รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่เหมาะสม
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในระดับโครงการชลประทาน

A Development of Technology for Improved Water management
in Irrigation Projects

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.พยุง มีสัจ และคณะ

พฤษภาคม 2563

สัญญาเลขที่ SIP6230001

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่เหมาะสม
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในระดับโครงการชลประทาน

A Development of Technology for Improved Water management
in Irrigation Projects

คณะผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.พยุง มีสัจ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุวัฒน์ ปิ่นทอง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัจจรักษ์ พรพีรเกียรติ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงกมล โพธิ์นาค

ดร. ฐิติวัฒน์ ตรีวงศ์

สังกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกสว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

Executive Summary

ปัจจุบันโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงมีเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติงานส่งน้ำ ควบคุมการปิด-เปิดบานประตูส่งน้ำเข้าคลองส่งสายหลักและคลองส่งสายซอยให้ได้ระดับที่สามารถส่งน้ำให้มีปริมาณน้ำตามแผนที่ได้วางไว้ ซึ่งใช้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานเป็นจำนวนมากและการปฏิบัติงานเกิดความซ้ำซ้อนมากขึ้นในช่วงสภาวะวิกฤติน้ำแล้งและน้ำท่วม นอกจากนี้คลองส่งน้ำของโครงการที่มีลักษณะเป็นคลองธรรมชาติที่มีความยาวทั้งโครงการประมาณ 200 กิโลเมตร ทำให้การพัฒนาประสิทธิภาพของระบบชลประทานยังมีการพัฒนาได้น้อยมาก อีกทั้งปัญหาความขัดแย้งระหว่างกลุ่มผู้ใช้น้ำและเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ จากการปฏิบัติงานส่งน้ำโดยเจ้าหน้าที่ในการควบคุมการปิด-เปิดบานประตูส่งน้ำเข้าคลองส่งสายหลักและคลองส่งสายซอยได้ส่งผลให้เกิดปัญหาความขัดแย้งระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ทำการเกษตรอยู่ต้นคลองและปลายคลอง ทั้งความขัดแย้งระหว่างเกษตรกรกับเกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงภาวะการขาดแคลนน้ำ

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม โดยการพัฒนาเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมในระบบแปลงนา เพื่อลดการสูญเสียของปริมาณน้ำจากการส่งน้ำเกินกว่าความต้องการน้ำที่แท้จริง มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต้นทุนให้สามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกหรือลดความเสียหายของพื้นที่เกษตรกรรมที่ขาดแคลนน้ำในภาวะน้ำแล้งได้ และเพื่อลดการสูญเสียน้ำในระบบแปลงนาและลดบุคลากรภาคสนามในการปฏิบัติงาน โดยการพัฒนาเทคโนโลยีและระบบ Automation ที่เกิดการทำงานระหว่างเครื่องมือและคอมพิวเตอร์ให้สามารถติดตามตรวจวัดสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยาแบบทันต่อเวลา ประกอบด้วย การพัฒนาระบบแม่ข่ายเพื่อการเก็บข้อมูลและประมวลผลจากเทคโนโลยีเครื่องมือวัดความชื้นดินในระบบแปลงนาและเครื่องมือวัดระดับน้ำที่พัฒนาขึ้น โดยมีการติดตาม วิเคราะห์ แสดงผลข้อมูลตรวจวัดได้แบบ Real-time ผ่านสัญญาณเครือข่าย 4G ที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ร่วมกันแบบทันต่อเวลาและสามารถแจ้งเตือนข้อมูลข่าวสารได้แบบอัตโนมัติ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาพื้นที่ต้นแบบโดยการนำเครื่องมือและเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นไปปฏิบัติจริงในพื้นที่ตัวอย่าง ภายใต้การมีส่วนร่วมจากบุคลากรกรมชลประทานในระดับปฏิบัติงาน เกษตรกรในพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นสร้างองค์ความรู้ให้เกิดความเข้าใจต่อเครื่องมือและเทคโนโลยี สามารถนำไปประยุกต์ใช้และปฏิบัติจริงได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และเพื่อเป็นการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมือให้เกิดผลสำเร็จตามเป้าหมายของงานวิจัย

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในระดับโครงการชลประทาน มีเป้าหมายในการพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาของพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทาน เพื่อลดการสูญเสียปริมาณน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมโดยเฉลี่ยร้อยละ 15 จากการส่งน้ำในพื้นที่ชลประทานที่เกินความต้องการน้ำ โดยการใช้เครื่องมือการจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่สามารถวัดความชื้นดิน วัดระดับน้ำในคลองส่งสายซอยแบบทันต่อเวลา และเพื่อพัฒนาระบบติดตาม รายงาน สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรม และระบบการควบคุมการส่งน้ำชลประทานแบบอัตโนมัติในการบริหารจัดการน้ำที่เหมาะสมและสอดรับกับเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในระบบแปลงนา โดยมีพื้นที่ต้นแบบจากการประยุกต์ใช้เครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในระบบแปลงนาและเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม ในการเป็นพื้นที่เกษตรกรรมตัวอย่างให้แก่เกษตรกรและกลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทาน โดยคำนึงถึงความเสมอภาค (Equity) ประสิทธิภาพ (Efficiency) และความเชื่อถือได้ (Reliability) เพื่อการนำไปปฏิบัติจริงและเพื่อการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือและเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น เป็นสร้างการมีส่วนร่วมให้แก่ชุมชน สังคม ในการเรียนรู้เทคโนโลยีเพื่อให้เกษตรกรและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสามารถปรับตัวให้ทันต่อสภาพการเปลี่ยนแปลง สามารถสรุปผลผลิตที่ได้จากโครงการ ได้ดังนี้

- **เทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาของพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทาน**

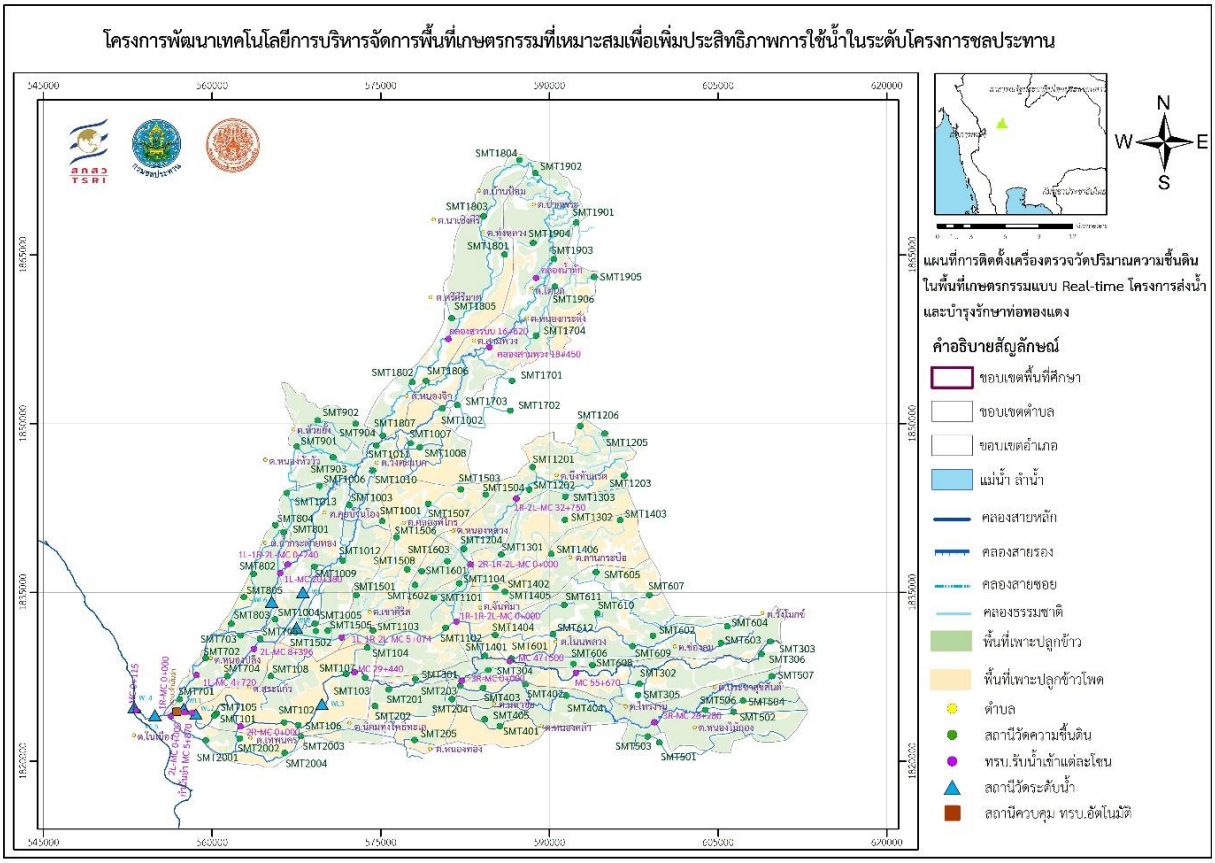
การพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาของพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทาน ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1) การพัฒนาระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำเพื่อการสั่งการเปิดปิดแบบอัตโนมัติผ่านเวปไซต์ 2) การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติเพื่อติดตามระดับน้ำราย 5 นาทีในคลองส่งน้ำสายหลักและคลองส่งน้ำสายซอย และ 3) การติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นดินในแปลงเกษตรกรรม โดยสามารถติดตามข้อมูลได้ราย 3 ชั่วโมง โดยปัจจุบันได้มีการรายงานข้อมูลเข้าสู่ระบบแม่ข่ายในการประมวลสถานการณ์และเชื่อมโยงเข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์แบบอัตโนมัติ แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือดังรูปที่ ก-1 สรุปรายการที่ติดตั้งในตารางที่ ก-1 และสรุปผลการติดตั้งได้ดังนี้

ตารางที่ ก-1 เครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้ทำการติดตั้งในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ลำดับ	ที่ตั้ง	สบ./คลอง
ระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ 2 จุด		
1.	ทรบ.ท่อทองแดง โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	คลองส่งน้ำสายหลัก MC รับน้ำจากแม่น้ำปิงเข้าโครงการฯ ท่อทองแดง
2	ทรบ.กำนันอำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	คลองส่งสายหลัก MC ทดน้ำเข้าฝาย 1 ถึง ฝาย 3
อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม 8 จุด		
1	WL1 ต.สระแก้ว อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	เหนือ ทรบ.กำนันอำ สบ.3/ คลองส่งน้ำสายหลัก MC
2	WL2 ต.สระแก้ว อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ท้าย ทรบ.กำนันอำ สบ.3/ คลองส่งน้ำสายหลัก MC
3	WL3 ต.สระแก้ว อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ท้ายคลอง MC สบ.3/ คลองส่งน้ำสายหลัก MC
4	WL4 ต.หนองปลิง อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	เหนือ ทรบ.ท่อทองแดง 5 บาน สบ.3/ คลองส่งน้ำสายหลัก MC
5	WL5 ต.หนองปลิง อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ท้าย ทรบ.ท่อทองแดง 5 บาน สบ.3/ คลองส่งน้ำสายหลัก MC
6	WL6 ต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	สบ.1/ คลอง 1R-MC
7	WL7 ต.เขาคีรีส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	สบ.2/ คลอง 2L-MC
8	WL8 ต.เขาคีรีส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	สบ.2 / คลอง 1L-1R-2L-MC
เครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรม 120 จุด		
ฝ่ายส่งน้ำ/ สบ.	ครอบคลุมพื้นที่	จำนวน (จุด)
1	อ.เมืองกำแพงเพชร อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร/ อ.เมืองสุโขทัย อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	39
2	อ.พรานกระต่าย อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	41

ตารางที่ ก-1 (ต่อ) เครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้ทำการติดตั้งในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ลำดับ	ที่ตั้ง	สบ./คลอง
3	อ.เมืองกำแพงเพชร ไทรงาม ลานกระบือ พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร/ อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	40



ระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ

เครื่องมือวัดระดับน้ำในคลองส่งสายหลัก

เครื่องมือวัดความชื้นดินในแปลงเกษตรกรรม

รูปที่ ก-1 ตำแหน่งการติดตั้งเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมและเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม

- ผลการติดตั้งระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ 2 จุด ประกอบด้วยรายการติดตั้งตู้คอนโทรลขนาด 110x70x30 เซนติเมตร โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมประตูน้ำทั้งหมดได้ถูกติดตั้งในตู้คอนโทรล จำนวน 22 รายการ และทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับประตูน้ำและการตั้งค่า Limit Switch โดยหลักการทำงานของระบบควบคุมประตูน้ำโดยมี PAC เป็นคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลและควบคุมประตูน้ำโดยใช้ Modbus RTU ในการควบคุมและอ่านค่าจากโมดูลต่างๆ และใช้ Modbus TCP ในการส่งค่าไปยังฐานข้อมูลผ่าน internet โดยการอ่านค่าจาก sensor ใช้โมดูล ICP DAS i-87017w ในการอ่านค่า โดย sensor ซึ่งจะส่งค่าในรูปแบบ 4-20ma ตามการเปลี่ยนแปลงของระดับประตูน้ำ ส่วนในการควบคุมการเปิด-ปิดของประตูน้ำ ใช้โมดูล ICP DAS i-87057w ในการควบคุมรีเลย์ 24vdc ให้ไปสั่งเปิด-ปิดแมกเนติก 340VAC เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดของประตูน้ำ และโมดูล ICP DAS i-87053w ในการอ่านค่าจาก digital phase protection และ Overload เพื่อแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ผ่านหน้าจอแบบสัมผัสและหน้าเวป โดยใช้ Wingrap เป็น Software ในประมวลผลและสื่อสารในรูปแบบ Modbus TCP เพื่อเก็บค่าของตัวแปลต่างๆ โดยการควบคุมเปิด-ปิดประตูระบายน้ำนั้นสามารถทำได้ทั้งผ่านตู้คอนโทรล หรือ Web Application แสดงผลการติดตั้งระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำดังรูปที่ ก-2

- ผลการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ 8 จุด ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1) เครื่องโทรมาตร SensMini A4-NB รองรับสัญญาณ NB-IoT 2) Ultrasonic Sensor รุ่น HD320 เป็นเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำโดยใช้หลักการคลื่นสะท้อน 3) โซล่าเซลล์ขนาด 30 วัตต์ ใช้หลักการทำงานของระบบตรวจวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ โดยเครื่อง SensMini A4-NB ทำการส่งข้อมูลระดับน้ำที่วัดได้จาก Ultrasonic sensor ไปยัง Senslink Cloud ผ่านสัญญาณ NB-IoT โดย Senslink Cloud จะทำหน้าที่ในการจัดเก็บข้อมูลและคัดกรองข้อมูลลงบน Cloud server จากนั้น Application server จะทำการดึงข้อมูลจาก Senslink ผ่าน RESTful API โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกบันทึกลงบน Local server แสดงผลการติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติดังรูปที่ ก-3

- ผลการติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นในพื้นที่เกษตรกรรม 120 จุด ประกอบด้วย 9 ส่วนหลัก ได้แก่ ระบบประมวลผล (Microcontroller Unit) และระบบพลังงานโดยใช้ Solar Charger Controller โดยในระบบประมวลผลประกอบด้วย บอร์ด Node MCU, อุปกรณ์แปลงสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ RS-485 Module, เซนเซอร์วัดความชื้น, อุปกรณ์แปลงสัญญาณ Relay Module, อุปกรณ์กระจายสัญญาณอินเตอร์เนต Gateway USB Pocket Wifi และโมดูลวงจร Step Down Power Module สำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นดิน ได้ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นแบบ Frequency Domain Reflectometry หรือ FDR ที่มีความเสถียรและสามารถวัดค่าความชื้นของดินได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีหลักการทำงานในการวัดความสามารถในการต้านสนามไฟฟ้าของเนื้อดิน ซึ่งสามารถแปลงเป็นค่าความชื้นในดิน และมีคุณสมบัติในการวัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริคของดิน โดยแสดงผลความชื้นของดินโดยน้ำหนัก ซึ่งได้ทำการส่งข้อมูลตรวจวัดจากภาคสนามถูกอัปโหลดแบบอัตโนมัติเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลใน Local Server ของโครงการวิจัยฯ แสดงผลการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมดังรูปที่ ก-4

เทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้จากโครงการวิจัยฯ ได้มีการสอบเทียบเพื่อทดสอบระดับความแม่นยำของการปฏิบัติการ ประกอบด้วย 1) เครื่องมือวัดระดับน้ำ 8 จุด พบว่ามีความแม่นยำในการตรวจวัดมากกว่าร้อยละ 95 โดยได้มีติดตั้งแผ่นวัดระดับน้ำในทุกจุดเพื่อสอบเทียบค่าระดับน้ำจากเซนเซอร์และค่าตรวจวัด 2) เครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิด ทรบ.รับน้ำแบบอัตโนมัติ 2 จุด ได้มีการสอบเทียบโดยการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของลวดสลิงในการวัดระยะเปิดบานประตู พบว่ามีความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ 0.9 ซม. และ 3) เครื่องมือวัดความชื้นดิน 120 จุด ทำการสอบเทียบแยกเป็น 20 โซนตามกลุ่มการใช้น้ำจากคลองเดียวกัน โดยได้มีการสอบเทียบความชื้นดินในสนามเทียบกับเครื่องมือวัด พบว่ามีความแม่นยำมากกว่าร้อยละ 80 และได้มีการทดสอบคุณสมบัติของดินเพื่อหาค่าความหนาแน่นรวมและค่าความจุความชื้นสนาม

รูปที่ ก-2 ระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับ 2 จุด

รูปที่ ก-3 อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม 8 จุด

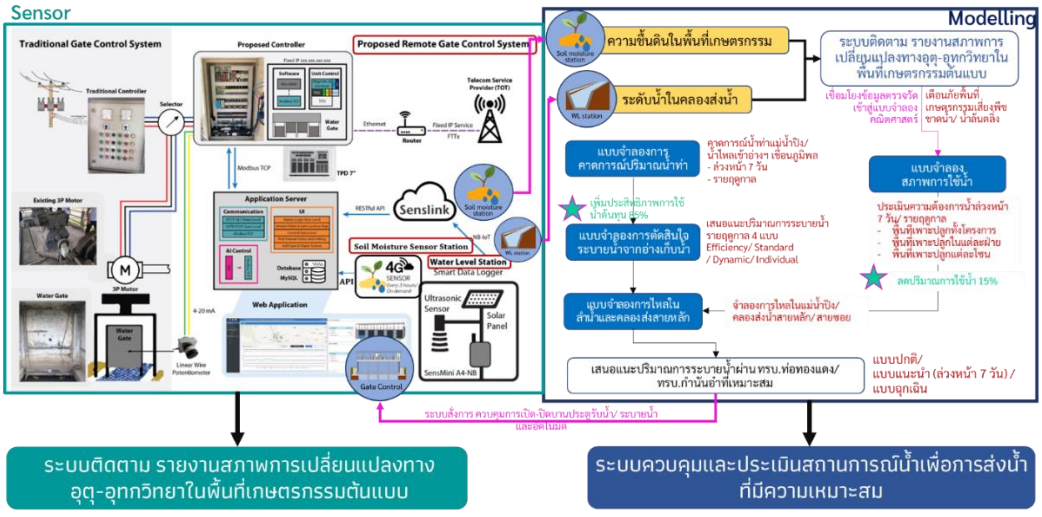
รูปที่ ก-4 เครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรม 120 จุด (ภาพตัวอย่าง 10 จุด)

- **ระบบแม่ข่ายในการประมวลสถานการณ์เพื่อติดตาม รายงาน สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรม**

ผลการจัดทำระบบแม่ข่ายประมวลผลเครื่องมือตรวจวัดแบบ Real-time เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลตรวจวัดจากเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมเข้าสู่ระบบแม่ข่ายเพื่อประมวลผลในการวิเคราะห์ข้อมูลและ โดยจัดทำเป็นระบบติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรมต้นแบบ ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำผ่านอาคารบังคับน้ำ ระดับน้ำ และความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรม แสดงภาพรวมขององค์ประกอบของระบบที่พัฒนาขึ้น และความเชื่อมโยงขององค์ประกอบดังรูปที่ ก-5 โดยแบ่งองค์ประกอบของระบบออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ระบบติดตาม รายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรมต้นแบบ และระบบควบคุมและประเมินสถานการณ์น้ำเพื่อการส่งน้ำที่มีความเหมาะสม ดังนี้

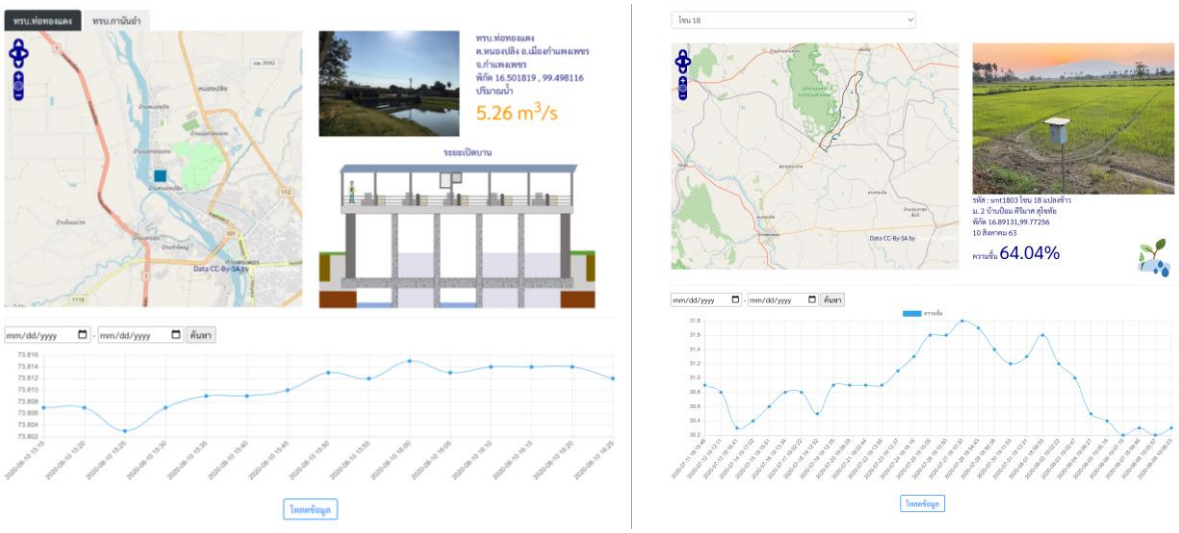
- ระบบติดตาม รายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรมต้นแบบ ประกอบด้วย 1) การพัฒนาระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งทำหน้าที่ในการรับค่าการควบคุมการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำแบบอัตโนมัติจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นในระบบควบคุมและประเมินสถานการณ์น้ำเพื่อการส่งน้ำที่มีความเหมาะสม 2) การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ มีหน้าที่ในการตรวจวัดระดับน้ำที่สถานีวัดระดับน้ำ โดยทำการเชื่อมโยงหรือส่งข้อมูลไปที่แบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินสถานการณ์ในการส่งน้ำ และ 3) การพัฒนาอุปกรณ์วัดความชื้นดิน มีหน้าที่ในการตรวจวัดความชื้นดินแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำในการประเมินสถานการณ์ในการจัดสรรน้ำ
- ระบบควบคุมและประเมินสถานการณ์น้ำเพื่อการส่งน้ำที่มีความเหมาะสม เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือ/ เทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมเข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำลองสภาพการใช้น้ำและการจำลองสถานการณ์น้ำ โดยพิจารณาข้อมูลความชื้นดินแบบอัตโนมัติในการประเมินสถานการณ์ความต้องการน้ำ และเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำที่เหมาะสมจากการเชื่อมโยงข้อมูลระดับน้ำในคลองส่งน้ำสายหลัก โดยปริมาณการส่งน้ำที่เสนอแนะได้มีเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบควบคุมสั่งการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำแบบอัตโนมัติ

โดยสุดท้ายแล้วการเชื่อมโยงของ 2 องค์ประกอบ ได้ถูกพัฒนาในรูปแบบของระบบการติดตามรายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรมต้นแบบซึ่งมีการเชื่อมโยงข้อมูลตรวจวัดไปที่โปรแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ได้พัฒนาขึ้นจากโครงการ เพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม โดยจากระบบสนับสนุนการตัดสินใจสามารถสั่งการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำได้แบบอัตโนมัติจากเวปไซต์ระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำผ่านเวปไซต์ที่พัฒนาขึ้นจากโครงการวิจัยนี้



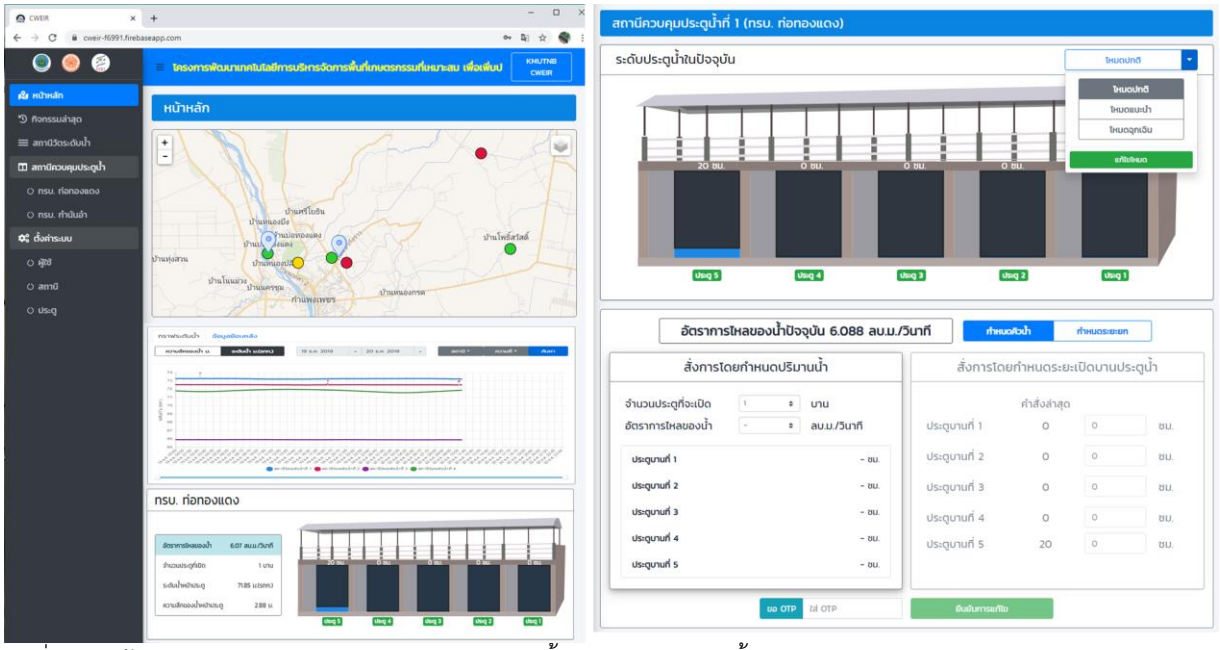
รูปที่ ก-5 ภาพรวมและความเชื่อมโยงขององค์ประกอบของระบบ

ระบบติดตาม รายงาน สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรม สามารถติดตามข้อมูลปริมาณน้ำผ่าน ทรบ. และติดตามระดับน้ำแบบอัตโนมัติในคลองส่งน้ำสายหลักและคลองส่งน้ำสายซอยได้ราย 5 นาที และการติดตามข้อมูลความชื้นดินในแปลงเกษตรกรรมได้ราย 3 ชั่วโมง แสดงรูปแบบการติดตาม รายงาน สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรมได้แก่ ระบบควบคุม ทรบ.รับน้ำเข้าโครงการ และระบบการติดตามระดับน้ำ และความชื้นดินทั้ง 120 จุด ดังรูปที่ ก-6

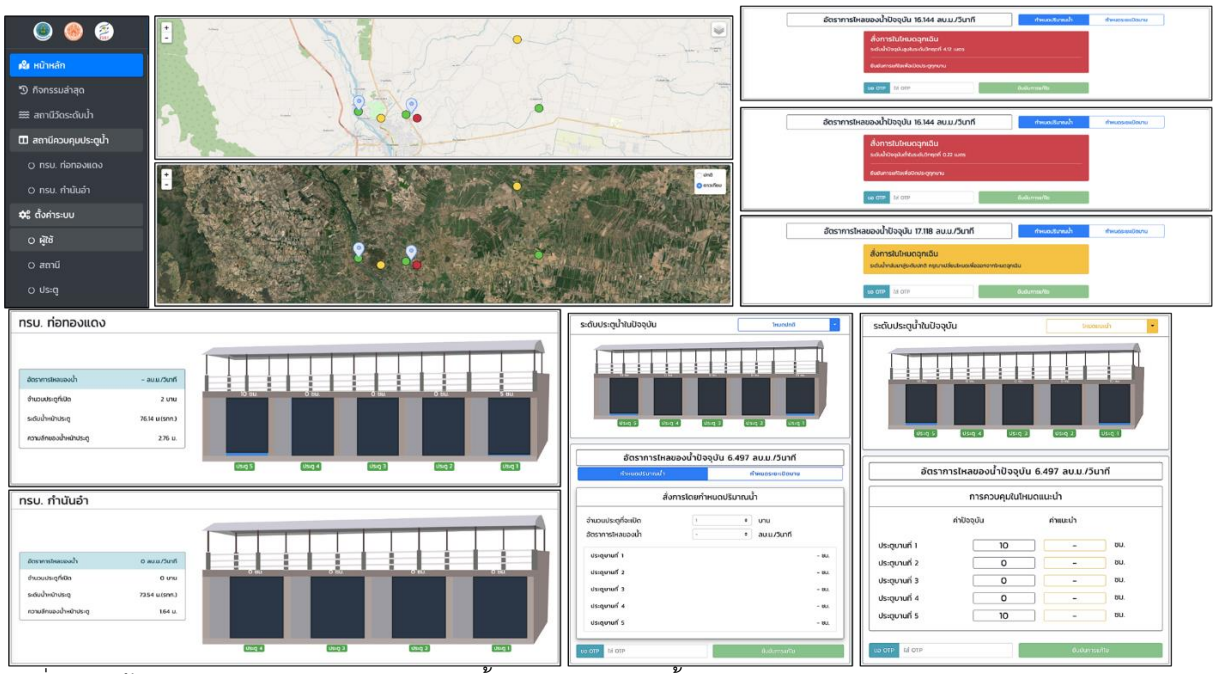


รูปที่ ก-6 ระบบติดตาม รายงาน สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรม

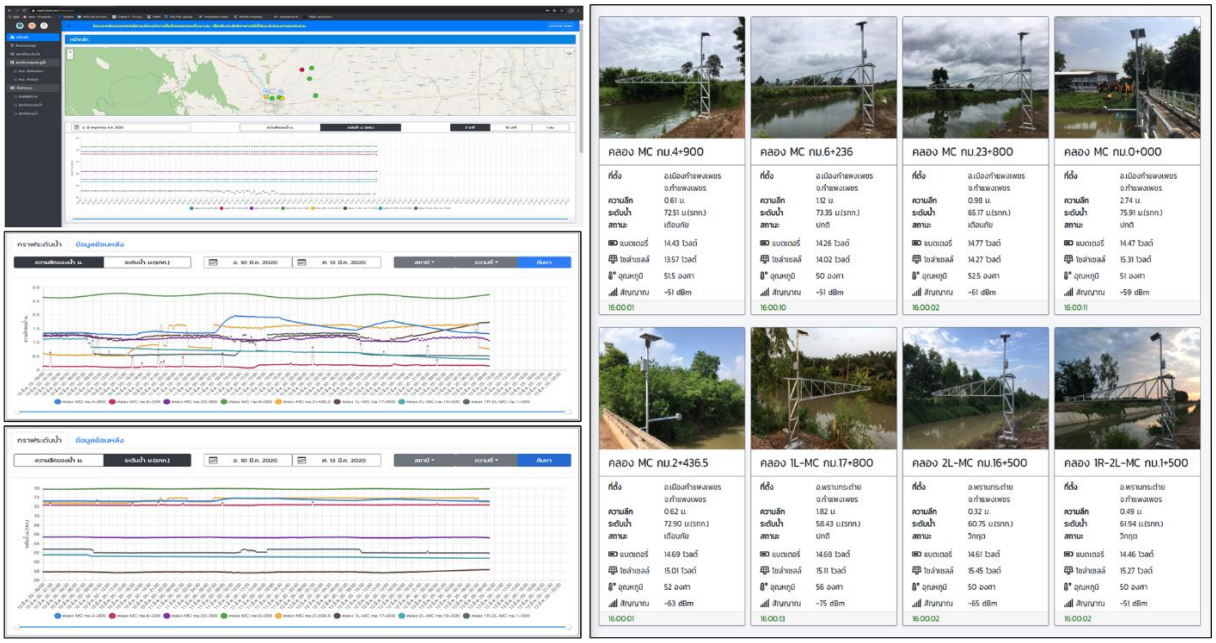
ในส่วนการพัฒนาเวปไซต์ระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำเป็นการเชื่อมโยงข้อมูลจากระบบการเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเปิด-ปิด ปตร.ได้แบบอัตโนมัติ โดยมีการเชื่อมโยงข้อมูลปริมาณน้ำผ่าน ทรบ.รับน้ำของโครงการฯ เพื่อเปิด-ปิดประตูระบายน้ำได้แบบเวลาจริง และมีการเชื่อมโยงข้อมูลระดับน้ำรายงานจากอุปกรณ์ตรวจวัดราย 5 นาที ซึ่งสามารถใช้ในการปฏิบัติการส่งน้ำและการเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องและทันต่อช่วงเวลา โดยของเวปไซต์สามารถเข้าถึงได้ผ่าน https://cweirf.ddns.net/landing-page แสดงรูปแบบของเวปไซต์ระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำดังรูปที่ ก-7 ถึง ก-9



รูปที่ ก-7 หน้าหลักของระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ



รูปที่ ก-8 หน้าต่างการควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ ทรบ.ท่อทองแดง และทรบ.กำนันอำ

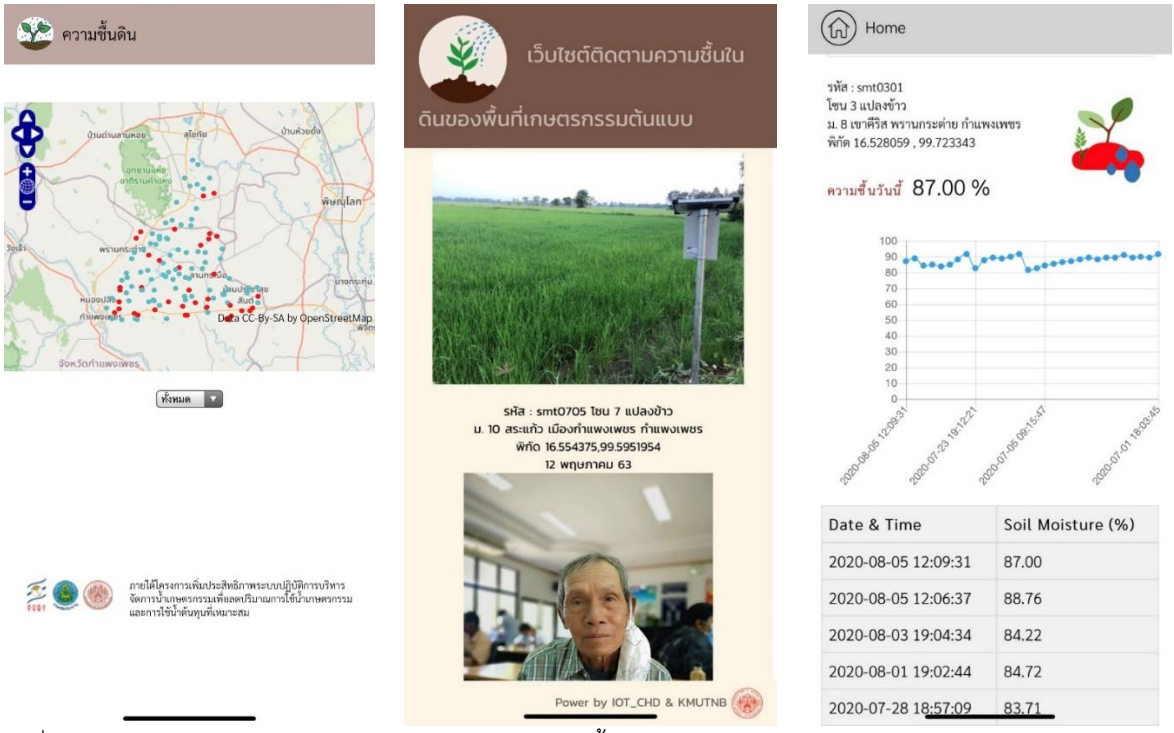


รูปที่ ก-9 หน้าต่างการการติดตามข้อมูลระดับน้ำ

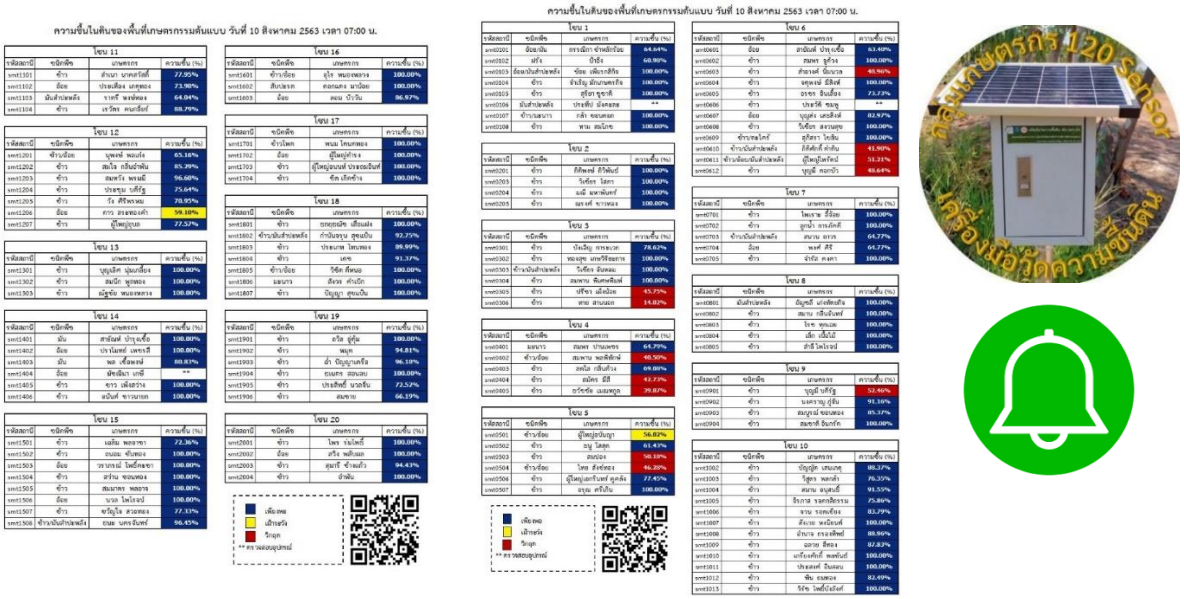
จากผลการดำเนินงานได้มีการจัดอบรมเจ้าหน้าที่ในการใช้งานระบบระหว่าง วันที่ 14-15 เมษายน พ.ศ. 2563 โดยได้เชิญเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการจากกรมชลประทานส่วนกลาง โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง และศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ (SWOC) ประกอบด้วย 1) การอธิบายภาพรวมของโครงการ การเชื่อมต่ออุปกรณ์ และส่งสัญญาณของอุปกรณ์ในโครงการ รวมไปถึงการแนะนำเทคนิคในการดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ในโครงการให้คงสภาพและมีประสิทธิภาพสูงสุด 2) การอธิบายถึงการใช้งานของ Web Application ระดับสิทธิ์ของผู้ใช้งาน ระบบ SMS OTP การเรียกดูข้อมูลระดับน้ำในปัจจุบันและระดับน้ำย้อนหลังของสถานีวัดระดับน้ำต่าง ๆ ในโครงการ การควบคุมระบบประตูน้ำโดยเว็บไซต์ของโครงการสามารถเข้าถึงได้จาก https://cweirf.ddns.net และ 3) การทดลองให้เจ้าหน้าที่ของกรมชลประทานใช้งานระบบควบคุมประตูน้ำอัตโนมัติและสถานีวัดระดับน้ำ และทดลองทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครื่องโทรมาตร

นอกจากนี้ได้มีการเชื่อมโยงการใช้ประโยชน์จากงานวิจัยร่วมกับเกษตรกรและกลุ่มผู้ใช้น้ำที่เป็นเจ้าของแปลงตัวแทนการติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นดินทั้ง 120 จุดในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ทางโครงการวิจัยฯ ได้มีการจัด

ประชุมและอบรมการใช้งานข้อมูลความชื้นร่วมกับเจ้าหน้าที่ฝ่ายส่งน้ำและเกษตรกรในวันระหว่างวันที่ 8-13 พ.ค. 2563 โดยได้มีการเผยแพร่แอปพลิเคชันในการติดตามข้อมูลความชื้นดินและแจ้งรหัสของเครื่องมือในแปลงเกษตรกรรม ซึ่งเกษตรกรสามารถเข้าถึงได้ผ่านทางเวปไซต์ http://119.59.115.192/1iot/mobile/dht.php แสดงดังรูปที่ ก-10 เพื่อให้เกษตรกรสามารถติดตามข้อมูลความชื้นในแปลงของตนเอง เพื่อตัดสินใจในการให้น้ำพืชหรือการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต้นทุน นอกจากนี้ปัจจุบันยังได้มีการตั้งกลุ่ม line ของเกษตรกร เพื่อแจ้งข้อมูลความชื้นดินแบบอัตโนมัติทุกวันเวลา 09.00 น. รวมทั้งได้มีการให้คำปรึกษาในการใช้งานข้อมูล และรับแจ้งสภาพของเครื่องมือเพื่อการบำรุงรักษาและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นต่อไป แสดงภาพการส่งข้อมูลความชื้นดินแบบอัตโนมัติทุกวันเวลา 09.00 น. ผ่านกลุ่มไลน์ของเกษตรกรแสดงดังรูปที่ ก-11



รูปที่ ก-10 รูปแบบการพัฒนาแอปพลิเคชันแสดงข้อมูลความชื้นดินให้แก่เกษตรกร



รูปที่ ก-11 รูปแบบการส่งข้อมูลความชื้นดินผ่าน Line Notify ทุกวันเวลา 09.00 น.

บทคัดย่อ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงมีเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติงานส่งน้ำ ควบคุมการปิด-เปิดบานประตูส่งน้ำเข้าคลองส่งสายหลักและคลองส่งสายซอยให้ได้ระดับที่สามารถส่งน้ำให้มีปริมาณน้ำตามแผนที่ได้วางไว้ ซึ่งใช้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานเป็นจำนวนมากและการปฏิบัติงานเกิดความซ้ำซ้อนมากขึ้นในช่วงสภาวะวิกฤติน้ำแล้งและน้ำท่วม งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม โดยการพัฒนาเทคโนโลยีและระบบ Automation ที่เกิดการทำงานระหว่างเครื่องมือและคอมพิวเตอร์ให้สามารถติดตามตรวจวัดสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยาแบบทันต่อเวลา และการพัฒนาระบบแม่ข่ายเพื่อการเก็บข้อมูลและประมวลผลจากเทคโนโลยีเครื่องมือวัดความชื้นดินในระบบแปลงนาและเครื่องมือวัดระดับน้ำที่พัฒนาขึ้น โดยสามารถการติดตาม วิเคราะห์ แสดงผลข้อมูลตรวจวัดได้แบบ Real-time ผ่านสัญญาณเครือข่าย 4G ที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ร่วมกันแบบทันต่อเวลาและสามารถแจ้งเตือนข้อมูลข่าวสารได้แบบอัตโนมัติ

การพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาของพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทาน ประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่ 1) การพัฒนาระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำเพื่อการสั่งการเปิดปิดแบบอัตโนมัติผ่านเวปไซต์ 2) การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติเพื่อติดตามระดับน้ำในคลองส่งน้ำสายหลักและคลองส่งน้ำสายซอย และ 3) การติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นดินในแปลงเกษตรกรรม โดยได้พัฒนาระบบติดตาม รายงาน สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรม ที่สามารถติดตามข้อมูลปริมาณน้ำผ่าน ทรบ. และติดตามระดับน้ำแบบอัตโนมัติในคลองส่งน้ำสายหลักและคลองส่งน้ำสายซอยได้ราย 5 นาที และการติดตามข้อมูลความชื้นดินในแปลงเกษตรกรรมได้ราย 3 ชั่วโมง ผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เว็บไซต์ และแอปพลิเคชัน

เทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้จากโครงการวิจัยฯ ได้มีการสอบเทียบเพื่อทดสอบระดับความแม่นยำของการปฏิบัติการ ประกอบด้วย 1) เครื่องมือวัดระดับน้ำ 8 จุด พบว่ามีความแม่นยำในการตรวจวัดมากกว่าร้อยละ 95 โดยได้มีติดตั้งแผ่นวัดระดับน้ำในทุกจุดเพื่อสอบเทียบค่าระดับน้ำจากเซนเซอร์และค่าตรวจวัด 2) เครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิด ทรบ.รับน้ำแบบอัตโนมัติ 2 จุด ได้มีการสอบเทียบโดยการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของลวดสลิงในการวัดระยะเปิดบานประตู พบว่ามีความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ 0.9 ซม. และ 3) เครื่องมือวัดความชื้นดิน 120 จุด ทำการสอบเทียบแยกเป็น 20 โซนตามกลุ่มการใช้น้ำจากคลองเดียวกัน โดยได้มีการสอบเทียบความชื้นดินในสนามเทียบกับเครื่องมือวัด พบว่ามีความแม่นยำมากกว่าร้อยละ 80 และได้มีการทดสอบคุณสมบัติของดินเพื่อหาค่าความหนาแน่นรวมและค่าความจุความชื้นสนาม

การทดสอบการใช้งานเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมได้บรรลุเป้าหมายของโครงการวิจัยฯ โดยเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความชื้นดิน วัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำชลประทาน และควบคุมการเปิด-ปิดบานประตูรับน้ำ/ ระบายน้ำแบบอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพ สามารถรายงานข้อมูลได้ถูกต้องแม่นยำ และทันต่อเวลาเพื่อรายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรมและเชื่อมโยงข้อมูลไปสู่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำที่สามารถลดการสูญเสียปริมาณน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมโดยเฉลี่ยร้อยละ 15 จากการส่งน้ำในพื้นที่ชลประทานที่เกินความต้องการน้ำ ตามเป้าหมายของโครงการฯ อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ต้นแบบจากการประยุกต์ใช้เครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในระบบแปลงนาและเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมในการเป็นพื้นที่เกษตรกรรมตัวอย่างให้แก่เกษตรกรและกลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทานภายใต้การมีส่วนร่วมให้แก่ชุมชน สังคม ในการเรียนรู้เทคโนโลยีเพื่อให้เกษตรกรและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียให้สามารถปรับตัวให้ทันต่อสภาพการเปลี่ยนแปลง

Abstract

Thothongdaeng Operation and Maintenance Project (TTD) is an irrigation project under Royal irrigation Department (RID) founded for allocating water through the canals to agriculture land approximately 550,000 rai which is largest irrigated area in Thailand. Recently, irrigation water is manually conveyed by controlling individual gates which use a lot of TTD staffs that frequently causes a complexity in water transportation during flood and drought crisis. Therefore, this research focuses on the development of agricultural tool by applying automation technology and internet of things that capable of transmitting real-time data from fields to user in monitoring, analyzing and reporting related data thru 4G signal automatically.

A Development of Technology for Improved Water management in Irrigation Projects has utilized three main parts of agricultural technology. First, the gate controlling is installed for automatic water control operation via website at “Thothongdaeng” gate and “Kamnanarh” gate that are primarily gate for water contribution to each sector. Second, Water level observing technology are developed in eight stations for monitoring water level in TTD canal which can receive data in 5 minutes time interval. Lastly, Soil moisture instruments are developed for obtaining soil moisture, temperature and soil conductivity data in every three hours. Those three technology instruments which are installed in research field as stated can provide real-time data to user through computer desktop which now already installed at TTD also both of website and mobile application.

A Development of Technology is calibrated to evaluate the performance of precision measurement. The calibration result of water level instrument by comparing data observed from staff gauge and sensor is above 80 percent precisely. The gate operation by setting gate opening according to user requested is also tested. The error of wire rope distance between the user command and the actual is measured to be 0.9 cm at the maximum. The soil type is examined with field capacity in 20 zones following water use sector for soil moisture instruments calibration. The calibration result is satisfied that the precision of soil moisture instrument is more than 80% accuracy by comparing soil content calculated from laboratory and sensor field data.

The performance evaluation of agricultural technology tool applied in TTD irrigation project level has achieved goal of research project. The output of technology development can automatically send reliable real-time data such as gate operation status, water level in canal and soil moisture also integrate with decision support system to recommend suitable water operation plan in reducing water allocation loss by 15%.

สารบัญ

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary) ก
บทคัดย่อ (Abstract) จ
สารบัญ ช
สารบัญรูป ฌ
สารบัญตาราง ฐ

บทที่ 1 รายละเอียดโครงการ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ 1-1
1.2 การทบทวนรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง 1-2
1.3 วัตถุประสงค์ 1-2
1.4 พื้นที่ศึกษา 1-3
1.5 แนวทางการดำเนินงาน 1-3
1.6 เป้าหมาย 1-10
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 1-10

บทที่ 2 ผลการสรุปและวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิและข้อมูลภาคสนาม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

2.1 ผลการจัดทำข้อมูลการใช้ที่ดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง 2-1
2.2 ผลการจัดทำข้อมูลชุดดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง 2-1
2.3 ผลการจัดทำข้อมูลพื้นที่เกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง 2-2
2.4 ผลการจัดทำข้อมูลความเหมาะสมการทำเกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง 2-2
2.5 ผลการจัดทำข้อมูลแผนที่คลอง และอาคารชลศาสตร์ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง 2-3
2.6 ผลการจัดทำข้อมูลบ่อบาดาล และศักยภาพน้ำใต้ดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง 2-6
2.7 ผลการจัดทำข้อมูลกลุ่มผู้ใช้น้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง 2-7
2.8 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลน้ำเข้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง 2-15
2.9 ผลการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง 2-16
2.10 ผลการสำรวจรูปตัดลำน้ำของคลองส่งน้ำสายหลัก โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง 2-18

บทที่ 3 ผลการดำเนินงานติดตั้งเครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

3.1 การพัฒนาระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำ 3-2
3.1.1 การทบทวนระบบเครื่องมือการสื่อสาร/ การควบคุม/ อุปกรณ์ที่มีอยู่ในการควบคุมอัตโนมัติ 3-2
3.1.2 หลักการทำงานของระบบอัตโนมัติในการควบคุมการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำแบบอัตโนมัติ 3-3
3.1.3 หลักการทำงานของ Control Unit Diagram 3-6
3.1.4 หลักการทำงานของระบบควบคุมสั่งการ ผ่านตู้คอนโทรล 3-7
3.1.5 หลักการทำงานของระบบควบคุมสั่งการ ผ่าน Web Application 3-8
3.2 ผลการติดตั้งระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ 3-10
3.2.1 การเชื่อมโยงอุปกรณ์สำหรับการควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ 3-10

สารบัญ (ต่อ)

3.2.2 การปฏิบัติการควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ 3-16
3.2.3 การปรับเทียบระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ 3-18

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time

4.1 การพัฒนาระบบตรวจวัดระดับน้ำอัตโนมัติ 4-3
4.1.1 หลักการทำงานของระบบตรวจวัดระดับน้ำอัตโนมัติ 4-2
4.1.2 ข้อได้เปรียบเสียเปรียบของระบบตรวจวัดระดับน้ำอัตโนมัติ เมื่อเทียบกับระบบอื่น 4-3
4.2 ผลการดำเนินงานพัฒนาเครื่องมือวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำสายหลัก 4-5
4.2.1 การเชื่อมโยงอุปกรณ์เครื่องมือวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำสายหลัก 4-5
4.2.2 การทำงานของเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ 4-7
4.2.3 การตั้งค่าการสอบเทียบเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ 4-9
4.3 ผลการติดตั้งระบบตรวจวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ 4-13
4.3.1 ผลการดำเนินงานติดตั้งโครงสร้างสถานีวัดระดับน้ำ 4-13
4.3.2 ผลการดำเนินงานติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ 4-14
4.3.3 ผลการปรับเทียบเครื่องมือวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำสายหลัก 4-17

บทที่ 5 ผลการดำเนินงานติดตั้งเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time

5.1 การพัฒนาเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time 5-1
5.2 ผลการดำเนินงานพัฒนาเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time 5-5
5.2.1 การหาความชื้นชลประทานของดินในสนาม 5-5
5.2.2 การสอบเทียบเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรม 5-8
5.3 ผลการติดตั้งเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time 5-12

บทที่ 6 ผลการจัดทำระบบแม่ข่ายประมวลผลเครื่องมือตรวจวัดแบบ Real-time

6.1 ผลการพัฒนาระบบติดตามรายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรมต้นแบบ 6-1
6.1.1 การสรุปภาพรวมสถานการณ์น้ำ 6-3
6.1.2 การติดตามข้อมูลตรวจวัดที่เชื่อมโยงจากเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม 6-5
6.1.3 การคาดการณ์ปริมาณน้ำ 6-5
6.2 ผลการพัฒนาเว็บไซต์ระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำแบบอัตโนมัติ 6-8
6.2.1 การสรุปภาพรวมสถานการณ์น้ำ 6-8
6.2.2 การแสดงกิจกรรมล่าสุด 6-9
6.2.3 การเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง 6-10
6.2.4 การสั่งการสถานีควบคุมประตูน้ำแบบอัตโนมัติ 6-12

บทที่ 7 ผลการจัดฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีต้นแบบแก่เจ้าหน้าที่และเกษตรกร

7.1 ผลการจัดฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีต้นแบบแก่เจ้าหน้าที่และเกษตรกร 7-1

ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานและการดูแลบำรุงรักษาระบบ
คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ 7-3
คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาระบบเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำสายหลัก 7-16
คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรม 7-18

ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานเว็บไซต์ Web Application และ API

สารบัญรูป

รูปที่	1-1	พื้นที่ศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	1-4
รูปที่	1-2	ขั้นตอนและความเชื่อมโยงของเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในแปลงนาและเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม	1-8
รูปที่	1-3	ระเบียบวิธีวิจัย	1-9
รูปที่	2-1	แผนที่การใช้ที่ดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-8
รูปที่	2-2	แผนที่ชุดดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-9
รูปที่	2-3	แผนที่พื้นที่เกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-10
รูปที่	2-4	แผนที่ความเหมาะสมการทำเกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-11
รูปที่	2-5	แผนที่คลอง และอาคารชลศาสตร์ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-12
รูปที่	2-6	แผนที่บ่อบาดาล และศักยภาพน้ำใต้ดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-13
รูปที่	2-7	แผนที่กลุ่มผู้ใช้น้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-14
รูปที่	2-8	เปรียบเทียบปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง รายเดือน ปี 2551 ถึง 2561	2-15
รูปที่	2-9	บรรยากาศการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 วันที่ 30 ก.ค. 2562	2-16
รูปที่	2-10	การสำรวจสภาพคลองส่งน้ำ 1L-MC ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1	2-16
รูปที่	2-11	บรรยากาศการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 วันที่ 30 ก.ค. 2562	2-17
รูปที่	2-12	การสำรวจสภาพคลองส่งน้ำ 2L-MC ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2	2-17
รูปที่	2-13	บรรยากาศการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 วันที่ 29 ก.ค. 2562	2-17
รูปที่	2-14	การสำรวจสภาพคลองส่งน้ำ MC ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3	2-18
รูปที่	3-1	ที่ตั้ง ทรบ.กำนันอ่ำ ต.สระแก้ว อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	3-1
รูปที่	3-2	ทรบ.ท่อทองแดง และ ทรบ.กำนันอ่ำ ต.สระแก้ว อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	3-1
รูปที่	3-3	Diagram และ Flowchart หลักการทำงานระบบอัตโนมัติในการควบคุมเปิด-ปิดประตูระบายน้ำแบบอัตโนมัติ	3-3
รูปที่	3-4	Control Unit Diagram	3-6
รูปที่	3-5	Control Unit Circuit	3-7
รูปที่	3-6	การควบคุมระดับของประตูน้ำผ่านตู้คอนโทรล	3-8
รูปที่	3-7	การตั้งค่าเพื่อ Calibrate Sensor	3-8
รูปที่	3-8	รูปแบบการควบคุมประตูระบายน้ำผ่านทางเว็บไซต์	3-9
รูปที่	3-9	Flowchart การเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ	3-10
รูปที่	3-10	ภาพถ่ายดาวเทียมระบุตำแหน่งติดตั้งระบบควบคุมประตูน้ำอัตโนมัติ ทรบ.ท่อทองแดง	3-11
รูปที่	3-11	ภาพถ่ายดาวเทียมระบุตำแหน่งติดตั้งระบบควบคุมประตูน้ำอัตโนมัติ ทรบ.กำนันอ่ำ	3-12
รูปที่	3-12	ผลการติดตั้งตู้คอนโทรลระบบควบคุมประตูน้ำอัตโนมัติ ทรบ.ท่อทองแดง	3-13
รูปที่	3-13	ผลการติดตั้งตู้คอนโทรลระบบควบคุมประตูน้ำอัตโนมัติ ทรบ.กำนันอ่ำ	3-14
รูปที่	3-14	ผลการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระดับประตูน้ำ	3-15
รูปที่	3-15	ผลการตั้งค่าและแก้ไข Limit Switch และทดสอบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในตู้คอนโทรล	3-15
รูปที่	3-16	รูปแบบของสวิตช์และหน้าจอแสดงผล	3-16
รูปที่	3-17	ตู้คอนโทรลพร้อมหน้าจอแบบสัมผัส	3-17
รูปที่	3-18	การควบคุมระดับของประตูน้ำ 4 บาน และ 5 บาน	3-17

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	3-19	การปรับตั้งค่าผ่านตู้คอนโทรล	3-17
รูปที่	3-20	การ Calibration ผ่านตู้คอนโทรล	3-18
รูปที่	3-21	การเลือกใช้ตู้คอนโทรล ทรบ.กำนันอ่ำ	3-18
รูปที่	3-22	ระดับประตูน้ำจากเซนเซอร์และจากการสั่งการของทรบ.ท่อทองแดง ประตูน้ำบานที่ 1, 3, 4 และ 5	3-21
รูปที่	3-23	ระดับประตูน้ำจากเซนเซอร์และจากการสั่งการของทรบ.กำนันอ่ำ ประตูน้ำบานที่ 4	3-22
รูปที่	4-1	จุดติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำสายหลัก โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	4-1
รูปที่	4-2	ส่วนประกอบของอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ	4-2
รูปที่	4-3	ภาพรวมการทำงานของระบบตรวจวัดระดับน้ำอัตโนมัติ	4-3
รูปที่	4-4	ตัวอย่างการติดตั้งเครื่อง SensMini A4-NB บนคลองขนาดเล็ก	4-5
รูปที่	4-5	เครื่องโทรมาตรวัดระดับน้ำในรูปแบบเก่า	4-5
รูปที่	4-6	การเชื่อมต่อเครื่อง SensMini A4-NB เข้ากับ เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ HD320 และโซล่าเซลล์	4-6
รูปที่	4-7	ตารางแสดง สายไฟภายในเครื่อง SensMini A4-NB	4-6
รูปที่	4-8	หัวสายไฟแบบ 5 pin และ 8 pin	4-7
รูปที่	4-9	การเชื่อมต่ออุปกรณ์บนสถานีวัดระดับน้ำ	4-7
รูปที่	4-10	พารามิเตอร์ภายในเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ	4-8
รูปที่	4-11	ส่วนของการตั้งค่าสมการภายในอุปกรณ์ SensMini A4-NB	4-8
รูปที่	4-12	โครงสร้างของ Senslink Cloud	4-9
รูปที่	4-13	การวัดระดับน้ำเพื่อการ Calibrate อุปกรณ์วัดระดับน้ำ	4-9
รูปที่	4-14	การ Calibrate ค่าระดับน้ำสามารถทำผ่านเครื่อง SensMini A4-NB	4-10
รูปที่	4-15	การเปรียบเทียบค่าระดับน้ำที่วัดได้	4-11
รูปที่	4-16	การเปรียบเทียบค่าระดับน้ำที่วัดได้	4-12
รูปที่	4-17	การ Enable โหมดการทำงานแบบประหยัดพลังงานคืนเหมือนเดิม	4-13
รูปที่	4-18	ผลการดำเนินงานผลิตฐานโครงสร้าง	4-14
รูปที่	4-19	โครงสร้างเสา (Truss) และงานทดลองประกอบโครงสร้างสถานีก่อนลงพื้นที่เพื่อทำการติดตั้งจริง	4-14
รูปที่	4-20	ขั้นตอนการดำเนินงานขุดดินเพื่อลงโครงสร้างฐาน	4-15
รูปที่	4-21	งานติดตั้งอุปกรณ์ลงบนโครงสร้างและงานเดินท่อร้อยสายไฟ	4-15
รูปที่	4-22	ผลการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำทั้ง 8 จุด	4-16
รูปที่	4-23	การวัดผลหลัง Calibrate เซนเซอร์วัดระดับประตูน้ำ	4-17
รูปที่	4-24	ระดับน้ำจากเซนเซอร์และระดับน้ำจริงของสถานีวัดระดับน้ำที่ 1-8	4-19
รูปที่	4-25	Staff gauge แนวตั้งสำหรับติดตั้งที่คลองดินและคลองดาดคอนกรีต	4-20
รูปที่	4-26	สถานีวัดระดับน้ำและจุดติดตั้ง Staff gauge	4-21
รูปที่	5-1	การออกแบบระบบการทำงานของเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time	5-2
รูปที่	5-2	โปรแกรมพัฒนาบอร์ด Arduino IDE	5-4
รูปที่	5-3	ระบบฐานข้อมูลแบบอัตโนมัติ	5-5
รูปที่	5-4	การหาความชื้นชลประทานของดินในสนาม	5-6
รูปที่	5-5	ความสัมพันธ์ของชนิดดิน ความชื้นชลประทาน และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร	5-7

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	5-6	ผลการสอบเทียบเครื่องตรวจวัดความชื้นดินในสนามทั้ง 20 โซน	5-10
รูปที่	5-7	แผนที่จุดติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นใน 20 โซน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	5-13
รูปที่	5-8	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้นในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	5-14
รูปที่	5-9	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 1 คบ.ท่อทองแดง	5-15
รูปที่	5-10	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 2 คบ.ท่อทองแดง	5-17
รูปที่	5-11	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 3 คบ.ท่อทองแดง	5-19
รูปที่	5-12	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 4 คบ.ท่อทองแดง	5-21
รูปที่	5-13	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 5 คบ.ท่อทองแดง	5-23
รูปที่	5-14	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 6 คบ.ท่อทองแดง	5-25
รูปที่	5-15	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 7 คบ.ท่อทองแดง	5-28
รูปที่	5-16	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 8 คบ.ท่อทองแดง	5-30
รูปที่	5-17	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 9 คบ.ท่อทองแดง	5-32
รูปที่	5-18	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 10 คบ.ท่อทองแดง	5-32
รูปที่	5-19	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 11 คบ.ท่อทองแดง	5-37
รูปที่	5-20	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 12 คบ.ท่อทองแดง	5-39
รูปที่	5-21	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 13 คบ.ท่อทองแดง	5-41
รูปที่	5-22	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 14 คบ.ท่อทองแดง	5-43
รูปที่	5-23	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 15 คบ.ท่อทองแดง	5-45
รูปที่	5-24	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 16 คบ.ท่อทองแดง	5-47
รูปที่	5-25	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 17 คบ.ท่อทองแดง	5-49
รูปที่	5-26	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 18 คบ.ท่อทองแดง	5-51
รูปที่	5-27	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 19 คบ.ท่อทองแดง	5-53
รูปที่	5-28	แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 20 คบ.ท่อทองแดง	5-55
รูปที่	6-1	ภาพรวมและความเชื่อมโยงขององค์ประกอบของระบบติดตาม รายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยาและระบบควบคุมและประเมินสถานการณ์น้ำ	6-2
รูปที่	6-2	หน้าหลักของระบบติดตาม รายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรมต้นแบบ	6-3
รูปที่	6-3	ภาพรวมสถานการณ์น้ำ	6-4
รูปที่	6-4	การติดตามข้อมูลปริมาณน้ำเข้าโครงการฯ	6-6
รูปที่	6-5	การติดตามข้อมูลระดับน้ำ	6-6
รูปที่	6-6	การติดตามข้อมูลความชื้นดิน	6-7
รูปที่	6-7	การคาดการณ์สถานการณ์น้ำ	6-7
รูปที่	6-8	การสรุปภาพรวมสถานการณ์น้ำ	6-8
รูปที่	6-9	การสรุปกิจกรรมล่าสุด	6-9
รูปที่	6-10	การเรียกดูข้อมูลระดับน้ำย้อนหลังในรูปแบบกราฟและตาราง	6-10
รูปที่	6-11	การเรียกดูข้อมูลประตูรับน้ำย้อนหลังในรูปแบบตาราง	6-11
รูปที่	6-12	โหมดปกติของสถานีควบคุมประตูน้ำแบบอัตโนมัติ	6-12

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	6-13	โหมดแนะนำของสถานีควบคุมประตูน้ำแบบอัตโนมัติ	6-13
รูปที่	6-14	โหมดฉุกเฉินของสถานีควบคุมประตูน้ำแบบอัตโนมัติ	6-13
รูปที่	7-1	บรรยากาศการอบรมเจ้าหน้าที่คบ.ท่อทองแดง วันที่ 14 เมษายน 2563	7-2
รูปที่	7-2	บรรยากาศการอบรมเจ้าหน้าที่คบ.ท่อทองแดง วันที่ 15 เมษายน 2563	7-2
รูปที่	7-3	บรรยากาศการอบรมเกษตรกร ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 ตัวแทนแปลงความชื้นโซน 6, 12, 13, 14, 15, 16 คบ.ท่อทองแดง วันที่ 8 พฤษภาคม 2563 ช่วงเช้า	7-3
รูปที่	7-4	บรรยากาศการอบรมเกษตรกร ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 ตัวแทนแปลงความชื้นโซน 1, 7, 8 และ 20 คบ.ท่อทองแดง วันที่ 8 พฤษภาคม 2563 ช่วงบ่าย	7-3
รูปที่	7-5	บรรยากาศการอบรมเกษตรกร ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 ตัวแทนแปลงความชื้นโซน 2, 3, 4 และ 5 คบ.ท่อทองแดง วันที่ 11 พฤษภาคม 2563 ช่วงเช้า	7-4
รูปที่	7-6	บรรยากาศการอบรมเกษตรกร ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 และ 2 ตัวแทนแปลงความชื้นโซน 6, 10, 11, 14 และ 15 คบ.ท่อทองแดง วันที่ 11 พฤษภาคม 2563 ช่วงบ่าย	7-4
รูปที่	7-7	บรรยากาศการอบรมเกษตรกร ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 ตัวแทนแปลงความชื้นโซน 9, 10, 17, 18 และ 19 คบ.ท่อทองแดง วันที่ 13 พฤษภาคม 2563 ช่วงเช้า	7-5
รูปที่	7-8	รูปแบบการพัฒนาแอปพลิเคชันแสดงข้อมูลความชื้นดินให้แก่เกษตรกร	7-5
รูปที่	7-9	รูปแบบการส่งข้อมูลความชื้นดินผ่าน Line Notify ทุกวันเวลา 09.00 น.	7-6

สารบัญตาราง

ตารางที่	1-1	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1-11
ตารางที่	2-1	ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-1
ตารางที่	2-2	ข้อมูลชุดดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-2
ตารางที่	2-3	ข้อมูลพื้นที่เกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-2
ตารางที่	2-4	ข้อมูลความเหมาะสมการทำเกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-3
ตารางที่	2-5	ข้อมูลคลองส่งน้ำสายหลัก สายซอย และสายแยกซอยโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-3
ตารางที่	2-6	ข้อมูลศักยภาพน้ำใต้ดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-6
ตารางที่	2-7	กลุ่มผู้ใช้น้ำและพื้นที่เกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	2-7
ตารางที่	2-8	ปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง รายเดือน	2-15
ตารางที่	3-1	ข้อได้เปรียบเสียเปรียบของระบบควบคุม	3-2
ตารางที่	3-2	อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมประตูน้ำ	3-3
ตารางที่	3-3	ผลการตรวจวัดประตูน้ำบานที่ 1 และ 3	3-19
ตารางที่	3-4	ผลการตรวจวัดประตูน้ำบานที่ 4 และ 5	3-20
ตารางที่	3-5	ผลการตรวจวัดประตูน้ำบานที่ 4	3-21
ตารางที่	4-1	จุดติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง	4-1
ตารางที่	4-2	สรุปข้อได้เปรียบเสียเปรียบของระบบตรวจวัดระดับน้ำอัตโนมัติ เมื่อเทียบกับระบบอื่น	4-4
ตารางที่	4-3	การ Calibrate อุปกรณ์วัดระดับน้ำ	4-9
ตารางที่	4-4	ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่คลอง MC จุดที่ 1 กม.4+900 จุดที่ 2 กม.6+236 และจุดที่ 3 กม. 23+800	4-18
ตารางที่	4-5	ผลการตรวจวัดระดับน้ำคลอง MC จุดที่ 4 กม.0+000 จุดที่ 5 กม.2+436.5 และคลอง 1L-MC จุดที่ 6 กม.7+800	4-18
ตารางที่	4-6	ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่จุดที่ 7 คลอง 2L-MC กม.16+500 และจุดที่ 8 คลอง 1R-2L-MC กม. 1+500	4-19
ตารางที่	5-1	สรุปอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time	5-2
ตารางที่	5-2	คุณลักษณะของเครื่องมือวัดความชื้น	5-4
ตารางที่	5-3	ความชื้นชลประทานของดินในสนาม	5-7
ตารางที่	5-4	เกณฑ์การเตือนภัยของความชื้นดินในสนาม	5-8
ตารางที่	5-5	ผลการสอบเทียบเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรม	5-9
ตารางที่	5-6	จำนวนเครื่องมือวัดความชื้นในแปลงเกษตรกรรมของแต่ละพื้นที่ 20 โซน	5-12
ตารางที่	5-7	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 1 คบ.ท่อทองแดง	5-16
ตารางที่	5-8	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 2 คบ.ท่อทองแดง	5-18
ตารางที่	5-9	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 3 คบ.ท่อทองแดง	5-20
ตารางที่	5-10	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 4 คบ.ท่อทองแดง	5-22
ตารางที่	5-11	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 5 คบ.ท่อทองแดง	5-24
ตารางที่	5-12	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 6 คบ.ท่อทองแดง	5-26
ตารางที่	5-13	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 7 คบ.ท่อทองแดง	5-29
ตารางที่	5-14	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 8 คบ.ท่อทองแดง	5-31

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	5-15	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 9 คบ.ท่อทองแดง	5-33
ตารางที่	5-16	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 10 คบ.ท่อทองแดง	5-35
ตารางที่	5-17	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 11 คบ.ท่อทองแดง	5-38
ตารางที่	5-18	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 12 คบ.ท่อทองแดง	5-40
ตารางที่	5-19	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 13 คบ.ท่อทองแดง	5-42
ตารางที่	5-20	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 14 คบ.ท่อทองแดง	5-44
ตารางที่	5-21	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 15 คบ.ท่อทองแดง	5-46
ตารางที่	5-22	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 16 คบ.ท่อทองแดง	5-48
ตารางที่	5-23	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 17 คบ.ท่อทองแดง	5-50
ตารางที่	5-24	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 18 คบ.ท่อทองแดง	5-52
ตารางที่	5-25	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 19 คบ.ท่อทองแดง	5-54
ตารางที่	5-26	รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 20 คบ.ท่อทองแดง	5-56

บทที่ 1

รายละเอียดโครงการ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง เป็นโครงการชลประทานประเภทรับน้ำนอง ใช้ระบบการส่งน้ำโดยคลองธรรมชาติ มีอาคารบังคับน้ำและอาคารอัดน้ำตามคลองธรรมชาติ รับน้ำจากแม่น้ำปิงเข้าพื้นที่เพาะปลูกในเขต จ.สุโขทัย พิษณุโลก และกำแพงเพชรผ่าน ปตร.ปากคลองท่อทองแดง ขนาด 2.00 x 2.40 เมตร จำนวน 4 ช่อง ส่งน้ำให้กับพื้นที่ชลประทานรวม 552,403.93 ไร่ ซึ่งปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ชลประทานเพิ่มขึ้นในเขต อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร และ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก การรับน้ำเข้าโครงการชลประทานใช้การยกระดับน้ำของแม่น้ำปิงเข้าอาคาร ทรบ.ปากคลองส่งน้ำสายหลักท่อทองแดง (Main Canal, MC) เพื่อกระจายน้ำให้ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษา 3 ฝ่าย โดยมีคลองส่งสายหลัก MC ท่อทองแดง จำนวน 1 สาย ทำหน้าที่ในการส่งน้ำให้ฝ่ายส่งน้ำที่ 3 และมีคลองส่งน้ำสายรองและคลองส่งน้ำสายแยกซอยส่งน้ำให้ฝ่ายส่งน้ำที่ 1 และ 2 โดยลักษณะคลองส่งน้ำของ คบ.ท่อทองแดงเป็นคลองธรรมชาติ ซึ่งเกษตรกรใช้ระบบการสูบน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรม และใช้ระบบเครื่องจักรกลในการควบคุมบานประตูระบายน้ำ

ในระบบเดิม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงมีเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติงานส่งน้ำควบคุมการปิด-เปิดบานประตูส่งน้ำเข้าคลองส่งสายหลักและคลองส่งสายซอยให้ได้ระดับที่สามารถส่งน้ำให้มีปริมาณน้ำตามแผนที่ได้วางไว้ ซึ่งใช้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานเป็นจำนวนมากและการปฏิบัติงานเกิดความซ้ำซ้อนมากขึ้นในช่วงสภาวะวิกฤติน้ำแล้งและน้ำท่วม นอกจากนี้คลองส่งน้ำของโครงการที่มีลักษณะเป็นคลองธรรมชาติที่มีความยาวทั้งโครงการประมาณ 200 กิโลเมตร ทำให้การพัฒนาประสิทธิภาพของระบบชลประทานยังมีการพัฒนาได้น้อยมาก อีกทั้งปัญหาความขัดแย้งระหว่างกลุ่มผู้ใช้น้ำและเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ จากการปฏิบัติงานส่งน้ำโดยเจ้าหน้าที่ในการควบคุมการปิด-เปิดบานประตูส่งน้ำเข้าคลองส่งสายหลักและคลองส่งสายซอยได้ส่งผลให้เกิดปัญหาความขัดแย้งระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ทำการเกษตรอยู่ต้นคลองและปลายคลอง ทั้งความขัดแย้งระหว่างเกษตรกรกับเกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงภาวะการขาดแคลนน้ำ

กรมชลประทานได้มีนโยบายในการบรรเทาปัญหาโดยการสร้างความร่วมมือของกลุ่มผู้ใช้น้ำและเกษตรกรในพื้นที่ที่ใช้น้ำร่วมกัน เพื่อให้เกษตรกรได้รับน้ำทันเวลาที่ต้องการ และได้มีการแจ้งข้อตกลงการส่งน้ำที่กรมชลประทานได้วางแผนให้เกษตรกรรับทราบ และทำการติดตามและรายงานพื้นที่เพาะปลูก อย่างไรก็ตามในสถานการณ์การขาดแคลนน้ำที่ปริมาณน้ำมีอยู่อย่างจำกัด การใช้น้ำในพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำล้วนมีความเชื่อมโยงและมีผลกระทบถึงกัน ดังนั้น การใช้น้ำหนึ่งหน่วยให้เกิดความคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุดจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะช่วยลดความเสียหายของพื้นที่เกษตรกรรมหรือผลผลิตภาคการเกษตร ซึ่งปัจจุบันกรมชลประทานยังขาดเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมในระดับแปลงนาที่จะใช้เป็นแนวทางในการควบคุมปริมาณการส่งน้ำระดับคลองส่งน้ำสายหลักหรือคลองส่งน้ำสายซอยที่มีความเหมาะสมต่อสภาพปัจจุบันและมีการสูญเสียปริมาณน้ำน้อยที่สุด

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม โดยการพัฒนาเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมในระบบแปลงนา เพื่อลดการสูญเสียของปริมาณน้ำจากการส่งน้ำเกินกว่าความต้องการน้ำที่แท้จริง มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต้นทุนให้สามารถเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกหรือลดความเสียหายของพื้นที่เกษตรกรรมที่ขาดแคลนน้ำในภาวะน้ำแล้งได้ และเพื่อลดการสูญเสียน้ำในระบบแปลงนาและลดบุคลากรภาคสนามในการปฏิบัติงาน โดยการพัฒนาเทคโนโลยีและระบบ Automation ที่เกิดการทำงานระหว่างเครื่องมือและคอมพิวเตอร์ให้สามารถติดตามตรวจวัดสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยาแบบทันต่อเวลา ประกอบด้วย การพัฒนาระบบแม่ข่ายเพื่อการเก็บข้อมูลและประมวลผลจากเทคโนโลยีเครื่องมือวัดความชื้นดินในระบบแปลงนาและเครื่องมือวัดระดับน้ำที่พัฒนาขึ้น โดยมีการติดตาม วิเคราะห์ แสดงผลข้อมูลตรวจวัดได้แบบ Real-time ผ่านสัญญาณเครือข่าย 4G ที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ร่วมกันแบบทันต่อเวลาและสามารถแจ้งเตือนข้อมูลข่าวสารได้แบบอัตโนมัติ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาพื้นที่ต้นแบบ

โดยการนำเครื่องมือและเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นไปปฏิบัติจริงในพื้นที่ตัวอย่าง ภายใต้การมีส่วนร่วมจากบุคลากรกรมชลประทานในระดับปฏิบัติงาน เกษตรกรในพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นสร้างองค์ความรู้ให้เกิดความเข้าใจต่อเครื่องมือและเทคโนโลยี สามารถนำไปประยุกต์ใช้และปฏิบัติจริงได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และเพื่อเป็นการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมือให้เกิดผลสำเร็จตามเป้าหมายของงานวิจัย

1.2 การทบทวนรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันกรมชลประทานได้มีการติดตั้งระบบตรวจวัดและระบบควบคุมระยะไกลหรือที่เรียกว่า SCADA ย่อมาจาก SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION ซึ่งเป็นระบบสำหรับตรวจวัดระดับน้ำ ระยะเปิดบาน ปริมาณน้ำ ปริมาณฝน และระบบควบคุมอาคารชลประทาน เช่น ประตูระบายน้ำ เครื่องสูบน้ำ และระบบรวบรวมข้อมูลระยะไกล ซึ่งทำให้ผู้ปฏิบัติสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและสั่งการควบคุมอาคารได้แบบทันต่อเวลาหรือแบบ Real-time โดยคุณลักษณะของระบบ SCADA ของกรมชลประทานโดยทั่วไป มีดังนี้

1) มีการตรวจวัดข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลปริมาณฝน ระดับน้ำ และปริมาณน้ำระยะไกลแบบอัตโนมัติ

2) มีการควบคุมการทำงานของอาคารชลประทาน ได้แก่ ประตูระบายน้ำ สถานีสูบน้ำ โดยสามารถควบคุมจากระยะไกลทั้งโดยผู้ใช้งานหรือแบบอัตโนมัติ

3) มีระบบตรวจสอบตนเอง ระบบบันทึกข้อมูล ตรวจสอบข้อมูล วิเคราะห์ผล และแสดงผลข้อมูล

จากการทบทวนระบบ SCADA ที่มีใช้งานปัจจุบันในกรมชลประทาน สามารถสรุปได้ดังนี้

1) โครงการเพิ่มการเก็บกักน้ำอ่างเก็บน้ำประแสร์ด้วยบานระบายน้ำแบบพับได้ เป็นโครงการเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำประแสร์ซึ่งได้มีการติดตั้งบานแบบพับได้บนสันฝายของอาคารระบายน้ำล้น โดยสามารถเพิ่มระดับเก็บกักได้ 1 เมตร คิดเป็นปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น 47 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยการปรับระดับของฝายใช้ระบบ Hydraulic ติดตั้งชุดควบคุมซึ่งสามารถตรวจวัดตำแหน่งบานฝาย ระดับน้ำอ่างเก็บน้ำประแสร์ และสามารถควบคุมบานฝายแต่ละบานได้อิสระ ทั้งแบบ Manual และแบบอัตโนมัติ

2) ฝายพับได้ กว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา กรมชลประทานมีการติดตั้งฝายพับได้ ที่กว๊านพะเยา เพื่อเพิ่มระดับการกักเก็บน้ำอีก 1 เมตรคิดเป็นปริมาณกักเก็บน้ำที่เพิ่มขึ้น 21.81 ล้านลูกบาศก์เมตร การปรับระดับของฝายใช้ระบบ Hydraulic ควบคุมโดยระบบ SCADA ซึ่งสามารถตรวจวัดระดับน้ำ ปริมาณน้ำ ตำแหน่งบานฝาย และควบคุมฝายได้ทั้งระบบอัตโนมัติและ Manual จากระยะไกล

1.3 วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้ได้เครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรรมในระดับแปลงนาที่สามารถวัดความชื้นดิน วัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำชลประทานแบบทันต่อเวลา และเครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิดบานประตูรับน้ำ/ ระบายน้ำแบบอัตโนมัติ ให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนด

2) เพื่อพัฒนาระบบติดตาม รายงาน สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรม และพัฒนาระบบควบคุมสั่งการเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมแบบอัตโนมัติ ให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนด

3) เพื่อพัฒนาพื้นที่ต้นแบบการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมร่วมกับการบริหารจัดการน้ำ โดยการเชื่อมโยงระบบติดตาม รายงาน และควบคุมสั่งการเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมไปยังระบบสนับสนุนการตัดสินใจบริหารจัดการน้ำแบบ Real-time ในพื้นที่ต้นแบบที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ภายใต้การมีส่วนร่วมของเกษตรกร กลุ่มผู้ใช้น้ำ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการชลประทาน และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ ให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนด

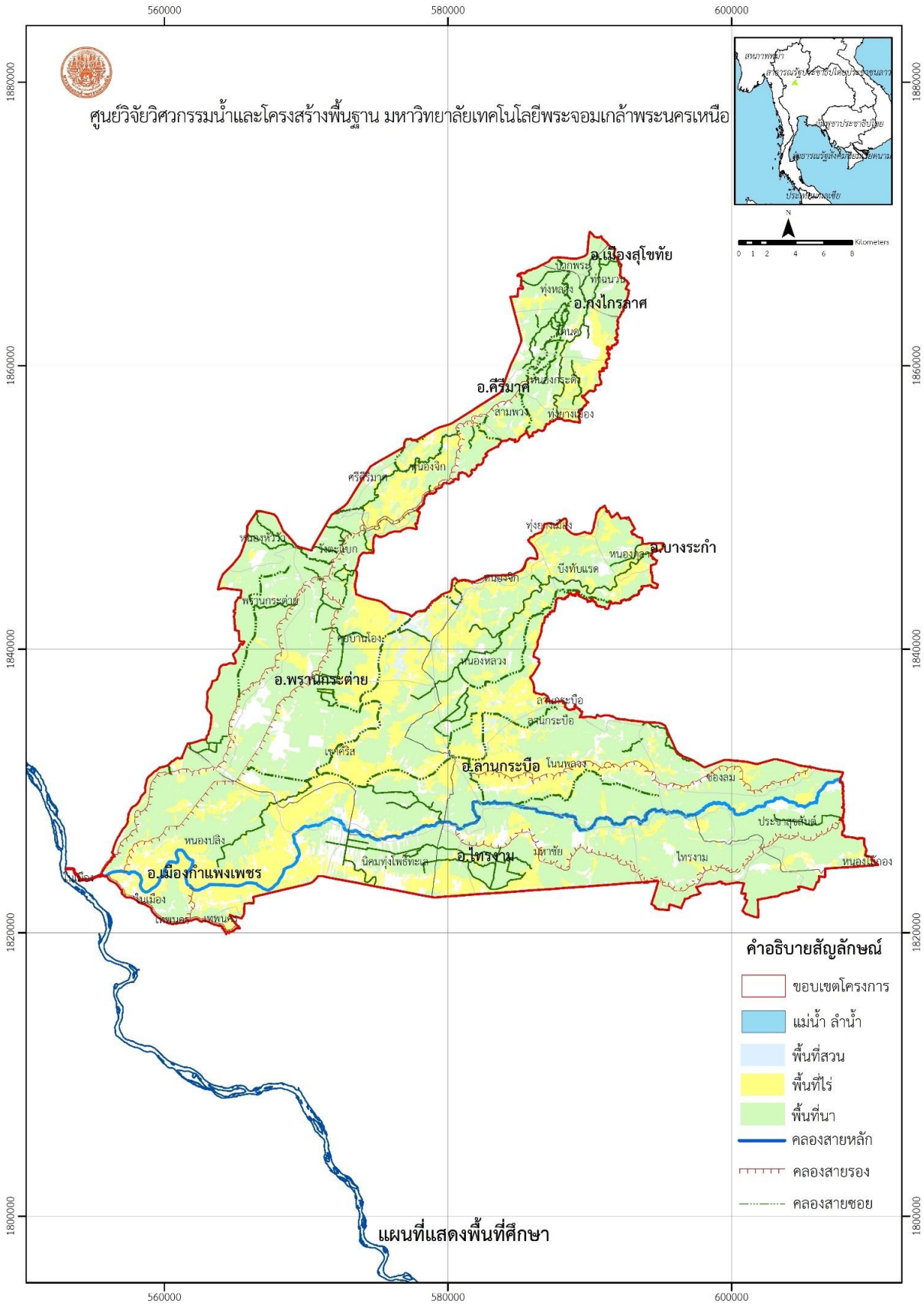
1.4 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาของโครงการอยู่ในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง มีที่ตั้งของโครงการอยู่ที่ตำบลหนองปลิง อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ลักษณะโครงการเป็นโครงการรับน้ำนอง มีอาคารบังคับและอาคารอัดน้ำที่ใช้คลองธรรมชาติในส่งน้ำและกระจายน้ำเข้าพื้นที่ชลประทานทั้งหมด 552,403.93 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมืองสุโขทัย กงไกรลาศ คีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก อำเภอพรานกระต่าย ลานกระบือ เมืองกำแพงเพชร ไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร รับน้ำเข้าโครงการโดยการยกระดับน้ำของแม่น้ำปิงไหลเข้าสู่คลองส่งสายหลักท่อทองแดง ที่มีขนาด 2.00 x 2.40 เมตรขนาด 4 ช่อง จำนวน 1 แห่ง สามารถรับน้ำเข้าที่อัตราสูงสุด 70 ลบ.ม. ต่อวินาที การส่งน้ำเข้าพื้นที่ชลประทานแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ฝ่าย ได้แก่ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 รับผิดชอบพื้นที่ในจังหวัดกำแพงเพชรและจังหวัดสุโขทัย ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 รับผิดชอบพื้นที่ส่งน้ำอำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร และอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก และฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 รับผิดชอบพื้นที่อำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร และอำเภอไทรงาม จังหวัดพิจิตร แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษาดังรูปที่ 1-1

1.5 แนวทางการดำเนินงาน

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต้นทุนและลดการสูญเสียการใช้น้ำในระดับโครงการชลประทาน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมในแปลงนา ประกอบด้วย การออกแบบเทคโนโลยีเครื่องมือวัดความชื้นดินในแปลงเกษตรกรรม เครื่องมือวัดระดับในคลองส่งน้ำชลประทาน ที่มีความสามารถในการติดตาม และรายงานผลข้อมูลตรวจวัดแบบทันต่อเวลาเข้าสู่ระบบแม่ข่ายหลักเพื่อเชื่อมโยงกับแบบจำลองคณิตศาสตร์โดยการส่งข้อมูลเข้าแบบจำลองประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time และรับคำสั่งการประมวลผลแบบจำลองควบคุมและประเมินสถานการณ์เพื่อควบคุมสั่งการเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมโดยการปฏิบัติควบคุมการเปิด-ปิดบานประตูรับน้ำ/ ระบายน้ำที่ประตูรับน้ำเข้าคลองส่งสายหลักของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงแบบอัตโนมัติ แสดงขั้นตอนและความเชื่อมโยงของเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในแปลงนาและเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมดังรูปที่ 1-2

พื้นที่กลางน้ำของลุ่มน้ำปิงมีโครงการชลประทานขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำจากเขื่อนภูมิพลที่ระบายลงสู่แม่น้ำปิงทั้งโดยใช้สถานีสูบน้ำและรับน้ำเข้าคลองส่งสายหลักเพื่อกระจายน้ำสู่พื้นที่ชลประทาน ที่ผ่านมาได้ประสบทั้งปัญหาการขาดแคลนน้ำและปัญหาน้ำท่วม ทำให้การบริหารจัดการน้ำมีความซับซ้อนมากขึ้นในสภาวะวิกฤติน้ำจากการที่ต้องบริหารจัดการน้ำภายในโครงการชลประทานให้เพียงพอและต้องรักษาระดับน้ำในพื้นที่ท้ายน้ำซึ่งเป็นจุดสำคัญต่อการใช้น้ำของพื้นที่ชลประทานและประชาชนในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ปัจจุบันโครงการชลประทานในพื้นที่ท้ายเขื่อนภูมิพลซึ่งรวมถึง คบ.ท่อทองแดง ซึ่งเป็นโครงการชลประทานที่มีพื้นที่ชลประทานมากที่สุดในประเทศไทยยังไม่มีเครื่องมือสำหรับการบริหารจัดการน้ำ และยังมีความไม่สมบูรณ์ของระบบการจัดการทั้งในเชิงข้อมูลและการปฏิบัติการส่งน้ำ ด้วยเหตุนี้ จึงเห็นความจำเป็นเร่งด่วนในการศึกษาพื้นที่ใต้เขื่อนภูมิพลในปีแรก และทำการต่อขยายในพื้นที่ท้ายเขื่อนสิริกิติ์ในพื้นที่ คบ.พลายชุมพลในปีถัดไป โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีต้นแบบที่ได้จากงานวิจัยนำไปต่อยอดให้เหมาะสมกับสภาพปัญหาเชิงพื้นที่



