รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล และคณะ

ตุลาคม 2563

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล และคณะ

ตุลาคม 2563

สัญญาเลขที่ SIP6230016

รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผศ.ดร.ปิยธิดา เรืองรัศมี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. รศ.ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย	ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
5. คุณวาสนา สาทถาพร	สำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
6. คุณพรอุษา อุดมศิลป์	สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
7. Dr. Trần Thành Long	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
8. คุณชัญญานุช นันทิพัฒน์วงศ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
9. คุณสาวิตรี หล้าเรือง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม
แผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำ ปีที่ 1

คำนำ

น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่มีความสำคัญในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค น้ำอุตสาหกรรมและน้ำเพื่อการเกษตรกรรม โดยเฉพาะในช่วงที่แหล่งน้ำผิวดินไม่ว่าจะเป็นน้ำจากระบบชลประทาน หรือน้ำจากสระเก็บน้ำไม่เพียงพอในช่วงหน้าแล้ง สำหรับบริเวณพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทยในพื้นที่ชลประทาน มีการทำนาทั้งนาปี นาปรัง ซึ่งประสบกับการขาดแคลนน้ำที่ใช้โดยเฉพาะในช่วงแล้ง เกษตรกรได้ขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองในยามที่น้ำผิวดินขาดแคลน น้ำบาดาลในบริเวณนี้มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ไม่ต่ำกว่าปีละกว่า 1,000 ล้านลูกบาศก์เมตร (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2556) กรมทรัพยากรน้ำบาดาลโดยสำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล ได้ดำเนินโครงการระบบติดตามสถานการณ์น้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและคุณภาพน้ำบาดาล พร้อมทั้งดำเนินการประเมินผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาลจากการสูบใช้น้ำบาดาลระดับตื้นขึ้นมาใช้ในการเกษตรแต่ก็ไม่ได้ดำเนินการวิเคราะห์จัดทำแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำในสถานการณ์น้ำแบบต่าง ๆ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2561) เนื่องจากไม่สามารถระบุปริมาณที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมั่นใจ อันเนื่องมาจากยังไม่มีการพัฒนาระบบการประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลและบริหารจัดการตามสภาพปีน้ำ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ในการรู้สภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้และจะโยงให้กรมชลประทาน สามารถมีความชัดเจนในการนำน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำบาดาลมาใช้ในการบริหารจัดการได้

ทางทีมวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับสมบูรณ์เล่มนี้ จะมีเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งภาคราชการ ภาคเอกชน และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งสามารถนำองค์ความรู้ด้านการพัฒนาระบบการประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลและบริหารจัดการตามสภาพปีน้ำ มาวางแผนและตัดสินใจบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพและทันต่อสถานการณ์ทั้งในสภาวะปกติและสภาวะวิกฤติ

หัวหน้าโครงการวิจัย

ตุลาคม 2563

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาของโครงการ การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน สามารถดำเนินการมาได้ด้วยความร่วมมือจากหลายฝ่ายทั้งในด้านบุคลากร และการสนับสนุนข้อมูลในงานวิจัย ทางโครงการฯ ขอขอบคุณหน่วยงานทุกฝ่ายอันประกอบด้วย กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน ฯลฯ และการศึกษาครั้งนี้ ยังได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีตั้งแต่เริ่มโครงการฯ จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 1 ทางคณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณหน่วยงาน ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณหน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ประกอบการวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 1 สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัยมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

ตุลาคม 2563

บทสรุปผู้บริหาร

1. บทนำ

น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่มีความสำคัญในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค น้ำอุตสาหกรรมและน้ำเพื่อการเกษตรกรรม โดยเฉพาะในช่วงที่แหล่งน้ำผิวดินไม่ว่าจะเป็นน้ำจากระบบชลประทาน หรือน้ำจากสระเก็บน้ำไม่เพียงพอในช่วงหน้าแล้ง สำหรับบริเวณพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทยในพื้นที่ชลประทาน มีการทำนาทั้งนาปี นาปรัง ซึ่งประสบกับการขาดแคลนน้ำที่ใช้โดยเฉพาะในช่วงแล้ง เกษตรกรได้ขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองในยามที่น้ำผิวดินขาดแคลน น้ำบาดาลในบริเวณนี้มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ไม่ต่ำกว่าปีละกว่า 1,000 ล้านลูกบาศก์เมตร (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2556) กรมทรัพยากรน้ำบาดาลโดยสำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล ได้ดำเนินโครงการระบบติดตามสถานการณ์น้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและคุณภาพน้ำบาดาล พร้อมทั้งดำเนินการประเมินผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาลจากการสูบใช้น้ำบาดาลระดับตื้นขึ้นมาใช้ในการเกษตรแต่ก็ไม่ได้ดำเนินการวิเคราะห์จัดทำแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำในสถานการณ์น้ำแบบต่าง ๆ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2561) เนื่องจากไม่สามารถระบุปริมาณที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมั่นใจ อันเนื่องมาจากยังไม่มีการพัฒนาระบบการประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลและบริหารจัดการตามสภาพปีน้ำ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ในการรู้สภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้และจะโยงให้กรมชลประทาน สามารถมีความชัดเจนในการนำน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำบาดาลมาใช้ในการบริหารจัดการได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ 1) การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน เพื่อลดความเสียหายของพื้นที่เกษตรกรรมที่ขาดแคลนน้ำในภาวะน้ำแล้งได้ และ 2) การพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการรูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน

2. วัตถุประสงค์

1) การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน เพื่อให้รู้สภาพปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ในสถานะการณ์น้ำแบบต่าง ๆ และรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาลเพื่อสนับสนุนการพัฒนาในพื้นที่

2) พัฒนารูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน
3) กำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อน

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ระเบียบวิธีวิจัยในโครงการ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 12 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดและเทคนิคที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) เก็บรวบรวมข้อมูลและทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ย และอัตราการระเหย และข้อมูลปริมาณน้ำท่าข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกักจากอ่างเก็บน้ำและการจัดสรรน้ำ ซึ่งผลที่ได้จาการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ สภาพน้ำท่า สภาพการจัดสรรน้ำนี้จะถูกนำไปใช้ในงานวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำ ส่วนข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาล ได้แก่ ข้อมูลคุณลักษณะและสภาพชั้นน้ำบาดาล ข้อมูลติดตามระดับน้ำบาดาล และสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลที่ทบทวนรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง
2) วิเคราะห์ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา ข้อมูลการจัดสรรน้ำ ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาลและประมาณการใช้น้ำ
3) ประมาณปริมาณการใช้น้ำบาดาลจากข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างผิวดินและน้ำบาดาลจากการศึกษาที่ผ่านมา
4) สำรวจและกำหนดสถานีที่จะใช้เป็นระบบติดตามระดับน้ำบาดาล
5) ติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลและความชื้นในดินแบบ real time ในสถานีที่คัดเลือกว่าเหมาะสม
6) พัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล โดยใช้โปรแกรมจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาล MODFLOW
7) พัฒนาระบบรวบรวมข้อมูลreal time และ ระบบประเมินปริมาณน้ำบาดาลตามสภาพปีน้ำ
8) จำลองสภาพการของสถานการณ์น้ำบาดาลแบบต่าง ๆ ตามสภาพน้ำผิวดินโดยใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น และพิจารณา hotspot ของการใช้น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน เพื่อใช้ในการควบคุมจัดการทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินควบคู่กัน

9) ประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำบาดาลที่พัฒนาขึ้นประเมินปริมาณน้ำบาดาลในเงื่อนไขปีน้ำต่าง ๆ
10) ศึกษาแนวทางการจัดการให้น้ำบาดาลคืนสภาพที่ต้องการเมื่อปลายฝนทั้งในประเทศและต่างประเทศ
11) ทำการทบทวนการศึกษาที่มีมาของทางกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ประกอบการจัดทำแนวทางการจัดการน้ำร่วม เพื่อกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพปีน้ำ
12) สรุปรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพปีน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล โดยคำนึงทั้งจากผู้ควบคุมและผู้ใช้ ตามวัตถุประสงค์การใช้ และผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ จากการใช้น้ำที่ดีขึ้นแต่ละพื้นที่ เพื่อนำเสนอนโยบายในการจัดการน้ำร่วมที่เหมาะสมตามสภาพน้ำ
13) ติดตามและประเมินผลการใช้งาน

4. สรุปผลการศึกษา

4.1 สภาพน้ำผิวดิน

การศึกษาสภาพน้ำผิวดินได้ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน น้ำท่า และปริมาตรน้ำใช้การ ณ วันที่ 31 ตุลาคมในอ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลัก ซึ่งประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ และได้ทำการวิเคราะห์สมดุลน้ำโดยใช้ขอบเขตของลุ่มน้ำย่อยและขอบเขตของอำเภอในการกำหนดขอบเขตหน่วยย่อย การคำนวณการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมหลักในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย อุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม การเกษตร ธุรกิจ หน่วยงานราชการ และรักษาระบบนิเวศ สำหรับการจัดสรรน้ำอ้างอิงจากการศึกษาโครงการ วิเคราะห์สถานะของความมั่นคงด้านน้ำ ผลิตภาพจากน้ำ และภัยพิบัติเพื่อใช้ในการจัดทำแผนแม่บท โดยเฉพาะด้านน้ำ (รายงานฉบับสมบูรณ์, สกสว. 2562) โดยพิจารณาจากการเก็บกักแหล่งน้ำขนาดเล็ก การผลิตน้ำของการประปา และการจัดสรรน้ำผ่านคลองสายรอง การสูบน้ำและจัดสรรน้ำของหน่วยงานของรัฐ การส่งผ่านน้ำจากจุดกระจายน้ำของหน่วยงานของรัฐ การจัดสรรที่แปลงนาและการจำหน่ายของการประปา การส่งน้ำจากคลองส่งน้ำสายรองไปยังคลองซอยและกระบวนการกระจายน้ำผลิตจากแหล่งผลิตกระจายไปยังผู้ใช้น้ำ

จากข้อมูลปริมาตรน้ำใช้การ ณ วันที่ 31 ตุลาคมในอ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลัก ซึ่งประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ปีที่มีปริมาตรน้ำใช้การค่อนข้างน้อยมาก ได้แก่ ปี พ.ศ. 2557 และ 2558 ในการวิเคราะห์สภาพการขาดแคลนน้ำ จึงทำการ

วิเคราะห์ใน 2 ปีนี้ โดยในปี พ.ศ. 2557 ปริมาณน้ำขาดแคลนในภาคการเกษตรในเขตชลประทานประมาณ 1,058 ล้านลูกบาศก์เมตร นอกเขตชลประทาน 697 ล้านลูกบาศก์เมตร ปี พ.ศ. 2558 ปริมาณน้ำขาดแคลนในภาคการเกษตรในเขตชลประทานประมาณ 1,105 ล้านลูกบาศก์เมตร นอกเขตชลประทาน 736 ล้านลูกบาศก์เมตร

จากการทบทวนการศึกษาสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินที่ผ่านมาในพื้นที่ศึกษาที่มีการลงสำรวจการใช้น้ำ จากผลการศึกษาการใช้น้ำเกษตรกรรมในเขตและนอกเขตชลประทานของพื้นที่ลุ่มน้ำต่างๆในพื้นที่ศึกษาของโครงการการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณภาคกลางตอนบน (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2549) พบว่า ในเขตชลประทานเกษตรกรจะได้รับน้ำจัดสรรจากอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์หรือโครงการชลประทาน เพียงร้อยละ 60 ของความต้องการน้ำทั้งหมด ในขณะที่มีการใช้น้ำบาดาลเสริมเพียงร้อยละ 10 ของความต้องการน้ำทั้งหมด ซึ่งลุ่มน้ำที่มีการใช้น้ำร่วมสูงสุด คือ ลุ่มน้ำน่าน มีการใช้น้ำผิวดิน ร้อยละ 50 และ น้ำบาดาล ร้อยละ 19 และพฤติกรรมการสูบน้ำจะเน้นไปที่ช่วงฤดูแล้งเป็นหลัก เนื่องจากปริมาณน้ำที่ได้รับจากการจัดสรรไม่เพียงพอต่อพื้นที่เพาะปลูก

สำหรับสัดส่วนการใช้น้ำร่วมนอกเขตชลประทานพบว่า มีการใช้น้ำผิวดินเพื่อการเกษตร ร้อยละ 94 ของความต้องการน้ำทั้งหมด และใช้น้ำบาดาลเสริมประมาณ ร้อยละ 6 ของความต้องการน้ำทั้งหมด โดยลุ่มน้ำปิงมีการใช้น้ำร่วมสูงสุด กล่าวคือ มีการใช้น้ำผิวดินร้อยละ 86 และน้ำบาดาลร้อยละ 14 ส่วนใหญ่มีการใช้น้ำบาดาลเสริมในช่วงฤดูแล้งเช่นเดียวกับพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทาน และเป็นที่น่าสังเกตว่า ในลุ่มน้ำยมเป็นลุ่มน้ำที่มีศักยภาพน้ำบาดาลมาก ซึ่งมีการใช้น้ำบาดาลเสริมในฤดูแล้งสูงถึงร้อยละ 53 ของความต้องการน้ำทั้งหมด ซึ่งจากผลการศึกษาสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลจากการศึกษาของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2549) นำมาใช้ประมาณการใช้น้ำบาดาลในการศึกษานี้

4.2 สภาพน้ำบาดาล

4.2.1 ข้อมูลบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษา

จำนวนบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 จังหวัด ซึ่งเป็นฐานข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่มีการการเก็บรวบรวมข้อมูลปี พ.ศ. 2533-2561 พบว่ามีจำนวนบ่อน้ำบาดาลสะสมจำนวน 161,891 บ่อ และ จากฐานข้อมูลของ กชช. 2ค ของกรมพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2558 พบว่ามีบ่อน้ำตื้น (ใส่ปลอกซีเมนต์, ไม้, คอนกรีต และบ่อดิน) ในพื้นที่ศึกษา จำนวน 74,553 บ่อ จำแนกเป็นบ่อขุดส่วนตัวจำนวน 66,256 บ่อ และบ่อขุดสาธารณะ จำนวน 8,297 บ่อ และบ่อน้ำบาดาล (บ่อตอก บ่อ

เจาะ) จำนวน 83,727 บ่อ จำแนกเป็น บ่อบาดาลส่วนตัว จำนวน 74,513 บ่อ และบ่อบาดาลสาธารณะ จำนวน 9,214 บ่อ

4.2.2 การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล

ผลจากการประเมินปริมาณการสูบน้ำรายจังหวัดดังกล่าว พบว่าในพื้นที่ศึกษามีปริมาณการสูบน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 363-897 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี มีค่าเฉลี่ยการสูบน้ำบาดาลเท่ากับ 529 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี โดยในปี 2559 มีการสูบน้ำบาดาลมากสุดเท่ากับ 897 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณารายจังหวัดพบว่ามีค่าเฉลี่ยการสูบน้ำบาดาลในช่วง 19-168 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี โดยจังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณการสูบน้ำบาดาลสูงสุดกับ 168 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี และจังหวัดอุตรดิตถ์มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 19 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี ซึ่งผลการประเมินการสูบน้ำบาดาลเป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อทำการพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล

4.3 ระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

ทางโครงการฯได้ดำเนินการติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ จำนวน 4 ชุด ในบ่อสังเกตการณ์ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ดังนี้

1) วัดหนองหัวยาง (ม.7) หมู่ที่ 9 ตำบลท่าทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
2) วัดหนองต้นไทร หมู่ที่ 7 ตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร
3) วัดแปดอ้อม หมู่ที่ 7 ตำบลนิคมทุ่งโพธิ์ทะเล อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร
4) วัดหนองบัว หมู่ที่ 4 ตำบลหนองบัว อำเภอศรีนคร จังหวัดสุโขทัย

4.4 การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล

4.4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสภาพน้ำบาดาล

ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสภาพน้ำบาดาล ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับภูมิประเทศและการปกครอง ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยาน้ำผิวดิน ข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกวิทยาน้ำบาดาล และข้อมูลด้านปริมาณการใช้น้ำ และความต้องการใช้น้ำ

4.4.2 การออกแบบการจำลอง

การจำลองสภาพน้ำบาดาลได้ออกแบบแบบจำลองน้ำบาดาล โดยมีหน่วยย่อยของพื้นที่การคำนวณเป็นรูปสี่เหลียมจัตุรัสที่มีขนาดละเอียดมากขึ้นเป็น กว้าง 2 กิโลเมตร ยาว 2 กิโลเมตร

4.4.3 ขอบเขตเงื่อนไขแบบจำลองน้ำบาดาล

ในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองนั้น อาศัยข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาเรื่องการตัดแนวตัดขวาง พบว่าทางด้านแถบสุโขทัยลงมาจนถึงชัยนาทมีแนวหินแข็งซึ่งถือเป็นแนวเขตการจำลองน้ำบาดาลทางด้านตะวันตก และทางแถบจังหวัดอุตรดิตถ์ลงมาถึงนครสวรรค์มีแนวหินแข็งเช่นกัน ดังนั้นทางแถบด้านตะวันออกนี้กำหนดให้เป็นขอบเขตการจำลองเช่นกัน ทางทิศเหนือ คือจังหวัดสุโขทัยและอุตรดิตถ์ถูกปิดล้อมชั้นหินแข็งเช่นกัน จึงกำหนดให้แนวทั้งสามให้มีค่าเงื่อนไขขอบเขตแบบอัตราการไหลเข้าคงที่ ทิศใต้กำหนดให้มีแนวการไหลของน้ำบาดาลโดยกำหนดให้มีค่าเงื่อนไขขอบเขตแบบอัตราการไหลออกคงที่ ยกเว้นบริเวณตะวันออกของด้านใต้ซึ่งชนกับแนวหินจึงกำหนดให้เป็นแบบอัตราการไหลเข้าคงที่ ส่วนในชั้นน้ำส่วนล่าง ทิศเหนือ ตะวันออกและตะวันตกติดกับชั้นหินแข็งจึงกำหนดให้เป็นขอบเขตแบบไม่มีการไหล ส่วนทิศใต้กำหนดให้เป็นแนวการไหลของน้ำบาดาลที่มีอัตราคงที่เช่นกัน ด้านบนของแบบจำลองกำหนดให้เปิดสู่บรรยากาศ ด้านล่างกำหนดให้เป็นขอบเขตที่ไม่ยอมให้น้ำไหลผ่าน

4.4.4 การปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองน้ำบาดาล

ผลการปรับเทียบแบบการจำลองการไหลในสภาวะคงตัวในปี พ.ศ. 2536 เพื่อปรับแก้หาสัมประสิทธิ์ความซึมได้ ปรับอัตราการสูบและการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ -0.34 เมตร ค่า mean absolute error เท่ากับ 1.23 เมตร ค่า root mean square error (RMSE) เท่ากับ 1.46 เมตร

ผลของการจำลองการไหลในสภาวะไม่คง เริ่มตัวตั้งแต่ฤดูฝนปี พ.ศ. 2536 ถึงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2553 เพื่อปรับแก้หาสัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะแสดงดังรูปที่ 5-12 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.17 เมตร ค่า mean absolute error เท่ากับ 1.04 เมตร ค่า root mean square error (RMSE) เท่ากับ 1.35 เมตร

ผลเปรียบเทียบระดับน้ำของปี พ.ศ. 2553-2559 จากผลการจำลองในสภาวะไม่คงตัว เพื่อหาความความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 5-13 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อน

เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.27 เมตร ค่า mean absolute error เท่ากับ 1.3 เมตร ค่า root mean square error (RMSE) เท่ากับ 1.68 เมตร

จากผลการปรับเทียบและสอบทานดังกล่าวข้างต้นมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาล

4.4.5 สมดุลน้ำบาดาล

เมื่อแบบจำลองน้ำบาดาลได้ผ่านขั้นตอนการปรับเทียบและตรวจสอบแล้ว จากการพิจารณาปริมาณน้ำไหลเข้าและออกจากแอ่งน้ำบาดาลในปี 2546 (รูปที่ 5-14) พบว่าปริมาณน้ำบาดาลภายในแอ่งถูกเติมน้ำ (Recharge) ปริมาณน้ำที่เติมจากผิวดิน (Recharge) 151 ล้านลูกบาศก์เมตร ในฤดูฝน และ 51 ล้านลูกบาศก์เมตร ในฤดูแล้ง ซึ่งมีทั้งการเติมน้ำจากลำน้ำธรรมชาติและการซึมลงจากผิวดินโดยตรง และน้ำบางส่วนจะไหลลงสู่แอ่งน้ำบาดาลส่วนล่างบริเวณจังหวัดนครสวรรค์ นอกจากนั้นยังพบว่าการเติมน้ำจากแม่น้ำยังมีบทบาทที่สำคัญโดยในช่วงฤดูแล้งเท่ากับ 129 ล้านลูกบาศก์เมตร ในการเติมน้ำเข้าสู่แอ่งน้ำบาดาลนอกเหนือจากการซึมผ่านผิวดิน ในทางกลับกันในฤดูแล้งในบางพื้นที่ พบว่าน้ำบาดาลได้เติมน้ำกลับเข้าสู่ลำน้ำในปริมาณที่มากซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำบาดาลมีส่วนช่วยในการกักเก็บน้ำผิวดิน และเติมกลับสู่ผิวดินผ่านทางลำน้ำ

จากผลของการจำลองด้วยแบบจำลองน้ำบาดาล สามารถสรุปสภาพค่าการเติมน้ำจากฝน ค่าการเติมน้ำจากแม่น้ำ ค่าปริมาณการสูบน้ำ ค่าปริมาณการเก็บกักที่เปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำบาดาลและปริมาณฝน รายฤดู ปี พ.ศ. 2536-2559 พบว่าในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยของค่าการเติมน้ำจากฝนเท่ากับ 162 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าการเติมน้ำจากแม่น้ำ 91 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าปริมาณการสูบน้ำ -194.13 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าปริมาณการเก็บกักที่เปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำบาดาลมีค่า 83.85 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณฝนมีค่า 987 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยในฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ยของค่าการเติมน้ำจากฝนเท่ากับ 51 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าการเติมน้ำจากแม่น้ำ 162 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าปริมาณการสูบน้ำ -374 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าปริมาณการเก็บกักที่เปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำบาดาลมีค่า -91 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณฝนมีค่า 224 มิลลิเมตร

4.4.6 ศักยภาพน้ำบาดาล

จากการจำลองด้วยแบบจำลอง พบว่าค่าศักยภาพน้ำตามนิยามดังกล่าวทั้งพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 2,200 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี และเมื่อพิจารณาศักยภาพน้ำบาดาลรายจังหวัด พบว่า จังหวัดนครสวรรค์มี

ค่าเท่ากับ 519 ล้านลูกบาศก์เมตร อุตรดิตถ์มีค่าเท่ากับ 75 ล้านลูกบาศก์เมตร กำแพงเพชรมีค่าเท่ากับ 226 ล้านลูกบาศก์เมตร สุโขทัยมีค่าเท่ากับ 432 ล้านลูกบาศก์เมตร พิจิตรมีค่าเท่ากับ 416 ล้านลูกบาศก์เมตร และพิษณุโลกมีค่าเท่ากับ 533 ล้านลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในรูปที่ 5-14 และรูปที่ 5-15 เมื่อพิจารณาจากการสูบน้ำในปี 2560 พบว่าจะยังมีน้ำบาดาลสำรองที่จะใช้ได้อยู่อีก 1,441 ล้านลูกบาศก์เมตร แยกตามรายจังหวัดดังนี้นครสวรรค์มีค่าเท่ากับ 274 ล้าน ลบ.ม อุตรดิตถ์มีค่าเท่ากับ 63 ล้าน ลบ.ม กำแพงเพชรมีค่าเท่ากับ 160 ล้านลูกบาศก์เมตร สุโขทัยมีค่าเท่ากับ 272 ล้านลูกบาศก์เมตร พิจิตรมีค่าเท่ากับ 256 ล้านลูกบาศก์เมตร และพิษณุโลกมีค่าเท่ากับ 416 ล้านลูกบาศก์เมตร

4.4.7 การฟื้นคืนระดับน้ำบาดาลโดยการเติมน้ำบาดาล

จากการจำลองเมื่อกำหนดพื้นที่เติมน้ำใน 3 hotspot zone ด้วยอัตราการเติม 4,500 ลูกบาศก์เมตร/วัน/พื้นที่เติมน้ำแบบสระ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2563) ขนาดพื้นที่เติมน้ำ 3,200 ตารางเมตร (2 ไร่) พบว่า สามารถยกระดับน้ำขึ้นมาตามเป้าหมายที่วางไว้ในแต่ละพื้นที่ดังรูปที่ 5-17 ถึงรูปที่ 5-19 ซึ่งในบริเวณ hotspot zone 1 กำหนดมีพื้นที่เติมน้ำอยู่ 7 จุด มีค่าการเติมน้ำอยู่ในช่วง 3.8-7.4 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.4 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี hotspot zone 2 กำหนดมีพื้นที่เติมน้ำอยู่ 7 จุด มีค่าการเติมน้ำเท่ากับ 3.8-7.4 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.4 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี hotspot zone 3 กำหนดมีพื้นที่เติมน้ำอยู่ 2 จุด มีค่าการเติมน้ำเท่ากับ 1.1-2.3 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี

4.4.8 การประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและปีน้ำ

นำผลการจำลองสภาพระดับน้ำบาดาลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536-2559 และช่วงอนาคตปี พ.ศ. 2560-2580 นำชุดข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการหาความสัมพันธ์ เพื่อประเมินหาอัตราการสูบน้ำเมื่อทราบค่าระดับน้ำบาดาล ปริมาณฝน และค่าปริมาณเก็บกักน้ำในเขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์ โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network : ANN) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) มีรูปแบบโครงสร้างและการทำงานของการประมวลผลเหมือนกับสมองของสิ่งมีชีวิตซึ่งมีปรับเปลี่ยนตัวเองต่อการตอบสนองของปัจจัยนำเข้า(input)ตามกฎของการเรียนรู้ (learning rule) ได้ความสัมพันธ์นำไปใช้ในการพยากรณ์อนุกรมเวลา โดยในที่นี้จะเป็นการคาดการณ์การใช้น้ำของทั้ง 6 จังหวัด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือนรายจังหวัดพบว่าข้อมูลที่มีการกระจายค่อนข้างต่ำค่า R^2 ทั้งช่วง train และ verify ของ 6 จังหวัด มีค่ามากกว่า 0.9 จึงสามารถนำผลของความสัมพันธ์นี้โดยใช้ ANN ที่ได้ปรับพารามิตอร์ ได้แก่ ค่า weight ของ input และ bias ที่ได้ นำไปคาดการณ์ปริมาณการสูบน้ำรายเดือนต่อไปได้

4.5 รูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน

ในการศึกษาในอนาคต ควรมีการศึกษาการประยุกต์ธนาคารน้ำบาดาล (Groundwater Bank) ในพื้นที่ศึกษา ต้องมีการศึกษาการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ได้เท่าไรอย่างเหมาะสม เพื่อให้มีปริมาตรของชั้นน้ำบาดาลเหลือในการเก็บกักน้ำจากผิวดินไหลซึมลงสู่ใต้ดินในฤดูฝนที่มีน้ำมาก แล้วสามารถนำน้ำบาดาลที่เก็บกักไว้นี้มาเสริมใช้ในช่วงปี หรือฤดูกาลที่มีน้ำไม่เพียงพอจากการใช้น้ำผิวดิน มาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ทุ่งน้ำท่วมของแม่น้ำยม เพื่อเป็นกลไกในการบริหารจัดการในการเพิ่มความมั่นคงของน้ำด้านอุปทานโดยใช้น้ำบาดาลมาเสริมน้ำจากชลประทานหรือน้ำผิวดิน

4.6 การกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน

การศึกษาการใช้น้ำร่วมในพื้นที่ศึกษา จากการพิจารณาศักยภาพของสองโครงการขนาดใหญ่ที่จะดำเนินโดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาล คือ โครงการการเติมน้ำใต้ดินระดับตื้นฯ และกรมชลประทาน คือ โครงการบางระกำโมเดล บูรณาการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำ รองรับน้ำหลาก จะเห็นได้ว่าทั้งสองโครงการนี้มีศักยภาพมาก การศึกษาใช้น้ำร่วมต่อไปในอนาคตของผลกระทบของสองโครงการนี้ต่อน้ำบาดาลถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก

1. ควรติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาล แบบ Real-Time กระจายทั้งพื้นที่ศึกษา
2. ควรติดตั้งเครื่องมือวัดระดับในแม่น้ำแบบ Real-Time กระจายตลอดแม่น้ำ หรือคลองที่สำคัญในพื้นที่ศึกษา
3. ควรติดตั้งเครื่องวัดอัตราการซึมทั้งในพื้นที่เกษตรกรรมรูปแบบต่าง ๆ
4. ควรติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบ Real-Time
5. ประยุกต์ใช้แบบจำลองที่เชื่อมโยงระหว่างน้ำผิวดิน และน้ำบาดาล ภายใต้เงื่อนไขของสถานการณ์น้ำแบบต่าง ๆ และที่เกิดขึ้นจริงเพื่อประเมินปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลโดยใช้ข้อมูลจาก 1 – 4
6. นำผลการจำลองและข้อมูลที่เก็บได้มารวบรวมเป็นระบบฐานข้อมูลของสถานการณ์น้ำแบบต่าง ๆ ในการบริหารจัดการน้ำบาดาล และน้ำผิวดินในอนาคต เพื่อที่จะลดปัญหาภัยแล้ง และน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา
7. จัดทำมาตรการ(Protocol) หรือ เกณฑ์ปฏิบัติการ (Rule Curve) ในการบริหารการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดิน และน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา

Executive Summary

1. Introduction

Groundwater is an important water resource to every water use sector such as consumption, industry and agriculture, particularly during the time when the surface water resources supplied from irrigation systems and storage ponds are inadequate in the dry seasons. In the upper central region of Thailand, the irrigation areas having rice cropping both in wet and dry seasons have encountered water deficit particularly in the dry seasons. The farmers have dug the groundwater wells as an alternative water resource to be used during inadequate surface water resource. This region has a potential groundwater resource to be used annually not less than 1,000 million cu.m.(Chulalongkorn University, 2013). Department of Groundwater Resources by Bureau of Groundwater Conservation and Rehabilitation managed the groundwater monitoring system project to be used as a tool to monitor and assess the change of groundwater quantity and quality and assess the impact on the groundwater due to pumping groundwater from the shallow wells for agriculture but without developing groundwater modelling to assess the groundwater quantity in various water scenarios (Department of Groundwater Resources, 2018). Since it is unable to determine the groundwater quantity at sufficient confidence due to not yet existing a groundwater management system to assess and manage groundwater according to each water year. This groundwater management system will serve as an important tool for the Department of Groundwater Resources to determine the available groundwater for use and connect the information to the Royal Irrigation Department to know clearly the availability of groundwater resources for conjunctive use water management.

This research focuses to develop tools and technology containing two components as 1) develop a groundwater management system to increase efficiency of water management system for conjunctive use with surface water in order to reduce damage to agricultural areas due to water deficit and 2) develop technology of groundwater recharge method to recover the groundwater quantity back to the required level at the end of wet season.

2. Objectives

1) develop a groundwater management system to increase the efficiency of water management system for conjunctive use with surface water for determining the availability of groundwater resources in various water scenarios and develop a groundwater management pattern for supporting area development.
2) develop technology of groundwater recharge method to recover the groundwater quantity back to the required level at the end of rain season.
3) determine an appropriate conjunctive use model of groundwater and surface water according to the availability of groundwater resource and surface water in the reservoirs.

3. Operation steps

Research methodology in this project contains 12 steps explained as follows

1) Collect data and review related studies. The surface water data are climate data such as rain, air temperature, evaporation, runoff, reservoir storage and water allocation. The climate data are used to determine the water demand. The groundwater data are hydrogeological data such as characteristics of aquifers, groundwater level monitoring data and proportion of groundwater use in conjunctive use reviewed from the related studies.
2) Analyze the meteorological data, hydrological data, water allocation data, hydrogeological data and estimate water demand and water use quantity.
3) Estimate ground water use quantity using the data of proportion of conjunctive use of ground water and surface reviewed from the related studies.
4) Survey and specify the sites for groundwater monitoring system.
5) Install the real time data monitoring system of groundwater and soil moisture in the selected site stations.

6) Develop a groundwater model using groundwater flow simulation program namely MODFLOW.
7) Develop the real time groundwater data collecting system and the groundwater assessment system according to the type of water year.
8) Simulate groundwater scenarios using the developed system and consider the hotspot or critical area of conjunctive use of surface water and groundwater in order to manage the conjunctive use appropriately.
9) Apply the developed groundwater model to determine the availability of groundwater quantity in various water years and scenarios.
10) Develop technology of groundwater recharge method to recover the groundwater quantity back to the required level at the end of rain season by reviewing the studies from both within Thailand and foreign countries.
11) Review the previous studies on the subject of conjunctive use from the Department of Groundwater Resources in order to set up an appropriate conjunctive use model of groundwater and surface water according to the water years
12) Summarize the appropriate conjunctive use model of groundwater and surface water according to the water years and groundwater quality, considering both regulators, water users, objectives, economic contribution from improved water uses in the areas in order to propose a policy of appropriate conjunctive use according to the water years.
13) Monitor and evaluate the system effectiveness after operation.

4. Summary of study results

4.1 Surface water

The study on surface water collected and analyzed the data of rain, runoff and active reservoir storage at 31 October as the beginning of each water year in the four major reservoirs containing Bhumibol, Sirikit, Khwae Noi Bamrungdan and Pasak Cholasit. The study determined the water balance based on the boundaries of subbasins and Amphoe districts to define the unit boundaries. Water uses in the main sectors in the study area

contain consumption, industry, agriculture, commerce, government units and ecosystem. Water allocation data was reviewed and referenced from the project study on analysis on status of water security, water productivity and disaster for water master plan (Thailand Science Research and Innovation, TSRI, 2019) considering small water storage, water allocation through secondary canals by government units, water supply production and distribution.

From the data of active reservoir storage at 31 October in many years in the four major reservoirs, the years having low active reservoir storage are 2014 and 2015. Then these two years were studied for determining water deficit. In the year 2014, water deficits in the irrigation and non irrigation areas amounted to 1,058 and 697 million cu.m. respectively. In the year 2015, water deficits in the irrigation and non irrigation areas amounted to 1,105 and 763 million cu.m. respectively.

From the review on the previous study on the proportion of water use in conjunctive use in the study area by surveying conjunctive use in the irrigation and non irrigation areas in the upper central region (Department of Groundwater Resources, 2018), it was found that the irrigation areas received surface water from the irrigation at 60% of water demand and 10% from the groundwater. Nan basin utilized the most conjunctive use with 50% from surface water and 19% from groundwater. Groundwater pumping was done in the dry seasons mostly due to insufficient water allocation for agriculture. The non irrigation areas utilized much less conjunctive use with 94% from surface water and 6% from groundwater. Ping basin utilized the most conjunctive use with 86% from surface water and 14% from groundwater. Yom basin had the high groundwater storage and used the groundwater the dry seasons at 53% of water demand. The study result on the proportion of water use in conjunctive use by the Department of Groundwater Resources (2018) was used to estimate the groundwater use in the study area.

4.2 Groundwater

4.2.1 Groundwater Wells

The number of groundwater wells in the study area covering 6 provinces referred from the data base collected by the Department of Groundwater Resources during the years 1990 – 2018 amounted to 161,891 wells. From the data base collected by the Department of Community Development, Ministry of Interior in the year 2018, the number of shallow groundwater wells in the study area amounted to 74,553 wells divided into 66,256 private wells and 8,297 public wells and the number of deep groundwater wells in the study area amounted to 83,727 wells divided into 74,513 private wells and 9,214 public wells

4.2.2 Groundwater Use

From the estimation of groundwater pumping rates in each province during the years, the annual groundwater use rates in the study area covering 6 provinces were in the range of 363 – 897 million cu.m. and were averaged equal to 529 million cu.m., with the maximum groundwater pumping rate in the year 2016 equal to 897 million cu.m. Considering each province, the average annual groundwater use rates in each province were in the range of 19 - 168 million cu.m., in which Nakornsawan utilized the maximum average annual groundwater pumping rate equal to 168 million cu.m. and Uttaradit utilized the minimum average annual groundwater pumping rate equal to 19 million cu.m. The groundwater pumping rates were used as the input data into the groundwater model development.

4.2.3 Automatic Groundwater Monitoring and Recording System

The project team installed 4 sets of automatic groundwater monitoring and recording systems at 4 locations at the existing groundwater observation wells of the Department of Groundwater Resources as follows

1) Wat Nong Hua Yang, (M7) Moo 2, Tambon Tatong, Amphoe Muang, Pitsanulok province.
2) Wat Nong Ton Sai, Moo 7, Tambon Popratapchang, Amphoe Popratapchang, Pichit province.
3) Wat Pad Aom, Moo 7, Tambon Nikom Thungpotalae, Amphoe Muang, Kampaengphet province.
4) Wat Nong Bua, Moo 4, Tambon Nong Bua, Amphoe Srinakorn, Sukothai province.

4.4 Groundwater Model Development

4.4.1 Input Data

The data input into groundwater modelling were topography, government, meteorology, surface water hydrology, geology, groundwater hydrology, water use and water demand.

4.4.2 Model Setup

The groundwater model was set up containing a large number of grids or units of calculation area covering the study area. Each unit of calculation area was rectangular shape with the small size of 2 km * 2 km.

4.4.3 Model Boundary Conditions

The boundary conditions of the groundwater model was set up based on the hydrogeological data on the cross sections. The groundwater model was set up to contain two layers of aquifers. The boundary conditions for the upper layer was considered first. The hydrogeological cross section from Sukhothai to Chainat contains the solid rock, then this line is defined as the boundary condition on the west. Similarly, the hydrogeological cross section from Uttraradit to Nakornsawan contains the solid rock, then this line is defined as the boundary condition on the east. Also on the north, the hydrogeological

cross section from Sukhothai to Uttraradit contains the solid rock. Then these three sides were defined to be the boundary conditions of constant inflow rates. The south side was defined to be the boundary condition of constant outflow rate except of the eastern part of the south side connecting to the solid rock was defined to be the boundary condition of constant inflow rate. For the lower layer, the north, east and west sides were connected to the solid rocks and then were defined to be the no flow boundary conditions while the south side was defined to be the boundary condition of constant outflow rate. The top of the model was opened to atmosphere while the bottom of the model was defined to be the no flow boundary condition.

4.4.4 Model Calibration and Verification

The model was calibrated in the steady state flow in the year 1993 to calibrate the hydraulic conductivity, groundwater pumping rates and groundwater recharge. Comparing the computed groundwater levels to the observed data, the mean error, mean absolute error and root mean square error (RMSE) were -0.34 m., 1.23 m and 1.46 m. respectively.

The model was calibrated in the transient state flow beginning from the rainy season in the year 1993 to the dry season in the year 2010 to calibrate the specific yield. The mean error, mean absolute error and root mean square error (RMSE) were 0.17 m., 1.04 m and 1.35 m. respectively.

The model was verified by comparing the computed groundwater levels in the transient state flow to the observed data during the years 2010 -2016. The mean error, mean absolute error and root mean square error (RMSE) were 0.27 m., 1.3 m and 1.68 m. respectively.

The result of model calibration and verification had the errors within the acceptable level. Then, the model was applied to simulate the groundwater flow in the specified water scenarios.

4.4.5 Groundwater Balance

From groundwater flow modelling in the year 2003 considering the inflow and outflow from the groundwater storage, the groundwater recharge amounted to 151 million cu.m. in the rainy season and 51 million cu.m. in the dry season, recharging both from the open channels and the rain infiltrating through the ground surface. Some recharged water percolated to the lower groundwater storage at Nakornsawan. In some areas, the recharge from the rivers plays a crucial role in recharging groundwater in the dry season yielding up to 129 million cu.m. to the groundwater storage in addition to the percolation from the ground surface. Inversely, in the dry season in other areas, the groundwater will recharge back into the rivers in a considerable amount, showing the crucial role of groundwater to store the percolated surface water and return back to surface water into the rivers.

From the simulation results by the groundwater model, the recharge from rain, the recharge from rivers, groundwater pumping, groundwater storage change and rainfall amount in the rainy and dry seasons during the years 1993 – 2016 were summarized. In the rainy seasons, on the average, the recharge from rain = 162 million cu.m., the recharge from rivers = 91 million cu.m., groundwater pumping = -194 million cu.m., groundwater storage change = 84 million cu.m. and rainfall amount = 987 mm. In the dry seasons, on the average, the recharge from rain = 51 million cu.m., the recharge from rivers = 162 million cu.m., groundwater pumping = -374 million cu.m., groundwater storage change = -91 million cu.m. and rainfall amount = 224 mm.

4.4.6 Potential Groundwater

From groundwater flow modelling, the potential groundwater in the study area could yield water equal to 2,200 million cu.m./year. The potential groundwater in Nakornsawan amounted to 519 million cu.m./year. The potential groundwater in Uttradit amounted to 75 million cu.m./year. The potential groundwater in Kamphaengphet amounted to 226 million cu.m./year. The potential groundwater in Sukhothai amounted to 432 million cu.m./year. The potential groundwater in Pichit amounts to 416 million cu.m./year. The potential groundwater in Pitsanulok amounts to 533 million cu.m./year.

Subtracting groundwater pumping in the year 2017, there was remaining groundwater for use equal to 1,441 million cu.m. The remaining groundwater in Nakornsawan amounted to 274 million cu.m. The remaining groundwater in Uttradit amounted to 63 million cu.m. The remaining groundwater in Kamphaengphet amounted to 160 million cu.m. The remaining groundwater in Sukhothai amounted to 272 million cu.m. The remaining groundwater in Pichit amounted to 256 million cu.m. The remaining groundwater in Pitsanulok amounted to 416 million cu.m.

4.4.7 Artificial Groundwater Recharge

The artificial groundwater recharge through ponds was simulated in 3 hotspot zones with recharge rate of 4,500 cu.m./day/pond and each pond area equal to 3,200 sq.m. (the Department of Groundwater Resources, 2020). It was found that the groundwater levels could increase up to the target levels. In the hotspot zone 1, there was a plan to set up 7 recharge areas with recharge rate in the range of 3.8 – 7.4 million cu.m./year on the average of 6.4 million cu.m./year. In the hotspot zone 2, there was a plan to set up 7 recharge areas with recharge rate in the range of 3.8 – 7.4 million cu.m./year on the average of 6.4 million cu.m./year. In the hotspot zone 3, there was a plan to set up 2 recharge areas with recharge rate in the range of 1.2 – 2.3 million cu.m./year on the average of 2 million cu.m./year.

4.4.8 Groundwater Use Estimation for Groundwater conditions and Water Years

The simulated groundwater levels during the years 1993 – 2016 and in the future during the years 2017 – 2037 were used to determine the relationship for estimating the groundwater pumping rate when groundwater level, rainfall amount and water storage in Bhumibol and Sirikit reservoirs were known. The Artificial Neural Network (ANN), a science of Artificial Intelligence (AI) was used. The structure and operation of data analysis was similar to the brain of human, as it was able to adjust the network to response to the input according to the learning rule. The result can be used to predict the time series of groundwater uses in the 6 provinces. Comparing the observed data and the computed

values with ANN of monthly groundwater pumping data in the provinces, the computed values yielded low errors with coefficient of correlation (R^2) for both training and testing ANN more than 0.9. Therefore, this relationship using the ANN with the resulting input weights and bias parameters can be used to predict monthly groundwater pumping rate.

4.5 Artificial Groundwater Recharge

It is recommended that there should be a study on artificial groundwater recharge by a method of Groundwater Bank in the study area. The study will be done to determine the appropriate groundwater pumping rate to prepare available storage of aquifers to store the surface water percolating into groundwater in the rainy seasons. Then the stored groundwater can be pumped to support surface water during the year or the season having water deficit due to inadequate surface water. The artificial groundwater recharge can be applied in the floodplain areas in the Yom river. The artificial groundwater recharge can be a tool in the water management to strengthen the water security by managing the groundwater to support the irrigation water or surface water.

4.6 Conjunctive use of Groundwater and Surface water according to Groundwater and Surface water Conditions

The conjunctive use of groundwater and surface water was studied considering 2 active projects at present. One project is managed by the Department of Groundwater Resources : Groundwater recharge in shallow well project. Another project is managed by the Royal Irrigation Department : Bangrakam model project, integrating the floodplain management and flood storage. These two projects are considered to be high potential to strengthen water management. Future study on the conjunctive use of the two projects assessing the impact on the groundwater is important. These following items are recommended to be done.

1. Install real time groundwater measuring instruments covering the study area.
2. Install real time river water levels measuring instruments along the rivers in the study area.

3. Install infiltrometers in the agricultural areas.
4. Install real time rainfall measuring instruments.
5. Apply the model connecting groundwater and surface to simulate the interaction between groundwater and surface in various and actual water scenarios based on the data obtained from items 1 – 4.
6. Integrate the simulation results and observed data to set up the database of water scenarios for future groundwater and surface water management in order to reduce water deficit and flood problems in the study area.
7. Develop a protocol or a rule curve for conjunctive use management of groundwater and surface water in the study area.

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : SIP6230016

ชื่อโครงการ : การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน

ชื่อนักวิจัย :

รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.ปิยธิดา เรืองรัศมี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย	ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
คุณวาสนา สาทถาพร	สำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
คุณพรอุษา อุดมศิลป์	สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
Dr. Trần Thành Long	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
คุณชัญญานุช นันทิพัฒน์วงศ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
คุณสาวิตรี หล้าเรือง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

e-mail address : CU_WRSRU@hotmail.com

ระยะเวลาโครงการ : 30 สิงหาคม 2562 - 30 ตุลาคม 2563

คำสำคัญ : แบบจำลองน้ำบาดาล การจัดการน้ำบาดาล การบริหารน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน

น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่มีความสำคัญในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค น้ำอุตสาหกรรมและน้ำเพื่อการเกษตรกรรม โดยเฉพาะในช่วงที่แหล่งน้ำผิวดินไม่ว่าจะเป็นน้ำจากระบบชลประทาน หรือน้ำจากสระเก็บน้ำไม่เพียงพอในช่วงหน้าแล้ง สำหรับบริเวณพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทยในพื้นที่ชลประทาน มีการทำนาทั้งนาปี นาปรัง ซึ่งประสบกับการขาดแคลนน้ำที่ใช้โดยเฉพาะในช่วงแล้ง เกษตรกรได้ขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองในยามที่น้ำผิวดินขาดแคลน น้ำบาดาลในบริเวณนี้มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ไม่ต่ำกว่าปีละกว่า 1,000 ล้านลูกบาศก์

เมตร (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2556) กรมทรัพยากรน้ำบาดาลโดยสำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล ได้ดำเนินโครงการระบบติดตามสถานการณ์น้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและคุณภาพน้ำบาดาล พร้อมทั้งดำเนินการประเมินผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาลจากการสูบใช้น้ำบาดาลระดับตื้นขึ้นมาใช้ในการเกษตรแต่ก็ไม่ได้ดำเนินการวิเคราะห์จัดทำแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำในสถานการณ์น้ำแบบต่าง ๆ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2561) เนื่องจากไม่สามารถระบุปริมาณที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมั่นใจ อันเนื่องมาจากยังไม่มีการพัฒนาระบบการประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลและบริหารจัดการตามสภาพปีน้ำ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ในการรู้สภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้และจะโยงให้กรมชลประทาน สามารถมีความชัดเจนในการนำน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำบาดาลมาใช้ในการบริหารจัดการได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ 1) การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน เพื่อลดความเสียหายของพื้นที่เกษตรกรรมที่ขาดแคลนน้ำในภาวะน้ำแล้งได้ และ 2) การพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการรูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน

Abstract

Project code : SIP6230016

Project Name : The development of groundwater management system to improve conjunctive use water management system.

Researcher Team :

Assoc.Prof.Dr.Tuantan Kitpaisalsakul	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Asst.Prof.Dr.Piyatida Ruangrassamee	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Dr.Chokchai Suthidhummajit	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Assoc.Prof.Dr.Phatcharasak Arlai	Center of Excellence on Sustainable Water Resources Management, Nakhon Pathom Rajabhat University
Mrs.Wasana Sartthaporn	Department of Groundwater Resources.
Miss Pornusa Udomslip	Department of Groundwater Resources.
Dr. Trần Thành Long	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Miss Chanyanut Nantipatwong	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Miss Sawitree Larueng	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

e-mail address : CU_WRSRU@hotmail.com

Project Duration : 30 August 2019 - 30 October 2020

Keywords : groundwater model, groundwater management, conjunctive use

Groundwater is an important water resource to every water use sector such as consumption, industry and agriculture, particularly during the time when the surface water resources supplied from irrigation systems and storage ponds are inadequate in the dry seasons. In the upper central region of Thailand, the irrigation areas having rice cropping both in wet and dry seasons have encountered water deficit particularly in the dry seasons. The farmers have dug the groundwater wells as an alternative water resource to be used during inadequate surface water resource. This region has a potential groundwater resource to be used annually not less than 1,000 million cu.m. (Chulalongkorn University, 2013). Department of Groundwater Resources by Bureau of Groundwater Conservation and Rehabilitation managed the groundwater monitoring system project to be used as a tool to monitor and assess the change of groundwater quantity and quality and assess the impact on the groundwater due to pumping groundwater from the shallow wells for agriculture but without developing groundwater modelling to assess the groundwater quantity in various water scenarios (Department of Groundwater Resources, 2018). Since it is unable to determine the groundwater quantity at sufficient confidence due to not yet existing a groundwater management system to assess and manage groundwater according to each water year. This groundwater management system will serve as an important tool for the Department of Groundwater Resources to determine the available groundwater for use and connect the information to the Royal Irrigation Department to know clearly the availability of groundwater resources for conjunctive use water management.

This research focuses to develop tools and technology containing two components as 1) develop a groundwater management system to increase efficiency of water management system for conjunctive use with surface water in order to reduce damage to agricultural areas due to water deficit and 2) develop technology of groundwater recharge method to recover the groundwater quantity back to the required level at the end of rain season.

สารบัญ

หน้า

รายชื่อคณะวิจัย
คำนำ
กิตติกรรมประกาศ
บทสรุปผู้บริหาร
Executive Summary
บทคัดย่อ
Abstract
สารบัญ
สารบัญรูป
สารบัญตาราง

บทที่ 1 บทนำ **1-1**
1.1 หลักการและเหตุผล 1-1
1.2 วัตถุประสงค์ 1-2
1.3 เป้าหมาย 1-2
1.4 พื้นที่ศึกษา 1-2
1.5 ระเบียบวิธีวิจัย 1-2
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 1-4
1.7 องค์ประกอบของร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ 1-5

บทที่ 2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา **2-1**
2.1 สภาพภูมิประเทศและภูมิสัณฐาน 2-2
2.2 ระบบลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา 2-4
2.3 สภาพการใช้ที่ดิน 2-7
2.4 ปริมาณน้ำฝน 2-11
2.5 ปริมาณน้ำท่า 2-15
2.6 แหล่งน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำ 2-19
2.7 สภาพธรณีสัณฐานและธรณีวิทยา 2-21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8 สภาพอุทกธรณีวิทยา	2-25
2.8.1 การเกิดชั้นน้ำบาดาล	2-25
2.8.2 ลักษณะของชั้นน้ำบาดาล	2-26
2.9 สภาพเศรษฐกิจสังคม	2-27
2.9.1 ประชากร	2-27
2.9.2 อุตสาหกรรม	2-28
2.9.3 สภาพทางเศรษฐกิจ	2-28
บทที่ 3 การศึกษาสภาพน้ำผิวดิน	**3-1**
3.1 โครงข่ายพื้นที่ย่อยของการใช้น้ำ	3-1
3.2 การใช้น้ำในกิจกรรมหลักในพื้นที่ศึกษา	3-2
3.2.1 การใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภค	3-2
3.2.2 การใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรม	3-3
3.2.3 การใช้น้ำเพื่อการเกษตร	3-5
3.3 การจัดสรรน้ำ	3-7
3.4 สมดุลน้ำผิวดินและการขาดแคลนน้ำ	3-9
3.5 การทบทวนการศึกษาสัดส่วนของการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล	3-14
บทที่ 4 การศึกษาสภาพน้ำบาดาล	**4-1**
4.1 ข้อมูลบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษา	4-1
4.1.1 บ่อน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตร	4-1
4.1.2 บ่อสังเกตการณ์	4-3
4.2 การแบ่งชั้นน้ำบาดาล	4-4
4.3 คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล	4-12
4.3.1 การรวบรวมข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล	4-13
4.3.2 คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล	4-17
4.3.3 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล	4-19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 การพัฒนาระบบบริหารการจัดการน้ำบาดาล	**5-1**
5.1 ขั้นตอนการพัฒนาการจำลองน้ำบาดาล	5-1
5.2 ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสภาพน้ำบาดาล	5-3
5.2.1 ข้อมูลภูมิประเทศและการปกครอง	5-3
5.2.2 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยาน้ำผิวดิน	5-5
5.2.3 ข้อมูลด้านธรณีวิทยา และอุทกวิทยาน้ำบาดาล	5-5
5.2.4 ข้อมูลด้านปริมาณการใช้น้ำและความต้องการใช้น้ำ	5-6
5.3 การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด	5-7
5.4 การออกแบบการจำลองและช่วงระยะเวลาในการคำนวณ	5-8
5.5 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต	5-13
5.6 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการพัฒนาแบบจำลอง	5-15
5.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage Coefficient)	5-15
5.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Transmissivity)	5-16
5.6.3 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำในแนวดิ่ง	5-17
5.7 ประเภทของชั้นน้ำบาดาล	5-17
5.8 ค่าระดับน้ำหรือความดันน้ำเริ่มต้น	5-17
5.9 อัตราการเติมน้ำ	5-18
5.10 การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล	5-21
5.10.1 น้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภค	5-21
5.10.2 น้ำบาดาลเพื่อการพาณิชย์และอุตสาหกรรม	5-22
5.10.3 น้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรม	5-22
5.11 การปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองน้ำบาดาล	5-26
5.12 สมดุลน้ำบาดาล	5-29
5.13 การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำบาดาล	5-32
5.13.1 ศักยภาพน้ำบาดาล	5-32
5.13.2 การฟื้นคืนระดับน้ำบาดาลโดยการเติมน้ำบาดาล	5-35
5.13.3 การประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและปีน้ำ	5-37
5.14 ระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ	5-45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.14.1 หลักเกณฑ์การพิจารณาตำแหน่งติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ	5-45
5.14.2 การติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ	5-45
บทที่ 6 การพัฒนารูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน	**6-1**
6.1 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	6-1
6.1.1 กรณีศึกษาในประเทศไทย	6-1
6.1.2 กรณีศึกษาในต่างประเทศ	6-4
6.2 การเติมน้ำบาดาลในประเทศไทย	6-5
6.3 รูปแบบการเพิ่มเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล	6-8
6.4 การเพิ่มเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษา	6-12
บทที่ 7 การกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน	**7-1**
7.1 การศึกษาการใช้น้ำร่วม	7-1
7.2 การกำหนดรูปแบบแนวทางการใช้น้ำร่วมที่เหมาะสม	7-3
บทที่ 8 บทสรุป	**8-1**
8.1 สภาพน้ำผิวดิน	8-1
8.2 สภาพน้ำบาดาล	8-2
8.3 ระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ	8-3
8.4 การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล	8-3
8.5 สมดุลน้ำบาดาล	8-4
8.6 ศักยภาพน้ำบาดาล	8-4
8.7 การฟื้นคืนระดับน้ำบาดาลโดยการเติมน้ำบาดาล	8-5
8.8 การประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและปีน้ำ	8-6
8.9 รูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน	8-6

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

8.10 การกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน 8-7

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

ก สถานีอุตุนิยมวิทยา และสถานีอุทกวิทยา

ข ปริมาณการจัดสรรน้ำ ปี พ.ศ. 2550-2558

ค ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2536-2559

ง รายละเอียดระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

จ รายงานภาคสนาม

ฉ การประชุมนำเสนอผลการศึกษา

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	1-4
2-1	พื้นที่ศึกษา	2-1
2-2	สภาพภูมิประเทศในพื้นที่ภาคกลางตอนบน	2-3
2-3	แผนที่ลุ่มน้ำและลุ่มน้ำสาขาในพื้นที่ภาคกลางตอนบน	2-5
2-4	สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ. 2559	2-8
2-5	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาแบ่งตามรายจังหวัดปี พ.ศ. 2559 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559)	2-9
2-6	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาแบ่งตามลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2559 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559)	2-10
2-7	ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนของหน่วยงานต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา	2-12
2-8	แผนที่เส้นชั้นน้ำฝนเท่าของปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย 30 ปี ในช่วงปีพ.ศ. 2524-2553	2-13
2-9(ก)	ค่าผลต่างระหว่างปริมาณฝนรายปี และค่าเฉลี่ยฝนรายปี 30 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2531-2560	2-14
2-9(ข)	ค่าผลต่างระหว่างปริมาณฝนรายปี และค่าเฉลี่ยฝนรายปี 30 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2531-2560	2-14
2-10	สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา	2-16
2-11	สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษาที่มีข้อมูลอย่างน้อย 20 ปี	2-17
2-12	เปอร์เซ็นต์ระดับน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล พ.ศ. 2533 - 2562	2-19
2-13	เปอร์เซ็นต์ระดับน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ พ.ศ. 2533 - 2562	2-20
2-14	ผลรวมปริมาตรน้ำใช้การ ณ วันที่ 31 ตุลาคม จากอ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลัก ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2562	2-20
2-15	ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	2-22
3-1	แผนที่แสดงหน่วยย่อยในการวิเคราะห์สมดุลน้ำ โดยใช้ขอบเขตลุ่มน้ำย่อยและขอบเขตอำเภอ	3-1
3-2	หลักการวิเคราะห์สมดุลน้ำ	3-8
3-3	ปริมาณการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภครวม 6 จังหวัด	3-9
3-4	ปริมาณการใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรมรวม 6 จังหวัด	3-9
3-5	ปริมาณการใช้น้ำเพื่อการเกษตรรวม 6 จังหวัด	3-10

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-6	ปริมาณการใช้น้ำในส่วนราชการและธุรกิจรวม 6 จังหวัด	3-10
3-7	ปริมาณการใช้น้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศรวม 6 จังหวัด	3-11
4-1	จำนวนบ่อบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ. 2533-2561	4-2
4-2	ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	4-7
4-3(ก)	ตัวอย่างภาพตัดขวางแสดงการวางตัวของชั้นน้ำใต้ดินบริเวณจังหวัดพิษณุโลก	4-9
4-3(ข)	ตัวอย่างภาพตัดขวางแสดงการวางตัวของชั้นน้ำใต้ดินบริเวณจังหวัดสุโขทัย	4-9
4-3(ค)	ตัวอย่างภาพตัดขวางรูปรั้วแสดงการวางตัว การแผ่กระจายของชั้นน้ำใต้ดินบริเวณจังหวัดนครสวรรค์ ตาก และกำแพงเพชร	4-10
4-4	ตัวอย่างการวางตัวของชั้นหินอุ้มน้ำประเภทตะกอนชั้นหินร่วนของแอ่งเจ้าพระยาตอนบน	4-11
4-5	เส้นชั้นความลึกของระดับน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษาในฤดูแล้ง (dry season) และฤดูฝน (wet season) ปริมาณฝนรายจังหวัด และความแตกต่างของช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งของปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015)	4-20
4-6	เส้นชั้นความลึกของระดับน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษาในฤดูแล้ง (dry season) และฤดูฝน (wet season) ปริมาณฝนรายจังหวัด และความแตกต่างของช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งของปี พ.ศ. 2559 (ค.ศ.2016)	4-20
4-7	เส้นชั้นความลึกของระดับน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษาในฤดูแล้ง (dry season) และฤดูฝน (wet season) ปริมาณฝนรายจังหวัด และความแตกต่างของช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งของปี พ.ศ. 2562 (ค.ศ.2019)	4-21
4-8	ข้อมูลระดับน้ำบาดาลเทียบกับข้อมูลฝนของพื้นที่จังหวัดสุโขทัย	4-22
4-9	ข้อมูลระดับน้ำบาดาลเทียบกับข้อมูลฝนของพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก	4-22
4-10	ข้อมูลระดับน้ำบาดาลเทียบกับข้อมูลฝนของพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร	4-22
4-11	ข้อมูลระดับน้ำบาดาลเทียบกับข้อมูลฝนของพื้นที่จังหวัดพิจิตร	4-23
5-1	ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองการไหลของระบบน้ำบาดาล	5-2
5-2	แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาลบริเวณจังหวัดพิษณุโลก	5-7
5-3	แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาล	5-8
5-4(ก)	แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลส่วนบนในระบบกริดเซลล์ (Grid Cells)	5-9
5-4(ข)	แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลส่วนล่างในระบบกริดเซลล์ (Grid Cells)	5-10

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5-5	ภาพตัดขวางแบบจำลองน้ำบาดาลและแสดงระดับของชั้นน้ำส่วนบนและล่าง	5-11
5-6	มุมมอง 3 มิติของแบบจำลองแบบกริดเซลล์	5-12
5-7	ช่วงเวลาปรับแก้แบบจำลองสภาพน้ำบาดาล	5-13
5-8	แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลส่วนบน(ก) และส่วนล่าง(ข)	5-14
5-9	หน้าตัดของแม่น้ำที่ใช้ในการจำลองทางน้ำของแบบจำลอง	5-20
5-10	ปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายจังหวัด (ปี พ.ศ. 2536-2560)	5-26
5-11	เปรียบเทียบค่าระดับน้ำจากผลการคำนวณของแบบจำลองและค่าระดับน้ำจากค่าตรวจวัดในช่วงการปรับเทียบแบบการจำลองการไหลในสภาวะคงตัวในปี พ.ศ. 2536	5-27
5-12	เปรียบเทียบค่าระดับน้ำจากผลการคำนวณของแบบจำลองและค่าระดับน้ำจากค่าตรวจวัดในช่วงการปรับเทียบแบบการจำลองการไหลในสภาวะไม่คงตัวในปี พ.ศ. 2536-2553	5-28
5-13	เปรียบเทียบค่าระดับน้ำจากผลการคำนวณของแบบจำลองและค่าระดับน้ำจากค่าตรวจวัดในช่วงการสอบแบบการจำลองการไหลในปี พ.ศ. 2553-2559	5-29
5-14	สมดุลแอ่งน้ำบาดาลฤดูฝนและฤดูแล้งปี พ.ศ. 2546 จากผลการจำลองน้ำบาดาล	5-32
5-15	สถานการณ์น้ำบาดาลรายจังหวัด (ศักยภาพน้ำบาดาล ปริมาณการสูบน้ำปี พ.ศ. 2560 และปริมาณน้ำสำรองคงเหลือ)	5-33
5-16	ศักยภาพน้ำบาดาลเชิงพื้นที่	5-34
5-17	บริเวณที่ระดับน้ำบาดาลลดลงสูงและมีการใช้น้ำบาดาลหนาแน่น	5-35
5-18	ผลการจำลองสภาพระดับน้ำบาดาลใน hotspot zone 1 เมื่อมีและไม่มีการเติมน้ำในพื้นที่	5-36
5-19	ผลการจำลองสภาพระดับน้ำบาดาลใน hotspot zone 2 เมื่อมีและไม่มีการเติมน้ำบาดาลในพื้นที่	5-36
5-20	ผลการจำลองสภาพระดับน้ำบาดาลใน hotspot zone 3 เมื่อมีและไม่มีการเติมน้ำบาดาลในพื้นที่	5-37
5-21	โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมของการศึกษานี้	5-38
5-22	ตำแหน่งระดับน้ำบาดาลตัวแทนของจังหวัด	5-39
5-23	การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน	5-40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5-24	การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน จังหวัดสุโขทัย	5-40
5-25	การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน จังหวัดพิษณุโลก	5-41
5-26	การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน จังหวัดกำแพงเพชร	5-41
5-27	การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน จังหวัดพิจิตร	5-42
5-28	การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน จังหวัดนครสวรรค์	5-42
5-29	ระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ	5-46
6-1	รูปแบบบ่อเติมน้ำบาดาล ในพื้นที่อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล)	6-7
6-2	โครงการบางระกำโมเดล บูรณาการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำ รองรับน้ำหลาก (กรมชลประทาน)	6-8
6-3	วิธีการในการจัดการการเติมน้ำใต้ดิน (ดัดแปลงจาก Dillon, 2005) (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2563)	6-11
7-1	ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฝนตกรายปี (มิลลิเมตร) ปริมาณการเติมน้ำตามธรรมชาติทั้งหมดรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร) ปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร) และผลต่างของปริมาณการเติมน้ำตามธรรมชาติทั้งหมดรายปี ลบด้วยปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร)	7-4

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	รายละเอียดลุ่มน้ำและลุ่มน้ำสาขาในพื้นที่ภาคกลางตอนบน	2-6
2-2	การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ. 2559 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559)	2-7
2-3	จำนวนสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดสภาพภูมิอากาศของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา	2-11
2-4	จำนวนสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดสภาพภูมิอากาศของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษาซึ่งมีข้อมูลอย่างน้อย 30 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2524-2553	2-11
2-5	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของแต่ละสถานีในพื้นที่ศึกษาในช่วงปี พ.ศ. 2542-2561	2-18
2-6	จำนวนประชากรรายจังหวัดในปี พ.ศ. 2559	2-28
2-7	ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัด และรายได้ ของพื้นที่ศึกษา	2-29
3-1	การใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2557	3-12
3-2	การใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2558	3-12
3-3	การจัดสรรน้ำ ในปี พ.ศ. 2557	3-13
3-4	การจัดสรรน้ำ ในปี พ.ศ. 2558	3-13
3-5	ปริมาณน้ำขาดแคลน ในปี พ.ศ. 2557	3-14
3-6	ปริมาณน้ำขาดแคลน ในปี พ.ศ. 2558	3-14
3-7	สัดส่วนการใช้น้ำร่วมเพื่อการเกษตรในเขตชลประทานปี พ.ศ. 2546	3-15
3-8	สัดส่วนการใช้น้ำร่วมเพื่อการเกษตรนอกเขตชลประทานใน พ.ศ. 2546	3-15
4-1	จำนวนบ่อน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2561	4-1
4-2	จำนวนบ่อน้ำบาดาลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลปี พ.ศ. 2533-2561	4-2
4-3	สรุปจำนวนบ่อน้ำตื้นส่วนตัว และสาธารณะ และบ่อบาดาลส่วนตัวและสาธารณะ รายจังหวัดปี พ.ศ. 2558	4-3
4-4	จำนวนบ่อสังเกตการณ์ในปี พ.ศ. 2562	4-4
4-5	จำนวนบ่อน้ำบาดาลที่ทำการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล แยกตามประเภทชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลแต่ละหน่วยของแหล่งน้ำใต้ดินประเภทตะกอนร่วน	4-13
4-6	จำนวนบ่อสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลแยกเป็นรายจังหวัด	4-14
4-7	ข้อมูลสูบทดสอบจังหวัดนครสวรรค์	4-14

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-8	ข้อมูลสูบทดสอบจังหวัดพิจิตร	4-15
4-9	ข้อมูลสูบทดสอบจังหวัดพิษณุโลก	4-16
4-10	ข้อมูลสูบทดสอบจังหวัดสุโขทัย	4-17
4-11	ข้อมูลสูบทดสอบจังหวัดอุตรดิตถ์	4-17
4-12	สรุปผลการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ จำแนกตามประเภทชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล	4-18
5-1	ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	5-4
5-2	การสอบเทียบแบบจำลองในขั้นตอนต่างๆ	5-13
5-3	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำจากข้อมูลการสูบทดสอบ	5-17
5-4	การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาลตามขนาดของหมู่บ้าน	5-22
5-5	การคำนวณอัตราการใช้น้ำบาดาลจากข้อมูลภาคสนาม	5-23
5-6	การคำนวณอัตราการใช้น้ำบาดาลภาคการเกษตรโดยรวม	5-24
5-7	สัมประสิทธิ์ความผันแปรการสูบน้ำรายฤดูกาลสำหรับกรณีของสถานการณ์น้ำผิวดินแบบต่าง ๆ	5-24
5-8	การประเมินอัตราการสูบน้ำบาดาลรวมแยกตามจังหวัดรายปี (2536-2560)	5-25
5-9	ค่าการเติมน้ำจากฝน ค่าการเติมน้ำจากแม่น้ำ ค่าปริมาณการสูบน้ำ ค่าปริมาณการเก็บกักที่เปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำบาดาลและปริมาณฝน รายฤดู ปี พ.ศ. 2536-2559	5-30
5-10	ค่า weight ของ input D^t ระดับน้ำบาดาลรายจังหวัด	5-43
5-11	ค่า weight ของ input D^{t+1} ระดับน้ำบาดาลรายจังหวัด	5-43
5-12	ค่า weight ของ input R^t (ฝน)รายจังหวัด	5-43
5-13	ค่า weight ของ input WD^t (ปริมาณการเก็บกักของเขื่อน)รายจังหวัด	5-44
5-14	ค่า weight ของ input WD^{t+1} (ปริมาณการเก็บกักของเขื่อน)รายจังหวัด	5-44
5-15	ค่า weight ของ bias รายจังหวัด	5-44
5-16	รายละเอียดการติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ	5-46
6-1	สรุปการเติมน้ำบาดาลในประเทศไทย	6-5
7-1	สัดส่วนการใช้น้ำร่วมเพื่อการเกษตรในเขตชลประทาน	7-2
7-2	สัดส่วนการใช้น้ำร่วมเพื่อการเกษตรนอกเขตชลประทาน	7-2
7-3	Scenario การผันน้ำในพื้นที่ศึกษา	7-6

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่มีความสำคัญในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค น้ำอุตสาหกรรมและน้ำเพื่อการเกษตรกรรม โดยเฉพาะในช่วงที่แหล่งน้ำผิวดินไม่ว่าจะเป็นน้ำจากระบบชลประทาน หรือน้ำจากสระเก็บน้ำไม่เพียงพอในช่วงหน้าแล้ง สำหรับบริเวณพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทยในพื้นที่ชลประทาน มีการทำนาทั้งนาปี นาปรัง ซึ่งประสบกับการขาดแคลนน้ำที่ใช้โดยเฉพาะในช่วงแล้ง เกษตรกรได้ขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำรองในยามที่น้ำผิวดินขาดแคลน น้ำบาดาลในบริเวณนี้มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ไม่ต่ำกว่าปีละกว่า 1,000 ล้านลูกบาศก์เมตร (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2556) กรมทรัพยากรน้ำบาดาลโดยสำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล ได้ดำเนินโครงการระบบติดตามสถานการณ์น้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและคุณภาพน้ำบาดาล พร้อมทั้งดำเนินการประเมินผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาลจากการสูบใช้น้ำบาดาลระดับตื้นขึ้นมาใช้ในการเกษตรแต่ก็ไม่ได้ดำเนินการวิเคราะห์จัดทำแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำในสถานการณ์น้ำแบบต่าง ๆ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2561) เนื่องจากไม่สามารถระบุปริมาณที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมั่นใจ อันเนื่องมาจากยังไม่มีการพัฒนาระบบการประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลและบริหารจัดการตามสภาพปีน้ำ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ในการรู้สภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้และจะโยงให้กรมชลประทาน สามารถมีความชัดเจนในการนำน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำบาดาลมาใช้ในการบริหารจัดการได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ 1) การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน เพื่อลดความเสียหายของพื้นที่เกษตรกรรมที่ขาดแคลนน้ำในภาวะน้ำแล้งได้ และ 2) การพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการรูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน

1.2 วัตถุประสงค์

1) การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน เพื่อให้รู้สภาพปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ในสถานะการณ์น้ำแบบต่าง ๆ และรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาลเพื่อสนับสนุนการพัฒนาในพื้นที่
2) พัฒนารูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน
3) กำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อน

1.3 เป้าหมาย

เครื่องมือระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน ที่สามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำดาลตามสภาพปีน้ำ ระดับน้ำบาดาลอ้างอิงและน้ำในอ่างเก็บน้ำ โดยคาดการณ์ปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ ในการใช้น้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำต้นทุนเสริมในช่วงแล้งและปีแล้ง (อย่างน้อย 3 ปีแล้งต่อเนื่อง) เพื่อช่วยการตัดสินใจกระบายน้ำที่มีความเหมาะสมกับปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่ท้ายน้ำ เป็นเพิ่มการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำต้นทุนทั้งน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน ลดการสูญเสียจากการระบายน้ำที่เกินกว่าความต้องการ และลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนน้ำ จากแบบจำลองการคาดการณ์ปริมาณน้ำบาดาลตามสภาพปีน้ำที่มีความแม่นยำ

1.4 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาคือบริเวณภาคกลางตอนบน ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดอุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร กำแพงเพชร และนครสวรรค์

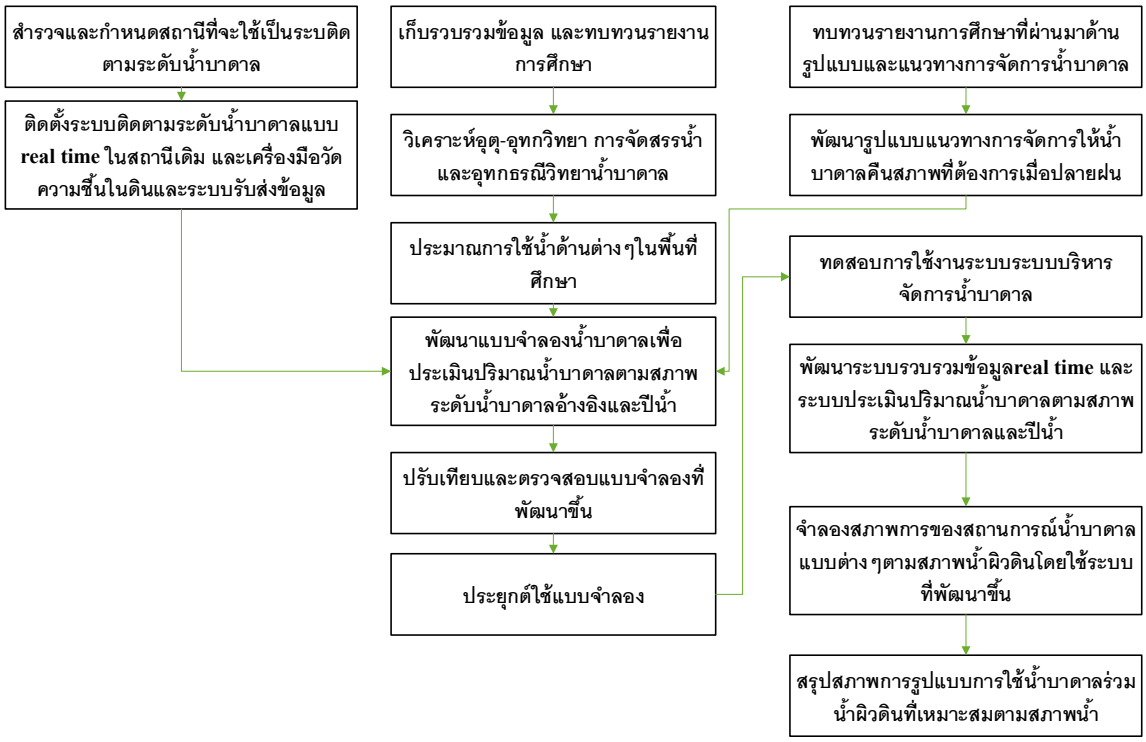
1.5 ระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยในโครงการ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 12 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดและเทคนิคที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) เก็บรวบรวมข้อมูลและทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ย และอัตราการระเหย และข้อมูลปริมาณน้ำท่าข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกักจากอ่างเก็บน้ำและ

การจัดสรรน้ำ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ สภาพน้ำท่า สภาพการจัดสรรน้ำนี้จะถูกนำไปใช้ในงานวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำ ส่วนข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาล ได้แก่ ข้อมูลคุณลักษณะและสภาพชั้นน้ำบาดาล ข้อมูลติดตามระดับน้ำบาดาล และสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลที่ทบทวนรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2) วิเคราะห์ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา ข้อมูลการจัดสรรน้ำ ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาลและประมาณการใช้น้ำ
3) ประมาณปริมาณการใช้น้ำบาดาลจากข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างผิวดินและน้ำบาดาลจากการศึกษาที่ผ่านมา
4) สำรวจและกำหนดสถานีที่จะใช้เป็นระบบติดตามระดับน้ำบาดาล
5) ติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลและความชื้นในดินแบบ real time ในสถานีที่คัดเลือกว่าเหมาะสม
6) พัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล โดยใช้โปรแกรมจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาล MODFLOW
7) พัฒนาระบบรวบรวมข้อมูลreal time และ ระบบประเมินปริมาณน้ำบาดาลตามสภาพปีน้ำ
8) จำลองสภาพการของสถานการณ์น้ำบาดาลแบบต่าง ๆ ตามสภาพน้ำผิวดินโดยใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น และพิจารณา hotspot ของการใช้น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน เพื่อใช้ในการควบคุมจัดการทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินควบคู่กัน
9) พัฒนาแบบจำลองการรู้ปริมาณน้ำบาดาลในเงื่อนไขปีน้ำต่าง ๆ จากผลการศึกษาจากแบบจำลองน้ำบาดาลที่พัฒนาขึ้น
10) ศึกษาแนวทางการจัดการให้น้ำบาดาลคืนสภาพที่ต้องการเมื่อปลายฝนทั้งในประเทศและต่างประเทศ
11) ทำการทบทวนการศึกษาที่มีมาของทางกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ประกอบการจัดทำแนวทางการจัดการน้ำร่วม เพื่อกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพน้ำ
12) สรุปสภาพการรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล โดยคำนึงทั้ง จากผู้ควบคุมและผู้ใช้ ตามวัตถุประสงค์การใช้ และผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ จากการใช้น้ำ แต่ละพื้นที่ เพื่อนำเสนอนโยบายในการจัดการน้ำร่วมที่เหมาะสมตามสภาพน้ำ
13) ติดตามและประเมินผลการใช้งาน



รูปที่ 1-1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินโครงการสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์อุตุ-อุทกวิทยา น้ำจัดสรรและการใช้น้ำในพื้นที่
2) ผลการวิเคราะห์สภาพน้ำบาดาลจากข้อมูลที่รวบรวม
3) ระบบติดตามระดับน้ำบาดาลแบบ real time ในสถานีเดิม
4) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการน้ำบาดาลที่ปรับเทียบเสร็จแล้ว
5) ข้อมูลการติดตามระดับน้ำ
6) เครื่องมือระบบบริหารจัดการน้ำบาดาลเพื่อให้รู้สภาพปริมาณน้ำบาดาล
7) รายงานสรุปการศึกษาที่ผ่านมาด้านรูปแบบและแนวทางการจัดการน้ำบาดาล
8) รูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน
9) รูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพน้ำในเขื่อน

1.7 องค์ประกอบของ รายงานฉบับสมบูรณ์

การจัดทำ รายงานฉบับสมบูรณ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงผลการรวบรวมข้อมูลและผลการศึกษาทั้งหมด ซึ่งเป็นการแสดงผลการศึกษาด้านการพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน

ในรายงานฉบับสมบูรณ์นี้ ประกอบด้วยการศึกษาด้านต่าง ๆ ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ ประกอบด้วย หลักการและเหตุผล วัตถุประสงค์ของโครงการ เป้าหมาย พื้นที่ศึกษา ระเบียบวิธีวิจัย ผลที่คาดว่าจะได้รับ องค์ประกอบของร่างรายงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย สภาพภูมิประเทศและภูมิสัณฐาน ระบบลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา สภาพการใช้ที่ดิน ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า แหล่งน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำ สภาพธรณีสัณฐานและธรณีวิทยา สภาพอุทกธรณีวิทยา และสภาพเศรษฐกิจสังคม

บทที่ 3 การศึกษาสภาพน้ำผิวดิน ประกอบด้วย โครงข่ายพื้นที่ย่อยของการใช้น้ำ การใช้น้ำในกิจกรรมหลักในพื้นที่ศึกษา การจัดสรรน้ำ สมดุลน้ำผิวดินและการขาดแคลนน้ำ และการทบทวนการศึกษาสัดส่วนของการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล

บทที่ 4 การศึกษาสภาพน้ำบาดาล ประกอบด้วย ข้อมูลบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษา การแบ่งชั้นน้ำบาดาล คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล

บทที่ 5 การพัฒนาระบบบริหารการจัดการน้ำบาดาล ประกอบด้วย ขั้นตอนการพัฒนาการจำลองน้ำบาดาล ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสภาพน้ำบาดาล การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด การออกแบบการจำลองและช่วงระยะเวลาในการคำนวณ การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการพัฒนาแบบจำลอง ประเภทของชั้นน้ำบาดาล ค่าระดับน้ำหรือความดันน้ำเริ่มต้น อัตราการเติมน้ำ การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล การปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองน้ำบาดาล สมดุลน้ำบาดาล การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำบาดาล และระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

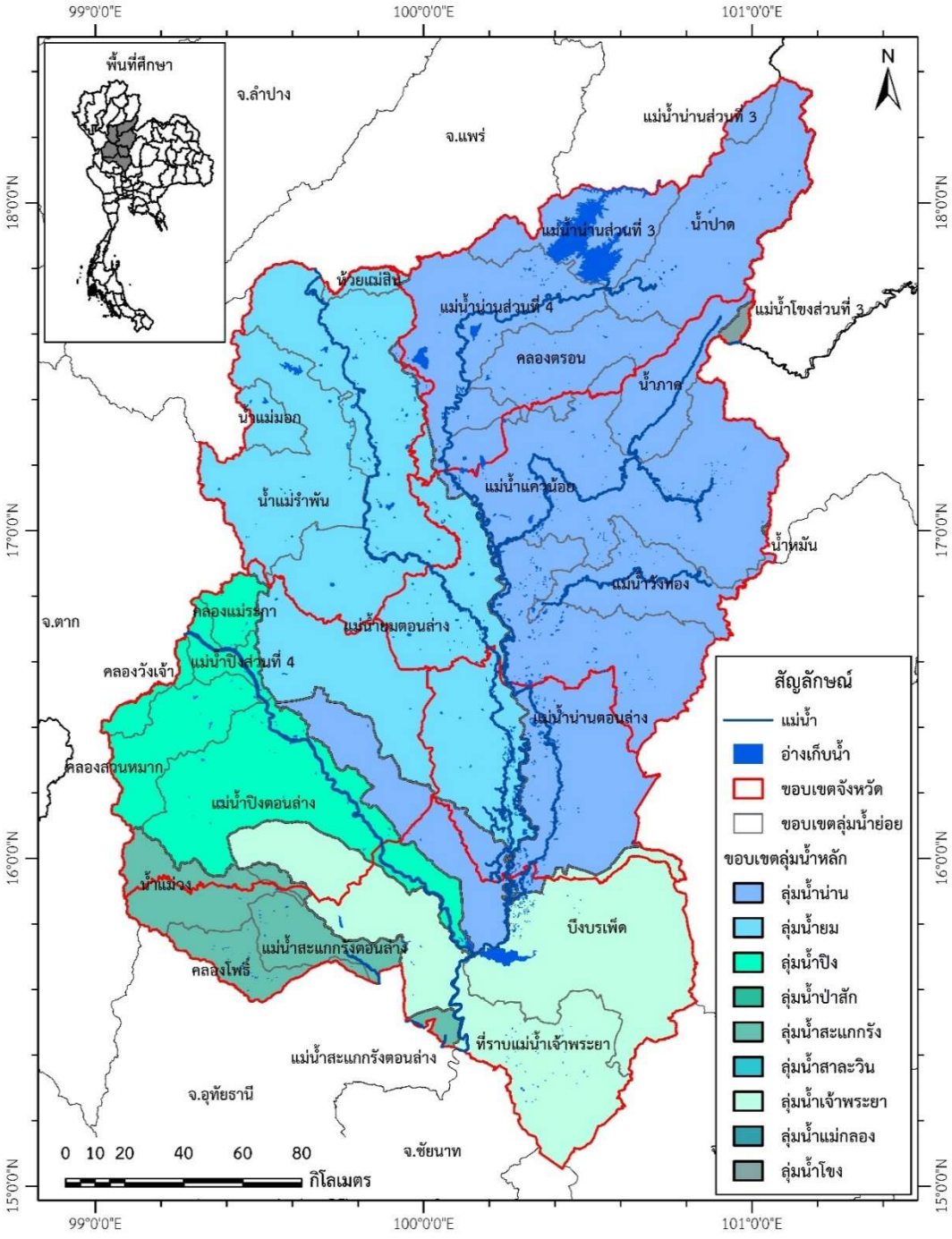
บทที่ 6 การพัฒนารูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน ประกอบด้วย การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง การเติมน้ำบาดาลในประเทศไทย รูปแบบการเพิ่มเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล การเพิ่มเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษา

บทที่ 7 การกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน ประกอบด้วย การศึกษาการใช้น้ำร่วม และการกำหนดรูปแบบแนวทางการใช้น้ำร่วมที่เหมาะสม

บทที่ 8 บทสรุป เป็นการสรุปผลการศึกษาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ สภาพน้ำผิวดิน สภาพน้ำบาดาล ระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล สมดุลน้ำบาดาล ศักยภาพน้ำบาดาล การฟื้นคืนระดับน้ำบาดาลโดยการเติมน้ำบาดาล การประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและปีน้ำ รูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน และการกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน

บทที่ 2
สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาประกอบด้วยพื้นที่ 6 จังหวัด ในบริเวณภาคกลางตอนบน ได้แก่ จังหวัดอุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร กำแพงเพชร และนครสวรรค์ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 47,986 ตารางกิโลเมตร



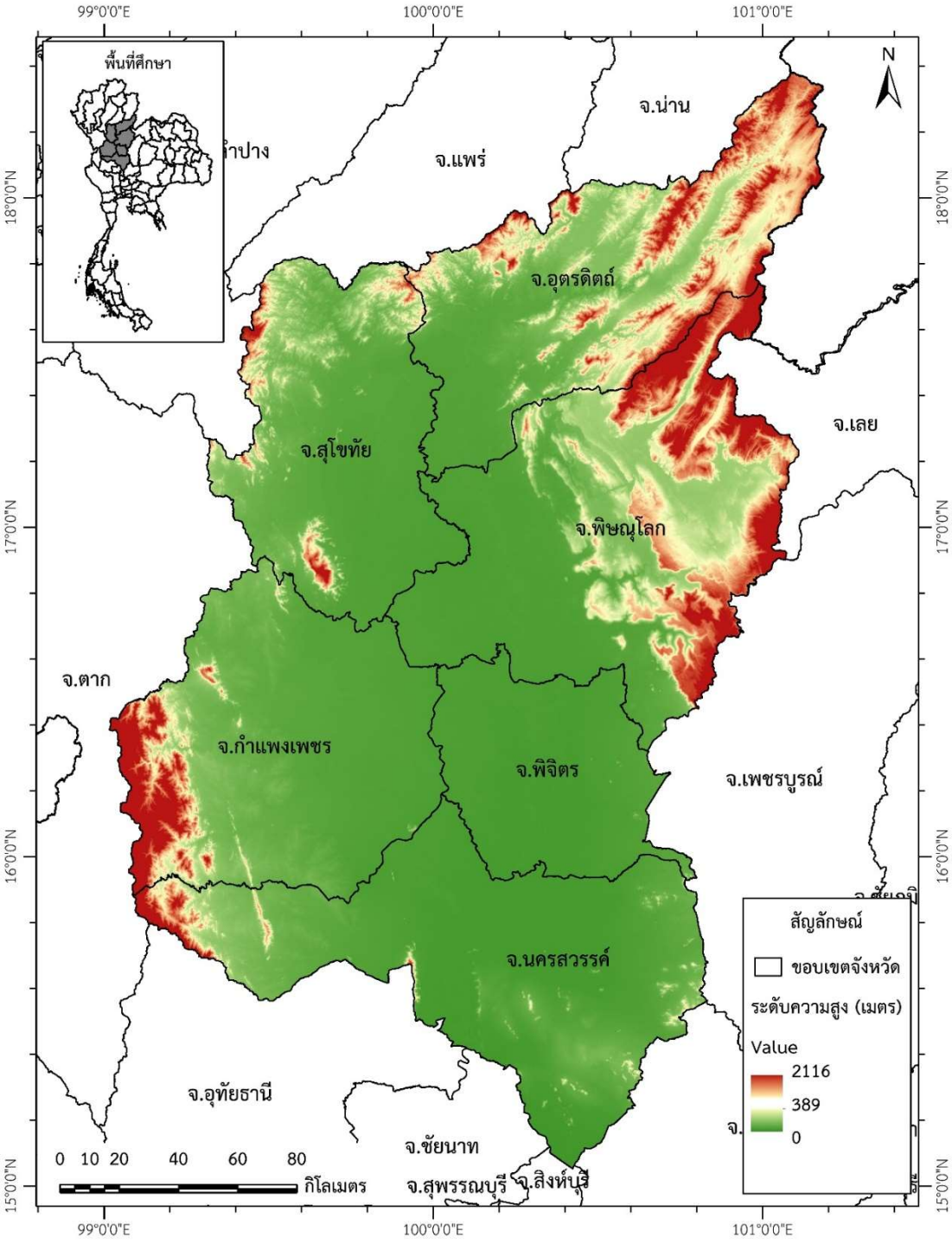
รูปที่ 2-1 พื้นที่ศึกษา

2.1 สภาพภูมิประเทศและภูมิสัณฐาน

พื้นที่ภาคกลางตอนบน ซึ่งในที่นี้หมายความถึงที่ราบลุ่มเจ้าพระยาตอนเหนือครอบคลุมพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดสุโขทัย จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดพิจิตร จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดนครสวรรค์ มีเนื้อที่ทั้งหมด 47,986 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 29,991,699 ไร่ มีระยะทางจากเหนือสุด-ใต้สุด ประมาณ 375 กิโลเมตร และมีระยะทางจากด้านตะวันตก-ตะวันออก จากจังหวัดกำแพงเพชร-พิจิตร ประมาณ 189 กิโลเมตร มีลักษณะภูมิประเทศและอาณาเขตติดต่อดังแสดงในรูปที่ 2-2 และมีอาณาเขตติดต่อดังนี้

- ด้านเหนือ ติดต่อกับจังหวัดแพร่
- ด้านตะวันออก ติดต่อกับจังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดเลย
- ด้านตะวันตก ติดต่อกับจังหวัดตาก
- ด้านใต้ ติดต่อกับจังหวัดอุทัยธานี จังหวัดชัยนาท จังหวัดสิงห์บุรี และจังหวัดลพบุรี

ที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบนนี้มีลักษณะภูมิประเทศเป็นลอนลาดมีความสูงโดยเฉลี่ยระหว่าง 40-60 เมตรระดับน้ำทะเลปานกลาง ประกอบด้วยตะกอนที่เกิดจากการกร่อน (Erosion) และผุพัง (weathering) ของหินเดิม หลังจากนั้นถูกพัดพา (Transport) มาสะสมตัว (Deposition) โดยทางน้ำเกิดเป็นพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood plain) ตะพักลุ่มน้ำ (Terrace) และลุ่มน้ำขัง (Swamp)



รูปที่ 2-2 สภาพภูมิประเทศในพื้นที่ภาคกลางตอนบน

2.2 ระบบลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาบริเวณภาคกลางตอนบนครอบคลุมพื้นที่ 6 จังหวัด ได้แก่ พิษณุโลก พิจิตร สุโขทัย กำแพงเพชร อุตรดิตถ์ และนครสวรรค์ ประกอบด้วยลุ่มน้ำหลัก 5 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำปิงตอนล่าง ลุ่มน้ำยมตอนล่าง ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง ลุ่มน้ำสะแกกรังตอนบน และลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน ดังรูปที่ 2-3 และตารางที่ 2-1 ในแต่ละลุ่มน้ำมีรายละเอียดดังนี้

- ลุ่มน้ำปิงที่อยู่ในพื้นที่ศึกษา เป็นพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำปิง มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 4,993 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่จังหวัด กำแพงเพชร และบางส่วนของจังหวัดนครสวรรค์ มีลุ่มน้ำสาขา 5 ลุ่มน้ำ ได้แก่ คลองวังเจ้า คลองแม่ระกา คลองสวนหมาก และแม่น้ำปิงตอนล่าง

