วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 32, ฉบับที่ 2 เม.ย.–มิ.ย. 2565
The Journal of KMUTNB., Vol. 32, No. 2, Apr.–Jun. 2022

บทความวิจัย

การประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ จังหวัดระยอง โดยใช้ดัชนีชี้วัดทางเคมี

สุนิสา อึ้งวิวัฒน์กุล และ ศุษิระ บุตรดี*
สาขาวิชากระบวนการเคมีอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 09 9452 9961 อีเมล: susira.b@sciee.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.08.003
รับเมื่อ 2 กรกฎาคม 2563 แก้ไขเมื่อ 17 สิงหาคม 2563 ตอบรับเมื่อ 24 สิงหาคม 2563 เผยแพร่ออนไลน์ 19 สิงหาคม 2564
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

แม่น้ำคลองใหญ่เป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญต่อประชาชนจังหวัดระยองทั้งในด้านการอุปโภค บริโภค และเกษตรกรรม ปัจจุบันจังหวัดระยองมีการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรม และมีประชากรเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการใช้ทรัพยากรน้ำและมีน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ เพิ่มมากขึ้นไปด้วย ดังนั้น การคำนึงถึงคุณภาพและความสะอาดของน้ำถือเป็นสิ่งจำเป็น การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ จังหวัดระยอง โดยใช้ดัชนีชี้วัดทางเคมี (Chemical Index; CI) พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ คือ อุณหภูมิน้ำ การนำไฟฟ้า ความเป็นกรดด่าง ค่าดีโอ ค่าบีโอดี ไนเทรต-ไนโตรเจน แอมโมเนียม-ไนโตรเจน และออร์โทฟอสเฟต ทำการเก็บน้ำตัวอย่างจำนวน 6 จุด ในช่วงฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ในฤดูฝนอยู่ในเกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำ "ปานกลาง" ถึง "สะอาด" ขณะที่ช่วงฤดูหนาวพบว่า อยู่ในเกณฑ์ระดับ "มลพิษ" ถึง "สะอาด" และช่วงฤดูร้อนอยู่ในเกณฑ์ระดับ "ปานกลาง" ถึง "ค่อนข้างสะอาด" อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่าคุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ในแต่ละฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05) จากข้อมูลคุณภาพน้ำสามารถสรุปได้ว่า คุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 ซึ่งข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้จากการวิจัยนี้มีประโยชน์สำหรับการจัดการทรัพยากรน้ำในจังหวัดระยอง เพื่อรองรับแผนพัฒนาเขตเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (EEC)

คำสำคัญ: ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ ดัชนีชี้วัดทางเคมี มลพิษทางน้ำ แม่น้ำคลองใหญ่ จังหวัดระยอง

การอ้างอิงบทความ: สุนิสา อึ้งวิวัฒน์กุล และ ศุษิระ บุตรดี, "การประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ จังหวัดระยอง โดยใช้ดัชนีชี้วัดทางเคมี," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 32, ฉบับที่ 2, หน้า 398–414, เม.ย.–มิ.ย. 2565.

Research Article

Assessment of Water Quality in Khlong Yai River in Rayong Province by Chemical Index (CI)

Sunisa Ungwiwatkul and Susira Bootdee*
Chemical Industrial Process and Environment Program, Faculty of Science, Energy and Environment, King Monkut's University of Technology North Bangkok, Rayong Campus, Rayong, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 09 9452 9961, E–mail: susira.b@sciee.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.08.003
Received 2 July 2020; Revised 17 August 2020; Accepted 24 August 2020; Published online: 19 August 2021
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Khlong Yai River is important to the people of Rayong Province for both consumption and agricultural purposes. Presently, the city has a dramatic number of population and industrial expansion resulting in increasing demand of water consumption and wastewater. Thus, it is necessary to consider the quality and cleanliness of the water before using. This research aims to study the assessment of water quality in Khlong Yai River at Rayong Province by using the Chemical Index (CI). The CI was calculated from 8 parameters including water temperature (WT), electric conductivity (EC), pH, Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD_5), Nitrate-N (NO_3^- -N), Ammonium-N (NH_4^+-N) and Orthro-phosphate ($O\text{-}PO_4^{3-}$). The water samples were collected from 6 sites of river in rainy, winter, and summer seasons. The results showed that the water quality of Khlong Yai River in rainy season was "moderate" to "clean" in accordance with the CI, while that of winter season was at the level of "pollution" to "clean" and summer season was rated as "moderate" to "fairly clean". However, the water quality of Khlong Yai River in all seasons were not significant difference (p>0.05). Based on the observed data, it is concluded that Khlong Yai River could be classified into class 2 of the surface water quality standard.It is suggested that the water quality information can be used for water resources management in Rayong Province to accommodate the plan of Eastern Economic Corridor (EEC).

Keywords: Water Quality Index, Chemical Index, Water Pollution, Khlong Yai River, Rayong Province

Please cite this article as: S. Ungwiwatkul and S. Bootdee, "Assessment of water quality in Khlong Yai River in Rayong Province by Chemical Index (CI)," *The Journal of KMUTNB*, vol. 32, no. 2, pp. 398–414, Apr.–Jun. 2022 (in Thai).

1. บทนำ

น้ำหรือแหล่งน้ำมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งมนุษย์ สัตว์ และพืช ในอดีตนั้น แหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็นแม่น้ำ น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน น้ำชายฝั่ง และน้ำทะเล มักพบว่า มีการเน่าเสีย หรือมีการปนเปื้อนไม่มากเหมือนเช่นในปัจจุบัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากระบบนิเวศ และธรรมชาติในแหล่งดังกล่าวสามารถปรับสภาพความสมดุล และฟื้นฟูตัวเองได้ระดับหนึ่งทำให้เกิดการหมุนเวียน แม้จะมีการปนเปื้อนจากสารอาหารหรือสารมลพิษต่างๆ เนื่องจากอาจมีปริมาณน้อยน้ำจึงสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างเหมาะสม [1] เมื่อมีความเจริญเติบโตทางสังคมจนเกิดเป็นชุมชน มีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และพาณิชยกรรม ทำให้ธรรมชาติไม่สามารถปรับเปลี่ยนหมุนเวียนฟื้นตัวเองได้ทัน ปัญหาการเน่าเสียของแหล่งน้ำหรือแม่น้ำจึงเกิดขึ้น และก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตในแถบลุ่มน้ำ รวมทั้งการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำนั้นๆ ด้วย ดังนั้น การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำจึงเป็นกิจกรรมที่สำคัญต่อการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ เพื่อจะได้ทราบถึงสถานภาพของแหล่งน้ำนั้นๆ ได้ [2]

ในปัจจุบันมีหลักการหรือวิธีการตรวจวัด และติดตามคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำต่างๆ 3 วิธี คือ 1) วิธีการทางกายภาพ (Physical Monitoring) 2) วิธีการทางเคมี (Chemical Monitoring) และ 3) วิธีการทางชีวภาพ (Biological Monitoring) โดยวิธีการทางกายภาพจะศึกษาอุณหภูมิน้ำ (Water Temperature; WT) สภาพการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity; EC) ปริมาณของแข็ง (Solid Content) กลิ่น (Odor) สี (Color) และรส (Taste) ส่วนวิธีการทางเคมีบอกถึงคุณลักษณะที่เกิดจากสารเคมีที่เจือปนอยู่ในน้ำที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งจะต้องใช้การตรวจสอบด้วยวิธีทางห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทั้งที่เป็นปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่เจือปนอยู่ในน้ำ เช่น ความกระด้าง (Hardness) อิออนลบและอิออนบวกชนิดต่างๆ เช่น คลอไรด์ (Chloride; Cl^-) ซัลเฟต (Sulfate; SO_4^{2-}) ไซยาไนด์ (Cyanides; CN^-) โซเดียม (Sodium; Na^+) แคลเซียม (Calcium; Ca^{2+}) โพแทสเซียม (Potassium; K^+) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย (Dissolved Oxygen; DO) ค่าที่แสดงถึงความสกปรกในรูปต่างๆ เช่น ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand; BOD_5) ค่าปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Chemical Oxygen Demand; COD) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solid) ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid) นอกจากนี้ยังมีค่าแสดงปริมาณสารอาหารปนเปื้อนที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) อาทิ ปริมาณไนเทรต-ไนโตรเจน (Nitrate-N; NO_3^--N) ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (Ammonium-N; NH_4^+-N) ปริมาณออร์โทฟอสเฟต (Orthro-phosphate; O-PO_4^{3-}) สุดท้ายเป็นวิธีการทางชีวภาพซึ่งแสดงถึงคุณภาพน้ำที่เกิดจากจุลินทรีย์ที่เจือปนในน้ำ และติดตามสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในแหล่งน้ำ กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่น่าสนใจ คือ กลุ่มพวกแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะสาหร่าย กลุ่มแมลงน้ำ ปลา และพืชน้ำ ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Bioindicator) [3]–[5]

มีหลายงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของฤดูกาลต่อคุณภาพน้ำ อาทิ พัชรี และคณะ [6] ศึกษาคุณภาพน้ำของลำน้ำมูลที่ไหลผ่าน จังหวัดนครราชสีมา และอุบลราชธานี ในช่วงฤดูหนาว ฤดูแล้ง และฤดูฝน ทั้งหมด 11 จุด พบว่า ในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณออร์โทฟอสเฟตเฉลี่ยสูงกว่าฤดูอื่น และยังพบว่า ในช่วงฤดูฝนมีค่า DO, BOD และปริมาณไนเทรตเฉลี่ยสูงที่สุด สิริพร และปริญญา [7] ศึกษาคุณภาพน้ำในห้วยสำราญ จังหวัดศรีสะเกษ พบว่า อุณหภูมิของน้ำมีความผันแปรตามฤดูกาล โดยอุณหภูมิสูงสุดพบอยู่ในช่วงฤดูร้อน และอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ในช่วงฤดูหนาว เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟอสเฟต และ DO ของทั้งสามฤดูกาลพบว่า ในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับปริมาณไนเทรต และ BOD พบว่า ในช่วงฤดูหนาวมีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ต่อมาเจนจิรา และคณะ [8] ทำการศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านตอนบน จังหวัดน่าน พบว่า ในช่วงฤดูร้อนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิของน้ำปริมาณ

ไนเทรตและแอมโมเนียสูงที่สุด ส่วนในฤดูหนาวพบว่า มีค่า DO และ BOD สูงที่สุด

แม่น้ำคลองใหญ่ หรือชาวจังหวัดระยองมักเรียกแม่น้ำสายนี้ว่า แม่น้ำระยอง เป็นแหล่งน้ำสำคัญสายหนึ่งในจังหวัดระยองที่ชาวจังหวัดระยองใช้อุปโภคบริโภคกันมาเนิ่นนาน โดยแม่น้ำคลองใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์เพื่อ 1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน 2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ 3) การประมง และ 4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ [9] นอกจากนี้ แม่น้ำคลองใหญ่ยังเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญสำหรับพื้นที่ทางเกษตรกรรม และพื้นที่อุตสาหกรรมของจังหวัดระยอง แม่น้ำคลองใหญ่มีความยาวประมาณ 50 กิโลเมตร มีต้นกำเนิดจากเทือกเขากองซอง และเขาพนมศาสตร์ ไหลผ่านบริเวณอำเภอปลวกแดง อำเภอบ้านค่าย และผ่านตำบลท่าประดู่ ปากแม่น้ำไหลลงสู่ทะเลที่ตำบลปากน้ำ อำเภอเมืองระยอง โดยต้นแม่น้ำ คือ อ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ ซึ่งในปัจจุบันจังหวัดระยองกำลังมีการพัฒนาอ่างเก็บน้ำเป็นแหล่งน้ำสำรอง และรองรับน้ำจากลำห้วยสาขาเหนืออ่างเก็บน้ำ เพื่อใช้สำหรับการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมของพื้นที่จังหวัดระยอง [10]

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ จังหวัดระยอง โดยมีการศึกษาช่วงฤดูกาลที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการบริหาร และจัดการน้ำในพื้นที่จังหวัดระยอง รวมทั้งตระหนักถึงมลพิษทางน้ำที่จะตามมาพร้อมกับการพัฒนาเศรษฐกิจในอนาคต เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการให้จังหวัดระยองมีแหล่งน้ำที่ใช้อุปโภคบริโภคอย่างยั่งยืน

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ ในจังหวัดระยอง ด้วยวิธีการใช้ดัชนีชี้วัดทางเคมี (Chemical Index; CI) ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่ศึกษา ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) การนำไฟฟ้า (EC) อุณหภูมิของน้ำ (WT) ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD_5) ค่าปริมาณไนเทรต-ไนโตรเจน (NO_3^--N) ค่าปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4^+-N) และค่าปริมาณออร์โทฟอสเฟต ($O\text{-}PO_4^{3-}$) โดยวิธีการประเมินคุณภาพน้ำอ้างอิงจาก Bach [11], Colombo [12] และ Chantara [13]

2.1 การเก็บน้ำตัวอย่างและวิเคราะห์

การเก็บน้ำตัวอย่าง ใช้วิธีการเก็บน้ำตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) โดยเก็บตัวอย่างในช่วงเวลา 09.00–15.00 น. แล้วทำการรักษาตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในแต่ละพารามิเตอร์ของดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำทำการตรวจวัดหรือวิเคราะห์ 3 ซ้ำ โดยสามารถแบ่งได้ 2 ส่วน คือ การเก็บน้ำตัวอย่างและวิเคราะห์ภาคสนามและภาคห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

การเก็บน้ำตัวอย่างและวิเคราะห์ภาคสนาม ทำการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายค่าพารามิเตอร์แบบมือถือ (Multiparameter Portable Water Quality Meter ยี่ห้อ SI Analytics รุ่น HandyLab 680, Germany) และเก็บน้ำตัวอย่างกลับไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยทำการเก็บน้ำตัวอย่างด้วยขวดบีโอดี (BOD Bottle) สำหรับการวิเคราะห์หาค่าปริมาณ DO และ BOD_5 ส่วนการวิเคราะห์หาค่าปริมาณ NO_3^--N และ $O\text{-}PO_4^{3-}$ ใช้ขวดเก็บน้ำประเภทพอลิเอทิลีน (Polyethylene Bottle) โดยเก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 1 ลิตร สำหรับการหาค่าปริมาณ NH_4^+-N ใช้ขวดเก็บน้ำประเภทพอลิเอทิลีนปริมาตร 1 ลิตร แต่ต้องรักษาสภาพด้วยการปรับ pH ~2.0 ด้วยกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) [13]

การเก็บน้ำตัวอย่างและวิเคราะห์ภาคห้องปฏิบัติการ นำน้ำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์หาค่า DO และ BOD_5 ด้วยวิธีการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) และ $O\text{-}PO_4^{3-}$ โดยวิธีกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic Acid Method) [3] วิเคราะห์หาปริมาณ NH_4^+-N ด้วยวิธีอ้างอิงของ Bremner และ Mulvaney [14] ก่อนจะทำการวิเคราะห์ต้องปรับสภาพน้ำตัวอย่างให้มี pH 5.0–8.0 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ส่วนการหาปริมาณ NO_3^--N ทำการวิเคราะห์โดยวิธีด้วยวิธีอ้างอิงของ APHA 4500-

NO_3B [15] ซึ่งเหมาะสำหรับน้ำสะอาดและน้ำธรรมชาติ และทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer; Shimadzu UV 2600, Japan)

2.2 การทดสอบความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ด้วยการหาร้อยละการกลับคืนมา

ร้อยละการกลับคืนมา (% Recovery) คือ การตรวจสอบค่าการกลับคืนมา (Recovery Test) กรณีไม่มีวัสดุอ้างอิง (Certified Reference Material; CRM) การตรวจสอบความแม่นยำให้ทำโดยการเติมสารที่ต้องการทดสอบซึ่งเป็นสารมาตรฐานและรู้ค่าที่แน่นอน ปริมาณน้อยลงในตัวอย่าง (Spike/Fortified Sample) แล้วทดสอบ และคำนวณหา % Recovery ได้ตามสมการที่ (1) และประสิทธิภาพของการหาร้อยละการกลับคืนมาควรอยู่ในช่วง 75–120% [16]

$$\%\ recovery\ = \left(\frac{C_1 - C_2}{C_3}\right) \quad (1)$$

เมื่อ

C_1 คือ ความเข้มข้นที่วัดได้ของสัญญาณของตัวอย่างที่หาได้จากกราฟสารมาตรฐาน (Calibration Curve)

C_2 คือ ความเข้มข้นที่วัดได้ของสัญญาณของตัวอย่างที่ไม่ได้มีการ Spike ที่หาได้จากกราฟสารมาตรฐาน

C_3 คือ ความเข้มข้นจริงที่รู้แน่นอน (ความเข้มข้นที่ Spike ในตัวอย่าง)

การหาร้อยละการกลับคืนมาเพื่อทดสอบความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนเทรต-ไนโตรเจน และปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ใช้น้ำฝนสังเคราะห์ (Artificial Rain) ที่ได้มาจาก Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET 2016) [17] ประเทศญี่ปุ่น และหาปริมาณออร์โทฟอสเฟต โดยใช้สารละลายจากสารละลายมาตรฐาน (Spike Sample)

2.3 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดทางเคมี (CI) ของการประเมินคุณภาพน้ำ