รูปที่ 1-1 พื้นที่ศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ระเบียบวิธีวิจัยของโครงการพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต้นทุนและลดการสูญเสียการใช้น้ำในระดับโครงการชลประทานแสดงดังรูปที่ 1-3 มีเป้าหมายหลักของงานวิจัยเพื่อให้ได้เครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่สามารถใช้งานได้จริง มีความเหมาะสมเชิงพื้นที่ มีการใช้งานและการดูแลรักษาที่ง่าย และสามารถเชื่อมโยงกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจบริหารจัดการน้ำ ซึ่งในระหว่างกระบวนการวิจัยได้มีการสร้างเรียนรู้ระหว่างการปฏิบัติงานระหว่างทีมวิจัยและเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน และการสร้างการมีส่วนร่วมเพื่อรับฟังปัญหานำไปสู่การปรับตัวของเกษตรกรให้ทันกับเทคโนโลยี โดยหลังเสร็จสิ้นโครงการทางโครงการวิจัยทำการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์การเกษตรเพื่อประเมินประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นในด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำและผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการส่งน้ำที่เหมาะสมกับสถานการณ์ ระเบียบวิธีวิจัยประกอบด้วยขั้นตอน 8 ขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. การทบทวนแผนงาน/ ระบบ Automation/ มาตรฐานของเครื่องมือที่กรมชลประทาน และโครงการที่เกี่ยวข้อง

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิและการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลสภาพพื้นที่ ความสูงภูมิประเทศ ชนิดดิน ข้อมูลดิน รูปแบบการทำการเกษตรกร โครงสร้างพื้นฐานและอาคารชลศาสตร์ของโครงการส่งน้ำและบำรุงท่อทองแดง

3. การจัดประชุมรับฟังความคิดเห็น และแนวทางปรับตัวของเกษตรกร ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง โดยจัดทำเป็นการประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำทั้ง 3 ฝ่ายส่งน้ำฯ ของ คบ.ท่อทองแดง เพื่อสร้างการมีส่วนร่วม และการรับฟังความเห็น แนวทางแก้ไขปัญหา รวมถึงการประเมินความพร้อมความต้องการของเกษตรกรในการปรับตัวใช้งานเครื่องมือ/ เทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่งานวิจัยพัฒนาขึ้น

4. การพัฒนาเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรรมในระดับแปลงนาที่สามารถวัดความชื้นดิน วัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำชลประทานแบบทันต่อเวลา และเครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิดบานประตูรับน้ำ/ ระบายน้ำแบบอัตโนมัติเพื่อลดการสูญเสียปริมาณการส่งน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมโดยเฉลี่ยร้อยละ 15 (วัตถุประสงค์ข้อที่ 1)

5. การพัฒนาระบบติดตาม รายงาน และควบคุมสั่งการเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมแบบอัตโนมัติที่เชื่อมโยงกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อการรับ-ส่งข้อมูลความชื้นดินและระดับน้ำในคลองส่งน้ำชลประทานแบบทันต่อเวลาเข้าสู่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต้นทุนได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 85 (วัตถุประสงค์ข้อที่ 2)

6. การพัฒนาพื้นที่ต้นแบบการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมร่วมกับการบริหารจัดการน้ำ โดยการนำเครื่องมือและเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นไปปฏิบัติให้เห็นผลเป็นรูปธรรม เพื่อผลักดันการใช้ประโยชน์และนำงานวิจัยสู่เชิงปฏิบัติภายใต้การมีส่วนร่วมจากบุคลากรกรมชลประทาน เกษตรกร กลุ่มผู้ใช้น้ำ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ (วัตถุประสงค์ข้อที่ 3)

7. การทดสอบระบบและการประเมินความคุ้มค่าและประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม เป็นการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือ/ เทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมในด้านการสอบเทียบเครื่องมือ การทดสอบความแม่นยำของเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม การทดสอบเสถียรภาพของระบบในการรับ-ส่งข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม และการทดสอบการทำงานของระบบติดตาม รายงาน และควบคุมสั่งการเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมแบบอัตโนมัติ นำไปสู่การประเมินประสิทธิภาพของการใช้น้ำชลประทานเพื่อการเกษตรกรรมในการลดการสูญเสียการส่งน้ำชลประทาน จากการมีเครื่องมือตรวจวัดที่สามารถประเมินสถานการณ์น้ำได้อย่างทันต่อเวลา

8. การถ่ายทอดเทคโนโลยีต้นแบบ การอบรมการใช้งาน การดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือ/ เทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมให้แก่เจ้าหน้าที่ชลประทานจะจัดขึ้นเมื่อได้ติดตั้งเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมและได้มีการเชื่อมโยงข้อมูบเข้าสู่ระบบประมวลผล สั่งการ และระบบสนับสนุนการตัดสินใจบริหารจัดการน้ำเป็นที่เรียบร้อย ทางโครงการฯ ได้วางแผนในการดูแลบำรุงรักษาระบบหลังเสร็จสิ้นโครงการเป็นระยะเวลา 12 เดือน ประกอบด้วย การติดตามการ

ใช้งานระบบ การประเมินผลประสิทธิภาพในการใช้งานเครื่องมือกับเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ การปรับปรุง ดูแลบำรุงรักษาระบบ และแก้ไขปัญหาอุปสรรคในการใช้งานเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่อาจจะเกิดขึ้น

การต่อยอดจากผลลัพธ์ของโครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) ส่วนการรับข้อมูลตรวจวัดภาคสนามเข้าสู่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ และ 2) ส่วนการส่งข้อมูลออกไปยังระบบควบคุม สั่งการ การให้น้ำชลประทาน หรือ การควบคุมการเปิดปิดประตูรับน้ำ/ ระบายน้ำแบบอัตโนมัติ เพื่อการจัดสรรน้ำที่มีความเหมาะสมและทันต่อเวลา โดยการรับส่งข้อมูลได้ส่งผ่านระบบแม่ข่ายหลักที่ได้จัดทำขึ้นในขั้นตอนการพัฒนาระบบประมวลสถานการณ์เพื่อการติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรม โดยเป็นทั้งการเก็บข้อมูลสถิติ Record และเป็นการรับส่งข้อมูลแบบ Real-time ระหว่าง 2 โครงการ ซึ่งเป็นส่วนการดำเนินงานในโครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม

การเชื่อมโยงของโครงการพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในระดับโครงการชลประทานเป็นการรับส่งข้อมูลกับแบบจำลองคณิตศาสตร์และระบบสนับสนุนการตัดสินใจซึ่งเป็นผลลัพธ์ของโครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม โดยระบบที่เชื่อมโยงระหว่างโครงการเพื่อการประมวลผลและรับข้อมูล สามารถอธิบายรายละเอียดได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) การส่งข้อมูลความชื้นดิน ข้อมูลระดับน้ำในคลองส่งสายหลัก และระดับน้ำเหนือ/ท้ายประตูระบายน้ำที่มีการตรวจวัดแบบทันต่อเวลา (Real-time) เข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์ ผ่านระบบติดตาม รายงาน สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาของพื้นที่เกษตรกรรมแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการประมวลสถานการณ์น้ำและการควบคุมน้ำชลประทานที่มีความเหมาะสมต่อสถานการณ์น้ำต้นทุนและความต้องการน้ำ

2) การรับข้อมูลผลการเสนอแนะปริมาณการส่งน้ำเข้าโครงการชลประทานที่ได้จากแบบจำลองควบคุมและประเมินสถานการณ์ปริมาณน้ำในระบบส่งน้ำโครงการชลประทานเข้าสู่ระบบควบคุมสั่งการเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมแบบอัตโนมัติ เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดบานประตูระบายน้ำให้มีความสอดคล้องกับปริมาณการจัดสรรน้ำที่เสนอแนะและเหมาะสมต่อสถานการณ์น้ำที่เปลี่ยนแปลง

กิจกรรมที่สามารถทำงานควบคู่ไปกับโครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม ประกอบด้วยกิจกรรมดังนี้ 1) การทบทวนแผนงาน การเก็บรวมรวมข้อมูลทุติยภูมิ 2) การลงพื้นที่ภาคสนาม จัดประชุมรับฟังความคิดเห็นของเกษตรกร 3) การพัฒนาและติดตั้งเครื่องมือ/เทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ เครื่องมือวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำชลประทาน เครื่องมือวัดความชื้นดิน และเครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิด ปตร.รับน้ำเข้าโครงการแบบอัตโนมัติ 4) การพัฒนาระบบติดตาม รายงาน สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาของพื้นที่เกษตรกรรมแบบอัตโนมัติ เพื่อรองรับข้อมูลตรวจวัดแบบทันต่อเหตุการณ์

โดยกิจกรรมทั้ง 4 นี้สามารถดำเนินงานได้ก่อนและควบคู่ไประหว่างที่โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสมได้ดำเนินการเก็บข้อมูลพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ และพัฒนาระบบประมวลสถานการณ์ในการเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ซึ่งจะแล้วเสร็จในระยะ 6 เดือนหลังจากเริ่มโครงการ จากนั้นในเดือนที่ 6-9 จึงทำการเชื่อมโยงข้อมูลและระบบเข้าด้วยกัน เพื่อพัฒนาพื้นที่ต้นแบบการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมร่วมกับการบริหารจัดการน้ำ และทำการทดสอบปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบในเดือนที่ 9-12 จนแล้วเสร็จบรรลุผลตามเป้าหมายของโครงการ

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต้นทุนและลดการสูญเสียการใช้น้ำในระดับโครงการชลประทานแสดงที่สามารถทำควบคู่กับโครงก ารเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม มีดังนี้

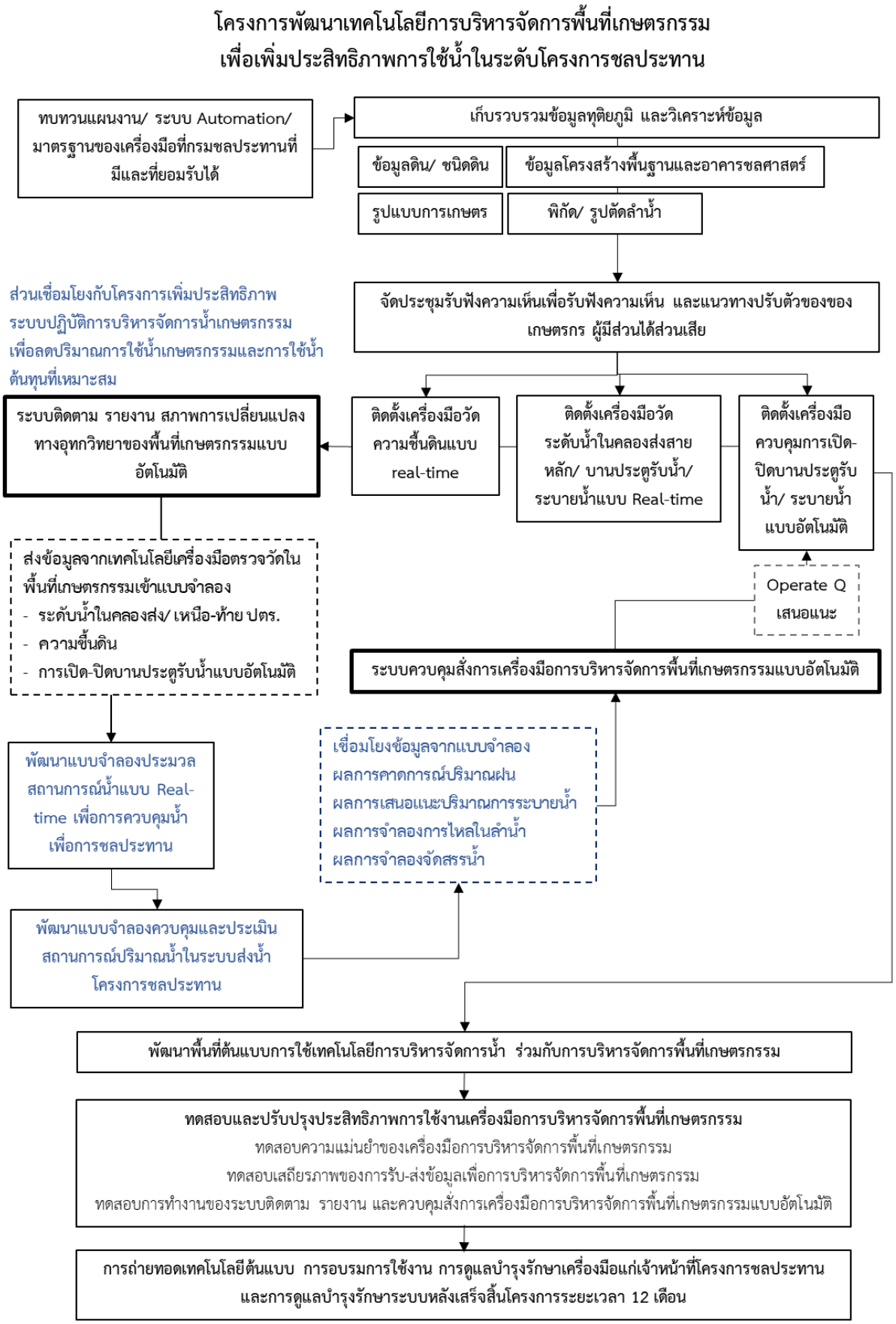
1) การทบทวนแผนงาน การเก็บรวมรวมข้อมูลทุติยภูมิและการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลดิน/ ชนิดดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง รูปแบบการทำเกษตรกรรม พิกัด และรูปตัดลำน้ำ

2) การลงพื้นที่ภาคสนาม จัดประชุมรับฟังความคิดเห็นของเกษตรกร กลุ่มผู้ใช้น้ำ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง เพื่อรับฟังปัญหา และแนวทางการแก้ไขปัญหา การปรับตัวของเกษตรกรในพื้นที่ รวมถึงการประเมินความพร้อมต่อการปรับตัวเข้ากับเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่ออกแบบ

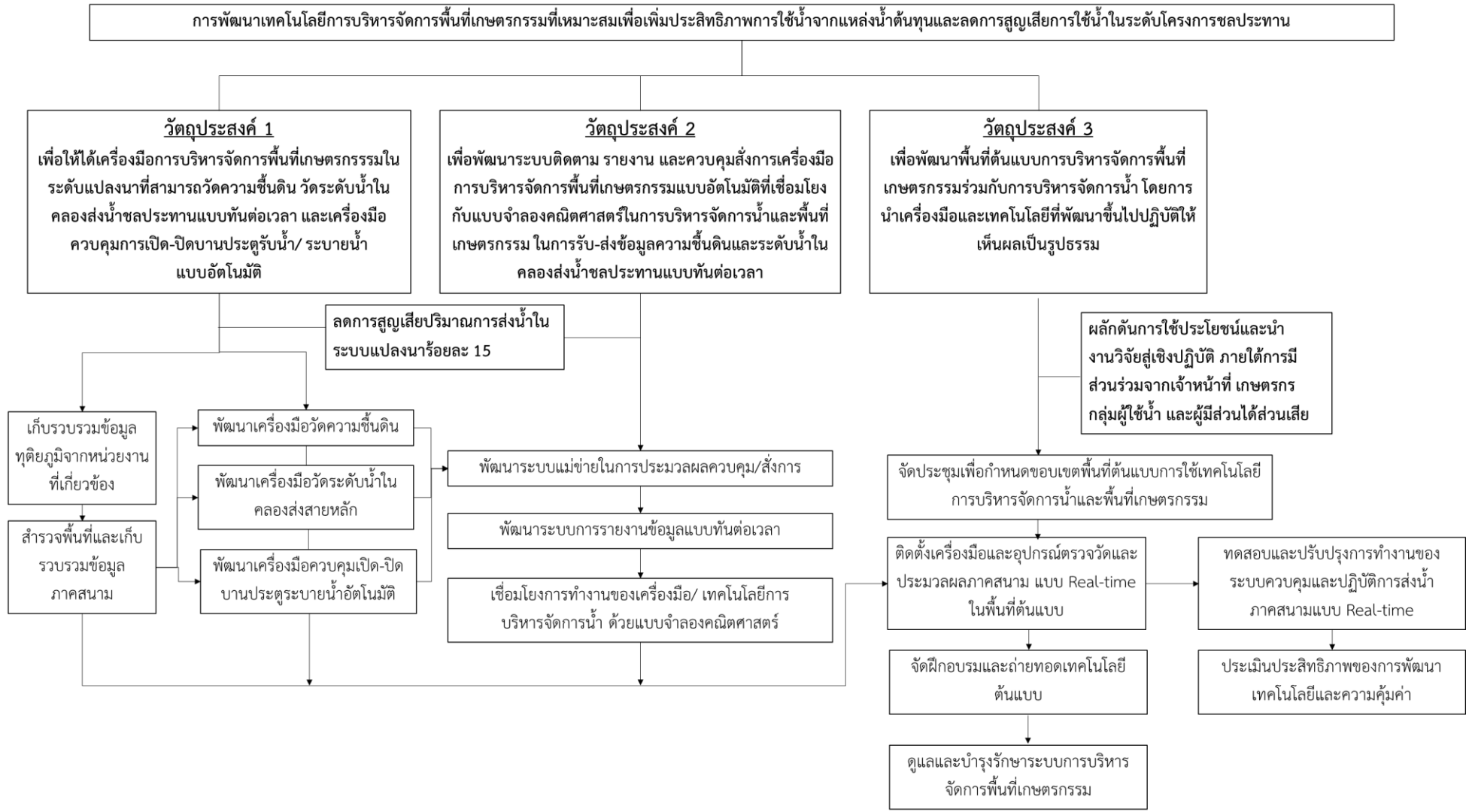
3) การติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นดินแบบ Real-time การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำในคลองส่งสายหลัก ปตร.รับน้ำเข้าโครงการ และเครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิดบานประตูรับน้ำ/ระบายน้ำแบบอัตโนมัติ พร้อมระบบควบคุมสั่งการเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมแบบอัตโนมัติในการรับคำสั่งปริมาณการระบายน้ำเสนอแนะจากระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่เชื่อมโยงกับโครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม

4) การพัฒนาระบบติดตาม รายงาน สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาของพื้นที่เกษตรกรรมแบบอัตโนมัติเพื่อรองรับข้อมูลตรวจวัดแบบทันต่อเหตุการณ์และเชื่อมโยงเข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์และระบบสนับสนุนการตัดสินใจในโครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม

เมื่อดำเนินการทั้ง 4 กิจกรรมแล้วเสร็จ ทางโครงการฯ ทำการเชื่อมโยงข้อมูลและระบบควบคุมสั่งการระหว่างเครื่องมือในพื้นที่ต้นแบบและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ จากนั้นทำการทดสอบ ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมร่วมกับการบริหารจัดการน้ำ และดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยี อบรมการการใช้งาน และการดูแลบำรุงรักษาระบบต่อไป



รูปที่ 1-2 ขั้นตอนและความเชื่อมโยงของเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในแปลงนาและเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม



รูปที่ 1-3 ระเบียบวิธีวิจัย

1.6 เป้าหมาย

1) เป้าหมาย: เทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาของพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทาน มีเป้าหมายในการลดการสูญเสียปริมาณน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมโดยเฉลี่ยร้อยละ 15 จากการส่งน้ำในพื้นที่ชลประทานที่เกินความต้องการน้ำ โดยการใช้เครื่องมือการจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่สามารถวัดความชื้นดิน วัดระดับน้ำในคลองส่งสายซอยแบบทันต่อเวลา

ผลกระทบ: ลดความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำจากการใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณการใช้น้ำต่อไร่ในพื้นที่ชลประทานและสามารถเพิ่มพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ท้ายน้ำจากการใช้น้ำต้นทุนของพื้นที่ต้นน้ำและกลางน้ำที่มีประสิทธิภาพ

2) เป้าหมาย: ระบบติดตาม รายงาน สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรม และระบบการควบคุมการส่งน้ำชลประทานแบบอัตโนมัติในการบริหารจัดการน้ำที่เหมาะสมและสอดรับกับเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในระบบแปลงนา

ผลกระทบ: มีระบบประมวลสถานการณ์น้ำและระบบควบคุมสั่งการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมแบบทันต่อเหตุการณ์ ทำให้สามารถประเมินความต้องการน้ำที่แท้จริง นำไปสู่การส่งน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและทันต่อเวลา ช่วยลดการสูญเสียปริมาณการส่งน้ำในพื้นที่ชลประทานและเป็นการเพิ่มศักยภาพการใช้น้ำให้เกิดประสิทธิภาพภายใต้ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่อย่างจำกัด

3) เป้าหมาย: พื้นที่ต้นแบบจากการประยุกต์ใช้เครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในระบบแปลงนาและเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม ในการเป็นพื้นที่เกษตรกรรมตัวอย่างให้แก่เกษตรกรและกลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทาน โดยคำนึงถึงความเสมอภาค (Equity) ประสิทธิภาพ (Efficiency) และความเชื่อถือได้ (Reliability) เพื่อการนำไปปฏิบัติจริงและเพื่อการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือและเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น

ผลกระทบ: สร้างการมีส่วนร่วมให้แก่ชุมชน สังคม ในการเรียนรู้เทคโนโลยีเพื่อให้เกษตรกรและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสามารถปรับตัวให้ทันต่อสภาพการเปลี่ยนแปลง

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) Output

- เครื่องมือตรวจวัดความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time
- เครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำในคลองส่งสายหลักแบบ Real-time
- เครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิด ประตูระบายน้ำ/รับน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงแบบอัตโนมัติ
- ระบบการรายงาน ติดตาม สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time
- ระบบประมวลผลแม่ข่ายที่สามารถควบคุม สั่งการปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำแบบ Real-time
- เทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรม โดยมีความสามารถในการวัดความชื้นในดิน วัดระดับน้ำในคลองส่งสายซอย และให้น้ำชลประทานได้แบบอัตโนมัติที่มีการปฏิบัติการแบบทันต่อเวลา
- เทคโนโลยีระบบการให้น้ำชลประทานแบบอัตโนมัติและทันต่อเวลาตามความต้องการน้ำที่แท้จริงเพื่อการส่งน้ำที่มีความแม่นยำและมีความรวดเร็ว
- พื้นที่ต้นแบบการใช้เครื่องมือบริหารจัดการน้ำและพื้นที่เกษตรกรรม

2) Outcome

- เทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาของพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทาน มีเป้าหมายในการลดการสูญเสียปริมาณน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมโดยเฉลี่ยร้อยละ 15 จากการส่งน้ำในพื้นที่ชลประทานที่เกินความต้องการน้ำ โดยการใช้เครื่องมือการจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่สามารถวัดความชื้นดิน วัดระดับน้ำในคลองส่งสายซอยแบบทันต่อเวลา
- ระบบติดตาม รายงาน สภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรม และระบบการควบคุมการส่งน้ำชลประทานแบบอัตโนมัติในการบริหารจัดการน้ำที่เหมาะสมและสอดรับกับเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในระบบแปลงนา
- พื้นที่ต้นแบบจากการประยุกต์ใช้เครื่องมือการบริหารจัดการน้ำในระบบแปลงนาและเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม ในการเป็นพื้นที่เกษตรกรรมตัวอย่างให้แก่เกษตรกรและกลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทาน โดยคำนึงถึงความเสมอภาค (Equity) ประสิทธิภาพ (Efficiency) และความเชื่อถือได้ (Reliability) เพื่อการนำไปปฏิบัติจริงและเพื่อการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือและเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น

3) Impact

- ลดผลกระทบจากความเสียหายเชิงเศรษฐกิจภาคการเกษตร จากความเสี่ยงในการขาดแคลนน้ำซึ่งก่อให้เกิดผลผลิตการเกษตรเสียหาย และการขาดรายได้ของเกษตรกร
- ลดผลกระทบจากความเสียหายเชิงเศรษฐกิจและสังคม จากความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัยฉับพลันภายใต้ปริมาณน้ำต้นทุนที่ไม่แน่นอนจากความผันผวนของสภาพภูมิอากาศ
- ลดผลกระทบจากความเสียหายของชุมชนและสังคม จากการใช้เทคโนโลยีและเครื่องมือที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำเพื่อเป็นแนวทางให้แก่เกษตรกรในการสร้างความมั่นคงทางน้ำนำไปสู่การพัฒนารายได้และชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น

ตารางที่ 1-1 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

เดือนที่ 1	**กิจกรรม (activities)**	**ผลที่คาดว่าจะได้รับ (outputs)**
3 เดือนแรก	- เก็บข้อมูลทุติยภูมิของพื้นที่เกษตรกรรม โครงสร้างพื้นฐานและอาคารชลศาสตร์ใน คบ.ท่อทองแดง - ลงสำรวจพื้นที่และเก็บข้อมูลภาคสนาม - จัดประชุมเกษตรกรในพื้นที่ชลประทาน คบ.ท่อทองแดง - ติดตั้งเครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิดบานประตูระบายน้ำจำนวน 4 บาน ที่ ทรบ.รับน้ำเข้าโครงการ พร้อมอุปกรณ์วัดระดับน้ำเหนือ-ท้ายประตูรับน้ำ	- ผลการสรุปและวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ - สรุปผลลงสำรวจพื้นที่และเก็บข้อมูลภาคสนาม - สรุปผลจัดประชุมเกษตรกรในพื้นที่ชลประทาน - เครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิดบานประตูระบายน้ำจำนวน 4 บาน ที่ ทรบ.รับน้ำเข้าโครงการ พร้อมอุปกรณ์วัดระดับน้ำเหนือ-ท้ายประตูรับน้ำ
ราย 6 เดือน	- ติดตั้งเครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิดบานประตูระบายน้ำจำนวน 5 บาน ที่ ทรบ.รับน้ำเข้าโครงการ พร้อมอุปกรณ์วัดระดับน้ำเหนือ-ท้ายประตูรับน้ำ - จัดทำระบบแม่ข่ายประมวลผลเครื่องมือตรวจวัด - จัดทำระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำแบบ Real-time	- เครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิดบานประตูระบายน้ำจำนวน 5 บาน ที่ ทรบ.รับน้ำเข้าโครงการ พร้อมอุปกรณ์วัดระดับน้ำเหนือ-ท้ายประตูรับน้ำ - ระบบประมวลผลเครื่องมือตรวจวัดแบบทันต่อเวลา - ระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ แบบทันต่อเวลา
ราย 9 เดือน	- จัดทำเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นของดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time	- เครื่องตรวจวัด ปริมาณความชื้นของดินแบบทันต่อเวลา

เดือนที่ 1	กิจกรรม (activities)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (outputs)
	- จัดทำอุปกรณ์แบบตรวจวัดสถานการณ์น้ำแบบ Real-time แสดงระดับน้ำตรวจวัด - เชื่อมโยงระบบติดตาม รายงานจากเครื่องมือตรวจวัดในพื้นที่เกษตรกรรมเข้าสู่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ - เชื่อมโยงระบบควบคุม สั่งการเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมแบบอัตโนมัติเข้ากับระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสรรน้ำเข้าโครงการชลประทาน - ทดสอบและปรับปรุงการทำงานของระบบควบคุมและปฏิบัติการส่งน้ำภาคสนามแบบ Real-time	- อุปกรณ์แบบตรวจวัดระดับน้ำแบบทันต่อเวลา - ระบบติดตาม รายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาที่เชื่อมโยงเครื่องมือตรวจวัดจากพื้นที่เกษตรกรรมต้นแบบเข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์และระบบสนับสนุนการตัดสินใจ - ระบบควบคุม สั่งการเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมแบบอัตโนมัติที่มีการเชื่อมโยงจากระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสรรน้ำเข้าโครงการชลประทาน - ผลการทดสอบและปรับปรุงการทำงานของระบบควบคุมและปฏิบัติการส่งน้ำภาคสนามแบบทันต่อเวลา - ผลการปฏิบัติงานจริงร่วมกับกรมชลประทานในการใช้งานเครื่องมือบริหารจัดการน้ำร่วมกับเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมในช่วงฤดูฝน
ราย 12 เดือน	- ทดสอบการทำงานโดยรวมของระบบ และประเมินประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมร่วมกับเครื่องมือบริหารจัดการน้ำในระบบแปลงนา - จัดฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีต้นแบบแก่เจ้าหน้าที่เกี่ยวข้อง - ดูแลและบำรุงรักษาระบบปฏิบัติควบคุมและบังคับน้ำเพื่อการส่งน้ำชลประทานแบบ Real-time ระยะเวลา 12 เดือน หลังเสร็จสิ้นโครงการ	- ผลการทดสอบและปรับปรุงการทำงานของระบบควบคุมและปฏิบัติการส่งน้ำภาคสนามแบบทันต่อเวลา - ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมร่วมกับเครื่องมือบริหารจัดการน้ำในระบบแปลงนา - ผลการจัดฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีต้นแบบ แก่เจ้าหน้าที่กรมชลประทาน

บทที่ 2

ผลการสรุปและวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิและข้อมูลภาคสนาม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ผลการสรุปและวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิและข้อมูลจากการลงพื้นที่ภาคสนาม เป็นการจัดทำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมในรูปแบบของการวิเคราะห์และการจัดทำแผนที่ข้อมูลในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร พิษณุโลก และสุโขทัย โดยแบ่งเป็นการจัดทำข้อมูลออกเป็นข้อมูลการใช้ที่ดิน ชุดดิน พื้นที่เกษตรกรรมความเหมาะสมการทำเกษตรกรรม ศักยภาพน้ำใต้ดิน คลอง กลุ่มผู้ใช้น้ำ และรูปตัดลำน้ำของคลองส่งน้ำสายหลัก

2.1 ผลการจัดทำข้อมูลการใช้ที่ดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

การจัดทำข้อมูลการใช้ที่ดินของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร พิษณุโลก และสุโขทัย พบว่าพื้นที่โครงการส่วนใหญ่ครอบคลุมจังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดสุโขทัย มีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาอยู่ในจังหวัดกำแพงเพชร 350,154.07 ไร่ รองลงมาเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ 217,882.37 ไร่ และพื้นที่เพาะปลูกไม้ผล 28,165.64 ไร่ จังหวัดสุโขทัยมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาเช่นเดียวกัน มีพื้นที่ 81,429.87 ไร่ รองลงมาเป็นพืชไร่ 33,405.60 ไร่ ส่วนจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดพิจิตร มีพื้นที่อยู่ในโครงการฯ เพียงเล็กน้อย โดยมีพื้นที่นา 440.99 และ 42.38 ไร่ แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินดังรูปที่ 2-1 และสรุปข้อมูลในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

การใช้ที่ดิน (ไร่)	จ.กำแพงเพชร	จ.สุโขทัย	จ.พิษณุโลก	จ.พิจิตร
พื้นที่นา	350,154.07	81,429.87	440.99	42.38
พืชไร่	217,882.37	33,405.60	448.84	-
พืชสวน	2,346.54	-	-	-
ไม้ผล	28,165.64	389.61	17.28	-
ไม้ยืนต้น	10,151.44	828.61	7.55	5.36
ไร่หมุนเวียน	-	-	-	-
ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรือนเลี้ยงสัตว์	691.82	37.97	-	-
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	495.52	-	-	-
พืชน้ำ	-	-	-	-
รวม	609,887.39	116,091.67	914.66	47.74

2.2 ผลการจัดทำข้อมูลชุดดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

การจัดทำข้อมูลชุดดินสามารถจำแนกได้เป็นข้อมูลชุดดินที่มีความเหมาะสมมากและเหมาะสมปานกลางแยกตามประเภทนาข้าว อ้อย ข้าวโพด สัปปะรด ไม้ผล โดยพบว่า พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงมีความเหมาะสมของชุดดินประเภทเหมาะสมมากในการทำนาข้าว และพืชผักสวนครัว โดยเป็นพื้นที่ในจังหวัดกำแพงเพชร 258,176.25 ไร่ เมื่อเทียบการใช้ที่ดิน พบว่าในปัจจุบัน มีการใช้ที่ดินประเภทนาข้าวเกินกว่าพื้นที่เหมาะสมประเภทนาข้าว โดยเมื่อคิดเป็นสัดส่วนการใช้ที่ดินเทียบกับพื้นที่เหมาะสมคิดเป็นร้อยละ 73.73 ในขณะที่จังหวัดสุโขทัยมีการใช้ที่ดินนาข้าว 81,429.87 ไร่ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 96.26 เมื่อเทียบกับมีชุดดินเหมาะสมในการทำนาข้าว 84,593.76 ไร่

ส่วนพื้นที่ชุดดินเหมาะสมในการเพาะปลูกพืชไร่ ประเภท อ้อย ข้าวโพด พบว่าการใช้ที่ดินในจังหวัดกำแพงเพชรมีสัดส่วนเพาะปลูกพืชไร่คิดเป็นร้อยละ 92.79 เทียบกับความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ 234,808.23 ไร่ ส่วนจังหวัดสุโขทัย พบว่า มีการใช้ที่ดินเพาะปลูกพืชไร่ที่เกินความเหมาะสมของชุดดิน โดยมีพื้นที่เหมาะสม 28,438.05 ไร่ ในขณะที่มีการใช้ที่ดินประเภทพืชไร่ 33,405.60 ไร่ สรุปข้อมูลชุดดินของพื้นที่โครงการฯ ในตารางที่ 2-2 และดังรูปที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ข้อมูลชุดดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ความเหมาะสมของชุดดิน	จ.กำแพงเพชร	จ.สุโขทัย	จ.พิษณุโลก	จ.พิจิตร
ความเหมาะสมมากนาข้าว, พืชผักสวนครัว	258,176.25	84,593.76	-	51.89
ความเหมาะสมมากอ้อย, ข้าวโพด, ถั่วต่างๆ	234,808.23	28,438.05	12.67	-
ความเหมาะสมมาก สับปะรด , มันสำปะหลัง, ยาสูบ	46,126.07	7,263.38	323.91	-
ความเหมาะสมมากไม้ผล	-	-	-	-
ความเหมาะสมมากพื้นที่แหล่งน้ำ และป่าชุมชนในพื้นที่ราบฯ	4,724.65	3,084.12	-	-
ความเหมาะสมมากพื้นที่ชายทะเล (พื้นที่ป่า และพื้นที่น้ำ)ฯ	-	-	-	-
ความเหมาะสมมากพื้นที่ต้นน้ำลำธาร	164.31	519.28	-	-
ความเหมาะสมปานกลางไม้ดอกไม้ประดับฯ	126,158.75	12,673.82	-	-
ความเหมาะสมปานกลางไม้ยืนต้น, ยางพารา	-	-	-	-
ความเหมาะสมปานกลางทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ฯ	1,041.55	163.17	-	-
พื้นที่อื่น ๆ	462.14	12.37	-	-
รวม	671,661.94	136,747.95	336.58	51.89

2.3 ผลการจัดทำข้อมูลพื้นที่เกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

การจัดทำข้อมูลแผนที่พื้นที่เกษตรกรรม ใช้พื้นที่เพาะปลูกจริงในปี พ.ศ. 2561 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ปี พ.ศ. 2562 ประกอบด้วยพื้นที่เพาะปลูกข้าว อ้อยโรงงาน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และมันสำปะหลัง โดยพบว่าในปีที่ผ่านมา ปี พ.ศ. 2561 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวเป็นส่วนใหญ่ 266,666.54 ไร่ มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อย 74,488.77 ไร่ พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1,298.38 ไร่ และพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลัง 730.37 ไร่ รวมแล้วเป็นพื้นที่เกษตรกรรม 343,184.05 ไร่ สรุปข้อมูลพื้นที่เกษตรกรรมของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงในตารางที่ 2-3 และรูปที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ข้อมูลพื้นที่เกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

พืช	จ.กำแพงเพชร	จ.สุโขทัย	จ.พิษณุโลก	จ.พิจิตร	รวม
ข้าว	266,378.16	53,610.78	260.54	27.83	266,666.54
อ้อยโรงงาน	74,350.50	7,895.83	130.30	7.96	74,488.77
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	1,271.05	6,290.25	27.32	-	1,298.38
มันสำปะหลัง	730.37	576.69	-	-	730.37
รวม	342,730.09	68,373.56	418.17	35.79	343,184.05

2.4 ผลการจัดทำข้อมูลความเหมาะสมการทำเกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

การวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมการทำเกษตรกรรมหรือ Agri-Map จากข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง พบว่าในจังหวัดกำแพงเพชรมีพื้นที่ส่วนใหญ่เหมาะสมปานกลางในการเพาะปลูกข้าว 350,573.68 ไร่ และเป็นพื้นที่เหมาะสมมาก 50,089.09 ไร่ เช่นเดียวกันกับจังหวัดสุโขทัย มีพื้นที่เหมาะสมส่วนใหญ่ในการปลูกข้าวปานกลาง 86,624.50 ไร่ และมีพื้นที่เหมาะสมมาก 10,787.03 ไร่ ต่างกับพื้นที่เหมาะสมในการเพาะปลูกอ้อยโรงงาน พบว่า จังหวัดกำแพงเพชรมีพื้นที่เหมาะสมมาก 229,797.19 ไร่ และพื้นที่เหมาะสมปานกลาง 74,397.84 ไร่ เช่นเดียวกันกับจังหวัดสุโขทัย พื้นที่เหมาะสมมากในการปลูกอ้อย 23,914.16 ไร่ และพื้นที่เหมาะสมปานกลาง 15,494.20 ไร่ สรุปข้อมูลพื้นที่เหมาะสมในการทำเกษตรกรรมในตารางที่ 2-4 และแสดงดังรูปที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ข้อมูลความเหมาะสมการทำเกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

พืช	ความเหมาะสม	จ.กำแพงเพชร	จ.สุโขทัย	จ.พิษณุโลก	จ.พิจิตร
ข้าว	เหมาะสมมาก, S1	50,089.09	10,787.03	-	-
	เหมาะสมปานกลาง, S2	350,573.68	86,624.50	785.34	51.89
อ้อยโรงงาน	เหมาะสมมาก, S1	229,797.19	23,914.16	-	-
	เหมาะสมปานกลาง, S2	74,397.84	15,494.20	507.53	27.71
ถั่วเหลือง	เหมาะสมมาก, S1	229,457.30	23,761.01	0.47	5.48
	เหมาะสมปานกลาง, S2	322,097.21	82,443.03	0.95	0.20
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	เหมาะสมมาก, S1	202,552.54	18,636.75	464.91	14.88
	เหมาะสมปานกลาง, S2	9,901.73	10,970.71	14.48	-
มันสำปะหลัง	เหมาะสมมาก, S1	262,310.25	34,653.23	469.60	27.71
	เหมาะสมปานกลาง, S2	1,428.89	608.21	-	-

2.5 ผลการจัดทำข้อมูลแผนที่คลอง และอาคารชลศาสตร์ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ข้อมูลแผนที่อาคารชลศาสตร์ ระบบระบายน้ำและกระจายน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงมีคลองส่งน้ำสายหลัก MC ที่รับน้ำจากแม่น้ำปิง ผ่าน ทรบ.ท่อทองแดง มีความยาวรวม 79.83 กม. เป็นคลองดาดคอนกรีต 27.19 กม. และเป็นคลองดิน 52.637 กม. โดยมีอาคาร ทรบ. ปากคลอง 1 จุด เป็นอาคารรับน้ำเข้าโครงการ ขนาด 2.00 x 2.40 เมตร จำนวน 4 ช่อง สามารถรับน้ำเข้าโครงการที่อัตราสูงสุด 70 ลบ.ม. ต่อวินาที และมีอัตราการรับน้ำเพื่อการบริหารจัดการอยู่ที่ 45 ลบ.ม. ต่อวินาที

อาคาร ทรบ.ปากคลองส่งน้ำสายหลักท่อทองแดง (Main Canal, MC) ทำหน้าที่ในการกระจายน้ำให้ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษา 3 ฝ่าย โดยมีคลองส่งสายหลัก MC ท่อทองแดง จำนวน 1 สาย ทำหน้าที่ในการส่งน้ำให้ฝ่ายส่งน้ำที่ 3 และ มี ทรบ. อำนันอำ จำนวน 4 บาน ทำหน้าที่ในการทดน้ำให้กับคลองส่งน้ำสายรองให้ฝ่ายส่งน้ำที่ 1 และ 2 เรียกว่าคลอง 1L-MC และ 2L-MC ตามลำดับ โดยคลอง 1L-MC ที่กระจายน้ำเข้าฝ่ายส่งน้ำที่ 1 มีความยาวทั้งสิ้น 36.601 กม. มีลักษณะเป็นคลองดิน และมีอาคารบังคับน้ำกลางคลองจำนวน 9 จุด ส่วนฝ่ายส่งน้ำที่ 2 รับน้ำเข้าพื้นที่โดยคลอง 2L-MC มีความยาว 37.5 กม. เป็นคลองดาดคอนกรีต 2.6 กม. และเป็นคลองดิน 34.9 กม. มีอาคารบังคับน้ำกลางคลองจำนวน 21 จุด โดยลักษณะคลองส่งน้ำส่วนใหญ่ของ คบ.ท่อทองแดงเป็นคลองธรรมชาติ ซึ่งเกษตรกรใช้ระบบการสูบน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรม และใช้ระบบเครื่องจักรกลในการควบคุมบานประตูระบายน้ำ สรุปข้อมูลคลองส่งน้ำสายหลัก สายซอย และสายแยกซอยในตารางที่ 2-5 และรูปที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 ข้อมูลคลองส่งน้ำสายหลัก สายซอย และสายแยกซอยโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ลำดับ	ชื่อคลอง	ความยาว(กม.)	ดาดคอนกรีต	คลองดิน	สภาพคลอง
1	MC	79 + 830	27 + 190	52 + 637	

ลำดับ	ชื่อคลอง	ความยาว(กม.)	ดาดคอนกรีต	คลองดิน	สภาพคลอง
2	1L-MC	36 + 601		36 + 601	
3	2L-MC	37 + 500	2 + 600	34 + 900	
4	3L-MC	26 + 200		26 + 200	
5	1R-MC	13 + 155		13 + 155	
6	2R-MC	4 + 270	4 + 200	0 + 070	
7	3R-MC	46 + 910		46 + 910	
8	1L-1L-MC	16 + 000		16 + 000	

ลำดับ	ชื่อคลอง	ความยาว(กม.)	ดาดคอนกรีต	คลองดิน	สภาพคลอง
9	1R-2L-MC	43 + 000	1 + 390	41 + 602	
10	2L-1L-MC	14 + 000		14 + 000	
11	1L-2R-MC	5 + 820	0 + 200	5 + 620	
12	1R-1L-2L-MC	9 + 000	2 + 790	6 + 210	
13	1L-1R-2L-MC	43 + 000		43 + 000	
14	1R-1R-2L-MC	4 + 030	1 + 730	2 + 300	
15	2R-1R-2L-MC	20 + 138		20 + 138	
16	1R-1R-1R-2L-MC	11 + 750	0 + 100	11 + 650	
17	1R-1L-1R-2L-1R-MC	7 + 890		7 + 890	
18	คลองปลายนา	4 + 000		4 + 000	

ลำดับ	ชื่อคลอง	ความยาว(กม.)	ดาดคอนกรีต	คลองดิน	สภาพคลอง
19	คลองสารบบ	42 + 021		42 + 021	
20	คลองสามพวง	42 + 652		42 + 652	
21	คลองกว้าง	10 + 000		10 + 000	

2.6 ผลการจัดทำข้อมูลบ่อบาดาล และศักยภาพน้ำใต้ดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

การวิเคราะห์ข้อมูลศักยภาพน้ำใต้ดินของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงพบว่า จังหวัดกำแพงเพชรมีพื้นที่ศักยภาพน้ำใต้ดินส่วนใหญ่น้อยกว่า 2 ลบ.ม. ต่อชั่วโมง และมีค่า TDS ซึ่งบ่งบอกถึงคุณภาพน้ำบาดาลที่น้อยกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีพื้นที่ศักยภาพน้ำใต้ดินมากกว่า 20 ลบ.ม. ต่อชั่วโมงเพียง 3,628.08 ไร่ ส่วนจังหวัดสุโขทัยมีพื้นที่ศักยภาพน้ำใต้ดินน้อยมาก โดยพบว่าไม่มีพื้นที่ศักยภาพน้ำใต้ดินมากกว่า 20 ลบ.ม.ต่อชั่วโมงอยู่เลย โดยมีศักยภาพน้ำใต้ดินส่วนใหญ่ระหว่าง 2 ถึง 10 ลบ.ม. ต่อชั่วโมง ในพื้นที่ 143,222.42 ไร่ ในขณะที่จังหวัดพิษณุโลกมีศักยภาพน้ำใต้ดินที่สูงกว่าจังหวัดกำแพงเพชรและจังหวัดสุโขทัยอยู่มาก โดยพบว่าพื้นที่ศักยภาพน้ำใต้ดินมากกว่า 20 ลบ.ม. ต่อชั่วโมง อยู่ถึง 194,107.98 ไร่ สรุปข้อมูลศักยภาพน้ำใต้ดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงในตารางที่ 2-6 และรูปที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 ข้อมูลศักยภาพน้ำใต้ดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

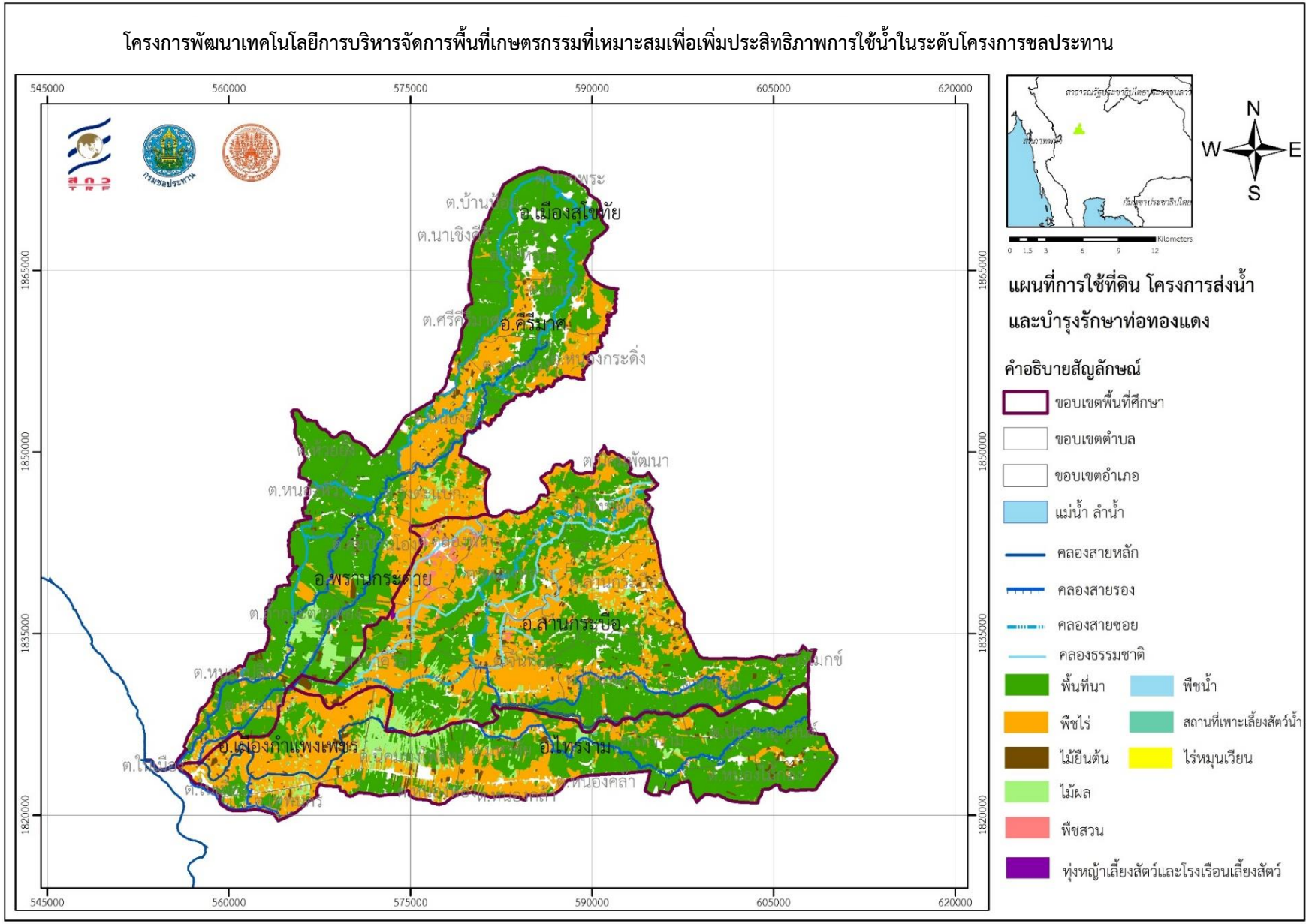
ศักยภาพน้ำใต้ดิน (ลบ.ม. ต่อชั่วโมง)		จ.กำแพงเพชร	จ.สุโขทัย	จ.พิษณุโลก	จ.พิจิตร
Yield <2	Tds <500	101,193.07	14.64	297,389.74	28.45
	Tds 500-1,500	335.40	-	498.92	-
Yield <5	Tds >1,500	-	-	-	-
Yield 2-10	Tds <500	13,876.44	321.94	143,222.42	-
	Tds 500-1,500	5,828.42	-	2,113.83	-
Yield 5-10	Tds >1,500	-	-	-	-
Yield 10-20	Tds <500	11,463.88	-	32,128.33	-
	Tds 500-1,500	-	-	-	-
	Tds >1,500	-	-	-	-
Yield >20	Tds <500	3,628.08	-	194,107.98	23.45
	Tds 500-1,500	422.65	-	-	-
	Tds >1,500	-	-	-	-

2.7 ผลการจัดทำข้อมูลกลุ่มผู้ใช้น้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

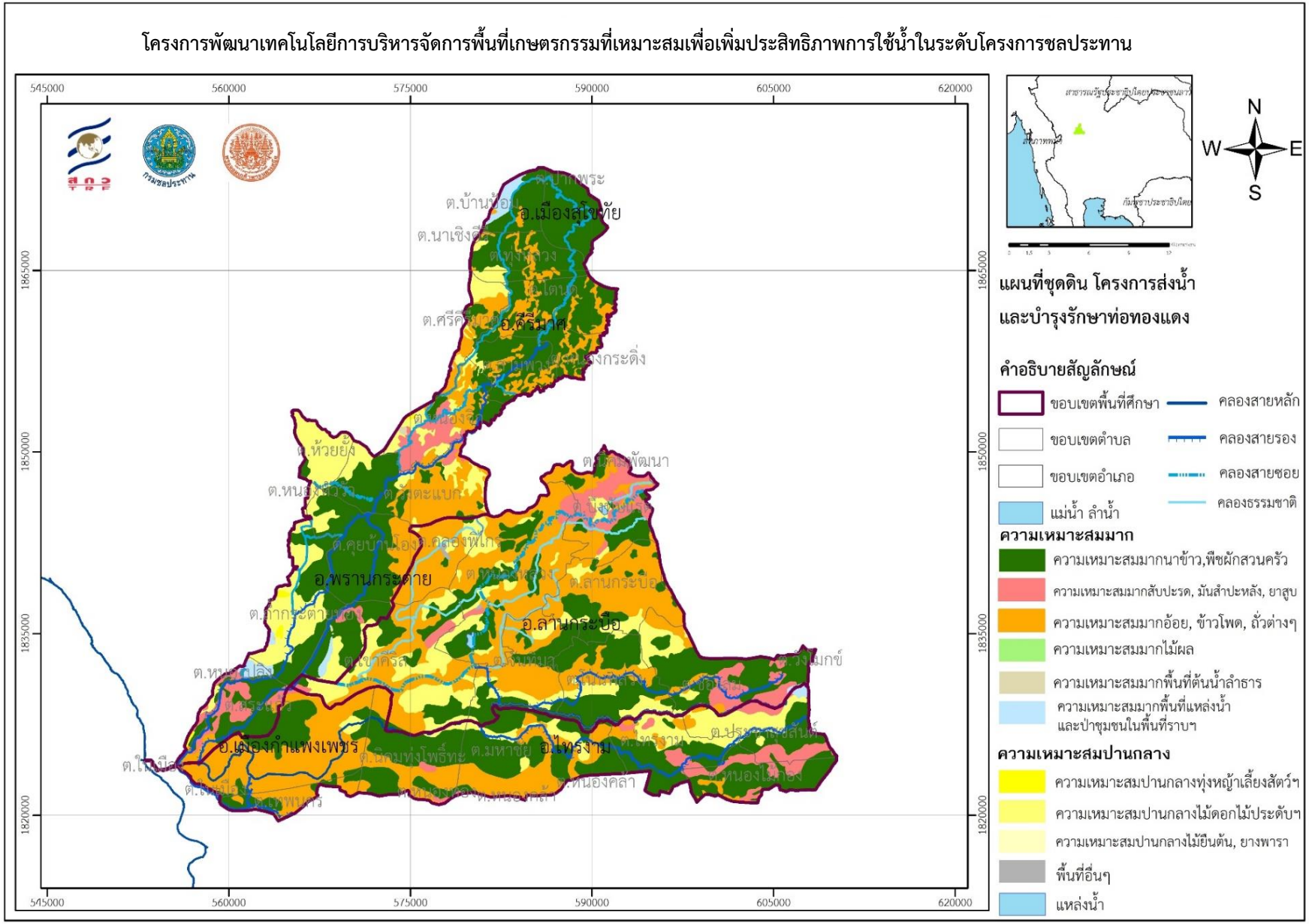
การจัดทำข้อมูลกลุ่มผู้ใช้น้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงแบ่งกลุ่มผู้ใช้น้ำตามขอบเขตการใช้น้ำของหมู่บ้านในพื้นที่ศึกษาที่มีการใช้น้ำจากคลองส่งน้ำเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 2-7 และสรุปข้อมูลกลุ่มผู้ใช้น้ำ ในตารางที่ 2-7 โดยสามารถจำแนกกลุ่มผู้ใช้น้ำได้ 20 กลุ่ม แบ่งเป็น ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 จำนวน 7 กลุ่ม ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 จำนวน 7 กลุ่ม และฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 จำนวน 6 กลุ่ม โดยจากข้อมูลการขึ้นทะเบียนเกษตรกรสำนักงานเกษตรจังหวัดกำแพงเพชรในช่วงนาปี 2561 พบว่ามีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีรวม 192,830.14 ไร่ เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวในฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 จำนวน 60,672.79 ไร่ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 จำนวน 63,538.56 ไร่ และฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 จำนวน 68,618.80 ไร่

ตารางที่ 2-7 กลุ่มผู้ใช้น้ำและพื้นที่เกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

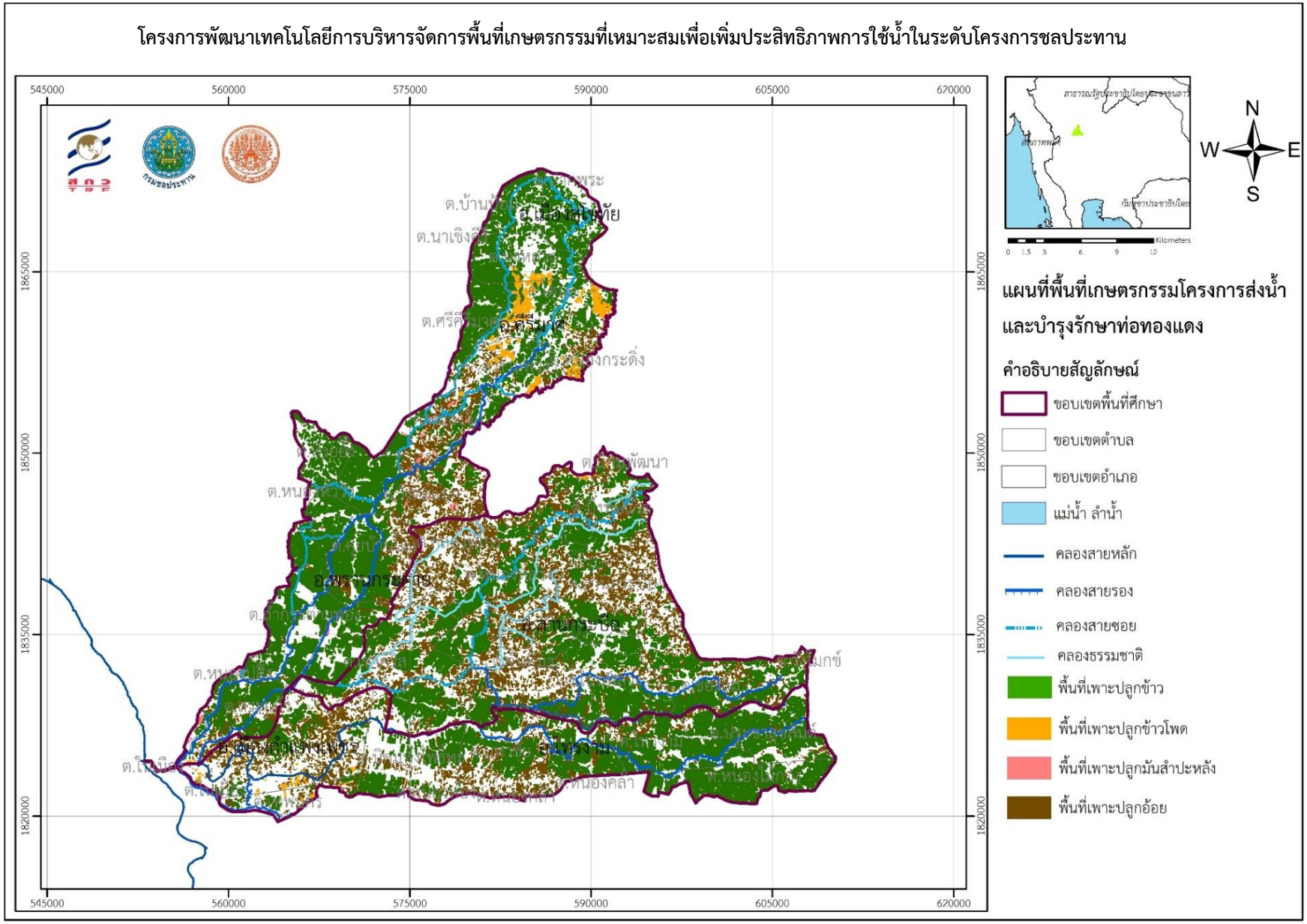
ลำดับ	ชื่อกลุ่ม	ฝ่ายส่งน้ำ	เนื้อที่เพาะปลูกข้าวปี 2561 (ไร่)
1	MC ห้วยใหญ่ ตอน 1	3	6,344.01
2	MC ห้วยใหญ่ ตอน 2	3	8,859.42
3	MC ห้วยใหญ่ ตอน 3	3	17,953.68
4	3R-MC ห้วยน้อย ตอน 1	3	12,470.04
5	3R-MC ห้วยน้อย ตอน 2	3	21,040.26
6	3L-MC มาบไทร	2	21,356.50
7	1L-MC, 2L-MC ตอน 1	1	8,946.09
8	1L-1L-MC คลองดงขวัญ	1	7,186.89
9	2L-1L-MC คลองพระร่วง	1	14,589.26
10	2L-MC ตอน 2	1	28,972.97
11	1R-2L-MC ลำแม่ฝายสายบน ตอน 1	2	10,049.70
12	1R-2L-MC ลำแม่ฝายสายบน ตอน 2	2	8,932.06
13	2R-1R-2L-MC ลำแม่ฝายสายล่าง	2	6,557.58
14	3R-1R-2L-MC ลำแม่ฝายบึงช้าง	2	4,536.46
15	1L-1R-2L-MC ลำแม่พาย	2	9,003.71
16	1R-1L-1R-2L-MC ลำแม่พาย	2	3,102.55
17	คลองกว้าง	1	73
18	คลองสารบบ	1	886.5
19	คลองสามพวง	1	18.08
20	1R-MC	3	1,951.39
	รวม		192,830.14



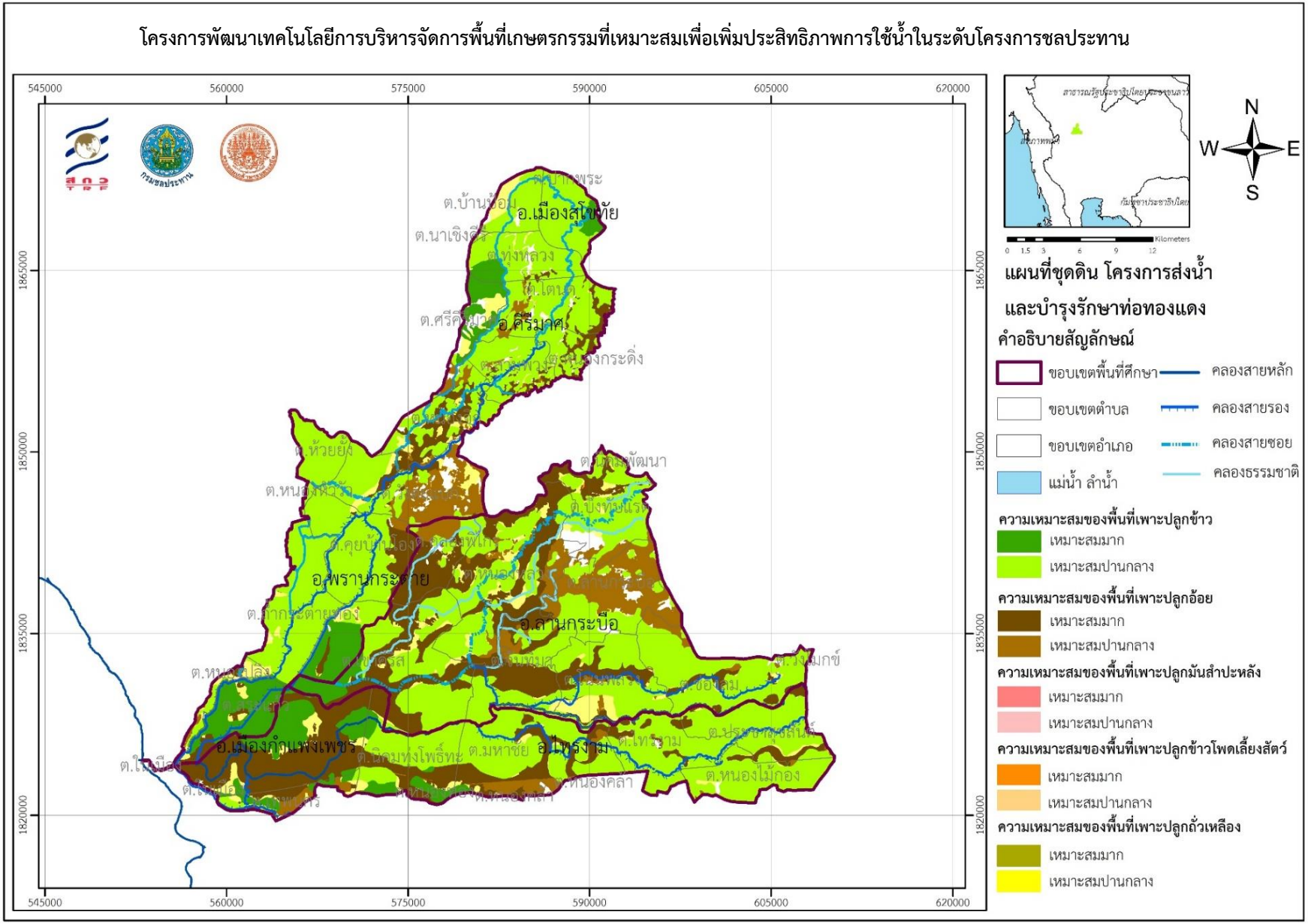
รูปที่ 2-1 แผนที่การใช้ที่ดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง



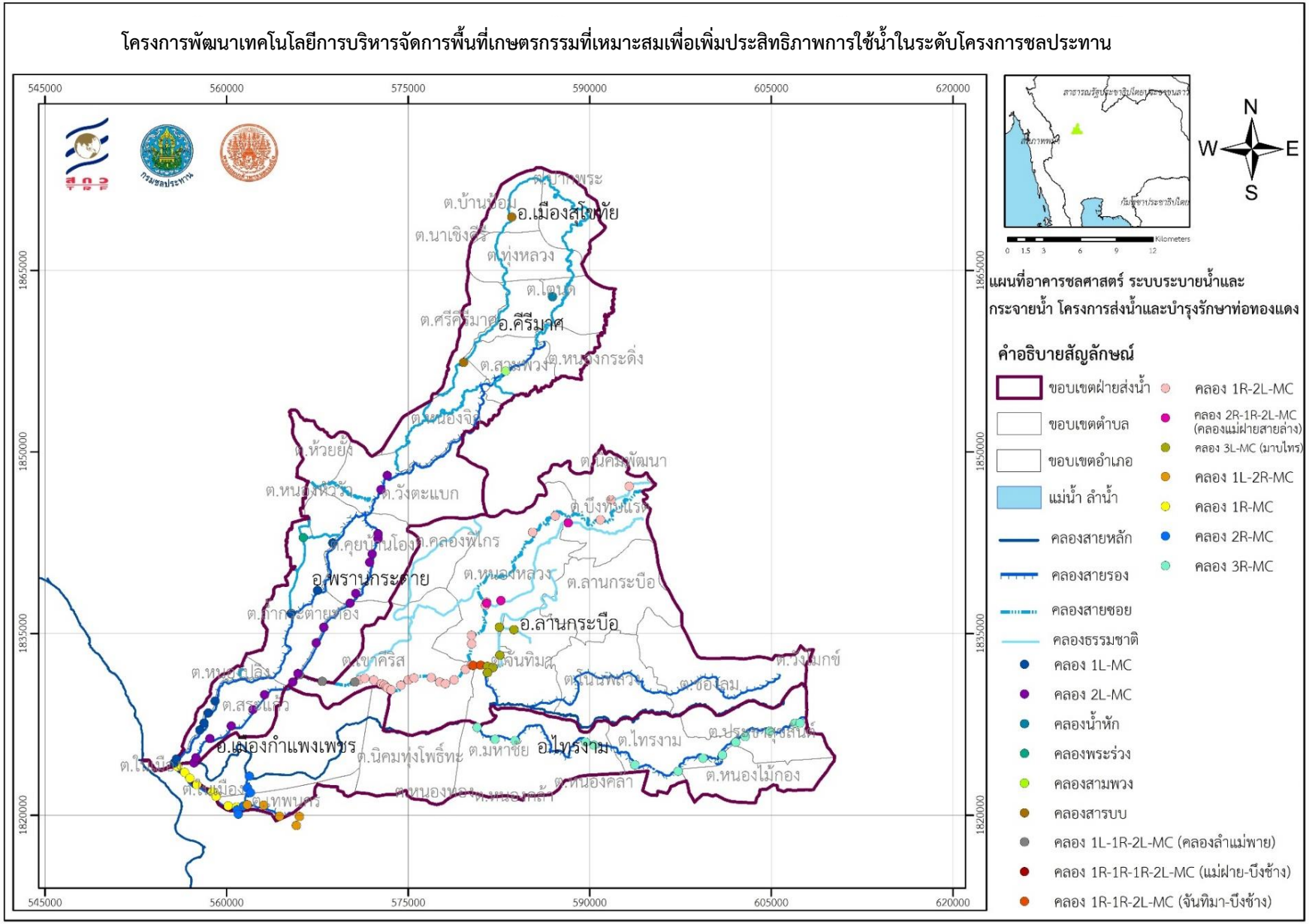
รูปที่ 2-2 แผนที่ชุดดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง



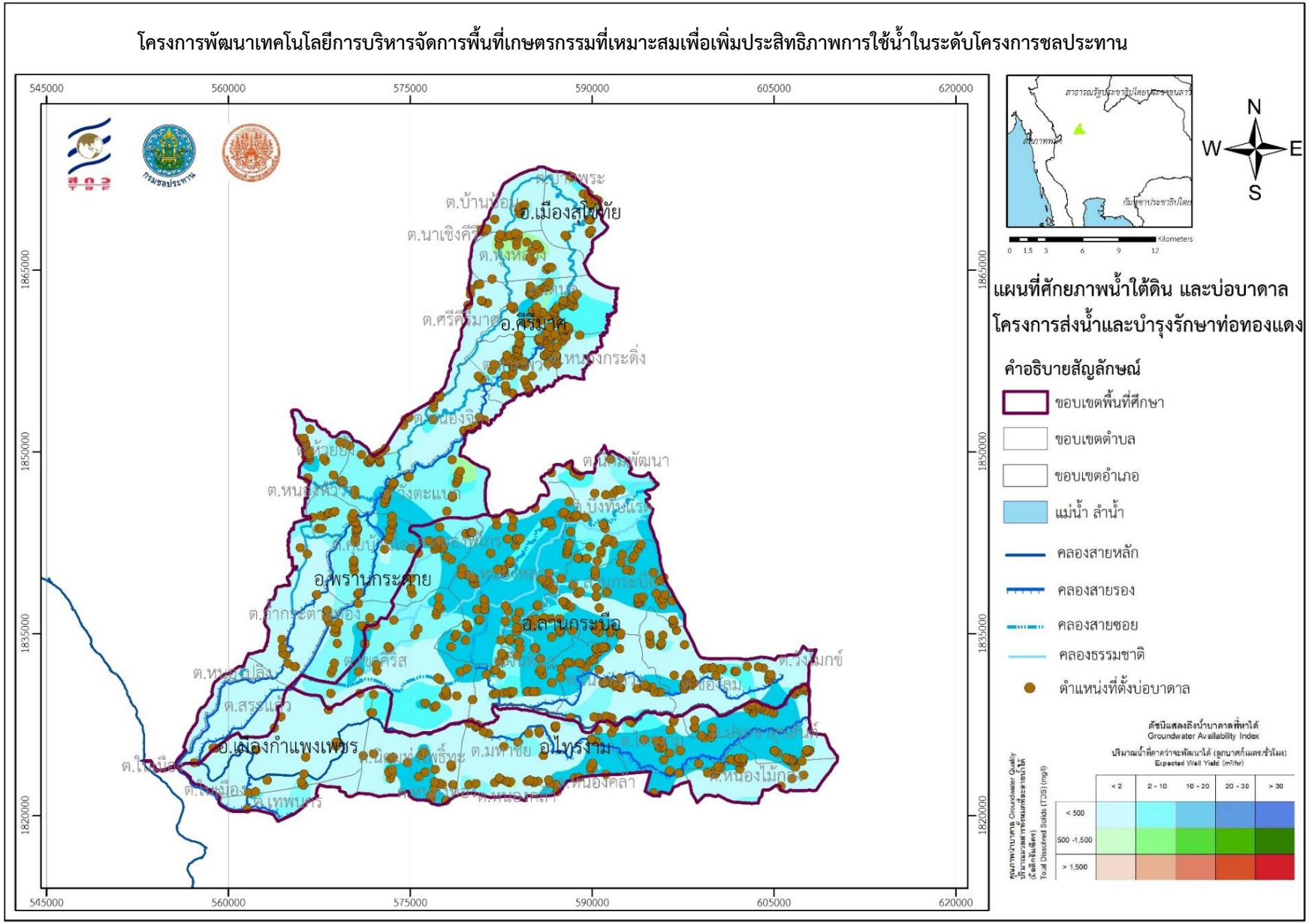
รูปที่ 2-3 แผนที่พื้นที่เกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง



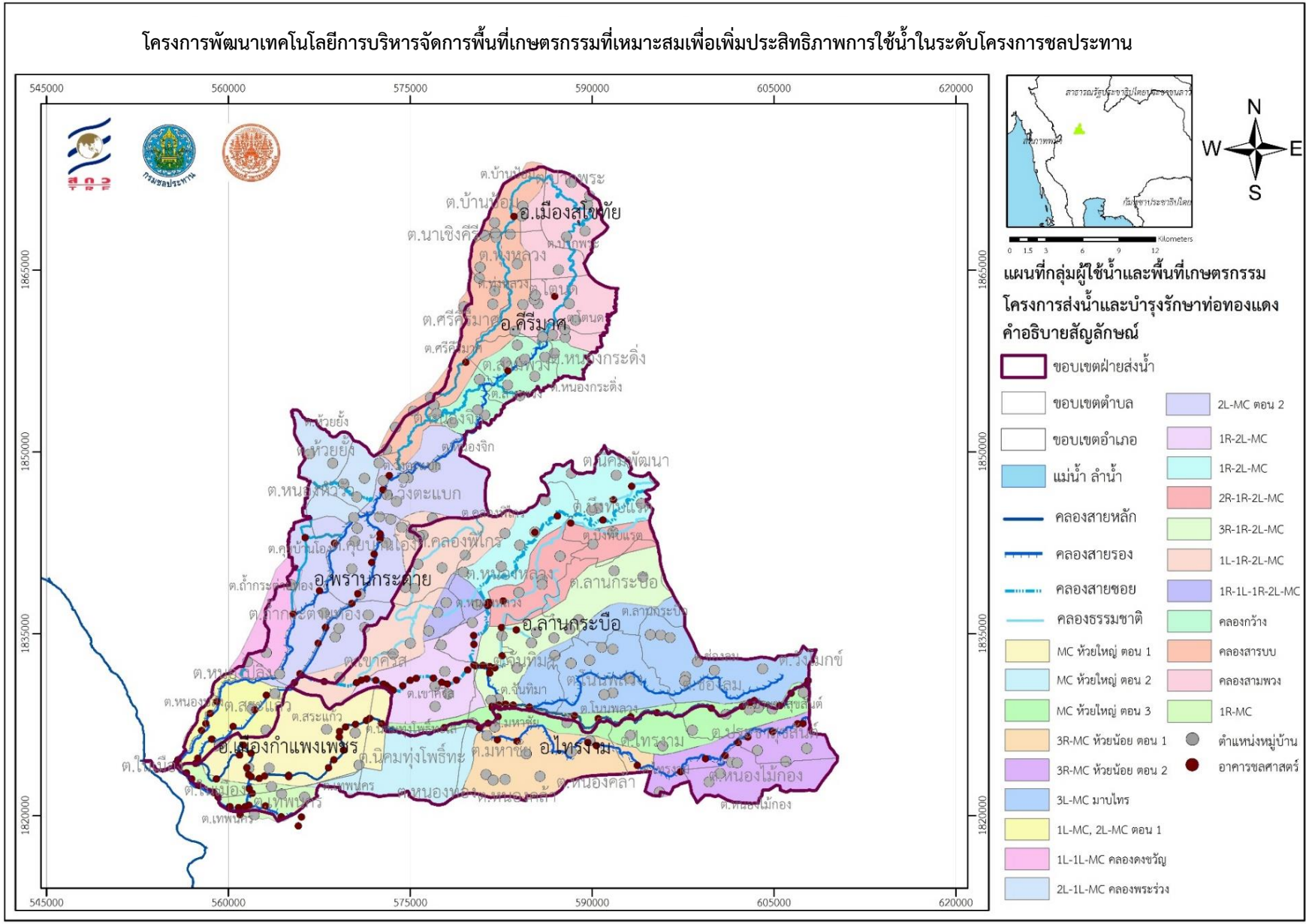
รูปที่ 2-4 แผนที่ความเหมาะสมการทำเกษตรกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง



รูปที่ 2-5 แผนที่คลอง และอาคารชลศาสตร์ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง



รูปที่ 2-6 แผนที่บ่อบาดาล และศักยภาพน้ำใต้ดิน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง



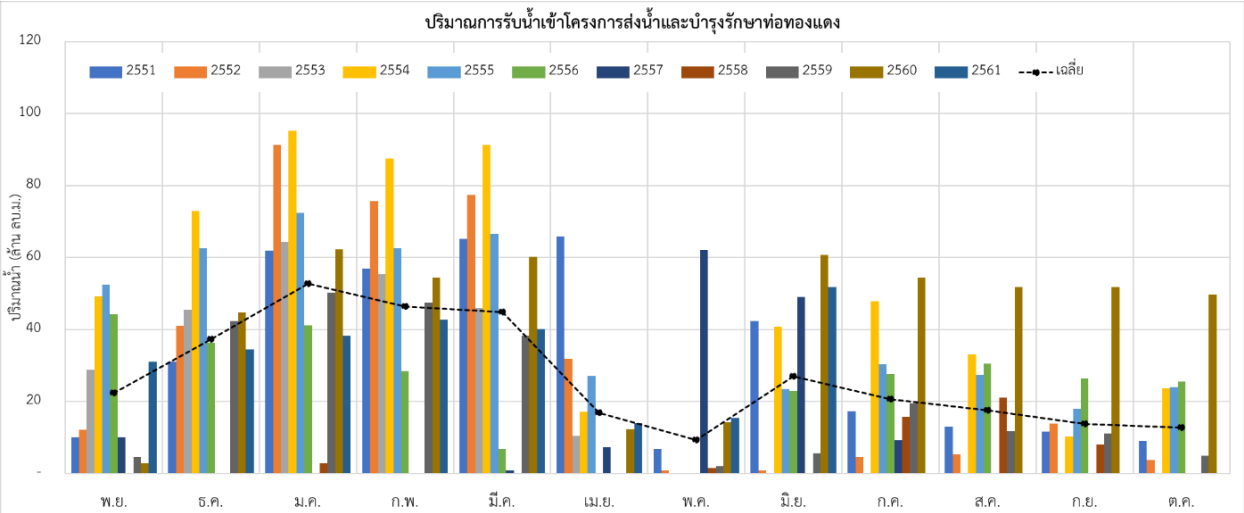
รูปที่ 2-7 แผนที่กลุ่มผู้ใช้น้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

2.8 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลน้ำเข้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำเข้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง แสดงดังรูปที่ 3-24 และตารางที่ 3-2 สามารถสรุปได้ว่า ทรบ.ท่อทองแดงมีปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการสูงในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่เดือน พ.ย. ถึง มี.ค. เพื่อสนับสนุนการทำนาปรังให้แก่เกษตรกรในพื้นที่ โดยมีปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งอยู่ในช่วง 16.94 ถึง 52.76 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่ช่วงฤดูฝนมีปริมาณการส่งน้ำเข้าโครงการเพื่อเสริมน้ำฝนให้เกษตรกรได้ทำนาปีเฉลี่ย 9.38 ถึง 27.10 ล้าน ลบ.ม. โดยจากสถิติรายปีพบว่าปีที่ได้รับเข้าโครงการสูงสุดคือปี 2554 ที่ปริมาณ 569.50 ล้าน ลบ.ม. รองลงมาคือปี 2555 ที่ปริมาณ 467.86 ล้าน ลบ.ม. ส่วนปีที่ได้รับน้ำเข้าโครงการต่ำสุดคือปี พ.ศ. 2558 ได้รับน้ำเข้าโครงการเพียง 46.53 ล้าน ลบ.ม รองลงมาคือปี พ.ศ. 2557 ได้รับน้ำเข้าโครงการ 138.68 ล้าน ลบ.ม.

