ความสัมพันธ์ของความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์และคุณภาพน้ำ จากหนองเล็งทรายจนถึงก๊วานพะเยา

รมิตา เหลี่ยมแฉ่ง

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต และปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
มีนาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

มหาวิทยาลัยพะเยา
UNIVERSITY OF PHAYAO

มหาวิทยาลัยพะเยา
UNIVERSITY OF PHAYAO

มหาวิทยาลัยพะเยา
UNIVERSITY OF PHAYAO

ความสัมพันธ์ของความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์และคุณภาพน้ำจากหนองเล็งทรายจนถึงกว๊านพะเยา

รมิตา เหลี่ยมแฉ่ง

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต และปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
มีนาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

RELATIONSHIP BETWEEN DESMIDS DIVERSITY AND WATER QUALITY FROM NONG LENG SAI TO KWAN PHAYAO

RAMITA LIAMCHANG

A Thesis Submitted to University of Phayao

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Bachelor of Science and Master of Science Degree in Environmental Science

March 2024

Copyright 2024 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ความสัมพันธ์ของความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์และคุณภาพน้ำจากหนองเล็ง ทรายจนถึงกว๊านพะเยา

ของ รมิตา เหลี่ยมแฉ่ง

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต และปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูมิศร์ ทับทิมแดง)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤตชญา อิสกุล)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัฐภูมิ พรหมณะ)

..... คณบดีคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม

(รองศาสตราจารย์ ต่อพงศ์ กรีธาชาติ)

เรื่อง: ความสัมพันธ์ของความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์และคุณภาพน้ำจากหนองเล็งทรายจนถึงกว๊านพะเยา

ผู้วิจัย: รมิตา เหลี่ยมแฉ่ง, วิทยานิพนธ์: วท.บ. (ชีววิทยา) และ วท.ม.(วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2566

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤตชญา อิสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐภูมิ พรหมณะ

คำสำคัญ: สาหร่ายเดสมิดส์, คุณภาพน้ำ, ดัชนีทางชีวภาพ, กว๊านพะเยา, หนองเล็งทราย

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์จากหนองเล็งทรายจนถึงกว๊านพะเยา ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 พบว่าอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลมีผลต่อพารามิเตอร์คุณภาพน้ำมากกว่าการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของแหล่งน้ำ เมื่อประเมินคุณภาพแหล่งน้ำด้วยดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) พบว่าแหล่งน้ำเกือบทุกสถานีจัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ในขณะที่การประเมินคุณภาพแหล่งน้ำด้วยดัชนี AARL–PC Score จัดทุกสถานีอยู่ในคุณภาพน้ำระดับดี–ปานกลางโดยพบว่ามีสารอาหารน้อยถึงปานกลาง (oligo – mesotrophic) จากการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ พบเดสมิดส์ทั้งหมด 10 สกุล 70 ชนิด โดยแบ่งเป็น 4 วงศ์ ได้แก่ Mesotaeniaceae พบ 1 สกุล คือ *Roya* 1 ชนิด (1.40%), Gonatozygaceae พบ 1 สกุล ได้แก่ *Gonatozygon* 1 ชนิด (1.40%). Closteriaceae พบ 1 สกุล คือ *Closterium* 18 ชนิด (25.35%) และ Desmidiaceae พบ 7 สกุล 50 ชนิด ได้แก่ *Actinotaenium* 2 ชนิด (2.81%), *Cosmarium* 20 ชนิด (28.16%), *Euastrum* 1 ชนิด (1.40%), *Micrasterias* 1 ชนิด (1.40%), *Spondylosium* 1 ชนิด (1.40%), *Staurastrum* 21 ชนิด (29.57%) และ *Staurodesmus* 4 ชนิด (5.63%) โดยมีชนิดเด่นคือ *Closterium acutum* var. *variabile* จากการประเมินดัชนีความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ พบว่า Shannon's diversity index มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ในพื้นที่ศึกษามากกว่า Simpson's index เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ด้วยวิธี CCA และ Pearson's correlation coefficient สามารถจัดกลุ่มความสัมพันธ์ได้ทั้งสิ้น 3 กลุ่ม ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าหนองเล็งทรายและกว๊านพะเยามีคุณภาพน้ำโดยรวมดีกว่าบริเวณคลองส่งน้ำ และส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายเดสมิดส์ให้มีความหลากหลายที่สูงเช่นกัน ข้อมูลที่ได้มีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและรักษาระบบนิเวศแหล่งน้ำให้มีความยั่งยืนต่อไป

Title: RELATIONSHIP BETWEEN DESMIDS DIVERSITY AND WATER QUALITY FROM NONG LENG SAI TO KWAN PHAYAO

Author: Ramita Liamchang, Thesis: B.Sc. (Biology) and M.Sc. (Environmental Science), University of Phayao, 2023

Advisor: Assistant Professor Dr. Kritchaya Issakul Co-advisor Assistant Professor Dr.Rattapoom Prommana

Keywords: Desmids algae, Water quality, Bioindicator, Kwan Phayao, Nong Leng Sai

ABSTRACT

The research of the relationship between desmid algae diversity and water quality in the area covering from Nong Leng Sai to Kwan Phayao reservoirs from January to December 2022 revealed that seasonal variation had a stronger effect on water quality indicators than geographical change. Evaluation of water resource quality using the Water Quality Index (WQI) revealed that most stations were classified as Type 3 water resources. However, when the quality of the water resources was evaluated using the AARL – PC score index, it was found that all stations exhibited excellent to moderate water quality, characterized by a minimal to moderate nutrient content (oligo–mesotrophic status). According to the study of desmid algae diversity, a total of 10 genera and 70 species of desmids have been found, divided into the following 4 families; 1 genus of Mesotaeniaceae included 1 species of *Roya* (1.40%), 1 genus of Gonatozygaceae contained 1 species of *Gonatozygon* (1.40%), 1 genus of Closteriaceae contained 18 species of *Closterium* (25.35%), 7 genera of Desmidiaceae contained 20 species of *Cosmarium* (28.16%), 1 species of *Euastrum* (1.40%), 1 species of *Micrasterias* (1.40%), 1 species of *Spondylosium* (1.40%), 21 species of *Staurastrum* (29.57%), and 4 species of *Staurodesmus* (5.63%). The dominant desmid species was *Closterium acutum* var. *variabile*. When evaluating desmid algae diversity using various indices, it was discovered that Shannon's diversity index was more suitable than Simpson's index for analyzing desmid algae diversity in this research geographical area. By using CCA and Pearson's correlation coefficient to examine the relationship between desmid algae diversity and water quality, three categories of relationships were identified. In conclusion, the water quality in the Nong Leng Sai and Kwan Phayao areas is better than in the waterway, resulting in a greater desmids diversity in the reservoirs. These data could potentially be applied to improve water resource management for environmentally friendly consumption and sustainable conservation of aquatic ecosystem.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์และกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร. กฤตชญา อิสกุล และ ผศ. ดร. เนติ เงินแพทย์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ และเสนอแนะแนวทางแก้ไขปรับปรุงทางการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้คำแนะนำแนวทางในการศึกษาค้นคว้ามาโดยตลอด จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาส นี้ ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. ภูมิศร์ ทับทิมแดง, ผศ. ดร. กฤตชญา อิสกุล, ผศ. ดร. เนติ เงินแพทย์ และ ผศ. ดร. รัฐภูมิ พรมณะ ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งชี้แนะให้คำแนะนำระหว่างทำวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่านที่ได้กล่าวถึงและผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ได้มีส่วนช่วยเหลือในการสนับสนุนให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

รมิตา เหลี่ยมแฉ่ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 3

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแหล่งน้ำ 5

ทรัพยากรน้ำจังหวัดพะเยา 6

คุณภาพน้ำ 8

การประเมินคุณภาพน้ำ 12

สาหร่าย 13

สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ 15

การใช้สาหร่ายเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ 23

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 24

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 34

พื้นที่ศึกษา....34
อุปกรณ์และสารเคมี....36
การวางแผนการวิจัย....40
วิธีการดำเนินการ....41
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ....46
บทที่ 4 ผลการทดลอง....47
ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ....47
ผลการจัดกลุ่มแหล่งน้ำตามความเหมือน (similarity) ของพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำ....58
ผลการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ....61
ผลการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ในแหล่งน้ำ....63
ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความหลากหลายต่าง ๆ ของสาหร่ายเดสมิดส์....83
ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของสาหร่ายเดสมิดส์ในแหล่งน้ำตลอดการศึกษา....85
ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์คุณภาพน้ำและสาหร่ายเดสมิดส์....88
บทที่ 5 บทสรุป....93
สรุปผลการวิจัย....93
อภิปรายผลการวิจัย....94
ข้อเสนอแนะ....111
บรรณานุกรม....112
บรรณานุกรม....113
ภาคผนวก....128
ภาคผนวก ก การประเมินคุณภาพน้ำ....128
ภาคผนวก ข ผลพารามิเตอร์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และชีวภาพ ในแต่ละสถานี 135
ภาคผนวก ค ข้อมูลปริมาณน้ำฝน จังหวัดพะเยา....147
ภาคผนวก ง สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์บริเวณป่าไคร้ ณ หนองเล็งทราย....148

ประวัติผู้วิจัย 150

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (water quality index, WQI)..... 13

ตาราง 2 คะแนนคุณภาพน้ำมาตรฐานโดยอิงระดับสารอาหาร.....24

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำตลอดการศึกษาทั้ง 10 สถานี.....60

ตาราง 4 ชนิดพันธุ์สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบทั้ง 10 สถานี ตลอดการศึกษา.....73

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ Pearson's correlation coefficient ของสาหร่ายเดสมิดส์และพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำ 92

ตาราง 6 สูตรสมการสำหรับคิดคะแนนของค่า DO 128

ตาราง 7 สูตรสมการสำหรับคิดคะแนนของค่า BOD 129

ตาราง 8 สูตรสมการสำหรับคิดคะแนนของค่าแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด 129

ตาราง 9 สูตรสมการสำหรับคิดคะแนนของค่าแบคทีเรียฟีคอลโคลิฟอร์ม 129

ตาราง 10 สูตรสมการสำหรับคิดคะแนนของค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน..... 129

ตาราง 11 คะแนนค่า DO เปรียบเทียบค่ามาตรฐานจาก AARL-PC Score 131

ตาราง 12 คะแนนค่า BOD เปรียบเทียบค่ามาตรฐานจาก AARL-PC Score..... 132

ตาราง 13 คะแนนค่าไนเตรท เปรียบเทียบค่ามาตรฐานจาก AARL-PCScore..... 132

ตาราง 14 คะแนนค่าการนำไฟฟ้า เปรียบเทียบค่ามาตรฐานจาก AARL-PC Score..... 133

ตาราง 15 คะแนนค่าแอมโมเนียม เปรียบเทียบค่ามาตรฐานจาก AARL-PC Score..... 133

ตาราง 16 คะแนนออร์โทฟอสเฟต เปรียบเทียบค่ามาตรฐานจาก AARL-PC Score..... 134

ตาราง 17 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของจังหวัดพะเยาตลอดปี พ.ศ. 2565 147

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 ตัวอย่างสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ (desmidiales or desmids) 15
ภาพ 2 โครงสร้างของเซลล์สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์จากอุทยานนกน้ำทะเลน้อย 21
ภาพ 3 Xanthidium lenticulare sp. nov. 22
ภาพ 4 แผนที่บริเวณจุดเก็บตัวอย่างจากหนองเล็งทรายถึงกว๊านพะเยา 35
ภาพ 5 แผนการดำเนินงานโดยรวม 40
ภาพ 6 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ทางกายภาพและเคมีในแหล่งน้ำ ตลอดการศึกษา 49
ภาพ 7 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนเพื่อบ่งบอกคุณภาพน้ำ ตลอดการศึกษา 52
ภาพ 8 ค่าเฉลี่ยปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำตลอดการศึกษา 54
ภาพ 9 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ทางชีวภาพในแหล่งน้ำตลอดการศึกษา 57
ภาพ 9 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ทางชีวภาพในแหล่งน้ำตลอดการศึกษา 58
ภาพ 10 การวิเคราะห์กลุ่มของพารามิเตอร์น้ำจากทั้ง 10 สถานี 59
ภาพ 11 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพน้ำแหลงน้ำผิวดิน 61
ภาพ 12 ผลการประเมินระดับคุณภาพน้ำด้วยวิธีการทางกายภาพเคมี 62
ภาพ 13 จำนวนสาหร่ายเดสมิดส์ทั้งหมด (เซลล์/ลิตร) ของแต่ละสถานี 66
ภาพ 14 ร้อยละองค์ประกอบของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ในแต่ละสถานี 67
ภาพ 15 สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบตลอดการศึกษา 69
ภาพ 16 การกระจายเชิงพื้นที่ของดัชนีความหลากหลายต่าง ๆ ทั้ง 10 สถานี 82
ภาพ 17 ผลการวิเคราะห์ Pearson's correlation coefficient ของดัชนีต่าง ๆ 84
ภาพ 18 การวิเคราะห์กลุ่มของสาหร่ายเดสมิดส์จากทั้ง 10 สถานี 88
ภาพ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายเดสมิดส์และพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ 91
ภาพ 20 ค่าอุณหภูมิของน้ำ 135

ภาพ 21 ค่าความขุ่นของน้ำ..... 136
ภาพ 22 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ..... 137
ภาพ 23 ค่าความเป็นกรด–ด่าง ของน้ำ..... 138
ภาพ 24 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ..... 139
ภาพ 25 ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์..... 140
ภาพ 26 ค่าปริมาณสารอาหารไนเตรท–ไนโตรเจน..... 141
ภาพ 27 ค่าปริมาณสารอาหารแอมโมเนียม–ไนโตรเจน..... 142
ภาพ 28 ค่าปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟต..... 143
ภาพ 29 ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ..... 144
ภาพ 30 ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด ตลอดการศึกษา..... 145
ภาพ 31 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ตลอดการศึกษา..... 146
ภาพ 32 สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบบริเวณป่าไคร้ หนองเล็งทราย..... 148

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จังหวัดพะเยาของประเทศไทย มีทรัพยากรน้ำที่สำคัญหลายแห่ง อาทิ กว๊านพะเยา, หนองเล็งทราย, แม่น้ำยม, แม่น้ำลาว, ลำน้ำแม่อิง, ลำน้ำแม่ต๋ำ, ลำน้ำแม่ปืม, ลำน้ำแม่เหียนและห้วยแม่ทุ่ม (สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดพะเยา, 2563) มีการใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรและเป็นแหล่งประมงน้ำจืด ซึ่งมีพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติของประเทศไทย ได้แก่ กว๊านพะเยา และหนองเล็งทราย (กรมทรัพยากรน้ำ, 2564) โดยกว๊านพะเยาเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่มีเนื้อที่ประมาณ 12,831 ไร่ เป็นแหล่งแพร่พันธุ์สัตว์น้ำที่สำคัญ พบพันธุ์ปลาทั้งหมด 39 ชนิด โดยปลาในวงศ์ปลาตะเพียน (*Cyprinidae*) พบมากที่สุดและพบปลาแป้นแก้วจำนวนมากสุดที่ร้อยละ 36.8 (กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์, ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์ และลลิตา ข่วงบุญ, 2562) และแหล่งน้ำจืดสำคัญรองลงมา คือ หนองเล็งทรายมีเนื้อที่ประมาณ 5,400 ไร่ (คณะกรรมการบริหารงานจังหวัดแบบบูรณาการจังหวัดพะเยา, 2561) ซึ่งเป็นพื้นที่ธรรมชาติที่มีความหลากหลายทางระบบนิเวศน้ำจืด พบพันธุ์ปลาอย่างน้อย 24 ชนิด พันธุ์นกอย่างน้อย 56 ชนิด รวมถึงมีพันธุ์พืชน้ำปกคลุมหนาแน่นและพบป่าพรุกระจายอยู่กลางหนอง โดยมีไคร้เป็นพืชชนิดหลัก (รตนพรรษ สุชาติ และเชาวน์ ปอแก้ว, 2559) รวมถึงมีพันธุ์ปลาทั้งหมด 39 ชนิด ซึ่งมี 3 ชนิดที่อยู่ในสถานภาพใกล้ถูกคุกคาม (ศิริลักษณ์ ตันเจริญ, เศกสรรค์ อุปพงศ์ และกัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์, 2563) ในปัจจุบันมนุษย์มีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรแหล่งน้ำในด้านต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นการอุปโภคบริโภค การเกษตร การเลี้ยงสัตว์ หรือการประมง ซึ่งกิจกรรมของมนุษย์ที่เกิดขึ้น เป็นการเพิ่มมลสารในแหล่งน้ำและส่งผลให้คุณภาพของแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและความสัมพันธ์ของแหล่งน้ำธรรมชาติกับวิถีชีวิตชุมชนในบริเวณใกล้เคียง อาจนำไปสู่ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรน้ำที่สำคัญได้ในอนาคต

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำสามารถนำสาหร่ายมาเป็นตัวชี้สภาพมลพิษทางน้ำได้ นำไปสู่การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศแหล่งน้ำ โดยสามารถจำแนกคุณภาพของน้ำเป็น 3 ระดับ ได้แก่ คุณภาพดี คุณภาพปานกลาง และคุณภาพไม่ดี ซึ่งการเพิ่มหรือลดปริมาณของสาหร่ายจะเป็นการบอกถึงสภาวะที่มีความสมบูรณ์หรือขาดแคลน

ของสารอาหารในแหล่งน้ำได้ และเป็นการบอกถึงสถานการณ์ของสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน อีกทั้งสาหร่ายยังมีความสำคัญในหลาย ๆ ด้าน เช่น เป็นผู้ผลิตและอยู่ในห่วงโซ่อาหารขั้นต้นของสิ่งมีชีวิตในด้านระบบนิเวศแหล่งน้ำ, ช่วยตรึงไนโตรเจนให้แก่พืชในด้านการเกษตร, สามารถนำมาผลิตวุ้นหรือสารเพิ่มความเหนียวในด้านอุตสาหกรรม และยังมีประโยชน์ในด้านการกำจัดน้ำเสีย (มัณฑกา วีระพงศ์, 2558) สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ (desmids) เป็นสาหร่ายชนิดเด่นที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำ โดยคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไปจะสามารถส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ได้ (ปริญญา มูลสิน, 2555) และเนื่องจากสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์สามารถเจริญเติบโตได้ในคุณภาพน้ำที่จำกัด ซึ่งจะพบในแหล่งน้ำจืดที่มีคุณภาพน้ำค่อนข้างดี ในระดับ oligotrophic status จึงเหมาะสมในการประยุกต์ใช้เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของแหล่งน้ำ (Coesel, 2001) การศึกษาสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ในแหล่งน้ำจืดของประเทศไทยยังมีการศึกษาจำนวนน้อย โดยพบนักวิจัยที่ทำการศึกษาและพบสาหร่ายเดสมิดส์บางชนิด ได้แก่ Hirano (1975) พบสาหร่ายเดสมิดส์บางชนิดจากทะเลสาบบอระเพ็ดของประเทศไทย, เนติ เงินแพทย์ และคณะ (2549) ได้ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ในป่าพรุบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย, Ngearnpat Peerapornpisal (2007) รายงานว่าพบสาหร่ายเดสมิดส์จากแหล่งน้ำจืด 12 แห่ง ในภาคเหนือของประเทศไทย รวมถึง จุฑามาส อยู่มาก และคณะ (2564) พบสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์บางชนิดในอ่างเก็บน้ำสุวรรณาภา จังหวัดสุรินทร์ แต่อย่างไรก็ตาม แม้ในปัจจุบันนั้นจะพบว่า มีการศึกษาคุณภาพน้ำในบริเวณพื้นที่กว๊านพะเยาและหนองเล็งทรายอย่างกว้างขว้าง แต่ยังไม่มีการศึกษาความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันทางด้านคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำทั้งสองแหล่ง เนื่องจากกว๊านพะเยาได้รับน้ำจากหนองเล็งทราย และในอดีตหนองเล็งทรายนั้น นับว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีความหลากหลากทางชีวภาพสูง แต่ปัจจุบันพบว่า ส่วนหนึ่งมีการขุดลอกเพื่อพัฒนาพื้นที่ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพและคุณภาพน้ำได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาคุณภาพของน้ำในทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพ ควบคู่กับการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่ยึดเกาะพืชน้ำจากบริเวณหนองเล็งทรายสู่กว๊านพะเยา เพื่อศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพและนำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ รวมถึงติดตามและตรวจสอบเพื่อเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ เนื่องจากเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำข้อมูลระยะยาว (long-term information) จึงจะสามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งดัชนีความแตกต่างของกลุ่มสาหร่ายที่พบจะเป็นค่าที่ช่วยชี้สภาพของชุมชนได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทาง

สำหรับพัฒนาในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ เป็นการเพิ่มองค์ความรู้ของทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่น สามารถอธิบายสถานการณ์ของสภาพแวดล้อมปัจจุบันที่มีความเชื่อมโยงกับระบบนิเวศน์ในแหล่งน้ำที่ศึกษา ซึ่งอาจพบการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างจากในอดีตและใช้เป็นฐานข้อมูลในการบริหารจัดการต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการในแหล่งน้ำพื้นที่หนองเล็งทรายไปจนถึงกว๊านพะเยา

2. เพื่อศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบในแหล่งน้ำพื้นที่หนองเล็งทรายไปจนถึงกว๊านพะเยา

3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์กับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำพื้นที่หนองเล็งทรายไปจนถึงกว๊านพะเยา

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

บริเวณหนองเล็งทราย อำเภอแม่ใจ และกว๊านพะเยา อำเภอเมืองพะเยา ตลอดจนเส้นทางน้ำที่เชื่อมของแหล่งน้ำทั้งสอง

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาตรวจวัดปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ (temperature), ความขุ่น (turbidity), ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity), ค่าความเป็นกรดด่าง (pH), ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD), และปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ ได้แก่ ไนเตรท–ไนโตรเจน, แอมโมเนียม–ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต หรือ soluble reactive phosphorus, ศึกษาปริมาณแบคทีเรียฟีคอลโคลิฟอร์มและแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด เพื่อดูความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำที่ศึกษา รวมถึงวิเคราะห์ดัชนีความหลากหลาย ตลอดจนการศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่เจริญเติบโตในน้ำโดยมีปัจจัยทางคุณภาพน้ำแตกต่างกัน

ขอบเขตของเวลา

มกราคม พ.ศ. 2565 – ธันวาคม พ.ศ. 2565

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบคุณภาพของแหล่งน้ำในพื้นที่หนองเล็งทรายและกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา

2. สามารถประเมินความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ เพื่อระบุคุณภาพน้ำหรือสภาวะของสารอาหารในแหล่งน้ำปัจจุบัน เป็นการเพิ่มองค์ความรู้ของทรัพยากรธรรมชาติ ใช้เป็นฐานข้อมูลในการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมต่อไป ตลอดจนการใช้วิเคราะห์สภาพระบบนิเวศน์แหล่งน้ำที่ศึกษา ในด้านของผลกระทบที่ส่งผลการดำรชีวิตของสัตว์น้ำท้องถิ่น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแหล่งน้ำ

แหล่งน้ำที่อยู่บนผิวโลกหรือแหล่งน้ำผิวดิน หมายถึง น้ำในแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และรวมถึงแหล่งน้ำสาธารณะอื่น ๆ โดยแหล่งน้ำในธรรมชาติ ส่วนมากจะจัดเป็นน้ำเค็มจากมหาสมุทรร้อยละ 97 และอีกร้อยละ 3 ที่เหลือเป็นน้ำจืดกระจายอยู่ตามแหล่งต่าง ๆ บนพื้นโลก ซึ่งน้ำจืดสามารถแบ่งเป็นน้ำใต้ดินร้อยละ 29 น้ำแข็งหรือหิมะร้อยละ 70 และน้ำผิวดินร้อยละ 1 ซึ่งน้ำฝนนับว่า เป็นแหล่งน้ำจืดที่สำคัญที่สุด และมีน้ำฝนบางส่วนที่ซึมลงพื้นดิน เรียกว่า น้ำใต้ดิน ส่วนน้ำที่อยู่บนดินจะจัดเป็นน้ำผิวดินตามที่กล่าวไปข้างต้น (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2564)

ทรัพยากรน้ำในธรรมชาติสามารถเปลี่ยนแปลงสถานะต่าง ๆ ได้ เรียกว่า วัฏจักรของน้ำโดยเกิดจากน้ำตามธรรมชาติได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์และผ่านกระบวนการต่าง ๆ เกิดเป็นน้ำฝน น้ำบนดิน และน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล ซึ่งน้ำในธรรมชาติที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ สามารถจำแนกออกเป็น 3 ชนิด คือ น้ำฝน (precipitation) เป็นน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำในบรรยากาศและเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวเกิดเป็นหยดน้ำตกลงมาสู่พื้นโลก, น้ำผิวพื้นหรือน้ำท่า (surface water) เป็นน้ำที่เกิดจากน้ำฝนที่ไหลมารวมกันบนผิวดิน อาทิ ห้วย หนอง คลอง บึง น้ำในแม่น้ำ และชนิดสุดท้าย คือ น้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล (ground water) สามารถเกิดจากน้ำที่มีอยู่ใต้ดินอยู่แล้ว หรือเกิดจากน้ำฝนและน้ำที่อยู่บนผิวดินซึมลงมาผ่านดินและช่องว่างระหว่างชั้นหิน (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2561) โดยน้ำนับเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างเหลือเฟือในโลก และแม้ว่าน้ำจะเป็นทรัพยากรที่ไม่มีวันหมดไปแต่เมื่อเวลาผ่านไปก็สามารถเสื่อมคุณภาพลงได้ ดังนั้นมนุษย์จึงมีวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีคุณภาพดีขึ้น โดยจะลดหรือกำจัดสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ที่ปนเปื้อนน้ำอยู่ เช่น สารแขวนลอย, ตะกอนต่าง ๆ, เหล็ก, ความกระด้าง, ฟลูออไรด์, ความเค็ม และไนเตรท เป็นต้น ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การต้ม, การกรอง, การเติมสารเคมี, การเติมอากาศ และวิธีการออสโมซิสย้อนกลับ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2564)

ทรัพยากรน้ำจังหวัดพะเยา

ทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ในจังหวัดพะเยาสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้ (คณะกรรมการบริหารงานจังหวัดแบบบูรณาการจังหวัดพะเยา, 2561)

1. แม่น้ำสายหลัก

แม่น้ำยม มีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาภูลังกา อำเภอปง จังหวัดพะเยา และอำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน โดยแม่น้ำยมได้ไหลผ่านอำเภอเชียงม่วนและมีความยาวประมาณ 60 กิโลเมตร จากนั้นจะไหลเข้าสู่จังหวัดแพร่ สุโขทัย พิษณุโลก และพิจิตร ตามลำดับ และไหลรวมเป็นแม่น้ำเจ้าพะเยาที่จังหวัดนครสวรรค์

แม่น้ำอิง มีต้นกำเนิดมาจากลำน้ำสาขาต่าง ๆ ในเขตอุทยานแห่งชาติดอยหลวง อุทยานแห่งชาติแม่ปืม และหนองเล็งทราย ซึ่งจะไหลลงมาสู่กว๊านพะเยาทางทิศใต้และไหลวนขึ้นผ่านอำเภอเมืองพะเยาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ กิ่งอำเภอภูกามยาว อำเภอจุน อำเภอเชียงคำและอำเภอเทิงที่จังหวัดเชียงราย ตามลำดับ สุดท้ายไหลรวมกับแม่น้ำโขงที่อำเภอเชียงของ แม่น้ำอิง นั้นมีความยาวนับตั้งแต่ในเขตจังหวัดพะเยาอยู่ที่ประมาณ 160กิโลเมตร

2. แม่น้ำสายรอง

น้ำงิม มีความยาวประมาณ 20 กิโลเมตร เป็นลำน้ำในสาขาของแม่น้ำยมตอนบนอยู่ในอำเภอปง

น้ำควร มีความยาวประมาณ 25 กิโลเมตร เป็นลำน้ำในสาขาแม่น้ำยมทางทิศตะวันออกอยู่ในเขตอำเภอปง

น้ำบี้ มีความยาวประมาณ 15 กิโลเมตร เป็นลำน้ำในสาขาแม่น้ำยมทางฝั่งตะวันออกอยู่ในเขตอำเภอเชียงม่วน

น้ำร่องช้าง มีความยาวประมาณ 30 กิโลเมตร เป็นลำน้ำในสาขาแม่น้ำอิงตอนกลางซึ่งไหลจากทิศใต้ขึ้นทิศเหนือและลงสู่แม่น้ำอิงในเขตอำเภอเมืองพะเยา

น้ำจุน มีความยาวประมาณ 40 กิโลเมตร เป็นลำน้ำในสาขาของแม่น้ำอิงตอนกลางซึ่งไหลจากทิศใต้ขึ้นทิศเหนือและลงสู่แม่น้ำอิงในเขตอำเภอจุน

แม่น้ำลาว เป็นลำน้ำในสาขาของแม่น้ำอิงในเขตอำเภอเชียงคำและไหลลงสู่แม่น้ำอิงในเขตอำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย ซึ่งมีสาขาลำน้ำที่สำคัญ ได้แก่ น้ำญวนและน้ำแวน

3. ทะเลสาบ/พื้นที่ชุ่มน้ำ

เป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติสำหรับกักเก็บน้ำฝนและน้ำท่า ซึ่งมีความสำคัญต่อการคมนาคมในท้องถิ่นและเป็นแหล่งรวมสายพันธุ์สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ รวมถึงเป็นแหล่งของผู้ผลิตที่สำคัญในห่วงโซ่อาหารที่มีความสำคัญทางนิเวศวิทยา และมนุษย์สามารถนำทรัพยากรน้ำ

ดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งพื้นที่ชุ่มน้ำที่พบในภาคเหนือทั้งหมดจัดเป็นแหล่งน้ำจืด เป็นประเภทน้ำไหลจำนวน 5,461 แห่ง ได้แก่ คลอง, ห้วย, ลำธาร และแม่น้ำ เป็นประเภทน้ำนิ่ง จำนวน 4,573 แห่ง ได้แก่ บึง, อ่างเก็บน้ำ, ฝาย, ทำนบ และบ่อ และสุดท้ายเป็นประเภทน้ำนิ่ง จำนวนประมาณ 10,573 แห่ง ได้แก่ หนอง, บึง, อ่างเก็บน้ำ, เขื่อน, ระบบนิเวศผสม และประเภทพรุหญ้า, พรุน้ำจืด, ที่มีไม้พุ่ม, ไม้ยืนต้น และพื้นที่เกษตรที่น้ำท่วมขัง โดยภายในจังหวัดพะเยามีพื้นที่ชุ่มน้ำที่ถูกกำหนดให้มีความสำคัญระดับนานาชาติ 2 แห่ง คือ กว๊านพะเยาและหนองเล็งทราย โดยด้านการศึกษาทรัพยากรทางชีวภาพในกว๊านพะเยาพบว่า มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับหนองเล็งทราย นั้นคือมีข้อมูลอย่างชัดเจนว่า กว๊านพะเยาจะได้รับน้ำที่ไหลมาจากหนองเล็งทรายในฤดูฝน และเมื่อหนองเล็งทรายขาดน้ำก็ไม่มีน้ำไหลลงสู่กว๊านพะเยา ส่งผลให้ปีนั้นน้ำในกว๊านพะเยามีปริมาณลดลง และยังส่งผลให้ปริมาณปลาลดน้อยลงในปีดังกล่าวอีกด้วย เนื่องจากพบว่า ปลาบางชนิดจากกว๊านพะเยาจะวางไข่ในบริเวณทางน้ำที่ไหลเข้ากว๊านพะเยา และบางชนิดจะวางไข่ในลำน้ำอิง เมื่อปริมาณน้ำลดลงจึงส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของสัตว์น้ำ

4. กว๊านพะเยา

เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติ ตั้งอยู่ที่ตำบลเวียง อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา มีเนื้อที่ 20.5296 ตารางกิโลเมตร (12,831 ไร่) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลโดยเฉลี่ย 386.40 เมตร เป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ที่ลุ่มด้านตะวันตกของจังหวัดพะเยาที่มีลักษณะเป็นที่ราบก้นกระทะ เนื่องจากการทรุดตัวตามแนวเลื่อนในบริเวณแนวแม่น้ำอิง ซึ่งในบริเวณนี้นอกจากมีกว๊านพะเยาแล้ว ยังมีหนองน้ำต่าง ๆ ประมาณ 10 แห่ง ที่มีร่องน้ำเชื่อมต่อระหว่างหนองน้ำ และมีร่องน้ำเชื่อมต่อระหว่างกว๊านพะเยากับแม่น้ำอิง โดยในฤดูฝนกว๊านพะเยาจะมีปริมาณน้ำมากแต่ในฤดูแล้งจะมีน้ำเฉพาะในบริเวณแม่น้ำอิงและบริเวณหนองต่าง ๆ กว๊านพะเยานั้นนับเป็นแหล่งน้ำจืดที่มีคุณค่าและมีขนาดใหญ่ที่สุดในภาคเหนือตอนบน มีการใช้นำทรัพยากรน้ำจากแหล่งน้ำมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น การทำนาข้าว, การใช้อุปโภคบริโภค, การเกษตร, การประมง และผลิตภัณฑ์พื้นบ้านต่าง ๆ รวมถึงเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์และโบราณคดี ตลอดจนเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจที่สำคัญของจังหวัดพะเยา ส่งผลให้เป็นแหล่งน้ำที่สำคัญต่อวิถีชีวิตของคนในชุมชนจังหวัดพะเยา

5. หนองเล็งทราย

เป็นแหล่งน้ำจืดที่สำคัญรองลงมาจากกว๊านพะเยา ตั้งอยู่ในเขตอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา มีเนื้อที่ 9.6 ตารางกิโลเมตร (6,000 ไร่) เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีสภาพตื้นเขิน และในฤดูฝนจะมีน้ำขังลึกประมาณ 30 เซนติเมตร แต่จะแห้งขอดในฤดูแล้ง ซึ่งจากการสำรวจพบว่า

มีลำห้วยเล็ก ๆ หลายสายไหลเข้าสู่หนองน้ำ เช่น ห้วยหลวงใน ห้วยแม่กระทบ ห้วยเกี๋ยง และห้วยสะแล่ง โดยในบริเวณตอนใต้ของหนองเล็งทรายจะมีฝายน้ำล้น ทำให้น้ำที่ล้นไหลลงแม่น้ำอิงและไหลลงสู่กว๊านพะเยา ซึ่งบริเวณหนองเล็งทรายนั้นจะมีพื้นที่ส่วนใหญ่โดยรอบเป็นนาข้าว และในปัจจุบันได้มีการขุดคูน้ำลึก 3.5 เมตร กว้าง 5–6 เมตร เพื่อนำดินจากการขุดลอกมาสร้างคันดินและถมหนองน้ำบางส่วน รวมถึงมีการใช้พัฒนาเป็นสวนป่าและมีการวางท่อคอนกรีตบริเวณรอบหนองเพื่อทำเป็นทางน้ำผ่าน นอกจากนี้ยังมีการขุดเพิ่มเติมเพื่อทำเป็นแหล่งน้ำสาหรับผลิตน้ำประปาให้แก่ชุมชนในบริเวณทางทิศใต้ ตำบลแม่ใจ และมีการขุดลอกสร้างสระเพื่อแก้ไขปัญหาตื้นเขินตามส่วนต่าง ๆ ของหนองเล็งทราย เนื่องจากแหล่งน้ำดังกล่าวมีลักษณะเป็นน้ำนิ่งและมีสภาพตื้นเขินเป็นส่วนมาก จึงส่งผลให้พื้นที่ส่วนใหญ่เกิดน้ำท่วมในฤดูฝนและบางส่วนยังเกิดน้ำท่วมตลอดปีอีกด้วย (สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดพะเยา, 2563)

คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำ หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมเฉพาะของมนุษย์ คุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงไปมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ, ภูมิอากาศ, ลักษณะของธรณีวิทยา, พืชพรรณธรรมชาติ รวมถึงกิจกรรมของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในพื้นที่ (เกษม จันทร์แก้ว, 2526) แหล่งน้ำธรรมชาติสามารถระบุคุณภาพของน้ำตามเกณฑ์มาตรฐานโดยอาศัยพื้นฐานของหลักวิชาการและหลักการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ในการประเมิน เพื่อชี้นำให้เกิดการรักษาคุณภาพน้ำและส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม รวมถึงเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนต่อไป

1. คุณภาพน้ำทางกายภาพ (physical characteristics)

คุณภาพน้ำทางกายภาพ (physical characteristics) คือ การที่น้ำเปลี่ยนแปลงจากสิ่งเจือปนที่ทำให้ลักษณะทางกายภาพเกิดความแตกต่างกัน ซึ่งสามารถสัมผัสได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 โดยข้อมูลสำคัญที่สามารถบ่งชี้คุณภาพน้ำทางกายภาพได้แก่ สี, กลิ่น, รส, ความขุ่น, อุณหภูมิ ของแข็งแขวนลอย, การนำไฟฟ้า และลักษณะทางกายภาพอื่น ๆ อาทิ ความหนาแน่นหรือความหนืด เป็นต้น (กรมอนามัย, 2563)

อุณหภูมิ (temperature) ของน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามพลังงานความร้อนอุณหภูมิ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำจะส่งผลต่อกระบวนการต่าง ๆ ในระบบนิเวศแหล่งน้ำ เป็นตัวควบคุมการแพร่พันธุ์ และการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ (ไพทูรย์ หมายมั่นสมสุข, 2553) รวมถึงส่งผลต่อ

การแพร่กระจายสปีชีส์ของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นแหล่งน้ำจึงควรมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยปกติจะมีค่าตามมาตราฐานคุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองสัตว์น้ำจืดอยู่ในช่วงประมาณ 23 – 32 องศาเซลเซียส (กรมประมง, 2550)

ความขุ่นของน้ำ (turbidity of water) คือ น้ำที่มีสารแขวนลอย เช่น ดินละเอียดสาหร่าย และสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ซึ่งจะไปขัดขวามทางเดินของแสงที่ส่องผ่านน้ำ ทำให้เกิดการดูดซึมหรือหักเหของแสง จึงทำให้น้ำนั้นขุ่น (กฤษณ์ ทาทอง, 2559) ดังนั้น การกำหนดมาตราฐานค่าความขุ่นของน้ำสำหรับใช้เป็นน้ำดื่มจึงไม่ควรเกิน 5 ยูนิต (กรมอนามัย, 2563) และสำหรับค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ คืออยู่ในช่วง 30 – 60 ยูนิต ซึ่งหากมีค่าต่ำกว่าช่วงดังกล่าว แสดงว่า น้ำมีความขุ่นหรือมีปริมาณแพลงก์ตอนมากเกินไป และอาจทำให้เกิดการขาดออกซิเจนได้ แต่ถ้าหากมีค่ามากกว่า 60 ยูนิต ขึ้นไป แสดงว่า แหล่งน้ำนั้นไม่ค่อยสมบูรณ์ (กรมประมง, 2550)

การนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity of water) คือ ความสามารถของน้ำที่ให้กระแสไฟฟ้าผ่าน ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าจะเกี่ยวข้องกับเกลือและวัสดุอนินทรีย์ที่ละลายน้ำ เช่น แอนไอออนของคลอไรด์ไนเตรท ซัลเฟต และฟอสเฟต (แอนไอออนคือไอออนที่มีประจุลบ) หรือ แคทไอออนของโซเดียมแมกนีเซียม เหล็ก และอะลูมิเนียม (แคทไอออนคือไอออนที่มีประจุบวก) (ส่วนวิชาการคุณภาพน้ำกองแผนคุณภาพน้ำ, 2557) สำหรับสารประกอบอินทรีย์ เช่น น้ำมัน ฟีนอล แอลกอฮอล์ และน้ำตาล จะนำไฟฟ้าได้ไม่ดีนัก ส่งผลให้มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า และพบว่า ค่าการนำไฟฟ้ายังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งค่าความนำไฟฟ้าที่เหมาะสมในแหล่งน้ำจืด คือ 150 – 300 ไมโครซีเมนต์/ตารางเซนติเมตร เป็นค่าการนำไฟค่าที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสมดุลความหลากหลายทางชีวภาพและพืชน้ำ (สถานีเฝ้าระวังคุณภาพน้ำแบบออนไลน์, 2561) สามารถนำค่าการนำไฟฟ้าเป็นตัวชี้วัดปริมาณของสารละลายอนินทรีย์ที่อยู่ในน้ำได้ (ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข, 2553)

ของแข็งทั้งหมดในน้ำ (total solids) ประกอบไปด้วย ของแข็งแขวนลอย ของแข็งจมน้ำ และของแข็งละลายน้ำ ซึ่งจะทำให้น้ำมีสีขุ่น และสกปรก มีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดย กำหนดค่ามาตรฐานของแข็งทั้งหมดสำหรับน้ำดื่มไว้ว่า ห้ามเกิน 500 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2562)

2. คุณภาพน้ำทางเคมี (chemical characteristics)

คุณภาพน้ำทางเคมี (chemical characteristics) เกิดจากการมีแร่ธาตุต่าง ๆ และสารเคมีละลายปนเปื้อนอยู่ในน้ำ ทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงไป และสารบางตัวยังนับว่า เป็นพิษต่อมนุษย์อีกด้วย โดยคุณสมบัติของคุณภาพน้ำทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่

ความกระด้าง, ความเป็นกรด-ด่าง, ความเค็ม, ออกซิเจนละลายในน้ำ, คาร์บอนไดออกไซด์, ไนเตรท, แอมโมเนียม, ซัลเฟต ฟอสเฟต, คลอไดร์, โลหะหนัก และสารพิษอื่น ๆ (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH of water) คือ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกซิลไอออน ซึ่งโดยทั่วไปแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.5 – 9 เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (อุธร ฤทธิลึก, 2553) และค่าพีเอชช่วง 6.5 – 8.5 เป็นช่วงที่เหมาะสำหรับมาตราฐานน้ำดื่ม (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2562)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) คือ ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ เป็นค่าที่บ่งบอกคุณภาพของแหล่งน้ำได้ เนื่องจากออกซิเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ สามารถเป็นตัวควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย โดยมีค่ามาตรฐานในแหล่งน้ำผิวดินอยู่ในช่วง 2-6 มิลลิกรัม/ลิตร

ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (biochemical oxygen demand) คือ การบ่งบอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ หากค่าบีโอดีสูงจะหมายความว่า แหล่งน้ำมีความสกปรกสูงด้วยเช่นกัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) โดยค่าที่เหมาะสมสำหรับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ในช่วง 9.0-11.0 มิลลิกรัม/ลิตร (สำนักงานประมงจังหวัดสระบุรี, 2564)

ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4^+-N) คือ ปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียม และสามารใช้ในการบ่งบอกสภาพความสกปรกของแหล่งน้ำที่เกิดจากของเสียหรือน้ำทิ้งที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจน เช่น โปรตีนในสิ่งมีชีวิตที่เน่าเปื่อย, อุจจาระ และปุ๋ยคอก โดยหากมีค่าสูงจะหมายความว่า มีการปนเปื้อนมลพิษสูง และอาจเป็นพิษต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยค่ามาตรฐานของคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติควรมีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (NO^-_3-N) คือ ปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนเตรท เมื่อมีปริมาณไนเตรทในแหล่งน้ำมากเกินไปจะส่งผลให้พืชน้ำมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะพืชน้ำ, สาหร่าย และแพลงก์ตอนพืช ซึ่งจะทำให้คุณภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติต่ำลง ดังนั้นจึงมีการกำหนดระดับไนเตรทในแหล่งน้ำให้มีค่าต่ำกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร และห้ามสูงเกิน 5 มิลลิกรัม/ลิตร (บัณฑิตา สวัสดี และคณะ, 2558)

ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (PO_4^{3-}) คือ ปริมาณฟอสฟอรัส ซึ่งจัดเป็นปัจจัยจำกัด (limiting factor) เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำสามารถนำออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสมาใช้เป็นแหล่งอาหารได้ ดังนั้นในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดีจึงควรมี

ออร์โธฟอสเฟตปริมาณเพียงเล็กน้อย เพราะหากมีปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้กำลังผลิตของน้ำสูงเกินไปและทำให้น้ำเกิดการเน่าเสียได้ (อุธร ฤทธิสึก, 2553) ซึ่งค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินกำหนดไว้ไม่ให้เกิน 0.4 มิลลิกรัม/ลิตร (กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์, กรทิพย์ กันนิการ์ และลลิตา ข่วงบุญ, 2560)

3. คุณภาพน้ำทางชีวภาพ (biological characteristics)

หมายถึง จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น แบคทีเรีย, ไวรัส, โปรโตซัว, พยาธิ และสาหร่าย ซึ่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารเคมีในแหล่งน้ำและส่งผลต่อลักษณะของน้ำ โดยหากมีจำนวนจุลินทรีย์มากเกินไปจะก่อให้เกิดมลพิษ และนอกจากนั้นยังอาจมีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคระบาดปนอยู่ด้วย (ศูนย์อนามัยกลุ่มชาติพันธุ์ชายขอบ และแรงงานข้ามชาติ, 2562) ทำให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยหากบริโภคน้ำดังกล่าว เช่น โรคไทฟอยด์ โรคพาราไทฟอยด์ โรคอุจจาระร่วง อหิวาตกโรค เป็นต้น (นฤมล ตปนียะกุล, 2535)

ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (total coliform bacteria) คือ กลุ่มแบคทีเรียที่ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในลำไส้มนุษย์หรือสัตว์ แต่อาจพบจากแหล่งอื่น เช่น พืช, ดิน และเมล็ดธัญพืช ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้จะบ่งบอกถึงความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนหรือแพร่กระจายของเชื้อโรคในระบบทางเดินอาหารในแหล่งน้ำ อาทิ โรคอหิวาต์, บิด, ไทฟอยด์หรืออุจจาระร่วง ดังนั้นตามมาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดินเลยกำหนดให้แหล่งน้ำสำหรับการผลิตประปา, การว่ายน้ำ และการเล่นกีฬาทางน้ำ ไม่ควรมีค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเกินกว่า 5000 หน่วย (เอ็มพีเอ็น/ 100 มิลลิลิตร) และแหล่งน้ำที่สำหรับกิจกรรมการเกษตรกรรมไม่ควรมีค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเกินกว่า 20000 หน่วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (fecal coliform bacteria) เป็นกลุ่มย่อยของโคลิฟอร์มแบคทีเรียอาศัยอยู่ในลำไส้ของมนุษย์และสัตว์ ได้แก่ *Eschericia* ซึ่งหากตรวจพบฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในแหล่งน้ำ จะแสดงถึงความเสี่ยงที่จะมีเชื้อก่อโรคในแหล่งน้ำนั้น และบ่งบอกว่า แหล่งน้ำมีโอกาสปนเปื้อนหรือมีการแพร่กระจายของเชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหารสูง เนื่องจากการตรวจสอบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำยังกว้างเกินไป เพราะอาจมีบางสกุลที่ไม่ได้อยู่ในอุจจาระ เช่น Enterobacter aerogenes จึงต้องตรวจสอบฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่อยู่ในอุจจาระเท่านั้นและแสดงถึงการปนเปื้อนอุจจาระ ดั้งนั้นจึงกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินสำหรับใช้ในการผลิตน้ำประปาและสามารถว่ายน้ำหรือเล่นกีฬาว่า ไม่ควรมีค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม เกินกว่า 1000 หน่วย (เอ็มพีเอ็น/ 100 มิ

ลลิตร) และแหล่งน้ำที่สำหรับการเกษตรกรรมไม่ควรมีค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม เกินกว่า 4000 หน่วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

การประเมินคุณภาพน้ำ

ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water Quality Index, WQI) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตรที่นำคาพารามิเตอรที่ได้จากการตรวจวัดหรือวิเคราะหหลาย ๆ พารามิเตอร โดยเลือกใช้พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธกับลักษณะของแหลงน้ำ ซึ่งจะคำนวณคุณภาพน้ำโดยให้คะแนน คือ 0 ถึง 100คะแนน สามารถระบุคุณภาพของแหล่งน้ำเปน 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช เสื่อมโทรม และเสื่อมโทรมมาก โดยเปรียบเทียบกับเกณฑคุณภาพน้ำตามมาตรฐานแหลงน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดลอมแหงชาติ เปนแนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำไดอยางรวดเร็ว มีประสิทธิภาพสูงสุด จากมาตรา 32 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 บัญญัติให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติประกาศกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน โดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (water quality index, WQI) พารามิเตอร์คุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ จำนวน 2 กลุ่ม 5 พารามิเตอร์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

กลุ่มที่ 1 พารามิเตอร์ที่ต้องตรวจสอบในภาคสนามหรือตรวจสอบทันทีพร้อมกับการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายมากจึงจำเป็นต้องตรวจวัดทันที ไม่สามารถเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

กลุ่มที่ 2 พารามิเตอร์ที่ไม่สามารถตรวจวัดในภาคสนามได้ จะต้องเก็บรักษาตัวอย่างไว้ก่อนและนำมาตรวจสอบหรือวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD), ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB), ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) และปริมาณแอมโมเนียม–ไนโตรเจน (NH_4^+–N)

ตาราง 1 ดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (water quality index, WQI)

เกณฑ์	ช่วงคะแนน WQI	ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน					แหล่งน้ำประเภท
		DO	BOD	TCB	FCB	NH_4^+-N	
ดีมาก	91 – 100						2
ดี	71 – 90	≥ 6	≤ 1.5	≤ 5,000	≤ 1,000		2
พอใช้	61 – 70	≥ 4	≤ 2.0	≤ 20,000	≤ 4,000	0.5	3
เสื่อมโทรม	31 – 60	≥ 2	≤ 4.0				4
เสื่อมโทรมมาก	0 – 30						5

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2565)

สาหร่าย

สาหร่าย (algae) คือ แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) เป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่สามารถพบอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ ซึ่งสามารถอาศัยอยู่ได้ในน้ำจืด น้ำทะเล และอากาศ หรือแม้กระทั่งอยู่แบบพึ่งพาอาศัยกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น มีส่วนประกอบที่สำคัญด้วยโครงสร้าง 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ผนังเซลล์ (cell wall) ซึ่งโดยทั่วไปจะมี 2 ชั้น ชั้นนอกเป็นสารพวกเพกติน และชั้นในเป็นสารพวกเซลลูโลส โครงสร้างต่อมาคือนิวเคลียส (nucleous) สาหร่ายบางชนิดเป็นโปรแคริโอต (procaryote) จึงไม่มีนิวเคลียสที่แท้จริง เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae) ส่วนสาหร่ายที่เป็นยูแคริโอต (eukaryote) จะมีนิวเคลียสที่แท้จริง และโครงสร้างสุดท้าย คือ ไซโตพลาสซึม (cytoplasm) เป็นส่วนที่ประกอบไปด้วยออร์แกเนลล์ต่าง ๆ, น้ำ และสารประกอบเคมีที่จำเป็น ซึ่งสาหร่ายจะมีรูปร่างลักษณะหลายแบบต่างแตกกันไปทั้งแบบเซลล์, แบบกลุ่มเซลล์, แบบเส้นสาย และแบบหลอดหรือท่อ สามารถสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบไม่อาศัยเพศและอาศัยเพศ (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558) โดยสาหร่ายมีความสำคัญในหลายด้าน เช่น ด้านอาหารสำหรับคนและสัตว์, ด้านการเกษตรในการตรึงไนโตรเจนให้แก่พืช, ด้านยารักษาโรค ด้านการศึกษาและทดลองทางวิทยาศาสตร์, ด้านการกำจัดน้ำเสีย และด้านอุตสาหกรรมโดยการใช้ผลิตวุ้น, คาร์ราจีนิน, อัลจิเนต (สารเพิ่มความเหนียว) โดยในความสำคัญด้านสิ่งแวดล้อมนั้น จัดเป็นองค์ประกอบในระบบนิเวศแหล่งน้ำและเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตหลักอย่างหนึ่งที่ช่วยในการสร้างก๊าซออกซิเจน เนื่องจากมีสารในเซลล์ทำให้สามารถ

ดูดซับพลังงานแสงและใช้พลังงานแสงร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างสารอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ด้วยเหตุนี้สิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้จึงสามารถสร้างอาหารเองและจัดเป็นผู้ผลิตปฐมภูมิของห่วงโซ่อาหาร สามารถพบได้ทั้งในระบบนิเวศน้ำจืด ระบบนิเวศน้ำเค็ม และระบบนิเวศน้ำกร่อย โดยจะพบกลุ่มไดอะตอมและกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลท เป็นกลุ่มหลักในทะเลและทะเลสาบ และจะพบสาหร่ายสีเขียวโดยเฉพาะพวกเดสมิดส์เป็นกลุ่มหลักในแหล่งน้ำจืด (เบญจพล อินทีศรี, 2549)

1. แหล่งที่อยู่อาศัย (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558)

สาหร่ายเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่สามารถพบได้ตามธรรมชาติทั่วไป เช่น

1.1 ในน้ำ เป็นแหล่งที่สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยอาจอยู่ในรูปแบบของแพลงก์ตอนพืชล่องลอยอยู่ในกระแสน้ำหรือยึดเกาะกับสิ่งต่าง ๆ ในน้ำ เช่น หิน, โคลน, ทราย และพืชน้ำ ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในน้ำจืด (freshwater algae) และในน้ำเค็ม (seaweed)

1.2 แหล่งอื่น ๆ ยกตัวอย่างเช่น สาหร่ายเซลล์เดี่ยวหรือกลุ่มเซลล์ที่แห้งและอาศัยอยู่ในอากาศ โดยจะถูกพัดปลิวมาตามลม, ในดิน เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสาหร่ายสีแดง, ในสภาพอากาศรุนแรง เช่น บนหิมะ, ในสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น ไลเคน

2. ความสำคัญต่อระบบนิเวศ

สาหร่ายมีความสำคัญต่อระบบนิเวศในฐานะเป็นผู้ผลิตของห่วงโซ่อาหาร โดยการเจริญเติบโตของสาหร่ายจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น แสง ปริมาณสารประกอบคาร์บอน และสารอาหารต่าง ๆ เป็นต้น และเนื่องจากปัจจัยที่แตกต่างกันในแหล่งน้ำธรรมชาติต่าง ๆ มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย จึงสามารถใช้สาหร่ายเป็นตัวดัชนีบ่งบอกคุณภาพของน้ำได้ ซึ่งจัดเป็นการวัดคุณภาพน้ำทางชีวภาพ และสามารถยกตัวอย่างสาหร่ายที่นำมาใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำที่แตกต่างกันได้ ดังนี้ (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558)

น้ำคุณภาพดี ได้แก่ *Euastrum* sp., *Pinnularia* sp. และ *Closterium* sp.