ดัชนีชี้วัดทางเคมี (CI) คือ การกำหนดดัชนีชี้วัดทางเคมีเพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของน้ำ โดยอาศัยค่าพารามิเตอร์หลายพารามิเตอร์มาคำนวณ ได้แก่ ร้อยละการอิ่มตัวของออกซิเจน (% Saturated Oxygen; % O_2-S), BOD_5, NO_3^--N, O-PO_4^{3-}, NH_4^+-N, อุณหภูมิ, pH และ EC ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าดัชนีชี้วัดทางเคมี (CI) เพื่อประเมินคุณภาพน้ำได้ตามสมการที่ (2) และค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ของแต่ละพารามิเตอร์ที่นำมาคำนวณแสดงในตารางที่ 1 นอกจากนี้ ค่าดัชนีย่อยของแต่ละพารามิเตอร์ (q_i) สามารถหาได้จากกราฟค่าดัชนีย่อยแต่ละพารามิเตอร์ดังแสดงในหนังสือ Environmental Impact Assessment หัวข้อเรื่อง Surface water quality indicators หน้า 221 ของ Colombo [12] เมื่อทำการคำนวณการประเมินคุณภาพน้ำ ด้วยวิธีดัชนีชี้วัดทางเคมี (CI) ตามสมการที่ (2) ก็สามารถแสดงผลตามคะแนนเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำ ดังแสดงตามตารางที่ 2 [11], [12], [14]

$$CI\ =\ IIq_i^{w_i}\ =\ q_1^{w_1} \times q_2^{w_2} \times ... \times q_n^{w_n} \quad (2)$$

เมื่อ

CI คือ ค่าดัชนีชี้วัดทางเคมี

q_i คือ ค่าความเข้มข้นของดัชนีย่อยของแต่ละพารามิเตอร์ (Sub-index)

n คือ จำนวนพารามิเตอร์

w_i คือ น้ำหนักสัมพัทธ์ของแต่ละพารามิเตอร์

ตารางที่ 1 น้ำหนักสัมพัทธ์ของแต่ละพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับคำนวณค่าดัชนีชี้วัดทางเคมี (CI) [13]

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำหนักสัมพัทธ์ (w_i)
1. O_2-S	%	0.20
2. BOD_5	mg/L	0.20
3. WT	°C	0.08
4. NH_4^+-N	mg/L	0.15
5. NO_3^--N	mg/L	0.10
6. O-PO_4^{3-}	mg/L	0.10
7. pH	-	0.10
8. EC	µS/cm	0.07

ตารางที่ 2 คะแนนเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำ ด้วยใช้ดัชนีชี้วัดทางเคมี (CI)

ระดับ	คะแนน	คุณลักษณะการประเมินคุณภาพน้ำ
I	>83	สะอาดมาก (Very Clean)
I–II	73–83	สะอาด (Clean)
II	56–73	ค่อนข้างสะอาด (Fairly Clean)
II–III	44–56	ปานกลาง (Moderate)
III	27–44	ปนเปื้อน (Polluted)
III–IV	17–27	ปนเปื้อนมาก (Heavily Polluted)
IV	<17	ปนเปื้อนหนักมาก (Very Heavily Polluted)

การนำค่า DO มาคำนวณหาค่า %O_2-S ตามสมการที่ (3) และ (4)

$$O_2\text{-}S\ (\%) = \frac{C \times 100}{C_s} \quad (3)$$

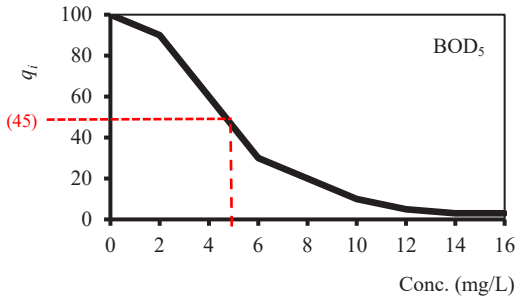
เมื่อ $C\ (mg/L)$ คือ ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลาย (DO)

$$C_s\left(\frac{mg}{L}\right) = \left\{\frac{475}{33.5 + WT}\right\} \times \left\{\frac{760 - 0.095A}{760}\right\} \quad (4)$$

เมื่อ A คือ ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร)

WT คือ อุณหภูมิของน้ำ (°C)

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าดัชนีชี้วัดทางเคมี (CI) ย่อยแต่ละพารามิเตอร์ โดยสมมติได้ดังนี้ มีการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างพบว่า ความเข้มข้นของ BOD_5 มีค่า 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสามารถหาค่าดัชนีย่อยของ BOD_5 ได้จากกราฟดังแสดงวิธีการหาค่าตามรูปที่ 1 และค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ของ



รูปที่ 1 วิธีการอ่านค่าดัชนีย่อย (q_i) ที่ได้จากกราฟความเข้มข้นของแต่ละพารามิเตอร์

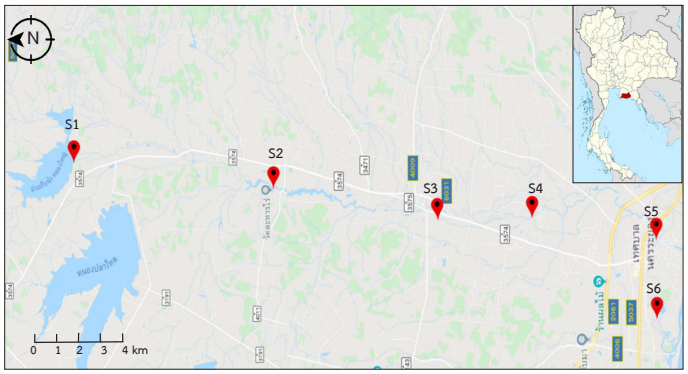
ค่า BOD_5 คือ 0.20 (ตารางที่ 1) ดังนั้นสามารถแสดงการคำนวณตามสมการที่ (5)

$$q_i = 45$$
$$q_i^{w_i} = 45^{0.20} = 2.141 \quad (5)$$

ดังนั้นค่าดัชนีชี้วัดทางเคมีย่อยของ BOD_5 ที่มีความเข้มข้น 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ 2.141

2.4 จุดเก็บน้ำตัวอย่างและช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บน้ำตัวอย่างจากแม่น้ำคลองใหญ่ จังหวัดระยอง ทั้งหมด 6 จุด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 2 เก็บน้ำตัวอย่างตามช่วงฤดูกาล โดยทำการเก็บน้ำตัวอย่างในช่วงฤดูฝน (กันยายน พ.ศ. 2562) ช่วงฤดูหนาว (ธันวาคม พ.ศ. 2562) และช่วงฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563) ซึ่งมีระยะห่างแต่ละช่วงฤดูกาลประมาณ 2 เดือน



ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Google Map

รูปที่ 2 แผนที่จุดเก็บน้ำตัวอย่างของแม่น้ำคลองใหญ่ จังหวัดระยอง

ตารางที่ 3 จุดเก็บน้ำตัวอย่างในแม่น้ำคลองใหญ่ จังหวัดระยอง

จุดเก็บน้ำตัวอย่าง	ลักษณะบริเวณโดยรอบจุดเก็บตัวอย่าง	พิกัดทางภูมิศาสตร์	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร)
S1	เก็บน้ำตัวอย่างในอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ สภาพบริเวณโดยรอบอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่มีพื้นที่เกษตรกรรม และปศุสัตว์ ร้านอาหารและรีสอร์ท เป็นต้น	12° 57′ 53.37′ 101° 18′ 47.41′	47
S2	ไหลผ่านการพื้นที่ทำการเกษตร เป็นแหล่งให้อาหารปลาของบริเวณหลังวัด	12° 51′ 18.33′ 101° 18′ 4.67′	17
S3	ไหลผ่านตัวชุมชน ตัวเมืองอำเภอบ้านค่าย จุดเก็บตัวอย่างใกล้ถนน มีบ้านเรือนอยู่ติดแม่น้ำ มีท่อระบายน้ำทิ้งจากถนนและชุมชน และมีลักษณะเป็นฝายชะลอน้ำขนาดย่อม	12° 46′ 30.38′ 101° 17′ 40.27′	13
S4	ไหลผ่านพื้นที่ตั้งโรงดูดทราย ชุมชน วัด และโรงเรียน	12° 43′ 43.16′ 101° 17′ 37.94′	12
S5	แม่น้ำมีน้ำไหลเอื่อย มีโรงแรมและชุมชนตั้งตามฝั่งของแม่น้ำ ซึ่งเป็นจุดผ่านตัวเมืองระยอง เป็นจุดที่ประตูกั้นน้ำทะเลกับน้ำจืด มีขยะไหลมารวมจำนวนมาก	12° 40′ 32.68′ 101° 16′ 59.73′	8
S6	จุดปลายแม่น้ำก่อนไหลไปรวมกับแม่น้ำระยองไหลลงสู่ทะเล บริเวณโดยรอบมีแหล่งชุมชนที่อาศัยอยู่ตามริมน้ำ และไหลผ่านโรงฆ่าสัตว์	12° 40′ 23.05′ 101° 15′ 11.05′	1

ตารางที่ 4 ผลร้อยละการกลับคืนมา (% Recovery) ของน้ำฝนสังเคราะห์

น้ำฝนสังเคราะห์	ความเข้มข้นน้ำฝนสังเคราะห์ (mg/L)		ค่าได้จากการวิเคราะห์ ± SD (mg/L)		% Recovery	
	NH_4^+-N	NO_3^--N	NH_4^+-N	NO_3^--N	NH_4^+-N	NO_3^--N
161W	0.441	0.294	0.0482 ± 0.007	0.278 ± 0.009	110	94
162W	0.182	0.118	0.202 ± 0.016	0.115 ± 0.014	111	98

