

การตรวจติดตามคุณภาพน้ำและความหลากหลายทางชีวภาพ
ของแพลงก์ตอนพืชในสระเก็บน้ำพระราม 9 จังหวัดปทุมธานี
ระหว่างปี พ.ศ.2554-2555

WATER QUALITY MONITORING AND BIODIVERSITY
OF PHYTOPLANKTON IN THE RAMA IX LAKE,
PATHUMTHANI PROVINCE FROM 2011 TO 2012

วสิวรรณ แฉ่งประเสริฐ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การตรวจติดตามคุณภาพน้ำและความหลากหลายทางชีวภาพ
ของแพลงก์ตอนพืชในสระเก็บน้ำพระราม 9 จังหวัดปทุมธานี
ระหว่างปี พ.ศ.2554-2555

วไลยวรรณ แฉ่งประเสริฐ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การตรวจติดตามคุณภาพน้ำและความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช
ในสระเก็บน้ำพระราม 9 จังหวัดปทุมธานี ระหว่างปี พ.ศ.2554-2555

Water Quality Monitoring and Biodiversity of Phytoplankton

in the Rama IX Lake, Pathumthani Province from 2011 to 2012

ชื่อ - นามสกุล

นางสาววดีวรรณ แฉ่งประเสริฐ

สาขาวิชา

ชีววิทยาประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริแซ พงษ์สวัสดิ์, วท.ค.

ปีการศึกษา

2556

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ประธานกรรมการ

(อาจารย์อนันต์ บุญปาน, ปร.ค.)



กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริแซ พงษ์สวัสดิ์, วท.ค.)



กรรมการ

(อาจารย์สุทธรธรรม สุพรรณ, วท.ค.)



กรรมการ

(อาจารย์รัฐกรณ์ ว่องพิพัฒนานนท์, วท.ค.)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริแซ พงษ์สวัสดิ์, วท.ค.)

วันที่ 6 เดือน ตุลาคม พ.ศ.2556

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจติดตามคุณภาพน้ำและความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในสระเก็บน้ำพระราม 9 จังหวัดปทุมธานี ระหว่างปี พ.ศ.2554-2555
ชื่อ - นามสกุล	นางสาวลิวรรณ แฉ่งประเสริฐ
สาขาวิชา	ชีววิทยาประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริแข พงษ์สวัสดิ์, วท.ค.
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจติดตามคุณภาพน้ำและศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในสระเก็บน้ำพระราม 9 จังหวัดปทุมธานี โดยเก็บตัวอย่างน้ำและแพลงก์ตอนพืชทุกเดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 ในบริเวณ 2 จุดเก็บตัวอย่าง คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปัจจัยคุณภาพน้ำที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ปัจจัยทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ โลหะหนักบางประการ และศึกษาปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการประเมินคุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำ เมื่อพิจารณามาตรฐานน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2537 โดยเฉพาะค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ไนโตรเจน-ไนโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล โคลิฟอร์ม ทองแดง แมงกานีส สารหนู และปรอท สามารถจัดคุณภาพน้ำทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างให้อยู่ในประเภท 2-3 คือ สามารถนำน้ำไปอุปโภคและบริโภคได้ โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน จากการศึกษาโลหะหนักในน้ำ พบตะกั่วในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 0.063 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกินมาตรฐานน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ที่ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบโครเมียมในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2555 ที่ระดับความลึก 1 เมตร เท่ากับ 0.129 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกินค่ากำหนดเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพขององค์การอนามัยโลกและเกินมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 7 ดิวิชัน 81 สปีชีส์ ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบทั้งหมด 7 ดิวิชัน 79 สปีชีส์ พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง คือ *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju รองลงมา คือ *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek, *Peridiniopsis cunningtonii* Lemmermann และ *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg เมื่อพิจารณาคูณภาพน้ำตามระดับสารอาหาร พบว่าทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง สามารถ

จัดคุณภาพอยู่ในระดับสารอาหารปานกลางได้ ยกเว้นเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2555 สามารถจัดอยู่ในระดับสารอาหารปานกลางถึงระดับสารอาหารสูง

จากการศึกษาสรุปได้ว่าน้ำภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 สามารถนำไปใช้เพื่ออุปโภคและบริโภคได้ โดยต้องผ่านการบำบัดโลหะหนักคือ ตะกั่ว และ โครเมียมเสียก่อน และพบ *C. raciborskii* มีปริมาณชีวภาพแพลงก์ตอนพืชสูงสุดภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 ตลอดการวิจัย ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพในการบ่งชี้คุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 ได้

คำสำคัญ: การตรวจติดตามคุณภาพน้ำ ความหลากหลายทางชีวภาพ แพลงก์ตอนพืช สระเก็บน้ำพระราม 9



Thesis Title	Water Quality Monitoring and Biodiversity of Phytoplankton in the Rama IX Lake, Pathumthani Province from 2011 to 2012
Name - Surname	Miss Waleewan Changpasert
Program	Applied Biology
Thesis Advisor	Assistant Professor Sirikhae Pongswat, Ph.D.
Academic Year	2013

ABSTRACT

The objectives of this research were to monitor water quality and to study the phytoplankton biodiversity in the Rama IX Lake, Pathumthani Province. Water samples and phytoplankton were collected monthly from December 2011 to November 2012 at 2 sampling sites. Sampling site 1 was the center of the Rama IX Lake and sampling site 2 was where raw water was collected to produce RMUTT water supply. The physical, chemical, and biological parameters, some heavy metals, and the phytoplankton biovolume were studied in order to determine the quality of water in the Rama IX Lake.

The study of water quality was based on the standards of surface water defined by the National Environmental Board of Thailand (1994) with focuses on the amount of pH, DO, NO₃-N, NH₃-N, Total and Fecal Coliform Bacteria, Cu, Mn, As and Hg. It was found that the water quality in both sampling sites was classified in the second to third category and suitable for household consumption after having been through a proper process of water treatment. Concerning the heavy metals at sampling site 1, it was found that the amount of lead in December 2011 was at 0.063 mg/L, which was higher than the standards amount (not exceed 0.05 mg/L) determined by the Thai Government for Surface Water and the amount of chromium was the highest concentration at sampling site 2 in May 2012 at the depth of 1 meter with the value of 0.129 mg/L which exceeded the health based guideline set by the WHO and the determined standard of 0.05 mg/L set by Thailand for surface water. Concerning the phytoplankton biodiversity, 81 species in 7 divisions of phytoplankton were found in sampling site 1; and 79 species in 7 divisions in sampling site 2. In addition, *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju followed by *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek, *Peridiniopsis cunningtonii* Lemmermann and *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg were found to be the dominant species in both sampling sites. With regard to the trophic level, the water of both sampling sites could be classified as

mesotrophic status, except in December 2011 to January 2012; the water could be classified as mesotrophic to eutrophic status.

It can be concluded that water in the Rama IX Lake is suitable for household consumption after having been through a proper process of the treatment of these heavy metals: lead and chromium. *C. raciborskii* found to be the dominant species, and the highest biovolume of phytoplankton found throughout the study can be used as bio-indicators to determine water quality in the Rama IX Lake.

Keywords: water quality monitoring, biodiversity, phytoplankton, Rama IX Lake



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดี วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วย ความกรุณาและความอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริแข พงษ์สวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้ความรู้ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะในการแก้ไข ปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย จนสำเร็จ ลุล่วงด้วยดี ผู้ทำการศึกษาวิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.อนันต์ บุญปาน ประธานกรรมการสอบ ดร.สุททวรรณ สุพรรณ และ ดร.รัฐกรณ์ ว่องพิพัฒนานนท์ กรรมการสอบ ที่ได้ให้ความกรุณาเสียสละเวลาให้คำแนะนำในการแก้ไข ตรวจสอบวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ อาจารย์มังกร กิตติพัฒน์มนตรี ภาควิชาเคมี สถาบันวิจัยเคมี ที่ช่วยเหลือในการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างทางเคมีบางประการ รวมทั้งขอขอบพระคุณ คุณสนั่น รอดน้อย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการขับเรือเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำ ผู้วิจัย ขอขอบคุณ นางสาวเบญจมาภรณ์ รุจิตร นายฉัตรพล ชาวสวน และนายสิทธิกร โอภาสกุล รวมทั้งนักศึกษา ปริญญาตรีที่คอยเสียสละเวลาให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างน้ำ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ทางชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และ อุปกรณ์ต่างๆ สำหรับงานวิจัยนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ พร้อมทั้งมอบความดีทั้งหมดนี้ให้แก่ คุณพ่อสุทิน และ คุณแม่บุญนาย แฉ่งประเสริฐ ผู้คอยอบรมสั่งสอนในสิ่งดีงาม คอยช่วยเหลือ สนับสนุน ห่วงใย และเป็นกำลังใจที่คืออย่างยิ่ง ตลอดเวลา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจ และสามารถนำความรู้ดังกล่าวไปต่อยอดประยุกต์ใช้ เพื่อเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในอนาคตต่อไป และถ้าหาก วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขอกราบขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

วลีวรรณ แฉ่งประเสริฐ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(5)
กิตติกรรมประกาศ.....	(7)
สารบัญ.....	(8)
สารบัญตาราง.....	(10)
สารบัญรูป.....	(13)
คำอธิบายสัญลักษณ์คำย่อ.....	(17)
บทที่ 1 บทนำ.....	18
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	18
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	19
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	19
1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	20
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	20
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
2.1 โครงการสระเก็บน้ำพระราม 9 อันเนื่องมาจากพระราชดำริ.....	21
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแพลงก์ตอนพืช.....	23
2.3 มหาอุทกภัยที่เกิดขึ้นในประเทศไทย พ.ศ.2554.....	26
2.4 ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมบางประการที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ.....	27
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	34
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	38
3.1 อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	38
3.2 วิธีการวิจัย.....	39
3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.....	43
3.4 สถานที่ทำการวิจัย.....	43
3.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง.....	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย.....	44
4.1 ปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี โลหะหนักและชีวภาพบางประการ.....	44
4.2 การศึกษาแหล่งกักต่อน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	93
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกักต่อน้ำกับคุณภาพน้ำบางประการ.....	116
4.4 คุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี.....	123
4.5 โลหะหนักและแนวทางการบำบัด.....	124
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	129
บรรณานุกรม.....	131
ภาคผนวก.....	143
ภาคผนวก ก.....	144
ภาคผนวก ข.....	159
ภาคผนวก ค.....	169
ภาคผนวก ง.....	177
ประวัติผู้เขียน.....	185

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบทั้งหมดภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	97
ตารางที่ 4.2 แพลงก์ตอนพืชที่พบในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำและจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (✓ = พบ - = ไม่พบ).....	112
ตารางที่ 4.3 แสดงการศึกษาสหสัมพันธ์ (correlation) คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และโลหะหนักบางประการกับแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นใน จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	121
ตารางที่ 4.4 แสดงการศึกษาสหสัมพันธ์ (correlation) คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และโลหะหนักบางประการกับแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นใน จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	122
ตารางภาคผนวก	
ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	145
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	145
ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความลึกที่แสงส่องถึง (เมตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	146
ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	146
ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	147
ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	147

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	148
ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตรต่อแคลเซียมคาร์บอเนต) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	148
ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	149
ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	149
ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	150
ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่าง เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	150
ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	151
ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่าง เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	151
ตารางที่ 15 ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	152
ตารางที่ 16 ปริมาณทองแดง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	152
ตารางที่ 17 ปริมาณแมงกานีส (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	152
ตารางที่ 18 ปริมาณโครเมียม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	153
ตารางที่ 19 ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	153
ตารางที่ 20 ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	153

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 21 ปริมาณสารหนู (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	154
ตารางที่ 22 ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	154
ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	155
ตารางที่ 24 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	155
ตารางที่ 25 แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร) ระหว่าง เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	155
ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และปริมาตรชีวภาพ ของแพลงก์ตอนพืช ที่พบในแต่ละระดับความลึกในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำ พระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	156
ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช ที่พบในระดัปลึก 1 และ 4 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบเพื่อนำ มาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	157
ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน (mm.) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	158
ตารางที่ 29 ขนาด รูปร่างทั่วไป รูปร่างเชิงคณิตศาสตร์ และปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช ที่พบในสระเก็บน้ำ พระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2555 (CE = จำนวนจากเซลล์, CO = จำนวนจากโคโลนี).....	164
ตารางที่ 30 ค่ามาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดิน.....	170
ตารางที่ 31 ค่ากำหนดเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพขององค์การอนามัยโลก.....	173
ตารางที่ 32 ช่วงคุณภาพน้ำตามดัชนีตัวแปรในทะเลสาบเขตร้อน.....	174
ตารางที่ 33 ชนิดเด่นของสาหร่ายตามการจัดระดับชั้นน้ำ.....	174
ตารางที่ 34 การจัดชั้นน้ำตามระดับความมกน้อยของสารอาหาร คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการ สาหร่ายที่เป็นชนิดเด่นและสาหร่ายที่พบเห็นได้ทั่วไป ในชั้นน้ำระดับต่างๆ.....	175

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.1 แผนที่สระเก็บน้ำพระราม 9.....	40
รูปที่ 4.1 อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	45
รูปที่ 4.2 อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	47
รูปที่ 4.3 ความลึกที่แสงส่องถึง (เมตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	49
รูปที่ 4.4 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานีระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	51
รูปที่ 4.5 ปริมาณของแข็งละลายในน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	53
รูปที่ 4.6 ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	55
รูปที่ 4.7 ค่าความเป็นกรด-ด่าง บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่าง เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	57
รูปที่ 4.8 ค่าความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อแคลเซียมคาร์บอเนต) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	59
รูปที่ 4.9 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	61
รูปที่ 4.10 ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555	63
รูปที่ 4.11 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	65
รูปที่ 4.12 ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	67
รูปที่ 4.13 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	69

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.14 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	71
รูปที่ 4.15 ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	73
รูปที่ 4.16 ปริมาณทองแดง (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	75
รูปที่ 4.17 ปริมาณแมงกานีส (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	77
รูปที่ 4.18 ปริมาณโครเมียม (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	79
รูปที่ 4.19 ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัย.....	80
รูปที่ 4.20 ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	82
รูปที่ 4.21 ปริมาณสารหนู (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	84
รูปที่ 4.22 ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	86
รูปที่ 4.23 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	88
รูปที่ 4.24 ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร) บริเวณ สระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	90
รูปที่ 4.25 ปริมาณฟิโคล โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร) บริเวณ สระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555	92

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.26 จำนวนสปีชีส์ของแพลงก์ตอนพืชแต่ละดิวิชันในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555	101
รูปที่ 4.27 จำนวนสปีชีส์ของแพลงก์ตอนพืชแต่ละดิวิชันในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555	101
รูปที่ 4.28 ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชแต่ละดิวิชันในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	102
รูปที่ 4.29 ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชแต่ละดิวิชันในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555	102
รูปที่ 4.30 ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละระดับความลึกในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555	103
รูปที่ 4.31 ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละระดับความลึกในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555	104
รูปที่ 4.32 ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละระดับความลึกในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555	104
รูปที่ 4.33 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรชีวภาพแพลงก์ตอนพืชแต่ละดิวิชันในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555	105
รูปที่ 4.34 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรชีวภาพแพลงก์ตอนพืชแต่ละดิวิชันในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบ ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	105

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.35 การวิเคราะห์ PCA เพื่อหาแหล่งกักต่อนพีชชนิดเด่นที่พบในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่าง เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555	106
รูปที่ 4.36 การวิเคราะห์ PCA เพื่อหาแหล่งกักต่อนพีชชนิดเด่นที่พบในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	107
รูปที่ 4.37 แหล่งกักต่อนพีชชนิดเด่นที่พบในบริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 และจุดสูบน้ำดิบ เพื่อทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555	108
รูปที่ 4.38 ปริมาตรชีวภาพของแหล่งกักต่อนพีชชนิดเด่นในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของ สระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	109
รูปที่ 4.39 ปริมาตรชีวภาพของแหล่งกักต่อนพีชชนิดเด่นในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	109
รูปที่ 4.40 การเปรียบเทียบจำนวนแหล่งกักต่อนพีชชนิดเด่นแต่ละเดือนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	110
รูปที่ 4.41 การเปรียบเทียบจำนวนแหล่งกักต่อนพีชชนิดเด่นแต่ละเดือนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	111
รูปที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกักต่อนพีชชนิดเด่นกับปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางน้ำ ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	118
รูปที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกักต่อนพีชชนิดเด่นกับปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบฯ ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	119
รูปที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกักต่อนพีชชนิดเด่นกับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณแอมโมเนียในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	120

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ND	ไม่สามารถตรวจสอบได้ (Non detectable)
Water temp	อุณหภูมิน้ำ
Sec depth	ความลึกที่แสงส่องถึง
Cond.	ค่าการนำไฟฟ้า
DO	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ
BOD	ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์
NO ₃ -N	ไนเตรท-ไนโตรเจน
TP	ฟอสฟอรัสรวม
SRP	ฟอสเฟตที่ละลายในน้ำ
NH ₃ -N	แอมโมเนีย-ไนโตรเจน
SS	ของแข็งแขวนลอยในน้ำ
TDS	ของแข็งละลายในน้ำทั้งหมด
Fecal CB	แบคทีเรียกลุ่มฟีคัล โคลิฟอร์ม
Total CB	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด
Cylrac	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju
Pselim	<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek
Travol	<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg
Percun	<i>Peridiniopsis cunningtonii</i> Lemmermann

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สระเก็บน้ำพระราม 9 เป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่ได้พระราชทานพระราชดำริให้กรมชลประทานร่วมกับส่วนราชการที่เกี่ยวข้องดำเนินการก่อสร้างสระเก็บน้ำเอนกประสงค์แห่งนี้นี้ขึ้นมา สระเก็บน้ำพระราม 9 ตั้งอยู่ระหว่างคลองระบายน้ำรังสิต 5 และคลองระบายน้ำรังสิต 6 ระหว่างอำเภอคลองหลวง และอำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี [1] โดยสามารถกักเก็บน้ำได้ทั้งหมดประมาณ 10 ล้านลูกบาศก์เมตร สระเก็บน้ำพระราม 9 มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อประชาชนทั้งในเขตจังหวัดปทุมธานีและกรุงเทพมหานครบางส่วน เป็นแหล่งเก็บกักน้ำปริมาณมากสำหรับพื้นที่ใกล้เคียงสระเก็บน้ำดังกล่าวได้ใช้ทำนาปรังและปลูกพืชต่างๆในช่วงแห้งแล้ง และเป็นโครงการแก้มลิงที่จะช่วยบรรเทาปัญหาน้ำท่วมพื้นที่ตอนล่าง โครงการได้เป็นอย่างดี [2] และเพื่อประโยชน์ในการอุปโภค บริโภคของหน่วยงานต่างๆ บริเวณรอบสระเก็บน้ำพระราม 9 รวมทั้งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ได้สูบน้ำดิบมาใช้ในการนำไปทำน้ำประปาด้วย

จากเหตุการณ์มหาอุทกภัยที่เกิดขึ้นกับประเทศไทยในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2554 ที่ผ่านมา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีเป็นหน่วยงานหนึ่งจากหลายๆ หน่วยงานที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดอุทกภัยในครั้งนี้ ส่งผลให้สระเก็บน้ำพระราม 9 ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบที่ทางมหาวิทยาลัยใช้ในการนำไปทำน้ำประปา และใช้กับทุกหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัยฯ ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์มหาอุทกภัยเช่นกัน

ดังนั้น ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาและอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงได้จัดทำงานวิจัยในการตรวจติดตามคุณภาพน้ำสระเก็บน้ำพระราม 9 รวมทั้งศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช เพื่อนำมาใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพร่วมกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมีเป็นระยะเวลา 1 ปี เพื่อที่ทางมหาวิทยาลัยฯจะได้ทราบถึงข้อมูลคุณภาพน้ำอันจะนำไปสู่การวางแผนในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อนำไปใช้ในการอุปโภค บริโภคสำหรับบุคลากร นักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีได้อย่างเหมาะสมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของสระเก็บน้ำพระราม 9 จังหวัดปทุมธานี

1.2.2 เพื่อศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในสระเก็บน้ำพระราม 9 จังหวัดปทุมธานี

1.2.3 เพื่อตรวจติดตามคุณภาพน้ำบริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบในการนำน้ำมาทำน้ำประปา และหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบในการทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีต่อไป

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

สระเก็บน้ำพระราม 9 เป็นสระเก็บน้ำขนาดใหญ่ ตั้งอยู่ระหว่างคลองระบายน้ำรังสิต 5 และคลองระบายน้ำรังสิต 6 ที่ตำแหน่งละติจูด $14^{\circ} 02'$ ลองจิจูด $100^{\circ} 44'$ ระหว่างอำเภอคลองหลวง และอำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ประกอบด้วย 2 สระย่อยที่เชื่อมถึงกัน [1] ได้แก่

สระเก็บน้ำที่ 1 มีพื้นที่ประมาณ 1,264 ตารางกิโลเมตร ความจุของปริมาตรน้ำประมาณ 7,820,000 ลูกบาศก์เมตร เพื่อรับน้ำจากคลองระบายน้ำรังสิต 6

สระเก็บน้ำที่ 2 มีพื้นที่ประมาณ 2,864 ตารางกิโลเมตร ความจุของปริมาตรน้ำประมาณ 17,400,000 ลูกบาศก์เมตร เพื่อรับน้ำจากคลองระบายน้ำรังสิต 5

ผู้วิจัยเลือกจุดเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิจัยบริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำที่ 2 เนื่องจากเป็นสระที่มีความลึกที่สุดของแหล่งน้ำนี้ และสามารถใช้เป็นตัวแทนของแหล่งน้ำทั้งหมดได้ [3] ซึ่งงานวิจัยของสิริแซ [1] ได้ทำการหาจุดที่ลึกที่สุดของสระเก็บน้ำ โดยการทำแผนที่แสดงระดับความลึก (contour line) ไว้เรียบร้อยแล้ว นอกจากนี้ยังเป็นสระที่ตั้งของจุดเก็บตัวอย่างบริเวณจุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณดังกล่าวที่ระดับความลึก 1, 5, 10, 15 และ 20 เมตร (โดยขึ้นอยู่กับระดับน้ำในแต่ละเดือน) การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างตามระดับความลึกของแหล่งน้ำดังกล่าว จะอาศัยหลักการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของแพลงก์ตอนพืชภายในแหล่งน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับอิทธิพลของแสงที่ส่องผ่านลงสู่แหล่งน้ำ [3, 4, 5] ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปา จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับ 2 ความลึก คือ ที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตร โดยที่ระดับความลึก 4 เมตรจะเป็นที่ตั้งของท่อสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

1.3.2 ขอบเขตเนื้อหางานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการกับแพลงก์ตอนพืชภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการใช้แพลงก์ตอนพืชมาประเมินคุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 จังหวัดปทุมธานี และตรวจติดตามคุณภาพน้ำบริเวณสระเก็บ

น้ำพระราม 9 ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบในการนำมาทำน้ำประปา เพื่อหาแนวทางมาตรการการแก้ไขในการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบในการทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีต่อไป

1.3.3 ขอบเขตของเวลาที่ทำการวิจัย

ทำการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกเดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 ระยะเวลา 1 ปี

1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย

น้ำเป็นของเหลวที่มีมากที่สุดบนผิวโลก น้ำบริสุทธิ์จะไม่มีรส ไม่มีกลิ่น และไม่มีสี [3] สถานะของน้ำเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาโดยผ่านกระบวนการกลายเป็นไอ ตกลงสู่พื้นโลก [6] น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อมนุษย์ทั้งทางด้านอุปโภค บริโภค อุตสาหกรรม การเกษตร การชลประทาน ฯลฯ ดังนั้นการนำน้ำมาใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและคำนึงถึงผลเสียที่จะตามมาด้วย โดยเฉพาะการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ส่งผลให้แหล่งน้ำนั้นๆ มีแนวโน้มที่เสื่อมโทรมลง ในปัจจุบันการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาคุณภาพชีวิตมีความสำคัญอย่างมากที่ทำให้เราทราบถึงสภาพและแนวโน้มของสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตที่มีความสำคัญควบคู่กันไป ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาและวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เพื่อการป้องกันแก้ไขอย่างทันท่วงที สำหรับการศึกษาคูณภาพน้ำจะมีการศึกษาทั้งทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ [7] และยังมีศึกษาคูณภาพน้ำทางชีวภาพร่วมด้วย หากทราบถึงคูณภาพน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ แล้วจะสามารถวิเคราะห์สถานการณ์และเป็นแนวทางในการป้องกันแก้ไขฟื้นฟูสภาพแวดล้อมในแหล่งน้ำนั้นๆ ต่อไปได้ การศึกษาคูณภาพน้ำทางชีวภาพซึ่งงานวิจัยนี้เลือกศึกษาคือการ ใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีบ่งชี้คูณภาพน้ำร่วมกับการศึกษาคูณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี โดยแพลงก์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญต่อห่วงโซ่อาหารของสัตว์น้ำ [8] จัดเป็นผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิที่ถ่ายทอดพลังงานในรูปสารอินทรีย์ไปยังแพลงก์ตอนสัตว์และสัตว์น้ำได้ และที่สำคัญคือแพลงก์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีศักยภาพสูงในการประเมินคูณภาพน้ำร่วมกับคูณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการเจริญที่สภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถนำแพลงก์ตอนพืชมาใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพบ่งชี้คูณภาพน้ำได้เป็นอย่างดี [9]

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงคูณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของสระเก็บน้ำพระราม 9 จังหวัดปทุมธานี

1.5.2 ทราบถึงความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในสระเก็บน้ำพระราม 9 จังหวัดปทุมธานี

1.5.3 สามารถตรวจติดตามคูณภาพน้ำบริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบสำหรับนำมาทำน้ำประปา และหามาตรการการแก้ไขปรับปรุงคูณภาพน้ำดิบในการนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำ คือของเหลวที่มีมากที่สุดบนโลก น้ำบริสุทธิ์จะไม่มีรส ไม่มีกลิ่น และไม่มีสี เราสามารถพบน้ำได้ในหลายสถานะได้แก่ ห้วย คลอง หนอง บึง ทะเล แม่น้ำ และทะเลสาบ [3] น้ำสามารถเปลี่ยนรูปได้หลายรูปแบบ เช่น ฝน ลูกเห็บ เมฆ ไอ น้ำ และหิมะ เป็นต้น สถานะของน้ำเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาโดยผ่านกระบวนการกลายเป็นไอ ตกกลับสู่พื้นโลกและเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก โดยเฉพาะมนุษย์มีการนำน้ำไปใช้ในการอุปโภค บริโภค การเกษตร และการคมนาคม เป็นต้น

2.1 โครงการสระเก็บน้ำพระราม 9 อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

2.1.1 ความเป็นมาของโครงการสระเก็บน้ำพระราม 9 อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

โครงการสระเก็บน้ำพระราม 9 ถือเป็นโครงการหนึ่งอันเนื่องมาจากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้พลเอกเปรม ติณสูลานนท์ นำเจ้าหน้าที่จากส่วนราชการมาเข้าเฝ้าทูลละอองธุลีพระบาท ณ พระตำหนักจิตรลดารโหฐานเมื่อวันที่ 19 เมษายน พ.ศ.2531 เพื่อน้อมเกล้าฯ ถวายที่ดินบริเวณดังกล่าวข้างต้น เพื่อใช้ดำเนินการในนามมูลนิธิชัยพัฒนา จากนั้นพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทานพระราชดำริให้สำนักงานเลขาธิการมูลนิธิชัยพัฒนา สำนักงานคณะกรรมการพิเศษและกรมชลประทานร่วมกับส่วนราชการที่เกี่ยวข้องประสานงานดำเนินการก่อสร้างแหล่งน้ำเอนกประสงค์ในเขตที่ดินดังกล่าวด้วยวิธีที่เหมาะสม เมื่อโครงการก่อสร้างดำเนินการเสร็จแล้ว จะเป็นโครงการหนึ่งในโครงการพระราชดำริที่ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างยิ่งต่อประชาชนทั้งในเขตจังหวัดปทุมธานี และกรุงเทพมหานครบางส่วน โดยสระเก็บน้ำพระราม 9 เป็นแหล่งเก็บน้ำปริมาณมากสำหรับท้องที่ดังกล่าวไว้ใช้เพื่อทำนาปรังและปลูกพืชต่างๆ ในช่วงแห้งแล้ง และในช่วงปริมาณน้ำมากอาจแบ่งไปใช้ในการบรรเทาน้ำเน่าเสียตามคูคลอง [3] และชุมชนบางแห่งในเขตกรุงเทพมหานคร และเขตปริมณฑล นอกจากนี้ สระเก็บน้ำพระราม 9 ยังทำหน้าที่ช่วยกักเก็บน้ำในฤดูน้ำหลากและช่วยบรรเทาปัญหาน้ำท่วมในเขตพื้นที่ใกล้เคียง [1]

2.1.2 ลักษณะทั่วไปของสระเก็บน้ำพระราม 9 อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

สระเก็บน้ำพระราม 9 เป็นโครงการที่ตั้งอยู่ระหว่างคลองระบายน้ำรังสิต 5 และคลองระบายน้ำรังสิต 6 หรือตั้งอยู่ระหว่างอำเภอคลองหลวง และอำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ทางเข้าของโครงการสระเก็บน้ำพระราม 9 เริ่มต้นจากถนนสายรังสิต-นครนายก ด้านทิศเหนือไปตามคลองระบายน้ำรังสิต 5

มีระยะทางประมาณ 2 กิโลเมตร ส่วนทางด้านทิศเหนือไปตามคลองระบายน้ำรังสิต 6 ระยะทางประมาณ 2.3 กิโลเมตร [10] สภาพโดยรอบบริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 มีลักษณะเป็นที่ลุ่ม ชาวบ้านส่วนใหญ่ใช้ประกอบอาชีพทำนา ที่ดินค่อนข้างรกร้าง มีต้นไม้ เจริญอยู่เต็มพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง บ้านเรือนราษฎรจะอาศัยอยู่ตามแนวริมคลองทางด้านทิศตะวันออก และทิศตะวันตกของพื้นที่ดังกล่าว โครงการสระเก็บน้ำพระราม 9 มีพื้นที่โครงการทั้งหมด 4,128 ตารางกิโลเมตร 2 งาน 10 ตารางวา สระเก็บน้ำพระราม 9 ตั้งอยู่ที่ความสูง 40 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล โดยสระเก็บน้ำแห่งนี้แยกเป็น 2 สระ [1] มีทางน้ำเชื่อมถึงกันได้ ประกอบไปด้วย

สระเก็บน้ำที่ 1 มีพื้นที่ประมาณ 1,264 ตารางกิโลเมตร ความจุของปริมาตรน้ำประมาณ 7,820,000 ลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่ผิวทะเลสาบ 1,264,000 ตารางเมตร ความลึกเฉลี่ยเท่ากับ 6.187 เมตร ระดับความลึกที่สุดของสระเก็บน้ำ เท่ากับ 19.63 เมตร ทำหน้าที่รับน้ำจากคลองระบายน้ำรังสิต 6

สระเก็บน้ำที่ 2 มีพื้นที่ประมาณ 2,864 ตารางกิโลเมตร ความจุของปริมาตรน้ำประมาณ 17,400,000 ลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่ผิวทะเลสาบ 2,864,000 ตารางเมตร ความลึกเฉลี่ยเท่ากับ 6.075 เมตร ระดับความลึกที่สุดของสระเก็บน้ำ เท่ากับ 21.63 เมตร ทำหน้าที่รับน้ำจากคลองระบายน้ำรังสิต 5

นอกจากนี้บริเวณพื้นที่โดยรอบสระเก็บน้ำพระราม 9 มีขนาดความกว้างประมาณ 50 เมตร และความยาวโดยรอบสระเก็บน้ำประมาณ 13 กิโลเมตร จัดเป็นพื้นที่ปลูกต้นไม้และจัดแต่งสวนเพื่อป้องกันตลิ่งถูกกัดเซาะจากคลื่นน้ำและกระแสน้ำ ส่วนประกอบสระเก็บน้ำอื่นๆ ได้แก่ ทางระบายน้ำเข้าออก สถานีสูบน้ำด้านทิศเหนือ เพื่อสูบน้ำออกคลองรังสิต 5 และสถานีสูบน้ำด้านทิศเหนือ เพื่อสูบน้ำออกคลองรังสิต 6 ประตูระบายน้ำออกแบบก่อสร้างโดยกรมชลประทาน นอกจากนี้ยังมีอาคารบังคับน้ำทั้งหมด 3 แห่ง ถนนโดยรอบโครงการสระเก็บน้ำพระราม 9 มีระยะทางประมาณ 12 กิโลเมตร โดยมีสะพานข้ามคลองเชื่อมระหว่างสระเก็บน้ำ 1 แห่ง [10] นอกจากนี้พื้นที่โดยรอบสระเก็บน้ำยังจัดให้เป็นพื้นที่ปลูกต้นไม้และจัดแต่งสวน เพื่อให้เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจแก่ประชาชนทั่วไปอีกด้วย

2.1.3 ประโยชน์ของสระเก็บน้ำพระราม 9 อันเนื่องมาจากพระราชดำริ [10]

2.1.3.1 เพื่อประโยชน์ในการจัดส่งน้ำให้กับพื้นที่นาปรังและการปลูกพืชต่างๆ บริเวณพื้นที่ตอนล่างของตำบลคลองห้า และตำบลคลองหก ในเขตอำเภอคลองหลวง และตำบลรังสิต ตำบลบึงขังไฮ ในเขตอำเภอรัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รวมถึงการให้ความช่วยเหลือบริเวณชุมชนที่ขาดแคลนน้ำบางส่วนในแถบโครงการชลประทานตอนล่าง

2.1.3.2 เพื่อเป็นแหล่งเก็บกักน้ำในฤดูน้ำหลากได้บางส่วน และช่วยบรรเทาปัญหาน้ำท่วมในบางพื้นที่บริเวณตอนล่างของกลุ่มน้ำเจ้าพระยาฝั่งตะวันออก นอกจากนี้ยังช่วยระบายน้ำเพื่อบรรเทาน้ำเน่าเสียจากคู คลองต่างๆ และชุมชนบางแห่งในกรุงเทพมหานครและจังหวัดในเขตปริมณฑลใกล้เคียงส่งผลให้น้ำในคู คลองมีคุณภาพน้ำดีขึ้น

2.1.3.3 เพื่อเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจของนักท่องเที่ยว เป็นจุดพักผ่อนทัศนียภาพบริเวณโดยรอบสระเก็บน้ำพระราม 9 และเป็นแหล่งท่องเที่ยวสำหรับประชาชนในจังหวัดปทุมธานี และจังหวัดใกล้เคียง นอกจากนี้ยังเป็นสถานที่สำหรับกิจกรรมทางน้ำบางประการ เช่น การพายเรือการตกปลา เป็นต้น

2.1.3.4 เพื่อประโยชน์ในการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคของหน่วยงานต่างๆ ที่ตั้งอยู่โดยรอบบริเวณโครงการสระเก็บน้ำพระราม 9 ได้แก่ การสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สถานที่ราชการกรมราชทัณฑ์ และพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ จังหวัดปทุมธานี เป็นต้น

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแพลงก์ตอนพืช

2.2.1 ความหมายของแพลงก์ตอนพืช

แพลงก์ตอน (plankton) หมายถึงสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตลอยอยู่ในน้ำ สุดแต่คลื่นน้ำและกระแสน้ำจะพัดพาให้เคลื่อนที่ไป เนื่องจากลักษณะทางกายภาพและขนาด ทำให้แพลงก์ตอนไม่สามารถรักษาการเคลื่อนที่ต้านต่อกระแสน้ำได้ [9] สิ่งมีชีวิตพวกแพลงก์ตอนแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) แพลงก์ตอนพืชคือ กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่สามารถดูดซับพลังงานและเปลี่ยนสารอนินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์ได้ เนื่องจากมีรงควัตถุภายในเซลล์หลายประเภท ดังนั้นแพลงก์ตอนพืชจึงมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ โดยทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตเบื้องต้นของห่วงโซ่อาหารภายในระบบนิเวศภาคพื้นน้ำ [6] แพลงก์ตอนพืชสามารถพบได้ทั้งในแหล่งน้ำจืดและน้ำเค็ม

2.2.2 การจัดจำแนกแพลงก์ตอนพืช

ลัดดา [8] แบ่งแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยี่ดเกาะออกเป็น 7 ดิวิชัน ได้แก่

2.2.2.1 ดิวิชันไซยาโนไฟตา (Division Cyanophyta)

คือกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีโครงสร้างนิวเคลียสคล้ายกับแบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดมีคุณสมบัติในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติทางชีวเคมีคล้ายกับแบคทีเรีย สาหร่ายกลุ่มนี้ถูกจัดแยกออกมาจากกลุ่มแบคทีเรีย เพราะสาหร่ายชนิดนี้มีคลอโรฟิลล์ เอ และมีการปล่อยก๊าซออกซิเจนลงสู่สิ่งแวดล้อมจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง สาหร่ายในดิวิชันนี้เป็นสิ่งมีชีวิตที่เก่าแก่ที่สุดในบรรดาสสิ่งมีชีวิตมีคลอโรฟิลล์อยู่ภายในเซลล์ ที่สำคัญคือสามารถพบสาหร่ายดิวิชันนี้ในสภาพที่วิฤติได้ เช่น สามารถพบได้บริเวณที่มีอุณหภูมิสูงมาก เช่น ในบ่อน้ำพุร้อนหรือบริเวณที่มีอากาศหนาวเย็น เช่น ในหิมะหรือบริเวณขั้วโลก เนื่องจากเซลล์ของสาหร่ายชนิดนี้มีเมือก (gelatinous sheath) ห่อหุ้มอยู่ จึงสามารถเก็บความชื้นไว้ในเซลล์ และสามารถเป็นฉนวนกันความร้อนและความเย็นให้กับเซลล์ได้ นอกจากนี้โมเลกุลของโปรตีนภายในโพรโทพลาซึมของสาหร่ายมีการจับตัวกันแน่น ซึ่งเป็นเหตุผลที่ช่วยให้เซลล์สาหร่ายมีชีวิตอยู่ได้ยาวนาน สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจัดเป็นกลุ่มที่มีจำนวนสาหร่ายมากที่สุดคือมีจำนวนมากถึง 7,500 สปีชีส์ หรืออาจพบมากกว่านี้ [9]

2.2.2.2 ดิวิชันคลอโรไฟตา (Division Chlorophyta)

กลุ่มสาหร่ายสีเขียวที่มีคลอโรพลาสต์ รงควัตถุพวกคลอโรฟิลล์ เอ และบีจำนวนมาก ซึ่งจะบดบังรงควัตถุสีอื่นๆไว้ ทำให้มองเห็นสาหร่ายส่วนใหญ่มีสีเขียวเหมือนหญ้า (grass-green algae)

นอกจากนี้ยังมีรงควัตถุจำพวกแคโรทีนและแซนโทฟิลล์อีกหลายชนิดอยู่ในคลอโรพลาสต์ และมีรูปร่างหลายแบบ จากคุณสมบัติเหล่านี้จึงสามารถนำมาใช้ในการจัดจำแนกชนิดสาหร่ายได้อย่างชัดเจน ซึ่งสาหร่ายชนิดนี้ จะพบได้ทั่วไปแทบทุกหนทุกแห่ง พบว่าประมาณ 10% ของสาหร่ายสีเขียวทั้งหมดเป็นสาหร่ายทะเล ส่วนอีก 90% ของสาหร่ายที่เหลือจะเป็นสาหร่ายในแหล่งน้ำจืด หรือสาหร่ายที่พบอยู่ในบรรยากาศ สาหร่ายที่อยู่ในแหล่งน้ำจืดนั้นอาจจะเจริญอยู่ในน้ำตื้นๆ หรือน้ำลึกที่แสงสามารถส่องถึง และสาหร่ายหลายชนิดมีสภาพเป็นแพลงก์ตอนพืชที่เจริญเติบโตโดยการยึดเกาะกับวัสดุต่างๆ บางชนิดก็ขึ้นอยู่บนก้อน หิน โคลน ทราเย เปลือกหอย หรือแม้กระทั่งบนลำต้นพืช สัตว์ หรือเจริญอยู่ในพืชหรือในสัตว์อื่นก็ได้ บางชนิดอาจเจริญอยู่ในดินหรือในเปลือกไม้ บางชนิดสปอร์อาจจะปนมากับฝุ่นละอองและบางชนิดอาจจะพบอยู่ในหิมะหรือน้ำแข็งก็ได้ สาหร่ายชนิดนี้มีประมาณ 450 ชนิด และ 7,500 สปีชีส์ [9]

2.2.2.3 ด้วชันบาซิลลารีโอไฟตา (Division Bacillariophyta)

สาหร่ายในกลุ่มนี้มีชื่อสามัญว่า ไดอะตอม (diatom) ลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยว หรือต่อกันเป็นเส้นสายคล้ายโซ่ ลักษณะของเซลล์เดี่ยวประกอบด้วยฝาหรือฟรัสตูล (frustule) 2 ฝามาครอบห่อหุ้มกันคล้ายจานเลี้ยงเชื้อ ฟรัสตูลมีสมมาตรแบบตรีมิติหรือแบบซิกซายขวาเท่ากัน ฝาด้านบนจะมีขนาดใหญ่กว่า เรียกว่า เอพิวาล์ว (epivalve) หรือเอพิธิคา (epitheca) ส่วนฝาด้านล่างจะเรียกว่า ไฮโปวาล์ว (hypovalve) หรือไฮโพธิคา (hypotheca) ฝาดังกล่าวประกอบด้วยเพกตินที่มีซิลิกาเข้าไปแทรกอยู่ สีของไดอะตอมเป็นสีของคลอโรพลาสต์ที่มีสีเหลืองส้มจนถึงสีน้ำตาล สามารถพบได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม พลังเซลล์เป็นสารพวกเพกตินที่มีซิลิกาเข้าไปแทรกอยู่บนผนังเซลล์มีลวดลาย ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอนพืช หรือบางชนิดจะเจริญยึดเกาะตามวัตถุพื้นท้องน้ำ เนื่องจากผนังเซลล์ของไดอะตอมเป็นสารพวกซิลิกาจึงสลายตัวได้ยาก เมื่อไดอะตอมในทะเลเกิดการตายลง ซากไดอะตอมเหล่านี้จะตกเป็นตะกอนทับถมนานนับล้านปี เรียกซากไดอะตอมเหล่านี้ว่า ไดอะโตไมท์หรือไดอะโตมาเซียสเอิร์ธ (diatomite or diatomaceous earth) โดยซากของไดอะตอมทั้งสองชนิดนี้จะประกอบไปด้วยสารพวกซิลิกอนไดออกไซด์ประมาณ 95% นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมได้ เช่น เครื่องกรองน้ำ เนื่องจากไดอะตอมไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่กรองจึงสามารถใช้เป็นฉนวนกันความร้อนในอุปกรณ์ไฟฟ้า ส่วนผสมในผงขัดเงาโลหะต่างๆ และเป็นส่วนผสมในยาสีฟัน [11] การดำรงชีวิตของไดอะตอมแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ไดอะตอมยึดเกาะ (benthic diatom) และ ไดอะตอมที่เป็นแพลงก์ตอน (planktonic diatom) [8]

2.2.2.4 ด้วชันคริสโตไฟตา (Division Chrysophyta)

สาหร่ายสีเขียวแกมเหลือง มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวหรือเซลล์อาจจะอยู่กันเป็นกลุ่ม เซลล์อาจมีแฟลกเจลลัมหรือไม่มีแฟลกเจลลัม พลังเซลล์มีลวดลายและอาจเป็นสารซิลิกา การจัดจำแนกใช้ตามระบบของ Bold and Wynne [12] ดังนั้นการจัดจำแนกด้วชันคริสโตไฟตาจึงต้องรวมเอากลุ่มสาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง (golden-brown algae) สาหร่ายสีเขียวแกมเหลือง (yellow-green algae) และพวกไดอะตอม (diatom) มาอยู่ด้วชันเดียวกัน แม้ว่ารูปร่างลักษณะหลายอย่างของเซลล์สาหร่ายทั้งสามกลุ่มจะแตกต่างกัน แต่มีลักษณะสำคัญที่เหมือนกันคือ การมีรงควัตถุแคโรทีนอยด์มากกว่าคลอโรฟิลล์อาหารที่สะสมภายในเซลล์

เป็นพวกคริปโตโซลามาไมนาแรน รวมทั้งลักษณะย่อยที่แตกต่างของสาหร่ายทั้งสามกลุ่ม คือปริมาณรงควัตถุที่มีในคลอโรพลาสต์นั่นเอง [9]

2.2.2.5 ดิวิชันไฟร์โรไฟตา (Division Pyrrophyta)

ไดโนแฟลกเจลเลตมีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยว มีแฟลกเจลลัมช่วยในการเคลื่อนที่ ดำรงชีวิตเป็นอิสระเป็นแพลงก์ตอนพบได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม นอกจากนี้ยังมีสาหร่ายในกลุ่มคริปโตไฟต์ (cryptophytes) ที่สามารถจัดอยู่ในดิวิชันนี้เช่นกัน เนื่องจากคริปโตไฟต์มีรงควัตถุไฟบิลิน และยังมีลักษณะตำแหน่งแฟลกเจลลัมที่ต่างกันจึงถูกแยกจากดิวิชันนี้ ลักษณะเด่นของสาหร่ายในดิวิชันนี้คือการมีแฟลกเจลลา 2 เส้นที่มีตำแหน่งต่างกัน โดยแต่ละเส้นอยู่ระนาบตั้งฉากซึ่งกันและกัน แฟลกเจลลัมยาวไม่เท่ากันเป็นเซลล์เดี่ยว โดยส่วนใหญ่จะมีรูปร่างค่อนข้างกลมหรือกลมรี แต่เซลล์ไม่สมมาตร [13]

2.2.2.6 ดิวิชันยูกลีโนไฟตา (Division Euglenophyta)

สาหร่ายในดิวิชันยูกลีโนไฟตา มีลักษณะหลายอย่างที่ทำให้ประสบปัญหาในการจัดจำแนก เนื่องจากมีเซลล์เดี่ยวและมีออร์แกเนลที่ใช้ในการเคลื่อนที่คือ แฟลกเจลลัม นอกจากนี้ยังมีอายสปอตทำหน้าที่รับแสงจึงสามารถจัดให้อยู่ในกลุ่มโปรโตซัวได้ ขณะเดียวกันก็ถูกจัดเป็นสาหร่ายด้วย เนื่องจากมีรงควัตถุประเภทคลอโรฟิลล์ เอ และบี ภายในเซลล์สาหร่าย [9] ถ้าแหล่งน้ำพบสาหร่ายในกลุ่มยูกลีโนยด์เป็นจำนวนมากจะก่อให้เกิดปรากฏการณ์ซีแอด ทำให้มองเห็นน้ำเป็นฝ้าสีแดงส้ม

2.2.2.7 ดิวิชันคริปโตไฟตา (Division Cryptophyta)

คริปโตไฟตาเป็นสาหร่ายเซลล์เดี่ยว ว่ายน้ำอิสระ ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตเป็นแบบแพลงก์ตอนพืชพบได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม ลักษณะของเซลล์เบนจากด้านบนไปทางด้านซ้ายเซลล์และมีแฟลกเจลลัม 2 เส้น แต่เดิมสาหร่ายชนิดนี้ได้จัดให้อยู่ในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต แต่ในปัจจุบันได้มีการศึกษาถึงระดับโครงสร้างโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ที่มีการศึกษาในระดับเซลล์และโมเลกุล ลักษณะเด่นของคริปโตโมแนดที่แตกต่างจากไดโนแฟลกเจลเลตคือ คริปโตโมแนดมีรงควัตถุสีน้ำเงินและสีแดง และมีไฟโคบิลิโปรตีน ซึ่งในไดโนแฟลกเจลเลตจะไม่พบรงควัตถุนี้เลย รงควัตถุดังกล่าวนี้มีองค์ประกอบที่แตกต่างจากรงควัตถุสีน้ำเงินของไฟโคบิลินที่พบในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน [14] และลักษณะเด่นชัดของคริปโตไฟตา คือ การมีเซลล์พิเศษที่เรียกว่า อีเจคโตโซม (ejectosome) คือเข็มพิษทำหน้าที่ป้องกันตัวและใช้จับเหยื่อ [9] เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการเจริญที่สภาพแวดล้อมแตกต่างกัน จึงสามารถนำมาใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพบ่งบอกคุณภาพน้ำได้

2.2.3 ข้อดีของการใช้แพลงก์ตอนพืชในการบ่งชี้คุณภาพน้ำ

ข้อดีของการใช้แพลงก์ตอนพืชในการบ่งชี้คุณภาพน้ำ (Bioindicator) ภายในแหล่งน้ำมีหลายประการ [9] ได้แก่

2.2.3.1 สะดวกในการตรวจสอบ และไม่ต้องใช้เครื่องมือหรือสารเคมีที่มีราคาแพง

2.2.3.2 สามารถทราบผลการประเมินคุณภาพน้ำขั้นต้นได้ทันที แต่ต้องอาศัยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญช่วยมาตรวจสอบ

2.2.3.4 สามารถตรวจสอบสภาพแวดล้อมที่ดำเนินการมาก่อนวันที่จะศึกษาจริงได้

2.2.3.5 สิ่งมีชีวิตกลุ่มแพลงก์ตอนพืชมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์สารในแหล่งน้ำได้ดีและรวดเร็วกว่าการตรวจสอบโดยวิธีทางเคมี

2.2.4 ลักษณะการดำรงชีวิตของแพลงก์ตอนพืช

2.2.4.1 การกระจายตัวในแนวตั้งของแพลงก์ตอนพืช

ปริมาณแสงที่ส่องผ่านลงไปในพื้นที่น้ำเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้แพลงก์ตอนพืชนั้นมีการแพร่กระจายในแนวตั้ง [15] โดยแพลงก์ตอนแต่ละชนิดจะตอบสนองต่อระดับของความเข้มแสงที่แตกต่างกัน ส่วนใหญ่จะพบแพลงก์ตอนพืชดำรงชีวิตเป็นจำนวนมากที่ระดับน้ำที่มีแสงส่องถึง (photic zone) ของแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นบริเวณที่แสงส่องถึง และพบว่าปริมาณความเข้มแสงจะพอเหมาะ และปริมาณความเข้มแสงจะลดลงเมื่อระดับความลึกของแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น [16] นอกจากนี้การผสมกันของมวลน้ำยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อ การกระจายตัวในแนวตั้งของแพลงก์ตอนพืช พบว่าการผสมกันของชั้นน้ำจะช่วยให้กลุ่มแพลงก์ตอนพืชที่ไม่สามารถลอยตัวในน้ำ สามารถขึ้นมาสังเคราะห์ด้วยแสงในบริเวณผิวน้ำได้ [17]

2.2.4.2 การลอยตัวของแพลงก์ตอนพืช

การลอยตัวของแพลงก์ตอนพืชในน้ำเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการ เช่น การดูดซึมอาหาร การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ น้ำ และกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืช กลุ่มของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่จะมีความหนาแน่นของเซลล์มากกว่าสารละลายภายนอก เนื่องจากมีสารประกอบบางชนิดในเซลล์ เช่น ซิลิกา แคลเซียม เซลลูโลส และคาร์บอนेट ส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชมีน้ำหนักของเซลล์มากเกินไป ดังนั้นแพลงก์ตอนพืชจึงต้องมีอวัยวะอื่นๆ มาช่วยในการลอยตัว เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีแก๊สแวกิวโอล (gas vacuole) อยู่ภายในเซลล์เป็นจำนวนมากที่ช่วยให้สามารถลอยตัวได้ ส่วนแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นๆ อาจมีหนาม (spine) เช่น *Scenedesmus* spp. หรือหยดไขมัน (oil droplet) เช่น *Botryococcus* sp. ซึ่งจะช่วยให้สามารถลอยตัวของสาหร่าย [5] นอกจากนี้อัตราการจมขึ้นอยู่กับอายุเซลล์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาซึ่งเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นของไซโทพลาซึม และการที่เซลล์อยู่รวมกันเป็นกลุ่มจะช่วยให้เซลล์สามารถลอยตัวในน้ำได้ โคลโลนิรูปร่างกลมซึ่งประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กและมีเมือกหุ้มโคลโลนิจะช่วยให้เซลล์แพลงก์ตอนพืชสามารถลอยตัวได้ เช่น *Microcystis* sp. เป็นต้น

2.3 มหาอุทกภัยที่เกิดขึ้นในประเทศไทย พ.ศ.2554

วิกฤติมหาอุทกภัยที่เกิดขึ้นกับประเทศไทยเริ่มตั้งแต่วันที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ.2554 และสิ้นสุดเมื่อวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2555 มหาอุทกภัยในครั้งนี้เกิดในช่วงฤดูมรสุม เมื่อพายุหมุนนอกแดนขึ้นฝั่งทางตอนเหนือของเวียดนาม ส่งผลให้เกิดฝนตกหนักทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดอุทกภัยที่รุนแรงบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและลุ่มแม่น้ำโขง ซึ่งจังหวัดในเขตภาคเหนือและภาคกลางที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ พะเยา น่าน อุตรดิตถ์ แพร่ ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน

กำแพงเพชร นครสวรรค์ พิจิตร อุทัยธานี เพชรบูรณ์ สุโขทัย พิษณุโลก อ่างทอง นนทบุรี ลพบุรี สุพรรณบุรี พระนครศรีอยุธยา สระบุรี สิงห์บุรี ปทุมธานี นครปฐม นครนายก กรุงเทพมหานคร เป็นต้น เมื่อแม่น้ำเจ้าพระยาได้รับน้ำปริมาณมากจากแม่น้ำสาขาต่างๆ และภายในเวลาไม่นานอุทกภัยก็ไหลบ่าไปทางภาคใต้ ซึ่งอุทกภัยดังกล่าวนี้ทำให้พื้นดินได้รับความเสียหายมากกว่า 150 ล้านไร่ ซึ่งประกอบไปด้วยพื้นที่เกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ประชาชนได้รับผลกระทบมากกว่า 12.8 ล้านคน รวมทั้งหมด 684 อำเภอ ใน 65 จังหวัด มหาอุทกภัยในครั้งนี้ได้ทำความเสียหายในพื้นที่เขตเศรษฐกิจมากมาย ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรม สหรัตนนคร นิคมอุตสาหกรรมแฟคตอรีแลนด์ นิคมอุตสาหกรรมโรจนะ นิคมอุตสาหกรรมไฮเทค นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา นิคมอุตสาหกรรมนวนคร และนิคมอุตสาหกรรมบางกะดี จ.ปทุมธานี นอกจากนี้ยังมีนิคมอุตสาหกรรมอีกส่วนหนึ่งที่ได้รับผลกระทบเช่นกัน ประกอบไปด้วยเขตอุตสาหกรรมอ้อมน้อย อ้อมใหญ่ จ.นครปฐม นิคมอุตสาหกรรมบางชัน และนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพฯ ส่งผลให้มวลน้ำท่วมที่ไหลหลากผ่านมาในหลายจังหวัดตั้งแต่ภาคเหนือมาถึงภาคกลางมีการปนเปื้อนสารอาหารต่างๆ เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีการปนเปื้อนสารพิษ และสารเคมีต่างๆ จากนิคมอุตสาหกรรมมากมายอีกด้วย [18]

2.4 ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมบางประการที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ

2.4.1 ปัจจัยทางกายภาพ

2.4.1.1 แสงและความโปร่งใส (Transparency)

แสงมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำที่ทำการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ ในการสังเคราะห์ด้วยแสงนั้นจะเกิดได้ดีในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 390-710 นาโนเมตร ซึ่งแสงอาทิตย์ที่ส่องถึงลงไปใต้น้ำโดยจะถูกดูดซับโดยมวลของน้ำ และสารที่ละลายน้ำ รวมทั้งสารแขวนลอยในน้ำ [19] พบว่าสาหร่ายเจริญได้ดีในบริเวณใกล้ผิวน้ำ เนื่องจากมีแสงที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง และการเจริญจะลดลงตามระดับความลึกของน้ำ ถ้าบริเวณผิวน้ำมีความเข้มแสงมากเกินไปสาหร่ายจะอพยพลงสู่ที่ลึกเพื่อให้ได้แสงที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต โดยแสงที่ส่องผ่านลงในแหล่งน้ำมีผลต่อการกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืช อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของกลุ่มแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำ ซึ่งระยะทางที่แสงสามารถส่องผ่านน้ำและสะท้อนกลับมาสามารถศึกษาได้โดยการวัดความลึกโดยใช้แผ่นจานวัดความโปร่งแสง [20] นอกจากนี้ปริมาณแสงยังมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล โดยในช่วงฤดูร้อนจะมีการแพร่กระจาย และความหนาแน่นของสาหร่ายมาก เนื่องจากในฤดูร้อนจะมีแสงแดดแรงตลอดวันทำให้แสงที่ตกลงสู่แหล่งน้ำมาก แต่กลับกันในฤดูหนาวและฤดูฝน ท้องฟ้ามีเมฆบังทำให้ปริมาณแสงน้อย [21]

2.4.1.2 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการต่างๆในแหล่งน้ำ โดยมีผลต่อความหนาแน่นของน้ำ การละลายของธาตุอาหารและก๊าซในน้ำคือ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำจะลดลง อุณหภูมิของแหล่งน้ำยังมีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการกระจายของสิ่งมีชีวิต [18, 22] นอกจากนี้ยังมีความสำคัญกับปริมาณความเข้มของแสง ถ้าปริมาณความเข้มแสงมากมีผลทำให้ อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำ เกิดจากการที่แสงส่องผ่านลงไปใ้ในแม่น้ำ ซึ่ง ต่อมาเกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อนทำให้แหล่งน้ำมีอุณหภูมิแตกต่างกันตามระดับ ความลึก [22] สาหร่ายที่เจริญเติบโตในน้ำจืดเกือบทุกชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิตั้งแต่ 15-25 องศาเซลเซียส [23] มีสาหร่ายบางชนิดที่เจริญได้ดี ในที่มีความเข้มแสงมากและอุณหภูมิสูงกว่าปกติ เช่น *Gymnodinium* sp. แต่สาหร่ายสีเขียวเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส [24] อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายในกลุ่มไดอะตอม คือ 20-28 องศาเซลเซียส และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดยังสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูง [21, 25]

2.4.1.3 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

ค่าการนำไฟฟ้า หมายถึง ความสามารถของน้ำที่ทำให้กระแสไฟฟ้าผ่าน และนำไฟฟ้าของพวกไอออนของสารอนินทรีย์ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าไม่ได้เป็นเฉพาะของไอออนตัวใดตัวหนึ่ง แต่เป็นค่ารวมของไอออนทั้งหมด และค่าการนำไฟฟ้าไม่ได้บอกให้ทราบถึงชนิดของสารในน้ำ แต่บอกเพียง ว่ามีการเพิ่มหรือลดของไอออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น ถ้าค่าการนำไฟฟ้าลดลงแสดงว่าสารที่แตกตัวได้ลดลง [26, 27] ถ้าน้ำมีค่าการนำไฟฟ้าสูงแสดงว่ามีปริมาณสารที่ละลายในน้ำมาก แต่ถ้าน้ำมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำก็แสดงว่าในน้ำมีปริมาณสารที่ละลายในน้ำน้อย [28] ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพที่ดี ซึ่งพบว่าจะมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 150-300 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ถ้าค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่า 300 ไมโครซีเมนต์ต่อ เซนติเมตร แสดงว่าแหล่งน้ำมีมลพิษ [29]

2.4.2 ปัจจัยทางเคมี

2.4.2.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่างเป็นค่าที่บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในน้ำ ณ ช่วงเวลาที่ทำการวัด ซึ่งทำให้ทราบความเป็นกรด-ด่างของน้ำได้อย่างคร่าวๆ ความเป็นกรด-ด่างเป็นสมบัติทางเคมีของน้ำที่มีความสำคัญมาก สามารถใช้หาค่าความเป็นด่าง ค่าคาร์บอนไดออกไซด์และสมดุลกรด-เบส อื่นๆได้ตลอดจนแสดงค่าความเข้มข้นของการเป็นกรด-ด่างของสารละลายได้ [27, 30] ความเป็นกรด-ด่างของน้ำตามธรรมชาติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 4.0-9.0 แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตจะอยู่ในช่วง 6.5-8.3 และพบว่าน้ำตามธรรมชาติส่วนมากมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 7.0 เนื่องจากในน้ำมีไอออนพวกไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย [26, 31] ดังนั้นจึงมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ โดยเฉพาะสาหร่าย ซึ่งเป็นผู้ผลิตในระดับต้นๆของห่วงโซ่อาหารที่จะต้องมีการดำรงชีวิตในระดับความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกัน โดยในแหล่งน้ำที่มีสภาพความเป็นกลางการกระจายชนิดของสาหร่ายจะไม่แตกต่าง

กัน แต่ถ้าความเป็นกรดหรือด่างสูงจะทำให้ชนิดของสาหร่ายกระจายค่อนข้างอิสระ [32] ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ทำให้สาหร่ายดำรงชีวิตในระดับความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างไปด้วย เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีสภาพเป็นกลางถึงสภาพเป็นด่างหรือมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.5-7.5 สาหร่ายสีเขียวบางกลุ่ม เช่น เคสมิดส์ ชอบน้ำที่มีสภาพความเป็นกรดอ่อนในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 5.5-6.5 สาหร่ายบางชนิดเจริญในน้ำที่มีสภาพเป็นกรดสูง เช่น *Dinobryon* sp. ในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.0-4.8 บางชนิดชอบเจริญในน้ำที่มีสภาพความเป็นกรดเล็กน้อยในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.0-6.5 เช่น *Botryococcus braunii* และ *Ceratium hirundinella* [33] และพบว่าสาหร่าย *Oscillatoria* sp. เจริญได้ดีที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8.0

2.4.2.2 ค่าความเป็นด่าง

ความเป็นด่างมีความสำคัญต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำเนื่องจากทำหน้าที่เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับปริมาณและชนิดของสารประกอบที่ละลายน้ำหรือความสามารถของน้ำที่รับไฮโดรเจนไอออน (hydrogen ion) หรือความสามารถของน้ำที่จะสะเทินกรดจนค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง ความเป็นด่างของน้ำตามธรรมชาติมีสาเหตุใหญ่ๆ จากไอออนจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) [22] โดยทั่วไปน้ำธรรมชาติจะมีค่าความเป็นด่างทั้งหมดอยู่ในช่วง 10-200 ไมโครกรัมต่อลิตร และจะปรากฏในรูปของไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตเป็นส่วนใหญ่ แต่พบไฮดรอกไซด์น้อยมาก [34] ส่งผลทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณที่น้อย และส่งผลให้แหล่งน้ำที่มีสาหร่ายหนาแน่น คาร์บอนไดออกไซด์อิสระจะถูกใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจนหมด จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบความเป็นด่าง ซึ่งอาจทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น ดังนั้นค่าความเป็นด่างจึงมีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาณแคลเซียม ถ้าความเป็นด่างสูงปริมาณแคลเซียมก็จะมาก ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นด้วย [28]

2.4.2.3 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen)

ออกซิเจนเป็นก๊าซที่สำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งชนิดที่อยู่บนดินและในน้ำ สิ่งมีชีวิตในน้ำได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่ปล่อยออกซิเจนอิสระออกมาละลายอยู่ในน้ำ และจากการแพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศลงสู่น้ำ การละลายของออกซิเจนขึ้นอยู่กับความดัน อุณหภูมิและปริมาณของแข็งละลาย ปริมาณออกซิเจนในน้ำธรรมชาติและน้ำเสีย ขึ้นอยู่กับลักษณะทางเคมี กายภาพและกระบวนการชีวเคมีในสิ่งมีชีวิต [26, 35] แต่ถ้าหากมีการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายมาก จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำสูง [38] ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน โดยออกซิเจนจะมีความเข้มข้นหรือปริมาณมากบริเวณผิวน้ำ บริเวณน้ำยิ่งลึกความเข้มข้นของออกซิเจนยิ่งลดลง เนื่องจากออกซิเจนละลายได้เพียงเล็กน้อย [37] โดยทั่วไปความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำคือ 5-7 มิลลิกรัมต่อลิตรและถ้าออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

2.4.2.4 ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical oxygen demand)

ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำหรือใช้สารอินทรีย์เป็นอาหารภายใต้สภาวะที่มีอากาศ หากแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์จุลินทรีย์ก็จะใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้น ดังนั้นจึงใช้ค่าความต้องการออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นค่าที่บ่งชี้การเกิดปัญหามลพิษของแหล่งน้ำ เพราะเป็นการหาปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการย่อยสลายในสภาพที่มีออกซิเจน [34] จากกระบวนการนี้แบคทีเรียจะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและแบ่งตัวต่อไป ผลผลิตสุดท้ายของการออกซิไดซ์สารอาหารเหล่านี้จะเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำหรือแอมโมเนีย ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร ค่าความต้องการออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์จึงแสดงให้เห็นถึงความรุนแรงของการปนเปื้อนหรือการเน่าเสียของน้ำ ถ้าน้ำมีค่าความต้องการออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงแสดงว่าน้ำนั้นมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่จำนวนมากจึงต้องใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงด้วย [38] สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 [29] กำหนดคุณภาพน้ำผิวดินว่าค่าความต้องการออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต้องไม่เกิน 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (WHO) กำหนดให้มีค่าความต้องการออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ประมาณ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร [28]

2.4.2.5 ไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำเพราะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอินทรีย์สารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสัตว์และพืช แหล่งไนโตรเจนในน้ำส่วนใหญ่เกิดขึ้นมาจากจุลินทรีย์ ทั้งพวกที่อาศัยได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนและในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน [40] ในสารประกอบไนโตรเจนดังกล่าว แอมโมเนียสามารถละลายน้ำได้ดีและมักจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์และไนเตรทในที่สุด ไนเตรทเป็นสารรูปที่มีความสำคัญต่อความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ เพราะพืชน้ำและสาหร่ายสามารถนำไนเตรทไปใช้ในกระบวนการสร้างอาหารได้ ถ้าวแหล่งน้ำธรรมชาติมีไนโตรเจนอินทรีย์ แอมโมเนียไนโตรเจนมาก ส่วนไนไตรท์-ไนโตรเจนและไนเตรท-ไนโตรเจนพบในปริมาณที่น้อย แสดงว่าเป็นน้ำที่มีการปนเปื้อนจัดเป็นน้ำที่ไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค แต่ถ้าแหล่งน้ำมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเพียงเล็กน้อยและไม่มีไนโตรเจนอินทรีย์และแอมโมเนียไนโตรเจนเลยจัดเป็นน้ำคุณภาพดี [41] ในแหล่งน้ำธรรมชาติโคอะตอมบางชนิด เช่น *Melosira varians*, *Synedra ulna* และ *Navicula viridula* สามารถเจริญได้ดีในน้ำที่มีไนเตรทสูง 2.0-3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พวก *Navicula crytocephala* และ *Nitzschia palea* เจริญได้ดีในน้ำไม่มีซึ่งมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และคาร์บอนสูง [42] โดยทั่วไปแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีไนโตรเจนต่ำคือ ประมาณ 2.50 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเป็นไนเตรทประมาณ 0.01-0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าปริมาณแอมโมเนียที่พบเกิน 0.05-1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร จะยับยั้งการใช้ไนเตรท [43]

2.4.2.6 ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิต เนื่องจากเป็นธาตุที่จำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมในสิ่งมีชีวิต ดังนั้นจึงเป็นธาตุที่มีความสำคัญมากในระบบนิเวศ โดยฟอสฟอรัสเมื่อละลายในน้ำจะอยู่ในรูปของออร์โทฟอสเฟต ซึ่งถูกนำไปใช้อย่างรวดเร็วโดยกลุ่มสิ่งมีชีวิตในน้ำ ดังนั้นออร์โทฟอสเฟตจึงมีปริมาณค่อนข้างต่ำในน้ำจืด [34] ฟอสฟอรัสในน้ำตามธรรมชาติและในน้ำโสโครกอยู่ในรูปของฟอสเฟตที่แตกต่างกัน เช่น ออร์โทฟอสเฟตและอินทรีย์ฟอสเฟต เป็นต้น ฟอสเฟตเหล่านี้อาจอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ หรือในรูปของซากพืชซากสัตว์ ฟอสฟอรัสรูปต่างๆสามารถปะปนในน้ำธรรมชาติและน้ำโสโครกได้หลายทาง เช่น มาจากน้ำทิ้งจากการซักฟอกหรือชำระล้าง โดยใช้ผงซักฟอก (ในรูปฟอสเฟตและโพลีฟอสเฟต) มาจากปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตร (ในรูปออร์โทฟอสเฟต) โดยถูกชะล้างปนมากับน้ำฝน ฟอสเฟตที่พบในน้ำมีหลายรูป เช่น HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , H_2PO_4^- และ polyphosphate นอกจากนี้ยังพบว่าฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายในแหล่งน้ำอีกด้วย [30] สำหรับสาหร่ายพบว่า แหล่งน้ำที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงมักจะพบสาหร่ายในกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้โดยเจริญเป็นชนิดเด่น [44] ถ้าแหล่งน้ำที่มีฟอสเฟตมากเกินไปจะทำให้เกิดเป็นปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน โดยเฉพาะถ้าในน้ำนั้นมีปริมาณไนเตรตมากทำให้สาหร่ายและพืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และทำให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจนในแหล่งน้ำ [34]

2.4.2.7 สารหนู (Arsenic, As)

สารหนูเป็นสารพิษที่สามารถปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำได้ สามารถพบได้ในยาฆ่าแมลง ท่อระบายน้ำเสีย เหมืองแร่ ยากำจัดวัชพืช เป็นต้นซึ่งในน้ำประปาต้องไม่มีสารหนูอยู่เลย เนื่องจากการบริโภคเข้าไปประมาณ 100 มิลลิกรัม [45] สามารถทำให้เสียชีวิตได้ สารนี้สามารถสะสมอยู่ในร่างกายได้ระยะยาว น้ำบาดาลมีโอกาสพบสารหนูได้มากกว่าสารพิษชนิดอื่น

2.4.2.8 แคดเมียม (Cadmium, Cd)

แคดเมียมเป็นโลหะเงินสีขาว ในสภาพธรรมชาติส่วนใหญ่พบรวมกับแร่สังกะสีทุกชนิด เช่น สินแร่สฟาเลอไรต์ (Zns) หรือคาลาไมน์ (ZnCO_3) แคดเมียมสามารถปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำได้จากน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมเคลือบผิวและชุบโลหะ ใช้ผสมในสีบางชนิด ใช้เคลือบเหล็กกล้ากันสนิม แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้จากน้ำและอาหาร เมื่อเข้าไปจะสะสมและเพิ่มปริมาณขึ้นตามอายุ ส่งผลให้เสี่ยงต่อการเป็นหมัน มะเร็ง และความดันโลหิตสูง เป็นอันตรายต่อดับและไต พิษเรื้อรังก่อให้เกิดโรคอิไต-อิไต แหล่งน้ำคุณภาพดีจะมีแคดเมียมต่ำกว่า 1 พีพีเอ็มแต่ในน้ำธรรมชาติอาจมีสูงถึง 10 พีพีเอ็ม [45]

2.4.2.9 โครเมียม (Chromium, Cr)

โครเมียมเป็นโลหะสีขาวแข็งคล้ายเหล็ก พบในแร่โครไมต์ไอออน ใช้ผสมโลหะทำให้แข็งป้องกันสนิมและทนทานต่อการผุกร่อน ใช้ในการชุบโลหะ ทำสี ยางและอุตสาหกรรมฟอกหนังย้อมสี และเกิดการปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อมเนื่องมาจากการใช้งานด้านอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง ซึ่งพิษของโครเมียมเกิดจากการสูดดมหรือได้รับฝุ่นผงเข้าไปตามรอยแผลหรือทางน้ำและอาหาร โครเมียมในรูป (+3)

หรือ Cr^{+3} จะไม่มีพิษ มาตรฐานน้ำดื่มจึงกำหนดความเข้มข้นเฉพาะของโครเมียมในรูป (+6) หรือ Cr^{+6} ไม่ให้เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร [46]

2.4.2.10 ทองแดง (Copper, Cu)

ในธรรมชาติทองแดงจะอยู่ในรูปซัลไฟด์เป็นจำนวนมาก แร่ธาตุเหล่านี้สลายตัวง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพเป็นกรด ทำให้ทองแดงถูกปล่อยมาในรูปของไอออน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุโลหะหนักอื่นๆทองแดงจัดว่าเป็นพวกเคลื่อนที่ได้ดี แต่เมื่อหินหรือแร่ธาตุนั้นกลายสภาพมาเป็นดินทองแดงซึ่งเป็นธาตุที่ทำปฏิกิริยากับแร่และอินทรีย์สารในดินได้ง่ายจึงสามารถตกตะกอนได้กับแอนไอออนหลายชนิด เช่น ซัลไฟด์ คาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์ทองแดงเป็นพิษกับพืชได้ง่าย [49] ทองแดงเป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าได้ดีรองจากเงิน จึงมีการนำทองแดงมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น ผลิตลวดสายไฟ ท่อน้ำ นอกจากนี้ยังนำมาใช้เป็นสารเคมีทางการเกษตร สารกำจัดศัตรูพืช รวมถึงทำสีย้อม เป็นต้น ส่งผลให้มีการแพร่กระจายของทองแดงลงสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้น ถ้าร่างกายได้รับในปริมาณสูงก็จะให้โทษและเป็นพิษได้ เช่น CuSO_4 ปริมาณ 27 กรัม ทำให้ตายได้ ถ้ารับประทานปริมาณน้อยกว่านี้จะเกิดอาการอาเจียน เหน็บชา และลำไส้ [47]