- ลุ่มน้ำยมที่อยู่ในพื้นที่ศึกษา เป็นพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำยม มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 14,031 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่จังหวัด สุโขทัย และบางส่วนของจังหวัดกำแพงเพชร พิษณุโลก และพิจิตร มีลุ่มน้ำสาขา 4 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ห้วยแม่สิน แม่มอก แม่รำพัน และแม่น้ำยมตอนล่าง

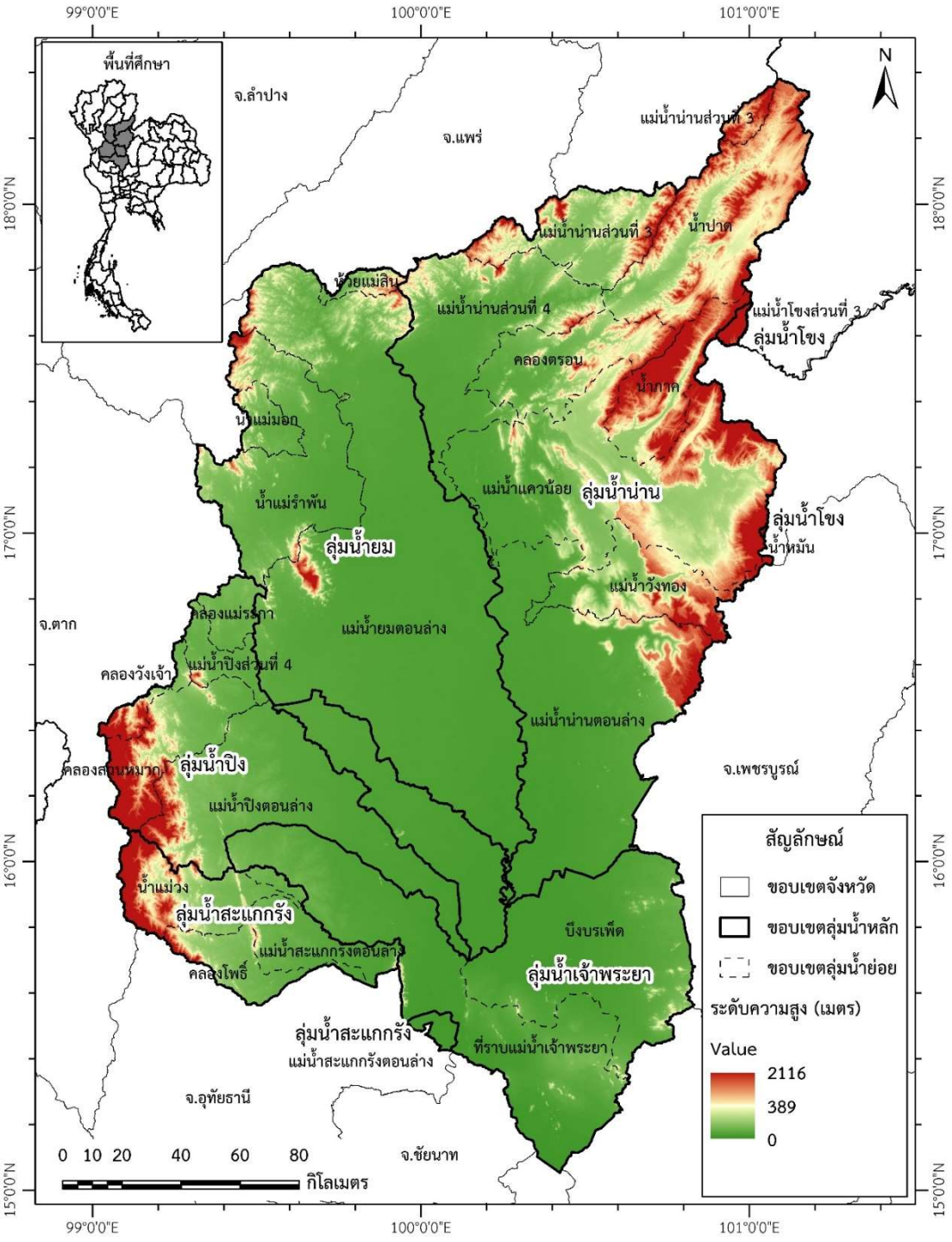
- ลุ่มน้ำน่าน เป็นพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำน่าน มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 19,739 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่จังหวัด อุตรดิตถ์ พิษณุโลกและบางส่วนของจังหวัดพิจิตร และนครสวรรค์ มีลุ่มน้ำสาขา 8 ลุ่มน้ำ ได้แก่ น้ำปาด คลองตรอน แควน้อย น้ำภาค วังทอง น่านส่วนที่ 3 น่านส่วนที่ 4 และน่านตอนล่าง สภาพภูมิประเทศในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่น้ำน่านเป็นที่ราบในหุบเขาในจังหวัดอุตรดิตถ์ และเป็นที่ราบพื้นที่ในจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร และนครสวรรค์

- ลุ่มน้ำเจ้าพระยา เป็นพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำเจ้าพระยา มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 5,555 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ มีลุ่มน้ำสาขา 2 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ที่ราบแม่น้ำเจ้าพระยา และบึงบอระเพ็ด

- ลุ่มน้ำสะแกกรัง อยู่ตอนล่างของพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 2,916 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดกำแพงเพชรและนครสวรรค์ มีลุ่มน้ำสาขา 3 ลุ่มน้ำ แม่วงก์ คลองโพธิ์ และสะแกกรังตอนล่าง

แม่น้ำสายหลักในพื้นที่ประกอบด้วยแม่น้ำยมไหลผ่านพื้นที่จากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ ซึ่งไหลขนานกับแม่น้ำน่าน และมาบรรจบกับแม่น่าน ที่บ้านเกยชัย อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ และมีแม่น้ำปิง

ไหลมาจากทางทิศตะวันตกมาบรรจบกับแม่น้ำน่าน ที่ปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ เป็นแม่น้ำเจ้าพระยา ไหลลงใต้สู่ที่ราบภาคกลางต่อไป



รูปที่ 2-3 แผนที่ลุ่มน้ำและลุ่มน้ำสาขาในพื้นที่ภาคกลางตอนบน

ตารางที่ 2-1 รายละเอียดลุ่มน้ำและลุ่มน้ำสาขาในพื้นที่ภาคกลางตอนบน

ลำดับที่	รหัสลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำหลัก	รหัสลุ่มน้ำสาขา	ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)
1	06	ลุ่มน้ำปิง	06.18	คลองวังเจ้า	385.06
			06.19	คลองแม่ระกา	530.09
			06.20	คลองสวนหมาก	1,116.19
			06.21	แม่น้ำปิงตอนล่าง	2,961.95
	รวม				4,993.29
2	08	ลุ่มน้ำยม	08.09	ห้วยแม่สิน	319.99
			08.10	แม่มอก	645.35
			08.11	แม่รำพัน	2,628.91
			08.12	แม่น้ำยมตอนล่าง	10,436.41
	รวม				14,030.66
3	09	ลุ่มน้ำน่าน	09.07	น่านส่วนที่ 3	2032.29
			09.11	น่านส่วนที่ 4	2480.29
			09.12	น้ำปาด	2,427.77
			09.13	คลองตรอน	1,316.80
			09.14	แควน้อย	4,595.93
			09.15	น้ำภาค	996.36
			09.16	วังทอง	1,209.15
			09.17	น่านตอนล่าง	4,680.29
	รวม				19,738.88
4	10	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	10.02	บึงบรเพ็ด	3,015.98
			10.03	เจ้าพระยาตอนบน	2,539.35
	รวม				5,555.33
5	11	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	11.02	แม่วง	1,036.15
			11.03	คลองโพธิ์	707.58
			11.05	สะแกกรังตอนล่าง	1,172.48
	รวม				2,916.21
รวมพื้นที่ลุ่มน้ำ					47,234.37

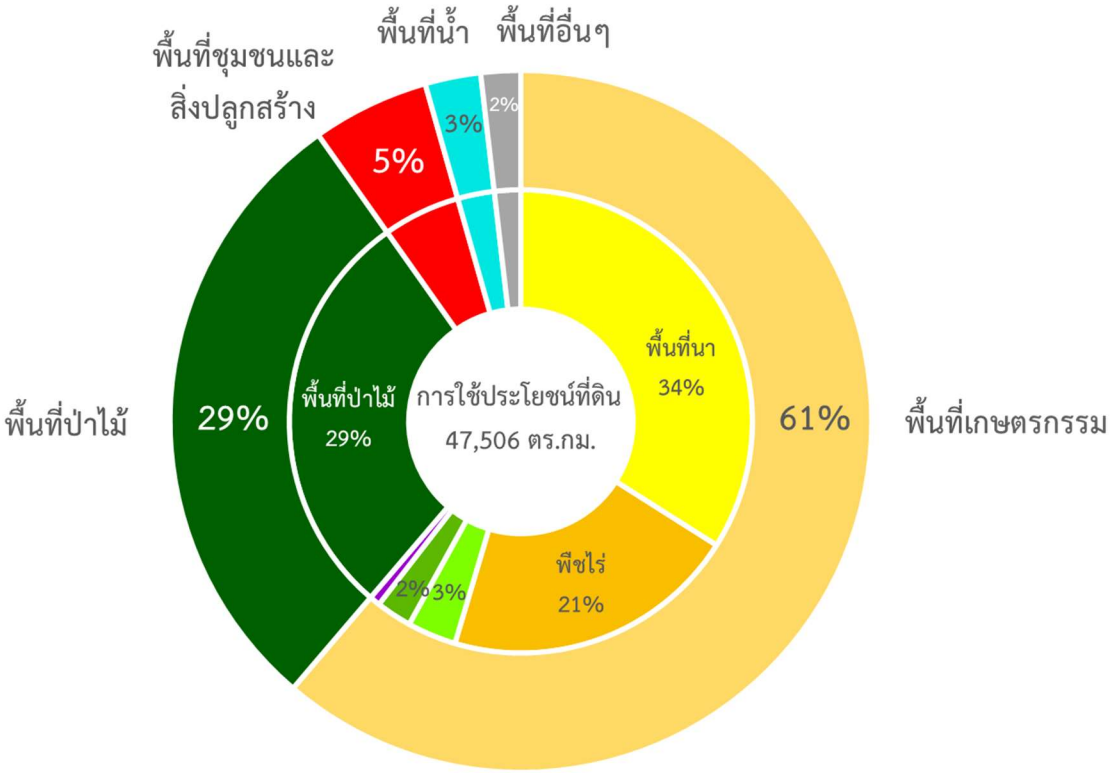
2.3 สภาพการใช้ที่ดิน

จากการศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2559 ในพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 2-2 และรูปที่ 2-4 พบว่า ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่คือ พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ศึกษาถึงร้อยละ 90.20 โดยมีสัดส่วนของพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 61.25 หรือ 29,096.65 ตารางกิโลเมตร รองลงมาคือ พื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นร้อยละ 28.95 หรือ 13,753.85 ตารางกิโลเมตร สำหรับพื้นที่เกษตรกรรม สัดส่วนของประเภทของเกษตรกรรมที่พบมากที่สุดคือ นาข้าว (ร้อยละ 33.98) รองลงมาคือ พืชไร่ (ร้อยละ 20.62) รูปที่ 2-5 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาแบ่งตามรายจังหวัด และรูปที่ 1-3 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาแบ่งตามรายลุ่มน้ำ

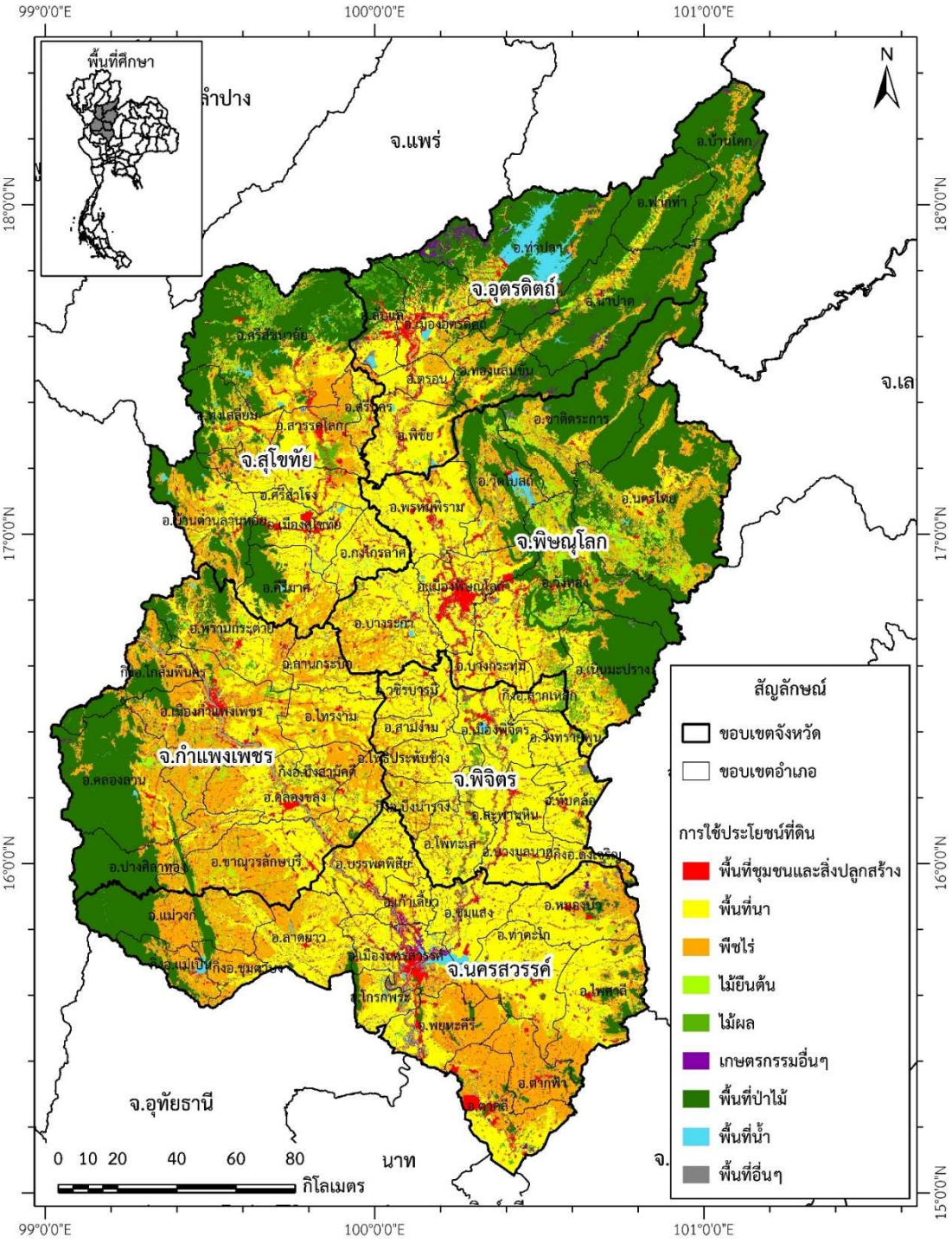
ตารางที่ 2-2 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ. 2559 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559)

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	สัดส่วน (%)
พื้นที่ป่าไม้	13,753.85	28.95
พื้นที่เกษตรกรรม	29,096.65	61.25
พื้นที่นา	16,142.83	33.98
พืชไร่	9,794.48	20.62
ไม้ยืนต้น	1,624.19	3.42
ไม้ผล	1,183.39	2.49
เกษตรกรรมอื่นๆ*	351.75	0.74
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	2,564.38	5.40
พื้นที่น้ำ	1,218.74	2.57
พื้นที่อื่นๆ	872.04	1.84
รวม	**47,505.66**	**100.00**

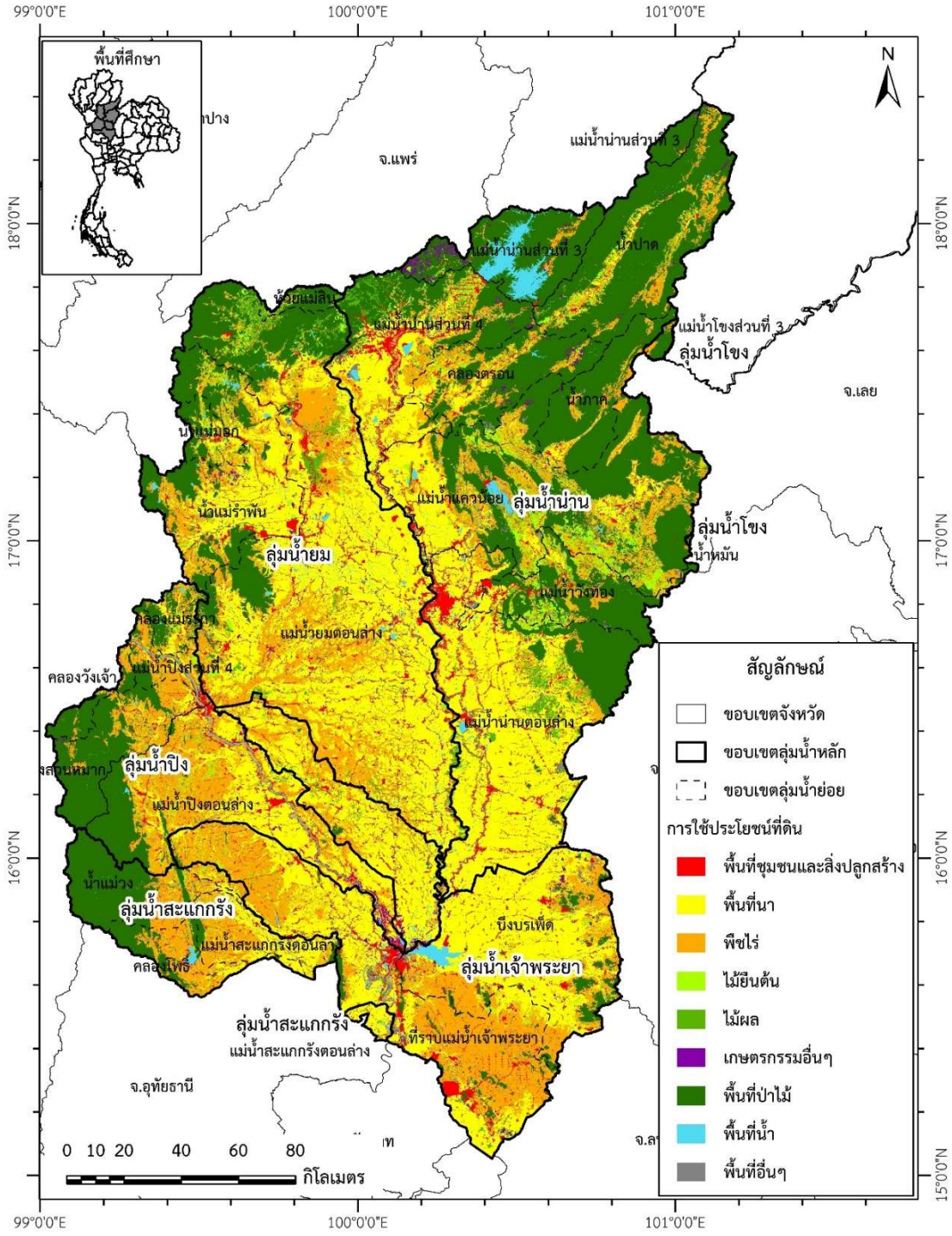
หมายเหตุ: * เกษตรกรรมอื่นๆ ได้แก่ พืชสวน พืชน้ำ ไร่หมุนเวียน สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทุ่งหญ้าและโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ และเกษตรผสมผสาน/ไร่นาสวนผสม



รูปที่ 2-4 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ. 2559



รูปที่ 2-5 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาแบ่งตามรายจังหวัดปี พ.ศ. 2559 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559)



รูปที่ 2-6 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาแบ่งตามลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2559 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559)

2.4 ปริมาณน้ำฝน

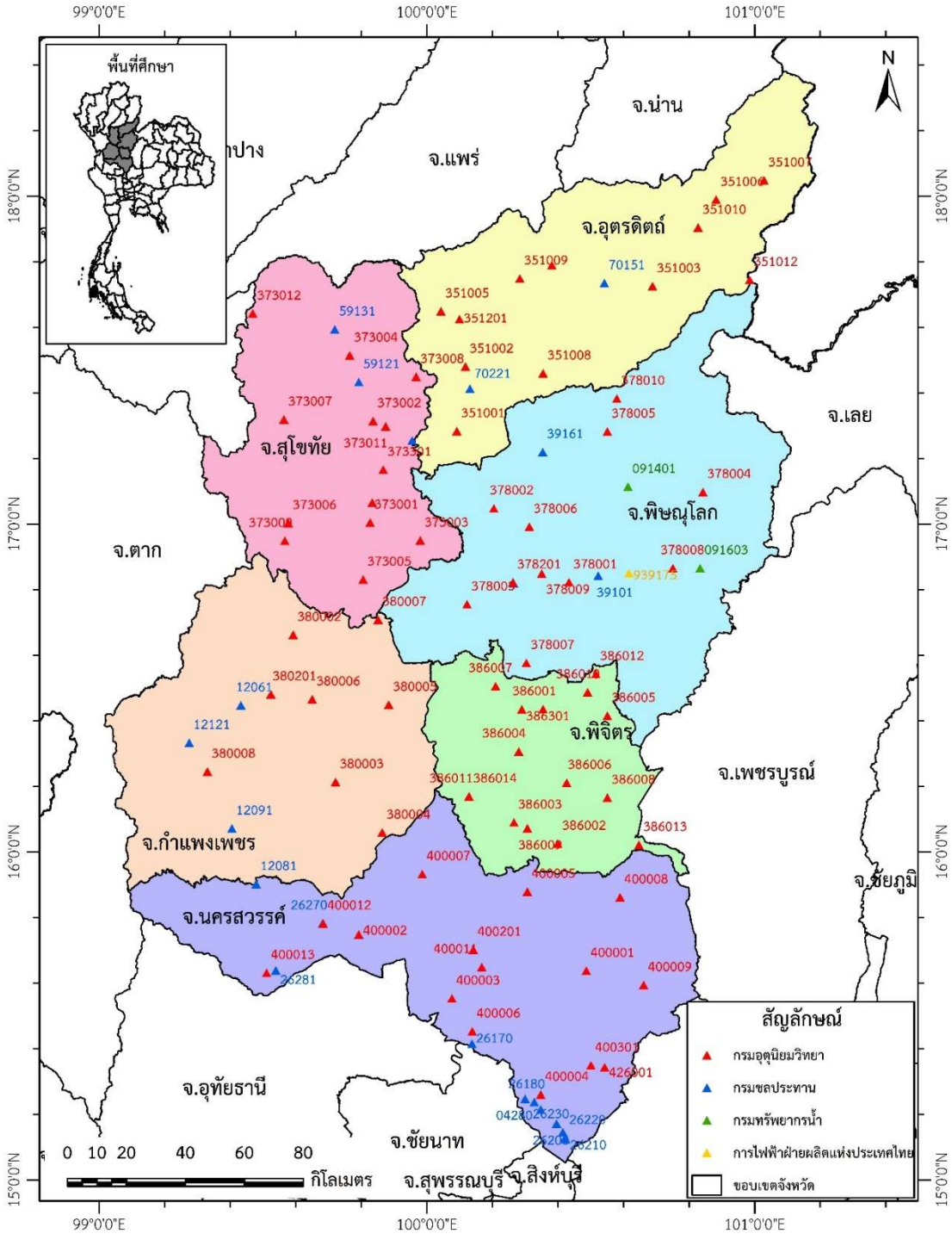
จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดอุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร และนครสวรรค์ พบว่ามีสถานีวัดน้ำฝนอยู่ทั้งหมด 99 สถานี แบ่งเป็นสถานีวัดน้ำฝน 60 สถานี และสถานีวัดสภาพภูมิอากาศ 39 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 2-3 และรูปที่ 2-7 โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกสถานีที่มีข้อมูลอย่างน้อย 30 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2524-2553 จำนวน 64 สถานี แบ่งเป็นสถานีวัดน้ำฝน 50 สถานี และสถานีวัดสภาพภูมิอากาศ 14 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 2-4 และรูปที่ 2-8 โดยมีรายละเอียดของสถานีแสดงในภาคผนวก ก.

ตารางที่ 2-3 จำนวนสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดสภาพภูมิอากาศของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา

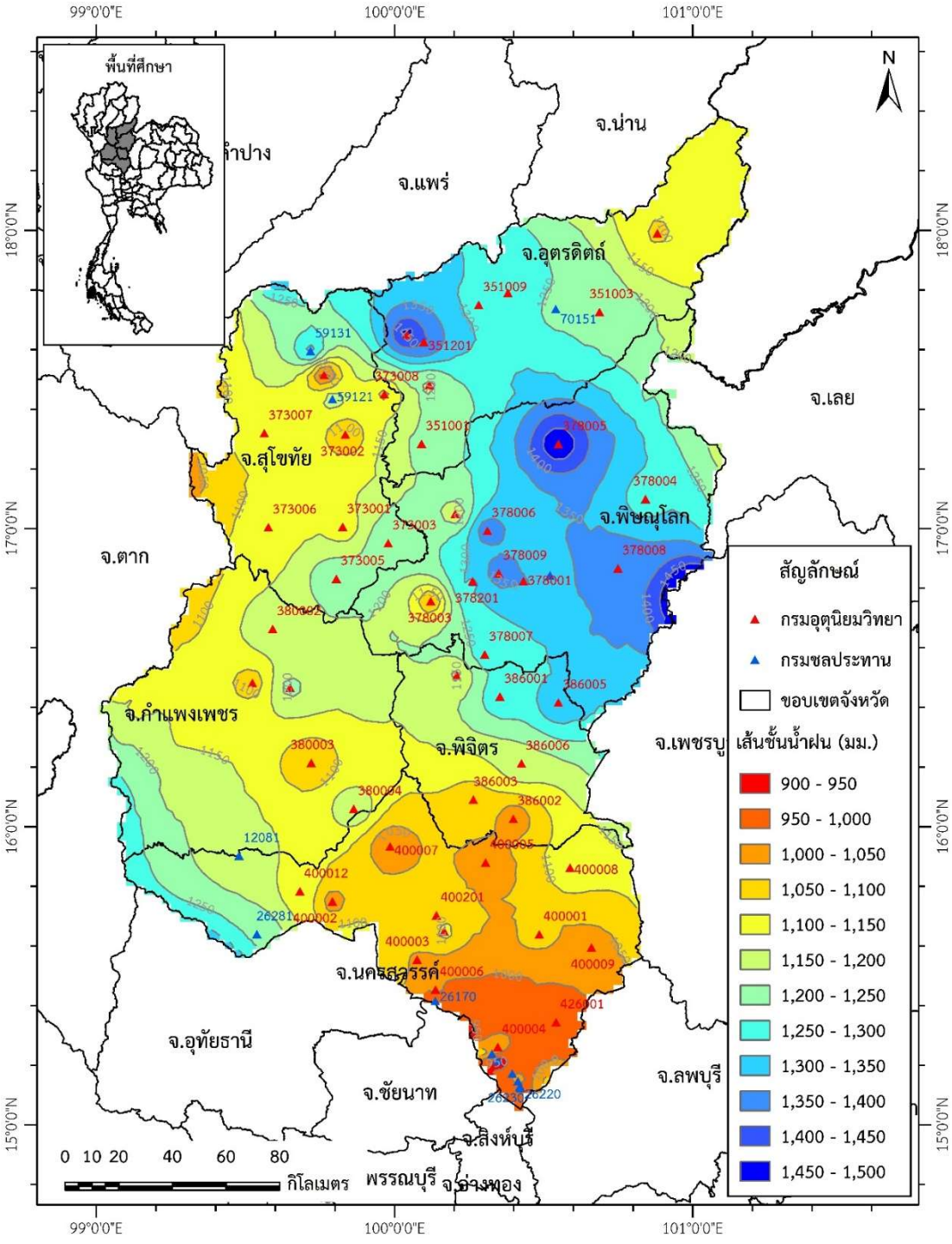
ลำดับ	หน่วยงาน	สถานีวัดน้ำฝน	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	รวม
1	กรมอุตุนิยมวิทยา	50	24	**74**
2	กรมชลประทาน	10	12	**22**
3	กรมทรัพยากรน้ำ	0	2	**2**
4	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	0	1	**1**
รวม		**60**	**39**	**99**

ตารางที่ 2-4 จำนวนสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดสภาพภูมิอากาศของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีข้อมูลอย่างน้อย 30 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2524-2553

ลำดับ	หน่วยงาน	สถานีวัดน้ำฝน	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	รวม
1	กรมอุตุนิยมวิทยา	34	16	**50**
2	กรมชลประทาน	7	7	**14**
3	กรมทรัพยากรน้ำ	0	0	**0**
4	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	0	0	**0**
รวม		**41**	**23**	**64**

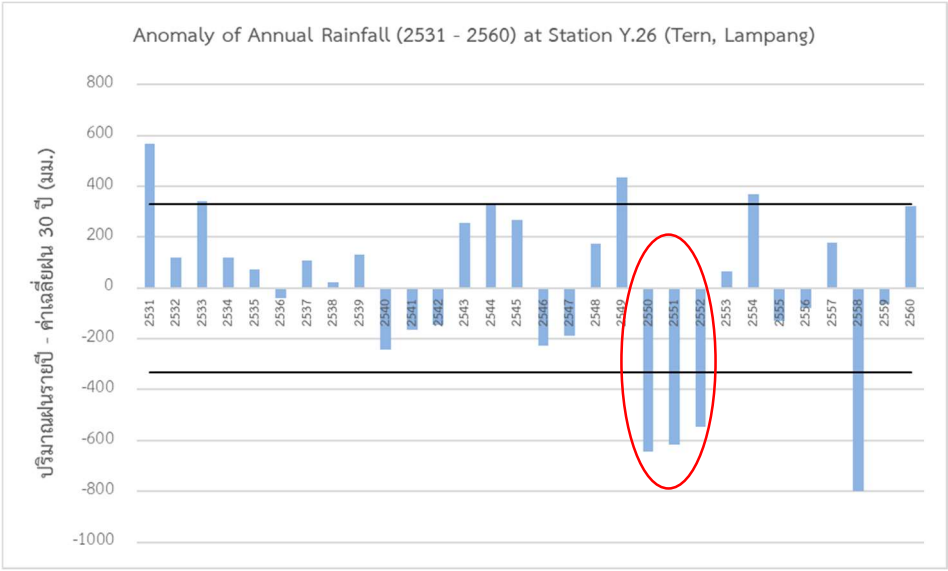


รูปที่ 2-7 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนของหน่วยงานต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา

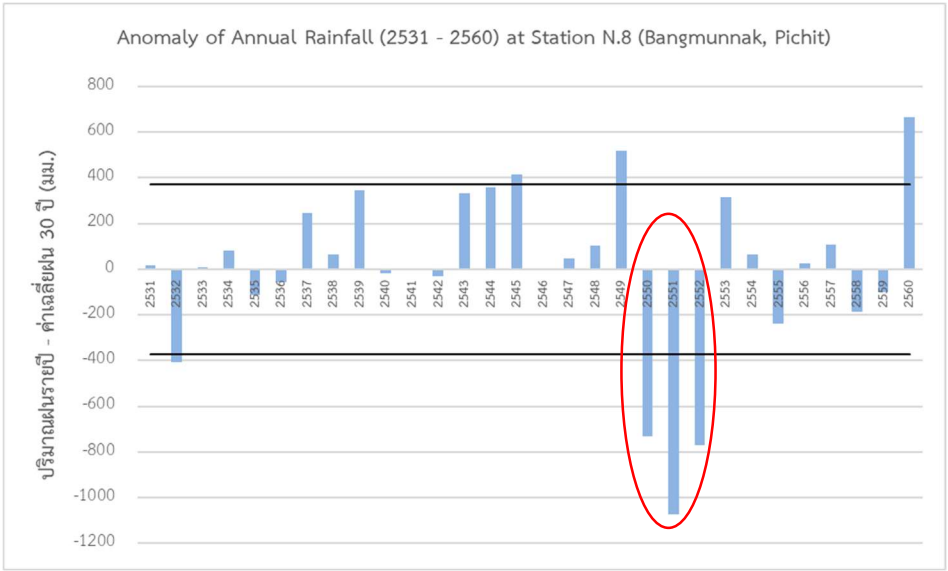


รูปที่ 2-8 แผนที่เส้นชั้นน้ำฝนเท่าของปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย 30 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2524-2553

ปริมาณฝนในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน อยู่ระหว่าง 900-1,500 มิลลิเมตรต่อปี โดยลุ่มน้ำน่านมีปริมาณฝนสูงสุด และลุ่มน้ำเจ้าพระยามีปริมาณฝนต่ำสุด รูปที่ 2-9 (ก) และรูปที่ 2-9 (ข) แสดงตัวอย่างปริมาณฝนที่สองสถานีของกรมชลประทาน คือ สถานี Y.26 อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง และสถานี N.8 อำเภอบางมูลนาก จังหวัดพิจิตร โดยแสดงเป็นผลต่างของปริมาณฝนรายปี กับปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย 30 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2531-2560 พบว่าในบริเวณทั้งสองสถานี ในช่วงปี พ.ศ. 2550–2552 ปริมาณฝนรายปีของสถานี Y.26 มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยประมาณ 600 มิลลิเมตร และปริมาณฝนรายปีของสถานี N.8 มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยประมาณ 800-1000 มิลลิเมตร เป็นเวลา 3 ปีติดต่อกัน



(ก.) สถานี Y.26 อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

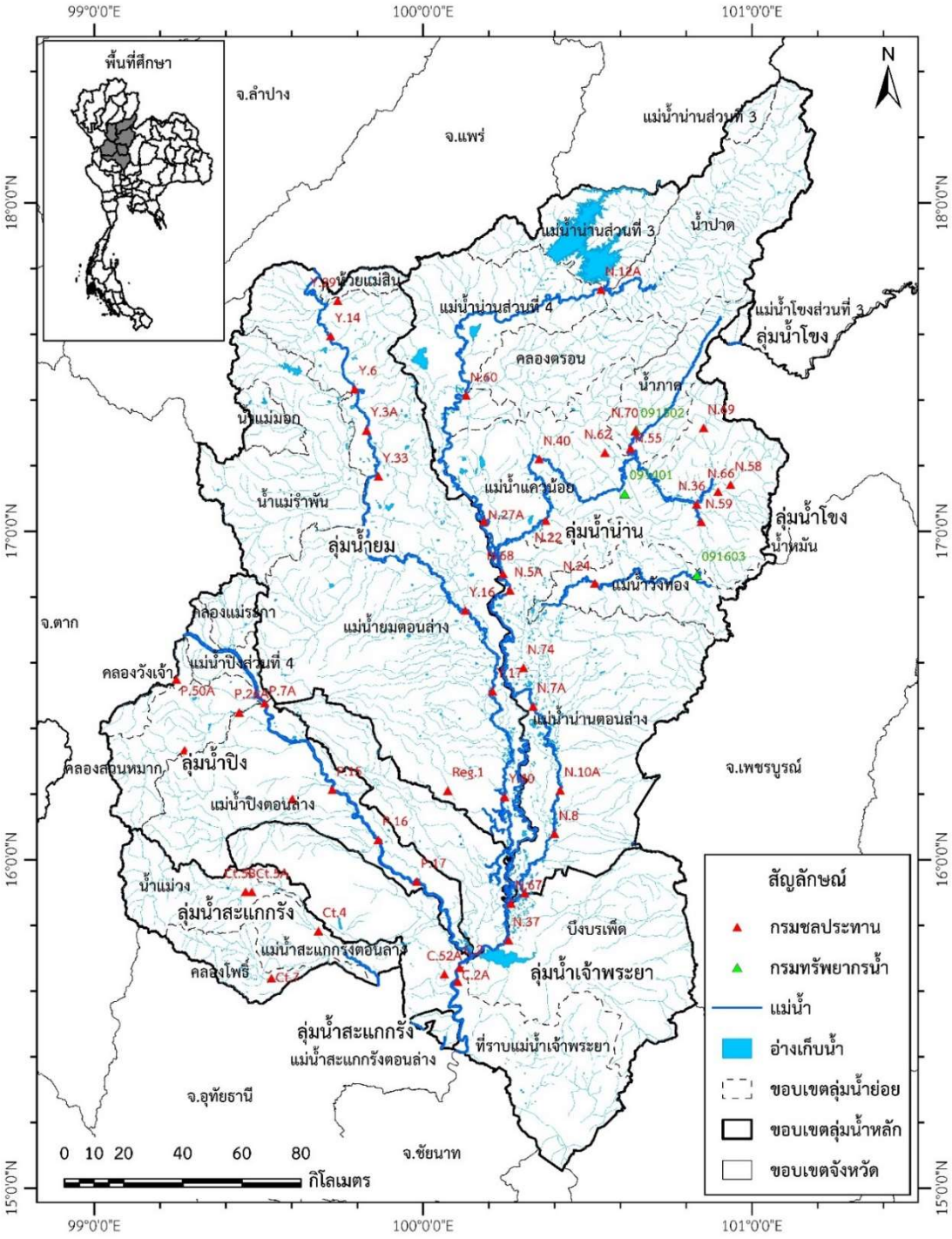


(ข.) สถานี N.8 อำเภอบางมูลนาก จังหวัดพิจิตร

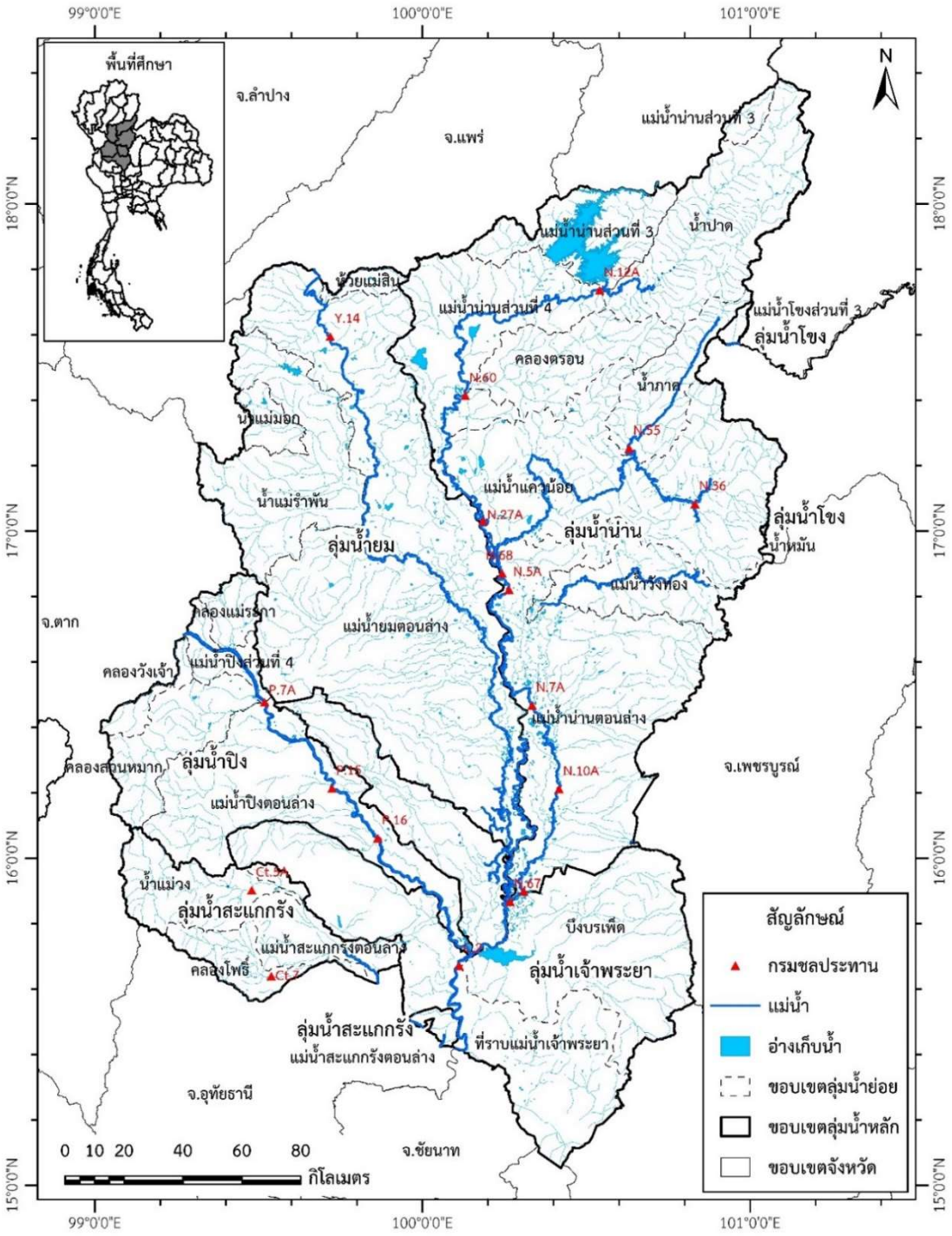
รูปที่ 2-9 ค่าผลต่างระหว่างปริมาณฝนรายปี และค่าเฉลี่ยฝนรายปี 30 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2531-2560

2.5 ปริมาณน้ำท่า

จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดอุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร และนครสวรรค์ พบว่ามีสถานีวัดน้ำท่าอยู่ทั้งหมด 50 สถานี แบ่งเป็นสถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน 47 สถานี และกรมทรัพยากรน้ำ 3 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 2-10 โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกสถานีที่มีข้อมูลอย่างน้อย 20 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2542-2561 จำนวน 18 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 2-11 และตารางที่ 2-5 โดยรายละเอียดของสถานีวัดน้ำท่าแสดงในภาคผนวก ก.



รูปที่ 2-10 สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 2-11 สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษาที่มีข้อมูลอย่างน้อย 20 ปี

ตารางที่ 2-5 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของแต่ละสถานีในพื้นที่ศึกษาในช่วงปี พ.ศ. 2542-2561

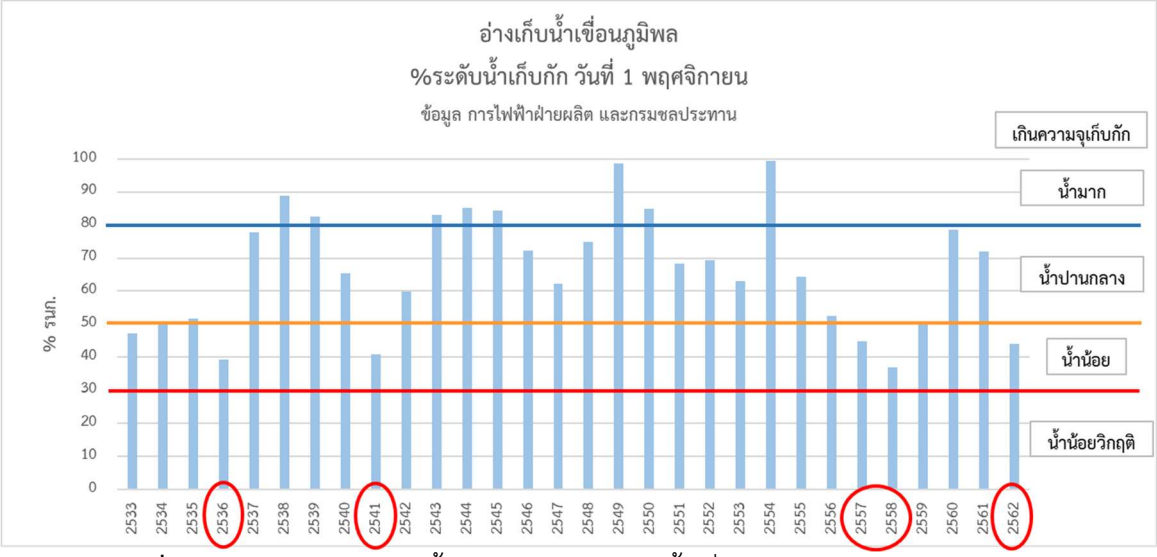
ลำดับ	สถานี	แม่น้ำ	อำเภอ	จังหวัด	ปริมาณน้ำท่ารายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)												ปริมาณน้ำท่ารวม (ล้าน ลบ.ม.)		
					เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี
1	C.2	แม่น้ำเจ้าพระยา	เมือง	นครสวรรค์	908	1,359	1,526	1,582	2,224	3,669	4,941	2,924	1,166	1,032	1,051	1,085	15,301	8,166	23,467
2	Ct.5A	น้ำแม่วงก์	ขาณุวรลักษณบุรี	กำแพงเพชร	8	35	23	12	21	70	130	39	10	8	6	6	291	77	368
3	Ct.7	คลองโพธิ์	แม่เปิน	นครสวรรค์	7	20	13	9	10	31	53	13	6	4	3	4	136	36	173
4	N.10A	แม่น้ำน่าน	ตะพานหิน	พิจิตร	555	713	817	895	1,365	2,153	1,911	985	534	575	618	627	7,854	3,894	11,748
5	N.12A	แม่น้ำน่าน	ท่าปลา	อุตรดิตถ์	580	496	363	393	513	485	292	281	503	696	731	719	2,542	3,511	6,052
6	N.14A	แม่น้ำน่าน	ชุมแสง	นครสวรรค์	222	322	395	464	707	1,007	976	552	244	237	240	229	3,870	1,724	5,594
7	N.27A	แม่น้ำน่าน	พรหมพิราม	พิษณุโลก	449	474	378	357	583	821	472	272	374	478	500	504	3,085	2,576	5,661
8	N.36	แม่น้ำแควน้อย	นครไทย	พิษณุโลก	16	42	77	126	226	306	159	40	19	13	11	12	935	111	1,047
9	N.55	น้ำภาค	ชาติตระการ	พิษณุโลก	7	18	29	41	93	133	76	24	11	8	6	5	389	62	451
10	N.5A	แม่น้ำน่าน	เมือง	พิษณุโลก	506	573	519	523	835	1,212	781	410	449	532	559	561	4,443	3,017	7,459
11	N.60	แม่น้ำน่าน	ตรอน	อุตรดิตถ์	757	734	555	564	752	807	464	408	688	891	914	911	3,875	4,568	8,443
12	N.67	แม่น้ำน่าน	ชุมแสง	นครสวรรค์	510	783	986	1,082	1,615	2,366	2,523	1,496	651	553	577	599	9,355	4,384	13,740
13	N.68	แม่น้ำน่าน	เมือง	พิษณุโลก	593	662	597	603	937	1,312	884	468	550	640	665	661	4,994	3,578	8,573
14	N.7A	แม่น้ำน่าน	เมือง	พิจิตร	588	503	376	399	529	515	301	288	498	689	730	712	2,624	3,505	6,129
15	P.15	แม่น้ำปิง	คลองขลุง	กำแพงเพชร	693	896	727	621	705	1,303	1,543	774	676	810	795	807	5,794	4,554	10,349
16	P.16	แม่น้ำปิง	ขาณุวรลักษณบุรี	กำแพงเพชร	507	687	554	463	562	1,121	1,396	666	475	592	593	581	4,783	3,414	8,197
17	P.7A	แม่น้ำปิง	เมือง	กำแพงเพชร	497	568	519	526	786	1,170	801	402	452	538	570	570	4,371	3,030	7,400
18	Y.14	แม่น้ำยม	ศรีสัชนาลัย	สุโขทัย	25	185	191	269	701	1,007	471	171	59	36	22	21	2,825	331	3,156

ที่มา : กรมชลประทาน

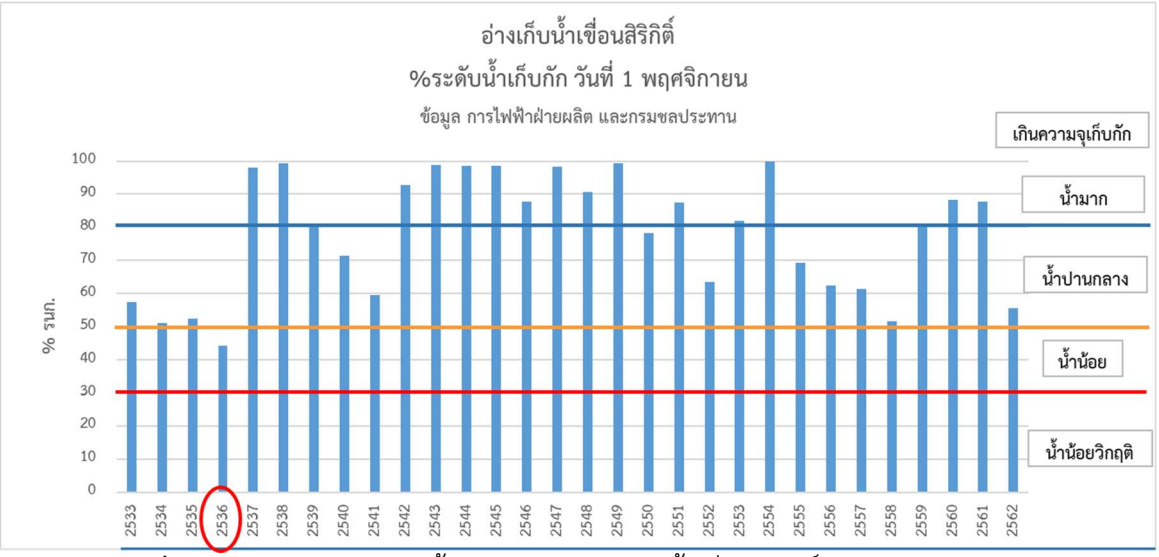
2.6 แหล่งน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำ

แหล่งน้ำต้นทุนหลักสำหรับช่วงฤดูแล้งในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย อ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลัก ประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ความจุระดับน้ำเก็บกักของเขื่อนภูมิพล 13,462 ล้านลูกบาศก์เมตร ความจุระดับน้ำเก็บกักของเขื่อนสิริกิติ์ 9,510 ล้านลูกบาศก์เมตร ความจุระดับน้ำเก็บกักของเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน 939 ล้านลูกบาศก์เมตร ความจุระดับน้ำเก็บกักของเขื่อนเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ 960 ล้านลูกบาศก์เมตร

เมื่อพิจารณาระดับน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล และเขื่อนสิริกิติ์ ย้อนหลัง 30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533-2562 โดยใช้เกณฑ์การแบ่งปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของกรมชลประทาน กล่าวคือ เมื่อเปอร์เซ็นต์ระดับน้ำเก็บกักน้อยกว่า 30% คือ น้ำน้อยวิกฤติ หากเกิน 30% แต่น้อยกว่า 50% คือ น้ำน้อย หากเกิน 50% แต่น้อยกว่า 80% คือ น้ำปานกลาง และเกินกว่า 80% คือ น้ำมาก ดังแสดงในรูปที่ 2-12 ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล จะเห็นได้ว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2533 – 2536 ปริมาตรเก็บกักอยู่ในเกณฑ์น้ำน้อยต่อเนื่องกัน 4 ปี และในช่วงปี พ.ศ. 2556 – 2559 ปริมาตรเก็บกักอยู่ในเกณฑ์น้ำน้อยต่อเนื่องกัน 4 ปี เช่นกัน ในปี พ.ศ. 2541 และ 2562 ปริมาตรเก็บกักอยู่ในเกณฑ์น้ำน้อย รูปที่ 2-13 แสดงเปอร์เซ็นต์ระดับน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ จะเห็นได้ว่า ในช่วงปีพ.ศ. 2533 – 2536 ปริมาตรเก็บกักอยู่ในเกณฑ์น้ำน้อยต่อเนื่องกัน 4 ปี ในปี พ.ศ. 2536 ปริมาตรเก็บกักอยู่ในเกณฑ์น้ำน้อย และในปี พ.ศ. 2558 และ 2562 ปริมาตรเก็บกักอยู่ในเกณฑ์น้ำปานกลางแต่ใกล้เคียง 50%

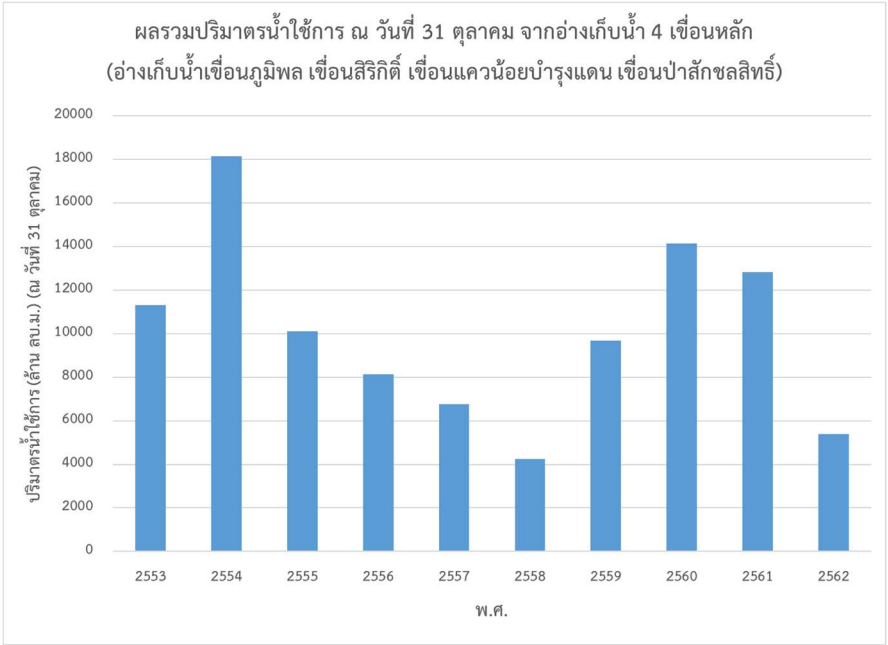


รูปที่ 2-12 เปอร์เซ็นต์ระดับน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล พ.ศ. 2533 - 2562



รูปที่ 2-13 เปอร์เซ็นต์ระดับน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ พ.ศ. 2533 - 2562

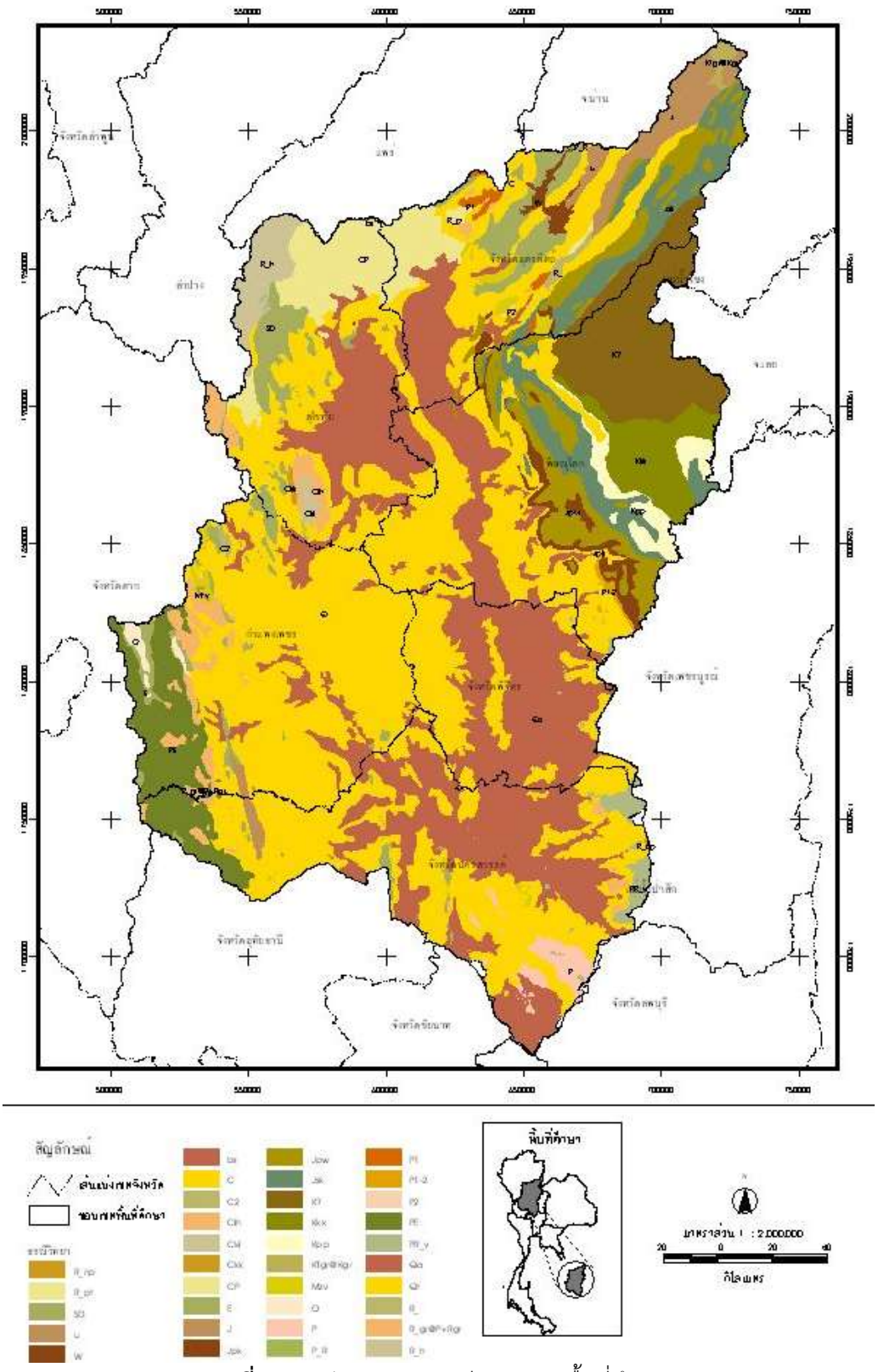
จากข้อมูลจากกรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ผลรวมปริมาตรน้ำใช้การ ณ วันที่ 31 ตุลาคม จากอ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลัก ประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2562 โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาตรน้ำใช้การ 10 ปีย้อนหลัง 10,068 ล้านลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่าช่วงปี พ.ศ. 2556-2558 ผลรวมปริมาตรน้ำใช้การมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยค่อนข้างมาก 3 ปีต่อเนื่อง และในปี พ.ศ. 2562 ผลรวมปริมาตรน้ำใช้การมีเพียง 5,379 ล้านลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในรูปที่ 2-14



รูปที่ 2-14 ผลรวมปริมาตรน้ำใช้การ ณ วันที่ 31 ตุลาคม จากอ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลัก ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2562

2.7 สภาพธรณีสัณฐานและธรณีวิทยา

ที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบน (Upper Central Plain) มีขอบเขตครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดอุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร กำแพงเพชร ต่อเนื่องลงมาจนกระทั่งถึงบริเวณปากแม่น้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ ที่ซึ่งแม่น้ำ ปิง วัง ยม และน่าน ไหลมาบรรจบกันเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา ที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบนนี้ มีลักษณะธรณีสัณฐาน เป็นพื้นที่ลอนลาด (Undulating Terrain) มีความสูงโดยเฉลี่ยระหว่าง 40-60 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประกอบด้วยตะกอนที่เกิดจากการกัดกร่อน (erosion) และผุพัง (weathering) ของหินเดิม หลังจากนั้นถูกพัดพา (transport) มาสะสมตัว (deposition) โดยแม่น้ำสายหลักดังกล่าว เกิดเป็นพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (flood plain) ตะพักลุ่มน้ำ (terrace) และที่ลุ่มน้ำขัง (swamp) โดยทั่วไปตะกอนที่สะสมตัวอยู่ในบริเวณที่ราบภาคกลางตอนบน ส่วนมากเป็นตะกอนน้ำพา และตะกอนธารน้ำพาที่สะสมตัวอยู่บนหินดาน (bed rock) ซึ่งหินดานในบริเวณที่ราบภาคกลางตอนบนอยู่ที่ระดับตื้นกว่าตอนล่าง จึงทำให้ตะกอนยุคควอเทอร์นารีในบริเวณนี้หนาน้อยกว่าบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง ตะกอนเหล่านี้มีรายละเอียดแตกต่างกันไปในแต่ละที่ ส่วนมากประกอบด้วย กรวด ทรายหยาบ ดินเคลย์หรือดินเหนียว ตะกอนทั้งสามชนิดนี้จะมีกระบวนการสะสมตัวทางธรณีวิทยาทั้งที่เกิดเป็นชั้นสลับกันและเป็นเลนส์ และเห็นได้ตามพื้นผิวทั่วไปแล้วลาดเอียงลงไปเป็นแอ่งลึกสู่ที่ราบภาคกลางตอนล่าง รูปที่ 2-15 แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 2-15 ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

วิวัฒนาการของที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบน

ที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบนมีวิวัฒนาการจากการขยายตัว (Extension) ของเปลือกโลกในยุคเทอร์เชียรี ต่อมาในสมัยไพลโอซีนตอนปลายถึงสมัยไพลสโตซีนตอนต้น หรือเมื่อประมาณ 1.8 ล้านปีที่แล้ว ได้เกิดรอยเลื่อนแบบบล็อก ทำให้หินฐานราก (bed rock) ในภาคกลางมีการเลื่อนขึ้นเลื่อนลงไปตามแนวของรอยเลื่อน ส่วนที่เป็นขอบแอ่งทางด้านตะวันออกได้ยกตัวสูงขึ้นเป็นภูเขา ต่อมาเกิดการผุพังของหินฐานราก ตะกอนจึงสะสมตัวอยู่บริเวณขอบแอ่ง ซึ่งตะกอนดังกล่าวนี้น่าจะมีอายุมากกว่า 10,000 ปี ก่อนปัจจุบัน ส่วนตะกอนที่สะสมตัวอยู่ตอนบนของพื้นที่ควรจะเป็นตะกอนที่เกิดจากการผุพังและสะสมตัวของช่วงน้ำหลากในสมัยปัจจุบัน แบ่งเป็นยุคต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) **หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่าง หินยุคไซลูเรียน–ดีโวเนียน** พบบริเวณรอบจังหวัดนครสวรรค์ ประกอบด้วย หินทัฟฟ์ บริเวณเขาหลวงด้านตะวันตกของอำเภอเมืองนครสวรรค์ หินปูนบริเวณเขาขาด เขามโน ในเขตอำเภอสลกบาตร จังหวัดกำแพงเพชร นอกจากนี้ยังมีหินเชิร์ต ที่บริเวณอำเภอขาณุวรลักษบุรี จังหวัดกำแพงเพชร เขากบ อำเภอเมืองกำแพงเพชร และบริเวณเขาเล็กๆ ด้านทิศใต้ของจังหวัดนครสวรรค์ และนอกจากนั้นยังพบเป็นแนวเขาสั้นๆ บริเวณขอบแอ่งเจ้าพระยาด้านตะวันตกอีกด้วย

2) **หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบน หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส** ส่วนใหญ่เป็นหินทรายสีแดงมีหินดินดาน และหินทรายแป้งสีแดงแทรกสลับ พบบริเวณอำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ และบริเวณจังหวัดชัยนาท เช่น หินทรายบริเวณเขาตาคลี อำเภอตาคลี เป็นต้น หินยุคเพอร์เมียนมักโผล่ให้เห็นเป็นเขาโดด ๆ หรือต่อเป็นแนวสั้น ๆ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 บริเวณ คือ บริเวณด้านตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ แนวบ้านไร่ - ทับทัน จังหวัดอุทัยธานี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินปูน หินดินดานและหินทราย ส่วนอีกแนวหนึ่งคือ แนวนครสวรรค์ - ลพบุรี ประกอบด้วยหินทราย หินดินดาน และหินปูน

3) **หินมหายุคมีโซโซอิก** ในมหายุคมีโซโซอิกตอนต้นเป็นหินตะกอนภูเขาไฟแทรกสลับกับหินปูน ซึ่งถูกปิดทับแบบไม่ต่อเนื่องด้วยชั้นหินแดงของกลุ่มหินโคราช หินเหล่านี้วางตัวในแนวประมาณทิศเหนือ - ใต้ บริเวณขอบที่ราบภาคกลางด้านตะวันออก และพบอยู่น้อยมากบริเวณขอบด้านตะวันตก

4) **หินมหายุคซีโนโซอิก หินยุคเทอร์เชียรี** ในที่ราบลุ่มภาคกลางถูกปิดทับโดยตะกอนควอเทอร์นารีทั้งแอ่ง ข้อมูลทางธรณีวิทยาจึงได้มาจากการเจาะสำรวจและข้อมูลทางธรณี

ฟิสิกส์ พบเป็นแอ่งขนาดใหญ่ 3 แอ่ง คือ แอ่งพิษณุโลก แอ่งสุพรรณบุรี และแอ่งธนบุรี โดยในแต่ละแอ่งยังสามารถแบ่งเป็นแอ่งย่อยได้อีกหลายแอ่ง แอ่งพิษณุโลกเป็นแอ่งที่มีศักยภาพของปิโตรเลียมค่อนข้างสูง ตัวแอ่งด้านเหนือและใต้ถูกขนาบด้วยแนวรอยเลื่อนแม่ปิงแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ และรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ แนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งต่างก็เป็นรอยเลื่อนตามแนวระดับชั้นหินในแอ่งแบ่งออกได้เป็น 5 หมวดหิน โดยมีลำดับจากล่างขึ้นบน ดังนี้ หมวดหินหนองบัว หมวดหินลานกระบือ หมวดหินประดู่เฒ่า หมวดหินยม และหมวดหินปิง ซึ่งมีหน่วยตะกอนยุคควอเทอร์นารีปิดทับด้านบนสุด

5) **ตะกอนยุคควอเทอร์นารี** สมัยไพลสโตซีนส่วนใหญ่พบอยู่ตามบริเวณที่ราบลุ่มเจ้าพระยา มีความหนาของชั้นตะกอนประมาณ 650 เมตร ถึง 1,830 เมตร ซึ่งสะสมตัวอย่างต่อเนื่องอยู่ในแอ่งของบล็อกรอยเลื่อนที่จมตัวลงอย่างช้าๆ จากลักษณะของตะกอนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 หน่วยชั้นตะกอน ได้แก่
   - หน่วยชั้นตะกอนเจ้าพระยา ประกอบด้วย ตะกอนชุดสมุทรปราการ อยู่ล่างสุดเป็นชั้นหินโคลนวางตัวอยู่บนหินดินดานสีแดงอายุเทอร์เชียรี ตะกอนชุดพระนครเป็นชั้นทรายสลับชั้นดินเหนียว วางตัวแบบรอยสัมผัสไม่ต่อเนื่องบนชั้นตะกอนชุดสมุทรปราการ ตะกอนชุดพระประแดง อยู่บนสุดเป็นชั้นตะกอนทรายและกรวดมีเศษเปลือกรากไม้หรือพีตปนอยู่ด้วย
   - หน่วยชั้นตะกอนดินเหนียวกรุงเทพ ประกอบด้วย ตะกอนดินเหนียวกรุงเทพตอนล่างเป็นตะกอนทรายที่สะสมตัวในบริเวณปากแม่น้ำไหลลงสู่ทะเล และตะกอนดินเหนียวกรุงเทพตอนบน ซึ่งเป็นตะกอนดินเหนียวที่สะสมตัวในทะเล ช่วงบริเวณตะพักสูงระหว่างเขตจังหวัดลพบุรีและจังหวัดสระบุรี มีหน่วยหินมาร์ลลพบุรี ซึ่งเกิดจากการผุกร่อนของกลุ่มหินปูนสระบุรี ในช่วงสมัยไพลสโตซีนสะสมตัวเป็นชั้นหนาประมาณ 15 - 20 เมตร

6) **หินอัคนี** พบทางด้านทิศใต้จังหวัดนครสวรรค์ลงมาทางจังหวัดอุทัยธานีและทางทิศตะวันออกของจังหวัดนครสวรรค์ ส่วนใหญ่อยู่ในแนวเหนือ - ใต้ มีทั้งหินอัคนีแทรกซอนพวกหินแกรโนไดออไรต์ หินแกรนิตและหินไดออไรต์ ซึ่งเกิดเป็นมวลหินขนาดเล็กวางตัวสัมผัสกับชั้นหินยุคไซลูเรียน - ดีโวเนียนแบบรอยเลื่อนสัมผัส ส่วนหินอัคนีพุเป็นพวกหินแอนดีไซต์ หินเดไซต์และหินไรโอไลต์ ที่เกิดเป็นแบบพนังหินตัดผ่านหินไดออไรต์และหินแกรโนไดออไรต์ และแบบที่ไหลหลากทับอยู่บนชั้นหินยุคเพอร์เมียนและหินยุคที่แก่กว่ายุคเพอร์เมียน นอกจากนั้นยังพบหินที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ อาทิเช่น หินทัฟฟ์และหินกรวด

ภูเขาไฟ ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นหินไรโอไลต์รวมอยู่ด้วย อายุของหินอัคนีเหล่านี้คาดว่าเกิดหลังยุคเพอร์เมียนแต่ก่อนยุคจูแรสซิก (Bunopas, 1980)

2.8 สภาพอุทกธรณีวิทยา

2.8.1 การเกิดชั้นน้ำบาดาล

ในพื้นที่ศึกษาพบทั้งแหล่งน้ำบาดาลในหินร่วนและแหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง โดยแหล่งน้ำบาดาลในหินร่วนนั้นจะพบในบริเวณแอ่งเจ้าพระยาตอนเหนือ ครอบคลุมพื้นที่ 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดอุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร กำแพงเพชร และนครสวรรค์ ส่วนแหล่งน้ำบาดาลในหินแข็งในพื้นที่ศึกษาจะพบในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ และนครสวรรค์

แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน

พื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบน ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 47,986 ตารางกิโลเมตร ของจังหวัดอุตรดิตถ์ พิษณุโลก สุโขทัย พิจิตร กำแพงเพชร และนครสวรรค์ ซึ่งแม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน ไหลมาอยู่ในพื้นที่ลุ่มแอ่งเดียวกันก่อนจะรวมเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา ลักษณะตะกอนจะเป็นตะกอนหินร่วนที่สะสมตัวในพื้นที่ราบลุ่ม มีความหนาหนาเฉลี่ย 300-500 เมตร บริเวณใจกลางแอ่งจะมีความหนามากที่สุดประมาณ 700 เมตร ชั้นน้ำบาดาลประกอบด้วยตะกอนน้ำพายุคปัจจุบันของแม่น้ำปิง ยม และน่าน และตะกอนน้ำพายุคเก่าหรือตะกอนตะพัก ทั้ง 2 แบบ คือ แบบลานตะพักระดับต่ำ และลานตะพักลำน้ำระดับสูง นอกจากนี้ยังมีตะกอนที่เกิดจากตะกอนรูปพัด (alluvial fan)

แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง

พื้นที่ศึกษาจะพบแหล่งน้ำบาดาลในหินแข็งประเภท ชั้นน้ำบาดาลหินปูน (Carbonate Aquifers) ชั้นน้ำหินชุดโคราชอื่นๆ และหินชั้นกึ่งหินแปร (Khorat and Metasedimentary Rocks Aquifers) และชั้นน้ำบาดาลหินแปรและหินอัคนี (กรมทรัพยากรธรณี, 2544)

ชั้นน้ำบาดาลหินปูน

ประกอบด้วยหินปูนยุคไทรแอสซิก (Triassic) ยุคเพอร์เมียน (Permian) และยุคออร์โดวิเชียน (Ordovician) แต่หินปูนยุคเพอร์เมียน จะเป็นแหล่งน้ำบาดาลที่ดีที่สุด หินปูนส่วนใหญ่มีโพรงจึงสามารถ

กักเก็บน้ำบาดาลได้ดีกว่าหินแข็งชนิดอื่นๆ บริเวณที่รองรับด้วยหินปูนจึงเป็นพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำบาดาลที่ดี ปริมาณน้ำบาดาลจากหินปูนจะได้ในเกณฑ์ 5-30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ในพื้นที่ศึกษาจะพบชั้นน้ำบาดาลหินปูนในบริเวณตะวันตกของอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

ชั้นน้ำบาดาลหินชุดโคราชอื่นๆ และหินชั้นกึ่งหินแปร

ได้แก่ หินดินดาน หินทราย หินทรายแห้ง หินชนวน หินฟิลไลต์ และหินกรวดมน ซึ่งส่วนใหญ่มีอายุตั้งแต่ยุคเทอร์เชียรี ถึงไตรแอสซิก หินกลุ่มนี้จะเป็นแหล่งกักเก็บน้ำได้ก็ต่อเมื่อมีรอยแตกรอยแยกของหินอันเนื่องมาจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกหรือของหิน ดังนั้นหินกลุ่มนี้จึงกักเก็บน้ำบาดาลได้ไม่ดีนัก ยกเว้นในบางพื้นที่ที่หินมีการแตกหัก จนเกิดช่องว่างให้น้ำบาดาลเข้าไปกักเก็บอยู่ได้ ปริมาณน้ำบาดาลที่ได้จากหินกลุ่มนี้จะอยู่ในเกณฑ์ 1-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ในพื้นที่ศึกษาจะพบชั้นน้ำบาดาลประเภทนี้ในบริเวณอำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งหินมีการแตกหักเนื่องจากรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ (น้ำปาด) ตัดผ่าน

ชั้นน้ำบาดาลหินแปรและหินอัคนี

ชั้นน้ำบาดาลประเภทนี้กักเก็บน้ำได้ไม่ค่อยดีนัก เนื่องจากรอยแตกต่างๆ ที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาลมักจะไม่ต่อเนื่อง โอกาสที่จะพบแหล่งน้ำบาดาลก็จะมีเฉพาะพื้นที่ที่มีโครงสร้างที่เหมาะสมจริงๆ เช่น มีรอยเลื่อนขนาดใหญ่หรือบริเวณที่ชั้นหินมีการผุพังมาก หินประเภทนี้จะมีศักยภาพให้น้ำบาดาลอยู่ในเกณฑ์ 1-5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่ในหลายแห่งไม่มีน้ำเลยและในหลายแห่งพบแหล่งน้ำบาดาลที่มีปริมาณมากกว่า 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จนถึง 30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยบริเวณที่พบแหล่งน้ำบาดาลที่มีปริมาณสูง เฉลี่ย 5-30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ได้แก่ บริเวณอำเภอเมือง และอำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์

2.8.2 ลักษณะของชั้นน้ำบาดาล

แหล่งน้ำบาดาลตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน มีความหนาเฉลี่ย 10 - 50 เมตร บ่อน้ำบาดาลมีอัตราการให้น้ำเฉลี่ย 10 - 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และเป็นแหล่งน้ำบาดาลระดับตื้นที่สำคัญของบริเวณนี้ สำหรับแหล่งน้ำน้ำบาดาลของที่ลานตะพักลำน้ำระดับต่ำ ซึ่งตะกอนประกอบด้วยดินเหนียวและทรายละเอียด บ่อบาดาลจะให้น้ำในเกณฑ์ 5 - 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ส่วนที่เป็นลานตะพักลำน้ำระดับสูง ในพื้นที่ขอบแอ่งซึ่งตะกอนประกอบด้วยกรวดขนาดใหญ่ ทราย และดินเหนียว มีการคัดขนาดไม่ดี จะให้น้ำในเกณฑ์ 3 - 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สำหรับในพื้นที่กลางแอ่ง ซึ่งอยู่ใต้ชั้นหินร่วนของ

ตะกอนน้ำพายุคปัจจุบันและอยู่ใต้ตะกอนลานตะพักลำน้ำระดับต่ำ ชั้นตะกอนประกอบด้วย กรวดทราย และดินเหนียว ที่มีการคัดขนาดที่ดี ชั้นกรวดที่เป็นแหล่งน้ำน้ำบาดาล มีจำนวน 2 - 3 ชั้น ทั้งนี้ที่ระดับความลึกไม่เกิน 300 เมตร ปริมาณน้ำบาดาลจากตะกอนทั้ง 3 ชั้น จะให้น้ำรวมกันอยู่ในเกณฑ์ 50 - 100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงหรือมากกว่าและในหลายพื้นที่อาจให้น้ำได้ถึง 300 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้แหล่งน้ำน้ำบาดาลที่มีศักยภาพสูงจะอยู่ที่ความลึกเฉลี่ยประมาณ 100 - 250 เมตร

ในบริเวณพื้นที่อำเภอสวรรคโลกและอำเภอศรีนคร จังหวัดสุโขทัย ที่ความลึกไม่เกิน 150 เมตร จะมีแหล่งน้ำน้ำบาดาลอยู่ 3 ชั้น แต่ละชั้นมีความหนาประมาณ 20 - 40 เมตร ให้น้ำบาดาลรวมกันอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย 180 - 200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ในบริเวณอำเภอคลองขลุง อำเภอขาณุวรลักษบุรี จังหวัดกำแพงเพชร ที่มีความลึกมากกว่า 150 เมตร ลงไป ชั้นน้ำบาดาลจะเป็นชั้นน้ำชนิดมีแรงดัน (confined aquifer) และแรงดันสูงมากจนกระทั่งระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาลไหลพุ่งขึ้นมาสูงกว่าผิวดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณบ้านบ่อถ้ำ อำเภอขาณุวรลักษบุรี เมื่อประมาณ 10 ปีที่แล้ว น้ำพุสูงจากระดับผิวดิน 3 เมตร น้ำพุมีอัตราการไหลมากกว่า 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่ในปัจจุบันปริมาณน้ำพุลดลงเหลือประมาณ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ระดับความดันลดลงและระดับน้ำพุสูงจากระดับผิวดินเพียง 1 เมตร เท่านั้น

2.9 สภาพเศรษฐกิจสังคม

2.9.1 ประชากร

จากการรวบรวมข้อมูลจำนวนประชากรจากกรมการปกครองในปี พ.ศ. 2559 พบว่า ในพื้นที่ภาคกลางตอนบนมีจำนวนประชากรรวมทั้งสิ้น 4,263,666 คน แบ่งเป็น ในเขตเทศบาล 1,013,371 คน และนอกเขตเทศบาล 3,250,295 คน สรุปจำนวนประชากรรายจังหวัดในปี พ.ศ. 2559 ได้ดังตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 จำนวนประชากรรายจังหวัดในปี พ.ศ. 2559

จังหวัด	จำนวนประชากร (คน)		
	ในเขตเทศบาล	นอกเขตเทศบาล	รวม
กำแพงเพชร	183,441	546,101	729,542
นครสวรรค์	198,448	868,007	1,066,455
พิจิตร	137,367	406,115	543,482
พิษณุโลก	202,530	663,229	865,759
สุโขทัย	136,017	464,214	600,231
อุตรดิตถ์	155,568	302,629	458,197
รวม	**1,013,371**	**3,250,295**	**4,263,666**

ที่มา : กรมการปกครองในปี พ.ศ. 2559

2.9.2 อุตสาหกรรม

การรวบรวมข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษา จากระบบฐานข้อมูลของกรมโรงงานกระทรวงอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2559 พบว่าปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ในพื้นที่ศึกษาและมีการดำเนินการผลิตจริงทั้งสิ้น 1,768 โรงงาน

หากจำแนกเป็นรายจังหวัด พบว่าจังวัดนครสวรรค์มีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมมากที่สุด คือ มีจำนวน 440 โรงงาน รองลงมาคือ กำแพงเพชร พิจิตร พิษณุโลก สุโขทัย อุตรดิตถ์ ซึ่งมีจำนวน 320 300 289 216 และ 203 โรงงาน ตามลำดับ

2.9.3 สภาพทางเศรษฐกิจ

จากการรวบรวมข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัด และรายได้ต่อหัวจากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2560 พบว่า มวลรวมรายจังหวัด (GPP) รวม 438,766 ล้านบาท และรายได้ต่อหัวเฉลี่ย 83,504 บาทต่อปี สรุปข้อมูลรวมรายจังหวัด (GPP) และรายได้ต่อหัวเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัด และรายได้ ของพื้นที่ศึกษา

จังหวัด	ผลิตภัณฑ์มวลรวม (ล้านบาท)	รายได้ต่อหัว(บาท)
กำแพงเพชร	110,248	142,660
นครสวรรค์	107,178	109,997
พิจิตร	45,035	83,504
พิษณุโลก	93,046	104,175
สุโขทัย	45,153	73,251
อุตรดิตถ์	38,106	87,982
รวม	438,766	528,318
เฉลี่ย	38,106	83,504

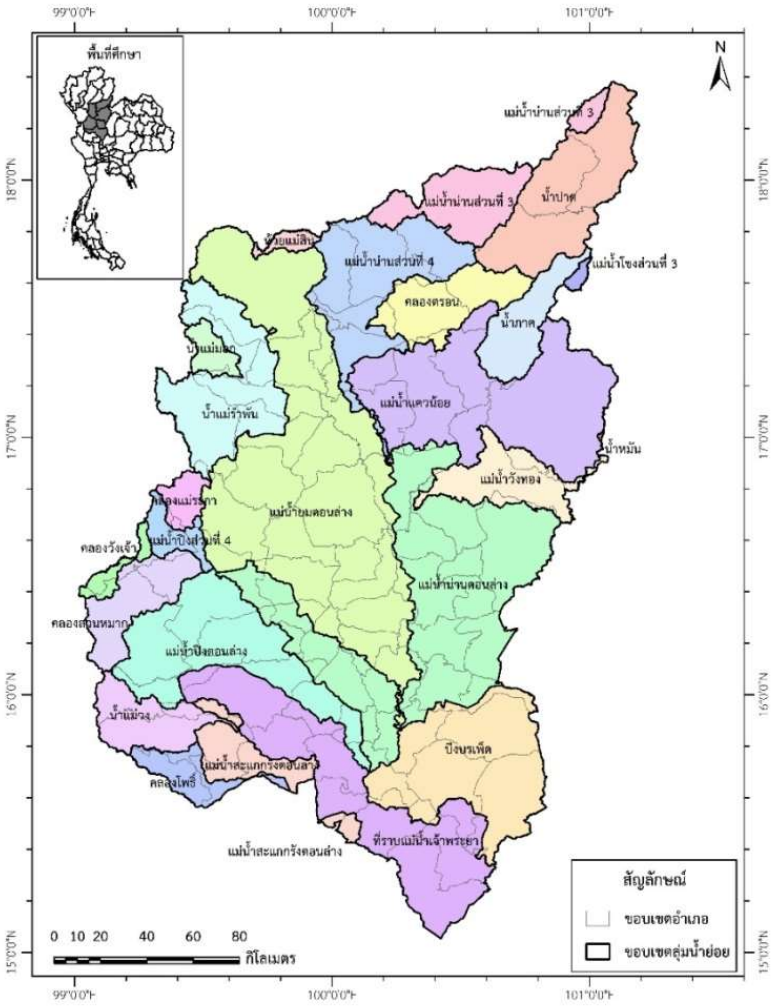
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2561

บทที่ 3
การศึกษาสภาพน้ำผิวดิน

ในการศึกษาสภาพน้ำผิวดิน เป็นการวิเคราะห์สมดุลน้ำ จากปริมาณน้ำในแหล่งต่าง ๆ และการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรม โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำต้นใน 4 เขื่อนหลัก ค่อนข้างน้อยมากคือปี พ.ศ. 2557-2558 ในบทนี้จะเป็นการแสดงข้อมูลที่รวบรวมได้ ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียด ดังนี้

3.1 โครงข่ายพื้นที่ย่อยของการใช้น้ำ

การวิเคราะห์สมดุลน้ำในการศึกษานี้ ได้ใช้พื้นที่ลุ่มน้ำสาขา และพื้นที่อำเภอ ในการกำหนดขอบเขตหน่วยย่อยในการวิเคราะห์สมดุลน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3-1 และทำการวิเคราะห์สมดุลน้ำโดยใช้ข้อมูลรายเดือน



รูปที่ 3-1 แผนที่แสดงหน่วยย่อยในการวิเคราะห์สมดุลน้ำ โดยใช้ขอบเขตลุ่มน้ำย่อยและขอบเขตอำเภอ

3.2 การใช้น้ำในกิจกรรมหลักในพื้นที่ศึกษา

การคำนวณการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมหลักในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย อุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม การเกษตร ธุรกิจ หน่วยงานราชการ และรักษาระบบนิเวศ โดยมีรายละเอียดในการประมาณการใช้น้ำ ดังนี้

3.2.1 การใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภค

การประเมินการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภค (Domestic water demand) สามารถประเมินได้จากข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ 2 ตัว คือ จำนวนประชากรรายตำบล และอัตราการใช้น้ำ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมมีความแตกต่างกันในเชิงพื้นที่ที่ได้รับการพัฒนาในระบบสาธารณูปโภคและมีการเติบโตทางเศรษฐกิจมาก โดยแบ่งประชากรเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มประชากรในเขตที่มีการพัฒนาเศรษฐกิจมาก ได้แก่ กรุงเทพมหานคร เทศบาลนคร และเทศบาลเมือง และกลุ่มประชากรในเขตที่มีการพัฒนาเศรษฐกิจรองลงมา ได้แก่ เขตเทศบาลตำบล ตามพระราชบัญญัติการกำหนดขอบเขตการปกครองปี พ.ศ. 2560 ซึ่งยุบรวมองค์การบริหารตำบล (อบต.) ไปเป็นเทศบาลตำบล โดยมีการจัดรูปแบบการปกครองใหม่ ซึ่งการศึกษานี้จึงกำหนดให้เขตการใช้น้ำต่ำสุดอยู่ที่ระดับเทศบาลตำบล ดังจะเห็นได้ว่า พื้นที่ที่มีการพัฒนามากก็จะมีแนวโน้มการใช้น้ำมากกว่าพื้นที่ที่มีการพัฒนาน้อยกว่าตามลำดับ มีรายละเอียดของการประเมิน ดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลประชากรรายตำบลจากกรมการปกครอง โดยจำแนกออกเป็นจำนวนประชากรรายตำบลในเขต และนอกเขตเทศบาล และอัตราการใช้น้ำในเขตเทศบาล และนอกเขตเทศบาล โดยกำหนดอัตราการใช้น้ำในเขตเทศบาล และนอกเขตเทศบาล จากการศึกษาที่ผ่านมากำหนดให้อัตราการใช้น้ำต่อคนในเขตต่าง ๆ เป็น ดังนี้

- เขตกรุงเทพมหานคร เท่ากับ 250 ลิตร/คน/วัน
- เขตเทศบาลนคร เท่ากับ 250 ลิตร/คน/วัน
- เขตเทศบาลเมือง เท่ากับ 200 ลิตร/คน/วัน
- เขตเทศบาลตำบล เท่ากับ 120 ลิตร/คน/วัน

2) คำนวณความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคในปัจจุบัน (Present domestic water demand, WDpr) รายตำบล โดยนำจำนวนประชากรรายตำบล คูณกับอัตราการใช้น้ำดังสมการที่ (1)

$$WDpr = Ppr \times WUdpr \times 1000 \times 365 \quad (1)$$

โดยที่ WDpr เป็นความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคในปัจจุบัน หน่วยเป็น ลบ.ม.ต่อปี
Ppr เป็นจำนวนประชากรรายตำบลในเขต และนอกเขตเทศบาลในปัจจุบัน หน่วยเป็น คน
WUdpr เป็นอัตราการใช้น้ำต่อคน หน่วยเป็น ลิตร/คน/วัน

3) สรุปความต้องการใช้น้ำอุปโภคบริโภค

3.2.2 การใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรม

การประเมินการใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรม (Industrial water demand) สามารถประเมินได้จากข้อมูลพื้นฐานของโรงงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วย จำนวนแรงม้าโรงงานรายอำเภอ กำลังการผลิต และอัตราการใช้น้ำต่อแรงม้า อัตราการใช้น้ำต่อหน่วยผลิต จำนวนชั่วโมงการทำงาน นอกจากนี้ในการศึกษาได้พิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการลดการใช้น้ำอุตสาหกรรมเพิ่มเติม คือ ประสิทธิภาพการใช้น้ำ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์แผนงานโครงการที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ โดยกำหนดให้โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีความสามารถในการลดการใช้น้ำ 5 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการลดการใช้น้ำของบางอุตสาหกรรมได้รวบรวมและทบทวนจากโครงการจัดทำคู่มือแนวทางการปฏิบัติที่ดี ด้านการจัดการทรัพยากรน้ำในภาคอุตสาหกรรม กรณีศึกษา : อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมโลหะ และอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ซึ่งมีรายละเอียดในการประเมินดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานของโรงงานอุตสาหกรรมที่ขออนุญาตเปิดกิจการ และข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมที่เลิกกิจการ สรุปข้อมูลพื้นฐานของโรงงานอุตสาหกรรมที่ขออนุญาตเปิดกิจการ และเลิกกิจการ รายตำบล จำแนกออกเป็นรายประเภทโรงงาน 107 ประเภท และจำนวนแรงม้ารายโรงงาน

2) คำนวณการใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรมในปัจจุบัน (Present industrial water demand, WIpr) รายอำเภอ แยกตามประเภทโรงงาน จากจำนวนแรงม้ารายตำบล ซึ่งวิธีในการคำนวณ 2 วิธี คือ

(2.1) การวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำจากจำนวนแรงม้า (Industrial water demand per horse power, WIPpr) และอัตราการใช้น้ำต่อแรงม้า แสดงอัตราการใช้น้ำต่อแรงม้าของโรงงานอุตสาหกรรม 84 ประเภท ซึ่งมีการปรับปรุงอัตราการใช้น้ำต่อแรงม้าของโรงงาน 107 ประเภทจากการศึกษาการจัดการน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง (สุจริต และคณะ, 2546) โดยปรับปรุงอัตราการใช้น้ำต่อจำนวนแรงม้าจากการใช้น้ำจริงของโรงงานประเภทต่างๆ จากโรงงาน จำนวน 265 โรง ซึ่งครอบคลุมประเภทโรงงานอุตสาหกรรม 55 ประเภท ดังสมการที่ (2)

$$WIPpr = Wr \times HP \times Dw / \%EFF \qquad (2)$$

โดยที่ WIPpr เป็นอัตราการใช้น้ำของแต่ละโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อปี

Wr เป็นอัตราการใช้น้ำต่อจำนวนแรงม้าต่อวัน (Water consumption rate per horse power) หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อจำนวนแรงม้าต่อวัน

HP เป็นจำนวนแรงม้าของโรงงานอุตสาหกรรม

Dw เป็นจำนวนวันทำงาน ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้จำนวนวันทำงาน เท่ากับ 261 วันต่อปี

%EFF เป็นประสิทธิภาพการใช้น้ำของแต่ละประเภทอุตสาหกรรม คำนวณจาก (100-%ECO) โดยที่ %ECO คือความสามารถในการประหยัดน้ำได้ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

(2.2) การวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำจากกำลังการผลิต และอัตราการใช้น้ำต่อหน่วยผลิต ทั้งนี้ เนื่องจากฐานข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมมีรายละเอียดของกำลังการผลิตสูงสุดเพียง 23 ประเภท ดังนั้นในการนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้วิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ จึงจำเป็นต้องข้อมูลดังกล่าวนำมาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงม้ากับกำลังการผลิตสูงสุด เพื่อแทนค่าแรงม้าในสมการในการหากำลังการผลิตได้ แสดงอัตราการใช้น้ำต่อแรงม้าของโรงงานอุตสาหกรรม 23 ประเภท ซึ่งครอบคลุมประเภทโรงงานอุตสาหกรรม 23 ประเภท ดังสมการที่ (3)

$$WICpr = Wr \times CAP \times Hw \times Dw / \%EFF \qquad (3)$$

โดยที่ WICpr เป็นอัตราการใช้น้ำของแต่ละโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อปี

Wr เป็นอัตราการใช้น้ำต่อหน่วยการผลิตต่อวัน (Water consumption rate per production unit) หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อหน่วยการผลิตต่อวัน

CAP เป็นอัตราการผลิตสูงสุดของโรงงานอุตสาหกรรม (Maximum production capacity) หน่วยเป็นหน่วยการผลิต เช่น ตันต่อวัน สามารถคำนวณจาก CAP = a x HP + b โดยที่ HP เป็นจำนวนแรงม้า a, b เป็นค่าสัมประสิทธิ์ และค่าคงที่ ตามลำดับ

Hw เป็นจำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน (Working hours) หน่วยเป็นชั่วโมง

Dw เป็นจำนวนวันทำงาน หน่วยเป็นวันต่อปี

%EFF เป็นประสิทธิภาพการใช้น้ำของแต่ละประเภทอุตสาหกรรม คำนวณจาก (100-%ECO) โดยที่ %ECO คือ ความสามารถในการประหยัดน้ำได้ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

