

คุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงในช่วงปี พ.ศ. 2559 – 2561

Water quality of the Bangpakong River during 2016 – 2018

ศุภชัย ยืนยง, นภาพร นิมสุวรรณ, อนุกูล บูรณประทีปรัตน์, วิชญา กันบัว, เผชญิโชค จินตเศรณี,

ภัทราวุธ ไทยพิชิตบุรพา และ จริยวดี สุริยพันธ์

Suphachai Yuenyong, Napaporn Nimsuwan, Anukul Buranapratheprat, Vichaya Gunboa,

Pachoenchoke Jintasaeranee, Patrawut Thaipichitburapa and Jariyavadee Suriyaphan

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

Received : 16 October 2018

Revised : 9 January 2018

Accepted : 14 January 2019

บทคัดย่อ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกง ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด-เบส ตะกอนแขวนลอย แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรท ออโรฟอสเฟต ซิลิเกต และคลอโรฟิลล์-เอ ในช่วงปี พ.ศ. 2559 – 2561 ในช่วงฤดูแล้ง (ธันวาคม – พฤษภาคม) และฤดูน้ำมาก (มิถุนายน – พฤศจิกายน) พบว่าคุณภาพน้ำทุกชนิดมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่าที่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล อุณหภูมิของน้ำมีค่าสูงในช่วงฤดูร้อนจนถึงฤดูฝนและต่ำในช่วงฤดูหนาวโดยมีความแตกต่างเชิงพื้นที่ระหว่างสถานีตรวจวัดตมกันมาก ความเค็มมีค่าสูงจากปากแม่น้ำเข้าไปจนถึงต้นแม่น้ำในช่วงฤดูแล้งและมีสภาพเป็นน้ำจืดตลอดลำน้ำในช่วงฤดูน้ำมาก ความเป็นกรด-เบสของน้ำมีคุณสมบัติเป็นเบสอ่อนๆ ในช่วงฤดูแล้งและเป็นกรดอ่อนๆ ในช่วงฤดูน้ำมาก พบสภาวะพร่องออกซิเจนในแม่น้ำในช่วงฤดูน้ำมากที่เกิดจากการชะล้างสารอินทรีย์ลงสู่แม่น้ำสูงสำหรับตะกอนแขวนลอย ไนโตรเจน ไนเตรท และออโรฟอสเฟตพบว่ามีค่าสูงที่บริเวณปากแม่น้ำในช่วงฤดูแล้ง ในขณะที่แอมโมเนียมีค่าสูงเกือบตลอดลำน้ำในช่วงฤดูน้ำมาก ส่วนซิลิเกตมีค่าสูงในบริเวณที่เกิดการผสมผสานระหว่างน้ำจืดและน้ำทะเล ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอที่พบว่ามีค่าสูงในบางบริเวณในช่วงฤดูแล้งของปี พ.ศ. 2560 มีความสัมพันธ์กับสารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำในกลุ่มของไนโตรเจนและออโรฟอสเฟตซึ่งมีปริมาณสูงที่สุดตลอดลำน้ำในช่วงเวลานั้น การศึกษาคุณภาพน้ำในครั้งนี้พบว่าพารามิเตอร์ทุกชนิดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ ยกเว้น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีค่าต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดลำน้ำในช่วงฤดูน้ำมาก และแอมโมเนียที่มีความเข้มข้นมากกว่า 35.7 ไมโครโมลาร์ บริเวณต้นน้ำและปลายน้ำในช่วงฤดูเดียวกัน

คำสำคัญ : คุณภาพน้ำ, แม่น้ำบางปะกง, การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

*Corresponding author. E-mail: anukul@buu.ac.th

Abstract

Seasonal variations of water qualities including temperature, salinity, dissolved oxygen (DO), pH, suspended sediment (SS), ammonia, nitrite, nitrate, orthophosphate, silicate and chlorophyll-a (Chl-a) in the Bangpakong River were investigated during 2016 and 2018. Dry season and wet season were specified for the periods from December to May and from June to November, respectively. The results showed that the variations of all water qualities were related to the river discharge. Water temperature was high during summer and rainy seasons, and was low during winter, with not much variations among sampling stations. High salinity was observed from the mouth toward the headwater of the river in dry season, while fresh water occupied the entire river in wet season. The pH data indicated that the water was weak basic and weak acidic in dry and wet seasons, respectively. Hypoxic water developed in wet season which was resulted from the leaching of organic material into the river. The SS, nitrite, nitrate and orthophosphate were high near the river mouth in dry season, whereas ammonia was high throughout the river in wet season. Silicate was high in the area where fresh water and seawater were mixed. High Chl-a in some area during dry season in 2017 was supposedly related to the levels of dissolved inorganic nitrogen (ammonia + nitrite + nitrate) and orthophosphate, of which that the highest values were observed in the entire rivers during that time. Most water qualities, except dissolved oxygen and ammonia, met the water quality standard of Pollution Control Department. The dissolved oxygen of lower than 4 mg/L was found in the entire river in wet season. Meanwhile, ammonia which was higher than 35.7 μM was observed in the river mouth and the headwater of the river during the same season.

Keywords: water quality, the Bangpakong River, seasonal variation

บทนำ

แม่น้ำบางปะกง เกิดจากแม่น้ำนครนายกกับแม่น้ำปราจีนบุรีไหลมาบรรจบกันบริเวณเขตรอยต่อระหว่างอำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี และอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา ไหลผ่านอำเภอบางคล้า อำเภอดงเค็ง อ่างทอง เขื่อน อ่างทอง เมืองฉะเชิงเทรา อ่างทองบ้านโพธิ์ ก่อนจะไหลออกสู่ทะเลอ่าวไทยตอนบนที่อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา รวมความยาวทั้งสิ้นประมาณ 122 กิโลเมตร (HAII, 2012) ในปัจจุบันมีการขยายตัวของพื้นที่แหล่งชุมชน เกษตรกรรม ปศุสัตว์ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ตลอดสองฝั่งของแม่น้ำซึ่งน้ำที่ดังกล่าวไม่ผ่านการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ (PCD, 2015) นำไปสู่สภาวะพร่องออกซิเจนในน้ำ (hypoxia) ที่เป็นผลมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียในน้ำ ทำให้สัตว์น้ำขาดอากาศหายใจและตายลง นอกจากนี้ปัญหาที่พบบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างยังมีการฟุ้งกระจายของตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำและการรุกเข้าของน้ำทะเลจนส่งผลกระทบต่อการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค

จากผลการศึกษาที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าแม่น้ำบางปะกงถูกจัดให้เป็นแหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมตามรายงานประจำปีของสำนักจัดการคุณภาพน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 จนถึงในปัจจุบัน (PCD, 2004; 2015) โดยพบว่าแม่น้ำบางปะกง

มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานและยังพบการรุกเข้าของน้ำทะเลสูงจนถึงบริเวณตอนต้นของแม่น้ำในช่วงฤดูแล้งที่สะพานบางขนาก อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา สอดคล้องกับการศึกษาระบบนิเวศน้ำกร่อยบริเวณแม่น้ำบางปะกงในปีเดียวกันของ UMCRR, DMCR (2005) ซึ่งพบว่าในช่วงฤดูแล้งมีการรุกเข้าของน้ำทะเลไปจนถึงบริเวณแม่น้ำปราจีนบุรีและนครนายกตอนล่างและมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานหลายสถานีโดยเฉพาะบริเวณตอนกลางและตอนล่างของแม่น้ำที่มีแหล่งชุมชนหนาแน่นและมีกิจกรรมต่างๆ โดยเฉพาะน้ำเสียจากฟาร์มสุกรซึ่งส่งผลให้แหล่งน้ำไม่เหมาะสมแก่การดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต

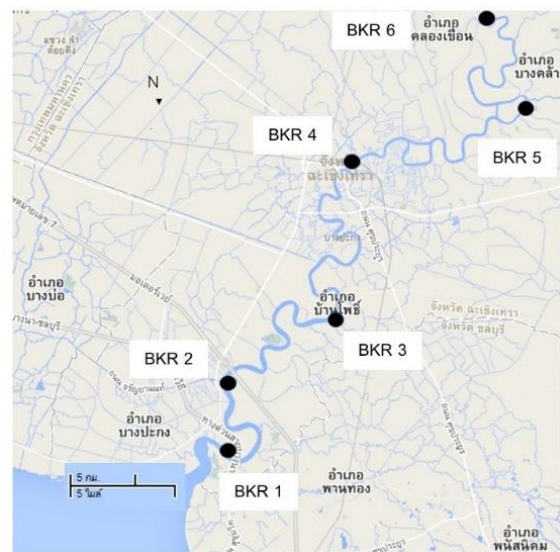
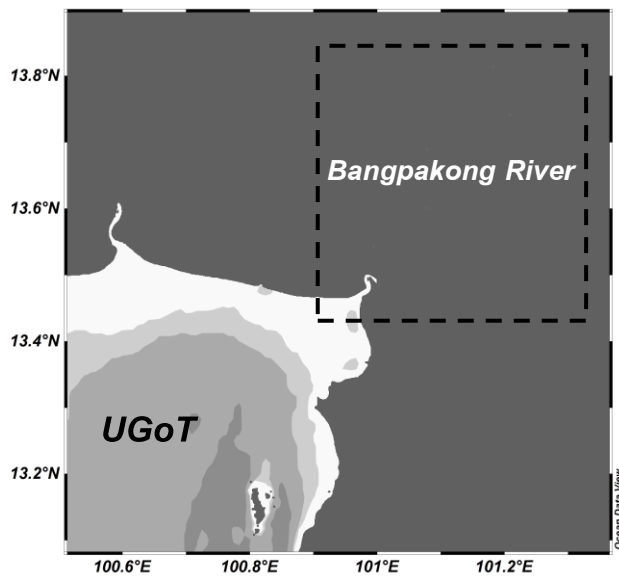
จากสาเหตุข้างต้นเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งกลไกทางธรรมชาติ และถูกเพิ่มเติมโดยกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งล้วนทำให้คุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำบางปะกงเสื่อมโทรมส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศแหล่งน้ำ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 จนถึงปี พ.ศ. 2561 เพื่อเข้าใจลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติของแม่น้ำบางปะกงในแต่ละช่วงเวลา ผลการศึกษาที่ได้นอกจากจะเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญของแม่น้ำบางปะกงแล้วยังสามารถใช้ในการประเมินการตัดสินใจสำหรับการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคและนำไปใช้ในการจัดการคุณภาพน้ำได้ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณแม่น้ำบางปะกงตั้งแต่บริเวณปากแม่น้ำไปจนถึงต้นแม่น้ำบางปะกง (บริเวณที่แม่น้ำปราจีนบุรีและนครนายกไหลมาบรรจบกัน) กำหนดจุดเก็บตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่ทั้งสิ้น 6 สถานี โดยแต่ละจุดห่างกันประมาณ 10 – 15 กิโลเมตร (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) มีระยะเวลาในการศึกษา 2 ปี ซึ่งแบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 – 2560 ในช่วงเดือนเมษายน กรกฎาคม กันยายน และพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ส่วนในช่วงที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 – 2561 กำหนดระยะเวลาทำการศึกษาทุกเดือน เริ่มตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2560 จนถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 ในแต่ละครั้งจะทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพโดยใช้เครื่องมือ CTD (Conductivity–Temperature–Depth sensor) ยี่ห้อ RINKO Profiler รุ่น ASTD 102 และยี่ห้อ STD/CTD รุ่น SD 204 ศึกษาอุณหภูมิ (Temperature) ความเค็ม (Salinity) และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen; DO) ใช้ pH meter ยี่ห้อ Horiba รุ่น PD110 ศึกษาความเป็นกรด-เบสของน้ำ ตรวจวัดคุณภาพน้ำทางเคมีและชีวภาพโดยใช้กระบอกเก็บน้ำขนาด 2 ลิตร เก็บตัวอย่างน้ำโดยพิจารณาตามเกณฑ์มาตรฐานของ PCD (2006) โดยเก็บตัวอย่างบริเวณความลึกกลางน้ำเมื่อน้ำมีความลึกน้อยกว่า 5 เมตร และเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 ระดับความลึก คือที่ผิวน้ำ (ใต้ผิวน้ำลงไป 1 เมตร) และที่พื้นท้องน้ำ (เหนือพื้นน้ำขึ้นมา 1 เมตร) เมื่อน้ำมีความลึกมากกว่า 5 เมตร ตัวอย่างน้ำจะถูกเก็บระดับละ 3 ซ้ำ กรองน้ำตัวอย่างด้วยแผ่นกรอง GF/C สำหรับวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll-a) และกรองด้วยแผ่นกรอง GF/F สำหรับวิเคราะห์ปริมาณตะกอนแขวนลอย (Suspended sediment; SS) น้ำตัวอย่างหลังจากผ่านแผ่นกรองจะถูกนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต ออโรพอสเฟต และซิลิเกตที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิธีการวิเคราะห์สรุปไว้ในตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์แต่ละชนิดจะถูกนำมาเฉลี่ยเป็นตัวแทนของสถานีนั้นๆ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติโดยใช้สถิติสหสัมพันธ์ (Spearman's rank correlation coefficient) สำหรับข้อมูลปริมาณฝนสะสมรายเดือนในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการศึกษาได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

ตารางที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำบางปะกง (BKR)

สถานี	พิกัดสถานี	สถานที่	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด
BKR 1	13° 29' 6.15" N 101° 0' 11.37" E	สะพานเทพหัสดิน	ท่าข้าม	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา
BKR 2	13° 32' 35.68" N 100° 59' 41.52" E	เทศบาลบางปะกง	ท่าสะพาน	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา
BKR 3	13° 36' 3.90" N 101° 4' 39.93" E	วัดสนามจันทร์	บ้านโพธิ์	บ้านโพธิ์	ฉะเชิงเทรา
BKR 4	13° 41' 22.44" N 101° 4' 42.72" E	อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา	หน้าเมือง	เมือง	ฉะเชิงเทรา
BKR 5	13° 44' 29.40" N 101° 12' 30.84" E	วัดปากน้ำโจ้โล้	ปากน้ำ	บางคล้า	ฉะเชิงเทรา
BKR 6	13° 48' 50.57" N 101° 10' 56.38" E	วัดบางกระเจ็ด	บางกระเจ็ด	บางคล้า	ฉะเชิงเทรา



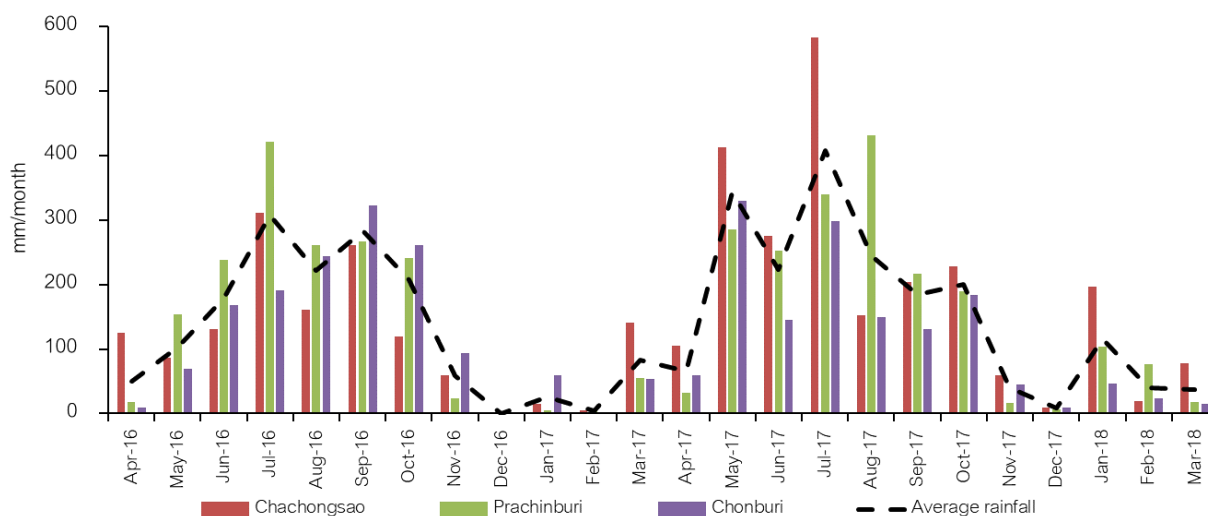
ภาพที่ 1 แผนที่แสดงที่ตั้งของแม่น้ำบางปะกง (ซ้าย) และสถานีเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ (ขวา)

ตารางที่ 2 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณตะกอนแขวนลอย คลอโรฟิลล์-เอ และสารอาหารอนินทรีย์ละลายบริเวณแม่น้ำบางปะกง

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ	วิธีการวิเคราะห์
ตะกอนแขวนลอย (mg/l)	GF/F Filter (APHA, 1992)
คลอโรฟิลล์-เอ (µg/L)	Spectrophotometric (Strickland & Parsons, 1972)
แอมโมเนีย (µM)	Phenol-hypochloride (Grasshoff <i>et al.</i> , 1999)
ไนโตรเจน (µM)	Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
ไนเตรท (µM)	Cadmium reduction + Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
ออร์โธฟอสเฟต (µM)	Ascorbic acid (Strickland & Parsons, 1972)
ซิลิเกต (µM)	Silicomolybdate (Strickland & Parsons, 1972)

ผลการวิจัย

จากข้อมูลปริมาณฝนสะสมรายเดือนของกรมอุตุนิยมวิทยาที่สถานีตรวจอากาศจังหวัดฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และ ชลบุรี ปี พ.ศ. 2559 – 2561 (ภาพที่ 2) พบว่าทั้งสองช่วงปีมีปริมาณของฝนที่แตกต่างกัน โดยในปี พ.ศ. 2559 ปริมาณฝนเริ่มมีค่าสูงตั้งแต่เดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงเริ่มเปลี่ยนจากฤดูแล้งเป็นฤดูน้ำมาก และมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 200 มิลลิเมตร ตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงเดือนตุลาคม โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกรกฎาคม (308.2 มิลลิเมตร) ซึ่งตรงกับช่วงกลางฤดูน้ำมากหรือฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในเดือนธันวาคม (0.3 มิลลิเมตร) ซึ่งตรงกับช่วงฤดูหนาวหรือฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในปี พ.ศ. 2560 ปริมาณฝนสะสมรายเดือนมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 200 มิลลิเมตร ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ซึ่งเร็วกว่าปี พ.ศ. 2559 และมีปริมาณมากกว่าถึง 3 เท่า โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกรกฎาคม (407.2 มิลลิเมตร) และต่ำที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (3.7 มิลลิเมตร) ต่อมาในช่วงต้นปี พ.ศ. 2561 พบว่าฝนมีปริมาณสูงขึ้นตั้งแต่ช่วงต้นปีซึ่งมากกว่าปี พ.ศ. 2560 ถึงเกือบ 4 เท่า ในเดือนมกราคม การเปลี่ยนแปลงอิทธิพลของฤดูกาลเช่นนี้ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ



ภาพที่ 2 ปริมาณฝนสะสมรายเดือนโดยกรมอุตุนิยมวิทยาที่สถานีตรวจอากาศบริเวณลุ่มน้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2559 – 2561

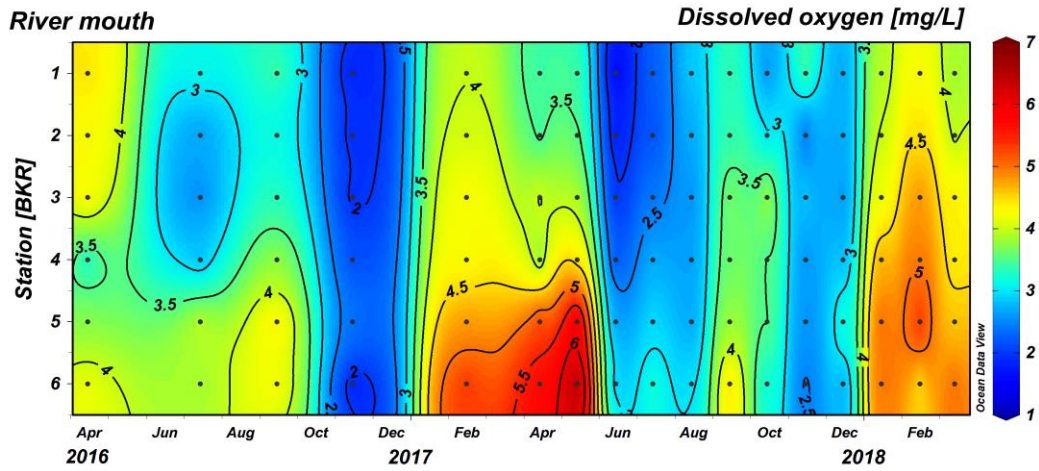
คุณภาพน้ำทางกายภาพของแม่น้ำบางปะกงในปี พ.ศ. 2559 – 2561 แสดงดังภาพที่ 3 – 7 ซึ่งเป็นภาพคอนทัวร์ แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา และตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยตามฤดูกาล โดยกำหนดให้ตั้งแต่เดือนธันวาคม – พฤษภาคม เป็นช่วงฤดูแล้ง และเดือนมิถุนายน – พฤศจิกายน เป็นช่วงฤดูน้ำมาก พบว่าอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยมีความแตกต่างกันระหว่างสถานีที่ตรวจวัดไม่มากนักแต่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างชัดเจน (ภาพที่ 3) โดยค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากทุกสถานีที่ตรวจวัดมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูแล้งหรือในเดือนเมษายน – พฤษภาคมของทั้งสองปี (31.5 – 32.8 องศาเซลเซียส) ต่อมาในเดือนมิถุนายน – กันยายน (30.0 – 31.5 องศาเซลเซียส) พบว่าอุณหภูมิลดลงเนื่องจากอิทธิพลของฤดูน้ำมากจนมีค่าต่ำสุดอยู่ในช่วงฤดูหนาวหรือในเดือนพฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ (26.2 – 29.9 องศาเซลเซียส)

การเปลี่ยนแปลงความเค็มในแม่น้ำบางปะกงเกิดจากอิทธิพลระหว่างน้ำจืดจากแม่น้ำและน้ำทะเลที่มีค่าแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล (ภาพที่ 4) โดยในช่วงฤดูแล้งจะพบการรุกเข้าของน้ำทะเลเข้าไปจนถึงสถานี BKR 6 (16.3 พีเอสยู ในเดือน

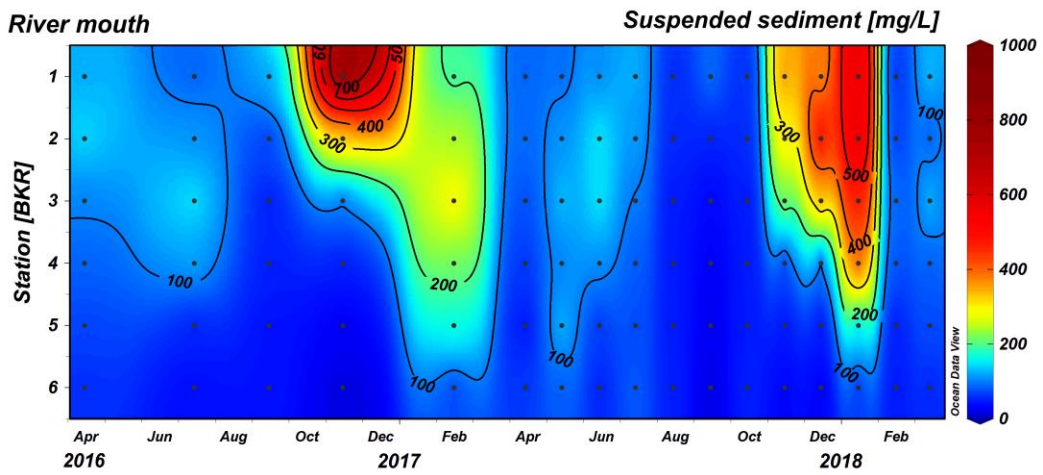
เมษายน พ.ศ. 2559 และ 7.8 พีเอสยู ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560) ซึ่งเป็นสถานที่ที่อยู่ลึกเข้าไปในแม่น้ำมากที่สุด ยกเว้นในช่วงปลายปี พ.ศ. 2560 – 2561 ที่ความเค็มไม่สามารถถูกเข้าไปจนถึงสถานี BKR 6 ได้เนื่องจากในช่วงฤดูน้ำมากของปี พ.ศ. 2560 มีฝนตกในปริมาณที่มากกว่าปี พ.ศ. 2559 ส่วนค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่และเชิงเวลาไม่มากนัก (ภาพที่ 5) ในช่วงฤดูน้ำมากน้ำในแม่น้ำมีลักษณะเป็นกรดอ่อนๆ ตามอิทธิพลของน้ำจืดโดยมีค่าต่ำที่สุดในเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 (6.1 – 6.6) ส่วนในช่วงฤดูแล้งแม่น้ำบางปะกงมีลักษณะเป็นเบสอ่อนๆ ตามอิทธิพลการรุกเข้าของน้ำทะเลในปี พ.ศ. 2560 (ระหว่างเดือนเมษายน – พฤษภาคม มีค่าเฉลี่ยในช่วง 7.4 – 8.2) และปี พ.ศ. 2561 (ระหว่างเดือนมกราคม – มีนาคม มีค่าเฉลี่ยในช่วง 7.3 – 7.8)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำโดยภาพรวมพบว่ามีความโน้มต่ำตลอดทั้งลำน้ำในช่วงฤดูน้ำมากเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดในปี พ.ศ. 2559 เดือนพฤศจิกายน และปี พ.ศ. 2560 ในเดือนมิถุนายน – สิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.5 – 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 6) ยกเว้นในช่วงกลางฤดูน้ำมาก (กันยายน – ตุลาคม) ที่ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงขึ้นบริเวณต้นแม่น้ำ (4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในเดือนกันยายน) ออกซิเจนละลายน้ำส่วนใหญ่มีแนวโน้มสูงบริเวณต้นแม่น้ำโดยมีค่ามากที่สุดอยู่ที่สถานี BKR 5 และ BKR 6 ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแตกต่างจากตะกอนแขวนลอยที่มีปริมาณสูงบริเวณปากแม่น้ำในช่วงฤดูแล้ง (ภาพที่ 7) โดยในปี พ.ศ. 2559 พบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าเฉลี่ยสูงในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 ที่สถานี BKR 1 (905.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในปีถัดมาพบว่าตะกอนแขวนลอยมีปริมาณสูงตั้งแต่ในช่วงปลายปีจนมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดที่สถานี BKR 2 ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 (607.5 มิลลิกรัมต่อลิตร) ส่วนในช่วงฤดูน้ำมากจะเห็นได้ว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าต่ำตลอดทั้งลำน้ำ