2.4.2.11 เหล็ก (Iron, Fe)

เหล็กเป็นโลหะที่ใช้ประโยชน์และมีประโยชน์มากที่สุดในโลกปัจจุบัน เหล็กเกือบทั้งหมดที่ถูกล่าไ้ใช้ประโยชน์ในรูปของโลหะและโลหะเจือ ใช้เป็นโครงสร้างในการก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ เครื่องจักร ฯลฯ เหล็กไม่ปรากฏเป็นพิษต่อร่างกาย ยิ่งไปกว่านั้นยังเป็นธาตุที่ร่างกายเราต้องการในปริมาณเล็กน้อย (trace element) เป็นโลหะจำเป็นสำหรับระบบการย่อยอาหาร เม็ดเลือดแดงของคนและสัตว์มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ ทำหน้าที่นำออกซิเจนไปสู่เซลล์ต่างๆ ของร่างกาย

2.4.2.12 ปรอท (Mercury, Hg)

ปรอทที่พบในธรรมชาติเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ พบมากในอุตสาหกรรมผลิตโซดาไฟและคลอรีน การผลิตสี การถลุงแร่ การผลิตพลาสติกพีวีซีและยาปราบศัตรูพืช และสามารถปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำได้ สำหรับไอปรอทจัดว่ามีพิษร้ายแรงมาก เนื่องจากปรอทมีความดันไอต่ำมาก ส่วนมากปรอทจะเข้าสู่ร่างกายโดยทางน้ำและอาหารซึ่งจะเป็นอันตรายต่อทางเดินอาหารและไตได้ อย่างไรก็ตามปรอทในรูปสารประกอบอินทรีย์ เช่น Dimethylmercury และ Methyl ethylmercury มีพิษรุนแรงกว่า โดยสามารถละลายได้ดีมากในไขมัน เช่น ไขมันสมองและจะไปขัดขวางระบบประสาท ทำให้ระบบประสาทผิดปกติ และทำให้เกิดอาการของโรคมินามาตะ [45]

2.4.2.13 แมงกานีส (Manganese, Mn)

แมงกานีสมักอยู่ในรูปของแร่ไพโรลูไซต์ ซึ่งเป็นแมงกานีสออกไซด์ที่มีความคงตัวมากที่สุด การปนเปื้อนของแมงกานีสในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีการนำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมทั้งในรูปของสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ เช่น เหล็กกล้าผสมแมงกานีส การทำถ่านไฟฉาย เป็นต้น แมงกานีสเป็นหนึ่งในจำนวน 5 ธาตุที่พืชชั้นสูงส่วนใหญ่ต้องการเพียงเล็กน้อย (trace elements) อีก 4 ธาตุ

ได้แก่ โบรอน (B) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) และ โมลิบดีนัม (Mo) เหตุผลประการหนึ่งที่ธาตุนี้จำเป็นสำหรับพืชเพราะเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญสำหรับเอนไซม์บางชนิด พืชที่ขาดแมงกานีสจะเกิดการผิดปกติหลายอย่าง ที่สำคัญชนิดหนึ่งเรียกว่า interveinal chlorosis ทำให้เกิดรอยเหลืองหรือสีเทาระหว่างเส้น (vein) ของใบเพราะขาดคลอโรฟิลล์ ดังนั้นดินที่ขาดแมงกานีสจึงต้องมีการเติมแมงกานีสพิเศษลงในปุ๋ยที่ใช้ทั่วไป ในรูปของ $MnSO_4$ หรือ MnO สำหรับคน สารประกอบของแมงกานีสทั่วไปถือว่าเป็นพิษ ถ้าเข้าสู่ร่างกายหรือมีในร่างกายในปริมาณน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับความเป็นพิษของไอออนของโลหะอื่น เช่น ปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) เทลลูเรียม (Te) และตะกั่ว (Pb) ฯลฯ [45]

2.4.2.14 ตะกั่ว (Lead, Pb)

ตะกั่วเป็นโลหะอ่อน สีเทา หรือขาวแกมน้ำเงิน ตะกั่วในน้ำประปาอาจมาจากท่อประปาโลหะที่มีตะกั่วผสมหรือท่อพลาสติกบางชนิด นอกจากนี้ยังใช้ทำฉนวนหุ้มสายเคเบิล ฉนวนกันแก๊มมันตรังสี ใช้ทำเม็ดสี การละลายของตะกั่วขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำ เช่น น้ำอ่อนหรือน้ำที่มีกรดเล็กน้อย รวมทั้งน้ำฝนที่มักมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่สูง และในน้ำพุซึ่งมีกรดฮิวมิกและคาร์บอนไดออกไซด์ผสมอยู่จะละลายตะกั่วได้ดี ส่งผลให้ตะกั่วปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำค่อนข้างสูง มาตรฐานน้ำดื่มกำหนดไว้ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร [45] ขณะที่น้ำบาดาลบางแห่งอาจสูงถึง 15 มิลลิกรัมต่อลิตรสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางจุกและปาก ตะกั่วในน้ำดิบอาจกำจัดได้ในกระบวนการโคแอกกูเลชัน การตกตะกอน และการกรอง

2.4.3 ปัจจัยทางชีวภาพ

2.4.3.1 คลอโรฟิลล์ (Chlorophylls)

คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุหลักในคลอโรพลาสต์มีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงสีแดงและน้ำเงิน และสะท้อนแสงสีเขียวออกมา คลอโรฟิลล์มีหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ บี ซี ดี และอี สาหร่ายทุกชนิดมีคลอโรฟิลล์ เอ เป็นรงควัตถุหลัก ส่วนคลอโรฟิลล์อื่นๆ นั้นก็กระจายในสาหร่ายแต่ละชนิด โดยรวมกับโปรตีน และฝังอยู่ระหว่างโปรตีนกับไขมันของเยื่อคลอโรพลาสต์ [9] ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของสาหร่ายจะสามารถบ่งบอกถึงความหนาแน่นของจำนวนสาหร่ายในแหล่งน้ำต่างๆ ได้เช่นกัน

2.4.3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria)

โคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ดำรงชีวิตแบบแอโรบิก (aerobic) หรือแฟกคัลเตทีฟ (facultative anaerobe) ไม่สร้างสปอร์ มีรูปร่างเป็นแท่ง โดยวิลาวัณย์ [48] กล่าวว่าตัวแทนของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ได้แก่ *Escherichia coli* สามารถปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำจากการขับถ่ายของคนและสัตว์ สาเหตุที่นิยมเลือกใช้แบคทีเรียกลุ่มนี้มาประเมินคุณภาพน้ำ เพราะวิธีวิเคราะห์ง่าย ใช้เวลาไม่นาน และสามารถมีชีวิตอยู่ในน้ำได้ทนทานมากกว่าแบคทีเรียกลุ่มอื่น ซึ่งถ้าแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มนี้ก็สามารถบ่งชี้ได้ว่าการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่าย และอาจมีแบคทีเรียก่อโรคอย่างอื่นๆ ด้วย ซึ่งการ

ตรวจสอบปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรียที่เรียกว่า MPN (most probable number) ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 [29]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 การศึกษาคุณภาพน้ำและการใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำในต่างประเทศ

Kangro *et al.* [49] ทำการศึกษาชุมชนแพลงก์ตอนระยะยาวตั้งแต่ปี ค.ศ.1928 ถึงปี ค.ศ.2001 ในทะเลสาบ Verevi ประเทศ Estonia โดยทะเลสาบ Verevi มีความลึก 11 เมตร และมีความลึกเฉลี่ยเท่ากับ 3.6 เมตร ผลการวิจัยพบว่าในช่วงปี ค.ศ.1928 และ ค.ศ.1929 พบสาหร่ายชนิดเด่น ได้แก่ สาหร่ายในกลุ่ม Chrysophytes เช่น *Dinobryon* spp. พบสาหร่ายพวกไดอะตอม ได้แก่ *Asterionella formosa* Hassal และ *Fragilaria crotonensis* Kitton สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่ *Anabaena lemmermanni* P.Richt. สาหร่ายกลุ่มไดโนแฟกเจลเลต ได้แก่ *Ceratium hirundinella* Schrank และ *Peridinium* spp. และสาหร่ายสีเขียว ได้แก่ *Pediastrum* spp., *Staurastrum* spp. และ *Botryococcus braunii* Kützing สามารถจัดเป็นคุณภาพน้ำอยู่ในระดับปานกลาง (mesotrophic status) ต่อมาในปี ค.ศ.1984 พบ *Planktothrix agardhii* เป็นสาหร่ายชนิดเด่น และปี ค.ศ.2000 ช่วงฤดูใบไม้ผลิ ทะเลสาบมีการผสมของชั้นน้ำ ส่งผลให้สาหร่ายคิวิชัน Cryptophyta มีปริมาณชีวภาพแพลงก์ตอนพืชสูงสุดเท่ากับ 14.8 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดเด่น ได้แก่ *Phanocapsa* spp., *Aphanothece* spp. ส่วนในช่วงฤดูร้อนจะสาหร่ายชนิดเด่นในกลุ่มไดอะตอม ได้แก่ *A. formosa* และ *Nitzschia* spp., *Acanthoceras zachariasii* (Brun) Simonsen และ *Rhizozolenia longiseta* Zacharias ส่วนในปี ค.ศ.2001 คือช่วงฤดูใบไม้ผลิ พบไดอะตอมที่เป็นสาหร่ายชนิดเด่น คือ *Cyclostephanos dubius* ส่วนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่ *Aphanocapsa* spp., *Cyanodictyon* spp. และ *Aphanothece* spp. สามารถจัดคุณภาพน้ำในทะเลสาบ Verevi ให้อยู่ในระดับสารอาหารสูงมาก (Hypertrophic status) จากนั้น Becker *et al.* [50] ศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำทางตอนใต้ของประเทศบราซิลในเขตร้อนชื้น ในปี ค.ศ.2004 โดยทำการศึกษาในอ่างเก็บน้ำ Faxinal ที่มีความลึกประมาณ 30 เมตร ผลการวิจัยพบ ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 1.7-2.2 ไมโครโมลาร์ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 2.4-8.2 ไมโครโมลาร์ ปริมาณฟอสเฟตละลายน้ำมีค่าในช่วง 0.13-0.15 ไมโครโมลาร์ ปริมาณไนโตรเจนรวมมีค่าอยู่ในช่วง 202-241.7 ไมโครโมลาร์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.65-1.29 ไมโครโมลาร์ และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ในช่วง 6.14-13.14 ไมโครกรัมต่อลิตร พบสาหร่ายทั้งหมด 56 สปีชีส์ พบสาหร่ายชนิดเด่นในคิวิชัน Chlorophyta ได้แก่ *Nephrocytium* sp., *Coelastrum reticulatum* และ *Eutetramorus fottii* สำหรับในคิวิชัน Cyanophyta พบสาหร่ายชนิดเด่น ได้แก่ *A. crassa* ส่วนคิวิชัน Euglenophyta พบสาหร่ายชนิดเด่น ได้แก่ *Trachelomonas bacillifera*, *T. volvocina* และ *T. volvocinopsis* ตามลำดับ จากนั้น Solanki *et al.* [51] ทำการศึกษาคุณภาพน้ำในทะเลสาบ Pandu Bodhan ประเทศอินเดีย เขตการปกครอง Andhra Pradesh State ระหว่างเดือนสิงหาคม ค.ศ.2002 ถึงเดือนกรกฎาคม

ค.ศ.2004 ทำการศึกษาในทะเลสาบ Pandu Bodhan ที่ได้รับน้ำทิ้งจากเมือง Bodhan ผลการวิจัย พบว่า ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.9-4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณไนเตรท พบว่ามีค่าสูงในฤดูร้อน มีค่าอยู่ในช่วง 24.8-71.2 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 1.70-6.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าอยู่ในช่วง 52.20-89.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแคลเซียมมีค่าอยู่ในช่วง 26.54 ถึง 72.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 209-350 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถจัดทะเลสาบ Pandu Bodhan อยู่ในประเภทสารอาหารสูง (eutrophic status) จากนั้นในช่วงปี ค.ศ.2003-2005 Hulyal and Kaliwal [52] ศึกษาแพลงก์ตอนพืชที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพ เคมีในอ่างเก็บน้ำ Almatti ประเทศอินเดีย โดยทำการศึกษาในเดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ.2003 ถึงเดือนมกราคม ค.ศ.2005 พบว่าในช่วงปี ค.ศ.2003 และ 2005 สาหร่ายในดิวิชัน Bacillariophyceae พบทั้งหมด 30.19% และ 30.94% ได้แก่ *Cyclotella* sp., *Cymbella cymbiformis*, *Gomphonema* *Pinnularia viridis*, *Melosira granulata*, *Nitzschia* sp., *Navicula* sp., *Synedra ulna* และ *R. longiseta* ดิวิชัน Dinophyceae พบทั้งหมด 30.98% และ 30.05% พบสาหร่ายได้แก่ *Ceratium* sp., *Tintinnid juricas* และ *Peridinium* sp. ดิวิชัน Chlorophytes พบทั้งหมด 28.71% และ 27.86% พบสาหร่ายได้แก่ *Coelastrum* sp., *Oocystis* sp., *Scenedesmus* sp., *Zygnema* sp., *Chlamydomonas* sp., *Chlorella* sp., *Spirogyra* sp., *Tribonema* sp. และ *Closterium* sp. สำหรับดิวิชัน Cyanophyceae พบทั้งหมด 6.92% และจำนวน 7.7% พบสาหร่าย ได้แก่ *Oscillatoria* sp., *Microcystis aeruginosa* และ *Lyngbya limnetica* และสาหร่ายกลุ่มเดสมิส์ พบทั้งหมด 30.18% และ 3.43% ได้แก่ *C. biculatum*, *C. setaceum*, *Stourstrum cingulum* และ *Arthrodesmus convergens* ตามลำดับ จากการศึกษาพบสาหร่ายในดิวิชัน Cyanophyta มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ไนเตรท ฟอสเฟต และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความกระด้าง ค่าความเป็นด่าง แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟต และไบคาร์บอเนต เป็นต้น Karadžić *et al.* [53] ทำการศึกษาแพลงก์ตอนพืชและปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันในอ่างเก็บน้ำ Garaši และ Bukulja ประเทศเซอร์เบีย ในช่วงฤดูกาลที่ต่างกันได้แก่ เดือนกันยายนและเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2005 เดือนกรกฎาคมและเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2006 โดยอ่างเก็บน้ำ Garaši ทำการเก็บตัวอย่างระดับความลึก 0, 4 และ 8 เมตร ส่วนอ่างเก็บน้ำ Bukulja ทำการเก็บตัวอย่างที่ระดับความลึก 4 และ 8 เมตร ผลการศึกษาสาหร่ายในอ่างเก็บน้ำ Garaši พบว่าที่ระดับความลึก 8 เมตรมีปริมาณชีวภาพแพลงก์ตอนพืชสูงที่สุดเท่ากับ 21,400 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และที่ระดับความลึก 13 เมตร มีปริมาณชีวภาพแพลงก์ตอนพืชต่ำที่สุดเท่ากับ 290 เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบสาหร่ายที่มีปริมาณชีวภาพสูง ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *A. affinis*, *Microcystis aeruginosa* Kützing และ *P. agardhii* พวกไดอะตอม ได้แก่ *Cyclotella meneghiniana* Kützing, *C. ocellata* Pantocsek, *Stephanodiscus hantzschii* Grunow และกลุ่มสาหร่ายสีเขียว ได้แก่ *Scenedesmus* sp., *Tetraedron* sp. และ *Monoraphidium* sp. ส่วนอ่างเก็บน้ำ Bukulja พบว่าที่ระดับความลึก 8 เมตร มีปริมาณชีวภาพแพลงก์ตอนพืชต่ำที่สุดเท่ากับ 1,900 เซลล์ต่อมิลลิลิตรและที่ระดับความลึก 8 เมตร มีปริมาณชีวภาพแพลงก์ตอนพืชสูงที่สุดเท่ากับ 13,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และพบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ได้แก่ กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำ

เงิน ได้แก่ *P. agardhii* และ *A. flos-aquae* และสาหร่ายดิวิชัน Pyrrophyta คือ *C. hirundinella* โดยสามารถจัดคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ Garaši และ Bukulja ประเทศเซอร์เบียให้อยู่ในประเภทสารอาหารสูงหรือน้ำคุณภาพไม่ดี

2.5.2 การศึกษาคุณภาพน้ำและการใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำในประเทศไทย

Pongswat [1] ศึกษาการใช้แพลงก์ตอนพืชในการตรวจติดตามคุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2543 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2544 ผลการวิจัย พบแพลงก์ตอนพืชทั้ง 2 สระ สามารถจัดจำแนกได้รวมทั้งสิ้น 6 ดิวิชัน 95 สปีชีส์ คุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำที่ 1 เมื่อจัดตามระดับสารอาหารอยู่ในระดับสารอาหารปานกลาง จนถึงสารอาหารสูง แพลงก์ตอนพืชที่สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้แหล่งน้ำที่มีสารอาหารปานกลางจนถึงสารอาหารมากคือ *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz.) Seenayya & Subba, *Peridiniopsis cunningtonii* Lemmermann, *Trachelomonas volvocina* Ehrenberg, *Peridinium* sp.1 และ *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans ในสระเก็บน้ำที่ 2 อยู่ในระดับสารอาหารน้อย จนถึงสารอาหารปานกลาง แพลงก์ตอนพืชที่สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้แหล่งน้ำที่มีสารอาหารน้อยจนถึงสารอาหารปานกลาง ได้แก่ *C. raciborskii*, *T. volvocina*, *Peridinium* sp.1, *P. cunningtonii* Lemmermann, *C. furcoides* และ *A. vitrea* และเมื่อจัดคุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 ทั้ง 2 สระตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินสามารถจัดอยู่ในประเภทที่ 2 แต่ทั้ง 2 สระ มีค่าความกระด้างของน้ำสูงเกินค่ามาตรฐานในการทำน้ำประปา ชัยวัฒน์และวรงค์ลักษณ์ [54] ทำการศึกษาคุณภาพน้ำประปาในระบบท่อของมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำและสถานีประปา เดือนละ 2 ครั้งเป็นเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2543 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2544 พบว่า น้ำดิบมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8.43 อุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 27.9 องศาเซลเซียส ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 157.8 ค่าความขุ่นเท่ากับ 12.5 เอนทียู ปริมาณของแข็งทั้งหมด 172.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน เท่ากับ 0.0098 มิลลิกรัมต่อลิตร โคลิฟอร์มแบคทีเรียเท่ากับ 29.8 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร และพบคลอรีนตกค้างอิสระเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาขององค์การอนามัยโลก ส่วนสถานีประปามีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7.43 อุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 27.0 องศาเซลเซียส ค่าความขุ่นเท่ากับ 0.8 เอนทียู ปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 144.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน เท่ากับ 0.0003 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเท่ากับ 1.1 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตรและคลอรีนตกค้างอิสระเท่ากับ 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาของการประปานครหลวง ปณรัตน์ [55] ทำการศึกษาการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำหนองบ่อ อ.บรบือ จ.มหาสารคาม โดยอ่างเก็บน้ำมีพื้นที่ประมาณ 1,880 ไร่ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ.2542 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2543 พบว่าอ่างเก็บน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.26-8.57 พบปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเท่ากับ 6.10 มิลลิกรัมต่อลิตร จากผลการวิจัย พบว่า ดิวิชัน Chlorophyta พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 66 ชนิด ส่วนดิวิชัน Chrysophyta พบทั้งหมด 18 ชนิด ดิวิชัน Cyanophyta พบทั้งหมด 22 ชนิด ดิวิชัน Euglenophyta พบทั้งหมด 13 ชนิด และดิวิชัน Pyrrophyta พบทั้งหมด 9 ชนิด แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นคือ *Oscillatoris* sp. รองลงมา

Cosmarium sp., *Leptocylindrous* sp., *Chaetomorpha* sp., *Natrium* sp. และ *Euglena* sp. จากการสำรวจพบแพลงก์ตอนพืชมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม ธันวาคม และเดือนมิถุนายน ตามลำดับ สุปราณี [56] ทำการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร จ.อุบลราชธานี ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ.2550 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2551 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 201 ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ได้แก่ *Rhizosolenia* sp.1, *C. pseudarctum*, *Nephroclytium* sp.2, *S. curvatum*, *Glenodinium cinctum* (O.F. Müller) Ehrenberg และ *Dinobryon divergens* Imhoff ตามลำดับ จากการวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 15.8 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ค่าความเป็นด่างเท่ากับ 10.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.48 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เท่ากับ 6.69 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เท่ากับ 1.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าฟอสเฟตที่ละลายน้ำทั้งหมด เท่ากับ 0.0052 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรท เท่ากับ 0.0024 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ 0.5633 ไมโครกรัมต่อลิตร แสดงว่าอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธรเป็นแหล่งน้ำที่มีสารอาหารน้อย และจัดเป็นแหล่งน้ำตามเกณฑ์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 งานวิจัยของธนัชฐา [57] ศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล อ.สามเงา จ.ตาก และอ่างเก็บน้ำเขื่อนจิม นครเวียงจันทน์ ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ.2550 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2551 โดยทำการเก็บตัวอย่างที่ระดับความลึกทุก 5 เมตร จากผิวน้ำไปจุดที่ลึกที่สุดของอ่างเก็บน้ำ พบแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล 6 ด้วชี้น 42 จินัส 63 สปีชีส์ พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ได้แก่ *C. raciborskii*, *P. limnitica* และ *A. minutissima* กลุ่มแพลงก์ตอนพืชที่มีปริมาณชีวภาพมากที่สุด คือ Cyanophyceae รองลงมาคือ Dinophyceae และ Diatomophyceae ตามลำดับ ส่วนภายในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจิมนคร พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 5 ด้วชี้น 38 จินัส 74 สปีชีส์ แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ได้แก่ *S. tetracerum*, *S. freemanii* W.et G.S. West var. *nudiceps* Scott et Prescott และ *S. crenulatum* ส่วนแพลงก์ตอนพืชที่มีปริมาณชีวภาพมากที่สุดคือ Zygnemaphyceae รองลงมาคือ Diatomophyceae และ Cyanophyceae ตามลำดับ สำหรับการประเมินคุณภาพน้ำโดยการใช้แพลงก์ตอนพืชและปัจจัยทางกายภาพ เคมี พบว่า อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล มีคุณภาพน้ำระดับสารอาหารปานกลาง ส่วนอ่างเก็บน้ำเขื่อนจิม มีคุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง นอกจากนี้พงศ์เชษฐ [58] ศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญของภาคตะวันออก เนื่องจากนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นน้ำดิบของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง โดยทำการศึกษาในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2548 พบว่า ค่าความเป็นด่างและความกระด้างของน้ำมีค่าต่ำ อยู่ในช่วง 40-64 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 30-68 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.0-10.0 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 3.8-13.4 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เกินเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 ที่กำหนดไว้ที่ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำในอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ แต่ตรวจพบปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสเฟตมีค่าค่อนข้างต่ำ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างภาคสนาม

- 3.1.1.1 ขวดแก้วสำหรับเก็บแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม
- 3.1.1.2 ขวดโพลีเอธิลีน ขนาด 1 ลิตร
- 3.1.1.3 ขันตักน้ำและถังน้ำพลาสติก ขนาด 10 ลิตร
- 3.1.1.4 ขวดดีโอ
- 3.1.1.5 ขวดบีโอดี
- 3.1.1.6 ขวดสีชา ขนาด 150 มิลลิลิตร
- 3.1.1.7 เครื่องเก็บตัวอย่างน้ำแบบแนวตั้ง ขนาด 2 ลิตร พร้อมค้อนน้ำหนัก
- 3.1.1.8 จานวัดความโปร่งแสง
- 3.1.1.9 ตาข่ายแพลงก์ตอน ขนาดความถี่ 10 ไมโครเมตร
- 3.1.1.10 ตลับเมตร
- 3.1.1.11 เทอร์โมมิเตอร์ สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศ
- 3.1.1.12 เสื้อชูชีพ

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

- 3.1.2.1 กระจายกรอง GF/C
- 3.1.2.2 กระจายอะลูมิเนียม
- 3.1.2.3 กระจบอควง ขนาด 100 มิลลิลิตร
- 3.1.2.4 ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 3.1.2.5 ชุดอุปกรณ์สำหรับตกตะกอนสาหร่าย
- 3.1.2.6 ปากคีบ
- 3.1.2.7 ปีเปต ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
- 3.1.2.8 สไลด์พร้อมกระจกปิดสไลด์
- 3.1.2.9 หลอดแก้วหยดสาร
- 3.1.2.10 หลอดทดลองพร้อมหลอดดักก๊าซ

3.1.3 สารเคมี

- 3.1.3.1 สารเคมีสำหรับวัดปริมาณสารอาหาร
- 3.1.3.2 สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น

- 3.1.3.3 สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล
- 3.1.3.4 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.025 นอร์มัล
- 3.1.3.5 สารละลายเมทานอล ความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์
- 3.1.3.6 สารละลายแมงกานีสซัลเฟต
- 3.1.3.7 สารละลายลูกบอล สำหรับเก็บรักษาแพลงก์ตอนพืช
- 3.1.3.8 สารละลายอัคราไลน์ไอโอไดด์ไฮไซด์
- 3.1.3.9 อินดิเคเตอร์ ได้แก่ น้ำแป้ง ฟีนอล์ฟธาเลิน และเมธิลออเรนจ์

3.1.4 เครื่องมือ

- 3.1.4.1 กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ
- 3.1.4.2 กล้องจุลทรรศน์ชนิดถ่ายภาพได้
- 3.1.4.3 กล้องจุลทรรศน์ชนิดหัวกลับ
- 3.1.4.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 3.1.4.5 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง
- 3.1.4.6 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า
- 3.1.4.7 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง
- 3.1.4.8 ชุดกรองน้ำระบบสุญญากาศ
- 3.1.4.9 ตู้บ่มบีโอดี
- 3.1.4.10 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

3.2 วิธีการวิจัย

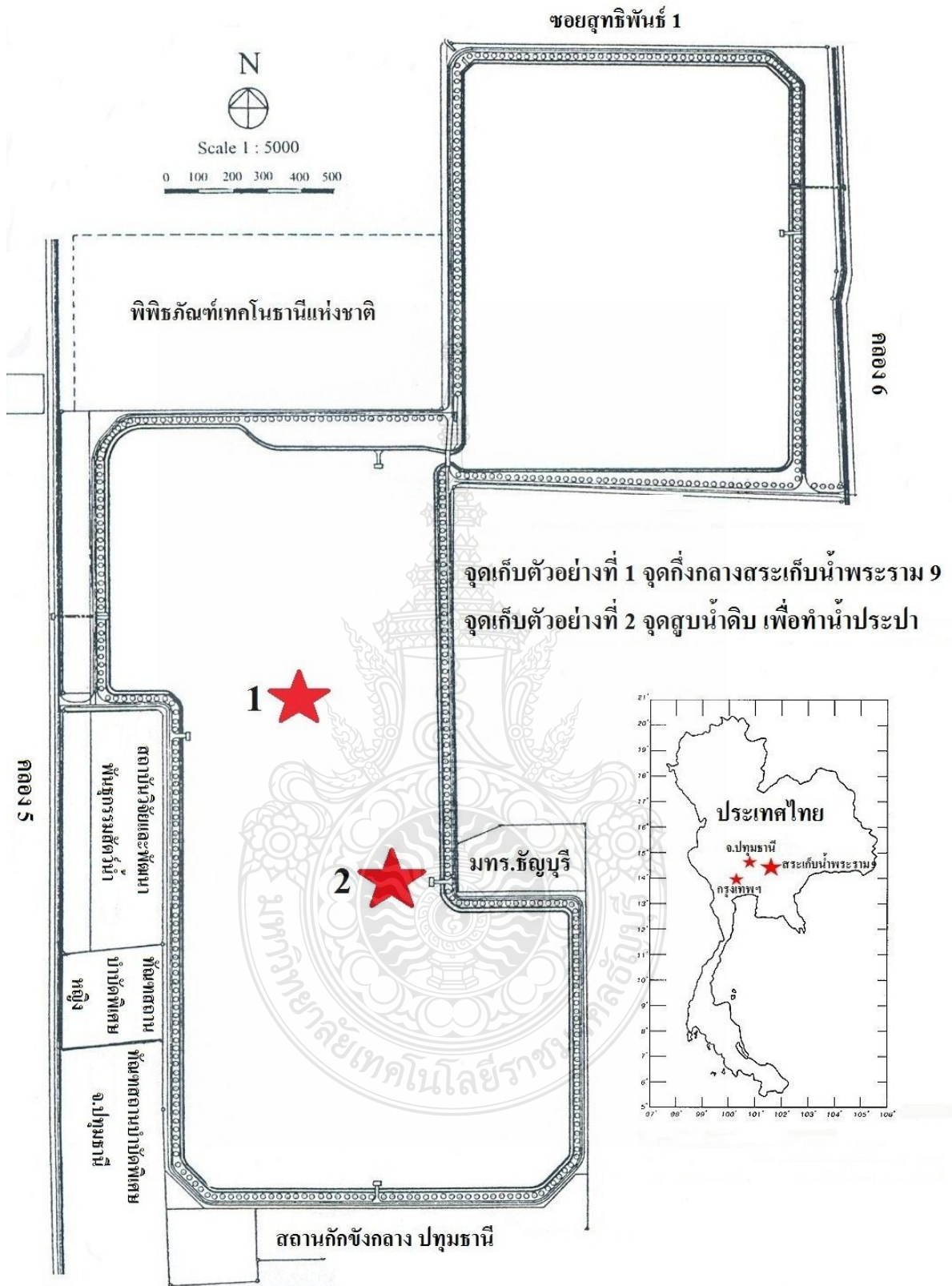
3.2.1 กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

ทำการสำรวจสระเก็บน้ำพระราม 9 และทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างภายในสระฯ ทั้งหมด 2 จุดเก็บตัวอย่างหลัก (รูปที่ 3.1) ดังนี้

3.2.1.1 จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางน้ำ ซึ่งเป็นจุดลึกที่สุดของสระเก็บน้ำพระราม 9 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึก 5 ระดับจากผิวน้ำ ได้แก่ 1, 5, 10, 15 และ 20 เมตร

(การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างจะใช้หลักเกณฑ์การกระจายตัวในแนวตั้งของแพลงก์ตอนพืช [15] ภายในสระน้ำ)

3.2.1.2 จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึก 2 ระดับจากผิวน้ำ ได้แก่ 1 และ 4 เมตร



รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 จังหวัดปทุมธานี
 ที่มา : ดัดแปลงจาก Pongswat [1]

3.2.2 การเก็บตัวอย่าง

3.2.2.1 การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชมีวิธีดำเนินการ 2 วิธีคือ

1) เก็บเพื่อวินิจฉัยชนิดและศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชที่จุดกึ่งกลางน้ำของสระเก็บน้ำพระราม 9 โดยใช้ตาข่ายแพลงก์ตอนขนาดความถี่ 10 ไมโครเมตร โดยทำการลากตาข่ายแพลงก์ตอนจากบริเวณที่ลึกที่สุดขึ้นมาจนถึงระดับผิวน้ำ และดวงให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดสีชา [59] และเก็บรักษาตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชด้วยสารละลายลูกอล เพื่อนำไปศึกษาต่อในห้องปฏิบัติการ

2) เก็บเพื่อศึกษาหาปริมาณของแพลงก์ตอนพืช และศึกษาปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช โดยการเก็บตัวอย่างบริเวณจุดกึ่งกลางน้ำของสระเก็บน้ำพระราม 9 ที่ระดับความลึกแตกต่างกันทุก 5 เมตร ใส่ในขวดสีชา และเก็บรักษาตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชด้วยสารละลายลูกอลปริมาณ 2 มิลลิลิตร [60] เช่นเดียวกับจุดเก็บตัวอย่างบริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตร ใส่ในขวดสีชา และนำไปศึกษาในห้องปฏิบัติการ

3.2.2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บเพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมีจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำภายในสระเก็บน้ำพระ 9 การเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างจะทำการเก็บแบบจ้วง (Grab Sampling) จุดละ 3 ข้ว เพื่อหาค่าเฉลี่ยบรรจุน้ำลงในขวดโพลีเอทิลีนขนาด 1 ลิตร ดวงน้ำใส่ให้เต็มขวดและปิดฝาให้สนิท และนำไปตรวจวัดค่าทางเคมีในห้องปฏิบัติการต่อไป

3.2.3 การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

3.2.3.1 การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ ณ จุดเก็บตัวอย่าง [61] มีวิธีการดังนี้

- 1) วัดอุณหภูมิ น้ำ โดยใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity/TDS meter) ของ HACH Model Senlon 5
- 2) วัดอุณหภูมิอากาศ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- 3) วัดค่าการนำไฟฟ้า โดยใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Conductivity/TDS meter) ของ HACH Model Senlon 5
- 4) วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ของ WTW Model pH 330
- 5) วัดความลึกที่แสงสว่างส่องถึง โดยใช้จานวัดความโปร่งแสง (Secchi disc)
- 6) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids) วิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity/TDS meter) ของ HACH Model Senlon 5
- 7) วัดปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (Suspended Solids) วิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ของ HACH Model DR/2400

3.2.3.2 การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการในห้องปฏิบัติการ [61] มีวิธีการดังนี้

- 1) ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) วิเคราะห์โดยวิธี Indicator method
- 2) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) วิเคราะห์โดยวิธี Azide modification of the Winkler method
- 3) ปริมาณความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand) วิเคราะห์โดยวิธี 5 Day incubation and Azide modification of the Winkler method
- 4) ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (Soluble Reactive Phosphorus) วิเคราะห์โดยวิธี Ascorbic acid method โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ของ HACH Model DR/2400
- 5) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus) วิเคราะห์โดยวิธี Ascorbic acid method โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ของ HACH Model DR/2400
- 6) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-Nitrogen) วิเคราะห์โดยวิธี Nesslerization method โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ของ HACH Model DR/2400
- 7) ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen) วิเคราะห์โดยวิธี Cadmium reduction method โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ของ HACH Model DR/2400
- 8) วิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล โคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) ด้วยวิธี Multiple tube method (MPN, Most Probable Number)
- 9) วิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) ด้วยวิธี Multiple tube method (MPN, Most Probable Number)
- 10) วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ด้วยวิธี Spectrophotometric method [62] โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสง (รายละเอียดบรรยายในภาคผนวก ง)

โดยทำการวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีเหล่านี้พารามิเตอร์ละ 3 ซ้ำ

3.2.4.3 การศึกษาปริมาณโลหะหนักที่พบในน้ำจะศึกษาภายในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

การวิเคราะห์ปริมาณสารหนู (As) ปริมาณแคดเมียม (Cd) ปริมาณโครเมียม (Cr) ปริมาณทองแดง (Cu) ปริมาณเหล็ก (Fe) ปริมาณปรอท (Hg) ปริมาณแมงกานีส (Mn) และปริมาณตะกั่ว (Pb) ตามวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ (Standard methods) โดยวิธี Atomic absorption spectroscopy [61]

3.2.4 การศึกษาคุณภาพน้ำจากปัจจัยทางชีวภาพ

3.2.4.1 การศึกษาแพลงก์ตอนพืช

1) วินิจฉัยหาชนิดของแพลงก์ตอนพืช โดยใช้ตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างมาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดเลนส์ประกอบ (Compound Microscope) และจากภาพถ่ายซึ่งถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดเลนส์ประกอบ โดยใช้หนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

Komárek และ Anagnostidis [63, 64], Komárek และ Fott [65], Komárek *et al.* [66], Krammer และ Lange-Bertalot [67, 68], Huber-Pestalozzi [69, 70] และ Smith [25]

2) ศึกษาปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช เพื่อประเมินความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชที่พบได้ทั่วไปภายในแหล่งน้ำ โดยทำการตกตะกอนแพลงก์ตอนพืชเป็นเวลา 48 ชั่วโมง [71] และทำการศึกษาแพลงก์ตอนพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดหัวกลับ (Olympus inverted microscope) ตามวิธีของ Utermöhl [72] สำหรับการวัดขนาดปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละชนิดจะศึกษาตามวิธีของ Rott [73]

3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 วิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลแบบปกติ (normality assumption) ทั้งข้อมูลคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพและโลหะหนักบางประการ

3.3.2 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's correlation coefficients ; r) ชนิด Two-tailed

3.3.3 วิเคราะห์หาแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น อันจะนำไปสู่การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้โปรแกรม Multi-Variate Statistical Package Version 3.1 วิเคราะห์ Principal Component Analysis (PCA)

3.3.4 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของปัจจัยด้านคุณภาพน้ำ และความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชที่พบในแต่ละระดับชั้นน้ำในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางน้ำ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของ One-way Analysis of Variance (ANOVA) เลือกวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ด้วยโปรแกรม SPSS 15.0

3.3.5 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของปัจจัยด้านคุณภาพน้ำ และความหลากหลายแพลงก์ตอนพืชระหว่างจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 โดยวิเคราะห์ Independent-Samples T-Test ด้วยโปรแกรม SPSS 15.0

3.4 สถานที่ทำการวิจัย

3.4.1 สระเก็บน้ำพระราม 9 จังหวัดปทุมธานี

3.4.2 ห้องปฏิบัติการชีววิทยา และภาควิชาเคมี ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

3.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

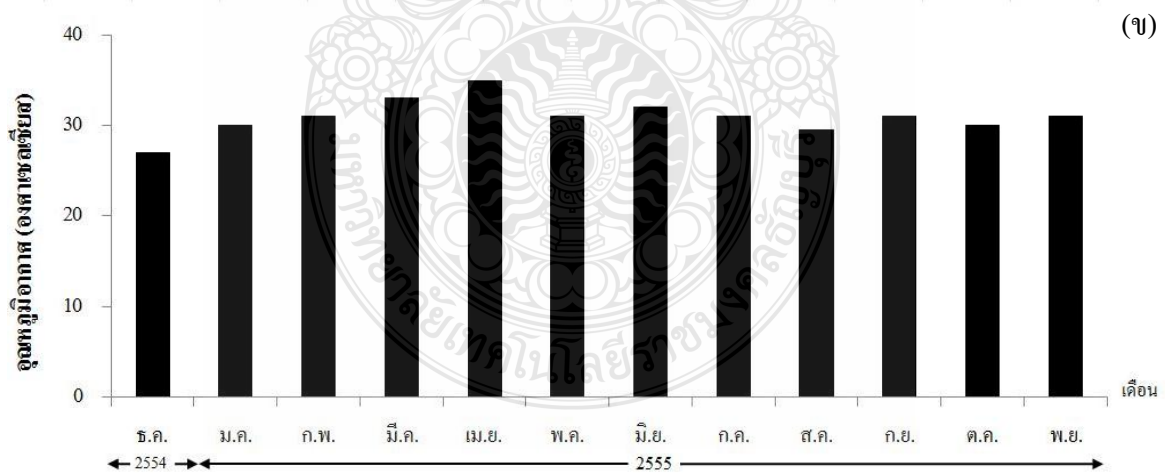
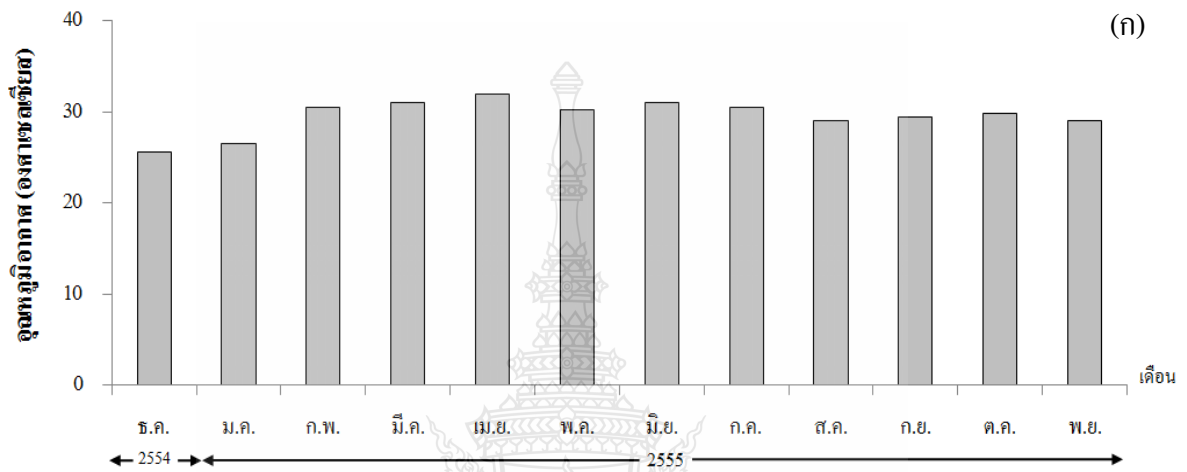
การศึกษาคุณภาพน้ำโดยใช้แฟล่งก์ตอนพีชบ่งชี้คุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ทำการศึกษาควบคู่กับการศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และโลหะหนักบางประการ (ตารางภาคผนวกที่ 1 ถึง 25) ระยะเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 ซึ่งแสดงดังต่อไปนี้

4.1 ปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี โลหะหนัก และชีวภาพบางประการ

4.1.1 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ

4.1.1.1 อุณหภูมิอากาศ (The temperature of air)

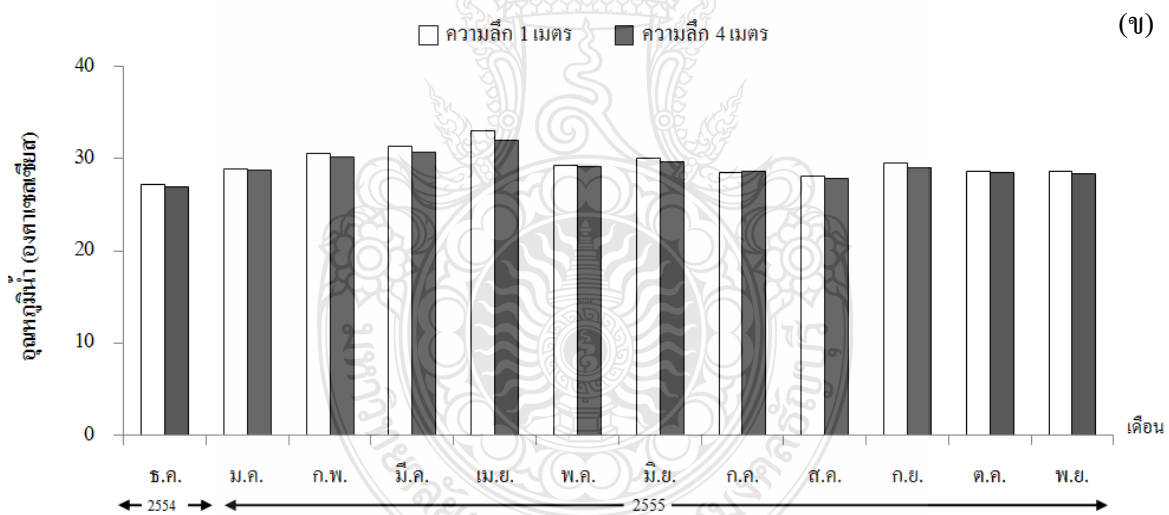
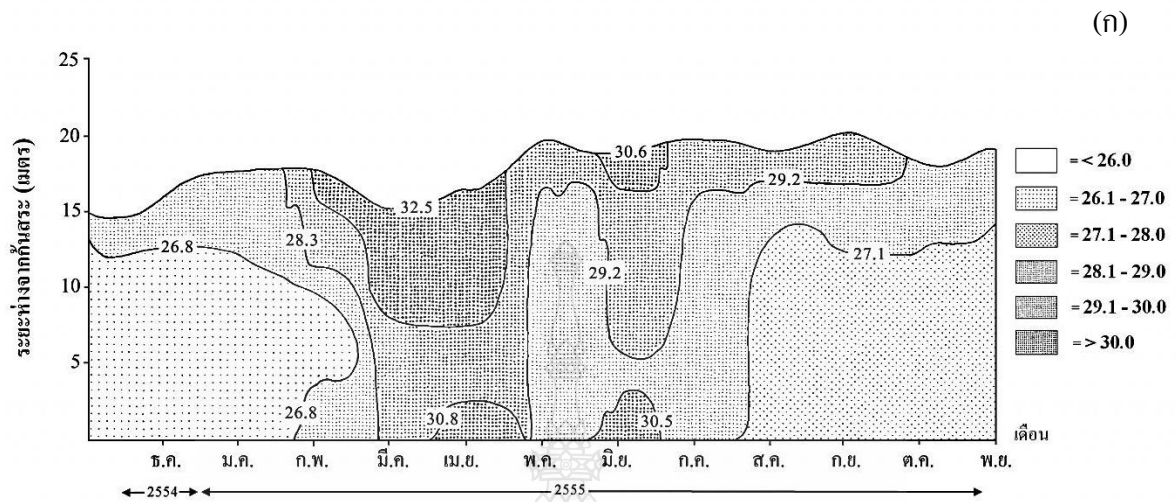
จากการศึกษาอุณหภูมิอากาศบริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 พบว่า อุณหภูมิอากาศมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูร้อน เดือนเมษายน พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 35.00 องศาเซลเซียส และมีค่าต่ำสุดในช่วงฤดูหนาว เดือนธันวาคม พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 25.60 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิอากาศในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำ มีค่าต่ำกว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปา (รูปที่ 4.1 ก และ ข) จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง โดยอุณหภูมิอากาศจะเพิ่มขึ้นตามช่วงเวลาเพิ่มขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลต่างๆ สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่ผู้วิจัยเลือกเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณจุดเก็บตัวอย่างกึ่งกลางซึ่งเป็นจุดที่ลึกที่สุดและเป็นตัวแทนของแหล่งน้ำของสระเก็บน้ำก่อน จึงทำให้อุณหภูมิอากาศยังไม่สูงมากนัก จากนั้นอุณหภูมิอากาศจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อทำการศึกษบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จากการศึกษาค่าอุณหภูมิอากาศทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยอุณหภูมิอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากช่วงเวลาเช้าจนถึงเที่ยงตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของปริญญา [74] พบว่าอุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 21.70 ถึง 39.00 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.1 อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.1.2 อุณหภูมิน้ำ (The temperature of water)

จากการศึกษาอุณหภูมิน้ำในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระฯ มีค่าอยู่ในช่วง 27.25-33.10 องศาเซลเซียส โดยในช่วงฤดูร้อน เดือนเมษายนมีค่าอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 33.10 องศาเซลเซียส และมีค่าต่ำสุดในช่วงฤดูหนาว เดือนธันวาคม มีค่าเท่ากับ 27.25 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.2 ก) จากการศึกษพบว่า จุดเก็บตัวอย่างบริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ มีค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ระดับความลึก 1 เมตร จากนั้นอุณหภูมิน้ำจะลดลงตามระดับความลึกของชั้นน้ำซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางภาคผนวกที่ 26) สอดคล้องกับรายงานของจิรพร [4] ที่ศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จ.เชียงใหม่ ที่กล่าวว่าอุณหภูมิที่ผิวน้ำมีความสัมพันธ์กับฤดูกาล คือในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าในฤดูหนาว และมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำตามระดับความลึก ส่วนใหญ่อุณหภูมิน้ำจะลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น ส่วนผลการศึกษาอุณหภูมิน้ำบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบอุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 26.49-30.83 องศาเซลเซียส ที่ระดับความลึก 1 เมตรมีค่าอุณหภูมิสูงสุดในเดือนเมษายน พ.ศ.2555 และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 สอดคล้องกับโฉมยง [75] ที่กล่าวว่าอุณหภูมิน้ำจะมีค่าสูงสุดในฤดูร้อน และจะลดต่ำลงในฤดูฝน และต่ำสุดในฤดูหนาว โดยอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึก 1 เมตรมีค่าสูงกว่าที่ระดับความลึก 4 เมตรเพียงเล็กน้อย (รูปที่ 4.2 ข) เนื่องจากแสงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอุณหภูมิน้ำ ถ้าปริมาณความเข้มแสงมีมากส่งผลทำให้อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น [7] เช่นเดียวกับที่ระดับความลึก 1 เมตรได้รับปริมาณแสงมากกว่าที่ระดับความลึก 4 เมตร ส่งผลให้มีค่าอุณหภูมิที่สูงกว่า แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตร พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับรายงานของปริญญา [74] พบว่าอุณหภูมิน้ำตามธรรมชาติจะมีค่าอยู่ในช่วง 21.00-35.00 องศาเซลเซียส โดยจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล นันทนา [34] ได้กล่าวถึงความสำคัญของอุณหภูมิน้ำไว้ว่าอุณหภูมิน้ำจะมีต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำนั้นๆ เนื่องจากอุณหภูมิจจะมีผลต่อกระบวนการต่างๆ เช่น มีผลต่อความหนาแน่นของสิ่งมีชีวิต และการละลายของแร่ธาตุในน้ำ เมื่อทำการศึกษาอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



รูปที่ 4.2 อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

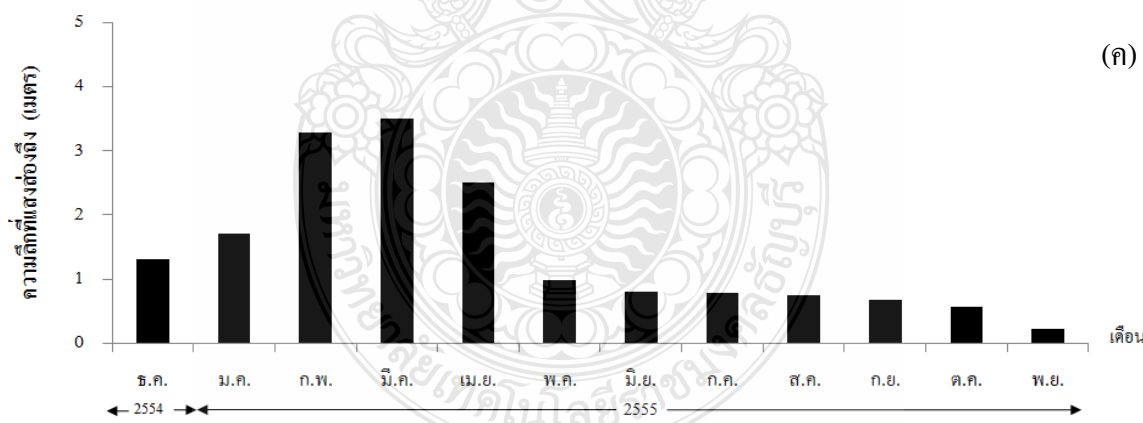
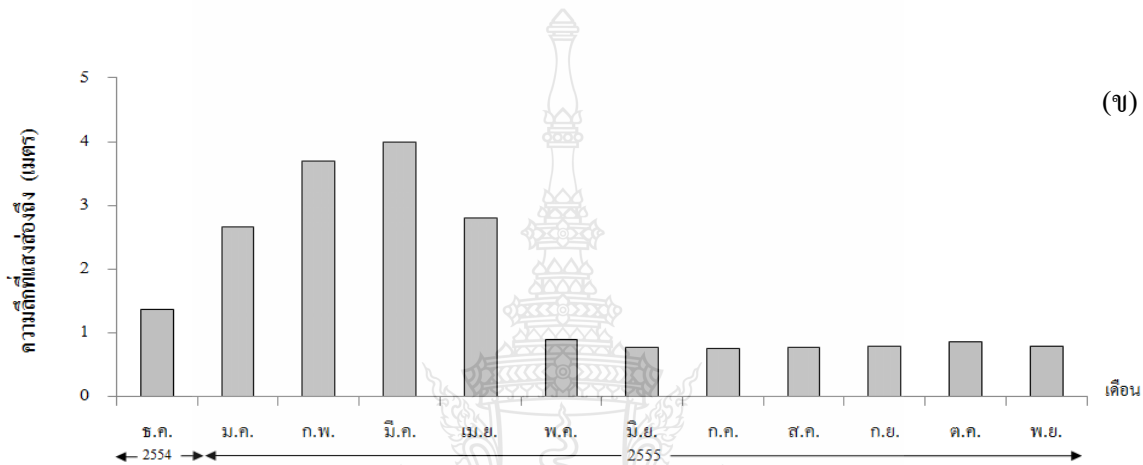
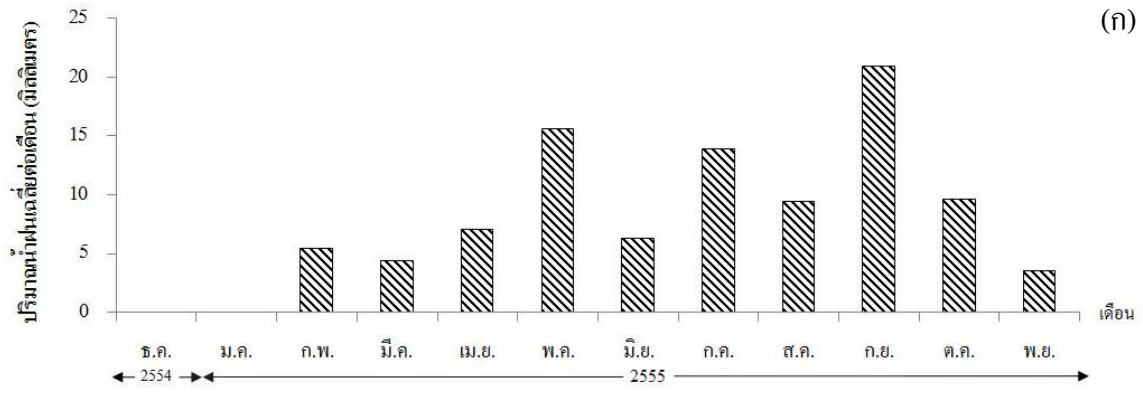
(ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี

(ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.1.3 ความลึกที่แสงส่องถึง (Transparency)

จากการศึกษาความลึกที่แสงส่องถึงของสระเก็บน้ำพระราม 9 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ มีค่าความลึกที่แสงส่องถึงอยู่ในช่วง 0.76-4.00 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.68 เมตร พบว่าค่าความลึกที่แสงส่องถึงมีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคมมีค่าเท่ากับ 4.00 เมตรและมีค่าต่ำสุดในช่วงเดือนฤดูฝน เดือนกรกฎาคมมีค่าเท่ากับ 0.76 เมตร (รูปที่ 4.3 ข) ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อทำน้ำประปามีค่าความลึกที่แสงส่องถึงอยู่ในช่วง 0.22-3.50 เมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.42 เมตร พบว่า ค่าความลึกที่แสงส่องถึงมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคมมีค่าเท่ากับ 3.50 เมตรและมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายนมีค่าเท่ากับ 0.22 เมตร (รูปที่ 4.3 ค) ความลึกที่แสงส่องถึงในทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างมีค่าต่ำในช่วงฤดูฝน สอดคล้องกับรายงานอุตุนิยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ตารางภาคผนวกที่ 28) ที่รายงานปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละเดือน พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน พ.ศ.2555 (รูปที่ 4.3 ก) ซึ่งฝนที่ตกลงมาจะทำให้แหล่งน้ำเกิดความขุ่นของตะกอนดินที่ถูกชะล้างลงสู่สระเก็บน้ำ โดยฝนที่ตกหนักในฤดูฝนนั้นจะส่งผลให้แสงแดดส่องผ่านลงสู่แหล่งน้ำได้น้อย ซึ่งสิริแซและสุทธรธรรม [21] กล่าวว่าปริมาณแสงมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล โดยในช่วงฤดูร้อนจะมีการแพร่กระจาย และความหนาแน่นของสาหร่ายมาก เนื่องจากในฤดูร้อนจะมีแสงแดดแรงตลอดวันทำให้แสงที่ตกลงสู่แหล่งน้ำมาก แต่กลับกันฤดูหนาวและฤดูฝน ท้องฟ้ามีเมฆบังทำให้ปริมาณแสงส่องผ่านลงสู่แหล่งน้ำได้น้อย



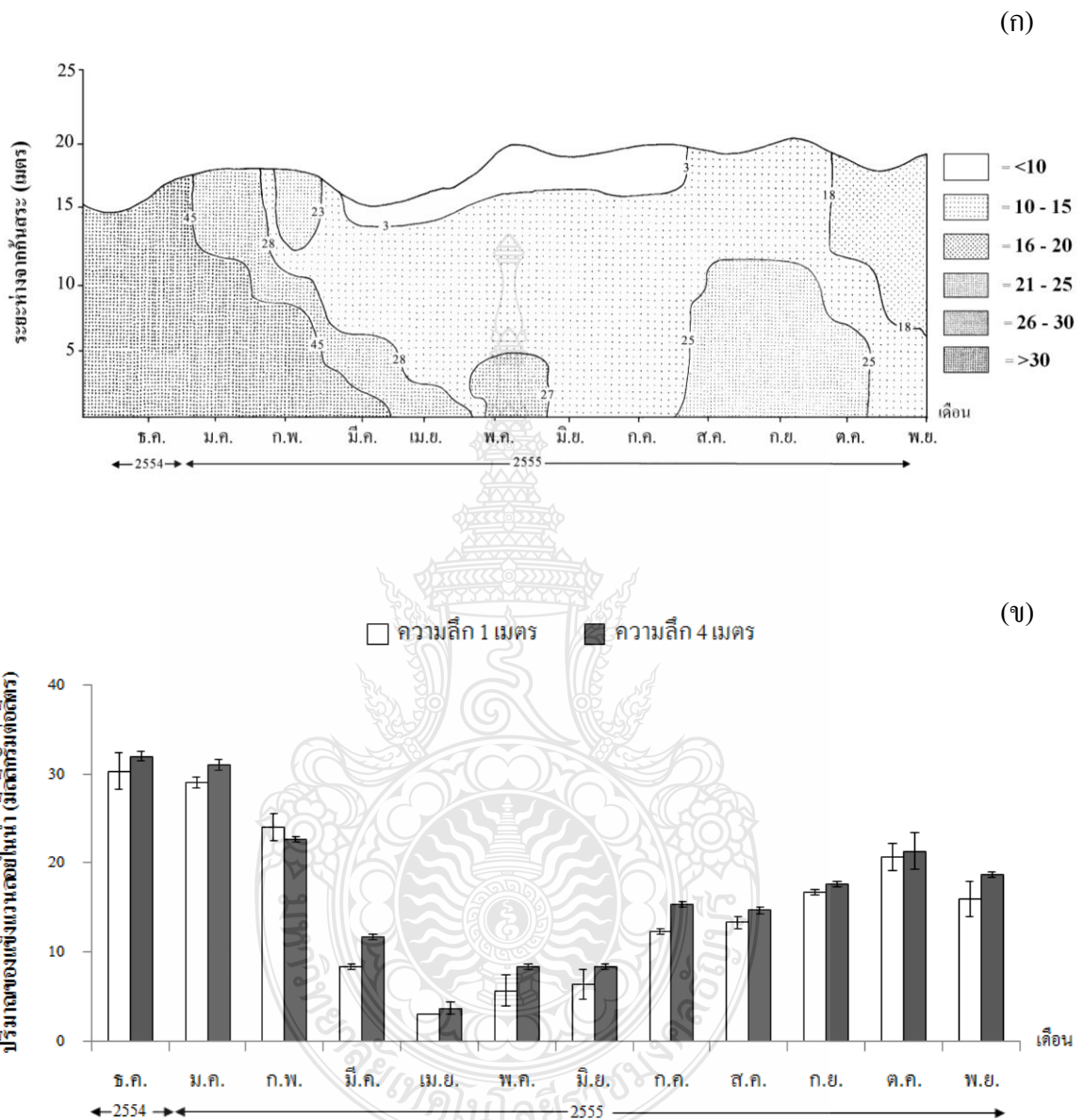


รูปที่ 4.3 ความลึกที่แสงส่องถึง (เมตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

- (ก) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละเดือน
- (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
- (ค) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.1.4 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (Suspended Solids)

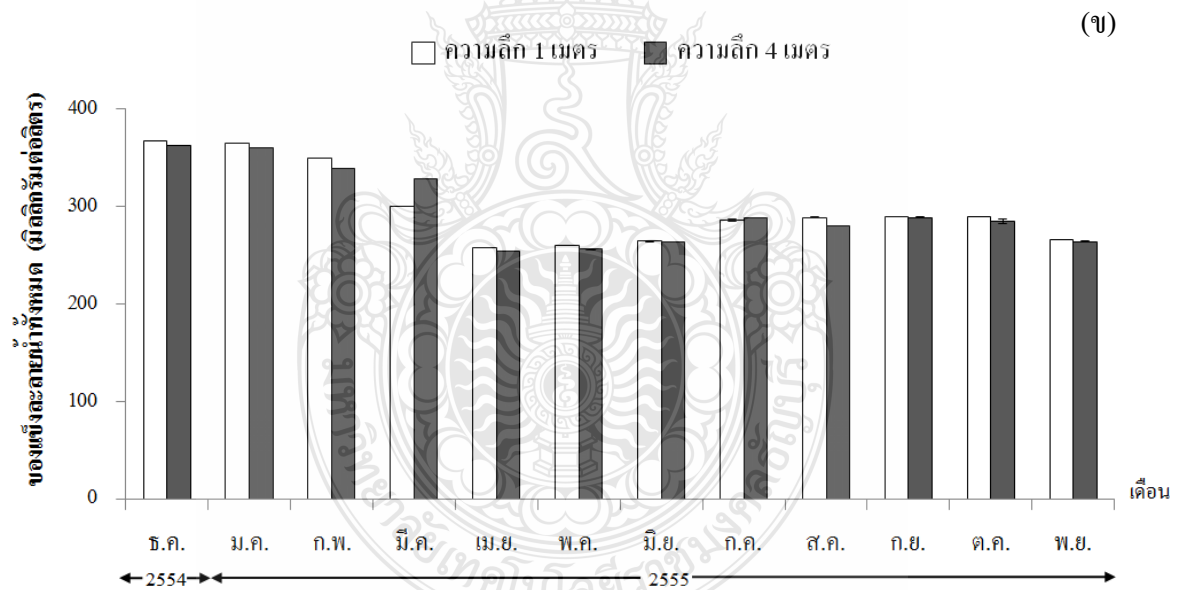
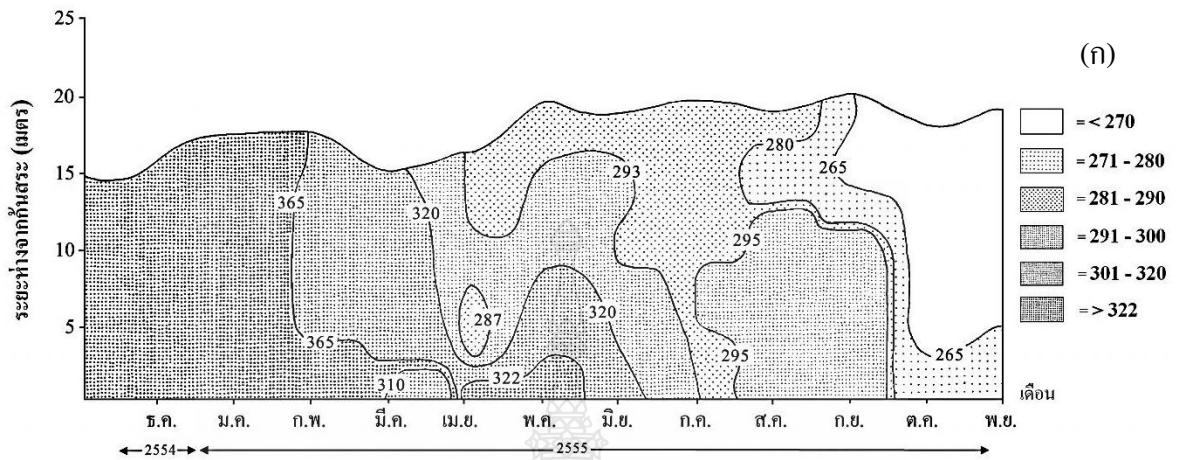
ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณของแข็งที่แขวนลอยรวมถึงตะกอนดินเศษซากต่างๆ ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า [76] จากการศึกษาภายในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 3.00-43.67 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมีค่าสูงสุดในช่วงหลังเหตุการณ์น้ำท่วม เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 เนื่องจากแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนจากตะกอนดิน สาทรัย และเศษซากอนุภาคขนาดเล็กต่างๆ เป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูร้อน จากนั้นปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในช่วงฤดูฝน เนื่องจากน้ำฝนจะทำการชะล้างตะกอนดินลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลให้น้ำเกิดการขุ่นและพบว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของสระเก็บน้ำซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางภาคผนวกที่ 26) โดยที่ระดับความลึก 20 เมตร ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมีค่าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 42.08 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.4 ก) ส่วนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อทำน้ำประปา พบปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 4.33-34.67 มิลลิกรัมต่อลิตร พบปริมาณสูงสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าสูงสุดในช่วงหลังเหตุการณ์น้ำท่วม เช่นเดียวกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 มีค่าสูงสุดที่ระดับความลึก 4 เมตร เท่ากับ 34.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูร้อน เดือนเมษายน และเพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนตั้งแต่เดือนกรกฎาคมเป็นต้นไป เนื่องจากน้ำฝนจะชะล้างเอาอนุภาคแขวนลอยพวกสารอินทรีย์ และของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์ พวกดินเหนียวและโคลนลงสู่แหล่งน้ำ [77] ส่งผลให้น้ำเกิดการขุ่น สอดคล้องกับงานวิจัยของตรัย [77] ที่พบว่าในฤดูฝนนั้นน้ำในแหล่งน้ำจะมีความขุ่นสูงมากกว่าฤดูอื่นๆ จากการศึกษาพบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำที่ระดับความลึก 4 เมตรมีแนวโน้มสูงกว่าที่ระดับความลึก 1 เมตร เล็กน้อย (รูปที่ 4.4 ข) เนื่องจากอนุภาคของแข็งต่างๆ จะแขวนลอยและจมลงอย่างหนาแน่นบริเวณใกล้พื้นท้องน้ำของสระ แต่ทั้ง 2 ระดับความลึกมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำที่ระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



รูปที่ 4.4 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.1.5 ปริมาณของแข็งละลายในน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids)

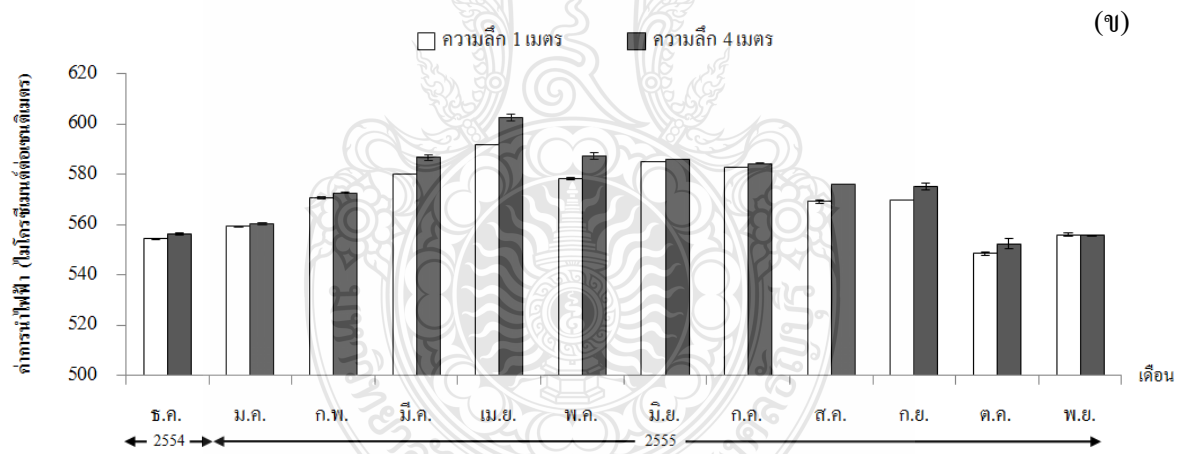
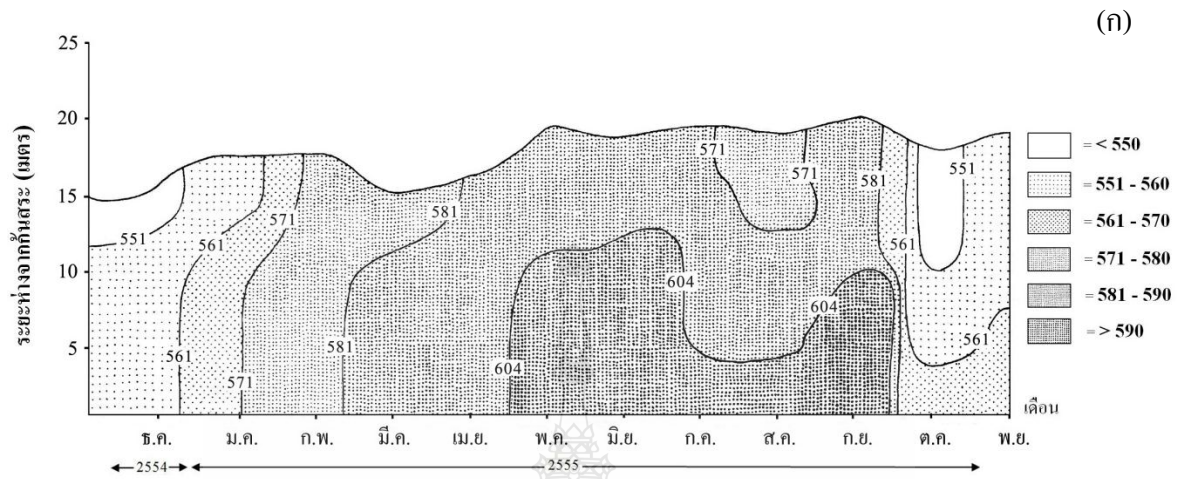
จากการศึกษาปริมาณของแข็งละลายในน้ำทั้งหมด พบว่าส่วนใหญ่จะมาจากสารอนินทรีย์ที่มาจากแร่ธาตุต่างๆ ที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำและไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า [80] ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ ปริมาณของแข็งละลายในน้ำทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 266.00-366.00 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำทั้งหมดมีปริมาณสูงสุดในช่วงหลังเหตุการณ์น้ำท่วม เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2555 และมีแนวโน้มลดต่ำลงตั้งแต่เดือนมีนาคม เป็นต้นไป โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคมและพฤศจิกายน พ.ศ.2555 และพบว่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระดับความลึกของสระเก็บน้ำ (รูปที่ 4.5 ก) เนื่องจากปริมาณของแข็งละลายในน้ำค่อยๆ เคลื่อนตัวตกตะกอนลงสู่พื้นท้องน้ำ ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ แต่ปริมาณของแข็งละลายในน้ำทั้งหมดที่พบในแต่ละระดับชั้นน้ำมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำไปทำน้ำประปา พบปริมาณของแข็งละลายในน้ำทั้งหมดอยู่ในช่วง 266.00-367.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณสูงสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 และมีแนวโน้มลดต่ำลงในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (รูปที่ 4.5 ข) เช่นเดียวกันกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างปริมาณของแข็งละลายในน้ำทั้งหมดที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตร พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณของแข็งละลายในน้ำทั้งหมดที่ระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละเดือนซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ *Hambright et al.* [78] ที่ทำการศึกษาคคุณภาพน้ำทางเคมีในทะเลสาบ Agmon ประเทศอิสราเอล มีค่าปริมาณของแข็งละลายในน้ำทั้งหมด เฉลี่ยเท่ากับ 277.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากทะเลสาบมีแร่ธาตุต่างๆ ละลายอยู่ในแหล่งน้ำเป็นจำนวนมาก



รูปที่ 4.5 ปริมาณของแข็งละลายในน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.1.6 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)

จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีค่าค่อนข้างสูงอยู่ในช่วง 548.69-591.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 575.36 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร พบค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดในช่วงฤดูร้อน เดือนมีนาคม และเมษายน พ.ศ.2555 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 591.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เนื่องจากในช่วงฤดูร้อน น้ำในสระเก็บน้ำมีการระเหยออกไปมาก ส่งผลให้แร่ธาตุต่างๆ ภายในแหล่งน้ำมีความเข้มข้น และมีค่าต่ำสุดช่วงฤดูฝนในเดือนตุลาคมค่าเฉลี่ยเท่ากับ 548.69 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เนื่องจากปริมาณน้ำฝนได้เจือจางแร่ธาตุไอออนต่างๆ ภายในสระให้หามีค่าลดลง [77] จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับชั้นน้ำที่ลึกลงไปจนถึงก้นสระ (รูปที่ 4.6 ก) ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องมาจากลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งน้ำมีดินที่ค่อนข้างเป็นกรด ทำให้มีปริมาณไอออนต่างๆ จำนวนมาก ส่งผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างสูงกว่าแหล่งน้ำปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pongswat [1] ที่ทำการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 1,080-1,360 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และพบค่าการนำไฟฟ้าในบริเวณผิวน้ำมีค่าต่ำกว่าในระดับชั้นน้ำที่ลึกลงไป โดยมีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดบริเวณก้นสระเช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ สำหรับจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 548.67-590.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (รูปที่ 4.6 ข) มีค่าสูงสุดในช่วงฤดูร้อนเดือนเมษายน และต่ำสุดในเดือนตุลาคม เช่นเดียวกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 โดยที่ระดับความลึก 4 เมตรมีค่าสูงกว่าที่ระดับความลึก 1 เมตรเล็กน้อย ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าที่ระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละเดือนซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cloutier *et al.* [79] ที่ทำการศึกษาคูณภาพน้ำในทะเลสาบ Saint-Augustin ประเทศแคนาดาในช่วงปี ค.ศ.1988-1993 พบว่าทะเลสาบมีค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างสูงในช่วง 531.00-541.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เนื่องจากทะเลสาบมีสารประกอบแคลเซียมไอออนละลายอยู่ค่อนข้างสูง จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 มีค่าสูงกว่ารายงานของชาญณรงค์ [80] ที่กล่าวว่าในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพน้ำดี จะพบค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 150-300 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร แต่ในงานวิจัยนี้มีค่าการนำไฟฟ้าสูงเกินกว่า 300 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เนื่องจากสระเก็บน้ำมีการปนเปื้อนไอออนจากอินทรีย์สาร และอนินทรีย์สารต่างๆ จำนวนมาก และเนื่องจากพื้นที่ในบริเวณนี้มีดินที่มีฤทธิ์เป็นกรดสูง จึงส่งผลให้แหล่งน้ำมีค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างสูงเช่นกัน

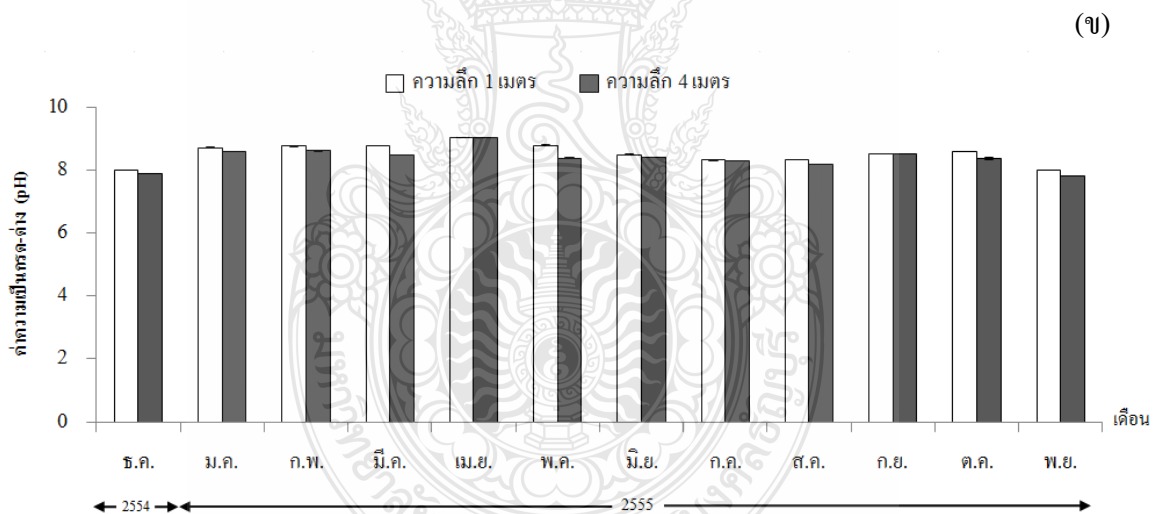
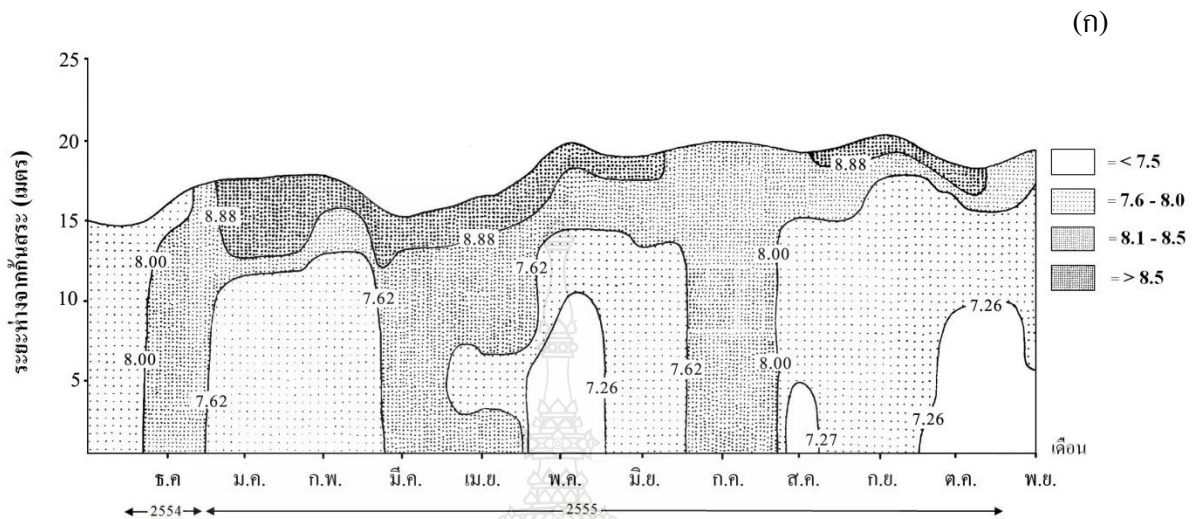


รูปที่ 4.6 ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.2 คุณภาพน้ำทางด้านเคมี

4.1.2.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

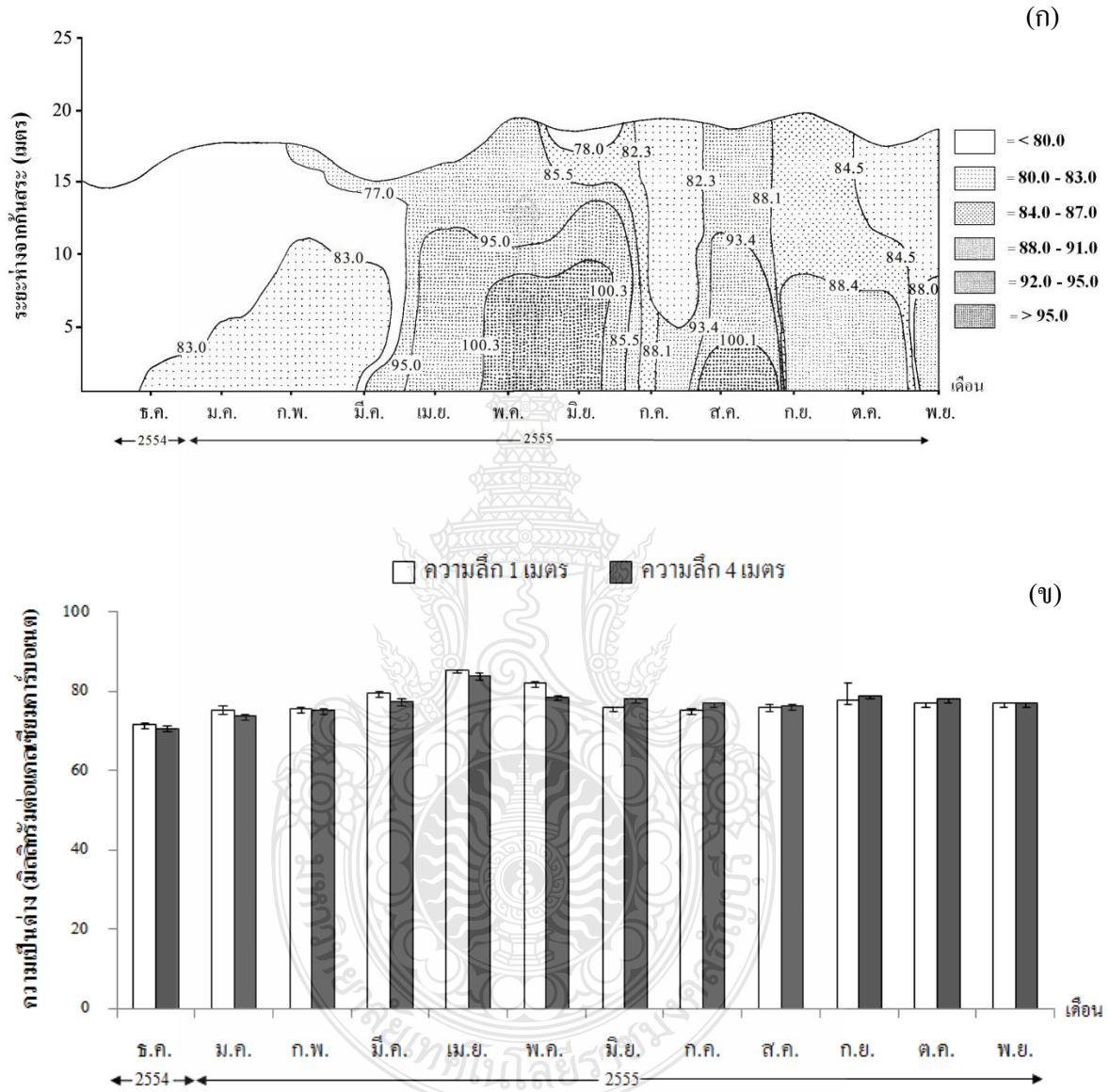
จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของสระเก็บน้ำพระราม 9 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบว่าที่ระดับความลึก 1 เมตร ค่าความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างสูง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.47 พบค่าสูงสุดในเดือนมกราคมเท่ากับ 8.88 และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคมเท่ากับ 7.97 โดยค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกไปจนถึงก้นสระซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางภาคผนวกที่ 26) และพบว่าที่ระดับความลึก 20 เมตร ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำสุดในเดือนตุลาคมเท่ากับ 7.26 (รูปที่ 4.7 ก) เนื่องจากพื้นที่บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 มีดินที่มีฤทธิ์เป็นกรดสูง ส่งผลให้ระดับชั้นน้ำบริเวณด้านล่างของสระมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำลง [81] เช่นเดียวกับการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบว่าในทุกๆ เดือนตลอดการวิจัยที่ระดับความลึก 1 เมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าที่ระดับความลึก 4 เมตรเล็กน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.50 และ 8.39 ตามลำดับ (รูปที่ 4.7 ข) ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากในบริเวณผิวน้ำ แพลงก์ตอนพืชจะมีการใช้ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์เป็นจำนวนมากสำหรับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่งผลให้แหล่งน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเพิ่มขึ้นบริเวณผิวน้ำ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างที่ระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละเดือนซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Katsiapi *et al.* [82] ที่ศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ Marathonas ประเทศกรีซ ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำสำหรับผลิตน้ำดิบ เพื่อการประปา มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.8-8.7 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pongswat [1] ที่ทำการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างในระดับ 0, 1, 2 และ 3 เมตร มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.56 จากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มลดลงในความลึกระดับ 8, 13, 18 จนถึงก้นสระ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.00 เนื่องมาจากพื้นที่ในบริเวณนี้มีค่าความเป็นกรดสูง และพบว่าทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างมีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ที่กำหนดไว้ให้อยู่ในช่วง 5-9



รูปที่ 4.7 ค่าความเป็นกรด-ด่าง บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.2.2 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

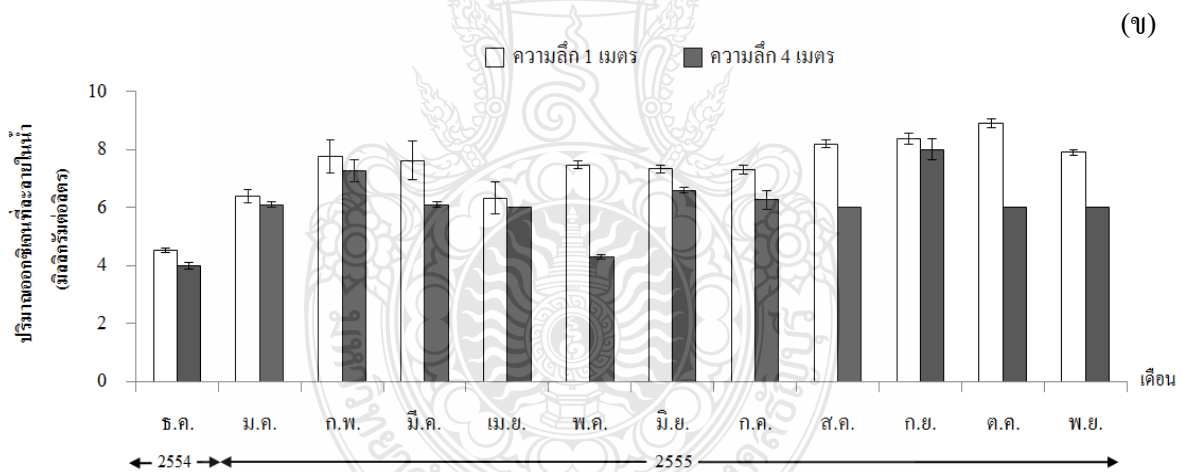
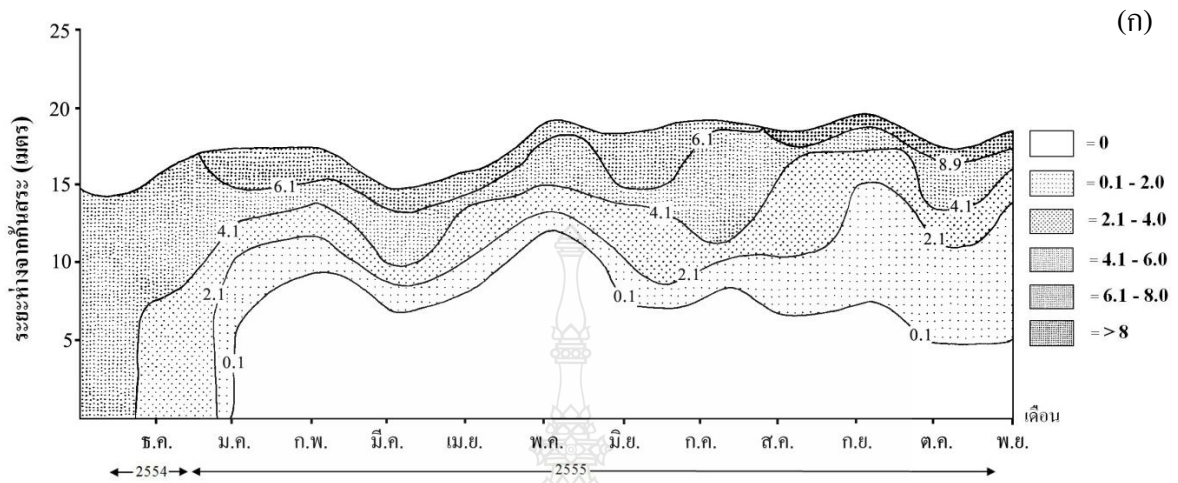
จากการศึกษาค่าความเป็นด่างของสระเก็บน้ำพระราม 9 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบว่ามีค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วง 77.00-98.70 มิลลิกรัมต่อแคลเซียมคาร์บอเนต ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.75 มิลลิกรัมต่อลิตรแคลเซียมคาร์บอเนต มีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน พ.ศ.2555 เท่ากับ 98.70 มิลลิกรัมต่อแคลเซียมคาร์บอเนต และมีค่าความเป็นด่างต่ำสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 เท่ากับ 77.00 มิลลิกรัมต่อแคลเซียมคาร์บอเนต เนื่องจากน้ำท่วมเข้ามาเจือจางอ็อกซิเจน พวกไบคาร์บอเนตคาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์ที่ละลายอยู่ภายในสระเก็บน้ำ [30] ส่งผลให้ค่าความเป็นด่างภายในสระลดลง จากนั้นค่าความเป็นด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับชั้นน้ำที่ลึกลงไปจนถึงก้นสระ (รูปที่ 4.8 ก) เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ต่างๆ จะตกตะกอนลงสู่ก้นสระเป็นจำนวนมาก ซึ่งค่าความเป็นด่างที่พบในแต่ละระดับชั้นน้ำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของธนินฐา [57] ที่พบค่าความเป็นด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำจืด แต่เพิ่มขึ้นไม่มากนัก เช่นเดียวกับการศึกษาค่าความเป็นด่างในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบว่าค่าความเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 71.00-85.50 มิลลิกรัมต่อแคลเซียมคาร์บอเนต ค่าความเป็นด่างที่ระดับความลึก 1 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.54 มิลลิกรัมต่อแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่ระดับความลึก 4 เมตร ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.96 มิลลิกรัมต่อแคลเซียมคาร์บอเนตคาร์บอเนตมีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน พ.ศ.2555 เท่ากับ 85.50 มิลลิกรัมต่อแคลเซียมคาร์บอเนต (รูปที่ 4.8 ข) แต่ค่าความเป็นด่างที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตร มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของทิพวรรณ [83] ที่พบค่าความเป็นด่างมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูร้อนในอ่างเก็บน้ำสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหิยะ จ.เชียงใหม่ มีค่าเท่ากับ 104 มิลลิกรัมต่อแคลเซียมคาร์บอเนต เมื่อทำการศึกษาค่าความเป็นด่างที่ระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีแนวโน้มใกล้เคียงกันในแต่ละเดือน ทำให้มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



รูปที่ 4.8 ค่าความเป็นต่าง (มิลลิกรัมต่อแคลเซียมคาร์บอเนต) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.2.3 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)

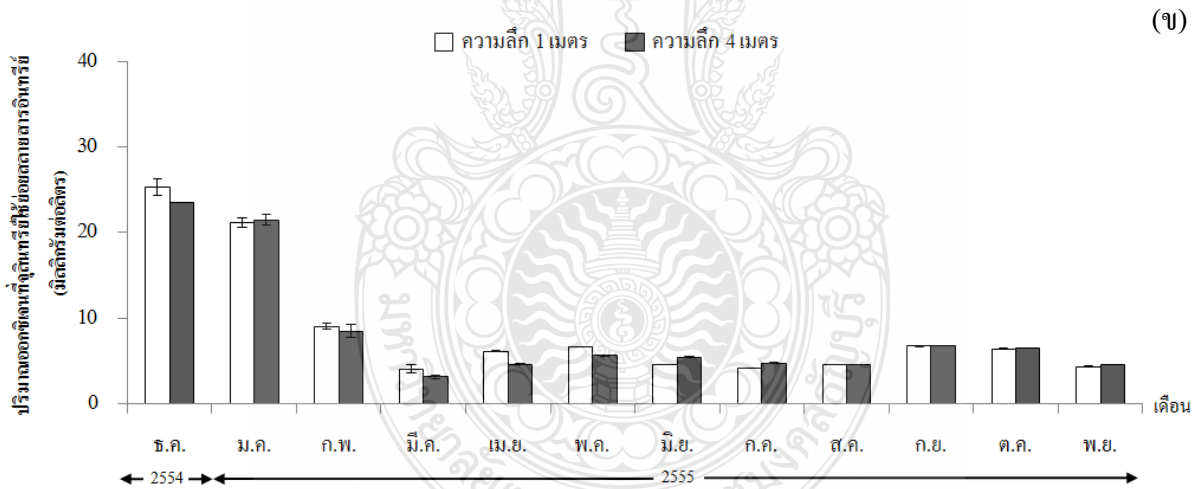
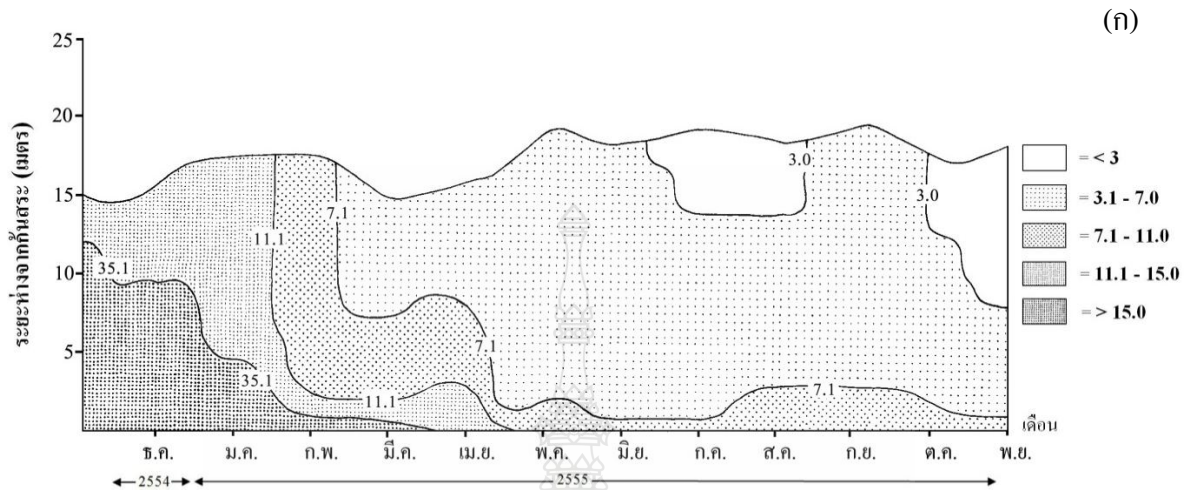
จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ มีค่าอยู่ในช่วง 0-8.91 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 4.27-8.91 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.92 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม พ.ศ.2555 และมีค่าต่ำสุดหลังเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 กำหนดไว้มีค่าไม่ต่ำกว่า 6.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางภาคผนวกที่ 30) สอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ที่มีค่าค่อนข้างสูงเช่นกัน จากการศึกษาพบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำบริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ มีค่าสูงสุดในระดับความลึก 1 เมตร และมีค่าลดลงตามระดับความลึกของน้ำ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางภาคผนวกที่ 26) และพบว่าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2555 ไม่พบออกซิเจนละลายน้ำที่ระดับความลึก 15 และ 20 เมตร (รูปที่ 4.9 ก) สอดคล้องกับรายงานของ Wetzel [5] กล่าวว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะมีค่าลดลงหรือไม่พบเลยในชั้นน้ำระดับล่าง (hypolimnion) เนื่องจากเป็นบริเวณที่เกิดการออกซิเดชันอินทรีย์สาร โดยกลุ่มจุลินทรีย์ในตะกอนดินมากมาขบบริเวณก้นสระ สอดคล้องกับงานวิจัยของจิรพร [4] ที่ทำการศึกษาคุณภาพน้ำในแต่ละระดับความลึกของอ่างเก็บน้ำแม่กวอดมธารา จ.เชียงใหม่ พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะมีค่าตั้งแต่ 0-10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยบริเวณผิวน้ำส่วนใหญ่จะมีค่าในช่วง 5-10 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบริเวณก้นอ่างตั้งแต่ระดับความลึก 10 เมตรลงไปจะไม่พบออกซิเจนละลายอยู่เลย ส่วนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 4.53-8.91 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.31 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับความลึก 1 เมตร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม พ.ศ.2555 และมีค่าต่ำสุดหลังเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 เช่นเดียวกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 เช่นกัน โดยพบว่าที่ระดับความลึก 1 เมตร มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงกว่าที่ระดับความลึก 4 เมตร (รูปที่ 4.9 ข) ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากก๊าซออกซิเจนจะมีความเข้มข้นหรือปริมาณมากบริเวณผิวน้ำคือที่ระดับความลึก 1 เมตร ความเข้มข้นของออกซิเจนยิ่งลดลง เมื่อค่าความลึกของแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น โดยก๊าซออกซิเจนจะละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย [37] เมื่อทำการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ระดับความลึก 1 เมตร ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



รูปที่ 4.9 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.2.4 ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD)

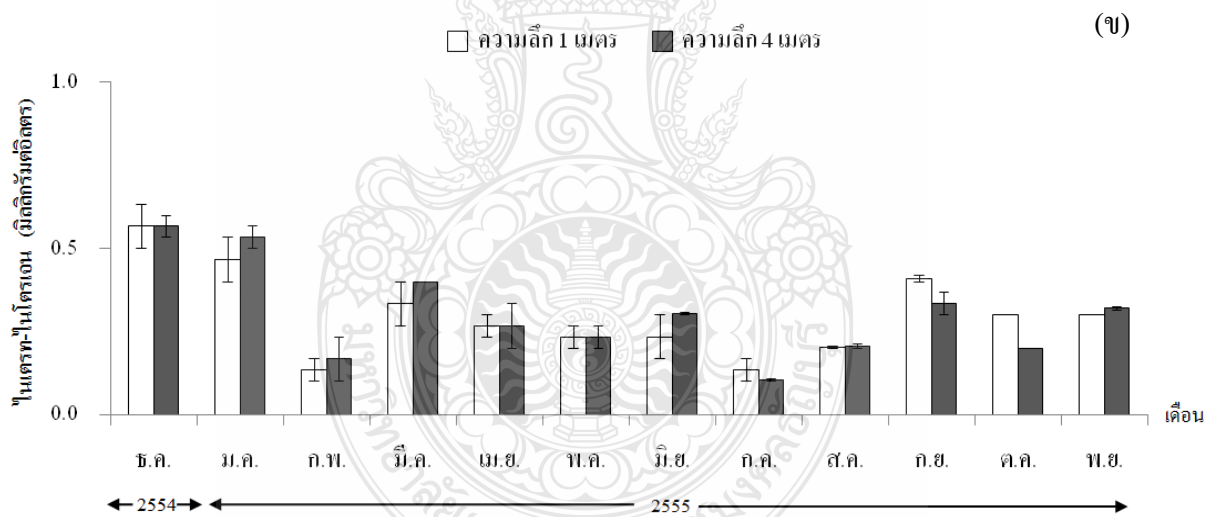
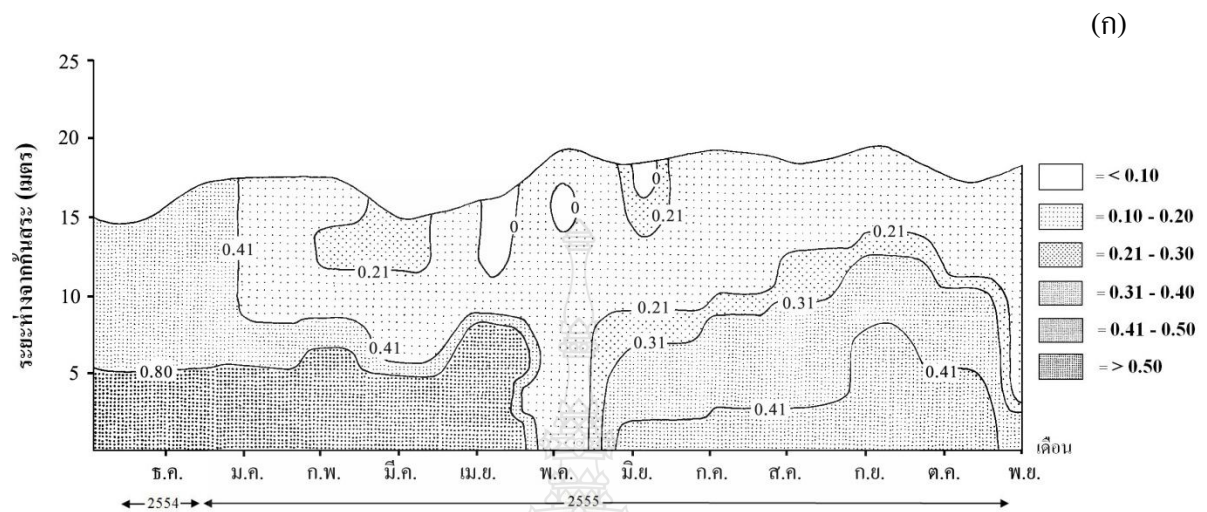
จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสระเก็บน้ำพระราม 9 บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าอยู่ในช่วง 2.03-15.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.59 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าในทุกเดือนตลอดการวิจัยมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 กำหนดไว้ไม่เกิน 1.50 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 เนื่องมาจากการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม พ.ศ.2554 ที่ผ่านมา ส่งผลให้น้ำมีการปนเปื้อนของมลสาร ขยะมูลฝอย อินทรีย์สาร และอนินทรีย์สารต่างๆ ในน้ำเป็นจำนวนมาก ทำให้แหล่งน้ำมีปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าสูงกว่าปกติ โดยปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับน้ำที่ลดลงไปจนถึงก้นสระ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีค่าสูงบริเวณก้นสระตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2555 เนื่องจากบริเวณตะกอนก้นสระเป็นบริเวณที่มีอินทรีย์สารและอินทรีย์สารตกตะกอนทับถมอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งมาจากการพัดพาของมวลน้ำจากเหตุการณ์น้ำท่วมที่ผ่านมา ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตกลุ่มจุลินทรีย์มีกระบวนการเมแทบอลิซึมอย่างอุดมสมบูรณ์บริเวณชั้นน้ำใกล้กับตะกอนก้นสระ จึงทำให้ตรวจพบค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง หลังจากนั้น ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ.2555 เป็นต้นไปตรวจพบปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีปริมาณน้อยลง เนื่องจากสระเก็บน้ำไม่มีการปนเปื้อนจากการพัดของเสียต่างๆ เข้ามาเพิ่มเติมภายในแหล่งน้ำ จึงทำให้มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดจากกราฟ Isoline (รูปที่ 4.10 ก) ส่วนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ตรวจพบปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าอยู่ในช่วง 4.06-25.33 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าในทุกเดือนตลอดการวิจัยมีปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 กำหนดไว้ไม่เกิน 1.50 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 30) โดยปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ระดับความลึก 1 เมตรมีค่าใกล้เคียงกับที่พบในระดับความลึก 4 เมตรซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มการปนเปื้อนลดลงตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2555 เป็นต้นไป และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงฤดูฝน เนื่องจากในฤดูฝนจะเกิดการชะล้างอนุภาคต่างๆ จากพื้นที่โดยรอบลงสู่สระเก็บน้ำ [84] ทำให้สระเก็บน้ำมีปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงขึ้นเล็กน้อย (รูปที่ 4.10 ข) เมื่อทำการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ระดับความลึก 1 เมตร ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



รูปที่ 4.10 ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำ พระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.2.5 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$)

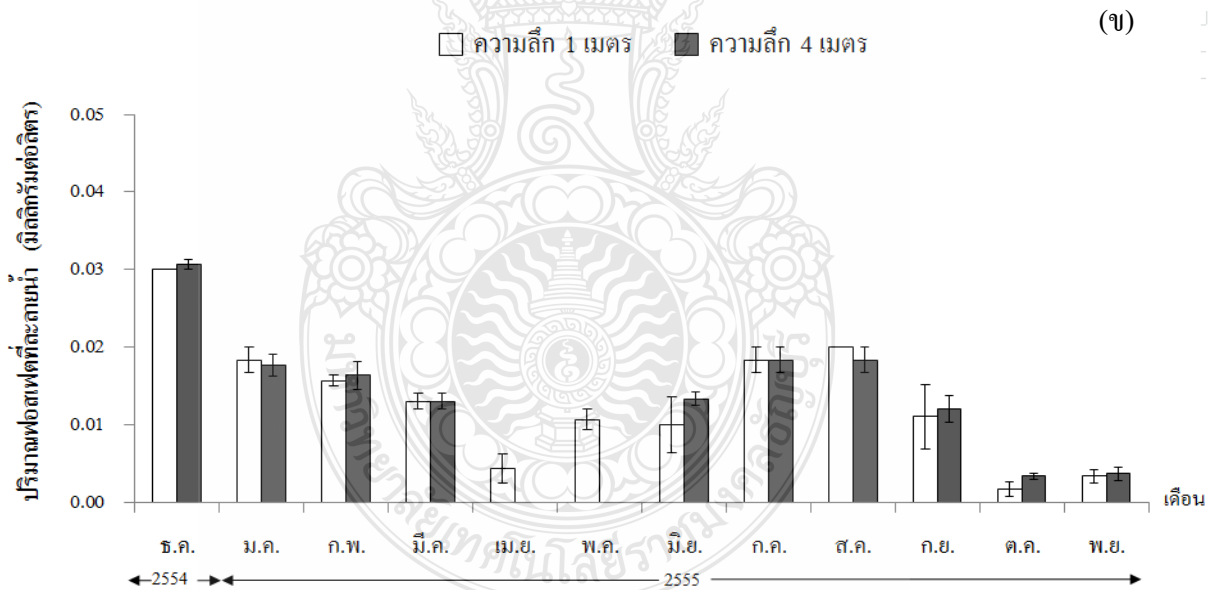
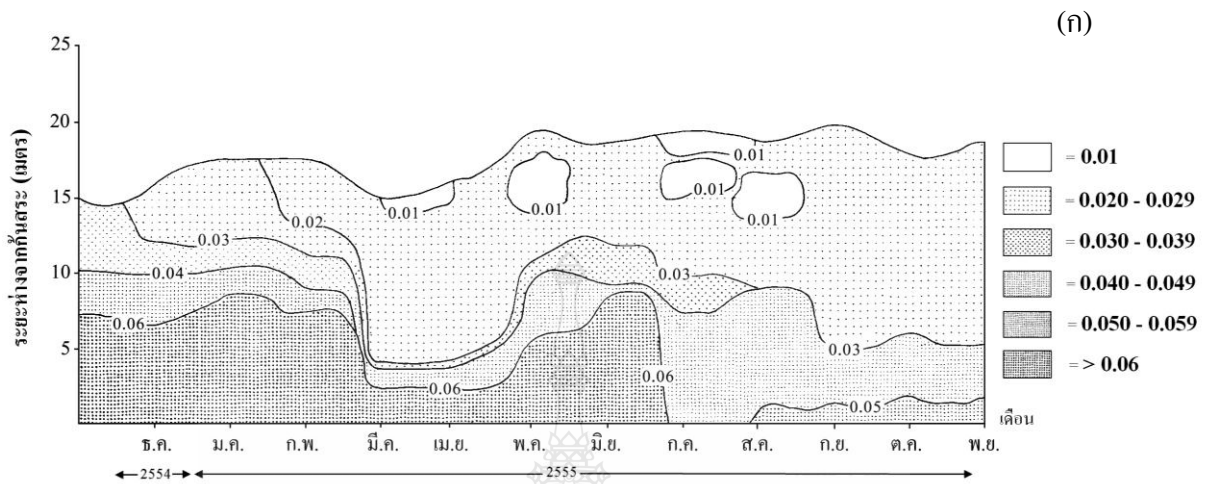
จากการศึกษาปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในสระเก็บน้ำพระราม 9 จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 0-0.41 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.36 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาพบว่า ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าสูงสุดหลังเหตุการณ์น้ำท่วมเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2555 และมีแนวโน้มลดจำนวนลงภายหลังเดือนมกราคม พ.ศ.2555 เป็นต้นไป จากการศึกษาปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนตามระดับความลึกของชั้นน้ำ พบว่าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความลึกของแหล่งน้ำซึ่งค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางภาคผนวกที่ 26) โดยมีค่าสูงสุดบริเวณก้นสระฯ ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2555 โดยในเดือนเมษายน พ.ศ.2555 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนบริเวณก้นสระมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากช่วงฤดูร้อนน้ำจะเกิดการระเหยและเกิดการตกตะกอนของสารอาหารเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.11 ก) สอดคล้องกับงานวิจัยของธนินฐา [57] ที่ตรวจพบปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าสูงสุดบริเวณก้นอ่างของเขื่อนภูมิพล มีค่าเท่ากับ 1.7 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากสารอาหารภายในแหล่งน้ำจะเกิดการตกตะกอนลงสู่ตะกอนดินของสระเก็บน้ำฯ ทำให้ตรวจพบปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนบริเวณชั้นน้ำด้านล่างสะสมอยู่ค่อนข้างสูงเช่นกัน ส่วนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบว่าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 0.13-0.57 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ทั้งที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.57 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีแนวโน้มลดปริมาณลงภายหลังเดือนมกราคม พ.ศ.2555 เป็นต้นไปและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในบางเดือน (รูปที่ 4.11 ข) พบว่าที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตร ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันในแต่ละเดือน ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนที่ระดับความลึก 1 เมตร ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกัน จากการศึกษาปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนที่พบในทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางภาคผนวกที่ 30) และสอดคล้องกับนันทนา [31] ที่กล่าวว่าโดยปกติในสภาพธรรมชาติจะพบไนเตรท-ไนโตรเจนไม่เกิน 10,000 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสระเก็บน้ำพระราม 9 มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนไม่เกินค่าดังกล่าว



รูปที่ 4.11 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.2.6 ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (Soluble reactive phosphorus: SRP)