3.2.3 การใช้น้ำเพื่อการเกษตร

การประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร รายอำเภอสามารถประเมินได้จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่เกษตร ได้แก่ ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในเขตและนอกเขตชลประทาน รายปี ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง พื้นที่โครงการชลประทานในแต่ละจังหวัด ปฏิทินการเพาะปลูกรายภาค ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนของแต่ละจังหวัด และอัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิง และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ปลูก เนื่องจากการในการวิเคราะห์การใช้น้ำการเกษตรมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ซึ่งซับซ้อน จึงจำเป็นที่จะต้องจัดเตรียมฐานข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกในเขต และนอกเขตชลประทาน แยกตามชนิดของพืชที่ปลูก และฐานข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละจังหวัด ซึ่งในการวิเคราะห์การใช้น้ำในแต่ละอำเภอทำได้ค่อนข้างลำบาก เนื่องจากข้อมูลที่หน่วยงานราชการต่าง ๆ ได้มีการจัดเก็บข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชในปัจจุบันส่วนใหญ่จัดเก็บอยู่ในรูปแบบของพื้นที่เพาะปลูกรายจังหวัด และรายปี ซึ่งเป็นข้อมูลที่หยาบมาก ดังนั้นในการวิเคราะห์การใช้น้ำรายตำบล จึงจำเป็นต้องใช้แผนที่การใช้ที่ดินมาตรส่วน 1:50,000 มาใช้ประกอบการวิเคราะห์ในรายตำบล ซึ่งกล่าวรายละเอียดในขั้นตอนต่อไป นอกจากนี้ปัญหาหนึ่งที่พบในการประเมินคือ พื้นที่เพาะปลูกที่รวบรวมมาจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรมีพื้นที่เพาะปลูกมากเกินกว่าพื้นที่เพาะปลูกจริงของแต่ละจังหวัดเมื่อเทียบกับแผนที่การใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2557 จึงจำเป็นที่จะต้องปรับฐานข้อมูลของพื้นที่เพาะปลูกให้เป็นพื้นที่เพาะปลูกจริงกับข้อมูลของโครงการชลประทานในแต่ละจังหวัดอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งมีรายละเอียดในการประเมินดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในเขตและนอกเขตชลประทาน รายปี ในแต่ละจังหวัด ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ข้อมูลโครงการชลประทานในแต่ละจังหวัด ปฏิทินการเพาะปลูกรายภาค และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ได้แก่ ปริมาณการรั่วซึมในแปลงเพาะปลูก สัมประสิทธิ์ความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด และอัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิง

2) สรุปและจัดทำฐานข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในเขตและนอกเขตชลประทาน รายปี ในแต่ละจังหวัด ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง

3) นำชั้นข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดินมาตรส่วน 1:50,000 มาตัดกับขอบเขตพื้นที่อำเภอ ซึ่งจะได้แผนที่การเพาะปลูกแต่ละชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง รายอำเภอ ซึ่งจะมี attribute จังหวัดประกอบในแต่ละ records ด้วย จากนั้นจึงหาสัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกของพืชแต่ละชนิดรายอำเภอ

4) วิเคราะห์อัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิง รายเดือน จากสมการของ Penman-Monteith

5) วิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่หักฝนใช้การแล้ว รายเดือน จากปริมาณการรั่วซึมในแปลงเพาะปลูก สัมประสิทธิ์ความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด และอัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิง จากสมการ (4) และ (5)

$$ET = Kc \times Etp \qquad (4)$$

$$Wir = (ET + P - Re) / EFFir \qquad (5)$$

โดยที่ Wir เป็นปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่หักฝนใช้การแล้ว หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ET เป็นปริมาณน้ำที่พืชใช้ หน่วยเป็นมิลลิเมตร

P เป็นปริมาณการรั่วซึมในแปลงเพาะปลูก หน่วยเป็นมิลลิเมตร

Re เป็นปริมาณฝนใช้การ หน่วยเป็นมิลลิเมตร

Kc เป็นสัมประสิทธิ์ความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด

Etp เป็นปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง หน่วยเป็นมิลลิเมตร

EFFirr เป็นประสิทธิภาพการชลประทาน โดยในพื้นที่นอกเขตชลประทาน กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.0 และในเขตชลประทาน เท่ากับ 0.75

6) คำนวณปริมาณการใช้น้ำเพื่อการเกษตร รายจังหวัด จากการนำพื้นที่เพาะปลูกแต่ละชนิดรายจังหวัด รายเดือน คูณกับปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่หักฝนใช้การแล้ว รายเดือน คำนวณปริมาณการใช้น้ำเพื่อการเกษตรรายอำเภอ จากข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกแต่ละชนิดรายจังหวัดคูณกับสัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกของพืชแต่ละชนิดรายอำเภอในเขต และนอกเขตชลประทาน

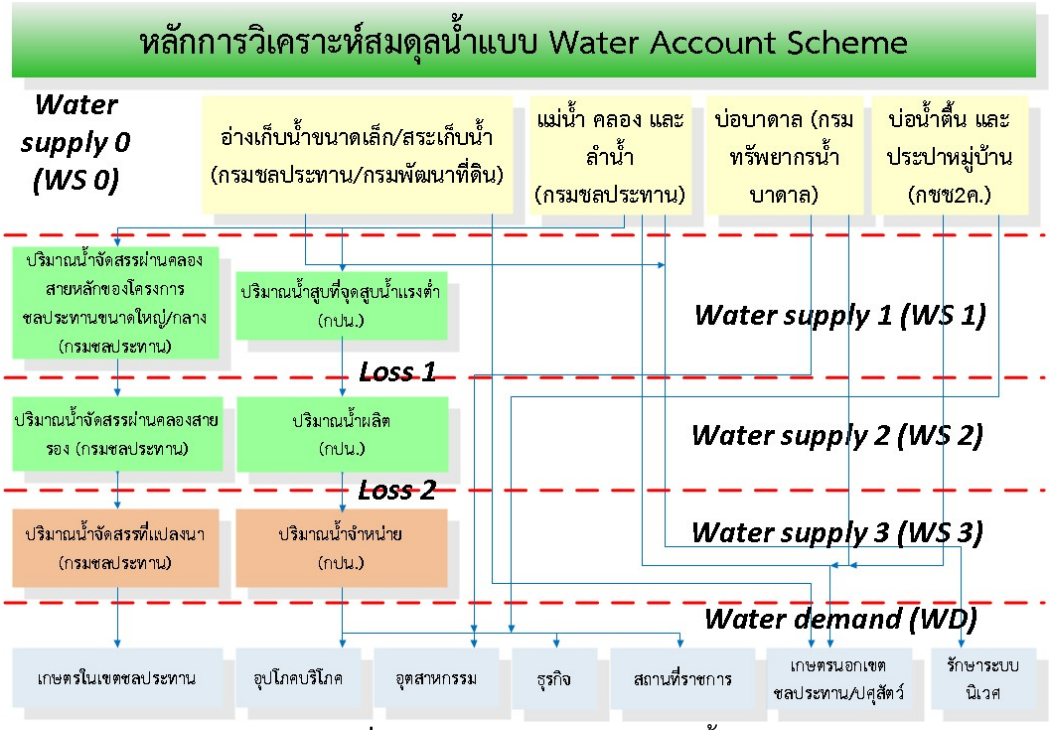
3.3 การจัดสรรน้ำ

จากการศึกษาภายใต้โครงการ วิเคราะห์สถานะของความมั่นคงด้านน้ำ ผลิตภาพจากน้ำ และภัยพิบัติเพื่อใช้ในการจัดทำแผนแม่บท โดยเฉพาะด้านน้ำ (ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์, สกสว. 2562) ในการวิเคราะห์สมดุลน้ำ พิจารณาจากผลต่างระหว่างปริมาณน้ำต้นทุน หรือปริมาณน้ำจัดหา กับความต้องการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ ซึ่งเป็นบูรณการข้อมูลระหว่างปริมาณน้ำจัดหา และความต้องการน้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ โดยคำนึงถึงแหล่งที่มา (น้ำผิวดิน/น้ำบาดาล) หน่วยงานที่จัดหา และความต้องการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรม ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ได้มาจากการรวบรวม และจัดเก็บของหน่วยงานราชการ และรัฐวิสาหกิจที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีหลักการวิเคราะห์สมดุลน้ำแบบบัญชีน้ำ ดังรูปที่ 3-2 ดังนี้

1) การเก็บกักแหล่งน้ำขนาดเล็ก (อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก/สระเก็บน้ำ) และการสูบน้ำบาดาลของหน่วยงานและเอกชน (Water supply 0, WS0) ปริมาณน้ำส่วนนี้จะเรียกว่า ปริมาณน้ำเก็บกัก และปริมาณน้ำสูบบาดาล
2) การสูบน้ำและจัดสรรน้ำของหน่วยงานของรัฐ (Water supply 1, WS1) ปริมาณน้ำส่วนนี้จะเรียกว่า ปริมาณน้ำสูบ (กรณีของกปภ./กปน.) หรือปริมาณน้ำจัดสรรของคลองส่งน้ำสายหลัก
3) การผลิตน้ำของการประปา และการจัดสรรน้ำผ่านคลองสายรอง (Water supply 2, WS2) ปริมาณน้ำส่วนนี้จะเรียกว่า ปริมาณน้ำจัดสรรผ่านคลองสายรอง (กรมชลประทาน) และปริมาณน้ำผลิต (กรณีของกปภ./กปน.)
4) การส่งผ่านน้ำจากจุดกระจายน้ำของหน่วยงานของรัฐ (WS1) ไปยังคลองส่งน้ำสายรอง (กรณีการจัดสรรน้ำของกรมชลประทาน) (Water Supply 2, WS2) หรือการผลิตน้ำหรือแปลงจากน้ำดิบ (WS1) เป็นน้ำสุก (WS2) ของการประปาภูมิภาค/นครหลวง (กระบวนการผลิตน้ำประปา) จะเกิดปริมาณน้ำสูญเสียขึ้น เรียกว่า ปริมาณน้ำสูญเสีย 1
5) การจัดสรรที่แปลงนา (กรมชลประทาน) และการจำหน่ายของการประปา (กรณีของกปภ./กปน.) (Water Supply 3, WS3) เรียกว่า ปริมาณน้ำจัดสรรที่แปลงนา และปริมาณน้ำจำหน่าย
6) การส่งน้ำจากคลองส่งน้ำสายรอง (WS2) ไปยังคลองซอย (WS3) และกระบวนการกระจายน้ำผลิต (WS2) จากแหล่งผลิตกระจายไปยังผู้ใช้น้ำ หรือน้ำจำหน่าย (WS3) ซึ่งจะเกิดปริมาณน้ำสูญเสียขึ้นเช่นเดียวกัน เรียกว่า ปริมาณน้ำสูญเสีย 2
7) การวิเคราะห์สมดุลน้ำระหว่างจุดรับน้ำของผู้ใช้น้ำ (Water supply, WS3) กับความต้องการน้ำของผู้ใช้น้ำ (Water demand, WD)

จากรูปที่ 3-2 เป็นการอธิบายถึงทิศทางหรือกระบวนการกระจายน้ำจากผู้จัดสรรน้ำไปยังผู้ใช้น้ำ โดยที่ผู้จัดสรรน้ำหลักหรือหน่วยงานจัดสรรน้ำหลัก ได้แก่ กรมชลประทาน จะบริหารน้ำจากอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ และกลาง ด้วยการจัดทำแผนการจัดสรรน้ำของโครงการชลประทานขนาดใหญ่และกลาง (ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และกลาง) ในฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายน-เมษายน) และฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม) ซึ่งการศึกษาในครั้งได้มีการรวบรวมข้อมูลการจัดสรรน้ำนี้เป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบบัญชีน้ำ ถือว่าเป็นปริมาณน้ำจัดสรรของโครงการชลประทานขนาดใหญ่และกลาง เนื่องด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นปริมาณน้ำเก็บกักและปริมาณน้ำปล่อยของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และกลาง จึงไม่ได้นำมาพิจารณาเป็นองค์ประกอบของบัญชีน้ำในการศึกษาในครั้งนี้

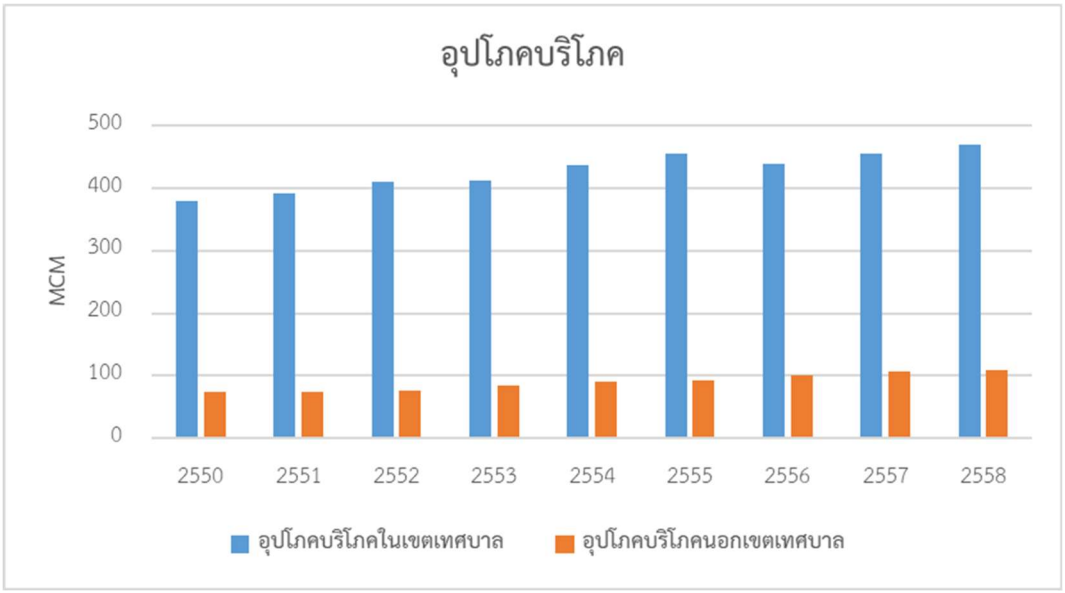
ในการวิเคราะห์สมดุลน้ำของในแต่ละกิจกรรมการใช้น้ำ จะได้ปริมาณน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการจัดสรรน้ำ ได้แก่ การจัดน้ำชลประทานของกรมชลประทาน เริ่มจากปริมาณน้ำจัดสรรของโครงการชลประทานจากคลองส่งน้ำสายหลักไปยังคลองส่งน้ำสายรอง จะเกิดปริมาณน้ำสูญเสียเกิดขึ้น เรียกว่า ปริมาณน้ำสูญเสีย 1 จากนั้นปริมาณน้ำจัดสรรจะถูกส่งต่อไปยังผู้ใช้น้ำผ่านทางคลองซอย ในขั้นนี้จะเกิดปริมาณน้ำสูญเสียอีกส่วนหนึ่ง เรียกว่า ปริมาณน้ำสูญเสีย 2



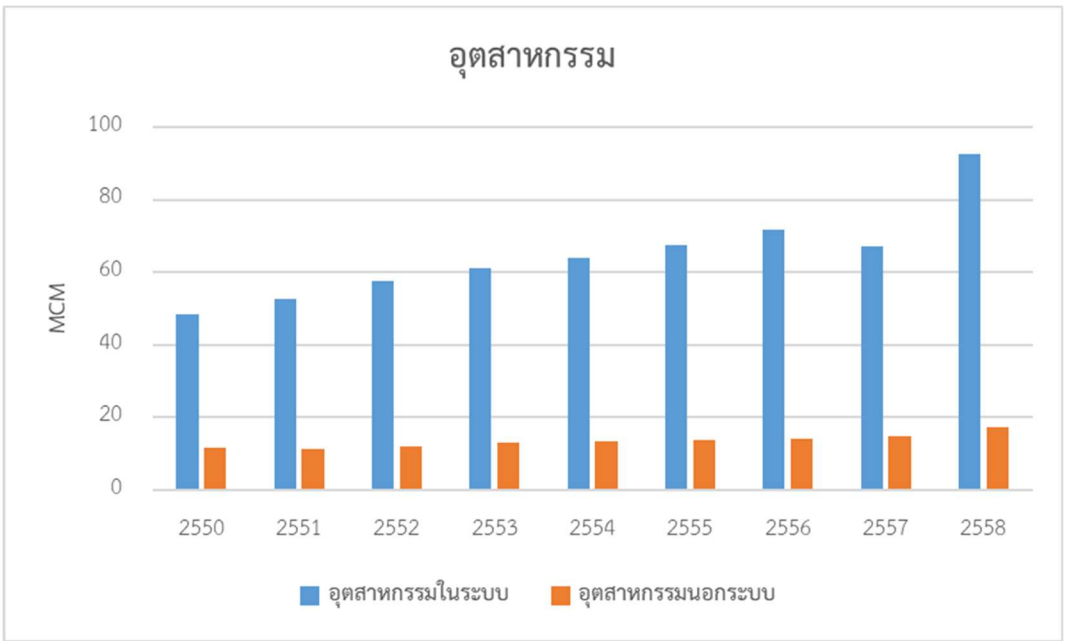
รูปที่ 3-2 หลักการวิเคราะห์สมดุลน้ำ

3.4 สมดุลน้ำผิวดินและการขาดแคลนน้ำ

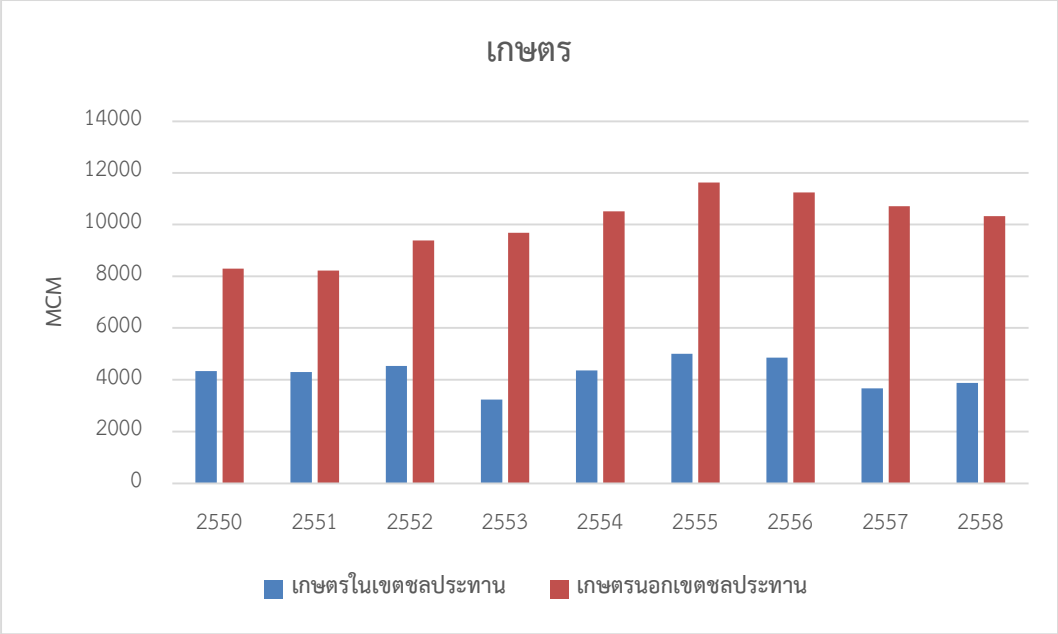
จากข้อมูลปี พ.ศ. 2550 – 2558 และการประมาณการใช้น้ำในภาคส่วนต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อ 3.3 ปริมาณการใช้น้ำรวม 6 จังหวัดในพื้นที่ศึกษา แสดงดังรูปที่ 3-3 ถึง 3-7 โดยแสดงปริมาณการใช้น้ำรวม 6 จังหวัด เพื่ออุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม การเกษตร ส่วนราชการและธุรกิจ และเพื่อรักษาระบบนิเวศ ตามลำดับ



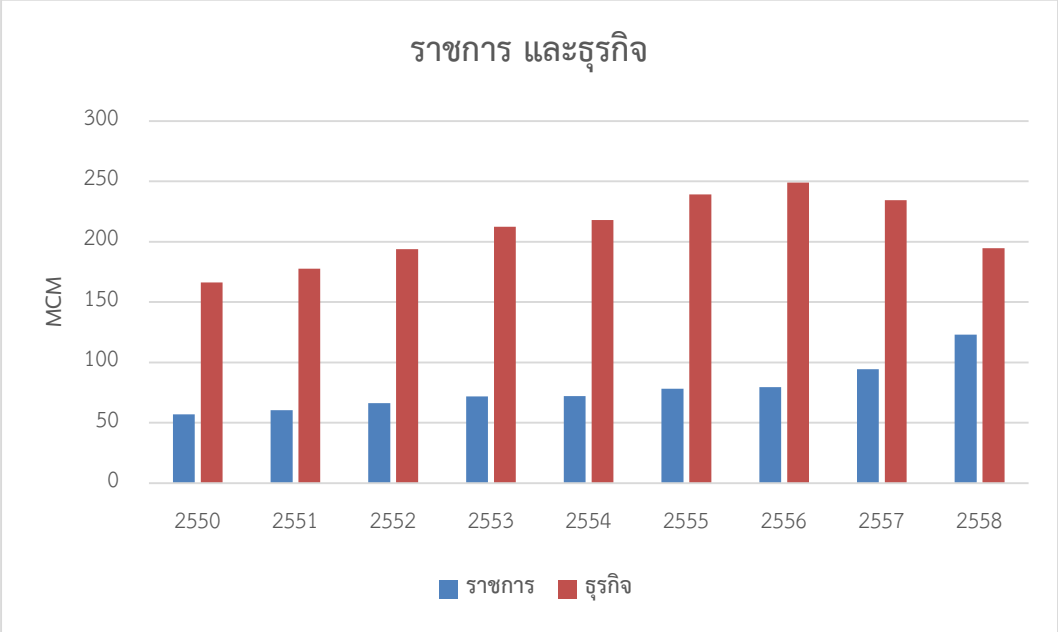
รูปที่ 3-3 ปริมาณการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภครวม 6 จังหวัด



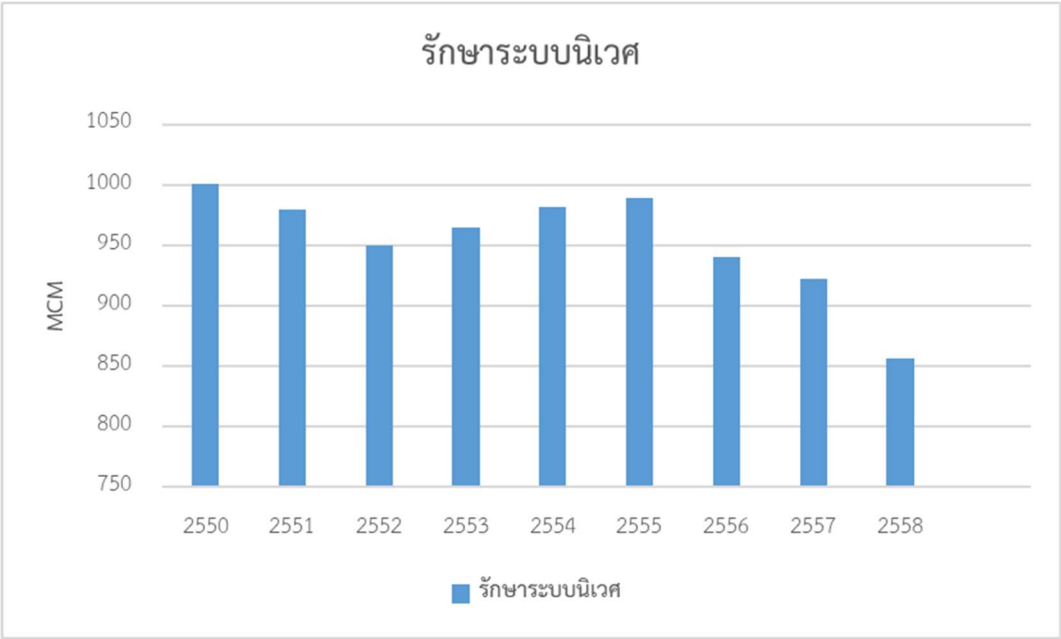
รูปที่ 3-4 ปริมาณการใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรมรวม 6 จังหวัด



รูปที่ 3-5 ปริมาณการใช้น้ำเพื่อการเกษตรรวม 6 จังหวัด



รูปที่ 3-6 ปริมาณการใช้น้ำในส่วนราชการและธุรกิจรวม 6 จังหวัด



รูปที่ 3-7 ปริมาณการใช้น้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศรวม 6 จังหวัด

จากข้อมูลปริมาตรน้ำใช้การในอ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลัก ดังแสดงในบทที่ 2 ปีที่มีปริมาตรน้ำใช้การค่อนข้างน้อยมาก ได้แก่ ปี พ.ศ. 2557 และ 2558 ในการวิเคราะห์สภาพการขาดแคลนน้ำ จึงทำการวิเคราะห์ใน 2 ปีนี้ โดยการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 3-1 และ 3-2 การจัดสรรน้ำแสดงดังตารางที่ 3-3 และ 3-4 และสภาพการขาดแคลนน้ำในภาคการเกษตรในเขตและนอกเขตชลประทาน แสดงดังตารางที่ 3-5 และ 3-6 โดยในปี พ.ศ. 2557 ปริมาณน้ำขาดแคลนในภาคการเกษตรในเขตชลประทานประมาณ 1,058 ล้านลูกบาศก์เมตร นอกเขตชลประทาน 697 ล้านลูกบาศก์เมตร ปี พ.ศ. 2558 ปริมาณน้ำขาดแคลนในภาคการเกษตรในเขตชลประทานประมาณ 1,105 ล้านลูกบาศก์เมตร นอกเขตชลประทาน 736 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับข้อมูลการจัดสรรน้ำของปีพ.ศ. 2550 – 2558 แสดงดังภาคผนวก ข

ตารางที่ 3-1 การใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2557

	การใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่างๆ (ล้าน ลบ.ม./ปี)								
จังหวัด	อุปโภคบริโภคในเขตเทศบาล	อุปโภคบริโภคในนอกเขตเทศบาล	อุตสาหกรรมในระบบ	อุตสาหกรรมนอกระบบ	เกษตรในเขตชลประทาน	เกษตรนอกเขตชลประทาน	ราชการ	ธุรกิจ	รักษาระบบนิเวศ
สุโขทัย	42	15	28	1	553	1179	5	12	15
พิษณุโลก	67	22	2	1	649	1579	14	24	282
พิจิตร	45	19	3	1	752	706	5	15	3
นครสวรรค์	114	24	11	6	603	1563	21	59	79
กำแพงเพชร	140	17	17	5	992	891	41	109	40
อุตรดิตถ์	48	10	5	1	119	4793	7	16	501
รวม	455	107	67	15	3667	10711	94	234	922

ตารางที่ 3-2 การใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2558

	การใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่างๆ (ล้าน ลบ.ม./ปี)								
จังหวัด	อุปโภคบริโภคในเขตเทศบาล	อุปโภคบริโภคในนอกเขตเทศบาล	อุตสาหกรรมในระบบ	อุตสาหกรรมนอกระบบ	เกษตรในเขตชลประทาน	เกษตรนอกเขตชลประทาน	ราชการ	ธุรกิจ	รักษาระบบนิเวศ
สุโขทัย	38	15	28	2	634	1049	5	12	14
พิษณุโลก	80	22	3	1	583	1548	18	25	279
พิจิตร	44	19	4	1	723	546	5	15	3
นครสวรรค์	110	25	18	7	644	1568	28	44	80
กำแพงเพชร	149	18	34	5	1264	836	59	82	33
อุตรดิตถ์	48	10	6	1	27	4775	7	16	448
รวม	469	108	93	17	3875	10322	123	195	857

ตารางที่ 3-3 การจัดสรรน้ำ ในปี พ.ศ. 2557

ล้าน ลบ.ม.	ประปาภูมิภาค					ประปาเทศบาล					ประปาหมู่บ้าน					ชลประทาน				
จังหวัด	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย 1	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย 2	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย 1	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย 2	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย 1	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย 2	ปริมาณน้ำชลประทานคลองส่งน้ำสายหลัก	ปริมาณน้ำชลประทานคลองสายรอง	ปริมาณน้ำสูญเสีย 1	ปริมาณน้ำชลประทานที่แปลงนา	ปริมาณน้ำสูญเสีย 2
สุโขทัย	46.63	45.47	1.17	35.12	10.34	13.79	13.32	0.47	10.74	2.58	6.70	6.50	0.20	5.24	1.26	857.39	685.91	171.48	548.73	137.18
พิษณุโลก	82.70	80.54	2.31	59.98	20.55	49.37	47.97	1.40	36.40	11.57	11.01	10.74	0.26	8.15	2.59	1014.33	811.46	202.87	649.17	162.29
พิจิตร	41.10	40.02	1.76	31.40	8.62	33.57	32.66	0.91	25.32	7.35	6.63	6.48	0.15	5.02	1.46	1169.50	935.60	233.90	748.48	187.12
นครสวรรค์	198.78	193.55	7.56	145.01	48.54	59.01	56.94	2.07	44.65	12.29	12.05	11.69	0.37	9.17	2.52	617.21	493.77	123.44	395.01	98.75
กำแพงเพชร	370.93	360.66	10.27	264.23	96.43	43.38	41.92	1.46	30.74	11.18	7.93	7.70	0.23	5.65	2.05	1074.17	859.33	214.83	687.47	171.87
อุตรดิตถ์	56.80	55.03	1.65	41.65	13.38	29.08	27.10	1.98	21.77	5.33	4.88	4.57	0.31	3.67	0.90	183.20	146.56	36.64	117.25	29.31
รวม	796.94	775.26	24.72	577.39	197.87	228.20	219.92	8.28	169.63	50.30	49.20	47.68	1.52	36.90	10.78	4915.79	3932.63	983.16	3146.10	786.53

ตารางที่ 3-4 การจัดสรรน้ำ ในปี พ.ศ. 2558

ล้าน ลบ.ม.	ประปาภูมิภาค					ประปาเทศบาล					ประปาหมู่บ้าน					ชลประทาน				
จังหวัด	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย 1	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย 2	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย 1	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย 2	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย 1	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย 2	ปริมาณน้ำชลประทานคลองส่งน้ำสายหลัก	ปริมาณน้ำชลประทานคลองสายรอง	ปริมาณน้ำสูญเสีย 1	ปริมาณน้ำชลประทานที่แปลงนา	ปริมาณน้ำสูญเสีย 2
สุโขทัย	48.25	47.09	1.16	36.65	10.44	12.95	12.56	0.39	10.13	2.43	6.62	6.43	0.19	5.18	1.24	984.90	787.92	196.98	630.34	157.58
พิษณุโลก	91.60	88.00	3.60	65.46	22.54	56.92	54.85	2.07	41.64	13.21	11.27	10.87	0.40	8.25	2.62	893.39	714.71	178.68	571.77	142.94
พิจิตร	42.86	41.65	1.21	32.49	9.16	32.05	31.26	0.79	24.03	7.23	6.70	6.54	0.16	5.03	1.51	647.00	517.60	129.40	414.08	103.52
นครสวรรค์	203.40	197.41	5.99	152.20	45.21	40.23	38.83	1.41	30.67	8.16	12.55	12.13	0.42	9.58	2.54	646.36	517.09	129.27	413.67	103.42
กำแพงเพชร	375.11	363.18	11.93	276.06	87.12	42.60	41.23	1.37	30.64	10.59	8.10	7.85	0.25	5.83	2.02	1520.18	1216.15	304.04	972.92	243.23
อุตรดิตถ์	59.04	57.60	1.43	44.07	13.53	28.08	27.71	0.37	21.99	5.73	4.92	4.86	0.06	3.86	1.01	39.38	31.50	7.88	25.20	6.30
รวม	820.26	794.93	25.33	606.94	188.00	212.84	206.44	6.40	159.10	47.34	50.16	48.67	1.49	37.73	10.94	4731.21	3784.97	946.24	3027.98	756.99

ตารางที่ 3-5 ปริมาณน้ำขาดแคลน ในปี พ.ศ. 2557

จังหวัด	ปริมาณน้ำขาดแคลนเกษตรในเขตชลประทาน (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำขาดแคลนเกษตรนอกเขตชลประทาน (ล้าน ลบ.ม.)
อุตรดิตถ์	0.40	79
กำแพงเพชร	648	118
นครสวรรค์	195	121
พิจิตร	2	95
พิษณุโลก	161	173
สุโขทัย	53	111
รวม	1058	697

ตารางที่ 3-6 ปริมาณน้ำขาดแคลน ในปี พ.ศ. 2558

จังหวัด	ปริมาณน้ำขาดแคลนเกษตรในเขตชลประทาน (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำขาดแคลนเกษตรนอกเขตชลประทาน (ล้าน ลบ.ม.)
อุตรดิตถ์	5	89
กำแพงเพชร	613	159
นครสวรรค์	207	133
พิจิตร	66	79
พิษณุโลก	176	161
สุโขทัย	38	114
รวม	1105	736

3.5 การทบทวนการศึกษาสัดส่วนของการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล

จากทบทวนการศึกษาสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินที่ผ่านมาในพื้นที่ศึกษาที่มีการลงสำรวจการใช้น้ำ จากผลการศึกษาการใช้น้ำเกษตรกรรมในเขตและนอกเขตชลประทานของพื้นที่ลุ่มน้ำต่างๆในพื้นที่ศึกษาของโครงการการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณภาคกลางตอนบน

(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2549) ได้สรุปสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลในเขตชลประทาน และนอกเขตชลประทาน ได้ดังตารางที่ 3-7 และตารางที่ 3-8 ตามลำดับ

ตารางที่ 3-7 สัดส่วนการใช้น้ำร่วมเพื่อการเกษตรในเขตชลประทานปี พ.ศ. 2546

ลุ่มน้ำ	น้ำผิวดิน (ร้อยละ)			น้ำบาดาล (ร้อยละ)		
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รวม	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รวม
1. ลุ่มน้ำปิง	43.71	35.95	41.79	0.96	12.64	3.84
2. ลุ่มน้ำยม	94.13	92.22	94.07	0.11	4.37	0.25
3. ลุ่มน้ำน่าน	70.33	30.30	50.27	9.48	28.50	19.01
4. ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	100.00	100.00	100.00	0.15	11.33	1.15
5. ลุ่มน้ำสะแกกรัง	100.00	100.00	100.00	0.13	9.10	0.76
รวมทุกลุ่มน้ำ	71.02	34.38	59.52	3.51	24.06	9.96

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2549

ตารางที่ 3-8 สัดส่วนการใช้น้ำร่วมเพื่อการเกษตรนอกเขตชลประทานใน พ.ศ. 2546

ลุ่มน้ำ	น้ำผิวดิน (ร้อยละ)			น้ำบาดาล (ร้อยละ)		
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รวม	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รวม
1. ลุ่มน้ำปิง	95.70	66.07	85.82	4.30	33.93	14.18
2. ลุ่มน้ำยม	94.93	47.32	89.43	5.07	52.68	10.57
3. ลุ่มน้ำน่าน	99.37	71.79	97.18	0.63	28.21	2.82
4. ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	99.26	66.64	98.60	0.74	33.36	1.40
5. ลุ่มน้ำสะแกกรัง	99.67	49.37	99.44	0.33	50.63	0.56
รวมทุกลุ่มน้ำ	97.60	60.01	93.83	2.40	39.99	6.17

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2549

จากสัดส่วนการใช้น้ำร่วมในเขตชลประทานในตารางที่ 3-7 เห็นได้ว่า ในเขตชลประทานเกษตรกรจะได้รับน้ำจัดสรรจากอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ หรือโครงการชลประทาน เพียงร้อยละ 60 ของความต้องการน้ำทั้งหมด ในขณะที่มีการใช้น้ำบาดาลเสริมเพียงร้อยละ 10 ของความต้องการน้ำทั้งหมด ซึ่งลุ่มน้ำที่มีการใช้น้ำร่วมสูงสุด คือ ลุ่มน้ำน่าน มีการใช้น้ำผิวดิน ร้อยละ 50 และ น้ำบาดาล ร้อยละ 19 ซึ่งเป็นตัวชี้วัดว่า เกษตรกรมีความต้องการน้ำเสริมในช่วงที่ไม่ได้รับน้ำตามรอบเวร และในความเป็นจริงแล้วคาดว่าปริมาณการใช้น้ำน่าจะสูงกว่าร้อยละ 19 เมื่อรวมกับปริมาณน้ำขาดแคลนที่ต้องหาน้ำจากแหล่งน้ำอื่น ๆ เสริม เช่น คลองระบาย และสระเก็บน้ำในไร่นา อีกประมาณร้อยละ 31

จึงจะเพียงพอต่อความต้องการน้ำในการเพาะปลูกพืช และพฤติกรรมการสูบน้ำจะเน้นไปที่ช่วงฤดูแล้งเป็นหลัก เนื่องจากปริมาณน้ำที่ได้รับจากการจัดสรรไม่เพียงพอต่อพื้นที่เพาะปลูก

จากสัดส่วนการใช้น้ำร่วมนอกเขตชลประทานในตารางที่ 3-8 เห็นได้ว่า มีการใช้น้ำผิวดินเพื่อการเกษตร ได้แก่ ลำน้ำธรรมชาติ และสระเก็บน้ำในแปลงนา ร้อยละ 94 ของความต้องการน้ำทั้งหมด และใช้น้ำบาดาลเสริมประมาณ ร้อยละ 6 ของความต้องการน้ำทั้งหมด โดยที่ลุ่มน้ำปิงมีการใช้น้ำร่วมสูงสุด กล่าวคือ มีการใช้น้ำผิวดินร้อยละ 86 และน้ำบาดาลร้อยละ 14 ส่วนใหญ่มีการใช้น้ำบาดาลเสริมในช่วงฤดูแล้งเช่นเดียวกับพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทาน และเป็นที่น่าสังเกตว่า ในลุ่มน้ำยมเป็นลุ่มน้ำที่มีศักยภาพน้ำบาดาลมาก ซึ่งมีการใช้น้ำบาดาลเสริมในฤดูแล้งสูงถึงร้อยละ 53 ของความต้องการน้ำทั้งหมด ซึ่งจากผลการศึกษาสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลดังกล่าวจะนำมาใช้ประมาณการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษานี้ต่อไป

การศึกษาสัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลในการศึกษานี้ จะทำการพิจารณาในภาคเกษตรกรรม โดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำในเขตและนอกเขตชลประทาน และปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองในบทที่ 5

บทที่ 4
การศึกษาสภาพน้ำบาดาล

ในการศึกษาสภาพน้ำบาดาล มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เข้าใจถึงระบบน้ำบาดาลซึ่งหมายรวมถึงลักษณะของชั้นน้ำบาดาล สภาพน้ำบาดาลทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ตลอดจนการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ จากการศึกษา การรวบรวมและทบทวนข้อมูลที่ผ่านมา สามารถสรุปลักษณะของชั้นน้ำและสภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาได้เป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

4.1 ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา

ในส่วนของการศึกษาสภาพน้ำบาดาลนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของประเภทและจำนวนบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาแยกเป็นรายจังหวัด เพื่อให้เป็นพื้นฐานในการศึกษาศักยภาพน้ำบาดาลและการวางแนวทางการใช้น้ำร่วมต่อไป จากการทบทวนและรวบรวมข้อมูลที่ผ่านมาสามารถสรุปได้ ดังนี้

4.1.1 บ่อน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตร

บ่อที่ทางราชการเจาะไว้เพื่อให้ประชาชนใช้ในการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตร รายการระเบียนข้อมูลบ่อเหล่านี้ได้เก็บรวบรวมไว้ในฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2561 โดยมีรายละเอียด เช่น ความลึก ขนาดบ่อ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของแหล่งน้ำบาดาลในเบื้องต้น โดยสามารถสรุปจำนวนบ่อบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตรรายจังหวัดได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 จำนวนบ่อน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคและด้านการเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2561

จังหวัด	ประเภท	
	อุปโภคบริโภค	เกษตร
กำแพงเพชร	1,095	235
นครสวรรค์	2,037	257
พิจิตร	1,295	295
พิษณุโลก	1,056	319
สุโขทัย	1,139	298
อุตรดิตถ์	865	122
รวม	**7,487**	**1,526**

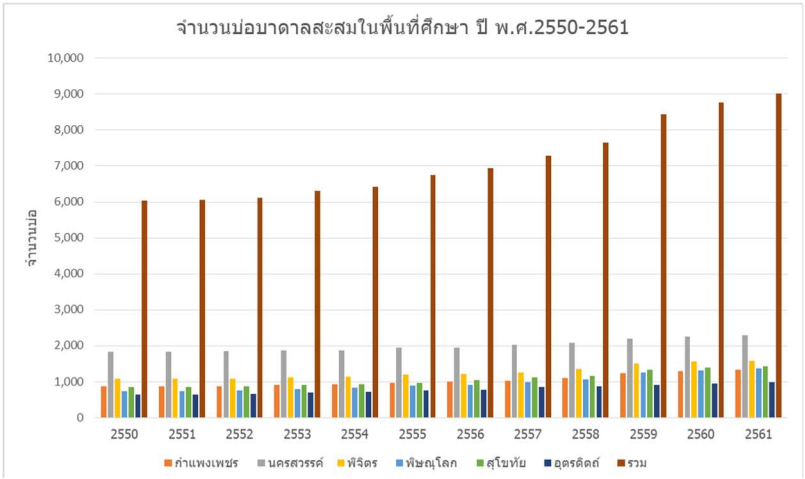
ที่มา : ฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลได้จากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล พบว่ามีบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาที่ก่อสร้างโดยหน่วยงานดังกล่าวรวมทั้งสิ้นประมาณ 9,013 บ่อ ในปี พ.ศ.2561 ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 จำนวนบ่อน้ำบาดาลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลปี พ.ศ. 2533-2561

จังหวัด	ปี																												
	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561
กำแพงเพชร	215	246	306	408	500	544	584	626	660	713	754	792	815	818	818	818	839	876	877	882	905	926	967	1008	1038	1114	1236	1292	1330
นครสวรรค์	577	679	815	1026	1267	1324	1406	1481	1575	1670	1724	1804	1818	1825	1825	1826	1826	1827	1829	1847	1865	1880	1947	1958	2034	2092	2207	2259	2294
พิจิตร	365	407	465	576	690	751	834	882	932	961	989	1019	1049	1058	1058	1058	1060	1084	1084	1093	1121	1145	1208	1227	1261	1354	1503	1558	1590
พิษณุโลก	366	401	429	453	487	506	546	569	592	629	657	685	703	708	709	710	715	744	745	756	807	830	887	910	984	1063	1262	1314	1375
สุโขทัย	206	247	301	365	429	480	528	565	613	651	682	709	730	733	733	733	859	864	864	872	907	929	976	1043	1121	1158	1333	1393	1437
อุตรดิตถ์	216	253	305	337	367	375	424	444	458	500	513	538	556	557	557	557	649	649	650	658	694	716	756	787	852	876	904	957	987
รวม	1945	2233	2621	3165	3740	3980	4322	4567	4830	5124	5319	5547	5671	5699	5700	5702	5948	6044	6049	6108	6299	6426	6741	6933	7290	7657	8445	8773	9013

ที่มา : ฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล



รูปที่ 4-1 จำนวนบ่อบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ. 2533-2561

ในการสำรวจข้อมูลบ่อน้ำตื้นและบ่อบาดาลจากฐานข้อมูลของกชช. 2ค ของกรมพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ใช้ข้อมูลปี 2558 ซึ่งเป็นข้อมูลล่าสุดในปัจจุบันได้จัดทำไว้มาพิจารณา พบว่ามีบ่อน้ำตื้น (ใส่ปลอกซีเมนต์, ไม้, คอนกรีต และบ่อดิน) ในพื้นที่ศึกษา จำนวน 74,553 บ่อ จำแนกเป็นบ่อขุดส่วนตัวจำนวน 66,256 บ่อ และบ่อขุดสาธารณะ จำนวน 8,297 บ่อ และบ่อน้ำบาดาล (บ่อตอก บ่อเจาะ) จำนวน 83,727 บ่อ จำแนกเป็น บ่อบาดาลส่วนตัว จำนวน 74,513 บ่อ และบ่อบาดาลสาธารณะ จำนวน 9,214 บ่อ

ตารางที่ 4-3 สรุปจำนวนบ่อน้ำตื้นส่วนตัว และสาธารณะ และบ่อบาดาลส่วนตัวและสาธารณะรายจังหวัดปี พ.ศ. 2558

จังหวัด	บ่อน้ำตื้น			บ่อบาดาล		
	ส่วนตัว	สาธารณะ	รวม	ส่วนตัว	สาธารณะ	รวม
กำแพงเพชร	15,809	1,132	16,941	17,337	1,749	19,086
นครสวรรค์	14,065	1,684	15,749	16,179	2,241	18,420
พิจิตร	9,336	775	10,111	15,706	1,370	17,076
พิษณุโลก	10,269	1,257	11,526	14,504	1,452	15,956
สุโขทัย	10,251	2,218	12,469	7,759	1,505	9,264
อุตรดิตถ์	6,526	1,231	7,757	3,028	897	3,925
รวม	**66,256**	**8,297**	**74,553**	**74,513**	**9,214**	**83,727**

4.1.2 บ่อสังเกตการณ์

บ่อสังเกตการณ์ เป็นบ่อที่มีไว้เพื่อติดตามตรวจสอบระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2562) ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 จังหวัด มีบ่อสังเกตการณ์ที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลใช้เป็นบ่อสำหรับตรวจวัดระดับน้ำเป็นประจำ จำนวน 425 บ่อ สรุปจำนวนบ่อตามรายจังหวัดดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 จำนวนบ่อสังเกตการณ์ในปี พ.ศ. 2562

จังหวัด	จำนวนบ่อ
กำแพงเพชร	39
นครสวรรค์	60
พิจิตร	47
พิษณุโลก	225
สุโขทัย	54
อุตรดิตถ์	0
รวม	**425**

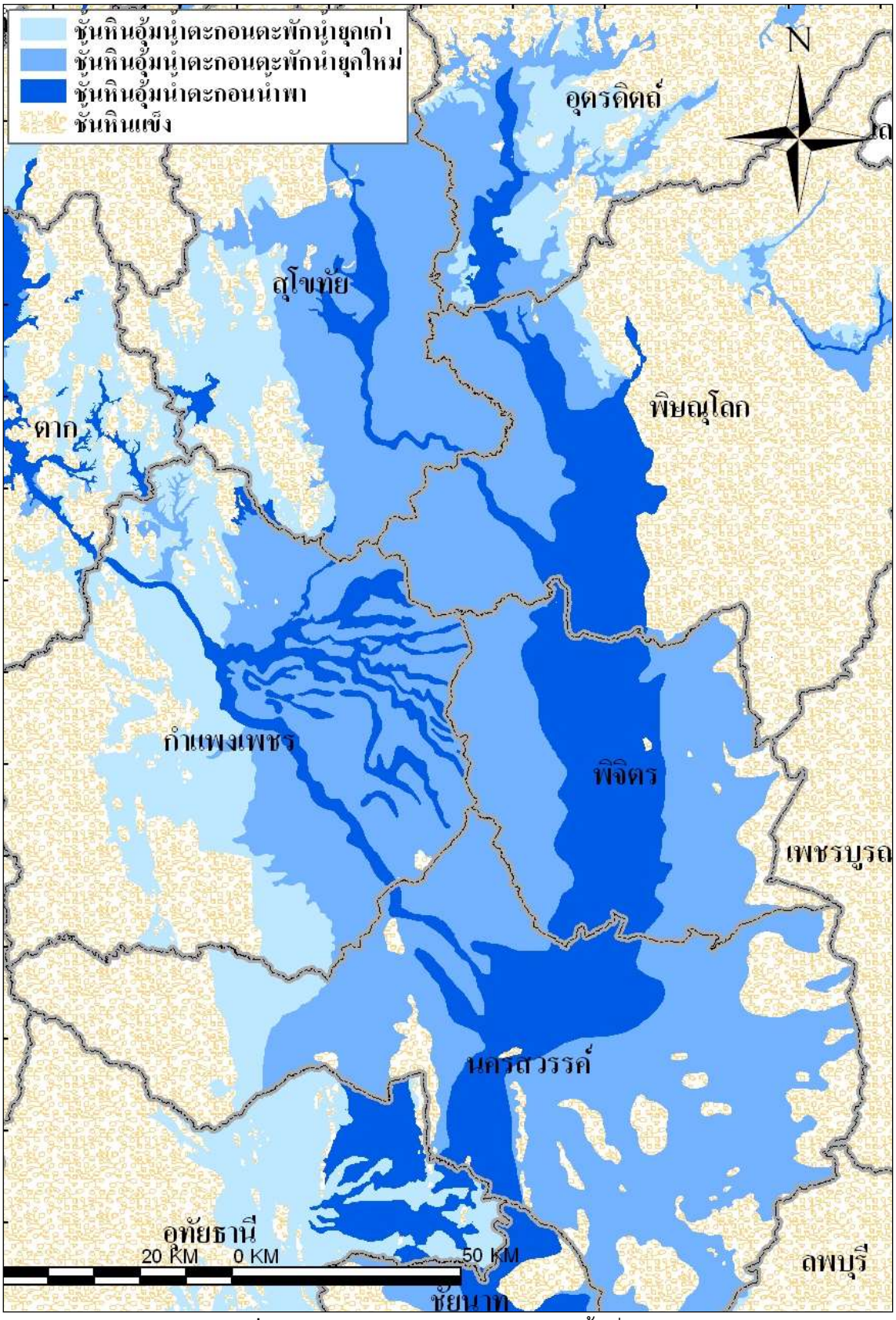
4.2 การแบ่งชั้นน้ำบาดาล

สภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา มีลักษณะธรณีสัณฐาน เป็นพื้นที่ลอนลาด (undulating terrain) มีความสูงโดยเฉลี่ยระหว่าง 40-60 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประกอบด้วยตะกอนที่เกิดจากการกัดกร่อน (erosion) และผุพัง (weathering) ของหินเดิม หลังจากนั้นถูกพัดพา (transport) มาสะสมตัว (deposition) โดยแม่น้ำสายหลักดังกล่าว เกิดเป็นพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (flood plain) ตะพักลุ่มน้ำ (terrace) และที่ลุ่มน้ำขัง (swamp) โดยทั่วไปตะกอนที่สะสมตัวอยู่ในบริเวณที่ราบภาคกลางตอนบน ส่วนมากเป็นตะกอนน้ำพา และตะกอนธารน้ำพาที่สะสมตัวอยู่บนหินดาน (bed rock) ซึ่งหินดานในบริเวณที่ราบภาคกลางตอนบนอยู่ที่ระดับตื้นกว่าตอนล่าง จึงทำให้ตะกอนยุคควอเทอร์นารีในบริเวณนี้หนาน้อยกว่าบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง ตะกอนเหล่านี้มีรายละเอียดแตกต่างกันไปในแต่ละที่ ส่วนมากประกอบด้วย กรวด ทรายหยาบ ดินเคลย์หรือดินเหนียว ตะกอนทั้งสามชนิดนี้จะมีกระบวนการสะสมตัวทางธรณีวิทยา ทั้งที่เกิดเป็นชั้นสลับกันและเป็นเลนส์ และเห็นได้ตามพื้นผิวทั่วไป แล้วลาดเอียงลงไปเป็นแอ่งลึกสู่ที่ราบภาคกลางตอนล่าง

ที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบนมีวิวัฒนาการจากการขยายตัว (extension) ของเปลือกโลกในยุคเทอร์เชียรี ต่อมาในสมัยไพลโอซีนตอนปลายถึงสมัยไพลสโตซีนตอนต้น หรือเมื่อประมาณ 1.8 ล้านปีที่แล้ว ได้เกิดรอยเลื่อนแบบบล็อก ทำให้หินฐานราก (bed rock) ในภาคกลางมีการเลื่อนขึ้นเลื่อนลงไปตามแนวของรอยเลื่อน ส่วนที่เป็นขอบแอ่งทางด้านตะวันออกได้ยกตัวสูงขึ้นเป็นภูเขา ต่อมาเกิดการผุพังของหินฐานราก ตะกอนจึงสะสมตัวอยู่บริเวณขอบแอ่ง ซึ่งตะกอนดังกล่าวนี้น่าจะมีอายุมากกว่า 10,000 ปีก่อนปัจจุบัน ส่วนตะกอนที่สะสมตัวอยู่ตอนบนของพื้นที่ควรจะเป็นตะกอนที่เกิดจากการผุพังและสะสมตัวของช่วงน้ำหลากในสมัยปัจจุบัน

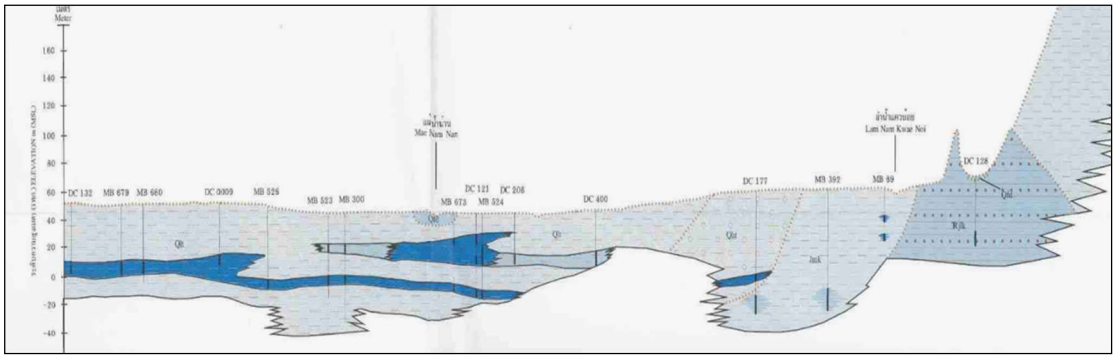
ในพื้นที่ศึกษาพบทั้งแหล่งน้ำใต้ดินในชั้นหินร่วนและแหล่งน้ำใต้ดินในชั้นหินแข็ง โดยแหล่งน้ำใต้ดินในชั้นตะกอนหินร่วนนั้นจะพบลักษณะการแผ่ขยายตัว กระจายตัวทั่วทั้งบริเวณแอ่งน้ำใต้ดินภาคกลางตอนบน ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ใน 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดอุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร กำแพงเพชร และนครสวรรค์ ส่วนแหล่งน้ำใต้ดินในชั้นหินแข็งในพื้นที่ศึกษา จะพบบริเวณโดยรอบขอบแอ่งน้ำใต้ดินภาคกลางตอนบน โดยลักษณะของแหล่งน้ำใต้ดินได้แสดงเป็นแผนที่ ดังในรูปที่ 2 โดยแหล่งน้ำใต้ดินในชั้นตะกอนหินร่วนของพื้นที่ศึกษา จะกระจายตัวอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบน ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 18,000 ตารางกิโลเมตร (ยาวประมาณ 200 กิโลเมตร กว้างประมาณ 90 กิโลเมตร) ของจังหวัดอุตรดิตถ์ พิษณุโลก สุโขทัย พิจิตร กำแพงเพชร และนครสวรรค์ ซึ่งแม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน ไหลมาอยู่ในพื้นที่ลุ่มแอ่งเดียวกันก่อนจะรวมเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา ลักษณะตะกอนจะเป็นตะกอนหินร่วนที่สะสมตัวในพื้นที่ราบลุ่ม มีความหนาเฉลี่ย 300-500 เมตร บริเวณใจกลางแอ่งจะมีความหนามากที่สุดประมาณ 700 เมตร ดังนั้นสามารถจำแนกชั้นหินให้น้ำใต้ดินที่พบในพื้นที่โครงการออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ชั้นหินให้น้ำใต้ดินในชั้นหินร่วน (Unconsolidated Rock) ซึ่งจะพบ 5 หน่วยหินอุ้มน้ำ (Aquifers) ประกอบด้วย (1) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน (Floodplain aquifer/ Alluvial aquifer: Q_{fd}/Q_a) ซึ่งมักพบเป็นชั้นบนสุดของชั้นหินให้น้ำใต้ดินประเภทชั้นตะกอนหินร่วน ส่วนใหญ่พบพื้นที่ทุ่งน้ำหลากของทางน้ำสำคัญต่างๆ ของแม่น้ำปิง ยม และน่าน เป็นตะกอนกรวดทรายที่มีเม็ดตะกอนกลมมนดี มีการคัดขนาดดี แทรกสลับด้วยชั้นดินเหนียวหรือดินทรายแป้ง ความหนาโดยเฉลี่ยตั้งแต่ 10-30 เมตร (2) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพารูปพัด (Alluvial fan aquifer: Q_{af}) ส่วนพบกระจายตัวบริเวณขอบแอ่งน้ำบาดาลตามที่ลาดเชิงเขา ได้แก่ จังหวัด เพชรบูรณ์ พิจิตร และ พิษณุโลก เป็นต้น มักเป็นชั้นกรวดทรายปะปนด้วนดินเหนียวหนา ไม่มีการแยกชั้นระหว่างทรายและชั้นดินเหนียวอย่างชัดเจน ความหนาโดยเฉลี่ยตั้งแต่ 20-50 เมตร (3) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ (Young terrace aquifer: Q_{yt}) จะพบวางตัวอยู่ใต้ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา ซึ่งในชั้นหินตะกอนอุ้มน้ำหน่วยนี้ สามารถพบได้ทั้ง 2 แบบ คือ ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่แบบลานตะพักลำน้ำระดับต่ำ (Low terrace: Q_{lt}/Q_{cr}) และชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ลานตะพักลำน้ำระดับสูง (High terrace: Q_{ht}/Q_{cm}) มีความหนาเฉลี่ยประมาณ 80-100 เมตร สามารถแบ่งได้ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนบน (Q_{yt1}) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยชั้นทรายปนดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทราย และทรายละเอียด มีความหนาประมาณ 25-50 เมตร ส่วนตอนล่าง (Q_{yt2}) มักพบเป็นกรวดทราย หรือกรวดทรายปนดินเหนียว มีความหนาประมาณ 20-40 เมตร โดยชั้นนบนและชั้นล่างมักถูกคั่นกลางด้วยชั้นดินเหนียวที่ค่อนข้างหนา ดังนั้นบางพื้นที่อาจพบแค่ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่แบบใดแบบหนึ่ง ไม่จำเป็นต้องพบทั้ง 2 ชั้นหินอุ้มน้ำ และมักพบว่าบริเวณกลางแอ่งจะมีการคัดขนาดของตะกอนดีกว่าบริเวณขอบแอ่ง นอกจากนั้นยังพบว่าด้านทิศตะวันตกของแอ่งพบว่าเป็นตะกอนกรวดทรายมากกว่าด้านทิศตะวันออกของแอ่งเนื่องจากความลึกของขอบแอ่งด้านทิศตะวันตกมีมากกว่าด้านทิศตะวันออก (4) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า (Old terrace aquifer: Q_{ot}) เป็นชั้นตะกอนหนาแทรกสลับระหว่างตะกอนกรวดทรายและตะกอนดินเหนียวหลายๆ ชั้น ก่อให้เกิดเป็นกลุ่มชั้นหินอุ้มน้ำ

หลากชั้นในตะกอนยุคเดียวกัน ดังนั้นถ้าเจาะบ่อน้ำบาดาลพบชั้นหินอุ้มน้ำชนิดนี้มักจะมีการใส่ระยะรับน้ำหรือท่อกรองน้ำ (Slot/Screen) หลายๆ ชั้น ด้วยกัน และ (5) โดยพบเป็นชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา(Colluvial deposited aquifer: Q_{cl}) มักพบเป็นชั้นล่างสุดของชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนหินร่วน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเศษหินที่ได้จากการผุพังอยู่กับที่ (Residual deposit) หรือเกิดจากการพัดพามาสะสมตัว มักพบเป็นเศษหินดินโคลนหรือหินดินดาน บางแห่งอาจพบมีลิกไนต์แทรก แต่ส่วนใหญ่บริเวณแอ่งภาคกลางตอนบนมักพบชั้นหินอุ้มน้ำชั้นนี้ให้น้ำเค็ม ยกเว้นบริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ถ้าเจาะระดับความลึกไม่เกิน 100 เมตร อาจได้น้ำใต้ดินจืดบางพื้นที่ โดยพบการกระจายตัวเป็นหย่อมๆ เท่านั้น โดยการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะน้ำใต้ดินในชั้นตะกอนหินร่วนเท่านั้น ส่วนแหล่งน้ำใต้ดินในชั้นหินแข็ง พื้นที่ศึกษาจะพบแหล่งน้ำใต้ดินในหินแข็งแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มหินให้น้ำหินชั้นหรือหินตะกอน (Sedimentary rocks aquifer) ส่วนใหญ่ได้น้ำจากชั้นน้ำใต้ดินหินปูน ชั้นน้ำใต้ดินหินชุดโคราช เช่น ชั้นหินอุ้มน้ำหวดหินโคกกรวด หมวดหินภูกระดึง เป็นต้น (2) กลุ่มหินให้น้ำกลุ่มหินชั้นกึ่งหินแปร (Metasedimentary rocks aquifers) และ (3) กลุ่มหินให้น้ำหินแปรและหินอัคนี โดยในพื้นที่ศึกษาจะพบอย่างน้อย 9 ชั้นหินอุ้มน้ำในแหล่งน้ำใต้ดินในหินแข็ง



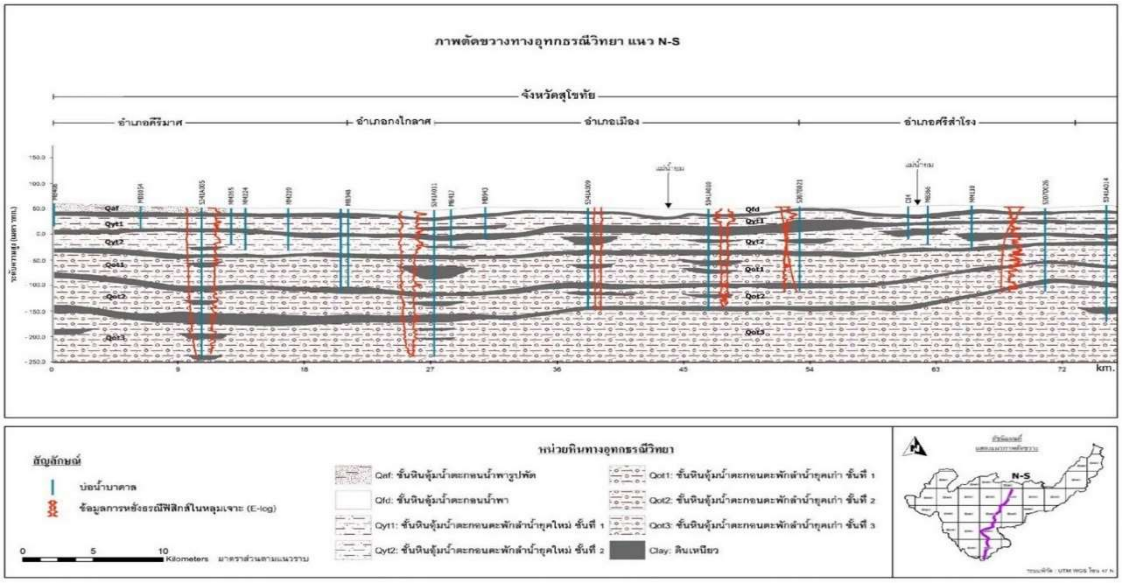
รูปที่ 4-2 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

แหล่งน้ำใต้ดินตะกอนน้ำพายุคปัจจุบัน มีความหนาเฉลี่ย 10-50 เมตร บ่อน้ำใต้ดินมีอัตราการให้น้ำเฉลี่ย 10-50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และเป็นแหล่งน้ำใต้ดินระดับตื้นที่สำคัญของบริเวณนี้ สำหรับแหล่งน้ำน้ำใต้ดินของที่ลานตะพักลำน้ำระดับต่ำ ซึ่งตะกอนประกอบด้วยดินเหนียวและทรายละเอียด บ่อบาดาลจะให้น้ำในเกณฑ์ 5-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ส่วนที่เป็นลานตะพักลำน้ำระดับสูงในพื้นที่ขอบแอ่งซึ่งตะกอนประกอบด้วยกรวดขนาดใหญ่ ทราย และดินเหนียว มีการคัดขนาดไม่ดี จะให้น้ำในเกณฑ์ 3-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สำหรับในพื้นที่กลางแอ่ง ซึ่งอยู่ใต้ชั้นหินร่วนของตะกอนน้ำพายุคปัจจุบันและอยู่ใต้ตะกอนลานตะพักลำน้ำระดับต่ำ ชั้นตะกอนประกอบด้วย กรวดทรายและดินเหนียวที่มีการคัดขนาดที่ดี ชั้นกรวดที่เป็นแหล่งน้ำน้ำใต้ดิน มีจำนวน 2-3 ชั้น ทั้งนี้ที่ระดับความลึกไม่เกิน 300 เมตร ปริมาณน้ำใต้ดินจากตะกอนทั้ง 3 ชั้น จะให้น้ำรวมกันอยู่ในเกณฑ์ 50-100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงหรือมากกว่าและในหลายพื้นที่อาจให้น้ำได้ถึง 300 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้แหล่งน้ำใต้ดินที่มีศักยภาพสูงจะอยู่ที่ความลึกเฉลี่ยประมาณ 100-250 เมตร โดยลักษณะการวางตัวของชั้นน้ำใต้ดินได้แสดงในรูปที่ 4-3 และรูปที่ 4-4 แสดงลักษณะการวางตัวของชั้นหินอุ้มน้ำประเภทตะกอนชั้นหินร่วนของแอ่งเจ้าพระยาตอนบน



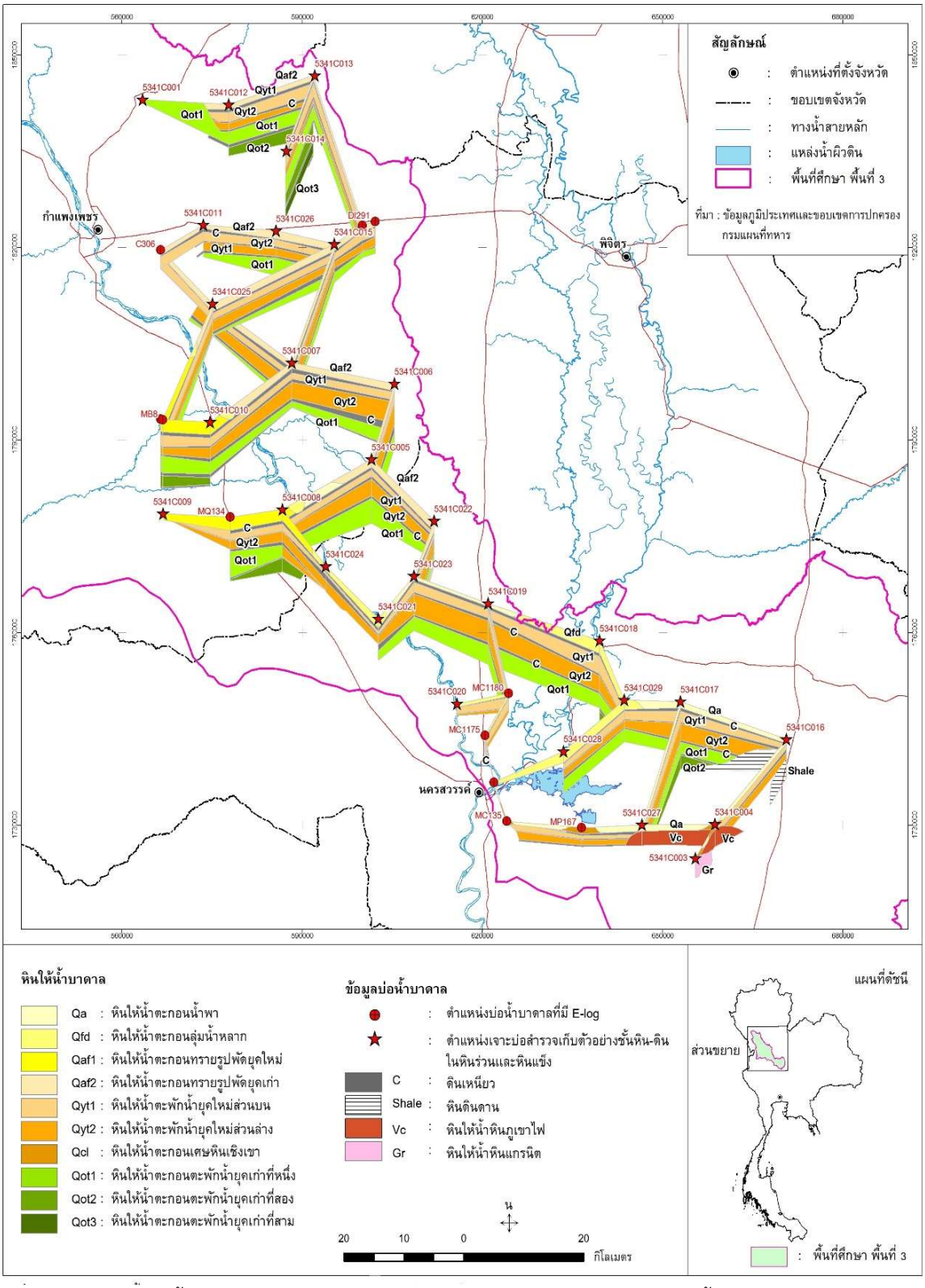
ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2544

รูปที่ 4-3(ก) ตัวอย่างภาพตัดขวางแสดงการวางตัวของชั้นน้ำใต้ดินบริเวณจังหวัดพิษณุโลก



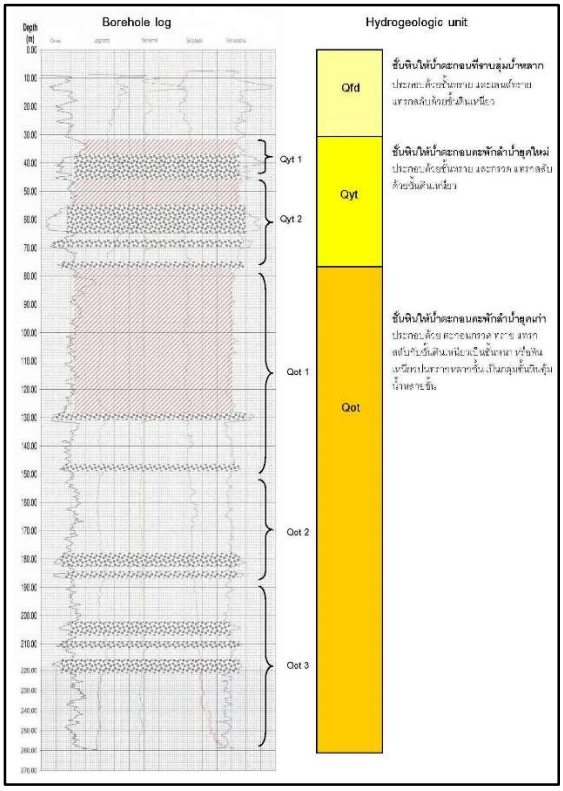
ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555 (แหล่งข้อมูล: รายงานสำรวจและจัดทำแผนที่ขั้นรายละเอียด มาตราส่วน 1:50,000 พื้นที่ 1)

รูปที่ 4-3(ข) ตัวอย่างภาพตัดขวางแสดงการวางตัวของชั้นน้ำใต้ดินบริเวณจังหวัดสุโขทัย

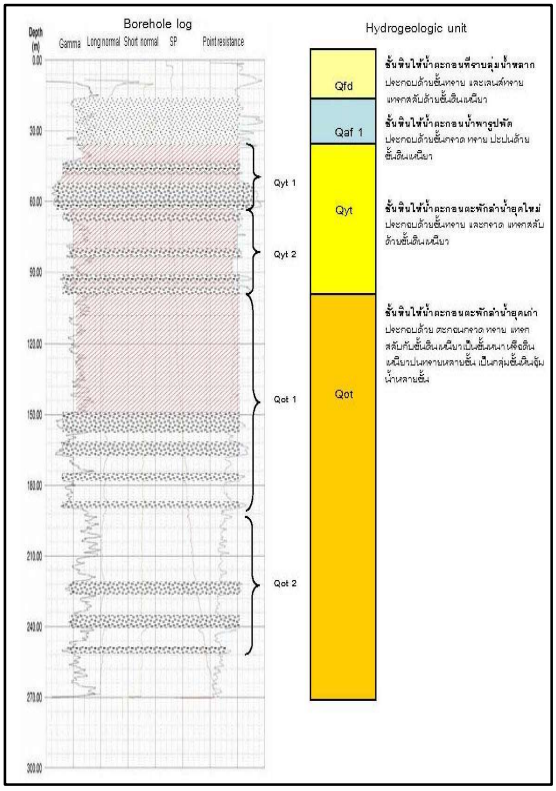


ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554 (แหล่งข้อมูล: รายงานสำรวจและจัดทำแผนที่ชั้นรายละเอียด มาตราส่วน 1:50,000 พื้นที่ 3)

รูปที่ 4-3(ค) ตัวอย่างภาพตัดขวางรูปรั้วแสดงการวางตัว การแผ่กระจายของชั้นน้ำใต้ดินบริเวณจังหวัดนครสวรรค์ ตาก และกำแพงเพชร



การวางตัวของชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนร่วนด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา



การวางตัวของชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนร่วนด้านทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555 (แหล่งข้อมูล: รายงานสำรวจและจัดทำแผนที่ชั้นรายละเอียด มาตราส่วน 1:50,000 พื้นที่ 1)

รูปที่ 4-4 ตัวอย่างการวางตัวของชั้นหินอุ้มน้ำประเภทตะกอนชั้นหินร่วนของแอ่งเจ้าพระยาตอนบน

ดังนั้นสามารถจำแนกประเภทแหล่งน้ำใต้ดินในตะกอนร่วนและหน่วยหินให้น้ำทางอุทกธรณีวิทยาที่สามารถพบได้ในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยหินอุ้มน้ำบาดาล 5 ชั้นหินอุ้มน้ำหลัก ที่เรียงลำดับอายุจากอ่อนสุดไปหาแก่สุด ดังนี้ (จากด้านบนลงสู่ด้านล่าง)

ประเภทของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล	หน่วยหินให้น้ำทางอุทกธรณีวิทยา
1. แหล่งน้ำบาดาลในตะกอนร่วน	1.1 ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา/น้ำหลาก (Qfd) 1.2 ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพารูปพัด (Qaf) – ตะกอนน้ำพารูปพัดยุคใหม่ (Qaf1) – ตะกอนน้ำพารูปพัดยุคเก่า (Qaf2) 1.3 ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ (Qyt) – ตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ชั้นที่ 1 (Qyt1) – ตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ชั้นที่ 2 (Qyt2)

ประเภทของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล	หน่วยหินให้น้ำทางอุทกธรณีวิทยา
	1.4 ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า (Qot) – ตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ชั้นที่ 1 (Qot1) – ตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ชั้นที่ 2 (Qot2) – ตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ชั้นที่ 3 (Qot3) 1.5 ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Qcl)

4.3 คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล

สำหรับเนื้อหาของรายงานในส่วนนี้ จะเป็นการกล่าวถึงการดำเนินการวิเคราะห์ แปลความหมาย และประมวลผลข้อมูลเพื่อให้ทราบถึงรายละเอียดและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ขที่สำคัญองชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลในชั้นตะกอนร่วนที่ปรากฏในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาหมายถึงลักษณะทางธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการเกิด การแผ่ การกระจายตัว การไหลของน้ำบาดาล คุณภาพน้ำบาดาล ส่วนประกอบของหิน โครงสร้างทางธรณีวิทยาต่าง ๆ รวมถึงขนาด รูปร่างปริมาณ การวางตัวของรูพรุนหรือช่องว่างที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ที่เอื้ออำนวยต่อคุณสมบัติในการเป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาล และอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เป็นต้น สภาพทางธรณีวิทยาเหล่านี้ นับได้ว่าเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำบาดาลที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาล หรือที่มักเรียกรวมๆ กันว่า “คุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยา (Hydrologic behavior/Hydraulic properties)” ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล ได้แก่ คุณสมบัติในการกักเก็บน้ำ คุณสมบัติการยอมให้น้ำซึมผ่าน และคุณสมบัติการจ่ายน้ำ โดยนำคุณสมบัติดังกล่าวนี้มาช่วยในการเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญเพื่อการจัดกลุ่มหรือจำแนกหน่วยหินอุทกธรณีวิทยา (Hydrogeological Unit) หรือชั้นหินให้น้ำบาดาล (Aquifer units) ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเป็นชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลในพื้นที่ออกจากกันหรือเพื่อแบ่งเป็นขอบเขตพื้นที่นิ่ง (Zoning area) โดยการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล (Pumping test) ในบ่อบาดาลที่เจาะในชั้นหินอุ้มน้ำประเภทตะกอนหินร่วนด้วยอัตราสูบคงที่ทั้งแบบระยะยาวและระยะสั้น และนำค่าที่ได้จากการสูบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (transmissibility, T) ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (hydraulic conductivity, k) และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (coefficient of storage, s) ซึ่งหน่วยหินอุ้มน้ำบาดาลแต่ละหน่วยหินย่อมมีค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ที่จำเพาะอยู่ในช่วงค่าหนึ่งซึ่งอาจเป็นช่วงค่าที่แคบหรือกว้าง และอาจใกล้เคียงหรือแตกต่างจากช่วงค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลชั้นอื่น ๆ รวมถึงเป็นเครื่องบ่งชี้ที่สำคัญถึงความแตกต่างในลักษณธทางกายภาพของเนื้อหินหรือตะกอนของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลแต่ละชั้นด้วย ซึ่งถือเป็นคุณสมบัติที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่หรือการไหลของน้ำใต้ดินในแอ่งน้ำบาดาล

4.3.1 การรวบรวมข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล

เบื้องต้นจากการรวบรวมข้อมูลผลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลจากโครงการต่าง ๆ ที่เคยดำเนินการในพื้นที่ศึกษา โดยคัดเลือกเฉพาะที่ทำการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลในชั้นน้ำใต้ดินประเภทชั้นหินตะกอนร่วนเท่านั้น ตั้งแต่ช่วง พ.ศ. 2554-2562 จำนวนทั้งสิ้น 460 บ่อ สรุปได้รายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 จำนวนบ่อน้ำบาดาลที่ทำการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล แยกตามประเภทชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลแต่ละหน่วยของแหล่งน้ำใต้ดินประเภทตะกอนร่วน

ประเภทชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล	จำนวนบ่อ (บ่อ)	ประเภทชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล	จำนวนบ่อ (บ่อ)
ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา/น้ำหลาก (Qfd)	14	ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า (Qot)	17
ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพารูปพัด (Qaf)	79	ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า ชั้นที่ 1 (Qot1)	47
ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ (Qyt)	-	ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า ชั้นที่ 2 (Qot2)	31
ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ ชั้นที่ 1 -ชั้นบน (Qyt1)	155	ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า ชั้นที่ 3 (Qot3)	1
ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่ ชั้นที่ 2-ชั้นล่าง (Qyt2)	88	ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Qcl)	28

หมายเหตุ: ดำเนินการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลแบบต่อเนื่องทั้งแบบระยะยาวและระยะสั้นด้วยอัตราการสูบคงที่

โดยสามารถแยกจำนวนบ่อสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลเป็นรายจังหวัดจากการรวบรวมข้อมูลบ่อสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา 5 จังหวัด ได้แก่ นครสวรรค์ พิจิตร พิษณุโลก สุโขทัย อุตรดิตถ์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2558-2560 มีจำนวนทั้งหมด 31 บ่อ ซึ่งรายละเอียดจำนวนบ่อสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลแต่ละจังหวัดมีดังนี้ จังหวัดนครสวรรค์ 2 บ่อ จังหวัดพิจิตร 11 บ่อ จังหวัดพิษณุโลก 14 บ่อ จังหวัดสุโขทัย 2 บ่อ จังหวัดอุตรดิตถ์ 2 บ่อ สามารถสรุปรายละเอียดดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 จำนวนบ่อสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลแยกเป็นรายจังหวัด

จังหวัด	จำนวนบ่อ
นครสวรรค์	2
พิจิตร	11
พิษณุโลก	14
สุโขทัย	2
อุตรดิตถ์	2
รวม	**31**

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2562

บ่อสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลจังหวัดนครสวรรค์

การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลจังหวัดนครสวรรค์จำนวน 2 บ่อ ระหว่างวันที่ 23-26 พฤษภาคม 2558 โดยสูบทดสอบด้วยวิธี สูบทดสอบด้วยอัตราการสูบคงที่ เป็นเวลา 10 ชั่วโมง วัดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในบ่อสูบทดสอบและหลังหยุดสูบ วัดระดับน้ำคืนตัว สามารถแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ข้อมูลสูบทดสอบจังหวัดนครสวรรค์

ลำดับ	ว/ด/ป	ชื่อบ่อ	พิกัด E	พิกัด N	ความลึกบ่อ (ม.)	ความยาวท่อกรอง (ม.)	ความลึกท่อสูบ (ม.)	ระดับน้ำก่อนสูบ (ม.)	ระดับน้ำหลังสูบ (ม.)	ระยะน้ำลด (ม.)	อัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม./ชม.)
1	23-24/5/2558	5702B033	657383	1691254	52	14	24	9.4	-	11.95	15
2	25-26/5/2558	5702B034	567411	1691211	52	14	24	9.57	-	12.14	15

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2562

บ่อสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลจังหวัดพิจิตร

การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง นิ้ว จำนวน 11 บ่อ ระหว่างวันที่ 18 มีนาคม 2558-29 ธันวาคม 2560 โดยสูบทดสอบด้วยวิธี สูบทดสอบด้วยอัตราการสูบคงที่ เป็นเวลา

10 ชั่วโมง วัดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในบ่อสูบทดสอบและหลังหยุดสูบวัดระดับน้ำคืนตัว สามารถแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ข้อมูลสูบทดสอบจังหวัดพิจิตร

ลำดับ	ว/ด/ป	ชื่อบ่อ	พิกัด E	พิกัด N	ความลึกบ่อ (ม.)	ความยาวท่อกรอง (ม.)	ความลึกท่อสูบ (ม.)	ระดับน้ำก่อนสูบ (ม.)	ระดับน้ำหลังสูบ (ม.)	ระยะน้ำลด (ม.)	อัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม./ชม.)
1	28-29/12/60	6043F006	643674E	1767661N	103	8	36	6.09	19.87-	13.78	13.17
2	26-27/12/60	6043F007	643672E	1767659N	24	8	24	4.14	-17	12.86	12.19
3	24-25/12/60	6043C003	625768E	1827348N	101	8	30	10.65	21.40	10.75	11.14
4	22-23/12/60	6043C004	625766E	1827348N	52	12	33	7.36	24.58	17.22	3.08
5	23-24/11/60	6043C007	642492E	1824676N	113	8	48	13.34	45.91	32.57	2.08
6	21-22/11/60	6043C008	642492	1824674	50	8	24	5.01	2.08	3.61	4.8
7	18-19/3/58	5707H029	630652	1773670	80	16	21	14.45	-	1.59	20
8	-/11/60	6043E015	608108	1819359	96	12	55	15.35	20.63	5.28	3.7
9	20-21/3/58	5707H030	630689	1773682	80	16	21	14.31	-	1.11	20
10	29-30/11/60	6043E016	608105	1819357	60	4	39	15.12	17.95	2.83	9.09
11	29-30/11/60	6043E017	608102	1819360	30	4	18	11.35	16.63	5.28	2

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2562

บ่อสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลจังหวัดพิษณุโลก

การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 14 บ่อ ระหว่างวันที่ 14 มีนาคม 2558–19 ธันวาคม 2560 โดยสูบทดสอบด้วยวิธี สูบทดสอบด้วยอัตราการสูบคงที่ เป็นเวลา 10 ชั่วโมง วัดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในบ่อสูบทดสอบและหลังหยุดสูบวัดระดับน้ำคืนตัว สามารถแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ข้อมูลสูบทดสอบจังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ	ว/ด/ป	ชื่อบ่อ	พิกัด E	พิกัด N	ความลึกบ่อ (ม.)	ความยาวท่อกรอง (ม.)	ความลึกท่อสูบ (ม.)	ระดับน้ำก่อนสูบ (ม.)	ระดับน้ำหลังสูบ (ม.)	ระยะน้ำลด (ม.)	อัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม./ชม.)
1	14-15/3/58	5707H035	649835	1840034	140	20	21	11.19	--	4.47	20
2	16-17/3/58	5707H036	649901	1839832	144	12	21	13.26	-	1.76	20
3	27-28/11/60	6043F014	604648	1848454	81	8	39	13.12	19.48	6.36	28.75
4	25-26/11/60	6043F015	604648	1848456	42	8	24	12.41	19.48	7.07	26.6
5	15-16/11/60	6043K011	630345	1895964	102	8	48	7.2	2.08	40.68	2.15
6	13-14/11/60	6043K012	630343	1895966	74	8	48	11.25	2.08	14.05	8
7	15-16/11/60	6043E018	606130	1890728	86	8	39	14.62	2.08	1.90	10.95
8	19-20/11/60	6043E019	606128	189730	56	8	24	14.7	2.08	4.63	22
9	18-19/12/60	6043E022	641917	1836328	83	8	54	7.67	43.96	36.29	2.97
10	16-17/12/60	6043E023	641919	1836330	34	8	21	8.82	15.13	6.31	12.12
11	14-15/12/60	6043E020	636945	1850344	107	12	36	8.89	27.40	18.51	12.19
12	16-17/12/60	6043E021	636943	1850346	64	8	30	8.85	21.18	12.33	12.59
13	25-26/02/59	5807D030	656619	1842426	72	16	42	12.54	27.4	14.86	18
14	19-20/02/59	5807D031	656652	1842428	72	16	-	13.15	28.32	15.17	18

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2562

บ่อสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลจังหวัดสุโขทัย

การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลจังหวัดสุโขทัยจำนวน 2 บ่อ ระหว่างวันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2559-24 กุมภาพันธ์ 2559 โดยสูบทดสอบด้วยวิธี สูบทดสอบด้วยอัตราการสูบคงที่ เป็นเวลา 10 ชั่วโมง วัดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในบ่อสูบทดสอบและหลังหยุดสูบวัดระดับน้ำคืนตัว สามารถแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ข้อมูลสูบทดสอบจังหวัดสุโขทัย

ลำดับ	ว/ด/ป	ชื่อบ่อ	พิกัด E	พิกัด N	ความลึกบ่อ (ม.)	ความยาวท่อกรอง (ม.)	ความลึกท่อสูบ (ม.)	ระดับน้ำก่อนสูบ (ม.)	ระดับน้ำหลังสูบ (ม.)	ระยะน้ำลด (ม.)	อัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม./ชม.)
1	23-24/02/59	5807D032	596575	1890725	104	16	48	31.4	32.28	0.88	17.7
2	21-22/02/59	5807D035	596595	1890664	108	42	39	31.20	33.54	2.34	18

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2562

บ่อสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลจังหวัดอุตรดิตถ์

การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลจังหวัดอุตรดิตถ์จำนวน 2 บ่อ ระหว่างวันที่ 10-13 มีนาคม 2558 โดยสูบทดสอบด้วยวิธี สูบทดสอบด้วยอัตราการสูบคงที่ เป็นเวลา 10 ชั่วโมง วัดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในบ่อสูบทดสอบและหลังหยุดสูบวัดระดับน้ำคืนตัว สามารถแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ข้อมูลสูบทดสอบจังหวัดอุตรดิตถ์

ลำดับ	ว/ด/ป	ชื่อบ่อ	พิกัด E	พิกัด N	ความลึกบ่อ (ม.)	ความยาวท่อกรอง (ม.)	ความลึกท่อสูบ (ม.)	ระดับน้ำก่อนสูบ (ม.)	ระดับน้ำหลังสูบ (ม.)	ระยะน้ำลด (ม.)	อัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม./ชม.)
1	10-11/3/58	5707H033	605278	1900363	120	16	24	16.88	-	0.99	20
2	12-13/3/58	5707H034	605278	1900363	24	20	24	16.92	-	1.04	20

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2562

4.3.2 คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล

จากข้อมูลคุณสมบัติทางชลศาสตร์ที่สำคัญ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity, T) ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storativity, S) และค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity, K) ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลของแต่ละหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาจากการรวบรวมข้อมูลผลการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลจาก

โครงการต่าง ๆ ที่ครอบคลุมทั่วพื้นที่ศึกษา และครบถ้วนทุกชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลหลักทั้ง 5 หน่วย สามารถสรุปรายละเอียดไว้ในตารางที่ 4-12 โดยเบื้องต้นพบว่าบางหน่วยหินให้น้ำบาดาลจะมีช่วงค่าค่อนข้างกว้าง สามารถจัดเป็นกลุ่มหรือโซนได้อย่างน้อย 3 กลุ่มช่วงค่า แต่พบว่าบางหน่วยหินอุ้มน้ำมีข้อมูลน้อยมากหรือไม่มีการเจาะพัฒนาน้ำบาดาลในชั้นดังกล่าวจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ค่าเท่าที่มีข้อมูลประเมินเป็นค่าตัวแทนของของหน่วยหินอุ้มน้ำนั้น ๆ

ตารางที่ 4-12 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์จำแนกตามประเภทชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล

ประเภทหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา/ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล	สัญลักษณ์	ค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล		
		ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (K, m/d)	ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (T, m^2/d)	ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (S,-)
ชั้นหินให้น้ำบาดาลในตะกอนหินร่วน (Unconsolidated rock)				
1. ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพา/ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำหลาก	Qfd/Qa	0.22 ถึง 463	0.86 ถึง 2,850	$4.33x10^{-6}$ ถึง 0.218
2. ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพารูปพัด	Qaf	0.188 ถึง 22.6	1.44 ถึง 125	$2.46x10^{-5}$ ถึง 0.305
- ตะกอนน้ำพารูปพัดยุคใหม่	Qaf1	4.48	80.6	$7.03x10^{-4}$
- ตะกอนน้ำพารูปพัดยุคเก่า	Qaf2	3.79 ถึง 1,190	0.188 ถึง 22.6	$1.43x10^{-9}$ ถึง $5.73x10^{-4}$
3. ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคใหม่	Qyt			
- ตะกอนน้ำตะพักน้ำยุคใหม่ ชั้นที่ 1/ชั้นบน	Qyt1/Qlt1	0.028 ถึง 257	0.168 ถึง 1,540	$8.26x10^{-9}$ ถึง 5.43
- ตะกอนน้ำตะพักน้ำยุคใหม่ ชั้นที่ 2/ชั้นล่าง	Qyt2/Qht2	0.12 ถึง 393	0.666 ถึง 2,360	$1.45x10^{-6}$ ถึง 0.339
4. ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักน้ำยุคเก่า	Qot			
- ตะกอนน้ำตะพักน้ำยุคเก่า ชั้นที่ 1	Qot1	0.0487 ถึง 73.4	0.214 ถึง 440	$1.39x10^{-5}$ ถึง 2.6
- ตะกอนน้ำตะพักน้ำยุคเก่า ชั้นที่ 2	Qot2	0.173 ถึง 373	1.03 ถึง 2,240	$2.12x10^{-5}$ ถึง 0.101
- ตะกอนน้ำตะพักน้ำยุคเก่า ชั้นที่ 3	Qot3	0.19	2.24	$4.57x10^{-4}$
5. ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา	Qcl	0.434 ถึง 22.3	1.3 ถึง 67.1	$2.48x10^{-3}$ ถึง 0.381

โดยภาพรวมสามารถสรุปค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (T, m^2/d) ของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลบางหน่วยหินที่พบว่ามีค่าช่วงค่าค่อนข้างกว้างทำให้สามารถแบ่งออกเป็นหลายช่วงค่า ดังนี้

