การศึกษาคุณภาพน้ำ โดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

STUDY OF WATER QUALITY BY USING DOMINA PHYTOPLANKTON AS BIOINDICATOR IN THE RESERVOIR OF KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ปณิกา พุฒแทน
ปนัดดา มณีศรี
ศิริพร กุญแจนาค

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาคุณภาพน้ำ โดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

STUDY OF WATER QUALITY BY USING DOMINA PHYTOPLANKTON AS BIOINDICATOR IN THE RESERVOIR OF KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

T148947

ปณิกา พุฒแทน
ปนัดดา มณีศรี
ศิริพร กุญแจนาค

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 148947
วัน,เดือน,ปี 16 ธ.ค. 2560

b.18877696
i.....

โครงงานพิเศษนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY OF WATER QUALITY BY USING DOMINANT PHYTOPLANKTON AS BIOINDICATOR IN THE RESERVOIR OF KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PANIKA PUTTHAND
PANADDA MANEESRI
SIRIPORN KUNJANAK

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาคุณภาพน้ำ โดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง Study of water quality by using dominant Phytoplankton as bioindicator in the reservoir of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
ชื่อนักศึกษา	นางสาวปณิกา พุฒแทน รหัสนักศึกษา 55050947 นางสาวปนัดดา มณีศรี รหัสนักศึกษา 55050948 นางสาวศิริพร กุญแจนาค รหัสนักศึกษา 55051006
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ ประธานกรรมการ	
ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ กรรมการ	
ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย กรรมการ/อาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาคุณภาพน้ำ โดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ชื่อนักศึกษา	นางสาวปณิกา พุฒแทน รหัสนักศึกษา 55050947 นางสาวปนัดดา มณีศรี รหัสนักศึกษา 55050948 นางสาวศิริพร กุญแจนาค รหัสนักศึกษา 55051006
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพน้ำ และความหลากหลายของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ในบริเวณ 2 จุดเก็บตัวอย่าง คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 เป็นบริเวณที่ร่ม (มีต้นไม้ใหญ่และตึกบังแสงแดดตลอดวัน) และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 เป็นบริเวณริมบ่อในฝั่งที่มีแสงแดดส่องถึงตลอดวัน (8.00-16.00 น.) จากการศึกษาคุณภาพน้ำ ทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ พบว่าคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 4 และค่าดัชนีคุณภาพน้ำผิวดินทั่วไป(WQI) จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม เทียบได้กับแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 เช่นเดียวกัน สำหรับการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารตามดัชนีชี้วัดของคาร์ลสัน (Carlson's Trophic State Index: TSI) พบว่า ทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างสามารถจัดอยู่ในระดับชั้น ที่มีความสมบูรณ์ของสารอาหารสูงมาก (Hypereutrophic) ในการศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 มีทั้งหมด 4 ดิวิชัน 16 ชนิด และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบ 6 ดิวิชัน 18 ชนิด ดิวิชันที่พบมากที่สุดทั้ง 2 บริเวณคือ สาหร่ายสีเขียว (Chlorophyta) สำหรับแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น 3 ชนิดแรก บริเวณจุดเก็บที่ 1 คือ *Eudorina* sp., *Chroococcus* sp. และ *Euglena* sp. และจุดเก็บที่ 2 คือ *Eudorina* sp., *Euglena* sp. และ *Phacus* sp. เมื่อนำมาประเมินคุณภาพน้ำด้วยระบบคะแนนจากสาหร่าย (AARL-PP Score) พบว่า คุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่ไม่ดี (Eutrophic status) มีสารอาหารสูง และที่ใช้การประเมินด้วยระบบคะแนนจากคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางพารามิเตอร์ (AARL-PC Score) ได้ผลเช่นเดียวกันคือ สารอาหารสูง คุณภาพน้ำไม่ดี (Polluted) จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าบ่อกักเก็บน้ำนี้มีแนวโน้มสูงมากที่จะเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน

คำสำคัญ : ความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหาร คุณภาพน้ำ บ่อกักเก็บน้ำ แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Study of water quality by using dominant Phytoplankton as bioindicator in the reservoir of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.
Student	MS. Panika Putthand 55050947
	MS. Panadda Maneesri 55050948
	MS. Siriporn Kunjanak 55051006
Course	Bachelor of Science (Environmental Chemistry)
Department	Chemistry
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology LadKrabang (KMITL)
Year	2015
Advisors	Asst. Prof. Pitsamai Chairat-utai

Abstract

The study of water quality and diversity of dominant phytoplankton in reservoir of King Mongkut's institute of technology Ladkrabang was conducted from February to June 2016 in 2 samples collection sites. The first sample collection site is the shaded area covered by tall trees and large building screening the sunlight in daytime; the second site is the area that was exposed to sunlight in the daytime from 8am to 4pm. Based from the study of the water samples from both sites, the result showed that the water quality was classified as type 4 moderated surface water based on the surface water quality standard, and according to water quality index, the samples were classified as decadent surface water. Furthermore, the evaluation of nutrient enrichment by Carlson's Trophic State Index(TSI) showed that the water samples from both sites were classified into Hypereutrophic level. The diversity and quantity of phytoplankton in the first sample collection site consists of 4 divisions and 16 species, 6 divisions and 18 species from the second site. The most common phytoplankton division from both sites is Chlorophyta, and the 3 dominant species from the first site are *Eudorina* sp., *Chroococcus* sp. and *Euglena* sp. The dominant species from the second site are *Eudorina* sp., *Euglena* sp. And *Phacus* sp. In addition, when evaluating the water quality by AARL-PP score, the water qualities from both sites were classified as eutrophic status with high nutrient Likewise, the score from AARL-PC score also yield the same result of high nutrient but considered to be polluted. From the finding above, it can be concluded that this reservoir has a high likelihood of eutrophication.

Keywords: water quality, nutrient enrichment, reservoir, dominant phytoplankton

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ และดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ ที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ และแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี ภาควิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อำนวยความสะดวก ให้ความช่วยเหลือและ อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับงานวิจัย

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา บุคคลในครอบครัว รวมทั้งพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ภาควิชาเคมี เป็นอย่างสูงที่คอยให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจเป็นอย่างดีตลอดมา

ปณิกา พุฒแทน
ปนัดดา มณีศรี
ศิริพร กุญแจนาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
คำย่อ/สัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 คุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน	4
2.1.1 ประเภทคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน	4
2.1.2 ดัชนีคุณภาพน้ำผิวดินทั่วไป	6
2.1.3 เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ	10
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแพลงก์ตอนพืช	11
2.2.1 Division Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน)	11
2.2.2 Division Chlorophyta (สาหร่ายสีเขียว)	12
2.2.3 Division Charophyta (สาหร่ายไฟ)	12
2.2.4 Division Euglenophyta (สาหร่ายยูกลีนอยด์)	12
2.2.5 Division Phaeophyta (สาหร่ายสีน้ำตาล)	13
2.2.6 Division Chrysophyta (สาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง)	13
2.2.7 Division Pyrrophyta (สาหร่ายไดโนแฟลเจลเลต)	13
2.2.8 Division Cryptophyta (สาหร่ายคริพโตโมแนตส์)	13
2.2.9 Division Rhodophyta (สาหร่ายสีแดง)	13
2.3 สถานะความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำนิ่ง	14
2.4 การควบคุมปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำนิ่ง	17
2.4.1 ปริมาณสารอาหารที่ทำให้เกิดยูโทฟิเคชัน	17
2.4.2 การควบคุมปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำที่ทราบจุดกำเนิดที่แน่นอน	18
2.4.3 การควบคุมปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำที่ไม่ทราบจุดกำเนิดที่แน่นอน	21
2.4.4 การควบคุมปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำนิ่ง	22
2.5 วิธีการประเมินคุณภาพน้ำตามคุณสมบัติแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นAARL-PP Score	22
2.6 การประเมินคุณภาพน้ำด้วยระบบ AARL-PC Score	23
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 28
3.1 เครื่องมืออุปกรณ์ 28
3.2 สารเคมี 28
3.3 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 29
3.4 การเก็บตัวอย่างน้ำและการเก็บแพลงก์ตอนพืช 30
3.5 การดำเนินการวิจัย 31
3.5.1 การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี 31
3.5.2 การศึกษาความหลากหลายของชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช 32
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 32
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 33
4.1 ลักษณะน้ำทางกายภาพและเคมี 33
4.2 การประเมินผลตามค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน 34
4.3 การจัดระดับชั้นความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารในแหล่งน้ำ 36
4.4 การศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อกักเก็บน้ำ 38
4.4.1 ความหลากหลายของชนิดแพลงก์ตอนพืช 38
4.4.2 ปริมาณแพลงก์ตอนพืช 39
4.5 การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำตามระบบAARL-PP Score 40
4.6 การศึกษาลักษณะน้ำทางกายภาพและเคมีตามระบบ AARL-PC Score 41
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 42
5.1 สรุปผลการวิจัย 42
5.2 ข้อเสนอแนะ 43
เอกสารอ้างอิง 44
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. วิธีการวิเคราะห์ 48
ภาคผนวก ข. ผลการทดลอง 56
ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ทางสถิติ 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	5
2.2 ค่าประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตาม WQI	7
2.3 สูตรสมการในการคิดคะแนนของ DO	8
2.4 สูตรสมการในการคิดคะแนน BOD	9
2.5 สูตรสมการในการคิดคะแนนของ TCB	9
2.6 สูตรสมการในการคิดคะแนนของ FCB	10
2.7 สูตรสมการในการคิดคะแนนของ NH_3-N	11
2.8 เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ	11
2.9 การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำโดยใช้ปัจจัยต่างๆ	17
2.10 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของการเลือกใช้พารามิเตอร์ต่างๆ	18
2.11 ประมาณการค่าใช้จ่ายในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสีย	22
2.12 คะแนนคุณภาพน้ำตามสถานะสารอาหาร (Trophic Status) และคุณภาพน้ำทั่วไป	25
2.13 คะแนนมาตรฐานคุณภาพน้ำของ AARL-PC Score ตามสถานะของอาหาร	26
3.1 จุดเก็บน้ำตัวอย่างในบ่อกักเก็บน้ำสจล.	29
3.2 วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี	31
3.3 วิธีวิเคราะห์ความหลากหลายและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช	32
4.1 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อกักเก็บน้ำสจล.	33
4.2 พารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำ	35
4.3 พารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณดัชนีคุณภาพน้ำผิวดินทั่วไป	36
ข-1 ผลการทดลองการศึกษาคุณภาพน้ำ	57
ข-2 ปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่พบทั้งหมดในบ่อกักเก็บน้ำสจล.	59
ข-3 แสดงคะแนนแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นตามระดับสารอาหาร	61
ข-4 แสดงคะแนนมาตรฐานของคุณสมบัติน้ำที่ใช้ศึกษา AARL-PC Score	63
ค-1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	64
ค-2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	64
ค-3 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	65
ค-4 ความสัมพันธ์ระหว่างการนำไฟฟ้าบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	65
ค-5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	66
ค-6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	66
ค-7 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	67
ค-8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	67
ค-9 ความสัมพันธ์ระหว่างการส่องผ่านแสงจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	67
ค-10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่างจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	68
ค-11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	68
ค-12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออร์โธฟอสเฟตจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	69
ค-13 ความสัมพันธ์ระหว่างเจลดาห์ลไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค-14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนเตรทไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	69
ค-15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าออกซิเจนละลายน้ำจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	70
ค-16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	70
ค-17 ความสัมพันธ์ระหว่างแอมโมเนียไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	71
ค-18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิล์ล เอ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินของ DO เปรียบเทียบกับคะแนนตามเกณฑ์คุณภาพน้ำ	7
2.2 ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินของ BOD เปรียบเทียบกับคะแนนตามเกณฑ์คุณภาพน้ำ	8
2.3 ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินของ TCB เปรียบเทียบกับคะแนนตามเกณฑ์คุณภาพน้ำ	8
2.4 ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินของ FCB เปรียบเทียบกับคะแนนตามเกณฑ์คุณภาพน้ำ	9
2.5 ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินของ NH_3-N เปรียบเทียบกับคะแนนตามเกณฑ์คุณภาพน้ำ	10
3.1 จุดเก็บน้ำจุดที่ 1	30
3.2 จุดเก็บน้ำจุดที่ 2	30
4.1 การแบ่งชั้นของสารอาหาร TSI(SD), TSI(TP), TSI(Chl-a)	37
4.2 องค์ประกอบ(ดิวิชัน)ของแพลงก์ตอนพืชในบ่อกักเก็บน้ำ	38
4.3 ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อกักเก็บน้ำ	39
4.4 ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (ดิวิชัน:Division)	39
4.5 คะแนนคุณภาพน้ำในบ่อกักเก็บน้ำจากการประเมินด้วยระบบ AARL-PP Score	40
4.6 คะแนนคุณภาพน้ำในบ่อกักเก็บน้ำจากการประเมินด้วยระบบ AARL-PC Score	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
BOD	ความสกปรกในรูปอินทรีย์
Chl-a	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ
DO	ค่าออกซิเจนละลายน้ำ
^{o}C	องศาเซลเซียส
EC	การนำไฟฟ้า
FCB	แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม
NH_3 –N	แอมโมเนียไนโตรเจน
NO_3-N	ไนเตรท-ไนโตรเจน
M	เมตร
mg/l	มิลลิกรัมต่อลิตร
MT/yr	เมตริกตันต่อปี
NTU	หน่วยวัดความขุ่น
SD	ความสามารถในการส่องผ่านของแสง
pH	ความเป็นกรดและด่าง
Ppt	ปริมาณตัวถูกละลายในสารละลายล้านล้านส่วน
PO_4-P	ปริมาณออร์โธฟอสเฟต
TCB	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด
T	อุณหภูมิ
TDS	ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด
TKN	ปริมาณเจลดาห์ลไนโตรเจน
TN	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด
TP	ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด
TSI	ดัชนีชี วัดสถานะความอุดมสมบูรณ์
µg/l	ไมโครกรัมต่อลิตร
µs/cm	ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร
WQI	เกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความจำเป็นอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยเฉพาะมนุษย์ใช้ประโยชน์จากน้ำในชีวิตประจำวันทั้งทางตรงและทางอ้อมทั้งการอุปโภคบริโภค การเกษตรอุตสาหกรรม การคมนาคม และพักผ่อนหย่อนใจ ตลอดจนเป็นแหล่งรองรับของเสียจากกิจกรรมของมนุษย์อีกด้วย ในปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรอย่างรวดเร็วและมีการนำทรัพยากรต่างๆมาใช้อย่างมากมายเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ทำให้ก่อให้เกิดของเสียซึ่งของเสียเหล่านี้ส่วนหนึ่งก็ถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมและมนุษย์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำนิ่ง สามารถสังเกตได้จากปริมาณสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสนอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำนิ่ง ได้แก่ อัตราการเพิ่มปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำนิ่ง (Nutrient loading) ถ้าอัตราการเพิ่มสารอาหารในแหล่งน้ำนิ่งสูง ก็จะมีความอุดมสมบูรณ์สูง สภาพธรณีวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำของแหล่งน้ำนิ่ง ลักษณะดิน พืชพรรณ รูปแบบและการใช้ประโยชน์ที่ดินก็ส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะพื้นที่ราบลุ่ม ดินร่วน และมีกิจกรรมทางการเกษตรมาก ย่อมส่งผลต่อการชะล้างของสารอาหารลงสู่แหล่งน้ำมาก ในส่วนของสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณแสงและอุณหภูมิ จะเป็นตัวเร่งการเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพในแหล่งน้ำ เมื่อเกิดการตายทับถมกันของพืชน้ำในแหล่งน้ำก็จะเกิดการย่อยสลายและปลดปล่อยสารอาหารสู่แหล่งน้ำและถ้าในแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณสารอาหารสูงจะเหมาะแก่การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งแพลงก์ตอนพืช เป็นสิ่งมีชีวิตที่ล่องลอยอยู่ในน้ำ สามารถสร้างอาหารเองได้ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง อีกทั้งมีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบนิเวศ โดยทำหน้าที่เป็นผู้ผลิต โดยอาศัยสารอาหาร แสงจากดวงอาทิตย์ และปัจจัยต่างๆในการเจริญเติบโต แต่ถ้าหากแหล่งน้ำมีสารอาหารมากเกินไป จะส่งผลทำให้เกิดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้แหล่งน้ำได้รับสารอาหารในปริมาณมากและรวดเร็ว จนก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ หรือที่เรียกว่า มลพิษจากสารอาหาร (Nutrient Pollution) ซึ่งก่อให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication; Algae bloom)” หรือ “ปรากฏการณ์การน้ำเปลี่ยนสี” ซึ่งทำให้สูญเสียภาวะสมดุลของระบบนิเวศและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ เช่น ปลาไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เพราะแหล่งน้ำขาดออกซิเจน ในตอนกลางคืน เนื่องจากการหายใจของแพลงก์ตอนพืช รวมทั้งสาหร่ายที่เจริญเติบโตเป็นจำนวนมาก สาหร่ายบางชนิดอาจเป็นอันตรายต่อการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ (สุวัจน์, 2557) นอกจากนี้แล้วชนิดของแพลงก์ตอนสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้สภาพน้ำได้ เช่น *Melosiraislandica*, *Cyclotellaocellata* จะพบในแหล่งน้ำที่สะอาด ส่วน *Nitzchiapalca*, *Microcystisaeruginoso* และ *Aphanizomenoflosoquoe* จะพบในแหล่งน้ำเสีย (*APHA et al.*, 1992) รวมทั้งแพลงก์ตอนพืชสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำและคุณภาพน้ำได้ (ลัดดา, 2554 และยุวดี, 2549)

บ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (หลังตึกเรียนรวมพระเทพฯ) เป็นบ่อพักน้ำขนาดใหญ่ พื้นที่รอบๆบ่อน้ำจัดเป็นสวนหย่อมที่สำหรับให้นักศึกษาใช้นั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ่านหนังสือ น้ำที่ไหลเข้าบ่อ มาจากน้ำหลังจากผ่านระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ภายในตึกพระเทพฯ และสระว่ายน้ำ (Effluent) โดยน้ำในบ่อดังกล่าวนั้นได้นำมาใช้ประโยชน์ในการรดน้ำต้นไม้และถ้าระดับน้ำในบ่อมีระดับที่สูงจะมีการปล่อยออกสู่คลองสาธารณะ ในฤดูร้อนปริมาณน้ำค่อนข้างน้อย รวมทั้งอุณหภูมิผิวหน้าน้ำจะสูงมากขึ้นทุกๆปี ซึ่งอาจทำให้เกิดการแบ่งชั้นของน้ำ และการบลูมของสาหร่าย รวมทั้งสารอินทรีย์ที่สะสมบริเวณดินตะกอนก้นบ่อในปริมาณสูง ก็อาจจะส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในบ่อน้ำไม่เพียงพอสำหรับสัตว์น้ำ ซึ่งเคยมีเหตุการณ์ปลาในบ่อตายเกิดขึ้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหาร ชนิดและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชโดยใช้บ่อกักเก็บน้ำของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเป็นกรณีศึกษา เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการบ่อน้ำต่างๆภายในสถาบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเพื่อจำแนกประเภทตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินและค่าดัชนีคุณภาพน้ำผิวดินทั่วไป (WQI)

2) เพื่อศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)

3) เพื่อศึกษาความหลากหลายของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4) เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำโดยใช้สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางพารามิเตอร์และแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเป็นตัวชี้วัด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) การประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่ สี กลิ่น รส อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจน (DO) บีโอดี (BOD) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N)

2) การประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีตามดัชนีคุณภาพน้ำผิวดินทั่วไป (WQI) ได้แก่ ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจน (DO) บีโอดี (BOD) แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB)

3) การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารตามดัชนีชี้วัดของคาร์ลสัน (Carlson's Trophic State Index : TSI) ได้แก่ ความสามารถในการส่องผ่านของแสง (SD) ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด (TP) ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chl-a)

4) การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเป็นตัวชี้วัดจะใช้ระบบการให้คะแนน (AARL-PP score, ยุวดีและคณะ 2550) และระบบคะแนนจากสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางพารามิเตอร์ (AARL-PC score, Leelahakriengkrai and Peerapornpisal, 2011)

5) ระยะเวลาที่ศึกษาในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน โดยเก็บตัวอย่างที่บริเวณผิวน้ำลึกลงไป 10 เซนติเมตร ทำการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และแพลงก์ตอนพืชเดือนละ 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถประมินคุณภาพน้ำได้ จากตัวชี้วัดทางชีวภาพ

2) สามารถนำผลการศึกษาที่ได้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อให้เหมาะสมก่อนปล่อยลงสู่คลองสาธารณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ได้ให้คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องดังนี้

"สิ่งแวดล้อม" หมายความว่าสิ่งต่างๆที่มีลักษณะทางกายภาพและชีวภาพที่อยู่รอบตัวมนุษย์ ซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์ได้ทำขึ้น

"คุณภาพสิ่งแวดล้อม"หมายความว่าดุลยภาพของธรรมชาติอันได้แก่สัตว์พืชและทรัพยากรธรรมชาติต่างๆและสิ่งที่มนุษย์ได้ทำขึ้นทั้งนี้เพื่อประโยชน์ของการดำรงชีวิตของประชาชนและความสมบูรณ์สืบไปของมนุษยชาติ

"มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม" หมายความว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำอากาศเสียงและสภาวะอื่นๆของสิ่งแวดล้อมซึ่งกำหนดเป็นเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

"ภาวะมลพิษ" หมายความว่าสภาวะที่สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงหรือปนเปื้อนโดยมลพิษซึ่งทำให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลงเช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และมลพิษในดิน

"แหล่งน้ำผิวดิน" หมายความว่า แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำสาธารณะอื่นๆ ที่อยู่ภายในผืนแผ่นดิน ซึ่งหมายความรวมถึงแหล่งสาธารณะที่อยู่ภายในผืนแผ่นดินบนเกาะด้วย แต่ไม่รวมถึงน้ำบาดาล และในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นอยู่ติดกับทะเลให้หมายความถึงแหล่งน้ำที่อยู่ภายในปากแม่น้ำหรือปากทะเลสาบปากแม่น้ำและปากทะเลสาบให้ถือแนวเขตตามที่กรมเจ้าท่ากำหนด

2.1.1 ประเภทคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) ออกตามความในพรบ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินโดยได้แบ่งประเภทและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินออกเป็น 5 ประเภทดังนี้

แหล่งน้ำประเภทที่ 1 ได้แก่แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถใช้ประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน

(ข) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน

(ค) การอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำ

แหล่งน้ำประเภทที่ 2 ได้แก่แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(ข) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

(ค) การประมง

(ง) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งน้ำประเภทที่ 3 ได้แก่แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(ข) การเกษตร

แหล่งน้ำประเภทที่ 4 ได้แก่แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

(ข) การอุตสาหกรรม

แหล่งน้ำประเภทที่ 5 ได้แก่แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์เพื่อการคมนาคม

กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
1.	สี กลิ่น และรส (Color, Odor and Taste)		-	ธ	ธ	ธ	ธ	-
2.	อุณหภูมิ (Temperature)		°C	ธ	ธ	ธ	ธ	-
3.	ความเป็นกรดและด่าง (pH)		-	ธ	5.0-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	-
4.	ออกซิเจนละลาย (DO)		มก./ล.	ธ	6.0	4.0	2.0	-
5.	บีโอดี (BOD)	P20	มก./ล.	ธ	1.5	2.0	4.0	-
6.	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	ธ	5,000	20,000	-	-
7.	แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	ธ	1,000	4,000	-	-
8	ไนไตรท-ไนโตรเจน(NO_3-N)		มก./ล.	ธ		5.0		-
9.	แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)	P80	มก./ล.	ธ		5.0		-
10.	ฟีนอล (Phenols)		"	ธ		0.005		-
11.	ทองแดง (Cu)		"	ธ		0.1		-
12.	นิคเกิล (Ni)		"	ธ		0.1		-
13.	แมงกานีส (Mn)		"	ธ		1.0		-
14.	สังกะสี (Zn)		"	ธ		1.0		-
15.	แคดเมียม (Cd)		"	ธ		0.005*		-
						0.05**		-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16.	โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นซ์ (CrHexavalent)	"	ธ	0.05	-
17.	ตะกั่ว (Pb)	"	ธ	0.05	-
18.	ปรอททั้งหมด (Total Hg)	"	ธ	0.002	-
19.	สารหนู (As)	"	ธ	0.01	-
20.	อัลดริน (Aldrin)	"	ธ	0.1	-
21.	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีปอกไซด์ (Heptachor&Heptachlor epoxide)	"	ธ	0.2	-
22.	เอนดริน (Endrin)	"	ธ		-

แหล่งที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8, 2537

หมายเหตุ : ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ' อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO3 ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO3 เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

°C องศาเซลเซียส

P 20 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P 80 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

วิธีการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association , AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริการ่วมกันกำหนด

2.1.2.ดัชนีคุณภาพน้ำผิวดินทั่วไป (General Water Quality Index)

ส่วนแหล่งน้ำจืด สำนักการจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ได้พัฒนาวิธีการประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน เพื่อใช้ในการสื่อสารเผยแพร่คุณภาพน้ำให้แก่ประชาชนทั่วไป โดยมีการพัฒนามาจากดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) ที่มีหน่วยคะแนนเป็น 0-100 คะแนน แล้วนำมาเปรียบเทียบการคำนวณกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน 5 ดัชนี ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ความสกปรกในรูปอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand: BOD) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Fecal Coliform Bacteria: FCB) และแอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia-Nitrogen: NH_3-N) โดยมีเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำตาม WQI เปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำและค่าประเมินคุณภาพน้ำแสดงดังตารางที่ 2.2

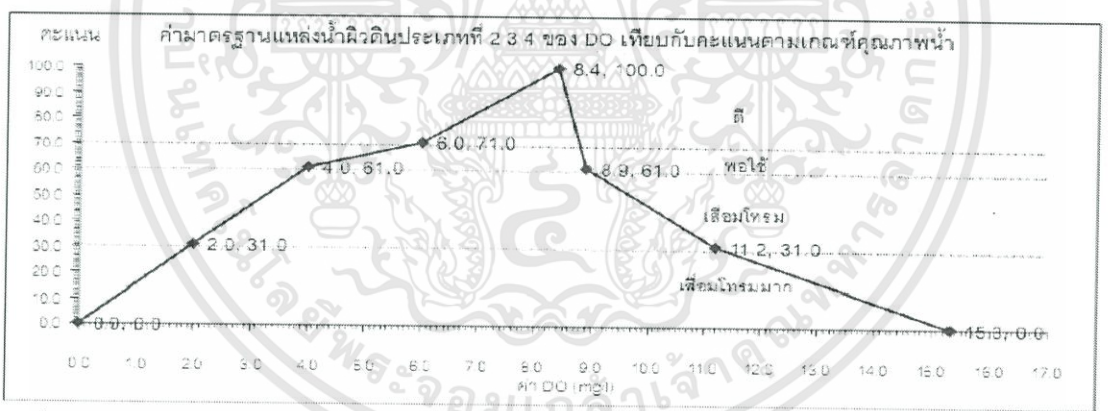
ตารางที่ 2.2 ค่าประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตาม WQI

เกณฑ์คุณภาพน้ำ	คะแนนรวม	เทียบได้กับแหล่งน้ำผิวดินประเภท
ดี	71-100	2
พอใช้	61-70	3
เสื่อมโทรม	31-60	4
เสื่อมโทรมมาก	0-30	5

แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2554.

