



พฤติกรรมการกระจายน้ำอุ่นในแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง

SPREADING BEHAVIOR OF WARM WATER IN THE CHAO PHRAYA RIVER INFLUENCED BY TIDES

ชัยยุทธ ชินณะราศรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการเก็บข้อมูลทางชลศาสตร์และข้อมูลอุณหภูมิตั้งแต่ในแม่น้ำ เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมของการกระจายน้ำอุ่นในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างที่ได้รับอิทธิพลจากการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเล โดยได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนามทั้งหมด 9 ครั้ง ๆ ละ 24 ชั่วโมง ครอบคลุมทั้งฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ผลการศึกษาพบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิแม่น้ำได้แก่ แสงแดด ความเร็วกระแสน้ำ ความลึกน้ำ และแหล่งปล่อยน้ำอุ่น ในกรณีฤดูน้ำมากและฤดูน้ำปานกลาง ในช่วงเวลาระหว่างที่ระดับน้ำลดลง เข้าใกล้ระดับต่ำสุด และเริ่มยกระดับขึ้นหลังจากผ่านระดับต่ำสุด มาแล้วนั้น ความลาดชันน้ำจะมีความชันสูง เมื่ออัตราการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา มากเกินกว่า 2,000 ลบ.ม./วินาที มวลน้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเล จะมีความเร็วสูง กระบวนการผสมจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายในความลึกน้ำที่เหมาะสม มีการถ่ายเทอุณหภูมิในแนวตั้ง ระหว่างชั้นการไหลเป็นอย่างดี จึงช่วยให้มวลน้ำอุ่นที่บริเวณผิวน้ำ ซึ่งได้รับการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ผสมกับมวลน้ำที่เย็นกว่า ที่อยู่ลึกลงไปได้อย่างดี พิจารณากรณีน้ำตาย ระดับน้ำทะเลมีการขึ้น-ลงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงทำให้การกระจายอุณหภูมิในแนวตั้ง มีช่วงที่แคบกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับในวันที่น้ำเกิดเล็กน้อย เมื่อพิจารณากรณีการปล่อยน้ำอุ่น จากแหล่งกำเนิด ความเร็วกระแสน้ำและระดับน้ำที่ลึกพอสมควร จะช่วยให้ น้ำอุ่นผสมกับมวลน้ำที่เย็นกว่า ภายในพื้นที่จำกัด เฉพาะบริเวณริมตลิ่งห่างจากฝั่งประมาณร้อยละ 40 ของความกว้างแม่น้ำเท่านั้น

คำสำคัญ : การกระจายอุณหภูมิ, น้ำขึ้น – น้ำลง, แม่น้ำเจ้าพระยา, การพา-การแพร่

ABSTRACT

The objective of this study is to collect hydraulic data and river temperature data to analyse the behaviour of the warm water distribution in the lower Chao Phraya River, influenced by the rise and fall of sea level. There were nine field trips to collect data, of 24 hours/trip, covering the rainy season, the winter, and the summer. The results show that the influences on water temperature are sunlight, flow velocity, water depth, and source of warm water. In the cases of the high and moderate discharge seasons, during periods of lowering water levels approaching the lowest level, and just after the lowest level has passed, the water surface has a high slope. When the flow in the Chao Phraya River exceeds 2,000 cubic meters per second, the fresh water flows into the

sea with a high velocity. The mixing process takes place quickly within the appropriate water depth. Vertical temperature transfers between the flow layers is very efficient. It allows the warm water mass at the water surface, which is warmed by sunlight, to mix well with cooler water in deeper layers. Considering the case of a neap tide, the sea level does not rise and fall much. Therefore, the vertical distribution of water temperature has a slightly narrower range compared to during a spring tide. Considering cases of warm water discharge from a source, stream velocity and appropriate water depth help warm water to mix with cooler water within a limited space from the river bank, only about 40% of the width of the river.

KEYWORDS: Spread of temperature, Tides, Chao Phraya River, Advection-diffusion.

1. บทนำ

ในปัจจุบันสังคมไทยมีความตระหนักต่อประเด็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้นกว่าในอดีตที่ผ่านมา ไม่ว่าจะเป็นการแพร่กระจายของสารปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ ในธรรมชาติ การปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กและอากาศเสียสู่ชุมชนที่อยู่ใกล้เคียงโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

พื้นที่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา เป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการบริหารจัดการน้ำ ในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง บริเวณปากแม่น้ำจะมีความซับซ้อนของลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางชลศาสตร์ ความเฉพาะตัวขององค์ประกอบต่างๆ เช่น ปริมาณน้ำ มิติการไหล พฤติกรรมของตะกอน และเพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจในลักษณะทางกายภาพนั้น ข้อมูลจากภาคสนามจึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาวิจัยในประเด็นต่างๆ

ในกรณีของการระบายน้ำอุ่นจากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ผ่านกระบวนการหล่อเย็นซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการผลิตไฟฟ้า จำเป็นต้องได้รับการบำบัดและลดอุณหภูมิให้ได้ตามการประเมินในเกณฑ์มาตรฐานการปล่อยน้ำทิ้งของรายงานผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม (EIA, Environmental Impact Assessment) [1] ซึ่งสำหรับประเทศไทยนั้น สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้ใช้ข้อกำหนดของกรมควบคุมมลพิษ กำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินกว่า 40 องศาเซลเซียส [2-3] เพราะอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้นจะส่งผลกระทบต่อการละลายน้ำของออกซิเจนที่ลดลง ซึ่งถือว่ามลพิษของน้ำอุ่นเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญที่ต้องคำนึงถึงต่อระบบนิเวศวิทยา ซึ่งได้รับผลกระทบในห่วงโซ่อาหารและสิ่งมีชีวิตทั้งระบบ [4]

โดยระบบหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าที่ดำเนินระบบโดยทั่วไปนั้น สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ ระบบใช้น้ำหมุนเวียนและระบบไหลผ่าน สำหรับระบบการหมุนเวียนน้ำของระบบหล่อเย็น คือ มีองค์ประกอบของอาคาร ระบายน้ำเพื่อลดอุณหภูมิและใช้น้ำหมุนเวียนในระบบ สำหรับระบบไหลผ่าน เป็นการถ่ายเทความร้อนและปล่อยลงสู่แหล่งรับน้ำโดยตรง [5] และแบบที่ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนที่มาจากเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า แหล่งน้ำที่นำน้ำมาใช้ในระบบการนี้จะมาจากระบบนิเวศใกล้เคียง เช่น แม่น้ำ หนอง คลอง บึง เป็นต้น [6]

การปล่อยน้ำที่ผ่านระบบหมุนเวียนกลับสู่แหล่งน้ำทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม ในโรงไฟฟ้าบางประเภท หรือ โรงไฟฟ้าที่ตั้งอยู่ในพื้นที่แตกต่างกัน อาจมีความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเข้าและน้ำออกสูงถึง 8-15 องศาเซลเซียส [7] โดยน้ำอุ่นที่ระบายออกมานั้น เมื่อผ่านการผสมกันระหว่างแหล่งน้ำ หากระบบเครือข่ายของแม่น้ำไม่มีการไหลจากทางน้ำสาขา ที่จะทำให้อุณหภูมิลดลงได้อย่างเฉียบพลัน อุณหภูมิที่อุ่นจะค่อยๆ ลดลง กระจายไกลออกไปจากจุดปล่อยด้วยการผสม หรือการเจือจาง ตาม

ระยะทางและปริมาณน้ำที่แลกเปลี่ยนความร้อน การถ่ายเทอุณหภูมิไปในอากาศ ความเร็วลม ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำกับอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ หรือการระเหยกลายเป็นไอขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ เป็นต้น [8-11]

อุณหภูมิที่มีผลต่อระบบในฤดูร้อน ในแต่ละภูมิภาคนั้นมีอุณหภูมิแตกต่างกัน และปริมาณน้ำที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนต่างกัน ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวเกิดปัญหาของอุณหภูมิน้ำที่จะนำไปใช้หล่อเย็นระบบได้ [12] ซึ่งในฤดูร้อนที่อุณหภูมิของน้ำในแม่น้ำสูงขึ้นเกินขอบเขตอุณหภูมิของน้ำเข้าสู่ระบบ ทำให้น้ำไม่สามารถรับการถ่ายเทอุณหภูมิเพื่อลดความร้อนของการผลิตไฟฟ้า เมื่อนั้นระบบผลิตจำเป็นต้องหยุดหรือลดกำลังการผลิตลง นั่นจะส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพทางพลังงานในพื้นที่นั้น [13-15]

หลักการสำคัญในการศึกษาการแพร่กระจายอุณหภูมิบริเวณพื้นที่ที่มีอิทธิพลของระดับน้ำขึ้น-ลงของน้ำทะเล จำเป็นจะต้องศึกษาในเชิงลึกทางด้านชลศาสตร์ เพราะมีการไหลในหน้าตัดแนวตั้งถึงสองทิศทาง พฤติกรรมการไหลของน้ำบริเวณปากแม่น้ำมีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงรุนแรงในบางครั้ง โดยขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์น้ำขึ้น-ลง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ น้ำเกิด (Spring tide) และน้ำตาย (Neap tide) โดยการขึ้นลงของน้ำทะเล สามารถแบ่งได้อีก 3 ลักษณะคือ น้ำเดี่ยว น้ำคู่ และน้ำผสม [16-17] โดยลักษณะการไหล ความเร็วและอัตราการไหล ตลอดจนลักษณะของน้ำเกิด-น้ำตาย จะมีผลต่อรูปแบบ ของการกระจายความเร็ว การไหลและการผสมของน้ำ [18]