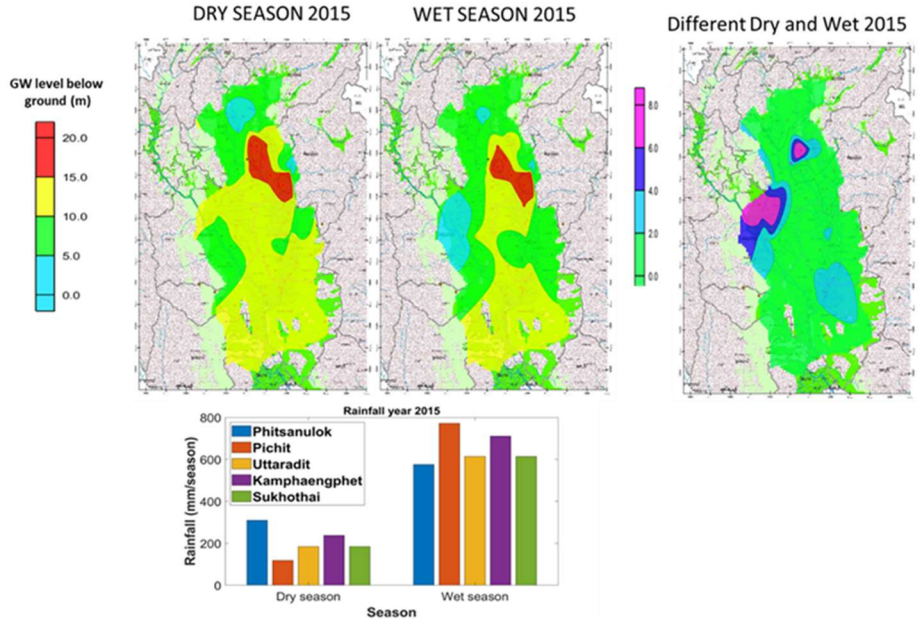
- ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนน้ำพารูปพัดยุคใหม่ (Qaf1) มีช่วงค่อนข้างกว้าง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ค่าน้อยกว่า 100 ตารางเมตรต่อวัน ค่าระหว่าง 100 – 1,000 ตารางเมตรต่อวัน และค่ามากกว่า 1,000 ตารางเมตรต่อวัน โดยจะพบค่า T สูงกว่า 1,000 ตารางเมตรต่อวัน ปรากฏเป็นหย่อมบริเวณตอนบนทิศตะวันออกของแอ่งน้ำบาดาล พบตั้งแต่ จังหวัดเพชรบูรณ์ พิจิตร และบางส่วนของพิษณุโลก

- ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักยุคใหม่ส่วนบน/ชั้นที่ 1 (Qyt1/Qlt1) มีช่วงค่อนข้างกว้าง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ค่าน้อยกว่า 10 ตารางเมตรต่อวัน ค่าระหว่าง 10 – 20 ตารางเมตรต่อวัน และค่ามากกว่า 20 ตารางเมตรต่อวัน

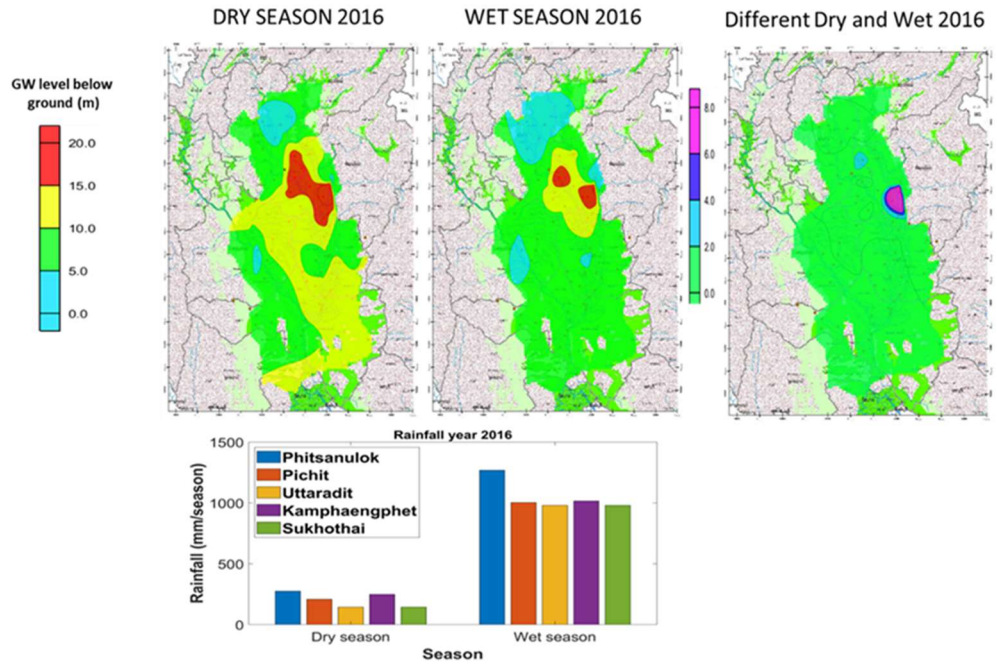
- ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะพักยุคใหม่ส่วนล่าง/ชั้นที่ 2 (Qyt2/Qht2) มีช่วงค่อนข้างกว้าง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ค่าน้อยกว่า 10 ตารางเมตรต่อวัน ค่าระหว่าง 10 – 20 ตารางเมตรต่อวัน และค่ามากกว่า 20 ตารางเมตรต่อวัน โดยพบวางตัวแนวยาวในแนวเหนือ-ใต้ บริเวณกลางแอ่งเจ้าพระยาตอนบนระหว่างลำน้ำยม-น่าน

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล

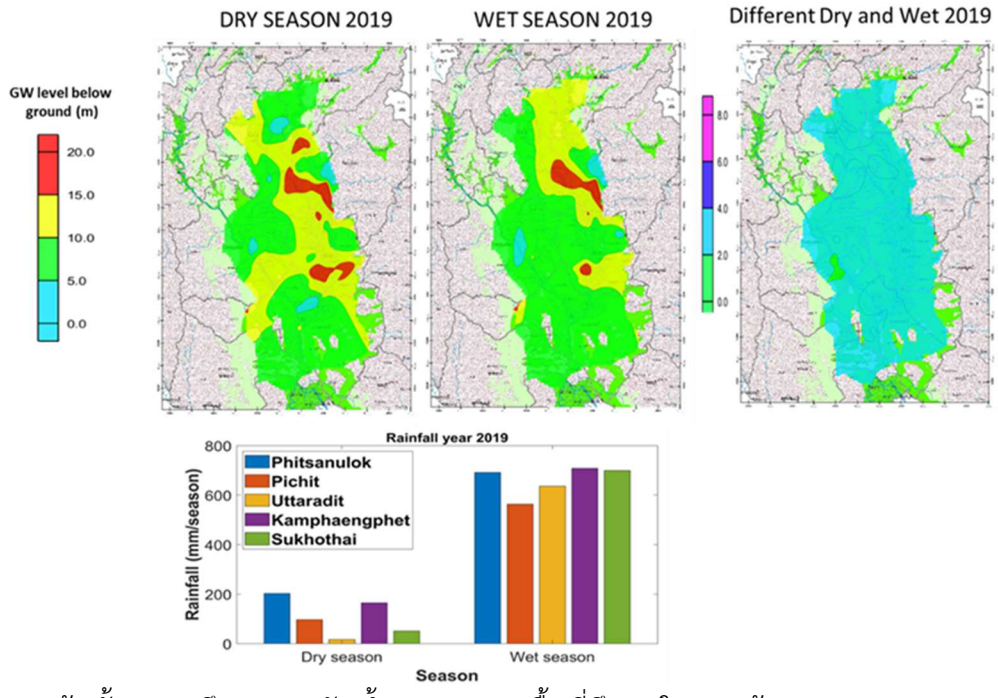
จากการรวบรวมข้อมูลบ่อน้ำบาดาลที่เป็นบ่อสังเกตการณ์ของทางกรมทรัพยากรน้ำบาดาล จำนวน 121 บ่อที่มีข้อมูลบันทึกรายเดือนอย่างค่อนข้างต่อเนื่อง ผลการวิเคราะห์เบื้องต้น เพื่อให้เข้าใจถึงระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่นี้ข้อมูลระดับน้ำจากสถานีต่างๆที่รวบรวมมาได้นำมาทำการสร้างเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำ โดยทำการ interpolate ข้อมูลแสดงดัง รูปที่ 4-5 และ รูปที่ 4-6 ซึ่งแสดงเส้นชั้นความลึกจากผิวดินของระดับน้ำของพื้นที่ศึกษาในปีภาวะแล้งที่ปริมาณน้ำฝน น้อยกว่า 1,000 มม./ปี รูปที่ 4-7 แสดงให้เส้นชั้นความลึกจากผิวดินของระดับน้ำในช่วงปีที่ ปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,000 มม./ปี จะเห็นว่าระดับน้ำใต้ดินลดลงจากเหนือจรดใต้ ระดับน้ำใต้ดินในฤดูแล้งต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดินในฤดูฝนโดยมีระดับน้ำที่แตกต่างกันระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนในช่วง 5-10 เมตร ระดับน้ำใต้ดินทีสูงที่สุดคือบริเวณพื้นที่ภูเขาคือระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าพื้นดิน 5 เมตร ระดับน้ำใต้ดินที่ต่ำที่สุดตั้งอยู่ระหว่างแม่น้ำยมและแม่น้ำน่านจังหวัดพิษณุโลกโดยมีความลึก 20 เมตรจากพื้นดินในช่วงปี พ.ศ. 2558-2562 บริเวณโครงการ คบ. พลายชุมพล จังหวัดพิษณุโลกมีระดับน้ำใต้ดินลึก 10 เมตรต่ำกว่าผิวดิน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่น้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2562 ระดับน้ำใต้ดินจึงลดลงต่ำกว่าปีอื่น เขตน้ำใต้ดินที่สำคัญ (ระดับน้ำใต้ดินที่มีความลึก 20 เมตรจากพื้นดิน) ไม่ได้มีอยู่เฉพาะในจังหวัดสุโขทัยเท่านั้น แต่ยังเกิดขึ้นที่จังหวัดพิจิตรในปี พ.ศ. 2562 (จากข้อมูลที่รวบรวมที่ผ่านมาเกิดขึ้นเฉพาะในช่วงปี 2562 เท่านั้น จำนวน 1 สถานี) นอกจากนี้ระดับน้ำใต้ดินที่แตกต่างกันระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนต่ำกว่า 5 เมตร



รูปที่ 4-5 เส้นชั้นความลึกของระดับน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษาในฤดูแล้ง (dry season) และฤดูฝน (wet season) ปริมาณฝนรายจังหวัด และความแตกต่างของช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งของปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015)



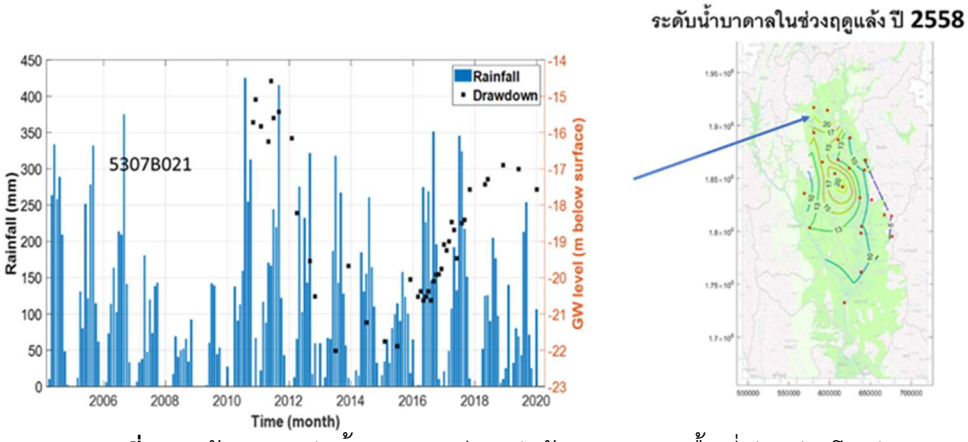
รูปที่ 4-6 เส้นชั้นความลึกของระดับน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษาในฤดูแล้ง (dry season) และฤดูฝน (wet season) ปริมาณฝนรายจังหวัด และความแตกต่างของช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งของปี พ.ศ. 2559 (ค.ศ. 2016)



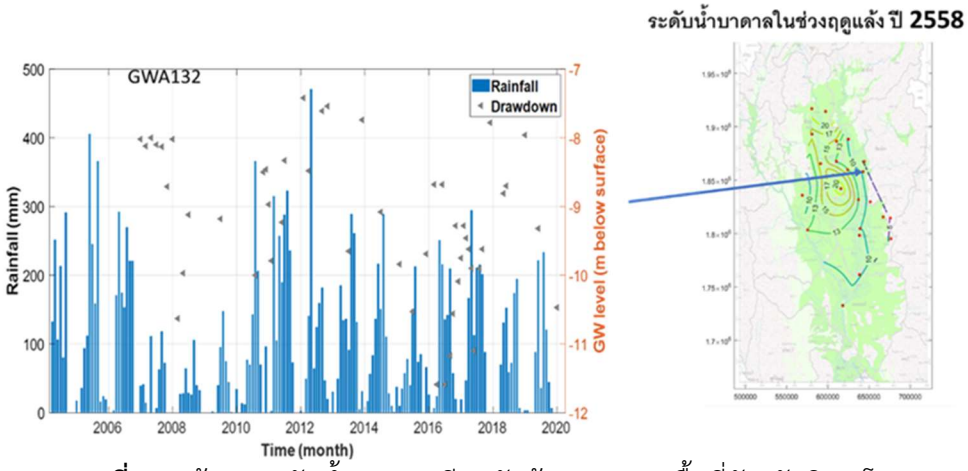
รูปที่ 4-7 เส้นชั้นความลึกของระดับน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษาในฤดูแล้ง (dry season) และฤดูฝน (wet season) ปริมาณฝนรายจังหวัด และความแตกต่างของช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งของปี พ.ศ. 2562 (ค.ศ. 2019)

สำหรับข้อมูลในปี พ.ศ. 2562 นั้นจะมีสถานีของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเพิ่มเติมในตอนล่างของพื้นที่ ทำให้ได้สภาพของเส้นชั้นความสูงที่มีรายละเอียดที่แตกต่างจากรูปของปี พ.ศ. 2558-2559

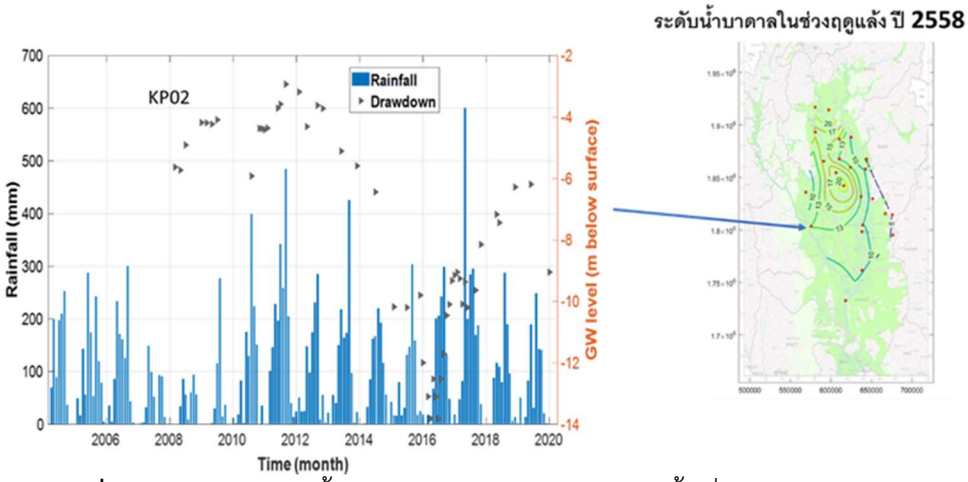
เมื่อนำข้อมูลฝนตกและระดับน้ำบาดาลที่มีการบันทึกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2563 โดยข้อมูลทางโครงการฯได้ดำเนินการประสานงานร่วมกันทางกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเก็บข้อมูลระดับน้ำในปลายเดือนมกราคม 2563 ซึ่งเป็นสภาพที่ประสบกับภาวะที่แห้งแล้งปริมาณฝนตกน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับปีแล้งอื่นๆที่ผ่านมาโดยรูปที่ 4-8 ถึง 4-11 แสดงตัวแทนของข้อมูลดังกล่าวมาของจังหวัดสุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชรและพิจิตร เมื่อพิจารณาในรายจังหวัด โดยส่วนใหญ่พบว่าปริมาณฝนในพื้นที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ระดับน้ำบาดาลฟื้นตัวขึ้นมาจากที่ลดลงอย่างมากในฤดูแล้งที่มีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้อย่างมาก โดยเฉพาะในช่วงปี พ.ศ. 2558-2559 ซึ่งเป็นช่วงที่ฝนตกน้อยระดับน้ำบาดาลแทบทุกพื้นที่จะลดลงต่ำสุด แต่หลังจากที่มีฝนตกลงมามากต่อเนื่อง 2 ปี (2560-2561) ระดับน้ำจึงคืนตัวอย่างเห็นได้ชัด จนถึงแม้ในปี พ.ศ. 2562 ที่มีปริมาณฝนตกน้อยที่สุดแต่ระดับน้ำก็ไม่ลดลงต่ำกว่าปี พ.ศ. 2558-2558 ดังที่เห็นในรูป ซึ่งแสดงว่าความสามารถในการนำน้ำบาดาลมาใช้ในช่วงแล้งของปี พ.ศ. 2563 ในพื้นที่นี้ยังมีอยู่



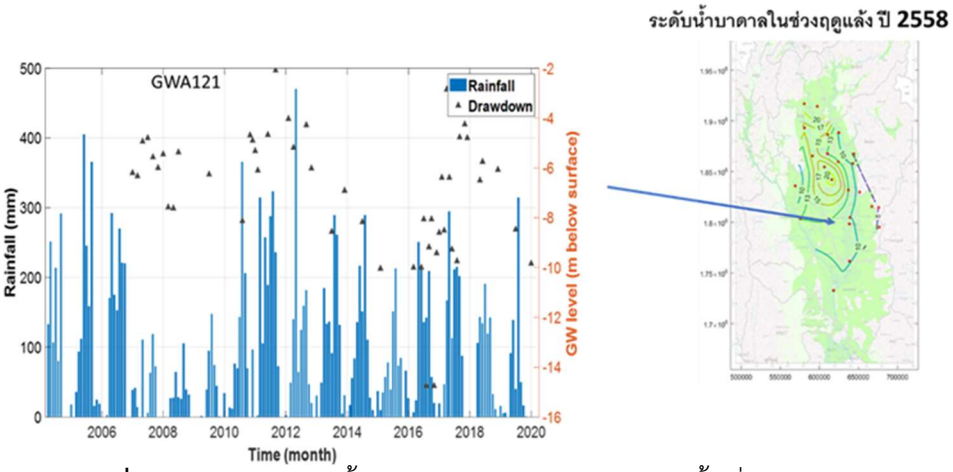
รูปที่ 4-8 ข้อมูลระดับน้ำบาดาลเทียบกับข้อมูลฝนของพื้นที่จังหวัดสุโขทัย



รูปที่ 4-9 ข้อมูลระดับน้ำบาดาลเทียบกับข้อมูลฝนของพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก



รูปที่ 4-10 ข้อมูลระดับน้ำบาดาลเทียบกับข้อมูลฝนของพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร



รูปที่ 4-11 ข้อมูลระดับน้ำบาดาลเทียบกับข้อมูลฝนของพื้นที่จังหวัดพิจิตร

บทที่ 5
การพัฒนาระบบบริหารการจัดการน้ำบาดาล

การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลเพื่อประเมินปริมาณน้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและปีน้ำ เป็นส่วนหนึ่งในวัตถุประสงค์เรื่องการพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำบาดาลเพื่อให้รู้สภาพปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ในสถานะการณ์น้ำแบบต่าง ๆ และรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาลเพื่อสนับสนุนการพัฒนาในพื้นที่ มีรายละเอียดดังนี้

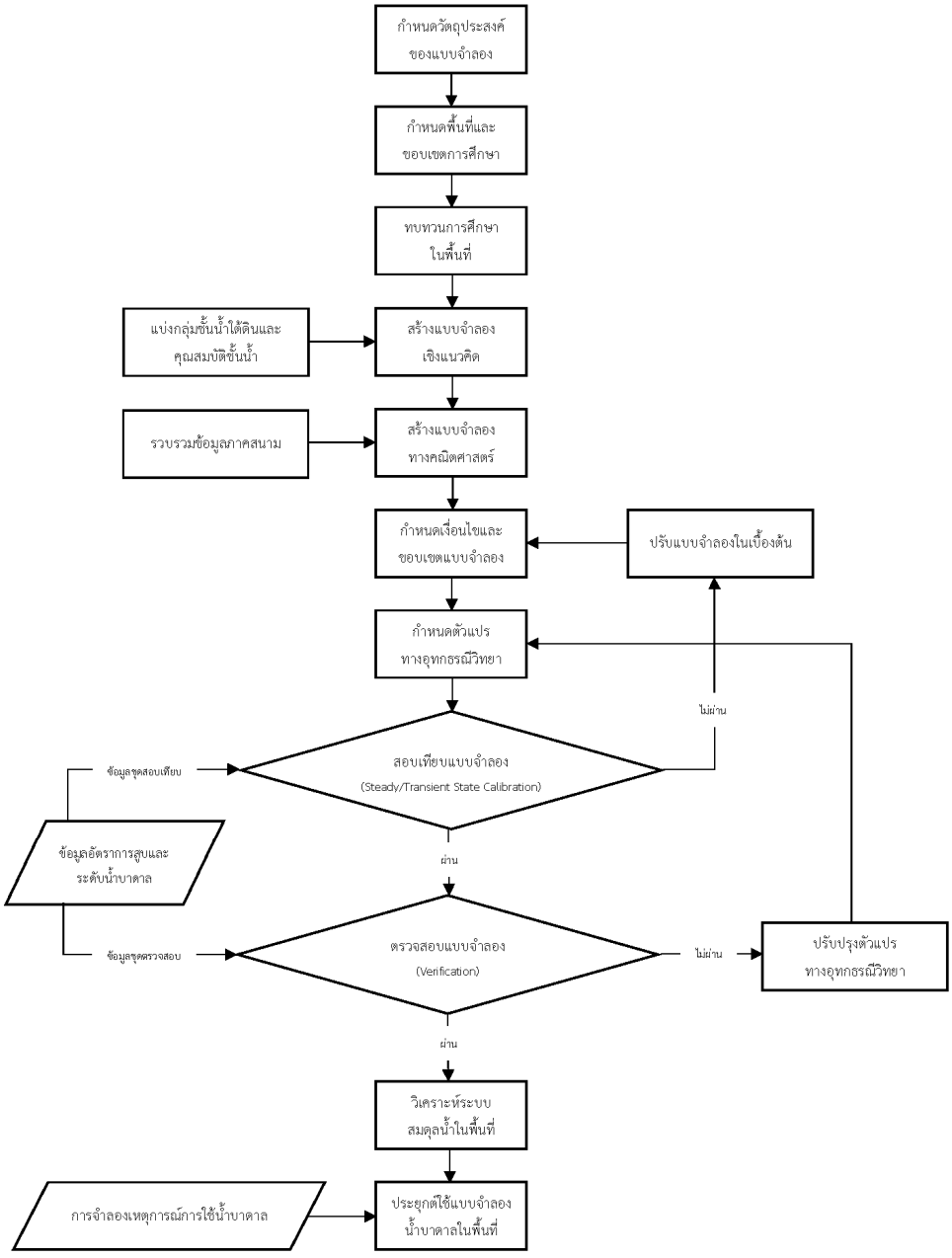
5.1 ขั้นตอนการพัฒนาการจำลองน้ำบาดาล

ในการศึกษาสภาพและกำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาและแบบจำลองน้ำบาดาล จากแอ่งน้ำบาดาล ประกอบกับการทบทวนข้อมูลน้ำบาดาลและลักษณะ ทำให้เข้าใจถึงสภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ จากนั้นจึงเริ่มทำการสร้างแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลทางคณิตศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 5-2 และมีรายละเอียดดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลและทำความเข้าใจในพื้นที่ศึกษาของโครงการ เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มากำหนดเงื่อนไขและค่าตัวแปรต่าง ๆ ในการสร้างข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ และสร้างแบบจำลองในเบื้องต้น ได้แก่ ข้อมูลอุทกธรณี ข้อมูลบ่อบาดาล และข้อมูลแหล่งน้ำ
2) สร้างแบบจำลองเชิงความคิด (Conceptual Model) จากสภาพของน้ำบาดาลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยาและข้อมูลภาคสนาม และนำไปสร้างลักษณะของชั้นน้ำบาดาล
3) ออกแบบแบบจำลอง (Model Design) โดยประยุกต์จากแบบจำลองเชิงความคิดไปเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่มีการกำหนดขอบเขตและเงื่อนไข รวมถึงการนำข้อมูลภาคสนามแปลงเป็นค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ
4) การปรับเทียบแบบจำลองในเบื้องต้น (Initial Calibration) โดยนำแบบจำลองที่ได้ออกแบบไว้ในภาวการณ์ไหลคงตัว (Steady State) เพื่อทำการปรับค่าขอบเขตเงื่อนไข เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่
5) การปรับเทียบแบบจำลอง (Transient Calibration) โดยใช้ข้อมูลอัตราการสูบย้อนหลัง 10 ปี ในรูปแบบการไหลไม่คงตัว (Transient State) เพื่อให้สภาพการไหลสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของระดับน้ำในพื้นที่ให้มากที่สุด
6) สอบเทียบแบบจำลอง (Model Verification) จากข้อมูลอัตราการสูบน้ำบาดาลและระดับน้ำที่มีการบันทึกข้อมูลไว้เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง และทดสอบการ

ตอบสนองของตัวแปรในแบบจำลอง (Sensitivity Analysis) เพื่อตรวจสอบผลกระทบจากความไม่แน่นอนของตัวแปรที่มีต่อผลของแบบจำลอง และทำการวิเคราะห์หาสมดุลน้ำในพื้นที่ศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาการไหลเข้าและไหลออกของน้ำบาดาล

7) ประยุกต์ใช้แบบจำลองสมบูรณ์ไปใช้ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาล เพื่อนำแบบจำลองไปใช้เป็นเครื่องมือในการพิจารณาผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาล



รูปที่ 5-1 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองการไหลของระบบน้ำบาดาล

5.2 ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสภาพน้ำบาดาล

ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองมีทั้งในส่วนที่เป็นข้อมูลทุติยภูมิรวบรวมจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่ได้ทำการสำรวจและจัดทำแผนที่ไว้ และข้อมูลอีกส่วนหนึ่งที่ยังไม่ได้มีการศึกษาและรวบรวมไว้

ข้อมูลในการศึกษาที่ได้ทำการรวบรวม ประกอบด้วยข้อมูลดังตารางที่ 5-1 ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็นด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับภูมิประเทศและการปกครอง
2) ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยาน้ำผิวดิน
3) ข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกวิทยาน้ำบาดาล
4) ข้อมูลด้านปริมาณการใช้น้ำ และความต้องการใช้น้ำ

5.2.1 ข้อมูลภูมิประเทศและการปกครอง

สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ระดับความสูงของพื้นที่ ขอบเขตการปกครอง และจำนวนประชากร ข้อมูลเหล่านี้ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากกรมแผนที่ทหาร กรมพัฒนาชุมชน และกรมการปกครอง

ตารางที่ 5-1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ	รายการข้อมูล	ที่มา	ปี	รายละเอียดของข้อมูล
1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับภูมิประเทศ – การปกครอง				
1.1	แผนที่ภูมิประเทศ	กรมแผนที่ทหาร	2512	แผนที่ 1:50000
1.2	แผนที่เขตการปกครอง	ฝ่าย GIS	-	ข้อมูลดิจิตอล ระดับตำบล
1.3	ข้อมูลประชากร	กชช.	2550-2558	ข้อมูลดิจิตอล ระดับหมู่บ้าน
2. ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา – อุทกวิทยาน้ำผิวดิน				
2.1	ข้อมูลฝนรายเดือน รายสถานี	กรมอุตุนิยมวิทยา	2531-2560	ข้อมูลดิจิตอล 30 สถานี
2.2	ข้อมูลการระเหยรายเดือน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2531-2560	
2.3	ข้อมูลชนิดดิน และแผนที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2538-2546	แผนที่กลุ่มดิน
2.4	แผนที่แม่น้ำหลักในพื้นที่ศึกษา	กรมแผนที่ทหาร	-	ข้อมูลดิจิตอล
2.5	หน้าตัดแม่น้ำสายหลัก 6 สาย	กรมชลประทาน	2548, 2556	ข้อมูลดิจิตอล
2.6	ระดับน้ำในแม่น้ำ	กรมชลประทาน	2534-2558	ข้อมูลดิจิตอล รายเดือน 14 สถานี
3. ข้อมูลด้านธรณีวิทยา – อุทกวิทยาน้ำบาดาล				
3.1	คุณสมบัติของชั้นน้ำ	การศึกษาอุทกธรณีฯ	-	
3.2	ผลสูบการสูบทดสอบและค่าพารามิเตอร์ของชั้นน้ำบาดาล	การศึกษาภาคสนามกรมทรัพยากรน้ำบาดาล	2558-2560	รายงานผลการสูบทดสอบ 31 บ่อ
3.3	ระเบียนบ่อราชการ	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	2533-2561	
3.4	ระดับน้ำตื้น 0 – 3 เมตร	กรมชลประทาน	2538-2542	ข้อมูลดิจิตอล 9 โครงการชลประทาน
3.5	ระดับน้ำบ่อสังเกตการณ์	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	2547-2562	ข้อมูลดิจิตอล
3.6	คุณภาพน้ำ		2558-2561	
4. ข้อมูลด้านปริมาณการใช้น้ำ – ความต้องการใช้น้ำ				
4.1	กชช 2ค.	กชช.	2533-2561	ข้อมูลดิจิตอล
4.2	แผนที่การใช้ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2557-2559	แผนที่ และ ข้อมูลดิจิตอล
4.3	การใช้น้ำของประปาหมู่บ้าน, ประปาเทศบาล	กชช 2ค.	2550-2558	
4.4	การใช้น้ำของประปาภูมิภาค	การประปาภูมิภาค	2537-2548	
4.5	การใช้น้ำของภาคเอกชน	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	2538-2562	
4.6	การเจาะบ่อบาดาลระดับตื้นเพื่อการเกษตรฯ	กรมชลประทาน	2558	ระเบียนบ่อตอกเพื่อการเกษตรในเขตชลประทานพลายชุมพล, ดงเศรษฐี และท่าบัว

5.2.2 ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยาน้ำผิวดิน

ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาน้ำผิวดิน รวบรวมได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมเจ้าท่า และกรมพัฒนาที่ดิน ได้แก่ ข้อมูลฝน อัตราการระเหย คุณสมบัติของดิน และข้อมูลเกี่ยวกับแม่น้ำสายหลักในพื้นที่ศึกษา โดยอาศัยผลการรวบรวมและการวิเคราะห์จากงานศึกษาสภาพน้ำผิวดิน

5.2.3 ข้อมูลด้านธรณีวิทยา และอุทกวิทยาน้ำบาดาล

ข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาที่ใช้ในการศึกษาด้านแหล่งน้ำบาดาลเป็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์จากข้อมูลบ่อบาดาล การแบ่งชั้นน้ำบาดาล และการทดสอบทางอุทกธรณีวิทยา ดังที่ได้แสดงรายละเอียดของการศึกษาส่วนนี้ไว้รายงานหลัก ในบทนี้จะได้กล่าวถึงข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองโดยเฉพาะ ทั้งในด้านธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยา

ในด้านธรณีวิทยา นอกจากข้อมูลการเกิดของแหล่งน้ำบาดาล คุณสมบัติของชั้นน้ำบาดาลและศักยภาพการเติมน้ำบาดาลโดยธรรมชาติ ดังกล่าวแล้ว ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการจำแนกชนิดดิน (Soil Type) ซึ่งดินแต่ละประเภทจะมีความสามารถในการซึมผ่านของน้ำที่ไม่เท่ากัน ชนิดดินจึงมีส่วนในการพิจารณาแหล่งที่เติมน้ำให้กับชั้นน้ำบาดาล และใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาคุณสมบัติของชั้นน้ำบาดาลบางส่วนด้วย

ข้อมูลทางอุทกวิทยาน้ำบาดาลที่สำคัญได้แก่ ระดับน้ำบาดาลในอดีตและปัจจุบัน คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ และอัตราการให้น้ำบาดาลของบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ต่าง ๆ ข้อมูลเหล่านี้ ได้จากการศึกษาในภาคสนาม โดยการสูบทดสอบในพื้นที่ศึกษาและฐานข้อมูลและการสูบทดสอบของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลและเก็บรวบรวมข้อมูลบ่อน้ำบาดาล ในพื้นที่ศึกษามีบ่อน้ำบาดาลที่ก่อสร้างรวมทั้งสิ้น 161,891 บ่อ ในปี พ.ศ. 2533-2561 ข้อมูลรายละเอียดของบ่อบาดาลเหล่านี้ ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับที่ตั้ง วันที่ก่อสร้าง ความลึก ระยะช่วงสกรีน ระดับน้ำอัตราการให้น้ำ ระดับน้ำลด และคุณภาพน้ำ เป็นต้น จากข้อมูลดังกล่าว สามารถสรุปปริมาณบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา จำแนกตามรายจังหวัด

นอกจากบ่อบาดาลของหน่วยงานราชการต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ประชาชนในพื้นที่ศึกษาได้ทำการเจาะบ่อบาดาลของตนเองเป็นจำนวนมาก เพื่อใช้อุปโภคบริโภคและทำการเกษตรในยามขาดแคลนน้ำผิว

ดิน บ่อเหล่านี้แม้จะมีอัตราการสูบน้ำไม่สูงมาก แต่มีจำนวนมากและมีความสำคัญโดยตรงต่อประชาชนในพื้นที่ ข้อมูลพื้นฐานในส่วนนี้ได้จาก กชช. 2 ค. จำนวนบ่อของประชาชนในปี 2558 เท่ากับ 124,462 บ่อ

5.2.4 ข้อมูลด้านปริมาณการใช้น้ำและความต้องการใช้น้ำ

การประเมินการใช้น้ำบาดาล กำหนดกรอบการพิจารณาเป็น 3 หมวด ได้แก่ การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การใช้น้ำเพื่อการพาณิชย์และอุตสาหกรรม และการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม

ข้อมูลการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค จำแนกได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนที่หนึ่งคือพื้นที่ที่อยู่ในเขตให้บริการของระบบประปาขนาดใหญ่ ได้แก่ การประปาภูมิภาค ประปาเทศบาลและสัมปทานประปาเอกชนซึ่งขึ้นกับกรมโยธาธิการ การรวบรวมข้อมูลในส่วนนี้มุ่งเน้นที่แหล่งน้ำดิบที่ใช้ กำลังการผลิตและจำนวนผู้ใช้น้ำในเขตพื้นที่บริการ ส่วนที่สองคือพื้นที่นอกเขตการจ่ายน้ำของระบบประปาขนาดใหญ่ การใช้น้ำบาดาลในส่วนนี้มาจากบ่อส่วนตัวของประชาชน และระบบประปาหมู่บ้านซึ่งปัจจุบันนี้ขึ้นกับหลายหน่วยงาน อาทิ กรมโยธาธิการและผังเมือง กรมอนามัย กรมทางหลวงชนบท กรมทรัพยากรน้ำบาดาล การรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ เหล่านี้มุ่งเน้นที่จำนวนบ่อ ขนาดของบ่อ และอัตราการผลิตน้ำประปา

ข้อมูลการใช้น้ำบาดาลเพื่อการพาณิชย์และอุตสาหกรรม รวบรวมจากข้อมูลการขออนุญาตเจาะบ่อบาดาล และการขอใช้น้ำบาดาลต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และการบันทึกปริมาณใช้น้ำของผู้ขออนุญาต โดยข้อมูลส่วนนี้ทางโครงการได้รวบรวมจากสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด นอกจากนั้นทางโครงการยังทำการสำรวจภาคสนามเพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบข้อมูล ซึ่งพบว่า ในความเป็นจริงมีการใช้บ่อบาดาลโดยยังไม่ได้ขออนุญาตต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล อยู่จำนวนหนึ่ง และข้อมูลส่วนนี้ไม่มีการบันทึกหรือรวบรวมโดยหน่วยงานราชการใดเลย ในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากปริมาณการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับการใช้น้ำในหมวดอื่น ๆ จึงทำการประเมินการใช้น้ำในส่วนที่มิได้ขออนุญาตต่อกรมทรัพยากรธรณีโดยใช้การปรับเทียบจากข้อมูลระดับน้ำด้วยแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล แทนการสำรวจข้อมูลจริงซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายและเวลามากเกินความจำเป็น

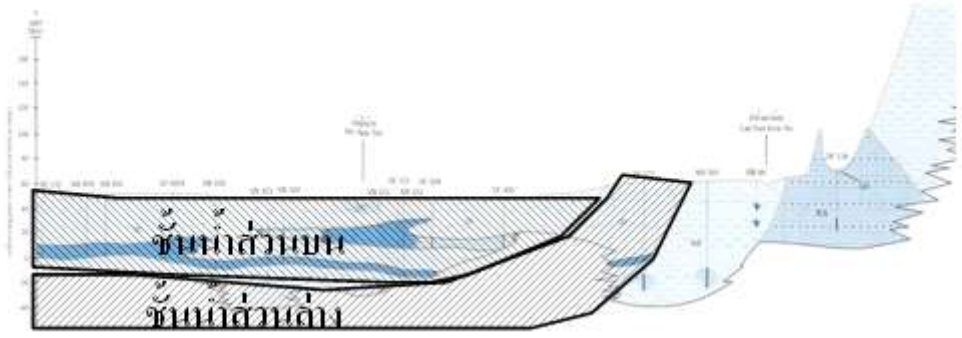
การใช้น้ำเพื่อการเกษตรเป็นวัตถุประสงค์หลักของการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา แต่ข้อมูลในส่วนนี้มีความซับซ้อนมาก เพราะไม่มีการขออนุญาต และจดบันทึกปริมาณการใช้น้ำโดยหน่วยงานราชการ การประเมินอัตราการใช้น้ำในส่วนนี้ต้องอาศัยข้อมูลจากการสำรวจของการศึกษาโครงการการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณภาคกลางตอนบน (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2549)

5.3 การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด

การพัฒนาแบบจำลองเชิงแนวคิดเป็นการนำสภาพชั้นน้ำบาดาลตามความเป็นจริงมาสร้างเป็นแบบจำลองอย่างง่ายเพื่อให้สามารถทำการคำนวณได้ เนื่องจากสภาพชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่จริงมีความซับซ้อนมาก ประกอบกับข้อมูลที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษาไม่สามารถบอกลักษณะการวางตัวของชั้นน้ำบาดาลได้อย่างชัดแจ้ง บอกได้เพียงได้อย่างหยาบ ว่าในพื้นที่บริเวณไหนควรมีการวางตัวของชั้นน้ำบาดาลในลักษณะใด ทำให้การพัฒนาแบบจำลองเชิงแนวคิดให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงอย่างสมบูรณ์นั้นเป็นไปได้ยากหรือเป็นไปไม่ได้เลย การสร้างแบบจำลองเชิงแนวคิดจึงต้องจำลองสภาพน้ำบาดาลให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่าย แต่ยังคงสามารถกำกับพฤติกรรมการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาได้ในการศึกษานี้ในเบื้องต้นจะใช้การจำลองเชิงแนวคิดที่เดียวกับของการศึกษาโครงการการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณภาคกลางตอนบน (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2549)

การแบ่งชั้นน้ำในพื้นที่ศึกษาเพื่อการจำลองสภาพการไหล ได้อาศัยข้อมูลการแบ่งชั้นน้ำบาดาลจากส่วนการศึกษาสภาพน้ำบาดาลของโครงการการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน บริเวณภาคกลางตอนบน ซึ่งสามารถจัดกลุ่มของชั้นน้ำบาดาลได้เป็น 2 ชั้น (รูปที่ 5-2) ดังนี้

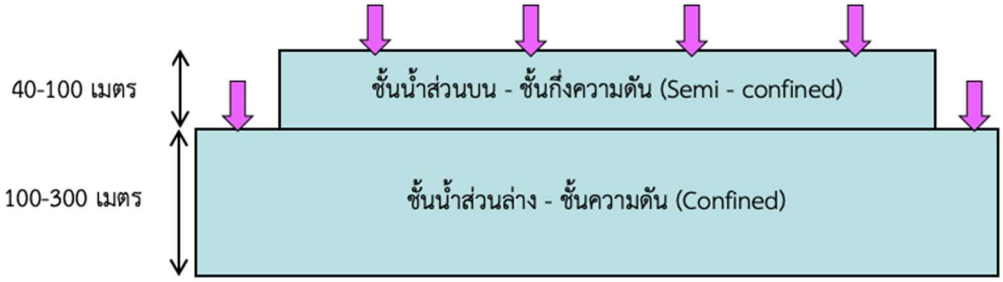
ชั้นน้ำส่วนบน มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 10 - 80 เมตร
ชั้นน้ำส่วนล่าง มีความลึกเฉลี่ยจากผิวดินประมาณ 90 - 120 เมตร



รูปที่ 5-2 แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาลบริเวณจังหวัดพิษณุโลก

ซึ่งชั้นน้ำส่วนบนประกอบด้วยสภาพทางอุทกธรณีวิทยาของสองส่วนหลักได้แก่ ชั้นดินให้น้ำยุคตะกอนพัดพาและชั้นดินให้น้ำตะกอนตะพักยุคใหม่ และชั้นน้ำส่วนล่างประกอบด้วยชั้นดินให้น้ำตะกอนตะพักยุคเก่าเป็นหลัก

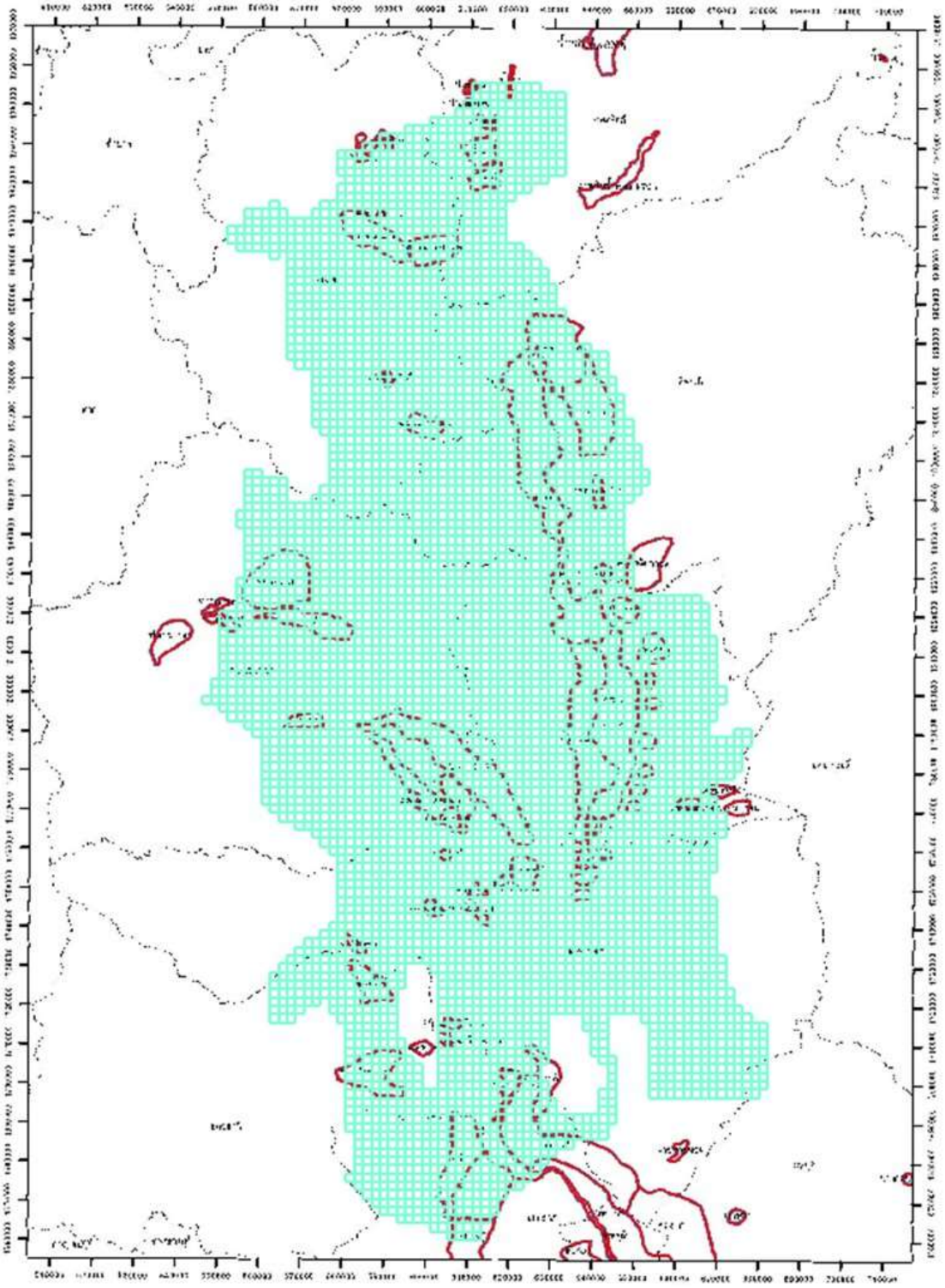
จากการแบ่งชั้นน้ำตามแนวคิดนี้ ประกอบกับค่าตัวแปรทางอุทกธรณีวิทยา แบบจำลองแอ่งน้ำบาดาลในการศึกษาครั้งนี้จึงจัดสร้างเป็นส่วนบน เป็นชั้นกึ่งความดันและชั้นล่างเป็นชั้นความดัน และมีการเติมน้ำจากผิวดินลงสู่แอ่งน้ำโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 5-3



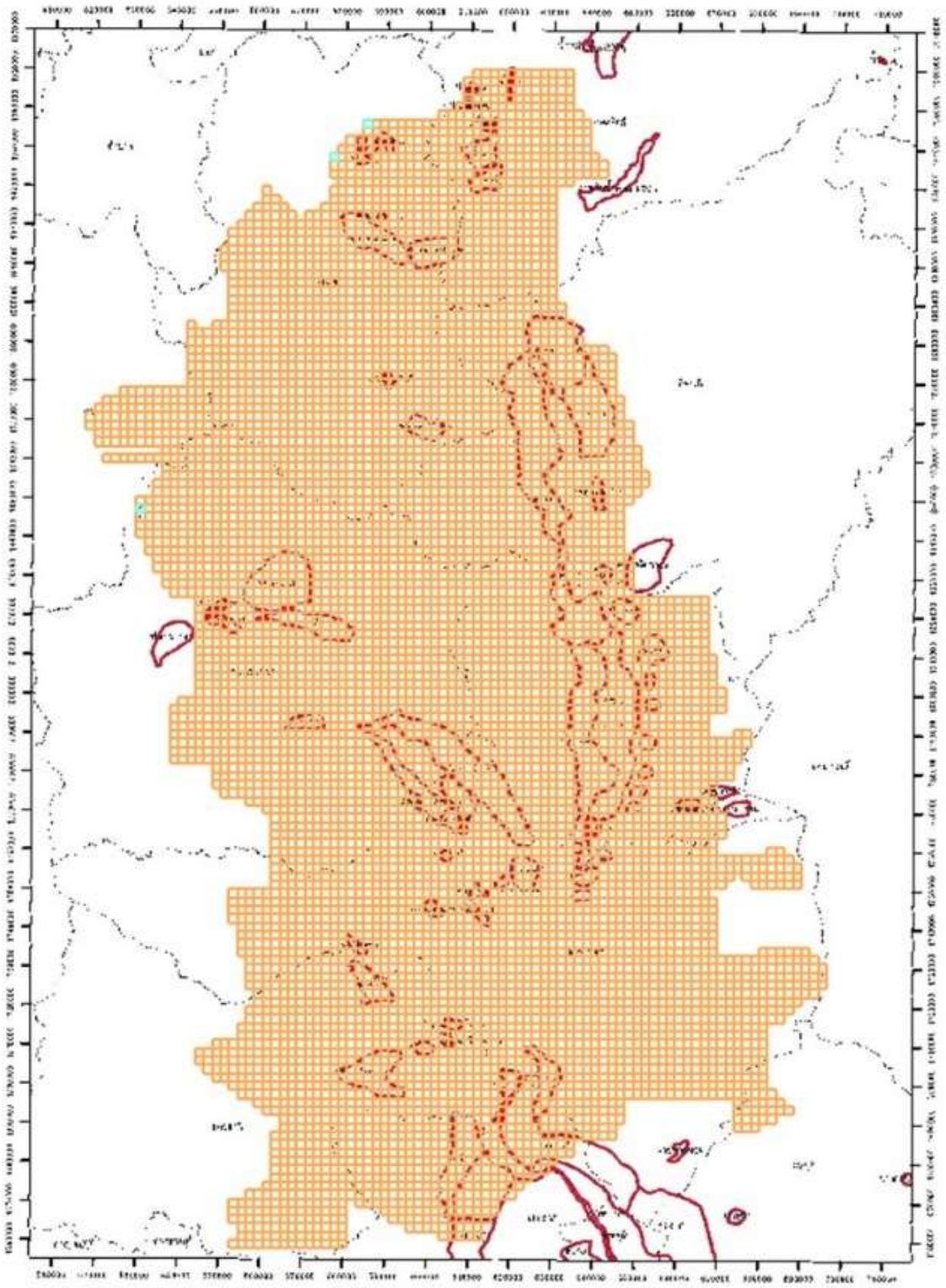
รูปที่ 5-3 แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาล

5.4 การออกแบบการจำลองและช่วงระยะเวลาในการคำนวณ

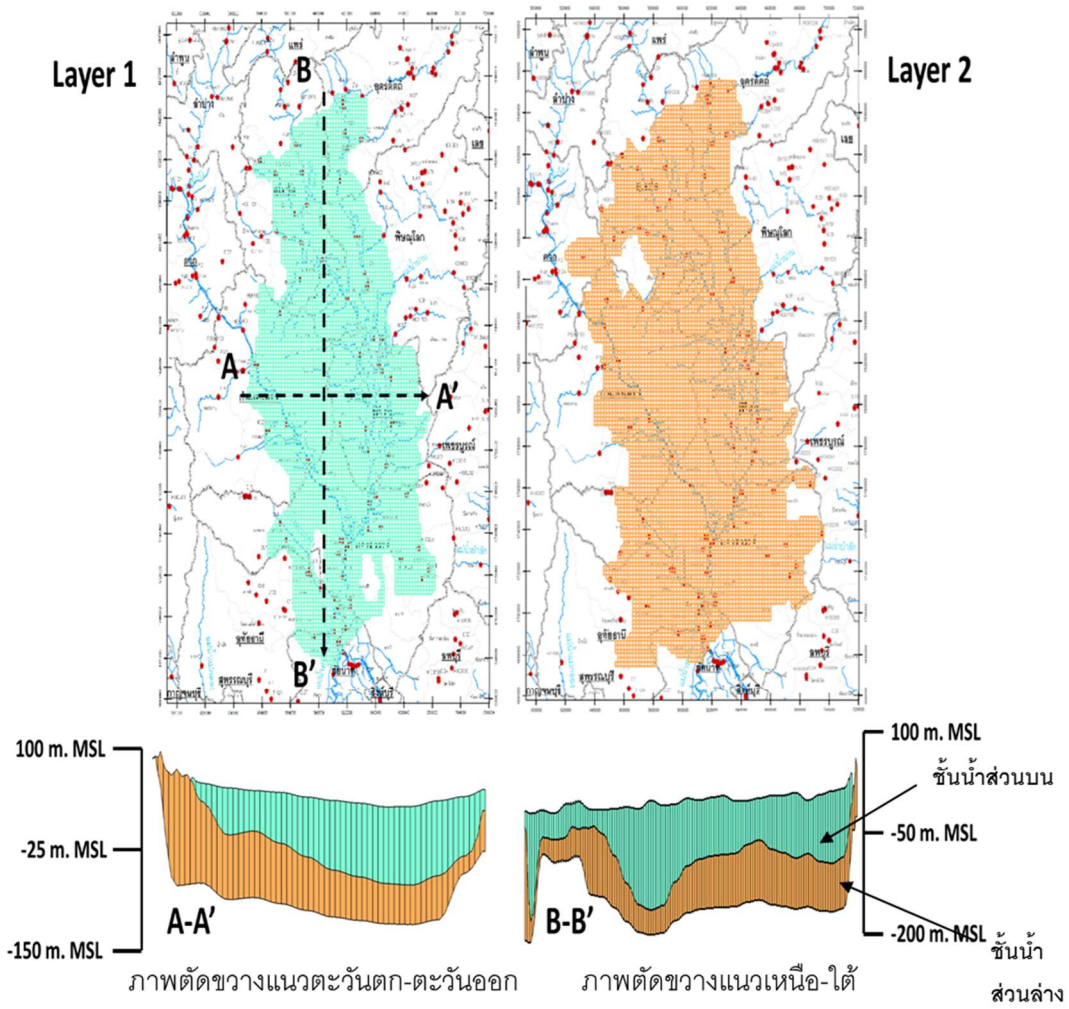
การจำลองสภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการไฟไนดิฟเฟอรเรนต์ (Finite Difference) หน่วยย่อยในการคำนวณเชิงพื้นที่นั้นอยู่ในรูปของโครงสร้างที่ต่อกันด้วยรูปสี่เหลี่ยม โดยในการศึกษาที่ผ่านมาของพื้นที่นี้ (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2549)) ได้จำลองสภาพชั้นน้ำบาดาลให้มีหน่วยย่อยของพื้นที่การคำนวณเป็นรูปสี่เหลียมจัตุรัสที่มีขนาด กว้าง 10 กม. ยาว 10 กม. โดยมีความสูงตามความหนาของชั้นน้ำเฉลี่ยในบริเวณนั้น ซึ่งเรียกลูกบาศก์นี้ว่า 1 กริดเซลล์ ดังรูปที่ 5-4(ก) แบบจำลองกริดเซลล์ของชั้นน้ำบาดาลเป็นตัวแทนลักษณะของชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ที่กริดเซลล์ครอบคลุมอยู่ โดยแต่ละกริดเซลล์ได้กำหนดคุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยาของชั้นน้ำบาดาลไว้ รวมไปถึงระดับน้ำบาดาลและปริมาณการไหลเข้า-ออกของน้ำของชั้นน้ำบริเวณนั้น โดยในการศึกษานี้จะจำลองสภาพโดยมีหน่วยย่อยของพื้นที่การคำนวณเป็นรูปสี่เหลียมจัตุรัสที่มีขนาดละเอียดมากขึ้นเป็น กว้าง 2 กม. ยาว 2 กม. ดังรูปที่ 5-4



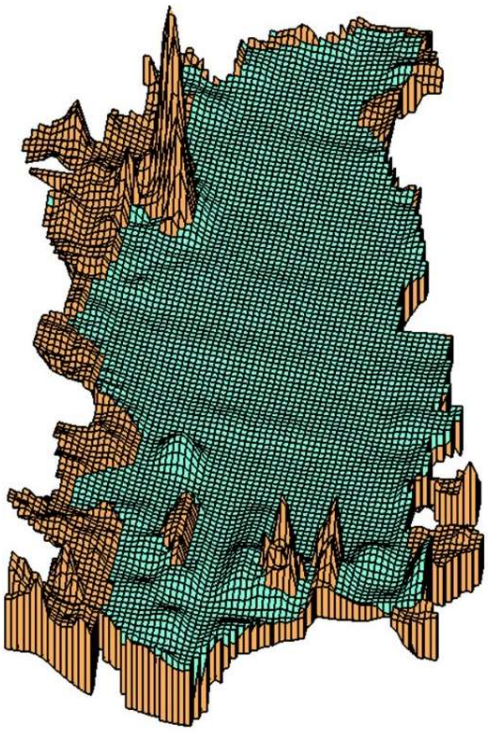
รูปที่ 5-4(ก) แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลส่วนบนในระบบกริดเซลล์ (Grid Cells)



รูปที่ 5-4(ข) แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลส่วนล่างในระบบกริดเซลล์ (Grid Cells)



รูปที่ 5-5 ภาพตัดขวางแบบจำลองน้ำบาดาลและแสดงระดับของชั้นน้ำส่วนบนและล่าง



รูปที่ 5-6 มุมมอง 3 มิติของแบบจำลองแบบกริดเซลล์

การปรับเทียบแบบจำลองเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนาแบบจำลอง การศึกษานี้ได้ทำการปรับเทียบแบบจำลองทั้งในสภาวะการไหลแบบคงตัว (Steady State) และไม่คงตัว (Transient) โดยแบ่งแยกตัวแปรที่ใช้ในการปรับแก้ และสอบทานสำหรับการตรวจสอบในช่วงสุดท้าย โดยมีแบ่งแยกตัวแปรที่ใช้การปรับเทียบและการสอบเทียบแบบจำลองไว้ดังตารางที่ 5-2 โดยการพัฒนาแบบจำลองในเบื้องต้นได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ช่วงเพื่อการปรับแก้แบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 5-7 และมีรายละเอียดดังนี้

1. การจำลองการไหลในสภาวะคงตัวในฤดูแล้ง ปี 2546 เพื่อปรับแก้หาสัมประสิทธิ์ความซึมได้ ปรับอัตราการสูบและการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล
2. การจำลองการไหลในสภาวะไม่คง เริ่มตัวตั้งแต่ฤดูฝนปี 2536 ถึงฤดูแล้งปี 2546 เพื่อปรับแก้หาสัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ
3. เปรียบเทียบระดับน้ำของปี 2546-2558 จากผลการจำลองในสภาวะไม่คงตัว เพื่อหาความความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น

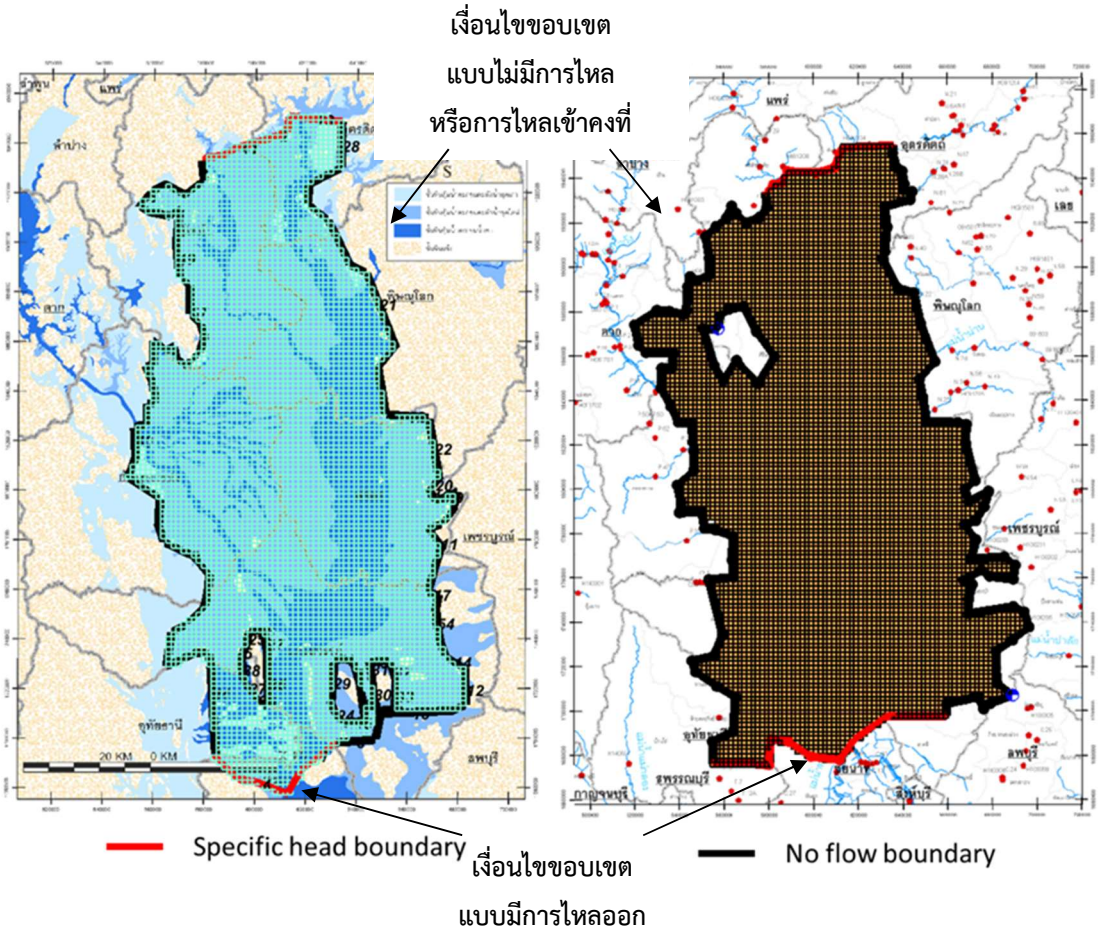
ตารางที่ 5-2 การสอบเทียบแบบจำลองในขั้นตอนต่าง ๆ

ขั้นตอน	ข้อมูล	ตัวแปร
การปรับเทียบ ในสภาวะคงตัว	ค่าระดับน้ำบาดาลเฉลี่ยฤดูแล้งในปี พ.ศ. 2546	ปรับแก้ อัตราการสูบ/เติมน้ำเฉลี่ย ค่าการนำทางสัมประสิทธิ์ความซึมได้
การปรับเทียบ ในสภาวะไม่คงตัว	ค่าระดับน้ำบาดาลรายฤดูกาล (6 เดือน ฝน-แล้ง) ในปี พ.ศ. 2536–2546	สัมประสิทธิ์การกักเก็บ สัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ
สอบเทียบแบบจำลอง ในสภาวะไม่คงตัว	ค่าระดับน้ำบาดาลรายฤดูกาล ในปี พ.ศ. 2546–2558	

รูปที่ 5-7 ช่วงเวลาปรับแก้แบบจำลองสภาพน้ำบาดาล

5.5. การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต

ในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองนั้น อาศัยข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาเรื่องการตัดแนวตัดขวาง (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2549) พบว่าทางด้านแถบสุโขทัยลงมาจนถึงชัยนาทมีแนวหินแข็งซึ่งถือเป็นแนวเขตการจำลองน้ำบาดาลทางด้านตะวันตก และทางแถบจังหวัดอุตรดิตถ์ลงมาถึงนครสวรรค์มีแนวหินแข็งเช่นกัน ดังนั้นทางแถบด้านตะวันออกนี้กำหนดให้เป็นขอบเขตการจำลองเช่นกัน ทางทิศเหนือ คือจังหวัดสุโขทัยและอุตรดิตถ์ถูกปิดล้อมชั้นหินแข็งเช่นกัน จึงกำหนดให้แนวทั้งสามให้มีค่าเงื่อนไขขอบเขตแบบอัตราการไหลเข้าคงที่ ทิศใต้กำหนดให้มีแนวการไหลของน้ำบาดาลโดยกำหนดให้มีค่าเงื่อนไขขอบเขตแบบอัตราการไหลออกคงที่ ยกเว้นบริเวณตะวันออกของด้านใต้ซึ่งชนกับแนวหินจึงกำหนดให้เป็นแบบอัตราการไหลเข้าคงที่ ส่วนในชั้นน้ำส่วนล่าง ทิศเหนือ ตะวันออกและตะวันตกติดกับชั้นหินแข็งจึงกำหนดให้เป็นขอบเขตแบบไม่มีการไหล ส่วนทิศใต้กำหนดให้เป็นแนวการไหลของน้ำบาดาลที่มีอัตราคงที่เช่นกัน ด้านบนของแบบจำลองกำหนดให้เปิดสู่บรรยากาศ ด้านล่างกำหนดให้เป็นขอบเขตที่ไม่ยอมให้น้ำไหลผ่าน



ก.ชั้นน้ำบาดาลส่วนบน ข.ชั้นน้ำบาดาลส่วนล่าง

รูปที่ 5-8 แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลส่วนบน(ก) และส่วนล่าง(ข)

ในการกำหนดของเขตของแบบจำลองน้ำบาดาลให้แนวทั้งสองให้มีค่าเงื่อนไขขอบเขตแบบอัตราการไหลคงที่ โดยกำหนดให้มีค่าเงื่อนไขขอบเขตแบบอัตราการไหลคงที่ สำหรับอัตราการไหล-เข้าและออกจากแบบจำลองของแต่ละกริดเซลล์ คำนวณจากสมการ

$$Q = -KiA$$

โดย Q คืออัตราการไหลเข้าหรือออกของน้ำบาดาล (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

K คือค่าสัมประสิทธิ์การนำทางชลศาสตร์ (เมตรต่อวัน)

i คือความลาดชันชลศาสตร์

A คือพื้นที่หน้าตัดการไหล (ตารางเมตร)

ค่าสัมประสิทธิ์การนำทางชลศาสตร์ของกริดเซลล์ได้จากข้อมูลการเฉลี่ยจากการสูบทดสอบในพื้นที่ สามารถหาค่าความลาดชันทางชลศาสตร์ สามารถพิจารณาได้จากเส้นชั้นความสูงเฉลี่ยของระดับน้ำบาดาลในฤดูกาลนั้น ๆ และพื้นที่หน้าตัดการไหลก็คือขนาดของกริดเซลล์

5.6 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการพัฒนาแบบจำลอง

ค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ที่สำคัญในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาล ได้แก่ สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage Coefficient) สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Hydraulic Conductivity) และสัมประสิทธิ์การซึมผ่านแนวดิ่งระหว่างชั้นน้ำ (Vertical Leakance) ค่าตัวแปรได้พิจารณาค่าเริ่มต้นในการพัฒนาแบบจำลอง จากการศึกษาแบบจำลองน้ำบาดาลก่อนหน้านี้ในจังหวัดพิจิตร กำแพงเพชร สุโขทัย และชัยนาท อย่างไรก็ตามค่าตัวแปรเหล่านี้จะถูกทำการปรับแก้ในขั้นตอนปรับเทียบต่อไป

5.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage Coefficient)

สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage coefficient; S) คือปริมาตรของน้ำ ที่ชั้นน้ำปริมาตรหนึ่งหน่วยกักเก็บเข้าไว้ หรือยอมให้ไหลออกมาได้ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานเฉลี่ยหนึ่งหน่วย

การศึกษาแบบจำลองน้ำบาดลของพิจิตร (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541) สุโขทัย (กรมชลประทาน, 2543) กำแพงเพชร (สนฑ์, 2540) ระบุว่าค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บเป็นพารามิเตอร์ไร้มิติที่หาได้จากผลการสูบทดสอบ แต่ค่าที่ได้มักมีพิสัยของความแปรปรวนกว้างมาก อย่างไรก็ดี มีการศึกษาของ Walton,1970 เสนอว่าค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บที่เหมาะสมสำหรับชั้นน้ำบาดาลแบบมีความดันอยู่ในช่วง $1.0 \times 10^{-5} - 1.0 \times 10^{-3}$ สำหรับดินทุกประเภท และหากเป็นชั้นน้ำที่มีศักยภาพการให้น้ำสูง ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะมีค่าในช่วง $5.0 \times 10^{-5} - 1.0 \times 10^{-2}$ และในการศึกษาดังกล่าวจึงได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ โดยการตั้งสมมติฐานตั้งต้นก่อนการปรับแก้ ให้ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ เท่ากับ 1.0×10^{-3} สำหรับชั้นน้ำทุกชั้นในการศึกษาดังกล่าว สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลการสูบทดสอบ ร่วมกับการตรวจสอบด้วยแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล จากสมการ

สัมประสิทธิ์การกักเก็บ = ค่าสัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ x ความหนาชั้นน้ำ

พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะที่เหมาะสมของชั้นน้ำในพื้นที่ศึกษาอยู่ในช่วง $1.0 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-2}$ ม.$^{-1}$ โดยมีค่าเฉลี่ยสำหรับชั้นน้ำส่วนบนและส่วนล่างเท่ากับ 5.0×10^{-2} ม.$^{-1}$

5.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Transmissivity)

สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำเป็นพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญต่อการจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาล ที่มาของพารามิเตอร์นี้ได้จากการสูบทดสอบซึ่งใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงมีความจำกัดในการรวบรวมข้อมูลดังกล่าวที่มีในพื้นที่ศึกษา การศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ และพัฒนากระบวนการในการประเมินค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจากข้อมูลบ่อน้ำบาดาลพื้นฐานที่มีการเก็บรวบรวมโดยทั่วไป และสามารถรวบรวมได้จริงในพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้แก่ ข้อมูลความลึกของบ่อ ความยาวของท่อกรอง (Screen Length - L) ปริมาณการให้น้ำ (Q) และระดับน้ำที่ลดลงจากการสูบน้ำ (Drawdown - s)

การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ เริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลการสูบทดสอบที่มีในพื้นที่ศึกษาแล้วประมวลผลการสูบทดสอบเหล่านั้น เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity; T) และความซึมได้ทางชลศาสตร์ปรับเทียบ (K' = T/L) สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้วิธี Cooper-Jacob และ Theis-Recovery หาสัมประสิทธิ์การซึมผ่านจากการสูบทดสอบ จากนั้นจึงวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ความซึมได้

เมื่อวิเคราะห์ในรายละเอียดจำแนกเป็นรายชั้นน้ำ และตามประเภทของชั้นหินอุ้มน้ำในพื้นที่ศึกษาพบว่า การกระจายตัวของข้อมูลการนำทางชลศาสตร์ในแต่ละชั้นน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนกลางแอ่งน้ำบาดาลและขอบแอ่งน้ำบาดาล และเมื่อวิเคราะห์ตามประเภทของชั้นหินอุ้มน้ำซึ่งมีศักยภาพการให้น้ำสูงในพื้นที่ศึกษา 2 ประเภท ได้แก่ ชั้นหินร่วนของตะกอนพัดพา (Qfd) บริเวณริมฝั่งแม่น้ำน่านและปิง และ ชั้นตะกอนตะพักยุคใหม่ (Qcr) ในบริเวณขอบของตะกอนพัดพา จากข้อมูลการสูบทดสอบพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ อยู่ในช่วง 10.0–500 เมตร^2/วัน ดังแสดงในตารางที่ 5-3 และปรับเป็นสัมประสิทธิ์ความซึมได้มีอยู่ในช่วง 1–200 เมตรต่อวัน และการศึกษาแบบจำลองน้ำบาดาลของพิจิตร (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541) กำแพงเพชร (สนธ์, 2540) ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้มีอยู่ในช่วง 20–70 เมตรต่อวัน

ในการปรับเทียบแบบจำลองได้จำแนกค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ออกเป็น 12 กลุ่มบนชั้นน้ำส่วนบนและ 2 กลุ่มในชั้นน้ำส่วนล่าง การกระจายตัวของข้อค่าลักษณะค่าการซึมผ่านจะมีค่ามากบริเวณกลางและส่วนด้านใต้ของแอ่งน้ำบาดาล อยู่ในช่วง 5-200 เมตรต่อวัน ในชั้นบน และ 7-200 เมตรต่อวัน ในชั้นล่าง

ตารางที่ 5-3 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำจากข้อมูลการสูบทดสอบ

ลักษณะชั้นน้ำบาดาล	สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (m^2/d)
ชั้นน้ำตะกอนพา	403
ชั้นน้ำตะพักยุคใหม่	11
ชั้นน้ำตะพักยุคเก่า	485

5.6.3 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำในแนวดิ่ง

สัมประสิทธิ์การซึมผ่านแนวดิ่ง (Vertical hydraulic conductivity) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการอธิบายพฤติกรรมการไหลในแนวดิ่งของน้ำบาดาลระหว่างชั้นน้ำ เนื่องจากการจำลองสภาพครั้ง แต่ละชั้นถูกแยกออกจากกันด้วยชั้นดินเหนียว ดังนั้นในการจำลองสภาพ เพื่อสะท้อนลักษณะทางธรณีวิทยาดังกล่าว จึงกำหนดให้ค่าการซึมผ่านในแนวดิ่งเป็นคุณสมบัติของชั้นดินเหนียวที่กั้นระหว่างชั้นน้ำบาดาล โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านแนวดิ่ง เฉลี่ยเท่ากับ 5.0×10^{-5} เมตรต่อวัน (Todd, 1980) และจากแบบจำลองน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดพิจิตร (ศูนย์บริการวิชาการจุฬา, 2541) กำแพงเพชร (สนฑ์, 2540) ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านแนวดิ่งมีค่า 2.0×10^{-5} เมตรต่อวัน ซึ่งพิจารณาค่านี้เป็นค่าการซึมผ่านระหว่างชั้นบนกับชั้นล่างในแบบจำลอง

5.7 ประเภทของชั้นน้ำบาดาล

ในแบบจำลองนี้ กำหนดให้ชั้นน้ำชั้นบนสุดเป็นชั้นน้ำแบบกึ่งมีความดัน (Semi-Confined aquifer) เนื่องจากชั้นดินเหนียวที่ปิดทับด้านบนมีคุณสมบัติในการให้น้ำซึมผ่านลงสู่ชั้นน้ำบาดาลชั้นแรกได้ และจากการวิเคราะห์ระดับน้ำของชั้นน้ำดังกล่าว ปรากฏว่า ระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และการแกว่งตัวของระดับน้ำดังกล่าว ทำให้ชั้นน้ำชั้นแรกในพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นทั้งแบบมีความดันและไม่มีความดัน ส่วนชั้นล่างที่อยู่ลึกลงไปเป็นชั้นน้ำแบบมีความดัน (Confined Aquifer)

5.8 ค่าระดับน้ำหรือความดันน้ำเริ่มต้น

ค่าระดับน้ำหรือความดันน้ำเริ่มต้น เป็นเงื่อนไขตั้งต้นสำหรับการจำลองสภาพการไหลแบบไม่คงตัว สามารถกำหนดจากระดับน้ำในสภาวะสมดุลที่ได้จากแบบจำลองการไหลแบบคงตัว และใช้ระดับน้ำจริงในภาคสนามก็ได้ แต่โดยมาตรฐานทั่วไปมักอาศัยระดับน้ำที่ได้จากการจำลองสภาพแบบคงตัวเป็นค่า

ตั้งต้น (Anderson และ Woessner, 1992) ส่วนการคำนวณในสภาวะคงตัวนั้นค่าเงื่อนไขตั้งต้นนี้สามารถกำหนดได้โดยอิสระโดยการคำนวณจะทำหน้าที่ปรับค่าที่กำหนดดังกล่าวให้เข้าสู่สภาวะสมดุลของระบบ เหตุผลของการใช้ผลการคำนวณจากแบบจำลองการไหลแบบคงตัวเป็นค่าตั้งต้น คือ ค่าดังกล่าวเป็นผลที่ได้จากแบบจำลองที่มีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ สอดคล้องกับแบบจำลองการไหลแบบไม่คงตัวที่กำลังจะทำการคำนวณ หากใช้ค่าระดับน้ำจริงที่ได้จากการสำรวจในภาคสนามมาเป็นค่าตั้งต้น ผลการคำนวณในช่วงเวลาแรก ๆ จะเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากแบบจำลอง จะพยายามปรับค่าระดับน้ำเพื่อชดเชยกับความไม่สอดคล้องของพารามิเตอร์ในแบบจำลองกับค่าระดับที่กำหนดจากภาคสนาม (Anderson และ Woessner, 1992)

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ในเบื้องต้น ได้กำหนดที่จะทำการพัฒนาแบบจำลองการไหล 3 ช่วง คือ แบบจำลองการไหลแบบคงตัวซึ่งใช้ข้อมูลฤดูแล้งในปี พ.ศ. 2546 แบบจำลองการไหลแบบไม่คงตัวในช่วงเวลา พ.ศ. 2536 – 2546 และแบบจำลองการไหลแบบไม่คงตัวในช่วงเวลา พ.ศ. 2536 – 2558 ตามสภาพความสมบูรณ์ของข้อมูลที่รวบรวมได้

5.9 อัตราการเติมน้ำ

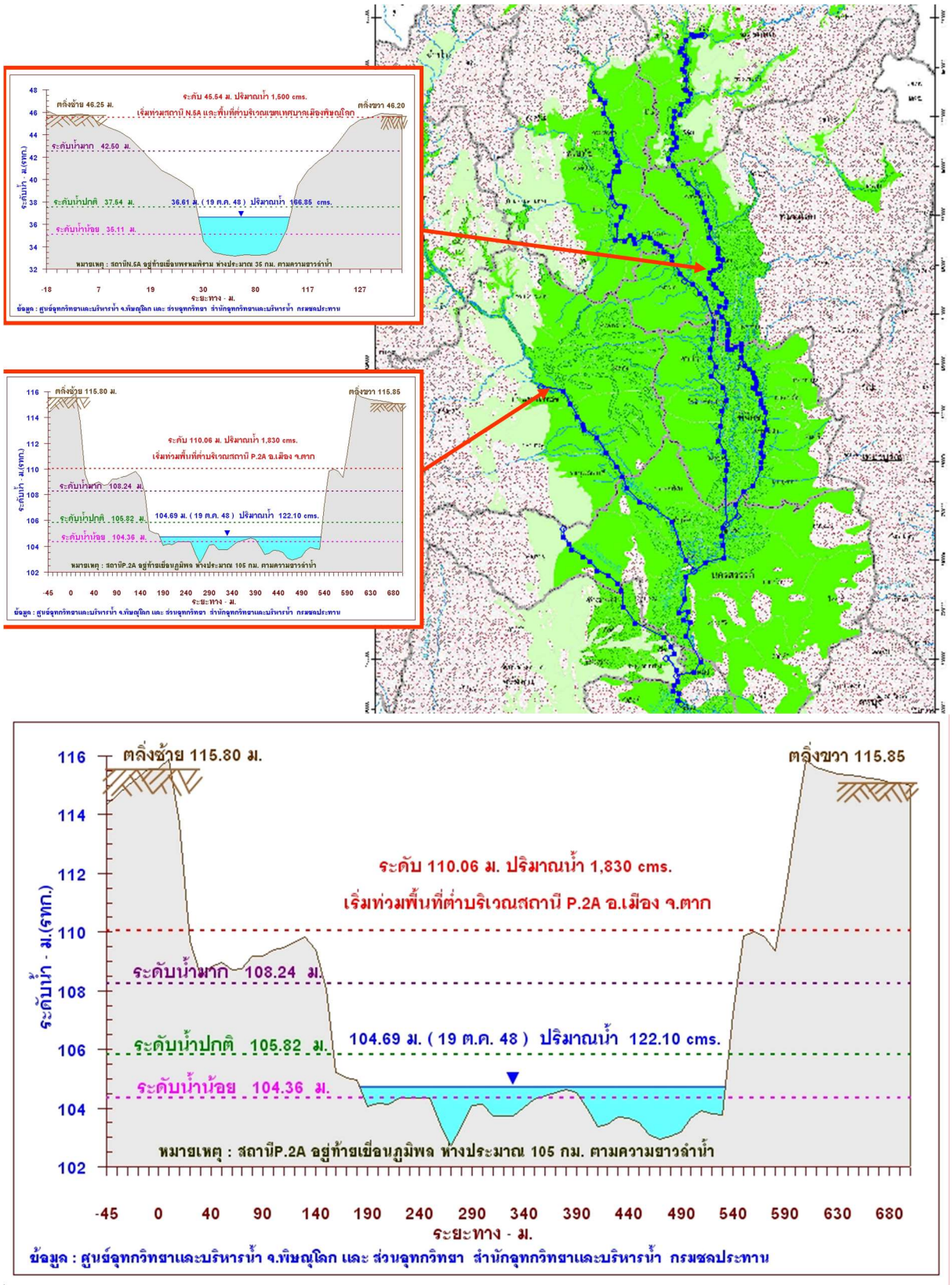
แหล่งน้ำหลักที่เติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษามี 2 แหล่ง ส่วนที่หนึ่งคือการเติมน้ำจากผิวดินหรือการเติมจากปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ผ่านชั้นดินชั้นบนลงไปสู่ชั้นน้ำบาดาล ส่วนที่สองคือการเติมจากทางน้ำ ได้แก่ แม่น้ำและคลองต่าง ๆ ซึ่งอาจจะมีการซึมจากแม่น้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล หรือไหลจากชั้นน้ำบาดาลลงสู่แม่น้ำ ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของระดับน้ำในแม่น้ำและระดับน้ำบาดาล ทั้งนี้มิได้พิจารณาถึงการซึมผ่านสระเก็บน้ำ คลองชลประทาน บ่อปลาและแหล่งน้ำผิวดินขนาดเล็กอื่น ๆ

การประเมินอัตราการเติมน้ำสู่แหล่งน้ำบาดาลจากปริมาณฝนที่ตกลงสู่พื้นดิน อาศัยข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ย คุณสมบัติของดิน และแหล่งทรายซึ่งเป็นแหล่งที่เติมน้ำให้กับชั้นน้ำบาดาล

จากข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของชุดดินในพื้นที่ศึกษาของกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2538) ประกอบกับการศึกษาหาอัตราการซึมผ่านของดินแต่ละชนิดจากแบบจำลองน้ำบาดาลจากโครงการศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำบาดาลเพื่อการจัดการน้ำบาดาลในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545) สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มชุดดินทั้งหมดเข้าด้วยกันตามคุณสมบัติของการยอมให้น้ำซึมผ่านได้เพื่อสร้างเป็นแผนที่กลุ่มดินจำแนกตามคุณสมบัติการซึมได้ของน้ำ ซึ่งมีผลต่อการพิจารณาปริมาณการซึมได้ของน้ำซึ่งเป็นการเติมน้ำโดยธรรมชาติให้กับระบบชั้นน้ำบาดาล โดยมีอัตราการซึมเฉลี่ยในช่วง 0.08%-1.2 %

ในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการซึมผ่านของแม่น้ำและชั้นน้ำบาดาล ได้มีการศึกษาของ Soonthornnonda, P., Chuenchooklin, S., Pratoomchai, W., Saraphirom, P., Saenchai, P.(2019) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในตอนล่างของแม่น้ำยมตอนล่างและแม่น้ำน่านตอนล่าง โดยการตรวจวัดภาคสนามเพื่อหาปริมาณการไหลระหว่างแหล่งน้ำทั้งสองโดยใช้เครื่องมือวัดอัตราการซึม พบว่าปริมาณการไหลระหว่างน้ำในแม่น้ำและน้ำใต้ดินมีค่า -4.32 ถึง 163 ซม./วัน สำหรับลุ่มน้ำน่านตอนล่างและ -1.90 ถึง 198 ซม./วัน สำหรับลุ่มน้ำยม ซึ่งมีแนวโน้มลดลงคล้ายกันในช่วงฤดูแล้ง น้ำใต้ดินไหลลงสู่แม่น้ำยมตอนล่างสูงกว่าแม่น้ำน่านตอนล่างประมาณ 1.5 เท่า มีความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วในลำธารนั้นเกิดจากอัตราการแทรกซึมที่สูง ในช่วงเช้ามีอัตราการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำใต้ดินสูง ทิศทางการแลกเปลี่ยนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดทั้งวัน (มีการไหลออกจากน้ำใต้ดินในช่วงบ่ายและเย็น) แนวทางการจัดการน้ำร่วมอาจนำมาพิจารณาในการใช้สิ่งอำนวยความสะดวกใหม่และ/หรือที่มีอยู่สำหรับการเติมน้ำใต้ดินเนื่องจากความไม่สมดุลของการใช้น้ำบาดาลและการเติมน้ำบาดาลตามธรรมชาติ

สำหรับการไหลของน้ำระหว่างแหล่งน้ำบาดาลและทางน้ำเปิดในพื้นที่ศึกษาซึ่งมีแม่น้ำสายหลัก 5 สาย คือ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำปิง แม่น้ำวัง แม่น้ำยม แม่น้ำน่านและแม่น้ำสะแกกรัง โดยไม่พิจารณาถึงสระน้ำและคลองในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ หน้าตัดทางน้ำ และระดับน้ำ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5-9 รวมทั้งพารามิเตอร์ของการซึม (C_0, เมตร/วัน) โดยนิยาม C_0 เท่ากับ KW/M เมื่อ K คือสัมประสิทธิ์การซึม (เมตรต่อวัน) W คือความกว้างทางน้ำ (เมตร) และ M คือความหนาของตะกอนท้องน้ำ (เมตร) โดยค่าประมาณการของวัสดุท้องน้ำสำหรับทางน้ำทั้งหมดในพื้นที่ศึกษามีค่าสัมประสิทธิ์การซึมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5×10^{-2} เมตรต่อวัน และมีพารามิเตอร์ของการซึมในช่วง 1.1 เมตร/วัน-6.6 เมตร/วัน



รูปที่ 5-9 หน้าตัดของแม่น้ำที่ใช้ในการจำลองทางน้ำของแบบจำลอง

5.10 การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล

พฤติกรรมการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาจำแนกได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การใช้น้ำเพื่อการพาณิชย์และอุตสาหกรรม และการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม ในแต่ละส่วนจะมีวิธีการพิจารณาที่แตกต่างกัน บนสมมติฐานที่แตกต่างกัน (สุจริต และสมบูรณ์, 2544; จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545)

5.10.1 น้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภค

การศึกษาการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคจำแนกเป็น 2 ส่วน คือการใช้น้ำในเขตชุมชนซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่บริการของการประปาภูมิภาค ประปาเทศบาล หรือระบบประปาสัมปทาน และส่วนที่สองคือพื้นที่นอกเขตชุมชนซึ่งใช้น้ำฝน ระบบประปาหมู่บ้าน และบ่อใต้ดินส่วนตัวเป็นแหล่งน้ำหลักสำหรับครอบครัว

ในเขตพื้นที่ชุมชน นอกจากการประปาภูมิภาคแล้วยังมีการดำเนินการกิจการประปาที่ได้รับสัมปทานจากกรมโยธาธิการ โดยผู้ที่รับสัมปทานไปดำเนินการมี 4 ลักษณะ คือ เทศบาลตำบล เทศบาลนคร เทศบาลเมือง และประปาเอกชน กำลังการผลิตรวม ต่อปีโดยมีปริมาณการใช้น้ำบาดาลรวม

สำหรับพื้นที่นอกเขตชุมชน จากการสำรวจภาคสนามพบว่าประชาชนส่วนใหญ่ยังคงอาศัยน้ำฝนเพื่อการบริโภค ส่วนน้ำใช้อุปโภคในครัวเรือน ส่วนใหญ่ใช้น้ำจากระบบประปาหมู่บ้าน รองลงมือคือใช้น้ำจากบ่อใต้ดินส่วนตัวหรือบ่อใต้ดินสาธารณะในชุมชน

จากโครงการการศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำบาดาลเพื่อการจัดการน้ำบาดาล ในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545) พบว่าประปาหมู่บ้านแบ่งการใช้น้ำเป็น 3 ขนาดคือ เล็ก กลาง ใหญ่ โดยแบ่งตามครัวเรือนที่ใช้ประปา ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสำรวจของโครงการดังกล่าว สามารถประมาณการใช้น้ำได้ดังตารางที่ 5-4 และในพื้นที่ศึกษามีการใช้น้ำของประปาหมู่บ้าน โดยมีการใช้น้ำบาดาลเพื่อผลิตน้ำประปาหมู่บ้านโดยเฉลี่ย 30 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

ตารางที่ 5-4 การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาลตามขนาดของหมู่บ้าน

ขนาดประปาหมู่บ้าน	จำนวนครัวเรือนที่ใช้ประปา	อัตราการใช้น้ำประปา (ลบ.ม./เดือน)	จำนวนประปาหมู่บ้าน
เล็ก	1-50	320	756
กลาง	51-120	570	1,774
ใหญ่	>120	1,070	1,152

5.10.2 น้ำบาดาลเพื่อการพาณิชย์และอุตสาหกรรม

การใช้น้ำบาดาลเพื่อการพาณิชย์ อุตสาหกรรม รวมถึงหน่วยงานราชการ และรัฐวิสาหกิจต่าง ๆ ส่วนใหญ่อยู่ในเขตชุมชนที่อยู่ในเขตพื้นที่บริการของการประปาภูมิภาค และมีบางส่วนที่เอกชนเจาะบ่อใต้ดินเพื่อใช้ในกิจการของตนเอง ซึ่งตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล บ่อที่มีความลึกมากกว่า 30 เมตร จะต้องขออนุญาตต่อทรัพยากรธรณีจังหวัด กระทรวงอุตสาหกรรม

ส่วนการประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลจากบ่อเอกชนนั้น อาศัยข้อมูลการขออนุญาตใช้น้ำบาดาล ที่มีการยื่นต่อทรัพยากรธรณีจังหวัด ซึ่งแม้ว่าจากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลภาคสนาม มีข้อมูลที่แสดงให้เห็นว่ามีการใช้บ่อใต้ดินอีกจำนวนหนึ่งโดยมิได้ขออนุญาต แต่ไม่มีหน่วยงานเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพียงพอที่จะนำมาประเมินได้อย่างชัดเจน ในการศึกษาครั้งนี้จึงต้องอาศัยแบบจำลองเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เพื่อประเมินปริมาณการใช้น้ำในส่วนนี้เพิ่มเติม

5.10.3 น้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรม

การประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรมเป็นส่วนที่มีความสำคัญมาก และยากอย่างยิ่งเนื่องจากไม่มีระบบข้อมูลใดที่จะใช้เป็นฐานในการพิจารณาได้ อีกทั้งการใช้น้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรมก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ หลายประการ เช่น ปริมาณฝน น้ำชลประทาน ความสำคัญของการศึกษาในส่วนนี้จึงอยู่ที่การกำหนดกรอบการพิจารณา ให้มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงภายใต้ข้อจำกัดของการรวบรวมข้อมูล

การประเมินการใช้น้ำบาดาลเพื่อเกษตรกรรมนี้ได้อาศัยวิธีการประเมินเช่นเดียวกับการศึกษาของโครงการการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดิน บริเวณภาคกลางตอนบน (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2549) ที่สรุปได้ดังนี้

จากการศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2545) ได้ทำการสำรวจภาคสนามในระดับตำบล สามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมการใช้น้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรม ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 3 ประการ คือ ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา ขอบเขตโครงการชลประทาน และลักษณะของพืชที่ทำการเพาะปลูก จึงอาศัยปัจจัยดังกล่าวจำแนก ตามพื้นที่ลุ่มน้ำผิวดินประกอบกับชนิดของชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ แล้วทำการศึกษาพฤติกรรมการใช้น้ำ ระยะเวลา และอัตราการใช้น้ำบาดาลสำหรับการเพาะปลูกของแต่ละพื้นที่ย่อย ๆ ดังตารางที่ 5-5 และ 5-6 ในสถานการณ์น้ำที่เกิดความขาดแคลนน้ำผิวดินมากที่สุดในปี 2542 การสูบน้ำเพื่อการเกษตรส่วนใหญ่เกษตรกรใช้เครื่องสูบแบบใช้น้ำมัน ประกอบกับความสามารถของเครื่องสูบน้ำชนิดนี้มีอัตราการสูบน้ำได้เฉลี่ย 41 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2545) จึงนำไปพิจารณารวมกับเวลาการสูบในแต่ละครั้ง และจำนวนครั้งการสูบในแต่ละรอบเพาะปลูก เพื่อพิจารณาอัตราการใช้น้ำบาดาลเพื่อการเกษตร

ตารางที่ 5-5 การคำนวณอัตราการใช้น้ำบาดาลจากข้อมูลภาคสนาม

ฤดูกาล	พื้นที่	ลุ่มน้ำ	รอบการเพาะปลูก (รอบ/ปี)	จำนวนการสูบ (ครั้ง/รอบ)	จำนวนวันที่สูบ วัน/ครั้ง	จำนวนชั่วโมงที่สูบ ชั่วโมง/วัน	ชั่วโมงสูบ (ชม./เดือน/บ่อ)	อัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม./วัน/บ่อ)
แล้ง	เขตชลประทาน	เจ้าพระยา	2.5	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล
		สะแกกรัง		ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล
		ปิง		6	2	18	42	57
		ยม		6	2	20	57	78
		น่าน		6	4	20	87	118
	นอกเขตชลประทาน	เจ้าพระยา	2	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล
		สะแกกรัง		5	3	22	52	70
		ปิง		7	2	22	55	74
		ยม		6	4	22	80	108
		น่าน		8	4	22	117	159
ฝน	เขตชลประทาน	เจ้าพระยา	2.5	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล
		สะแกกรัง		ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล
		ปิง		5	4	24	92	124
		ยม		3	1	10	7	10
		น่าน		3	2	24	31	42
	นอกเขตชลประทาน	เจ้าพระยา	2	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล
		สะแกกรัง		2	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล
		ปิง		4	3	18	30	41
		ยม		3	ไม่มีเก็บข้อมูล	ไม่มีเก็บข้อมูล	0	0
		น่าน		4	2	14	13	17

ตารางที่ 5-6 การคำนวณอัตราการใช้น้ำบาดาลภาคการเกษตรโดยรวม

พื้นที่	รอบการเพาะปลูก (รอบ/ปี)	ฤดูกาล	จำนวนการสูบ ครั้ง/รอบ	จำนวนวันที่สูบ วัน/ครั้ง	จำนวนชั่วโมงที่สูบ ชั่วโมง/วัน	ชั่วโมงสูบ ชั่วโมง/เดือน/บ่อ	อัตราการสูบน้ำ ลบ.ม./วัน/บ่อ
เขตชลประทาน	2.5	แล้ง	6	3	20	83	111
		ฝน	4	2	21	35	47
นอกเขตชลประทาน	2	แล้ง	7	3	22	82	111
		ฝน	3	3	20	30	41

