แนวทางการดำเนินงานของเขื่อนราษีไศลเพื่อหลีกเลี่ยงการแพร่กระจายของดินเค็มสู่แหล่งน้ำในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงของแม่น้ำมูลโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองวิเคราะห์ระบบแม่น้ำ (RAS)

GUIDELINES FOR THE OPERATION OF RASI SALAI DAM OPERATION TO AVOID THE SPREAD OF SALINE SOIL INTO WATER BODIES IN THE FLOODPLAIN OF THE MUN RIVER BY APPLYING THE RIVER ANALYSIS SYSTEM (RAS) MODEL

รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น

Associate Professor Sombat Chuenchooklin, Ph.D.

สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก 65000

Water Resources Research Center, Naresuan University, Phitsanulok province 65000

Tel. 0-5596-4055, Fax. 0-5596-4000, Email: sombatc@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ผลการศึกษาความเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำอันเนื่องมาจากการควบคุมบานระบายน้ำของเขื่อนราษีไศล ภายใต้โครงการจัดทำแผนงานการชดเชยการสูญเสียรายได้จากการประกอบอาชีพและการใช้ประโยชน์จากป่าบุ่งป่าทามกรณีมีเขื่อนราษีไศล ในช่วงปลายปี พ.ศ.2562 ถึงกลางปี 2563 พบว่าค่าคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำแต่ละกลุ่มมีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคกลับกันกับค่าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนราษีไศล โดยแหล่งน้ำที่อยู่ในแต่ละกลุ่ม คือ ก.ในอ่างเก็บน้ำของเขื่อน ข.ในลำน้ำมูลและสาขาที่ไหลลงอ่าง ค.ในแหล่งน้ำบนพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงหรือป่าบุ่งป่าทาม และ ง.แหล่งน้ำอื่น ๆ มีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) 0.66 0.43 0.68 และ 0.25 ด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 7.5 29.4 88.8 และ 223.7 mS/m ตามลำดับ เนื่องจากแหล่งน้ำหลายแห่งอยู่ใกล้พื้นที่ดินเค็ม แนวทางในการดำเนินงานของเขื่อนจึงควรประยุกต์ใช้แบบจำลองวิเคราะห์ระบบแม่น้ำ (RAS) และนำผลซ้อนทับบนแผนที่ภูมิประเทศหรือค่าระดับความสูงเชิงตัวเลขเพื่อช่วยในการตัดสินใจรักษาระดับน้ำกักเก็บที่ระดับต่าง ๆ โดยไม่ควรให้มีระดับกักเก็บที่ต่ำกว่า +117.0 ม.รทก. ซึ่งจะชะลอการแพร่กระจายของดินเค็มลงสู่แหล่งน้ำในบางแห่งได้

คำสำคัญ: เขื่อนราษีไศล ค่าความนำไฟฟ้า กุดหนอง พื้นที่ราบน้ำท่วมถึง แบบจำลองวิเคราะห์ระบบแม่น้ำ

ABSTRACT

From the study of changes in water quality in water sources due to the control of the Rasi Salai Dam gates under the work plan to compensate for loss of income from occupation and utilization of Bung Pa Tam forest in the event of a Rasi Salai dam was conducted in late 2019 to mid-2020. It was found that the water quality values in each water source group were inversely related to the water level in the reservoirs of the Rasi Salai Dam. The water sources that are in each group: a. In the reservoir of the dam, b. in the Mun River and its branches that flow into the basin, c. in water resources on the floodplain or wetland and d. other water sources and the correlation of EC and retention level values (R^2) were 0.66, 0.43, 0.68 and 0.25 with standard deviations of 7.5, 29.4, 88.8 and 223.7 mS/m, respectively. Because many water sources are near saline soil areas. Therefore, guidelines for dam operations should be based on river analysis system (RAS) models and superimposed on topographic maps or digital elevation model to assist decision-making on how to maintain water retention at different levels. It should not have a retention level lower than +117.0 m. MSL, which will slow down the spread of saline soils into water bodies in some places.

KEYWORDS: Diversion dam, saline soil, water bodies, floodplain, Mun river, RAS model