การคิดคะแนนของแต่ละดัชนีมาจากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 ประกอบกับการประมวลผลทางสถิติของคุณภาพแหล่งน้ำในประเทศไทย การคำนวณคะแนนของดัชนีต่างๆ มีสมการดังนี้

2.1.2.1 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)



รูปที่ 2.1 ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินของ DO เปรียบเทียบกับคะแนนตามเกณฑ์คุณภาพน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

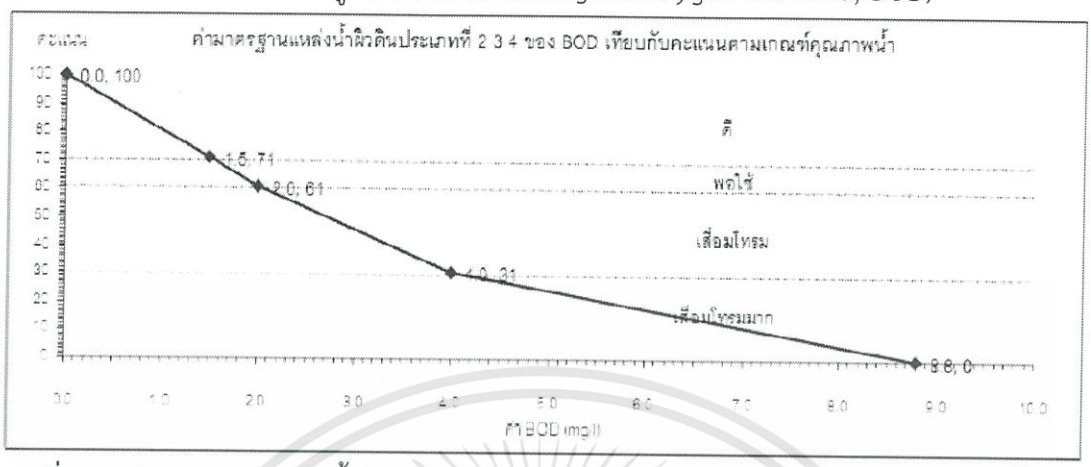
ตารางที่ 2.3 สูตรสมการในการคิดคะแนนของ DO

ค่า DO (mg/l)	สูตรสมการในการคิดคะแนน
0.0-4.0	15.25×(ค่าDO)+0.1667
4.1-6.0	5×(ค่าDO)+41
6.1-8.4	12.083×(ค่าDO)-1.5
8.5-8.9	-78 × (ค่า DO) + 755.2
9.0-11.2	-13.043 × (ค่า DO) + 177.09
11.3-(≥15.3)	-7.561 × (ค่า DO) + 115.68

แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2554.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand, BOD)



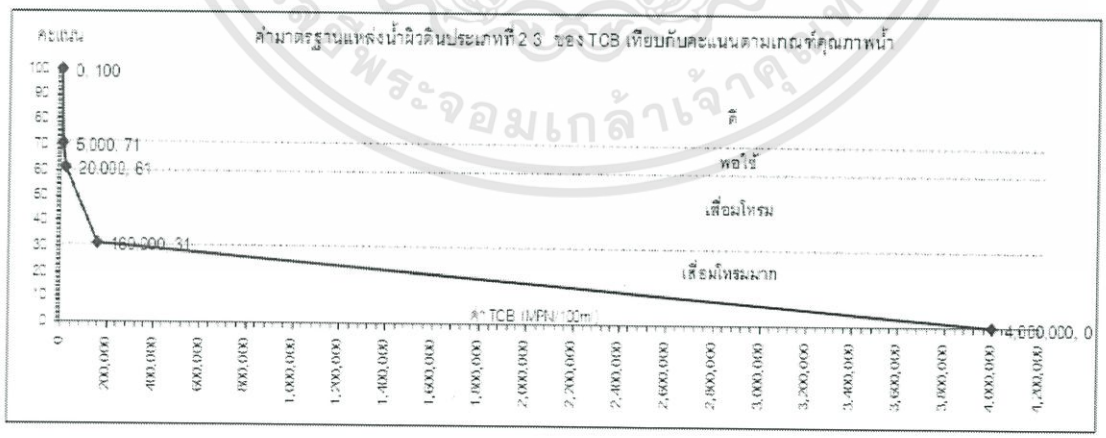
รูปที่ 2.2 ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินของ BOD เปรียบเทียบกับคะแนนตามเกณฑ์คุณภาพน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

ตารางที่ 2.4 สูตรสมการในการคิดคะแนน BOD

ค่า BOD (mg/l)	สูตรสมการในการคิดคะแนน
0.0 - 1.5	-19.333 × (ค่า BOD) + 100
1.6 - 2.0	-20 × (ค่า BOD) +101
2.1 - 4.0	-15 × (ค่า BOD) + 91
4.1 - (≥ 8.8)	-6.4583 × (ค่า BOD) +56.833

แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2554.

2.1.2.3 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria, TCB)



รูปที่ 2.3 ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินของ TCB เปรียบเทียบกับคะแนนตามเกณฑ์คุณภาพน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

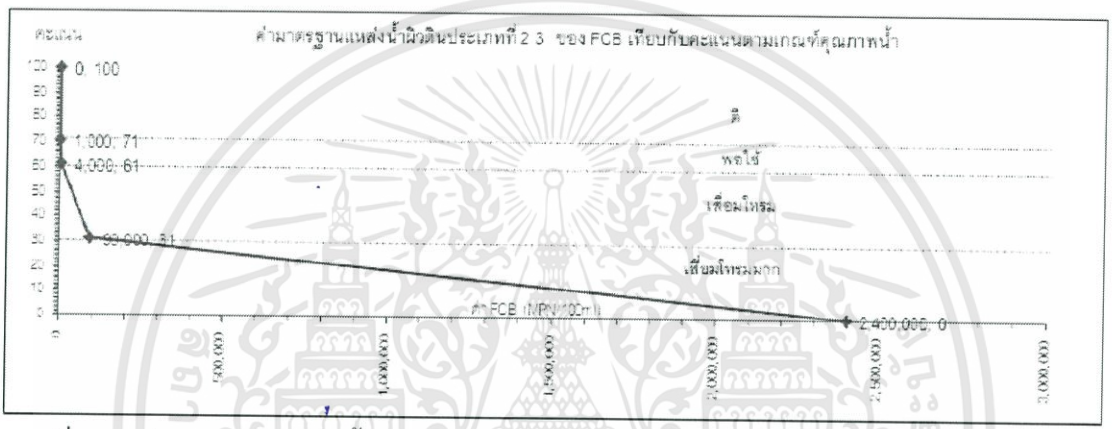
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 สูตรสมการในการคิดคะแนนของ TCB

ค่า TCB (MPN/100ml)	สูตรสมการในการคิดคะแนน
0.0 - 5,000	-0.0058 × (ค่า TCB) + 100
5,100 - 20,000	-0.0007 × (ค่า TCB) + 74.333
21,000 - 160,000	-0.0002 × (ค่า TCB) + 65.286
> 160,000	-8E-0.6 × (ค่า TCB) + 32.292

แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2554.

2.1.2.4 แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria,FCB)



รูปที่ 2.4 ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินของ FCB เปรียบเทียบกับคะแนนตามเกณฑ์คุณภาพน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

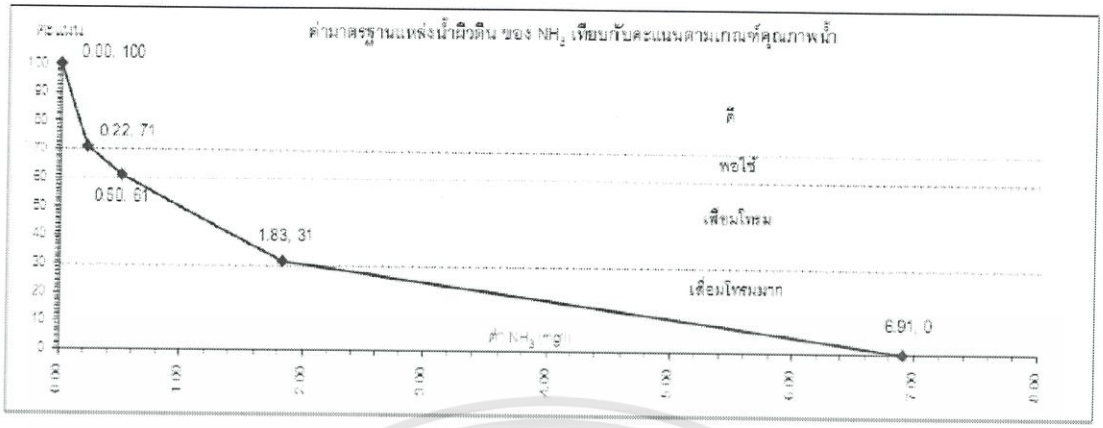
ตารางที่ 2.6 สูตรสมการในการคิดคะแนนของ FCB

ค่า FCB (MPN/100ml)	สูตรสมการในการคิดคะแนน
0.0 - 1,000	-0.029 × (ค่า FCB) + 100
1,001 - 4,000	-0.0033 × (ค่า FCB) + 74.333
4,001 - 90,000	-0.0003 × (ค่า FCB) + 62.395
>90,000	-1E-0.5 × (ค่า FCB) + 32.208

แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2554.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.5 แอมโมเนีย – ไนโตรเจน (Ammonia – Nitrogen, NH_3-N)



รูปที่ 2.5 ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินของ NH_3-Nเปรียบเทียบกับคะแนนตามเกณฑ์คุณภาพน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

ตารางที่ 2.7 สูตรสมการในการคิดคะแนนของ NH_3-N

ค่า NH_3-N (mg/l)	สูตรสมการในการคิดคะแนน
0.0 – 0.22	-131.82 × (ค่า NH_3) + 100
0.23 - 0.50	-35.714 × (ค่า NH_3) + 78.857
0.51 – 1.83	-22.556 × (ค่า NH_3) + 72.278
>1.83	-6.1024 × (ค่า NH_3) + 42.167

แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2554.

ในส่วนของคะแนนพิเศษ เป็นการนำค่าคะแนนเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำ หากผลการประเมินค่าเฉลี่ย พบว่า ไม่สอดคล้องกับค่ามาตรฐาน จะใช้ค่าคะแนนพิเศษปรับให้อยู่ในช่วงค่ามาตรฐานระดับเดียวกัน โดย หากคุณภาพน้ำไม่ต่างกัน คะแนนพิเศษ =0, ถ้าต่างกัน 1 ระดับ คะแนนพิเศษ = 10, ถ้าต่างกัน 1 ระดับ คะแนนพิเศษ = 15, ถ้าต่างกัน 3 ระดับ คะแนนพิเศษ = 20

2.1.3 เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

น้ำหรือแหล่งน้ำมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นมนุษย์ สัตว์ หรือพืช ในอดีตนั้นน้ำหรือแหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็นน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน น้ำชายฝั่ง และน้ำทะเล จะไม่เน่าเสียหรือเกิดภาวะมลพิษ เนื่องจากธรรมชาติสามารถปรับสภาพความสมดุลและฟื้นฟูตัวเองได้ระดับหนึ่ง ทำให้เกิดการหมุนเวียนแม้จะมีการปนเปื้อนจากมลพิษต่างๆ แต่ก็มีปริมาณน้อยน้ำจึงสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างเหมาะสม เมื่อมีความเจริญเติบโตของสังคมจนเกิดเป็นชุมชนมีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และพาณิชยกรรม ทำให้ธรรมชาติไม่สามารถปรับเปลี่ยนหมุนเวียนฟื้นตัวเองได้ทัน ปัญหาน้ำเน่าเสียในแหล่งน้ำจึงเกิดขึ้นและก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ สำนักการจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษจึงได้มีการกำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำขึ้นเพื่อให้สัตว์น้ำสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ดังตารางที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม	หมายเหตุ
1.	อุณหภูมิ (Temperature)	℃	23-32	โดยมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว
2.	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		5-9	โดยมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน ไม่ควรเกินกว่า 2.0 หน่วย
3.	ออกซิเจนละลาย (DO)	มก./ล.	ต่ำสุด 3	-
4.	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	มก./ล.	สูงสุด 30	และมีออกซิเจนละลายอยู่อย่างเพียงพอ
5.	ความขุ่น (Turbidity) -ความโปร่งใส (Transparency) -สารแขวนลอย (Suspended solids)	ซม.	30 - 60 สูงสุด 25	วัดด้วย Secchi disc

แหล่งที่มา : เอกสารวิชาการสถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ ฉบับที่ 75/2530 เรื่องเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด (ปัจจุบันสถาบันฯ เปลี่ยนเป็น สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด สังกัดกรมประมง)

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแพลงก์ตอนพืช

แพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กล่องลอยอยู่ในกระแสน้ำอย่างอิสระตามกระแสน้ำและคลื่นลมจะพาไป (ลัดดา, 2546) เนื่องจากลักษณะทางกายภาพและขนาดทำให้แพลงก์ตอนไม่สามารถรักษาการเคลื่อนที่ต้านต่อกระแสน้ำได้ แพลงก์ตอนพืชสามารถดูดซับพลังงานและทำการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อเปลี่ยนสารอนินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์ได้ เนื่องจากมีคลอโรฟิลด์จึงจัดเป็นผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิในระบบนิเวศมีความสำคัญอย่างมากต่อระบบนิเวศภาคพื้นน้ำ แพลงก์ตอนพืชสามารถพบได้ทั้งในน้ำทะเล น้ำกร่อย และน้ำจืด การกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืชพบว่ามีการกระจายตัวอยู่ทั่วโลกพบได้ทั้งเขตอบอุ่นและเขตร้อน (ลัดดา, 2544) ดังนั้นในการจัดหมวดหมู่ของแพลงก์ตอนพืชตามระบบ (Bold and Wynn, 1985) สามารถจำแนกได้ทั้งหมด 9 ดิวิชัน คือ Division Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) Division Chlorophyta (สาหร่ายสีเขียว) Division Charophyta (สาหร่ายไฟ) Division Euglenophyta (สาหร่ายยูกลีนอยด์) Division Phaeophyta (สาหร่ายสีน้ำตาล) Division Chrysophyta (สาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง) Division Pyrrhophyta (สาหร่ายไดโนแฟลเจลเลต) Division Cryptophyta (สาหร่ายคริพโตโมแนตส์) Division Rhodophyta (สาหร่ายสีแดง) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 Division Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) มีลักษณะโครงสร้างของนิวเคลียสคล้ายคลึงกับนิวเคลียสของแบคทีเรีย และบางชนิดมีคุณสมบัติตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้เช่นเดียวกับแบคทีเรียที่สามารถตึงไนโตรเจนได้ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติทางชีวเคมีคล้ายแบคทีเรีย ด้วยแต่ได้ถูกจัดกลุ่มแยกออกมาจากแบคทีเรียเพราะสาหร่ายมีคลอโรฟิลด์เอ และมีการปล่อยออกซิเจนสู่สิ่งแวดล้อมจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งไม่พบในแบคทีเรีย จากการพบซากดึกดำบรรพ์ (fossil) ในยุค Archaeozoic ซึ่งเป็นเวลามากกว่า 2 พันล้านปีมาแล้ว ทำให้เข้าใจว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาหร่ายดิวิชันนี้เป็นสิ่งมีชีวิตที่โบราณที่สุดในบรรดาสิ่งมีชีวิตทั้งหลายที่มีคลอโรฟิลด์อยู่ในเซลล์ และพบสาหร่ายพวกนี้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงมาก เช่น ในบ่อน้ำพุร้อน หรือบริเวณที่อากาศหนาวเย็น เช่น ในหิมะ หรือบริเวณขั้วโลก ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากเซลล์ของสาหร่ายชนิดนี้มีเมือก (Gelatinous Sheath) หุ้ม จึงสามารถเก็บความชื้นไว้ในเซลล์ และสามารถเป็นฉนวนกันความร้อน และความเย็นให้กับเซลล์ได้ อีกประการหนึ่งโมเลกุลของโปรตีนภายใน โปรโตรพลาสซึมจับตัวกันแน่น จึงเป็นเหตุช่วยให้เซลล์มีชีวิตอยู่ได้นาน (ยุวดี, 2549)

2.2.2 Division Chlorophyta (สาหร่ายสีเขียว) สาหร่ายดิวิชันนี้ ส่วนใหญ่มีสีเขียวเหมือนหญ้า (grass-green algae) เพราะภายในมีคลอโรพลาสต์ที่มีรงควัตถุพวกคลอโรฟิลด์เอ และบีจำนวนมาก ซึ่งจะบดบังรงควัตถุสีอื่นๆไว้ นอกจากนี้ก็มีรงควัตถุพวกแคโรทีน และเซนโธฟิลล์อีกหลายชนิด รงควัตถุทั้งหมดอยู่ในรูปคลอโรพลาสต์ซึ่งมีรูปร่างหลายแบบ คุณสมบัติเหล่านี้สามารถนำมาจัดจำแนกสาหร่ายสีเขียวได้อย่างชัดเจน และสามารถพบสาหร่ายสีเขียวนี้ได้ทั่วไปแทบทุกหนทุกแห่ง ประมาณกันว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของสาหร่ายสีเขียวทั้งหมดเป็นสาหร่ายทะเลซึ่งจะเจริญแตกต่างกันตามสภาพอุณหภูมิของน้ำ ความเข้มของแสงและความสมบูรณ์ของสารอาหาร สาหร่ายสีเขียวที่เป็นสาหร่ายทะเลมักจะพบบริเวณน้ำตื้นตามแนวชายฝั่งอาจจะมีบ้างที่พบในระดับความลึกถึง 300 ฟุต ส่วนอีก 90 เปอร์เซ็นต์ของสาหร่ายสีเขียวที่เหลือเป็นสาหร่ายน้ำจืด หรือสาหร่ายที่ขึ้นอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เป็นอากาศก็ได้ สาหร่ายที่อยู่ในน้ำจืดอาจจะเจริญอยู่ในน้ำตื้นๆ หรือน้ำลึกที่แสงส่องถึง และหลายชนิดมีสภาพเป็นแพลงก์ตอนพืช บางชนิดก็ขึ้นอยู่บนก้อนหิน ทราย โคลน เปลือกหอย บนพืช สัตว์อื่นๆ ในดิน เปลือกไม้ ในพืช ในหิมะ น้ำแข็ง หรือบางชนิด สปอร์อาจจะปนมากับฝุ่นละอองก็ได้ (ยุวดี, 2549)

2.2.3 Division Charophyta (สาหร่ายไฟ) สาหร่ายกลุ่มนี้มีลักษณะระหว่างสีเขียว และพืชพวกไบรโอไฟต์ ดังนั้น Bold and Wynne (1985) จึงได้จัดสาหร่ายไฟเป็นดิวิชันหนึ่งแยกออกมาจาก Division Chlorophyta ซึ่งสอดคล้องกับการอ้างของ Singh and Kashyap (1978) ที่กล่าวไว้ว่า สาหร่ายไฟไม่น่าจะอยู่ใน Division Chlorophyta เนื่องจากทัลลัสส่วนที่เป็นแกนกลางปกคลุมด้วยข้อ และปล้อง เซลล์สืบพันธุ์ล้อมด้วยเซลล์ที่เป็นหมัน เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ หรือแอนเทอโรซอยด์มีแฟลกเจลลัม 2 เส้น และตัวเซลล์ก็มีรูปร่างแบบเกลียว นอกจากนั้นยังไม่ทีซูโอสปอร์ และในระยะที่จะงอกใหม่เกิดจากเซลล์ที่เรียกว่า โปรโตนีมา (Protonema) ลักษณะเช่นนี้ไม่พบในสาหร่ายสีเขียว สาหร่ายไฟมีความใกล้เคียงกับพืชชั้นสูงมาก มองดูเหมือนสาหร่ายหางกระรอก มีส่วนที่เป็นข้อ (Node) และปล้อง (Internode) ชัดเจน เป็นสาหร่ายที่พบในน้ำจืด และมีน้อยชนิดที่พบในน้ำกร่อย (ยุวดี, 2549 อ้างถึง Van den Hoek *et al.*, 1998) มีไรซอยด์ยึดเกาะอยู่กับพื้นซึ่งอาจเป็นดินหรือทราย จึงพบได้ในแหล่งน้ำตื้นๆหรือริมฝั่ง คู คลอง หนอง บึง ซึ่งมีน้ำท่วมถึง และไม่ลึกนัก พบบ่อยในบ่อเลี้ยงปลาตื้นๆ มีพื้นเป็นดินโคลน มีการปลูกพืชน้ำ เช่น บัว หรือบางครั้งพบในนาข้าวในช่วงที่น้ำยังท่วม บางครั้งจึงถูกจัดเป็นวัชพืช (ยุวดี, 2549)