ตารางที่ 5-7 สัมประสิทธิ์ความผันแปรการสูบน้ำรายฤดูกาลสำหรับกรณีของสถานการณ์น้ำผิวดินแบบต่าง ๆ

สถานการณ์น้ำ	**สัมประสิทธิ์การใช้น้ำบาดาล**	
	ฤดูฝน	**ฤดูแล้ง**
ปีน้ำมาก	4%	31%
ปีน้ำปานกลาง	9%	67%
ปีน้ำน้อย	9%	80%
ปีน้ำน้อยมาก	9%	100%

ในการประเมินอัตราการใช้น้ำเพื่อการเกษตรอาศัยข้อมูลในปีที่แล้งที่สุดที่มีการสำรวจในภาคสนามคือปี พ.ศ. 2542 (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545) เป็นฐานในการคำนวณปริมาณการสูบน้ำโดยใช้อัตราการสูบและระยะเวลาที่สูบที่ได้จากการสำรวจภาคสนามดังกล่าว ประกอบกับข้อมูลจำนวนบ่อน้ำตื้นและบ่อใต้ดินของ กชช.2ค. ซึ่งจากการข้อมูลการสำรวจภาคสนามพบว่าร้อยละ 67 เป็นบ่อที่ถูกใช้เพื่อการเกษตรกรรม ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้กำหนดสมมติฐานจากผลการสำรวจภาคสนามที่แสดงว่าปริมาณการสูบน้ำขึ้นอยู่โดยตรงกับสถานการณ์น้ำผิวดิน หรือน้ำชลประทานในเวลาต่าง ๆ ซึ่งมีความผันแปรในแต่ละเดือน ฤดูกาล และแตกต่างกันในแต่ละปี การประเมินการสูบน้ำในอดีตจึงอาศัยการกำหนดสัมประสิทธิ์เพื่อเป็นตัวแทนความผันแปรในรายเดือนและรายปี ความผันแปรรายเดือนแสดงถึงความขาดแคลนน้ำในเดือนต่าง ๆ ในรอบปี ซึ่งมีรูปแบบคล้ายคลึงกันทุกปี กล่าวคือเกษตรกรจะขาดแคลนน้ำผิวดินและต้องทำการสูบน้ำบาดาลในช่วงฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน และเมื่อฝนทิ้งช่วงประมาณเดือนสิงหาคมถึงกันยายน ส่วนความผันแปรรายปีนั้นกำหนดให้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์น้ำผิวดิน สามารถจำแนกสถานการณ์น้ำผิวดินได้เป็น 4 ประเภท คือ สถานการณ์น้ำมาก น้ำปานกลาง น้ำน้อย และน้อยมาก สัมประสิทธิ์ความผันแปรในการสูบน้ำรายเดือนสำหรับปีที่มีสถานกรณ์น้ำผิวดินแบบต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 5-7 และเมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรในการสูบน้ำคูณกับจำนวนบ่อน้ำบาดาลที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรมในแต่ละปีซึ่งได้จากระบบข้อมูล กชช.2ค. และค่าอัตราการสูบน้ำและระยะเวลาการสูบในสถานการณ์มาตรฐาน จะสามารถประเมินอัตราการสูบน้ำเพื่อการเกษตรในแต่ละเดือน ซึ่งค่าดังกล่าวนี้ได้

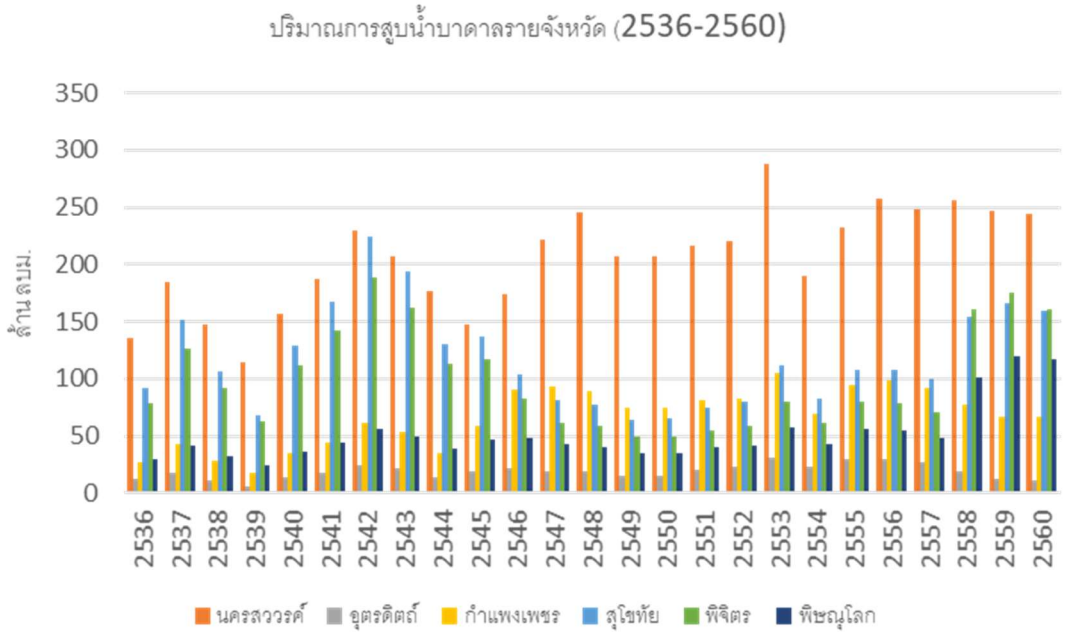
ถูกปรับแก้และตรวจสอบด้วยแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลในขั้นตอนของการสอบเทียบและสอบทาน เพื่อให้ได้ค่าที่สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด

ผลการประเมินการสูบน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาตั้งแต่ปี 2536-2560 ปรากฏดังตารางที่ 5-8 และรูปที่ 5-10

ตารางที่ 5-8 การประเมินอัตราการสูบน้ำบาดาลรวมแยกตามจังหวัดรายปี (พ.ศ. 2536-2560)

หน่วย: ล้านลูกบาศก์เมตร

ปี พ.ศ.	อุตรดิตถ์	พิษณุโลก	สุโขทัย	พิจิตร	นครสวรรค์	กำแพงเพชร	รวม
2536	13	29	91	78	135	28	375
2537	18	41	152	127	185	43	566
2538	11	32	106	92	147	28	417
2539	5	25	68	63	115	17	294
2540	14	36	130	112	157	34	483
2541	18	44	167	142	187	44	603
2542	25	56	224	188	230	61	784
2543	22	50	194	162	207	53	687
2544	14	39	130	113	156	35	488
2545	19	47	137	117	149	59	529
2546	21	48	104	82	127	91	473
2547	19	43	81	61	141	93	438
2548	19	41	78	58	130	89	415
2549	15	35	64	50	126	74	363
2550	16	35	65	50	126	75	367
2551	20	40	75	55	139	82	410
2552	23	42	80	58	144	82	430
2553	30	57	111	80	184	105	567
2554	23	43	82	62	132	69	412
2555	30	56	107	81	140	94	508
2556	30	54	108	79	158	99	528
2557	27	48	100	70	131	93	469
2558	19	101	154	210	277	78	838
2559	12	117	162	242	298	66	897
2560	11	116	160	240	289	66	883
ค่าเฉลี่ย	19	51	117	107	168	66	529



รูปที่ 5-10 ปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายจังหวัด (ปี พ.ศ. 2536-2560)

ผลจากการประเมินปริมาณการสูบน้ำรายจังหวัดดังกล่าว พบว่าในพื้นที่ศึกษามีปริมาณการสูบน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 363-897 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี มีค่าเฉลี่ยการสูบน้ำบาดาลเท่ากับ 529 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี โดยในปี 2559 มีการสูบน้ำบาดาลมากสุดเท่ากับ 897 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณารายจังหวัดพบว่ามีค่าเฉลี่ยการสูบน้ำบาดาลในช่วง 19-168 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี โดยจังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณการสูบน้ำบาดาลสูงสุดกับ 168 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี และจังหวัดอุตรดิตถ์มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 19 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี ซึ่งผลการประเมินการสูบน้ำบาดาลเป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อทำการพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล

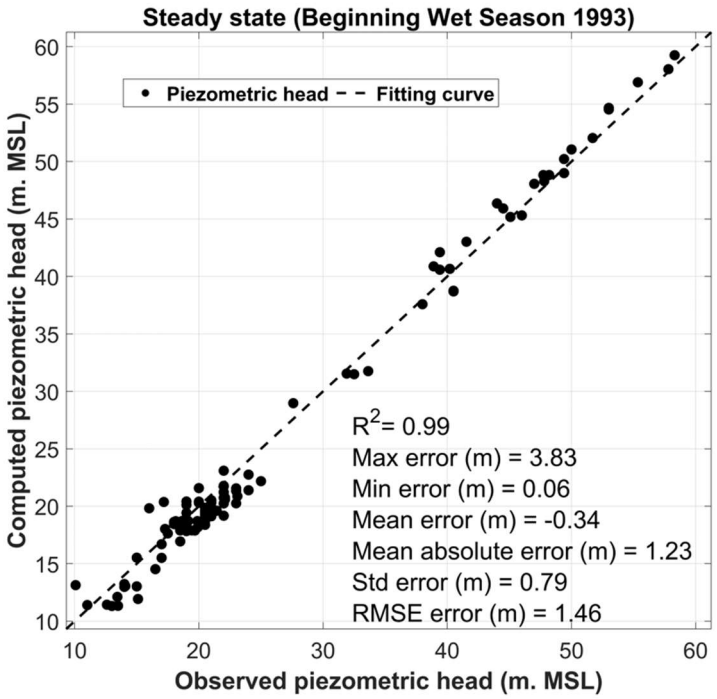
5.11 การปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองน้ำบาดาล

จากการศึกษาแบบจำลองสภาพของน้ำบาดาล เพื่อหาสมดุลน้ำบาดาลในพื้นที่ที่ราบภาคกลางตอนบน ทิศทางการไหลของน้ำบาดาล จากผลการศึกษาสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการไหล และระบบสมดุลของแหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา (โครงการ “การศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์ฯ โดย รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ, 2558) ได้แสดงให้เห็นว่าฤดูกาลเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดความเปลี่ยนแปลงของสมดุลน้ำบาดาล กล่าวคือในฤดูแล้งมีอัตราการสูบน้ำขึ้นไปใช้มากในช่วงปีน้ำผิวดินมีน้อย ส่วนฤดูฝนความต้องการใช้น้ำมีน้อยและมีการเติมจากฝนที่ตกในพื้นที่ในปริมาณมาก ดังนั้นจึงอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าระบบแหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษานี้ อยู่ในสภาพสมดุลได้ด้วย

ปริมาณน้ำที่เติมให้กับแหล่งน้ำซึ่งส่วนมากเป็นฝนที่ตกในฤดูฝน และปริมาณน้ำที่สูญหายไปจากระบบส่วนมากเป็นน้ำที่ถูกสูบไปใช้ในช่วงฤดูแล้ง

การศึกษาข้อมูลจากการสูบทดสอบน้ำบาดาล จากข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ในปี พ.ศ. 2546 และ พ.ศ. 2557-2559 พบว่าระดับน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 1-6 เมตร โดยมีความสูงของระดับน้ำบาดาลสูงสุดบริเวณขอบแอ่งน้ำบาดาล และลดระดับน้ำจากขอบแอ่งมาสู่ใจกลางแอ่งน้ำบาดาล และลดระดับจากเหนือมาใต้เล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง การไหลของน้ำบาดาลมีทิศทางการไหลจากขอบแอ่งมาสู่กึ่งกลางแอ่ง และไหลจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้

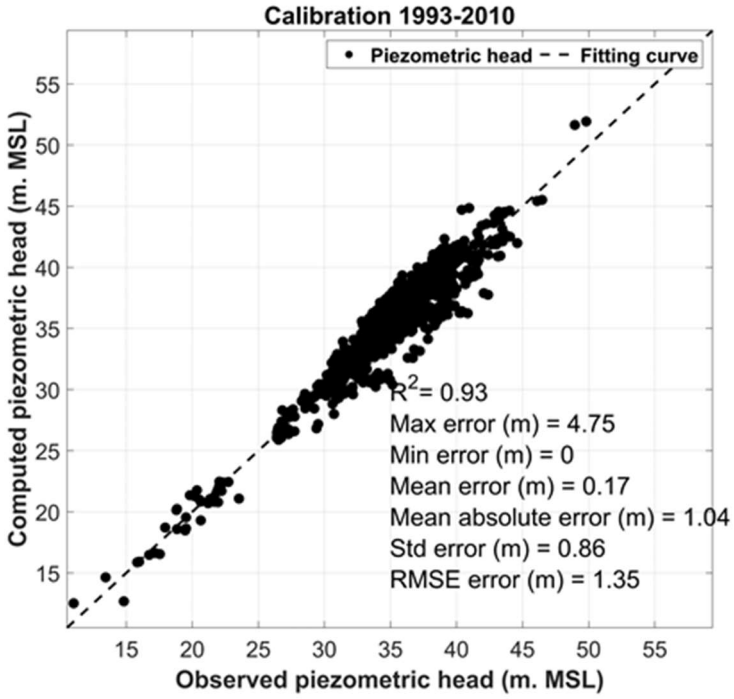
ผลการปรับเทียบแบบการจำลองการไหลในสภาวะคงตัวในปี พ.ศ. 2536 เพื่อปรับแก้หาสัมประสิทธิ์ความซึมได้ ปรับอัตราการสูบและการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ -0.34 เมตร ค่า mean absolute error เท่ากับ 1.23 ค่า root mean square error (RMSE) เท่ากับ 1.46 เมตร (ตามรูปที่ 5-11)



รูปที่ 5-11 เปรียบเทียบค่าระดับน้ำจากผลการคำนวนของแบบจำลองและค่าระดับน้ำจากค่าตรวจวัดในช่วงการปรับเทียบแบบการจำลองการไหลในสภาวะคงตัวในปี พ.ศ. 2536

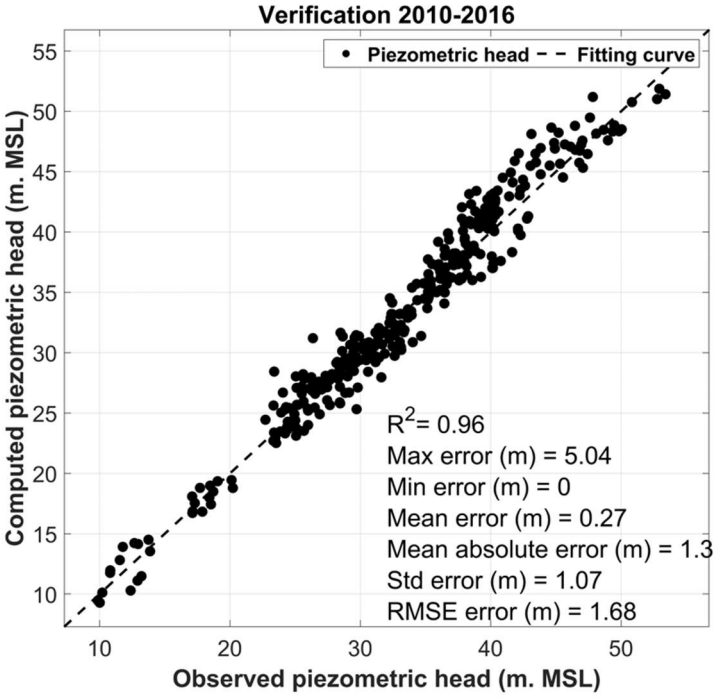
ผลของการจำลองการไหลในสภาวะไม่คง เริ่มตัวตั้งแต่ฤดูฝนปี พ.ศ. 2536 ถึงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2553 เพื่อปรับแก้หาสัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะแสดงดังรูปที่ 5-12 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่า

เท่ากับ 0.17 เมตร ค่า mean absolute error เท่ากับ 1.04 ค่า root mean square error (RMSE) เท่ากับ 1.35 เมตร



รูปที่ 5-12 เปรียบเทียบค่าระดับน้ำจากผลการคำนวนของแบบจำลองและค่าระดับน้ำจากค่าตรวจวัดในช่วงการปรับเทียบแบบการจำลองการไหลในสภาวะไม่คงตัวในปี พ.ศ. 2536-2553

ผลเปรียบเทียบระดับน้ำของปี พ.ศ. 2553-2559 จากผลการจำลองในสภาวะไม่คงตัว เพื่อหาความความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 5-13 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.27 เมตร ค่า mean absolute error เท่ากับ 1.3 ค่า root mean square error (RMSE) เท่ากับ 1.68 เมตร



รูปที่ 5-13 เปรียบเทียบค่าระดับน้ำจากผลการคำนวนของแบบจำลองและค่าระดับน้ำจากค่าตรวจวัดในช่วงการสอบแบบการจำลองการไหลในปี พ.ศ. 2553-2559

จากผลการปรับเทียบและสอบทานดังกล่าวข้างต้นมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาล

5.12 สมดุลน้ำบาดาล

เมื่อแบบจำลองน้ำบาดาลได้ผ่านขั้นตอนการปรับเทียบและตรวจสอบแล้ว จากการพิจารณาปริมาณน้ำไหลเข้าและออกจากแอ่งน้ำบาดาลในปี 2546 (รูปที่ 5-14) พบว่าปริมาณน้ำบาดาลภายในแอ่งถูกเติมน้ำ (Recharge) ปริมาณน้ำที่เติมจากผิวดิน (Recharge) 151 ล้านลูกบาศก์เมตร ในฤดูฝน และ 51 ล้านลูกบาศก์เมตร ในฤดูแล้ง ซึ่งมีทั้งการเติมน้ำจากลำน้ำธรรมชาติและการซึมลงจากผิวดินโดยตรง และน้ำบางส่วนจะไหลลงสู่แอ่งน้ำบาดาลส่วนล่างบริเวณจังหวัดนครสวรรค์ นอกจากนั้นยังพบว่าการเติมน้ำจากแม่น้ำยังมีบทบาทที่สำคัญโดยในช่วงฤดูแล้งเท่ากับ 129 ล้านลูกบาศก์เมตร ในการเติมน้ำเข้าสู่แอ่งน้ำบาดาลนอกเหนือจากการซึมผ่านผิวดิน ในทางกลับกันในฤดูแล้ง พบว่าน้ำบาดาลได้เติมน้ำกลับเข้าสู่ลำน้ำในปริมาณที่มากซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำบาดาลมีส่วนช่วยในการกักเก็บน้ำผิวดิน และเติมกลับสู่ผิวดินผ่านทางลำน้ำ

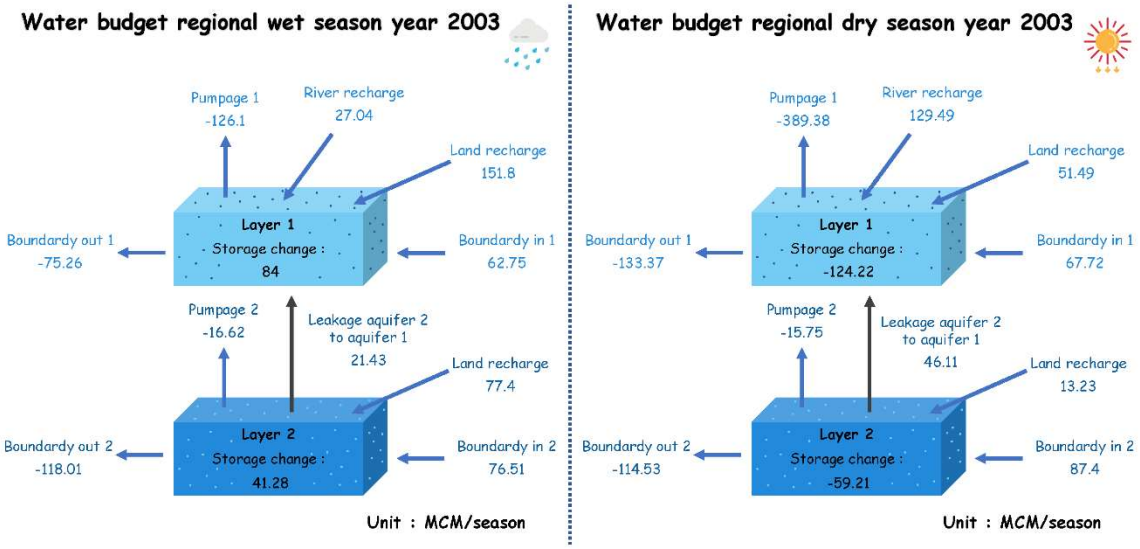
ชั้นน้ำบาดาลส่วนล่าง (ลึกมากกว่า 100 เมตร) ยังมีการใช้น้ำในส่วนนี้ในปริมาณที่น้อย ส่วนใหญ่เป็นน้ำที่กักเก็บไว้ในแอ่งน้ำบาดาลและถูกดึงนำไปใช้ผ่านทางชั้นน้ำส่วนบน (ความลึกน้อยกว่า 100 เมตร) ในฤดูแล้ง เมื่อเปรียบเทียบสมดุลน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าแอ่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำขนาดใหญ่ โดยปริมาณที่น้ำบาดาลใช้เป็นแหล่งกักเก็บน้ำมีปริมาณโดยเฉลี่ย 3-4 ล้านลูกบาศก์เมตร/วัน

จากผลของการจำลองด้วยแบบจำลองน้ำบาดาล สามารถสรุปสภาพค่าการเติมน้ำจากฝน ค่าการเติมน้ำจากแม่น้ำ ค่าปริมาณการสูบน้ำ ค่าปริมาณการเก็บกักที่เปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำบาดาลและปริมาณฝน รายฤดู ปี พ.ศ. 2536-2559 พบว่าในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยของค่าการเติมน้ำจากฝนเท่ากับ 162 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าการเติมน้ำจากแม่น้ำ 91 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าปริมาณการสูบน้ำ -194.13 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าปริมาณการเก็บกักที่เปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำบาดาลมีค่า 83.85 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณฝนมีค่า 987 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยในฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ยของค่าการเติมน้ำจากฝนเท่ากับ 51 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าการเติมน้ำจากแม่น้ำ 162 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าปริมาณการสูบน้ำ -374 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าปริมาณการเก็บกักที่เปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำบาดาลมีค่า -91 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณฝนมีค่า 224 มิลลิเมตร

ตารางที่ 5-9 ค่าการเติมน้ำจากฝน ค่าการเติมน้ำจากแม่น้ำ ค่าปริมาณการสูบน้ำ ค่าปริมาณการเก็บกักที่เปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำบาดาลและปริมาณฝน รายฤดู ปี พ.ศ. 2536-2559

ปี พ.ศ.	ฤดู	Rainfall recharge (MCM)	River recharge (MCM)	Pump (MCM)	Storage Change MCM	Rainfall (mm)
2536	ฝน	123	9	-143.48	19.95	805
	แล้ง	77.99	80.25	-289.09	-69.97	191
2537	ฝน	184	54	-170.53	96.19	1,084
	แล้ง	43.18	158.83	-406.84	-126.47	112
2538	ฝน	208	57	-112.63	162.35	1,138
	แล้ง	71.89	12.8	-153.10	-20.68	198
2539	ฝน	191	14	-118.31	80.96	1,036
	แล้ง	49.93	11.92	-169.19	-59.20	249
2540	ฝน	134	18	-179.76	9.06	769
	แล้ง	34.4	142.53	-365.20	-116.06	164
2541	ฝน	162	48	-185.92	64.21	881
	แล้ง	51.03	154.03	-385.59	-103.30	204
2542	ฝน	194	125	-278.16	78.51	1,072
	แล้ง	61.26	244.98	-489.75	-105.61	308

ปี พ.ศ.	ฤดู	Rainfall recharge (MCM)	River recharge (MCM)	Pump (MCM)	Storage Change MCM	Rainfall (mm)
2543	ฝน	158	135	-189.81	118.70	1,065
	แล้ง	59.96	186.55	-398.67	-84.74	267
2544	ฝน	167	102	-155.60	128.36	934
	แล้ง	27.81	81.78	-235.42	-67.30	222
2545	ฝน	171	91	-212.26	75.46	1,036
	แล้ง	77.2	116.77	-311.49	-59.11	292
2546	ฝน	147	27	-122.95	80.18	879
	แล้ง	52.65	131.4	-396.16	-126.37	103
2547	ฝน	140	33	-91.43	104.21	982
	แล้ง	68.67	106.28	-356.02	-104.61	59
2548	ฝน	102	72	-157.40	47.75	938
	แล้ง	67.55	88.1	-266.61	-56.97	211
2549	ฝน	141	97	-160.65	96.59	1,189
	แล้ง	13.61	135.93	-345.07	-121.30	180
2550	ฝน	208	64	-140.80	141.14	1,038
	แล้ง	17.08	168.61	-413.22	-147.99	228
2551	ฝน	194	72	-115.48	156.42	1,017
	แล้ง	24.74	167.46	-422.95	-140.91	309
2552	ฝน	181	39	-99.28	139.90	948
	แล้ง	26.46	173.57	-444.02	-149.40	205
2553	ฝน	180	173	-364.51	35.38	989
	แล้ง	101.89	116.9	-234.55	19.03	395
2554	ฝน	199	124	-250.76	99.31	1,302
	แล้ง	60.77	170.68	-401.46	-94.03	224
2555	ฝน	119	91	-207.41	36.32	961
	แล้ง	46.98	272.53	-536.46	-132.44	182
2556	ฝน	166	129	-240.95	77.27	991
	แล้ง	48.04	258.63	-477.47	-101.89	183
2557	ฝน	116	170	-254.46	55.00	943
	แล้ง	30.57	266.16	-478.85	-109.03	359
2558	ฝน	123	253	-375.54	28.63	702
	แล้ง	47.66	307.27	-476.32	-64.87	227
2559	ฝน	182	206	-330.95	80.47	987
	แล้ง	68.81	336.86	-513.03	-51.04	305
เฉลี่ย	ฝน	162	91	-194.13	83.85	987
	แล้ง	51	162	-373.61	-91.43	224



รูปที่ 5-14 สมดุลแอ่งน้ำบาดาลฤดูฝนและฤดูแล้งปี พ.ศ. 2546 จากผลการจำลองน้ำบาดาล

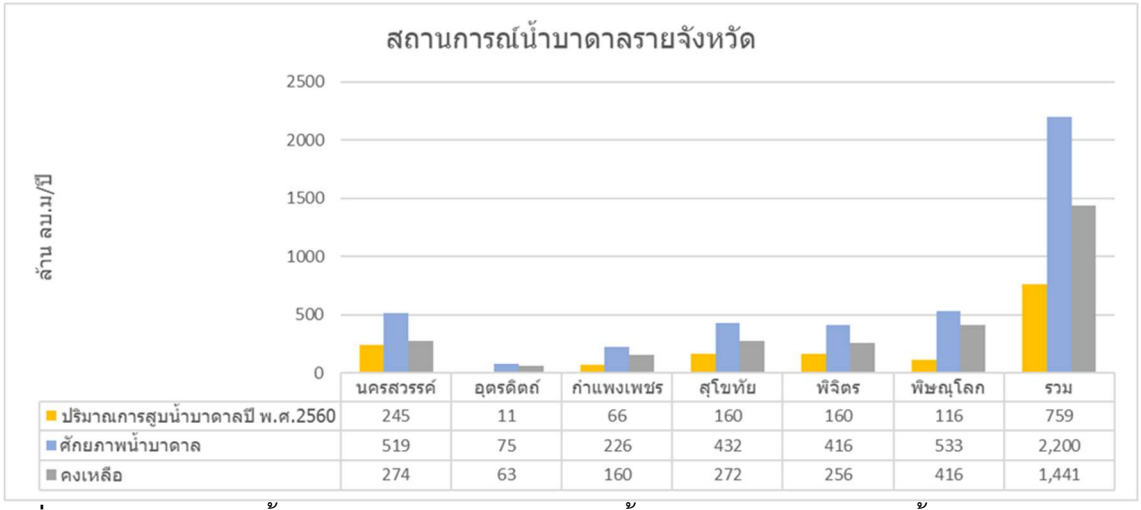
5.13 การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำบาดาล

5.13.1 ศักยภาพน้ำบาดาล

การพิจารณาหาศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาโครงการ ได้พิจารณาหาจากปริมาณน้ำสูงสุดที่เกษตรกรสามารถทำการสูบใช้ได้จากแหล่งน้ำบาดาล โดยดำเนินการหาปริมาณน้ำที่สูบได้จากแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล ด้วยการคำนวณหาระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปจากการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดระดับน้ำบาดาลต่ำสุดที่เกษตรกรสามารถสูบได้ไว้ที่ 15 เมตรจากระดับผิวดินลงมา โดยพิจารณาจากผลการศึกษาความสามารถในการสูบน้ำของเกษตรกรจากโครงการศึกษาศักยภาพน้ำและความต้องการใช้น้ำใต้ดินที่ราบภาคกลางตอนล่าง (สุจริตและคณะ, 2545. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2549) ที่มีอยู่ในช่วง 10-15 เมตรจากผิวดินลงมา และจากการสำรวจภาสนามในพื้นที่ช่วงที่ดำเนินการวิจัย (มกราคม-สิงหาคม 2563) ความสามารถในการขุดเพื่อวางเครื่องสูบน้ำในการดึงความลึกประมาณ 20 เมตร ดังนั้นการดำเนินการแบบจำลองเพื่อหาศักยภาพน้ำบาดาลในแต่ละพื้นที่ ทำโดยการจำลองหาปริมาณการสูบน้ำมากที่สุดในแอ่งน้ำบาดาล ที่ไม่ทำให้ระดับน้ำของชั้นน้ำบาดาลส่วนบนที่ติดกับผิวดินมีระดับน้ำลดต่ำลงกว่าระดับที่กำหนดไว้นี้

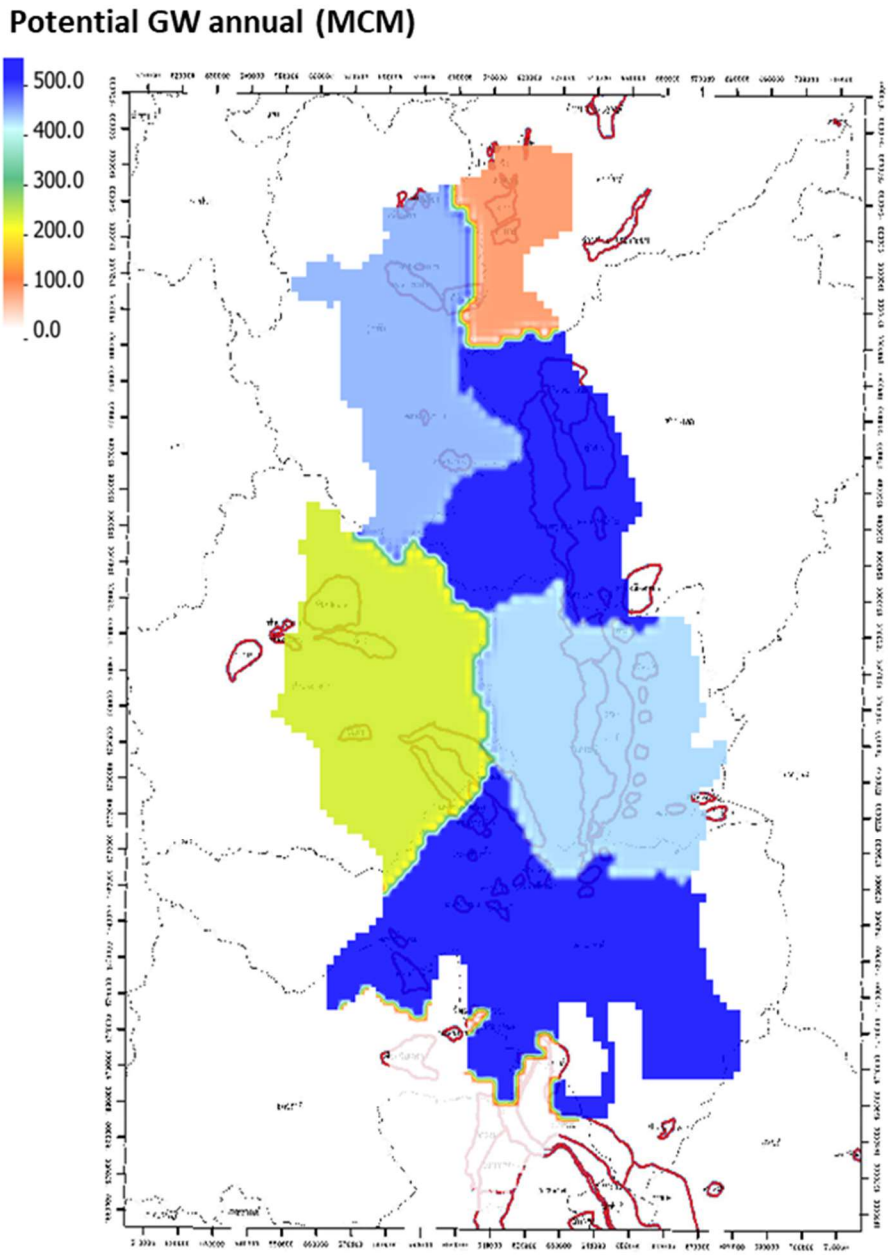
จากการจำลองด้วยแบบจำลองโดยมีการเพิ่มค่าปริมาณการสูบน้ำขึ้น 10% ต่อปี และจะหยุดเพิ่มเมื่อระดับน้ำลดลงไปจนถึงขอบเขตลึกสูงสุดที่วางไว้ และจะสูบด้วยอัตรานั้นไปตลอดอีกเป็นเวลา 20 ปี โดยประมาณการเติมน้ำบาดาลคิดจากปริมาณฝนในอดีตในที่นี้คิด 3 กรณี กรณีฝนสูงสุด ฝนต่ำสุด

และฝนเฉลี่ย มีค่าเท่ากับปีละ 1,593 มิลลิเมตร 965 มิลลิเมตร และ 1,209 มิลลิเมตร ตามลำดับ พบว่าค่าศักยภาพน้ำตามนิยามดังกล่าวทั้งพื้นที่ศึกษาของทั้ง 3 กรณีมีค่าเท่ากับปีละ 2,200 ล้านลูกบาศก์เมตร 1,471 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 1,961 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาศักยภาพน้ำบาดาลรายจังหวัดของทั้ง 3 กรณี พบว่าจังหวัดนครสวรรค์มีค่าเท่ากับ 519 ล้านลูกบาศก์เมตร 305 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 469 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ อุตรดิตถ์มีค่าเท่ากับ 75 ล้านลูกบาศก์เมตร 40 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 46 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ กำแพงเพชรมีค่าเท่ากับ 226 ล้านลูกบาศก์เมตร 160 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 199 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สุโขทัยมีค่าเท่ากับ 432 ล้านลูกบาศก์เมตร 325 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 396 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พิจิตรมีค่าเท่ากับ 416 ล้านลูกบาศก์เมตร 294 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 376 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และพิษณุโลกมีค่าเท่ากับ 533 ล้านลูกบาศก์เมตร 348 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 475 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5-15 และรูปที่ 5-16 เมื่อพิจารณาจากการสูบน้ำในปี 2560 พบว่าจะยังมีน้ำบาดาลสำรองที่จะใช้ได้อยู่อีก 1,441 ล้านลูกบาศก์เมตร แยกตามรายจังหวัดดังนี้นครสวรรค์มีค่าเท่ากับ 274 ล้านลูกบาศก์เมตร อุตรดิตถ์มีค่าเท่ากับ 63 ล้านลูกบาศก์เมตร กำแพงเพชรมีค่าเท่ากับ 160 ล้านลูกบาศก์เมตร สุโขทัยมีค่าเท่ากับ 272 ล้านลูกบาศก์เมตร พิจิตรมีค่าเท่ากับ 256 ล้านลูกบาศก์เมตร และพิษณุโลกมีค่าเท่ากับ 416 ล้านลูกบาศก์เมตร



	นครสวรรค์	อุตรดิตถ์	กำแพงเพชร	สุโขทัย	พิจิตร	พิษณุโลก	รวม
ปริมาณการสูบน้ำบาดาลปี พ.ศ.2560	245	11	66	160	160	116	759
ศักยภาพน้ำบาดาล	519	75	226	432	416	533	2,200
คงเหลือ	274	63	160	272	256	416	1,441

รูปที่ 5-15 สถานการณ์น้ำบาดาลรายจังหวัด (ศักยภาพน้ำบาดาล ปริมาณการสูบน้ำปี พ.ศ. 2560 และปริมาณน้ำสำรองคงเหลือ)

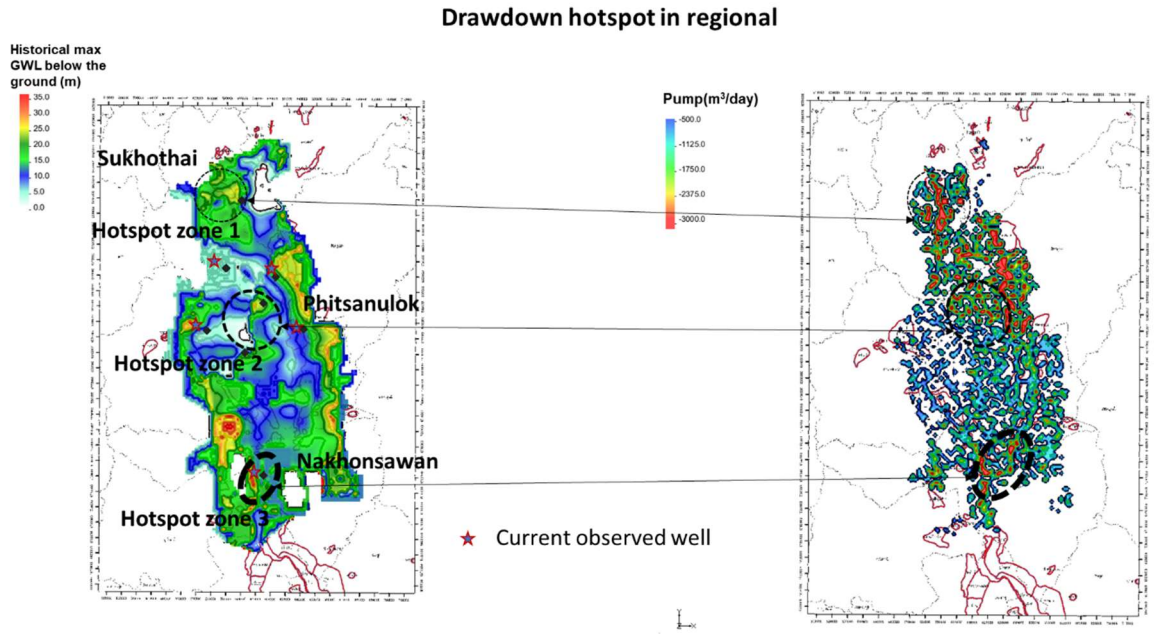


จังหวัด	ปริมาณฝนต่ำสุด	ปริมาณฝนเฉลี่ย	ปริมาณฝนสูงสุด
สุโขทัย	325	396	432
พิษณุโลก	348	475	533
กำแพงเพชร	160	199	226
พิจิตร	294	376	416
นครสวรรค์	305	469	519
อุตรดิตถ์	40	46	75
รวม	**1,472**	**1,961**	**2,200**

รูปที่ 5-16 ศักยภาพน้ำบาดาลเชิงพื้นที่

5.13.2 การฟื้นคืนระดับน้ำบาดาลโดยการเติมน้ำบาดาล

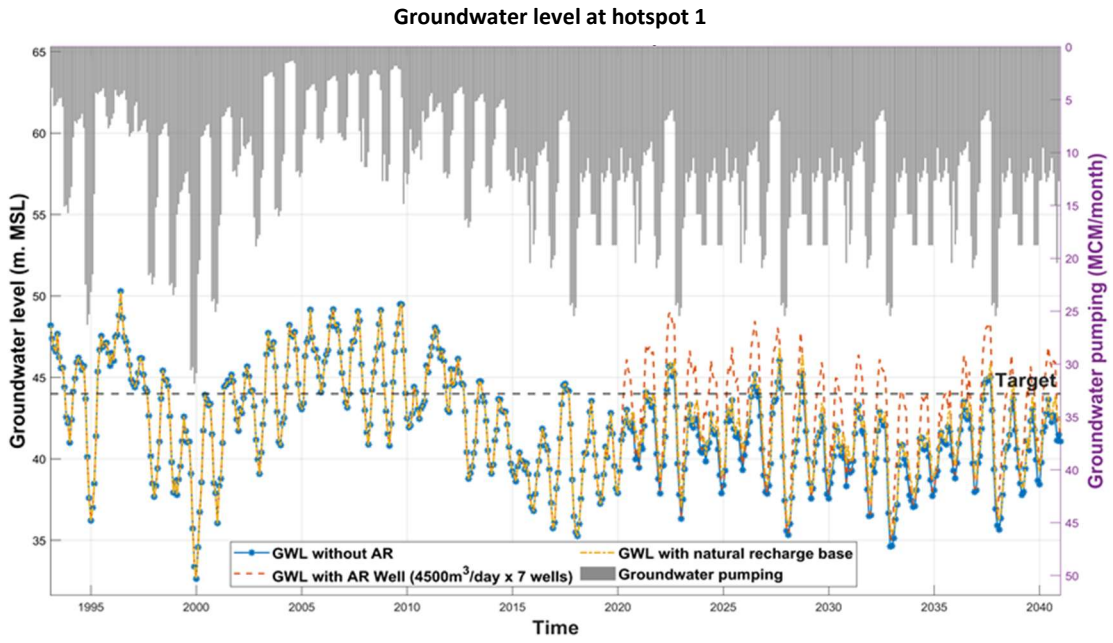
จากผลการจำลองน้ำบาดาลในช่วงปี พ.ศ. 2536-2559 จะพบพื้นที่ที่เป็นบริเวณระดับน้ำลดตัวลงสูง 3 บริเวณได้แก่ บริเวณที่ 1 (Hotspot zone 1) จังหวัดสุโขทัย โดยค่าระดับน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 26-40 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณที่ 2 (Hotspot zone 2) จังหวัดพิษณุโลก โดยค่าระดับน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 40-52 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และบริเวณที่ 3 (Hotspot zone 3) จังหวัดนครสวรรค์ โดยค่าระดับน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 12-18 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามรูปที่ 5-17 โดยในการจำลองได้ใช้ค่าฝนและค่านำเข้าอื่น ๆ จากข้อมูลอดีต 20 ปี และใช้อัตราการสูบน้ำบาดาลในอัตราการช่วงปี พ.ศ. 2557-2559 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการใช้น้ำบาดาลสูง โดยมีเป้าหมายในการฟื้นคืนระดับน้ำตาม hotspot zone 1-3 เท่ากับ 46 35 และ 15 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ตามลำดับ



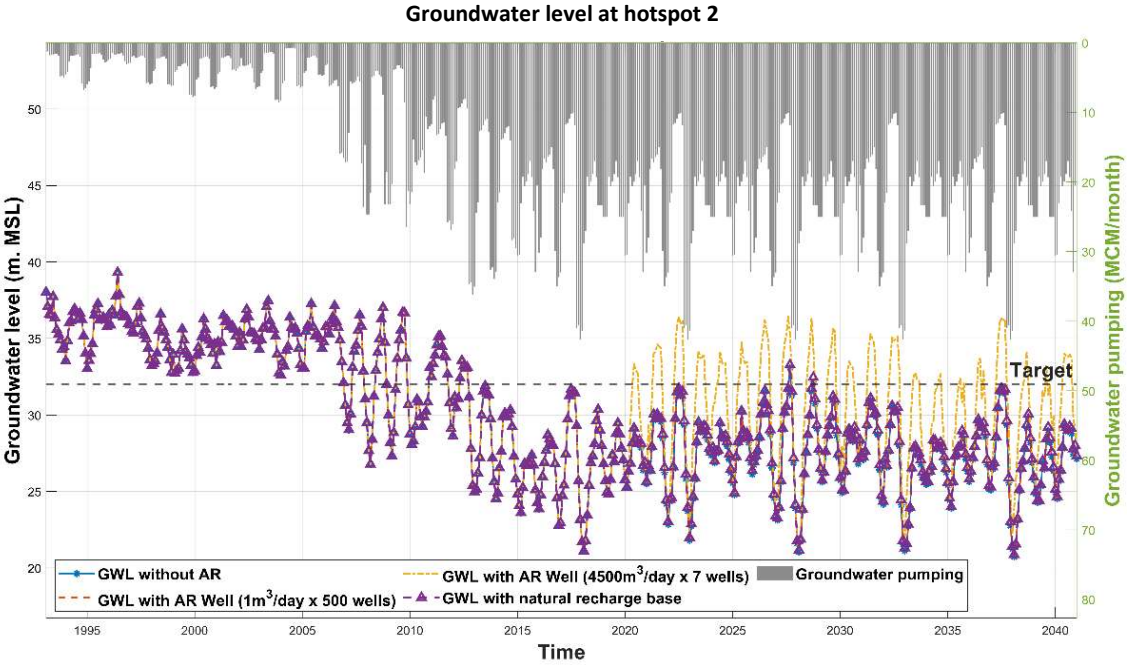
รูปที่ 5-17 บริเวณที่ระดับน้ำบาดาลลดลงสูงและมีการใช้น้ำบาดาลหนาแน่น

จากการจำลองเมื่อกำหนดพื้นที่เติมน้ำใน 3 hotspot zone ด้วยอัตราการเติม 4,500 ลูกบาศก์เมตร/วัน/พื้นที่เติมน้ำแบบสระ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2563) ขนาดพื้นที่เติมน้ำ 3,200 ตารางเมตร (2 ไร่) พบว่า สามารถยกระดับน้ำขึ้นมาตามเป้าหมายที่วางไว้ในแต่ละพื้นที่ดังรูปที่ 5-18 ถึงรูปที่ 5-20 ซึ่งในบริเวณ hotspot zone 1 กำหนดมีพื้นที่เติมน้ำอยู่ 7 จุด มีค่าการเติมน้ำอยู่ในช่วง 3.8-7.4 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.4 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี hotspot zone 2 กำหนดมีพื้นที่เติมน้ำอยู่ 7 จุด มีค่าการเติมน้ำเท่ากับ 3.8-7.4 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.4 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี

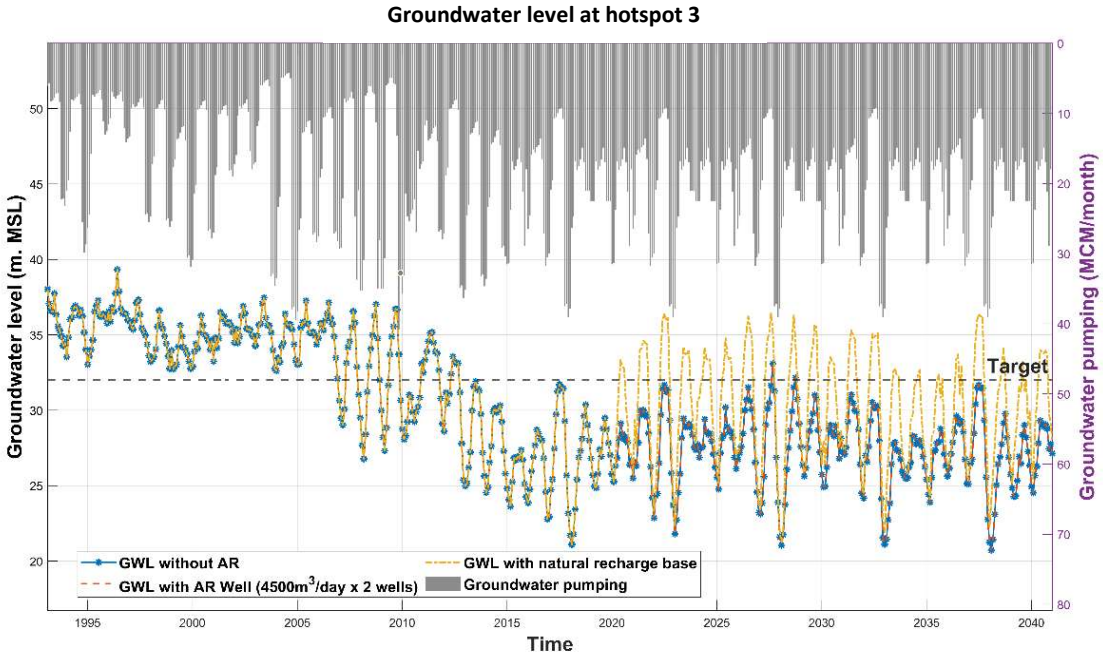
hotspot zone 3 กำหนดมีพื้นที่เติมน้ำอยู่ 2 จุด มีค่าการเติมน้ำเท่ากับ 1.1-2.3 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี



รูปที่ 5-18 ผลการจำลองสภาพระดับน้ำบาดาลใน hotspot zone 1 เมื่อมีและไม่มีการเติมน้ำในพื้นที่



รูปที่ 5-19 ผลการจำลองสภาพระดับน้ำบาดาลใน hotspot zone 2 เมื่อมีและไม่มีการเติมน้ำบาดาลในพื้นที่



รูปที่ 5-20 ผลการจำลองสภาพระดับน้ำบาดาลใน hotspot zone 3 เมื่อมีและไม่มีการเติมน้ำบาดาลในพื้นที่

5.13.3 การประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและปีน้ำ

จากการจำลองสภาพระดับน้ำบาดาลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536-2559 และช่วงอนาคตปี พ.ศ. 2560-2580 นำชุดข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการหาความสัมพันธ์ เพื่อประเมินหาอัตราการสูบน้ำเมื่อทราบค่าระดับน้ำบาดาล ปริมาณฝน และค่าปริมาณเก็บกักน้ำในเขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์ โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neuron Network : ANN) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) มีรูปแบบโครงสร้างและการทำงานของการประมวลผลเหมือนกับสมองของสิ่งมีชีวิตซึ่งมีปรับเปลี่ยนตัวเองต่อการตอบสนองของอินพุตตามกฎของการเรียนรู้ (learning rule) หลังจากที่โครงข่ายได้เรียนรู้สิ่งที่ต้องการแล้ว (อาทิตย์ ศรีแก้ว. 2552). ได้กำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมดังรูปที่ 5-21

มีจำนวนโหนดในชั้นอินพุต (Input) ชั้นฮิดเดน (Hidden) ชั้นเอาท์พุท (Output) จำนวนชั้นฮิดเดน ตามรูป โดยสมการที่ใช้ในการคาดการณ์เป็นดังนี้

$$P_i^{t+1} = \sum_1^6 \omega_i^{D^t} D_i^t + \sum_1^6 \omega_i^{D^{t+1}} D_i^{t+1} + \sum_1^6 \omega_i^{R^t} R_i^t + \sum_1^6 \omega_i^{WD^t} WD_i^t + \sum_1^6 \omega_i^{WD^{t+1}} WD_i^{t+1} + b_i$$

โดยที่ D คือ ระดับน้ำบาดาล (เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง)

R คือ ปริมาณฝนตก (มิลลิเมตร)

WD คือ ค่าความจุเก็บกักของเขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์ (ล้านลูกบาศก์เมตร)

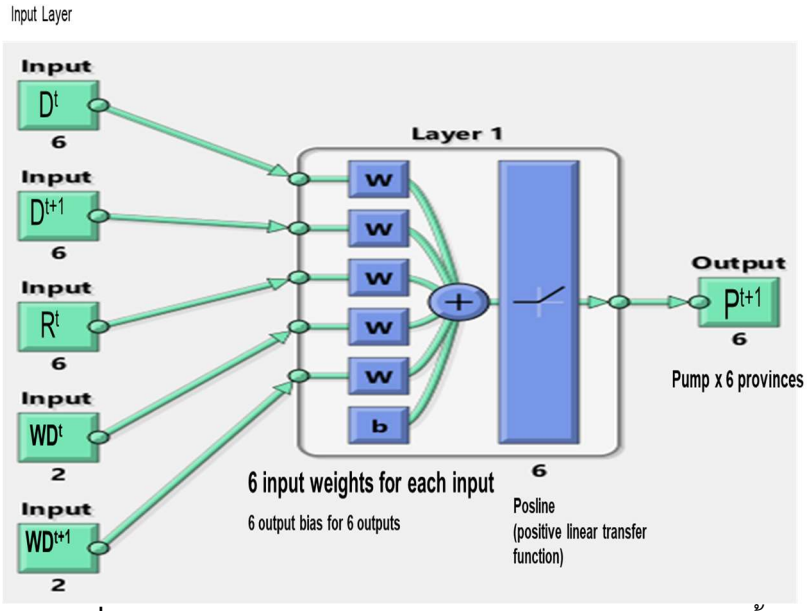
P คือ ค่าปริมาณการสูบน้ำบาดาล (ล้านลูกบาศก์เมตร)

t, t+1 คือ ค่าเวลาที่จุดสนใจ

w คือ ANN weight

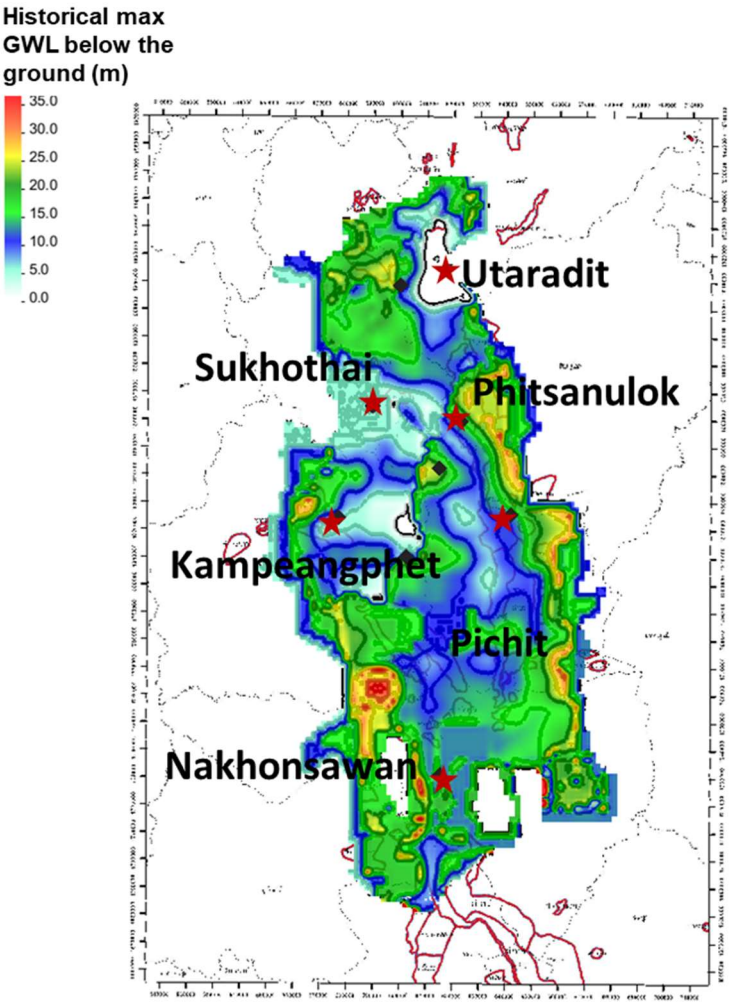
b คือ ค่า bias

และประเภทของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันใช้ฟังก์ชันการแปลงแบบเส้นตรงบวก (positive linear) ในที่นี้ได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม ข้อมูลกลุ่มที่ 1 ใช้สำหรับฝึกสอนโครงข่ายและข้อมูลกลุ่มที่ 2 ใช้เพื่อยืนยันความถูกต้อง (Validation) ของโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้จากการฝึกสอนว่าสามารถแสดงถึงลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาได้ตามสภาพจริง ซึ่งช่วยเพิ่มความมั่นใจในการนำโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้ไปใช้ในการพยากรณ์อนุกรมเวลา โดยในที่นี้จะเป็นการคาดการณ์การใช้น้ำของทั้ง 6 จังหวัด



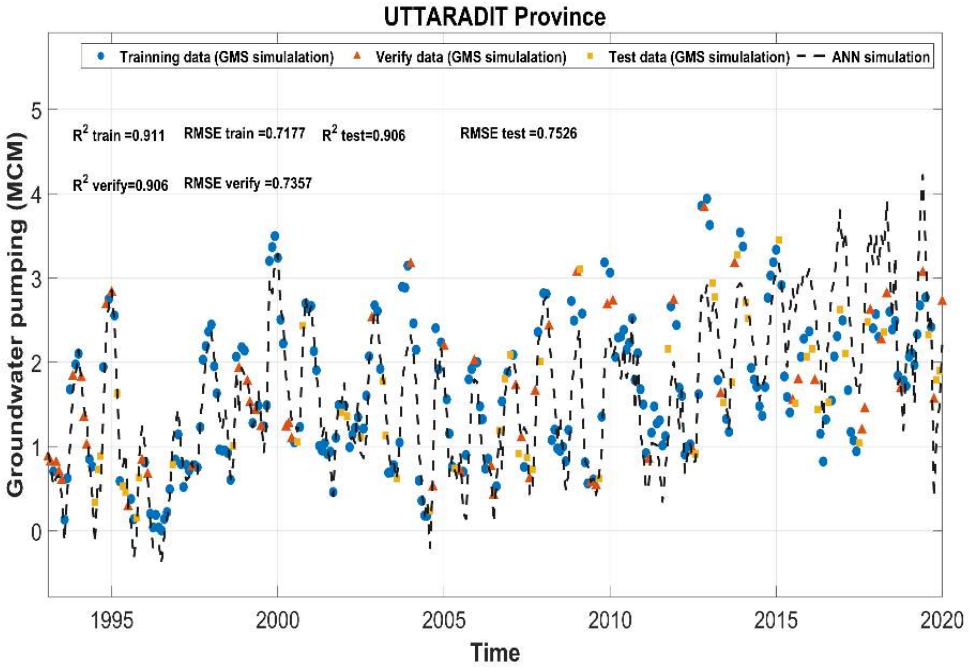
รูปที่ 5-21 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมของการศึกษานี้

โดยตำแหน่งของตัวแทนระดับน้ำของแต่ละจังหวัดกำหนดดังรูปที่ 5-22 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีการเก็บวัดระดับน้ำอยู่แล้วทั้งในส่วนของโครงการฯและของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

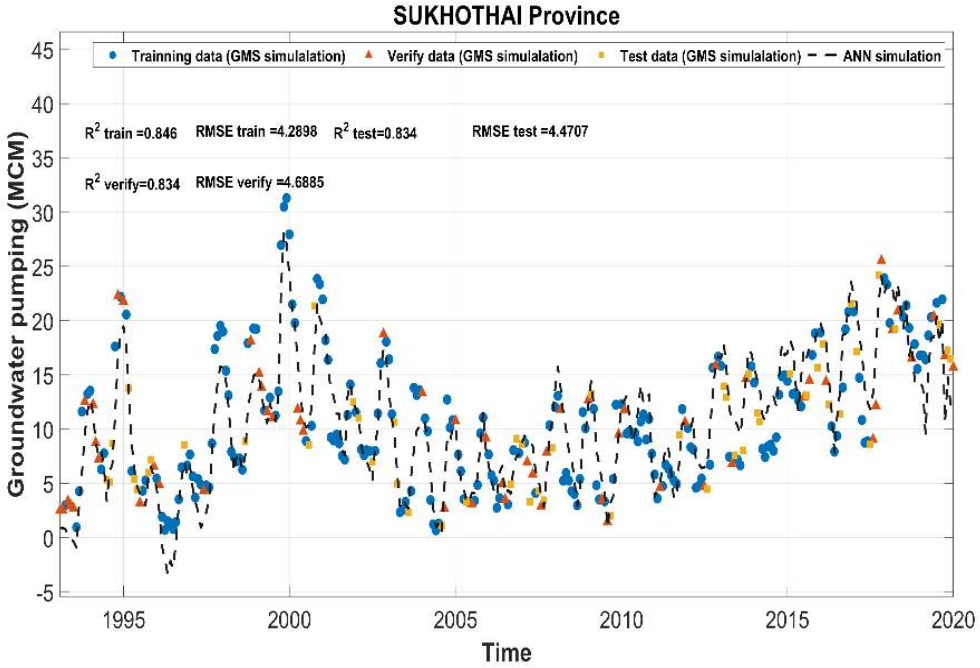


รูปที่ 5-22 ตำแหน่งระดับน้ำบาดาลตัวแทนของจังหวัด

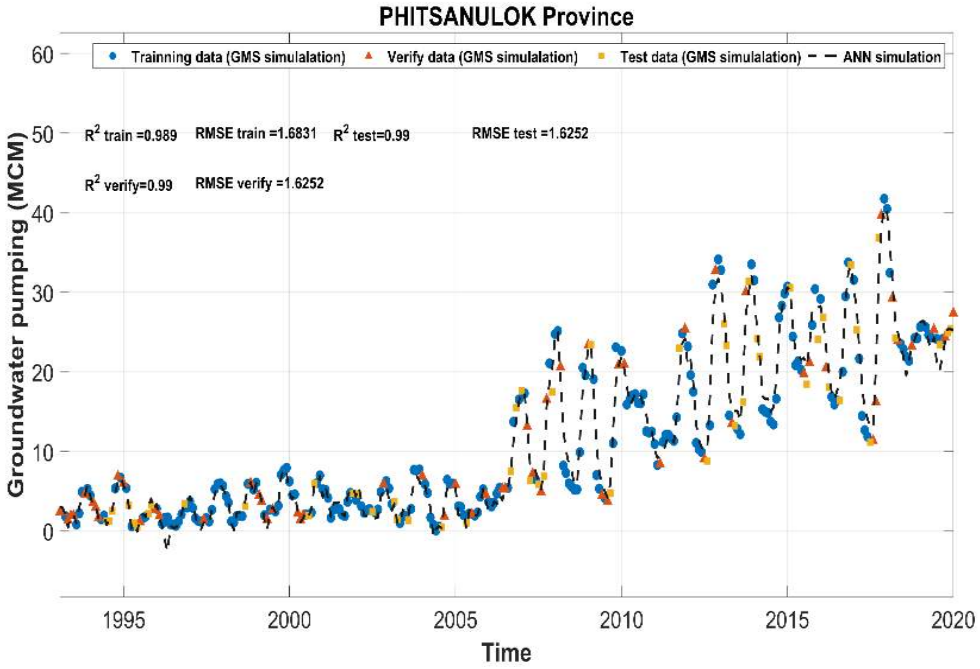
ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลอดีตรายเดือนมีจำนวน 2,300 ชุด โดยใช้ในระยะ train (จำนวนร้อยละ 70) แสดงเป็นจุดสีน้ำเงิน ข้อมูลที่ใช้ในระยะ verify (จำนวนร้อยละ 15) แสดงด้วยจุดสีส้ม ส่วนข้อมูลในระยะ test (จำนวนร้อยละ 15) แสดงด้วยจุดสีเหลือง รูปที่ 5-23 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือนรายจังหวัดพบว่าข้อมูลที่มีการกระจายค่อนข้างต่ำค่า R^2 ทั้งช่วง train verify และ test ของ 6 จังหวัด มีค่ามากกว่า 0.9



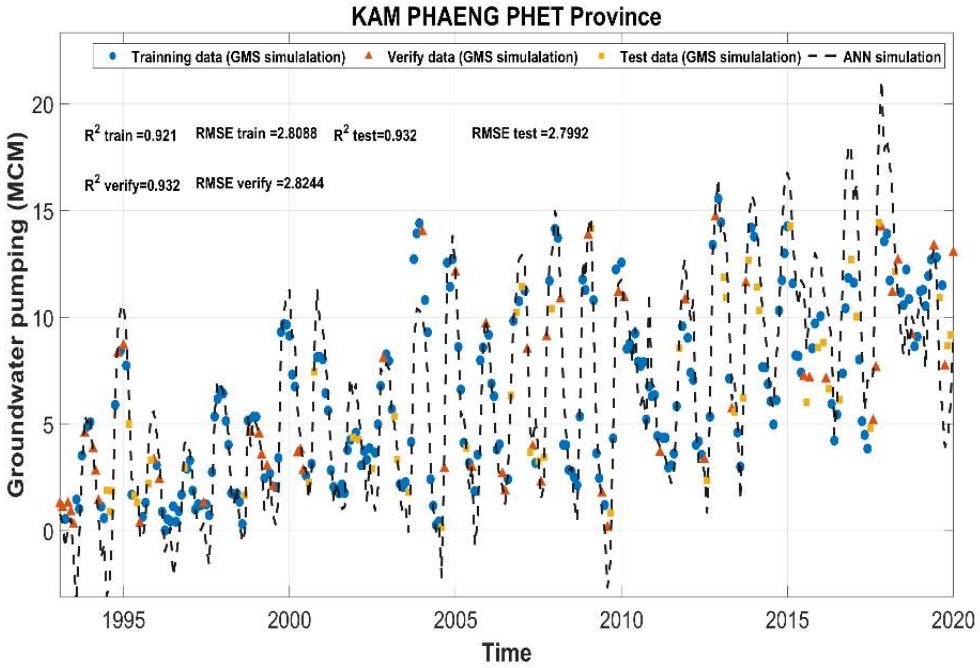
รูปที่ 5-23 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน



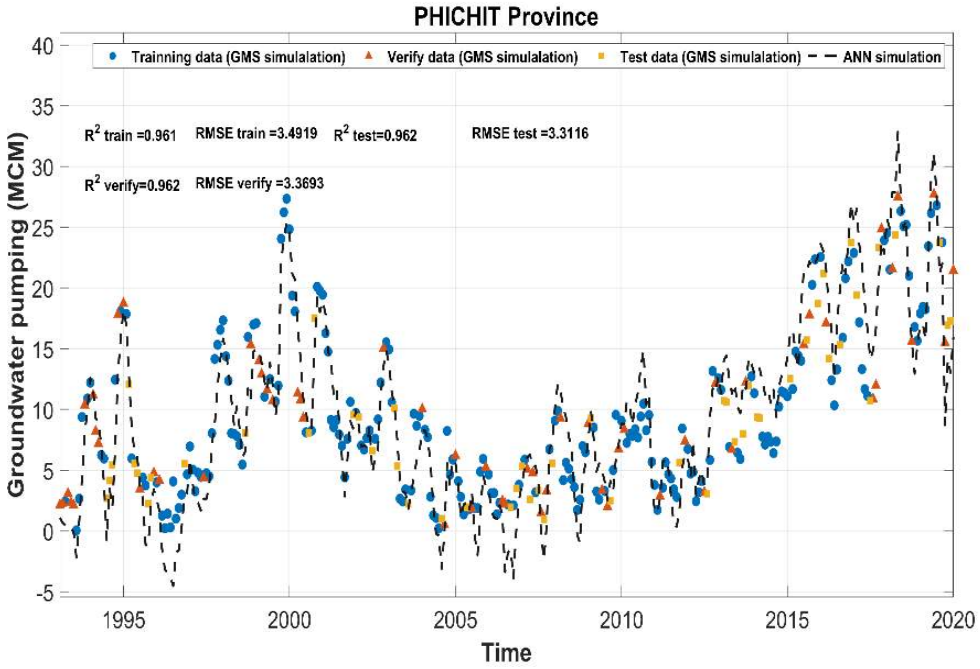
รูปที่ 5-24 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน จังหวัดสุโขทัย



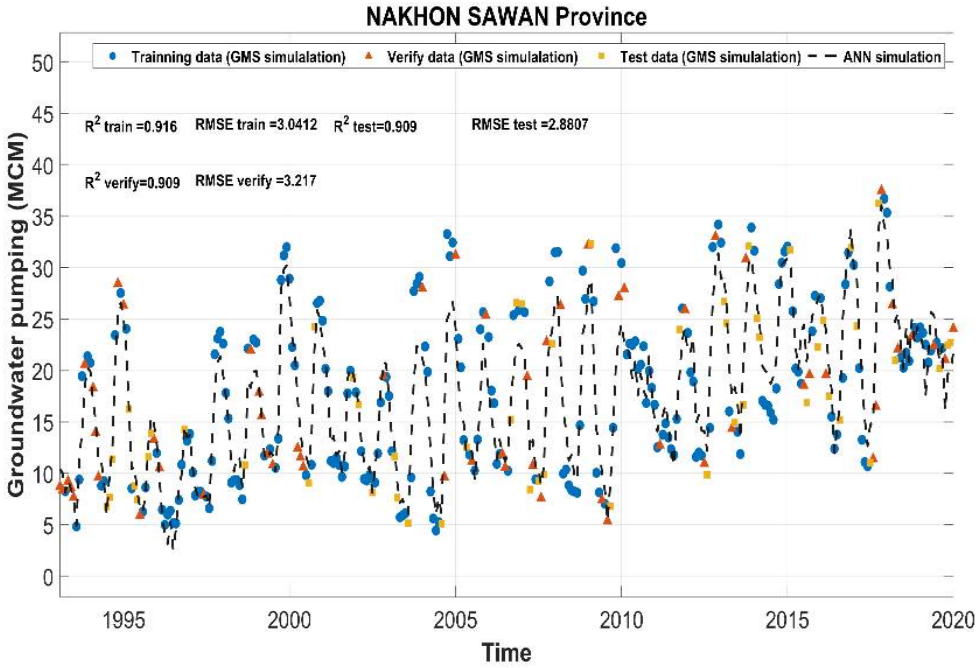
รูปที่ 5-25 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน จังหวัดพิษณุโลก



รูปที่ 5-26 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน จังหวัดกำแพงเพชร



รูปที่ 5-27 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน จังหวัดพิจิตร



รูปที่ 5-28 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือน จังหวัดนครสวรรค์

ซึ่งผลของค่า weight ของ input และ bias ที่ได้แสดงดังตารางที่ 5-10 ถึงตารางที่ 5-15 ซึ่งสามารถนำไปคาดการณ์ปริมาณการสูบน้ำรายเดือนต่อไปได้

ตารางที่ 5-10 ค่า weight ของ input D^t ระดับน้ำบาดาลรายจังหวัด

Weights of input 1 (D^t)						
	Input GWL Utaradit	Input GWL Sukhothai	Input GWL Phitsanulok	Input GWL Kamphengphet	Input GWL Pichit	Input GWL Nakhonsawan
Weights of output Pump Utaradit	0.1336	0.1357	-2.2991	-1.3065	0.3373	1.0761
Weights of output Pump Sukhothai	-10.237	20.154	-7.2162	-7.1506	10.3408	-3.8562
Weights of output Pump Phitsanulok	-2.7964	-3.7912	5.4622	-0.8758	5.8915	0.2027
Weights of output Pump Kamphengphet	-0.1375	-12.4329	-10.5625	2.6089	7.9225	7.2638
Weights of output Pump Pichit	-2.3611	5.3621	-13.5812	-6.0981	-0.8256	6.6214
Weights of output Pump Nakhonsawan	-6.3974	32.9147	-5.499	-9.2103	11.2298	2.6476

ตารางที่ 5-11 ค่า weight ของ input D^{t+1} ระดับน้ำบาดาลรายจังหวัด

Weights of input 2 (D^{t+1})						
	Input GWL Utaradit	Input GWL Sukhothai	Input GWL Phitsanulok	Input GWL Kamphengphet	Input GWL Pichit	Input GWL Nakhonsawan
Weights of output Pump Utaradit	-0.389	-0.0832	0.1729	-0.0013	-0.1226	-0.0997
Weights of output Pump Sukhothai	-1.0757	-5.9888	0.5906	4.9273	-0.4835	-0.4823
Weights of output Pump Phitsanulok	1.1334	0.5801	-3.5057	1.911	-0.4512	-0.3914
Weights of output Pump Kamphengphet	-0.8986	1.4081	0.015	-1.6112	0.4035	-1.6188
Weights of output Pump Pichit	-1.2213	-4.7342	1.3421	3.3718	-1.5425	-0.2551
Weights of output Pump Nakhonsawan	-0.8497	-5.816	-0.2508	3.3925	-0.3968	-1.6613

ตารางที่ 5-12 ค่า weight ของ input R^t (ฝน)รายจังหวัด

Weights of input 3 (R^t)						
	Input Rainfall Utaradit	Input Rainfall Sukhothai	Input Rainfall Phitsanulok	Input Rainfall Kamphengphet	Input Rainfall Pichit	Input Rainfall Nakhonsawan
Weights of output Pump Utaradit	0.0093	-0.0019	-0.0056	-0.0005	0.0014	0.0007
Weights of output Pump Sukhothai	0.0271	-0.0037	-0.0319	-0.0084	0.0047	0.0212
Weights of output Pump Phitsanulok	-0.0003	-0.0026	0	0.0027	-0.0008	0.0009
Weights of output Pump Kamphengphet	0.0074	0.0191	-0.0202	-0.0171	0.0105	0.0156
Weights of output Pump Pichit	0.0436	-0.0158	-0.0299	0.0133	-0.0006	0.0027
Weights of output Pump Nakhonsawan	0.0357	-0.0065	-0.0224	-0.0114	-0.0018	0.0187

ตารางที่ 5-13 ค่า weight ของ input WD^t (ปริมาณการเก็บกักของเขื่อน)รายจังหวัด

Weights of input 4 (WD^t)		
	Input dam storage bhumibol	Input dam storage Sirikit
Weights of output Pump Utaradit	-0.0002	0.0002
Weights of output Pump Sukhothai	0.0004	0.0007
Weights of output Pump Phitsanulok	-0.0004	0.0007
Weights of output Pump Kamphengphet	0.0006	0.0006
Weights of output Pump Pichit	-0.0007	0.001
Weights of output Pump Nakhonsawan	0.001	0.0001

ตารางที่ 5-14 ค่า weight ของ input WD^{t+1} (ปริมาณการเก็บกักของเขื่อน)รายจังหวัด

Weights of input 5 (WD^{t+1})		
	Input dam storage bhumibol	Input dam storage Sirikit
Weights of output Pump Utaradit	0.0001	0.0001
Weights of output Pump Sukhothai	-0.0008	0.0003
Weights of output Pump Phitsanulok	0.0003	-0.0004
Weights of output Pump Kamphengphet	-0.0006	0.0002
Weights of output Pump Pichit	0.0002	0.0002
Weights of output Pump Nakhonsawan	-0.0006	0.0002

ตารางที่ 5-15 ค่า weight ของ bias รายจังหวัด

Bias value	
Weights of output Pump Utaradit	72.16
Weights of output Pump Sukhothai	15.08
Weights of output Pump Phitsanulok	45.57
Weights of output Pump Kamphengphet	361.26
Weights of output Pump Pichit	400.56
Weights of output Pump Nakhonsawan	-831.71

5.14 ระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

5.14.1 หลักเกณฑ์การพิจารณาตำแหน่งติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

ทางคณะผู้วิจัยซึ่งประกอบด้วย รศ.ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย และ คุณวาสนา สารทถาพร ผู้แทนจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ได้พิจารณาหลักเกณฑ์ในการที่จะหาจุดที่เหมาะสมในการติดตั้งระบบดังนี้

1) เลือกตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณที่เป็นพื้นที่ที่เป็นตะกอนน้ำพา (Alluvial Deposit) สองฝั่งลำน้ำแม่น้ำปิง วัง ยม น่าน หรือเจ้าพระยา ซึ่งเป็นชั้นน้ำบาดาลแบบไม่มีแรงดัน (Unconfined Aquifer) และพื้นที่ใช้น้ำบาดาลบ่อตื้นเพื่อการเกษตรกรรม หรือวัตถุประสงค์อื่น ๆ
2) เลือกตำแหน่งที่เข้าถึง ดูแลรักษา และมีความปลอดภัยสำหรับการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบ Real-Time Recording Groundwater Monitoring Well
3) เลือกตำแหน่งที่สามารถวัดผลของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลอย่างชัดเจน และเป็นตำแหน่งที่มีบ่อน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่มีการวัดแบบไม่บันทึก (Non-Recording Groundwater Monitoring Well)

5.14.2 การติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

ทางโครงการฯได้ดำเนินการติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ จำนวน 4 ชุด ในบ่อสังเกตการณ์ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล โดยคุณลักษณะจำเพาะของระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ แสดงไว้ในภาคผนวก ง

รายละเอียดของการติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติในบ่อสังเกตการณ์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5-16

ตารางที่ 5-16 รายละเอียดการติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

ลำดับ	หมายเลขบ่อ	ประเภทบ่อ	เครื่องวัดระดับน้ำ	
			ชนิด	ความลึก (ม.)
1	5407G021	บ่อสังเกตการณ์ (ตื้น)	HDL 300	20
2	GWA123	บ่อสังเกตการณ์ (ตื้น)	HDL 300	20
3	6043Q037	บ่อสังเกตการณ์ (ตื้น)	HDL 300	20
4	6043Q041	บ่อสังเกตการณ์ (ตื้น)	HDL 300	50

รูปที่ 5-29 ระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

บทที่ 6
การพัฒนารูปแบบและแนวทางการจัดการ เพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน

6.1 การทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

6.1.1 กรณีศึกษาในประเทศไทย

- **กรมทรัพยากรน้ำบาดาล**

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (กรมทรัพยากรธรณีเดิม) ได้ดำเนินการศึกษาการเติมน้ำบาดาลในประเทศไทย โดยแบ่งออกเป็น 2 ระดับได้แก่ การเติมน้ำบาดาลระดับตื้น และ การเติมน้ำบาดาลระดับลึก พอสรุปได้ดังนี้

<u>การเติมน้ำบาดาลระดับตื้น</u>

- **โครงการศึกษาทดลองการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินผ่านระบบสระ พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือตอนล่าง จังหวัดพิษณุโลก สุโขทัย และจังหวัดพิจิตร, 2554**

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ดำเนินโครงการในปี พ.ศ. 2554 โดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทดลองหาวิธีเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลผ่านระบบสระน้ำหรือระบบอื่น ๆ ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูง และเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาภัยแล้งเชิงบูรณาการโดยการใช้แหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาลตามช่วงเวลาที่เหมาะสม พร้อมทั้งสร้างองค์ความรู้และการถ่ายทอดเทคโนโลยีวิธีการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลผ่านสระน้ำให้กับประชาชนและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยส่งเสริมให้ประชาชนมีส่วนร่วม โดยดำเนินการในพื้นที่ บ้านหนองนา ตำบลหนองกุลา อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ผลการศึกษา พบว่าบึงประดิษฐ์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบสำหรับการเติมน้ำผ่านระบบสระ ได้แก่ บึงประดิษฐ์ที่ปลูกด้วยกกสามเหลี่ยม และอัตราการไหลของน้ำผ่านบึง 9.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถลดความขุ่นได้ร้อยละ 67 และสามารถเติมน้ำผ่านสระได้ทั้งหมด 25,797 ลูกบาศก์เมตร โดยมีอัตราการเติมน้ำอยู่ในช่วง 0.05 - 2.05 เมตรต่อวัน (60 - 2,460 ลูกบาศก์เมตรต่อวันต่อตารางเมตร) และอัตราการซึมเมื่อมีการใช้หรือไม่ใช้วัสดุกรองสังเคราะห์ปูที่พื้นสระมีค่าต่างกันน้อยมาก และทำให้ระดับน้ำบาดาลมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด 3.33 เมตร น้ำบาดาลมีทิศทางการไหลจากพื้นที่สระเติมน้ำไปยังบริเวณโดยรอบสระและด้านทิศเหนือด้วยความเร็วเฉลี่ย 0.07 เมตรต่อวัน

- **โครงการแก้ไขปัญหาภัยแล้งและปัญหาการลดระดับน้ำของชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่แอ่งเจ้าพระยา ค่าใช้จ่ายในการศึกษาสำรวจและออกแบบโครงการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลเพื่อแก้ไขปัญหาภัยแล้ง และปัญหาการลดระดับน้ำของชั้นน้ำบาดาล 2 แห่ง, 2560**

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ดำเนินโครงการในปี พ.ศ. 2560 โดย บริษัท เอส เอ็น ที คอนซัลแตนท์ จำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาภัยแล้งและปัญหาหารลดลงของระดับน้ำบาดาลระดับตื้นที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่สามารถมีแหล่งน้ำบาดาลระดับตื้นไว้ใช้ในช่วงที่ขาดแคลนน้ำ โดยมีแนวคิดประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการเติมน้ำบาดาลตื้นให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ มีการใช้เทคโนโลยีที่เรียบง่าย ต้นทุนในการก่อสร้างดำเนินการและบำรุงรักษาต่ำ พร้อมทั้งเผยแพร่องค์ความรู้และผลการศึกษา วิธีการก่อสร้างระบบเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล ให้กับประชาชนทั่วไป ดำเนินการในพื้นที่บ้านเสวยซุง หมู่ที่ 7 ตำบลบึงกอก อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก และบ้านประดา หมู่ที่ 8 ตำบลบึงกอก อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เป็นการศึกษาขั้นรายละเอียด ออกแบบ และก่อสร้างต้นแบบระบบการเติมน้ำ 2 รูปแบบ สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

รูปแบบที่ 1 ระบบเติมน้ำผ่านสระ พบว่า อัตราการเติมน้ำที่ชั้นน้ำบาดาลสามารถรองรับได้ คือ 3 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และเมื่อเติมน้ำเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 72 ชั่วโมง ผ่านกลุ่มสระเติมน้ำ 3 สระพร้อมกัน พบว่า อัตราการเติมน้ำรวมของกลุ่มสระเติมน้ำประมาณ 8 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ปริมาตรน้ำเติมรวม 607 ลูกบาศก์เมตร หรือประมาณ 202 ลูกบาศก์เมตร/วัน ระดับน้ำบาดาลของกลุ่มบ่อสังเกตการณ์ยกตัวสูงขึ้นจากระดับน้ำบาดาลก่อนเติม 57 - 66 เซนติเมตร ภายในรัศมี 16 เมตรจากศูนย์กลางกลุ่มสระเติมน้ำ น้ำเติมเมื่อซึมลงสู่ชั้นน้ำบาดาลจะมีการกระจายของน้ำรอบทิศทางของกลุ่มสระเติมน้ำ โดยมีทิศทางการไหลหลักไปยัง ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

รูปแบบที่ 2 ระบบเติมน้ำผ่านบ่อเติมน้ำ พบว่า อัตราการเติมน้ำที่ ชั้นน้ำบาดาลสามารถรองรับได้ คือ 3 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และเมื่อเติมน้ำเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 72 ชั่วโมง ผ่านกลุ่มบ่อเติมน้ำ 3 บ่อพร้อมกัน พบว่า อัตราการเติมน้ำรวมของกลุ่มบ่อเติมน้ำประมาณ 7 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ปริมาตรน้ำเติมรวม 499 ลูกบาศก์เมตร หรือประมาณ 166 ลูกบาศก์เมตร/วัน ระดับน้ำบาดาลของกลุ่ม บ่อสังเกตการณ์ยกตัวสูงขึ้นจากระดับน้ำบาดาลก่อนเติม 90 - 96 เซนติเมตร ภายในรัศมี 16 เมตรจากศูนย์กลางกลุ่มบ่อเติมน้ำ น้ำเติมเมื่อซึมลงสู่ชั้นน้ำบาดาลจะมีการกระจายของน้ำรอบทิศทางของกลุ่มบ่อเติมน้ำ โดยมีทิศทางการไหลหลักไปยังทิศตะวันออกเฉียงใต้

<u>การเติมน้ำบาดาลระดับลึก</u>

- **โครงการศูนย์เรียนรู้ด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาล พื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบน**

โครงการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่โครงการศึกษาแก้ปัญหาภัยแล้งและบรรเทาน้ำท่วม โดยการเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาลพื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบน (ระยะที่ 1, 2) เพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วม ภัยแล้ง และปัญหาการลดระดับของชั้นน้ำบาดาล บริเวณพื้นที่บ้านคุ้งยาง หมู่ที่ 13 ตำบลป่ากุมเกาะ อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย (ปี พ.ศ. 2551 ถึง 2557) ต่อมาในปี พ.ศ. 2560 กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้ปรับปรุงโครงการดังกล่าว ให้เป็นพื้นที่ศึกษาดูงานและเผยแพร่องค์ความรู้ด้านการเติมน้ำใต้ดิน ภายใต้ชื่อโครงการ “ศูนย์เรียนรู้ด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาล พื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบน” โดยได้ดำเนินการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลโดยวิธีการสูบอัดน้ำ (Artificial Storage and Recovery, ASR) และติดตามผลการเติมน้ำอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งเผยแพร่องค์ความรู้ด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล ให้แก่หน่วยงานส่วนท้องถิ่น และประชาชนที่สนใจ

- **กรมชลประทาน**

- **โครงการบางระกำโมเดล, 2560**

กรมชลประทานได้เริ่มดำเนินการเมื่อปี พ.ศ. 2560 เพื่อส่งเสริมเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำยม ได้เพาะปลูกข้าว และเก็บเกี่ยวข้าวให้ทันก่อนฤดูน้ำหลาก เพื่อจะใช้ทุ่งนาที่เกี่ยวข้าวแล้วเป็นพื้นที่รับน้ำจากแม่น้ำยมที่เอ่อล้นตลิ่งให้เข้าท่วมในทุ่งนาที่ได้เก็บเกี่ยวข้าวแล้ว รวมทั้งแก้มลิง 3 แก้มลิง คือ แก้มลิงบึงตะเครง บึงขี้แร้ง และบึงระมาณ ซึ่งจะทำให้น้ำท่วมที่ขังในพื้นที่ดังกล่าวข้างต้น จะตัดน้ำส่วนเกินออกจากลำน้ำยม ทำให้ลดยอดน้ำท่วมที่จะไหลเข้าพื้นที่เมืองพิษณุโลก หรือจังหวัดพิจิตรลดลง ซึ่งการปลูกข้าวภายใต้โครงการดังกล่าว กรมชลประทานจะส่งน้ำให้เกษตรกรตามช่วงเวลาโดยทุ่งรับน้ำพื้นที่อำภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลกรวมพื้นที่ 265,000 ไร่ โดยเริ่มเพาะปลูกในเดือนเมษายน และเก็บเกี่ยวในเดือนสิงหาคม ซึ่งสามารถรับน้ำหลากได้ 500 ล้านลูกบาศก์เมตรหลังช่วงเก็บเกี่ยวข้าว อย่างไรก็ตามในการดำเนินการดังกล่าวของโครงการบางระกำโมเดล เป็นการพิจารณาเฉพาะผลของการชะลอน้ำท่วมที่ผิวดิน ไม่ได้พิจารณาผลเชิงบวกที่นำน้ำหลากมาเก็บในทุ่งหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ว่ามีน้ำซึมลงชั้นน้ำใต้ดินแบบไม่มีแรงดัน (Unconfined Aquifer) ชั้นบนมีค่าเท่าไร ซึ่งน้ำใต้ดินนี้สามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกของเกษตรกรในฤดูแล้ง หลักการนี้เป็นหลักการพื้นฐานของธนาคารน้ำใต้ดิน (Groundwater Bank, Dahlke, 2015) เช่น ในกรณีที่น้ำต้นทุนจากแม่น้ำน่าน และยมอยู่ในฤดูแล้งมีน้อยกว่าเกณฑ์ปกติ นั้นเกษตรกร

สามารถสูบน้ำใต้ดินโดยใช้รถไถนาเดินตามสูบโดยตรงจากบ่อน้ำตื้น นำน้ำใต้ดินที่เก็บกักไว้ในชั้นน้ำใต้ดินชั้นบนไว้ในฤดูน้ำหลากที่กล่าวข้างต้น มาใช้เพาะปลูกในฤดูแล้ง ซึ่งจะลดความเสี่ยงของภัยแล้งต่อเกษตรกร แต่ปัญหาในพื้นที่คือ ยังไม่มีการศึกษามาก่อนว่าพื้นที่บางระกำโมเดลมีน้ำซึมลงชั้นน้ำใต้ดินชั้นบนเท่าไร ถ้าสามารถทราบค่าปริมาณน้ำใต้ดินที่ซึมจากน้ำหลากที่ขังในทุ่ง และแก้มลิงได้ในแต่ละปี จะทำให้กรมชลประทานสามารถใช้ข้อมูลนี้ในการจัดสรรน้ำให้กับพื้นที่บางระกำโมเดลได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือลดการส่งน้ำต้นทุนให้กับพื้นที่บางระกำโมเดลลงในปีที่มีน้ำต้นทุนต่ำกว่าเกณฑ์เฉลี่ย เพราะสามารถนำน้ำใต้ดินมาเสริมน้ำผิวดินสำหรับการเพาะปลูกในฤดูแล้งของเกษตรกร

6.1.2 กรณีศึกษาในต่างประเทศ

Christian-Smith, 2011 เนื่องจากมีการลดของระดับน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาล Central Valley รัฐแคลิฟอร์เนียซึ่งมีค่าความจุเป็นลบเฉลี่ยปีละ 1.4 ล้านเอเคอร์-ฟุต จากปัญหาดังกล่าวได้มีการสร้างธนาคารน้ำใต้ดินในหลายพื้นที่ โดยที่ Kern County เป็นพื้นที่หนึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มน้ำต้นทุนสำหรับประชาชนที่อยู่ใน และนอกชุมชนโดยเริ่มโครงการตั้งแต่ต้นปี 1980 ปัจจุบันมีพื้นที่เติมน้ำ 566,600 เอเคอร์ หรือคิดเป็นประมาณ 1.4 ล้านไร่ จากการศึกษาพบว่ามีปริมาณน้ำที่เติมสู่ชั้นน้ำบาดาลสูงสุดปีละ 1,066 ล้านลูกบาศก์เมตร และทำให้มีปริมาณน้ำบาดาลเพิ่มขึ้นสูงสุดปีละ 863 ล้านลูกบาศก์เมตรเพื่อเสริมน้ำต้นทุนใน Kern County และพื้นที่อื่นๆในรัฐแคลิฟฟอร์เนีย

LENT, 2013 ได้ศึกษาศักยภาพของธนาคารน้ำใต้ดิน และการนำน้ำบาดาลกลับมาใช้เพื่อลดความอ่อนไหวของน้ำต้นทุนในพื้นที่อ่าวซานฟรานซิสโก ธนาคารน้ำใต้ดินได้แสดงให้เห็นประสิทธิผลอย่างมากในการลดปัญหาขาดแคลนน้ำในระยะสั้น และลดความถี่ของการขาดแคลนน้ำ รวมทั้งการบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำในระยะยาว

Geen et al., 2015 ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับธนาคารน้ำใต้ดินในรัฐแคลิฟอร์เนียโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการกำหนดตำแหน่งของธนาคารน้ำใต้ดินโดยพิจารณาจากชนิดดิน สภาพภูมิอากาศ แลข้อมูลเกี่ยวกับน้ำโดยใช้ GIS และแบบจำลองการไหลน้ำบาดาล จากข้อมูลดังกล่าวสามารถกำหนดแนวทางเบื้องต้นในการคัดเลือกตำแหน่งของธนาคารน้ำใต้ดินได้

Norcis and Dahlke, 2017 ได้ทำการศึกษาโดยละเอียดในลำน้ำที่มีระดับน้ำสูงจาก 93 สถานีวัดน้ำท่า โดยวิเคราะห์ประเด็นของขนาด ความถี่การเกิดซ้ำ ช่วงเวลา และเวลาของระดับน้ำสูงในลำน้ำ มีน้ำส่วนเกินจากลำน้ำในรัฐแคลิฟอร์เนียประมาณ 3.2 ลูกบาศก์กิโลเมตรต่อปี จากการศึกษาแนะนำ

ว่ามีน้ำผิวดินอย่างเพียงพอที่ยังไม่ได้รับการจัดการที่จะไปเติม หรือบรรเทาปัญหาน้ำบาดาลลดในระบบชั้นน้ำบาดาล Central Valley ในรัฐแคลิฟอร์เนีย