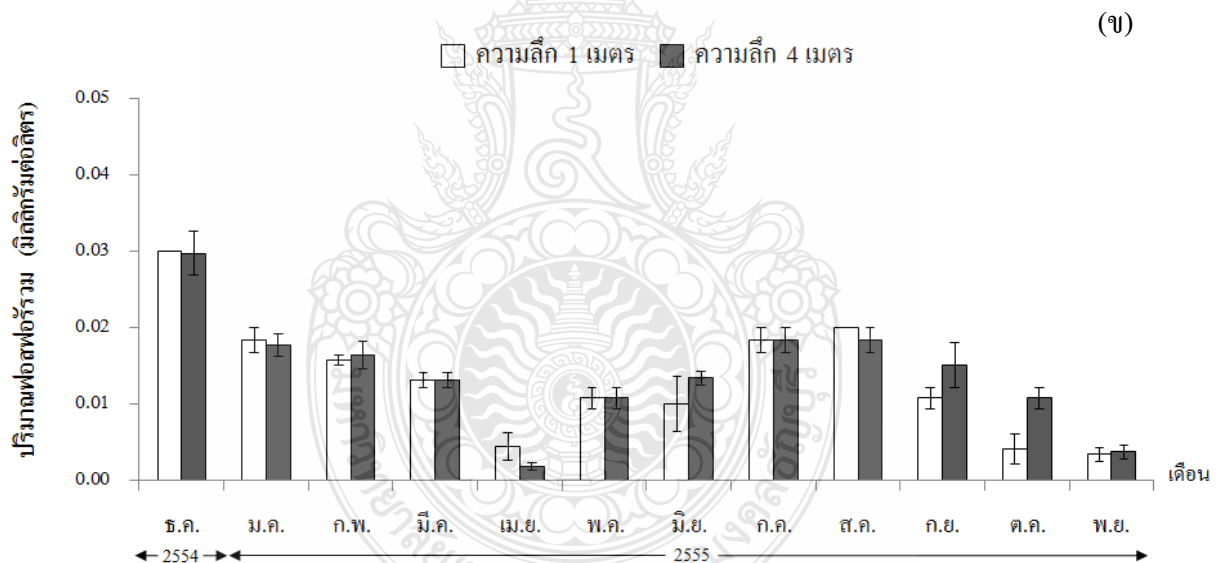
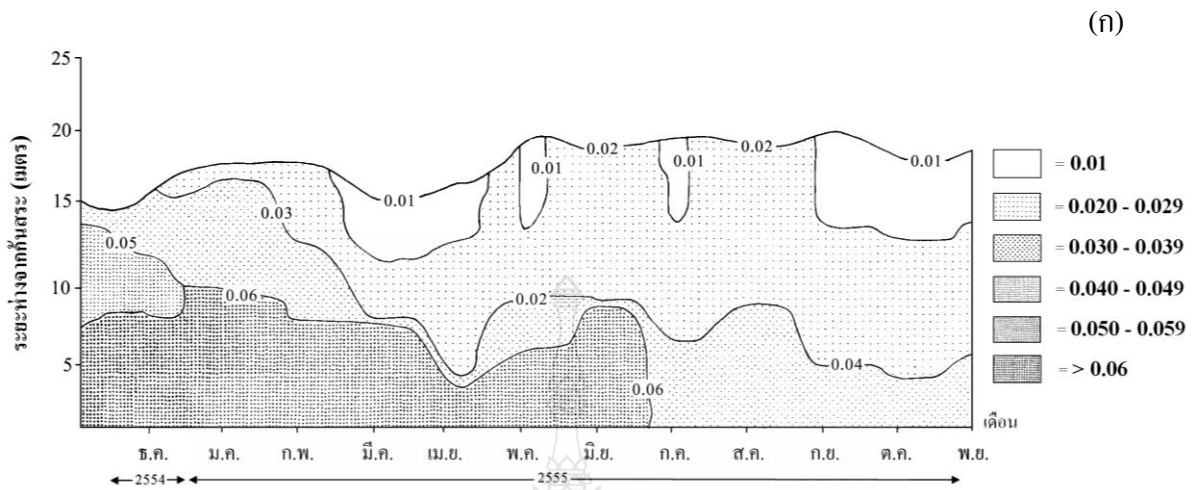
จากการศึกษาปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำที่ระดับความลึก 1 เมตรอยู่ในช่วง 0.01-0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2555 เนื่องจากแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนฟอสเฟตที่ละลายน้ำมาจากเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ ซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากมลพิษจากฟาร์มต่างๆ ปนเปื้อนอยู่มากมาย [77] จากการศึกษาตามระดับความลึกของชั้นน้ำ พบปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของแหล่งน้ำจนถึงก้นสระ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางภาคผนวกที่ 26) โดยปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำมีค่าสูงสุดที่ระดับความลึก 15-20 เมตรในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2555 เนื่องจากปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำจำนวนมากนั้นเกิดการเคลื่อนที่ตกตะกอนลงสู่ก้นสระ ทำให้ตรวจพบปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก และภายหลังเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2555 เป็นต้นไป ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำมีแนวโน้มลดน้อยลงอย่างชัดเจน (รูปที่ 4.12 ก) สอดคล้องกับงานวิจัยของยูดีและคณะ [84] ที่ตรวจพบปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำสูงสุดบริเวณก้นอ่างของเขื่อนแม่กวงอุดมธารา เนื่องจากปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำจะตกตะกอนบริเวณชั้นน้ำด้านล่างและเกิดการย่อยสลายภายในแหล่งน้ำนั่นเอง Goldman and Home [20] รายงานว่าในแหล่งน้ำบางแห่งบริเวณตะกอนดินก้นอ่างอาจพบปริมาณฟอสเฟตตั้งแต่ 0.06-10 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบว่าที่ระดับความลึก 1 เมตรมีปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.01-0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตรมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 และมีค่าน้อยสุดในช่วงเดือนเมษายน พฤษภาคม ตุลาคม และพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (รูปที่ 4.12 ข) เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตร พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกันกับเมื่อศึกษาปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำที่ระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการศึกษาพบว่าปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 มีค่าสอดคล้องกับรายงานของเวียง [85] ที่กล่าวว่าปกติปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำตามธรรมชาติจะมีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.12 ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.2.7 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus)

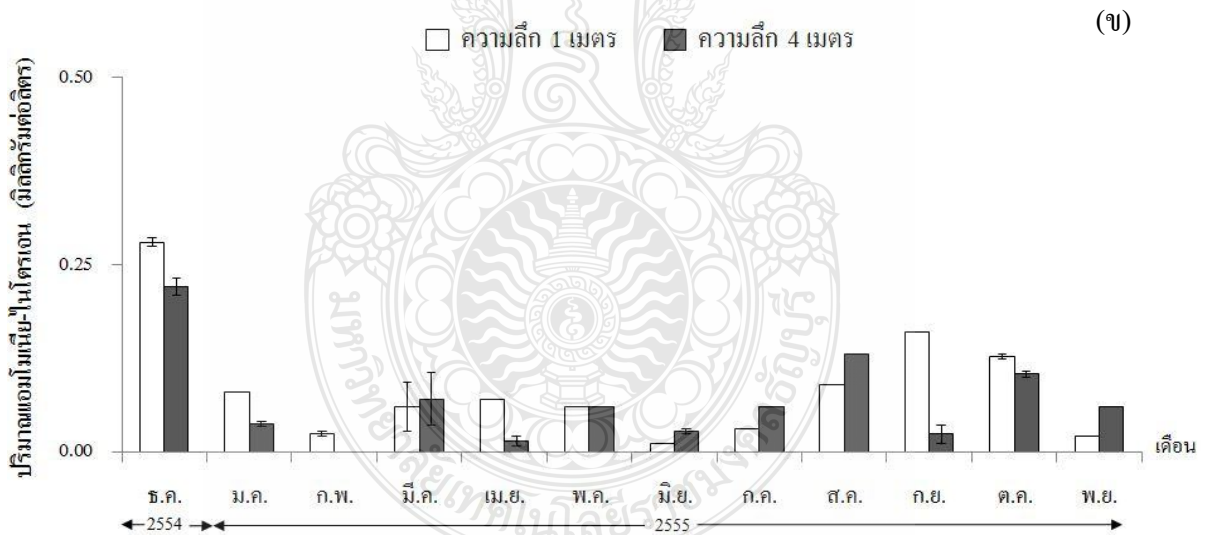
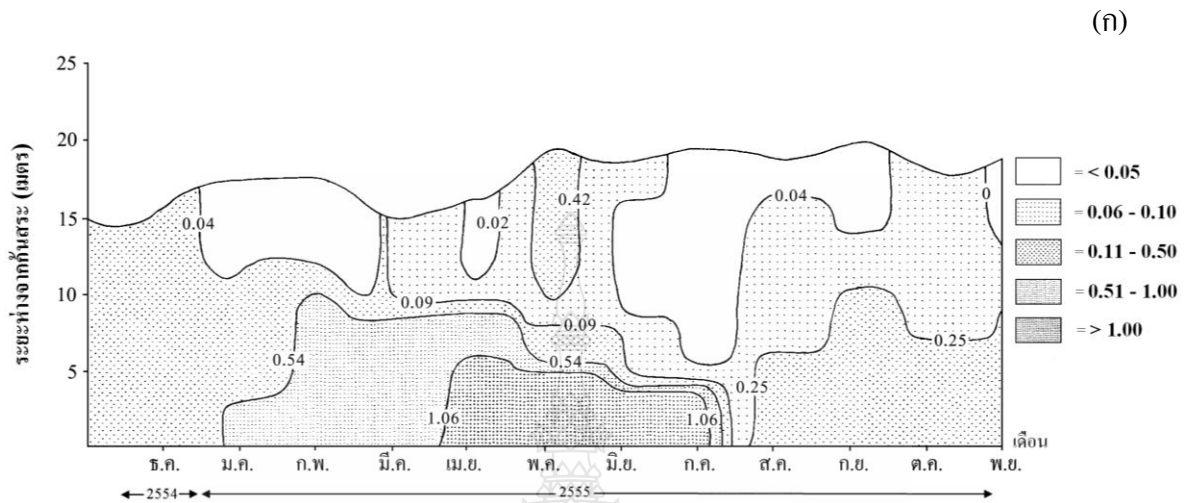
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม หมายถึง ปริมาณของอินทรีย์ฟอสฟอรัส (organic P) รวมกับอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (inorganic P) [7] จากการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสรวมในสระเก็บน้ำพระราม 9 จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบว่าที่ระดับความลึก 1 เมตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวม มีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวม มีค่าสูงสุดหลังเหตุการณ์น้ำท่วมเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 และมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับปริมาณ ฟอสเฟตที่ละลายน้ำ เมื่อศึกษาตามระดับความลึกของชั้นน้ำ พบปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีปริมาณเพิ่มขึ้นตาม ระดับความลึกของแหล่งน้ำจนถึงก้นสระ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตาราง ภาคผนวกที่ 26) โดยปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีค่าสูงสุดที่ระดับความลึก 15 และ 20 เมตรในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2555 เนื่องจากแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนฟอสฟอรัสจากสารเคมีจำพวกปุ๋ย โดยศิริเพ็ญ [7] กล่าวว่าฟอสฟอรัสภายในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของน้ำ เพราะมันมักจะยึดเกาะกับอนุภาคขนาดเล็กแล้วตกตะกอนลงสู่พื้นท้องน้ำ จากนั้นปริมาณฟอสฟอรัสรวม ภายในแหล่งน้ำมีแนวโน้มลดน้อยลงตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2555 เป็นต้นไป (รูปที่ 4.13 ก) ส่วนในจุดเก็บ ตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ระดับความลึก 1 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตรมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 (รูปที่ 4.13 ข) จากนั้นมีแนวโน้มลดลงและมีปริมาณเพิ่มขึ้น เล็กน้อยในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม พ.ศ.2555 เนื่องจากเป็นเดือนที่มีฝนตกหนัก ทำให้เกิดการชะล้าง ปริมาณฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำอีกครั้งหนึ่ง เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตร พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกันกับเมื่อศึกษาปริมาณ ฟอสฟอรัสรวมที่ระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกัน เมื่อทำการประเมินคุณภาพน้ำตามมาตรฐานของ Lampert and Sommer [86] พบว่าในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 มีปริมาณฟอสฟอรัส รวมสูงสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 เท่ากับ 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถจัดคุณภาพน้ำในเดือนธันวาคม ให้อยู่ในระดับคุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดี แต่หลังจากเดือนธันวาคม เป็นต้นไป ในทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง มี ปริมาณฟอสฟอรัสรวมลดลงอยู่ในช่วง 0.01-0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสามารถจัดคุณภาพน้ำของสระเก็บน้ำ พระราม 9 ให้อยู่ในระดับคุณภาพน้ำปานกลางได้



รูปที่ 4.13 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.2.8 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$)

จากการศึกษาปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในสระเก็บน้ำพระราม 9 จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ระดับความลึก 1 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0-0.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 กำหนดไว้ไม่เกิน 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาพบว่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าแตกต่างกันในแต่ละระดับความลึกของชั้นน้ำ โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของแหล่งน้ำจนถึงก้นสระมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางภาคผนวกที่ 26) โดยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าสูงสุดที่ระดับความลึก 20 เมตรในเดือนเมษายนจนถึงกรกฎาคม พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 1.06 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.14 ก) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Albay and Akcaalan [87] ที่ทำการศึกษาคูณภาพน้ำและแหล่งกักตุนพืชภายในอ่างเก็บน้ำ Ömerli ใน Istanbul และพบปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูร้อน เนื่องจากในช่วงฤดูร้อน สารอาหารในแหล่งน้ำจะมีความเข้มข้นขึ้น ทั้งในรูปเกลือยูเรีย แอมโมเนียอิสระ หรือแอมโมเนียมไอออนต่างๆ ส่งผลให้ตรวจพบปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีปริมาณมากในแหล่งน้ำในช่วงฤดูร้อน [85] ส่วนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.01-0.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าในบางเดือนที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำ ตรวจพบปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าสูงกว่าในระดับความลึก 4 เมตร โดยที่ระดับความลึก 1 เมตรมีค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเท่ากับ 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ระดับความลึก 4 เมตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.14 ข) แต่ทั้งที่ระดับความลึก 1 และ 4 มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการศึกษาปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนบริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบว่ามีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 กำหนดไว้ไม่เกิน 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตรเช่นกัน (ตารางภาคผนวกที่ 30) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่พบในระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนันทนา [31] กล่าวว่าแหล่งน้ำที่ไม่เกิดมลพิษจะพบปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนไม่เกิน 1,000 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

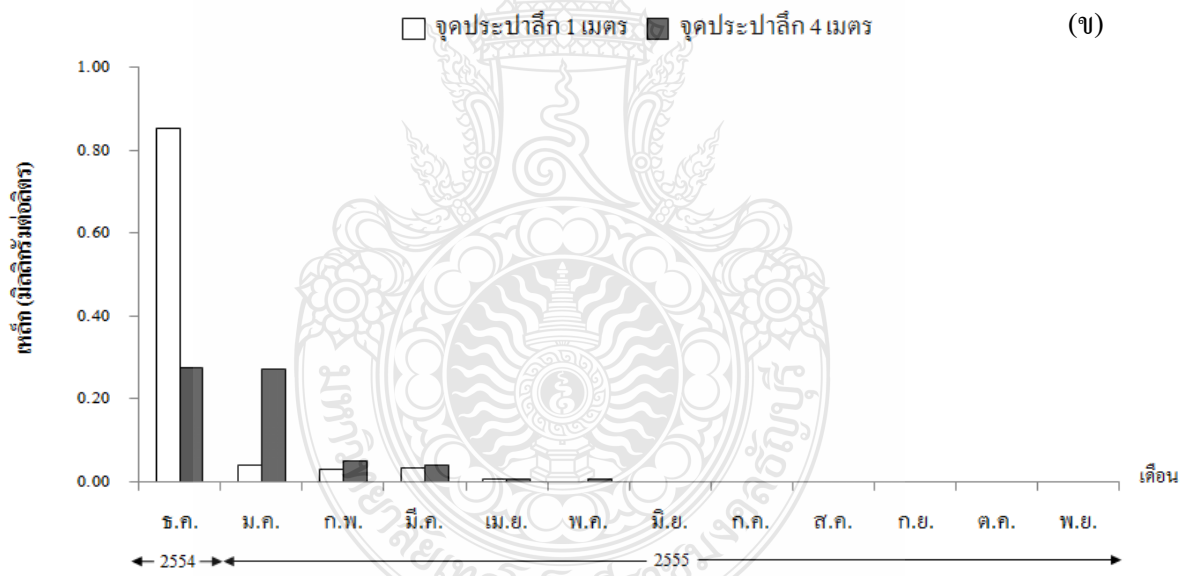
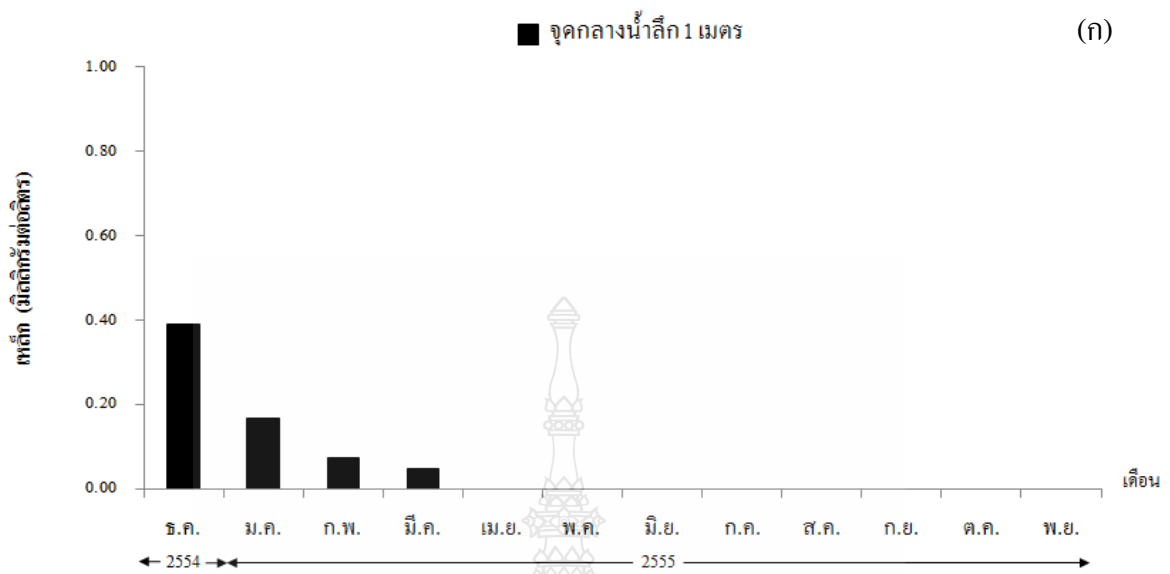


รูปที่ 4.14 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.3 โลหะหนัก

4.1.3.1 ปริมาณเหล็ก (Fe)

จากการศึกษาปริมาณเหล็กภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบปริมาณเหล็กอยู่ในช่วง ND-0.389 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.056 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำ พบการปนเปื้อนของปริมาณเหล็กสูงสุดหลังเหตุการณ์น้ำท่วมในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 0.389 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นมีแนวโน้มการปนเปื้อนของเหล็กลดลงในแต่ละเดือนจนถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 0.047 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และไม่พบการปนเปื้อนของเหล็กอีกเลยภายในเดือนถัดไป (รูปที่ 4.15 ก) ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบปริมาณเหล็กอยู่ในช่วง ND-0.852 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับความลึก 1 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.078 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนที่ระดับความลึก 4 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.057 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบการปนเปื้อนของปริมาณเหล็กสูงสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ที่ระดับความลึก 1 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.852 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือที่ระดับความลึก 4 เมตร จากผิวน้ำในเดือนธันวาคม เช่นกัน มีค่าเท่ากับ 0.275 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นเหล็กมีแนวโน้มการปนเปื้อนลดลงในแต่ละเดือน และพบการปนเปื้อนเพียงเล็กน้อยในเดือนเมษายนและพฤษภาคม พ.ศ.2555 (รูปที่ 4.15 ข) โดยปริมาณเหล็กที่ตรวจพบที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กในระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการศึกษาในครั้งนี้พบเหล็กมีปริมาณค่อนข้างสูง เนื่องจากเหล็กเป็นธาตุที่สามารถพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Özcan [88] ที่ตรวจพบเหล็กมีปริมาณมากที่สุดในกลุ่มของโลหะหนักในทะเลสาบ Beyşehir ซึ่งเป็นทะเลสาบน้ำจืดที่ใหญ่ที่สุดของประเทศตุรกี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Memon *et al.* [89] ที่ทำการศึกษาคุณภาพน้ำเพื่อผลิตน้ำดื่มในทางตอนใต้ของ Sindh ประเทศปากีสถาน พบปริมาณเหล็กปนเปื้อนอยู่ในช่วง 0-0.080 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เป็นอันตรายในการนำน้ำไปอุปโภค บริโภค การประปาส่วนภูมิภาค [90] กล่าวว่าปริมาณเหล็กในน้ำใช้หรือน้ำบาดาล ไม่ควรเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถ้าเหล็กมีค่าสูงกว่าค่าดังกล่าวนี้ จะไม่เหมาะสำหรับการอุปโภคบริโภค เพราะน้ำจะมีรสชาติและกลิ่นคาวจากเหล็กปนเปื้อนอยู่



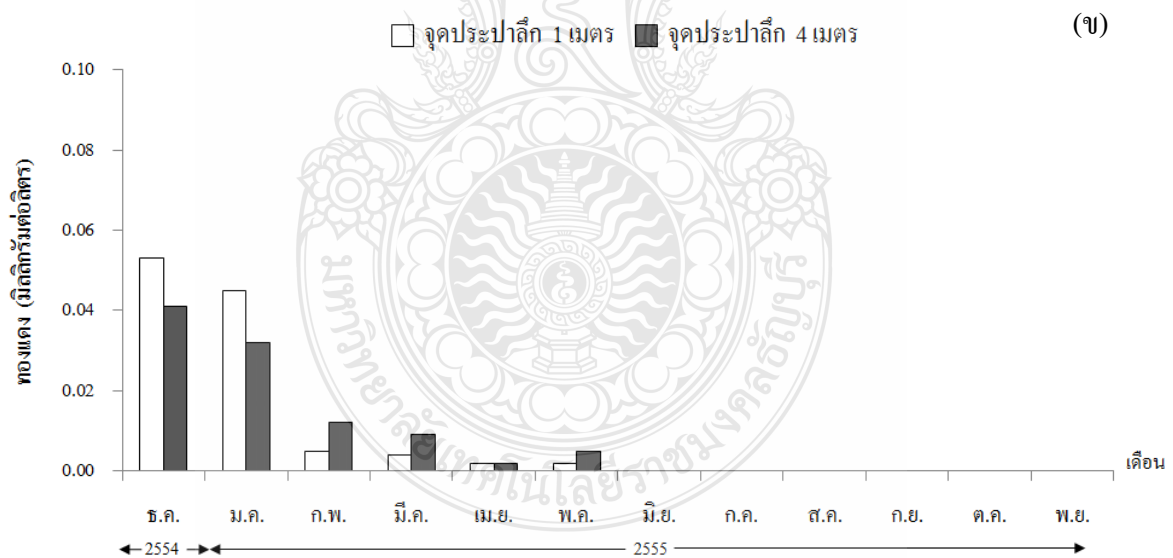
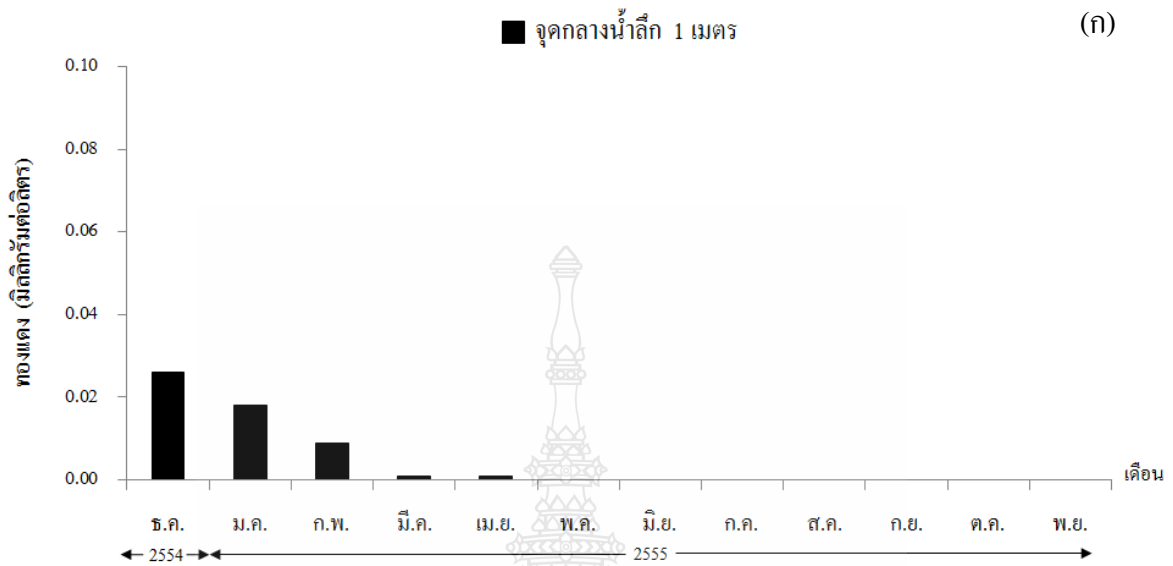
รูปที่ 4.15 ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือน
 ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

(ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี

(ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.3.2 ปริมาณทองแดง (Cu)

จากการศึกษาปริมาณทองแดงภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ ที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำ พบปริมาณทองแดงอยู่ในช่วง ND-0.026 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร พบการปนเปื้อนของปริมาณทองแดงสูงสุดหลังเหตุการณ์น้ำท่วมในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 0.026 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ เดือนมกราคม พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 0.018 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบการปนเปื้อนเล็กน้อยในเดือนมีนาคมและเมษายน พ.ศ.2555 (รูปที่ 4.16 ก) ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาพบปริมาณทองแดงอยู่ในช่วง ND-0.053 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับความลึก 1 เมตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.009 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ระดับความลึก 4 เมตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.009 มิลลิกรัมต่อลิตรเช่นกัน พบการปนเปื้อนของทองแดงสูงสุดที่ระดับความลึก 1 เมตรในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 หลังเหตุการณ์น้ำท่วมมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.053 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนที่ระดับความลึก 4 เมตรพบการปนเปื้อนของทองแดงสูงสุดในเดือนธันวาคม เช่นกัน มีค่าเท่ากับ 0.041 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.16 ข) และมีแนวโน้มการปนเปื้อนของทองแดงลดน้อยลงจากเดือนมีนาคม เมษายน และพฤษภาคม พ.ศ.2555 และไม่พบอีกในเดือนถัดไป จากการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงที่ตรวจพบที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตร พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lou and Han [91] ทำการศึกษาคุณภาพน้ำในทะเลสาบ Cheng Ching สำหรับใช้เป็นแหล่งน้ำดื่มทางตอนใต้ของประเทศไต้หวัน ช่วงเดือนกันยายน ค.ศ.2004 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ.2005 พบปริมาณทองแดงปนเปื้อนภายในแหล่งน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.040 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานสำหรับผลิตน้ำดื่มของประเทศไต้หวันที่กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และจากการศึกษาปริมาณทองแดงที่ระดับความลึก 1 เมตร ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณทองแดงที่ตรวจพบในทุกจุดเก็บตัวอย่างของสระเก็บน้ำพระราม 9 แต่มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 กำหนดไว้ว่าปริมาณทองแดงต้องไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางภาคผนวกที่ 30)



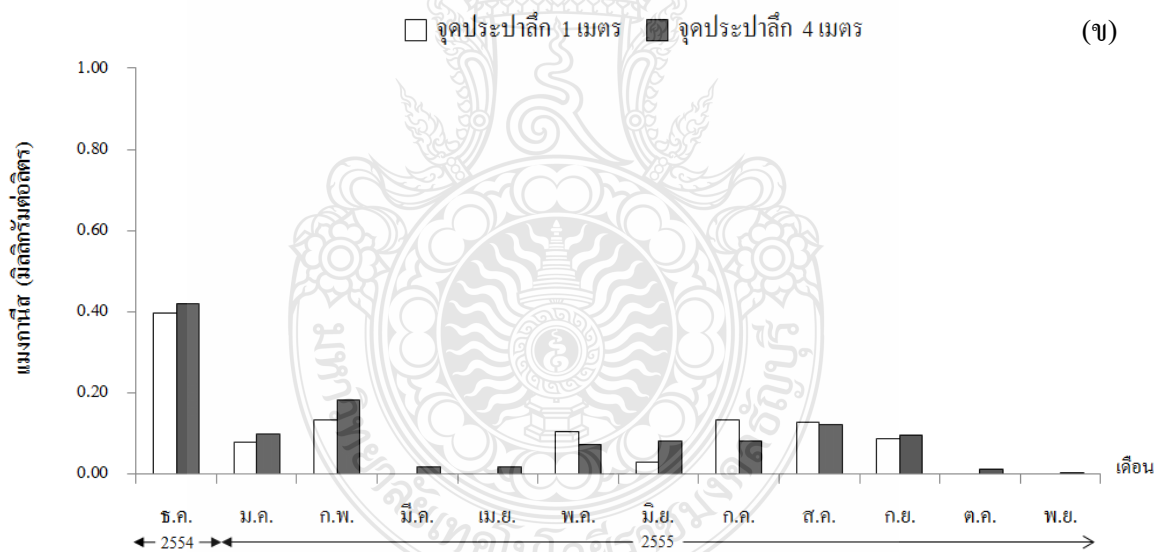
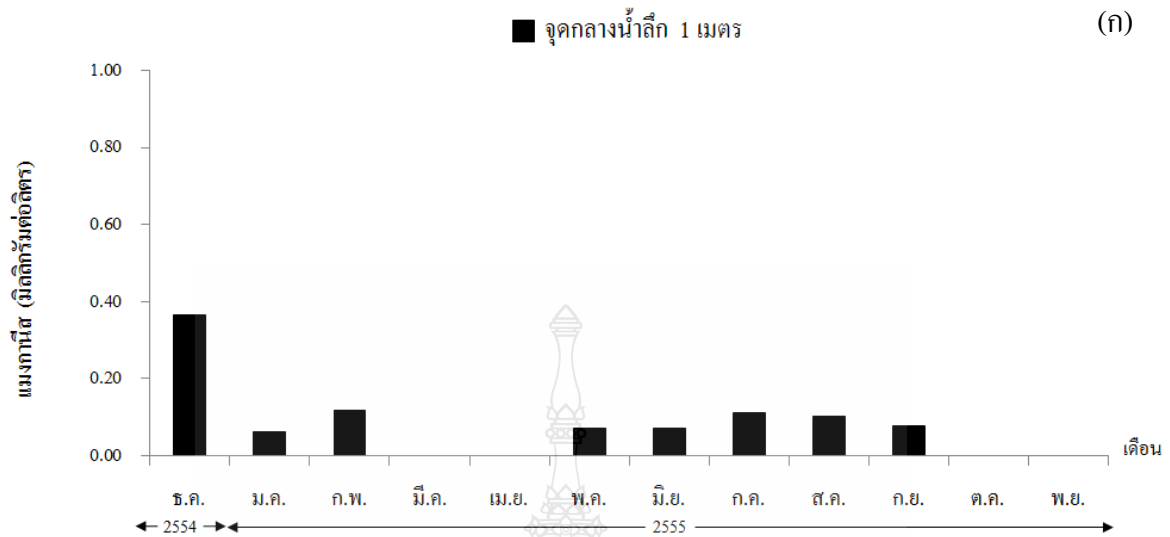
รูปที่ 4.16 ปริมาณทองแดง (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

(ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี

(ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.3.3 ปริมาณแมงกานีส (Mn)

จากการศึกษาปริมาณแมงกานีสภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบแมงกานีสอยู่ในช่วง ND-0.366 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.082 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำ พบการปนเปื้อนของแมงกานีสสูงสุดหลังเหตุการณ์น้ำท่วมในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 0.366 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 0.119 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่พบการปนเปื้อนในเดือนมีนาคมและเมษายน พ.ศ.2555 จากนั้นพบการปนเปื้อนอีกครั้งตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2555 (รูปที่ 4.17 ก) สำหรับจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบปริมาณแมงกานีสในระดับความลึก 1 เมตรอยู่ในช่วง ND-0.397 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.090 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ระดับความลึก 4 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบการปนเปื้อนของแมงกานีสสูงสุดที่ระดับความลึก 4 เมตรในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.420 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาในเดือนเดียวกันที่ระดับความลึก 1 เมตร พบการปนเปื้อนของแมงกานีสสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.397 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นมีแนวโน้มการปนเปื้อนของแมงกานีสลดลงในช่วงฤดูร้อนและเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝนคือ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2555 (รูปที่ 4.17 ข) เนื่องจากฝนที่ตกลงมาจะชะล้างแมงกานีสจากผิวดินไหลลงสู่แหล่งน้ำ และอาจเกิดการฟุ้งกระจายของแมงกานีสภายในตะกอนดินบริเวณพื้นที่ท้องน้ำให้กลับมาสวมกับน้ำในสระอีกครั้งหนึ่ง จากการวิเคราะห์ปริมาณแมงกานีสที่ตรวจพบที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตร บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อศึกษาปริมาณแมงกานีสที่ระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงใกล้เคียงกันในแต่ละเดือน เนื่องจากทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างมีระยะทางห่างกันไม่มากนัก ทำให้ค่าที่ตรวจพบมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปริมาณแมงกานีสที่ตรวจพบทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างมีค่าค่อนข้างสูง แต่มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ที่กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางภาคผนวกที่ 30) เนื่องจากแมงกานีสเป็นแร่ธาตุที่พบได้ทั่วไปในน้ำและดิน เนื่องจากแมงกานีสเป็นหนึ่งในแร่ธาตุที่พบมากที่สุดที่เป็นองค์ประกอบของเปลือกโลก [92]



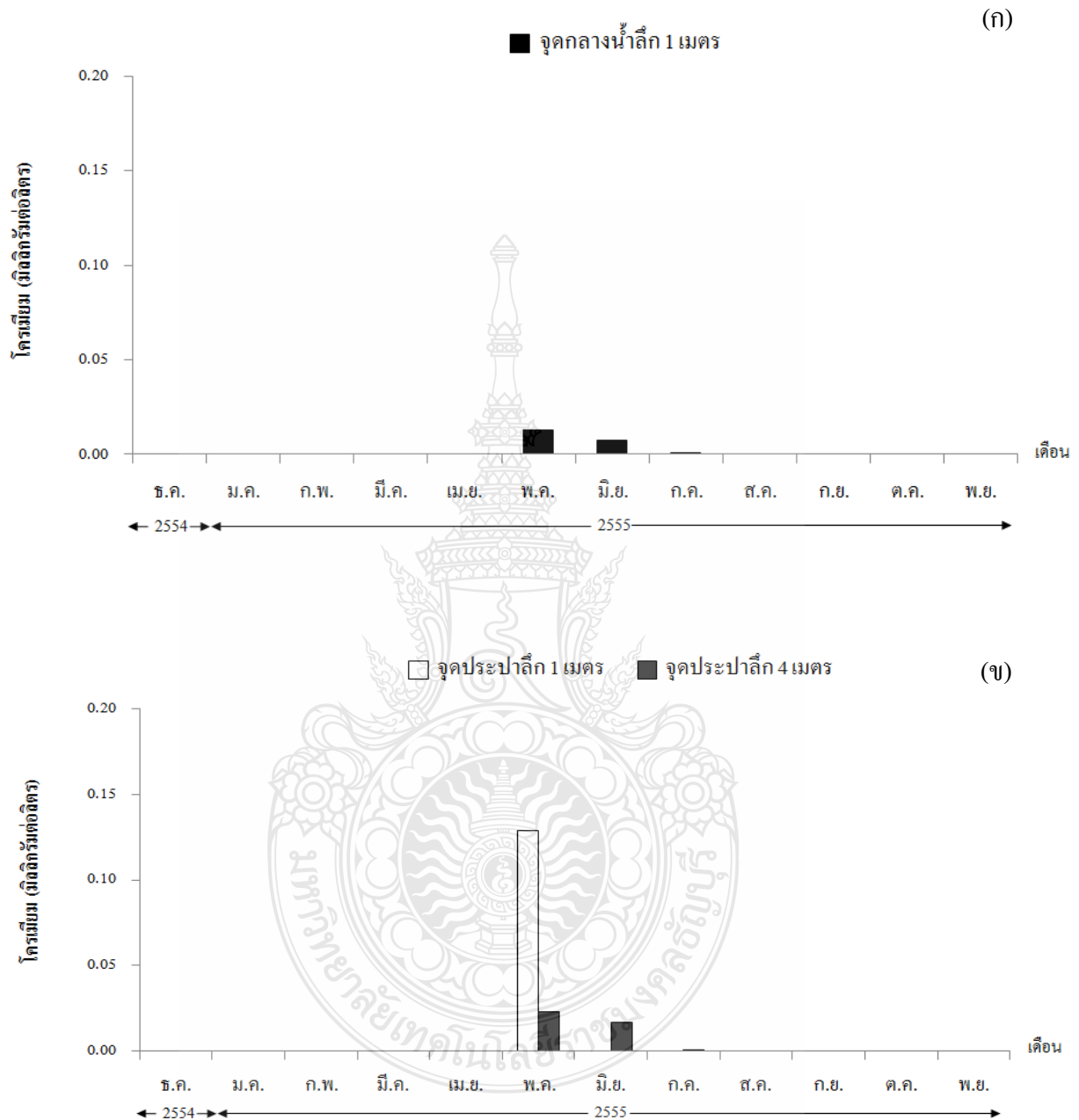
รูปที่ 4.17 ปริมาณแอมกานีส (มิลลิกรัมต่อลิตร)บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

(ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี

(ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.3.4 ปริมาณโครเมียม (Cr)

จากการศึกษาปริมาณโครเมียมภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบโครเมียมอยู่ในช่วง ND-0.013 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำ พบการปนเปื้อนของปริมาณโครเมียมสูงสุดในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 0.013 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบการปนเปื้อนเล็กน้อยในเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2555 จากนั้นไม่พบการปนเปื้อนโครเมียมในเดือนอื่นๆ (รูปที่ 4.18 ก) สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐเกล้าและสมชาย [93] ที่ทำการศึกษาคุณภาพน้ำภายในหมู่บ้านหนองเรือเหนือ จ.สุโขทัย โดยตรวจพบปริมาณโครเมียมสะสมอยู่เท่ากับ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้เช่นกัน ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบปริมาณโครเมียมอยู่ในช่วง ND-0.129 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบการปนเปื้อนโครเมียมสูงสุดที่ระดับความลึก 1 เมตรในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2555 เท่ากับ 0.129 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.18 ข) ซึ่งเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินและเกินค่ากำหนดเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพ (health based guideline) [94] ที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) ที่กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางภาคผนวกที่ 30 และ 31) เนื่องจากฝ่ายซ่อมบำรุงการประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้ทำการขุดลอกวางท่อประปา เพื่อสร้างโรงสูบน้ำดิบเพื่อทำน้ำประปาแห่งใหม่ จากกิจกรรมการขุดลอกท่อดังกล่าว ส่งผลให้โลหะหนักโครเมียมที่สะสมยึดติดอยู่ในตะกอนดินบริเวณพื้นที่ท้องน้ำของสระเก็บน้ำพระราม 9 เกิดการฟุ้งกระจายและปนเปื้อนลงสู่สระเก็บน้ำ ส่งผลให้โครเมียมมีค่าเกินมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ ส่วนปริมาณโครเมียมที่ตรวจพบในเดือนอื่นๆ ของจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 นี้มีค่าไม่เกินมาตรฐานดังกล่าว จากการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมที่ตรวจพบในระดับความลึก 1 และ 4 พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อศึกษาปริมาณโครเมียมที่ระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากพบปริมาณโครเมียมมีค่าสูงสุดในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา อันเนื่องมาจากการปนเปื้อนจากการขุดลอกวางท่อประปาใหม่ ส่วนบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ตรวจพบได้ในปริมาณที่น้อยมาก จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบปริมาณโครเมียมเกินมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินที่ระดับความลึก 1 เมตรในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2555 ซึ่งโครเมียมมีโทษต่อร่างกาย คือ เป็นอันตรายต่อผิวหนังและปอด โดยก่อให้เกิดอาการคันที่ผิวหนัง เป็นอันตรายต่อดับและไต อาจถึงตายได้ถ้าร่างกายได้รับในปริมาณมาก[95]



รูปที่ 4.18 ปริมาณโครเมียม (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

(ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี

(ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.3.5 ปริมาณแคดเมียม (Cd)

จากการศึกษาปริมาณแคดเมียมภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 ไม่พบการปนเปื้อนของแคดเมียมในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ แต่พบในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบการปนเปื้อนของแคดเมียมที่ระดับความลึก 4 เมตรมีค่าน้อยมากในช่วง ND-0.0029 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยแคดเมียมปนเปื้อนสูงสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 เท่ากับ 0.0029 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาในเดือนมกราคม พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.19) ซึ่งไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางภาคผนวกที่ 30) และไม่พบการปนเปื้อนของแคดเมียมในเดือนอื่นๆ เลย สอดคล้องกับรายงานของเนตรชนกและคณะ [96] ที่ตรวจพบแคดเมียมในปริมาณน้อยมากในแหล่งน้ำของสถาบันราชภัฏมหาสารคาม มีค่าเท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้เช่นกัน

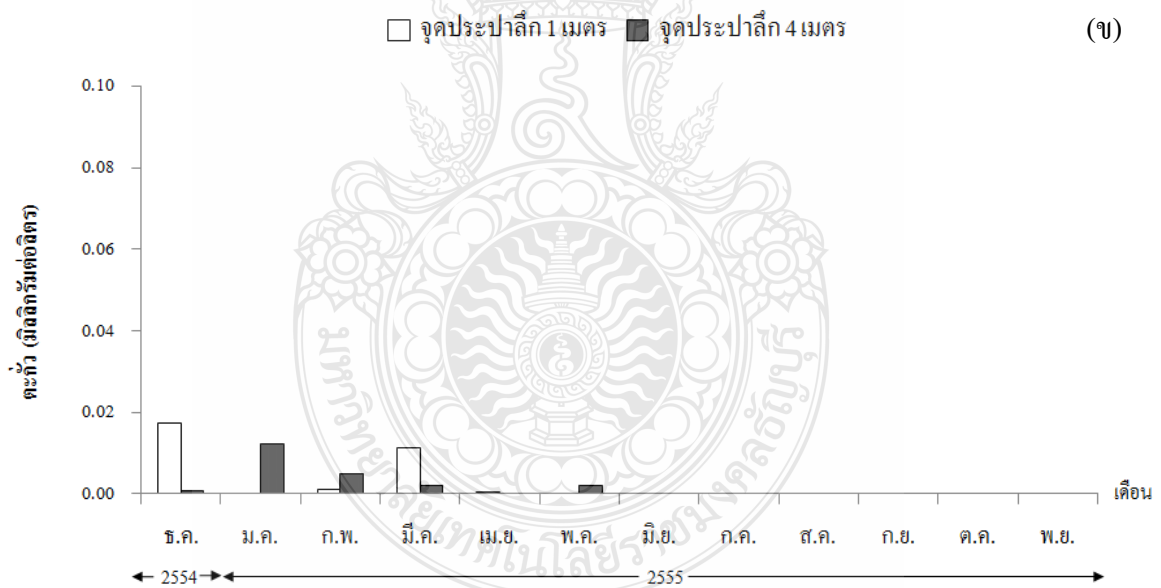
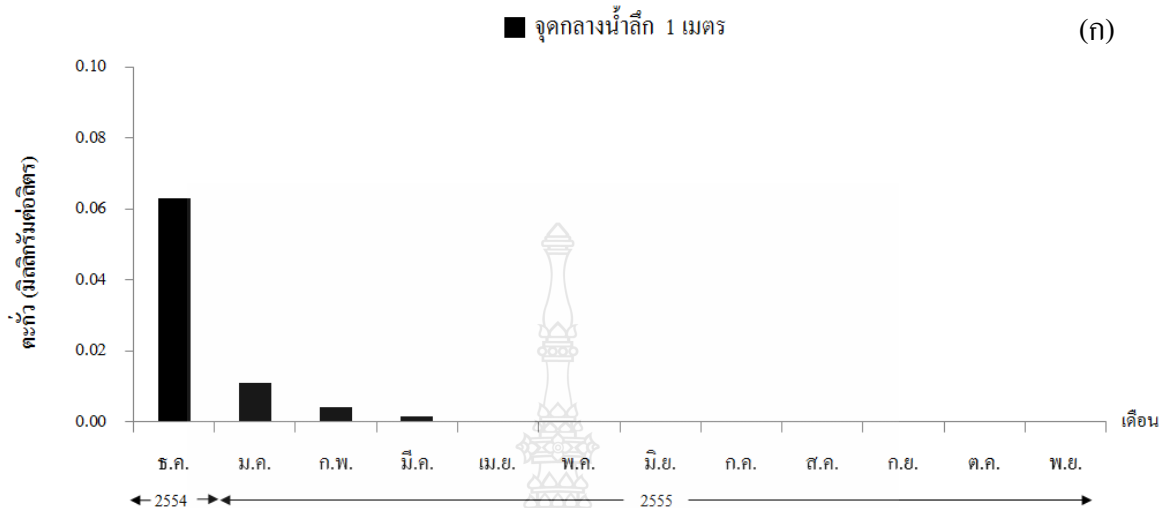


รูปที่ 4.19 ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

หมายเหตุ : ไม่พบการปนเปื้อนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9

4.1.3.6 ปริมาณตะกั่ว (Pb)

จากการศึกษาปริมาณตะกั่วภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง ND-0.063 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำ พบการปนเปื้อนของปริมาณตะกั่วสูงสุดในหลังเหตุการณ์น้ำท่วมเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 0.063 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ที่กำหนดไว้ที่ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางภาคผนวกที่ 30) และปริมาณตะกั่วมีแนวโน้มลดลงทุกๆ เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2555 จนถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2555 โดยมีค่าลดลงจาก 0.011 มิลลิกรัมต่อลิตร จนเหลือเพียง 0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานดังกล่าว (รูปที่ 4.20 ก) นอกจากนี้ไม่พบการปนเปื้อนในเดือนอื่นๆ เลย ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปา พบปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง ND-0.017 มิลลิกรัมต่อลิตร พบการปนเปื้อนของตะกั่วสูงสุดที่ระดับความลึก 1 เมตรในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 หลังเหตุการณ์น้ำท่วม มีค่าเท่ากับ 0.017 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาในเดือนมกราคมที่ระดับความลึก 4 เมตรพบการปนเปื้อนของตะกั่วเท่ากับ 0.012 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบการปนเปื้อนเล็กน้อยในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2555 (รูปที่ 4.20 ข) ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ที่กำหนดไว้ที่ 0.05 จากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบที่ระดับความลึก 1 และ 4 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทำการศึกษปริมาณตะกั่วที่ระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสูงในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 0.063 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบการปนเปื้อนของตะกั่วเพียงเล็กน้อยเท่ากับ 0.017 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาในครั้งนี้ตรวจพบปริมาณตะกั่วเกินมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 0.063 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากสระเก็บน้ำพระราม 9 มีการปนเปื้อนสารตะกั่ว โดยสารตะกั่วจะเป็นส่วนประกอบของยาฆ่าแมลง แบคทีเรียรดยนต์ น้ำมันเบนซิน และสิ่งสิ่งพิมพ์ต่างๆ ที่ปนเปื้อนมาในน้ำหลังเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ สอดคล้องกับงานวิจัยของประดิษฐ์และเสาวณี [97] ที่ทำการศึกษาลอหะหนักภายในทะเลสาบสงขลา และตรวจพบปริมาณตะกั่วเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลสาบ เช่นกัน และควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนเนื่องจากตะกั่วจะก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ได้ ถ้าหากบริโภคน้ำที่ปนเปื้อนสารตะกั่วเข้าไป โดยจะก่อให้เกิดอาการโลหิตจาง (Anaemia) ตะกั่วจะส่งเสริมให้ปริมาณเหล็กในน้ำเหลืองเพิ่มขึ้นผิดปกติ และยังสามารถในไขมัน ระบบประสาท สมอง ระบบน้ำเหลือง ตับ และไต [98]



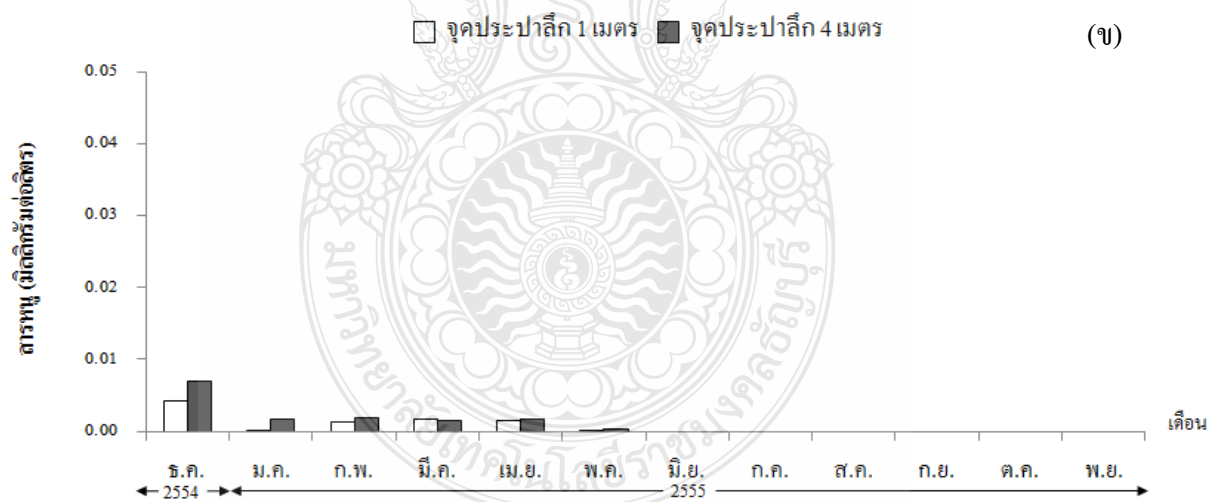
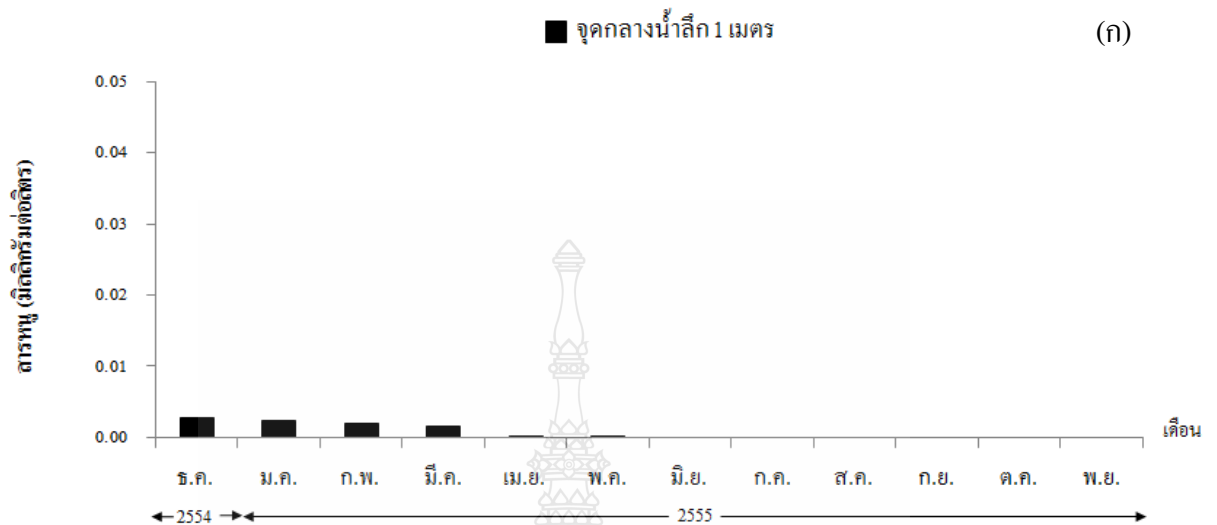
รูปที่ 4.20 ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

(ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี

(ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.3.7 ปริมาณสารหนู (As)

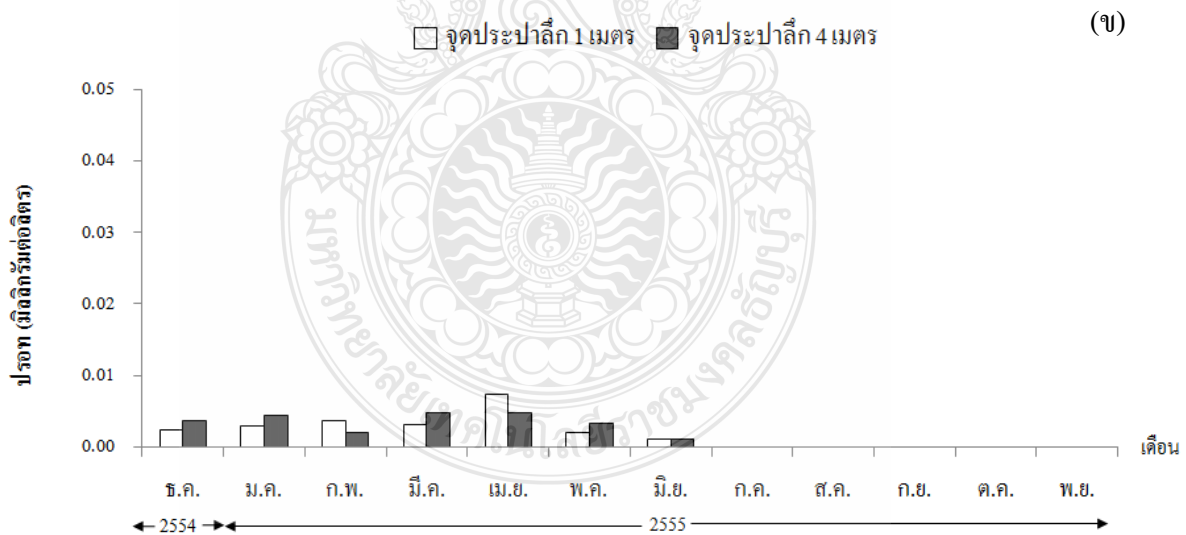
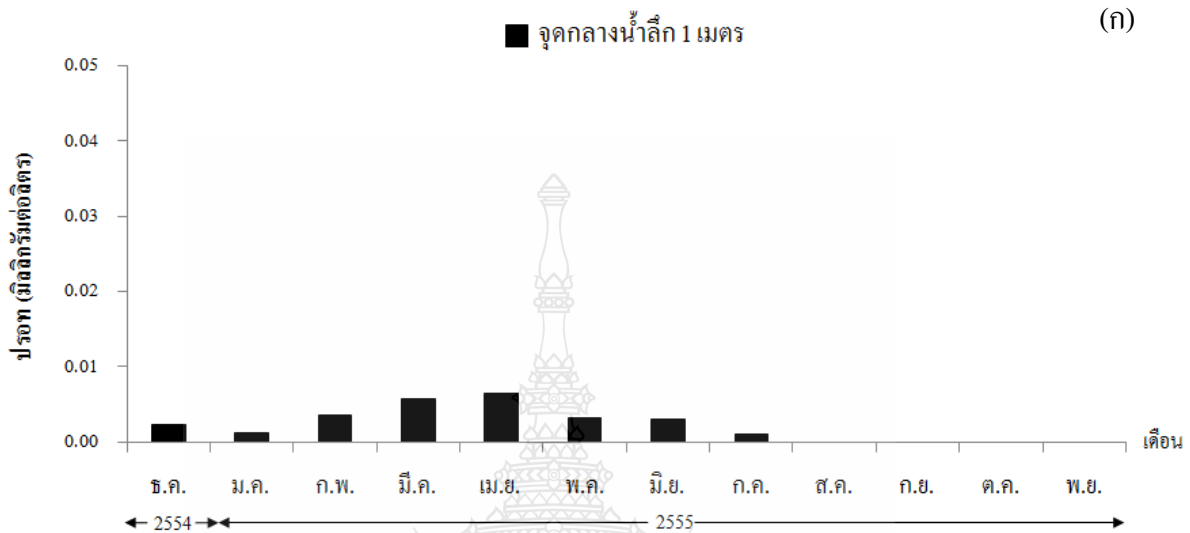
จากการศึกษาปริมาณสารหนูภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบสารหนูน้อยมากอยู่ในช่วง ND-0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำ พบการปนเปื้อนของสารหนูสูงสุดในช่วงหลังเหตุการณ์น้ำท่วม เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาในเดือนมกราคม พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยจนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2555 (รูปที่ 4.21 ก) และไม่พบการปนเปื้อนอีกเลยในเดือนถัดไป ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบการปนเปื้อนสารหนูสูงสุดที่ระดับความลึก 4 เมตรในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนที่ระดับความลึก 1 เมตร พบการปนเปื้อนสูงสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 เช่นกัน มีค่าเท่ากับ 0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีแนวโน้มการปนเปื้อนสารหนูลดลงในแต่ละเดือนจนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2555 และไม่พบการปนเปื้อนอีกเลยในเดือนถัดไป (รูปที่ 4.21 ข) จากการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูที่ตรวจพบในระดับความลึก 1 และ 4 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทำการศึกษาปริมาณสารหนูที่ระดับความลึก 1 เมตร ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีแนวโน้มใกล้เคียงกันในแต่ละเดือนซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการศึกษาปริมาณสารหนูภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่าทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ที่กำหนดไว้ที่ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางภาคผนวกที่ 30) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Collivignarelli *et al.* [99] ที่ทำการศึกษาคคุณภาพน้ำดิบเพื่อผลิตน้ำดื่มในอำเภอตะกั่วป่า พบว่าภายในแหล่งน้ำมีปริมาณสารหนูปนเปื้อนไม่เกิน 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ที่กำหนดไว้ที่ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร เช่นกัน ซึ่งสารหนูเป็นธาตุกึ่งโลหะ พบได้ทั่วไปในส่วนประกอบของหิน ถ่านหินและดินในธรรมชาติ และสามารถพบได้ในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ทะเลสาบ แม่น้ำ น้ำบ่อ น้ำพุ และจากกิจกรรมการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ทำให้สารหนูในสิ่งแวดล้อมเพิ่มปริมาณขึ้น เช่น การทำเหมืองแร่ การถลุงโลหะ การใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลงในการเกษตร เป็นต้น [100]



รูปที่ 4.21 ปริมาณสารหนู (มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือน
 ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.3.8 ปริมาณปรอท (Hg)

จากการศึกษาปริมาณปรอทภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบปรอทอยู่ในช่วง ND-0.006 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำ พบการปนเปื้อนของปริมาณปรอทสูงสุดในช่วงฤดูร้อนเดือนเมษายน พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 0.006 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาในเดือนมีนาคม พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.22 ก) จากนั้นปริมาณปรอทมีแนวโน้มลดลงและไม่พบอีกเลยตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ.2555 เป็นต้นไป เช่นเดียวกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบปริมาณปรอทอยู่ในช่วง ND-0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร พบการปนเปื้อนของปรอทสูงสุดที่ระดับความลึก 1 เมตรในช่วงฤดูร้อน เดือนเมษายน พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าแนวโน้มการปนเปื้อนปรอทลดลงในแต่ละเดือนจนถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2555 (รูปที่ 4.22 ข) จากการวิเคราะห์ปริมาณปรอทที่ตรวจพบในระดับความลึก 1 และ 4 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบว่ามีแนวโน้มใกล้เคียงกันในแต่ละเดือน ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทำการศึกษายปริมาณปรอทที่ระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการศึกษพบว่า ทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง พบปริมาณปรอทสูงสุดในเดือนเมษายน พ.ศ.2555 เนื่องจากในช่วงฤดูร้อน โลหะหนักภายในแหล่งน้ำจะมีความเข้มข้นสูงสุด เนื่องจากน้ำในสระเกิดการระเหยไป ส่งผลให้แร่ธาตุต่างๆ รวมทั้งปรอทมีความเข้มข้นขึ้นทำให้ตรวจพบในระดับสูง แต่ปริมาณปรอทที่ตรวจพบในทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ที่กำหนดไว้คือ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางภาคผนวกที่ 30) สอดคล้องกับรายงานของ Hu *et al.* [101] ที่ตรวจพบปริมาณปรอทในทะเลสาบ Honghu ประเทศจีน มีค่าเท่ากับ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่ประเทศจีน กำหนดไว้เช่นกัน



รูปที่ 4.22 ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อลิตร)บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือน

ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

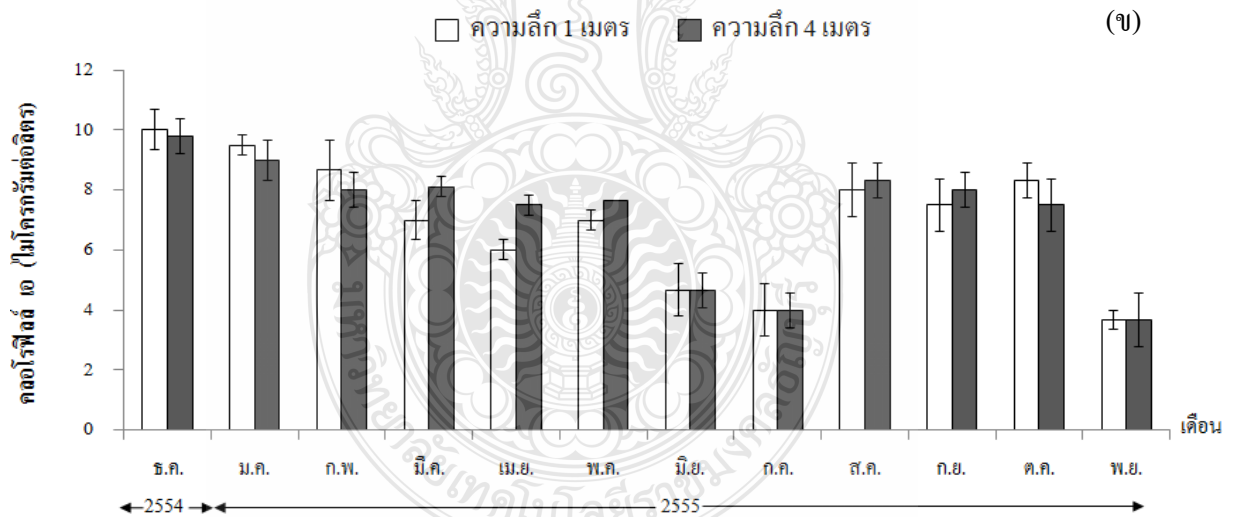
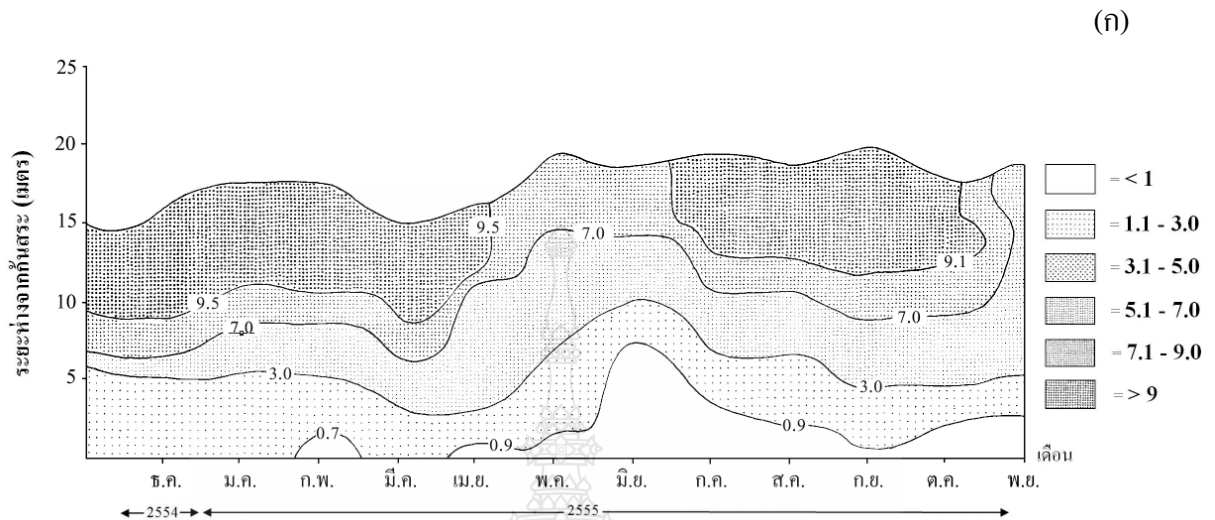
(ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี

(ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.4 คุณภาพน้ำทางชีวภาพบางประการ

4.1.4.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a)

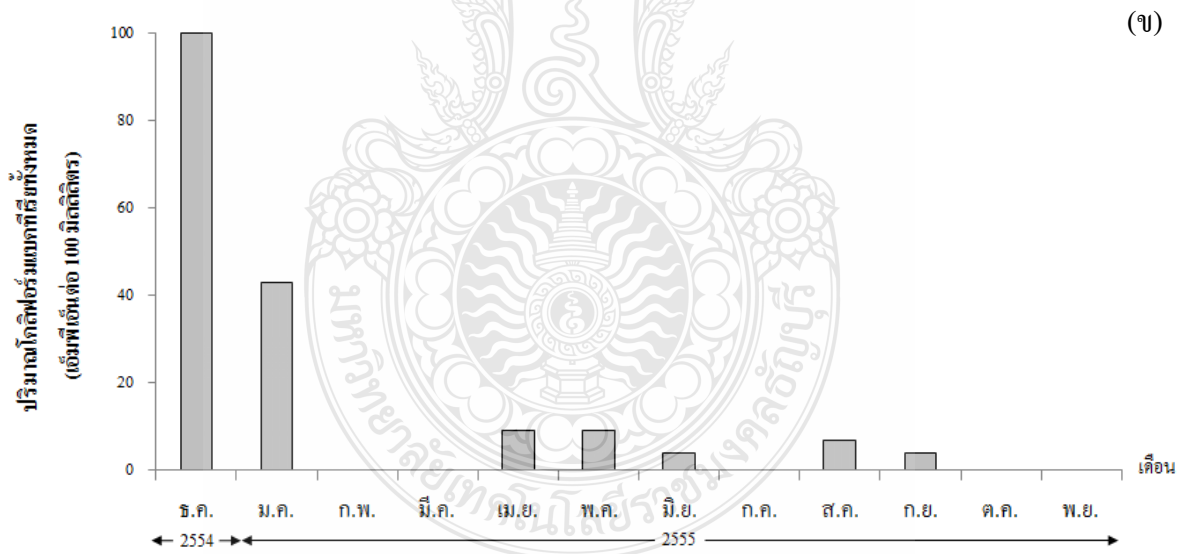
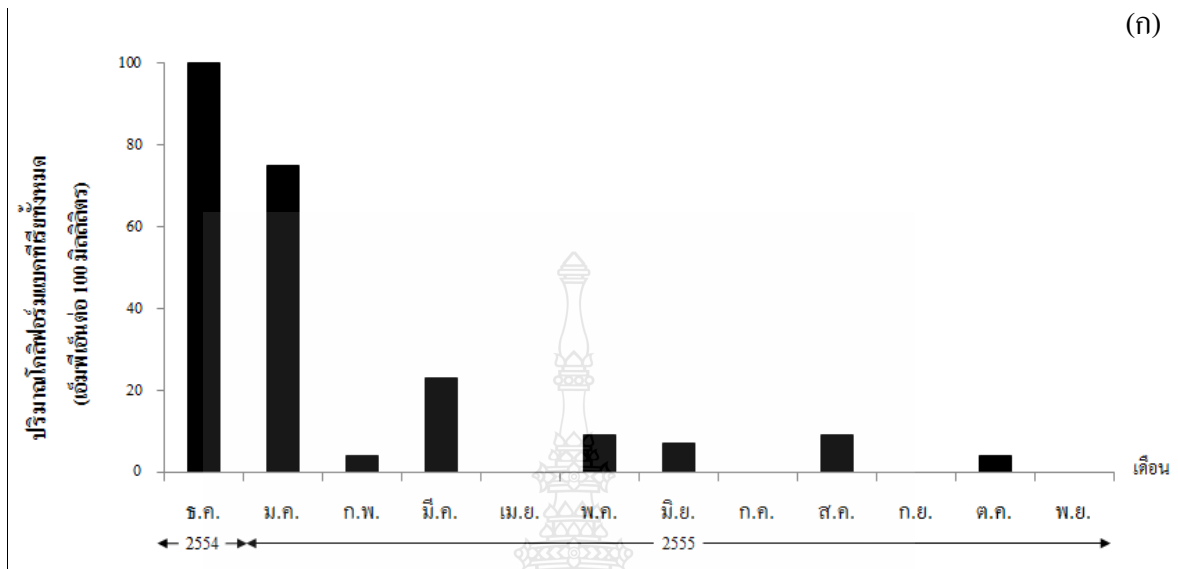
จากการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 3.79-10.00 ไมโครกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.87 ไมโครกรัมต่อลิตร ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงสุดที่ระดับความลึก 1 เมตร รองลงมาคือที่ระดับความลึก 5 เมตร สอดคล้องกับรายงานของจิรพร [4] ที่กล่าวว่าส่วนใหญ่แล้วปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีปริมาณมากที่บริเวณผิวน้ำและระดับความลึก 5 เมตร เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโตอย่างหนาแน่นในบริเวณผิวน้ำที่มีแสงแดดส่องถึง โดยแพลงก์ตอนพืชจะมีการใช้แสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยการดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้และผลิตก๊าซออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ [12] ส่งผลให้สระเก็บน้ำมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอสูงบริเวณผิวน้ำเมื่อศึกษาตามระดับความลึกของชั้นน้ำ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกของสระซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 (ตารางภาคผนวกที่ 26) โดยพบมีปริมาณน้อยที่ระดับความลึก 10-20 เมตรของสระ สอดคล้องกับรายงานของธำรงค์ [102] ที่กล่าวว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่พบในระดับความลึกต่างๆ โดยเฉพาะระดับความลึกที่ได้รับแสงน้อยจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ต่ำเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากการดำรงชีวิตของแพลงก์ตอนพืชจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มแสง โดยในระดับน้ำที่ลึกลงไปนั้น แสงจะส่องผ่านลงไปได้น้อยกว่า ส่งผลให้ตรวจพบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ได้น้อย และเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้แพลงก์ตอนพืชนั้นมีการกระจายตัวในแนวตั้ง เพื่อเคลื่อนตัวขึ้นไปรับแสงแดดเพื่อการเจริญเติบโต [15] จากการศึกษาพบว่าคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 (รูปที่ 4.23 ก) เนื่องจากในแหล่งน้ำมีการสะสมสารอาหารจากเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่บนเขื่อนอยู่เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชมีการนำสารอาหารต่างๆ ไปใช้ในการเจริญเติบโตอย่างมากมาย ส่งผลให้แหล่งน้ำมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอค่อนข้างสูง จากนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในช่วงฤดูฝน เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2555 ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอมีค่าอยู่ในช่วง 3.67-10.00 ไมโครกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.00 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับความลึก 1 เมตร มีค่าสูงกว่าที่ระดับความลึก 4 เมตรเล็กน้อย (รูปที่ 4.23 ข) แต่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อทำการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอที่ระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อทำการประเมินคุณภาพน้ำตามมาตรฐานของ Lampert and Sommer [86] พบว่าในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร สามารถจัดคุณภาพน้ำในเดือนธันวาคม ให้อยู่ในระดับคุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดีได้ แต่หลังจากเดือนธันวาคม เป็นต้นไป ในทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ลดลง เนื่องจากสารอาหารที่ส่งเสริมการเจริญของสาหร่ายมีค่าลดลง จึงสามารถจัดคุณภาพน้ำของสระเก็บน้ำพระราม 9 ให้อยู่ในระดับคุณภาพน้ำปานกลางได้



รูปที่ 4.23 ปริมาณคลอไรไฟต์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.4.2 ปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)

การศึกษาปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 สามารถบ่งชี้ถึงแบคทีเรียกลุ่ม โคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำได้ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภคต่อไป ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ที่ระดับความลึก 0.30 เมตร จากผิวน้ำ การศึกษาในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0-100 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร โดยพบปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดสูงสุดภายหลังเหตุการณ์น้ำท่วม เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 100 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร (รูปที่ 4.24 ก) รองลงมาคือเดือนมกราคม พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 75 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในช่วง 0-100 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ตรวจพบปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดมีค่าสูงสุดหลังเหตุการณ์น้ำท่วม เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 100 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร รองลงมาในเดือนมกราคม พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 43 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร และมีแนวโน้มการของปนเปื้อนลดลงและมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแตกต่างกันในแต่ละเดือน (รูปที่ 4.24 ข) จากการศึกษาปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 5,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร (ตารางภาคผนวกที่ 30) เมื่อทำการศึกษาปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดที่ระดับความลึก 0.30 เมตร จากผิวน้ำ ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยแบคทีเรียกลุ่มในโคลิฟอร์มสามารถพบได้ในน้ำและดินทั่วไป และอาจปนเปื้อนจากการชะล้างแบคทีเรียบนพื้นดินและต้นไม้ตามชายฝั่ง โดยน้ำฝน และจากการปล่อยน้ำทิ้งจากการอุปโภค บริโภคและน้ำทิ้งจากครัวเรือน โดยรอบสระเก็บน้ำฯ สอดคล้องกับรายงานของกรรณิการ์ [30] กล่าวว่าแบคทีเรียกลุ่ม โคลิฟอร์มทั้งหมดนั้นสามารถพบได้ในดินและพืช และเป็นแบคทีเรียที่บ่งชี้ถึงความไม่สะอาดของแหล่งน้ำได้ เช่น *Aerobacter aerogenes* เป็นต้น และสอดคล้องกับรายงานของจิรพร [4] ที่กล่าวว่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่ม โคลิฟอร์มจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการปนเปื้อนของเสียจากชุมชนลงสู่แหล่งน้ำ ในขณะที่เดียวกันกับอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงที่สามารถจัดอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 เช่นกัน ซึ่งนับว่าไม่มีปัญหาอย่างไรในการจะนำน้ำในอ่างไปใช้ผลิตน้ำประปา