จากผลการศึกษาคอนดักทิวิตีของแม่น้ำบางปะกง ได้แก่ สารอาหารอนินทรีย์แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรท ออโรฟอสเฟต และซิลิเกตละลายน้ำในปี พ.ศ. 2559 – 2561 แสดงดังภาพที่ 8 – 12 และตารางที่ 4 พบว่าแอมโมเนียมีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงในช่วงเข้าสู่ฤดูน้ำมาก (ภาพที่ 8) ที่สถานี BKR 6 และ BKR 1 ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 (52.0 และ 40.8 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ) และในปี พ.ศ. 2560 เดือนมิถุนายนที่สถานี BKR 6 BKR 5 และ BKR 1 (35.0, 42.2 และ 51.3 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ) ไนโตรเจนพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเข้าสู่ฤดูน้ำมาก (ภาพที่ 9) ที่สถานี BKR 5 (20.7 ไมโครโมลาร์) ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 และพบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงบริเวณปลายแม่น้ำที่สถานี BKR 1 ในช่วงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2560 (เดือนเมษายน – พฤษภาคม) ช่วงปลายปี พ.ศ. 2560 (เดือนตุลาคมและธันวาคม) และช่วงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2561 (เดือนมีนาคม) ส่วนไนเตรทพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงเกือบตลอดลำน้ำ (ภาพที่ 10) โดยมีค่าสูงที่สุดบริเวณสถานี BKR 3 (99.9 ไมโครโมลาร์) BKR 2 (81.8 ไมโครโมลาร์) BKR 4 (69.6 ไมโครโมลาร์) และ BKR 1 (60.4 ไมโครโมลาร์) ตามลำดับ และมีแนวโน้มในลักษณะใกล้เคียงกันในช่วงฤดูแล้งเดือนเมษายน พ.ศ. 2560 และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ออโรฟอสเฟตพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 (ภาพที่ 11) ที่สถานี BKR 1 BKR 2 และ BKR 3 เช่นเดียวกับไนเตรท โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.7 ไมโครโมลาร์ และพบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงในลักษณะเดียวกันในช่วงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2560 (เดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน) สำหรับซิลิเกตพบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงตลอดลำน้ำในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 และเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 โดยพบค่าสูงที่สุดในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 (ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 128.8 – 218.7 ไมโครโมลาร์) (ภาพที่ 12) ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงตลอดลำน้ำในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 (ภาพที่ 13) โดยมีค่าสูงที่สุดที่สถานี BKR 2 (39.5 ไมโครกรัมต่อลิตร) และ BKR 5 (39.0 ไมโครกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ และยังพบค่าเฉลี่ยสูงในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน พ.ศ. 2560 ที่สถานี BKR 6 และ BKR 5 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.5 ไมโครกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 6 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยในแต่ละสถานีตามเวลาภายในแม่น้ำบางปะกงในปี พ.ศ. 2559 – 2561



ภาพที่ 7 ปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยในแต่ละสถานีตามเวลาภายในแม่น้ำบางปะกงในปี พ.ศ. 2559 – 2561

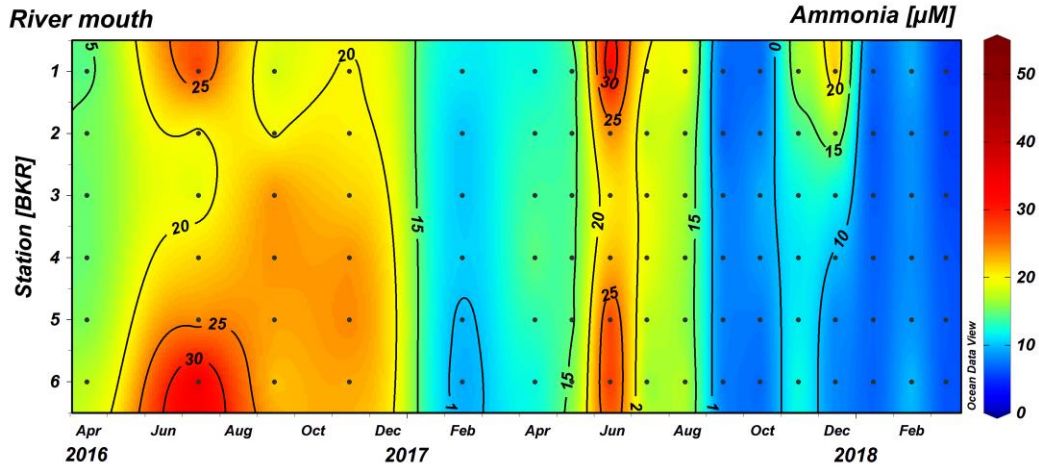
ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพน้ำทางกายภาพที่แม่น้ำบางปะกง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 – 2561

ฤดูกาล	สถานี	อุณหภูมิของน้ำ (°C)	ความเค็ม (PSU)	ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L)	กรด-เบส	ตะกอนแขวนลอย (mg/L)
ฤดูแล้ง เม.ย. 2559	BKR 1	32.3 ± 0.0	34.2 ± 0.0	4.5 ± 0.0	7.8 ± 0.0	122.8 ± 41.2
	BKR 2	33.3 ± 0.0	33.9 ± 0.0	4.3 ± 0.1	7.4 ± 0.0	150.2 ± 43.3
	BKR 3	32.7 ± 0.0	30.8 ± 0.1	4.7 ± 0.2	7.5 ± 0.0	100.7 ± 4.4
	BKR 4	32.6 ± 0.0	26.4 ± 0.0	2.8 ± 0.2	7.3 ± 0.0	84.7 ± 11.5
	BKR 5	33.2 ± 0.0	22.6 ± 0.2	3.8 ± 0.4	7.3 ± 0.0	67.8 ± 1.9
	BKR 6	33.0 ± 0.0	16.3 ± 0.0	4.3 ± 0.5	7.2 ± 0.0	56.8 ± 13.0
ฤดูน้ำมาก ก.ค., ก.ย. และ พ.ย. 2559	BKR 1	31.0 ± 1.6	10.3 ± 15.7	2.8 ± 1.0	6.8 ± 0.3	367.2 ± 466.0
	BKR 2	30.4 ± 0.7	9.7 ± 16.3	2.5 ± 0.7	6.6 ± 0.4	162.1 ± 142.7
	BKR 3	30.3 ± 0.6	8.1 ± 13.5	2.4 ± 0.9	6.6 ± 0.4	88.9 ± 66.8
	BKR 4	30.0 ± 0.6	6.3 ± 10.5	2.8 ± 1.0	6.5 ± 0.4	72.4 ± 50.0
	BKR 5	30.2 ± 0.7	3.2 ± 5.4	3.9 ± 1.3	6.7 ± 0.1	33.9 ± 10.2
	BKR 6	30.0 ± 0.5	1.6 ± 2.5	3.2 ± 1.5	6.1 ± 0.3	30.2 ± 15.3
ฤดูแล้ง ก.พ., เม.ย. และ พ.ค. 2560	BKR 1	30.3 ± 3.5	29.2 ± 1.7	3.6 ± 0.3	7.3 ± 0.2	119.8 ± 56.4
	BKR 2	30.6 ± 2.9	26.6 ± 2.6	3.6 ± 0.4	7.3 ± 0.3	147.0 ± 81.6
	BKR 3	30.4 ± 2.7	21.0 ± 4.0	4.2 ± 0.2	7.4 ± 0.3	177.1 ± 126.5
	BKR 4	30.4 ± 2.7	13.0 ± 5.7	3.8 ± 0.6	7.4 ± 0.4	122.5 ± 79.4
	BKR 5	30.9 ± 2.9	7.7 ± 4.0	5.8 ± 1.1	7.5 ± 0.5	114.4 ± 70.5
	BKR 6	30.5 ± 2.7	3.0 ± 4.2	6.1 ± 0.8	7.7 ± 0.6	68.2 ± 10.6
ฤดูน้ำมาก มิ.ย. – ต.ค. 2560	BKR 1	29.9 ± 1.6	2.4 ± 5.3	2.7 ± 0.9	7.3 ± 0.3	133.4 ± 113.4
	BKR 2	29.5 ± 1.4	0.8 ± 1.4	2.4 ± 0.6	7.1 ± 0.2	124.7 ± 101.0
	BKR 3	30.2 ± 1.0	0.2 ± 0.1	2.9 ± 0.9	6.9 ± 0.2	102.1 ± 80.9
	BKR 4	29.5 ± 2.2	0.1 ± 0.1	2.8 ± 0.6	6.8 ± 0.3	59.2 ± 29.8
	BKR 5	29.9 ± 1.6	0.1 ± 0.1	3.0 ± 0.6	6.9 ± 0.2	47.4 ± 16.2
	BKR 6	29.7 ± 1.5	0.1 ± 0.1	3.2 ± 0.8	6.9 ± 0.2	46.4 ± 21.9
ฤดูแล้ง ธ.ค. 2560 – มี.ค. 2561	BKR 1	27.5 ± 2.4	21.6 ± 2.7	3.6 ± 0.7	7.7 ± 0.1	282.0 ± 232.9
	BKR 2	27.8 ± 2.2	16.4 ± 4.2	3.7 ± 0.7	7.5 ± 0.1	317.0 ± 290.2
	BKR 3	27.5 ± 1.5	6.8 ± 4.2	4.0 ± 1.1	7.5 ± 0.1	265.3 ± 180.2
	BKR 4	28.1 ± 1.5	0.6 ± 0.6	4.2 ± 1.0	7.6 ± 0.2	156.8 ± 177.7
	BKR 5	27.7 ± 1.3	0.2 ± 0.0	4.7 ± 1.0	7.6 ± 0.2	67.3 ± 36.9
	BKR 6	28.0 ± 1.4	0.1 ± 0.0	4.2 ± 1.2	7.5 ± 0.1	44.8 ± 12.4

