

การวิเคราะห์ทางสถิติของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำน่านตอนล่างของประเทศไทย Statistical analysis of water quality parameters in downstream of Nan river, Thailand

พิชพงษ์ พิทักษ์วินัย^{1,2}, วิลาวลัย คณิตชัยเดชา^{1*,3}, คณางค์ รัตนานิคม⁴, อูปถัมภ์ นาครักษ์^{3,5}
Pichapong Pitakwinai^{1,2}, Wilawan Khanitchaidecha^{1*,3}, Khakhanang Ratananikom⁴, Auppatham Nakaruk^{3,5}

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

²กองระบบผลิตและควบคุมคุณภาพน้ำ การประปาส่วนภูมิภาค เขต 10 จังหวัดนครสวรรค์

³สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อการบำบัดน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

⁴สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์

⁵ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

¹Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok

²Water Production and Quality Control Division, Provincial Waterworks Authority Regional Office 10, Nakhonsawan

³Centre of Excellence for Innovation and Technology for Water Treatment, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok

⁴Department of Science and Mathematics, Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University, Kalasin

⁵Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok

*Corresponding author e-mail: wilawank1@gmail.com

(Received May 02, 2019, Revised: September 24, 2019, Accepted: October 30, 2019)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่างในระหว่างปี พ.ศ. 2555 - 2559 โดยใช้ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ 15 พารามิเตอร์ (ข้อมูลทุติยภูมิ) จากสถานีเก็บตัวอย่างน้ำ 4 จุด ได้แก่ สถานี NA07, NA05, NA03 และ NA02 ของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ได้คำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) จาก 5 พารามิเตอร์หลัก ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด แบคทีเรียฟัลโคลิฟอร์ม และแอมโมเนีย ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติต่าง ๆ (เช่น ANOVA, *t*-test, SPSS) พบว่า ค่าเฉลี่ยของดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามระยะทางโดยสถานี NA07 เป็นพื้นที่ติดกับแม่น้ำน่านตอนกลาง มีค่าประมาณ 70 สถานี NA05 เป็นพื้นที่ถัดลงไป มีค่าประมาณ 66 และสถานี NA03 และ NA02 เป็นพื้นที่ไกลที่สุด มีค่าประมาณ 62 และ 61 แม้ว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปของทุกสถานีจะอยู่ในเกณฑ์พอใช้ อย่างไรก็ตาม ค่าต่ำสุดของดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปของสถานี NA05, NA03 และ NA02 อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม แม่น้ำน่านตอนล่างจึงจัดเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อปัญหามลพิษทางน้ำ โดยพารามิเตอร์ที่ควรเฝ้าระวัง ได้แก่ บีโอดี แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียฟัลโคลิฟอร์ม จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก พบว่าบีโอดีมีความสัมพันธ์ระดับสูงกับพารามิเตอร์ความขุ่น ของแข็งทั้งหมด และของแข็งแขวนลอย ขณะที่แบคทีเรียทั้งสองมีความสัมพันธ์ระดับสูงกับพารามิเตอร์กับพารามิเตอร์ความเป็นกรด-ด่าง ดังนั้น พารามิเตอร์ดังกล่าวข้างต้นสามารถใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์คุณภาพเบื้องต้น เพื่อป้องกันปัญหามลพิษทางน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่างได้อย่างทัน่วงที

คำสำคัญ: แม่น้ำน่านตอนล่าง คุณภาพน้ำผิวดิน ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป การวิเคราะห์เชิงกลุ่ม การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

Abstract

The water quality analysis of the downstream of Nan river during 2012 to 2016 was carried out in this study. The secondary water quality data of 15 parameters in four station sites of NA07, NA05, NA03 and NA02 was provided by Pollution Control Department, Ministry of Natural Resource and Environment. The water quality index (WQI), which was calculated from 5 main parameters of dissolved oxygen, BOD, total coliform bacteria, fecal

coliform bacteria and ammonia, was used to evaluate and monitor the water quality and together with statistical programmes (i.e., ANOVA, t-test, SPSS). The results presented that the average WQI was significantly decreasing by station sites; the value was around 70 at Station NA07 which is close to the midstream of Nan river, the value was 67 at Station NA05 which are the latter area, and the values were 62 and 61 at Stations NA03 and NA02 which are the furthest. Although the average WQI of all stations was categorized in moderate quality, the minimal WQIs of Stations NA05, NA03 and NA02 were categorized in poor quality. Nan river is potential area for water pollution. The significant parameters affecting the poor water quality were BOD, total coliform bacteria, fecal coliform bacteria. According to HCA analysis, the BOD was classified in the same component of turbidity, total solids and suspended solids which are easily measured. In the meanwhile, both bacteria were classified in the same component of pH. Therefore, the latter parameters can be used as primary parameters for pollution prevention in downstream of Nan river.

Keywords: Downstream of Nan river, Surface water quality, Water quality index (WQI), Hierarchical cluster analysis (HCA), Principle components analysis (PCA).

1. บทนำ

น้ำถือเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าอย่างมาก เนื่องจากสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์ และมนุษย์ต่างต้องการน้ำในการดำรงชีวิต นอกจากนี้แล้วยังถือเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งต่อการเกษตร อุตสาหกรรม การท่องเที่ยว และการเพาะเลี้ยงสัตว์ ทั้งนี้ผลจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร กิจกรรมทางเศรษฐกิจต่าง ๆ การปล่อยของเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรม ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพแย่ลง และประสบปัญหามลพิษทางน้ำในที่สุด (Liang & Yang, 2019; Yang et al., 2018; Yaqub & Lee, 2019)

สาเหตุหลักของการลดลงทางด้านคุณภาพและปริมาณของน้ำผิวดิน ก็คือ การจัดการด้านทรัพยากรแหล่งน้ำที่ไม่ดีพอ รวมถึงการป้องกันปัญหามลพิษที่ไม่ประสบผลสำเร็จ โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา พบว่า หลายพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการขยายตัวของเมือง และการเกษตรเชิงอุตสาหกรรม ซึ่งสิ่งเหล่านี้นำไปสู่การลักลอบทิ้ง การรั่วไหลของของเสียและน้ำเสียสู่แหล่งน้ำผิวดิน เช่น การลักลอบทิ้งกากของเสียอุตสาหกรรมในพื้นที่ตำบลหนองแห่น อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ในปี พ.ศ. 2556 (Auppaman, 2019) และการตรวจพบสารปนเปื้อนในน้ำบาดาลในจังหวัดกาญจนบุรีจากการใช้ปุ๋ยปริมาณมาก (Greenpeace, 2007) ทั้งนี้คุณภาพของน้ำผิวดินมีความสำคัญอย่างมากต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ กล่าวคือ การเสื่อมสภาพของคุณภาพน้ำผิวดินจะส่งผลกระทบต่อในระยะสั้นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ สัตว์ และพืช นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบในระยะยาวอีกมากมาย เช่น ปัญหาการปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน และปัญหาสุขภาพ ดังนั้น การวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินจึงมีความสำคัญอย่างมาก โดยเฉพาะในพื้นที่