ในกรณีของการปล่อยน้ำอุ่นลงสู่แม่น้ำ พบว่าในการไหลของกระแสน้ำจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เมื่อน้ำไหลผ่านจุดปล่อยน้ำอุ่น (Outfall) จะเกิดการพา (Convection) น้ำอุ่นไปพร้อมๆ กับการเคลื่อนที่ของมวลน้ำ ไปสู่ตำแหน่งที่กระแสน้ำไหลไปซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งในขณะเดียวกัน โมเลกุลของน้ำก็เป็นตัวนำความร้อน (Diffusion) โดยที่น้ำที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งผลกระทบต่อ เจริญเติบโต การขยายพันธุ์ และการอพยพของสัตว์น้ำ [4] อย่างไรก็ตาม แม้ว่าประเด็น ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จะเป็นสิ่งที่สังคมให้ความสนใจ แต่ผลการศึกษาการเคลื่อนที่ของความร้อนในแม่น้ำ กลับพบว่ามีจำนวนน้อย นอกจากนี้แล้ว พบว่ายังมีความขาดแคลนข้อมูลภาคสนามที่เก็บวัดจากแม่น้ำจริงเป็นอย่างมาก [19]

การศึกษานี้เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลทางชลศาสตร์และข้อมูลอุณหภูมิในแม่น้ำ เพื่อนำมา วิเคราะห์ถึงพฤติกรรมของอุณหภูมิในพื้นที่ใกล้ปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ได้รับอิทธิพลจากการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเล เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ทางชลศาสตร์ที่มีผลต่อพฤติกรรมกระจายอุณหภูมิ เพื่อจะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์สำหรับการบริหารจัดการน้ำ และใช้เป็นแนวทางในการรักษาระบบนิเวศน์สิ่งแวดล้อมทางน้ำ และอนุรักษ์สภาพความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ปากแม่น้ำ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการจำลองกระบวนการทางกายภาพ ระบบสมการที่เกี่ยวข้องประกอบไปด้วย สมการการเคลื่อนที่ สมการความต่อเนื่อง และสมการการขนส่งสำหรับองค์ประกอบอนุรักษ์ โดยมีแรงที่เกี่ยวข้องได้แก่ แรงจากน้ำขึ้น-น้ำลง แรงลมที่กระทำต่อผิวน้ำ ความลาดของความดันจากความลาดเชิงของผิวน้ำอิสระ (Barotropic) และความลาดของความหนาแน่นของมวลน้ำ (Baroclinic) ในการขนส่งสาร และความร้อนในน้ำสามารถจำลองด้วยสมการการพา-การแพร่ (Advection-Diffusion) ในระบบสาม ทิศทาง โดยอาศัยกระบวนการสลายตัว เช่นการลดลงอย่างเอกโปเนนเชียล เป็นต้น อย่างไรก็ตาม งานศึกษาที่ผ่านมา มักจะละเลยต่อการเก็บข้อมูลในภาคสนามเนื่องจากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิในแม่น้ำ ในสามมิติเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก ซึ่งต้องการการเก็บข้อมูลอย่างละเอียด ต่อเนื่อง ประกอบกับพฤติกรรมผสมของสารในแนวตั้งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่การผสมในทิศทางตามความกว้าง

ของแม่น้ำเป็นไปอย่างช้าๆ ในทางปฏิบัติจึงมักสนใจข้อมูลเพียงแค่สองมิติ ที่ใช้ค่าเฉลี่ยตามความลึก [20] คือให้ความสนใจต่อ การเปลี่ยนแปลงตามแนวทิศทางตามยาวและตามขวางของแม่น้ำเท่านั้น โดยจะไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงตามความลึก

ในกรณีที่สนามการไหลในแนวตั้งมีการแปรผันอย่างมีนัยสำคัญ การจำลองการขนส่ง ในระบบสามมิติ (3D) จะถูกนำมาใช้ ต้นเหตุของการก่อให้เกิดการแปรผันในแนวตั้ง ได้แก่ แรงกระทำของลมที่กระทำต่อผิวน้ำ (Wind forcing) ความเค้นเฉือนที่ท้องน้ำ (Bed stress) สภาพภูมิประเทศของท้องน้ำ (Bed topography) ความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำ (Density difference) หรือ แม้แต่แรงโคริโอลิส (Coriolis force) จากการหมุนของโลกซึ่งมีอิทธิพลต่อกระแสลมในละติจูดใกล้ขั้วโลก ซึ่งส่งผลต่อ การแพร่กระจายของน้ำเสียในทะเลสาบและชายฝั่ง การเคลื่อนตัวสู่ด้านบนหรือการจมตัวสู่ด้านล่าง (Upwelling and downwelling) ของ สารอาหารที่เกิดจากการหมุนเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทร การบุกรุกของน้ำเค็ม (Salt intrusion) เข้าสู่ปากอ่าว การไหลของ น้ำจืดลงสู่อ่าว และการแบ่งเป็นชั้นของความร้อน (Thermal stratification) ในทะเลสาบและทะเล

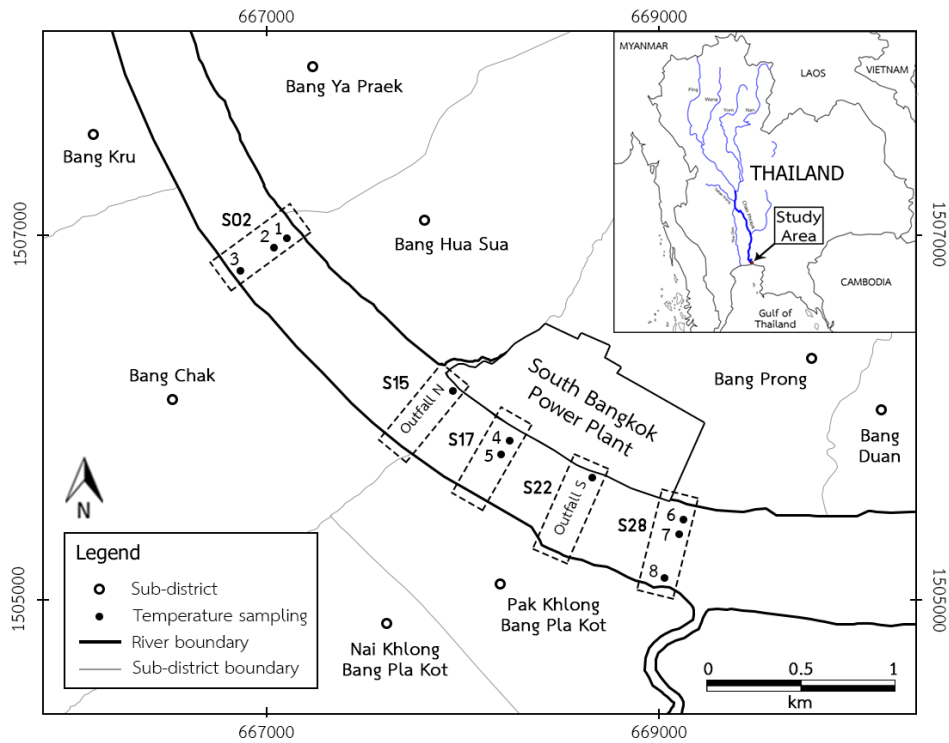
3. วิธีการศึกษา

ในการศึกษาการแพร่ของอุณหภูมิตั้งแต่ในพื้นที่ศึกษาที่อยู่ในพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งมีความซับซ้อนกว่าพื้นที่ทั่วไป เพราะได้รับ อิทธิพลจากระดับน้ำขึ้น-น้ำลง และการไหลในแม่น้ำสองทิศทาง การศึกษาจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงหลักการทางชลศาสตร์ ที่จะใช้ในการ วางแผนและเก็บข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมปรากฏการณ์มากที่สุด โดยการศึกษาในครั้งนี้ มีการเก็บวัดข้อมูลระดับน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ อัตราการไหลของน้ำ และอุณหภูมิของน้ำตลอดระยะเวลาในการศึกษาทั้งหมด โดยมีรายละเอียดของวิธี การศึกษา ดังต่อไปนี้

3.1 พื้นที่ศึกษา

ขอบเขตพื้นที่ศึกษาจำกัดอยู่ในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยเริ่มต้นจากตำบลบางหัวเสือ ไปจนถึงตำบลบางโปรง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ ดังรูปที่ 1 โดยจุดเริ่มต้นของขอบเขตพื้นที่ศึกษา (S02) ห่างจากปากแม่น้ำ 14.2 กิโลเมตร และจุดสิ้นสุดของ ขอบเขตพื้นที่ศึกษา (S28) ห่างจากปากแม่น้ำ 11.2 กิโลเมตร ตามความยาวลำน้ำ ด้วยบริเวณที่ตั้งอยู่ไม่ห่างจากพื้นที่ปากแม่น้ำ เจ้าพระยา ทำให้บริเวณนี้ได้รับอิทธิพลจากระดับน้ำทะเลขึ้น-ลง อยู่ตลอดเวลา ในช่วงเวลาที่ระดับน้ำทะเลขึ้น การไหลของบริเวณ พื้นที่ศึกษาจะเป็นไปในลักษณะย้อนกลับเข้าสู่ต้นน้ำ ในทางกลับกันเมื่อระดับน้ำทะเลลง การไหลจะไหลลงสู่ปากแม่น้ำไปตาม ทิศทางปกติ