น้ำคุณภาพปานกลาง ได้แก่ *Tetraedron* sp., *Zygnema* sp. และ *Ceratium* sp.

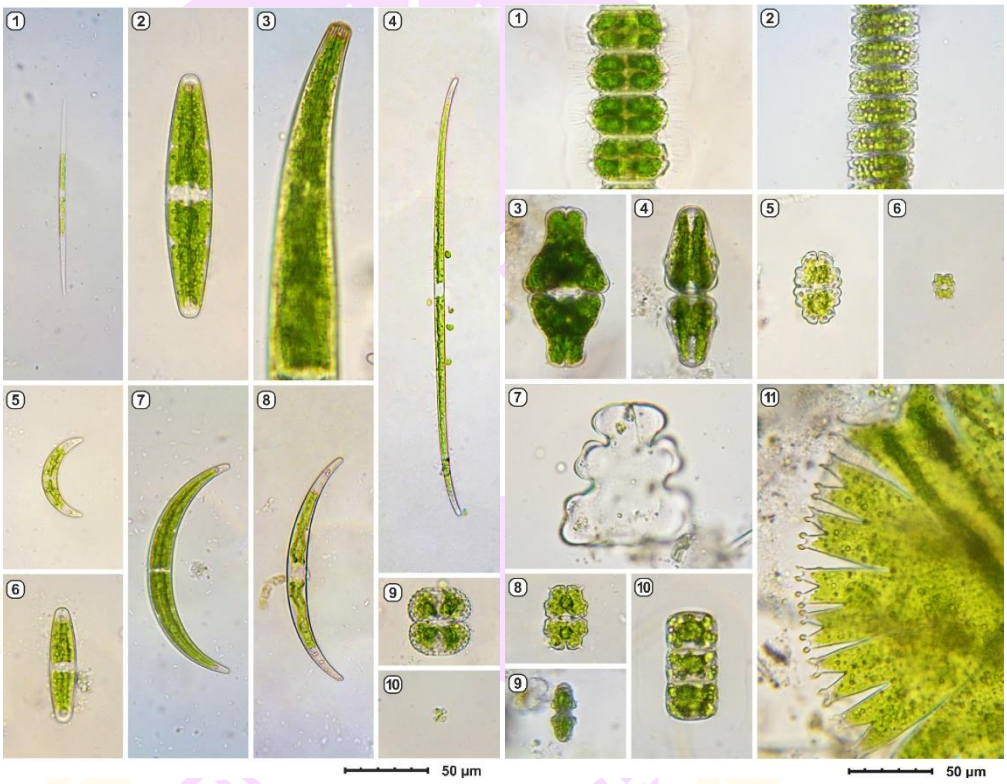
น้ำคุณภาพเสีย ได้แก่ *Phacus* sp., *Oscillatoria* sp. และ *Euglena* sp.

3. การจัดจำแนกสาหร่าย

สาหร่ายสามารถแบ่งออกได้เป็น 9 division (มัณฑกา วีระพงศ์, 2558) ได้แก่ Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียว), Chlorophyta (สาหร่ายไฟ), Euglenophyta (สาหร่ายยูกลีนอยด์), Phaeophyta (สาหร่ายสีน้ำตาล), Chrysophyta (สาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง, สาหร่ายสีเขียวแกมเหลือ และไดอะตอม), Pyrrhophyta (สาหร่ายไดโนแฟกเจลเลต), Cryptophyta (สาหร่าย–

คริปโตโมแนส) และ Rhodophyta (สาหร่ายสีแดง)

โดยการจัดหมวดหมู่ของสาหร่าย จะใช้ชนิดของรงควัตถุในการจำแนก ได้แก่ คลอโรฟิลล์, แคนโรทีนอยด์ และไฟโคบิลิน ซึ่งเป็นส่วนที่ส่งผลต่อการสร้างอาหารของสาหร่ายแต่ละชนิด (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2549) เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์ของความหลากหลายสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ต่อคุณภาพน้ำ จึงได้มีการศึกษาลักษณะของสาหร่ายชนิดดังกล่าวเพิ่มเติม



ภาพ 1 ตัวอย่างสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ (desmidiales or desmids)

ที่มา: Shakhmatov and Pavlovskiy (2019)

สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์

จัดอยู่ในหมวด Chlorophyta ชั้น Zygnematophyceae อันดับ Desmidiales ซึ่งจัดเป็นแพลงก์ตอนพืชสาหร่ายสีเขียว มีลักษณะเด่นคือเซลล์แบ่งเป็น 2 เซมิเซลล์ ที่สมมาตรกัน มีทั้งเซลล์เดี่ยวและเซลล์ต่อยาวเป็นเส้นสาย โดยทั่วไปมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศแต่ในบางกรณีอาจสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยผ่านกระบวนการ isogamy ซึ่งสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์มี

ทั้งหมด 4 วงศ์ ได้แก่ Closteriaceae, Desmidiaceae, Gonatozygaceae และ Peniaceae ซึ่งประกอบไปด้วย 40 สกุล 5,000 ชนิด (ภาพ 1) พบได้ทั่วไปในพื้นที่ชุ่มน้ำหรือหนองน้ำจืด และมีลักษณะรูปร่างของเซลล์ที่โดดเด่นเฉพาะตัว คือ เซลล์จะแบ่งตัวอย่างสมมาตรเป็นสองส่วน (semi–cell) และมีรอยคอดระหว่างเซลล์ ไม่มีแฟลกเจลลา แต่ละเซลล์จะประกอบไปด้วยคลอโรพลาสต์ขนาดใหญ่และสามารถพบโครงสร้างของไพรีนอยด์ได้ นิวเคลียสพบได้ในบริเวณเชื่อมต่อของเซมิเซลล์ (คอคอด) ถึงแม้ว่า สาหร่ายในกลุ่มเดสมิดส์ส่วนใหญ่จะเป็นสาหร่ายเซลล์เดียวแต่ในบางวงศ์ เช่น Desmidiaceae จะมีลักษณะเป็นเส้นใย มีเซลล์เชื่อมต่อกันอย่างหนาแน่น ผนังเซลล์เรียบมีรูพรุนหลายด้านหรือกระจัดกระจายและทุกเซมิเซลล์มีหนึ่งคลอโรพลาสต์ตามปกติ โดยทั่วไปสามารถพบได้ในแหล่งน้ำจืด เช่น อ่างเก็บน้ำ แม่น้ำ และทะเลสาบ ซึ่งอาจพบในลักษณะแพลงก์ตอนพืชล่องลอยอยู่ในกระแสน้ำหรือยึดเกาะกับพืชที่จมอยู่ใต้น้ำ (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2549)

เนื่องจากสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์สามารถเจริญเติบโตได้ในคุณภาพน้ำที่จำกัด จึงเหมาะสมต่อการใช้สำหรับการศึกษาดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของแหล่งน้ำ (Coesel, 2001) จากศึกษาพบว่า แพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดจะมีช่วงความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ในการศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำธรรมชาติโดยใช้แพลงก์ตอนพืชในการตรวจสอบมลภาวะของแหล่งน้ำจึงต้องคำนึกถึงความอุดมสมบรณ์ของสารอาหารด้วย โดยแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ oligotrophic status, mesotrophic status และ eutrophic status ซึ่งสภาวะของแหล่งน้ำที่สามารถพบสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ได้ คือแหล่งน้ำที่มีคุณสมบัติเป็นน้ำอ่อน มีความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารต่ำ มีปริมาณการปนเปื้อนของสารอาหารน้อย, น้ำมีลักษณะใสไม่มีกลิ่น, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูง และมีคุณภาพน้ำที่ดี ซึ่งเป็นแหล่งน้ำชนิด oligotrophic status โดยสามารถพบชนิดแพลงก์ตอนและจำนวนของแพลงก์ตอนพืชที่น้อย และส่วนใหญ่จะพบเป็นสาหร่ายสีเขียวกลุ่มเดสมิดส์ เช่น *Staurastrum* sp., *Staurodesmus* sp., *Closterium* sp. และ *Cosmarium* sp. (ศิริพล กำแพงทอง, 2557)

สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ในประเทศไทย ในอดีตมีรายงานการพบจำนวน 663 ชนิด จาก 27 สกุล (Hirano, 1992) โดยในภาคเหนือ พบจำนวน 91 ชนิด 17 สกุล (Ngearnpat, Coesel and Peerapornpisal, 2008) และในกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา จำนวน 11 สกุล (Ngearnpat et al., 2018) ซึ่งสายพันธุ์ของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาะแวดล้อมที่จำกัด และสามารถพบได้ทั่วโลกและสามารถพบสาหร่ายเดสมิดส์สูงในเขตร้อนได้ (Stamenković และ Hanelt, 2017) โดยพบผู้ศึกษามากมายในแต่ละแหล่งน้ำประเทศไทย ได้แก่

Hirano (1975) รายงานว่า จากการศึกษาแพลงก์ตอนพืช ในบึงบอระเพ็ดจากประเทศไทย สามารถพบสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์หลายชนิดพันธุ์ โดยแบ่งเป็นสกุลต่าง ๆ ดังนี้

1. *Netrium digitus*
2. *Gonatozygon aculeatum, G.monotaenium*
3. *Closterium acerosum, C.cornu, C. cornu* var.*javanicum, C.kutzingii, C. johnsonii, C. parvulum, C. parvulum* var. *angustum, C.pygmaeum, C. sinense, C.venus*
4. *Pleurotaenium ehrenbergii, P. ehrenbergii*var.*elongatum, P. trabecula, P. Verrucosum*
5. *Cosmarium alpestre, Cos. blyttii, Cos. contractum, Cos. depressum, Cos. Contractum* var. *minutum, Cos. Cuneatum, Cos. tijibenongense Cos. depressum* var. *achondrum, Cos. geminatum, Cos. globosum, Cos. impressulum, Cos. inconspicuum, Cos. lundellii, Cos. maculatiforme, Cos. moniliforme, Cos. portianum, Cos. pseudarctoum, Cos. quadrifarium, Cos. quadrum, Cos.quadrum* var. *minus, Cos. subtriordinatum, Cos. Trachypleurum,*
6. *Xanthidium burkillii, X. hastiferum*
7. *Micrasterias foliacea, M. radians, M.radians* var.*bogoriensis*
8. *Staurastrum acanthastrum, S. ambiguum, S. apiculatum, S. cuspidatum, S.dejectum, S. duacense, S. excavatum, S. gracile, S. leptodermum, S. gracile* var. *coronulatum, S.javanicum, S. leptocladum, S. limneticum, S. longebrachiatum, S.longebrachiatum* var.*pseudanchora, S.unicorne, S. megacanthum, S. mucronatmu, S. orbicular, S.pingue, S. tortum, S. polymorphum, S. polymorphum* var. *cinctum, S. protectum, S. saltans, S.sexangulare, S. sexangulare* var. *crissum, S. sexcostatum, S. trtracerum,*
9. *Hyalotheca dissiliens, H. indica, H. Mucosa*
10. *Sphaerozosma excavatum, Sph.Granulatus*
11. *Desmidium aptogonum*
12. *Spondylosium nitens, Spon. nitens* var. *triangulare, Spon. pulchrum*

Hirano (1992) รายงานว่า จากการศึกษาสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ในประเทศไทยและมาเลเซีย พบจำนวน 663 ชนิด 27 สกุล ซึ่งพบชนิดพันธุ์ใหม่จาก 6 สกุล ได้แก่

1. *Pleurotaenium annuloides* sp. nov., *Pl. ehrenbergii* f. *distinctum* f. nov., *Pl. trabecula* var. *thailandicum* var. nov.,
2. *Tetmemorus brebissonii* var. *ansatiformis* var. nov.
3. *Cosmarium amoeboides*, *C. ellipticum*, *C. thailandicum*
4. *Euastrum ansatum* var. *undulatum* .var. nov. *E. bilobum* var. *thailandicum* var. nov., *E. exile* var. *latum* var. nov., *E. intermedium* var. *rotundatum* var. nov.
5. *Micrasterias radians* var. *siamense* var. nov.,
6. *M. rotata* var. *curvata* var. nov.,
7. *Arthrodesmus thaitandictts* sp. Nov
8. *Xanthidium multispinum* sp. nov.
9. *Staurastrum archeri* var. *curvatum* var. nov., *St. praenii* var. *major* var. nov., *St. pachyrhynchiforme* sp. nov.

เนติ เงินแพทย์ (2552) รายงานว่า พบสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์จากแหล่งน้ำ 150 แห่งในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย ทั้งหมด 4 วงศ์ 29 สกุล 454 ชนิด โดยมีเดสมิดส์ชนิดที่พบบ่อยที่สุด ได้แก่

1. *Cosmarium obsoletum, C. binum, C. connatum, C. javanicum*
2. *Euastrum spinulosum*
3. *Pleurotaenium trabecula*
4. *Staurastrum tetracerum*
5. *Micrasterias pinnatifida*
6. *Closterium gracile,*
7. *Micrasterias foliacea*

อีกทั้งยังพบชนิดที่มีความหนาแน่นเซลล์มาก ได้แก่

8. *Actinotaenium subtile*
9. *Closterium gracile*
10. *Hyalotheca mucosa, H. dissiliens*
11. *Spondylosium planum*
12. *Desmidium swarztii, D. aptogonum,*

13. *Micrasterias foliacea*
14. *Actinotaenium cucurbita,*
15. *Onychonema leave*

จุฑามาส อยู่มาก และคณะ (2021) รายงานว่า พบสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบในประเทศไทย เช่น *Staurastrum* sp. , *Closterium* sp. และ *Closmarium* sp. จากที่อ่างเก็บน้ำสุวรรณาภา ในอำเภอปราสาท และอ่างเก็บน้ำกระออม ในอำเภอสำโรงทาบจากจังหวัดสุรินทร์

Ngearnpat and Peerapornpisal (2007) รายงานว่า จากการศึกษาแหล่งน้ำจืด 12 แห่ง จากภาคเหนือของประเทศไทย ในระหว่างปี พ.ศ. 2545 – พ.ศ. 2546 โดยตลอดการศึกษาพบสาหร่ายเดสมิดส์ทั้งหมด 91 ชนิด 17 สกุล ได้แก่

1. *Actinotaenium*
2. *Spirotaenia,*
3. *Netrium*
4. *Gonatozygon*
5. *Pleurotaenium*
6. *Closterium*
7. *Euastrum*
8. *Micrasterias*
9. *Cosmarium*
10. *Cosmocladium*
11. *Staurodesmus*
12. *Stuarastrum*
13. *Xanthidium*
14. *Teilingia*
15. *Spondylosium*
16. *Hymidalotheca*
17. *Desmidium*

ซึ่งอาศัยอยู่ในคุณภาพน้ำ oligotrophic ถึง meso–eutrophic โดยชนิดที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพจากระดับสารอาหารได้ ได้แก่

1. *Staurastrum gutwinskii*
2. *Spondylosium pandurifoemae*

3. *Cosmarium capitulum*, *C.mediosrobiculatum* var. *granutum*,

4. *Closterium gracile* var. *elongatum*, *C.kuetzingii*, *C. dianae* var. *dianae*.

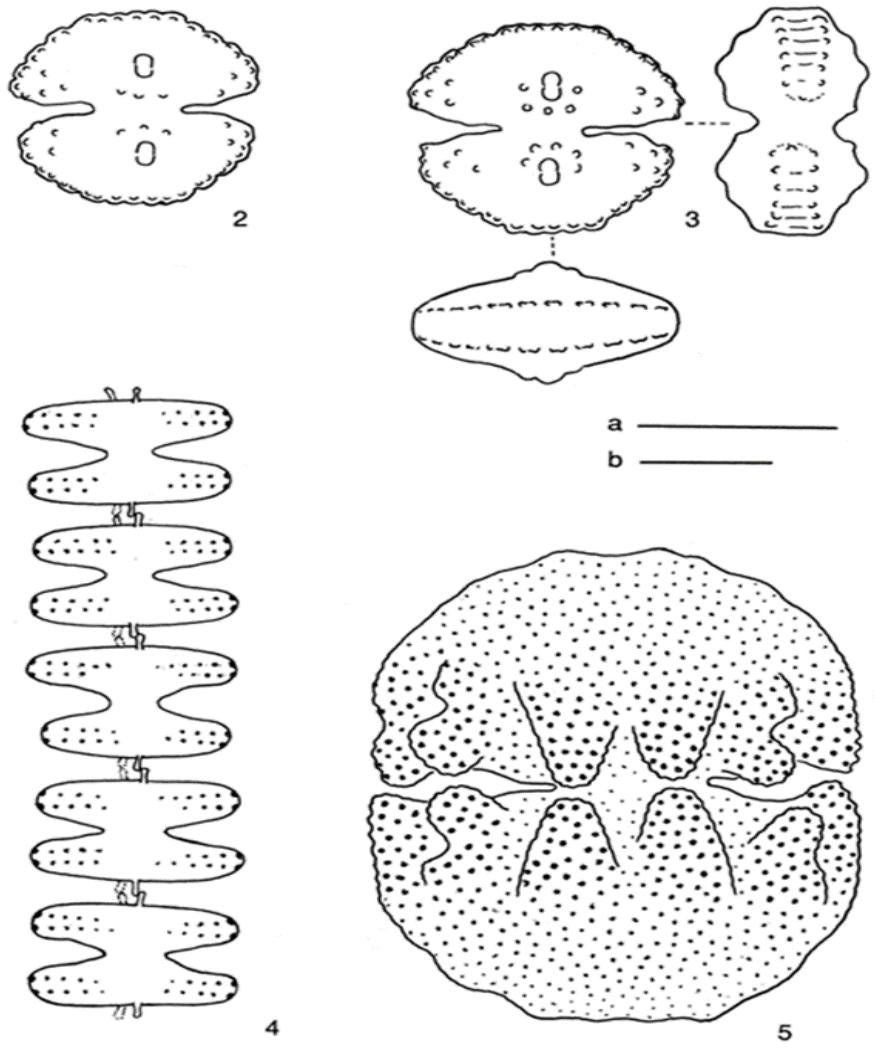
สามารถพบ *Staurastrum limneticum* var. *burmense*, *S.tetracerum* var. *tetraerum*, *Pleurotaenium trabecula*, *Closterium ehrenbergii* var. *ehrenbergii*, *C. kuetzingii* ได้มากที่สุด และมีสาหร่ายเดสมิดส์ชนิดที่หาพบยาก ได้แก่ *Actinotaenium sp.*, *Spirotaenia condensata*, *Micrasterias apiculate*, *Pleurotaenium burmense* var.*dacchense*

Ngearnpat, Coesel and Peerapornpisal (2008) รายงานว่า จากการศึกษาแหล่งน้ำบริเวณภาคใต้ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2549 พบสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ 99 ชนิด จาก22 สกุล และมีชนิดที่ยังไม่เคยพบมาก่อนในประเทศไทย 30 ชนิด และถึงแม้ว่าจะมีพบจำนวนของแต่ละชนิดน้อย แต่ยังสามารถค้นพบชนิดพันธ์หายาก ที่พบได้ในสภาพการกระจายตัวทางชีวภูมิศาสตร์ ในพื้นที่ Indo–malysian และพื้นที่ North Australian ได้ในบางจุด ได้แก่ *Micrasterias subdenticulata* var. *ornate*, *M. suboblonga* var. *tecta* และ *M. tetraptera* var. *siamensis*.

Coesel, Ngearnpat and Peerapornisal (2009) รายงานว่า สาหร่ายเดสมิสด์ 4 ชนิด จากแหล่งน้ำจืดของประเทศไทย ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2551 สามารถพบ *Sphaerozosma vertebratum* var. *indicum*, *Sph. aubertianum* *Cosmarium beatum*, *Staurastrum burkillii.* อีกทั้งยังพบสาหร่ายเดสมิดส์ชนิดพันธุ์ใหม่ คือ *Sphaerozosma vertebratum* var. *indicum* และ *Xanthidium lenticulare*

Coesel (2000) รายงานว่า พบสาหร่ายเดสมิสด์จากทะเลน้อย (ประเทศไทย) ชนิดใหม่ ได้แก่ *Euastrum siamense* sp. nov., *Cosmarium javanicum* var. *williamsonii* var. nov. และ *Cosmarium siamense* sp. nov.

ตัวอย่างโครงสร้างของเซลล์สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ ในแหล่งน้ำจืดของประเทศไทย แสดงดังภาพ 2 และมีสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่ได้รับการค้นพบครั้งแรกในประเทศไทย ซึ่งมีโครงสร้างเซลล์ที่โดดเด่น (lens–like cell structure) แสดงดังภาพ 3



ภาพ 2 โครงสร้างของเซลล์สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์จากอุทยานนกน้ำทะเลน้อย

หมายเหตุ: 2 – 3 = *Cosmarium beatum.*,

4 = *Sphaerozosma aubertianum* var. *indicum* comb. nov.

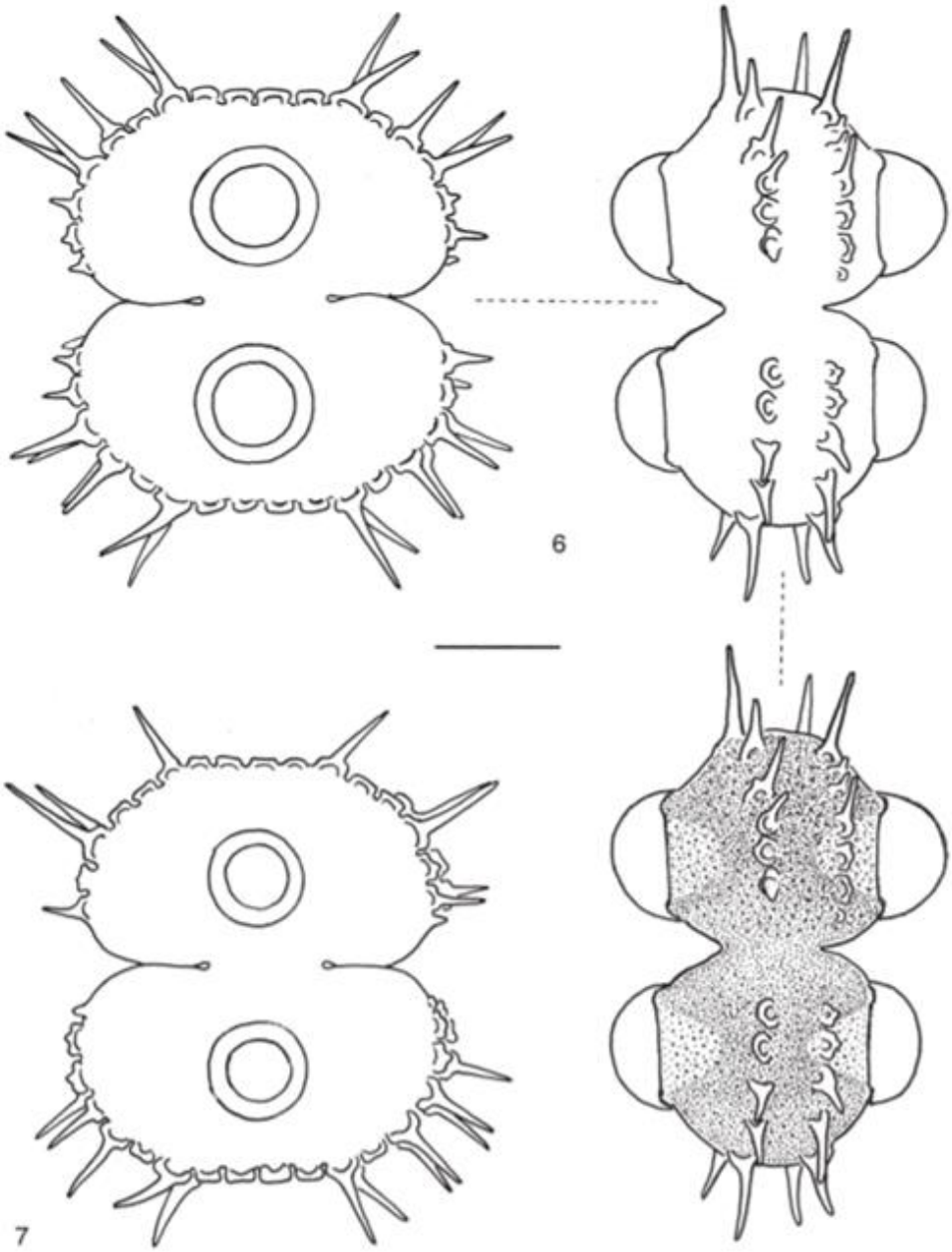
5 = *Staurastrum burkillii.*

กำหนดให้ scale bars = 25 ไมโครเมตร

scale a สำหรับ 2 – 4

scale b สำหรับ 5

ที่มา: Coesel. (2000)



ภาพ 3 *Xanthidium lenticulare* **sp. nov.**

หมายเหตุ: holotype ส่วน frontal และ lateral, กำหนด scale bars = 25 ไมโครเมตร

ที่มา: Coesel, Ngearnpat and Peerapornisal (2009)

การใช้สาหร่ายเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ

สาหร่ายมีรงควัตถุสีเขียวสำหรับสงเคราะห์แสง (คลอโรฟิลล์ เอ) ซึ่งในการศึกษาแพลงก์ตอนพืชจะใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน (plankton net) ในการเก็บรวบรวมจากแหล่งน้ำ และการใช้สาหร่ายเป็นดัชนีชีวภาพจากสาหร่ายสามารถให้ข้อมูลได้ 2 รูปแบบ คือ ข้อมูลระยะสั้น (short-term information) เป็นการบอกถึงสถานการณ์ของสิ่งแวดล้อมปัจจุบัน เช่น การเพิ่มหรือลดปริมาณของสาหร่ายจะเป็นการบอกถึงสภาวะความสมบูรณ์หรือขาดแคลนของสารอาหารในแหล่งน้ำ ส่วนอีกระยะ คือ ข้อมูลระยะยาว (long-term information) จะบอกถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นประจำ ซึ่งดัชนีความแตกต่างของกลุ่มสาหร่ายที่พบจะเป็นค่าที่ช่วยชี้สภาพของชุมชนได้ (มัณฑกา วีระพงศ์, 2558)

การใช้สาหร่ายเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของน้ำสามารถแบ่งแหล่งน้ำตามความมากน้อยของสารอาหารได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ น้ำคุณภาพดี (มีสารอาหารน้อย), น้ำคุณภาพปานกลาง (มีสารอาหารปานกลาง) และน้ำคุณภาพไม่ดี (มีสารอาหารมาก) (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2549) ซึ่งแหล่งน้ำจืดที่มีน้ำคุณภาพดีจะพบสาหร่ายไดอะตอมเป็นส่วนใหญ่ และอาจมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินปะปนอยู่ ซึ่งปริมาณของสาหร่ายแต่ละสกุลจะน้อยและมีดัชนีความแตกต่างสูง แต่ถ้าหากแหล่งน้ำมีสาหร่ายสีเขียวปะปนอยู่กับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยมีจำนวนสกุลน้อยและมีปริมาณในแต่ละสกุลมาก จะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายอย่างรวดเร็ว และเกิดเป็นสภาพมลภาวะ (มัณฑกา วีระพงศ์, 2558) ซึ่งการประเมินคุณภาพน้ำสามารถคำนวณและให้คะแนนคุณภาพน้ำด้วยการเปรียบเทียบกับตารางแสดงคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหาร (trophic level) โดยเริ่มจากระดับสารอาหารน้อย (oligotrophic status) ถึงระดับสารอาหารสูง (hypereutrophic) และต้องใช้ข้อมูลการศึกษาจำนวนแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในแหล่งน้ำควบคู่กับระดับสารอาหารในการวิเคราะห์ และสุดท้ายจึงได้ได้คะแนนที่ทำให้ทราบถึงคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหารและคุณภาพน้ำทั่วไป (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2549)

1. การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืช

AARL-PP Score (Applied Algal Research Laboratory-Phytoplankton Score) คือการให้คะแนนแพลงก์ตอนพืชชนิดต่าง ๆ ตามระดับสารอาหารในแหล่งน้ำ และนำมาคำนวณคะแนนเปรียบเทียบกับตาราง คะแนนคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหาร (ยุวดี พีรพรพิศาล และคณะ, 2550)

ตาราง 2 คะแนนคุณภาพน้ำมาตรฐานโดยอิงระดับสารอาหาร

คะแนน	คุณภาพน้ำตามระดับชั้นน้ำ (trophic level)	คุณภาพน้ำทั่วไป
1.0–2.0	oligotrophic status	คุณภาพดี (clean)
2.1–3.5	oligo–mesotrophic status	คุณภาพดีปานกลาง (clean–moderate)
3.6–5.5	mesotrophic status	ปานกลาง (moderate)
5.6–7.5	meso–eutrophic status	ปานกลางถึงไม่ดี (moderate–polluted)
7.6–9	eutrophic status	ไม่ดี (polluted)
9.1–10.0	hypereutrophic status	ไม่ดีมาก (very polluted)

ที่มา: ยุวดี พีรพรพิศาล และคณะ (2550)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การศึกษาคุณภาพน้ำของกว๊านพะเยาและหนองเล็งทราย

Pithakpol (2007) ได้ศึกษา ผลกระทบของการขุดลอกต่อคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนในกว๊านพะเยา โดยศึกษาน้ำตัวอย่างในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2547 – ตุลาคม พ.ศ. 2548 จากทั้งหมด 10 สถานี พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่า 0–600 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด 0–106 มิลลิกรัม/ลิตร, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 0–10 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าการนำไฟฟ้า 81–128 ไมโครซิเมนส์/เซนติเมตร บริเวณทางน้ำเข้าตอนบนของกว๊านพะเยามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดสูงเป็นพิเศษ และในช่วงเดือนกรกฎาคม–ตุลาคมพบว่า บริเวณน้ำผิวดินถูกปกคลุมไปด้วย macrophytes โดยเฉพาะผักตบชวา และพบพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งบริเวณที่พบค่าความขุ่นสูงจะพบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ต่ำ อย่างไรก็ตาม การขุดลอกมีผลกระทบเล็กน้อยต่อค่าความเป็นกรด–ด่าง, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และอุณหภูมิของน้ำ

วิมลรัตน์ บุตรดาซุย, เจนจิรา หมื่นเร็ว และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ (2556) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำผิวดินในกว๊านพะเยา (ลุ่มน้ำแม่โขง) โดยศึกษาคุณภาพน้ำทั้งหมด 4 จุด คือ บริเวณที่มีการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา 2 จุด และบริเวณที่มีการขุดลอกกว๊านพะเยา 2 จุด คุณภาพน้ำผิวดินมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ 4–7

มิลลิกรัมต่อลิตร, ค่าการนำไฟฟ้า 90–300 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร, ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ 5–7, ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ 15–60 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำ 3–19 มิลลิกรัม/ลิตร และบริเวณที่ทำการขุดลอกกว๊านพะเยามีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ทั้งนี้คุณภาพน้ำดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

ประสารยา เบญจวรรณ (2556) ได้ศึกษาคุณภาพต้นน้ำในลำน้ำสาขาต้นน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา โดยเลือกสำรวจ 2 ลำน้ำ ได้แก่ ลำน้ำแม่ใสและลำน้ำสันป่าถ่อน จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำสูงสุด คือ 3.3 มิลลิกรัม/วัน, แอมโมเนียมไนโตรเจนสูงที่สุด คือ 2.52 มิลลิกรัม/ลิตร และไนเตรทไนโตรเจนสูงที่สุด คือ 9.54 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินและส่งผลกระทบต่อความสมดุลทางระบบนิเวศพื้นที่ชุมน้ำกว๊านพะเยา

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์ และคณะ (2560) ได้ทำการศึกษาการใช้แมลงน้ำเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำไหลลำห้วยสาขาของหนองเล็งทราย โดยใช้ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของ Shannon – Wiener และ ASPT ในการประเมินคุณภาพน้ำ นอกจากนี้ยังมีการวัดค่าพารามิเตอร์ทางเคมีและกายภาพของแหล่งน้ำ รวมถึงการนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย ในระยะเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม–ธันวาคม พ.ศ. 2558 ผลลัพธ์พบว่า ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณออร์โธฟอสเฟสและอุณหภูมิน้ำ ซึ่งพบว่าคุณภาพน้ำอยู่ในระดับปานกลาง ในช่วงฤดูแล้งและพบแมลงบางส่วนที่ชอบอาศัยอยู่ในน้ำที่คุณภาพเสื่อมโทรม และมีปริมาณออกซิเจนต่ำโดยเฉพาะบริเวณตอนล่างของหนองเล็งทราย ได้แก่ ห้วยแม่ใจ แม่น้ำอิง ที่อยู่ติดกับชุมชน

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์ และลลิตา ข่วงบุญ (2560) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคุณภาพน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำหนองเล็งทราย จังหวัดพะเยา โดยเก็บตัวอย่างน้ำ 5 จุด ตั้งแต่เดือนมกราคม–กันยายน พ.ศ. 2559 ผลลัพธ์พบว่า ความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ในช่วง 0.00–10.72 ไมโครกรัม/ลิตร, อุณหภูมิน้ำ 20.74–31.62 องศาเซลเซียส, สารอาหารแอมโมเนียม 0.00–5.00 มิลลิกรัม/ลิตร, สารอาหารออร์โธฟอสเฟต 0.00–0.70 มิลลิกรัม/ลิตร, ความเป็นกรด–ด่าง 7.35–9.89, ความโปร่งแสง 5.0–67.5 เซนติเมตร และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 0.81–9.65 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่าคลอโรฟิลล์ เอ มีความสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิ, ความเป็นกรด–ด่าง และแอมโมเนียมในทิศทางเดียวกัน รวมถึงมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความเข้มข้นของปริมาณไนเตรทและค่าความโปร่งแสงของน้ำ

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์, กรทิพย์ กันนิการ์ และลลิตา ข่วงบุญ (2560) ได้ทำการการประเมินระดับของมลพิษทางน้ำจากผลกระทบของการใช้ประโยชน์ของชุมชนต่อระบบนิเวศทางน้ำของหนองเล็งทราย จังหวัดพะเยา โดยทำการสำรวจคุณภาพน้ำทุก 2 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2559 เก็บตัวอย่างในหนองเล็งทรายจำนวน 7 สถานี และในลำห้วย สาขา 7 สาขา พบว่า แหล่งที่อยู่อาศัยให้ระดับความเข้มข้นของมลพิษต่อหน่วยมากที่สุด (โดยมีระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส เท่ากับ 32.55 และ 16.86 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินกำหนดไว้ไม่ให้เกิน 0.5 และ 0.4 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ปริมาณมลพิษรวมถูกปลดปล่อยจากแหล่งที่อยู่อาศัยเข้าสู่แหล่งน้ำมากที่สุด ปริมาณมลพิษจากธาตุอาหารส่วนใหญ่มีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง โดยมีค่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ 0.22 และ 4.29 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงที่ความสามารถในการบำบัดตัวเองของพื้นที่ส่วนใหญ่ลดลง ลำห้วยสาขาที่ได้รับมลพิษชัดเจนมี 2 สาย ได้แก่ ห้วยบ้านเจริญราษฎร์ และห้วยแม่ใจ ควรได้รับการจัดการอย่างเร่งด่วนในฤดูแล้ง จึงควรได้รับการเฝ้าระวัง ในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นพิเศษ แบบจำลองเชิงบูรณาการโดยวิธี multivariate analysis แสดงการตอบสนองของคลอโรฟิลล์ เอ ต่อปัจจัยแวดล้อมทางน้ำต่างๆ พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคลอโรฟิลล์ เอ อย่างเด่นชัด คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำ อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสัตว์หน้าดินวงศ์ Chironomidae อย่างเด่นชัด คือ อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณแอมโมเนียม

Pinmongkhonkul et al. (2022) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำและความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในกว๊านพะเยา ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2563- เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 จากทั้ง 6 สถานี พบพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์, ค่าการนำไฟฟ้า, ความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสฟอรัส เมื่อประเมินด้วยวิธี ARL-PC Score จัดอยู่ในกลุ่มที่มีระดับสารอาหารปานกลางถึงสูง

จากที่กล่าวมา จะสังเกตุได้ว่าคุณภาพน้ำของหนองเล็งทรายเมื่อก่อนส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับปานกลาง โดยส่วนที่ติดกับชุมชนหรือส่วนที่มีการปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์ จะมีคุณภาพน้ำที่ต่ำกว่าส่วนอื่น เป็นผลมาจากการปนเปื้อนธาตุอาหารหรือสารเคมีต่าง ๆ และเนื่องจากปริมาณธาตุอาหาร แอมโมเนียมและออร์โธฟอสเฟต นั้นมีผลต่อคลอโรฟิลล์ เอ ที่พบในแพลงก์ตอนพืชหรือสาหร่าย และเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่สามารถใช้ในการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์และจำแนกประเภทของแหล่งน้ำได้ โดยภาพรวมอาจสรุปได้ว่าคุณภาพน้ำ

ในพื้นที่หนองเล็งทรายในแต่ละส่วนนั้นมีคุณภาพน้ำที่แตกต่างกัน เป็นผลกระทบจากสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน เช่น ส่วนที่เป็นพื้นที่เกษตรหรือเป็นพื้นที่ชุมชน ก็จะมีคุณภาพน้ำที่แตกต่างจากส่วนที่เป็นพื้นที่ธรรมชาติ รวมถึงฤดูกาลก็ส่งผลต่อคุณภาพน้ำด้วยเช่นกัน แต่การเข้าไปใช้พื้นที่หนองเล็งทรายของมนุษย์นั้นส่งผลต่อคุณภาพน้ำอย่างชัดเจน ซึ่งในปัจจุบันนั้นก็มีการปรับปรุงพื้นที่หนองเล็งทรายอยู่อย่างต่อเนื่อง จึงอาจทำให้แหล่งน้ำมีการปนเปื้อนธาตุอาหารหรืออื่น ๆ มากขึ้นในบางพื้นที่ และในอดีตแม้ว่า บริเวณกว๊านพะเยาจะเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญ แต่กลับมีการขุดลอกกว๊านพะเยา และพบสารปนเปื้อนมากมายทำให้ค่าคุณภาพน้ำเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาปัจจัยทางคุณภาพน้ำ จึงสามารถนำมาใช้คาดการณ์ความหลากหลายสิ่งมีชีวิตอื่นในแหล่งน้ำได้ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกัน

2. ความหลากหลายและการใช้สาหร่ายเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพแหล่งน้ำ

2.1 ในต่างประเทศ

Mishra, Garg and Dutt (2019) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของประชากรแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ Bidoli โดยวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางเคมีต่าง ๆ เช่น ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ, ค่าความเป็นกรด–ด่างของน้ำ, Ca^{++}, Mg^{++}, Cl^{-}, NO^{3-}, SO^{4-}, ไบคาร์บอเนต และของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) รวมถึงพารามิเตอร์ทางกายภาพ เช่น ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ พบว่า ปัจจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของมนุษย์ และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศอ่างเก็บน้ำโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชในด้านของการเจริญเติบโต ในการศึกษานี้ได้วิเคราะห์ตัวแปรที่แปรผันตามฤดูกาล 3 ฤดูกาล (ฤดูร้อน มรสุม และฤดูหนาว) และวิเคราะห์ผลกระทบของพารามิเตอร์ต่อความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช จากตัวอย่างน้ำพบ โดยพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดจำนวน 44 ชนิด ได้แก่ *Cyanophyceae*, *Chlorophyceae*, *Dinophyceae*, *Desmidiaceae*, *Bacillariophyceae* และ *Euglenophyceas* โดยทั้งหมด พบว่าเปลี่ยนแปลงชัดเจนในฤดูกาลต่าง ๆ และเมื่อนำคุณภาพน้ำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานน้ำของ BIS และ WHO พบว่า น้ำในอ่างเก็บน้ำ Bidoli ไม่สามารถบริโภคได้ แต่สามารถนำมาใช้เพื่อการเกษตรและการประมงได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องบำรุงรักษาอ่างเก็บน้ำที่เลี้ยงด้วยน้ำฝนอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการใช้งานอย่างยั่งยืน

Taş et al. (2019) ได้ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายหน้าดินและการประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธีทางชีวภาพของห้วย Turnasuyu ในประเทศตุรกี โดยศึกษาจากการเก็บตัวอย่างน้ำ 3 จุดเก็บ เป็นระยะเวลา 1 ปีระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2560 ถึงมกราคม 2561

พบสาหร่ายท้องถิ่นจำนวน 174 ชนิด โดยพบมากที่สุดคือ *Bacillariophyta* (88 ชนิด,51%) คือ *Achnanthidium minutissimum*, *Cymbella affinis*, *Didymosphenia geminate*, *Encyonema minu –tum*, *Fragilaria capucina*, *F. crotonensis* Kitton, *Hannaea arcus* และ *Ulnaria ulna* เป็นสายพันธุ์ที่พบได้บ่อยที่สุด นอกจากไดอะตอมแล้ว ยังมี Cyanobacteria ได้แก่ Pseudanabaena, Chlorophyta ได้แก่ Oedogonium, Ulothrix และ Charophyta ได้แก่ Spirogyra เมื่อประเมินคุณภาพน้ำทางเคมีกายภาพและชีวภาพ พบว่าบริเวณต้นน้ำจัดอยู่ในระดับ oligosaprobic และบริเวณปลายน้ำเป็น oligo–β–mesosaprobic อาจจะเป็นผลมาจากกิจกรรมของมนุษย์

Khalil et al. (2021) ได้ศึกษาสาหร่ายในแหล่งน้ำจืดเพื่อใช้เป็น bioindicator ในการประเมินคุณภาพน้ำ พบว่ามีจำนวน 201 ชนิด อยู่ใน 7 divisions. คะแนนรวมของดัชนีมลพิษของทะเลสาบ Banjosa, เขื่อน Ali Sojal, เขื่อน Dothan เขื่อน Drake และ Rawalakot Nullah (เมือง) `คือ 14, 9, 10, 18 และ 25 ตามลำดับ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ทะเลสาบบันโจซาอาจมีมลพิษอินทรีย์ เขื่อน Ali Sojal และเขื่อน Dothan แสดงให้เห็นว่าไม่มีมลพิษอินทรีย์ เขื่อน Drake ระบุมลพิษปานกลาง ในขณะที่ Rawalakot Nullah (เมือง) ระบุว่า มีมลพิษอินทรีย์สูง

Ouattara, Zongo and Zongo (2021) ได้ศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียและสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ของแหล่งน้ำดื่มที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ รวมถึงสร้างมลพิษในแอฟริกาตอนใต้ของทะเลทรายซาฮารา (บูร์กินาฟาโซ) เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ทำให้เกิดการแพร่กระจายของสาหร่ายโดยเฉพาะไซยาโนแบคทีเรียที่ผลิตสารพิษส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความหลากหลายและความหนาแน่นของไซยาโนแบคทีเรีย รวมถึงเดสมิดส์ และเพื่อระบุชนิดของไซยาโนแบคทีเรียที่ผลิตสารพิษและหาตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อสาหร่าย โดยทำการเก็บตัวอย่างสาหร่ายและตรวจค่าพารามิเตอร์ทางเคมีและทางกายภาพ สังเกตชนิดของแพลงก์ตอนโดยกล้องจุลทรรศน์รวมถึงวิเคราะห์ความหนาแน่นของชนิด ผลลัพธ์ได้ว่า มีสาหร่าย 205 ชนิด แบ่งเป็นไซยาโนแบคทีเรีย 37 ชนิด และสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์จำนวน 46 ชนิด ซึ่งได้ว่า *Microcystis aeruginosa*, *Staurodesmus convergens* และ *Cosmarium connatum var africanum* มีดัชนีความหลากหลายสูงที่สุดตามลำดับ (100%, 83.333% และ 77.77%) และในบรรดาไซยาโนแบคทีเรียพบชนิดที่ผลิตสารพิษ (30 ชนิด) และชนิดที่ผลิต microcystins (28 ชนิด) โดย *Microcystis aeruginosa* เป็นสายพันธุ์ที่มีมากที่สุด และพบว่า ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียที่ผลิตสารพิษมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ, ความเป็นกรด–ด่าง, ออกซิเจนละลายในน้ำ, ความโปร่งแสงของน้ำ

ปริมาณไนเตรท และปริมาณออโธฟอสเฟต แต่ความหลากหลายของเดสมิดส์มีความสัมพันธ์กับค่าออกซิเจนละลายน้ำ, ค่าความโปร่งแสงของน้ำและค่าการนำไฟฟ้าเพียงเท่านั้น นอกจากนี้อุณหภูมิ, ออกซิเจนละลายน้ำ, ความโปร่งแสงของน้ำ และออร์โธฟอสเฟต มีอิทธิพลต่อจำนวนของไซยาโนแบคทีเรียและเดสมิดส์ ซึ่งสรุปได้ว่า ไซยาโนแบคทีเรียผลิตสารที่เป็นพิษต่อมนุษย์ได้ และในแหล่งน้ำปัจจุบันได้มีการปนเปื้อนสารพิษเหล่านี้ จึงต้องมีการพิจารณาหาแนวทางการบำบัดสารพิษต่อไป

Quiñones and Mopan (2021) ศึกษาการใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำสำหรับบริโภคของ 2 เทศบาล จาก Quindío โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสกุลสาหร่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่ายที่สัมพันธ์กับตัวแปรทางเคมีกายภาพ พบจำนวนสาหร่าย 20 ชนิด โดยที่พบมากที่สุดคือ *Navicula* sp. และ *Oscillator* sp. นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มมากในน้ำตัวอย่าง จึงสามารถสรุปได้ว่าสาหร่ายมีความต้านทานมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต

Shetty and Gulimane (2022) ได้ศึกษาดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของแหล่งที่อยู่อาศัยของน้ำจืดโดยใช้สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ พบว่า คุณภาพของน้ำในบ่อน้ำจืด ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ซึ่งจะมีการใช้สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ในการประเมินคุณภาพน้ำโดยการเปรียบเทียบดัชนีความหลากหลายกับพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากแหล่งน้ำ และจัดระดับสารอาหารในน้ำตามดัชนีความหลากหลายของ Shannon – Wiener ได้เป็น oligotrophic, mesotrophic และ eutrophic จากผลลัพธ์พบว่า มีปริมาณสาหร่าย 46 ชนิด จากการเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 5 จุด โดยในจำนวนนี้มี 7 ชนิด ที่เป็นชนิดใหม่ในอินเดีย และสกุลที่มีจำนวนมากที่สุด ได้แก่ *Cosmarium*, *Micrasterias*, *Closterium* และ *Staurastrum* นอกจากนี้ผลวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า *Netrium digitus, Closterium acerosum, C. setaceum, Cosmarium circulare* และ *C. quadrum var minus* สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพของของระบบนิเวศในน้ำได้ และสามารถวิเคราะห์ได้ว่า แหล่งน้ำนี้ปริมาณสารอาหารสูงโดยเฉพาะช่วงก่อนมรสุม

Yusuf (2020) ศึกษาการใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ Nasarawa รัฐ Katsina ประเทศไนจีเรีย โดยศึกษาเป็นเวลา 10 เดือน (กุมภาพันธ์–พฤศจิกายน 2562) พบแพลงก์ตอนพืช รวม 38 ชนิด ใน Bacillariophyceae (42%), Chlorophyceae (24%) Cyanophyceae (13%), Deemidiaceae (18%) และ Euglenophyceae (3%) และแสดงความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, ค่าความเป็นกรด–ด่าง, ความโปร่งแสงของน้ำ และ TSS นอกจากนั้นยังพบว่า ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชโดยรวมในอ่าง

เก็บน้ำในช่วงฤดูแล้งจะสูงกว่าฤดูฝน ใช้ดัชนีมลพิษพาลเมอร์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ ผลลัพธ์ของคะแนนรวม คือ 25 ซึ่งหมายถึงแหล่งน้ำมีมลพิษอินทรีย์สูง สามารถสรุปได้ว่า *Closterium* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Synedra* sp., *Chlamydomonas* sp. *Cyclotella* sp. และ *Anacystis* sp. เป็นตัวบ่งชี้แหล่งน้ำที่มีมลพิษอินทรีย์ เป็นสัญญาณเตือนว่าคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเสื่อมลง

2.2 ในประเทศไทย

Ngearnpat and Peerapornpisal (2007) ได้ศึกษาการใช้ความหลากหลายของสาหร่ายเดสมิดส์ในการประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืด 12 พื้นที่ ภาคเหนือของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2545 – พ.ศ. 2546 ได้พบสาหร่ายเดสมิดส์ 91 ชนิด 17 สกุล ได้แก่

2.2.1 *Actinotaenium*

2.2.2 *Spirotaenia*

2.2.3 *Netrium*

2.2.4 *Gonatozygon*

2.2.5 *Pleurotaenium*

2.2.6 *Closterium*

2.2.7 *Euastrum*

2.2.8 Micrasterias

2.2.9 *Cosmarium*

2.2.10 *Cosmocladium*

2.2.11 *Stuarastrum*

2.2.12 *Staurodesmus*

2.2.13 *Xanthidium,Teilingia*

2.2.14 *Spondylosium*

2.2.15 *Hymidalotheca*

2.2.16 *Desmidium*

ซึ่งอาศัยอยู่ในคุณภาพน้ำ oligotrophic ถึง meso-eutrophic โดยสาหร่ายที่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพจากระดับสารอาหารได้ ดังนี้

2.2.17 *Staurastrum gutwinskii*

2.2.18 *Staurastrum tortum*

2.2.19 *Spondylosium pandurifoemae*

2.2.20 *Cosmarium capitulum*

2.2.21 *Cosmarium mediosrobiculatum* var.*granutum*

2.2.22 *Closterium gracile* var. *elongatum*

2.2.23 *Closterium kuetzingii*

2.2.24 *Closterium dianae* var. *dianae*.

