ (Reservoirs) โหนดความต้องการน้ำ (Demand Sites) และองค์ประกอบอื่น ๆ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 : การนำข้อมูลป้อนเข้าแบบจำลอง

ขั้นตอนนี้จะครอบคลุมถึงการแปลความหมายข้อมูลและป้อนข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง WEAP โดยรายละเอียดได้สรุปไว้ในตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 การป้อนข้อมูลเข้าแบบจำลอง WEAP

ข้อมูลป้อนเข้า	วัตถุประสงค์	วิธีต่าง ๆ ในแบบจำลอง WEAP	วิธีที่เลือกใช้ในการศึกษานี้
ข้อมูลลุ่มน้ำ (Catchment Data)	เพื่อจำลองกระบวนการทางอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ	(1) Irrigation Demands Only Method (Simplified Coefficient Method) (2) Rainfall-Runoff Method (Simplified Coefficient Method) (3) Rainfall-Runoff Method (Soil Moisture Method) (4) MABIA Method (5) Plant Growth Model (PGM)	Rainfall-Runoff Method (Simplified Coefficient Method) เนื่องจากสามารถใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้ในการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Evapotranspiration Crop Coefficients) และข้อมูลน้ำท่าจากการจำลองระบบ (Simulated Runoff)
ข้อมูลป้อนเข้า	ประเภทของข้อมูล	รายละเอียดสำคัญ	
ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Data)	ข้อมูลกายภาพของอ่างเก็บน้ำ (Physical Data)	ข้อมูลเชิงความจุ-พื้นที่-ระดับของอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกัก ข้อมูลการระเหยและการรั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลการปล่อยน้ำ	
	ข้อมูลปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Operational Data)	ข้อมูลโซนปริมาตรเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลระดับน้ำเก็บกักของปริมาตรเก็บกักที่ใช้การ ข้อมูลระดับน้ำเก็บกักของโซนบัพเฟอร์ ข้อมูลระดับน้ำเก็บกักของปริมาตรเก็บกักไม่ใช้การ	

ตารางที่ 1-3 (ต่อ)

ข้อมูลป้อนเข้า	ประเภทของข้อมูล	รายละเอียดสำคัญ
ข้อมูลแม่น้ำ (River Data)	ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำ (Headflow)	สามารถป้อนเข้าข้อมูลอัตราการไหลของน้ำในแบบจำลองได้ 2 แบบคือ แบบที่ 1 อาศัยค่าที่สังเคราะห์จากวิธีการคำนวณในกลุ่มน้ำ แบบที่ 2 ป้อนเข้าค่าโดยตรงโดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ ที่จัดเตรียมไว้ในแบบจำลอง WEAP ได้แก่ วิธีปีน้ำ (Water Year Method) วิธีอ่านค่าจากไฟล์นำเข้า (Read from File Method) และอาศัยสมการ (Expressions)
ข้อมูล Transmission Links	ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำสูงสุด (Maximum Flow Volume)	ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำสูงสุดรายเดือน (Maximum Monthly Flow)
	ข้อมูลการสูญเสียน้ำจากระบบ (Loss from System)	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการระเหยเทียบกับข้อมูลอัตราการไหลของน้ำผ่านระบบ
	ข้อมูลการไหลซึมของน้ำผ่านชั้นน้ำใต้ดิน (Loss to Groundwater)	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำเทียบกับข้อมูลอัตราการไหลของน้ำผ่านโหมดชั้นน้ำใต้ดิน
ข้อมูลการผันน้ำ (Diversion)	ข้อมูลการผันน้ำสูงสุด (Maximum Diversion)	ข้อมูลการผันน้ำสูงสุดรายเดือน (Maximum Monthly Diversion) ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพ และข้อจำกัดในการปล่อยน้ำ
	ข้อมูลสัดส่วนการผันน้ำ (Fraction Diverted)	ข้อมูลสัดส่วนของการผันน้ำจากแม่น้ำหลักซึ่งป้อนเข้าในแบบจำลองในรูปของเปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1-3 (ต่อ)

ข้อมูลป้อนเข้า	ประเภทของข้อมูล	รายละเอียดสำคัญ
ข้อมูลความต้องการน้ำ (Demand Sites)	ข้อมูลรายละเอียดกิจกรรมการใช้น้ำ	ข้อมูลระดับกิจกรรมการใช้น้ำต่าง ๆ เช่น การเกษตรกรรม การอุปโภคบริโภค การอุตสาหกรรม เป็นต้น
	ข้อมูลอัตราการใช้น้ำรายปี	ข้อมูลอัตราการใช้น้ำรายปีของกิจกรรมการใช้น้ำต่าง ๆ
	ข้อมูลอัตราการใช้น้ำรายเดือน	ข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำรายเดือน (เทียบกับข้อมูลความต้องการน้ำรายปี)
	ข้อมูลอัตราการสูญเสียน้ำ (Loss Rate)	ข้อมูลการสูญเสียน้ำของแต่ละโหนดความต้องการน้ำ
	ข้อมูลอัตราการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse Rate)	ข้อมูลอัตราการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ของแต่ละโหนดความต้องการน้ำ
ข้อมูลน้ำใต้ดิน (Groundwater Data)	ข้อมูลปริมาณเก็บกักน้ำ (Storage Capacity)	ข้อมูลปริมาณเก็บกักสูงสุดของชั้นน้ำใต้ดินตามทฤษฎี (Maximum Theoretical Capacity of Aquifer)
	ข้อมูลปริมาณเก็บกักน้ำเริ่มต้น (Initial Storage)	ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกักในชั้นน้ำใต้ดินที่ช่วงเวลาเริ่มต้นของการจำลองระบบ
	ข้อมูลการใช้น้ำใต้ดินสูงสุด (Maximum Withdrawal)	ข้อมูลการสูบน้ำใต้ดินไปใช้สูงสุดรายเดือน (Monthly Maximum Withdrawal)
	ข้อมูลการเติมน้ำใต้ดิน (Groundwater Recharge)	ข้อมูลการเติมน้ำใต้ดินรายเดือนลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน

ขั้นตอนที่ 3 : การจำลองระบบและปรับเทียบแบบจำลอง (Model Simulation and Calibration)

ขั้นตอนนี้เป็นการปรับเทียบแบบจำลองจนกระทั่งผลลัพธ์ที่ได้แบบจำลองสะท้อนภาพรวมของการบริหารจัดการน้ำผิวดินซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2

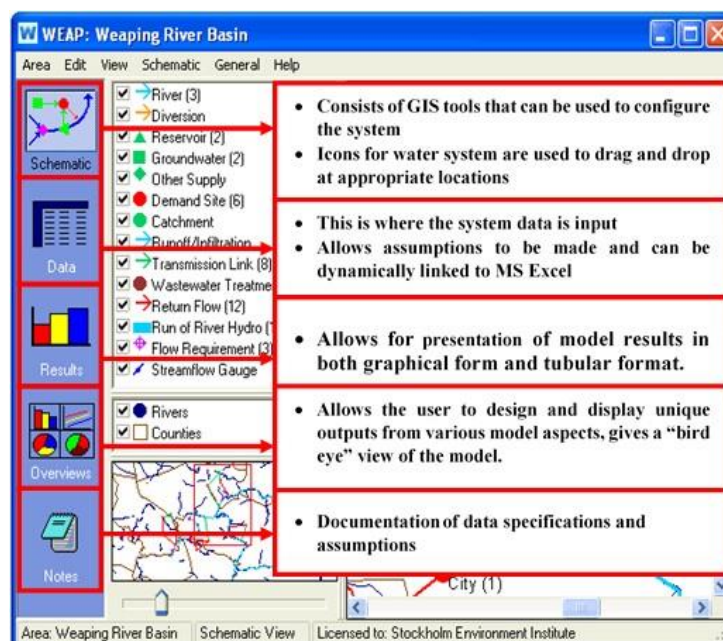
ขั้นตอนที่ 4 : การกำหนดสถานการณ์สมมติเพื่อจำลองสถานการณ์น้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลอง (Scenario Setting)

ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดสถานการณ์สมมติเพื่อจำลองสถานการณ์น้ำในลุ่มน้ำแม่กลองใน 2 ลักษณะคือ (1) การเปลี่ยนแปลงปัจจัยน้ำต้นทุนจากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก และ (2) การเปลี่ยนแปลงปัจจัยความต้องการน้ำในพื้นที่ศึกษา

ขั้นตอนที่ 5 : ประเมินศักยภาพของน้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลอง (Assessment of the Surface Potential)

ในขั้นตอนสุดท้ายจะทำการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพของน้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลองจากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบด้วยแบบจำลอง WEAP ของสถานการณ์อ้างอิงปัจจุบันและสถานการณ์สมมติในอนาคต

สำหรับรายละเอียดของขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง WEAP และรายละเอียดขั้นตอนการประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดินแสดงในภาพที่ 1-1 และภาพที่ 1-2



ภาพที่ 1-1 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง WEAP



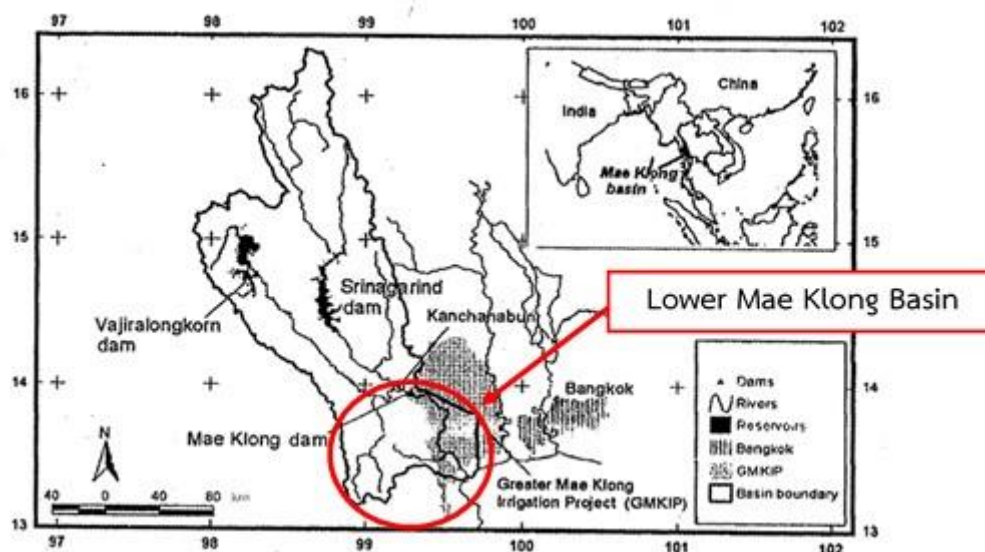
ภาพที่ 1-2 รายละเอียดขั้นตอนการประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดิน

1.6.2.2 การประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำใต้ดิน (Analyzing Groundwater Potential)

วัตถุประสงค์ของการขั้นตอนนี้เพื่อประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำใต้ดินในลุ่มน้ำแม่กลองโดยอาศัยแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน (Model of Groundwater Flow, VISUAL MODFLOW) เพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินและประเมินสถานการณ์ของน้ำใต้ดินในพื้นที่เพื่อนำไปใช้ในการบริหารจัดการร่วมกับแหล่งน้ำผิวดิน โดยขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง (Modeling Process) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาในแบบจำลอง VISUAL MODFLOW

ในการพัฒนาแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง ขั้นตอนแรกจะเริ่มต้นจากการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นพื้นที่ทางตอนล่างของลุ่มน้ำแม่กลองดังแสดงในภาพที่ 1-



ภาพที่ 1-3 การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาในแบบจำลอง VISUAL MODFLOW

ขั้นตอนที่ 2 : การนำข้อมูลป้อนเข้าแบบจำลอง

ขั้นตอนนี้จะครอบคลุมถึงการแปลความหมายข้อมูลและป้อนข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง VISUAL MODFLOW โดยรายละเอียดได้สรุปไว้ในตารางที่ 1-4

ตารางที่ 1-4 การป้อนข้อมูลเข้าแบบจำลอง MODFLOW

ข้อมูลป้อนเข้า	ประเภทของข้อมูล	รายละเอียดสำคัญ
ข้อมูลความสูงภูมิประเทศ เชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM)	เป็นข้อมูลที่ใช้แสดงลักษณะ ความสูงภูมิประเทศเชิงเลขใน พื้นที่โดยแสดงข้อมูลในลักษณะ ค่าพิกัด X, Y และ Z	สามารถระบุลักษณะกายภาพ ของพื้นที่ศึกษาในแบบจำลอง ตามลักษณะข้อมูลความสูงภูมิ ประเทศเชิงเลข
ข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชั้นดิน (Borehole Data)	ข้อมูลระดับพื้นที่ (Elevation of Topography)	ข้อมูลจะถูกนำมาใช้ในการจัด จำแนกชั้นน้ำใต้ดินตามสัณฐาน ทางธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา
	ข้อมูลระดับของชั้นน้ำใต้ดิน (Elevation of Aquifer Layers)	
	ข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่ชั้นน้ำใต้ ดินต่าง ๆ (Elevation of Groundwater Level at each Aquifer Layer)	

ตารางที่ 1-4 (ต่อ)

ข้อมูลป้อนเข้า	ประเภทของข้อมูล	รายละเอียดสำคัญ
ข้อมูลคุณสมบัติของชั้นน้ำใต้ดิน (Aquifer Properties)	ข้อมูลสภาพนำทางชลศาสตร์ (Hydraulic Conductivity)	เป็นข้อมูลที่แสดงถึงคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำใต้ดิน
	ข้อมูลความพรุนในดิน (Porosity)	
	ข้อมูลสัมประสิทธิ์การเก็บกัก (Specific storage)	
ข้อมูลสภาพขอบเขตของพื้นที่ในแบบจำลอง (Boundary Condition)	ข้อมูลระดับน้ำของบ่อสังเกตการณ์ (Observation Wells)	ข้อมูลสภาพขอบเขตของแบบจำลองเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งหมดในระบบซึ่งส่งผลต่อชลศาสตร์การไหลของน้ำ
	ข้อมูลแม่น้ำ (Rivers)	
	ข้อมูลปริมาณการคายระเหยของพืช (Crop Evapotranspiration)	
	ข้อมูลการเติมน้ำใต้ดิน (Recharge Data)	
ข้อมูลการสูบน้ำใต้ดินไปใช้ (Extraction Data)	ข้อมูลน้ำใต้ดินจากบ่อสูบ (Pumping Wells Data)	ข้อมูลอัตราการสูบน้ำใต้ดินไปใช้ (Pumping Rate)

ขั้นตอนที่ 3 : การจำลองระบบและปรับเทียบแบบจำลอง (Model Simulation and Calibration)

ในทำนองเดียวกันขั้นตอนนี้จะเป็นการปรับเทียบแบบจำลองจนกระทั่งผลลัพธ์ที่ได้แบบจำลองสะท้อนภาพรวมของการบริหารจัดการน้ำใต้ดินซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2 ในขั้นตอนนี้จะทำการสำรวจข้อมูลน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาภาคสนามเพื่อพิจารณาทวนสอบข้อมูลปริมาณน้ำใต้ดินจากบ่อบาดาล (Pumping Wells) และบ่อสังเกตการณ์ (Observation Wells) และนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อพิจารณาปรับเทียบพารามิเตอร์ในแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 : การกำหนดสถานการณ์สมมุติเพื่อจำลองสถานการณ์น้ำใต้ดินในกลุ่มน้ำแม่กลอง Scenario Setting)

ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดสถานการณ์สมมุติเพื่อจำลองสถานการณ์น้ำใต้ดินในกลุ่มน้ำแม่กลองโดยกำหนดให้อัตราการสูบน้ำใต้ดินต่อวันสูงขึ้น (Increase in Pumping Rates) ซึ่งสะท้อนถึง

โอกาสความเป็นไปได้ของการเพิ่มการใช้น้ำใต้ดินโดยเฉพาะสำหรับภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษาในอนาคต

ขั้นตอนที่ 5 : ประเมินศักยภาพของน้ำใต้ดินในลุ่มน้ำแม่กลอง (Assessment of the Surface Water Potential)

ในขั้นตอนสุดท้ายจะทำการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพของน้ำใต้ดินในลุ่มน้ำแม่กลองจากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบด้วยแบบจำลอง VISUAL MODFLOW เพื่อศึกษาถึงระยะน้ำลด (Groundwater Drawdown) และข้อมูลสมดุลลงบนน้ำใต้ดิน (Groundwater Budget) ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน

สำหรับรายละเอียดของขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง VISUAL MODFLOW และรายละเอียดขั้นตอนการประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำใต้ดินแสดงในภาพที่ 1-4



ภาพที่ 1-4 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง VISUAL MODFLOW และรายละเอียดขั้นตอนการประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำใต้ดิน

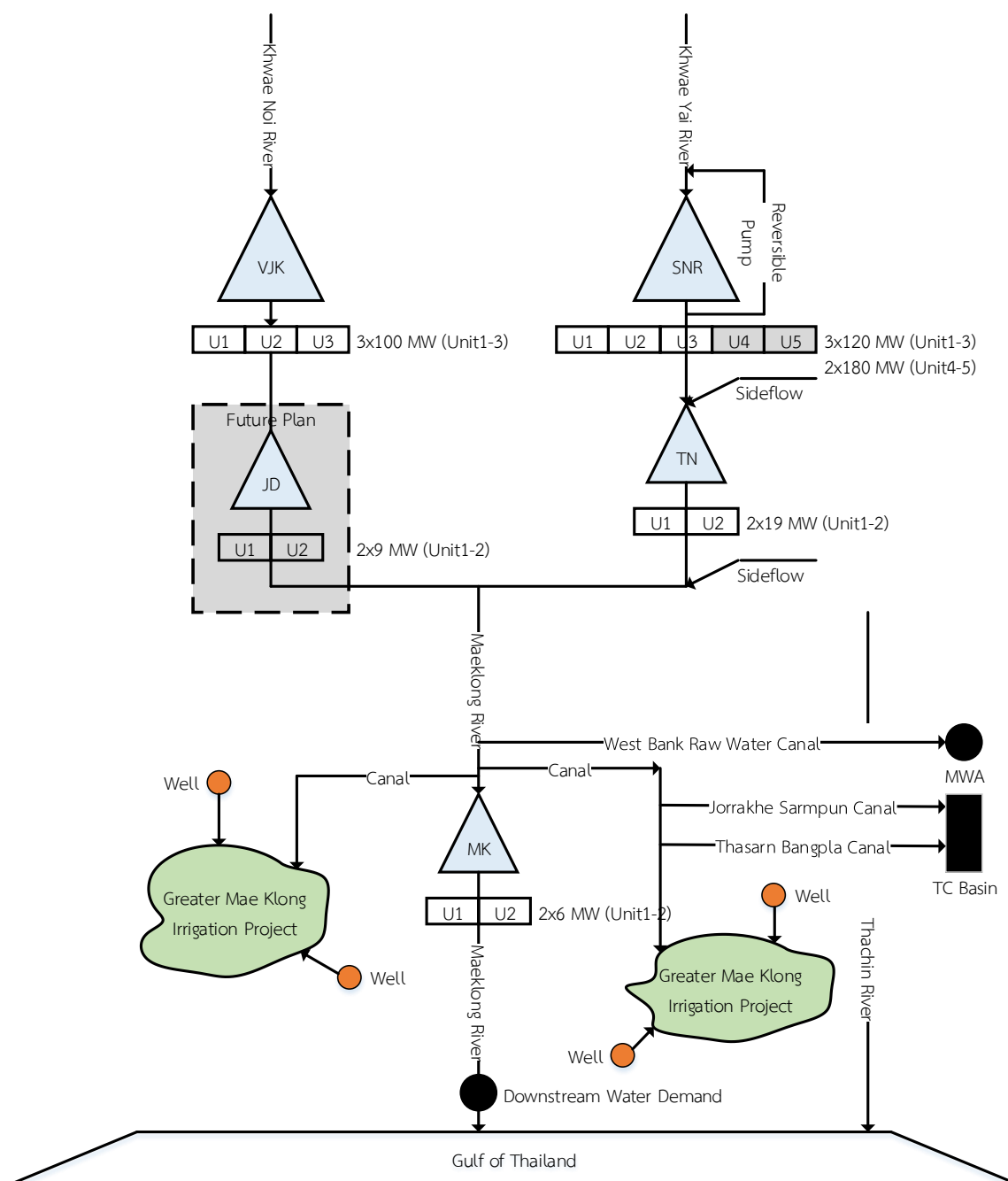
1.6.2.3 การเชื่อมโยงแบบจำลองน้ำผิวดินและแบบจำลองน้ำใต้ดิน (Linking Surface Water and Groundwater Models)

ทำการเชื่อมโยงแบบจำลองน้ำผิวดินและแบบจำลองน้ำใต้ดินเข้าด้วยกันเพื่อประเมินศักยภาพของสถานะน้ำต้นทุนในกลุ่มน้ำแม่กลอง

1.6.3 การพัฒนาแบบจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา (Development of Conjunctive Water Use Model in the Study Area)

1.6.3.1 แนวคิดการพัฒนาแบบจำลองการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน

ถึงแม้ภาพรวมด้านปริมาณน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดินในกลุ่มน้ำแม่กลองตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันจากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า กลุ่มน้ำแม่กลองมีศักยภาพในด้านปริมาณน้ำต้นทุนสูงและมีเพียงพอกับปริมาณความต้องการน้ำทั้งในพื้นที่กลุ่มน้ำแม่กลองเอง ตลอดจนยังสามารถจัดสรรน้ำไปใช้ในกลุ่มน้ำข้างเคียงได้อย่างเพียงพอ อย่างไรก็ตามจากสถานการณ์ความต้องการน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นความต้องการน้ำเพื่อควบคุมสภาพลำน้ำท้ายเขื่อนแม่กลองและความต้องการผันน้ำไปใช้ในกลุ่มน้ำท่าจีนในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับยุทธศาสตร์การวิจัยของประเทศที่มุ่งเน้นให้เกิดความมั่นคง (Security) และความยั่งยืน (Sustainability) ด้านน้ำทำให้แนวคิดการจัดการน้ำผิวดินน้ำร่วมกับน้ำใต้ดินในกลุ่มน้ำแม่กลองนำเสนอภายใต้ขอบเขตพื้นที่ศึกษาเฉพาะในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่เท่านั้นสำหรับนำไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดินในกลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่างตั้งแต่เขื่อนแม่กลองลงมาถึงปากแม่น้ำแม่กลองดังแสดงในภาพที่ 1-5



ภาพที่ 1-5 ความเชื่อมโยงระหว่างระบบน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

1.6.3.2 การกำหนดรูปแบบปัญหาด้วยเทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด (Model Formulation with Optimization Techniques)

งานวิจัยนี้นำเสนอรูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (Conjunctive Water Management) ของพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ใน 2 ลักษณะ (1)

รูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินบนพื้นฐานของปัจจัยน้ำต้นทุน (Water Supply-Based Optimization Model) และ (2) รูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินบนพื้นฐานของปัจจัยด้านการเงิน (Financial-Based Optimization Model) โดยมีข้อกำหนดของรูปแบบปัญหาแต่ละรูปแบบดังนี้

(1) รูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินบนพื้นฐานของปัจจัยน้ำต้นทุน (Water Supply-Based Optimization Model)

เป็นแบบจำลองที่ต้องการหาค่าสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่จะจัดสรรไปใช้เพื่อการชลประทานจากแหล่งน้ำใต้ดินต่อแหล่งน้ำผิวดินที่เหมาะสมเทียบกับปริมาณความต้องการน้ำชลประทานเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 โดยกำหนดให้ฟังก์ชันการขาดแคลนน้ำเกิดขึ้นน้อยที่สุด

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ :

$$\text{Min } f_D = \sum_{t=T_{\text{start}}}^{T_{\text{end}}} \sum_{d=1}^{ND_{\text{max}}} \left[\left| \sum_{s=1}^{NS_{\text{max}}} \frac{(F_D - D)}{D} \right| \right]$$

เมื่อ

f_D = ฟังก์ชันการขาดแคลนน้ำ (Unmet Water Demand Function)

F_D = ปริมาณน้ำที่จัดสรรไปให้จากแหล่งน้ำต้นทุน s ไปยังโหนดความต้องการน้ำ d ในช่วงเวลา $t = F_{\text{SWD}} + F_{\text{GWD}}$

F_{SWD} = ปริมาณน้ำที่จัดสรรไปให้จากแหล่งน้ำผิวดิน

F_{GWD} = ปริมาณน้ำที่จัดสรรไปให้จากแหล่งน้ำใต้ดิน

NS_{max} = จำนวนแหล่งน้ำต้นทุนในพื้นที่ศึกษา

ND_{max} = จำนวนโหนดความต้องการน้ำ D

ข้อจำกัด :

สมการข้อจำกัดจะครอบคลุมถึงสมการสมดุลน้ำ (Water Balance Equation) ข้อจำกัดด้านแหล่งน้ำต้นทุน (Water Supply Limits) และข้อจำกัดด้านกายภาพของพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

(2) รูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินบนพื้นฐานของปัจจัยด้านการเงิน (Financial-Based Optimization Model)

เป็นแบบจำลองที่ต้องการหาค่าสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่จะจัดสรรไปใช้เพื่อการชลประทานจากแหล่งน้ำใต้ดินต่อแหล่งน้ำผิวดินที่เหมาะสมเทียบกับปริมาณความต้องการน้ำชลประทานเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 โดยกำหนดให้ฟังก์ชันต้นทุนจากการใช้น้ำทั้งสองแหล่งมีค่าน้อยที่สุด

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ :

$$\text{Min } f_C = \frac{\sum_{t=T_{\text{start}}}^{T_{\text{end}}} [(\sum_{s=1}^{NS_{\text{max}}} (\sum_{d=1}^{ND_{\text{max}}} F_D \times (VOL + VOS) + FOL + CCL + CCS + FOS))]}{\sum_{t=T_{\text{start}}}^{T_{\text{end}}} (\sum_{s=1}^{NS_{\text{max}}} \sum_{d=1}^{ND_{\text{max}}} F_D) \times (T_{\text{end}} - T_{\text{start}})}$$

เมื่อ

- VOL = ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) ของการจัดสรรน้ำระหว่างแหล่งน้ำต้นตุน s กับโหนดความต้องการน้ำ d ในช่วงเวลา t (Operating Water Transmission Link)
- VOS = ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) ของการบริหารจัดการน้ำของแต่ละแหล่งน้ำต้นตุนในช่วงเวลา t (Operating Water Source)
- FOL = ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ของการจัดสรรน้ำระหว่างแหล่งน้ำต้นตุนกับโหนดความต้องการน้ำ
- CCL = งบลงทุน (Capital Cost) ของการจัดสรรน้ำระหว่างแหล่งน้ำต้นตุนกับโหนดความต้องการน้ำ
- CCS = งบลงทุน (Capital Cost) ของแต่ละแหล่งน้ำต้นตุนในช่วงเวลา t
- FOS = ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ของการบริหารจัดการน้ำของแต่ละแหล่งน้ำต้นตุนในช่วงเวลา t

ข้อจำกัด :

ในทำนองเดียวกันสมการข้อจำกัดจะครอบคลุมถึงสมการสมดุลน้ำ (Water Balance Equation) ข้อจำกัดด้านแหล่งน้ำต้นตุน (Water Supply Limits) ข้อจำกัดด้านกายภาพของพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ และข้อจำกัดด้านการเงินที่เกี่ยวข้อง

1.6.5 การประเมินโอกาสความเป็นไปได้ในการนำรูปแบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษา

ในขั้นตอนนี้เป็นการประเมินโอกาสความเป็นไปได้ในการนำรูปแบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษาโดยนำเสนอข้อดีข้อเสีย และความเป็นไปได้ในการปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Reoperation) ที่เขื่อนแม่กลองเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในระยะยาว

1.6.6 การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้จากผลการวิจัยสู่ผู้ปฏิบัติงาน

ทำการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อนำเสนอแนวคิด หลักการ สมมุติฐาน และข้อสรุปจากงานวิจัยเมื่องานวิจัยบรรลุผลสำเร็จตามแผนการถ่ายทอดองค์ความรู้จากผลการวิจัยสู่ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องในตารางที่ 1-5

1.6.7 ระยะเวลาทำการวิจัย และผลการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 1 ปี 6 เดือน ตั้งแต่วันที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2560-9 ตุลาคม พ.ศ. 2561 สำหรับรายละเอียดของแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัยและผลการดำเนินงานจริงแสดงในตารางที่ 1-6

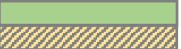
ตารางที่ 1-5 แผนการถ่ายทอดองค์ความรู้จากผลการวิจัยสู่ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง

แผนงานที่	หัวข้ออบรม	กลุ่มเป้าหมาย	จำนวนกลุ่มเป้าหมาย	วันเวลา-สถานที่จัดงาน
1	การนำเสนอแนวคิด หลักการ สมมุติฐาน ของงานวิจัย และสาธิต ฝึกปฏิบัติการการใช้งาน แบบจำลองระบบการวางแผนและ ประเมินสถานการณ์น้ำ (Water Evaluation and Planning Model, WEAP)	ตัวแทนจากหน่วยงานหลักได้แก่ (1) ฝ่ายบริหารและจัดการน้ำของ โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ สำนักชลประทานที่ 13 (2) สำนัก ทรัพยากรน้ำใต้ดินเขต 2 (สุพรรณบุรี) (3) สำนักทรัพยากร น้ำใต้ดินเขต 6 (ราชบุรี) และ สถาบันการศึกษาต่าง ๆ	มากกว่า 20 คน	วันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2560 สถานที่จัดงาน ม.มหิดล
2	การนำเสนอ สาธิตและฝึก ปฏิบัติการการใช้งานแบบจำลอง การไหลของน้ำใต้ดิน (Model of Groundwater Flow, MODFLOW)	ตัวแทนจากหน่วยงานหลักได้แก่ (1) ฝ่ายบริหารและจัดการน้ำของ โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ สำนักชลประทานที่ 13 (2) สำนัก ทรัพยากรน้ำใต้ดินเขต 2 (สุพรรณบุรี) (3) สำนักทรัพยากร น้ำใต้ดินเขต 6 (ราชบุรี) และ สถาบันการศึกษาต่าง ๆ	มากกว่า 20 คน	วันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 สถานที่จัดงาน ม.มหิดล

ตารางที่ 1-5 (ต่อ)

แผนงานที่	หัวข้ออบรม	กลุ่มเป้าหมาย	จำนวนกลุ่มเป้าหมาย	วันเวลา-สถานที่จัดงาน
3	นำเสนอแนวคิด หลักการ สมมุติฐาน และข้อสรุปจาก งานวิจัย	ตัวแทนจากหน่วยงานหลักได้แก่ (1) ฝ่ายบริหารและจัดการน้ำของ โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ สำนักชลประทานที่ 13 (2) สำนัก ทรัพยากรน้ำใต้ดินเขต 2 (สุพรรณบุรี) (3) สำนักทรัพยากร น้ำใต้ดินเขต 6 (ราชบุรี) และ สถาบันการศึกษาต่าง ๆ	มากกว่า 20 คน	เดือน 16 ของปีงบประมาณ สถานที่จัดงาน ม.มหิดล (ยังไม่ได้ ดำเนินการจัดงาน)

ตารางที่ 1-6 แผนการดำเนินงานวิจัยและผลการดำเนินงานจริง

กิจกรรม	ระยะเวลาดำเนินงาน (เดือน)											
	1	2	3	4	5-6	6-8	9-10	11-12	13	14	15	16
1. การรวบรวมข้อมูลวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น												
2. การวิเคราะห์สถานการณ์การบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองปัจจุบัน												
3. การประเมินศักยภาพของสถานะน้ำต้นทุนในลุ่มน้ำแม่กลองโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์												
3.1 การประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดิน												
3.2 การประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำใต้ดิน												
3.3 การเชื่อมโยงแบบจำลองน้ำผิวดินและแบบจำลองน้ำใต้ดิน												
4. การพัฒนาแบบจำลองการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในลุ่มน้ำแม่กลอง												
5. การประเมินโอกาสความเป็นไปได้ในการนำรูปแบบจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษา												
6. การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้จากผลการวิจัยสู่ผู้ปฏิบัติงาน												

หมายเหตุ :  แผนการดำเนินงาน  ผลการดำเนินงานจริง

1.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.7.1 การใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (Conjunctive Water Use)

การใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (Conjunctive Water Use) หมายถึงการหาคำตอบที่ดีที่สุดในการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินที่เหมาะสม การใช้น้ำร่วมกันของแหล่งน้ำ 2 แห่งได้แก่ แหล่งน้ำผิวดิน (Surface Water) และแหล่งน้ำใต้ดิน/น้ำบาดาล (Groundwater) เป็นการใช้แหล่งน้ำทั้ง 2 แห่งอย่างกลมกลืนเพื่อให้เกิดผลกระทบด้านกายภาพ สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจต่อน้อยที่สุด และให้เกิดความสมดุลระหว่างความต้องการน้ำและน้ำต้นทุนอย่างเหมาะสม (FAO, 1995) โดยหลักการแล้วน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำเดียวกันซึ่งเชื่อมต่อกันทางกายภาพโดยวัฏจักรน้ำ (Hydrologic Cycle) ถึงแม้ว่ากฎหมายน้ำและนโยบายด้านน้ำจะพิจารณาน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินแยกออกจากกัน แต่โดยทางปฏิบัติ น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินจะมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันทางศาสตร์ ซึ่งการพิจารณาน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำเดียวกันจะช่วยเพิ่มความชัดเจนในการจัดการน้ำ (Winter et al., 1998)

รัฐบาลออสเตรเลียได้พัฒนากกรอบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (Conjunctive Water Management Framework) สำหรับผู้จัดการหรือผู้มีอำนาจในการจัดการน้ำ ผู้กำหนดนโยบายน้ำ กลุ่มลุ่มน้ำ กลุ่มอุตสาหกรรม และอื่น ๆ เพื่อตรวจสอบปัจจัยหลักที่ต้องพิจารณาซึ่งกรอบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินประกอบด้วยรายละเอียดของ (1) ข้อกำหนดในการบริหารจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (Identify Management Setting) (2) การประเมินทรัพยากรน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (Assess Water Resources) (3) ความรู้ความเข้าใจและการทำนายผล (Understand and Predict) (4) การกำหนดเป้าหมายการบริหารจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (Set Management Targets) (5) การพัฒนาและทางเลือกในการบริหารจัดการ (Develop and Implement Management Options) (6) การติดตามผลและทบทวนผลการปฏิบัติงาน (Monitor and Review Performance) ซึ่งกรอบการจัดการนี้สามารถใช้ได้ตั้งแต่ระดับโครงการทุกขนาดจนถึงระดับลุ่มน้ำ ทั้งนี้ระบบการวางแผนและการจัดการน้ำที่มีอยู่จำนวนมากได้เข้าเป็นองค์ประกอบของกรอบการจัดการนี้ (Brodie et al., 2007)

1.7.2 แบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำ (Water Evaluation and Planning Model, WEAP)

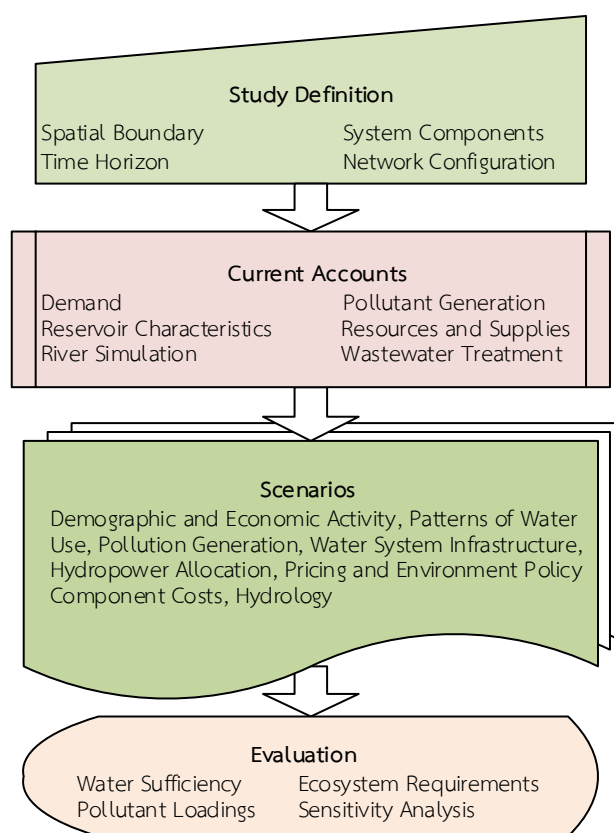
แบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำ (Water Evaluation And Planning Model) หรือที่เรียกโดยย่อว่าแบบจำลอง WEAP ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Stockholm Environment Institute (SEI) ประเทศสวีเดนซึ่งได้รับเงินทุนสนับสนุนจาก Hydrologic Engineering Center of the US Army Corps of Engineers ประเทศสหรัฐอเมริกา แบบจำลอง WEAP เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการวางแผนงานด้านทรัพยากรน้ำ เป็นเครื่องมือสำหรับคาดการณ์เพื่อวางแผนการจัดสรรน้ำในอนาคต เครื่องมือวิเคราะห์ด้านนโยบาย และเป็นเครื่องมือประเมินทางเลือกการพัฒนาและจัดสรรน้ำโดยอาศัย

หลักการสมดุลน้ำ (Water Balance Principle) สามารถวิเคราะห์ความต้องการน้ำ แหล่งน้ำต้นทุน สิทธิการใช้น้ำ ลำดับความสำคัญในการจัดสรรน้ำ จำลองระบบการไหลในลำน้ำ การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ไฟฟ้าพลังงานน้ำ ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ความต้องการน้ำเพื่อรักษาสมดุลนิเวศน์ และวิเคราะห์ผลประโยชน์ของโครงการ โดยล่าสุดในเดือนมิถุนายนของปี ค.ศ. 2018 ได้มีการอัปเดตแบบจำลอง WEAP เวอร์ชันใหม่

แบบจำลอง WEAP ได้ถูกนำไปใช้ในการประเมินด้านน้ำมากกว่า 20 ประเทศ เช่น Johnson (1994) ใช้ WEAP ในการสร้างแบบจำลองลุ่มแม่น้ำ Apalachicola-Chattahoochee-Flint เพื่อประเมินลุ่มน้ำแบบผสมผสานของรัฐ Alabama Florida และ Georgia ซึ่งอาศัยน้ำจากลุ่มน้ำนี้ทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินและเกิดความขัดแย้งระหว่างผู้ใช้น้ำด้านเหนือและด้านท้ายน้ำ ซึ่งคณะทำงานได้วิเคราะห์การใช้น้ำและแผนการจัดสรรน้ำระหว่างรัฐเพื่อกำหนดการจัดสรรน้ำในภูมิภาคอย่างเป็นธรรมและยั่งยืน Levite et al. (2003) ได้จัดทำแผนการบริหารจัดการความต้องการน้ำในลุ่มน้ำ Olifants ในแอฟริกาใต้โดยใช้ WEAP ในการสร้างแบบจำลองเพื่อจำลองและวิเคราะห์แผนการส่งน้ำต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพฤติกรรม การใช้น้ำในสภาพอากาศที่แตกต่างจากปีที่ผ่านมาถึงปีปกติ Alfarra (2004) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาการบริหารจัดการลุ่มน้ำแบบผสมผสานของลุ่มน้ำทะเลสาบ Naivasha ในประเทศเคนยา โดยพิจารณาสถานการณ์ทั้งลุ่มน้ำเพื่อแยกปัญหาและจุดอ่อน ค้นหาการปรับปรุง ซึ่งพบว่าปัญหาสำคัญไม่ใช้การขาดแคลนน้ำ แต่เป็นการบริหารจัดการทะเลสาบ ผลการศึกษาได้เสนอแนะว่าให้จัดตั้งคณะกรรมการลุ่มน้ำเพื่อควบคุมการใช้น้ำในทุกระดับ รวมทั้งสร้างความเข้มแข็งให้กับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการแหล่งน้ำธรรมชาติ สิทธิการใช้น้ำ และการบังคับตามกฎหมาย

สำหรับในประเทศไทยแม้แบบจำลอง WEAP จะไม่เป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากนัก แต่ก็มีนักวิจัยและหน่วยงานต่าง ๆ ได้นำแบบจำลองนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำในแง่มุมต่าง ๆ เช่น Asian Development Bank (2005) ได้ดำเนินการจัดตั้งวิธีการจัดสรรน้ำในลุ่มน้ำบางปะกง ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่าง IWMI South East Asia กรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะกรรมการลุ่มน้ำบางปะกง เพื่อสร้างความเข้มแข็งในการบริหารจัดการน้ำแบบผสมผสานในลุ่มน้ำ และเพิ่มความสามารถให้คณะกรรมการลุ่มน้ำในการลดความขัดแย้ง ญัฐพล (2551) ใช้แบบจำลอง WEAP ร่วมกับข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาสภาพน้ำท่วมขังในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน โดยแบบจำลอง WEAP ถูกใช้ในการประเมินปริมาณน้ำส่วนเกินจากพื้นที่ชลประทาน ซึ่งแบบจำลองแสดงให้เห็นว่า ในช่วงฤดูแล้งปริมาณน้ำเฉลี่ยมากกว่า 2,000 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เป็นน้ำที่รับมาจากแม่น้ำแม่กลองผ่านคลองจรเข้สามพัน ส่วนในฤดูฝนปริมาณน้ำส่วนเกินเป็นน้ำที่ระบายจากพื้นที่ในและนอกเขตชลประทาน ผลจากแบบจำลองช่วยในการประเมินความสามารถในการรับน้ำของพื้นที่ และใช้กำหนดแนวทางการจัดการสำหรับลดระดับความรุนแรงของน้ำท่วมขังได้

อาจกล่าวได้ว่าแบบจำลอง WEAP เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวางแผนแหล่งน้ำแบบผสมผสานในลักษณะการให้ความสนับสนุนผู้ชำนาญด้านการวางแผนในด้านเป็นฐานข้อมูล (Database) เป็นเครื่องมือในการคาดการณ์ (Forecasting) และเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์นโยบาย (Policy Analysis) จุดเด่นของ WEAP คือการใช้แนวทางผสมผสานเพื่อจำลองระบบน้ำและการกำหนดทิศทางของนโยบาย WEAP จึงเป็นเหมือนการทดลองเพื่อทดสอบทางเลือกของการพัฒนาแหล่งน้ำและแผนการบริหารจัดการ (“What if” question) (Stockholm Environment Institute, 2005) โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังภาพที่ 1-6



ภาพที่ 1-6 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง WEAP
ที่มา : ยุทธนาและบัญชา (2554)

แนวทางของ WEAP จะดำเนินการบนหลักการพื้นฐานของสมดุลน้ำโดยจัดสมการด้านอุปสงค์ (Demand Side) ได้แก่ รูปแบบการใช้น้ำ ประสิทธิภาพของเครื่องมือ การนำกลับมาใช้ ราคาและการจัดสรร ให้เท่ากับด้านอุปทาน (Supply Side) ได้แก่ น้ำในทางน้ำ น้ำใต้ดิน อ่างเก็บน้ำ และการผันน้ำ ซึ่งสามารถใช้ได้กับระบบเมืองและการเกษตร กลุ่มน้ำเดี่ยวหรือระบบแม่น้ำที่มีขอบเขตซับซ้อน ยิ่งกว่านั้น WEAP ยังครอบคลุมปัญหาได้อย่างกว้างขวาง เช่น การวิเคราะห์ความต้องการของภาคการใช้น้ำต่าง ๆ

การอนุรักษ์น้ำ สิทธิน้ำและลำดับสิทธิการส่งน้ำ การจำลองน้ำใต้ดินและน้ำในทางน้ำ การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ การติดตามมลภาวะ ความต้องการระบบนิเวศ การประเมินความเปราะบาง และการวิเคราะห์การคุ้มทุนของโครงการ WEAP จะคำนวณสมดุลน้ำและมลภาวะสำหรับทุกความต้องการในแต่ละเดือนของช่วงเวลาการวิเคราะห์ ปริมาณที่เข้าและออก (Inflow and Outflow) ในแต่ละจุดจะถูกคำนวณเพื่อหาค่าที่เหมาะสมแบบ Linear Program โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดความพอใจสูงสุดสำหรับจุดที่มีความต้องการ (Demand Site) และความต้องการน้ำในลำน้ำที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้ ซึ่งต้องเป็นไปตามลำดับสิทธิความต้องการ ลำดับสิทธิของแหล่งน้ำ สมดุลมวล และข้อจำกัดอื่น ๆ (Sieber et al., 2005) จากนั้น WEAP จะทำการตรวจสอบปริมาณน้ำที่ภาคการใช้น้ำต่าง ๆ ได้รับ และประเมินสถานการณ์ของระบบเมื่อมีการจัดสรรน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนด

1.7.3 แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน (Model of Groundwater Flow, MODFLOW)

แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน VISUAL MODFLOW เป็นแบบจำลองแบบ 3 มิติที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำแบบจำลองน้ำใต้ดินโดยสามารถจำลองการไหลแบบคงที่ (Steady Flow) และการไหลแบบไม่คงที่ (Non-Steady Flow) สำหรับการไหลในรูปร่างต่าง ๆ ได้ อีกทั้งยังสามารถจำลองการไหลในชั้นหินอุ้มน้ำไร้แรงดันหรือหินอุ้มน้ำมีแรงดันและรวมถึงไหลภายนอก เช่น การไหลของน้ำจากบ่อน้ำลงสู่ใต้ดิน เป็นต้น และสามารถแยกจำลองค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านสำหรับชั้นดินที่แตกต่างกันได้ โดยการไหลของน้ำใต้ดินแบบ 3 มิติที่ความหนาแน่นคงที่ผ่านรูพรุนของชั้นดินสามารถอธิบายได้ด้วยสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (Partial-Differential Equation) (Harbaugh et al., 2000) ดังนี้

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) + W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

เมื่อ K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} = ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในแกน x, y และ z

h = ค่าโพเทนชิโอเมตริกเฮด (Potentiometric Head)

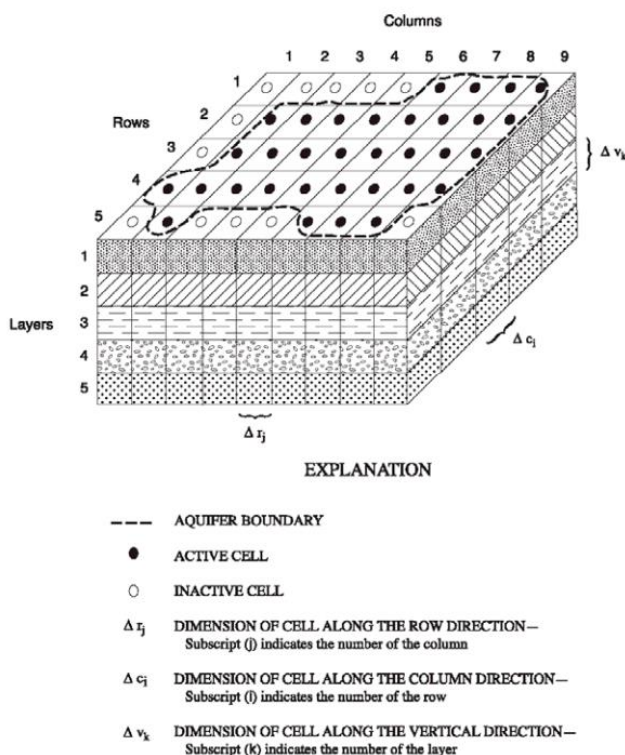
W = ปริมาตรการไหล (Volumetric Flux) ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของแหล่งน้ำ $W <$

0.0 สำหรับการไหลของน้ำออกจากกระบบน้ำใต้ดิน และ $W > 0.0$ สำหรับการไหลของน้ำเข้าสู่ระบบน้ำใต้ดิน

S_s = ค่าการกักเก็บจำเพาะ (Specific Storage) ของวัสดุพูน

t = เวลา

แบบจำลอง VISUAL MODFLOW อาศัยวิธี Finite-Difference ในการแก้สมการการไหลของน้ำใต้ดิน โดยแบ่งบริเวณที่มีการไหลปรากฏด้วยกริด (Grid) ทั้ง 3 แกน เป็นบล็อกต่าง ๆ เรียกว่า เซลล์ (Cell) และสามารถวิเคราะห์อัตราการไหลเข้าหรืออัตราการไหลออกของแต่ละเซลล์ในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ ดังแสดงในภาพที่ 1-7



ภาพที่ 1-7 การจำลองระบบชั้นหินอุ้มน้ำของแบบจำลอง VISUAL MODFLOW

ที่มา : Harbaugh & Geological Survey (2005)

1.7.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Vongvisessomjai (1996) ได้นำแบบจำลอง MIKE SHE เข้ามาใช้ในการแก้ปัญหาเรื่องการจัดการน้ำในโครงการพัฒนาน้ำใต้ดินสุโขทัย ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาเพื่อหาวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของการใช้น้ำในโครงการโดยพิจารณา 2 แหล่งหลักคือ น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการใช้น้ำแต่ละแหล่ง โดยการเปลี่ยนสัดส่วนของการใช้น้ำร่วมกันระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน และทำการคาดการณ์ระดับน้ำในอนาคตที่อัตราการสูบน้ำที่แตกต่างกันในแต่ละสถานการณ์ (Scenarios)

ธนสาร (2545) ได้ทำการศึกษาการจัดการน้ำใต้ดินและการประเมินประสิทธิผลของโครงการพัฒนาน้ำใต้ดินสุโขทัยโดยใช้โปรแกรม MODFLOW จำลองสภาพปัจจุบันและกำหนดรูปแบบปริมาณสูบน้ำรายปีต่าง ๆ พบว่า โครงการสามารถปรับอัตราการสูบน้ำรายปีให้มีความยืดหยุ่น ซึ่งจะเป็นแนวทางปฏิบัติที่ทำให้ผลผลิตสูงขึ้นและทำให้การจัดการน้ำเกิดประโยชน์สูงสุด

พิศาล (2545) ได้ทำการศึกษาการจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำใต้ดินในโครงการน้ำใต้ดินสุโขทัยโดยใช้แบบจำลอง MODFLOW พบว่าการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้งานจริงในพื้นที่โครงการช่วงที่มีการสอบเทียบโดยพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างค่าระดับน้ำจากการบันทึกจากบ่อสังเกตการณ์และค่าระดับน้ำจากการจำลองโดยแบบจำลอง ผลที่ได้จากการจำลองมีค่าระดับแกว่ง และแนวโน้มการขึ้นลงของระดับน้ำของบ่อส่วนใหญ่สอดคล้องกับข้อมูลระดับน้ำจากบ่อสังเกตการณ์ โดยมีปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการขึ้นลงของกราฟระดับน้ำ

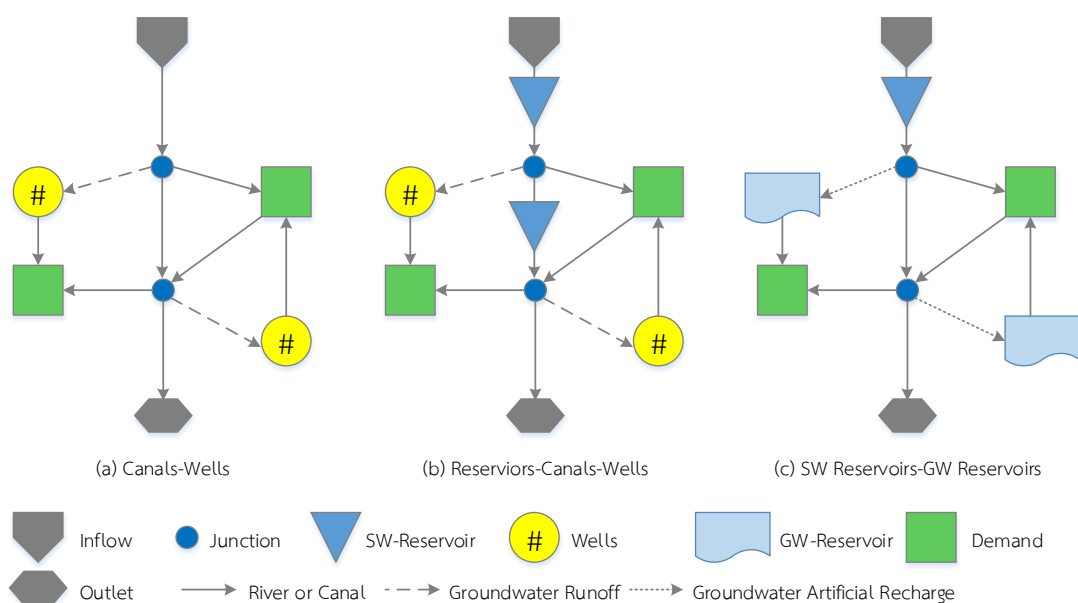
เอกสิทธิ์และบัญชา (2545) ได้จัดทำบัญชีน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองในโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาสถาบันด้านการจัดการน้ำเพื่อทำความเข้าใจการใช้น้ำในด้านต่าง ๆ และทราบถึงแนวทางปรับปรุงการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์ยิ่งขึ้น โดยแบ่งกลุ่มน้ำแม่กลองออกเป็น 7 กลุ่มน้ำย่อย แยกการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน ผลจากการวิเคราะห์บัญชีน้ำรายปีพบว่า กลุ่มน้ำแม่กลองอยู่ในสถานะกำลังปิด (Closing Basin) คือมีน้ำเหลือให้นำไปใช้เพิ่มได้ไม่มาก ผลการจัดทำบัญชีรายฤดูกาลทั้งกลุ่มน้ำพบว่า อ่างเก็บน้ำมีส่วนที่สำคัญในการเก็บน้ำช่วงฝนตกชุกไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้ง และผลการจัดทำบัญชีน้ำรายปีของกลุ่มน้ำย่อยพบว่า ตอนบนของกลุ่มน้ำอยู่ในสถานะเปิด (Open Basin) ตอนกลางอยู่ในสถานะกำลังปิดและตอนล่างอยู่ในสถานะปิด

Peranginangin และคณะ (Peranginangin et al., 2003) ได้ทำการศึกษาบัญชีน้ำเพื่อการจัดการน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน โดยพื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำ Singkarak-Ombilin ประเทศอินโดนีเซีย เนื่องจากในปี ค.ศ. 1998 ได้มีการผันน้ำจาก Singkarak Lake ซึ่งอยู่ทางด้านเหนือน้ำเพื่อนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าส่งผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำทางด้านท้าย และผลกระทบต่อระบบนิเวศบริเวณทะเลสาบ ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำบัญชีน้ำมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า การผันน้ำจาก Singkarak Lake มีผลกระทบต่อการใช้งานในด้านอื่น ๆ การจัดทำบัญชีน้ำในการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สามารถส่งน้ำให้กับผู้ใช้น้ำด้านท้ายน้ำเพิ่มขึ้น และสามารถใช้น้ำในฤดูแล้ง (มิถุนายน-กันยายน) ได้ ตัวอย่างเช่น สามารถเพิ่มพื้นที่ชลประทานในฤดูฝน (มกราคม-เมษายน) หรือการดึงน้ำจากชั้นน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ในฤดูแล้งโดยที่ยังคงรักษาระดับน้ำใต้ดินไว้คงที่

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2554) ได้ว่าจ้างบริษัทวอเตอร์ รีซอร์ซ เอ็นจิเนียริง จำกัด ทำการศึกษาโครงการจัดทำแผนบูรณาการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินทั่วประเทศ และนำร่องการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออก เพื่อจัดทำแผนบูรณาการการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินรายจังหวัดและรายลุ่มน้ำทั้งในเขตและนอกเขตชลประทาน รวมทั้งจัดทำโครงการนำร่องการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน การจัดทำระบบสารสนเทศการ

จัดการ (MIS) น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน สภาพน้ำต้นทุน สภาพการใช้น้ำ และความต้องการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนกฎ ระเบียบ และรูปแบบองค์กร รวมทั้งถ่ายทอดเทคโนโลยีผลการศึกษาสู่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กลุ่มเกษตรกร กลุ่มผู้ใช้น้ำอื่น ๆ และการเตรียมความพร้อมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ รวมทั้งการสร้างความรู้ความเข้าใจ การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วม ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างบูรณาการและยั่งยืน และได้คัดเลือกพื้นที่โครงการนำร่องการบูรณาการการจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินตามข้อคิดในพื้นที่ตำบลหนองหญ้าไซ หมู่ที่ 1 (บ้านบัลลังก์) อำเภอนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี ผลการดำเนินการพบว่า โครงการประสบผลสำเร็จเป็นที่น่าพอใจเกษตรกรมีน้ำพอเพียงในการปลูกพืช และสามารถขยายพื้นที่ทำการเกษตรได้เพิ่มขึ้น มีผลผลิตและรายได้เพิ่มขึ้นทำให้เกษตรกรในพื้นที่ยอมรับโครงการเป็นอย่างดี

Shi และคณะได้ศึกษาการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินที่ลุ่มแม่น้ำไถลัน มณฑลซินเจียง ซึ่งเป็นลุ่มน้ำภายใน (Inland Basin) เพื่อพัฒนาดัชนีสำหรับประเมินผลกระทบของการใช้น้ำร่วมกัน โดยกำหนดกรณีการใช้น้ำร่วมกัน 3 กรณีได้แก่ (1) การใช้น้ำร่วมกันระหว่างบ่อสูบน้ำกับคลอง (Canals-Wells) (2) การใช้น้ำร่วมกันของอ่างเก็บน้ำ-คลอง-บ่อสูบน้ำ (Reservoirs-Canals-Wells) และ (3) การใช้น้ำของอ่างเก็บน้ำผิวดินและแอ่งน้ำใต้ดินร่วมกัน (Surface Water Reservoirs-Groundwater Reservoirs) ดังแสดงในภาพที่ 1-8 นอกจากนี้ยังได้ทำการสมดุลน้ำและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้น้ำอย่างยั่งยืนโดยการพัฒนาวีธีการจัดการน้ำ ผลการศึกษพบว่า การใช้น้ำในอ่างเก็บน้ำร่วมกับการพัฒนาน้ำใต้ดินให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำร่วมกันที่ดีที่สุด (Shi et al., 2012)



ภาพที่ 1-8 รูปแบบการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินร่วมกัน

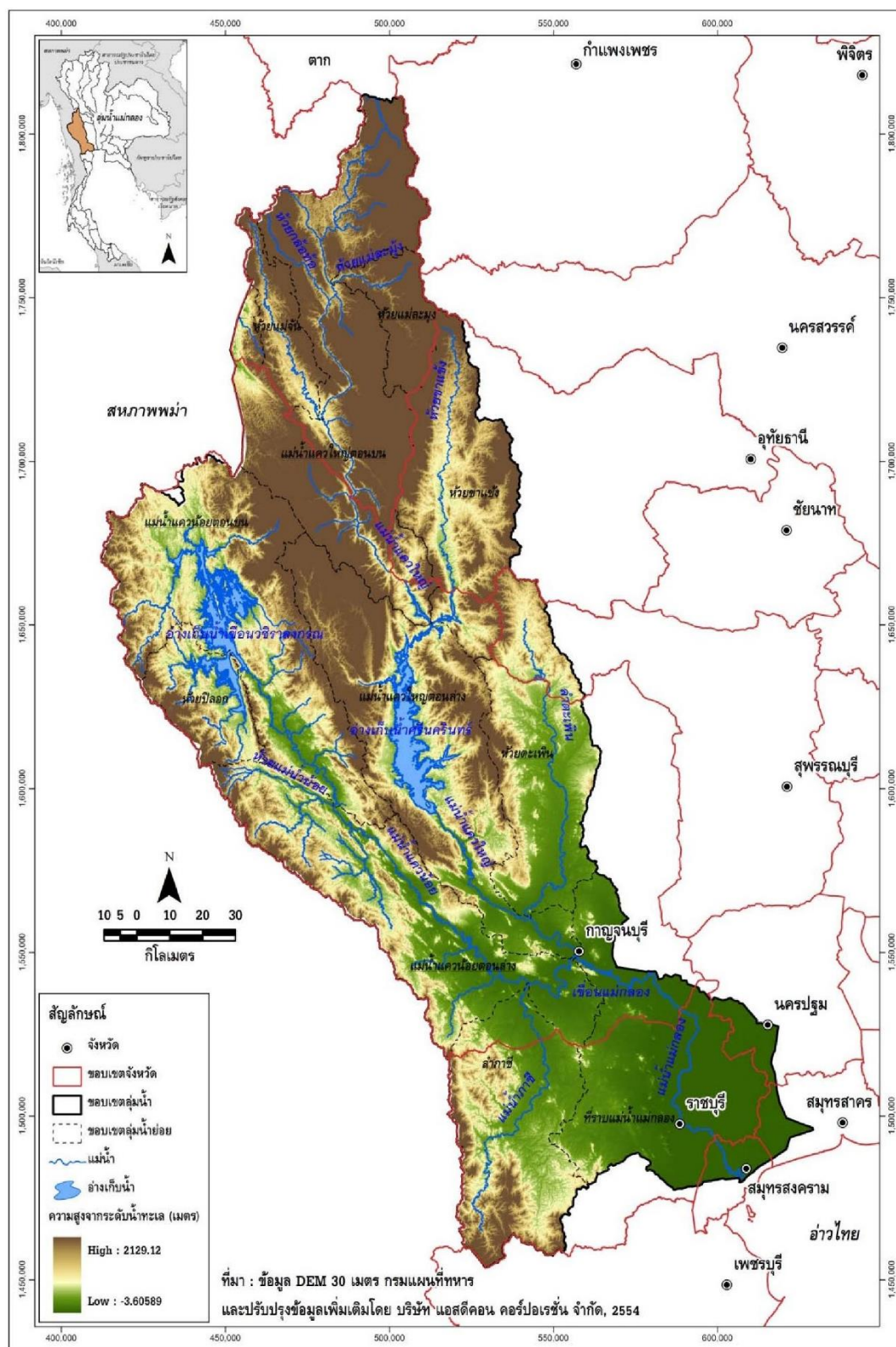
ที่มา : Shi et al. (2012)

1.8 พื้นที่ศึกษา

1.8.1 ลุ่มน้ำแม่กลอง (Mae Klong Basin)

1.8.1.1 สภาพทั่วไปของลุ่มน้ำแม่กลอง (General Characteristics of Mae Klong Basin)