ตารางที่ 5 ผลร้อยละการกลับคืนมาของการเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น (Spike)

ชนิดของสาร	ความเข้มข้นของ Unknown (mg/L)	ค่าวิเคราะห์ได้ (± SD) (mg/L)	%Recovery
NH_4^+-N	0.100	0.102 ± 0.000	102
O-PO_4^{3-}	0.050	0.048 ± 0.000	96
NO_3^--N	1.000	0.947 ± 0.020	95

3. ผลการทดลอง

3.1 ทดสอบความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ด้วยการหาร้อยละการกลับคืนมา

จากตารางที่ 4 และตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์หาร้อยละการกลับคืนมาของวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนเทรต-ไนโตรเจน ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน และปริมาณออร์โธฟอตเฟต โดยสอบเทียบกับความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้จากน้ำฝนสังเคราะห์ (EANET 2016) และการเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น (Spike) ซึ่งใช้สารละลายน้ำฝนสังเคราะห์รหัส 161W (ความเข้มข้นสูง) และ 162W (ความเข้มข้นต่ำ) พบว่า วิธีการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของไนเทรต-ไนโตรเจน จากน้ำฝนสังเคราะห์และการเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นมีค่าร้อยละการกลับคืนมาอยู่ในช่วง 94–98 ขณะที่แอมโมเนียม-

ตารางที่ 6 ค่าความเข้มข้นของแต่ละพารามิเตอร์ที่ใช้ประเมินคุณภาพน้ำ โดยใช้ดัชนีชี้วัดทางเคมี (CI)

ความเข้มข้นของพารามิเตอร์		จุดเก็บตัวอย่าง (±SD)						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	ค่าเฉลี่ย (±SD)
DO	Rainy	7.7 ± 0.2	8.2 ± 0.3*	6.8 ± 0.1	7.5 ± 0.1	8.0 ± 0.2	6.8 ± 0.1	7.5 ± 0.6^{A}
(mg/L)	Winter	9.6 ± 0.3*	5.5 ± 0.2	4.3 ± 0.2	7.1 ± 0.2	2.1 ± 0.2	3.2 ± 0.2	5.3 ± 2.7^{B}
n=3	Summer	13.6 ± 0.3*	5.0 ± 0.2	4.9 ± 0.5	7.6 ± 0.2	1.5 ± 0.2	4.2 ± 0.2	6.1 ± 4.2^{AB}
BOD_5	Rainy	1.4 ± 0.2	1.5 ± 0.3	0.5 ± 0.1	1.3 ± 0.1	1.6 ± 0.2*	0.7 ± 0.1	1.2 ± 0.4^{A}
(mg/L)	Winter	2.4 ± 0.2*	1.1 ± 0.2	0.7 ± 0.1	1.2 ± 0.2	1.7 ± 0.1	1.5 ± 0.2	1.4 ± 0.6^{A}
n=3	Summer	4.8 ± 0.2*	1.0 ± 0.2	2.5 ± 1.1	1.6 ± 0.2	1.3 ± 0.2	1.1 ± 0.2	2.1 ± 1.4^{B}
WT	Rainy	29.0 ± 0.0	29.7 ± 0.4	30.0 ± 0.4	29.1 ± 0.1	29.8 ± 0.2	30.0 ± 0.2*	29.6 ± 0.4^{A}
(°C)	Winter	26.3 ± 0.0	27.2 ± 0.6*	26.4 ± 0.6	24.5 ± 0.0	26.8 ± 0.5	26.6 ± 0.5	26.3 ± 0.9^{B}
n=3	Summer	28.8 ± 0.3	27.9 ± 0.6	26.4 ± 0.4	28.8 ± 0.2	28.9 ± 0.9	29.7 ± 0.9*	28.4 ± 1.1^{C}
pH	Rainy	7.6 ± 0.1	7.4 ± 0.1	7.4 ± 0.1	7.1 ± 0.1	6.9 ± 0.1	7.9 ± 0.1*	7.4 ± 0.4^{A}
n=3	Winter	9.2 ± 0.0*	7.2 ± 1.1	6.9 ± 1.1	6.9 ± 1.1	6.8 ± 0.1	7.1 ± 0.1	7.4 ± 0.9^{A}
	Summer	9.2 ± 0.0*	7.1 ± 1.2	6.6 ± 1.2	7.0 ± 0.0	7.0 ± 0.3	7.3 ± 0.3	7.4 ± 0.9^{A}
EC	Rainy	0.113 ± 0.000	0.149 ± 0.000	0.226 ± 0.006	0.222 ± 0.000	1.127 ± 0.001	9.917 ± 0.035*	1.959 ± 3.917 ^{A}
(mS/cm)	Winter	0.109 ± 0.000	0.296 ± 0.001	0.303 ± 0.003	0.296 ± 0.000	2.627 ± 0.029	19.677 ± 0.067*	3.885 ± 7.795 ^{A}
n=3	Summer	0.118 ± 0.001	0.327 ± 0.000	0.385 ± 0.000	0.327 ± 0.002	28.833 ± 0.115	33.233 ± 0.208*	10.537 ± 15.937^{B}
NH_4^+-N	Rainy	0.207 ± 0.003	0.173 ± 0.000	0.329 ± 0.003	0.335 ± 0.007	1.051 ± 0.008	2.614 ± 0.008*	0.785 ± 0.952^{A}
(mg/L)	Winter	0.500 ± 0.004	0.488 ± 0.004	0.516 ± 0.004	0.666 ± 0.006	1.750 ± 0.004	2.478 ± 0.004*	1.066 ± 0.846^{A}
n=3	Summer	0.381 ± 0.006	0.302 ± 0.012	0.403 ± 0.009	0.307 ± 0.003	2.375 ± 0.003*	1.909 ± 0.009	0.946 ± 0.939^{A}
NO_3^--N	Rainy	0.086 ± 0.002	0.208 ± 0.008	0.245 ± 0.008	0.056 ± 0.007	1.527 ± 0.002*	0.634 ± 0.002	0.459 ± 0.562^{A}
(mg/L)	Winter	0.103 ± 0.021	0.685 ± 0.033	0.288 ± 0.019	0.252 ± 0.006	1.377 ± 0.027*	0.615 ± 0.012	0.553 ± 0.461^{A}
n=3	Summer	0.044 ± 0.008	0.508 ± 0.021*	0.086 ± 0.024	0.147 ± 0.015	0.418 ± 0.010	0.367 ± 0.014	0.262 ± 0.194^{A}
$O\text{-}PO_4^{3-}$	Rainy	0.024 ± 0.001	0.054 ± 0.003	0.026 ± 0.002	0.094 ± 0.003	0.093 ± 0.002	0.231 ± 0.002*	0.087 ± 0.077^{A}
(mg/L)	Winter	0.013 ± 0.001	0.015 ± 0.001	0.012 ± 0.002	0.037 ± 0.002	0.070 ± 0.002	0.155 ± 0.002*	0.050 ± 0.056^{A}
n=3	Summer	0.042 ± 0.005	0.041 ± 0.004	0.103 ± 0.002	0.178 ± 0.006	0.377 ± 0.002*	0.283 ± 0.006	0.171 ± 0.137^{B}

หมายเหตุ: $^{A, B, C}$ แสดงค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละฤดูกาลมีค่านัยสำคัญที่ $p<0.05$
SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
* คือ ค่าสูงที่สุด

ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 102–111 นอกจากนี้ ร้อยละการกลับคืนมาของออร์โธฟอตเฟตมีค่า 94 โดยรวมร้อยละการกลับคืนมาอยู่ในช่วงประมาณ 94–111 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ 75–120% [16] ดังนั้นวิธีการทดลองหรือวิเคราะห์นี้จึงมีความเหมาะสม

3.2 ความเข้มข้นของพารามิเตอร์ในการประเมินคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงฤดูกาล

ความเข้มข้นของแต่ละพารามิเตอร์ในการประเมินคุณภาพน้ำ โดยใช้ดัชนีชี้วัดทางเคมี แสดงในตารางที่ 6 และได้นำข้อมูลของแต่ละพารามิเตอร์ที่ใช้ประเมินคุณภาพน้ำมาทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ด้วยวิธี One Way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิน้ำ ค่า pH และค่า EC ของแม่น้ำคลองใหญ่ พบว่า ผลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิน้ำ เมื่อนำมาเปรียบเทียบทั้ง 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน พบว่า อุณหภูมิของน้ำ ทั้ง 3 ฤดู มีค่าอุณหภูมิ อยู่ในช่วง 29.0±0.0 ถึง 30.0 ± 0.2 องศาเซลเซียส 24.5 ± 0.0 ถึง 27.2 ± 0.6 องศาเซลเซียส และ 26.4 ± 0.4 ถึง 29.7 ± 0.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อ