6.2 การเติมน้ำบาดาลในประเทศไทย

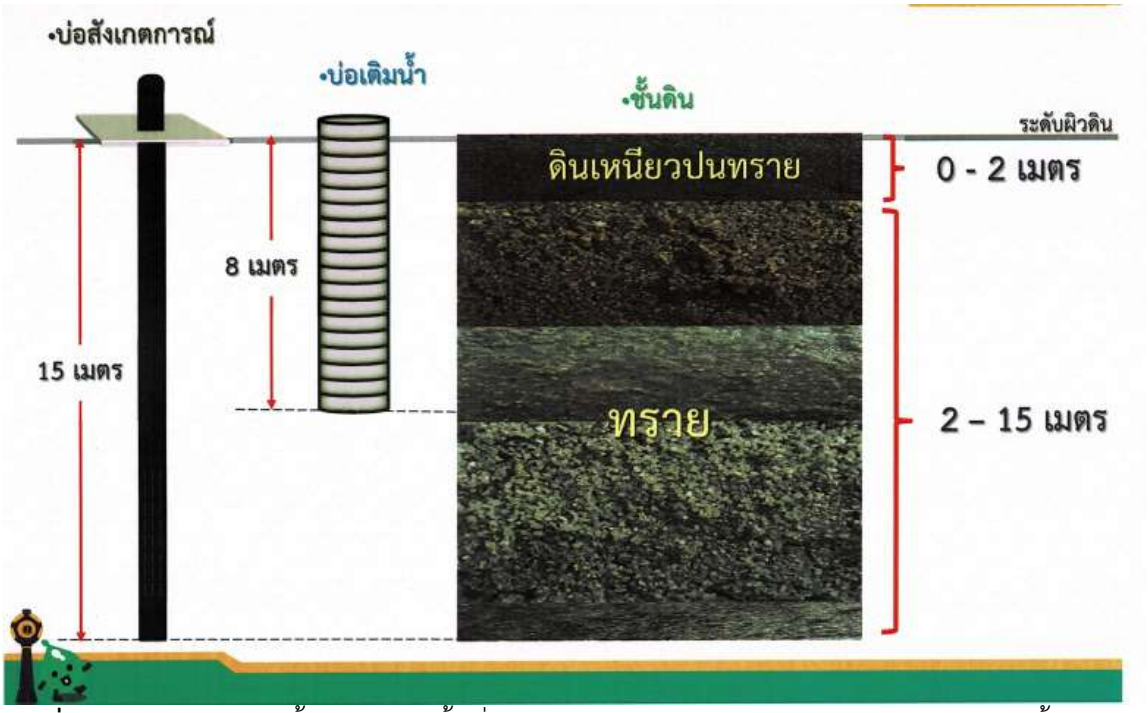
จากการทบทวนแนวทางการเติมน้ำบาดาลของประเทศไทยที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้จัดทำให้ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2563) สรุปว่าการเติมน้ำใต้ดินในประเทศไทยได้เริ่มดำเนินการทดลองทำมาแล้วมากกว่า 30 ปี โดยกรมทรัพยากรธรณี และกรมโยธาธิการ ซึ่งต่อมาภารกิจด้านการเติมน้ำบาดาลได้ถูกโอนมาให้กรมทรัพยากรน้ำบาดาล โดยมีโครงการที่ดำเนินการมาแล้วกว่า 10 โครงการทั่วประเทศทั้งในระดับตื้นและระดับลึก (ตารางที่ 6-1) แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบและพื้นที่การเติมน้ำที่เหมาะสมจะต้องพิจารณาจากสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ดำเนินการ ระดับน้ำบาดาลอัตราการเติมน้ำ ความลึกและความหนาของชั้นน้ำบาดาลรวมไปถึงแหล่งน้ำดิบที่จะนำมาเติมด้วย

ตารางที่ 6-1 สรุปการเติมน้ำบาดาลในประเทศไทย

ปี พ.ศ.	ชื่อโครงการ	รายละเอียดโครงการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ
2515	Subsurface Injection Storage an Underground of Storm Water Runoff	ทดลองแนวทางการระบายน้ำฝนที่ขังอยู่ตามพื้นดิน	กรมทรัพยากรธรณี
2530-2542	โครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำใต้ดิน	- ก่อสร้างระบบเติมน้ำท่า 48 แห่ง - ก่อสร้างระบบเติมน้ำฝน 474 แห่งพื้นที่ จ.เชียงใหม่ จ.กำแพงเพชร จ.พิจิตร จ.สุโขทัย	กรมโยธาธิการ
2539-2540	โครงการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำสำรองเพื่อการเกษตรกรรม อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย	- เติมน้ำผ่านบ่อบาดาลที่ใช้ได้จำนวน 44 บ่อ พื้นที่ อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย	กรมโยธาธิการ (โดยบริษัท ปัญญาคอนซัลแตนท์จำกัด และบริษัท Tahal Consulting Engineers LTD.)
2539-2541	โครงการศึกษาทดลองเพื่ออนุรักษ์ฟื้นฟูแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณจังหวัดกำแพงเพชร	ทำการทดลองเติมน้ำ 3 วิธี - การเติมน้ำผ่านสระ - การเติมน้ำผ่านบ่อน้ำบาดาล - การเก็บเกี่ยวน้ำฝนพื้นที่ ต.สระแก้ว อ.เมือง จ.กำแพงเพชร	กรมโยธาธิการ
2543	โครงการสำรวจและออกแบบการระบายน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาล	สำรวจและออกแบบการระบายน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาลพื้นที่ลุ่มแม่น้ำอาว จ.ลำพูน	กรมทรัพยากรธรณี กองน้ำบาดาล (โดยบริษัท วอเตอร์

ปี พ.ศ.	ชื่อโครงการ	รายละเอียดโครงการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ
			รีชอร์ช เอ็นจอเนียริ่ง จำกัด)
2544-2545	โครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำใต้ดิน	-ก่อสร้างระบบเติมน้ำฝน 200 แห่ง พื้นที่ จ.กำแพงเพชร จ.ชัยนาท จ.บุรีรัมย์	กรมโยธาธิการ
2550	โครงการศึกษาออกแบบก่อสร้างระบบเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล พื้นที่ลุ่มแม่น้ำชายฝั่งตะวันออก	ศึกษาออกแบบและก่อสร้างระบบเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล ด้วยระบบ ASR พื้นที่ อ.บ้านค่าย จ.ระยอง	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (โดยบริษัท ปัญญาคอนซัลแตนท์จำกัด)
2550	ระบบเติมน้ำใต้ดินด้วยระบบน้ำฝน	ก่อสร้างระบบเติมน้ำฝน 50 แห่ง	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
2553	โครงการแก้ปัญหาน้ำท่วมและภัยแล้ง โดยการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล พื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบน	เติมน้ำด้วยระบบ ASR พื้นที่ อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (โดยบริษัท เอส เอ็น ที คอนซัลแตนท์ จำกัด และบริษัท จีเอ็มที คอร์ปอเรชั่น จำกัด)
2554	โครงการศึกษาทดลองการเติมน้ำลงสู่ชั้นใต้ดินผ่านระบบสระ พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือตอนล่าง จ.พิจิตร จ.พิษณุโลก จ.สุโขทัย	ศึกษาทดลองการเติมน้ำลงสู่ชั้นใต้ดินผ่านระบบสระ พื้นที่ อ.บางระกำ จ.สุโขทัย	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (โดย มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
2557	โครงการศึกษาและแก้ภัยแล้งและบรรเทาน้ำท่วมโดยการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลพื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบน (ระยะที่2)	เติมน้ำด้วยระบบ ASR พื้นที่ อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (โดยบริษัท เอส เอ็น ที คอนซัลแตนท์ จำกัด)
2560	โครงการเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่ทั่วประเทศ (ระยะที่1)	ก่อสร้างระบบเติมน้ำผ่านสระ 19 พื้นที่ 59 สระ	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
2560	โครงการแก้ปัญหาภัยแล้งและปัญหาการลดระดับน้ำของชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่แอ่งเจ้าพระยา	- เติมน้ำผ่านบ่อ 1 แห่ง - เติมน้ำผ่านสระ 1 แห่ง พื้นที่ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (โดยบริษัท เอส เอ็น ที คอนซัลแตนท์ จำกัด)
2560	โครงการศึกษาการทดลองน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักทรัพยากรน้ำบาดาล 12 เขต	- ระบบเติมน้ำฝน 18 แห่ง - ระบบเติมน้ำผ่านบ่อ 18 แห่ง - ระบบเติมน้ำผ่านสระ 3 แห่ง	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
2562	โครงการเติมน้ำใต้ดินระดับตื้นในเขตพื้นที่ทุ่งบางระกำ	เติมน้ำใต้ดินระดับตื้นผ่านบ่อ 10 พื้นที่ จำนวน 42 บ่อ	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (โดยมหาวิทยาลัยนเรศวร)

ปัจจุบันมีโครงการเติมน้ำบาดาลที่สำคัญในพื้นที่ศึกษา คือ โครงการการเติมน้ำใต้ดินระดับตื้น พื้นที่แอ่งพื้นที่เจ้าพระยาตอนบนและจันทบุรี - ตราด ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 พื้นที่ศึกษาอยู่ในพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน โดยในอำเภอบางระกำจะมีการพัฒนาบ่อเติมน้ำระดับตื้น 500 บ่อ ในอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำที่มีน้ำท่วมจากพื้นที่ลุ่มน้ำด้านเหนือน้ำทุกปี รูปแบบบ่อเติมน้ำบาดาล ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลมีรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 6-1



รูปที่ 6-1 รูปแบบบ่อเติมน้ำบาดาล ในพื้นที่อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล)

และโครงการของกรมชลประทาน ชื่อ โครงการบางระกำโมเดล บูรณาการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำ รองรับน้ำหลาก ซึ่งมีพื้นที่ดำเนินการ 382,000 ไร่ เป็นพื้นที่ใน อำเภอกงไกลาศ จังหวัดสุโขทัย 99,220 ไร่ อำเภอพรหมพิราม 193,180 ไร่ อำเภอเมืองพิษณุโลก 30,200 ไร่ อำเภอบางระกำ 57,900 ไร่ และอำเภอวัดโบสถ์ 1,500 ไร่ ในจังหวัดพิษณุโลก โดยกรมชลประทานจะบริหารจัดการการส่งน้ำชลประทานให้กับพื้นที่ดังกล่าวข้างต้น ให้ชาวนาปลูกข้าวก่อนฤดูปลูกข้าวและเก็บเกี่ยวตามธรรมชาติ ระหว่างเดือนเมษายน ถึง กรกฎาคม และเมื่อชาวนาเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จแล้วสิ้นเดือนกรกฎาคม จะเข้าฤดูน้ำหลากในพื้นที่ กรมชลประทานก็จะผันน้ำเข้าพื้นที่ดังกล่าวซึ่งมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวไปเรียบร้อยแล้ว วิธีการดังกล่าว จะทำให้เกิดประโยชน์เป็นอเนกประสงค์ คือ ชาวนาสามารถปลูกข้าวในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากดังกล่าว ได้ ทำประมงในช่วงน้ำหลาก ใช้น้ำหลากเป็นแหล่งน้ำต้นทุนในฤดูแล้ง และกรมชลประทานสามารถตัดยอดน้ำหลากเข้าในพื้นที่ลุ่มต่ำ ทำให้เกิดผลกระทบจากน้ำท่วมท้ายน้ำลดลง การดำเนินการดังกล่าวจะเกิดประโยชน์ขึ้นอีกหนึ่งอย่างซึ่งกรมชลประทานยังไม่ได้กล่าวถึง คือ จะเกิดการเติมน้ำเข้าสู่ระบบน้ำบาดาลในกรณีที่มีน้ำท่วมยาวนานถึง คือ ระหว่างเดือนเมษายน ถึง มิถุนายน และเดือน

สิงหาคม ถึง พฤศจิกายน กล่าวคือ ในช่วงแรกที่มีการส่งน้ำเข้าพื้นที่ชลประทานจะมีการใช้น้ำเข้าในแปลงนาประมาณ 3 เดือน และช่วงที่ 2 คือ การผันน้ำท่วมเข้าอีกประมาณ 4 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-2

รูปที่ 6-2 โครงการบางระกำโมเดล บูรณาการการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำ รองรับน้ำหลาก (กรมชลประทาน)

6.3 รูปแบบการเพิ่มเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล

รูปแบบการเพิ่มเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาลต้องดำเนินการให้มีความเหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ วิธีการเติมน้ำขึ้นอยู่กับลักษณะของชั้นน้ำบาดาล ภูมิประเทศ การใช้ที่ดิน และปริมาณการใช้น้ำบาดาล (ดัดแปลงจากรายงานโครงการศึกษาทดลองการเติมน้ำลงสู่ชั้นใต้ดินผ่านระบบสระน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือตอนล่าง จังหวัดพิษณุโลก สุโขทัย และพิจิตร กรมทรัพยากรน้ำบาดาล พ.ศ. 2554)

วิธีการเพิ่มเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลสรุปได้มี 12 วิธี (Dillon, 2005, extended in EPHC, 2008) ได้แก่

1) การเติมน้ำผ่านบ่อน้ำบาดาลระดับลึกเพื่อกักเก็บและสูบกลับขึ้นมาใช้ (Aquifer Storage and Recovery, ASR) เป็นวิธีการอัดน้ำผ่านบ่อน้ำบาดาลลงไปในชั้นน้ำบาดาลระดับลึกเพื่อเก็บน้ำไว้ในฤดูแล้งหรือช่วงเวลาที่ต้องการ และการเติมน้ำผ่านบ่อน้ำบาดาลระดับลึกเพื่อกักเก็บและส่ง

ต่อไปเพื่อสูบใช้ในพื้นที่อื่น(Aquifer Storage Transfer and Recovery, ASTR) เป็นกระบวนการอัดน้ำผ่านบ่อน้ำบาดาล แต่สูบขึ้นมาใช้ในบ่อผลิตในพื้นที่อื่นที่อยู่ในพื้นที่เป้าหมาย

2) การเติมผ่านบ่อแห้ง (Dry Wells) ส่วนใหญ่เป็นบ่อน้ำตื้น การเติมน้ำทำโดยการปล่อยน้ำที่มีคุณภาพดีลงไปในระดับลึกโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง เป็นการเติมน้ำในบริเวณที่มีการใช้น้ำในระดับตื้น ซึ่งส่งผลให้ระดับน้ำลดลงมาก การเติมน้ำด้วยวิธีนี้สามารถผันน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินให้เติมลงไปสู่ชั้นน้ำบาดาลโดยตรงชั้นน้ำบาดาลต้องมีความสามารถยอมให้น้ำซึมผ่านได้ดี คุณภาพแหล่งน้ำที่ใช้เติมลงสู่ชั้นน้ำบาดาลต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำเดิม บริเวณพื้นที่ชุมชนน้ำที่ไหลบ่าในฤดูฝนสามารถทำร่องระบาย เติมผ่านตัวกรองลงสู่บ่อน้ำบาดาลได้

3) ฝายเติมน้ำ (Percolation Tanks หรือ Recharge Weirs) เป็นการกักเก็บน้ำผิวดินเพื่อให้น้ำไหลซึมลงสู่ชั้นน้ำบาดาล ซึ่งบริเวณที่เหมาะสมในการสร้างฝายเติมน้ำต้องมีพื้นที่รับน้ำของลำน้ำและปริมาณน้ำฝนมากเพียงพอ ควรมีลักษณะของชั้นน้ำบาดาลที่มีความสามารถในการซึมผ่านได้ดี ชั้นน้ำบาดาลด้านล่างฝายเติมน้ำต้องมีความต่อเนื่องไปจนถึงพื้นที่รับประโยชน์ ฝายเติมน้ำควรสร้างบริเวณด้านล่างของบริเวณ Run Off Zone หรือบริเวณที่มีความลาดชันระหว่าง 3-5%

4) การเก็บเกี่ยวน้ำฝน (Rainwater Harvesting) เป็นวิธีการรวบรวมน้ำฝนจากหลังคาบ้านเรือนแล้วส่งต่อลงบ่อน้ำตื้นหรือหลุมที่มีทรายหรือกรวดบรรจุอยู่ วิธีการนี้เปรียบเสมือนการนำน้ำฝนที่เหลือใช้ไปเก็บไว้ใต้ดิน เพื่อนำน้ำขึ้นมาใช้ในช่วงที่ขาดแคลน การเติมน้ำโดยวิธีนี้สามารถทำได้ในพื้นที่ชุมชนที่มีหลังคาหรือส่วนที่รองรับน้ำฝน วิธีการนี้เหมาะสมกับบริเวณที่รองรับด้วยชั้นน้ำไร้แรงดันและเป็นบริเวณที่มีการลดระดับของน้ำบาดาลเพื่อให้สามารถมีระยะกักเก็บน้ำที่เติมลงไปใหม่ได้

5) การสูบน้ำผ่านตะกอนตลิ่งแม่น้ำ (River Bank Filtration, RBF) เป็นวิธีการโน้มเหนี่ยวการไหลซึมของน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินให้เข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล โดยใช้น้ำจากแม่น้ำ แอ่งน้ำ หรือทะเลสาบ ใช้ตะกอนดินทรายในธรรมชาติช่วยกรองน้ำ โดยทั่วไปใช้วิธีนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภค

6) ระเบียงเติมน้ำ (Infiltration Galleries) เป็นการใช้ร่องคูบรรจุวัสดุพรุน ที่กลบปิดด้วยดินเดิม รับน้ำดิบและปล่อยผ่านแรงโน้มถ่วงให้ซึมลงไปเพิ่มเติมในชั้นน้ำบาดาลที่ไม่มีแรงดัน วิธีนี้เป็นวิธีที่ลงทุนสูงแต่ประหยัดเนื้อที่เหมาะสมกับพื้นที่เมือง ที่อยู่อาศัย หรือสวนสาธารณะ

7) การเติมน้ำผ่านสันทราย (Dune Filtration) เป็นการเติมน้ำตามหลักวิธี Bank Filtration แต่ใช้น้ำจากสระน้ำหรือเขื่อนที่สร้างขึ้นบนเนินทราย สูบน้ำขึ้นไปกักเก็บไว้ โดยทั่วไปใช้วิธีนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ และช่วยสร้างสมดุลให้เกิดในระบบและตอบสนองการใช้น้ำจากใต้ดิน

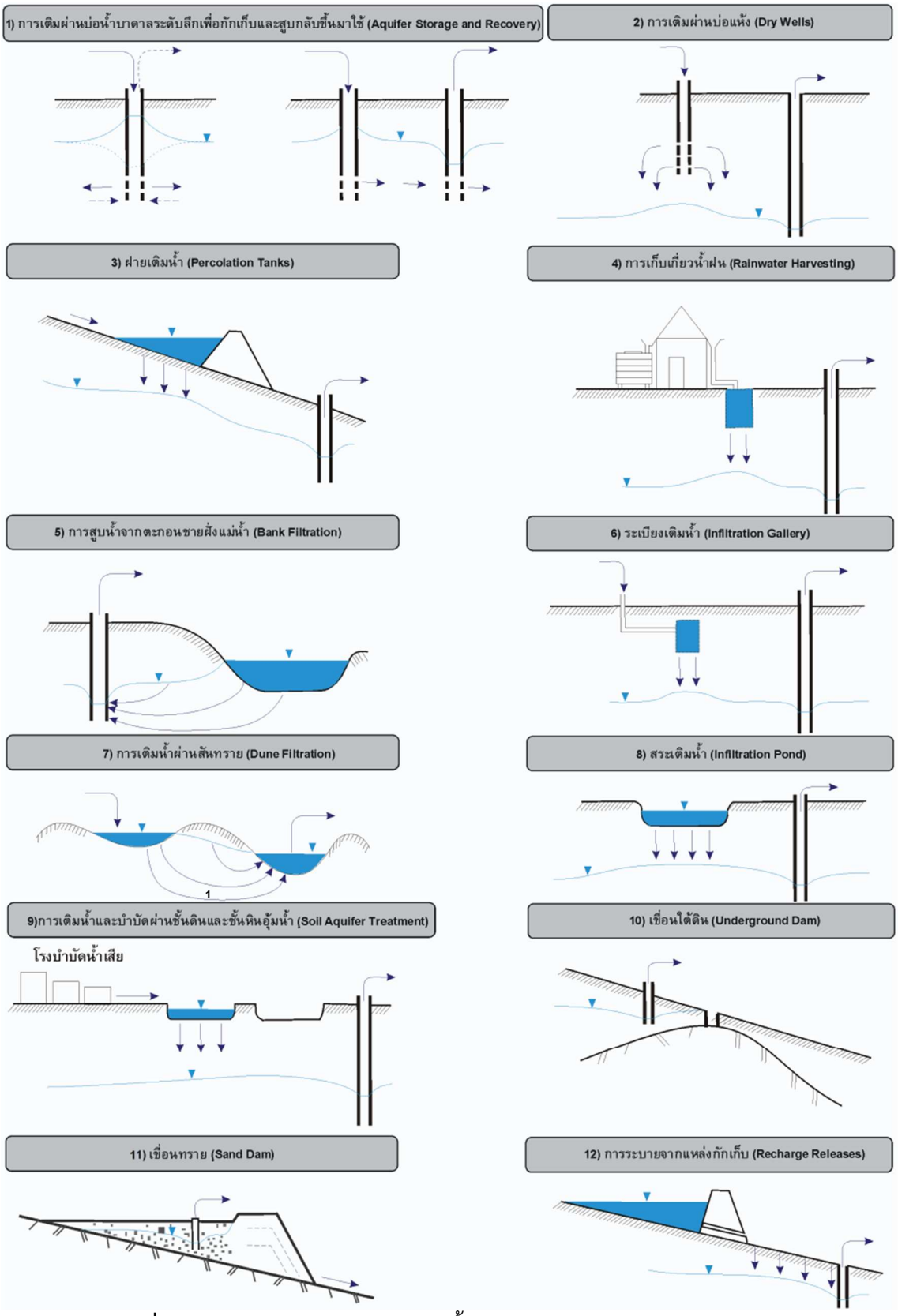
8) การเติมน้ำผ่านสระ (Infiltration Pond) เป็นการสร้างสระน้ำในพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มเวลาและพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำกับผิวดินให้มากขึ้นในพื้นที่ที่มีตะกอนดินทรายที่ซึมได้เร็ว และมีแหล่งน้ำดิบที่มีปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสมต่อการเติมลงไปกักเก็บไว้ในชั้นน้ำบาดาล

9) การเติมน้ำและบำบัดผ่านชั้นดินและชั้นหินอุ้มน้ำ (Soil Aquifer Treatment, SAT) เป็นการใช้น้ำหมุนเวียนผ่านการนำน้ำเสียที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้นแล้วปล่อยให้ซึมผ่านสระเพื่อให้น้ำซึมลงใต้ดิน โดยอาศัยชั้นดินชั้นหินเป็นตัวช่วยกรองและปรับปรุงคุณภาพน้ำตามระยะทางที่น้ำไหลผ่าน แล้วสูบกลับขึ้นมาใช้ใหม่

10) เขื่อนใต้ดิน (Underground Dam) เป็นวิธีการสร้างอ่างเก็บน้ำบาดาล โดยการสร้างผนังกั้นขวางเส้นทางไหลของน้ำบาดาล เพื่อยกระดับและเพิ่มปริมาณน้ำกักเก็บไว้ใช้ในพื้นที่ชุมชนหรือการชลประทาน ในช่วงเวลาที่ต้องการใช้น้ำ พื้นที่ที่เหมาะสมของวิธีนี้ต้องมีหินแข็งรองรับด้านล่างเพื่อความมั่นคงของโครงสร้าง ชั้นน้ำบาดาลบริเวณเขื่อนต้องมีการซึมผ่านได้ดี และควรหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงในการเกิดธรณีพิบัติภัย เช่น แผ่นดินไหว

11) เขื่อนทราย (Sand Dam) เป็นวิธีการเก็บน้ำบาดาล โดยสร้างฝายกักเก็บน้ำและตะกอนทรายไว้เหนือพื้นที่ที่มีชั้นดินทรายร่วนทับถมกันอยู่หนาพอสมควร โดยเฉพาะในบริเวณที่ชั้นดินทรายร่วนเหล่านี้ทับถมตัวอยู่บนชั้นหินเนื้อแน่น น้ำฝนที่ตกลงมาเก็บกักอยู่ในอ่างน้ำ จะซึมลงไปเก็บอยู่ในรูพรุนของทราย การเจาะบ่อเพื่อนำน้ำขึ้นมาใช้สามารถเจาะบริเวณท้องหรือขอบอ่างเก็บน้ำ

12) การระบายจากแหล่งกักเก็บน้ำ (Reservoir Releases) เป็นวิธีการปล่อยน้ำจากเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำอย่างช้าๆ ที่สัมพันธ์กับปริมาณการไหลซึมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำที่รองรับอยู่ด้านล่าง



รูปที่ 6-3 วิธีการในการจัดการการเติมน้ำใต้ดิน (ดัดแปลงจาก Dillon, 2005)
(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2563)

6.4 การเพิ่มเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาในอนาคต ควรมีการศึกษาการประยุกต์ธนาคารน้ำบาดาล (Groundwater Bank) (พัชรศักดิ์ อาลัย, 2563) แนวคิดที่ถูกต้องของธนาคารน้ำบาดาลคือ แนวคิดของธนาคารนั้นเอง คือ “ต้องคำนวณให้ได้ว่าฝากน้ำจากผิวดินไปสู่ชั้นน้ำบาดาลเท่าไร บัญชีหรือปริมาตรของชั้นน้ำบาดาลที่สามารถเก็บน้ำได้มีปริมาตรเท่าไร และสุดท้ายสามารถเบิกน้ำมาใช้ได้เท่าไรที่ไม่ทำให้บัญชีน้ำบาดาลติดลบในช่วงที่น้ำอุปทานจากน้ำผิวดินไม่เพียงพอเพื่อวัตถุประสงค์การใช้” ในประเทศสหรัฐอเมริการมีความก้าวหน้าในการประยุกต์ใช้ธนาคารน้ำบาดาล คือประชาชนสามารถบริหารจัดการการใช้ธนาคารน้ำบาดาลได้ ผ่านการซื้อหรือขายน้ำบาดาลตามสิทธิในทรัพยากรของน้ำบาดาลที่ตนเองมีสิทธิ

สำหรับการศึกษาการประยุกต์ใช้ธนาคารน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา ต้องมีการศึกษาการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ได้เท่าไรอย่างเหมาะสม เพื่อให้มีปริมาตรของชั้นน้ำบาดาลเหลือในการเก็บกักน้ำจากผิวดินไหลซึมลงสู่ใต้ดินในฤดูฝนที่มีน้ำมาก แล้วสามารถนำน้ำบาดาลที่เก็บกักไว้นี้มาเสริมใช้ในช่วงปี หรือฤดูกาลที่มีน้ำไม่เพียงพอจากการใช้น้ำผิวดิน มาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ทุ่งน้ำท่วมของแม่น้ำยม เพื่อเป็นกลไกในการบริหารจัดการในการเพิ่มความมั่นคงของน้ำด้านอุปทานโดยใช้น้ำบาดาลมาเสริมน้ำจากชลประทานหรือน้ำผิวดิน โดยการศึกษานี้จะดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาสมดุลน้ำในระบบที่พิจารณาทั้งหมด เช่น น้ำฝน การระเหย น้ำไหลเข้า น้ำไหลออกจากผิวดิน แหล่งน้ำผิวดินทั้งจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และน้ำในระบบชลประทานทั้งหมด
2. ศึกษารอบการเกิดซ้ำของน้ำท่วม หรือภัยแล้งของพื้นที่ศึกษา
3. ศึกษาแนวคิดของความจุของน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา คือ ต้องมีการศึกษาตั้งแต่ธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา ชลศาสตร์ของน้ำบาดาล และอื่น ๆ เป็นต้น
4. วิธีการของธนาคารน้ำบาดาลที่จะนำมาประยุกต์ใช้
5. วิธีการที่เหมาะสมในการเติมน้ำ และการบริหารจัดการพื้นที่เพาะปลูก
6. บัญชีธนาคารน้ำบาดาล
7. การบริหารจัดการทางด้านทรัพยากรน้ำ กฎหมาย วิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ สังคม และสิ่งแวดล้อม
8. ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์
9. การทดลองประยุกต์ใช้จริงควรมีระยะเวลาการศึกษาอย่างน้อยในระยะเวลาที่ได้ผลการศึกษาจากข้อ 2 เพื่อให้เห็นทั้งปีแล้งหรือปีน้ำท่วม

บทที่ 7
การกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสม ตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน

7.1 การศึกษาการใช้น้ำร่วม

จากผลการศึกษาการใช้น้ำเกษตรกรรมในเขตและนอกเขตชลประทาน การจัดสรรน้ำชลประทานที่แปลงนาในบทที่ 3 และปริมาณการสูบน้ำบาดาลของจังหวัดต่างๆในพื้นที่ศึกษาโดยใช้แบบจำลองในบทที่ 5 ได้สรุปสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลในเขตชลประทาน และนอกเขตชลประทานได้ดังตารางที่ 7-1 และตารางที่ 7-2 ตามลำดับ

สัดส่วนการใช้น้ำร่วมเพื่อการเกษตรในเขตชลประทานในพื้นที่ศึกษามีสัดส่วนอยู่ในช่วงร้อยละ 1.3 – 5.7 โดยจังหวัดสุโขทัยมีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลสูงที่สุด โดยมีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลอยู่ในช่วงร้อยละ 4.7 – 7.3 ในปีพ.ศ. 2557 และ 2558 ที่เป็นปีน้ำน้อย จังหวัดอุตรดิตถ์ นครสวรรค์ พิจิตร และพิษณุโลกมีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลที่สูงขึ้น

สัดส่วนการใช้น้ำร่วมเพื่อการเกษตรนอกเขตชลประทานในพื้นที่ศึกษามีสัดส่วนอยู่ในช่วงร้อยละ 0.2 – 9.5 โดยจังหวัดพิจิตรมีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลสูงที่สุด โดยมีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลอยู่ในช่วงร้อยละ 5.1 – 18.3 ในปีพ.ศ. 2557 และ 2558 ที่เป็นปีน้ำน้อย จังหวัดพิจิตร พิษณุโลก และสุโขทัย มีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลที่สูงขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2558 จังหวัดพิจิตรมีสัดส่วนการใช้น้ำร่วมร้อยละ 18.3 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสัดส่วนการใช้น้ำร่วมที่ร้อยละ 9.5 จังหวัดสุโขทัยมีสัดส่วนการใช้น้ำร่วมร้อยละ 13.2 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสัดส่วนการใช้น้ำร่วมที่ร้อยละ 8.5 และจังหวัดพิษณุโลกมีสัดส่วนการใช้น้ำร่วมร้อยละ 4.1 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสัดส่วนการใช้น้ำร่วมที่ร้อยละ 2.6 สำหรับจังหวัดอุตรดิตถ์เป็นจังหวัดที่มีสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลนอกเขตชลประทานน้อยที่สุด โดยมีสัดส่วนเพียงร้อยละ 0.2

ตารางที่ 7-1 สัดส่วนการใช้น้ำร่วมเพื่อการเกษตรในเขตชลประทาน

	สัดส่วนการใช้น้ำผิวดินในเขตชลประทาน (ร้อยละ)							สัดส่วนการใช้น้ำใต้ดินในเขตชลประทาน (ร้อยละ)					
ปี พ.ศ.	อุตรดิตถ์	กำแพงเพชร	นครสวรรค์	พิจิตร	พิษณุโลก	สุโขทัย		อุตรดิตถ์	กำแพงเพชร	นครสวรรค์	พิจิตร	พิษณุโลก	สุโขทัย
2550	99.5	98.8	96.8	98.7	98.7	93.8		0.5	1.2	3.2	1.3	1.3	6.2
2551	99.4	98.7	96.8	98.6	98.5	94.3		0.6	1.3	3.2	1.4	1.5	5.7
2552	99.2	98.7	96.8	98.5	98.6	94.7		0.8	1.3	3.2	1.5	1.4	5.3
2553	98.8	98.1	96.6	96.7	95.8	92.7		1.2	1.9	3.4	3.3	4.2	7.3
2554	99.2	99.2	97.8	98.3	98.6	94.2		0.8	0.8	2.2	1.7	1.4	5.8
2555	99.1	98.9	97.3	98.2	98.5	94.5		0.9	1.1	2.7	1.8	1.5	5.5
2556	98.9	98.7	97.1	98.2	98.2	95.3		1.1	1.3	2.9	1.8	1.8	4.7
2557	98.6	98.7	95.9	97.5	97.9	94.7		1.4	1.3	4.1	2.5	2.1	5.3
2558	95.5	99.1	95.9	94.5	95.4	94.7		4.5	0.9	4.1	5.5	4.6	5.3
ค่าเฉลี่ย	98.7	98.8	96.8	97.7	97.8	94.3		1.3	1.2	3.2	2.3	2.2	5.7

ตารางที่ 7-2 สัดส่วนการใช้น้ำร่วมเพื่อการเกษตรนอกเขตชลประทาน

	สัดส่วนการใช้น้ำผิวดินนอกเขตชลประทาน (ร้อยละ)							สัดส่วนการใช้น้ำใต้ดินนอกเขตชลประทาน (ร้อยละ)					
ปีพ.ศ.	อุตรดิตถ์	กำแพงเพชร	นครสวรรค์	พิจิตร	พิษณุโลก	สุโขทัย		อุตรดิตถ์	กำแพงเพชร	นครสวรรค์	พิจิตร	พิษณุโลก	สุโขทัย
2550	99.8	86.6	91.4	87.2	97.0	92.1		0.2	13.4	8.6	12.8	3.0	7.9
2551	99.8	85.0	90.3	87.8	97.0	91.7		0.2	15.0	9.7	12.2	3.0	8.3
2552	99.8	90.0	91.6	91.7	97.5	92.8		0.2	10.0	8.4	8.3	2.5	7.2
2553	99.7	89.5	87.9	91.1	96.8	90.1		0.3	10.5	12.1	8.9	3.2	9.9
2554	99.8	94.1	92.8	94.9	98.3	93.7		0.2	5.9	7.2	5.1	1.7	6.3
2555	99.7	94.0	92.3	94.0	98.0	92.5		0.3	6.0	7.7	6.0	2.0	7.5
2556	99.7	93.1	91.3	93.0	97.9	91.7		0.3	6.9	8.7	7.0	2.1	8.3
2557	99.7	92.4	90.5	93.6	98.0	92.3		0.3	7.6	9.5	6.4	2.0	7.7
2558	99.8	92.9	90.1	81.7	95.9	86.8		0.2	7.1	9.9	18.3	4.1	13.2
ค่าเฉลี่ย	99.8	90.8	90.9	90.5	97.4	91.5		0.2	9.2	9.1	9.5	2.6	8.5

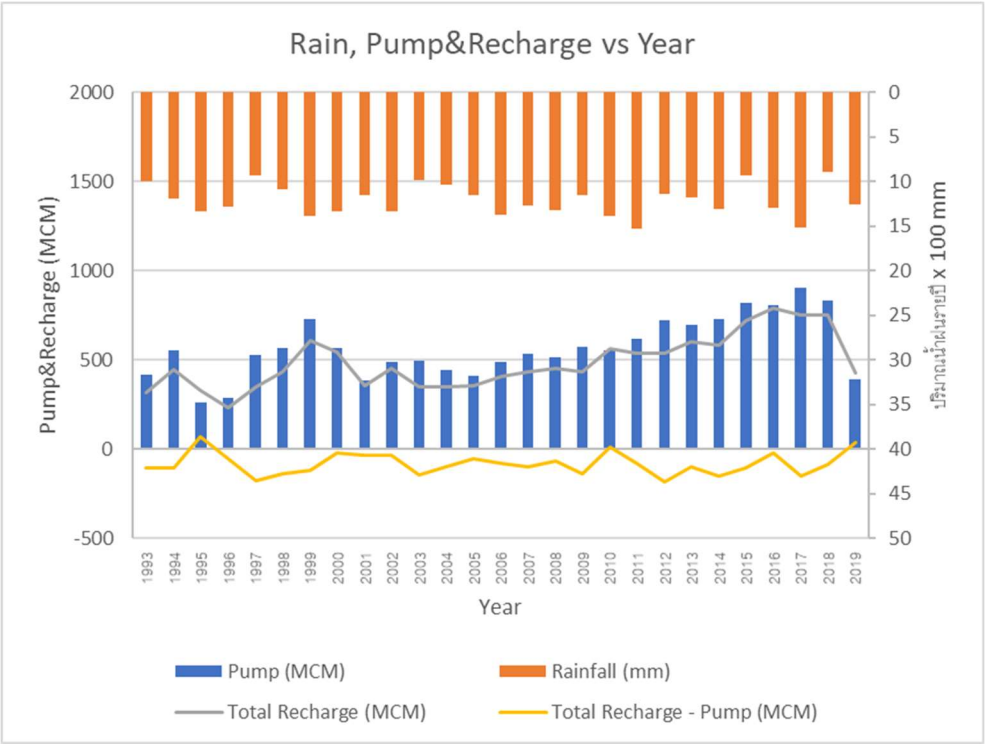
การศึกษาการใช้น้ำร่วมในพื้นที่ศึกษา จากการพิจารณาศักยภาพของสองโครงการขนาดใหญ่ที่จะดำเนินโดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาล คือ โครงการการเติมน้ำใต้ดินระดับตื้นฯ และกรมชลประทาน คือ โครงการบางระกำโมเดล บูรณาการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำ รองรับน้ำหลาก จะเห็นได้ว่าทั้งสองโครงการนี้มีศักยภาพมาก การศึกษาใช้น้ำร่วมต่อไปในอนาคตของผลกระทบของสองโครงการนี้ต่อน้ำบาดาลถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมากโดยควรดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ควรติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาล แบบ Real-Time กระจายทั้งพื้นที่ศึกษา
2. ควรติดตั้งเครื่องมือวัดระดับในแม่น้ำแบบ Real-Time กระจายตลอดแม่น้ำ หรือคลองที่สำคัญในพื้นที่ศึกษา
3. ควรติดตั้งเครื่องวัดอัตราการซึมทั้งในพื้นที่เกษตรกรรมรูปแบบต่าง ๆ
4. ควรติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบ Real-Time
5. ควร Run แบบจำลองที่เชื่อมโยงระหว่างน้ำผิวดิน และน้ำบาดาล ภายใต้เงื่อนไขของ Input, Stress ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจริงเพื่อประเมินปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำผิวดิน และน้ำบาดาลโดยใช้ข้อมูลจาก 1 – 4

6. นำผลการ Run และข้อมูลที่เก็บได้มาวาง Scenario ในการบริหารจัดการน้ำบาดาล และน้ำผิวดินในอนาคต เพื่อที่จะลดปัญหาภัยแล้ง และน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา
7. จัดทำ Protocol หรือ Rule Curve ในการบริหารการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดิน และน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา

7.2 การกำหนดรูปแบบแนวทางการใช้น้ำร่วมที่เหมาะสม

เมื่อทำการพิจารณาผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา พบว่า มีปริมาณน้ำที่เติมตามธรรมชาติจากน้ำฝนผ่านพื้นดิน (Rainfall or Land Recharge) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 213 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณน้ำที่เติมตามธรรมชาติผ่านแม่น้ำ (River Recharge) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 253 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ดังนั้นถ้านำปริมาณการเติมน้ำตามธรรมชาติผ่านพื้นดิน และผ่านแม่น้ำมารวมกันเป็นปริมาณการเติมน้ำทั้งหมดในพื้นที่ เรียกว่า ปริมาณการเติมน้ำตามธรรมชาติทั้งหมด (Total Recharge) แล้วนำมาเฉลี่ยปริมาณเติมน้ำตามธรรมชาติทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ 463 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ขณะที่ปริมาณสูบน้ำบาดาลเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา เช่น การเกษตรกรรม หรืออื่นมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 568 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฝนตกรายปี (มิลลิเมตร) ปริมาณการเติมน้ำตามธรรมชาติทั้งหมดรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร) ปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร) และผลต่างของปริมาณการเติมน้ำตามธรรมชาติทั้งหมดรายปี ลบด้วยปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร) (รูปที่ 7-1) จะทำให้เห็นส่วนปริมาณน้ำบาดาลที่ขาดจากความต้องการในสูบน้ำบาดาลในแต่ละปี



รูปที่ 7-1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฝนตกรายปี (มิลลิเมตร) ปริมาณการเติมน้ำตามธรรมชาติทั้งหมดรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร) ปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร) และผลต่างของปริมาณการเติมน้ำตามธรรมชาติทั้งหมดรายปี ลบด้วยปริมาณการสูบน้ำบาดาลรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร)

ซึ่งจะนำค่านี้ไปกำหนดเป็นวิธีการที่จะใช้น้ำร่วมเพื่อที่จะเติมน้ำจากผิวดินสู่น้ำบาดาลให้เพียงพอกับปริมาณสูบน้ำบาดาล ซึ่งจะนำไปสู่การป้องกันไม่ให้เสื่อมสภาพของน้ำบาดาลต่อไปในอนาคต หรือมีการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่ยั่งยืน จากรูปที่ 7-1 จะเห็นได้ว่าข้อมูลระหว่างปี ค.ศ. 1993 – 2019 ปริมาณฝนรายปีจะผันแปรอยู่ระหว่าง 889 – 1,526 มิลลิเมตร ปริมาณการเติมน้ำตามธรรมชาติทั้งหมดรายปีผันแปรระหว่าง 235 – 793 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ขณะที่ปริมาณการสูบน้ำบาดาลเพื่อมาใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นแรงกดดันมาจากปริมาณน้ำผิวดินต้นทุนที่มีจำกัด แต่ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร หรือภาคส่วนอื่น ๆ สูงขึ้นทำให้ความต้องการน้ำบาดาลเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จากสถิติจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำบาดาลที่สูบขึ้นมารายปีมีค่าอยู่ระหว่าง 259 – 902 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ทำให้มีปริมาณน้ำที่เติมตามธรรมชาติน้อยกว่าปริมาณน้ำบาดาลที่สูบ ในปีที่มีค่าผลต่างของปริมาณน้ำที่เติมตามธรรมชาติน้อยกว่าปริมาณน้ำบาดาลที่สูบมีค่าน้อยสุดคือ -185 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี 2012 และผลต่างนี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -81 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นเหตุให้ระดับน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษามีแนวโน้มลดลงไปเรื่อย ๆ จากข้อมูลสังเกตการณ์ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลช่วงบริเวณจังหวัดพิษณุโลกและพิจิตรระดับน้ำบาดาลลดลงมากกว่า 20 เมตรจากผิวดิน (ในปี 2562) เพื่อจะให้การใช้น้ำบาดาลที่ในพื้นที่อย่างยั่งยืน สามารถทำได้ 2 แนวทางคือด้าน อุปสงค์ และอุปทาน ในส่วนอุปสงค์ค่อนข้างจะยากเพราะ

เกี่ยวข้องโดยตรงกับมนุษย์ ดังนั้นสิ่งที่สามารถทำได้ คือ อุปทาน ถ้าในพื้นที่สามารถเพิ่มอัตราการซึมรายปีได้ในระดับค่าเฉลี่ยของผลต่างของปริมาณน้ำที่เติมตามธรรมชาติน้อยกว่าปริมาณน้ำบาดาลที่สูบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ -81 ล้านลูกบาศก์เมตร ก็จะทำให้ระดับน้ำบาดาลไม่ลดลง และการใช้น้ำบาดาลให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

ในปัจจุบันมี 2 หน่วยงานที่ดำเนินการเรื่องการเติมน้ำผิวดินลงสู่ชั้นน้ำบาดาลคือ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล และกรมชลประทาน ถ้าทำการคิดแบบสูงสุดที่จะเป็นไปได้ในการเติมน้ำจากผิวดินสู่น้ำบาดาลทั้งสองโครงการได้ โดยสมมติว่ามีการเติมน้ำอย่างต่อเนื่องในช่วงที่ดำเนินการโครงการ ในส่วนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล คือโครงการการเติมน้ำใต้ดินระดับตื้นฯ ได้ทำการก่อสร้างบ่อเติมน้ำแบบ Dry Well จำนวน 500 บ่อ ตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 6 ในอำเภอบางระกำซึ่งเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำของลุ่มน้ำยม จากการศึกษาโดยแบบจำลองน้ำบาดาลพบว่าบ่อเติมน้ำแบบ Dry Well นี้สามารถเติมน้ำได้วันละ 1 ลูกบาศก์เมตร ถ้าสมมติมีการเติมน้ำระหว่าง ในช่วงน้ำหลากระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง พฤศจิกายน ในแต่ละปีเป็นเวลา 4 เดือน คิดเป็น 122 วัน ใน 1 ปี บ่อเหล่านี้จะเติมน้ำได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ 500 บ่อ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 61,000 ลูกบาศก์เมตร

ขณะที่กรมชลประทานตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 6 โครงการบางระกำโมเดล บูรณาการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำ รองรับน้ำหลาก มีการส่งน้ำเพื่อการเพาะปลูกข้าวก่อนฤดูกาล 3 เดือน คือ เดือนเมษายน ถึงมิถุนายน โดยมีอัตราการรั่วซึมจากนาข้าวอยู่ที่ประมาณ 1.5 มิลลิเมตรต่อวัน เป็นพื้นที่ทั้งหมด 382,000 ไร่ หรือคิดเป็น 611 ล้านตารางเมตร ในช่วงเพาะปลูกจะมีปริมาณน้ำซึมลงพื้นที่คิดเป็นน้ำที่เติมสู่ชั้นน้ำบาดาลประมาณ 0.15 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.3 ล้านลูกบาศก์เมตร

ขณะที่ในช่วงฤดูน้ำหลากจะมีพื้นที่หน่วงน้ำใน 4 เดือน คือ เดือนสิงหาคม ถึง พฤศจิกายน ในพื้นที่ขนาดเดียวกันคือ 611 ล้านตารางเมตร ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณการซึมได้ เป็น 4 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 43.6 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากทั้งสองช่วงเวลาของโครงการฯ จะสามารถเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลได้ ประมาณ 35.3 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งต้องมีการเติมแบบนี้ประมาณ 3 พื้นที่ จึงคิดว่าจะเพียงพอสำหรับความต้องการน้ำบาดาลเฉลี่ยในปัจจุบัน

ถ้านำผลการคำนวณการเติมน้ำผิวดินสู่น้ำบาดาลจาก 2 หน่วยงานข้างต้น และนำมากำหนดเป็น Scenarios ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 7-3 จะเห็นได้ว่าทุก Scenarios 1-2 ที่มีโครงการโครงการบางระกำโมเดล บูรณาการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำ รองรับน้ำหลาก จะมีปริมาณการเติมน้ำผิวดินสมดุลกับปริมาณน้ำบาดาลที่สูบขึ้นมาใช้เฉลี่ย ยกเว้นกรณี Scenario ที่ 4 เท่านั้น คือ ไม่คิดการซึมจากการเพาะปลูกนอกฤดูในพื้นที่โครงการ และมีการผันน้ำท่วมเต็มพื้นที่โครงการในระยะเวลา 1 เดือน ดังนั้น

แนวทางที่กำหนดการใช้น้ำร่วมที่เหมาะสม คือ การประยุกต์ใช้โครงการบางระกำโมเดล บูรณาการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำ รองรับน้ำหลาก ของกรมชลประทาน ร่วมกับ โครงการการเติมน้ำใต้ดินระดับตื้นฯ ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลจะทำให้ เกิดแนวทางการใช้น้ำร่วมที่ยั่งยืน

ตารางที่ 7-3 Scenario การผันน้ำในพื้นที่ศึกษา

Scenario	โครงการบางระกำโมเดล กรมชลประทาน			โครงการเติมน้ำใต้ดินระดับตื้น กรมทรัพยากรน้ำบาดาล น้ำหลากเติมเข้า Dry Well 500 บ่อ (ส.ค.-พ.ย.) (ล้านลูกบาศก์เมตร)	ปริมาณน้ำรวม (ล้านลูกบาศก์เมตร)
	เพาะปลูกนอกฤดู (เม.ย.-ก.ค.) (ล้านลูกบาศก์เมตร)	ผันน้ำหลากเข้าพื้นที่ (ส.ค.-พ.ย.) (ล้านลูกบาศก์เมตร)	รวมปริมาณการเติมน้ำ ต่อ 1 โครงการฯ (ล้านลูกบาศก์เมตร)		
1. มีการเติมน้ำเต็มช่วงเวลาดำเนินการ	83	223	306	0.061	306.061
2. ไม่คิดการเพาะปลูกนอกฤดูและมีน้ำท่วม 4 เดือน	0	224	224	1.061	225.061
3. ไม่คิดการเพาะปลูกนอกฤดูและมีน้ำท่วม 2 เดือน	0	112	112	0.5305	112.5305
4. ไม่คิดการเพาะปลูกนอกฤดูและมีน้ำท่วม 1 เดือน	0	56	56	0.01525	56.01525
5. มีการเติมน้ำเต็มช่วงเวลาดำเนินการแต่พื้นที่น้ำท่วม 50%	83	111.5	194.5	0.061	194.561
6. คิดการเพาะปลูกและมีการเติมน้ำเต็มช่วงเวลา 2 เดือน แต่พื้นที่น้ำท่วม 50%	83	55.75	138.75	0.0305	138.7805
7. คิดการเพาะปลูกและมีการเติมน้ำเต็มช่วงเวลา 2 เดือน แต่พื้นที่น้ำท่วม 25%	83	27.875	110.875	0.0305	110.9055

บทที่ 8
บทสรุป

โครงการนี้มีผลการศึกษาในแต่ละด้าน ได้แก่ สภาพน้ำผิวดิน สภาพน้ำบาดาล ระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ การพัฒนาแบบจำลอง สมดุลน้ำบาดาล ศักยภาพน้ำบาดาล การฟื้นคืนระดับน้ำบาดาลโดยการเติมน้ำบาดาล การประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและปีน้ำ รูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน การกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน สรุปได้ดังนี้

8.1 สภาพน้ำผิวดิน

การศึกษาสภาพน้ำผิวดินได้ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน น้ำท่า และปริมาตรน้ำใช้การ ณ วันที่ 31 ตุลาคมในอ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลัก ซึ่งประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ และได้ทำการวิเคราะห์สมดุลน้ำโดยใช้ขอบเขตของลุ่มน้ำย่อยและขอบเขตของอำเภอในการกำหนดขอบเขตหน่วยย่อย การคำนวณการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมหลักในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย อุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม การเกษตร ธุรกิจ หน่วยงานราชการและรักษาระบบนิเวศ สำหรับการจัดสรรน้ำอ้างอิงจากการศึกษาโครงการ วิเคราะห์สถานะของความมั่นคงด้านน้ำ ผลิตภาพจากน้ำ และภัยพิบัติเพื่อใช้ในการจัดทำแผนแม่บท โดยเฉพาะด้านน้ำ (รายงานฉบับสมบูรณ์, สกสว. 2562) โดยพิจารณาจากการเก็บกักแหล่งน้ำขนาดเล็ก การผลิตน้ำของการประปาและการจัดสรรน้ำผ่านคลองสายรอง การสูบน้ำและจัดสรรน้ำของหน่วยงานของรัฐ การส่งผ่านน้ำจากจุดกระจายน้ำของหน่วยงานของรัฐ การจัดสรรที่แปลงนาและการจำหน่ายของการประปา การส่งน้ำจากคลองส่งน้ำสายรองไปยังคลองซอยและกระบวนการกระจายน้ำผลิตจากแหล่งผลิตกระจายไปยังผู้ใช้น้ำ

จากข้อมูลปริมาตรน้ำใช้การ ณ วันที่ 31 ตุลาคมในอ่างเก็บน้ำ 4 เขื่อนหลัก ซึ่งประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ปีที่มีปริมาตรน้ำใช้การค่อนข้างน้อยมาก ได้แก่ ปี พ.ศ. 2557 และ 2558 ในการวิเคราะห์สภาพการขาดแคลนน้ำ จึงทำการวิเคราะห์ใน 2 ปีนี้ โดยในปี พ.ศ. 2557 ปริมาณน้ำขาดแคลนในภาคการเกษตรในเขตชลประทานประมาณ 1,058 ล้านลูกบาศก์เมตร นอกเขตชลประทาน 697 ล้านลูกบาศก์เมตร ปี พ.ศ. 2558 ปริมาณน้ำขาดแคลนในภาคการเกษตรในเขตชลประทานประมาณ 1,105 ล้านลูกบาศก์เมตร นอกเขตชลประทาน 736 ล้านลูกบาศก์เมตร

จากการทบทวนการศึกษาสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินที่ผ่านมาในพื้นที่ศึกษาที่มีการลงสำรวจการใช้น้ำ จากผลการศึกษาการใช้น้ำเกษตรกรรมในเขตและนอกเขตชลประทานของพื้นที่ลุ่มน้ำต่างๆในพื้นที่ศึกษาของโครงการการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณภาคกลางตอนบน (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2549) พบว่า ในเขตชลประทานเกษตรกรจะได้รับน้ำจัดสรรจากอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ หรือโครงการชลประทาน เพียงร้อยละ 60 ของความต้องการน้ำทั้งหมด ในขณะที่มีการใช้น้ำบาดาลเสริมเพียงร้อยละ 10 ของความต้องการน้ำทั้งหมด ซึ่งลุ่มน้ำที่มีการใช้น้ำร่วมสูงสุด คือ ลุ่มน้ำน่าน มีการใช้น้ำผิวดิน ร้อยละ 50 และ น้ำบาดาล ร้อยละ 19 และพฤติกรรมการสูบน้ำจะเน้นไปที่ช่วงฤดูแล้งเป็นหลัก เนื่องจากปริมาณน้ำที่ได้รับจากการจัดสรรไม่เพียงพอต่อพื้นที่เพาะปลูก

สำหรับสัดส่วนการใช้น้ำร่วมนอกเขตชลประทานพบว่า มีการใช้น้ำผิวดินเพื่อการเกษตร ร้อยละ 94 ของความต้องการน้ำทั้งหมด และใช้น้ำบาดาลเสริมประมาณ ร้อยละ 6 ของความต้องการน้ำทั้งหมด โดยลุ่มน้ำปิงมีการใช้น้ำร่วมสูงสุด กล่าวคือ มีการใช้น้ำผิวดินร้อยละ 86 และน้ำบาดาลร้อยละ 14 ส่วนใหญ่มีการใช้น้ำบาดาลเสริมในช่วงฤดูแล้งเช่นเดียวกับพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทาน และเป็นที่น่าสังเกตว่า ในลุ่มน้ำยมเป็นลุ่มน้ำที่มีศักยภาพน้ำบาดาลมาก ซึ่งมีการใช้น้ำบาดาลเสริมในฤดูแล้งสูงถึงร้อยละ 53 ของความต้องการน้ำทั้งหมด ซึ่งจากผลการศึกษาสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลจากการศึกษาของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2549) นำมาใช้ประมาณการใช้น้ำบาดาลในการศึกษานี้

8.2 สภาพน้ำบาดาล

1) ข้อมูลบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษา

จำนวนบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 จังหวัด ซึ่งเป็นฐานข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่มีการการเก็บรวบรวมข้อมูลปี พ.ศ. 2533-2561 พบว่ามีจำนวนบ่อน้ำบาดาลสะสมจำนวน 161,891 บ่อ และ จากฐานข้อมูลของ กชช. 2ค ของกรมพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2558 พบว่ามีบ่อน้ำตื้น (ใส่ปลอกซีเมนต์, ไม้, คอนกรีต และบ่อดิน) ในพื้นที่ศึกษา จำนวน 74,553 บ่อ จำแนกเป็นบ่อขุดส่วนตัวจำนวน 66,256 บ่อ และบ่อขุดสาธารณะ จำนวน 8,297 บ่อ และบ่อน้ำบาดาล (บ่อตอกบ่อเจาะ) จำนวน 83,727 บ่อ จำแนกเป็น บ่อบาดาลส่วนตัว จำนวน 74,513 บ่อ และบ่อบาดาลสาธารณะ จำนวน 9,214 บ่อ

2) การประเมินอัตราการใช้น้ำบาดาล

ผลจากการประเมินปริมาณการสูบน้ำรายจังหวัดดังกล่าว พบว่าในพื้นที่ศึกษามีปริมาณการสูบน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 363-897 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี มีค่าเฉลี่ยการสูบน้ำบาดาลเท่ากับ 529 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี โดยในปี 2559 มีการสูบน้ำบาดาลมากสุดเท่ากับ 897 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณารายจังหวัดพบว่ามีค่าเฉลี่ยการสูบน้ำบาดาลในช่วง 19-168 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี โดยจังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณการสูบน้ำบาดาลสูงสุดกับ 168 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี และจังหวัดอุตรดิตถ์มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 19 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี ซึ่งผลการประเมินการสูบน้ำบาดาลเป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อทำการพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล

8.3 ระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

ทางโครงการฯได้ดำเนินการติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ จำนวน 4 ชุด ในบ่อสังเกตการณ์ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ดังนี้

1) วัดหนองหัวยาง (ม.7) หมู่ที่ 9 ตำบลท่าทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
2) วัดหนองต้นไทร หมู่ที่ 7 ตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร
3) วัดแปดอ้อม หมู่ที่ 7 ตำบลนิคมทุ่งโพธิ์ทะเล อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร
4) วัดหนองบัว หมู่ที่ 4 ตำบลหนองบัว อำเภอศรีนคร จังหวัดสุโขทัย

8.4 การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล

ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสภาพน้ำบาดาล ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับภูมิประเทศและการปกครอง ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยาน้ำผิวดิน ข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกวิทยาน้ำบาดาล และข้อมูลด้านปริมาณการใช้น้ำ และความต้องการใช้น้ำ

แบบจำลองสภาพน้ำบาดาลในการศึกษานี้มีจำนวน 2 ชั้นน้ำ มีหน่วยย่อยของพื้นที่การคำนวณเป็นรูปสี่เหลียมจัตุรัสที่มีขนาดกว้าง 2 กิโลเมตร ยาว 2 กิโลเมตร มีจำนวนกริด ในชั้นที่ 1 เท่ากับ 4,947 และในชั้นที่ 2 เท่ากับ 7,015 กริด ในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองนั้น อาศัยข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาเรื่องการตัดแนวตัดขวาง พบว่าทางด้านแถบสุโขทัยลงมาจนถึงชัยนาทมีแนวหินแข็งซึ่งถือเป็นแนวเขตการจำลองน้ำบาดาลทางด้านตะวันตก และทางแถบจังหวัดอุตรดิตถ์ลงมาถึงนครสวรรค์มีแนวหินแข็งเช่นกัน ดังนั้นทางแถบด้านตะวันออกนี้กำหนดให้เป็นขอบเขตการจำลองเช่นกัน ทางทิศเหนือ คือ จังหวัดสุโขทัยและอุตรดิตถ์ถูกปิดล้อมชั้นหินแข็งเช่นกัน จึงกำหนดให้แนวทั้งสามให้มีค่าเงื่อนไขขอบเขต

แบบอัตราการไหลเข้าคงที่ ทิศใต้กำหนดให้มีแนวการไหลของน้ำบาดาลโดยกำหนดให้มีค่าเงื่อนไขขอบเขตแบบอัตราการไหลออกคงที่ ยกเว้นบริเวณตะวันออกของด้านใต้ซึ่งชนกับแนวหินจึงกำหนดให้เป็นแบบอัตราการไหลเข้าคงที่ ส่วนในชั้นน้ำส่วนล่าง ทิศเหนือ ตะวันออกและตะวันตกติดกับชั้นหินแข็งจึงกำหนดให้เป็นขอบเขตแบบไม่มีการไหล ส่วนทิศใต้กำหนดให้เป็นแนวการไหลของน้ำบาดาลที่มีอัตราคงที่เช่นกัน ด้านบนของแบบจำลองกำหนดให้เปิดสู่บรรยากาศ ด้านล่างกำหนดให้เป็นขอบเขตที่ไม่ยอมให้น้ำไหลผ่าน

ผลการปรับเทียบแบบการจำลองการไหลในสภาวะคงตัวในปี พ.ศ. 2536 เพื่อปรับแก้หาสัมประสิทธิ์ความซึมได้ ปรับอัตราการสูบและการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ -0.34 เมตร ค่า mean absolute error เท่ากับ 1.23 ค่า root mean square error (RMSE) เท่ากับ 1.46 เมตร

ผลของการจำลองการไหลในสภาวะไม่คง เริ่มตัวตั้งแต่ฤดูฝนปี พ.ศ. 2536 ถึงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2553 เพื่อปรับแก้หาสัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.17 เมตร ค่า mean absolute error เท่ากับ 1.04 ค่า root mean square error (RMSE) เท่ากับ 1.35 เมตร

ผลเปรียบเทียบระดับน้ำของปี พ.ศ. 2553-2559 จากผลการจำลองในสภาวะไม่คงตัว เพื่อหาความความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.27 เมตร ค่า mean absolute error เท่ากับ 1.3 ค่า root mean square error (RMSE) เท่ากับ 1.68 เมตร

จากผลการปรับเทียบและสอบทานดังกล่าวข้างต้นมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้ในการจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาล

8.5 สมดุลน้ำบาดาล

เมื่อแบบจำลองน้ำบาดาลได้ผ่านขั้นตอนการปรับเทียบและตรวจสอบแล้ว จากการพิจารณาปริมาณน้ำไหลเข้าและออกจากแอ่งน้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2546 พบว่าปริมาณน้ำบาดาลภายในแอ่งถูกเติมน้ำ (Recharge) ปริมาณน้ำที่เติมจากผิวดิน (Recharge) 151 ล้านลูกบาศก์เมตร ในฤดูฝน และ 51 ล้านลูกบาศก์เมตร ในฤดูแล้ง ซึ่งมีทั้งการเติมน้ำจากลำน้ำธรรมชาติและการซึมลงจากผิวดินโดยตรง และน้ำบางส่วนจะไหลลงสู่แอ่งน้ำบาดาลส่วนล่างบริเวณจังหวัดนครสวรรค์ นอกจากนั้นยังพบว่าการเติม

น้ำจากแม่น้ำยังมีบทบาทที่สำคัญโดยในช่วงฤดูแล้งเท่ากับ 129 ล้านลูกบาศก์เมตร ในการเติมน้ำเข้าสู่แอ่งน้ำบาดาลนอกเหนือจากการซึมผ่านผิวดิน ในทางกลับกันในฤดูแล้ง พบว่าน้ำบาดาลได้เติมน้ำกลับเข้าสู่ลำน้ำในปริมาณที่มากซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำบาดาลมีส่วนช่วยในการกักเก็บน้ำผิวดิน และเติมกลับสู่ผิวดินผ่านทางลำน้ำ

จากผลของการจำลองด้วยแบบจำลองน้ำบาดาล สามารถสรุปสภาพค่าการเติมน้ำจากฝน ค่าการเติมน้ำจากแม่น้ำ ค่าปริมาณการสูบน้ำ ค่าปริมาณการเก็บกักที่เปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำบาดาลและปริมาณฝน รายฤดู ปี พ.ศ. 2536-2559 พบว่าในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยของค่าการเติมน้ำจากฝนเท่ากับ 162 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าการเติมน้ำจากแม่น้ำ 91 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าปริมาณการสูบน้ำ -194.13 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าปริมาณการเก็บกักที่เปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำบาดาลมีค่า 83.85 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณฝนมีค่า 987 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยในฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ยของค่าการเติมน้ำจากฝนเท่ากับ 51 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าการเติมน้ำจากแม่น้ำ 162 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าปริมาณการสูบน้ำ -374 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าปริมาณการเก็บกักที่เปลี่ยนแปลงของชั้นน้ำบาดาลมีค่า -91 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณฝนมีค่า 224 มิลลิเมตร

8.6 ศักยภาพน้ำบาดาล

จากการจำลองด้วยแบบจำลอง พบว่าค่าศักยภาพน้ำตามนิยามดังกล่าวทั้งพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 2,200 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี และเมื่อพิจารณาศักยภาพน้ำบาดาลรายจังหวัด พบว่า จังหวัดนครสวรรค์มีค่าเท่ากับ 519 ล้านลูกบาศก์เมตร อุตรดิตถ์มีค่าเท่ากับ 75 ล้านลูกบาศก์เมตร กำแพงเพชรมีค่าเท่ากับ 226 ล้านลูกบาศก์เมตร สุโขทัยมีค่าเท่ากับ 432 ล้านลูกบาศก์เมตร พิจิตรมีค่าเท่ากับ 416 ล้านลูกบาศก์เมตร และพิษณุโลกมีค่าเท่ากับ 533 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณาจากการสูบน้ำในปี 2560 พบว่าจะยังมีน้ำบาดาลสำรองที่จะใช้ได้อยู่อีก 1,441 ล้านลูกบาศก์เมตร แยกตามรายจังหวัดดังนี้นครสวรรค์มีค่าเท่ากับ 274 ล้านลูกบาศก์เมตร อุตรดิตถ์มีค่าเท่ากับ 63 ล้านลูกบาศก์เมตร กำแพงเพชรมีค่าเท่ากับ 160 ล้านลูกบาศก์เมตร สุโขทัยมีค่าเท่ากับ 272 ล้านลูกบาศก์เมตร พิจิตรมีค่าเท่ากับ 256 ล้านลูกบาศก์เมตร และพิษณุโลกมีค่าเท่ากับ 416 ล้านลูกบาศก์เมตร

8.7 การฟื้นคืนระดับน้ำบาดาลโดยการเติมน้ำบาดาล

จากการจำลองเมื่อกำหนดพื้นที่เติมน้ำใน 3 hotspot zone ด้วยอัตราการเติม 4,500 ลูกบาศก์เมตร/วัน/พื้นที่เติมน้ำแบบสระ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2563) ขนาดพื้นที่เติมน้ำ 3,200 ตารางเมตร (2 ไร่) พบว่า สามารถยกระดับน้ำขึ้นมาตามเป้าหมายที่วางไว้ในแต่ละพื้นที่ ซึ่งในบริเวณ hotspot

zone 1 กำหนดมีพื้นที่เติมน้ำอยู่ 7 จุด มีค่าการเติมน้ำอยู่ในช่วง 3.8-7.4 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.4 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี hotspot zone 2 กำหนดมีพื้นที่เติมน้ำอยู่ 7 จุด มีค่าการเติมน้ำเท่ากับ 3.8-7.4 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.4 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี hotspot zone 3 กำหนดมีพื้นที่เติมน้ำอยู่ 2 จุด มีค่าการเติมน้ำเท่ากับ 1.1-2.3 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี

8.8 การประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและปีน้ำ

นำผลการจำลองสภาพระดับน้ำบาดาลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536-2559 และช่วงอนาคตปี พ.ศ. 2560-2580 นำชุดข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการหาความสัมพันธ์ เพื่อประเมินหาอัตราการสูบน้ำเมื่อทราบค่าระดับน้ำบาดาล ปริมาณฝน และค่าปริมาณเก็บกักน้ำในเขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์ โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neuron Network : ANN) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) มีรูปแบบโครงสร้างและการทำงานของการประมวลผลเหมือนกับสมองของสิ่งมีชีวิตซึ่งมีปรับเปลี่ยนตัวเองต่อการตอบสนองของอินพุตตามกฎของการเรียนรู้ (learning rule) ได้ความสัมพันธ์นำไปใช้ในการพยากรณ์อนุกรมเวลา โดยในที่นี้จะเป็นการคาดการณ์การใช้น้ำของทั้ง 6 จังหวัด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือนรายจังหวัดพบว่าข้อมูลที่มีการกระจายค่อนข้างต่ำค่า R^2 ทั้งช่วง train และ verify ของ 6 จังหวัด มีค่ามากกว่า 0.9 จึงสามารถนำผลของความสัมพันธ์นี้ ได้แก่ ค่า weight ของ input และ bias ที่ได้ ซึ่งสามารถนำไปคาดการณ์ปริมาณการสูบน้ำรายเดือนต่อไปได้

8.9 รูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน

ในการศึกษาในอนาคต ควรมีการศึกษาการประยุกต์ธนาคารน้ำบาดาล (Groundwater Bank) ในพื้นที่ศึกษา ต้องมีการศึกษาการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ได้เท่าไรอย่างเหมาะสม เพื่อให้มีปริมาตรของชั้นน้ำบาดาลเหลือในการเก็บกักน้ำจากผิวดินไหลซึมลงสู่ใต้ดินในฤดูฝนที่มีน้ำมาก แล้วสามารถนำน้ำบาดาลที่เก็บกักไว้นี้มาเสริมใช้ในช่วงปี หรือฤดูกาลที่มีน้ำไม่เพียงพอจากการใช้น้ำผิวดิน มาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ทุ่งน้ำท่วมของแม่น้ำยม เพื่อเป็นกลไกในการบริหารจัดการในการเพิ่มความมั่นคงของน้ำด้านอุปทานโดยใช้น้ำบาดาลมาเสริมน้ำจากชลประทานหรือน้ำผิวดิน

8.10 การกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน

การศึกษาการใช้น้ำร่วมในพื้นที่ศึกษา จากการพิจารณาศักยภาพของสองโครงการขนาดใหญ่ที่จะดำเนินโดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาล คือ โครงการการเติมน้ำใต้ดินระดับตื้นฯ และกรมชลประทาน คือ โครงการบางระกำโมเดล บูรณาการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำ รองรับน้ำหลาก จะเห็นได้ว่าทั้งสองโครงการนี้มีศักยภาพมาก การศึกษาใช้น้ำร่วมต่อไปในอนาคตของผลกระทบของสองโครงการนี้ต่อน้ำบาดาลถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก

1. ควรติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาล แบบ Real-Time กระจายทั้งพื้นที่ศึกษา
2. ควรติดตั้งเครื่องมือวัดระดับในแม่น้ำแบบ Real-Time กระจายตลอดแม่น้ำ หรือคลองที่สำคัญในพื้นที่ศึกษา
3. ควรติดตั้งเครื่องวัดอัตราการซึมทั้งในพื้นที่เกษตรกรรมรูปแบบต่าง ๆ
4. ควรติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบ Real-Time
5. ควร Run แบบจำลองที่เชื่อมโยงระหว่างน้ำผิวดิน และน้ำบาดาล ภายใต้เงื่อนไขของ Input, Stress ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจริงเพื่อประเมินปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำผิวดิน และน้ำบาดาลโดยใช้ข้อมูลจาก 1 – 4
6. นำผลการ Run และข้อมูลที่เก็บได้มาวาง Scenario ในการบริหารจัดการน้ำบาดาล และน้ำผิวดินในอนาคต เพื่อที่จะลดปัญหาภัยแล้ง และน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา
7. จัดทำ Protocol หรือ Rule Curve ในการบริหารการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดิน และน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา

โครงการศึกษานี้ได้ดำเนินงานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ได้กำหนดในข้อเสนอโครงการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ได้พัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล ประกอบด้วยการจัดสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์จำลองการไหลน้ำบาดาลโดยใช้โปรแกรม MODFLOW การติดตั้งระบบวัด รวบรวมและส่งข้อมูลระดับน้ำบาดาลแบบอัตโนมัติและเป็นข้อมูลปัจจุบัน (real time) จัดเก็บข้อมูลในระบบ CLOUD และ ทำการรวบรวมข้อมูลระดับน้ำบาดาลที่มีการบันทึกจากบ่อสังเกตุการณ์ต่างๆที่มีในพื้นที่ศึกษาให้เป็นระบบฐานข้อมูลน้ำบาดาล ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน ทำให้สามารถประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ในสถานะการณ์น้ำแบบต่าง ๆ

แบ่งเป็นปีน้ำมาก ปกติและน้อย และรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาลเพื่อสนับสนุนการพัฒนาในพื้นที่

2. ได้พัฒนารูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน โดยศึกษาวิธีการเติมน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่กำลังดำเนินการศึกษาการเติมน้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2563 ในพื้นที่ศึกษา 2 วิธีคือการเติมน้ำผ่านบ่อและการเติมน้ำผ่านสระน้ำ นอกจากนี้ได้ศึกษาทบทวนวิธีการเติมน้ำบาดาลจากทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ได้ผลการศึกษาคือข้อมูลเบื้องต้นของอัตราการเติมน้ำบาดาลของแต่ละวิธี ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาติดตามข้อมูลของวิธีการเติมน้ำบาดาลอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลมากเพียงพอที่จะสรุปประสิทธิภาพและประสิทธิผลของวิธีการเติมน้ำบาดาลที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่
3. ได้พัฒนาเครื่องมือกำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อน โดยการจัดสร้างแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม (Artificial Neural Network หรือ ANN) สามารถประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพปริมาณฝน ระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อน ทำให้สามารถประเมินปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำขึ้นมาใช้ร่วมกับน้ำผิวดินอย่างเหมาะสมและยั่งยืน

ผลการศึกษาของโครงการนี้ส่งผลต่อเป้าหมายของแผนงานวิจัยเข็มมุ่ง(spearhead) คือ ผลิตผลงานวิจัยที่ตอบสนองความต้องการใช้งานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเช่นกรมทรัพยากรน้ำบาดาล มีความร่วมมือกับกรมทรัพยากรน้ำบาดาลอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มงานปี พ.ศ. 2562 จนสิ้นสุดโครงการปี พ.ศ. 2563 มีการออกภาคสนามและประชุมสอบถามข้อมูลการบริหารจัดการน้ำบาดาลรวมถึงการนำเสนอผลการศึกษา ที่สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 7 จังหวัดกำแพงเพชร มีการประชุมและนำเสนอผลการศึกษาที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่กรุงเทพฯ ในวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2563 โดยนำเสนอผลการศึกษา ถ่ายทอดความรู้จากงานวิจัย และส่งมอบระบบเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาลแบบอัตโนมัติและเป็นข้อมูลปัจจุบัน (real time) ที่ติดตั้งที่บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลที่อยู่ในการควบคุมและใช้งานของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ทำให้สามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้งานได้จริง ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารจัดการน้ำบาดาล นอกจากนี้ยังได้นำเสนอบทความทางวิชาการในการประชุมทางวิชาการ IWRA 2020 ในหัวข้อ “Addressing Groundwater Resilience under Climate Change" Session on “Groundwater Natural Resources Assessment under Climate Change” Abstract title “The impact of climate change towards groundwater use and mitigation in The Upper Central Plain Basin of Thailand” เมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2563

ผลการศึกษาของโครงการส่งผลต่อเป้าหมายของแผนงานวิจัยเข็มมุ่ง แบ่งออกเป็นภาพรวมและรายกลุ่มดังนี้

ภาพรวม : พัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่ภาคกลางตอนบน โดยพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล ประกอบด้วยการจัดสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์จำลองการไหลน้ำบาดาล ติดตั้งระบบวัด รวบรวมและส่งข้อมูลระดับน้ำบาดาลแบบอัตโนมัติและเป็นข้อมูลปัจจุบัน (real time) จัดเก็บข้อมูลในระบบ CLOUD พัฒนารูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน และจัดสร้างแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม (Artificial Neural Network หรือ ANN) สามารถประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลและปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำขึ้นมาใช้ร่วมกับน้ำผิวดินอย่างเหมาะสมและยั่งยืน

รายกลุ่ม : กลุ่มโครงงานวิจัยด้านพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ภาคกลาง แบ่งออกเป็นโครงงานศึกษาน้ำผิวดิน น้ำบาดาลและระบบรวบรวมฐานข้อมูล โครงงานศึกษาน้ำผิวดินประกอบด้วยโครงงานศึกษาบริหารจัดการน้ำของเขื่อนภูมิพล โครงงานพยากรณ์ฝนล่วงหน้า 14 วัน โครงงานศึกษาความต้องการใช้น้ำและโครงงานศึกษาแหล่งน้ำผิวดิน โดยมีเป้าหมายคือลดความต้องการใช้น้ำลง 15% และเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำให้ได้ถึง 85% เมื่อสิ้นสุดฤดูฝน ส่วนโครงงานศึกษาน้ำบาดาลพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลให้สามารถประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลและปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำขึ้นมาใช้ร่วมกับน้ำผิวดินอย่างเหมาะสมและยั่งยืน กำหนดให้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำเสริมให้กับน้ำผิวดินเมื่อมีน้ำผิวดินไม่เพียงพอต้อความต้องการใช้น้ำ ทุกกลุ่มโครงงานได้มีการนำเสนอผลการศึกษาต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง กลุ่มโครงงานศึกษาน้ำผิวดินได้นำเสนอผลการศึกษาต่อกรมชลประทานและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โครงงานศึกษาน้ำบาดาลได้นำเสนอผลการศึกษาต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ทุกโครงงานมีเป้าหมายของงานวิจัยคือให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องรับทราบผลศึกษาและนำไปประยุกต์ใช้ หรือไปศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารจัดการน้ำ

โครงการศึกษานี้ได้นำเสนอผลงานและผลการศึกษาอันความรู้ใหม่ หรือปรับปรุงจากการศึกษาเดิมให้มีความทันสมัยดังต่อไปนี้

1. จัดสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์จำลองการไหลน้ำบาดาลในพื้นที่ภาคกลางตอนบน โดยใช้โปรแกรม MODFLOW สามารถประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ในสถานะการณ์น้ำแบบต่างๆ แบ่งเป็นปีน้ำมาก ปกติและน้อย

2. ติดตั้งระบบวัด รวบรวมและส่งข้อมูลระดับน้ำบาดาลแบบอัตโนมัติและเป็นข้อมูลปัจจุบัน (real time) และจัดเก็บข้อมูลในระบบ CLOUD สามารถนำข้อมูลออกมาใช้งานได้สะดวกทันเหตุการณ์
3. นำเสนอรูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน โดยนำเสนอผลการศึกษาวิธีการเติมน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่กำลังดำเนินการศึกษาการเติมน้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2563 ในพื้นที่ศึกษา 2 วิธีคือการเติมน้ำผ่านบ่อและการเติมน้ำผ่านสระน้ำ
4. จัดสร้างแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม(Artificial Neural Network หรือ ANN) สามารถประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพปริมาณฝน ระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อน ทำให้ทราบปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำขึ้นมาใช้ร่วมกับน้ำผิวดินอย่างเหมาะสมและยั่งยืน

โครงการศึกษานี้ขอนำเสนอเปรียบเทียบผลงานและผลการศึกษากับกรณีที่ไม่ได้ทำงานโครงการวิจัยนี้หรือก่อนทำงานโครงการวิจัยนี้ แสดงให้เห็นผลที่แตกต่างจากการไม่ทำงานโครงการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ก่อนทำงานโครงการวิจัยนี้ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล โดยสำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล ได้ดำเนินโครงการระบบติดตามสถานการณ์น้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและคุณภาพน้ำบาดาล พร้อมทั้งดำเนินการประเมินผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาลจากการสูบใช้น้ำบาดาลระดับตื้นขึ้นมาใช้ในการเกษตรแต่ก็ไม่ได้ดำเนินการวิเคราะห์จัดทำแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำในสถานการณ์น้ำแบบต่าง ๆ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2561) เนื่องจากไม่สามารถระบุปริมาณที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมั่นใจ อันเนื่องมาจากยังไม่มีการพัฒนาระบบการประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลและบริหารจัดการตามสภาพปีน้ำ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในการรู้สภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้และจะโยงให้กรมชลประทานสามารถมีความชัดเจนในการนำน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำบาดาลมาใช้ในการบริหารจัดการได้ เมื่อเปรียบเทียบกับหลังทำงานโครงการวิจัยนี้ ได้พัฒนาระบบการประเมินสภาพปริมาณน้ำบาดาลโดยการจัดสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์จำลองการไหลน้ำบาดาล ทำให้รู้สภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้
2. ก่อนทำงานโครงการวิจัยนี้ กรมทรัพยากรน้ำบาดาลโดยสำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล มีบ่อสังเกตการณ์วัดข้อมูลระดับน้ำบาดาลแบบคนวัดและบันทึก (manual) แต่พบว่าไม่มีการวัดและบันทึกข้อมูลทุกช่วงเวลาที่กำหนดอย่างต่อเนื่องทำให้ข้อมูลขาดหาย

ไม่มีข้อมูลเพียงพอต่อการบริหารจัดการน้ำบาดาล เมื่อเปรียบเทียบกับหลังทำงานโครงการวิจัยนี้ ได้ติดตั้งระบบวัด รวบรวมและส่งข้อมูลระดับน้ำบาดาลแบบอัตโนมัติและเป็นข้อมูลปัจจุบัน (real time) และจัดเก็บข้อมูลในระบบ cloud สามารถนำข้อมูลออกมาใช้งานได้สะดวก ทันเหตุการณ์ ทำให้สามารถรู้สภาพปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้

3. ก่อนทำงานโครงการวิจัยนี้ พบว่าในพื้นที่ศึกษาได้มีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้อย่างมาก ในช่วงปีน้ำน้อยเช่นปี พ.ศ 2557 - 2558 ทำให้ระดับน้ำบาดาลลดลงอย่างมาก ในบางพื้นที่ระดับน้ำบาดาลจากบ่อสังเกตุการณ์ลดลงมีความลึกมากกว่า 20 เมตรต่ำจากระดับพื้นดินส่งผลต่อการสูบน้ำของชาวบ้านต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น และมีการฟื้นตัวของระดับน้ำบาดาลค่อนข้างช้าหากไม่มีน้ำผิวดินหรือน้ำฝนไหลซึมเข้ามาเติมทดแทน หากเกิดปีน้ำน้อยต่อเนื่องหลายปีจะไม่สามารถสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ได้ ดังนั้นเพื่อให้การบริหารจัดการน้ำบาดาลให้เป็นแหล่งน้ำที่สามารถใช้ได้อย่างยั่งยืน จึงเห็นความสำคัญของการเติมน้ำบาดาลให้คืนสภาพในช่วงฤดูฝน เมื่อเปรียบเทียบกับหลังทำงานโครงการวิจัยนี้ ได้นำเสนอรูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน โดยนำเสนอผลการศึกษาวิธีการเติมน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่กำลังดำเนินการศึกษาการเติมน้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2563 ในพื้นที่ศึกษา 2 วิธีคือการเติมน้ำผ่านบ่อและการเติมน้ำผ่านสระน้ำ
4. ก่อนทำงานโครงการวิจัยนี้ พบว่าไม่สามารถประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาล เนื่องจากมีบ่อน้ำบาดาลจำนวนมากทั้งบ่อราชการและบ่อเอกชน บ่อน้ำตื้นและบ่อน้ำลึก แต่มีการเก็บข้อมูลการสูบน้ำบาดาลน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับหลังทำงานโครงการวิจัยนี้ ได้จัดสร้างแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม (Artificial Neural Network หรือ ANN) สามารถประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพปริมาณฝน ระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อน ทำให้ทราบปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำขึ้นมาใช้ร่วมกับน้ำผิวดินอย่างเหมาะสมและยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด. (2548). โครงการประเมินศักยภาพแอ่งน้ำบาดาล (แอ่งเชียงใหม่ แอ่งเจ้าพระยาตอนบน และแอ่งแม่กลอง). รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

บริษัท วอเตอร์ ดีเว็ลลัฟเม็นท์ คอนซัลแท็นส์ กรุ๊ป จำกัด, และบริษัท องศา คอนซัลแตนท์ จำกัด. (2554). โครงการศึกษา สำรวจ และจัดทำแผนที่น้ำบาดาลขั้นรายละเอียด มาตรส่วน 1:50,000 (พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน) พื้นที่ 2 : จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดพิจิตร. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

บริษัท จีเอ็มที คอร์ปอเรชั่น จำกัด, และบริษัท วิศวชาญ 2002 จำกัด. (2554). โครงการศึกษา สำรวจ และจัดทำแผนที่น้ำบาดาลขั้นรายละเอียด มาตรส่วน 1:50,000 (พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน) พื้นที่ 3 : จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดตาก จังหวัดกำแพงเพชร. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

บริษัท ธารา คอนซัลแตนท์ จำกัด, และบริษัท ทรานส์ เอเชีย คอนซัลแตนท์ จำกัด. (2555). โครงการศึกษา สำรวจ และจัดทำแผนที่น้ำบาดาลขั้นรายละเอียด มาตรส่วน 1:50,000 (พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน) พื้นที่ 1 : จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดสุโขทัย จังหวัดลำปาง. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

J. Shimada , K.Ichiyanagi , M. Kagabu , S.Saita , K.Mori (2012), Effect of artificial recharge using abandoned rice paddies for the sustainable groundwater management in Kumamoto, Japan

Takehide Hama , Toshio Fujimi, Takeo Shima, Kei Ishida,Yasunori Kawagoshi and Hiroaki Ito (2019), Evaluation of groundwater recharge by rice and croprotation fields in Kumamoto, Japan

Yumi Iwasaki & Kimihito Nakamura &Haruhiko Horino & Shigeto Kawashima, Hydrogeology Journal (2 0 1 4), Assessment of factors influencing groundwater-level change using groundwater flow simulation, considering vertical infiltration from rice-planted and crop-rotated paddy fields in Japan

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สถานีอุตุนิยมวิทยา และสถานีอุทกวิทยา

ตารางที่ ก-1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา

ลำดับ	สถานี	ประเภทของสถานี	หน่วยงาน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มม.)												ปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.)
				ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ลุ่มน้ำปิง																
1	12042	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.4	20.6	31.5	44.3	154.9	135.3	117.4	154.9	258.2	165.9	27.9	2.9	1,116.1
2	26062	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	5.4	9.4	24.5	51.8	127.7	127.0	109.4	139.7	203.2	156.9	26.9	0.9	982.7
ลุ่มน้ำยม																
3	12032	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	0.7	10.0	26.3	40.9	165.4	153.4	144.4	169.8	224.3	153.5	38.1	6.0	1,132.7
4	39022	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	0.8	3.9	20.0	50.3	149.2	151.8	153.3	179.0	211.2	113.9	22.8	4.9	1,061.2
5	59022	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	1.1	7.5	10.5	39.6	162.5	144.4	105.8	198.8	264.3	126.2	23.2	4.7	1,088.4
6	59042	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.8	12.0	14.4	56.9	185.1	180.0	147.4	220.3	271.6	151.1	31.1	3.3	1,275.9
7	59062	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	3.8	8.2	16.0	54.1	209.8	147.7	118.6	140.7	249.3	163.9	37.7	7.6	1,157.4
8	59082	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	5.6	11.5	27.1	61.7	193.2	170.7	132.6	185.7	263.2	168.7	32.2	6.5	1,258.6
9	59092	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.5	8.9	18.5	70.8	203.7	131.2	100.3	149.7	235.0	152.4	31.9	2.0	1,106.8
10	59121	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมชลประทาน	3.1	6.8	18.0	51.5	187.1	145.0	129.9	183.4	240.4	138.5	25.5	3.0	1,132.3
11	59162	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.2	4.3	11.6	49.2	195.3	150.1	141.6	157.1	217.9	99.4	16.9	7.6	1,053.1

ตารางที่ ก-1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา (ต่อ)

ลำดับ	สถานี	ประเภทของสถานี	หน่วยงาน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มม.)												ปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.)
				ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ลุ่มน้ำน่าน																
12	38022	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	1.3	2.7	17.1	52.0	147.9	120.3	122.2	157.2	209.4	123.8	22.6	0.4	976.9
13	38042	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	5.5	17.0	29.3	54.7	163.3	137.6	153.1	211.3	248.8	113.5	23.9	4.7	1,162.7
14	38072	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.8	17.4	37.7	68.9	176.8	178.9	201.0	239.1	267.4	121.2	30.4	5.5	1,347.3
15	39032	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	7.6	13.0	34.6	66.2	199.0	182.1	202.9	218.5	288.6	138.3	31.2	5.8	1,387.7
16	39042	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	5.0	16.0	49.0	78.3	191.9	186.1	205.4	240.5	215.9	99.6	11.3	5.6	1,304.5
17	39052	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	3.5	6.6	18.5	41.1	177.6	186.0	180.5	250.5	257.9	109.3	27.5	4.7	1,263.5
18	39062	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	4.8	10.1	33.0	52.9	181.6	161.4	167.6	232.4	245.7	109.4	23.3	0.7	1,222.7
19	39072	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	4.4	11.6	24.4	61.5	191.5	184.0	171.7	227.6	265.6	152.7	35.5	3.8	1,334.2
20	39082	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	8.6	15.2	35.6	69.2	185.1	186.5	206.7	248.6	294.0	148.1	36.8	5.1	1,439.5
21	39132	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	6.4	24.7	39.2	91.6	206.0	197.6	180.2	218.5	253.3	151.8	26.2	10.0	1,405.5
22	39142	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	4.3	13.6	33.0	88.5	201.0	224.8	211.3	284.1	308.8	117.7	23.6	4.3	1,515.1
23	39151	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมชลประทาน	4.2	11.3	27.5	50.9	166.9	174.2	181.0	256.6	238.7	149.3	34.6	8.0	1,303.1
24	70022	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	5.1	10.2	28.4	83.3	202.9	169.8	171.8	225.2	226.8	88.7	17.9	9.1	1,239.2
25	70062	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	4.9	11.9	28.0	79.1	204.2	188.6	182.8	259.5	227.4	71.0	23.0	4.2	1,284.6

ตารางที่ ก-1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา (ต่อ)

ลำดับ	สถานี	ประเภทของสถานี	หน่วยงาน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มม.)												ปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.)
				ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
26	70072	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	4.8	10.2	33.1	77.2	159.8	144.5	142.6	190.8	213.1	68.9	17.8	4.6	1,067.4
27	70192	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.0	11.1	23.7	75.5	212.5	190.6	180.2	240.8	222.9	79.7	27.6	4.4	1,270.7
ลุ่มน้ำเจ้าพระยา																
28	26032	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	3.9	7.9	33.2	70.0	158.1	128.1	127.3	166.1	214.2	128.0	25.0	2.3	1,064.2
29	26092	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2.8	8.9	28.1	64.9	161.0	135.2	154.0	169.6	228.9	126.3	25.8	3.6	1,109.2
30	26102	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	0.0	6.9	34.7	72.8	162.1	136.0	113.9	162.7	202.4	113.5	11.7	4.1	1,021.0
ลุ่มน้ำสะแกกรัง																
31	12081	สถานีวัดสภาพภูมิอากาศ	กรมชลประทาน	4.9	15.5	36.5	57.5	155.2	140.9	140.7	157.2	233.1	166.8	50.2	2.9	1,161.5
32	26072	สถานีวัดน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	4.3	15.5	42.6	59.5	145.0	113.7	93.1	112.0	207.7	162.8	33.2	1.0	990.4

ตารางที่ ก-2 ช่วงสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษาที่ยังมีการดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน

ลำดับ	สถานี	ปีที่มีข้อมูล (พ.ศ.)	ความยาวข้อมูล (ปี)
1	C.2	2499-2561	63
2	C.2A		0
3	C.52A		0
4	Ct.4	2518-2531, 2546-2547, 2550-2561	28
5	Ct.5A	2512-2522, 2525-2561	48
6	Ct.5B		0
7	Ct.7	2518-2523, 2525-2561	49
8	N.10A	2538-2562	25
9	N.12A	2509-2562	54
10*	N.14A	2515-2562	48
11	N.22	2506-2562	50
12*	N.24		0
13	N.27A	2523-2562	40
14	N.36	2512-2530, 2532, 2534-2562	49
15	N.37	2550, 2553-2561	10
16*	N.40		0
17	N.55	2537-2562	26
18*	N.58		0
19*	N.59		0
20	N.5A	2509-2562	54
21	N.60	2530-2562	33
22*	N.62		0
23*	N.66		0
24	N.67	2542-2561	21
25	N.68	2543-2562	21

ลำดับ	สถานี	ปีที่มีข้อมูล (พ.ศ.)	ความยาวข้อมูล (ปี)
26*	N.69		0
27*	N.70		0
28*	N.74		0
29	N.7A	2509-2562	54
30	N.8	2544-2562	19
31	P.15	2520-2562	43
32	P.16	2522-2562	41
33	P.17		42
34*	P.26A		0
35*	P.47		0
36*	P.50A		0
37*	P.78		0
38	P.7A	2509-2562	54
39*	Reg.1		0
40	Y.14	2507-2562	56
41	Y.16	2510-2511,2538-2539,2542-2554,2560-2561	19
42	Y.17	2510-2518,2520-2521,2523,2533-2534,2537-2539, 2542-2545,2550-2555,2560-2561	29
43*	Y.29		0
44	Y.33	2533-2540,2543-2545,2547-2551,2554,2556-2557, 2560-2561	21
45	Y.3A	2510-2555,2561-2562	48
46	Y.40	2542-2543,2545,2547,2550	5
47*	Y.6		0
48*	91401		0
49*	91502		0
50*	91603		0

หมายเหตุ: * หมายถึง ไม่มีข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีนั้น ๆ