ลุ่มน้ำแม่กลอง (Mae Klong Basin) เป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ โดยมีพื้นที่รับน้ำประมาณ 30,836 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 8 จังหวัดทางภาคตะวันตกและภาคกลางบางส่วนได้แก่ กาญจนบุรี ราชบุรี เพชรบุรี สมุทรสงคราม สมุทรสาคร นครปฐม สุพรรณบุรี และอุทัยธานี อาณาเขตของลุ่มน้ำแม่กลองทางด้านทิศเหนือติดต่อบริเวณพื้นที่จังหวัดตาก ทิศตะวันตกจรดชายแดนพม่าบริเวณเทือกเขาตะนาวศรี ทิศตะวันออกจะติดต่อกับพื้นที่บางส่วนของจังหวัดอุทัยธานี สุพรรณบุรี และนครปฐม และทางด้านทิศใต้ติดต่อกับจังหวัดเพชรบุรี มีแม่น้ำที่สำคัญในบริเวณพื้นที่ได้แก่ แม่น้ำแควใหญ่ หรือแม่น้ำศรีสวัสดิ์ซึ่งมีต้นกำเนิดน้ำบริเวณเทือกเขาถนนธงชัย ไหลผ่านอำเภอสว่างวีระบุรี อำเภอดงพญาชัย และอำเภอศรีสวัสดิ์ในเขตจังหวัดกาญจนบุรี ความยาวตลอดลำน้ำทั้งสิ้นประมาณ 380 กิโลเมตร และแม่น้ำแควน้อยหรือแม่น้ำไทรโยคซึ่งมีต้นกำเนิดน้ำบริเวณเทือกเขาตะนาวศรี ไหลผ่านอำเภอดงพญาชัย จังหวัดกาญจนบุรี มีความยาวตลอดลำน้ำทั้งสิ้น 320 กิโลเมตร แม่น้ำแควใหญ่และแควน้อยไหลมาบรรจบกันที่อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี กลายเป็นแม่น้ำแม่กลอง จากนั้นไหลผ่านจังหวัดราชบุรีและลงสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสงครามโดยมีความยาวประมาณ 132 กิโลเมตรดังแสดงในภาพที่ 1-9 สภาพภูมิประเทศสองฝั่งแม่น้ำแควใหญ่นั้นเป็นเขาสูงและป่าทึบ มีแหล่งที่สงวนไว้เป็นอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าหลายแห่งเช่น เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ อุทยานแห่งชาติศรีนครินทร์ และอุทยานแห่งชาติเอราวัณ เป็นต้น สำหรับสภาพภูมิประเทศทั่วไปในลุ่มน้ำแควน้อยเป็นภูเขาใหญ่น้อยเรียงสลับซับซ้อนและสูงชัน บางแห่งเป็นหน้าผาสูง บางแห่งเป็นที่ราบ สภาพป่าส่วนใหญ่เป็นป่าเบญจพรรณและป่าดงดิบ มีป่าไผ่แซมอยู่ทั่วไป มีป่าสงวนและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าหลายแห่งได้แก่ ป่าสงวนแห่งชาติเขาช้างเผือก ป่าสงวนแห่งชาติห้วยเขย่ง ป่าสงวนแห่งชาติเขาพระฤาษี ป่าสงวนแห่งชาติวังใหญ่-แม่น้ำน้อย เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร เป็นต้น (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560)



ภาพที่ 1-9 แผนที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

ที่มา : สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) (2555)

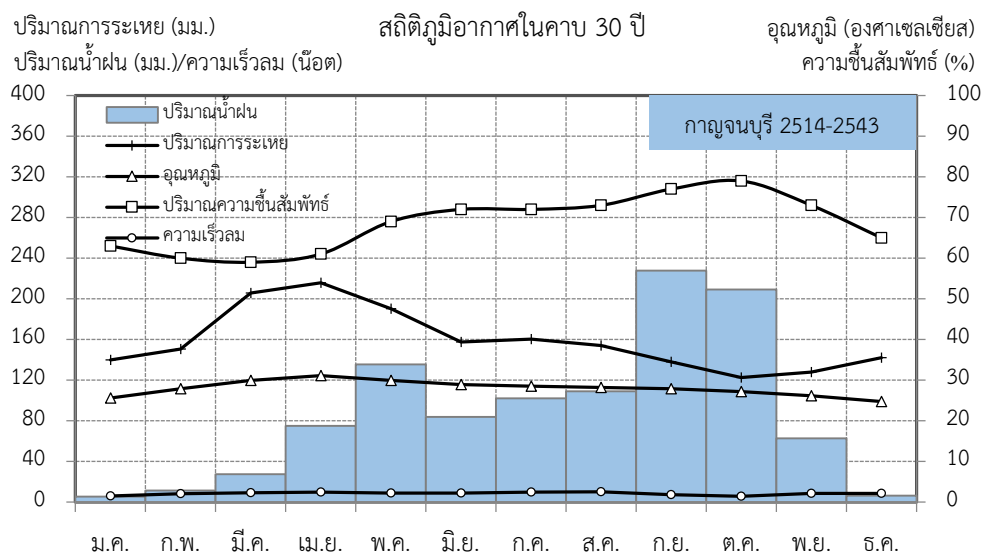
1.8.1.2 สภาพทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง (Meteo-Hydrological Characteristics of Mae Klong Basin)

จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งเป็นข้อมูลสถิติภูมิอากาศในคาบ 10-30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2514/2524/2534-2543 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองจำนวน 4 สถานีในเขตจังหวัดกาญจนบุรี สุพรรณบุรี และเพชรบุรี ได้แสดงผลในภาพที่ 1-10 และสรุปสถิติข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายเดือนและรายปีในพื้นที่ศึกษาไว้ในตารางที่ 1-7

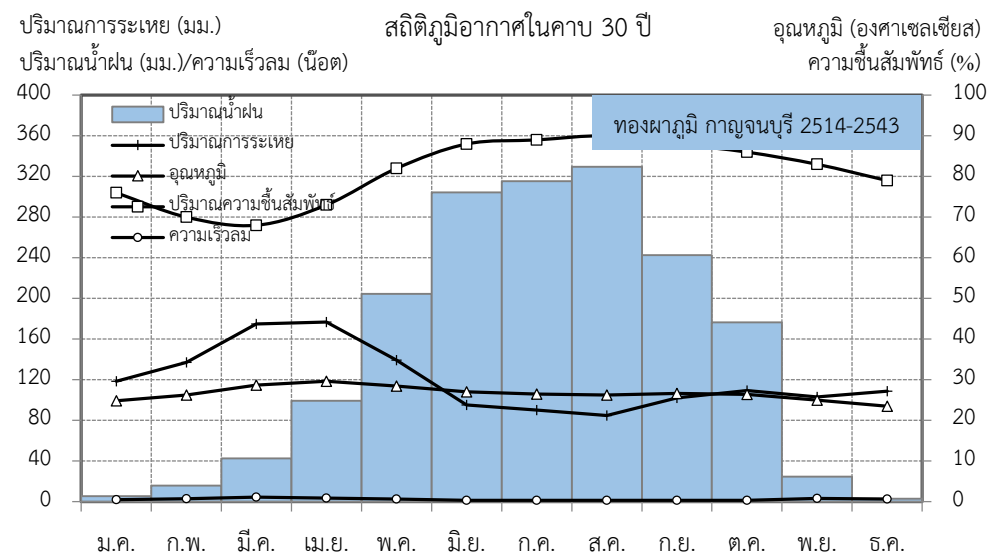
ตารางที่ 1-7 สรุปสถิติข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายเดือนและรายปีในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

ประเภทข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	คุณสมบัติข้อมูลรายเดือน			คุณสมบัติข้อมูลรายปี
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	23.50	31.10	27.56	-
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	59.00	90.00	74.94	-
ปริมาณการระเหย (มิลลิเมตร)	84.90	215.70	141.09	1,693.03
ความเร็วลม (น็อต)	0.30	5.80	2.06	-
ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	2.90	329.50	101.38	1,216.53
จำนวนวันฝนตกเฉลี่ย (วัน)	0.60	27.20	9.65	115.75

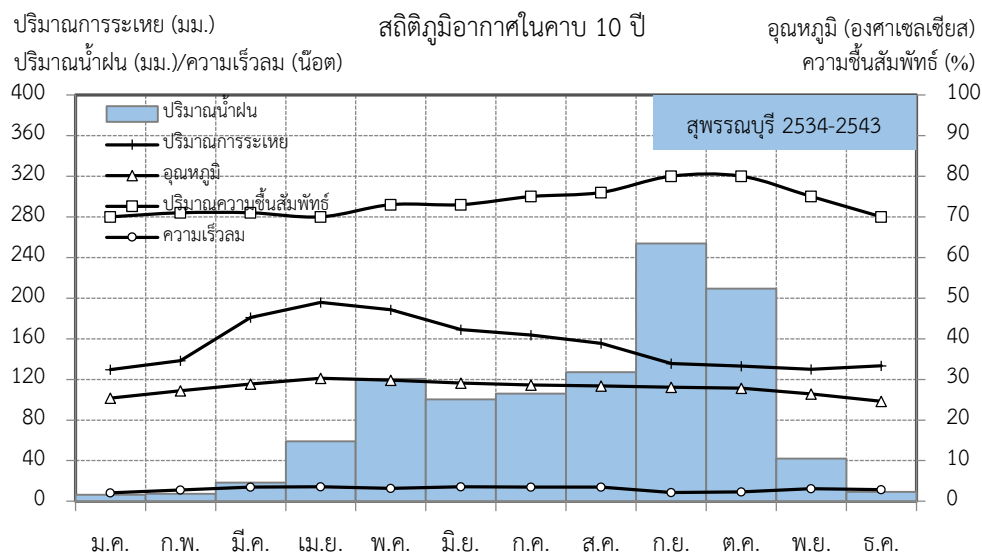
อุณหภูมิรายเดือนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองผันแปรอยู่ระหว่าง 23.50-31.10 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 59-90 เปอร์เซ็นต์ และค่าความเร็วลมอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.30-5.80 น็อต อย่างไรก็ตามก็ตีข้อมูลอุณหภูมิ ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ และข้อมูลความเร็วลมที่ทำการรวบรวมได้ในพื้นที่ศึกษาของแต่ละสถานีมีลักษณะและรูปแบบของข้อมูลที่ไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้มีความแตกต่างของข้อมูลที่ทำการตรวจวัดทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งค่อนข้างน้อยอีกด้วย ปริมาณฝนส่วนใหญ่เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน โดยปริมาณฝนสูงสุดส่วนใหญ่เกิดขึ้นระหว่างเดือนสิงหาคม-ตุลาคม และมีแนวโน้มลดลงในเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝน ในขณะที่ปริมาณฝนในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนนั้นมีปริมาณค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงต้นฤดูแล้งในเดือนธันวาคมถึงมกราคม ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 1,217 มิลลิเมตร ในขณะที่ข้อมูลปริมาณการระเหยของน้ำในพื้นที่พบว่า ในช่วงต้นฤดูแล้งนั้นปริมาณการระเหยของน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้น และเพิ่มสูงสุดในเดือนเมษายนเป็นส่วนใหญ่ และมีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูฝน โดยมีค่าปริมาณการระเหยรายปีเฉลี่ยสูงถึง 1,693 มิลลิเมตร



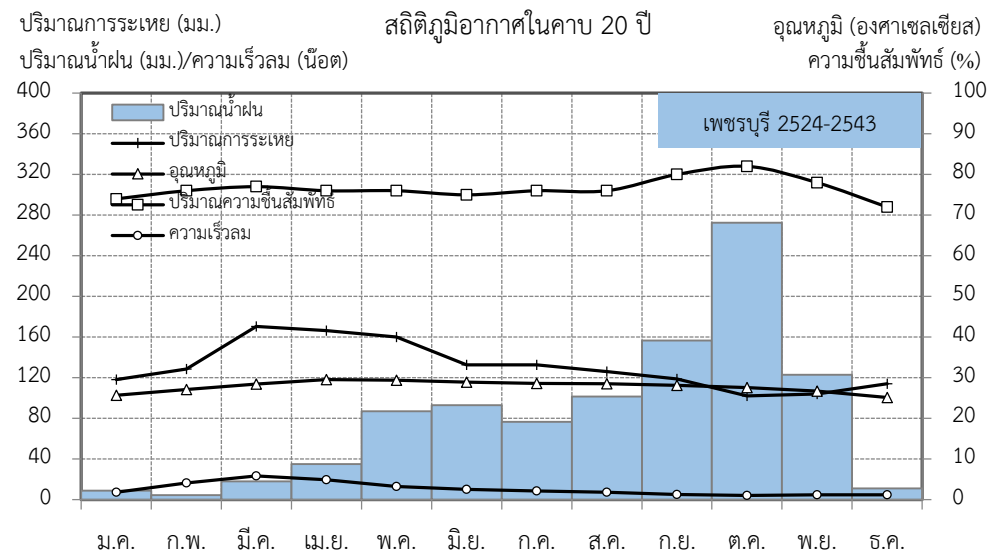
(a) สถิติภูมิอากาศในคาบ 30 ปี ของสถานีจังหวัดกาญจนบุรี



(b) สถิติภูมิอากาศในคาบ 30 ปี ของสถานีอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี



(c) สถิติภูมิอากาศในคาบ 10 ปี ของสถานีจังหวัดสุพรรณบุรี



(d) สถิติภูมิอากาศในคาบ 20 ปี ของสถานีจังหวัดเพชรบุรี

ภาพที่ 1-10 สถิติภูมิอากาศในคาบ 10-30 ปีในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

1.8.1.3 ทรัพยากรดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง (Soil Resources in Mae Klong Basin)

จากรายงานโครงการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองและลุ่มน้ำท่าจีนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล โดยอาศัยข้อมูลรายงานและแผนที่กลุ่มชุดดินระดับจังหวัด มาตราส่วน 1:50,000 ปี พ.ศ. 2545 ของกรมพัฒนาที่ดินพบว่า ลุ่มน้ำแม่กลองมี 25 กลุ่มชุดดินได้แก่ ชุดดินที่ 1-4, 6-8, 10-12, 16-18, 20-21, 31, 33, 35-36, 38, 40, 43, 48, 56 และ 62 โดยมีสัดส่วนของพื้นที่ดิน 27.31% เป็นชุดดินที่ 8 ซึ่งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว พบได้ทั่วไปแถบบริเวณที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล รองลงมาคือชุดดินที่ 4 คิดเป็น 20.40% และกลุ่มชุดดินที่ 20 พบน้อยที่สุดในพื้นที่ศึกษา มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทราย ส่วนดินด้านล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วนเหนียว พบในสภาพพื้นที่ราบเรียบหรือค่อนข้างเรียบ และเป็นดินลึกมาก ดินมีการระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว (บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2548)

1.8.1.4 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง (Hydro-Geological Characteristics of Mae Klong Basin)

จากรายงานโครงการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองและลุ่มน้ำท่าจีนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้จำแนกภูมิประเทศออกเป็น 4 แบบซึ่งมีความสำคัญต่อลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองดังนี้คือ (บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2548)

(1) พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงและที่ราบน้ำขึ้นถึง มีค่าระดับ 0-15 เมตร รทก. เป็นแหล่งสะสมตะกอนน้ำพา (Floodplain Deposits) ตะกอนดินดอนสามเหลี่ยมและดินโคลนทะเล ซึ่งได้แก่ ดินดอนสามเหลี่ยมธารน้ำ (Fluvial Delta) ตะกอนดินดอนสามเหลี่ยมน้ำกร่อย (Delta Brackish Sediments) และตะกอนดินดอนสามเหลี่ยมน้ำเค็ม (Delta Marine Sediments)

(2) พื้นที่ลาดตะกั่ว มีค่าระดับ 5-50 เมตร รทก. เป็นแหล่งสะสมตะกอนดินเหนียว ทรายแป้ง ทราย และกรวด ซึ่งผ่านการผุพังเป็นเวลายาวนาน จนกลายเป็นสภาพเป็นลูกรังและดินปนลูกรัง นอกจากนี้ยังมีตะกอนรูปพัดเก่า ได้แก่ ตะกอนรูปพัดตอนเจดีย์ และตะกอนรูปพัดใหม่ อันได้แก่ ตะกอนรูปพัดกำแพงแสนหรือตะกอนรูปพัดแม่กลอง โดยทั่วไปตะกอนรูปพัดที่กล่าวประกอบด้วย ชั้นกรวด ทราย ทรายละเอียด ซึ่งได้ผ่านการผุพังทำลายเป็นระยะอันยาวนาน จนเปลี่ยนเป็นศิลาแลงปิดทับอยู่ชั้นบนถัดลงไปเป็นชั้นดินปนลูกรัง

(3) พื้นที่ลาดตะกั่วสูง มีระดับ 50-150 เมตร รทก. เป็นแหล่งสะสมตะกอนทับถมบนลานตะพัก (Terrace Deposits) ประกอบด้วย ชั้นศิลาแลงหนาปิดทับบนชั้นทราย ทรายแป้งปนกรวด

- (4) พื้นที่ภูเขาหินแข็ง มีระดับความสูงเกินกว่า 150 เมตร รทก. ซึ่งเป็นขอบของที่ราบลุ่มแม่น้ำท่าจีน-แม่กลอง

โครงการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองและลุ่มน้ำท่าจีนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลรายงานว่า ในพื้นที่ทางด้านทิศตะวันออกของแอ่งแม่กลองที่มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มมีชั้นน้ำใต้ดินตะกอนร่วน (Unconsolidated Aquifers) รองรับอยู่ไม่น้อยกว่าสี่ชั้น ชั้นน้ำเหล่านี้แผ่ขยายตัวรองรับอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ของที่ราบลุ่ม และมีการวางตัวเอียงเทจากขอบแอ่งเข้าหาใจกลางพื้นที่ที่เป็นที่ลุ่มขนานไปกับแนวของแม่น้ำแม่กลอง ยกเว้นในบริเวณใกล้ขอบแอ่งทางด้านทิศตะวันออกตอนล่าง เขตติดต่อระหว่างจังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัดราชบุรี ซึ่งชั้นน้ำเอียงเทไปทางด้านทิศตะวันออก ทางด้านทิศตะวันตกของแอ่งชั้นน้ำตะกอนร่วนวางตัวอยู่บนชั้นหินแข็ง ในขณะที่ทางด้านทิศตะวันออก และด้านทิศใต้ ชั้นน้ำจะต่อเนื่องและสอดคล้องกับชั้นน้ำของกลุ่มแอ่งท่าจีน แต่ชั้นน้ำจะเริ่มเอียงเทไปทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งบ่งชี้ว่ามีการแบ่งขอบเขตของแอ่งน้ำใต้ดิน (Groundwater Divide) อย่างไรก็ดีตามที่ราบลุ่มทางด้านทิศตะวันออกของแอ่งแม่กลองเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพน้ำใต้ดินสูง และมีความสำคัญต่อการศึกษาประเมินศักยภาพน้ำใต้ดิน ส่วนในพื้นที่ทางด้านทิศตะวันตก มีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นตะพักทิวเขาและภูเขาโดด มีชั้นน้ำใต้ดินตะกอนหินร่วนบาง ๆ รองรับอยู่ ถัดลงไปมีชั้นน้ำหินแข็ง (Consolidated Aquifers) หน่วยต่าง ๆ รองรับอยู่ที่ระดับตื้น ส่วนบริเวณเนินตะพักทางด้านทิศตะวันตกของแอ่งเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพน้ำใต้ดิน ต่ำ และมีความสำคัญน้อยต่อการศึกษาศักยภาพน้ำใต้ดิน ลักษณะโดยทั่วไปของชั้นน้ำใต้ดินตะกอนร่วนทางด้านทิศตะวันออกของแอ่งสามารถแบ่งได้เป็น 5 ชั้น ดังต่อไปนี้ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551)

- (1) ชั้นน้ำตะกอนน้ำพา (Alluvial Aquifer, Qfd)

ชั้นน้ำตะกอนน้ำพา (Alluvial Aquifer, Qfd) เป็นชั้นน้ำที่ประกอบขึ้นด้วยตะกอนที่ตกทับถมกันในที่ราบน้ำท่วมถึงหรือที่ราบน้ำหลาก (Flood-Plain) ของแม่น้ำแม่กลองในสมัยปัจจุบัน แผ่ขยายตัวเป็นแนวยาวแคบ ๆ ขนานไปกับแนวของลำน้ำแม่กลอง ตั้งแต่บริเวณตัวเมืองกาญจนบุรีลงไปจนถึงตัวเมืองราชบุรี มีความยาวประมาณ 60 กิโลเมตร และกว้างโดยเฉลี่ย 10 กิโลเมตร และมีความหนาโดยเฉลี่ย 10-20 เมตร ประกอบไปด้วยชั้นตะกอนพวกกรวด หินกรวด หินทราย และดินเหนียวที่มีการคั่นขนาดดีปานกลาง ชั้นน้ำนี้มีอายุการสะสมตัวในสมัยโฮโลซีนหรือปัจจุบัน (Holocene or Recent Epoch) ซึ่งนับได้ว่าเป็นชั้นน้ำที่มีอายุน้อยที่สุดของแอ่งแม่กลอง ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาแสดงว่าชั้นน้ำนี้เทียบลำดับชั้นน้ำเดียวกับชั้นน้ำกรุงเทพฯ (Bangkok Aquifer) ของแอ่งเจ้าพระยาตอนใต้

- (2) ชั้นน้ำตะกอนน้ำพารูปพัดยุคใหม่ (Young Alluvial Fan Aquifer, Qf2)

ชั้นน้ำตะกอนน้ำพารูปพัดยุคใหม่ (Young Alluvial Fan Aquifer, Qf2) ปรากฏตัวอยู่ลักษณะเป็นเนินรูปพัดขนาดใหญ่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของแอ่งแม่กลองในเขตพื้นที่อำเภอกำแพงแสน

จังหวัดนครปฐม และวางตัวรองรับอยู่ใต้ชั้นน้ำตะกอนน้ำพา และถูกปิดทับด้วยดินเหนียวทะเลน้ำกร่อย ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของแอ่ง ชั้นน้ำ Qf2 มีความหนาโดยเฉลี่ย 90 เมตร ประกอบไปด้วยชั้นตะกอนกรวด หทราย หทรายแป้ง และดินเหนียวสลับกัน ลักษณะเด่นของชั้น Qf2 มักแสดงลักษณะโครงสร้างการวางชั้นกลับขนาด (Coarsening Upward Structure) อย่างต่อเนื่องตลอดลำดับการตกทับถม (Depositional Sequence) ชั้นน้ำตะกอนน้ำพารูปพัดยุคใหม่มีอายุการสะสมตัวในสมัยไพลสโตซีนตอนปลาย (Late Pleistocene Epoch) และสามารถเทียบลำดับชั้นเดียวกันกับตอนล่างของชั้นน้ำกรุงเทพ (Bangkok Aquifer, BK) ของแอ่งเจ้าพระยาตอนใต้

(3) ชั้นน้ำตะกอนน้ำพารูปพัดยุคเก่า (Old Alluvial Fan Aquifer, Qf1)

ชั้นน้ำตะกอนน้ำพารูปพัดยุคเก่า (Old Alluvial Fan Aquifer, Qf1) เป็นชั้นน้ำที่วางตัวรองรับอยู่ใต้ชั้นน้ำตะกอนน้ำพารูปพัดยุคใหม่ แต่ไม่ปรากฏบนผิวดินในแอ่งแม่กลอง มีความหนาเฉลี่ย 70 เมตร ประกอบด้วย ตะกอน ดินเหนียว หทรายแป้ง หทราย และกรวด มีอายุการสะสมตัวในสมัยไพลสโตซีนตอนกลางถึงตอนปลาย (Middle to Late Pleistocene) ซึ่งสามารถเทียบลำดับเดียวกับชั้นน้ำพระประแดง (PD)

(4) ชั้นน้ำตะกอนตะพักระดับกลาง (Middle Terrace Aquifer, Qt2)

ชั้นน้ำตะกอนตะพักระดับกลาง (Middle Terrace Aquifer, Qt2) วางตัวรองรับอยู่ใต้ชั้นน้ำตะกอนน้ำพา (Qfd) เป็นแนวยาวแคบ ๆ กว้างโดยเฉลี่ย 5 กิโลเมตร ทางด้านทิศตะวันตกของแอ่งแม่กลอง ถัดจากที่ราบน้ำท่วมถึงไปทางด้านทิศตะวันตกจนจรดแนวของตะพักระดับสูงมีความหนาโดยเฉลี่ย 100 เมตร ประกอบไปด้วย ชั้นตะกอนกรวด หทราย หทรายแป้ง และดินเหนียวสลับกัน มีอายุการสะสมตัวในสมัยไพลสโตซีนตอนกลาง (Middle Pleistocene Epoch) เป็นชั้นน้ำที่มีอายุเทียบลำดับกับชั้นน้ำนครหลวง (Nakhon Luang Aquifer, NL) ของแอ่งเจ้าพระยาตอนใต้

(5) ชั้นน้ำตะกอนตะพักระดับสูง (High Terrace Aquifer, Qt1)

ชั้นน้ำตะกอนตะพักระดับสูง (High Terrace Aquifer, Qt1) เป็นชั้นน้ำที่วางตัวอยู่ใต้ชั้นน้ำตะกอนตะพักระดับต่ำ (Qt2) ปรากฏอยู่ทางด้านทิศตะวันตกของแอ่งแม่กลองมีความหนาโดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 100 เมตร แต่ในบริเวณมีภูเขาโคดจะบางกว่า เนื่องจากมีหินแข็งรองรับอยู่ชั้น ประกอบด้วย ตะกอนกรวด หทราย หทรายแป้ง และดินเหนียวสลับกัน มีอายุการสะสมตัวในสมัยสมัยไพลโอซีน-สมัยไพลสโตซีนตอนต้น (Pliocene-Early Pleistocene Epoch) สามารถเทียบลำดับได้กับชั้นน้ำนนทบุรี (Nonthaburi Aquifer, NB) ของแอ่งเจ้าพระยาตอนใต้

1.8.1.5 งานพัฒนาแหล่งน้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลองปัจจุบัน (Existing Task of Water Resources Development in Mae Klong Basin)

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองเป็นโครงการอเนกประสงค์เพื่อการพัฒนาเกษตรชลประทานที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศโดยเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2506 เป็นต้นมา ภายใต้ความร่วมมือระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยซึ่งเป็นฝ่ายก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ และกรมชลประทานเป็นฝ่ายดำเนินการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำ รวมทั้งระบบส่งและระบบระบายน้ำ นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอีกหลายฝ่าย เช่น สำนักงานจัดรูปที่ดินกลางและส่วนจังหวัด สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมสหกรณ์ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ เป็นต้น ในปัจจุบันการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยดูแลรับผิดชอบในการจัดสรรน้ำทางตอนบนของลุ่มน้ำครอบคลุม 3 เขื่อนหลัก ได้แก่ เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิราลงกรณ และเขื่อนท่าทุ่งนา ในขณะที่การจัดสรรน้ำทางตอนล่างของลุ่มน้ำตั้งแต่เขื่อนแม่กลองลงมาจะอยู่ภายใต้การควบคุมรับผิดชอบของสำนักชลประทานที่ 13 กรมชลประทาน จังหวัดกาญจนบุรี วัตถุประสงค์หลักของโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแม่กลองก็เพื่ออำนวยประโยชน์ในด้านการชลประทานบริเวณสองฝั่งของแม่น้ำแม่กลอง ตลอดจนจัดหาน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค การบรรเทาอุทกภัย และเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ โดยกิจกรรมการใช้น้ำในลุ่มน้ำแม่กลองสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มหลักดังนี้คือ การใช้น้ำภายในลุ่มน้ำเอง และการผันน้ำไปใช้นอกลุ่มน้ำ ในสภาพปัจจุบันพบว่าการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำเองประกอบด้วย การส่งน้ำเพื่อการชลประทานในเขตโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่เป็นหลัก ซึ่งครอบคลุมพื้นที่โครงการทั้งสิ้น 3,230,360 ไร่ การสูบน้ำไปใช้เพื่อช่วยเหลือพื้นที่เกษตรกรรมของโครงการชลประทานประเภทสูบน้ำ ภายใต้การดำเนินงานของฝ่ายปฏิบัติการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า สำนักงานชลประทานที่ 13 รวมถึงการนำน้ำไปผลิตน้ำประปาเพื่อการอุปโภคบริโภคในเขตจังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดราชบุรี และจังหวัดสมุทรสงคราม ภายใต้การดำเนินงานของการประปาส่วนภูมิภาคและบริษัทเอกชน และเพื่อการหล่อเย็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนราชบุรีซึ่งกำลังอยู่ในช่วงเริ่มต้นการดำเนินงานของโครงการ ตลอดจนการรักษาระบบนิเวศน์และผลักดันน้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำบริเวณ จังหวัดสมุทรสงคราม ในขณะที่การผันน้ำไปใช้นอกลุ่มน้ำประกอบด้วย การผันน้ำเพื่อช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการเจ้าพระยาตอนล่าง โดยการผันน้ำผ่านคลองจรเข้สามพันและคลองท่าสาร-บางปลา และการผันน้ำไปใช้เพื่อผลิตน้ำประปาในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ในความรับผิดชอบของการประปานครหลวง ปัจจุบันการประปานครหลวงได้สร้างคลองประปาฝั่งตะวันตกระยะที่ 2 ต่อจากคลองประปาฝั่งตะวันตกระยะที่ 1 แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2545 ซึ่งสามารถรับน้ำจากแม่น้ำแม่กลองไปใช้ได้โดยตรง นอกเหนือไปจากกิจกรรมการใช้น้ำต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้โครงการพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองยังเอื้อประโยชน์ที่สำคัญในด้านการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำภายใต้การรับผิดชอบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยปัจจุบันประกอบด้วย โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา และ

โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเขื่อนแม่กลอง ซึ่งมีกำลังการผลิตติดตั้งรวม 1,070 เมกกะวัตต์ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560)

(1) เขื่อนศรีนครินทร์ (Srinagarind Dam)

เขื่อนศรีนครินทร์หรือแต่เดิมเรียกโครงการเขื่อนบ้านเจ้าเณรเป็นเขื่อนเก็บกักน้ำขนาดใหญ่ซึ่งสร้างปิดกั้นแม่น้ำแควใหญ่ที่บ้านเจ้าเณร ตำบลท่ากระดาน อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี ตามแผนการพัฒนาลุ่มน้ำแม่กลองระยะที่สอง 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 ดังแสดงในภาพที่ 1-11 (a)

(2) เขื่อนวชิราลงกรณ (Vajiralongkorn Dam)

เขื่อนวชิราลงกรณหรือเขื่อนเขาแหลมเดิมดังแสดงในภาพที่ 1-11 (b) เป็นโครงการตามแผนพัฒนาลุ่มน้ำแม่กลองระยะที่ 3 ซึ่งสร้างปิดกั้นลำน้ำแควน้อยที่บ้านท่าขนุน ตำบลท่าขนุน อำเภอทองผาภูมิ โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ดำเนินการศึกษาความเหมาะสมของโครงการระหว่างปี พ.ศ. 2516-2520 และดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2527 เขื่อนวชิราลงกรณเป็นเขื่อนหินถมตาตผิวดินด้านอ่างเก็บน้ำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก 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) เขื่อนท่าทุ่งนา (Tha Thung Na Dam)

เขื่อนท่าทุ่งนาเป็นเขื่อนที่ทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ดำเนินการก่อสร้างขึ้นเพื่อเสริมประสิทธิภาพในการบริหารจัดการน้ำในแม่น้ำแควใหญ่ และเพิ่มศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยตัว

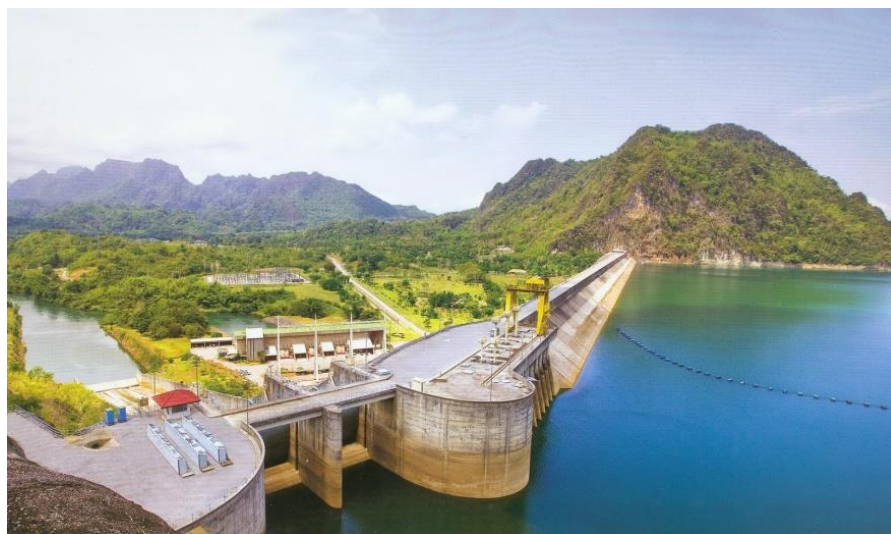
เขื่อนตั้งอยู่ทางตอนล่างของเขื่อนศรีนครินทร์ห่างออกมาประมาณ 25 กิโลเมตรที่บ้านท่าทุ่งนา ตำบลช่องสะเดา ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี สำหรับงานศึกษาความเหมาะสมได้ดำเนินการในปี พ.ศ. 2508-2509 โดยเริ่มดำเนินการก่อสร้างปลายปี พ.ศ. 2520 แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2525 ตัวเขื่อนท่าทุ่งนาสูง 30 เมตร ยาว 840 เมตร สร้างเป็นเขื่อนแบบผสม ประกอบด้วยเขื่อนคอนกรีตยาว 118 เมตร และเขื่อนแบบหินถมแกนดินเหนียว ยาว 722 เมตร มีโรงไฟฟ้าซึ่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 19 เมกกะวัตต์ จำนวน 2 ชุด ซึ่งสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยปีละ 166 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนมีขนาดความจุ 55 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยรับน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนศรีนครินทร์และระบายน้ำลงสู่เขื่อนแม่กลอง ดังแสดงในภาพที่ 1-11 (c)

(4) เขื่อนแม่กลอง (Mae Klong Dam)

เขื่อนแม่กลองเป็นเขื่อนทดน้ำซึ่งตั้งอยู่ที่ตำบลม่วงชุม อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ตัวเขื่อนสูง 14 เมตร ยาว 117.50 เมตร ระดับเก็บกัก 22.00 เมตร รทก. ช่องระบายน้ำกว้าง 12.50 เมตร จำนวน 8 ช่อง ระบายน้ำได้ 3,100 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เขื่อนแม่กลองรับน้ำจากเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ โดยการระบายน้ำจากเขื่อนทั้งสองเป็นไปตามข้อตกลงระหว่างกรมชลประทานและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยซึ่งเป็นหน่วยงานรับผิดชอบเพื่อทดน้ำและส่งน้ำไปช่วยการเพาะปลูกในบริเวณสองฝั่งแม่น้ำแม่กลอง ดังแสดงในภาพที่ 1-11 (d) นอกจากนี้มีโรงไฟฟ้าซึ่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 6 เมกกะวัตต์ จำนวน 2 ชุด ซึ่งสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยปีละ 74 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง



(a) เขื่อนศรีนครินทร์



(b) เขื่อนวชิราลงกรณ



(c) เขื่อนท่าทุ่งนา

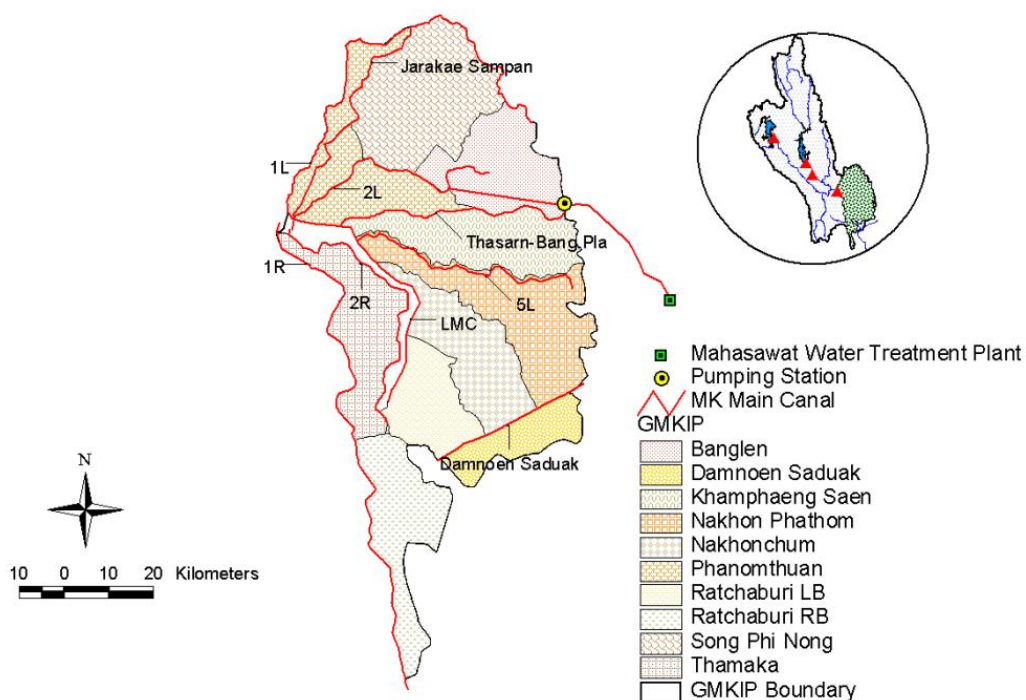


(d) เขื่อนแม่กลอง

ภาพที่ 1-11 เขื่อนและอ่างเก็บน้ำในกลุ่มน้ำแม่กลองปัจจุบัน

(5) โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ (The Greater Mae Klong Irrigation Project)

โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่เป็นหนึ่งในโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแม่กลองเพื่อพัฒนาการเกษตรชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง โครงการนี้นอกจากจะอำนวยความสะดวกในการชลประทาน การจัดหาน้ำเพื่ออุปโภค บริโภค การบรรเทาอุทกภัย การประมง และคมนาคมแล้ว ยังสามารถการระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำเค็มรุกล้ำทางด้านท้ายน้ำอีกด้วย พื้นที่โครงการรวมทั้งสิ้น 3,230,360 ไร่ โดยครอบคลุม 10 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา ได้แก่ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากำแพงแสน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครปฐม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครชุม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาราชนิกูลโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่ามะกา โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาราชนิกูลโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาดำเนินสะดวก ภายใต้ความรับผิดชอบของสำนักชลประทานที่ 13 กรมชลประทาน การผันน้ำไปใช้ในเขตพื้นที่ชลประทานของโครงการจะผันผ่านคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย และคลองสายใหญ่ฝั่งขวา ในขณะที่การผันน้ำไปใช้ขามลุ่มน้ำจะผันผ่านคลองจะเข้สามพันและคลองท่าสาร-บางปลาซึ่งเป็นคลองธรรมชาติเดิมดังแสดงในภาพที่ 1-12



ภาพที่ 1-12 พื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

(6) ความต้องการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองปัจจุบัน

ระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการน้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ทางด้านทำนน้ำของลุ่มน้ำแม่กลองเป็นหลักประกอบด้วย (1) ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อใช้ในการกิจกรรมการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำเองได้แก่ ความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ การประปาส่วนภูมิภาค โครงการชลประทานประเพณีสูบน้ำ การควบคุมความเค็มทางด้านทำนน้ำเขื่อนแม่กลอง และการผันน้ำไปใช้เพื่อการหล่อเย็นโรงไฟฟ้าราชบุรี และ (2) ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อใช้ในการกิจกรรมการใช้น้ำภายนอกลุ่มน้ำได้แก่ การผันน้ำไปใช้ในลุ่มน้ำทำนน้ำผ่านคลองท่าสารบางปลา-จรเข้สามพัน และการผันน้ำไปใช้เพื่อการผลิตน้ำประปาที่โรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ ซึ่งแสดงผลการประมาณการปริมาณความต้องการน้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ทางด้านทำนน้ำในปี พ.ศ. 2556 แยกตามกิจกรรมการใช้น้ำในตารางที่ 1-8 ซึ่งพบว่าปริมาณความต้องการน้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ทางด้านทำนน้ำของลุ่มน้ำแม่กลองในปี พ.ศ. 2556 สูงถึง 7,188.77 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ครอบคลุมทั้งกิจกรรมภายในลุ่มน้ำเองเท่ากับ 6,207.92 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็น 86.36% ของปริมาณความต้องการน้ำทั้งหมด และกิจกรรมภายนอกลุ่มน้ำเท่ากับ 980.85 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็น 13.14% ของปริมาณความต้องการน้ำทั้งหมด

ตารางที่ 1-8 ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ทางด้านทำนน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง

กิจกรรมการใช้น้ำ	ปริมาณความต้องการน้ำในปี พ.ศ. 2556 (ล้าน ลบ.ม.)
กิจกรรมการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำ	
การชลประทานโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่	4,470.40
การประปา	26.90
โครงการชลประทานประเพณีสูบน้ำ	58.82
การควบคุมความเค็มทางด้านทำนน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง	1,576.80*
การผันน้ำไปใช้เพื่อการหล่อเย็นโรงไฟฟ้าราชบุรี	75.00
กิจกรรมการใช้น้ำภายนอกลุ่มน้ำ	
การผันน้ำไปใช้ในลุ่มน้ำทำนน้ำผ่านคลองท่าสารบางปลา-จรเข้สามพัน	576.70
การผันน้ำไปใช้เพื่อการผลิตน้ำประปาที่โรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์	404.15
รวม	7,188.77

หมายเหตุ : * กำหนดอัตราการระบายน้ำเพื่อควบคุมความเค็มเท่ากับ 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

สำหรับรายละเอียดของปริมาณความต้องการน้ำในแต่ละกิจกรรมการใช้น้ำมีดังนี้

■ ความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

ผลการวิจัยของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560) ซึ่งใช้แบบจำลอง CROPWAT Version 8.0 ในการประมาณการปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ โดยได้อาศัยข้อมูลภูมิอากาศจากโปรแกรม CLIMWAT 2.0 for CROPWAT เป็นข้อมูลป้อนเข้าในการคำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, ETo) และอาศัยค่าสัมประสิทธิ์พืช (Crop Coefficient, Kc) ซึ่งศึกษาวิจัยไว้โดยส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน ร่วมกับปฏิบัติการเพาะปลูกพืชในปี 2556/2557 ครอบคลุม 10 พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ และอาศัยพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี 2555/2556 (นาปีครั้งที่ 2) รวมพื้นที่เพาะปลูกทั้งสิ้น 3,259,438 ไร่ (5,215 ตารางกิโลเมตร) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1-9

ตารางที่ 1-9 พื้นที่ชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ในปี พ.ศ. 2556

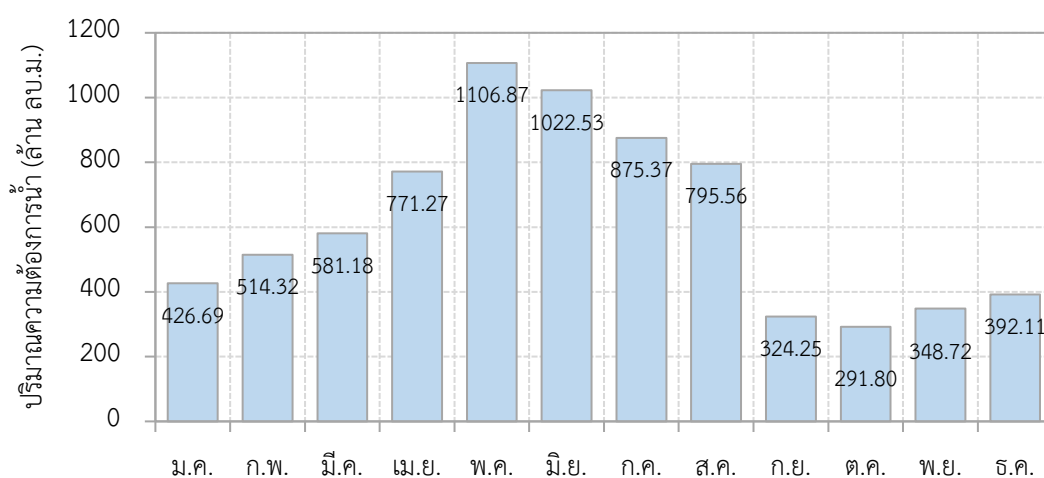
โครงการส่งน้ำและ บำรุงรักษา	พื้นที่ชลประทาน (ตารางกิโลเมตร)						
	ข้าวนาปี	อ้อย	มะม่วง	ส้มโอ	พืชผัก	ข้าวนาปรัง	
						ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
สองพี่น้อง	181.71	281.93	4.36	2.36	54.04	186.71	0.00
บางเลน	251.82	117.73	18.61	8.60	13.72	251.82	0.00
กำแพงแสน	158.94	110.16	11.48	2.24	124.64	0.00	158.94
พนมทวน	183.23	218.42	6.01	6.65	83.03	0.00	185.12
ท่ามะกา	368.33	40.04	10.68	0.34	35.95	172.15	177.73
นครปฐม	65.21	40.61	139.74	22.30	141.04	0.00	64.42
นครชุม	74.94	24.37	102.80	0.00	25.85	12.86	46.66
ราชบุรีฝั่งซ้าย	92.25	8.73	88.48	6.24	14.33	0.00	67.99
ราชบุรีฝั่งขวา	276.00	0.00	102.88	0.00	18.40	0.00	230.08
ดำเนินสะดวก	8.94	0.00	98.70	0.00	9.85	8.94	0.00
รวม	1,661.36	842.00	583.73	48.73	520.86	632.47	925.95

ผลการประมาณการปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ในปี พ.ศ.2556 พบว่าปริมาณความต้องการน้ำเท่ากับ 4,470.40 ล้านลูกบาศก์

เมตรต่อปี และเมื่อคิดประสิทธิภาพการชลประทานเท่ากับ 60% จะได้ปริมาณน้ำที่จะต้องส่งไปใช้เพื่อการชลประทานเท่ากับ 7,450.67 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 1-10 และภาพที่ 1-13

ตารางที่ 1-10 ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ในปี พ.ศ. 2556

เดือน	ปริมาณความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำที่ต้องส่งไปใช้ (ล้าน ลบ.ม.)
ม.ค.	256.01	426.69
ก.พ.	308.59	514.32
มี.ค.	348.71	581.18
เม.ษ.	462.76	771.27
พ.ค.	664.12	1,106.87
มิ.ย.	613.52	1,022.53
ก.ค.	525.22	875.37
ส.ค.	477.33	795.56
ก.ย.	194.55	324.25
ต.ค.	175.08	291.80
พ.ย.	209.23	348.72
ธ.ค.	235.27	392.11
รวม	4,470.40	7,450.67



ภาพที่ 1-13 ข้อมูลปริมาณที่ส่งไปใช้เพื่อการชลประทานเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

■ ความต้องการน้ำเพื่อการประปาทำยเชื่อมแม่กลอง

การประมาณการความต้องการน้ำเพื่อการประปาหรืออุปโภคบริโภคทำยเชื่อมแม่กลองอาศัยข้อมูลที่รวบรวมได้จากการประปาส่วนภูมิภาคเขต 3 ครอบคลุม 8 สาขาได้แก่ บ้านโป่ง ดำเนินสะดวก จอมบึง-สวนผึ้ง ปากท่อ สมุทรสงคราม กาญจนบุรี พนมทวน และท่ามะกา ในปี พ.ศ. 2550 ซึ่งความต้องการน้ำเพื่อการประปาทำยเชื่อมแม่กลองอยู่ที่ประมาณ 26.90 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

■ ความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานโครงการชลประทานประเภทสูบน้ำ

การประมาณการความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานโครงการชลประทานประเภทสูบน้ำขนาดเล็กได้อาศัยผลการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการสูบน้ำทำยลำน้ำแควใหญ่ แควน้อย ลำตะเพิน ลำภาชี และลำน้ำแม่กลองในปี พ.ศ. 2546 จากกรมชลประทานซึ่งได้รับมอบงานจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามปัจจุบันกรมชลประทานได้ถ่ายโอนภารกิจให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ดูแลในการบริหารจัดการ โดยปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานโครงการชลประทานประเภทสูบน้ำมีค่าโดยประมาณ 58.82 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

■ ความต้องการน้ำเพื่อการควบคุมความเค็มทางด้านทำยลำน้ำแม่กลอง

ความต้องการน้ำเพื่อการควบคุมความเค็มหรือระบบนิเวศน์ทำยลำน้ำแม่กลองกำหนดไว้ที่อัตราการระบายน้ำเท่ากับ 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือคิดเป็น 1,576.80 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

■ ความต้องการน้ำเพื่อผันน้ำไปใช้ในการหล่อเย็นโรงไฟฟ้าราชบุรี

จากรายงานผลการศึกษาที่ผ่านมากำหนดให้ความต้องการน้ำเพื่อผันน้ำไปใช้ในการหล่อเย็นโรงไฟฟ้าราชบุรีเท่ากับ 75 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

■ ความต้องการน้ำเพื่อผันน้ำไปใช้ในลุ่มน้ำท่าจีน

การประมาณการความต้องการน้ำเพื่อผันน้ำไปใช้ในลุ่มน้ำท่าจีนอาศัยผลการตรวจวัดข้อมูลปริมาณน้ำที่ส่งผ่านคลองท่าสาร-บางปลา และคลองจรเข้สามพันในปี พ.ศ. 2550 โดยมีค่าเท่ากับ 570.70 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

■ ความต้องการน้ำเพื่อการผลิตน้ำประปาที่โรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์

ผลการรวบรวมข้อมูลรายงานระดับน้ำคลองประปาฝั่งตะวันตก จากกองระบบส่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก การประปานครหลวงตั้งแต่วันที่ 27/01/2550 ถึง 10/10/2556 รายงานพบว่าปริมาณน้ำที่ผัน

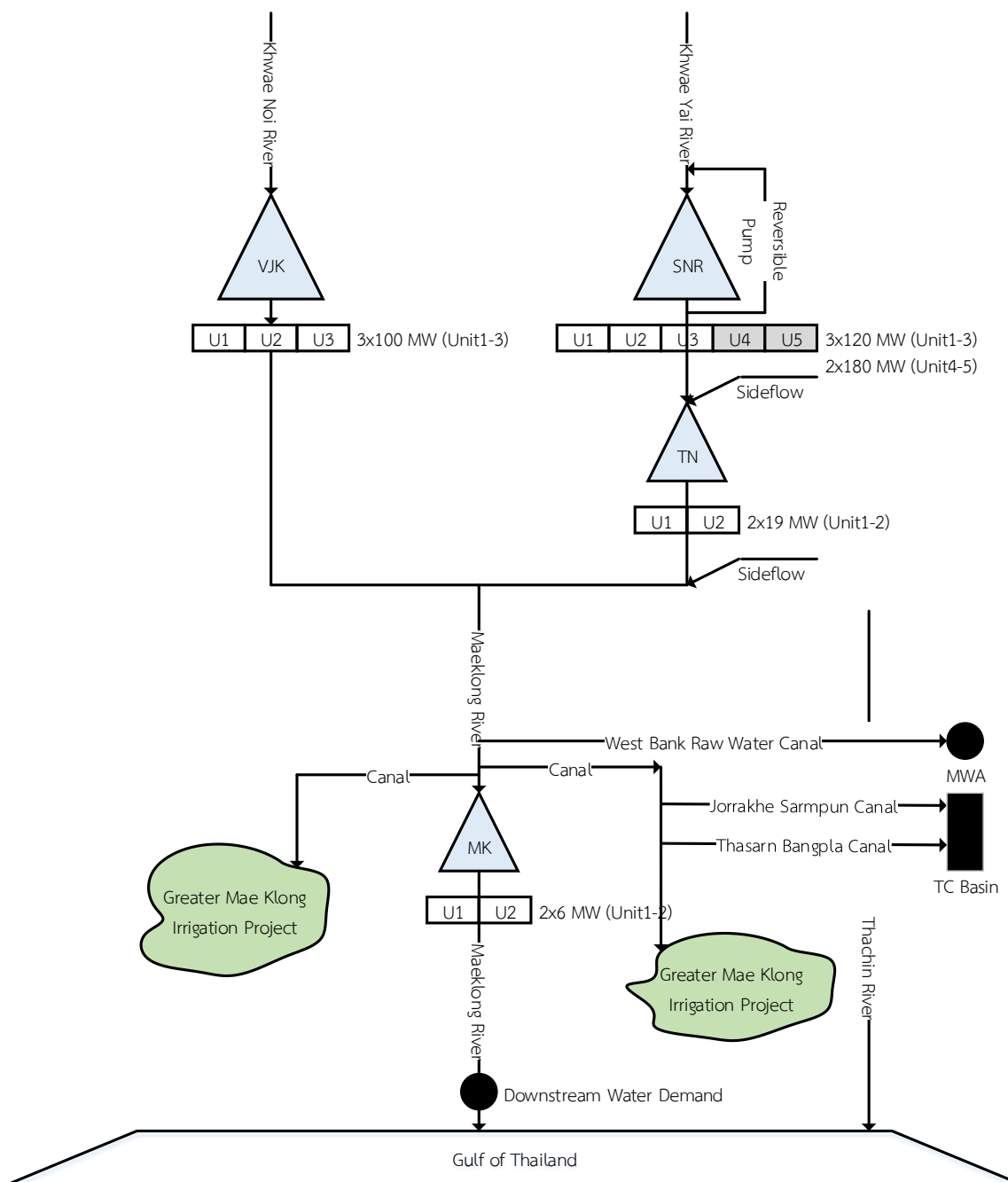
ไปใช้เพื่อการผลิตน้ำประปาที่โรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.52-1.78 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.13 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต จากการวิเคราะห์หาข้อมูลเฉลี่ยพบว่าอยู่ในช่วงระหว่าง 29.05-35.64 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน หรือเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 362.93 ล้านลูกบาศก์เมตร

1.8.1.6 แผนพัฒนาแหล่งน้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลองในอนาคต (Future Plan of Water Resources Development Project in Mae Klong Basin)

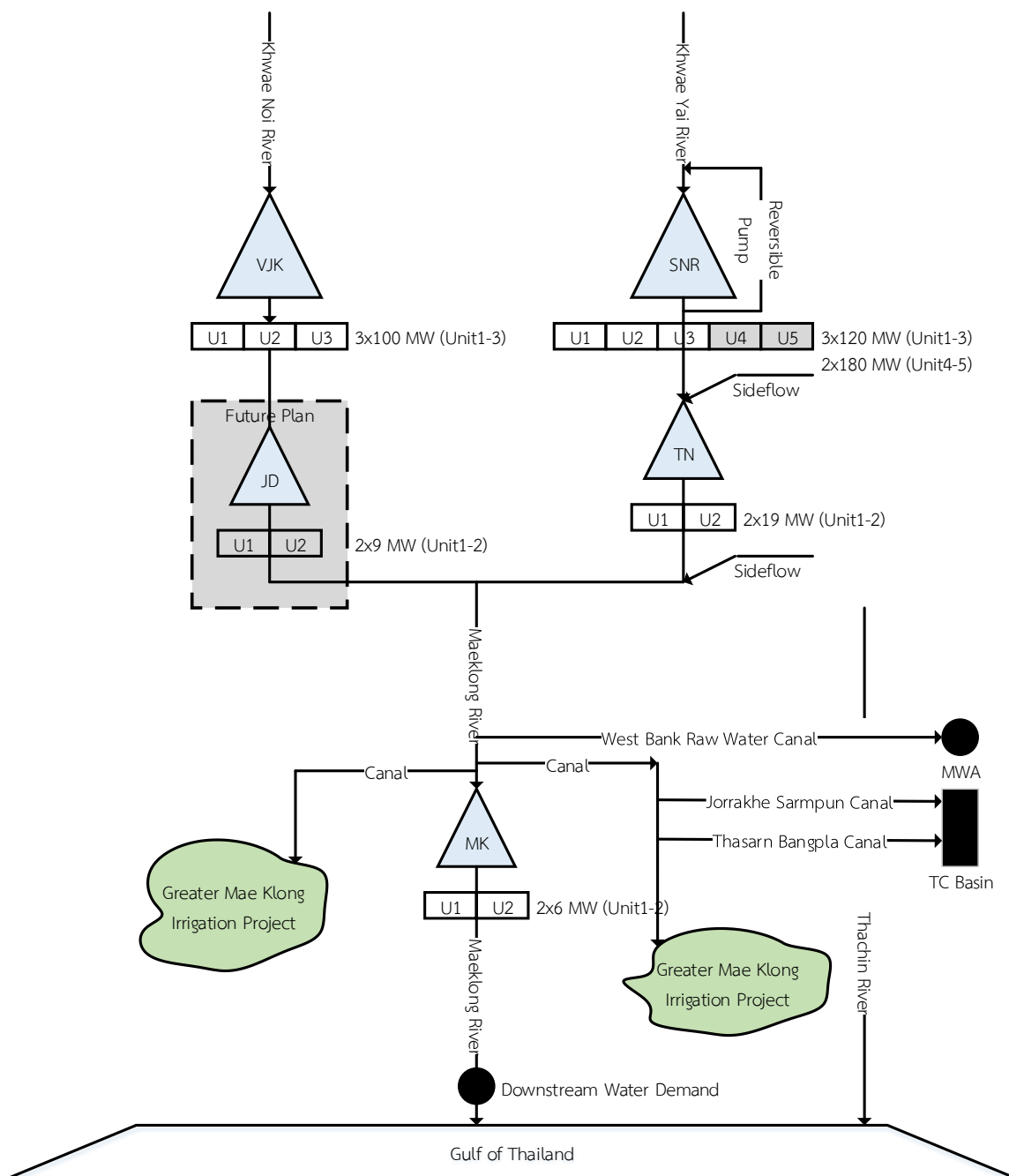
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้เสนอแผนพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองภายใต้ชื่อโครงการไฟฟ้าพลังงานน้ำบ้านจันเคย์ (เขาสลึมตอนล่างเดิม) โดยมีวัตถุประสงค์หลักของโครงการเพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนวชิราลงกรณให้มากที่สุดในการเสริมกำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบให้มีความมั่นคงยิ่งขึ้น และเป็นการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำซึ่งเป็นพลังงานทดแทนที่สำคัญในประเทศ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้เริ่มทำการศึกษาความเหมาะสมมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 โดยในเบื้องต้นได้กำหนดให้ที่ตั้งของโครงการอยู่ที่บ้านจันเคย์ ห่างจากท้ายเขื่อนวชิราลงกรณเป็นระยะทางประมาณ 23.50 กิโลเมตร หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2535 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ดำเนินการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นเพิ่มเติมโดยพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ทางด้านท้ายน้ำและเลือกที่ตั้งโครงการใหม่โดยห่างจากจุดเดิมไปทางเหนือประมาณ 2.30 กิโลเมตร หรือห่างจากท้ายเขื่อนวชิราลงกรณเป็นระยะทาง 21.20 กิโลเมตร มีกำลังการผลิตติดตั้ง 16 เมกะวัตต์ ในปี พ.ศ. 2548 ได้มีการศึกษาเบื้องต้นอีกครั้งโดยพิจารณาถึงรายละเอียดและตำแหน่งที่ตั้งเขื่อนเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนของกระทรวงพลังงานให้มีสัดส่วนของ Renewable Portfolio Standard (RPS) เพิ่มขึ้นในระบบ โดยผลการศึกษาพบว่าบริเวณที่มีความเหมาะสมที่สุดห่างจากท้ายเขื่อนวชิราลงกรณเป็นระยะทางประมาณ 22.50 กิโลเมตร และได้ข้อสรุปว่าหากพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตต่อหน่วยต่ำสุด ขนาดกำลังการผลิตติดตั้งที่เหมาะสมเท่ากับ 18 เมกะวัตต์ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ 109.65 ล้านหน่วยต่อปี และหากพิจารณาตามนโยบายโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนของกระทรวงพลังงาน ขนาดกำลังการผลิตติดตั้งที่เหมาะสมเท่ากับ 30 เมกะวัตต์ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ 130.93 ล้านหน่วยต่อปี ต่อมาในปี พ.ศ. 2551 ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมของโครงการอีกครั้งหลังจากได้มีการยกเลิกนโยบายโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนของกระทรวงพลังงานโดยพิจารณาเฉพาะกรณีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยต่ำสุดเท่านั้น ผลการศึกษาพบว่ากำลังการผลิตติดตั้งที่เหมาะสมเท่ากับ 2x9 เมกะวัตต์ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 84.48 ล้านหน่วยต่อปี และล่าสุดในปี พ.ศ. 2555 ได้มีการศึกษาทบทวนผลการศึกษาในปี พ.ศ. 2551 อีกครั้งโดยทบทวนตำแหน่งที่ตั้งโครงการให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ และปรับปรุงฐานข้อมูลด้านอุทกวิทยา การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า การประมาณราคาโครงการ รวมถึงการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินของโครงการให้มีความทันสมัยและเป็นปัจจุบัน พร้อมทั้งว่าจ้างบริษัทปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด

เพื่อจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) โดยเริ่มศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 กำหนดแล้วเสร็จประมาณเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 เพื่อที่จะได้เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเห็นชอบก่อนที่จะขออนุมัติโครงการต่อไป สำหรับในปัจจุบันโครงการไฟฟ้าพลังงานน้ำบ้านจันเคยได้รับการบรรจุในแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP 2010) มีกำหนดแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2561 นอกจากนี้โครงการยังถูกบรรจุในแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP 2012-2021) อีกด้วย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560)

สำหรับรายละเอียดของระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองในปัจจุบันและตามแผนพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคตได้แสดงในภาพที่ 1-14 และภาพที่ 1-15 รวมถึงลักษณะสำคัญของระบบอ่างเก็บน้ำและระบบไฟฟ้าพลังน้ำในกลุ่มน้ำแม่กลองแสดงไว้ในตารางที่ 1-11 และตารางที่ 1-12



ภาพที่ 1-14 แผนผังระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองในปัจจุบัน



ภาพที่ 1-15 แผนผังระบบอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลองตามแผนพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคต

ตารางที่ 1-11 รายละเอียดสำคัญของระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง

รายละเอียดสำคัญ	ระบบอ่างเก็บน้ำ				
	แผนพัฒนาลุ่มน้ำในปัจจุบัน				แผนพัฒนาลุ่มน้ำในอนาคต
	เขื่อนศรีนครินทร์	เขื่อนวชิราลงกรณ์	เขื่อนท่าทุ่งนา	เขื่อนแม่กลอง	เขื่อนจันแฉะ
1. สถานที่ตั้ง	บ้านเจ้าเณร ต.ท่ากระดาน อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี	บ้านท่าขนุน อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี	บ้านท่าทุ่งนา ต.ช่องสะเดา อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	ต.ม่วงชุม อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี	ต.ท่าขนุน อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
2. ปี พ.ศ. ที่สร้างแล้วเสร็จ	2523	2527	2525	2513	-
3. ประเภทเขื่อน	เขื่อนเก็บกักน้ำ	เขื่อนเก็บกักน้ำ	เขื่อนทดน้ำ	เขื่อนระบายน้ำ/ทดน้ำ	เขื่อนทดน้ำ
4. ลักษณะสำคัญของเขื่อน	เขื่อนหินทิ้งแกนดินเหนียว	เขื่อนหินถม ดาดผิว ด้านหน้าด้วยคอนกรีต เสริมเหล็ก	เขื่อนผสมระหว่างเขื่อน หินถมแกนดินเหนียวและ เขื่อนคอนกรีต	เขื่อนคอนกรีต	เขื่อนคอนกรีต
5. พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	10,800	3,720	-	26,441	4,125
6. ระดับเก็บกัก (ม.รทก.)					
-ระดับเก็บกักสูงสุด	+182.40	+160.50	+59.77	+23.66	-
-ระดับเก็บกักปกติ	+180.00	+155.00	+59.70	+22.50	+82.00
-ระดับเก็บกักต่ำสุด	+159.00	+135.00	+55.50	-	+78.00
7. ความจุเก็บกัก (ล้าน ลบ.ม.)					
-ความจุเก็บกักสูงสุด	18,790	11,000	-	-	-
-ความจุเก็บกักปกติ	17,745	8,860	55.03	50	10.99
-ความจุเก็บกักต่ำสุด	10,276	3,011	28.95	-	4.36
8. ปริมาณน้ำใช้การ (ล้าน ลบ.ม.)	7,470	5,848	28.80	-	6.63
9. ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้าน ลบ.ม.)	4,535	5,357	-	10,184	5,660

ตารางที่ 1-12 รายละเอียดสำคัญของระบบไฟฟ้าพลังงานน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง

รายละเอียดสำคัญ	ระบบไฟฟ้าพลังงานน้ำ				
	แผนพัฒนาลุ่มน้ำในปัจจุบัน				แผนพัฒนาลุ่มน้ำในอนาคต
	เขื่อนศรีนครินทร์	เขื่อนวชิราลงกรณ	เขื่อนท่าทุ่งนา	เขื่อนแม่กลอง	เขื่อนจันแฉะ
1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ยูนิต)	5	3	2	2	2
2. กำลังผลิตยูนิตละ (เมกกะวัตต์)	120 (1-3)	100	19	6	9
	180 (4-5)				
3. กำลังผลิตติดตั้งทั้งหมด (เมกกะวัตต์)	720	300	38	12	18
4. อัตราการระบายน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)	120.00 (1-3)	167	-	27	323.8
	175.10 (4-5)				
5. ความสูงของหัวน้ำ (เมตร)	105.00 (1-3)	63	-	9.20	6.40
	111.10 (4-5)				
6. ระดับน้ำต่ำสุดที่ผลิตไฟฟ้าได้ (เมตร รทก.)	159.00 (1-3)	135.00	55.50	-	-
	164.50 (4-5)				
7. ระดับน้ำต่ำสุดที่ผลิตไฟฟ้าได้เต็มที่ (เมตร รทก.)	162.50 (1-3)	147.00	55.50	-	-
	168.00 (4-5)				
8. ระดับน้ำท้ายเขื่อน (เมตร รทก.)	55.50	87.00	41.50	-	-
9. พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีเฉลี่ย (กิกะวัตต์-ชั่วโมง)	1,228	767	166	74	84.48
10. ความต้องการไฟฟ้าต่ำสุด					
- กำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่ใช้ (เมกกะวัตต์)	100	40	10	-	-
- พลังงานไฟฟ้าต่ำสุดที่ได้รายปี (กิกะวัตต์-ชั่วโมง)	876	350	88	-	-

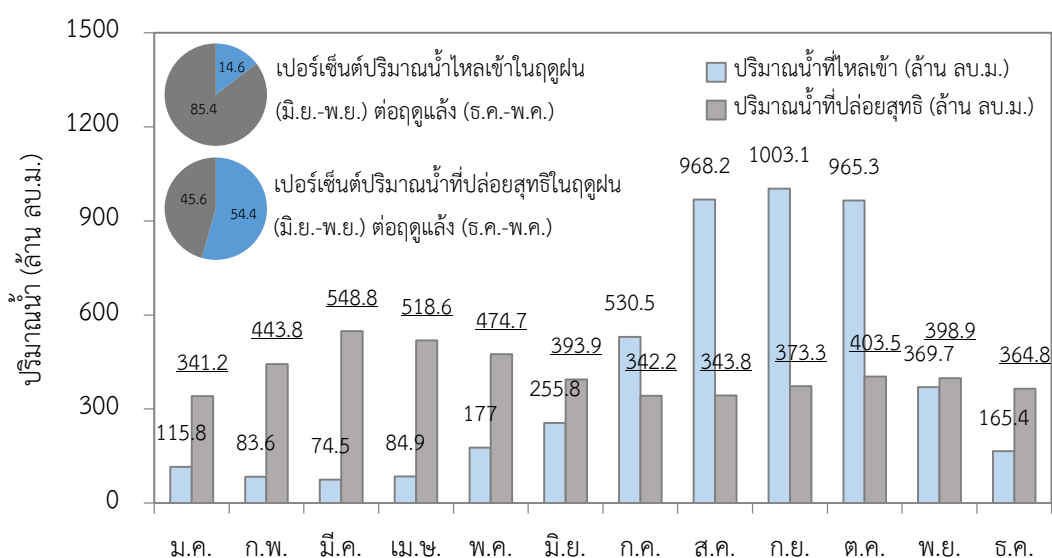
ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2560)

1.8.2 สถานภาพน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลอง

สถานภาพน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลองซึ่งวิเคราะห์จากผลการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำระยะยาวของเขื่อนหลักของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและกรมชลประทานได้สรุปผลไว้ในตารางที่ 1-13 โดยข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างและข้อมูลปริมาณการปล่อยน้ำจากเขื่อนเก็บกัก 2 เขื่อนหลัก ได้แก่ (1) เขื่อนศรีนครินทร์ และ (2) เขื่อนวชิราลงกรณ สะท้อนถึงสถานภาพของน้ำต้นทุนที่เก็บกักได้จากแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง ก่อนที่เขื่อนทดน้ำซึ่งตั้งอยู่ทางตอนล่างของลุ่มน้ำได้แก่ (1) เขื่อนท่าทุ่งนา และ (2) เขื่อนแม่กลอง จะทำหน้าที่ควบคุมการปล่อยน้ำและกระจายน้ำไปยังพื้นที่ความต้องการน้ำเป้าหมายของโครงการต่อไป

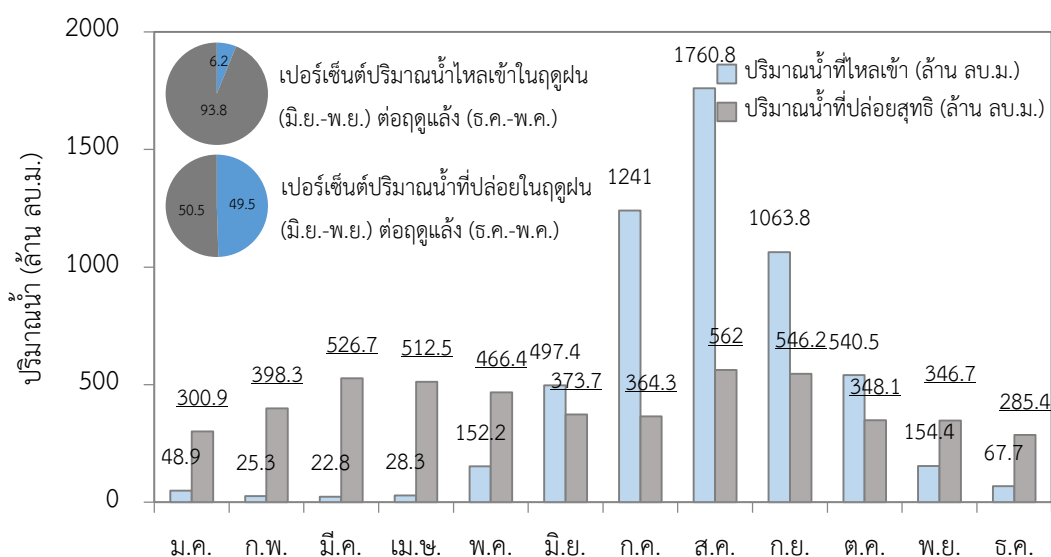
(1) ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างและข้อมูลปริมาณการปล่อยน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์

ปริมาณน้ำไหลเข้ารายปีเฉลี่ยของเขื่อนศรีนครินทร์เท่ากับ 4,794 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณน้ำที่ปล่อยผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดที่ 1-5 เฉลี่ยเท่ากับ 5,643 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในจำนวนนี้เป็นปริมาณน้ำสูบกลับจากยูนิตที่ 4-5 เท่ากับ 695 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็นปริมาณน้ำที่ปล่อยออกสุทธิเท่ากับ 4,948 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรืออาจจะกล่าวได้ว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้ารายปีเฉลี่ยของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์น้อยกว่าปริมาณน้ำที่ปล่อยออกสุทธิจากอ่างเก็บน้ำอยู่เล็กน้อย สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ในช่วงฤดูฝน (มิถุนายน-พฤศจิกายน) ต่อฤดูแล้ง (ธันวาคม-พฤษภาคม) พบว่ามีสัดส่วนเป็น 85.4%:14.6% หรือกล่าวได้ว่า 85.4% ของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์จะไหลเข้ามาในช่วงฤดูฝนซึ่งคิดเป็นปริมาณ 4,093 ล้านลูกบาศก์เมตร ในขณะที่สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่ปล่อยสุทธิในช่วงฤดูฝนมีค่าน้อยกว่าในช่วงฤดูแล้งอยู่เล็กน้อยในสัดส่วนคิดเป็น 45.6%:54.4% ดังแสดงในภาพที่ 1-16



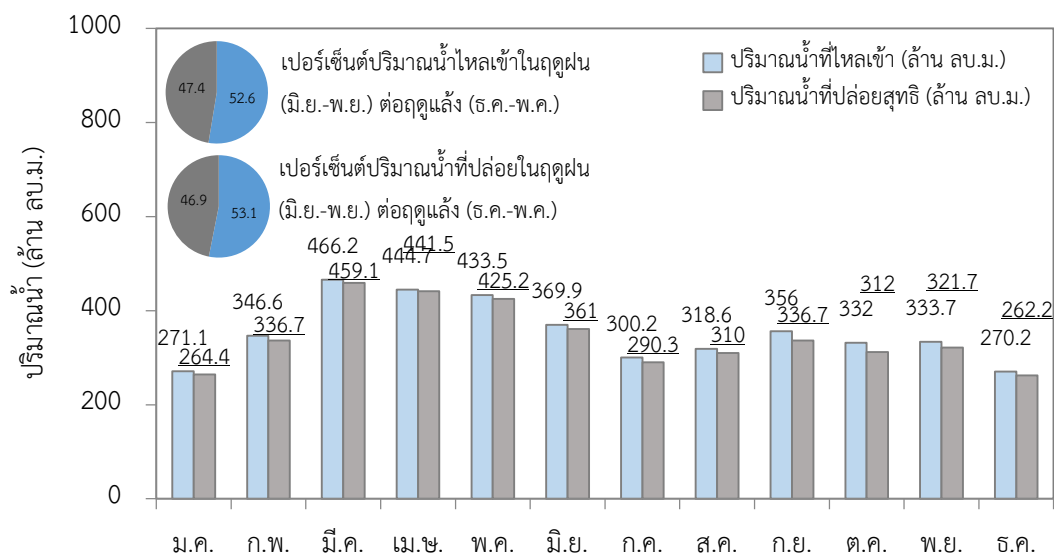
ภาพที่ 1-16 เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและปริมาณน้ำที่ปล่อยสุทธิตายเดือนของเขื่อนศรีนครินทร์

(2) ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างและข้อมูลปริมาณการปล่อยน้ำของเขื่อนวชิราลงกรณ์ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้ารายปีเฉลี่ยของอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ์สูงกว่าปริมาณน้ำที่ปล่อยออกกล่าวคือ มีค่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเฉลี่ยเท่ากับ 5,599 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และปริมาณน้ำที่ปล่อยออกเฉลี่ยเท่ากับ 5,059 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝนต่อฤดูแล้งคิดเป็น 93.8%:6.2% หรือปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างในช่วงฤดูฝนสูงถึง 5,258 ล้านลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตามทิศทางการปล่อยน้ำออกในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งพบว่ามีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกที่ใกล้เคียงกันกล่าวคือ 50.5%-49.5% ดังแสดงในภาพที่ 1-17



ภาพที่ 1-17 เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและปริมาณน้ำที่ปล่อยสุทธิรายเดือนของเขื่อนวชิราลงกรณ์

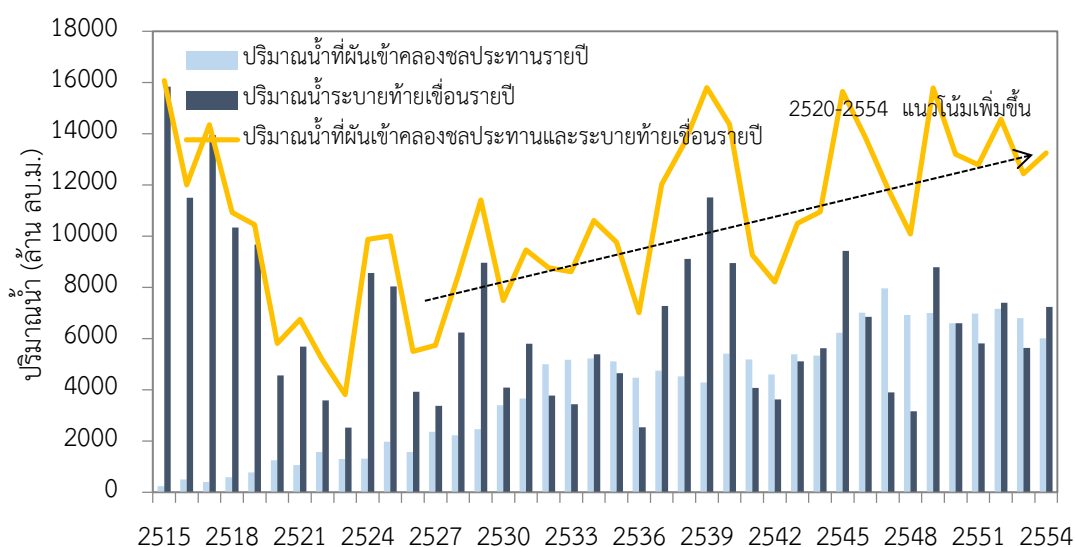
(3) ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างและข้อมูลปริมาณการปล่อยน้ำของเขื่อนท่าทุ่งนา สำหรับเขื่อนท่าทุ่งนาพบว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าซึ่งเป็นผลจากการปล่อยน้ำจากเขื่อนศรีนครินทร์และปริมาณน้ำที่ไหลจากด้านข้าง (Side Flow) นั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4,250 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งมากกว่าปริมาณน้ำที่ปล่อยออกที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4,129 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกของเขื่อนท่าทุ่งนาในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันนักโดยมีสัดส่วนคิดเป็น 47.4%:52.6% และ 46.9%:53.1% ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1-18



ภาพที่ 1-18 เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและปริมาณน้ำที่ปล่อยสุทธิรายเดือนของเขื่อนท่าทุ่งนา

(4) ข้อมูลปริมาณการผันน้ำของเขื่อนแม่กลอง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำที่ผันเข้าคลองชลประทานและปริมาณน้ำระบายท้ายเขื่อนแม่กลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2515-2554 พบว่า ปริมาณน้ำที่ปล่อยทั้งหมดซึ่งคิดจากปริมาณน้ำที่ผันเข้าคลองชลประทานและปริมาณน้ำระบายท้ายเขื่อนแม่กลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบันดังแสดงในภาพที่ 1-19



ภาพที่ 1-19 ปริมาณน้ำที่ผันเข้าคลองชลประทานและระบายท้ายเขื่อนแม่กลองรายปี

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์อัตราการผันน้ำเข้าคลองชลประทานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2554 ซึ่งมีแนวโน้มการปล่อยน้ำคงที่พบว่า มีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ 178.10 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และมีค่าสูงสุดรายเดือนเฉลี่ย 273.34 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในขณะที่อัตราการผันน้ำต่ำสุดรายเดือนเฉลี่ยมีค่าเพียง 82.94 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีเท่านั้น สำหรับอัตราการระบายน้ำท้ายเขื่อนแม่กลองที่ทำการวิเคราะห์ระยะยาวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2554 พบว่ามีค่าเฉลี่ยรายเดือนเท่ากับ 189.43 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งสูงกว่าอัตราการผันน้ำเข้าคลองชลประทานและข้อกำหนดในการระบายน้ำท้ายเขื่อนแม่กลองที่กำหนดไว้ที่ 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับค่าสูงสุดและต่ำสุดรายเดือนเฉลี่ยเท่ากับ 479.91 และ 48.17 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ดังแสดงข้อมูลสรุปไว้ในตารางที่ 1-14

ตารางที่ 1-14 อัตราการผันน้ำเข้าคลองชลประทานและระบายน้ำท้ายเขื่อนแม่กลอง

เดือน	อัตราการผันน้ำเข้าคลองชลประทาน (ลบ.ม./วินาที)			อัตราการระบายน้ำท้ายเขื่อนแม่กลอง (ลบ.ม./วินาที)		
	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
ม.ค.	4.11	74.15	175.54	56.38	143.66	323.70
ก.พ.	70.27	193.50	299.34	43.40	105.53	180.22
มี.ค.	112.38	252.40	357.59	39.58	126.30	223.94
เม.ษ.	115.74	263.87	374.50	54.40	114.91	197.37
พ.ค.	108.65	228.27	363.59	38.08	153.59	409.32
มิ.ย.	61.34	138.22	225.71	52.08	198.83	431.71
ก.ค.	75.79	147.52	237.45	11.20	169.56	558.39
ส.ค.	171.00	224.65	274.89	63.84	244.62	721.70
ก.ย.	137.35	205.72	259.34	64.04	299.82	857.64
ต.ค.	56.38	156.17	254.48	71.90	344.53	949.82
พ.ย.	72.53	177.56	304.18	41.67	195.15	513.50
ธ.ค.	9.71	75.11	153.52	41.44	176.67	391.65
เฉลี่ย	82.94	178.10	273.34	48.17	189.43	479.91

ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2560)

ตารางที่ 1-13 สรุปรายละเอียดของข้อมูลการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยระยะยาวในกลุ่มน้ำแม่กลอง

ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ	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
เขื่อนศรีนครินทร์ ^{1/}													
ระดับน้ำรายวันเฉลี่ย (เมตร รทก.)	172.3	171.7	170.7	169.5	168.4	167.8	167.9	169.3	171.0	172.8	173.7	173.5	170.7
ระดับน้ำสิ้นเดือนเฉลี่ย (เมตร รทก.)	172.1	171.3	170.1	168.9	168.1	167.7	168.3	170.1	171.8	173.5	173.6	173.3	170.7
ปริมาณน้ำที่ไหลเข้า (ล้าน ลบ.ม.)	115.8	83.6	74.5	84.9	177.0	255.8	530.5	968.2	1003.1	965.3	369.7	165.4	4793.9
ปริมาณน้ำที่ปล่อยผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ยูนิตที่ 1-5 (ล้าน ลบ.ม.) ^{1.1/}	421.1	484.5	585.9	546.8	516.7	450.2	397.0	422.6	444.8	476.2	466.6	430.2	5642.6
ปริมาณน้ำสูบลกลับยูนิตที่ 4-5 (ล้าน ลบ.ม.) ^{1.2/}	79.9	40.7	37.2	28.2	42.0	56.3	54.8	78.8	71.4	72.7	67.6	65.4	694.9
ปริมาณน้ำที่ปล่อยสุทธิ (ล้าน ลบ.ม.) ^{1.3/}	341.2	443.8	548.8	518.6	474.7	393.9	342.2	343.8	373.3	403.5	398.9	364.8	4947.6
ปริมาณน้ำที่ปล่อยผ่านอาคารระบายน้ำล้นสูงสุด (ล้าน ลบ.ม.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ปริมาณการสูญเสียน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	36.3	42.4	55.2	56.8	44.8	34.4	31.5	30.5	31.6	30.6	29.5	35.2	458.7
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิกะวัตต์-ชั่วโมง)	84.8	103.4	134.2	126.0	121.3	108.2	89.3	94.8	106.5	94.0	101.3	89.1	1252.9
เขื่อนวชิราลงกรณ ^{2/}													
ระดับน้ำรายวันเฉลี่ย (เมตร รทก.)	148.2	147.1	145.5	143.5	141.8	141.2	142.9	146.9	149.3	150.0	149.8	149.1	146.2
ระดับน้ำสิ้นเดือนเฉลี่ย (เมตร รทก.)	147.8	146.4	144.5	142.6	141.3	141.7	144.7	148.4	149.9	150.1	149.4	148.7	146.2
ปริมาณน้ำที่ไหลเข้า (ล้าน ลบ.ม.)	48.9	25.3	22.8	28.3	152.2	497.4	1241.0	1760.8	1063.8	540.5	154.4	67.7	5598.5
ปริมาณน้ำที่ปล่อย (ล้าน ลบ.ม.)	300.9	398.3	526.7	512.5	466.4	373.7	364.3	562.0	546.2	348.1	346.7	285.4	5058.9
ปริมาณน้ำที่ปล่อยผ่านอาคารระบายน้ำล้นสูงสุด (ล้าน ลบ.ม.) ^{2.1/}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	584.3 (2540)	268.4 (2537)	0.0	0.0	0.0	626.2 (2540)
ปริมาณการสูญเสียน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	32.1	42.9	59.1	58.1	35.7	19.3	17.5	21.5	25.1	28.6	24.1	27.2	391.5
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิกะวัตต์-ชั่วโมง)	48.7	63.6	81.1	76.7	67.7	51.8	54.2	89.3	86.4	58.7	58.4	48.2	784.8

ตารางที่ 1-13 (ต่อ)

ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ	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
เขื่อนท่าทุ่งนา ^{3/}													
ระดับน้ำรายวันเฉลี่ย (เมตร รทก.)	58.6	58.6	58.6	58.6	58.7	58.7	58.5	58.6	58.7	58.8	58.7	58.3	58.5
ระดับน้ำสิ้นเดือนเฉลี่ย (เมตร รทก.)	58.3	58.6	58.6	58.5	58.6	58.5	58.4	58.5	58.8	58.9	58.9	58.4	58.6
ปริมาณน้ำที่ไหลเข้า (ล้าน ลบ.ม.)	271.1	346.6	466.2	444.7	433.5	369.9	300.2	318.6	356.0	332.0	333.7	270.2	4249.4
ปริมาณน้ำที่ปล่อย (ล้าน ลบ.ม.)	264.4	336.7	459.1	441.5	425.2	361.0	290.3	310.0	336.7	312.0	321.7	262.2	4128.5
ปริมาณน้ำที่ปล่อยผ่านอาคารระบายน้ำล้นสูงสุด (ล้าน ลบ.ม.) ^{3.1/}	1.9 (2538)	126.8 (2555)	77.7 (2555)	7.4 (2538)	47.3 (2540)	138.9 (2535)	140.3 (2535)	41.8 (2541)	154.3 (2545)	215.0 (2545)	60.5 (2535)	65.0 (2537)	524.5
ปริมาณการสูญเสียน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	0.8	0.7	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	1.4	0.9	0.8	0.5	1.4	10.6
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิกะวัตต์-ชั่วโมง)	11.6	15.5	20.3	19.9	19.1	16.5	13.3	14.7	16.7	15.8	14.9	12.3	190.7
เขื่อนแม่กลอง ^{4/}													
ปริมาณน้ำที่ผันเข้าคลองชลประทาน (ล้าน ลบ.ม.)	129.3	323.5	470.9	476.7	407.6	247.9	300.6	461.0	415.8	322.7	339.9	132.1	3993.1
ปริมาณน้ำที่ระบายท้ายเขื่อน (ล้าน ลบ.ม.)	322.8	218.8	274.8	251.7	343.0	534.7	664.7	1,060.5	1,054.0	1,051.3	536.4	422.6	6647.8
ปริมาณน้ำที่ผันเข้าคลองชลประทานและระบายท้ายเขื่อน (ล้าน ลบ.ม.)	452.1	542.3	745.6	728.4	750.6	782.6	965.3	1,521.4	1,469.8	1,374.0	876.3	554.7	10640.9
ปริมาณน้ำที่ผันเข้าคลองชลประทานปี พ.ศ. 2553 (ล้าน ลบ.ม.)	373.1	506.9	924.8	893.9	973.8	585.0	369.4	532.6	465.6	369.1	606.4	199.8	6800.4
ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน (CROPWAT) ปี พ.ศ. 2553 (ล้าน ลบ.ม.)	256.0	308.6	348.7	462.8	664.1	613.5	525.2	477.3	194.6	175.1	209.2	235.3	4470.4
ปริมาณน้ำที่ต้องส่งไปใช้เพื่อการชลประทาน (ล้าน ลบ.ม.) ^{4.1/}	426.7	514.3	581.2	771.3	1106.9	1022.5	875.4	795.6	324.3	291.8	348.7	392.1	7450.7

หมายเหตุ : ^{1/} วิเคราะห์จากข้อมูลรายวันของเขื่อนศรีนครินทร์ตั้งแต่ 1/1/2523-31/12/2556

^{2/} วิเคราะห์จากข้อมูลรายวันของเขื่อนวชิราลงกรณตั้งแต่ 1/10/2527-31/12/2556

^{3/} วิเคราะห์จากข้อมูลรายวันของเขื่อนท่าทุ่งนาตั้งแต่ 1/12/2524-31/12/2556

- 4/ วิเคราะห์จากข้อมูลรายเดือนของเขื่อนแม่กลองตั้งแต่ 5/2515-12/2554 สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำที่ผันเข้าคลองชลประทาน และตั้งแต่ 9/2513-12/2554 สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำระบายท้ายเขื่อน
- 1.1/+1.2/+1.3/ วิเคราะห์จากข้อมูลรายวันของเขื่อนศรีนครินทร์ตั้งแต่ 1/1/2545-31/12/2556 และปริมาณน้ำที่ปล่อยสุทธิ = ปริมาณน้ำที่ปล่อยผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายูนิต 1-5 – ปริมาณน้ำสูกลับ
- 2.1/ การปล่อยน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนวชิราลงกรณเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2537, 2540, และ 2545
- 3.1/ การปล่อยน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนท่าทุ่งนาเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2530, 2534-2541, 2543, 2544-2547, 2552, และ 2555-2556
- 4.1/ กำหนดประสิทธิภาพการชลประทานเท่ากับ 60%

1.8.3 สถานภาพน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำใต้ดินในลุ่มน้ำแม่กลอง

จากการศึกษาโครงการจัดทำแผนบูรณาการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินทั่วประเทศ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554) และโครงการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองและลุ่มน้ำท่าจีนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551) พบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองมีการสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ทั้งภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคครัวเรือนดังแสดงในภาพที่ 1-20 และจากฐานข้อมูลน้ำใต้ดินของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองพบว่า มีการสูบน้ำใต้ดินไปใช้เพื่อการเกษตรกรรมทั้งในเขตพื้นที่ชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่และนอกเขตชลประทานโดยเฉพาะแถบจังหวัดกาญจนบุรี นครปฐม ราชบุรี สุพรรณบุรี สมุทรสาคร และสมุทรสงคราม โดยคุณภาพน้ำจัดอยู่ในประเภทน้ำจืดที่สามารถนำไปใช้ได้



ภาพที่ 1-20 การใช้น้ำใต้ดินเพื่อการเกษตรกรรมในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

จากรายงานข้างต้นพบว่าจำนวนบ่อสูบน้ำใต้ดินครอบคลุมจังหวัดกาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐม สมุทรสาคร และสมุทรสงครามซึ่งตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองมีจำนวนทั้งสิ้น 34,453 บ่อ โดยแบ่งออกเป็นบ่อสูบน้ำใต้ดินส่วนตัวที่ใช้การได้เพื่อการอุปโภคบริโภคและเพื่อการเกษตรกรรมจำนวน 26,079 บ่อ บ่อสูบน้ำใต้ดินสาธารณะจำนวน 5,253 บ่อ และบ่อสูบน้ำใต้ดินที่พัฒนาเป็นระบบประปาชนบทจำนวน 3,121 แห่ง และมีผู้ใช้น้ำจากระบบประปาชนบทจำนวนทั้งสิ้น 1,801,731 รายในอัตรา 120 ลิตรต่อคนต่อวัน คิดเป็นปริมาณน้ำใต้ดินที่สูบไปใช้ประมาณ 95.60 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ดังแสดงในตาราง

ที่ 1-15 ซึ่งในจำนวนนี้เป็นบ่อสูบน้ำใต้ดินที่ขออนุญาตใช้ตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2550 จำนวน 2,742 บ่อดังแสดงในตารางที่ 1-16

ตารางที่ 1-15 จำนวนบ่อสูบน้ำใต้ดินครอบคลุมจังหวัดกาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐม สมุทรสาคร และสมุทรสงครามในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

จังหวัด	บ่อสูบน้ำใต้ดิน ส่วนตัวใช้ได้ (บ่อ)	บ่อสูบน้ำใต้ดิน สาธารณะ (บ่อ)	บ่อประปา ชนบท (แห่ง)	ผู้ใช้น้ำ (คน)	ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)
กาญจนบุรี	18,881	1,619	344	194,892	21,650
ราชบุรี	3,705	1,248	723	524,571	66,115
นครปฐม	3,080	1,724	1284	636,693	113,899
สมุทรสาคร	263	399	595	310890	37,120
สมุทรสงคราม	150	263	175	134,685	23,143
รวม	26,079	5,253	3,121	1,801,731	261,927
ปริมาณการใช้น้ำรวม (ล้าน ลบ.ม./ปี)					95.60

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2551)

ตารางที่ 1-16 จำนวนบ่อสูบน้ำใต้ดินครอบคลุมจังหวัดกาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐม สมุทรสาคร และสมุทรสงครามในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองที่ขออนุญาตใช้ตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล

จังหวัด	จำนวนบ่อสูบน้ำใต้ดิน (บ่อ) และปริมาณการใช้น้ำใต้ดิน (ลบ.ม./วัน)							
	อุปโภคบริโภค		อุตสาหกรรม		เกษตรกรรม		รวม	
	จำนวน	ปริมาณน้ำ	จำนวน	ปริมาณน้ำ	จำนวน	ปริมาณน้ำ	จำนวน	ปริมาณน้ำ
กาญจนบุรี	28	1,408	90	68,815	30	2,186	148	72,409
ราชบุรี	94	12,589	301	143,234	100	8,702	495	164,525
นครปฐม	160	22,687	612	132,612	24	886	796	156,185
สมุทรสาคร	166	25,330	823	238,974	2	65	991	265,295
สมุทรสงคราม	176	1,247	127	4,089	9	406	312	5,742
รวม	624	63,261	1,953	587,724	165	12,245	2,742	664,156

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2551)

ในขณะที่จำนวนบ่อสูบน้ำใต้ดินเฉพาะในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่จากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลมีทั้งสิ้น 3,556 บ่อ และจำนวนบ่อสังเกตการณ์มีทั้งสิ้น 39 บ่อ โดยมีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

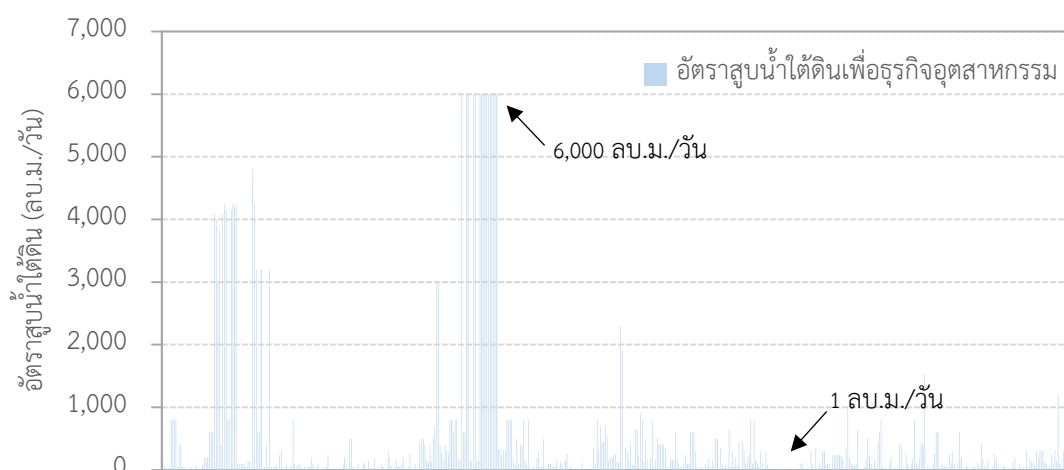
1.8.3.1 ข้อมูลน้ำใต้ดินจากบ่อสูบ (Pumping Wells Data)

ข้อมูลน้ำใต้ดินบ่อสูบน้ำใต้ดิน (Pumping Wells Data) ที่รวบรวมได้จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่มีทั้งสิ้น 3,556 บ่อ ดังแสดงในตารางที่ 1-17 ประกอบด้วย บ่อสูบน้ำใต้ดินของรัฐ (Government Wells) จำนวน 2,706 บ่อ ตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2443-2556 โดยสูบน้ำใต้ดินมาใช้เฉลี่ย 16 ชั่วโมงต่อวัน หรือคิดเป็นอัตราการสูบน้ำจากบ่อเฉลี่ย 251.54 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน รวมอัตราการสูบน้ำจากบ่อสูบน้ำใต้ดินของรัฐทั้งหมด 248.44 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และบ่อสูบน้ำใต้ดินของเอกชน (Private Wells) มีจำนวน 850 บ่อ ตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2455-2557 โดยสูบน้ำใต้ดินมาใช้ตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน หรือคิดเป็นอัตราการสูบน้ำจากบ่อ 320.67 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน รวมอัตราการสูบน้ำจากบ่อสูบน้ำใต้ดินของเอกชนทั้งหมด 93.90 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รวมปริมาณการสูบน้ำใต้ดินไปใช้เท่ากับ 342.35 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

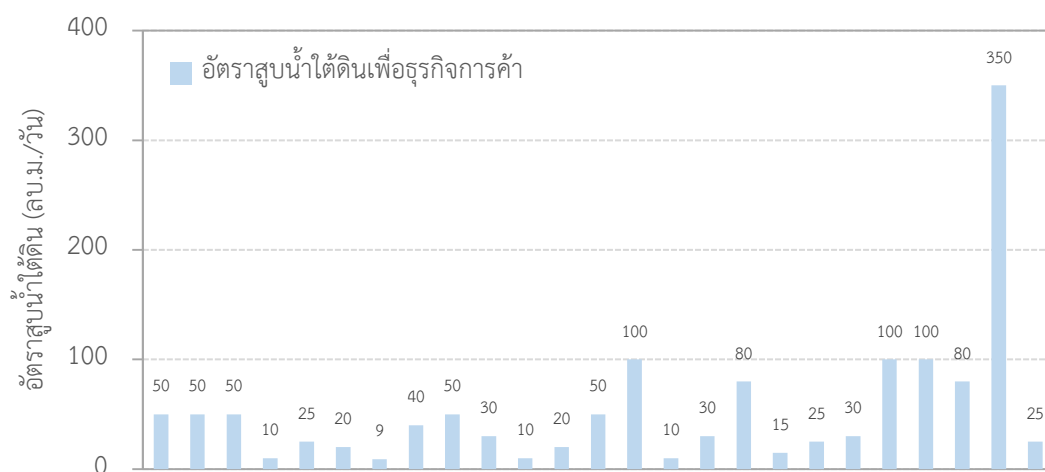
ตารางที่ 1-17 จำนวนบ่อสูบน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

บ่อสูบน้ำใต้ดิน	จำนวน (บ่อ)	อัตราการสูบน้ำเฉลี่ย (ลบ.ม./วัน)	ปริมาณการสูบน้ำใต้ดิน เฉลี่ย (ชั่วโมงต่อวัน)
บ่อสูบน้ำใต้ดินของรัฐ	2,706	251.54	16
บ่อสูบน้ำใต้ดินของเอกชน	850	320.67	24
รวม	3,556	572.21	-

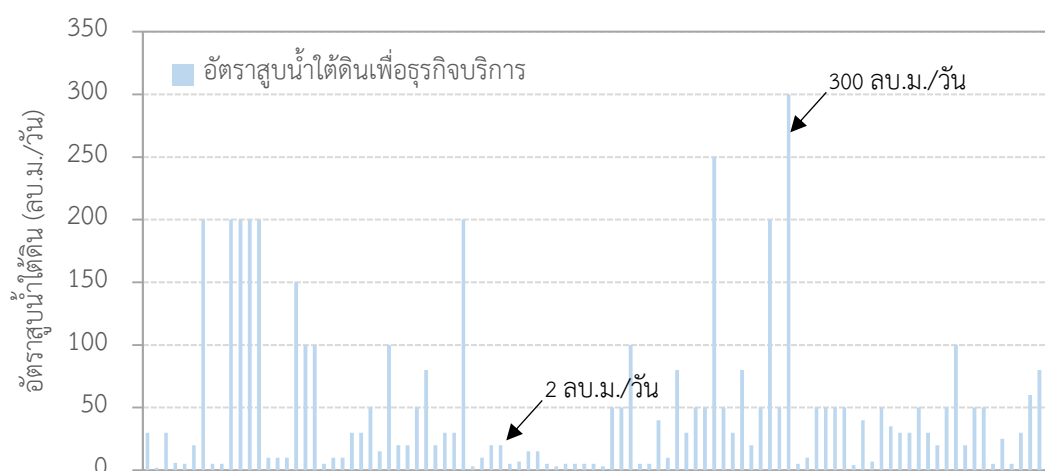
น้ำใต้ดินถูกนำมาใช้ใน 6 กิจกรรมหลักได้แก่ (1) ธุรกิจอุตสาหกรรม อัตราการสูบน้ำอยู่ระหว่าง 1-6,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (2) ธุรกิจการค้า อัตราการสูบน้ำอยู่ระหว่าง 9-350 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (3) ธุรกิจบริการ อัตราการสูบน้ำอยู่ระหว่าง 2-300 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (4) เกษตรกรรมเพาะปลูก อัตราการสูบน้ำอยู่ระหว่าง 5-200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (5) ปศุสัตว์ อัตราการสูบน้ำอยู่ระหว่าง 5-250 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และ (6) การอุปโภคบริโภค อัตราการสูบน้ำอยู่ระหว่าง 1-432 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังแสดงในภาพที่ 1-21 ถึงภาพที่ 1-26 โดยส่วนใหญ่ใช้สำหรับธุรกิจอุตสาหกรรมคิดเป็นปริมาณ 55% ของบ่อสูบน้ำเอกชนทั้งหมด



ภาพที่ 1-21 อัตราการสูบน้ำใต้ดินเพื่อธุรกิจอุตสาหกรรม



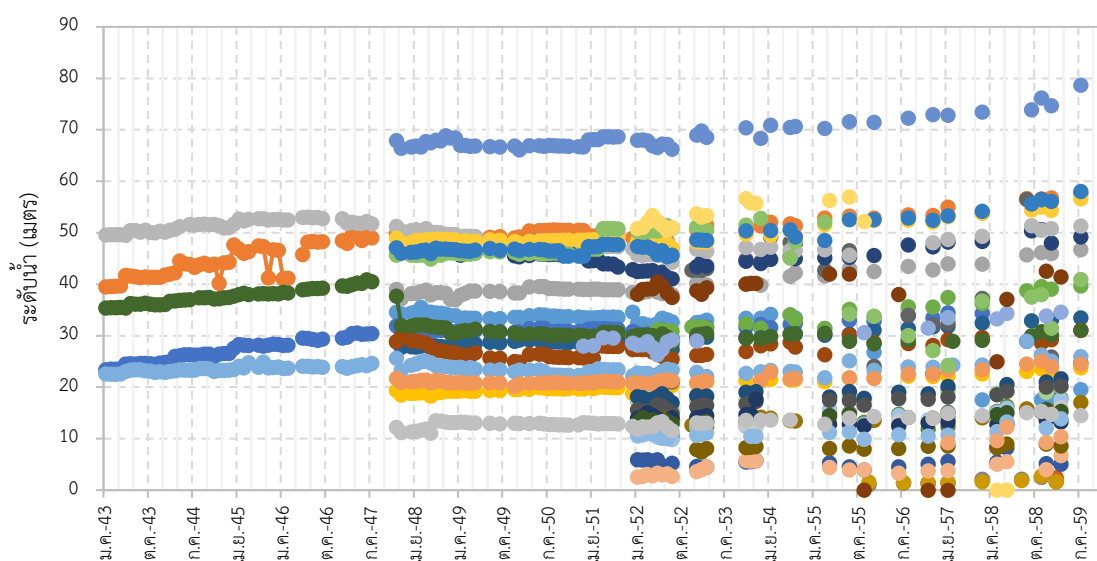
ภาพที่ 1-22 อัตราการสูบน้ำใต้ดินเพื่อธุรกิจการค้า



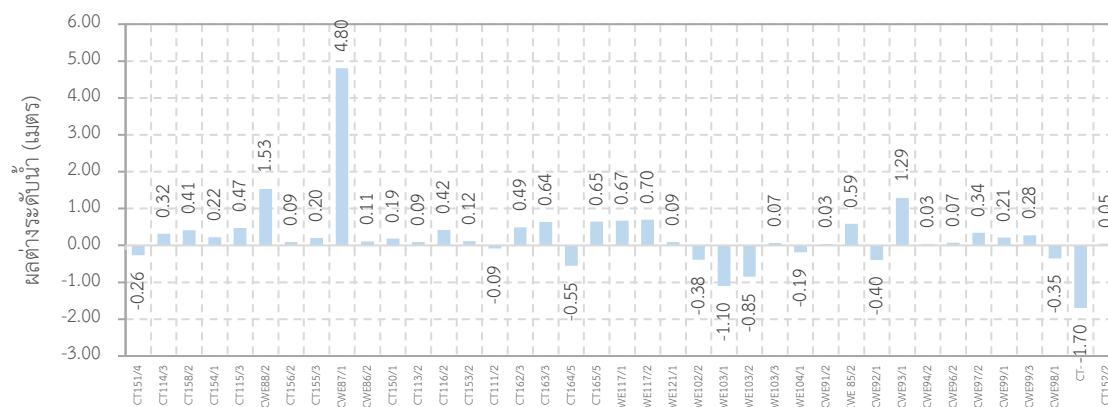
ภาพที่ 1-23 อัตราการสูบน้ำใต้ดินเพื่อธุรกิจบริการ

1.8.3.2 ข้อมูลน้ำใต้ดินจากบ่อสังเกตการณ์ (Observation Wells Data)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ (Observation Wells Data) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลซึ่งตรวจวัดและจัดเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2559 ในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่มีจำนวน 39 บ่อ โดยมีระดับความลึกเฉลี่ยของบ่อสังเกตการณ์ประมาณ 150 เมตร โดยบ่อที่ลึกที่สุดมีความลึกอยู่ที่ 320 เมตร พบว่า ระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ผันแปรแตกต่างกันตามปัจจัยการเติมน้ำในแต่ละฤดูดังแสดงในภาพที่ 1-27 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของระดับน้ำใต้ดินในช่วงฤดูฝน (ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม) และฤดูแล้ง (ตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน) จากบ่อสังเกตการณ์ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาพบว่า 70.36% ของบ่อสังเกตการณ์ทั้งหมดมีค่าระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนสูงกว่าระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งในช่วงระหว่าง 0.03-4.80 เมตร อันเนื่องมาจากการเติมน้ำใต้ดินในช่วงฤดูฝนที่เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่อีก 25.64% ของบ่อสังเกตการณ์ทั้งหมดมีค่าระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งอยู่เล็กน้อยในช่วงระหว่าง (-0.09)-(-1.70) เมตรดังแสดงในภาพที่ 1-28



ภาพที่ 1-27 ระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ตรวจวัดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2559



ภาพที่ 1-28 ความแตกต่างของระดับน้ำใต้ดินในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งจากบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่
ศึกษา

บทที่ 2

เนื้อเรื่อง

2.1 ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

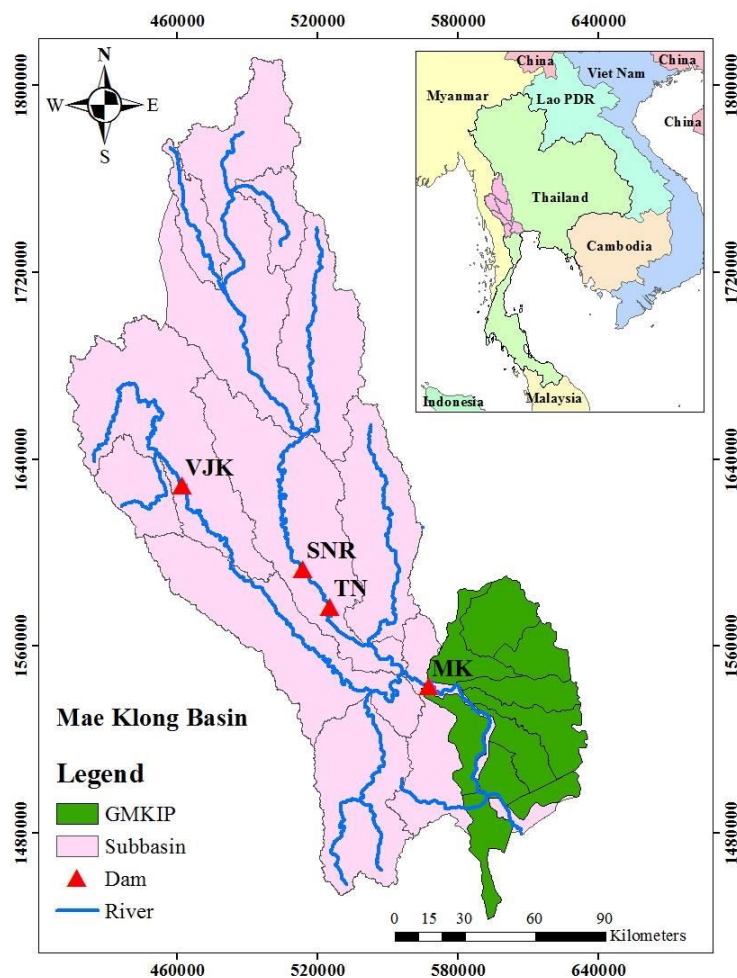
แบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำ (Water Evaluation and Planning Model, WEAP) หรือแบบจำลอง WEAP ถูกนำมาใช้เพื่อจำลองกระบวนการเกิดฝน-น้ำท่า และวิเคราะห์สถานการณ์การบริหารจัดการน้ำ ตลอดจนประเมินสถานภาพของน้ำต้นทุนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองปัจจุบัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ข้อมูลป้อนเข้าแบบจำลอง WEAP

ข้อมูลป้อนเข้าหลักของแบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำประกอบด้วย ข้อมูลพื้นที่ศึกษาในรูปแบบแผนที่ของลุ่มน้ำแม่กลอง ข้อมูลฝนรายเดือน ข้อมูลน้ำท่ารายเดือน ข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน ข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง ข้อมูลปริมาณการคายระเหยของพืช อ่างอิง (ETo) รวมถึงข้อมูลการจัดสรรน้ำของทุกอ่างเก็บน้ำ

2.1.1.1 ข้อมูลพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลพื้นที่ศึกษาในรูปแบบแผนที่ของลุ่มน้ำแม่กลองแสดงในภาพที่ 2-1 โดยแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็น 6 กลุ่มน้ำย่อย และมีเขื่อนหลักในพื้นที่ประกอบด้วย เขื่อนศรีนครินทร์ (Srinagarind Dam, SNR) เขื่อนวชิราลงกรณ (Vajiralongkorn Dam, VJK) เขื่อนท่าทุ่งนา (Tha Thung Na Dam, TN) และเขื่อนแม่กลอง (Mae Klong Dam, MK) ซึ่งทำหน้าที่จัดสรรน้ำเข้าระบบคลองส่งน้ำของกรมชลประทานในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ (Greater Mae Klong Irrigation Project, GMKIP)



ภาพที่ 2-1 แผนที่ลุ่มน้ำแม่กลองและพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

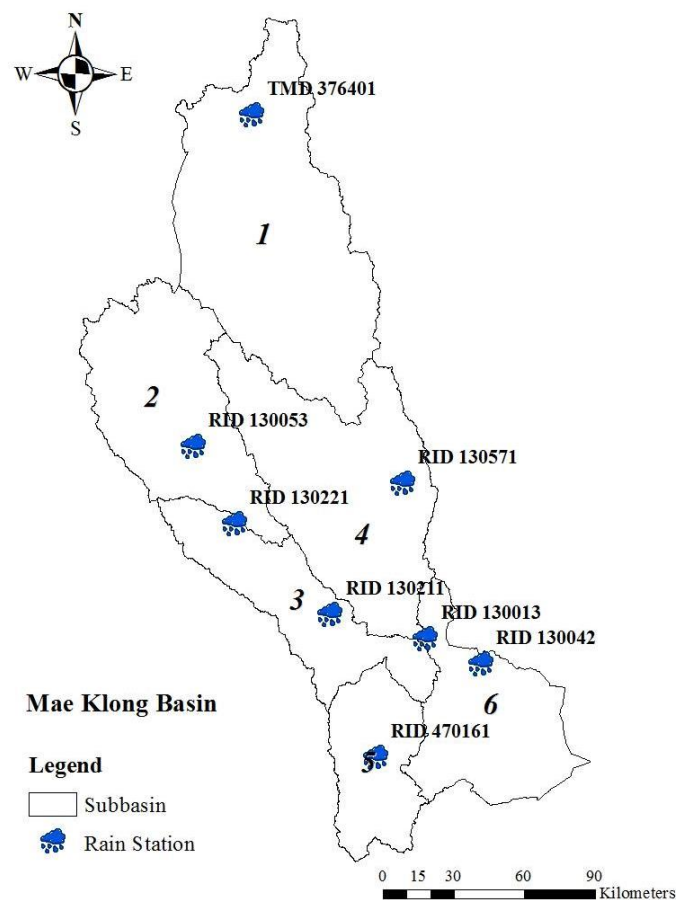
2.1.1.2 ข้อมูลฝนรายเดือน

ข้อมูลฝนที่รวบรวมได้จากกรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยาถูกคัดเลือกมาเพียง 8 สถานีได้แก่ สถานี 130013, 130042, 130053, 130211, 130221, 130571, 470161 และสถานี 376401 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ซึ่งเป็นข้อมูลระยะยาวที่มีความสมบูรณ์สูงเพื่อใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลฝนในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและเป็นข้อมูลป้อนเข้าในแบบจำลอง WEAP ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2-1 และภาพที่ 2-2 โดยข้อมูลส่วนที่ขาดหายไปบางส่วนจะถูกต่อเติมจากข้อมูลสหสัมพันธ์กับข้อมูลจากสถานีใกล้เคียง (Correlation) และตรวจสอบความกลมกลืน (Consistency) ของข้อมูลด้วยวิธีการทาบทวี (Double Mass Curve) เพื่อหาค่าความลึกฝนเฉลี่ยในแต่ละลุ่มน้ำย่อย จากสถิติข้อมูลปริมาณน้ำฝนซึ่งเป็นตัวแทนของทั้ง 6 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยพบว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีมีค่าอยู่ระหว่าง 979.71-1,917.81 มิลลิเมตร ปริมาณฝนในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนมีค่าสูงสุดและมีแนวโน้มลดลงทางตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ การกระจายตัวของข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนในแต่ละลุ่มน้ำย่อยมีลักษณะผันแปรตาม

อิทธิพลของฤดูกาลดังแสดงในตารางที่ 2-2 และภาพที่ 2-3 อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำฝนสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ค่อนข้างน้อยในช่วงเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์

ตารางที่ 2-1 ชื่อสถานีตรวจวัดน้ำฝนที่คัดเลือกเป็นตัวแทนของแต่ละลุ่มน้ำย่อย

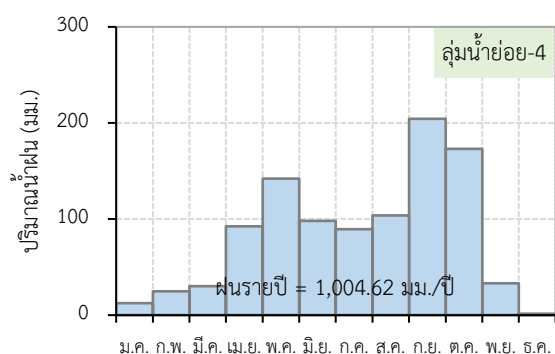
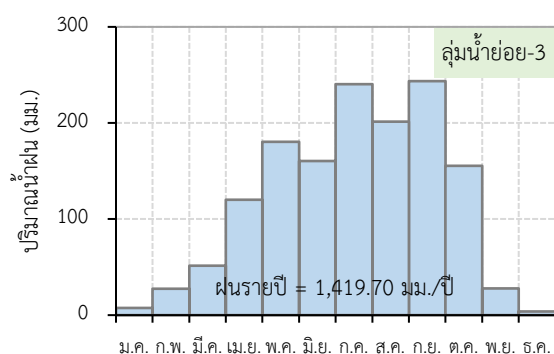
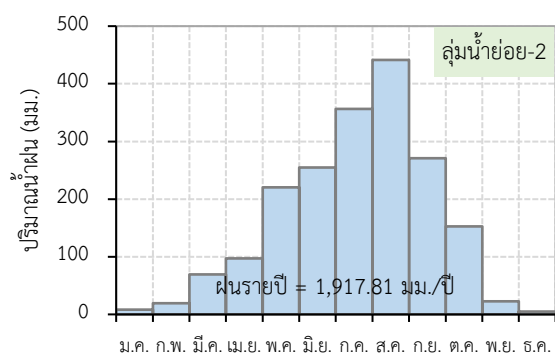
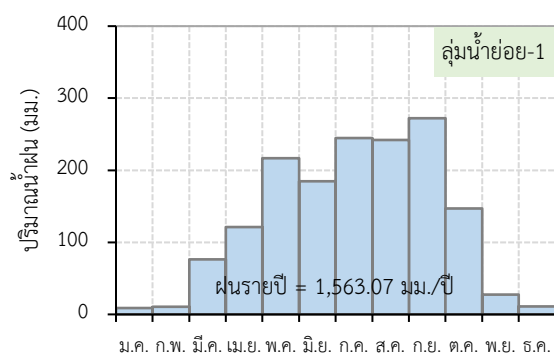
รหัสสถานี	ตำแหน่งที่ตั้ง	หน่วยงาน	ลุ่มน้ำย่อย
130013	จ.กาญจนบุรี	กรมชลประทาน	6
130042	จ.กาญจนบุรี	กรมชลประทาน	6
130053	จ.กาญจนบุรี	กรมชลประทาน	2
130211	บ้านลุ่มสุม ต.ลุ่มสุม อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี	กรมชลประทาน	3
130221	บ้านแม่ น้ำน้อย ต.ไทรโยค อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี	กรมชลประทาน	3
130571	บ้านทุ่งโปรง ต.หนองปรือ อ.บ่อพลอย จ.กาญจนบุรี	กรมชลประทาน	4
470161	บ้านบ่อ ต.สวนผึ้ง อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี	กรมชลประทาน	5
376401	อ.อัมพวา จ.ตาก	กรมอุตุนิยมวิทยา	1

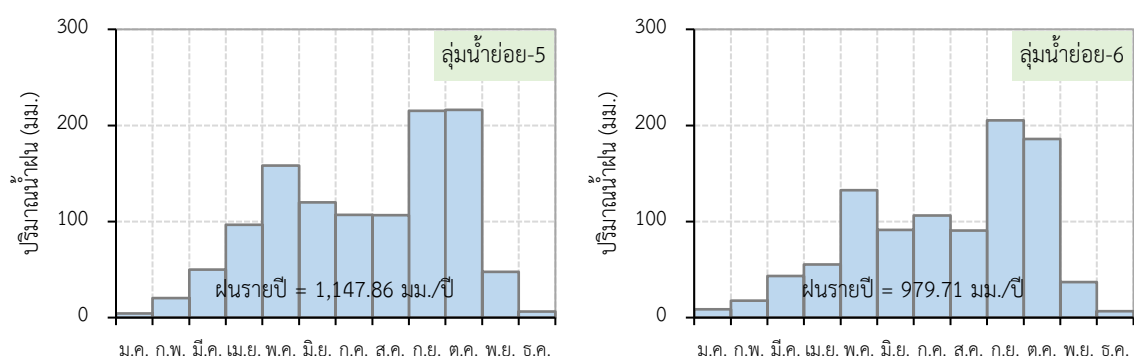


ภาพที่ 2-2 ข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดที่คัดเลือกเป็นตัวแทนของแต่ละลุ่มน้ำย่อย

ตารางที่ 2-2 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

เดือน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มิลลิเมตร)					
	ลุ่มน้ำย่อย-1	ลุ่มน้ำย่อย-2	ลุ่มน้ำย่อย-3	ลุ่มน้ำย่อย-4	ลุ่มน้ำย่อย-5	ลุ่มน้ำย่อย-6
ม.ค.	8.82	8.11	7.39	12.51	4.29	8.47
ก.พ.	10.46	19.24	27.41	24.78	20.19	17.64
มี.ค.	76.40	69.11	51.58	30.23	50.02	43.28
เม.ษ.	120.98	96.94	119.96	92.29	96.67	55.20
พ.ค.	216.76	220.39	180.50	141.90	158.06	132.52
มิ.ย.	184.52	254.84	160.54	98.04	119.98	91.37
ก.ค.	244.79	356.53	240.40	89.55	107.01	106.20
ส.ค.	242.21	441.16	201.47	103.67	106.44	90.66
ก.ย.	272.19	270.87	243.52	204.33	215.20	205.26
ต.ค.	147.04	152.58	155.28	172.94	216.24	185.71
พ.ย.	27.69	22.94	27.74	33.02	47.47	36.86
ธ.ค.	11.23	5.10	3.91	1.35	6.29	6.54
ค่าต่ำสุด	8.82	5.10	3.91	1.35	4.29	6.54
ค่าเฉลี่ย	130.26	159.82	118.31	83.72	95.66	81.64
ค่าสูงสุด	272.19	441.16	243.52	204.33	216.24	205.26
รายปี	1,563.09	1,917.81	1,419.7	1,004.61	1,147.86	979.71





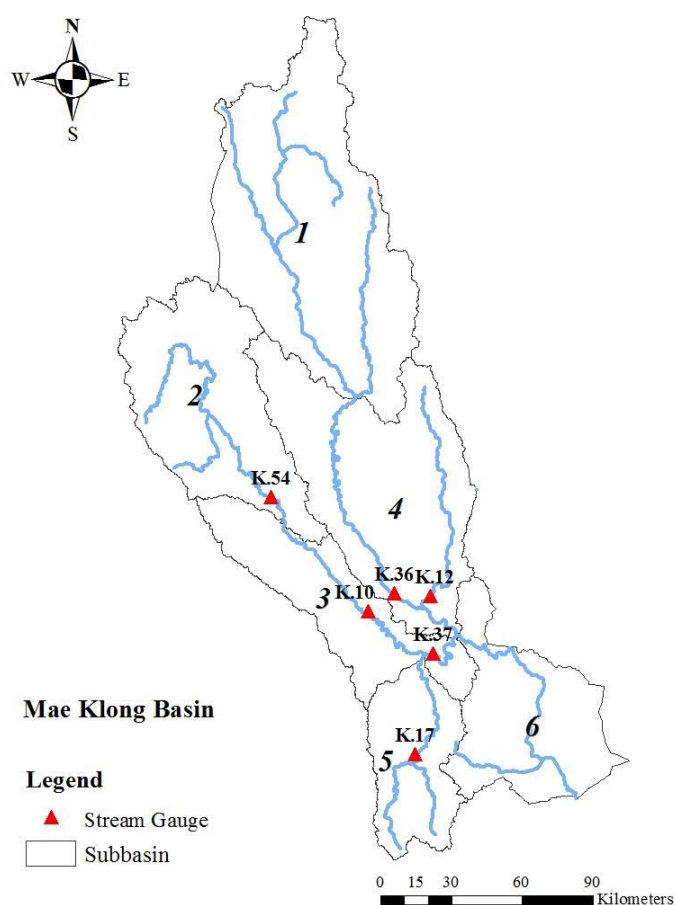
ภาพที่ 2-3 ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558

2.1.1.3 ข้อมูลน้ำท่ารายเดือน

ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนของสถานีตรวจวัดน้ำท่าดัชนีของกรมชลประทานในกลุ่มน้ำแม่กลอง จำนวน 6 สถานีได้แก่ สถานี K.10, K.12, K.17, K.36, K.37 และ K.54 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ถูกนำมาเป็นข้อมูลป้อนเข้าในแบบจำลอง WEAP โดยมีรายละเอียดของข้อมูลตามตารางที่ 2-3 และภาพที่ 2-4 โดยผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนในแต่ละสถานีตรวจวัดน้ำแสดงในตารางที่ 2-4 และภาพที่ 2-5 จากสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่าทั้ง 6 สถานีตรวจวัดดัชนีพบว่า ปริมาณน้ำท่ามีลักษณะผันแปรตามอิทธิพลของฤดูกาลอันเนื่องมาจากปัจจัยสภาพภูมิอากาศและผลการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจากเขื่อนหลักทางตอนบน อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำท่าสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม

ตารางที่ 2-3 ชื่อสถานีตรวจวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา

รหัสสถานี	ตำแหน่งที่ตั้ง	หน่วยงาน
K.10	ต.ลุ่มสุม อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี	กรมชลประทาน
K.12	บ้านทุ่งนางนารอก ต.ลาดหญ้า อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	กรมชลประทาน
K.17	บ้านบ่อ ต.สวนผึ้ง อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี	กรมชลประทาน
K.36	บ้านท่ามะนาว ต.วังด้ง อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	กรมชลประทาน
K.37	บ้านวังเย็น ต.กลอนโด อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	กรมชลประทาน
K.54	บ้านลิ้นถิ่น ต.ลิ้นถิ่น อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี	กรมชลประทาน