เสี่ยงต่อปัญหามลพิษทางน้ำ นอกจากนี้หลายงานวิจัยให้การสนับสนุนว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาลมีผลต่อคุณภาพน้ำในแต่ละพื้นที่ (Gu et al., 2019; Carstens & Amer, 2019; Abd-Elwahed, 2018)

บริเวณภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย แม่น้ำน่านถือเป็นแหล่งน้ำผิวดินที่มีความสำคัญมาก ซึ่งไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนในจังหวัดอุตรดิตถ์ พิษณุโลก และพิจิตร ทั้งนี้ในปี พ.ศ. 2542-2543 จากการตรวจวัดพารามิเตอร์อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ และออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ (บีโอดี) พบว่า แม่น้ำน่านมีคุณภาพน้ำแย่ลงเมื่อไหลผ่านชุมชน โดยจัดอยู่ในประเภท 3-4 (คุณภาพพอใช้-เสื่อมโทรม) ในพื้นที่ชุมชน และอยู่ในประเภท 2-4 (คุณภาพดี-เสื่อมโทรม) ในพื้นที่เกษตรกรรม (Sonklin & Photong, 2005) ในปี พ.ศ. 2556 พบว่า ค่าบีโอดีของแม่น้ำน่านในจังหวัดพิษณุโลกส่วนใหญ่มีค่าเกินมาตรฐานของคุณภาพน้ำผิวดินประเภท 3 (ใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร) โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.34-2.44 มิลลิกรัม/ลิตร อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำโดยทั่วไปจัดอยู่ในประเภท 2-4 (Soithong et al., 2013)

จะเห็นได้ว่า แม่น้ำน่านตอนล่างถือเป็นหนึ่งในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดปัญหามลพิษทางน้ำของประเทศไทย เนื่องจากการขยายตัวของเมืองและเป็นแหล่งเกษตรกรรมที่สำคัญ นอกจากนี้ข้อมูลคุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านที่มีอยู่เดิมค่อนข้างเก่า และขาดความต่อเนื่อง เพื่อประโยชน์ในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำที่เป็นปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่าง โดยใช้ข้อมูลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากกรมควบคุมมลพิษ และนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากค่าดัชนี

คุณภาพน้ำทั่วไป รวมถึงการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติต่าง ๆ (ANOVA, *t*-test) การหาความสัมพันธ์ของแต่ละพารามิเตอร์จะเป็นประโยชน์ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์สำคัญ (เช่น บีโอดี และแบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม) โดยใช้พารามิเตอร์อื่นที่มีความสัมพันธ์กันสูงทดแทน ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลา และประเมินคุณภาพน้ำเบื้องต้นได้อย่างทัน่วงที

2. วิธีดำเนินงาน

2.1 พื้นที่ที่ศึกษาและแหล่งข้อมูล

พื้นที่ที่ศึกษาของงานวิจัยนี้จะครอบคลุมเพียงแม่น้ำน่านตอนล่างเท่านั้น โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากสถานีเก็บตัวอย่างน้ำของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ NA07, NA05, NA03 และ NA02 (ดังรูปที่ 1 และตารางที่ 1) ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 โดยกรมควบคุมมลพิษได้ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำในพารามิเตอร์ต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ จำนวน 4 ครั้งต่อปี ได้แก่ เดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม มิถุนายน และพฤศจิกายน (Inland Water Quality, Water Quality and Management, Pollution Control Department, 2018) ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคมและมิถุนายนแสดงถึงคุณภาพน้ำในช่วงฤดูฝน และข้อมูลในช่วงเดือนกุมภาพันธ์และพฤศจิกายนแสดงถึงคุณภาพน้ำในช่วงฤดูแล้ง

จากข้อมูลคุณภาพน้ำแบบทุติยภูมิที่ได้จากกรมควบคุมมลพิษประกอบด้วยพารามิเตอร์ต่าง ๆ 15 พารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้ อุณหภูมิ (Temperature) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความกระด้าง (Hardness) การนำไฟฟ้า (Conductivity) ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total dissolved solids; TDS) ความขุ่น (Turbidity) ของแข็งทั้งหมด (Total solids; TS) ของแข็งแขวนลอย (Suspended solids; SS) ไนเตรท (Nitrate; NO_3^-) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphorus; TP) ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen; DO) ออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biological oxygen demand; BOD) แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total coliform bacteria; TCB) แบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal coliform bacteria; FCB) และแอมโมเนีย (NH_3)

2.2 การประเมินคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่างจะใช้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (Water quality index: WQI) ของกรมควบคุมมลพิษ โดยพิจารณาจาก 5 พารามิเตอร์หลัก ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด แบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม และแอมโมเนีย (Pollution Control Department, 2011) โดยหลักการคำนวณคะแนนของแต่ละพารามิเตอร์ ดังตารางที่ 2 และสมการที่ 1 สำหรับการพิจารณาค่าคะแนนพิเศษเป็นดังนี้ คะแนนพิเศษเท่ากับ 0 เมื่อเกณฑ์

คุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ไม่ต่างกัน คะแนนพิเศษเท่ากับ 10 เมื่อเกณฑ์คุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ต่างกัน 1 ระดับ คะแนนพิเศษเท่ากับ 15 เมื่อเกณฑ์คุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ต่างกัน 2 ระดับ และคะแนนพิเศษเท่ากับ 20 เมื่อเกณฑ์คุณภาพน้ำของแต่ละพารามิเตอร์ต่างกัน 3 ระดับ (Pollution Control Department, 2011; Pitakwinai et al., 2019) สำหรับเกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำตามค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป สรุปดังตารางที่ 3

$$\text{คะแนนรวม} = \text{ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้ง 5 พารามิเตอร์} - \text{คะแนนพิเศษ} \quad (1)$$