2.2.4 Division Euglenophyta (สาหร่ายยูกลีนอยด์) สาหร่ายดิวิชันนี้มีลักษณะเป็นเซลล์เดียวออร์แกเนลล์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่คือแฟลเจลลัม 1-2 เส้นหรือมากกว่ามีตำแหน่งอยู่ด้านบนของเซลล์ มีอายสปอตทำหน้าที่รับแสง มีรงควัตถุประเภทคลอโรฟิลล์และอื่นๆที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงได้ ว่ายน้ำเป็นอิสระบางกลุ่มสร้างก้านยึดติดกับพื้น หรือสร้างเมือกอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม และมีการสะสมอาหารในรูปของพาราไมลอน (Paramylon) ที่เป็นแป้งไม่ละลายน้ำ (ยุวดี, 2549 อ้างถึงกาญจนภาชน์, 2527)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 Division Phaeophyta (สาหร่ายสีน้ำตาล) สาหร่ายดิวิชันนี้จะมีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลเข้ม เนื่องจากภายในคลอโรพลาสต์มีรงควัตถุชนิดคลอโรฟิลล์ที่ทำให้เกิดสีเขียว ฟิวโคแซนธินที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล และมีรงควัตถุอีกหลายชนิด สาหร่ายดิวิชันนี้เกือบทั้งหมดเป็นสาหร่ายทะเล และน้ำกร่อยมีเพียง 4 ชนิดที่พบในน้ำจืด ได้แก่ Heribaudiella, Pleurocladia, Bodanella และ Sphacelaria เป็นต้น ส่วนใหญ่จะเป็นสาหร่ายที่มีขนาดใหญ่ตั้งแต่ลักษษณะที่เป็นเส้นสายจนถึงทัลลัส บางพวกอาจจะมีลักษณะคล้ายเนื้อเยื่อพาเรนไคมา มักพบบริเวณชายฝั่งจนกระทั่งถึงท้องทะเลที่มีระดับลึกถึง 200 เมตร และมักพบในบริเวณน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ในน้ำทะเลเขตอบอุ่นมากกว่าในเขตร้อน (ยุวดี, 2549)

2.2.6 Division Chrysophyta (สาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง) สาหร่ายในดิวิชันนี้มีความหลากหลายของลักษณะรูปร่างแตกต่างกันมาก มีทั้งกลุ่มที่มีลักษณะเซลล์เดียว หรือเซลล์อาจอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เซลล์อาจมีแฟลเจลลัม หรือไม่มีแฟลเจลลัม ผนังเซลล์มีลาย และอาจเป็นสารซิลิกา มีรงควัตถุแคโรทีนด์มากกว่าคลอโรฟิลล์ อาหารสะสมเป็นคริสโสลามินาแรน (ยุวดี, 2549)

2.2.7 Division Pyrrophyta (สาหร่ายไดโนแฟลเจลเลต) สาหร่ายดิวิชันนี้มีเซลล์เดียว และมีแฟลเจลลัม 2 เส้น ใช้ในการเคลื่อนที่ และยังมีตำแหน่งที่ต่างกัน โดยแต่ละเส้นอยู่คนละระนาบตั้งฉากซึ่งกันละกัน แฟลเจลลัมยาวไม่เท่ากัน ดำรงชีวิตอิสระ พบได้ทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม บางสปีชีส์อยู่รวมกันเป็นโคโลนี แต่เป็นโคโลนีเทียม ลักษณะกลม บางสปีชีส์อยู่เป็นเส้นสายเชื่อมติดกับวัตถุ ไดโนแฟลเจลเลตมีความสำคัญมากในแง่การเป็นผู้ผลิตขั้นต้นในแหล่งน้ำ โดยเฉพาะในทะเลมีมากกว่า 130 จีนัส 2,000 สปีชีส์ นอกจากนั้นยังพบฟอสซิลอีกประมาณ 2,000 สปีชีส์ เมื่อมีการเจริญเติบโตอย่างมากมายมักก่อให้เกิดปัญหาในน้ำทะเล เช่น ปรากฏการณ์ขี้ปลาวาฬ (Red Tide) โดยมีผลทำให้น้ำทะเลเป็นสีแดง ทำให้สัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมาก บางสปีชีส์สามารถเรืองแสงได้ในเวลากลางคืน (ยุวดี, 2549)

2.2.8 Division Cryptophyta (สาหร่ายคริพโตโมแนตส์) สาหร่ายดิวิชันนี้เป็นสาหร่ายกลุ่มเล็กๆ ลักษณะเซลล์เดี่ยว ว่ายน้ำอิสระ ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตเป็นพลงก์ตอนพืช พบได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม ลักษณะเซลล์แบนจากด้านบนไปทางท้ายเซลล์ มีแฟลเจลลัม 2 เส้น และลักษณะเด่นชัดของคริพโตโมแนตส์ คือ การมีเซลล์พิเศษ เรียกว่า อีเจคโตโซม (Ejectosome) เป็นเข็มพา ทำหน้าที่ป้องกันตัว และใช้จับเหยื่อ (ยุวดี, 2549)

2.2.9 Division Rhodophyta (สาหร่ายสีแดง) สาหร่ายสีแดงเป็นสาหร่ายที่พบในทะเลมากกว่าในน้ำจืด จำนวนสปีชีส์ที่พบทั้งหมดรวม 5,000-5,500 สปีชีส์ ซึ่งอยู่ใน 500-600 จีนัส ที่พบในน้ำจืดราว 150 สปีชีส์ และในพวกสาหร่ายทะเลด้วยกันแล้ว สาหร่ายสีแดงก็มีจำนวนสปีชีส์มากที่สุด (ยุวดี, 2549) สาหร่ายสีแดงมีความคล้ายคลึงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแง่ของรงควัตถุคือจะมีกลุ่มไฟโคบิลิน ซึ่งประกอบไปด้วยไฟโคไซยานิน และไฟโคเออริธรินเป็นหลัก นอกจากนั้นในวงจรชีวิตทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ เซลล์สืบพันธุ์ยังไม่มีแฟลเจลลัมคล้ายสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แต่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเท่านั้น และสาหร่ายสีแดงก็คล้ายสาหร่ายสีน้ำตาลคือมีในเขตอบอุ่นมากกว่าเขตร้อน และมักจะมีขนาดใหญ่โต ส่วนในเขตร้อนมักจะมีขนาดค่อนข้างเล็ก นอกจากนั้นยังเป็นกลุ่มที่สามารถเจริญเติบโตได้ในความลึกที่ลึกกว่าสาหร่ายอื่นๆ คืออาจจะพบในระดับความลึกถึง 200 เมตร ซึ่งมีแสงน้อยมาก (ยุวดี, 2549) ทั้งนี้เนื่องมาจากสาหร่ายชนิดนี้มีรงควัตถุพวกไฟโคเออริธรินปริมาณมาก ซึ่งสามารถรับแสงสีเขียวและสีเหลืองซึ่งจะลอดผ่านลงไปยังทะเลส่วนที่ลึกได้ แล้วนำไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง ในขณะที่แสงสีแดงและสีน้ำเงินจะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอโรฟิลล์เอและบีของพวกแพลงก์ตอนพืชที่อยู่บริเวณผิวน้ำดูดไปใช้ปริมาณมาก ดังนั้นสาหร่ายสีแดงที่อยู่ในทะเลลึกจึงมีสีแดงเข้มกว่าที่อยู่บริเวณน้ำตื้น เนื่องจากต้องมีรงควัตถุ พวกไฟโคเออริธรินปริมาณมาก (ยุวดี, 2549)

2.3 สถานะความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำนิ่ง

สถานะความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำนิ่ง หรือ Trophic State สามารถสังเกตได้จากปริมาณสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส กล่าวคือ แหล่งน้ำที่ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เรียกว่า โอลิโกโทรฟิค (Oligotrophic) แหล่งน้ำที่มีความสมบูรณ์ปานกลาง เรียกว่า มีโซโทรฟิค (Mesotrophic) แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เรียกว่า ยูโทรฟิค (Eutrophic) และแหล่งน้ำที่มีความสมบูรณ์สูงมาก เรียกว่า ไฮเปอร์ยูโทรฟิค (Hypereutrophic) การเปลี่ยนแปลงสถานะของแหล่งน้ำเกิดขึ้นโดยธรรมชาติโดยเริ่มจากแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและค่อยๆ พัฒนาไปจนถึงแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ซึ่งเรียกการเปลี่ยนแปลงนี้ว่า succession จนในที่สุดแหล่งน้ำนิ่งก็เปลี่ยนสภาพเป็นระบบนิเวศบก สำหรับความหมายของความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำประเทศต่าง ๆ มีดังนี้

แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเป็นแหล่งน้ำที่มีผลผลิตเบื้องต้นต่ำ ซึ่งเป็นผลจากแหล่งน้ำมีปริมาณสารอาหารพืชต่ำไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืช บริเวณพื้นน้ำมีดินตะกอนหรือมีการสะสมของอินทรียวัตถุน้อย ปริมาณการกักเก็บน้ำสูง น้ำใส แสงแดดส่องลงไปได้ทั่วแหล่งน้ำ มีปริมาณออกซิเจนสูง ดังนั้นจะพบปลาชนิดที่ต้องการออกซิเจนสูง เช่น ปลาเทราต์ (Trout) คุณภาพน้ำมีสภาพเหมาะสมจะใช้เป็นแหล่งน้ำสำหรับอุปโภคบริโภค แหล่งน้ำประเภทนี้พบมากในประเทศเขตหนาวหรือพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศที่มีความอุดมสมบรูณ์ต่ำ เช่น หินอัคนี หินแกรนิต ซึ่งเกิดการกัดกร่อนได้ช้า หรือเป็นแหล่งน้ำที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากกิจกรรมของมนุษย์หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมมากนัก

แหล่งน้ำที่มีความสมบูรณ์ปานกลางเป็นแหล่งน้ำที่มีผลผลิตเบื้องต้นปานกลาง เริ่มมีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมากขึ้น น้ำยังคงใสอยู่ มีการเพิ่มขึ้นของสารอาหารในแหล่งน้ำจากพื้นที่โดยรอบและเริ่มพบพืชใต้น้ำเจริญเติบโตอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำเพราะมีการสะสมของดินตะกอนและสารอินทรีย์

แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมีผลผลิตเบื้องต้นและมีความหลากหลายของพืชและสัตว์สูง มีปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำสูง มีการสะสมของดินตะกอนและสารอินทรีย์บริเวณพื้นท้องน้ำมากขึ้น ชั้นดินตะกอนหนา ทำให้ปริมาณการเก็บกักน้ำลดลง อีกทั้งยังมีพืชน้ำเจริญเติบโตมากทั่วแหล่งน้ำ ซึ่งอาจจะมีพืชน้ำหรือแพลงก์ตอนพืชเป็นชนิดเด่น ถ้ามีพืชน้ำเป็นชนิดเด่น น้ำในแหล่งน้ำจะใส แต่ถ้าแพลงก์ตอนพืชเป็นชนิดเด่น แหล่งน้ำจะขุ่น เพราะเกิดการบลูมของแพลงก์ตอนพืช

แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมาก มีผลผลิตทางชีวภาพสูงที่สุดและเกิดการบลูมของแพลงก์ตอนพืชขึ้นบ่อยครั้ง น้ำขุ่นมาก ส่งผลให้ความโปร่งแสงน้อยกว่า 0.91 เมตร มีปริมาณฟอสฟอรัสมากกว่า 100 µg/l และมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่า 40 mg/l การบลูมของแพลงก์ตอนพืชส่งผลทำให้เกิด Dead Zone ในแหล่งน้ำได้ (โซนที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำหรือไม่มีเลย) โดยเฉพาะบริเวณระดับน้ำลึกๆการบลูมของแพลงก์ตอนพืชอาจช่วยให้เกิดการเจือจางทางชีวภาพ (Biodilution) ซึ่งเกิดขึ้นโดยแพลงก์ตอนพืชดึงสารอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้ปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำลดลง แหล่งน้ำประเภทนี้มีปริมาณการเก็บกักน้ำต่ำและแหล่งน้ำตื้นเขิน

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การแบ่งระดับสถานะความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำโดยใช้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และเกณฑ์ของ Organization for Economic Cooperation and Development หรือ O.E.C.D. (1982) มีดังนี้

เกณฑ์การแบ่งระดับสถานะความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำโดยใช้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

- Oligotrophic มีค่า TP ต่ำกว่า 15 µg/l
- Mesotrophic มีค่า TP อยู่ระหว่าง 15-25 µg/l
- Eutrophic มีค่า TP อยู่ระหว่าง 25-100 µg/l
- Hypereutrophic มีค่า TP สูงกว่า 100 µg/l

เกณฑ์การแบ่งระดับสถานะความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำโดยใช้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

- Oligotrophic มีค่า TN ต่ำกว่า 400 µg/l
- Mesotrophic มีค่า TN อยู่ระหว่าง 401-600 µg/l
- Eutrophic มีค่า TN อยู่ระหว่าง 601-1,500 µg/l
- Hypereutrophic มีค่า TN สูงกว่า 1,500 µg/l

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำยังสามารถใช้ความโปร่งแสง (transparency) เป็นตัวชี้วัดได้ ทั้งนี้เป็นเพราะแพลงก์ตอนพืชที่แขวนลอยในแหล่งน้ำส่งผลโดยตรงต่อ ค่าความโปร่ง-แสง

เกณฑ์การแบ่งระดับสถานะความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำโดยใช้ค่าความโปร่งแสง

- Oligotrophic มีค่าความโปร่งแสงมากกว่า 3.96 m
- Mesotrophic มีค่าความโปร่งแสงอยู่ระหว่าง 2.44-3.96 m
- Eutrophic มีค่าความโปร่งแสงอยู่ระหว่าง 0.91-2.44 m
- Hypereutrophic มีค่าความโปรงแสงน้อยกว่า 0.91 m

อย่างไรก็ตาม ปัจจัยอื่น ๆ นอกจากแพลงก์ตอนพืชก็สามารถทำให้ค่าความโปร่งแสงในแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน เช่น สารแทนนิน (Tannin) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ มีสีออกแดง หรือน้ำตาลตะกอนแขวนลอยในน้ำ (Suspended Solid) ซึ่งอาจเกิดจากการกวนตะกอนใต้พื้นน้ำ หรืออาจเกิดจากชะล้างของดินตะกอนลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้นการใช้ความโปร่งแสงชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำต้องเกิดจากอิทธิพลแพลงก์ตอนพืชเท่านั้น

นอกจากนี้ยังมีดัชนีชี้วัดสถานะความอุดมสมบูรณ์ของคาร์ลสัน (Carlson's Trophic State Index:TSI) ซึ่งเป็นดัชนีที่นิยมในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (US Environmental Protection Agency : USEPA) โดยใช้ปัจจัยคำนวณได้แก่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และระดับความลึกของความโปร่งแสง (Secchi disc depth) โดยสามปัจจัยนี้ ปัจจัยที่เที่ยงตรงที่สุดในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำคือปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ การใช้ปริมาณฟอสฟอรัสก็ให้ค่าที่แม่นยำเช่นกันโดยเฉพาะการประเมินในช่วงฤดูร้อน และจะแม่นยำมาก ถ้าใช้ค่าปริมาณฟอสฟอรัสแทนค่าคลอโรฟิลล์ เอ ในช่วงฤดูหนาว เพราะในฤดูหนาวปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีน้อย เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวย ดัชนีนี้ควรนำไปใช้เฉพาะแหล่งน้ำที่มีพืชน้ำขนาดใหญ่อยู่น้อยและไม่เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่ไม่มีแพลงก์ตอนพืชที่ก่อให้เกิดความขุ่น ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

ดัชนีสถานะความอุดมสมบูรณ์ของคาร์ลสัน (Carlson and Simpson, 1996)

$$TSI(SD) = 60 - 14.41 \ln(SD)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TSI(Chl-a) = 9.81 ln(Chl-a) + 30.6

TSI(TP) = 14.42 ln(TP) + 4.15

โดยที่ SD = ความลึกของความโปร่งแสง (m)

Chl-a = ปริมาณคลอโรฟิลล์ (µg/l)

TP = ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (µg/l)

ตารางที่ 2.9 การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำโดยใช้ปัจจัยต่าง ๆ

สถานะความอุดมสมบูรณ์	Trophic State Index	คลอโรฟิลล์ (µg/l)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (µg/l)	ความโปร่งแสง (m)
Oligotrophic	<30-40	0-2.6	0-12	>8-4
Mesotrophic	40-50	2.6-20	12-24	4-2
Eutrophic	50-70	20-56	24-96	2-0.5
Hypereutrophic	70-100+	56-155+	96-384+	0.5-0.25

แหล่งที่มา: Carlson and Simpson, 1996

นอกจากนี้ การเลือกใช้พารามิเตอร์ใดมาเป็นเกณฑ์ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำควรพิจารณาถึงข้อดีและข้อจำกัดของพารามิเตอร์แต่ละตัว ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของการเลือกใช้พารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ

พารามิเตอร์	ข้อดี	ข้อจำกัด
TSI โดยใช้ความโปร่งแสง	เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและให้ค่าที่ใกล้เคียงกับการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ การอ่านค่าทำได้ง่ายและแปลผลได้ง่าย	การอ่านค่ายากถ้าน้ำในแหล่งน้ำมีปริมาณสารแขวนลอยที่ไม่ใช่แพลงก์ตอนพืชหรืออ่านค่ายากถ้าแหล่งน้ำนั้นใสมาก ๆ
TSI โดยใช้คลอโรฟิลล์	เป็นค่าที่ดีสุดในการประเมินมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช ควรเลือกพารามิเตอร์นี้ในการวัดช่วงฤดูร้อนแทนพารามิเตอร์อื่น	การวิเคราะห์ยุ่งยาก
TSI โดยใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมด	ค่าค่อนข้างคงที่ตลอดปี ควรใช้การตรวจวัดในช่วงฤดูหนาว ใบไม้ผลิ และใบไม้ร่วง	จะให้ค่าสูงมากสำหรับแหล่งน้ำที่ได้รับสารอาหารจากแหล่งกำเนิดภายในและภายนอกแหล่งน้ำนิ่ง การวิเคราะห์ยุ่งยาก

แหล่งที่มา : Baban, 1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำนิ่ง ได้แก่ อัตราการเพิ่มปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำนิ่ง (nutrient loading) ถ้าอัตราการเพิ่มสารอาหารในแหล่งน้ำนิ่งสูงก็จะมีความอุดมสมบูรณ์สูง สภาพธรณีวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำของแหล่งน้ำนิ่ง ลักษณะดิน พืชพรรณรูปแบบและการใช้ประโยชน์ที่ดินก็ส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะพื้นที่ราบลุ่ม ดินร่วน และมีกิจกรรมทางการเกษตรมาก ย่อมส่งผลต่อการชะล้างของสารอาหารลงสู่แหล่งน้ำมาก ในส่วนของสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณแสงและอุณหภูมิ จะเป็นตัวเร่งการเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพในแหล่งน้ำ เมื่อเกิดการตายทับถมกันของพืชน้ำในแหล่งน้ำก็จะเกิดการย่อยสลายและปลดปล่อยสารอาหารสู่แหล่งน้ำ

สำหรับสภาพทางอุทกวิทยา เช่น ปริมาณน้ำฝน จะส่งผลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินที่จะชะล้างและนำพาสารอาหารจากพื้นดินโดยรอบให้ไหลลงสู่แหล่งน้ำ การกวนของมวลน้ำในแหล่งน้ำนิ่งหรือ Turnover Time ที่เกิดจากอิทธิพลของคลื่นและลมจะนำพาสารอาหารบริเวณพื้นล่างของแหล่งน้ำให้ขึ้นมาบริเวณผิวหน้าน้ำ ส่งผลต่อการบลูมของแพลงก์ตอนพืช สำหรับลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำนิ่ง เช่น ความลึก (ความลึกสูงสุดและความลึกเฉลี่ย) ปริมาตรน้ำ และพื้นที่ผิวน้ำ ก็ส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ ถ้าแหล่งน้ำมีขนาดใหญ่มาก (ความลึกมาก ปริมาตรน้ำมาก และพื้นที่ผิวมาก) ก็จะมีการเจือจางสารอาหารสูงหรืออาจเกิดการแบ่งชั้นของน้ำ ซึ่งทำให้ผลผลิตและความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำต่ำ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำและพื้นที่ผิวน้ำ (Aw ; Ao) ถ้ามีค่าสูง แสดงว่า แหล่งน้ำนั้นรับน้ำจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ ทำให้มีสารอาหารชะล้างลงสู่แหล่งน้ำสูง เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งน้ำที่มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำและพื้นที่ผิวของแหล่งน้ำนิ่งต่ำ แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นรับน้ำจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดเล็ก

2.4 การควบคุมปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำนิ่ง

2.4.1 ปริมาณสารอาหารที่ทำให้เกิดยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)

ยูโทรฟิเคชันหมายถึง ความสมบูรณ์ของธาตุอาหารและสารอนินทรีย์ในแหล่งน้ำที่เป็นสาเหตุให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชน้ำชั้นสูงเพิ่มมากขึ้นจนไปส่งผลกระทบต่อคุณภาพและสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Mason, 1991; OSPAR, 1999; Harper, 1992) การที่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำมีมากเกินไปจนเป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสังคมสิ่งมีชีวิตต่างๆในแหล่งน้ำเป็นระยะเวลายาวนาน เรียกว่า Hypertrophication หรือ Nutrient Pollution ส่วนในกรณีที่แหล่งน้ำเหล่านั้นมีปริมาณธาตุอาหารสูงแต่ไม่เกิดผลกระทบที่เด่นชัดเรียกสภาวะดังกล่าวนี้ว่า Hypernutrification หรือ Nutrient Contamination (Elliott and Jonge, 2002)

การบ่งชี้ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำดูได้จากปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่วัดได้ในรูปของคลอโรฟิลล์ เอ หรือปริมาณผลผลิตขั้นต้น แหล่งน้ำใดที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มากกว่า 10 µg/l (Nedwell *et al.*, 2002) หรือมีผลผลิตขั้นต้นมากกว่า 300 gC/m^2/yr (Black, 2001) ถือว่าเกิดยูโทรฟิเคชั่นในแหล่งน้ำ ในแหล่งน้ำตื้น(ลึก 1-1.5 เมตร) ที่เกิดยูโทรฟิเคชันจะพบสาหร่ายขนาดใหญ่ (Macroalgae) ส่วนน้ำลึก (ประมาณ 2 เมตรขึ้นไป) ยูโทรฟิเคชันที่เกิดขึ้นจะเป็นสาหร่ายขนาดเล็ก (Microalgae) หรือแพลงค์ตอนพืช (กลุ่มงานวิจัยระบบและการจัดการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2547) และโดยปกติธาตุอาหารที่มีผลต่อการเกิดยูโทรฟิเคชันที่สำคัญคือไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เนื่องจากธาตุสองชนิดนี้เป็นธาตุอาหารหลักสำหรับการเจริญเติบโตของผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิในแหล่งน้ำ หากมีปริมาณธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์เกินไปจะทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของสาหร่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148947

เซลล์เดียวและพืชน้ำชนิดต่างๆทำให้มีสีที่เปลี่ยนไป ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะลดลงอย่างมากจนมีผลต่อการหายใจของสัตว์น้ำในช่วงกลางคืน นอกจากนี้สาหร่ายเซลล์เดียวบางชนิดยังมีอันตรายทั้งต่อสัตว์น้ำและมนุษย์ก่อให้เกิดอาการแพ้และระคายเคืองได้ เมื่อพืชน้ำและสาหร่ายเหล่านี้ตายลงจะส่งผลทำให้น้ำเน่าเสีย (Harper, 1992) และแหล่งกำเนิดของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมาจากแหล่งใหญ่ๆ 2 แหล่งด้วยกัน คือจากธรรมชาติโดยเป็นส่วนประกอบของหินและแร่ นอกจากนี้อาจมาจากบรรยากาศตามวัฏจักรไนโตรเจน และวัฏจักรฟอสฟอรัส ส่วนที่สองมาจากกิจกรรมของมนุษย์ ทั้งจากบ้านเรือน การเกษตร และอุตสาหกรรม ซึ่งก่อให้เกิดการปนเปื้อนของธาตุอาหารทั้งสองชนิดลงสู่แหล่งน้ำ (Harper, 1992) บางครั้งซิลิกอน โปแตสเซียม แคลเซียม เหล็ก หรือแมงกานีส ก็ส่งผลต่อการเกิดยูโทรฟิเคชันได้ด้วยเช่นกัน จึงเป็นการยากที่จะชี้ชัดออกไปตรงๆ ดังนั้นการอธิบายถึงธาตุอาหารในแหล่งน้ำจึงใช้สภาวะอ้างอิงในการอธิบายถึงระดับความเข้มข้นของธาตุอาหาร เช่น เมื่อธาตุอาหารมีปริมาณน้อยจะเรียกว่า Oligotrophic หากมีความเข้มข้นของธาตุอาหารปานกลางจะเรียกว่า Mesotrophic หรือหากมีความเข้มข้นของธาตุอาหารมากจะเรียกว่า Eutrophic (Harper, 1992)