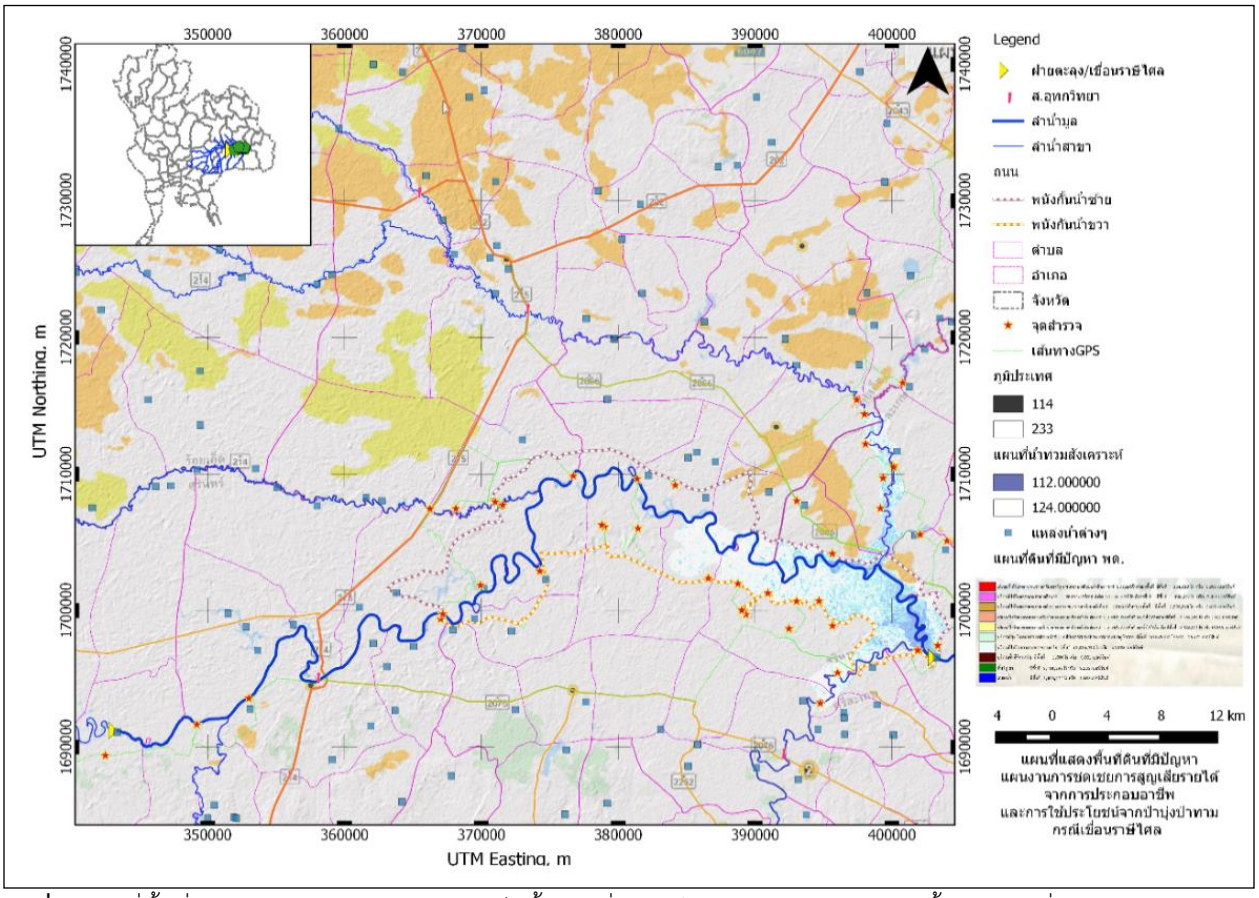
1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในพื้นที่ที่มีการพัฒนาการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตชลประทาน จะเสี่ยงต่อคุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรมลงจากสารเหลือใช้ในการเกษตรไหลลงสะสมในแหล่งน้ำมากขึ้น จึงควรมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ ด้วยการใช้แบบจำลองหรือตรวจวัดในสนาม [1] สำหรับลุ่มน้ำแม่น้ำมูลก็มีการพัฒนาการเกษตรและระบบชลประทานอย่างมากและพบว่ามีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลงเช่นกัน แม่น้ำมูลมีซึ่งปริมาณน้ำท่าไหลออกสู่แม่น้ำโขงประมาณ 2 หมื่นล้าน ลบ.ม./ปี ซึ่งได้มีการพัฒนาโครงการโขง-ชี-มูลในปีพ.ศ.2536 เป็นต้นมา ด้วยการสร้างฝายในลำน้ำมูลหลายแห่งรวมถึงฝายราษีไศล (ปัจจุบันคือเขื่อนราษีไศล) หลังจากนั้นมาก็เกิดปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมจากการแพร่กระจายตัวของดินเค็มร่วมกับการทำเกลือแบบดั้งเดิม ทำให้มีน้ำเค็มไหลลงสู่แหล่งน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำมูลตอนกลางและตอนล่างมากขึ้น [2] หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรมีการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำซึ่งอาจทำได้ทั้งใช้ชุดคิตเคลื่อนที่หรือชุดบันทึกข้อมูลเฉพาะที่ ตามคู่มือมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อตรวจความเป็นกรดด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ การนำไฟฟ้า อุณหภูมิ ความขุ่น และแอมโมเนียมไนเตรท ปัจจุบันแม้ว่ากระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ทำการติดตั้งชุดบันทึกต่อเนื่องในบางจุดเฉพาะในลำน้ำมูลมาตั้งแต่ปีพ.ศ.2562 แต่ยังไม่มีหน่วยงานใดได้ตรวจวัดคุณภาพน้ำในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงแม่น้ำมูลเหนือน้ำของเขื่อนราษีไศลมาก่อน เว้นแต่ในช่วงปีที่เพิ่งก่อสร้างฝายราษีไศลเสร็จใหม่ ๆ ในปี พ.ศ. 2536-37 ที่ดำเนินการโดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน [3] ที่ตรวจวัดในลำน้ำมูลบริเวณตัวฝายแห่งละ 3 จุด เท่านั้น ต่อมาราษฎรร้องเรียนว่าเขื่อนอาจทำให้น้ำเค็มยิ่งขึ้นในพื้นที่ป่าบุ่งป่าทามซึ่งพวกเขาเคยใช้ประโยชน์มาก่อน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นที่การตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำบางแห่งและการส่งผลจากควบคุมบานระบายของเขื่อนราษีไศลต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำตามที่ราษฎรได้กล่าวถึง