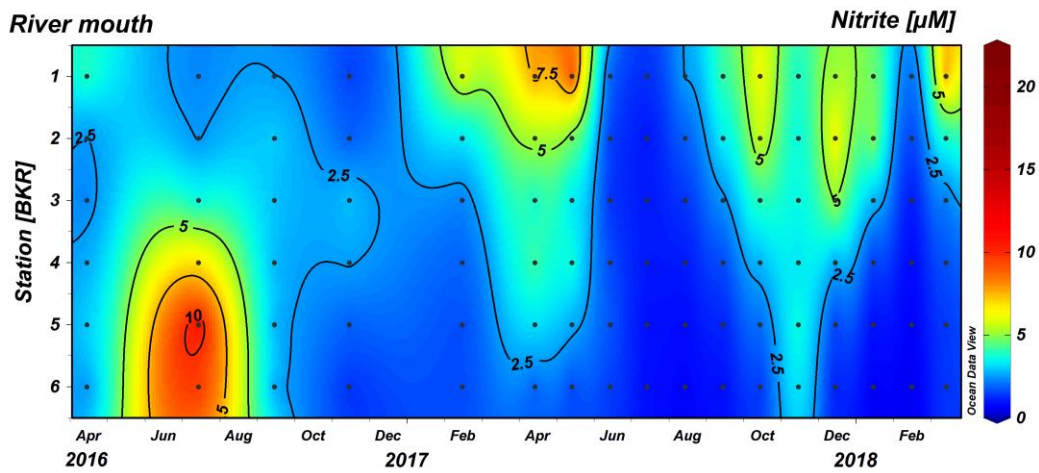
ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพน้ำทางเคมีและชีวภาพที่แม่น้ำบางปะกง ตั้งแต่ปี

พ.ศ. 2559 – 2561

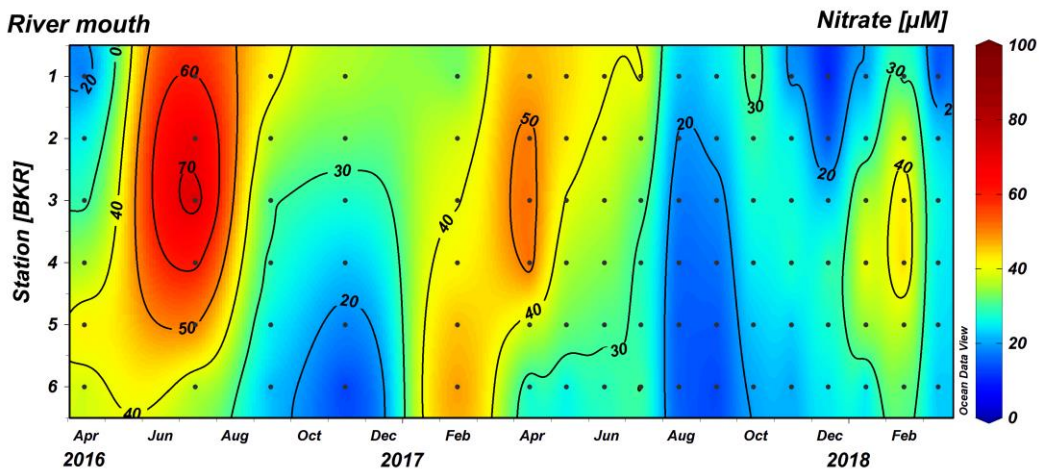
ฤดูกาล	สถานี	แอมโมเนีย (μM)	ไนไตรท์ (μM)	ไนเตรท (μM)	ออร์โธฟอสเฟต (μM)	ซิลิเกต (μM)	คลอโรฟิลล์-เอ ($\mu\text{g/L}$)
ฤดูแล้ง เม.ย. 2559	BKR 1	12.7 \pm 4.9	5.4 \pm 1.6	10.3 \pm 2.0	2.1 \pm 0.3	23.6 \pm 3.8	10.5 \pm 3.9
	BKR 2	15.9 \pm 5.8	1.5 \pm 0.4	23.6 \pm 3.9	3.4 \pm 0.3	41.7 \pm 7.9	12.0 \pm 5.4
	BKR 3	14.2 \pm 2.7	1.3 \pm 0.1	23.5 \pm 1.7	3.6 \pm 1.6	14.5 \pm 2.9	12.9 \pm 5.7
	BKR 4	13.7 \pm 3.4	2.3 \pm 0.3	34.0 \pm 4.5	2.7 \pm 0.3	22.6 \pm 3.3	7.9 \pm 4.7
	BKR 5	14.0 \pm 4.1	3.0 \pm 0.6	49.0 \pm 3.0	2.2 \pm 0.3	28.0 \pm 10.1	8.4 \pm 1.6
	BKR 6	18.1 \pm 1.8	1.2 \pm 0.1	35.0 \pm 4.5	1.0 \pm 0.0	13.9 \pm 3.4	5.5 \pm 2.5
ฤดูน้ำมาก ก.ค., ก.ย. และ พ.ย. 2559	BKR 1	25.1 \pm 14.1	1.6 \pm 0.9	46.5 \pm 12.2	4.3 \pm 4.2	68.0 \pm 17.0	11.0 \pm 9.3
	BKR 2	15.5 \pm 3.1	1.7 \pm 1.9	49.3 \pm 28.1	4.1 \pm 4.3	52.2 \pm 7.9	3.8 \pm 1.3
	BKR 3	21.7 \pm 10.1	2.6 \pm 2.1	48.7 \pm 44.6	3.9 \pm 4.5	48.3 \pm 21.8	3.8 \pm 1.5
	BKR 4	24.9 \pm 2.5	4.4 \pm 4.0	37.2 \pm 28.1	3.1 \pm 3.1	48.7 \pm 18.0	2.9 \pm 0.1
	BKR 5	22.9 \pm 3.9	7.5 \pm 11.5	29.9 \pm 22.4	1.4 \pm 1.3	44.8 \pm 14.1	9.2 \pm 6.7
	BKR 6	30.8 \pm 18.5	4.2 \pm 6.4	18.2 \pm 11.2	1.0 \pm 1.3	44.8 \pm 3.3	6.3 \pm 3.7
ฤดูแล้ง ก.พ., เม.ย. และ พ.ค. 2560	BKR 1	10.5 \pm 1.4	12.2 \pm 4.6	39.4 \pm 9.8	4.0 \pm 1.2	53.0 \pm 17.0	8.2 \pm 9.7
	BKR 2	11.2 \pm 2.9	3.7 \pm 1.5	46.5 \pm 8.8	5.3 \pm 1.9	75.7 \pm 7.9	15.0 \pm 21.2
	BKR 3	11.6 \pm 2.4	1.2 \pm 0.3	44.3 \pm 10.9	3.9 \pm 0.9	71.8 \pm 21.8	14.1 \pm 19.7
	BKR 4	13.8 \pm 4.4	4.8 \pm 2.9	47.3 \pm 19.3	3.3 \pm 0.9	43.4 \pm 18.0	10.6 \pm 11.8
	BKR 5	10.3 \pm 2.1	2.2 \pm 1.0	37.3 \pm 10.2	2.1 \pm 0.9	27.8 \pm 14.1	22.0 \pm 17.1
	BKR 6	10.6 \pm 2.9	0.7 \pm 0.6	30.2 \pm 18.0	1.1 \pm 0.8	30.3 \pm 3.3	22.5 \pm 5.7
ฤดูน้ำมาก มิ.ย. – ต.ค. 2560	BKR 1	21.2 \pm 17.1	3.5 \pm 2.4	30.8 \pm 12.1	3.0 \pm 2.0	78.0 \pm 32.8	7.5 \pm 4.3
	BKR 2	12.5 \pm 7.9	3.0 \pm 3.2	29.8 \pm 9.4	2.0 \pm 1.3	63.9 \pm 24.2	5.8 \pm 2.6
	BKR 3	14.6 \pm 5.3	1.9 \pm 1.5	26.2 \pm 9.0	1.7 \pm 1.3	66.5 \pm 35.0	3.1 \pm 2.4
	BKR 4	14.1 \pm 6.2	1.4 \pm 0.7	24.8 \pm 8.8	1.5 \pm 1.2	59.4 \pm 28.6	2.7 \pm 1.7
	BKR 5	16.1 \pm 13.5	1.6 \pm 1.7	20.9 \pm 7.7	1.1 \pm 0.7	56.2 \pm 22.5	6.6 \pm 8.8
	BKR 6	15.5 \pm 10.9	1.1 \pm 1.1	20.6 \pm 8.3	2.1 \pm 1.8	57.6 \pm 29.1	7.1 \pm 8.2
ฤดูแล้ง ธ.ค. 2560 – มี.ค. 2561	BKR 1	13.1 \pm 12.0	5.7 \pm 4.6	13.4 \pm 9.0	2.2 \pm 1.1	87.4 \pm 29.0	2.6 \pm 1.7
	BKR 2	9.2 \pm 7.5	5.4 \pm 3.9	23.7 \pm 14.0	2.5 \pm 0.8	102.4 \pm 44.4	2.4 \pm 1.6
	BKR 3	6.9 \pm 2.1	2.8 \pm 3.4	34.7 \pm 11.7	2.3 \pm 0.2	122.9 \pm 62.6	2.6 \pm 1.0
	BKR 4	7.6 \pm 1.5	0.6 \pm 0.6	40.0 \pm 13.5	2.7 \pm 0.4	134.0 \pm 72.3	4.9 \pm 2.0
	BKR 5	6.9 \pm 1.2	0.5 \pm 0.5	30.2 \pm 6.4	1.4 \pm 0.5	128.9 \pm 63.4	3.7 \pm 2.2
	BKR 6	7.8 \pm 2.9	0.6 \pm 0.6	22.8 \pm 5.0	0.8 \pm 0.4	114.7 \pm 54.2	2.4 \pm 0.8