สำหรับการปล่อยน้ำอุ่นเพื่อถ่ายเทอุณหภูมิลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน โรงที่ 1 จะปล่อยก็ต่อเมื่อ มีการผลิตไฟฟ้าเท่านั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการผลิตในช่วงที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสำรองกรณีที่มีการใช้ไฟเกินกว่ากำลังการผลิตปกติ ซึ่งตรงกับการลงพื้นที่ เก็บข้อมูลอุณหภูมิน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา ครั้งที่ 6 (ตารางที่ 1)



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาและตำแหน่งอ้างอิงการเก็บข้อมูล

3.2 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล

การวางแผนการเก็บข้อมูล ดำเนินถึงฤดูน้ำและลักษณะน้ำทะเลในหนึ่งรอบปี ฤดูน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาสามารถแบ่งแยกได้เป็น 3 ฤดู คือ ฤดูน้ำมาก เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำจากต้นน้ำสูง น้ำในแม่น้ำจะมีอัตราการไหลสูงและความเร็วการไหลสูง ซึ่งอยู่ระหว่างกลางฤดูฝนไปจนถึงต้นฤดูหนาว (ช่วงเดือนสิงหาคม-ธันวาคม) ฤดูน้ำปานกลาง เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำจากต้นน้ำสูงและต่ำเป็นครั้งคราว ขึ้นอยู่กับการปล่อยน้ำจากเขื่อนกักเก็บน้ำ น้ำในแม่น้ำจะมีอัตราการไหลปานกลาง และความเร็วการไหลไม่สูงมากนัก (ช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ และเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม) และฤดูน้ำน้อย เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำจากต้นน้ำต่ำมากการไหลส่วนใหญ่จะมาจากน้ำทะเลที่ผลักดันเข้าสู่พื้นที่ต้นน้ำ และไหลกลับลงสู่ทะเลตามระดับน้ำที่ลดต่ำลง อยู่ระหว่างต้นฤดูแล้งไปจนถึงต้นฤดูฝน (ช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม)

ในส่วนของระดับน้ำทะเล สามารถแบ่งแยกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะน้ำเกิด มีความแตกต่างของระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดสูง (ช่วงข้างขึ้นและข้างแรม ตั้งแต่ 12 คำไปจนถึง 4 คำ) และลักษณะน้ำตาย (ช่วงข้างขึ้นและข้างแรม ตั้งแต่ 5 คำไปจนถึง 11 คำ) โดยรูปแบบการไหลของน้ำในแม่น้ำในลักษณะน้ำเกิดจะมีความเร็วกระแสน้ำมากกว่าลักษณะน้ำตาย เพราะระดับน้ำที่ต้นน้ำและที่ท้ายน้ำมีความแตกต่างกันมากกว่าในกรณีของน้ำตาย [21]

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนามทั้งหมด 9 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะน้ำและวันที่ลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนาม

ครั้งที่	ฤดู (ปริมาณน้ำจัด)	วัน/เดือน/ปี	จันทรคติ	ลักษณะน้ำ ทะเล
1	ฤดูน้ำมาก	31 ต.ค. – 1 พ.ย. 2558	แรม 4 - 5 ค่ำ เดือน 11	น้ำเกิด
2	ฤดูน้ำมาก	14 พ.ย. – 15 พ.ย. 2558	ขึ้น 4 – 5 ค่ำ เดือน 12	น้ำเกิด
3	ฤดูน้ำมาก	12 ธ.ค. – 13 ธ.ค. 2558	ขึ้น 2 -3 ค่ำ เดือน 1	น้ำเกิด
4	ฤดูน้ำมาก	19 ธ.ค. – 20 ธ.ค. 2558	ขึ้น 9 - 10 ค่ำ เดือน 1	น้ำตาย
5	ฤดูน้ำปานกลาง	9 ม.ค. – 10 ม.ค. 2559	ขึ้น 1 - 2 ค่ำ เดือน 2	น้ำเกิด
6	ฤดูน้ำปานกลาง (ค่อนข้างน้อย)	12 มี.ค. – 13 มี.ค. 2559	ขึ้น 5 - 6 ค่ำ เดือน 4	น้ำตาย
7	ฤดูน้ำน้อย	19 มี.ค. - 20 มี.ค. 2559	ขึ้น 12 - 13 ค่ำ เดือน 4	น้ำเกิด
8	ฤดูน้ำน้อย	2 เม.ย. – 3 เม.ย. 2559	แรม 12 -13 ค่ำ เดือน 4	น้ำเกิด
9	ฤดูน้ำน้อย	30 เม.ย. – 1 พ.ค. 2559	แรม 9 - 10 ค่ำ เดือน 5	น้ำตาย

3.3 ข้อมูลระดับน้ำ

การเก็บข้อมูลระดับน้ำ เป็นการรวบรวมข้อมูลระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา กระทำโดยใช้ข้อมูลจากกรมอุทกศาสตร์ ที่มีสถานีโทรมาตรถาวรติดตั้งอยู่บริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า และที่ท่าเรือกรุงเทพฯ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำของกรมอุทกศาสตร์ ซึ่งใช้การวิเคราะห์และการทำงานน้ำขึ้นน้ำลงด้วยวิธีแบบฮาร์โมนิก (Harmonic method) จากข้อมูลระดับน้ำรายปีเป็นระดับน้ำย่อย 112 ชุดข้อมูล ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยหากมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพอุทกนิยมนิคมวิทยาที่ผิดปกติมาตรฐานน้ำของกรมอุทกศาสตร์ สามารถมาใช้อ้างอิงระดับน้ำรายชั่วโมงของสถานีต่างๆ เทียบกับการวัดจริงในการลงพื้นที่ภาคสนาม โดยใช้การปรับแก้ด้วยค่าคงที่ของระดับน้ำต่ำสุด และค่าน้ำลงต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง

3.4 ข้อมูลความเร็วและอัตราการไหลของน้ำ

การเก็บข้อมูลความเร็วกระแสน้ำ ได้ใช้ RiverSurveyor® M9 วิ่งตัดขวางไป-กลับ ตลอดหน้าตัดของพื้นที่ศึกษา ซึ่งหลักการการทำงานของเครื่องมือชิ้นนี้ เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลื่นเสียง คอปเปลอร์ (Acoustic Doppler) ปลอยคลื่นความถี่ Acoustic ไปสะท้อนสสารที่กระจายไปกับการไหลของน้ำและส่งข้อมูลกลับมาเพื่อแปลงเป็นความเร็ว และประมวลผลผ่าน Software ของชุดเครื่องมือ ADCP โดยคำนวณปริมาณน้ำในแต่ละเซลล์ เพื่อรวมผลเป็นอัตราการไหล ณ เวลานั้นๆ [21]

3.5 ข้อมูลอุณหภูมิของน้ำ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ คือ HOBO Water Temperature Pro v2 Data Logger แสดงดังรูปที่ 2 มีความละเอียด 12 บิต มีความความถูกต้องแม่นยำ ในระดับไม่เกิน $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ สามารถวัดอุณหภูมิในน้ำได้สูงถึง $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ และผลของการเก็บข้อมูลอุณหภูมิทั้งหมด ผ่านการคัดแยกและปรับปรุงข้อมูลด้วยโปรแกรม HOBOware [22]

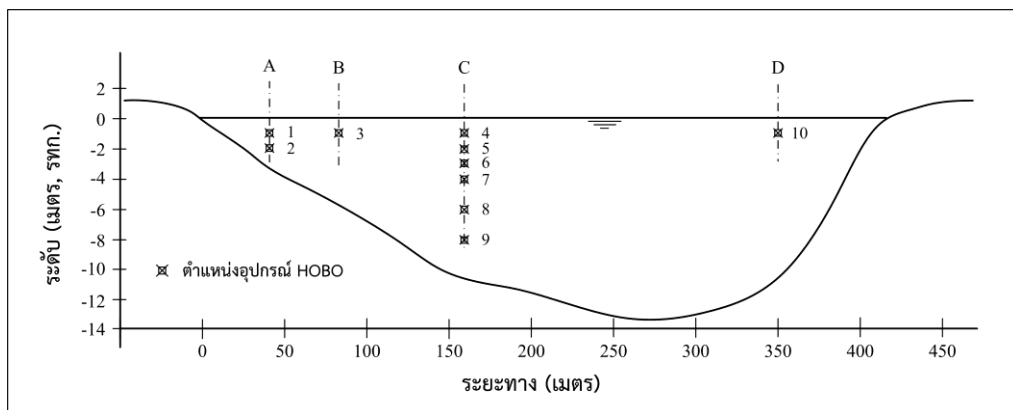
ในการเก็บวัดข้อมูลอุณหภูมิ ที่ระดับความลึกต่างๆ ทำได้โดยการผูกมัดอุปกรณ์ HOBO กับเชือกตามระยะที่กำหนด (รูปที่ 2) โดยให้ปลายเชือกด้านบนยึดติดกับทุ่นลอย และปลายเชือก ด้านล่าง ยึดติดกับสมอที่ยึดติดกับท้องน้ำ ซึ่งจะช่วยให้ทุ่นลอย อยู่ในตำแหน่งในแนวราบ ที่คลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5 เมตร (แม่น้ำกว้างประมาณ 400 เมตร) นอกจากนี้ ในการกำหนด ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิในแนวตั้ง ยังได้เผื่อการเอียงตัวของเชือกเนื่องจากการไหลของกระแสน้ำ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในแนวตั้ง ไม่เกิน ± 0.2 เมตร (ความลึกประมาณ 10 เมตร)



รูปที่ 2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ HOBO Water Temp Pro V2