การควบคุมปริมาณสารอาหารพืชที่ส่งผลต่อการบลูมของแพลงก์ตอนพืช โดยแพลงก์ตอนพืชต้องการทั้งสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในอัตราส่วนประมาณ 16 : 1 ถ้าสารอาหารตัวใดตัวหนึ่งมีปริมาณน้อยกว่าความต้องการ ก็จะส่งผลไปจำกัดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ปริมาณฟอสฟอรัสในธรรมชาติโดยทั่วไปมีอยู่น้อยเมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจน ดังนั้นแนวทางในการควบคุมการบลูมของแพลงก์ตอนพืชคือการควบคุมปริมาณฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำซึ่งแหล่งที่มาของสารอาหารในแหล่งน้ำนิ่งได้แก่ แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสจากภายนอกแหล่งน้ำนิ่งที่ทราบจุดกำเนิดแน่นอน (External Point Source of P) แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสจากภายนอกแหล่งน้ำนิ่งที่ไม่ทราบจุดกำเนิดแน่นอน (External Non Point Source of P) และแหล่งที่มาของฟอสฟอรัสภายในแหล่งน้ำนิ่ง (Internal P Source)

2.4.2 การควบคุมปริมาณสารอาหารภายนอกแหล่งน้ำที่ทราบจุดกำเนิดที่แน่นอน

แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสที่ทราบจุดกำเนิดแน่นอน ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตอาหาร แหล่งของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายจากบ้านเรือนและน้ำทิ้งจากบ้านเรือน รวมถึงฟาร์มปศุสัตว์ต่างๆ เช่น วัว ซึ่งผลิตฟอสฟอรัสได้สูงกว่ามนุษย์หลายสิบเท่า นอกจากนั้นนกยังเป็นตัวการสำคัญที่เพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำได้อีกด้วย หรือที่เรียกว่าการเกิดยูโทรฟิเคชันโดยนกและสัตว์ปีก (Guanotrophication) น้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดประมาณ 10-30 µg/l การป้องกันและแก้ไขการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสทำได้โดยการเบี่ยงท่อระบายน้ำทิ้งไม่ให้ไหลลงสู่แหล่งน้ำอื่นที่สามารถรองรับน้ำทิ้งได้ วิธีการนี้มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่อท่อและการหาแหล่งน้ำที่มีความเหมาะสมในการรองรับน้ำทิ้ง และในระยะยาวอาจทำให้แหล่งน้ำนั้นไม่สามารถรองรับน้ำทิ้งได้อีกต่อไปเพราะเกินขีดความสามารถของแหล่งน้ำในการรองรับน้ำทิ้งแล้ว (Over Carrying Capacity) แนวทางจัดการปริมาณฟอสฟอรัส (Soluble Reactive Phosphorus; SRP) ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของออร์โธฟอสเฟต (PO_4-P) จากน้ำทิ้งก่อนที่จะระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ คือการตกตะกอนทางเคมี (Chemical Precipitation/Stripping) สารประกอบชนิดต่างๆเช่น อะลูมิเนียมซัลเฟตหรือที่เรียกว่าอะลัมหรือสารส้ม ($Al_2(SO_4)_3$) มักใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์หรือเรียกว่าปูนขาว ($Ca(OH)_2$) การใช้เฟอร์ริคซัลเฟต ($Fe_2(SO_4)_3$) หรือเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการตามมาตรฐานของต่างประเทศสำหรับฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ปล่อยออกจากโรงบำบัดน้ำเสียไม่ควรเกิน 1-2 mg/l

$$Al^{3+} + PO_4^{3-} \longrightarrow AlPO_4(s)$$

สำหรับข้อดีของการใช้อะลัม ในระบบบำบัดน้ำเสียคือ หาซื้อง่าย ใช้ง่าย นอกจากนี้อะลูมิเนียมฟอสเฟตที่ตกตะกอนจะคงอยู่ในสภาวะของแข็งในช่วงความเป็นกรดด่างที่กว้างตั้งแต่ 2-9 แต่ในสภาพเป็นกรดด่างจัดสถานะของอะลูมิเนียมฟอสเฟตก็จะเปลี่ยนแปลงไป นอกจากอะลูมิเนียมซัลเฟตแล้ว ยังสามารถใช้อะลูมินัมคลอไรด์หรือโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ได้ ในส่วนของการตกตะกอนฟอสเฟสด้วยเฟอร์ริคซัลเฟตแสดงดังสมการด้านล่างนี้ สำหรับข้อดีของการใช้สารละลายเฟอร์ริคซัลเฟตคือเฟอร์ริคไอออนจะไปควบคุมกลิ่นที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) โดยตกตะกอนเป็นเฟอร์ริคซัลไฟด์ (Fe_2S_3) นอกจากนั้นเฟอร์ริคไอออน (Fe^{3+}) มีประสิทธิภาพมากกว่าเฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) ในการตกตะกอนกับฟอสเฟตเพราะมีวาเลนซ์ (+3) ของเฟอร์ริคไอออนที่สูงกว่า (+2) เฟอร์รัสไอออน

$$Fe^{3+} + PO_4^{3-} \longrightarrow FePO_4\ (s)$$

$$2Fe^{3+} + 3HS^{-} \longleftrightarrow Fe_2S_3\ (s) + 3H$$

การกำจัดของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ทำได้โดยนำไปเป็นปุ๋ยในแปลงเกษตรและทำการไถกลบหรือนำไปใส่ในพื้นที่การเกษตรช่วงที่ฝนพรำๆเพื่อให้ปุ๋ยในดินแพร่กระจายตัวลงไปในดิน แนวทางในการป้องกันสารปนเปื้อนสารอาหารลงสู่แหล่งน้ำคือ การทำการเกษตรโดยถูกหลักหรือที่เรียกว่า A Code of Good Agricultural Practices for the Protection of Water อย่างไรก็ตามหลักการสำคัญของแนวปฏิบัติดังกล่าวมุ่งเน้นไปที่การป้องกันไม่ให้มูลสัตว์ไหลลงสู่แหล่งน้ำเพราะ จะทำให้เกิดสภาพขาดออกซิเจนในแหล่งน้ำจากสารอินทรีย์ และการมุ่งเน้นเรื่องการเก็บและการใช้สารเคมีทางการเกษตรอย่างถูกวิธี ซึ่งสามารถลดปัญหาลงได้บ้าง ผงซักฟอกเป็นอีกตัวการหนึ่งที่ก่อให้เกิดการบลูมของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำโดยเฉพาะในช่วงปี 1950-1980 ทั้งนี้เพราะฟอสฟอรัสหรือโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่เป็นส่วนผสมในผงซักฟอกถูกนำมาใช้เพื่อให้จับตัวกับแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำ มิฉะนั้นแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำจะไปจับตัวกับสาร Surfactant ซึ่งจะทำให้สารดังกล่าวไม่สามารถทำหน้าที่ในการกำจัดไขมันต่างๆที่ติดอยู่บนเสื้อผ้าได้การที่เลือกใช้ฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบในผงซักฟอกเพราะฟอสเฟตเป็นสารที่ไม่มีพิษ ไม่กัดกร่อนเป็นสารที่ไม่จับตัวกันเป็นก้อนในผงซักฟอก และไม่ก่อให้เกิดการอุดตันของท่อน้ำในเครื่องซักผ้าได้จากนั้นมีการพัฒนาสารเคมีชนิดอื่นมาใช้แทนฟอสเฟตที่เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการบลูมของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำสารที่คิดค้นขึ้นมาได้แก่ Nitrilotriacetic และ Zeolites สำหรับแนวทางในการกำจัดฟอสเฟตจากน้ำทิ้งบ้านเรือนคือ การผ่านระบบบำบัดน้ำเสียดังที่กล่าวไว้ในตอนต้น สำหรับค่าใช้จ่ายในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสด้วยกระบวนการทางเคมีแบบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 ประมาณการค่าใช้จ่ายในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสีย

วิธีการ	การกำจัดสารอาหาร	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)	ราคา (USD/100m^3)
การตกตะกอนทางเคมีด้วย $Al_2(SO_4)_3$	ฟอสฟอรัส	65-95	6-9
การตกตะกอนทางเคมีด้วย$Ca(OH)_2$	ฟอสฟอรัส	85-95	12-18
เรซินแลกเปลี่ยนไอออน	ไนโตรเจน	80-95	45-60

แหล่งที่มา: Jogensen *et al.*, 2005

การทำฟาร์มปลาหรือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น ปลาช่อน ปลาดุก ปลานิล นั้นถือเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการเพิ่มขึ้นของสารอาหารในแหล่งน้ำ สาเหตุหลักมาจากสารอาหารที่อุดมไปด้วยโปรตีนไนโตรเจนและฟอสฟอรัส รวมทั้งสิ่งขับถ่ายของปลาการควบคุมสามารถทำได้โดยใช้มาตรฐานคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดนอกจากนี้ควรมีระบบบำบัดน้ำทิ้งก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติด้วยจากข้อมูลพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเป็นระบบที่ผสมผสานระหว่างระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศร่วมกับการใช้บึงประดิษฐ์และบ่อกักเลน สำหรับหลักการในการทำงานคือ เกษตรกรระบายน้ำทิ้งเข้าสู่บ่อเติมอากาศที่ติดตั้งเครื่องเติมอากาศแบบกังหันไว้ (ขนาด 8 แรงม้าต่อบ่อขนาด 1 ไร่) ในส่วนของน้ำก้นบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำให้ระบายลงสู่บ่อดักดินตะกอนก่อนโดยรอให้น้ำก้นบ่อตกตะกอนประมาณ 4 ชั่วโมง จากนั้นจึงระบายน้ำลงสู่บ่อเติมอากาศ (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2555) ในส่วนของเลนในบ่อตะกอน สามารถกำจัดโดยการขุดลอกบ่อแล้วตากเลนให้แห้งแล้วนำไปเป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อผสมกับดินในการปลูกต้นไม้ต่อไป ในบ่อเติมอากาศควรมีการเติมจุลินทรีย์เสริมเพื่อช่วยในกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์ภายในบ่อ จากนั้นปล่อยน้ำที่ผ่านบ่อเติมอากาศไปยังบ่อบึงประดิษฐ์ซึ่งมีหน้าที่ในการกำจัดสารอนินทรีย์ เช่น สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ด้วยพืชน้ำที่ปลูกไว้ในบ่อ เช่น ธูปฤาษี กก ผักบุ้ง เป็นต้น จากนั้นจึงระบายน้ำออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือนำน้ำกลับเข้าไปใช้ในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำใหม่ ระยะเวลาเก็บกักน้ำเพื่อบำบัดในบ่อเติมอากาศและบ่อบึงประดิษฐ์อยู่ที่บ่อละ 1 วัน สำหรับประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำนั้นพบว่า สามารถลดค่าบีโอดีได้ร้อยละ 88 ลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 80 ลดแอมโมเนียไนโตรเจนได้ร้อยละ 73 ลดไนโตรเจนทั้งหมดได้ร้อยละ 62 และลดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ร้อยละ 35 อย่างไรก็ตามรูปแบบของระบบบำบัดน้ำทิ้งความเหมาะสม และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับรูปแบบการเลี้ยง ประเภทของสัตว์น้ำที่เลี้ยง ความหนาแน่นของสัตว์น้ำปริมาณอาหารที่ให้ และรูปแบบในการจัดการฟาร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การควบคุมปริมาณสารอาหารภายนอกแหล่งน้ำที่ไม่ทราบจุดกำเนิดแน่นอน

แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสภายนอกแหล่งน้ำนิ่งที่ไม่ทราบจุดกำเนิดแน่นอนเชื่อกันว่ามีอิทธิพลน้อยกว่าแหล่งที่มาของฟอสฟอรัสที่ทราบจุดกำเนิดแน่นอน ทั้งนี้เป็นเพราะฟอสเฟตสามารถถูกดูดซับกับดินตะกอนเหนียวได้แต่ในปัจจุบันพบว่าดินที่อยู่ในพื้นที่เกษตรกรรมมีการใช้ปุ๋ยกันมาก ดินเหนียวเกิดความอิ่มตัวในการดูดซับฟอสเฟตจึงทำให้ฟอสเฟตถูกชะล้างลงสู่แม่น้ำได้เพิ่มขึ้นแนวทางการป้องกันการปนเปื้อนสารอาหารลงสู่แหล่งน้ำคือการทำเกษตรโดยถูกหลักหรือที่เรียกว่า A Code of Good Agricultural Practice for the Protection of water

มูลของสัตว์เลี้ยง เช่น สุกร วัว หรือสัตว์ปีก ถือเป็นแหล่งที่มาสำคัญของสารอาหารที่ลงสู่แหล่งน้ำ เช่น มูลของสัตว์ปีกมีปริมาณไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส (N : P) 3 : 1 หรือมีปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยประมาณ 15.5 gP/kg ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า มูลไก่จากฟาร์มสัตว์ปีกมีปริมาณฟอสฟอรัสถึง 1 MT/yr หรือ 14,000 MT-P/yr มูลสัตว์ปีกที่เกิดขึ้นทั้งหมดเหล่านี้ถูกนำไปฝังกลบในพื้นดิน ซึ่งมีโอกาสที่จะถูกน้ำไหลบ่าผิวหน้าดินนำพาลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ น้ำไหลบ่าผิวหน้าดินที่ระดับความลึกในดินชั้นบน 5 เซนติเมตร ถือเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสที่สำคัญ ส่วนในชั้นดินที่มีระดับลึกลงไปซึ่งเกิดจากการไถพรวนที่ลึกจะช่วยลดปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำไหลบ่าผิวหน้าดินได้ทั้งนี้เพราะมูลสัตว์ถูกฝังลึกลงไปในชั้นดินทำให้มีโอกาสสัมผัสกับน้ำไหลบ่าผิวหน้าดินได้น้อยกว่ามูลสัตว์ที่อยู่บริเวณผิวหน้าดินชั้นบนดังนั้นการใช้ประโยชน์หรือการจัดการมูลสัตว์ที่ดี คือ การไถพรวนมูลของสัตว์เลี้ยงให้จมไปในชั้นดินลึกซึ่งจะมีผลกระทบน้อยกว่าการใส่มูลสัตว์ลงบนผิวหน้าดินเท่านั้นอีกทั้งมูลสัตว์ที่ถูกไถกลบลงไปในชั้นดินนั้นจะถูกพืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีอีกด้วย การลดปริมาณสารอาหารในน้ำไหลบ่าผิวหน้าดินจากพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้ผลดี คือ การใส่เกลืออะลูมิเนียม เกลือแคลเซียม และเกลือเหล็กผสมไปในมูลสัตว์ ทั้งนี้เพราะเกลือเหล่านี้จะไปตกตะกอนกับฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำ จากการศึกษาพบว่าการเติมอะลัมลงไปในมูลสุกรในปริมาณมาก (อัตราส่วน 1 : 1) ของอะลูมิเนียมและฟอสฟอรัสในมูลสุกร)สามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำได้ร้อยละ84 (Smith *et al.*, 2001) หรือจากการศึกษาที่เปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำระหว่างพื้นที่ใส่อะลัมในมูลสุกรกับพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้อะลัม โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลามากกว่า 3 ปี พบว่า พื้นที่ที่ใส่อะลัมในมูลสุกรสามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำจากน้ำที่ไหลบ่าผิวหน้าดินได้ร้อยละ 73 และจากข้อมูลที่ได้พบว่าถึงแม้การใช้อะลัม จะช่วยลดปริมาณฟอสฟอรัสได้มาก แต่ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสก็ยังถือว่าสูงกว่า 2 mgP/l หรือสูงกว่านั้นเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของชุมชนที่สามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสได้มากกว่านี้หลายเท่า อีกทั้งความเข้มข้นของฟอสฟอรัสจากน้ำไหลบ่าผิวหน้าดินนี้ยังมีค่าสูงถึงกว่า 100 เท่าของปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ก่อให้เกิดการบลูมของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำสำหรับความกังวลของการใช้อะลัมว่าจะไปปนเปื้อนในดินนั้นคงจะไม่เป็นปัญหาทั้งนี้เพราะอะลูมิเนียมเป็นสารที่มีปริมาณมากเป็นอันดับ 3 ของโลก ดังนั้นในธรรมชาติจะมีอะลูมิเนียมอยู่แล้ว อีกทั้งปริมาณอะลูมิเนียมที่ใช้ในมูลสุกรก็มีปริมาณต่ำมากเมื่อเทียบกับปริมาณที่อยู่ในดินและตราบใดที่ค่าความเป็นกรดด่างของดินอยู่ในช่วง 6-8 อะลูมิเนียมก็ยังคงอยู่ในรูปของแข็ง (Shreve *et al.*, 1995)

การใช้เกลืออะลูมิเนียมและเกลือเหล็กมีประโยชน์มากกว่าการใช้เกลือแคลเซียมเพราะเกลือทั้งสองชนิดจะช่วยลดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และลดการระเหยของแก๊สแอมโมเนียซึ่งจะช่วยลดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดโรคในสัตว์และทำให้อากาศสะอาดมากขึ้นนอกจากนี้อะลัมยังมีประสิทธิภาพมากกว่าแคลเซียมที่ได้มาจากเถ้าลอยของการเผาไหม้ถ่านหินด้วย

2.4.4 การควบคุมปริมาณสารอาหารภายในแหล่งน้ำนิ่ง

การฟื้นฟูแหล่งน้ำนิ่งควรลดปริมาณสารอาหารที่มาจากภายนอกแหล่งน้ำนิ่งก่อน จากนั้นจึงมาพิจารณาลดปริมาณสารอาหารจากภายในแหล่งน้ำนิ่ง แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำนิ่งมาจากสารอินทรีย์ที่ทับถมและถูกย่อยสลายรวมถึงปฏิกิริยาทางเคมีในดินตะกอนที่ปลดปล่อยฟอสฟอรัส วิธีการในการกำจัดฟอสฟอรัสจากแหล่งกำเนิดภายในแหล่งน้ำนิ่งมี

1. การเจือจางน้ำในแหล่งน้ำนิ่งและการผลักดันน้ำออกจากแหล่งน้ำนิ่ง (Dilution and Wash Out/Flushing) คือการใช้น้ำผลักดันน้ำในแหล่งน้ำนิ่งที่มีสารอาหารพืชและแพลงก์ตอนพืชอยู่สูงให้ออกไปจากแหล่งน้ำนิ่ง การดำเนินการด้วยเทคนิคนี้จะต้องใช้น้ำที่มีปริมาณสารอาหารพืชและแพลงก์ตอนพืชต่ำน้ำที่นำมาใช้ส่วนใหญ่ได้มาจากน้ำในแม่น้ำหรือน้ำดิบสำหรับชุมชนเมือง วิธีนี้มีข้อดีที่ว่าจะเห็นผลได้ชัดเจนและรวดเร็ว เพราะเมื่อน้ำเก่าจากแหล่งน้ำนิ่งถูกผลักออกไปหรือถูกเจือจางก็จะทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ข้อจำกัดของวิธีนี้ คือ การหาน้ำปริมาณมากมาเจือจางหรือมาผลักดันน้ำในแหล่งน้ำนิ่งนั้นมีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด อีกทั้งจะต้องมีระบบคลองหรือท่อในการขนส่งน้ำ ถ้าแหล่งน้ำที่ไม่มีระบบนำน้ำเข้ามาก็จะต้องลงทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

2. การกำจัดมวลชีวภาพ (Macrophyte Biomass Removal) เป็นวิธีที่นำพืชน้ำโดยเฉพาะกลุ่มที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานเช่น ผักตบชวา (Eichhomiacrassipes) สาหร่ายคาบอมบา (Cabombacaloriliana) ไมยราบยักษ์ (Mimosa Pigra) ที่เจริญเติบโตมากเกินไป (Over Grown) ในแหล่งน้ำออกข้อดีของการนำพืชน้ำออกนอกจากจะช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์สะสมซึ่งเป็นแหล่งที่มาของสารอาหารในแหล่งน้ำแล้วการนำพืชน้ำออกจากแหล่งน้ำยังช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำได้มากขึ้น เพราะเป็นการเพิ่มพื้นที่สำหรับทำกิจกรรมทางน้ำและการพักผ่อนหย่อนใจ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพของพืชน้ำโดยเฉพาะกลุ่มที่เป็นชนิดพันธุ์ท้องถิ่นด้วย วิธีในการกำจัดพืชน้ำออกจากแหล่งน้ำนิ่งทำได้หลายวิธีด้วยกันทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ (Smith *et al.*, 1975; Zappi and Hayes, 1991; Moss *et al.*, 1996; Burris, 1998; Kumar, 2008)

2.5 วิธีการประเมินคุณภาพน้ำตามคุณสมบัติของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นตาม AARL-PP Score (AARL-PP Score, ยุวดี และคณะ 2550)

ซึ่งวิธีการประเมินประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 เป็นคะแนนคุณภาพน้ำตามสถานะสารอาหาร (Trophic status) และคุณภาพน้ำทั่วไปซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ระดับ คือ คุณภาพดี (Oligotrophic status) ดีถึงปานกลาง (Oligo-mesotrophic status) ปานกลาง (Mesotrophic status) ปานกลางถึงไม่ดี (Meso-eutrophic status) ไม่ดี(Eutrophic status) และไม่ดีมาก (Hyper eutrophic status) โดยใช้คะแนน 1-10 แบ่งออกเป็นระดับย่อยๆ 6 ระดับ แสดงในตารางที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 คะแนนคุณภาพน้ำตามสถานะสารอาหาร (Trophic status) และคุณภาพน้ำทั่วไป

คะแนน	คุณภาพน้ำตามสถานะสารอาหาร	คุณภาพน้ำทั่วไป
1.0-2.0	สารอาหารต่ำ (Oligotrophic status)	ดี(Clean)
2.1-3.5	สารอาหารต่ำถึงปานกลาง(Oligo-mesotrophic status)	ดีถึงปานกลาง(Clean-Moderate)
3.6-5.5	สารอาหารปานกลาง(Mesotrophic status)	ปานกลาง(Moderate)
5.6-7.5	สารอาหารปานกลางถึงสูง(Meso-eutrophic status)	ปานกลางถึงไม่ดี (Moderate-Polluted)
7.6-9.0	สารอาหารสูง(Eutrophic status)	ไม่ดี(Polluted)
9.1-10.0	สารอาหารสูงมาก(Hype reutrophic status)	ไม่ดีมาก(Very Polluted)

ส่วนที่ 2 คือคะแนนของแพลงก์ตอนพืชที่จะนำมาใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพบ่งชี้คุณภาพน้ำซึ่งจะเป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่เจริญอย่างมากในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพต่างๆกัน กำหนดคะแนนในช่วง 1-10 โดยคะแนนน้อยแสดงถึงสกุลที่บ่งชี้คุณภาพน้ำดี คะแนนปานกลางบ่งชี้คุณภาพน้ำปานกลาง และคะแนนมากบ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดีซึ่งสามารถเปรียบเทียบคะแนนของแพลงก์ตอนพืชได้จากการแสดงข้อมูลในภาคผนวก ข (ตารางที่ข-3) และวิธีการศึกษารายละเอียดทำได้ดังนี้

1) เก็บรวบรวมแพลงก์ตอนพืชจากแหล่งน้ำที่ศึกษาโดยใช้ตาข่ายแพลงก์ตอนที่มีขนาดของช่องแต่ละช่องเท่ากับ 10 ไมโครเมตร กรองน้ำจากแหล่งน้ำนั้น 10-20 ลิตร (ขึ้นอยู่กับความมากน้อยของแพลงก์ตอนพืช)
2) วินิจฉัยถึงแพลงก์ตอนพืชที่ศึกษาถึงระดับจีนัสและนับจำนวนแพลงก์ตอนพืชแต่ละจีสที่เด่นที่สุดและรองลงมา 3-5 จีนัส
3) ดูคะแนนของแต่ละจีนัสที่บ่งบอกคุณภาพน้ำ
4) นำคะแนนของแต่ละจีนัสมารวมกัน และหาค่าเฉลี่ยออกมา
5) นำค่าเฉลี่ยไปเปรียบเทียบคะแนนในตารางที่ข-4 จะทราบถึงคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหารและคุณภาพน้ำ

2.6 การประเมินคุณภาพน้ำด้วยระบบคะแนนจากคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ AARL-PC score (Leelahakriengkrai and Peerapornpisal, 2011)

วิธีการประเมินคุณภาพน้ำตาม AARL-PC score (Applied Algal Research Laboratory Physical and Chemical Score) เป็นการใช้พารามิเตอร์หรือคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของน้ำมาให้คะแนน คุณสมบัติที่ใช้ประกอบด้วย ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) การนำไฟฟ้า ไนเตรท-ไนโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และปริมาณคลอโรฟิลล์เอในน้ำโดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1) แบ่งการให้คะแนนมาตรฐานของคุณสมบัติน้ำที่ใช้ศึกษา ตั้งแต่ 0.1-1 ตามตารางในภาคผนวก ข(ตารางที่ ข-4) คุณสมบัติของน้ำที่ใช้ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) การนำไฟฟ้า ไนเตรท-ไนโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอในน้ำ ซึ่งจำนวนคุณสมบัติที่ใช้ไม่จำเป็นต้องใช้ทุกคุณสมบัติตามที่กล่าวมาข้างต้นเสมอไปสามารถเพิ่มหรือลดลงได้ตามการศึกษา แต่ไม่ควรน้อยกว่า 6 คุณสมบัติ