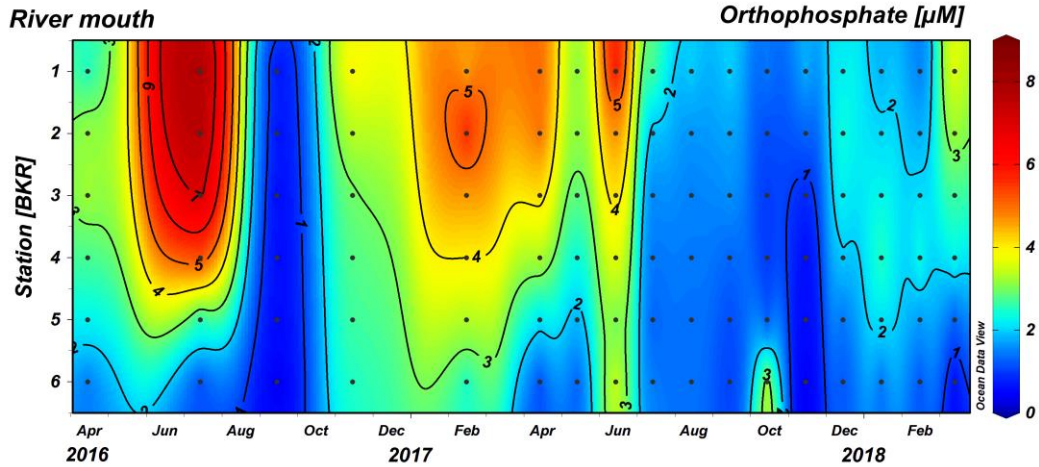
ภาพที่ 8 ความเข้มข้นของแอมโมเนียเฉลี่ยในแต่ละสถานีตามเวลาภายในแม่น้ำบางปะกงในปี พ.ศ. 2559 – 2561



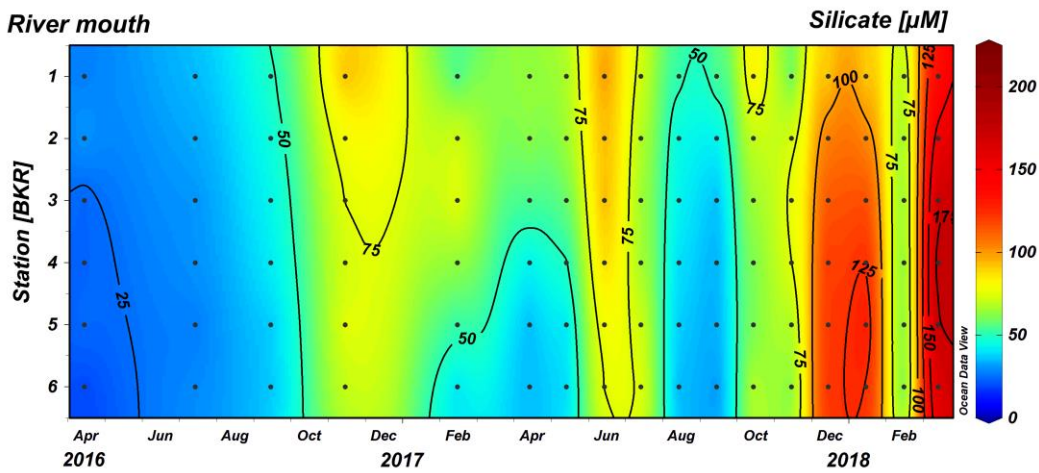
ภาพที่ 9 ความเข้มข้นของไนไตรท์เฉลี่ยในแต่ละสถานีตามเวลาภายในแม่น้ำบางปะกงในปี พ.ศ. 2559 – 2561



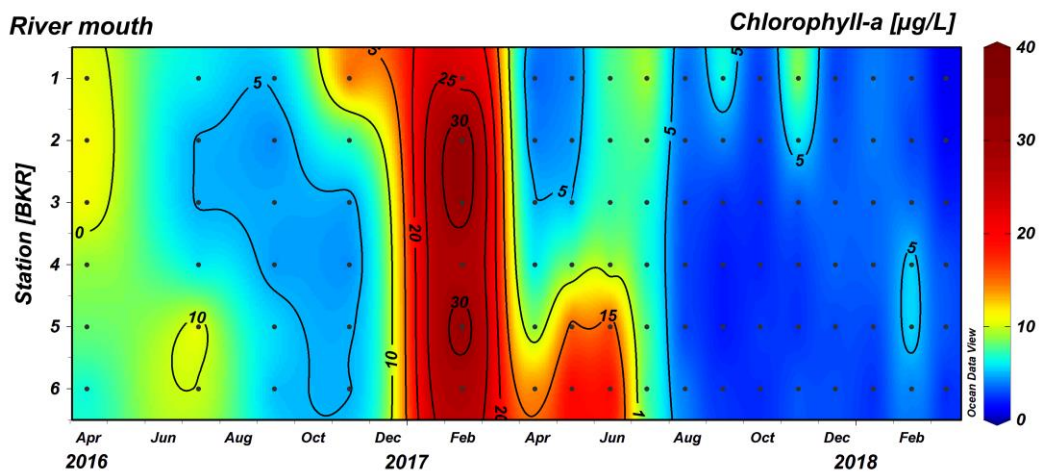
ภาพที่ 10 ความเข้มข้นของไนเตรทเฉลี่ยในแต่ละสถานีตามเวลาภายในแม่น้ำบางปะกงในปี พ.ศ. 2559 – 2561



ภาพที่ 11 ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ยในแต่ละสถานีตามเวลาภายในแม่น้ำบางปะกงในปี พ.ศ. 2559 – 2561



ภาพที่ 12 ความเข้มข้นของซิลิเกตเฉลี่ยในแต่ละสถานีตามเวลาภายในแม่น้ำบางปะกงในปี พ.ศ. 2559 – 2561



ภาพที่ 13 ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอเฉลี่ยในแต่ละสถานีตามเวลาภายในแม่น้ำบางปะกงในปี พ.ศ. 2559 – 2561

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 – 2561 โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์ ดังตารางที่ 5 พบว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 99% พารามิเตอร์ส่วนใหญ่ ได้แก่ ความเป็นกรด-เบสของน้ำ ตะกอนแขวนลอย ไนโตรเจนในไตรโทไนเตรท ออโรฟอสเฟต และคลอโรฟิลล์-เอ มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความเค็ม นอกจากนี้ยังพบว่า ออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความเป็นกรด-เบสของน้ำ ในขณะที่แอมโมเนียมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับออกซิเจนละลายน้ำและความเป็นกรด-เบสของน้ำ ตะกอนแขวนลอยมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความเป็นกรด-เบสของน้ำ ไนโตรเจน ออโรฟอสเฟต ซิลิเกต และคลอโรฟิลล์-เอ ออโรฟอสเฟตมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับตะกอนแขวนลอย และไนโตรเจน คลอโรฟิลล์-เอมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับตะกอนแขวนลอย แอมโมเนีย และไนโตรเจน

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 – 2561

Spearman's rank correlations coefficient

	Temp	Sal	DO	pH	SS	NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Si(OH) ₄	Chl-a
Temp	1	0.163	-0.047	0.014	-0.131	0.252*	0.141	0.070	0.164	-0.435**	0.100
Sal		1	0.181	0.434**	0.654**	0.060	0.374**	0.476**	0.574**	-0.075	0.344**
DO			1	0.405**	-0.021	-0.470**	-0.062	0.005	-0.241*	-0.249*	0.095
pH				1	0.391**	-0.392**	0.043	0.120	0.207*	0.264**	0.019
SS					1	-0.063	0.145	0.357**	0.544**	0.304**	0.295**
NH ₃						1	-0.002	0.008	0.110	-0.262**	0.314**
NO ₂ ⁻							1	-0.014	0.056	-0.069	-0.111
NO ₃ ⁻								1	0.445**	0.028	0.280**
PO ₄ ³⁻									1	0.226*	0.209*
Si(OH) ₄										1	-0.220*
Chl-a											1

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพครั้งนี้พบว่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงฤดูแล้งและฤดูน้ำมากปี พ.ศ. 2559 มีค่าสูงและมีระยะเวลาสั้นกว่าปี พ.ศ. 2560 ความเค็มของน้ำพบว่าส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์สวนทางกับปริมาณฝน โดยจะเห็นได้ว่าในช่วงที่มีปริมาณฝนตกชุกจะส่งผลทำให้น้ำท่าที่ไหลลงสู่แม่น้ำหลักต้นน้ำทะเลที่รุกเข้ามายังแม่น้ำออกไปจนกระทั่งมีสภาพเป็นน้ำจืดตลอดลำน้ำในช่วงฤดูน้ำมาก เมื่อฝนมีปริมาณลดลงทำให้น้ำทะเลมีอิทธิพลเหนือน้ำท่าและเกิดการรุกของน้ำทะเลเข้ามาในแม่น้ำจนถึงสถานี BKR 6 การรุกของน้ำทะเลในช่วงฤดูแล้งระหว่างปี พ.ศ. 2559 และ พ.ศ. 2561 มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากปริมาณของน้ำท่าที่มากขึ้น ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำบริเวณต้นแม่น้ำมีลักษณะเป็นเบสอ่อนๆ (7.7 – 8.2) ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชที่กำลังสะพรั่ง (bloom) สัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีค่าสูงในช่วงเวลานี้ สำหรับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีความซับซ้อนมากกว่าความเค็มเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากปัจจัยที่หลากหลยทั้งทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี ที่เกิดขึ้นในแต่ละบริเวณของลำน้ำ แตกต่าง