เปรียบเทียบกับงานวิจัยของ สิริพร และปริญญา [7] ซึ่งทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำในลำห้วยสำราญ จังหวัดศรีสะเกษ พบว่ามีค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 26.5–31.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำในแม่น้ำอิง จังหวัดเชียงรายมีค่าช่วง 27.5–34.1 องศาเซลเซียส [18] ซึ่งไม่ต่างจากงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทยพบว่า ยังไม่เกินมาตรฐาน [19] เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่า อุณหภูมิน้ำทุกฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ผลการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในช่วงฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน พบว่า มีค่า 0.113±0.000 ถึง 9.917 ± 0.035 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร 0.109 ± 0.000 ถึง 19.677 ± 0.067 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และ 0.118 ± 0.001 ถึง 33.233 ± 0.208 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของพัชรี และคณะ [6] นี้ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำมูล ที่ไหลผ่าน อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดอุบลราชธานี ในช่วงฤดูฝน ฤดูแล้ง และฤดูหนาวพบว่า มีค่า EC อยู่ในช่วง ND, 1.181–3.634 และ 0.900–2.011 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา) และ 0.144–0.240, 0.200–0.257 และ 0.197–0.287 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (จังหวัดอุบลราชธานี) ตามลำดับ โดยจะมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูร้อน รองลงมาคือฤดูหนาว ซึ่งสูงเป็นบางจุด และต่ำสุดในช่วงฤดูฝน ซึ่งมีผลไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยในครั้งนี้ นอกจากนี้พบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 และ 6 ของวิจัยครั้งนี้มีค่าสูงกว่า 10–100 เท่างานวิจัยก่อนหน้านี้ เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าค่า EC ในช่วงฤดูร้อนมีความแตกต่างจากฤดูฝนและฤดูหนาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ฤดูฝนและฤดูหนาวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) อาจเนื่องมาจากช่วงฤดูร้อนมีปริมาณน้ำน้อย ทำให้สารเคมีสารอนินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำเพิ่มขึ้น [20]

ผลการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือ pH ของน้ำทั้ง 6 จุด พบว่า ฤดูฝนอยู่ในช่วง 6.9 ± 0.1 ถึง 7.9 ± 0.1 ฤดูหนาวอยู่ในช่วง 6.8 ± 0.1 ถึง 9.2 ± 0.0 และฤดูร้อนมีค่า pH เท่ากับ 6.6 ± 1.2 ถึง 9.2 ± 0.0 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของรุ่งนภาและคณะ [20] ซึ่งทำการศึกษาคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยแร้ง-คลองพืด จังหวัดตราด ที่ผ่านพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่วนเกษตร และพื้นที่เกษตรกรรมพบว่า มีค่า pH เฉลี่ย 7.08 ± 0.15, 6.78 ± 0.14 และ 6.83 ± 0.11 เมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในประเทศไทย (pH 5–9) [19] พบว่า งานวิจัยนี้ไม่เกินมาตรฐาน หากค่า pH มีค่าอยู่ในช่วง 3.5–4.5 จะมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำ และถ้าค่า pH มากกว่า 11 จะมีผลต่อการระคายเคืองตาและผิวหนัง [21] เมื่อนำค่า pH มาทดสอบทางสถิติพบว่า ทุกฤดูกาลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) เมื่อนำมาเปรียบเทียบทั้ง 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน พบว่า DO ทั้ง 3 ฤดู ดังตารางที่ 4 ซึ่งค่า DO อยู่ในช่วง 6.8 ± 0.2 ถึง 8.2 ± 0.3, 2.1 ± 0.2 ถึง 9.6 ± 0.3 และ 1.5 ± 0.2 ถึง 13.6 ± 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้ ที่ทำการตรวจวัดค่า DO ของน้ำจากคลองรอบนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในช่วงฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน (1.34–2.63 มิลลิกรัมต่อลิตร) และการประเมินตรวจวัดคุณภาพน้ำของแม่น้ำลี้ จังหวัดลำพูน ในช่วงเดือนมกราคม 2556 พบว่า มีค่า DO อยู่ระหว่าง 5.1–7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร [22], [23] นอกจากนี้ รุ่งนภา และคณะ [20] ทำการศึกษาคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยแร้ง-คลองพืด จังหวัดตราด ที่ผ่านพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่วนเกษตร และพื้นที่เกษตรกรรมพบว่า มีค่า DO เฉลี่ย 4.52 ± 0.12, 3.68 ± 0.19 และ 3.60 ± 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย [19] แหล่งน้ำประเภทที่ 2 (DO ≥ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร) พบว่าค่า DO ที่วัดได้จากงานวิจัยในครั้งนี้มีค่าไม่ต่ำกว่ามาตรฐาน Said และคณะ [24] กล่าวว่าปริมาณออกซิเจนที่จะละลายน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิน้ำ และถ้าหากอุณหภูมิเย็นลงจะทำให้ออกซิเจนละลายน้ำได้ดีขึ้น อีกปัจจัยหนึ่งอาจมาจากสาหร่ายหรือแพลงก์ฟีชมีการปล่อยออกซิเจนออกมาสู่แหล่งน้ำผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง [7] ในจุดที่ S1 ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนมีปริมาณน้ำน้อย และมีสาหร่ายเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก จึงอาจส่งผลต่อค่า DO ได้ เมื่อนำค่า DO มาทดสอบทางสถิติพบว่า ช่วงฤดู

ฝน และฤดูหนาวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่พบว่า ฤดูร้อนไม่มีความแตกต่างกับฤดูฝน และฤดูหนาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD_5) ในช่วงฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วง 0.5 ± 0.1 ถึง 1.6 ± 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ฤดูหนาวมีค่า 0.7 ± 0.1 ถึง 2.4 ± 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และฤดูร้อนมีค่า 1.1 ± 0.2 ถึง 4.8 ± 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย [19] แหล่งน้ำประเภทที่ 2 (BOD_5 ≤1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร) พบว่า ค่า BOD_5 ที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน จะอยู่ที่ฤดูฝนในจุดที่ S5 (1.6 ± 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร) ส่วนฤดูหนาว คือ จุดที่ S1, S5 และ S6 (2.4 ± 0.2, 1.7 ± 0.1 และ1.5±0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ และฤดูร้อน พบในจุดที่ S1 (4.8 ± 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร) และ S3 (2.5 ± 1.1 มิลลิกรัมต่อลิตร) ดังแสดงตารางที่ 4 อัณธิกา [23] ได้ทำการประเมินตรวจวัดคุณภาพน้ำจากคลองรอบนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในช่วงฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝนพบว่า มีค่า BOD_5 อยู่ในช่วง 1.70–2.87 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าใกล้กับงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ รุ่งนภา และคณะ [20] ทำการศึกษาคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยแร้ง-คลองพืด จังหวัดตราด ที่ผ่านพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่วนเกษตร และพื้นที่เกษตรกรรมพบว่า มีค่า BOD_5 เฉลี่ย 0.96 ± 0.10, 1.28 ± 1.15 และ 1.61 ± 1.21 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในครั้งนี้มีค่าสูงกว่า (0.5±0.1 ถึง 4.9±0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร) เนื่องจากจุดเก็บน้ำตัวที่ S1 เป็นบริเวณอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ ในช่วงฤดูหนาว และฤดูร้อนมีปริมาณน้ำน้อย และบริเวณโดยรอบอ่างเก็บน้ำเป็นพื้นที่เกษตร รีสอร์ท และร้านอาหาร อาจมีการปล่อยน้ำเสียลงสู่อ่างเก็บน้ำ และยังพบว่า มีสาหร่ายเจริญเติบโตมาก หรือเรียกว่า สาหร่ายสะพรั่ง (Algae Bloom) ส่วนจุดที่ S3, S5 และ S6 เป็นจุดที่ผ่านชุมชนเมือง โรงงานอุตสาหกรรม โรงแรม ซึ่งรองรับน้ำเสียจากชุมชนเพื่อปล่อยออกสู่ทะเล Gupta และคณะ [21] รายงานว่า ค่า BOD_5 ได้นำมาใช้เพื่อประเมินค่าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในนำทิ้งครัวเรือนและน้ำเสียอุตสหกรรม และค่า BOD_5 สูงสุดที่สามารถทำให้สัตว์น้ำดำรงชีวิตอยู่ได้ต้องไม่เกิน 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร อีกสาเหตุที่ทำให้ค่า BOD_5 เกินมาตรฐาน อาจเนื่องมาจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยสิ่งมีชีวิตที่ต้องการออกซิเจน เช่น สาหร่าย จุลินทรีย์ และสัตว์น้ำ [25] เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่า BOD_5 ในแต่ละฤดูกาลพบว่า ฤดูร้อนมีความแตกต่างกับฤดูฝนและฤดูหนาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ฤดูฝนและฤดูหนาวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากในฤดูร้อนมีปริมาณน้ำน้อย ทำให้สารอินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำเพิ่มมากขึ้น

การตรวจสอบปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4^+-N) พบว่า NH_4^+-N ทั้ง 3 ฤดู เมื่อเรียงความเข้มข้นจากมากไปน้อยพบว่า ช่วงฤดูฝน (0.173 ± 0.000 ถึง 2.614 ± 0.008 มิลลิกรัมต่อลิตร) > ฤดูหนาว (0.488 ± 0.004 ถึง 2.478 ± 0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร) > ฤดูร้อน (0.302 ± 0.012 ถึง 2.375 ± 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ อัณธิกา [23] ที่ทำการศึกษาคุณภาพน้ำของคลองรอบนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่ามีค่าปริมาณความเข้มข้นของ NH_4^+-N มีค่าช่วง 0.01–0.44 เฉลี่ย 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่แม่น้ำบางปะกง เขตอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่าปริมาณความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้งเฉลี่ย 0.28 และ 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ [26] ซึ่งมีค่าน้อยกว่างานวิจัยนี้ นอกจากนี้จะพบว่า ค่าปริมาณความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในจุดเก็บน้ำตัวอย่างที่ S5 และ S6 มีค่าสูงกว่าจุดอื่นประมาณ 3–6 เท่า เนื่องจากทั้งสองจุดเป็นปลายน้ำคลองใหญ่ที่จะไหลลงสู่ทะเล อาจจะได้รับการปนเปื้อนจากปุ๋ยที่ใช้ทำเกษตรกรรม น้ำทิ้งจากครัวเรือนและอุตสาหกรรม และโรงฆ่าสัตว์ ซึ่งแอมโมเนียมเกิดจากปฏิกิริยากระบวนแอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification Process) ที่เกิดจากจากจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ในวัฏจักรไนโตรเจน [4], [23], [25] แต่อย่างไรก็ตาม ค่าปริมาณความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในช่วงฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย [19] แหล่งน้ำประเภทที่ 2 (NH_4^+-N ≤ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร) เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่า ค่าปริมาณความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในแต่ฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ (p>0.05)

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนเทรต-ไนโตรเจน (NO_3^--N) ในฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน มีค่าอยู่ในช่วง 0.056 ± 0.002 ถึง 1.527 ± 0.002, 0.103 ± 0.021 ถึง 1.377 ± 0.027 และ 0.044 ± 0.008 ถึง 0.508 ± 0.021 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในช่วงฤดูฝนมีค่าปริมาณความเข้มข้นของ NO_3^--N มีค่าสูงสุด และต่ำสุดในช่วงฤดูร้อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนนี้ ที่มีการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ NO_3^--N ในแม่น้ำมูลที่ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดอุบลราชธานี พบว่า ในช่วงฤดูฝนมีค่าปริมาณความเข้มข้นของ NO_3^--N สูงที่สุด (1.1–3.0 และ 5.8–6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร) และต่ำสุดในฤดูแล้ง (0.6–1.1 และ 1.1–2.6 มิลลิกรัมต่อลิตร) [6] นอกจากนี้ งานวิจัยนี้มีค่าน้อยกว่าค่าปริมาณความเข้มข้นของ NO_3^--N ในคลองรอบนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีค่า 0.04–10.42 มิลลิกรัมต่อลิตร [23] และการศึกษาคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยแร้ง-คลองพืด จังหวัดตราด ที่ผ่านพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่วนเกษตร และพื้นที่เกษตรกรรม ค่าเฉลี่ย NO_3^--N ในพื้นที่เกษตรกรรมพบว่ามีค่าสูงสุด เท่ากับ 0.79 ± 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ พื้นที่วนเกษตร และพื้นที่ป่าไม้ มีค่าเท่ากับ 0.76 ± 0.11 และ 0.44 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร สาเหตุเกิดจากพื้นที่เกษตรกรรมมีการชะล้างปริมาณสารเคมี ปุ๋ย และยาฆ่าแมลง [20] จากการเก็บน้ำตัวอย่างในแม่น้ำคลองใหญ่พบว่า จุดที่ S2, S5 และ S6 มีปริมาณความเข้มข้นของ NO_3^--N สูง เนื่องจากจุดที่ S2 แม่น้ำไหลพื้นที่เกษตรกรรม และจุดที่ S5 และ S6 อาจได้รับการปนเปื้อนมากน้ำเสียชุมชนหรือน้ำทิ้งอุตสาหกรรม Gupta และคณะ [21] รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณ NO_3^--N ในน้ำ มีผลต่อปริมาณออกซิเจนในน้ำแล้วจะส่งผลสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งเกี่ยวข้องกับเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน อย่างไรก็ตาม ค่าปริมาณความเข้มข้นของ NO_3^--N เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย [19] แหล่งน้ำประเภทที่ 2 (NO_3^--N ≤5 มิลลิกรัมต่อลิตร) เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่า ค่าปริมาณความเข้มข้นของ NO_3^--N ในแต่ฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ปริมาณออร์โทฟอสเฟต ($O\text{-}PO_4^{3-}$) ในแม่น้ำคลองใหญ่เรียงจากความเข้มข้นมากไปหาน้อยพบว่า ในช่วงฤดูร้อน (0.041 ± 0.004 ถึง 0.377 ± 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร) > ฤดูฝน (0.024 ± 0.001 ถึง 0.231 ± 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร) > ฤดูหนาว (0.012 ± 0.002 ถึง 0.155 ± 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ พัชรี และคณะ [6] ทำการศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำมูลที่ไหลผ่านจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดอุบลราชธานี ในช่วงฤดูฝน ฤดูแล้ง และฤดูหนาวพบว่าปริมาณความเข้มข้นของ $O\text{-}PO_4^{3-}$ ในแม่น้ำมูลที่ไหลผ่านจังหวัดนครราชสีมา มีค่า 0.0–0.1, 0.0–2.2 และ 0.0–2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของ $O\text{-}PO_4^{3-}$ ในแม่น้ำมูลที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี มีค่า 0.1–0.2, 0.0–0.1 และ 0.1–0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และพบว่ามีรายงานปริมาณความเข้มข้นของ $O\text{-}PO_4^{3-}$ ในแม่น้ำตรัง จังหวัดตรัง มีค่า 0.005 ± 0.00–0.102 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร [27] ซึ่งมีค่าน้อยกว่างานวิจัยนี้ (0.024 ± 0.001 ถึง 0.377 ± 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร) แต่มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของสมสงวน [28] ที่ทำการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ $O\text{-}PO_4^{3-}$ ในบริเวณใกล้เลี้ยงปลาในกระชังในแม่น้ำชี จังหวัดมหาสารคาม (0.25 ± 0.11 ถึง 0.35 ± 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร) นอกจากนี้พบว่า จุดเก็บน้ำตัวอย่างที่ S5 และ S6 มีค่าปริมาณความเข้มข้นของ $O\text{-}PO_4^{3-}$ มากกว่าจุดเก็บน้ำตัวอย่างอื่น แหล่งกำเนิดปริมาณความเข้มข้นของ $O\text{-}PO_4^{3-}$ อาจเกิดมาจากการปนเปื้อนจากการผุพังของหินหรือแร่ การย่อยสลายสารอินทรีย์ สารซักฟอก ปุ๋ยเคมีจากพื้นที่เกษตรกรรม ของเสียจากอุตสาหกรรม และน้ำเสียครัวเรือน [4], [25] เมื่อทดสอบค่าปริมาณความเข้มข้นของ $O\text{-}PO_4^{3-}$ ทางสถิติพบว่า ฤดูร้อนมีความแตกต่างกับฤดูฝนและฤดูหนาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ฤดูฝนและฤดูหนาวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ที่ใช้ประเมินคุณภาพน้ำ ด้วยวิธีสหสัมพันธ์

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ที่ใช้ประเมินคุณภาพน้ำ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation)

ซึ่งเป็นตัววัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่สองตัวขึ้นไปว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่และมากน้อยเพียงใด การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสองชุด ซึ่งหาได้ในรูปสมการกำลังหนึ่งที่แสดงถึงความเป็นเส้นตรงและตัวบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์นี้ คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient; r) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง –1.000 ถึง +1.000 ถ้าค่าเข้าใกล้ –1.000 หมายความว่า ตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กันในเชิงผกผันอย่างมาก ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ +1.000 หมายความว่าตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กันแบบแปรผันตรงอย่างมาก และถ้าค่าเป็น 0 หมายความว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ที่อยู่ในช่วง 0.800–1.000 หมายความว่า ตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กันสูงมาก และช่วง 0.600–0.800 แสดงความสัมพันธ์กันสูง ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันปานกลางมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.300–0.500 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.000–0.300 หมายความว่า ตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กันน้อย [29]