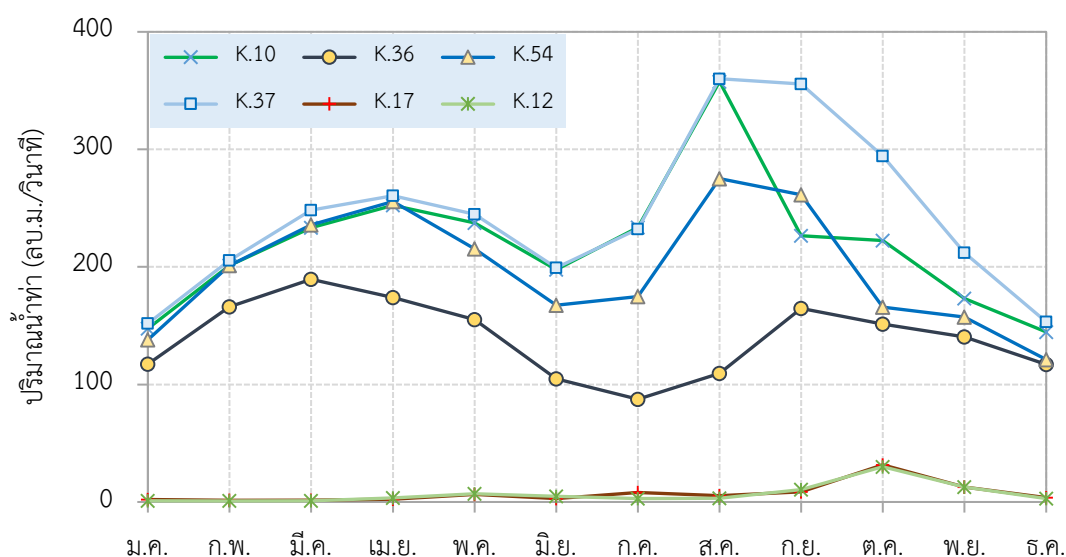
ภาพที่ 2-4 ข้อมูลน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดที่ใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 2-4 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

เดือน	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)					
	K.10	K.12	K.17	K.36	K.37	K.54
ม.ค.	147.63	117.21	137.99	151.86	1.97	1.13
ก.พ.	201.17	166.13	201.13	205.57	1.44	0.88
มี.ค.	233.23	189.47	235.68	248.22	1.50	0.99
เม.ษ.	252.36	174.01	255.80	260.52	2.26	3.50
พ.ค.	237.44	155.12	215.40	244.66	6.44	6.98
มิ.ย.	197.77	104.80	167.42	199.23	3.01	4.76
ก.ค.	233.48	87.45	174.82	232.27	8.18	2.89
ส.ค.	357.63	109.33	275.15	360.12	5.32	3.24
ก.ย.	226.49	164.72	261.28	355.52	8.53	10.62

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

เดือน	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)					
	K.10	K.12	K.17	K.36	K.37	K.54
ต.ค.	222.35	151.45	165.90	294.39	31.60	30.00
พ.ย.	173.10	140.46	157.29	211.97	12.68	12.71
ธ.ค.	144.67	116.99	121.19	153.36	3.71	2.85
ค่าต่ำสุด	144.67	87.45	121.19	151.86	1.44	0.88
ค่าเฉลี่ย	218.94	139.76	197.42	243.14	7.22	6.71
ค่าสูงสุด	357.63	189.47	275.15	360.12	31.60	30.00



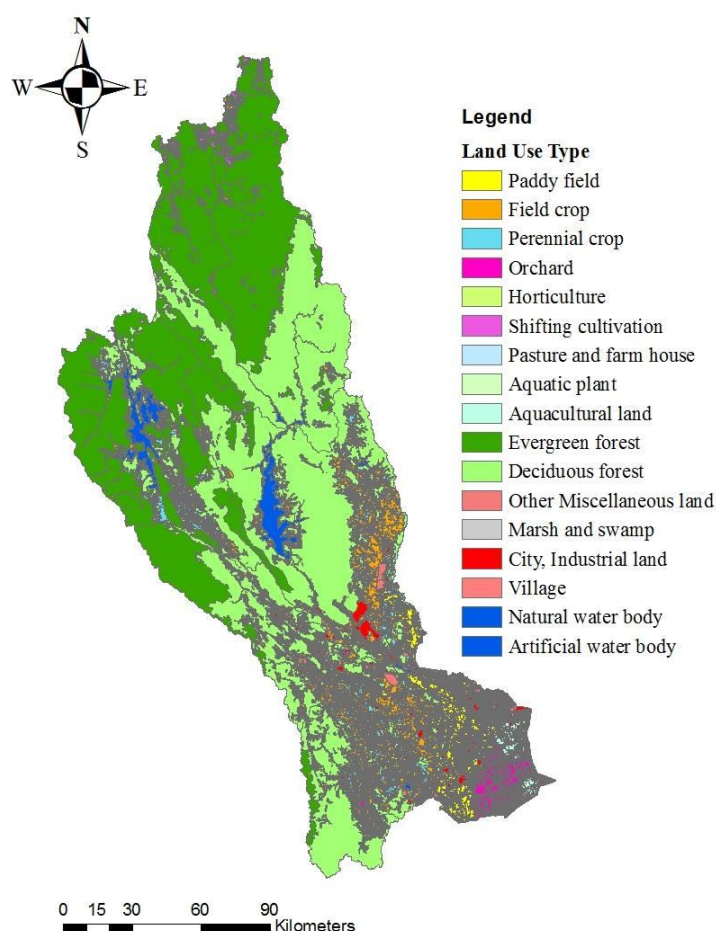
ภาพที่ 2-5 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558

2.1.1.4 ข้อมูลการใช้ที่ดิน

ข้อมูลการใช้ที่ดินซึ่งรวบรวมได้จากกรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ. 2558 นั้นถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม ArcGIS และทำการแบ่งลักษณะการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองออกเป็น 17 ประเภท สำหรับนำเข้าแบบจำลอง WEAP จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าผลัดใบและป่าดิบซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ประมาณ 35% และ 33.12% ตามลำดับ รองลงมาเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ 10.46% พื้นที่นาข้าวและพื้นที่เพาะปลูกพืชยืนต้น และสวนผลไม้คิดเป็น 3.24%, 3.88%, และ 2.73% ตามลำดับ พื้นที่ชุมชนเมืองและหมู่บ้านรวมกันคิดเป็น 3.40% ในขณะที่พื้นที่น้ำทั้งส่วนที่เป็นลำน้ำธรรมชาติและลำน้ำที่ถูกสร้างขึ้นคิดเป็น 3.10% ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 2-5 และภาพที่ 2-6

ตารางที่ 2-5 เปอร์เซ็นต์การใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

ประเภทการใช้ที่ดิน	ขนาดพื้นที่ (ตาราง กิโลเมตร)	เปอร์เซ็นต์พื้นที่ (%)
นาข้าว (Paddy Field)	978.11	3.24
พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ (Field Crop)	3,153.94	10.46
พื้นที่เพาะปลูกพืชยืนต้น (Perennial Crop)	1,170.41	3.88
สวนผลไม้ (Orchard)	824.24	2.73
พื้นที่เพาะปลูกพืชสวน (Horticulture)	221.36	0.73
พื้นที่เพาะปลูกแบบขยับ (Shifting Cultivation)	199.01	0.66
ทุ่งเลี้ยงสัตว์และฟาร์ม (Pasture and Farm House)	111.09	0.37
พื้นที่เพาะปลูกพืชน้ำ (Aquatic Plant)	1.28	0.00
พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Aqua Cultural Land)	248.41	0.82
ป่าดิบ (Evergreen)	9,992.42	33.12
ป่าผลัดใบ (Deciduous Forest)	10,559.30	35.00
หนองน้ำและบึง (Marsh and Swamp)	26.68	0.09
ชุมชนเมืองและพื้นที่อุตสาหกรรม (City and Industrial Land)	428.83	1.42
หมู่บ้าน (Village)	596.70	1.98
ลำน้ำธรรมชาติ (Natural Water Body) และลำน้ำที่ถูกสร้างขึ้น (Artificial Water Body)	935.72	3.10
พื้นที่อื่น ๆ (Other Miscellaneous Land)	718.52	2.38
รวม	30,166.02	100.00



ภาพที่ 2-6 ข้อมูลการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

2.1.1.5 ข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชและการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง

ข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient, Kc) ที่ป้อนเข้าในแบบจำลอง WEAP (ตารางที่ 2-6) อาศัยข้อมูลของกรมชลประทานที่ได้ศึกษาและทำการเผยแพร่จำนวนทั้งสิ้น 43 ชนิดพืช (กรมชลประทาน, 2555) ส่วนพืชชนิดอื่นนอกเหนือจากนี้ได้อาศัยข้อมูลของ Ingol-Blanco และ McKinney ที่ศึกษาไว้ในปี พ.ศ. 2555 (Ingol-Blanco & McKinney, 2012) สำหรับข้อมูลปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, ETo) ซึ่งเป็นข้อมูลป้อนเข้าของแบบจำลอง WEAP ได้จากผลการคำนวณโดยใช้โปรแกรม CROPWAT ที่พัฒนาโดยขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 1999) และเลือกใช้สมการ Penman-Monteith ในการคำนวณหาปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงซึ่งผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-6 ข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ประเภทการใช้ที่ดิน	Kc
นาข้าว (Paddy Field)	1.30
พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ (Field Crop)	1.01
พื้นที่เพาะปลูกพืชยืนต้น (Perennial Crop)	1.10
สวนผลไม้ (Orchard)	1.20
พื้นที่เพาะปลูกพืชสวน (Horticulture)	1.13
พื้นที่เพาะปลูกแบบขยับ (Shifting Cultivation)	0.88
ทุ่งเลี้ยงสัตว์และฟาร์ม (Pasture and Farm House)	0.49
พื้นที่เพาะปลูกพืชน้ำ (Aquatic Plant)	0.90
พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Aqua Cultural Land)	0.90
ป่าดิบ (Evergreen)	0.35
ป่าผลัดใบ (Deciduous Forest)	0.38
หนองน้ำและบึง (Marsh and Swamp)	0.90
ชุมชนเมืองและพื้นที่อุตสาหกรรม (City and Industrial Land)	0.77
หมู่บ้าน (Village)	0.80
ลำน้ำธรรมชาติ (Natural Water Body) และลำน้ำที่ถูกสร้างขึ้น (Artificial Water Body)	1.00
พื้นที่อื่น ๆ (Other Miscellaneous Land)	0.90

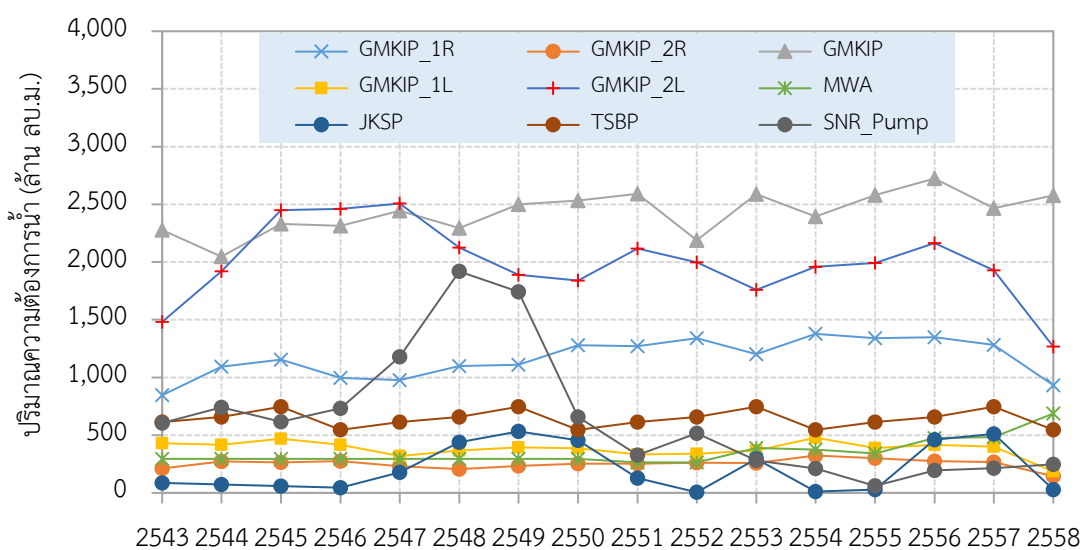
ตารางที่ 2-7 ข้อมูลปริมาณการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ที่ใช้ป้อนเข้าในแบบจำลอง WEAP

สถานีจังหวัด กาญจนบุรี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ปริมาณการคาย ระเหยน้ำของพืช อ้างอิง (ETo) (มิลลิเมตรต่อวัน)	3.4	4.3	5.0	5.3	4.7	4.3	4.3	4.2	3.9	3.4	3.2	3.3

ที่มา : กรมชลประทาน (2555)

2.1.1.6 ข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำ

การศึกษานี้ได้กำหนดรูปแบบของโหนดความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่จำนวน 5 โหนดเพื่อป้อนเข้าแบบจำลอง WEAP ประกอบด้วยโหนดความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานผ่านคลองสายใหญ่ฝั่งขวา 1R และ 2R (GMKIP_1R และ GMKIP_2R) และโหนดความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานผ่านคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย 1L และ 2L (GMKIP_1L และ GMKIP_2L) และคลองชลประทานตอนล่าง (GMKIPLP) และได้กำหนดโหนดความต้องการน้ำเพื่อกิจกรรมการใช้น้ำภายนอกกลุ่มน้ำเป็นโหนดความต้องการน้ำเพื่อการผันน้ำไปใช้ในลุ่มน้ำท่าจีนผ่านคลองท่าสารบางปลา-จะเข้สามพัน (TSBP และ JKSP) และโหนดความต้องการน้ำสูบลกลับที่เขื่อนศรีนครินทร์ (SNR_pump) โดยมีปริมาณความต้องการน้ำที่ต้องส่งไปใช้เพื่อการชลประทานรวมทั้งสิ้น 7,540 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี การศึกษานี้ยังได้กำหนดให้เปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ชลประทานทางฝั่งขวาไหลกลับเข้าสู่ระบบอีกครั้งทางตอนล่างของแม่น้ำแม่กลอง หรือ Return Flow มีค่าเท่ากับ 70% และเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ชลประทานทางฝั่งซ้ายไหลลงสู่แม่น้ำท่าจีนเท่ากับ 30% (Kulsuwan, 1999) ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำทั้งหมดรายปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 แสดงในภาพที่ 2-7

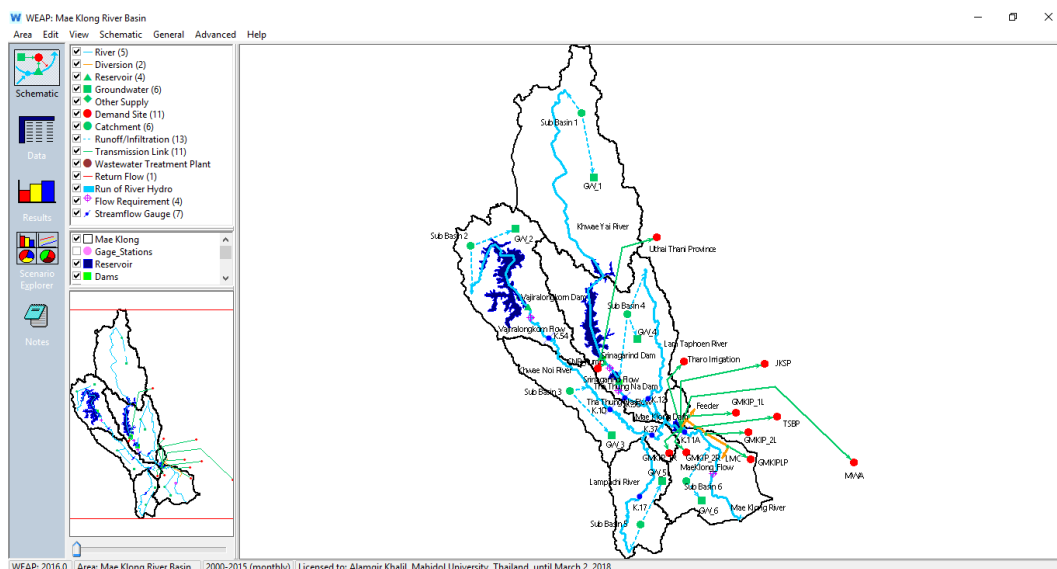


ภาพที่ 2-7 ข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำรายปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558

2.1.2 การกำหนดรูปแบบของแบบจำลอง WEAP

การกำหนดรูปแบบของแบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองอาศัยข้อมูลป้อนเข้าที่อธิบายไว้ข้างต้นไม่ว่าจะเป็นข้อมูลพื้นที่ศึกษา ข้อมูลฝนรายเดือน ข้อมูลน้ำท่ารายเดือน ข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน ข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง ข้อมูล

ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ETO) รวมถึงข้อมูลการจัดสรรน้ำของทุกอ่างเก็บน้ำซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลอุทกวิทยาอ่างเก็บน้ำเพื่อวิเคราะห์สมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำในระบบลุ่มน้ำแม่กลอง ภายใต้เกณฑ์การ ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของแต่ละอ่าง ผลการพัฒนาแบบจำลองแสดงในภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-8 การกำหนดรูปแบบแบบจำลอง WEAP ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

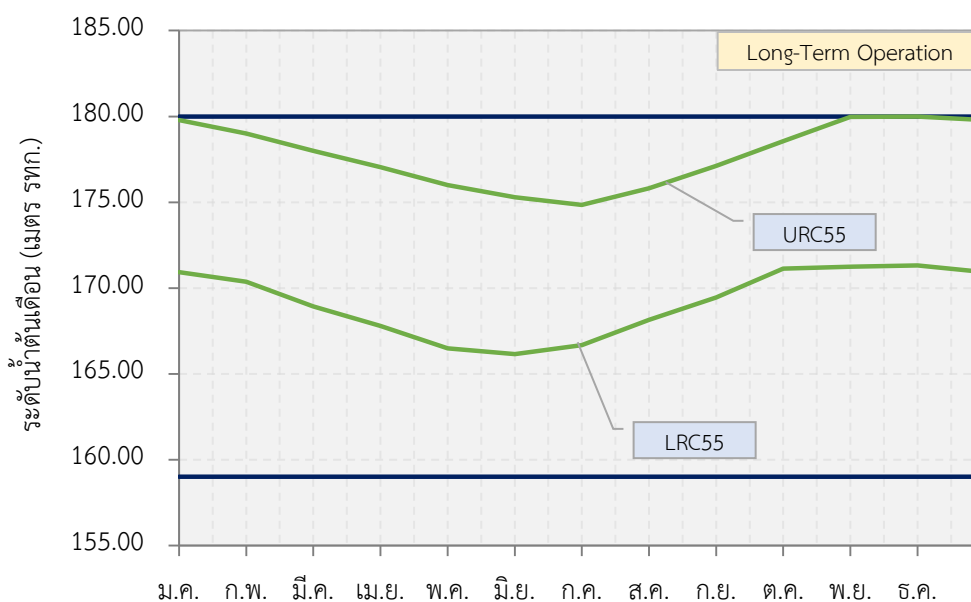
การศึกษาน้ำอ้ายโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ ที่พัฒนาโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ได้ศึกษาและปรับปรุงในปี พ.ศ. 2555 ดังแสดงในตาราง ที่ 2-8 และภาพที่ 2-9 และภาพที่ 2-10 ในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของทั้ง 2 เขื่อน

ตารางที่ 2-8 โค้งเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำระยะยาวของเขื่อน ศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์

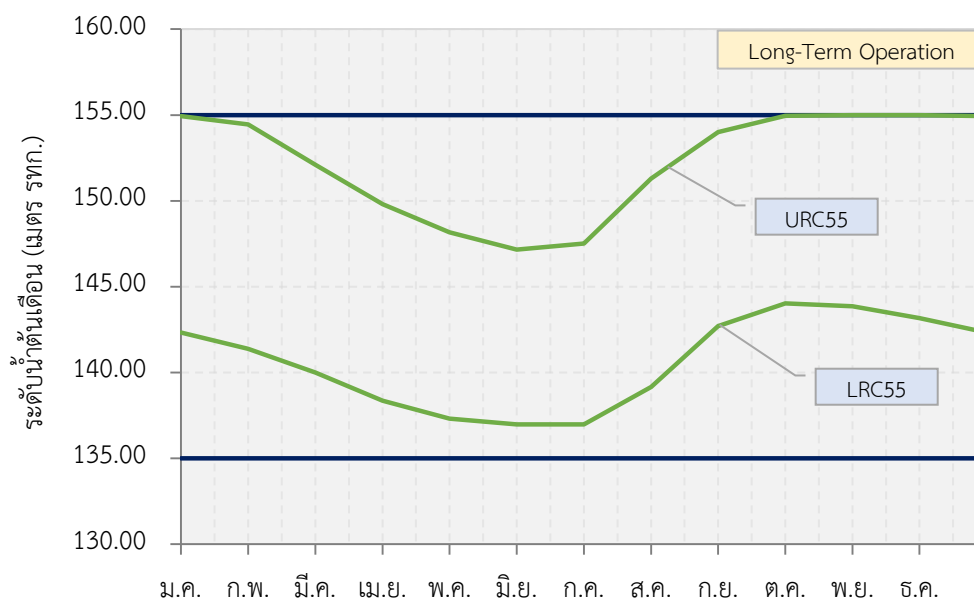
เดือน	เขื่อนศรีนครินทร์				เขื่อนวชิราลงกรณ์			
	NPL	MPL	URC55	LRC55	NPL	MPL	URC55	LRC55
ม.ค.	180.00	159.00	179.79	170.93	155.00	135.00	154.93	142.33
ก.พ.	180.00	159.00	179.00	170.36	155.00	135.00	154.46	141.37
มี.ค.	180.00	159.00	178.00	168.94	155.00	135.00	152.10	139.99
เม.ย.	180.00	159.00	177.04	167.79	155.00	135.00	149.80	138.35
พ.ค.	180.00	159.00	176.00	166.48	155.00	135.00	148.16	137.31
มิ.ย.	180.00	159.00	175.29	166.15	155.00	135.00	147.15	136.98
ก.ค.	180.00	159.00	174.84	166.68	155.00	135.00	147.51	136.97

ตารางที่ 2-8 (ต่อ)

เดือน	เขื่อนศรีนครินทร์				เขื่อนวชิราลงกรณ์			
	NPL	MPL	URC55	LRC55	NPL	MPL	URC55	LRC55
ส.ค.	180.00	159.00	175.81	168.14	155.00	135.00	151.30	139.15
ก.ย.	180.00	159.00	177.12	169.46	155.00	135.00	154.00	142.70
ต.ค.	180.00	159.00	178.56	171.13	155.00	135.00	154.95	144.02
พ.ย.	180.00	159.00	179.97	171.24	155.00	135.00	155.00	143.85
ธ.ค.	180.00	159.00	180.00	171.31	155.00	135.00	155.00	143.17



ภาพที่ 2-9 โค้งเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำระยะยาวของ
เขื่อนศรีนครินทร์



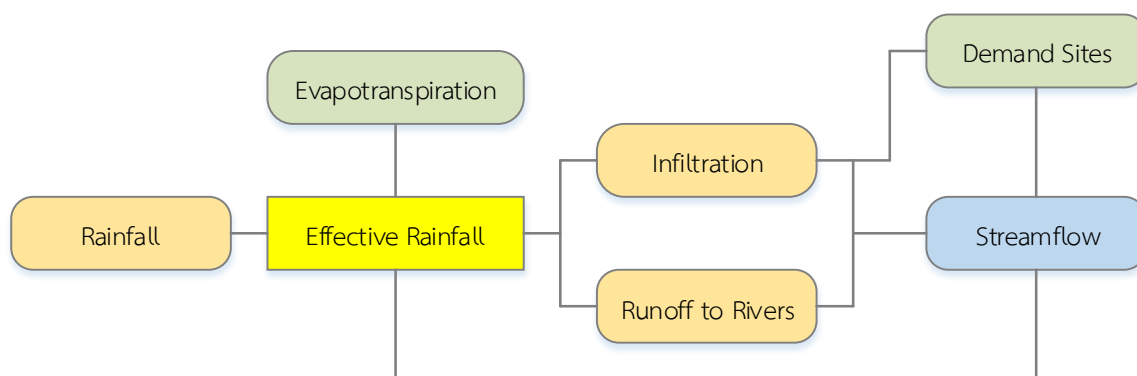
ภาพที่ 2-10 โค้งเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำระยะยาวของเขื่อนวชิราลงกรณ์

สำหรับเขื่อนท่าทุ่งนาและเขื่อนแม่กลองซึ่งเป็นเขื่อนทดน้ำได้อาศัยเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำอย่างง่ายในการควบคุมระดับน้ำหน้าเขื่อนให้อยู่ในระดับที่กำหนด การศึกษานี้ยังได้กำหนดลำดับความสำคัญของการจัดสรรน้ำของแต่ละเขื่อนในแบบจำลอง WEAP ซึ่งอ้างอิงข้อมูลนโยบายการดำเนินงานร่วมกันของกรมชลประทานและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยโดยเรียงจากความสำคัญจากมากที่สุดและลดลงตามลำดับดังสรุปในตารางที่ 2-9

ตารางที่ 2-9 การกำหนดลำดับความสำคัญของการจัดสรรน้ำของแต่ละเขื่อนในแบบจำลอง WEAP

ลำดับความสำคัญของการจัดสรรน้ำ							
ลำดับ ที่	เขื่อนศรีนครินทร์	ลำดับ ที่	เขื่อนวชิราลงกรณ	ลำดับ ที่	เขื่อนท่าทุ่งนา	ลำดับ ที่	เขื่อนแม่กลอง
1.	ปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องปล่อยด้านท้ายน้ำ และการเติมน้ำของโซนบัพเฟอร์อ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์	1.	ปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องปล่อยด้านท้ายน้ำ และการเติมน้ำของโซนบัพเฟอร์อ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ	1.	ปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องปล่อยด้านท้ายน้ำ	1.	ปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องปล่อยด้านท้ายน้ำเท่ากับ 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีและเพื่อการจัดสรรน้ำประปา
2.	ความต้องการน้ำชลประทาน	2.	ความต้องการน้ำชลประทาน	2.	ความต้องการน้ำชลประทาน	2.	ความต้องการน้ำชลประทาน
3.	การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ	3.	การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ	3.	การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำและการเติมน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนท่าทุ่งนา	3.	การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ การระบายน้ำไปยังลุ่มน้ำท่าจีน และการเติมน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กลอง
4.	การเติมน้ำในอ่างเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์	4.	การเติมน้ำในอ่างเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ				

การจำลองกระบวนการอุทกวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองด้วยแบบจำลอง WEAP อาศัยวิธีสัมประสิทธิ์แบบง่าย (Simplified Coefficient Method) ซึ่งเป็นแบบจำลองย่อยฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) ที่วิเคราะห์จากกระบวนการทางอุทกวิทยาภายในวัฏจักรน้ำตามกระบวนการในภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 แบบจำลองย่อยน้ำฝน-น้ำท่าโดยวิธีสัมประสิทธิ์แบบเรียบง่าย
ที่มา : LeRoy (2005)

2.1.3 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration)

การศึกษานี้ได้ทำการปรับเทียบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแบบจำลองย่อยฝน-น้ำท่า ซึ่งพารามิเตอร์หลักได้แก่ สัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff Coefficient) สัมประสิทธิ์การซึมลงดิน (Infiltration Coefficient) ปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) และเงื่อนไขข้อกำหนดต่าง ๆ ในการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองซึ่งมีความยุ่งยากซับซ้อนไม่ว่าจะเป็นปัจจัยระบบอ่างเก็บน้ำที่บริหารจัดการอ่างเก็บน้ำร่วมกันเพื่อตอบสนองปัจจัยความต้องการน้ำทั้งภายในและภายนอกลุ่มน้ำ เงื่อนไขระบบท้ายลำนํ้า รวมถึงเงื่อนไขระบบไฟฟ้าพลังงานน้ำ ทั้งนี้การศึกษานี้ได้อาศัยข้อมูลในปี พ.ศ. 2543-2553 มาใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง โดยทำการปรับเทียบข้อมูลหลักของ 6 ลุ่มน้ำย่อยดังนี้ (1) ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ (2) ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ (3) ข้อมูลน้ำท่าสถานี K.54, K.10, K.37, K.17, K.12 และ K.36 ผลการปรับเทียบแบบจำลองได้แสดงค่าพารามิเตอร์ปรับเทียบไว้ในตารางที่ 5-13 ซึ่งพบว่าค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าและสัมประสิทธิ์การซึมลงดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย 5 และ 6 มีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Biltonen และคณะในปี ค.ศ. 2003 (Biltonen et al., 2003) เนื่องจากข้อกำหนดของพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำแม่กลองมีลักษณะใกล้เคียงกัน นอกจากนี้องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่นยังได้รายงานว่าค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าของลุ่มน้ำภาชีและที่ราบลุ่มแม่กลองมีค่าเท่ากับ 0.30 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างจากผลการศึกษาในมากนัก JICA (1997) ดังแสดงข้อมูลพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบในตารางที่ 2-10

ตารางที่ 2-10 พารามิเตอร์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง WEAP ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	สัมประสิทธิ์น้ำท่า	สัมประสิทธิ์การซึมลงดิน
1	8,818.31	0.65	0.35
2	5,047.50	0.80	0.20
3	3,381.18	0.40	0.60
4	6,535.62	0.37	0.63
5	2,547.16	0.20	0.80
6	3,836.89	0.30	0.70

การประเมินประสิทธิภาพของการเปรียบเทียบแบบจำลอง WEAP ทำได้โดยอาศัยตัวชี้วัดทางสถิติ เพื่อแสดงความเชื่อมั่นของแบบจำลอง ซึ่งในการศึกษานี้ได้ใช้ตัวชี้วัดทางสถิติดังนี้ (1) เปอร์เซนต์ความโน้มเอียง (Percent Bias, PBIAS) (2) ค่าประสิทธิภาพของ Nash-Sutcliffe (Nash-Sutcliffe Efficiency, NSE) (3) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) (4) อัตราส่วนของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล (Ratio of RMSE to the Standard Deviation of the Observations, RSR) (5) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r) (6) ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Agreement, d) และ (7) ค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency, VE) ซึ่งเป็นไปตามสมการต่อไปนี้ (Moriassi et al., 2007)

เปอร์เซนต์ความโน้มเอียง (Percent Bias, PBIAS) :

$$PBIAS = 100 \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - S_i)}{\sum_{i=1}^N O_i}$$

ค่าประสิทธิภาพของ Nash-Sutcliffe (Nash-Sutcliffe Efficiency, NSE) :

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}$$

ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Agreement, d) :

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|S_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2}$$

อัตราส่วนของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล (Ratio of RMSE to the Standard Deviation of the Observations, RSR) :

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{obs}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - S_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}}$$

ค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency, VE)

$$VE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N |S_i - O_i|}{\sum_{i=1}^N (O_i)}$$

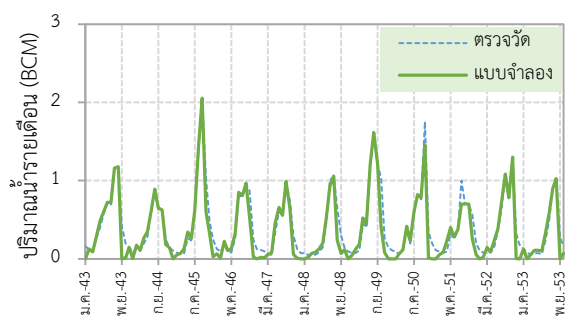
เมื่อ O_i = ค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง

S_i = ค่าที่ได้จากแบบจำลอง

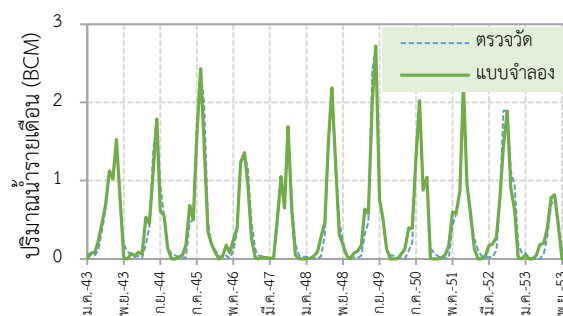
N = จำนวนข้อมูลจริงจากการตรวจวัด

$\bar{O}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการตรวจวัดจริง

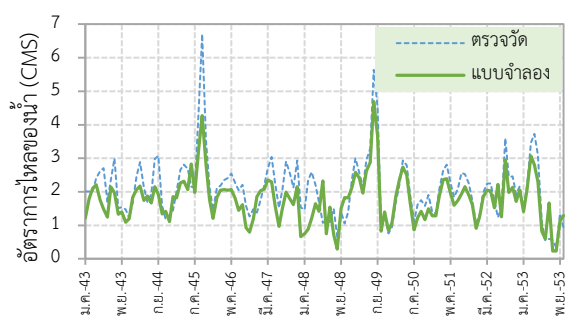
ตามที่ Moriasi และคณะได้ทำการศึกษาไว้พบว่า ประสิทธิภาพของแบบจำลองจะเป็นที่น่าพึงพอใจก็ต่อเมื่อ PBAIS มีค่าอยู่ระหว่าง $\pm 25\%$ สำหรับการไหลของน้ำท่า $NSE > 0.50$ และ $RSR \leq 0.70$ ค่าของ R^2 , r , d และ VE ควรอยู่ระหว่าง 0-1 ซึ่ง 1 คือค่าที่ดีที่สุดยิ่งตัวแปรที่มีค่าเข้าใกล้ 1 ยิ่งแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของแบบจำลองที่สามารถจำลองให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด (Moriasi et al., 2007) ซึ่งสถิติผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง WEAP ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองทั้ง 7 ตัวชี้วัดนี้พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจดังแสดงผลการเปรียบเทียบในภาพที่ 2-12 และตารางที่ 2-11



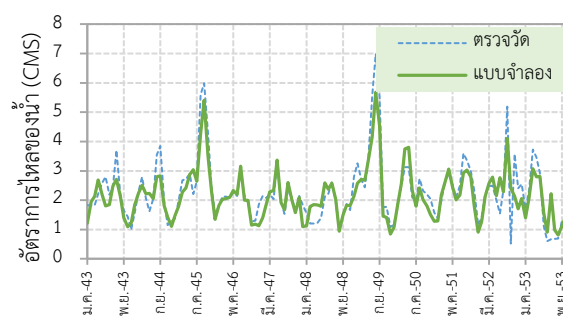
(a) ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเขื่อนศรีนครินทร์



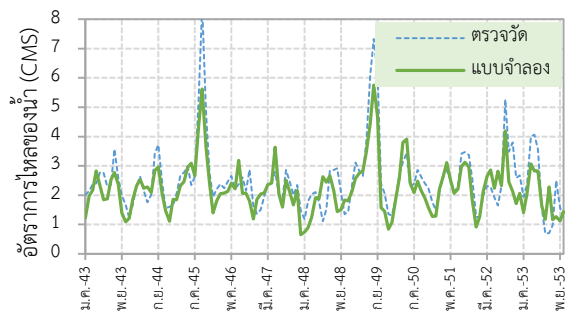
(b) ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเขื่อนวชิราลงกรณ



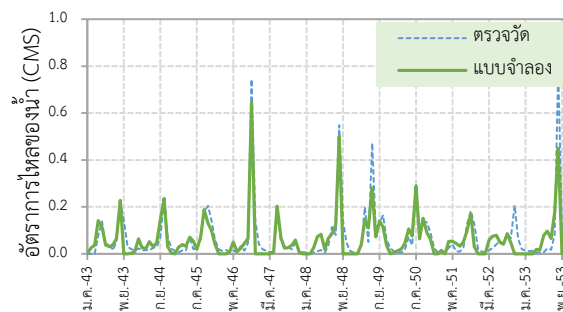
(c) น้ำท่าสถานี K.54



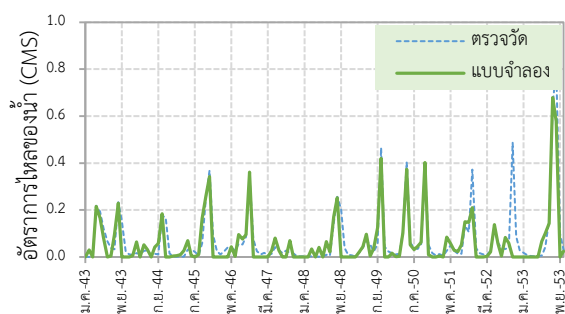
(d) น้ำท่าสถานี K.10



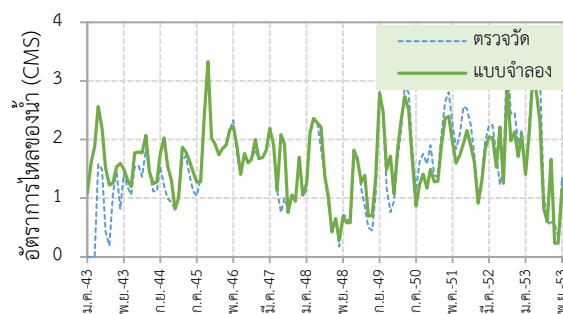
(e) น้ำท่าสถานี K.37



(f) น้ำท่าสถานี K.17



(g) น้ำท่าสถานี K.12



(h) น้ำท่าสถานี K.36

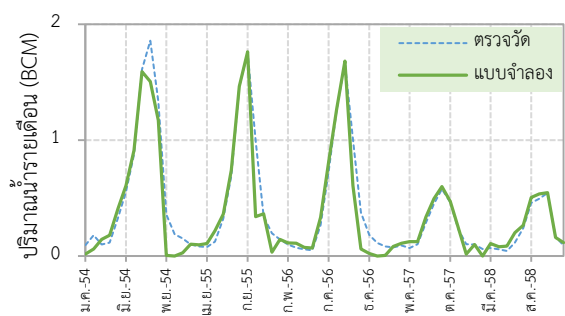
ภาพที่ 2-12 ผลการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง WEAP กับข้อมูลตรวจวัดจริง ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2553 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

ตารางที่ 2-11 สถิติผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง WEAP ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

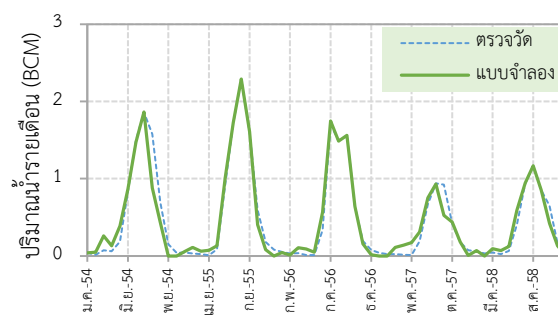
สถานี	ค่าสถิติ						
	PBIAS	NSE	R ²	RSR	r	d	VE
Srinagarind Reservoir Inflow	-10.70	0.89	0.91	0.33	0.95	0.97	0.80
Vajiralongkorn Reservoir Inflow	-0.10	0.96	0.96	0.20	0.98	0.99	0.83
K.54	-14.00	0.62	0.74	0.67	0.86	0.88	0.79
K.10	-4.60	0.77	0.79	0.48	0.89	0.93	0.85
K.37	-10.40	0.66	0.71	0.58	0.85	0.89	0.80
K.17 Lampachi River Flow	-10.80	0.79	0.8	0.46	0.89	0.93	0.53
K.12 Lam Taphoen River Flow	-15.80	0.75	0.76	0.50	0.87	0.93	0.56
K.36	13.60	0.63	0.74	0.61	0.86	0.90	0.85

2.1.4 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation)

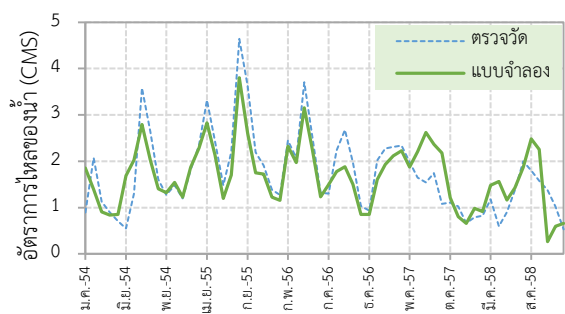
งานวิจัยนี้ได้อาศัยข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2558 มาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลอง ซึ่งเป็นกระบวนการที่อาศัยชุดข้อมูลอิสระในการจำลองระบบด้วยแบบจำลองที่ผ่านการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์แล้ว และเปรียบเทียบผลจากการจำลองกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง หากผลการจำลองมีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงแสดงว่าแบบจำลองได้ถูกปรับเทียบแล้วมีความน่าเชื่อถือสูง ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง WAEP ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองได้แสดงอยู่ในภาพที่ 2-13 และจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงพบว่ามีลักษณะใกล้เคียงกันทั้งรูปแบบและปริมาณ และเมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของการจำลองระบบโดยใช้ตัวชี้วัดทางสถิติพบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ ยกเว้นสถานีตรวจวัดน้ำ K.10 ที่ค่าดัชนีการตัดสินใจ (R²) มีค่าไม่สูงนักโดยมีค่าเท่ากับ 0.46 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความแม่นยำเพียง 46% และค่าอัตราส่วนของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล (RSR) เท่ากับ 0.75 ที่สูงกว่ากำหนด 0.70 เพียงเล็กน้อยดังแสดงผลในตารางที่ 2-12



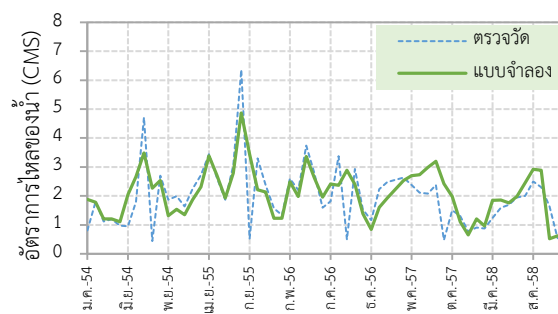
(a) ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเขื่อนศรีนครินทร์



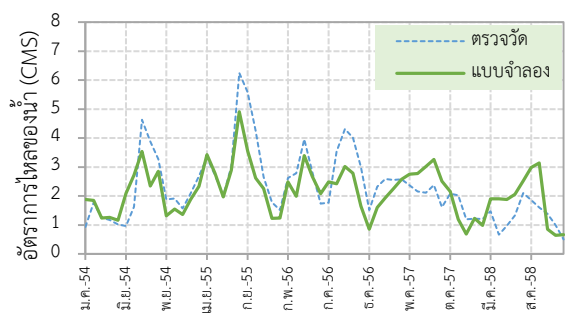
(b) ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเขื่อนวชิราลงกรณ์



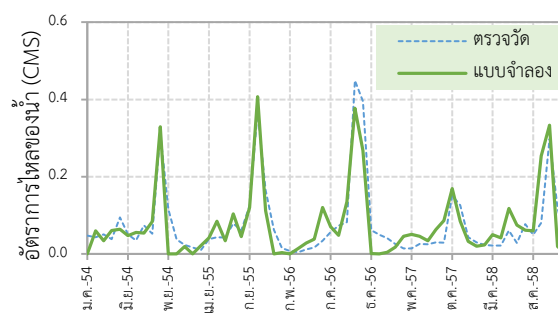
(c) น้ำท่าสถานี K.54



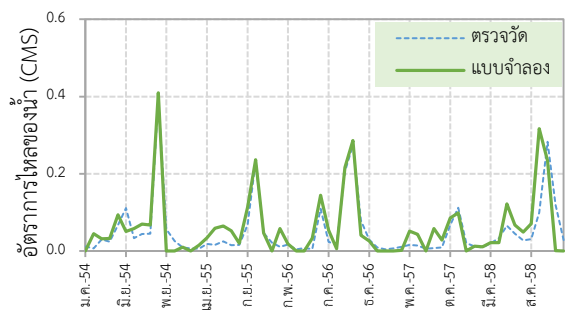
(d) น้ำท่าสถานี K.10



(e) น้ำท่าสถานี K.37



(f) น้ำท่าสถานี K.17



(g) น้ำท่าสถานี K.12

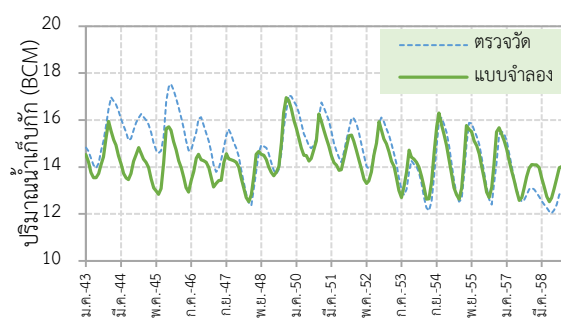
ภาพที่ 2-13 ผลการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง WEAP กับข้อมูลตรวจวัดจริงระหว่างปี พ.ศ. 2554-2558 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

ตารางที่ 2-12 สถิติผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลอง WEAP ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

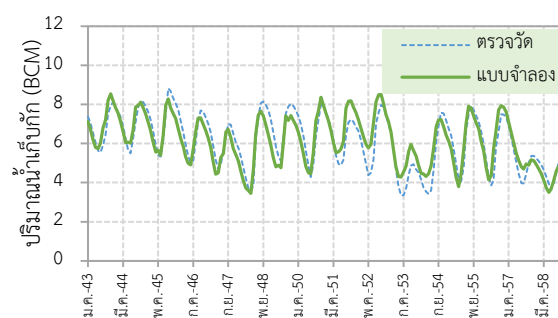
สถานี	ค่าสถิติ						
	PBIAS	NSE	R ²	RSR	r	d	VE
Srinagarind Reservoir Inflow	-8.30	0.92	0.92	0.29	0.96	0.98	0.81
Vajiralongkorn Reservoir Inflow	-1.00	0.95	0.95	0.23	0.97	0.99	0.83
K.54	-2.90	0.64	0.64	0.59	0.80	0.88	0.78
K.10	5.60	0.43	0.46	0.75	0.68	0.81	0.72
K.37	-5.50	0.54	0.55	0.67	0.74	0.83	0.73
K.17 Lampachi River Flow	-0.90	0.76	0.77	0.49	0.88	0.93	0.56
K.12 Lam Taphoen River Flow	16.50	0.71	0.77	0.54	0.88	0.93	0.50

2.1.5 ผลการจำลองระบบการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

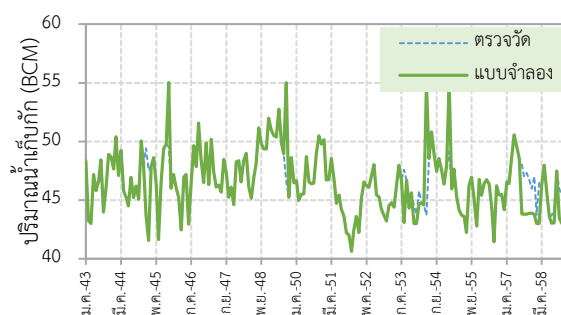
ผลการจำลองระบบการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำระยะยาวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ด้วยแบบจำลอง WEAP ที่ปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองข้างต้นจนเป็นที่พอใจแล้วให้ผลการจำลองระบบแสดงในภาพที่ 2-14 ซึ่งทำการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกักที่ได้จากแบบจำลองและข้อมูลตรวจวัดจริง จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำของทั้ง 4 เขื่อนหลักมีความคล้ายคลึงกับข้อมูลตรวจวัดจริง การใช้โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ถูกปรับแก้ใหม่ในปี พ.ศ. 2555 และปัจจัยความต้องการน้ำท้ายเขื่อนอาจทำให้เกิดความแตกต่างในการกำหนดการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำระยะยาวโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณน้ำเก็บกักของเขื่อนศรีนครินทร์ช่วงก่อนปี พ.ศ. 2548 ค่อนข้างแตกต่างจากข้อมูลตรวจวัดจริง อย่างไรก็ตามสถิติผลลัพธ์ก็ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพึงพอใจตามข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 2-13



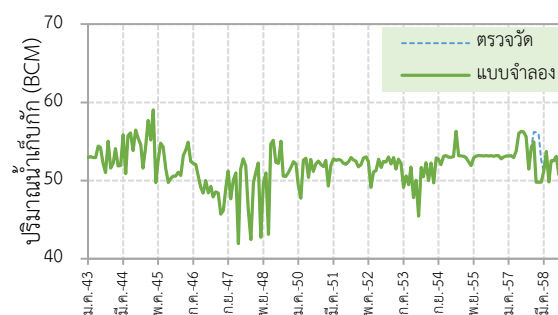
(a) ปริมาณน้ำเก็บกักเขื่อนศรีนครินทร์



(b) ปริมาณน้ำเก็บกักเขื่อนวชิราลงกรณ



(c) ปริมาณน้ำเก็บกักเขื่อนท่าทุ่งนา



(d) ปริมาณน้ำเก็บกักเขื่อนแม่กลอง

ภาพที่ 2-14 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำเก็บกักที่ได้จากแบบจำลอง WEAP และข้อมูลตรวจวัดจริง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ของเขื่อนหลักในกลุ่มน้ำแม่กลอง

ตารางที่ 2-13 สถิติผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำในกลุ่มน้ำแม่กลอง

ปริมาณน้ำเก็บกัก	ค่าสถิติ						
	PBIAS	NSE	R ²	RSR	r	d	VE
เขื่อนศรีนครินทร์	-3.30	0.44	0.58	0.75	0.76	0.81	0.94
เขื่อนวชิราลงกรณ	0.60	0.77	0.78	0.47	0.88	0.94	0.91
เขื่อนท่าทุ่งนา	-0.20	0.54	0.68	0.68	0.82	0.90	0.99
เขื่อนแม่กลอง	-0.20	0.90	0.90	0.32	0.95	0.97	1.00

2.2 ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

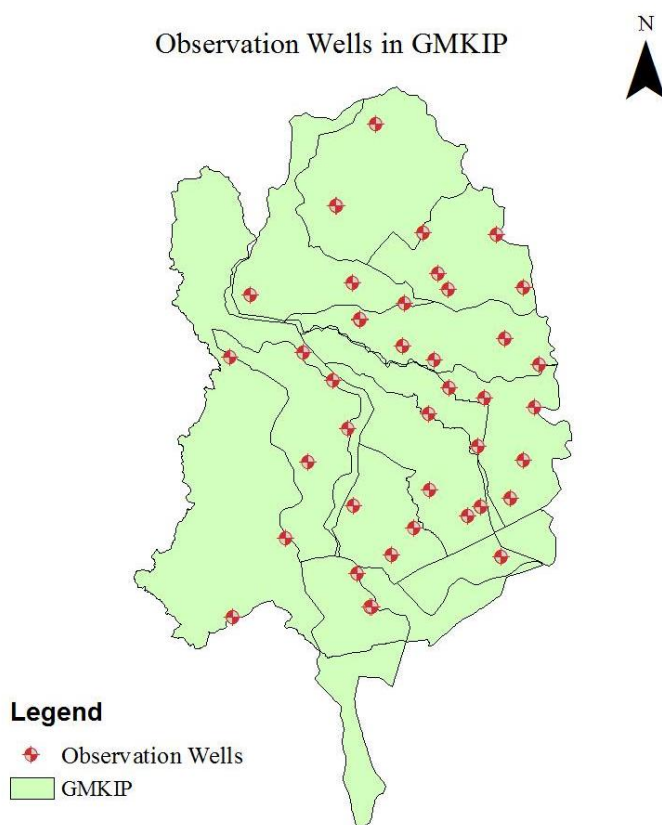
ผลการพัฒนาแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน (Model of Groundwater Flow, MODFLOW)

เพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินและประเมินสถานภาพของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาซึ่งพิจารณาเฉพาะพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่เพื่อนำไปใช้ในการบริหารจัดการร่วมกับแหล่งน้ำผิวดินที่เชื่อมแม่กลองมีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

2.2.1 ข้อมูลป้อนเข้าแบบจำลอง VISUAL MODFLOW

2.2.1.1 ข้อมูลน้ำใต้ดินจากบ่อสังเกตการณ์ (Observation Wells Data)

ข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ (Observation Wells Data) ที่รวบรวมได้จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่มีจำนวน 39 บ่อ ดังแสดงในภาพที่ 2-15 การนำเข้าข้อมูลน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ในแบบจำลอง VISUAL MODFLOW ประกอบด้วยความลึกของบ่อ (Depth of Observation Wells) ความลึกของระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์ (Water Depth) อย่างไรก็ตามก็ดำเนินงานวิจัยได้นำเข้าข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ที่มีข้อมูลสมบูรณ์เพียงจำนวน 29 บ่อเท่านั้น

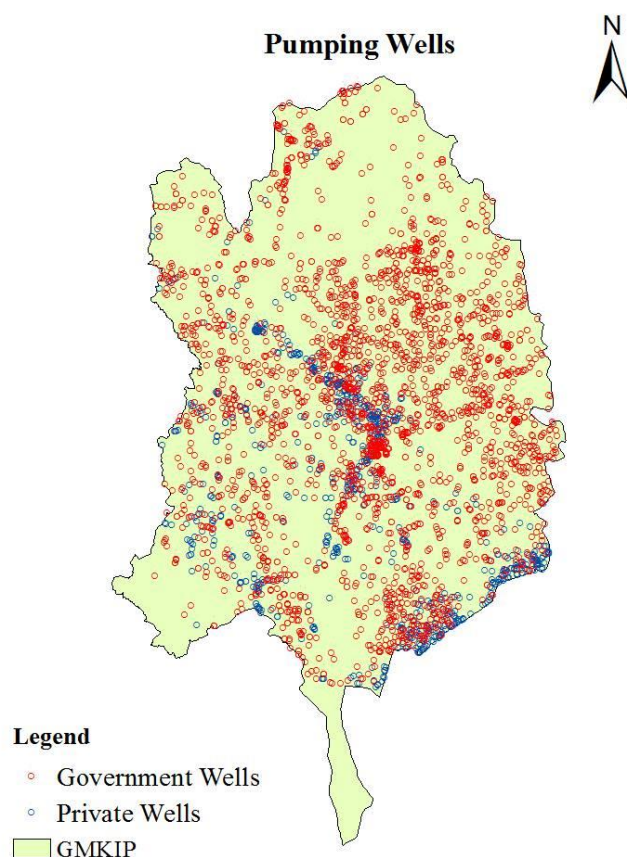


ภาพที่ 2-15 แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่ศึกษา

2.2.1.2 ข้อมูลน้ำใต้ดินจากบ่อสูบ (Pumping Wells Data)

ข้อมูลบ่อสูบน้ำใต้ดิน (Pumping Wells Data) ที่รวบรวมได้จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเฉพาะในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่มีทั้งสิ้น 3,556 บ่อ ดังแสดงในภาพที่ 2-16 การ

นำเข้าข้อมูลบ่อสูบน้ำใต้ดินในแบบจำลอง VISUAL MODFLOW ประกอบด้วยความลึกของบ่อ (Depth of Pumping Wells) ความลึกของท่อกรอง (Screen Depth) อัตราการสูบน้ำใต้ดินไปใช้ (Pumping Rate) ซึ่งถูกกำหนดที่อัตราการสูบน้ำที่ปลอดภัย (Safe Yield) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16 และ 24 ชั่วโมงต่อวัน สำหรับบ่อสูบน้ำใต้ดินของรัฐและเอกชน ตามลำดับ

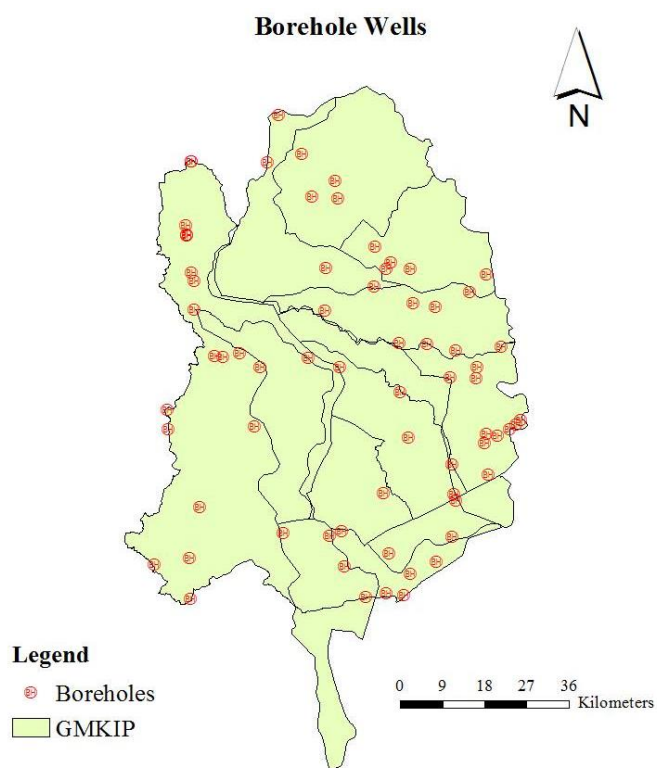


ภาพที่ 2-16 แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อสูบน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

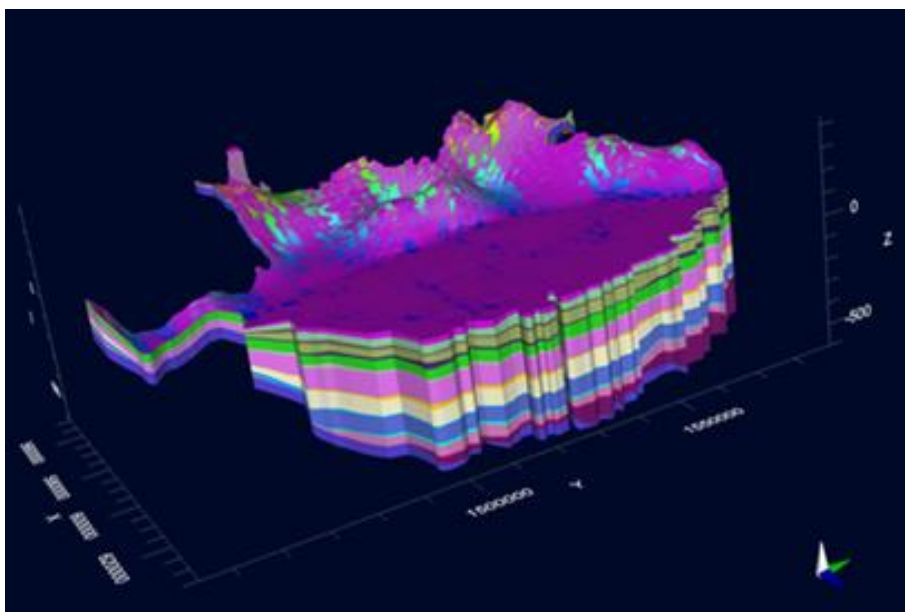
2.2.1.3 ข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชั้นดิน (Borehole Data)

ข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชั้นดิน (Borehole Data) ที่รวบรวมได้จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลแสดงดังภาพที่ 2-17 ซึ่งพบว่าตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจชั้นดินกระจายทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา และจากข้อมูลสัณฐานธรณีวิทยาที่ได้ การศึกษานี้ได้แบ่งชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (Aquifer) ออกเป็น 9 ชั้นประกอบด้วย (1) ชั้นหินอุ้มน้ำกรุงเทพฯ (Bangkok Aquifer, BK) (2) ชั้นหินอุ้มน้ำพระประแดง (Phra Pradaeng Aquifer, PD) (3) ชั้นหินอุ้มน้ำนครหลวง (Nakhon Luang Aquifer, NL) (4) ชั้นหินอุ้มน้ำนนทบุรี (Nonthaburi Aquifer, NB) (5) ชั้นหินอุ้มน้ำสามโคก (Sam Khok Aquifer, SK) (6) ชั้นหินอุ้มน้ำพญาไท (Phaya Thai Aquifer, PT) (7) ชั้นหินอุ้มน้ำธนบุรี (Thonburi Aquifer, TB) (8) ชั้นหินอุ้มน้ำปากน้ำ

(Pak Nam Aquifer, PN) และ (9) ชั้นหินแข็งอุ้มน้ำ (Hard Rock Aquifer) ดังภาพที่ 2-18 และสรุปลักษณะสำคัญของแต่ละชั้นหินอุ้มน้ำในตารางที่ 2-14



ภาพที่ 2-17 แผนที่แสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจชั้นดินในพื้นที่ศึกษา

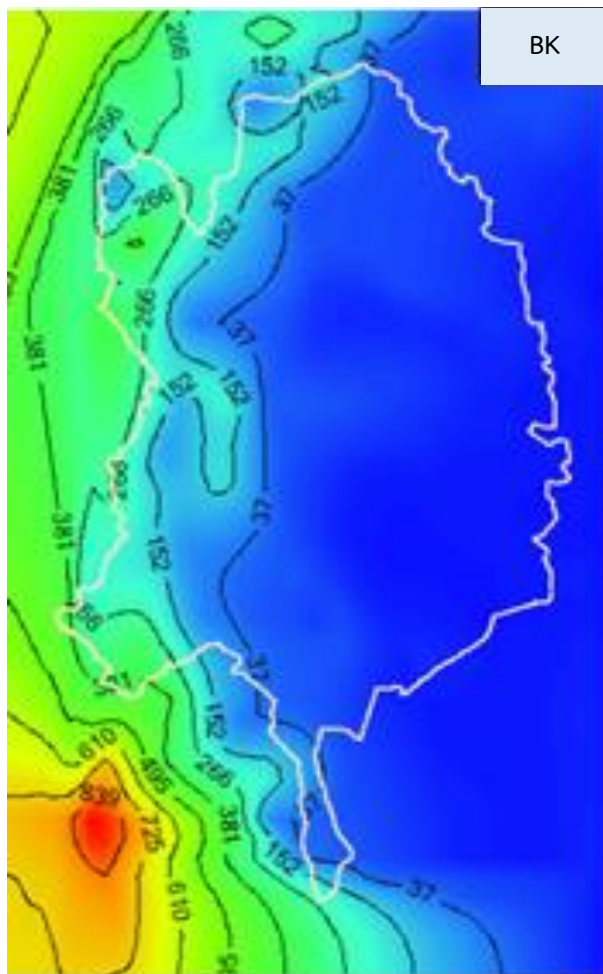


ภาพที่ 2-18 ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินและจำนวนชั้นที่กำหนดในแบบจำลอง VISUAL MODFLOW