การเก็บวัดอุณหภูมินี้ในแม่น้ำเจ้าพระยา มีการกำหนดจุดและตั้งชื่อสถานีต่างๆ เพื่อความเข้าใจได้ง่าย (รูปที่ 1) และสะดวกต่อการนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ โดยแต่ละตำแหน่งของการเก็บข้อมูลในแม่น้ำเจ้าพระยาจะมีการอ้างอิงการตั้งชื่อเป็นตัวเลขกำกับหน้าตัดและกำกับตำแหน่งความลึกจากผิวน้ำ ดังรูปที่ 3 และตารางที่ 2

ทั้งนี้การตั้งชื่อข้อมูลของตัวอย่าง มีการกำหนดไว้เพื่อความเข้าใจง่ายและสะดวกต่อการนำข้อมูลไปใช้ในการงานการวิเคราะห์ โดยสามารถอธิบายได้โดยอาศัยรูปแบบ ข้อมูลอุณหภูมิ $S_x : yTz$ เมื่อ S = หน้าตัดแม่น้ำ x = หมายเลขหน้าตัดแม่น้ำ y = ตำแหน่งอ้างอิงในแนวราบ T = ชุดข้อมูลอุณหภูมิ และ z = ตำแหน่งอ้างอิงในแนวตั้ง



รูปที่ 3 ตำแหน่งอ้างอิงการเก็บข้อมูลอุณหภูมิน้ำในแนวตั้งของหน้าตัดขวางแม่น้ำ

ตารางที่ 2 การอ้างอิงตำแหน่งการเก็บข้อมูลที่หน้าตัดต่างๆ

หน้าตัด	ตำแหน่งอ้างอิง		ระดับความลึก (เมตร)	ชื่อข้อมูล	จุดอ้างอิง (ระยะจากตลิ่ง เมตร)
	แนวราบ (รูปที่ 1)	แนวตั้ง (รูปที่ 3)			
S02	1	3	1	S02-1T1	จุด B (80)
	2	4 – 9	1, 2, 3, 4, 6 และ 8	S02-2T1 – 6	จุด C (160)
	3	10	1	S02-3T1	จุด D (350)
S15	Outfall N	1 – 2	1 และ 2	S15-NT1 – 2	จุด A (40)
S17	4	3	1	S17-4T1	จุด B (80)
	5	4	1	S17-5T1	จุด C (160)
S22	Outfall S	1 – 2	1 และ 2	S22-ST1 – 2	จุด A (40)
S28	6	3	1	S28-6T1	จุด B (80)
	7	4 – 9	1, 2, 3, 4, 6 และ 8	S28-7T1 – 6	จุด C (160)
	8	10	1	S28-8T1	จุด D (350)

กำหนดให้หน้าตัด S02 เป็นตัวแทนของหน้าตัดควบคุมต้นน้ำ ทำการติดตั้งทุ่นลอยในตำแหน่งของต้นน้ำบริเวณวัดบางหัวเสือ เลือกริเวณระหว่างพูก โดยให้ห่างจากแนวจอดเรือออกมาไม่น้อยกว่า 50 เมตร ทั้งนี้เพื่อลดผลกระทบต่ออุณหภูมิน้ำที่ได้รับผลกระทบจากเรือ (การถ่ายเทความร้อนจากเครื่องยนต์ น้ำอับเฉาที่องเรือที่มีการสูบลูกสูบออก) มีจุดวัดอุณหภูมิทั้งหมด 3 จุด และมีการวัดอุณหภูมิในแนวตั้ง 1 จุด

กำหนดให้บริเวณหน้าโรงชักน้ำ (Intake) ของโรงไฟฟ้าเป็นหน้าตัดตรวจสอบ เป็นจุดอ้างอิง โดยการเก็บวัดอุณหภูมิแบ่งเป็น 2 ตำแหน่ง คือ บริเวณบันไดของสะพานทางเดินและ ตำแหน่งกลางแม่น้ำแนวเดียวกันกับโรงชักน้ำ และกำหนดให้หน้าตัด S28 เป็นหน้าตัดควบคุมท้ายน้ำ อยู่ที่บริเวณชุมชนศาลเจ้าพ่อหลวงชุมพล โดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ เพราะบริเวณท้ายน้ำมีคลองบางปลาจืด ซึ่งเป็นลำคลองขนาดใหญ่เชื่อมต่อ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิน้ำที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาอิทธิพลต่อการตรวจวัดได้ ที่หน้าตัด S28 มีจุดวัดอุณหภูมิทั้งหมด 3 จุด และมีการวัดอุณหภูมิในแนวตั้ง 1 จุด

4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

4.1 อิทธิพลของฤดูกาลต่อลักษณะของอุณหภูมิน้ำ

ในการเก็บข้อมูลจำนวน 9 ครั้ง ครอบคลุมทั้งฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อค่าอุณหภูมิในในพื้นที่ศึกษา ผลการศึกษาสามารถแบ่งลักษณะอุณหภูมิน้ำออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มอุณหภูมิเฉลี่ยปานกลาง กลุ่มอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ (พบในช่วงปลายเดือนธันวาคมและมกราคม) และกลุ่มอุณหภูมิเฉลี่ยสูง (พบในช่วงเดือนเมษายน) ในการแบ่งกรณีการวิเคราะห์อุณหภูมิออกเป็น 3 กรณี เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์พฤติกรรม ของการกระจายอุณหภูมิในแต่ละสภาพภูมิอากาศ

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยปานกลาง ซึ่งได้จากการลงพื้นที่ครั้งที่ 1, 2, 3, 6, และ 7 จะเห็นว่าน้ำในแม่น้ำมีอุณหภูมิระหว่าง 29.22 ถึง 32.23 องศาเซลเซียส โดยค่าอุณหภูมิที่เก็บวัดได้มีค่าเกาะกลุ่มกันไปในแนวทางเดียวกัน และไม่แตกต่างกันมาก

กลุ่มชุดข้อมูลอุณหภูมิต่ำ ได้จากการลงพื้นที่ครั้งที่ 4 และ 5 จะเห็นว่าน้ำในแม่น้ำมีอุณหภูมิระหว่าง 27.75 ถึง 29.62 องศาเซลเซียส คือมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 30 องศา เนื่องจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลในฤดูหนาวซึ่งส่งผลทำให้มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าค่าปกติ

กลุ่มชุดข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยสูง ได้จากการลงพื้นที่ครั้งที่ 8 และ 9 ซึ่งเป็นการลงพื้นที่เก็บข้อมูลอุณหภูมิในช่วงหน้าร้อน จะเห็นว่าน้ำในแม่น้ำมีอุณหภูมิระหว่าง 30.17 ถึง 32.61 องศาเซลเซียส คือมีอุณหภูมิที่สูงกว่า 30 องศา ซึ่งอุณหภูมิที่ได้นั้นมีค่าสูงกว่าข้อมูลที่ผ่านมาทุกครั้ง จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลทั้ง 9 ครั้ง สามารถสรุปช่วงข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด ได้ดังตารางที่ 3

กรณีอุณหภูมิเฉลี่ยสูง ซึ่งเมื่อลองเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดที่สถานที่ต่างๆ ที่เก็บวัดได้จากการลงพื้นที่ครั้งที่ 8 (2 - 3 เม.ย. 2559) และครั้งที่ 9 (30 เม.ย. - 1 พ.ค. 2559) แสดงดังตารางที่ 3 จะพบว่าในฤดูร้อน อุณหภูมิที่บริเวณหน้าโรงซักน้ำ (S17) เทียบจะไม่แตกต่างจากอุณหภูมิน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาที่หน้าตัด ควบคุมต้นน้ำ (S02) และท้ายน้ำ (S28) โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างกันไม่เกิน 0.4 องศาเซลเซียส นั้นหมายความว่า ในช่วงฤดูร้อน น้ำบริเวณหน้าโรงซักน้ำ จะมีอุณหภูมิสูงมากกว่า 32 องศาเซลเซียส เนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำธรรมชาติเอง

ตารางที่ 3 ช่วงข้อมูลอุณหภูมิน้ำที่เก็บวัดได้จากการลงพื้นที่

ครั้งที่	ฤดูกาล	อุณหภูมิ (เซลเซียส)									
		S02		S15		S17		S22		S28	
		ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
1	ฝน	30.07	30.90	-	-	29.99	31.82	-	-	29.92	31.13
2	ฝน	30.12	30.75	-	-	30.12	32.23	-	-	29.97	31.79
3	ฝน	29.32	30.42	-	-	29.27	30.40	-	-	29.22	30.47
4	หนาว	27.90	28.62	-	-	27.90	28.54	-	-	27.75	28.59
5	หนาว	27.83	29.19	27.90	29.49	27.85	29.22	27.92	29.64	27.80	29.62
6	หนาว	29.59	30.77	29.24	31.23	29.44	30.44	29.27	33.18	29.59	31.51
7	หนาว	29.87	31.08	30.07	31.79	29.99	31.26	29.97	31.59	29.79	30.95
8	ร้อน	30.34	31.36	30.39	32.30	30.34	31.74	30.22	32.12	30.17	31.56
9	ร้อน	31.69	32.72	31.71	32.85	31.71	32.64	30.62	32.67	31.28	32.61