2. วิธีการศึกษา

ลุ่มแม่น้ำมูลมีพื้นที่ประมาณ 82,000 ตารางกม. มีต้นกำเนิดมาจากจังหวัดนครราชสีมาและมีทิศทางน้ำไหลไปทางด้านทิศตะวันออกตามลำน้ำมูลเป็นระยะทาง 673 กม. ด้วยอัตราการไหลเฉลี่ย 959 ลบ.ม./วินาที ในช่วงฤดูฝน และ 367 ลบ.ม./วินาที ในช่วงฤดูแล้ง ต่อมากรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (พพ.เดิม) ได้สร้างเขื่อนและฝายทดน้ำหลายแห่งรวมถึงเขื่อนราษีไศล ซึ่งตัวเขื่อนตั้งอยู่ที่เส้นรุ้ง 15.3438°เหนือ และเส้นแวงที่ 104.0987°ตะวันออก แต่หลังจากที่เขื่อนราษีไศลได้สร้างเสร็จในปีพ.ศ.2536 และเริ่มกักเก็บน้ำที่ระดับ +116 ถึง +119 ม.รทก. ทำให้ราษฎรที่เคยใช้ประโยชน์ที่ในพื้นที่ป่าบุ่งป่าทามเดิมถูกน้ำท่วมขังเป็นอ่างเก็บน้ำในปัจจุบัน [4] ซึ่งรวมถึงพื้นที่ที่เคยทำเกลือมาก่อนประมาณ 50 แห่งจมน้ำไป จึงน่าเชื่อว่าเขื่อนน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ มีความเค็มมากขึ้น ต่อมากรมพัฒนาที่ดินได้ศึกษาปัญหาดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนี้และจัดทำแผนที่การกระจายของดินเค็มที่ครอบคลุมถึงพื้นที่ของเขื่อนราษีไศลด้วย [5] (รูปที่ 1)

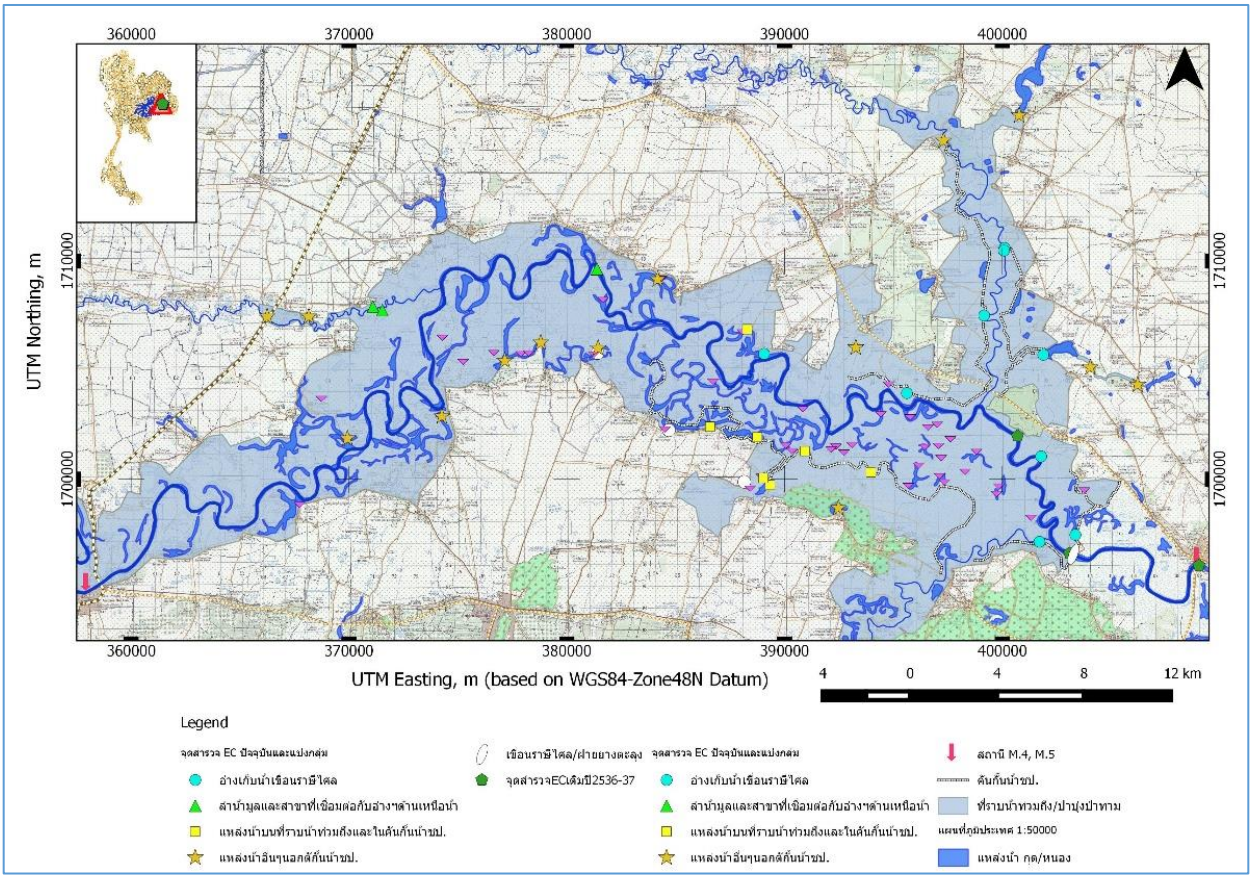
สำหรับการติดตามคุณภาพน้ำในแม่น้ำมูลในพื้นที่ศึกษานั้น พพ.ได้ทำการตรวจสอบรายเดือนต่อเนื่องกันเพียง 1 ปี หลังจากการสร้างเขื่อนแล้วเสร็จตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2536 โดยใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC meter) ซึ่งเหมือนกับในงานวิจัยนี้แต่เน้นตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ บนพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงหรือในพื้นที่ป่าบุ่ง-ป่าทามของแม่น้ำมูลและลำน้ำสาขา เช่น ห้วยทับทัน ลำพลับลา และลำเสียวใหญ่ โดยดำเนินการเพียง 1-3 ครั้ง ในระหว่างเดือนธันวาคม 2562 - สิงหาคม 2563 ด้วยวิธีสุ่มตรวจสอบรวม 39 แห่ง ตามที่ราษฎรให้ความสนใจ