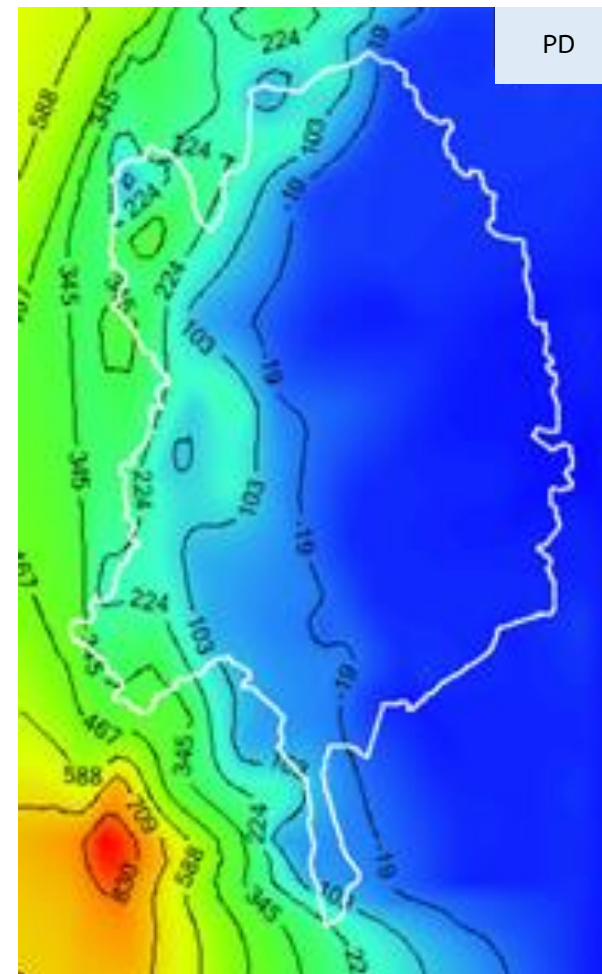
ตารางที่ 2-14 ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน	ลักษณะสำคัญ
ชั้นหินอุ้มน้ำกรุงเทพฯ (Bangkok Aquifer, BK)	ตั้งอยู่ชั้นบนสุดมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 20-30 เมตร ปกคลุมด้วยชั้นดินเหนียวกรุงเทพซึ่งมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 20 เมตร
ชั้นหินอุ้มน้ำพระประแดง (Phra Pradaeng Aquifer, PD)	ความหนาประมาณ 20-50 เมตร
ชั้นหินอุ้มน้ำนครหลวง (Nakhon Luang Aquifer, NL)	ความหนาประมาณ 50-60 เมตร
ชั้นหินอุ้มน้ำนนทบุรี (Nonthaburi Aquifer, NB)	ความหนาประมาณ 60-70 เมตร
ชั้นหินอุ้มน้ำสามโคก (Sam Khok Aquifer, SK)	ความหนาประมาณ 50-70 เมตร
ชั้นหินอุ้มน้ำพญาไท (Phaya Thai Aquifer, PT)	ความหนาประมาณ 50-70 เมตร
ชั้นหินอุ้มน้ำธนบุรี (Thonburi Aquifer, TB)	ความหนาประมาณ 30-50 เมตร
ชั้นหินอุ้มน้ำปากน้ำ (Pak Nam Aquifer, PN)	ความหนาประมาณ 60-90 เมตร
ชั้นหินแข็งอุ้มน้ำ (Hard Rock Aquifer)	ประกอบด้วยหินตะกอน หินแปร หินแกรนิต และหินบะซอลต์ ซึ่งมีชั้นดินเหนียวแทรก

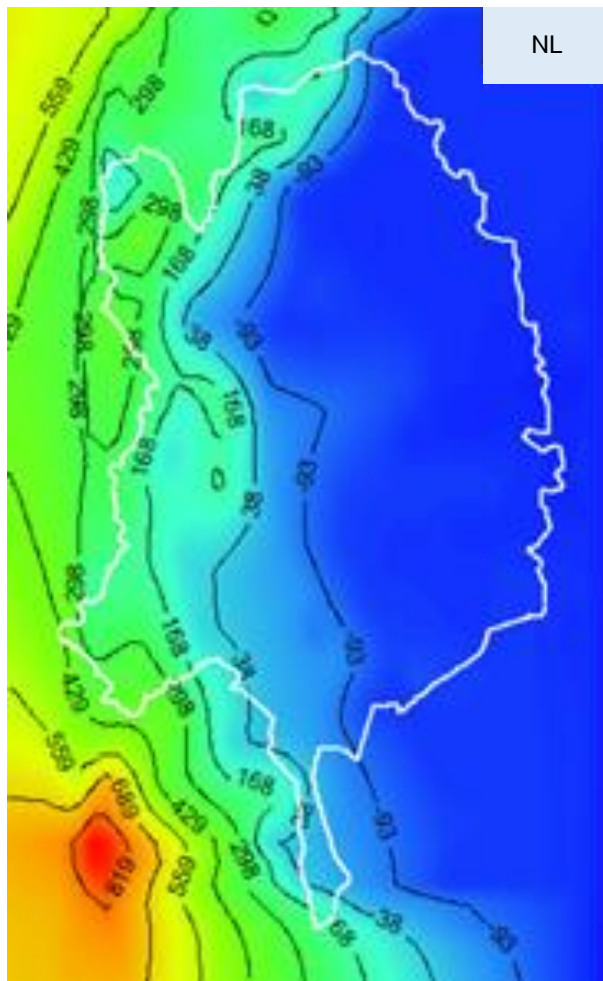
เนื่องจากซอฟต์แวร์ VISUAL MODFLOW สามารถรองรับการประมาณค่าช่วง (Interpolation) หลายรูปแบบพร้อมกัน รวมถึงการประมาณค่าช่วงแบบเส้นตรง (Linear Interpolation) การประมาณค่าช่วงแบบ Inverse Distance Weight (IDW) และแบบ Kriging เป็นต้น โดยการประมาณค่าช่วงด้วยวิธี Natural Neighbors เป็นวิธีที่แนะนำสำหรับแบบจำลองทางธรณีวิทยา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้การประมาณค่าช่วงด้วยวิธี Natural Neighbors สำหรับการประมาณค่าช่วงข้อมูลระดับความสูงของกริดเซลล์ทั้งหมด หลังจากนำเข้าข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชั้นดินทั้งหมด ซอฟต์แวร์ VISUAL MODFLOW จะทำการประมาณค่าช่วงระดับความสูงทั้งหมดโดยอัตโนมัติ ซึ่งระดับความสูงของแต่ละชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินได้แสดงดังภาพที่ 2-19 ถึงภาพที่ 2-27



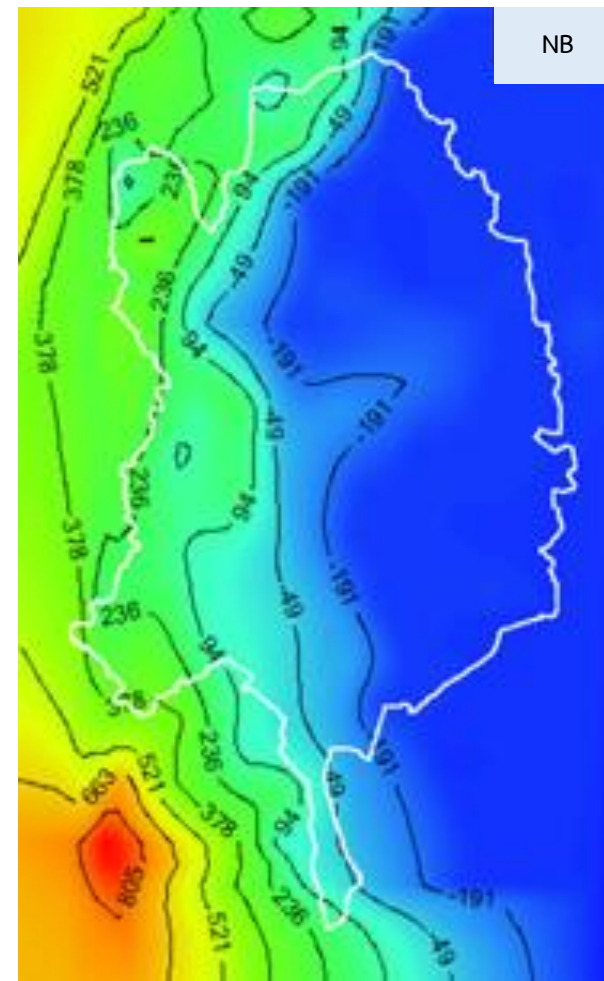
ภาพที่ 2-19 ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินกรุงเทพฯ



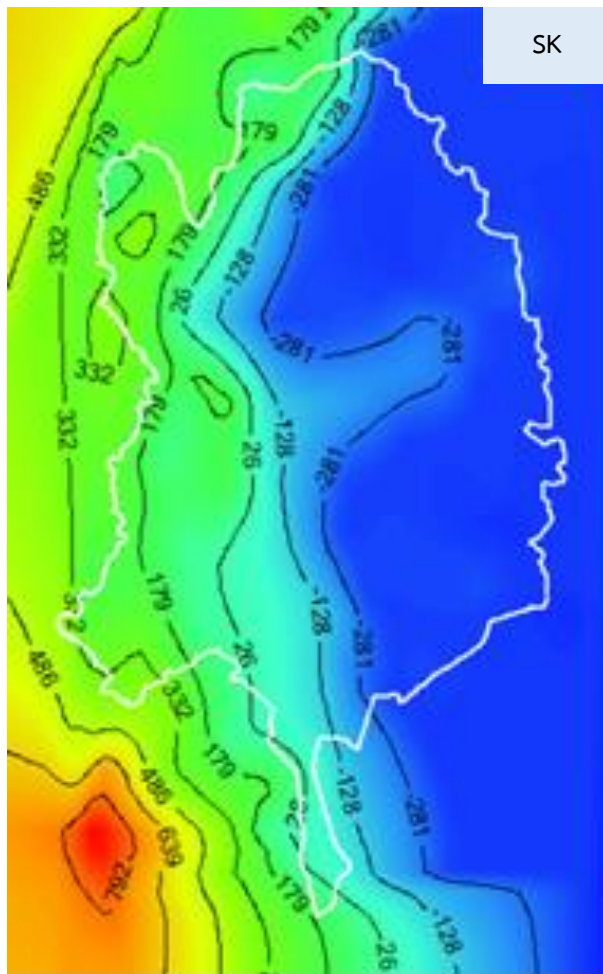
ภาพที่ 2-20 ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินพระประแดง



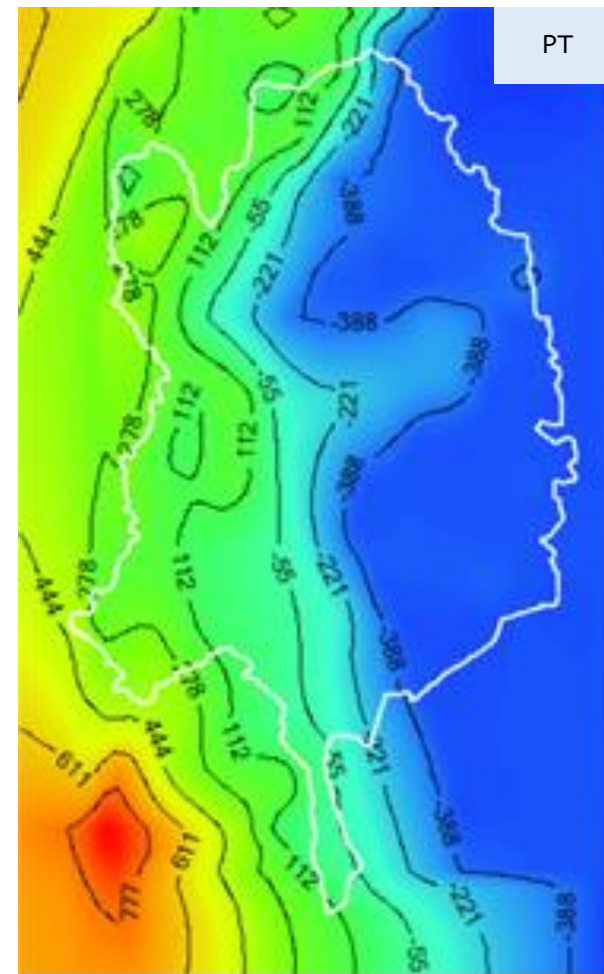
ภาพที่ 2-21 ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินนครหลวง



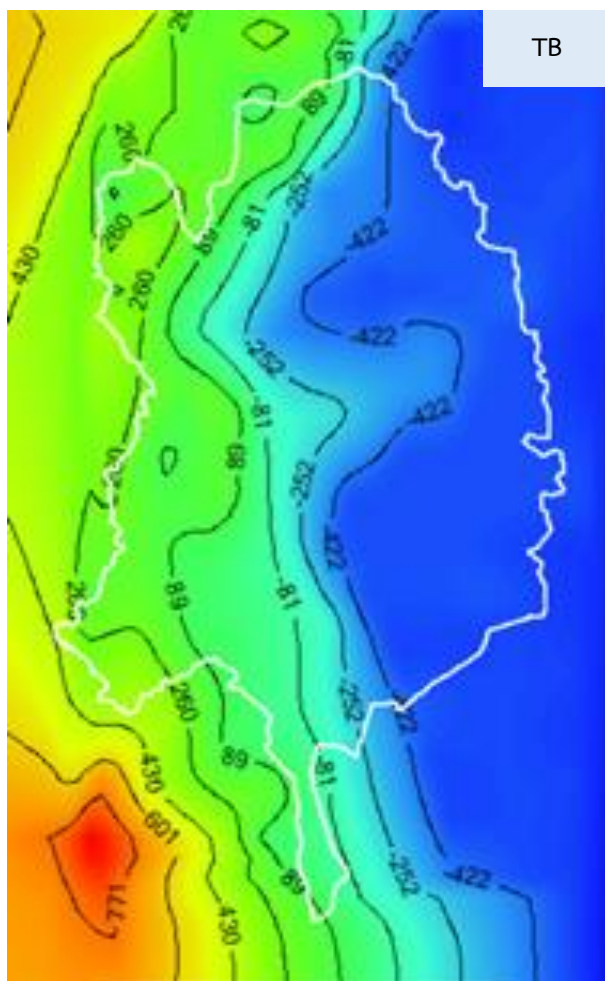
ภาพที่ 2-22 ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินนนทบุรี



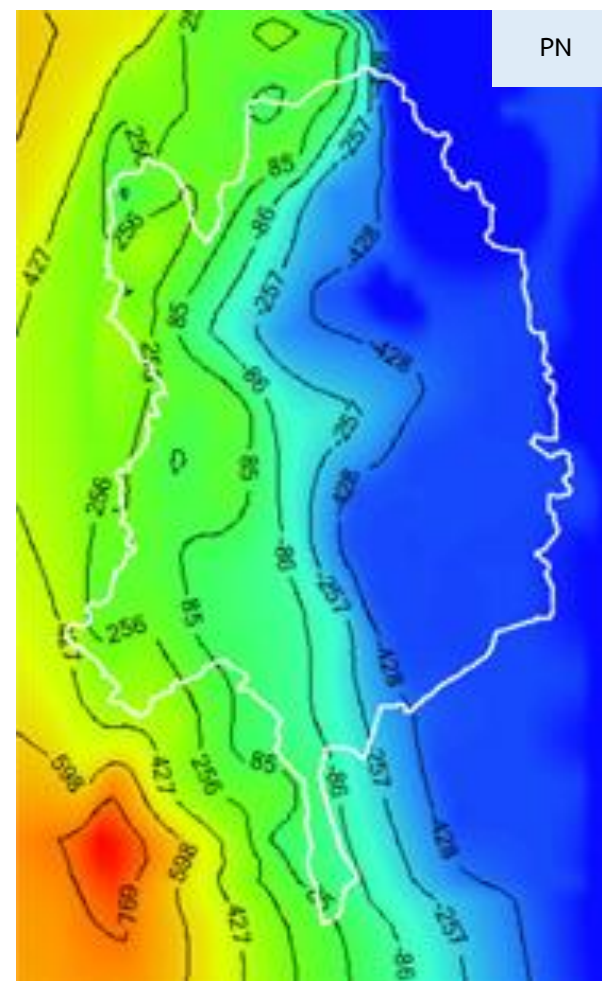
ภาพที่ 2-23 ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินสามโคก



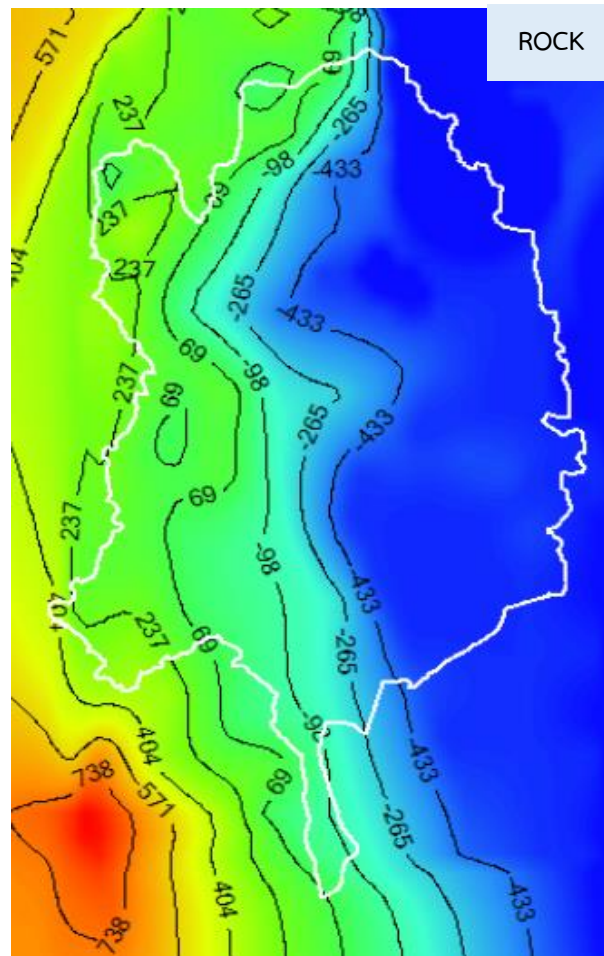
ภาพที่ 2-24 ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินพญาไท



ภาพที่ 2-25 ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินธนบุรี



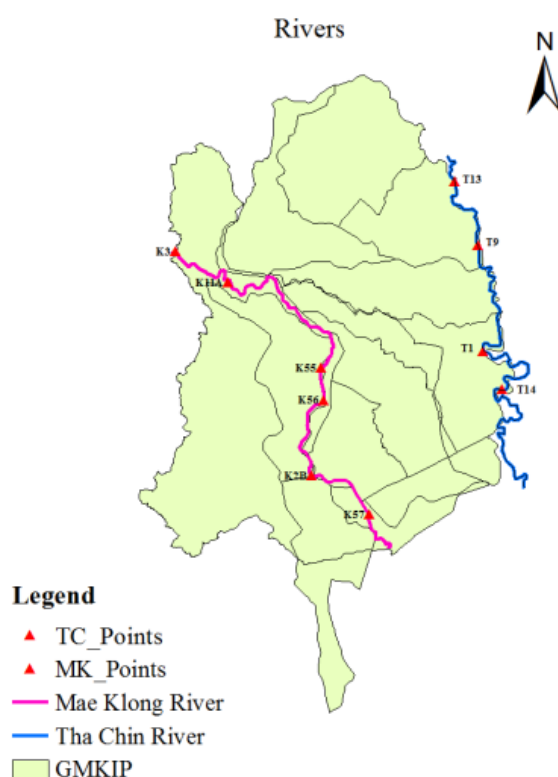
ภาพที่ 2-26 ระดับชั้นความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินปากน้ำ



ภาพที่ 2-27 ระดับชั้นความสูงของชั้นหินแข็งอุ้มน้ำ

2.2.1.4 ข้อมูลแม่น้ำ (River Data)

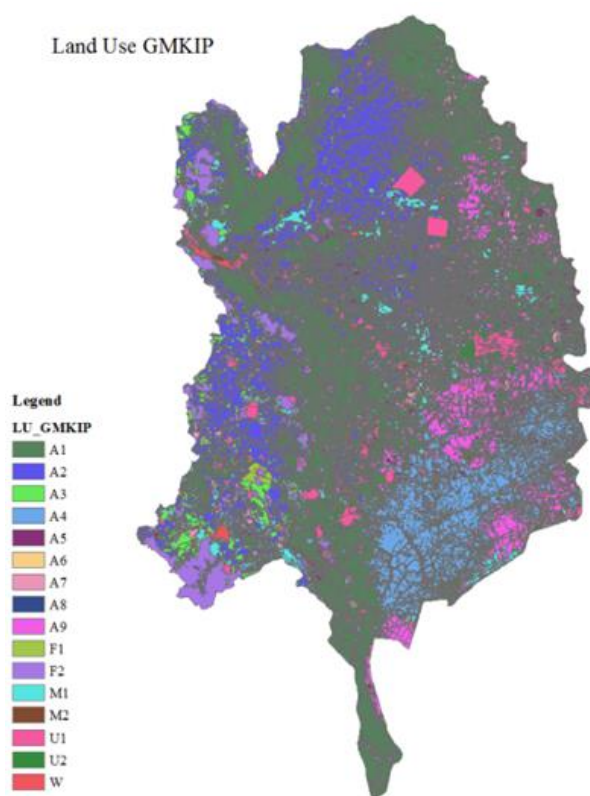
ข้อมูลระดับน้ำ (River Stage) และหน้าตัดขวางของแม่น้ำสายหลัก (River Cross Section) ที่ไหลผ่านพื้นที่ศึกษาถูกนำเข้าในแบบจำลอง VISUAL MODFLOW ได้แก่ แม่น้ำแม่กลองซึ่งไหลจากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ก่อนที่จะไหลออกสู่ทะเลทางทิศใต้ และแม่น้ำท่าจีนที่ไหลจากทิศเหนือบริเวณจังหวัดชัยนาทออกสู่ทะเลทางทิศใต้ โดยนำเข้าข้อมูลระดับน้ำและหน้าตัดขวางของแม่น้ำแม่กลองจำนวน 6 สถานีประกอบด้วย สถานีตรวจวัดน้ำท่า K.3, K.11A, K.55, K.56, K.2B และ K.57 และข้อมูลระดับน้ำและหน้าตัดขวางของแม่น้ำท่าจีนจำนวน 4 สถานีประกอบด้วย สถานีตรวจวัดน้ำท่า T.19, T.9, T.1 และ T.14 ดังแสดงในภาพที่ 2-28



ภาพที่ 2-28 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าของแม่น้ำแม่กลองและแม่น้ำท่าจีน

2.2.1.5 ข้อมูลการเติมน้ำใต้ดิน (Recharge Data)

แบบจำลอง VISUAL MODFLOW นำเข้าข้อมูลการเติมน้ำใต้ดิน (Groundwater Recharge) มาจากแบบจำลอง WEAP โดยข้อมูลการเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาได้มาจากแบบจำลอง น้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) ซึ่งผันแปรตามประเภทของการใช้ที่ดิน (Land Use Type) ดังภาพที่ 2-29 สำหรับข้อมูลการเติมน้ำเฉลี่ยรายปีแยกตามประเภทของการใช้ที่ดินได้สรุปไว้ในตารางที่ 2-



ภาพที่ 2-29 แผนที่แสดงประเภทของการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 2-15 ข้อมูลการเติมน้ำเฉลี่ยรายปีแยกตามประเภทของการใช้ที่ดิน

ประเภทของการใช้ที่ดิน	อัตราการเติมน้ำใต้ดิน (มิลลิเมตรต่อปี) ^{1/}
A1_ นาข้าว (Paddy field)	224.58
A2_ พืชไร่ (Field Crop)	488.03
A3_ พืชยืนต้น (Perennial Crop)	181.57
A4_ สวนผลไม้ (Orchard)	155.52
A5_ พืชสวน (Horticulture)	173.39
A6_ การทำไร่เลื่อนลอย (Shifting Cultivation)	246.17
A7_ หุ่่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (Pasture and Farm House)	419.50
A8_ พืชน้ำ (Aquatic Plant)	239.69
A9_ ที่ดินสำหรับเพาะเลี้ยงพืชและสัตว์ในน้ำ (Aquacultural Land)	239.69
F2_ ป่าผลัดใบ (Deciduous Forest)	484.55
M1_ ที่ดินสำหรับใช้สอยอื่นๆ (Other Miscellaneous Land)	239.69
M2_ หนองน้ำและบึง (Marsh and Swamp)	239.69

ตารางที่ 5-15 (ต่อ)

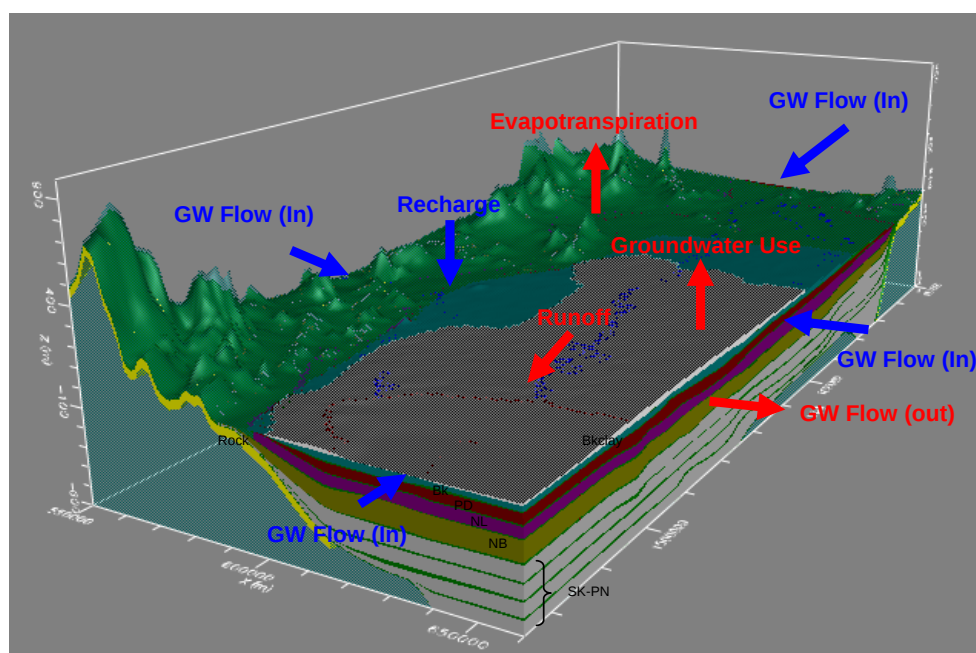
ประเภทของการใช้ที่ดิน	อัตราการเติมน้ำใต้ดิน (มิลลิเมตรต่อปี)
U1_พื้นที่เมือง (Urban)	286.43
U2_พื้นที่หมู่บ้าน (Villages)	274.73
W_พื้นที่น้ำ (Water)	209.45

หมายเหตุ : ^{1/} ข้อมูลการเติมน้ำใต้ดินได้มาจากแบบจำลองน้ำผิวน้ำท่าของแบบจำลอง WEAP

2.2.2 การกำหนดรูปแบบของแบบจำลอง VISUAL MODFLOW

2.2.2.1 แบบจำลองเชิงโมทัศน์ (Conceptual Model)

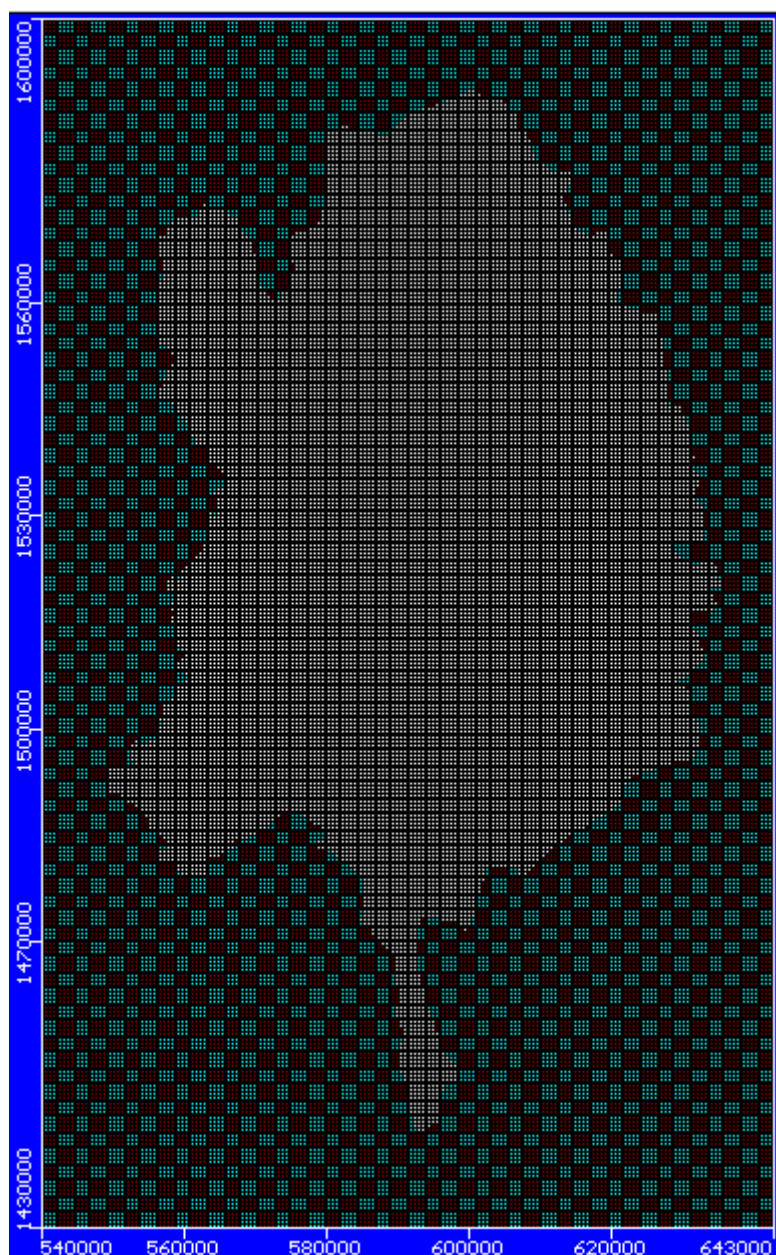
แหล่งน้ำใต้ดิน (Groundwater Source) ในบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นแหล่งน้ำใต้ดินแบบเปิด (Open Source) ซึ่งไหลจากทิศตะวันตกที่มีภูเขาสูงไปยังทิศตะวันออก จากนั้นจึงไหลออกจากเขตพื้นที่ศึกษาในทางทิศใต้ โดยเลือกศึกษาเฉพาะพื้นที่ที่มีความสามารถในการเติมน้ำใต้ดิน ยกเว้นบริเวณดินเหนียวกรุงเทพฯ ซึ่งน้ำฝนไม่สามารถเติมน้ำใต้ดินได้ โดยน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่เกิดการสูญเสียอันเนื่องมาจากการสูบน้ำใต้ดินมาใช้และการไหลออกของน้ำใต้ดินในพื้นที่ดังแสดงในภาพที่ 2-30 จากข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชั้นดิน (Borehole Data) สามารถจัดแบ่งชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifer) ในพื้นที่ศึกษาได้จำนวน 9 ชั้น ซึ่งมีความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneity) และมีคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของแต่ละชั้นใน 3 ทิศทางคือ x, y และ z ที่แตกต่างกัน (Anisotropy)



ภาพที่ 2-30 แบบจำลองเชิงโมทัศน์เพื่อจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

2.2.2.2 การออกแบบกริดในแบบจำลอง (Model Grid Design)

กริดของแบบจำลอง VISUAL MODFLOW ครอบคลุมพื้นที่สี่เหลี่ยมขนาด 27,500 ตารางกิโลเมตร ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างพิกัดทางตะวันออก UTM 540,000 ถึง 643,000 เมตร (103 กิโลเมตร) และระหว่างพิกัดทางเหนือ UTM 1,430,000 ถึง 1,600,000 เมตร (170 กิโลเมตร) แบ่งพื้นที่โดยใช้ระยะกริดขนาด 0.50×0.50 กิโลเมตร ชั้นหินอุ้มน้ำในพื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 9 ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (Aquifer) ระหว่างชั้นจะมีชั้นดินเหนียวแทรกทำให้จำนวนชั้นทั้งหมดรวม 19 ชั้น (Layer) จำนวนกริดเซลล์ทั้งหมด 1,324,300 กริดเซลล์ (205 แถว × 340 สดมภ์ × 19 ชั้น) ดังแสดงในภาพที่ 2-31



ภาพที่ 2-31 การออกแบบกริดและขอบเขตของแบบจำลองในพื้นที่ศึกษา

2.2.3 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน

งานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยอาศัยข้อมูลในปี พ.ศ. 2558 เนื่องจากเป็นปีปัจจุบันที่จัดเก็บข้อมูลระดับน้ำใต้ดินและกำหนดอัตราการสูบน้ำใต้ดินไปใช้ (Pumping Rate) โดยอาศัยข้อมูลปัจจุบันที่รวบรวมได้จากสำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 2 (สุพรรณบุรี) แยกเป็น (1) บ่อสูบน้ำใต้ดินของรัฐ กำหนดให้อัตราการสูบน้ำสูงสุดอยู่ที่ 16 ชั่วโมงต่อวัน และ (2) บ่อสูบน้ำใต้ดินของเอกชน กำหนดให้อัตราการสูบน้ำสูงสุดอยู่ที่ 24 ชั่วโมงต่อวัน สำหรับค่าพารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาภายใต้การจำลองในสภาวะคงที่ (Steady State) ซึ่งกำหนดให้ระดับน้ำไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลานั้นเป็นค่าความสามารถในการนำน้ำของดิน (Hydraulic Conductivity) ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในแนวแกน x, y และ z (K_x , K_y และ K_z) ค่าความพรุนประสิทธิผล (Effective Porosity) และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ S_y และ S_s ซึ่งแสดงผลที่ได้จากการเปรียบเทียบในตารางที่ 2-16 และให้ค่าประสิทธิผลของการเปรียบเทียบแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในภาพที่ 2-32

ตารางที่ 2-16 คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินจากการเปรียบเทียบแบบจำลอง

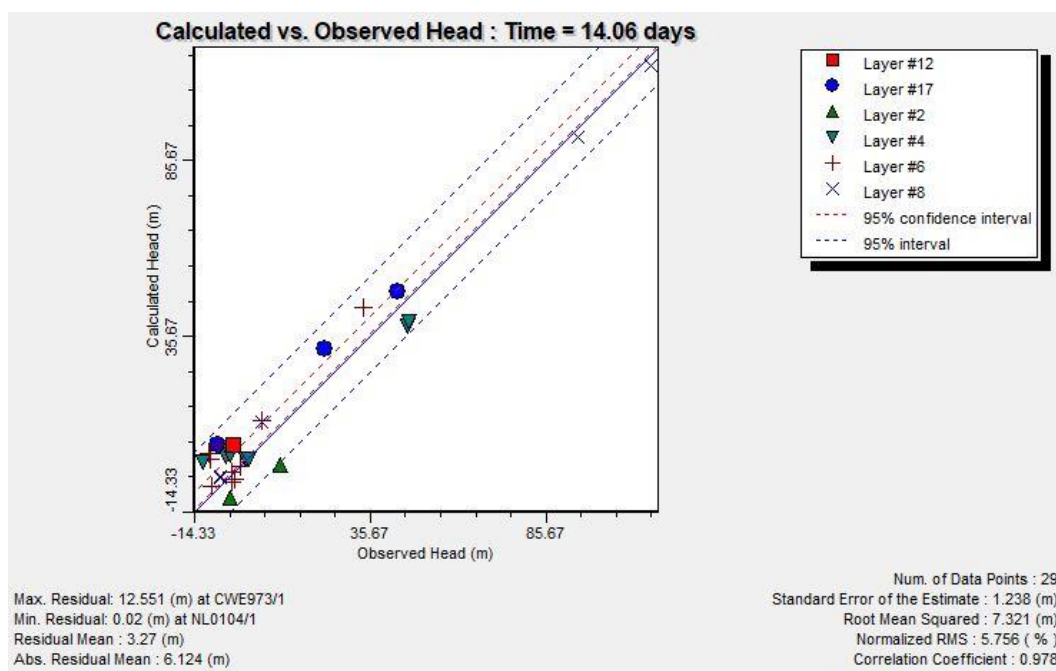
ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน	สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (เมตร/วัน)		ความพรุนประสิทธิผล	สัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ	
	K_x และ K_y	K_z		S_y	S_s
ชั้นดินเหนียวระหว่างชั้น (Aquitard)	1 (1×10^{-3}) ^{1/}	0.1 (1×10^{-4}) ^{1/}	0.01 (0.03) ^{1/}	0.03 (0.03) ^{1/}	1×10^{-5} (1×10^{-5}) ^{1/}
ชั้นหินอุ้มน้ำกรุงเทพฯ (Bangkok Aquifer, BK)	42 (20-59) ^{1/}	4.2 (2-5.9) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	8×10^{-6} (8×10^{-6}) ^{1/}
ชั้นหินอุ้มน้ำพระประแดง (Phra Pradaeng Aquifer, PD)	40 (0.1-75) ^{1/}	4 (0.01-7.5) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	9×10^{-5} (9×10^{-5}) ^{1/}
ชั้นหินอุ้มน้ำนครหลวง (Nakhon Luang Aquifer, NL)	30 (0.1-67) ^{1/}	3 (0.01-6.7) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	8×10^{-5} (8×10^{-5}) ^{1/}
ชั้นหินอุ้มน้ำนนทบุรี (Nonthaburi Aquifer, NB)	13 (5-25) ^{1/}	1.3 (0.5-2.5) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	5×10^{-5} (5×10^{-5}) ^{1/}
ชั้นหินอุ้มน้ำสามโคก (Sam Khok Aquifer, SK)	(0.39-5.90) ^{2/} (0.39-5.90) ^{1/}	(0.39-5.90) ^{2/} (0.39-5.90) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	1×10^{-5} (1×10^{-5}) ^{1/}
ชั้นหินอุ้มน้ำพญาไท (Phaya Thai Aquifer, PT)	(0.39-5.90) ^{2/} (0.39-5.90) ^{1/}	(0.39-5.90) ^{2/} 0.039-0.59) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	1×10^{-5} (1×10^{-5}) ^{1/}
ชั้นหินอุ้มน้ำธนบุรี (Thonburi Aquifer, TB)	(0.39-5.90) ^{2/} (0.39-5.90) ^{1/}	(0.39-5.90) ^{2/} 0.039-0.59) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	0.20 (0.20) ^{1/}	1×10^{-5} (1×10^{-5}) ^{1/}

ตารางที่ 2-16 (ต่อ)

ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน	สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (เมตร/วัน)		ความพรุนประสิทธิผล	สัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ	
	Kx และ Ky	Kz		Ss	Sy
ชั้นหินอุ้มน้ำปากน้ำ (Pak Nam Aquifer, PN)	$(0.39-5.90)^{2/}$ $(0.39-5.90)^{1/}$	$(0.39-5.90)^{2/}$ $0.039-0.59)^{1/}$	0.20 $(0.20)^{1/}$	0.20 $(0.20)^{1/}$	1×10^{-5} $(1 \times 10^{-5})^{1/}$
ชั้นหินแข็ง (Hard Rock Aquifer)	5 $(0.1-9)^{1/}$	0.5 $(1 \times 10^{-4})^{1/}$	0.10 $(0.10)^{1/}$	0.10 $(0.10)^{1/}$	5×10^{-4} $(5 \times 10^{-4})^{1/}$

หมายเหตุ : ^{1/}ค่าในวงเล็บเป็นค่าคุณสมบัติทางศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินที่แนะนำโดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551)

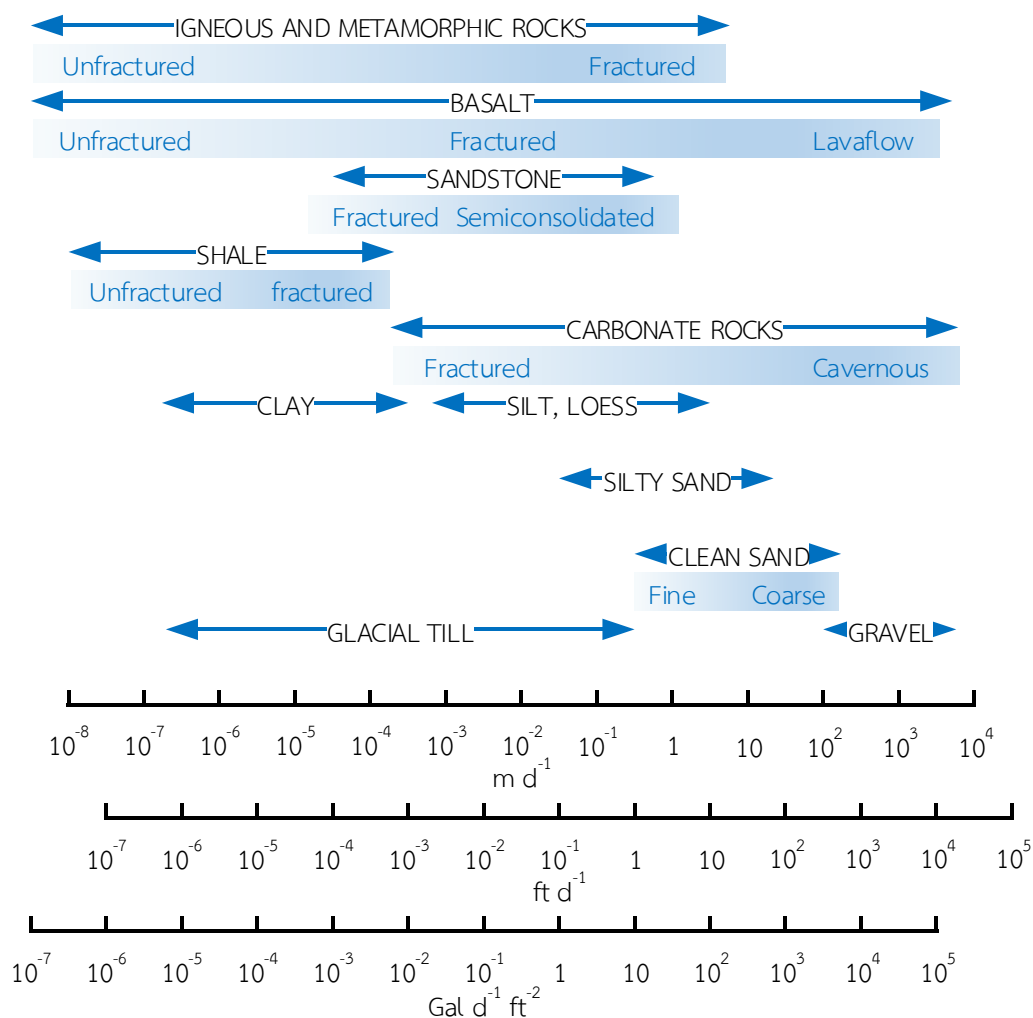
^{2/} ไม่มีบ่อสังเกตการณ์ในชั้นน้ำใต้ดิน



ภาพที่ 2-32 ประสิทธิภาพของการปรับเทียบแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในสถานะคงที่

จากการเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติทางศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินจากการปรับเทียบแบบจำลอง VISUAL MODFLOW พบว่าอยู่ในช่วงค่าที่แนะนำโดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่ศึกษาไว้ในปี พ.ศ. 2551 นอกจากนี้ค่าความสามารถในการนำน้ำของดินที่ได้จากการปรับเทียบยังสอดคล้องตามผลการศึกษาของ Heath ในปี ค.ศ. 1983 โดยค่าความสามารถในการนำน้ำของดินผันแปรตามประเภทของดิน (Heath, 1983) ดังแสดงในภาพที่ 2-33 ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ S_s ของชั้นหินแข็งและชั้นดินเหนียวที่กำหนดในแบบจำลองอ้างอิงจากผลการศึกษาของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2551

ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่แนะนำโดย Domenico ในปี ค.ศ. 1972 (Domenico, 1972) ดังแสดงในตารางที่ 2-17



ภาพที่ 2-33 ช่วงข้อมูลความสามารถในการนำน้ำของดินที่แนะนำโดย Heath
ที่มา : Heath (1983)

ตารางที่ 2-17 ช่วงข้อมูลสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำที่แนะนำโดย Domenico

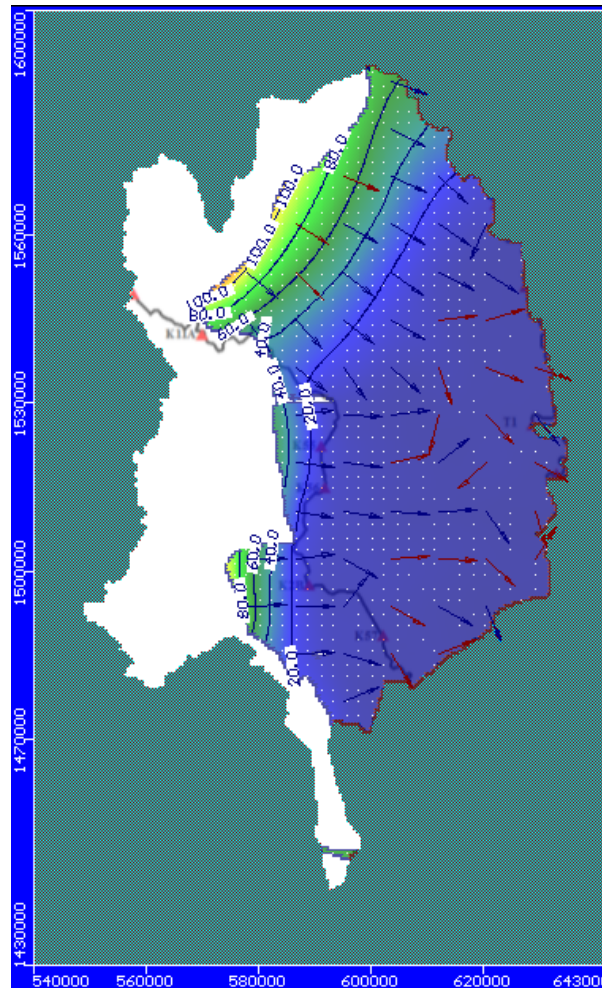
ประเภทดิน	สัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ S_s
ดินเหนียวพลาสติก (Plastic Clay)	$2.0 \times 10^{-2} - 2.6 \times 10^{-3}$
ดินเหนียวแน่น (Stiff Clay)	$2.6 \times 10^{-3} - 1.3 \times 10^{-3}$
ดินเหนียวปานกลาง-แข็ง (Medium-Hard Clay)	$1.3 \times 10^{-3} - 9.2 \times 10^{-4}$
ดินทรายแบบสภาพดินหลวม (Loose Sand)	$1.0 \times 10^{-3} - 4.9 \times 10^{-4}$
ดินทรายแบบสภาพดินแน่น (Dense Sand)	$2.0 \times 10^{-4} - 1.3 \times 10^{-4}$

ตารางที่ 2-17 (ต่อ)

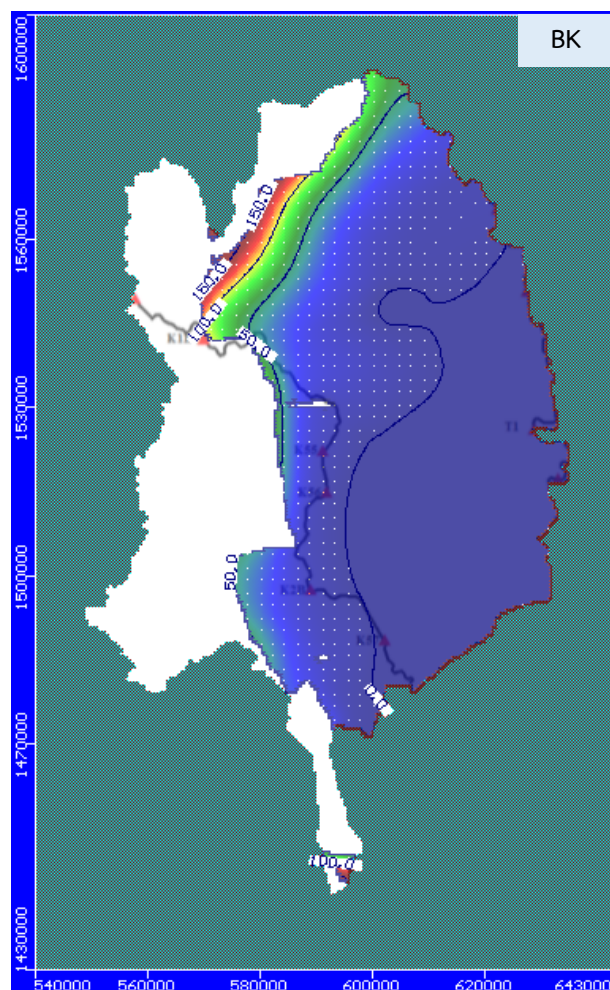
ประเภทดิน	สัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ S_s
ดินกรวยแบบสภาพดินบนทรายแน่น (Dense Sandy Gravel)	$1.0 \times 10^{-4} - 4.9 \times 10^{-5}$
หินแข็งมีรอยแยกหรือรอยเชื่อม (Rock, Fissured, Jointed)	$6.9 \times 10^{-5} - 3.3 \times 10^{-6}$
หินแข็ง (Rock, Sound)	$< 3.3 \times 10^{-6}$

ที่มา : Domenico (1972)

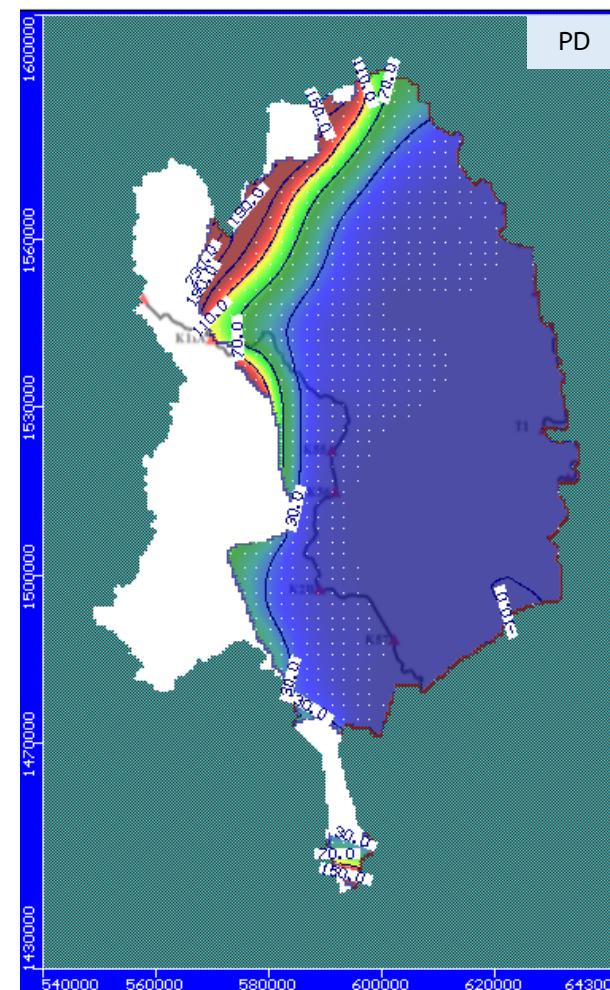
ประสิทธิภาพของการเปรียบเทียบแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในสถานะคงที่พบว่าค่าระดับน้ำเฉลี่ยที่คำนวณจากแบบจำลอง VISUAL MODFLOW และค่าระดับน้ำเฉลี่ยจากบ่อสังเกตการณ์มีค่าความเบี่ยงเบนคลาดเคลื่อนประมาณร้อยละ 5.756 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงถึง 0.978 อย่างไรก็ตามการเปรียบเทียบพบว่าให้ค่าผลต่างของค่าระดับน้ำเฉลี่ยที่คำนวณจากแบบจำลองและค่าระดับน้ำเฉลี่ยจากบ่อสังเกตการณ์สูงบางบ่อโดยเฉพาะอย่างยิ่ง CWE97/1 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานยังค่อนข้างสูงสำหรับทิศทางของเวกเตอร์ความเร็วน้ำจากผลการจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาให้ผลแสดงในภาพที่ 2-34 ซึ่งพบว่าน้ำใต้ดินไหลไปทางทิศตะวันออกของพื้นที่ลงสู่แม่น้ำท่าจีน โดยมีลักษณะการกระจายตัวของระดับเฮดน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินแต่ละชั้นดังปรากฏในภาพที่ 2-35 ถึงภาพที่ 2-43



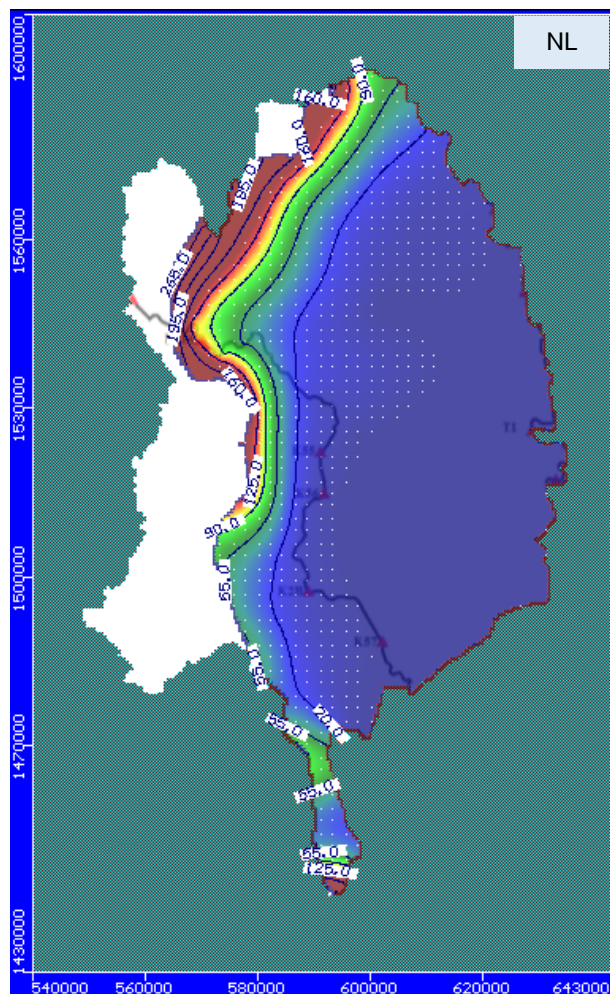
ภาพที่ 2-34 แผนที่แสดงทิศทางของเวกเตอร์ความเร็วน้ำจากแบบจำลองในพื้นที่ศึกษา
(สีขาวแสดงให้เห็นถึงไม่มีน้ำใต้ดิน)



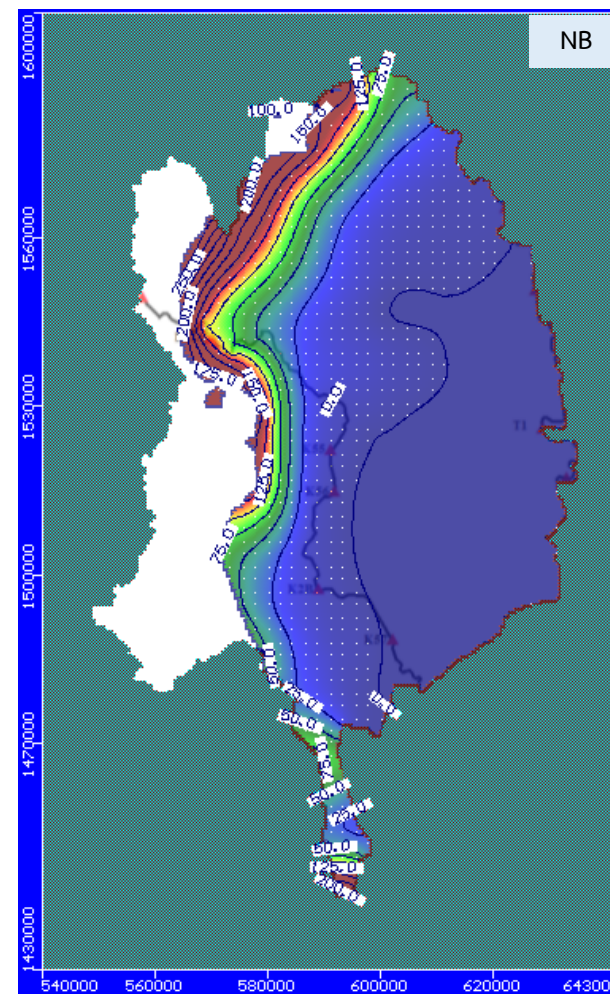
ภาพที่ 2-35 แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเอน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน กรุงเทพฯ (สีขาวแสดงให้เห็นถึงไม่มีน้ำใต้ดิน)



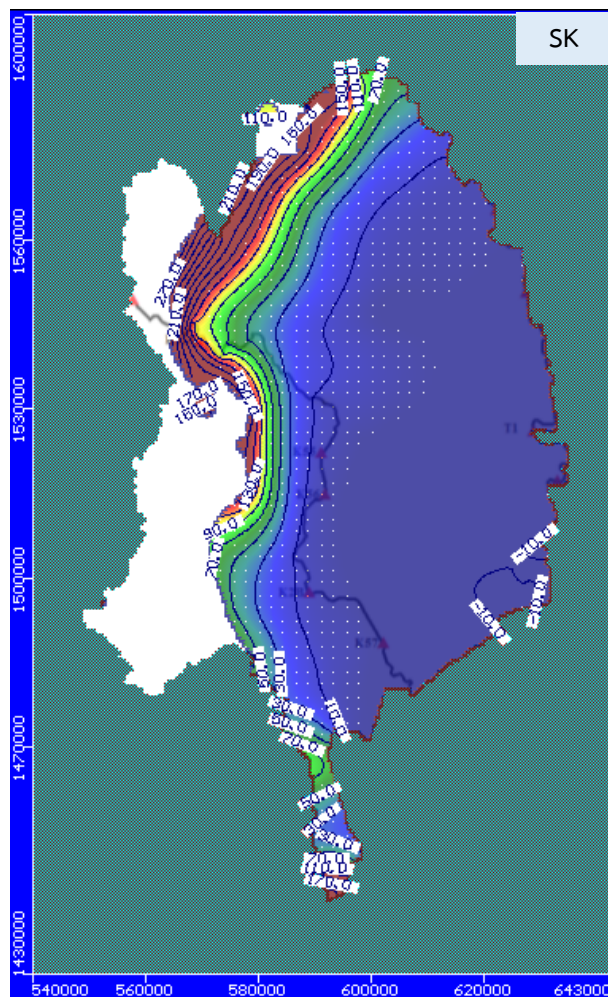
ภาพที่ 2-36 แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเอน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน พระประแดง (สีขาวแสดงให้เห็นถึงไม่มีน้ำใต้ดิน)



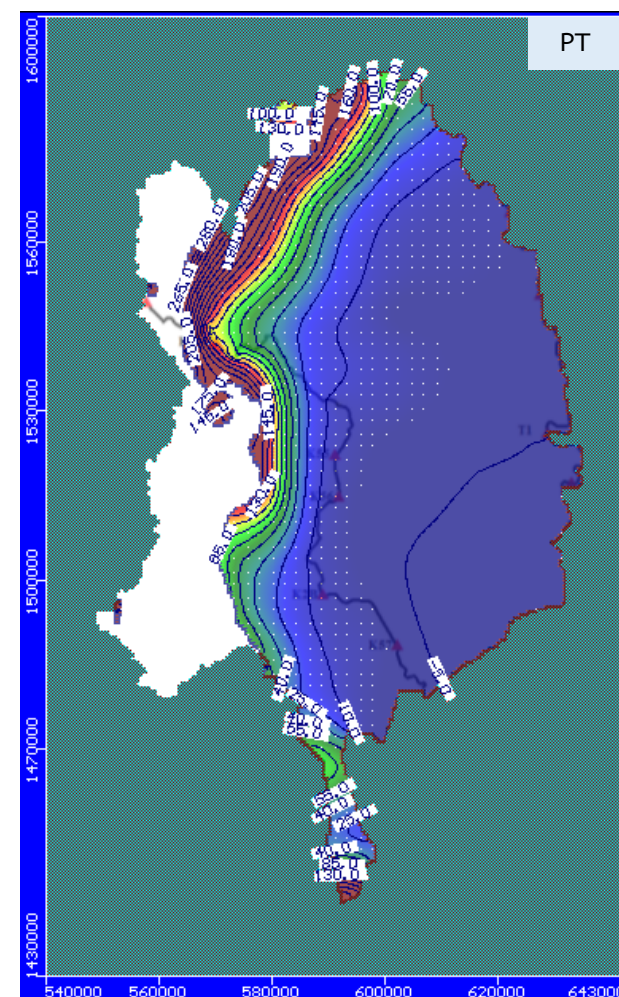
ภาพที่ 2-37 แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเอน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน นครหลวง (สีขาวแสดงให้เห็นถึงไม่มีน้ำใต้ดิน)



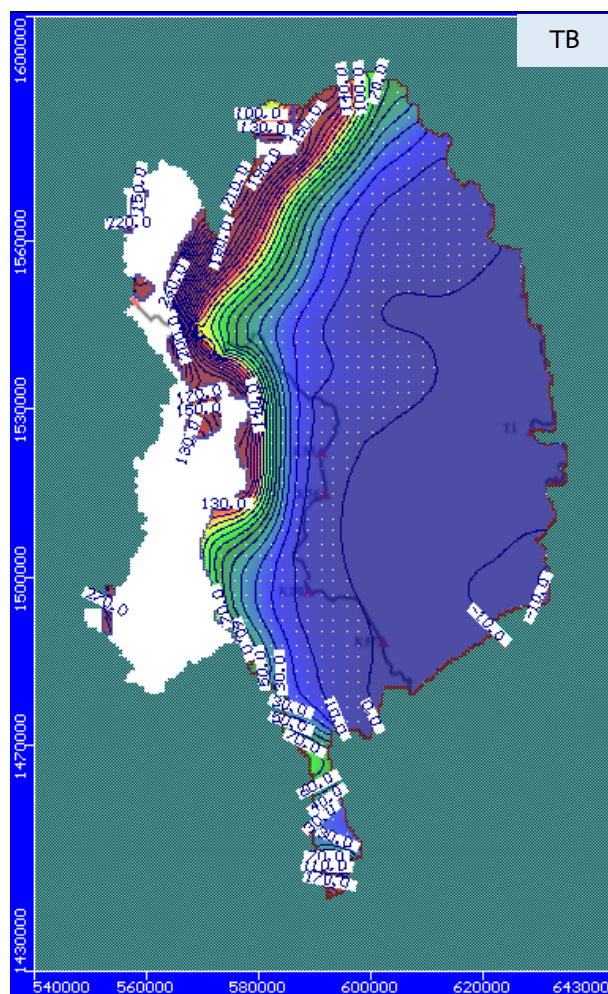
ภาพที่ 2-38 แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเอน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน นนทบุรี (สีขาวแสดงให้เห็นถึงไม่มีน้ำใต้ดิน)