สามารถพบชนิด *Staurastrum limneticum* var. *burmense, S. tetracerum* var. *tetraerum, Pleurotaenium trabecula, Closterium ehrenbergii* var. *ehrenbergii, C. Kuetzingi* รวมถึงพบชนิดพันธุ์ของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่สามารถพบเจอได้ยาก ได้แก่ *Actinotaenium, Spirotaenia condensata, Pleurotaenium burmense* var. *dacchense Micrasterias apiculate* โดยจากทั้งหมดเป็นชนิดที่พบครั้งแรกในประเทศไทย 41 ชนิด

Ngearnpat, Coesel and Peerapornpisal (2008) ได้ศึกษาสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์และคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี บริเวณป่าพรุ 3 แห่งที่ตั้งอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งผลการศึกษาพบว่ากลุ่มเดสมิดส์มี 99 ชนิด จาก 22 สกุล และมีชนิดที่ยังไม่เคยพบมาก่อนในประเทศไทย 30 ชนิด และถึงแม้ว่า จะมีพบจำนวนของแต่ละชนิดน้อย แต่สามารถค้นพบชนิดพันธ์หายากที่พบพบในสภาพการกระจายทางชีวภูมิศาสตร์ พื้นที่ Indo-malysian และ North Australian ได้ในบางจุด เช่น *Micrasterias subdenticulata* var. *ornata, M. suboblonga* var. *tecta* และ *M. tetraptera* var. *siamensis*.

Kaewsri and Traichaiyaporn (2012) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำจากพื้นที่ตัวอย่าง 9 จุด รอบกว๊านพะเยาในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2550 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2551 โดยประเมินคุณภาพน้ำจากพารามิเตอร์ต่าง ๆ และความหลากหลายของสาหร่ายกว๊านพะเยา ผลลัพธ์ในฤดูหนาวพบว่า มีสาหร่าย 72 ชนิด 6 ดิวิชั่น แบ่งเป็น Cyanophyta จำนวน 19 ชนิด, Chlorophyta จำนวน 28 ชนิด, Crysophyta จำนวน 15 ชนิด, Euglenophyta จำนวน 5 ชนิด, Cryptophyta จำนวน 3 ชนิด และ Pyrrophyta จำนวน 2 ชนิด

มัณฑกา วีระพงศ์ (2558) ได้ศึกษาดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำสายหลักจังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-กรกฎาคม พ.ศ. 2558 จำนวน 8 จุด พบสาหร่าย 35 สกุล 60 ชนิด ใน 4 ดิวิชัน โดยพบสาหร่าย Chrysophyta (58%) มากที่สุด รองลงมา คือ Chlorophyta (23%) Euglenophyta (13%) และ Cyanophyta (6%) มีค่าดัชนีความหลากชนิด (H') ระหว่าง 2.21-0.57 สาหร่ายสกุลเด่นที่พบทุกจุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ *Navicula* spp., *Chiorella* spp., *Euglena* spp. และ *Pinnularia* spp. และใช้สาหร่ายชนิดเด่นเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ พบว่า คลองน้ำตกโยง อำเภอทุ่งสงแหล่งน้ำมีคุณภาพน้ำปานกลางจัดอยู่ในระดับ

สารอาหารปานกลาง (Mesotrophic) ส่วนคลองกลาย อำเภอทำศาลา, คลองนอกท่า อำเภอพรหมดีรี, แม่น้ำหลวง อำเภอทุ่งใหญ่ และคลองเสาธง อำเภอร่อนพิบูลย์ มีคุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดี จัดอยู่ในระดับสารอาหารปานกลางถึงสูงและแหล่ง น้ำที่มีคุณภาพไม่ดี ได้แก่ คลองทำดี อำเภอลานสกา, แม่น้ำปากพนัง อำเภอปากพนัง และคลองท่าแพ อำเภอเมือง จัดอยู่ในระดับสารอาหารสูง ส่วนการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีในภาพรวมของแหล่งน้ำ คือ อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 27.9–31.2 องศาเซลเซียส, ค่าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าระหว่าง 0.20–1.5 เมตร, ลักษณะสีของน้ำมีลักษณะตั้งแต่ใสขุ่นเล็กน้อยจนถึงสีน้ำตาลคล้ำถึงดำ, ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 7.00–8.14, ค่าการละลายออกซิเจนในน้ำ มีค่าระหว่าง 1.8–9.4 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์อยู่ระหว่าง 0.2–7 มิลลิกรัม/ลิตร

ปริญญา มูลสิน (2559) ได้ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และคุณภาพน้ำบางประการในอ่างเก็บน้ำห้วยถ้ำแข้ อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี ตั้งแต่เดือนมีนาคม– กันยายน พ.ศ. 2556 ใน 3 ฤดูกาล จำนวน 10 จุด โดยศึกษาจุดละ 3 ซ้ำ ผลการวิจัยพบสาหร่ายชนิดเด่นคือ *Spirogyra* sp. รองลงมาคือ *Spirogyra* sp., *Oedogonium* sp., *Microspora* sp. และ *Spondylosium* sp. ตามลำดับ และผลการศึกษาคุณภาพน้ำ พบว่ามีอุณหภูมิอากาศ 29.3 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิของน้ำ 28.0 องศาเซลเซียส, ค่าความเป็นกรด–ด่าง 6.57, ค่าความเป็นด่าง 25.58 มิลลิกรัม/ลิตร, ค่าการละลายออกซิเจนในน้ำ 7.95 มิลลิกรัม/ลิตร, ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ 3.02 มิลลิกรัม/ลิตร, ค่าความลึกที่แสงส่องถึง 109.25 เซนติเมตร, ค่าการนำไฟฟ้า 47.94 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร, คลอโรฟิลล์ เอ 5.4 ไมโครกรัม/ลิตร, ออร์โธฟอสเฟต 0.024 ไมโครกรัม/ลิตร, ไนเตรท 0.039 ไมโครกรัม/ลิตร, ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด 300 MPN/100 มิลลิลิตร และฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย 208 MPN/100 มิลลิลิตร มีสารอาหารน้อยถึงปานกลาง และพบว่า *Spirogyra* sp. มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคลอโรฟิลล์ เอ

Ngearnpat et al. (2018) ศึกษาองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในกว๊านพะเยา ประเทศไทย ในฤดูฝนและฤดูแล้ง จากผลสำรวจพบแพลงก์ตอนพืช 6 ดิวิชั่น 90 ชนิด ในทั้งสองฤดูกาลซึ่ง Chlorophyta เป็นกลุ่มที่โดดเด่น รองลงมาคือ Bacillariophyta และ Cyanophyta ซึ่ง *Microcystis aeruginosa* เป็นชนิดที่พบมาก จากทั้งหมด 82.14 % ในฤดูฝน และ 78.86 % ในฤดูแล้งตามลำดับ และวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางเคมีกายภาพและชีวภาพ ได้แก่ ไนเตรท ไนโตรเจน, ฟอสเฟต, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ พบมีแนวโน้มลดลงในฤดูแล้ง, การนำไฟฟ้าและ

แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าสูงในฤดูฝน มีสาหร่าย ได้แก่ *Lyngbya* sp., *Spondylosium* sp, *Ankistrodesmus* sp., *Merismopedia* sp., *Crucigeniella* sp., *Cylindrocystis* sp., *Micractinium* sp., *Spirulina* sp., *Monoraphidium* sp., *Gonatozygon* sp. และ *Volvox* sp. มีความสัมพันธ์กับค่าความขุ่น, ค่าความลึกของน้ำ, ค่าความเป็นกรด–ด่างของน้ำ, ค่าคลอโรฟิลล์ เอ, อุณหภูมิ, ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์, ฟอสเฟตและไนเตรทสูงในฤดูฝน และพบสาหร่ายที่โดดเด่น ได้แก่ *Strombomonas* sp., *Cyanobacterium* sp. และ *Didymocystis* sp. ผลการวิจัยนี้บ่งชี้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืช ชุมชน และคุณภาพน้ำกว๊านพะเยาได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า มีการศึกษาความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนพืชกับพารามิเตอร์ทางกายภาพและเคมีในพื้นแหล่งน้ำทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย สามารถสังเกตุได้ว่าการเติบโตและชนิดพันธุ์ของสาหร่ายที่พบในแหล่งน้ำมีความแตกต่างกันตามแต่ละพื้นที่ เนื่องจากปัจจัยทางคุณภาพน้ำและอิทธิพลของฤดูกาลในแต่ละพื้นที่สามารถส่งผลต่อพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำ เช่น สารอาหาร, อุณหภูมิ, ความเป็นกรด–ด่าง, ความขุ่น, ปริมาณไนเตรท, ปริมาณออร์โธฟอสเฟต และออกซิเจนละลายในน้ำ เป็นต้น ซึ่งสาหร่ายแต่ละชนิดจะมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงสามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ รวมถึงประเมินคุณภาพน้ำในปัจจุบันได้ ในประเทศไทยนั้นสามารถพบสาหร่ายที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัดได้หลากหลายชนิด รวมถึงสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ด้วยเช่นกัน จากตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าบริเวณพื้นที่เป้าหมายในงานวิจัยฉบับนี้ มีผลลัพธ์การศึกษาคุณภาพน้ำในอดีตที่แตกต่างกัน เนื่องจากระยะเวลาที่แตกต่างกัน และยังพบชนิดพันธุ์ของสาหร่ายเดสมิดส์ที่แตกต่างกันอีกด้วย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการประเมินสภาพคุณภาพน้ำในปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการอนุรักษ์แหล่งน้ำธรรมชาติต่อไป ตลอดจนการเชื่อมโยงข้อมูลการวิเคราะห์ เพื่อให้สามารถอธิบายผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่นเพิ่มเติมในระบบนิเวศแหล่งน้ำ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

กำหนดจุดศึกษาตัวอย่างน้ำและสาหร่ายจากบริเวณหนองเล็งทรายและทางน้ำไหลจนถึงบริเวณกว๊าน ระหว่างช่วงเดือนมกราคม–ธันวาคม พ.ศ. 2565 ทั้งหมดจำนวน 10 สถานี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จุด S1 บริเวณตอนบนของหนองเล็งทราย ตำบลศรีถ้อย อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา (พิกัดทางภูมิศาสตร์: 19.408786, 99.809204)

จุด S2 ส่วนกลางของหนองเล็งทราย ตำบลศรีถ้อย อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา มีการขุดลอกและเลี้ยงสัตว์ (พิกัดทางภูมิศาสตร์: 19.391457, 99.817186)

จุด S3 ทางระบายน้ำของหนองเล็งทราย ตำบลศรีถ้อย อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา (พิกัดทางภูมิศาสตร์: 19.351082, 99.824987)

จุด S4 จุดรวมน้ำจากหนองเล็งทรายและน้ำจากอ่างแม่ปืม ตำบลแม่ปืม อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา (พิกัดทางภูมิศาสตร์: 19.310972, 99.826703)

จุด S5 ทางน้ำผ่าน ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา (พิกัดทางภูมิศาสตร์: 19.286616, 99.829736)

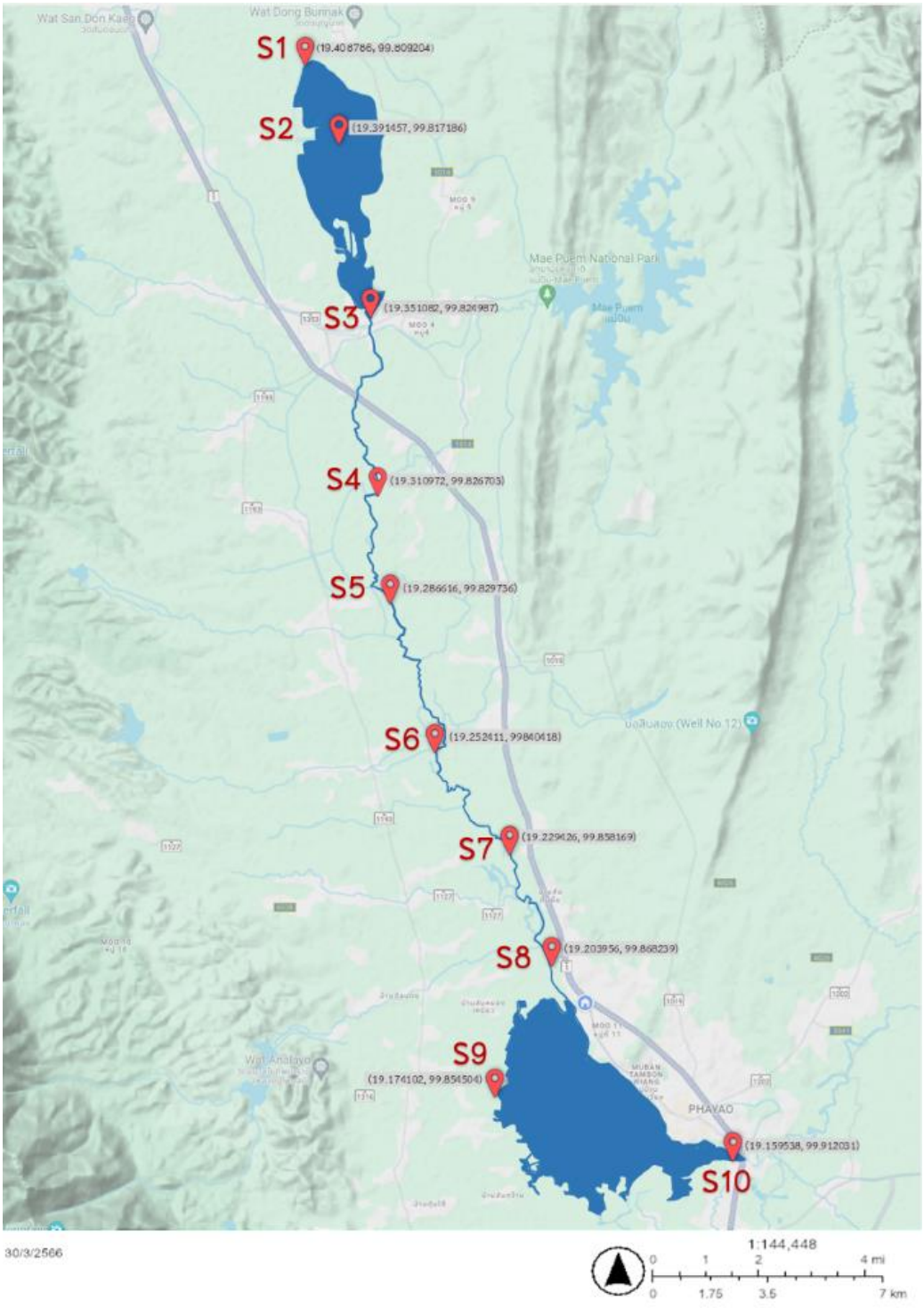
จุด S6 ทางน้ำผ่าน ตำบลแม่ปืม อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา (พิกัดทางภูมิศาสตร์: 19.252411, 99.840418)

จุด S7 ทางน้ำผ่าน สะพานขุมจอมธรรม ตำบลบ้านต๋ำ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา (พิกัดทางภูมิศาสตร์: 19.229426, 99.858169)

จุด S8 ทางน้ำเข้าสู่กว๊านพะเยา สะพานขุนเดช ตำบลบ้านต๋อม อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา (พิกัดทางภูมิศาสตร์: 19.203956, 99.868239)

จุด S9 กว๊านพะเยาบริเวณที่มีการเกษตร ตำบลบ้านสาง อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา (พิกัดทางภูมิศาสตร์: 19.174102, 99.854504)

จุด S10 ทางน้ำออกของกว๊านพะเยา ตำบลเวียง อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา (พิกัดทางภูมิศาสตร์: 19.159872, 99.914932)



ภาพ 4 แผนที่บริเวณจุดเก็บตัวอย่างจากหนองเล็งทรายถึงกว๊านพะเยา

อุปกรณ์และสารเคมี

2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำและสาหร่าย

2.1.1 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างน้ำและสาหร่าย

2.1.1.1 ตาข่ายแพลงก์ตอน (plankton net) ขนาด 20 ไมโครเมตร

2.1.1.2 ถังพลาสติก (bucket) ขนาด 5 ลิตร

2.1.1.3 ขวดปราศจากเชื้อ (sterile bottle) ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.1.1.4 ขวดโพลีเอธีลีน (polyethylene bottle) ขนาด 1.5 ลิตร

2.1.1.5 ขวดสีชา (amber bottle) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ขนาด 150 มิลลิลิตร

2.1.1.6 ขวด BOD (BOD bottle)

2.1.1.7 กล่องโฟม (foam box)

2.1.1.8 ตะกร้า (basket)

2.1.1.9 เครื่องวัดพิกัดภูมิศาสตร์ (GPS)

2.1.1.10 พาราฟิล์ม (parafilm)

2.1.1.11 ไมโครปิเปต (micropipette) ขนาด 100–1000 ไมโครลิตร

2.1.1.12 ปิเปตทิป (pipette tips) ขนาด 1000 ไมโครลิตร

2.1.2 อุปกรณ์ในการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี

2.1.2.1 ปิเปตต์ (pipette) ขนาด 1 มิลลิลิตร

2.1.2.2 ขวด BOD (BOD bottle)

2.1.2.3 พาราฟิล์ม (parafilm)

2.1.2.4 ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 1000 มิลลิลิตร และ 250 มิลลิลิตร

2.1.2.5 เครื่องเติมอากาศ (aquarium air pump) Sobo SB–988

2.1.2.6 กระบอกตวง (graduated cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.1.2.7 หลอดหยด (dropper)

2.1.2.8 ไมโครปิเปต (micropipette) ขนาด 100–1000 ไมโครลิตร

2.1.2.9 ปิเปตทิป (pipette tips) ขนาด 1000 ไมโครลิตร

2.1.2.10 ขาตั้งพร้อมเสา (stand and base)

2.1.2..11 ที่จับบิวเรตต์ (burette clamp)

2.1.2.12 บิวเรตต์ (burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร

2.1.2.13 ปิเปตต์ (pipette) ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร

2.1.2.14 ลูกยาง (rubber bulb)

2.1.2.15 บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.1.2.16 แท่งคนสาร (stirring rod)

2.1.2.17 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (incubator) 20 องศาเซลเซียส

2.1.2.18 เครื่องวัดคุณภาพน้ำ (multimeter) รุ่น CyberScan PCD650 (EUTECH, Europe)

2.1.2.19 เครื่องวัดความขุ่น (turbidity meter) (Thermo, Germany)

2.1.3 สารเคมีในการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี

2.1.3.1 Manganese sulfate ($MnSO_4$)

2.1.3.2 Sodium iodine (NaI)

2.1.3.3 Sodium azide (NaN_3)

2.1.3.4 Sodium thiosulfate ($Na_3S_2O_3$)

2.1.3.5 Sodium hydroxide (NaOH)

2.1.3.6 Sulfuric acid (H_2SO_4)

2.1.3.7 สารละลายแป้ง soluble strarch (laboratory grade)

2.1.3.8 Potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$)

2.1.3.9 น้ำกลั่น (distilled water)

2.1.3.10 Potassium iodide

2.1.4 อุปกรณ์สำหรับการศึกษาปริมาณสารอาหารในน้ำ

2.1.4.1 HACH spectrophotometer model 890 (Thermo, Germany)

2.1.5 สารเคมีสำหรับการศึกษาปริมาณสารอาหารในน้ำ

2.1.5.1 Nitrate Ver 5 Nitrate reagent powder pillow

2.1.5.2 Phos Ver 3 Phosphate reagent powder pillow

2.1.5.3 Ammonia Salicylate reagent powder pillow

2.1.5.4 Ammonia Cyanurate reagent powder pillow

2.1.5.5 น้ำกลั่น (distilled water)

2.2 การศึกษาอุปกรณ์สำหรับการศึกษาโคลิฟอร์มแบคทีเรียอุปกรณ์ในการศึกษาโคลิฟอร์มแบคทีเรียหลอดแก้ว (glass tube)

2.2.1.2 ที่วางหลอดทดลอง (test tube rack stainless)

2.2.1.3 ตะเกียงแอลกอฮอล์ (alcohol burner)

2.2.1.4 ลูปเขี่ยเชื้อ (inoculating loop)

2.2.1.5 ไฟแช็ก (fire lighter)

2.2.1.6 จุกยางปิดหลอดทดลอง (rubber plugs)

2.2.1.7 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (incubator) 37 และ 45 องศาเซลเซียส

2.2.1.8 ช้อนตักสาร (spatula)

2.2.1.9 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (scale)

2.2.1.10 ถาดชั่งสาร (weighting boat square) ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.2.1.11 หลอดดักแก๊ส (durham tubes)

2.2.1.12 ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.2.1.13 สำลีก้อน (cotton ball)

2.2.1.14 ปิเปตต์ (pipette) ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร

2.2.1.15 ที่ปั้มปิเปตต์ (pipette pump)

2.2.1.16 ขวดดูแรน (duran bottle) ขนาด 500 มิลลิลิตร

2.2.1.17 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) (UMAC, China)

2.2.2 สารเคมีในการศึกษาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

2.2.2.1 น้ำกลั่น (distilled water)

2.2.2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ Lauryl tryptose broth (Hi–media, India)

2.2.2.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant–green lactose bile broth (Hi–media, India)

2.2.2.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ Escherichia coli broth (Hi–media, India)

2.3 การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

2.3.1 อุปกรณ์สำหรับการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

2.3.1.1 เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) (MPW, United Kingdom)

2.3.1.2 กรวยกรอง (funnel)

2.3.1.3 กรวยกรองบุชเนอร์ (buchner funnel)

2.3.1.4 กระดาษกรอง (filter) GF/C (Whatman, Germany)

2.3.1.5 คีมคีบ (forceps)

2.3.1.6 ขวดน้ำกลั่น (wash bottle)

2.3.1.7 ขวดกรองสาร (suction flask)

2.3.1.8 หลอดสำหรับเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge tubes) ขนาด 50 มิลลิลิตร

2.3.1.9 UV–vis spectrophotometer (Thermo, Germany)

2.3.1.10 คิวเวทท์ (cuvette)

2.3.1.11 เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)

2.3.1.12 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) (BIOBASE, China)

2.3.1.13 ปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump)

2.3.2 สารเคมีสำหรับการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

2.3.2.1 methanol

2.3.2.2 น้ำกลั่น (distilled water)

2.4 การศึกษาความหลากหลายของสาหร่าย

2.4.1 อุปกรณ์สำหรับการศึกษาความหลากหลายของสาหร่าย

2.4.1.1 กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ (OLYMPUS, Japan)

2.4.1.2 กระจกปิดสไลด์ (cover glass)

2.4.1.3 หลอดหยด (dropper)

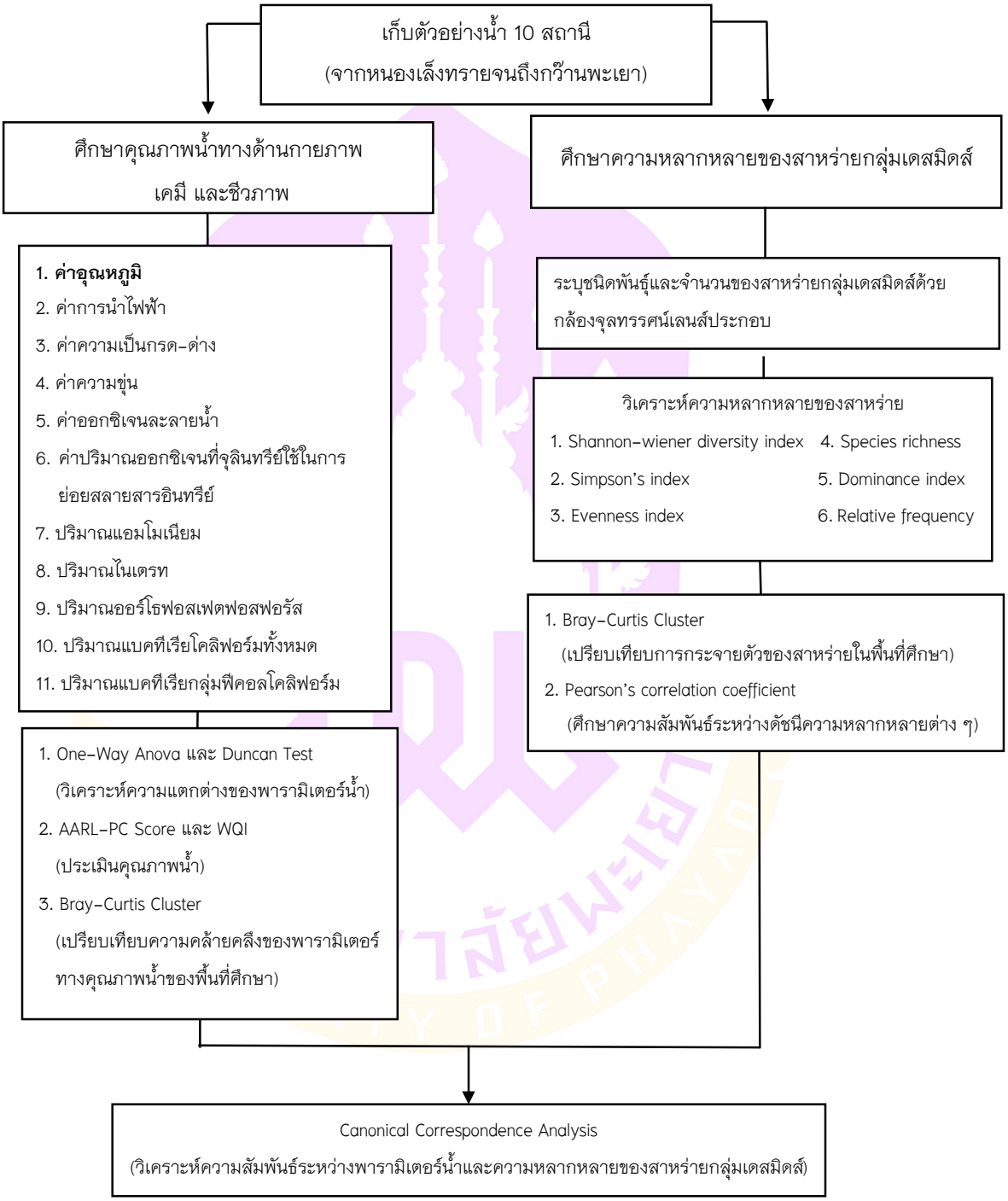
2.4.1.4 แผ่นสไลด์ (microscope slides)

2.4.1.5 กล้องถ่ายรูป (camera)

2.4.2 สารเคมีสำหรับการศึกษาความหลากหลายของสาหร่าย

2.4.2.1 Lugol's solution

การวางแผนการวิจัย



ภาพ 5 แผนการดำเนินงานโดยรวม

วิธีการดำเนินการ

1. การกำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่าง

สำรวจพื้นที่และเส้นทางน้ำไหลจากหนองเล็งทรายถึงกว๊านพะเยา โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเชื่อมโยงกัน จำนวน 10 สถานี คือ บริเวณหนองเล็งทราย และคลองน้ำไหลหรือจุดที่มีการรวมน้ำจากแม่น้ำสายอื่น จนถึงกว๊านพะเยา

2. การเก็บตัวอย่าง

2.1 ตัวอย่างน้ำและแบคทีเรีย

เก็บตัวอย่างน้ำผิวดินเก็บน้ำในขวดบีโอดี 300 มิลลิลิตร โดยเติมสารละลาย $MnSO_4$ และ alkali-iodide-azide อย่างละ 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใช้พาราฟิลม์พันรอบปากขวด แล้วจึงเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินเพื่อศึกษาพารามิเตอร์อื่น ๆ ทางคุณภาพเพิ่มเติมด้วยขวดโพลีเอธีลีน ปริมาตร 1500 เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อศึกษาโคลิฟอร์มแบคทีเรียในขวดแก้วสีชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 150 มิลลิลิตร โดยเก็บลึกจากผิวน้ำประมาณ 20-30 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นช่วงความลึกที่แบคทีเรียดำรงชีวิตอยู่ได้ดี (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

2.2 ตัวอย่างสาหร่ายในน้ำ

เก็บสาหร่ายที่มีลักษณะยึดเกาะกับพืชลอยน้ำหรือพืชน้ำด้วยวิธี squeezing method โดยนำพืชน้ำที่พบมาขยำในน้ำตัวอย่าง เพื่อให้สาหร่ายหลุดออก แล้วจึงนำน้ำใส่ขวดปราศจากเชื้อขนาด 100 มิลลิลิตร (ตัวอย่างสาหร่ายที่ได้จะนำไปดองในน้ำยา Lugol's solution (Ngearnpat and Peerapornpisal, 2007) นำภาชนะที่บรรจุตัวอย่างสาหร่ายและตัวอย่างสำหรับศึกษาพารามิเตอร์น้ำคุณภาพบางประการ แช่เย็นในกล่องโฟมที่อุณหภูมิต่ำ เป็นการรักษาอุณภูมิของตัวอย่างเพื่อลดหรือยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ชั่วคราวและลดอัตราการเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี โดยตลอดการศึกษาจะเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 12 ครั้ง ในแต่ละเดือน รวมระยะเวลาเป็น 1 ปี ตั้งแต่ เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565

3. การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

3.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ

วัดค่าอุณหภูมิของน้ำและค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ โดยวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง ณ บริเวณจุดเก็บ ด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำ (multimeter) และวัดค่าความขุ่นของน้ำตัวอย่างด้วยเครื่องวัดความขุ่น (tubidity meter)

3.2 คุณภาพน้ำทางเคมี

วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ โดยวัดน้ำตัวอย่าง ณ บริเวณจุดเก็บ ด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำ (multimeter)

วัดค่าออกซิเจนละลายน้ำด้วย Azide modification method โดยนำน้ำตัวอย่างจากขวดบีโอดีที่เติมสารละลาย $MnSO_4$ และ alkali-iodide-azide เรียบร้อยแล้ว มาเติมสารละลาย H_2SO_4 1 มิลลิลิตร เขย่าขวดจนตะกอนที่เกิดขึ้นละลายจนหมด แล้วจึงตวงสารละลายใส่ขวดรูปชมพู่ เพื่อนำไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน $Na_3S_2O_3$ จนได้สีเหลืองจาง เติมน้ำแป้งต้มสุก 5 หยด แล้วจึงไตเตรทจนสีน้ำเงินหายไป สามารถคำนวณหาปริมาณของก๊าซออกซิเจนละลายน้ำจากสูตร

$$\text{ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{A \times N \times 8000}{(B_2(B_1-R)/B_1)}$$

A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน $Na_3S_2O_3$ ที่ใช้ในการไตเตรต (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $Na_3S_2O_3$ (นอร์มัล)

B_1 = ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่เริ่มต้น (มิลลิลิตร)

B_2 = ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการไตเตรต (มิลลิลิตร)

R = ปริมาณของสารเคมีที่เติมลงในน้ำตัวอย่าง

วัดค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ด้วยวิธีการเดียวกับการวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ แต่นำน้ำตัวอย่างไปผ่านการเติมก๊าซออกซิเจนด้วยเครื่องเติมอากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 วันก่อน

ตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในน้ำตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N) จากวิธี cadmium reduction method ด้วยการวัดปฏิกิริยาโดย Nitra Ver 5, วิเคราะห์ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (PO_4^{3-}) จากวิธี ascorbic acid method ด้วยการวัดปฏิกิริยาโดย Phos Ver 3 และวิเคราะห์แอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4^+-N) จากวิธี salicylate method ด้วยการวัดปฏิกิริยาโดย ammonia salicylate, ammonia cyanurate โดยการตรวจวิเคราะห์สารทั้งสามชนิดใช้ชุดตรวจวิเคราะห์ของ HACH spectrophotometer model 890 ในการวัดค่า

3.3 คุณภาพน้ำทางชีวภาพ

ศึกษาแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียฟีคอลโคลิฟอร์มจากน้ำตัวอย่างโดยวิธี multiple tubes method ด้วยการเจือจางน้ำตัวอย่างงาที่ศึกษา ให้ได้ความเข้มข้น 10^{-1}- 10^{-3} เท่า และเพาะเชื้อในหลอดแก้วที่มีหลอดดักแก๊ส ในอาหาร Lauryl tryptose

broth ที่ 37 องศาเซลเซียส เพื่อสังเกตการณ์เกิดแก๊ส แล้วจึงนำหลอดที่ได้ผลบวกไปเพาะเลี้ยงต่อในอาหาร Brilliant–green lactose bile broth ที่ 37 องศาเซลเซียส และ *Escherichia coli* broth ที่ 45 องศาเซลเซียส เพื่อคัดแยกโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย แล้วจึงคำนวณเปรียบเทียบกับตารางดัชนีค่า MPN (Most Probable Number index)

3.4 การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

นำน้ำตัวอย่างปริมาตร 500 มิลลิลิตร มากรองผ่านกระดาษกรอง GF/C แล้วนำกระดาษกรองที่มีตะกอนสารใส่หลอดสำหรับเครื่องหมุนเหวี่ยง เติมสารละลาย 90% methanol 10 มิลลิลิตร จากนั้นต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 นาที แล้วจึงนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3000 รอบ/นาที ระยะเวลา 10 นาที เพื่อให้ได้สารละลายส่วนใส จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630, 645, 665 และ 750 นาโนเมตร สามารถคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ได้จากสูตร (Saijo, 1975)

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัม/ลิตร)} = \frac{[11.6\,(A_{665}-A_{750}) - 1.31(A_{645}-A_{750}) - 0.14\,(A_{630}-A_{750}) \times \text{methanol (ml)}}{\text{ปริมาณน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการกรอง (L)} \times \text{1 cuvette}}$$

4. การศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายเดสมิดส์ในแหล่งน้ำ

นำตัวอย่างสาหร่ายที่เก็บมาเขย่าให้ตะกอนแตกตัวใช้ dropper หยดตัวอย่างลงสไลด์ประมาณ 0.02 มิลลิลิตร ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ วินิจฉัยชนิดและนับจำนวนสาหร่ายเฉพาะกลุ่มเดสมิดส์ผ่านกล้องจุลทรรศน์ compound microscope ที่กำลังขยาย 40x จำแนกสาหร่ายด้วยเอกสารที่ใช้ในการวินิจฉัยสาหร่าย จำแนกโดยใช้ รูปวิธานจาก หนังสือจัดจำแนกแพลงก์ตอนพืช (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2549) และ หนังสือสำหรับสาหร่ายเดสมิดส์ Flora of New Zealand: Desmids. Vol. I, II and III. แล้วบันทึกข้อมูล (Croasdale and Flint, 1988; (Croasdale and Flint, 1986; Croasdale, Flint and Racine, 1994)

นับปริมาณแพลงก์ตอนพืชโดยใช้แผ่นกระจกสไลด์ธรรมดา (นับปริมาณทั้งแผ่นกระจกสไลด์) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ นำข้อมูลจากการศึกษาชนิดและปริมาณของสาหร่ายมาวิเคราะห์ข้อมูลทางโครงสร้างประชากรของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์

4.1 คำนวณดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ

Shannon–wiener diversity index (Ludwig and Reynolds, 1988) เพื่อศึกษาความหลากหลายของชุมชนสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ เป็นการวัดความหลากหลายทางชีวภาพที่ใช้ทั่วไปกันอย่างแพร่หลาย

$$\text{Shannon–wiener diversity index (H')} = -\sum_{i=1}^{S}(P_i)(\ln P_i)$$

P_i = สัดส่วนระหว่าง จำนวนหน่วยของแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิด (n_i) ต่อ จำนวนแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด (N) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

S = จำนวนชนิดหรือสกุลของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

Simpson's index เป็นการวัดความหลากหลายทางชีวภาพจากจำนวนในแต่ละชนิดพันธุ์ที่พบ โดยหากมีจำนวนชนิดพันธุ์มากและจำนวนของแต่ละชนิดพันธุ์ พบมีจำนวนใกล้เคียงกัน ค่าความหลากหลายทางชีวภาพก็จะมาก (ธรรมนูญ เต็มไชย และทรงธรรม สุขสว่าง, 2556)

$$\text{Simpson's index (D)} = 1 - \left[\frac{\sum n_i(n_i-1)}{N(N-1)}\right]$$

n_i = จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชชนิดที่ i ในพื้นที่ตัวอย่าง

N = จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดในพื้นที่ตัวอย่าง

4.2 คำนวนดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness index) จากสัดส่วนจำนวนสิ่งมีชีวิตในแต่ละชนิดที่พบ เพื่อแสดงถึงความสม่ำเสมอของการแพร่กระจายของสัตว์น้ำแต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าตั้งแต่ 0–1 หากมีค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึง การมีความสม่ำเสมอของการแพร่กระจายของสาหร่ายเดสมิดส์แต่ละชนิดในแหล่งน้ำสูงมากหรือเป็นสังคมที่ซับซ้อน (complex community) ในตรงกันข้าม หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าเป็นสังคมที่เรียบง่าย (simple community) (Pielou, 1969)

Evenness index (J') = H'/ln(S)

H' = Shannon–wiener diversity index

S = จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา

4.3 คำนวณดัชนีความมากชนิด (Species richness) เพื่อแสดงถึงจำนวนชนิดสาหร่ายที่พบในพื้นที่ตัวอย่าง ใช้การคำนวณ Margalef's index ซึ่งเป็นดัชนีความมากชนิดดัชนีหนึ่งที่ใช้ทั่วไป (Ludwig and Reynolds, 1988)

$d = (s-1) / \ln N$

d = ค่าดัชนีความมากชนิด

S = จำนวนชนิดแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดที่พบ

n = ปริมาณแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดที่สำรวจพบ ณ จุดสำรวจ

4.4 คำนวณดัชนีความเด่น (Dominance index) เพื่อแสดงถึงสภาพการณ์ที่อาจมีสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่โดดเด่นบางชนิดในพื้นที่ศึกษา มีค่าตั้งแต่ 0–1 หากมีค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึง การมีอิทธิพลของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ชนิดใดชนิดหนึ่งในกลุ่มประชากรนั้นสูงมาก มี

โครงสร้างทางสังคมที่ซับซ้อน (complex structure) ในตรงกันข้าม หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีโครงสร้างทางสังคมที่เรียบง่าย (simple structure) (Krebs, 1989)

Dominance index (C) = 1 – J'

J' = ดัชนีความสม่ำเสมอ

4.5 ความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency) ของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละสถานีที่ศึกษา (Pettingill และBreckenridge, 1946)

$$\text{ความถี่สัมพัทธ์} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พบแพลงก์ตอนพืชชนิดนั้น} \times 100}{\text{จำนวนครั้งทั้งหมดทั้งการศึกษา}}$$

ใช้เกณฑ์ในการแบ่งระดับความถี่สัมพัทธ์ออกเป็น 5 ระดับ คือ

90– 100 % หมายถึง พบได้บ่อยมาก (Abundant)

65 – 89 % หมายถึง พบบ่อย (Common)

31 – 64 % หมายถึง พบได้ปานกลาง (Moderately Common)

0 – 31 % หมายถึง พบได้น้อย (Uncommon)

1 – 9 % หมายถึง พบได้น้อยมาก (Rare)

5. การประเมินคุณภาพน้ำ

5.1 ดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (Water Quality Index: WQI)

ใช้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปของกรมควบคุมมลพิษ โดยพิจารณาพารามิเตอร์ทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์, ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด, ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม และปริมาณสารอาหารแอมโมเนียม–ไนโตรเจน ซึ่งหลักการคำนวณจะใช้สูตรสมการของทั้ง 5 พารามิเตอร์ (ภาคผนวก) จากนั้นนำคะแนนทั้ง 5 พารามิเตอร์ในแต่จุดเก็บตัวอย่าง มาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำไปลบกับคะแนนพิเศษ (มาจากการเทียบเกณฑ์คุณภาพน้ำของพารามิเตอร์กับค่าคะแนนเฉลี่ย) จากนั้นคำนวณคะแนนรวมจากสูตร และนำมาเทียบช่วงคะแนน WQI (ตาราง 1) กับค่ามาตรฐานตามประเภทแหล่งน้ำผิวดินเพื่อประเมินคุณภาพแหล่งน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2565)

คะแนนรวม = ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้ง 5 พารามิเตอร์–คะแนนพิเศษ

(ภาคผนวก ก)

5.2 ประเมินระดับคุณภาพน้ำด้วยวิธีการทางกายภาพเคมี (AARL–PC SCORE)

ประยุกต์จากมาตราฐานคุณภาพน้ำของ Lorraine and Vollenweider (1981) และมาตราฐานคุณภาพน้ำผิวดินของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 โดย

พิจารณาพารามิเตอร์ทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์, คลอโรฟิลล์ เอ, ปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟต, ปริมาณสารอาหารไนเตรท-ไนโตรเจนและ ปริมาณสารอาหารแอมโมเนียม-ไนโตรเจน นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ภาคผนวก ก) เพื่อคำนวณคะแนน และแปลผลเป็นระดับคุณภาพน้ำเป็นระดับต่าง ๆ (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2549)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1. วิเคราะห์ความแตกต่างของพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำ

วิเคราะห์ Bray-Curtis Cluster เพื่อเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของพารามิเตอร์ทางคุณภาพน้ำของพื้นที่ศึกษา และวิเคราะห์ความแตกต่างของพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำต่าง ๆ ต่อจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุดที่แตกต่างกัน โดยใช้ One-Way Anova และ Duncan's new multiple range test (DMRT หรือ DUNCAN) ผ่านโปรแกรม SPSS รวมถึงเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของ Water Quality Index และ AARL PC Score

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายและพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำ

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายและพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำต่าง ๆ โดยวิธีการ Canonical Correspondence Analysis (Hotelling, 1936) ผ่านโปรแกรม Past 4.11 เป็นวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ และสามารถใช้วิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์หลายมิติระหว่างตัวแปรอิสระหลายตัวกับตัวแปรตามหลายตัว โดยวิเคราะห์ควบคู่กับ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient)

3. วิเคราะห์ผลกระทบด้านปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

วิเคราะห์ผลกระทบด้านปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ โดยวิเคราะห์ Bray-Curtis Cluster เพื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวของสาหร่ายเดสมิดส์ ทำให้สามารถอธิบายแนวโน้มของสาหร่ายในแต่ละพื้นที่ศึกษาได้ รวมถึงการอภิปรายเชื่อมโยงกับความสัมพันธ์ในระบบนิเวศแหล่งน้ำ โดยเปรียบเทียบจากข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างดัชนีความหลากหลายของสาหร่ายต่าง ๆ

พิจารณาดัชนีที่แสดงถึงความหลากหลายได้ดีที่สุด เพื่อคัดเลือกดัชนีที่เหมาะสมต่อการศึกษาด้านความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความหลากหลายต่าง ๆ โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การศึกษาคุณภาพน้ำและสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ จากหนองเล็งทรายจนถึงกว๊านพะเยา ในช่วงเดือนมกราคม –ธันวาคม พ.ศ. 2565 โดยกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างจำนวน 10 สถานี มีผลการศึกษาดังนี้

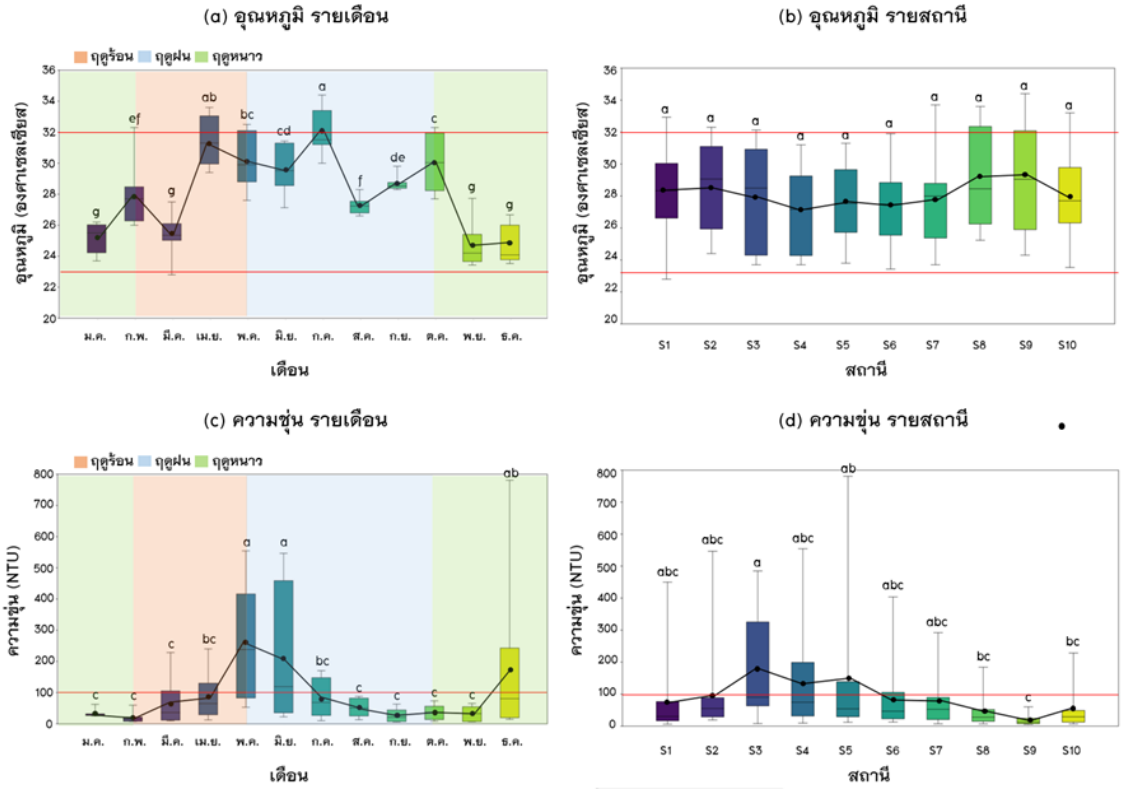
ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

1. ผลการศึกษาพารามิเตอร์ทางกายภาพและเคมีในแหล่งน้ำ

ค่าอุณหภูมิในแหล่งน้ำทั้ง 10 สถานี ตลอดระยะเวลาการศึกษา มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 22.80 – 34.40 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าอุณหภูมิสูงสุดที่สถานี 9 ในเดือนกรกฎาคม และต่ำสุด ที่สถานี 1 ในเดือนมีนาคม โดยค่าเฉลี่ยตลอดการศึกษาในเดือนกรกฎาคมมีค่าสูงสุดแตกต่างจากเดือนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 32.10 องศาเซลเซียส) (ภาพ 6a) อย่างไรก็ตาม ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการศึกษาในแต่ละสถานี พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 6b) เมื่อพิจารณาค่าความขุ่น พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 5.49 – 780.67 NTU โดยมีค่าความขุ่นสูงสุดอยู่ที่สถานี 5 ในเดือนธันวาคม และมีค่าความขุ่นต่ำสุดที่สถานี 9 ในเดือนกันยายน ซึ่งค่าเฉลี่ยในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายนมีค่าสูงแตกต่างจากเดือนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่เดือนพฤษภาคม (258.36 NTU) (ภาพ 6c) และหากพิจารณาค่าเฉลี่ยความขุ่นตลอดการศึกษาในแต่ละสถานีจะพบว่า สถานี 3 ซึ่งเป็นบริเวณประตูระบายน้ำจากหนองเล็งทรายสู่ชุมชน มีค่าสูงสุดอย่างชัดเจนและแตกต่างจากสถานีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าความขุ่นเฉลี่ย 176.65 NTU) (ภาพ 6d) การศึกษาค่าการนำไฟฟ้า พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 74.75 – 218.60 ไมโครซีเมนส์/ตารางเซนติเมตร โดยมีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด คือ สถานีที่ 9 ในเดือนพฤษภาคม และมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำสุด คือ สถานี 5 ในเดือนกันยายน จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เดือนมกราคมถึงเมษายน และเดือนมิถุนายนมีค่าเฉลี่ยที่สูงแตกต่างจากเดือนอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเดือนมกราคมมีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด (ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 169.69 ไมโครซีเมนส์/ตารางเซนติเมตร) (ภาพ 6e) นอกจากนี้ สถานี 9 และ 10 ซึ่งเป็นบริเวณช่วงกลางและส่วนท้ายของกว๊านพะเยาสามารถพบค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าตลอดการศึกษาสูงกว่าสถานีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สถานี 9 (173.86 ไมโครซีเมนส์/ตารางเซนติเมตร) (ภาพ 6f) ในส่วนของ

ค่าความเป็นกรด-ด่าง พบค่าอยู่ในช่วง 5.79 – 8.34 โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุดที่สถานี 10 ในเดือนเมษายน และมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำสุดที่สถานี 2 ในเดือนกันยายน ซึ่งค่าเฉลี่ยในเดือนตุลาคมและเดือนพฤศจิกายนนั้น มีค่าสูงแตกต่างจากเดือนอื่น และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนตุลาคม (7.59) (ภาพ 6g) แต่เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตลอดการศึกษาในแต่ละสถานีพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพ 6h)

เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ทางกายภาพและเคมีโดยรวม พบว่า การเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละเดือน มีอิทธิพลทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคุณภาพน้ำในพารามิเตอร์ต่าง ๆ มากกว่าการเปลี่ยนแปลงของสถานีเก็บตัวอย่าง



ภาพ 6 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ทางกายภาพและเคมีในแหล่งน้ำ ตลอดการศึกษา

หมายเหตุ: a. ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำ ในช่วงเดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

b. ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำ ทั้ง 10 สถานี

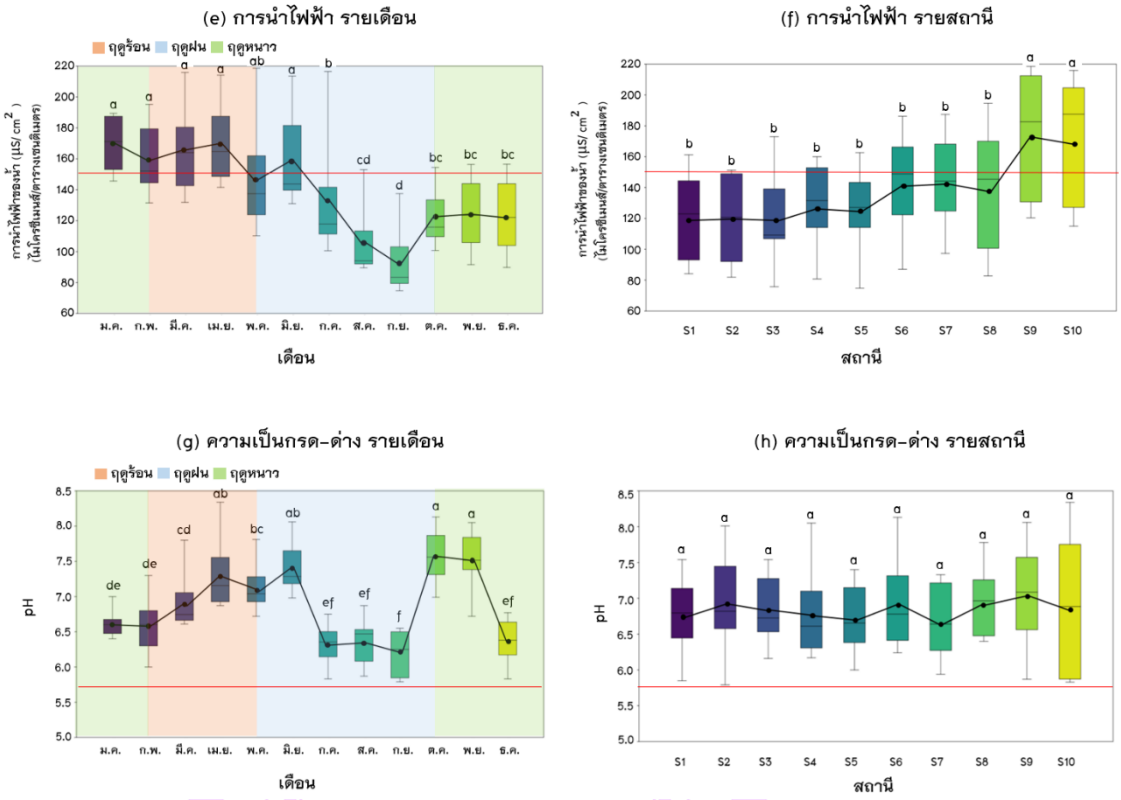
c. ค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำ ในช่วงเดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

d. ค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำ ทั้ง 10 สถานี

1. —●— แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูล

2. ——— แสดงระดับของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่เหมาะสม

3. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกัน แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)