รูปที่ 1 แผนที่พื้นที่ศึกษากรณีศึกษาผลของการกักเก็บน้ำของเขื่อนราษีไศลกับจุดสำรวจคุณภาพน้ำและแผนที่การกระจายดินเค็มในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (ดัดแปลงจากแผนที่เดิมของกรมพัฒนาที่ดิน)

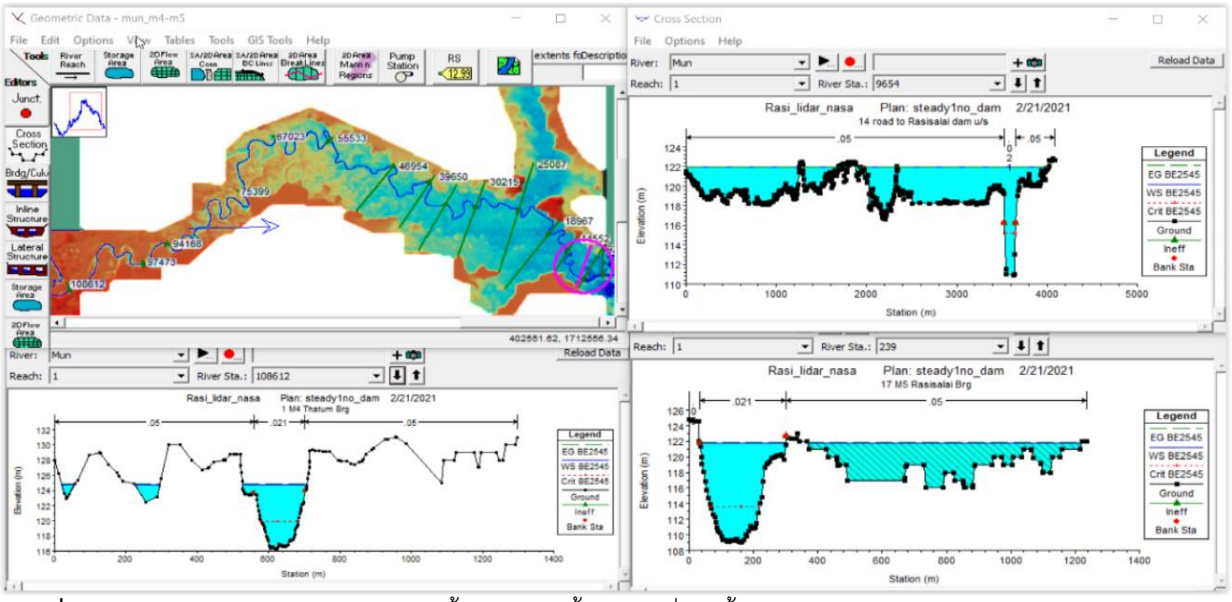
การวิเคราะห์ทำทั้งเชิงสถิติพื้นฐานและการกระจายเชิงพื้นที่ ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจากการตรวจวัด (EC) กับระดับการกักเก็บน้ำ (WSL) ในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนราษีไศล และวิเคราะห์ผลลัพธ์เชิงสถิติขั้นพื้นฐานของ EC แหล่งน้ำต่าง ๆ ที่อยู่ใน 4 กลุ่ม คือ ก.ในอ่างเก็บน้ำของเขื่อน ข.ในลำน้ำมูลและสาขาที่ไหลลงอ่างฯแต่อยู่นอกขอบอ่างฯ ค.ในแหล่งน้ำบนพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงหรือป่าบุ่งป่าทามที่อยู่ระหว่างแม่น้ำและคันกั้นน้ำ และ ง.แหล่งน้ำอื่นที่ไม่มีหรือมีคันกั้นน้ำแต่อยู่นอกคันกั้นน้ำ (ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2)