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์ที่ใช้ประเมินคุณภาพน้ำ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman Correlation) ดังแสดงผลในตารางที่ 7 พบว่าค่าปริมาณ DO กับค่า EC (-0.770), NH_4^+-N (-0.545) และ NO_3^--N (-0.514) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งมีความสัมพันธ์กันในเชิงผกผันหรือทางตรงกันข้าม และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูง อาจเนื่องมาจากความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของกระบวนเคมีในน้ำ ถ้ามีออกซิเจนละลายน้ำมาก ก็จะส่งผลให้เกิดการออกซิไดส์สารอินทรีย์ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) [25] และเมื่อมีปริมาณออกซิเจนมากจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในน้ำอาจเปลี่ยนรูปไนโตรเจนในน้ำให้เป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) ตามกระบวนการวัฏจักรไนโตรเจน ซึ่งจะเห็นได้จากความสัมพันธ์กันสูงระหว่างค่าปริมาณ NH_4^+-N และ NO_3^--N (0.596) [30] นอกจากนี้ Sahu และคณะ [31] รายงานว่า สารอนินทรีย์ที่เป็นตัวรีดิวซ์ (Inorganic Reducing Agents) เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulphide; H_2S) แอมโมเนีย (Ammonia; NH_3) ไนไตรท์ (Nitrite; NO_2) เฟอรัสไอออน (Ferrous Ion; Fe^{2+}) ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างค่า EC และค่า pH พบว่า มีความสัมพันธ์แปรผกผันปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (–0.479) ถ้าค่า pH ในน้ำต่ำจะมีสภาพเป็นกรด อาจทำให้สารอนินทรีย์ละลายออกมามาก [25] นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างค่า EC และค่าปริมาณ O-PO_4^{3-} (0.740), NH_4^+-N (0.722) และ NO_3^--N (0.658) มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูง

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ที่ใช้ประเมินคุณภาพน้ำ

พารามิเตอร์	DO n=18	BOD_5 n=18	WT n=18	pH n=18	EC n=18	NH_4^+-N n=18	NO_3^--N n=18	O-PO_4^{3-} n=18
DO	1.000							
BOD_5	0.346	1.000						
WT	0.186	–0.316	1.000					
pH	0.526*	–0.096	0.384	1.000				
EC	–0.770**	–0.177	0.120	–0.479*	1.000			
NH_4^+-N	–0.545*	–0.090	–0.093	–0.218	0.722**	1.000		
NO_3^--N	–0.514*	–0.328	0.099	–0.318	0.658**	0.596**	1.000	
O-PO_4^{3-}	–0.357	0.125	0.377	–0.189	0.740**	0.439	0.165	1.000

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

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

3.4 การประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ ด้วยดัชนีชี้วัดทางเคมี

การประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ จังหวัดระยอง โดยใช้วิธีดัชนีชี้วัดทางเคมี (CI) ในช่วงฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน แสดงดังตารางที่ 8–10 พบว่า การประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ในช่วงฤดูฝนมีคะแนนระหว่าง 53–77 หมายถึง คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงสะอาด ขณะที่ช่วงฤดูหนาวมีคะแนนระหว่าง 35–74 หมายถึง คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ปนเปื้อนถึงสะอาด และในช่วงฤดูร้อนมีคะแนนระหว่าง 48–72 หมายถึง คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงค่อนข้างสะอาด เมื่อดูคุณภาพน้ำในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ปนเปื้อนถึงสะอาด นอกจากนี้พบว่า จุดเก็บน้ำตัวอย่าง S5 และ S6 ทั้ง 3 ฤดูกาลของแม่น้ำคลองใหญ่มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ปนเปื้อนถึงค่อนข้างสะอาด (ช่วงคะแนน 35–61) และปนเปื้อนถึงปานกลาง (ช่วงคะแนน 36–53) ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 จุด มีระดับคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าจุดเก็บน้ำตัวอย่างจุดอื่น เนื่องจากเป็นจุดปลายน้ำก่อนออกสู่ทะเล อย่างไรก็ตาม เมื่อทดสอบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ด้วยวิธี One Way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ของคุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ จังหวัดระยอง ในช่วงฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อนพบว่า ทั้ง 3 ฤดูกาล ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 8 ผลการประเมินคุณภาพน้ำ ด้วยดัชนีชี้วัดทางเคมี (CI) ในฤดูฝน

พารามิเตอร์		S1	S2	S3	S4	S5	S6
DO	%O_2-S	101.9	109.3	91.1	99.4	106.7	91.0
	q_i	100	100	100	100	100	100
	q_i^{wi}	2.512	2.512	2.512	2.512	2.512	2.512
BOD_5	q_i	98	98	100	99	97	100
	q_i^{wi}	2.502	2.502	2.512	2.507	2.497	2.512
WT	q_i	5	4	4	4	4	4
	q_i^{wi}	1.137	1.117	1.117	1.117	1.117	1.117
pH	q_i	100	100	100	95	95	100
	q_i^{wi}	1.585	1.585	1.585	1.577	1.577	1.585
EC	q_i	90	100	95	95	20	10
	q_i^{wi}	1.370	1.380	1.375	1.375	1.233	1.175
NH_4^+-N	q_i	98	100	98	98	50	23
	q_i^{wi}	1.989	1.995	1.989	1.989	1.798	1.601
NO_3^--N	q_i	100	100	100	100	98	100
	q_i^{wi}	1.585	1.585	1.585	1.585	1.582	1.585
O-PO_4^{3-}	q_i	100	100	100	100	100	98
	q_i^{wi}	1.585	1.585	1.585	1.585	1.585	1.582
CI		**77**	**77**	**77**	**76**	**61**	**53**
ระดับคุณภาพน้ำ		**สะอาด**	**สะอาด**	**สะอาด**	**สะอาด**	**ค่อนข้างสะอาด**	**ปานกลาง**

ตารางที่ 9 ผลการประเมินคุณภาพน้ำ ด้วยดัชนีชี้วัดทางเคมี (CI) ในฤดูหนาว

พารามิเตอร์		S1	S2	S3	S4	S5	S6
DO	$\%O_2$-S q_i q_i^{wi}	113.8 100 2.512	65.3 70 2.338	50.5 30 1.974	78.3 80 2.402	20.3 10 1.585	36.7 15 1.719
BOD5	q_i q_i^{wi}	90 2.460	95 2.486	95 2.486	95 2.486	97 2.500	97 2.500
WT	q_i q_i^{wi}	10 1.202	8 1.181	10 1.202	20 1.271	8 1.181	8 1.181
pH	q_i q_i^{wi}	60 1.506	90 1.568	90 1.568	90 1.568	90 1.568	90 1.568
EC	q_i q_i^{wi}	90 1.370	80 1.359	80 1.359	80 1.359	10 1.175	10 1.175
NH_4^+-N	q_i q_i^{wi}	60 1.848	60 1.848	60 1.848	55 1.824	25 1.621	19 1.555
NO_3^--N	q_i q_i^{wi}	100 1.585	100 1.585	100 1.585	100 1.585	98 1.582	99 1.583
O-PO_4^{3-}	q_i q_i^{wi}	100 1.585	100 1.585	100 1.585	100 1.585	100 1.585	100 1.585
CI		**71**	**68**	**58**	**74**	**35**	**36**
ระดับคุณภาพน้ำ		**สะอาด**	**ค่อนข้างสะอาด**	**ค่อนข้างสะอาด**	**สะอาด**	**ปนเปื้อน**	**ปนเปื้อน**

ตารางที่ 10 ผลการประเมินคุณภาพน้ำ ด้วยดัชนีชี้วัดทางเคมี (CI) ในฤดูร้อน

พารามิเตอร์		S1	S2	S3	S4	S5	S6
DO	$\%O_2$-S q_i q_i^{wi}	65.7 70 2.339	102 100 2.512	75.5 80 2.402	85.3 100 2.512	100 100 2.512	70.7 75 2.371
BOD5	q_i q_i^{wi}	45 2.141	98 2.502	70 2.339	95 2.486	95 2.486	98 2.502
WT	q_i q_i^{wi}	4 1.117	5 1.137	8 1.181	4 1.117	4 1.117	4 1.117
pH	q_i q_i^{wi}	60 1.506	90 1.568	90 1.568	90 1.568	90 1.568	90 1.568
EC	q_i q_i^{wi}	90 1.370	80 1.359	75 1.353	80 1.359	10 1.175	10 1.175
NH_4^+-N	q_i q_i^{wi}	70 1.891	75 1.911	70 1.891	75 1.911	19 1.555	20 1.567
NO_3^--N	q_i q_i^{wi}	100 1.585	100 1.585	100 1.585	100 1.585	100 1.585	100 1.585
O-PO_4^{3-}	q_i q_i^{wi}	100 1.585	100 1.585	100 1.585	100 1.585	97 1.580	98 1.582
CI		**55**	**72**	**67**	**71**	**50**	**48**
ระดับคุณภาพน้ำ		**ปานกลาง**	**ค่อนข้างสะอาด**	**ค่อนข้างสะอาด**	**ค่อนข้างสะอาด**	**ปานกลาง**	**ปานกลาง**