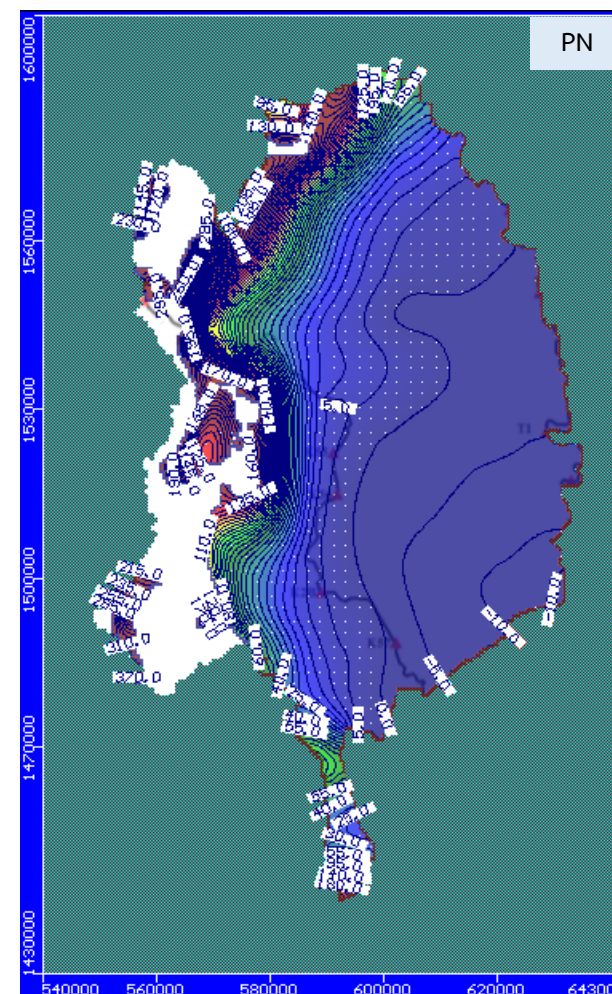
ภาพที่ 2-39 แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเอน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน
สามโคก (สีขาวแสดงให้เห็นถึงไม่มีน้ำใต้ดิน)



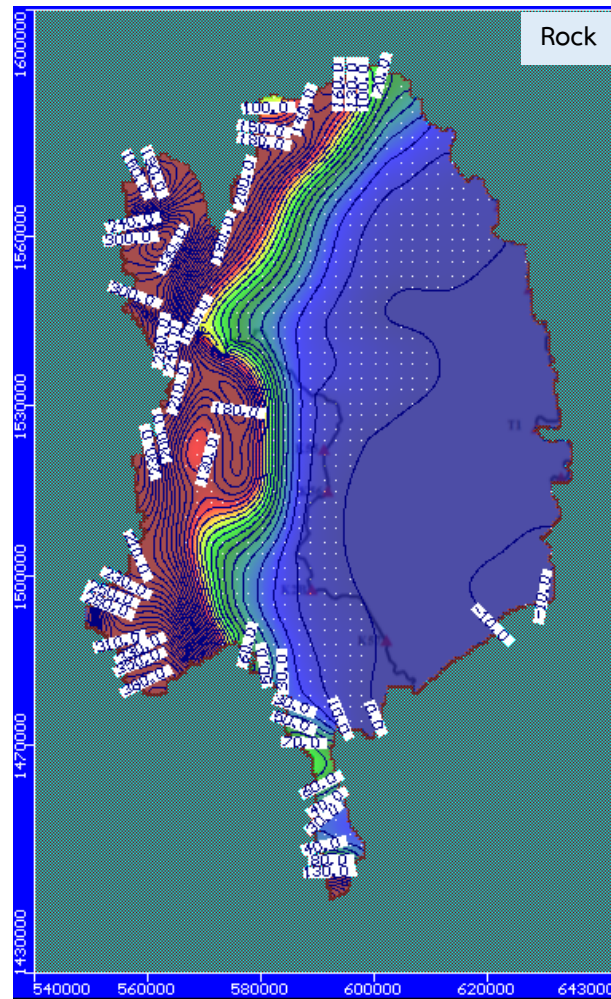
ภาพที่ 2-40 แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเอน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน
พญาไท (สีขาวแสดงให้เห็นถึงไม่มีน้ำใต้ดิน)



ภาพที่ 2-41 แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเอนน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน
ธนบุรี (สีขาวแสดงให้เห็นถึงไม่มีน้ำใต้ดิน)



ภาพที่ 2-42 แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเอนน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน
ปากน้ำ (สีขาวแสดงให้เห็นถึงไม่มีน้ำใต้ดิน)



ภาพที่ 2-43 แผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับเสตน้ำของชั้นหินแข็งอุมน้ำ
(สีขาวแสดงให้เห็นถึงไม่มีน้ำใต้ดิน)

2.2.4 ผลการจำลองสมดุลงบน้ำใต้ดิน

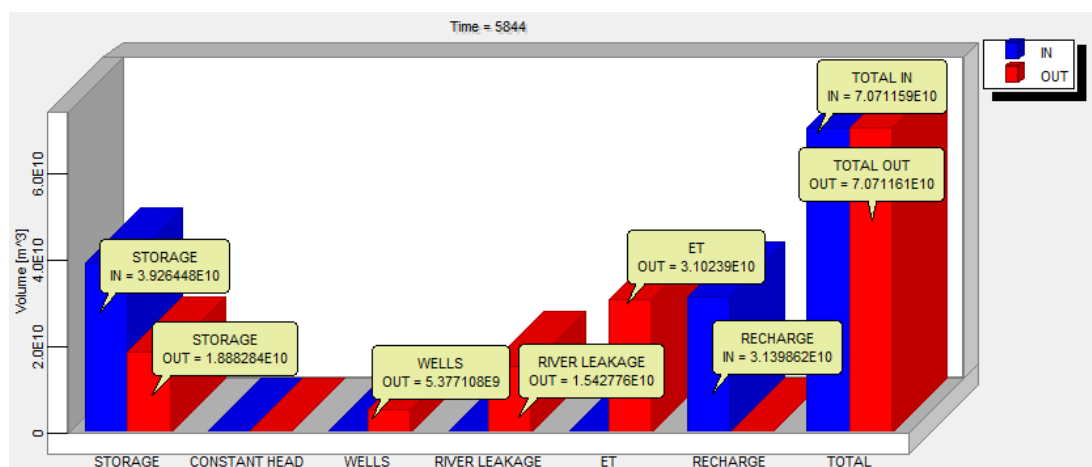
ผลการจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในสภาวะคงที่โดยอาศัยช่วงข้อมูล 2 ปี และ 5 ปี กล่าวคือ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2558 และปี พ.ศ. 2554-2558 ให้ข้อมูลสมดุลงบน้ำใต้ดินทั้งปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด (Inflow) และปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมด (Outflow) ตามข้อมูลสรุปในตารางที่ 2-18 และตารางที่ 2-19 และภาพที่ 2-44 และภาพที่ 2-45

ตารางที่ 2-18 สมดุลงบน้ำใต้ดินจากการจำลองในสภาวะคงที่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2558 (2 ปี)

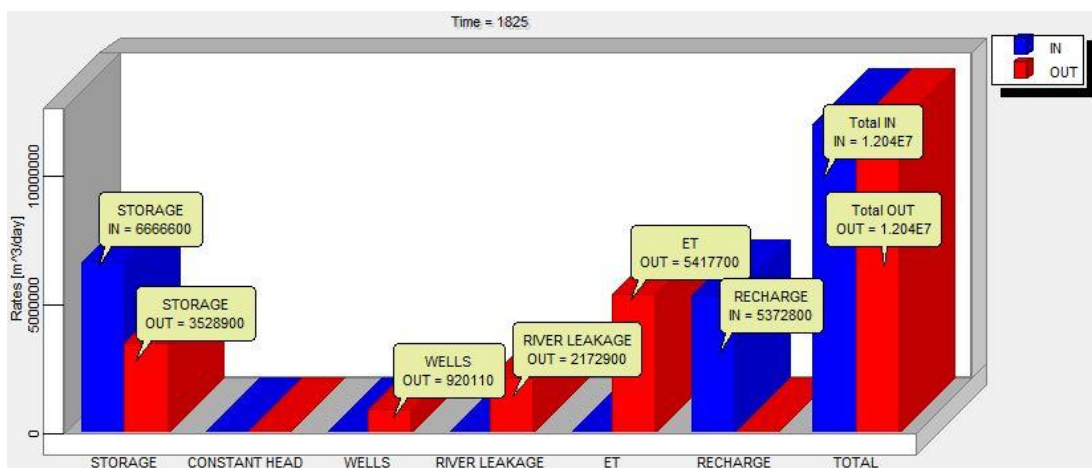
สมดุลงบน้ำใต้ดินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2558		ปริมาณน้ำเฉลี่ย	
		ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปริมาณน้ำไหลเข้า	Storage	1.0295×10^7	3,757.68
	Constant Head	0.0000	0.00
	Wells	0.0000	0.00
	River Leakage	5.6074×10^3	2.05
	ET	0.0000	0.00
	Recharge	5.3728×10^6	1,961.07
	ปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด	1.5673×10^7	5,720.79
ปริมาณน้ำไหลออก	Storage	1.0260×10^7	3,744.90
	Constant Head	0.0000	0.00
	Wells	9.2011×10^5	335.84
	River Leakage	1.8175×10^5	66.34
	ET	4.1434×10^6	1,512.34
	Recharge	0.0000	0.00
	ปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมด	1.5505×10^7	5,659.42
ปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด-ปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมด		1.6815×10^5	61.37
Percent Discrepancy		1.07	

ตารางที่ 2-19 สมดุลบนน้ำใต้ดินจากการจำลองในสภาวะคงที่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2558 (5 ปี)

สมดุลบนน้ำใต้ดินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2558		ปริมาณน้ำเฉลี่ย	
		ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปริมาณน้ำไหลเข้า	Storage	6.6666×10^6	2,433.31
	Constant Head	0.0000	0.00
	Wells	0.0000	0.00
	River Leakage	2.8841×10^2	0.11
	ET	0.0000	0.00
	Recharge	5.3728×10^6	1,961.07
	ปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด	1.2040×10^7	4,394.49
ปริมาณน้ำไหลออก	Storage	3.5289×10^6	1,288.05
	Constant Head	0.0000	0.00
	Wells	9.2011×10^5	335.84
	River Leakage	2.1729×10^6	793.11
	ET	5.4177×10^6	1,977.46
	Recharge	0.0000	0.00
	ปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมด	1.2040×10^7	4,394.46
ปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด-ปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมด		7.8410×10^1	0.0286
Percent Discrepancy		0.00	



ภาพที่ 2-44 สมดุลบนน้ำใต้ดินจากการจำลองในสภาวะคงที่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2558 (2 ปี)



ภาพที่ 2-45 สมดุลบ่งน้ำใต้ดินจากการจำลองในสภาวะคงที่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2558 (5 ปี)

ผลการจำลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2558 (2 ปี) พบว่ามีปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมดน้อยกว่าปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมดเท่ากับ 1.6815×10^5 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือคิดเป็น 61.37 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี สำหรับปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมดเท่ากับ 1.5673×10^7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือคิดเป็น 5,720.79 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณน้ำเก็บกักของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (Storage) ปริมาณน้ำที่เติมลงสู่แม่น้ำ (River Leakage) และปริมาณการเติมน้ำใต้ดิน (Groundwater Recharge) เท่ากับ 1.0295×10^7 , 5.6074×10^3 และ 0.53728×10^7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งคิดเป็น 3,757.68, 2.05 และ 1,961.07 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมดเท่ากับ 1.5505×10^7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือคิดเป็น 5,659.42 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณน้ำเก็บกักของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (Storage) ปริมาณน้ำที่สูบไปใช้ในชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (Pumping Water from Wells) ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในแม่น้ำ (River Leakage) และปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช (Evapotranspiration, ET) เท่ากับ 1.0260×10^7 , 9.2011×10^5 , 1.8175×10^5 และ 4.1434×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งคิดเป็น 3,744.90, 335.84, 66.34 และ 1,512.34 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ

ผลการจำลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2558 (5 ปี) พบว่ามีระดับเฮตน้าคงที่กล่าวคือ มีความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมดและปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมดเล็กน้อย 7.8410×10^1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือคิดเป็น 0.0283 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี อย่างไรก็ตามการจำลองการไหลของน้ำใต้ดินโดยอาศัยช่วงข้อมูลที่ยาวขึ้นโดยกำหนดให้อัตราการสูบน้ำใต้ดินไปใช้คงที่นั้น ส่งผลทำให้ปริมาณน้ำเก็บกักของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลง สำหรับปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมดเท่ากับ 1.2040×10^7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือคิดเป็น 4,394.49 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณน้ำเก็บกักของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (Storage) ปริมาณน้ำที่เติมลงสู่แม่น้ำ (River Leakage) และปริมาณการเติมน้ำใต้ดิน (Groundwater Recharge) เท่ากับ 6.6666×10^6 , 5.6074×10^3 และ 5.3728×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งคิดเป็น 2,433.31, 0.11 และ 1,961.07 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมด

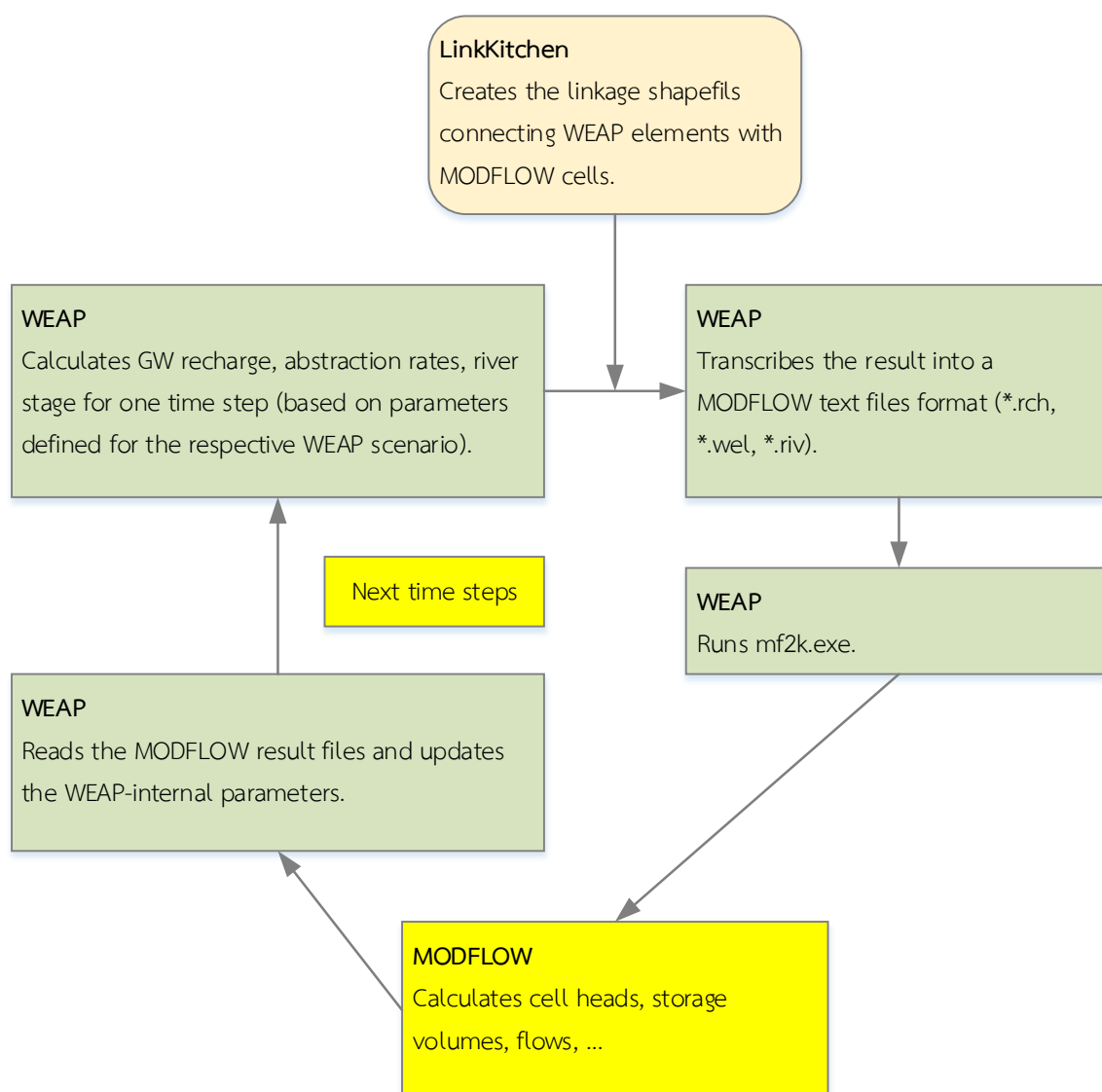
เท่ากับ 1.5505×10^7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือคิดเป็น 5,659.42 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณน้ำเก็บกักของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (Storage) ปริมาณน้ำที่สูบไปใช้ในชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (Pumping Water from Wells) ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในแม่น้ำ (River Leakage) และปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช (Evapotranspiration, ET) เท่ากับ 3.5289×10^6 , 9.2011×10^5 , 2.1729×10^6 และ 5.4177×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งคิดเป็น 1,288.05, 335.84, 793.11 และ 1,977.46 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ

2.3 ผลการพัฒนาแบบจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

2.3.1 หลักการเชื่อมโยงแบบจำลองน้ำผิวดินและแบบจำลองน้ำใต้ดิน

หลังจากได้ทำการพัฒนาแบบจำลองน้ำผิวดินและแบบจำลองน้ำใต้ดินและทำการเปรียบเทียบแบบจำลองแล้วเสร็จ โดยแบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำ (Water Evaluation and Planning Model, WEAP) ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อบริหารจัดการน้ำและประเมินศักยภาพของน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดินซึ่งครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งลุ่มน้ำแม่กลอง ในขณะที่แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน (Model of Groundwater Flow, VISUAL MODFLOW) นำมาประยุกต์ใช้เพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินและประเมินสภาพของน้ำใต้ดินโดยมีขอบเขตพื้นที่เฉพาะในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่เท่านั้นสำหรับนำไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดินในลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่าง ตั้งแต่เขื่อนแม่กลองลงมาถึงปากแม่น้ำแม่กลอง จากนั้นขั้นตอนถัดไปได้ทำการเชื่อมโยงแบบจำลองทั้ง 2 เข้าด้วยกัน โดยก่อนหน้านี้แบบจำลอง WEAP สามารถเชื่อมโยงการทำงานกับแบบจำลอง MODFLOW-2000 เท่านั้น อย่างไรก็ตามในปี พ.ศ. 2561 ได้มีการพัฒนาแบบจำลอง WEAP-2018 ซึ่งสามารถเชื่อมโยงการทำงานกับแบบจำลอง MODFLOW-2005 และ MODFLOW-NWT ได้ด้วย

สำหรับขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง WEAP-MODFLOW แสดงในภาพที่ 2-46 โดยไฟล์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง WEAP ที่สถานการณ์สมมุติที่กำหนดได้แก่ ค่าการเติมน้ำใต้ดิน (Groundwater Recharge) อัตราการสูบน้ำใต้ดิน (Abstraction Rates) ค่าระดับน้ำในแม่น้ำ (River Stage) ของแต่ละช่วงเวลาจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของไฟล์ข้อความ (MODFLOW Text File) เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง MODFLOW ได้แก่ *.rch (Recharge), *.wel (Well) และ *.riv (River) โดย WEAP จะประมวลผลโดยใช้ไฟล์ mf2k.exe จากนั้น MODFLOW จะคำนวณเฮดน้ำของแต่ละกริดเซลล์ (Cell Heads) ปริมาณน้ำเก็บกักใต้ดิน (Storage Volumes) และอัตราการไหลของน้ำ (Flows) จากนั้น WEAP จะอ่านค่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง MODFLOW เพื่อปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ภายในแบบจำลอง WEAP เองสำหรับจำลองผลในช่วงเวลาถัดไป หรืออาจกล่าวได้ว่าแบบจำลอง MODFLOW จะจำลองลักษณะการไหลของน้ำใต้ดินบนหน้าตาการทำงานของแบบจำลอง WEAP โดย WEAP จะทำหน้าที่เป็น Remote Control



ภาพที่ 2-46 ขั้นตอนการเชื่อมโยงแบบจำลอง WEAP-MODFLOW

ที่มา : Federal Institute for Geosciences and Natural Resource (2018)

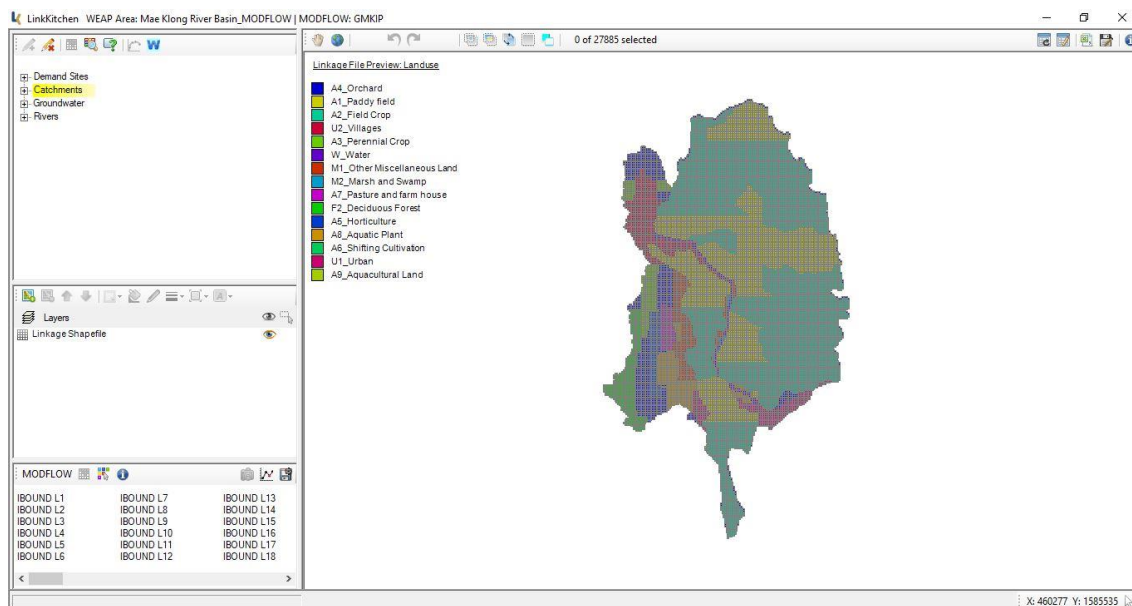
2.3.2 ผลการพัฒนาแบบจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

เนื่องจากความแตกต่างของลักษณะการทำงานของแบบจำลอง WEAP ซึ่งมีประเมิณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองแบบกลุ่มก้อน (Lumped Parameters) แยกตามพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจำนวน 6 พื้นที่ (ลุ่มน้ำย่อย-1, ลุ่มน้ำย่อย-2, ลุ่มน้ำย่อย-3, ลุ่มน้ำย่อย-4, ลุ่มน้ำย่อย-5 และลุ่มน้ำย่อย-6) และกำหนดโหนดความต้องการน้ำจำนวน 5 โหนดตามรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้น ในขณะที่แบบจำลอง MODFLOW ประเมิณพารามิเตอร์แบบจำลองแบบกระจายค่าพารามิเตอร์ (Distributed Parameters) ตามจำนวนกริดเซลล์ที่ออกแบบโดยครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย-6 เท่านั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการเชื่อมโยงพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย-6 จากแบบจำลอง WEAP ที่ได้ทำการแปลงข้อมูลเป็น Shape File โดย

อาศัยเครื่องมือ LinkKitchen ซึ่งพัฒนาโดย Federal Institute for Geosciences and Natural Resource (BGR, 2018) ประเทศเยอรมนีก่อนเชื่อมโยงเข้ากับแบบจำลอง MODFLOW ทั้งนี้ข้อมูลการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำย่อย-6 ที่กำหนดในแบบจำลอง MODFLOW ของดินชั้นบนสุดมีจำนวนทั้งสิ้น 27,885 กริดเซลล์ และแบ่งแยกตามประเภทของการใช้ที่ดินดังรายละเอียดในตารางที่ 2-20 และภาพที่ 2-47 ดังนี้คือ

ตารางที่ 2-20 จำนวนกริดเซลล์แยกตามประเภทการใช้ที่ดิน

ประเภทของการใช้ที่ดิน	จำนวนกริดเซลล์	
	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
A1_ นาข้าว (Paddy field)	7,279	26.10
A2_ พืชไร่ (Field Crop)	12,889	46.22
A3_ พืชยืนต้น (Perennial Crop)	565	2.03
A4_ สวนผลไม้ (Orchard)	1,839	6.59
A5_ พืชสวน (Horticulture)	416	1.49
A6_ การทำไร่เลื่อนลอย (Shifting Cultivation)	2	0.01
A7_ หุ่หญ้าเลี้ยงสัตว์ (Pasture and Farm House)	285	1.02
A8_ พืชน้ำ (Aquatic Plant)	785	2.82
A9_ ที่ดินสำหรับเพาะเลี้ยงพืชและสัตว์ในน้ำ (Aquacultural Land)	5	0.02
F2_ ป่าผลัดใบ (Deciduous Forest)	867	3.11
M1_ ที่ดินสำหรับใช้สอยอื่นๆ (Other Miscellaneous Land)	770	2.76
M2_ หนองน้ำและบึง (Marsh and Swamp)	56	0.20
U1_ พื้นที่เมือง (Urban)	641	2.30
U2_ พื้นที่หมู่บ้าน (Villages)	1,190	4.27
W_ พื้นที่น้ำ (Water)	296	1.06
รวม	27,885	100



ภาพที่ 2-47 ข้อมูลการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำย่อย-6 ที่กำหนดในแบบจำลอง MODFLOW ของชั้นผิวดิน

นอกจากนี้ได้กำหนดโหนดความต้องการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินสำหรับเชื่อมโยงแบบจำลอง WEAP-MODFLOW เข้าด้วยกันจำนวน 5 โหนดดังแสดงไว้ในตารางที่ 2-21 และภาพที่ 2-48 ประกอบด้วย

- (1) GMKIP_1L : โหนดความต้องการน้ำผิวดินผ่านคลองชลประทานสายใหญ่ 1L และน้ำใต้ดินจากบ่อสูบในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน
- (2) GMKIP_2L : โหนดความต้องการน้ำผิวดินผ่านคลองชลประทานสายใหญ่ 2L และน้ำใต้ดินจากบ่อสูบในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้องและบางเลน
- (3) GMKIP_1R : โหนดความต้องการน้ำผิวดินผ่านคลองชลประทานสายใหญ่ 1R และน้ำใต้ดินจากบ่อสูบในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาราชบุรีฝั่งขวา
- (4) GMKIP_2R : โหนดความต้องการน้ำผิวดินผ่านคลองชลประทานสายใหญ่ 2R และน้ำใต้ดินจากบ่อสูบในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่ามะกา
- (5) GMKLP : โหนดความต้องการน้ำผิวดินผ่านคลองชลประทานสายใหญ่ฝั่งซ้ายตอนล่างครอบคลุมคลองชลประทานสายใหญ่ 3L, 4L, 5L, 6L, 7L, 8L, 9L, 10L, 11L, 12L และน้ำใต้ดินจากบ่อสูบในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองกำแพงแสน นครปฐม นครชุมราชบุรีฝั่งซ้าย และดำเนินสะดวก

ตารางที่ 2-21 โหนดความต้องการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินที่กำหนดในแบบจำลอง WEAP-MODFLOW

โหนดความต้องการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน	จำนวนโครงการชลประทานส่งน้ำและบำรุงรักษา	โครงการชลประทานส่งน้ำและบำรุงรักษา
GMKIP_1L	1	พนมทวน
GMKIP_2L	2	สองพี่น้อง+บางเลน
GMKIP_1R	1	ราชบุรีฝั่งขวา
GMKIP_2R	1	ท่ามะกา
GMKLP_LMC+3L+4L+5L+6L+7L+8L+9L+10L+11L+12L	5	กำแพงแสน+นครปฐม+นครชุม+ราชบุรีฝั่งซ้าย+ดำเนินสะดวก



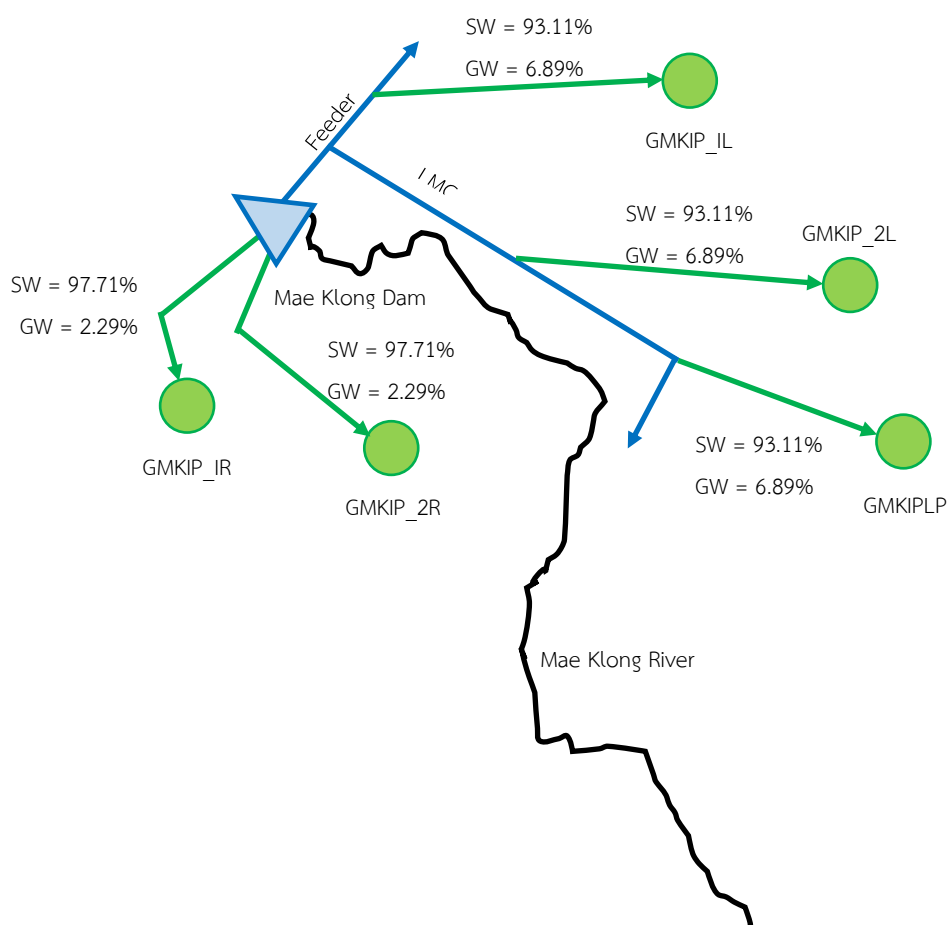
ภาพที่ 2-48 การเชื่อมโยงโหนดความต้องการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินที่กำหนดในแบบจำลอง WEAP-MODFLOW

โหนดความต้องการน้ำทั้ง 5 โหนดอาศัยน้ำผิวดินจากเขื่อนแม่กลองที่จัดสรรน้ำผ่านคลองชลประทานแต่ละสายและสูบน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการชลประทานนั้นมาใช้โดยตรง โดยสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินเทียบกับปริมาณความต้องการน้ำชลประทานเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 ที่กำหนดในแบบจำลองแสดงในตารางที่ 2-22 และภาพที่ 2-49 โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินของโครงการชลประทานทางฝั่งขวาค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับการใช้น้ำผิวดิน (ผ่านคลองชลประทานสายใหญ่ 1R และ 2R) กล่าวคือมีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้เท่ากับ 2.29 : 97.71 ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินของโครงการชลประทานทางฝั่งซ้ายเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการใช้น้ำผิวดิน (ผ่านคลองชลประทานสายใหญ่ 1L, 2L และ GMKLP ซึ่งครอบคลุมคลองชลประทาน 3L, 4L, 5L, 6L, 7L, 8L, 9L, 10L, 11L, 12L) โดยสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้เท่ากับ 6.89 : 93.11

ตารางที่ 2-22 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินในปัจจุบันที่กำหนดในแบบจำลอง WEAP-MODFLOW

โหนดความต้องการน้ำ	การเชื่อมโยงระบบน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (Transmission Link Flows)	เปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดิน : การใช้น้ำผิวดิน ^{1/}
GMKIP_1L	GW_6 to GMKIP_1L	6.89
	SW_Withdrawal Node 2 to GMKIP_1L	93.11
GMKIP_2L	GW_6 to GMKIP_2L	6.89
	SW_Withdrawal Node 3 to GMKIP_2L	93.11
GMKIP_1R	GW_6 to GMKIP_1R	2.29
	SW_Mae Klong Dam to GMKIP_1R	97.71
GMKIP_2R	GW_6 to GMKIP_2R	2.29
	SW_Mae Klong Dam to GMKIP_2R	97.71
GMKLP	GW_6 to GMKLP	6.89
	SW_Withdrawal Node 1 to GMKLP	93.11

หมายเหตุ : สัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินเทียบกับปริมาณความต้องการน้ำชลประทานเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 (ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานเฉลี่ยฝั่งซ้ายและฝั่งขวา)



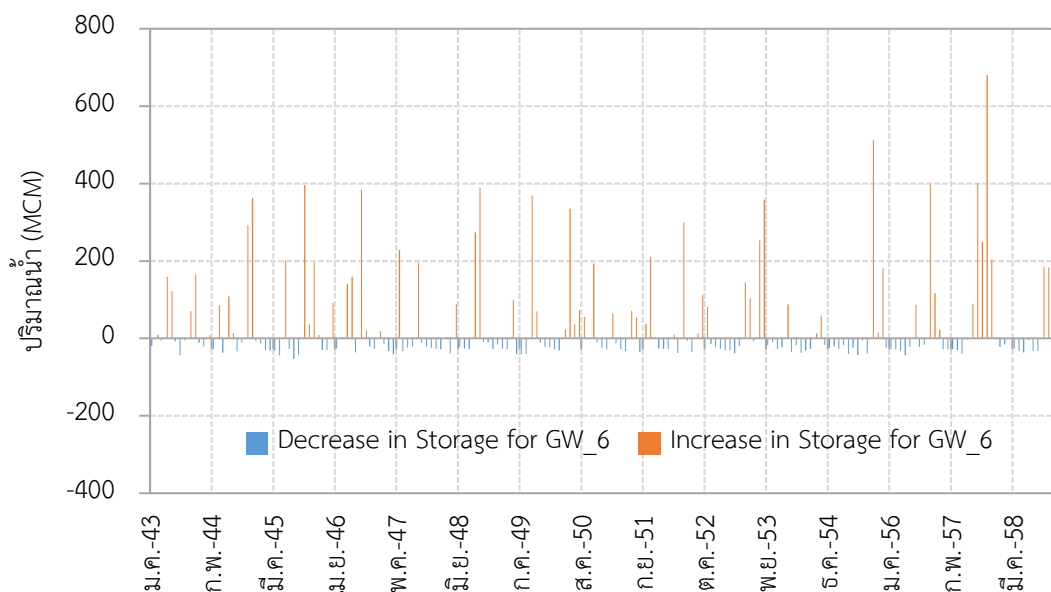
ภาพที่ 2-49 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินในปัจจุบันที่กำหนดในแบบจำลอง WEAP-MODFLOW

2.3.3 ผลการจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

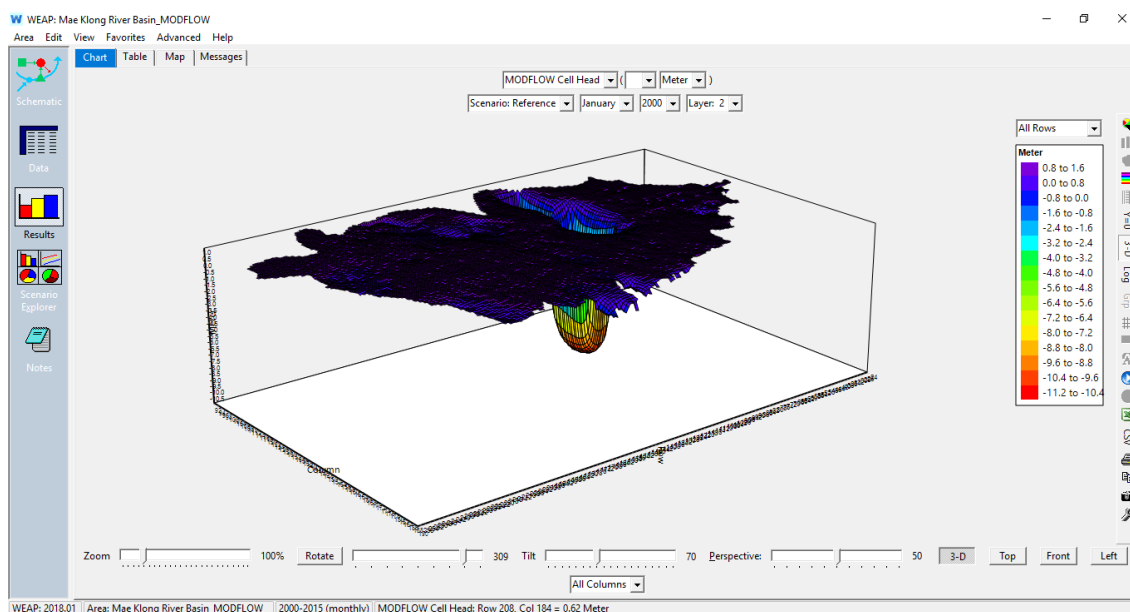
งานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาจากการทำงานของแบบจำลอง WEAP-MODFLOW ร่วมกันระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 โดยมีผลดังนี้

2.3.3.1 ผลการจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินของสถานการณ์น้ำปัจจุบัน

ผลการจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 ซึ่งกำหนดให้เป็นสถานการณ์น้ำอ้างอิงปัจจุบัน (Reference Scenario) ได้แสดงข้อมูลสมดุลลงน้ำใต้ดิน (ปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมดและปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมด) และความผันผวนของข้อมูลเฮตน้าทางชลศาสตร์ของแต่ละกริดเซลล์ที่ได้จากการคำนวณแบบ 3 มิติไว้ในภาพที่ 2-50 ถึงภาพที่ 2-51 ตามลำดับ



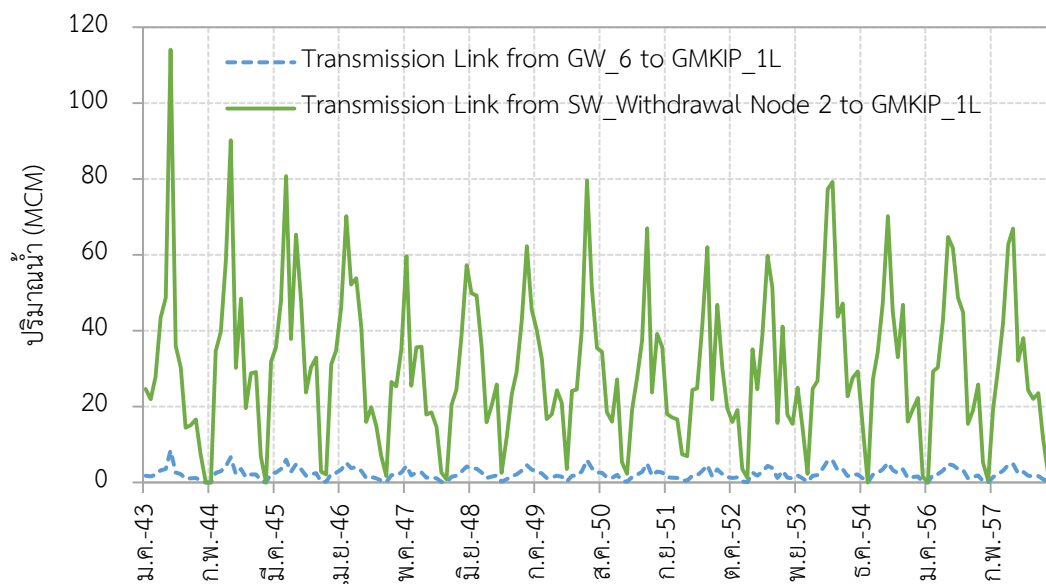
ภาพที่ 2-50 สมดุลลงน้ำใต้ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW



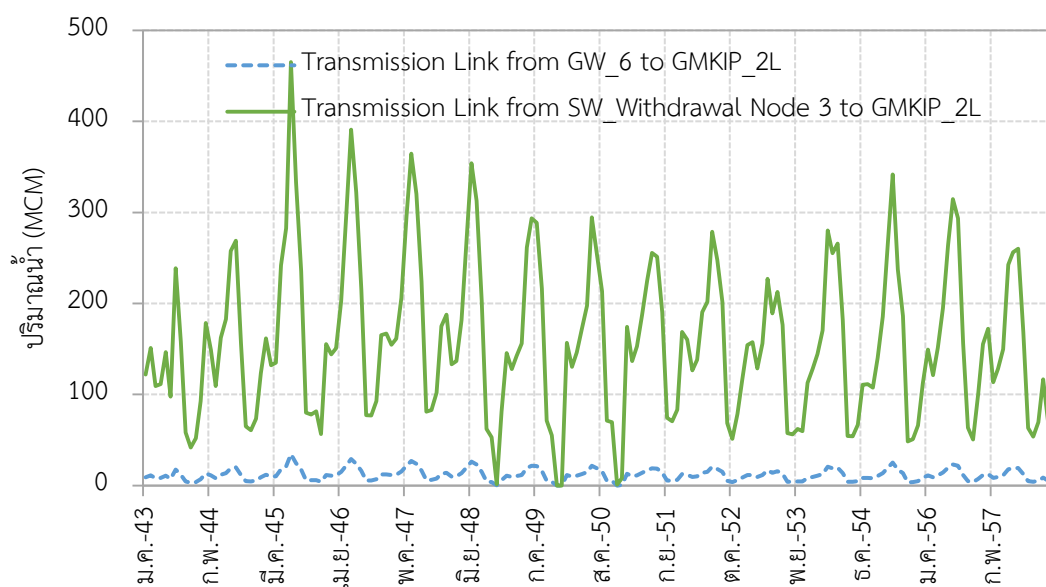
ภาพที่ 2-51 ภาพ 3 มิติของข้อมูลเฮดน้ำทางศาสตร์ของแต่ละกริดเซลล์จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW

ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินรายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 ของ โหนดความต้องการน้ำทั้ง 5 โหนดได้แสดงในภาพที่ 2-52 ถึงภาพที่ 2-56 และปริมาณการใช้น้ำผิวดิน

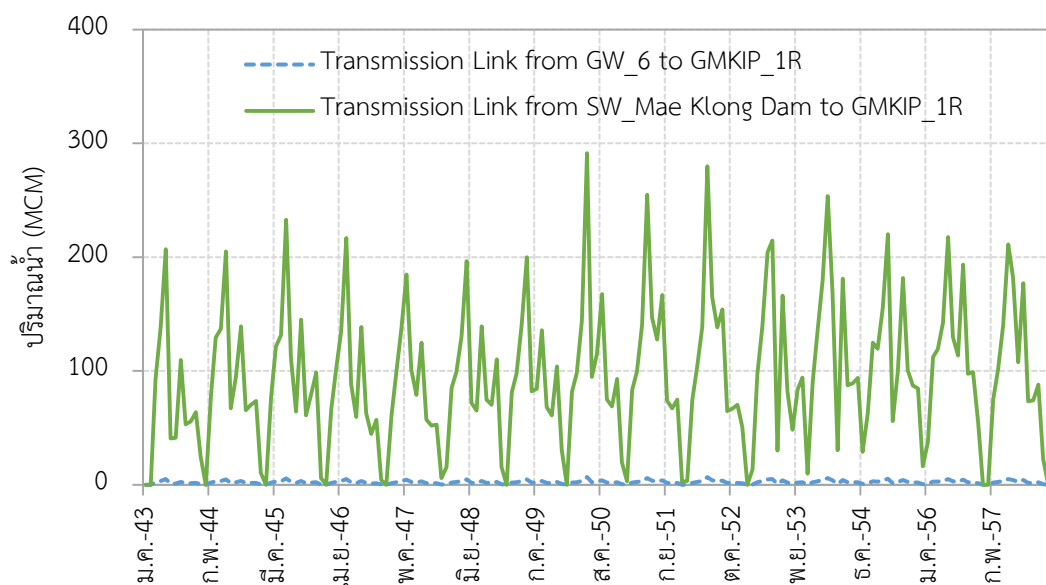
ร่วมกับน้ำใต้ดินเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่สรุปข้อมูลไว้ในตารางที่ 2-23 และภาพที่ 2-57



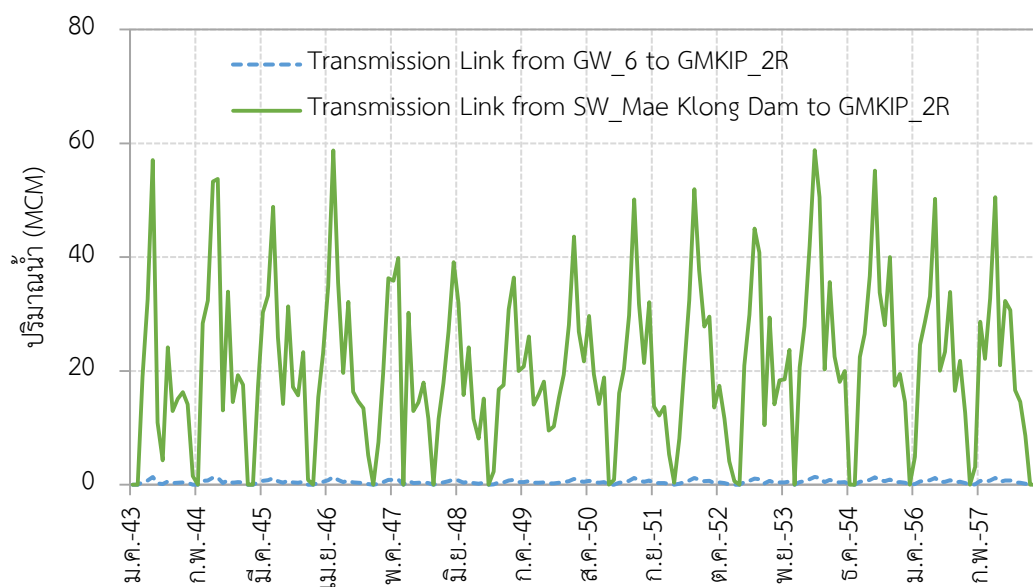
ภาพที่ 2-52 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 ของหนองควม
ต้องการน้ำ GMKIP_1L จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW



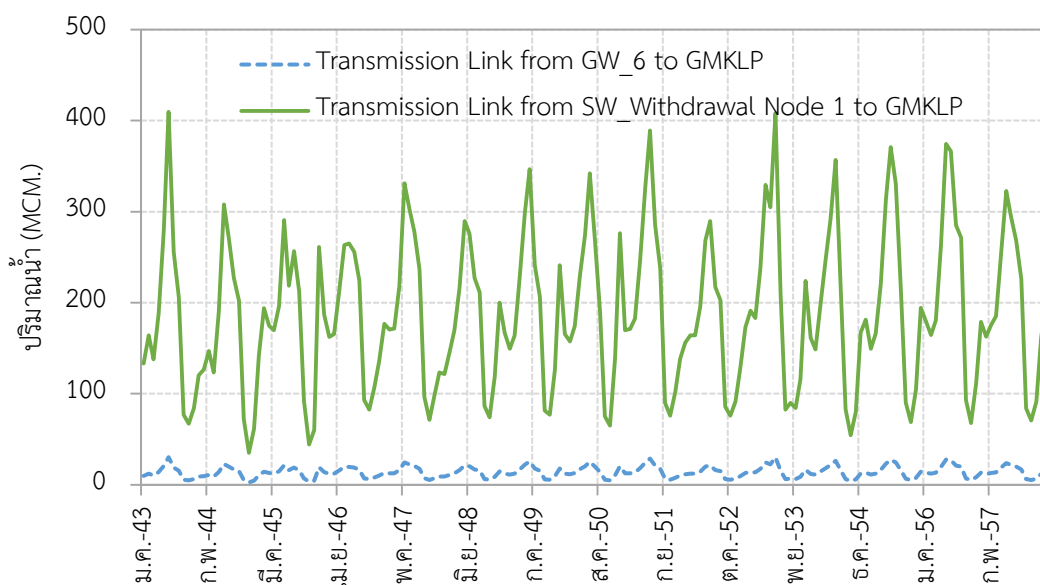
ภาพที่ 2-53 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 ของหนองควม
ต้องการน้ำ GMKIP_2L จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW



ภาพที่ 2-54 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 ของโหนดความต้องการน้ำ GMKIP_1R จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW



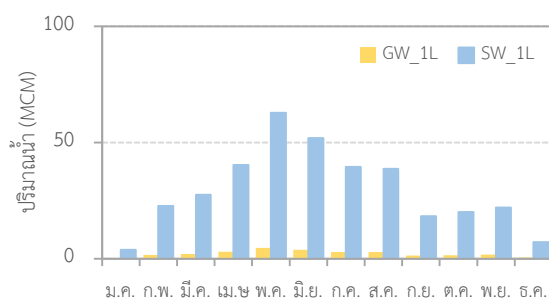
ภาพที่ 2-55 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 ของโหนดความต้องการน้ำ GMKIP_2R จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW



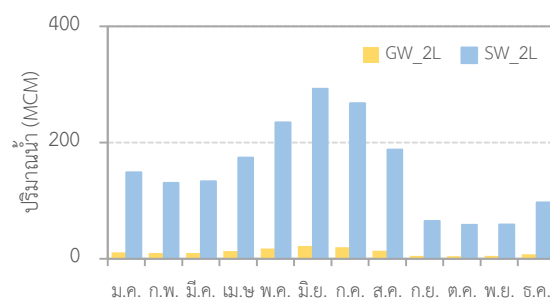
ภาพที่ 2-56 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 ของโหนดความต้องการน้ำ GMKLP จากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW

ตารางที่ 2-23 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินรายเดือนเฉลี่ยในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558

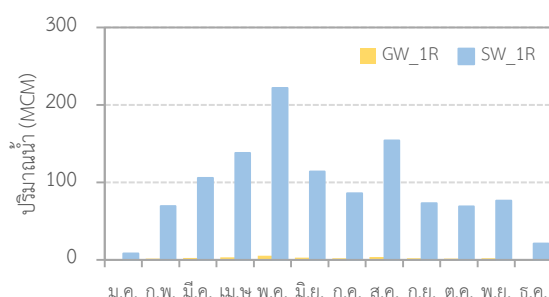
เดือน	ปริมาณการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินของแต่ละโหนดความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)									
	GMKIP_1L		GMKIP_2L		GMKIP_1R		GMKIP_2R		GMKLP	
	GW	SW	GW	SW	GW	SW	GW	SW	GW	SW
ม.ค.	0.28	3.76	10.99	148.55	0.19	8.22	0.04	1.50	12.58	170.03
ก.พ.	1.68	22.67	9.66	130.57	1.63	69.39	0.30	12.79	12.44	168.16
มี.ค.	2.04	27.56	9.87	133.33	2.48	105.69	0.52	22.32	12.49	168.79
เม.ษ	2.98	40.34	12.88	174.07	3.23	137.97	0.75	31.91	16.51	223.12
พ.ค.	4.65	62.82	17.38	234.88	5.20	221.71	1.11	47.19	22.66	306.28
มิ.ย.	3.84	51.89	21.66	292.72	2.67	113.80	0.71	30.43	23.13	312.63
ก.ค.	2.92	39.50	19.81	267.71	2.01	85.73	0.43	18.28	20.27	273.98
ส.ค.	2.86	38.69	13.90	187.90	3.61	153.89	0.72	30.66	15.97	215.82
ก.ย.	1.35	18.30	4.81	65.01	1.71	73.02	0.36	15.20	6.26	84.61
ต.ค.	1.49	20.11	4.31	58.23	1.62	69.00	0.37	15.77	5.01	67.66
พ.ย.	1.70	22.02	4.56	59.02	1.86	76.16	0.37	15.17	7.09	92.46
ธ.ค.	0.54	7.19	7.34	96.94	0.49	20.80	0.11	4.66	12.86	164.09
รายปี	26.33	354.85	137.18	1,848.93	26.69	1,135.40	5.77	245.88	167.29	2,247.64



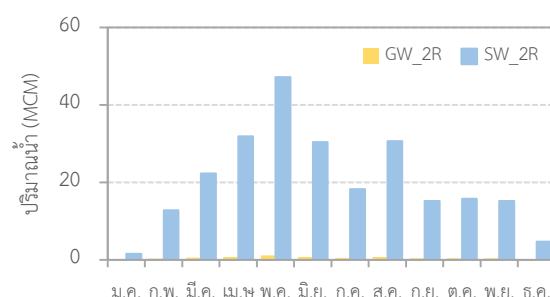
(a) โหนดความต้องการน้ำ GMKIP_1L



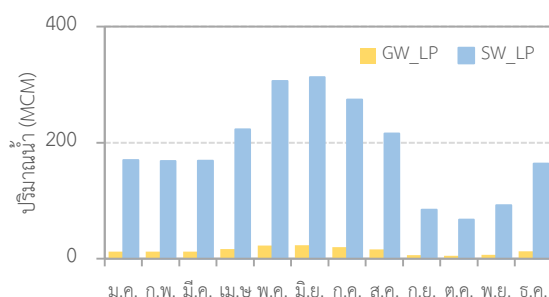
(b) โหนดความต้องการน้ำ GMKIP_2L



(c) โหนดความต้องการน้ำ GMKIP_1R



(d) โหนดความต้องการน้ำ GMKIP_2R



(e) โหนดความต้องการน้ำ GMKL P

ภาพที่ 2-57 ปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินรายเดือนเฉลี่ยในพื้นที่โครงการชลประทาน
แม่กลองใหญ่ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558

จากภาพที่ 2-57 จะเห็นว่าน้ำใต้ดินที่สูบมาใช้ผันแปรตามปริมาณการใช้น้ำผิวดิน กล่าวคือปริมาณน้ำใต้ดินถูกสูบมาใช้ในปริมาณค่อนข้างสูงในช่วงปลายฤดูแล้งในเดือนเมษายนและค่อน ๆ เพิ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม หลังจากนั้นปริมาณการใช้น้ำใต้ดินจะค่อย ๆ ลดลง ผลการจำลองระบบระยะยาวจากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW พบว่าปริมาณการใช้น้ำใต้ดินรายปีเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษามีค่าเท่ากับ 363 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จากปริมาณน้ำการใช้น้ำเพื่อการชลประทานทั้งหมด 6,196 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็น 5.86% ของปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินทั้งหมด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณน้ำใต้ดินที่สูบไปใช้จริงในพื้นที่ศึกษา

2.3.3.2 ผลการวิเคราะห์ทางการเงินของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินของ สถานการณ์น้ำปัจจุบัน

แนวคิดในการวิเคราะห์ทางการเงินของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินของงานวิจัยนี้จะพิจารณาต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบน้ำผิวดินตั้งแต่เขื่อนแม่กลองลงมาผ่านระบบคลองส่งน้ำในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ซึ่งพิจารณาเพียงต้นทุนในการดูแลและบำรุงรักษาระบบคลองส่งน้ำรายปีในลักษณะของต้นทุนในการดำเนินการคงที่ (Fixed Operating Cost) เท่านั้นซึ่งคิดเป็น 7.46 บาทต่อไร่ พื้นที่ชลประทานเฉลี่ย 2.71 ล้านไร่ รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 20.24 ล้านบาท ในขณะที่เงินลงทุนคงที่ (Capital Cost) ซึ่งครอบคลุมถึงเงินลงทุนในการก่อสร้างเขื่อนและระบบคลองส่งน้ำทั้งหมดไม่ได้นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้ สำหรับผลประโยชน์จากการจัดสรรน้ำผิวดินที่เขื่อนแม่กลองจะพิจารณารายรับจากการผันน้ำไปใช้เพื่อการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวงและกิจกรรมการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเท่านั้น ซึ่งการผันน้ำให้การประปานครหลวงด้วยอัตราการระบายน้ำคงที่ 1.20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ส่งผลให้ได้รายรับในลักษณะผลประโยชน์คงที่ (Fixed Benefit) คิดค่าน้ำในอัตรา 0.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 219 ล้านบาทต่อปี ในขณะที่ผลกำไรจากกิจการโรงไฟฟ้า (Electricity Revenue) ที่เขื่อนแม่กลองเป็นจะผันแปรตามพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ และคิดผลกำไรในอัตรา 2.3316 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ในขณะที่ต้นทุนของระบบน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานในพื้นที่จะพิจารณาเฉพาะต้นทุนในการดูแลและบำรุงรักษาคงที่ (Fixed Operating Cost) รายปี และต้นทุนค่าใช้น้ำใต้ดินให้กรมทรัพยากรน้ำบาดาลและค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอัตรา 3.50 และ 3.00 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ที่ผันแปรตามปริมาณน้ำที่สูบไปใช้ (Variable Operating Cost) โดยไม่ได้นำเงินลงทุนการติดตั้งบ่อสูบน้ำทั้งหมด (Capital Cost) มาคิด สำหรับรายละเอียดทั้งหมดได้สรุปไว้ในตารางที่ 2-24

ตารางที่ 2-24 ข้อกำหนดของเงินลงทุนและผลกำไรที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางการเงิน

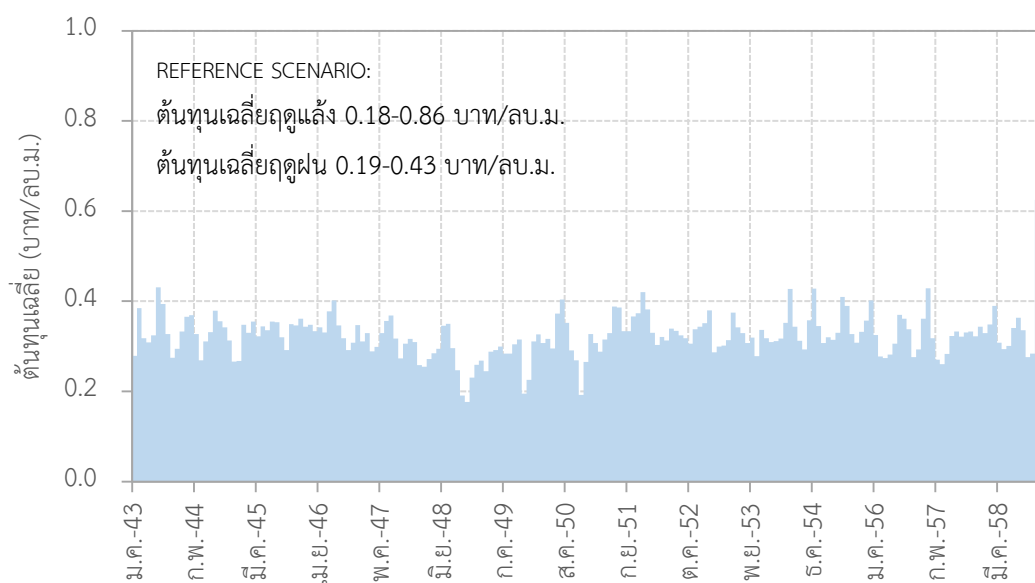
แหล่งน้ำ	ผลกำไร	เงินลงทุน
เขื่อนแม่กลอง	(1) รายรับจากการผันน้ำไปให้การประปานครหลวง : 219 ล้านบาท/ปี ^{1/} (2) รายรับจากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ : 2.3316 บาท/ลูกบาศก์เมตร ^{2/}	-
น้ำผิวดิน	-	ต้นทุนในการดำเนินการคงที่ (Fixed Operating Cost) : 20.24 ล้านบาท/ปี ^{3/}

ตารางที่ 2-24 (ต่อ)

แหล่งน้ำ	ผลกำไร	เงินลงทุน
น้ำใต้ดิน	-	(1) ต้นทุนดำเนินการคงที่ (Fixed Operating Cost) : 1.29 ล้านบาท/ปี (2) ต้นทุนดำเนินการผันแปร (Variable Operating Cost) : ค่าใช้น้ำใต้ดิน 3.50 บาท/ลูกบาศก์เมตร^{4/} และ ค่าพลังงานไฟฟ้า 3.00 บาท/ลูกบาศก์เมตร^{3/}

หมายเหตุ : ^{1/}กรมชลประทาน (2485), ^{2/}กพผ. (2558), ^{3/}สำนักงบประมาณ (2560), ^{4/}กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2520)

แบบจำลอง WEAP-MODFLOW จะนำปัจจัยเงินลงทุนและผลกำไรที่กำหนดข้างต้นมาหาค่าต้นทุนเฉลี่ย (Average Cost) ของการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินร่วมกัน โดยคำนวณจากอัตราส่วนของเงินลงทุนสุทธิทั้งหมด (Net Cost) ต่อปริมาณน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินที่นำไปใช้ที่โหนดความต้องการน้ำ (Water Supplied to Demand Site) ซึ่งผลการจำลองสถานการณ์น้ำอ้างอิงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 พบว่าต้นทุนเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนของการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินร่วมกันเพื่อการชลประทานมีค่าอยู่ระหว่าง 0.18-0.86 และ 0.19-0.43 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 2-58



ภาพที่ 2-58 ต้นทุนเฉลี่ยของการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558

2.4 ผลการวิเคราะห์รูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอรูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่โดยอาศัยเทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Technique) ใน 2 รูปแบบ คือ (1) รูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินบนพื้นฐานของปัจจัยน้ำต้นทุน (Water Supply-Based Optimization Model) และ (2) รูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินบนพื้นฐานของปัจจัยด้านการเงิน (Financial-Based Optimization Model) โดยอาศัยซอฟต์แวร์ “All_WATER_gw เวอร์ชัน 1.1.1” ซึ่งพัฒนาโดย Dr.Issam Nouri ในปี ค.ศ. 2011 ด้วยโปรแกรมภาษา Visual Basic 6 ภายใต้การสนับสนุนของ 2 หน่วยงานคือ Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) และ Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD) ซอฟต์แวร์ All_WATER_gw ได้ถูกออกแบบให้สามารถทำงานครอบคลุม 4 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์หลักคือ (1) ความสามารถในการตอบสนองความต้องการน้ำ (Demand Satisfaction) (2) การหาค่าน้อยที่สุดของระยะน้ำลดสูงสุดในชั้นน้ำใต้ดิน (Minimization of the Maximal Drawdown in Aquifer Water Table) (3) การหาค่าน้อยที่สุดของหน่วยต้นทุนของน้ำ (Minimization of the Unit Cost of Water Supply) และ (4) ความสามารถในการตอบสนองด้านคุณภาพน้ำ-ความเค็ม (Quality-Salinity Satisfaction) (Nouri, 2011) มีหน้าต่างสำหรับใช้งานที่ค่อนข้างง่ายดังภาพที่ 2-59 และภาพที่ 2-60

ในงานวิจัยนี้ซอฟต์แวร์ All_WATER_gw จะถูกนำมาใช้เพื่อนำเข้าข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง WEAP-MOFLOW ภายใต้การกำหนดรูปแบบปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุดที่นำเสนอรายละเอียดไว้ในบทที่ 1 หัวข้อ 1.6.3.2 เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดในการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินที่เหมาะสมสำหรับแนะนำไปใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินร่วมกันในอนาคตในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่



ภาพที่ 2-59 ซอฟต์แวร์ All_WATER_gw

ที่มา : Nouri (2011)

Options and Inputs

1. WEAP Area

Name: Opt_test_03_MF_2wells-IN

Path: C:\Users\jissam\Documents\WEAP Areas\

Settings: Save Load

2. Read in WEAP Area

Read Data of the WEAP Area are read.