ส่วนการศึกษาด้านการปฏิบัติงานของเขื่อนด้วยการควบคุมปิด-เปิดบานระบายน้ำของเขื่อนราษีไศลด้วยระดับน้ำกักเก็บในอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ ตั้งแต่ +116 ถึง +119 ม.รทก. นั้น ได้เน้นตรวจสอบค่าระดับน้ำในแม่น้ำมูลที่จะไหลล้นตลิ่งไปยังแหล่งน้ำต่าง ๆ ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ซึ่งในบางแห่งอาจส่งผลต่อการกระจายค่าความเค็มของน้ำที่อยู่ใกล้บ่อเกลือเก่าได้ สำหรับเขื่อนราษีไศลบังคับน้ำด้วยบานระบายแบบโค้ง 7 บาน แต่ละบานมีความกว้าง 12.5 ม. และสูง 7.5 ม. โดยมีระดับธรณีประตู 112 ม.รทก. และระดับการกักเก็บน้ำสูงสุด 119 ม.รทก.



รูปที่ 2 แผนที่แสดงการจัดกลุ่มในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ก.ในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนราษีไศล ข.ลำน้ำมูลและลำน้ำสาขาที่ไหลลงอ่างฯ ค.แหล่งน้ำในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงในคันกั้นน้ำ และ ค.แหล่งน้ำอื่นที่อยู่นอกคันกั้นน้ำ

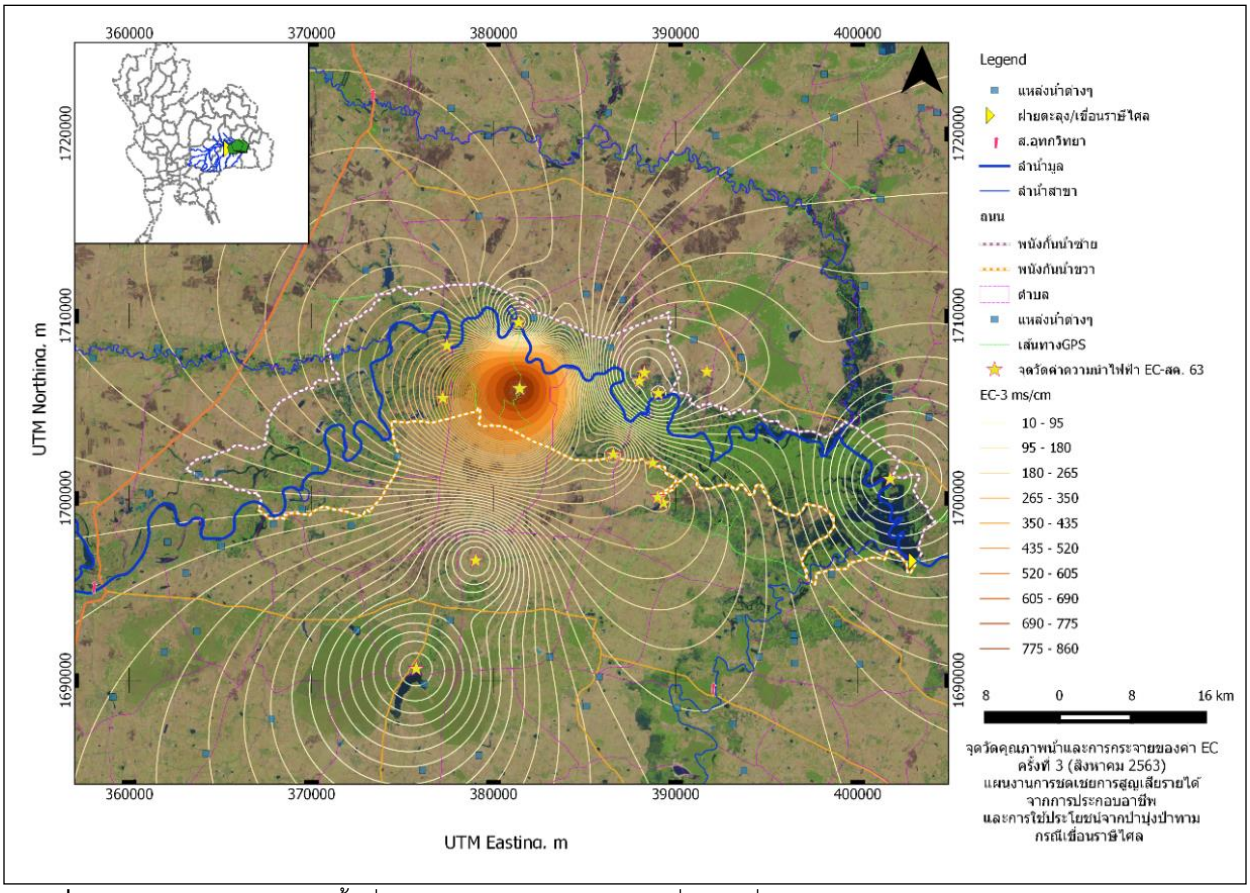
สำหรับในการอภิปรายถึงอิทธิพลของดำเนินงานเขื่อนที่มีต่อค่าความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำบางแห่งในเชิงของค่าระดับน้ำที่ไหลล้นตลิ่งไปยังแหล่งน้ำนั้น ๆ จึงได้ใช้แบบจำลองวิเคราะห์ระบบแม่น้ำ (RAS) [6] เพื่อดูค่าระดับน้ำในตัวลำน้ำมูลและพื้นที่ราบน้ำท่วมตามแต่ละที่ตั้งของหน้าตัดขวางลำน้ำต่าง ๆ 29 หน้าตัด ซึ่งได้จากการสังเคราะห์แผนที่ระดับความสูงดิจิตอล (Lidar DEM) และมีการสำรวจเพิ่มเติมในบางแห่ง ในแบบจำลองการไหลไม่คงที่รายวันได้ใช้ขอบเขตการศึกษาด้านเหนือน้ำด้วยอัตราการไหล ณ สถานีสำรวจอุทกวิทยา อ.ท่าตูม จ.สุรินทร์ (M.4) ไหลผ่านเขื่อนราษีไศล และมีขอบเขตด้านท้ายน้ำด้วยค่าระดับน้ำ ณ สถานีสำรวจอุทกวิทยา อ.ราษีไศล จ.ศรีสะเกษ (M.5) ณ ระยะทางที่ กม.108.6, กม.9.5 และ กม.0.2 ตามลำดับ (ดังรูปที่ 3) ส่วนขอบเขตด้านข้างใช้อัตราการไหลของแต่ละลำน้ำสาขาต่อระยะทางในช่วงที่พิจารณาตามลำน้ำมูล โดยได้ทดสอบในปี พ.ศ.2554