4. อภิปรายผลและสรุป

ปัจจุบันจังหวัดระยองมีการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมและมีประชากรเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการใช้ทรัพยากรน้ำ และมีน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ เพิ่มมากขึ้นไปด้วย ดังนั้น การคำนึงถึงคุณภาพ และความสะอาดของน้ำถือเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งก่อนนำน้ำมาใช้ เนื่องด้วยจังหวัดระยองอยู่ในแผนการพัฒนาพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (EEC) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ให้จังหวัดระยองมีการพัฒนาอุตสาหกรรม การพัฒนาการคมนาคม และระบบลอจิสติกส์รองรับการพัฒนาในครั้งนี้ ดังนั้นอาจจะไม่สามารถหลีกเลี่ยงปัญหามลพิษทางน้ำที่จะมาจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม และน้ำทิ้งจากชุมชนเมืองที่จะขยายตัว การตรวจวัดค่าพารามิเตอร์แต่ละชนิดที่ใช้ประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ จึงมีความจำเป็นเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการบริหารจัดการน้ำของจังหวัดระยอง จากการศึกษาประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ ในแต่ละฤดูกาลพบว่า มีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐานคุณภาพน้ำของประเทศไทย ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 นอกจากนี้ การประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำคลองใหญ่ด้วยวิธีดัชนีชี้วัดทางเคมีพบว่า ในฤดูฝนมีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงสะอาด ส่วนฤดูหนาวมีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ปนเปื้อนถึงสะอาด และฤดูร้อนปานกลางถึงค่อนข้างสะอาด อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำในแม่น้ำคลองใหญ่ทั้ง 3 ฤดูกาล ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ข้อเสนอแนะควรมีการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพร่วมด้วย เนื่องจากวิธีทางชีวภาพสามารถสะท้อนคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำได้ตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน และเป็นการประเมินการมีอยู่ของสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชหรือสาหร่าย เพราะการวิจัยครั้งนี้พบปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง (Algae Bloom) เพื่อศึกษาความเป็นพิษของสาหร่าย อาจส่งผลต่อการปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติ และเป็นแนวทางป้องกัน แก้ไข ปัญหามลพิษทางน้ำในอนาคตที่อาจจะเกิดขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ขอบคุณผู้ช่วยนักวิจัย ได้แก่ นางสาวณัฐวดี ภู่ระหงษ์ นางสาวกุลภัสสรณ์ ยังเขียวสด และนางสาวณัฐธยาน์ ทมถา และขอขอบคุณสำนักงานชลประทาน ที่ 9 กรมชลประทาน ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลอ่างเก็บน้ำและแม่น้ำคลองใหญ่ จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

[1] S. Jaitae, “Water resource management of cultural ecology,” *Ganesha Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 13–23, 2014 (in Thai).

[2] P. Suktalord, R. Pratsaphan, S. Rakchad, T. Petchpoo, P. Kerdsombat, and S. Laloknam, “The use of alga as water quality indicator in Sansab canal,” *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, vol. 7, no. 1, pp. 14–27, 2016 (in Thai).

[3] M. Tuntoollavest and M. Tuntoollavest, *Water Chemistry and Wastewater*, Bangkok: Chulalongkorn University press, 2004, (in Thai).

[4] P. Noophan and R. Chaichana, “Effects of nitrogen and phosphorus on eutrophication in water bodies and nitrogen and phosphorus removal,” *Kasetsart Engineering Journal*, vol. 88, no.27, pp. 57–67, 2014 (in Thai).

[5] P. Kayee, “Monitoring of the environment byusing biological method,” *Environmental Journal*, vol. 21, no. 3, pp. 53–60, 2017 (in Thai).

[6] P. Boonsiri, P. Sukontawarin, P. Areejitranusorn, R. Harnpachern, and T. Suthitham, “Quality of water in the Mun river at Pimai district,

Nakhon Ratchasima province and Ubon Ratchathani province for water way tourism," *KKU Research Journal, vol.* 13, no. 1, pp. 153–162, 2008 (in Thai).

[7] S. Yossan and P. Moonsin, "Using dominant phytoplankton as a bioindicator of water quality in Huay Samran, Si Sa Ket province," *KMUTT Research and Development Journal*, vol. 38, no. 3, pp. 295–309, 2015 (in Thai).

[8] J. Lankaew, S. Saipara, P. Suntornmeth, A. Lothongkham, and C. Jaisuk, "Species diversity of phytoplankton and water quality in the upper Nan River, Nan province," *Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal*, vol. 9, no. 2, pp. 60–66, 2016 (in Thai).

[9] Notification of the National Environmental Board, No. 8, B.E. 2537 (1994), issued under the Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act B.E.2535 (1992), published in the Royal Government Gazette, vol. 111, Part 16, dated February 24, B.E.2537 (1994).

[10] Office of Rayong province culture, Rayong Province. (6 June 2013). *Air quality standards*. [Online] (in Thai). Available: https://www.m-culture.go.th/rayong/ewt_news.php?nid=63

[11] E. Bach, "A chemical index for the surveillance of river water quality," *Deutsche Gewasserkundliche Mitteilungen*, vol. 24, pp. 102–106, 1980.

[12] A. G. Colombo, *Environmental Impact Assessment; Surface Water Quality Indicators*, Netherlands: Kluwer Academic Publishers: 1992, ch.1, pp. 211–246.

[13] S. Chantara, Teacing Material for course Environmental Analytical Chemistry, Chiang Mai: Chiang Mai University: 2005, p. 36.

[14] J. M. Bremner and C. S. Mulvaney, "Nitrogen-Total," in *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney, Eeds.,* American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 595–624, 1982.

[15] American Public Health Association (APHA), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 18th ed. American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF), Washington, DC, 1992.

[16] K. Hemloha and N. Raekasin, "Total mercury ananlysis in seafood by using direct mercury analyzer," *Bulletin of the Department of Medical Science*, vol. 2, pp. 163–173, 2015 (in Thai).

[17] Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET), "Report of the inter-laboratory comparison project 2016," Network Center for EANET, pp. 40–41, 2017.

[18] K. Soontornprasit, S. Valunpion, and S. Pithakpol, "Biodiversity of aquatic insects in the Ing river," *Khon Kaen Agriculture Journal*, vol. 41, no. 1, pp. 144–148, 2013 (in Thai).

[19] Pollution Control Department (PCD).(1994, February 24). Water Quality Standards. [Online]. Available: http://pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html#s3

[20] R. Jamjumrus, S. Thueksathit, and S. Pukngam, "Comparison of certain water quality from forest, agoforestry and agricultural area at Huai Raeng-Klong Peed sub-watershed, Trat povince," in *Proceeding of 50th Kasetsart University Annual Conference: Science, Natural Resources and Environmental*, 2012, pp. 315–322 (in Thai).

[21] N. Gupta, P. Pandey, and J. Hussain, "Effect of physicochemical and biological parameters on the quality of river water of Narmada, Madhya Pradesh, India," *Water Science*, vol. 31, pp. 11–23, 2017.

[22] S. Jitia, C. Warodomrungsimun, T. Matan, and P. Aungudonpukdee, "Water quality and Li river utility, Lumphun province," *RMUTP Research Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 112–124, 2015 (in Thai).

[23] A. Sa-ngiamjai, "Surface water quality around the Rojana industrial park, Phra Nakhon Si Ayutthaya province," *The Journal of Industrial Technology*, vol. 15, no. 1, pp. 16–26, 2019 (in Thai).

[24] A. Said, D.K. Stevens, and G. Senlke, "An innovative index for evaluating water quality in streams," *Environmental Management*, vol. 34, no. 3, pp. 406–414, 2004.

[25] H. Effendi, R. and Y. Wardiatno, "Water quality status of Ciambula wung river, Banten province, Based on pollution index and NSF-WQI," *Procedia Environmental Sciences*, vol. 24, pp. 228–237, 2015.

[26] C. Junchompoo, C. Meksumpun, and S. Meksumpun, "Application of nutrient quantities and ratios for assessment of aquatic resources status of Bangpakong river, Ban Pho district, Chachoengsao province," in *Proceedings of 44th Kasetsart University Annual conference*, 2006, pp. 205–213 (in Thai).

[27] D. Lohalaksanadech, K. Phramchuaim, and N. Onsri, "Water quality and nutrients at Trang Estuary, Trang province," in *Proceedings Rethink: Social Development for Sustainability in ASEAN Community*, 2014, pp. 612–618 (in Thai).

[28] S. Passago, "A study on water quality, participation people's in environmental protection and socio-economic impacts of fish cage in the Chi river: A case study in Maha Sarakham province," *Rajabhat Maha Sarakham University Journal*, vol. 4, no. 3, pp. 119–140, 2010 (in Thai).

[29] Y. H. Chan, "Biostatistics 104: Correlational analysis," *Singapore Medical Journal*, vol. 44, no. 12, pp. 614–619, 2003 (in Thai).

[30] T. Thongsri, "Effect of nitrogen to environment," *Journal of Department of Science Service*, vol. 60, no.190, pp. 12–14, 2012 (in Thai).

[31] B. K. Sahu, R. J. Rao, S. K. Behara, and R. K. Pandit, "Effect of pollutants on the dissolved oxygen concentration of the river Ganga at Kanpur," in *Pollution and Biomonitoring of Indian rivers*, (Ed.: R.K. Trivedy), Juipur: ABD Publication, pp. 168–170, 2002.