4.2 อิทธิพลของแสงแดดต่อลักษณะของอุณหภูมิน้ำ

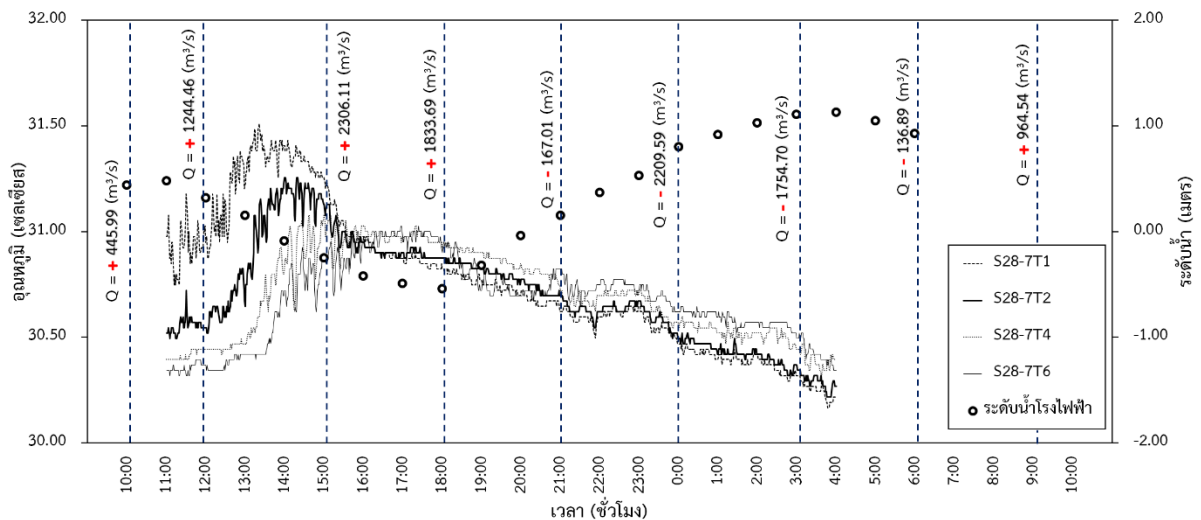
จากการพิจารณาที่หน้าตัดควบคุมต้นน้ำ (S02) และหน้าตัดท้ายน้ำ (S28) ซึ่งไม่ได้รับ อิทธิพลจากการปล่อยน้ำอุ่นจากโรงไฟฟ้า พบว่าอุณหภูมิน้ำมีการเปลี่ยนแปลงในแนวตั้งอย่างเห็นได้ชัดเจนในช่วงความลึกไม่มาก เช่น ที่ความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำ

ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพล จากแสงแดดจากดวงอาทิตย์ และเมื่อความลึกจากผิวน้ำเพิ่มมากขึ้น อุณหภูมิน้ำจะลดต่ำลง และค่อนข้างต่ำใกล้เคียงกันเมื่อความลึกน้ำเพิ่มขึ้น

เมื่อไม่พิจารณาอิทธิพลของกระแส น้ำ โดยปกติแล้ว พบว่าในช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิน้ำจะมีการแปรผันสูงบริเวณผิวน้ำ เพราะได้รับอิทธิพลจากการถ่ายเทอุณหภูมิระหว่างชั้นบรรยากาศ และรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง และระดับอุณหภูมิจะไล่ระดับความแปรผันที่ค่อยๆ ลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น พิจารณาจากกรณีตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิน้ำซึ่งได้จากการเก็บวัดครั้งที่ 8 ในฤดูน้ำน้อย ในช่วงน้ำเกิด ที่หน้าตัดควบคุม S28 ดังรูปที่ 4

ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิที่ผิวน้ำขึ้นสูงสุดในเวลากลางวัน ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ ที่ผิวน้ำกับอุณหภูมิที่ใกล้ๆ ใต้น้ำ มีค่าระหว่าง 0.9 ถึง 1.7 องศาเซลเซียส แต่สำหรับในช่วงฤดูหนาว ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ผิวน้ำกับที่ใกล้ๆ ใต้น้ำในเวลากลางวัน อาจมีค่าสูงถึง 1.8 องศาเซลเซียส เมื่อเข้าสู่ช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิในอากาศลดต่ำลง และไม่มีรังสีจากดวงอาทิตย์มากระทำต่อน้ำในแม่น้ำ อุณหภูมิที่ผิวน้ำจะเย็นลงอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิจะลดลงตามความลึกและขยับเข้ามาจนใกล้เคียงกันทั้งหน้าตัด โดยมีค่าความแตกต่างระหว่างค่าอุณหภูมิที่ผิวน้ำกับค่าอุณหภูมิ ที่ใกล้ๆ ใต้น้ำประมาณ 0.2 ถึง 0.3 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลากลางวัน (11:00 ถึง 15:00 น.) เป็นช่วงที่รังสีจากดวงอาทิตย์มีความเข้มสูง การถ่ายเทพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สู่ผิวน้ำเป็นไปอย่างดี อุณหภูมิน้ำในแม่น้ำ ในช่วงเวลาดังกล่าวจึงสูงกว่าที่เวลาอื่นๆ อย่างชัดเจน



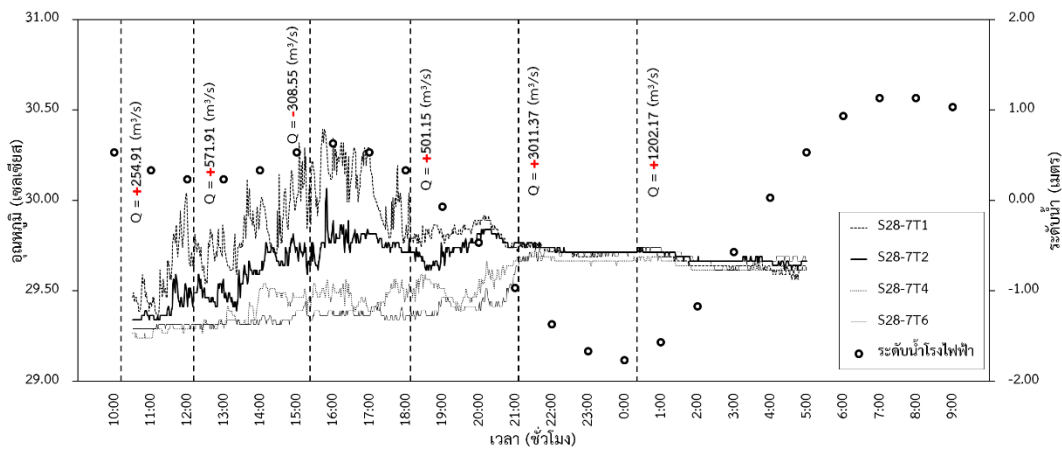
รูปที่ 4 อุณหภูมิน้ำ กรณีฤดูน้ำน้อย - น้ำเกิด ที่หน้าตัด S28 (ข้อมูลครั้งที่ 8)

4.3 อิทธิพลของปริมาณน้ำจืดและวัฏจักรน้ำ

ในการพิจารณาถึงกรณีอิทธิพลของน้ำจืด จะเป็นการพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาที่น้ำทะเลกำลังลง ไปจนถึงช่วงเวลาที่น้ำทะเลลงต่ำสุดและเริ่มปรับระดับให้สูงขึ้นเล็กน้อย ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวนี้ การไหลของน้ำในแม่น้ำจากทางต้นน้ำไปยังท้ายน้ำนั้นเป็นไปได้อย่างอิสระ โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกในการขับเคลื่อนมวลน้ำตามความลาดชันของผิวน้ำ

ในทางกลับกัน ในการพิจารณาถึงกรณีอิทธิพลของน้ำทะเล จะเป็นการพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาในระดับน้ำทะเลกำลังขึ้น ไปจนถึงช่วงเวลาที่น้ำทะเลอยู่ในจุดสูงสุด และเริ่มปรับระดับให้ลดลงเล็กน้อย ในช่วงเวลาดังกล่าวนี้ การไหลของน้ำในแม่น้ำจากทางต้นน้ำไปยังท้ายน้ำนั้นจะลดต่ำลง การรुकล้าของน้ำทะเลจะค่อยๆเคลื่อนเข้าสู่พื้นที่ปากแม่น้ำไปตามแม่น้ำด้วยความเร็วที่ค่อนข้างช้ากว่า ในกรณีที่น้ำจากต้นน้ำไหลลงสู่ทะเล

ในฤดูน้ำมาก เนื่องจากปริมาณน้ำจากต้นน้ำมาก จึงมีการกระจายและถ่ายเทอุณหภูมิกันอย่างทั่วถึง พิจารณากรณีตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิน้ำซึ่งได้จากการเก็บวัดครั้งที่ 3 ในฤดูน้ำมาก ในช่วงน้ำเกิด ดังรูปที่ 5



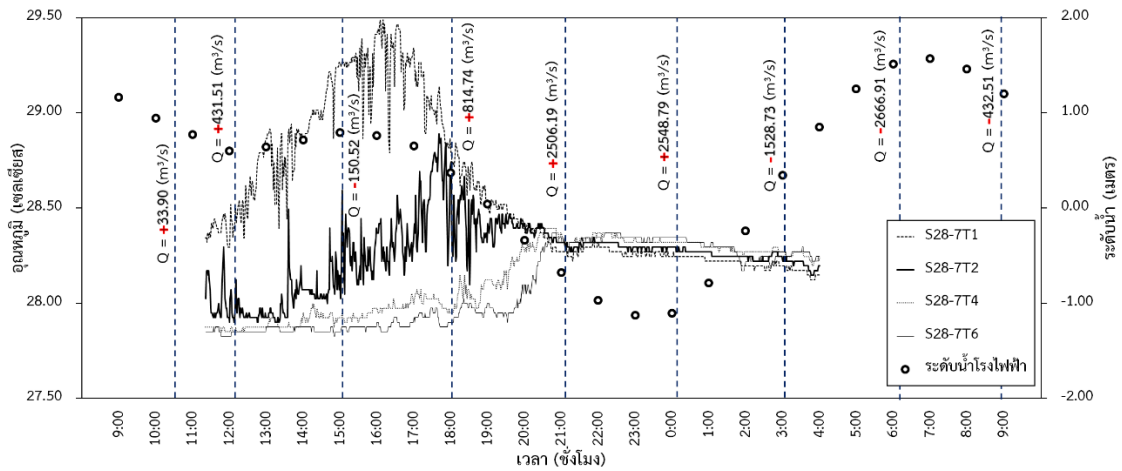
รูปที่ 5 อุณหภูมิน้ำ กรณีฤดูน้ำมาก - น้ำเกิด ที่หน้าตัด S28 (ข้อมูลครั้งที่ 3)