ตารางที่ 2-8 ปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง รายเดือน

เดือน	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	เฉลี่ย
พ.ย.	10.16	12.24	28.87	49.35	52.44	44.30	10.11	-	4.65	2.89	31.10	22.37
ธ.ค.	31.09	40.98	45.56	72.90	62.72	36.45	-	-	42.44	44.72	34.56	37.40
ม.ค.	61.91	91.32	64.44	95.32	72.44	41.24	-	2.97	50.21	62.25	38.28	52.76
ก.พ.	56.92	75.68	55.36	87.52	62.72	28.50	-	-	47.63	54.48	42.68	46.50
มี.ค.	65.30	77.33	45.98	91.29	66.63	6.90	0.78	-	38.36	60.22	40.18	44.82
เม.ย.	65.90	32.01	10.45	17.08	27.19	-	7.37	-	-	12.36	14.02	16.94
พ.ค.	6.81	0.91	-	-	-	-	62.09	1.56	2.07	14.26	15.44	9.38
มิ.ย.	42.42	0.81	-	40.91	23.59	22.99	49.13	-	5.67	60.82	51.78	27.10
ก.ค.	17.30	4.65	-	47.96	30.46	27.58	9.21	15.82	19.49	54.42	-	20.63
ส.ค.	12.97	5.29	-	33.14	27.52	30.59	-	21.17	11.80	51.84	-	17.67
ก.ย.	11.70	13.92	-	10.37	18.05	26.38	-	8.01	11.24	51.84	-	13.77
ต.ค.	9.12	3.70	-	23.67	24.11	25.52	-	-	5.03	49.85	-	12.82
รวม	391.61	358.83	250.67	569.50	467.86	290.46	138.68	49.53	238.60	519.95	268.04	322.16



รูปที่ 2-8 เปรียบเทียบปริมาณการรับน้ำเข้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง รายเดือน ปี 2551 ถึง 2561

2.9 ผลการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ผลการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำของฝ่ายส่งน้ำฯ ที่ 1 ในตำบลถ้ำกระต่ายทอง ห้วยยั้ง วังตะแบก คุยบ้านโอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร เกษตรกรมีการใช้น้ำจากคลอง 1L-MC พบว่าเกษตรกรมีความต้องการให้ปรับแผนการส่งน้ำให้มีความสัมพันธ์และตรงกับแผนการใช้น้ำของเกษตรกร ลักษณะพื้นที่มีทั้งพื้นที่ลุ่มและพื้นที่ดอน โดยพื้นที่ดอนประสบปัญหาน้ำส่งไปไม่ถึงปลายคลอง และน้ำส่งไปถึงช้า ในขณะที่พื้นที่ ต.วังตะแบก ซึ่งเป็นพื้นที่ลุ่มประสบปัญหาน้ำท่วมและน้ำระบายจากพื้นที่ต้นคลอง ซึ่งเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มมีความต้องการให้ปรับฤดูกาลเพาะปลูกนาปี โดยให้มีปริมาณน้ำส่งเข้าระบบชลประทานในวันที่ 1 เม.ย. เพื่อให้เก็บเกี่ยวก่อน ส.ค. ส่วนฤดูนาปรัง ให้เริ่มทำการเพาะปลูกภายในวันที่ 20 เม.ย. นอกจากนี้ยังพบว่าปัญหาความขัดแย้งของการใช้น้ำระหว่างเกษตรกรในพื้นที่ต้นคลองและปลายคลอง จากการควบคุมการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำตามความต้องการของเกษตรกร แสดงบรรยากาศการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 วันที่ 30 ก.ค. 2562 ดังรูปที่ 2-9 และสภาพคลองส่งน้ำ 1L-MC ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 ดังรูปที่ 2-10

รูปที่ 2-9 บรรยากาศการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 วันที่ 30 ก.ค. 2562

รูปที่ 2-10 การสำรวจสภาพคลองส่งน้ำ 1L-MC ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1

ผลการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำของฝ่ายส่งน้ำฯ ที่ 2 ในพื้นที่ ต.หนองหลวง โนนพลวง ลานกระบือ บึงทับแรด อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร พบว่า เกษตรกรรับน้ำจากคลอง 2L-MC มีพื้นที่ปลายเป็นคลองส่งน้ำธรรมชาติ คลองแม่ฝายสายบน คลองแม่ฝายสายล่าง และคลองมาบไทร โดยเกษตรกรประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างมากในพื้นที่ปลายคลอง และยังเป็นพื้นที่รับน้ำหลากที่ติดกับ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก ทำให้เกษตรกรประสบปัญหาไม่สามารถใช้น้ำจากคลองชลประทาน ซึ่งหากน้ำเดินทางมาปลายคลองช้า ทำให้เก็บเกี่ยวไม่ทันก่อนถึงฤดูน้ำหลาก โดยเกษตรกรมีความต้องการเริ่มเพาะปลูกข้าวนาปีในเดือน เม.ย. เพื่อให้เก็บเกี่ยวได้ทัน และให้มีการประเมินระยะเวลาเดินทางน้ำจากจุดรับน้ำเข้าถึงคลองส่งน้ำในพื้นที่ปลายน้ำและต้องการฝายเพื่อกักเก็บน้ำหลากในคลองให้สามารถใช้เป็นแหล่งน้ำต้นทุนเสริมในช่วงฝนทิ้งช่วงและในช่วงการทำนาปรัง แสดงบรรยากาศการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 วันที่ 30 ก.ค. 2562 ดังรูปที่ 2-11 และสภาพคลองส่งน้ำ 2L-MC ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 ดังรูปที่ 2-12

รูปที่ 2-11 บรรยากาศการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 วันที่ 30 ก.ค. 2562

รูปที่ 2-12 การสำรวจสภาพคลองส่งน้ำ 2L-MC ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2

ผลการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำของฝ่ายส่งน้ำฯ ที่ 1 ในพื้นที่ ต.เทพนคร นิคมทุ่งโพธิ์ทะเล มหาชัย อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร เกษตรกรมีการใช้น้ำจากคลองส่งน้ำสายหลัก MC ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง จากการสำรวจปัญหา พบว่า ฝ่ายส่งน้ำฯที่ 1 ประสบปัญหาการควบคุมการเปิด-ปิดอาคารชลประทานที่ไม่สัมพันธ์กับปริมาณน้ำ ปัญหาการควบคุมปริมาณน้ำเข้าฝ่ายส่งน้ำที่ 2 และ 3 ไม่สัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่อาคารปากคลอง ส่งผลกระทบให้มีพื้นที่น้ำเอ่อล้นท่วมเข้าพื้นที่เกษตรกรรม นอกจากนี้ยังพบปัญหาความขัดแย้งของเกษตรกรจากรอบการเพาะปลูก และการใช้น้ำที่มีช่วงเวลาไม่ตรงกัน ทำให้มีการควบคุมการเปิด-ปิด ปตร. ตามความต้องการของเกษตรกร ส่งผลกระทบให้พื้นที่เกษตรกรรมในต้นน้ำและปลายน้ำเกิดปัญหาน้ำท่วม และน้ำส่งไปไม่ถึงปลายคลอง โดยเกษตรกรมีความต้องการให้ขยายขนาดคลองบริเวณจุดรับน้ำเข้าโครงการเพื่อแก้ปัญหาน้ำเอ่อล้น และต้องการเครื่องมือในการติดตามระดับน้ำ และควบคุมปริมาณน้ำแบบอัตโนมัติเพื่อลดความขัดแย้ง และลดความซับซ้อนในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ แสดงบรรยากาศการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 วันที่ 30 ก.ค. 2562 ดังรูปที่ 2-13 และสภาพคลองส่งน้ำ MC ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 ดังรูปที่ 2-14

รูปที่ 2-13 บรรยากาศการจัดประชุมกลุ่มย่อยผู้ใช้น้ำ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 วันที่ 29 ก.ค. 2562

รูปที่ 2-14 การสำรวจสภาพคลองส่งน้ำ MC ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3

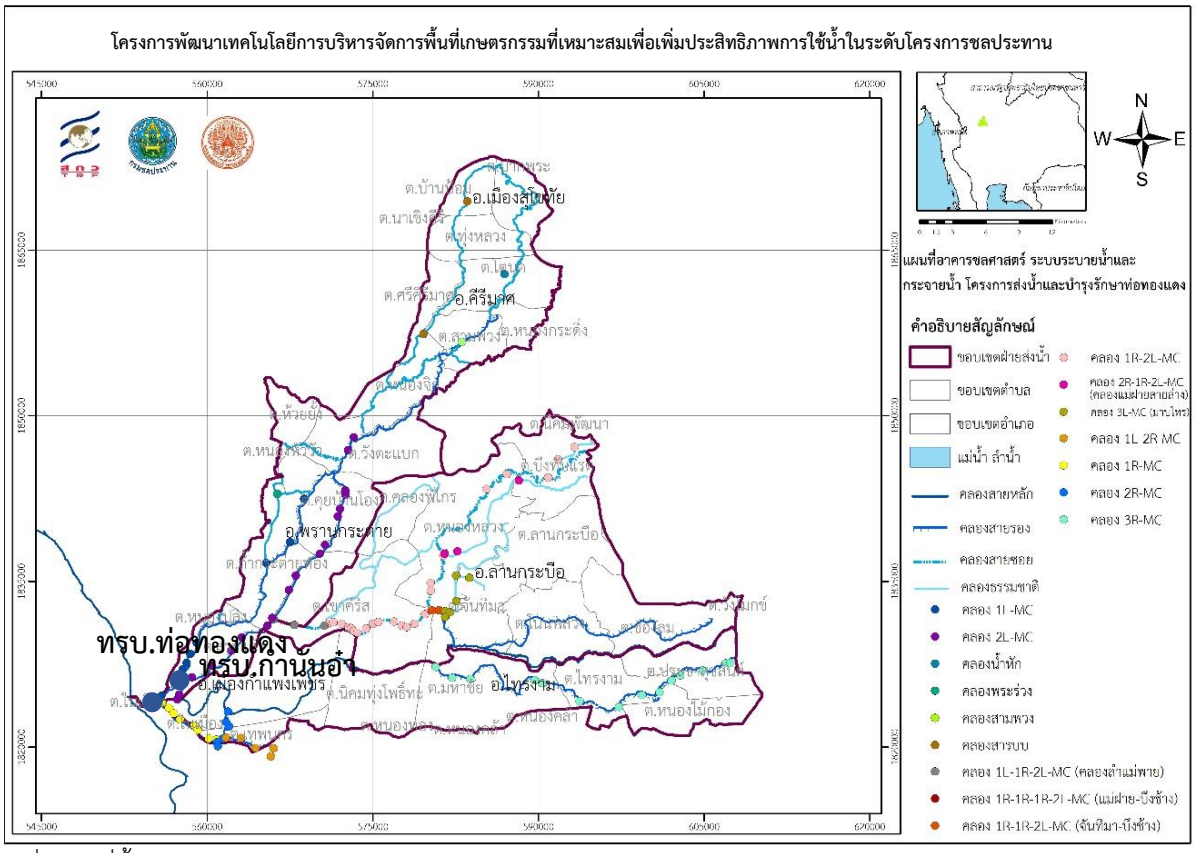
2.10 ผลการสำรวจรูปตัดลำน้ำของคลองส่งน้ำสายหลัก โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

การสำรวจรูปตัดลำน้ำของคลองส่งน้ำสายหลัก โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ประกอบด้วย 3 คลอง จำนวน 21 จุด ได้แก่ คลองส่งน้ำสายหลัก MC ของฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 คลองส่งน้ำ 1L-MC คลองส่งน้ำสายหลักของฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 และคลองส่งน้ำ 2L-MC คลองส่งน้ำสายหลักของฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 จากผลการสำรวจรูปตัดคลองในแต่ละฝ่ายส่งน้ำ พบว่า คลอง MC มีระดับท้องคลองที่ กม.0+000 ที่ปากทางของโครงการฯ ซึ่งเป็นจุดแรกที่รับน้ำเข้าแม่น้ำปิง โดยมีระดับสำรวจท้องคลองที่ 73.07 เมตร รทก. มีระดับตลิ่งซ้าย 78.889 เมตร รทก. และระดับตลิ่งขวา 79.167 เมตร รทก. มีความกว้างคลอง 35 เมตร ความลึกประมาณ 6 เมตร ส่วนคลองส่งน้ำ 1L-MC ที่กม. 0+000 จุดรับน้ำเข้าฝ้ายส่งน้ำที่ 1 พบว่า มีระดับท้องคลอง 53.59 เมตร รทก. ระดับตลิ่งซ้าย 57.08 เมตร รทก. ระดับตลิ่งขวา 57.358 เมตร รทก. มีความกว้างคลอง 27 เมตร ความลึก 3 เมตร และคลองส่งน้ำ 2L-MC ที่กม. 2+300 จุดรับน้ำเข้าฝ่ายส่งน้ำฯที่ 2 มีระดับท้องคลอง 71.053 เมตร รทก. ระดับตลิ่งซ้าย 74.685 เมตร รทก. ระดับตลิ่งขวา 74.633 เมตร รทก. มีความกว้างคลอง 20 เมตร และความลึกคลอง 2 เมตร

บทที่ 3

ผลการดำเนินงานติดตั้งเครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ผลการดำเนินงานติดตั้งเครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ประกอบด้วย งานพัฒนาระบบควบคุมบานประตูรับน้ำในคลองส่งสายหลัก MC ได้แก่ ทรบ.ท่อทองแดง และ ทรบ.กำนันอ่ำ ซึ่งอยู่ในฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 ตั้งอยู่ด้านท้ายของ ทรบ.ท่อทองแดงที่เป็นประตูหลักในการรับน้ำจากแม่น้ำปิงเข้าโครงการฯ โดย ทรบ.กำนันอ่ำทำหน้าที่ในการทดน้ำเพื่อให้ปริมาณน้ำเข้าคลองส่งน้ำ 1L-MC และ 2L-MC เพื่อกระจายน้ำให้กับพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 และ 2 ตามลำดับ แสดงรูปถ่าย ทรบ. กำนันอ่ำ และคลองส่งน้ำสายหลัก MC หรือคลองห้วยใหญ่ แสดงตำแหน่งที่ตั้ง และรูปถ่ายสภาพของประตูรับน้ำเข้าโครงการฯ ดังรูปที่ 3-1 และ 3-2 ตามลำดับ



รูปที่ 3-1 ที่ตั้ง ทรบ.กำนันอ่ำ ต.สระแก้ว อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร

รูปที่ 3-2 ทรบ.ท่อทองแดง และ ทรบ.กำนันอ่ำ ต.สระแก้ว อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร

3.1 การพัฒนาระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำ

3.1.1 การทบทวนระบบเครื่องมือการสื่อสาร/ การควบคุม/ อุปกรณ์ที่มีอยู่ในการควบคุมอัตโนมัติ

ระบบสื่อสารของการควบคุมประตูระบายน้ำอัตโนมัติ ประกอบด้วย 2 รูปแบบ ดังนี้

- Modbus RTU ใช้สำหรับการควบคุมและอ่านค่าอุปกรณ์ที่อยู่ในตู้คอนโทรลได้แก่ แรงดันจากเซนเซอร์วัดระดับประตูน้ำ, input จากแมกเนติกเพื่อตรวจสอบสถานะ, Output เพื่อควบแมกเนติก และรีเลย์ ในการเปิด-ปิดประตูน้ำ

- Modbus TCP ใช้สำหรับการควบคุมและอ่านค่าอุปกรณ์ที่อยู่ในตู้คอนโทรลผ่าน internet ได้แก่ ระดับประตูน้ำ, input จากแมกเนติกเพื่อตรวจสอบสถานะ, Output เพื่อควบแมกเนติก และรีเลย์ ในการเปิด-ปิดประตูน้ำ

ระบบการควบคุมประตูแบบอัตโนมัติ สามารถควบคุมได้ 3 รูปแบบ ประกอบด้วย การควบคุมระบบที่ตู้คอนโทรล การควบคุมผ่าน Web Application และการควบคุมผ่าน API โดยมีรายละเอียดของการควบคุมในแต่รูปแบบดังนี้

- การควบคุมที่ตู้คอนโทรล สามารถควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำผ่านหน้าจอแบบสัมผัสที่ตู้คอนโทรล โดยระบุความสูงที่ต้องการเปิดประตูน้ำ หน่วยเป็นเซนติเมตร สามารถตรวจสอบสถานะความสูงของประตูน้ำ และการทำงานของอุปกรณ์ผ่านทางหน้าจอแบบสัมผัสได้ สามารถเลือกโหมดการทำงานของระบบได้ สามารถเลือกใช้ตู้คอนโทรลเดิมที่มีอยู่โดยผ่านหน้าจอแบบสัมผัส หรือใช้สวิตช์ที่อยู่บริเวณหน้าตู้คอนโทรล สามารถทำการ calibrate (Set Zero) ระดับประตูน้ำผ่านหน้าจอแบบสัมผัสได้

- การควบคุมผ่าน Web สามารถควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำผ่านเวปโดยระบุความสูงที่ต้องการเปิดประตูน้ำ หน่วยเป็นเซนติเมตร สามารถตรวจสอบสถานะความสูงของประตูน้ำ และการทำงานของอุปกรณ์ผ่านทางหน้าเวป และสามารถเลือกโหมดการทำงานของระบบได้

- การควบคุมผ่าน API สามารถควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำผ่านเวปโดยระบุความสูงที่ต้องการเปิดประตูน้ำ หน่วยเป็นเซนติเมตร และสามารถตรวจสอบสถานะความสูงของประตูน้ำ และการทำงานของอุปกรณ์ ข้อได้เปรียบเสียเปรียบของระบบควบคุม (ที่เราเลือกใช้เมื่อเทียบกับแบบอื่น)

- ระบบการติดตั้งเครื่องมือควบคุมการเปิด-ปิด ปตร.แบบอัตโนมัติมีข้อได้เปรียบกับระบบโทรมาตรแบบเดิม โดยสามารถควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำผ่าน internet สามารถอ่านค่าความสูงของประตูน้ำผ่าน internet และสามารถกำหนดความสูงของระดับประตูน้ำได้ สรุปข้อได้เปรียบเสียเปรียบของระบบควบคุมในตารางที่ 3-1 มีดังนี้

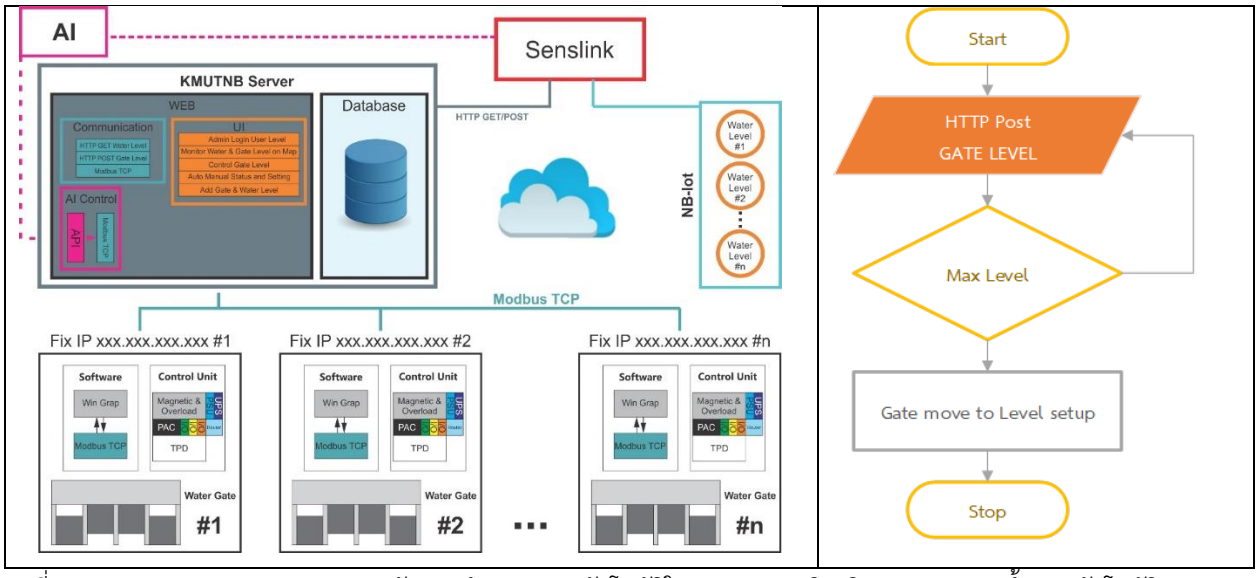
ตารางที่ 3-1 ข้อได้เปรียบเสียเปรียบของระบบควบคุม

หัวข้อ	ระบบปัจจุบัน	ระบบใหม่
การควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำ	ควบคุมที่ตู้คอนโทรลเท่านั้น	ควบคุมที่ตู้คอนโทรล, Internet และ API
การอ่านค่าความสูงของประตูน้ำ	ใช้ตลับเมตรวัดที่สลิง หรือการจับเวลา	อ่านค่าความสูงของประตูที่ตู้คอนโทรล และ Internet มีความแม่นยำสูง
การกำหนดความสูงของระดับประตูน้ำ	ใช้การกดสวิตช์ที่ตู้คอนโทรล และใช้ตลับเมตรวัดที่สลิง	ป้อนตัวเลขความสูงของประตูที่ตู้คอนโทรล, Internet และ API
การควบคุมประตูน้ำหลายบานพร้อมกัน	เปิด-ปิดทีละบาน	สามารถเปิดพร้อมกันได้ทุกบาน

3.1.2 หลักการทำงานของระบบอัตโนมัติในการควบคุมการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำแบบอัตโนมัติ

การควบคุมผ่านระบบอัตโนมัติผ่าน API โดยใช้วิธีการ HTTP/POST ควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำ หรือ HTTP/GET ในการอ่านค่าของระดับประตูน้ำ แสดง Diagram หลักการทำงานระบบอัตโนมัติในการควบคุมเปิด-ปิดประตูระบายน้ำแบบอัตโนมัติ และ Flowchart หลักการทำงานระบบอัตโนมัติในการควบคุมเปิด-ปิดประตู ดังรูปที่ 3-3

อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมประตูน้ำทั้งหมดได้ถูกติดตั้งในตู้คอนโทรลขนาด 110x70x30 เซนติเมตร พร้อมกับระบบ UPS เพื่อป้องกันไม่ให้ PAC ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมประตูน้ำปิดตัวลงขณะที่ไฟดับ ทั้งนี้ยังมีอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันไฟฟ้าที่ไม่เสถียร Digital Phase Protection เพื่อป้องกันไม่ให้มอเตอร์เสียหายจากการที่ไฟมาไม่เต็มเฟส และอุปกรณ์ที่จ่ายไฟไปยังมอเตอร์มีระบบป้องกันกระแสเกินเพื่อป้องกันไม่ให้มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมประตูน้ำ ประกอบด้วย 19 รายการมีรูปแบบอุปกรณ์ในตารางที่ 3-2



รูปที่ 3-3 Diagram และ Flowchart หลักการทำงานระบบอัตโนมัติในการควบคุมเปิด-ปิดประตูระบายน้ำแบบอัตโนมัติ

ตารางที่ 3-2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมประตูน้ำ

ลำดับ	รายละเอียด	คุณลักษณะ/ ยี่ห้อ	รูปภาพ
1.	คอมพิวเตอร์ควบคุมประตูน้ำ	ICP DAS WP-8428-CE7	
2.	โมดูลรับสัญญาณ Input แบบ Dry contact	ICP DAS I-87053w	
3.	โมดูลส่งสัญญาณ Output แบบ Sink Type	ICP DAS I-87057w	

ตารางที่ 3-2 (ต่อ) อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมประตูน้ำ

ลำดับ	รายละเอียด	คุณลักษณะ/ ยี่ห้อ	รูปภาพ
4.	โมดูลเปลี่ยนแปลงสัญญาณ Input แบบ Analog ให้เป็น Digital	ICP DAS I-87017w	
5.	หน้าจอแสดงผลแบบสัมผัสขนาด 7 นิ้ว	ICP DAS TPD-703	
6.	แมกเนติก คอนแทคเตอร์ 1NO + 1NC	S-T20	
7.	โอเวอร์โหลดรีเลย์สำหรับแมกเนติก คอนแทคเตอร์ S-T20	Overload Relay THT18	
8.	แมกเนติก คอนแทคเตอร์ 2NO + 2NC	S-T25	
9.	รีเลย์ชนิด 2 คอนแทคเตอร์ แรงดันไฟฟ้า 24 โวลท์ดีซี	MY2 GS 24VDC RELAY 2Contact 24Vdc	
10.	เต้ารับรีเลย์สำหรับรุ่น MY2	PYF08A-E	
11.	รีเลย์ชนิด 3 คอนแทคเตอร์ แรงดันไฟฟ้า 24 โวลท์ดีซี	MY3-24VDC RELAY 3Contact 24Vdc	
12.	เต้ารับรีเลย์สำหรับรุ่น MY3	PYF11A	

ตารางที่ 3-2 (ต่อ) อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมประตูน้ำ

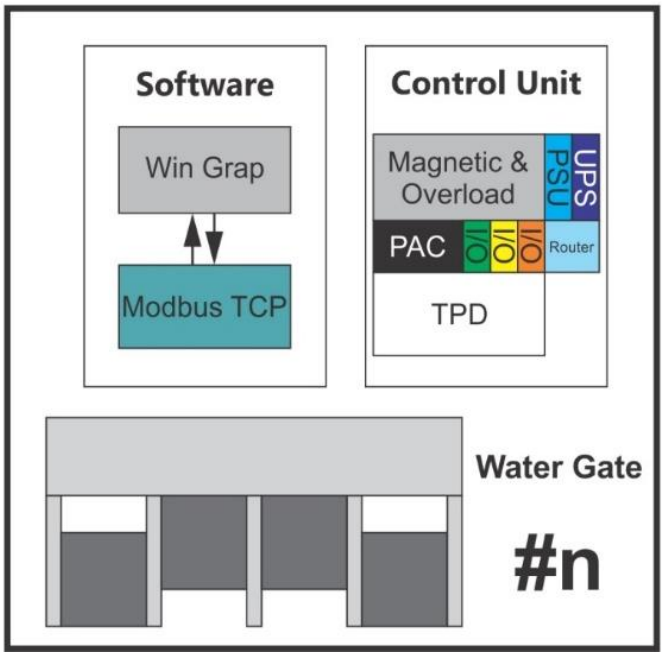
ลำดับ	รายละเอียด	คุณลักษณะ/ ยี่ห้อ	รูปภาพ
13	ระบบดิจิตอลสำหรับการตรวจสอบและป้องกันแรงดันกระแสสลับในระบบ 3เฟส 4 สาย	WIP-WOP4	
14.	เพาเวอร์ซัพพลายราง DIN 240W 24V 10A	NDR-240	
15.	เครื่องสำรองไฟและปรับกระแสไฟอัตโนมัติชนิดราง Output 24Vdc at 40A; UPS module	DR-UPS40	
16.	เบรกเกอร์ Mitsubishi 3P 30A	Mitsubishi NF30CS3P	
17.	ฐานฟิวส์สำหรับไฟ 3เฟส พร้อม ฟิวส์ 32A	ฐานฟิวส์ RT18-32 10x38 3P , RT14-20 32A	
18.	สวิทช์ 2 ทาง สวิทช์ 3 ทาง	ON-OFF Cam Switch ON-OFF-ON Cam Switch	
19.	ตู้เหล็กไม่มีหลังคา ฝา 2 ชั้นทึบ ขนาด 700x1100x300 mm.	KBJC-016C	

ตารางที่ 3-2 (ต่อ) อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมประตูน้ำ

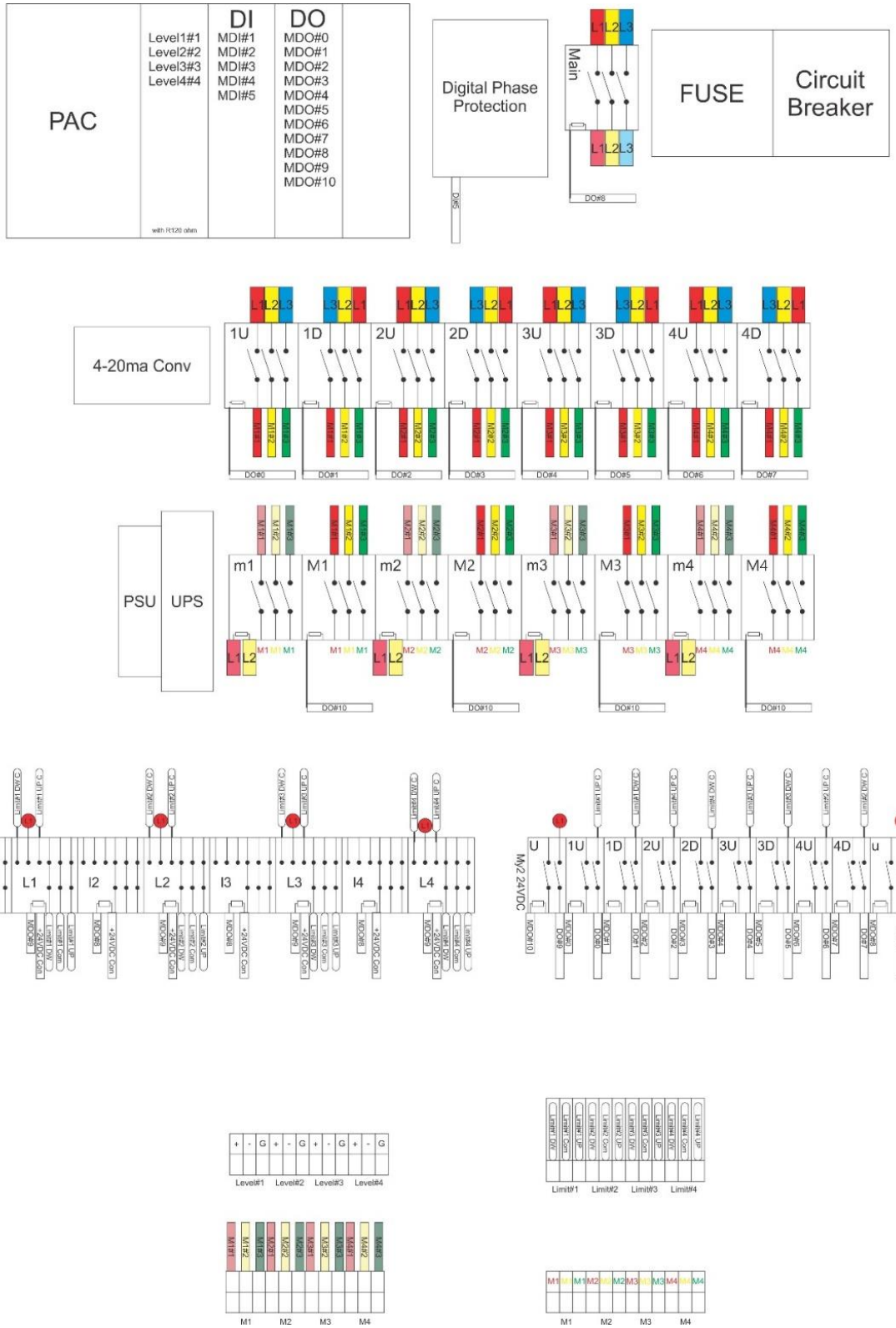
ลำดับ	รายละเอียด	คุณลักษณะ/ ยี่ห้อ	รูปภาพ
20.	แบตเตอรี่ (Lead–Acid Battery) ขนาด 12Vdc 7.2Ah	LONG WP7.2-12	
21.	อุปกรณ์เครือข่ายจากผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต (ISP ONU Router)	TOT ONU Router	
22.	Linear Wire Potentiometer with Analog Current 4-20mA Signal Output	Miran Draw Wire Potentiometer	

3.1.3 หลักการทำงานของ Control Unit Diagram

หลักการทำงานของระบบควบคุมประตูน้ำโดยมี PAC เป็นคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลและควบคุมประตูน้ำโดยใช้ Modbus RTU ในการควบคุมและอ่านค่าจากโมดูลต่างๆ และใช้ Modbus TCP ในการส่งค่าไปยังฐานข้อมูลผ่าน internet โดยการอ่านค่าจาก sensor ใช้โมดูล ICP DAS i-87017w ในการอ่านค่า โดย sensor ซึ่งจะส่งค่าในรูปแบบ 4-20ma ตามการเปลี่ยนแปลงของระดับประตูน้ำ ส่วนในการควบคุมการเปิด-ปิดของประตูน้ำ ใช้โมดูล ICP DAS i-87057w ในการควบคุมรีเลย์ 24vdc ให้ไปสั่งเปิด-ปิดแมกเนติก 340VAC เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดของประตูน้ำ และโมดูล ICP DAS i-87053w ในการอ่านค่าจาก digital phase protection และ Overload เพื่อแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ผ่านหน้าจอแบบสัมผัสและหน้าเวป โดยใช้ Wingrap เป็น Software ในประมวลผลและสื่อสารในรูปแบบ Modbus TCP เพื่อเก็บค่าของตัวแปลต่างๆ แสดง Control Unit Diagram ดังรูปที่ 3-4 และ Control Unit Circuit ดังรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-4 Control Unit Diagram

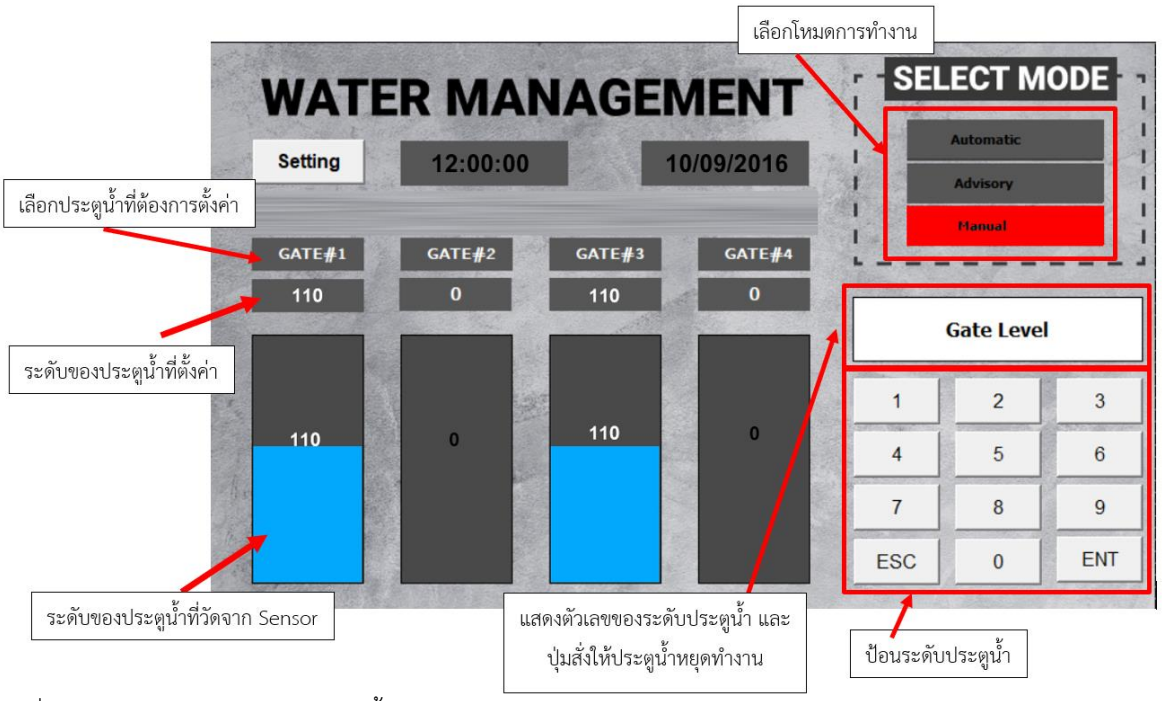


รูปที่ 3-5 Control Unit Circuit

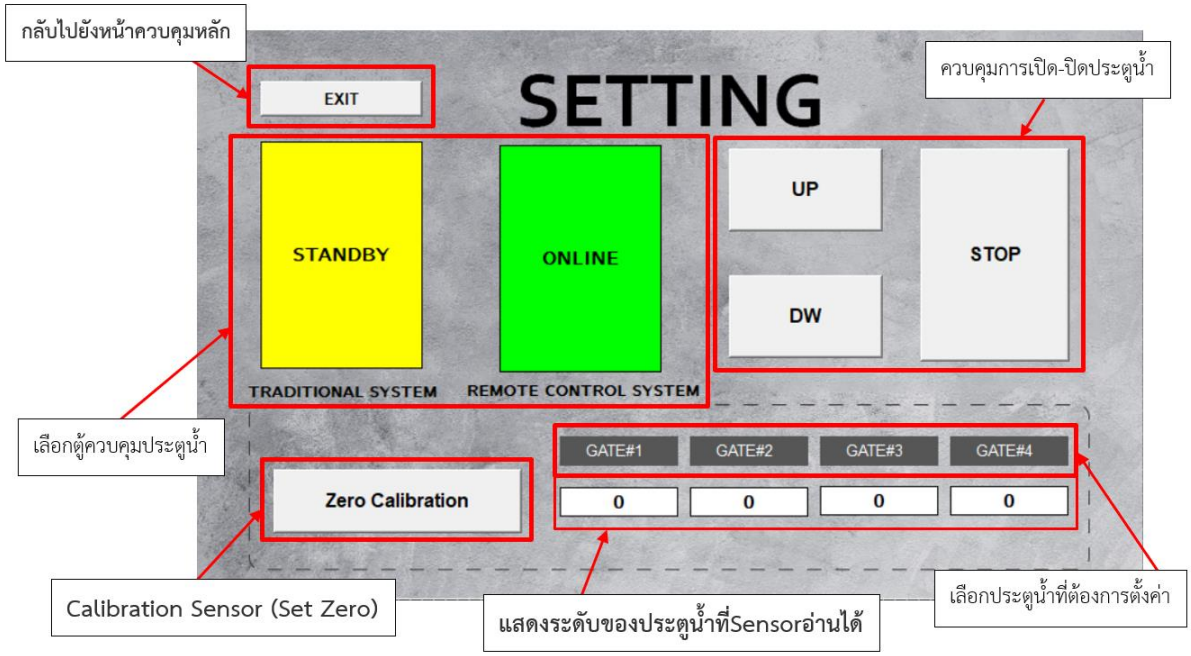
3.1.4 หลักการทำงานของระบบควบคุมสั่งการ ผ่านตู้คอนโทรล

การควบคุมระดับของประตูน้ำให้กดเลือกประตูที่ต้องการจะปรับระดับ จากนั้นป้อนตัวเลขระบุระดับของประตูน้ำที่ต้องการจะเปิด แล้วกดปุ่ม ENT ถ้าต้องการแก้ไขข้อมูลให้กดปุ่ม ESC เพื่อยกเลิกข้อมูลที่ป้อนไว้ ดังรูปที่ 3-6 โดยการควบคุมระดับของประตูน้ำให้กดเลือกประตูที่ต้องการจะปรับระดับ จากนั้นกดปุ่ม UP เพื่อปรับยกระดับของประตูน้ำขึ้น

หรือ กดปุ่ม DW เพื่อปรับลดระดับของประตูน้ำลง เมื่อประตูน้ำถึงระดับที่ต้องการแล้วให้กดปุ่ม STOP เพื่อสั่งให้ประตูน้ำหยุด และการ Calibration Sensor วัดระดับประตูน้ำ ให้ตั้งระดับประตูน้ำไปยังตำแหน่งปิดสนิด แล้วกดเลือกประตูที่ต้องการจะ Calibration Sensor (Set Zero) จากนั้นกดปุ่ม Zero Calibration เพื่อตั้งค่า Sensor แสดงรูปแบบของหน้าต่างในการตั้งค่า ดังรูปที่ 3-7



รูปที่ 3-6 การควบคุมระดับของประตูน้ำผ่านตู้คอนโทรล



รูปที่ 3-7 การตั้งค่าเพื่อ Calibrate Sensor

3.1.5 หลักการทำงานของระบบควบคุมสั่งการ ผ่าน Web Application

หลักการทำงานของ Web Application ในขั้นตอนการ Login สามารถเพิ่ม User และสิทธิ์การใช้งานได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

1) ผู้ดูแลระบบ Admin สามารถเพิ่ม User และเลือกสิทธิการเข้าถึงระบบได้
2) ผู้บริหาร Super User

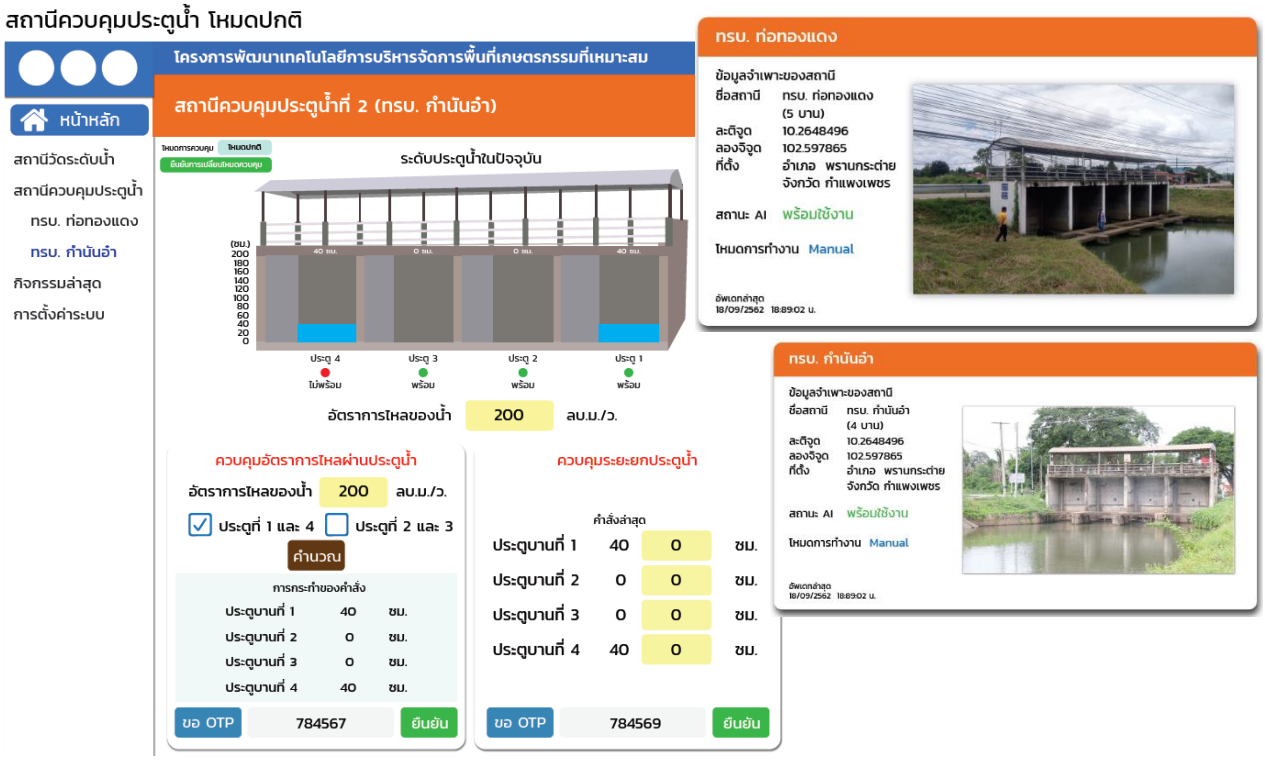
- สามารถอ่านค่าระดับน้ำ ความสูงระดับประตูน้ำ และควบคุมความสูงของประตูน้ำได้ รวมถึงการเลือก mode การทำงานแบบต่างๆ เช่น Manual, Sami Auto และ Auto
- สามารถเพิ่มจำนวนจุดที่วัดระดับน้ำ และ ประตูน้ำได้ โดยสามารถแสดงบนแผนที่ตามพิกัด GPS
- สามารถดู Log ต่างๆ ที่เก็บไว้ได้

3) ผู้ใช้งานทั่วไป User ทั่วไป สามารถอ่านค่าระดับน้ำ และความสูงระดับประตูน้ำเท่านั้น

หลักการทำงานของ Web Application ในขั้นตอนการ Communicate สามารถอ่านค่าระดับน้ำจาก Cloud ของ Senslink ในรูปแบบ HTTP GET โดยการอ่านค่าและควบคุมประตูน้ำจะมี internet แบบ Fix IP การอ่านค่าและควบคุมจะใช้รูปแบบ Modbus TCP แสดงรูปแบบในการเข้าถึงการควบคุมประตูระบายน้ำผ่านอินเตอร์เนตดังรูปที่ 3-8 โดยมีพารามิเตอร์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

- อ่านค่าความสูงของระดับประตู และเก็บค่าที่อ่านได้ไปยังฐานข้อมูล
- ความคุมความสูงของระดับประตู โดยป้อนตัวเลขจำนวนเต็มเป็นเซนติเมตร
- อ่านค่า Status ว่าประตูพร้อมใช้งาน หรือ Overload ทำงาน โดยถ้า Overload ทำงานให้แสดงกากบาทที่ประตูบานนั้น และแสดงข้อความแจ้งเตือนใบยังหน้าหลัก

ส่วนการควบคุมการเปิดปิดประตูรับน้ำ/ ระบายน้ำของโครงการฯ ได้มีให้สิทธิ์การใช้งานในการควบคุมการปฏิบัติการให้แก่ผู้อำนวยการโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโดยมีระบบความปลอดภัยในการยืนยันรหัส OTP เพื่อสั่งการควบคุมประตู แบ่งออกเป็น 2 โหมด ได้แก่ 1) โหมดการควบคุม ผู้ใช้งานสามารถควบคุมได้ทั้งอัตราการไหลของน้ำเพื่อให้โปรแกรมเสนอแนะระยะยกบานที่มีความเหมาะสม หรือ สามารถกำหนดระยะยกบานที่ต้องการ เพื่อให้โปรแกรมคำนวณอัตราการไหลของน้ำ และ 2) โหมดเสนอแนะ เป็นการเสนอแนะปริมาณการจัดสรรน้ำผ่านประตูระบายน้ำที่เหมาะสมจากการเชื่อมโยงระบบตรวจวัดที่ได้มีการติดตั้งเข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อเสนอแนะแนวทางการจัดสรรน้ำให้แก่เจ้าหน้าที่โครงการชลประทาน แสดงรูปแบบการควบคุมดังรูปที่ 3-13



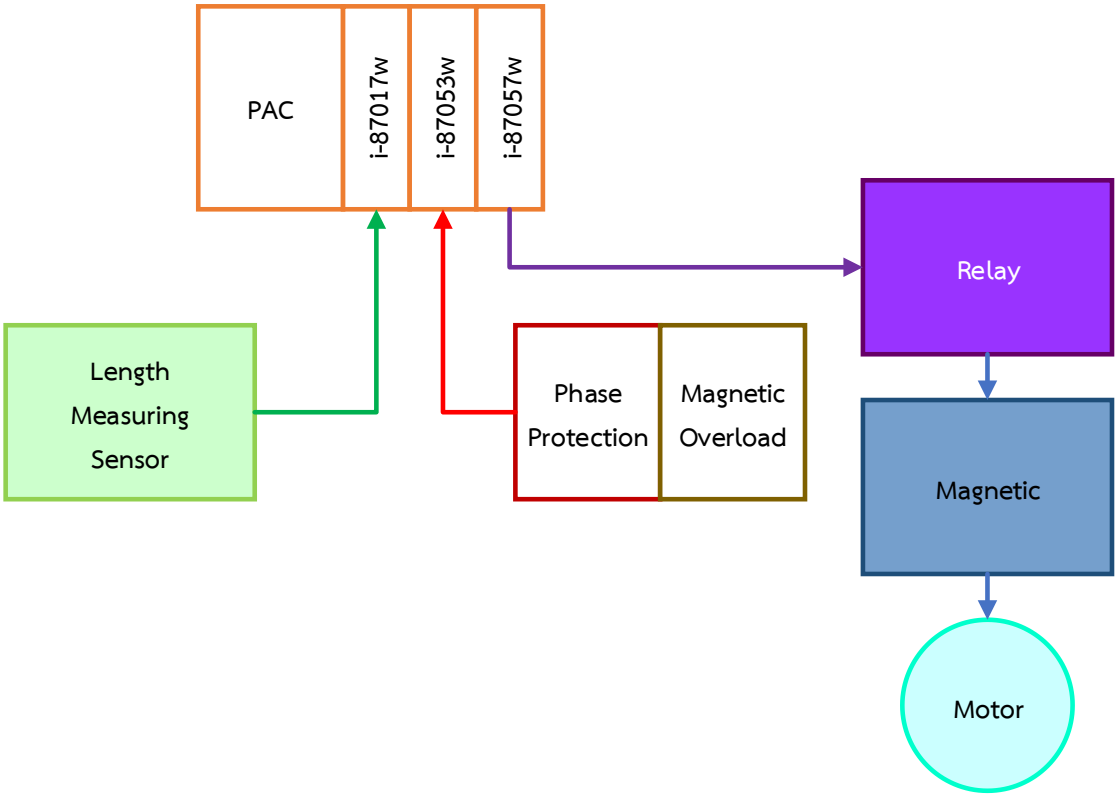
รูปที่ 3-8 รูปแบบการควบคุมประตูระบายน้ำผ่านทางเว็บไซต์

3.2 ผลการติดตั้งระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ

3.2.1 การเชื่อมโยงอุปกรณ์สำหรับการควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ

PAC เป็นคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมประตูน้ำโดยใช้ Modbus RTU ในการควบคุมและอ่านค่าจากโมดูลต่าง ๆ และใช้ Modbus TCP ในการส่งค่าไปยังฐานข้อมูลผ่าน Internet การอ่านค่าจาก Sensor ใช้โมดูล ICP DAS i-87017w ในการอ่านค่า โดย Sensor จะส่งค่าในรูปแบบ 4-20mA จากการเปลี่ยนแปลงของระดับประตูน้ำ การควบคุมการเปิด-ปิดของประตูน้ำ ใช้โมดูล ICP DAS i-87057w ในการควบคุมรีเลย์ 24VDC สำหรับการสั่งเปิด-ปิดแมกเนติก 380VAC เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดของประตูน้ำ และใช้โมดูล ICP DAS i-87053w ในการอ่านค่าจาก Digital Phase Protection และ Overload เพื่อแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ผ่านหน้าจอแบบสัมผัสและหน้าเว็บไซต์ แสดง Flowchart การเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 3-9 ผลการติดตั้งระบบการควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการของทรบ.ท่อทองแดง พิกัด 16.501819, 99.498116 และ ทรบ.กำนันอำ พิกัด 16.499636, 99.541864 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมระบุตำแหน่งติดตั้งระบบควบคุมประตูน้ำอัตโนมัติดังรูปที่ 3-10 และ 3-11 ตามลำดับ ประกอบด้วยรายการติดตั้งตู้คอนโทรล ติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับประตูน้ำ การตั้งค่า Limit Switch แสดงดังรูปที่ 3-11 ถึง 3-13 ตามลำดับ โดยการดำเนินงานติดตั้ง ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

- เชื่อมโยงสัญญาณจากตู้คอนโทรลเดิมไปยังตูคอนโทรลใหม่เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทั้งสองระบบ แสดงรูปแบบของ ทรบ.ท่อทองแดงดังรูปที่ 3-12 และ ทรบ.กำนันอำดังรูปที่ 3-13
- ติดตั้ง Sensor วัดระดับประตูน้ำไปยังตู้คอนโทรลเพื่อควบคุมระยะการเปิด-ปิดประตูน้ำ แสดงผลการดำเนินงานดังรูปที่ 3-14
- ทำการปรับตั้งค่า Limit Switch เพื่อหยุดการทำงานของประตูน้ำเมื่อเกิดเหตุขัดข้อง แสดงผลการดำเนินงานดังรูปที่ 3-15
- ทดสอบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในตู้คอนโทรล และทดสอบการควบคุมผ่าน Internet แสดงผลการดำเนินงานดังรูปที่ 3-16



รูปที่ 3-9 Flowchart การเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ

(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมระบุตำแหน่งติดตั้งระบบควบคุมประตูน้ำอัตโนมัติ

(ข) ทรบ.ท่อทองแดง ภายใต้โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

รูปที่ 3-10 ภาพถ่ายดาวเทียมระบุตำแหน่งติดตั้งระบบควบคุมประตูน้ำอัตโนมัติ ทรบ.ท่อทองแดง

(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมระบุตำแหน่งติดตั้งระบบควบคุมประตูน้ำอัตโนมัติ ทรบ.กำนันอ่ำ

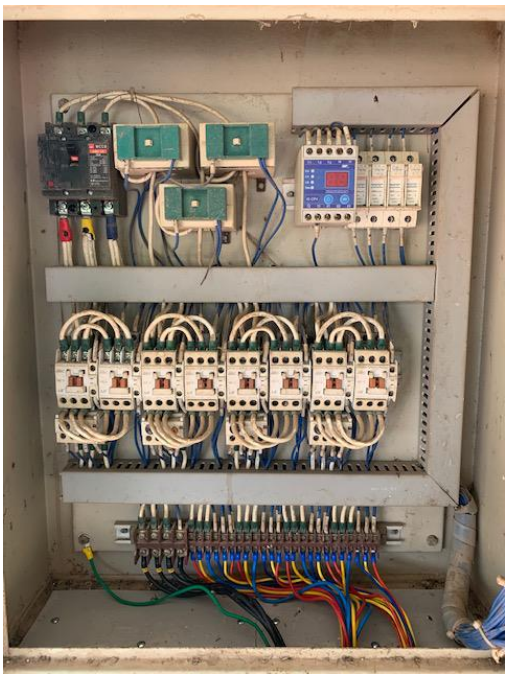
(ข) ทรบ.กำนันอ่ำ ภายใต้โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

รูปที่ 3-11 ภาพถ่ายดาวเทียมระบุตำแหน่งติดตั้งระบบควบคุมประตูน้ำอัตโนมัติ ทรบ.กำนันอ่ำ

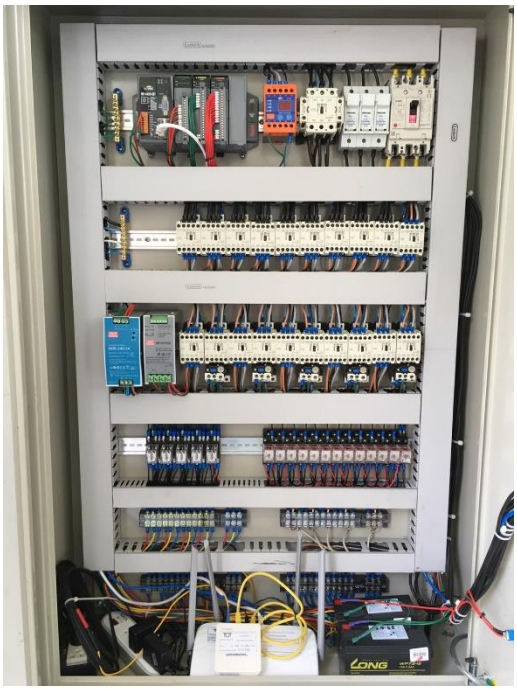
ตู้คอนโทรลเดิม (ทรบ. ท่อทองแดง)

ตู้คอนโทรลใหม่ (ทรบ. ท่อทองแดง)

รูปที่ 3-12 ผลการติดตั้งตู้คอนโทรลระบบควบคุมประตูน้ำอัตโนมัติ ทรบ.ท่อทองแดง



ตู้คอนโทรลเดิม (ทรบ. กำนันอ่ำ)



ตู้คอนโทรลใหม่ (ทรบ. กำนันอ่ำ)

รูปที่ 3-13 ผลการติดตั้งตู้คอนโทรลระบบควบคุมประตูน้ำอัตโนมัติ ทรบ.กำนันอ่ำ

รูปที่ 3-14 ผลการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระดับประตูน้ำ

รูปที่ 3-15 ผลการตั้งค่าและแก้ไข Limit Switch และทดสอบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในตู้คอนโทรล

3.2.2 การปฏิบัติการควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ

การปฏิบัติการควบคุมการเปิดปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ สามารถทำได้ดังนี้

1) หมุนสวิตซ์ที่ตู้คอนโทรลตามเข็มนาฬิกาไปยังตำแหน่ง ON เพื่อเปิดการทำงานของตู้คอนโทรล และหน้าจอแสดงผลแบบสัมผัสจะแสดง เพื่อรอเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3-16

2) เมื่อตู้คอนโทรลพร้อมงานหน้าจอแบบสัมผัสจะแสดงดังรูปที่ 3-17

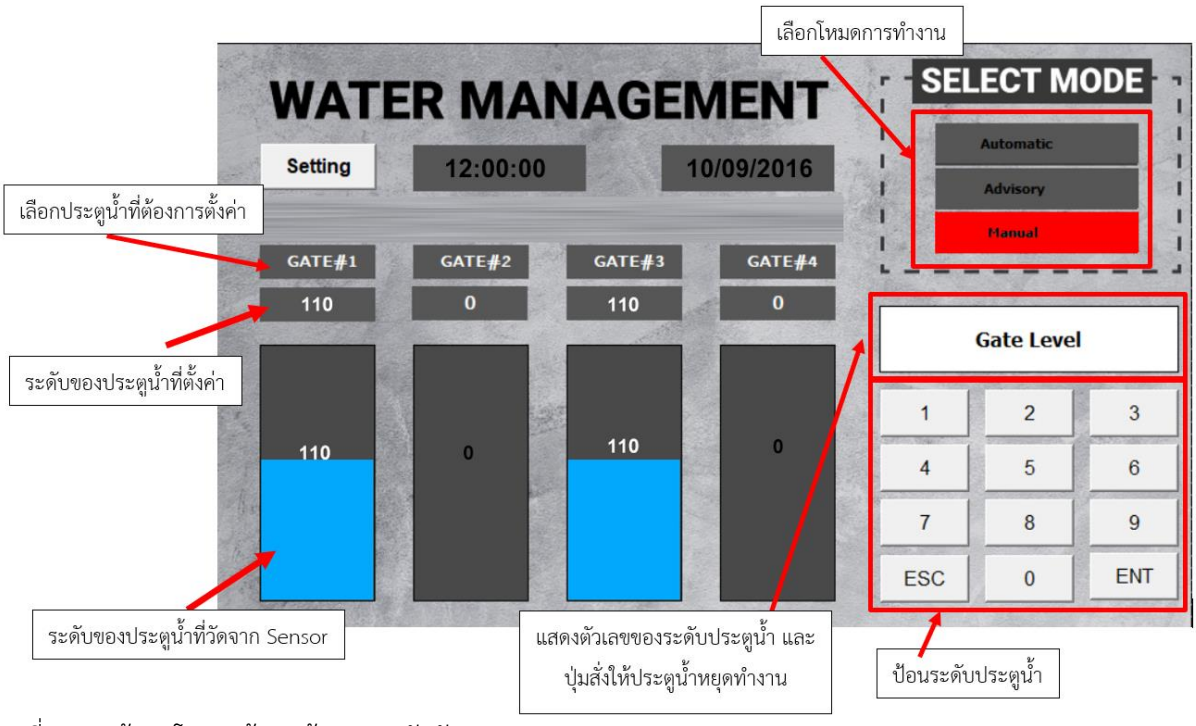
3) ผู้ใช้งานสามารถควบคุมระดับของประตูน้ำ 4 บานดังรูปที่ 3-18 โดยการควบคุมระดับของประตูน้ำให้กดเลือกประตูที่ต้องการจะปรับระดับ จากนั้นป้อนตัวเลขระบุระดับของประตูน้ำที่ต้องการจะเปิด แล้วกดปุ่ม ENT ถ้าต้องการแก้ไขข้อมูลให้กดปุ่ม ESC เพื่อยกเลิกข้อมูลที่ป้อนไว้

4) การปรับตั้งค่า แสดงดังรูปที่ 3-19 โดยการควบคุมระดับของประตูน้ำให้กดเลือกประตูที่ต้องการจะปรับระดับ จากนั้นกดปุ่ม UP เพื่อปรับยกระดับของประตูน้ำขึ้น หรือ กดปุ่ม DW เพื่อปรับลดระดับของประตูน้ำลง เมื่อประตูน้ำถึงระดับที่ต้องการแล้วให้กดปุ่ม STOP เพื่อสั่งให้ประตูน้ำหยุด

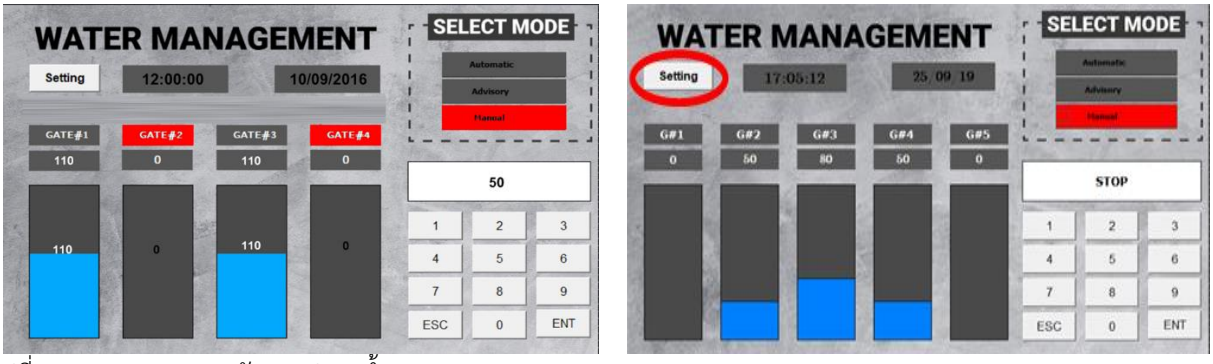
5) การ Calibration Sensor ผ่านตู้คอนโทรล ให้ตั้งระดับประตูน้ำไปยังตำแหน่งปิดสนิด แล้วกดเลือกประตูที่ต้องการจะ Calibration Sensor (Set Zero) จากนั้นกดปุ่ม Zero Calibration เพื่อตั้งค่า Sensor แสดงดังรูปที่ 3-20

6) การเลือกใช้ตู้คอนโทรลระหว่างตู้ของระบบเดิมกับระบบควบคุมประตูน้ำแบบอัตโนมัติ โดยการกดปุ่ม TRADITIONAL SYSTEM เพื่อกลับไปใช้ตู้คอนโทรลของระบบเดิม โดยการกลับไปเลือกใช้ตู้คอนโทรลระบบควบคุมประตูน้ำแบบอัตโนมัติ สามารถทำได้โดยการกดปุ่ม REMOTE CONTROL SYSTEM เพื่อกลับไปใช้ตู้คอนโทรลของระบบเดิม แสดงดังรูปที่ 3-21

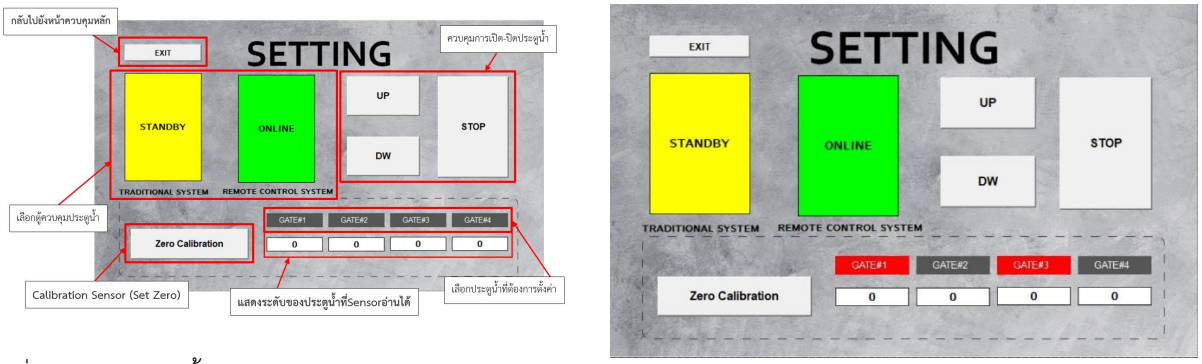
รูปที่ 3-16 รูปแบบของสวิตซ์และหน้าจอแสดงผล



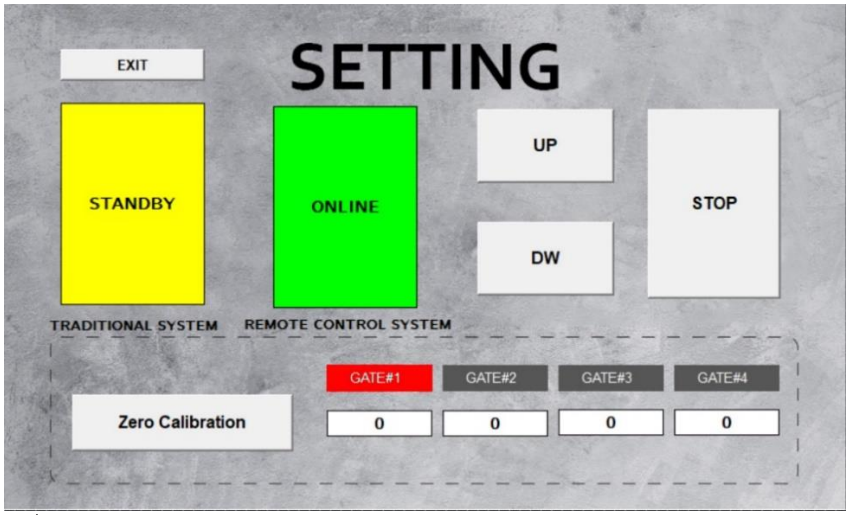
รูปที่ 3-17 ตู้คอนโทรลพร้อมหน้าจอแบบสัมผัส



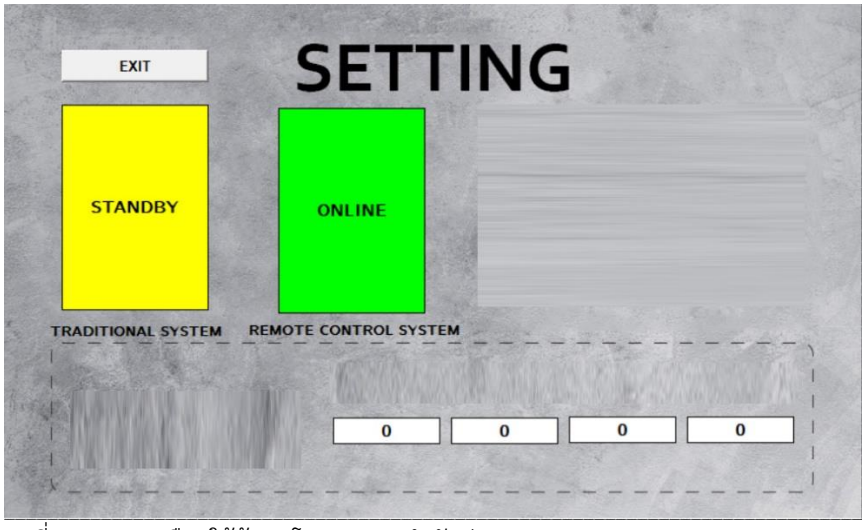
รูปที่ 3-18 การควบคุมระดับของประตูน้ำ 4 บาน และ 5 บาน



รูปที่ 3-19 การปรับตั้งค่าผ่านตู้คอนโทรล



รูปที่ 3-20 การ Calibration ผ่านตู้คอนโทรล



รูปที่ 3-21 การเลือกใช้ตู้คอนโทรล ทรบ.กำนันอ่ำ

3.2.3 การปรับเทียบระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ

ผลการทดสอบความแม่นยำของ ทรบ.ท่อทองแดง จากเซนเซอร์วัดระดับประตูน้ำบานที่ 1, 3, 4 และ 5 ซึ่งมีระดับประตูน้ำจากการสั่งการอยู่ในช่วง 10-200 เมตร โดยพบว่า ประตูน้ำบานที่ 1 ความสูงของระดับประตูจากเซนเซอร์ (ซม.) และระดับประตูน้ำจากการสั่งการ (เมตร) มีผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 1 ซม. และผลต่างต่ำสุดอยู่ที่ -0.2 ซม. ผลต่างเฉลี่ย 0.5 ซม. ส่วนประตูน้ำบานที่ 3 มีผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 0.9 ซม. และผลต่างต่ำสุดอยู่ที่ -0.5 ซม. ผลต่างเฉลี่ย 0.4 ซม. ขณะที่ประตูน้ำบานที่ 4 มีผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 0.8 ซม. และผลต่างต่ำสุดอยู่ที่ -0.9 ซม. ผลต่างเฉลี่ย 0.06 ซม. และประตูน้ำบานที่ 5 มีผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 0.7 ซม. และผลต่างต่ำสุดอยู่ที่ -0.9 ซม. ผลต่างเฉลี่ย 0.2 ซม. รายละเอียดดังตารางที่ 3-3 และ 3-4 และรูปที่ 3-21 ขั้นตอนและวิธีการวัดผลหลัง Calibrate เซนเซอร์วัดระดับประตูน้ำ มีขั้นตอนดังนี้

- กำหนดระยะเปิดบานของประตูไปที่ 0 เซนติเมตร พร้อมทั้ง Set Zero
- กำหนดจุดอ้างอิงสำหรับการวัดระยะเปิดบานประตู
- ทำการ Mark จุดเริ่มต้นบนลวดสลิงของ Linear Potentiometer
- กำหนดระยะเปิดบานของประตูไปที่ 10 เซนติเมตร
- ทำการ Mark จุดบนลวดสลิงของ Linear Potentiometer ที่ตำแหน่ง 10 เซนติเมตร

- ทำการวัดระยะและบันทึกผลความคลาดเคลื่อนระหว่างจุดอ้างอิงและจุดบนลวดสลิงของ Linear Potentiometer ที่ตำแหน่ง 10 เซนติเมตร
- กำหนดระยะเปิดบานของประตูไปอีก 10 เซนติเมตร
- ทำการวัดระยะและบันทึกผลความคลาดเคลื่อนระหว่างจุดอ้างอิงและจุดบนลวดสลิงของ Linear Potentiometer ที่ตำแหน่งถัดมา
- จากนั้นเพิ่มระยะเปิดบานประตูทีล่ะ 10 เซนติเมตร และบันทึกผล จนถึงระยะเปิดบานประตูที่ระดับ 200 เซนติเมตร

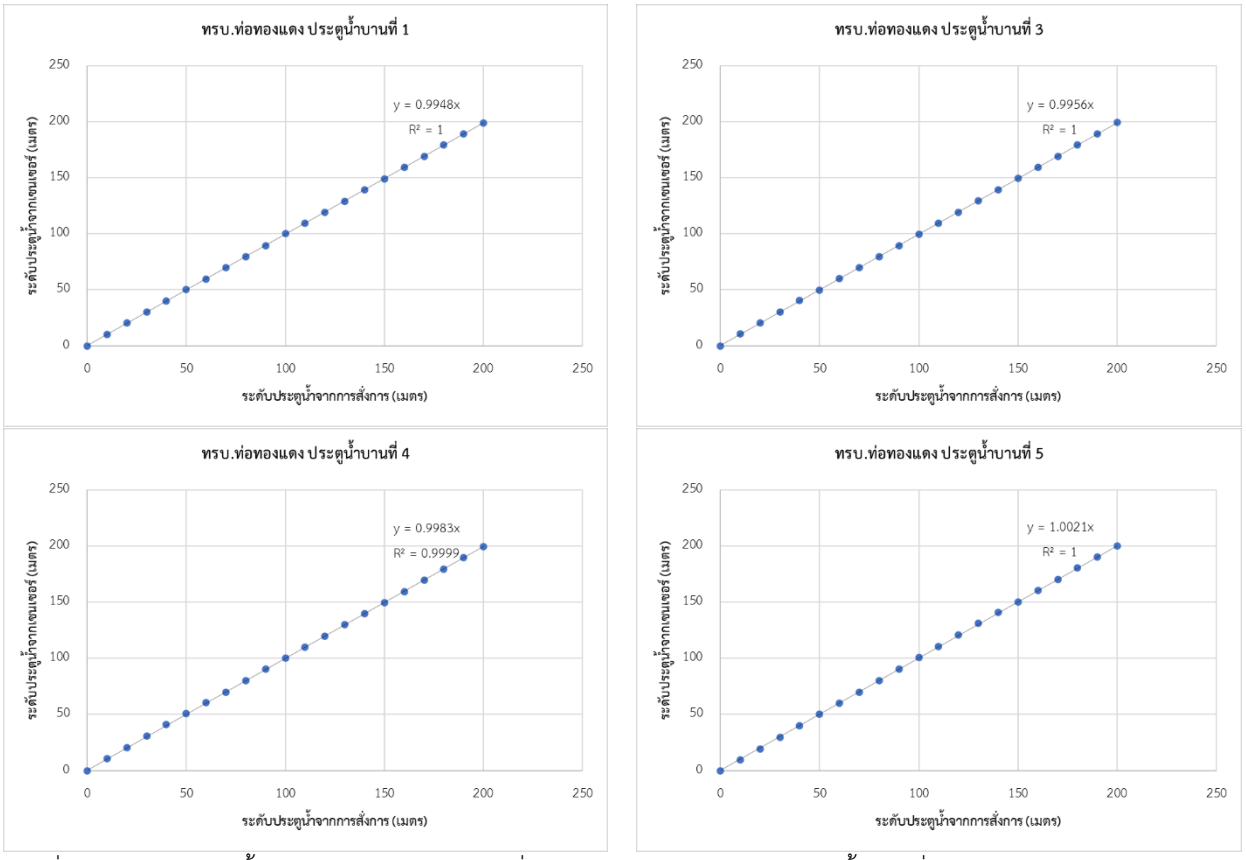
ตารางที่ 3-3 ผลการตรวจวัดประตูน้ำบานที่ 1 และ 3

ผลการตรวจวัดประตูน้ำบานที่ 1			ผลการตรวจวัดประตูน้ำบานที่ 3		
ระดับประตูน้ำจากการสั่งการ (เมตร)	ระดับประตูจากเซนเซอร์ (ซม.)	ผลต่าง (ซม.)	ระดับประตูน้ำจากการสั่งการ (เมตร)	ระดับประตูจากเซนเซอร์ (ซม.)	ผลต่าง (ซม.)
0	0	0	0	0	0
10	10.2	-0.2	10	10.5	-0.5
20	20.2	-0.2	20	20.3	-0.3
30	30.2	-0.2	30	30	0
40	40	0	40	40.3	-0.3
50	50.1	-0.1	50	49.8	0.2
60	59.6	0.4	60	59.8	0.2
70	69.7	0.3	70	69.8	0.2
80	79.6	0.4	80	79.6	0.4
90	89.4	0.6	90	89.5	0.5
100	99.9	0.1	100	99.7	0.3
110	109.1	0.9	110	109.5	0.5
120	119.2	0.8	120	119.1	0.9
130	129.1	0.9	130	129.2	0.8
140	139.2	0.8	140	139.2	0.8
150	149.1	0.9	150	149.3	0.7
160	159.2	0.8	160	159.2	0.8
170	169	1	170	169.2	0.8
180	179.2	0.8	180	179.5	0.5
190	189.1	0.9	190	189.2	0.8
200	199	1	200	199.2	0.8

ตารางที่ 3-4 ผลการตรวจวัดประตูน้ำบานที่ 4 และ 5

ผลการตรวจวัดประตูน้ำบานที่ 4		
ระดับประตูน้ำจากการสั่งการ (เมตร)	**ระดับประตูจากเซนเซอร์ (ซม.)**	**ผลต่าง (ซม.)**
0	0	0
10	10.8	-0.8
20	20.5	-0.5
30	30.7	-0.7
40	40.9	-0.9
50	50.8	-0.8
60	60.8	-0.8
70	70	0
80	80.1	-0.1
90	90.3	-0.3
100	100.3	-0.3
110	110.2	-0.2
120	119.9	0.1
130	130	0
140	139.5	0.5
150	149.4	0.6
160	159.4	0.6
170	169.5	0.5
180	179.2	0.8
190	189.4	0.6
200	199.4	0.6

ผลการตรวจวัดประตูน้ำบานที่ 5		
ระดับประตูน้ำจากการสั่งการ (เมตร)	**ระดับประตูจากเซนเซอร์ (ซม.)**	**ผลต่าง (ซม.)**
0	0	0
10	9.7	0.3
20	19.3	0.7
30	29.8	0.2
40	39.7	0.3
50	50	0
60	60	0
70	69.8	0.2
80	80.1	-0.1
90	90.5	-0.5
100	100.8	-0.8
110	110.5	-0.5
120	120.8	-0.8
130	130.9	-0.9
140	140.8	-0.8
150	150.2	-0.2
160	160.2	-0.2
170	170.1	-0.1
180	180.2	-0.2
190	190.2	-0.2
200	200	0



รูปที่ 3-22 ระดับประตูน้ำจากเซนเซอร์และจากการสั่งการของทรบ.ท่อทองแดง ประตูน้ำบานที่ 1, 3, 4 และ 5

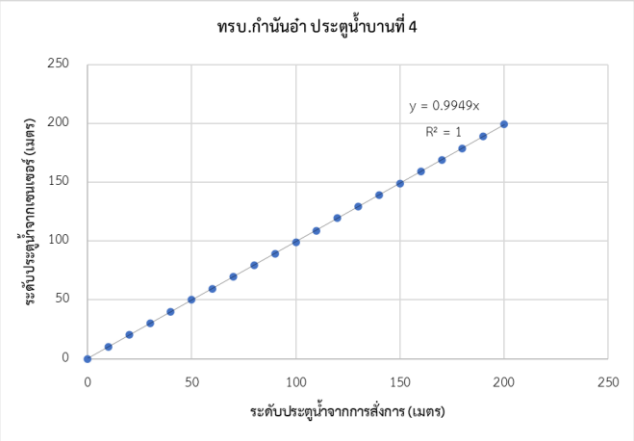
ผลการทดสอบความแม่นยำของ ทรบ กำนันอำ จากเซนเซอร์วัดระดับประตูน้ำบานที่ 4 ซึ่งมีระดับประตูน้ำจากการสั่งการอยู่ในช่วง 10-200 เมตร โดยพบว่า ประตูน้ำบานที่ 4 ความสูงของระดับประตูจากเซนเซอร์ (ซม.) และระดับประตูน้ำจากการสั่งการ (เมตร) มีผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 1 ซม. และผลต่างต่ำสุดอยู่ที่ -0.3 ซม. ผลต่างเฉลี่ย 0.5 ซม. รายละเอียดในตารางที่ 3-5 และรูปที่ 3-22

ตารางที่ 3-5 ผลการตรวจวัดประตูน้ำบานที่ 4

ผลการตรวจวัดประตูน้ำบานที่ 4		
ระดับประตูน้ำจากการสั่งการ (เมตร)	**ระดับประตูจากเซนเซอร์ (ซม.)**	**ผลต่าง (ซม.)**
0	0	0
10	10.3	-0.3
20	20.3	-0.3
30	30	0
40	40	0
50	50.1	-0.1
60	59.7	0.3
70	69.5	0.5
80	79.6	0.4
90	89.2	0.8
100	99.1	0.9
110	109	1
120	119.5	0.5

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) ผลการตรวจวัดประตูน้ำบานที่ 4

ผลการตรวจวัดประตูน้ำบานที่ 4		
ระดับประตูน้ำจากการสั่งการ (เมตร)	**ระดับประตูจากเซนเซอร์ (ซม.)**	**ผลต่าง (ซม.)**
130	129.5	0.5
140	139.4	0.6
150	149	1
160	159.2	0.8
170	169.1	0.9
180	179	1
190	189	1
200	199.5	0.5

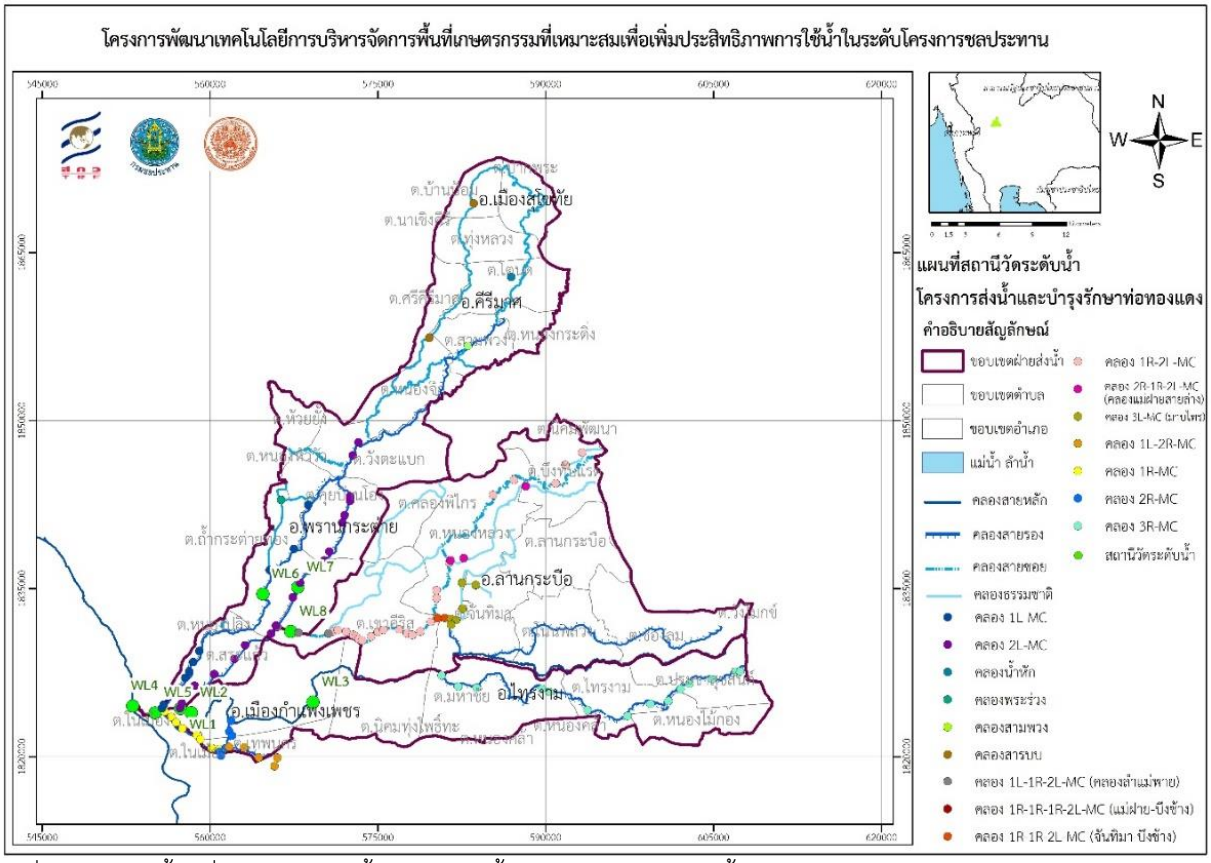


รูปที่ 3-23 ระดับประตูน้ำจากเซนเซอร์และจากการสั่งการของทรบ.กำนันอำ ประตูน้ำบานที่ 4

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time

การดำเนินงานติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำในคลองส่งสายหลักแบบอัตโนมัติจำนวน 8 จุด ประกอบด้วย คลองส่งน้ำสายหลักท่อทองแดง, MC จำนวน 5 จุด คลองส่งน้ำสายซอย 1R-MC จำนวน 1 จุด คลองส่งน้ำสายซอย 2L-MC จำนวน 1 จุด และคลองส่งน้ำสายแยกซอย 1L-1R-2L-MC จำนวน 1 จุด ครอบคลุมทั้งฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 2 และ 3 ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงในพื้นที่ ต.สระแก้ว ต.หนองปลิง อ.เมืองกำแพงเพชร ต.ถ้ำกระต่ายทอง ต.เขาคีรีส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร แสดงจุดติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำทั้งหมด 8 จุดดังรูปที่ 4-1 โดยเครื่องมือวัดระดับน้ำทั้ง 4 จุด ในตำแหน่งด้านเหนือ-ท้าย ปตร. ใช้ในการติดตามระดับน้ำผ่าน ทรบ. เพื่อคำนวณอัตราการไหล ส่วนอีก 4 จุดใช้ในการติดตามระดับน้ำในคลองที่เป็นจุดกระจายจากคลองส่งน้ำสายหลักไปยังคลองส่งน้ำสายซอยในฝ่ายส่งน้ำที่ 1 ถึง 3 แสดงตำแหน่งของจุดติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำทั้ง 8 จุดดังรูปที่ 4-1 และสรุปรายละเอียดของพิกัดสถานีที่ทำการติดตั้งในตารางที่ 4-1



รูปที่ 4-1 จุดติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำสายหลัก โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 4-1 จุดติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

จุดที่	ชื่อ	พิกัด	ที่ตั้ง จ.กำแพงเพชร
1	คลอง MC เหนือ ทรบ.กำนันอำ (สบ.3)	16.499608, 99.537436	ต.สระแก้ว อ.เมืองกำแพงเพชร
2	คลอง MC ท้าย ทรบ.กำนันอำ (สบ.3)	16.496312, 99.546551	ต.สระแก้ว อ.เมืองกำแพงเพชร
3	ท้ายคลอง MC (สบ.3)	16.504611, 99.648528	ต.สระแก้ว อ.เมืองกำแพงเพชร
4	คลอง MC เหนือ ทรบ.ท่อทองแดง 5 บาน (สบ.3)	16.501826, 99.497410	ต.หนองปลิง อ.เมืองกำแพงเพชร
5	คลอง MC ท้าย ทรบ.ท่อทองแดง 5 บาน (สบ.3)	16.496250, 99.516139	ต.หนองปลิง อ.เมืองกำแพงเพชร

ตารางที่ 4-1 (ต่อ) จุดติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

จุดที่	ชื่อ	พิกัด	ที่ตั้ง จ.กำแพงเพชร
6	คลอง 1R-MC (สบ.1)	16.591966, 99.606739	ต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.พรานกระต่าย
7	คลอง 2L-MC (สบ.2)	16.597308, 99.636060	ต.เขาคีรีส อ.พรานกระต่าย
8	คลอง 1L-1R-2L-MC (สบ.2)	16.561582, 99.630035	ต.เขาคีรีส อ.พรานกระต่าย

4.1 การพัฒนาระบบตรวจวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

4.1.1 หลักการทำงานของระบบตรวจวัดระดับน้ำอัตโนมัติ

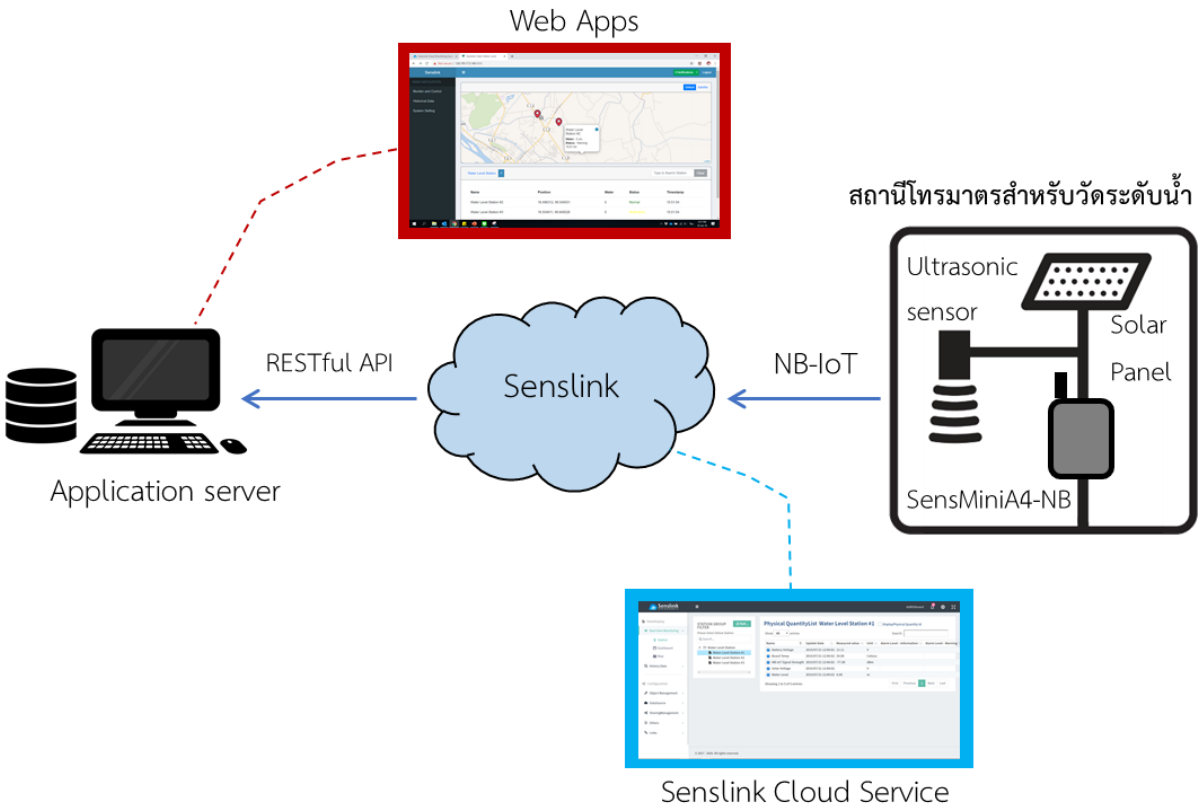
ข้อมูลของระดับน้ำในคลองเป็นหนึ่งในตัวแปรที่สำคัญต่อการคำนวณปริมาณการใช้น้ำ และการต่อยอดไปสู่การพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำในอนาคต ดังนั้นเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) จึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ถูกมานำมาใช้เพื่อตอบโจทย์ในเรื่องของการวัด การเก็บข้อมูล และการส่งข้อมูล ซึ่งเครื่องโทรมาตรก็เป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของเทคโนโลยี IoT อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเครื่องโทรมาตรดังกล่าวนั้นจะสามารถทำการวัด เก็บข้อมูล และส่งข้อมูลได้ แต่ปัญหาในเรื่องของความทนทานต่อสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีอุณภูมิสูง ขนาดอุปกรณ์ที่ใหญ่ และการใช้พลังงานสูง ก็ยังคงเป็นอุปสรรคที่สำคัญที่เครื่องโทรมาตรแบบเก่านั้นยังคงพบเจออยู่ ดังนั้นภายใต้โครงการวิจัยนี้ เครื่องโทรมาตรขนาดเล็ก (โมเดล: SensMini A4-NB) ได้ถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยเครื่อง SensMini A4-NB ซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักของสถานีวัดระดับน้ำอัตโนมัติ จะถูกนำไปติดตั้งตามพิกัดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อการใช้ในการคำนวณปริมาณการใช้น้ำในคลองชลประทาน

เครื่องมือหรืออุปกรณ์บนสถานีวัดระดับน้ำอัตโนมัติประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1) เครื่องโทรมาตร SensMini A4-NB รองรับสัญญาณ NB-IoT 2) Ultrasonic Sensor รุ่น HD320 เป็นเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำโดยใช้หลักการคลื่นสะท้อน 3) โซล่าเซลล์ขนาด 30 วัตต์ แสดงดังรูปที่ 4-2

รูปที่ 4-2 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ

เครื่อง SensMini A4-NB ทำการส่งข้อมูลระดับน้ำที่วัดได้จาก Ultrasonic sensor ไปยัง Senslink Cloud ผ่านสัญญาณ NB-IoT โดย Senslink Cloud จะทำหน้าที่ในการจัดเก็บข้อมูลและคัดกรองข้อมูลลงบน Cloud server จากนั้น Application server จะทำการดึงข้อมูลจาก Senslink ผ่าน RESTful API โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกบันทึกลงบน Local server ของศูนย์วิจัยวิศวกรรมน้ำและโครงสร้างพื้นฐาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ แสดงภาพรวมการทำงานของระบบตรวจวัดระดับน้ำอัตโนมัติดังรูปที่ 4-3

เครื่อง SensMini A4-NB ที่ถูกติดตั้งตามพิกัดต่างๆ ในพื้นที่กลางแจ้งจะต้องอาศัยพลังงานจากแบตเตอรี่และโซล่าเซลล์ ดังนั้นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญต่อการทำงานของอุปกรณ์บนสถานีวัดระดับน้ำ เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงาน เครื่อง SensMini A4-NB จะทำการ sleep หรือปิดตัวเองชั่วคราวในช่วงที่ไม่มีการส่งข้อมูล กล่าวคือ ถ้าหากกำหนดให้มีการส่งข้อมูลทุกๆ 5 นาที เครื่อง SensMini A4-NB จะทำการ sleep และจะเปิดตัวเองขึ้นมาในนาทีที่ 4 เพื่อเตรียมพร้อมต่อการส่งข้อมูลในนาทีที่ 5 เป็นต้น



รูปที่ 4-3 ภาพรวมการทำงานของระบบตรวจวัดระดับน้ำอัตโนมัติ

4.1.2 ข้อได้เปรียบเสียเปรียบของระบบตรวจวัดระดับน้ำอัตโนมัติ เมื่อเทียบกับระบบอื่น

เมื่อเปรียบเทียบข้อได้เปรียบเสียเปรียบของอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำจากกงานวิจัยนี้ซึ่งใช้หัววัดระดับน้ำเป็นแบบ Ultrasonic กับการวัดระดับน้ำแบบ Pressure Sensor ซึ่งจะให้ค่าที่แม่นยำกว่า (ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม) แต่ก็เป็นผลต่างเพียงน้อยนิดหากเทียบกับ Ultrasonic Sensor ที่มีคุณภาพ และด้วยตำแหน่งและสภาพแวดล้อมในการติดตั้งเพื่อวัดผล การใช้ Ultrasonic Sensor จะมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงและดูแลรักษาที่ต่ำกว่า Pressure Sensor เนื่องจากลักษณะของน้ำที่มีดินตะกอนจะทำให้เกิดการอุดตันในท่อประกอบเซ็นเซอร์ ทำให้เกิดการทำความสะอาดและบำรุงรักษาที่มากกว่า Ultrasonic Sensor อีกทั้ง Pressure Sensor เหมาะสำหรับน้ำนิ่งหรือน้ำไหลเฉื่อย, บ่อน้ำ, น้ำที่มีความขุ่นของน้ำคงที่, น้ำไม่ขุ่นมาก, กรณีที่ไม่สามารถติดตั้งเซ็นเซอร์เหนือผิวน้ำได้

โดยทั่วไปแล้วเครื่องโทรมาตรในรูปแบบเก่าจะเป็นการประกอบโมดูลอุตสาหกรรมต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น Data Logger, 3G/4G modem, Charger controller ดังแสดงในรูป การประกอบอุปกรณ์ในลักษณะดังกล่าวส่งผลให้เครื่องโทรมาตรรูปแบบเก่ามีข้อจำกัดในเรื่องของ ขนาดที่ใหญ่ การใช้พลังงานที่สูง ความทนทานต่อสภาพแวดล้อมภายนอกที่ต่ำ และความยืดหยุ่นต่อการใช้งานที่ต่ำ เนื่องจากอุปกรณ์หรือโมดูลอุตสาหกรรมต่างถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในจุดที่สามารถต่อไฟฟ้าได้ ซึ่งอาจจะไม่ได้ให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานเท่าที่ควร จึงทำให้เครื่องโทรมาตรแบบเก่าต้องใช้แบตเตอรี่ขนาดใหญ่เพื่อรองรับการใช้พลังงานที่สูง โดยการใช้พลังงานที่สูงนั้นจะส่งผลต่อเนื่องกับอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ และจะส่งผลต่อความถี่ในการบำรุงรักษาแบตเตอรี่ตามลำดับ จะเห็นว่าการใช้พลังงานของอุปกรณ์นั้นมีความสำคัญอย่างมากในกรณีที่เครื่องโทรมาตรจะต้องไปติดตั้งในจุดที่ไม่สามารถดึงไฟฟ้ามาใช้ได้ นอกจากนั้น เนื่องจากเทคโนโลยีในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ความยืดหยุ่นในการพัฒนาเครื่องโทรมาตรให้ทันตามเทคโนโลยีจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งเครื่องโทรมาตรในรูปแบบเก่าอาจจะทำการพัฒนาแก้ไขได้ยาก เพราะการเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในหรือการปรับแก้ระบบไม่สามารถทำได้ง่าย แสดงตัวอย่างการติดตั้งเครื่อง SensMini A4-NB บนคลองขนาดเล็กดังรูปที่ 4-4

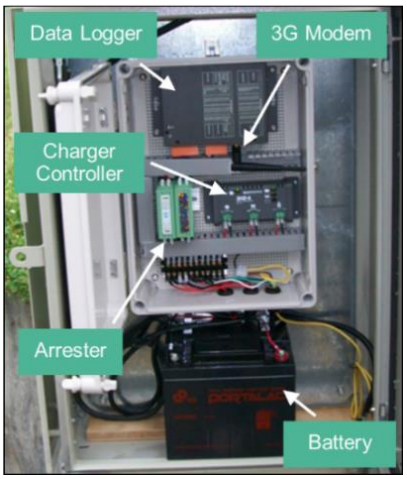
ในทางกลับกันเทคโนโลยีภายในเครื่อง SensMini A4-NB เป็นการออกแบบมาเพื่อตอบโจทย์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากระบบโทรมาตรในรูปแบบเดิม โดยมีตัวอุปกรณ์สามารถ sleep หรือ ปิดตัวเองชั่วคราวในช่วงที่ไม่มีการส่งข้อมูลได้ ซึ่ง Power save mode สามารถลดการใช้พลังงานไปได้ถึง 7-8 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานแบบที่ปิด Power save mode เมื่อเครื่อง SensMini A4-NB สามารถประหยัดพลังงานได้มากขึ้น ขนาดของแบตเตอรี่ก็สามารถทำให้เล็กลงได้ ซึ่งเครื่อง SensMini A4-NB มีขนาดเท่ากับขนาดกระดาษ A4 เท่านั้น โดย Housing เป็นวัสดุอลูมิเนียมและถูกออกแบบมาเป็นครีบเพื่อช่วยในการระบายความได้ดีขึ้น และได้รับมาตรฐาน IP68 (ซึ่งเป็นมาตรฐานที่จะเป็นตัวบอกว่าอุปกรณ์หรือเครื่องมือนั้นๆ มีความสามารถที่จะป้องกันฝุ่นได้สมบูรณ์ และมีความสามารถที่จะป้องกันการแทรกซึมของน้ำจากการแช่ตัวอุปกรณ์ในน้ำได้แบบถาวร) ในส่วนของการสื่อสารนั้น เครื่อง SensMini A4-NB สามารถรองรับรูปแบบการสื่อสารได้สูงสุด 2 รูปแบบ โดยรุ่น SensMini A4-NB นั้นเป็นรุ่นที่รองรับการสื่อสารทั้งในรูปแบบ 3G/4G และ NB-IoT ซึ่งถ้าหากต้องการเปลี่ยนรูปแบบการสื่อสารเป็น LoRaWAN ก็สามารถทำได้เช่นกัน โดยเพียงแค่เปลี่ยนโมดูลสื่อสารและทำการอัพเดทโปรแกรมก็สามารถใช้งานได้ทันที จะเห็นได้ว่าเครื่อง SensMini A4-NB มีความยืดหยุ่นต่อการพัฒนาเพื่อให้ทันต่อเทคโนโลยีในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพแสดงเครื่องโทรมาตรวัดระดับน้ำในรูปแบบเก่าดังรูปที่ 4-5 สรุปข้อได้เปรียบเสียบเปรียบเมื่อเทียบกับระบบเดิมในตารางที่ 4-2 นอกจากนี้การรายงานข้อมูลผ่าน SensMini A4-NB จะมีการสำรองข้อมูลทั้งในส่วนของ Local Server และ Senslink Platform ซึ่งมีข้อดีต่างจาก Platform อื่นซึ่งไม่สามารถกู้คืนข้อมูลย้อนหลังในกรณีที่ระบบการสื่อสารของเครื่องโทรมาตรเกิดการขัดข้องและไม่สามารถใช้งานร่วมกับโมเดลคณิตศาสตร์ได้ โดยประกอบด้วยข้อได้เปรียบ ดังนี้

- สามารถกู้คืนข้อมูลย้อนหลังในกรณีที่ระบบการสื่อสารของเครื่องโทรมาตรเกิดการขัดข้อง หรือสูญหาย
- สามารถใช้งานร่วมกับโมเดลคณิตศาสตร์ (TensorFlow Model) เพื่อสร้างผลลัพธ์ที่ต้องใช้การวิเคราะห์โดย Machine Learning หรือ Deep Learning สามารถสร้างฟังก์ชันคณิตศาสตร์เพื่อแปลงค่าจากเซ็นเซอร์ให้เป็นรูปแบบที่กำหนดได้ เช่น แปลงค่าแรงดันไฟฟ้า (Raw Data) ให้เป็นค่าระดับน้ำ
- สามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนตามเงื่อนไขที่กำหนดได้แบบเฉพาะเจาะจงไปในแต่ละค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์
- สามารถในการแจ้งเตือนหากอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อมีการขาดหาย
- มี APIs ให้ช่องทางอื่น ๆ สามารถดึงข้อมูลไปใช้ได้

ตารางที่ 4-2 สรุปข้อได้เปรียบเสียเปรียบของระบบตรวจวัดระดับน้ำอัตโนมัติ เมื่อเทียบกับระบบอื่น

หัวข้อ	ระบบปัจจุบัน	ระบบใหม่
ขนาดของอุปกรณ์	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก
การติดตั้งอุปกรณ์	ยุ่งยากกว่า	ง่ายกว่า
มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมภายนอก	มีความทนทานน้อยกว่า	มีความทนทานสูงกว่า (IP68)
การใช้พลังงาน	ใช้พลังงานสูง	ใช้พลังงานต่ำ
ยืดหยุ่นต่อการพัฒนาโดยสามารถอัพเดท Firmware ได้	มีความยืดหยุ่นต่ำ	มีความยืดหยุ่นสูง
การรองรับสัญญาณโทรศัพท์	รองรับแค่ 3G/4G	รองรับ 3G/4G/NB-IoT

รูปที่ 4-4 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่อง SensMini A4-NB บนคลองขนาดเล็ก



รูปที่ 4-5 เครื่องโทรมาตรวัดระดับน้ำในรูปแบบเก่า

4.2 ผลการดำเนินงานพัฒนาเครื่องมือวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำสายหลัก

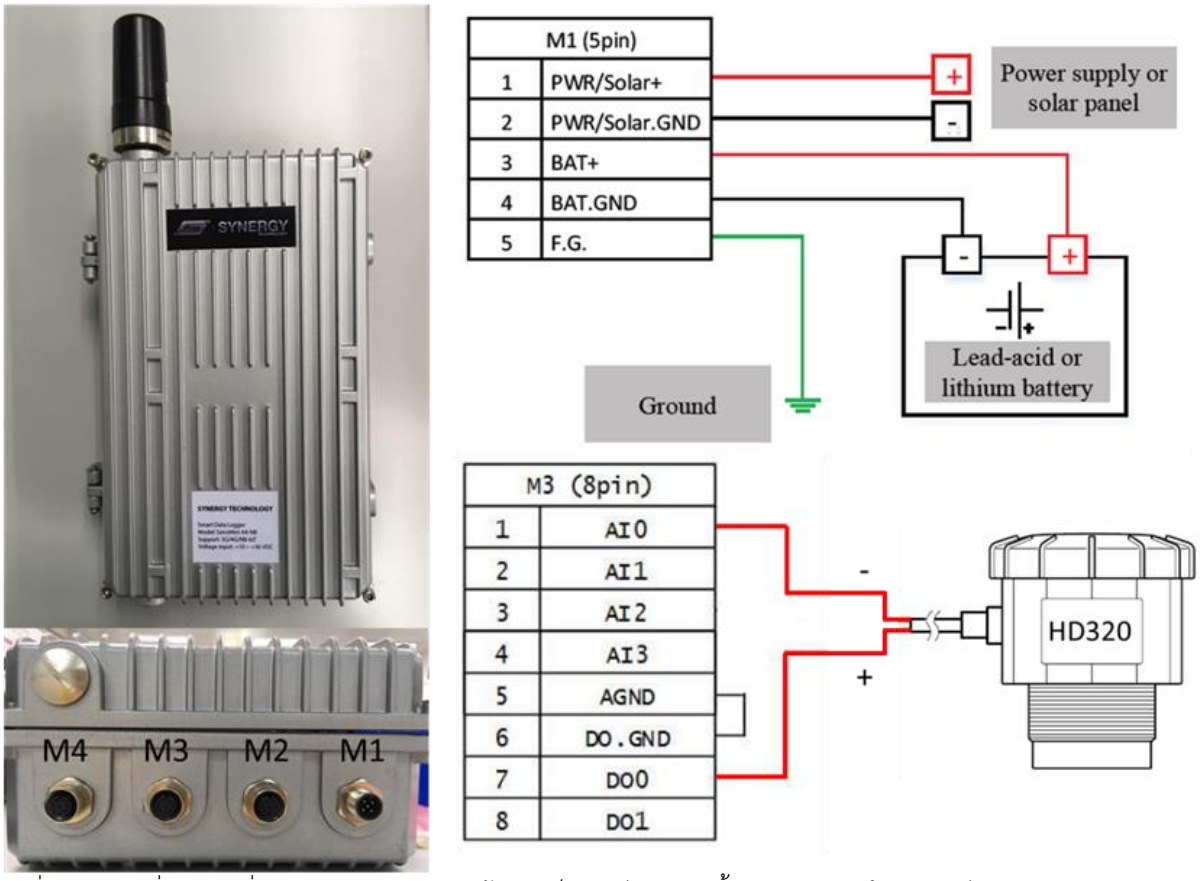
4.2.1 การเชื่อมโยงอุปกรณ์เครื่องมือวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำสายหลัก

อุปกรณ์ทุกส่วนจะมีการเข้าหัวสายไฟแบบ 5 pin และแบบ 8 pin เรียบร้อยแล้ว โดยหัวสายไฟแบบ 5 pin จะเป็นสายไฟของโซล่าเซลล์ และ หัวสายไฟแบบ 8 pin จะเป็นหัวสายไฟของเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ HD320 สำหรับการเชื่อมต่อสายไฟภายในนั้น สามารถอ้างอิงได้จากรูปและตารางที่ระบุความหมายของสีของสายไฟแต่ละเส้น แสดงรูปการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครื่อง SensMini A4-NB เข้ากับ เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ HD320 และโซล่าเซลล์ดังรูปที่ 4-6 และตารางแสดงสายไฟภายในเครื่องดังรูปที่ 4-7 และรูปแสดงหัวสายไฟแบบ 5 pin และ 8 pin ดังรูปที่ 4-8 โดยอุปกรณ์บนสถานีวัดระดับน้ำจะประกอบไปด้วยการเชื่อมต่อจาก 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1) ส่วนของการเชื่อมต่อระหว่าง เครื่อง SensMini A4-NB ที่ตำแหน่งสาย M1 เข้ากับแผงโซล่าเซลล์ขนาด 30 วัตต์ และทำการต่อสายดินเพื่อป้องกันสัญญาณระบบกวนจากภายนอก

2) ส่วนของการเชื่อมต่อระหว่าง เครื่อง SensMini A4-NB ที่ตำแหน่งสาย M3 เข้ากับเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ HD320

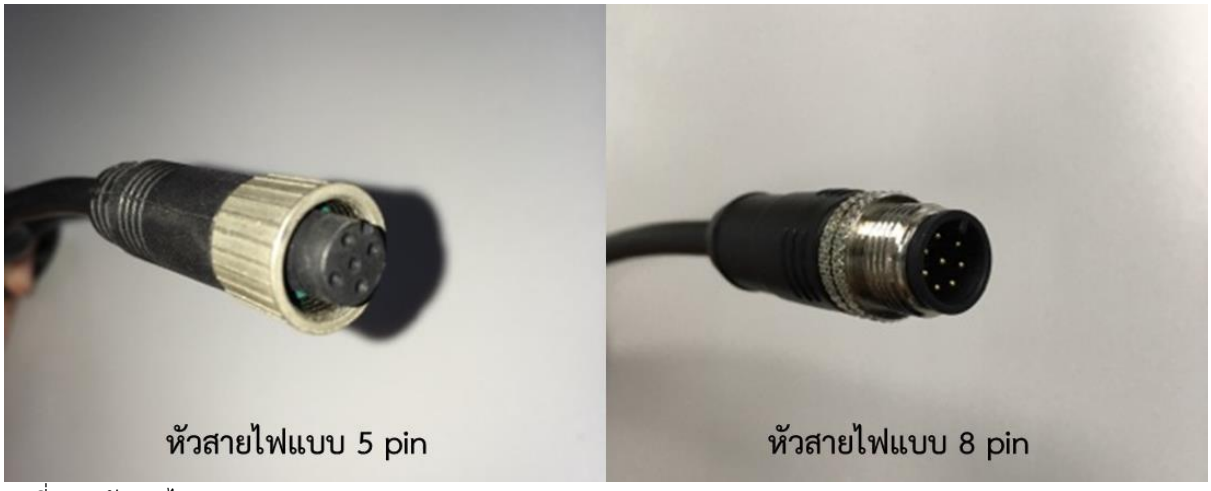
3) ส่วนของการเชื่อมต่อแบตเตอรี่ขนาด 22 AH เข้ากับเครื่อง SensMini A4-NB โดยในส่วนนี้จะเป็นการเชื่อมต่อสายภายในเครื่อง



รูปที่ 4-6 การเชื่อมต่อเครื่อง SensMini A4-NB เข้ากับ เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ HD320 และโซล่าเซลล์

Pin Assignment												
Pin	**C5**	**M1**	**C8**	**M2**		**C8**	**M3**			**C8**	**M4**	
1	Brown	PWR+	Brown	DI_COM		Brown	Differential mode	AI0+	Single-ended mode AI0	Brown	Ethernet	TX+
2	White	PWR. GND	Red	DI1		Red		AI0-	AI1	Red		TX-
3	Blue	BAT+	Orange	DI0		Orange		AI1+	AI2	Orange		RX+
4	Black	BAT. GND	Yellow	5V		Yellow		AI1-	AI3	Yellow		RX-
5	Green	F.G	Green	0V		Green	AGND			Green	RS-485 COM1	D+
6			Blue	RS-232 COM3	GND	Blue	DO.COM			Blue		D-
7			Purple		TX	Purple	DO1			Purple	RS-485 COM2	D+
8			Gray		RX	Gray	DO0			Gray		D-

รูปที่ 4-7 ตารางแสดง สายไฟภายในเครื่อง SensMini A4-NB



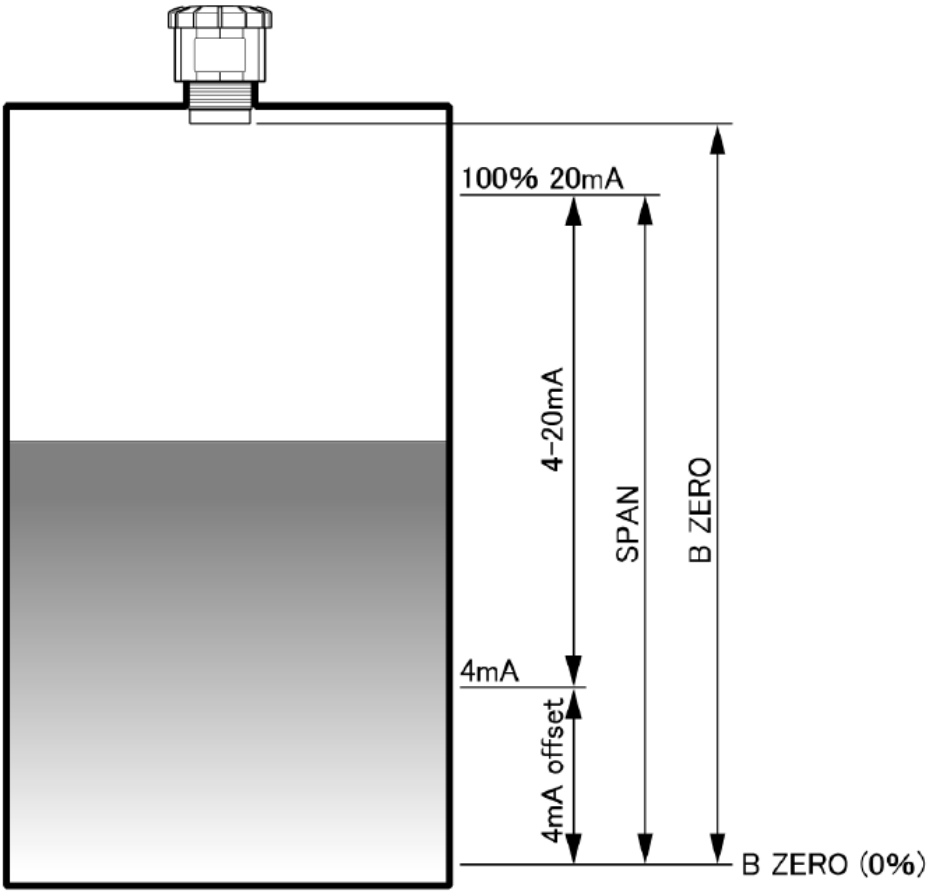
รูปที่ 4-8 หัวสายไฟแบบ 5 pin และ 8 pin

4.2.2 การทำงานของเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

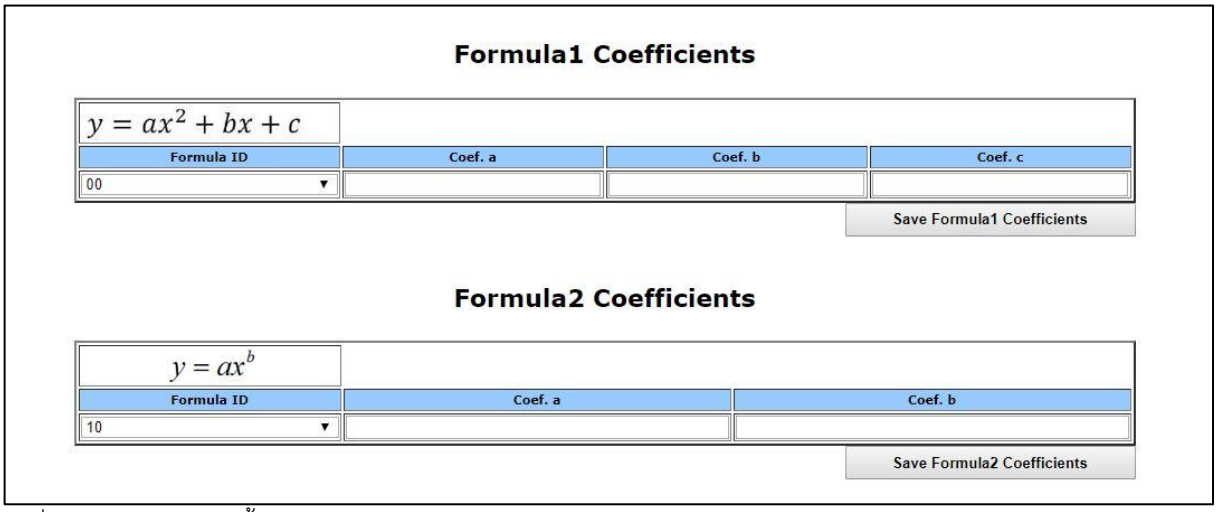
ระบบตรวจวัดระดับน้ำจะทำการเก็บข้อมูลของระดับน้ำทุกๆ 5 นาที ผ่านเครื่อง SensMini A4-NB ก่อนที่จะถูกส่งไปยัง Senslink Cloud ผ่านเครือข่าย NB-IoT โดยเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำจะทำการส่งสัญญาณมาตรฐานแบบ 4-20 mA ไปยังเครื่อง SensMini A4-NB ซึ่งในการติดตั้งครั้งแรกจะต้องมีการกำหนดจุดอ้างอิงของการวัด (Calibrate) โดยการระบุระยะห่างระหว่างหัววัดไปยังพื้นคลองชลประทานเพื่อใช้เป็นตัวเลขอ้างอิงในการคำนวณ ซึ่งตัวเลขดังกล่าวจะถูกตั้งค่าอยู่ในตัวแปร SPAN และ B ZERO ของเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ HD320 แสดงรูปการเชื่อมต่ออุปกรณ์บนสถานีวัดระดับน้ำ แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์บนสถานีวัดระดับน้ำดังรูปที่ 4-9

รูปที่ 4-9 การเชื่อมต่ออุปกรณ์บนสถานีวัดระดับน้ำ

รูปที่ 4-10 แสดงค่าพารามิเตอร์ภายในเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ โดย B ZERO คือ ระยะห่างระหว่างจากหัวเซ็นเซอร์ไปยังก้นคลอง หรือ ระยะห่างจากหัวเซ็นเซอร์ไปยังระดับ 0% SPAN คือ ระดับจาก 0% ถึง 100% โดยระดับที่ 0% คือระดับที่ถูกกำหนดโดยค่า B ZERO หลังจากทำการตั้งค่า B ZERO และ SPAN บนเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ HD320 แล้ว ค่าสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mA ที่วัดได้จะถูกส่งมายังเครื่อง SensMini A4-NB โดยภายในเครื่อง SensMini A4-NB จะต้องมีการตั้งสมการ (Linear equation) เพื่อทำการแปลงค่าสัญญาณดังกล่าวให้เป็นค่าของระดับน้ำก่อนที่จะส่งค่าไปยัง Senslink Cloud แสดงส่วนของการตั้งค่าสมการภายในอุปกรณ์ SensMini A4-NB ดังรูปที่ 4-11

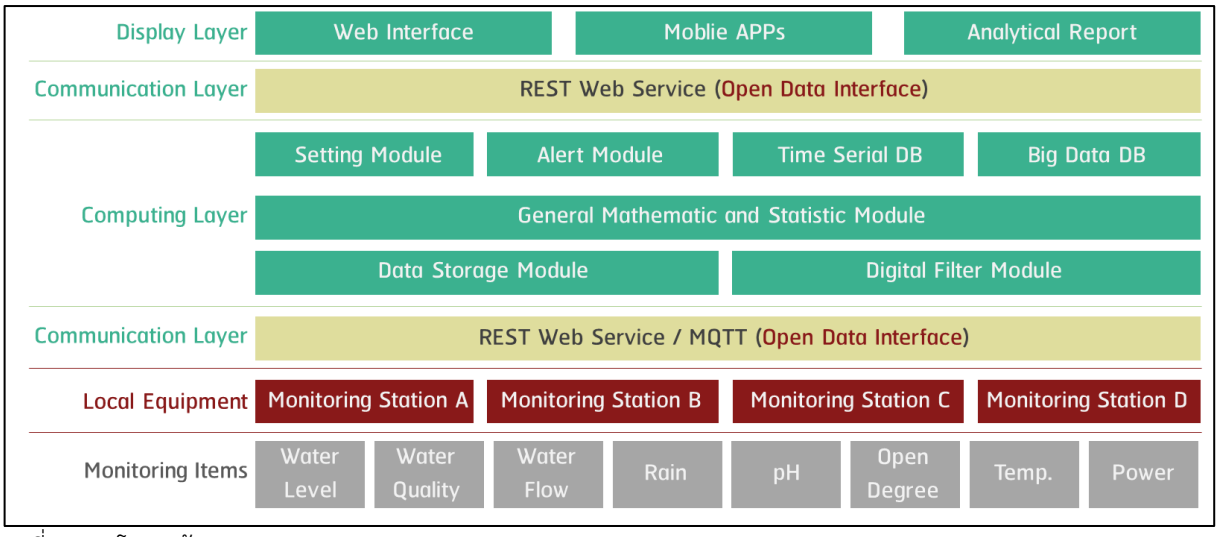


รูปที่ 4-10 พารามิเตอร์ภายในเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ



รูปที่ 4-11 ส่วนของการตั้งค่าสมการภายในอุปกรณ์ SensMini A4-NB

Senslink Cloud ทำการรับค่าจากเครื่อง SensMini A4-NB เพื่อนำมาแสดงผลแบบ Real-time และทำการเก็บค่าลงบน Cloud server โดย Senslink Cloud ยังมีบริการ REST Web Service API เพื่อที่ผู้ใช้งานจะสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็น Web Application ของตัวเองได้ แสดงโครงสร้างของ Senslink Cloud ดังรูปที่ 4-12



รูปที่ 4-12 โครงสร้างของ Senslink Cloud

4.2.3 การตั้งค่าการสอบเทียบเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

การ Calibrate อุปกรณ์วัดระดับน้ำจะต้องทำการวัดระยะจากก้นคลองจนถึงหัวเซ็นเซอร์ และระดับความลึกของน้ำ ณ ปัจจุบัน เพื่อใช้ในการตั้งค่า โดยวิธีการวัดระดับน้ำจะใช้ท่อเหล็กในการวัดระดับน้ำ โดยมีค่าที่ทำการ Calibrate ดังตารางที่ 4-3 แสดงรูปแบบการสอบเทียบเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติในการติดตั้งดังรูปที่ 4-13

ตารางที่ 4-3 การ Calibrate อุปกรณ์วัดระดับน้ำ

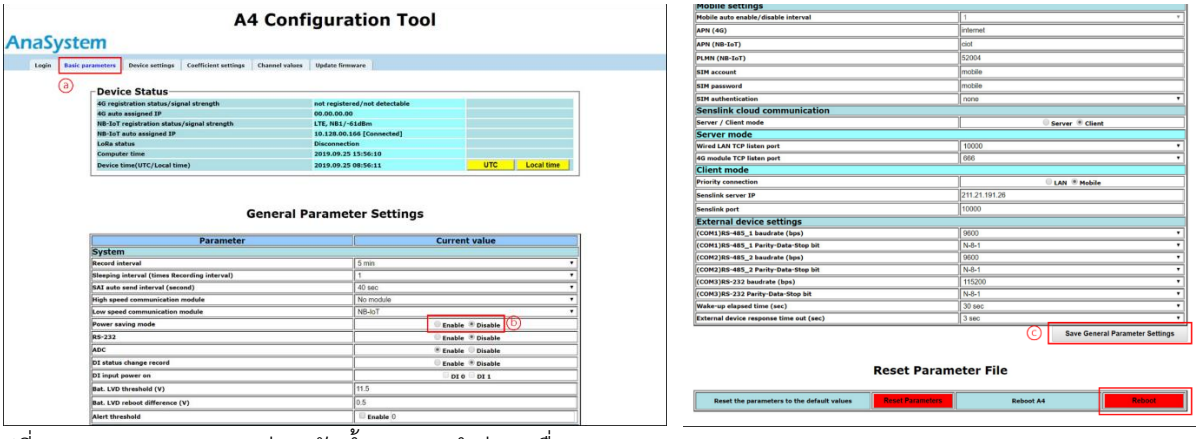
สถานีวัดระดับน้ำ	Coef. a	Coef. b	Coef. c	ระดับน้ำ (เมตร)	เวลา	วันที่
สถานีที่ 1	0	0.25	-1.04	2.95	09:45	24/09/2562
สถานีที่ 2	0	0.21875	-0.875	1.12	10:50	24/09/2562
สถานีที่ 3	0	0.25	-1	2.25	11:55	24/09/2562
สถานีที่ 4	0	0.3125	-1.234375	3.54	13:50	24/09/2562
สถานีที่ 5	0	0.3125	-1.225	2.67	14:45	24/09/2562
สถานีที่ 6	0	0.25	-1.05	1.81	17:40	24/09/2562
สถานีที่ 7	0	0.21875	-0.868438	1.15	16:55	23/09/2562
สถานีที่ 8	0	0.25	-0.975	2.06	18:00	23/09/2562

รูปที่ 4-13 การวัดระดับน้ำเพื่อการ Calibrate อุปกรณ์วัดระดับน้ำ

การ Calibrate ค่าระดับน้ำสามารถทำผ่านเครื่อง SensMini A4-NB ได้ตามขั้นตอนดังนี้

1) ทำการ Login ผ่าน Browser เข้ามาที่ตัวอุปกรณ์ เพื่อทำการปิดโหมดประหยัดพลังงาน Power Saving Mode (เนื่องจากอุปกรณ์จะเข้าโหมด Sleep ทุก ๆ 5 นาที ดังนั้นผู้ใช้งานจึงต้องปิดโหมดดังกล่าวก่อน เพื่อที่จะสามารถทำงานในส่วนอื่นต่อได้โดยที่เครื่องไม่ดับ) แสดงดังรูปที่ 4-15

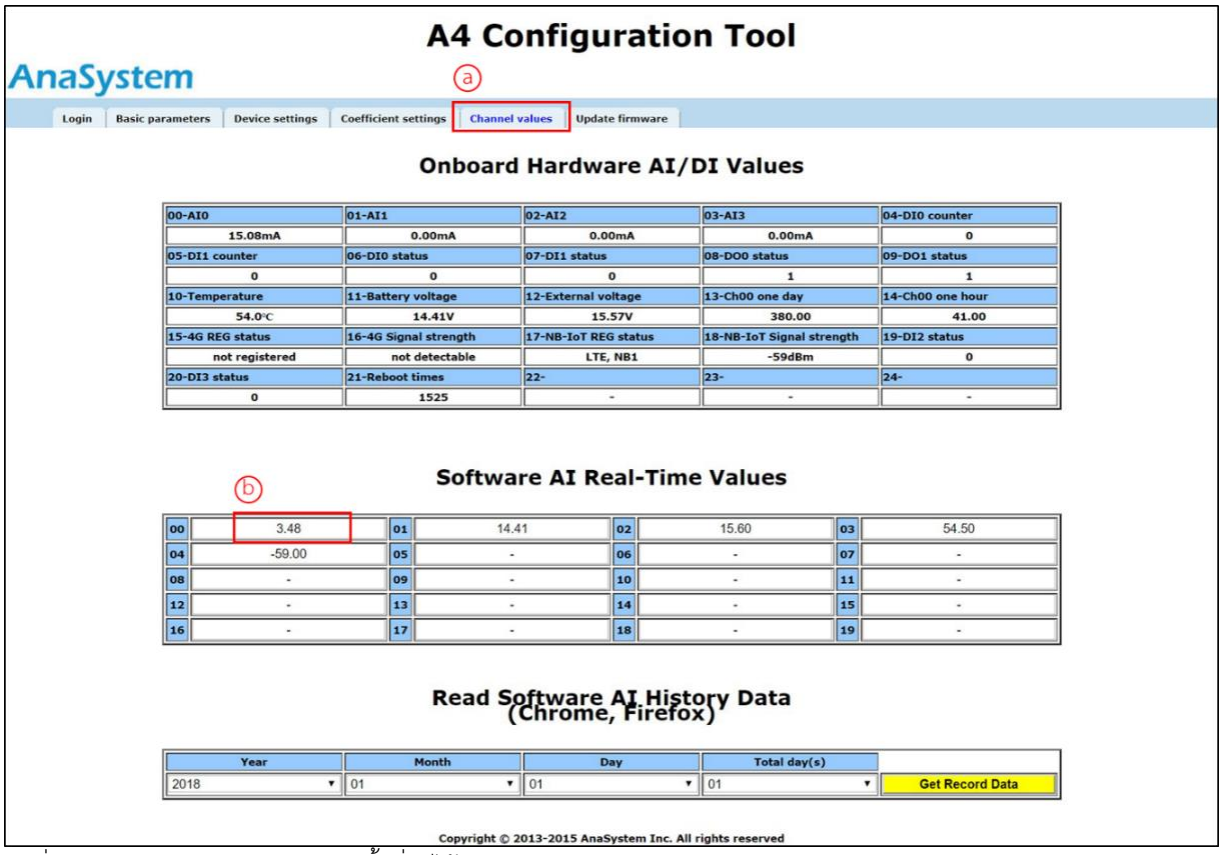
- เลือกที่หัวข้อ “Basic parameters”
- ไปที่หัวข้อย่อย “Power saving mode” แล้วเลือก “Disable”
- กด “Save General Parameter Settings” (หลังกดจะมี Pop-Up ขึ้นมาให้กด “OK”)
- กด “Reboot” (หลังกดจะมี Pop-Up ขึ้นมาให้กด “OK”)



รูปที่ 4-14 การ Calibrate ค่าระดับน้ำสามารถทำผ่านเครื่อง SensMini A4-NB

2) เข้าไปดูค่าระดับน้ำที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จาก staff gauge รูปที่ 4-15

- เลือกที่หัวข้อ “Channel values”
- ดูค่าที่วัดได้แบบ Real-time ได้ที่ Ch 00



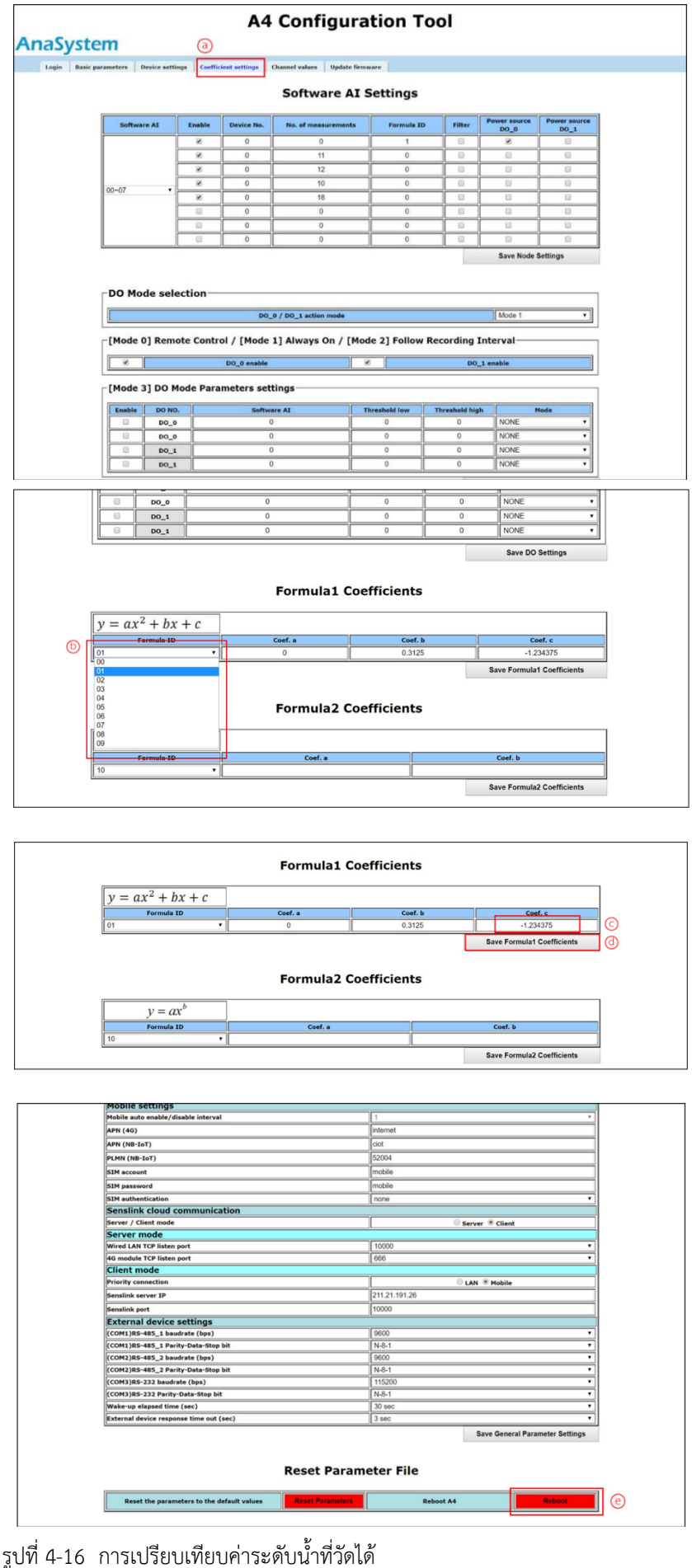
รูปที่ 4-15 การเปรียบเทียบค่าระดับน้ำที่วัดได้

3) ทำการ Calibrate ค่าจากเซ็นเซอร์ให้ตรงกับค่าที่วัดได้จริง แสดงดังรูปที่ 4-16

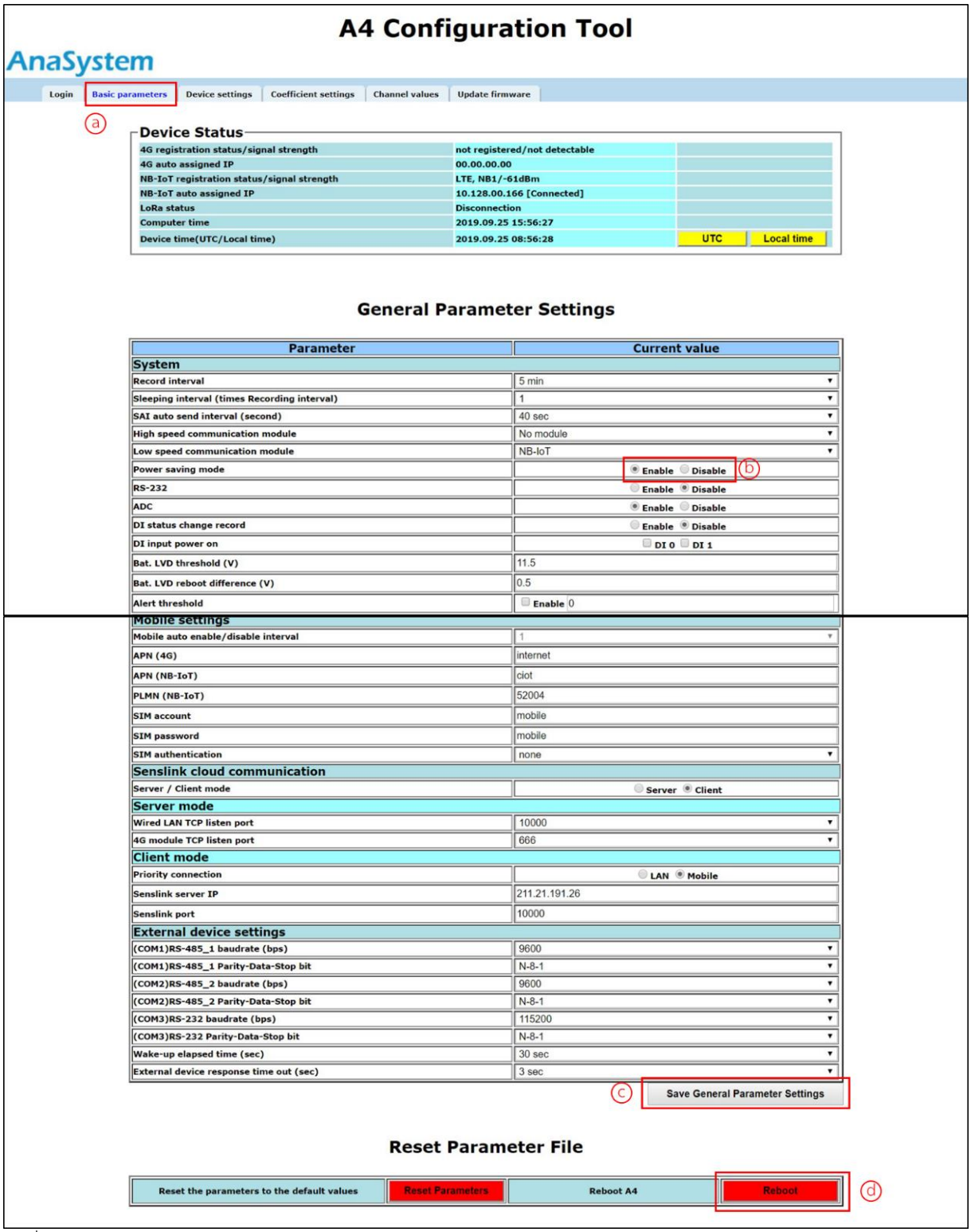
- เลือกที่หัวข้อ “Coefficient setting”
- ที่หัวข้อ “Formula1 Coefficients” ให้เลือกไปที่ “Formula ID 01”
- ปรับค่า Coef. c โดยการ บวก หรือ ลบ ค่าผลต่างระหว่างค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ กับค่าที่วัดได้จริง (ยกตัวอย่างเช่น ค่า Coef. c เดิมคือ -1.234375 และค่าระดับน้ำที่วัดได้จากอุปกรณ์เป็น 3.48 ม. ถ้าต้องการปรับค่าระดับน้ำให้เป็น 3.55 ม. ผู้ใช้งานจะต้องนำผลต่างที่มีค่าเท่ากับ 0.07 ไปบวกกับค่า Coef. c เดิม ดังนั้นค่า Coef. c ใหม่จะมีค่าเท่ากับ
- -1.164375 ในทางกลับกัน ถ้าต้องการปรับค่าระดับน้ำให้เป็น 3.41 ม. ผู้ใช้งานจะต้องนำผลต่างที่มีค่าเท่ากับ 0.07 ไปลบกับค่า Coef. c เดิม ดังนั้นค่า Coef. c ใหม่จะมีค่าเท่ากับ
- -1.304375)
- หลังปรับค่าแล้วให้กด “Save General Parameter Settings” (หลังกดจะมี Pop-Up ขึ้นมาให้กด “OK”)
- กลับมาที่หัวข้อ “Basic parameters” แล้วกด “Reboot” (หลังกดจะมี Pop-Up ขึ้นมาให้กด “OK”)

4) ทำการ Enable โหมดการทำงานแบบประหยัดพลังงานคืนเหมือนเดิม แสดงดังรูปที่ 4-18

- เลือกที่หัวข้อ “Basic parameters”
- ไปที่หัวข้อย่อย “Power saving mode” แล้วเลือก “Enable”
- กด “Save General Parameter Settings” (หลังกดจะมี Pop-Up ขึ้นมาให้กด “OK”)
- กด “Reboot” (หลังกดจะมี Pop-Up ขึ้นมาให้กด “OK”)



รูปที่ 4-16 การเปรียบเทียบค่าระดับน้ำที่วัดได้



รูปที่ 4-17 การ Enable โหมดการทำงานแบบประหยัดพลังงานคืนเหมือนเดิม

4.3 ผลการติดตั้งระบบตรวจวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

4.3.1 ผลการดำเนินงานติดตั้งโครงสร้างสถานีวัดระดับน้ำ

ผลการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำประกอบไปด้วยงาน 2 ส่วนหลัก คือ 1) งานติดตั้งโครงสร้างสถานี 2) งานติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ มีรายละเอียดดังนี้

1) ระยะที่ 1 การดำเนินการผลิตโครงสร้างฐาน ซึ่งประกอบไปด้วยงานขึ้นแบบหล่อฐานและงานเทคอนกรีต ตามลำดับ โดยจะต้องใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 7 วัน เพื่อรอให้ฐานคอนกรีตเซตตัว แสดงผลการดำเนินงานผลิตฐานโครงสร้างดังรูปที่ 4-18

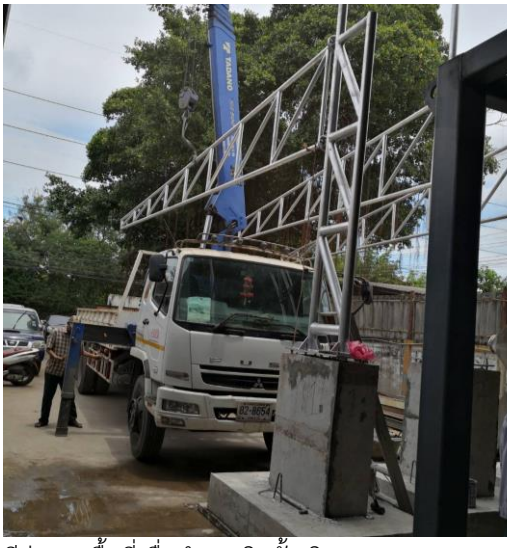
งานขึ้นแบบโครงสร้างฐาน

โครงสร้างฐานหลังจากเทคอนกรีตแล้ว

รูปที่ 4-18 ผลการดำเนินงานผลิตฐานโครงสร้าง

2) ระยะที่ 2 การดำเนินการผลิตโครงสร้างเสา (Truss) ได้แก่ งานตัดและงานเชื่อมเหล็ก

3) ระยะที่ 3 การดำเนินการติดตั้งโครงสร้างสถานีที่หน้างานตามพิกัดที่กำหนด ซึ่งประกอบไปด้วยงานขุดดินเพื่อลงโครงสร้างฐาน และงานประกอบโครงสร้างเสา (Truss) แสดงผลการดำเนินงานผลิตโครงสร้างเสา และงานทดลองประกอบโครงสร้างสถานีก่อนลงพื้นที่เพื่อทำการติดตั้งจริงดังรูปที่ 4-19



รูปที่ 4-19 โครงสร้างเสา (Truss) และงานทดลองประกอบโครงสร้างสถานีก่อนลงพื้นที่เพื่อทำการติดตั้งจริง

4.3.2 ผลการดำเนินงานติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

การดำเนินงานติดตั้งอุปกรณ์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) งานขุดดินเพื่อลงโครงสร้างฐาน และงานประกอบโครงสร้างเสา (Truss) แสดงรูปขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 4-20

2) งานติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดลงบนโครงสร้างเสา โดยอุปกรณ์ดังกล่าวประกอบไปด้วย 1) เครื่อง SensMini A4-NB 2) เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ HD320 3) แผงโซล่าเซลล์ขนาด 30 วัตต์ โดยการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น แผงโซล่าเซลล์จะต้องหันไปทางทิศใต้และทำมุม 15 องศากับแนวระดับ (การคำนวณอ้างอิงจาก

ตำแหน่งละติจูดที่ทำการติดตั้ง) จากนั้นทำการเดินท่อร้อยสายไฟระหว่างอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อถึงกัน แสดงรูปถ่ายงานติดตั้งอุปกรณ์ลงบนโครงสร้างดังรูปที่ 4-21

3) งาน Calibrate เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ HD320 โดยทำการวัดระยะจากหัวเซ็นเซอร์ไปยังก้นคลองเพื่อกำหนดจุด 0 ให้กับเซ็นเซอร์ โดยผลการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำทั้ง 8 จุดได้แสดงดังรูปที่ 4-22

รูปที่ 4-20 ขั้นตอนการดำเนินงานขุดดินเพื่อลงโครงสร้างฐาน

รูปที่ 4-21 งานติดตั้งอุปกรณ์ลงบนโครงสร้างและงานเดินท่อร้อยสายไฟ

WL 1 (16.499392, 99.537321)

WL 2 (16.496312, 99.546551)

WL 3 (16.504611, 99.648528)

WL 4 (16.501826, 99.497410)

WL 5 (16.496237, 99.516125)

WL 6 (16.5919656, 99.6067389)

พิกัดที่ 7 (16.5973083,99.6360599)

พิกัดที่ 8 (16.5615824,99.6300349)

รูปที่ 4-22 ผลการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำทั้ง 8 จุด

4.3.3 ผลการปรับเทียบเครื่องมือวัดระดับน้ำในคลองส่งน้ำสายหลัก

ขั้นตอนและวิธีการวัดผลหลัง Calibrate เซนเซอร์วัดระดับประตูน้ำ แสดงดังรูปที่ 4-23 มีขั้นตอนดังนี้ อันดับแรกกำหนดระยะเปิดบานของประตูไปที่ 0 เซนติเมตร พร้อมทั้ง Set Zero และกำหนดจุดอ้างอิงสำหรับการวัดระยะเปิดบานประตูแล้งจึงทำการ Mark จุดเริ่มต้นบนลวดสลิงของ Linear Potentiometer ต่อมากำหนดระยะเปิดบานของประตูไปที่ 10 เซนติเมตร ทำการ Mark จุดบนลวดสลิงของ Linear Potentiometer ที่ตำแหน่ง 10 เซนติเมตร และทำการวัดระยะและบันทึกผลความคลาดเคลื่อนระหว่างจุดอ้างอิงและจุดบนลวดสลิงของ Linear Potentiometer ที่ตำแหน่ง 10 เซนติเมตร หลังจากนั้นกำหนดระยะเปิดบานของประตูไปอีก 10 เซนติเมตร และทำการวัดระยะและบันทึกผลความคลาดเคลื่อนระหว่างจุดอ้างอิงและจุดบนลวดสลิงของ Linear Potentiometer ที่ตำแหน่งถัดมา สุดท้ายคือเพิ่มระยะเปิดบานประตูทีล่ะ 10 เซนติเมตร และบันทึกผล จนถึงระยะเปิดบานประตูที่ระดับ 200 เซนติเมตร

รูปที่ 4-23 การวัดผลหลัง Calibrate เซนเซอร์วัดระดับประตูน้ำ

ขั้นตอนและวิธีการวัดผลหลัง calibrate เซนเซอร์วัดระดับน้ำ ได้แก่ การอ่านค่าที่วัดได้จริงจาก Staff gauge แล้วทำการบันทึกผล และการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับเซนเซอร์วัดระดับน้ำในช่วงเวลาเดียวกัน โดยผลการตรวจวัดระดับน้ำ 8 จุด ได้แก่ จุดที่ 1 คลอง MC กม.4+900 จุดที่ 2 คลอง MC กม.6+236 จุดที่ 3 คลอง MC กม.23+800 จุดที่ 4 คลอง MC กม.0+000 จุดที่ 5 คลอง MC กม.2+436.5 จุดที่ 6 คลอง 1L-MC กม.17+800 จุดที่ 7 คลอง 2L-MC กม.16+500 และจุดที่ 8 คลอง 1R-2L-MC กม.1+500 พบว่า ระดับน้ำจุดที่ 1 คลอง MC กม.4+900 มีช่วงระดับน้ำจริง 0.46-2.15 เมตร ระดับน้ำจากเซนเซอร์ 0.46-2.14 เมตร โดยมีผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 0.01 เมตร ผลต่างต่ำสุด -0.01 เมตร ส่วนระดับน้ำจุดที่ 2 คลอง MC กม.6+236 มีช่วงระดับน้ำจริง 0.45-0.78 เมตร ระดับน้ำจากเซนเซอร์ 0.46-0.76 เมตร โดยมีผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 0.03 เมตร ผลต่างต่ำสุด -0.01 เมตร ระดับน้ำจุดที่ 3 คลอง MC กม.23+800 มีระดับน้ำจริง 0.45-1.7 เมตร ระดับน้ำจากเซนเซอร์ 0.46-1.7 เมตร มีผลต่างต่ำสุด -0.01 เมตร ระดับน้ำจุดที่ 4 คลอง MC กม.0+000 มีระดับน้ำจริง 2.7-2.86 เมตร ระดับน้ำจากเซนเซอร์ 2.69-2.87 เมตร มีผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 0.01 เมตร ผลต่างต่ำสุด -0.01 เมตร

ขณะที่ ระดับน้ำจุดที่ 5 คลอง MC กม.2+436.5 มีระดับน้ำจริง 1.09-1.86 เมตร ระดับน้ำจากเซนเซอร์ 2.69-2.87 เมตร มีผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 0.01 เมตร ผลต่างต่ำสุด -0.01 เมตร ต่อมาระดับน้ำจุดที่ 6 คลอง 1L-MC กม.17+800 มีระดับน้ำจริง 1.14-1.29 เมตร ระดับน้ำจากเซนเซอร์ 1.11-1.29 เมตร มีผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 0.03 เมตร ผลต่างต่ำสุด -0.01 เมตร ระดับน้ำจุดที่ 7 คลอง 2L-MC กม.16+500 ระดับน้ำจริง 0.67-0.94 เมตร ระดับน้ำจากเซนเซอร์ 0.68-0.93 เมตร โดยมีผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 0.01 เมตร ผลต่างต่ำสุด -0.01 เมตร ระดับน้ำที่จุดที่ 8 คลอง 1R-2L-MC กม.1+500 ระดับน้ำจริง

0.51-2.46 เมตร ระดับน้ำจากเซนเซอร์ 0.5-2.5 เมตร ผลต่างสูงสุดอยู่ที่ -0.01 เมตร ผลต่างต่ำสุด -0.05 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 4-3 ถึงตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-4 ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่คลอง MC จุดที่ 1 กม.4+900 จุดที่ 2 กม.6+236 และจุดที่ 3 กม.23+800

ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่จุดที่ 1 คลอง MC กม.4+900		
ระดับน้ำจริง (เมตร)	ระดับน้ำจากเซนเซอร์ (เมตร)	ผลต่าง (เมตร)
0.46	0.46	0
0.48	0.48	0
0.5	0.51	-0.01
0.51	0.52	-0.01
0.53	0.54	-0.01
0.55	0.54	0.01
0.56	0.56	0
0.57	0.58	-0.01
0.59	0.59	0
0.61	0.62	-0.01
0.62	0.63	-0.01
1.85	1.86	-0.01
2.15	2.14	0.01

ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่จุดที่ 2 คลอง MC กม.6+236		
ระดับน้ำจริง (เมตร)	ระดับน้ำจากเซนเซอร์ (เมตร)	ผลต่าง (เมตร)
0.45	0.46	-0.01
0.58	0.55	0.03
0.66	0.63	0.03
0.7	0.69	0.01
0.77	0.76	0.01
0.78	0.76	0.02

ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่จุดที่ 3 คลอง MC กม.23+800		
ระดับน้ำจริง (เมตร)	ระดับน้ำจากเซนเซอร์ (เมตร)	ผลต่าง (เมตร)
0.45	0.46	-0.01
1.7	1.7	0

ตารางที่ 4-5 ผลการตรวจวัดระดับน้ำคลอง MC จุดที่ 4 กม.0+000 จุดที่ 5 กม.2+436.5 และคลอง 1L-MC จุดที่ 6 กม.7+800

ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่จุดที่ 5 คลอง MC กม.2+436.5		
ระดับน้ำจริง (เมตร)	ระดับน้ำจากเซนเซอร์ (เมตร)	ผลต่าง (เมตร)
1.09	1.1	-0.01
1.56	1.57	-0.01
1.57	1.57	0
1.58	1.57	0.01
1.59	1.6	-0.01
1.63	1.62	0.01
1.65	1.65	0
1.66	1.66	0
1.69	1.67	0.02
1.71	1.72	-0.01
1.73	1.72	0.01
1.75	1.74	0.01
1.76	1.73	0.03
1.77	1.74	0.03
1.79	1.8	-0.01
1.83	1.79	0.04
1.86	1.85	0.01

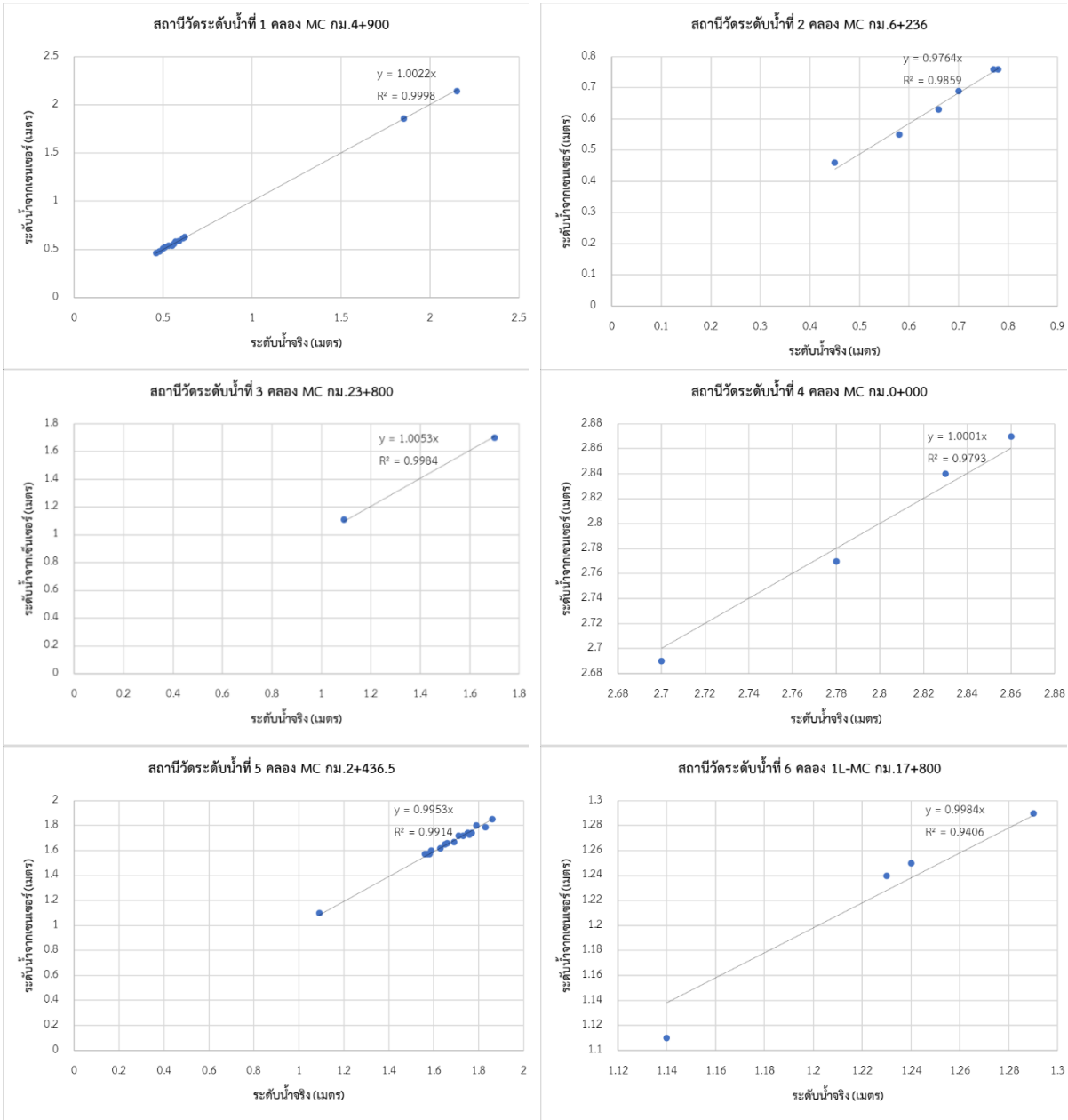
ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่จุดที่ 4 คลอง MC กม.0+000		
ระดับน้ำจริง (เมตร)	ระดับน้ำจากเซนเซอร์ (เมตร)	ผลต่าง (เมตร)
2.7	2.69	0.01
2.83	2.84	-0.01
2.86	2.87	-0.01

ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่จุดที่ 6 คลอง 1L-MC กม. 17+800		
ระดับน้ำจริง (เมตร)	ระดับน้ำจากเซนเซอร์ (เมตร)	ผลต่าง (เมตร)
1.14	1.11	0.03
1.23	1.24	-0.01
1.24	1.25	-0.01
1.29	1.29	0

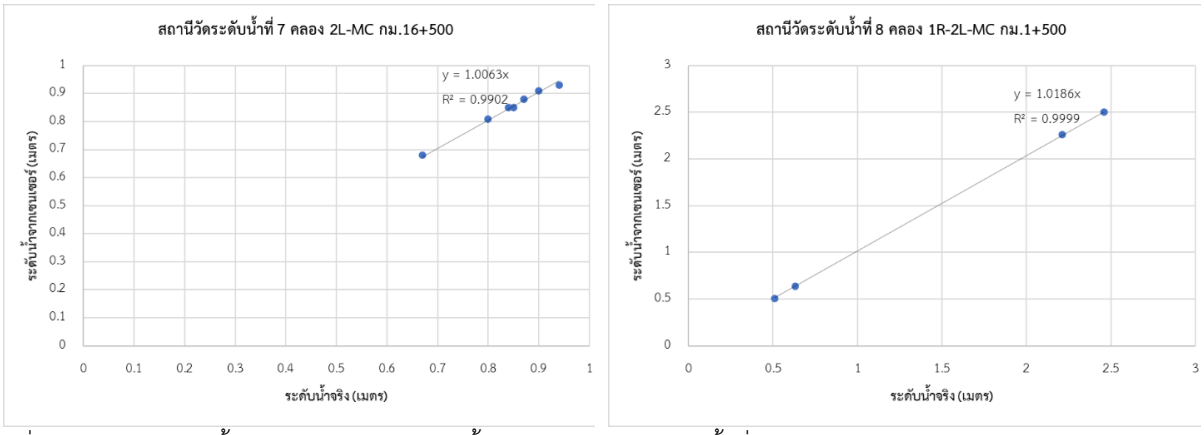
ตารางที่ 4-6 ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่จุดที่ 7 คลอง 2L-MC กม.16+500 และจุดที่ 8 คลอง 1R-2L-MC กม.1+500

ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่จุดที่ 7 คลอง 2L-MC กม. 16+500		
ระดับน้ำจริง (เมตร)	ระดับน้ำจากเซนเซอร์ (เมตร)	ผลต่าง (เมตร)
0.67	0.68	-0.01
0.8	0.81	-0.01
0.84	0.85	-0.01
0.85	0.85	0
0.87	0.88	-0.01
0.9	0.91	-0.01
0.94	0.93	0.01

ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่จุดที่ 8 คลอง 1R-2L-MC กม. 1+500		
ระดับน้ำจริง (เมตร)	ระดับน้ำจาก เซนเซอร์ (เมตร)	ผลต่าง (เมตร)
0.51	0.51	0
0.63	0.64	-0.01
2.21	2.26	-0.05
2.46	2.5	-0.04



รูปที่ 4-24 ระดับน้ำจากเซนเซอร์และระดับน้ำจริงของสถานีวัดระดับน้ำที่ 1-8



รูปที่ 4-24 (ต่อ) ระดับน้ำจากเซนเซอร์และระดับน้ำจริงของสถานีวัดระดับน้ำที่ 1-8

การติดตั้ง Staff gauge ในที่นี่มีการติดตั้งทั้งหมด 6 จุด โดยแบ่งออกเป็นคลองดาดคอนกรีตจำนวน 4 จุด และ คลองดินจำนวน 2 จุด ดังนี้ สถานีวัดระดับน้ำที่ 1, 2 และ 3 ติดตั้งที่ คลอง MC ที่กม.4+900 (คลองดาดคอนกรีต) กม. 6+236 (คลองดาดคอนกรีต) และกม.23+800 (คลองดาดคอนกรีต) ตามลำดับ ส่วนสถานีวัดระดับน้ำที่ 6 คลอง 1L-MC กม. 17+800 (คลองดิน) สถานีวัดระดับน้ำที่ 7 คลอง 2L-MC กม.16+500 (คลองดิน) และสถานีวัดระดับน้ำที่ 8 คลอง 1R-2L-MC กม.1+500 (คลองดาดคอนกรีต) ซึ่งมี Staff gauge แนวตั้งและแนวลาดดังรูปที่ 4-25 และแสดงสถานีวัดระดับน้ำดังรูปที่ 4-26

Staff gauge แนวตั้งสำหรับติดตั้งที่คลองดิน

Staff gauge แนวลาดสำหรับติดตั้งที่คลองดาดคอนกรีต

รูปที่ 4-25 Staff gauge แนวตั้งสำหรับติดตั้งที่คลองดินและคลองดาดคอนกรีต

สถานีวัดระดับน้ำที่ 1 คลอง MC กม.4+900 และจุดติดตั้ง Staff gauge

สถานีวัดระดับน้ำที่ 2 คลอง MC กม.6+236 และจุดติดตั้ง Staff gauge

สถานีวัดระดับน้ำที่ 3 คลอง MC กม.23+800 และจุดติดตั้ง Staff gauge

สถานีวัดระดับน้ำที่ 8 คลอง 1R-2L-MC กม.1+500 และจุดติดตั้ง Staff gauge

สถานีวัดระดับน้ำที่ 6 คลอง 1L-MC กม.17+800 และจุดติดตั้ง Staff gauge

สถานีวัดระดับน้ำที่ 7 คลอง 2L-MC กม.16+500 และจุดติดตั้ง Staff gauge

รูปที่ 4-26 สถานีวัดระดับน้ำและจุดติดตั้ง Staff gauge

บทที่ 5

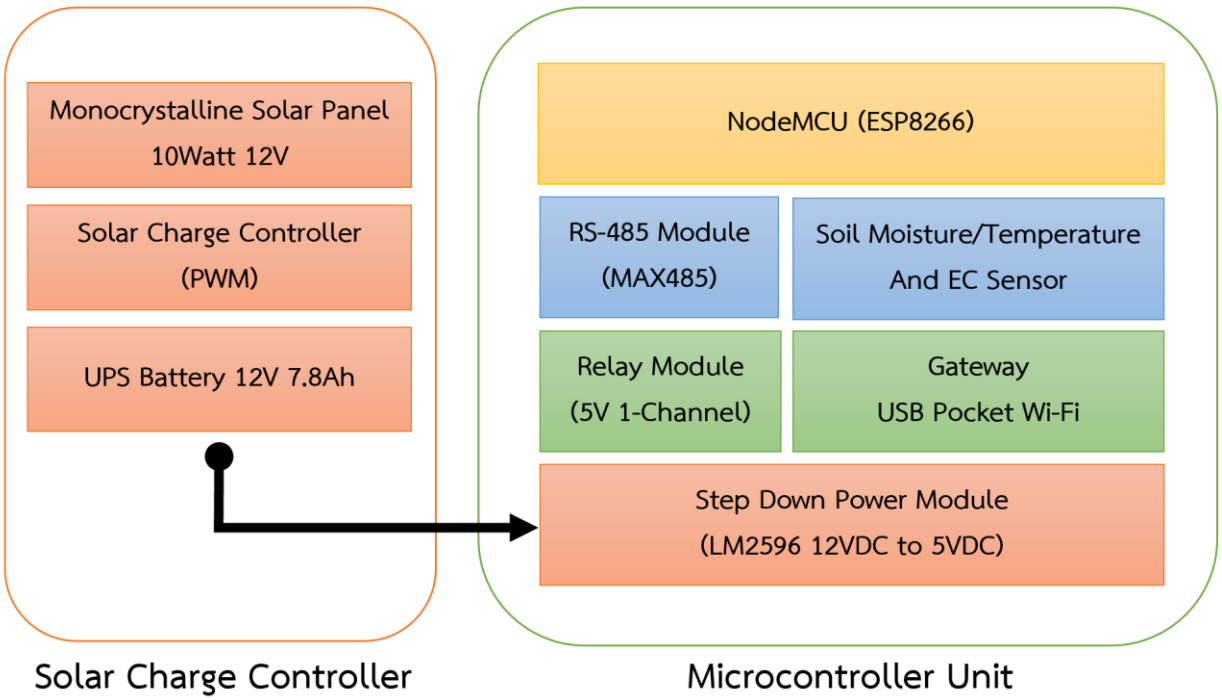
ผลการดำเนินงานติดตั้งเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time

โครงการวิจัยฯ ได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมในรูปแบบ IoT ที่สามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการนำไฟฟ้า ในพื้นที่โรงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงรวมทั้งหมด 120 จุด ครอบครั้งทั้งพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำที่ 1 2 และ 3 โดยได้เริ่มมีการตรวจวัดตั้งแต่วันที่ 19 ก.พ. 2563 ซึ่งเครื่องมือตรวจวัดความชื้นดินที่ใช้ได้ผ่านการสอบเทียบเครื่องมือและการทดสอบความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลจากภาคสนามกับค่าที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติของดินในสนาม ซึ่งในรายละเอียดของบทนี้ ได้กล่าวถึงผลการดำเนินงานพัฒนาเครื่องมือ การสอบเทียบเครื่องมือ และการติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นดินใน 120 จุด มีรายละเอียดดังนี้

5.1 การพัฒนาเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time

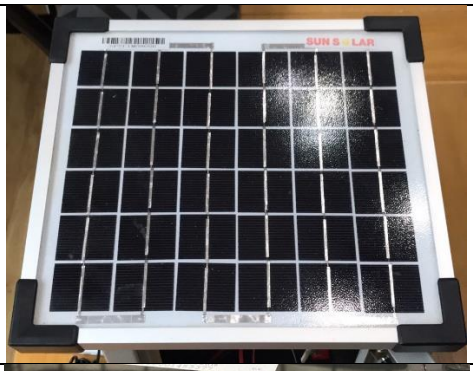
การพัฒนาเครื่องตรวจวัดความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบเกษตรกรรมมีหลักการของการออกแบบระบบแสดงดังรูปที่ 5-1 ประกอบด้วย ระบบประมวลผล (Microcontroller Unit) และระบบพลังงานโดยใช้ Solar Charger Controller โดยในระบบประมวลผล ประกอบด้วย บอร์ด Node MCU, อุปกรณ์แปลงสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ RS-485 Module, เซนเซอร์วัดความชื้น, อุปกรณ์แปลงสัญญาณ Relay Module, อุปกรณ์กระจายสัญญาณอินเตอร์เนต Gateway USB Pocket Wifi และโมดูลวงจร Step Down Power Module ทั้งนี้การออกแบบระบบสำรองพลังงานของแบตเตอรี่และโซล่าร์เซลล์ของอุปกรณ์วัดความชื้นสามารถสำรองพลังงานได้เพียงพอแม้ในช่วงฤดูฝนจากการคำนวณพลังงานที่สามารถสำรองได้ต่อวัน โดยประเมินจากช่วงเวลาแสงอาทิตย์ 5 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งจะสามารถสำรองพลังงานเข้าสู่แบตเตอรี่ได้อยู่ที่ 2 วัตต์ต่อวัน ในขณะที่ขนาดของแบตเตอรี่สามารถสำรองพลังงานได้ถึง 50 วัตต์ต่อวัน เพียงพอต่อการใช้งานในช่วงฤดูฝน สรุปอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time ในตารางที่ 5-1 ในส่วนของซอฟต์แวร์ ทางโครงการวิจัยฯ ได้ใช้โปรแกรมพัฒนาบอร์ด Arduino IDE แสดงดังรูปที่ 5-2 โดยสามารถดูสถานะการทำงานต่างๆ ของอุปกรณ์ได้ผ่านโปรแกรม Arduino IDE หรือ โปรแกรม อื่นๆ ที่เชื่อมต่อ COM port ได้ โดยข้อมูลที่ตรวจวัดจากภาคสนามถูกอัปโหลดแบบอัตโนมัติเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล โดยสามารถเข้าดูได้ผ่าน http://119.59.115.192/iot/node_list.php แสดงดังรูปที่ 5-3

สำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นดิน ทางโครงการวิจัยฯ ได้ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นแบบ Frequency Domain Reflectometry หรือ FDR ที่มีความเสถียรและสามารถวัดค่าความชื้นของดินได้อย่างต่อเนื่อง สามารถทนต่อความเค็ม ซึ่งมีหลักการทำงานในการวัดความสามารถในการต้านสนามไฟฟ้าของเนื้อดิน ซึ่งสามารถแปลงเป็นค่าความชื้นในดิน และมีคุณสมบัติในการวัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริคของดิน โดยแสดงผลความชื้นของดินโดยน้ำหนัก สรุปคุณลักษณะของอุปกรณ์วัดความชื้นในตารางที่ 5-2

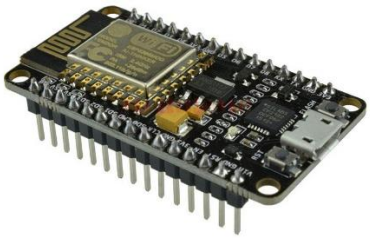
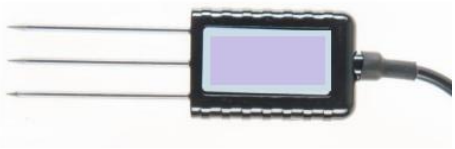
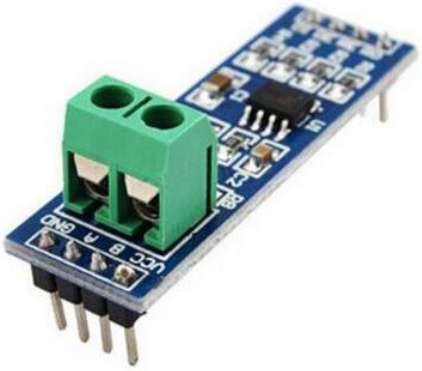
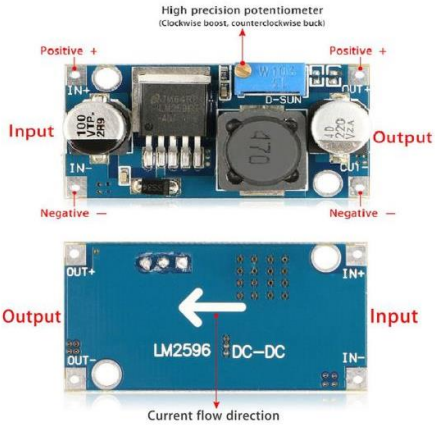


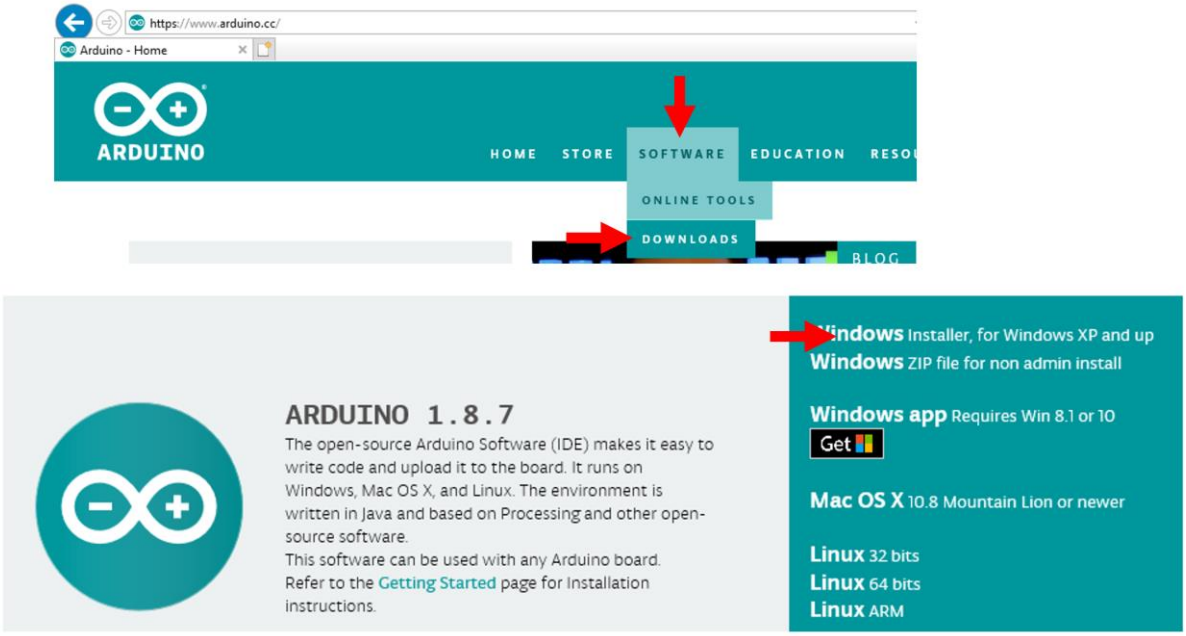
รูปที่ 5-1 การออกแบบระบบการทำงานของเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time

ตารางที่ 5-1 สรุปอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time

ลำดับ	รายการ	อุปกรณ์
1	Monocrystalline Solar Panel 10Watt 12V	
2	UPS Battery 12V 7.8Ah	
3	Solar Charge Controller (PWM)	

ตารางที่ 5-1 (ต่อ) สรุปอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time

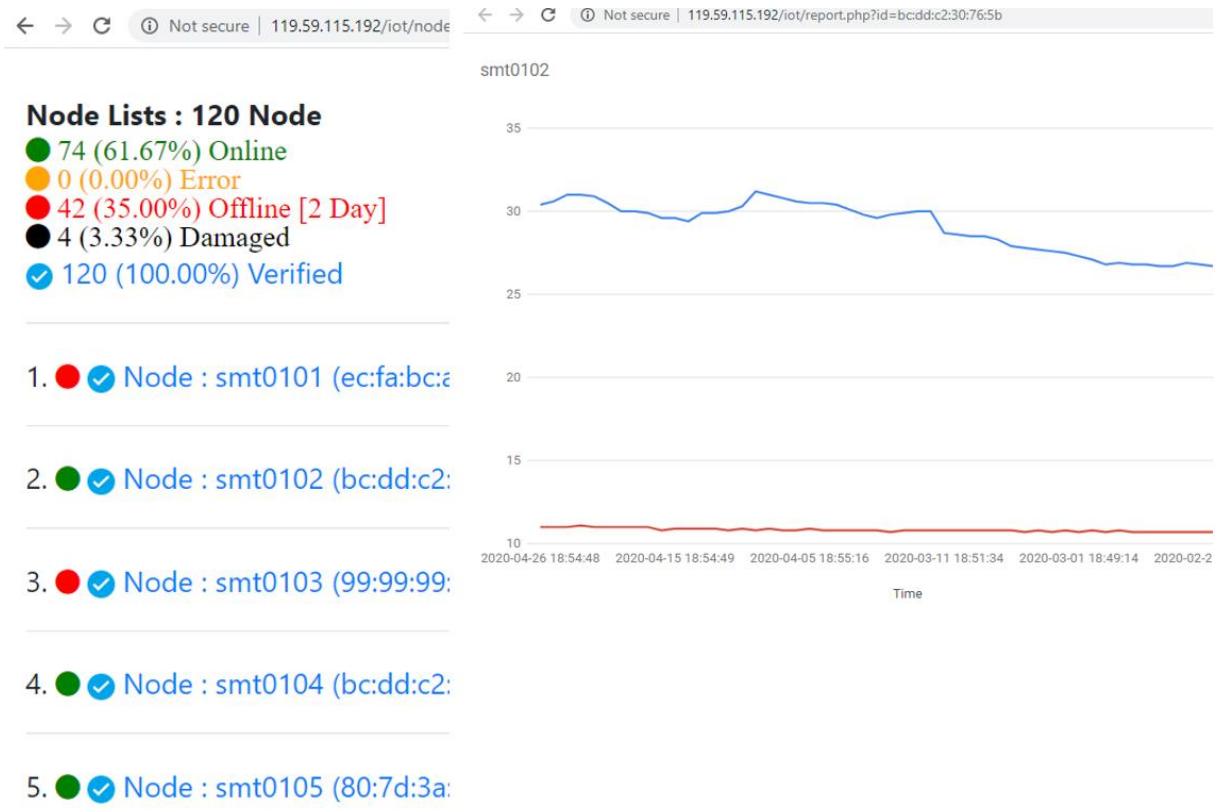
ลำดับ	รายการ	อุปกรณ์
4	Node MCU (ESP8266)	
5	Gateway USB Pocket Wi-Fi	
6	Relay Module (5V 1-Channel)	
7	Soil Moisture/Temperature and EC Sensor (FDR Type)	
8	RS-485 Module (MAX485)	
9	Step Down Power Module (LM2596 12VDC to 5VDC)	



รูปที่ 5-2 โปรแกรมพัฒนาบอร์ด Arduino IDE

ตารางที่ 5-2 คุณลักษณะของเครื่องมือวัดความชื้น

Signal output	RS485, Modbus	4-20mA
Power supply	DC5-24V	DC12-24V
Static power consumption	6mA@24V DC	
Soil moisture measurement	Optional range: 0-100%, Resolution: 0.01%, Accuracy: 5%	
Principle and mode of measurement	FDR Method for Soil Moisture, Direct test of soil in situ insertion of immersion in culture medium and water-fertilizer integrated nutrient solution	
Protection level	IP68	
Working environment	-40 – 85°C	
Probe material	Anticorrosive special electrode	
Sealing material	Black flame retardant epoxy resin	
Installation mode	All implants or probes are inserted into the measured medium	
Default cable length	5 meters, cable length can be customized as required	
Connection mode	Pre-installed cold-pressed terminal	
Size	45*15*145mm	
Electrode length	50mm	
Handle length	70mm	



รูปที่ 5-3 ระบบฐานข้อมูลแบบอัตโนมัติ

5.2 ผลการดำเนินงานพัฒนาเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time

5.2.1 การหาความชื้นชลประทานของดินในสนาม

การหาความชื้นชลประทานของดินในสนาม ทางโครงการวิจัยฯ ได้ทำการขุดเอาตัวอย่างดินในพื้นที่ตัวแทนของแต่ละโซนทั้ง 20 โซน มาทำการทดสอบเพื่อหาค่าความชื้นชลประทานของดินในสนามเพื่อทำการสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัดความชื้นดิน และเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่แบบจำลองสภาพการใช้น้ำในการหาความชื้นในดินที่มีประโยชน์ต่อพืช จากความชื้นชลประทานและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร แสดงขั้นตอนของการเก็บตัวอย่าง การทดสอบ และการสอบเทียบเครื่องมือดังรูปที่ 5-4

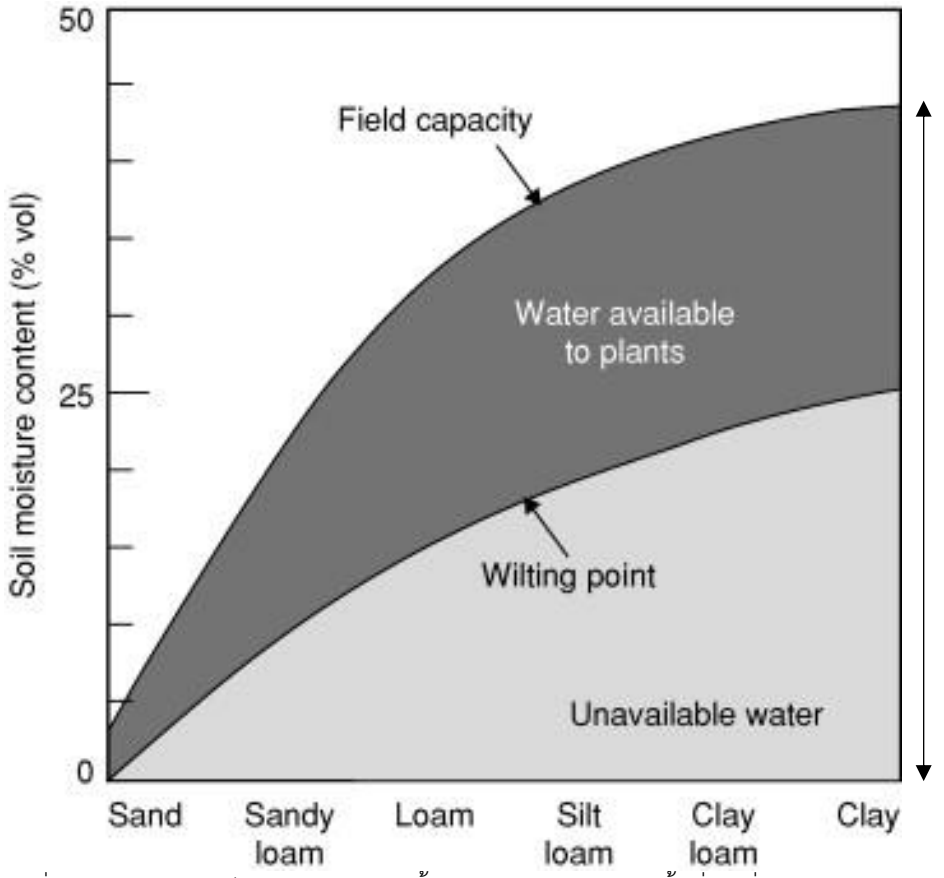
จากผลการทดสอบหาชนิดของดิน ความหนาแน่นรวม ความชื้นชลประทานของดินในสนาม และความพรุนหรือช่องว่างในดินของตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนของพื้นที่เกษตรกรรมทั้ง 20 โซน สรุปผลการทดสอบในตารางที่ 5-3 พบว่าความหนาแน่นรวมของดิน ซึ่งบอกถึงเนื้อดินละเอียดหรือหยาบ ซึ่งโดยทั่วไปดินเหนียวมีความหนานแน่นรวมประมาณ 1 ถึง 1.3 กรัม ต่อ ลบ.ซม. ส่วนดินทรายมีความหนาแน่นรวมประมาณ 1.2 ถึง 1.6 กรัม ต่อ ลบ.ซม. โดยในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง พบว่ามีความหนาแน่นของดินรวมอยู่ระหว่าง 1.00 ถึง 1.73 กรัม ต่อ ลบ.ซม. โดยโซน 16 เป็นโซนที่มีความหนาแน่นของดินสูงสุดอยู่ที่ ต.เขาตีริส อ.พรานกระต่าย ส่วนโซนที่มีความหนาแน่นของดินต่ำสุดคือโซน 4 อยู่ที่ ต.มหาชัย อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความพรุนของดิน ซึ่งมีความผกผันกับความหนาแน่นของดิน พบว่าความพรุนของดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงอยู่ในช่วง 0.33 ถึง 0.62 สอดคล้องกับค่าความหนาแน่นของดิน โดยในโซน 16 เป็นโซนที่ความพรุนของดินน้อยที่สุด และโซน 4 เป็นโซนที่ดินมีความพรุนสูงสุด

การหาค่าความชื้นชลประทานของดินในสนามหรือ Field Capacity ได้ประเมินโดยใช้หลักการความสัมพันธ์ของค่าความชื้นชลประทานของดินในสนามที่มีความผันแปรตามชนิดของดินและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร โดยผลการทดสอบที่ได้จากงานวิจัยนี้ได้แสดงเป็นค่าความชื้นชลประทานที่รวมความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาของพืช แสดงดังรูปที่ 5-5 โดยจะเห็นว่า ดินทรายจะมีความชื้นชลประทานที่รวมความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาของพืชอยู่ที่ไม่เกินร้อยละ 5 โดยปริมาตร ดินร่วนปนทราย (Sandy loam) จะมีความชื้นที่อยู่ที่ไม่เกินร้อยละ 25 ดินร่วน (loam) จะมีไม่เกินร้อยละ 30 ดินร่วนปนตะกอน

(Slit loam) จะไม่เกินร้อยละ 35 ดินเหนียวร่วน (Clay loam) จะไม่เกินร้อยละ 40 และดินเหนียว (Clay) จะมีค่าความชื้นชลประทานที่รวมความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาของพืช ไม่เกินร้อยละ 45

จากผลการทดสอบโดยการเก็บตัวอย่างดินในแปลงตัวแทนทั้ง 20 โซน และทำการวิเคราะหาค่าความชื้นชลประทานสรุปได้ในตารางที่ 5-4 ซึ่ พบว่า ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง สภาพดินมีค่าความชื้นชลประทานอยู่ในช่วง 20.30 ถึง 42.98 โดยโซนที่มีค่าความชื้นชลประทานรวมความความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาของพืชสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 42.98 โดยปริมาตร ซึ่งมีสภาพเป็นดินเหนียว (Clay) สอดคล้องกับความสัมพันธ์ของชนิดดิน ความชื้นชลประทาน และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรดังรูปที่ 5-5 โดยดินชนิดดดังกล่าวอยู่ในพื้นที่โซน 5 ต.หนองไม้กอง อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการเก็บน้ำของดินที่สามารถให้พืชนำไปใช้ได้ซึ่งมีค่าสูงกว่าโซนอื่นๆ ส่วนโซนที่มีความชื้นชลประทานต่ำสุดอยู่ที่โซน 8 มีสภาพเป็นดินเหนียวซึ่งมีค่าทดสอบอยู่ที่ร้อยละ 20.30 โดยน้ำหนักในพื้นที่ ต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในระดับต่ำ ในทางตรงกันข้าม หากความชื้นที่วัดได้มีค่าสูงสุดที่ความชื้นชลประทานสามารถนิยามได้ว่าดินนั้นได้อิ่มตัวด้วยน้ำ โดยจากผลการประเมินดังกล่าวได้ถูกนำไปใช้ในการกำหนดค่าความชื้นของพืชที่ยอมให้ลดลง จากความสัมพันธ์กับความชื้นของดินในสนาม และจุดเหี่ยวเฉาถาวรของพืช และการกำหนดระดับวิกฤติของความชื้นเพื่อการเตือนภัยที่ร้อยละ 60 ของความชื้นชลประทานของดินในสนามเพื่อการตัดสินใจใช้น้ำและการจัดสรรน้ำชลประทาน ซึ่งเป็นส่วนเชื่อมโยงกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำพื้นที่เกษตรกรรม

รูปที่ 5-4 การหาความชื้นชลประทานของดินในสนาม



รูปที่ 5-5 ความสัมพันธ์ของชนิดดิน ความชื้นชลประทาน และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร

ที่มา https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/field-capacity

ตารางที่ 5-3 ความชื้นชลประทานของดินในสนาม

ที่	zone	ชนิดดิน	Bulk density (g/cm3)	soil porosity	ΘFC + qWc (% by weight)	ΘFC + qWc (% by volume)
1	โซน 1	Silty clay	1.26	0.52	22.56	28.49
2	โซน 2	Silty clay	1.41	0.46	21.18	29.87
3	โซน 3	Silty clay	1.54	0.41	29.36	45.11
4	โซน 4	clay	1.00	0.62	42.63	42.61
5	โซน 5	clay	1.44	0.45	29.82	42.98
6	โซน 6	clay	1.58	0.39	27.07	42.73
7	โซน 7	clay	1.44	0.45	24.76	35.69
8	โซน 8	clay	1.67	0.36	12.13	20.30
9	โซน 9	Silty clay loam	1.32	0.49	34.69	45.63
10	โซน 10	clay	1.43	0.45	27.86	39.87
11	โซน 11	Silty clay	1.36	0.48	35.75	48.53
12	โซน 12	Silty clay	1.58	0.39	27.60	43.56
13	โซน 13	Silty clay loam	1.61	0.38	20.92	33.68
14	โซน 14	Silty clay loam	1.58	0.39	21.71	34.26
15	โซน 15	Silty clay	1.43	0.45	24.28	34.74
16	โซน 16	clay	1.73	0.33	16.50	28.48

ตารางที่ 5-3 (ต่อ) ความชื้นชลประทานของดินในสนาม

ที่	zone	ชนิดดิน	Bulk density (g/cm3)	soil porosity	ΘFC + qWc (% by weight)	ΘFC + qWc (% by volume)
17	โซน 17	Clay loam	1.23	0.53	13.32	16.40
18	โซน 18	Clay loam	1.55	0.40	18.58	28.74
19	โซน 19	clay	1.45	0.44	27.03	39.25
20	โซน 20	clay	1.50	0.42	22.82	34.33

ตารางที่ 5-4 เกณฑ์การเตือนภัยของความชื้นดินในสนาม

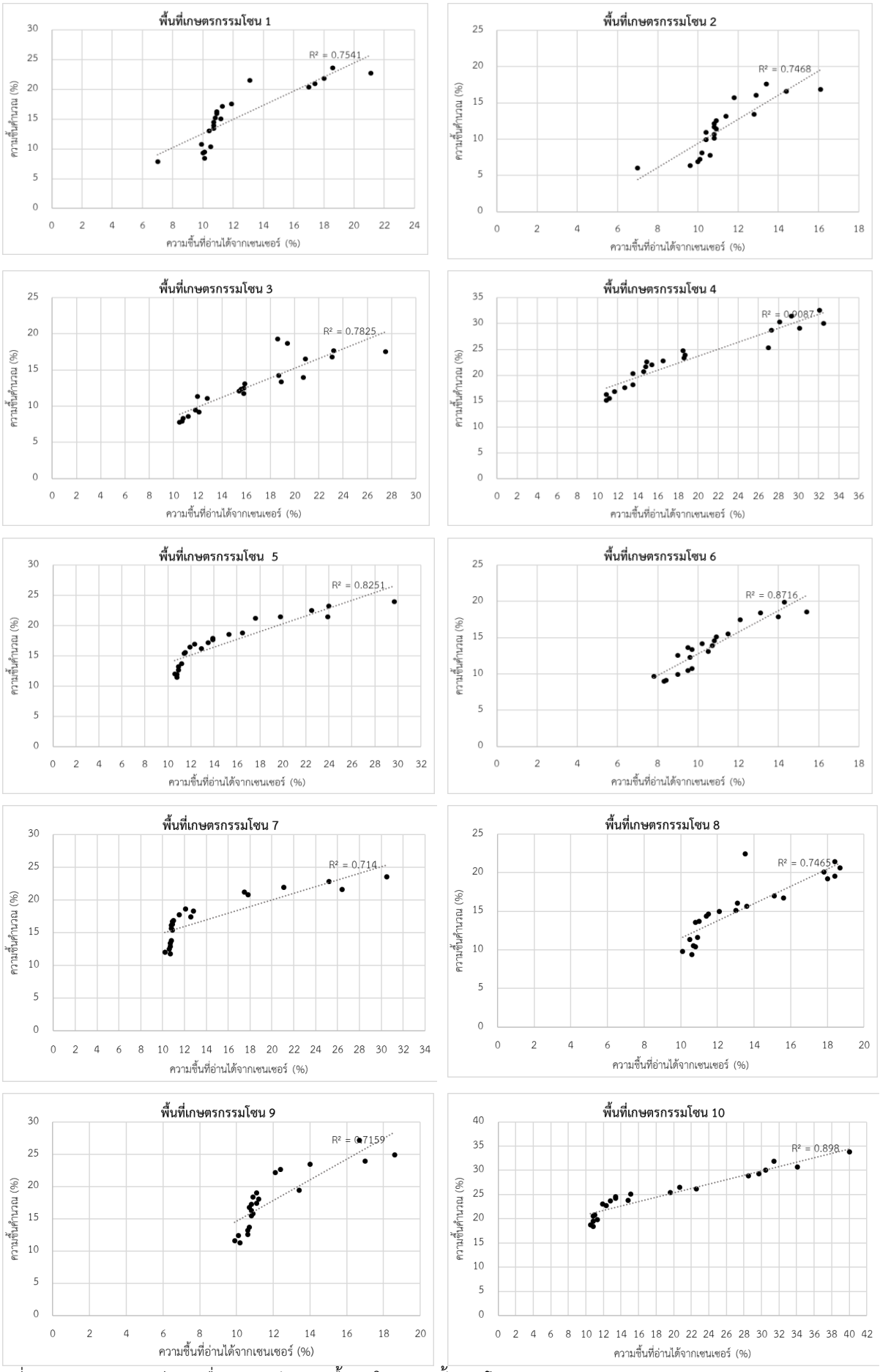
ที่	zone	ความชื้นโดยน้ำหนักในระดับปกติมากกว่า	ความชื้นโดยน้ำหนักในระดับเตือนภัยระหว่าง	ความชื้นโดยน้ำหนักในระดับวิกฤติน้อยกว่า
1	โซน 1	17.094	15.3846 - 17.094	15.3846
2	โซน 2	17.922	16.1298 - 17.922	16.1298
3	โซน 3	27.066	24.3594 - 27.066	24.3594
4	โซน 4	25.566	23.0094 - 25.566	23.0094
5	โซน 5	25.788	23.2092 - 25.788	23.2092
6	โซน 6	25.638	23.0742 - 25.638	23.0742
7	โซน 7	21.414	19.2726 - 21.414	19.2726
8	โซน 8	12.18	10.962 - 12.180	10.962
9	โซน 9	27.378	24.6402 - 27.378	24.6402
10	โซน 10	23.922	21.5298 - 23.922	21.5298
11	โซน 11	29.118	26.2062 - 29.118	26.2062
12	โซน 12	29.118	26.2062 - 29.118	26.2062
13	โซน 13	20.208	18.1872 - 20.208	18.1872
14	โซน 14	20.556	18.5004 - 20.556	18.5004
15	โซน 15	20.844	18.7596 - 20.844	18.7596
16	โซน 16	17.088	15.3792 - 17.088	15.3792
17	โซน 17	9.84	8.856 - 9.84	8.856
18	โซน 18	17.244	15.5196 - 17.244	15.5196
19	โซน 19	23.55	21.195 - 23.55	21.195
20	โซน 20	20.598	18.5382 - 20.598	18.5382

5.2.2 การสอบเทียบเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรม

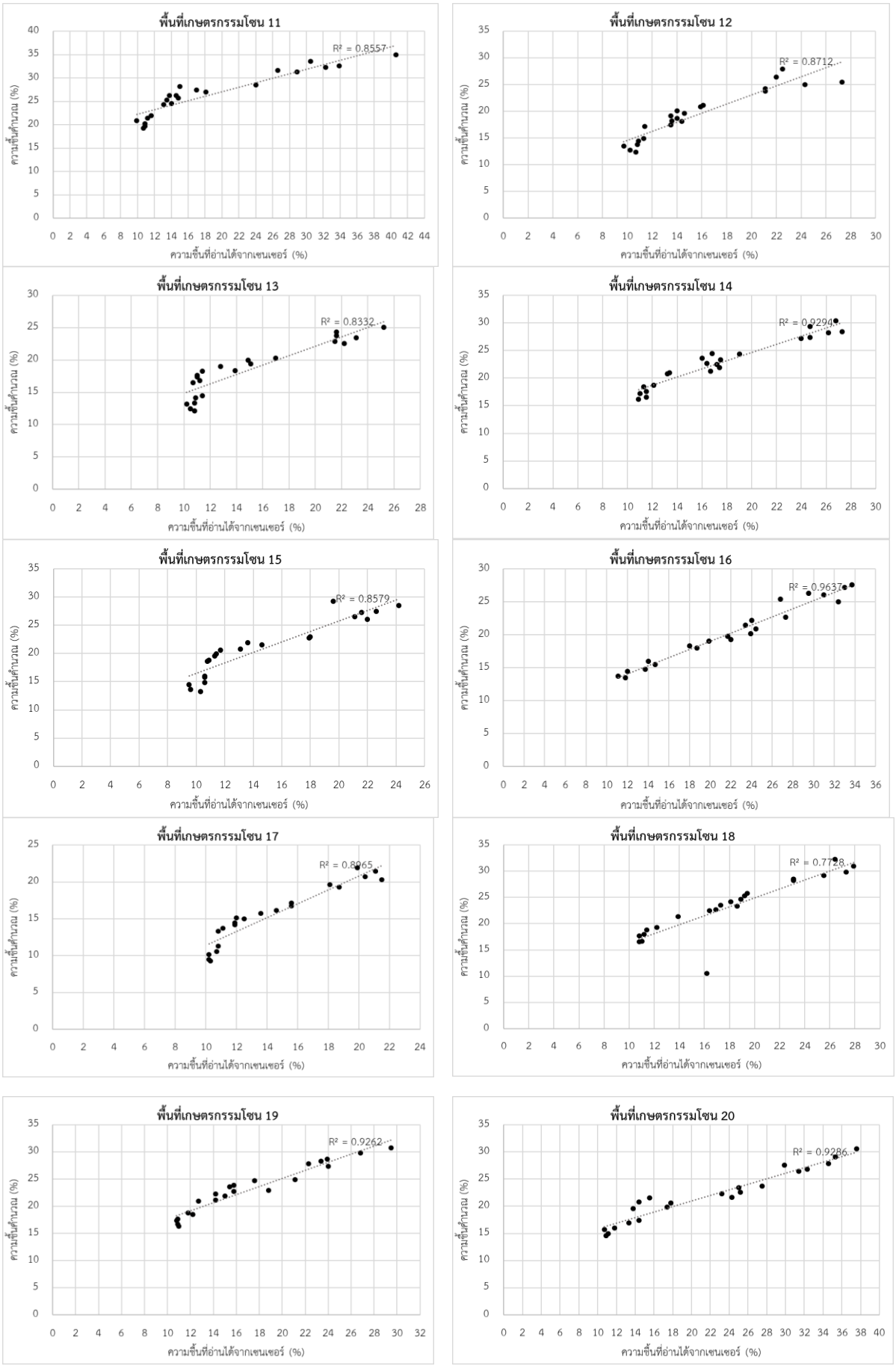
การสอบเทียบเครื่องมือวัดความชื้นของดินในสนามสรุปในตารางที่ 5-5 โดยพบว่า ประสิทธิภาพของการสอบเทียบเครื่องมือวัดความชื้นโดยการเปรียบเทียบค่าความชื้นที่วัดได้จากเซนเซอร์ กับ ความชื้นของดินที่คำนวณโดยวิธีน้ำหนัก พบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดมีค่าเฉลี่ยในช่วงการสอบเทียบอยู่ที่ 0.83 หรือคิดเป็นร้อยละ 83 โดยมีประสิทธิภาพต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 71.40 ที่โซน 7 ต.หนองปลิง อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร และสูงสุดร้อยละ 96.37 อยู่ที่โซน 16 ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร แสดงผลการสอบเทียบข้อมูลความชื้นที่ได้จากเซนเซอร์และจากการทดสอบโดยการคำนวณหาความชื้นดินโดยน้ำหนัก ดังรูปที่ 5-6