ภาพ 6 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ทางกายภาพและเคมีในแหล่งน้ำ ตลอดการศึกษา (ต่อ)

หมายเหตุ: e. ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของน้ำ ในช่วงเดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

f. ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของน้ำ ทั้ง 10 สถานี

g. ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ในช่วงเดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

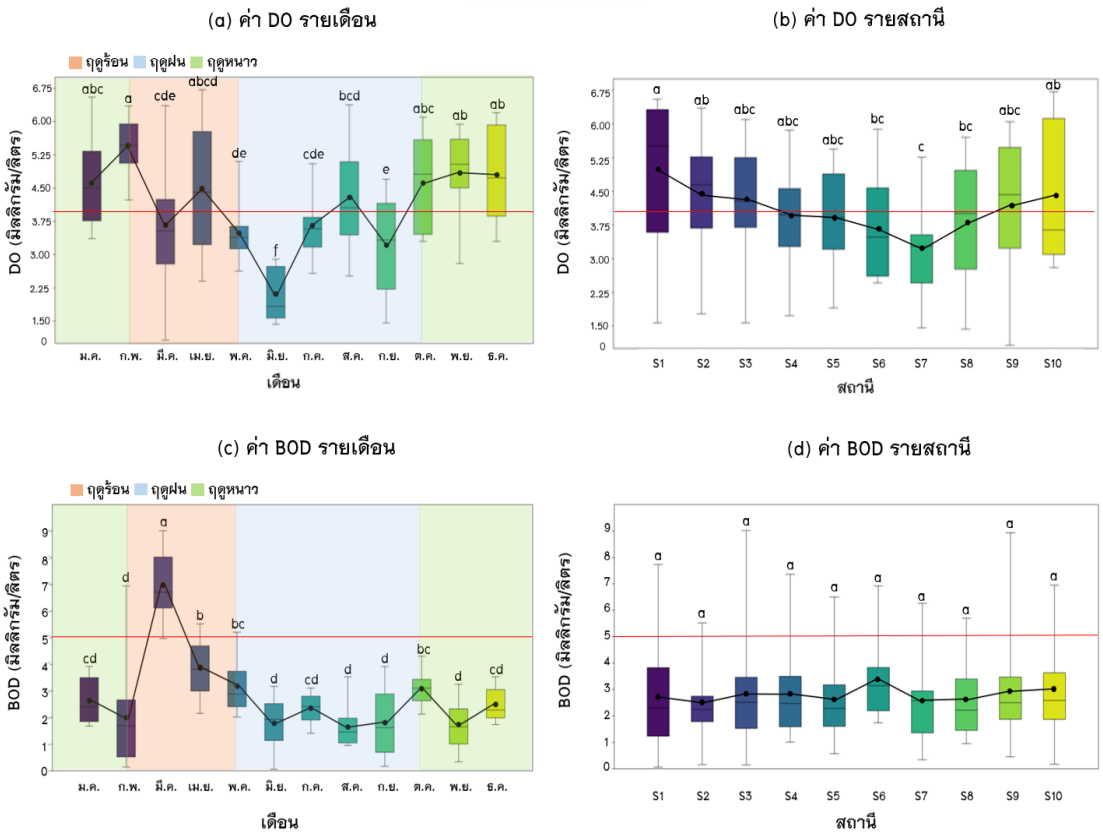
h. ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ทั้ง 10 สถานี

1. ——●—— แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูล
2. ——— แสดงระดับของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่เหมาะสม
3. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกัน แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)

2. ผลการศึกษาปริมาณออกซิเจนเพื่อบ่งบอกคุณภาพน้ำ

ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำทั้ง 10 สถานี ตลอดระยะเวลาการศึกษา มีค่าอยู่ในช่วง 1.07 – 6.72 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดที่สถานี 10 ในเดือนเมษายน และต่ำสุดที่สถานี 9 ในเดือนมีนาคม เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยโดยรวมที่เปรียบเทียบกันในแต่ละเดือน พบว่า เดือนกุมภาพันธ์มีค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงที่สุด (5.46 มิลลิกรัม/ลิตร) แตกต่างจากเดือนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ (ภาพ 7a) นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำตลอดการศึกษาในสถานี 1 ยังพบค่าสูงสุดแตกต่างจากสถานีอื่นอย่างมีนัยสำคัญด้วยเช่นกัน (4.99 มิลลิกรัม/ลิตร) (ภาพ 7b) ซึ่งจากภาพ 7b จะเห็นแนวโน้มที่ชัดเจนว่า ในอ่างเก็บน้ำทั้ง 2 แห่ง มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่สูงกว่าในคลองส่งน้ำ (สถานี 1, 2, 3, 8, 9 และ 10) ในการศึกษาค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.06 – 9.02 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุดที่สถานี 3 ในเดือนมีนาคม และต่ำสุดที่สถานี 1 ในเดือนมิถุนายน ซึ่งเดือนมีนาคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุดแตกต่างจากเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 6.97 มิลลิกรัม/ลิตร) (ภาพ 7c) อย่างไรก็ตาม จากวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เฉลี่ยของแต่ละสถานีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่สถานี 6 (3.36 มิลลิกรัม/ลิตร) และต่ำสุดที่สถานี 2 (2.48 มิลลิกรัม/ลิตร) (ภาพ 7d)

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้ปริมาณออกซิเจนเป็นเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในอ่างเก็บน้ำมีแนวโน้มที่สูงกว่าในคลองส่งน้ำอย่างชัดเจน ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างสถานีในการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และเมื่อพิจารณาตามช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำ พบว่า ในเดือนมีนาคมมีคุณภาพน้ำแย่ที่สุด โดยพบปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สูงกว่าเดือนอื่น ๆ มาก



ภาพ 7 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนเพื่อบ่งบอกคุณภาพน้ำ ตลอดการศึกษา

หมายเหตุ: a. ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

b. ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ทั้ง 10 สถานี

c. ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

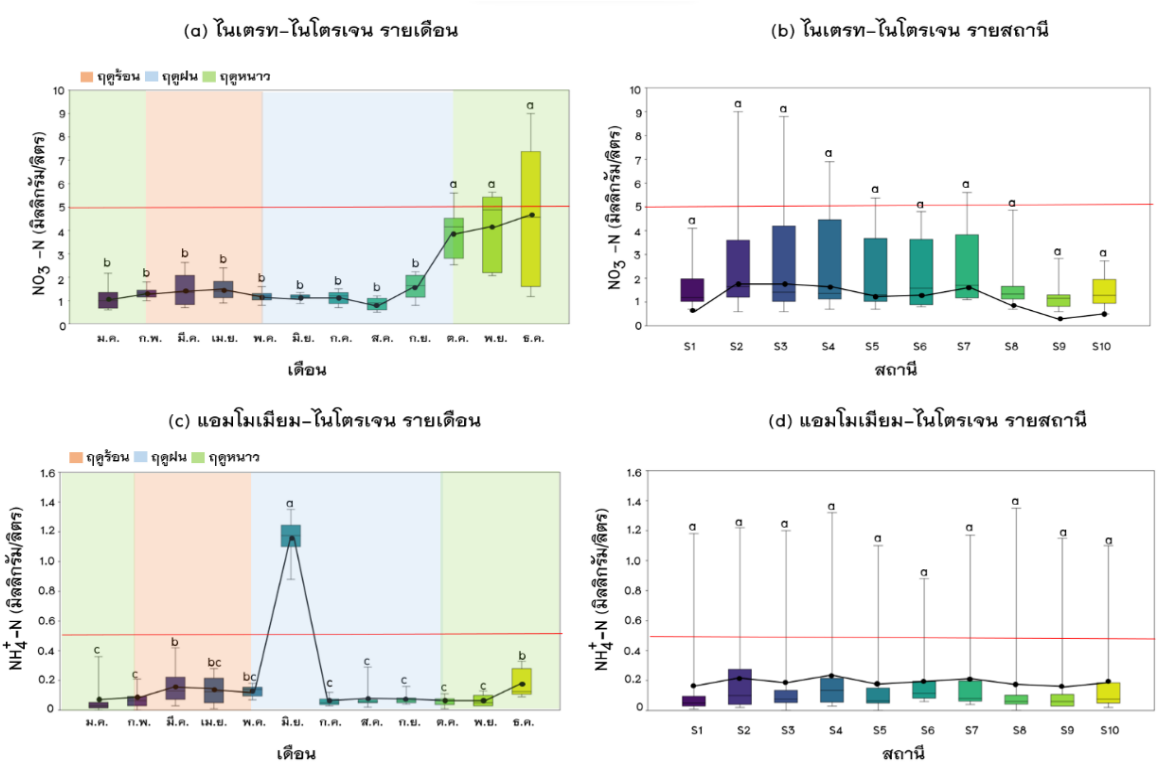
d. ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ 10 สถานี

1. —●— แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูล
2. ——— แสดงระดับของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่เหมาะสม
3. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกัน แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)

3. ผลการศึกษาปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ

ปริมาณสารอาหารไนเตรท–ไนโตรเจน (NO_3^-–N) ในแหล่งน้ำทั้ง 10 สถานี ตลอดระยะเวลาการศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 0.50 – 9.00 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุดที่สถานี 2 ในเดือนธันวาคม และมีค่าต่ำสุดที่สถานี 10 ในเดือนสิงหาคม โดยเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือน พบว่า ในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคมมีค่าเฉลี่ยสูงแตกต่างจากในเดือนอื่น ๆ อย่างชัดเจน โดยในเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยไนเตรท–ไนโตรเจนสูงสุด (4.75 มิลลิกรัม/ลิตร) (ภาพ 8a) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละสถานี ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม จากภาพ 8b จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า สถานีในกว๊านพะเยา (สถานี 8, 9 และ 10) ค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มต่ำกว่าในคลองส่งน้ำ เมื่อพิจารณาปริมาณสารอาหารแอมโมเนียม–ไนโตรเจน พบค่าอยู่ในช่วง 0 – 1.35 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าสูงสุด คือ สถานี 8 ในเดือนมิถุนายน และมีค่าต่ำสุด คือ สถานี 3, 8 ในเดือนมกราคม และสถานี 3, 5 ในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งค่าเฉลี่ยในเดือนมิถุนายนมีค่าแอมโมเนียม–ไนโตรเจนสูงสุดแตกต่างจากเดือนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ (1.17 มิลลิกรัม/ลิตร) (ภาพ 8c) ในส่วนของค่าแอมโมเนียม–ไนโตรเจนตลอดการศึกษาในแต่ละสถานี พบว่า มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สถานี 4 (0.23 มิลลิกรัม/ลิตร) และต่ำสุดที่สถานี 1 (0.15 มิลลิกรัม/ลิตร) โดยจากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าแอมโมเนียม–ไนโตรเจนเฉลี่ยจากแต่ละสถานี พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพ 8d) และเมื่อศึกษาปริมาณของสารอาหารออโธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.04 – 2.63 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าออโธฟอสเฟตสูงสุด คือ สถานี 7 ในเดือนสิงหาคม และมีค่าต่ำสุด คือ สถานี 9 ในเดือนกันยายน และสถานี 10 ในเดือนตุลาคม ซึ่งตลอดระยะเวลาการศึกษา พบค่าเฉลี่ยโดยรวมในเดือนสิงหาคมสูงสุดอย่างชัดเจน แตกต่างจากเดือนอื่น ๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.56 มิลลิกรัม/ลิตร) (ภาพ 8e) นอกจากนี้ ค่าออโธฟอสเฟตเฉลี่ยในสถานี 7 ยังพบว่า มีค่าสูงที่สุดแตกต่างจากสถานีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญอีกด้วย (0.55 มิลลิกรัม/ลิตร) (ภาพ 8f)

จากการศึกษาปริมาณสารอาหารทั้ง 3 ชนิด พบว่า ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างส่งผลต่อปริมาณสารอาหารแตกต่างกันไป คือ สารอาหารไนเตรท–ไนโตรเจน มีปริมาณสูงในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม ส่วนปริมาณสารอาหารแอมโมเนียม–ไนโตรเจน มีปริมาณสูงในช่วงเดือนมิถุนายน ในขณะที่ปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนสิงหาคม และเมื่อพิจารณาถึงตำแหน่งของสถานีเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน พบว่า ไม่ส่งผลต่อปริมาณสารอาหารไนเตรท–ไนโตรเจนและแอมโมเนียม–ไนโตรเจน อย่างไรก็ตามปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟตมีความแตกต่างทางสถิติ โดยสถานี 7 พบปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟตสูงที่สุด



ภาพ 8 ค่าเฉลี่ยปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำตลอดการศึกษา

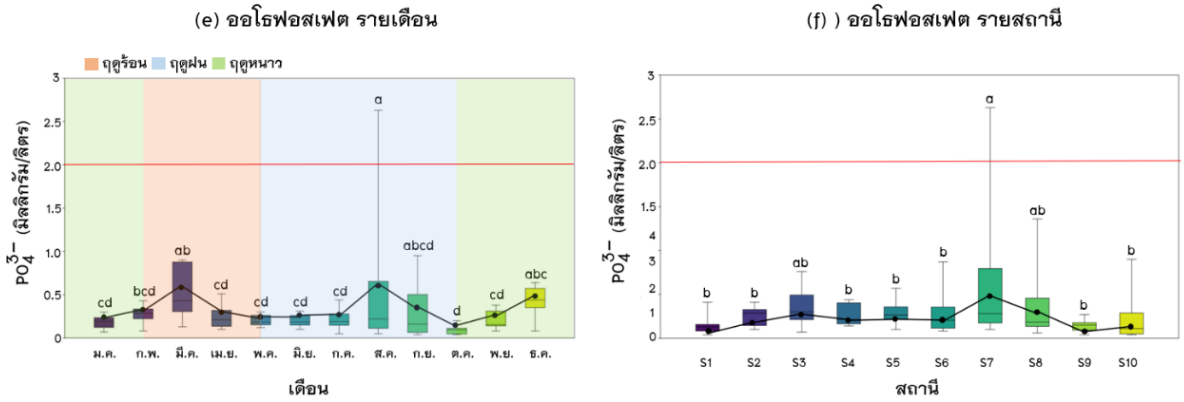
หมายเหตุ: a. ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรท–ไนโตรเจน เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

b. ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรท–ไนโตรเจน ทั้ง 10 สถานี

c. ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียม–ไนโตรเจนเดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

d. ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียม–ไนโตรเจน ทั้ง 10 สถานี

1. ——●—— แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูล
2. ——— แสดงระดับของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่เหมาะสม
3. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกัน แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)



ภาพ 8 ค่าเฉลี่ยปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำตลอดการศึกษา (ต่อ)

หมายเหตุ: e. ค่าเฉลี่ยปริมาณออโธฟอสเฟต เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

f. ค่าเฉลี่ยปริมาณออโธฟอสเฟต ทั้ง 10 สถานี

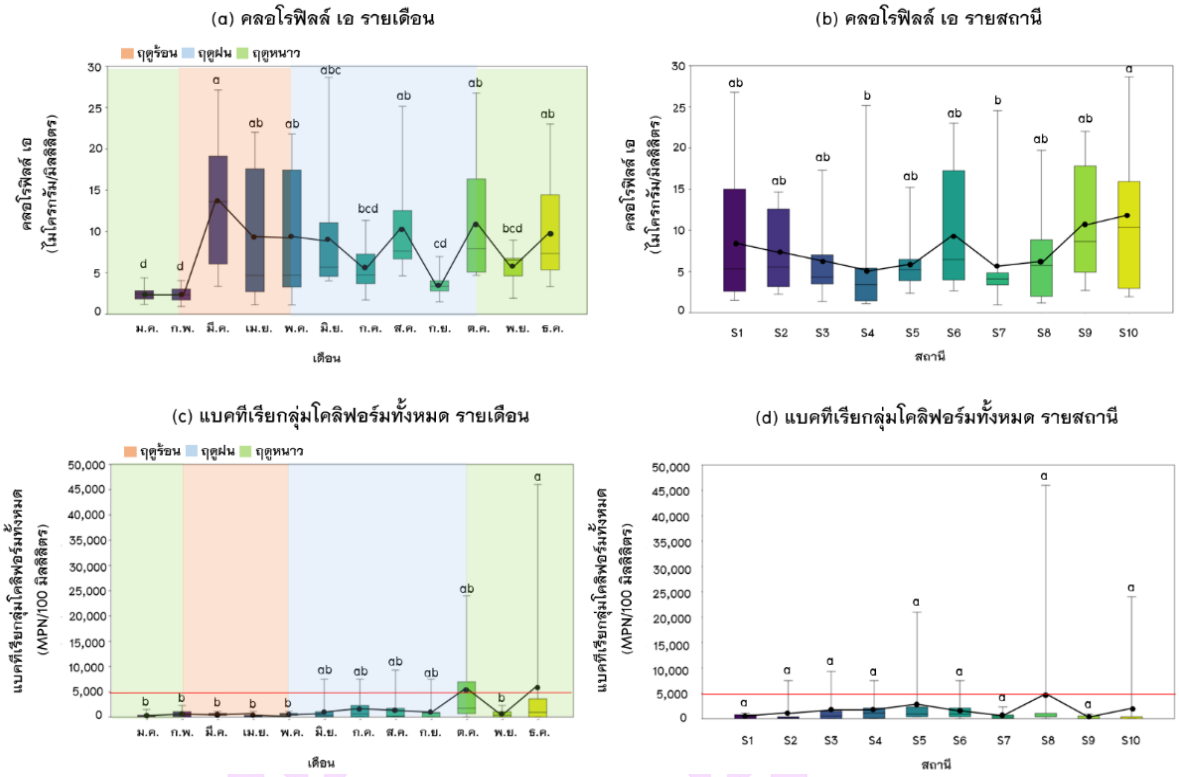
1. ——●—— แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูล
2. ——— แสดงระดับของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่เหมาะสม
3. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกัน แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)

4. ผลการศึกษาพารามิเตอร์ทางชีวภาพในแหล่งน้ำ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแหล่งน้ำทั้ง 10 สถานี พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.94 – 28.65 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยมีค่าคลอโรฟิลล์ เอ สูงสุดที่สถานี 10 ในเดือนมิถุนายน และมีค่าต่ำสุดที่สถานี 7 ในเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยโดยรวมในแต่ละเดือน พบว่า เดือนมีนาคมมีค่าคลอโรฟิลล์ เอ สูงสุด (13.68 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) แตกต่างจากเดือนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพ 9a) และตลอดการศึกษาค่าเฉลี่ยในแต่ละสถานี พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยสูงสุดในสถานี 10 (ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ย 11.82 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งจากวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า สถานี 10 และ 9 มีค่าสูงสุดตามลำดับ (ภาพ 9b) โดยบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณท่าเทียบเรือของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำ และฟากกว๊านพะเยาบริเวณที่พบการทำเกษตรกรรม ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่สูงในบริเวณกว๊านพะเยา บ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำ เมื่อศึกษาปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0 – 46,000 MPN/100

มิลลิลิตร ซึ่งมีค่าปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงสุดที่สถานี 8 ในเดือนธันวาคม และยังพบค่าเฉลี่ยโดยรวมในเดือนธันวาคมสูงสุด (5,966 MPN/100 มิลลิลิตร) แตกต่างจากเดือนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ (ภาพ 9c) อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ยในแต่ละสถานี พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่สามารถพบค่าปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุดในสถานี 8 (4,418 MPN/100 มิลลิลิตร) ซึ่งเป็นบริเวณทางน้ำเข้าของกว๊านพะเยาที่ใกล้จุดพักผ่อนชุมชน พบเศษขยะและการตกปลา จึงอาจพบการปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำ ในส่วนของการศึกษาปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม พบค่าอยู่ในช่วง 0 – 9,300 MPN/100 มิลลิลิตร โดยมีค่าปริมาณแบคทีเรียฟีคอลโคลิฟอร์มสูงสุดที่สถานี 3 ในเดือนสิงหาคม และสถานี 10 ในเดือนตุลาคม เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยโดยรวมที่ในแต่ละเดือน พบแนวโน้มที่เหมือนกับปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด กล่าวคือ เดือนตุลาคมและเดือนธันวาคมมีค่าสูงแตกต่างจากเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพ 9e) ค่าปริมาณแบคทีเรียฟีคอลโคลิฟอร์มตลอดการศึกษาในแต่ละสถานี พบว่า ค่าปริมาณแบคทีเรียฟีคอลโคลิฟอร์มเฉลี่ยสูงสุดในสถานี 5 (1,214 MPN/100 มิลลิลิตร) และต่ำสุดในสถานี 9 (151 MPN/100 มิลลิลิตร) เช่นเดียวกับแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเฉลี่ยในแต่ละสถานีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับค่าปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (ภาพ 9f)

เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทางชีวภาพทั้ง 3 ชนิด พบว่า ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดและปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ในช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างน้ำที่แตกต่างกันในเดือนธันวาคมมีปริมาณสูงอย่างชัดเจน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในแต่ละสถานี พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในสถานี 10 มีค่าสูงสุด อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มในระหว่างสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 10 สถานี



ภาพ 9 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ทางชีวภาพในแหล่งน้ำตลอดการศึกษา

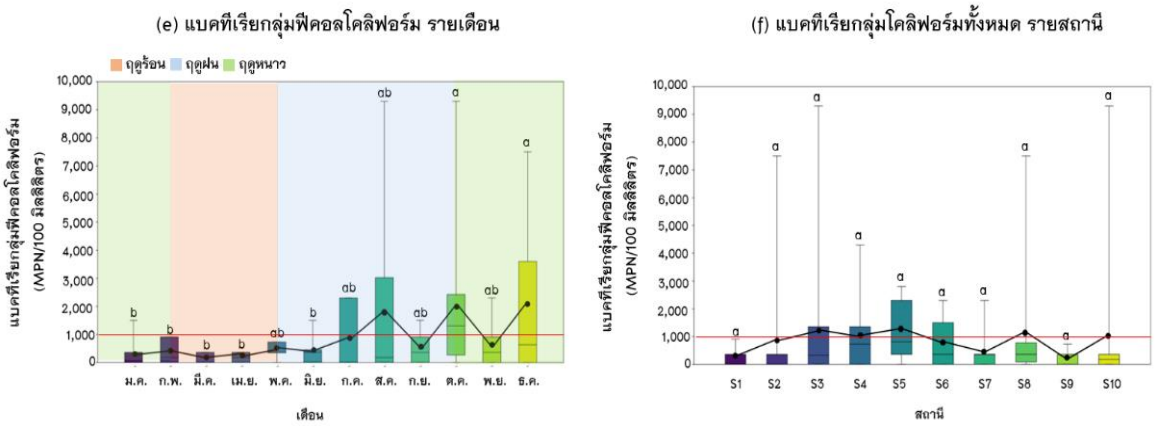
หมายเหตุ: a. ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

b. ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ทั้ง 10 สถานี

c. ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดเดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

d. ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด ทั้ง 10 สถานี

1. —●— แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูล
2. ——— แสดงระดับของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่เหมาะสม
3. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกัน แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)



ภาพ 10 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ทางชีวภาพในแหล่งน้ำตลอดการศึกษา

หมายเหตุ: e. ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

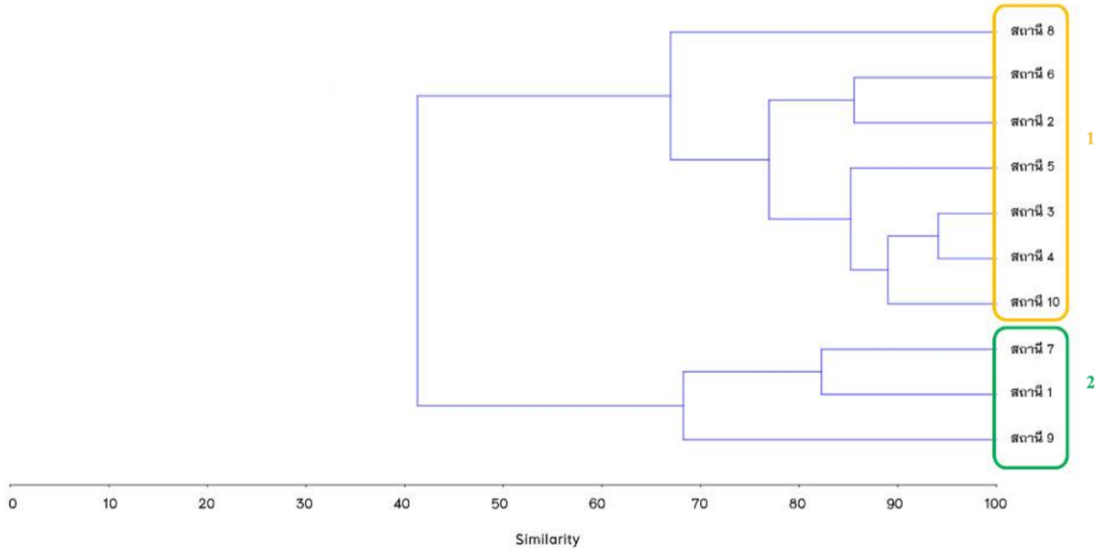
f. ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ทั้ง 10 สถานี

1. ——●—— แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูล
2. ——— แสดงระดับของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่เหมาะสม
3. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกัน แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)

ผลการจัดกลุ่มแหล่งน้ำตามความเหมือน (similarity) ของพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำ

เนื่องจากการศึกษานี้ ได้เก็บตัวอย่างน้ำในแหล่งน้ำที่แตกต่างกันถึง 10 สถานี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสถานีเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ จึงทำการวิเคราะห์ Bray–Curtis Cluster เพื่อเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของพารามิเตอร์ทางคุณภาพน้ำของพื้นที่ศึกษา จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ทางคุณภาพน้ำในแต่ละสถานีตลอดการศึกษา สามารถแสดงให้เห็นความเหมือนกัน (similarity) และจัดกลุ่มได้ทั้งหมด 2 กลุ่ม (ภาพ 10) คือ กลุ่ม 1 ได้แก่ สถานี 2, 3, 4, 5, 6, 8, และ 10 ประกอบไปด้วยสถานีที่ตั้งอยู่บริเวณหนองเล็งทรายและคลองส่งน้ำ ตลอดจนบริเวณกว๊านพะเยา ส่วนในกลุ่ม 2 ได้แก่ สถานี 1, 7, และ 9 ประกอบไปด้วยสถานีที่ตั้งอยู่บริเวณทางน้ำเข้าของหนองเล็งทราย, คลองส่งน้ำ และกว๊านพะเยาบางส่วน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากผลการจัดกลุ่มสถานีดังกล่าว และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์น้ำทั้ง 12 ชนิด (ตาราง 3) จากสถานีทั้ง 2

กลุ่ม พบว่า สถานีในกลุ่ม 2 มีพารามิเตอร์คุณภาพน้ำหลายชนิดที่ส่วนมากจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับสถานีบางแหล่งในกลุ่ม 1 ยกเว้นพารามิเตอร์ 2 ชนิด คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มที่แตกต่างจากสถานีในกลุ่ม 1 อย่างชัดเจน (ตาราง 3) โดยพารามิเตอร์ทั้ง 2 ชนิด แสดงค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าสถานีอื่นในกลุ่ม 1 อย่างเห็นได้ชัด จึงอาจสรุปได้ว่า บริเวณทางน้ำเข้าของหนองเส็งทราย, คลองส่งน้ำใกล้เขตชุมชนบางจุด และกว๊านพะเยาบางส่วน จะได้รับผลกระทบของปัจจัยทางด้านคุณภาพน้ำในด้านของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มที่ต่ำกว่าสถานีบริเวณอื่น ๆ



ภาพ 11 การวิเคราะห์กลุ่มของพารามิเตอร์น้ำจากทั้ง 10 สถานี

หมายเหตุ: ผลการวิเคราะห์ในช่วงเดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565 แสดงโดยวิธี Bray–Curtis Cluster analysis

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำตลอดการศึกษาทั้ง 10 สถานี

สถานี	DO	BOD	TCB	FCB	NH_4^+–N	NO_3^-–N	PO_4^{3-}	Chl a	pH	EC	Temp	Turb
1	4.99	2.74	**363.33**	**241.67**	0.15	1.56	0.16	8.59	6.76	121.34	28.32	71.84
2	4.45	2.48	911.67	806.67	0.22	2.56	0.25	7.43	6.93	121.43	28.53	95.21
3	4.30	2.83	1846.67	1185.83	0.18	2.55	0.35	6.30	6.86	121.13	27.93	176.65
4	3.93	2.81	1701.67	1009.17	0.23	2.44	0.27	5.13	6.80	128.66	27.12	131.08
5	3.89	2.62	2823.33	1214.17	0.17	2.07	0.28	5.84	6.71	126.28	27.61	147.90
6	3.67	3.36	1466.67	753.33	0.19	2.12	0.29	9.35	6.94	142.91	27.40	82.64
7	3.22	2.58	**534.17**	**402.50**	0.20	2.42	0.55	5.64	6.67	143.98	27.67	75.47
8	3.79	2.62	4418.33	1072.50	0.17	1.74	0.37	6.26	6.95	139.86	29.18	43.48
9	4.19	2.93	**197.50**	**150.83**	0.16	1.26	0.14	10.80	7.07	173.86	29.21	17.98
10	4.42	2.99	2225.83	970.83	0.19	1.42	0.21	11.82	6.89	169.73	27.90	51.67

หมายเหตุ: DO แสดง ค่าของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)

BOD แสดง ค่าของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลาย (มิลลิกรัม/ลิตร)

TCB แสดง ค่าของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (MPN/100 มิลลิลิตร)

FCB แสดง ค่าของปริมาณแบทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มิลลิลิตร)

NH_4^+–N แสดง ค่าของปริมาณสารอาหารไนเตรท–ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร)

NO_3^-–N แสดง ค่าของปริมาณสารอาหารแอมโมเนียม–ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร)

PO_4^{3-} แสดง ค่าของปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟต (มิลลิกรัม/ลิตร)

Chl a แสดง ค่าของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

pH แสดง ค่าความเป็นกรด–ด่างของน้ำ

EC แสดง ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (ไมโครซีเมนส์/ตารางเซนติเมตร)

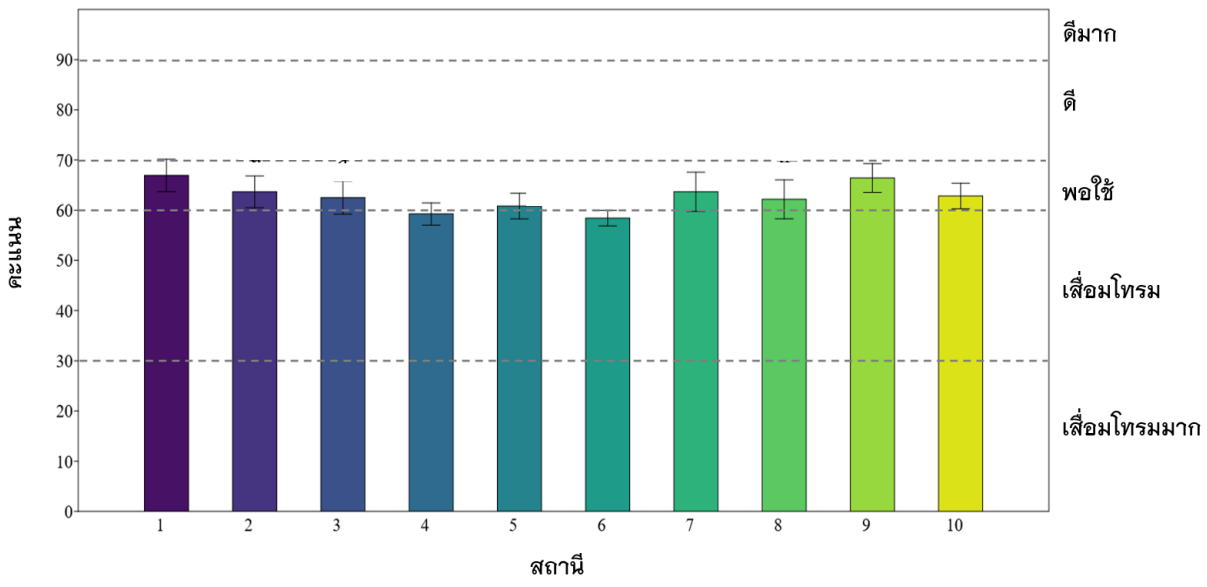
Temp แสดง ค่าอุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)

Turb แสดง ค่าความขุ่นของน้ำ

ผลการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ

1. ผลการประเมินดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน

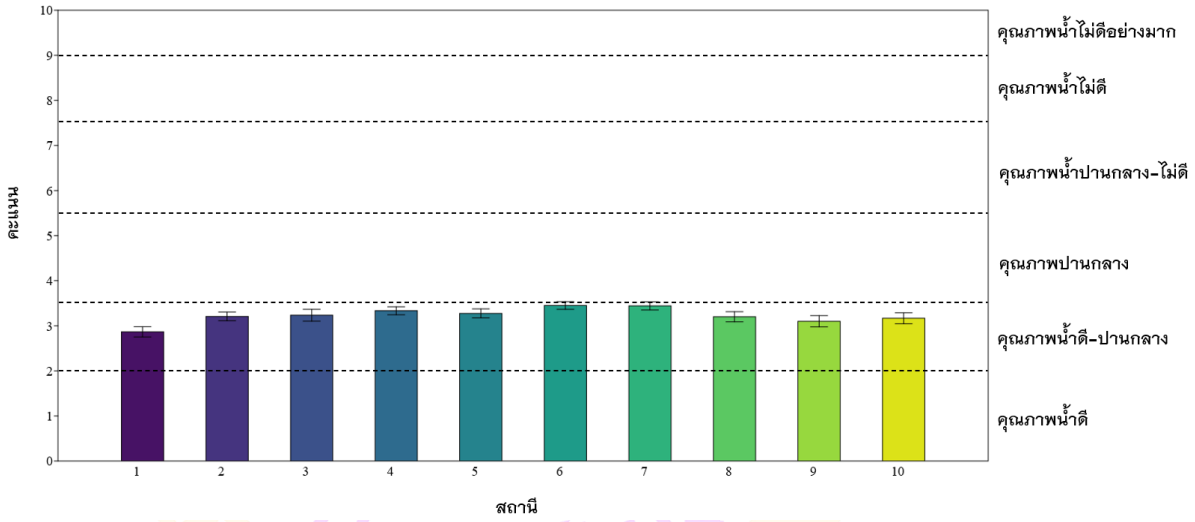
การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (Water Quality Index: WQI) ของกรมควบคุมมลพิษ พิจารณาพารามิเตอร์ทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการ จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ, ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์, ค่าปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด, ค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลทั้งหมด และค่าปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ตลอดการศึกษาในช่วงเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพน้ำจากทุกสถานีโดยรวมจัดอยู่ในคุณภาพน้ำระดับพอใช้ จัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ยกเว้นสถานี 4 และ 6 จัดอยู่ในระดับเสื่อมโทรม จัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 4 โดยสถานี 1 ได้รับการประเมินคะแนนของคุณภาพน้ำสูงสุด (67 คะแนน) รองลงมา ได้แก่ สถานี 9 (66 คะแนน) สถานี 2, 7 (64 คะแนน) สถานี 3, 10 (63 คะแนน) สถานี 8 (62 คะแนน) สถานี 5 (61 คะแนน) สถานี 4 (59 คะแนน) และสถานี 6 (58 คะแนน) ตามลำดับ (ภาพ 11) เมื่อพิจารณาพบว่า ผลการประเมินดัชนีคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน จากสถานี 6 ซึ่งเป็นบริเวณคลองส่งน้ำ ได้รับการประเมินคะแนนต่ำสุด สอดคล้องกับดัชนีความหลากหลาย Shannon's diversity index และ Simpson's index ที่ได้ค่าต่ำสุดเช่นกัน จึงพอสรุปได้ว่า แหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำต่ำสามารถส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ได้



ภาพ 12 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพน้ำแหลงน้ำผิวดิน

2. ผลการประเมินระดับคุณภาพน้ำด้วยวิธีการทางกายภาพเคมี

การประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธี AARL-PC SCORE ตลอดการศึกษา โดยพิจารณาจากค่าออกซิเจนละลายน้ำ, ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์, ค่าการนำไฟฟ้า, ค่าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน, ค่าปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน และค่าปริมาณออโธฟอสเฟตฟอสฟอรัส ตลอดการศึกษาในช่วงเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 พบว่า สถานี 6 ได้รับการประเมินคะแนนของคุณภาพน้ำสูงสุด แสดงถึงคุณภาพน้ำแย่กว่าสถานีอื่น ๆ (3.5 คะแนน) รองลงมา ได้แก่ สถานี 7 (3.4 คะแนน) สถานี 4, 5 (3.3 คะแนน) สถานี 2, 3, 8, 10 (3.2 คะแนน) สถานี 9 (3.1 คะแนน) และสถานี 1 (2.9 คะแนน) ตามลำดับ (ภาพ 12) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกันในแต่ละสถานี พบว่าคุณภาพน้ำในทุกสถานีโดยรวมจัดอยู่ในระดับ oligo-mesotrophic มีสารอาหารน้อยถึงปานกลาง หรือคุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง



ภาพ 13 ผลการประเมินระดับคุณภาพน้ำด้วยวิธีการทางกายภาพเคมี

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกัน แสดงถึงมีความความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการประเมินระดับคุณภาพน้ำด้วยวิธีการทางกายภาพเคมี (AARL-PC SCORE) และผลการประเมินดัชนีคุณภาพน้ำแหลงน้ำผิวดิน (WQI) ซึ่งใช้พารามิเตอร์คุณภาพน้ำในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน พบว่า ผลการประเมินคุณภาพน้ำทั้งสอง

ในภาพรวม ได้ผลคุณภาพน้ำดีปานกลางหรือพอใช้ โดยมีผลการวิเคราะห์ WQI บางสถานีที่ถูกประเมินในระดับเสื่อมโทรม

ผลการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ในแหล่งน้ำ

1. ผลการศึกษาชนิดและปริมาณของสาหร่าย

ผลการศึกษาจำนวนเซลล์สาหร่ายเดสมิดส์ทั้งหมดตลอดการศึกษาระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 ทั้ง 10 สถานี พบว่า สถานีที่เป็นบริเวณอ่างเก็บน้ำซึ่งเป็นแหล่งน้ำลักษณะน้ำนิ่ง (หนองเล็งทรายและกว๊านพะเยา) มีปริมาณของสาหร่ายเดสมิดส์ทั้งหมดสูงกว่าสถานีที่เป็นบริเวณคลองส่งน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำลักษณะน้ำไหล โดยเฉพาะในสถานีที่ 10 มีจำนวนเซลล์สูงสุดอยู่ที่ 6,266,792 เซลล์/ลิตร รองลงมาคือ สถานี 9 จำนวน 6,100,122 เซลล์/ลิตร สถานี 1 จำนวน 2,766,722 เซลล์/ลิตร สถานี 2 จำนวน 2,316,713 เซลล์/ลิตร สถานี 3 จำนวน 2,216,711 เซลล์/ลิตร สถานี 8 จำนวน 2,000,040 เซลล์/ลิตร สถานี 4 จำนวน 1,366,694 เซลล์/ลิตร สถานี 7 จำนวน 1,266,692 เซลล์/ลิตร สถานี 6 จำนวน 1,000,020 เซลล์/ลิตร และสถานี 5 จำนวน 933,352 เซลล์/ลิตร ตามลำดับ (ภาพ 13)

เมื่อเรียงลำดับตามปริมาณความหนาแน่นเซลล์ที่พบ ชนิดที่มีปริมาณมากที่สุดคือ *Closterium acutum var. variabile* พบปริมาณเซลล์รวมทั้งสิ้น 6,966,806 เซลล์/ลิตร พบปริมาณเยอะที่สุด ถือเป็นชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์ที่สุด (Abundance species) รองลงมาคือ *Staurastrum bloklandiae* พบปริมาณ 2,350,047 เซลล์/ลิตร, *S. tetracerum* พบปริมาณ 1,883,371 เซลล์/ลิตร , *S. cingulum var. obesum* พบปริมาณ 1,666,700 เซลล์/ลิตร, *Closterium gracile var. elongatum* พบปริมาณ 1,383,361เซลล์/ลิตร, *C. idiosporum var. punctatum* พบปริมาณ 1,283,359 เซลล์/ลิตร และ *C. limneticum* พบปริมาณ 1,233,358 เซลล์/ลิตร ส่วนชนิดที่เหลือพบในปริมาณที่น้อยกว่า 1 ล้านเซลล์/ลิตร

นอกจากนี้ เมื่อศึกษาองค์ประกอบของสายพันธุ์สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์จากทั้ง 10 สถานี ในภาพรวมพบว่า สกุลที่พบบ่อยในแต่ละสถานี คือ สกุล *Closterium* และสกุล *Straurastrum* ซึ่งตลอดการศึกษาในครั้งนี้พบสาหร่ายเดสมิดส์ทั้งหมด 10 สกุล (ภาพ 14) ได้แก่

Actinotaenium

Closterium

Cosmarium

Euastrum

Gonatozygon

Micrasterias

Roya

Spondylosium

Staurastrum

Staurodesmus

โดยมีรายละเอียดดังนี้

สถานี 1 พบ สกุล*Staurastrum* มากที่สุดจำนวน 9 ชนิด, รองลงมา คือ สกุล *Closterium* จำนวน 8 ชนิด, สกุล*Cosmarium* จำนวน 8 ชนิด, สกุล*Staurodesmus* 3 ชนิด, สกุล *Euastrum* จำนวน 1 ชนิด และ สกุล*Gonatozygon* จำนวน 1 ชนิด ตามลำดับ

สถานี 2 พบ สกุล*Staurastrum* มากที่สุดจำนวน 8 ชนิด, รองลงมาคือ สกุล *Closterium* จำนวน 4 ชนิด, สกุล*Cosmarium* จำนวน 4 ชนิด, สกุล*Actinotaenium* จำนวน 2 ชนิด และ สกุล *Euastrum* จำนวน 1 ชนิด ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบสกุลสาหร่ายเดสมิดส์ที่พบในสถานี 2 กับการศึกษาเพิ่มเติมบริเวณป่าไคร้ของหนองเล็งทราย ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2565 (ภาพ 32, 33) พบสกุลที่เหมือนกันคือ สกุล*Cosmarium, Closterium, Euastrum* และ *Staurastrum* อย่างไรก็ตาม ในบริเวณป่าไคร้สามารถพบสกุลเพิ่มเติมได้ *Pleurotaenium* และ *Staurodesmus*

สถานี 3 พบสกุล *Staurastrum* มากที่สุดจำนวน 8 ชนิด, รองลงมาคือ สกุล *Closterium* จำนวน 3 ชนิด, สกุล *Cosmarium* จำนวน 2 ชนิด, สกุล *Euastrum* จำนวน 1 ชนิด และสกุล *Gonatozygon* จำนวน 1 ชนิด ตามลำดับ

สถานี 4 พบ สกุล *Staurastrum* มากที่สุดจำนวน 9 ชนิด, รองลงมาคือ สกุล *Closterium* จำนวน 8 ชนิด, สกุล *Cosmarium* จำนวน 1 ชนิด และสกุล *Euastrum* จำนวน 1 ชนิด ตามลำดับ

สถานี 5 พบ สกุ *Staurastrum* มากที่สุดจำนวน 5 ชนิด, รองลงมาคือ สกุล *Closterium* จำนวน 4 ชนิด และ สกุล *Euastrum* จำนวน 1 ชนิด

สถานี 6 พบ สกุล *Closterium* มากที่สุดจำนวน 6 ชนิด, รองลงมาคือ สกุล *Staurastrum* จำนวน 2 ชนิด ตามลำดับ

สถานี 7 พบ สกุล *Closterium* มากที่สุดจำนวน 10 ชนิด, รองลงมาคือ สกุล *Staurastrum* จำนวน 3 ชนิด, สกุล *Gonatozygon* จำนวน 1 ชนิด และสกุล *Micrasterias* จำนวน 1 ชนิด ตามลำดับ

สถานี 8 พบ สกุล *Closterium* มากที่สุดจำนวน 10 ชนิด, รองลงมาคือ สกุล *Staurastrum* จำนวน 1 ชนิด ตามลำดับ

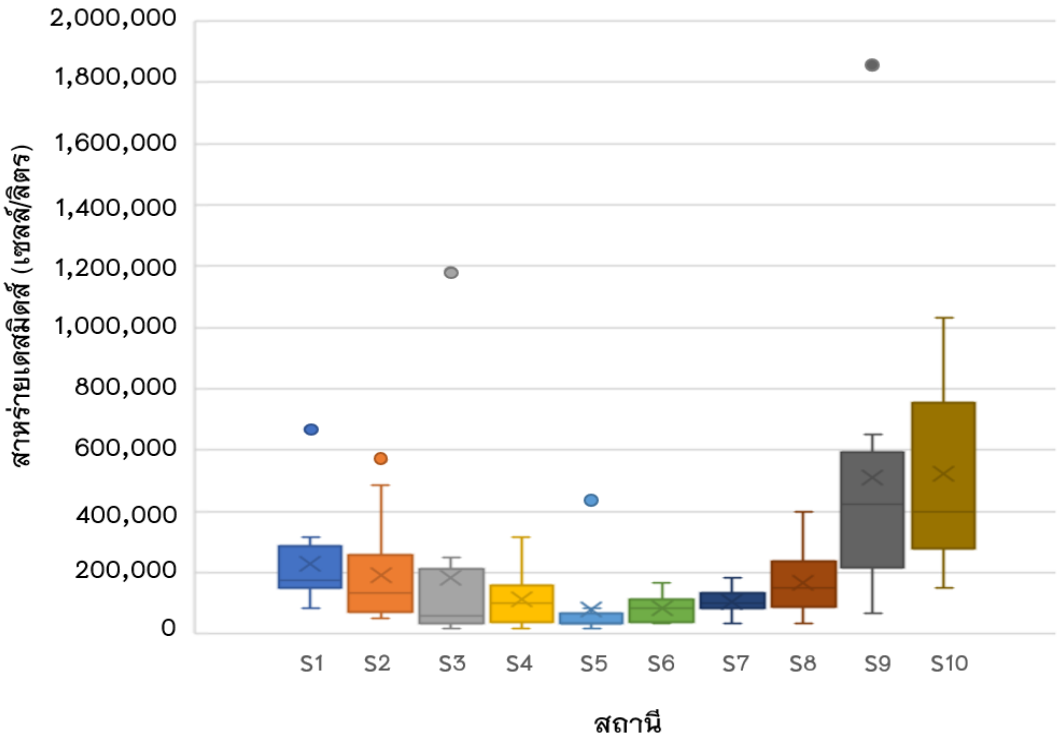
สถานี 9 พบ สกุล *Staurastrum* และ *Closterium* มากที่สุดจำนวน 9 ชนิด, รองลงมาคือ สกุล *Cosmarium* จำนวน 6 ชนิด, สกุล *Roya* จำนวน 1 ชนิด และสกุล *Euastrum* จำนวน 1 ชนิด ตามลำดับ

สถานี 10 พบ สกุล *Staurastrum* และ *Closterium* มากที่สุดจำนวน 10 ชนิด, รองลงมาคือ สกุล *Cosmarium* จำนวน 6 ชนิด, สกุล *Spondylosium* จำนวน 1 ชนิด และสกุล *Euastrum* จำนวน 1 ชนิด ตามลำดับ

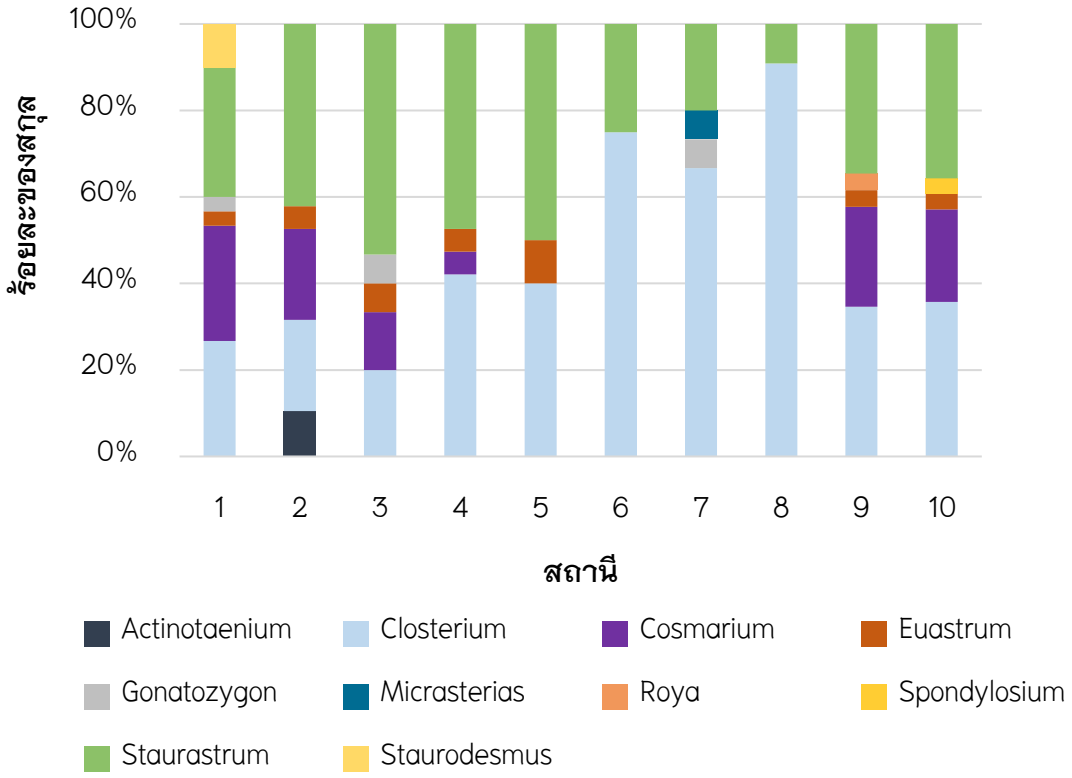
เมื่อพิจารณาภาพ 13 พบว่า สกุล *Closterium* มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามลำดับ ตั้งแต่สถานี 3 บริเวณทางน้ำออกจากหนองเล็งทราย จนถึงสถานี 8 บริเวณทางน้ำเข้ากว๊านพะเยา ซึ่งใกล้บริเวณโดยชนิดที่มีปริมาณมากที่สุดและพบได้บ่อย คือ *Closterium acutum* var. *variabile* และพบปริมาณเซลล์รวมในสถานี 3 น้อยสุด แต่เริ่มเพิ่มจำนวนมากขึ้นในสถานีต่อไป ซึ่งบริเวณตั้งแต่สถานี 3 – 8 นั้นตั้งอยู่ในตำแหน่งคลองน้ำไหลใกล้เขตชุมชน และมีแนวโน้มของคุณภาพน้ำที่แย่กว่าบริเวณอ่างเก็บน้ำ จากผลการศึกษาพารามิเตอร์น้ำ พบว่า ในสถานีช่วงคลองส่งน้ำดังกล่าว มีค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำบางชนิดที่แตกต่าง เช่น ค่าเฉลี่ยความขุ่นเริ่มสูงที่สถานี 3 (ภาพ 6b), สารอาหารบางชนิดที่สูง (ภาพ 8), ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (ภาพ 7b) และค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทร์ในแหล่งน้ำสูง (ภาพ 7d) จึงอาจบอกได้ว่า สาหร่ายในสกุล *Closterium* เช่น *Closterium acutum* var. *variabile* เป็นสาหร่ายที่สามารถเจริญเติบโตและทนต่อน้ำคุณภาพแย่ได้ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาสกุล *Cosmarium* จะเห็นว่า ไม่สามารถพบได้ในช่วงสถานี 5 – 8 โดยจากตาราง 4 แสดงชนิดที่มีปริมาณมากที่สุดและพบได้บ่อยในสกุลดังกล่าว คือ *Cosmarium clepsydra* ซึ่งไม่สามารถพบจำนวนเซลล์ในสถานี 3–8 ได้เช่นกัน อาจบ่งบอกถึงสาหร่ายเดสมิดส์ที่มีความไวต่อมลพิษและสามารถทนต่อมลภาวะได้ในระดับต่ำ เนื่องจากบริเวณสถานี 3 – 8 เป็นบริเวณคลองน้ำไหล และอยู่ใกล้เขตชุมชนจึงอาจมีสิ่งปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำได้ อย่างไรก็ตาม สกุล *Micrasterias* ในการศึกษานี้ พบชนิดพันธุ์เดียว คือ *Micrasterias laticeps* สามารถพบเพียงบริเวณสถานี 7 ซึ่งบริเวณดังกล่าวสามารถพบ ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด–ด่างต่ำสุด (ภาพ 6h), ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิจนละลายน้ำต่ำสุด (ภาพ 7b) และ ค่าเฉลี่ยปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟตสูงที่สุดแตกต่างจากสถานีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ (ภาพ 8f)