ภาคผนวก ข

ปริมาณการจัดสรรน้ำ ปี พ.ศ. 2550-2558

ตารางที่ ข-1 การจัดสรรน้ำ ในปี พ.ศ. 2550

ล้าน ลบ.ม.	ประปาภูมิภาค					ประปาเทศบาล					ประปาหมู่บ้าน					ชลประทาน				
จังหวัด	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย 2	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย 1	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย 2	ปริมาณน้ำชลประทานคลองส่ง	ปริมาณน้ำชลประทานคลองสาย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานที่	ปริมาณน้ำสูญเสีย 2
สุโขทัย	42.05	40.19	2.08	29.76	10.42	4.08	3.87	0.21	2.99	0.88	5.91	5.67	0.25	4.38	1.29	656.03	524.83	131.21	419.86	104.97
พิษณุโลก	57.83	53.44	5.43	38.35	15.09	40.06	34.11	5.96	24.67	9.44	7.97	6.85	1.12	4.96	1.90	1261.11	1008.89	252.22	807.11	201.78
พิจิตร	34.56	32.75	3.54	24.21	8.53	24.20	22.46	1.75	16.29	6.16	6.07	5.68	0.38	4.12	1.56	1592.64	1274.11	318.53	1019.29	254.82
นครสวรรค์	135.49	130.40	44.14	98.22	32.18	51.32	48.72	2.60	39.02	9.70	9.00	8.63	0.37	6.91	1.72	1060.63	848.50	212.13	678.80	169.70
กำแพงเพชร	260.03	249.88	91.49	179.06	70.82	26.75	25.70	1.05	18.35	7.35	6.56	6.36	0.20	4.54	1.82	1426.42	1141.14	285.28	912.91	228.23
อุตรดิตถ์	49.27	43.93	5.84	32.12	11.81	20.34	15.55	4.79	12.05	3.50	4.51	3.48	1.03	2.70	0.78	340.97	272.77	68.19	218.22	54.55
รวม	579.22	550.59	152.51	401.73	148.85	166.76	150.41	16.35	113.37	37.03	40.02	36.67	3.35	27.60	9.07	6337.80	5070.24	1267.56	4056.19	1014.05

ตารางที่ ข-2 การจัดสรรน้ำ ในปี พ.ศ. 2551

ล้าน ลบ.ม.	ประปาภูมิภาค					ประปาเทศบาล					ประปาหมู่บ้าน					ชลประทาน				
จังหวัด	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานคลองส่งน้ำสายหลัก	ปริมาณน้ำชลประทานคลองสายรอง	ปริมาณน้ำสูญเสีย 1	ปริมาณน้ำชลประทานที่แปลงนา	ปริมาณน้ำสูญเสีย 2
สุโขทัย	42.71	40.87	1.84	30.58	10.29	4.10	3.93	0.17	3.04	0.89	6.15	5.94	0.21	4.59	1.35	741.03	592.82	148.21	474.26	118.56
พิษณุโลก	59.46	57.25	2.36	41.41	15.84	43.70	41.14	2.55	30.42	10.73	8.11	7.69	0.42	5.68	2.01	1151.67	921.33	230.33	737.07	184.27
พิจิตร	33.45	32.50	1.21	24.67	7.83	24.50	23.50	1.00	17.55	5.95	6.16	5.96	0.20	4.45	1.51	1632.68	1306.15	326.54	1044.92	261.23
นครสวรรค์	144.45	140.92	10.58	103.79	37.13	51.74	49.42	2.32	39.03	10.38	9.37	9.03	0.34	7.13	1.90	1049.62	839.70	209.92	671.76	167.94
กำแพงเพชร	272.17	264.68	22.24	190.60	74.08	28.67	27.53	1.14	17.36	10.17	6.79	6.57	0.21	4.14	2.43	1372.43	1097.95	274.49	878.36	219.59
อุตรดิตถ์	49.36	46.18	3.18	33.61	12.57	20.64	18.45	2.19	14.48	3.97	4.74	4.27	0.47	3.35	0.92	310.94	248.75	62.19	199.00	49.75
รวม	601.60	582.40	41.41	424.66	157.74	173.34	163.97	9.38	121.87	42.09	41.31	39.46	1.85	29.35	10.11	6258.38	5006.70	1251.68	4005.36	1001.34

ตารางที่ ข-3 การจัดสรรน้ำ ในปี พ.ศ. 2552

ล้าน ลบ.ม.	ประปาภูมิภาค					ประปาเทศบาล					ประปาหมู่บ้าน					ชลประทาน				
จังหวัด	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานคลองส่งน้ำสายหลัก	ปริมาณน้ำชลประทานคลองสายรอง	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานที่แปลงนา	ปริมาณน้ำสูญเสีย
สุโขทัย	45.64	43.76	1.88	32.76	11.00	7.36	7.09	0.27	5.51	1.57	6.44	6.24	0.20	4.86	1.38	803.05	642.44	160.61	513.95	128.49
พิษณุโลก	64.45	62.89	1.56	45.10	17.79	45.21	43.83	1.38	31.97	11.85	8.27	8.07	0.20	5.89	2.18	1309.60	1047.68	261.92	838.14	209.54
พิจิตร	35.40	34.79	0.62	26.56	8.23	29.71	28.96	0.75	21.49	7.47	6.27	6.15	0.12	4.56	1.59	1647.68	1318.15	329.54	1054.52	263.63
นครสวรรค์	152.31	148.95	3.36	112.21	36.74	52.78	50.58	2.20	40.00	10.59	9.82	9.47	0.35	7.49	1.98	1093.63	874.91	218.73	699.93	174.98
กำแพงเพชร	284.50	277.55	6.95	204.42	73.14	36.30	34.98	1.32	23.24	11.74	7.07	6.85	0.22	4.55	2.30	1404.89	1123.91	280.98	899.13	224.78
อุตรดิตถ์	51.15	48.80	2.35	37.06	11.74	26.39	24.12	2.27	19.19	4.93	5.01	4.59	0.41	3.66	0.94	293.92	235.14	58.78	188.11	47.03
รวม	633.47	616.75	16.72	458.11	158.63	197.75	189.55	8.19	141.40	48.15	42.88	41.38	1.50	31.00	10.37	6552.78	5242.22	1310.56	4193.78	1048.44

ตารางที่ ข-4 การจัดสรรน้ำ ในปี พ.ศ. 2553

ล้าน ลบ.ม.	ประปาภูมิภาค					ประปาเทศบาล					ประปาหมู่บ้าน					ชลประทาน				
จังหวัด	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานคลองส่ง	ปริมาณน้ำชลประทานคลองสาย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานที่แปลงนา	ปริมาณน้ำสูญเสีย
สุโขทัย	49.10	47.68	1.42	35.00	12.68	8.06	7.82	0.24	6.04	1.77	6.73	6.56	0.17	5.07	1.49	630.76	504.61	126.15	403.69	100.92
พิษณุโลก	76.06	70.99	5.07	50.17	20.82	46.05	43.13	2.92	31.52	11.61	8.43	7.94	0.49	5.81	2.14	594.17	475.33	118.83	380.27	95.07
พิจิตร	38.38	37.69	0.68	28.63	9.07	31.27	30.40	0.87	22.35	8.05	6.38	6.24	0.14	4.59	1.65	1011.20	808.96	202.24	647.16	161.79
นครสวรรค์	167.62	162.55	5.07	123.82	38.73	53.60	51.48	2.13	41.07	10.41	10.26	9.91	0.35	7.91	2.00	1131.53	905.22	226.31	724.18	181.04
กำแพงเพชร	315.67	306.21	9.45	225.38	80.83	38.57	36.61	1.95	26.19	10.42	7.35	7.01	0.33	5.02	2.00	1020.19	816.15	204.04	652.92	163.23
อุตรดิตถ์	55.00	53.34	1.66	40.79	12.55	27.74	26.26	1.48	20.88	5.38	5.27	5.02	0.25	3.99	1.03	259.83	207.86	51.97	166.29	41.57
รวม	701.82	678.46	23.35	503.78	174.68	205.29	195.70	9.60	148.06	47.64	44.42	42.68	1.74	32.38	10.30	4647.67	3718.13	929.53	2974.51	743.63

ตารางที่ ข-5 การจัดสรรน้ำ ในปี พ.ศ. 2554

ล้าน ลบ.ม.	ประปาภูมิภาค					ประปาเทศบาล					ประปาหมู่บ้าน					ชลประทาน				
จังหวัด	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานคลองส่งน้ำสายหลัก	ปริมาณน้ำชลประทานคลองสายรอง	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานที่แปลงนา	ปริมาณน้ำสูญเสีย
สุโขทัย	47.27	45.84	1.43	33.85	11.99	8.20	7.85	0.34	6.08	1.78	7.01	6.76	0.26	5.23	1.53	727.06	581.65	145.41	465.32	116.33
พิษณุโลก	73.80	67.67	6.13	49.15	18.53	46.78	43.36	3.42	32.41	10.95	8.60	8.01	0.58	5.99	2.02	1131.32	905.05	226.26	724.04	181.01
พิจิตร	37.92	37.21	0.72	28.45	8.76	31.85	31.03	0.83	23.20	7.83	6.49	6.36	0.13	4.75	1.60	1367.74	1094.19	273.55	875.35	218.84
นครสวรรค์	171.71	165.54	9.69	125.11	40.43	54.54	52.19	2.35	41.16	11.03	10.70	10.30	0.40	8.12	2.18	1007.68	806.14	201.54	644.91	161.23
กำแพงเพชร	325.56	313.50	20.62	230.09	83.41	39.59	36.94	2.65	26.21	10.73	7.63	7.15	0.47	5.07	2.08	1474.24	1179.39	294.85	943.51	235.88
อุตรดิตถ์	52.01	50.44	1.96	38.38	12.07	28.06	26.38	1.68	20.96	5.42	5.54	5.24	0.30	4.16	1.08	271.95	217.56	54.39	174.05	43.51
รวม	708.27	680.20	40.54	505.02	175.18	209.02	197.75	11.27	150.01	47.74	45.97	43.81	2.15	33.33	10.49	5979.98	4783.99	1196.00	3827.19	956.80

ตารางที่ ข-6 การจัดสรรน้ำ ในปี พ.ศ. 2555

ล้าน ลบ.ม.	ประปาภูมิภาค					ประปาเทศบาล					ประปาหมู่บ้าน					ชลประทาน				
จังหวัด	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานคลองส่งน้ำสายหลัก	ปริมาณน้ำชลประทานคลองสายรอง	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานที่แปลงนา	ปริมาณน้ำสูญเสีย
สุโขทัย	50.36	48.79	1.57	35.57	13.22	9.72	9.23	0.49	7.15	2.08	6.96	6.65	0.31	5.15	1.50	836.01	668.81	167.20	535.05	133.76
พิษณุโลก	84.13	77.37	6.76	55.61	21.76	47.50	44.19	3.31	32.71	11.47	8.55	8.00	0.55	5.92	2.08	1618.77	1295.01	323.75	1036.01	259.00
พิจิตร	39.95	39.10	0.85	29.81	9.29	32.38	31.41	0.97	23.41	7.99	6.51	6.35	0.16	4.73	1.62	1848.62	1478.89	369.72	1183.12	295.78
นครสวรรค์	190.36	183.98	6.38	139.88	44.10	55.47	52.34	3.13	41.80	10.54	11.03	10.46	0.57	8.35	2.11	1249.64	999.71	249.93	799.77	199.94
กำแพงเพชร	359.14	348.38	10.75	255.91	92.48	40.96	38.63	2.33	27.86	10.77	7.83	7.43	0.41	5.36	2.07	971.64	777.31	194.33	621.85	155.46
อุตรดิตถ์	57.51	55.95	1.56	41.27	14.68	28.41	27.07	1.34	21.43	5.64	5.60	5.37	0.24	4.25	1.12	317.93	254.34	63.59	203.48	50.87
รวม	781.45	753.58	27.88	558.04	195.53	214.43	202.87	11.56	154.37	48.50	46.49	44.25	2.24	33.76	10.48	6842.61	5474.09	1368.52	4379.27	1094.82

ตารางที่ ข-7 การจัดสรรน้ำ ในปี พ.ศ. 2556

ล้าน ลบ.ม.	ประปาภูมิภาค					ประปาเทศบาล					ประปาหมู่บ้าน					ชลประทาน				
จังหวัด	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานคลองส่งน้ำสายหลัก	ปริมาณน้ำชลประทานคลองสายรอง	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานที่แปลงนา	ปริมาณน้ำสูญเสีย
สุโขทัย	48.01	46.57	1.44	35.51	11.06	13.08	12.53	0.55	9.98	2.55	6.66	6.41	0.25	5.11	1.30	995.92	796.74	199.18	637.39	159.35
พิษณุโลก	87.99	83.27	4.72	59.85	23.42	48.38	45.99	2.39	34.04	11.95	10.38	9.92	0.46	7.35	2.57	1306.74	1045.39	261.35	836.31	209.08
พิจิตร	40.87	40.06	0.81	31.09	8.97	33.01	32.20	0.81	24.86	7.33	6.50	6.37	0.13	4.92	1.45	1862.20	1489.76	372.44	1191.81	297.95
นครสวรรค์	196.67	191.19	5.48	143.85	47.33	57.90	55.60	2.31	43.76	11.84	11.98	11.56	0.42	9.10	2.46	1114.89	891.91	222.98	713.53	178.38
กำแพงเพชร	368.89	357.85	11.04	262.92	94.93	42.31	40.44	1.87	29.58	10.86	8.03	7.71	0.32	5.64	2.07	1513.34	1210.67	302.67	968.54	242.13
อุตรดิตถ์	58.38	56.68	1.71	41.85	14.83	28.74	27.44	1.30	22.05	5.39	4.98	4.77	0.20	3.83	0.94	281.17	224.94	56.23	179.95	44.99
รวม	800.82	775.62	25.20	575.07	200.54	223.42	214.20	9.22	164.27	49.92	48.52	46.75	1.78	35.95	10.79	7074.26	5659.41	1414.85	4527.53	1131.88

ตารางที่ ข-8 การจัดสรรน้ำ ในปี พ.ศ. 2557

ล้าน ลบ.ม.	ประปาภูมิภาค					ประปาเทศบาล					ประปาหมู่บ้าน					ชลประทาน				
จังหวัด	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานคลองส่ง	ปริมาณน้ำชลประทานคลองสาย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานที่แปลงนา	ปริมาณน้ำสูญเสีย
สุโขทัย	46.63	45.47	1.17	35.12	10.34	13.79	13.32	0.47	10.74	2.58	6.70	6.50	0.20	5.24	1.26	857.39	685.91	171.48	548.73	137.18
พิษณุโลก	82.70	80.54	2.31	59.98	20.55	49.37	47.97	1.40	36.40	11.57	11.01	10.74	0.26	8.15	2.59	1014.33	811.46	202.87	649.17	162.29
พิจิตร	41.10	40.02	1.76	31.40	8.62	33.57	32.66	0.91	25.32	7.35	6.63	6.48	0.15	5.02	1.46	1169.50	935.60	233.90	748.48	187.12
นครสวรรค์	198.78	193.55	7.56	145.01	48.54	59.01	56.94	2.07	44.65	12.29	12.05	11.69	0.37	9.17	2.52	617.21	493.77	123.44	395.01	98.75
กำแพงเพชร	370.93	360.66	10.27	264.23	96.43	43.38	41.92	1.46	30.74	11.18	7.93	7.70	0.23	5.65	2.05	1074.17	859.33	214.83	687.47	171.87
อุตรดิตถ์	56.80	55.03	1.65	41.65	13.38	29.08	27.10	1.98	21.77	5.33	4.88	4.57	0.31	3.67	0.90	183.20	146.56	36.64	117.25	29.31
รวม	796.94	775.26	24.72	577.39	197.87	228.20	219.92	8.28	169.63	50.30	49.20	47.68	1.52	36.90	10.78	4915.79	3932.63	983.16	3146.10	786.53

ตารางที่ ข-9 การจัดสรรน้ำ ในปี พ.ศ. 2558

ล้าน ลบ.ม.	ประปาภูมิภาค					ประปาเทศบาล					ประปาหมู่บ้าน					ชลประทาน				
จังหวัด	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำสูบ	ปริมาณน้ำผลิต	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำจำหน่าย	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานคลองส่งน้ำสายหลัก	ปริมาณน้ำชลประทานคลองสายรอง	ปริมาณน้ำสูญเสีย	ปริมาณน้ำชลประทานที่แปลงนา	ปริมาณน้ำสูญเสีย
สุโขทัย	48.25	47.09	1.16	36.65	10.44	12.95	12.56	0.39	10.13	2.43	6.62	6.43	0.19	5.18	1.24	984.90	787.92	196.98	630.34	157.58
พิษณุโลก	91.60	88.00	3.60	65.46	22.54	56.92	54.85	2.07	41.64	13.21	11.27	10.87	0.40	8.25	2.62	893.39	714.71	178.68	571.77	142.94
พิจิตร	42.86	41.65	1.21	32.49	9.16	32.05	31.26	0.79	24.03	7.23	6.70	6.54	0.16	5.03	1.51	647.00	517.60	129.40	414.08	103.52
นครสวรรค์	203.40	197.41	5.99	152.20	45.21	40.23	38.83	1.41	30.67	8.16	12.55	12.13	0.42	9.58	2.54	646.36	517.09	129.27	413.67	103.42
กำแพงเพชร	375.11	363.18	11.93	276.06	87.12	42.60	41.23	1.37	30.64	10.59	8.10	7.85	0.25	5.83	2.02	1520.18	1216.15	304.04	972.92	243.23
อุตรดิตถ์	59.04	57.60	1.43	44.07	13.53	28.08	27.71	0.37	21.99	5.73	4.92	4.86	0.06	3.86	1.01	39.38	31.50	7.88	25.20	6.30
รวม	820.26	794.93	25.33	606.94	188.00	212.84	206.44	6.40	159.10	47.34	50.16	48.67	1.49	37.73	10.94	4731.21	3784.97	946.24	3027.98	756.99

ภาคผนวก ค

ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2536-2559

ตารางที่ ค-1 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2536

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
กุมภาพันธ์	2536	152,858	76,116	34,897	15,267	37,652	7,060	91,171	38,092	147,884	27,876	11,366	1,526
มีนาคม	2536	122,680	73,235	27,775	12,151	29,968	5,620	72,562	30,317	117,701	22,187	9,046	1,214
เมษายน	2536	144,473	75,315	32,919	14,402	35,518	6,660	85,998	35,930	139,497	26,295	10,721	1,439
พฤษภาคม	2536	168,667	77,625	38,629	16,900	41,679	7,816	100,916	42,163	163,694	30,856	12,582	1,689
มิถุนายน	2536	163,047	77,088	37,301	16,319	40,248	7,547	97,453	40,717	158,075	29,797	12,149	1,631
กรกฎาคม	2536	153,863	76,212	35,134	15,371	37,909	7,109	91,790	38,350	148,891	28,066	11,443	1,536
สิงหาคม	2536	147,891	75,642	33,725	14,755	36,388	6,823	88,107	36,812	142,917	26,940	10,984	1,474
กันยายน	2536	159,150	76,716	36,382	15,917	39,255	7,361	95,050	39,713	154,176	29,062	11,850	1,591
ตุลาคม	2536	310,332	91,149	72,064	31,528	77,753	14,580	188,269	78,660	305,388	57,566	23,471	3,150
พฤศจิกายน	2536	447,041	104,201	104,330	45,644	112,567	21,109	272,565	113,879	442,122	83,340	33,980	4,561
ธันวาคม	2536	456,219	105,077	106,497	46,592	114,904	21,547	278,223	116,243	451,300	85,070	34,686	4,656

ตารางที่ ค-2 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2537

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2537	445,999	104,101	104,084	45,537	112,301	21,059	271,919	113,610	440,335	80,909	33,900	4,550
กุมภาพันธ์	2537	409,259	100,594	95,413	41,743	102,945	19,304	249,266	104,145	403,651	72,803	31,075	4,171
มีนาคม	2537	325,511	92,599	75,646	33,095	81,619	15,305	197,629	82,571	320,028	57,721	24,638	3,307
เมษายน	2537	234,280	83,895	49,774	21,710	56,386	10,572	138,915	57,968	205,278	37,105	15,991	2,146
พฤษภาคม	2537	214,433	82,007	40,630	17,642	49,276	9,236	124,149	51,725	161,151	29,229	12,788	1,716
มิถุนายน	2537	212,453	81,818	40,246	17,475	48,810	9,149	122,976	51,236	159,628	28,953	12,667	1,700
กรกฎาคม	2537	205,573	81,161	38,911	16,896	47,192	8,846	118,898	49,537	154,334	27,993	12,247	1,644
สิงหาคม	2537	197,231	80,364	37,292	16,193	45,229	8,478	113,952	47,477	147,916	26,829	11,738	1,576
กันยายน	2537	210,487	81,630	39,864	17,310	48,347	9,062	121,810	50,750	158,117	28,679	12,547	1,684
ตุลาคม	2537	447,725	104,293	85,889	37,295	104,164	19,525	262,442	109,342	340,661	61,789	27,033	3,629
พฤศจิกายน	2537	721,344	130,432	138,970	60,343	168,540	31,592	424,638	176,919	551,200	99,976	43,740	5,871
ธันวาคม	2537	762,636	134,376	146,981	63,821	178,255	33,413	449,115	187,117	582,975	105,739	46,262	6,210

ตารางที่ ค-3 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2538

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2538	717,151	130,031	138,156	59,990	167,553	31,407	422,153	175,883	547,976	99,391	43,484	5,837
กุมภาพันธ์	2538	661,590	124,723	127,377	55,309	154,481	28,956	389,218	162,162	505,223	91,637	40,091	5,381
มีนาคม	2538	525,569	111,730	100,989	43,851	122,479	22,958	307,996	128,567	400,558	72,653	31,786	4,267
เมษายน	2538	273,593	87,652	56,741	24,736	61,808	11,555	163,159	68,181	230,644	41,723	15,362	2,062
พฤษภาคม	2538	134,690	74,375	34,559	15,205	27,702	5,131	85,342	35,773	148,401	26,691	5,812	780
มิถุนายน	2538	133,466	74,259	34,233	15,061	27,440	5,083	84,536	35,435	146,999	26,438	5,757	773
กรกฎาคม	2538	129,206	73,852	33,096	14,562	26,529	4,914	81,731	34,259	142,122	25,561	5,567	747
สิงหาคม	2538	124,039	73,359	31,720	13,956	25,426	4,710	78,332	32,834	136,211	24,498	5,335	716
กันยายน	2538	132,245	74,142	33,908	14,918	27,179	5,034	83,734	35,099	145,605	26,188	5,703	766
ตุลาคม	2538	171,534	77,891	44,377	19,525	35,571	6,589	109,588	45,936	190,561	34,273	7,464	1,002
พฤศจิกายน	2538	215,121	82,050	55,990	24,634	44,883	8,314	138,271	57,959	240,435	43,244	9,418	1,264
ธันวาคม	2538	227,234	83,206	59,218	26,054	47,471	8,793	146,240	61,299	254,296	45,736	9,961	1,337

ตารางที่ ค-4 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2539

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2539	213,893	81,933	55,664	24,491	44,620	8,265	137,459	57,618	239,030	42,991	9,362	1,257
กุมภาพันธ์	2539	197,595	80,378	51,322	22,580	41,138	7,620	126,734	53,123	220,381	39,637	8,632	1,159
มีนาคม	2539	157,697	76,571	40,690	17,902	32,616	6,041	100,480	42,118	174,725	31,425	6,844	919
เมษายน	2539	132,581	74,174	33,899	14,913	27,605	5,116	84,259	35,313	144,738	26,040	5,485	736
พฤษภาคม	2539	141,983	75,072	36,303	15,969	29,977	5,559	90,760	38,032	154,216	27,753	5,668	761
มิถุนายน	2539	140,687	74,948	35,961	15,819	29,695	5,506	89,902	37,672	152,761	27,491	5,614	754
กรกฎาคม	2539	136,187	74,519	34,768	15,294	28,710	5,324	86,919	36,422	147,693	26,579	5,428	729
สิงหาคม	2539	130,730	73,998	33,322	14,658	27,516	5,102	83,305	34,908	141,548	25,473	5,202	698
กันยายน	2539	139,401	74,825	35,621	15,669	29,414	5,454	89,051	37,315	151,308	27,229	5,561	746
ตุลาคม	2539	185,271	79,202	47,776	21,016	39,451	7,315	119,441	50,050	202,949	36,522	7,458	1,001
พฤศจิกายน	2539	236,421	84,083	61,332	26,979	50,645	9,391	153,330	64,251	260,537	46,886	9,575	1,285
ธันวาคม	2539	249,762	85,356	64,867	28,534	53,566	9,933	162,167	67,954	275,555	49,588	10,127	1,359

ตารางที่ ค-5 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2540

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2540	242,615	84,674	62,974	27,702	52,002	9,643	157,433	65,970	267,508	48,140	9,831	1,320
กุมภาพันธ์	2540	204,495	81,037	52,871	23,258	43,659	8,096	132,178	55,387	224,594	40,418	8,254	1,108
มีนาคม	2540	163,777	77,151	42,080	18,510	34,748	6,443	105,199	44,082	178,752	32,168	6,569	882
เมษายน	2540	199,661	80,587	43,965	19,228	43,460	8,096	123,201	51,505	177,143	32,016	10,227	1,373
พฤษภาคม	2540	238,681	84,321	46,804	20,367	52,844	9,872	143,373	59,839	179,733	32,618	13,978	1,876
มิถุนายน	2540	230,659	83,555	45,197	19,668	51,030	9,533	138,452	57,785	173,563	31,498	13,499	1,812
กรกฎาคม	2540	217,546	82,302	42,571	18,525	48,065	8,979	130,407	54,427	163,477	29,668	12,714	1,707
สิงหาคม	2540	209,019	81,488	40,863	17,782	46,136	8,619	125,175	52,244	156,918	28,478	12,205	1,638
กันยายน	2540	225,094	83,023	44,082	19,182	49,770	9,298	135,036	56,359	169,283	30,722	13,166	1,767
ตุลาคม	2540	440,949	103,642	87,316	37,995	98,584	18,417	267,474	111,634	335,308	60,852	26,079	3,500
พฤศจิกายน	2540	636,142	122,287	126,410	55,007	142,723	26,663	387,234	161,618	485,439	88,098	37,756	5,068
ธันวาคม	2540	649,246	123,538	129,035	56,150	145,686	27,217	395,276	164,974	495,519	89,927	38,540	5,173

ตารางที่ ค-6 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2541

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2541	655,193	124,106	130,227	56,668	147,031	27,468	398,927	166,498	500,095	90,758	38,895	5,221
กุมภาพันธ์	2541	547,853	113,853	108,728	47,313	122,758	22,933	333,067	139,011	417,534	75,774	32,474	4,359
มีนาคม	2541	437,056	103,270	86,536	37,656	97,703	18,253	265,085	110,637	332,312	60,308	25,846	3,469
เมษายน	2541	337,219	93,734	66,477	28,926	75,049	14,021	203,434	84,905	254,173	46,132	19,560	2,625
พฤษภาคม	2541	249,065	85,313	48,758	21,214	55,040	10,283	148,956	62,167	185,045	33,592	13,978	1,876
มิถุนายน	2541	240,686	84,513	47,084	20,485	53,151	9,930	143,842	60,032	178,692	32,439	13,499	1,812
กรกฎาคม	2541	226,990	83,205	44,349	19,295	50,062	9,353	135,484	56,544	168,309	30,554	12,714	1,707
สิงหาคม	2541	218,083	82,354	42,569	18,521	48,053	8,978	130,048	54,275	161,556	29,328	12,205	1,638
กันยายน	2541	234,872	83,958	45,923	19,980	51,839	9,685	140,293	58,551	174,284	31,638	13,166	1,767
ตุลาคม	2541	460,321	105,493	90,963	39,576	102,682	19,185	277,888	115,976	345,216	62,668	26,079	3,500
พฤศจิกายน	2541	664,189	124,966	131,690	57,295	148,657	27,774	402,312	167,904	499,783	90,727	37,756	5,068
ธันวาคม	2541	677,875	126,273	134,424	58,485	151,743	28,351	410,665	171,390	510,158	92,611	38,540	5,173

ตารางที่ ค-7 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2542

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2542	684,086	126,867	135,665	59,025	153,144	28,613	414,454	172,972	514,868	93,466	38,895	5,221
กุมภาพันธ์	2542	571,976	116,158	113,268	49,280	127,862	23,889	346,033	144,416	429,869	78,035	32,474	4,359
มีนาคม	2542	456,254	105,104	90,150	39,222	101,764	19,013	275,408	114,941	342,131	62,108	25,846	3,469
เมษายน	2542	425,361	102,158	80,936	35,152	96,082	17,973	254,495	106,161	302,903	55,068	24,593	3,301
พฤษภาคม	2542	405,500	100,265	73,974	32,063	92,866	17,394	240,349	100,205	272,292	49,592	23,964	3,217
มิถุนายน	2542	391,751	98,951	71,434	30,962	89,679	16,797	232,100	96,766	262,944	47,889	23,141	3,106
กรกฎาคม	2542	369,275	96,804	67,282	29,163	84,467	15,821	218,612	91,143	247,663	45,106	21,796	2,926
สิงหาคม	2542	354,662	95,408	64,582	27,992	81,078	15,186	209,840	87,486	237,727	43,296	20,923	2,808
กันยายน	2542	382,214	98,040	69,671	30,198	87,468	16,383	226,374	94,379	256,461	46,708	22,571	3,030
ตุลาคม	2542	657,816	124,372	120,575	52,261	151,373	28,352	391,770	163,335	443,837	80,835	39,062	5,243
พฤศจิกายน	2542	898,907	147,406	165,105	71,562	207,275	38,822	536,454	223,656	607,747	110,687	53,487	7,180
ธันวาคม	2542	917,464	149,179	168,534	73,049	211,579	39,628	547,590	228,299	620,366	112,985	54,597	7,328

ตารางที่ ค-8 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2543

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2543	925,888	149,984	170,090	73,723	213,532	39,994	552,645	230,406	626,095	114,029	55,101	7,396
กุมภาพันธ์	2543	773,861	135,459	142,010	61,552	178,279	33,391	461,410	192,369	522,733	95,204	46,004	6,175
มีนาคม	2543	616,933	120,466	113,025	48,989	141,892	26,576	367,235	153,106	416,040	75,772	36,615	4,915
เมษายน	2543	426,228	102,243	79,392	34,443	97,547	18,266	252,934	105,486	295,665	53,792	25,203	3,383
พฤษภาคม	2543	252,859	85,676	48,937	21,273	57,224	10,710	149,035	62,202	186,927	33,933	14,828	1,990
มิถุนายน	2543	244,350	84,864	47,257	20,542	55,260	10,342	143,920	60,067	180,510	32,768	14,318	1,922
กรกฎาคม	2543	230,439	83,535	44,510	19,349	52,048	9,741	135,556	56,576	170,020	30,864	13,487	1,810
สิงหาคม	2543	221,395	82,671	42,726	18,573	49,959	9,350	130,117	54,306	163,200	29,626	12,946	1,738
กันยายน	2543	238,448	84,300	46,092	20,036	53,895	10,087	140,368	58,584	176,058	31,960	13,966	1,875
ตุลาคม	2543	484,699	107,823	94,711	41,171	110,748	20,727	288,438	120,383	361,776	65,673	28,697	3,852
พฤศจิกายน	2543	708,868	129,236	138,971	60,411	162,502	30,413	423,231	176,641	530,839	96,363	42,108	5,652
ธันวาคม	2543	723,482	130,632	141,855	61,665	165,876	31,044	432,018	180,308	541,859	98,363	42,983	5,770

ตารางที่ ค-9 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2544

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2544	730,116	131,266	143,166	62,234	167,407	31,331	436,006	181,973	546,863	99,272	43,379	5,823
กุมภาพันธ์	2544	610,409	119,831	119,532	51,961	139,770	26,159	364,027	151,931	456,581	82,883	36,217	4,861
มีนาคม	2544	486,843	108,028	95,136	41,356	111,243	20,820	289,727	120,921	363,391	65,966	28,826	3,869
เมษายน	2544	335,600	93,574	69,604	30,345	75,465	14,099	202,530	84,609	277,476	50,232	19,647	2,637
พฤษภาคม	2544	198,023	80,426	46,703	20,476	42,854	7,972	123,491	51,701	201,415	36,288	11,288	1,515
มิถุนายน	2544	191,396	79,793	45,100	19,773	41,383	7,698	119,250	49,925	194,501	35,043	10,901	1,463
กรกฎาคม	2544	180,564	78,759	42,479	18,624	38,980	7,251	112,321	47,024	183,201	33,007	10,268	1,378
สิงหาคม	2544	173,520	78,087	40,775	17,877	37,417	6,960	107,816	45,138	175,851	31,682	9,856	1,323
กันยายน	2544	186,800	79,354	43,989	19,286	40,365	7,509	116,311	48,695	189,707	34,179	10,632	1,427
ตุลาคม	2544	276,614	87,928	65,720	28,814	60,305	11,218	173,771	72,751	283,425	51,064	15,885	2,132
พฤศจิกายน	2544	350,205	94,953	83,525	36,620	76,643	14,258	220,855	92,463	360,216	64,899	20,189	2,710
ธันวาคม	2544	357,374	95,637	85,258	37,380	78,234	14,553	225,441	94,383	367,693	66,246	20,607	2,766

ตารางที่ ค-10 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2545

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2545	349,393	94,875	83,328	36,534	76,462	14,224	220,334	92,245	359,365	64,745	20,141	2,704
กุมภาพันธ์	2545	320,700	92,136	76,387	33,491	70,093	13,039	201,977	84,559	329,428	59,352	18,463	2,478
มีนาคม	2545	255,298	85,893	60,562	26,552	55,572	10,338	160,133	67,041	261,185	47,057	14,639	1,965
เมษายน	2545	241,420	84,565	59,556	26,072	76,512	14,467	146,217	61,130	192,210	34,929	16,361	2,196
พฤษภาคม	2545	284,878	88,710	72,486	31,700	110,847	21,095	168,842	70,515	181,556	33,316	21,507	2,887
มิถุนายน	2545	282,234	88,458	71,801	31,400	109,800	20,896	167,246	69,849	179,841	33,001	21,304	2,860
กรกฎาคม	2545	273,038	87,580	69,420	30,360	106,157	20,203	161,701	67,533	173,878	31,907	20,598	2,765
สิงหาคม	2545	261,890	86,516	66,534	29,097	101,741	19,362	154,976	64,724	166,646	30,580	19,741	2,650
กันยายน	2545	279,605	88,207	71,122	31,104	108,757	20,698	165,661	69,187	178,138	32,689	21,102	2,833
ตุลาคม	2545	392,638	98,994	100,397	43,907	153,524	29,217	233,849	97,665	251,463	46,144	29,788	3,998
พฤศจิกายน	2545	519,733	111,124	133,313	58,302	203,861	38,797	310,522	129,687	333,908	61,273	39,555	5,309
ธันวาคม	2545	549,407	113,956	140,998	61,662	215,613	41,033	328,424	137,164	353,157	64,805	41,835	5,615

ตารางที่ ค-11 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2546

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2546	533,509	112,438	136,882	59,862	209,317	39,835	318,834	133,159	342,846	62,913	40,613	5,451
กุมภาพันธ์	2546	448,723	104,347	114,923	50,259	175,738	33,445	267,686	111,797	287,846	52,821	34,098	4,577
มีนาคม	2546	358,159	95,704	91,467	40,001	139,870	26,619	213,051	88,979	229,095	42,040	27,138	3,643
เมษายน	2546	217,249	82,248	60,388	26,430	105,958	20,274	125,694	52,600	170,989	31,208	18,553	2,490
พฤษภาคม	2546	86,835	69,795	31,942	14,010	75,855	14,652	44,708	18,879	119,160	21,532	10,740	1,442
มิถุนายน	2546	84,026	69,527	30,845	13,529	73,249	14,148	43,173	18,231	115,069	20,792	10,371	1,392
กรกฎาคม	2546	79,435	69,090	29,052	12,743	68,993	13,326	40,662	17,171	108,383	19,584	9,768	1,311
สิงหาคม	2546	76,450	68,805	27,887	12,232	66,226	12,792	39,032	16,482	104,035	18,799	9,377	1,259
กันยายน	2546	82,078	69,341	30,085	13,196	71,443	13,800	42,108	17,781	112,232	20,280	10,115	1,358
ตุลาคม	2546	273,344	87,559	104,739	45,940	248,729	48,043	146,594	61,905	390,729	70,602	35,215	4,727
พฤศจิกายน	2546	456,270	104,982	176,136	77,256	418,281	80,793	246,525	104,104	657,080	118,731	59,220	7,949
ธันวาคม	2546	465,639	105,875	179,793	78,860	426,965	82,470	251,644	106,266	670,724	121,196	60,449	8,114

ตารางที่ ค-12 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2547

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2547	469,892	106,280	181,453	79,588	430,906	83,231	253,967	107,247	676,916	122,315	61,007	8,189
กุมภาพันธ์	2547	393,145	98,970	151,497	66,449	359,769	69,491	212,039	89,541	565,166	102,122	50,936	6,837
มีนาคม	2547	313,924	91,424	120,577	52,887	286,338	55,307	168,761	71,265	449,813	81,279	40,541	5,442
เมษายน	2547	177,265	78,408	67,073	29,416	160,143	30,934	94,073	39,756	266,732	48,125	22,398	3,006
พฤษภาคม	2547	50,004	66,287	17,239	7,554	42,650	8,241	24,519	10,414	97,077	17,398	5,491	737
มิถุนายน	2547	48,461	66,140	16,647	7,295	41,186	7,958	23,677	10,056	93,743	16,801	5,303	712
กรกฎาคม	2547	45,936	65,900	15,680	6,871	38,793	7,496	22,302	9,472	88,296	15,825	4,994	670
สิงหาคม	2547	44,292	65,743	15,050	6,595	37,238	7,195	21,408	9,092	84,755	15,190	4,794	643
กันยายน	2547	47,387	66,038	16,237	7,115	40,173	7,763	23,093	9,808	91,433	16,387	5,173	694
ตุลาคม	2547	202,051	80,771	75,477	33,073	186,746	36,085	107,357	45,597	425,044	76,177	24,046	3,228
พฤศจิกายน	2547	351,653	95,021	132,779	58,182	328,522	63,480	188,862	80,213	747,740	134,012	42,300	5,678
ธันวาคม	2547	358,849	95,707	135,535	59,390	335,343	64,798	192,783	81,879	763,265	136,794	43,179	5,796

ตารางที่ ค-13 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2548

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2548	362,116	96,018	136,785	59,937	338,440	65,396	194,562	82,634	770,311	138,057	43,577	5,849
กุมภาพันธ์	2548	303,161	90,402	114,203	50,042	282,568	54,600	162,442	68,992	643,142	115,266	36,383	4,884
มีนาคม	2548	242,305	84,605	90,895	39,829	224,895	43,456	129,287	54,911	511,873	91,739	28,957	3,887
เมษายน	2548	180,395	78,708	67,176	29,438	165,110	31,902	95,541	40,573	374,795	67,178	22,141	2,972
พฤษภาคม	2548	125,014	73,432	45,956	20,143	111,533	21,546	65,355	27,747	251,859	45,152	16,110	2,162
มิถุนายน	2548	120,892	73,040	44,378	19,451	107,703	20,807	63,111	26,794	243,212	43,601	15,556	2,088
กรกฎาคม	2548	114,159	72,398	41,800	18,321	101,445	19,598	59,443	25,237	229,079	41,068	14,652	1,967
สิงหาคม	2548	109,779	71,981	40,124	17,587	97,375	18,812	57,061	24,225	219,890	39,420	14,064	1,888
กันยายน	2548	118,034	72,767	43,284	18,972	105,047	20,294	61,556	26,133	237,214	42,526	15,173	2,037
ตุลาคม	2548	194,626	80,063	72,611	31,826	176,224	34,044	103,263	43,840	397,941	71,340	25,453	3,416
พฤศจิกายน	2548	260,931	86,379	98,001	42,955	237,842	45,948	139,369	59,169	537,087	96,285	34,353	4,611
ธันวาคม	2548	266,244	86,886	100,037	43,847	242,780	46,902	142,262	60,397	548,238	98,284	35,066	4,707

ตารางที่ ค-14 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2549

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2549	268,657	87,115	100,960	44,251	245,023	47,335	143,575	60,955	553,300	99,192	35,390	4,750
กุมภาพันธ์	2549	225,129	82,969	84,292	36,946	204,572	39,520	119,874	50,893	461,956	82,816	29,547	3,966
มีนาคม	2549	180,199	78,689	67,088	29,405	162,818	31,454	95,409	40,506	367,669	65,913	23,517	3,157
เมษายน	2549	136,970	74,569	51,908	22,770	124,301	24,010	73,390	31,162	282,868	50,707	17,224	2,312
พฤษภาคม	2549	98,522	70,905	38,537	16,928	90,200	17,420	53,952	22,914	208,009	37,282	11,583	1,555
มิถุนายน	2549	95,312	70,599	37,216	16,348	87,103	16,822	52,100	22,128	200,868	36,002	11,185	1,501
กรกฎาคม	2549	90,065	70,100	35,052	15,397	82,041	15,844	49,073	20,842	189,196	33,910	10,535	1,414
สิงหาคม	2549	86,653	69,775	33,645	14,779	78,749	15,209	47,104	20,006	181,607	32,550	10,113	1,357
กันยายน	2549	93,086	70,387	36,297	15,944	84,955	16,407	50,813	21,581	195,915	35,115	10,909	1,464
ตุลาคม	2549	173,397	78,034	69,389	30,480	162,412	31,366	97,145	41,259	374,538	67,130	20,856	2,799
พฤศจิกายน	2549	245,497	84,899	99,099	43,531	231,949	44,795	138,738	58,924	534,899	95,872	29,785	3,998
ธันวาคม	2549	250,490	85,375	101,157	44,435	236,765	45,726	141,617	60,147	546,005	97,862	30,403	4,081

ตารางที่ ค-15 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2550

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2550	261,397	86,413	105,652	46,409	247,286	47,757	147,911	62,820	570,262	102,210	31,754	4,262
กุมภาพันธ์	2550	265,503	86,804	107,343	47,152	251,247	48,522	150,280	63,826	579,397	103,847	32,263	4,331
มีนาคม	2550	233,378	83,745	94,105	41,337	220,264	42,539	131,749	55,956	507,949	91,042	28,285	3,797
เมษายน	2550	140,767	74,928	55,132	24,208	129,540	25,019	77,262	32,811	296,790	53,200	17,090	2,294
พฤษภาคม	2550	82,261	69,359	30,155	13,227	71,611	13,832	42,374	17,990	161,123	28,889	10,139	1,361
มิถุนายน	2550	83,604	69,487	30,680	13,457	72,855	14,072	43,109	18,302	163,922	29,391	10,315	1,384
กรกฎาคม	2550	80,225	69,165	29,361	12,878	69,724	13,467	41,255	17,515	156,877	28,128	9,871	1,325
สิงหาคม	2550	74,444	68,614	27,105	11,889	64,367	12,433	38,084	16,169	144,826	25,967	9,113	1,223
กันยายน	2550	75,257	68,692	27,423	12,028	65,122	12,579	38,533	16,359	146,524	26,271	9,220	1,238
ตุลาคม	2550	159,826	76,747	60,430	26,506	143,506	27,719	84,913	36,050	322,885	57,893	20,318	2,727
พฤศจิกายน	2550	282,629	88,443	108,361	47,529	257,333	49,705	152,263	64,644	578,987	103,811	36,433	4,890
ธันวาคม	2550	264,795	86,745	101,402	44,477	240,804	46,512	142,484	60,492	541,795	97,143	34,093	4,576

ตารางที่ ค-16 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2551

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2551	272,197	87,450	104,292	45,744	247,664	47,837	146,543	62,215	557,234	99,911	35,064	4,707
กุมภาพันธ์	2551	340,173	93,924	130,823	57,381	310,670	60,007	183,823	78,043	696,627	125,329	43,985	5,904
มีนาคม	2551	319,347	91,941	122,694	53,816	291,367	56,279	172,402	73,194	653,339	115,316	41,252	5,537
เมษายน	2551	191,508	79,764	72,705	31,893	170,550	32,939	101,663	43,152	378,486	66,821	25,357	3,404
พฤษภาคม	2551	82,762	69,407	30,174	13,242	67,531	13,037	41,423	17,569	143,721	25,400	11,928	1,601
มิถุนายน	2551	75,684	68,733	27,428	12,037	61,384	11,850	37,652	15,970	130,639	23,088	10,842	1,455
กรกฎาคม	2551	70,413	68,231	25,383	11,139	56,807	10,967	34,843	14,778	120,896	21,366	10,034	1,347
สิงหาคม	2551	75,189	68,685	27,236	11,952	60,953	11,767	37,387	15,857	129,722	22,926	10,767	1,445
กันยายน	2551	81,260	69,264	29,591	12,986	66,224	12,785	40,622	17,230	140,939	24,908	11,698	1,570
ตุลาคม	2551	104,188	71,448	38,486	16,889	86,134	16,628	52,836	22,410	183,316	32,398	15,214	2,042
พฤศจิกายน	2551	252,470	85,572	96,024	42,139	214,905	41,488	131,823	55,912	457,373	80,833	37,959	5,095
ธันวาคม	2551	342,077	94,106	130,793	57,398	292,720	56,510	179,555	76,157	622,982	110,101	51,704	6,940

ตารางที่ ค-17 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2552

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2552	342,077	94,106	130,793	57,398	292,720	56,510	179,555	76,157	622,982	110,101	51,704	6,940
กุมภาพันธ์	2552	379,196	97,642	145,197	63,719	324,957	62,733	199,329	84,543	691,586	122,226	57,398	7,704
มีนาคม	2552	355,946	95,428	136,175	59,760	304,765	58,835	186,943	79,290	648,612	114,631	53,831	7,226
เมษายน	2552	201,120	80,681	75,817	33,271	168,712	32,568	104,179	44,189	362,346	64,030	29,745	4,020
พฤษภาคม	2552	68,138	68,015	23,947	10,508	51,699	9,976	33,064	14,029	116,459	20,567	9,354	1,264
มิถุนายน	2552	62,391	67,467	21,768	9,552	46,992	9,067	30,054	12,751	105,857	18,694	8,502	1,149
กรกฎาคม	2552	58,112	67,060	20,145	8,840	43,489	8,392	27,812	11,800	97,962	17,300	7,868	1,063
สิงหาคม	2552	61,990	67,429	21,616	9,485	46,665	9,004	29,842	12,662	105,113	18,563	8,443	1,141
กันยายน	2552	66,918	67,898	23,485	10,306	50,700	9,783	32,423	13,757	114,204	20,168	9,172	1,239
ตุลาคม	2552	107,145	71,731	38,742	17,001	83,638	16,138	53,491	22,696	188,404	33,272	15,132	2,045
พฤศจิกายน	2552	294,520	89,580	109,809	48,186	237,064	45,743	151,618	64,329	534,014	94,307	42,892	5,796
ธันวาคม	2552	399,352	99,567	149,570	65,634	322,903	62,306	206,516	87,622	727,376	128,455	58,422	7,895

ตารางที่ ค-18 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2553

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2553	371,747	96,937	139,102	61,040	300,299	57,945	192,059	81,488	676,461	119,463	54,332	7,342
กุมภาพันธ์	2553	373,690	97,122	139,839	61,364	301,890	58,252	193,076	81,920	680,048	118,939	54,621	7,381
มีนาคม	2553	297,311	89,846	110,869	48,651	239,349	46,184	153,078	64,949	539,166	94,299	43,306	5,852
เมษายน	2553	264,558	86,728	97,373	42,738	202,607	39,075	134,758	57,147	456,240	79,823	37,946	5,128
พฤษภาคม	2553	298,306	89,944	109,071	47,880	220,041	42,418	151,233	64,107	495,349	86,692	42,426	5,733
มิถุนายน	2553	295,534	89,680	108,039	47,427	217,962	42,018	149,803	63,501	490,666	85,872	42,025	5,679
กรกฎาคม	2553	285,899	88,762	104,454	45,853	210,734	40,624	144,836	61,395	474,396	83,025	40,631	5,491
สิงหาคม	2553	274,217	87,649	100,111	43,946	201,970	38,935	138,812	58,842	454,664	79,572	38,942	5,262
กันยายน	2553	292,782	89,418	107,015	46,977	215,897	41,619	148,382	62,898	486,015	85,058	41,627	5,625
ตุลาคม	2553	252,089	85,541	91,884	40,335	185,368	35,734	127,400	54,004	417,293	73,031	35,741	4,830
พฤศจิกายน	2553	199,172	80,499	72,205	31,697	145,671	28,082	100,116	42,439	327,926	57,391	28,087	3,795
ธันวาคม	2553	210,365	81,566	76,367	33,523	154,068	29,700	105,888	44,885	346,829	60,699	29,706	4,014

ตารางที่ ค-19 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2554

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2554	204,370	80,994	74,137	32,544	149,568	28,833	102,797	43,575	336,702	58,927	28,839	3,897
กุมภาพันธ์	2554	172,387	77,947	62,244	27,324	125,575	24,208	86,306	36,585	282,688	49,474	24,212	3,272
มีนาคม	2554	138,222	74,692	49,540	21,747	99,945	19,267	68,690	29,117	224,992	39,376	19,270	2,604
เมษายน	2554	134,086	74,297	49,052	21,564	92,028	17,720	68,620	29,057	206,490	36,169	18,773	2,537
พฤษภาคม	2554	133,127	74,204	49,729	21,892	86,573	16,649	70,157	29,678	193,539	33,933	18,734	2,532
มิถุนายน	2554	128,728	73,785	48,022	21,141	83,601	16,078	67,750	28,659	186,897	32,768	18,091	2,445
กรกฎาคม	2554	121,537	73,100	45,232	19,912	78,743	15,143	63,811	26,993	176,035	30,864	17,040	2,303
สิงหาคม	2554	116,862	72,655	43,416	19,113	75,583	14,536	61,250	25,910	168,973	29,626	16,356	2,210
กันยายน	2554	125,676	73,494	46,838	20,620	81,539	15,681	66,076	27,952	182,286	31,960	17,645	2,384
ตุลาคม	2554	273,005	87,527	104,021	45,794	181,091	34,826	146,749	62,078	404,834	70,979	39,187	5,295
พฤศจิกายน	2554	408,730	100,455	156,699	68,984	272,798	52,463	221,067	93,516	609,848	106,923	59,031	7,977
ธันวาคม	2554	417,113	101,253	159,953	70,416	278,460	53,552	225,658	95,458	622,509	109,143	60,257	8,143

ตารางที่ ค-20 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2555

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2555	420,916	101,615	161,428	71,066	281,031	54,046	227,740	96,339	628,255	110,150	60,813	8,218
กุมภาพันธ์	2555	352,252	95,075	134,778	59,333	234,637	45,124	190,142	80,434	524,536	91,966	50,774	6,861
มีนาคม	2555	281,378	88,324	107,270	47,224	186,746	35,914	151,334	64,017	417,477	73,195	40,411	5,461
เมษายน	2555	203,895	80,945	76,714	33,754	138,532	26,657	108,368	45,827	295,101	51,775	29,342	3,965
พฤษภาคม	2555	134,102	74,298	49,151	21,602	95,450	18,386	69,621	29,422	184,429	32,405	19,395	2,621
มิถุนายน	2555	129,671	73,876	47,464	20,861	92,174	17,755	67,229	28,411	178,096	31,293	18,729	2,531
กรกฎาคม	2555	122,427	73,186	44,706	19,649	86,817	16,723	63,322	26,760	167,747	29,474	17,642	2,384
สิงหาคม	2555	117,716	72,737	42,913	18,860	83,332	16,052	60,782	25,686	161,017	28,292	16,933	2,288
กันยายน	2555	126,598	73,583	46,293	20,346	89,898	17,317	65,571	27,710	173,703	30,521	18,268	2,469
ตุลาคม	2555	312,209	91,265	116,957	51,403	227,129	43,751	165,665	70,009	438,858	77,110	46,152	6,237
พฤศจิกายน	2555	485,771	107,798	183,034	80,445	355,449	68,469	259,259	109,562	686,798	120,674	72,226	9,760
ธันวาคม	2555	495,754	108,749	186,833	82,115	362,827	69,890	264,639	111,836	701,059	123,180	73,726	9,963

ตารางที่ ค-21 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2556

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2556	500,284	109,181	188,558	82,873	366,175	70,535	267,081	112,868	707,530	124,317	74,407	10,055
กุมภาพันธ์	2556	418,519	101,392	157,430	69,192	305,725	58,891	222,992	94,235	590,723	103,793	62,123	8,395
มีนาคม	2556	334,119	93,352	125,298	55,070	243,327	46,871	177,479	75,002	470,153	82,609	49,443	6,682
เมษายน	2556	240,448	84,431	88,097	38,692	175,236	33,766	125,299	52,991	355,920	62,451	34,894	4,715
พฤษภาคม	2556	155,958	76,385	54,414	23,862	113,915	21,964	78,099	33,084	254,491	44,545	21,732	2,937
มิถุนายน	2556	150,775	75,891	52,545	23,042	110,004	21,210	75,419	31,949	245,756	43,016	20,985	2,836
กรกฎาคม	2556	142,305	75,084	49,492	21,703	103,611	19,977	71,037	30,092	231,476	40,516	19,765	2,671
สิงหาคม	2556	136,798	74,559	47,506	20,833	99,455	19,176	68,187	28,885	222,189	38,891	18,973	2,564
กันยายน	2556	147,182	75,548	51,250	22,474	107,291	20,687	73,558	31,161	239,694	41,955	20,468	2,766
ตุลาคม	2556	276,816	87,901	97,977	42,965	205,115	39,548	140,626	59,572	458,237	80,208	39,129	5,288
พฤศจิกายน	2556	393,195	98,991	139,927	61,361	292,937	56,481	200,835	85,077	654,435	114,549	55,883	7,552
ธันวาคม	2556	401,254	99,759	142,832	62,635	299,019	57,654	205,005	86,844	668,021	116,927	57,043	7,708

ตารางที่ ค-22 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2557

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2557	404,912	100,107	144,149	63,213	301,779	58,186	206,897	87,645	674,188	118,007	57,570	7,780
กุมภาพันธ์	2557	338,891	93,816	120,352	52,777	251,960	48,581	172,739	73,175	562,890	98,525	48,066	6,495
มีนาคม	2557	270,743	87,322	95,789	42,005	200,534	38,665	137,482	58,240	448,001	78,416	38,256	5,170
เมษายน	2557	218,623	82,357	76,487	33,530	162,066	31,253	109,655	46,453	358,765	62,800	30,610	4,136
พฤษภาคม	2557	173,542	78,062	59,730	26,170	128,895	24,863	85,483	36,214	281,417	49,266	23,980	3,240
มิถุนายน	2557	167,758	77,511	57,680	25,272	124,469	24,009	82,551	34,972	271,756	47,574	23,156	3,129
กรกฎาคม	2557	158,299	76,609	54,328	23,804	117,237	22,614	77,752	32,939	255,963	44,810	21,811	2,947
สิงหาคม	2557	152,149	76,023	52,148	22,848	112,535	21,707	74,632	31,617	245,694	43,012	20,936	2,829
กันยายน	2557	163,744	77,128	56,257	24,649	121,401	23,418	80,513	34,108	265,054	46,401	22,586	3,052
ตุลาคม	2557	263,376	86,623	91,566	40,119	197,595	38,115	131,045	55,516	431,409	75,524	36,761	4,968
พฤศจิกายน	2557	348,641	94,748	121,783	53,358	262,804	50,693	174,291	73,837	573,777	100,447	48,892	6,607
ธันวาคม	2557	355,774	95,428	124,312	54,466	268,261	51,746	177,909	75,369	585,691	102,533	49,906	6,744

ตารางที่ ค-23 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2558

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2558	371,359	96,913	129,835	56,887	280,179	54,045	185,813	78,718	611,712	107,088	52,124	7,044
กุมภาพันธ์	2558	377,230	97,473	131,915	57,798	284,667	54,911	188,790	79,979	621,511	108,804	52,960	7,157
มีนาคม	2558	331,329	93,099	115,647	50,670	249,563	48,139	165,509	70,116	544,870	95,387	46,428	6,274
เมษายน	2558	321,905	92,161	138,805	61,524	164,026	31,250	215,227	90,661	402,843	70,928	27,384	3,701
พฤษภาคม	2558	369,883	96,692	184,175	82,159	116,864	21,736	297,904	125,133	347,755	61,717	15,259	2,062
มิถุนายน	2558	376,222	97,294	187,376	83,587	118,894	22,114	303,082	127,308	353,799	62,789	15,524	2,098
กรกฎาคม	2558	360,264	95,777	179,322	79,994	113,783	21,163	290,056	121,836	338,591	60,091	14,856	2,008
สิงหาคม	2558	332,969	93,182	165,543	73,848	105,042	19,537	267,771	112,476	312,575	55,473	13,715	1,853
กันยายน	2558	336,816	93,548	167,484	74,714	106,274	19,767	270,910	113,794	316,239	56,124	13,876	1,875
ตุลาคม	2558	402,709	99,812	200,744	89,551	127,376	23,692	324,705	136,390	379,037	67,269	16,632	2,248
พฤศจิกายน	2558	527,814	111,707	263,890	117,720	167,444	31,144	426,847	179,295	498,270	88,429	21,863	2,955
ธันวาคม	2558	494,232	108,514	246,939	110,158	156,690	29,144	399,431	167,779	466,266	82,749	20,459	2,765

ตารางที่ ค-24 ปริมาณการสูบน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2559

เดือน	ปี	สุโขทัย		พิษณุโลก		กำแพงเพชร		พิจิตร		นครสวรรค์		อุตรดิตถ์	
		นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน
มกราคม	2559	468,371	106,055	233,887	104,336	148,409	27,604	378,317	158,910	441,620	78,375	19,377	2,619
กุมภาพันธ์	2559	536,568	112,539	267,513	119,692	170,250	31,666	433,996	182,298	506,615	89,910	22,229	3,004
มีนาคม	2559	426,448	102,070	212,093	94,896	134,979	25,106	344,089	144,533	401,664	71,284	17,624	2,382
เมษายน	2559	317,822	91,738	160,030	71,584	103,631	19,333	243,786	102,532	308,200	54,589	12,623	1,706
พฤษภาคม	2559	303,374	90,360	155,435	69,511	102,542	19,191	220,054	92,699	304,773	53,871	11,548	1,561
มิถุนายน	2559	300,555	90,092	153,966	68,854	101,574	19,010	217,975	91,823	301,892	53,361	11,438	1,546
กรกฎาคม	2559	290,753	89,161	148,860	66,571	98,206	18,379	210,747	88,778	291,880	51,592	11,059	1,494
สิงหาคม	2559	278,867	88,031	142,670	63,803	94,120	17,615	201,983	85,086	279,740	49,446	10,599	1,432
กันยายน	2559	297,753	89,826	152,507	68,202	100,609	18,829	215,909	90,953	299,029	52,855	11,330	1,531
ตุลาคม	2559	429,409	102,340	221,091	98,873	145,856	27,297	313,007	131,856	433,509	76,626	16,425	2,220
พฤศจิกายน	2559	577,946	116,458	298,470	133,478	196,904	36,851	422,556	178,004	585,230	103,443	22,173	2,996
ธันวาคม	2559	610,975	119,598	315,676	141,172	208,255	38,975	446,914	188,265	618,964	109,406	23,452	3,169
ธันวาคม	2559	593,474	117,934	306,560	137,095	202,241	37,850	434,008	182,828	601,088	106,246	22,775	3,078

ภาคผนวก ง

รายละเอียดระบบติดตามน้ำบาดาลและ

บันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

รายละเอียดเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

1. เครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ มีรายละเอียดดังนี้

1.1 เซนเซอร์วัดระดับน้ำบาดาล

เซนเซอร์วัดระดับน้ำบาดาลใต้ดิน (underground liquid level sensor) ใช้หลักการวัดระดับน้ำใต้ดิน โดยใช้หลักการวัดความดันเหนือเซนเซอร์แสดงดังสมการที่ (1)

$$P = P_0 + \rho g h \qquad (1)$$

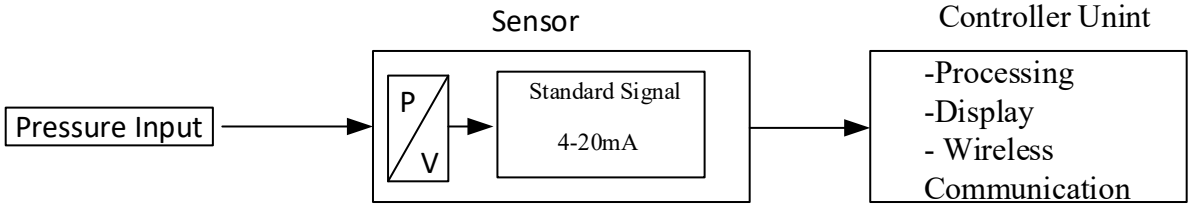
เมื่อ P คือ ความดันที่เซนเซอร์วัดได้ (Pressure on the sensor)

P_0 คือ ความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure)

ρ คือ ความหนาแน่นของเหลว (Density of liquid)

h คือ ความลึกของระดับน้ำทำการวัด (Depth of sensor input)

การวัดความลึกระดับน้ำโดยอาศัยความสัมพันธ์ของการวัดความดันของตัวเซนเซอร์ (P) โดยที่ความดันของน้ำที่วัดได้จะแปรผันตรงกับความดัน โดยค่าความดันที่ทำการวัดจะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้ามาตรฐาน 4-20mA ตัวประมวลผลจะรับข้อมูลและแสดงผลแสดงดังรูปที่ 1



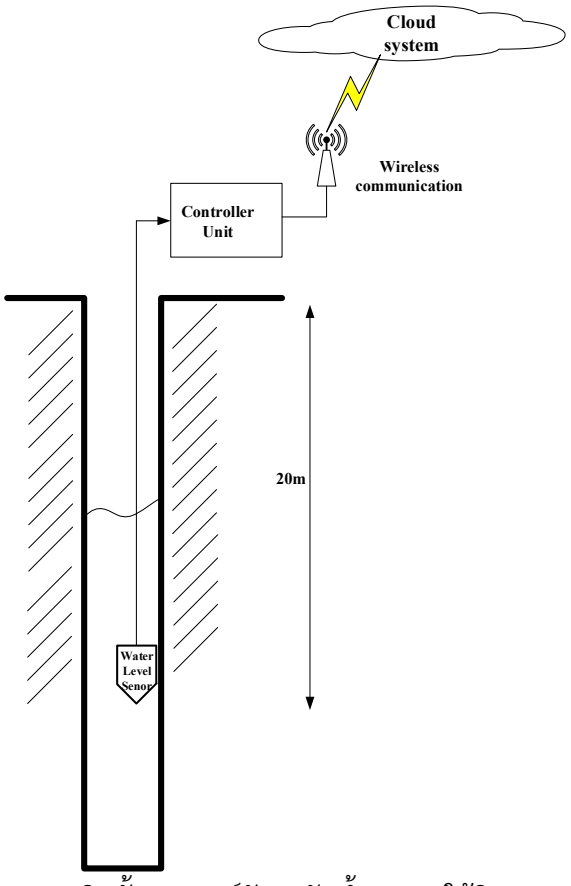
รูปที่ 1 ระบบการวัดและส่งข้อมูลของชุดเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

เซนเซอร์วัดระดับน้ำใต้ดิน รุ่น HDL 300 สามารถวัดความลึกของระดับน้ำบาดาลที่ระยะ 20 เมตร ส่งสัญญาณระดับน้ำมายังชุดควบคุม (controller unit) โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1) สามารถวัดระดับน้ำใต้ดินมีความลึก 20 เมตร
2) แหล่งจ่ายไฟฟ้า 24Vdc
3) สัญญาณเอาต์พุต 4-20mA
4) Accuracy 0.1%F.S, 0.25%F.S
5) Sensitivity temperature drift ±0.03%F.S/℃
6) Material 316L core & Rubber breathable cable
7) Long-term stability ≤0.2%F.S/year
8) Protection grade IP67

รูปที่ 2 เซนเซอร์วัดระดับน้ำใต้ดิน

การติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับน้ำบาดาลใต้ดินโดยการหย่อนเซนเซอร์ลงไปยังบ่อบาดาลที่ทำการวัด แสดงดังภาพที่ 3 สัญญาณเอาต์พุตจากเซนเซอร์จถูกแปลงสัญญาณกระแสไฟฟ้า (4-20mA) เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า (0-5V) โดยเปลี่ยนแปลงตามระยะความลึกของระดับน้ำจากปากบ่อน้ำบาดาล แสดงดังรูปที่ 3

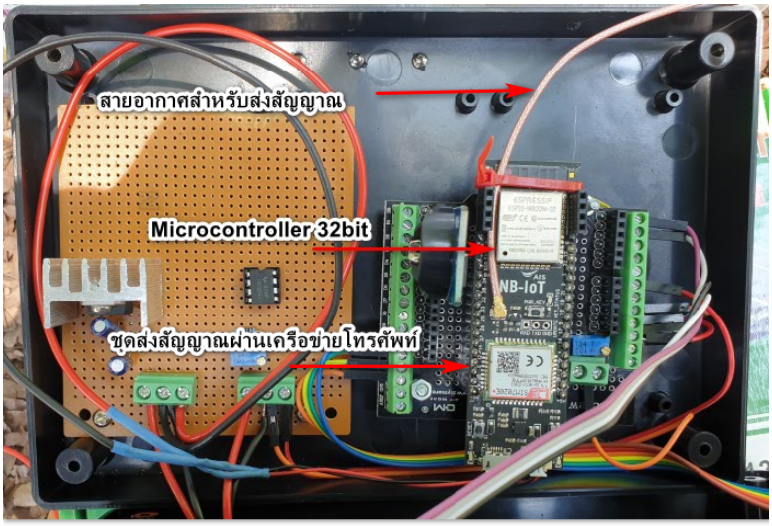


รูปที่ 3 การติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับน้ำบาดาลใต้ดิน

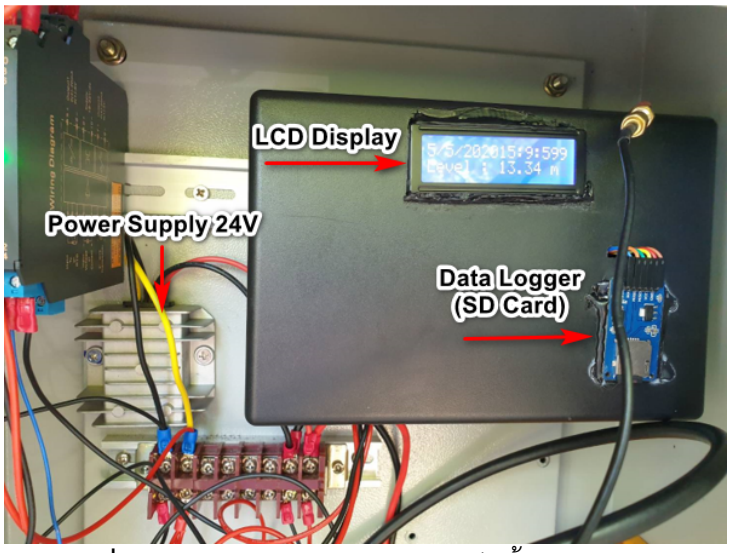
1.2 ชุดควบคุม (controller unit)

ชุดควบคุมทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์ประมวลผลและแสดงผล ส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับเก็บข้อมูล โดยชุดควบคุมมีคุณสมบัติดังนี้

1) ตัวประมวลผลมีขนาด 32 บิต แสดงดังรูปที่ 4 พร้อมโมดูลสำหรับส่งข้อมูลจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ โดยใช้เครือข่ายโทรศัพท์ค่าย AIS โดยมีค่าบริการรายปี 375 บาท/ปี
2) มีจอแสดงผลแบบแอลซีดี พร้อมชุดเก็บข้อมูล (Data Logger) แสดงดังรูปที่ 5 การเก็บข้อมูลระดับน้ำบาดาลใต้ดินลงบนการ์ดหน่วยความจำโดยหน่วยความจำมีขนาด 32GB



รูปที่ 4 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต พร้อมชุดส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายโทรศัพท์และสายอากาศ



รูปที่ 5 จอแสดงผลแอลซีดี และการเก็บข้อมูล

1.3 ตู้ควบคุม และแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์

1) ขนาดของตู้ควบคุมแสดงดังรูปที่ 6 ขนาดไม่น้อยกว่า กว้าง 35 สูง 52 x ลึก 25 เซนติเมตร
2) แหล่งจ่ายไฟฟ้า 24Vdc อยู่ภายในสำหรับเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับเซนเซอร์และตัวทรานสดิวเซอร์

รูปที่ 6 ชุดตู้ควบคุมขนาด 35 x 52 x 25 เซนติเมตร

1.4 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติประกอบด้วย

1) แผงโซลาเซลล์ขนาด 30W รับพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับตัวชาร์จเจอร์สำหรับแบตเตอรีสำหรับจ่ายพลังงานสำหรับชุดคอนโทรลเลอร์
2) แบตเตอรีแรงดันไฟฟ้า 12V ขนาด 10Ah ทำหน้าที่จ่ายพลังงานกับไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนต่าง ๆ ของวงจรวัดระดับน้ำบาดาล
3) วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจาก 12V เป็น 24V เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าสำหรับเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

2. รายละเอียดตำแหน่งและพิกัดที่ติดตั้ง

ตำแหน่งการติดตั้งชุดเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ณ สถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล โดยได้รับการอนุญาตจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล มีรายละเอียดดังนี้

1) วัดหนองหัวยาง หมู่ 7 ต.ท่าทอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก
2) วัดหนองต้นไทร หมู่ 7 ต.โพธิ์ประทับช้าง อ.โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร
3) วัดแปดอ้อม หมู่ 7 ต.นิคมทุ่งโพธิ์ทะเล อ.เมือง จ.กำแพงเพชร
4) วัดหนองบัว หมู่ 4 ต.หนองบัว อ.ศรีนคร จ.สุโขทัย

3. การติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

รูปที่ 7 การติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

จากรูปที่ 7 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ โดยระบบประกอบด้วย ชุดวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ และแผงโซลาเซลล์สำหรับจ่ายพลังงานให้กับ

เครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ โดยการทดสอบการทำงานของระบบสามารถแสดงผลผ่านระบบคราวด์เซิร์ฟเวอร์

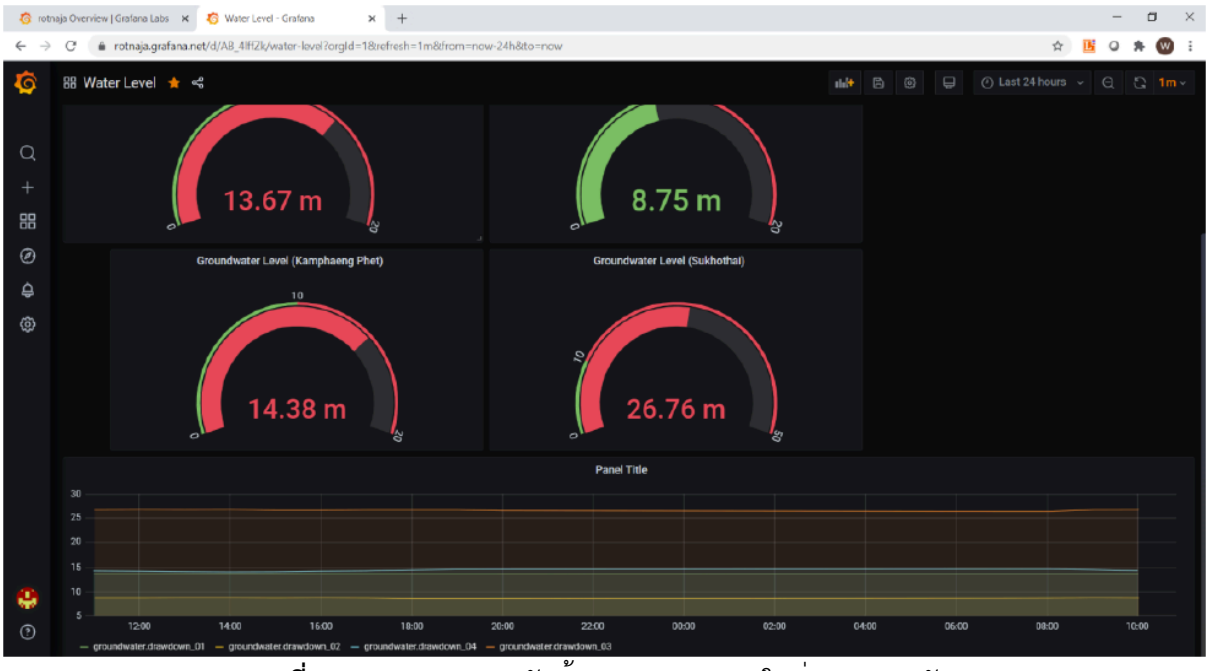
4. การทดสอบการวัดระดับน้ำบาดาลหลังการติดตั้ง

รูปที่ 8 การทดสอบความถูกต้องของการวัดระดับน้ำบาดาล

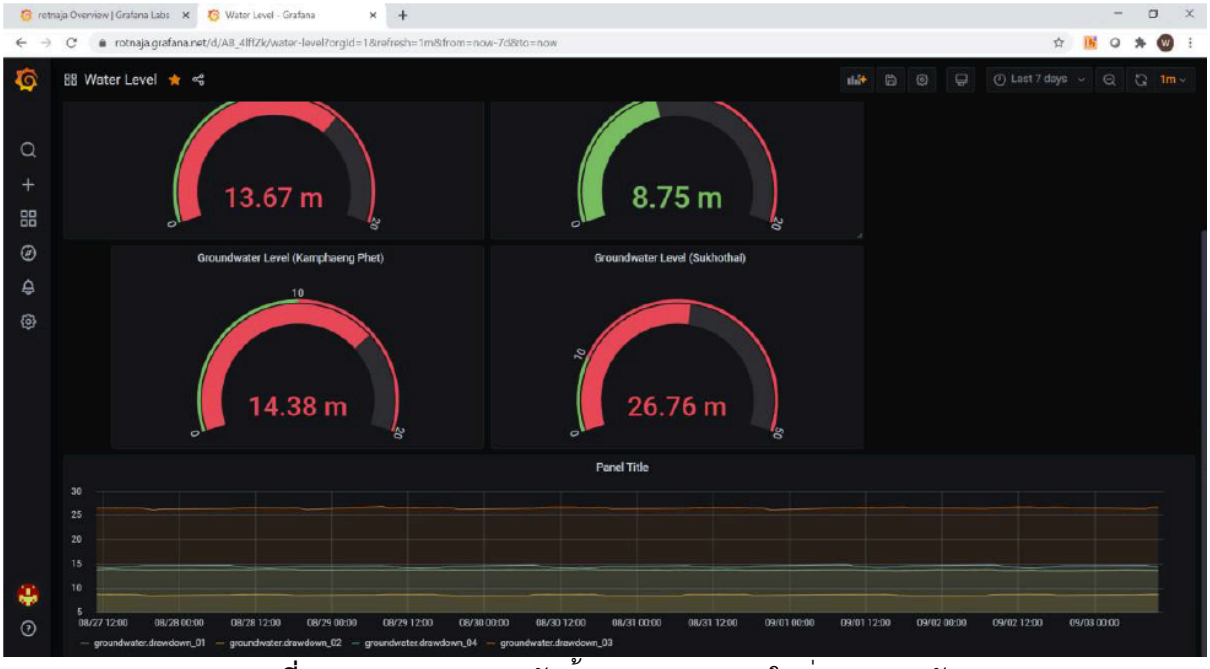
แสดงการทดสอบความถูกต้องของการวัดระดับน้ำบาดาลของเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ โดยการเปรียบเทียบผลการวัดระดับน้ำบาดาลกับเครื่องวัดระดับน้ำ Solinst Water Level Meter Model 101 โดยนำผลการวัดจากเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ เปรียบเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน และทำการปรับค่าของเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติให้ถูกต้อง หลังจากการปรับค่าระดับน้ำที่วัดได้ถูกต้องแล้วทำการวัดซ้ำโดยได้ค่าที่ถูกต้อง

5. การทดสอบการแสดงผลระดับน้ำบาดาลผ่านระบบคราวด์เซิร์ฟเวอร์

การจัดเก็บและการส่งข้อมูลจากเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ณ สถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาลทั้ง 4 จุด โดยระบบจะทำการส่งระดับน้ำบาดาลจากชุดควบคุมผ่าน เครือข่ายโทรศัพท์ไปยังระบบคราวด์เซิร์ฟเวอร์ และเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล โดยข้อมูลจะส่งจากตัวควบคุมทุก ๆ 10 นาที นอกจากนั้นยังสามารถแสดงผลระดับน้ำบาดาลในรูปแบบต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 9 และ 10 การแสดงผลระดับน้ำบาดาลในช่วงเวลา 1 วัน และ 7 วัน



รูปที่ 9 การแสดงผลการรับข้อมูลและแสดงผลในช่วงเวลา 1 วัน



รูปที่ 10 การแสดงผลการรับข้อมูลและแสดงผลในช่วงเวลา 7 วัน

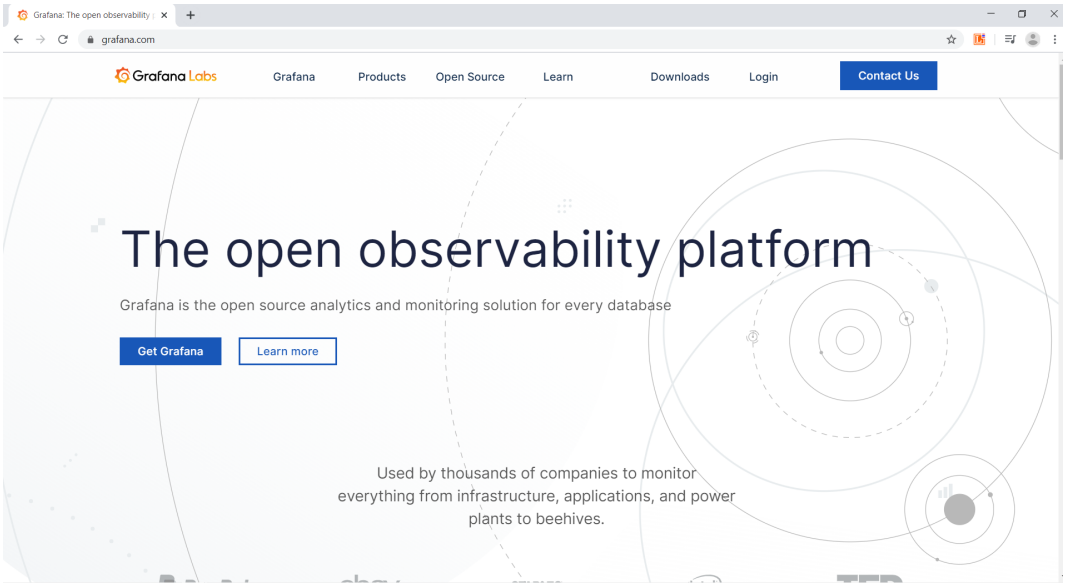
6. ค่าใช้จ่ายและการบำรุงรักษาชุดเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

1) ค่าบริการเครือข่าย 375 บาท/ปี
2) ค่าเช่าพื้นที่ระบบคราวด์ 800 บาท/เดือน

3) การบำรุงรักษาชุดเครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติโดยการตรวจสอบความถูกต้อง ของเครื่องวัดโดยการเปรียบเทียบกับสายวัดมาตรฐาน

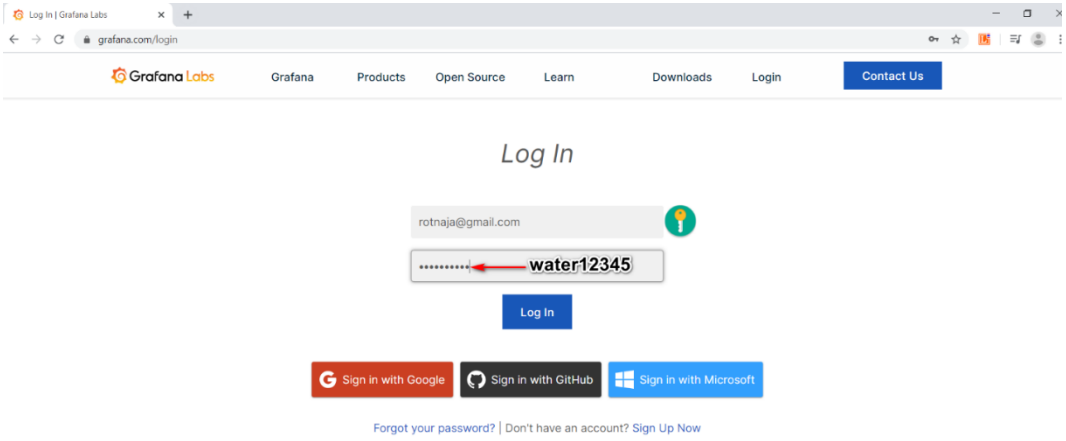
7. ขั้นตอนการดูค่าระดับน้ำออนไลน์บนระบบคราวด์เซิร์ฟเวอร์จำลอง

1) เข้าเว็ปไซต์ **https://grafana.com/** แสดงดังภาพที่ 14 และคลิก Login บนเว็ปไซต์



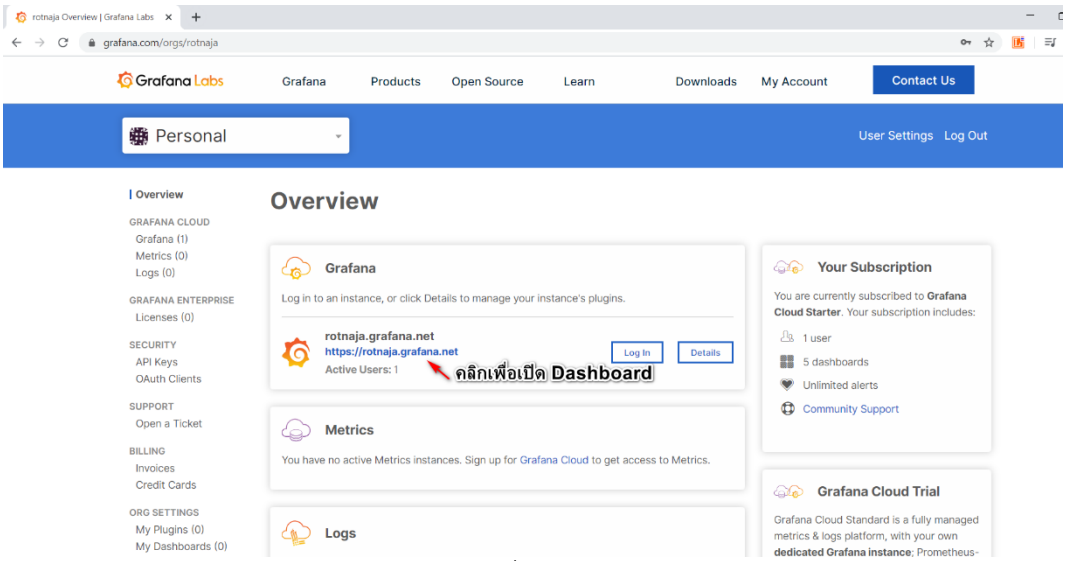
รูปที่ 11 เว็ปไซต์ gafana.com

2) ล็อกอินเข้าระบบโดยใช้ **user: rotnaja@gmail.com** และ **password: water12345** แสดงดังภาพที่ 15



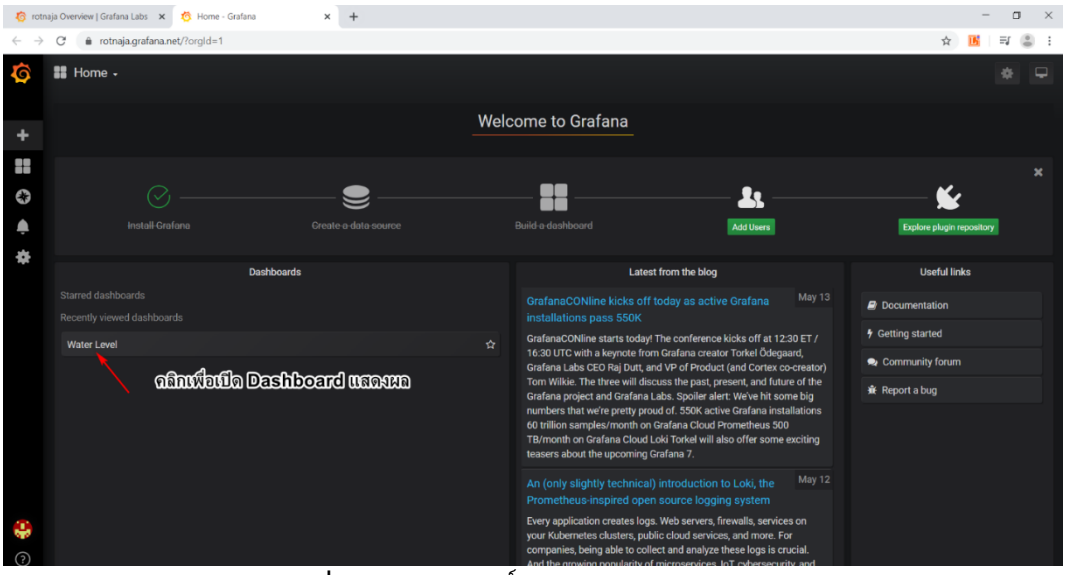
รูปที่ 12 การล็อกอินเข้าระบบ

3) คลิกลิงค์ **https://rotnaja.gafana.net**

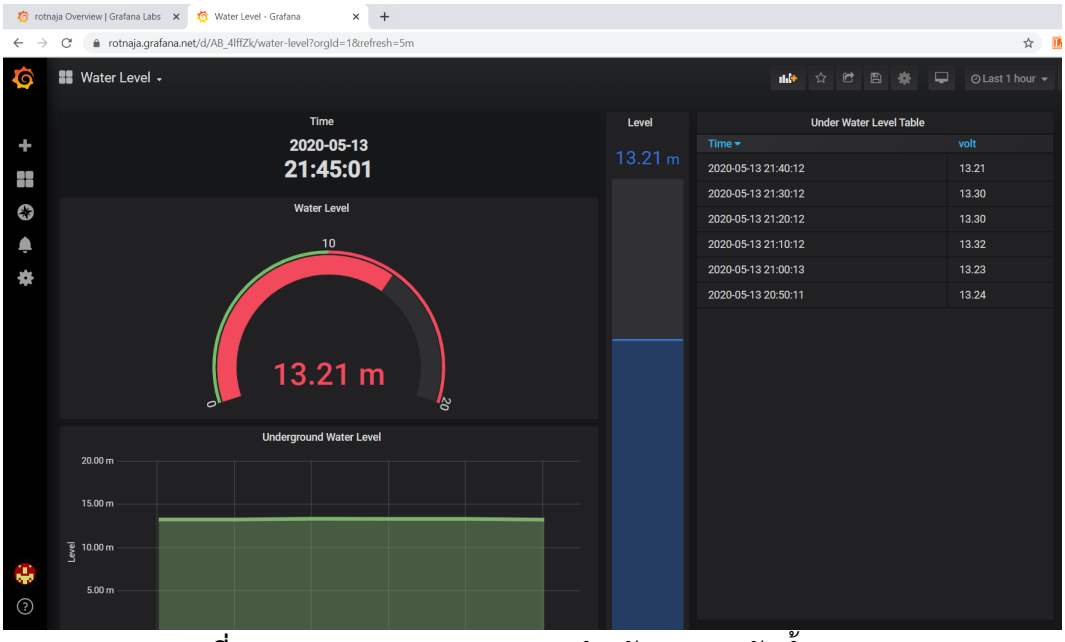


รูปที่ 13 การเปิดลิงค์สำหรับเปิด Dashboard

4) คลิก **Water Level** เพื่อเปิด Dashboard สำหรับการแสดงผล



รูปที่ 14 การเปิดลิงค์สำหรับเปิด Dashboard



รูปที่ 15 การแสดงผล Dashboard สำหรับแสดงระดับน้ำบาดาล

ภาคผนวก จ

รายงานสนาม

การออกสนามพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร และนครสวรรค์

วันที่ 13 – 14 พฤศจิกายน 2562

วัตถุประสงค์

เพื่อตรวจสภาพบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลจำนวน 5 บ่อ ในจังหวัดกำแพงเพชร สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร และนครสวรรค์ เพื่อใช้ในการติดตั้งระบบติดตามระดับน้ำบาดาลอัตโนมัติ

การดำเนินการลงพื้นที่

วันที่ 13 พฤศจิกายน 2562

สถานที่ 1. บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล อบต.ตะเคียนเลื่อน ต.ตะเคียนเลื่อน อ.เมือง จ.นครสวรรค์

2. บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล อบต.ท่าฬ่อ อ.เมืองพิจิตร จ.พิจิตร

สรุปโดยย่อภาพรวมโครงการ ฯ

- จากการลงพื้นที่บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล อบต.ตะเคียนเลื่อน ต.ตะเคียนเลื่อน อ.เมือง จ.นครสวรรค์ พบว่าไม่มีลูกกรง สำหรับป้องกันการสูญหายของอุปกรณ์ในบ่อสังเกตการณ์ และได้ดำเนินการทดสอบโดยใช้ Probe วัดความดัน และดำเนินการหาคลื่นสัญญาณ
- จากการลงพื้นที่บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล อบต.ท่าฬ่อ อ.เมืองพิจิตร จ.พิจิตร ได้ดำเนินการทดสอบโดยใช้ Probe วัดความดัน และดำเนินการหาคลื่นสัญญาณ

ปัญหาและอุปสรรคในพื้นที่โครงการ ฯ

- บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล อบต.ตะเคียนเลื่อน ต.ตะเคียนเลื่อน อ.เมือง จ.นครสวรรค์ ไม่มีลูกกรง สำหรับป้องกันการสูญหายของอุปกรณ์ในบ่อสังเกตการณ์ เฉพาะนั้นในการดำเนินติดตั้งเครื่องมือ ต้องหาผู้ที่จะมาช่วยดูแลเครื่องมือ เพื่อไม่ให้เกิดการสูญหาย

แนวทางแก้ไข

- ในการที่จะดำเนินติดตั้งเครื่องมือ จุดบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล อบต.ตะเคียนเลื่อน ต.ตะเคียนเลื่อน อ.เมือง จ.นครสวรรค์ ต้องหาคนที่จะมาช่วยดูแลเครื่องมือ เพื่อไม่ให้เกิดการสูญหาย

วันที่ 14 พฤศจิกายน 2562

สถานที่ 1. บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล วัดหนองหัวยาง ต.ท่าทอง อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก

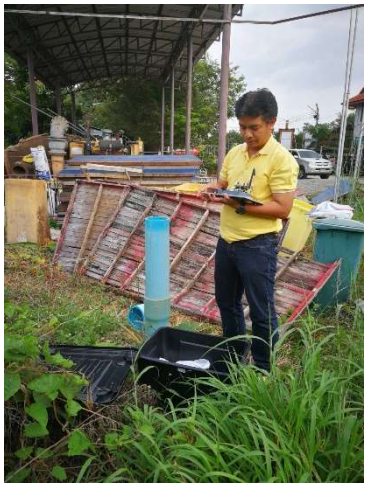
2. บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล โรงเรียนวัดหางตลาด ต.ท่าฉนวน อ.กงไกรลาศ จ.สุโขทัย

3. บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล วัดแปดอ้อม ต.นิคมทุ่งโพธิ์ทะเล อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร

สรุปโดยย่อภาพรวมโครงการ ฯ

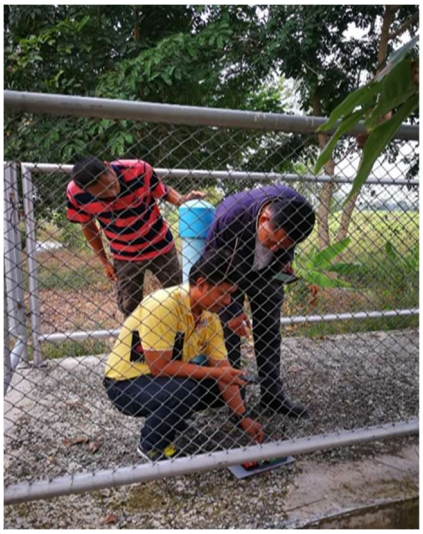
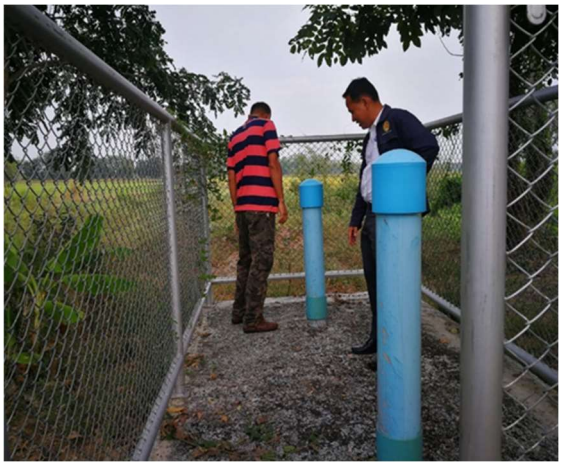
- จากการลงพื้นที่ บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล วัดหนองหัวยาง ต.ท่าทอง อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก ได้ดำเนินการทดสอบโดยใช้ Probe วัดความดัน และดำเนินการหาคลื่นสัญญาณ
- จากการลงพื้นที่ บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล โรงเรียนวัดหางตลาด ต.ท่าฉนวน อ.กงไกรลาศ จ.สุโขทัย ได้ดำเนินการทดสอบโดยใช้ Probe วัดความดัน และดำเนินการหาคลื่นสัญญาณ
- จากการลงพื้นที่ บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล วัดแปดอ้อม ต.นิคมทุ่งโพธิ์ทะเล อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร ได้ดำเนินการทดสอบโดยใช้ Probe วัดความดัน และดำเนินการหาคลื่นสัญญาณ