ตารางที่ 5-5 ผลการสอบเทียบเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรม

โซน	ชนิดดิน	% by Volume	ประสิทธิภาพ
		ความชื้นชลประทาน	R-SQUARE
โซน 1	Silty clay	28.49	0.7541
โซน 2	Silty clay	29.87	0.7468
โซน 3	Silty clay	45.11	0.7825
โซน 4	clay	42.61	0.9087
โซน 5	clay	42.98	0.8251
โซน 6	clay	42.73	0.8716
โซน 7	clay	35.69	0.714
โซน 8	clay	20.3	0.7465
โซน 9	Silty clay loam	45.63	0.7159
โซน 10	clay	39.87	0.898
โซน 11	Silty clay	48.53	0.8557
โซน 12	Silty clay	43.56	0.8712
โซน 13	Silty clay loam	33.68	0.8332
โซน 14	Silty clay loam	34.26	0.9294
โซน 15	Silty clay	34.74	0.8579
โซน 16	clay	28.48	0.9637
โซน 17	Clay loam	16.4	0.8965
โซน 18	Clay loam	28.74	0.7728
โซน 19	clay	39.25	0.9262
โซน 20	clay	34.33	0.9286



รูปที่ 5-6 ผลการสอบเทียบเครื่องตรวจวัดความชื้นดินในสนามทั้ง 20 โซน



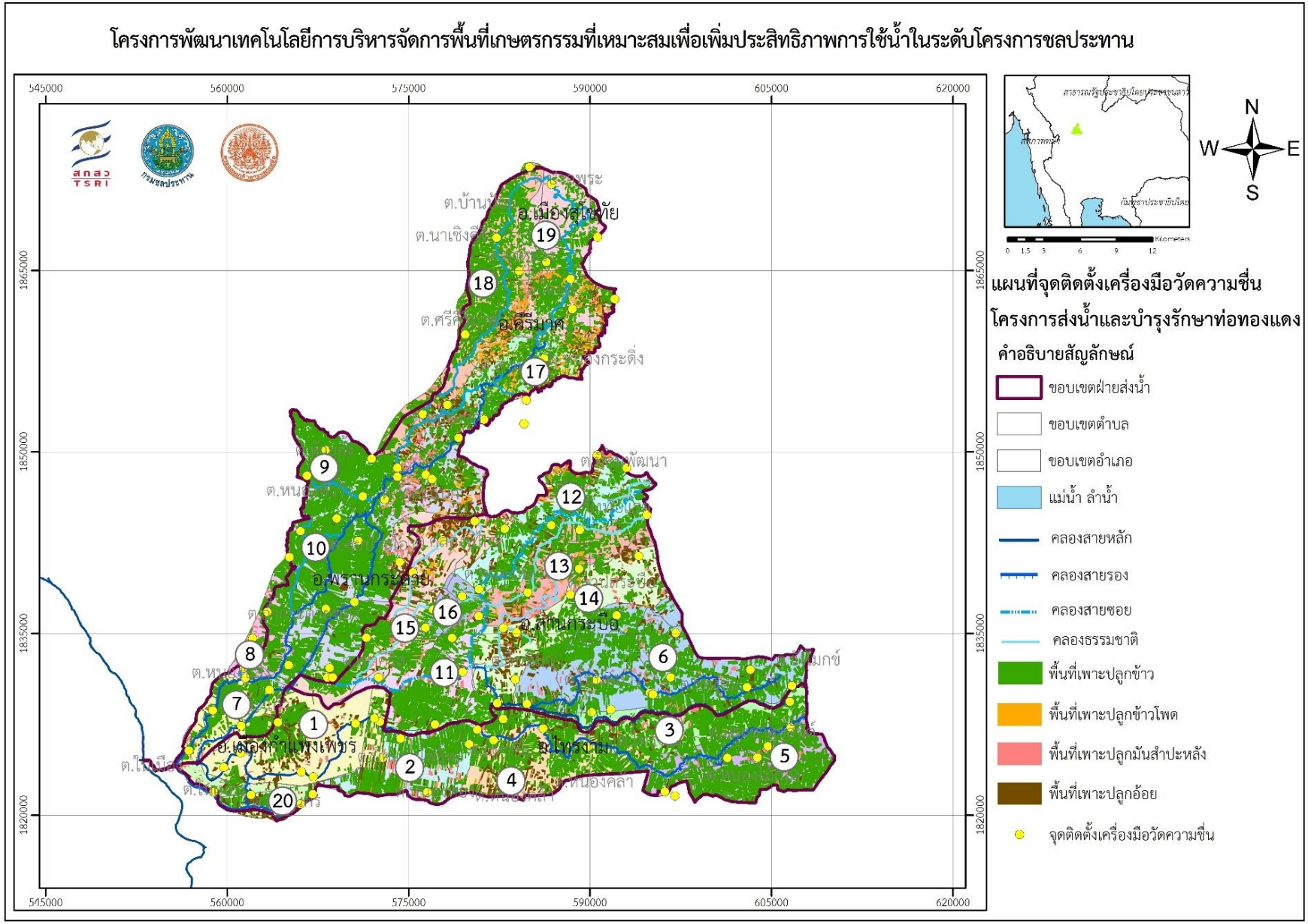
รูปที่ 5-6 (ต่อ) ผลการสอบเทียบเครื่องตรวจวัดความชื้นดินในสนามทั้ง 20 โซน

5.3 ผลการติดตั้งเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time

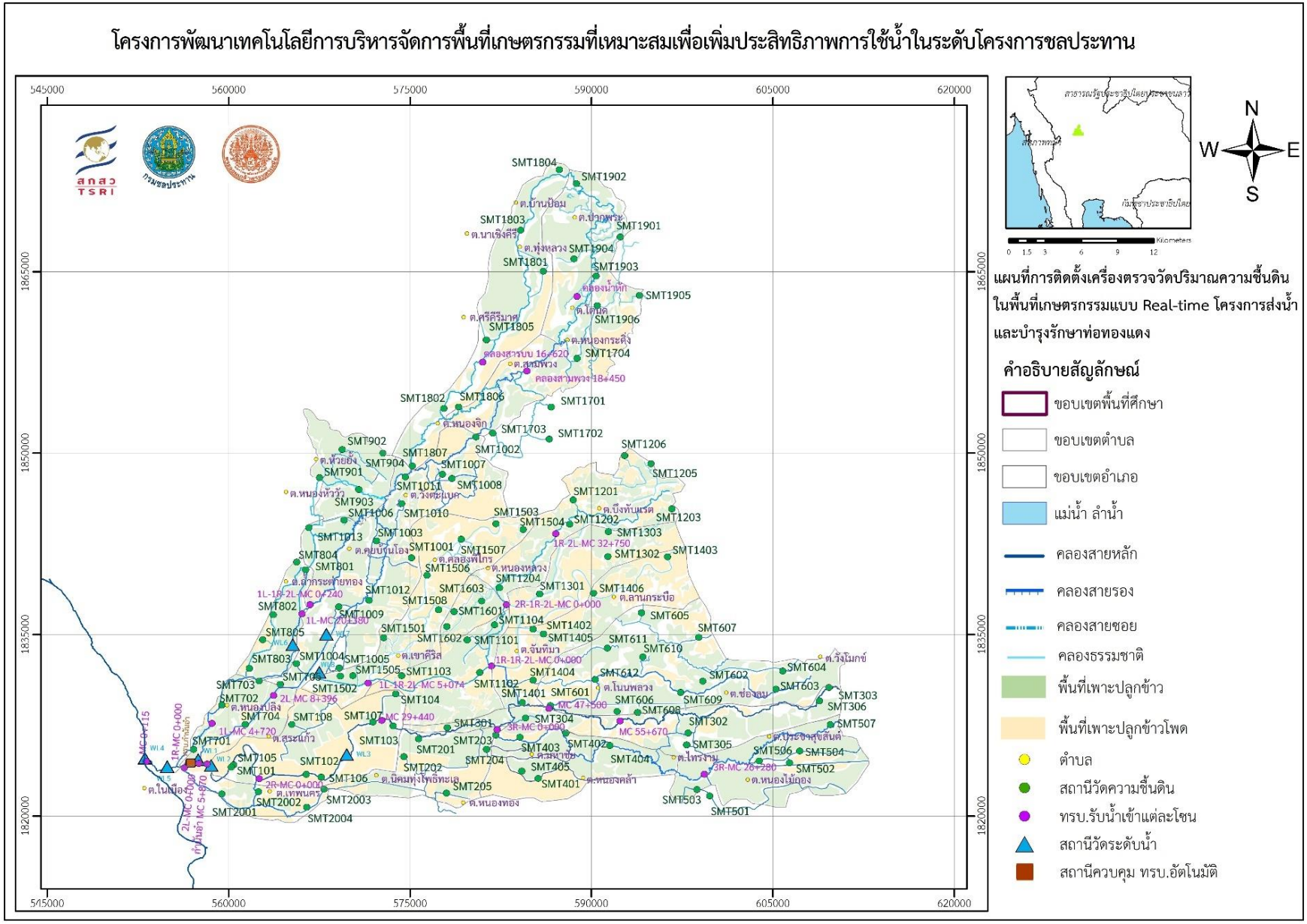
การคัดเลือกตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นในแปลงเกษตรกรรมของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงสรุปตำแหน่งในรูปที่ 5-7 โดยได้ใช้ขอบเขตแปลงเกษตรกรรมที่เกษตรกรได้มีการลงทะเบียนการเพาะปลูกกับสำนักงานเกษตรจังหวัดกำแพงเพชรของกรมส่งเสริมการเกษตรในปี พ.ศ. 2562 จากการพิจารณากำหนดจำนวนของเครื่องมือวัดความชื้นดินตามสัดส่วนของพื้นที่เกษตรกรรมในแต่ละโซนและให้กระจายครอบคลุมถึงพื้นที่ต้นคลอง กลางคลอง และปลายคลอง และอยู่ในแปลงเกษตรกรรมทั้งข้าว และพืชไร่ โดยในพื้นที่ทั้งหมดมีการกำหนดการติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นดินในแปลงข้าวเจ้าจำนวน 96 จุด อ้อยโรงงาน 13 จุด มันสำปะหลังโรงงาน 7 จุด และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 4 จุด แยกเป็นแต่ละพื้นที่ในแต่ละโซนสรุปในตารางที่ 5-6 และรายละเอียดของตำแหน่งเครื่องมือวัดความชื้น ดังรูปที่ 5-8 ถึง 5-27 รวมไปถึงรูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้นดังตารางที่ 5-7 ถึง ตารางที่ 5-26

ตารางที่ 5-6 จำนวนเครื่องมือวัดความชื้นในแปลงเกษตรกรรมของแต่ละพื้นที่ 20 โซน

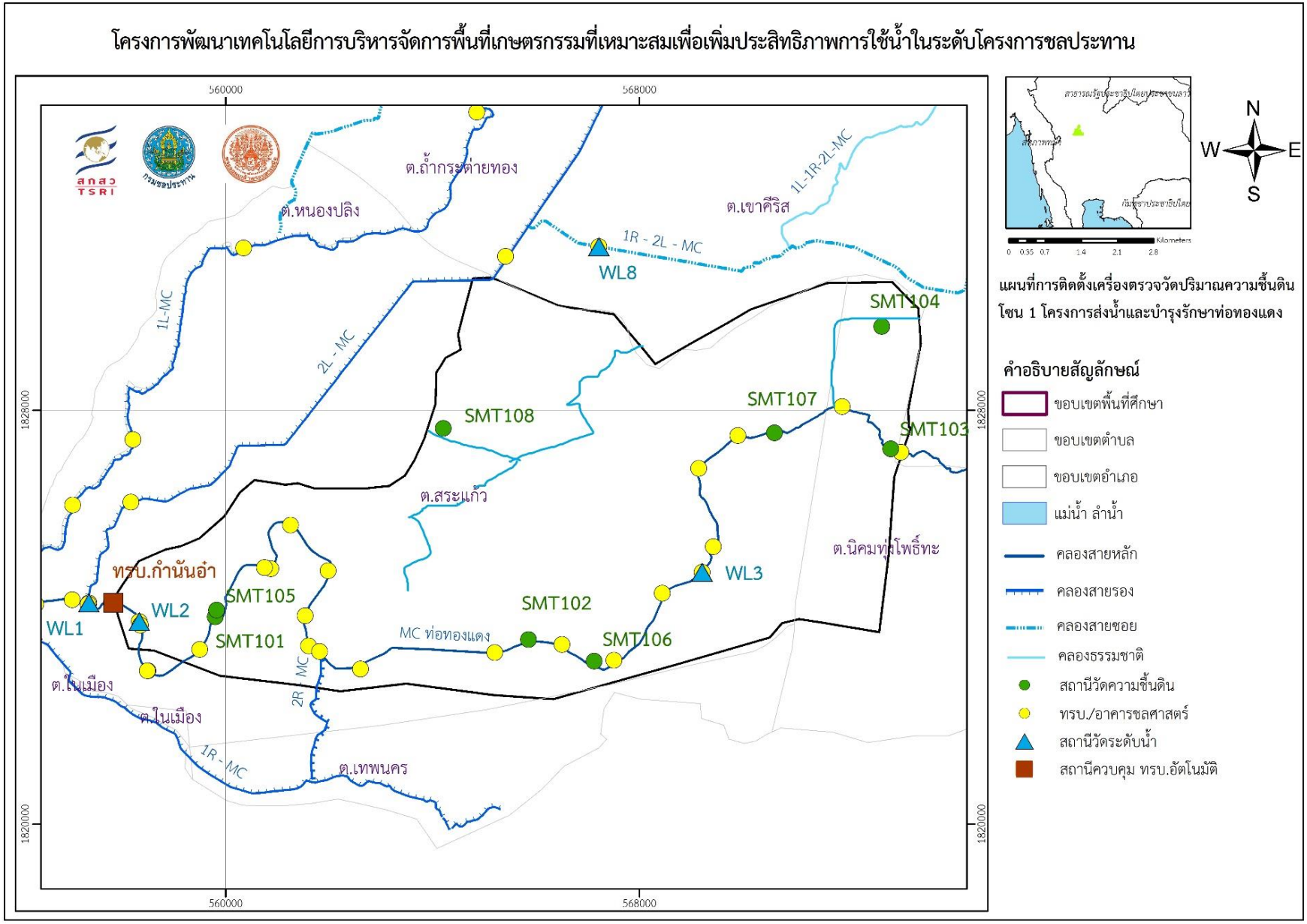
โซน	ข้าวเจ้า	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	มันสำปะหลังโรงงาน	อ้อยโรงงาน	อื่นๆ	รวม
1	4	-	2	1	1	8
2	2	-	1	2	-	5
3	5	-	-	1	-	6
4	3	-	-	1	1	5
5	7	-	-	-	-	7
6	10	-	-	2	-	12
7	3	-	-	2	-	5
8	4	-	1	-	-	5
9	2	-	-	-	-	2
10	12	-	1	-	-	13
11	2	-	-	1	-	3
12	4	-	1	2	-	6
13	3	-	-	-	-	3
14	3	-	-	2	1	6
15	4	1	1	1	1	8
16	2	-	-	-	1	3
17	3	1	-	-	-	4
18	6	-	-	1	-	7
19	6	-	-	-	-	6
20	4	-	-	-	-	4
รวม	**89**	**2**	**8**	**16**	**5**	**120**



รูปที่ 5-7 แผนที่จุดติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นใน 20 โซน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง



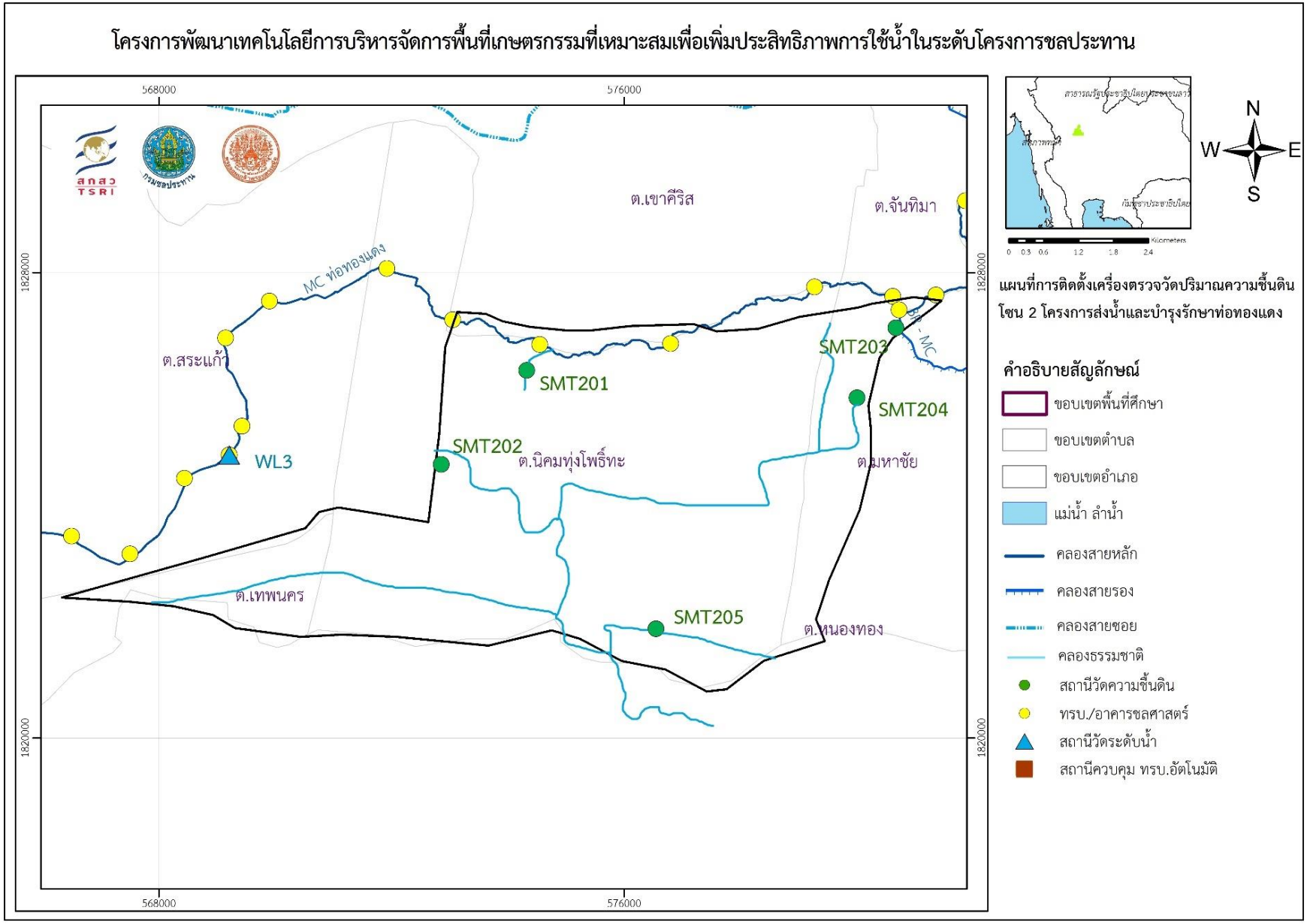
รูปที่ 5-8 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้นในพื้นที่เกษตรกรรมแบบ Real-time โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง



รูปที่ 5-9 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 1 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-7 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 1 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

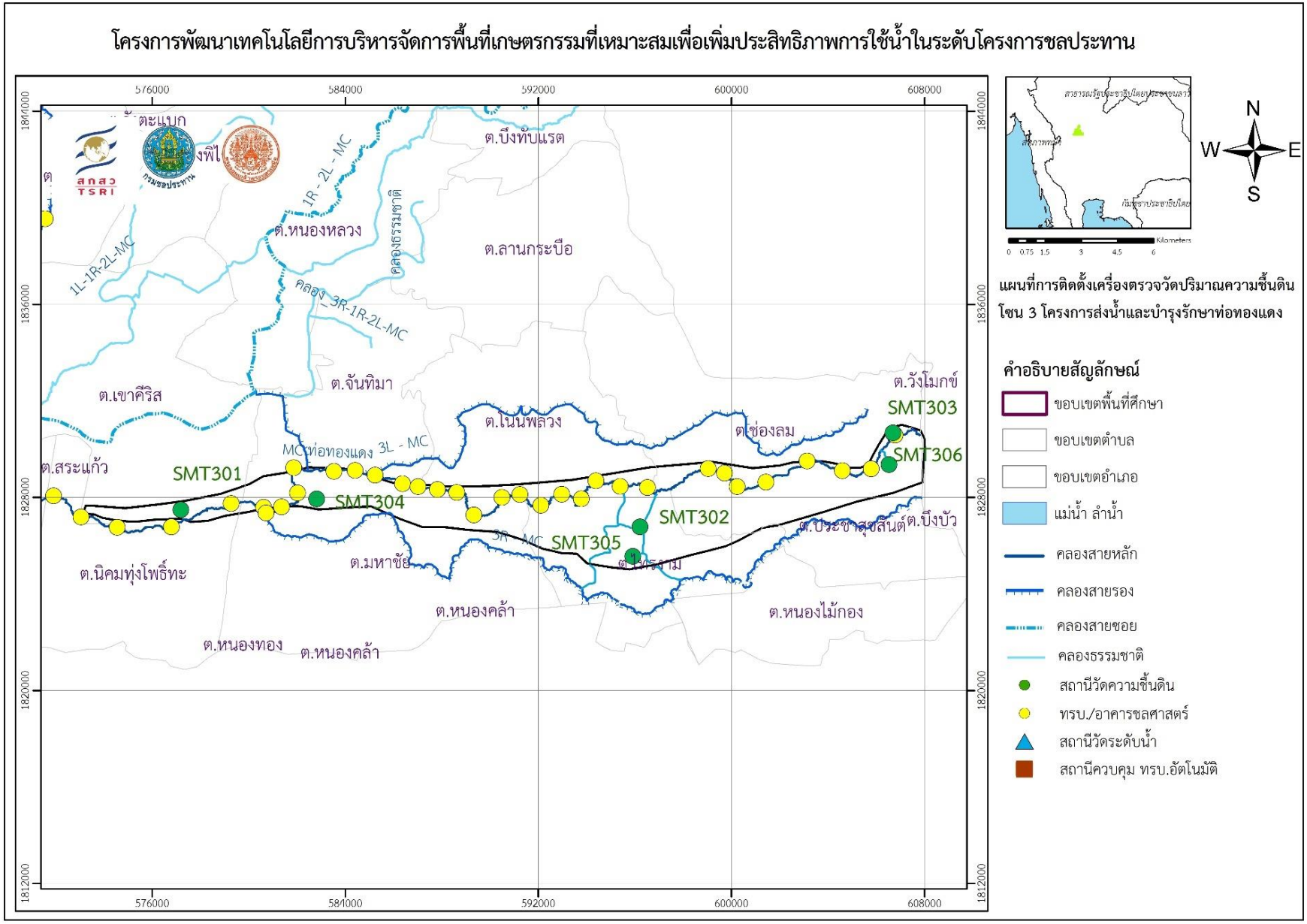
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT101		99.620115 16.514172 ต.สระแก้ว อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	อ้อย	2	SMT102		16.49299 99.61971 ต.สระแก้ว อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ฝรั่ง
3	SMT103		16.50724 99.57244 ต.สระแก้ว อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	มัน สำปะหลัง	4	SMT104		16.53022 99.68056 ต.นิคมทุ่งโพธิ์ทะเล อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ข้าว
5	SMT105		16.53273 99.67635 ต.สระแก้ว อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ข้าว	6	SMT106		16.489151 99.628922 ต.สระแก้ว อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	มัน สำปะหลัง
7	SMT107		16.52896 99.66175 ต.สระแก้ว อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ข้าว	8	SMT108		16.52990 99.60174 ต.สระแก้ว อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ข้าว



รูปที่ 5-10 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 2 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-8 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 2 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

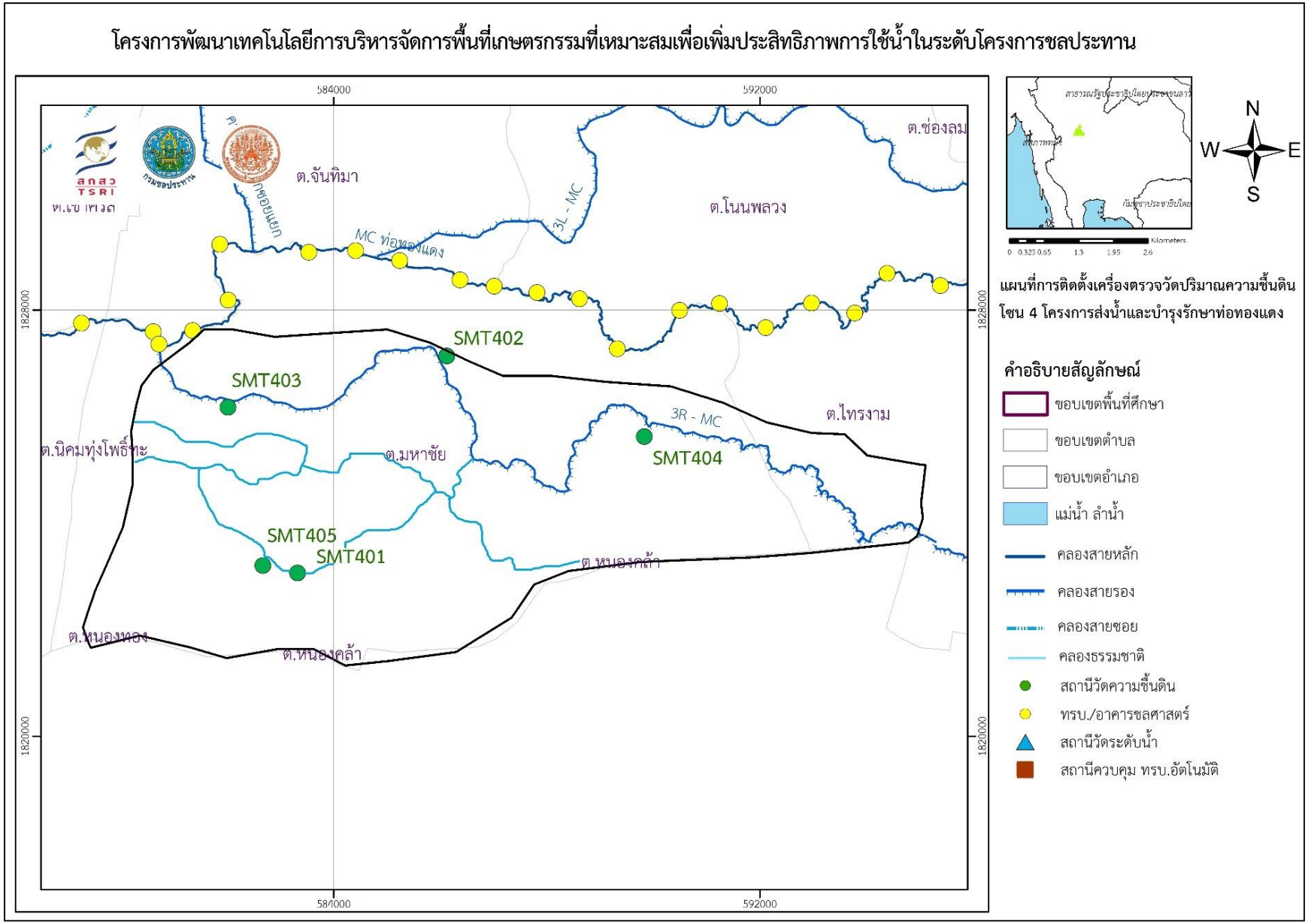
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT201		16.51758 99.69656 ต.นิคมทุ่งโพธิ์ทะเล อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2	SMT202		16.50306 99.68267 ต.นิคมทุ่งโพธิ์ทะเล อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	มัน สำปะหลัง
3	SMT203		16.524000 99.756000 ต.มหาชัย อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	อ้อย	4	SMT204		16.513168 99.74969 ต.มหาชัย อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	ข้าว
5	SMT205		16.47741 99.71718 ต.นิคมทุ่งโพธิ์ทะเล อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	อ้อย					



รูปที่ 5-11 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 3 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-9 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 3 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

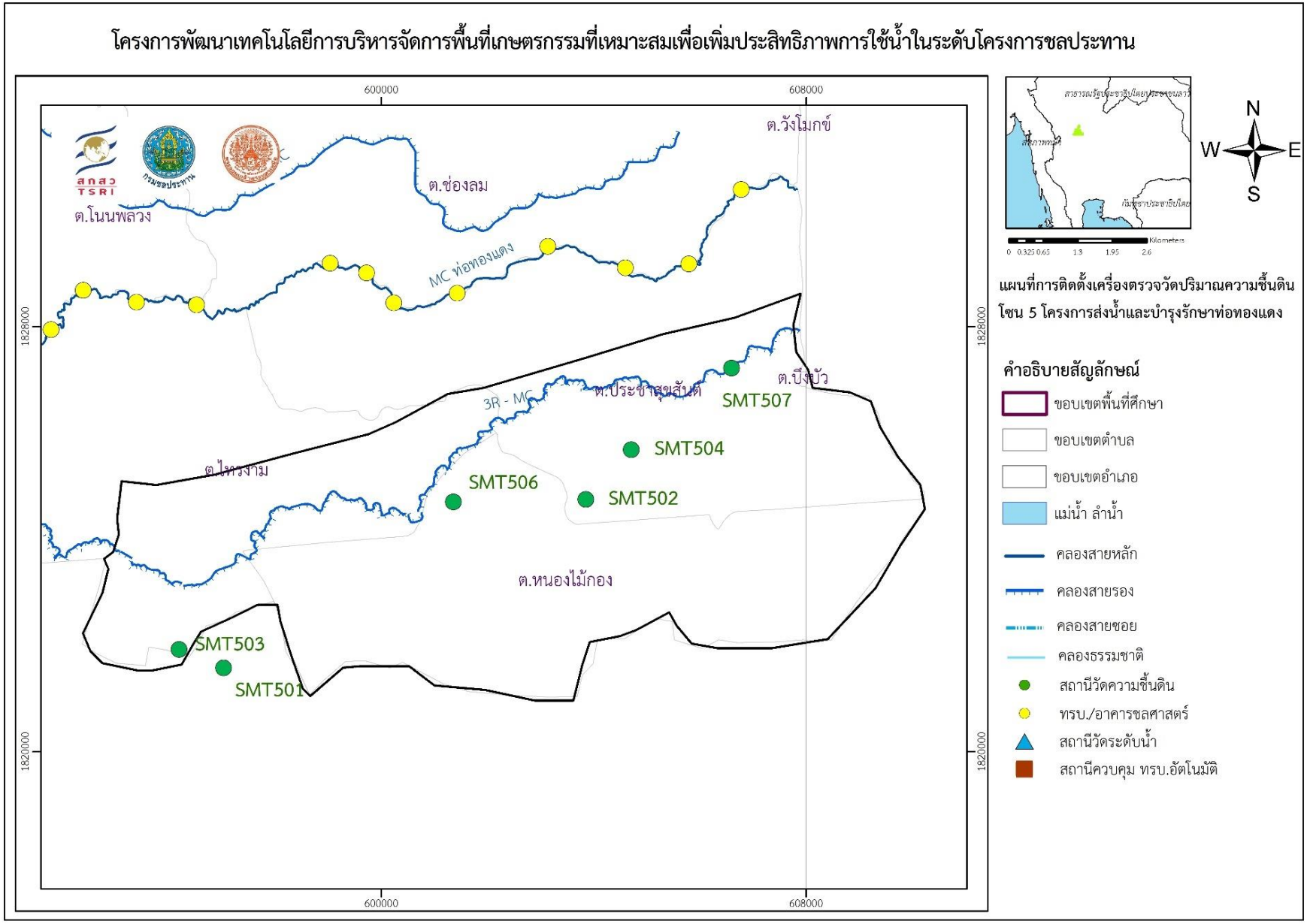
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT301		16.528059 99.72334 ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2	SMT302		16.52603 99.90477 ต.ไทรงาม อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	อ้อย
3	SMT303		16.55570 100.000000 ต.ช่องลม อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว	4	SMT304		16.531900 99.776100 ต.มหาชัย อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	ข้าว
5	SMT305		16.51865 99.91278 ต.ไทรงาม อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	ข้าว	6	SMT306		16.54383 99.99837 ต.ประชาสุขสันต์ อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว



รูปที่ 5-12 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 4 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-10 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 4 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

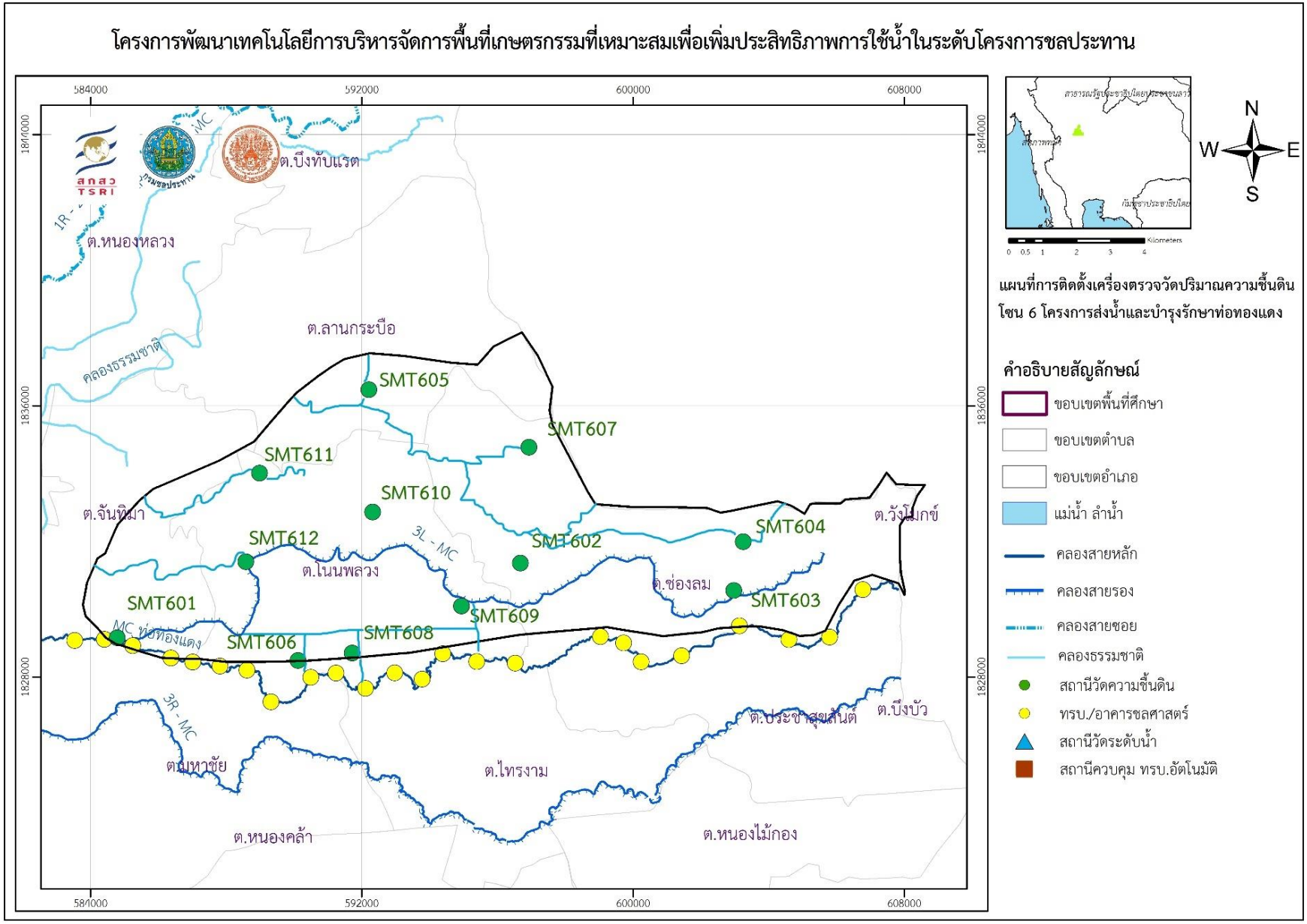
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT401		16.487900 99.780700 ต.มหาชัย อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	มะนาว	2	SMT402		16.52460 99.80710 ต.มหาชัย อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	อ้อย
3	SMT403		16.51603 99.76858 ต.มหาชัย อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	ข้าว	4	SMT404		16.510800 99.841800 ต.ไทรงาม อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	ข้าว
5	SMT405		16.48921 99.77646 ต.มหาชัย อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	ข้าว					



รูปที่ 5-13 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 5 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

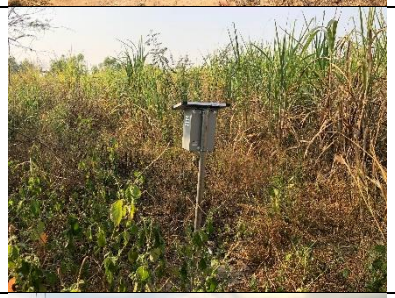
ตารางที่ 5-11 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 5 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT501		16.47392 99.90904 ต.ไทรงาม อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2	SMT502		16.50231 99.97312 ต.หนองไม้กอง อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	ข้าว
3	SMT503		16.4771 99.90121 ต.ปากพระ อ.เมืองสุโขทัย จ.สุโขทัย	ข้าว	4	SMT504		16.51072 99.98118 ต.ประชาสุขสันต์ อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว
5	SMT506		16.50198 99.94974 ต.หนองไม้กอง อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร	ข้าว	6	SMT507		16.52453 99.99894 ต.ประชาสุขสันต์ อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว



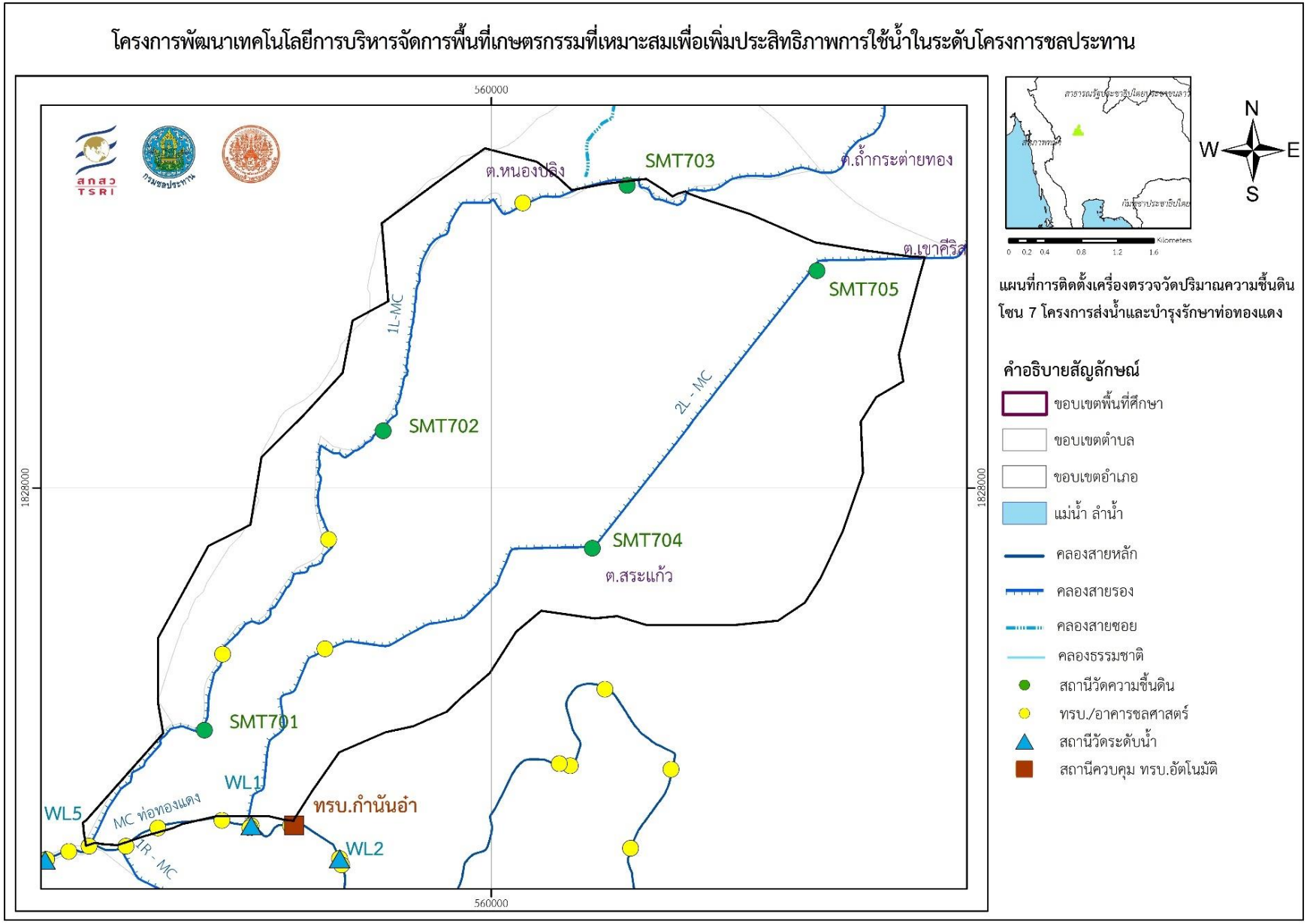
รูปที่ 5-14 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 6 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-12 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 6 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT601		16.54296 99.79467 ต.จันทิมา อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2	SMT602		16.562400 99.90616 ต.ช่องลม อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว
3	SMT603		16.55484 99.96512 ต.ประชาสุขสันต์ อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	อ้อย	4	SMT604		16.567800 99.967800 ต.ช่องลม อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว
5	SMT605		16.608800 99.864500 ต.ลานกระบือ อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว	6	SMT606		16.536700 99.844600 ต.โนนพลวง อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว

ตารางที่ 5-12 (ต่อ) รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 6 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

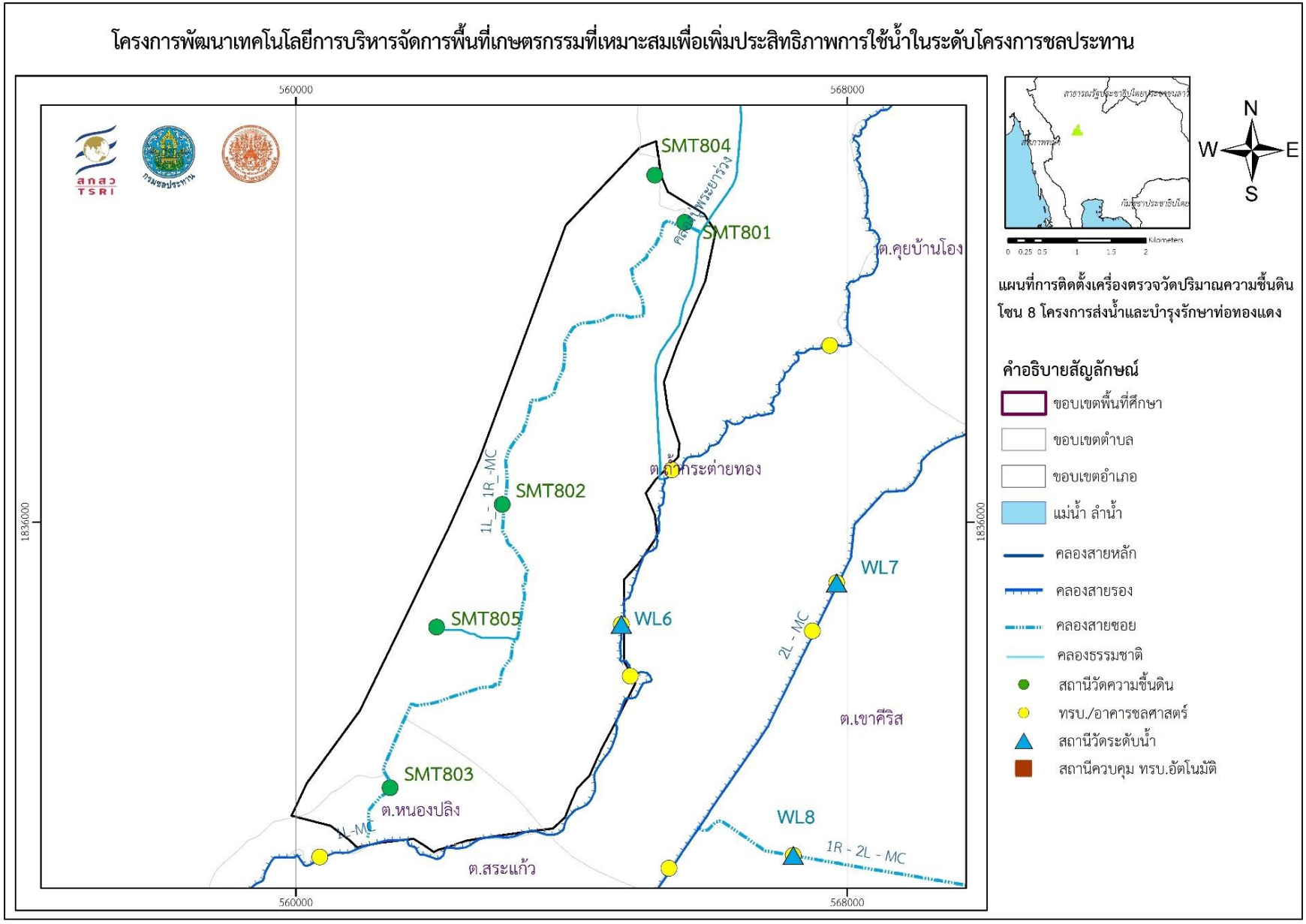
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
7	SMT607		16.59550 99.91019 ต.ช่องลม อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	อ้อย	8	SMT608		16.538600 99.859600 ต.โนนพลวง อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว
9	SMT609		16.55099 99.88981 ต.โนนพลวง อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว	10	SMT610		16.54985 99.89178 ต.โนนพลวง อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว
11	SMT611		16.54966 99.89251 ต.โนนพลวง อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว	12	SMT612		16.56083 99.84852 ต.โนนพลวง อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว



รูปที่ 5-15 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 7 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-13 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 7 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

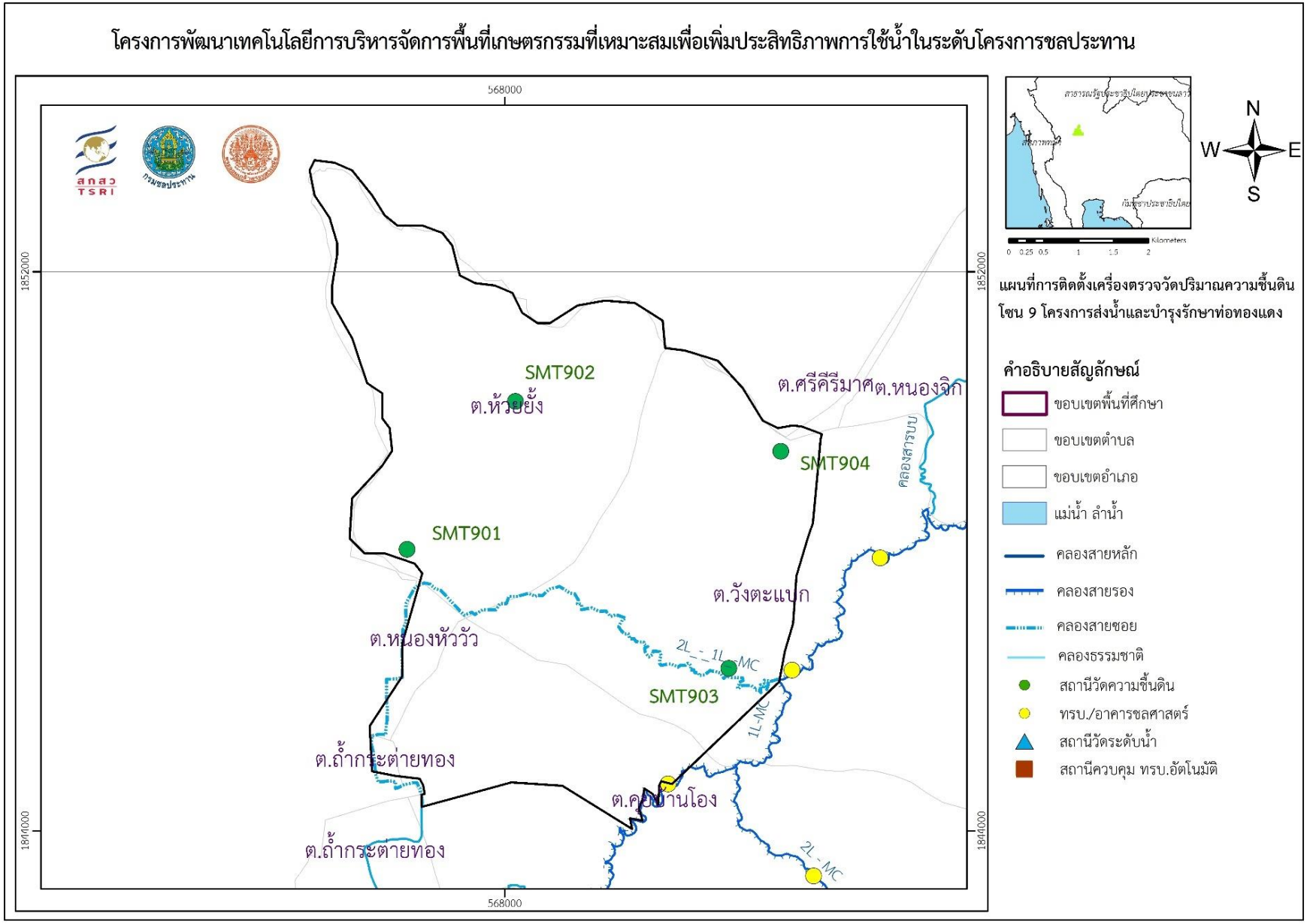
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT701		16.50914 99.53263 ต.สระแก้ว อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2	SMT702		16.53890 99.55117 ต.สระแก้ว อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ข้าว
3	SMT703		16.563274 99.57645 ต.สระแก้ว อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	อ้อย	4	SMT704		16.52743 99.57320 ต.สระแก้ว อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	อ้อย
5	SMT705		16.55438 99.59520 ต.สระแก้ว อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ข้าว					



รูปที่ 5-16 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 8 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-14 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 8 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

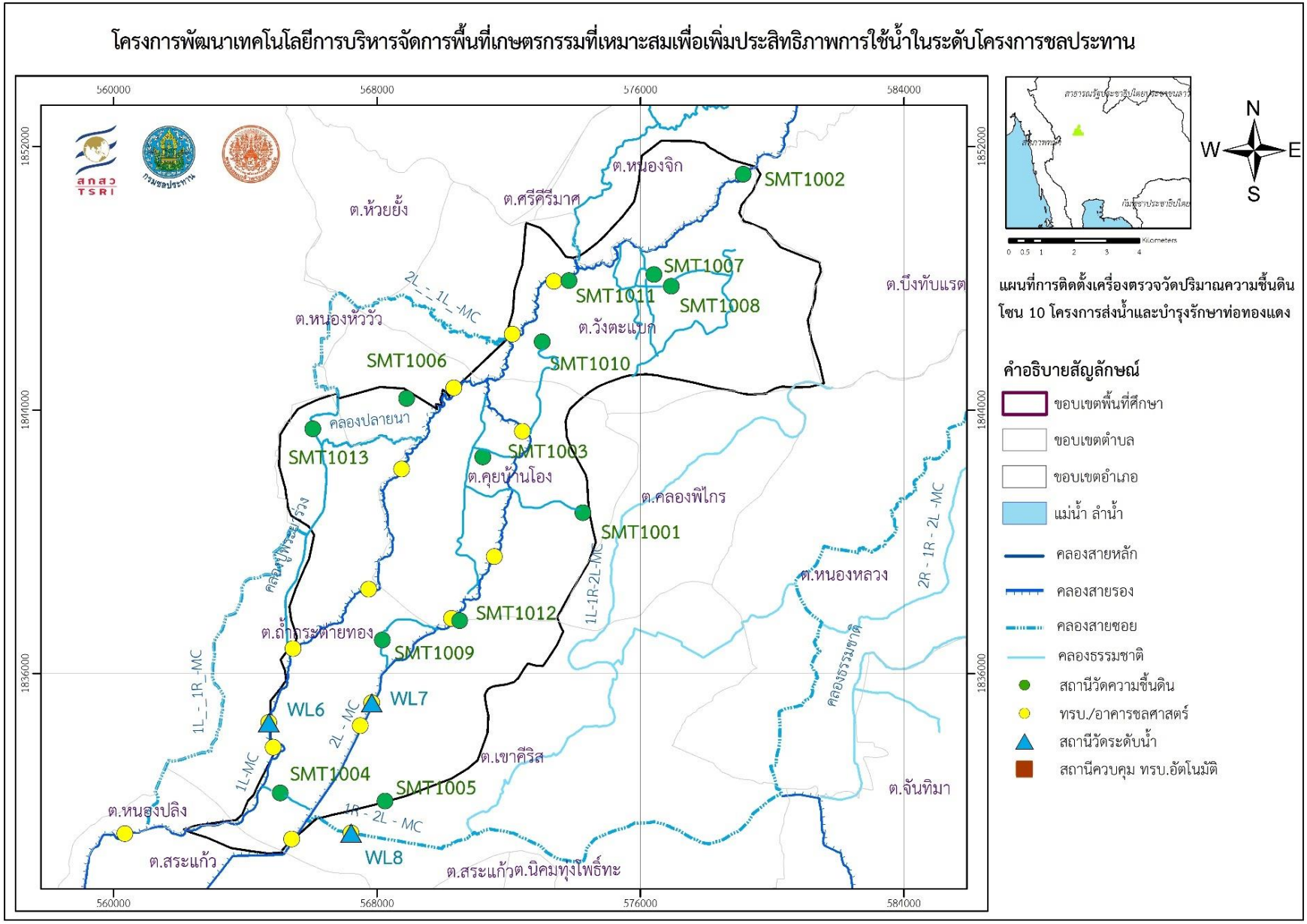
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT801		16.57148 99.57522 ต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2	SMT802		16.61252 99.59360 ต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว
3	SMT803		16.57062 99.57523 ต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	4	SMT804		16.65322 99.61098 ต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว
5	SMT805		16.59258 99.58217 ต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	มัน สำปะหลัง					



รูปที่ 5-17 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 9 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-15 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 9 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT901		16.71406 99.62477 ต.ห้วยยั้ง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2			16.73316 99.63937 ต.ห้วยยั้ง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว
3	SMT903		16.69854 99.66792 ต.วังตะแบก อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	4			16.72658 99.67498 ต.วังตะแบก อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว



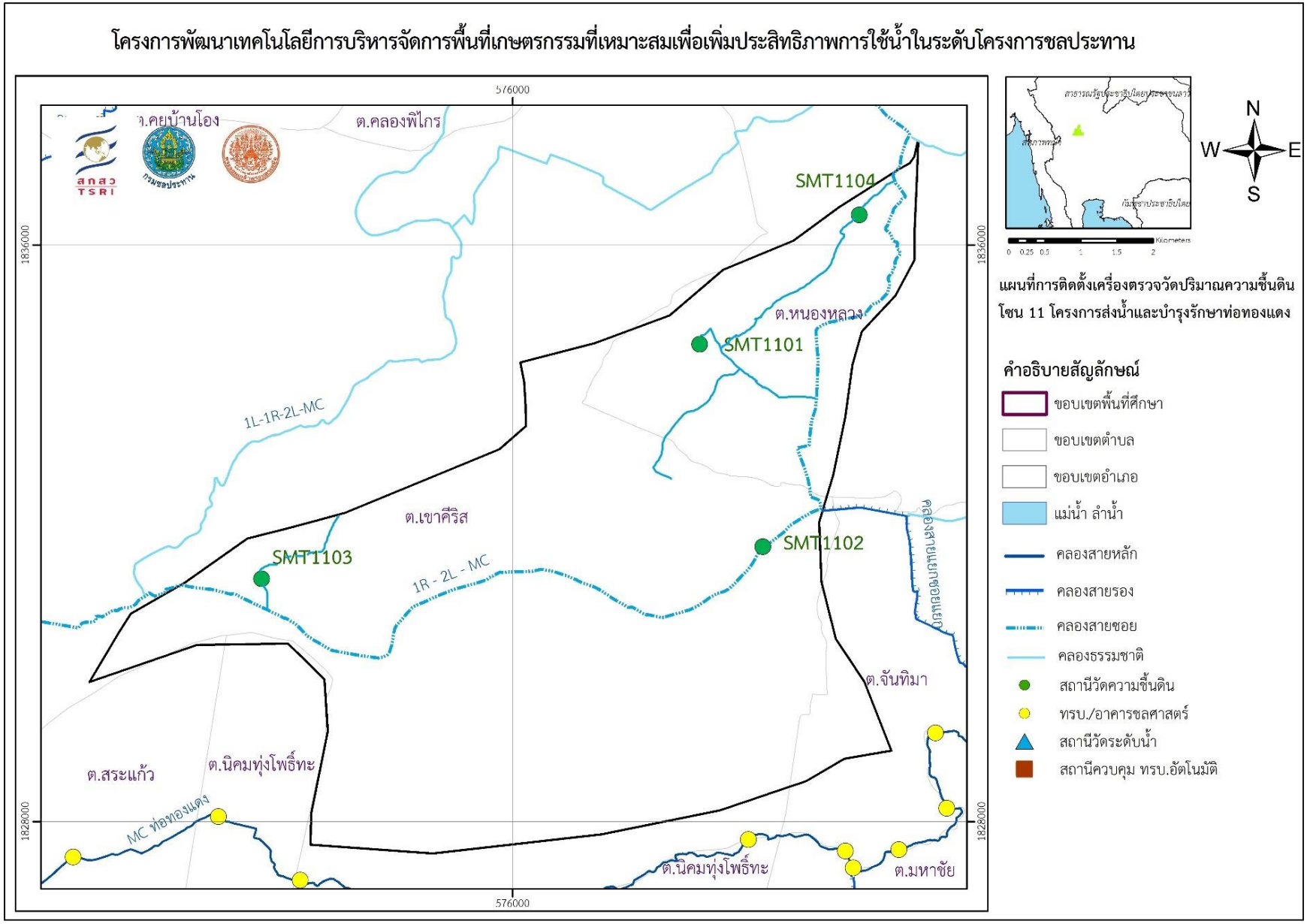
รูปที่ 5-18 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 10 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-16 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 10 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT1001		16.64922 99.69631 ต.คุยบ้านโอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2	SMT1002		16.74197 99.74234 ต.หนองจิก อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	ฝรั่ง
3	SMT1003		16.66531 99.66431 ต.คุยบ้านโอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	4	SMT1004		16.57260 99.60991 ต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	มัน สำปะหลัง
5	SMT1005		16.57039 99.64182 ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	6	SMT1006		16.68208 99.64768 ต.คุยบ้านโอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว
7	SMT1007		16.714500 99.71680 ต.วังตะแบก อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	8	SMT1008		16.71130 99.72170 ต.วังตะแบก อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว

ตารางที่ 5-16 (ต่อ) รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 10 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

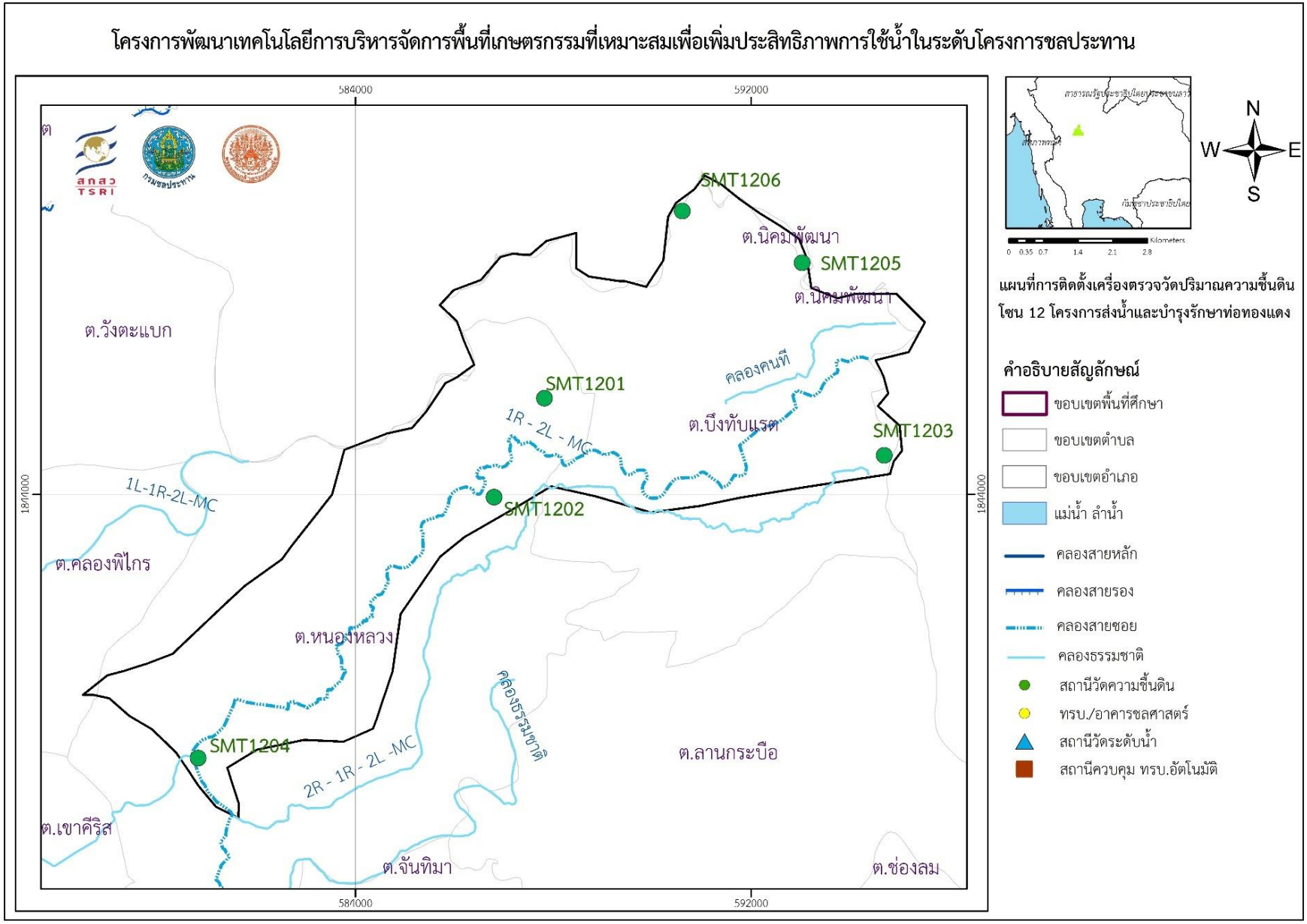
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
9	SMT1009		16.61450 99.63910 ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	10	SMT1010		16.69618 99.68493 ต.วังตะแบก อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว
11	SMT1011		16.71301 99.69482 ต.วังตะแบก อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	12	SMT1012		16.61973 99.66114 ต.คุยบ้านโอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว
13	SMT1013		16.67251 99.61953 ต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว					



รูปที่ 5-19 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 11 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-17 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 11 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

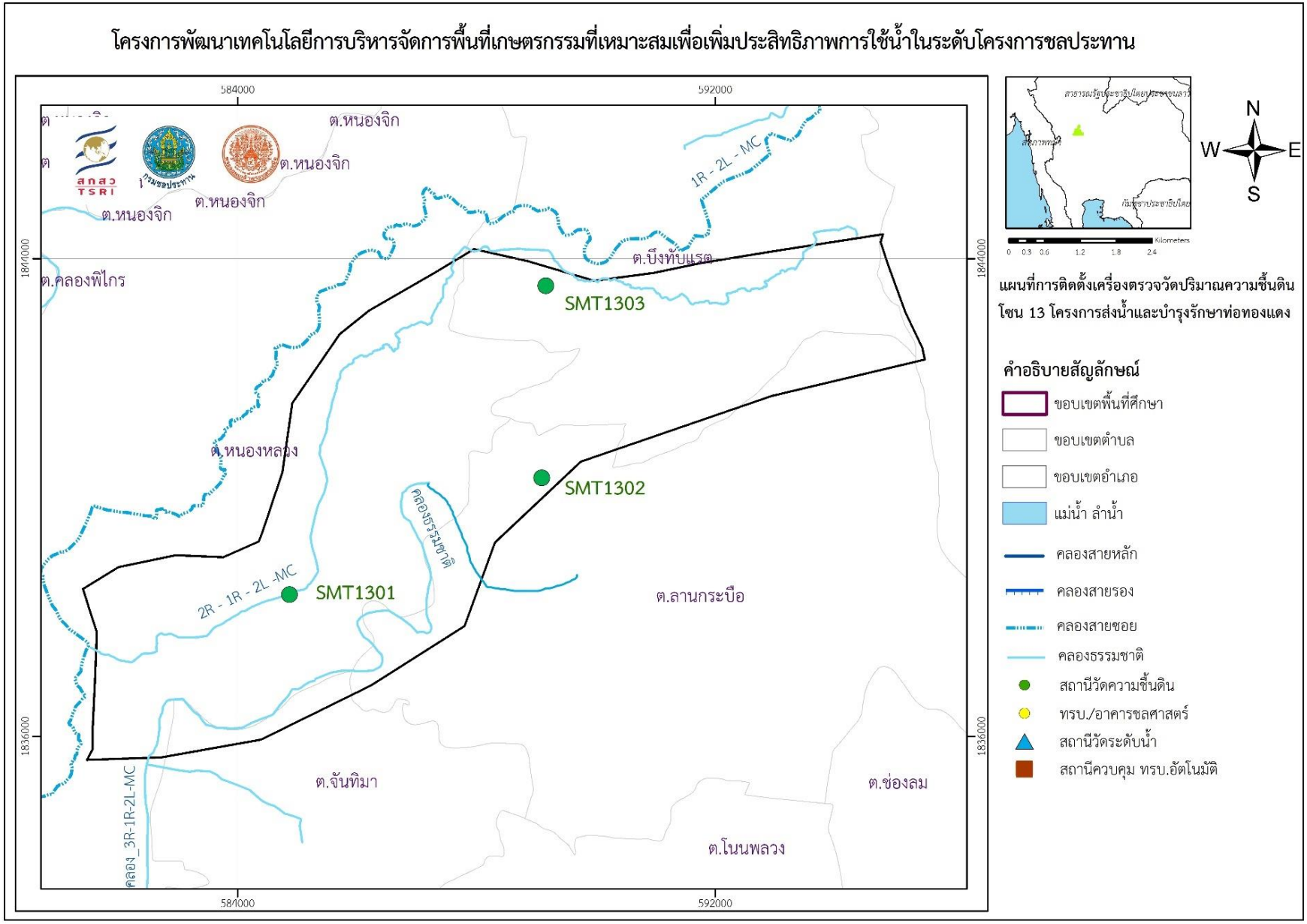
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT1101		16.59253 99.73679 ต.หนองหลวง อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2	SMT1102		16.567100 99.744900 ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	อ้อย
3	SMT1103		16.563300 99.679700 ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	มัน สำปะหลัง	4	SMT1104		16.60867 99.75760 ต.หนองหลวง อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว



รูปที่ 5-20 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 12 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-18 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 12 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

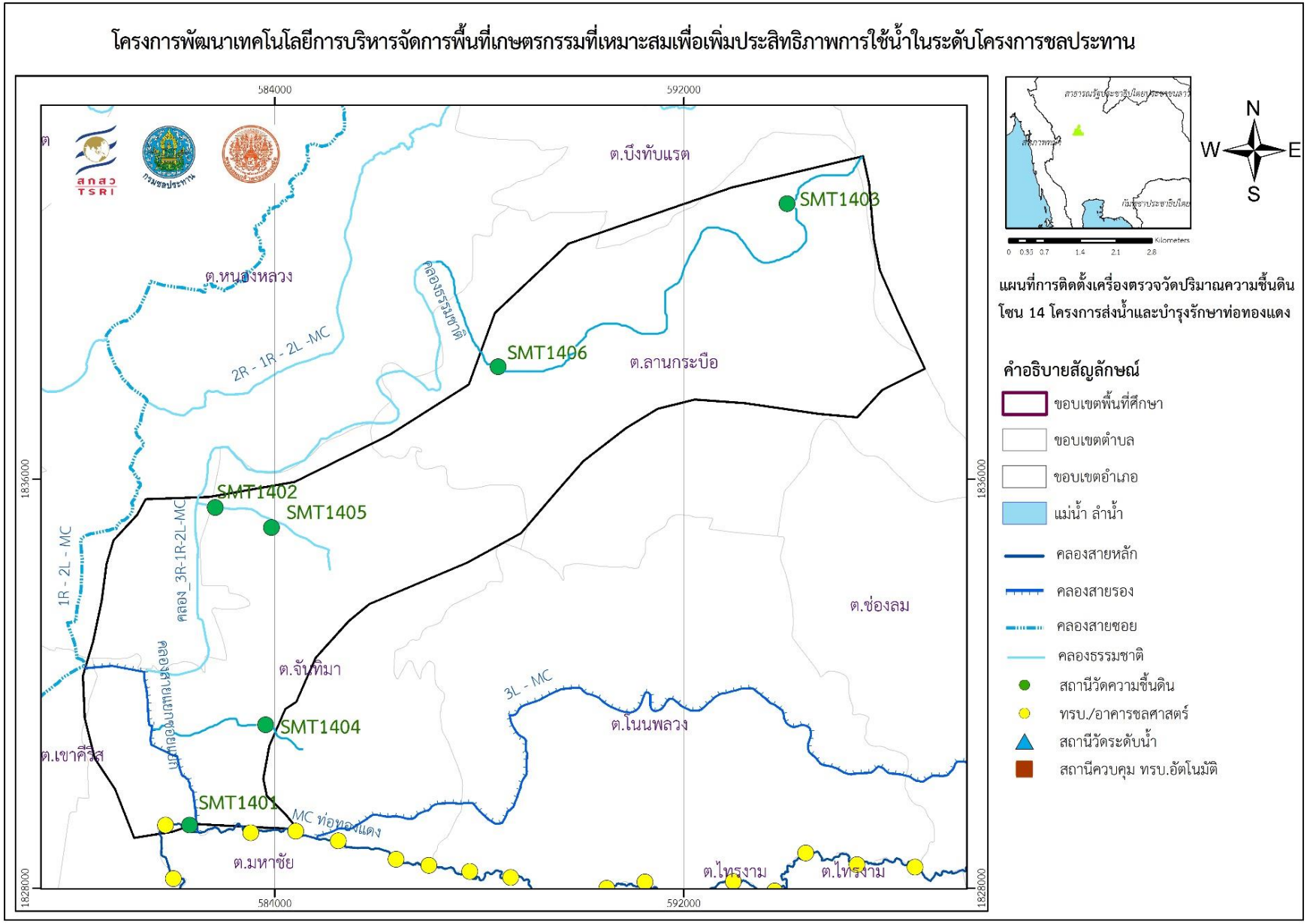
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT1201		16.69453 99.82370 ต.หนองหลวง อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	มัน สำปะหลัง	2	SMT1202		16.67648 99.81408 ต.หนองหลวง อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว
3	SMT1203		16.68383 99.88811 ต.บึงทับแรต อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว	4	SMT1204		16.62899 99.75780 ต.หนองหลวง อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	อ้อย
5	SMT1205		16.71906 99.87271 ต.บึงทับแรต อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว	6	SMT1206		16.72860 99.850000 ต.บึงทับแรต อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	อ้อย



รูปที่ 5-21 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 13 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-19 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 13 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

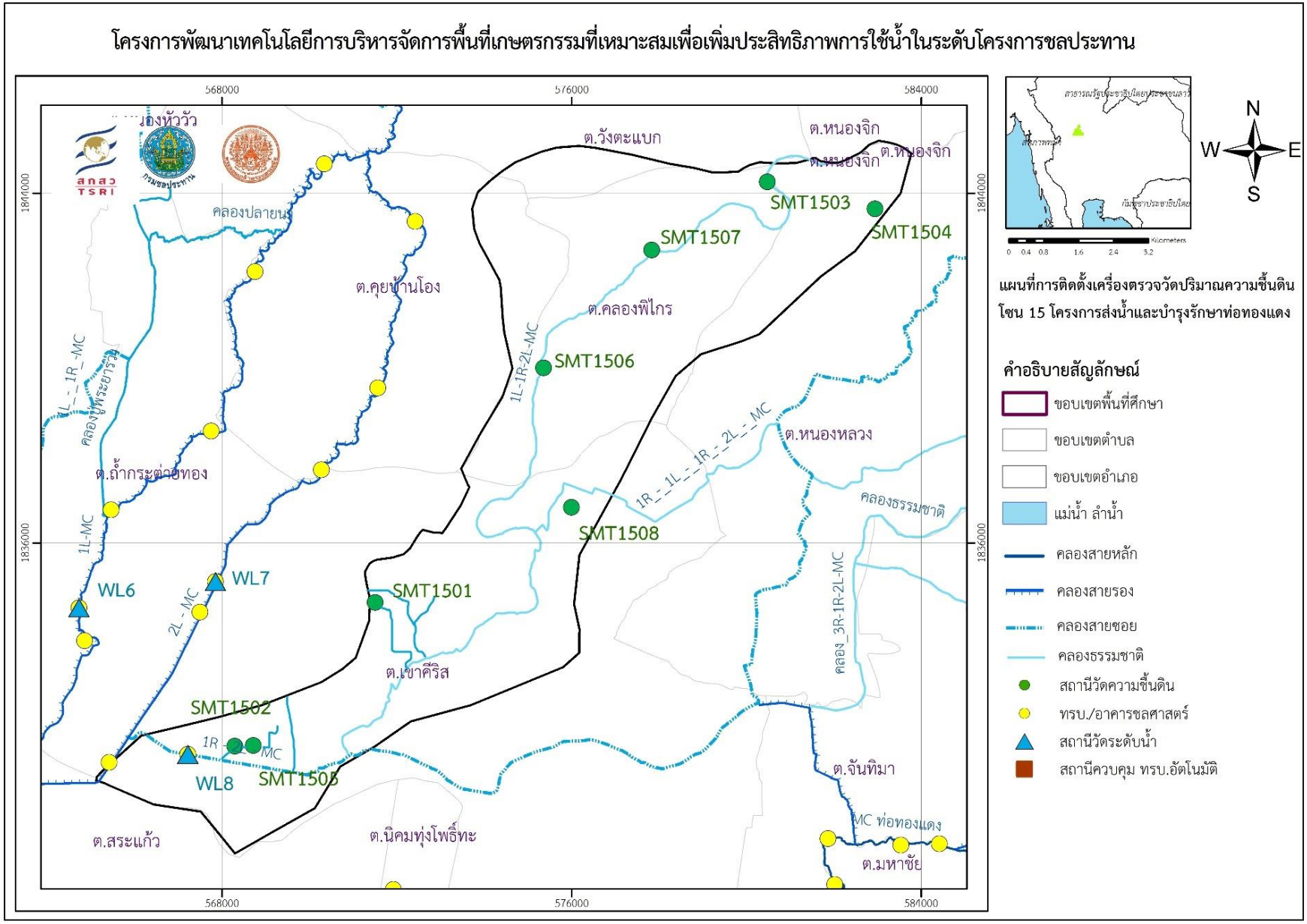
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT1301		16.62624 99.79574 ต.หนองหลวง อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2	SMT1302		16.64375 99.83545 ต.ลานกระบือ อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว
3	SMT1303		16.67281 99.8362 ต.หนองหลวง อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว					



รูปที่ 5-22 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 14 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-20 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 14 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

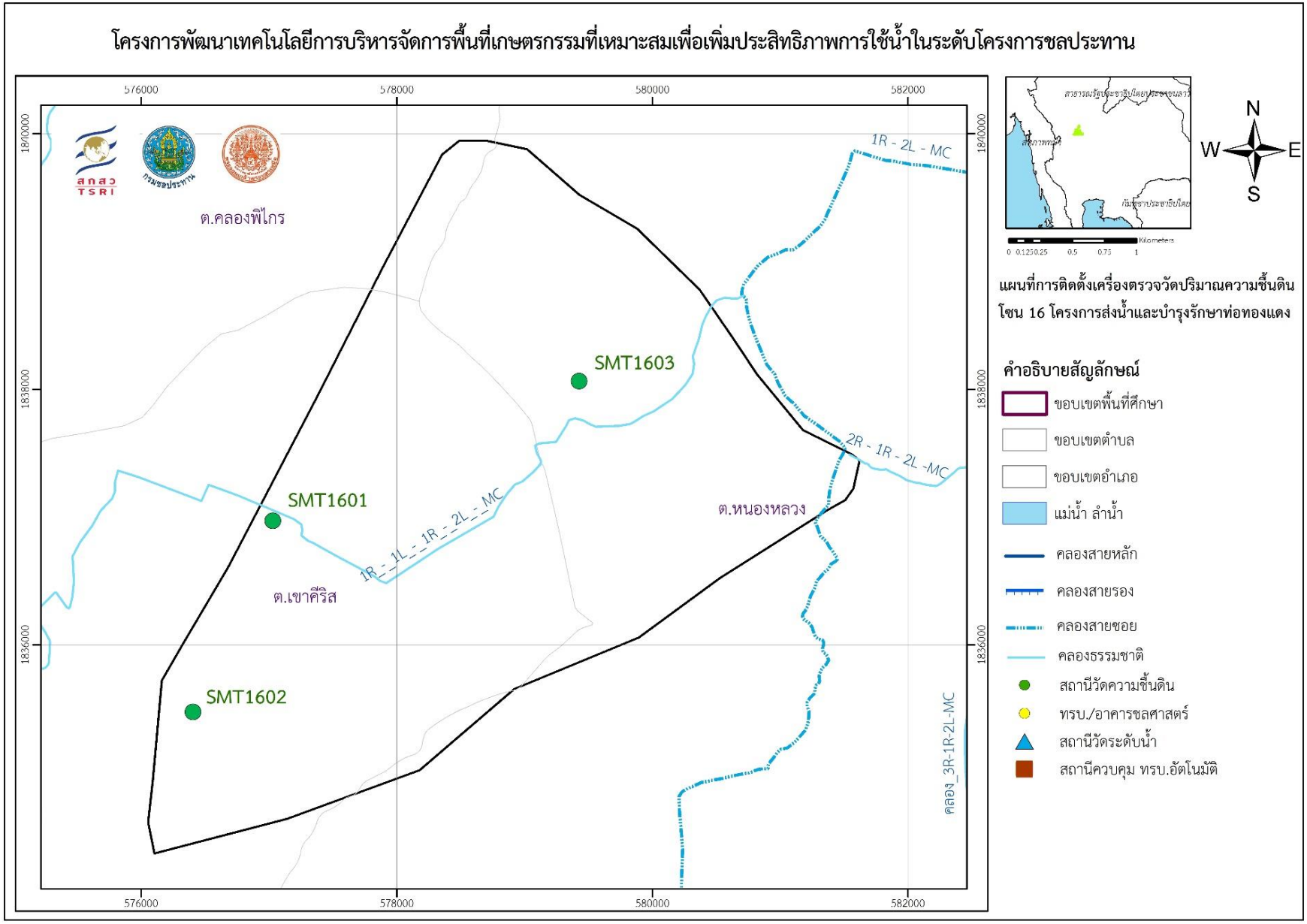
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT1401		16.54370 99.77170 ต.จันทิมา อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2	SMT1402		16.59980 99.776600 ต.จันทิมา อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	กล้วย
3	SMT1403		16.65310 99.881700 ต.ลานกระบือ อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	อ้อย	4	SMT1404		16.56134 99.7857 ต.จันทิมา อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	อ้อย
5	SMT1405		16.59621 99.78691 ต.จันทิมา อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว	6	SMT1406		16.624500 99.828600 ต.ลานกระบือ อ.ลานกระบือ จ.กำแพงเพชร	ข้าว



รูปที่ 5-23 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 15 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-21 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 15 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

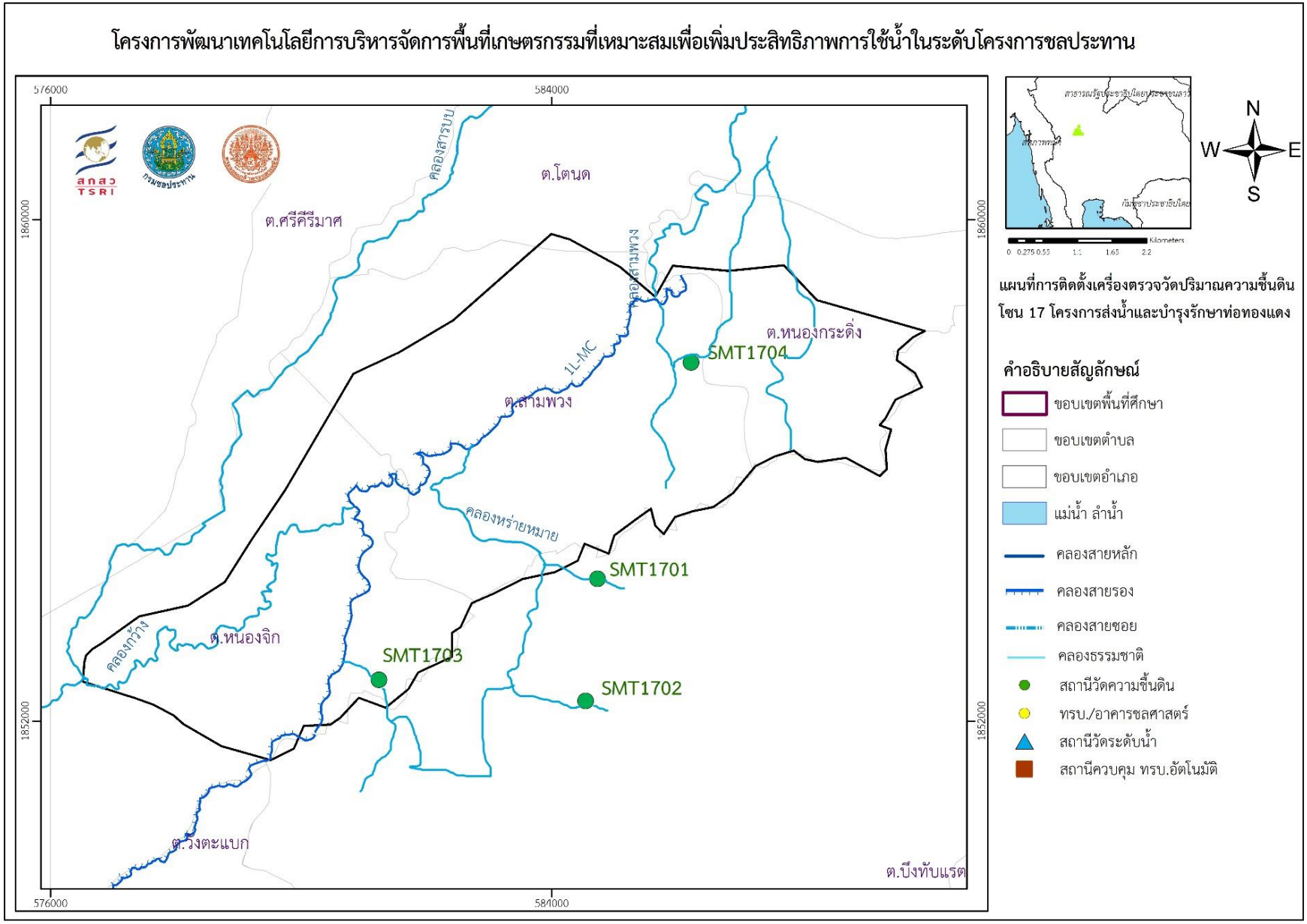
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT1501		16.592900 99.670300 ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2	SMT1502		16.563233 99.640111 ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว
3	SMT1503		16.679600 99.754800 ต.คลองพิไกร อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ตะไคร้	4	SMT1504		16.673900 99.777900 ต.หนองหลวง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว
5	SMT1505		16.56338 99.64407 ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	6	SMT1506		16.641300 99.706600 ต.คลองพิไกร อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	อ้อย
7	SMT1507		16.665600 99.729900 ต.คลองพิไกร อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าวโพด	8	SMT1508		16.60562 99.70660 ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	มัน สำปะหลัง



รูปที่ 5-24 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 16 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-22 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 16 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

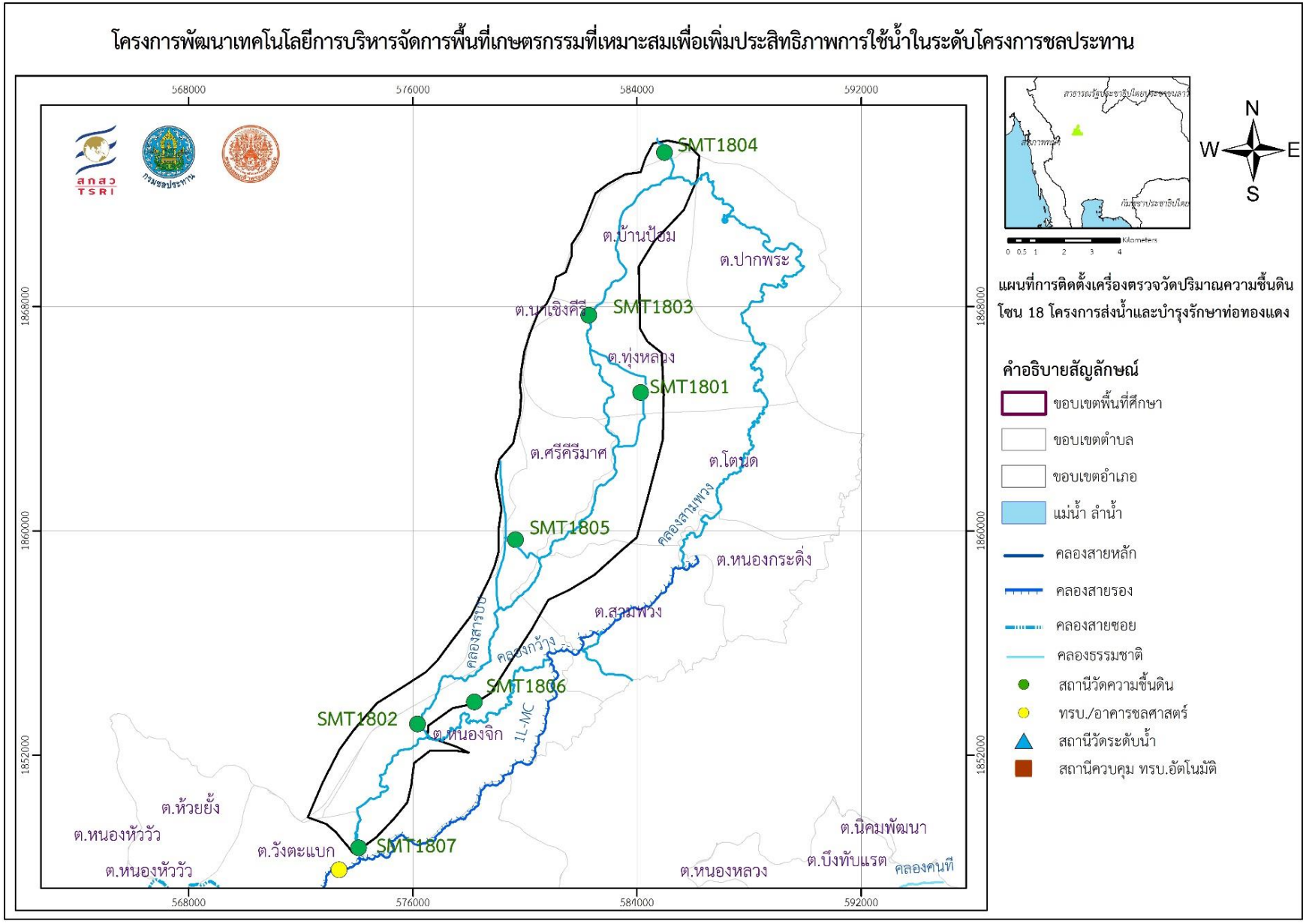
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT1601		16.613800 99.722200 ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2	SMT1602		16.600300 99.716300 ต.เขาคีริส อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	สัปปะรด
3	SMT1603		16.623600 99.744700 ต.หนองหลวง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร	ข้าว					



รูปที่ 5-25 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 17 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-23 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 17 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