3. MODFLOW Model and Linkage

☒ With MODFLOW Model

Name and Path of the Linkage Shape File (*.dbf): C:\Users\jissam\Documents\WEAP Areas\Opt_test_03_MF_2wells-IN\shapefiles\linkage.dbf

Name and Path of the MODFLOW Name File (*.mfn, *.nam): test_03 C:\Users\jissam\Documents\WEAP Areas\Opt_test_03_MF_2wells-IN\MODFLOW\

☐ Without MODFLOW Model Data of the MODFLOW model are read.

4. Display Options

Study Area File Linkage Shape File Optimization Screen

Inputs Summary

WEAP Area

Number of Water Sources: 2

Number of Demand Sites: 1

Number of Transmission Links: 2

Simulation Period (years): 3

WEAP Time Unit: MONTH

Current Account: 2000

Scenario Starting Year: 2003

Scenario End Year: 2003

Time Step per Year: 12

MODFLOW Model

Number of Layers: 3

Number of Rows: 11

Number of Columns: 11

Number of Active Cells: 360

Number of Stress Periods: 48

MODFLOW Time Unit: Days

Length Unit: Meters

Number of Active Wells: 2

ภาพที่ 2-60 หน้าต่างการใช้งานของซอฟต์แวร์ ALL_WATER_gw

ที่มา : Nouri (2011)

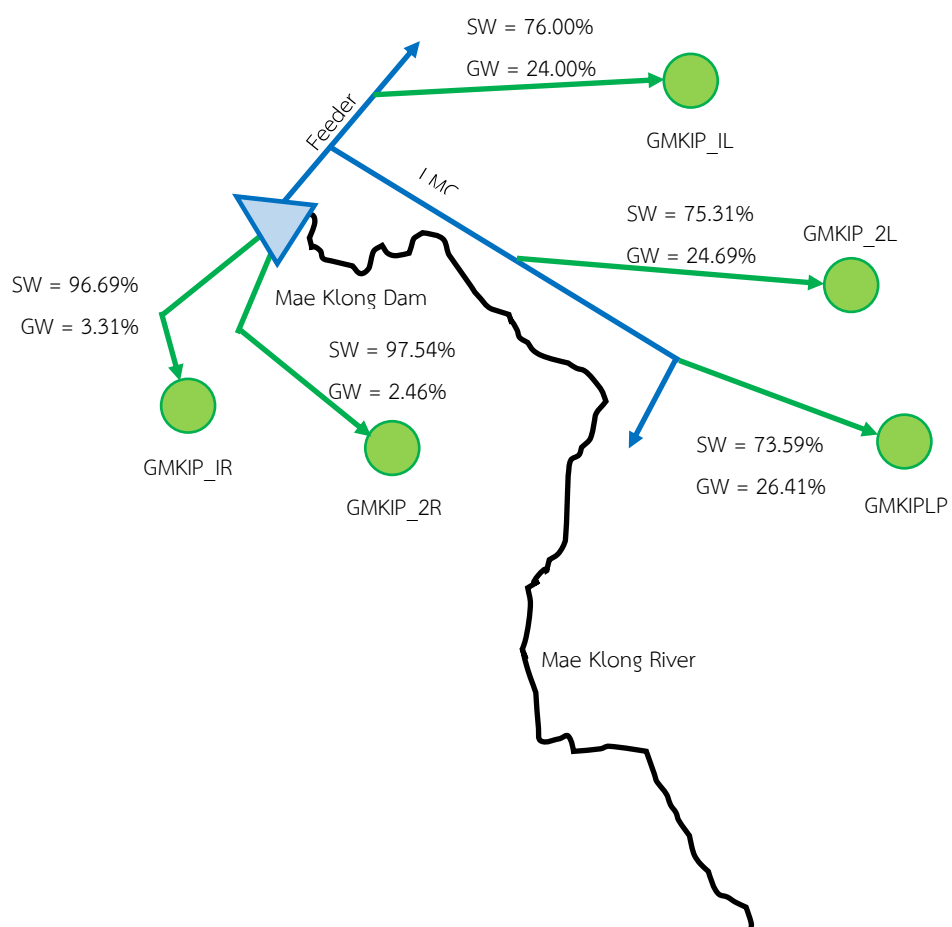
อย่างไรก็ดีซอฟต์แวร์ ALL_WATER_gw เวอร์ชัน 1.1.1 ถูกพัฒนาขึ้นมาสำหรับแบบจำลอง WEAP เวอร์ชัน 3.0 หรือต่ำกว่าเท่านั้น ทำให้งานวิจัยนี้ไม่สามารถดำเนินงานตามขั้นตอน 1.6.3.2 ที่ได้วางไว้ ด้วยเหตุนี้จึงได้ปรับเปลี่ยนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาใหม่ กล่าวคือเป็นการหาค่าที่ดีที่สุดของสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินที่ไม่ปรากฏภาวะการขาดน้ำระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2558 หรือปริมาณการขาดแคลนน้ำมีค่าน้อยที่สุด (เท่ากับ 0) นั่นเอง อย่างไรก็ตามรูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินบนพื้นฐานของปัจจัยด้านการเงินไม่ได้ถูกนำมาพิจารณา

ผลการศึกษารูปแบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินที่เหมาะสมได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-25 และภาพที่ 2-61 ซึ่งแสดงผลเปรียบเทียบระหว่างเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินในปัจจุบันและเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินที่ไม่ปรากฏภาวะการขาดแคลนน้ำเลย ผลที่ได้จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการปรับเปลี่ยนสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินที่เหมาะสมทั้งในเขตพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ฝั่งซ้ายและฝั่งขวาจะช่วยลดปริมาณการขาดแคลนน้ำลง

ได้ หรืออาจกล่าวได้ว่าการเพิ่มปริมาณการใช้น้ำใต้ดินเพื่อเสริมการใช้น้ำผิวดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ฝั้งขวาจะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนน้ำลงไปได้มาก และสามารถสูบน้ำใต้ดินไปใช้ได้สูงกว่า 24.00-26.41 เปอร์เซ็นต์และ 2.46-3.31 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ฝั้งซ้ายและฝั้งขวา ตามลำดับ

ตารางที่ 2-25 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินที่เหมาะสม

โหนดความต้องการน้ำ	แบบจำลอง WEAP-MODFLOW ปี พ.ศ. 2543-2558		แบบจำลอง WEAP-MODFLOW ปี พ.ศ. 2543-2558	
	เปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดิน : การใช้น้ำผิวดิน	ปริมาณการขาดน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	เปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดิน : การใช้น้ำผิวดินที่เหมาะสม	ปริมาณการขาดน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)
GMKIP_1L	6.89	52.19	24.00	0
	93.11		76.00	
GMKIP_2L	6.89	79.43	24.68	0
	93.11		75.31	
GMKIP_1R	2.29	7.68	3.31	0
	97.71		96.69	
GMKIP_2R	2.29	210.37	2.46	0
	97.71		97.54	
GMKLP	6.89	16.83	26.41	0
	93.11		73.59	



ภาพที่ 2-61 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำใต้ดินต่อการใช้น้ำผิวดินที่เหมาะสม

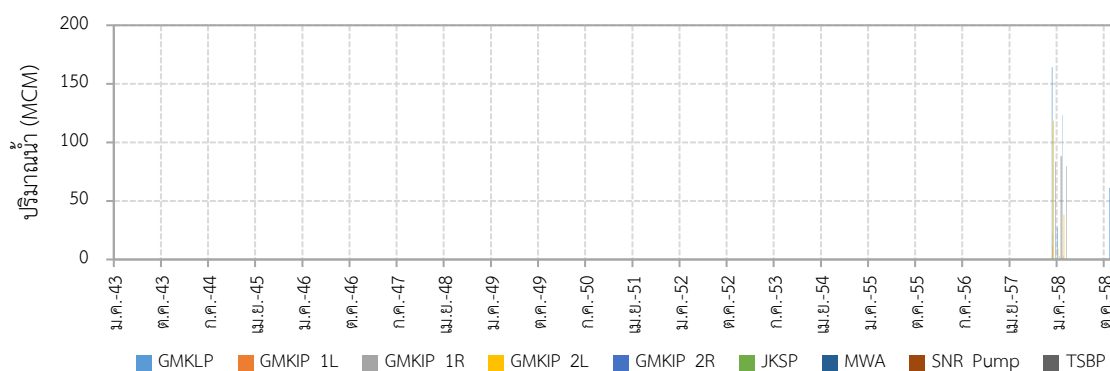
บทที่ 3

ข้อวิจารณ์

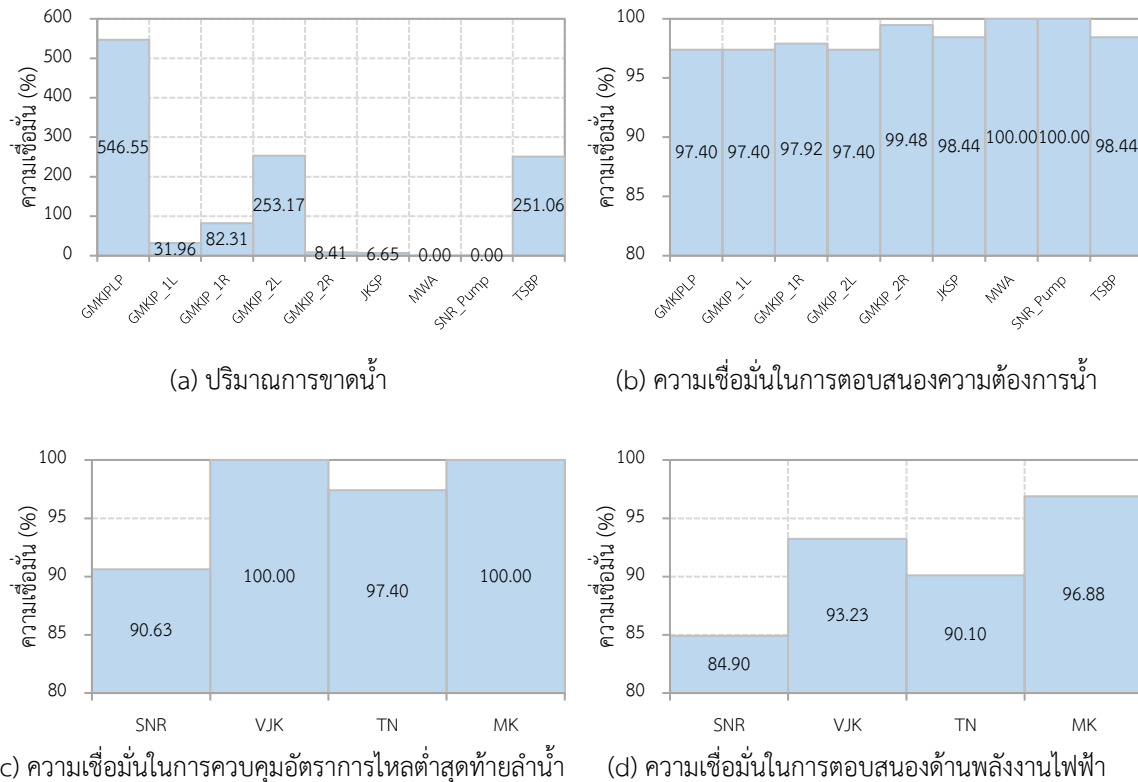
3.1 การจำลองสถานการณ์ด้วยแบบจำลองระบบการวางแผนและประเมินสถานการณ์น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

3.1.1 การจำลองสถานการณ์อ้างอิงปัจจุบัน

จากการจำลองระบบการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำระยะยาวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ด้วยแบบจำลอง WEAP ได้กำหนดให้ข้อมูลปี พ.ศ. 2543 เป็น Current Account เนื่องจากแสดงให้เห็นถึงสถานการณ์น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองปัจจุบัน และข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544-2558 ถูกกำหนดให้เป็นผลลัพธ์ของการจำลองสถานการณ์อ้างอิงปัจจุบันซึ่งข้อมูลปริมาณการขาดน้ำ ความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำในกิจกรรมต่าง ๆ จากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงแสดงในภาพที่ 3-1 และภาพที่ 3-2 จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณการขาดน้ำสำหรับภาคการเกษตรกรรมเกิดขึ้นเฉลี่ยอยู่ที่ 62 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และ 17 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี สำหรับความต้องการน้ำเพื่อผันไปใช้ในลุ่มน้ำท่าจีน อย่างไรก็ตามความต้องการน้ำของการประปานครหลวงได้รับการตอบสนองอย่างเต็มที่ ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงยังชี้ให้เห็นว่าความต้องการน้ำที่ไม่เพียงพอในลุ่มน้ำแม่กลองเริ่มแสดงให้เห็นในเดือนธันวาคมปี พ.ศ. 2557 และต่อเนื่องไปถึงปี พ.ศ. 2558 โดยที่ปริมาณการขาดน้ำทั้งหมดในปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2558 มีค่าเท่ากับ 399 และ 781 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าลุ่มน้ำแม่กลองกำลังเผชิญหน้ากับปัญหาการขาดแคลนน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง อย่างไรก็ตามการจัดการจัดสรรน้ำตามลำดับความสำคัญที่ได้กำหนดไว้โดยคำนึงถึงความต้องการน้ำเพื่อการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำน้ำและเพื่อการเกษตรกรรมเป็นอันดับแรกนั้นทำให้ดัชนีความเชื่อมั่นใกล้เคียง 100% ดังแสดงในภาพที่ 3-2 (b) และภาพที่ 3-2 (c) ในขณะที่ดัชนีความเชื่อมั่นลดลงเล็กน้อยระหว่าง 84.90%-96.88% สำหรับการตอบสนองด้านพลังงานไฟฟ้าจากเขื่อนหลักทั้ง 4 เขื่อนดังภาพที่ 3-2 (d) ทั้งนี้เนื่องจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำถูกกำหนดให้เป็นวัตถุประสงค์รองของการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำ



ภาพที่ 3-1 ปริมาณการขาดน้ำจากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558



ภาพที่ 3-2 ปริมาณการขาดน้ำ ความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำในกิจกรรมต่าง ๆ จากการจำลองสถานการณ์อ้างอิง

3.1.2 การจำลองสถานการณ์สมมุติ

แบบจำลอง WEAP ที่ได้ทำการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่าง ๆ และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองจนเป็นที่พอใจแล้วจะถูกนำมาใช้จำลองสถานการณ์น้ำต่าง ๆ ในอนาคตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559-2573 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองจากการพิจารณาปัจจัยน้ำต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปและปัจจัยความต้องการน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นทั้งภายในและภายนอกกลุ่มน้ำในอนาคต เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกับสถานการณ์อ้างอิงในช่วงเวลาเดียวกัน

3.1.2.1 ปัจจัยน้ำต้นทุน (Water Supply Side)

งานวิจัยนี้ได้อ้างอิงผลการศึกษาของ Shrestha (Shrestha, 2014) ที่ได้ทำนายนการเปลี่ยนแปลงข้อมูลฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองจากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกโดยอาศัยแบบจำลองภูมิอากาศ (Regional Climate Model, PRECIS) ของสถานการณ์สมมุติ A2 และ B2 (Scenario A2, B2) ในช่วงปี พ.ศ. 2563 (ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2583) ซึ่งสถานการณ์สมมุติ A2 สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจโลกในระดับกลาง และอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรสูงมาก รวมทั้งให้ความสำคัญกับการพึ่งพาตนเองของชุมชน ในขณะที่สถานการณ์สมมุติ B2 สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลง

ทางเศรษฐกิจโลกในระดับต่ำ และอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรค่อนข้างต่ำ ตลอดจนให้ความสำคัญกับความยั่งยืนและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยข้อกำหนดด้านปัจจัยน้ำต้นทุนที่ปริมาณฝนลดลงในช่วงฤดูร้อน และเพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนจำนวน 2 สถานการณ์ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 สถานการณ์สมมุติด้านปัจจัยน้ำต้นทุนเพื่อใช้ในการจำลองระบบในอนาคต

สถานการณ์สมมุติ	การเปลี่ยนแปลงข้อมูลฝนระหว่างปี พ.ศ. 2554-2583	
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
A2	-4.2%	+7.2%
B2	-6.6%	+10.9%

3.1.2.2 ปัจจัยน้ำความต้องการน้ำ (Water Demand Side)

งานวิจัยนี้ได้กำหนดสถานการณ์สมมุติด้านปัจจัยความต้องการน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคตจำนวน 6 สถานการณ์ดังสรุปไว้ในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 สถานการณ์สมมุติด้านปัจจัยความต้องการน้ำเพื่อใช้ในการจำลองระบบในอนาคต

สถานการณ์สมมุติ	ความต้องการน้ำในอนาคต
1	พื้นที่ชลประทานเพิ่มขึ้น 15% จากเดิม 974,010 ไร่ ในปี พ.ศ. 2556
2	ความต้องการน้ำที่ผันไปใช้ผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวงเพิ่มขึ้น 65% ของปริมาณน้ำที่ผันไปใช้จริงปัจจุบัน 352 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือเพิ่มขึ้นจาก 0.80 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวันเป็น 1.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน
3	กำหนดอัตราการไหลเพื่อควบคุมสภาพลำน้ำท้ายเขื่อนแม่กลองเท่ากับ 80 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
4	ความต้องการน้ำที่ผันไปใช้ในลุ่มน้ำท่าจีนเพื่อการเกษตรกรรมเพิ่มสูงขึ้น 10% ของความต้องการน้ำจริงปัจจุบัน 849 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
5	ความต้องการน้ำเพื่อผันไปใช้ในจังหวัดอุทัยธานีในปริมาณ 1,892 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และโครงการชลประทานท่าล้อ 607 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
6	พัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำบ้านจันเคยของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

3.1.2.3 การจำลองสถานการณ์สมมุติในอนาคต

ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์สมมุติในอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2559-2573 จาก 2 สถานการณ์สมมุติด้านปัจจัยน้ำต้นทุน และ 6 สถานการณ์สมมุติด้านปัจจัยความต้องการน้ำได้แสดงการ

เปรียบเทียบกับผลการจำลองสถานการณ์อ้างอิงในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณการขาดน้ำ (Unmet Demands) ดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำ (Water Demand Reliability) ดัชนีความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำน้ำ (Minimum Flow Reliability) และ ดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้า (Power Reliability) โดยมีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

(1) การจำลองสถานการณ์อ้างอิงในอนาคต

ผลการจำลองกระบวนการทางอุทกวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองด้วยแบบจำลอง WEAP โดยนำเข้าสู่ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2559-2573 เพื่อกำหนดเป็นสถานการณ์อ้างอิงในอนาคต (Reference Scenario) พบว่า เกิดการขาดน้ำสำหรับสถานการณ์สมมุติ A2 อย่างไรก็ดีปริมาณความต้องการน้ำของทุกกิจกรรมการใช้น้ำได้รับการตอบสนองอย่างเต็มศักยภาพสำหรับสถานการณ์สมมุติ B2 ทำให้ไม่ปรากฏภาวะการขาดแคลนน้ขึ้นเลย จากการวิเคราะห์ผลการจำลองของสถานการณ์สมมุติ A2 พบว่าปริมาณการขาดน้ำเพื่อการเกษตรกรรมคิดเป็น 1.12 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และเกิดการขาดน้ำเล็กน้อยประมาณ 0.18 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี สำหรับความต้องการน้ำที่ผันไปใช้ในลุ่มน้ำท่าจีน อย่างไรก็ดีความต้องการน้ำที่ผันไปใช้ผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวงสามารถจัดสรรน้ำไปใช้ได้อย่างเพียงพอโดยไม่แสดงภาวะการขาดน้ำ ระดับความเชื่อมั่นในการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำของทั้ง 4 เขื่อนภายใต้สถานการณ์สมมุติ A2 และ B2 ยังคงมีค่าค่อนข้างสูงตั้งแต่ 95.83%-100% และ 96.35%-100% ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3-3 ถึงภาพที่ 3-10 จากผลการจำลองระบบในอนาคตสะท้อนให้เห็นว่า ภาวะการขาดน้ำมีโอกาสดังขึ้นได้ อย่างไรก็ดีหากมีกลยุทธ์การบริหารจัดการน้ำและการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำที่มีประสิทธิภาพจะช่วยรับมือกับภาวะการขาดแคลนน้ในอนาคตได้

(2) การจำลองสถานการณ์สมมุติ 1

สถานการณ์สมมุติ 1 ได้กำหนดให้พื้นที่ชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่เพิ่มขึ้น 15% จากเดิม 974,010 ไร่ ในปี พ.ศ. 2556 ส่งผลทำให้ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรมเพิ่มขึ้น และทำให้ปริมาณการขาดน้ำที่ได้จากการจำลองสถานการณ์สมมุติ A2 เพิ่มขึ้นเป็น 28.40 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และปริมาณการขาดน้ำในลุ่มน้ำท่าจีนเกิดขึ้นเท่ากับ 0.18 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และไม่เกิดการขาดน้ำสำหรับกิจกรรมการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวง สำหรับสถานการณ์สมมุติ B2 พบว่าภาวะการขาดน้ำจะรุนแรงน้อยกว่าสถานการณ์สมมุติ A2 โดยพบว่าปริมาณการขาดน้ำเพื่อการเกษตรกรรมเฉลี่ยเท่ากับ 17.89 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และปริมาณการขาดน้ำในลุ่มน้ำท่าจีนเกิดขึ้นเท่ากับ 0.18 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และไม่เกิดการขาดน้ำสำหรับกิจกรรมการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวงดังแสดงในภาพที่ 3-3 ถึงภาพที่ 3-10 เมื่อนำผลการจำลองไปเปรียบเทียบกับสถานการณ์อ้างอิงในอนาคตพบว่า ระดับความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำ

เพื่อการเกษตรกรรมลดลง 0.52% สำหรับสถานการณ์สมมุติ A2 อย่างไรก็ตามระดับความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำน้ำ และความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้า ยังคงมีค่าสูงกว่า 98% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ในแง่ของประสิทธิภาพของการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ นอกจากนี้ยังมีความเป็นไปได้ที่กรมชลประทานจะขยายพื้นที่ชลประทานให้เพิ่มขึ้นอีกในอนาคต

(3) การจำลองสถานการณ์สมมุติ 2

สถานการณ์สมมุติ 2 ได้กำหนดให้ความต้องการน้ำที่ผันไปใช้ผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวงเพิ่มขึ้น 65% ของปริมาณน้ำที่ผันไปใช้จริงปัจจุบัน 352 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือเพิ่มขึ้นจาก 0.80 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวันเป็น 1.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ผลการจำลองที่แสดงในภาพที่ 3-3 ถึงภาพที่ 3-10 พบว่าปริมาณการขาดน้ำที่ได้จากการจำลองสถานการณ์สมมุติ A2 เพิ่มขึ้นเป็น 17.25 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และปริมาณการขาดน้ำในลุ่มน้ำท่าจีนเกิดขึ้นเท่าเดิมเท่ากับ 0.18 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และไม่เกิดการขาดน้ำสำหรับกิจกรรมการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวง ยิ่งกว่านั้นไม่แสดงภาวะการขาดน้ำของทุกกิจกรรมการใช้น้ำในอนาคตภายใต้สถานการณ์สมมุติ B2 ในทำนองเดียวกันระดับความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำของทุกกิจกรรมการใช้น้ำยังคงอยู่ในระดับที่พึงพอใจ และมีความเป็นไปได้ที่จะนำแนวทางดังกล่าวนี้ไปประยุกต์ใช้ในอนาคต

(4) การจำลองสถานการณ์สมมุติ 3

สถานการณ์สมมุติ 3 ได้กำหนดให้อัตราการไหลเพื่อควบคุมสภาพลำน้ำท้ายเขื่อนแม่กลองเท่ากับ 80 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิม 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ทั้งนี้เพื่อลดความขัดแย้งและการเผชิญหน้ากันระหว่างผู้ใช้น้ำและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่างอันเนื่องมาจากการรูก้าของน้ำทะเล ผลการจำลองระบบในอนาคตของสถานการณ์สมมุติ A2 แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มอัตราการระบายน้ำท้ายเขื่อนแม่กลองส่งผลต่อภาวะการขาดแคลนน้ำอันเนื่องมาจากการจัดสรรน้ำไม่เพียงพอทั้งภาคการเกษตรกรรม และการผันน้ำเพื่อการเกษตรกรรมในลุ่มน้ำท่าจีน โดยมีปริมาณการขาดน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 17.25 และ 0.18 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่ส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวง ในทำนองเดียวกันไม่แสดงภาวะการขาดน้ำของทุกกิจกรรมการใช้น้ำในอนาคตภายใต้สถานการณ์สมมุติ B2 สำหรับระดับความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำของทุกกิจกรรมการใช้น้ำมีค่าลดลงดังแสดงในภาพที่ 3-3 ถึงภาพที่ 3-10 อย่างไรก็ตามหากทางกรมชลประทานสามารถปรับลดพื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูแล้งในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ได้ บางปีก็มีความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มอัตราการระบายน้ำจากเขื่อนแม่กลองเพื่อควบคุมสภาพลำน้ำให้เกิดความเหมาะสม

(5) การจำลองสถานการณ์สมมุติ 4

สถานการณ์สมมุติ 4 ได้กำหนดให้ความต้องการน้ำที่ผันไปใช้ในลุ่มน้ำท่าจีนเพื่อการเกษตรกรรมเพิ่มสูงขึ้น 10% ของความต้องการน้ำจริงปัจจุบัน 849 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งผลการจำลองระบบในอนาคตแสดงให้เห็นถึงปริมาณการขาดน้ำและความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำในกิจกรรมการใช้น้ำต่าง ๆ ที่มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์อ้างอิง ปริมาณการขาดน้ำเพื่อการเกษตรกรรมที่ได้จากการจำลองสถานการณ์สมมุติ A2 คิดเป็น 5.97 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และปริมาณการขาดน้ำในลุ่มน้ำท่าจีนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่ากับ 0.20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และไม่เกิดการขาดน้ำสำหรับกิจการการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวง และไม่เกิดภาวะการขาดน้ำสำหรับสถานการณ์สมมุติ B2 นอกจากนี้ระดับความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรมและการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำนํายังมีค่าสูงกว่า 99% ในขณะที่ความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าสูงกว่า 95% ของทั้งสถานการณ์สมมุติ A2 และ B2 ดังแสดงในภาพที่ 3-3 ถึงภาพที่ 3-10

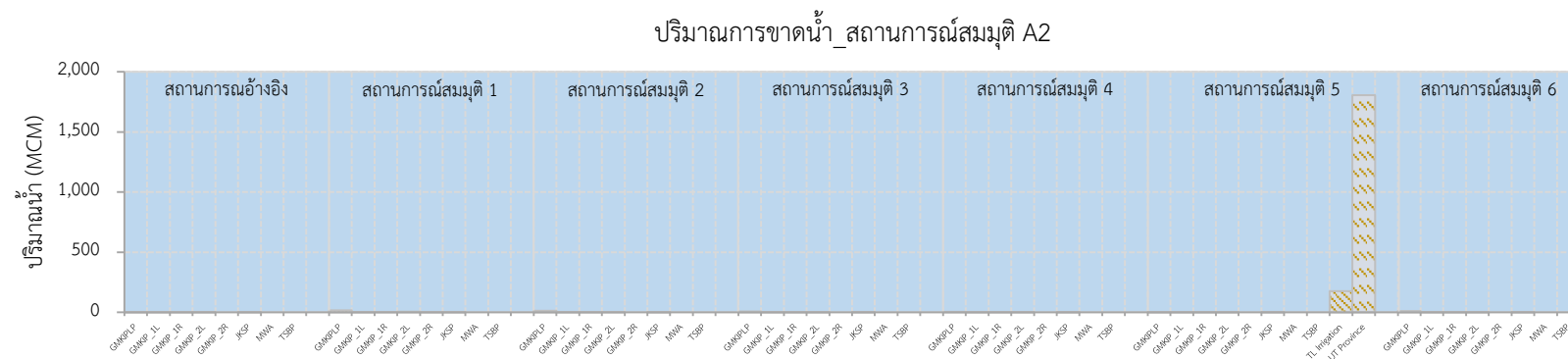
(6) การจำลองสถานการณ์สมมุติ 5

สถานการณ์สมมุติ 5 ได้เพิ่มความต้องการน้ำสำหรับผันไปใช้ในจังหวัดอุทัยธานีในปริมาณ 1,892 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีโดยอาศัยน้ำต้นทุนจากเขื่อนศรีนครินทร์ และเพิ่มการจัดสรรน้ำให้กับพื้นที่โครงการชลประทานท่าล้อทางตอนล่างของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ในปริมาณ 607 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี อย่างไรก็ตามปัจจัยความต้องการน้ำในส่วนนี้ถูกกำหนดในแบบจำลอง WEAP ให้มีลำดับความสำคัญในการจัดสรรน้ำน้อยเมื่อเทียบกับความต้องการน้ำในกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งผลการจำลองระบบในอนาคตภายใต้สถานการณ์สมมุติ A2 แสดงให้เห็นถึงภาวะการขาดน้ำที่รุนแรงขึ้นไม่ว่าจะเป็นภาคการเกษตรกรรมในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่เฉลี่ยอยู่ที่ 1.92 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณการขาดน้ำในลุ่มน้ำท่าจีนเท่ากับ 0.18 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณการขาดน้ำในโครงการชลประทานท่าล้อคิดเป็น 176.53 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และปริมาณการขาดน้ำในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานีคิดเป็น 1,806 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในขณะที่ผลการจำลองระบบในอนาคตภายใต้สถานการณ์สมมุติ B2 ส่งผลให้เกิดภาวะการขาดน้ำรุนแรงในโครงการชลประทานท่าล้อและพื้นที่จังหวัดอุทัยธานีคิดเป็น 162.72 และ 1,785 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์อื่น ๆ พบว่า สถานการณ์สมมุติ 5 ให้ค่าระดับความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำของทุกกิจกรรมการใช้น้ำมีค่าลดลงทั้งสถานการณ์สมมุติ A2 และ B2 ดังแสดงในภาพที่ 3-3 ถึงภาพที่ 3-10

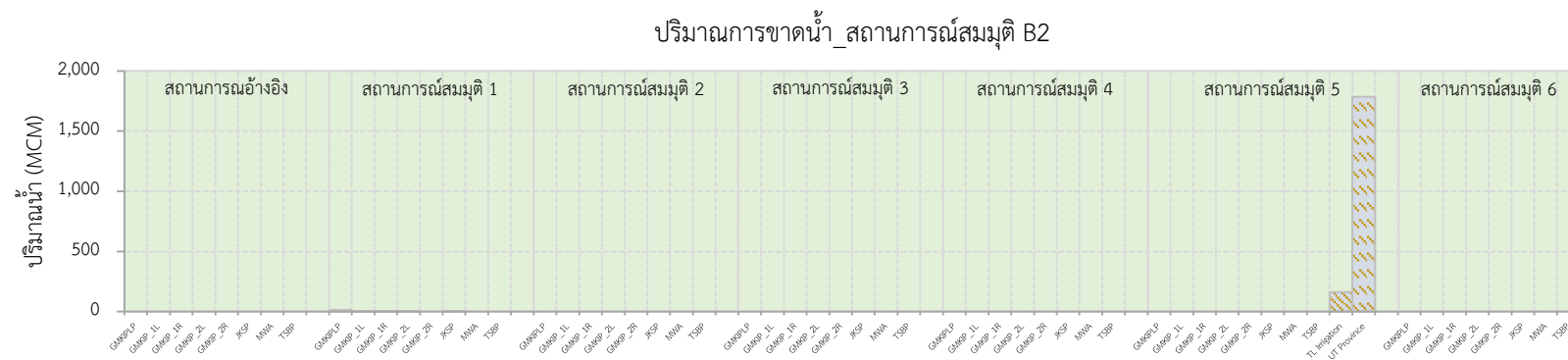
(7) การจำลองสถานการณ์สมมุติ 6

สถานการณ์สมมุติ 6 ได้เพิ่มโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำบ้านจันเคย์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าทาง

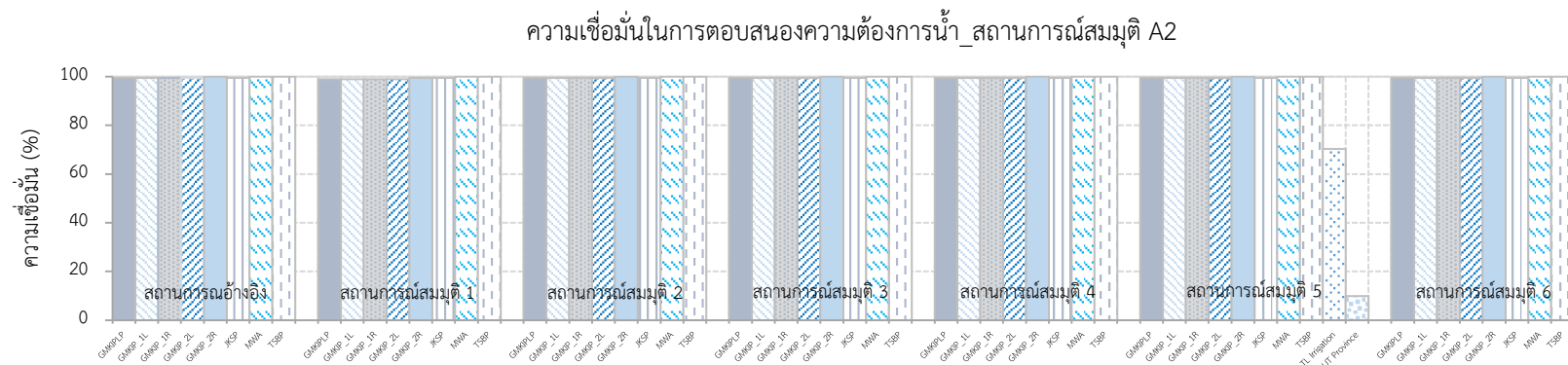
ภาคตะวันตกของประเทศไทย และเริ่มปฏิบัติการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 ผลการจำลองระบบตามแผนพัฒนาโครงการในอนาคตพบว่าการเพิ่มความต้องการใช้ไฟฟ้าในระบบส่งผลต่อความสามารถในการจัดสรรน้ำไปใช้เพื่อการเกษตรกรรมอย่างเห็นได้ชัด ผลจากการจำลองสถานการณ์สมมุติ A2 ทำให้เกิดภาวะการขาดน้ำขึ้นในภาคการเกษตรกรรมและการผันน้ำไปใช้ในลุ่มน้ำท่าจีนในปริมาณ 14.6 และ 0.18 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปรากฏการณ์ไม่แสดงภาวะการขาดน้ำของทุกกิจกรรมการใช้น้ำในอนาคตภายใต้สถานการณ์สมมุติ B2 ในขณะที่ระดับความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำบ้านจันเจียยังสูงกว่า 92% ของทั้งสถานการณ์สมมุติ A2 และ B2 ดังแสดงในภาพที่ 3-3 ถึงภาพที่ 3-10 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการเพิ่มศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในอนาคตจากการพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำบ้านจันเจียของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยนั่นเอง



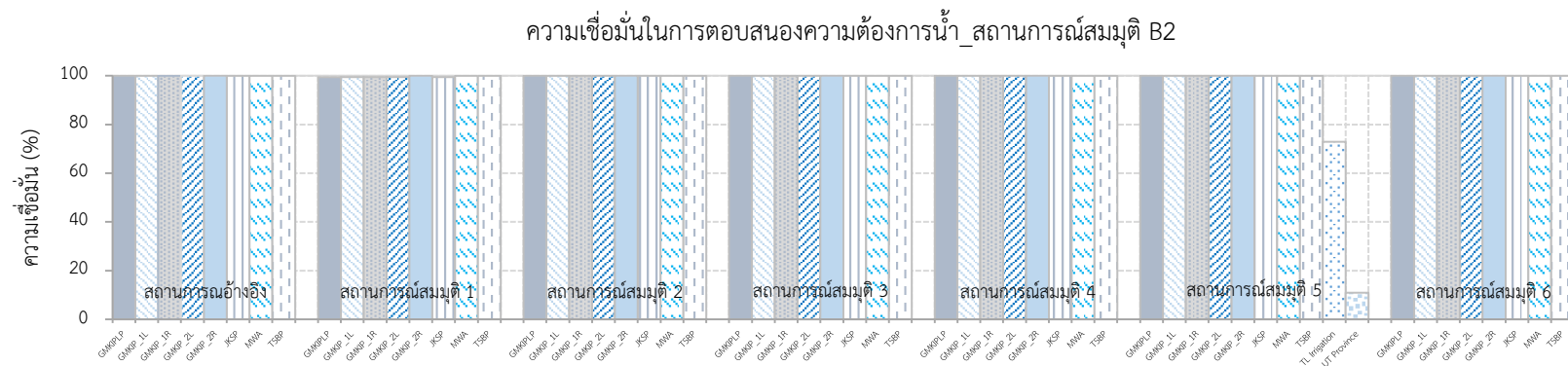
ภาพที่ 3-3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการขาดน้ำภายใต้สถานการณ์สมมุติ A2



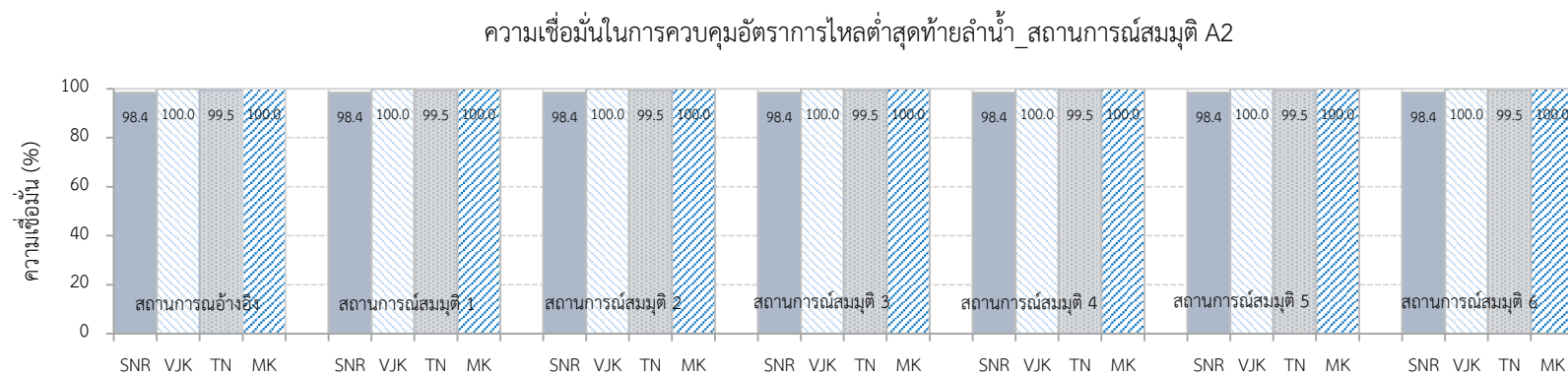
ภาพที่ 3-4 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการขาดน้ำภายใต้สถานการณ์สมมุติ B2



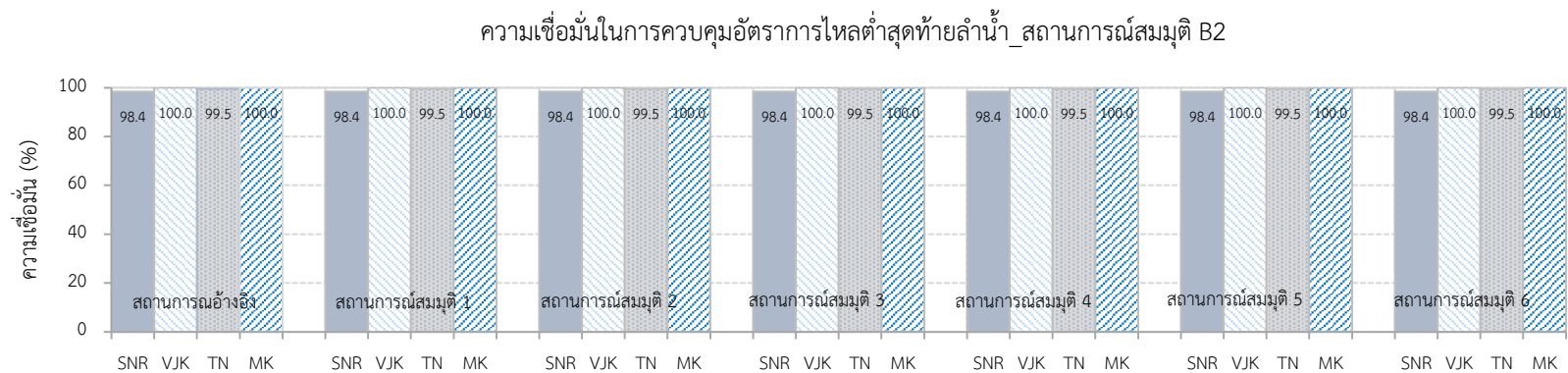
ภาพที่ 3-5 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำภายใต้สถานการณ์สมมุติ A2



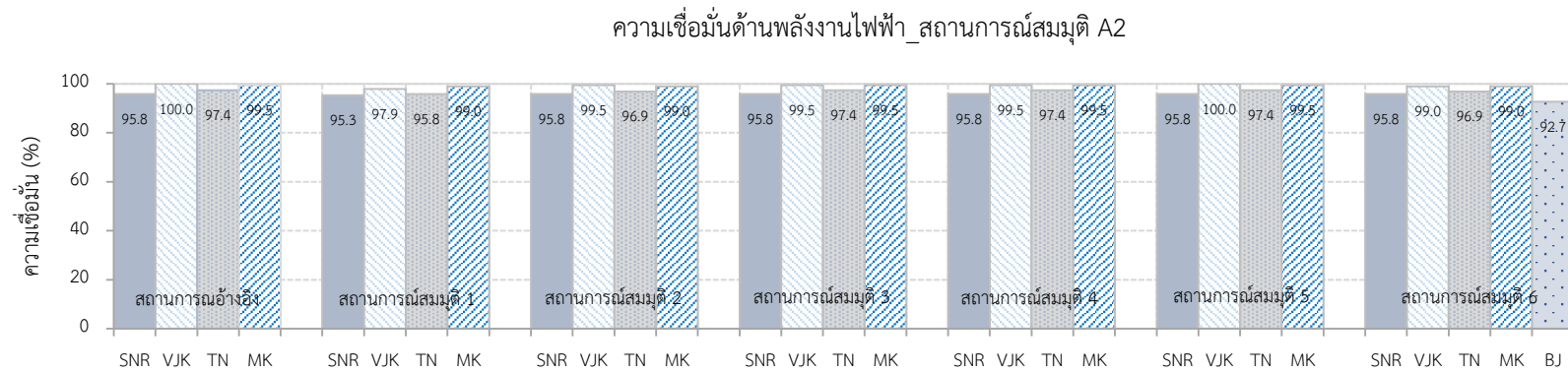
ภาพที่ 3-6 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำภายใต้สถานการณ์สมมุติ B2



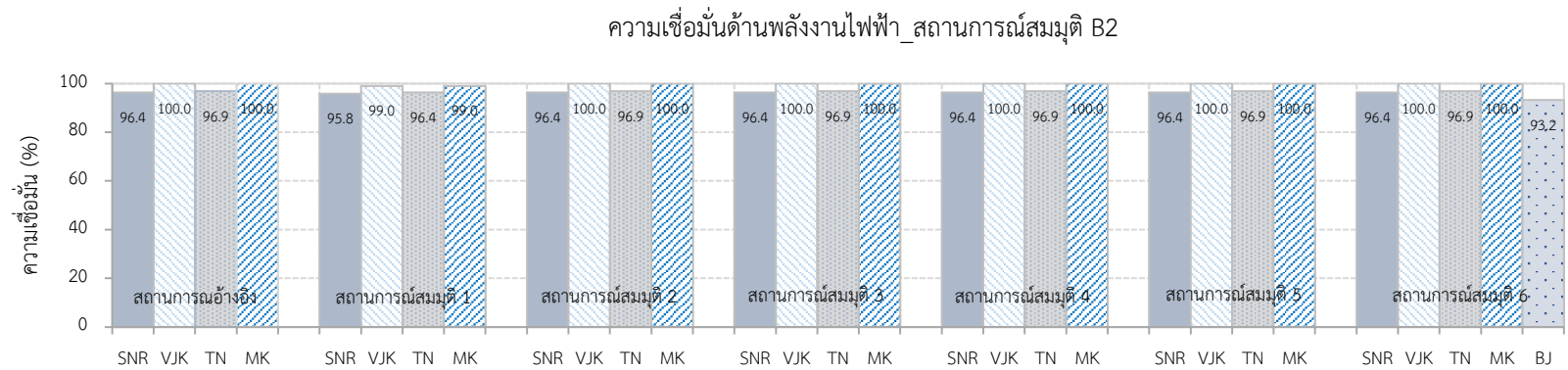
ภาพที่ 3-7 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำน้ำภายใต้สถานการณ์สมมุติ A2



ภาพที่ 3-8 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำน้ำภายใต้สถานการณ์สมมุติ B2



ภาพที่ 3-9 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์สมมุติ A2



ภาพที่ 3-10 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์สมมุติ B2

3.2 การจำลองสถานการณ์ด้วยแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

3.2.1 การจำลองสถานการณ์น้ำสมมุติ

แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินข้างต้นถูกนำมาใช้จำลองการไหลของน้ำใต้ดินในสถานการณ์สมมุติที่กำหนดให้อัตราการสูบน้ำใต้ดินไปใช้เพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบันในปี พ.ศ. 2558 เท่ากับ 20% ซึ่งผลจากการจำลองในสภาวะคงที่ได้เปรียบเทียบกับสมดุลบ่งน้ำใต้ดินกรณีอ้างอิง (อัตราการสูบน้ำใต้ดินปี พ.ศ. 2558) และกรณีสถานการณ์สมมุติ (อัตราการสูบน้ำใต้ดินเพิ่มสูงขึ้น 20% ของอัตราการสูบน้ำใต้ดินปี พ.ศ. 2558) ดังแสดงในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ผลการเปรียบเทียบสมดุลบ่งน้ำใต้ดินกรณีอ้างอิงและกรณีสถานการณ์สมมุติจากการจำลองในสภาวะคงที่

สมดุลบ่งน้ำใต้ดินในปี พ.ศ. 2558		กรณีอ้างอิง ^{1/}		กรณีสถานการณ์สมมุติ ^{2/}	
		ปริมาณน้ำเฉลี่ย		ปริมาณน้ำเฉลี่ย	
		ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน	ล้านลูกบาศก์ เมตรต่อปี	ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน	ล้านลูกบาศก์ เมตรต่อปี
ปริมาณน้ำไหลเข้า	Storage	1.5236×10^7	5,561.19	1.5259×10^7	5,569.64
	Constant Head	0.0000	0.00	0.0000	0.00
	Wells	0.0000	0.00	0.0000	0.00
	River Leakage	3.4261×10^4	12.51	3.5752×10^4	13.05
	ET	0.0000	0.00	0.0000	0.00
	Recharge	5.3728×10^6	1,961.07	5.3728×10^6	1,961.07
	ปริมาณน้ำไหลเข้า ทั้งหมด	2.0643×10^7	7,534.77	2.0668×10^7	7,543.76
ปริมาณน้ำไหลออก	Storage	1.4485×10^7	5,287.11	1.4355×10^7	5,239.50
	Constant Head	0.0000	0.00	0.0000	0.00
	Wells	9.2011×10^5	335.84	1.1041×10^6	403.01
	River Leakage	2.1845×10^6	797.34	2.1761×10^6	794.27
	ET	3.0534×10^6	1,114.48	3.0328×10^6	1,106.98
	Recharge	0.0000	0.00	0.0000	0.00
	ปริมาณน้ำไหลออก ทั้งหมด	2.0643×10^7	7,534.76	2.0668×10^7	7,543.76

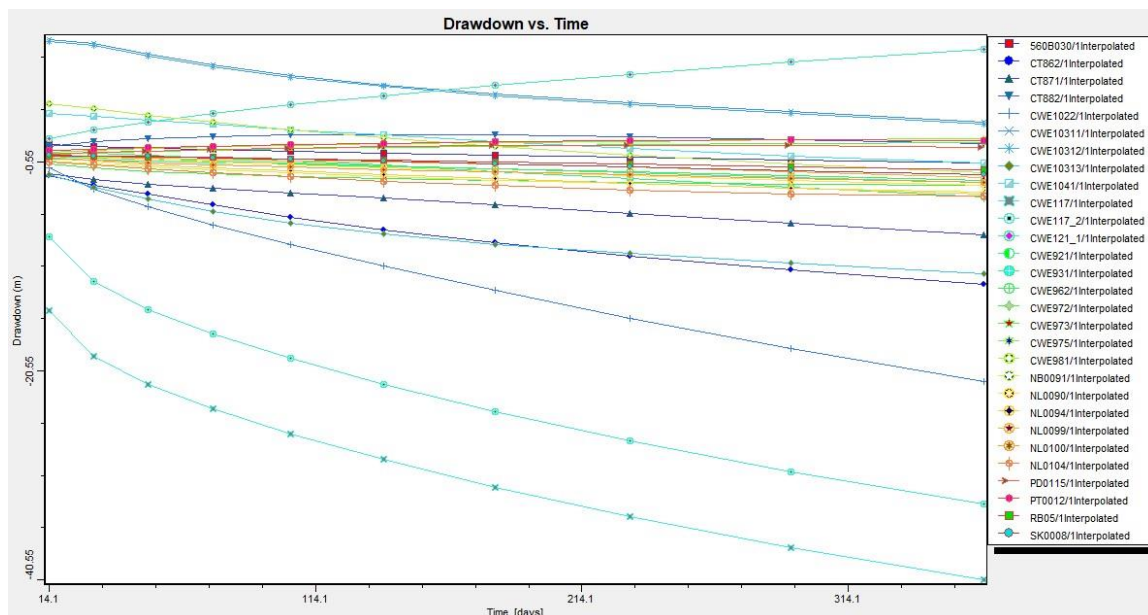
ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สมดุลบ่อน้ำใต้ดินในปี พ.ศ. 2558	กรณีอ้างอิง ^{1/}		กรณีสถานการณ์สมมุติ ^{2/}	
	ปริมาณน้ำเฉลี่ย		ปริมาณน้ำเฉลี่ย	
	ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน	ล้านลูกบาศก์ เมตรต่อปี	ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน	ล้านลูกบาศก์ เมตรต่อปี
ปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด- ปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมด	12	0.00	12.5	0.00
Percent Discrepancy	0.00		0.00	

หมายเหตุ : ^{1/} ใช้ค่าอัตราการสูบน้ำใต้ดินปี พ.ศ. 2558

^{2/} กำหนดค่าอัตราการสูบน้ำใต้ดินเพิ่มสูงขึ้น 20% ของอัตราการสูบน้ำใต้ดินปี พ.ศ. 2558

จากข้อมูลสมดุลบ่อน้ำใต้ดินที่ได้จากการจำลองระบบการไหลของน้ำใต้ดินที่แสดงในตารางข้างต้น พบว่าการกำหนดค่าอัตราการสูบน้ำใต้ดินเพิ่มสูงขึ้น 20% ของอัตราการสูบน้ำใต้ดินปี พ.ศ. 2558 สำหรับกรณีสถานการณ์สมมุติส่งผลให้ปริมาณน้ำใต้ดินถูกสูบไปใช้เพิ่มสูงขึ้นเป็น 403.01 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีอ้างอิงที่มีปริมาณการสูบน้ำใต้ดินไปใช้เท่ากับ 335.84 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือเพิ่มสูงขึ้น 5.34% เทียบกับปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมดสำหรับกรณีสถานการณ์สมมุติและ 4.46% เทียบกับปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมดสำหรับกรณีอ้างอิง ผลจากการเพิ่มอัตราการสูบน้ำใต้ดินไปใช้ทำให้ระยะน้ำลด (Groundwater Drawdown) เฉลี่ยของบ่อสังเกตการณ์จำนวน 29 บ่อของชั้นน้ำใต้ดินต่าง ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงตั้งแต่ 0.01-0.08 เมตรเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีอ้างอิงดังแสดงในภาพที่ 3-11 และตารางที่ 3-



ภาพที่ 3-11 ระยะน้ำลดของบ่อสังเกตการณ์จากผลการจำลองกรณีสถานการณ์สมมุติที่อัตราการสูบน้ำได้ดินไปใช้เพิ่มขึ้น 20% ของอัตราการสูบน้ำปัจจุบัน

ตารางที่ 3-4 ผลการเปรียบเทียบระยะน้ำลดกรณีอ้างอิงและกรณีสถานการณ์สมมุติจากการจำลองในสภาวะคงที่

ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน	ค่าเฉลี่ยระยะน้ำลด (Average Drawdown) (เมตร)		ความแตกต่าง (เมตร)
	กรณีอ้างอิง	กรณีสถานการณ์สมมุติ	
ชั้นหินอุ้มน้ำกรุงเทพฯ (Bangkok Aquifer, BK)	6.73	6.75	0.02
ชั้นหินอุ้มน้ำพระประแดง (Phra Pradaeng Aquifer, PD)	4.69	4.72	0.03
ชั้นหินอุ้มน้ำนครหลวง (Nakhon Luang Aquifer, NL)	0.50	0.58	0.08
ชั้นหินอุ้มน้ำนนทบุรี (Nonthaburi Aquifer, NB)	1.67	1.73	0.06
ชั้นหินอุ้มน้ำสามโคก (Sam Khok Aquifer, SK)	-	-	-
ชั้นหินอุ้มน้ำพญาไท (Phaya Thai Aquifer, PT)	1.01	1.03	0.02

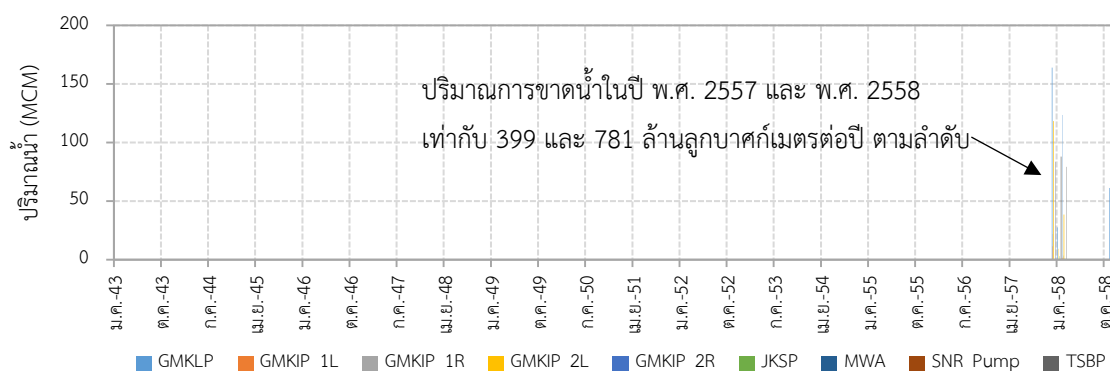
ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน	ค่าเฉลี่ยระยะน้ำลด (Average Drawdown) (เมตร)		ความแตกต่าง (เมตร)
	กรณีอ้างอิง	กรณีสถานการณ์สมมุติ	
ชั้นหินอุ้มน้ำธนบุรี (Thonburi Aquifer, TB)	-	-	-
ชั้นหินอุ้มน้ำปากน้ำ (Pak Nam Aquifer, PN)	-	-	-
ชั้นหินแข็งอุ้มน้ำ (Hard Rock Aquifer)	0.98	0.99	0.01

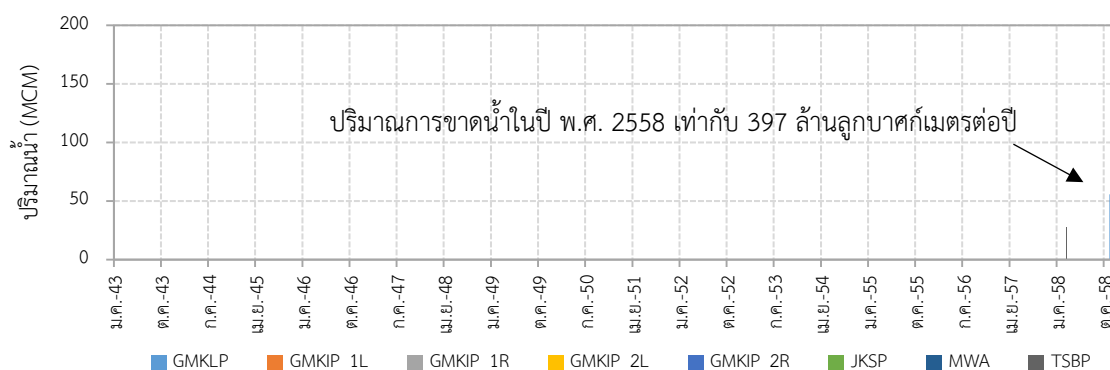
3.3 การเปรียบเทียบการจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินด้วยแบบจำลอง WEAP กับการจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินด้วยแบบจำลอง WEAP-MODFLOW ในพื้นที่ศึกษา

3.3.1 การจำลองสถานการณ์อ้างอิงปัจจุบัน

จากการเปรียบเทียบผลการจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินด้วยแบบจำลอง WEAP กับผลการจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินด้วยแบบจำลอง WEAP-MODFLOW ของสถานการณ์น้ำอ้างอิงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 (Reference Scenario) พบว่าการนำน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินมาใช้เสริมน้ำผิวดินที่จัดสรรมาจากเขื่อนแม่กลองทำให้ปริมาณการขาดน้ำซึ่งเดิมเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2558 ลดลงถึง 66.36% โดยการขาดน้ำจะเกิดขึ้นในช่วงเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคมของปี พ.ศ. 2558 เท่านั้นดังภาพที่ 3-12 อย่างไรก็ตามการขาดน้ำยังมีปริมาณค่อนข้างสูงในบางพื้นที่โดยเฉพาะทางฝั่งขวาของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ซึ่งครอบคลุมพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่ามะกาทำให้ปริมาณการขาดน้ำรวมกันกว่า 210.37 ล้านลูกบาศก์เมตรดังแสดงในภาพที่ 3-13

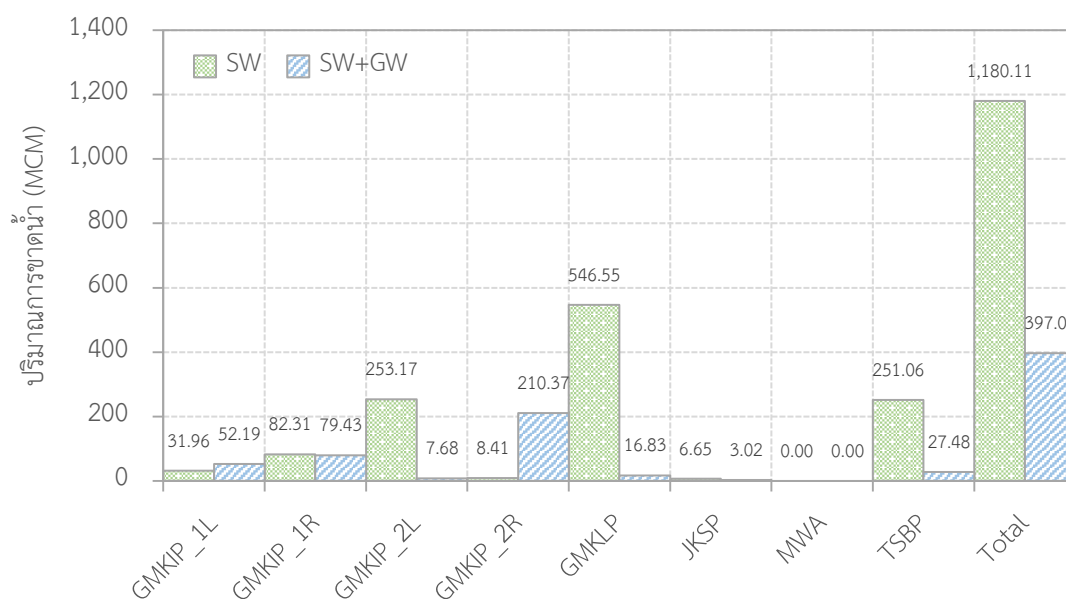


(a) การจัดการน้ำผิวดินด้วยแบบจำลอง WEAP



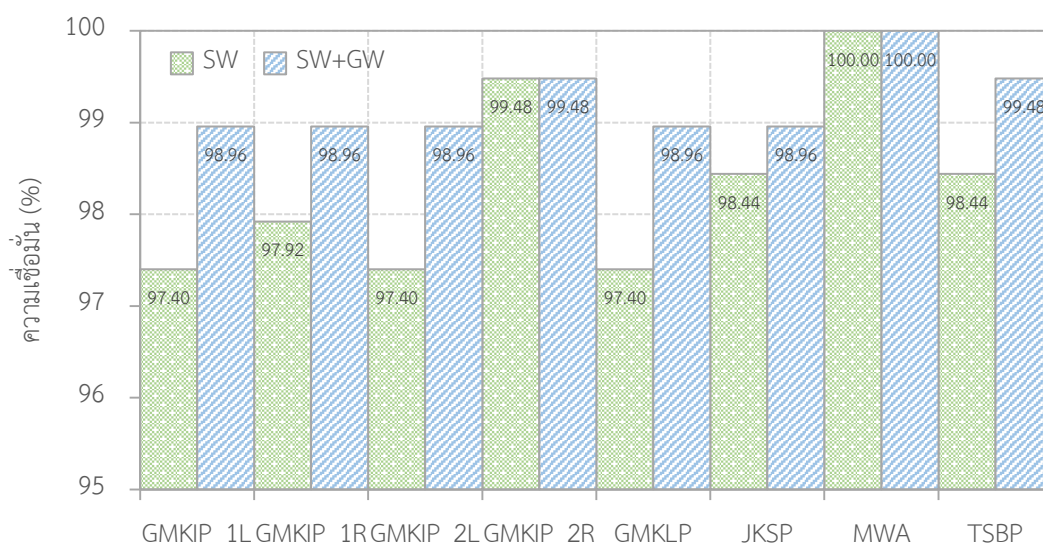
(b) การจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินด้วยแบบจำลอง WEAP-MODFLOW