การวิเคราะห์ข้อมูลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ และค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป จะใช้โปรแกรมทางสถิติ One-way ANOVA และ Independent *t*-test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p = 0.05$) เพื่อหาความแปรปรวนของข้อมูลในแต่ละสถานีและฤดูกาล ตามลำดับ และใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS version 23 ในการวิเคราะห์จัดกลุ่มตามลำดับชั้น (Hierarchical cluster analysis : HCA) และวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก Principle components analysis (PCA) ทั้งนี้จำนวนองค์ประกอบหลักจะพิจารณาจากค่าไอเกน (Eigenvalues > 1) ซึ่งเป็นค่าความผันแปรของตัวแปรทั้งหมดในแต่ละองค์ประกอบ ดังนั้นองค์ประกอบหลักที่มีตัวแปรร่วมอยู่มาก จึงมีค่าไอเกนมากตามด้วย

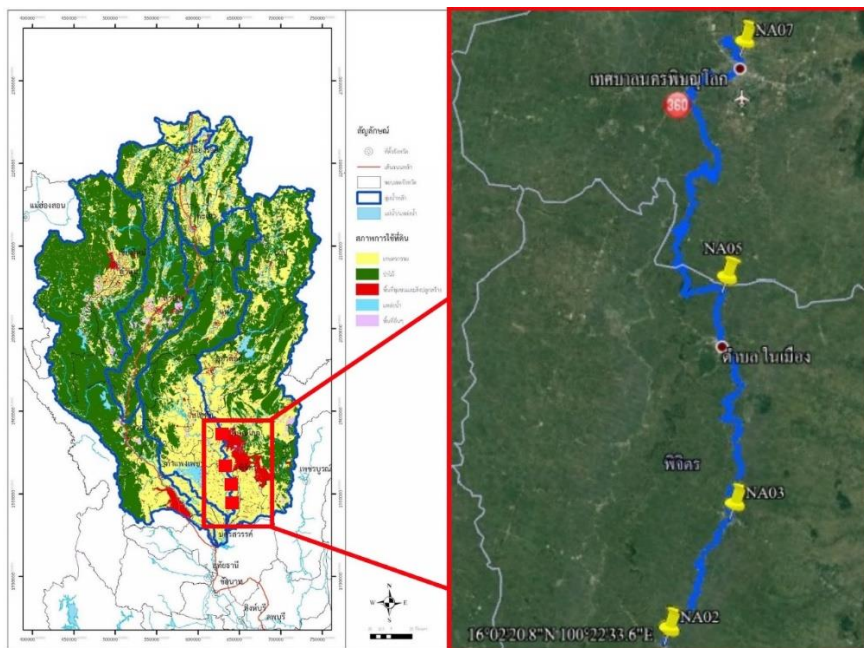
3. ผลการวิจัย

3.1 พารามิเตอร์และคุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่างจากข้อมูลทุติยภูมิของกรมควบคุมมลพิษ โดยใช้หลักสถิติพื้นฐาน แสดงในตารางที่ 4 ซึ่งแสดงถึงค่าพิสัย ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทั้ง 15 พารามิเตอร์ ในฤดูกาลต่าง ๆ จากข้อมูลชี้ให้เห็นว่า ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าประมาณ 7.3 ถึง 8.5 การนำไฟฟ้า อยู่ระหว่าง 118 ถึง 184 ไมโครซีเมน/ตารางเซนติเมตร ความขุ่น อยู่ในช่วง 11 ถึง 267 เอ็นทียู อุณหภูมิประมาณ 26 ถึง 36 องศาเซลเซียส ความกระด้าง มีค่าอยู่ระหว่าง 50 ถึง 89 มิลลิกรัม/ลิตร ของแข็งทั้งหมด อยู่ในช่วง 97 ถึง 317 มิลลิกรัม/ลิตร ของแข็งแขวนลอย อยู่ระหว่าง 6 ถึง 198 มิลลิกรัม/ลิตร ของแข็งละลายน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 38 ถึง 171 มิลลิกรัม/ลิตร ไนเตรต ประมาณ 0.1 ถึง 1.9 มิลลิกรัม/ลิตร ฟอสฟอรัสทั้งหมด อยู่ที่ 0 ถึง 0.8 มิลลิกรัม/ลิตร ออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าประมาณ 4.9 ถึง 7.4 มิลลิกรัม/ลิตร บีโอดี อยู่ในช่วง 0.8 ถึง 5.6 มิลลิกรัม/ลิตร แอมโมเนียประมาณ 0 ถึง 0.4 มิลลิกรัม/ลิตร แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด อยู่ในช่วง 330 ถึง 92,000 เอ็มเอ็นพี/100 มิลลิลิตร และแบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม มีค่าอยู่ระหว่าง 40 ถึง 35,000 เอ็มเอ็นพี/100 มิลลิลิตร ซึ่งในแต่ละพารามิเตอร์ดังกล่าวข้างต้น ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตามฤดูกาล (*t*-test, $p = 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลมีการกระจายตัวมากทั้งในฤดูฝนและ

ฤดูแล้ง จึงส่งผลในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 ปริมาณน้ำฝน และอัตราการไหลของน้ำที่เพิ่มขึ้นในฤดูฝนไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่างอย่างเด่นชัด เมื่อเปรียบเทียบค่าของแต่ละพารามิเตอร์ตามมาตรฐานน้ำผิวดินประเภท 3 ที่ใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร และอุปโภคบริโภค โดยต้องผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน พบว่า ปีโอติ

แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียฟัลโคลิฟอร์ม มีค่าบางส่วนเกินมาตรฐาน 2 มิลลิกรัม/ลิตร 20,000เอ็มเอ็นพี/100 มิลลิกรัม และ 4,000 เอ็มเอ็นพี/100 มิลลิกรัม ตามลำดับ (Pollution Control Department, 2019) ดังนั้น พารามิเตอร์เหล่านี้ควรเฝ้าระวังและตรวจเช็คอย่างสม่ำเสมอ



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

ที่มา ส่วนแหล่งน้ำจัด สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ (Inland Water Quality, Water Quality and Management, Pollution Control Department, 2018)

ตารางที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างน้ำและจุดพัก

สถานี	ที่ตั้ง	พิกัด	ลักษณะทั่วไป/การใช้ประโยชน์
NA07	จุดสูบน้ำประปาเทศบาลเมืองพิษณุโลกหน้าวัดโพธิญาณ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก	16°50'18.5"N 100°15'39.1"E	มีสีแดงชุ่มตลอดทั้งปี ส่วนใหญ่ใช้เพื่อเกษตร และการอุปโภค-บริโภค
NA05	สะพานถนนสายพิจิตร-อ.เนินมะปราง ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิจิตร	16°30'45.5"N 100°19'32.5"E	มีสีแดงชุ่มตลอดทั้งปี ส่วนใหญ่ใช้เพื่อเกษตร และการอุปโภค-บริโภค
NA03	สะพานรัฐราษฎร์รังสรรค์ ต.ห้วยเกตุ อ.ตะพานหิน จ.พิจิตร	16°13'02.6"N 100°25'11.1"E	มีสีแดงชุ่มตลอดทั้งปี ส่วนใหญ่ใช้เพื่อเกษตร และการอุปโภค-บริโภค
NA02	สะพานตำบลบางมูลนาก อ.บางมูลนาก จ.พิจิตร	16°02'01.2"N 100°22'37.6"E	มีสีแดงชุ่มตลอดทั้งปี ส่วนใหญ่ใช้เพื่อเกษตร และการอุปโภค-บริโภค