จากความเค็มที่เป็นสารเชิงอนุรักษ์ (conservative substance) ที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ทางชีวภาพและเคมีกับสิ่งแวดล้อม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีค่าต่ำตลอดลำน้ำในช่วงฤดูน้ำมากถือว่าเกิดสภาวะพร่องออกซิเจนในน้ำโดยมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษประเภทแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 เพื่อการประมงและนันทนาการ และประเภทที่ 3 เพื่อการเกษตรกรรม (ค่าไม่ควรต่ำกว่า 6.0 และ 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) ยกเว้นในเดือนกันยายน – ตุลาคม ที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงขึ้นโดยเฉพาะบริเวณต้นน้ำอาจเป็นผลมาจากความแรงของกระแสน้ำในช่วงนี้ที่ช่วยให้แม่น้ำเกิดการแลกเปลี่ยนกับอากาศมากขึ้น ส่วนในช่วงฤดูแล้งพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีค่าสูงเกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืชที่เกิดการสะสมในบริเวณสถานีต้นน้ำ สำหรับตะกอนแขวนลอยที่สูงบริเวณปากแม่น้ำในช่วงต้นฤดูแล้งอาจเกิดการฟุ้งกระจายที่พื้นทะเลหรือกระบวนการทางธรณีเคมีบางประการ เช่น Flocculation จึงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของตะกอนแขวนลอยในมวลน้ำ ในช่วงฤดูน้ำมากพบปริมาณตะกอนแขวนลอยต่ำตลอดลำน้ำเนื่องจากภูน้ำท่าผลัดต้นตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำออกสู่ทะเล

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมีครั้งนี้พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียเฉลี่ยมีแนวโน้มความสัมพันธ์ในลักษณะตรงกันข้ามกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ กล่าวคือเมื่อออกซิเจนละลายน้ำมีปริมาณสูงในช่วงฤดูแล้งจะพบแอมโมเนียมีความเข้มข้นต่ำ ส่วนในช่วงฤดูน้ำมากปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำลงในขณะที่แอมโมเนียมีความเข้มข้นสูงขึ้น สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเป็นผลมาจากกิจกรรมของแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ถูกชะล้างลงมากับน้ำจืด และพบว่าในช่วงเข้าสู่อุณหภูมิมากของทุกปีแอมโมเนียจะมีความเข้มข้นสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษประเภทแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 เพื่อการประมงและนันทนาการ และประเภทที่ 3 เพื่อการเกษตรกรรม (ควรมีค่าไม่เกิน 35.7 ไมโครโมลาร์) ที่สถานี BKR 6 และ BKR 1 ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 ที่สถานี BKR 6 BKR 5 และ BKR 1 ตามลำดับ

ไนโตรเจนเป็นสารที่มีลักษณะไม่คงตัวสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรตได้เมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีออกซิเจนละลายน้ำมากหรือสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปเป็นแอมโมเนียได้เมื่อมีสภาวะแวดล้อมที่มีออกซิเจนละลายน้ำต่ำ กระบวนการเปลี่ยนรูปไนโตรเจนดังกล่าวเกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรีย (Kutako & Powtongsook, 2012) โดยจะเห็นได้ว่าไนโตรเจนมีการเปลี่ยนรูปอยู่ระหว่างแอมโมเนียและไนเตรต โดยความเข้มข้นของไนโตรเจนเฉลี่ยสูงที่สถานี BKR 6 และ BKR 5 ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 (11.5 และ 20.7 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ) เช่นเดียวกับแอมโมเนียซึ่งแตกต่างจากไนเตรตที่มีความเข้มข้นต่ำในสถานีต้นแม่น้ำ (29.9 ไมโครโมลาร์ ที่สถานี BKR 6) และมีค่าสูงที่สุดในสถานีปลายแม่น้ำถึงกลางแม่น้ำ (60.4 – 99.9 ไมโครโมลาร์ ที่สถานี BKR 1 ถึง BKR 3) ต่อมาในเดือนกันยายนและพฤศจิกายนในปีเดียวกันความเข้มข้นของไนโตรเจนและไนเตรตมีค่าต่ำลงในขณะที่แอมโมเนียยังคงมีค่าสูงที่สถานีต้นแม่น้ำ อาจเป็นไปได้ว่ามีแหล่งที่มาของสารแอมโมเนียในบริเวณนั้นในช่วงเวลาดังกล่าว หรืออาจเกิดกระบวนการ Denitrification หรือกระบวนการเปลี่ยนรูปย้อนกลับจากไนเตรตไปเป็นไนโตรเจนและแอมโมเนียในที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในเวลาเดียวกันที่มีค่าต่ำลง กระบวนการลักษณะนี้เกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 ส่วนในช่วงต้นปี พ.ศ. 2560 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงขึ้นที่บริเวณต้นแม่น้ำ ส่งผลทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียไปเป็นไนโตรเจนและไนเตรต หรือกระบวนการ Nitrification ตั้งแต่ในเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมิถุนายน และมีลักษณะเช่นเดียวกันในช่วงต้นปี พ.ศ. 2561

ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟตมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกับการรุกเข้าของน้ำทะเลโดยพบความเข้มข้นสูงตั้งแต่ปากแม่น้ำเข้ามาถึงภายในแม่น้ำในช่วงปลายฤดูแล้งจนถึงต้นฤดูน้ำมาก นั้นแสดงให้เห็นว่าบริเวณปากแม่น้ำ

อาจเกิดการกวาดตะกอนที่พื้นทะเลทำให้อโรฟอสเฟตที่สูงจากน้ำในดิน (porewater) ละลายเข้าสู่มวลน้ำหรือความเค็มที่รุกเข้ามาอาจส่งผลให้เกิดกลไกทางชีวเคมีธรณีบางประการทำให้อโรฟอสเฟตถูกปลดปล่อยออกมาจากตะกอนแขวนลอยในน้ำ (Buranapratheprat *et al.*, 2018) และแพร่กระจายอยู่ในมวลน้ำจากปากแม่น้ำจนไปถึงสถานี BKR 4 ความเข้มข้นของอโรฟอสเฟตเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมากของเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 (6.2 – 8.9 ไมโครโมลาร์) มีค่าสูงกว่าปี พ.ศ. 2560 ในเดือนเดียวกัน (1.3 – 3.2 ไมโครโมลาร์) สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากอิทธิพลการรุกเข้าของน้ำทะเลในปี พ.ศ. 2559 ที่มีอิทธิพลมากกว่าปี พ.ศ. 2560 สำหรับซิลิเกตพบว่าการเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อนเนื่องจากแหล่งที่มาของซิลิเกตมีได้หลายทาง ได้แก่ จากธรรมชาติ เช่น ถูกชะล้างจากแผ่นดินลงสู่แหล่งน้ำ การฟุ้งกระจายที่บริเวณพื้นที่ท้องน้ำที่เกิดจากความปั่นป่วนของมวลน้ำ เป็นต้น และจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การขุดลอกคลอง กิจกรรมทางการเกษตรที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบริเวณหน้าดินก่อนจะถูกฝนชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ เป็นต้น ซิลิเกตมีค่าสูงตลอดลำน้ำและพบค่าความเข้มข้นสูงที่สุดในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 (128.8 – 218.7 ไมโครโมลาร์) อาจสัมพันธ์กับการผสมผสานกันของมวลน้ำจืดและน้ำทะเลที่เกิดขึ้นในแม่น้ำบางปะกงในช่วงเวลานี้ (ภาพที่ 4 และภาพที่ 12)

คลอโรฟิลล์-เอ เป็นรงควัตถุที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืช ใช้เป็นตัวแทนของความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำซึ่งสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต แพลงก์ตอนพืชจำเป็นต้องใช้สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำในกลุ่มของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสซึ่งเปรียบเสมือนปุ๋ยในการสร้างเนื้อเยื่อ ฮอริโมน และพลังงาน (Hungspreugs, 1989) การศึกษาครั้งนี้ พบคลอโรฟิลล์-เอในปริมาณที่สูงที่สุดและมีค่าสูงตลอดลำน้ำในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 สัมพันธ์กับปริมาณสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และอโรฟอสเฟตที่มีค่าสูงในช่วงเวลาเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่าในช่วงเวลาที่คลอโรฟิลล์-เอมีค่าสูงมีความสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์แสงด้วย

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของพารามิเตอร์ทุกชนิดพบว่าความเค็มมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ ตะกอนแขวนลอย ไนไตรท์ ไนเตรท อโรฟอสเฟต และคลอโรฟิลล์-เอ ซึ่งแสดงว่าสารดังกล่าวอาจมีความสัมพันธ์กับการรุกเข้าของน้ำทะเลในช่วงฤดูแล้งที่พัดพาสารดังกล่าวเข้ามาภายในแม่น้ำบางปะกง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำพบที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับแอมโมเนียแต่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ กล่าวคือเมื่อน้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูง แอมโมเนียจะมีค่าต่ำและความเป็นกรด-เบสของน้ำจะมีค่าสูง ในทางตรงกันข้ามหากปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ แอมโมเนียก็จะมีค่าสูงและความเป็นกรด-เบสของน้ำจะมีค่าต่ำ ทั้งนี้เกิดจากการใช้ออกซิเจนในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียทำให้ไนโตรเจนอยู่ในรูปรีดิวซ์ซึ่งก็คือแอมโมเนีย (Masen *et al.*, 2017) ตะกอนแขวนลอยพบที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับคลอโรฟิลล์-เอซึ่งอาจเกิดจากในตะกอนแขวนลอยมีเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ สำหรับแอมโมเนียและไนเตรทมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ นั่นแสดงให้เห็นว่าสารทั้งสองชนิดเป็นสารอาหารหลักที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช

จากการเปรียบเทียบผลการศึกษานี้กับรายงานการศึกษาคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินบริเวณแม่น้ำบางปะกงในรอบปีตั้งแต่ พ.ศ. 2549 – 2554 โดย REO13 (Chonburi) (2017) พบว่าอุณหภูมิของน้ำส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันระหว่างสถานีไม่มากนักและมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยมีค่าสูงในฤดูแล้งจนถึงฤดูน้ำมากและต่ำลงเมื่อเข้าสู่ฤดูหนาว เช่นเดียวกับในปี พ.ศ. 2559 – 2561 ที่ทำการศึกษา ความเค็มพบที่มีความแตกต่างกันระหว่างสถานีโดยมีค่าสูงบริเวณสถานีปลายแม่น้ำ (BKR 1) และต่ำลงเมื่อเข้ามาภายในแม่น้ำ สำหรับการเปรียบเทียบรายงานของ REO13 (Chonburi) กับ

การศึกษาครั้งนี้พบว่าแม่น้ำบางปะกงได้รับผลกระทบจากการรุกเข้าของน้ำทะเลมากที่สุดในช่วงฤดูแล้งและตลอดลำน้ำส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นน้ำจืดในช่วงฤดูน้ำมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ PCD (2004) และ UMCRR, DMCR (2005) ทำให้ทราบว่าอิทธิพลของน้ำทะเลตั้งแต่ในปี พ.ศ. 2547 มีแนวโน้มการรุกเข้าใกล้เคียงกับในปัจจุบันซึ่งแสดงให้เห็นว่าลักษณะทางธรณีสัณฐานของแม่น้ำบางปะกงยังคงมีความเป็นธรรมชาติเช่นเดิม

สำหรับค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำพบว่ามีเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ไม่ชัดเจน เช่น ในบางช่วงเวลาที่มีแม่น้ำมีลักษณะเป็นน้ำจืดก็แสดงความเป็นเบสอ่อน หรือบางช่วงเวลาอาจแสดงความเป็นกรดอ่อนเมื่อแม่น้ำมีลักษณะเป็นน้ำกร่อยจนถึงเค็ม สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-เบสของน้ำมีหลายกระบวนการ เช่น กระบวนการทางเคมีจาก Buffering capacity ของน้ำทะเล กล่าวคือในน้ำทะเลจะมีความเป็นเบสอ่อนๆ และมี Buffering capacity สูงกว่าน้ำจืด หากในมวลน้ำมีสัดส่วนของน้ำทะเลอยู่มากก็จะทำให้ความเป็นกรด-เบสของน้ำมีค่าสูงขึ้น และจากกระบวนการทางชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชและการย่อยสลายสารอินทรีย์ กล่าวคือเมื่อมีการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแพลงก์ตอนพืช ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำจะถูกใช้และคายก๊าซออกซิเจนออกมา ทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำสูงขึ้น อย่างไรก็ตามในกรณีที่มีสารอินทรีย์ในน้ำสูงจะเกิดกระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรียมากกว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแพลงก์ตอนพืช ส่งผลให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้น ความเป็นกรด-เบสของน้ำจึงมีค่าลดลงไปด้วย โดยค่าส่วนใหญ่ของความเป็นกรด-เบสของน้ำอยู่ในช่วง 6.0 – 7.5 สำหรับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันตลอดทั้งลำน้ำโดยจากการศึกษาที่ผ่านมา (REO13 (Chonburi), 2017) พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.5 – 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงฤดูแล้งและ 2.5 – 7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงฤดูน้ำมาก ต่างจากการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำลงทั้งสองฤดูกาล ตะกอนแขวนลอยพบว่ามีปริมาณสูงที่สถานี BKR 1 และ BKR 2 ซึ่งเป็นสถานีปลายแม่น้ำที่ได้รับอิทธิพลจากการฟุ้งกระจายที่บริเวณปากแม่น้ำก่อนถูกพัดพาเข้ามาหรือสถานียังกล่าวอยู่ในบริเวณที่น้ำจืดและน้ำทะเลบรรจบกันทำให้ตะกอนที่มากับแม่น้ำเคลื่อนที่ช้าลงและสะสมกันจนมีปริมาณสูงในบริเวณที่เรียกว่า Turbidity maxima

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำบางปะกงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 – 2561 พบว่าอุณหภูมิของน้ำมีค่าสูงในช่วงฤดูร้อนจนถึงฤดูฝนและต่ำลงเมื่อเข้าสู่ฤดูหนาวของทุกปี น้ำทะเลสามารถรุกเข้าไปจนถึงต้นแม่น้ำบางปะกงได้ในช่วงฤดูแล้งแต่ก็ถูกผลักดันออกสู่ทะเลในช่วงฤดูน้ำมากที่ตลอดลำน้ำมีสภาพเป็นน้ำจืด แม่น้ำบางปะกงมีคุณสมบัติเป็นเบสอ่อนๆ เมื่อมีน้ำทะเลรุกเข้ามาและเป็นกรดอ่อนๆ เมื่อถูกน้ำท่าผลักดันน้ำทะเลออกไป ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำแสดงสภาวะพร่องออกซิเจนเมื่อเข้าสู่ฤดูน้ำมาก ตะกอนแขวนลอย ไนโตรเจนในไตรท์ ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟตพบว่ามีค่าสูงที่บริเวณปากแม่น้ำในช่วงฤดูแล้ง ในขณะที่แอมโมเนียมีแหล่งที่มาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มากับน้ำท่าในช่วงฤดูน้ำมาก ซิลิเกตมีค่าสูงในบริเวณที่เกิดการผสมผสานระหว่างน้ำจืดและน้ำทะเล และสำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอพบว่าจะถูกกระตุ้นโดยสารอินทรีย์ละลายน้ำในกลุ่มของไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟตจนทำให้มีปริมาณสูงที่สุดตลอดลำน้ำในช่วงฤดูแล้งของปี พ.ศ. 2560 ในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำทุกชนิดมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่าที่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออกกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่ช่วยในการอนุเคราะห์เครื่องมือ CTD ขอขอบคุณกรมอุตุฯ มหาวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อข้อมูลสภาพอากาศ ขอขอบคุณนิสิตและคณาจารย์กลุ่มสมุทรศาสตร์ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งทางภาคสนามและห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับการอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางภาคสนามและสถานที่ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ และงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนบางส่วนจากงบประมาณรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 (เพิ่มเติม) มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา เพิ่มเติม 31/2559

เอกสารอ้างอิง

- American Public Health Association-APHA. (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater including Sediments and Sludges*. Washington, DC: American Water Works Association and the Water Environment Federation.
- Buranapratheprat, A., Kan-atireklap, S., Yuenyong, S. & Kan-atireklap, S. (2018). Fluxes of suspended sediment and dissolved inorganic nutrients at the Welu River mouth in dry and wet seasons in 2014. *Burapha Science Journal*, 23(1), 546-556. (in Thai)
- Grasshoff, K., Kremling, K. & Ehrhardt, M. (1999). *Methods of Seawater Analysis*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Hungspreugs, M. (1989). *Chemical Oceanography*. Chulalongkorn. (in Thai)
- Hydro and Agro Informatics Institute - HAI. (2012). *Bangpakong River Basin*. Retrieved July 9, 2018, from <http://www.thaiwater.net/web/attachments/25basins/16-bangpakong.pdf>. (in Thai)
- Kutako, M. & Powtongsook, S. (2012). Role of Biological Processes on Nitrogen Compounds Conversion in Earthen Aquaculture Pond. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 30(2), 97-106. (in Thai)
- Masen, T., Leethochavalit, S., Tapaneeyaworawong, P., Powtongsook, S. & Kutako, M. (2017). Kinetics and Ammonia Treatment of Sediment from White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Pond. *Thaksin Journal*, 20(3), 17-24. (in Thai)
- Pollution Control Department - PCD. (2004). Situation of surface water quality. *Annual report water quality Management bureau 2004*. (pp. 10-11). Bangkok: Pollution Control Department. (in Thai)
- Pollution Control Department - PCD. (2006). *Marine pollution*. Retrieved July 9, 2018, from http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water02.html#s4. (in Thai)
- Pollution Control Department - PCD. (2015). *Marine pollution*. Retrieved July 15, 2018, from http://www.pcd.go.th/info_serv/water_marine.html. (in Thai)
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Ottawa: Fishery Research Board of Canada.

The Regional Environment Office 13 - REO13 (Chonburi). (2017). *Water Quality in the Bangpakong River*.

Retrieved September 30, 2018, from <http://www.mnre.go.th/reo13/th/information/list/25>. (in Thai)

Upper Marine and Coastal Resources Research Center, Department of Marine and Coastal

Resource - UMCRRRC, DMCR. (2005). *Ecosystem in the Bangpakong Estuary*. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)