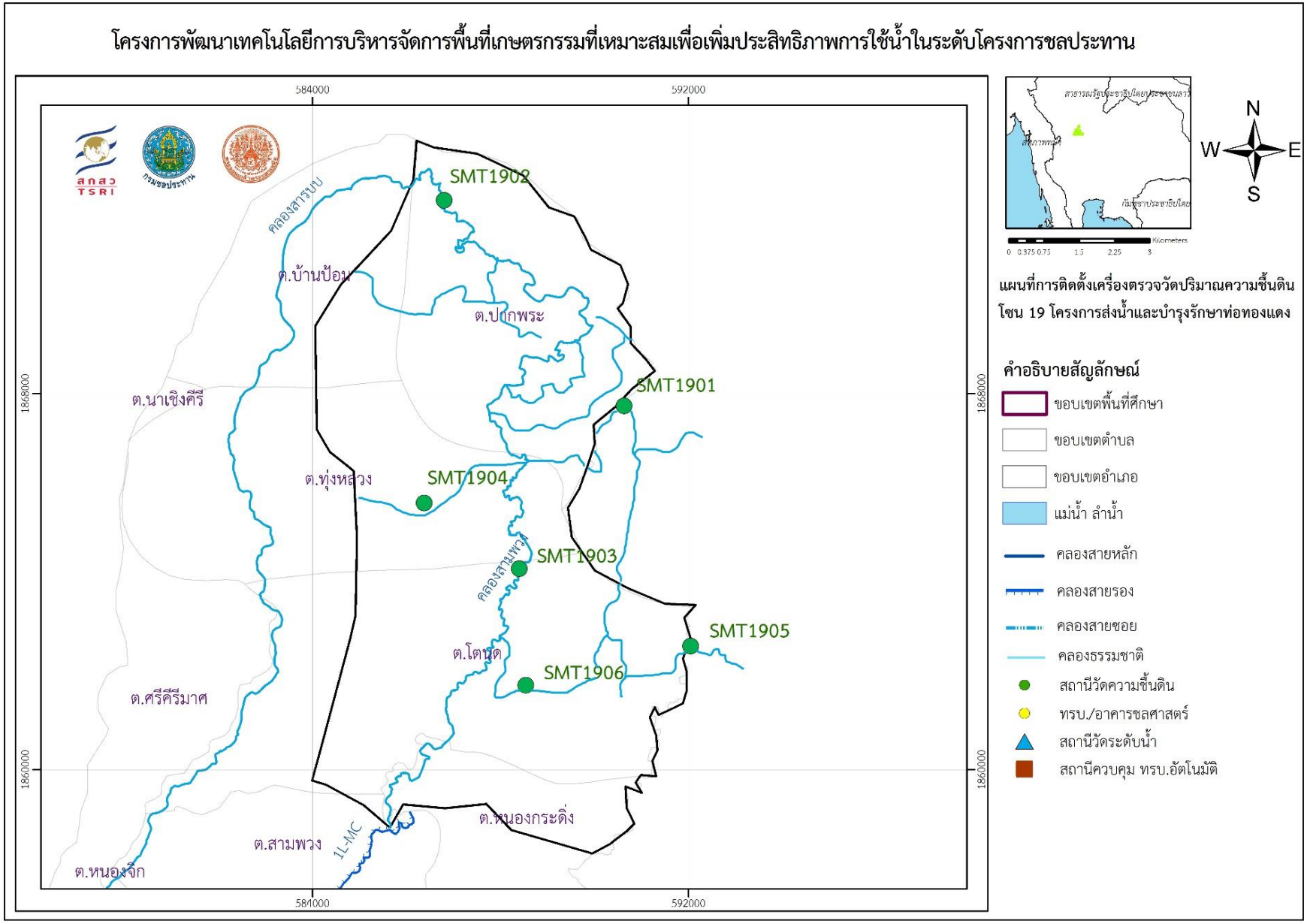
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT1701		16.7699 99.79502 ต.สามพวง อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	ข้าวโพด	2	SMT1702		16.75240 99.79318 ต.สามพวง อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	ข้าว
3	SMT1703		16.75546 99.76226 ต.หนองจิก อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	ข้าว	4	SMT1704		16.80104 99.80918 ต.สามพวง อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	ข้าว



รูปที่ 5-26 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 18 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

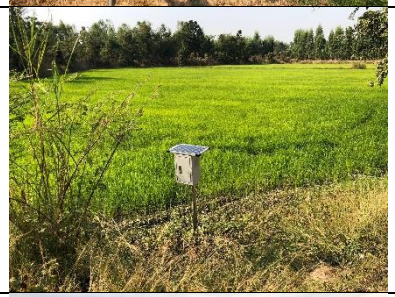
ตารางที่ 5-24 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 18 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

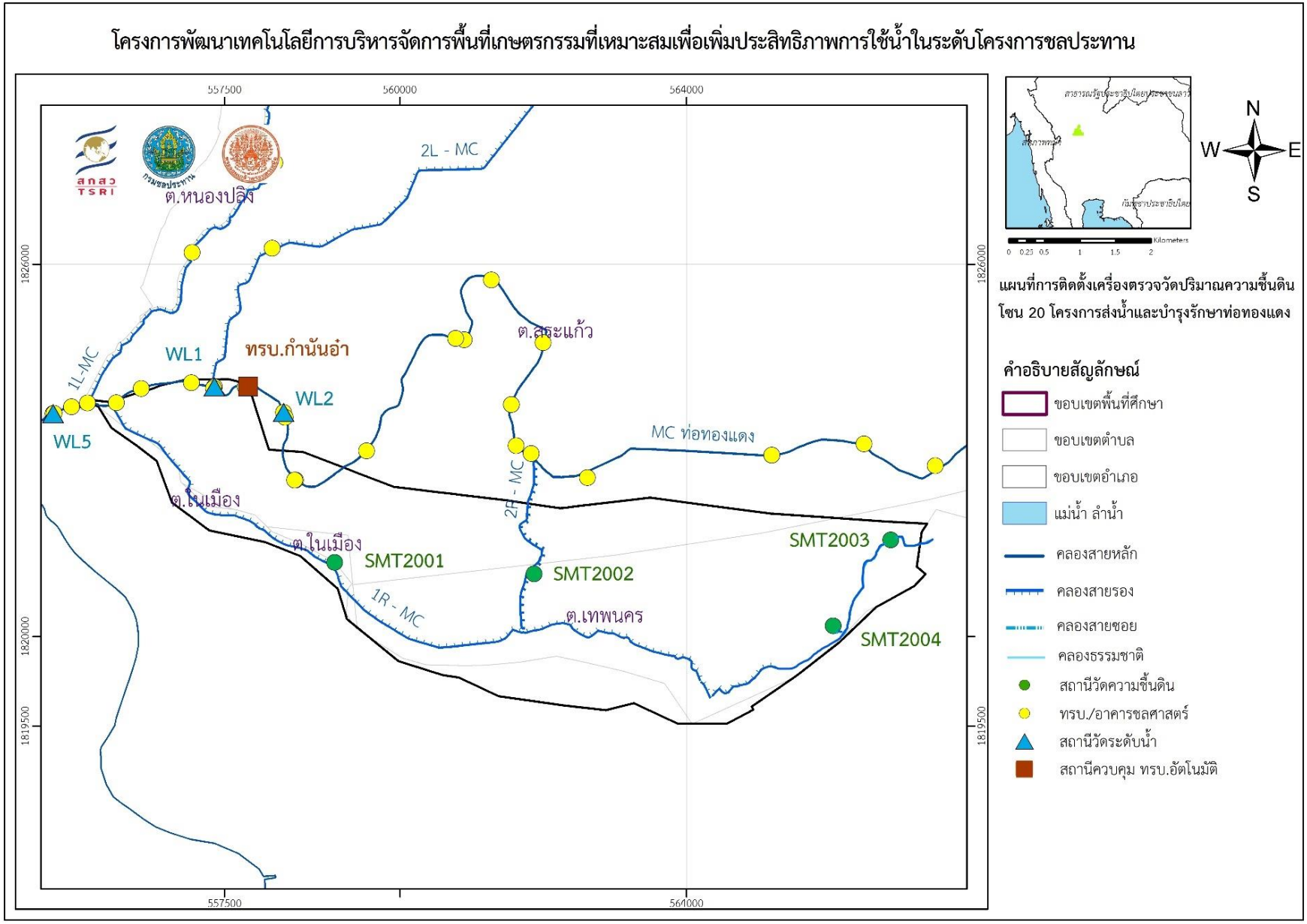
ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT1801		16.86634 99.7898 ต.ทุ่งหลวง อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	ข้าว		SMT1802		16.75967 99.71468 ต.หนองจิก อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	ข้าว
3	SMT1803		16.89131 99.77256 ต.บ้านป้อม อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	ข้าว		SMT1804		16.94393 99.79815 ต.บ้านป้อม อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	ข้าว
	SMT1805		16.819000 99.747700 ต.ศรีคีรีมาศ อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	ข้าว		SMT1806		16.76673 99.73378 ต.หนองจิก อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	ข้าว
	SMT1807		16.71980 99.69480 ต.วังตะแบก อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย	ข้าว					



รูปที่ 5-27 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 19 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-25 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 19 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT1901		16.8914 99.85093	ข้าว	2	SMT1902		16.93109 99.8152	ข้าว
3	SMT1903		16.86022 99.82986	ข้าว	4	SMT1904		16.87292 99.81096	ข้าว
5	SMT1905		16.845200 99.864000	ข้าว	6	SMT1906		16.837800 99.831100	ข้าว



รูปที่ 5-28 แผนที่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 20 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ตารางที่ 5-26 รูปภาพเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความชื้น โซน 20 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง

ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง	ลำดับ	โซน	รูปภาพ	ที่ตั้ง	แปลง
1	SMT2001		16.47818 99.55171 ต.ในเมือง อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ข้าว	2	SMT2002		16.47586 99.58063 ต.เทพนคร อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ข้าว
3	SMT2003		16.47614 99.62853 ต.เทพนคร อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ข้าว	4	SMT2004		16.46896 99.61898 ต.เทพนคร อ.เมือง กำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร	ข้าว

บทที่ 7

ผลการจัดฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีต้นแบบแก่เจ้าหน้าที่และเกษตรกร

การจัดอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีต้นแบบแก่เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ได้จัดขึ้นในวันที่ 14-15 เมษายน 2563 โดยมีผู้เข้าร่วมอบรม ได้แก่ เจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง เจ้าหน้าที่ศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ (SWOC) และกรมชลประทานส่วนกลาง ประกอบด้วย เนื้อหาการใช้งานระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ เครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำ และเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม ที่มีการเชื่อมโยงกับเทคโนโลยีการจัดการพื้นที่เกษตรกรรม โดยได้มีการจัดอบรมผ่านโปรแกรม Zoom และการอบรมภาคสนามในการดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือตรวจวัดที่ได้มีการพัฒนาขึ้นในโครงการฯ โดยในบทนี้ประกอบด้วยเนื้อหาของผลการจัดฝึกอบรม และคู่มือการใช้งานและการดูแลบำรุงรักษา มีรายละเอียดดังนี้

7.1 ผลการจัดฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีต้นแบบแก่เจ้าหน้าที่และเกษตรกร

การจัดอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีต้นแบบแก่เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ได้ดำเนินการเมื่อวันที่ 14-15 เมษายน พ.ศ. 2563 โดยได้เชิญเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการจากกรมชลประทานส่วนกลาง โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง และศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ (SWOC) ประกอบด้วย การอบรมการใช้งานระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ เครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำและเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม ณ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง จ.กำแพงเพชร

วันที่ 14 เมษายน พ.ศ. 2563 ทางโครงการวิจัยฯ ได้จัดการอบรมการพัฒนาโปรแกรมและเทคโนโลยีเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมแบบอัตโนมัติ การอบรมการใช้งานระบบติดตามรายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรมต้นแบบ มีผู้เข้าร่วมเป็นเจ้าหน้าที่จากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง จำนวน 17 ท่าน แสดงบรรยากาศการอบรมดังรูปที่ 7-1 ส่วนในวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2563 ประกอบไปด้วยการอบรมการใช้งานและการดูแลบำรุงรักษาระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำและเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำ การใช้งานระบบควบคุมปริมาณการระบายน้ำจากอาคารบังคับน้ำ และระบบประมวลผลเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำแบบทันต่อเวลา มีผู้เข้าร่วมเป็นเจ้าหน้าที่จากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง จำนวน 15 ท่าน แสดงบรรยากาศการอบรมดังรูปที่ 7-2 ประกอบด้วย 1) การอธิบายภาพรวมของโครงการ การเชื่อมต่ออุปกรณ์ และส่งสัญญาณของอุปกรณ์ในโครงการ รวมไปถึงการแนะนำเทคนิคในการดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ในโครงการให้คงสภาพและมีประสิทธิภาพสูงสุด 2) การอธิบายถึงการใช้งานของ Web Application ระดับสิทธิ์ของผู้ใช้งาน ระบบ SMS OTP การเรียกดูข้อมูลระดับน้ำในปัจจุบัน และระดับน้ำย้อนหลังของสถานีวัดระดับน้ำต่าง ๆ ในโครงการ การควบคุมระบบประตูน้ำโดยเว็บไซต์ของโครงการสามารถเข้าถึงได้จาก https://cweirf.ddns.net และ 3) การทดลองให้เจ้าหน้าที่ของกรมชลประทานใช้งานระบบควบคุมประตูน้ำอัตโนมัติและสถานีวัดระดับน้ำ และทดลองทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครื่องโทรมาตร

การเชื่อมโยงกับเกษตรกรและกลุ่มผู้ใช้น้ำที่เป็นเจ้าของแปลงตัวแทนการติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นดินทั้ง 120 จุดในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ทางโครงการวิจัยฯ ได้มีการจัดประชุมและอบรมการใช้งานข้อมูลความชื้นร่วมกับเจ้าหน้าที่ฝ่ายส่งน้ำและเกษตรกรในวันระหว่างวันที่ 8-13 พ.ค. 2563 แสดงภาพบรรยากาศการประชุมดังรูปที่ 7-3 ถึง 7-7 โดยได้มีการเผยแพร่แอปพลิเคชันในการติดตามข้อมูลความชื้นดินและแจ้งรหัสของเครื่องมือในแปลงเกษตรกรรม ซึ่งเกษตรกรสามารถเข้าถึงได้ผ่านทางเวปไซต์ http://119.59.115.192/1iot/mobile/dht.php แสดงดังรูปที่ 7-8 เพื่อให้เกษตรกรสามารถติดตามข้อมูลความชื้นในแปลงของตนเอง เพื่อตัดสินใจในการให้น้ำพืชหรือการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต้นทุน นอกจากนี้ปัจจุบันยังได้มีการตั้งกลุ่ม line ของเกษตรกร เพื่อแจ้งข้อมูลความชื้นดินแบบอัตโนมัติทุกวันเวลา 09.00 น. รวมทั้งได้มีการให้คำปรึกษาในการใช้งานข้อมูล และรับแจ้งสภาพของเครื่องมือเพื่อการบำรุงรักษาและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นต่อไป แสดงภาพการส่งข้อมูลความชื้นดินแบบอัตโนมัติทุกวันเวลา 09.00 น. ผ่านกลุ่มไลน์ของเกษตรกร ดังรูปที่ 7-9

รูปที่ 7-1 บรรยากาศการอบรมเจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง วันที่ 14 เมษายน 2563

รูปที่ 7-2 บรรยากาศการอบรมเจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง วันที่ 15 เมษายน 2563

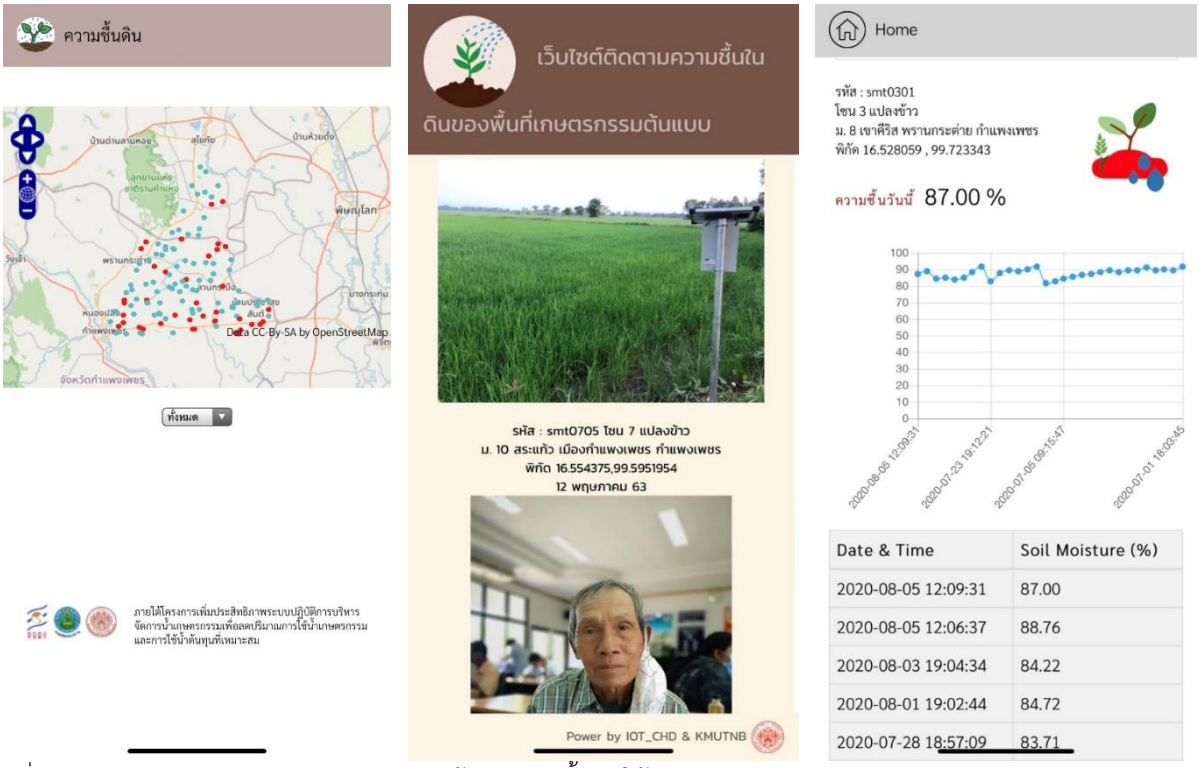
รูปที่ 7-3 บรรยากาศการอบรมเกษตรกร ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 ตัวแทนแปลงความชื้นโซน 6, 12, 13, 14, 15, 16 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง วันที่ 8 พฤษภาคม 2563 ช่วงเช้า

รูปที่ 7-4 บรรยากาศการอบรมเกษตรกร ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 ตัวแทนแปลงความชื้นโซน 1, 7, 8, 20 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง วันที่ 8 พฤษภาคม 2563 ช่วงบ่าย

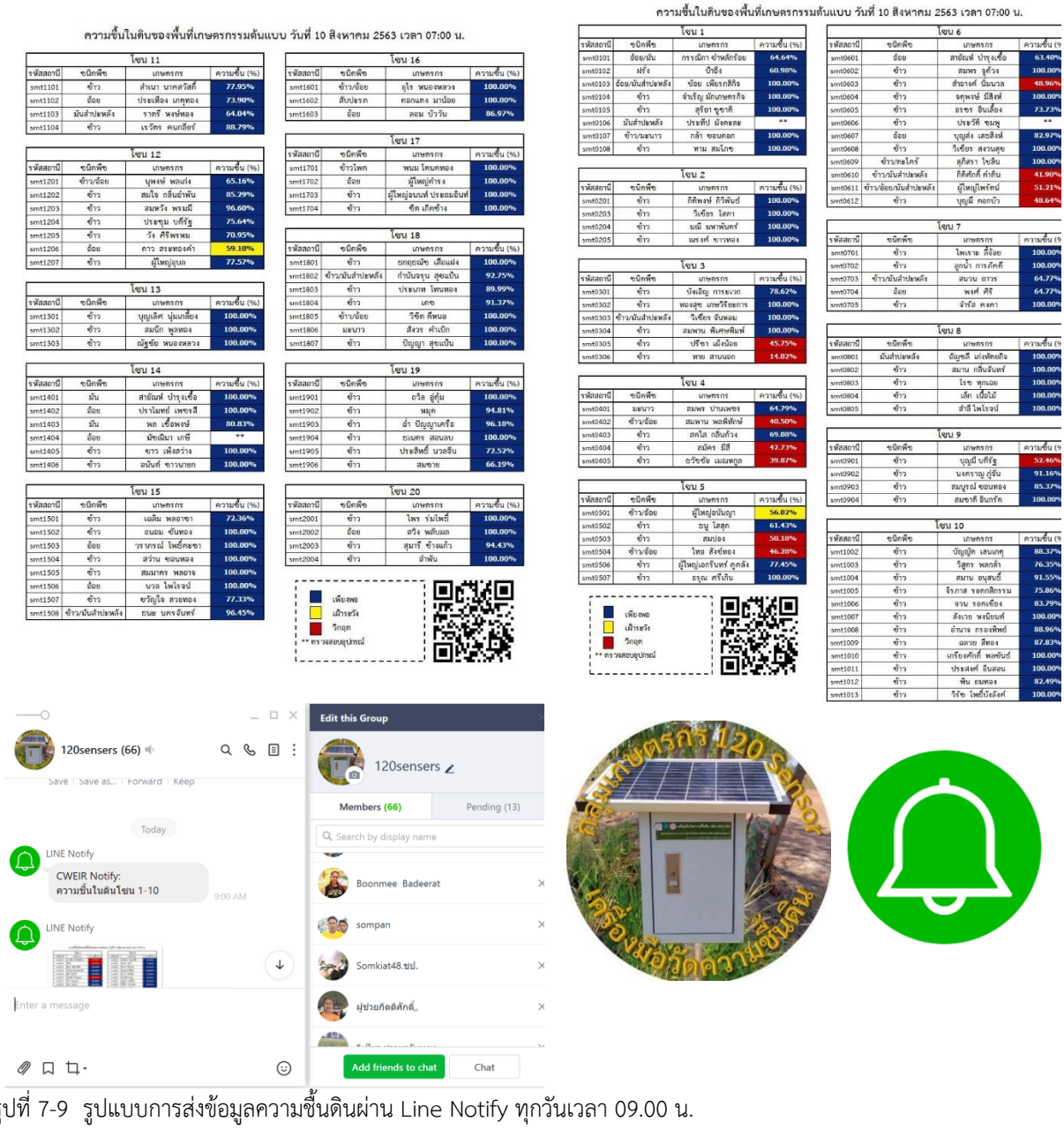
รูปที่ 7-5 บรรยากาศการอบรมเกษตรกร ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 ตัวแทนแปลงความชื้นโซน 2, 3, 4, 5 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง วันที่ 11 พฤษภาคม 2563 ช่วงเช้า

รูปที่ 7-6 บรรยากาศการอบรมเกษตรกร ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 และ 2 ตัวแทนแปลงความชื้นโซน 6, 10, 11, 14 และ 15 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง วันที่ 11 พฤษภาคม 2563 ช่วงบ่าย

รูปที่ 7-7 บรรยากาศการอบรมเกษตรกร ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 ตัวแทนแปลงความชื้นโซน 9, 10, 17, 18 และ 19 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง วันที่ 13 พฤษภาคม 2563 ช่วงเช้า



รูปที่ 7-8 รูปแบบการพัฒนาแอปพลิเคชันแสดงข้อมูลความชื้นดินให้แก่เกษตรกร



รูปที่ 7-9 รูปแบบการส่งข้อมูลความชื้นดินผ่าน Line Notify ทุกวันเวลา 09.00 น.

ภาคผนวก

คู่มือการใช้งานและการดูแลบำรุงรักษาระบบ

สารบัญ

ระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ **3**

1. การใช้งานระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำ ทรบ.ท่อทองแดง/ ทรบ.กำนันอ่ำ 4

1.1 การควบคุมที่ตู้คอนโทรล 4

1.2 การควบคุมผ่าน Web Application 10

1.2.1 รายละเอียดของแต่ละเมนูบน Web Application 13

1.3 การควบคุมผ่าน API 26

2. การดูแลรักษาระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ 32

อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time **35**

3. การใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time 36

4. การดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time 42

4.1 ผลการทดสอบเครื่องมือระบบปฏิบัติการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม 44

อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรม **53**

5. การใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time 54

6. การตรวจสอบการใช้งานเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรม 59

ระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ

1. การใช้งานระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำ ทรบ.ท่อทองแดง/ ทรบ.กำนันอ่ำ

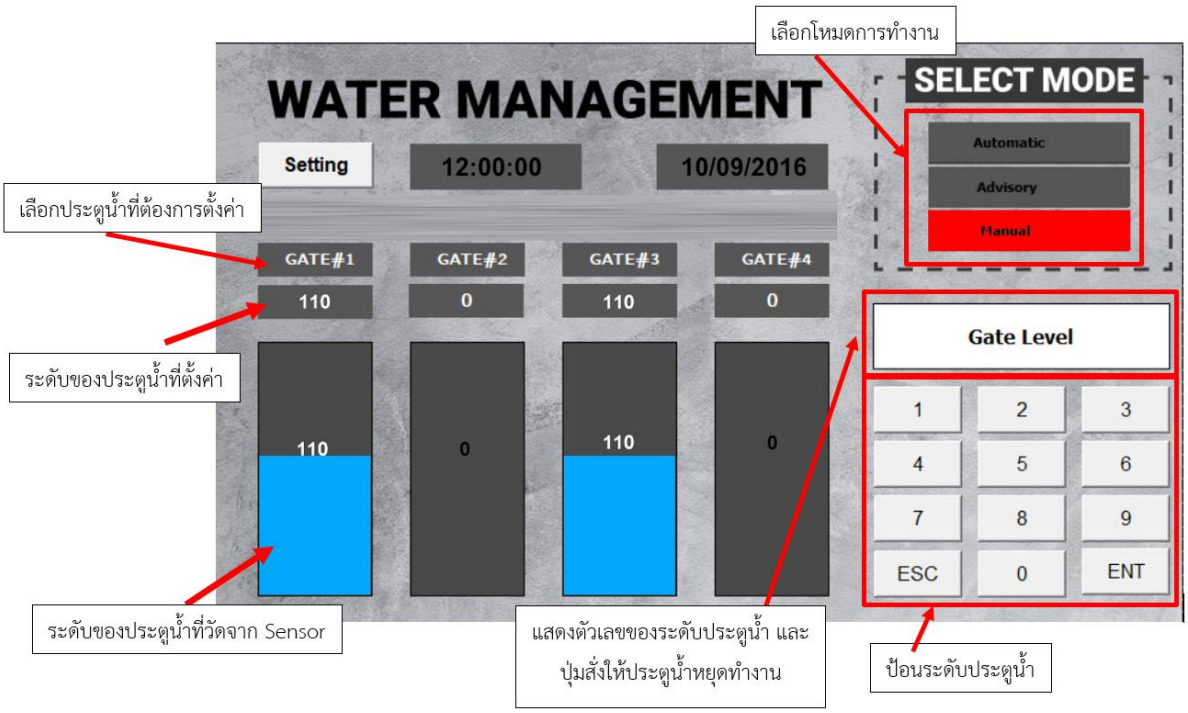
1.1 การควบคุมที่ตู้คอนโทรล

ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำผ่านหน้าจอแบบสัมผัสที่ตู้คอนโทรลโดยระบุความสูงที่ต้องการเปิดประตูน้ำ หน่วยเป็นเซนติเมตร สามารถตรวจสอบสถานะความสูงของประตูน้ำ และการทำงานของอุปกรณ์ผ่านทางหน้าจอแบบสัมผัสได้ สามารถเลือกโหมดการทำงานของระบบได้ สามารถเลือกใช้ตู้คอนโทรลเดิมที่มีอยู่โดยผ่านหน้าจอแบบสัมผัส หรือใช้สวิตช์ที่อยู่บริเวณหน้าตู้คอนโทรล และสามารถทำการ Calibrate (Set Zero) ระดับประตูน้ำผ่านหน้าจอแบบสัมผัสได้

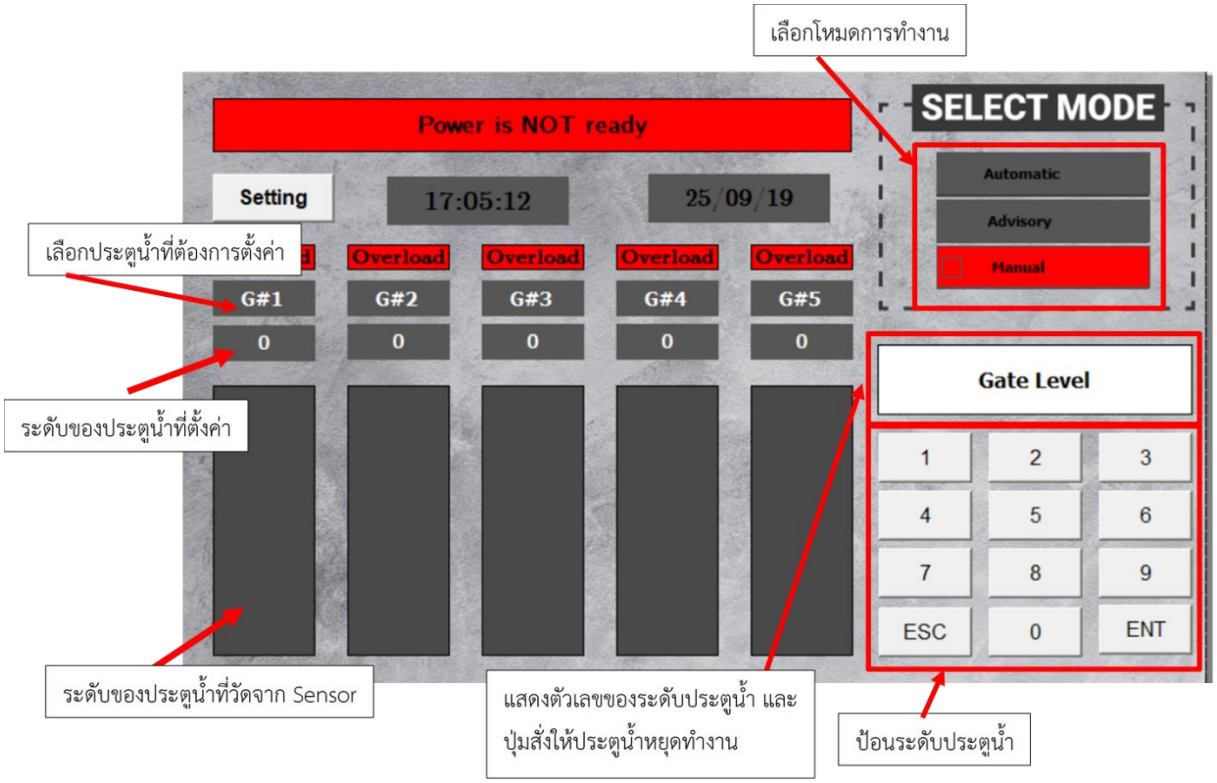
- หมุนสวิตช์ที่ตู้คอนโทรลตามเข็มนาฬิกาไปยังตำแหน่ง ON เพื่อเปิดการทำงานของตู้คอนโทรลดังรูปที่ 1-1
- หน้าจอแสดงผลแบบสัมผัสจะแสดงภาพดังรูปที่ 1-2 เพื่อรอเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
- เมื่อตู้คอนโทรลพร้อมงานหน้าจอแบบสัมผัสจะแสดงดังรูปที่ 1-3

รูปที่ 1-1 สวิตช์ที่ตู้คอนโทรล

รูปที่ 1-2 หน้าจอแสดงผลแบบสัมผัส



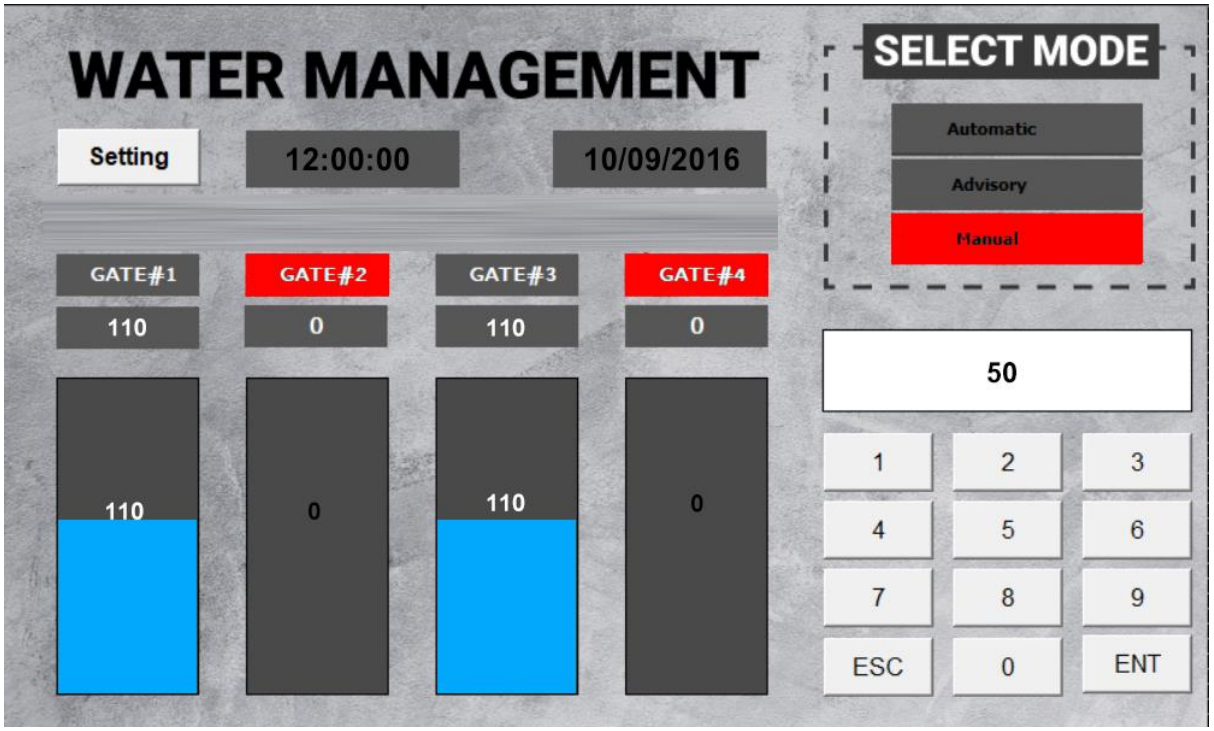
ก) ทรบ.กำนันอำ



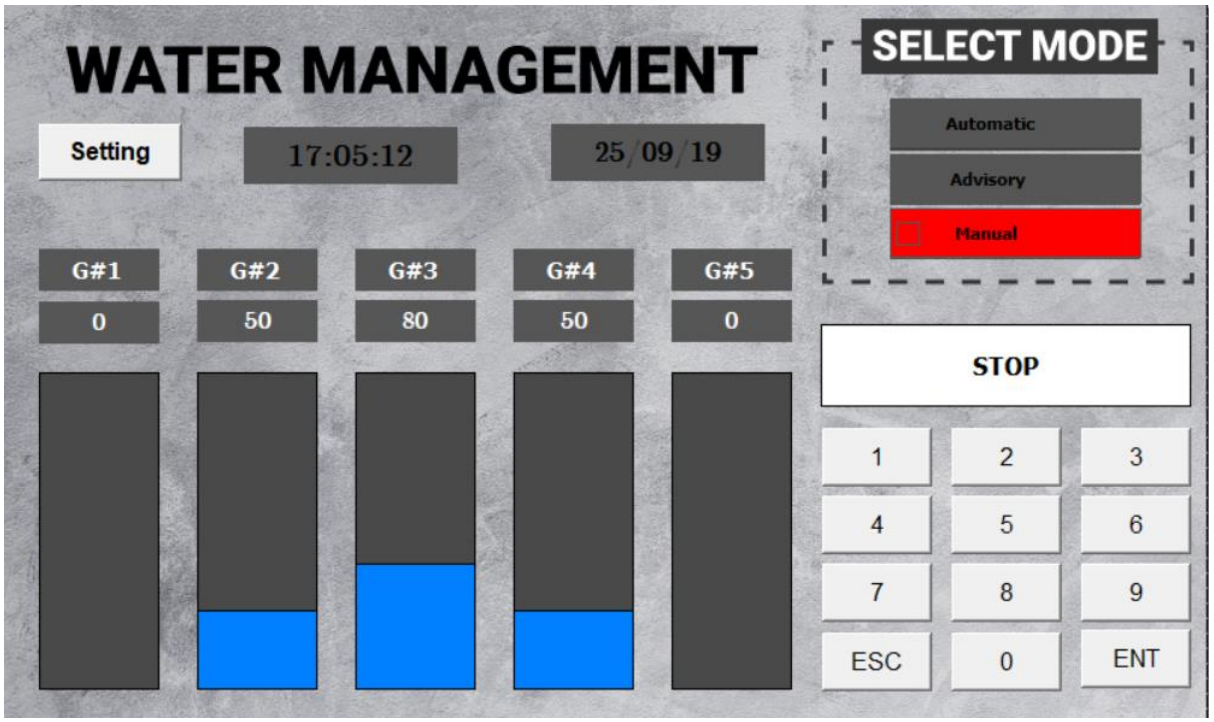
ข) ทรบ.ท่อทองแดง

รูปที่ 1-3 หน้าจอของตู้คอนโทรลที่พร้อมใช้งาน

- การควบคุมระดับของประตูน้ำให้กดเลือกประตูที่ต้องการจะปรับระดับ จากนั้นป้อนตัวเลขระบุระดับของประตูน้ำที่ต้องการจะเปิด แล้วกดปุ่ม ENT ถ้าต้องการแก้ไขข้อมูลให้กดปุ่ม ESC เพื่อยกเลิกข้อมูลที่ป้อนไว้



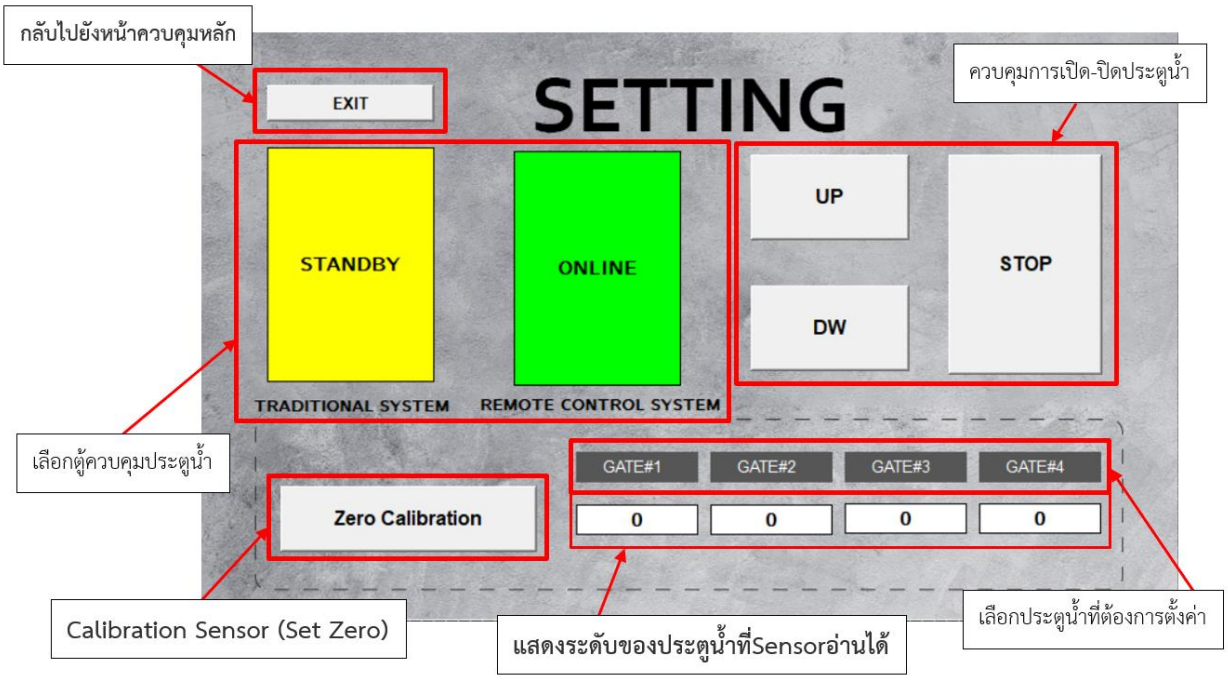
ก) ทรบ.กำนันอำ



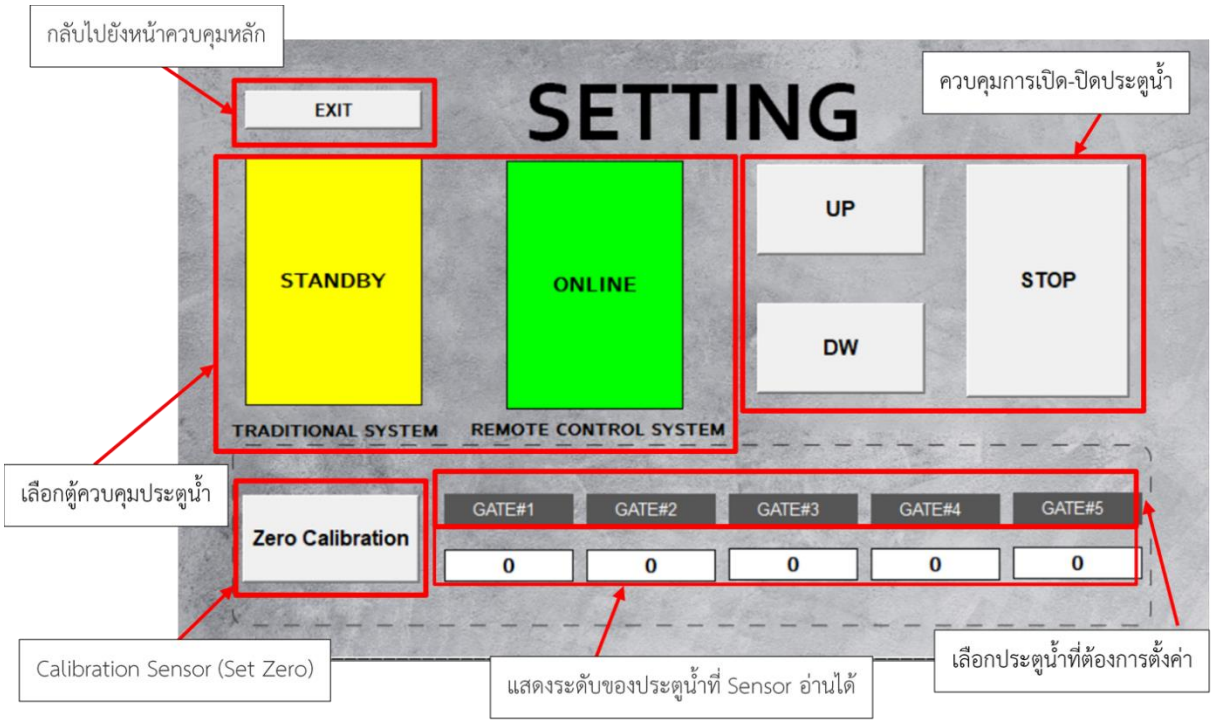
ข) ทรบ.ท่อทองแดง

รูปที่ 1-4 หน้าจอของการควบคุมระดับประตู

- การปรับตั้งค่า และ การ Calibration Sensor วัดระดับประตูน้ำ ให้ตั้งระดับประตูน้ำไปยังตำแหน่งปิดสนิด แล้วกดเลือกประตูที่ต้องการจะ Calibration Sensor (Set Zero) จากนั้นกดปุ่ม Zero Calibration เพื่อตั้งค่า Sensor



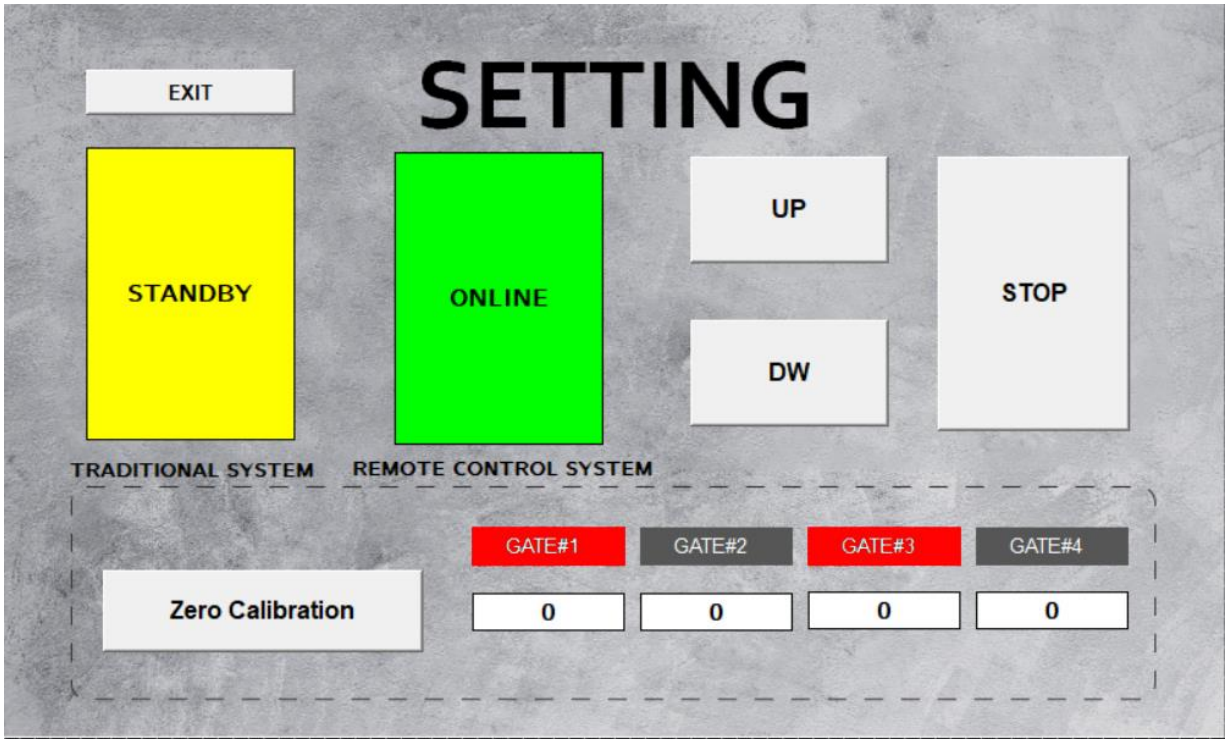
ก) ทรบ.กำนันอ่ำ



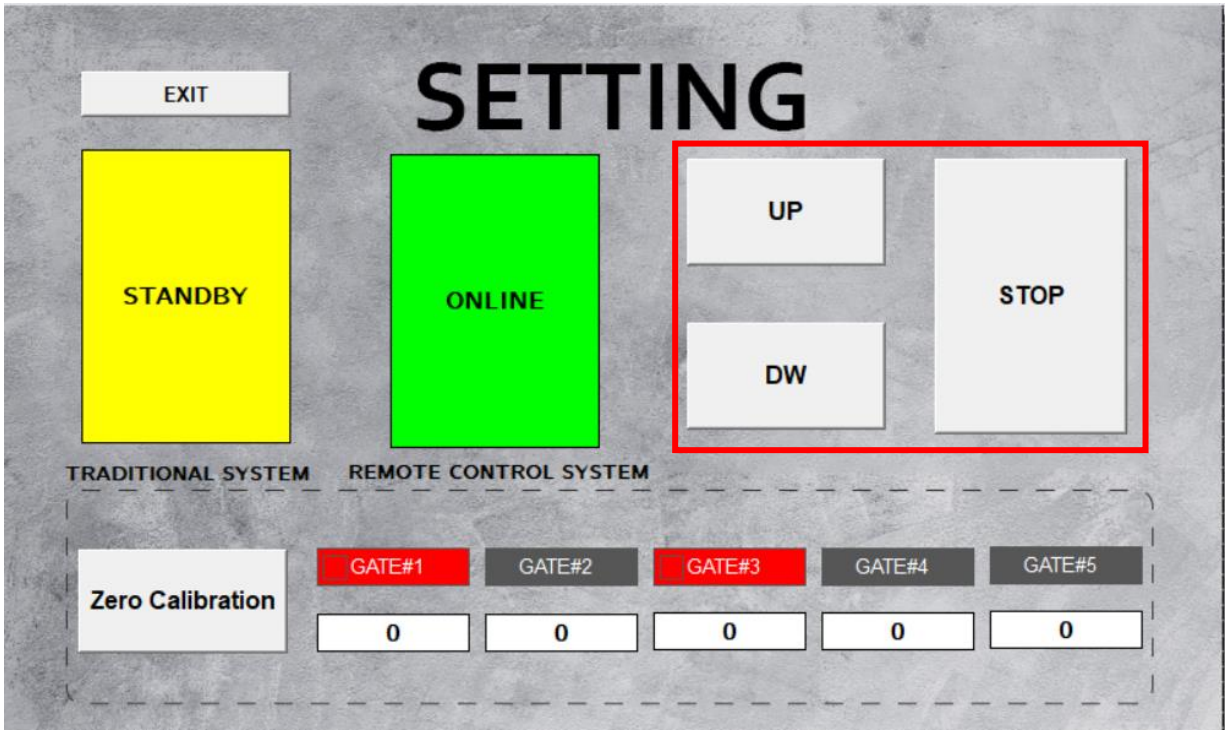
ข) ทรบ.ท่อทองแดง

รูปที่ 1-5 หน้าจอของการปรับตั้งค่า และ การ Calibration Sensor

- การควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำให้กดเลือกประตูที่ต้องการจะปรับระดับ จากนั้นกดปุ่ม UP เพื่อปรับยกระดับของประตูน้ำขึ้น หรือ กดปุ่ม DW เพื่อปรับลดระดับของประตูน้ำลง เมื่อประตูน้ำถึงระดับที่ต้องการแล้วให้กดปุ่ม STOP เพื่อสั่งให้ประตูน้ำหยุด



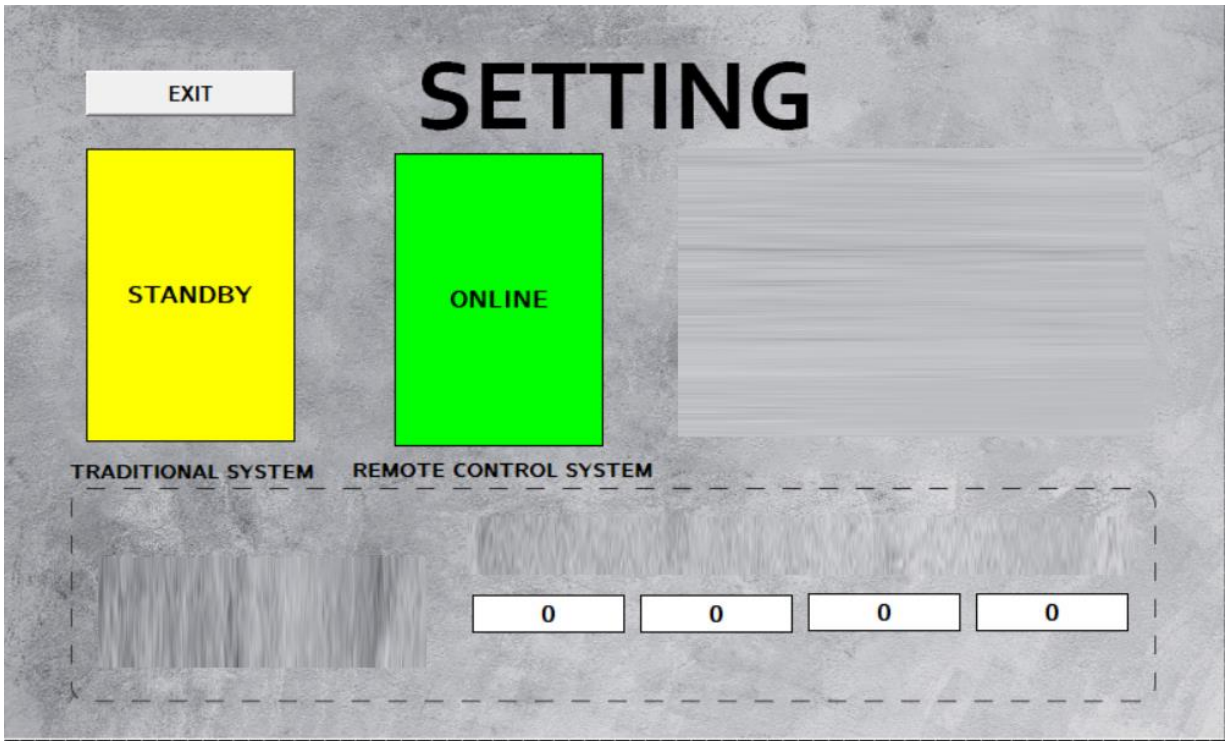
ก) ทรบ.กำนันอ่ำ



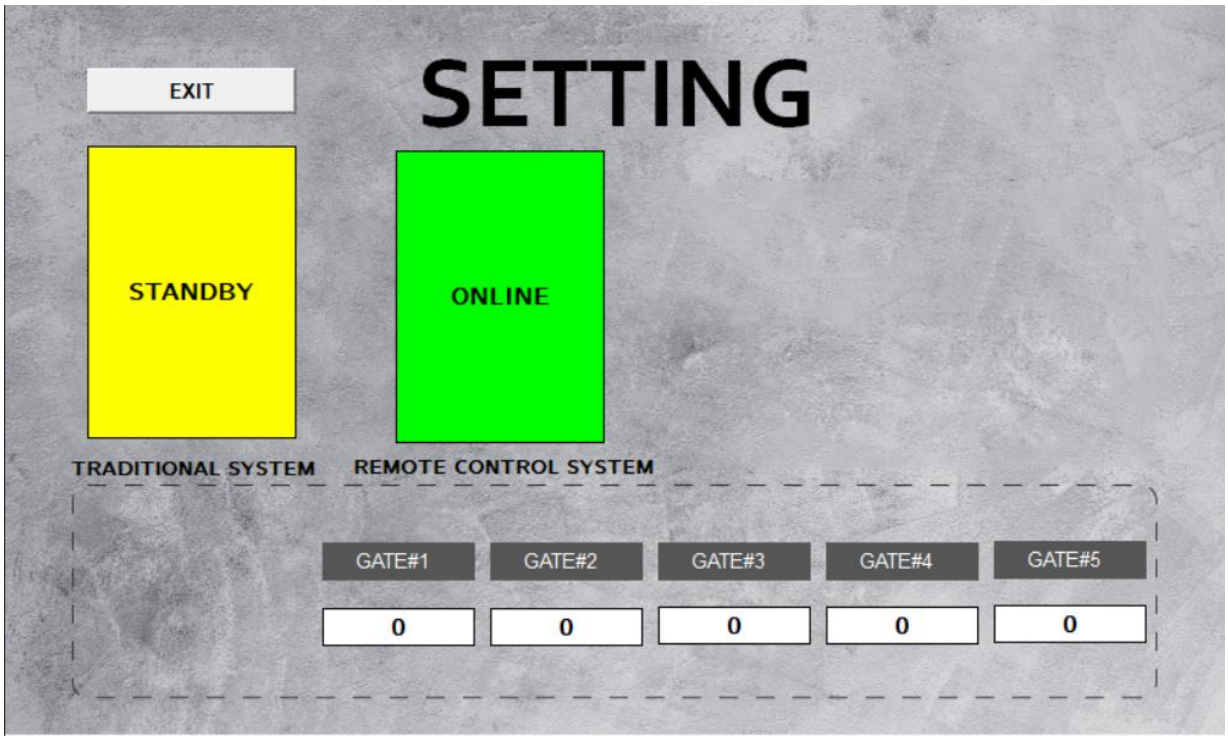
ข) ทรบ.ท่อทองแดง

รูปที่ 1-6 หน้าจอของการควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำ

- การเลือกใช้ตู้คอนโทรลระหว่างตู้ของระบบเดิมกับระบบควบคุมประตูน้ำแบบอัตโนมัติ โดยการกดปุ่ม TRADITIONAL SYSTEM เพื่อกลับไปใช้ตู้คอนโทรลของระบบเดิม
- การกลับไปเลือกใช้ตู้คอนโทรลระบบควบคุมประตูน้ำแบบอัตโนมัติ สามารถทำได้โดยการกดปุ่ม REMOTE CONTROL SYSTEM เพื่อกลับไปใช้ตู้คอนโทรลของระบบเดิม



ก) ทรบ.กำนันอ่ำ



ข) ทรบ.กำนันอ่ำ

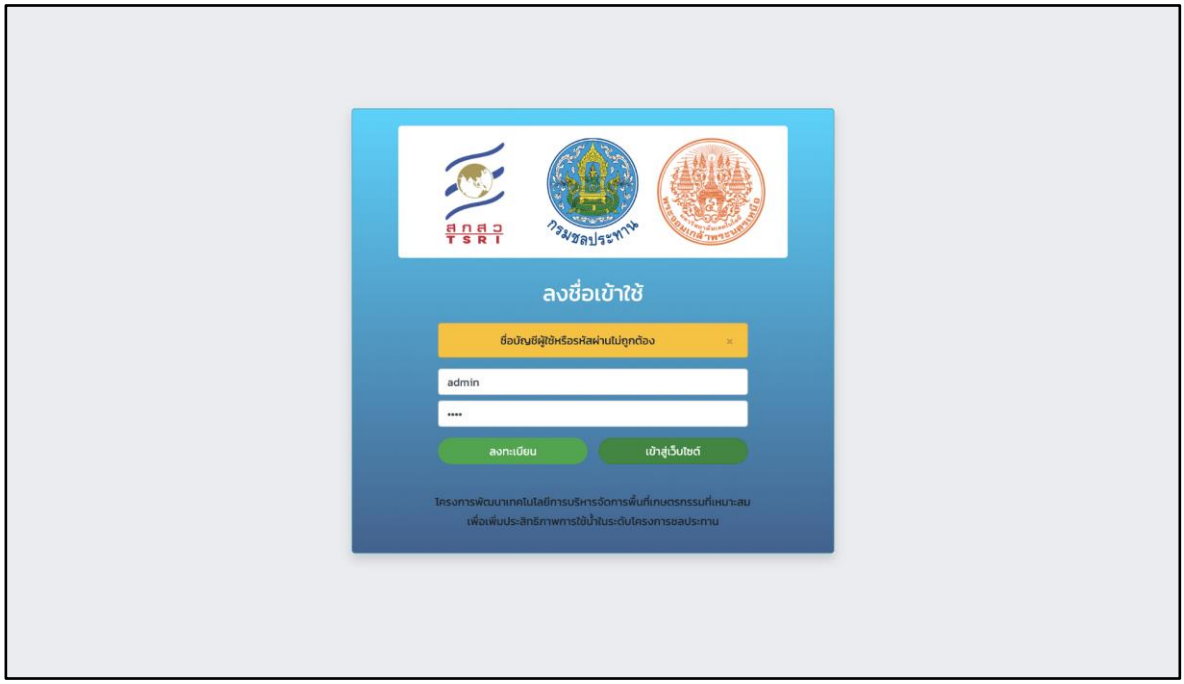
รูปที่ 1-7 หน้าจอของการควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำ

1.2 การควบคุมผ่าน Web Application

สามารถควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำผ่านเว็บไซต์ โดยระบุความสูงที่ต้องการเปิดประตูน้ำ หน่วยเป็นเซนติเมตร สามารถตรวจสอบสถานะความสูงของประตูน้ำ และการทำงานของอุปกรณ์ผ่านทางหน้าเว็บไซต์ และสามารถเลือกโหมดการทำงานของระบบได้

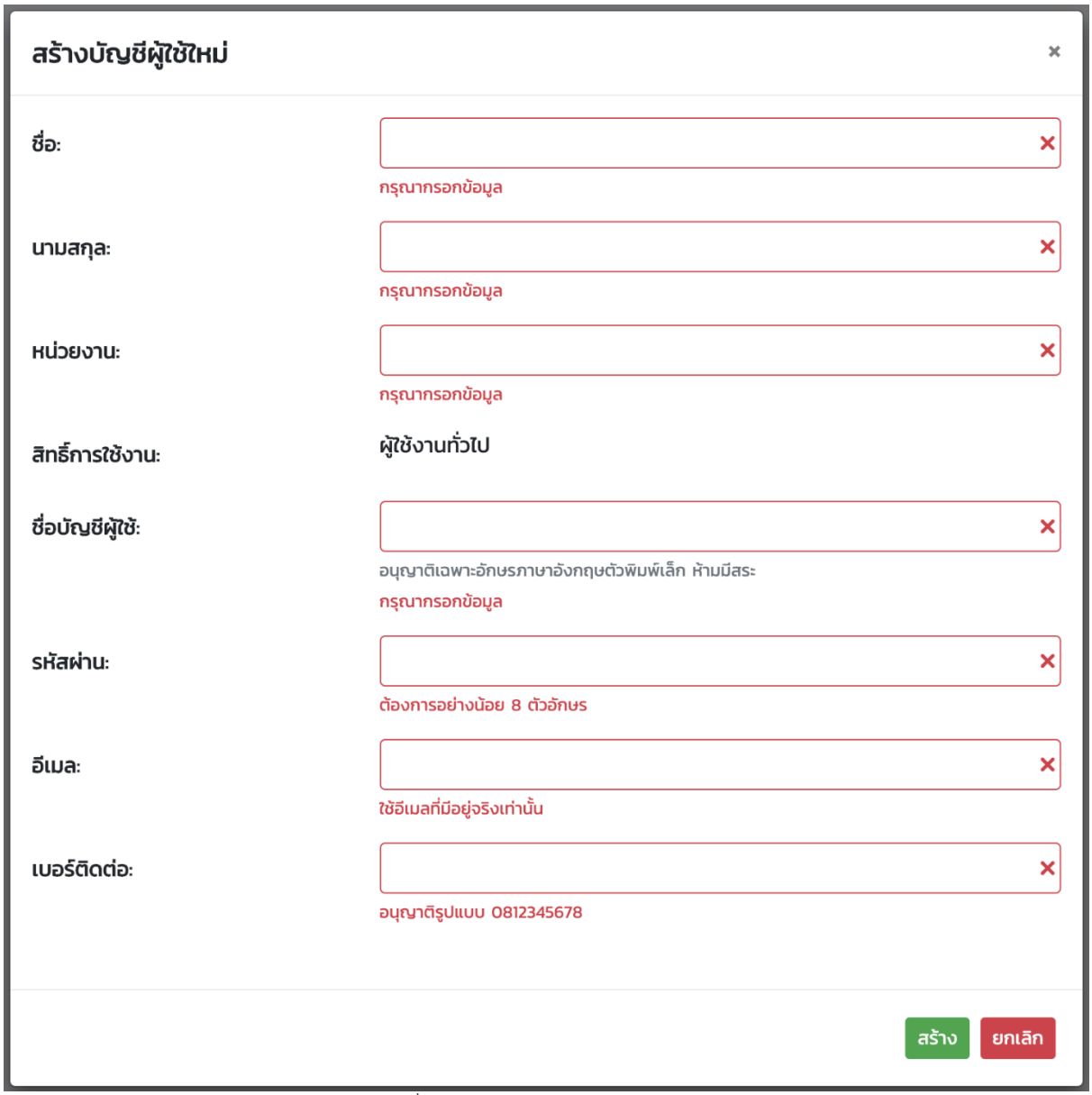
- การลงชื่อเข้าใช้งาน เมื่อเริ่มต้นใช้งานให้ทำการลงชื่อเข้าใช้งานด้วยชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน ดังรูปที่ 1-8
- กรณีที่ผู้ใช้งานกรอกชื่อบัญชีผู้ใช้งานหรือรหัสผ่านไม่ถูกต้อง ระบบจะแสดงข้อความแจ้งเตือนดังรูปที่ 1-9

รูปที่ 1-8 หน้าต่างการลงชื่อเข้าใช้งาน

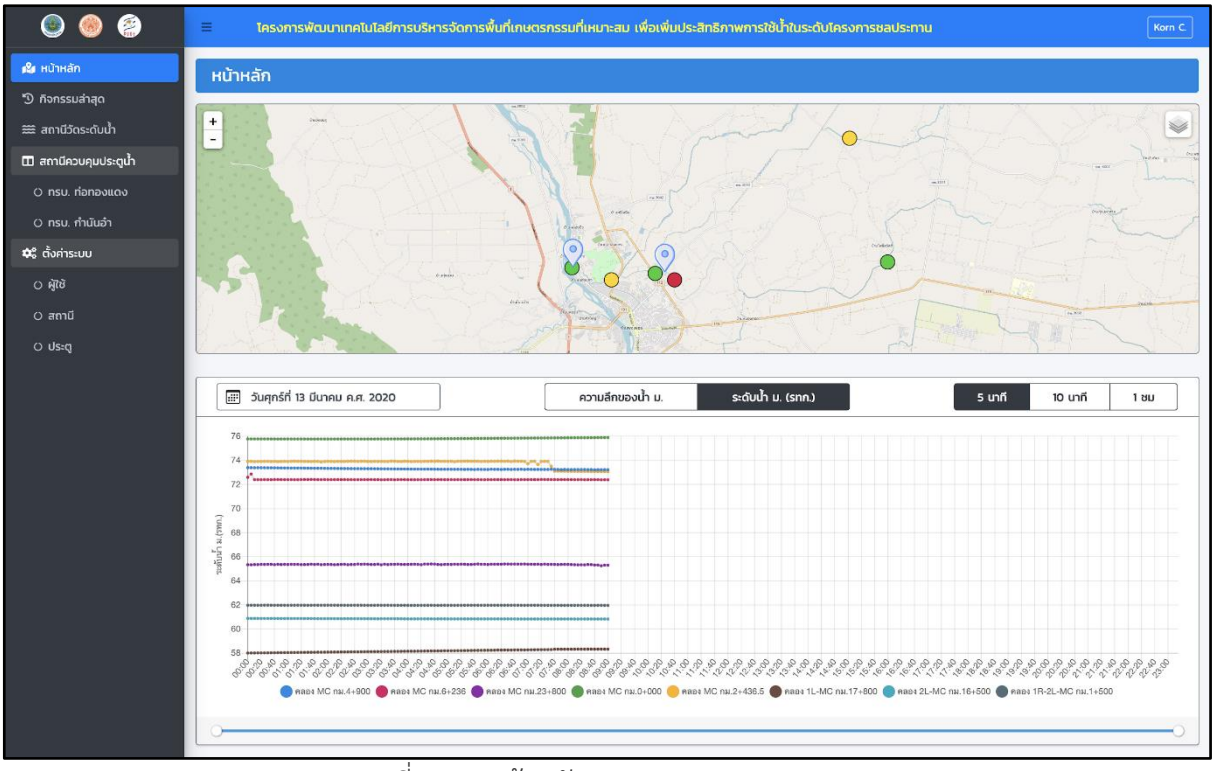


รูปที่ 1-9 การแจ้งเตือนเมื่อเข้ารหัสผ่านไม่ถูกต้อง

- หากเป็นการเข้าใช้งานครั้งแรก และไม่เคยเปิดบัญชีผู้ใช้งานมาก่อน ผู้ใช้สามารถเปิดบัญชีการเข้าใช้งานได้ด้วยการกดที่ปุ่ม “ลงทะเบียน” จากนั้นใส่รายละเอียดให้ครบถ้วนและถูกต้องตามเงื่อนไข ดังรูปที่ 1-10
- การเปิดบัญชีผู้ใช้งานด้วยการลงทะเบียนเองผู้ใช้จะได้สิทธิในการเข้าถึงในระดับ User เท่านั้น หากต้องการเปลี่ยนแปลงสิทธิในการเข้าถึงให้ผู้ใช้งานในระดับ Admin เป็นผู้เปลี่ยนแปลงสิทธิ์
- กรณีที่ผู้ใช้งานกรอกชื่อบัญชีผู้ใช้งานหรือรหัสผ่านถูกต้อง ระบบจะพาเข้าสู่หน้าหลัก เพื่อการเข้าถึงความสามารถต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับสิทธิในการเข้าถึงของบัญชีผู้ใช้งาน แสดงดังรูปที่ 1-11



รูปที่ 1-10 การลงทะเบียนผู้ใช้งาน



รูปที่ 1-11 หน้าหลักของ Web Application

- สิทธิ์ในการเข้าถึง สิทธิ์ในการเข้าถึง มีจุดประสงค์เพื่อควบคุมการเข้าถึงความสามารถต่างๆ ของตัวระบบกับผู้ใช้งานแต่ละระดับ โดยมีการแบ่งสิทธิในการเข้าถึงออกเป็นทั้งหมด 3 ระดับ ดังนี้

ระดับ Admin

สามารถเข้าถึง

1. หน้าหลัก
2. กิจกรรมล่าสุด
3. สถานีวัดระดับน้ำ
4. ทรบ. ท่อทองแดง
5. ทรบ. กำนันอำ
6. การตั้งค่าผู้ใช้
7. การตั้งค่าสถานี
8. การตั้งค่าประตู

ระดับ Power

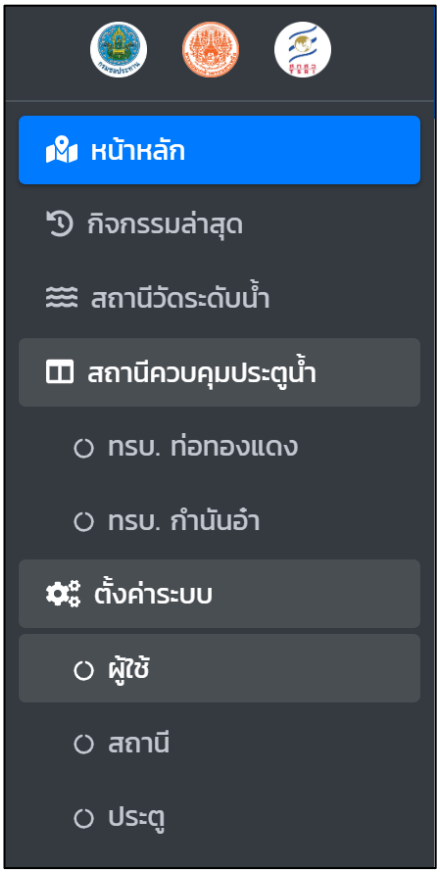
สามารถเข้าถึง

1. หน้าหลัก
2. กิจกรรมล่าสุด
3. สถานีวัดระดับน้ำ
4. ทรบ. ท่อทองแดง
5. ทรบ. กำนันอำ

ระดับ User

สามารถเข้าถึง

1. หน้าหลัก

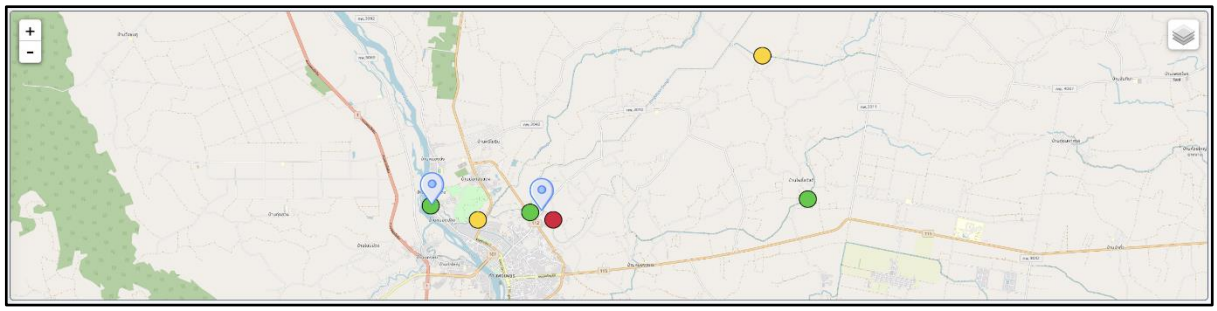


1.2.1 รายละเอียดของแต่ละเมนูบน Web Application สำหรับการควบคุม สั่งการ และติดตามข้อมูลประตูระบายน้ำและระดับน้ำ

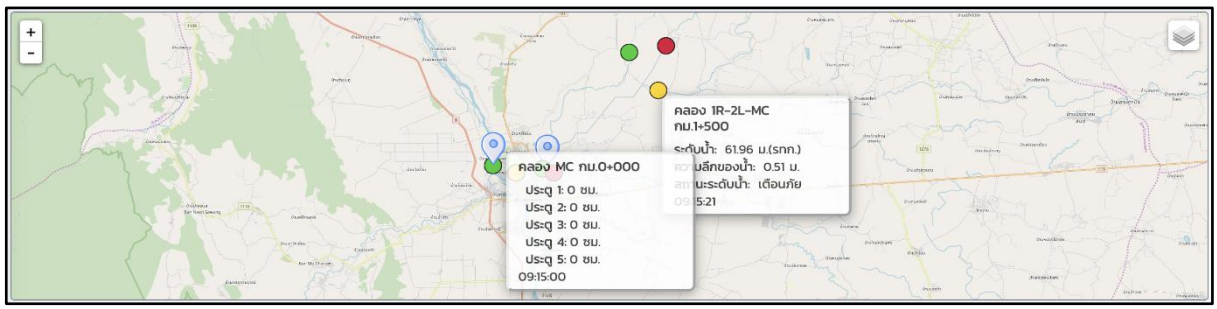
- **หน้าหลัก**

หน้า “หน้าหลัก” มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลโดยรวมของสถานีวัดระดับน้ำทั้ง 8 จุด และสถานีควบคุมประตูน้ำทั้ง 2 จุด โดยจะแบ่งการแสดงผลเป็น 3 ส่วน คือ แผนที่ กราฟข้อมูลระดับน้ำของวันที่ปัจจุบัน และสถานะของสถานีควบคุมประตูน้ำ ข้อมูลทั้งหมดที่แสดงในหน้าหลักจะมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาจริง (Real Time) และมีแผนที่แสดงตำแหน่งของสถานีวัดระดับน้ำและสถานีควบคุมประตูน้ำ มีสถานีวัดระดับน้ำทั้งหมด 8 จุด (แสดงผลเป็นจุดวงกลม) และสถานีควบคุมประตูน้ำทั้งหมด 2 จุด (แสดงผลเป็นหมุดสีฟ้า) สำหรับสถานีวัดระดับน้ำจะมีการแสดงสีที่บ่งบอกถึงสถานะต่าง ๆ ดังนี้

- สีเขียว หมายถึง ระดับน้ำอยู่ในสถานะปกติ
- สีเหลือง หมายถึง ระดับน้ำอยู่ในสถานะเตือนภัย
- สีแดง หมายถึง ระดับน้ำอยู่ในสถานะวิกฤต

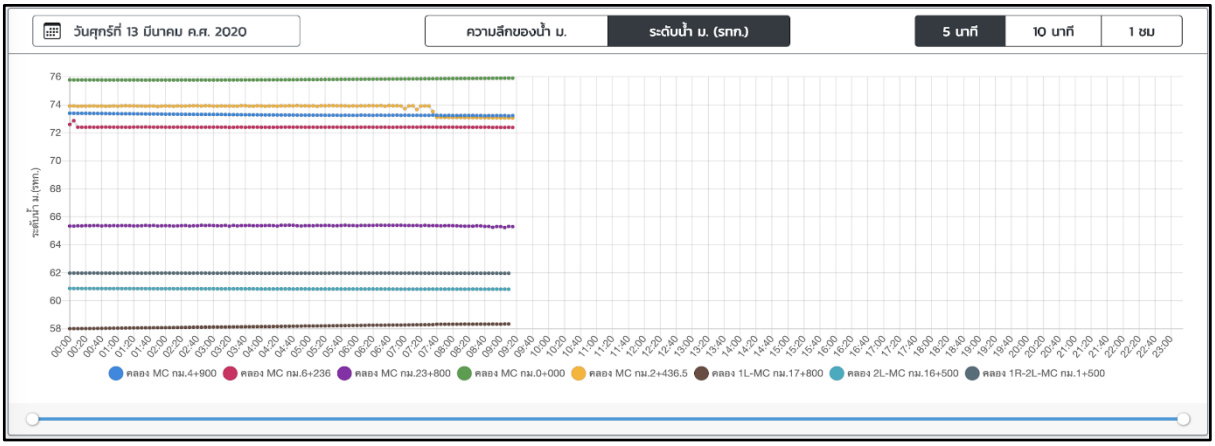


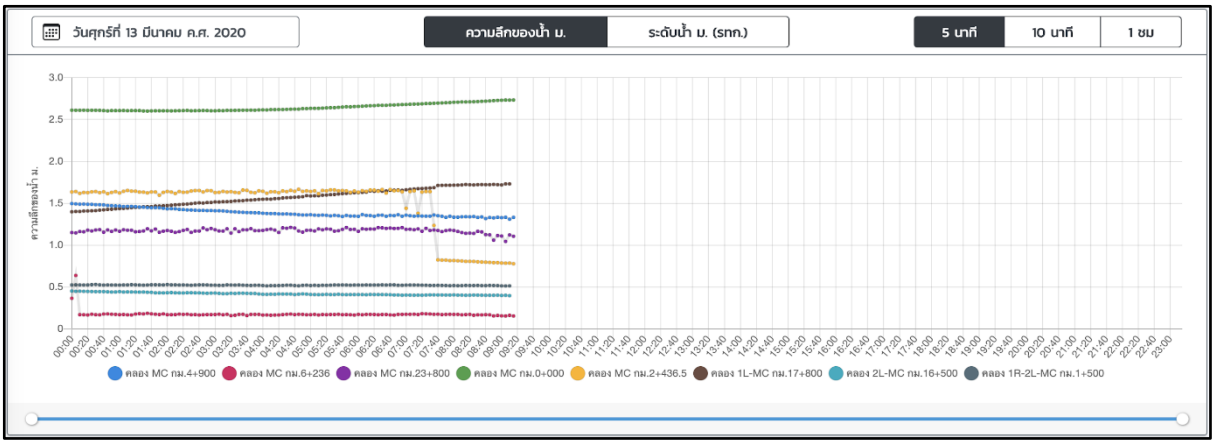
เมื่อมีการคลิกบนสถานีวัดระดับน้ำหรือสถานีควบคุมประตูน้ำบนแผนที่จะมีการแสดงข้อมูล ณ เวลาปัจจุบันขึ้นมา หากคลิกที่สถานีวัดระดับน้ำ จะมีการแสดงข้อมูลของระดับน้ำ ม.(รทก.) ความลึกของน้ำ (ม.) สถานะของระดับน้ำ และเวลาที่เกิดการอ่านข้อมูล และหากคลิกที่สถานีควบคุมประตูน้ำ จะมีการแสดงข้อมูลของระยะยกของแต่ละบานประตู และเวลาที่เกิดการอ่านข้อมูล



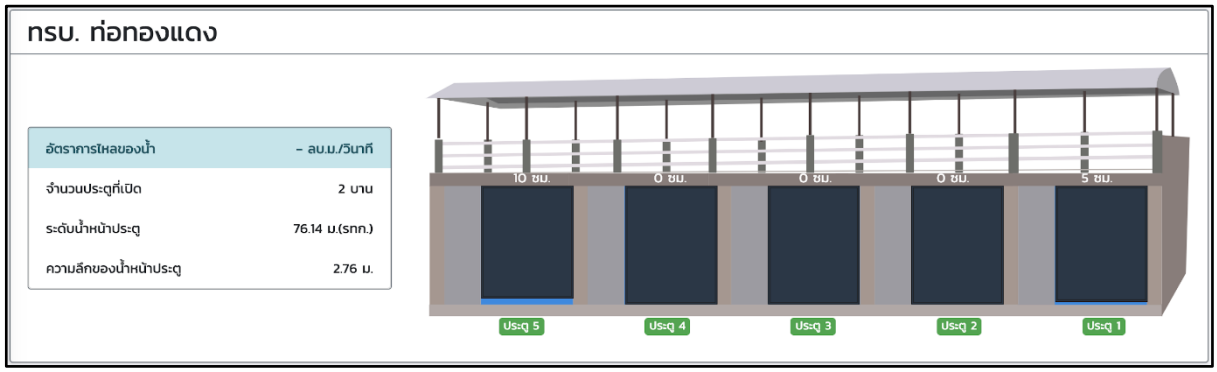
ตัวแผนที่สามารถขยายเข้า - ออกได้ และสามารถเปลี่ยนหน้าตาการแสดงผลเป็นแบบภาพถ่ายดาวเทียมได้

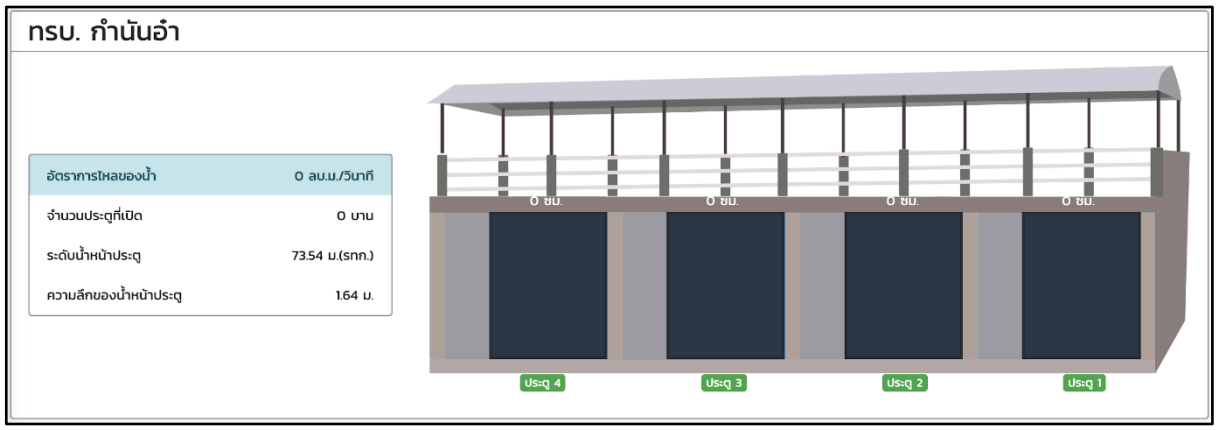
กราฟระดับน้ำจะแสดงผลระดับน้ำ ณ วันที่นั้น ๆ ของสถานีวัดระดับน้ำทั้ง 8 จุด โดยที่ตัวกราฟจะอัพเดทการเปลี่ยนแปลงข้อมูลระดับน้ำตามเวลาปัจจุบันอัตโนมัติทุก ๆ 5 นาที ข้อมูลที่จะแสดงผลสามารถเลือกได้ว่าจะให้แสดงผลเป็นความลึกของน้ำ (ม.) หรือระดับน้ำ ม.(รทก.) โดยสามารถเลือกได้ว่าจะแสดงข้อมูลที่ความถี่ 5 นาที 10 นาที หรือ 1 ชั่วโมง





ภาพเสมือนจริงของ ทรบ. ท่อทองแดง และ ทรบ. กำนันอำ จะแสดงผลระยะยกของแต่ละบานประตู และจะมีการแสดงสถานะของบานประตูว่าอยู่ในโหมดพร้อมใช้งานหรือมีเหตุขัดข้อง โดยดูได้จากสีของชื่อบานประตู สีเขียวหมายถึงอยู่ในโหมดพร้อมใช้งาน สีแดงหมายถึงมีเหตุขัดข้อง





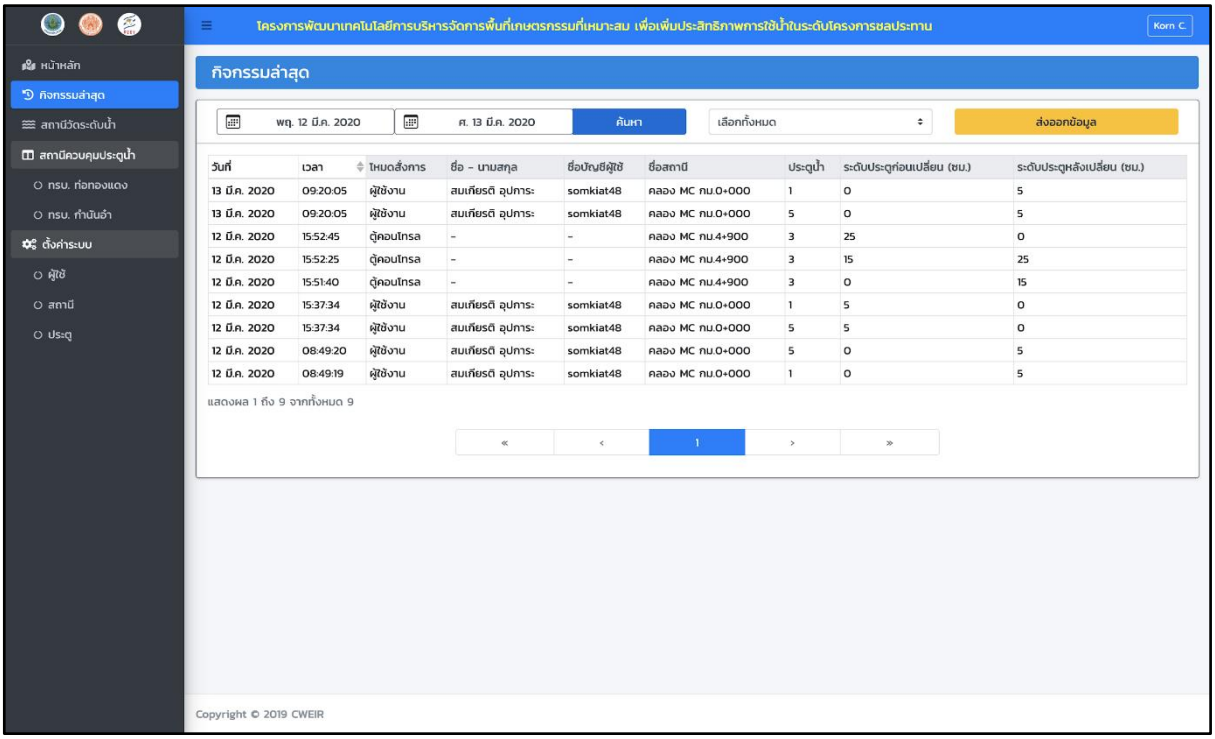
บริเวณด้านขวาจะมีการแสดงข้อมูลดังนี้

อัตราการไหลของน้ำ	หน่วยเป็น	ลบ.ม./วินาที
จำนวนประตูที่เปิด	หน่วยเป็น	จำนวนบานประตูน้ำ
ระดับน้ำหน้าประตู	หน่วยเป็น	ม.(รทก.)
ความลึกของน้ำหน้าประตู	หน่วยเป็น	ม.

อัตราการไหลของน้ำจะอ้างอิงจากความลึกของน้ำหน้าประตู จำนวนประตูที่เปิด และระยะยกของบานประตู หากมีประตูเปิดอยู่มากกว่าหนึ่งบานและแต่ละบานเปิดอยู่ที่ระดับต่างกัน ระบบจะไม่สามารถคำนวนอัตราการไหลของน้ำได้ และจะแสดงเป็นสัญลักษณ์ “ - ” แทน

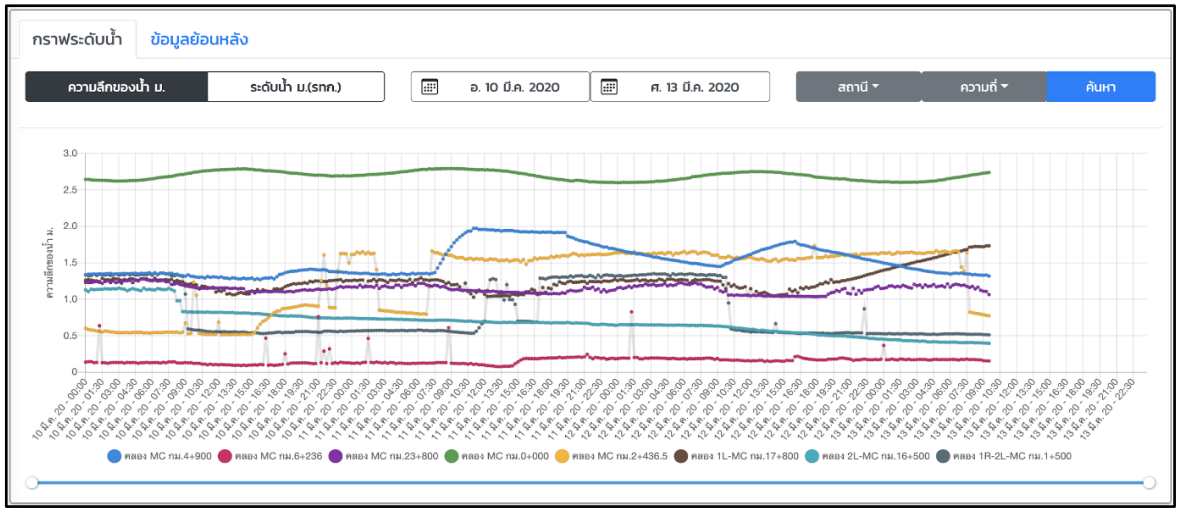
- **กิจกรรมล่าสุด**

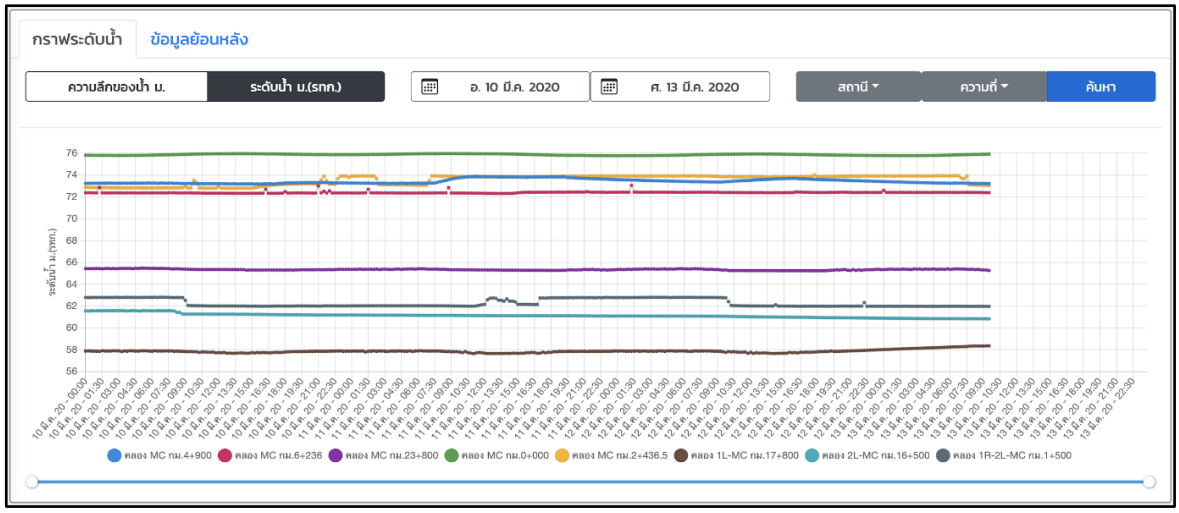
หน้า “กิจกรรมล่าสุด” มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถดูประวัติการสั่งการประตู ทั้งการสั่งการผ่านตู้คอนโทรลและการสั่งการผ่านหน้าเว็บไซต์ สามารถเลือกได้ว่าจะแสดงประเภทการสั่งการทั้งหมด หรือเฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่งได้ และสามารถส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์ Excel ได้

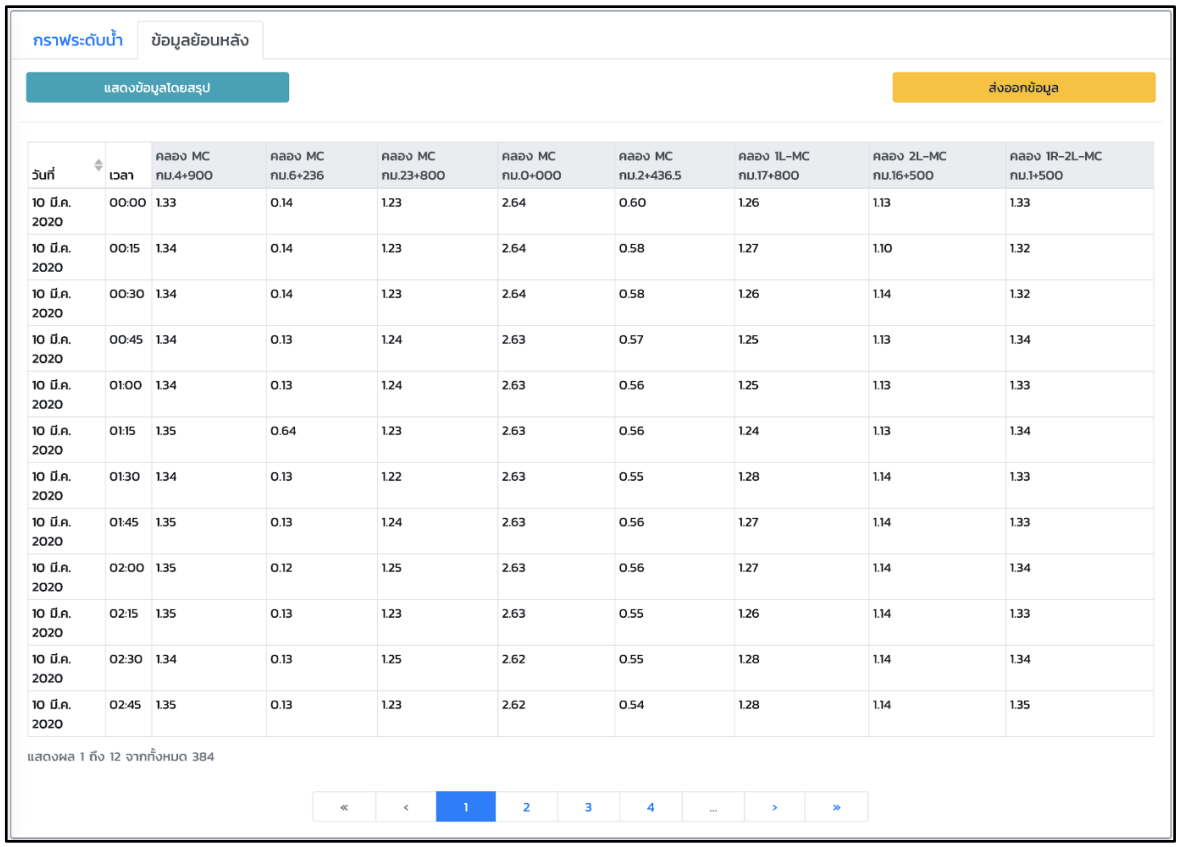


- **สถานีวัดระดับน้ำ**

หน้า “สถานีวัดระดับน้ำ” มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลระดับน้ำย้อนหลังของสถานีวัดระดับน้ำทั้ง 8 จุด โดยสามารถเลือกสถานีที่จะแสดงผล ประเภทของข้อมูลที่จะแสดงเป็นความลึกของน้ำ (ม.) หรือระดับน้ำ ม.(รทก.) และสามารถกำหนดช่วงวันที่ของข้อมูลและความถี่ของข้อมูลได้ จากรูปเป็นการแสดงข้อมูลความลึกของน้ำ (หน่วย ม.) ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มี.ค. 2020 ถึง 4 มี.ค. 2020 แสดงข้อมูลทั้ง 8 สถานี ที่ความถี่ 5 นาที



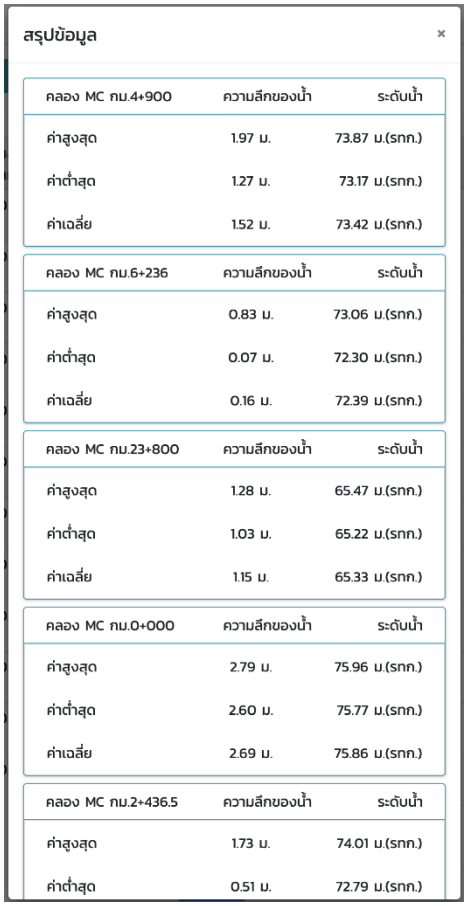




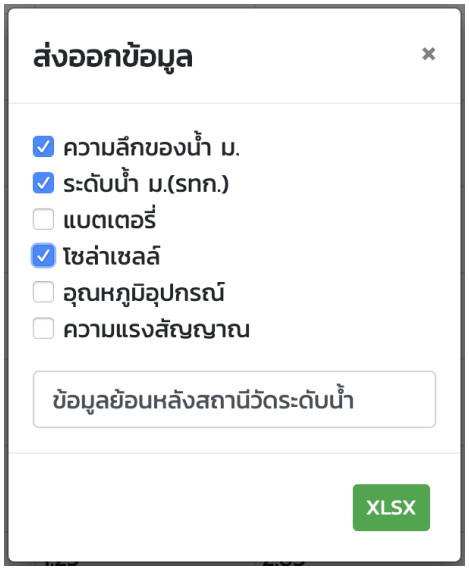
วันที่	เวลา	คลอง MC กม.4+900	คลอง MC กม.6+236	คลอง MC กม.23+800	คลอง MC กม.0+000	คลอง MC กม.2+436.5	คลอง 1L-MC กม.17+800	คลอง 2L-MC กม.16+500	คลอง 1R-2L-MC กม.1+500
10 มี.ค. 2020	00:00	1.33	0.14	1.23	2.64	0.60	1.26	1.13	1.33
10 มี.ค. 2020	00:15	1.34	0.14	1.23	2.64	0.58	1.27	1.10	1.32
10 มี.ค. 2020	00:30	1.34	0.14	1.23	2.64	0.58	1.26	1.14	1.32
10 มี.ค. 2020	00:45	1.34	0.13	1.24	2.63	0.57	1.25	1.13	1.34
10 มี.ค. 2020	01:00	1.34	0.13	1.24	2.63	0.56	1.25	1.13	1.33
10 มี.ค. 2020	01:15	1.35	0.64	1.23	2.63	0.56	1.24	1.13	1.34
10 มี.ค. 2020	01:30	1.34	0.13	1.22	2.63	0.55	1.28	1.14	1.33
10 มี.ค. 2020	01:45	1.35	0.13	1.24	2.63	0.56	1.27	1.14	1.33
10 มี.ค. 2020	02:00	1.35	0.12	1.25	2.63	0.56	1.27	1.14	1.34
10 มี.ค. 2020	02:15	1.35	0.13	1.23	2.63	0.55	1.26	1.14	1.33
10 มี.ค. 2020	02:30	1.34	0.13	1.25	2.62	0.55	1.28	1.14	1.34
10 มี.ค. 2020	02:45	1.35	0.13	1.23	2.62	0.54	1.28	1.14	1.35

แสดงผล 1 ถึง 12 จากทั้งหมด 384

« ‹ 1 2 3 4 ... › »

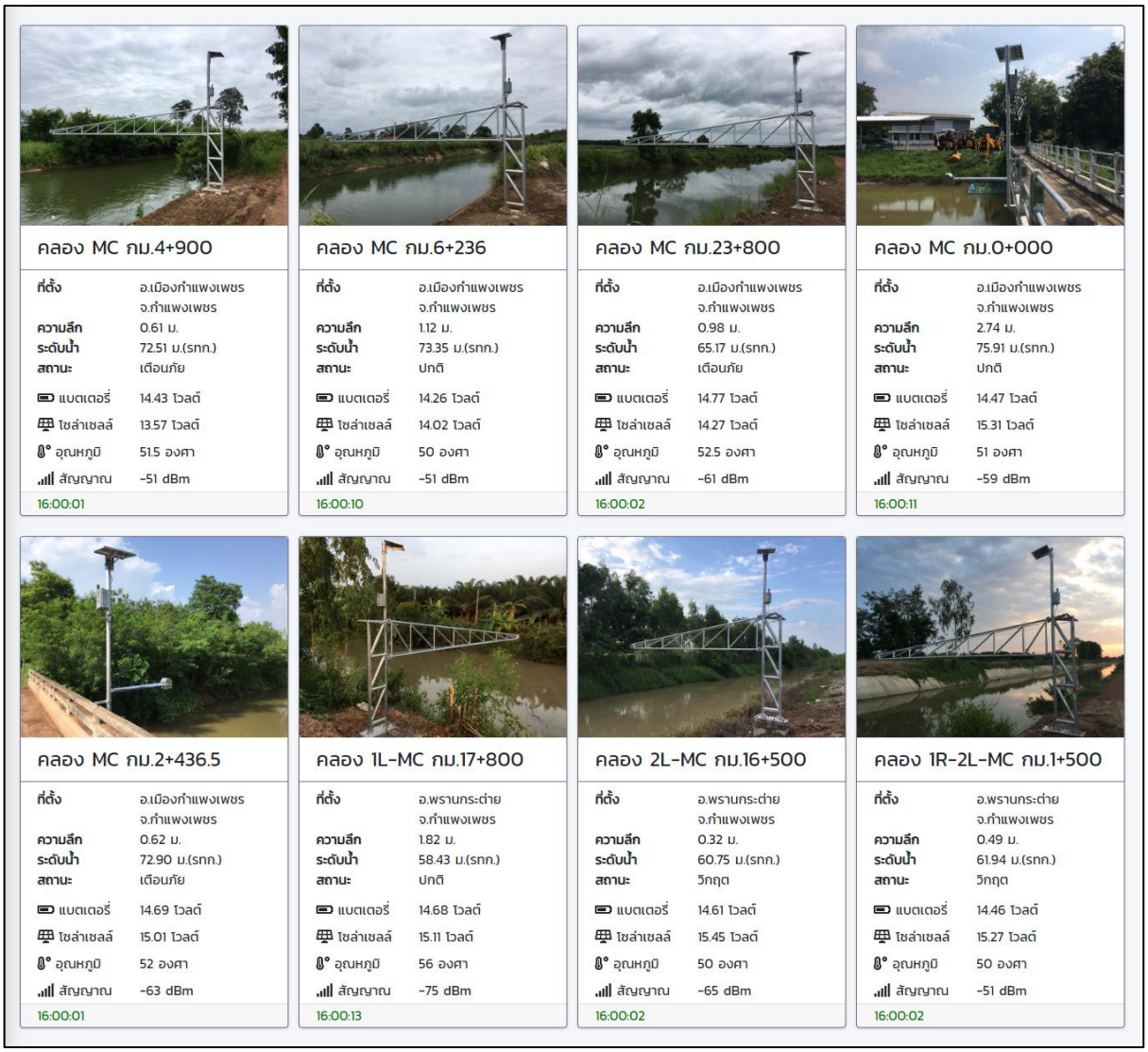


ในหน้าการแสดงผลแบบตาราง หากคลิกที่ปุ่ม “แสดงข้อมูลโดยสรุป” จะมีหน้าต่างแสดงขึ้นมา โดยจะแสดงข้อมูลดังนี้ ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของระดับน้ำของสถานีที่ได้เลือกไว้



ในหน้าการแสดงผลแบบตาราง หากคลิกที่ปุ่ม “ส่งออกข้อมูล” จะมีหน้าต่างแสดงขึ้นมา โดยสามารถเลือกได้ว่าจะส่งออกข้อมูลชนิดใดบ้าง และสามารถแก้ไขชื่อไฟล์ Excel ที่จะส่งออกได้ หากไม่แก้ไขชื่อไฟล์ ชื่อไฟล์ที่ส่งออกจะเป็น “ข้อมูลย้อนหลังสถานีวัดระดับน้ำ”

ในหน้ากราฟระดับน้ำ เมื่อมีการเลือกที่สถานีใด จะมีหน้าแสดงผลข้อมูลของสถานีนั้นขึ้นมาแสดงด้วย โดยข้อมูลที่แสดงผลจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาจริง



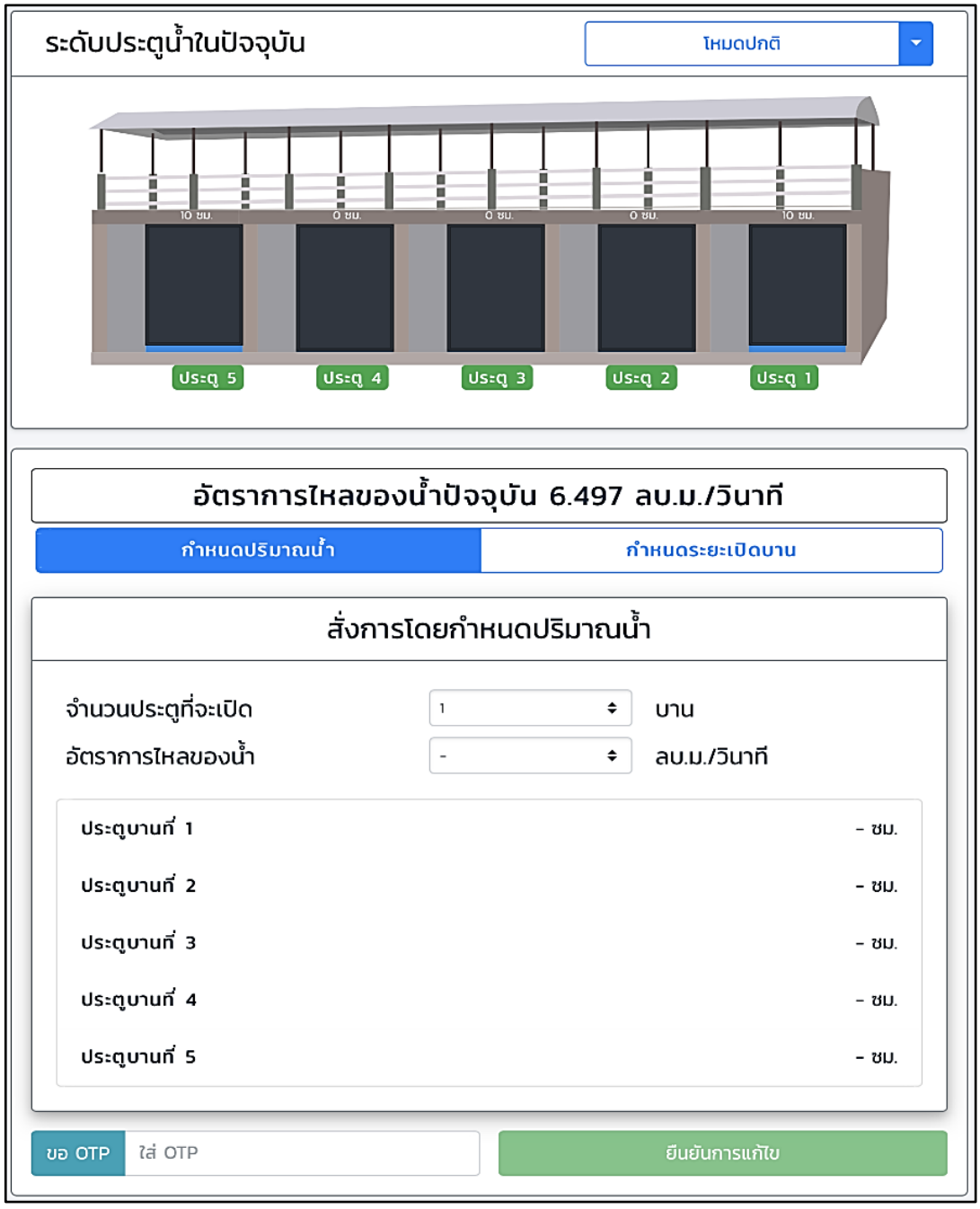
ข้อมูลที่แสดงมีดังนี้

- ความลึกของน้ำ (ม.)
- ระดับน้ำ (ม. รทก.)
- สถานะของระดับน้ำ
- แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอร์รี่ของเครื่องโทรมาตร
- แรงดันไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ของเครื่องโทรมาตร
- อุณหภูมิของแผงวงจรของเครื่องโทรมาตร
- ความแรงของสัญญาณของเครื่องโทรมาตร

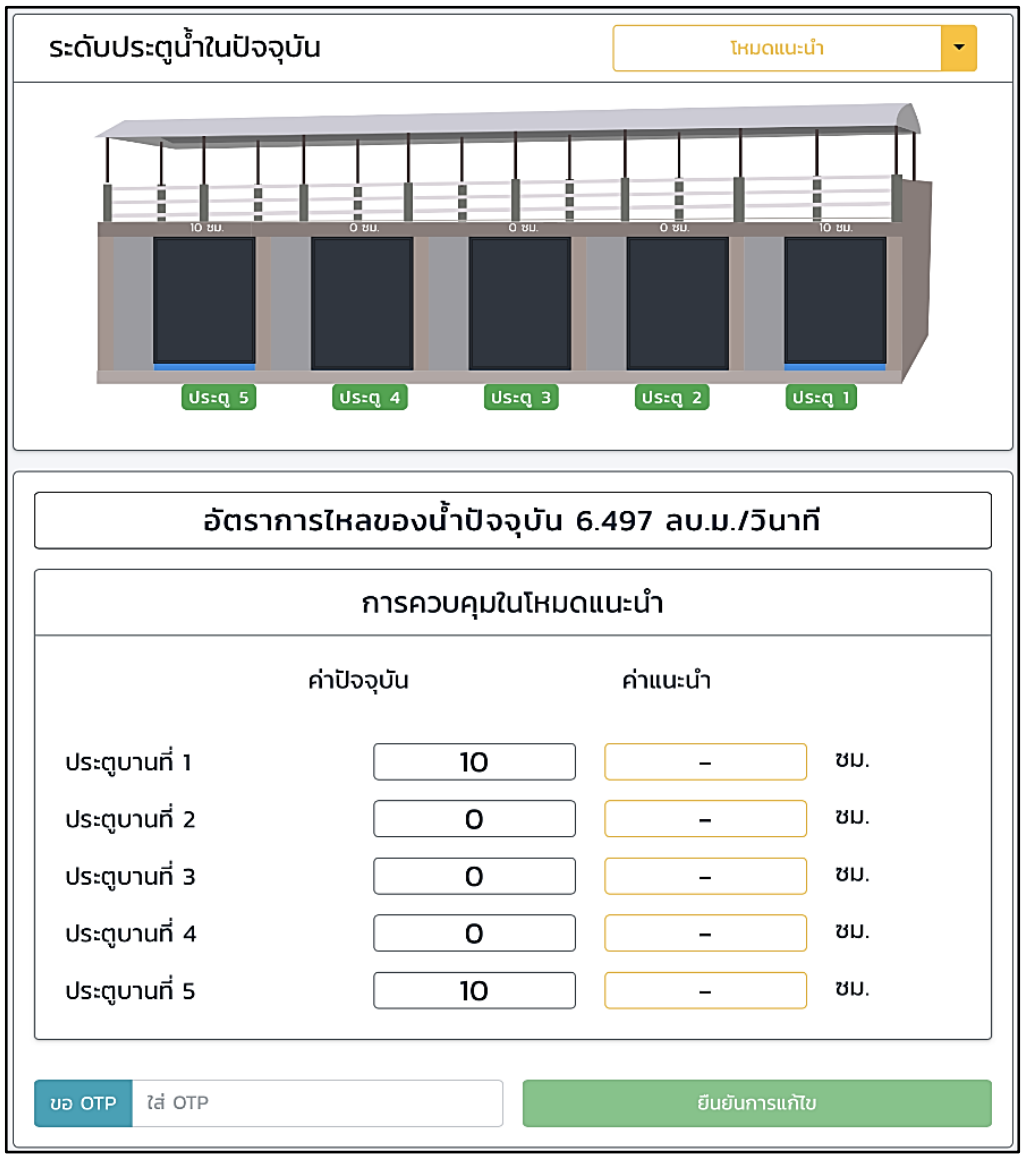
- **สถานีควบคุมประตูน้ำ ทรบ. ท่อทองแดง และ ทรบ. กำนันอ่ำ**

หน้า “ทรบ. ท่อทองแดง และ ทรบ. กำนันอ่ำ” มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถสั่งการเปลี่ยนโหมดของสถานีควบคุมประตูน้ำ สั่งการเปลี่ยนแปลงระดับของบานประตูน้ำ และสามารถดึงข้อมูลย้อนหลังอัตราการไหลของน้ำ (ลบ.ม./วินาที) และระดับประตู (ซม.) ได้ **การสั่งการเปลี่ยนโหมดของสถานีควบคุมประตูน้ำ โหมดของสถานีควบคุมประตูน้ำมีทั้งหมด 3 โหมด**

1. โหมดปกติ หมายถึง โหมดที่ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงระดับบานประตูได้ด้วยการใส่ค่าด้วยตัวเอง (หน่วย ซม.)

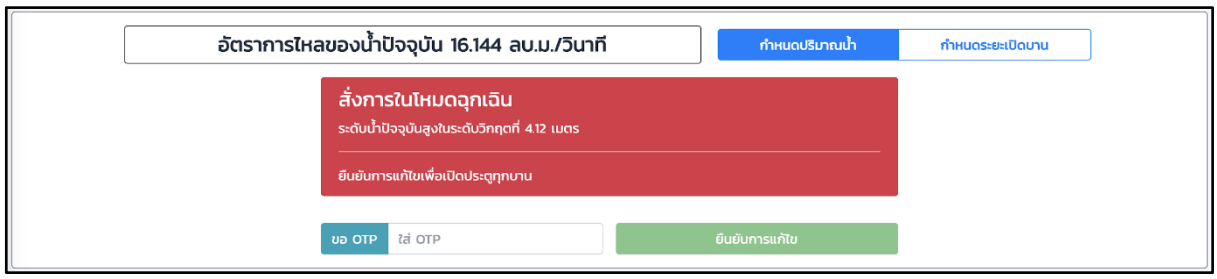


2. โหมดแนะนำ หมายถึง โหมดที่มีการส่งค่าแนะนำของบานประตูผ่าน API และผู้ใช้สามารถสั่งการให้บานประตูเปลี่ยนแปลงตามค่าที่แนะนำได้

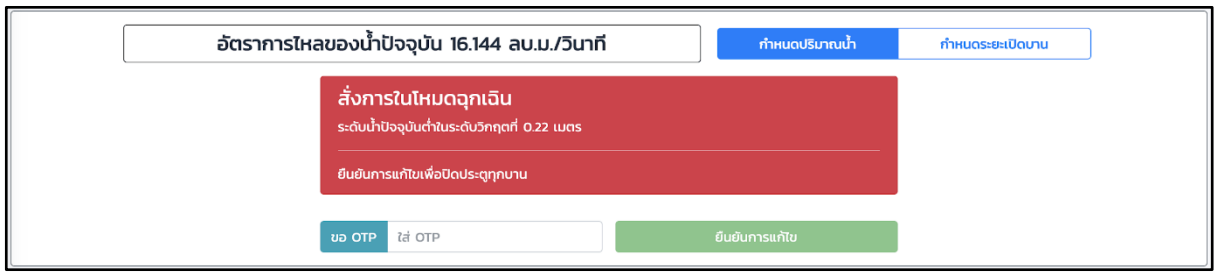


3. โหมดฉุกเฉิน หมายถึง โหมดที่ประตูจะเปลี่ยนเป็นโหมดฉุกเฉินโดยอัตโนมัติหากระดับน้ำลดลงต่ำกว่า หรือมากกว่าค่าที่ได้ตั้งไว้ โดย*ผู้ใช้ไม่สามารถเปลี่ยนโหมดประตูมาเป็นโหมดฉุกเฉินได้ด้วยตัวเอง โดยมีการแสดงผลทั้งหมด 3 รูปแบบ

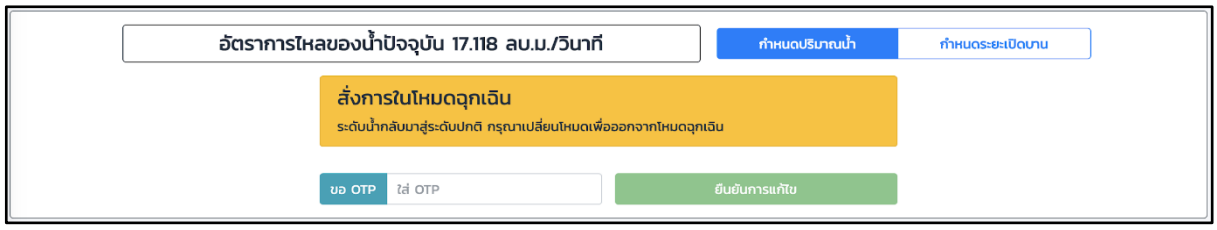
- กรณีที่ระดับน้ำสูงในระดับวิกฤต หากมีการกดยืนยันการแก้ไข จะเป็นการสั่งให้ประตูทุกบานเปิดที่ระดับสูงสุด



- กรณีที่ระดับน้ำต่ำในระดับวิกฤต หากมีการกดยืนยันการแก้ไข จะเป็นการสั่งให้ปิดประตูทุกบาน



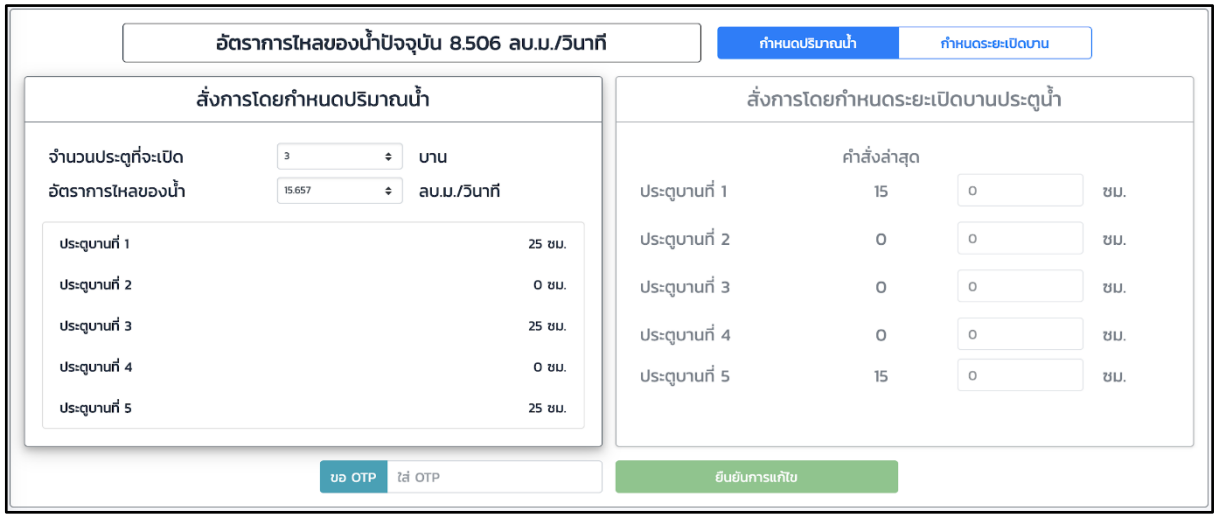
- กรณีที่ระดับน้ำพ้นระดับวิกฤต ให้ผู้ใช้งานเปลี่ยนโหมดประตูไปเป็นโหมดปกติหรือโหมดแนะนำ

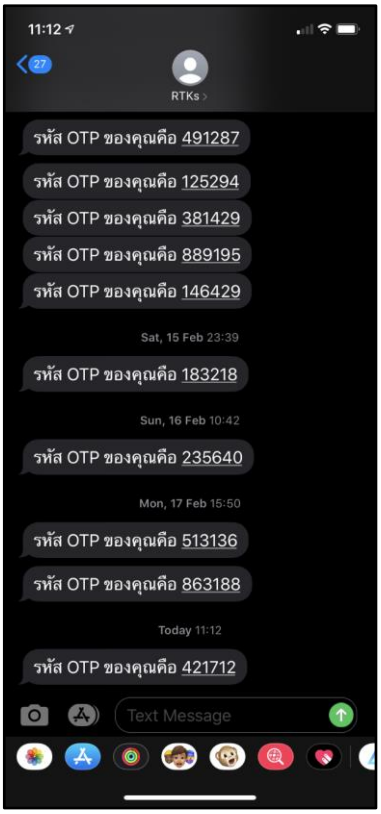


การสั่งการเปลี่ยนแปลงระดับของบานประตูน้ำ สามารถทำได้ 2 รูปแบบ

1. สั่งการโดยกำหนดปริมาณน้ำ หมายถึง ผู้ใช้สามารถกำหนดปริมาณน้ำที่ต้องการให้ไหลผ่านสถานี และเลือกจำนวนบานประตูที่ต้องการเปิด หลังจากนั้นระบบจะคำนวนระยะยกของแต่ละบานประตูให้อัตโนมัติ โดยตัวเลือกอัตราการไหลของน้ำขึ้นอยู่กับจำนวนบานประตูที่ต้องการเปิด และระดับน้ำปัจจุบันหน้าสถานี

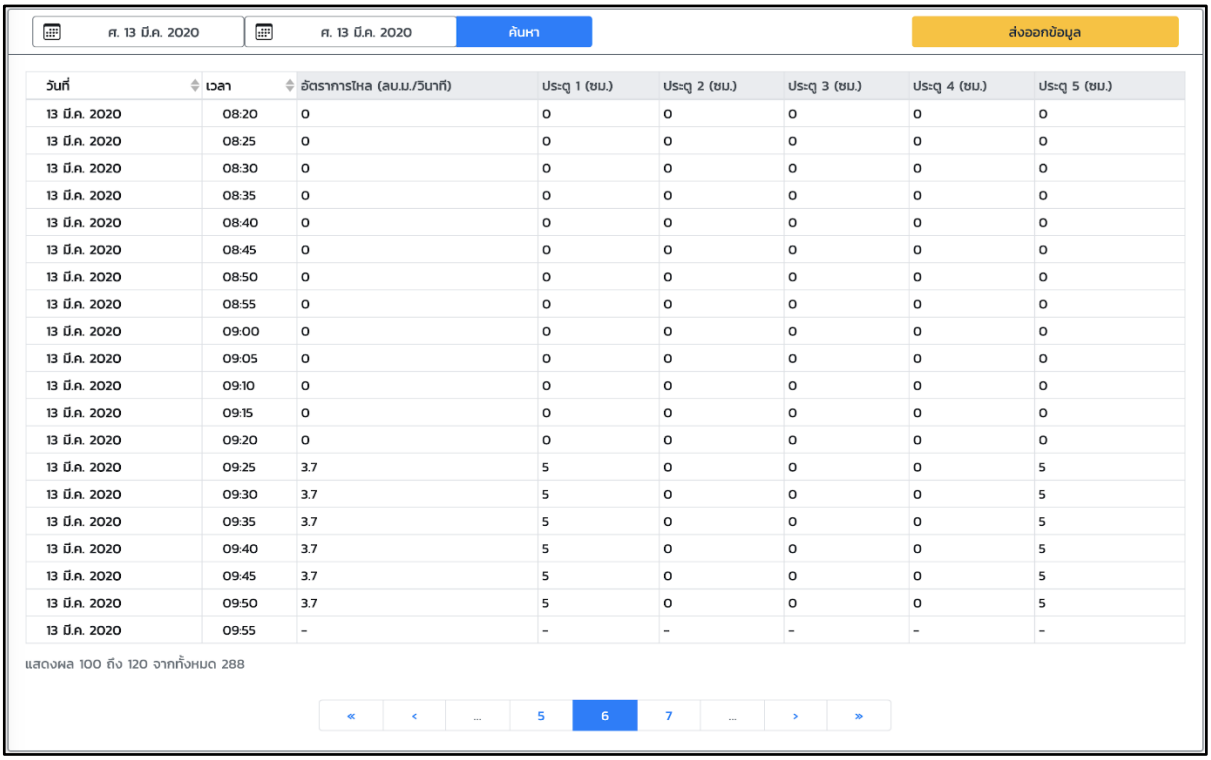
2. สั่งการโดยกำหนดระยะเปิดบาน หมายถึง ผู้ใช้สามารถกำหนดระยะยกของประตูแต่ละบานได้ด้วยตนเอง





ในขั้นตอนยืนยันการแก้ไข ผู้ใช้จำเป็นต้องขอรหัส OTP ก่อน ซึ่งผู้ใช้สามารถขอได้ด้วยการกดปุ่ม “ขอ OTP” หลังจากนั้นจะมีรหัสเป็นเลข 6 ตัวส่งมาที่เบอร์ที่ได้ลงทะเบียนไว้ในบัญชีผู้ใช้ รหัสตัวนี้สามารถใช้ได้ครั้งเดียว และจำเป็นต้องขอและใส่รหัสทุกครั้งในการสั่งการเปลี่ยนแปลงระดับของบานประตูน้ำแต่ละครั้ง เมื่อใส่รหัส OTP แล้วจึงสามารถกดปุ่ม “ยืนยันการแก้ไข” ได้ หากรหัสไม่ถูกต้องจะไม่สามารถสั่งการได้

ข้อมูลย้อนหลัง ในส่วนนี้ผู้ใช้สามารถดึงข้อมูลย้อนหลังของระดับประตูแต่ละบานได้ โดยจะมีการแสดงผลของอัตราการไหลของน้ำด้วย อย่างไรก็ตาม หากมีสถานีควบคุมประตูน้ำที่มีการเปิดประตูมากกว่าหนึ่งบาน และแต่ละบานเปิดที่ระดับไม่เท่ากัน อัตราการไหลของน้ำจะไม่สามารถคำนวนได้ และจะแสดงผลว่าไม่มีข้อมูล

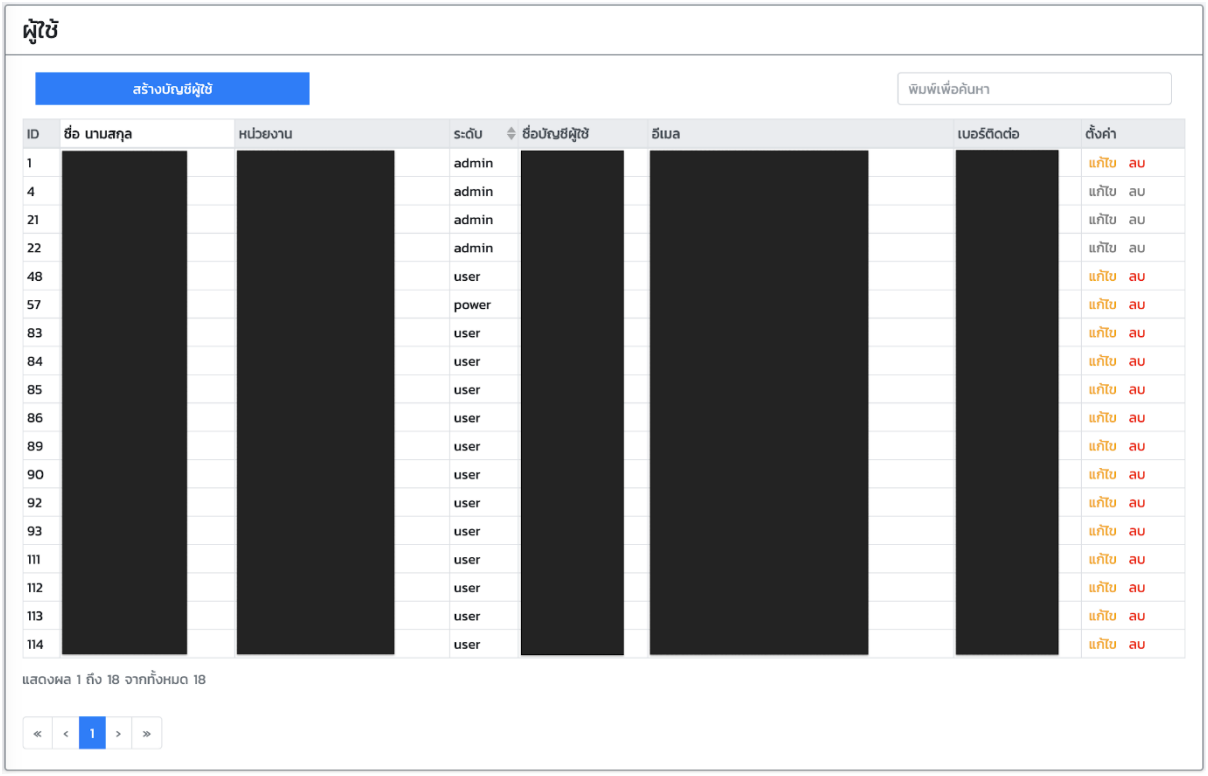


วันที่	เวลา	อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ประตู 1 (ชม.)	ประตู 2 (ชม.)	ประตู 3 (ชม.)	ประตู 4 (ชม.)	ประตู 5 (ชม.)
13 มี.ค. 2020	08:20	0	0	0	0	0	0
13 มี.ค. 2020	08:25	0	0	0	0	0	0
13 มี.ค. 2020	08:30	0	0	0	0	0	0
13 มี.ค. 2020	08:35	0	0	0	0	0	0
13 มี.ค. 2020	08:40	0	0	0	0	0	0
13 มี.ค. 2020	08:45	0	0	0	0	0	0
13 มี.ค. 2020	08:50	0	0	0	0	0	0
13 มี.ค. 2020	08:55	0	0	0	0	0	0
13 มี.ค. 2020	09:00	0	0	0	0	0	0
13 มี.ค. 2020	09:05	0	0	0	0	0	0
13 มี.ค. 2020	09:10	0	0	0	0	0	0
13 มี.ค. 2020	09:15	0	0	0	0	0	0
13 มี.ค. 2020	09:20	0	0	0	0	0	0
13 มี.ค. 2020	09:25	3.7	5	0	0	0	5
13 มี.ค. 2020	09:30	3.7	5	0	0	0	5
13 มี.ค. 2020	09:35	3.7	5	0	0	0	5
13 มี.ค. 2020	09:40	3.7	5	0	0	0	5
13 มี.ค. 2020	09:45	3.7	5	0	0	0	5
13 มี.ค. 2020	09:50	3.7	5	0	0	0	5
13 มี.ค. 2020	09:55	-	-	-	-	-	-

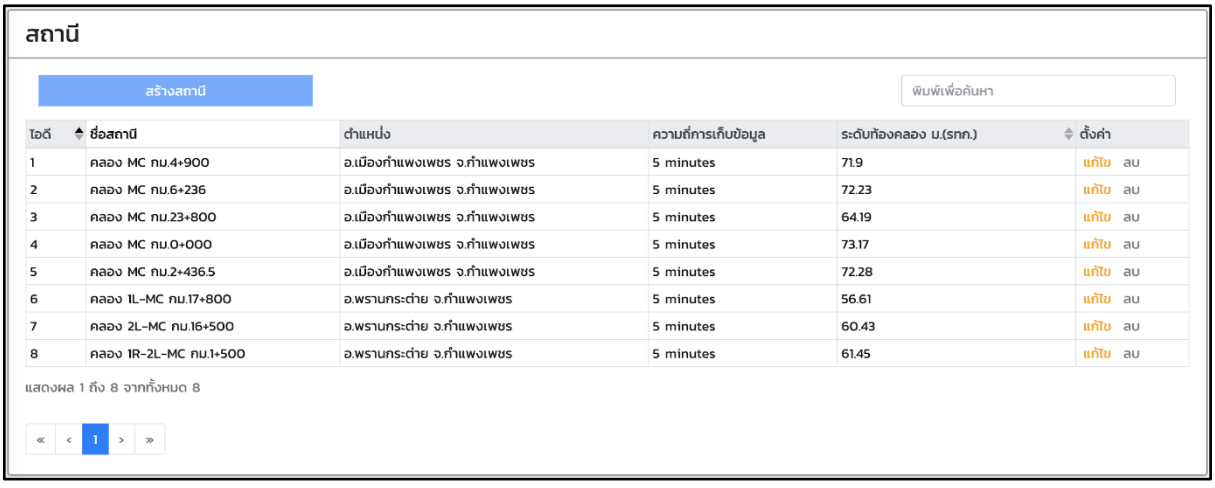
- **ตั้งค่าระบบ**

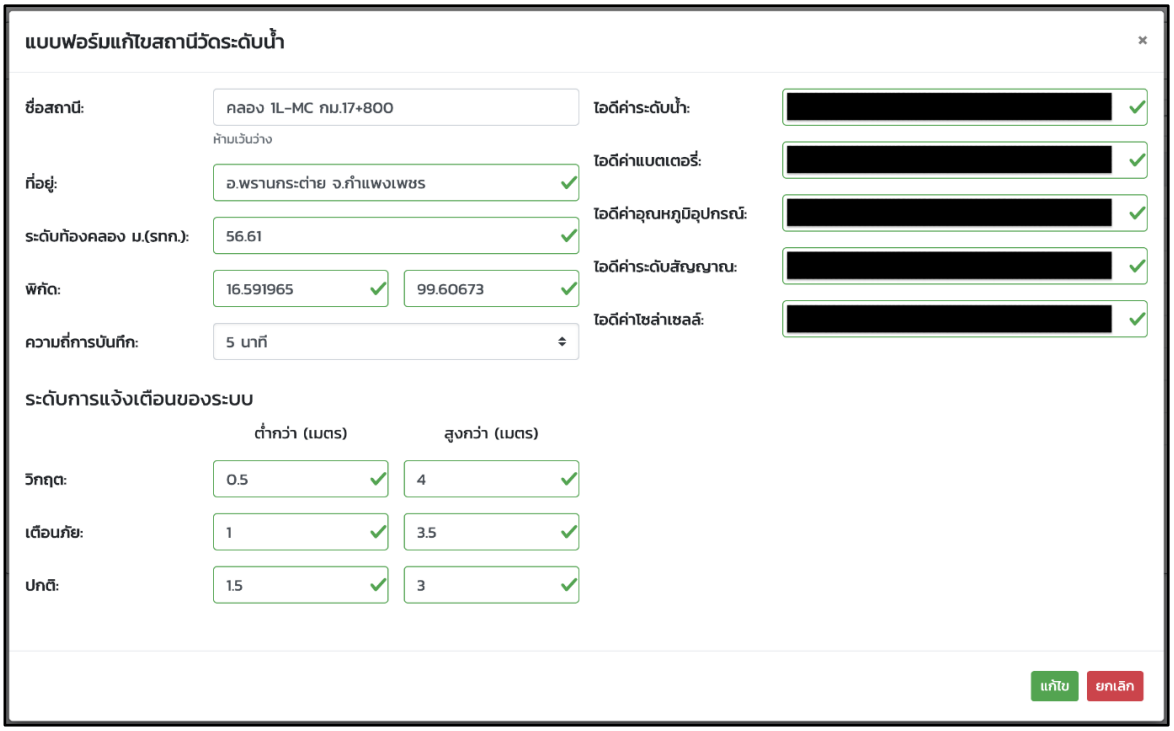
หน้า “ตั้งค่าระบบ” มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถสร้าง แก้ไข หรือลบบัญชีผู้ใช้ได้ อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขหรือลบบัญชีผู้ใช้อื่นที่เป็น Admin ได้ สำหรับสถานีวัดระดับน้ำและสถานีควบคุมประตูน้ำสามารถแก้ไขได้อย่างเดียว ไม่สามารถสร้างเพิ่มหรือลบได้

- ผู้ใช้ ในส่วนนี้ผู้ใช้สามารถสร้างบัญชีผู้ใช้ใหม่ได้ด้วยการกดปุ่ม “สร้างบัญชีผู้ใช้” และสามารถกดแก้ไขหรือลบบัญชีผู้ใช้ที่ไม่ใช่ Admin ได้

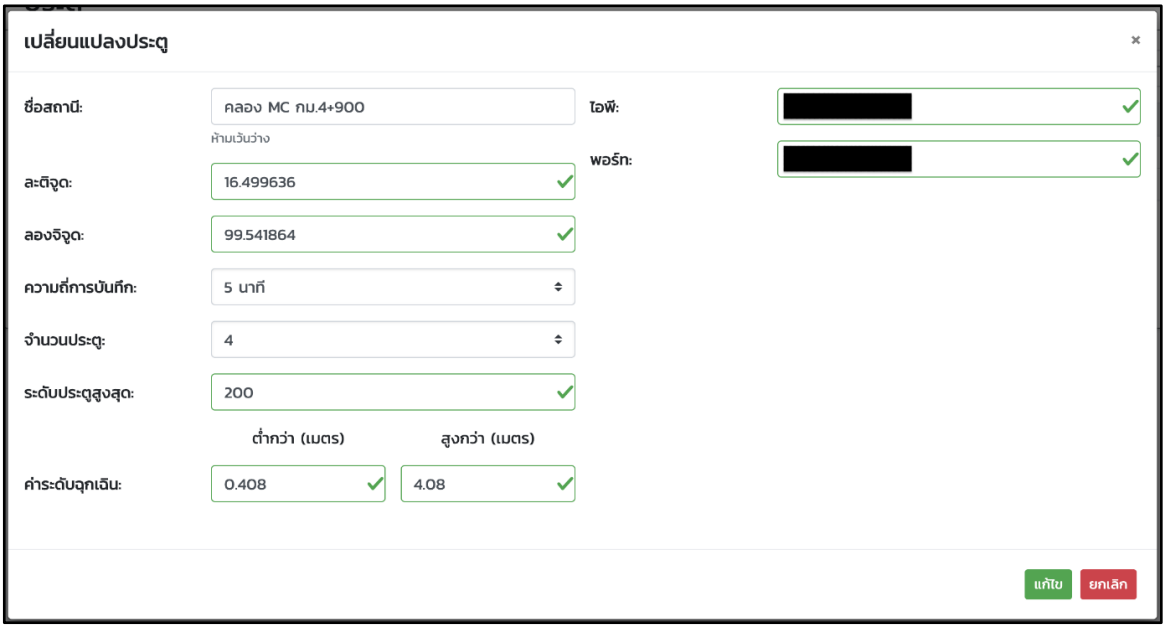


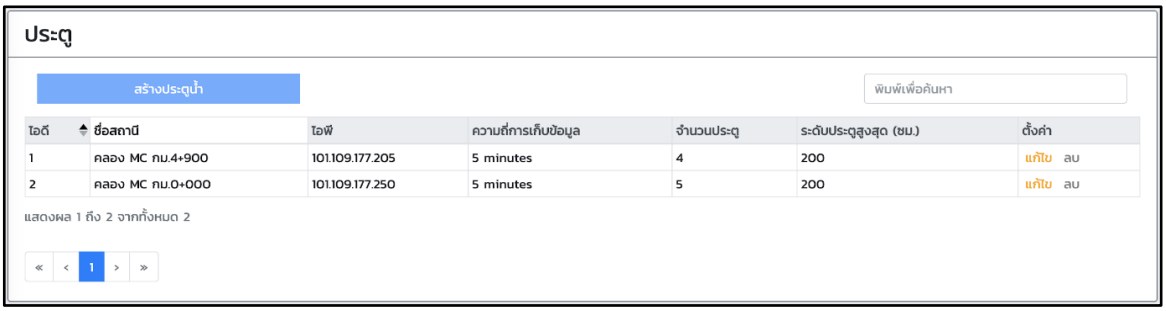
- สถานี ในส่วนนี้ผู้ใช้สามารถแก้ไขข้อมูลของสถานีวัดระดับน้ำทั้ง 8 จุดได้ไอดีต่างๆ หมายถึง ไอดีที่ Server ใช้เพื่อยืนยันว่าข้อมูลที่ส่งมาจากเครื่องโทรมาตรเป็นข้อมูลชนิดใด





- สถานีควบคุมประตูน้ำ ในส่วนนี้ผู้ใช้สามารถแก้ไขข้อมูลของสถานีควบคุมประตูน้ำทั้ง 2 จุดได้ ไอพี และพอร์ท หมายถึง ช่องทางที่ Server ใช้ติดต่อกับสถานีควบคุมประตูน้ำ เพื่ออ่านข้อมูลหรือสั่งการบานประตูน้ำ



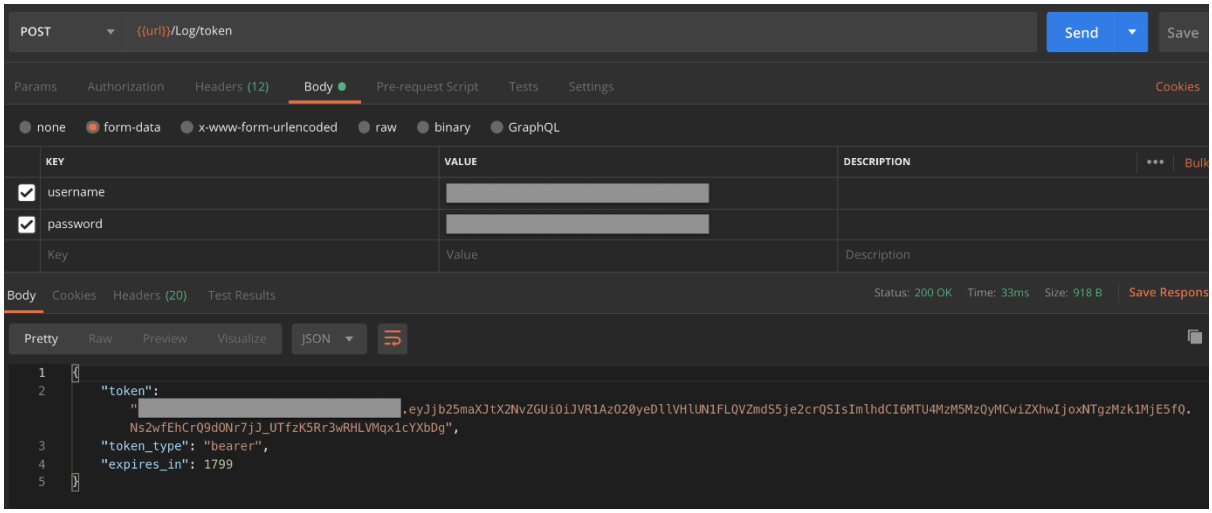


1.3 การควบคุมผ่าน API

สามารถควบคุมการเปิด-ปิดประตูน้ำผ่านเว็บไซต์ โดยระบุความสูงที่ต้องการเปิดประตูน้ำ หน่วยเป็นเซนติเมตร สามารถตรวจสอบสถานะความสูงของประตูน้ำ และการทำงานของอุปกรณ์ได้

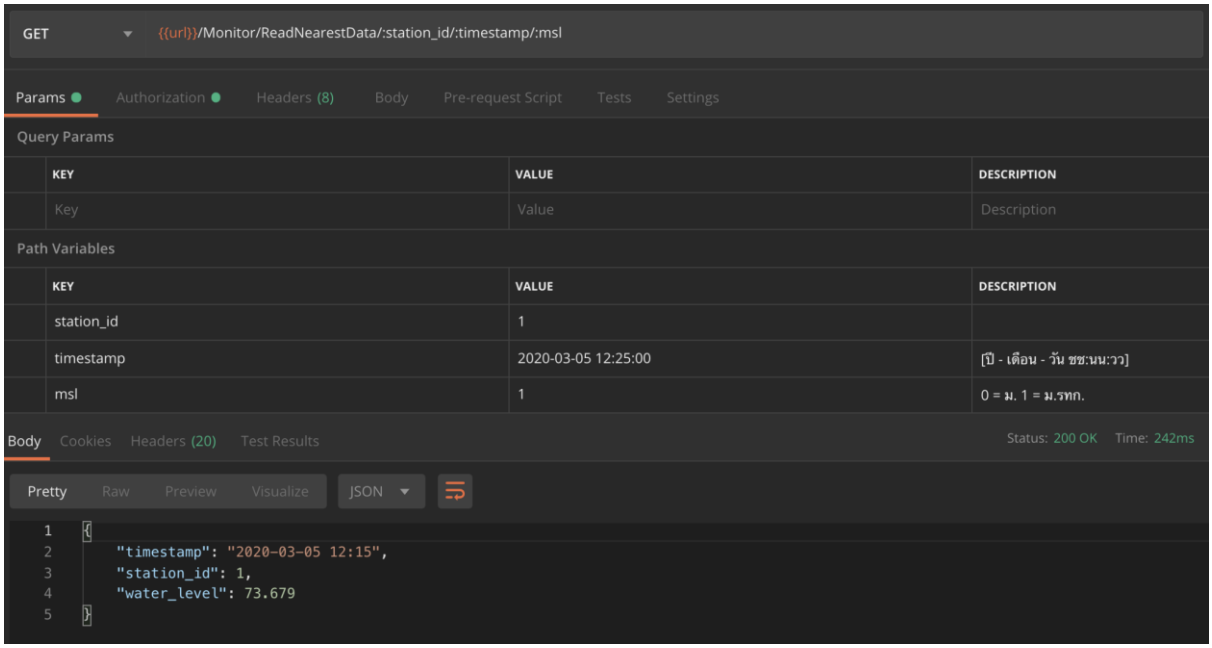
- **การขอ Token**

การขอ Token มีความสำคัญในขั้นตอนการดึงข้อมูลผ่าน API เนื่องจากในการขอข้อมูลผ่าน API แต่ละครั้งจำเป็นแนบ Bearer Token ไว้ที่ Header ด้วยทุกครั้ง โดยที่ Token ที่ขอมาสามารถจะหมดอายุภายใน 1,799 วินาที (1,800 วินาที เท่ากับ 30 นาที) **การขอ Token จำเป็นต้องรู้ชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านในการขอ Token**

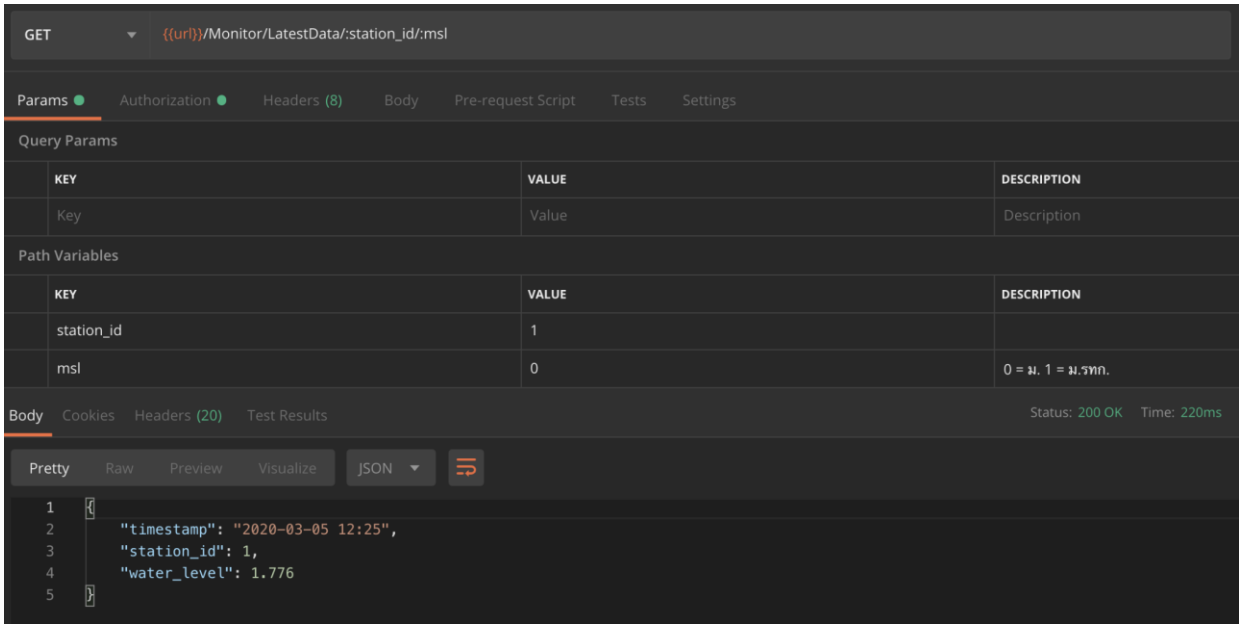


- **การดึงข้อมูลระดับน้ำ** สามารถดึงข้อมูลระดับน้ำได้ทั้งหมด 3 รูปแบบ

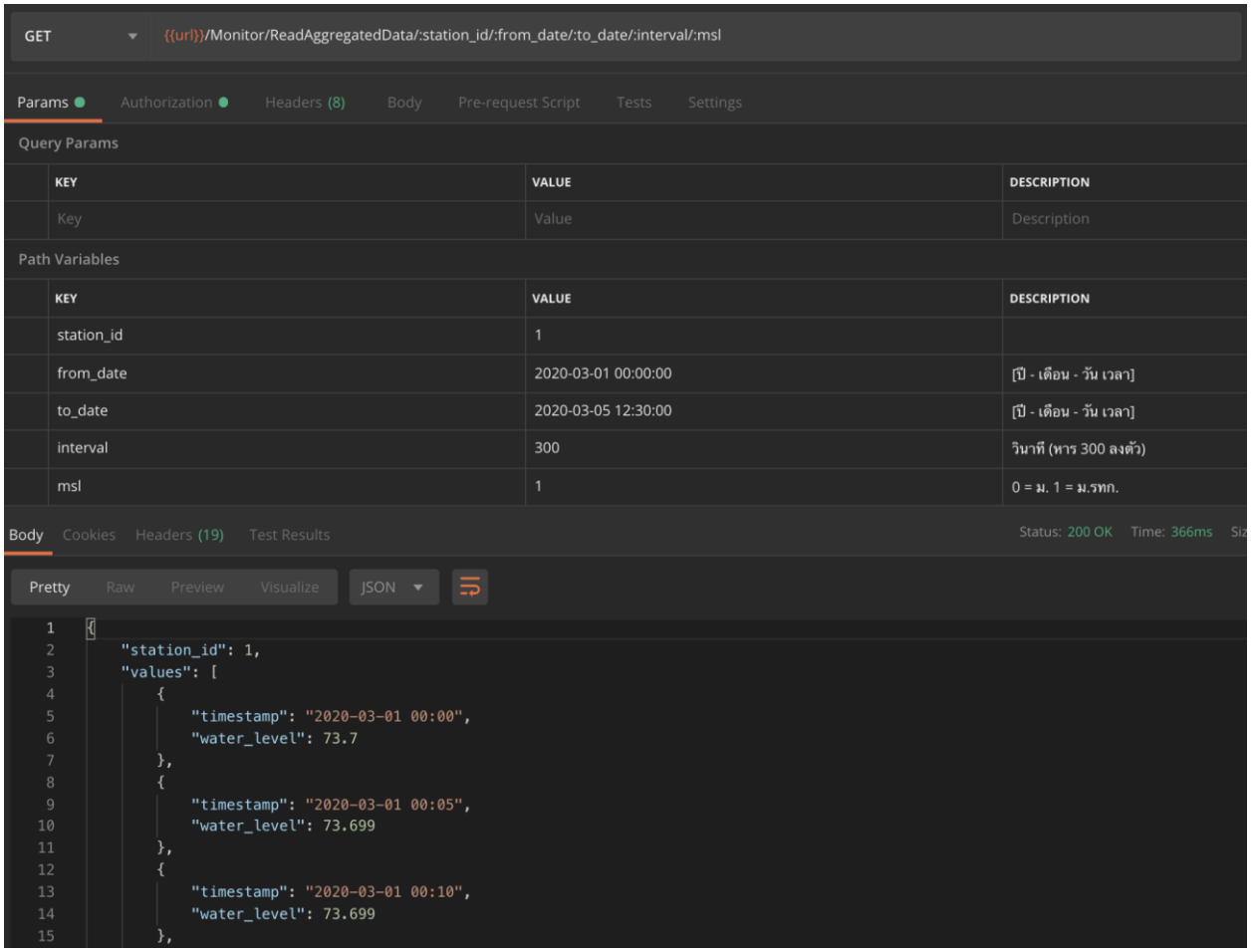
- ดึงค่าที่ใกล้เคียงที่สุดจากเวลาที่ระบุจากตัวอย่างเป็นการดึงค่าความลึกของน้ำจากสถานีที่ 1 เวลา 12:25:00 วันที่ 2020-02-05 ในหน่วย ม.(รทก.) การดึงข้อมูลกระทำเมื่อ 2020-02-05 12:20:00



- ดึงค่าล่าสุดที่มีการบันทึก จากตัวอย่างเป็นการดึงค่าความลึกของน้ำล่าสุดที่มีการบันทึกจากสถานีที่ 1 ในหน่วย ม.



- ดึงค่าเป็นช่วงเวลา จากตัวอย่างเป็นการดึงค่าความลึกของน้ำจากสถานีที่ 1 ตั้งแต่เวลา 00:00:00 วันที่ 2020-03-01 ถึง เวลา 2:30:00 วันที่ 2020-03-05 โดยเป็นการดึงค่าระดับน้ำ ม. รทก. ทุกๆ 15 นาที (900 วินาที)

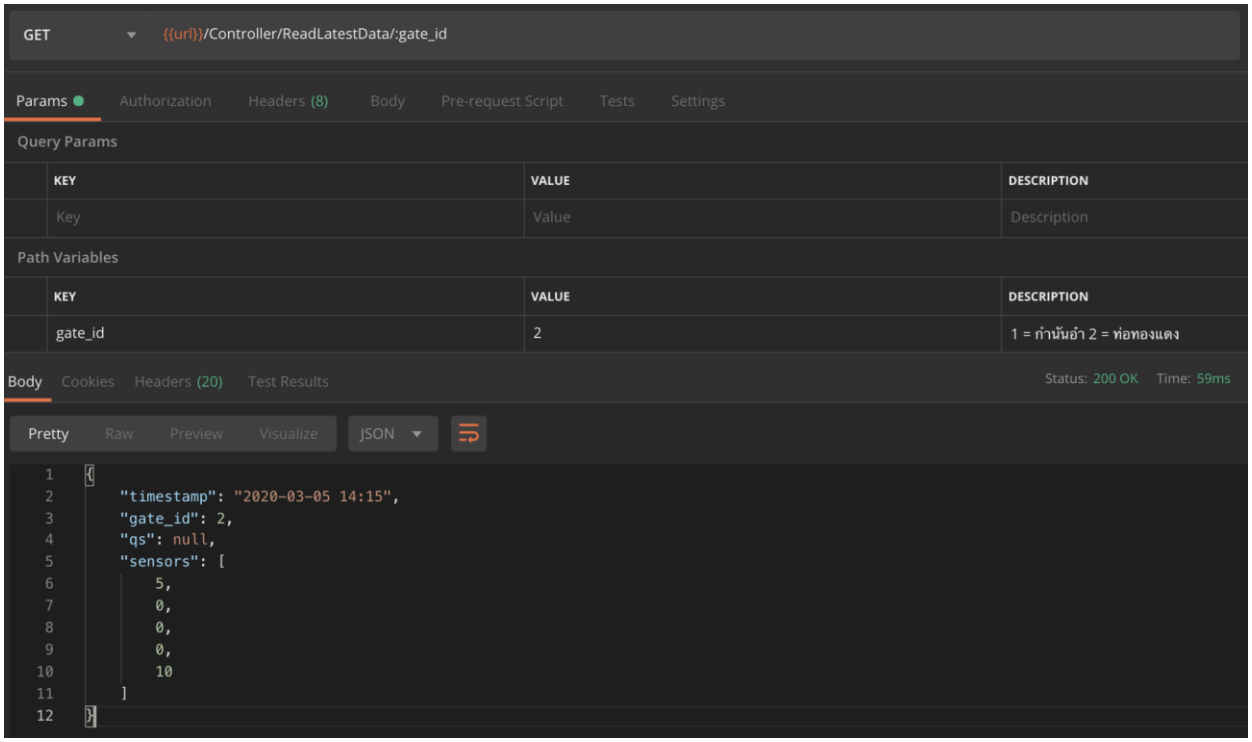


- **การดึงข้อมูลจากสถานีควบคุมประตูน้ำ** สามารถดึงข้อมูลจากสถานีควบคุมประตูน้ำได้ทั้งหมด 3 รูปแบบ

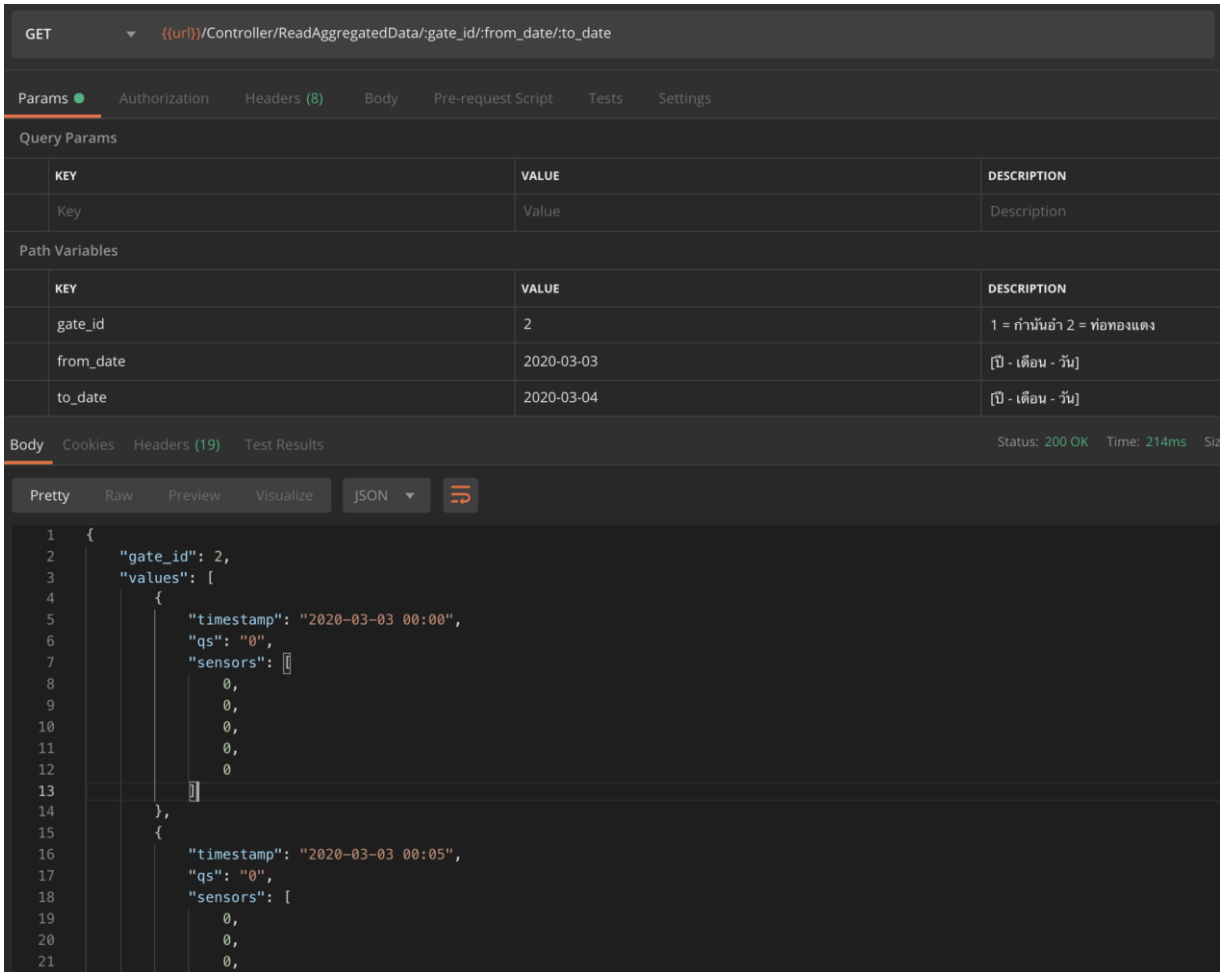
- ดึงค่าล่าสุดที่มีการบันทึก จากตัวอย่างเป็นการดึงค่าล่าสุดที่มีการบันทึกจากสถานีควบคุมประตูน้ำ ทรบ.ท่อทองแดง

Qs หมายถึง อัตราการไหลของน้ำ (ลบ.ม./วินาที)

Sensors หมายถึง ระยะยกของประตูแต่ละบาน ไล่จากบานที่หนึ่งไปบานสุดท้าย

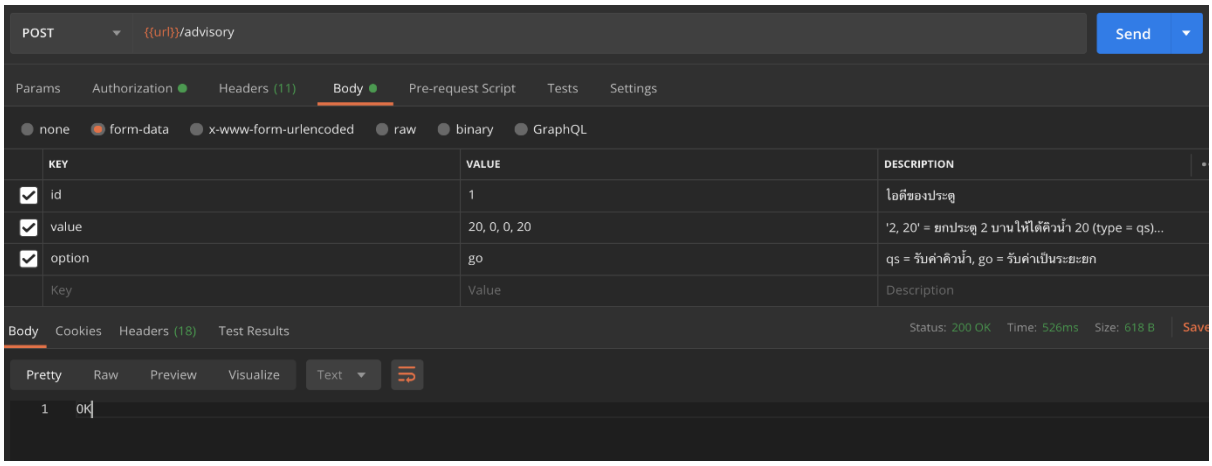


- ดึงค่าเป็นช่วงเวลา จากตัวอย่างเป็นการดึงค่าที่มีการบันทึกจากสถานีควบคุมประตูน้ำ ทรบ.ท่อทองแดง ตั้งแต่วันที่ 2020-03-03 ถึงวันที่ 2020-03-04



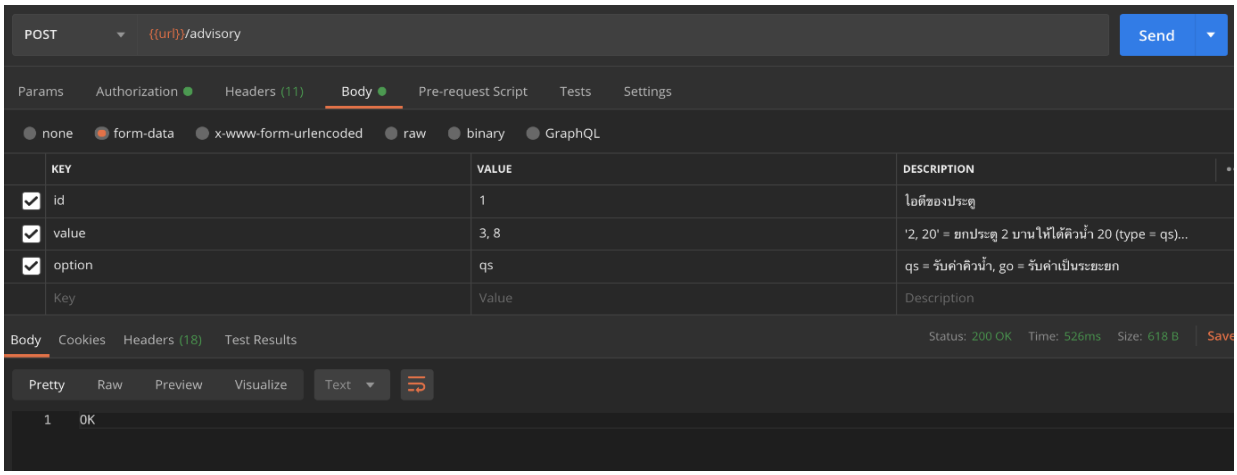
- การส่งข้อมูลในโหมดแนะนำ การส่งข้อมูลในโหมดแนะนำคือการส่งระยะยกของแต่ละประตูผ่านทาง API ไปที่หน้าเว็บ โดยสามารถส่งได้สองรูปแบบดังนี้

ส่งโดยกำหนดระยะยกของแต่ละบานประตู จากตัวอย่างเป็นการส่งค่าแนะนำไปที่ประตูหมายเลข 1 (ทรบ. กำนันอำ) โดยกำหนดระยะยกของประตูแต่ละบานไว้ที่ 20, 0, 0, 20 เมตร (นับจากประตูบานที่ 1 ถึง 4) หากต้องการส่งค่าเป็นระยะยกของแต่ละบานประตู จำเป็นต้องกำหนดการรับค่าเป็น go ผลลัพธ์ของการส่งโดยกำหนดระยะยกของแต่ละบานประตูข้างต้นเป็นดังนี้



ผลลัพธ์ของการส่งโดยโดยกำหนดอัตราการไหลของน้ำและจำนวนบานประตูที่จะสั่งการข้างต้นเป็นดังนี้

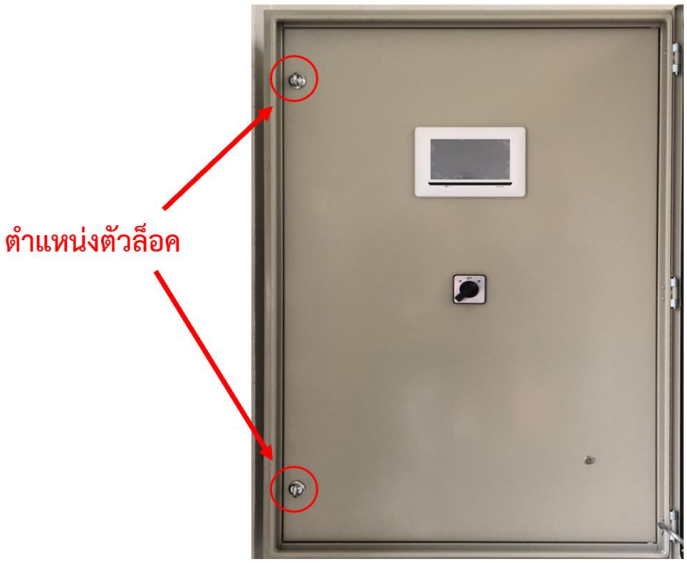
ส่งโดยกำหนดอัตราการไหลของน้ำและจำนวนบานประตูที่จะสั่งการ จากตัวอย่างเป็นการส่งค่าแนะนำไปที่ประตูหมายเลข 1 (ทรบ. กำนันอ่ำ) โดยกำหนดอัตราการไหลของน้ำไว้ที่ 20 ลบ.ม./วินาที และกำหนดจำนวนบานประตูที่จะสั่งการไว้ที่ 3 บาน หากต้องการส่งค่าเป็นอัตราการไหลของน้ำและจำนวนบานประตูที่จะสั่งการจำเป็นต้องกำหนดการรับค่าเป็น qs ระบบจะคำนวนและจำนวนบานประตูที่จะสั่งการว่าจะทำการยกประตูแต่ละบานที่ความสูงเท่าไหร่ให้อัตโนมัติจากอัตราการไหลของน้ำ



ผลลัพธ์ของการส่งโดยโดยกำหนดอัตราการไหลของน้ำและจำนวนบานประตูที่จะสั่งการข้างต้นเป็นดังนี้

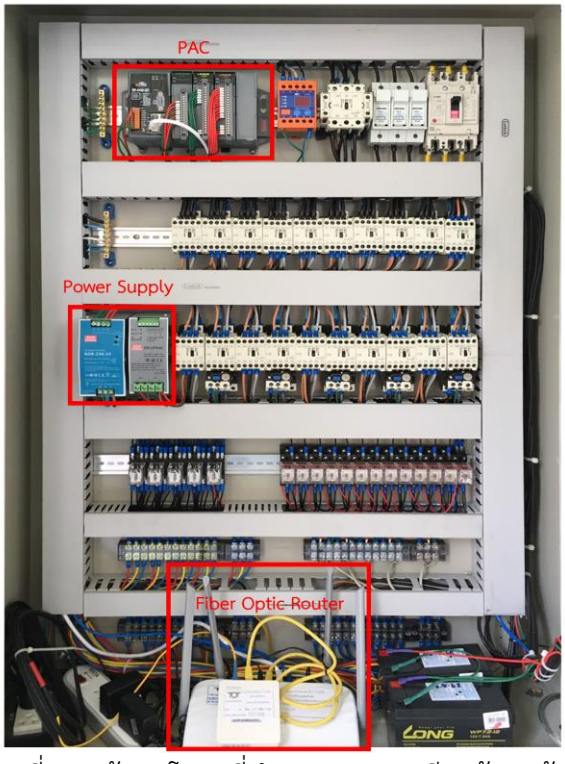
2. การดูแลรักษาระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำของโครงการฯ

- ตู้คอนโทรลควรจะปิดฝาตู้คอนโทรลด้านนอกให้สนิด เพื่อป้องกันน้ำ ฝุ่น และสัตว์ที่จะเข้าไปอยู่ในตู้คอนโทรล



รูปที่ 2-1 ตู้คอนโทรลที่ปิดล็อคได้อย่างถูกต้อง

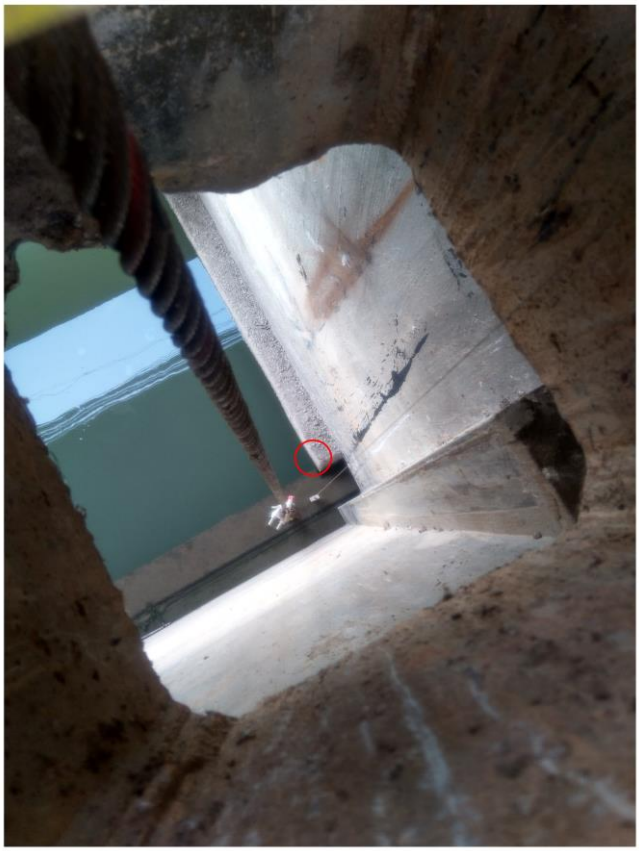
- รักษาความสะอาดภายในตู้คอนโทรล ควรดำเนินการทำความสะอาดอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ไม่ควรให้มีฝุ่นเกาะอยู่ภายในตู้คอนโทรลเป็นจำนวนมาก โดยภายในตู้คอนโทรลจะมีอุปกรณ์ที่ต้องดูแลความสะอาดเป็นพิเศษ เพื่อให้ระบบสามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ PAC, Power Supply และ Fiber Optic Router



รูปที่ 2-2 ตู้คอนโทรลที่ทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว

- ทำความสะอาดและเก็บขยะบริเวณหน้าประตูน้ำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันไม่ให้มีเศษไม้หรือขยะไปเกี่ยวโดนและสร้างความเสียหายแก่สายเซ็นเซอร์วัดระดับประตู

รูปที่ 2-3 ตำแหน่งที่ติดตั้งสายลวดสลิงสำหรับวัดระดับประตู



รูปที่ 2-4 ตำแหน่งที่ติดตั้งสายลวดสลิงสำหรับวัดระดับประตู (ภาพด้านบน)

จากรูปที่ 2-3 และ 2-4 แสดงให้เห็นว่าประตูน้ำไม่มีขยะอยู่บริเวณประตูน้ำ ซึ่งเป็นสิ่งที่ถูกต้อง ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบประตูน้ำทั้ง ทรบ.ท่อทองแดง และ ทรบ.กำนันอ่า ควรรักษาความสะอาด ขจัดสิ่งกีดขว้าง

บริเวณหน้าประตูให้มีความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับ Sensor วัดระดับประตูน้ำ หรือ Linear Potentiometer

รูปที่ 2-5 สิ่งกีดขว้างหรือขยะบริเวณหน้าประตูน้ำ

จากรูปที่ 2-5 แสดงให้เห็นว่าประตูน้ำมีขยะอยู่บริเวณประตูน้ำ ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้อง ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบประตูน้ำทั้ง ทรบ.ท่อทองแดง และ ทรบ.กำนันอ่ำ ควรรักษาความสะอาด ขจัดสิ่งกีดขว้างบริเวณหน้าประตูให้มีความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับ Sensor วัดระดับประตูน้ำ หรือ Linear Potentiometer

อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time

3. การใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time

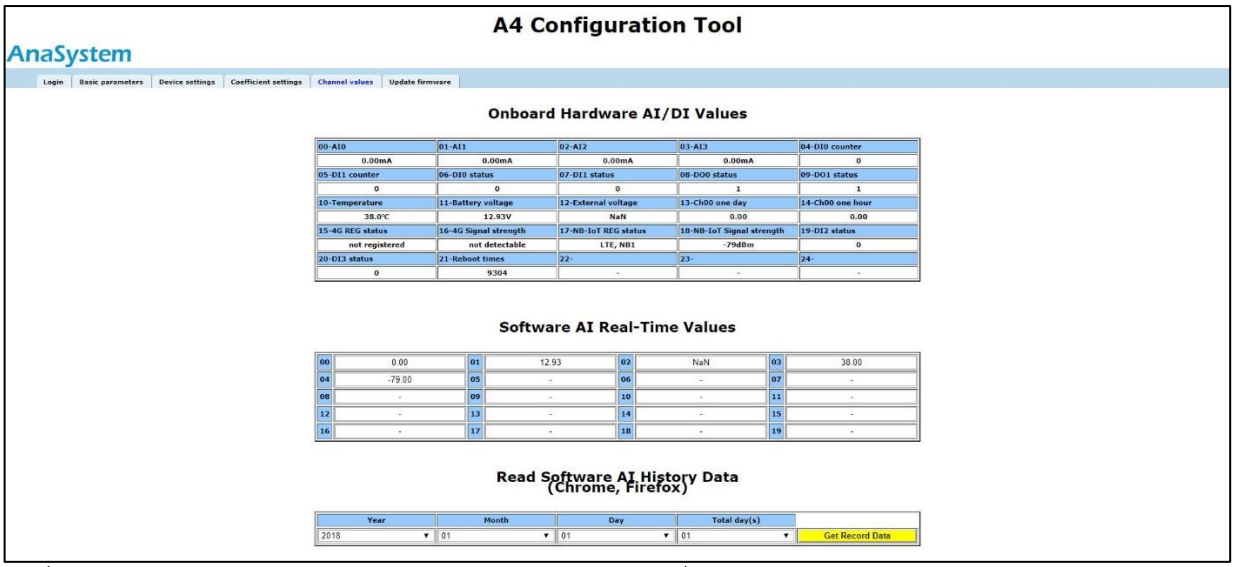
การเข้าถึงข้อมูลของระดับน้ำในคลองที่วัดได้ตามพิกัดต่าง ๆ นั้น สามารถทำได้ 3 วิธี ดังนี้

1) เข้าถึงข้อมูลผ่านตัวเครื่อง SensMini A4-NB โดยตรงผ่านสาย LAN โดยการเข้าถึงข้อมูลผ่านเครื่อง SensMini A4-NB โดยตรงนั้นผู้ใช้งานจะต้องมีอุปกรณ์สายไฟแปลง หัว 8 Pin เป็น หัว LAN และคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คที่มี Port LAN แสดงดังรูปที่ 3-1 โดยขั้นตอนการเข้าถึงเครื่อง SensMini A4-NB มีดังนี้

- ต่อหัวสายไฟฝั่ง 8 Pin เข้ากับเครื่อง SensMini A4-NB ที่ตำแหน่ง M4
- ต่อหัว LAN เข้ากับคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค
- เปิด Browser (แนะนำให้ใช้ Google Chrome) และพิมพ์ 192.168.255.1 ลงในช่องใส่ url
- ใส่ Account: user และ Password เพื่อทำการ login แสดงดังรูปที่ 3-2 และ 3-3

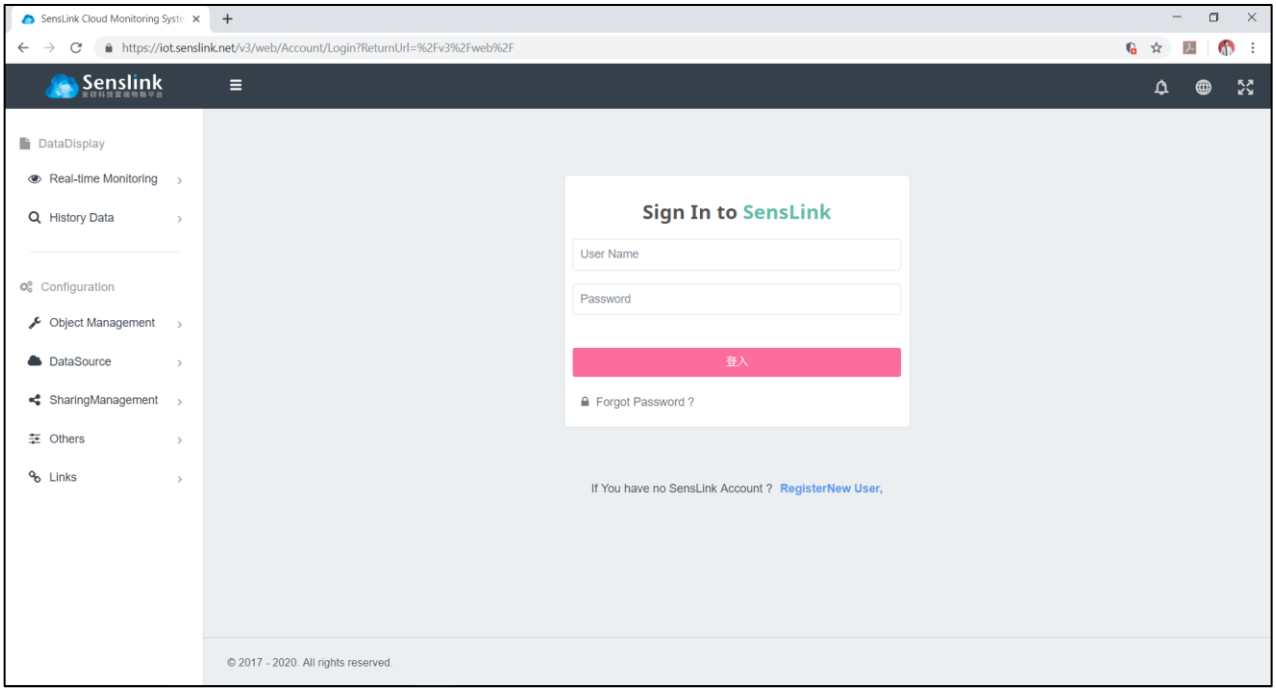
รูปที่ 3-1 อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการเข้าถึงข้อมูลของเครื่อง SensMini A4-NB โดยตรง

รูปที่ 3-2 หน้าต่างสำหรับ login เครื่อง SensMini A4-NB

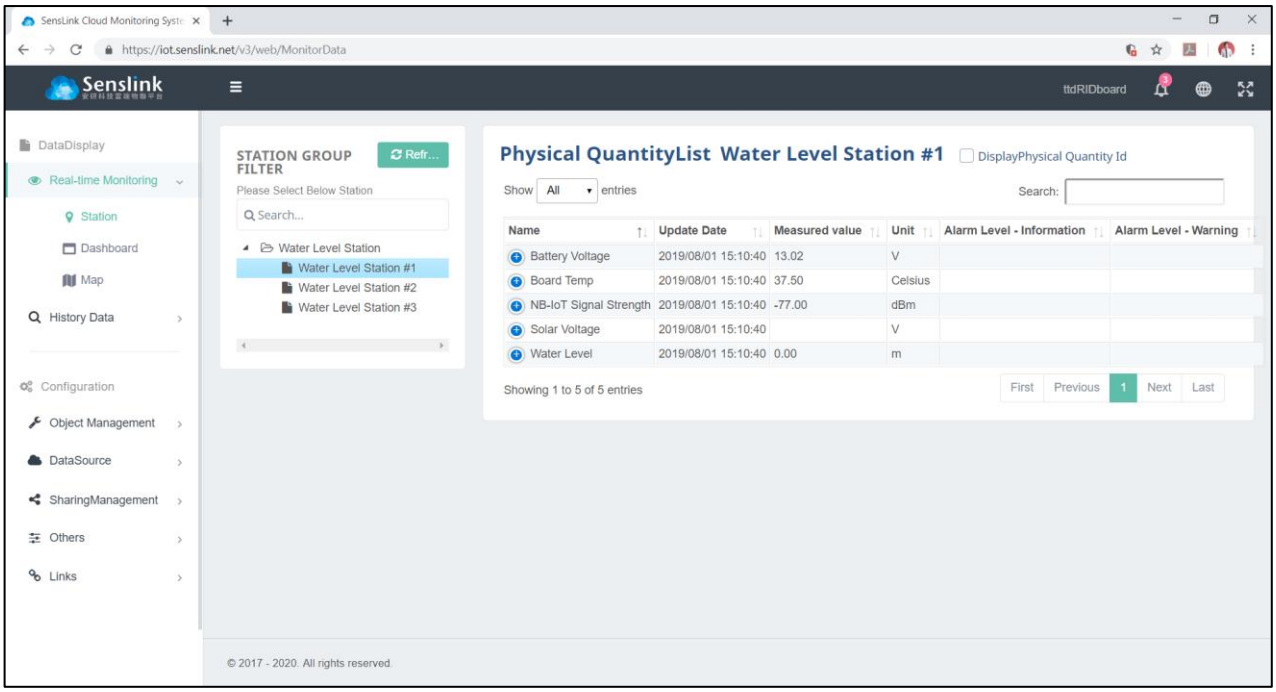


รูปที่ 3-3 หน้าต่างสำหรับแสดงข้อมูลแบบ Real-time บนเครื่อง SensMini A4-NB

2) เข้าถึงข้อมูลผ่าน SensLink Cloud โดยเปิด Browser (แนะนำให้ใช้ Google Chrome) และพิมพ์ https://iot.SensLink.net/v3/web ลงในช่องใส่ url และใส่ Username: ttdridboard และ Password เพื่อทำการ login แสดงดังรูปที่ 3-4 และ 3-5 ตามลำดับ