จากการสังเกตุในภาพรวม พบว่า จำนวนเซลล์/ลิตร ของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ทั้งหมดที่พบในบริเวณอ่างเก็บน้ำหนองเล็งทรายและกว๊านพะเยา (สถานี 1, 2, 3, 9 และ 10)

มีปริมาณสูงอย่างชัดเจน นอกจากนี้ ยังพบสกุลที่หลากหลายกว่าบริเวณคลองส่งน้ำอีกด้วย (สถานี 4 – 8) โดยบริเวณอ่างเก็บน้ำสามารถพบสาหร่ายได้ 5 – 6 สกุล แต่บริเวณคลองส่งน้ำจะสามารถพบสาหร่ายเพียง 2 – 4 สกุล



ภาพ 14 จำนวนสาหร่ายเดสมิดส์ทั้งหมด (เซลล์/ลิตร) ของแต่ละสถานี



ภาพ 15 ร้อยละองค์ประกอบของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ในแต่ละสถานี

ผลการศึกษาชนิดและปริมาณ (เซลล์/ลิตร) ของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์จากหนองเล็งทรายถึงกว๊านพะเยาตลอดระยะเวลาการศึกษา จัดอยู่ใน Division Chlorophyta พบทั้งหมด 10 สกุล 70 ชนิด โดยแบ่งเป็น 4 วงศ์ (ตาราง 4) ได้แก่ Mesotaeniaceae พบ 1 สกุล คือ *Roya* 1 ชนิด (1.40%) Gonatozygaceae พบ 1 สกุล ได้แก่ *Gonatozygon* 1 ชนิด (1.40%) Closteriaceae พบ 1 สกุล พบ *Closterium* 18 ชนิด (25.35%) และ Desmidiaceae พบ 7 สกุล และพบทั้งสิ้น 50 ชนิด ได้แก่ *Actinotaenium* 2 ชนิด (2.81%), *Cosmarium* 20 ชนิด (28.16%), *Euastrum* 1 ชนิด (1.40%), *Micrasterias* 1 ชนิด (1.40%), *Spondylosium* 1 ชนิด (1.40%), *Staurastrum* 21 ชนิด (29.57%) และ *Staurodesmus* 4 ชนิด (5.63%)

รูปลักษณะของชนิดพันธุ์สาหร่ายเดสมิดส์ทั้งหมดแสดงดังภาพ 15 โดยสามารถระบุชื่อชนิดพันธุ์ได้ทั้งหมด 70 ชนิด และระบุไม่ได้จำนวน 1 ชนิด ซึ่งชนิดพันธุ์เด่นที่พบในการศึกษาครั้งนี้คือ *Closterium acutum* var. *variabile* โดยจัดเป็นชนิดพันธุ์ที่มีการกระจายตัวสูง ซึ่งสามารถพบบ่อย–พบได้บ่อยมาก (common–abundant) หรือมี relative frequency สูงตั้งแต่ 65% ขึ้นไปตลอดการศึกษา ได้แก่

Closterium acutum var. variabile

Staurastrum bloklandiae

Closterium gracile

Closterium limneticum

Staurastrum tetracerum

Closterium moniliferum

Euastrum biverrucosum

รองลงมาคือ ชนิดพันธุ์ที่พบการกระจายตัวต่ำปานกลาง (moderately common) หรือ relative frequency 31 – 64 % ได้แก่

Closterium ehrenbergii,

Closterium gracile var. *elongatum,*

Closterium praelongum

Staurastrum chaetoceras

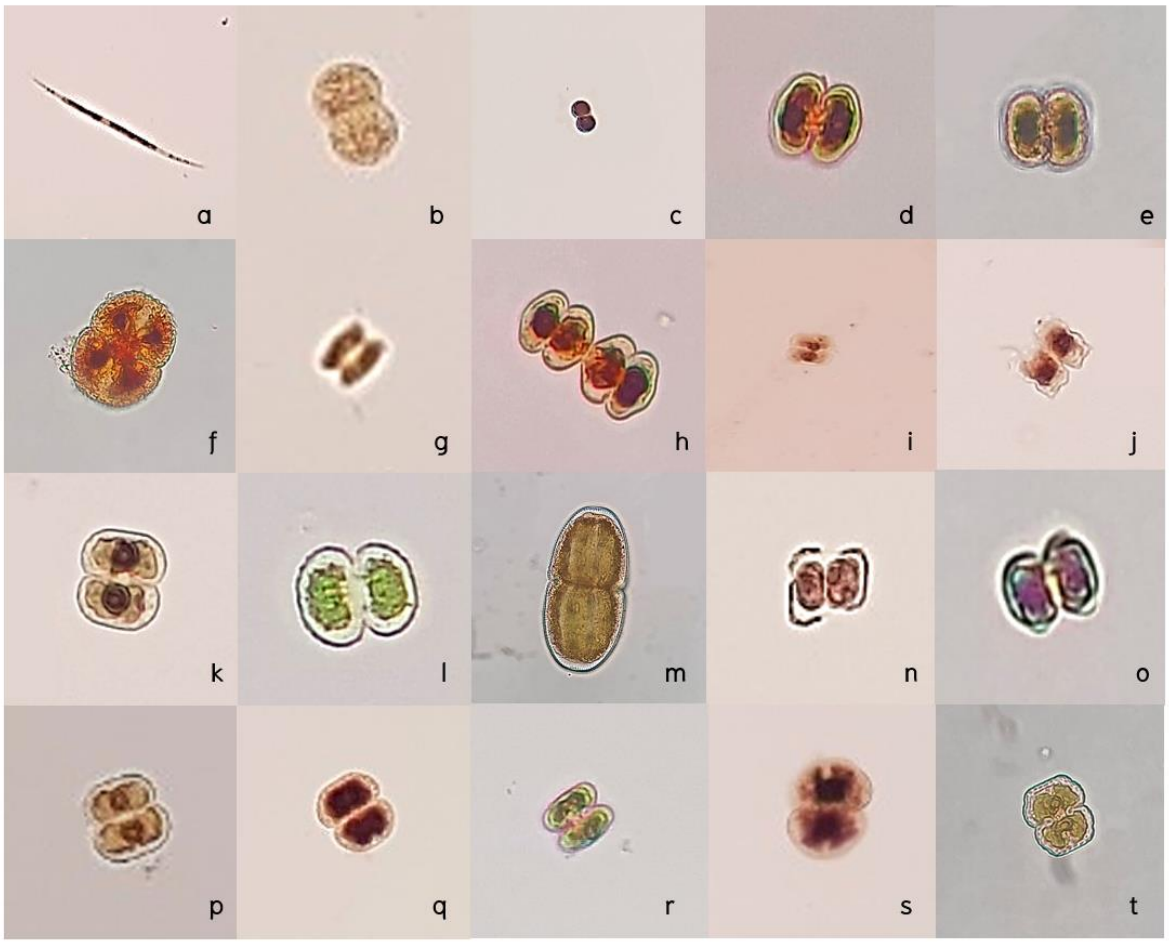
Staurastrum cingulum var. *obesum*

Staurastrum limneticum

Staurastrum multinodulosum

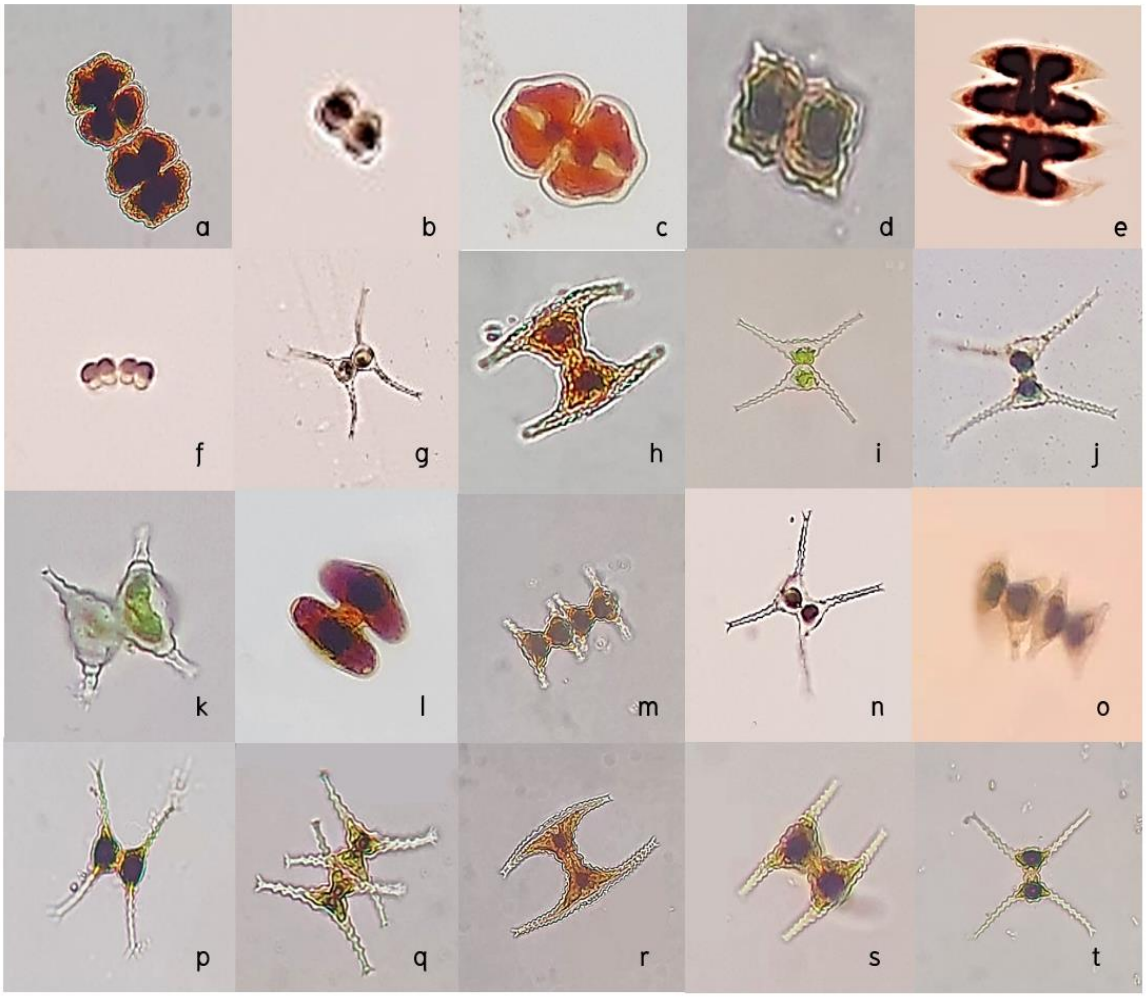
ภาพ 16 สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบตลอดการศึกษา

หมายเหตุ: (a) *Roya pseudoclosterium*, (b) *Gonatozygon kinahanii*, (c) *Closterium acerosum*, (d) *C.* var. *variabile*, (e) *C. cornu*, (f) *C. dianae*, (g) *C. ehrenbergii*, (h) *C. gracile*, (i) *C gracile* var. *elongatum*, (k) *C. idiosporum* var. *punctatum*, (l) *C. kuetzingii*, (m) *C. rectimarginatum* f. *indicum*, (n) *C. limneticum*, (o) *C.* (p) *C. parvulum*, (q) *C. praelongum*, (r) *C. pronum*, (s) *C. pseudolunula*, (t) *C.*



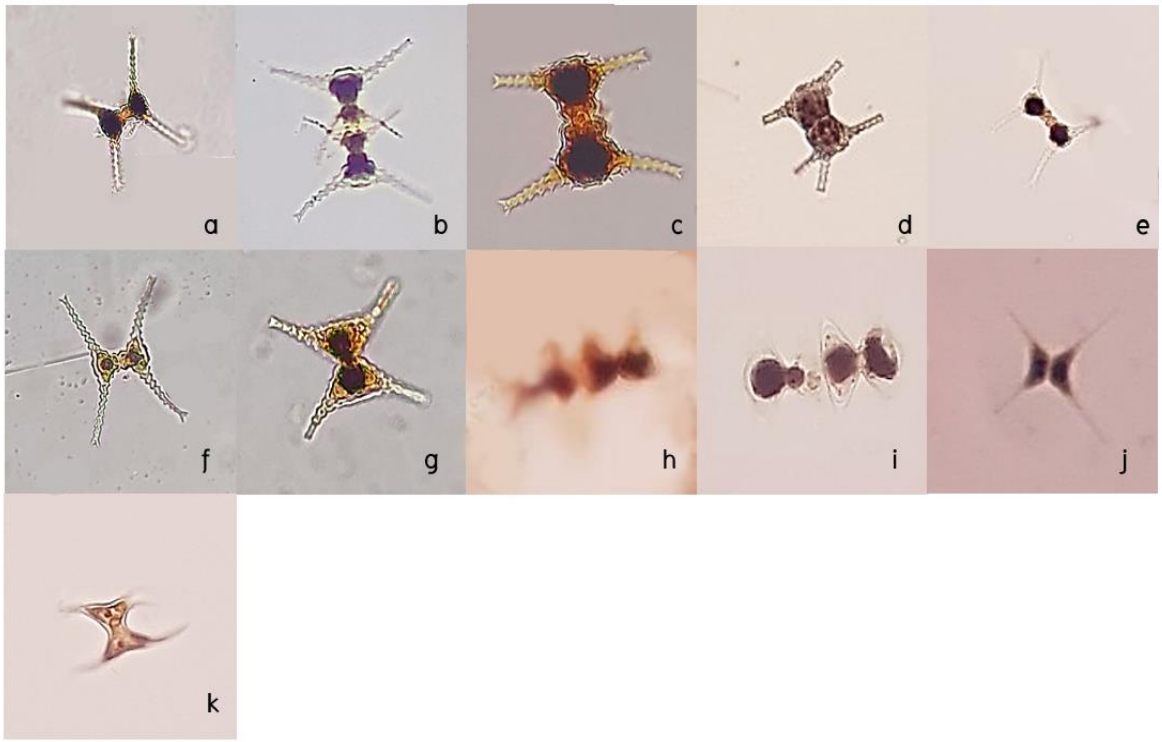
ภาพ 15 สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบตลอดการศึกษา (ต่อ)

หมายเหตุ: (a) *Closterium subulatum*, (b) *Actinotaenium cucurbita*, (c) *A. globosum*, (d) *Cosmarium abbreviatum*, (e) *C. bioculatum*, (f) *C. Botrytis*, (g) *C. capitulum*, (h) *C. clepsydra*, (i) *C. depressum*, (j) *C. dilatatum*, (k) *C. distentum*, (l) *C. doidgei var. depressum*, (m) *C. javanicum*, (n) *C. norimbergense var. depressum*, (o) *C. praecisum*, (p) *C. punctulatum*, (q) *C. punctulatum var. subpunctulatum*, (r) *C. pygmaeum*, (s) *C. rectangulare*, (t) *C. Regnellii*



ภาพ 15 สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบตลอดการศึกษา (ต่อ)

หมายเหตุ: (a) *Cosmarium sportella var. subnudum*, (b) *C.*, (c) *C. subexcavatum var. ordinatum*, (d) *Euastrum biverrucosum*, (e) *Micrasterias laticeps*, (f) *Spondylosium panduriforme*, (g) *Staurastrum americanum*, (h) *S. arachne*, (i) *S. bloklandiae*, (j) *S. chaetoceras*, (k) *S. cingulum var. obesum*, (l) *S. coarctatum* (m) *S. crenulatum*, (n) *S. floriferum*, (o) *S. hexacerum*, (p) *S. limneticum*, (q) *S. levanderi*, (r) *S. longibrachiatum*, (s) *S. manfeldtii*, (t) *S. multinodulosum*



ภาพ 15 สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบตลอดการศึกษา (ต่อ)

หมายเหตุ: (a) *Staurastrum octoverrucosum var. simplicius*, (b) *S. pingue*, (c) *S. pingue var. planctonicum*, (d) *S. planctonicum*, (e) *S. playfairi*, (f) *S. reductum*, (g) *S. tetracerum*, (h) *Staurodesmus leptodermus*, (i) *Sta. mucronatus*, (j) *Sta. omearae*, (k) *Sta. triangularis var. indentatus*

ตาราง 4 ชนิดพันธุ์สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบทั้ง 10 สถานี ตลอดการศึกษา

ชื่อชนิด	ความถี่สัมพัทธ์	สถานี (เซลล์/ลิตร)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mesotaeniaceae											
Roya pseudoclosterium (J.Roy) WestandG.S.West	10	0	0	0	0	0	0	0	0	50,001	0
Gonatozygaceae											
Gonatozygon kinahanii (W.Archer) Rabenhorst	30	16,667	0	100,002	0	0	0	50,001	0	0	0
Closteriaceae											
Closterium acerosum Ehrenberg ex Ralfs	40	66668	0	0	0	0	0	0	33,334	16,667	83,335
Closterium acutum var. *variabile* (Lemmermann) Willi Krieger	100	300,006	816,683	150,003	416,675	250,005	450,009	300,006	800,016	2,250,045	1,233,358
Closterium cornu Ehrenberg ex Ralfs	10	0	0	0	0	0	33,334	0	0	0	0
Closterium dianae Ehrenberg ex Ralfs	10	0	0	0	33,334	0	0	0	0	0	0
Closterium ehrenbergii Meneghini ex Ralfs	60	250,005	0	0	16,667	0	0	33,334	66,668	116,669	16,667
Closterium gracile Brébisson ex Ralfs	80	116,669	0	0	100,002	33,334	33,334	66,668	133,336	400,008	50,001
Closterium gracile var. elongatum West and G.S.West	50	0	0	0	0	0	33,334	33,334	13,3336	133,336	1050,021
Closterium idiosporum var. punctatum Willi Krieger	40	100,002	166,670	0	0	0	0	0	0	450,009	566,678

ตาราง 4 ชนิดพันธุ์สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบทั้ง 10 สถานี ตลอดการศึกษา (ต่อ)

ชื่อชนิด	ความถี่สัมพัทธ์	สถานี (เซลล์/ลิตร)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Closterium kuetzingii Brébisson	20	0	0	116,669	83,335	0	0	0	0	0	0
Closterium rectimarginatum f. *indicum* J.P.Keshri and D.Das	10	0	0	33,334	0	0	0	0	0	0	0
Closterium limneticum Lemmermann	80	66,668	0	0	66,668	200,004	133,336	116,669	433,342	166,670	50,001
Closterium moniliferum Ehrenberg ex Ralfs	70	216,671	33,334	0	50,001	0	100,002	183,337	83,335	0	50,001
Closterium parvulum Nägeli	10	0	0	0	0	0	0	66,668	0	0	0
Closterium praelongum Brébisson	50	116,669	0	0	0	16,667	0	66,668	0	100,002	50,001
Closterium pronum Brébisson	20	0	0	0	0	0	0	0	33,334	816,683	0
Closterium pseudolunula O.Borge	20	0	0	0	0	0	0	66668	83335	0	0
Closterium Nitzsch ex Ralfs	20	0	33,334	0	50,001	0	0	0	0	0	0
Closterium subulatum (Kützing) Brébisson	30	0	0	0	0	0	0	33,334	83,335	0	66,668
Desmidiaceae											
Actinotaenium cucurbita (Brébisson ex Ralfs) Teiling	10	0	33,334	0	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง 4 ชนิดพันธุ์สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบทั้ง 10 สถานี ตลอดการศึกษา (ต่อ)

ชื่อชนิด	ความถี่สัมพัทธ์	สถานี (เซลล์/ลิตร)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Actinotaenium globosum (Bulnheim) Kurt Förster ex Compère	10	0	50,001	0	0	0	0	0	0	0	0
Cosmarium abbreviatum Raciborski	10	0	50,001	0	0	0	0	0	0	0	0
Cosmarium bioculatum Brébisson ex Ralfs	10	0	0	0	0	0	0	0	0	33,334	0
Cosmarium botrytis Meneghini ex Ralfs	10	33,334	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cosmarium capitulum J.Roy and Bisset	10	0	0	0	0	0	0	0	0	33,334	0
Cosmarium clepsydra Nordstedt	30	50,001	83,335	0	0	0	0	0	0	50,001	0
Cosmarium depressum Bailey	20	0	0	66,668	0	0	0	0	0	33,334	0
Cosmarium dilatatum Lütkemüller	20	33,334	0	0	0	0	0	0	0	0	100,002
Cosmarium distentum (G.S.West) Coesel and Meesters	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100,002
Cosmarium doidgei var. *depressum* Coesel and Van Geest	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83,335
Cosmarium javanicum Nordstedt	10	0	0	0	0	0	0	0	50,001	0	0

ตาราง 4 ชนิดพันธุ์สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบทั้ง 10 สถานี ตลอดการศึกษา (ต่อ)

ชื่อชนิด	ความถี่สัมพัทธ์	สถานี (เซลล์/ลิตร)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cosmarium norimbergense var. *depressum* (West and G.S.West) Willi Krieger and Gerloff	20	0	33,334	0	0	0	0	0	0	0	33,334
Cosmarium praecisum O.Borge	20	83,335	0	0	0	0	0	0	0	83,335	0
Cosmarium punctulatum Brébisson	10	0	0	0	0	0	0	0	0	50,001	0
Cosmarium punctulatum var. *subpunctulatum* (Nordstedt) Børgesen	10	33,334	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cosmarium pygmaeum W.Archer	20	50,001	33,334	0	0	0	0	0	0	0	0
Cosmarium rectangulare Grunow	10	150,003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cosmarium regnellii Wille	20	0	0	33,334	0	0	0	0	0	0	33,334
Cosmarium sportella var. *subnudum* West and G.S.West	10	0	0	0	33,334	0	0	0	0	0	0
Cosmarium Corda ex Ralfs	10	33,334	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cosmarium subexcavatum var. *ordinatum* West and G.S.West	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,334
Euastrum biverrucosum Gontcharov and M.M.Watanabe	70	50,001	66,668	33,334	66,668	50,001	0	0	0	16,667	216,671

ตาราง 4 ชนิดพันธุ์สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบทั้ง 10 สถานี ตลอดการศึกษา (ต่อ)

ชื่อชนิด	ความถี่สัมพัทธ์	สถานี (เซลล์/ลิตร)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Micrasterias laticeps Nordstedt	10	0	0	0	0	0	0	16,667	0	0	0
Spondylosium panduriforme (Heimerl) Teiling	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66,668
Staurastrum americanum (West and G.S.West) G.M.Smith	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,334
Staurastrum arachne Ralfs ex Ralfs	10	0	0	0	0	0	0	0	0	83,335	0
Staurastrum bloklandiae Coesel and Joosten	100	283,339	216,671	100,002	50,001	83,335	150,003	16,667	150,003	516,677	783,349
Staurastrum chaetoceras (Schröder) G.M.Smith	40	33,334	0	0	100,002	33,334	0	0	0	0	66,668
Staurastrum levanderi Grönblad	20	50,001	66,668	0	0	0	0	0	0	0	0
Staurastrum longibrachiatum West and G.S.West	10	0	0	0	33,334	0	0	0	0	0	0
Staurastrum manfeldtii Delponte	40	16,667	33,334	0	0	0	0	0	0	83,335	50,001
Staurastrum multinodulosum Grönblad	60	33,334	33,334	33,334	50,001	100,002	0	0	0	0	83,335
Staurastrum octoverrucosum var. *simplicius* A.M.Scott and Grönblad	10	0	0	183337	0	0	0	0	0	0	0

ตาราง 4 ชนิดพันธุ์สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบทั้ง 10 สถานี ตลอดการศึกษา (ต่อ)

ชื่อชนิด	ความถี่สัมพัทธ์	สถานี (เซลล์/ลิตร)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Staurastrum cingulum var. *obesum* G.M.Smith	60	216,671	200,004	100,002	66,668	0	0	0	0	316,673	766,682
Staurastrum coarctatum Brébisson	10	0	0	0	0	66,668	0	0	0	0	0
Staurastrum crenulatum (Nägeli) Delponte	10	0	0	50,001	0	0	0	0	0	0	0
Staurastrum floriferum West and G.S.West	20	0	0	0	50,001	0	0	0	0	0	33,334
Staurastrum hexacerum Wittrock	10	0	0	0	0	0	0	50,001	0	0	0
Staurastrum limneticum Schmidle	50	16,667	66,668	266,672	0	0	0	83,335	0	66,668	0
Staurastrum pingue Teiling	10	0	0	0	0	0	0	0	0	66,668	0
Staurastrum reductum (Messikommer) Coesel	30	33,334	0	0	0	0	0	0	0	33,334	100,002
Staurastrum tetracerum Ralfs ex Ralfs	80	200,004	266,672	916,685	33,334	50,001	66,668	0	0	66,668	283,339
Staurodesmus leptodermus (P.Lundell) Teiling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Staurastrum pingue var. *planctonicum* (Teiling) Coesel and Meesters	20	0	33,334	0	16,667	0	0	0	0	0	0

ตาราง 4 ชนิดพันธุ์สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบทั้ง 10 สถานี ตลอดการศึกษา (ต่อ)

ชื่อชนิด	ความถี่สัมพัทธ์	สถานี (เซลล์/ลิตร)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Staurastrum planctonicum Teiling	30	0	0	33,334	0	0	0	0	0	66,668	183,337
Staurastrum playfairi A.M.Scott and Prescott	10	0	0	0	50,001	0	0	0	0	0	0
Staurodesmus mucronatus (Nägeli) Thomasson	10	33,334	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Staurodesmus omearae (W.Archer) Teiling	10	50,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Staurodesmus triangularis var. *indentatus* Coesel	10	33,334	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2. ผลการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์

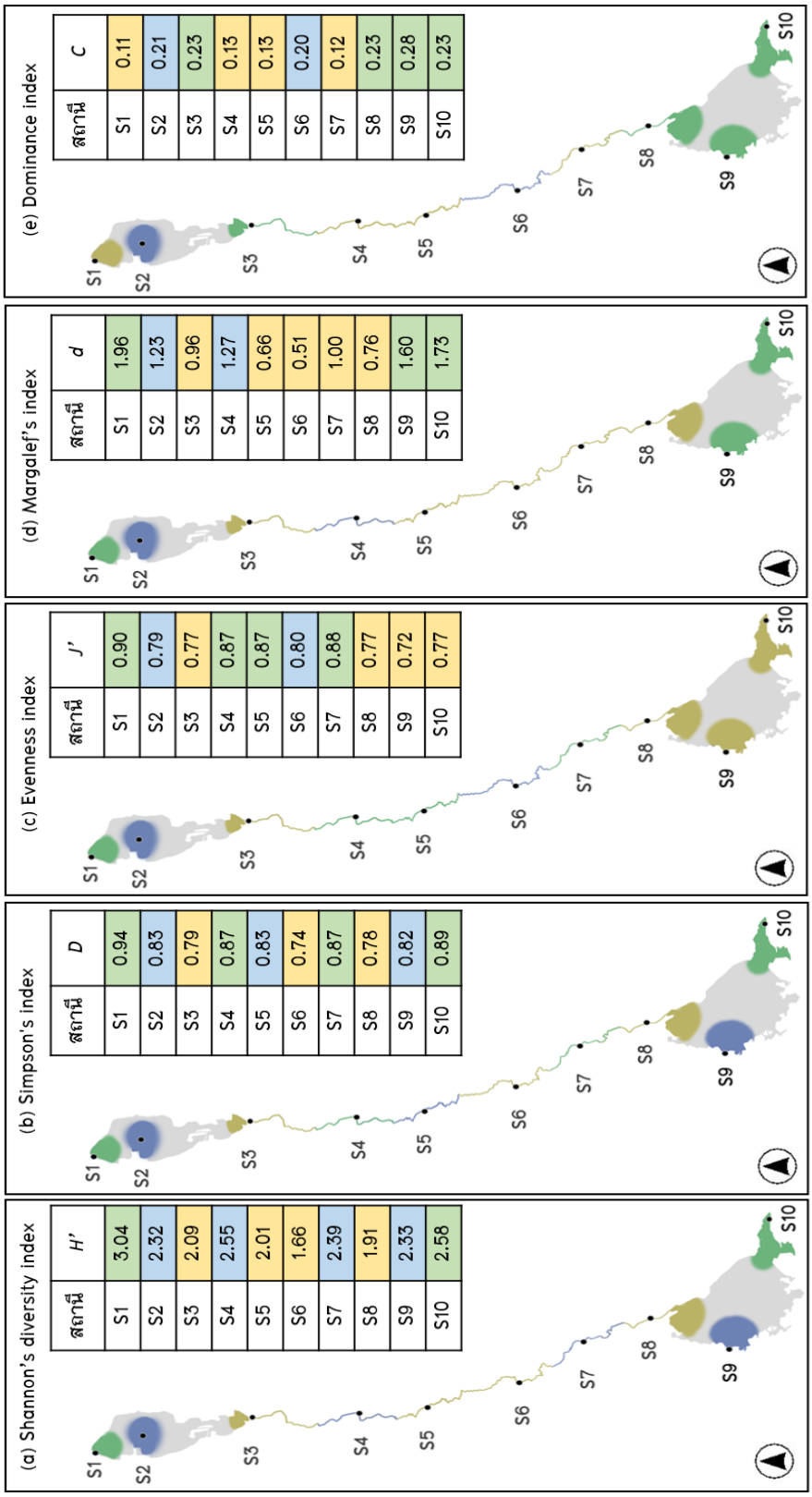
ผลการศึกษาค่าดัชนีที่ใช้ในการอธิบายความหลากหลายของสาหร่ายเดสมิดส์ จากสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมด ระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 แสดงดังภาพ 14

การศึกษาดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของชุมชนสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ในพื้นที่ศึกษา พบดัชนี Shannon's diversity index มีค่าตั้งแต่ 1.66 – 3.04 โดยพบค่าสูงสุดในสถานี 1 ซึ่งเป็นบริเวณทางน้ำเข้าสู่หนองเล็งทราย รองลงมาคือ สถานี 10 (2.58) สถานี 4 (2.55) สถานี 7 (2.39) สถานี 9 (2.33) สถานี 2 (2.32) สถานี 3 (2.09) สถานี 5 (2.01) สถานี 8 (1.91) และสถานี 6 (1.66) ตามลำดับ (ภาพ 16a) เมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีความหลากหลาย Simpson's index ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.74 – 0.94 พบว่า มีค่าสูงสุดอยู่ที่สถานี 1 (0.94) เช่นกัน รองลงมาคือ สถานี 10 (0.89) สถานี 4, 7 (0.87) สถานี 2,5 (0.83) สถานี 9 (0.82) สถานี 3 (0.79) สถานี 8 (0.78) และสถานี 6 (0.74) ตามลำดับ โดยหากค่าเข้าใกล้ 1 จะแสดงถึงการมีความหลากหลายทางชีวภาพมาก (ภาพ 16b) ผลการศึกษาดัชนีความหลากหลายทั้ง 2 ชนิด แสดงผลสถานีที่มีความหลากหลายสูงใกล้เคียงกัน

การศึกษาดัชนีความสม่ำเสมอ Evenness index เพื่อดูความสม่ำเสมอของการแพร่กระจายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษา โดยหาก Evenness index มีค่าสูง แสดงว่า สาหร่ายเดสมิดส์มีการกระจายชนิดพันธุ์อย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ศึกษา ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีค่าตั้งแต่ 0.72 – 0.90 โดยพบค่าสูงสุดที่สถานี 1 รองลงมาคือ สถานี 7 (0.88) สถานี 4, 5 (0.87) สถานี 6 (0.80) สถานี 2 (0.79) สถานี 3, 8, 10 (0.77) และ สถานี 9 (0.72) ตามลำดับ (ภาพ 16c) บ่งบอกว่า Evenness index ในบริเวณทางน้ำเข้าหนองเล็งทราย (สถานี 1) และคลองส่งน้ำ (สถานี 4–7) มีค่าที่สูงกว่าบริเวณกว๊านพะเยา บริเวณดังกล่าวในภาพรวมสามารถพบความเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์น้ำ ซึ่ง Evenness index จะมีค่าสูงเมื่อค่าการนำไฟฟ้าต่ำ ค่าความขุ่นสูง และปริมาณสารอาหารไนเตรท–ไนโตรเจนสูง จึงอาจส่งผลต่อการกระจายของสาหร่ายเดสมิดส์แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ Evenness index ยังมีสามารถใช้อธิบายลักษณะทางนิเวศควบคู่กับค่าดัชนีความหลากหลายได้ รวมถึง Margalef's index ยังสามารถนำมาอธิบายคู่ควบกับ Evenness index เพื่อพิจารณาความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ศึกษาได้อีกด้วย เมื่อพิจารณาสถานี 1 พบว่ามีค่าดัชนีความหลากหลายสูงที่สุด และมีค่า Evenness index กับ Margalef's index สูงด้วยเช่นกัน สาเหตุมาจากสัดส่วนจำนวนสาหร่ายเดสมิดส์ในแต่ละชนิดพันธุ์มีการแพร่กระจายอย่างสม่ำเสมอ โดย Margalef's index เป็นดัชนีความมากชนิดดัชนีหนึ่ง (species richness) แสดงถึงจำนวนชนิดที่พบในพื้นที่ศึกษา เป็นตัวชี้วัดจำนวนของสายพันธุ์ที่พบในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าตั้งแต่ 0.66 – 1.96 โดยพบ

ค่าสูงสุดที่สถานี 1 รองลงมาคือ สถานี 10 (1.73) สถานี 9 (1.60) สถานี 4 (1.27) สถานี 2 (1.23) สถานี 7 (1.00) สถานี 3 (0.96) สถานี 8 (0.76) สถานี 5 (0.66) และสถานี 6 (0.51) ตามลำดับ (ภาพ 14d) เมื่อพิจารณา Dominance index ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้วัดการมีอิทธิพลของชนิดพันธุ์เด่นของสาหร่ายในกลุ่มประชากร และสามารถใช้บ่งบอกได้ถึง การมีจำนวนชนิดพันธุ์สาหร่ายเดสมิดส์ที่โดดเด่นบางชนิดสูงในพื้นที่ศึกษา ในการศึกษาครั้งนี้ Dominance index มีค่าตั้งแต่ 0.11–0.28 โดยพบค่าสูงสุดที่สถานี 9 รองลงมาคือ สถานี 3, 8, 10 (0.23) สถานี 2 (0.21) สถานี 6 (0.20) สถานี 4, 5 (0.13) สถานี 7 (0.12) และสถานี 1 (0.11) (ภาพ 16e) เมื่อพิจารณาสถานี 1 พบว่ามีค่าดัชนีอื่น ๆ สูงสุดยกเว้น Dominance index แสดงว่า สถานี 1 มีชนิดพันธุ์และการแพร่กระจายของสาหร่ายเดสมิดส์สูง แต่มีจำนวนของชนิดพันธุ์เด่นน้อย

จากผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีข้างต้น จึงพอสรุปได้ว่า บริเวณอ่างเก็บน้ำมีความหลากหลาย (Shannon's diversity index/ Simpson's index) และจำนวนชนิดพันธุ์ (Margalef's index) มากกว่าคลองส่งน้ำ นอกจากนี้ในคลองส่งน้ำในภาพรวมจะพบความสม่ำเสมอของชนิดพันธุ์สูง (Evenness index) เนื่องจากพารามิเตอร์คุณภาพน้ำหลายชนิดถูกประเมินให้มีคุณภาพน้ำแย่กว่าบริเวณอ่างเก็บน้ำ ส่งผลให้จำนวนชนิดพันธุ์ที่มีความทนทานต่อปัจจัยสภาพแวดล้อมต่ำ สามารถเจริญเติบโตได้จำนวนน้อย ทำให้ Margalef's index มีค่าต่ำ และ Evenness index มีค่าสูง อย่างไรก็ตาม หาก Evenness index และ Margalef's index มีค่าสูงทั้งสอง จะส่งผลให้ค่าดัชนีความหลากหลายมีค่าสูงด้วยเช่นกัน เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างกว๊านพะเยาและหนองเล็งทราย พบว่า กว๊านพะเยามีจำนวนชนิดเด่นที่มากกว่าหนองเล็งทราย เนื่องจาก Dominance index ซึ่งแสดงถึงอิทธิพลของชนิดพันธุ์ที่โดดเด่นถูกประเมินให้มีค่าสูงกว่า



สถานี	H'
S1	3.04
S2	2.32
S3	2.09
S4	2.55
S5	2.01
S6	1.66
S7	2.39
S8	1.91
S9	2.33
S10	2.58

สถานี	D
S1	0.94
S2	0.83
S3	0.79
S4	0.87
S5	0.83
S6	0.74
S7	0.87
S8	0.78
S9	0.82
S10	0.89

สถานี	J'
S1	0.90
S2	0.79
S3	0.77
S4	0.87
S5	0.87
S6	0.80
S7	0.88
S8	0.77
S9	0.72
S10	0.77

สถานี	d
S1	1.96
S2	1.23
S3	0.96
S4	1.27
S5	0.66
S6	0.51
S7	1.00
S8	0.76
S9	1.60
S10	1.73

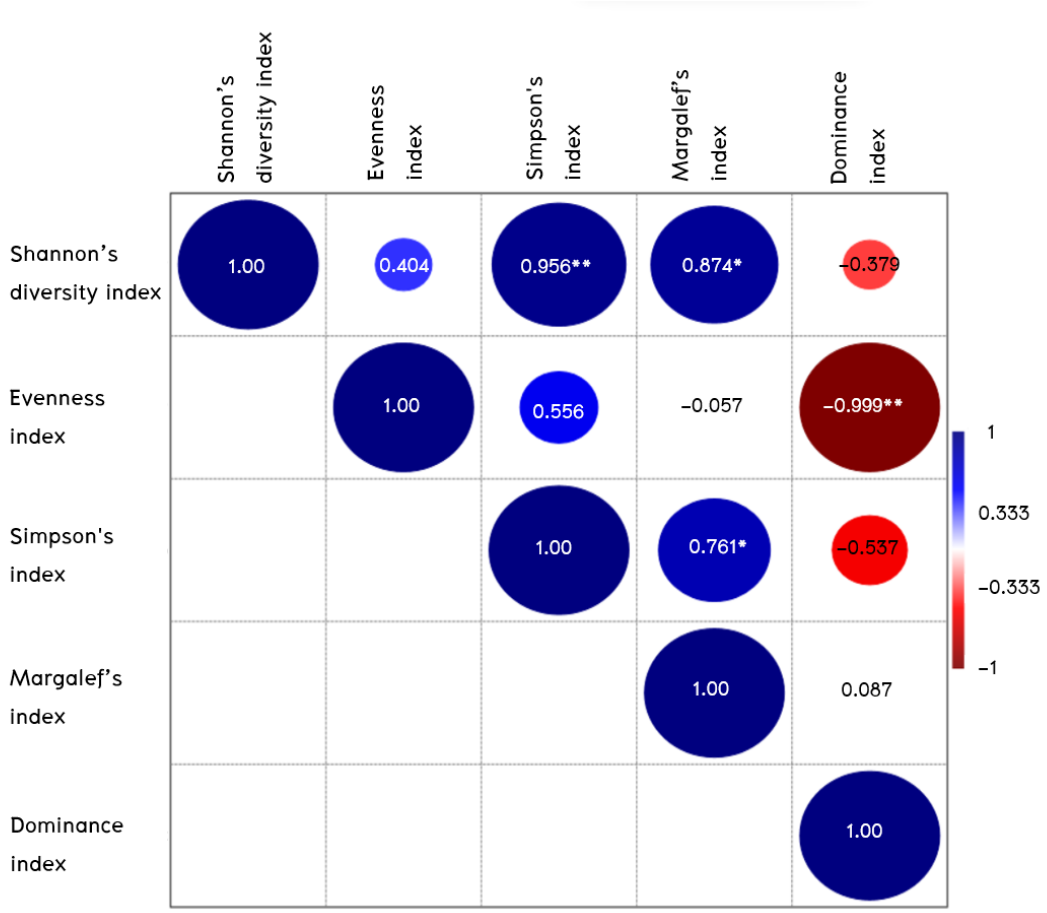
สถานี	C
S1	0.11
S2	0.21
S3	0.23
S4	0.13
S5	0.13
S6	0.20
S7	0.12
S8	0.23
S9	0.28
S10	0.23

ภาพ 17 การกระจายเชิงพื้นที่ของดัชนีความหลากหลายต่าง ๆ ทั้ง 10 สถานี

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความหลากหลายต่าง ๆ ของสาหร่ายเดสมิดส์

การศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีความหลากหลายแต่ละชนิดจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) เมื่อพิจารณาดัชนีความหลากหลายทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ Shannon's diversity index และ Simpson's index พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงบวก (0.956) ต่อกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาดัชนีความหลากหลายควบคู่กับดัชนีอื่น ๆ พบว่า Shannon's diversity index และ Simpson's index มีความสัมพันธ์ที่คล้ายกัน โดยพบความสัมพันธ์เชิงบวกต่อ Margalef's index (0.874, 0.761) มากสุดอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อ Evenness index และ Dominance index นอกจากนี้ เมื่อพิจารณา Evenness index พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงลบต่อ Dominance index มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (–0.999) (ภาพ 17) สามารถบอกได้ว่าพื้นที่ศึกษาที่มีความสม่ำเสมอของการแพร่กระจายของสาหร่ายเดสมิดส์แต่ละชนิดในแหล่งน้ำสูง จะมีจำนวนของชนิดพันธุ์เด่นที่น้อย

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ในภาพรวม พบว่า ความสัมพันธ์เชิงบวกของดัชนีความหลากหลาย สอดคล้องกับผลการศึกษาค่าดัชนีในแต่ละสถานีในก่อนหน้านี้ในหลาย ๆ สถานี (ภาพ 16) โดยสถานี 1 พบค่าดัชนีความหลากหลาย Shannon's diversity index และ Simpson's index สูงที่สุด จะสามารถพบค่า Margalef's index สูงสุดเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่า Evenness index ที่สูงที่สุดในสถานี 1 พบว่ามีค่าผกผันกับ Dominance index ซึ่งมีค่าต่ำสุด จึงสามารถระบุได้ว่า ในการศึกษาครั้งนี้ พื้นที่ศึกษาที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง จะสามารถพบจำนวนชนิดพันธุ์ของสาหร่ายเดสมิดส์สูง อย่างไรก็ตาม หากพื้นที่ศึกษาพบสัดส่วนจำนวนหรือการแพร่กระจายในแต่ละชนิดสูงจะพบชนิดพันธุ์เด่นจำนวนน้อย



ภาพ 18 ผลการวิเคราะห์ Pearson's correlation coefficient ของดัชนีต่าง ๆ

หมายเหตุ: * แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)

** แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (P>0.01)

ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของสาหร่ายเดสมิดส์ในแหล่งน้ำตลอดการศึกษา

เนื่องจากปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันของแต่ละสถานีอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการกระจายตัวของชนิดพันธุ์เดสมิดส์ได้ จึงทำการวิเคราะห์ Bray–Curtis Cluster เพื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวของสาหร่ายเดสมิดส์ในแต่ละสถานีตลอดการศึกษา แสดงให้เห็นความเหมือนกัน (similarity) ของชนิดพันธุ์สาหร่ายเดสมิดส์ที่พบทั้ง 10 สถานี สามารถจัดกลุ่มได้ทั้งหมด 3 ดังแสดงในภาพ 18

กลุ่ม 1 คือ สถานีที่ตั้งอยู่บริเวณคลองส่งน้ำไหลผ่านชุมชน ได้แก่ สถานี 4, 5, 6, 7 และ 8 เมื่อพิจารณากลุ่มสถานีดังกล่าว สามารถพบผลของพารามิเตอร์ทางคุณภาพน้ำที่แตกต่างจากสถานีกลุ่มอื่น เช่น สถานี 8 มีค่าแอมโมเนียม–ไนโตรเจนสูงสุดในเดือนมิถุนายน และพบค่าแอมโมเนียม–ไนโตรเจนเฉลี่ยสูงสุดในสถานี 4 (ภาพ 8c, ภาพ 8d) รวมถึงพบปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟตสูงสุดในสถานี 7 เดือนสิงหาคม และพบค่าออโธฟอสเฟตเฉลี่ยสูงสุดในสถานี 7 (ภาพ 8e, ภาพ 8j) นอกจากนี้ยังพบปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงสุดในสถานี 8 เดือนธันวาคม และปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุดในสถานี 8 อีกด้วย (ภาพ 9c, ภาพ 9d) เมื่อพิจารณาปริมาณของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบทั้งหมดตลอดการศึกษา (ภาพ 13) พบว่า บริเวณกลุ่มสถานีดังกล่าว มีจำนวนสาหร่ายเดสมิดส์น้อยกว่าสถานีกลุ่มอื่น ๆ โดยเฉพาะสถานี 5 พบปริมาณน้อยที่สุด จึงสรุปได้ว่า บริเวณสถานีที่เป็นคลองส่งน้ำไหลผ่านชุมชนจะได้รับผลกระทบของปัจจัยทางด้านคุณภาพน้ำในด้านของปริมาณสารอาหารบางชนิด และปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ ทำให้พบสาหร่ายจำนวนน้อย โดยสาหร่ายเดสมอดส์ที่สามารถพบได้ในทุกสถานีกลุ่มดังกล่าว ได้แก่

Closterium acutum var. *variabile*

Closterium. Gracile

Closterium. Limneticum

Staurastrum bloklandiae

กลุ่ม 2 คือ สถานีที่ตั้งในบริเวณอ่างเก็บน้ำหนองเล็งทรายและกว๊านพะเยา ได้แก่ สถานี 1, 2, 9 และ 10 เมื่อพิจารณากลุ่มสถานีดังกล่าว พบว่า มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงสุดในสถานี 10 เดือนมิถุนายน และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยสูงสุดในสถานี 10 (ภาพ 9a, ภาพ 9b) รวมถึงมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดในสถานี 10 เดือนเมษายน และค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยสูงสุดในสถานี 1 (ภาพ 7a, ภาพ 7b) นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ยังพบว่าต่ำสุดในสถานี 1 เดือนมิถุนายน และค่าออกซิเจนที่

จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เฉลี่ยต่ำสุดในสถานี 2 (ภาพ7c, ภาพ 7d) เมื่อพิจารณาปริมาณของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบทั้งหมดตลอดการศึกษา (ภาพ 11) พบว่า บริเวณกลุ่มสถานีดังกล่าว มีจำนวนสาหร่ายเดสมิดส์ที่สูงมากกว่ากลุ่มสถานีอื่น ๆ โดยเฉพาะสถานี 10 ที่มีปริมาณมากสุดตลอดการศึกษา และยังพบความหลากหลายทางชีวภาพในภาพรวมที่สูงอีกด้วย (ภาพ 16a) จึงอาจสรุปได้ว่า บริเวณสถานีที่เป็นอ่างเก็บน้ำหนองเล็งทรายและกว๊านพะเยาซึ่งมีลักษณะน้ำนิ่งเป็นส่วนมาก จะได้รับผลของปัจจัยทางด้านคุณภาพน้ำในด้านของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ทำให้สามารถพบจำนวนมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ โดยสาหร่ายที่สามารถพบได้ทุกสถานีในกลุ่มดังกล่าว ได้แก่

Closterium acutum var. *variabile*

Closterium. Ehrenbergii

Closterium. idiosporum var. *punctatum*

Staurastrum bloklandiae

Staurastrum. cingulum var. *obesum*

Staurastrum limneticum

Staurastrum multinodulosum

Staurastrum tetracerum

กลุ่ม 3 คือ สถานีที่ไม่สามารถจัดกลุ่มร่วมกับสถานีอื่นได้ ซึ่งพบว่าเป็นบริเวณประตูระบายน้ำออกจากหนองเล็งทรายสู่ชุมชน ได้แก่ สถานี 3 เมื่อพิจารณาสถานีดังกล่าว พบว่า มีค่าความขุ่นเฉลี่ยสูงสุดแตกต่างจากสถานีอื่น ๆ อย่างชัดเจน (ภาพ 6d) และเมื่อเทียบปริมาณจำนวนสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบ (ภาพ 13) กับกลุ่มสถานีอื่น ๆ พบว่า มีจำนวนที่มากกว่าสถานีในกลุ่ม 1 แต่น้อยกว่ากลุ่ม 2 จึงอาจสรุปได้ว่า บริเวณสถานีประตูระบายน้ำออกจากหนองเล็งทรายสู่ชุมชน เนื่องจากมีน้ำที่ไหลแรงและเร็ว จึงได้รับผลกระทบในด้านของความขุ่นของน้ำ และอาจส่งผลต่อสาหร่ายเดสมิดส์ที่สามารถเจริญเติบโตในบริเวณดังกล่าว โดยสาหร่ายที่สามารถพบได้ในกลุ่มดังกล่าว ได้แก่

Closterium acutum var. *variabile*

Closterium kuetzingii

Closterium rectimarginatum f.