รูปที่ 3 แปลนและตำแหน่งของหน้าตัดขวางทั้งหมดในลำน้ำมูลและที่ราบน้ำท่วมถึง (ภาพซ้ายบน) และรูปหน้าตัดขวางตัวอย่างที่แสดงที่ กม.108.6, 9.5, 0.2 ตามลำดับ (ภาพที่เหลือเริ่มจากซ้ายล่าง-ขวาบน-ขวาล่าง)

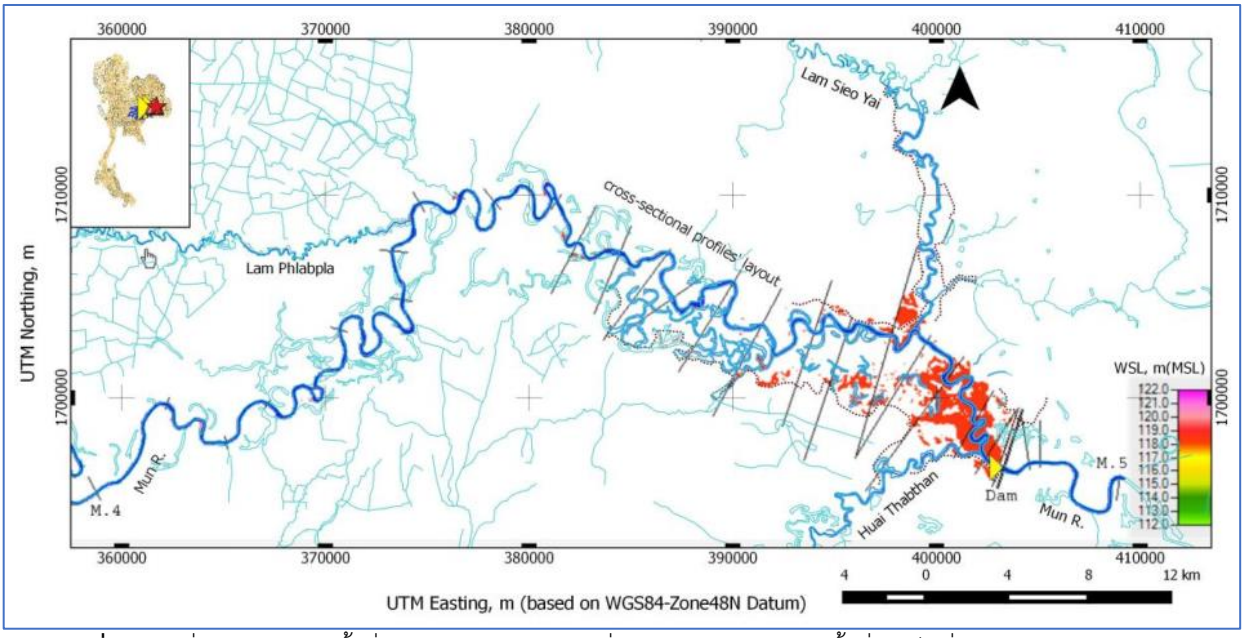
3. ผลของการศึกษาและอภิปรายผล

ผลจากการตรวจวัดคุณภาพน้ำในช่วงต้นเดือนธันวาคม 2562 ปลายเดือนกุมภาพันธ์ กลางเดือนสิงหาคม และต้นเดือนกันยายน 2563 มีค่าระดับน้ำกักเก็บที่ +117.90 +117.55 และ +116.28 ม.รทก. จากการตรวจวัดจำนวน 21 7 และ 16 จุด ได้ค่า EC เฉลี่ยที่ 32.9 32.5 และ 134.8 มิลลิซีเมนส์/ม. (mS/m) โดยมีค่าพิสัย EC ที่ 10.3-119.7 11.5-54.4 และ 4.9-869.0 mS/m ตามลำดับ สำหรับการกระจายเชิงพื้นที่ของค่า EC ในแหล่งน้ำแต่ละกลุ่มได้แสดงไว้ด้วยเส้นชั้นที่เท่ากันของค่า EC ซ้อนทับลงบนแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 (ดังรูปที่ 4) สำหรับค่า EC ในบางจุดมีค่าสูงอันเกิดจากระดับน้ำในหนองน้ำที่ตื้นและอยู่ใกล้กับแหล่งดินเค็มที่เคยต้มเกลือมาก่อน ซึ่งระดับน้ำกักเก็บในอ่างฯขณะตรวจสอบลดลงจาก +118 ลงมาจนถึง +116 ม.รทก. ทำให้น้ำที่ขังในดินบางแห่งซึ่งเค็มอยู่แล้วเพราะอยู่ใกล้แหล่งต้มเกลือเก่าได้ไหลกลับลงสู่แหล่งน้ำที่ใกล้เคียงจึงทำให้เพิ่มความเค็มในแหล่งน้ำนั้น ๆ ขึ้น บางแห่งส่งผลให้เกิดน้ำเน่าเสียด้วยไม่สามารถนำไปใช้ในการเกษตรได้เพราะมีค่าคุณภาพน้ำที่ต่ำกว่ามาตรฐานน้ำในการชลประทานมากดังในรูปที่ผ่านมา นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า EC กับระดับน้ำกักเก็บในแต่ละกลุ่มของที่ตั้งแหล่งน้ำ ก. ข. ค. และ ง. มีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) 0.66 0.43 0.68 และ 0.25 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 7.5 29.4 88.8 และ 223.7 mS/m ตามลำดับ เมื่อนำค่า EC เฉพาะในกลุ่มแหล่งน้ำที่อยู่ในลำน้ำมูล ก. และ ข. รวมกัน เพื่อนำไปเทียบกับผลการตรวจวัดโดย พพ. พบว่าค่าสหสัมพันธ์กับระดับน้ำค่อนข้างต่ำอยู่ที่ 0.17 โดยมีค่าเฉลี่ย EC และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 34.3 และ 23.7 mS/m ตามลำดับ แต่ทั้งในอดีตและปัจจุบันค่า EC จะแปรผกผันกับระดับน้ำในรูปแบบเดียวกัน



รูปที่ 4 ตัวอย่างการกระจายเชิงพื้นที่ของค่า EC ซ้อนทับลงบนแผนที่การใช้ที่ดินภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2ในช่วงตรวจวัดกลางเดือนสิงหาคม 2563 (หน่วย mS/m) ที่มีค่าระดับกักเก็บน้ำในเขื่อน +116.28 ม.รทก.

ส่วนผลจากแบบจำลอง RAS ไม่คงตัวที่ซ้อนทับลงบนแผนที่ระดับความสูงดิจิตอล (รูปที่ 5) สามารถแสดงผลของการดำเนินงานของเขื่อนด้วยการควบคุมระดับน้ำกักเก็บในอ่างฯจะสามารถทราบระดับน้ำหรือความลึกเหนือพื้นดิน ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ต้องการได้ และหากมีการกักเก็บน้ำที่มีสูงกว่า +118 ม.รทก. จะส่งผลดีทำให้มีน้ำไหลล้นตลิ่งผ่านที่ราบน้ำท่วมถึงไปลงยังหนองบึงหรือแหล่งน้ำธรรมชาติได้มากขึ้น ทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำดีขึ้น โดยแหล่งน้ำใดที่เค็มอยู่แล้วก็จะเจือจางลง



รูปที่ 5 แผนที่แสดงผลระดับน้ำที่หน้าตัดขวางต่าง ๆ วันที่ 22/08/2554 มีระดับน้ำที่กักเก็บที่ +118.5 ม.รทก.