ที่มา ส่วนแหล่งน้ำจัด สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ (Inland Water Quality, Water Quality and Management, Pollution Control Department, 2018)

ตารางที่ 2 สูตรสมการการคิดคะแนนของทั้ง 5 พารามิเตอร์

พารามิเตอร์	ค่า	สมการ
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO; มิลลิกรัม/ลิตร)	0.0 – 4.0	คะแนน = $15.25 \times (DO) + 0.1667$
	4.1 – 6.0	คะแนน = $5 \times (DO) + 41$
	6.1 – 8.4	คะแนน = $12.083 \times (DO) - 1.5$
	8.5 – 8.9	คะแนน = $-78 \times (DO) + 755.2$
	9.0 – 11.2	คะแนน = $-13.043 \times (DO) + 177.09$
	11.3 – (≥ 15.3)	คะแนน = $-7.561 \times (DO) + 115.68$
ออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ย่อย สลายสารอินทรีย์ (BOD; มิลลิกรัม/ลิตร)	0.0 – 1.5	คะแนน = $-19.333 \times (BOD) + 100$
	1.6 – 2.0	คะแนน = $-20 \times (BOD) + 101$
	2.1 – 4.0	คะแนน = $-15 \times (BOD) + 91$
	4.1 – (≥ 8.8)	คะแนน = $-6.4583 \times (BOD) + 56.833$
แอมโมเนีย (NH_3 -N; มิลลิกรัม/ลิตร)	0.0 – 0.22	คะแนน = $-131.82 \times (NH_3) + 100$
	0.23 – 0.50	คะแนน = $-35.714 \times (NH_3) + 78.857$
	0.51 – 1.83	คะแนน = $-22.556 \times (NH_3) + 72.278$
	>1.83	คะแนน = $-6.1024 \times (NH_3) + 42.167$
แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB; เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิตร)	0.0 – 5,000	คะแนน = $-0.0058 \times (TCB) + 100$
	5,001 – 20,000	คะแนน = $-0.0007 \times (TCB) + 74.333$
	20,001–160,000	คะแนน = $-0.0002 \times (TCB) + 65.286$
	$>160,000$	คะแนน = $-8E-06 \times (TCB) + 32.292$
แบคทีเรียฟัลโคลิฟอร์ม (FCB; เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิตร)	0.0 – 1,000	คะแนน = $-0.029 \times (FCB) + 100$
	1,001 – 4,000	คะแนน = $-0.0033 \times (FCB) + 74.333$
	4,001 – 90,000	คะแนน = $-0.0003 \times (FCB) + 62.395$
	$>90,000$	คะแนน = $-1E-05 \times (FCB) + 32.208$

ที่มา ส่วนแหล่งน้ำจัด สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department, 2011)

ตารางที่ 3 เกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินตามค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป

คะแนนรวม	เกณฑ์คุณภาพน้ำ	มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภท
≥ 71	ดี	2
≥ 61	พอใช้	3
≥ 31	เสื่อมโทรม	4
≥ 0	เสื่อมโทรมมาก	5

ที่มา ส่วนแหล่งน้ำจัด สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department, 2011)