2) เมื่อเปรียบเทียบค่าของแต่ละคุณสมบัติของน้ำที่ใช้จริงกับคะแนนมาตรฐานแล้วให้นำมารวมกันเพื่อจัดคุณภาพของน้ำ โดยการเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.13 คะแนนมาตรฐานคุณภาพน้ำของ AARL-PC score ตามสถานะของอาหาร (Trophic Status) และคุณภาพน้ำทั่วไป

คะแนน	คุณภาพน้ำตามสถานะสารอาหาร	คุณภาพน้ำทั่วไป
0-0.8	สารอาหารต่ำกว่า (Ultraoligotrophic Status	ดีมาก (Very Clean)
0.9-1.6	สารอาหารต่ำ (Oilgotrophic Status)	ดี (Clean)
1.7-2.4	สารอาหารต่ำถึงปานกลาง (Oilgo-Mesotrophic Status)	ดีถึงปานกลาง (Clean-Moderate)
2.5-3.2	สารอาหารปานกลาง (Mesotrophic Status)	ปานกลาง (Moderate)
3.3-4.0	สารอาหารปานกลางถึงสูง (Meso-Eutrotrophic Status)	ปานกลางถึงไม่ดี (Moderate-Polluted)
4.1-4.8	สารอาหารสูง (Eutrotrophic Status)	ไม่ดี (Polluted)
>4.8	สารอาหารสูงมาก (Hypereutrophic Status)	ไม่ดีมาก (Very Polluted)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Liping Wang, Lusan Liu, BinghuiZheng (2013) ศึกษาแนวโน้มการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันในอ่างเก็บน้ำยางเหอ เมืองฉิงหวงเต่า ตอนเหนือของประเทศจีน ในปี ค.ศ.1990-2011 โดยทำการตรวจวิเคราะห์ ระดับความลึกของความโปร่งแสง (SD) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN) และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chl-a) นำปัจจัยดังกล่าว มาประเมินความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำโดยใช้ดัชนีชี้วัดของ Carlson (1977),KratzerและBrezonik (1981) มาใช้ในการคำนวณระดับชั้นของสารอาหาร (trophic state indice ; TSIs) พบว่า ค่าTSI_{chl-a} และ TSI_{SD}มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ จึงนำมาใช้ในการจัดระดับชั้นของสารอาหารได้ดังนี้ คือ ในปี ค.ศ.1990, 2010 และ 2011 จัดอยู่ในระดับ Mesotrophic, Eutrophic และ Hypereutrophic ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูร้อนของทุกปีแหล่งน้ำไม่มีการหมุนเวียน หรือเรียกว่าการเกิดสภาพคงตัว จะเกิดปรากฏการณ์น้ำมีสีเขียวที่เกิดจากการบลูมของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (*Cyanobacteria*) จึงได้เก็บตัวอย่างสาหร่ายมาหาปริมาณสารท็อกซิน (Microcystin; MC) พบว่าในปีค.ศ. 2010 และ 2011 มีค่าอยู่ในช่วง 0.35-2.12 ไมโครกรัม/ลิตรและ 0.11-1.86 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณที่พบเกินเกณฑ์ที่ยอมให้มีในน้ำดื่มถึง 2 เท่า

อ่อนจันทร์ และคณะ (2553) การศึกษาพลวัตของธาตุอาหารพืชยูโทรฟิเคชันและอัตราเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อยในปีพ.ศ. 2550 ในการศึกษาพลวัตของธาตุอาหารพืชและการเปลี่ยนแปลงของอัตราเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อยที่ส่งผลทำให้เกิดสภาวะยูโทรฟิเคชันโดยดำเนินการศึกษา 2 ช่วงคือในฤดูแล้ง (มีนาคม–กรกฎาคมพ.ศ. 2550) ในฤดูฝน (สิงหาคม-ธันวาคมพ.ศ. 2550) พบว่าทะเลน้อยกำลังประสบปัญหาหลักๆอยู่สองประการคือความเสื่อมโทรมของคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสภาวะยูโทรฟิเคชันมีสาเหตุหลักเกิดจากมลพิษจากแหล่งต่างๆที่ระบายลงสู่ทะเลน้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งแน่นอนและจากแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบตำแหน่งที่แน่นอนในบริเวณพื้นที่รับน้ำโดยรอบผล การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชและอัตราเมตาบอลิซึมยังพบว่าธาตุฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อ พลวัตของกระบวนการยูโทรฟิเคชันโดยร้อยละ60 ความแปรปรวนของคลอโรฟิลล์เอสามารถอธิบาย ได้ด้วย ความแปรปรวนของธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมด ความสัมพันธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับสัดส่วนของ ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรูปอนินทรีย์ (DIN : DIP Ratio) ที่แสดงว่าธาตุฟอสฟอรัสเป็นปัจจัย จำกัดต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช

พงศ์เทพ และกลิ่นสุคนธ์ (2554) การศึกษาแนวโน้มการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันใน พื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ประกอบด้วยการเก็บตัวอย่างน้ำจาก 20 สถานี ในลำน้ำหลักและลำน้ำสาขา จำนวน 6 ครั้ง (ตุลาคมและธันวาคม พ.ศ. 2551 กุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน และสิงหาคม พ.ศ. 2552) การเก็บตัวอย่างน้ำ 9 สถานี ในอ่างเก็บน้ำลำตะคอง จำนวน 2 ครั้ง (เมษายนและกันยายน พ.ศ. 2552) และวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำ 13 ปี (พ.ศ. 2539-2551) จากจุดเก็บน้ำ 7 สถานี ใน แม่น้ำลำตะคอง โดยกรมควบคุมมลพิษ ผลการศึกษาพบว่า ในลำน้ำหลักและลำน้ำสาขา ในปีพ.ศ. 2551-2552 พารามิเตอร์ต่าง ๆ อยู่เกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ยกเว้นค่าแอมโมเนีย ไนโตรเจน ฟอสเฟต และบีโอดี พบว่าค่าแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าสูงสุด 12.6 mg/l ณ จุดเก็บน้ำ สะพานกรมพลาธิการ ฟอสฟอรัสมีค่าสูงสุด 2.7 mg/l ณ จุดสูบน้ำประปาเทศบาลนครนครราชสีมา บริเวณอ่างเก็บน้ำลำตะคอง และค่าบีโอดีมีค่าสูงสุด 8.7 mg/l ณ จุดเก็บน้ำท่ากระสังข์ คุณภาพน้ำ ของลำตะคองส่วนใหญ่ จัดเป็นแหล่งน้ำที่มีสารอาหารปานกลาง ยกเว้นช่วงที่ไหลผ่านตัวเทศบาลนคร นครราชสีมา ที่คุณภาพน้ำมีสารอาหารปานกลางค่อนข้างสูงสำหรับจุดเก็บตัวอย่างที่มีแนวโน้มการ เกิดยูโทรฟิเคชันสูง ได้แก่ คลองยาง จุดสูบน้ำประปาเทศบาลนครนครราชสีมา บริเวณอ่างเก็บน้ำลำ ตะคองเขื่อนทดน้ำกุดหิน บ้านท่ากระสังข์ และเขื่อนทดน้ำกัน ซึ่งเป็นจุดที่ลำตะคองบรรจบกัน บริบูรณ์ ก่อนไหลลงสู่แม่น้ำมูล ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารอาหารที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละจุดเก็บที่ กล่าวมาข้างต้นสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในอ่างเก็บน้ำลำตะคองพบว่า ปริมาณสารอาหารไน ไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัสทั้งหมด มีค่าสูงบริเวณจุดที่ ลำน้ำหลักและลำน้ำสาขาไหลลงสู่อ่างเก็บ น้ำ โดยมีค่าสูงในช่วงเดือนกันยายน มีค่าไนไตรท์ อยู่ในช่วง 0.03-0.05 mg/l ค่าไนเตรท อยู่ในช่วง 1-1.5 mg/l และฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.5-0.6 mg/l ซึ่งเป็นช่วงที่มีน้ำไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ ในปริมาณมาก ทำให้น้ำในอ่างมีระดับสารอาหารปานกลาง เนื่องจากช่วงที่ทำการศึกษาไม่พบการบลู มของสาหร่ายจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงนำผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำย้อนหลัง13ปี มาทำการศึกษาและ พบว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 1.7 mg/l แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 2.51 mg/l ที่ จุดเก็บชุมชนวัดสามัคคี ในขณะที่ค่าบีโอดีและไนเตรทมีค่าเฉลี่ย 13 ปีสูงสุด 5.5 mg/l และ 0.6 mg/l ตามลำดับที่จุดเก็บบ้านยองแยง และฟอสฟอรัสทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3.5 mg/l ที่จุดเก็บ บ้านบุกระเฉด จากค่าที่ได้แสดงถึงคุณภาพน้ำบริเวณชุมชนวัดสามัคคีและบ้านยองแยงมีปัญหา มาก คุณภาพน้ำในรอบ 13 ปี โดยรวมจึงถูกจัดเป็นแหล่งน้ำที่มีสารอาหารในช่วงดีปานกลาง ถึงปาน กลาง ยกเว้นช่วงที่ไหลผ่านตัวเทศบาลนครราชสีมา ที่มีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วงปานกลางถึงเสีย ซึ่ง สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างในปัจจุบัน เพื่อให้งานวิจัยครอบคลุมคุณภาพน้ำทั้งลุ่มน้ำควร ศึกษาคุณภาพน้ำในลำน้ำสาขาให้เพิ่มขึ้นและมีการประเมินแหล่งกำเนิดมลพิษแบบกระจายในพื้นที่ลุ่ม น้ำลำตะคอง ในอนาคต

พงษ์วัฒน์ (2552) ศึกษาคุณภาพน้ำและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในสระน้ำ พระรามเก้าจังหวัดปทุมธานีโดยทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2000 – มกราคม 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำใน 2 ส่วนพบว่าคุณภาพน้ำในสระแรกเป็นแบบmesotrophic ถึง eutrophic พบแพลงก์ตอนทั้งหมด 86 สปีชีส์ แบ่งเป็น 9 จีนัส ได้แก่ Chlorophyceae, Euglenophyceae, Cyanophyceae, Diatomophyceae, Dinophyceae, Crytophyceae, Zygnemaphyceae, Chrysophyceae และ Xanthophyceae ส่วนที่สองคุณภาพน้ำเป็นแบบ oilgothophic ถึง mesothophic พบ 59สปีชีส์ แบ่งเป็น 8 กลุ่ม ได้แก่Chlorophyceae, Cyanophyceae, Euglenophyceae, Diatomophyceae, Crytophyceae, Dinophyceae, Zygnemaphyceae และ Chrysophyceae ซึ่งมีCylindrospermopsis raciborskii เป็นสปีชีส์เด่น และมีปริมาตรชีวภาพแพลงก์ตอนพืชสูงทั้ง 2 สระตลอดการวิจัย

เบญจมาภรณ์ และคณะ (2555) การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช และความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในบ่อน้ำพื้นที่พิพิธภัณฑ์บัว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ระยะเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2555 (เดือนตุลาคม พ.ศ.2554 เกิดเหตุการณ์มหาอุทกภัย) ทั้งหมด 2 จุดเก็บตัวอย่าง พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น คือ Oscillatoria limosa C. Agardh ex Gomont, Closterium sp., Cyclotella meneghiniana Kützing, Nitzschia sp., Euglena acus (O.F. Müller) Ehrenberg, Phacus pleuronectes (O.F. Müller) Nitzsch ex Dujardin, Gymnodinium sp. และ Peridinium sp. ส่วนการศึกษาค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพกับแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วยวิธีการทางสถิติ พบว่า Euglena acus (O.F. Müller) Ehrenberg มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนเตรต - ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต สำหรับCyclotella meneghiniana Kützing มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำไฟฟ้า และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์กับค่าการนำไฟฟ้าทั้งนี้พบว่า Nitzschia sp.มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความเป็นด่างในขณะที่ Gymnodinium sp. มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์และค่าความเป็นด่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพน้ำในบ่อบัวเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของบัวชนิดต่างๆ ยกเว้นในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ.2555 หลังเหตุการณ์มหาอุกภัย ที่พบปริมาณออร์โธฟอสเฟต และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนค่อนข้างสูง จึงไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของบัว

สันติ สาระพล (2555) ความหลากหลายและการแพร่กระจายพันธุ์ของสาหร่ายในคลองกำพวน ตำบลกำพวน อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศึกษาคุณสมบัติของน้ำบางประการ ปริมาณชีวมวล ความหลากหลาย ความชุกชุม การกระจายพันธุ์ของสาหร่าย ความสัมพันธ์ของสาหร่ายกับคุณสมบัติของน้ำบางประการ และการประเมินคุณภาพน้ำในคลองกำพวน ตำบลกำพวน อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 โดยเก็บตัวอย่างทุก 2 เดือน รวม 6 ครั้ง และกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 10 จุด ทำการตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำบางประการในจุดเก็บน้ำตัวอย่างทุกครั้ง และเก็บตัวอย่างสาหร่าย 2 รูปแบบ คือ สาหร่ายรูปแบบแพลงก์ตอนพืชโดยการกรองน้ำปริมาตร 3 ลิตร ผ่านถุงแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 21 ไมโครเมตร กรองให้ได้ปริมาตร 300 มิลลิลิตร และเก็บตัวอย่างสาหร่ายรูปแบบยึดเกาะจากก้อนหินและพื้นล่างของท้องน้ำและจากการศึกษาพบว่าน้ำในคลองกำพวนมีค่าความโปร่งใสของน้ำเท่ากับค่าความลึกของน้ำเฉลี่ย 29.47±15.32 เซนติเมตร ค่าอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ย 29.61±3.01 องศาเซลเซียส ค่าพีเอชของน้ำเฉลี่ย 6.36±0.52 ค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ย 8.08±0.78 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลี่ย 0.322±1.968 พีพีที ค่าความเค็มของน้ำเฉลี่ย 0.270±1.6000 พีพีที ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเฉลี่ย 0.443±2.583 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำเฉลี่ย 0.175±0.071 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำเฉลี่ย 0.057±0.088 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำเฉลี่ย 1.010±0.765 ไมโครกรัมต่อลิตร และค่าปริมารคลอโรฟิลล์เอในน้ำเฉลี่ย 0.075±0.045 ไมโครกรัมต่อลิตร พบสาหร่ายอยู่ใน 5 หมวด รวม 41 สกุล คือ หมวด Chlorophyta 21 สกุล หมวด Bacillariophyta 15 สกุล หมวด Cyanophyta 3 สกุล หมวด Charophyta และ หมวด Euglenophyta หมวดละ 1 สกุล ความชุกชุมของปริมารสาหร่ายรอบปีมีค่าเฉลี่ย 9,917 หน่วยต่อลิตร ซึ่งเดือนเมษายนมีจำนวนมากที่สุดเฉลี่ย 17,319 หน่วยต่อลิตร และเดือนตุลาคมมีจำนวนน้อยที่สุดเฉลี่ย 1,363 หน่วยต่อลิตร โดยสาหร่ายหมวด Bacillariophyta มีจำนวนมากที่สุดเฉลี่ย 7,092 หน่วยต่อลิตร Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta มีจำนวนเฉลี่ย 2,689 105 และ 31 หน่วยต่อลิตรตามลำดับ โดยสกุล *Cymbella* มีความชุกชุมสูงสุด ตามด้วย *Navicula* และ *Staurastrum* สาหร่ายในคลองกำพวนมีค่าดัชนีความหลากหลาย 2.48 ค่าดัชนีความชุกชุม 4.35 ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ 0.68 และค่าดัชนีความคล้ายคลึงร้อยละ 35.41 จากวิธี cluster analysis และ MDS แบ่งกลุ่มความคล้ายคลึงของสาหร่ายตามเดือนออกเป็น 3 กลุ่ม เมื่อวิเคราะห์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและการวิเคราะห์ PCA พบว่าคุณสมบัติของน้ำบางประการมีความสัมพันธ์กับความชุกชุมของสาหร่าย การประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำด้วยวิธี AARL-PC และ AARL-PP Score สามารถจัดคุณภาพน้ำในคลองกำพวนอยู่ในระดับดีถึงปานกลางซึ่งมีสถานะอยู่ในระดับสารอาหารต่ำถึงปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 เครื่องมืออุปกรณ์

1. กระดาษกรองใยแก้ว ขนาด 7 เซนติเมตร
2. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง รุ่น CH20 ยี่ห้อ Olympus
3. ขวดโพลีเอทธิลีน
4. เครื่องกรองลดความดัน
5. เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ภาคสนาม รุ่น sension6 ยี่ห้อ HACH
6. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น Newclassic MF ยี่ห้อ Metltertoledo
7. เครื่องปั่นผลไม้ Tefal
8. เครื่องปั่นเหวี่ยง รุ่น HeraeusMegafuge 8R ยี่ห้อ Thermo-Scientific
9. เครื่องวัดภาคสนาม รุ่น HQ40d ยี่ห้อ HACH
10. เครื่องวัดความขุ่น รุ่น HQ40d ยี่ห้อ HACH
11. เครื่องวัดความเข้มแสง รุ่น LX-1330B
12. เครื่องสเปกโทรโฟโตรมิเตอร์ รุ่น Genesys 10s ยี่ห้อ Thermo Scientific
13. ชามระเหย
14. ชุดเครื่องกลั่นหาแอมโมเนีย รุ่น KI ยี่ห้อ Gerhardt
15. ชุดเครื่องย่อยสลาย รุ่น KI ยี่ห้อ Gerhardt
16. ชุดอุปกรณ์ไทเทรต
17. ตู้อบสาร ยี่ห้อ Fisher scientific
18. เตาให้ความร้อน ยี่ห้อ Fisher Hot Plate
19. ถุงเก็บแพลงก์ตอน (Plankton net) ขนาด 10 ไมโครกรัม
20. แผ่นวัดความโปร่งใส
21. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ
22. อุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ

3.2 สารเคมี

1. กรดกลูตามิก (Glutamic acid) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
2. กรดซัลฟานิลิก (Sulfanilic acid) เกรด AR ผู้ผลิต Fisher
3. กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid ; H_2SO_4) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
4. กรดไนตริก (Nitric acid ; HNO_3) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
5. กรดบอริก (Boric acid ; H_3BO_3) เกรด AR ผู้ผลิต Fisher Apex chemicals
6. กรดแอสคอบิก (Ascorbic acid) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
7. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid ; HCl) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
8. กรดอะซิติก (Acetic Acid) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
9. คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulfate ; $CuSO_4$) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
10. โซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride ; NaCl) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. โซเดียมเทตระบอเรต (Sodium Tetraborate ; $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) เกรด Lab ผู้ผลิต Carlo Erba
12. โซเดียมไทโอซัลเฟต (Sodium Thiosulfate ; $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
13. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide ; NaOH) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
14. น้ำกลั่นที่ปราศจาก แอมโมเนีย (Ammonia)
15. บลูซีนซัลเฟต (Brucine Sulfate) เกรด AR ผู้ผลิต Acros
16. โปแทสเซียมไอโอไดด์ เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
17. โพแทสเซียมซัลเฟต (Potassium Sulfate ; K_2SO_4) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
18. ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein ; $C_{20}H_{14}O_4$) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
19. สารละลายเมธิลีบลู (Methylene blue) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
20. สารละลายเมธิลเรด (Methyl red) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
21. สารละลายอะซีโตน เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
22. เอธิลแอลกอฮอล์ 95 % (Ethyl alcohol ; C_2H_5OH) เกรด Commercial ผู้ผลิต Erba
23. แอนติโมนีโพแทสเซียมทาเทรต (Antimony potassium tartrate ; $KSbO \cdot C_4H_4O_6 \cdot 5H_2O$) เกรด AR ผู้ผลิต Ajax
24. แอมโมเนียมโมลิบเดท (*Ammonium molybdate*; $(NH_4)_6MO_7O_{24} \cdot 4H_2O$) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
25. แอนไฮดรัสโพแทสเซียมไนเทรต (Anhydrous *Potassium nitrate* ; KNO_3) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba
26. ไอโอดีน (Crystal) เกรด AR ผู้ผลิต Carlo Erba

3.3 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

สำรวจสภาพโดยทั่วไปของบ่อกักเก็บน้ำ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่าง 2 บริเวณ จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 เป็นบริเวณที่ร่มมีต้นไม้ใหญ่บังแสงแดดตลอดทั้งวัน จุดเก็บน้ำที่ 2 เป็นบริเวณริมบ่อฝั่งที่มีแสงแดดตลอดทั้งวัน โดยพื้นที่รอบๆ ตำแหน่งที่เก็บน้ำตัวอย่างไม่มีท่อน้ำทิ้งจากอาคารไหลลงมาผสมกับน้ำในบ่อกักเก็บ แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่3.1จุดเก็บน้ำตัวอย่างในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จุดเก็บที่	สถานที่	พิกัดทางภูมิศาสตร์
1	บริเวณทางน้ำเข้าบ่อกักเก็บน้ำ (น้ำจากระบบบ่อซึม ซึ่งบริเวณนี้ไม่มีแสงแดดส่องถึงพื้นน้ำ (Septic Tank) อาคารมีต้นไม้ขนาดใหญ่ทำให้บริเวณนี้ร่ม)	13°43'50.4"N 100°46'34.7"E
2	บริเวณริมบ่อกักเก็บน้ำ บริเวณนี้มีแสงแดดส่องตั้งแต่เวลา 7.00- 16.00น	13°43'52.0"N 100°46'33.3"E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3.1จุดเก็บน้ำจุดที่ 1

รูปที่ 3.2 จุดเก็บน้ำจุดที่ 2

3.4 การเก็บตัวอย่างน้ำและการเก็บแพลงก์ตอนพืช

ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูร้อน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน โดยเก็บจำนวน 5 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกันประมาณ 2 สัปดาห์ โดยจะเลือกเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง ในช่วงเวลา 8.00 น.