Cosmarium regnellii,

Euastrum biverrucosum

Gonatozygon kinahanii

Staurastrum bloklandiae,

Staurastrum cingulum var. *obesum*

Staurastrum crenulatum

Staurastrum limneticum

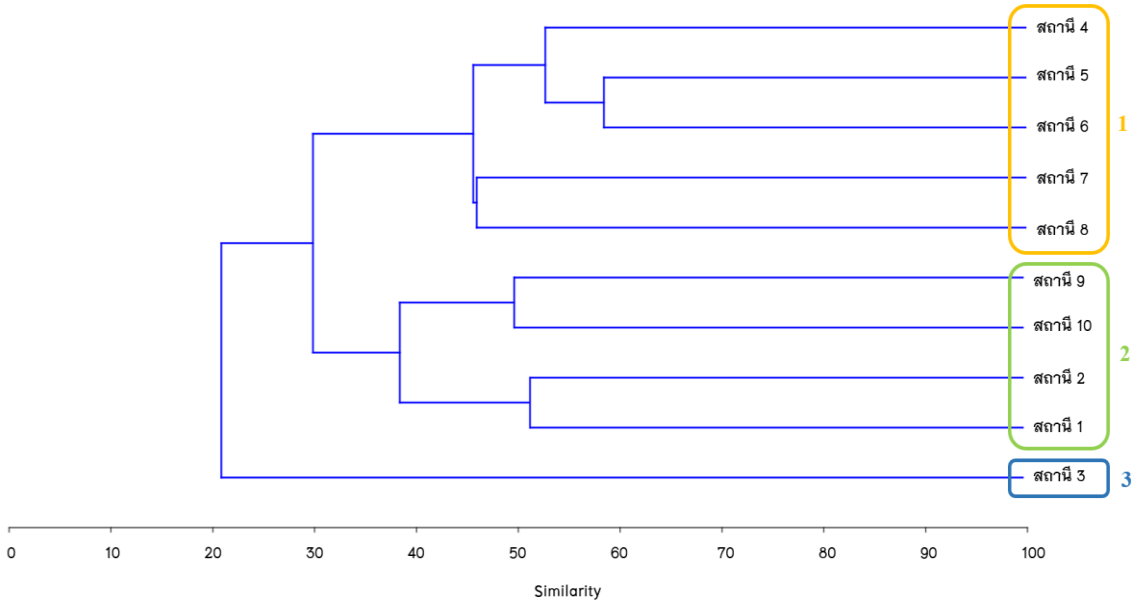
Staurastrum multinodulosum

Staurastrum octoverrucosum var. simplicius,

Staurastrum planctonicum

Staurastrum tetracerum

เมื่อพิจารณาผลวิเคราะห์ของสาหร่ายเดสมิดส์ที่กระจายตัวอยู่ในแหล่งน้ำในภาพรวม พบว่า มีการแสดงให้เห็นถึงความเหมือนกัน (similarity) ของชนิดพันธุ์สาหร่ายเดสมิดส์ที่พบ ในแหล่งน้ำ 3 ลักษณะ คือ อ่างเก็บน้ำ คลองน้ำไหล และประตูระบายน้ำ ซึ่งแหล่งน้ำทั้ง 3 แบบ พบว่ามีพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพน้ำที่แตกต่างกัน



ภาพ 19 การวิเคราะห์กลุ่มของสาหร่ายเดสมิดส์จากทั้ง 10 สถานี

หมายเหตุ: ผลการวิเคราะห์ในช่วงเดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565 แสดงโดยวิธี Bray–Curtis Cluster analysis

ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์คุณภาพน้ำและสาหร่ายเดสมิดส์

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดพันธุ์ของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์กับปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ด้วยวิธี Canonical Correspondence Analysis (CCA) โดยคัดเลือกเฉพาะชนิดสาหร่ายเดสมิดส์ที่พบได้บ่อยถึงบ่อยมาก (relative frequency มากกว่า 65%) จำนวน 7 ชนิด ได้แก่

Closterium acutum var. Variabile

Staurastrum bloklandiae

Closterium gracile

Closterium limneticum

Staurastrum tetracerum

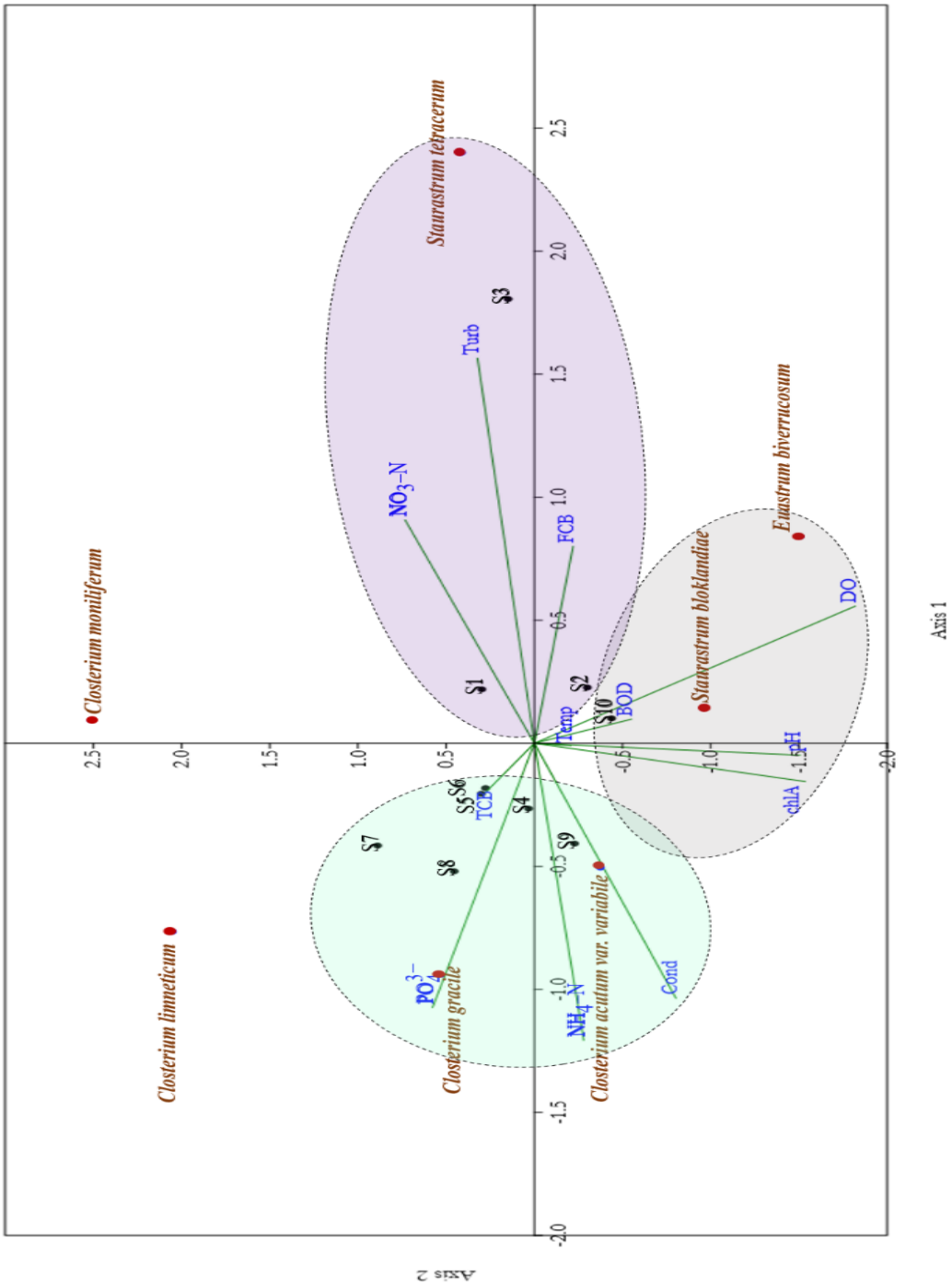
Closterium moniliferu

Euastrum biverrucosum

มาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับค่าพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำต่าง ๆ ผลจากวิเคราะห์ CCA พบความสัมพันธ์ทั้งหมด 3 กลุ่ม แสดงดังนี้

กลุ่ม 1 ได้แก่ สถานี 1, 2 และ 3 ปัจจัยที่พบความสัมพันธ์ คือ ความขุ่นของน้ำ (Turb), ปริมาณไนเตรท–ไนโตรเจน (NO_3^-–N), และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) รวมถึงสาหร่าย *Staurastrum tetracerum* (ภาพ 19) อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วย Pearson's correlation coefficient (ตาราง 5) พบว่า *Staurastrum tetracerum* ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำใด ๆ เมื่อพิจารณาจากชนิดสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ (ตาราง 4) พบว่า *Staurastrum tetracerum* ในสถานี 1 – 3 มีจำนวนเซลล์/ลิตร สูงกว่าสถานีอื่นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะสถานี 3 มีจำนวนมากที่สุด กลุ่มที่ 2 สถานีบริเวณคลองส่งน้ำรวมถึงกว๊านพะเยาบางส่วน ได้แก่ สถานี 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ซึ่งมีปัจจัยด้านปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (PO_4^{3-}), ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB), ปริมาณแอมโมเนียม–ไนโตรเจน (NH_4^+–N) และค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (EC) รวมถึงสาหร่าย *Closterium gracile* และ *Closterium acutum* var. *variabile* และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วย Pearson's correlation coefficient (ตาราง 5) พบว่า *Closterium gracile* มีความสัมพันธ์เชิงลบต่อไนเตรท–ไนโตรเจนกับค่าความขุ่นอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึง *Closterium acutum* var. *Variabile* ยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อค่าการนำไฟฟ้า, ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และค่าความขุ่น และมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อไนเตรท–ไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากชนิดสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ (ตาราง 4) พบว่า *Closterium gracile* สามารถพบจำนวนเซลล์/ลิตร ได้สูงในช่วงสถานี 4 – 9 อย่างชัดเจน โดยเฉพาะสถานี 9 พบมากที่สุด และ *Closterium acutum* var. *variabile* พบจำนวนเซลล์/ลิตร ได้ทุกสถานี แต่สถานี 9 สามารถพบได้มากที่สุดอย่างชัดเจนเช่นกัน ในขณะที่บริเวณทางน้ำออกของกว๊านพะเยา ในสถานี 10 จัดอยู่ในกลุ่ม 3 ซึ่งมีปัจจัยด้านปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD), ความเป็นกรด–ด่างของน้ำ (pH) และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chl–A) รวมถึงสาหร่าย *Euastrum biverrucosum* และ *Staurastrum bloklandia* เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพิ่มเติมด้วย Pearson' s correlation coefficient พบว่า *Staurastrum bloklandiae* แสดงความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้าสูงอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 5) เมื่อพิจารณาชนิดสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ (ตาราง 4) พบว่า สาหร่ายชนิด *Euastrum biverrucosum* และ*Staurastrum bloklandiae* สามารถพบจำนวนเซลล์/ลิตร ในสถานี 10 มากที่สุด แตกต่างจากสถานีอื่น ๆ

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น จึงพอสรุปได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบให้คุณภาพน้ำในหนองเล็งทรายถูกจัดกลุ่มแยกจากสถานีอื่น ๆ คือ ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน, ความขุ่นของน้ำ และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม โดยมีสาหร่าย *Staurastrum tetracerum* ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะดังกล่าว ในขณะที่บริเวณคลองส่งน้ำรวมถึงกว๊านพะเยาบางส่วน มีปัจจัยในด้านของปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส, ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด, ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน และค่าการนำไฟฟ้าใสส่งผลกระทบซึ่งสามารถพบสาหร่ายชนิด *Closterium gracile* และ *Closterium acutum* var. *variabile* เจริญเติบโตอยู่จำนวนมาก อย่างไรก็ตาม บริเวณทางน้ำออกของกว๊านพะเยา พบปัจจัยที่มีอิทธิพล คือ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์, ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งสาหร่าย *Euastrum biverrucosum* และ*Staurastrum bloklandiae.* สามารถเจริญเติบโตได้



ภาพ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายเดสมิดส์และพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ

หมายเหตุ: การวิเคราะห์ Canonical correlation analysis แสดง Elgen-value; Axis 1 = 0.29137 (53.9%), Axis 2 =0.12496 (23.12%)

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ Pearson's correlation coefficient ของสาหร่ายเดสมิดส์และพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำ

ชื่อชนิด	พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ											
	DO	BOD	TCB	FCB	NH_4^+-N	NO_3^--N	PO_4^{3-}	Chl a	pH	EC	Temp	Turb
Closterium acutum var. *variabile*	.529	.191	-.188	-.426	.600	**-.675***	.329	**.690***	**.761***	**.813****	.502	**-.726***
Closterium gracile	.313	.123	-.271	-.624	.385	**-.671***	.210	.385	.514	.615	.388	**-.646***
Closterium limneticum	-.204	-.110	**.665***	.110	.429	-.363	.498	-.160	.183	.202	.376	-.404
Closterium moniliferum	-.140	-.058	-.298	-.536	-.226	-.079	-.065	-.052	-.459	-.147	-.014	-.309
Euastrum biverrucosum	.631	.092	.075	.249	.237	-.278	.018	.485	-.012	.293	-.165	-.043
Staurastrum bloklandiae	**.846****	.327	-.119	-.241	.499	**-.761***	.194	**.907****	.489	**.734***	.369	-.585
Staurastrum tetracerum	.283	.045	-.049	.320	-.355	.289	-.327	.017	.068	-.292	.075	.540

หมายเหตุ: * แสดงถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)

** แสดงถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (P>0.01)

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลหรือช่วงเวลามีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำมีอิทธิพลมากกว่าการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ โดยพบว่า ในฤดูหนาวจะส่งผลต่อ ค่าอุณหภูมิ, ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณสารอาหารไนเตรท-ไนโตรเจน ในขณะที่ฤดูฝนจะส่งผลต่อ ค่าความขุ่น, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, ปริมาณสารอาหารแอมโมเนียม-ไนโตรเจน รวมไปถึงฤดูร้อนจะส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้า, ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์, ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อย่างไรก็ตามปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟต ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มในทุกฤดูกาลนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ในส่วนของการเปลี่ยนทางทางด้านพื้นที่ศึกษา พบพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลเพียงค่าความขุ่นและค่าการนำไฟฟ้า เมื่อประเมินคุณภาพด้วยดัชนีที่แตกต่างกัน 2 วิธี พบว่าวิธี WQI สามารถแยกประเภทของแหล่งน้ำจากมาตรฐานคุณภาพน้ำได้หลากหลายกว่าวิธี AARL-PC Score อย่างไรก็ตาม AARL-PC Score มีความเหมาะสมต่อการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายในแหล่งน้ำมากกว่า WQI index

จากการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายเดสมิดส์ พบทั้งหมด 10 สกุล 70 ชนิด โดยแบ่งเป็น 4 วงศ์ และมีชนิดที่พบการกระจายตัวบ่อยถึงบ่อยมาก 7 ชนิด ตามลำดับ ดังนี้

Closterium acutum var. variabile

Staurastrum bloklandiae

Closterium gracile

Closterium limneticum

Staurastrum tetracerum

Closterium moniliferu

Euastrum biverrucosum

จากการพิจารณาดัชนีความหลากหลาย พบว่า Shannon's diversity index เหมาะสมต่อการใช้วิเคราะห์ความหลากหลายของสาหร่ายเดสมิดส์มากกว่า Simpson' s index รวมถึง

แสดงความสัมพันธ์เชิงบวกกับดัชนี Margalef's index นอกจากนี้ยัง พบว่า Evenness index แสดงความสัมพันธ์เชิงลบกับ Dominance index มากที่สุด

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วย Canonical correlation analysis, Bray–Curtis Cluster analysis และ Pearson's correlation coefficient สามารถสรุปได้ว่า อ่างเก็บน้ำและคลองส่งน้ำมีความสัมพันธ์ของชนิดพันธุ์สาหร่ายและพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่แตกต่างกัน โดยหนองเล็งทรายโดยเฉพาะบริเวณประตูปล่อยน้ำ ซึ่งมีอิทธิพลของค่าความขุ่น พบว่า มีสาหร่าย *Staurastrum tetracerum* เจริญเติบโตอยู่มาก ในส่วนของคลองส่งน้ำรวมถึงกว๊านพะเยาบางส่วน มีสาหร่าย *Closterium gracile* และ *Closterium acutum* var. *variabile* โดยเมื่อพิจารณาอย่างละเอียด พบว่า *Closterium acutum* var. *Variabile* มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อค่าการนำไฟฟ้า, ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และค่าความขุ่น นอกจากนี้ บริเวณทางน้ำออกของกว๊านพะเยา ยังพบสาหร่าย *Staurastrum bloklandiae* และ *Euastrum biverrucosum* ซึ่ง *Staurastrum bloklandiae* แสดงความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า

อภิปรายผลการวิจัย

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

1.1 การศึกษาพารามิเตอร์ทางกายภาพและเคมีในแหล่งน้ำ

เมื่อศึกษาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยตลอดปีนั้นเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำธรรมชาติทั่วไป คือ ควรมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 23–32 องศาเซลเซียส (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) โดยพบว่าเดือนมกราคม, กุมภาพันธ์, พฤศจิกายน และธันวาคม พบค่าต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจัดอยู่ในช่วงฤดูหนาว และมีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าเดือนอื่น ๆ (ตาราง 17) โดยการที่อุณหภูมิของน้ำจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้น จะขึ้นอยู่กับช่วงเวลา สถานที่ และความเข้มข้นของแสงอาทิตย์ (สมาน บือราแง, 2557) ในด้านของความขุ่นของน้ำ ซึ่งเกิดจากสิ่งแขวนลอยต่าง ๆ อาจเป็นแพลงก์ตอน อินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร และสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ที่ไปขัดขวางแสงที่ส่องผ่านน้ำ ทำให้แสงเกิดการกระจัดกระจายและถูกดูดซึมแทนการปล่อยให้แสงส่องผ่านไป ส่งผลให้น้ำนั้นขุ่น (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์, 2547) นอกจากจะสามารถจำกัดปัจจัยทางด้านแสงแล้ว ยังส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชอีกด้วย (Shi et al., 2017) การศึกษาครั้งนี้ในภาพรวม พบว่า บางเดือนในช่วงฤดูฝนมีค่าความขุ่นสูงอย่างมีนัยสำคัญ และมีค่าเกินกว่า 100 NTU ซึ่งเป็นระดับที่ส่งผลกระทบต่อการ

ดำรงชีวิตของสัตว์และพืชน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) ในด้านของการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ซึ่งเกิดจากความเข้มข้นและชนิดของอิออนในน้ำ โดยสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดปริมาณของสารละลายอนินทรีย์ที่อยู่ในน้ำได้ (ไพทรูย์ หมายมั่นสมสุข, 2553) พบว่าค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยในหลาย ๆ เดือนไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างชัดเจนมากนัก แต่เมื่อพิจารณาค่าที่สูงกว่าค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า เดือนมกราคมถึงเมษายน และมิถุนายม มีค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งส่วนมากจัดอยู่ในช่วงฤดูร้อน สอดคล้องกับการศึกษาของ วิมลรัตน์ บุตรดาซุย, เจนจิรา หมื่นเร็ว และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ (2556) พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าจากแหล่งน้ำผิวดินในกว๊านพะเยามีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและมีค่าสูงในฤดูร้อน แล้วยังรายงานอีกว่า เดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์พบค่าการนำไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน รวมถึงช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ยังพบค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 130-300 ไมโครซีเมนต์/ตารางเซนติเมตร เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ ลักษณะแหล่งน้ำนิ่งหรือแหล่งน้ำที่พบการย่อยสลายของเศษใบไม้มาก จะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงไป (วิมลรัตน์ บุตรดาซุย, เจนจิรา หมื่นเร็ว และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, 2556) จากภาพรวมนั้น พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยในแต่ละเดือนมีค่าใกล้เคียงกันในช่วง 6 – 7 ซึ่งอยู่ในช่วงเหมาะสมของคุณภาพน้ำผิวดิน คือ ค่าระหว่าง 5 – 9 (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) ในขณะที่เดือนตุลาคมและพฤศจิกายนมีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วงดังกล่าวเป็นช่วงฤดูฝนเข้าฤดูหนาว และสอดคล้องกับการศึกษาของ วิมลรัตน์ บุตรดาซุย, เจนจิรา หมื่นเร็ว และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ (2556) รายงานว่า คุณภาพน้ำในจังหวัดพะเยาช่วงเดือนตุลาคมมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงระหว่าง 5-7 ซึ่งการที่ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นในเดือนตุลาคม สาเหตุมาจากฝนชะล้างพวกเบสิกแคตไอออน (basic cation) จากดินลงสู่แหล่งน้ำทำให้ความเป็นด่างเพิ่มขึ้น

1.2 การศึกษาปริมาณออกซิเจนเพื่อบ่งบอกคุณภาพน้ำ

ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ถือเป็นการวัดคุณภาพน้ำที่สำคัญ เนื่องจากเป็นตัวบ่งชี้โดยตรงถึงความสามารถในการดำรงชีวิตของทรัพยากรสัตว์น้ำ ซึ่งสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีช่วงค่าออกซิเจนละลายน้ำที่สามารถดำรงชีวิตได้ของตัวเองที่แตกต่างกัน โดยค่าออกซิเจนละลายน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณสารอาหาร (Manasrah, Raheed and Badran, 2006) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ พบความสัมพันธ์เชิงบวกของค่าออกซิเจนละลายน้ำและคลอโรฟิลล์ เอ เช่นกัน เมื่อพิจารณาค่าออกซิเจนเฉลี่ยตลอดการศึกษา พบว่ามีหลายเดือนมีค่าต่ำกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นระดับที่อันตรายต่อสัตว์น้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) โดยในภาพรวมค่าจะเริ่มลด

ต่ำลงในช่วงฤดูร้อนและเริ่มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงระหว่างฤดูฝน เนื่องจากในฤดูร้อนจะส่งผลให้อุณหภูมิน้ำสูงขึ้น ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง และในฤดูฝนจะมีความเร็วของกระแสน้ำสูง เกิดการกวนของน้ำทำให้ออกซิเจนในอากาศละลายน้ำได้ดี ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูง (Wetzel, 2001) สอดคล้องกับการศึกษาของ วิมลรัตน์ บุตรดาซุย, เจนจิรา หมื่นเร็ว และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ (2556) รายงานว่า การศึกษาค่าออกซิเจนละลายน้ำในจังหวัดพะเยาจะมีค่าต่ำในช่วงฤดูร้อน ในส่วนของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เป็นการบ่งบอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ และหากพบค่าสูงจะหมายถึงแหล่งน้ำมีความสกปรกสูงด้วยเช่นกัน (ศิริพล กำแพงทอง, 2557) ในการศึกษานี้ ค่าเฉลี่ยในเดือนมีนาคมมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจัดอยู่ในฤดูร้อน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ibrahim et al. (2021) รายงานว่า ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่เขตร้อนจะมีค่าสูงในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน และสอดคล้องกับการศึกษาของ วิมลรัตน์ บุตรดาซุย, เจนจิรา หมื่นเร็ว และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ (2556) รายงานว่า กว๊านพะเยาในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พบค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร จึงพอสรุปได้ว่า ในฤดูร้อน ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะมีค่าต่ำ และมีปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำสูง เมื่อพิจารณาจากปริมาณออกซิเจนดังกล่าว บ่งบอกได้ว่าฤดูร้อนจะมีคุณภาพน้ำที่แย่กว่าฤดูกาลอื่น ๆ

1.3 ผลการศึกษาปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน เป็นปริมาณไนโตรเจนในรูปของไนเตรท มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อแบคเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มและค่าความขุ่น โดยหากพบปริมาณสารอาหารไนเตรท-ไนโตรเจนสูง แสดงว่าแหล่งน้ำที่ศึกษามีการปนเปื้อนของเสียจากชุมชน หรือมีการชะล้างหน้าดินในพื้นที่เกษตรกรรมในปริมาณสูง (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) เมื่อมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมากเกินไป จะส่งผลให้พืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้คุณภาพของแหล่งน้ำตามธรรมชาติเสื่อมโทรมลง (Stevenson และRollins, 2017) โดยทั่วไปไนเตรท เป็นสารเคมีตัวสุดท้ายในวัฏจักรไนโตรเจน จะเปลี่ยนรูปมาจากแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในแหล่งน้ำโดยจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนจะเปลี่ยนแอมโมเนียมเป็นไนไตรท์และไนเตรท ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนพบว่า เดือนตุลาคมถึงธันวาคมซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาว มีค่าสูงแตกต่างจากเดือนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังจัดอยู่ในระดับที่เหมาะสมของปริมาณไนเตรทใน

แหล่งน้ำ โดยห้ามสูงเกิน 5 มิลลิกรัม/ลิตร (บัณฑิตา สวัสดี และคณะ, 2558) เมื่อพิจารณาถึงปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ซึ่งเป็นปริมาณไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม มาจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำ การย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ไนโตรเจน และจากชุมชนหรือโรงงานอุตสาหกรรม ใช้บ่งบอกความสกปรกของแหล่งน้ำที่เกิดจากของเสีย เช่น โปรตีนในสิ่งมีชีวิตที่เน่าเปื่อย, อุจจาระ และปุ๋ยคอก ดังนั้นปริมาณสารอาหารแอมโมเนียม-ไนโตรเจนที่สามารถพบได้ในแหล่งน้ำธรรมชาติ (ศิริพล กำแพงทอง, 2557) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียในชุมชนมักจะมีปริมาณที่น้อยกว่า เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยในเดือนมิถุนายน ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน พบค่าสูงสุดแตกต่างจากเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญ และสูงกว่าค่ามาตราฐานของคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติ ที่กำหนดให้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร (ศิริพล กำแพงทอง, 2557) โดยในอดีตพบว่า ปัจจัยที่เกิดจากมนุษย์ เช่น การปนเปื้อนสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร น้ำเสียจากชุมชน และการขับถ่ายของเสียจากสัตว์ สามารถทำให้ปริมาณสารอาหารแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในแหล่งน้ำธรรมชาติมีสูงได้ถึง 5 มิลลิกรัม/ลิตร หรืออาจมากกว่านั้นได้ (Garnier et al., 2010) ในการศึกษาปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟต ซึ่งเป็นสารอาหารที่เป็นปัจจัยส่งผลต่อการเจริญเติบโต และเป็น limiting factor สำหรับการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำ (Sidabutar and Srimariana, 2020) ที่หากมีปริมาณมากไปจะส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นสาเหตุในการเกิดสภาวะยูโทรฟิเคชั่น (Wetzel, 2001) จากภาพรวม การศึกษาครั้งนี้ไม่พบค่าที่แตกต่างทางสถิติอย่างชัดเจนในแต่ละเดือน ซึ่งตลอดการศึกษามีค่าเกินมาตราฐานแหล่งน้ำธรรมชาติของ EPA ที่ระบุไว้ว่า ปริมาณสารอาหารฟอสเฟตในแหล่งน้ำคุณภาพดี ไม่ควรมีเกิด 0.035 มิลลิกรัม/ลิตร อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาที่ได้ ยังสามารถจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานค่าน้ำทิ้ง/น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน คือ กำหนดให้ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/ลิตร จากภาพรวมจึงพอสรุปได้ว่า ปริมาณสารอาหารไนเตรท-ไนโตรเจนจะมีปริมาณสูงในช่วงฤดูหนาวมากกว่าฤดูกาลอื่น ๆ รวมถึงปริมาณสารอาหารแอมโมเนียม-ไนโตรเจน พบว่ามีค่าสูงในฤดูฝน อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟตในทุกฤดูกาลนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนัก

1.4 ผลการศึกษาพารามิเตอร์ทางชีวภาพในแหล่งน้ำ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สามารถแสดงถึงมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชได้ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของรงควัตถุในการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ในการศึกษานี้ จากภาพรวมช่วงฤดูร้อนจะมีค่าสูงกว่าฤดูอื่น ๆ จึงอาจมีปัจจัยของแสงมาเกี่ยวข้องต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูง เมื่อพิจารณาปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด ซึ่งเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพน้ำ จากการปนเปื้อนสิ่งสกปรกที่เกิดจาก

กิจกรรมของมนุษย์ โดยพบว่าแบคทีเรียกลุ่มดังกล่าวจะอาศัยอยู่ในลำไส้มนุษย์หรือสัตว์ แต่อาจพบจากแหล่งอื่น ๆ ได้เช่นกัน ได้แก่ พืช, ดิน และเมล็ดธัญพืชได้ (ศิริพล กำแพงทอง, 2557) เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่าง ๆ และเป็นภัยคุกคามต่อมนุษย์ สัตว์ รวมถึงสัตว์น้ำ (Chatanga et al., 2019) โดยค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างชัดเจน แต่พบว่าเดือนตุลาคมและธันวาคม มีค่าเกินมาตราฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 คือ ไม่ควรมีแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดเกินกว่า 5,000 MPN/100 มิลลิลิตร และจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำที่สามารถใช้ในการทำกิจกรรมการเกษตรกรรม คือ ไม่เกิน 20,000 MPN/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งบอกการปนเปื้อนของสิ่งปฏิกูลในแหล่งน้ำได้ดี โดยเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่นและมนุษย์ ปะปนมากับอุจจาระ บ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำไม่ดี แสดงถึงความเสี่ยงที่จะมีเชื้อก่อโรคในแหล่งน้ำธรรมชาติ (ศิริพล กำแพงทอง, 2557) ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาวโดยรวมมีค่าสูงกว่าฤดูร้อน อีกทั้งยังมีค่าเกินค่ามาตราฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 คือ ไม่ควรมีแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มเกินกว่า 1,000 MPN/100 มิลลิลิตร และจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินประเภท 3 คือ ไม่เกิน 4,000 MPN/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) จึงพอสรุปได้ว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละฤดูกาลมีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม มีปริมาณสูงในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาวมากกว่าฤดูร้อน

2. การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทางกายภาพและเคมีตามสภาพพื้นที่

2.1 การศึกษาพารามิเตอร์ทางกายภาพและเคมีในแหล่งน้ำ

เมื่อศึกษาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติในแต่ละสถานีและมีค่าอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำธรรมชาติทั่วไป ในด้านของค่าความขุ่นเฉลี่ยในช่วงสถานี 3 – 5 จะสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ และมีค่าเกินกว่า 100 NTU ที่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์และพืชน้ำ โดยในสถานี 3 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ สาเหตุเนื่องจาก พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณประตูระบายน้ำจากหนองเล็งทรายสู่ชุมชน ซึ่งมีการไหลของกระแสน้ำที่เร็วและแรง ทำให้เกิดตะกอนสารอนินทรีย์แขวนลอยมากเกินไป และส่งผลต่อความขุ่นในแหล่งน้ำที่สูงขึ้น (Lenhart et al., 2010) นอกจากนี้ บริเวณดังกล่าวยังเป็นตำแหน่งสุดท้ายที่น้ำจากหนองเล็งทรายจะไหลมารวมกัน (ทางน้ำออก) ทำให้มีตะกอนต่าง ๆ ไหลมารวมกันก่อนไหลออกสู่คลองส่งน้ำและไหลต่อไปยังสถานี 4 และ 5 ตามลำดับ เป็นผลให้ความขุ่นในช่วงบริเวณสถานี 3 – 5 มีค่ามาก เพราะตะกอนต่าง ๆ จากสถานี 3 ถูกกระแสน้ำนำพาไปยังบริเวณที่ใกล้เคียงกัน เมื่อ

พิจารณาค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยที่สถานี 9 และ 10 พบว่า มีค่าสูงสุดแตกต่างจากสถานีอื่น อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเป็นบริเวณที่ล้อมรอบด้วยพื้นที่เกษตรกรรม และครอบคลุมบริเวณชุมชนเมือง จึงมีความเป็นไปได้ว่าจะมีการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์และสารเคมีเกษตรต่าง ๆ ในการทำการเกษตรใกล้ริมฝั่งน้ำ โดยสารดังกล่าวสามารถถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำได้จากปัจจัยต่าง ๆ เป็นผลให้สารเคมีไอออไนเซชันของสารประกอบเคมีส่วนใหญ่ในแหล่งน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้น และส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าในแหล่งน้ำ (Ugbojo-Ide et al., 2022) ในการศึกษานี้ยังพบว่า ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อค่าความเป็นกรดด่าง เนื่องจากค่านำไฟฟ้าจะสูงขึ้น หากแหล่งน้ำมีความเป็นกรดหรือด่างมากขึ้น ซึ่งค่าการนำไฟฟ้านั้นสามารถบอกได้เพียงการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอิออนได้ แต่ไม่สามารถบอกให้ทราบถึงชนิดของสารในแหล่งน้ำได้ (ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข, 2553) นอกจากนี้ ค่าความเป็นกรดของน้ำจะเกิดจากกรดอ่อน, โปรตีน, กรดไขมัน และอิออนของโลหะบางชนิด ในขณะที่ ค่าความเป็นด่างของน้ำนั้น จะขึ้นอยู่กับ ไฮดรอกไซด์อิออน, คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต (อังสนา ฉั่วสุวรรณ์, 2547) ในส่วนของปริมาณสารอาหารบางชนิด เช่น แอมโมเนียม-ไนโตรเจนและปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟต โดยการศึกษาในอดีตพบว่า สาหร่ายเดสมิดส์จะเติบโตได้ดีในระบบนิเวศแบบ oligotrophic คุณภาพน้ำดีมีสารอาหารน้อย หรือ mesotrophic คุณภาพน้ำปานกลางมีสารอาหารปานกลาง โดยมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยและมีสภาพการนำไฟฟ้าต่ำ รวมถึงสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางโภชนาการและค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้อย่างรวดเร็ว (Coesel, 2001) แม้ว่าโดยทั่วไปแล้วสาหร่ายเดสมิดส์จะอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมน้ำจืดที่มีลักษณะของสารอาหารในปริมาณต่ำและความเค็มต่ำ แต่พบว่ามีสาหร่ายเดสมิดส์หลายชนิดที่สามารถเจริญเติบโตได้ในแหล่งน้ำที่สารอาหารมีความอุดมสมบูรณ์ ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงการปรับตัวเข้ากับมลพิษและค่าการนำไฟฟ้าที่สูงขึ้นได้ (Stamenkovic, Steinwall and Wulff, 2021) นอกจากนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย ตลอดการศึกษาไม่พบความแตกต่างทางสถิติและมีค่าอยู่ในช่วงที่เกมาะสมของคุณภาพน้ำผิวดิน สอดคล้องกับการศึกษาของ กมลวรรณ รักยันต์, ศิริรักษ์ ตรีกลางดอน และสุรศักดิ์ ชัยบุรัมย์ (2558) รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างจากการศึกษาคุณภาพน้ำของกว๊านพะเยา มีค่าอยู่ในช่วง 6-9

2.2 การศึกษาปริมาณออกซิเจนเพื่อบ่งบอกคุณภาพน้ำ

ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในภาพรวมแต่ละสถานีไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม บริเวณสถานี 4-8 มีค่าต่ำกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ แต่ยังสามารถจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทย ซึ่งกำหนดให้ปริมาณออกซิเจนละลายไม่ต่ำกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

อย่างไรก็ตาม ตามมาตราฐานของ EPA ระบุไว้ว่า การมีระดับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระดับที่น่ากังวล และหากคุณภาพของน้ำมีระดับออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร จะถือว่ามีภาวะขาดออกซิเจนและมักจะไม่พบสิ่งมีชีวิตที่สามารถอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำได้ ในการศึกษาครั้งนี้ สถานีที่ตั้งอยู่ในบริเวณหนองเล็งทรายและกว๊านพะเยา จะพบค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณสถานีในคลองที่เชื่อมระหว่างแหล่งน้ำทั้งสอง เนื่องจากพื้นที่ศึกษาในหนองเล็งทรายและกว๊านพะเยา จัดเป็นทะเลสาบน้ำตื้น (shallow lakes) อีกทั้งยังมีพืชน้ำขึ้นปกคลุมและน้ำยังมีความโปร่งใสพอที่แสงแดดจะสามารถส่องถึงก้นทะเลสาบ (Scheffer และJeppesen, 1998) จึงทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในระดับที่ดีและบ่งชี้ถึงอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่สูงอีกด้วย นอกจากนี้ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำเฉลี่ยตลอดการศึกษา พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ค่าอยู่ในช่วง 2 – 4 มิลลิกรัม/ลิตร โดยเป็นไปตามมาตราฐานของ EPA ซึ่งระบุไว้ว่า ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ ไม่ควรเกิน 5 มิลลิกรัม/ลิตร (USEPA, 2001)

2.3 ผลการศึกษาปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณสารอาหาร พบว่า ไม่มีความแตกต่างในแต่ละจุดเก็บทั้ง โดยปริมาณสารอาหารไนเตรท–ไนโตรเจน และแอมโมเนียม–ไนโตรเจน พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างชัดเจนในแต่ละสถานี และมีค่าจัดอยู่ในระดับที่เหมาะสมในแหล่งน้ำผิวดิน อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟต ซึ่งค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างชัดเจนในแต่ละสถานีเช่นเดียวกับสารอาหาร 2 ชนิดที่กล่าวมา แต่พบว่า มีค่าเกินเกณฑ์ระดับปริมาณสารอาหารฟอสเฟตในแหล่งน้ำผิวดินคุณภาพดี และจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานค่าน้ำทิ้ง/น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) โดยทั่วไปแล้ว ปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟต สามารถพบได้จากการปนเปื้อนจากปุ๋ยจำพวกฟอสเฟตเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืช, น้ำทิ้งจากบ้านเรือนซึ่งส่วนใหญ่เป็นผงซักฟอก และในระบบประปาที่มักมีการเติมฟอสเฟตเพื่อป้องกันการตกตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต นอกจากนี้สารอาหารไนเตรต–ไนโตรเจน และแอมโมเนียม–ไนโตรเจน ในแม่น้ำลำธาร ยังมักมาจาก ปุ๋ยการทำเกษตร และน้ำทิ้งจากชุมชน (Horne and Goldman, 1994) จากการสำรวจบริเวณโดยรอบสถานี ตลอดการศึกษา พบว่า พื้นที่ใกล้เคียงระหว่างคลองส่งน้ำจากหนองเล็งทรายถึงกว๊าน รวมถึงกว๊านพะเยาบางส่วน นอกจากบ้านเรือนแล้ว ยังสามารถพบการทำเกษตรกรรมได้ในหลายพื้นที่ จึงอาจเป็นสาเหตุให้ปริมาณสารอาหารจากปุ๋ยในการทำเกษตรปนเปื้อนตลอดสายน้ำ เป็นสาเหตุให้สารอาหารในทุกสถานีไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2.4 ผลการศึกษาพารามิเตอร์ทางชีวภาพในแหล่งน้ำ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละสถานีไม่แตกต่างอย่างชัดเจนทางสถิติ โดยการศึกษาในอดีตรายงานว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จะมีความสัมพันธ์กับความสมบูรณ์ของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำ (Marlian, Damar and Effendi, 2015) ในส่วนของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยจัดอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาในอดีตของ ธีระพงษ์ ตุ้ยเครือ (2555) รายงานว่า แหล่งน้ำในกว๊านพะเยาพบการปนเปื้อนของปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดสูง ในบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงชุมชน แต่ยังมีค่าไม่เกินมาตราฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ แต่พบว่าสถานี 3-5 มีค่าเกินกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 จากการสังเกตจะเห็นได้ว่าตั้งแต่สถานี 2 จะเริ่มพบปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงสถานี 5 สาเหตุอาจมาจาก การทำปศุสัตว์ในสถานี 2 ทำให้อาจมีอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่น ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ (อรอนงค์ พริ้งศุลกะ, 2556) แล้วเกิดการนำพาสิ่งปนเปื้อนผ่านกระแสน้ำมายังคลองส่งน้ำที่อยู่ใกล้เคียงตามลำดับ ซึ่งสถานี 5 มีการหมุนเวียนของกระแสน้ำที่ต่ำ จึงทำให้พบปริมาณแบคทีเรียฟีคอลโคลิฟอร์มที่เข้มข้นกว่าสถานีอื่น ๆ โดยการศึกษาในอดีตพบว่า บริเวณชุมชนจะมีอิทธิพลต่อปริมาณแบคทีเรียฟีคอลโคลิฟอร์ม (Zhang, Chen and Shen, 2021)

จากการวิเคราะห์ ช่วงเวลาหรือฤดูกาลและสถานที่ตั้งของแหล่งน้ำศึกษา ที่แตกต่างกัน พบว่า ฤดูกาลสามารถส่งผลต่อพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพน้ำได้อย่างชัดเจนมากกว่าสถานที่ โดยในช่วงฤดูหนาว จะส่งผลให้ค่าอุณหภูมิต่ำและสารอาหารไนเตรท-ไนโตรเจนสูง ในขณะที่ช่วงฤดูฝนหรือต้นฤดูหนาวจะส่งผลให้ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, ค่าความขุ่น, ค่าความเป็นกรด-ด่าง, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม มีค่าสูง นอกจากนี้ ในช่วงฤดูร้อนทำให้น้ำมีปริมาณน้อยกว่าฤดูกาลอื่น ๆ จึงทำให้สารอาหารในแหล่งน้ำมีความเข้มข้นมากขึ้นทำให้แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตได้ดี (Souchu et al., 2010) ส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์, ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และค่าการนำไฟฟ้าที่สูง อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงในสถานีที่ตั้งของแหล่งน้ำที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ชัดเจนน้อยกว่า ซึ่งพบว่าสถานีที่ตั้งอยู่ในกว๊านพะเยาบางส่วน (สถานี 9-10) มีอิทธิพลต่อค่าการนำไฟฟ้า

ที่สูงอย่างมีนัยสำคัญ และจากภาพรวมสถานีบริเวณคลองส่งน้ำ (สถานี 4–8) ส่งผลให้พบปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ นอกจากนี้ สถานีที่ตั้งอยู่บริเวณประตูระบายน้ำ (สถานี 3) ยังพบว่า ส่งผลต่อค่าความขุ่นที่สูงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากกระแสน้ำไหลแรง

3. การประเมินและเปรียบเทียบพารามิเตอร์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ

จากการพิจารณาการประเมินคุณภาพน้ำ ดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (WQI) และวิธีการทางกายภาพเคมี (AARL–PC SCORE) ควบคู่กับ การวิเคราะห์ Bray–Curtis Cluster พบว่า การประเมินด้วยดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (WQI) โดยรวมจัดอยู่ในคุณภาพน้ำระดับพอใช้ จัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 เป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค (ต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน) และการเกษตรได้ ยกเว้นสถานี 4 และ 6 จัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 4 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค (ต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน) และการอุตสาหกรรมได้ ในส่วนของผลการประเมินคุณภาพน้ำผิวดินในสถานี 4 และ 6 ที่จัดอยู่ในคุณภาพน้ำระดับเสื่อมโทรม เนื่องจากเป็นบริเวณทางน้ำไหลและอยู่ใกล้เขตเมืองส่งผลให้มีการนำทรัพยากรน้ำมาใช้ประโยชน์ ทำให้แบคทีเรียก่อโรคสามารถปนเปื้อนลงสู่น้ำและก่อให้เกิดมลพิษ (Breton–Deval et al., 2019) ผลจากการประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธี WQI บางส่วนยังสอดคล้องกับการศึกษาในอดีตของ Soontornprasit and Khungboon (2017) ซึ่งรายงานว่า หนองเล็งทรายมีคุณภาพน้ำเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (WQI) แสดงให้เห็นว่าสถานี 1, 7 และ 9 มีคะแนนคุณภาพน้ำที่ดีกว่าสถานีอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ Bray–Curtis Cluster ที่จัดกลุ่มสถานีดังกล่าวให้แตกต่างจากสถานีอื่น ๆ โดยแสดงปัจจัยพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม เมื่อพิจารณากลุ่มสถานีดังกล่าว พบว่า ได้รับผลกระทบของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มที่ต่ำกว่าสถานีอื่น และเมื่อพิจารณาพารามิเตอร์อื่นเพิ่มเติมจึงพบว่า สถานี 1 ซึ่งเป็นบริเวณทางน้ำเข้าของหนองเล็งทรายมีค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงที่สุด เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างเป็นมีการปล่อยน้ำไหลเข้าหนองเล็งทราย จึงเป็นการเติมอากาศสู่แหล่งน้ำ รวมถึงสถานี 9 ซึ่งเป็นบริเวณกว๊านพะเยาบริเวณที่พบการทำเกษตรกรรม ยังพบว่ามี ค่าความเป็นกรด–ด่าง สูง สอดคล้องกับ Seo, Lee and Kim (2019) รายงานว่า แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและ

แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ นอกจากนี้ สถานี 7 ยังพบว่า มีค่าเฉลี่ยปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟตสูงสอดคล้องกับ Aram, Saalidong and Osei Lartey (2021) รายงานว่า ในแหล่งน้ำผิวดินที่พบค่าฟอสเฟตสูง จะส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มที่ต่ำลง อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ Bray-Curtis Cluster นั้น ไม่สอดคล้องกับผลการประเมินระดับคุณภาพน้ำด้วยวิธีการทางกายภาพเคมี (AARL-PC SCORE) เนื่องจากสถานี 7 ถูกประเมินให้มีคุณภาพน้ำที่แย่มากกว่าสถานีอื่น ๆ โดยการประเมินทุกสถานีจัดอยู่ในระดับ oligo-mesotrophic มีสารอาหารน้อยถึงปานกลาง หรือคุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบการประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธี AARL-PC Score ในอ่างเก็บน้ำในประเทศไทย ส่วนมากมีคุณภาพน้ำอยู่ในระดับดีถึงปานกลางเช่นกัน (ปริญญา มูลสิน, 2559; พงษ์พันธุ์ ลีฟ้าเกรียงไกร และทัตพร คุณประดิษฐ์, 2557) และรวมถึงคุณภาพน้ำของสถานี 8-10 ที่ตั้งอยู่ในกว๊านพะเยา ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Pinmongkhonkul et al. (2022) ซึ่งพบว่า กว๊านพะเยามีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง มีธาตุอาหารปานกลางถึงสูงและคุณภาพน้ำไม่ดีถึงปานกลาง

จากการวิเคราะห์สามารถระบุได้ว่า การประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธี WQI สามารถใช้เพื่อประเมินคุณภาพน้ำและระบุประเภทแหล่งน้ำผิวดินเป็นประเภทที่ 3 และประเภทที่ 4 โดยมีการวิเคราะห์ Bray-Curtis Cluster เป็นการยืนยันว่าปัจจัยทางด้านปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มมีผลต่อคะแนนการประเมินคุณภาพน้ำ ส่วนการประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธี AARL-PC Score สามารถใช้ระบุปริมาณระดับสารอาหารในแหล่งน้ำได้ ซึ่งจัดอยู่ในระดับ oligo-mesotrophic มีสารอาหารน้อยถึงปานกลาง จากการพิจารณาดัชนีทั้งสอง หากต้องการศึกษาด้านคุณภาพแหล่งน้ำ การใช้ วิธี WQI จะเหมาะสมมากกว่า AARL-PC Score เนื่องจาก สามารถแยกประเภทของแหล่งจากมาตรฐานคุณภาพน้ำได้หลากหลายกว่า แต่หากต้องการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายในแหล่งน้ำ การเลือกใช้ AARL-PC Score จะเหมาะสมกว่า เนื่องจากสาหร่ายแต่ละชนิดมีความสามารถเจริญเติบโตในแหล่งน้ำที่มีระดับสารอาหารแตกต่างกัน การระบุระดับสารอาหารในแหล่งน้ำจึงสามารถคาดการณ์ชนิดพันธุ์ของสาหร่ายที่สามารถพบได้

4. ความหลากหลายของสาหร่ายเดสมิดส์ในแหล่งน้ำ

4.1 ชนิดพันธุ์และจำนวนของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์

การศึกษาปริมาณเซลล์สาหร่ายเดสมิดส์ทั้งหมดในแต่ละสถานีตลอดการศึกษาพบว่า สถานีบริเวณกว๊านพะเยามีจำนวนสาหร่ายเดสมิดส์มากสุด ครอบคลุมตั้งแต่สถานี 8

ถึงสถานี 10 โดยเฉพาะสถานี 10 พบจำนวนสาหร่ายเดสมิดส์สูงสุดเมื่อเทียบกับสถานีอื่น ๆ ตลอดการศึกษา และสถานีที่มีจำนวนสาหร่ายเดสมิดส์สูงรองลงมา คือ สถานีบริเวณหนองเล็งทราย ครอบคลุมตั้งแต่สถานี 1–3 ซึ่งสถานีที่มีจำนวนสาหร่ายเดสมิดส์น้อย พบว่าอยู่บริเวณคลองส่งน้ำ ครอบคลุมตั้งแต่สถานี 4–7 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาความเชื่อมโยงของสกุลและชนิดพันธุ์ของสาหร่ายในทุกสถานีตลอดการศึกษา ไม่พบความเชื่อมโยงกันในช่วงสถานีแรกจนถึงสถานีสุดท้าย เนื่องจากบางชนิดพันธุ์สามารถพบได้ในบริเวณหนองเล็งทราย และหายไปในสถานีส่วนที่เชื่อมไปสู่กว๊านพะเยา แต่สามารถพบได้อีกในกว๊านพะเยา เนื่องจากปัจจัยของการไหลเข้าและไหลออกของน้ำเส้นทางหลักที่ศึกษา นอกจากนี้ ยับพบปัจจัยภายนอกในด้านของทรัพยากรน้ำจากแหล่งน้ำอื่น ๆ ที่มีการปล่อยน้ำเข้ามาสู่เส้นทางน้ำสายหลักที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ โดยพบแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ของสายพันธุ์สาหร่ายต่าง ๆ มากมายนอกเหนือจากหนองเล็งทรายและกว๊านพะเยา เช่น อ่างเก็บน้ำในอุทยานแห่งชาติแม่ปืม ห้วยชมพู ห้วยแม่เหยี่ยนห้วยแม่ตุ้ม อ่างเก็บน้ำห้วยปง

บริเวณกว๊านพะเยาและหนองเล็งทราย มีจำนวนเซลล์สาหร่ายเดสมิดส์ทั้งหมดสูงกว่าบริเวณคลองส่งน้ำ เนื่องจากสาหร่ายเดสมิดส์ส่วนใหญ่สามารถพบในแหล่งน้ำจืดที่มีลักษณะเป็นแหล่งน้ำนิ่ง เช่น สระน้ำ อ่างน้ำ และทะเลสาบ (Coesel, 2001) อย่างไรก็ตาม แม้การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในครั้งนี้ จะเป็นการวิเคราะห์จากแพลงก์ตอนพืชหรือสาหร่ายทั้งหมดในแหล่งน้ำ โดยไม่เจาะจงเฉพาะสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ แต่สามารถใช้ในการอธิบายเพิ่มเติมได้ เนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยหากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูง ก็จะพบสาหร่ายปริมาณสูงได้เช่นกัน นอกจากนี้ สาหร่ายยังมักจะเจริญเติบโตโดยการยึดเกาะกับพืชน้ำ (Mutinová et al., 2016) ดังนั้น หากในแหล่งน้ำมีพืชน้ำน้อย (submerged macrophytes) ก็สามารถส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีปริมาณน้อยได้ด้วยเช่นกัน ซึ่งพื้นที่ศึกษาบริเวณคลองส่งน้ำที่ตั้งอยู่ในเขตชุมชนและเป็นบริเวณแหล่งน้ำไหล (สถานี 4–7) มีสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ จึงส่งผลให้พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ น้อย รวมถึงพบ จำนวนเซลล์สาหร่ายเดสมิดส์โดยรวมน้อยกว่าบริเวณแหล่งน้ำนิ่งในพื้นที่หนองเล็งทรายและกว๊านพะเยา ที่พืชน้ำสามารถเจริญเติบโตได้มากกว่าอีกด้วย

4.2 องค์ประกอบของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์

การศึกษาองค์ประกอบของสายพันธุ์สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ทั้งหมดที่พบตลอดการศึกษา พบว่า สกุลที่พบมากในภาพรวมจากทุกสถานี คือ *Closterium* และ *Straurastrum* โดยทั้งสองชนิดมีความทนทานในแหล่งน้ำที่อุดมด้วยปริมาณสารอาหารและมลภาวะได้

(Stamenkovic and Cvijan, 2008) สอดคล้องกับ ธนศักดิ์ สอนพรม และคณะ (2560) รายงานว่า พบสาหร่าย *Staurastrum* sp. เป็นชนิดเด่นจากการศึกษาอ่างเก็บน้ำในประเทศไทย รวมถึง Kaewsri and Traichaiyaporn (2012) รายงานว่า การศึกษาแหล่งน้ำกว๊านพะเยา จากทั้งหมด 9 สถานี สามารถพบสาหร่ายสกุล *Straurastrum* ในทุกสถานีและพบปริมาณมาก รองลงมาคือ *Closterium* และ *Cosmarium* นอกจากนี้ การศึกษาสาหร่ายเดสมิดส์จากแหล่งน้ำจืดของประเทศไทยในอดีต ยังมีรายงานว่า พบสาหร่ายสกุล *Staurastrum, Closterium, Staurodesmus* และ *Closmarium* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย (จุฑามาส อยู่มาก และคณะ, 2564) และพบในภาคเหนือ 17 สกุล (Ngearnpat and Peerapornpisal, 2007) ซึ่งเป็นสาหร่ายเดสมิดส์ที่อาศัยอยู่ในคุณภาพน้ำระดับ oligotrophic ถึง meso–eutrophic ได้แก่ *Actinotaenium, Spirotaenia, Netrium, Gonatozygon, Pleurotaenium, Closterium, Euastrum, Micrasterias, Cosmarium, Cosmocladium, Stuarastrum, Staurodesmus, Xanthidium, Teilingia , Spondylosium, Hymidalotheca* และ *Desmidium*

การศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายเดสมิดส์ในภาพรวมตลอดการศึกษา พบว่า มีสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ วงศ์ Desmidiaceae เกินกว่า 50% จากทั้งหมด 4 วงศ์ รองลงมาคือ Closteriaceae, Gonatozygaceae และ Mesotaniaceae ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบของสาหร่ายที่พบ สอดคล้องกับการศึกษาสาหร่ายเดสมิดส์ในแหล่งน้ำจืดของประเทศไทยของ Ngearnpat and Peerapornpisal (2007) รายงานว่า พบ วงศ์ Desmidiaceae มากที่สุด คือ 46 ชนิด จากทั้งหมด 91 ชนิด รองลงมา คือ Closteriaceae 14 ชนิด และGonatozygaceae 1 ชนิด ตามลำดับ เมื่อศึกษาชนิดพันธุ์ที่พบในแหล่งน้ำศึกษาในอดีต การศึกษาของ Kaewsri and Traichaiyaporn (2012) รายงานว่า สามารถพบ *Closterium* spp. *และ Staurastrum* spp. ในบริเวณกว๊านพะเยาได้ โดยในการศึกษาแหล่งน้ำจากหนองเล็งทรายถึงกว๊านพะเยาครั้งนี้ พบชนิดเด่น คือ *Closterium acutum* var. *variabile* โดย *Closterium acutum* var. *variabile* เป็นสาหร่ายสีเขียวที่สามารถปรับตัวในสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อยได้เนื่องจากมีอัตราของการสังเคราะห์แสงที่ความเข้มแสงต่ำ (Coesel, 1993; Lenard and Ejankowski, 2017) เป็นสายพันธุ์หนึ่งที่สามารถพบได้จากแหล่งที่อยู่อาศัยที่หลากหลาย โดยอาจพบได้ในคุณภาพน้ำระดับ oligotrophic และ eutrophic (Coesel, 1993) และมีรายงานการค้นพบในแหล่งน้ำจืดประเทศไทยในอดีต (Ngearnpat and Peerapornpisal, 2007) และพบได้มากในช่วงฤดูฝนบริเวณ Amazonian lake โดยในการศึกษาครั้งนี้พบมากที่สุดในสถานี 9 ซึ่งเป็นบริเวณกว๊านพะเยาที่มีการทำเกษตรกรรม นอกจาก *Closterium acutum* var. *variabile* แล้วยังมีสาหร่ายเดสมิดส์ชนิดพันธุ์ที่

พบการกระจายตัวสูงซึ่งสามารถพบบ่อย–พบได้บ่อยมาก (common–abundant) หรือมี relative frequency สูงตั้งแต่ 65% ขึ้นไปตลอดการศึกษา ดังนี้

Staurastrum bloklandiae โดยทั่วไปมีรายงานว่าสามารถพบได้ในแหล่งน้ำจืดคุณภาพระดับ eutrophic และ hypertrophic และสามารถอาศัยได้ในแหล่งน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ รวมถึงมีความทนทานต่อแหล่งที่อยู่อาศัยที่อุดมด้วยปริมาณสารอาหาร (Stamenkovic and Cvijan, 2008) พบมากที่สุดในสถานี 10 ซึ่งเป็นบริเวณที่พบพืชน้ำมาก และมีกิจกรรมของมนุษย์ในบริเวณโดยรอบส่งผลการทบต่อคุณภาะน้ำทางกายภาพและปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (ฐิติมน ญาณพืช และสุชาติ เหลืองประเสริฐ, 2562)

Closterium gracile สามารถพบได้ในแหล่งน้ำระดับ eutrophic (Crossetti, Naselli–Flores and Padisak, 2013) รวมถึงมีรายงานการค้นพบในภาคเหนือของประเทศไทยอีกด้วย (Ngearnpat and Peerapornpisal, 2007) สามารถพบได้มากในอ่างเก็บน้ำตื้นเขตร้อน (shallow tropical reservoir) ในช่วงฤดูฝน (Santos and Ferragut, 2013) และเป็นสายพันธุ์ที่ทนต่อน้ำเสียเล็กน้อย (Coesel, 1983) ในการศึกษาครั้งนี้พบมากที่สุดในสถานี 9 ซึ่งเป็นบริเวณกว๊านพะเยา อาจมีการทำเกษตรกรรมจึงอาจมีการปนเปื้อนสารอนินทรีย์จากการทำเกษตรที่ถูกชะล้างลงส่งแหล่งน้ำได้

Closterium limneticum พบได้ในแหล่งน้ำตื้นที่มีสารอาหารสูง โดยพบมากในช่วงอากาศหนาว (Barone and Flores, 1994) แต่มีรายงานว่าเคยพบในทะเลสาบเขตร้อนบริเวณทวีปแอฟริกา (Kadiri, 2002) และเอเชีย (Cao et al., 2005) เช่นกัน ในการศึกษาครั้งนี้พบมากที่สุดในสถานี 8 ซึ่งเป็นบริเวณคลองน้ำไหล ซึ่งบริเวณเก็บตัวอย่างอยู่ใกล้กับแหล่งที่อยู่อาศัย

Staurastrum tetracerum พบจำนวนมากสุดในสถานี 3 ซึ่งเป็นบริเวณที่มีค่าความขุ่นสูงที่สุด เนื่องจากเป็นชนิดพันธุ์ที่สามารถอาศัยในแหล่งน้ำที่มีสารแขวนลอยสูงได้ (Stamenkovic and Cvijan, 2009) โดยส่วนมาก *Straurastrum* sp. จะเจริญเติบโตได้ดีในแหล่งน้ำที่มีแร่ธาตุน้อย (Negro, De Hoyos and Aldasoro, 2003) แต่ *Staurastrum tetracerum* โดยปกติแล้วจะเป็นชนิดพันธุ์ที่มีมากที่สุดในแหล่งน้ำระดับ mesotrophic (Oliveira and Mattos, 2016)

Closterium moniliferum สามารถพบในแหล่งน้ำจืดของประเทศไทย รวมถึงสามารถพบได้ในทะเลสาบเขตร้อนทั่วไป เช่น tropical monomictic lakes (Ariyadej et al., 2004) หรือแหล่งน้ำในทวีปแอฟริกา (Stoyneva and Descy, 2020) และเอเชีย (Tsuchikane, Nakai

and Sekimoto, 2014) ในการศึกษาครั้งนี้พบมากที่สุดในสถานี 1 ซึ่งเป็นบริเวณตอนบนของหนองเล็งทรายซึ่งเป็นจุดที่มีน้ำไหลเข้า

Euastrum biverrucosum เคยถูกพบโดย Gontcharov and Watanabe (2006) และมีรายงานว่า สามารถเจริญเติบโตและอาศัยในแหล่งน้ำระดับ eutrophic มีสารอาหารสูง คุณภาพน้ำไม่ดี และจัดเป็นชนิดที่พบได้น้อย (Rare) รวมถึงเป็นสาหร่ายเดสมิดส์ที่พบได้ในประเทศญี่ปุ่นและรัสเซียตะวันออกไกล (Medvedeva and Nikulina, 2014) ในการศึกษาครั้งนี้พบมากที่สุดในสถานี 10 ซึ่งเป็นบริเวณที่มีกิจกรรมของมนุษย์ในบริเวณโดยรอบอาจส่งผลให้สารอาหารในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น

Staurastrum cingulum var. *obesum* พบได้ในแหล่งน้ำจืด (Smith, 1922) เคยถูกพบในแหล่งน้ำประเทศศรีลังกา ซึ่งเป็นชนิดเด่นที่สามารถพบได้ในอ่างเก็บน้ำ ที่ไม่มีกระแสน้ำไหลเข้าจึงเป็นแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนต่ำ (Warusawithana and Yatigammana, 2019) ในการศึกษาครั้งนี้ ไม่พบในช่วงสถานี 5–8 ซึ่งเป็นบริเวณคลองน้ำไหลอยู่และอยู่ใกล้กับแหล่งที่อยู่อาศัย

Closterium gracile var. *elongatum* สามารถพบในแหล่งน้ำจืดเขตร้อน เช่น ประเทศไทย (Hirano, 1992) และไต้หวัน (Wei, 2003) มีรายงานว่าสาหร่ายชนิดนี้สามารถใช้เป็นดัชนีชีวภาพ โดยใช้บ่งบอกสถานะของสารอาหาร (trophic status) ในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ (Ngearnpat and Peerapornpisal, 2007) การศึกษาครั้งนี้พบมากที่สุดในสถานี 10 เป็นบริเวณท่าเทียบเรือของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมง

Closterium idiosporum var. *punctatum* สามารถพบในแหล่งน้ำจืดเขตร้อน เช่น แหล่งน้ำในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Lone, Lone and Toppo, 2021) ในการศึกษาครั้งนี้ ไม่สามารถพบได้ในช่วงสถานี 3–8 ซึ่งเป็นส่วนคลองน้ำไหล และมีปัจจัยของพารามิเตอร์น้ำทางด้านปริมาณสารอาหาร

4.3 ดัชนีความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์

การศึกษาโครงสร้างประชากรของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ด้วยดัชนีความหลากหลาย โดยได้ค่าดัชนีต่าง ๆ ตลอดการศึกษา ได้แก่ Shannon's diversity index 1.66–3.04, Simpson's index 0.74–0.94, Evenness index 0.72–0.90, Margalef's index 0.51–1.96 และ Dominance index 0.11–0.28 โดยค่าดัชนีความหลากหลายพบค่าสูงในสถานี 1 บริเวณทางน้ำเข้าของหนองเล็งทรายและสถานี 10 บริเวณทางน้ำออกของกว๊านพะเยา ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Pinmongkhonkul et al. (2022) รายงานว่า การศึกษาแพลงก์ตอนพืชจากแหล่งน้ำในจังหวัดพะเยา มีค่า Shannon's diversity index ตลอดการศึกษาอยู่ในช่วง

0.210–3.101 นอกจากนี้ เมื่อศึกษาดัชนีความหลากหลายทั้ง 2 ชนิด จากภาพรวมแสดงให้เห็นว่าค่าดัชนี Shannon's diversity index และ Simpson's index สามารถจัดจำแนกความหลากหลายทางชีวภาพของแต่ละสถานีได้ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาดัชนีความหลากหลายทั้งสองชนิดโดยละเอียด พบว่า ในช่วงสถานี 4–7 นั้น ดัชนีความหลากหลาย Simpson's index มีค่าที่ไม่สอดคล้องกับ Margalef's index มากกว่า Shannon's diversity index เนื่องจากการวิเคราะห์ Pearson's correlation coefficient แสดงผลว่าดัชนีทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกัน ซึ่งในอดีตการศึกษาของ Motwani et al. (2014) รายงานว่า สามารถใช้ดัชนี Shannon's diversity index กับ Simpson's index ในการวิเคราะห์ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชได้ แต่ Shannon's diversity index จะเหมาะสมต่อการใช้วิเคราะห์ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชมากกว่า รวมถึง ธรรมนูญ เต็มไชย และ ทรงธรรม สุขสว่าง (2556) ยังรายงานว่าดัชนีความหลากหลาย Simpson's index จะไม่มีความเสถียรหากพื้นที่ศึกษามีขนาดไม่เท่ากัน ในขณะที่ Shannon's diversity index สามารถบ่งบอกความหลายหลากของสังคมได้ชัดเจนกว่าไม่ว่าจะศึกษาในพื้นที่ขนาดเท่าใด

เมื่อพิจารณาการศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีความหลากหลายต่าง ๆ โดยวิเคราะห์ Pearson's correlation coefficient ผลค่าเฉลี่ยจากการแบ่งกลุ่มข้อมูลตามสภาพแวดล้อมของสถานีที่ศึกษา เปรียบเทียบระหว่างดัชนีความหลากหลายต่าง ๆ ของสาหร่ายเดสมิดส์ พบว่า ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ Shannon's diversity index แสดงความสัมพันธ์กับดัชนีอื่น ๆ ได้เช่นเดียวกันกับ Simpson's index นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของ Evenness index พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงลบต่อ Dominance index และ Margalef's index สอดคล้องกับการศึกษาของ Motwani et al. (2014) รายงานว่า Evenness index มีความสัมพันธ์เชิงลบกับ Dominance index และ Oksanen (2004) รายงานว่า Evenness index จะลดลง เมื่อจำนวนชนิด (Margalef's index) เพิ่มขึ้น

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีครั้งนี้ สามารถบอกได้ว่าการศึกษาสาหร่ายเดสมิดส์ในแหล่งน้ำ เหมาะสมกับดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ Shannon's diversity index มากกว่า Simpson's index โดยพบว่า บริเวณแหล่งน้ำที่พบความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายเดสมิดส์สูงที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ จะมีความสม่ำเสมอ จะมีความมากชนิดสูง (Margalef's index) และหากแหล่งน้ำใดมีการแพร่กระจายของชนิดพันธุ์สูง (Evenness index) จะมีชนิดพันธุ์เด่นจำนวนน้อย (Dominance index)

5. ความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายเดสมิดส์และพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำ

จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ในแต่ละสถานีด้วยการวิเคราะห์ Bray–Curtis Cluster สามารถจัดกลุ่มสาหร่ายที่มีความใกล้เคียงกันในแต่ละสถานีตลอดการศึกษาได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มสถานีบริเวณคลองส่งน้ำในเขตเมือง (กลุ่ม 1) ได้แก่ สถานี 4 –8 ซึ่งการได้รับความเสี่ยงเนื่องด้วยกิจกรรมจากมนุษย์ สามารถส่งผลทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม (Kumar and Oommen, 2011) โดยในภาพรวมกลุ่มสถานีดังกล่าวพบค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำซึ่งแพลงก์ตอนพืชแต่ละกลุ่มมีความต้องการสารอาหารที่ต่างกัน (Yang et al., 2019) จึงส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่แตกต่างจากสถานีบริเวณที่เป็นอ่างเก็บน้ำ (กลุ่ม 2) ได้แก่ สถานี 1, 2, 9, และ 10 เป็นสถานีในหนองเล็งทรายและกว๊านพะเยา ในภาพรวมพบว่า มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ค่อนข้างสูง และมีค่าการนำไฟฟ้าที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญรวมทั้งยังพบปริมาณของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์สูงกว่ากลุ่มสถานีอื่นเช่นกัน และสุดท้ายส่วนของสถานี 3 (กลุ่ม 3) เป็นบริเวณพื้นที่ระบายน้ำออกจากหนองเล็งทรายสู่ชุมชน ซึ่งพบลักษณะของน้ำที่มีการไหลเร็วและแรง รวมทั้งยังพบค่าความขุ่นของน้ำที่สูงกว่าสถานีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายเดสมิดส์และพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำต่าง ๆ ทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ด้วยการวิเคราะห์ CCA โดยมีพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำมาเกี่ยวข้อง สามารถจัดกลุ่มได้ 3 กลุ่มเช่นกัน ได้แก่ กลุ่ม 1 คือ สถานี 1–3 เป็นบริเวณหนองเล็งทราย ซึ่งปัจจุบันมีการขุดลอกในพื้นที่หนองเล็งทราย รวมถึงสถานี 3 ยังพบการระบายน้ำเข้าและการระบายน้ำออกที่ส่งผลต่อค่าความขุ่นของน้ำ นอกจากนี้ สถานี 2 บริเวณตอนกลางของหนองเล็งทราย ยังสามารถพบการทำปศุสัตว์ จึงสามารถพบความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ CCA ของปริมาณไนเตรท–ไนโตรเจน , ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม และค่าความขุ่น นอกจากนี้พารามิเตอร์ดังกล่าว ยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกจากการวิเคราะห์ pearson’s correlation coefficient กับสาหร่าย *Staurastrum tetracerum* ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับ Ngearnpat and Peerapornpisal (2007) พบว่า *Staurastrum tetracerum* สามารถพบปริมาณสูง และมีความอุดมสมบูรณ์สูงสุดในสระน้ำและลำธาร จากการศึกษาแหล่งน้ำจืดในประเทศไทยทั้งหมด 12 แหล่ง อีกทั้งการศึกษาในอดีต ยังพบความสัมพันธ์ของ *Staurastrum tetracerum* กับพารามิเตอร์น้ำต่าง ๆ โดย Stamenkovic, Steinwall and Wulff (2021) รายงานว่า *Staurastrum tetracerum* มีความทนทานต่อค่าการนำไฟฟ้าในแหล่งน้ำ, Stamenkovic and Cvijan (2009) รายงานว่า *Staurastrum*

tetracerum สามารถเจริญเติบโตได้ในแหล่งน้ำที่มีค่าความขุ่นสูง, (Santos et al., 2022) รายงานว่า *Staurastrum tetracerum* มีจำนวนเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณสารไนโตรเจนลดต่ำลง เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์กลุ่มที่ 2 พบว่ามีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์ Bray–Curtis Cluster โดยเป็นกลุ่มสถานีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นคลองส่งน้ำอยู่ใกล้เขตชุมชนได้แก่ สถานี 4–9 เป็นบริเวณเส้นทางไหลของน้ำจนถึงพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณกว๊านพะเยา มีการปนเปื้อนสารอาหารรวมถึงสารอนินทรีย์จากกิจกรรมของมนุษย์ในเขตชุมชนและการทำเกษตรกรรม ซึ่งส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้า นอกจากนี้ สารอาหารบางชนิดยังมีแหล่งที่มาตามธรรรมชาติอีกด้วย เช่น สารอาหารไนเตรทในแหล่งน้ำ มักมาจากพืชที่เน่าเปื่อยในแม่น้ำและปฏิกิริยาออกซิเดชันจากของเสียจากมนุษย์และสัตว์ (Khan, Gani and Chakrapani, 2016) รวมถึงสารอาหารฟอสเฟตที่พบในแม่น้ำ มักเกิดจากการชะล้างทางการเกษตรและผงซักฟอกสำหรับซักผ้า โดยกลุ่มสถานี 4–9 สามารถพบความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ CCA กับปริมาณออโธฟอสเฟต, แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด, ปริมาณไนเตรท–แอมโมเนีย และค่าการนำไฟฟ้า และยังพบความสัมพันธ์กับสาหร่าย *Closterium gracile* และ*Closterium acutum* var. *variabile* โดยการวิเคราะห์ pearson's correlation coefficient เพิ่มเติม พบว่า *Closterium gracile* มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุด และมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อสารอาหารไนเตรท–ไนโตรเจนและค่าความขุ่นอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับ Santos and Ferragut (2013) พบว่า *Closterium gracile* มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนที่สูง ในส่วนของ *Closterium acutum* var. *variabile* พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำไฟฟ้ามากอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับ Ariyadej et al. (2004) มีรายงานการศึกษาแหล่งน้ำจืดจากประเทศไทยพบ *Closterium acutum* มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำไฟฟ้าที่สูง และพบว่าเป็นชนิดพันธุ์ที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงที่ความเข้มแสงต่ำ สามารถปรับตัวในสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อยได้ (Lenard and Ejankowski, 2017) นอกจากนี้ ยังรายงานว่า *Closterium acutum* var. *variabile* มีความสามารถทนทานในแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอาหารสูงได้ เป็นลักษณะที่โดดเด่นในสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์และสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ (indicator) เมื่อศึกษาความสัมพันธ์กลุ่มที่ 3 ในส่วนของสถานี 10 ซึ่งเป็นบริเวณกว๊านพะเยา บริเวณท่าเทียบเรือของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำ อีกทั้งยังพบพืชน้ำขึ้นปกคลุมอยู่อย่างหนาแน่น ซึ่งถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตของชุมชนสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ โดยพืชน้ำสามารถเป็นแหล่งอาศัยให้สาหร่ายสามารถยึดเกาะได้ (Mutinová et al., 2016) จากการศึกษาในอดีตพบว่า สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์มีการ

ปรับตัวให้สามารถยึดเกาะวัตถุในน้ำเพื่อการเจริญเติบโต (Domozych et al., 2007; Palacio-López et al., 2019) และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อสาหร่ายเดสมิดส์ (Takamura et al., 2003) ในการศึกษาครั้งนี้ สถานี 10 จึงสามารถพบความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ CCA ของค่าอุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ, ค่าความเป็นกรด-ด่าง และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ รวมถึงสาหร่าย *Euastrum biverrucosum* และ *Staurastrum bloklandiae* โดยจากการวิเคราะห์ pearson's correlation coefficient เพิ่มเติม พบว่า *Euastrum biverrucosum* มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ นอกจากนี้ *Staurastrum bloklandiae* ยังความสัมพันธ์เชิงบวกกับ, ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ค่าอุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและความเป็นกรด-ด่าง สอดคล้องกับการศึกษาของ Stamenkovic and Cvijan (2008) รายงานว่า *Staurastrum bloklandiae* สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงได้

ข้อเสนอแนะ

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอนำเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ควรพิจารณาหารูปแบบการเก็บตัวอย่างน้ำที่มีคุณภาพยิ่งขึ้น เช่น ควรมีเรือเพื่อความสะดวกในการเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณน้ำลึก

2. การแบ่งช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง พบว่าบริเวณหนองเล็งทรายมีการขุดลอกในบางเดือน ทำให้มีความจำเป็นต้องเปลี่ยนตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำเนื่องจากการทำงานของเครื่องจักรในพื้นที่ อาจะส่งผลให้เกิดความแปรปรวนในน้ำตัวอย่างได้ ดังนั้นจึงควรเลือกช่วงเวลาและตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่คาดว่าจะไม่ถูกปัจจัยอื่น ๆ รบกวน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กมลวรรณ รักยันต์, ศิริรักษ์ ตรีกลางดอน และสุรศักดิ์ ชัยบุรัมย์. (2558). **ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำทางชีวภาพในหนองเล็งทรายและกว๊านพะเยา ในฤดูร้อน ปี** 2558. วิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.

กรมควบคุมมลพิษ. (2553). **มาตรฐานคุณภาพน้ำแห่งประเทศไทย.** จาก http://water.rid.go.th/wrd/const14/images/KL/KL3.pdf

กรมควบคุมมลพิษ. (2563). **ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.** 2537) **เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน.** จาก https://www.pcd.go.th/laws/4168

กรมควบคุมมลพิษ. (2565). **ดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (Water Quality Index: WQI).** จาก https://www.pcd.go.th/waters/ดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน-water-quality-indexwqi

กรมทรัพยากรน้ำ. (2564). **รายงานสถานภาพพื้นที่ชุ่มน้ำที่สำคัญของประเทศไทย.** สืบค้นเมื่อ จาก https://wetland.dwr.go.th/wetlands/paper/book/p1_10.pdf

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2564). **ปริมาณน้ำบนโลก.** จาก http://www.dgr.go.th/th/newsAll/124/4589

กรมประมง. (2550). **คู่มือประชาชน: คุณภาพน้ำในฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมาตรฐานปลอดภัย (Food Safety).** กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2562). **คู่มือมาตราฐานน้ำดื่มประเทศไทย.** จาก http://www.kanpho.go.th/new/downloads/คู่มือมาตรฐานน้ำดื่มประเทศไทย.pdf

กรมอนามัย. (2563). **คุณภาพน้ำทางเคมีทั่วไป-กายภาพ.** จาก https://phld.anamai.moph.go.th/th/chemical-water-quality/

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). **ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้สาหร่าย.** จาก http://siweb1.dss.go.th/repack/fulltext/IR%2035.pdf

กฤษณ์ ทาทอง. (2559). **คู่มือปฏิบัติงาน การประปาส่วนภูมิภาคสาขานครพนม สถานีผลิตน้ำนครพนม.** จาก

http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER19/DRAWER099/GENERAL/DATA0000/00000034.PDF

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์, กรทิพย์ กันนิการ์ และลลิตา ข่วงบุญ. (2560). การประเมินระดับของมลพิษทางน้ำจากผลกระทบของการใช้ประโยชน์ของชุมชนต่อระบบนิเวศทางน้ำของหนองเล็งทราย จังหวัดพะเยา. **แก่นเกษตร**, 45(4), 703-710. จาก https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj/article/view/252432

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์, ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์ และลลิตา ข่วงบุญ. (2562). โครงสร้างประชาคมปลาและประสิทธิภาพผลจับจากเครื่องมือข่ายในกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา. **แก่นเกษตร**, 5(4), 653-662.

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์ และลลิตา ข่วงบุญ. (2560). ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคุณภาพน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำหนองเล็งทราย จังหวัดพะเยา. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55** (หน้า 713-720). กรุงเทพฯ.

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์, ศิริลักษณ์ วลัญช์เพียร, สุกัญญา ฟักแก้ว และภัทมาศ อ่ำทอง. (2560). การใช้แมลงน้ำเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำในลำห้วยสาขาของหนองเล็งทรายจังหวัดพะเยา. **แก่นเกษตร,** 5(4), 653-662.

เกษม จันทร์แก้ว. (2526). **หลักการจัดการลุ่มน้ำ.** กรุงเทพฯ: คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. จาก https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/drought/search_detail/result/190431

คณะกรรมการบริหารงานจังหวัดแบบบูรณาการจังหวัดพะเยา. (2561). **แผนพัฒนาจังหวัดพะเยา (พ.ศ. 2561 – 2565) ฉบับทบทวนประจำปี พ.ศ. 2563**. จาก http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER66/DRAWER028/GENERAL/DATA0000/00000715.PDF

จุฑามาส อยู่มาก, เฉลา สำราญดี, สยาม ระโส, กชนิภา อุดมทวี และโศภิษฐ์ เวทยสุภรณ์. (2564). ฤดูกาลกับความหลากชนิดของสาหร่ายน้ำจืดโรติเฟอร์และคลาโดเซอรา ในแหล่งน้ำจืด จังหวัดสุรินทร์. **วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาส์น**, 43(1), 1-19.

ฐิติมน ญาณพืช และสุชาติ เหลืองประเสริฐ. (2562). การ ประเมิน ความ สัมพันธ์ ของ แพลง ก์ตอน พืช กับ คุณภาพ น้ำ ใน แม่น้ำ เจ้าพระยา. **วิศวกรรมสาร มก.,** 32(107).

ธนศักดิ์ สอนพรม, ธีรศักดิ์ เพิ่มพร, สยาม ระโส และคุณภัทร ศรศิลป์. (2560). ความหลากชนิดของสาหร่ายน้ำจืดในอ่างเก็บน้ำห้วยแก้ว อำเภอรัตนบุรี จังหวัดสุรินทร์. **วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาส์น**, 39(2), 59–74.

ธรรมนูญ เต็มไชย และทรงธรรม สุขสว่าง. (2556). ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแปลงตัวอย่างกับดัชนีความหลากหลาย : กรณีศึกษา ป่าดงดิบชื้นในภาคตะวันออกและป่าเบญจพรรณในภาคตะวันตกของประเทศไทย. ใน **การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการเครือข่ายงานวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ครั้งที่ 2.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ธีระพงษ์ ตุ้ยเครือ. (2555). **การเจริญเติบโตของผักตบชวาในกว๊านพะเยา: กรณีศึกษาการปนเปื้อนของน้ำเสียชุมชน.** การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.

นฤมล ตปนียะกุล. (2535). **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย.** กรุงเทพมหานคร: กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข.

เนติ เงินแพทย์. (2552). **ความหลากหลายทางชีวภาพของเดสมิดส์ในแหล่งน้ำจืดบางแห่งของประเทศไทยและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ.** วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เนติ เงินแพทย์, มัณฑนา นวลเจริญ, Coesel, P. F. และยุวดี พีรพรพิศาล. (2549). ความหลากหลายของเดสมิสด์จากป่าพรุบางแห่งในภาคใต้ของประเทศไทย. ใน **การประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 3.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บัณฑิตา สวัสดี, จุฑารัตน์ แก่นจันทร์, พุทธชาติ อิ่มใจ และอรอนงค์ ไชยรา. (2558). **ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและความหลากชนิดของปลาในบึงกุย จังหวัดมหาสารคาม.** การศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง ปริญญาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม. จาก http://fulltext.rmu.ac.th/fulltext/2558/M120718/Sawasdee%20Banthita.pdf

เบญจพล อินทีศรี. (2549). **การใช้สัตว์พื้นทองน้ำเป็นดัชนีประเมินคุณภาพน้ำจากการใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำแม่กลอง.** วิทยานิพนธ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร, กรุงเทพฯ.

ประสารยา เบญจวรรณ. (2556). **คุณภาพต้นน้ำในลำน้ำสาขาต้นน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา.** จาก http://updc.clm.up.ac.th/handle/123456789/953

ปริญญา มูลสิน. (2555). **ความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่และคุณภาพน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, อุบลราชธานี.

ปริญญา มูลสิน. (2559). ความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และคุณภาพน้ำบางประการในอ่างเก็บน้ำห้วยถ้ำแข้ อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี. ว**ารสารวิจัยและพัฒนา มจธ**, 39(1), 37–50.

พงษ์พันธุ์ ลีฟหเกรียงไกร และทัตพร คุณประดิษฐ์. (2557). คุณภาพน้ำและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและสัตว์หน้าดินในอ่างเก็บน้ำที่ วิทยาเขตสะลวงมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. **Life Sciences and Environment Journal,** 15(1), 87–97.

ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. (2553). **การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น.** จาก http://www.2.diw.go.th/research.pdf

มัณฑกา วีระพงศ์. (2558). **ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำสายหลัก จังหวัดนครศรีธรรมราช. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช**, นครศรีธรรมราช. จาก http://dspace.nstru.ac.th:8080/dspace/bitstream/123456789/2214/3/Fulltext.pdf

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์. (2547). **เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย.** กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2549). **สาหร่ายวิทยา** (พิมพ์ครั้งที่ 2). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล, จีรพร เพกเกาะ, ดวงกมล โพธิ์หวังประสิทธิ์, ธนพล ทนคำดี, อดินุช หงษ์สิริชาติ และทัตพร คุณประดิษฐ์. (2550). การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL–PP Score. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**, 1.

รตนพรรษ สุชาติ และเชาวน์ ปอแก้ว. (2559). **สารานุกรมกว๊านพะเยา.** จาก http://www.phayaolake.ict.up.ac.th/content/32

วิมลรัตน์ บุตรดาซุย, เจนจิรา หมื่นเร็ว และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ. (2556). การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำผิวดินในกว๊านพะเยา (ลุ่มน้ำแม่โขง). **วารสารมหาวิทยาลัยพะเยา**, 6(2), 111–115.

ศิริพล กำแพงทอง. (2557). **การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรบัณฑิต, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ ตันเจริญ, เศกสรรค์ อุปพงศ์ และกัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์. (2563). ความหลากหลายของปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำหนองเล็งทราย จังหวัดพะเยา. **แก่นเกษตร**, 48(2), 283–292.

ศูนย์อนามัยกลุ่มชาติพันธุ์ชายขอบ และแรงงานข้ามชาติ. (2562). **โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ศัตรูตัวร้าย แฝงอันตรายในน้ำใส.** จาก https://multimedia.anamai.moph.go.th/infographics/coliform-bacteria-in-drinking-water/

สถานีเฝ้าระวังคุณภาพน้ำแบบออนไลน์. (2561). **สถานีเฝ้าระวังคุณภาพน้ำแบบออนไลน์ คลองแม่กลอง.** จาก http://xn--42c4astj2ic6b2kpb.com/station_page/page_ladpeng.php

สมาน บือราแง. (2557). **คุณภาพน้ำขุมเมืองในเชิงกายภาพ-เคมี เพื่อการอุปโภคบริโภค. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต**, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลานครินทร์.

ส่วนวิชาการคุณภาพน้ำกองแผนคุณภาพน้ำ. (2557). **การนำไฟฟ้า (Conductivity) คืออะไร และมีความสำคัญอย่างไร.** จาก https://web.mwa.co.th/ewt_news.php?nid=13321&filename=index

สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดพะเยา. (2563). **รายงานประจำปี 2562.** จาก http://phayao.mnre.go.th/th/information/more/366

สำนักงานประมงจังหวัดสระบุรี. (2564). **ว่าด้วยเรื่องน้ำ คุณสมบัติของน้ำกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.** จาก https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_announce/9/8055

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13. (2561). **ทรัพยากรน้ำในประเทศไทย.** จาก http://www.reo13.mnre.go.th/th/news/detail/95540

อรอนงค์ พริ้งศุลกะ. (2556). **จุลชีววิทยาการแพทย์: แบคทีเรียก่อโรค.** กรุงเทพมหานคร: จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์.

อังสนา ฉั่วสุวรรณ์. (2547). **ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้า.** จาก http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_j/2547_52_164_p35-37.pdf

อุธร ฤทธิลึก. (2553). **การจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาเขตร้อน.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

Aram, S. A., Saalidong, B. M. and Osei Lartey, P. (2021). Comparative assessment of the relationship between coliform bacteria and water geochemistry in surface and ground water systems. **PLoS ONE,** 16(9), e0257715.

Ariyadej, C., Tansakul, R., Tansakul, P. and Angsupanich, S. (2004). Phytoplankton diversity and its relationships to the physico–chemical environment in the Banglang Reservoir, Yala Province. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, 26(5), 595–607

Aram, S. A., Saalidong, B. M. and Osei Lartey, P. (2021). Comparative assessment of the relationship between coliform bacteria and water geochemistry in surface and ground water systems. **PLoS ONE,** 16(9), e0257715.

Barone, R. and Flores, L. N. (1994). Phytoplankton dynamics in a shallow, hypertrophic reservoir (Lake Arancio, Sicily). In **Phytoplankton in Turbid Environments: Rivers and Shallow Lakes: Proceedings of the 9th Workshop of the International Association of Phytoplankton Taxonomy and Ecology (IAP) held in Mont Rigi (Belgium), 10–18 July 1993** (pp 199–214).

Breton–Deval, L., Sanchez–Flores, A., Juárez, K. and Vera–Estrella, R. (2019). Integrative study of microbial community dynamics and water quality along The Apatlaco River. **Environ Pollut**, 255(Pt 1), 113158. doi:10.1016/j.envpol.2019.113158.

Cao, X. Štrojsová, A. Znachor, P. ZApomělová, E. Liu, G. Vrba, J. and Zhou, Y. (2005). Detection of extracellular phosphatases in natural spring phytoplankton of a shallow eutrophic lake (Donghu, China). **European Journal of Phycology**, 40(3), 251–258.

Chatanga, P., Ntuli, V., Mugomeri, E., Keketsi, T. and Chikowore, N. V. (2019). Situational analysis of physico–chemical, biochemical and microbiological quality of water along Mohokare River, Lesotho. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, 45(1), 45–51.

Coesel, P. F. (1983). The significance of desmids as indicators of the trophic status of freshwaters. **Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie**, 45, 388–393.

Coesel, P. F. (1993). Poor physiological adaptation to alkaline culture conditions in Closterium acutum var. variabile, a planktonic desmid from eutrophic waters. **European Journal of Phycology**, 28(1), 53–57.

Coesel, P. F. (2000). Desmids (Chlorophyta, Desmidiaceae) from Thale Noi (Thailand). **Nordic Journal of Botany**, 20(3), 369–384.

Coesel, P. F. (2001). A method for quantifying conservation value in lentic freshwater habitats using desmids as indicator organisms. **Biodiversity & Conservation**, 10, 177–187.

Coesel, P. F., Ngearnpat, N. and Peerapornisal, Y. (2009). Some new or otherwise interesting desmid taxa from Thailand. **Algological Studies**, 131(1), 15.

Croasdale, H. and Flint, E. A. (1986). **Flora of New Zealand Desmids Volume I, Wellington**. New Zealand: Manaaki Whenua Press.

Croasdale, H. and Flint, E. A. (1988). **Flora of New Zealand: Desmids. Volume II**. Christchurch: Botany Division, D.S.I.R.

Croasdale, H., Flint, E. A. and Racine, M. M. (1994). **Flora of New Zealand. Freshwater algae, chlorophyta, desmids with ecological comments on their habitats.** South Africa: Government Printer.

Crossetti, L., Naselli–Flores, L. and Padisak, J. (2013). **2009 Use misuse table.** Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/234061684_2009_Use_misuse_table

Domozych, D. S., Elliott, L., Kiemle, S. N. and Gretz, M. R. (2007). Pleurotaenium trabecula, a desmid of wetland biofilms: the extracellular matrix and adhesion mechanisms 1. **Journal of Phycology**, 43(5), 1022–1038.

Garnier, J., Beusen, A., Thieu, V., Billen, G. and Bouwman, L. (2010). N: P: Si nutrient export ratios and ecological consequences in coastal seas evaluated by the ICEP approach. **Global Biogeochemical Cycles**, 24(4).

Gontcharov, A. and Watanabe, M. M. (2006). Rare and new desmids (Desmidiaceae, Chlorophyta) from Japan. **Phycological Research**, 47, 233–240. doi:10.1046/j.1440–1835.1999.00172.x.

Hirano, M. (1975). Phytoplankton from Lake Boraphet in the central plain of Thailand. **Contributions from the Biological Laboratory, Kyoto University**, 24(4), 187.

Hirano, M. (1992). Desmids from Thailand and Malaysia. **Contributions from the Biological Laboratory, Kyoto University**, 28(1), 1–98.

Horne, A. J. and Goldman, C. R. (1994). **Limnology** (2 ed.). New York: McGraw–Hill Inc.

Hotelling, H. (1936). Relations Between Two Sets of Variates. **Biometrika**, 28(3/4), 321–377. doi:10.2307/2333955. Retrieved from: http://www.jstor.org/stable/2333955

Ibrahim, A., Sudarso, J., Imroatushshoolikhah, I., Toruan, R. L. and Sari, L. (2021). Penggunaan Makrozoobentos Dalam Penilaian Kualitas Perairan Sungai Inlet Danau Maninjau, Sumatera Barat. **Jurnal Ilmu Lingkungan**, 19(3), 649–660.

Kadiri, M. O. (2002). A checklist of desmids in Nigeria. **Global Journal of Pure**, 8(2), 223–238.

Kaewsri, K. and Traichaiyaporn, S. (2012). Monitoring on water quality and algae diversity of Kwan Phayao, Phayao Province, Thailand. **Journal of Agricultural Technology**, 8(2), 537–550.

Khalil, S. Mahnashi, M. H. Hussain, M. Zafar, N. Khan, F. S. Afzal, U., Shah, G. M., Niazi, U. M., Awais, M. and Irfan, M. (2021). Exploration and determination of algal role as Bioindicator to evaluate water quality–Probing fresh water algae. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 28(10), 5728–5737.

Khan, M. Y. A., Gani, K. M. and Chakrapani, G. J. (2016). Assessment of surface water quality and its spatial variation. A case study of Ramganga River, Ganga Basin, India. **Arabian Journal of Geosciences**, 9, 1–9.

Krebs, C. J. (1989). **Ecological Methodology.** New York: Harper & Row. Retrieved from: https://books.google.co.th/books?id=ZZbuAAAAMAAJ

Kumar, N. J. and Oommen, C. (2011). Phytoplankton composition in relation to hydrochemical properties of tropical community wetland, Kanewal, Gujarat, India. **Applied Ecology and Environmental Research**, 9(3), 279–292.

Lenard, T. and Ejankowski, W. (2017). Natural water brownification as a shift in the phytoplankton community in a deep hard water lake. **Hydrobiologia**, 787, 153–166.

Lenhart, C. F., Brooks, K. N., Heneley, D. and Magner, J. A. (2010). Spatial and temporal variation in suspended sediment, organic matter, and turbidity in a Minnesota prairie river: implications for TMDLs. **Environmental monitoring assessment** 165, 435–447.

Lone, J. A., Lone, F. A. and Toppo, K. (2021). **Fresh water algae of Dal Lake, Kashmir, India.** England: Cambridge Scholars Publishing. Retrieved from: https://books.google.co.th/books?id=Je7rzgEACAAJ

Lorraine, L. J. and Vollenweider, R. A. (1981). **Summary report, the OECD cooperative programme on eutrophication.** Burlington: National Water Research Institute.

Ludwig, J. A. and Reynolds, J. F. (1988). **Statistical Ecology: A Primer in Methods and Computing.** New York: John Wiely & Sons. Retrieved from: https://books.google.co.th/books?id=sNsRYBixkpcC

Manasrah, R., Raheed, M. and Badran, M. I. (2006). Relationships between water temperature, nutrients and dissolved oxygen in the northern Gulf of Aqaba, Red Sea. **Oceanologia**, 48(2).

Marlian, N., Damar, A. and Effendi, H. (2015). The horizontal distribution clorophyll–a fitoplankton as indicator of the tropic state in waters of Meulaboh Bay, West Aceh. **Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia**, 20(3), 272–279.

Medvedeva, L. and Nikulina, T. (2014). Catalogue of freshwater algae of the southern part of the Russian Far East. **Dalnauka, Vladivostok**.

Mishra, P., Garg, V. and Dutt, K. (2019). Seasonal dynamics of phytoplankton population and water quality in Bidoli reservoir. **Environmental monitoring assessment** 191, 1–12.

Motwani, G., Raman, M., Matondkar, P., Parab, S., Pednekar, S. and Solanki, H. (2014). Comparison between phytoplankton bio–diversity and various indices for winter

monsoon and inter monsoon periods in north–eastern Arabian Sea. **Indian Journal of Geo–Marine Sciences**.

Mutinová, P. T., Neustupa, J., Bevilacqua, S. and Terlizzi, A. (2016). Host specificity of epiphytic diatom (Bacillariophyceae) and desmid (Desmidiales) communities. **Aquatic ecology**, 50, 697–709.

Negro, A., De Hoyos, C. and Aldasoro, J. (2003). Diatom and desmid relationships with the environment in mountain lakes and mires of NW Spain. **Hydrobiologia**, 505, 1–13.

Ngearnpat, N., Coesel, P. F. and Peerapornpisal, Y. (2008). Diversity of desmids in three Thai peat swamps. **Biologia**, 63, 901–906.

Ngearnpat, N., Klayluk, B., Kumla, A., Ngamta, S. and Issakul, K. (2018). Phytoplankton composition and water quality of Kwan Phayao reservoir, Thailand, during rainy and cold dry seasons. **Journal of Food Health Bioenvironmental Science**, 11(2), 46–55.

Ngearnpat, N. and Peerapornpisal, Y. (2007). Application of desmid diversity in assessing the water quality of 12 freshwater resources in Thailand. **Journal of Applied Phycology**, 19, 667–674.

Oksanen, J. A. I. (2004). Multivariate Analysis in Ecology – Lecture Notes. In (pp 128). Department of Biology, University of Oulu.

Oliveira, I. B. and Mattos, B. C. E. (2016). O gênero Staurastrum Meyen ex Ralfs (Zygnemaphyceae, Desmidiaceae) da Área de Proteção Ambiental (APA) Litoral Norte, Bahia, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, 71(3), 230–256.

Ouattara, M., Zongo, F. and Zongo, B. (2021). Species diversity of cyanobacteria and desmids of a drinking water source under anthropogenic pressure, and their implication in toxin production and water quality in Sub–Saharan Africa (Burkina Faso, Western Africa). **Journal of Water Resource Protection**, 13(12), 1000–1023.

Palacio–López, K., Tinaz, B., Holzinger, A. and Domozych, D. S. J. F. i. P. S. (2019). Arabinogalactan proteins and the extracellular matrix of charophytes: a sticky business. 10, 447.

Pettingill, O. S. and Breckenridge, W. J. (1946). **A Laboratory and Field Manual of Ornithology.** United States: Burgess Publishing Company. Retrieved from: https://books.google.co.th/books?id=6oE_AAAAYAAJ

Pielou, E. C. (1969). **An introduction to mathematical ecology.** New York: Wiley–Inter–science.

Pinmongkhonkul, S., Prommana, R., Khamkhunmuang, T., Singkurt, S., Sukcharoen, A. and Madhyamapurush, W. (2022). The water quality assessment and biodiversity of phytoplankton in Phayao Lake, Phayao Province, Thailand. **AgBioForum**.

Pithakpol, S. (2007). The impact of maintenance dredging on water quality and phytoplankton standing stock in Kwan Phayao lake, Thailand. **Naresuan University Journal: Science Technology**, 15(1), 1–8.

Quiñones, J. D. and Mopan, A. M. (2021). Identification of Algae as Water Quality Bioindicators in the Water Intakes of Two Municipalities of the Department of Quindío: Identificación de Algas como Bioindicadores de Calidad de Agua en las Tomas de Agua de Dos Municipios del Departamento del Quindío. **South Florida Journal of Development**, 2(4), 5568–5578.

Saijo, Y. (1975). Methods for the quantitative determination of chlorophyll. **Japanese Journal of Limnology**.

Santos, M. A., Ferragut, C., Simões, N. R., Silva, D. M. L. and Nascimento Moura, C. W. (2022). What are the main environmental predictors of differences in the community structure of periphytic desmids in a semi–arid floodplain lake? **Aquatic ecology**, 56(4), 1037–1053.

Santos, T. R. and Ferragut, C. (2013). The successional phases of a periphytic algal community in a shallow tropical reservoir during the dry and rainy seasons. **Limnetica**, 32(2), 337–352.

Scheffer, M. and Jeppesen, E. (1998). **Alternative stable states**: Springer.

Seo, M., Lee, H. and Kim, Y. (2019). Relationship between coliform bacteria and water quality factors at weir stations in the Nakdong River, South Korea. **Water**, 11(6), 1171.

Shakhmatov, A. S. and Pavlovskiy, E. V. (2019). Diversity of desmid algae (Charophyta: Conjugatophyceae) in the vicinity of Yugorsk city (KMAO–Yugra, Russia). **Folia Cryptogamica Estonica**, 56, 11–22.

Shetty, K. and Gulimane, K. (2022). Biomonitoring of freshwater lentic habitats using desmids. **Limnology**, 23(1), 245–251.

Shi, Z. Xu, J. Huang, X. Zhang, X. Jiang, Z. Ye, F. and Liang, X. (2017). Relationship between nutrients and plankton biomass in the turbidity maximum zone of the Pearl River Estuary. **Journal of Environmental Sciences**, 57, 72–84.

Sidabutar, T. and Srimariana, E. S. (2020). The connectivity of nutrient ratios on the abundance of phytoplankton population in Jakarta Bay. In **E3S Web of Conferences** (pp 02012).

Smith, G. M. (1922). The phytoplankton of the Muskoka region, Ontario, Canada. **Transactions of the Wisconsin Academy of Science, Arts Letters**, 20, 323–364.

Soontornprasit, K. and Khungboon, L. (2017). Relationships between chlorophyll a and water quality in Nong Leng Sai wetland, Phayao province. In **55. Kasetsart University Annual Conference, Bangkok (Thailand), 31 Jan–3 Feb 2017** (pp.

Souchu, P. Bec, B. Smith, V. H. Laugier, T. Fiandrino, A. Benau, L., Orsoni, V., Collos, Y. and Vaquer, A. (2010). Patterns in nutrient limitation and chlorophyll a along an anthropogenic eutrophication gradient in French Mediterranean coastal lagoons. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 67(4), 743–753. doi:10.1139/f10–018. Retrieved from: https://cdnsciencepub.com/doi/abs/10.1139/F10–018

Stamenkovic, M. and Cvijan, M. (2008). High tolerance to water pollution in Cosmarium boitierense Kouwets and Staurastrum bloklandiae Coesel et Joosten, taxa recorded for the first time from the Balkan Peninsula. **Stud**, 127, 83–94.

Stamenkovic, M. and Cvijan, M. (2009). Desmid flora (Chlorophyta, Zygnematophyceae) of the river Tisa in the Province of Vojvodina (Northern Serbia). **Botanica Serbica**, 33(1).

Stamenković, M. and Hanelt, D. (2017). Geographic distribution and ecophysiological adaptations of desmids (Zygnematophyceae, Streptophyta) in relation to PAR, UV radiation and temperature: a review. **Hydrobiologia**, 787(1), 1–26.

Stamenkovic, M., Steinwall, E. and Wulff, A. (2021). Cultivation and photophysiological characteristics of desmids in moderately saline aquaculture wastewater. **Journal of Phycology**, 57(3), 926–941.

Stevenson, R. J. and Rollins, S. L. (2017). **Chapter 37 – Ecological Assessment With Benthic Algae** (G. A. Lamberti & F. R. Hauer Eds.): Academic Press. from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128130476000152

Stoyneva, G. M. P. and Descy, J. P. (2020). Checklist of Cyanoprokaryotes and Algae in the large tropical river Congo (Africa). **Биологически факултет**, 104, 18.

Takamura, N., Kadono, Y., Fukushima, M., Nakagawa, M. and Kim, B.–H. (2003). Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes. **Ecological research**, 18, 381–395.

Taş, B., Tepe, Y., Ustaoğlu, F. and Alptekin, S. (2019). Benthic algal diversity and water quality evaluation by biological approach of Turnasuyu Creek, NE Turkey. **Desalination water treatment**, 155, 402–415.

Tsuchikane, Y., Nakai, A. and Sekimoto, H. (2014). Detailed analyses on the parthenospore formation in Closterium moniliferum (Zygnematophyceae, Charophyta). **Phycologia**, 53(6), 571–578.

Ugbojo–Ide, O. J., Ugbede, O. V., Omachoko, O. A., Idris, E. T., Oritsegbubemi, I. M. and Ngozi, E. B. (2022). Impacts of Agricultural Activities on the Quality of Water in Ogane–Aji River, Anyigba, Kogi State, Nigeria. **International Journal of Scientific and Engineering Research**, 13(6). Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/363396794_Impacts_of_Agricultural_Activities_on_the_Quality_of_Water_in_Ogane–Aji_River_Anyigba_Kogi_State_Nigeria

USEPA. (2001). **EPA/Water Quality, Environmental Matters.** United States: Environmental Protection Agency.

Warusawithana, A. and Yatigammana, S. (2019). Ecology and diversity of plankton in Kotmale Reservoir, Sri Lanka. **Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences**, 24(1), 25–40.

Wei, Y. X. (2003). **Flora algarum sinicarum aquae dulcis, Tomus VII. Chlorophyta Zygnematales Mesotaeniaceae Demidiales Desmidiaceae Sectio I**. Beijing: Science Press.

Wetzel, R. G. (2001). **Limnology: Lake and River Ecosystems.** Elsevier Science. Retrieved from: https://books.google.co.th/books?id=no2hk5uPUcMC

Yang, J. Wang, F. Lv, J. Liu, Q. Nan, F. Liu, X., Xu, L., Xie, S. and Feng, J. (2019). Interactive effects of temperature and nutrients on the phytoplankton community in an urban river in China. **Environmental monitoring assessment**, 191, 1–16.

Yusuf, Z. H. (2020). Phytoplankton as bioindicators of water quality in Nasarawa reservoir, Katsina State Nigeria. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 32.