ตารางที่ 3 ข้อมูลทุติยภูมิของพารามิเตอร์ทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ระหว่างปี พ.ศ. 2555-2559 (ค่าพิสัย ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สถานี	ฤดูกาล	ความเป็นกรด-ด่าง	การนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	ความขุ่น (mg/L)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ความกระด้าง (mg/L)	ของแข็งทั้งหมด (mg/L)	ของแข็งแขวนลอย (mg/L)	ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (mg/L)	ไนเตรต ($\text{mg-N}/\text{L}$)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/L)	ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L)	บีโอดี (mg/L)	แอมโมเนีย ($\text{mg-N}/\text{L}$)	แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (MPN/100 mL)	แบคทีเรียฟีคัล โคลิฟอร์ม (MPN/100 mL)
NA07	ฤดูแล้ง	7.8 ± 0.1 (7.7-8.1)	157 ± 16 (133-184)	52 ± 22 (25.2-87)	29 ± 1.3 (25.8-30.3)	72 ± 5.9 (61.2-79.4)	159 ± 33 (114-222)	41 ± 12 (29-66)	103 ± 26 (50-145)	0.3 ± 0.1 (0.2-0.6)	0.3 ± 0.2 (0.1-0.6)	6.2 ± 0.9 (5-7.4)	1.8 ± 0.5 (1.1-2.5)	0.2 ± 0.1 (0-0.4)	$3,184 \pm 4,637$ (330-16,000)	$656 \pm 1,058$ (130-3,500)
	ฤดูฝน	7.7 ± 0.2 (7.4-8.1)	156 ± 12 (134-169)	98 ± 68 (26.4-175)	30 ± 2.3 (27.5-34.7)	75 ± 12 (54.4-88.6)	184 ± 42 (131-237)	59 ± 32 (28-109)	114 ± 26 (75-153)	0.4 ± 0.3 (0.1-1)	0.4 ± 0.3 (0-0.8)	6.1 ± 0.5 (5.2-7.2)	1.5 ± 0.4 (0.8-2.2)	0.2 ± 0.1 (0-0.4)	$6,499 \pm 7,758$ (790-24,000)	$1,056 \pm 1,119$ (170-3,500)
NA05	ฤดูแล้ง	7.8 ± 0.2 (7.3-8.1)	152 ± 13 (127-176)	51 ± 30 (20.5-106)	30 ± 2.2 (26.1-33.3)	74 ± 12 (51.6-92)	166 ± 37 (97-230)	42 ± 17 (6-64)	110 ± 27 (78-171)	0.5 ± 0.5 (0.1-1.9)	0.4 ± 0.2 (0.1-0.7)	6.2 ± 0.7 (5.3-7.2)	1.9 ± 0.5 (1.3-2.9)	0.2 ± 0.1 (0-0.4)	$1,0280 \pm 6,387$ (1,300-16,000)	$1,989 \pm 2,504$ (500-9,000)
	ฤดูฝน	7.7 ± 0.3 (7.4-8.1)	148 ± 15 (118-161)	105 ± 88 (27.4-267)	31 ± 2.0 (28.2-34.9)	70 ± 8.1 (54.8-81)	212 ± 42 (149-276)	89 ± 33 (48-143)	95 ± 34 (38-148)	0.4 ± 0.3 (0.1-0.9)	0.4 ± 0.2 (0.2-0.8)	5.8 ± 0.6 (4.8-6.6)	1.9 ± 0.8 (1-3.6)	0.1 ± 0.1 (0-0.3)	$4,524 \pm 4,809$ (350-1,6000)	$1,136 \pm 773$ (40-2,400)
NA03	ฤดูแล้ง	7.7 ± 0.3 (7.3-8.1)	152 ± 10 (134-166)	57 ± 30 (27.9-118)	30 ± 1.4 (27.8-31.3)	68 ± 6.8 (54.6-77.4)	165 ± 27 (142-226)	50 ± 13 (33-72)	103 ± 26 (77-166)	0.4 ± 0.4 (0.2-1.4)	0.3 ± 0.1 (0.2-0.4)	6.0 ± 0.7 (5-7.2)	2.2 ± 0.6 (1.2-3.4)	0.2 ± 0.1 (0.1-0.2)	$3,995 \pm 4,487$ (470-16,000)	$1,136 \pm 972$ (220-2,400)
	ฤดูฝน	7.8 ± 0.2 (7.5-8.1)	146 ± 13 (122-163)	96 ± 54 (42.5-174)	32 ± 2.4 (29.2-36.1)	68 ± 9.0 (50-79)	225 ± 46 (155-290)	94 ± 39 (49-162)	102 ± 25 (56-140)	0.5 ± 0.4 (0.2-1.3)	0.5 ± 0.2 (0.2-1)	5.6 ± 0.6 (4.8-7)	1.9 ± 0.6 (1.3-3.4)	0.2 ± 0.1 (0.1-0.3)	$19,910 \pm 25,850$ (1,700-92,000)	$5,692 \pm 10,409$ (790-35,000)
NA02	ฤดูแล้ง	7.8 ± 0.3 (7.3-8.0)	153 ± 11 (137-170)	54 ± 34 (11.1-116)	30 ± 1.4 (27.2-31.7)	73 ± 9.5 (60.6-88.2)	174 ± 32 (136-250)	51 ± 17 (18-71)	113 ± 22 (90-165)	0.3 ± 0.1 (0.1-0.6)	0.3 ± 0.1 (0.1-0.4)	5.9 ± 0.6 (4.9-6.8)	2.1 ± 0.7 (1-3.6)	0.2 ± 0.2 (0-0.4)	$3,859 \pm 2,642$ (490-9,200)	$1,396 \pm 1,698$ (110-5,400)
	ฤดูฝน	7.8 ± 0.3 (7.5-8.5)	152 ± 14 (132-167)	117 ± 89 (29.5-272)	32 ± 1.5 (29.1-33.2)	68 ± 8.2 (54-78.8)	234 ± 49 (156-317)	95 ± 44 (54-198)	106 ± 26 (60-144)	0.5 ± 0.4 (0.2-1.2)	0.6 ± 0.3 (0.3-1.2)	5.7 ± 0.6 (4.9-6.6)	2.1 ± 1.4 (0.9-5.6)	0.1 ± 0.1 (0-0.4)	$11,029 \pm 7,269$ (790-22,000)	$2,864 \pm 4,072$ (170-14,000)

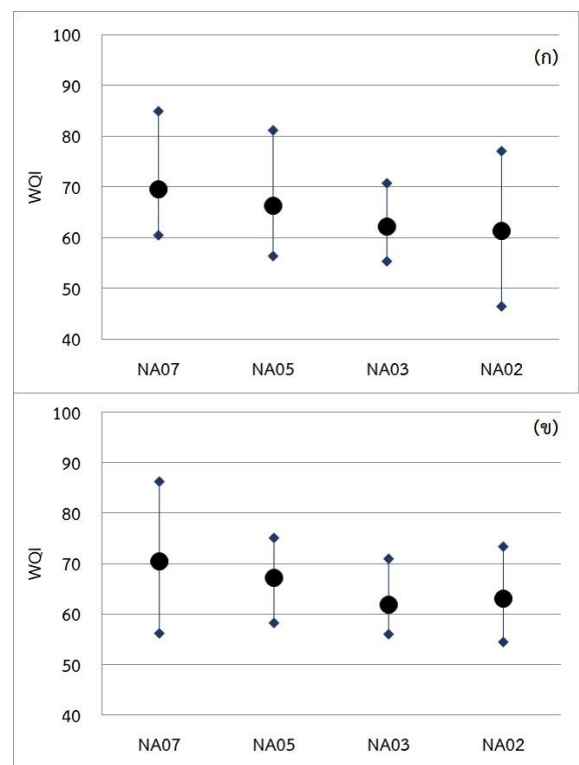
ที่มา ข้อมูลทุติยภูมิจากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Pollution Control Department, 2019)

3.2 ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปและคุณภาพน้ำ

หากพิจารณาคุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่างในภาพรวม การคำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปถือว่ามีความสำคัญมาก เพื่อบ่งชี้คุณภาพน้ำว่าอยู่ในเกณฑ์ใด (ดังตารางที่ 3) ทั้งนี้การใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) เป็นมาตรฐานสากลที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดินของแต่ละประเทศ (Adimalla & Qian, 2019; Sener et al., 2017; Wang et al., 2019) จากรูป 2ก ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปของสถานี NA07, NA05, NA03 และ NA02 ในช่วงฤดูฝน มีค่าเท่ากับ 69.5, 66.3, 62.2 และ 61.3 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยของดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปมีแนวโน้มลดลง แม้ว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปจะอยู่ในเกณฑ์พอใช้ (คะแนน WQI อยู่ในช่วง 61-70) เช่นเดียวกับในอดีต (Sonklin & Photong, 2005) อย่างไรก็ตาม ค่าต่ำสุดของดัชนีคุณภาพน้ำที่สถานี NA05, NA03 และ NA02 จัดอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม (คะแนน WQI ต่ำกว่า 60) เช่นเดียวกับคุณภาพน้ำในช่วงฤดูแล้ง (รูปที่ 2ข) ค่าเฉลี่ยของดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปก็มีแนวโน้มลดลงในแต่ละสถานีเช่นกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.5, 67.1, 61.9 และ 63.1 ที่สถานี NA07, NA05, NA03 และ NA02 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปที่ได้จากการคำนวณกับข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษในช่วงปี พ.ศ. 2555 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกัน (Inland Water Quality, Water Quality and Management, Pollution Control Department, 2013) ขณะเดียวกัน ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษในช่วงปี พ.ศ. 2556-2559 ไม่พบการระบุค่าดัชนีทั่วไปแยกเป็นแต่ละสถานี แต่ระบุเพียงคุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านอยู่ในเกณฑ์พอใช้ (พ.ศ. 2556, 2557 และ 2559) และเกณฑ์ดี (พ.ศ. 2558) (Pollution Control Department, 2016)