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำและระดับน้ำที่กักเก็บในอดีตและปัจจุบันดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าค่า EC นั้นจะแปรผกผันกับระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ หากระดับน้ำลดลงต่ำกว่า +117 ม.รทก. จะทำให้มีการแพร่กระจายของดินเค็มไปยังแหล่งน้ำมากขึ้น ดังนั้นในการรักษาระดับน้ำที่เขื่อนราษีไศลจึงควรควบคุมบานระบายน้ำอย่างระมัดระวังด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้พื้นที่ที่เคยทำเกลือพื้นบ้านของชุมชนมาก่อนจะต้องหมั่นติดตามตรวจวัดคุณภาพน้ำเพื่อหาค่าระดับน้ำควบคุมที่หน้าเขื่อนให้เหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไป นอกจากนี้ระยะทางใกล้-ไกลของแหล่งน้ำต่าง ๆ จากตัวลำน้ำมูลที่แตกต่างกันในช่วงที่มีน้ำหลากหรือจากอิทธิพลของการกักเก็บน้ำของเขื่อนทำให้น้ำไหลล้นตลิ่งไปยังแหล่งน้ำได้เองนั้น อาจส่งผลดีต่อค่าสหสัมพันธ์ของค่า EC กับค่าระดับน้ำหน้าเขื่อนสูงขึ้นเป็นที่น่ายอมรับได้มากกว่าในช่วงที่ไม่มีน้ำไหลล้นตลิ่งหรือในฤดูแล้งได้ยกเว้นในแหล่งน้ำที่มีหย่อมเกลืออยู่ใกล้ ในการนำเสนอครั้งนี้เป็นเพียงแนวทางการบริหารจัดการควบคุมการกักเก็บน้ำของเขื่อนราษีไศลที่ได้จากการสังเกตุในขณะทำการวิจัยภายใต้โครงการจัดทำแผนงานการชดเชยการสูญเสียรายได้จากการประกอบอาชีพและการใช้ประโยชน์จากป่าบุ่งป่าทามกรณีเขื่อนราษีไศล ซึ่งเจ้าหน้าที่ของโครงการควรขยายผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองแม่น้ำนี้และการตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอต่อไปเพื่อให้เกิดความมั่นใจได้ว่าผลการวิเคราะห์ของโครงการมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของคนในท้องถิ่นในพื้นที่ผลกระทบของโครงการได้มากขึ้น

กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณกรมชลประทานที่ให้การสนับสนุนข้อมูลและมอบแผนที่ระดับความสูงดิจิตอลไลด้าให้ใช้ในการศึกษา ศาสตราจารย์ดร.ชุโตมุ อิชิกาวา จากมหาวิทยาลัยโตไกประเทศญี่ปุ่นที่ได้มอบเครื่องวัดคุณภาพน้ำพกพาแบบพารามิเตอร์เดี่ยว ขอบคุณคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และผู้อำนวยการสถาบันวิจัยสังคม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนด้านการบริหารจัดการ นอกจากนี้ขอขอบคุณไปยังแกนนำราษฎรที่มีส่วนร่วมศึกษาและให้ข้อเสนอแนะในระหว่างการสำรวจภาคสนามและการประชุมกลุ่มย่อยร่วมกัน

บรรณานุกรม

[1] Prabnakorn, S. (2020). Integrated Flood and Drought Mitigation Measures and Strategies: Case Study: The Mun River Basin, Thailand. Ph.D. Dissertation the IHE Delft Institute for Water Education, the Netherlands. 10.1201/97810030-24033. Retrieved December 4, 2020 from the World Wide Web: www.researchgate.net/publication/

[2] Ministry of Natural Resources and Environment (MoNRE). Surveillance and Warning for Degradation of Water Quality for Regional Environmental offices in Thailand. Retrieved from the World Wide Web: http://rwater.mnre.go.th/-front/main/Home/.

[3] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. (2537). รายงานผลกระทบจากการสร้างฝายในโครงการโขง-ชี-มูล ต่อความเค็มของน้ำ (ส.ค. 2536-ต.ค. 2537) โดยสำนักศึกษาค้นคว้าและพัฒนาพลังงาน ส่วนอุทกวิทยา.

[4] สถาบันวิจัยสังคม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2552). รายงานฉบับสมบูรณ์การศึกษาผลกระทบทางสังคมโครงการเขื่อนราษีไศลและการแก้ไขผลกระทบอย่างยั่งยืน เสนอกรมชลประทาน ตุลาคม 2552.

[5] กรมพัฒนาที่ดิน. (2550). แผนที่ดินที่ปัญหาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จัดทำโดยสำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. ดาวน์โหลดจากเว็บไซต์กรมพัฒนาที่ดิน https://www.ldd.go.th/Web_Soil/salty.htm

[6] U.S. Army Corps of Engineers (USACE). (2019). *HEC-RAS River Analysis System Version 5.0.7*. Retrieved November 7, 2020 from the World Wide Web: www.hec.usace.army.mil/.