Zhang, X., Chen, L. and Shen, Z. (2021). Impacts of rapid urbanization on characteristics, sources and variation of fecal coliform at watershed scale. **J Environ Manage**, 286, 112195. doi:10.1016/j.jenvman.2021.112195.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การประเมินคุณภาพน้ำ

1. การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2565)

ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (General Water Quality Index) ใช้ในการบอกระดับคุณภาพน้ำ ในเกณฑ์ดีมาก ดี พอใช้ เสื่อมโทรม และเสื่อมโทรมมาก เป็นวิธีการใช้ในการเผยแพร่ให้ความรู้ทางด้านคุณภาพน้ำแก่สาธารณชนทราบ ซึ่งใช้อยู่ในสหรัฐอเมริกา และเป็นวิธีหนึ่งที่ในการจัดทำรายงานเสนอต่อสภาผู้แทนราษฎรของสหรัฐอเมริกา มีหลักการในการกำหนดพารามิเตอร์ ดังนี้

พารามิเตอร์ ควรมีการกำหนดค่าในมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน

พารามิเตอร์ สามารถใช้ในการประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ถ้าพารามิเตอร์ไม่สามารถใช้ในการประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดินได้ พารามิเตอร์นั้น สามารถประเมิน สถานการณ์มลพิษทางน้ำได้

ถ้าพารามิเตอร์ไม่สามารถใช้ในการประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดินได้ พารามิเตอร์นั้น ต้องมีความเสี่ยงหรือมีแนวโน้มที่จะเป็นปัญหามากขึ้น

จากหลักการดังกล่าวข้างต้น จึงได้พิจารณากำหนด 5 พารามิเตอร์ ที่มีค่าอยู่ในมาตรฐาน คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO), คาความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand, BOD), ค่าการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอรมทั้งหมด (Total Coliform Bacteria, TCB), ค่าการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุมฟีคอลโคลิฟอรม (Fecal Coliform Bacteria, FCB) และค่าของสารอาหารแอมโมเนียม สำหรับหลักการคำนวณจะใช้สูตรสมการของทั้ง 5 พารามิเตอร์ดังนี้

ตาราง 6 สูตรสมการสำหรับคิดคะแนนของค่า DO

ค่า DO ที่วัดได้จริง (mg/l)	สูตรสมการ
0.0 – 4.0	คะแนน = 15.25x(ค่า DO) + 0.1667
4.4 – 6.0	คะแนน = 5x(ค่า DO) + 41
6.1 – 8.4	คะแนน = 12.083x(ค่า DO) + 1.5
8.5 – 8.9	คะแนน = –78x(ค่า DO) + 755.2
9.0 – 11.2	คะแนน = –13.043x(ค่า DO) + 177.09
11.3 –≥ 15.3	คะแนน = –7.561x(ค่า DO) + 115.68

ตาราง 7 สูตรสมการสำหรับคิดคะแนนของค่า BOD

ค่า BOD ที่วัดได้จริง (mg/l)	สูตรสมการ
0.0 – 1.5	คะแนน = –19.333x(ค่า BOD) + 100
1.6 – 2.0	คะแนน =–20x(ค่า BOD) + 101
2.1 – 4.0	คะแนน = –15x(ค่า BOD) + 91
4.1 –≥ 8.8	คะแนน = –6.4583x(ค่า BOD) + 56.833

ตาราง 8 สูตรสมการสำหรับคิดคะแนนของค่าแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด

ค่า TCB ที่วัดได้จริง (mg/l)	สูตรสมการ
0.0 – 5,000	คะแนน = –0.0058x(ค่า TCB) + 100
5,001 – 20,000	คะแนน =–0.0007x(ค่า TCB) + 74.333
20,001 – 160,000	คะแนน =–0.0002x(ค่า TCB) + 65.286
> 160,000	คะแนน =–8E–06x(ค่า TCB) + 32.292

ตาราง 9 สูตรสมการสำหรับคิดคะแนนของค่าแบคทีเรียฟีคอลโคลิฟอร์ม

ค่า FCB ที่วัดได้จริง (mg/l)	สูตรสมการ
0.0 – 1,000	คะแนน = –0.029x(ค่า FCB) + 100
1,001 – 4,000	คะแนน =–0.0033x(ค่า FCB) + 47.333
4,001 – 90,000	คะแนน =–0.0003x(ค่า FCB) +62.395
> 90,000	คะแนน =–1E–05x(ค่า FCB) + 32.208

ตาราง 10 สูตรสมการสำหรับคิดคะแนนของค่าแอมโมเนียม–ไนโตรเจน

ค่า NH_4^+–N ที่วัดได้จริง (mg/l)	สูตรสมการ
0.0 – 0.22	คะแนน = –131.82x(ค่า NH_4^+–N) + 100
0.23 – 0.50	คะแนน =–35.714x(ค่า NH_4^+–N) + 78.857
0.51 – 1.83	คะแนน =–22.556x(ค่า NH_4^+–N) + 72.278
> 1.83	คะแนน =–6.1024x(ค่า NH_4^+–N) + 42.167

จากนั้นนำคะแนนที่ได้ทั้ง 5 พารามิเตอร์ ไปหาค่าเฉลี่ยและนำไปลบกับคะแนนพิเศษ โดยคะแนนพิเศษสามารถคำนวณได้จากการเทียบเกณฑ์คุณภาพน้ำระหว่างพารามิเตอร์กับค่าคะแนนเฉลี่ย รายละเอียดดังนี้

ถ้าไม่ต่างกันค่าคะแนนพิเศษเป็น 0

ถ้าต่างกัน 1 ระดับ ค่าคะแนนพิเศษเป็น 10 (เช่น เกณฑ์คุณภาฟน้ำแบบใช้พารามิเตอร์อยู่ในเกณฑ์พอใช้ ส่วนเกณฑ์คุณภาพน้ำแบบใช้ค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี)

ถ้าต่างกัน 2 ระดับ ค่าคะแนนพิเศษเป็น 15 (เช่นเกณฑ์คุณภาพน้ำแบบใช้พารามิเตอร์อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม ส่วนเกณฑ์คุณภาพน้ำแบบใช้คำคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี)

ถ้าต่างกัน 3 ระดับ คำคะแนนพิเศษเป็น 20 (เซนเกณฑ์คุณภาพน้ำแบบใช้พารามิเตอร์อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมาก ส่วนเกณฑ์คุณภาพน้ำแบบใช้ค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี)

จากนั้นคำนวณหาคะแนนร่วม จากสมการ ดังนี้

คะแนนรวม = ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้ง 5 พารามิเตอร์ – คะแนนพิเศษ

จากนั้นนำคะแนนรวมเทียบกับเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำตามค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปดังตาราง 1 จึงสามารถสรุปเกณฑ์คุณภาพน้ำและประเภทคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดิน

2. การประเมินคุณภาพน้ำด้วยวิธี AARL – PC Score (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2549)

วิธี Applied Algal Research Laboratory –Physical and Chemical Score ประยุกต์มาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำของ Lorraine and Vollenweider (1981): Wetzel (1983) และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งผิวดินของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 มาประเมินรวมด้วย โดยการใช้พารามิเตอร์ที่เป็นพื้นฐานทั่วไปของการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO), ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD), ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity), ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ ไนเตรท – ไนโตรเจน, แอมโมเนียม – ไนโตเจน, ออร์โทฟอสเฟต และคลอโรฟิลล์ เอ

การใช้ AARL – PC Score จะศึกษาปัจจัยทางกายภาพ เคมีและชีวภาพบางประการ ได้แก่ปริมาณออกซิเจนที่สะลายในน้ำ (DO), ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD), ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity), ปริมาณไนเตรท–ไนโตรเจน, ปริมาณแอมโมเนียม–ไนโตเจนcและปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ จากนั้นนำค่าของแต่ละพารามิเตอร์มาเปรียบเทียบแล้วแปรเป็นค่ามาตรฐาน เพื่อประเมินระดับของคุณภาพน้ำตามในช่วง ดังนี้

0.1–0.8 = น้ำสะอาดมาก / hyper oligotrophic – oligotrophic status

1.7 –2.4 = น้ำปานกลางค่อนข้างสะอาด / oligotrophic – mesotrophic status

2.5 – 3.2 = น้ำปานกลาง / mesotrophic status

3.3 – 4.0 = น้ำปานกลางค่อนข้างเสีย / mesotrophic – eutrophic status

4.1 – 4.8 = น้ำเสีย / eutrophic status

มากกว่า 4.8 = น้ำเสียมาก / hypereutrophic status

ตาราง 11 คะแนนค่า DO เปรียบเทียบค่ามาตรฐานจาก AARL–PC Score

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	คะแนนมาตราฐาน
มากกว่า 9	0.1
8–9	0.2
7–8	0.3
6–7	0.4
5–6	0.5
4–5	0.6
3–4	0.7
2–3	0.8
1–2	0.9
น้อยกว่า 1 และมากกว่า 9 ในการเก็บตัวอย่างช่วงบ่าย	1.0

ตาราง 12 คะแนนค่า BOD เปรียบเทียบค่ามาตรฐานจาก AARL–PC Score

ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (mg/l)	คะแนนมาตราฐาน
น้อยกว่า 0.3	0.1
0.3–0.8	0.2
0.8–1.5	0.3
1.5–3	0.4
3–5	0.5
5–8	0.6
8–15	0.7
15–30	0.8
30–50	0.9
มากกว่า 50	1.0

ตาราง 13 คะแนนค่าไนเตรท เปรียบเทียบค่ามาตรฐานจาก AARL–PCScore

ไนเตรท–ไนโตรเจน (mg/l)	คะแนนมาตราฐาน
น้อยกว่า 0.5	0.1
0.05–0.1	0.2
0.1–0.3	0.3
0.3–0.8	0.4
0.8–1.5	0.5
1.5–3.0	0.6
3.0–10.0	0.7
10.0–20.0	0.8
20.0–40.0	0.9
มากกว่า 40.0	1.0

ตาราง 14 คะแนนค่าการนำไฟฟ้า เปรียบเทียบค่ามาตรฐานจาก AARL-PC Score

ค่าการนำไฟฟ้า (µs/l)	คะแนนมาตราฐาน
น้อยกว่า 10	0.1
10-30	0.2
30-50	0.3
50-70	0.4
70-90	0.5
90-120	0.6
120-180	0.7
180-250	0.8
250-500	0.9
มากกว่า 500	1.0

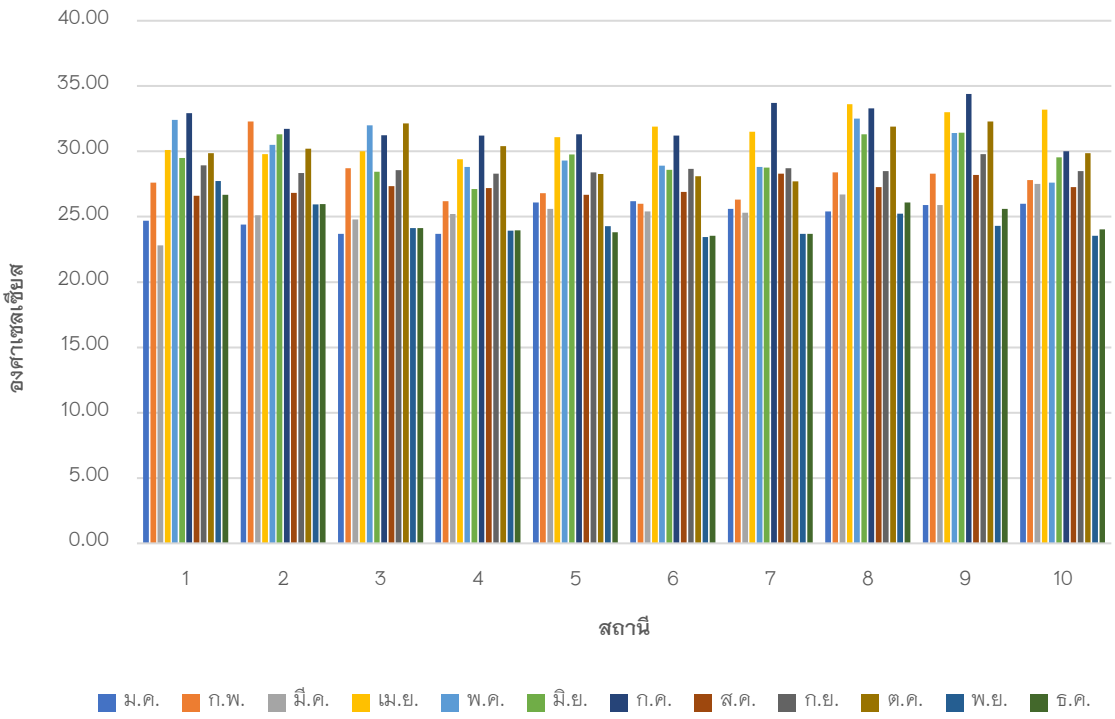
ตาราง 15 คะแนนค่าแอมโมเนียม เปรียบเทียบค่ามาตรฐานจาก AARL-PC Score

แอมโมเนียม-ไนโตรเจน (mg/l)	คะแนนมาตราฐาน
น้อยกว่า 0.01	0.1
0.01-0.03	0.2
0.03-0.06	0.3
0.06-0.10	0.4
010-0.20	0.5
0.20-0.40	0.6
0.40-0.60	0.7
0.60-1.0	0.8
1.0-5.0	0.9
มากกว่า 5.0	1.0

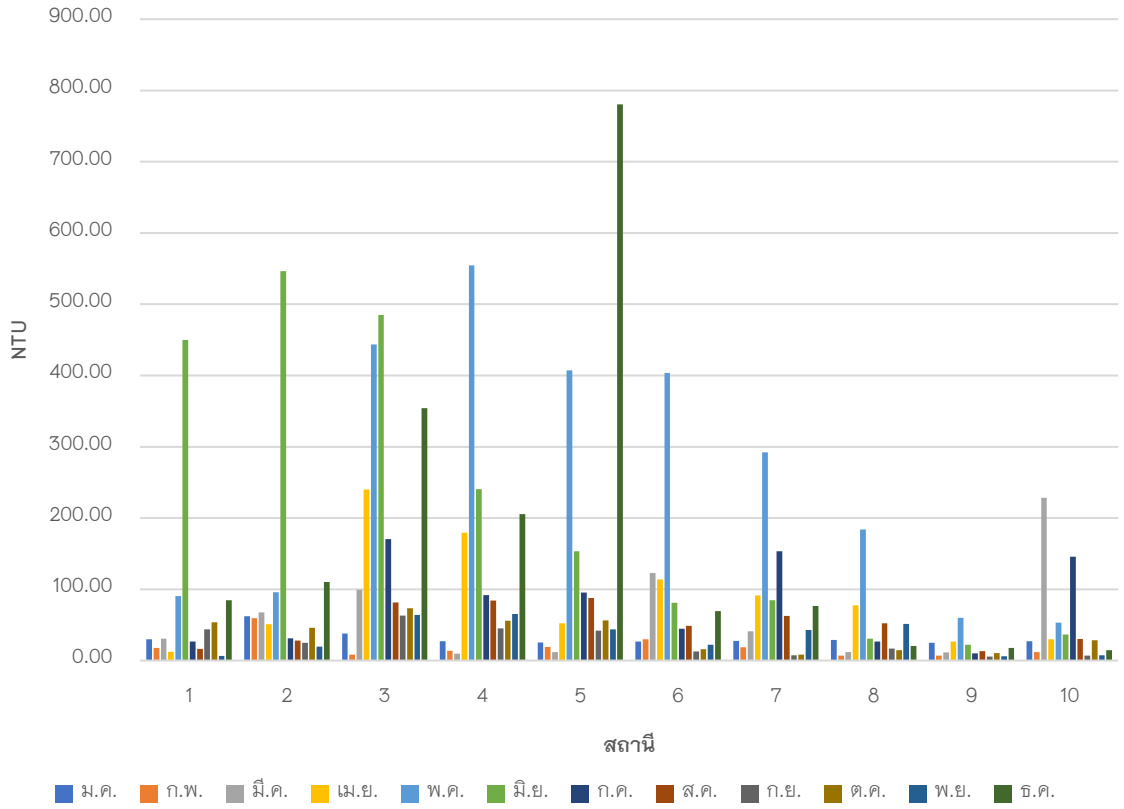
ตาราง 16 คะแนนออร์โทฟอสเฟต เปรียบเทียบค่ามาตรฐานจาก AARL–PC Score

ออร์โทฟอสเฟต (mg/l)	คะแนนมาตราฐาน
น้อยกว่า 0.01	0.1
0.01–0.04	0.2
0.04–0.08	0.3
0.08–0.15	0.4
0.15–0.25	0.5
0.25–0.35	0.6
0.35–0.50	0.7
0.50–1.25	0.8
1.25–2.5	0.9
มากกว่า 2.5	1.0

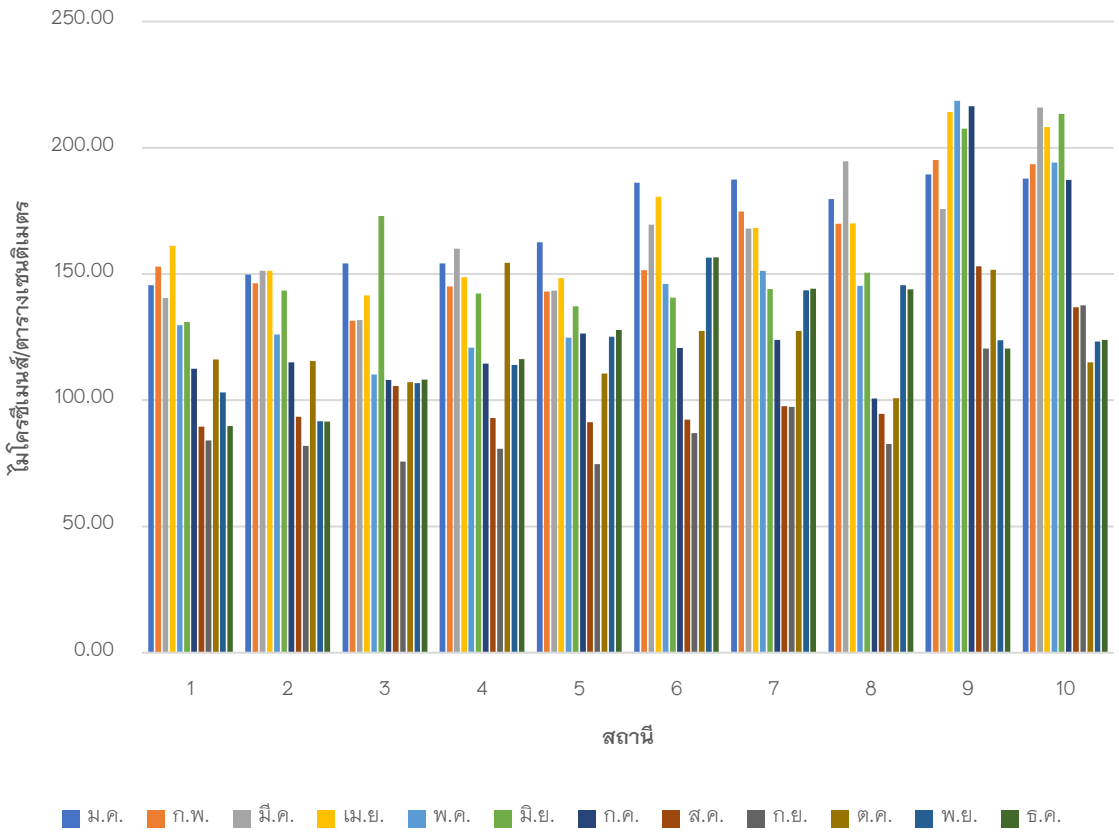
ภาคผนวก ข ผลพารามิเตอร์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และชีวภาพ ในแต่ละสถานี



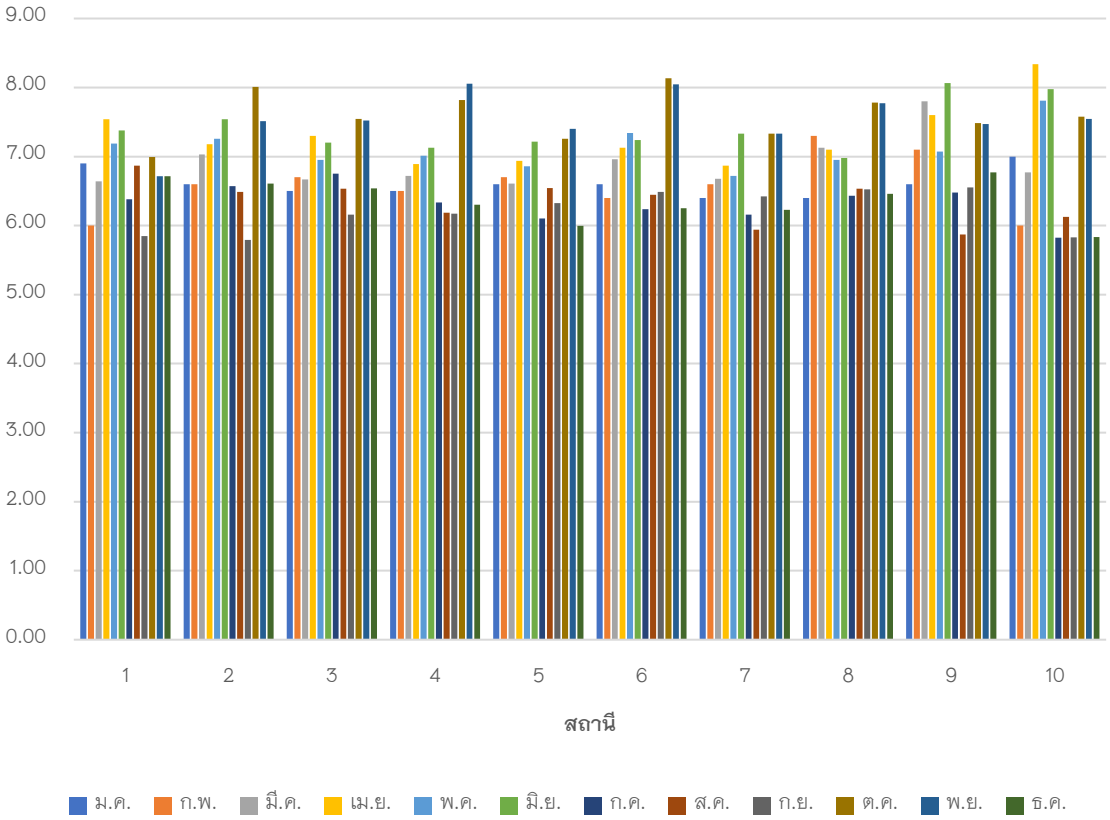
ภาพ 21 ค่าอุณหภูมิของน้ำ



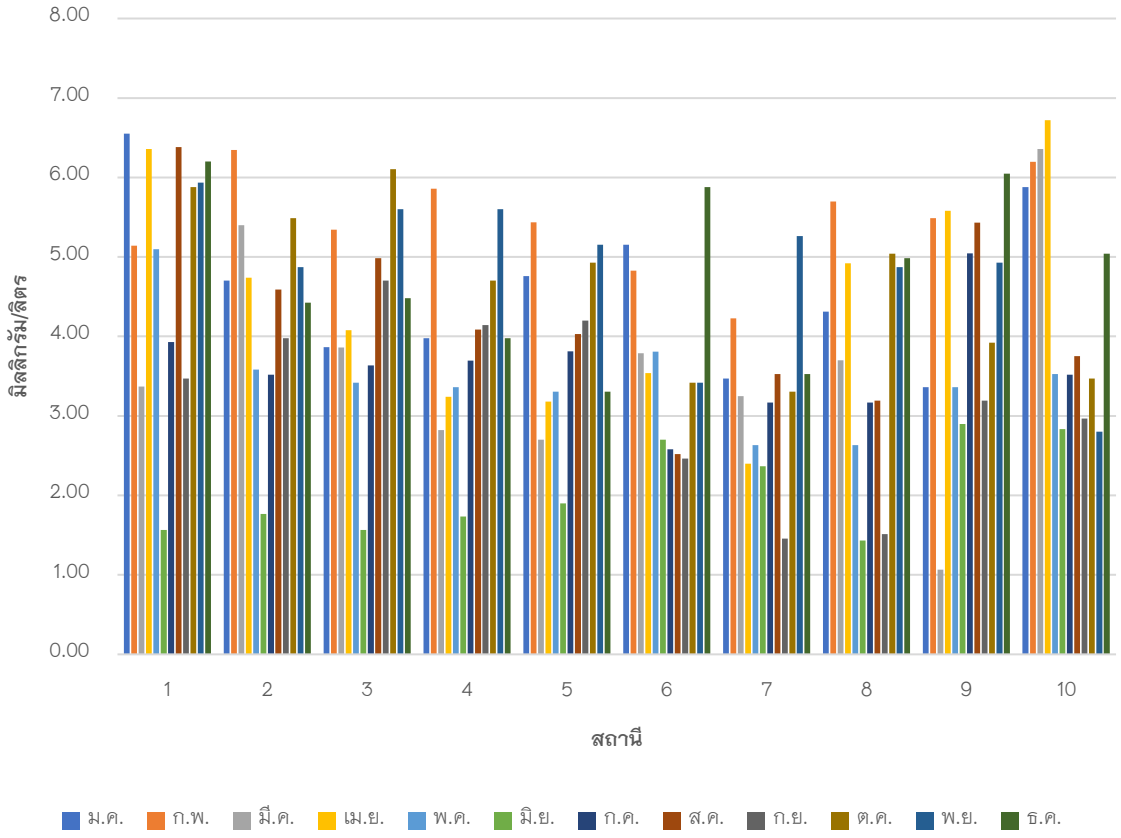
ภาพ 22 ค่าความขุ่นของน้ำ



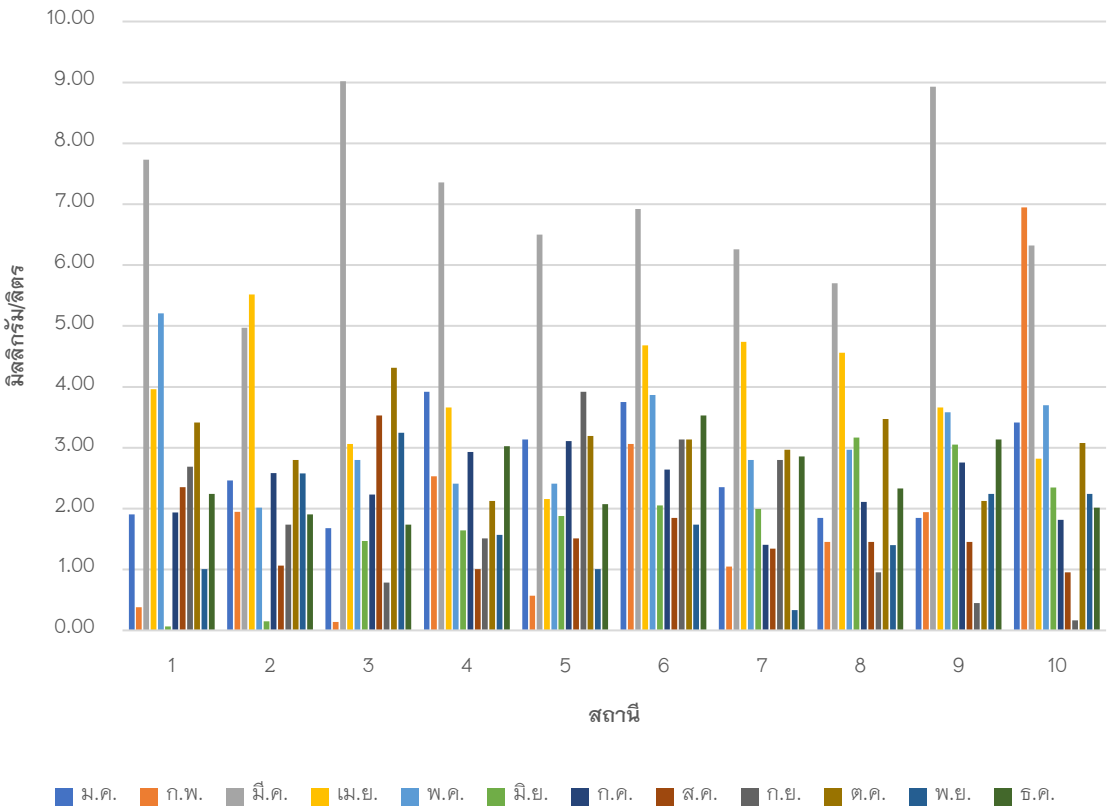
ภาพ 23 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ



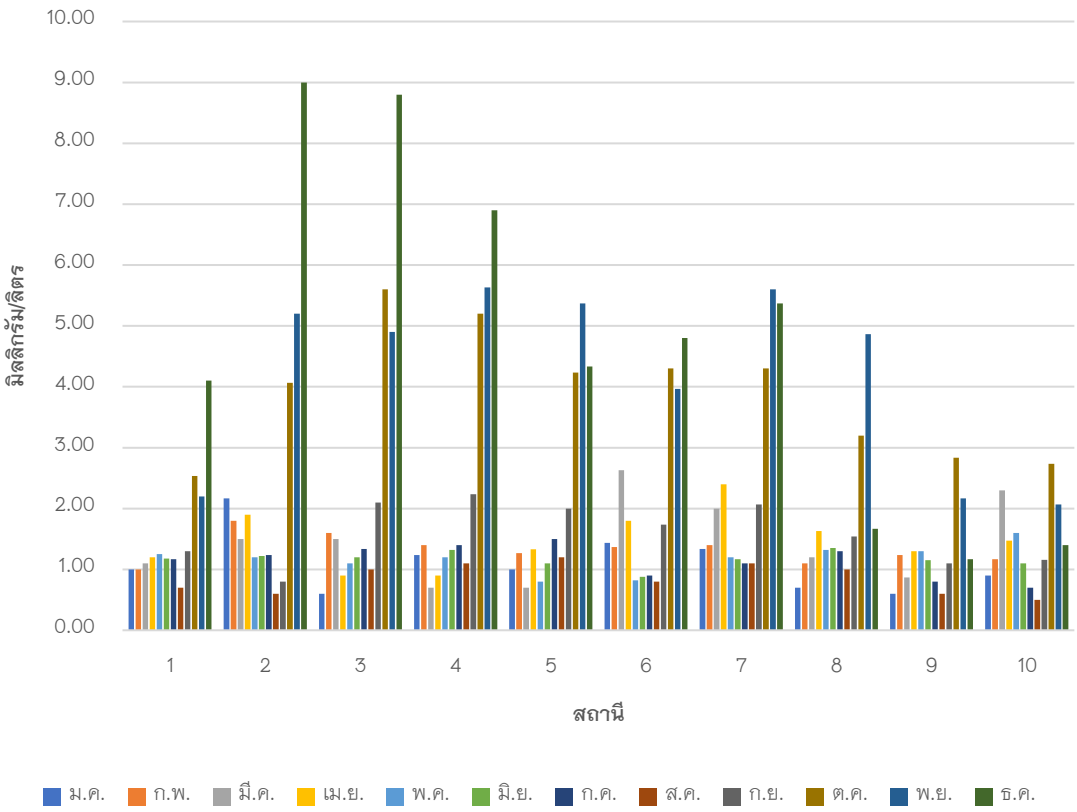
ภาพ 24 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ



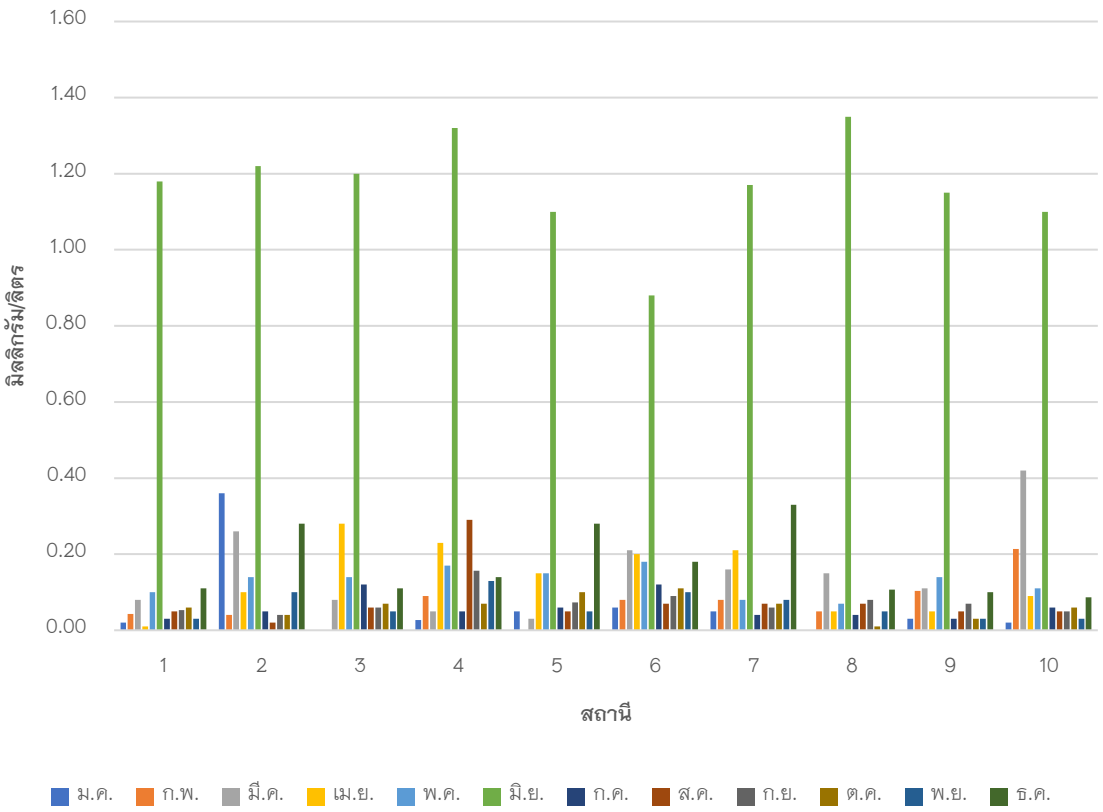
ภาพ 25 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ



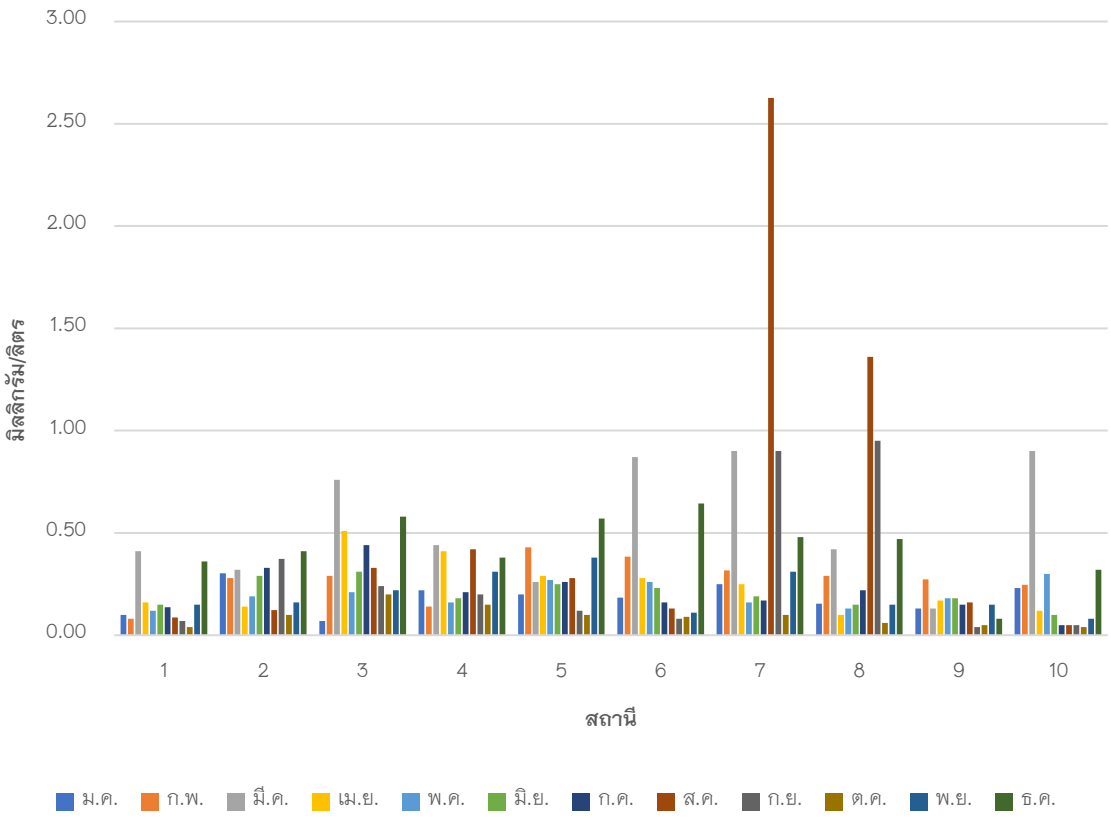
ภาพ 26 ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์



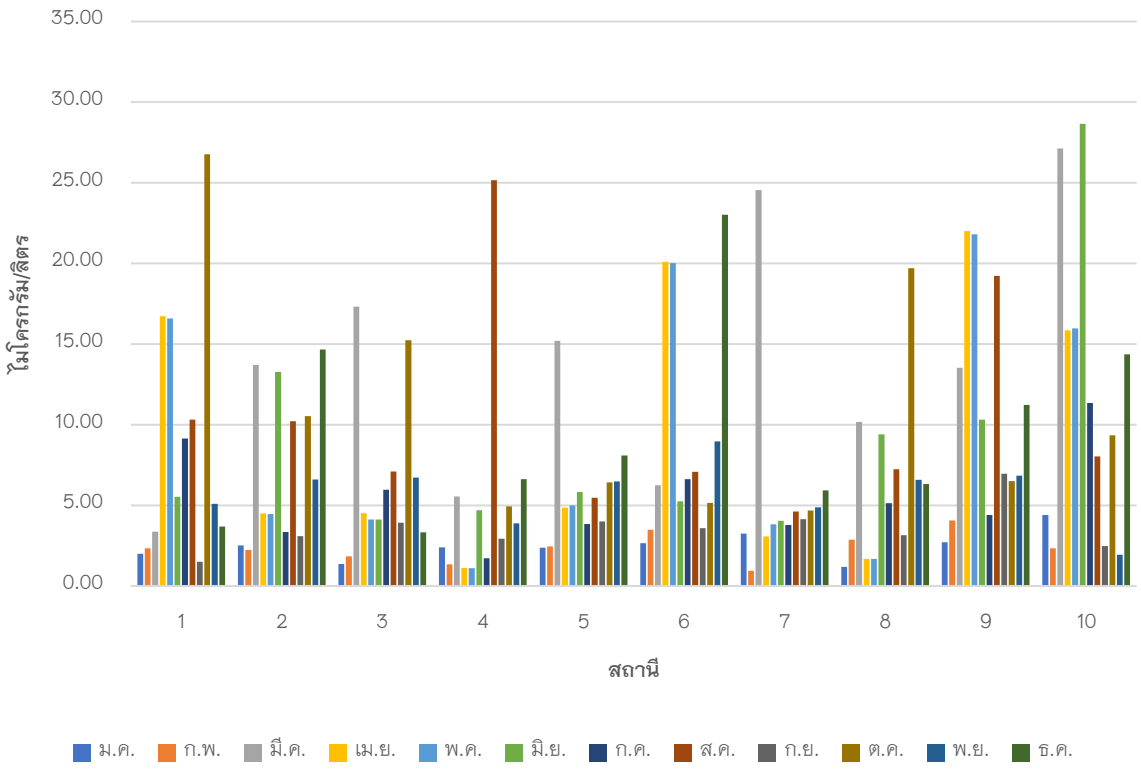
ภาพ 27 ค่าปริมาณสารอาหารไนเตรท–ไนโตรเจน



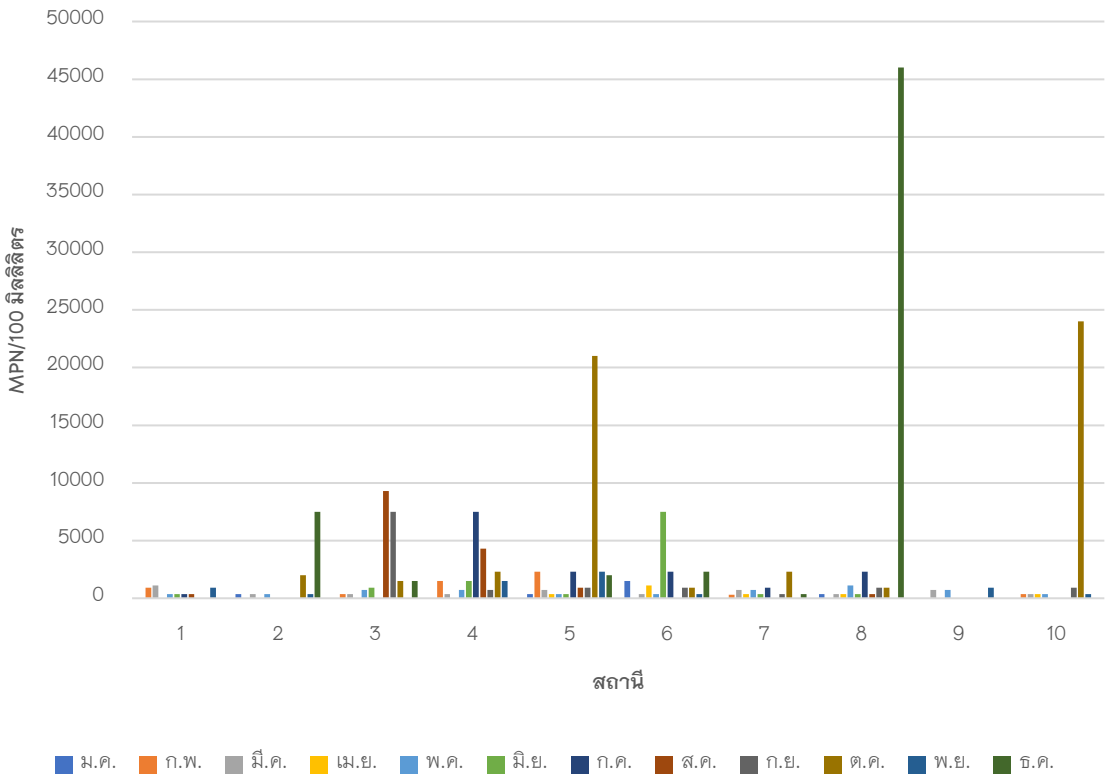
ภาพ 28 ค่าปริมาณสารอาหารแอมโมเนียม-ไนโตรเจน



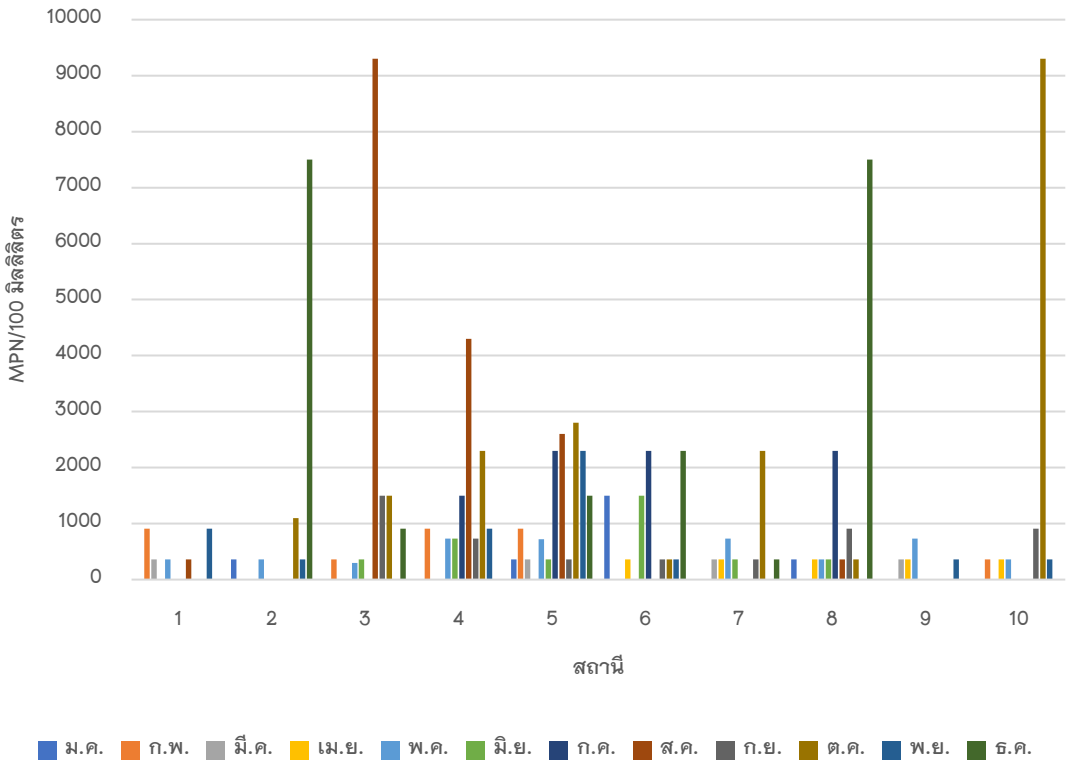
ภาพ 29 ค่าปริมาณสารอาหารออโธฟอสเฟต



ภาพ 30 ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ



ภาพ 31 ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด ตลอดการศึกษา



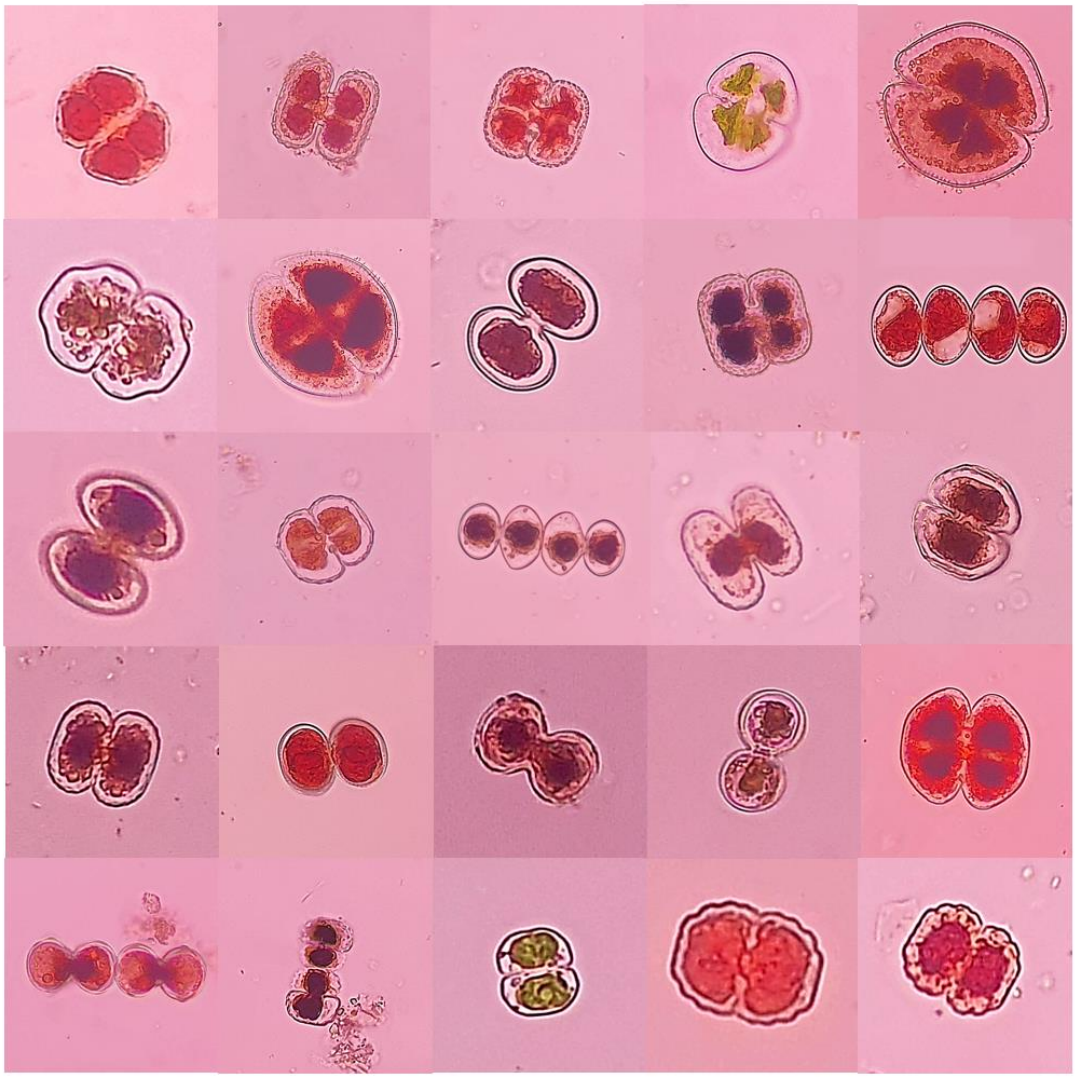
ภาพ 32 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ตลอดการศึกษา

ภาคผนวก ค ข้อมูลปริมาณน้ำฝน จังหวัดพะเยา

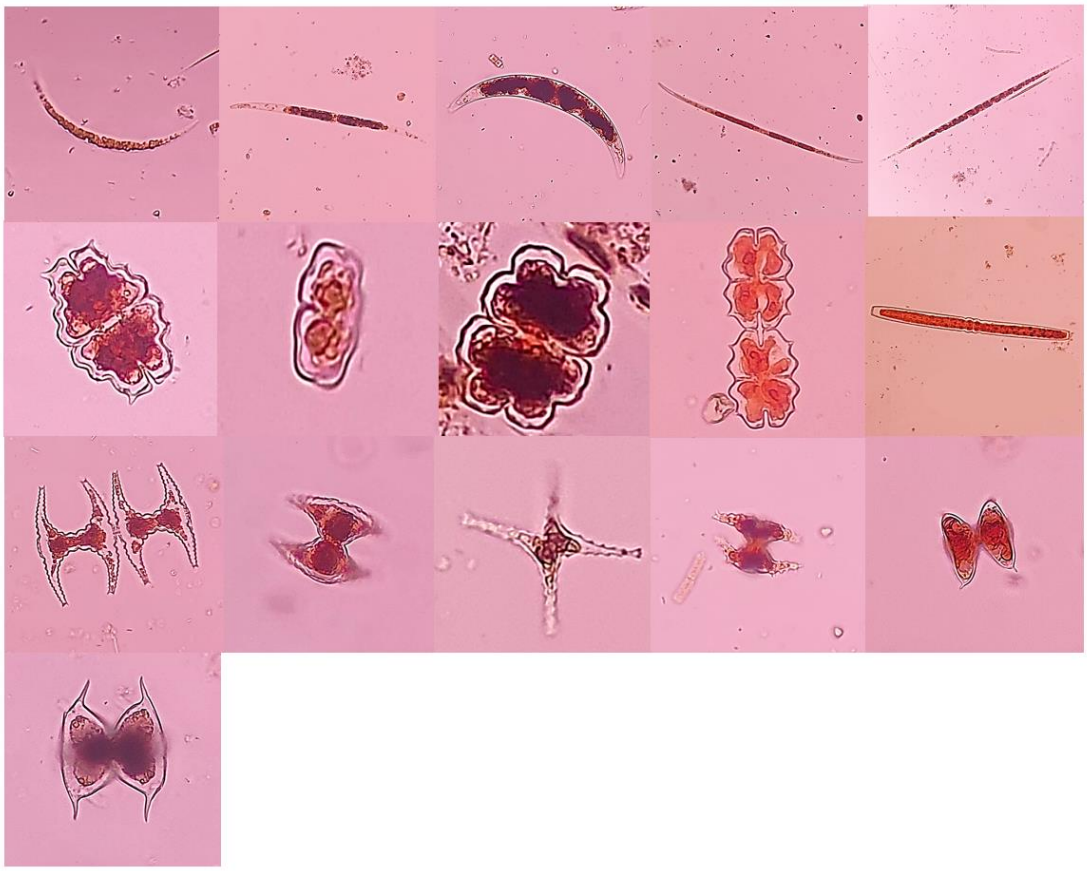
ตาราง 17 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของจังหวัดพะเยาตลอดปี พ.ศ. 2565

พะเยา/ 2565	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
รวม	29.5	26.6	87.3	251.6	232.6	104.5	129.1	157.6	452.9	147.0	16.0	69.1
เฉลี่ย	1.0	1.0	2.8	8.4	7.5	3.5	4.2	5.1	15.1	4.7	0.5	2.2

ภาคผนวก ง สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์บริเวณป่าไคร้ ณ หนองเล็งทราย



ภาพ 33 สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบบริเวณป่าไคร้ หนองเล็งทราย



ภาพ 32 สาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์ที่พบบริเวณป่าไคร้ หนองเล็งทราย (ต่อ)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ–สกุล	รมิตา เหลี่ยมแฉ่ง
วัน เดือน ปี เกิด	3 พฤศจิกายน 2542
สถานที่เกิด	ราชบุรี
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2564 วท. บ., (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา
ที่อยู่ปัจจุบัน	17 ซ.3 (ถนนนาก่วมเหนือ) ต.ชมพู อ.เมืองลำปาง จ.ลำปาง 52100
ผลงานตีพิมพ์	รมิตา เหลี่ยมแฉ่ง, กฤตชญา อิสกุล, สุมล นิลรัตน์นิศากร และเนติ เงินแพทย์. (2565). คุณภาพน้ำและการกระจายตัวของสาหร่ายกลุ่มเดสมิดส์บริเวณหนองเล็งทรายและลำน้ำอิงจังหวัดพะเยาในช่วงฤดูแล้ง พ.ศ. 2565. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 19 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สำนักงานวิทยาเขตกำแพงแสน กองบริหารการศึกษา.