ในกรณีฤดูน้ำมาก เมื่ออัตราการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา มากเกินกว่า 2,000 ลบ.ม./วินาที น้ำในส่วนที่อยู่ลึกลงและใกล้บริเวณท้องน้ำ (ความลึกประมาณ 4 – 7 เมตร) เริ่มมีอุณหภูมิสูงขึ้น และมีค่าอุณหภูมิเข้าใกล้กับที่ผิวน้ำ ทั้งนี้ เนื่องจากกระแสน้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเลมีความเร็วสูง และด้วยความลึกน้ำที่มากพอสมควร มวลน้ำจึงมีการแลกเปลี่ยนกันเป็นอย่างดีในระหว่างชั้นการไหล อุณหภูมิที่ผิวน้ำและใกล้ๆ ผิวน้ำมีการถ่ายเทอย่างดี

ในส่วนของฤดูน้ำปานกลาง พิจารณากรณีตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิน้ำซึ่งได้จากการเก็บวัดครั้งที่ 5 ในฤดูน้ำปานกลาง ในช่วงน้ำเกิด ดังรูปที่ 6 โดยบริเวณใกล้ผิวน้ำจะมีการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับอากาศ ช่วงบ่าอุณหภูมิที่ผิวน้ำจึงค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่อยู่ลึก ลักษณะของอุณหภูมิในแนวตั้งมีความแปรผันสูง และแตกต่างกันพอสมควร แต่เมื่อความลึกเพิ่มขึ้น (ตั้งแต่ 2.5 เมตร ลงไป) ลักษณะอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน

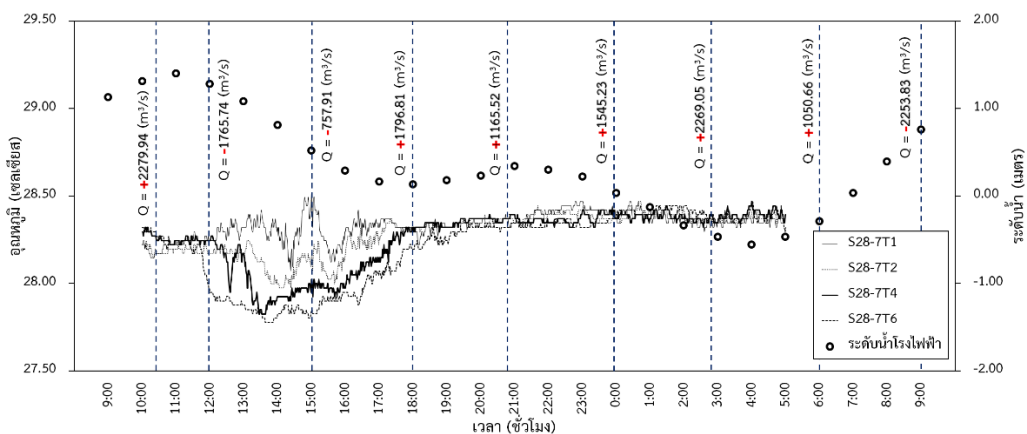
ในการทำงานเดียวกันกับกรณีช่วงฤดูน้ำมาก พบว่าในช่วงเวลาระหว่างที่ระดับน้ำลดลง เข้าใกล้ระดับต่ำสุด และเริ่มยกระดับขึ้น หลังจากผ่านระดับต่ำสุดมาแล้วนั้น ความลาดชันผิวน้ำ จะมีความชันสูง เมื่ออัตราการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา มากเกินกว่า 2,000 ลบ.ม./วินาที มวลน้ำจืด ที่ไหลลงสู่ทะเลจะมีความเร็วสูง กระบวนการผสมจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว มีการถ่ายเทอุณหภูมิ ในแนวตั้งระหว่างชั้นการไหลเป็นอย่างดี จึงช่วยให้มวลน้ำอุ่นที่บริเวณผิวน้ำ ผสมกับมวลน้ำที่เย็นกว่า อยู่ในพื้นที่จำกัดและไม่แพร่ออกไปไกล

ในฤดูน้ำน้อย ปริมาณน้ำจืดจากต้นน้ำมีน้อย มวลน้ำทะเลจึงรุกเข้าสู่อพื้นที่เกือบตลอดเวลา น้ำที่ผิวจะมีอุณหภูมิสูงเนื่องจาก การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ แต่น้ำที่อยู่ลึกมากกว่า 1 เมตร ลงไป จะได้รับอิทธิพลจากมวลน้ำทะเล จึงทำให้อุณหภูมิทั้งหน้าตัดไม่ ก่อมีความแตกต่างกันมากนัก ซึ่งสามารถอ้างอิงอุณหภูมิของน้ำทะเลมาเป็นตัวแทนของอุณหภูมิของน้ำในแม่น้ำทั้งหน้าตัดลำน้ำ ได้



รูปที่ 6 อุณหภูมิน้ำ กรณีฤดูน้ำปานกลาง - น้ำเกิด ที่หน้าตัด S28 (ข้อมูลครั้งที่ 5)

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของน้ำเกิด-น้ำตาย พิจารณากรณีตัวอย่างข้อมูล อุณหภูมิน้ำซึ่ง ได้จาก การเก็บวัดครั้งที่ 4 ในฤดูน้ำมาก ในช่วงน้ำตาย ดังรูปที่ 7 พบว่าในกรณีของน้ำตาย อุณหภูมิน้ำ ที่ระดับความลึกต่างๆ มีช่วงความแตกต่างแคบกว่าในกรณีของน้ำ เกิดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจาก ในช่วงน้ำตาย ระดับน้ำทะเลมีการขึ้น-ลงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และมีผลดองเปรียบเทียบกับ ข้อมูลอุณหภูมิที่เก็บวัดในฤดูน้ำมาก-น้ำเกิด ที่หน้าตัดเดียวกัน (รูปที่ 5) จึงอาจจะกล่าวได้ว่า ในระหว่างวันที่น้ำเกิด การกระจาย ของอุณหภูมิในแนวตั้งจะผันแปรตามระดับน้ำมากกว่า ในวันที่น้ำตายเล็กน้อย

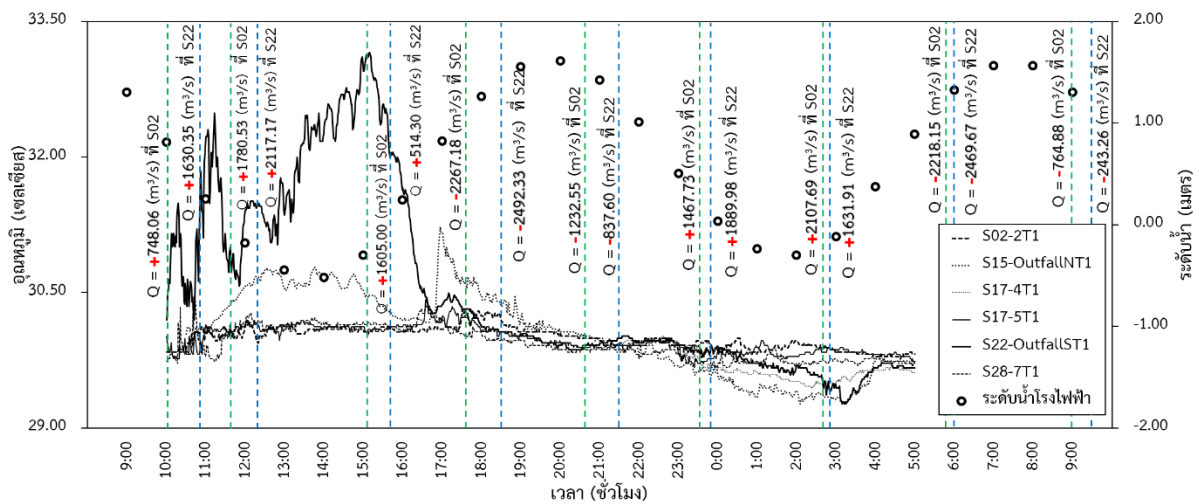


รูปที่ 7 อุณหภูมิน้ำ กรณีฤดูน้ำมาก-น้ำตาย ที่หน้าตัด S28 (ข้อมูลครั้งที่ 4)

4.4 ผลกระทบจากการปล่อยน้ำอุ่น

น้ำที่ระบายออกมาจากระบบหล่อเย็นของกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ที่ปากท่อ (ริมตลิ่ง) มีอุณหภูมิ ประมาณ 39±1 องศาเซลเซียส น้ำส่วนที่ถูกปล่อยออกมานี้ไหลผ่าน หน้าตัด S15 และ S22 ซึ่งเป็นหน้าตัดที่กำหนดเพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำอุ่นที่ถูกปล่อยออกมาจากระบบหล่อเย็นของโรงไฟฟ้า น้ำที่เก็บวัดจากทั้งสองหน้าตัดนี้ จึงมีอุณหภูมิสูงกว่าที่หน้าตัดอื่นๆ