3.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ในการเก็บตัวอย่างน้ำจะใช้วิธีแบบจ้วง (Grab sampling) ที่ระดับผิวน้ำลึกลงไป 10 เซนติเมตร ใส่ขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร เก็บรักษาตัวอย่างน้ำโดยควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 4°ซ และนำมาวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการทันที

3.4.2 การเก็บตัวอย่างน้ำวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

ในการเก็บตัวอย่างน้ำจะใช้วิธีแบบจ้วง (Grab sampling) ที่ระดับผิวน้ำลึกลงไป 10 เซนติเมตร ใส่ขวดโพลิเอทิลีนขนาด 1 ลิตร โดยใช้ฟรอยด์ห่อเพื่อป้องกันแสงแดด เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การเก็บแพลงก์ตอนพืช

ในการเก็บตัวอย่างน้ำจะใช้วิธีแบบจ้วง (Grab sampling) โดยใช้ถังตักน้ำที่ระดับผิวน้ำลึกลงไป 10 เซนติเมตร ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 20 ลิตร นำน้ำที่ตักมากรองผ่านถุงเก็บแพลงก์ตอน หลังจากกรองเสร็จนำน้ำที่กรองได้ใส่ขวดพลาสติก ขนาด 100 มิลลิลิตร หยดน้ำยาลูกอล 2 หยด เพื่อตรึงและรักษาแพลงก์ตอนพืช

3.5 การดำเนินการวิจัย

3.5.1 การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

จากการเก็บตัวอย่างน้ำ พารามิเตอร์ภาคสนามที่ตรวจวัด ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง (pH) อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) อุณหภูมิน้ำ (Water Temperature) ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) การนำไฟฟ้า (EC) ความเค็ม (Salinity) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณความเข้มแสง (Light Intensity) ความขุ่น (Turbidity) การส่องผ่านของแสง (Transparency)

พารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) บีโอดี (BOD) ไนเทรตไนโตรเจน (NO_3-N) แอมโมเนียมไนโตรเจน (NH_3-N) ปริมาณเจลดาห์ลไนโตรเจน (TKN) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ออร์โธฟอสเฟส (PO_4-P) ดังตารางที่ 3.2 และวิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่3.2 วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ	วิธีที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์
1.ความเป็นกรดด่าง (pH)	เครื่องวัดภาคสนาม
2.อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)	เทอร์โมมิเตอร์
3.อุณหภูมิน้ำ (Water Temperature)	เทอร์โมมิเตอร์
4.ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)	เครื่องวัดภาคสนาม
5.การนำไฟฟ้า (EC)	เครื่องวัดภาคสนาม
6.ความเค็ม (Salinity)	เครื่องวัดภาคสนาม
7.ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)	เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ
8.ปริมาณความเข้มแสง (Light Intensity)	เครื่องวัดปริมาณความเข้มแสง
9.ความขุ่น (Turbidity)	เครื่องวัดความขุ่น
10.การส่องผ่านของแสง (Transparency)	วิธีวัดความโปร่งใส (Secchi Disk)
11.แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)*	โดยการเลี้ยงเชื้อและนำไปเพาะเชื้อในตู้บ่ม หาปริมาณโดยการเทียบค่าจากตาราง MPN
12.แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)*	โดยการเลี้ยงเชื้อและนำไปเพาะเชื้อในตู้บ่ม หาปริมาณโดยการเทียบค่าจากตาราง MPN
13.บีโอดี (BOD)	ใช้วิธีโดยตรง วัดปริมาณด้วยเครื่องดีโอมิเตอร์
14. ไนเทรตไนโตรเจน (NO_3-N)	ทำให้เกิดสีกับบลูชีน วัดปริมาณด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
15.แอมโมเนียมไนโตรเจน (NH_3-N)	ใช้การกลั่นและนำมาไทเทรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16.ปริมาณเจลดาห์ลไนโตรเจน (TKN)	ย่อยสลายและหาปริมาณด้วยการกลั่นและไทเทรต
17.ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด (TP)	ย่อยด้วยกรดซัลฟูริก-กรดไนตริกใช้แอสคอบิกทำให้เกิดสี วัดปริมาณด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
18.ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (PO4-P)	ใช้แอสคอบิกทำให้เกิดสี วัดปริมาณด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

* ให้บริษัทที่ปรึกษามาเก็บน้ำและวิเคราะห์ผลให้

3.5.2 การศึกษาความหลากหลายของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช

การศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชจะทำการศึกษาโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างจากขวดเก็บน้ำตัวอย่าง เพื่อหาชนิดแพลงก์ตอนพืช แล้วทำการนับจำนวนเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และจดบันทึกลักษณะเด่นของแพลก์ตอนพืชที่พบเห็น เช่น องค์ประกอบภายในเซลล์ รูปร่าง ขนาด เป็นต้น

การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืช พารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Chlorophyll-a) ปริมาณแพลงก์ตอนพืช และการจำแนกดิวิชันของแพลงก์ตอนพืชจะอ้างอิงจาก ลัดดา (2546) และยุวดี (2549) ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 วิธีวิเคราะห์ความหลากหลายและปริมาณแพลงก์ตอนพืช

ดัชนีคุณภาพน้ำ	วิธีที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์
1.ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Chlorophyll a)	สกัดด้วย Acetone 90% วัดปริมาณสีด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
2.ปริมาณแพลงก์ตอนพืช	กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง โดยใช้ตาราง Haemacytometer นับจำนวนเซลล์
3.จำแนกดิวิชันแพลงก์ตอน	กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง กำลังขยาย 10X,40X,100X

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 การประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของบ่อกักเก็บน้ำสถาบันฯ โดยอ้างอิงจากเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และ ดัชนีคุณภาพน้ำผิวดินทั่วไป (General Water Quality Index : WQI)

3.6.2 การประเมินระดับชั้นสารอาหารโดยใช้ดัชนีชี้วัดระดับชั้นสารอาหารของคาร์ลสัน (Carlson Trophic State Index : TSI)

3.6.3 ประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืชด้วยวิธี AARL-PP Score (Applied Algae Research Laboratory Phytoplankton Score) ตามยุวดีและคณะ (2550)

3.6.4 ประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำตาม AARL-PC Score (Applied Algae Research Laboratory Physical and Chemical Score) ตาม Leelahakriengkrai and Peerapornpisal (2011)

3.6.5 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของจุดเก็บน้ำทั้ง 2 จุดจะใช้โปรแกรมทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐาน คือ One – way ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ลักษณะน้ำทางกายภาพและเคมี

ผลการศึกษาลักษณะน้ำในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2559 ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (ค่าเฉลี่ย + ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

พารามิเตอร์	หน่วย	ตำแหน่งการเก็บน้ำ	
		จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1	จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2
ทางกายภาพ			
อุณหภูมิน้ำ	°C	30.18±1.55a	31.38±1.12a
อุณหภูมิอากาศ	°C	31.38±1.85a	32.82±1.01a
ความลึก	m	0.40±0.01a	0.31±0.04a
การนำไฟฟ้า (EC)	µs/cm	539.80±18.05a	541.60±18.27a
ความเค็ม	ppt	0.26±0.01a	0.26±0.02a
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)	mg/l	261.80±8.76a	259.80±11.71a
ความขุ่น	NTU	25.88±4.38a	28.64±5.48a
ความเข้มแสง	*10lux	284±50.25a	1290.40±224.46b
การส่องผ่านแสง	m	0.44±0.06a	0.39±0.10a
ทางเคมี			
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	7.57±0.37a	7.74±0.42a
ปริมาณฟอสเฟสทั้งหมด (TP)	mg/l	0.54±0.17a	0.48±0.19a
ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (PO_4-P)	mg/l	0.35±0.15a	0.31±0.13a
ปริมาณเจลดาห์ลไนโตรเจน(TKN)	mg/l	6.19±2.06a	6.10±2.03a
ปริมาณไนเทรตไนโตรเจน(NO_3-N)	mg/l	0.56±0.09a	0.59±0.03a
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	mg/l	7.06±1.01a	8.44±1.26a
บีโอดี (BOD)	mg/l	12.81±2.21a	11.85±1.32a
แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)	mg/l	4.09±1.57a	3.73±1.63a
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	mg/m^3	66.15±60.32a	286.93±158.39b

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

จากตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาลักษณะน้ำทางกายภาพและเคมีในจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 พบว่าค่าการนำไฟฟ้า ความเค็ม ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ความขุ่น การส่องผ่านแสง ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด ปริมาณออร์โธฟอสเฟต ปริมาณเจลดาห์ลไนโตรเจน ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ค่าความสกปรกในรูปอินทรีย์ และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใกล้เคียงกันทั้ง 2 บริเวณที่เก็บตัวอย่างน้ำ แต่พารามิเตอร์ที่แตกต่างกันคืออุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิอากาศ ความเข้มแสง ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เมื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความเข้มแสง และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยความเข้มแสงบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 284±50.25*10 lux และบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1290.40±224.46*10 lux ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.15±60.32 mg/m^3 และบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 286.93±158.39 mg/m^3 เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 (ที่ร่มอยู่ใต้ร่มไม้ขนาดใหญ่)ทำให้บริเวณดังกล่าวแสงแดดสามารถส่องผ่านผิวน้ำได้น้อยกว่าจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 (ที่มีแสงส่องถึงไม่มีต้นไม้บังร่มเงา) จึงทำให้ได้รับแสงแดดเกือบตลอดวันส่งผลให้บริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ได้สูงกว่าจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิอากาศ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 แตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากบริเวณที่มีการสังเคราะห์แสงอาจส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นรวมทั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่สูงขึ้นโดยมีค่าเท่ากับ7.74±0.42 mg/l และ 8.44±1.26 mg/l ขณะที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 มีค่า 7.57±0.37 mg/l และ 7.06±1.01 mg/l ตามลำดับ

4.2 การประเมินผลตามค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

จากการศึกษาลักษณะน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 พารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการประเมินได้แก่ คือสีกลิ่นรส อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) บีโอดี (BOD) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ผลดังตารางที่ 4.2 โดยสรุปลักษณะน้ำทางกายภาพและเคมีของบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังสามารถจัดประเภทตามเกณฑ์ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินได้อยู่ในประเภทที่ 4 ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิอากาศ ความเป็นกรด-ด่าง(pH) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) นอกจากนี้ยังได้นำวิธีการประเมินคุณภาพน้ำผิวดินของสำนักการจัดการคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษ พ.ศ. 2554 ซึ่งใช้การคำนวณคะแนนดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) ที่มีหน่วยคะแนนเป็น 0-100 คะแนน และนำมาเปรียบเทียบการคำนวณกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน 5 ดัชนีได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) บีโอดี (BOD) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) และแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) โดยผลการคำนวณคะแนนดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ได้ดังตารางที่ 4.3 เมื่อนำผลที่ได้จากการคิดคะแนนดัชนีคุณภาพน้ำผิวดินทั่วไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำในแหล่งน้ำผิวดินและค่าประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตาม WQI พบว่าจุดเก็บตัวอย่าง ที่ 1 มีคะแนนรวมเท่ากับ 25.13 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีคะแนนรวมเท่ากับ 37.48 ซึ่งสามารถจัดได้ว่าแหล่งน้ำอยู่ในประเภทที่ 4 ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินและจัดว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีความเสื่อมโทรม อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำตามเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำที่กำหนดให้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 23–32^{0}C ค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 5.0–9.0 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร(เอกสารวิชาการสถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ ฉบับที่ 75/2530) คุณภาพน้ำของทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำโดยเฉพาะปริมาณออกซิเจนที่ละลายในบ่อเก็บกักน้ำมีค่าสูงซึ่งเทียบได้กับแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 เนื่องจากบ่อนี้มีเครื่องพ่นน้ำทำให้แก๊สสามารถแพร่ผ่านลงไปในน้ำได้ดี ขณะที่ค่าบีโอดีและแอมโมเนียไนโตรเจนเทียบได้กับแหล่งน้ำผิวดินประเภท 5 อาจเกิดจากบ่อน้ำนี้เป็นแหล่งน้ำนิ่ง ในช่วงฤดูฝนเท่านั้นที่จะมีการสูบน้ำออกจากระบบ ทำให้อินทรีย์คาร์บอนและสารอาหารอินทรีย์รูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตกตะกอนอยู่ที่ก้นบ่อน้ำ อย่างไรก็ตามน้ำในบ่อกักเก็บนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการรดน้ำต้นไม้ได้

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำ(อ้างอิงตามเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน)*

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าที่ได้		เกณฑ์การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์	
		จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บตัวอย่างที่ 2
สีกลิ่น รส	-	น้ำตาลขุ่น	เขียวขุ่น	5	5
อุณหภูมิน้ำ	°C	30.18	31.18	4	4
อุณหภูมิอากาศ	°C	31.18	32.82	4	4
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	7.57	7.74	4	4
*ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	mg/l	7.06	8.44	1	1
*บีโอดี (BOD)	mg/l	12.81	11.85	5	5
**แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB)	MPN/100ml	$9.2x10^4$	$1.7x10^4$	4	4
**แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB)	MPN/100ml	$5.4x10^4$	$7.2x10^2$	4	1
ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N)	mg/l	0.56	0.59	1	1
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N)	mg/l	4.09	3.73	2	2

* แหล่งที่มา : ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินกรมควบคุมมลพิษ, 2552

หมายเหตุ : - ไม่มีหน่วย

* คิดจากค่าเฉลี่ยของการเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 5 ครั้ง

** คิดจากการส่งผลวิเคราะห์จำนวน 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 พารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณดัชนีคุณภาพน้ำผิวดินทั่วไป

พารามิเตอร์	ค่าที่ได้		คะแนนดัชนีคุณภาพน้ำผิวดินทั่วไป		เทียบได้กับแหล่งน้ำผิวดินประเภท	
	จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บตัวอย่างที่ 2
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	7.06	8.44	90.33	100.85	2	2
บีโอดี (BOD)	12.81	11.85	0.00	0.00	5	5
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB)	$9.2x10^4$	$1.7x10^4$	46.89	62.43	4	3
แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB)	$5.4x10^4$	$7.2x10^2$	46.20	79.70	4	2
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N)	4.09	3.73	17.21	19.41	5	5

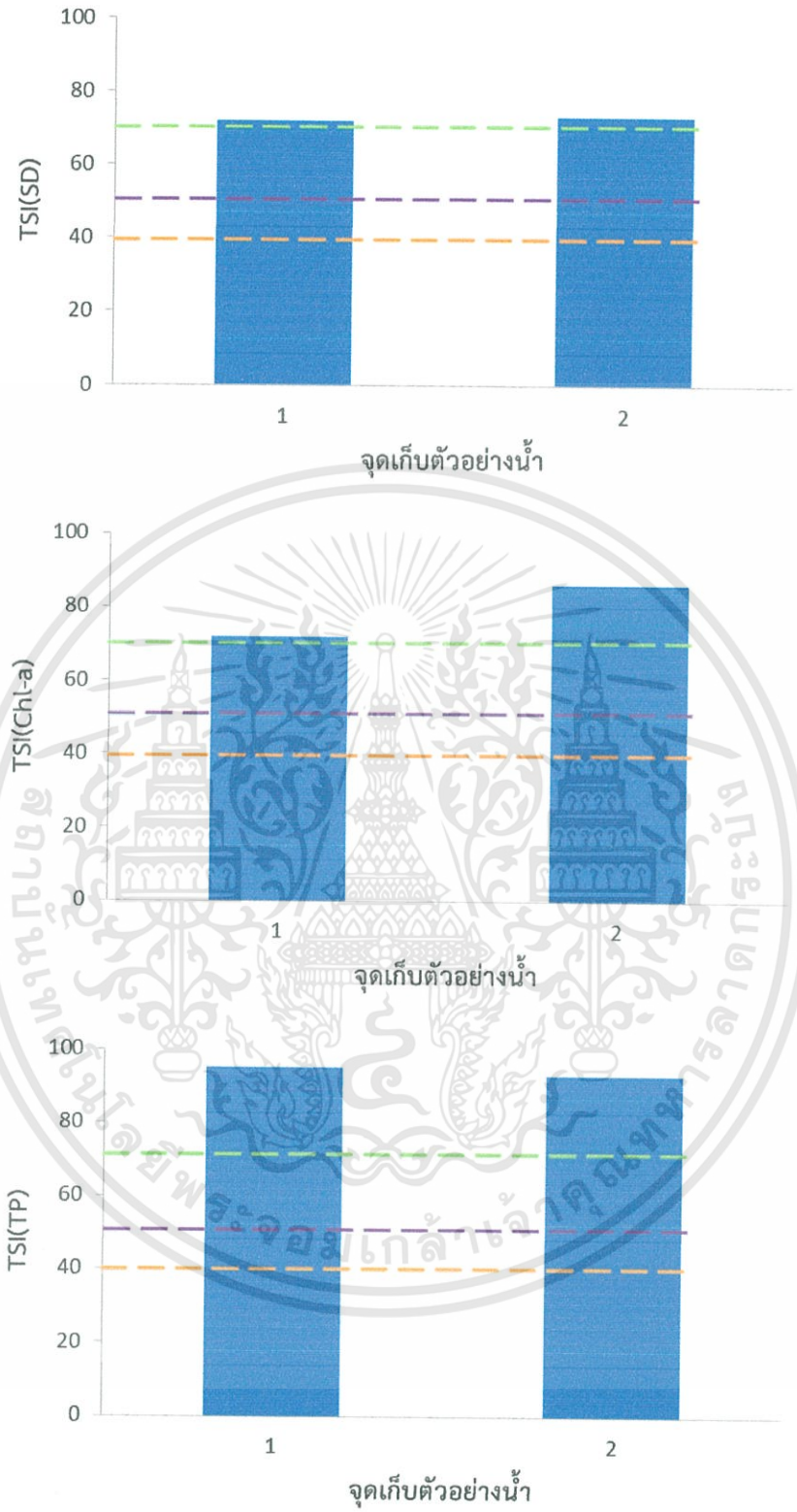
4.3 การจัดระดับชั้นความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารในแหล่งน้ำ

ในงานวิจัยนี้ใช้ดัชนีชี้วัดของคาร์ลสัน (Carlson Index) มาจัดระดับชั้นของสารอาหาร (Carlson and Simpson, 1996) โดยพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณ ได้แก่ ความสามารถในการส่องผ่านแสง (SD) ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chl-a) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)

ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากค่า TSI(SD) , TSI(Chl-a) และ TSI(TP) จะใช้ค่าความสามารถในการส่องผ่านแสง ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด นำผลค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำ (ดังตารางที่ 4.1) มาจัดระดับชั้น พบว่า ค่า TSI(SD) จุดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 71.83 และค่า TSI(SD) จุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 73.20 (ทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำมีค่าเกิน 70) จึงจัดอยู่ในระดับชั้น Hypereutrophic, ค่า TSI(Chl-a) จุดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 71.72 และค่า TSI(Chl-a) จุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 86.12(ทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำมีค่าเกิน 70) จึงจัดอยู่ในระดับชั้น Hypereutrophic, ค่า TSI(TP) จุดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 95.24 และค่า TSI(TP) จุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 93.06 (ทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำมีค่าเกิน 70) จึงจัดอยู่ในระดับชั้น Hypereutrophic (ดังรูปที่ 4.1 และรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข)

แสดงว่า บ่อกักเก็บน้ำนี้ เกิดภาวะยูโทรฟิเคชันและมีการบลูมของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากปริมาณสารอาหารฟอสฟอรัสมีค่าสูงทั้งรูปอินทรีย์และรูปละลายน้ำ รวมทั้งสารอินทรีย์คาร์บอน(ผลดังตารางที่ 4.1) สารอาหารเหล่านี้จะตกตะกอนอยู่ที่ก้นบ่อ ในช่วงฤดูร้อนผิวหน้าน้ำมีอุณภูมิสูง โอกาสที่บ่อกักเก็บน้ำนี้จะขาดออกซิเจนอาจเกิดขึ้นได้ จากปฏิกิริยาการย่อยสลายอินทรีย์สาร รวมทั้งจากการบลูมของแพลงก์ตอนพืช เพราะเมื่อใดก็ตามที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงกว่า 100µg/l ปลาในแหล่งน้ำมีโอกาสจะตายได้สูงเพราะแหล่งน้ำขาดออกซิเจนจากกระบวนการหายใจของแพลงก์ตอนพืชในตอนกลางคืน (Florid lak watch , 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 การจัดระดับชั้นความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหาร TSI(SD) ,TSI(Chl-a) , TSI(TP)

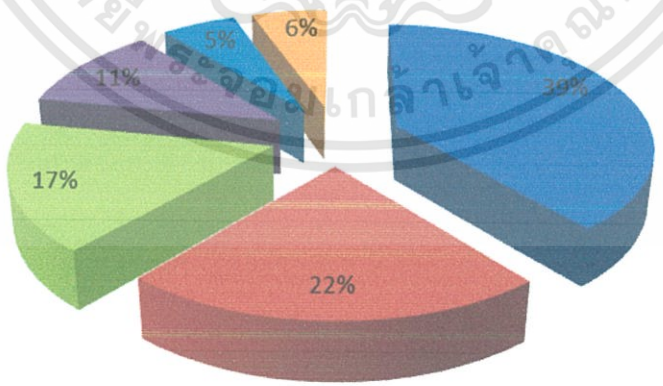
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อกักเก็บน้ำ

4.4.1ความหลากหลายของชนิดแพลงก์ตอนพืช

จากการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช 5 ครั้ง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน 2559 ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 4 ดิวิชัน 16 ชนิด ดิวิชันที่พบมากที่สุด คือ Chlorophyta พบ 7 ชนิด (คิดเป็น 44%) รองลงมาคือดิวิชัน Cyanophyta พบ 4 ชนิด (คิดเป็น 25%) และดิวิชัน Euglenophyta พบ 4 ชนิด (คิดเป็น 25%) ดิวิชันที่พบน้อยที่สุดคือดิวิชัน Chromophyta พบเพียง 1 ชนิด (คิดเป็น 6%) ส่วนจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 18 ชนิด ดิวิชันที่พบมากที่สุด Chlorophyta พบ 7 ชนิด (คิดเป็น 39%) รองลงมาคือดิวิชัน Cyanophyta พบ 4 ชนิด (คิดเป็น 22%) ดิวิชัน Euglenophytaพบ 3 ชนิด (คิดเป็น 17%) ดิวิชัน Chromophytaพบ 2 ชนิด (คิดเป็น 11%) และดิวิชันที่พบน้อยที่สุดคือ PyrrhophytaและChrysophytaพบเพียง 1 ชนิด (คิดเป็น 5.5%) ดังรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 และนำข้อมูลมาคำนวณค่าดัชนีความหลากหลาย (Evenness Index) และดัชนีความสม่ำเสมอ (Diversity Index) จะได้ค่าเท่ากับ 2.06 , 2.02 และ 0.74 , 0.70 ในจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1



จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2

รูปที่ 4.2 องค์ประกอบ (ดิวิชัน) ของแพลงก์ตอนพืชในบ่อกักเก็บน้ำ

Division Chlorophyta Division Cyanophyta Division Euglenophyta
Division Chromophyta Division Pyrrhophyta Division Chrysophyta

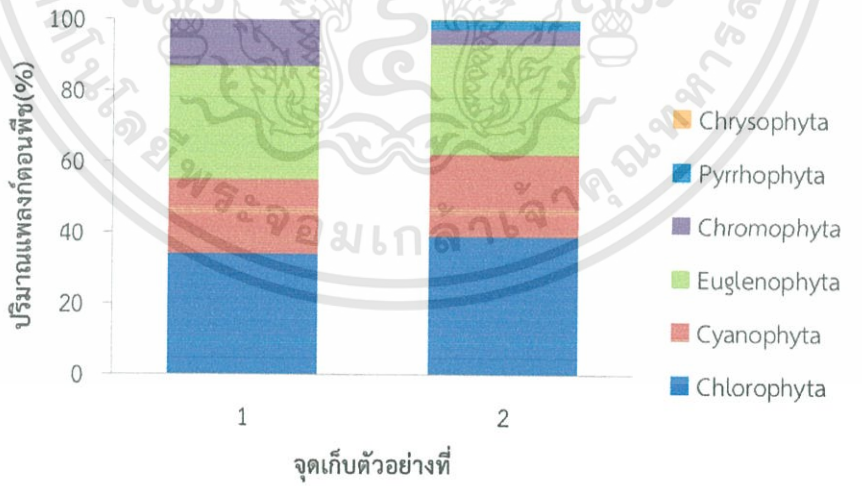
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ปริมาณแพลงก์ตอนพืช

รูปที่ 4.3 ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อกักเก็บน้ำ

จากรูปที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อลิตร) ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน 2559 พบว่าแพลงก์ตอนพืชมีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุดบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงค์ตอนพืชพบว่า จุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 2 จุด มีองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชัน Chlorophyta คิดเป็น 33.93% และ 38.65% ตามลำดับ ดังรูปที่4.5



รูปที่ 4.4 ปริมาณของแพลงก์ตอนพืช(ดิวิชัน:Division)

จากผลการศึกษา พบว่า จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืช ในจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 จะมีจำนวนดิวิชันมากกว่า โดยมี 2 ดิวิชัน ที่ไม่พบในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 (ที่ร่ม) ได้แก่ ดิวิชัน Pyrrhophyta และChrysophyta สำหรับค่าดัชนีความหลากหลายและดัชนีความสม่ำเสมอของชนิด

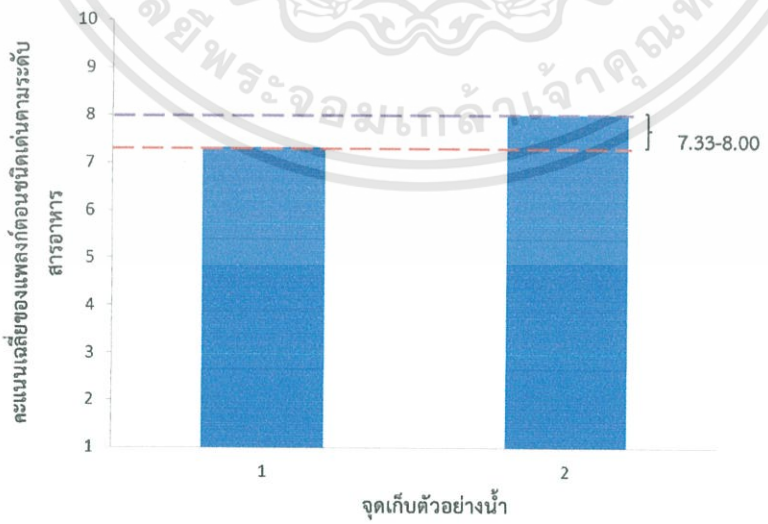
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้ง 2 บริเวณที่เก็บตัวอย่างน้ำ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 2.06 , 2.02 และ 0.74 , 0.70 ในจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ พบแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Chlorophyta มากที่สุด ซึ่งมีรายงานว่าดิวิชัน Chlorophyta หรือสาหร่ายสีเขียว สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส จึงเป็นเหตุที่ทำให้พบแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Chlorophyta มากที่สุด และปริมาณของแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Chlorophytaจะเพิ่มขึ้นในช่วงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (เสถียรพงษ์, 2558) ที่พบแพลงก์ตอนพืชดิวิชัน Chlorophyta มากที่สุดในช่วงฤดูร้อน