ภาพที่ 3-12 ปริมาณการใช้น้ำจากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ด้วยแบบจำลอง WEAP และแบบจำลอง WEAP-MODFLOW

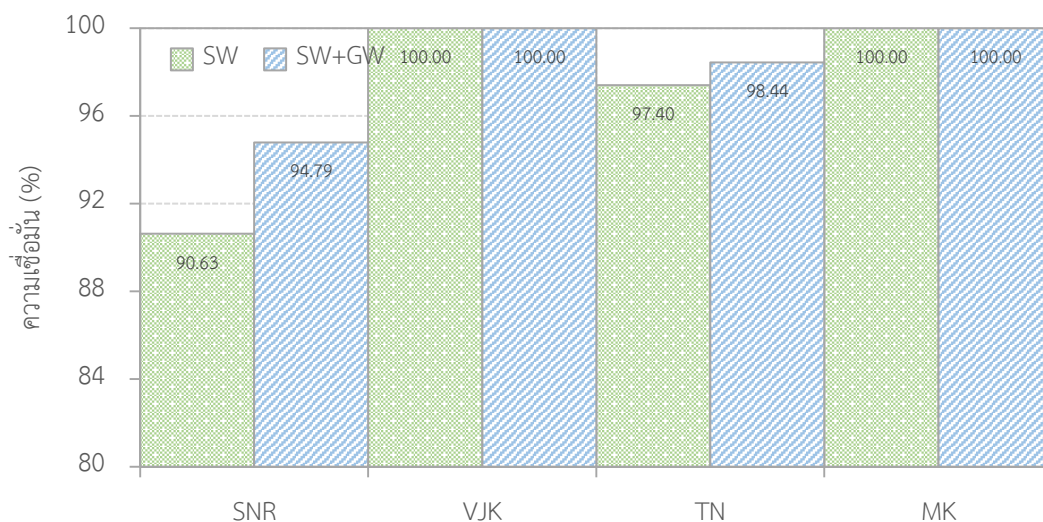


ภาพที่ 3-13 ปริมาณการใช้น้ำจากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ด้วยแบบจำลอง WEAP และแบบจำลอง WEAP-MODFLOW แยกตามคลองส่งน้ำ

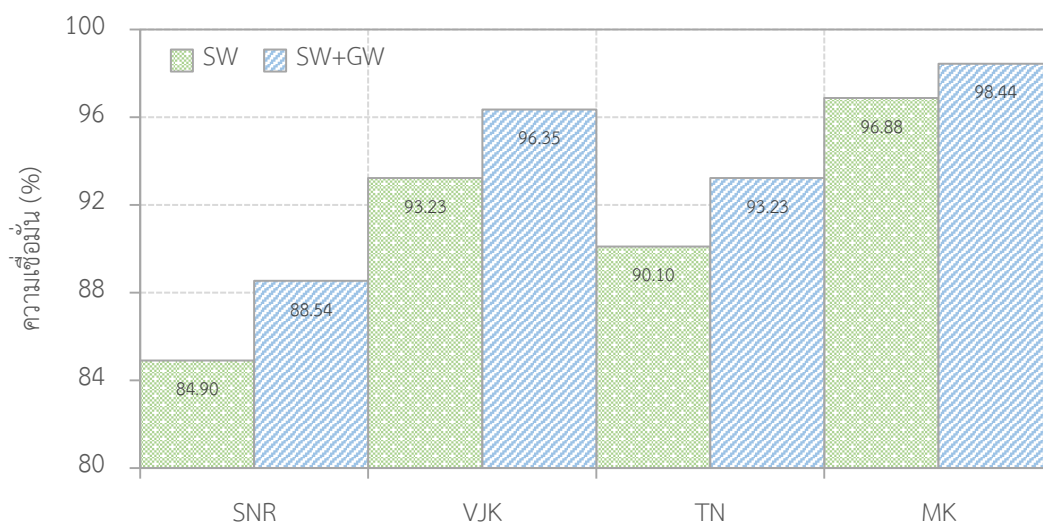
ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำชลประทาน ดัชนีความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำน้ำ และดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองด้านพลังงานไฟฟ้าจากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงปัจจุบันยังพบว่าการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินจะช่วยเพิ่มระดับความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ข้างต้นกล่าวคือเพิ่มขึ้นในช่วงตั้งแต่ 0%-1.56% สำหรับความต้องการน้ำชลประทาน 0%-4.16% สำหรับการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำน้ำ และ 1.56%-3.64% สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 3-14 ถึงภาพที่ 3-16



ภาพที่ 3-14 ดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำชลประทานจากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ด้วยแบบจำลอง WEAP และแบบจำลอง WEAP-MODFLOW



ภาพที่ 3-15 ดัชนีความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำน้ำจากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ด้วยแบบจำลอง WEAP และแบบจำลอง WEAP-MODFLOW



ภาพที่ 3-16 ดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองด้านพลังงานไฟฟ้าจากการจำลองสถานการณ์
อ้างอิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ด้วยแบบจำลอง WEAP และแบบจำลอง WEAP-
MODFLOW

3.3.2 การจำลองสถานการณ์สมมุติในอนาคต

งานวิจัยนี้ได้กำหนดสถานการณ์สมมุติ 4 สถานการณ์โดยผันแปรปัจจัยน้ำต้นทุนและปัจจัยความต้องการน้ำเพื่อใช้จำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมน้ำใต้ดินในอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2559-2573 โดยอาศัยแบบจำลอง WEAP-MODFLOW ประกอบด้วย (1) สถานการณ์สมมุติ A2 (2) สถานการณ์สมมุติ B2 (3) สถานการณ์สมมุติ A2 และกำหนดปริมาณความต้องการน้ำเพิ่มสูงขึ้นในบางกิจกรรมการใช้น้ำ และ (4) สถานการณ์สมมุติ B2 และกำหนดปริมาณความต้องการน้ำเพิ่มสูงขึ้นในบางกิจกรรมการใช้น้ำ ดังสรุปรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3-5 ซึ่งผลของการจำลองสถานการณ์สมมุตินี้จะถูกนำมาศึกษาเปรียบเทียบด้านประสิทธิภาพของการจำลองระบบ ตลอดจนเปรียบเทียบกับผลการจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินในอนาคตที่ได้จากแบบจำลอง WEAP ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-5 สถานการณ์สมมุติด้านปัจจัยน้ำต้นทุนและปัจจัยความต้องการน้ำเพื่อใช้จำลองระบบในอนาคต

สถานการณ์สมมุติ	ปัจจัยน้ำต้นทุน	ปัจจัยความต้องการน้ำ
A2	การเปลี่ยนแปลงอนุกรมเวลาของข้อมูลฝนในอนาคตลดลง -4.2% ในช่วงฤดูแล้งและเพิ่มขึ้น +7.2% ในช่วงฤดูฝน	ความต้องการน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558
B2	การเปลี่ยนแปลงอนุกรมเวลาของข้อมูลฝนในอนาคตลดลง -6.6% ในช่วงฤดูแล้งและเพิ่มขึ้น +10.9% ในช่วงฤดูฝน	
A2-ความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น	การเปลี่ยนแปลงอนุกรมเวลาของข้อมูลฝนในอนาคตลดลง -4.2% ในช่วงฤดูแล้งและเพิ่มขึ้น +7.2% ในช่วงฤดูฝน	ความต้องการน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559-2573 เพิ่มสูงขึ้นบางกิจกรรมการใช้น้ำดังนี้
B2-ความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น	การเปลี่ยนแปลงอนุกรมเวลาของข้อมูลฝนในอนาคตลดลง -6.6% ในช่วงฤดูแล้งและเพิ่มขึ้น +10.9% ในช่วงฤดูฝน	(1) พื้นที่ชลประทานเพิ่มขึ้น 15% จากเดิม 974,010 ไร่ ในปี พ.ศ. 2556 (2) ความต้องการน้ำที่ผันไปใช้ผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวงเพิ่มขึ้น 65% ของปริมาณน้ำที่ผันไปใช้จริงปัจจุบัน 352 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือเพิ่มขึ้นจาก 0.80 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน เป็น 1.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน (3) กำหนดอัตราการไหลเพื่อควบคุมสภาพลำน้ำท้ายเขื่อนแม่กลองเท่ากับ 80 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (4) ความต้องการน้ำที่ผันไปใช้ในลุ่มน้ำท่าจีนเพื่อการเกษตรกรรมเพิ่มสูงขึ้น 10% ของความต้องการน้ำจริงปัจจุบัน 849 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

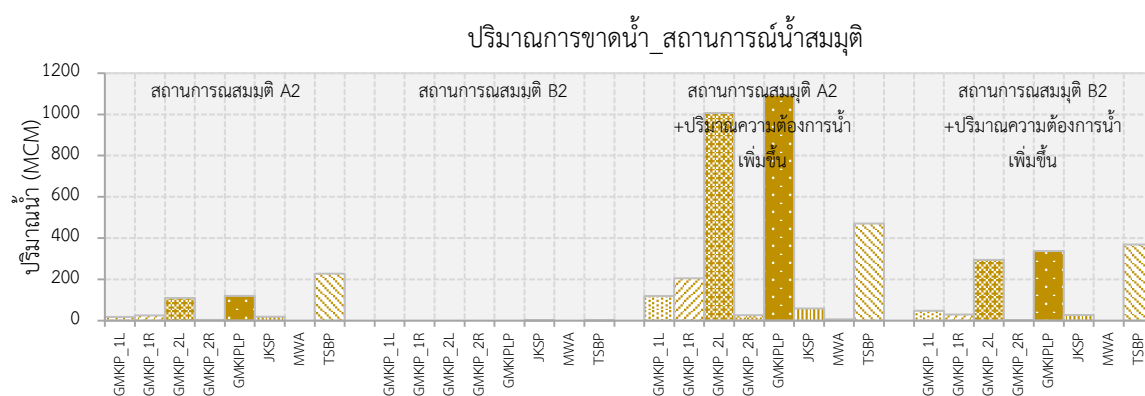
ตารางที่ 3-6 ประสิทธิภาพของการจำลองระบบภายใต้สถานการณ์อ้างอิงปัจจุบันและสถานการณ์สมมุติในอนาคต

ประสิทธิภาพของการจำลองระบบ	สถานการณ์อ้างอิง (2543-2558)		สถานการณ์สมมุติ A2 (2559-2573)		สถานการณ์สมมุติ B2 (2559-2573)	
	WEAP	WEAP-MODFLOW	WEAP	WEAP-MODFLOW	WEAP	WEAP-MODFLOW
ปริมาณการขาดน้ำเฉลี่ยรายปี (ล้าน ลบ.ม.)	73.76	24.81	1.31	34.69	0.00	0.03
ดัชนีความเชื่อมั่น (%)						
■ การตอบสนองความต้องการน้ำ ชลประทาน						
GMKIP_1L	97.40	98.96	99.48	99.46	100.00	100.00
GMKIP_1R	97.92	98.96	99.48	99.73	100.00	100.00
GMKIP_2L	97.40	98.96	99.48	99.46	100.00	100.00
GMKIP_2R	99.48	99.48	100.00	99.73	100.00	100.00
GMKIPLP	97.40	98.96	99.48	99.46	100.00	100.00
JKSP	98.44	98.96	99.48	98.66	100.00	99.73
MWA	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
TSBP	98.44	99.48	100.00	98.66	100.00	99.73
■ การควบคุมอัตราการไหลต่ำ สุดท้ายลำน้ำ						
SNR	90.63	94.79	98.44	99.19	98.44	99.19
VJK	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

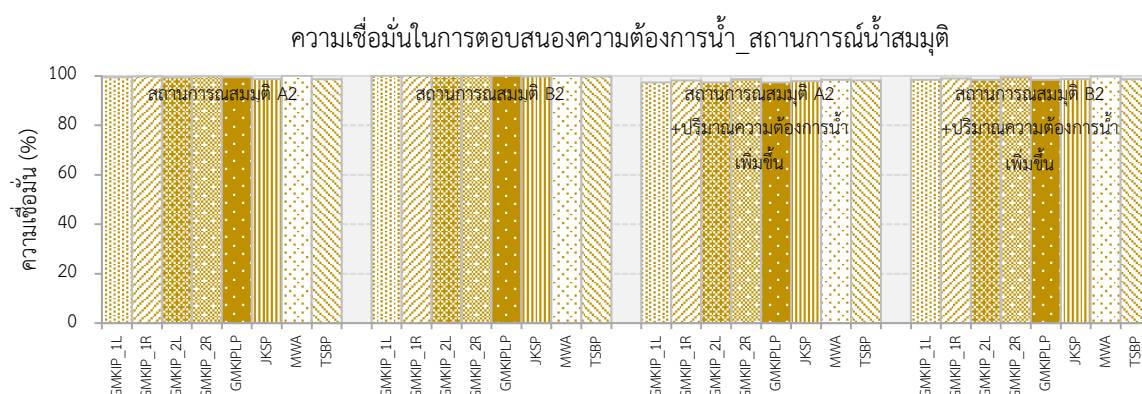
ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

ประสิทธิผลของการจำลองระบบ	สถานการณ์อ้างอิง (2543-2558)		สถานการณ์สมมุติ A2 (2559-2573)		สถานการณ์สมมุติ B2 (2559-2573)	
	WEAP	WEAP-MODFLOW	WEAP	WEAP-MODFLOW	WEAP	WEAP-MODFLOW
TN	97.40	98.44	99.48	99.73	99.48	99.73
MK	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
■ การผลิตพลังงานไฟฟ้า						
SNR	84.90	88.54	95.83	95.16	96.35	96.77
VJK	93.23	96.35	100.00	97.31	100.00	99.46
TN	90.10	93.23	97.40	95.70	96.88	97.31
MK	96.88	98.44	99.48	98.66	100.00	99.73

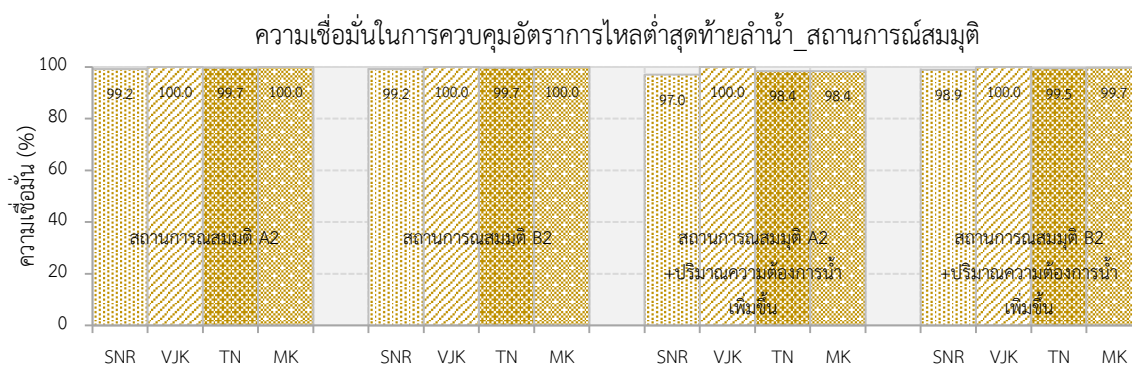
ผลการจำลองสถานการณ์สมมุติในอนาคต A2 ยังปรากฏการขาดน้ำในบางพื้นที่ อย่างไรก็ตามการขาดน้ำมีปริมาณค่อนข้างน้อยเมื่ออาศัยน้ำผิวดินเพียงอย่างเดียวจากระบบคลองชลประทาน และอาศัยน้ำใต้ดินมาช่วยเสริมน้ำผิวดิน สำหรับผลการจำลองสถานการณ์สมมุติในอนาคต B2 ไม่พบการขาดแคลนน้ำเลย นอกจากนี้ดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำชลประทาน ดชนีความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำน้ำ และดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองด้านพลังงานไฟฟ้าจากการจำลองสถานการณ์สมมุติ B2 มีแนวโน้มสูงกว่าสถานการณ์สมมุติ A2 ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยนำต้นทุนจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานการณ์สมมุติ B2 สูงกว่าสถานการณ์สมมุติ A2 ส่งผลให้ปริมาณการขาดน้ำน้อยกว่า สำหรับผลการจำลองสถานการณ์สมมุติในอนาคต A2 และ B2 กรณีกำหนดปริมาณความต้องการน้ำเพิ่มสูงขึ้นในบางกิจกรรมการใช้น้ำพบว่าปริมาณการขาดน้ำเพิ่มสูงขึ้น ในทำนองเดียวกันความรุนแรงของการขาดน้ำของสถานการณ์สมมุติในอนาคต B2 มีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับสถานการณ์สมมุติในอนาคต A2 ดังแสดงในภาพที่ 3-17 ถึงภาพที่ 3-20



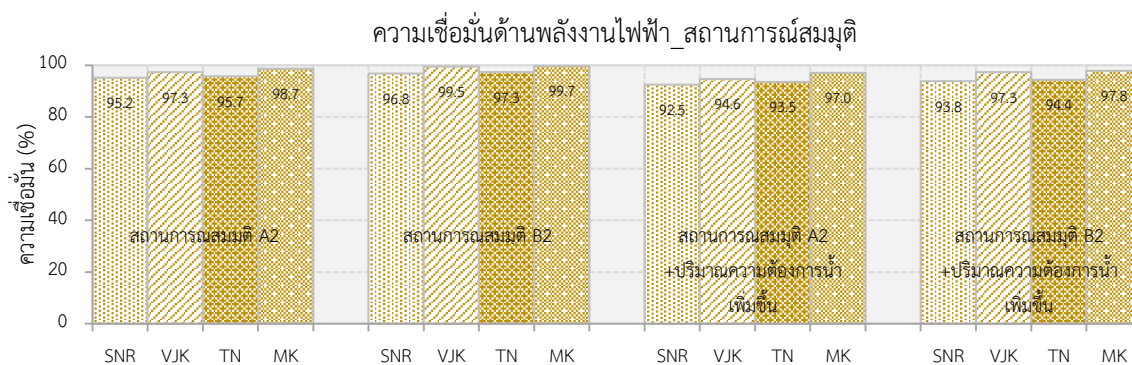
ภาพที่ 3-17 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการขาดน้ำภายใต้สถานการณ์สมมุติในอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2559-2573 ด้วยแบบจำลอง WEAP-MODFLOW



ภาพที่ 3-18 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำชลประทานภายใต้สถานการณ์สมมุติในอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2559-2573 ด้วยแบบจำลอง WEAP-MODFLOW

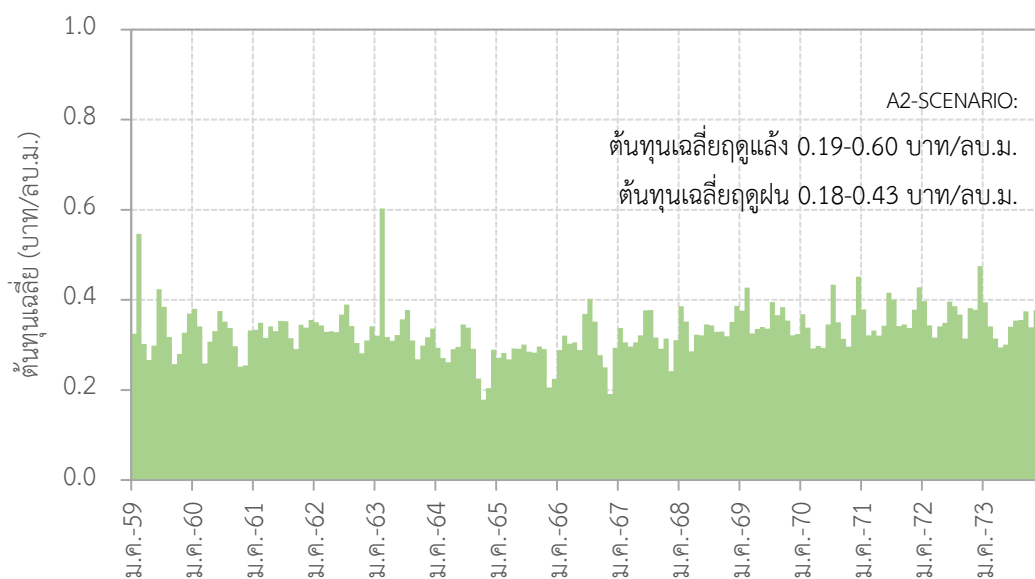


ภาพที่ 3-19 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำน้ำภายใต้สถานการณ์สมมุติในอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2559-2573 ด้วยแบบจำลอง WEAP-MODFLOW

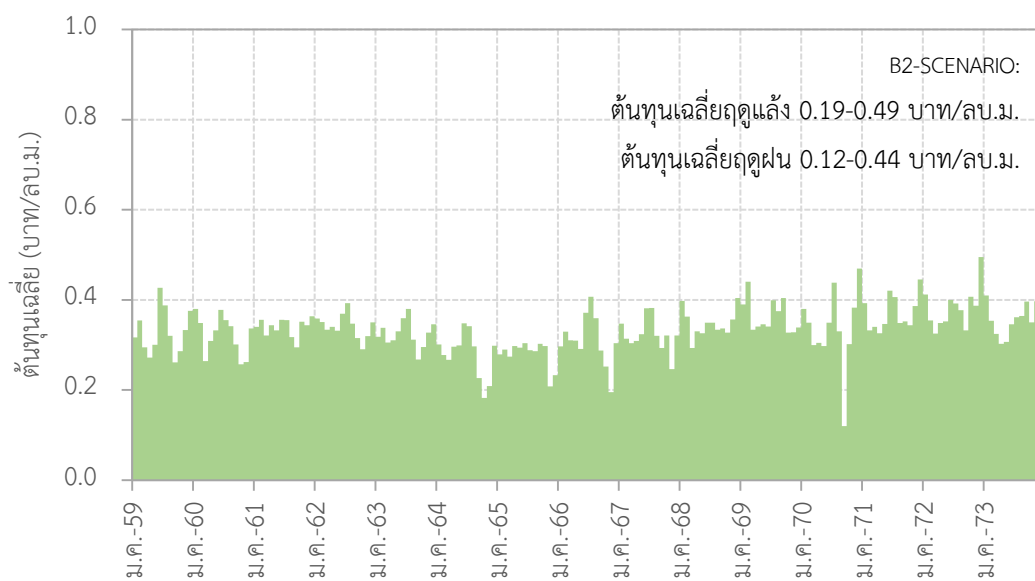


ภาพที่ 3-20 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองด้านพลังงานไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์สมมุติในอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2559-2573 ด้วยแบบจำลอง WEAP-MODFLOW

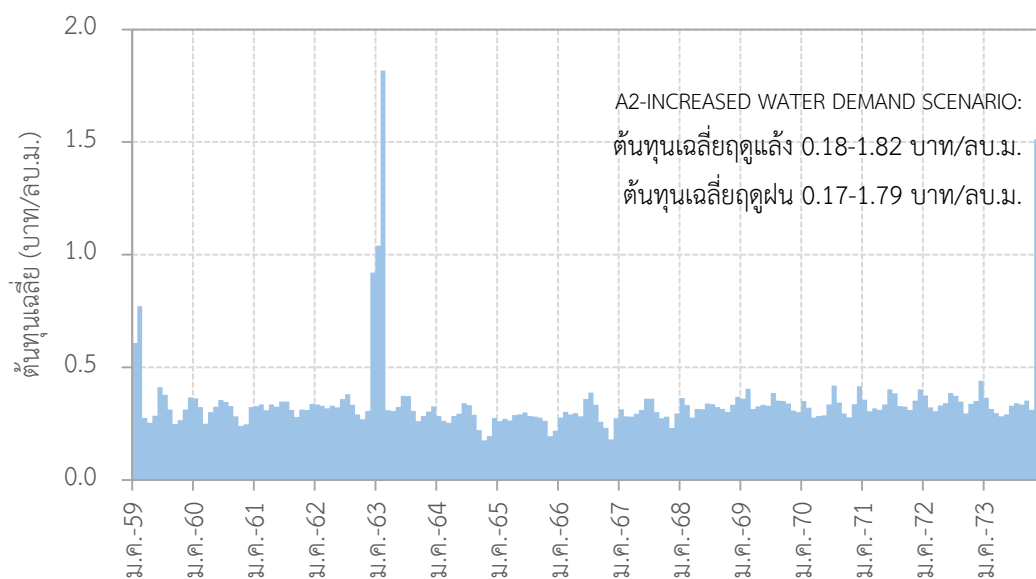
จากการวิเคราะห์ต้นทุนเฉลี่ยของการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานภายใต้สถานการณ์สมมุติในอนาคตทั้ง 4 สถานการณ์พบว่าต้นทุนเฉลี่ยในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝนเล็กน้อย ทั้งนี้ ต้นทุนเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนของน้ำใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินรวมกันเพื่อการชลประทานมีค่าอยู่ระหว่าง 0.19-0.60 และ 0.18-0.43 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สำหรับสถานการณ์สมมุติ A2 และค่าอยู่ระหว่าง 0.19-0.49 และ 0.12-0.44 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สำหรับสถานการณ์สมมุติ B2 และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอยู่ระหว่าง 0.18-1.82 และ 0.17-1.79 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน สำหรับสถานการณ์สมมุติ A2 กรณีเพิ่มปริมาณความต้องการน้ำในบางกิจกรรมการใช้น้ำอันเนื่องมาจากปัจจัยการขาดน้ำที่สูงกว่าสถานการณ์สมมุติอื่น ๆ และในขณะที่ต้นทุนเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนของน้ำใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินรวมกันของสถานการณ์สมมุติ B2 กรณีเพิ่มปริมาณความต้องการน้ำในบางกิจกรรมการใช้น้ำอยู่ระหว่าง 0.18-0.79 และ 0.18-0.62 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3-21 ถึงภาพที่ 3-24



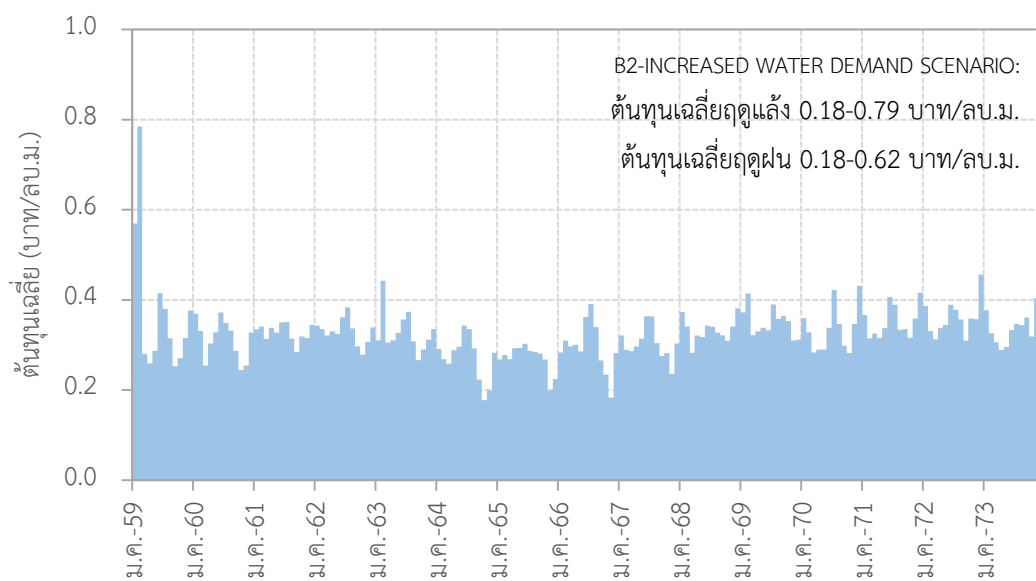
ภาพที่ 3-21 ดัชนีเฉลี่ยของการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานภายใต้สถานการณ์สมมุติในอนาคต A2



ภาพที่ 3-22 ดัชนีเฉลี่ยของการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานภายใต้สถานการณ์สมมุติในอนาคต B2



ภาพที่ 3-23 ต้นทุนเฉลี่ยของการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานภายใต้สถานการณ์สมมุติในอนาคต A2 และกำหนดปริมาณความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 3-24 ต้นทุนเฉลี่ยของการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานภายใต้สถานการณ์สมมุติในอนาคต B2 และกำหนดปริมาณความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น

3.4 การประเมินโอกาสความเป็นไปได้ในการนำรูปแบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษา

จากผลการศึกษาในบทที่ 2 หัวข้อ 2.4 แสดงให้เห็นว่ามีโอกาสความเป็นไปได้ในการนำรูปแบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษาเพื่อเพิ่มปริมาณการใช้น้ำใต้ดิน โดยเฉพาะในเขตพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ฝั่งซ้ายที่มีศักยภาพน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำใต้ดินสูงกว่าฝั่งขวาตามปัจจัยลักษณะของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน สภาพการไหลและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ ในขณะเดียวกันสัดส่วนการใช้น้ำใต้ดินปัจจุบันยังมีปริมาณค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำผิวดินจากระบบคลองชลประทาน นอกจากนี้การวางแผนการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในอนาคต โดยการเพิ่มอัตราการสูบน้ำใต้ดินในช่วงตั้งแต่ 24.00-26.41 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานปัจจุบันยังส่งผลต่อการลดลงของระดับน้ำใต้ดิน (Groundwater Drawdown) ไม่มากนัก กล่าวคือ การกำหนดค่าอัตราการสูบน้ำใต้ดินเพิ่มสูงขึ้น 20% ของอัตราการสูบน้ำใต้ดินปีปัจจุบันทำให้ระยะน้ำลดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นในช่วงตั้งแต่ 0.01-0.08 เมตร เท่านั้น ยิ่งไปกว่านั้นหากพิจารณาในมุมมองทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการวางแผนการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในอนาคต พบว่าต้นทุนเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนของการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินรวมกันเพื่อการชลประทานมีค่าอยู่ระหว่าง 0.18-0.86 และ 0.19-0.43 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าการพิจารณาต้นทุนในมุมมองของการจัดการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินแบบแยกส่วนโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนดำเนินการผันแปรของการใช้น้ำใต้ดินเพียงอย่างเดียวสูงถึง 6.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตามรูปแบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินที่เปลี่ยนแปลงไปข้างต้นนั้น ทำให้แนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Reoperation) ที่เขื่อนแม่กลองจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนตามไปด้วย ซึ่งผลจากการกำหนดสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำผิวดินที่ลดลงจะทำให้สามารถนำน้ำผิวดินไปใช้ในกิจกรรมอย่างอื่นได้เพิ่มสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นการผันน้ำไปให้การประปานครหลวงเพื่อเพิ่มการผลิตน้ำประปาหรือรับกับปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในชุมชนเมืองที่เพิ่มสูงขึ้น การผันน้ำไปใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เป็นต้น ส่งผลให้ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากแหล่งน้ำผิวดินในระยะยาวที่เขื่อนแม่กลองจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุป

4.1.1 การพัฒนาแบบจำลองการประเมินสถานการณ์น้ำและการวางแผน (WEAP) ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง

การพัฒนาแบบจำลองการประเมินสถานการณ์น้ำและการวางแผน (Water Evaluation And Planning Model, WEAP) สำหรับพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำแม่กลองเพื่อประเมินสถานะของน้ำต้นทุนในปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงของสถานะน้ำต้นทุนในอนาคตให้ผลสรุปดังนี้

(1) การจำลองระบบการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำระยะยาวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 ในลุ่มน้ำแม่กลอง ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์อ้างอิงชี้ให้เห็นว่าปริมาณการขาดน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองเริ่มปรากฏให้เห็นในเดือนธันวาคมปี พ.ศ. 2557 และต่อเนื่องไปถึงปี พ.ศ. 2558 โดยปริมาณการขาดน้ำทั้งหมดในปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2558 มีค่าเท่ากับ 399 และ 781 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าลุ่มน้ำแม่กลองกำลังเผชิญหน้ากับปัญหาการขาดแคลนน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้งในปัจจุบัน

(2) งานวิจัยนี้ได้อ้างอิงผลการศึกษาของ Shrestha (Shrestha, 2014) ที่ได้ทำนายการเปลี่ยนแปลงข้อมูลฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองในอนาคตจากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกโดยอาศัยแบบจำลองภูมิอากาศ (Regional Climate Model, PRECIS) ของสถานการณ์สมมุติ A2 และ B2 (Scenario A2, B2) ในช่วงปี พ.ศ. 2563 (ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2583) ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์สมมุติในอนาคตด้วยแบบจำลอง WEAP ระหว่างปี พ.ศ. 2559-2573 ประกอบด้วย 2 สถานการณ์สมมุติด้านปัจจัยน้ำต้นทุน และ 6 สถานการณ์สมมุติด้านปัจจัยความต้องการน้ำได้แสดงการเปรียบเทียบกับผลการจำลองสถานการณ์อ้างอิงในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณการขาดน้ำ (Unmet Demands) ดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำ (Water Demand Reliability) ดัชนีความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำนน้ำ (Minimum Flow Reliability) และดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้า (Power Reliability) ซึ่งผลการจำลองสถานการณ์อ้างอิงในอนาคต (Reference Scenario) พบว่า เกิดการขาดน้ำสำหรับสถานการณ์สมมุติ A2 อย่างไรก็ดีปริมาณความต้องการน้ำของทุกกิจกรรมการใช้น้ำได้รับการตอบสนองอย่างเต็มศักยภาพสำหรับสถานการณ์สมมุติ B2 ทำให้ไม่ปรากฏภาวะการขาดแคลนน้ำขึ้นเลย

นอกจากนี้การกำหนดสถานการณ์สมมุติด้านปัจจัยความต้องการน้ำที่คาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นตามแผนพัฒนาของกรมชลประทานในอนาคตของกรมชลประทานและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยพบว่า ภาวะการขาดแคลนน้ำและระดับความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำของทุกกิจกรรมการใช้น้ำจะแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามก็ตีสถานการณ์สมมุติ 1, 2, 4 และ 6 มีความเป็นไปได้ที่จะนำแนวทางดังกล่าวนี้ไปประยุกต์ใช้ในอนาคต กล่าวคือ สถานการณ์สมมุติ 1 กำหนดให้พื้นที่ชลประทานของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่เพิ่มขึ้น 15% จากเดิม 974,010 ไร่ ในปี พ.ศ. 2556 สถานการณ์สมมุติ 2 กำหนดให้ความต้องการน้ำที่ผันไปใช้ผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวงเพิ่มขึ้น 65% ของปริมาณน้ำที่ผันไปใช้จริงปัจจุบัน 352 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี สถานการณ์สมมุติ 4 กำหนดให้ความต้องการน้ำที่ผันไปใช้ในลุ่มน้ำท่าจีนเพื่อการเกษตรกรรมเพิ่มสูงขึ้น 10% ของความต้องการน้ำจริงปัจจุบัน 849 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และสถานการณ์สมมุติ 6 ได้เพิ่มโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำบ้านจั่นเคยเคยของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าทางภาคตะวันตกของประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากระดับความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำของทุกกิจกรรมการใช้น้ำยังคงอยู่ในระดับที่พึงพอใจภายใต้สถานการณ์สมมุติ A2 และ B2

4.1.2 การพัฒนาแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน (MODFLOW) ในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

การพัฒนาแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน (Model of Groundwater Flow, MODFLOW) ในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ให้ผลสรุปดังนี้

(1) ประสิทธิภาพของการเปรียบเทียบแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในสภาวะคงที่พบว่าค่าระดับน้ำเฉลี่ยที่คำนวณจากแบบจำลอง VISUAL MODFLOW และค่าระดับน้ำเฉลี่ยจากบ่อสังเกตการณ์มีค่าความเบี่ยงเบนคลาดเคลื่อนประมาณร้อยละ 5.756 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงถึง 0.978 อย่างไรก็ตามก็ตีผลการเปรียบเทียบพบว่าให้ค่าผลต่างของค่าระดับน้ำเฉลี่ยที่คำนวณจากแบบจำลองและค่าระดับน้ำเฉลี่ยจากบ่อสังเกตการณ์สูงบางบ่อโดยเฉพาะอย่างยิ่ง CWE97/1 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานยังค่อนข้างสูง

(2) ผลการจำลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2558 (2 ปี) พบว่ามีปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมดน้อยกว่าปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมดคิดเป็น 61.37 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี สำหรับปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมดเท่ากับ 5,720.79 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณน้ำเก็บกักของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (Storage) ปริมาณน้ำที่เติมลงสู่แม่น้ำ (River Leakage) และปริมาณการเติมน้ำใต้ดิน (Groundwater Recharge) ในขณะที่ปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมดเท่ากับ 5,659.42 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณน้ำเก็บกักของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (Storage) ปริมาณน้ำที่สูบไปใช้ในชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน

(Pumping Water from Wells) ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในแม่น้ำ (River Leakage) และปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช (Evapotranspiration, ET)

(3) ผลการจำลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2558 (5 ปี) พบว่ามีระดับเฮตนน้ำค้างที่กล่าวคือ มีความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมดและปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมดเล็กน้อยคิดเป็น 0.0283 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี อย่างไรก็ตามการจำลองการไหลของน้ำใต้ดินโดยอาศัยช่วงข้อมูลที่ยาวขึ้นโดยกำหนดให้อัตราการสูบน้ำใต้ดินไปใช้คงที่นั้น ส่งผลทำให้ปริมาณน้ำเก็บกักของชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงสำหรับปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมดคิดเป็น 4,394.49 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในขณะที่ปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมดเท่ากับ 5,659.42 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

(4) การกำหนดค่าอัตราการสูบน้ำใต้ดินเพิ่มสูงขึ้น 20% ของอัตราการสูบน้ำใต้ดินปี พ.ศ. 2558 สำหรับกรณีสถานการณ์สมมุติส่งผลให้ปริมาณน้ำใต้ดินถูกสูบน้ำไปใช้เพิ่มสูงขึ้นเป็น 403.01 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีอ้างอิงที่มีปริมาณการสูบน้ำใต้ดินไปใช้เท่ากับ 335.84 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ผลจากการเพิ่มอัตราการสูบน้ำใต้ดินไปใช้ทำให้ระยะน้ำลด (Groundwater Drawdown) เฉลี่ยของบ่อสังเกตการณ์จำนวน 29 บ่อของชั้นน้ำใต้ดินต่าง ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงตั้งแต่ 0.01-0.08 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีอ้างอิง

4.1.3 การพัฒนาแบบจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (WEAP-MODFLOW) ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่าง

การพัฒนาแบบจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (WEAP-MODFLOW) ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่างให้ผลสรุปดังนี้

(1) ผลการจำลองระบบระยะยาวของสถานการณ์น้ำอ้างอิงจากแบบจำลอง WEAP-MODFLOW ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 พบว่าปริมาณน้ำใต้ดินที่สูบน้ำมาใช้ผันแปรตามปริมาณการใช้น้ำผิวดินกล่าวคือ ปริมาณน้ำใต้ดินถูกสูบน้ำใช้ในปริมาณค่อนข้างสูงในช่วงปลายฤดูแล้งในเดือนเมษายนและค้อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม หลังจากนั้นปริมาณการใช้น้ำใต้ดินจะค้อย ๆ ลดลง ปริมาณการใช้น้ำใต้ดินรายปีเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษามีค่าเท่ากับ 363 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จากปริมาณน้ำการใช้น้ำเพื่อการชลประทานทั้งหมด 6,196 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็น 5.86% ของปริมาณการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินทั้งหมด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการจำลองกรณีอ้างอิงด้วยแบบจำลอง MODFLOW

(2) จากการเปรียบเทียบผลการจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินด้วยแบบจำลอง WEAP กับผลการจำลองระบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินด้วยแบบจำลอง WEAP-MODFLOW ของ

สถานการณ์น้ำอ้างอิงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2558 พบว่าการนำน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินมาใช้เสริมน้ำผิวดินที่จัดสรรมาจากเขื่อนแม่กลองทำให้ปริมาณการขาดน้ำซึ่งเดิมเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2558 ลดลงถึง 66.36% โดยการขาดน้ำจะเกิดขึ้นในช่วงเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคมของปี พ.ศ. 2558 เท่านั้น นอกจากนี้การจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินจะช่วยเพิ่มระดับความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ชำต้นกล่าวคือเพิ่มขึ้นในช่วงตั้งแต่ 0%-1.56% สำหรับความต้องการน้ำชลประทาน 0%-4.16% สำหรับการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำน้ำ และ 1.56%-3.64% สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้า

(3) ผลการจำลองสถานการณ์สมมุติในอนาคต A2 ยังปรากฏการขาดน้ำในบางพื้นที่ อย่างไรก็ตามการขาดน้ำมีปริมาณค่อนข้างน้อยเมื่ออาศัยน้ำผิวดินเพียงอย่างเดียวจากระบบคลองชลประทาน และอาศัยน้ำใต้ดินมาช่วยเสริมน้ำผิวดิน สำหรับผลการจำลองสถานการณ์สมมุติในอนาคต B2 ไม่พบการขาดแคลนน้ำเลย นอกจากนี้ดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองความต้องการน้ำชลประทาน ดัชนีความเชื่อมั่นในการควบคุมอัตราการไหลต่ำสุดท้ายลำน้ำ และดัชนีความเชื่อมั่นในการตอบสนองด้านพลังงานไฟฟ้าจากการจำลองสถานการณ์สมมุติ B2 มีแนวโน้มสูงกว่าสถานการณ์สมมุติ A2 ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยนำต้นทุนจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานการณ์สมมุติ B2 สูงกว่าสถานการณ์สมมุติ A2 ส่งผลให้ปริมาณให้ปริมาณการขาดน้ำน้อยกว่า สำหรับผลการจำลองสถานการณ์สมมุติในอนาคต A2 และ B2 กรณีกำหนดปริมาณความต้องการน้ำเพิ่มสูงขึ้นในบางกิจกรรมการใช้น้ำพบว่าปริมาณการขาดน้ำเพิ่มสูงขึ้น ในทำนองเดียวกันความรุนแรงของการขาดน้ำของสถานการณ์สมมุติในอนาคต B2 มีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับสถานการณ์สมมุติในอนาคต A2

(4) ผลการวิเคราะห์รูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินและโอกาสความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษา

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีโอกาสความเป็นไปได้ในการนำรูปแบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษาเพื่อเพิ่มปริมาณการใช้น้ำใต้ดินโดยเฉพาะในเขตพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ฝั่งซ้ายที่มีศักยภาพน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำใต้ดินสูงกว่าฝั่งขวาตามปัจจัยลักษณะของชั้นน้ำใต้ดิน สภาพการไหลและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ ในขณะเดียวกันสัดส่วนการใช้น้ำใต้ดินปัจจุบันยังมีปริมาณค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำผิวดินจากระบบคลองชลประทาน นอกจากนี้การวางแผนการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในอนาคตโดยการเพิ่มอัตราการสูบน้ำใต้ดินในช่วงตั้งแต่ 24.00-26.41 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานปัจจุบันยังส่งผลต่อการลดลงของระดับน้ำใต้ดิน (Groundwater Drawdown) ไม่มากนัก ยิ่งไปกว่านั้นหากพิจารณาในมุมมองทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการวางแผนการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในอนาคต พบว่าต้นทุนเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนของการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินร่วมกันเพื่อการชลประทานมีค่าอยู่

ระหว่าง 0.18-0.86 และ 0.19-0.43 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าการพิจารณาต้นทุนในมุมมองของการจัดการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินแบบแยกส่วนโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนดำเนินการผันแปรของการใช้น้ำใต้ดินเพียงอย่างเดียวสูงถึง 6.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตามรูปแบบการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินที่เปลี่ยนแปลงไปข้างต้นนั้น ทำให้แนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Reoperation) ที่เขื่อนแม่กลองจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนตามไปด้วย ซึ่งผลจากการกำหนดสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำผิวดินที่ลดลงจะทำให้สามารถนำน้ำผิวดินไปใช้ในกิจกรรมอย่างอื่นได้เพิ่มสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นการผันน้ำไปให้การประปานครหลวงเพื่อเพิ่มการผลิตน้ำประปารองรับกับปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในชุมชนเมืองที่เพิ่มสูงขึ้น การผันน้ำไปใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เป็นต้น ส่งผลให้ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากแหล่งน้ำผิวดินในระยะยาวที่เขื่อนแม่กลองจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

4.2 ข้อเสนอแนะ

(1) การพัฒนาแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโดยอาศัยแบบจำลอง VISUAL MODFLOW จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลน้ำใต้ดินระยะยาว และข้อมูลตรวจวัดอื่น ๆ ที่สมบูรณ์และมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งจะสะท้อนถึงประสิทธิภาพของแบบจำลองที่พัฒนาได้และความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์

(2) ความแตกต่างของลักษณะการทำงานของแบบจำลอง WEAP ซึ่งมีประเมินค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองแบบกลุ่มก้อน (Lumped Parameters) ในขณะที่แบบจำลอง MODFLOW ประเมินพารามิเตอร์แบบจำลองแบบกระจายค่าพารามิเตอร์ (Distributed Parameters) ตามจำนวนกริดเซลล์ที่ออกแบบ ส่งผลให้การเชื่อมโยงแบบจำลองน้ำผิวดินและแบบจำลองน้ำใต้ดินเข้าด้วยกัน WEAP-MODFLOW ต้องอาศัยเวลาค่อนข้างนานในการประมวลผล

(3) ซอฟต์แวร์ All_WATER_gw เวอร์ชัน 1.1.1 ถูกพัฒนาขึ้นมาสำหรับแบบจำลอง WEAP เวอร์ชัน 3.0 หรือต่ำกว่าเท่านั้น ทำให้งานวิจัยนี้ไม่สามารถนำเสนอรูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่โดยอาศัยเทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Technique) ใน 2 รูปแบบที่นำเสนอไว้คือ (1) รูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินบนพื้นฐานของปัจจัยน้ำต้นทุน (Water Supply-Based Optimization Model) และ (2) รูปแบบที่เหมาะสมของการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินบนพื้นฐานของปัจจัยด้านการเงิน (Financial-Based Optimization Model) ได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. (2485). *พระราชบัญญัติการชลประทานหลวง พ.ศ. 2485*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา.
- กรมชลประทาน. (2555). *คำสัมประสิทธิ์พีชโดยวิธี Penman-Monteith*. กรุงเทพฯ: ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา.
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2520). *พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา.
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2551). *โครงการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำใต้ดินโดยอาศัยแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อหาปริมาณการสูบน้ำที่เหมาะสมของชั้นน้ำใต้ดินตะกอนหินร่วน (Safe Yield) เป็นรายจังหวัด พื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนและแม่กลอง (รายงานฉบับสมบูรณ์)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2554). *โครงการจัดทำแผนบูรณาการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดินทั่วประเทศ และนำร่องการจัดการทรัพยากรน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดิน : พื้นที่ 3 ภาคกลางและภาคตะวันออก (รายงานฉบับสมบูรณ์)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2558). *อัตราค่าไฟฟ้าขายส่งสำหรับการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ประจำปีเงินพดศจิกายน 2558*. กรุงเทพฯ: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2560). *การพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมของกลุ่มน้ำแม่กลอง (รายงานฉบับสมบูรณ์)*. กรุงเทพฯ: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
- ณัฐพล เกิดสุข. (2551). *การศึกษาสภาพน้ำท่วมขังในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนโดยการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับการใช้แบบจำลองกลุ่มน้ำ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธนสาร อุดมโชค. (2545). *การจัดการน้ำใต้ดินและการประเมินประสิทธิผลโครงการพัฒนาน้ำใต้ดินสุโขทัย (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิศาล ชัยสาธน์. (2545). *การจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำใต้ดินในโครงการน้ำใต้ดินสุโขทัยโดยใช้โปรแกรม MODFLOW (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยุทธนา ตาละลักษณ์. (2556). *การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรีแบบบูรณาการ (วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ยุทธนา ตาละลักษมณ์ และปัญญา ขวัญยืน. (2554). การประยุกต์ใช้แบบจำลอง WEAP ในการจัดทำบัญชีน้ำของกลุ่มน้ำเพชรบุรี. ใน *รายงานการประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 4* (น. 238-245). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). (2555). *การดำเนินการด้านการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 กลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง: กลุ่มน้ำแม่กลอง*. กรุงเทพฯ: สสนก.
- สำนักงานประมาณ. (2560). *อัตราราคางานต่อหน่วย*. กรุงเทพฯ: กองมาตรฐาน 1 สำนักงานประมาณ.
- เอกสิทธิ์ ไชยสิทธิ์ และปัญญา ขวัญยืน. (2545). การจัดทำบัญชีน้ำในกลุ่มน้ำแม่กลอง. *วิศวกรรมสาร มก.*, 46, 122-133.
- Asian Development Bank. (2005). *Pilot and demonstration activities for Thailand Bangkok Pakong dialogue initiatives, TA6123-REG. Phase3*. Retrieved August 1, 2018 from <http://www.adb.org/Documents/PDAs/THA/Inception-Report.THA-Bangkok-Pakong-Dialogue.pdf>, August 11, 2005.
- Alfara, A. (2004). *Modeling water resources management in Lake Naivasha* (Master Thesis). Netherland: International Institute for Geo-information Science and Earth Observation.
- Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J. A., O'Connell, P.E. & Rasmussen, J. (1986). An introduction to the european hydrological system-systeme hydrologique europeen, SHE. 1 history and philosophy of a physically-based distributed modelling system. *J. of Hydrology*, 87, 45-59.
- Brodie, R., Sundaram, B., Tottenham, R., Hostetler, S., & Ransley, T. (2007). *An adaptive management framework for connected groundwater-surface water resources in Australia*. Australia: Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Bureau of Rural Sciences, National Landcare Programme, Australian Government.
- FAO. (1995). Land and water integration and river basin management. *Proceedings of an FAO Informal Workshop*. Rome: Italy.
- FAO. (1999). *CROPWAT 8.0*. Retrieved September 4, 2018 from <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Federal Institute for Geosciences and Natural Resource. (2018). *Groundwater*. Retrieved September 4, 2018 from https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Wasser/wasser_node_en.html.
- Global Water Partnership. (2000). *Integrated water resources management*. TAC Background Paper, No.4.
- Graham, D.N. & Butts, M.B. (2005). *Flexible integrated watershed modeling with MIKE SHE*. New York: CRC Press.
- Graham, D.N. (2005). *A hands-on introduction to MIKE SHE: integrated groundwater and surface water modelling*. Pathumthani: Asian Institute of Technology.
- Harbaugh, A.W. & Geological Survey. (2005). *MODFLOW-2005, the US geological survey modular groundwater model: the groundwater flow process*. US: Department of the Interior, Geological Survey.
- Harbaugh, A.W., Banta, E.R., Hill, M.C., & McDonald, M.G. (2000). *MODFLOW-2000, the US geological survey modular groundwater model: user guide to modularization concepts and the groundwater flow process*. US: Department of the Interior, Geological Survey.
- Ingol-Blanco, E., & McKinney, D. C. (2012). Development of a hydrological model for the Rio Conchos Basin. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(3), 340-351.
- Johnson, W.K. (1994). *Georgia-training No.34*.
- Kulsuwan, B. (1999). *Application of AQUARIUS for the Mae Klong River Basin* (Engineering Project). Nakhon Pathom: Kasetsart University.
- LeRoy, E. (2005). *Application of the WEAP System, Olifant Catchment* (Master Thesis). Republic of South Africa.
- Levite, H., Sally, H., & Cour, J. (2003). Testing water demand management scenarios in a water-stressed basin in South Africa: application of the WEAP model. *Physics and Chemistry of the Earth*, 28, 779-786.
- Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., & Veith, T.L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Trans. Asabe*, 50(3), 885-900.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Nouiri I. (2011). *ALL_WATER_gw version 1.1.1 software for groundwater resources management optimization: user's guide*. Retrieved September 4, 2018 from http://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/TZ/Acsad_dss/tool_weap-modflow_opt_allwater_user_guide.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- Peranginangin, N., Sakthivadivel, R., Scott, N.R., Kendy, E. & Steenhuis, T.S. (2003). Water accounting for conjunctive groundwater/surface water management: case of the Singkarak-Ombilin River basin, Indonesia. *J. of Hydrology*, 205, 1-22.
- Shi, F., Zhao, C., Sun, D., Peng, D., & Han, M. (2012). Conjunctive use of surface and groundwater in central Asia area: a case study of the Tailan River Basin. *Stoch Environ Res Risk Assess*, 26, 961-970.
- Shrestha, S. (2014). *Assessment of water availability under climate change scenarios in Thailand: Climate Change Impacts and Adaptation in Water Resources and Water Use Sectors*. Swizerland: Springer International Publishing.
- Sieber, J., Swartz, C., & Huber-Lee, A. (2005). *User Guide for WEAP21: WEAP Evaluation And Planning System*. Boston: Stockholm Environment Institute.
- Stockholm Environment Institute. (2005). *Tutorial: WEAP Evaluation And Planning System*. Retrieved August 1, 2018 from <http://www.weap21.org/index.asp?doc=13>, July 21, 2005.
- Vongvisessomjai, P. (1996). *Water management in the Sukhothai Groundwater Development Project* (Master Thesis). Pathumthani: Asian Institute of Technology.
- Winter, T.C., Harvey, J.W., Franke, O.L., & Alley, W.M. (1998). *Ground water and surface water a single resource*. Colorada: US Geological Survey Circular 1139.

ภาคผนวก ก

ภาพการลงพื้นที่ศึกษาฐานข้อมูลน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในกลุ่มน้ำแม่กลอง



ภาพผนวก ก-1 การใช้น้ำใต้ดินในไร่อ้อยโดยอาศัยระบบสปริงเกอร์



ภาพผนวก ก-2 การใช้น้ำใต้ดินในไร่ข้าวโพดโดยอาศัยระบบสปริงเกอร์



ภาพผนวก ก-3 การใช้น้ำใต้ดินในแปลงเพาะปลูกและใช้ในครัวเรือน



ภาพผนวก ก-4 บ่อโยกน้ำใต้ดินเพื่อใช้ในแปลงเพาะปลูก



ภาพผนวก ก-5 การสูบน้ำใต้ดินมาใช้ในการอุปโภคบริโภคในครัวเรือน



ภาพผนวก ก-6 สถานีวัดระดับน้ำและคุณภาพน้ำ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล



ภาพผนวก ก-7 สถานีวัดระดับน้ำและคุณภาพน้ำ (บ่อสังเกตการณ์) กรมทรัพยากรน้ำบาดาล



ภาพผนวก ก-8 คณะผู้วิจัยเยี่ยมชมเขื่อนแม่กลองและจุดผันน้ำ



ภาพผนวก ก-9 คณะผู้วิจัยเยี่ยมชมสถานีสูบน้ำใต้ดินไปใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคในครัวเรือน อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี

ภาคผนวก ข

ภาพการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการแผนงานที่ 1 เรื่อง

“การนำเสนอแนวคิด หลักการงานวิจัย และฝึกปฏิบัติการใช้งานแบบจำลองระบบการวางแผนและการ
ประเมินสถานการณ์น้ำ (Water Evaluation and Planning Model, WEAP)”

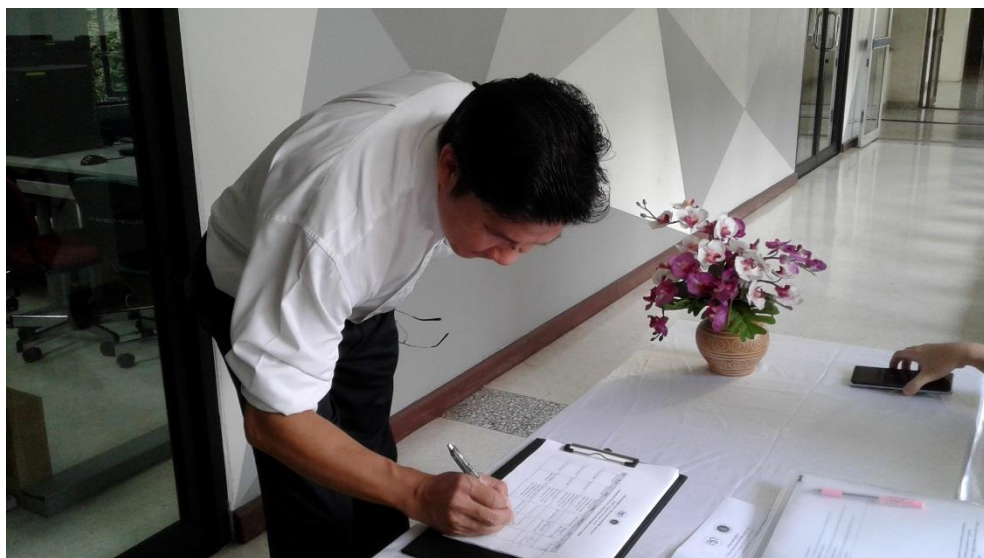


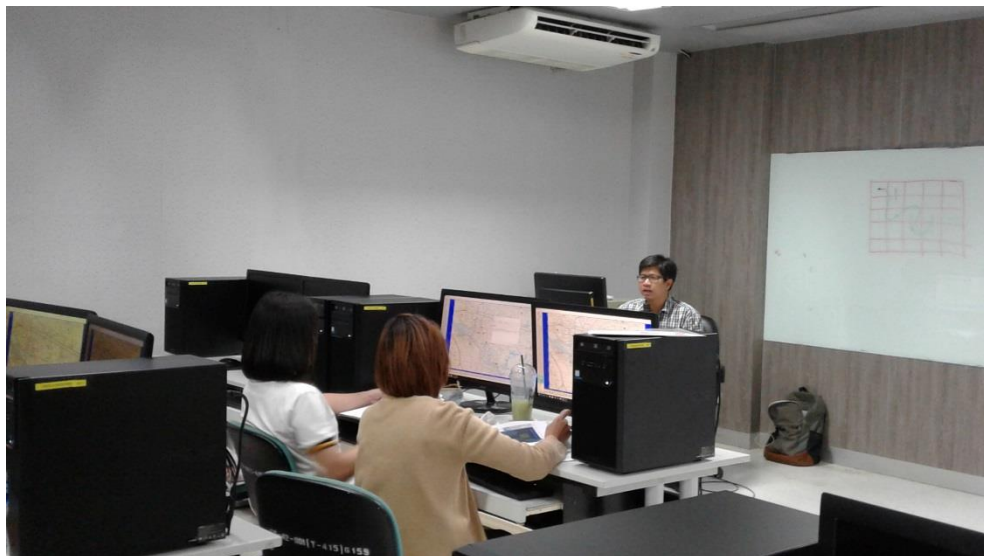
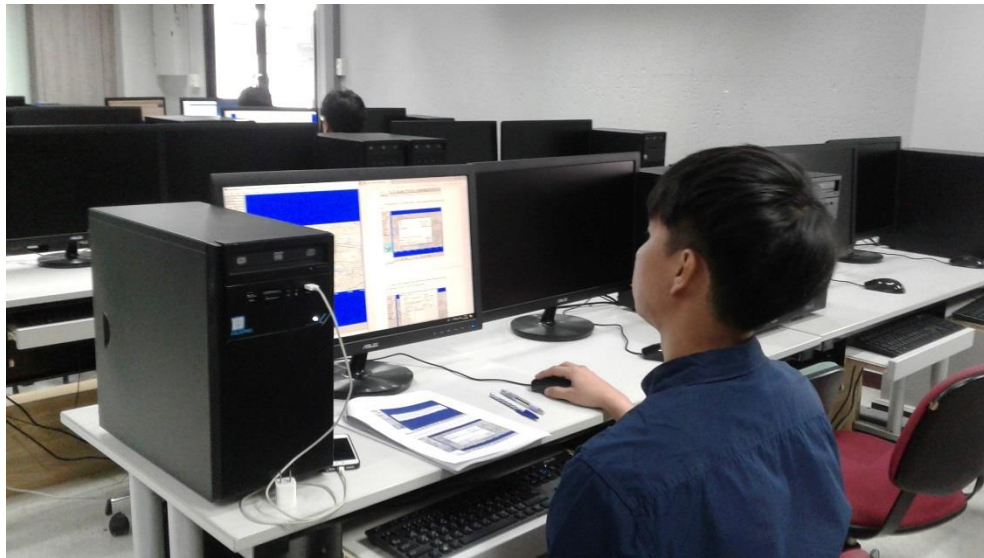
ภาพผนวก ข-1 บรรยากาศการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการแผนงานที่ 1 ภายใต้โครงการวิจัย

ภาคผนวก ค

ภาพการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการแผนงานที่ 2 เรื่อง

“การนำเสนอ สาคิตและฝึกปฏิบัติการการใช้งานแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน
(Model of Groundwater Flow, MODFLOW)”





ภาพผนวก ค-1 บรรยายภาคการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการแผนงานที่ 2 ภายใต้โครงการวิจัย