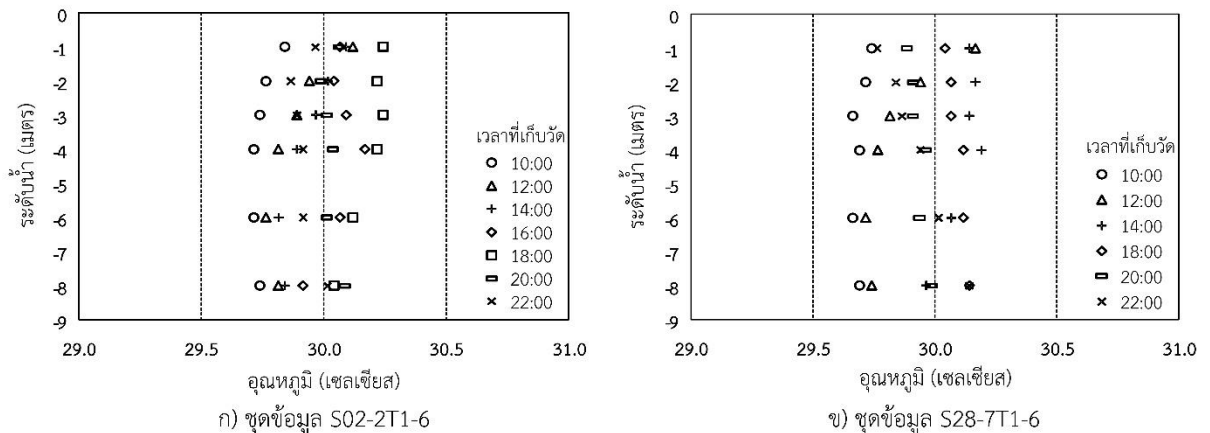
พิจารณาข้อมูลอุณหภูมิ น้ำ บริเวณใกล้ผิวน้ำจากการลงพื้นที่ภาคสนามครั้งที่ 6 ซึ่งเก็บวัดใน ช่วงฤดูน้ำปานกลางค่อนข้างน้อย และมีการปล่อยน้ำอุ่นลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ดังแสดงในรูปที่ 8 สามารถอธิบายได้ว่า ในช่วงเวลากลางวันที่มีการผลิตไฟฟ้าตามความต้องการการใช้ไฟฟ้าโดยไม่ลดกำลังการผลิต การใช้น้ำในระบบและการปล่อยน้ำอุ่นจากระบบหล่อเย็นอย่างต่อเนื่อง ทำให้อุณหภูมิ น้ำบริเวณหน้าโรงชักน้ำ (S17) มีอุณหภูมิสูงขึ้น อุณหภูมิที่หน้าตัด S22 สูงกว่าหน้าตัดอื่นประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำอุ่น ที่ปล่อยออกมาส่งผลให้น้ำบริเวณหน้าตัด S17 (Intake) มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส และเมื่อระดับน้ำลดต่ำลงจะมีการถ่ายเทอุณหภูมิค่อนข้างน้อยทำให้อุณหภูมิ น้ำสูงขึ้น ไปเรื่อยๆ จนเมื่อระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นในระดับ ที่ปริมาณน้ำในแม่น้ำสามารถเข้ามาแลกเปลี่ยนอุณหภูมิในพื้นที่ปล่อยน้ำอุ่นได้ ประกอบกับกระแสน้ำ ที่มีความเร็วสูง การไหลแบบปั่นป่วนจะช่วยให้อุณหภูมิน้ำลดลงและปรับสมดุลอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิในแม่น้ำ



รูปที่ 8 อุณหภูมิที่ผิวน้ำ กรณีฤดูน้ำปานกลาง (ค่อนข้างน้อย) - น้ำตาย (ข้อมูลครั้งที่ 6)

พิจารณาหน้าตัด S17 ซึ่งเป็นหน้าตัดที่อยู่หน้าโรงชักน้ำของโรงไฟฟ้า อุณหภูมิที่บริเวณหน้าโรงชักน้ำ (S17) ไม่ได้ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่มีการปล่อยน้ำอุ่นจากจุดปล่อยน้ำที่บริเวณใกล้เคียงเท่านั้น แต่ยังสัมพันธ์กับตัวแปรด้านชลศาสตร์ ได้แก่ ระดับน้ำ และอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาอีกด้วย ซึ่งตัวแปรด้านชลศาสตร์นี้มีผลต่ออุณหภูมิน้ำที่เก็บวัดด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้าระดับน้ำและอัตราการไหลมีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิที่หน้าโรงชักน้ำ (หน้าตัด S17-4T1 และ S17-5T1) มีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งสองสถานี เนื่องจากความแปรปรวนของกระแสน้ำ ช่วยให้การแพร่ของน้ำอุ่นกระจายทั่วถึงกันดี แต่ในทางกลับกัน หากระดับน้ำและอัตราการไหลลดต่ำ การไหลหมุนเวียนของน้ำจะต่ำส่งผลให้อุณหภูมิที่บริเวณหน้าโรงชักน้ำค่อนข้างแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาการผันแปรของอุณหภูมิน้ำตามความลึก ที่ตำแหน่งน้ำลึกอุณหภูมิน้ำค่อนข้างคงที่ แต่อุณหภูมิน้ำจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วที่บริเวณผิวน้ำ เนื่องจากมวลน้ำอุ่นมีความหนาแน่นต่ำจะลอยตัวเหนือมวลน้ำเย็น นอกจากนี้แล้วที่ผิวน้ำจะได้รับอิทธิพลของแสงแดดในเวลากลางวัน อุณหภูมิน้ำจึงสูง และค่อยๆ เย็นตัวลงในเวลากลางคืน (รูปที่ 9) ซึ่งเมื่อพิจารณาอิทธิพลของกระแสน้ำ ต่อลักษณะการกระจายอุณหภูมิตามความลึก พบว่าการกระจายอุณหภูมิในแนวตั้งจะเปลี่ยนแปลง อย่างชัดเจน ในช่วงเวลาที่น้ำทะเลลดต่ำสุด (เวลาประมาณ 13:30น.) และในช่วงเวลาที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุด (เวลาประมาณ 19:00น.) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่กระแสน้ำในแม่น้ำ อยู่ในสภาวะค่อนข้างนิ่ง ความเร็วการไหลค่อนข้างต่ำ



รูปที่ 9 การผันแปรของอุณหภูมิตามความลึก (ข้อมูลครั้งที่ 6)

ในการเปรียบเทียบ อุณหภูมิน้ำที่เก็บวัดได้ที่สถานี S17-4T1 และ S17-5T1 (อยู่ห่างจากตลิ่ง 80 และ 160 เมตร ตามลำดับ) ในช่วงเวลา กลางวัน พบว่าอุณหภูมิน้ำที่เก็บวัดได้ที่ S17-4T1 จะสูงกว่าที่เก็บวัดได้ที่สถานี S17-5T1 ประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิน้ำที่เก็บวัด จากสถานี S17-5T1 เข้าใกล้อุณหภูมิน้ำที่หน้าตัดควบคุมต้นน้ำ (S02) และท้ายน้ำ (S28) ซึ่งหมายความว่ากระแสน้ำอุ่นเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณริมตลิ่งห่างจากฝั่งประมาณ ไม่เกิน 160 เมตร และเนื่องจากแม่น้ำบริเวณนี้ กว้างประมาณ 420 เมตร จึงอาจจะกล่าวได้ว่าการถ่ายเทอุณหภูมิ ของมวลน้ำอุ่นกับมวลน้ำเย็นเสรีจลื่นสมบูรณ์ ในระยะตามแนว ขวางไม่เกินร้อยละ 40 ของความกว้าง ของแม่น้ำ

นอกจากนี้แล้วการศึกษานี้ได้พบว่าน้ำที่บริเวณหน้าตัดที่ 28 จุดวัดที่ 8 (S28-8T1) ซึ่งอยู่ตรงข้ามเขื่อนกับโรงไฟฟ้าพระนครใต้ ไปทางท้ายน้ำ น้ำบริเวณนี้จะมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงใกล้เคียงกับน้ำที่บริเวณ จุดปล่อยน้ำอุ่นจากโรงไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องมาจากเป็น แหล่งชุมชนศาลเจ้าพ่อหลวงชุมพล และโรงงานอุตสาหกรรมที่บริเวณนี้ ซึ่งน้ำอุ่นที่ถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาจากแหล่งนี้จะถูกพาเข้าสู่ต้นต้นน้ำ คือถูกพัดพาจากหน้าตัดที่ 28 ผ่านบริเวณโรงชักน้ำ (Intake) ไปสู่หน้าตัดที่ 2 ในช่วงน้ำทะเลขึ้น นั่นเอง

ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษานี้ ช่วยให้เห็นว่า ในการปล่อยน้ำอุ่นลงสู่แม่น้ำที่ได้รับอิทธิพล ของการเปลี่ยนแปลง ระดับน้ำทะเลนั้น ลักษณะการกระจายความร้อนในน้ำ จะสัมพันธ์กับ น้ำขึ้น-น้ำลง ในกรณีที่จุดปล่อยน้ำร้อนมีระยะห่าง จากทะเล มาก ช่วงเวลาที่เหมาะสม ต่อการปล่อยน้ำร้อน จึงเป็นช่วงเวลาที่น้ำทะเลกำลังลง แต่สำหรับกรณีที่จุดปล่อยน้ำร้อนอยู่ใกล้กับทะเล ช่วงเวลาที่เหมาะแก่การปล่อยน้ำร้อน ควรเป็นช่วงเวลาที่มวลน้ำทะเลกำลังไหลเข้าสู่แม่น้ำ เพราะเป็นช่วงที่ปริมาณน้ำมีมาก จึงช่วย