เมื่อทดสอบความแปรปรวนของค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (ANOVA, $p = 0.05$) พบว่า คุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละสถานีหรือตามระยะทาง กล่าวคือ สถานี NA07 และ NA05 ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนต้นของแม่น้ำน่านตอนล่าง จะมีคุณภาพน้ำดีกว่าสถานี NA03 และ NA02 เล็กน้อย ทั้งนี้มีสาเหตุมาจาก 2 พารามิเตอร์ ได้แก่ แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียฟิโคลิฟอร์ม ซึ่งมีค่าสูงบริเวณสถานี NA03 และ NA02 จึงส่งผลให้คะแนนที่ได้จากการคำนวณของ 2 พารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่าต่ำกว่า (ANOVA, $p = 0.05$) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป ในทางตรงกันข้าม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของผลคะแนนที่ได้คำนวณของ 3 พารามิเตอร์ที่เหลือ ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี และแอมโมเนีย (ANOVA, $p = 0.05$)

เมื่อพิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังรูปที่ 1 พบว่า บริเวณสถานี NA07 และ NA05 เป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัยและมีชุมชนอยู่หนาแน่น ขณะที่บริเวณสถานี NA03 และ NA02 เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า การปล่อยของเสียและน้ำเสีย ตลอดจนกิจกรรมต่าง ๆ จากชุมชนที่อยู่อาศัยบริเวณต้นแม่น้ำน่านตอนล่าง ส่งผลต่อการปนเปื้อนของปลายแม่น้ำน่านตอนล่าง สอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่รายงานการปนเปื้อนของพารามิเตอร์ (เช่น ไนโตรเจนทั้งหมด และซีโอดี) มีแนวโน้มสูงขึ้นที่ปลายแม่น้ำ โดยมีชุมชนตั้งอยู่ที่ต้นแม่น้ำ (Mainali & Chang, 2018) และพบปริมาณแบคทีเรียฟิโคลิฟอร์มสูงขึ้นในแม่น้ำที่ไหลชุมชน และเกษตรกรรม (Kacar, 2011) นอกจากนี้ปริมาณแบคทีเรียฟิโคลิฟอร์มยังสัมพันธ์กับความเร็วในการตกตะกอน และปริมาณตะกอนของแม่น้ำด้วย (Chen & Liu, 2017)

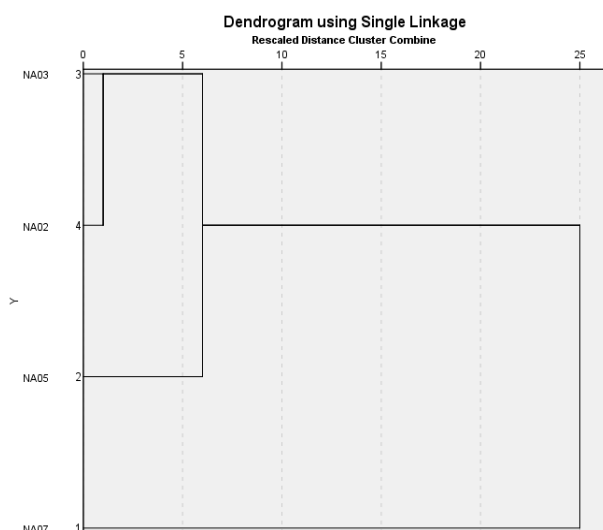


รูปที่ 2 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (ก) ฤดูฝน และ (ข) ฤดูแล้ง

3.3 ความสัมพันธ์เชิงกลุ่มและองค์ประกอบหลัก

การวิเคราะห์จัดกลุ่มตามลำดับชั้น (HCA) ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสถานี NA07, NA05, NA03 และ NA02 ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เพื่อประโยชน์ในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่าง และการป้องกันปัญหามลพิษทางน้ำที่อาจเกิดขึ้น โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิทั้ง 15 พารามิเตอร์ ผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 3 พบว่า ความสัมพันธ์เชิงกลุ่มของคุณภาพน้ำของแม่น้ำน่าน

ตอนล่าง ประกอบด้วย 3 กลุ่ม (Cluster) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ได้แก่ สถานี NA07 ที่เป็นพื้นที่รับน้ำต่อน้ำจากแม่น้ำตอนกลาง และเป็นพื้นที่ชุมชนหนาแน่น กลุ่มที่ 2 ได้แก่ สถานี NA05 เป็นพื้นที่ถัดจากพื้นที่ชุมชนหนาแน่น ส่วนกลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย สถานี NA03 และ NA02 เป็นพื้นที่ที่อยู่ไกลออกไป ซึ่งถือเป็นพื้นที่ที่มีคุณภาพน้ำแย่ที่สุด (มีค่าดัชนีคุณภาพน้ำต่ำที่สุด) ทั้งนี้เนื่องจากแม่น้ำน่านได้ไหลผ่านหลายพื้นที่ เช่น พื้นที่เกษตรกรรม และชุมชน ประกอบกับกิจกรรมต่าง ๆ ของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำตอนล่าง ทำให้การปล่อยของเสียและน้ำเสียสะสมในแม่น้ำน่านมากขึ้น (Mainali & Chang, 2018; Sun et al., 2016) อย่างไรก็ตาม การฟอกตัวตามธรรมชาติของแม่น้ำน่านยังคงเกิดขึ้นอยู่ แต่อาจไม่เพียงพอต่อการกำจัดสารปนเปื้อนจำนวนมากที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำ ดังนั้น การบำบัดเบื้องต้นก่อนปล่อยสู่แม่น้ำน่านจึงเป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญ

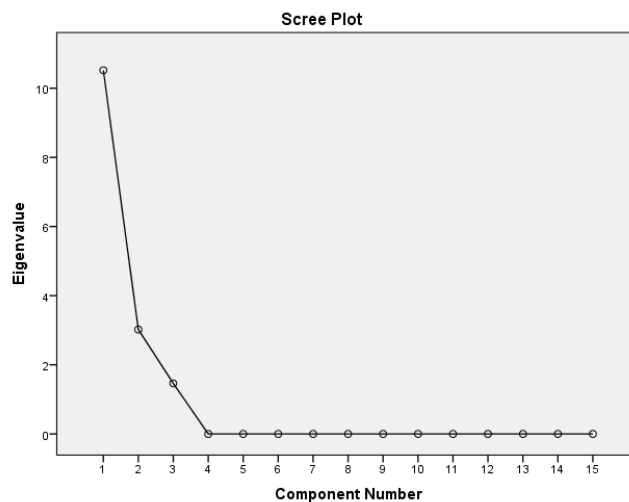


รูปที่ 3 แผนภูมิเดนโดแกรมแสดงความสัมพันธ์ของทั้ง 15 พารามิเตอร์ระหว่างสถานีต่าง ๆ

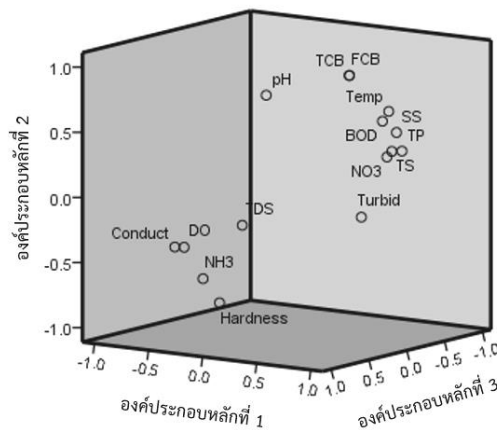
สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) เป็นการหาความสัมพันธ์ของแต่ละพารามิเตอร์ โดยจำแนกตามองค์ประกอบของพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งนี้หากค่าที่ได้มีค่า > 0.75 แสดงว่าความสัมพันธ์ในองค์ประกอบหลักอยู่ในระดับสูง หากค่าที่ได้อยู่ระหว่าง $0.75-0.50$ แสดงว่าความสัมพันธ์ในองค์ประกอบหลักอยู่ในระดับปานกลาง และหากค่าที่ได้อยู่ระหว่าง $0.50-0.30$ แสดงว่าความสัมพันธ์ในองค์ประกอบหลักอยู่ในระดับต่ำ (Liu et al., 2003) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4 และรูปที่ 4 พบว่า 15 พารามิเตอร์ทั้งทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา สามารถแบ่งได้เป็น 3 องค์ประกอบ (PC) ที่มีค่า Eigenvalues มากกว่า 1 ได้แก่

PC1 (Eigenvalues = 10.519), PC2 (Eigenvalues = 3.020) และ PC3 (Eigenvalues = 1.461) สำหรับองค์ประกอบหลักที่ 1 คิดเป็นความแปรปรวน 41.791% โดยพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์ระดับสูงทางบวกภายในองค์ประกอบนี้ ได้แก่ ความขุ่น ของแข็งทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย และบีโอดี โดยค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นหรือต่ำลงสอดคล้องกัน ทั้งนี้หากค่าพารามิเตอร์เหล่านี้สูงจะบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำแย่ลง พารามิเตอร์ในองค์ประกอบหลักนี้เกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ และของเสียจากชุมชน นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์ระดับสูงทางลบกับออกซิเจนละลายน้ำ กล่าวคือ ค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงขึ้นจะบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำดีขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับพารามิเตอร์อื่น ๆ ในองค์ประกอบหลักที่ 1 สำหรับองค์ประกอบหลักที่ 2 มีค่าความแปรปรวน 34.212% โดยพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์ระดับสูงทางบวกภายในองค์ประกอบนี้ ได้แก่ แบคทีเรียฟัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด และความเป็นกรด-ด่าง พารามิเตอร์ในองค์ประกอบหลักนี้มีความเกี่ยวข้องกับจุลชีพและแบคทีเรียต่าง ๆ และมีความสัมพันธ์ระดับสูงทางลบกับความกระด้าง สำหรับองค์ประกอบหลักที่ 3 มีค่าความแปรปรวน 23.998% ภายในองค์ประกอบนี้มีความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในระดับสูงทางบวกมี 2 พารามิเตอร์ ได้แก่ ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และการนำไฟฟ้า ซึ่งพารามิเตอร์ในองค์ประกอบหลักนี้จะมีผลมาจากสารอนินทรีย์ และไอออนต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะเป็นประโยชน์ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ที่สำคัญ เช่น บีโอดี และแบคทีเรีย (ซึ่งจำเป็นต้องตรวจวัดในห้องปฏิบัติการและใช้เวลานานในการตรวจวิเคราะห์) จากพารามิเตอร์ที่สามารถตรวจวัดได้ทันที เช่น ความขุ่น และความเป็นกรด-ด่าง ทำให้สามารถใช้เป็นตัวแทนพารามิเตอร์บีโอดี และแบคทีเรีย ตามลำดับ เพื่อบ่งชี้คุณภาพน้ำเบื้องต้น

เมื่อนำองค์ประกอบหลักทั้ง 3 มาสร้างเป็นแผนภูมิ 3 มิติประกอบด้วยแกน X, Y และ Z (PC1, PC2 และ PC3) ดังรูปที่ 5 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในแต่ละองค์ประกอบหลัก โดยพบว่าพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ได้แก่ ความขุ่น ของแข็งทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย บีโอดี แบคทีเรียฟัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด ไนเตรต และอุณหภูมิ



รูปที่ 4 แผนภูมิแสดงค่า Eigenvalue และ Component Number



รูปที่ 5 Component plot

ตารางที่ 4 องค์ประกอบหลักพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ

Variable Factor loadings (varimax normalized)	PC1	PC2	PC3
Eigenvalues	10.519	3.020	1.461
Variance(%)	41.791	34.212	23.998
Cumulative(%)	41.791	76.002	100.000
Turbidity	0.935	0.000	0.350
TS	0.919	0.387	0.000
TP	0.901	0.365	-0.236
DO	-0.857	-0.499	0.131
SS	0.826	0.494	-0.271
BOD	0.790	0.597	-0.136
Temperature	0.684	0.628	-0.372
FCB	0.362	0.879	-0.309

Hardness	-0.429	-0.861	0.275
TCB	0.251	0.847	-0.469
pH	0.180	0.831	0.527
NH ₃	-0.679	-0.721	0.135
TDS	0.262	0.000	0.960
NO ₃	0.260	0.151	-0.954
Conductivity	-0.471	-0.360	0.806