รูปที่ 3-4 หน้าต่างสำหรับ login การใช้งาน SensLink Cloud

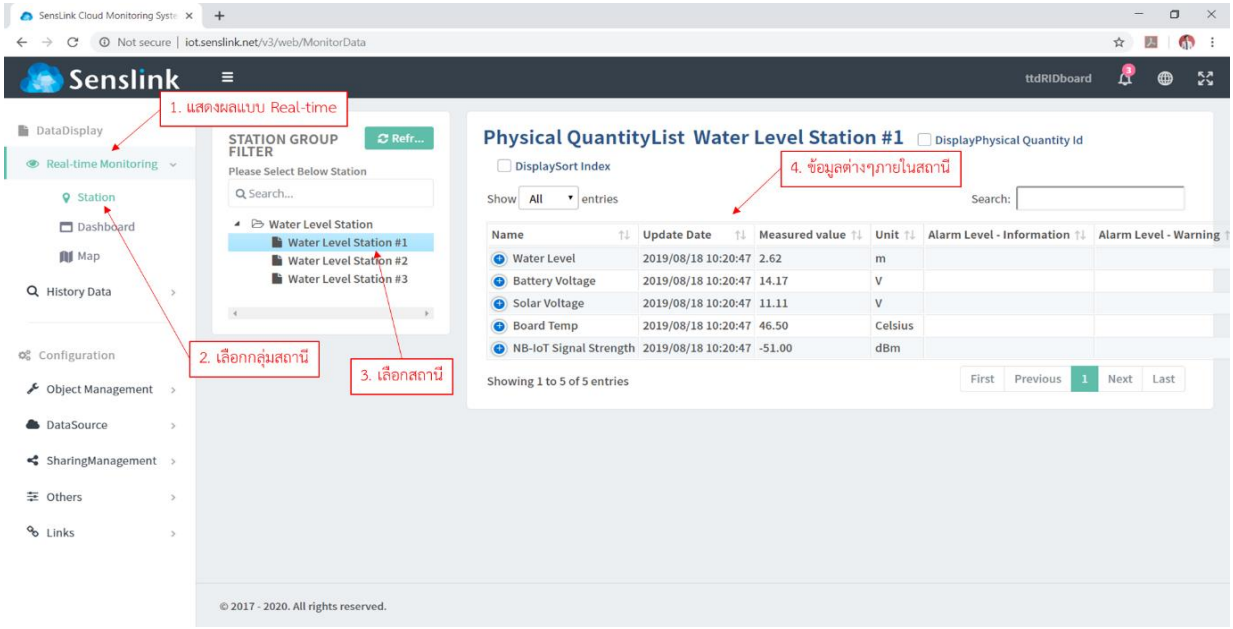


รูปที่ 3-5 หน้าต่างสำหรับแสดงข้อมูลแบบ Real-time บน SensLink Cloud

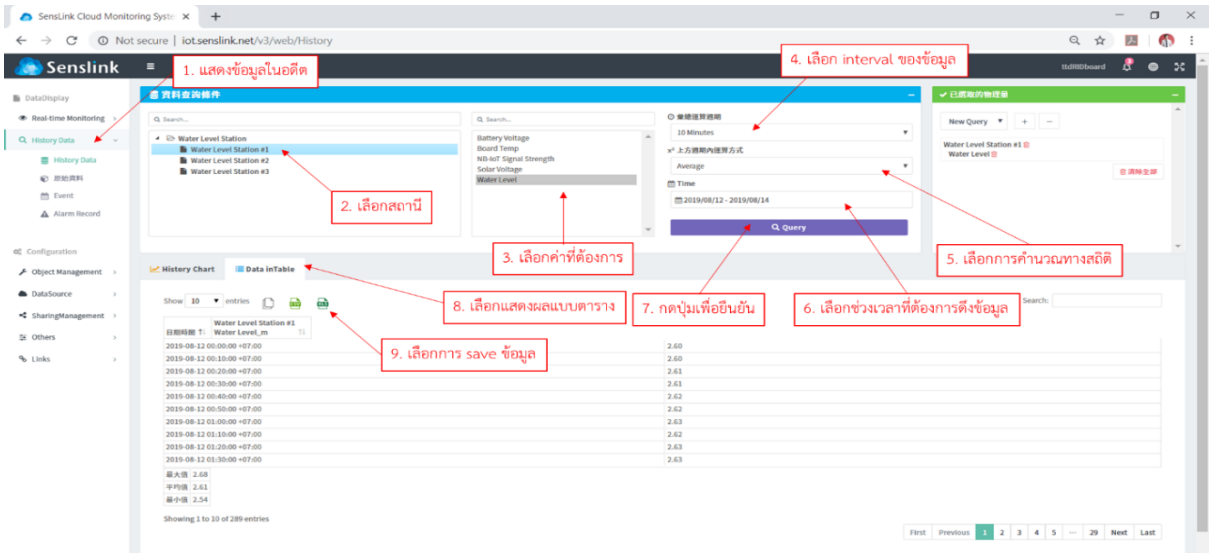
การเข้าถึงข้อมูลระดับน้ำเพื่อการติดตามรายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยา โดยเป็นการเรียกดูข้อมูลแบบ Real-time และดึงข้อมูลของ History data ผ่าน Senslink Cloud นอกจากนี้ทางโครงการวิจัยฯ ยังได้พัฒนา Website และ Web Application ที่มีการจัดเก็บฐานข้อมูลใน Local Server ของกรมชลประทาน เพื่อการเข้าถึงข้อมูลระดับน้ำสำหรับการเข้าถึงข้อมูลผ่าน Local Server รวมไปถึงการพัฒนาระบบควบคุม สั่งการเครื่องมือการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมแบบอัตโนมัติ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้งาน API เพื่อดึงข้อมูลระดับน้ำและข้อมูลจากสถานีควบคุมประตูน้ำผ่าน API

การเข้าถึงข้อมูลระดับน้ำเพื่อการติดตาม รายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยา จะเป็นการดูข้อมูลแบบ Real-time และดึงข้อมูลของ History data ผ่าน Senslink Cloud หลังจาก login ผ่านhttps://iot.senslink.net/v3/web แล้ว จะสามารถเข้าถึงหน้าต่าง Real-time Monitoring โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกการแสดงผลแบบ Real-time ประกอบด้วย 1) Station เป็นการแสดงผลข้อมูลรายสถานี ได้แก่ ข้อมูลระดับน้ำ สถานะแบตเตอรี่ พลังงานของโซล่าร์ อุณหภูมิของแผงควบคุม และสัญญาณ NB-IoT 2) Dashboard เป็นการแสดงผลข้อมูลระดับน้ำในรูปแบบกราฟ และ 3) Maps เป็นการแสดงผลข้อมูลระดับน้ำของสถานีตรวจวัดในแต่ละสถานีในรูปแบบแผนที่ แสดงรูปแบบหน้าต่าง Real-time Monitoring ดังรูปที่ 3-6

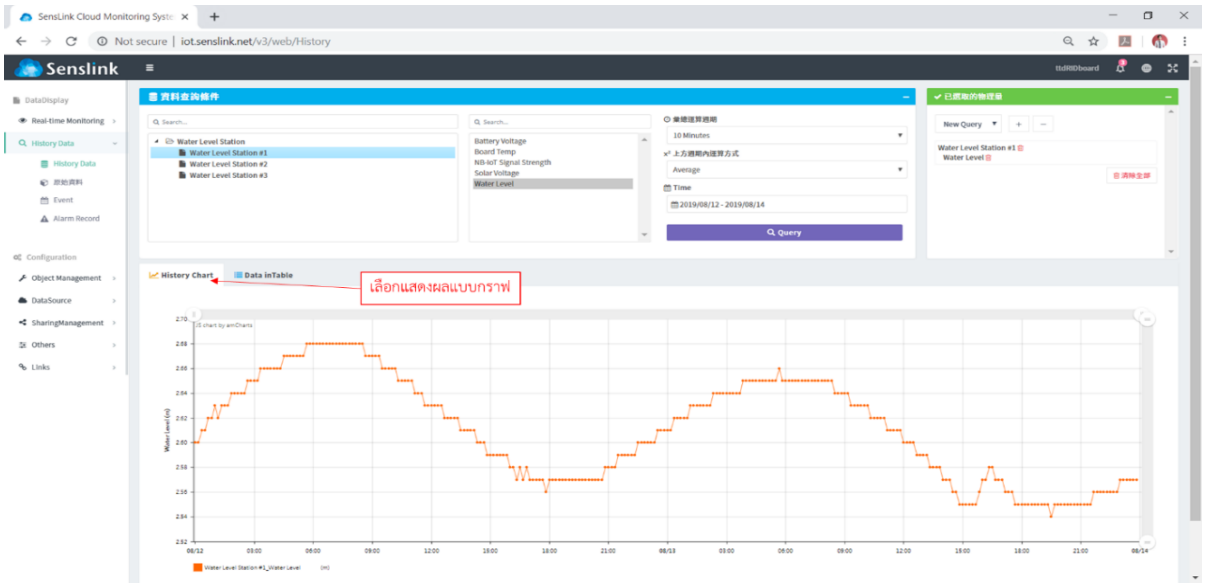
การเรียกดูข้อมูลผ่านหน้าต่าง History Data ผู้ใช้งานสามารถเลือกดูข้อมูลย้อนหลังโดยการเลือกสถานี เลือกข้อมูลที่ต้องการประมวลผล ช่วงเวลาที่ต้องการเรียกดูข้อมูล เพื่อให้ระบบแสดงข้อมูลที่สามารถนำออกในรูปแบบ excel หรือ CSV file ได้ และสามารถเลือกแสดงผลในรูปแบบกราฟและตารางข้อมูล แสดงหน้าต่างการแสดงผล History Data ในรูปแบบตารางและกราฟ ดังรูปที่ 3-7 และ 3-8 ตามลำดับ และรูปที่ 3-9 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Senslink A4-NB กับ Senslink โดยเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบสามารถเข้ามาใช้งานในการตั้งค่าเพื่อตรวจสอบสถานะและการเข้าถึง API แสดงหน้าต่างสำหรับขอค่า ClientId และ ClientSecret สำหรับการใช้งาน API ดังรูปที่ 3-10



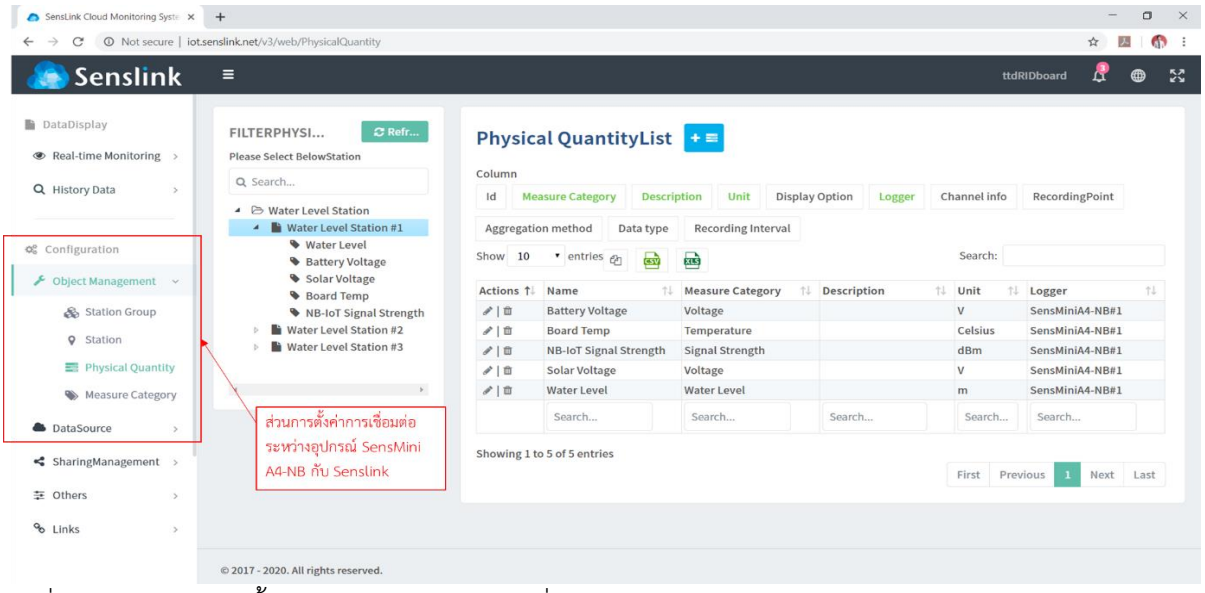
รูปที่ 3-6 หน้าต่าง Real-time Monitoring



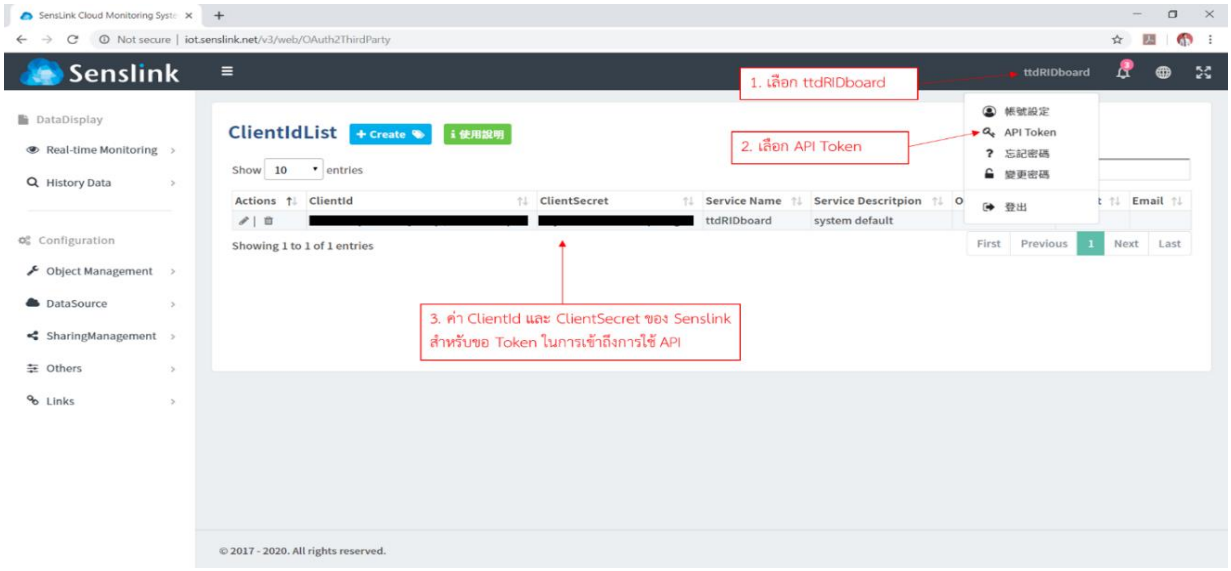
รูปที่ 3-7 หน้าต่าง History Data แสดงผลแบบตาราง



รูปที่ 3-8 หน้าต่าง History Data แสดงผลแบบกราฟ

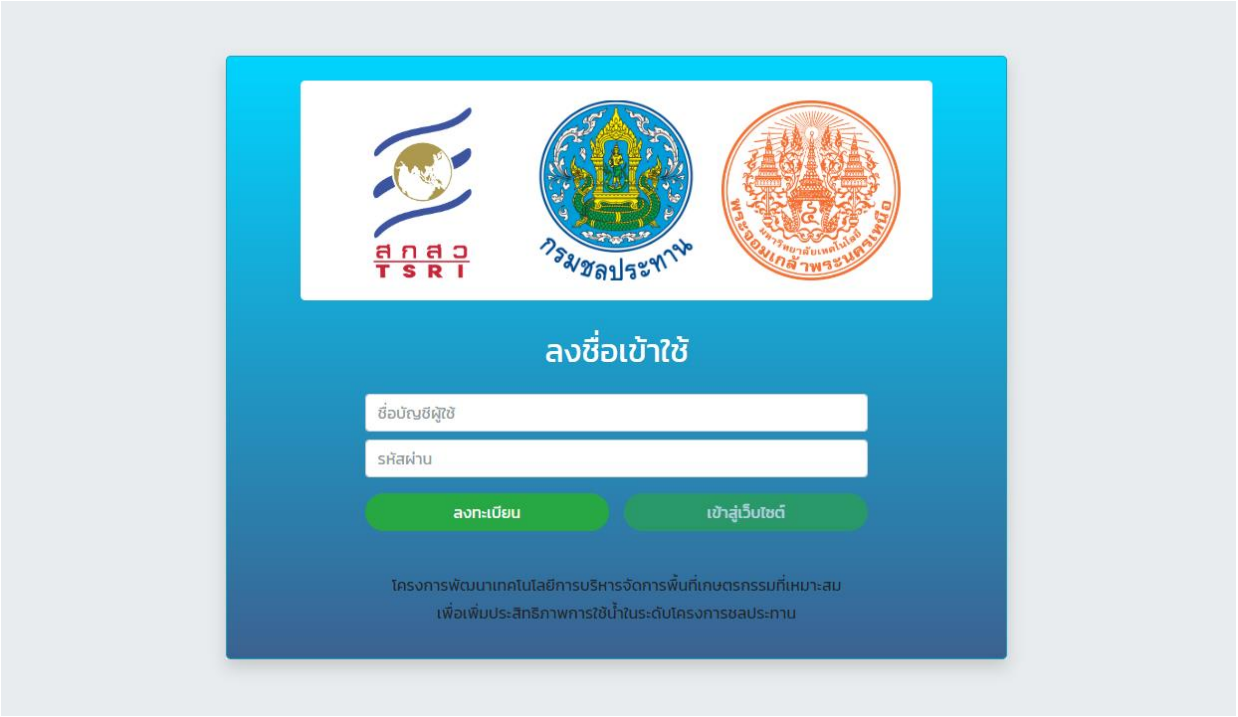


รูปที่ 3-9 หน้าต่างการตั้งค่าของ Senslink กับเครื่อง SensMini A4-NB



รูปที่ 3-10 หน้าต่างสำหรับขอค่า ClientId และ ClientSecret สำหรับการใช้งาน API

3) เข้าถึงข้อมูลผ่าน Web Application บน Local Server แสดงดังรูปที่ 3-11 มีขั้นตอนดโดยมีรายละเอียดการใช้งานอยู่ในหัวข้อ Web Application ของการใช้งานระบบควบคุมการเปิด-ปิดประตูรับน้ำ ทรบ.ท่อทองแดง/ ทรบ.กำนันอ่ำ โดยการเปิด Browser (แนะนำให้ใช้ Google Chrome) และพิมพ์ https://cweirf.ddns.net/ ลงในช่อง url (หมายเหตุ: url ดังกล่าวอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงหลังจากทำการติดตั้งโปรแกรมบน Local Server เรียบร้อยแล้ว)



รูปที่ 3-11 หน้าต่างสำหรับ login การใช้งาน Web Application

4. การดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time

1) ตรวจสอบการเชื่อมต่อสายไฟเข้าที่ตำแหน่ง M1 และ M3 ของเครื่อง SensMini A4-NB ว่ามีการขันหัวเกลียวบนสายไฟไว้แน่น เพื่อป้องกันสายหลุด ป้องกันน้ำ ฝุ่น และแมลงที่จะเข้าไปในตัวเครื่อง

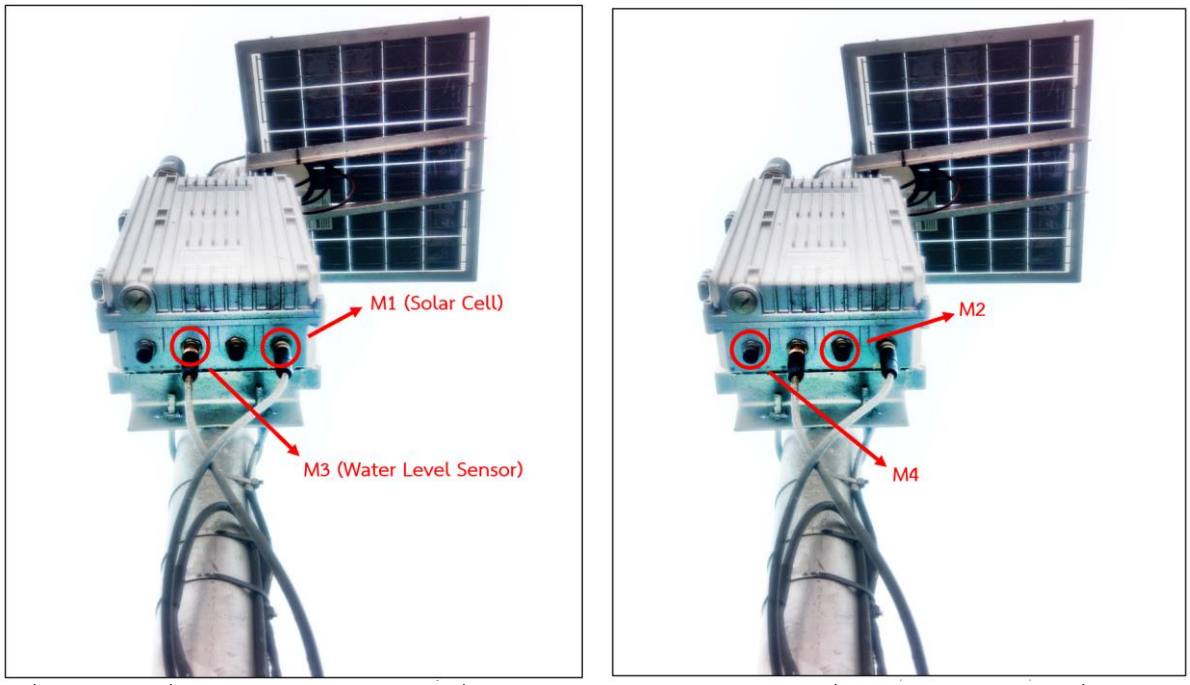
2) ตำแหน่ง Port การเชื่อมต่อ M2 หรือ M4 ของเครื่อง SensMini A4-NB ที่ไม่ได้มีการเข้าสายไฟ จะต้องมีหัวปิดใส่ไว้ทุกครั้ง เพื่อป้องกันน้ำ ฝุ่น และแมลงที่จะเข้าไปในตัวเครื่อง แสดงดังรูปที่ 4-1

3) การเปิดฝาของตัวเครื่อง SensMini A4-NB เพื่อตรวจเช็คอุปกรณ์ภายใน ให้ทำการปิดโดยการขันน็อตที่หัวมุมจำนวน 4 จุด ให้แน่นทุกครั้ง เพื่อป้องกันน้ำ ฝุ่น และแมลงที่จะเข้าไปในตัวเครื่อง แสดงดังรูปที่ 4-2

4) ตรวจสอบสภาพของแบตเตอรี่ว่ายังคงอยู่ในสภาพที่ดี ไม่มีอาการบวมหรือมีรอยไหม้ในบริเวณขั้วสายไฟของแบตเตอรี่ แสดงดังรูปที่ 4-3

5) ตรวจสอบฝุ่นละอองที่เกาะอยู่บนแผงโซล่าเซลล์ หากพบว่ามีฝุ่นเกาะอยู่หนามากให้ทำความสะอาดโดยใช้ ฟองน้ำ ผ้า หรือลูกกลิ้งชุบน้ำอุ่นผสมน้ำยาทำความสะอาดกระจก ห้ามใช้แปรงที่เป็นโลหะหรือผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดที่มีฤทธิ์กัดกร่อนรุนแรงมาใช้ แสดงดังรูปที่ 4-4

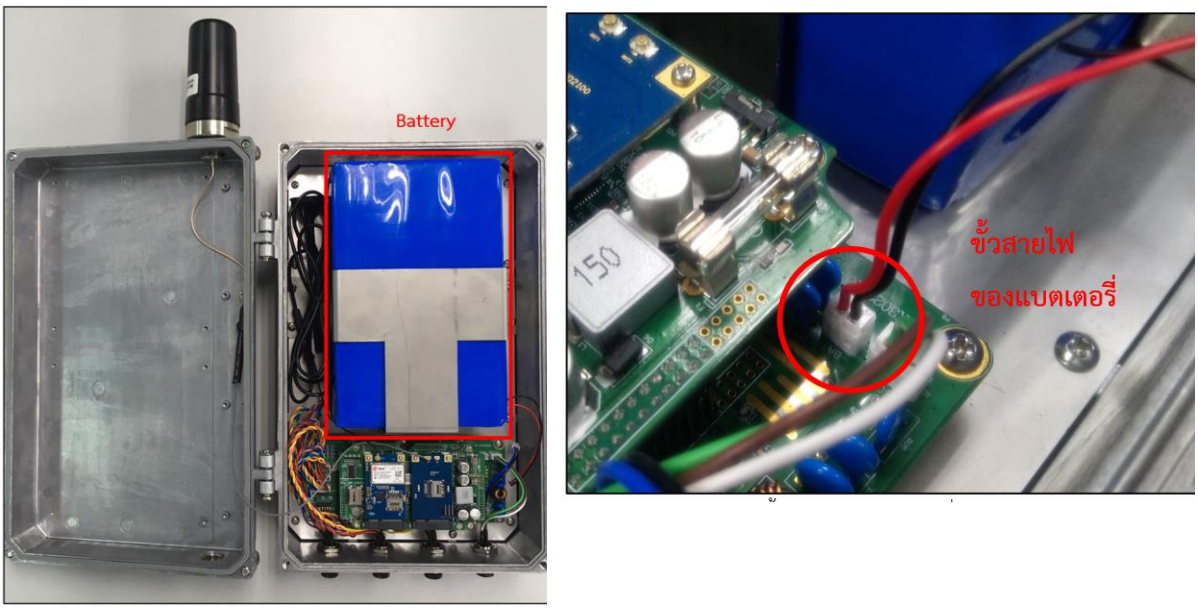
6) บริเวณโครงสร้างของสถานีวัดระดับน้ำ ไม่อนุญาติให้คนขึ้นไปนั่งหรือปีนป่าย เพราะอาจส่งผลกับการทำงานของเซนเซอร์วัดระดับน้ำได้ การปีนโครงสร้างของสถานีวัดระดับน้ำเพื่อการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ ควรให้ผู้ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้นที่มีสิทธิ์ในการดำเนินงาน



รูปที่ 4-1 การเชื่อมต่อสาย M1 และ M3 ที่ถูกต้อง และจุกฝาปิด Port การเชื่อมต่อ M2 และ M4 ที่ถูกต้อง

รูปที่ 4-2 ตำแหน่งน็อตสำหรับการปิดล็อคอุปกรณ์ SensMini A4-NB

หมายเหตุ: การเปิดฝาของตัวเครื่อง SensMini A4-NB จะใช้ไขควงหกเหลี่ยมแบบหัวจม (Hex Head) ขนาด M5 ในการเปิด



รูปที่ 4-3 ตำแหน่งของแขตเตอรี่และขั้วสายไฟของแบตเตอรี่ภายใน SensMini A4-NB

หมายเหตุ การเปิดฝาของตัวเครื่อง SensMini A4-NB เพื่อตรวจเช็คอุปกรณ์ภายใน ให้ทำการปิดโดยการขันน็อตที่หัวมุมจำนวน 4 จุด ให้แน่นทุกครั้ง เพื่อป้องกันน้ำ ฝุ่น และแมลงที่จะเข้าไปในตัวเครื่อง

รูปที่ 4-4 ตำแหน่งการติดตั้งโซล่าเซลล์ ณ สถานีวัดระดับน้ำ

4.1 ผลการทดสอบเครื่องมือระบบปฏิบัติการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม

ผลการทดสอบเครื่องมือระบบปฏิบัติการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม เป็นการทดสอบความต่อเนื่องของข้อมูลระดับน้ำบนเว็บไซต์ https://cweirf.ddns.net/ และการดึงข้อมูลระดับน้ำจากเว็บไซต์โดยใช้ API (GET Monitor-Aggregate Data) รวมไปถึงการ Calibrate Sensor ข้อมูลที่ได้รับจากการตรวจวัดระดับน้ำ เพื่อให้ได้ค่าระดับน้ำที่ถูกต้องและแม่นยำ โดยมีรายละเอียดข้อมูลและรูปภาพประกอบดังต่อไปนี้

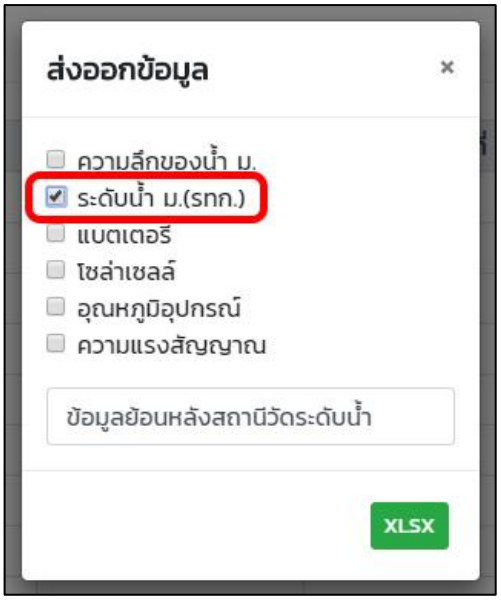
ข้อมูลระดับน้ำบนเว็บไซต์ https://cweirf.ddns.net/ ประกอบด้วยข้อมูลของสถานีวัดระดับน้ำที่ 1 - 8 ดังนี้ สถานีวัดระดับน้ำที่ 1, 2 และ 3 มีข้อมูลระดับน้ำเริ่มต้นตั้งแต่วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2562 ส่วนสถานีวัดระดับน้ำที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 มีข้อมูลระดับน้ำเริ่มต้นตั้งแต่วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2562 โดยข้อมูลระดับน้ำนั้นสามารถเรียกดูข้อมูลได้ทั้งหมด 2 วิธี คือ การ Export ข้อมูลบนเว็บไซต์ และการดึงข้อมูลระดับน้ำโดยการใช้ API (GET Monitor-AggregateData) โดยทั้ง 2 วิธีจะให้ข้อมูลระดับน้ำที่ตรงกัน และมีการเรียงลำดับข้อมูลในรูปแบบของ Time Series Data มีการเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการ Export และการใช้ API ที่เริ่มทำการทดสอบเมื่อวันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562

1) การ Export ข้อมูลระดับน้ำจากเว็บไซต์

URL : https://cweirf.ddns.net/

File Format : .xlsx (Excel)

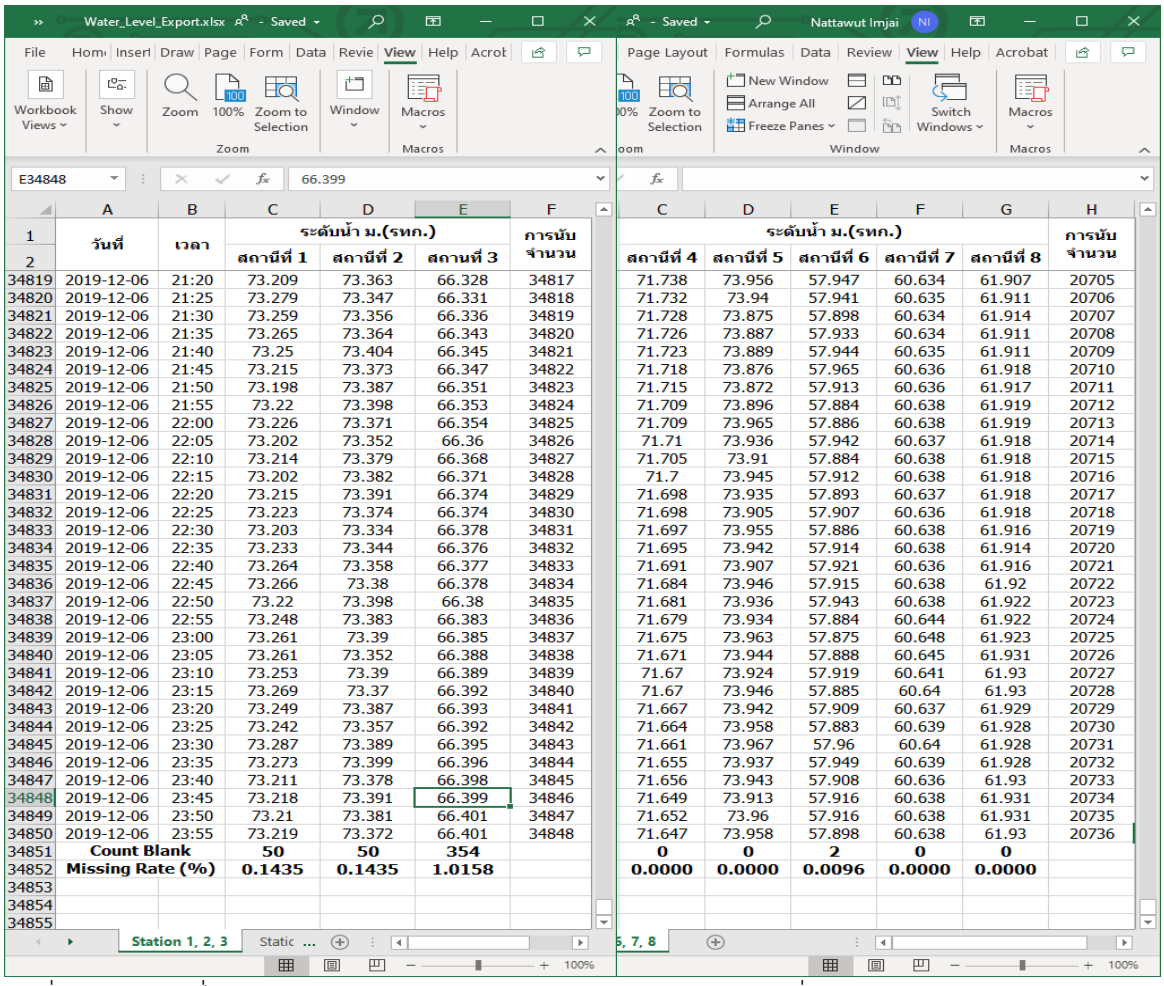
การ Export ข้อมูลระดับน้ำจากเว็บไซต์มีระยะเวลาการดึงข้อมูลย้อนหลัง ซึ่งเริ่มตั้งแต่วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึง วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562 สำหรับสถานีที่ 1, 2 และ 3 และวันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2562 ถึง วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562 สำหรับสถานีที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 โดยดึงข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำที่ 1 ถึง 8 (ทุกสถานี) มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด (ความถี่ 5 นาที) สำหรับสถานีที่ 1, 2 จำนวน 334,848 แถว สำหรับสถานีที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 จำนวน 20,736 แถว ทั้งนี้ ข้อมูลระดับน้ำในวันที่ 23 ถึงวันที่ 25 กันยายน พ.ศ. 2562 อาจจะมีข้อมูลหายหรือไม่ถูกต้องเป็นบางส่วน เนื่องจากช่วงวันที่ดังกล่าว ได้มีการดำเนินการ Calibrate Sensor สำหรับการตรวจวัดระดับน้ำ เพื่อให้ได้ค่าระดับน้ำที่ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งการส่งออกข้อมูลระดับน้ำ รวมไปถึงข้อมูลความลึกของน้ำ แบตเตอรี่ โซล่าเซลล์ อุณหภูมิอุปกรณ์และความแรงสัญญาณ ดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-5 การเลือกข้อมูลที่ต้องการ Export ข้อมูล

เมื่อทำการเลือกข้อมูลที่ต้องการส่งออก ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดค่าสำหรับการ Export ข้อมูล ดังรูปที่ 4-6 ซึ่งจะมีให้เลือกวันที่ต้องการข้อมูล สถานีและความถี่ซึ่งมีตั้งแต่ 5 นาที ไปจนถึง 1 วัน จากนั้น จึงจะได้ข้อมูลจากการ Export จากเว็บไซต์ดังรูปที่ 4-7 แล้วจึงทำการนับจำนวนแถวของข้อมูลที่ทำการ Export เพื่อนำไปสู่การ Calibrate Sensor

รูปที่ 4-6 การกำหนดค่าสำหรับการ Export ข้อมูล



	วันที่	เวลา	ระดับน้ำ ม.(รทก.) สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	การนับจำนวน	ระดับน้ำ ม.(รทก.) สถานีที่ 4	สถานีที่ 5	สถานีที่ 6	สถานีที่ 7	สถานีที่ 8	การนับจำนวน
34819	2019-12-06	21:20	73.209	73.363	66.328	34817	71.738	73.956	57.947	60.634	61.907	20705
34820	2019-12-06	21:25	73.279	73.347	66.331	34818	71.732	73.94	57.941	60.635	61.911	20706
34821	2019-12-06	21:30	73.259	73.356	66.336	34819	71.728	73.875	57.898	60.634	61.914	20707
34822	2019-12-06	21:35	73.265	73.364	66.343	34820	71.726	73.887	57.933	60.634	61.911	20708
34823	2019-12-06	21:40	73.25	73.404	66.345	34821	71.723	73.889	57.944	60.635	61.911	20709
34824	2019-12-06	21:45	73.215	73.373	66.347	34822	71.718	73.876	57.965	60.636	61.918	20710
34825	2019-12-06	21:50	73.198	73.387	66.351	34823	71.715	73.872	57.913	60.636	61.917	20711
34826	2019-12-06	21:55	73.22	73.398	66.353	34824	71.709	73.896	57.884	60.638	61.919	20712
34827	2019-12-06	22:00	73.226	73.371	66.354	34825	71.709	73.965	57.886	60.638	61.919	20713
34828	2019-12-06	22:05	73.202	73.352	66.36	34826	71.71	73.936	57.942	60.637	61.918	20714
34829	2019-12-06	22:10	73.214	73.379	66.368	34827	71.705	73.91	57.884	60.638	61.918	20715
34830	2019-12-06	22:15	73.202	73.382	66.371	34828	71.7	73.945	57.912	60.638	61.918	20716
34831	2019-12-06	22:20	73.215	73.391	66.374	34829	71.698	73.935	57.893	60.637	61.918	20717
34832	2019-12-06	22:25	73.223	73.374	66.374	34830	71.698	73.905	57.907	60.636	61.918	20718
34833	2019-12-06	22:30	73.203	73.334	66.378	34831	71.697	73.955	57.886	60.638	61.916	20719
34834	2019-12-06	22:35	73.233	73.344	66.376	34832	71.695	73.942	57.914	60.638	61.914	20720
34835	2019-12-06	22:40	73.264	73.358	66.377	34833	71.691	73.907	57.921	60.636	61.916	20721
34836	2019-12-06	22:45	73.266	73.38	66.378	34834	71.684	73.946	57.915	60.638	61.92	20722
34837	2019-12-06	22:50	73.22	73.398	66.38	34835	71.681	73.936	57.943	60.638	61.922	20723
34838	2019-12-06	22:55	73.248	73.383	66.383	34836	71.679	73.934	57.884	60.644	61.922	20724
34839	2019-12-06	23:00	73.261	73.39	66.385	34837	71.675	73.963	57.875	60.648	61.923	20725
34840	2019-12-06	23:05	73.261	73.352	66.388	34838	71.671	73.944	57.888	60.645	61.931	20726
34841	2019-12-06	23:10	73.253	73.39	66.389	34839	71.67	73.924	57.919	60.641	61.93	20727
34842	2019-12-06	23:15	73.269	73.37	66.392	34840	71.67	73.946	57.885	60.64	61.93	20728
34843	2019-12-06	23:20	73.249	73.387	66.393	34841	71.667	73.942	57.909	60.637	61.929	20729
34844	2019-12-06	23:25	73.242	73.357	66.392	34842	71.664	73.958	57.883	60.639	61.928	20730
34845	2019-12-06	23:30	73.287	73.389	66.395	34843	71.661	73.967	57.96	60.64	61.928	20731
34846	2019-12-06	23:35	73.273	73.399	66.396	34844	71.655	73.937	57.949	60.639	61.928	20732
34847	2019-12-06	23:40	73.211	73.378	66.398	34845	71.656	73.943	57.908	60.636	61.93	20733
34848	2019-12-06	23:45	73.218	73.391	66.399	34846	71.649	73.913	57.916	60.638	61.931	20734
34849	2019-12-06	23:50	73.21	73.381	66.401	34847	71.652	73.96	57.916	60.638	61.931	20735
34850	2019-12-06	23:55	73.219	73.372	66.401	34848	71.647	73.958	57.898	60.638	61.93	20736
34851	Count Blank		50	50	354		0	0	2	0	0	
34852	Missing Rate (%)		0.1435	0.1435	1.0158		0.0000	0.0000	0.0096	0.0000	0.0000	
34853												
34854												
34855												

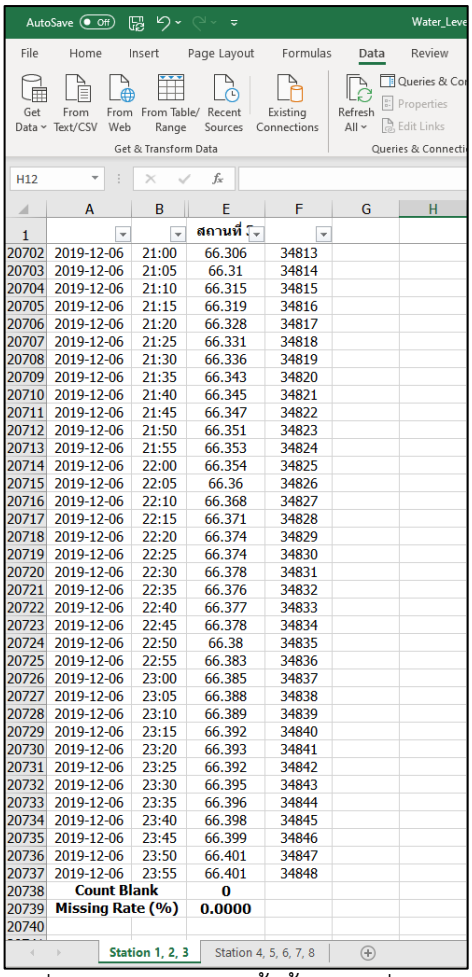
รูปที่ 4-7 ข้อมูลที่ได้จากการ Export และการนับจำนวนแถวของข้อมูลที่ทำการ Export

ตารางที่ 4-1 ตารางสรุปการ Export ข้อมูลระดับน้ำจากเว็บไซต์

สถานีวัดระดับน้ำ	จำนวนข้อมูล	จำนวนข้อมูลที่หาย	คิดเป็น
สถานีวัดระดับน้ำที่ 1	34,848	50	0.14 %
สถานีวัดระดับน้ำที่ 2	34,848	50	0.14 %
สถานีวัดระดับน้ำที่ 3	34,848	354	1.02 %
สถานีวัดระดับน้ำที่ 4	20,736	0	0 %
สถานีวัดระดับน้ำที่ 5	20,736	0	0 %
สถานีวัดระดับน้ำที่ 6	20,736	2	0.01 %
สถานีวัดระดับน้ำที่ 7	20,736	0	0 %
สถานีวัดระดับน้ำที่ 8	20,736	0	0 %

หมายเหตุ สำหรับสถานีวัดระดับน้ำที่ 1, 2 และ 3 จะเริ่มต้นดึงข้อมูลตั้งแต่วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562 (รวมทั้งสิ้น 34,848 ข้อมูล) และสำหรับสถานีที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 จะเริ่มต้นดึงข้อมูลตั้งแต่วันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึง วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562 (รวมทั้งสิ้น 20,736 ข้อมูล)

จากตารางที่ 4-1 ข้อมูลระดับน้ำในสถานีวัดระดับน้ำที่ 3 มีจำนวนข้อมูลหายมากกว่าสถานีวัดระดับน้ำอื่น ๆ เนื่องจากในวันที่ 23 ถึงวันที่ 25 กันยายน พ.ศ. 2562 ที่ผ่านมา ทางทีมงานได้ดำเนินการ Calibrate Sensor สำหรับการตรวจวัดระดับน้ำ ส่งผลให้ข้อมูลระดับน้ำบางส่วนมีการขาดหายภายหลังจาก Calibrate Sensor จนถึงวันที่ทำการทดสอบ (วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562) ข้อมูลระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำที่ 3 ไม่มีการสูญหายของข้อมูลเกิดขึ้น (Missing Rate = 0 %) ดังที่แสดงในรูปที่ 4-8



	A	B	E	F
1			สถานที่ 3	
20702	2019-12-06	21:00	66.306	34813
20703	2019-12-06	21:05	66.31	34814
20704	2019-12-06	21:10	66.315	34815
20705	2019-12-06	21:15	66.319	34816
20706	2019-12-06	21:20	66.328	34817
20707	2019-12-06	21:25	66.331	34818
20708	2019-12-06	21:30	66.336	34819
20709	2019-12-06	21:35	66.343	34820
20710	2019-12-06	21:40	66.345	34821
20711	2019-12-06	21:45	66.347	34822
20712	2019-12-06	21:50	66.351	34823
20713	2019-12-06	21:55	66.353	34824
20714	2019-12-06	22:00	66.354	34825
20715	2019-12-06	22:05	66.36	34826
20716	2019-12-06	22:10	66.368	34827
20717	2019-12-06	22:15	66.371	34828
20718	2019-12-06	22:20	66.374	34829
20719	2019-12-06	22:25	66.374	34830
20720	2019-12-06	22:30	66.378	34831
20721	2019-12-06	22:35	66.376	34832
20722	2019-12-06	22:40	66.377	34833
20723	2019-12-06	22:45	66.378	34834
20724	2019-12-06	22:50	66.38	34835
20725	2019-12-06	22:55	66.383	34836
20726	2019-12-06	23:00	66.385	34837
20727	2019-12-06	23:05	66.388	34838
20728	2019-12-06	23:10	66.389	34839
20729	2019-12-06	23:15	66.392	34840
20730	2019-12-06	23:20	66.393	34841
20731	2019-12-06	23:25	66.392	34842
20732	2019-12-06	23:30	66.395	34843
20733	2019-12-06	23:35	66.396	34844
20734	2019-12-06	23:40	66.398	34845
20735	2019-12-06	23:45	66.399	34846
20736	2019-12-06	23:50	66.401	34847
20737	2019-12-06	23:55	66.401	34848
20738	**Count Blank**		**0**	
20739	**Missing Rate (%)**		**0.0000**	
20740				

รูปที่ 4-8 ข้อมูลระดับน้ำตั้งแต่วันที่ 26 กันยายน ถึง วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562

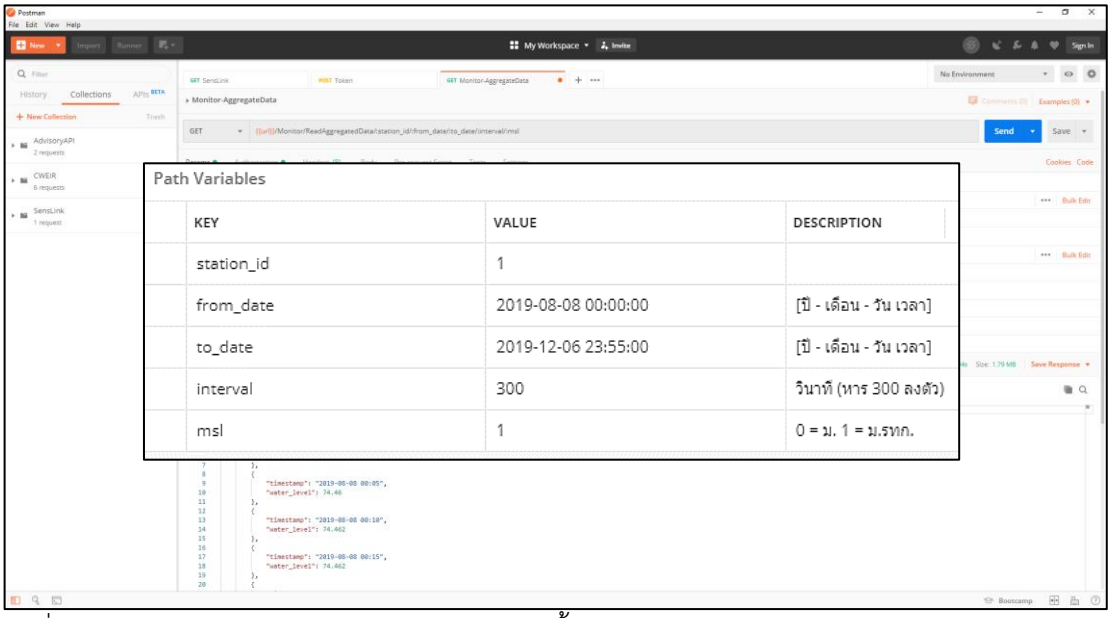
การทดสอบ Export ข้อมูลระดับน้ำจากเว็บไซต์ สามารถสรุปได้ว่า การนับจำนวนแถวของข้อมูลที่ทำการ Export จากรูปที่ 4-7 และรูปที่ 4-8 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ทำการ Export (Excel File) มาจากเว็บไซต์มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 34,848 แถว สำหรับสถานีวัดระดับน้ำที่ 1, 2 และ 3 (ความถี่ 5 นาที) ซึ่งเป็นจำนวนแถวของข้อมูลระดับน้ำที่ถูกต้องสำหรับการ Export ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึง วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562 และมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 20,736 แถว สำหรับสถานีวัดระดับน้ำที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 (ความถี่ 5 นาที) เป็นจำนวนแถวของข้อมูลระดับน้ำที่ถูกต้องสำหรับการ Export ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2562 ถึง วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยทุกสถานีวัดระดับน้ำมีเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลที่หายต่ำกว่า 1 % ในกรณีของสถานีวัดระดับน้ำที่ 3 มีจำนวนข้อมูลหายมากกว่าสถานีวัดระดับน้ำอื่น ๆ เนื่องจากในวันที่ 23 ถึงวันที่ 25 กันยายน พ.ศ. 2562 ที่ผ่านมา ทางทีมงานได้ดำเนินการ Calibrate Sensor สำหรับการตรวจวัดระดับน้ำ เพื่อให้ได้ค่าระดับน้ำที่ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้ข้อมูลในวันที่ดังกล่าวมีการสูญหายเกิดขึ้น

2) การดึงข้อมูลระดับน้ำจากเว็บไซต์โดยใช้ API (GET Monitor-AggregateData)

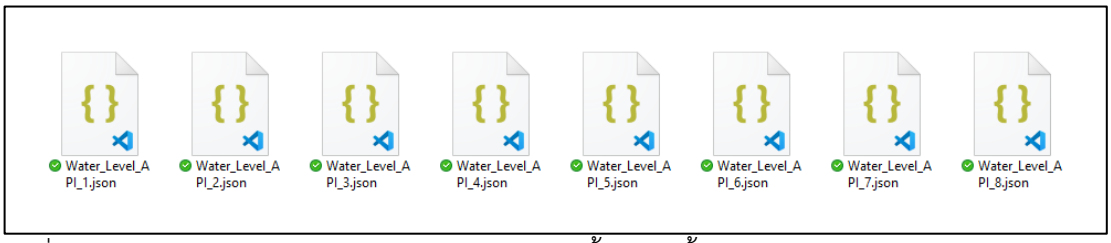
API URL :https://documenter.getpostman.com/view/5413437/SVtbPjwZ?version=latest

File Format :.json Software for API : Postman

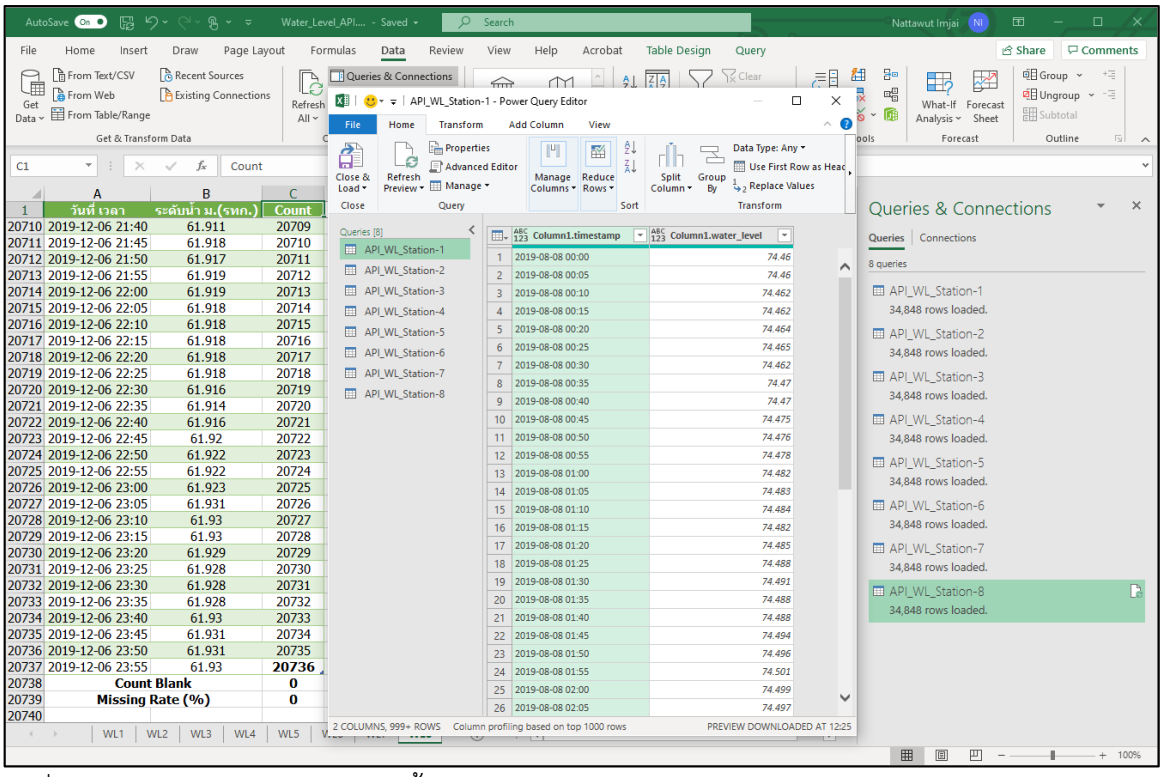
การดึงข้อมูลระดับน้ำจากเว็บไซต์โดยใช้ API (GET Monitor-Aggregate Data) มีระยะเวลาการดึงข้อมูลย้อนหลัง เริ่มตั้งแต่วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึง วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562 สำหรับสถานีที่ 1, 2 และ 3 และวันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2562 ถึง วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562 สำหรับสถานีที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 โดยมีการดึงข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำที่ 1 ถึง 8 (ทุกสถานี) มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด (ความถี่ 5 นาที) 34,848 แถว สำหรับสถานีที่ 1, 2 และ 3 มีจำนวนข้อมูล 20,736 แถว สำหรับสถานีที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 แสดงการกำหนดค่าจาก API ดังรูปที่ 4-9 และไฟล์ .json ที่ได้จากโปรแกรม Postma รูปที่ 4-10 ขณะที่การ Import ข้อมูลระดับน้ำจากไฟล์ .json ต้องใช้โปรแกรม Power Query Editor ดังรูปที่ 4-11 ซึ่งจะแสดงข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการใช้ API ดังรูปที่ 4-12



รูปที่ 4-9 การกำหนดค่าสำหรับการดึงข้อมูลระดับน้ำจาก API



รูปที่ 4-10 ไฟล์ .json จากการใช้ API ดึงข้อมูลระดับน้ำระดับน้ำด้วยโปรแกรม Postma



รูปที่ 4-11 การ Import ข้อมูลระดับน้ำจากไฟล์ .json โดยใช้ Power Query Editor

		ระดับน้ำ ม.(รทก.)				ระดับน้ำ ม.(รทก.)					
	วันที่ เวลา	สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	Count	สถานีที่ 4	สถานีที่ 5	สถานีที่ 6	สถานีที่ 7	สถานีที่ 8	Count
34817	2019-12-06 21:10	73.204	73.353	66.315	34815	71.746	73.943	57.894	60.638	61.908	20703
34818	2019-12-06 21:15	73.219	73.387	66.319	34816	71.743	73.969	57.971	60.637	61.907	20704
34819	2019-12-06 21:20	73.209	73.363	66.328	34817	71.738	73.956	57.947	60.634	61.907	20705
34820	2019-12-06 21:25	73.279	73.347	66.331	34818	71.732	73.94	57.941	60.635	61.911	20706
34821	2019-12-06 21:30	73.259	73.356	66.336	34819	71.728	73.875	57.898	60.634	61.914	20707
34822	2019-12-06 21:35	73.265	73.364	66.343	34820	71.726	73.887	57.933	60.634	61.911	20708
34823	2019-12-06 21:40	73.25	73.404	66.345	34821	71.723	73.889	57.944	60.635	61.911	20709
34824	2019-12-06 21:45	73.215	73.373	66.347	34822	71.718	73.876	57.965	60.636	61.918	20710
34825	2019-12-06 21:50	73.198	73.387	66.351	34823	71.715	73.872	57.913	60.636	61.917	20711
34826	2019-12-06 21:55	73.22	73.398	66.353	34824	71.709	73.896	57.884	60.638	61.919	20712
34827	2019-12-06 22:00	73.226	73.371	66.354	34825	71.709	73.965	57.886	60.638	61.919	20713
34828	2019-12-06 22:05	73.202	73.352	66.36	34826	71.71	73.936	57.942	60.637	61.918	20714
34829	2019-12-06 22:10	73.214	73.379	66.368	34827	71.705	73.91	57.884	60.638	61.918	20715
34830	2019-12-06 22:15	73.202	73.382	66.371	34828	71.7	73.945	57.912	60.638	61.918	20716
34831	2019-12-06 22:20	73.215	73.391	66.374	34829	71.698	73.935	57.893	60.637	61.918	20717
34832	2019-12-06 22:25	73.223	73.374	66.374	34830	71.698	73.905	57.907	60.636	61.918	20718
34833	2019-12-06 22:30	73.203	73.334	66.378	34831	71.697	73.955	57.886	60.638	61.916	20719
34834	2019-12-06 22:35	73.233	73.344	66.376	34832	71.695	73.942	57.914	60.638	61.914	20720
34835	2019-12-06 22:40	73.264	73.358	66.377	34833	71.691	73.907	57.921	60.636	61.916	20721
34836	2019-12-06 22:45	73.266	73.38	66.378	34834	71.684	73.946	57.915	60.638	61.92	20722
34837	2019-12-06 22:50	73.22	73.398	66.38	34835	71.681	73.936	57.943	60.638	61.922	20723
34838	2019-12-06 22:55	73.248	73.383	66.383	34836	71.679	73.934	57.884	60.644	61.922	20724
34839	2019-12-06 23:00	73.261	73.39	66.385	34837	71.675	73.963	57.875	60.648	61.923	20725
34840	2019-12-06 23:05	73.261	73.352	66.388	34838	71.671	73.944	57.888	60.645	61.931	20726
34841	2019-12-06 23:10	73.253	73.39	66.389	34839	71.67	73.924	57.919	60.641	61.93	20727
34842	2019-12-06 23:15	73.269	73.37	66.392	34840	71.67	73.946	57.885	60.64	61.93	20728
34843	2019-12-06 23:20	73.249	73.387	66.393	34841	71.667	73.942	57.909	60.637	61.929	20729
34844	2019-12-06 23:25	73.242	73.357	66.392	34842	71.664	73.958	57.883	60.639	61.928	20730
34845	2019-12-06 23:30	73.287	73.389	66.395	34843	71.661	73.967	57.96	60.64	61.928	20731
34846	2019-12-06 23:35	73.273	73.399	66.396	34844	71.655	73.937	57.949	60.639	61.928	20732
34847	2019-12-06 23:40	73.211	73.378	66.398	34845	71.656	73.943	57.908	60.636	61.93	20733
34848	2019-12-06 23:45	73.218	73.391	66.399	34846	71.649	73.913	57.916	60.638	61.931	20734
34849	2019-12-06 23:50	73.21	73.381	66.401	34847	71.652	73.96	57.916	60.638	61.931	20735
34850	2019-12-06 23:55	73.219	73.372	66.401	**34848**	71.647	73.958	57.898	60.638	61.93	**20736**
34851	**Count Blank**	**50**	**50**	**354**		**0**	**0**	**2**	**0**	**0**	
34852	**Missing Rate (%)**	**0.1435**	**0.1435**	**1.0158**		**0.0000**	**0.0000**	**0.0096**	**0.0000**	**0.0000**	

รูปที่ 4-12 ข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการใช้ API

หลังจากการใช้ API (GET Monitor-AggregateData) ดึงข้อมูลระดับน้ำด้วยโปรแกรม Postman จะใช้โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับการตรวจสอบข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการใช้ API โดยผลการตรวจสอบดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ตารางสรุปการดึงข้อมูลระดับน้ำโดยใช้ API

สถานีวัดระดับน้ำ	จำนวนข้อมูล	จำนวนข้อมูลที่หาย	คิดเป็น
สถานีวัดระดับน้ำที่ 1	34,848	50	0.14%
สถานีวัดระดับน้ำที่ 2	34,848	50	0.14%
สถานีวัดระดับน้ำที่ 3	34,848	354	1.02%
สถานีวัดระดับน้ำที่ 4	20,736	0	0%
สถานีวัดระดับน้ำที่ 5	20,736	0	0%
สถานีวัดระดับน้ำที่ 6	20,736	2	0.01%
สถานีวัดระดับน้ำที่ 7	20,736	0	0%
สถานีวัดระดับน้ำที่ 8	20,736	0	0%

หมายเหตุ สำหรับสถานีวัดระดับน้ำที่ 1, 2 และ 3 จะเริ่มต้นดึงข้อมูลตั้งแต่วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึง วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562 (รวมทั้งสิ้น 34,848 ข้อมูล) และสำหรับสถานีที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 จะเริ่มต้นดึงข้อมูลตั้งแต่วันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึง วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562 (รวมทั้งสิ้น 20,736 ข้อมูล)

จากตารางที่ 4-2 ข้อมูลระดับน้ำในสถานีวัดระดับน้ำที่ 3 มีจำนวนข้อมูลหายมากกว่าสถานีวัดระดับน้ำอื่น ๆ เนื่องจากในวันที่ 23 ถึงวันที่ 25 กันยายน พ.ศ. 2562 ที่ผ่านมา ทางทีมงานได้ดำเนินการ Calibrate Sensor สำหรับการตรวจวัดระดับน้ำ ส่งผลให้ข้อมูลระดับน้ำบางส่วนมีการขาดหายภายหลังจาก Calibrate Sensor จนถึงวันที่ทำการทดสอบ (วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562) ข้อมูลระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำที่ 3 ไม่มีการสูญหายของข้อมูลเกิดขึ้น (Missing Rate = 0 %) ดังที่แสดงในรูปที่ 4-13

	A	B	C	D	E	F
1	วันที่ เวลา	ระดับน้ำ ม.(รทก	Count			
20701	2019-12-06 20:55	66.3	34812			
20702	2019-12-06 21:00	66.306	34813			
20703	2019-12-06 21:05	66.31	34814			
20704	2019-12-06 21:10	66.315	34815			
20705	2019-12-06 21:15	66.319	34816			
20706	2019-12-06 21:20	66.328	34817			
20707	2019-12-06 21:25	66.331	34818			
20708	2019-12-06 21:30	66.336	34819			
20709	2019-12-06 21:35	66.343	34820			
20710	2019-12-06 21:40	66.345	34821			
20711	2019-12-06 21:45	66.347	34822			
20712	2019-12-06 21:50	66.351	34823			
20713	2019-12-06 21:55	66.353	34824			
20714	2019-12-06 22:00	66.354	34825			
20715	2019-12-06 22:05	66.36	34826			
20716	2019-12-06 22:10	66.368	34827			
20717	2019-12-06 22:15	66.371	34828			
20718	2019-12-06 22:20	66.374	34829			
20719	2019-12-06 22:25	66.374	34830			
20720	2019-12-06 22:30	66.378	34831			
20721	2019-12-06 22:35	66.376	34832			
20722	2019-12-06 22:40	66.377	34833			
20723	2019-12-06 22:45	66.378	34834			
20724	2019-12-06 22:50	66.38	34835			
20725	2019-12-06 22:55	66.383	34836			
20726	2019-12-06 23:00	66.385	34837			
20727	2019-12-06 23:05	66.388	34838			
20728	2019-12-06 23:10	66.389	34839			
20729	2019-12-06 23:15	66.392	34840			
20730	2019-12-06 23:20	66.393	34841			
20731	2019-12-06 23:25	66.392	34842			
20732	2019-12-06 23:30	66.395	34843			
20733	2019-12-06 23:35	66.396	34844			
20734	2019-12-06 23:40	66.398	34845			
20735	2019-12-06 23:45	66.399	34846			
20736	2019-12-06 23:50	66.401	34847			
20737	2019-12-06 23:55	66.401	**34848**			
20738	**Count Blank**		**0**			
20739	**Missing Rate (%)**		**0**			
20740						

WL1 | WL2 | WL3 | WL4 | WL5 | WL6 | WL7 | WL8 | T1 | T2

รูปที่ 4-13 ข้อมูลระดับน้ำตั้งแต่วันที่ 26 กันยายน ถึง วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562

ผลการทดสอบการดึงข้อมูลระดับน้ำจากเว็บไซต์โดยใช้ API สามารถสรุปได้ว่า การนับจำนวนแถวของข้อมูลระดับน้ำจากการใช้ API ด้วยโปรแกรม Postman ในรูปที่ 4-7 และรูปที่ 4-8 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ทำการดึงมามีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 34,848 แถว สำหรับสถานีวัดระดับน้ำที่ 1, 2 และ 3 (ความถี่ 5 นาที) ซึ่งเป็นจำนวนแถวของข้อมูลระดับน้ำที่ถูกต้องสำหรับการดึงข้อมูลตั้งแต่วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึง วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562 และมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 20,736 แถว สำหรับสถานีวัดระดับน้ำที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 (ความถี่ 5 นาที) เป็นจำนวนแถวของข้อมูลระดับน้ำที่ถูกต้องสำหรับการดึงข้อมูลตั้งแต่วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2562 ถึง วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยทุกสถานีวัดระดับน้ำมีเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลที่หายต่ำกว่า 1 % ในกรณีของสถานีวัดระดับน้ำที่ 3 มีจำนวนข้อมูลหายมากกว่าสถานีวัดระดับน้ำอื่น ๆ เนื่องจากในวันที่ 23 ถึงวันที่ 25 กันยายน พ.ศ. 2562 ที่ผ่านมา ทางทีมงานได้ดำเนินการ Calibrate Sensor สำหรับการตรวจวัดระดับน้ำ เพื่อให้ได้ค่าระดับน้ำที่ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรม

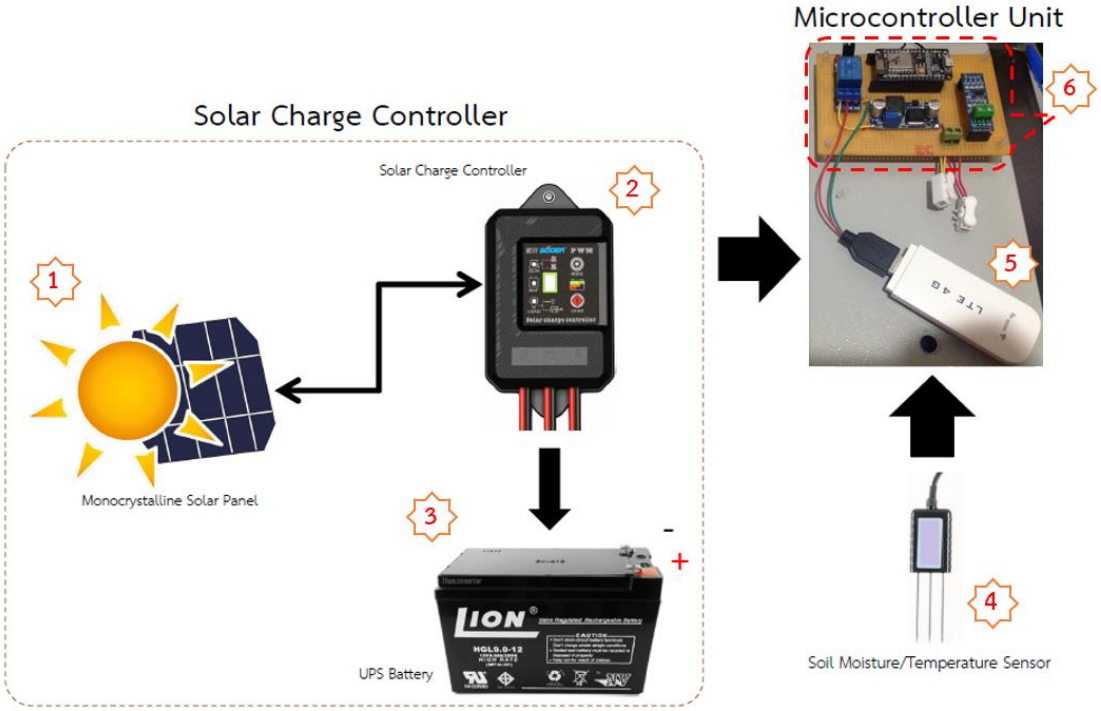
5. การใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำแบบ Real-time

การติดตั้งเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรม มีอยู่ 5 ขั้นตอน แสดงผังระบบเครื่องมือวัดความชื้นในดินดังรูปที่ 5-2 ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

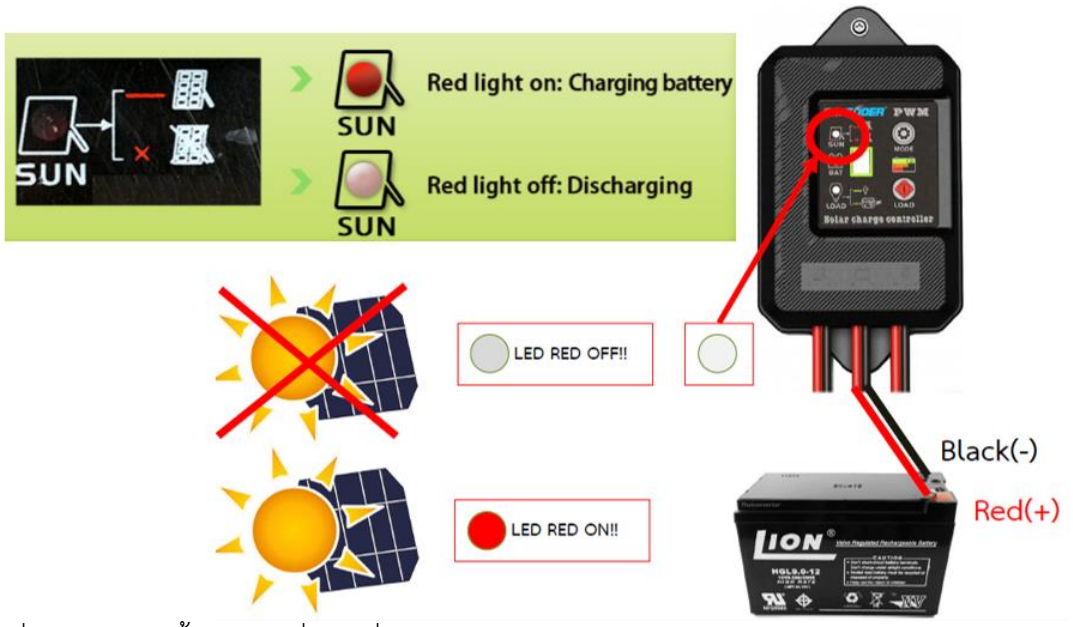
- Monocrystalline Solar Panel (10Watt 12V)
- Solar Charge Controller (PWM)
- UPS Battery Pb. (12V 7.8Ah)
- Soil Moisture/Temperature And EC Sensor
- Gateway USB Pocket Wi-Fi (3G/4G LTE)
- ชุดบอร์ดควบคุม (Mainboard) ในชุดประกอบด้วย 4 โมดูล ดังนี้ (NodeMCU + RS-485 Module + Relay Module + Step Down Power Module)

ขั้นตอนการเครื่องมือวัดความชื้นมีขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 ทำการติดตั้งแบตเตอรี่ UPS Battery Pb. (12V 7.8Ah) เข้ากับเครื่องชาร์จโซล่าเซลล์ Solar Charge Controller (PWM) แสดงดังรูปที่ 5-1 โดยในขั้นตอนนี้ ควรตัดวงจรแผงโซล่าเซลล์ที่เชื่อมต่อกับเครื่องชาร์จโซล่าเซลล์ หรือในกรณีที่ไม่สามารถตัดวงจรได้ให้ทำการบดบังแสงแดดเพื่อไม่ให้เครื่องชาร์จโซล่าเซลล์ ขึ้นไฟสถานการณ์ทำงานสีแดง แสดงดังรูปที่ 5-4 จากนั้นให้ทำการเสียบสายเครื่องชาร์จโซล่าเซลล์ที่ตำแหน่งเส้นตรงกลางกับแบตเตอรี่โดยสังเกตุสัญลักษณ์สีที่ขั้วแบตเตอรี่ เส้นสีแดงขั้วบวก (+) และเส้นสีดำขั้วลบ (-) แสดงสัญญาณไฟและความหมายเครื่องชาร์จโซล่าเซลล์ในตารางที่ 5-1



รูปที่ 5-1 ผังระบบเครื่องวัดความชื้นในดิน



รูปที่ 5-2 การติดตั้งแบตเตอรี่กับเครื่องชาร์จโซล่าเซลล์

รูปที่ 5-3 ตำแหน่งการเชื่อมต่อสายพ่วงแบตเตอรี่ เส้นสีแดงขั้วบวก (+) และเส้นสีดำขั้วลบ (-)

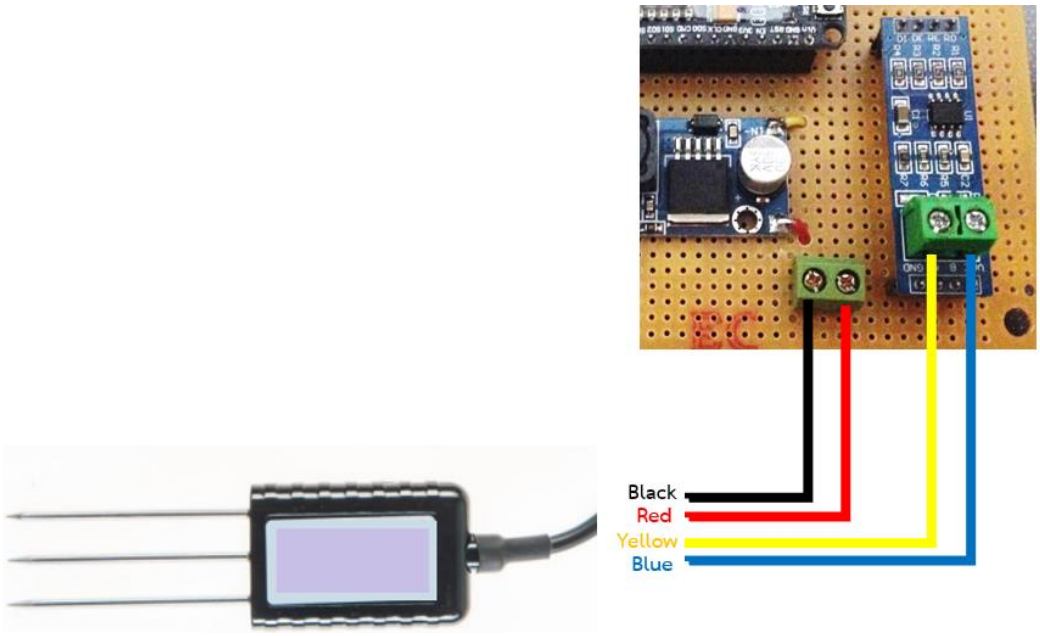
ตารางที่ 5-1 สัญญาณไฟและความหมายเครื่องชาร์จโซล่าเซลล์

สัญญาณไฟ	ความหมาย
ไฟเขียว	แบตเตอรี่เต็ม (12.67V-13.21V)
ไฟแดง	แบตเตอรี่อ่อน (ต่ำกว่า 11.89V)
ไฟแดง (กระพริบ)	แบตเตอรี่หมด (ต่ำกว่า 3.61V)

- ขั้นตอนที่ 2 ทำการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ Monocrystalline Solar Panel (10Watt 12V) เข้ากับเครื่องชาร์จโซล่าเซลล์ และทำการตั้งค่าการทำงานของเครื่องชาร์จโซล่าเซลล์ แสดงดังรูปที่ 5-4 โดยในขั้นตอนนี้เป็นการตั้งค่าการทำงานของเครื่องชาร์จโซล่าเซลล์ ให้ทำการกดที่ปุ่ม MODE เพื่อทำการตั้งค่าการทำงานเป็น MODE เท่ากับ 0 มีความหมายว่าทำการชาร์ตแบตรี่อย่างเดียว

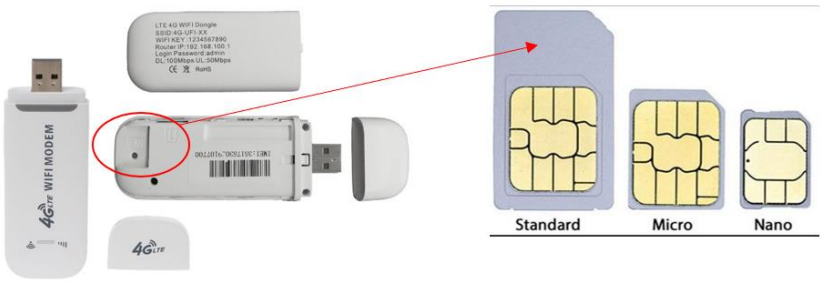
รูปที่ 5-4 การตั้งค่าการทำงานของเครื่องชาร์จโซล่าเซลล์

- ขั้นตอนที่ 3 ต่อเซนเซอร์ (Soil Moisture/Temperature And EC Sensor) เข้ากับมูลตัวอ่านค่า RS-485 Module แสดงดังรูปที่ 5-5 ในขั้นตอนนี้ให้ทำการต่อสายไฟของเซนเซอร์ 4 เส้น ได้แก่ และเส้นสีดำขั้วลบ(-) เส้นสีแดงขั้วบวก(+) เส้นสีดำขั้วเหลือง(A) และเส้นสีน้ำเงิน(B)

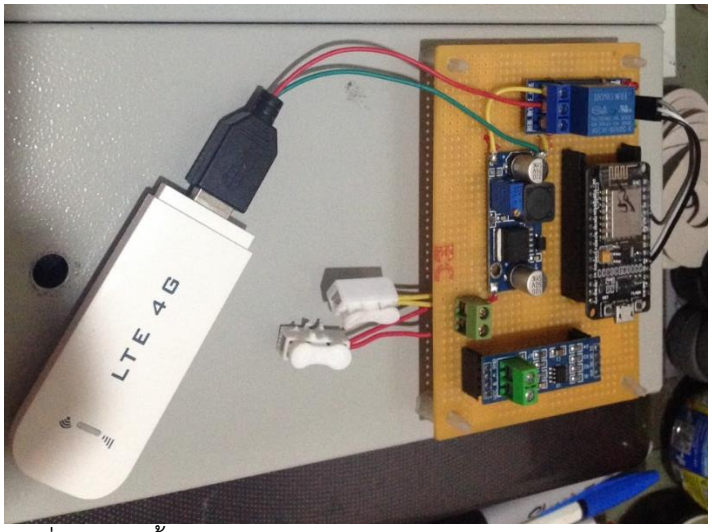


รูปที่ 5-5 การต่อเซนเซอร์ (Soil Moisture/Temperature And EC Sensor)

- ขั้นตอนที่ 4 ทำการติดตั้ง Gateway USB Pocket Wi-Fi (3G/4G LTE) ในขั้นตอนนี้ต้องทำการเตรียมซิมการ์ด (SIM-card) เป็นอันดับแรก แสดงดังรูปที่ 5-6 และทำตั้งค่าการทำงาน Wi-Fi ให้ทำการตั้งค่า Wi-Fi โดยเลือกสัญญาณ Wi-Fi ของ Gateway USB Pocket Wi-Fi (3G/4G LTE) ชื่อ “4G UFI_XXX” โดยเข้าไปที่ 192.168.100.1 เพื่อทำการกำหนดค่าต่างๆ แสดงดังรูปที่ 5-7

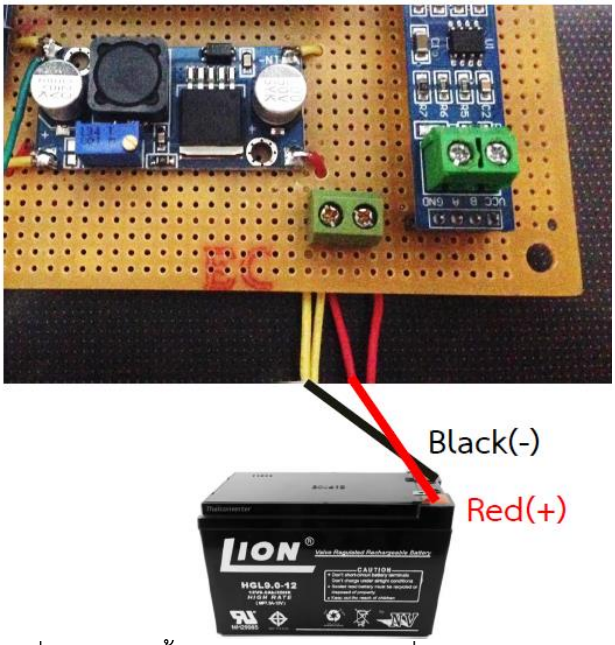


รูปที่ 5-6 Gateway USB Pocket Wi-Fi (3G/4G LTE)



รูปที่ 5-7 ติดตั้ง Gateway USB Pocket Wi-Fi (3G/4G LTE)

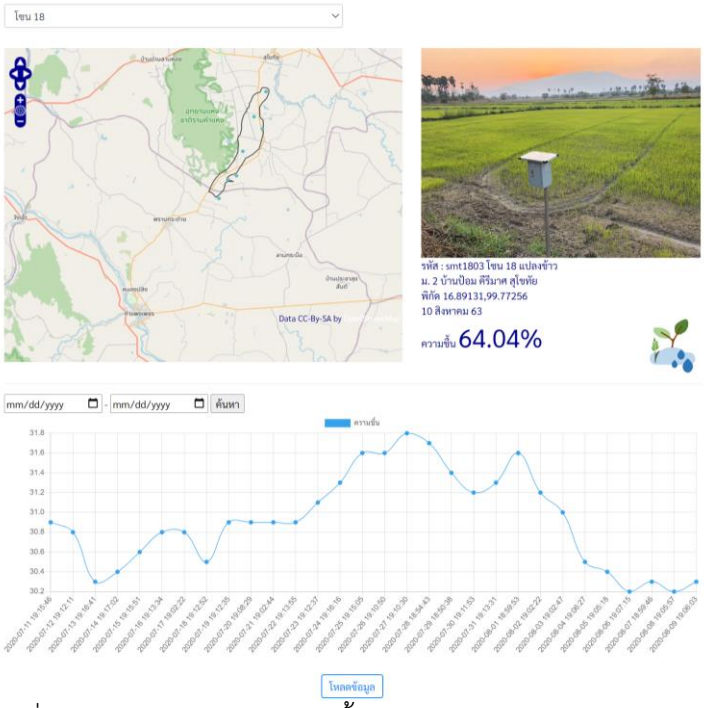
- ขั้นตอนที่ 5 ต่อแหล่งจ่ายไฟให้กับชุดบอร์ดควบคุม (Mainboard) ในชุดประกอบด้วย 4 โมดูล ดังนี้ (NodeMCU + RS-485 Module + Relay Module + Step Down Power Module) ในขั้นตอนนี้มีข้อควรระวังในการเสียบสาย “ผิดขั้ว” หรือไฟรัดวงจร เพื่อป้องกันให้ทำการตรวจสอบการต่อสายไฟจุดต่างๆ ในขั้นตอนที่ 1-4 ให้เรียบร้อย แล้วทำการต่อแหล่งจ่ายไฟ เส้นสีแดงจากแบตเตอรี่ขั้วบวก(+) เข้ากับเส้นสีเหลือง และเส้นสีดำจากแบตเตอรี่ขั้วลบ(-) เข้ากับเส้นสีแดง แสดงดังรูปที่ 5-8



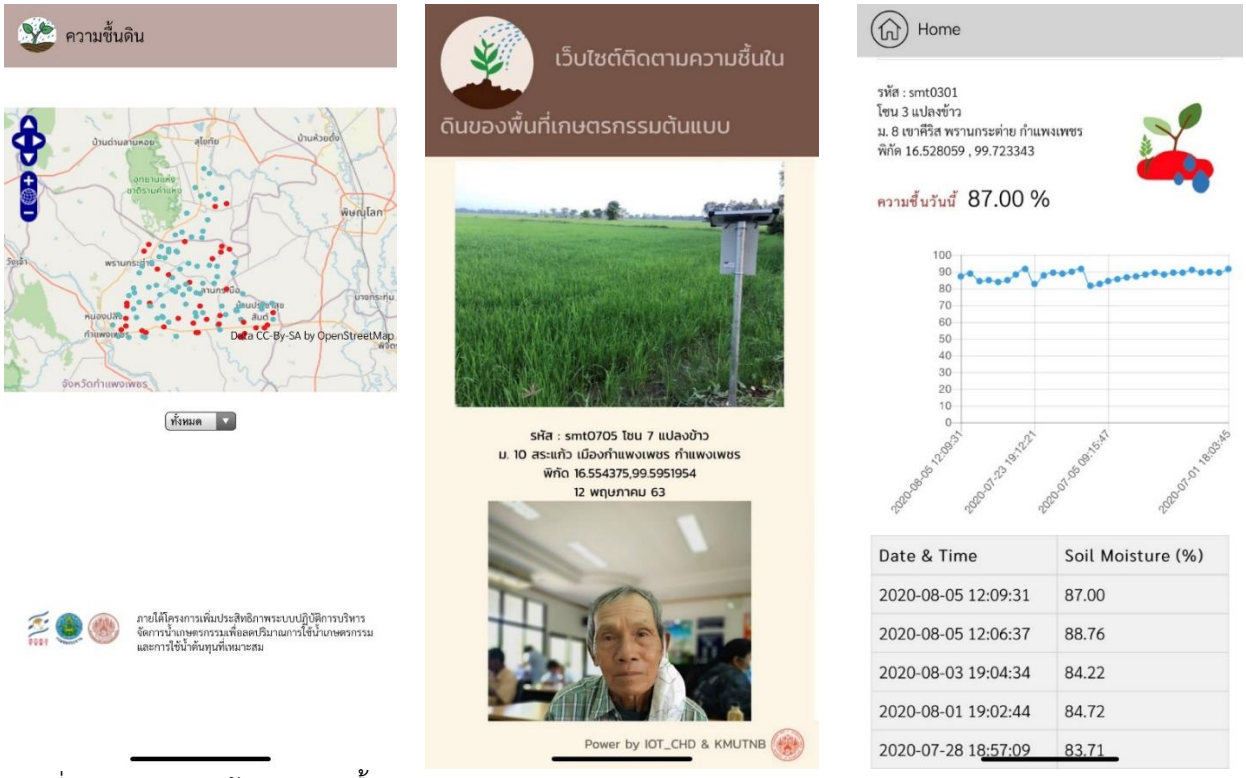
รูปที่ 5-8 การตั้งค่าการทำงานของเครื่องชาร์จโซล่าเซลล์

การเข้าถึงข้อมูลความชื้นดินสามารถดูติดตามทางเวปไซต์ได้ 2 ช่องทาง โดยจะมีการอัปเดตข้อมูลราย 3 ชั่วโมง ดังนี้

- ระบบติดตามรายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยาในพื้นที่เกษตรกรรมต้นแบบทางผ่านเวปไซต์ http://119.59.115.192/iot/ แสดงรูปแบบของข้อมูลความชื้นดินดังรูปที่ 1
- แอปพลิเคชันการติดตามข้อมูลความชื้นทาง ttp://119.59.115.192/1iot/mobile/dht.php แสดงรูปแบบของข้อมูลความชื้นดินดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 การติดตามข้อมูลความชื้นทางระบบติดตามรายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงทางอุตุ-อุทกวิทยา



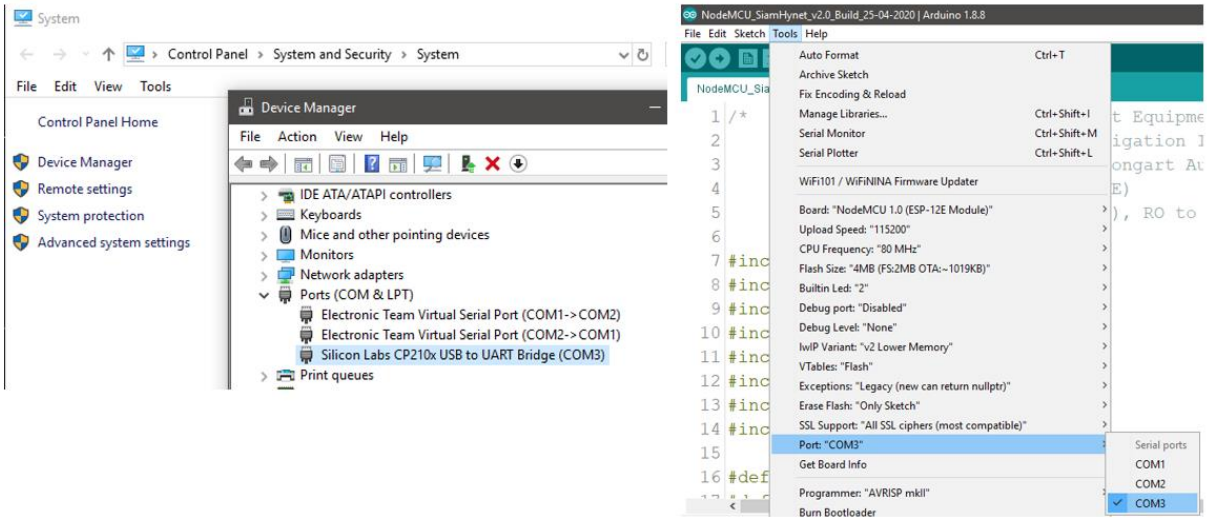
รูปที่ 2 การติดตามข้อมูลความชื้นทางแอปพลิเคชัน

6. การตรวจสอบการใช้งานเครื่องตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรม

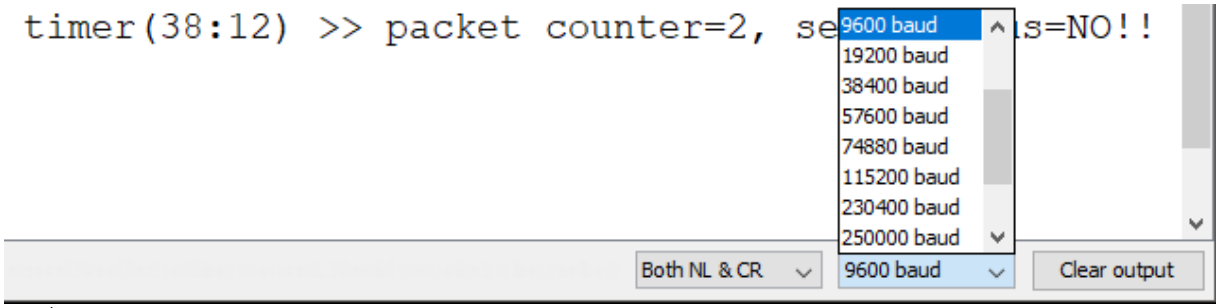
การทำงานของอุปกรณ์สามารถดูสถานะการทำงานต่างๆ ของอุปกรณ์ได้ผ่านโปรแกรม Arduino IDE หรือ โปรแกรม อื่นๆ ที่เชื่อมต่อ COM port ได้ โดยตั้งค่า Baudrate ที่ 9600 ในคู่มือนี้ใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการดูการทำงานของอุปกรณ์ ดังนี้

- เลือก COM port เมื่อเชื่อมต่อผ่านสาย Micro-USB จากคอมพิวเตอร์เข้ากับชุดบอร์ดของอุปกรณ์ หรือบอร์ด NodeMCU แสดงดังรูปที่ 6-1
- กดไปที่ปุ่ม Serial Monitorและทำการเลือก Baudrate ที่ 9600 แสดงดังรูปที่ 6-2
- ตรวจดูข้อมูลที่ถูกอัพโหลดเข้าสู่ฐานข้อมูล สามารถเข้าดูได้ผ่าน

http://119.59.115.192/iot/node_list.php



รูปที่ 6-1 การเลือก COM port ดูการทำงานของอุปกรณ์



รูปที่ 6-2 Serial Monitor