ให้เกิดการถ่ายเทอุณหภูมิในน้ำได้อย่างดี นอกจากนี้แล้ว การศึกษานี้ยังพบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย ไม่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศและสัตว์น้ำ

5. สรุปผลการศึกษา

อุณหภูมิเฉลี่ยในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง สามารถแบ่งลักษณะอุณหภูมิน้ำออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มอุณหภูมิเฉลี่ยปานกลาง กลุ่มอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ (พบในช่วงปลายเดือนธันวาคมและมกราคม) และกลุ่มอุณหภูมิเฉลี่ยสูง (พบในช่วงเดือนเมษายน) เมื่อไม่พิจารณาอิทธิพลของกระแสน้ำ โดยปกติแล้ว พบว่าในช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิน้ำจะมีการแปรผันสูงบริเวณฝั่วน้ำ เพราะได้รับอิทธิพลจากการถ่ายเทอุณหภูมิระหว่างชั้นบรรยากาศ และรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง และระดับอุณหภูมิจะไล่ระดับความแปรผันที่ค่อยๆ ลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น

กรณีช่วงฤดูน้ำมากและฤดูน้ำปานกลาง พบว่าในช่วงเวลาระหว่างที่ระดับน้ำลดลง เข้าใกล้ระดับต่ำสุด และเริ่มยกระดับขึ้น หลังจากผ่านระดับต่ำสุดมาแล้วนั้น ความลาดฝั่วน้ำ จะมีความชันสูง เมื่ออัตราการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา มากเกินกว่า 2,000 ลบ.ม./วินาที มวลน้ำจืด ที่ไหลลงสู่ทะเลจะมีความเร็วสูง กระบวนการผสมจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว มีการถ่ายเทอุณหภูมิ ในแนวตั้งระหว่างชั้นการไหลเป็นอย่างดี จึงช่วยให้มวลน้ำอุ่นที่บริเวณฝั่วน้ำ ผสมกับมวลน้ำที่เย็นกว่า อยู่ในพื้นที่จำกัดและไม่แพร่ออกไปไกล

ในกรณีของน้ำตาย อุณหภูมิที่ระดับความลึกต่างๆ มีช่วงความแตกต่างแคบกว่า ในกรณีของน้ำเกิดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากในช่วงน้ำตายระดับน้ำทะเลมีการขึ้น-ลงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงทำให้ในระหว่างวันที่น้ำเกิด การกระจายของอุณหภูมิน้ำในแนวตั้ง จะผันแปรตามระดับน้ำมากกว่าในวันที่น้ำตายเล็กน้อย

พิจารณาผลจากการปล่อยน้ำอุ่นที่หน้าตัด S15 และ S22 จากระบบหล่อเย็นอย่างต่อเนื่อง ทำให้อุณหภูมิน้ำบริเวณหน้าโรงซักน้ำ (S17) มีอุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อระดับน้ำลดต่ำลงจะมีการถ่ายเทอุณหภูมิก่อนข้างน้อยทำให้อุณหภูมิน้ำสูงขึ้นไปเรื่อยๆ จนเมื่อระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นในระดับที่ปริมาณน้ำในแม่น้ำสามารถเข้ามาแลกเปลี่ยนอุณหภูมิในพื้นที่ปล่อยน้ำอุ่นได้ ประกอบกับกระแสน้ำ ที่มีความเร็วสูง การไหลแบบปั่นป่วนจะช่วยให้อุณหภูมิน้ำลดลงและปรับสมดุลอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิในแม่น้ำ ประมาณไม่เกิน 160 เมตร และเนื่องจากแม่น้ำบริเวณนี้กว้างประมาณ 420 เมตร จึงอาจจะกล่าวได้ว่าการถ่ายเทอุณหภูมิ ของมวลน้ำอุ่นกับมวลน้ำเย็นเสร็จสิ้นสมบูรณ์ ในระยะตามแนวขวางไม่เกินร้อยละ 40 ของความกว้างของแม่น้ำ

ในฤดูร้อน อุณหภูมิน้ำที่บริเวณหน้าโรงซักน้ำ (S17) แทบจะไม่แตกต่างจากอุณหภูมิน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาที่หน้าตัด ควบคุมต้นน้ำ (S02) และท้ายน้ำ (S28) โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุด แตกต่างกันไม่เกิน 0.4 องศาเซลเซียส นั้นหมายความว่า ในช่วงฤดูร้อน น้ำบริเวณหน้าโรงซักน้ำ จะมีอุณหภูมิสูงมากกว่า 32 องศาเซลเซียส เนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำธรรมชาติเอง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ (NRU) และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย เครื่องมือ-อุปกรณ์ และอนุญาตให้ใช้พื้นที่เพื่อการศึกษาในครั้งนี้ และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนทุนบางส่วน สัญญาเลขที่ CE-KMUTT-FTERO 5702

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kalinowska, M.B. and Rowinski, P.M., 2012, "Uncertainty in computations of the spread of warm water in a river - lessons from Environmental Impact Assessment case study". *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(11), pp.4177-4190.
- [2] Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2015, *Environmental Impact Assessment In Thailand*. Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. 102 p.
- [3] Ministry of Science, 1996, *Technology and Environment No.3*, January 3, B.E.2539, which was published in the Royal Government Gazette, Vol.113, Part 13D, February 13, B.E.2539.
- [4] Kulkarni, V.A., Naidu, V.S. and Jagtap, T.G., 2011, "Marine ecological habitat: A case study on the projected thermal power plant around Dharamtar creek, India", *Journal of Environmental Biology*, 32(2), pp. 213-219.
- [5] Averyt, K., Fisher, J., Huber-Lee, A., Lewis, A., Macknick, J., Madden, N., Rogers, J. and Tellinghusen, S., 2011, *Freshwater used by US power plants: Electricity's thirst for a precious resource*, Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists, November.
- [6] Brauman, K.A., Daily, G.C., Duarte, T.K. and Mooney, H.A., 2007, "The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services", *Annual Review of Environmental Resources*, 32, pp. 67-98.
- [7] Langford, T.E., 2001, "Thermal discharges and pollution", *Encyclopedia of Oceanic Sciences*, Academic Press, pp. 2933-40.
- [8] Webb, B.W., Clack, P.D. and Walling, D.E., 2003, "Water-air temperature relationships in a Devon river system and the role of flow", *Hydrological Processes*, 17(15), pp. 3069-3084.
- [9] Wilhelm, S., Hintze, T., Livingstone, D.M. and Adrian, R., 2006, "Long-term response of daily epilimnetic temperature extrema to climate forcing", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63, pp. 2467-2477.
- [10] Pedersen, N.L. and Sand-Jensen, K., 2007, "Temperature in lowland Danish streams: contemporary patterns, empirical models and future scenarios", *Hydrological Processes*, 21(3), pp. 348-358.
- [11] Austin, J.A. and Allen, J., 2011, "Sensitivity of summer Lake Superior thermal structure to meteorological forcing", *Limnology and Oceanography*, 56(3), pp. 1141-1154.
- [12] Madden, N., Lewis, A. and Davis, M., 2013, "Thermal effluent from the power sector: an analysis of once-through cooling system impacts on surface water temperature", *Environmental Research Letters*, 8, 035006, 8p.
- [13] Kimmell, T.A. and Veil, J.A., 2009, *Impact of drought on US steam electric power plant cooling water intakes and related water resource management issues*, Technical Report No. DOE/NETL-2009/1364, National Energy Technology Laboratory, US Department of Energy.
- [14] Sovacool, B.K. and Sovacool, K.E., 2009, "Preventing national electricity-water crisis areas in the United States", *Columbia Journal of Environmental Law*, 34(2), pp. 333-393.
- [15] van Vliet, M.T.H., Yearsley, J.R., Ludwig, F., Voegele, S., Lettenmaier, D.P. and Kabat, P., 2012, "Vulnerability of US and European electricity supply to climate change" *Nature Climate Change*, 2(9), pp. 676-681.
- [16] Bowden, K.F., 1965, "Horizontal mixing in the sea due to a shearing current", *Journal of Fluid Mechanics*, 21(1), pp. 83-95.
- [17] Fischer, H.B., 1972, "Mass transport mechanisms in partially stratified estuaries", *Journal of Fluid Mechanics*, 53(4), pp. 671-687.
- [18] Chinnarasri, C. and Kemden, N., 2015, "Discharge estimation of a tidal river with reverse flow: case of the Chao Phraya River, Thailand" *Journal of Hydrologic Engineering*, 21(4), 06015016.
- [19] Kalinowska, M.B., Rowinski, P.M., Kubrak, J., and Mirosław-Swiątek, D., 2012, "Scenarios of the spread of a waste heat discharge in a river - Vistula River case study", *Acta Geophysica*, 60(1), pp. 214-231.

- [20] Kalinowska, M.B. and Rowinski, P.M., 2008, "Numerical solutions of two-dimensional mass transport equation in flowing surface waters", Publications of the Institute of Geophysics Polish Academy of Science, Mono-Graphic Volume, E-8(404), 200p.
- [21] Chinnarasri, C., Phothiwijit, K. and Apipattanavis, S., 2017, "A study of flow characteristics in the lower Chao Phraya River using acoustic doppler velocity technology" KMUTT Research and Development Journal, 40(2), 217-235.
- [22] Onset Computer Corporation, 2017, HOBO® Water Temp Pro v2 Logger data sheet, Available online: <https://goo.gl/7kA9Jt> (accessed on 8 May 2017).