ประมวลภาพลงพื้นที่



ภาพที่ 1 ลงพื้นที่บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล จุดที่ 1 อบต.ตะเคียนเลื่อน ต.ตะเคียนเลื่อน อ.เมือง จ.นครสวรรค์

ประมวลภาพลงพื้นที่

ภาพที่ 2 ลงพื้นที่บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล จุดที่ 2 อบต.ท่าฬ่อ อ.เมืองพิจิตร จ.พิจิตร

ประมวลภาพลงพื้นที่

ภาพที่ 3 ลงพื้นที่บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล จุดที่ 3 วัดหนองหัวยาง ต.ท่าทอง อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก

ประมวลภาพลงพื้นที่

ภาพที่ 4 ลงพื้นที่บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล จุดที่ 4 โรงเรียนวัดหางตลาด ต.ท่าฉนวน อ.กงไกรลาศ จ.สุโขทัย

ประมวลภาพลงพื้นที่

ภาพที่ 5 ลงพื้นที่บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล จุดที่ 5 วัดแปดอ้อม ต.นิคมทุ่งโพธิ์ทะเล อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร

การลงพื้นที่และรับฟังรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาล
วันที่ 14-15 พฤศจิกายน 2562
ณ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 (กำแพงเพชร) และจังหวัดพิษณุโลก

---

1. วัตถุประสงค์

เพื่อรับรู้และเข้าใจภาพรวมการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่โครงการการพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล โดยเฉพาะการจัดการน้ำบาดาล

2. สรุปการลงพื้นที่

วันที่ 14 พฤศจิกายน 2562

คุณจิราภา หวิงปัด ผู้อำนวยการส่วนวิชาการ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 กล่าวแนะนำสำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 โดยมีหน้าที่ความรับผิดชอบดังนี้

1. พัฒนาทรัพยากรน้ำบาดาลในส่วนที่รับผิดชอบ ให้สอดคล้องกับเป้าหมายและ ยุทธศาสตร์ของกรม จังหวัด และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
2. ดำเนินการศึกษา สำรวจ ประเมินศักยภาพน้ำบาดาล อนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาลในระดับพื้นที่
3. บริหารจัดการ และพัฒนาแหล่งน้ำบาดาล ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งด้านอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม
4. ส่งเสริมและสนับสนุนในการกำกับดูแล ควบคุม เพื่อให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาล
5. สนับสนุนการพัฒนาโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
6. ดำเนินการแก้ไขปัญหาความเดือดร้อนแก่ประชาชนในพื้นที่ประสบภัยพิบัติธรรมชาติ
7. ให้คำปรึกษาและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการพัฒนาและบริหารจัดการน้ำบาดาลให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและประชาชน
8. สนับสนุนและส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์
9. ให้บริการข้อมูลและสารสนเทศน้ำบาดาลในพื้นที่รับผิดชอบ รวมทั้งบริการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลในเบื้องต้น

จากนั้นเจ้าหน้าที่ของสำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 ได้พาชมสถานีสังเกตการณ์ตรวจวัดระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล 2 สถานี ได้แก่

1. สถานี วัดแปดอ้อม ตำบลนิคมทุ่งโพธิ์ทะเล อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร
   เป็นบ่อเจาะจำนวน 2 บ่อ ได้แก่ บ่อระดับ 50 เมตรและบ่อระดับ 84 เมตร โดยยังไม่มีการติดตั้งระบบบันทึกข้อมูล
2. สถานี วัดสวนทศพลญาณ ตำบลโนนพลวง อำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร

เป็นบ่อเจาะจำนวน 2 บ่อ ได้แก่บ่อระดับ 50 เมตรและบ่อระดับ 1,030 เมตร โดยยังไม่มีการติดตั้งระบบบันทึกข้อมูล

วันที่ 15 พฤศจิกายน 2562

ได้มีการลงพื้นที่เยี่ยมชมพื้นที่ทดลองของโครงการ “แก้ไขปัญหาภัยแล้งและปัญหาการลดระดับน้ำของชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่แอ่งเจ้าพระยา” อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ในพื้นที่โครงการมีการจำลองระบบการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล จำนวน 2 แบบ ได้แก่

1. แบบจำลองระบบการเติมน้ำใช้สำหรับดินเหนียวชั้นบนหนา
2. แบบจำลองระบบการเติมน้ำใช้สำหรับดินเหนียวชั้นบนไม่หนา

และเยี่ยมชมชมสถานีสังเกตการณ์ตรวจวัดระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล 2 สถานี ได้แก่

1. สถานี บ้านประดา หมู่ 8 ตำบลบึงกอก อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก
   เป็นบ่อเจาะจำนวน 2 บ่อ ได้แก่บ่อระดับ 42 เมตรและบ่อระดับ 81 เมตร
2. สถานี โรงเรียนดอนทองวิทยา ตำบลดอนทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
   เป็นสถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำและคุณภาพน้ำอัตโนมัติ มีบ่อเจาะจำนวน 4 บ่อ ได้แก่
   - บ่อความลึกระดับ 30 เมตร จำนวน 1 บ่อ
   - บ่อความลึกระดับ 102 เมตร จำนวน 2 บ่อ
   - บ่อความลึกระดับ 150 เมตร จำนวน 1 บ่อ

กำหนดการลงพื้นที่และรับฟังรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาล
วันที่ 14-15 พฤศจิกายน 2562
ณ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 (กำแพงเพชร) และจังหวัดพิษณุโลก

วันอังคารที่ 14 พฤศจิกายน 2562

06.00 น.	ออกเดินทางจากกรุงเทพมหานครไปจังหวัดกำแพงเพชร
13.00 น.	รับฟังการบรรยายการบริหารจัดการน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา ณ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 (กำแพงเพชร) ▪ ลงพื้นที่ภาคสนาม บ่อสังเกตการณ์ปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา จังหวัดกำแพงเพชร
16.00 น.	เดินทางไปจังหวัดพิษณุโลก
19.00 น.	เดินทางเข้าที่พักโรงแรมวังจันทน์ ริเวอร์วิว จังหวัดพิษณุโลก

วันพุธที่ 15 พฤศจิกายน 2562

09.00 น.	ลงพื้นที่ภาคสนาม พื้นที่ทดลองของโครงการ “แก้ไขปัญหาภัยแล้งและปัญหาการลดระดับน้ำของชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่แอ่งเจ้าพระยา” อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก
12.00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
13.00 น.	ลงพื้นที่ภาคสนาม บ่อสังเกตการณ์ปริมาณน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา จังหวัดพิษณุโลก
16.00 น.	เดินทางกลับกรุงเทพมหานคร

รายนามคณะร่วมลงพื้นที่

การลงพื้นที่และรับฟังรูปแบบการลงพื้นที่และรับฟังรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาล วันที่ 14-15 พฤศจิกายน 2562 ณ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 (กำแพงเพชร) และจังหวัดพิษณุโลก มีผู้เข้าร่วมทั้งหมด 5 คน รายละเอียดดังต่อไปนี้

ลำดับ	หน่วยงาน	จำนวน (คน)
1	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	5 คน
	1. ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล	
	2. ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต	
	3. นายธีติธร จุลละพราหมณ์	
	4. นางสาวชัญญานุช นันทิพัฒน์วงศ์	
	5. นางสาวสาวิตรี หล้าเรือง	
	รวมทั้งสิ้น	**5 คน**

ประมวลภาพการลงพื้นที่

ฟังการบรรยายจากเจ้าหน้าที่ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 (กำแพงเพชร)

ดูสถานีสังเกตุการณ์ตรวจวัดระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล สถานี วัดแปดอ้อม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร

ดูสถานีสังเกตุการณ์ตรวจวัดระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล สถานี วัดสวนทศพลญาณ อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร

ดูพื้นที่ทดลองเติมน้ำ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

ดูสถานีสังเกตการณ์ตรวจวัดระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล สถานี บ้านประดา อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

ดูสถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำและคุณภาพน้ำ (อัตโนมัติ) สถานี โรงเรียนดอนทองวิทยา อ.เมือง จ.พิษณุโลก

การออกสนาม ณ จังหวัดพิษณุโลก

วันที่ 26 - 27 ธันวาคม 2562

วัตถุประสงค์

เพื่อทดลองติดตั้งระบบ และอุปกรณ์วัดระดับน้ำบาดาลแบบ Real-Time ณ บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล วัดหนองหัวยาง ต.ท่าทอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

การดำเนินการลงพื้นที่

วันที่ 26 – 27 ธันวาคม 2562

สถานที่ 1. บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล วัดหนองหัวยาง ต.ท่าทอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

สรุปโดยย่อภาพรวมโครงการ ฯ

1. ทดลองติดตั้งระบบ และอุปกรณ์วัดระดับน้ำบาดาลแบบ Real-Time ณ บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล วัดหนองหัวยาง ต.ท่าทอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก
2. ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือ

ปัญหาและอุปสรรคในพื้นที่โครงการ ฯ

อุปกรณ์วัดระดับน้ำบาดาลแบบ Real-Time ไม่ส่งสัญญาณ มายังอุปกรณ์รับสัญญาณ

แนวทางแก้ไข

1. ดำเนินการติดแพงโซล่าเซลล์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น
2. ตัดกิ่งไม้บริเวณนั้นออก

ภาคผนวก

ประมวลภาพลงพื้นที่

ทดลองติดตั้งระบบ และอุปกรณ์วัดระดับน้ำบาดาลแบบ Real-Time

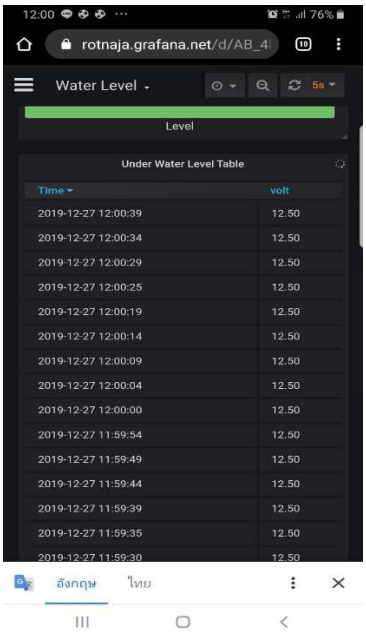
ณ บ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล วัดหนองหัวยาง ต.ท่าทอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ภาพที่ 1 การทดลองติดตั้งระบบ และอุปกรณ์วัดระดับน้ำบาดาลแบบ Real-Time

ภาพที่ 2 การเตรียม BOARD ของ IoT ที่จะติดตั้งรับข้อมูลจาก Probe

ภาพที่ 3 การเตรียม Board ส่งสัญญาณข้อมูลเพื่อไปเก็บบน cloud และ server

ภาพที่ 4 การทดลองส่งข้อมูลทุก 5 วินาที มีค่าระดับเท่ากับที่วัดได้โดยตรงจาก tape วัดระดับน้ำบาดาล



ภาพที่ 5 สามารถดูข้อมูลจาก mobile phone or computer

การลงพื้นที่และรับฟังรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาล
วันที่ 6-7 สิงหาคม 2563
ณ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 (กำแพงเพชร) และจังหวัดพิษณุโลก

---

1. วัตถุประสงค์

1. ลงพื้นที่ตรวจดูสถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล ที่มีการติดตั้งระบบติดตามระดับน้ำบาดาลแบบอัตโนมัติ จำนวน 3 ชุด (จังหวัดกำแพงเพชร พิษณุโลก และพิจิตร)
2. เยี่ยมชมพื้นที่โครงการ “เติมน้ำใต้ดินระดับตื้น” ณ โรงเรียนประชาสงค์เคราะห์วิทยา อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

2. สรุปการลงพื้นที่

วันที่ 6 สิงหาคม 2563

คุณจิราภา หวิงปัด ผู้อำนวยการส่วนวิชาการ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 กล่าวรายงานความคืบหน้าการปฏิบัติงานสำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 โดยมีเนื้อหา ดังนี้

ในปีงบประมาณปี 63 ทางสำนักฯได้ทำการช่วยเหลือประชาชน โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

1. **โครงการน้ำบาดาลเพื่ออุปโภค-บริโภค** โดยจะมีการเจาะบ่อบาดาลและตั้งหอถังขนาดใหญ่ มีจุดจ่ายน้ำ และมีการส่งเสริมและพัฒนาแหล่งน้ำประปาหมู่บ้าน โดยมีการเจาะบ่อบาดาล น้ำจะส่งไปที่ถังกรองสนิมเหล็กของการประปา มีงวงช้างให้ประชาชนสามารถเอารถมาเทียบเติมน้ำไปใช้ได้เลย โดยไม่มีระบบหอถัง
2. **โครงการน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร** เพื่อกระจายน้ำเข้าพื้นที่การเกษตร โดยมีการขยายพื้นที่การเก็บน้ำการเกษตร ขนาด 500 ไร่ เป็นโครงการนำร่อง ซึ่งเมื่อโครงการเสร็จสิ้นแล้วจะนำส่งมอบให้ อบต. รับผิดชอบต่อไป
3. **โครงการการเติมน้ำใต้ดิน**
    a. เริ่มทำตั้งแต่ปี 2538 ที่อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย เป็นการเติมน้ำใต้ดินระดับลึก เนื่องจากใช้ทรัพยากรสูงและมีมูลค่าสูง โดยที่ประชาชนในพื้นที่ยังไม่เห็นถึงประโยชน์ ปัจจุบันจึงได้มีปรับปรุงเป็นศูนย์เรียนรู้ด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาล พื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบน
    b. ปี 2563 ได้มีโครงการขุดบ่อเติมน้ำใต้ดิน 500 จุด ในพื้นที่อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ช่วยในการเติมน้ำใต้ดินให้บ่อบาดาลน้ำตื้น ระดับไม่เกิน 10 เมตร โดยค่าใช้จ่ายในการทำบ่อในโครงการนำร่องได้มีการแจ้งราคา 30,000-40,000 บาท

จากนั้นได้ลงพื้นที่ตรวจดูสถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล ที่มีการติดตั้งระบบติดตามระดับน้ำบาดาลแบบอัตโนมัติ 1 จุด ได้แก่

- สถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล ณ วัดแปดอ้อม จ.กำแพงเพชร

วันที่ 7 สิงหาคม 2563

ได้มีการลงพื้นที่เยี่ยมชมพื้นที่ทดลองของโครงการ “แก้ไขปัญหาภัยแล้งและปัญหาการลดระดับน้ำของชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่แอ่งเจ้าพระยา” ได้แก่

1. โรงเรียนประชาสงเคราะห์ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก
2. ในพื้นที่โครงการเศรษฐกิจพอเพียง ต.หนองกุลา อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

ซึ่งในพื้นที่โครงการมีการจำลองระบบการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล จำนวน 2 แบบ ได้แก่

- แบบจำลองระบบการเติมน้ำใช้สำหรับดินเหนียวชั้นบนหนา
- แบบจำลองระบบการเติมน้ำใช้สำหรับดินเหนียวชั้นบนไม่หนา

และได้ลงพื้นที่ตรวจดูสถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล ที่มีการติดตั้งระบบติดตามระดับน้ำบาดาลแบบอัตโนมัติ 1 จุด ได้แก่

- สถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล ณ วัดหนองหัวยาง(หมู่7) อ.เมือง จ. พิษณุโลก
- สถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล ณ วัดหนองต้นไทร ต.โพธิ์ประทับช้าง อ. โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร

ภาคผนวก ก

กำหนดการลงพื้นที่และรับฟังรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาล

วันที่ 6-7 สิงหาคม 2563

ณ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 (กำแพงเพชร) และจังหวัดพิษณุโลก

วันพฤหัสบดีที่ 6 สิงหาคม 2563

06.00 น.	ออกเดินทางจากจังหวัดกรุงเทพมหานครไปจังหวัดกำแพงเพชร
11.00	▪ ลงพื้นที่ภาคสนาม สถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล ณ วัดแปดอ้อม จ.กำแพงเพชร
12.00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
13.00 น.	รับฟังรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาล ณ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 (กำแพงเพชร)
16.00 น.	เดินทางไปจังหวัดพิษณุโลก
19.00 น.	เดินทางเข้าที่พัก

วันศุกร์ที่ 7 สิงหาคม 2563

09.00 น.	ลงพื้นที่ภาคสนาม ▪ สถานีสังเกตการณ์ระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล ณ วัดหนองหัวยาง (ม.7) จ.พิษณุโลก ▪ พื้นที่โครงการ “เติมน้ำใต้ดินระดับตื้น” อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก
12.00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
13.00 น.	ลงพื้นที่ภาคสนาม บ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่ศึกษา จังหวัดพิษณุโลก
18.00 น.	เดินทางกลับกรุงเทพมหานคร

ภาคผนวก ข

รายนามคณะร่วมลงพื้นที่

การลงพื้นที่และรับฟังรูปรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาล วันที่ 6-7 สิงหาคม 2563 ณ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 (กำแพงเพชร) และจังหวัดพิษณุโลก มีผู้เข้าร่วมทั้งหมด 10 คน รายละเอียดดังต่อไปนี้

ลำดับ	หน่วยงาน	จำนวน (คน)
1	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	8 คน
	6. ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล	
	7. ผศ.ดร.ปิยธิดา เรืองรัศมี	
	8. ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต	
	9. รศ.ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย	
	10. นายธีติธร จุลละพราหมณ์	
	11. นางสาวชัญญานุช นันทิพัฒน์วงศ์	
	12. นางสาวสาวิตรี หล้าเรือง	
	13. Dr.Pham Van Tuan	
2	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม	2 คน
	1. นางสาวจริยา อินทเรืองศร	
	2. นายสรรธาร พชสิทธิ์	
	รวมทั้งสิ้น	**10 คน**

ภาคผนวก ค

ประมวลภาพการลงพื้นที่

ฟังการบรรยายจากเจ้าหน้าที่ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 (กำแพงเพชร)

ดูสถานีสังเกตุการณ์ตรวจวัดระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล สถานี วัดแปดอ้อม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร

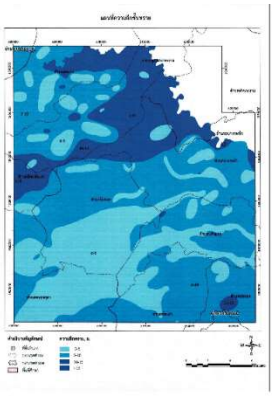
ดูสถานีสังเกตุการณ์ตรวจวัดระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล สถานี วัดหนองหัวยาง(หมู่7) อ.เมือง จ.พิษณุโลก

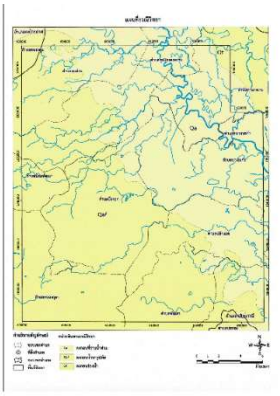
ดูพื้นที่บ่อเติมน้ำใต้ดิน โรงเรียนประชาสงเคราะห์ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

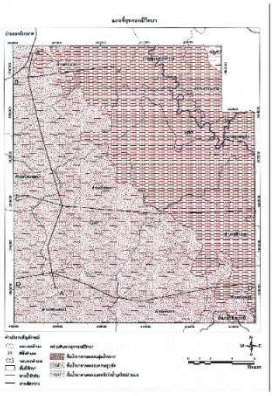
ดูพื้นที่บ่อเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่ศูนย์เรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง ต.หนองกุลา อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

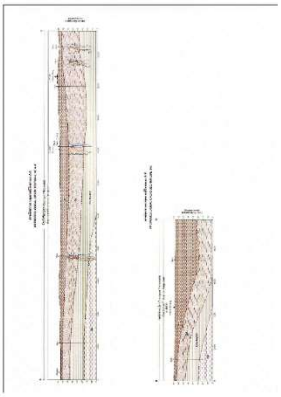
ดูพื้นที่การขุดบ่อเติมน้ำใต้ดิน อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

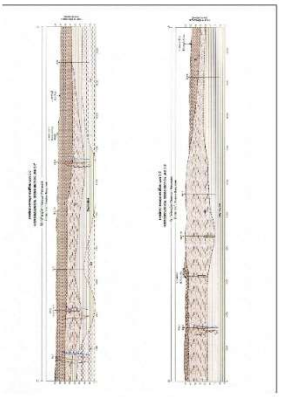
ภาคผนวก ง
เอกสารประกอบการลงพื้นที่

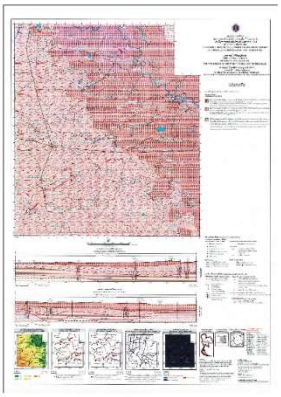












ภาคผนวก ฉ
การประชุมนำเสนอผลการศึกษา

การประชุมนำเสนอผลการวิจัย
โครงการ "การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
ระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน"
วันพฤหัสบดีที่ 6 สิงหาคม 2563 เวลา 13.00 น.
ณ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาลเขต 7 (กำแพงเพชร)

วัตถุประสงค์

- นำเสนอผลการศึกษาแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ ณ สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 7 จังหวัดกำแพงเพชร

สรุปการนำเสนอ

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. การพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดินเพื่อให้รู้สภาพปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ในสถานการณ์น้ำแบบต่าง ๆ และรูปแบบการบริหารจัดการน้ำบาดาลเพื่อสนับสนุนการพัฒนาในพื้นที่
2. พัฒนารูปแบบและแนวทางการจัดการเพื่อให้น้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน
3. กำหนดรูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อน

พื้นที่ศึกษา

ประกอบด้วยพื้นที่ 6 จังหวัด ในบริเวณภาคกลางตอนบน ได้แก่ จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดสุโขทัย จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดพิจิตร จังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดนครสวรรค์ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 47,986 ตารางกิโลเมตร

ปี 2557-2558 น้ำผิวดินมีปริมาณน้อย ประชาชนจึงใช้น้ำบาดาลมากขึ้น เนื่องจากน้ำในเขื่อนมีปริมาณน้อย โดยสัดส่วนการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรในเขตชลประทานฤดูแล้งมีการใช้น้ำบาดาลราว 24 % ส่วนนอกเขตชลประทานมีการใช้น้ำบาดาลมากถึง 40%

ทางโครงการฯมีการพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาลเพื่อศึกษาปริมาณน้ำบาดาล จากการประเมินจากข้อมูลในอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2536-2558) ระยะเวลาผ่านไปประมาณ 20 ปี ปริมาณการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า และโครงการฯให้ความสำคัญต่อข้อมูลระดับน้ำ จึงได้มีการติดตั้งระบบวัดระดับน้ำแบบ real time ทั้งหมด 4 สถานี ได้แก่ วัดหนองต้นไทร จ.พิจิตร, วัดหนองหัวยาง (ม.7) จ.พิษณุโลก, วัดหนองบัว จ.สุโขทัย และวัดแปดอ้อม จ.กำแพงเพชร โดยข้อมูลจะส่งเข้าส่วนกลางเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

ข้อสอบถามเจ้าหน้าที่ในพื้นที่

1. เกษตรกรส่วนใหญ่อยู่ในหรือนอกเขตชลประทาน และมีการใช้น้ำบาดาลเสริมน้ำฝนในช่วงใดบ้าง

ตอบ เกษตรกรส่วนใหญ่จะนอกเขต ส่วนใหญ่จะใช้น้ำฝนเป็นหลัก ถ้าไม่มีน้ำฝนจะใช้น้ำบาดาล เนื่องจากการใช้น้ำบาดาลมีค่าใช้จ่าย อาทิเช่น ค่าไฟ แต่ในช่วงหลังมีการใช้ระบบโซลาเซล์เข้ามา ทำให้การใช้น้ำบาดาลอาจเพิ่มขึ้นได้ ส่วนใหญ่ในพื้นที่จะทำนาส่วนใหญ่ แต่ทางกรมฯจะไม่ทำการเจาะบ่อให้ นอกจากจะปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อย เช่นไม้ผล ไม้ยืนต้น เนื่องจากไม่คุ้มค่า

2. สัดส่วนการใช้น้ำ ชาวบ้านใช้น้ำจากชลประทาน 50กว่า% น้ำบาดาลประมาณ 40% บางช่วงที่ใช้น้ำร่วมกันประมาณ 15% มีความคิดเห็นว่าสัดส่วนนี้เป็นอย่างไร

ตอบ มีความเป็นไปได้ในช่วงที่น้ำไม่ขาดแคลน แต่ถ้าในช่วงภัยแล้งคาดว่าจะมีการใช้น้ำประมาณ 80% โดยเฉพาะในพื้นที่บางระกำน่าจะมีการใช้น้ำบาดาลมากที่สุด ซึ่งในพื้นที่นี้ควรทำ RBF

3. ขอทราบความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการเติมน้ำเพื่อให้น้ำบาดาล สามารถมี reserve ได้ทุกปี ก่อนเข้าหน้าแล้ง

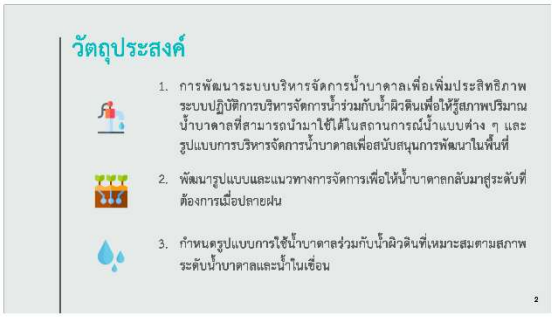
ตอบ ควรทำ RBF ถ้าทำวิธีอื่นอาจเติมน้ำไม่ทัน เคยมีการศึกษาหาพื้นที่ที่เหมาะสม แต่ยังไม่มีการทำต่อ การเติมน้ำข้อควรระวังคือการปนเปื้อน รัฐควรทำเองเพื่อควบคุมคุณภาพ

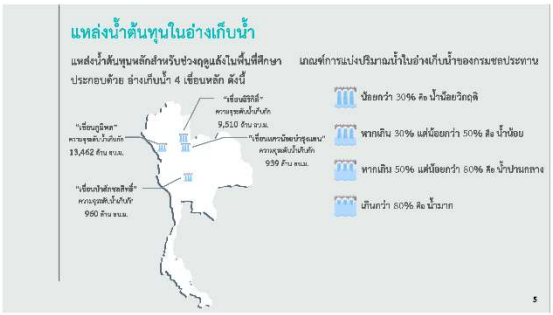
ภาคผนวก ก

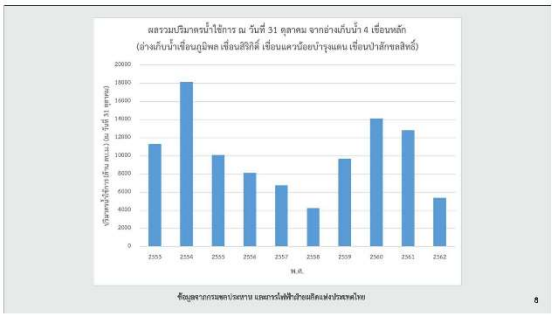
ประมวลภาพบรรยากาศการประชุม

ภาคผนวก ข

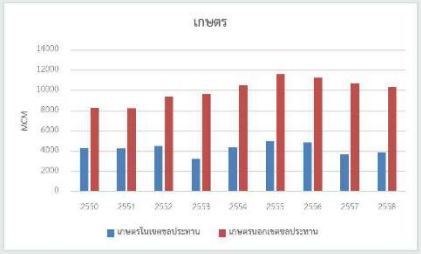
เอกสารประกอบการนำเสนอ







ปริมาณการใช้น้ำรวม 6 จังหวัดในพื้นที่ศึกษา



9

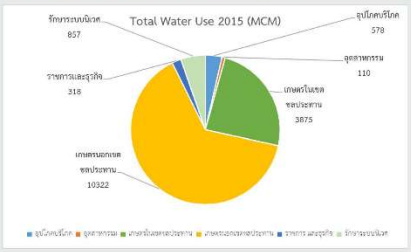
ปริมาณการใช้น้ำรวม 6 จังหวัดในพื้นที่ศึกษา

10

ปริมาณการใช้น้ำรวม 6 จังหวัดในพื้นที่ศึกษา

11

ตัวอย่างปริมาณการใช้น้ำรวม 6 จังหวัดในพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2558



12

สัดส่วนของการใช้น้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล

สัดส่วนการใช้น้ำร่วมเพื่อการเกษตรในเขตชลประทานปี พ.ศ. 2546

ลุ่มน้ำ	น้ำผิวดิน (ร้อยละ)			น้ำบาดาล (ร้อยละ)		
	อยู่ฝน	อยู่แล้ง	รวม	อยู่ฝน	อยู่แล้ง	รวม
1. ลุ่มน้ำปิง	43.71	35.95	41.79	0.96	12.64	3.84
2. ลุ่มน้ำยม	96.13	92.22	96.07	0.11	4.37	0.25
3. ลุ่มน้ำน่าน	70.33	30.30	50.27	0.48	28.50	19.01
4. ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	100.00	100.00	100.00	0.15	11.33	1.15
5. ลุ่มน้ำสะแกกรัง	100.00	100.00	100.00	0.13	9.10	0.76
รวมทุกลุ่มน้ำ	71.02	34.36	59.52	3.51	24.06	9.96

สัดส่วนการใช้น้ำร่วมเพื่อการเกษตรนอกเขตชลประทานปี พ.ศ. 2546

ลุ่มน้ำ	น้ำผิวดิน (ร้อยละ)			น้ำบาดาล (ร้อยละ)		
	อยู่ฝน	อยู่แล้ง	รวม	อยู่ฝน	อยู่แล้ง	รวม
1. ลุ่มน้ำปิง	95.70	66.07	85.82	4.30	33.93	14.18
2. ลุ่มน้ำยม	94.93	67.32	89.43	5.07	32.68	10.57
3. ลุ่มน้ำน่าน	99.37	71.79	97.18	0.63	28.21	2.82
4. ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	99.26	66.64	98.60	0.74	33.36	1.40
5. ลุ่มน้ำสะแกกรัง	99.67	49.37	99.44	0.33	50.63	0.56
รวมทุกลุ่มน้ำ	97.60	60.01	93.83	2.40	39.99	6.17

ที่มา กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2561

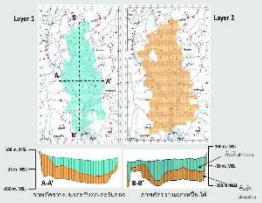
15

ความก้าวหน้า ด้านน้ำบาดาล

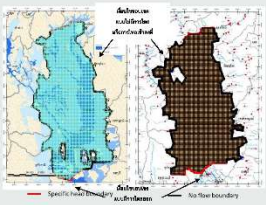
14

การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล

ระบบกริดและขอบเขตเงื่อนไขแบบจำลองน้ำบาดาล



ภาพตัดขวางแบบจำลองน้ำบาดาลและแสดงระดับของชั้นน้ำส่วนบนและล่าง

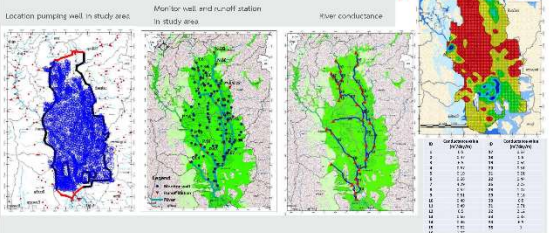


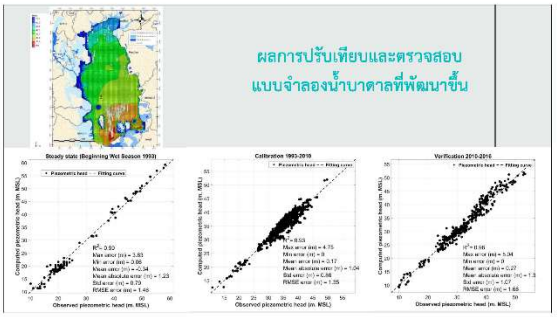
แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลส่วนบนและล่าง

15

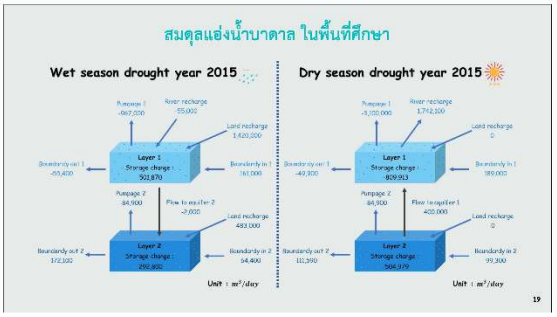
การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล

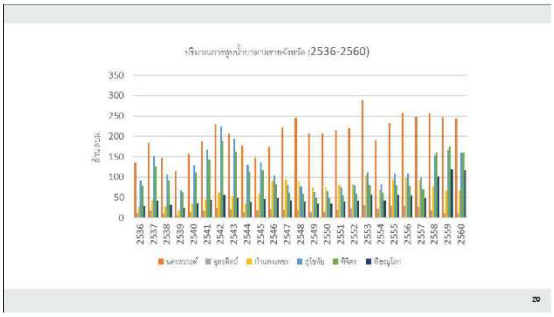
ระบบกริดและขอบเขตเงื่อนไขแบบจำลองน้ำบาดาล

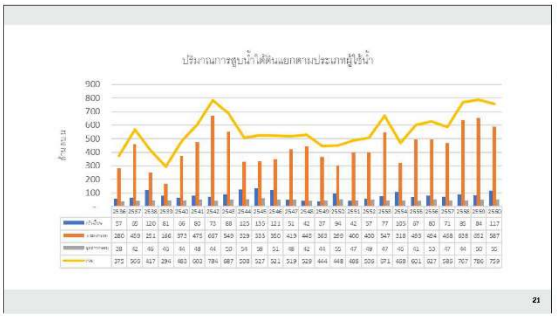


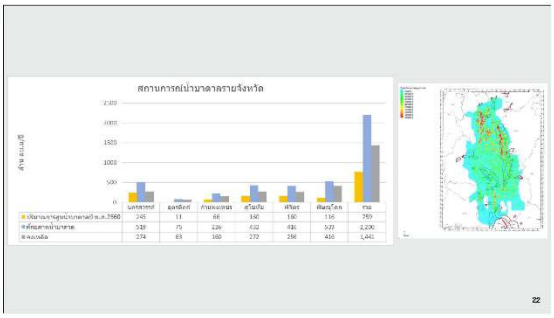

ผลการปรับเทียบและตรวจสอบ
แบบจำลองน้ำบาดาลที่พัฒนาขึ้น

สมดุลแอ่งน้ำบาดาล ในพื้นที่ศึกษา
Wet season year 1993
Dry season year 1993
Unit : m³/day
18

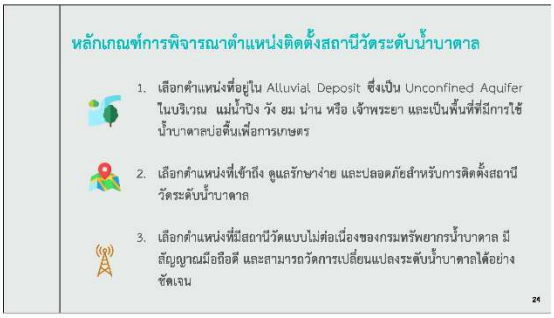

สมดุลแอ่งน้ำบาดาล ในพื้นที่ศึกษา
Wet season drought year 2015
Dry season drought year 2015
Unit : m³/day
19


20


21


22

การพัฒนาระบบวัด และรวบรวมข้อมูลระดับน้ำบาดาลแบบ
Real-Time Recorded Groundwater Monitoring System
25


หลักเกณฑ์การพิจารณาตำแหน่งติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาล
1. เลือกตำแหน่งที่อยู่ใน Alluvial Deposit ซึ่งเป็น Unconfined Aquifer ในบริเวณ แม่น้ำปิง วัง ยม น่าน หรือ เจ้าพระยา และเป็นพื้นที่ที่มีการใช้น้ำบาดาลบ่อตื้นเพื่อการเกษตร
2. เลือกตำแหน่งที่เข้าถึง ดูแลรักษาง่าย และปลอดภัยสำหรับการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาล
3. เลือกตำแหน่งที่มีสถานีวัดแบบไม่ต่อเนื่องของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล มีสัญญาณมือถือดี และสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลได้อย่างชัดเจน
24

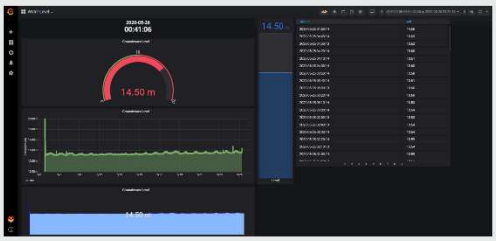
การวางระบบติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาล

ได้ทำการติดตั้งระบบติดตามน้ำบาดาลแบบ real time ในพื้นที่ศึกษาไว้ 4 จุด ดังนี้

- วัดหนองต้นไทร
  หมู่ที่ 7 ต.ไพร่ประทับช้าง อ.ไพร่ประทับช้าง จ.พิจิตร
- วัดหนองห้วยยาง (ม.7)
  ต.ท่าทอง อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก
- วัดหนองบัว
  หมู่ที่ 4 ต.หนองบัว อ.สรินธร จ.อุโทัย
- วัดแปดอ้อม
  ต.นิคมทุ่งไพร่ทะเล อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร

25

ตัวอย่าง การจัดเก็บและการส่งข้อมูลระดับน้ำบาดาลไปยังระบบคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (Cloud Server)



26

ความก้าวหน้าด้านการพัฒนารูปแบบและแนวทางการจัดการน้ำบาดาลกลับมาสู่ระดับที่ต้องการเมื่อปลายฝน

27

การเพิ่มเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษา (Groundwater Bank)

The study must quantify these numbers as follows:

1. How much can we recharge into the groundwater basin?
2. How much can groundwater basin be stored water?
3. How much can we pump to serve the deficit water demand?

28

ขอข้อมูลเพิ่มเติม

29

ขอข้อมูลเพิ่มเติม

1. เกษตรกรส่วนใหญ่อยู่ในหรือนอกเขตชลประทาน และมีการใช้น้ำบาดาลเสริมน้ำฝนในช่วงใดบ้าง
2. ขอทราบค่าพิสัยของความลึกบ่อบาดาลที่มีการเจาะในพื้นที่ที่ผ่านมา
3. ท่านมีข้อเสนอที่มีแผนรองรับหากเกิดสถานการณ์ภัยแล้งต่อเนื่องอย่างไร
4. ขอทราบสัดส่วนการใช้น้ำบาดาลในปีแล้ง
5. ขอทราบความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการเติมน้ำเพื่อให้น้ำบาดาลสามารถมี reserve ได้ทุกปี ก่อนเข้าหน้าแล้ง
6. ขอทราบความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการบริหารน้ำร่วมอย่างไร (ตามพื้นที่ ฤดูกาล และปีน้ำ) ถ้าเราทำนายฝนล่วงหน้าได้

30

ขอขอบคุณ

31

การประชุมนำเสนอผลการวิจัย
โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
ระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”
วันพุธที่ 30 กันยายน 2563 เวลา 09.00 – 11.20 น.
ณ ห้องประชุม 1 อาคาร 1 ชั้น 8 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

วัตถุประสงค์

เพื่อนำเสนอผลการวิจัยและส่งมอบเครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาลอัตโนมัติแก่กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

สรุปการประชุม

จากการนำเสนอผลการวิจัยสรุปประเด็นได้ดังนี้

- รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กล่าวแนะนำแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคมแผนงานการบริหารจัดการน้ำ ดังนี้
    1. การจัดสรรน้ำให้เพียงพอต่อประชากรในประเทศ
    2. งบประมาณและนโยบายในการการจัดการน้ำ

- รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กล่าวแนะนำโครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน” ทีมงานวิจัยโครงการฯ เป้าหมาย วัตถุประสงค์ พื้นที่ศึกษาของโครงการฯ และผลการวิจัย

- ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นำเสนอผลการวิจัยการพัฒนาระบบบริหารการจัดการน้ำบาดาล ดังนี้
    1. สภาพอุทกธรณีวิทยา ชั้นน้ำ สภาพบ่อบาดาลในแต่ละประเภทเกษตรกรรม อุตสาหกรรม อุปโภคบริโภค เป็นต้น ปริมาณน้ำใน บ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่ศึกษา
    2. การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล ผลการปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลองน้ำบาดาลที่พัฒนา
    3. สมดุลแอ่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา ศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา (ปริมาณกรสูบน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างปลอดภัย)
    4. ปริมาณการสูบน้ำรายปี ระดับน้ำในเขื่อน การลดลงของระดับน้ำบาดาล

5. ระบบเติมน้ำ ได้แก่ ระบบเติมน้ำผ่านบ่อวงคอนกรีต ระบบเติมน้ำผ่านระบบสระ และผลกระทบของการเติมน้ำ
6. การประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและสภาพน้ำผิวดิน
7. การฟื้นคืนระดับน้ำบาดาลโดยการเติมน้ำบาดาล

- รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครแฐม นำเสนอผลการวิจัย การพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำบาดาล (การเติมน้ำบาดาล การใช้น้ำร่วม และระบบติดตามน้ำบาดาล) ดังนี้
    1. การติดตั้งเครื่องมือภาคสนาม ตัวอย่างของผลที่ได้ และการประยุกต์ใช้
    2. การพัฒนาระบบวัด และรวบรวมข้อมูลระดับน้ำบาดาลแบบ Real-time Recorded Groundwater Monitoring System
    3. MODELED INTERACTION RESULTS BETWEEN SURFACE AND GROUNDWATER
    4. CONJUNCTIVE USES MANAGEMENT
    5. FUTURE GROUNDWATER PROJECT IN YHE STUDY AREA

- รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นำเสนอขั้นตอนการส่งมอบงาน และความเชื่อมโยงข้อมูล ดังนี้

รายงานผลการศึกษา เครื่องมือติดตามระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ทั้ง 4 ชุด แก่กรมทรพยากรน้ำบาดาล หลังจากเสร็จสิ้นโครงการ

ข้อคิดเห็น เสนอแนะ และตอบข้อซักถาม

1. การ present สั้น-กระชับเกินไป ไม่เห็นถึงหลักการ กระบวนการวิธีทำ และรายละเอียดของข้อมูล
2. อยากเห็น assumption การแบ่ง ฮอโมจิเนียส ปริมาณน้ำควรบอกเป็นโซน ไม่ควรบอกตัวเดียว
3. การ run model รันด้วยโปรแกรมอะไร อยากให้ทำเป็นโปรแกมที่เข้าใจง่าย เพื่อนำไปใช้ได้และเข้าถึงได้ง่ายขึ้น

   ตอบ ในเบื้องต้นโครงการฯ ใช้รูปแบบการกรอกข้อมูลในโปรแกรม excel และนำไปรันโมเดล
4. บ่อสังเกตการณ์กระจายตัวไปหลายจังหวัด บ่อสังเกตการณ์บ่อหนึ่งมีข้อจำกัดรัศมีอิทธิพลในการใช้งานแปลกไป
5. ปริมาณการต่อเติมของบ่อวงคอนกรีต 0.06-1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เฉลี่ย 1 ปี ใช่หรือไม่ และอ้างอิงมาจากการทดลองหรือที่ไหน

6. ปริมาณน้ำในการสูบน้ำของเกษตรกรได้มายังไง เพราะว่าบ่อประเภทนี้อยู่นอกระบบ ซึ่งส่งผลให้การรันโมเดลอ่อนไหว
7. อุปกรณ์ของอาจารย์พัชรศักดิ์ซื้อมาหรือประกอบขึ้นเอง
8. การพัฒนาเครื่องมือของอาจารย์พัชรศักดิ์ใช้งบประมาณเท่าไหร่
9. การประเมินการใช้น้ำทางโครงการฯ ใช้วิธีหรือหลักการอะไรในการประเมิน
10. recharge ควรทำให้ละเอียดเพราะเป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินการจัดสรรน้ำ

    ตอบ ตัวเลขข้อมูลของทางกรมทดลอง อัตราการซึม 5-20 เซนติเมตรต่อวัน แล้วนำมา input ในโมเดล หน้าตัด 2-3 ตารางเมตร สรุปได้เป้า 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แต่ได้ประเมินข้อมูลของทางกรมปี 2554 นำตัวเลขมาอ้างอิง จำนวนวันดูจากการตกของฝนจริง ถ้าได้ระดับวันนึงตก 40 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน 22/8 ชั่วโมง 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะแตกต่างกัน 50 เท่า
11. การทำโมเดลระดับน้ำในเขื่อนและการปล่อยน้ำในเขื่อนในช่วง ฤดูทำนา การตรวจวัดทำให้ระดับน้ำบาดาลยกระดับน้ำได้เท่าไหร่

    ตอบ มีการจำลองระดับน้ำบาดาล ในการจำลองการใช้น้ำ
12. ผลกระทบในการปล่อยน้ำในพื้นที่บางระกำ

    ตอบ การปล่อยน้ำในพื้นที่บางระกำ 300,00 กว่าไร่ มีระดับน้ำคาดการณ์ว่า 3-5 เมตร

ภาคผนวก ก

กำหนดการประชุมนำเสนอผลการวิจัย

โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”

วันพุธที่ 30 กันยายน 2563 เวลา 09.00 – 11.20 น.

ณ ห้องประชุม 1 อาคาร 1 ชั้น 8 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

09.00 – 09.10 น. **กล่าวแนะนำ แผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำ**
โดย *รองศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์*
ประธานบริหารแผนงาน แผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานบริหารจัดการน้ำ

09.10 – 09.25 น. **กล่าวแนะนำ โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”**
โดย *รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล*
หัวหน้าโครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

09.25 – 09.45 น. **นำเสนอผลการวิจัย การพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำบาดาล**
โดย *ดร.โชคชัย สุทธิธรรมจิต*
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

09.45 – 10.05 น. **นำเสนอผลการวิจัย การพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำบาดาล (การเติมน้ำบาดาล การใช้น้ำร่วม และระบบติดตามน้ำบาดาล)**
โดย *รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย*
ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

10.05 – 10.25 น. ตอบข้อซักถาม

10.25 – 10.35 น. **นำเสนอขั้นตอนการส่งมอบงาน และความเชื่อมโยงข้อมูล**
โดย *รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล*
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10.35 – 11.10 น. **หารือองานพัฒนาแบบจำลองร่วมน้ำผิวดิน**
โดย *ดร.ทัศนีย์ เนตรทัศน์*
ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยและพัฒนางานอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล
กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
และ *Dr.Pham Van Tuan*
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11.10 – 11.20 น. **กล่าวสรุป**
โดย *นางอรนุช หล่อเพ็ญศรี*
รองอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

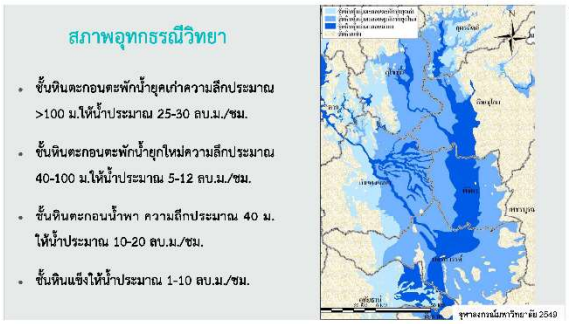
หมายเหตุ : กำหนดการอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม

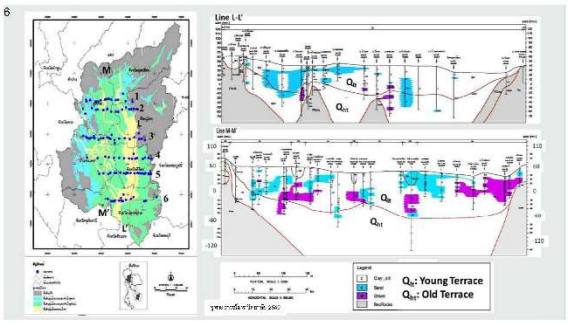
ภาคผนวก ข

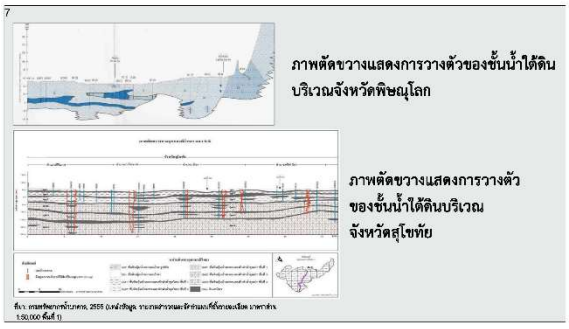
ประมวลภาพบรรยากาศการประชุม

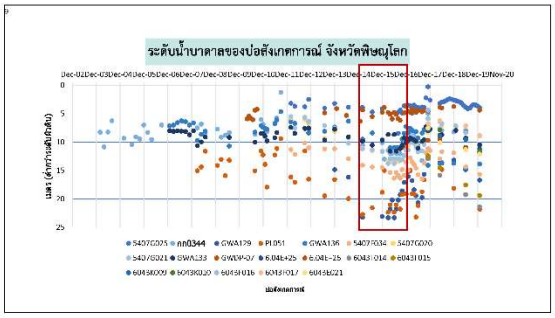
ภาคผนวก ค

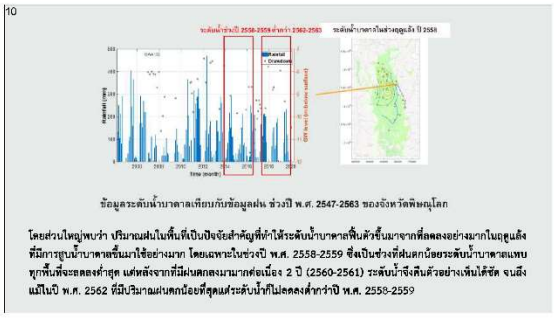
เอกสารประกอบการนำเสนอ

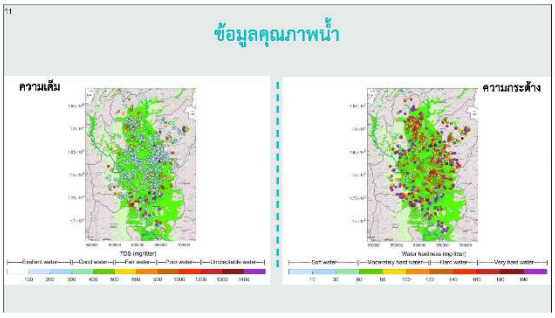


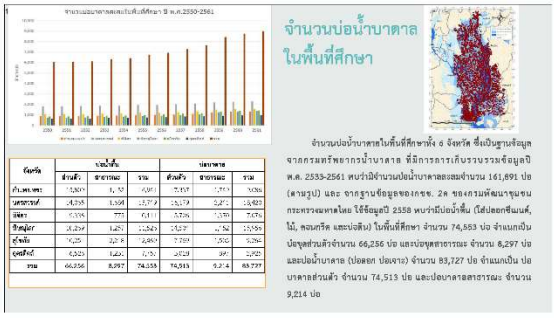


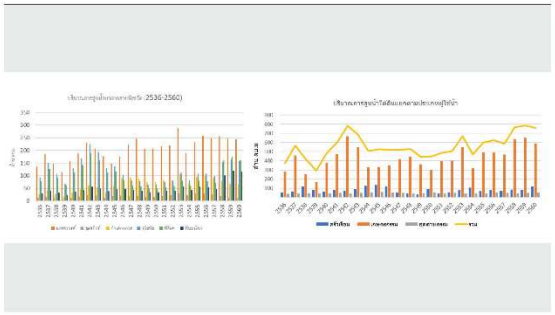


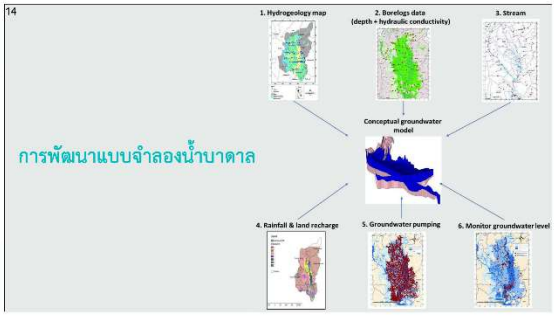

ระดับน้ำบาดาลของบ่อสังเกตการณ์ จังหวัดพิษณุโลก

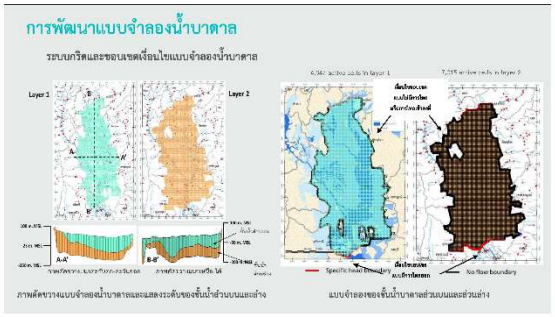

ข้อมูลระดับน้ำบาดาลเทียบกับข้อมูลฝน ช่วงปี พ.ศ. 2547-2563 ของจังหวัดพิษณุโลก
โดยส่วนใหญ่พบว่า ปริมาณฝนในพื้นที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ระดับน้ำบาดาลฟื้นตัวขึ้นมาจากที่ลดลงอย่างมากในอดูแล้ง ที่มีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้อย่างมาก โดยเฉพาะในช่วงปี พ.ศ. 2558-2559 ซึ่งเป็นช่วงที่ฝนตกน้อยระดับน้ำบาดาลแทบทุกพื้นที่จะลดลงต่ำสุด แต่หลังจากที่มีฝนตกลงมามากต่อเนื่อง 2 ปี (2560-2561) ระดับน้ำจึงคืนตัวอย่างเห็นได้ชัด จนถึงแม้ในปี พ.ศ. 2562 ที่มีปริมาณฝนตกน้อยที่สุดแต่ระดับน้ำก็ไม่ลดลงต่ำกว่าปี พ.ศ. 2558-2559

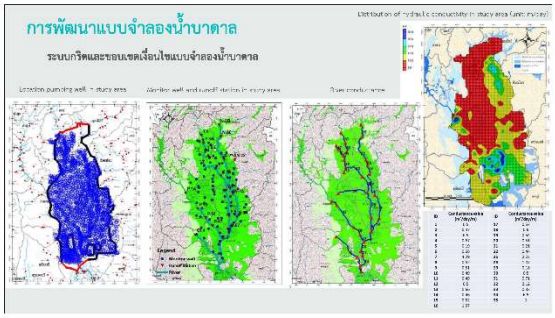

ข้อมูลคุณภาพน้ำ
ความเค็ม
ความกระด้าง

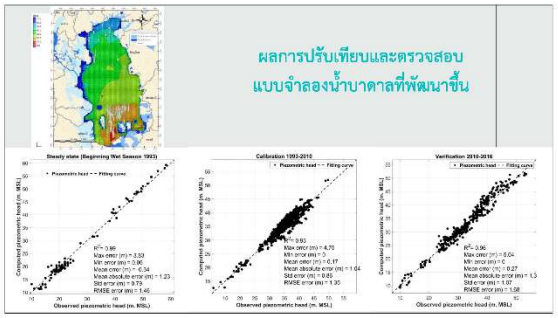

จำนวนบ่อน้ำบาดาล
ในพื้นที่ศึกษา
จำนวนบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 จังหวัด ซึ่งเป็นฐานข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ที่มีการสำรวจรวบรวมข้อมูลปี พ.ศ. 2533-2561 พบว่ามีจำนวนบ่อน้ำบาดาลสะสมจำนวน 161,691 บ่อ (ตามรูป) และ จากฐานข้อมูลของกรมฯ ใน ของกรมพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ใช้ข้อมูลปี 2558 พบว่ามีบ่อน้ำตื้น (ใส่ปลอกซีเมนต์, ไม้, ลอนกรัด และบ่อดิน) ในพื้นที่ศึกษา จำนวน 74,583 บ่อ จำแนกเป็น บ่อชุมชนส่วนตัวจำนวน 66,256 บ่อ และบ่อชุมชนสาธารณะ จำนวน 8,297 บ่อ และบ่อน้ำบาดาล (บ่อลึก บ่อเจาะ) จำนวน 83,727 บ่อ จำแนกเป็น บ่อบาดาลส่วนตัว จำนวน 74,513 บ่อ และบ่อบาดาลสาธารณะ จำนวน 9,214 บ่อ

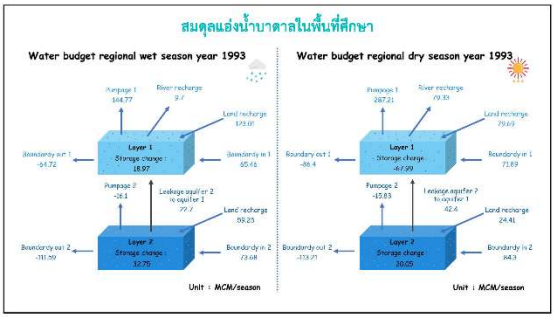


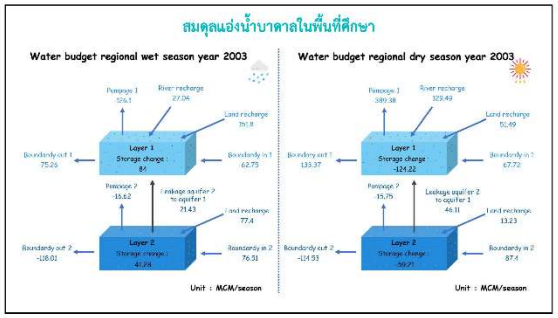

การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล
1. Hydrogeology map
2. Borelogs data (depth + hydraulic conductivity)
3. Stream
Conceptual groundwater model
4. Rainfall & land recharge
5. Groundwater pumping
6. Monitor groundwater level

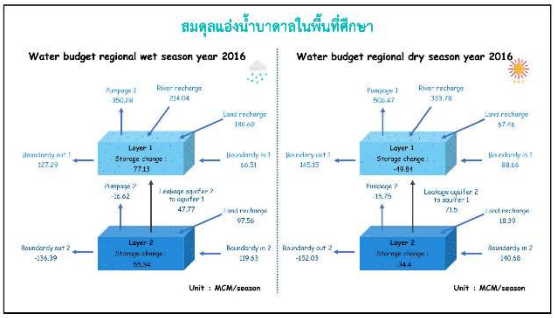

การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล
ระบบกริดและขอบเขตเงื่อนไขแบบจำลองน้ำบาดาล
ภาพตัดขวางแบบจำลองน้ำบาดาลและแสดงระดับของชั้นน้ำด้านบนและล่าง
แบบจำลองของชั้นน้ำบาดาลส่วนบนและด้านล่าง

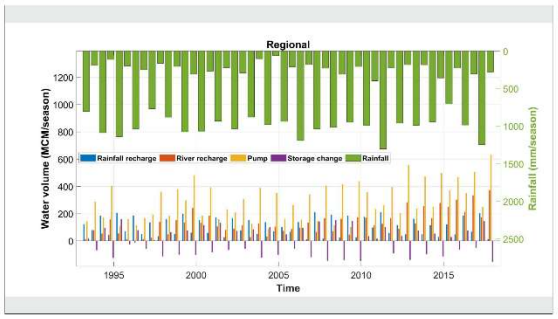

การพัฒนาแบบจำลองน้ำบาดาล
ระบบกริดและขอบเขตเงื่อนไขแบบจำลองน้ำบาดาล


ผลการปรับเทียบและตรวจสอบ
แบบจำลองน้ำบาดาลที่พัฒนาขึ้น


สมดุลแอ่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา
Water budget regional wet season year 1993
Water budget regional dry season year 1993
Unit : MCM/season
Unit : MCM/season

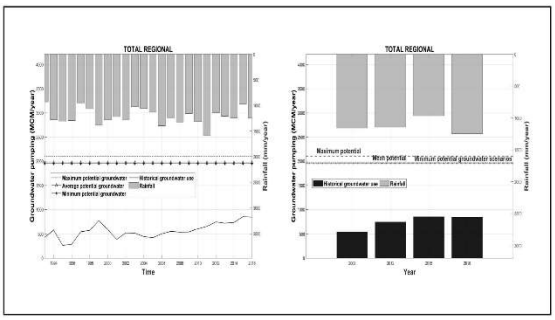

สมดุลแอ่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา
Water budget regional wet season year 2003
Water budget regional dry season year 2003
Unit : MCM/season
Unit : MCM/season


สมดุลแอ่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา
Water budget regional wet season year 2016
Water budget regional dry season year 2016
Unit : MCM/season
Unit : MCM/season

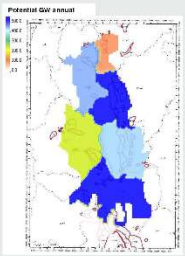

Regional
Water volume (MCM/season)
Rainfall (mm/season)
Rainfall recharge
River recharge
Pump
Storage change
Rainfall
Time

22
การประยุกต์แบบจำลองน้ำบาดาล
ลักษณะน้ำบาดาลในพื้นที่ (ปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างปลอดภัย)
การฟื้นคืนระดับน้ำบาดาลโดยการเติมน้ำบาดาล
การประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามสภาพระดับน้ำบาดาลและสภาพน้ำผิวดิน

ศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่
(ปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างปลอดภัย)
สถานการณ์น้ำบาดาลรายจังหวัด


TOTAL REGIONAL
TOTAL REGIONAL
Time
Year

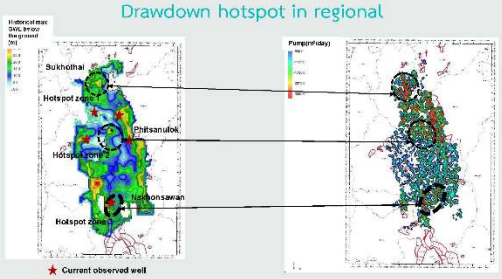
GW potential by average weather 20 years

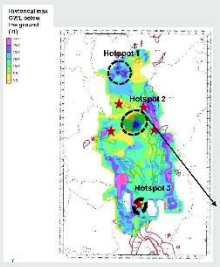


Potential GW PUMP (MCM/ YEAR)	Min rainfall scenarios	Average rainfall scenarios	Max rainfall scenarios
SUKHOTHAI	325	396	432
PHITSANULOK	348	475	533
KAM PHAENG PHET	160	199	226
PHICHIT	294	376	416
NAKHON SAWAN	305	469	519
UTTARADIT	40	46	75
TOTAL	1472	1961	2200

การฟื้นคืนระดับน้ำบาดาลโดยการเติมน้ำบาดาล

Drawdown hotspot in regional





กรณีเติมน้ำ 2 แบบ

- ระบบเติมน้ำผ่านบ่อวงคอนกรีต (Well:0.6-1.0m^3/day)
- ระบบเติมน้ำผ่านสระ(Site pond: 60-2400 m^3/day)

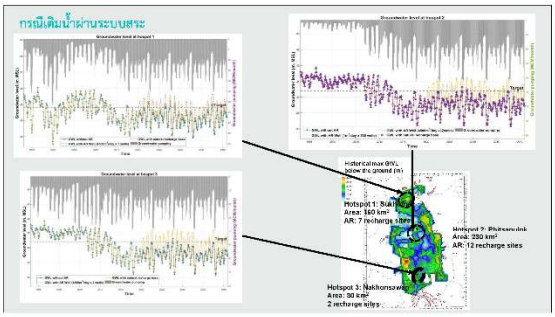
Area:

- Hotspot 1: 160 km^2
- Hotspot 2: 230 km^2
- Hotspot 3: 30 km^2

Target recover groundwater level:

- Hotspot 1: 46 m. MSL
- Hotspot 2: 35 m. MSL
- Hotspot 3: 15 m. MSL

กรณีเติมน้ำผ่านระบบสระ



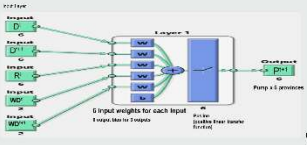
30

กรณีเติมน้ำ	Value	Groundwater level recover (m)				Groundwater volume recharge (MCM/annual)				Effective area (km²)			
		Sukhothai	Phitsanulok	Nakhonsawan	Mean	Sukhothai	Phitsanulok	Nakhonsawan	Total	Sukhothai	Phitsanulok	Nakhonsawan	Total
กรณีเติมน้ำผ่านบ่อวงคอนกรีต (1 m^3/day/well x 500 wells)	Max		0.02		0.02		0.12		0.12		0.2 near the well		
	Average		0.01		0.01		0.1		0.1		0.2 near the well		
	Min		0		0		0.06		0.06		0.2 near the well		
กรณีเติมน้ำผ่านระบบสระเติมน้ำ	Max	3.38	6.96	1.63	3.32	7.56	12.96	2.16	22.68	185	275	50	510
(Hotspot 1: 31300 m3/day, Hotspot 2: 54000 m3/day,	Average	1.89	2.81	0.9	1.87	6.3	10.8	1.8	18.9	170	250	47	467
hotspot 3: 9,000 (m^3/day)	Min	0.04	0.17	0	0.07	3.78	6.48	1.08	11.34	160	230	30	420

การประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาล ตามสภาพระดับน้ำบาดาลและสภาพน้ำผิวดิน

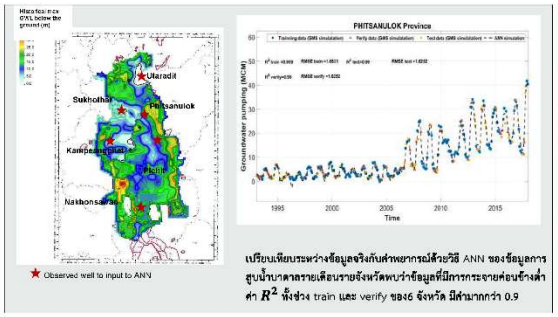
32

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมของการศึกษา



D คือ ระดับน้ำบาดาล (ม.รทก)
R คือ ปริมาณฝนสะสม(มม./วัน)
WD คือ ค่าสรวมจุกับถังของเรือนภูมิคลและสิริกิติ์ (ล้าน ลบ.ม)
F คือ ค่าปริมาณการดูดน้ำบาดาล(ล้าน ลบ.ม)
t, t+1 คือ ค่าเวลาที่ดูสนใจ
w คือ ANN weight
b คือค่า bias
และประมาทของความสมพอร์ฟังก์ชันใช้ฟังก์ชันการปลง
แบบเส้นตรงบวก(positive linear)

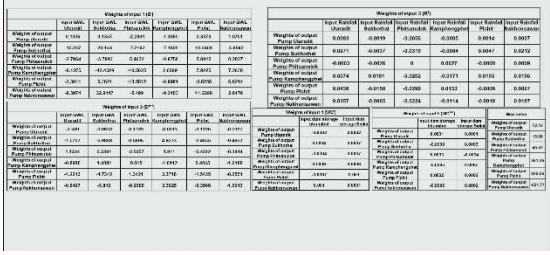
$$D_i^{t+1} = \sum_1^6 \omega_i^{D^t} D_i^t + \sum_1^6 \omega_i^{D^{t+1}} D_i^{t+1} + \sum_1^6 \omega_i^{R^t} R_i^t + \sum_1^6 \omega_i^{WD^t} WD_i^t + \sum_1^6 \omega_i^{WD^{t+1}} WD_i^{t+1} + b_i$$



เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับสำหยากรณ์ด้วยวิธี ANN ของข้อมูลการสูบน้ำบาดาลรายเดือนรายจังหวัดพบว่าข้อมูลที่มีการกระจายค่อนข้างต่ำ ค่า R^2 ทั้งช่วง train และ verify ของ6 จังหวัด มีค่ามากกว่า 0.9

34

ค่า weight และ bias ของ ตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้



การวางระบบติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาล

ได้ทำการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาไว้ 4 จุด ดังนี้

- วัดหนองหัวยาง
  หมู่ 7 ต.ท่าทอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก
- วัดหนองต้นไทร
  หมู่ 7 ต.ไทรย้อยประทับช้าง อ.โพทะเล จ.พิจิตร
- วัดแปดอ้อม
  ต.นิคมทุ่งโพธิ์ทะเล อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร
- วัดหนองบัว
  หมู่ 4 ต.หนองบัว อ.ศรีนคร จ.สุโขทัย

การพัฒนาระบบวัด และรวบรวมข้อมูลระดับน้ำบาดาลแบบ Real-Time Recorded Groundwater Monitoring System

ได้ทำการออกแบบระบบรวบรวมข้อมูลแบบ Real Time Recorded Groundwater Monitoring System มีคุณลักษณะดังนี้

1) เซนเซอร์วัดระดับน้ำใต้ดินที่สามารถวัดระยะ 20 เมตร สำหรับงานอุตสาหกรรม (controller unit)
- สามารถโหลดผ่านไว้ได้ถึงเดือนเก็บ 30 เมตร
- แหล่งจ่ายไฟฟ้า 24Vcc
- สัญญาณขาออก 4-20 mA
- Accuracy 0.1%FS, 0.25%FS
- Sensitivity temperature drift ±0.03%F.S/ °C
- Material 316L core & Rubber breathable cable
- Long-term stability ≤0.2%FS/year
- Protection grade IP67

2) อุปกรณ์ควบคุม (controller unit) รับข้อมูลจากเซนเซอร์ประมวลผลและแสดงผล สำหรับอุปกรณ์ระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับเก็บข้อมูล
- ตัวประมวลผลอัตโนมัติ 32 บิต พร้อมโมดูลสำหรับส่งข้อมูลจากคำสั่งโทรคอนโทรลเลอร์
- พัฒนาเครือข่ายไร้สายสำหรับ
- มีช่องแสดงผลแบบแอลซีดี พร้อมชุดเก็บข้อมูล (Data Logger) สำหรับข้อมูลระดับน้ำบาดาลได้ด้วย ขนาดการ์ดหน่วยความจำสำหรับขนาด 32GB

3) ตู้ควบคุมและแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับชาร์ตพลังงานให้กับชุดเซนเซอร์
- ขนาดของตู้การควบคุมขนาดไม่น้อยกว่า กว้าง 35 x สูง 52 x ลึก 25 เซนติเมตร
- มีระบบโซลาเซลล์สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับชุดวัดระดับน้ำใต้ดิน

Field Survey

การลงสำรวจพื้นที่เพื่อติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบาดาลในสนามในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร และนครสวรรค์

การลงพื้นที่เพื่อทดลองติดตั้งระบบและอุปกรณ์วัดระดับน้ำบาดาลแบบ Real Time

39

เครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

40

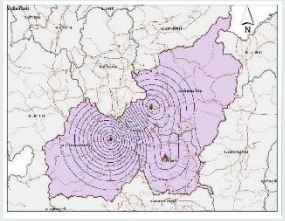
เครื่องวัดระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

ตัวอย่าง การจัดเก็บและการส่งข้อมูลระดับน้ำบาดาลไปยังระบบคราวด์เซิร์ฟเวอร์ (Cloud Server)

การแสดงผลการรับข้อมูลและแสดงผลใน ช่วงเวลา 1 วัน

การแสดงผลการรับข้อมูลและแสดงผลใน ช่วงเวลา 7 วัน

MONITORED GROUNDWATER LEVEL



ARTIFICIAL RECHARGE IN THE STUDY AREA

DEPARTMENT OF GROUNDWATER RESOURCES

โครงการการเติมน้ำใต้ดินระดับตื้น พื้นที่แอ่งพื้นที่เจ้าพระยาตอนบนและจันทบุรี - ตราด ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 อำเภอบางระกำจะมีการพัฒนาบ่อเติมน้ำระดับตื้น 500 บ่อ ใน อำเภอบาง ระกำ จังหวัดพิษณุโลก

ARTIFICIAL RECHARGE IN THE STUDY AREA

Field Visit

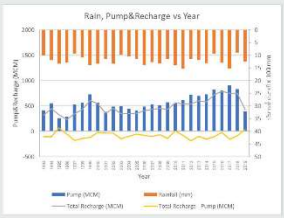
6-7 Aug 2020

ARTIFICIAL RECHARGE IN THE STUDY AREA

ROYAL IRRIGATION DEPARTMENT

โครงการบางระกำโมเดล บูรณาการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มต่ำ รองรับน้ำหลาก

MODELED INTERACTION RESULTS BETWEEN SURFACE AND GROUNDWATER



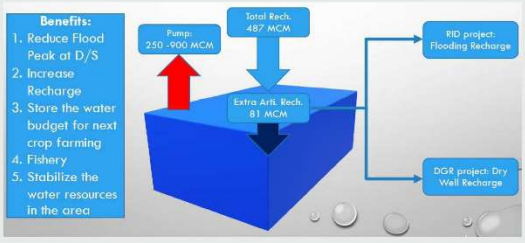
MODEL Results

1. Rainfall: 900 – 1500 mm/yr.
2. Land Recharge: Ave = 192 MCM/yr
3. River Recharge: Ave = 295 MCM/yr
4. Total Recharge = 487 MCM/yr
5. Total Pump = 259 - 902 MCM/yr

CONJUNCTIVE USES MANAGEMENT

- MODELED RESULT: OVERDRAFT = - 50 TO -200 MCM, AVE. = -81 MCM.
- DGR: AUG – NOV = 4 MONTHS: 500 บ่อ X 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน X 122 วัน = 61,000 ลูกบาศก์เมตร
- RID: AREA สุโขทัย + พิษณุโลก = 382,000 ไร่ = 611 ล้านตารางเมตร
  - EARLY RICE FARM: APR-JUNE = 1.5 มิลลิเมตรต่อวัน X 91 วัน X 611 ล้านตารางเมตร = 83 ล้านลูกบาศก์เมตร
  - FLOODING RECHARGE: AUG – NOV = 3 มิลลิเมตรต่อวัน X 122 วัน X 611 ล้านตารางเมตร มีค่าเท่ากับ 223 ล้านลูกบาศก์เมตร

CONJUNCTIVE USES MANAGEMENT



การส่งมอบงาน

ส่งมอบรายงานผลการศึกษา และเครื่องมือติดตามระดับน้ำบาดาลและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ทั้ง 4 ชุด แก่กรมทรัพยากรน้ำบาดาล หลังจากเสร็จสิ้นโครงการ

ขอขอบคุณ

การประชุมออนไลน์นำเสนอผลการวิจัย

IWRA 2020

"Addressing Groundwater Resilience under Climate Change"

Session on "Groundwater Natural Resources Assessment under Climate Change"

Thursday, October 29, 2020, 11:30 AM Central European Time (CET)

ผ่านระบบ Zoom meeting

During the IWRA IWRA Online Conference Addressing Groundwater Resilience under Climate Change, 28-30 October 2020, the authors presented "The impact of climate change towards groundwater use and mitigation in The Upper Central Plain Basin of Thailand" as part of the project "Groundwater Study in the Upper Chao Phraya Plain. Joint Research Study with DGR on under NRCT-TSRI Spearhead Research Program on Water Management, 2019-2020". The content of presentation is shown as below:

Under the water stress in the dry years in The Upper Central Plain Basin of Thailand, the excessive extraction of groundwater of this area has dramatically increased to meet high irrigation water demand. The cultivated activities rely on two mains dams, Bhumibol dam and Sirikit dam. Meanwhile, the groundwater resource become supplementary source, especially in the dry season. Consequently, the water table has been dramatically falling in recent dry years. Moreover, the rainfall in region tends to decrease intensity in near future. Therefore, there are high risk water shortage crisis in near future due to insufficient surface water storage.

To develop sustainable strategy for irrigated agriculture in this region, this study aims to assess the intensive groundwater use and the sustainable groundwater extraction under climate change in The Upper Central Plain Basin of Thailand. Due to good bias performance, the study utilized bias correction data of IPSL-CM5A-MR 2.6 and MRI-CGCM3 scenarios to projected near future climate condition (2020-2040), especially natural groundwater recharge. The rainfalls of MRI decrease 10% for whole region, while the rainfalls of IPSL increase 10% in upstream (Utraradit, Sukhothai) and decrease 5% in downstream (Phitsanulok, Kampengphet, Phicit) in next 20 years. The groundwater use was projected by applying current conjunctive water use ratio under climate change. Then, the near future groundwater use was input to regional groundwater model to investigate the groundwater drawdown hotspot and the future sustainable groundwater extraction in

study area. Under decreasing rainfall in near future, the groundwater levels tend to decrease in next 20 years in 3 scenarios (IPSL-CM5A-MR_rcp26, MRI-CGCM3_rcp26, MRI-CGCM3_rcp85). The artificial recharge groundwater during wet season was also simulated in hotspot area to increase the sustainable yield of the aquifer in near future. The existing mitigation project shows low effective on groundwater recharge since the coverage areas are large. The artificial recharge ponds with high volume and focus area (hot spot area 2) can assist groundwater levels increase 0.17-5.0 meters which covered the area of 275 km^2 during period 2020 -2040.

The study not only provide reliable intensive groundwater use to reduce water shortage risk. This information could be useful for groundwater management practices (such as natural base recharge and artificial recharge, conjunctive water management...).

Question & Answer

1. **Q :** What is the method of bias correction rainfall?

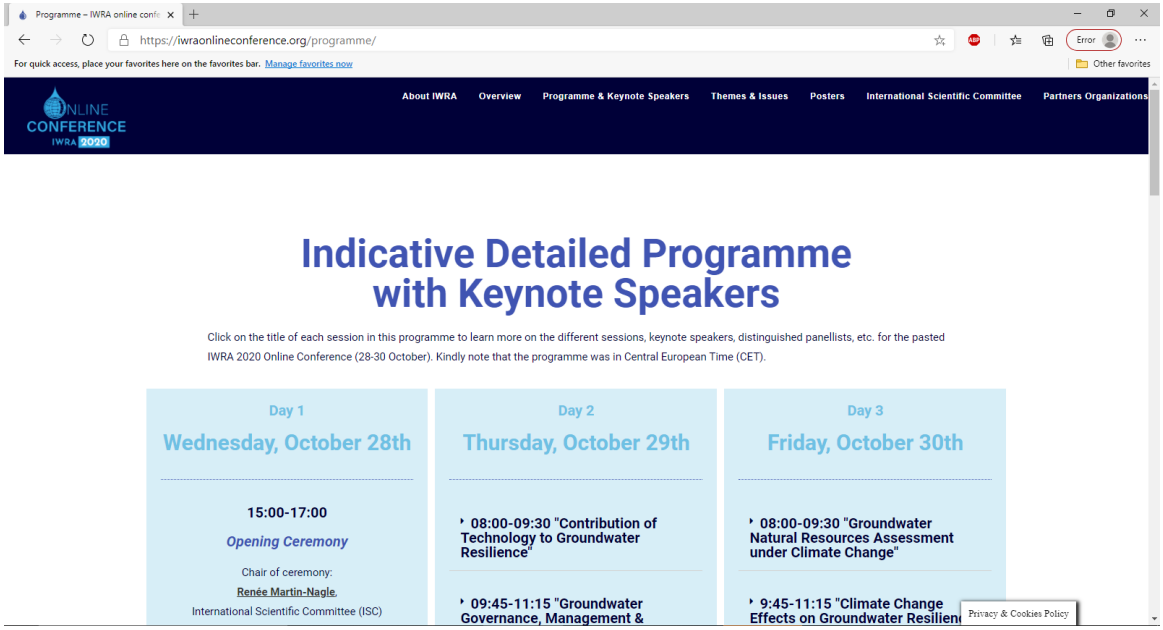
   A : The study used rescale bias correction method.
2. **Q :** Due to subsidence in Bangkok, will the artificial recharge effect in this region?

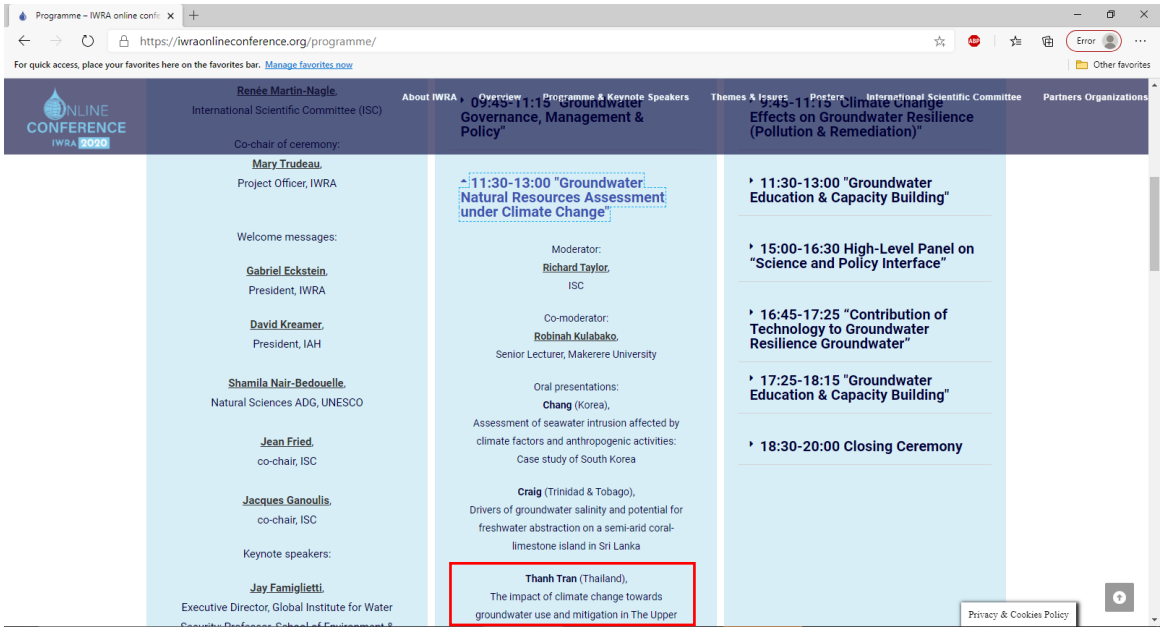
   A : The study area is high plain, plus the groundwater level drawdown is 5-10 meters depth. The subsidence have not occurred yet. The depth of recharge pond is 1 meters depth. The recharge well depth is 20 meters. Therefore, the artificial recharge may not cause subsidence.
3. **Q :** What is the rate of infiltration?

   A : The infiltration rate was examined at Phitsanulok via soil moisture sensor (Pwint Phyu Aye, et al. (2019)). The rate was estimated 5.2 mm/day.

ภาคผนวก ก

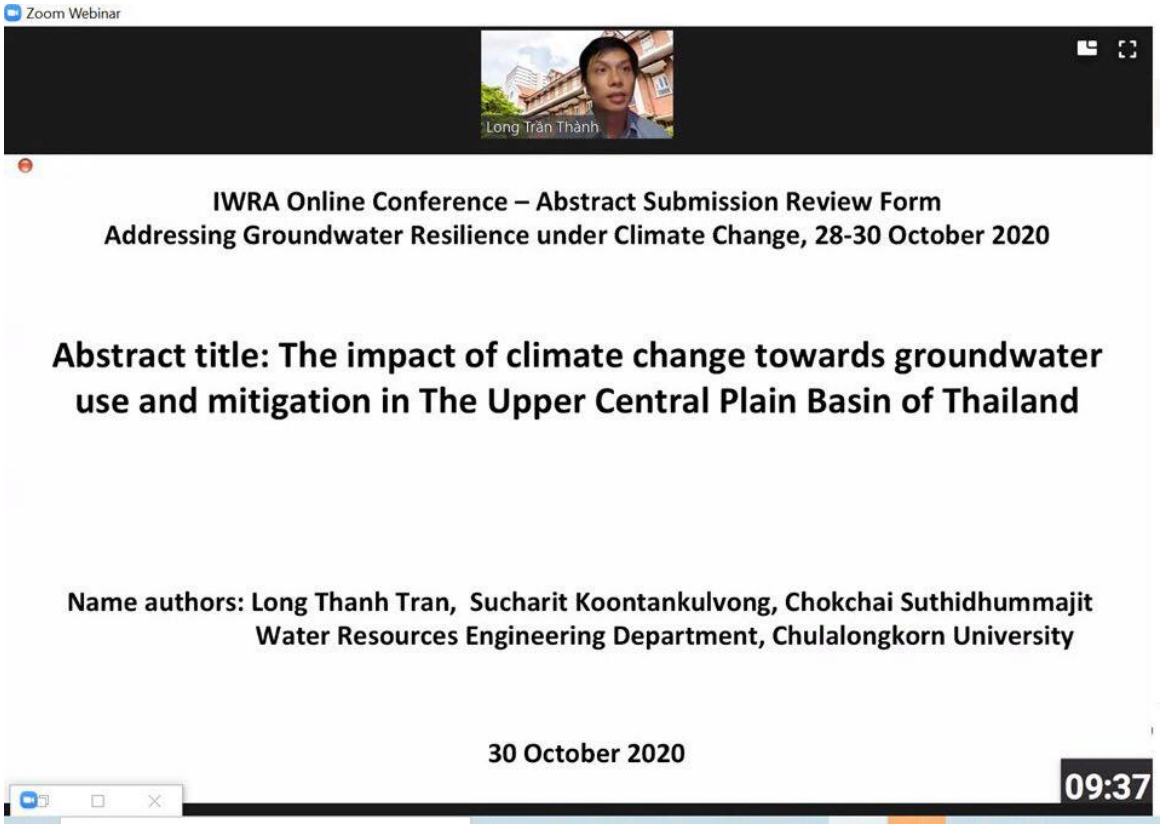
กำหนดการการประชุมออนไลน์





ภาคผนวก ข

ภาพการประชุม



ภาคผนวก ค

เอกสารประกอบการนำเสนอ

IWRA Online Conference
Addressing Groundwater Resilience under Climate Change, 28-30 October 2020

The impact of climate change towards groundwater use and mitigation in The Upper Central Plain Basin of Thailand

Name authors: Long Thanh Tran, Sucharit Koontankulvong, Chokchai Suthidhummajit
Water Resources Engineering Department, Chulalongkorn University

30 October 2020

Content

I. Study area (the Upper Central Plain Basin of Thailand)

II. The bias correction rainfall (MRI and IPSL) in the study area

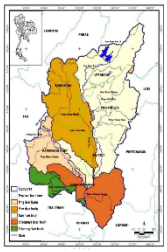
III. The impact of climate change towards groundwater levels

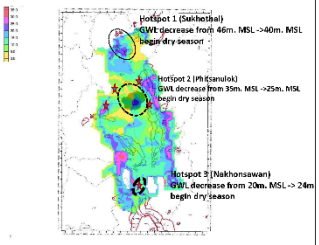
IV. The mitigation measures through recharge well field

V. Conclusions

I. Study area

The Upper Central Plain Basin of Thailand and hot spot areas

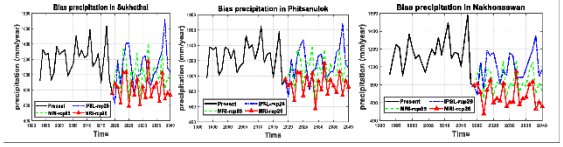




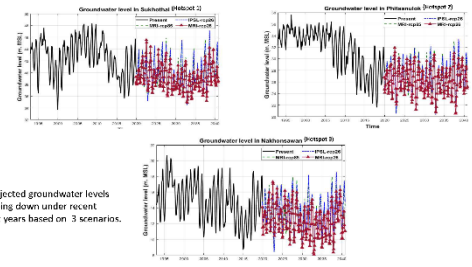
II. The bias correction rainfalls (MRI and IPSL) in the study area

Scenarios	Mean error(mm/year)						
	Utaradit	Sukhothai	Phitsanulok	Kampengphet	Phichit	Average regional	Rank
IPSL-CM5A-MR_rcp26wi_gr	-124.46	-142.74	-42.96	-12.48	2.3	42	1
IPSL-CM5A-MR_rcp45wi_gr	-30.05	-60.14	-17.17	-5.65	-0.7	63.6	5
IPSL-CM5A-MR_rcp85wi_gr	-60.71	-95.49	-13.92	-13.95	-16.3	94.8	7
MRI-CGCM3_rcp26wi_gr	-103.27	-154.003	-96.388	-94.388	-33.8725	300.3	6
MRI-CGCM3_rcp45wi_gr	-137.27	-110.008	-296.415	-214.958	-128.956	220.1	5
MRI-CGCM3_rcp85wi_gr	-0.92	-0.31	-199.72	-121.59	-57.54	-0.8	3

The rainfalls of GCM MRI decrease 10% for whole region in next 20 years
The rainfalls of IPSL increase 10% in upstream (Utaradit , Sukhothai) and decrease 5% in downstream (Phitsanulok, Kampengphet, Phicit) in next 20 years



III. The impact of climate change towards groundwater levels

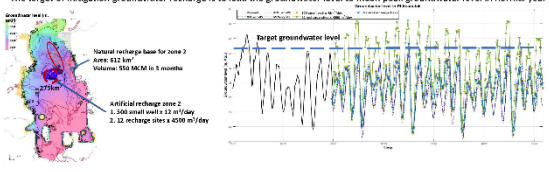


The projected groundwater levels keep going down under recent drought years based on 3 scenarios.

IV. The mitigation measures via recharge well field

Example : mitigation groundwater recharge trial run at hotspot 2 from 2020-2040

The target of mitigation groundwater recharge is to lead the groundwater level to mean peak groundwater level in normal year



- Alternative 1 (inject 500 small wells during wet season)* recover 0.29 m with volume recharge 28.8MCM/ year
- Alternative 2 (natural recharge base in 3 wet months August to October)* recover 0.33 m with volume recharge 15.18MCM/ year
- Alternative 3 (Artificial recharge ponds) recover 4.96 m with volume recharge 12.96MCM/ year

* Existing projects

V. Conclusions

- The rainfalls of MRI decrease 10% for whole region in next 20 years
- The rainfalls of IPSL increase 10% in upstream (Utraradit , Sukhothai) and decrease 5% in down stream (Phitsanulok, Kampengphet, Phicit) in next 20 years
- Under decreasing rainfall in near future, The groundwater levels tend to decrease in next 20 years in 3 scenarios (**IPSL-CM5A-MR_rcp26, MRI-CGCM3_rcp26,MRI-CGCM3_rcp85)**
- The existing mitigation project are low effective on groundwater recharge since the coverage areas are large. The artificial recharge ponds with high volume and focus area (hot spot area 2) can assist groundwater levels increase 0.17-5.0 meters which covered the area of 275 km^2 from the year 2020-2040.

References

- Tuantas P, et. al., (2020) Groundwater Study in the Upper Chao Phraya Plain. Joint Research Study with DGR on under NRCT-TSRI Spearhead Research Program on Water Management, 2019-2020.
- Koontanakulvong, S. and C. Suthidhum-arit (2015). "The role of groundwater to mitigate the drought and as an adaptation to climate change in the Phitsanulok Irrigation project, in the Nan basin, Thailand."
- Pwint Phyu Aye, et al. (2015). "Deep Percolation Characteristics Via Field Soil Moisture Sensors – Case Study in Phitsanulok, Thailand –." Taiwan Water Conservancy Vol. 67,(No. 1,).
- Iwasaki, Y., et al. (2014). "Assessment of factors influencing groundwater-level change using groundwater flow simulation, considering vertical infiltration from rice-planted and crop-rotated paddy fields in Japan." Hydrogeology Journal 22(8): 1841-1855.
- Ruangrassamee, P., et a . (2015). Assessment of precipitation simulations from CMIP5 climate models in Thailand. The 3rd EIT International Conference on water Resource Engineering.
- Tran Thanh Long, Suchart Koontanakulvong (2020). Groundwater and River Interaction Impact to Aquifer System in Saigon River Basin, Vietnam. ENGINEERING JOURNAL Volume 24 Issue 5 30 September 2020. On line at https://eng.org/

Acknowledgements

Some of the research results presented in this work were a part of the project **"The** development of groundwater management system to improve conjunctive use water management system. Joint Research Study with DGR on under NRCT-TSRI Spearhead Research Program on Water Management, 2019-2020". I also acknowledge the Water Resource System Research Unit, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University for supporting data collection.

Thank you for your attention