4.5 การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำตามระบบ AARL-PP Score

จากการศึกษาลักษณะน้ำในบ่อกักเก็บน้ำในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้ AARL-PP Score จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ได้แก่ *Eudorina* sp. , *Chroococcus* sp.และ *Euglena* sp. และจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ได้แก่ *Eudorina* sp., *Euglena* sp.และ *Phacus* sp. นำแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้ AARL-PP Score พบว่า อยู่ในระดับที่ไม่ดี (Eutrophic) มีสารอาหารสูง โดยจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 ได้คะแนนเท่ากับ 7.33 คะแนน, จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 ได้คะแนนเท่ากับ 8.00 คะแนน แสดงดังรูปที่ 4.6 (รายละเอียดการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ข) ซึ่งจากการประเมินด้วยระบบ AARL-PP Score สามารถบ่งชี้ได้ว่าคุณภาพน้ำตามสถานะสารอาหารมีสูง (Eutrophic Status) คุณภาพน้ำทั่วไปไม่ดี (Polluted) มีแนวโน้มที่จะเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ซึ่งสอดคล้องกับการจัดระดับชั้นของสารอาหารตามดัชนีชี้วัดของคาร์ลสันที่ประเมินตามค่าความสามารถในการส่องผ่านแสง (SD) , ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chl-a) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) อยู่ในระดับชั้น Hypereutrophic (ดังรูปที่ 4.1)

ดังนั้น ควรมีการดึงสารอาหารที่สะสมในดินตะกอนก้นบ่อกักเก็บน้ำออกจากระบบ โดยการขุดลอกดินตะกอน ซึ่งช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์ที่สะสมและปริมาณฟอสฟอรัสที่ตกตะกอนอยู่ในดินตะกอนออกจากระบบ

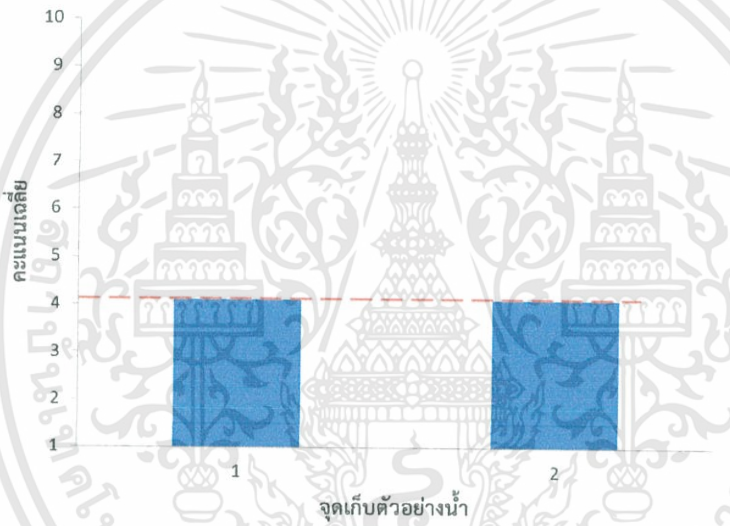


รูปที่ 4.5 คะแนนคุณภาพน้ำในบ่อกักเก็บน้ำจากการประเมินด้วยระบบ AARL-PP Score

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การศึกษาลักษณะน้ำทางกายภาพและเคมีเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำตามระบบ AARL-PC Score

จากการศึกษาลักษณะน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อกักเก็บน้ำในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อนำมาประเมินคุณภาพน้ำด้วยระบบคะแนนจากพารามิเตอร์ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) บีโอดี (BOD) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO3-N) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH3-N) ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (PO4-P)และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chl-a) โดยจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 และ 2 ได้คะแนนเท่ากันคือ 4.1 ดังรูปที่ 4.7 (รายละเอียดการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ข) จากคะแนนที่ได้สามารถจัดคุณภาพน้ำตามสถานะสารอาหารอยู่ในระดับมีสารอาหารสูง (Eutrophic) คุณภาพน้ำไม่ดี (Polluted) ซึ่งผลสอดคล้องกับการประเมินด้วยระบบ AARL-PP Score โดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ที่จัดอยู่ในระดับที่ไม่ดี (Eutrophic) มีสารอาหารสูงเช่นเดียวกัน



รูปที่ 4.6 คะแนนคุณภาพน้ำในบ่อกักเก็บน้ำจากการประเมินด้วยระบบ AARL-PC Score

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณภาพน้ำและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน 2559 โดยในจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 เป็นบริเวณที่ร่มมีต้นไม้ใหญ่และตึกบังแสงแดดตลอดวัน และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 เป็นบริเวณริมบ่อที่ได้รับแสงแดดตลอดวัน พบว่าค่าความเข้มแสงและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 มีค่าสูงกว่าจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับคุณภาพน้ำเมื่อพิจารณาสี กลิ่น รส และค่าบีโอดี ในบ่อกักเก็บน้ำทั้งบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 และ 2 สามารถจัดประเภทตามเกณฑ์ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินได้อยู่ในประเภทที่ 5 ขณะที่อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) จัดอยู่ในประเภทที่ 4 รวมทั้งแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) เฉพาะจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 ขณะที่แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) จัดอยู่ในประเภทที่ 2 และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N) จัดอยู่ในประเภทที่ 1 ตามลำดับ สำหรับผลการคำนวณคะแนนดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ได้คะแนนรวมเท่ากับ 25.13 และ 37.48 ตามลำดับ ซึ่งสามารถจัดได้ว่าแหล่งน้ำอยู่ในประเภทที่ 4 ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินและจัดว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีความเสื่อมโทรม

การประเมินสถานะความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารโดยใช้ดัชนีชี้วัดคาร์ลสัน(Carlson's Trophic State Index: TSI) ผลการคำนวณค่า TSI(SD), TSI(Chl-a) และ TSI(TP) พบว่ามีค่าเกิน 70 ทุกพารามิเตอร์ทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง จึงจัดอยู่ในระดับชั้น Hypereutrophic หรืออยู่ในระดับชั้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารมาก สำหรับผลการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช พบว่าบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 4 ดิวิชัน 18 ชนิด ดิวิชันที่พบมากที่สุด คือ Chlorophyta รองลงมาคือดิวิชัน Cyanophyta และดิวิชัน Euglenophyta ตามลำดับและเมื่อนำข้อมูลมาคำนวณค่าดัชนีความหลากหลาย(Evenness index) และดัชนีความสม่ำเสมอ (Diversity index) มีค่าเท่ากับ 2.06 , 2.02 และ 0.74 , 0.70 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ได้แก่ *Eudorina* sp., *Chrooco* sp., และ *Euglena* sp. ส่วนบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ได้แก่ *Eudorina* sp., *Euglena* sp., *และ Phacuss* sp. เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้ระบบ AARL-PP Score ได้คะแนนเท่ากับ 7.33 และ 8.00 ณ จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่ไม่ดี (Eutrophic) หรือมีสารอาหารสูงในแหล่งน้ำ และเมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้ระบบ AARL-PC Score ได้คะแนนเท่ากับ 4.1 และจัดอยู่ในระดับมีสารอาหารสูง(Eutrophic) คุณภาพน้ำไม่ดี (Polluted) เช่นเดียวกัน

จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังมีแนวโน้มสูงมากที่จะเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน เนื่องจากปริมาณสารอาหารทั้งในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในบ่อนี้ค่อนข้างสูง รวมทั้งปริมาณสารอินทรีย์ทั้งในรูปคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ที่ตกตะกอนอยู่ที่ก้นบ่อน้ำจะเกิดการย่อยสลายเปลี่ยนรูป อาจส่งผลทำให้ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจนลดลงได้และจะมีความรุนแรงมากขึ้นในฤดูร้อนที่แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วจึงควรมีมาตราการในการลดปริมาณสารอาหารในระบบโดยการดึงตะกอนออกจากระบบและควบคุมคุณภาพคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับที่ดีและเหมาะสมก่อนปล่อยสู่คลองสาธารณะ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในการศึกษาคุณภาพน้ำ ปริมาณสารอาหารและชนิดของแพลงก์ตอนพืช ควรทำการเก็บตัวอย่างให้ครบทุกฤดูกาล เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี

2) ควรมีการเก็บตัวอย่างดินตะกอนเพื่อใช้ประเมินปริมาณสารอาหารที่เหมาะสมในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2552. **พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก.

กรรณิการ์ ยาวิชัย. 2546. **คุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่ในลำน้ำน่านและการนำไปเป็นอาหารจากภูมิปัญญาท้องถิ่น ในเขตอำเภอท่าวังผา และอำเภอเมือง จังหวัดน่าน**. วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

กรองแก้ว ทิพยศักดิ์ และ พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย. 2544. **ปฏิบัติการเคมีสิ่งแว้ล้อม.** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กุศยา สุวรรณวิหค. 2529. **ปริมาณการแพร่กระจายของสาหร่ายและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบางประการของลำน้ำแม่กลองและแม่กวง จังหวัดเชียงใหม่.** การวิจัยวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

เกียรติภูมิ วรรณวิภา และวรวีย์. 2558. **โครงงานพิเศษการศึกษาปริมาณสาหร่ายและชนิดของสาหร่ายที่เป็นตัวบ่งชี้ต่อการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันในคลองจระเข้ขบ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร** ภาควิชาเคมี สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ

ขจรเกียรติ์ จุฑามาส รัตนพร และจงกล. 2549. **ความหลากหลายของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชในสระกักเก็บน้ำมหาวิทยาลัยแม่โจ้.** คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่.

คณิน จาริษาและจุฑาทิพย์. 2555. **“การศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในสระมรกต.”** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

จงจินต์ ศิวะศิลป์. 2524. **สาหร่ายวิทยา**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธนภรณ์ พีรนุช และเยาวลักษณ์. 2558. **โครงงานพิเศษการศึกษาคุณภาพน้ำและความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารในคลองจระเข้ขบ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร.** ภาควิชาเคมี สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ

นพรัตน์ ฤๅชา. 2528. **การสำรวจสาหร่ายในกว๊านพะเยา.** การค้นคว้าอิสระเชิงวิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

นันทนา คชเสนี. 2539. **คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย. 2543. **นิเวศวิทยา**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง: 35-51.

พิมพรรณ ตันสกุล. 2526. **ปริมาณมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในทะเลน้อย.** รายงานการ สัมมนาแนวทางการพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ณ หอสมุดคุณหญิงหลงอรรถกระวิสุนทร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ 17-19 กรกฎาคม 2526: 113.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไพริน สุดทัง สรัญญา วัชโรทัย ศรีสม สุวรรณวงศ์ และ ณัฏฐา เสนีวาส. 2553. **ความหลากหลายของสาหร่ายในบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์**. วารสารพฤกษศาสตร์ไทย. 2 (ฉบับพิเศษ): 21-31.

ลัดดา วงศ์รัตน์.2546. **คู่มือวิธีการเก็บและวิเคราะห์แพลงก์ตอน**.กรุงเทพฯ :สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: 156-163.

ลัดดา วงศ์รัตน์.2544. **แพลงก์ตอนพืช**.กรุงเทพฯ :สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: 100-150.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2548. **สาหร่ายน้ำจืดในภาคเหนือของประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2549. **สาหร่ายวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วิจิตร รัตนพาณี สายสุนีย์ เหลี่ยวเรืองรัตน์ และ เสาวนีย์ รัตนพาณี. 2533. **การศึกษาและการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำจากแหล่งน้ำแม่ปิง.** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

รัฐชา ชัยชนะ. 2558. **การฟื้นฟูระบบนิเวศแหล่งน้ำนิ่ง.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริพล กำแพง. 2557. **การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม) คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม, สถาบันบัณฑิตพัฒนาบริหารศาสตร์.

สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. 2530. **เอกสารวิชาการประมงน้ำจืดแห่งชาติ.** ฉบับที่ 75. กรุงเทพฯ

สันติ สาระพล. 2555. **ความหลากหลายและการกระจายพันธุ์ของสาหร่ายในคลองกำพวน อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาพฤกษศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริพรและปริญญา. 2558. **การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในการบ่งชี้คุณภาพน้ำในห้วยสำราญ จังหวัดศรีสะเกษ.** วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 38(3), 295-309.

เสถียรพงษ์ เกษม วศิน อรอนงค์ อนุกรณ์ และเอกชัย. 2558. **ความหลากหลายชนิดแพลงก์ตอนพืชและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย : โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี.** วารสาร วิจัยและพัฒนา มจธ. 38(2), 167-179.

อัศดร คำเมือง. 2553. **แนวทางพัฒนาชุดตรวจสอบยูโทรฟิเคชั่นในแหล่งน้ำจืดอย่างง่าย:กรณีศึกษาจังหวัดปทุมธานีและจังหวัดนครนายก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

APHA, AWWA and WPCF. 1992. **Standard Method for Examination Water and Waste Water.** American Public Health Association. Washington DC.

Bold, H.C. and Wynne, M.J. 1985. **Introduction to the Algae: Structure and Reproduction.** Prentice-Hall. Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Bricher, S.; K. Watts;L. Wongrat and J.E.Gannon. 1978. **Composition and Distribution of Crustacean Plankton in Twelve Inland Water Bodies of Thailand.** Kasetsart University.

Chaichana, C. Arunlertaree, B. Sricharoendham and N. Veeravaitaya. 2003. Quantity and Distribution of plant nutrients on eutrophication in Bang Pra reservoir, Chonburi province. **Kasetsart Journal** 37(1) :90-100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chapman, V.J. and D.J. Chapman. 1973. **The Algae.** The Macmillan Press Ltd., London.

EPA. 1973. **Water Quality Criteria: A report of the Committee on Quality Criteria Environmental Study.** US.Goverment Printing Office, Washington DC.

Falkowski, P.G. and Ravan, J.A. 1997. **Aquatic photosynthesis.** Blackwell Science, Oxford. 375.

Florida Lakewatch. 2007. **A Beginner's Guide to Water Management : Aquatic Plants in Florida Lake.** Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Florida, USA. pp. 47.

Kuosa, H. 1990. **Subsurface Chlorophyll Maximum in the Northern Baltic Sea.** Arcg. Hydrobiol. 118(4) 437-447.

Harper, D. 1992. **Eutrophication of freshwaters: Principles problems and restoration.** Chapman & Hall, London. 327.

Hilton, J., O'Hare, M., Bowes< M.J., Jones, J.I., 2006. **How green is my river? A new paradigm of eutrophication in river. Sci.** Total Environ 365. 66-83.

Lee, G. F., Jones-Lee, A. and Rast, W. 1995. **Secci Depth as Water Quality Parameter.** Report of G. Fred Lee & Assosociates, Eacero, CA.

Marti, E., Aumatell, J., Gode, L., Poch, M., Sabater, F ., 2004. **Nutrient retention efficiency in streams receiving inputs from wastewater treatment plants.** J. Environ.Qual. 33 (1). 285-293.

Marson, C. F. 1991. **Biology of Freshwater Pollution.** 2nd ed. Longman Scientific & Technical, Hong Kong. 351.

Ongley, E.D. 1996. **Control of Water Pollution from Agriculture.** Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome.

Ospar. 1999. Ospar strategy to combat eutrophication. From http://www/ospar.org/eng/html/sap/eutstrat.htm (OCT 15,2015)

Pinkayan, S. 1978. **Evaluation of Environmental Chang Study of Environmental Impact at Nam Pong Project Northerneast.** Thailand. Prepare of National Energy Administration by SEATEC Consulting Engineer.

Rast, W. and G. F. Lee. 1978. **Summary analysis of the North American (US Portion) OECD eutrophication project: nutrient loading-lake response relationships and trophic state indices.** EPA 600/3-78-008, US EPA, Corvallis, OR.

Sigree, D.C. 2005. **Freshwater microbiology.** John Wiley & Sons Ltd., England. 524.

Smith, D.R., P.A. Moore, Jr., C.L. Griffis, T.C. Daniel, D.R. Edwards and D.L. Boothe. 2001. Effects of alum and aluminum chloride on phosphorus runoff from swine manure. **Journal of Environmental Quality** 30 : 992-998

Smith, G.M. 1950. **The Fresh water. Algae of the United States.** McGraw Hill Book Company Inc., New York

Singh and Kashyap. 1978. **Algae and Introduction.** Kelayani Publishers, New Delhi.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์ค่าบีโอดีด้วยวิธีธรรมดา

1.1) การทดลอง

1.1.1) บรรจุน้ำที่พ่นออกซิเจน 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 20°C ลงขวดบีโอดี 2 ขวด ให้เต็มขวดด้วยวิธีกาลักน้ำและให้ไหลรินลงตามคอขวด โดยขวดที่ 1 ทำการวัดค่าดีโอทันที เป็นค่า DO_0ขวดที่ 2 นำไปบ่มที่ 20°C เป็นเวลา 5 วัน แล้ววัดค่าดีโอเป็น DO_5ขณะที่บ่มต้องมีน้ำหล่อบนฝาจุกแก้วและปิดจุกพลาสติกครอบที่จุกแก้วอีกครั้ง เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำที่หล่อบนจุกแก้ว ค่า $DO_0 - DO_5$ต้องน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้ามากกว่าแสดงว่ามีผลต่อการวิเคราะห์

1.1.2) ปิเปตสารละลายกลูโคส และกลูตามิกปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในขวดบีโอดี เติมน้ำสำหรับเจือจางให้เต็มขวดด้วยวิธีกาลักน้ำและให้ไหลรินลงตามคอขวด จำนวน 3 ขวด ระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศภายใน วัดค่าดีโอขวดที่ 1 ทันที เป็น DO_0 ขวดที่ 2 และ 3 นำไปบ่มที่ 20°C เป็นเวลา 5 วัน แล้ววัดค่าดีโอเป็น DO_5 ขณะที่บ่มต้องมีน้ำหล่อบนฝาจุกแก้วและปิดจุกพลาสติกครอบที่จุกแก้วอีกครั้ง เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำที่หล่อบนจุกแก้ว

1.1.3) เติมน้ำสำหรับเจือจางลงในกระบอกตวงขนาด 1 ลิตรด้วยวิธีกาลักน้ำ ประมาณ 500 มิลลิลิตร ปิเปตตัวอย่างน้ำปริมาตร 20, 50 และ 100 มิลลิลิตร โดยจุ่มปลายปิเปตลงใต้ผิวน้ำ จากนั้นเติมน้ำสำหรับเจือจางให้ไหลรินลงตามข้างกระบอกตวงจนมีปริมาตรครบ 1 ลิตร ใช้แท่งแก้วคนขึ้นลงเบาๆ ให้สารเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วค่อยๆ เติมลงขวดบีโอดีด้วยวิธีกาลักน้ำให้ไหลลงตามคอขวดเบาๆ จนเต็มและไม่มีฟองอากาศ เมื่อปิดจุกต้องมีน้ำหล่อค้างอยู่ วัดค่าดีโอขวดที่ 1 ของแต่ละชุดทันทีเป็นค่า DO_0 ขวดที่ 2 และ 3 ของแต่ละชุด นำไปบ่มที่ 20°C เป็นเวลา 5 วัน แล้ววัดค่าดีโอเป็น DO_5

1.2) การคำนวณ

$$BOD = \frac{D1 - D2}{P}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ด้วยวิธีการกลั่น

2.1) การทดลอง

2.1.1) ตวงน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย400มิลลิลิตร ใส่ในขวดเจลดาห์ลขนาด 500 มิลลิลิตร

2.1.2) เติมบอเรตบัฟเฟอร์ 20มิลลิลิตร

2.1.3) ใส่เม็ดแก้ว 3-4 เม็ด แล้วนำไปกลั่นจนกระทั่งได้ส่วนที่กลั่นออกมาประมาณ250 มิลลิลิตร

2.1.2) ปิเปตตัวอย่างน้ำ 400 มิลลิลิตร ใส่ในขวดเจลดาห์ล

2.1.3) เติมบอเรตบัฟเฟอร์ 50มิลลิลิตร นำขวดไปกลั่น โดยให้ปลายของส่วนที่กลั่นออกมาจมอยู่ใต้สารละลายกรดบอริกที่เติมอินดิเคเตอร์กลั่นจนได้ปริมาตรทั้งหมดเป็น250มิลลิลิตร

2.1.4) นำส่วนที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก0.02นอร์มัล จุดยุติจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอ่อนโดยเทียบสีจากการใช้น้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ เติมกรดบอริกที่เติมอินดิเคเตอร์ 50 มิลลิลิตร

2.1.5) จดบันทึกปริมาตร

2.2) การคำนวณ

$$NH_3\text{-N (มิลลิกรัมN/ลิตร)} = \frac{(A-B)xNx280}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์หาปริมาณทีเคเอ็นไนโตรเจน (TKN)

3.1) การทดลอง

3.1.1) เตรียมตัวอย่างน้ำปริมาตร 300 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดเจลดาห์ล

3.1.2) เติมน้ำยาสำหรับย่อยสลาย 50มิลลิลิตรนำไปย่อยที่เตาให้ความร้อนต้มจนปริมาตรลดลงเหลือประมาณ 10 มิลลิลิตร

3.1.3) ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นเจือจางด้วยน้ำกลั่น 300มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วค่อยๆเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไธโอซัลเฟต50 มิลลิลิตร นำไปต่อกับเครื่องกลั่น จากนั้นจึงค่อยๆเขย่าให้เข้ากันให้ส่วนที่กลั่นออกมาจุ่มอยู่ใต้สารละลายกรดบอริกที่เติมอินดิเคเตอร์กลั่นจนได้ปริมาตรทั้งหมดเป็น250มิลลิลิตร

3.1.4) นำส่วนที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02นอร์มัล เมื่อถึงจุดยุติจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอ่อนโดยเทียบสีจากน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร เติมกรดบอริกที่เติมอินดิเคเตอร์50 มิลลิลิตร

3.1.5) ทำแบลงค์เพื่อหาปริมาณไนโตรเจนในน้ำกลั่น โดยทำทุกขั้นตอนเช่นเดียวกับการหาในตัวอย่าง ยกเว้น ไม่ต้องนำไปย่อยสลาย

3.2) การคำนวณ

$$\text{ทีเคเอ็น (มิลลิกรัมN /ลิตร)} = \frac{(A-B)xNx280}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์หาปริมาณไนเทรตไนโตรเจน ด้วยวิธีบลูซีน

4.1) การทดลอง

4.1.1) เตรียมกราฟมาตรฐานโดยปิเปตสารละลายมาตรฐานไนเทรตความเข้มข้น 2 มิลลิกรัม/ลิตร จำนวน 1,2,3,4และ5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองเติมน้ำกลั่นให้แต่ละขวดมีปริมาตรครบ 10 มิลลิลิตร ซึ่งแต่ละขวดจะมีความเข้มข้น 2,4,6,8 และ10 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ และทำแบลงค์โดยใช้น้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

4.1.2) ปิเปตตัวอย่างน้ำมา 10 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง 3 หลอด

4.1.3) นำหลอดตัวอย่างน้ำ แบลงค์ สารละลายมาตรฐานที่จัดเตรียมไว้มาเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์2มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนในหลอดทดลองทุกหลอดให้เข้ากัน

4.1.4) นำทุกหลอดมาแช่ในน้ำเย็นจัด เติมซัลฟูริก 4+1 จำนวน 10มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ให้เย็น เติม 0.5มิลลิลิตร ของสารละลายบลูซีน-กรดซัลฟานิลิก เขย่าให้เข้ากัน

4.1.5) นำหลอดใส่เครื่องอังน้ำซึ่งมีอุณหภูมิ 95 °Cเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นจึงนำไปแช่ในน้ำเย็นจนอุณหภูมิของหลอดทดลองเท่ากับอุณหภูมิห้อง

4.1.6) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร พล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นเป็นไมโครกรัมกับค่าการดูดกลืนแสง โดยหักค่าแบลงค์ออกจากตัวอย่างน้ำและสารละลายมาตรฐานที่อ่านได้

4.2) การคำนวณ

ไนเทรตไนโตรเจน (มิลลิกรัมN/ลิตร) = $\frac{\text{ความเข้มข้นจากกราฟในหน่วยไมโครกรัม}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์หาปริมาณออร์โธฟอสเฟต(PO_4-P) ด้วยวิธีแอสคอบิกแอซิด