4. สรุปผล

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลทุติยภูมิของพารามิเตอร์และคุณภาพน้ำในระหว่างปี พ.ศ. 2555-2559 จากกรมควบคุมมลพิษ พบว่า บริเวณแม่น้ำน่านตอนล่าง ค่าของพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตามระยะทางและฤดูกาล ขณะที่ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในสถานี่ต่าง ๆ กล่าวคือ สถานี่ NA07 จะมีแนวโน้มคุณภาพน้ำดีกว่าสถานี่ NA05, NA03 และ NA02 ตามลำดับ แม้ว่าคุณภาพน้ำของทั้ง 4 สถานี่ก็อยู่ในเกณฑ์เดียวกันก็ตาม (คุณภาพพอใช้) อย่างไรก็ตาม พารามิเตอร์ที่ควรเฝ้าระวังต่อการเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ ได้แก่ บีโอดี แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณท้ายแม่น้ำน่านตอนล่าง ทั้งนี้ บีโอดีมีความสัมพันธ์ระดับสูงกับพารามิเตอร์ความขุ่น ของแข็งทั้งหมด และของแข็งแขวนลอย ขณะที่แบคทีเรียโคลิฟอร์มมีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ความเป็นกรด-ด่าง ดังนั้น จึงสามารถเลือกตัวแทนพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กันเป็นตัวแทนในการบ่งชี้คุณภาพน้ำเบื้องต้น สำหรับเฝ้าระวังและป้องกันปัญหามลพิษทางน้ำในอนาคตได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพื้นที่บริเวณลุ่มแม่น้ำน่านตอนล่างถูกนำมาใช้เพื่อการเกษตรเป็นสำคัญ ดังนั้น จึงควรศึกษาการปนเปื้อนของปุ๋ย สารเคมี และสารปราบศัตรูพืช รวมถึงอนุพันธ์ของสารเคมีดังกล่าวในแม่น้ำน่านตอนล่างเพิ่มเติม เพื่อเป็นการต่อยอดงานวิจัยนี้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลคุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่างในระหว่าง ปี พ.ศ. 2555-2559

6. เอกสารอ้างอิง

Abd-Elwahed, M.S. (2018). Influence of long-term wastewater irrigation on soil quality and its spatial distribution. *Annals of Agriculture Science*, 63, 191-199.

- Adimalla, N., & Qian, H. (2019). Groundwater quality evaluation using water quality index (WQI) for drinking purposes and human health risk (HHR) assessment in an agricultural region of Nanganur, south India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 176, 153-161.
- Auppaman, S. (2019). *Illegal dumping of industrial waste at Nong Nae sub-district, Phanom Sarakham district, Chachoengsao*. Waste and Hazardous Substance Management Bureau. www.pcd.go.th
- Carstens, D., & Amer, R. (2019). Spatio-temporal analysis of urban changes and surface water quality. *Journal of Hydrology*, 569, 720-734.
- Chen, W., & Liu, W. (2017). Investigating the fate and transport of fecal coliform contamination in a tidal estuarine system using a three-dimensional model. *Marine Pollution Bulletin*, 116, 365-384.
- Greenpeace. (2007). *Groundwater crisis from intensive fertilizer use in Thailand*. www.greenpeace.org/archive-thailand
- Gu, Q., Hu, H., Ma, L., Sheng, L., Yang, S., Zhang X., Zhang, M., Zheng, K., & Chen, L. (2019). Characterizing the spatial variation of the relationship between land use and surface water quality using self-organizing map approach. *Ecological Indicators*, 102, 633-643.
- Inland Water Quality, Water Quality and Management, Pollution Control Department. (2018). *Practical guide for surface water quality monitoring*. www.pcd.go.th
- Inland Water Quality, Water Quality and Management, Pollution Control Department. (2013). *Water quality annual report 2012*. <http://infofile.pcd.go.th/mgt/WaterQuality.pdf>
- Kacar, A. (2011). Analysis of spatial and temporal variation in the level of microbial fecal indicators in the major rivers flowing into the Aegean Sea, Turkey. *Ecological Indicators*, 11, 1360-1365.
- Liang, W., & Yang, M. (2019). Urbanization, economic growth and environmental pollution: Evidence from China. *Sustainable Computing: Informatics and System*, 21, 1-9.
- Liu, C., Lin, K., & Kuo, Y. (2003). Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a Blackfoot Disease area in Taiwan. *Science of the Total Environment*, 313, 77-89.
- Mainali, J., & Chang, H. (2018). Landscape and anthropogenic factors affecting spatial patterns of water quality trends in a large river basin, South Korea. *Journal of Hydrology*, 564, 26-40.
- Pitakwinai, P., Khanitchaidecha, W., & Nakaruk, A. (2019). Spatial and seasonal variation in surface water quality of Nan river, Thailand. *Naresuan University Engineering Journal*, 14, 1-6.
- Pollution Control Department. (2011). *Calculation of water quality index with 5 parameters*. Inland Water Quality Sub-Division, Water Quality Management Division. www.pcd.go.th
- Pollution Control Department. (2016). *Water Quality and Management annual report 2016*. <https://www.stkc.go.th/sites/default/files/ebook/1507797423.pdf>
- Pollution Control Department. (2019). *Secondary data of downstream of Nan River during 2012- 2016*. <https://www.pcd.go.th>
- Pollution Control Department. (2019). *Surface water quality*. www.pcd.go.th
- Sener, S., Sener, E., & Davraz A. (2017) Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). *Science of The Total Environment*, 584-585, 131-144.
- Soithong, P., Youngsai, P., & Wachirawongsakorn, P. (2013, December 19-20). *Quality aspects of domestic wastewater and Nan river in Phitsanulok*. The 7th Rambhai Barni Rejabhat University Research Conference, Buriram Rajabhat University, Thailand.
- Sonklin, W., & Photong, C. (2005). Water quality of Nan river flowing through agricultural and urban areas of Phitsanulok Province. *Naresuan University Journal*, 13, 37-44.
- Sun, W., Xia, C., Xu, M., Guo, J., & Sun, G. (2016). Application of modified water quality indices as indicators to assess the spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. *Ecological Indicators*, 66, 306-312.
- Wang, J., Fu, Z., Qiao, H., & Liu, F. (2019). Assessment of eutrophication and water quality in the estuarine area of Lake Wuli, Lake Taihu, China. *Science of The Total Environment*, 650, 1392-1402.
- Yang, X., Warren, R., He, Y., Ye, J., Li, Q., & Wang, G. (2018). Impacts of climate change on TN load and its control in a River Basin with complex pollution sources. *Science of The Total Environment*, 615, 115-1163.
- Yaqub, M., & Lee, W. (2019). Zero-liquid discharge (ZLD) technology for resource recovery from wastewater: A review. *Science of The Total Environment*, 681, 551-563.