5.1) การทดลอง

5.1.1) เตรียมกราฟมาตรฐานโดยปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตมา 0,2,6,10,16 และ 24มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตร เติมน้ำยารวม 8มิลลิลิตร และปรับปริมาตรจนครบ 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 0,5,15,25,40 และ60 ไมโครกรัม/ลิตร

5.1.2) ปิเปตตัวอย่างน้ำมา 40 มิลลิลิตร เติมน้ำยารวม 8 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรจนครบ50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

5.1.3) นำสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 880 นาโนเมตร พล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นเป็นไมโครกรัมกับค่าการดูดกลืนแสง

5.2) การคำนวณ

$$\text{ฟอสเฟต (มิลลิกรัมP/ลิตร)} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้จากกราฟในหน่วยไมโครกรัม}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

6.1) การทดลอง

6.1.1) เตรียมกราฟมาตรฐานโดยปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตมา 0, 2, 6, 10, 16 และ 24 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตร เติมน้ำยารวม 8 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 0, 5, 15, 25, 40 และ 60 ไมโครกรัม/ลิตร

6.1.2) ใส่ตัวอย่างน้ำปริมาตร 40ลงในถ้วยระเหย เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นปริมาตร1 มิลลิลิตร และเติมกรดไนตริกเข้มข้นปริมาณ5 มิลลิลิตร

6.1.3) นำไปย่อยในตู้ดูดควันจนปริมาตรตัวอย่างน้ำเหลือเพียง 1มิลลิลิตร และย่อยสลายต่อไปเพื่อไล่กรดไนตริกจนกว่าสารละลายจะใสไม่มีสีทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตรหยดฟีนอล์ฟทาลีน1 หยด และปรับพีเอชให้เป็น8.2

6.1.4) เทสารละลายใส่ขวดปรับปริมาตรเติมน้ำยารวม 8 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ครบ50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

6.1.5) นำสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร พล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นเป็นไมโครกรัมกับค่าการดูดกลืนแสง

6.2) การคำนวณ

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด= $\frac{\text{ความเข้มข้นจากกราฟ (ไมโครกรัม/ลิตร)}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างที่นำมาใช้ (มล.)}} \times \frac{100}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

7.1) การทดลอง

7.1.1) นำน้ำตัวอย่างมากรองโดยใช้กระดาษกรองใยแก้ว ขนาด 7 เซนติเมตร

7.1.2) วางแผ่นกรองในเครื่องปั่นTefalรุ่น BL3071AD เติม 90 % aqueous acetone solution 2 มิลลิลิตร

7.1.3) นำตัวอย่างที่ปั่นละเอียดแล้วใส่หลอด Centrifuge ชนิดฝาเกลียวขนาด 15 มิลลิลิตร ล้างที่ปั่นด้วย 90 % aqueous acetone solution 2 มิลลิลิตร เพื่อล้างตัวอย่างออกให้หมด ปรับปริมาตรตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ด้วย 90 % aqueous acetone solution เก็บตัวอย่างนี้ 2 ชั่วโมง ในที่มืดและเย็นที่อุณหภูมิ 4°C

7.1.4) นำตัวอย่างออกจากตู้เย็นไปปั่นเหวี่ยงนาน 20 นาที ที่ความเร็ว 500 รอบ/นาที

7.1.5) รินสารละลายส่วนใสใส่หลอด Cuvettes ชนิดแก้ว ขนาด 15 มิลลิลิตรและจดปริมาตรของตัวอย่าง

7.1.6) วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ด้วยเครื่อง Spectrophotometerที่ความยาวคลื่น 665 nm, 750 nm หลังจากวัดความยาวคลื่นทั้งสอง เติม HCl0.1 N

7.1.7) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

7.2) การคำนวณ

$$\text{Chlorophyll a (mg m-3)} = (26.7(665b-665a)\times V1)/(V2 \times L)$$

$$\text{Chlorophyll a (mg m-3)} = (26.7[1.7(665a-665b)\times V1)/(V2\times L)$$

เมื่อ V1 = ปริมาตรของตัวอย่าง (ลิตร)

V2 = ปริมาตรของตัวอย่างที่นำมาสลัด(เมตร2)

L = light path length หรือความกว้างของหลอด cuvette (เซ็นติเมตร)

และ 665b, 665a = optical densities ของ 90% acetone extract ก่อนและหลังการทำตัวอย่างให้เป็นกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ปริมาณแพลงก์ตอนพืช

8.1) การทดลอง

8.1.1) นำน้ำตัวอย่างหยดลง Haemacytometerแล้วใช้ cover glass ปิดลงโดย ไม่ให้เกิดฟองอากาศ

8.1.2) ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ ใช้กำลังขยาย 4, 10, 40 เท่า นับจำนวนแพลงก์ตอน จะได้แพลงก์ตอนต่อปริมาตรน้ำของตารางHaemacytometer

8.1.3) คำนวณจำนวนแพลงก์ตอนต่อปริมาตรน้ำ 1 มิลลิลิตร

8.2) การคำนวณ

$$\text{ปริมาณมิลลิลิตร}^{-1} = (AB)/C$$

เมื่อ A = ปริมาณน้ำในขวดตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = จำนวนแพลงก์ตอนที่นับได้ต่อ 1 มิลลิลิตร

C = ปริมาตรน้ำที่ผ่านถุงกรองแพลงก์ตอน (ลิตร)

9. การวิเคราะห์ชนิดแพลงก์ตอน

9.1) การทดลอง

9.1.1) นำน้ำตัวอย่างหยดลงสไลด์ โดยใช้dropper

9.1.2) ใช้ cover glass ปิดลงโดยไม่ให้เกิดฟองอากาศ

9.1.3) ใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light Microscope : LM) กำลังขยาย 4 เท่า และปรับกำลังขยาย เพิ่มความชัดของภาพ

9.1.4) ถ่ายภาพและวิเคราะห์ว่าเป็นแพลงก์ตอนชนิดใด

9.1.5) ทำซ้ำข้อที่ 2-4 จนกว่าไม่เจอแพลงก์ตอนชนิดใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 ผลการทดลองการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พารามิเตอร์	หน่วย	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5		ค่าเฉลี่ย	
		จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	จุดเก็บตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บตัวอย่างที่ 2
การนำไฟฟ้า	µs/cm	519	541	567	573	531	529	546	536	536	529	540	542
ความเค็ม	ppt	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.26	0.26
ความขุ่น	NTU	28.50	33.80	27.40	29.10	28.10	32.50	18.10	19.80	27.30	28	25.88	28.64
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด	mg/l	252	262	275	278	257	257	265	246	260	256	262	260
ความเข้มแสง	*10lux	344	1651	318	1321	277	1098	268	1274	213	1108	284	1290
การส่องผ่านแสง	m	0.40	0.33	0.39	0.28	0.41	0.36	0.53	0.51	0.46	0.49	0.44	0.39
อุณหภูมิน้ำ	°C	30.70	31.10	28.20	30.30	29	30.50	31	32	32	33	30.18	31.38
อุณหภูมิอากาศ	°C	31.40	33	29	31.60	30.50	32	32	33.50	34	34	31.38	32.82
ความเป็นกรดด่าง	-	7.35	7.49	7.40	7.74	7.52	7.63	7.37	7.40	8.23	8.46	7.57	7.74
ออกซิเจนละลายในน้ำ	mg/l	6.38	8.16	7.38	8.96	7.61	9.32	5.70	6.36	8.23	9.38	7.06	8.44
บีโอดี (BOD)	mg/l	11.20	11.00	16.50	14.20	12.60	11.40	12.75	11.30	11.00	11.33	12.81	11.85
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด(TCB)	MPN/100ml	-	-	-	-	-	-	$9.2x10^4$	$1.7x10^4$	-	-	$9.2x10^4$	$1.7x10^4$
แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม(FCB)	MPN/100ml	-	-	-	-	-	-	$5.4x10^4$	$7.2x10^2$	-	-	$5.4x10^4$	$7.2x10^2$
ไนเทรตไนโตรเจน (NO_3-N)	mg/l	0.52	0.59	0.72	0.60	0.52	0.56	0.48	0.57	0.58	0.63	0.56	0.59
แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)	mg/l	5.60	5.18	4.84	4.60	5.22	4.90	2.63	2.35	2.18	1.62	4.09	3.73
เจลดาห์ลไนโตรเจน (TKN)	mg/l	7.73	7.66	7.69	7.54	7.64	7.53	4.26	4.20	3.63	3.58	6.19	6.10
ฟอสเฟตทั้งหมด (TP)	mg/l	0.65	0.62	0.70	0.63	0.65	0.60	0.39	0.28	0.33	0.25	0.54	0.48
ออร์โธฟอสเฟต (PO_4-P)	mg/l	0.34	0.32	0.60	0.52	0.34	0.30	0.27	0.22	0.22	0.20	0.35	0.31
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	mg/m^3	22.57	135.28	38.92	156.40	53	232.50	44.06	436.55	172.22	473.93	66.15	286.93

หมายเหตุ : TCB และ FCB บริษัทที่ปรึกษามาเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์

การคิดคะแนนในการประเมินคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดินตาม WQI

บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1

1. ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) = 90.33
2. ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) = 0
3. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) = 46.89
4. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) = 46.20
5. แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) = 17.21

WQI = ค่าเฉลี่ยแต่ละพารามิเตอร์ – คะแนนพิเศษ

= (90.33+0+46.89+46.20+17.21) – 15

= 25.13

คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมากเทียบได้กับแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4

การคำนวณการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารในบ่อกักเก็บน้ำสถาบันฯ

จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1

ค่า SD ($\bar{x}$) = 0.44 m, ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\bar{x}$) = 66.15 µg/l, ค่า TP ($\bar{x}$) = 544 µg/l

TSI(SD) = 60-14.41 ln(SD)

= 60-14.41 ln(0.44)

= 71.83

TSI(Chl-a) = 9.81 ln(Chl-a) + 30.6

= 9.81 ln(66.15) + 30.6

= 71.72

TSI(TP) = 14.42 ln(TP) + 4.15

= 14.42 ln(540) + 4.15

= 95.24

= 95.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 ปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่พบทั้งหมดในบ่อกักเก็บน้ำ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เดือน/2559	กุมภาพันธ์ - พฤษภาคม									
ชนิดสปีชีส์/บริเวณที่เก็บตัวอย่าง	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	จุด 1	จุด 2	จุด 1	จุด 2	จุด 1	จุด 2	จุด 1	จุด 2	จุด 1	จุด 2
Division Chlorophyta										
Coelastrum sp.	24	0	12	0	0	0	0	0	0	0
Closterium sp.	0	20	0	0	0	4	0	0	0	16
Crucigeniella	12	0	0	0	0	20	0	0	0	0
Eudorina sp.	252	372	128	256	284	448	132	332	148	384
Haematococus sp.	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0
Monoraphidium sp.	0	8	0	0	4	0	16	0	0	0
Netrium sp.	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0
Pandorina sp.	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0
Scenedesmussp	84	98	0	8	0	20	0	0	0	0
Tetraspora sp.	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0
Division Cyanophyta										
Chroococcus sp.	184	188	0	206	88	20	36	64	104	118
Cylindrospermopsis	0	16	0	0	0	0	0	12	0	0
Merismopedia sp.	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0
Oscillatoria sp.	28	96	0	192	0	32	0	16	0	0
Planktolyngbya sp.	159	0	36	0	44	0	0	0	0	0
Spirulina sp.	0	220	0	20	0	0	0	4	0	8
Division Euglenophyta										
Euglena sp.	104	104	240	312	76	84	64	104	96	136
Lepocinclis sp.	24	0	0	0	32	0	0	0	0	0
Phacus sp.	84	172	84	159	144	284	34	78	76	202
Strombomonas sp.	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Trachelomonas sp.	20	0	8	0	0	0	4	0	0	0
Division Chromophyta										
Bacillaria sp.	132	192	112	0	164	0	16	0	0	0
Gyrosigma sp.	0	0	0	4	0	20	0	4	0	0
Division Pyrrhophyta										
Ceratium sp.	0	8	0	76	0	48	0	8	0	12
Division Chrysophyta										
Synura sp.	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินคุณภาพน้ำตามคุณสมบัติของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นตาม AARL-PP Score

ตัวอย่าง: แหล่งน้ำแห่งหนึ่งมีแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น 3 ชนิด คือ *Anabaena* sp., *Spirulina* sp., และ*Euglena* sp.

วิธีการ :

1.จุดเก็บตัวอย่างที่ 1

1.1 หาคะแนนแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นของจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ในตาราง ข-20 โดยคะแนนแต่ละจีนัสมีดังนี้

Eudorina sp. = 6
Chroococcus sp. = 6
Euglena sp. = 10

1.2 คะแนนแต่ละจีนัสทั้งหมดมารวมกันได้ 22 คะแนน

1.3 คะแนนทั้งหมดที่ได้มาหารด้วยจำนวนจีนัสของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น

1.4 คะแนนคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำนี้

= 22/3
= 7.33

1.5 นำคะแนนมาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำพบว่าแหล่งน้ำอยู่ในระดับ สารอาหารสูง (eutrophicstatus) อยู่ในระดับ คุณภาพน้ำไม่ดี

2. จุดเก็บตัวอย่างที่ 2

2.1 หาคะแนนแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นของจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ในตาราง ข-20 โดยคะแนนแต่ละจีนัสมีดังนี้

Eudorina sp. = 6
Euglena sp. = 10
Phacus sp. = 8

2.2 นำคะแนนแต่ละจีนัสทั้งหมดมารวมกันได้24 คะแนน

2.3 นำคะแนนทั้งหมดที่ได้มาหารด้วยจำนวนจีนัสของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น

2.4 คะแนนคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำนี้

= 24/3
= 8

2.5 นำคะแนนมาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำพบว่าแหล่งน้ำอยู่ในระดับ สารอาหารสูง (eutrophicstatus)อยู่ในระดับ คุณภาพน้ำไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 แสดงคะแนนแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นตามระดับสารอาหาร

สกุล	คะแนน	สกุล	คะแนน
Actinastrum	5	Gymnodinium	6
Acanthoceras	5	Gyrosigma	7
Achnanthes	6	Hantzschia	8
Amphora	6	Isthmochloron	5
Anabaena	8	Kirchneriella	5
Ankistrodesmus	7	Melosiera	5
Aphanocapsa	5	Merismopedia	9
Aphanothece	5	Micractinium	7
Aulacoseira	6	Micrasterias	2
Bacillaria	7	Microcystis	8
Botryococcus	4	Monoraphidium	7
Centritractus	4	Navicula	5
Ceratium	4	Nephrocytium	5
Chamydomonas	6	Nitzschia	9
Chlorella	6	Oocystis	6
Chroococcus	6	Oscilatoria	9
Closterium	6	Pandorina	6
Cocconeis	6	Pediastrum	7
Coelastrum	7	Peridiopsis	6
Cosmarium	2	Peridinium	6
Crucigenia	7	Phacus	8
Crucigeniella	7	Phormidium	9
Cryptomonas	8	Pinnularia	5
Cyclotella	2	Planktolyngbya	7
Cylindrospermopsis	7	Pseudanabaena	7
Cymbella	5	Rhizosolenia	6
Dictyosphaerium	7	Rhodomonas	8
Dinobryon	1	Scendesmus	8
Elakatothrix	3	Spirulina	9
Encyonema	6	Staurastrum	3
Epithemia	6	Staurodesmus	3
Euastrum	3	Stauroneis	5
Euglena	10	Surirella	6
Eunotia	2	Synedra	6
Fraglaria	5	Synura	8
Golenkinia	5	Tetraedron	6
Gomphonema	6	Trachelomonas	8
Gonium	6	Volvox	6

ที่มา : Peerapornpisal, Y., Pekkoh, J., Powangprasit, D., Tonkhamdee, T., Hongsirichat, A. and Kunpradid, T. 2007.Assessment of water quality in standing water by using dominant phytoplankton (AARL-PP Score). Journal of fisheries technology research, (1) : p.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินคุณภาพน้ำด้วยระบบคะแนนจากคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ (AARL-PC score)

1. การศึกษาคุณสมบัติน้ำบางประการในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบว่า

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	7.06 mg/l	score = 0.2
ปริมาณ BOD	12.81 mg/l	score = 0.7
การนำไฟฟ้า	539.8 mg/l	score = 0.9
ไนเตรท-ไนโตรเจน	0.56 mg/l	score = 0.4
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	4.09 mg/l	score = 0.7
ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส	0.35 mg/l	score = 0.3
คลอโรฟิลล์เอ	66.15 µg/l	score = 0.9
		Total= 4.1

2. การศึกษาคุณสมบัติน้ำบางประการในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบว่า

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	8.44 mg/l	score = 0.1
ปริมาณ BOD	11.85 mg/l	score = 0.7
การนำไฟฟ้า	541.60 mg/l	score = 0.9
ไนเตรท-ไนโตรเจน	0.54 mg/l	score = 0.4
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	3.73 mg/l	score = 0.7
ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส	0.31 mg/l	score = 0.3
คลอโรฟิลล์เอ	286.93 µg/l	score = 1
		Total= 4.1

สามารถจัดคุณภาพน้ำตามสถานะอาหารอยู่ระดับสารอาหารสูง (eutrotrophic status)และจัดตามคุณภาพน้ำทั่วไปอยู่ในระดับคุณภาพน้ำที่ไม่ดี (polluted)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ข-4 แสดงคะแนนมาตรฐานของคุณสมบัติน้ำที่ใช้ศึกษา AARL-PC score

DO (mg/l)	คะแนน	BOD (mg/l)	คะแนน	การนำไฟฟ้า (µS/cm)	คะแนน	ไนเตรท-ไนโตรเจน (mg/l)	คะแนน
>8	0.1	<0.25	0.1	<10	0.1	<0.05	0.1
7-8	0.2	0.25-0.5	0.2	10-20	0.2	0.05-0.1	0.2
6-7	0.3	0.5-1	0.3	20-40	0.3	0.1-0.3	0.3
5-6	0.4	1-2	0.4	40-70	0.4	0.3-0.8	0.4
4-5	0.5	2-4	0.5	70-100	0.5	0.8-1.5	0.5
3-4	0.6	4-10	0.6	100-150	0.6	1.5-3.0	0.6
2-3	0.7	10-20	0.7	150-230	0.7	3.0-10.0	0.7
1-2	0.8	20-40	0.8	230-400	0.8	10.0-20.0	0.8
0.5-1	0.9	40-80	0.9	400-550	0.9	20.0-40.0	0.9
<0.5	1.0	>80	1.0	>550	1.0	>40.0	1.0

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg/l)	คะแนน	ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (mg/l)	คะแนน	คลอโรฟิลล์เอในน้ำ (µg/l)	คะแนน
<0.10	0.1	<0.05	0.1	<0.05	0.1
0.1-0.2	0.2	0.05-0.2	0.2	0.05-0.2	0.2
0.2-0.4	0.3	0.2-0.4	0.3	0.2-1	0.3
0.4-0.8	0.4	0.4-0.8	0.4	1-2.5	0.4
0.8-1.5	0.5	0.8-1.5	0.5	2.5-5	0.5
1.5-3.0	0.6	1.5-3.0	0.6	5-10	0.6
3.0-5.0	0.7	3.0-5.0	0.7	10-20	0.7
5.0-10.0	0.8	5.0-10.0	0.8	20-50	0.8
10.0-20.0	0.9	10.0-20.0	0.9	50-150	0.9
>20.0	1.0	>20.0	1.0	>150	1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางสถิต

ตารางที่ ค-1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.184	1	5.184	2.338	.165
Within Groups	17.736	8	2.217		
Total	22.920	9			

H_0 : อุณหภูมิของอากาศจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : อุณหภูมิของอากาศจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .165 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0

สรุปได้ว่า อุณหภูมิอากาศจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ ค-2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.600	1	3.600	1.973	.198
Within Groups	14.596	8	1.824		
Total	18.196	9			

H_0 : อุณหภูมิของน้ำจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : อุณหภูมิของน้ำจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .198 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0

สรุปได้ว่า อุณหภูมิน้ำจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.007	1	.007	7.811	.108
Within Groups	.002	2	.001		
Total	.009	3			

H_0 : ความลึกจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ความลึกจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .108 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0

สรุปได้ว่า ความลึกจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ ค-4 ความสัมพันธ์ระหว่างการนำไฟฟ้าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.100	1	8.100	.025	.879
Within Groups	2638.000	8	329.750		
Total	2646.100	9			

H_0 : การนำไฟฟ้าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : การนำไฟฟ้าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .879 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0

สรุปได้ว่า การนำไฟฟ้าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.286	.608
Within Groups	.001	8	.000		
Total	.001	9			

H_0 : ความเค็มจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ความเค็มจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .608 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า ความเค็มจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ ค-6ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งละลายได้ทั้งหมดจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.000	1	10.000	.094	.768
Within Groups	855.600	8	106.950		
Total	865.600	9			

H_0 : ของแข็งละลายได้ทั้งหมดจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ของแข็งละลายได้ทั้งหมดจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มี ความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .768 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปได้ว่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ ค-7 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19.044	1	19.044	.774	.405
Within Groups	196.940	8	24.618		
Total	215.984	9			

H_0 : ความขุ่นจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ความขุ่นจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .405 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0

สรุปได้ว่า ความขุ่นจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ ค-8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2532102.400	1	2532102.400	95.719	.000
Within Groups	211627.200	8	26453.400		
Total	2743729.600	9			

H_0 : ความเข้มแสงจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ความเข้มแสงจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่า ความเข้มแสงจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ ค-9 ความสัมพันธ์ระหว่างการส่องผ่านแสงจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.005	1	.005	.712	.423
Within Groups	.054	8	.007		
Total	.059	9			

H_0 : การส่องผ่านแสงจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H_1 : การส่องผ่านแสงจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน
การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .423 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0
สรุปได้ว่า การส่องผ่านแสงจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ ค-10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.081	1	.081	.504	.498
Within Groups	1.286	8	.161		
Total	1.367	9			

H_0 : ความเป็นกรด-ด่างจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน
H_1 : ความเป็นกรด-ด่างจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน
การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .498 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0
สรุปได้ว่า ความเป็นกรด-ด่างจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ ค-11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.012	1	.012	.348	.571
Within Groups	.266	8	.033		
Total	.277	9			

H_0 : ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน
H_1 : ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน
การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .571 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0
สรุปได้ว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-12 ความสัมพันธ์ระหว่างออร์โธฟอสเฟตจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.004	1	.004	.235	.641
Within Groups	.150	8	.019		
Total	.155	9			

H_0 : ปริมาณออร์โธฟอสเฟตจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ปริมาณออร์โธฟอสเฟตจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .641 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0

สรุปได้ว่า ปริมาณออร์โธฟอสเฟตจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ ค-13 ความสัมพันธ์ระหว่างเจลดาห์ลไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.019	1	.019	.005	.947
Within Groups	33.515	8	4.189		
Total	33.534	9			

H_0 : เจลดาห์ลไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : เจลดาห์ลไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .947 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0

สรุปได้ว่า เจลดาห์ลไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ ค-14 ความสัมพันธ์ระหว่างไนเตรทไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.002	1	.002	.351	.570
Within Groups	.039	8	.005		
Total	.040	9			

H_0 : ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .570 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปได้ว่าปริมาณไนเตรทไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ ค-15 ความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนละลายน้ำจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.733	1	4.733	3.634	.093
Within Groups	10.419	8	1.302		
Total	15.152	9			

H_0 : ค่าออกซิเจนละลายน้ำจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ค่าออกซิเจนละลายน้ำจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .093 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0

สรุปได้ว่า ออกซิเจนละลายน้ำจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ ค-16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.849	1	1.849	.564	.474
Within Groups	26.232	8	3.279		
Total	28.081	9			

H_0 : ค่าบีโอดีจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ค่าบีโอดีจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .474 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0

สรุปได้ว่า ค่าบีโอดีจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-17 ความสัมพันธ์ระหว่างแอมโมเนียไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.331	1	.331	.129	.728
Within Groups	20.484	8	2.560		
Total	20.815	9			

H_0 : แอมโมเนียไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : แอมโมเนียไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .728 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า แอมโมเนียไนโตรเจนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ ค-18 ความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2

ANOVA

e

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	121857.313	1	121857.313	8.484	.020
Within Groups	114905.997	8	14363.250		
Total	236763.311	9			

H_0 : ปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยจุดเก็บตัวอย่างที่ 1และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า Sig. เท่ากับ .020 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่าปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้