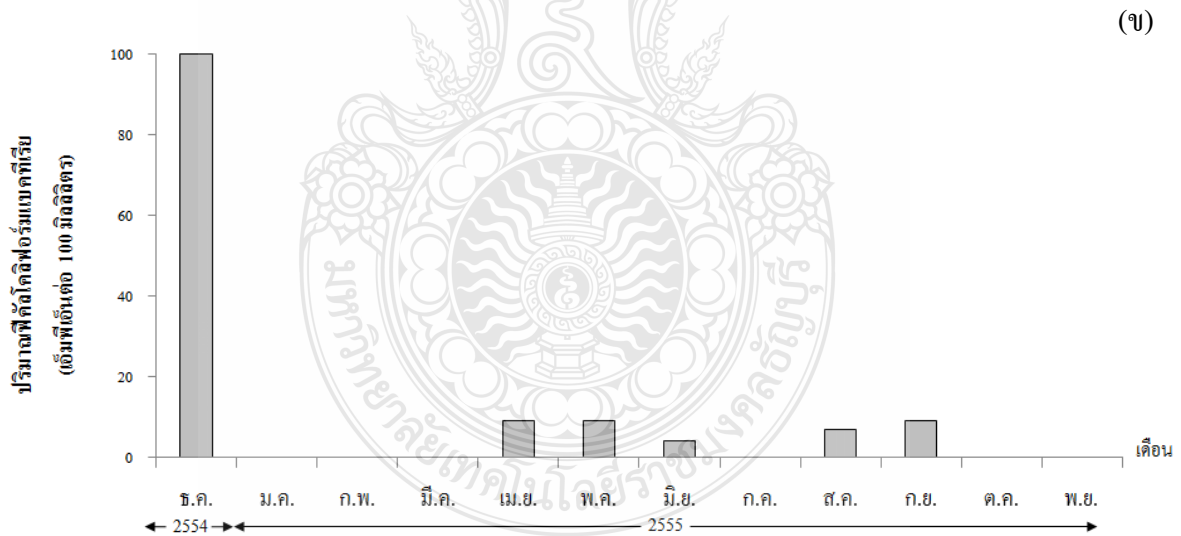
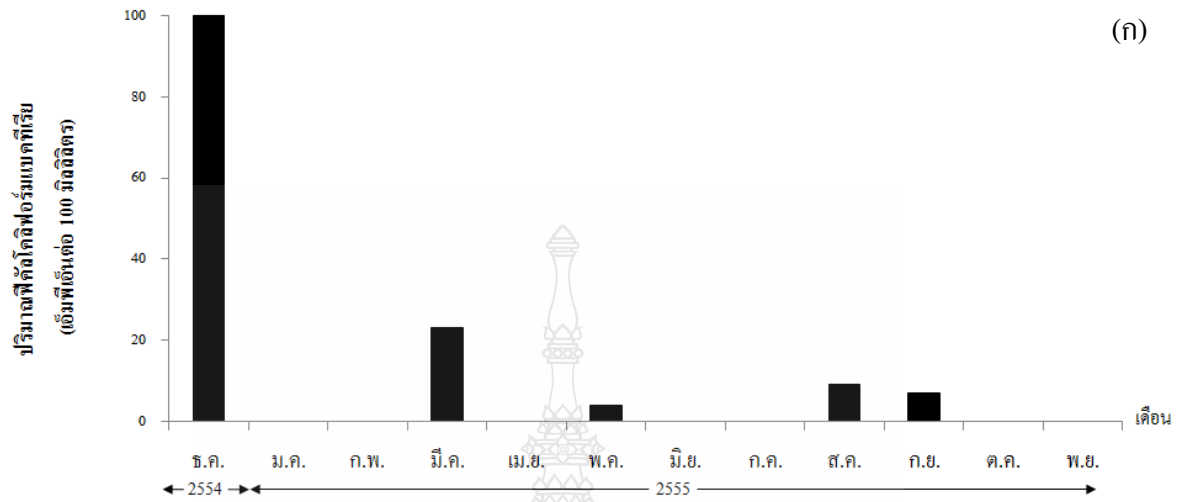


รูปที่ 4.24 ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555
 (ก) จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี
 (ข) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.1.4.3 ปริมาณฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria)

จากการศึกษาปริมาณฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรียภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำฯ พบปริมาณฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าอยู่ในช่วง 0-100 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร จากการวิจัยพบปริมาณฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงสุดหลังเหตุการณ์น้ำท่วมเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 100 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร (ภาพที่ 4.25 ก) เช่นเดียวกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบปริมาณฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าในช่วง 0-100 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร โดยพบปริมาณฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงสุดหลังเหตุการณ์น้ำท่วมภายในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 100 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตรเช่นกัน และไม่พบเลยในช่วงเดือนสุดท้ายของการวิจัยคือเดือนตุลาคมและพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (ภาพที่ 4.25 ข) โดยในทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ที่กำหนดค่าไว้ไม่ควรเกิน 1,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร (ตารางภาคผนวกที่ 30) วรรณิการ์ [30] กล่าวว่าฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมถูกขับออกมากับอุจจาระ ถ้าในแหล่งน้ำตรวจพบปริมาณฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรียในปริมาณที่สูงเกินกว่า 5,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร อาจก่อให้เกิดการระบาดของโรกระบบทางเดินอาหารได้ แต่ในงานวิจัยนี้พบปริมาณฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงสุดในปริมาณน้อยเพียง 100 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร จึงไม่เป็นอันตรายในการนำไปทำน้ำดิบ เพื่อการประปาต่อไป





รูปที่ 4.25 ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย(เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร) บริเวณสระเก็บน้ำพระราม 9

จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

(ก) จุดเก็บตัวอย่างที่1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม9 จ.ปทุมธานี

(ข) จุดเก็บตัวอย่างที่2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ

4.2 การศึกษาแพลงก์ตอนพืชภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

4.2.1 ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี

จากการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 7 ดิวิชัน 81 สปีชีส์ (ตารางที่ 4.1 และ 4.2) ดิวิชันที่มีความหลากหลายด้านสปีชีส์ของแพลงก์ตอนพืชมากที่สุดคือ ดิวิชัน Chlorophyta พบ 26 ชนิด คิดเป็น 32.10% รองลงมา คือ ดิวิชัน Euglenophyta พบ 22 ชนิด คิดเป็น 27.17% ดิวิชัน Cyanophyta พบ 17 ชนิด คิดเป็น 19.76% ดิวิชัน Bacillariophyta พบ 8 ชนิด คิดเป็น 9.87% ดิวิชัน Pyrrohophyta พบ 4 ชนิด คิดเป็น 4.93% ดิวิชัน Cryptophyta พบ 3 ชนิด คิดเป็น 3.70% และดิวิชัน Chrysophyta พบ 2 ชนิด คิดเป็น 2.46% (รูปที่ 4.26) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wiśniewska and Luścińska [103] ที่พบแพลงก์ตอนพืชในดิวิชัน Chlorophyta มีจำนวนมากที่สุดในทะเลสาบ Charzykowskie ประเทศโปแลนด์เช่นกัน จากการศึกษาปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชภายในจุดเก็บตัวอย่างนี้ พบว่าที่ระดับความลึก 1 เมตร มีปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในช่วง 780.34-12,347.78 $\text{mm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4,267.09 $\text{mm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ โดยพบแพลงก์ตอนพืชในดิวิชัน Cyanophyta มีปริมาณชีวภาพมากที่สุด คิดเป็น 52.54% รองลงมาคือ ดิวิชัน Pyrrohophyta พบทั้งหมด 22.81% ดิวิชัน Chlorophyta พบทั้งหมด 7.41% ดิวิชัน Euglenophyta พบทั้งหมด 5.43% ดิวิชัน Bacillariophyta พบทั้งหมด 5.22% ดิวิชัน Cryptophyta พบทั้งหมด 4.40% และดิวิชัน Chrysophyta มีปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชน้อยที่สุดเท่ากับ 2.19% ตามลำดับ (รูปที่ 4.28) จากการศึกษาปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชตามระดับความลึกของสระเก็บน้ำ พบว่าแพลงก์ตอนพืชมีการกระจายตัวอยู่ทุกระดับชั้นน้ำ แต่แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่จะดำรงชีวิตหนาแน่นที่บริเวณความลึก 1 และ 5 เมตร จากนั้นปริมาณชีวภาพแพลงก์ตอนพืชมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกของแหล่งน้ำคือ ที่ระดับ 10, 15 และ 20 เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (รูปที่ 4.30) เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโตอย่างหนาแน่นในบริเวณผิวน้ำที่มีแสงแดดส่องถึง โดยแพลงก์ตอนพืชจะมีการใช้แสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่งผลให้มีปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชค่อนข้างสูงบริเวณผิวน้ำ โดยที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำ พบปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชเท่ากับ 31.35% รองลงมาคือที่ระดับความลึก 5 เมตร พบปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชเท่ากับ 30.54% ที่ระดับความลึก 10 เมตร พบปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชเท่ากับ 20.15% ส่วนที่ระดับความลึก 15 เมตรและ 20 เมตร พบปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชเท่ากับ 12.49% และ 5.47% ตามลำดับ (รูปที่ 4.31) จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายและค่าความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนพืชที่พบด้วยวิธีของชานนอน (Shannon's method) พบว่าในเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2555 มีค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชน้อยที่สุด เท่ากับ 0.820 ซึ่งพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 70 ชนิด และในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.945 ซึ่งพบ

แพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 81 ชนิด เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดที่พบทั้งหมดในแต่ละเดือน พบว่าในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 หลังเหตุการณ์น้ำท่วม พบปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ พ.ศ.2555 ตามลำดับ เนื่องจากสระเก็บน้ำมีปริมาณอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารสะสมอยู่ในน้ำเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยพบแพลงก์ตอนพืชในดิวิชัน Cyanophyta และ Pyrrohophyta มีปริมาณชีวภาพสูงที่สุดตลอดการวิจัย (รูปที่ 4.33) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pongswat [1] ที่ทำการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในสระเก็บน้ำพระราม 9 แห่งนี้ในช่วงปี พ.ศ.2543-2544 พบว่าแพลงก์ตอนพืชในดิวิชัน Cyanophyta มีปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชสูงสุดในทุกเดือนตลอดการวิจัย รองลงมาคือ ดิวิชัน Pyrrohophyta และ Euglenophyta เป็นต้น ซึ่งบ่งชี้คุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 ให้อยู่ในระดับคุณภาพน้ำปานกลางได้

สำหรับแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 โดยการใช้โปรแกรม Multivariate Statistical Package (MVSP) เวอร์ชัน 3.1 โดยการวิเคราะห์ Principal Components Analysis (PCA) สามารถพบแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นตลอดการศึกษา ได้แก่ *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju (Cylrac) คิดเป็น 57.28%, *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek (Pselim) คิดเป็น 22.43%, *Peridiniopsis cunningtonii* Lemmermann (Percun) คิดเป็น 10.19% และ *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg (Travol) คิดเป็น 10.10% เมื่อศึกษาแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบตามการจัดระดับชั้นน้ำของ Reynolds [104] และ Wetzel [105] (ตารางที่ 33 และ 34) สามารถบ่งชี้คุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 ให้อยู่ในระดับปานกลางได้ (รูปที่ 4.35, 4.37, 4.38 และ 4.40) สอดคล้องกับงานวิจัยของนพรัตน์ [106] ที่ตรวจพบ *C. raciborskii* และ *P. limnetica* เป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่มีปริมาณชีวภาพสูงสุดในเขื่อนลำตะคอง จ.นครราชสีมา ระหว่าง พ.ศ.2534-2544 ซึ่งบ่งชี้คุณภาพน้ำในเขื่อนลำตะคองจัดอยู่ในระดับปานกลาง

4.2.2 ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชภายในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

จากการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 7 ดิวิชัน 79 สปีชีส์ (ตารางที่ 4.1 และ 4.2) ดิวิชันที่มีความหลากหลายด้านสปีชีส์มากที่สุด คือ ดิวิชัน Chlorophyta พบ 25 ชนิด คิดเป็น 31.65% รองลงมาคือ ดิวิชัน Euglenophyta พบ 18 ชนิด คิดเป็น 22.79% ดิวิชัน Cyanophyta พบ 16 ชนิด คิดเป็น 20.26% ดิวิชัน Bacillariophyta พบ 11 ชนิด คิดเป็น 13.92% ดิวิชัน Pyrrohophyta พบ 4 ชนิด คิดเป็น 5.06% ดิวิชัน Cryptophyta พบ 3 ชนิด คิดเป็น 3.79% และดิวิชัน Chrysophyta พบ 2 ชนิด คิดเป็น 2.53% (รูปที่ 4.27) สอดคล้องกับงานวิจัยของยูวดีและคณะ [107] ที่พบแพลงก์ตอนพืชในดิวิชัน Chlorophyta มีจำนวนมากที่สุดในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จ.เชียงใหม่ จากการศึกษาปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชภายในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบว่า แพลงก์ตอนพืชที่ระดับความลึก 1 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 1,051.49-13,903.18

$\text{mm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $4,967.10 \text{ mm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ โดยพบแพลงก์ตอนพืชในดิวิชัน Cyanophyta มีปริมาตรชีวภาพมากที่สุด คิดเป็น 34.50% รองลงมาคือ ดิวิชัน Pyrrophyta พบทั้งหมด 26.04% ดิวิชัน Euglenophyta พบทั้งหมด 11.74% ดิวิชัน Bacillariophyta พบทั้งหมด 10.68% ดิวิชัน Chlorophyta พบทั้งหมด 8.85% ดิวิชัน Cryptophyta พบทั้งหมด 6.24% และดิวิชัน Chrysophyta มีปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชน้อยที่สุดเท่ากับ 1.94% ตามลำดับ (รูปที่ 4.29) จากการศึกษาปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช พบว่ามีการกระจายตัวอย่างหนาแน่นทั้งในระดับความลึก 1 และ 4 เมตร ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำ พบปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชเท่ากับ 51.38% รองลงมาคือที่ระดับความลึก 4 เมตร มีค่าเท่ากับ 48.62% (รูปที่ 4.32) จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายและค่าความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนพืชที่พบด้วยวิธีของชานนอน พบว่าในเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2555 มีค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชน้อยที่สุด เท่ากับ 0.820 ซึ่งพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 67 ชนิด และในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.945 ซึ่งพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 78 ชนิด เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดในแต่ละเดือน พบว่าในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 หลังเหตุการณ์น้ำท่วม พบปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ $13,903.18 \text{ mm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ โดยพบแพลงก์ตอนพืชในดิวิชัน Cyanophyta และ Pyrrophyta มีปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชสูงที่สุด ส่วนในเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2555 พบปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชน้อยที่สุด (รูปที่ 4.34) สำหรับแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่ตรวจพบในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นชนิดเดียวกันกับที่พบบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 คือ *C. raciborskii* (Cylrac) คิดเป็น 61.88% รองลงมา คือ *P. limnetica* (Pselim) คิดเป็น 13.40%, *T. volvocina* (Travol) คิดเป็น 15.33% และ *P. cunningtonii* (Percun) คิดเป็น 9.38% ตามลำดับ (รูปที่ 4.36, 4.37, 4.39 และ 4.41)

จากการเปรียบเทียบปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างตั้งอยู่ในสระเก็บน้ำเดียวกัน มีระยะห่างกันไม่มากนัก และมีผลคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นจึงส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชมีการกระจายตัวหนาแน่นในบริเวณทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกัน ส่งผลให้พบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นชนิดเดียวกันดังกล่าว จากการศึกษาพบว่าทั้งในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 พบ *C. raciborskii* มีปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชสูงสุดตลอดการวิจัย และสามารถพบได้ในทุกระดับความลึกของสระเก็บน้ำพระราม 9 เนื่องจาก *C. raciborskii* สามารถดำรงชีวิตในบริเวณที่มีแสงน้อยได้ และสามารถสะสมธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุที่เป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโต และสามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนจากชั้นบรรยากาศนำไปใช้ในช่วงขาดแคลนได้ [108] Walsby [109] กล่าวว่า *C. raciborskii* มีแก๊สแวนิวโอลที่ช่วยให้เซลล์สามารถเคลื่อนที่ในแนวตั้งของแหล่งน้ำได้ดี นอกจากนี้ *C. raciborskii* เป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดเส้นสาย ดำรงชีวิตในแหล่งน้ำจืดที่พบโดยทั่วไปในเขตร้อนชื้น เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศที่

เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้ คือมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส [110] นอกจากนี้ จากการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชที่สร้างสารพิษ คือ *M. aeruginosa* มีเจริญเติบโตในช่วงแรกของการวิจัย คือในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 และเดือนมกราคม พ.ศ.2555 ซึ่งส่วนใหญ่จะพบมากบริเวณผิวน้ำ และสามารถพบได้ในทุกระดับความลึกของชั้นน้ำ เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้มีแก๊สแวกคิวโอลที่ช่วยในการลอยตัวและช่วยในการจมลงภายในแหล่งน้ำได้ดีเช่นเดียวกับ *C. raciborskii* แต่จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบจำนวนเซลล์ของ *M. aeruginosa* ในสระเก็บน้ำพระราม 9 ในปริมาณน้อยมาก โดยบริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 พบปริมาณเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 117 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และบริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อทำน้ำประปา พบปริมาณเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 91 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย ได้กำหนดความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายชนิดนี้ต้องไม่เกิน 12,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สำหรับแหล่งน้ำที่เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ และสามารถลงไปอาบน้ำได้โดยไม่เป็นอันตราย และไม่เกิน 15,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สำหรับน้ำดิบที่จะใช้ไปทำน้ำประปา [111]



ตารางที่ 4.1 ชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบทั้งหมดภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

Taxon

Division Cyanophyta

- Arthrospira platensis* (Nordstedt) Gomont
- Aphanizomenon* sp.
- Aphanocapsa elachista* West & G.S.West
- Aphanothece smithii* J.Komárková-Legnerová & G.Cronberg
- Chroococcus globosus* (Elenkin) Hindák
- C. limneticus* Lemmermann
- Coelomoron pusillum* (Van Goor) Komárek
- Cylindrospermopsis philippinensis* (Taylor) Komárek
- C. raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju
- Dolichospermum* sp.
- Merismopedia punctata* f. *arctica* Kosinskaja
- Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing
- Oscillatoria limosa* C.Agardh ex Gomont
- Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) J.Komárková-Legnerová & G.Cronberg
- Pseudanabaena galeata* Böcher
- P. limnetica* (Lemmermann) Komárek

Division Euglenophyta

- Euglena acus* (O.F.Müller) Ehrenberg
- E. charkowiensis* D.O.Svirenko
- E. limnophila* Lemmermann
- E. minima* Francé
- E. proxima* P.A.Dangeard
- E. velata* G.A.Klebs
- Lepocinclis fusiformis* (H.J.Carter) Lemmermann
- L. glabra* Drezepolski

ตารางที่ 4.1 แพลงก์ตอนพืชที่พบทั้งหมดภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (ต่อ)

Taxon
<i>Phacus curvicauda</i> Svirenko
<i>P. longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin
<i>P. pleuronectes</i> (O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin
<i>P. pyrum</i> (Ehrenberg) W.Archer
<i>Strombomonas borysteniensis</i> (Roll) Popowa
<i>S. fluviatilis</i> (Lemmermann) Deflandre
<i>S. verrucosa</i> (E.Daday) Deflandre
<i>Trachelomonas bernardinensis</i> Vischer
<i>T. dybowskii</i> Drezepolski
<i>T. hispida</i> (Perty) F.Stein
<i>T. intermedia</i> P.A.Dangeard
<i>T. mucosa</i> Svirenko
<i>T. volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg
<i>T. volvocinopsis</i> Svirenko
Division Bacillariophyta
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing
<i>Eunotia multiplastidica</i> S.Mayama
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton
<i>F. ulna</i> var. <i>acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot
<i>Gyrosigma macrum</i> (W.Smith) J.W.Griffith & Henfrey
<i>Gyrosigma</i> sp.
<i>Navicula</i> sp.
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith
<i>N. reversa</i> W.Smith

ตารางที่ 4.1 แพลงก์ตอนพืชที่พบทั้งหมดภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (ต่อ)

Taxon

Division Chlorophyta

Acanthosphaera zachariasii Lemmermann
Botryococcus braunii Kützing
Chlamydomonas sp.1
Chlorella vulgaris Beyerinck [Beijerinck]
Coelastrum microporum Nägeli
C. pseudomicroporum Korshikov
C. sphaericum Nägeli
Cosmarium bioculatum Brébisson ex Ralfs
Crucigeniella crucifera (Wolle) Komárek
Dictyosphaerium pulchellum H.C.Wood
Monoraphidium arcuatum (Korshikov) Hindák
M. contortum (Thuret) Komárková-Legnerová
M. griffithii (Berkeley) Komárková-Legnerová
M. irregulare (G.M.Smith) Komárková-Legnerová
Oocystis naegelii A.Braun
Pandorina morum (O.F.Müller) Bory de Saint-Vincent
Pediastrum simplex Meyen
Scenedesmus acuminatus (Lagerheim) Chodat
S. armatus (R.Chodat) R.Chodat
Spirogyra sp.
Staurastrum perundulatum Grönblad
Tetraedron incus (Teiling) G.M.Smith
T. minimum (A.Braun) Hansgirg
Tetrastrum staurogeniiforme (Schröder) Lemmermann
Treubaria setigera (W.Archer) G.M.Smith
Volvox sp.

ตารางที่ 4.1 แพลงก์ตอนพืชที่พบทั้งหมดภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (ต่อ)

Taxon

Division Chrysophyta

Isthmochloron gracile (Reinsch) Skuja

Mallomonas splendens (G.S.West) Playfair

Division Cryptophyta

Chroomonas sp.

Cryptomonas sp.

Rhodomonas sp.

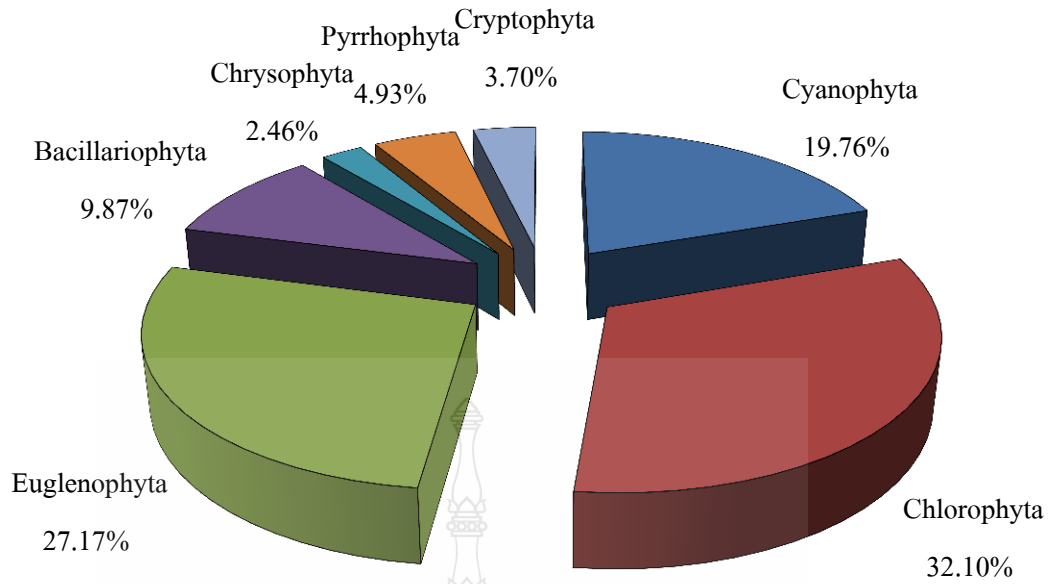
Division Pyrrhophyta

Ceratium furcoides (Levander) Langhans

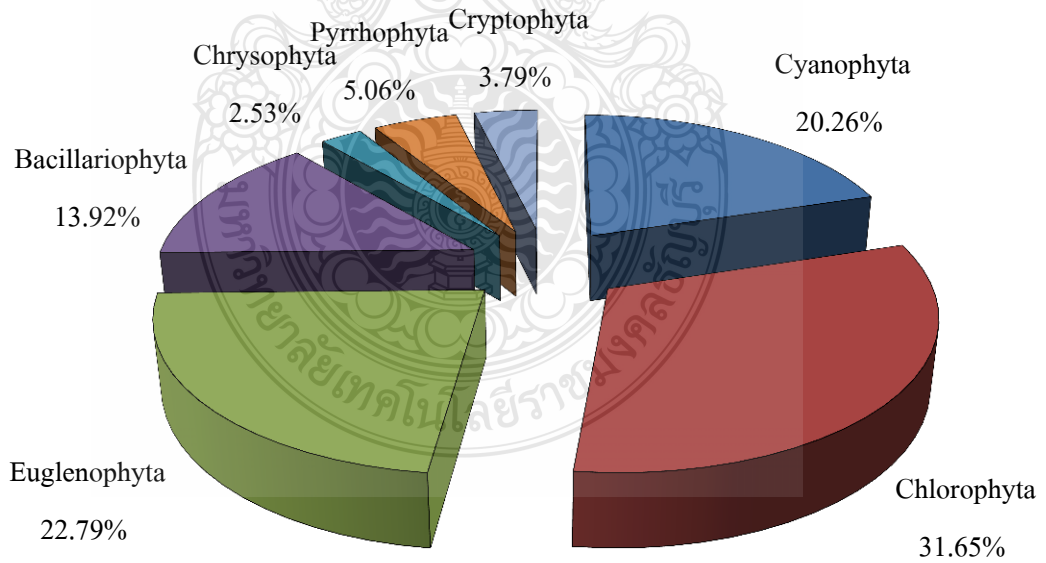
Gymnodinium sp.

Peridiniopsis cunningtonii Lemmermann

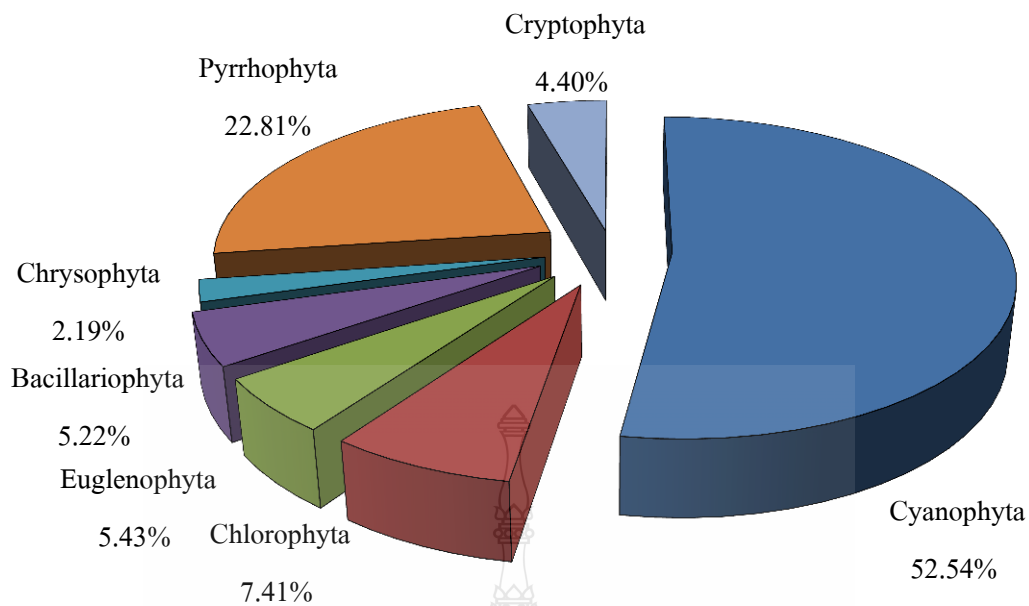
Peridinium sp.1



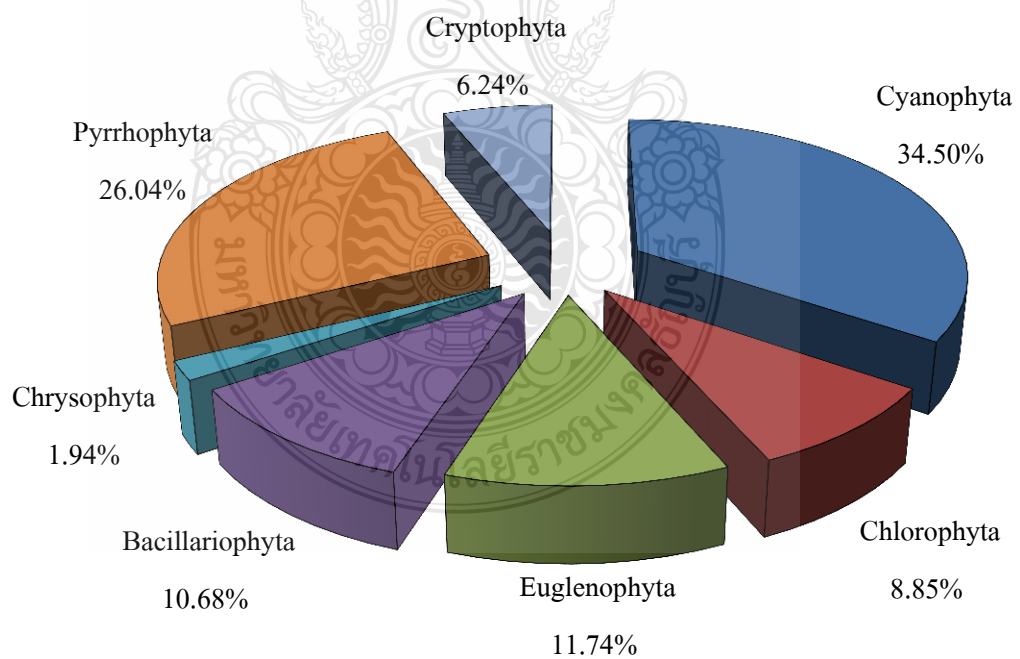
รูปที่ 4.26 จำนวนสปีชีส์ของแพลงก์ตอนพืชแต่ละดิวิชันในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำ
พระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555



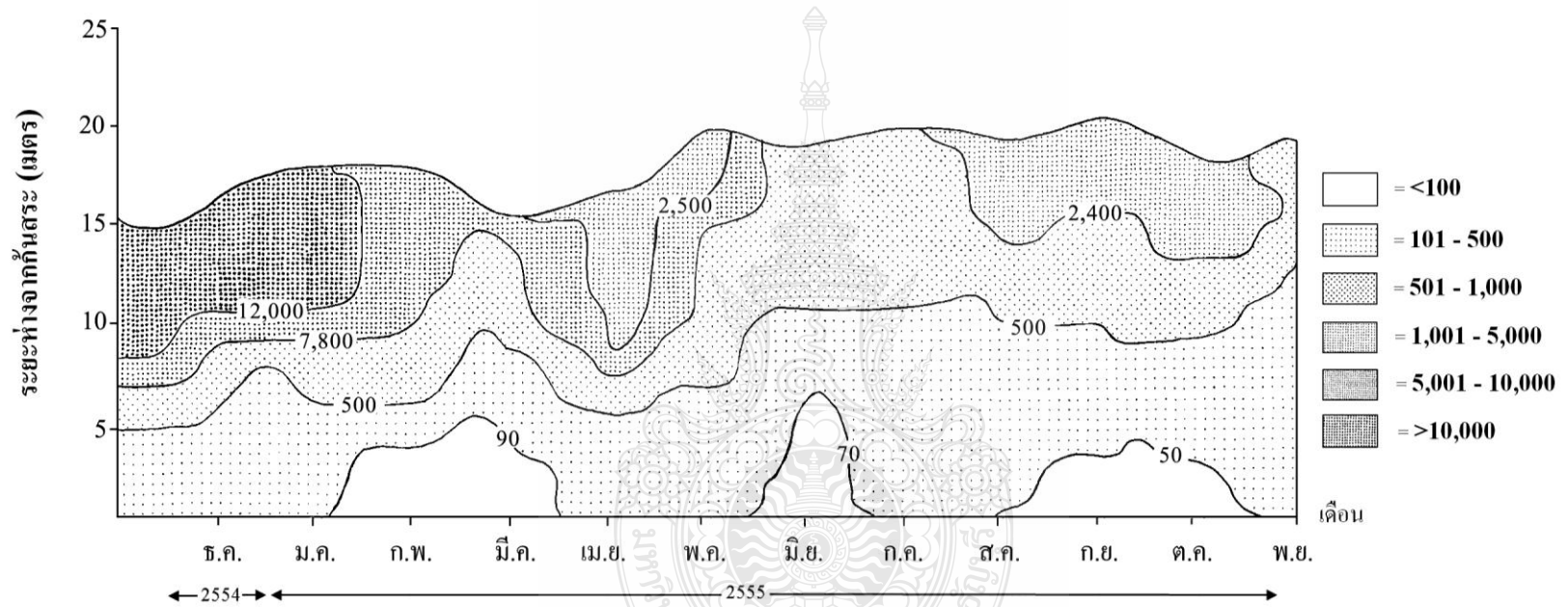
รูปที่ 4.27 จำนวนสปีชีส์ของแพลงก์ตอนพืชแต่ละดิวิชันในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำ
น้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555



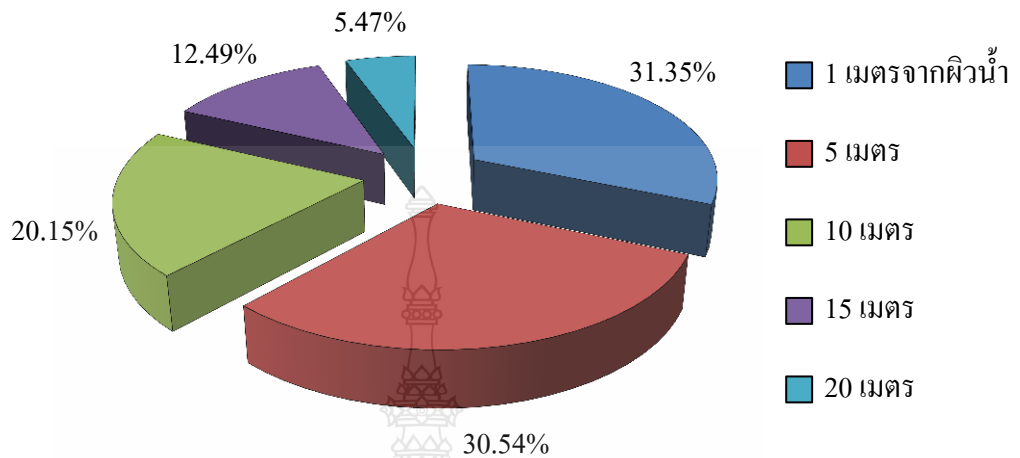
รูปที่ 4.28 ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชแต่ละดิวิชันในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555



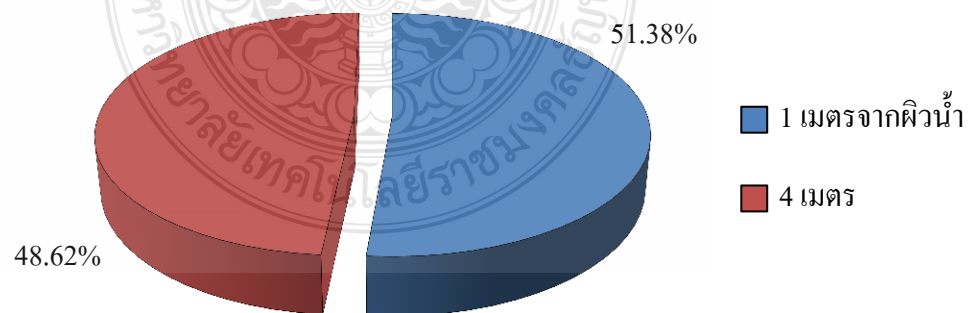
รูปที่ 4.29 ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชแต่ละดิวิชันในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555



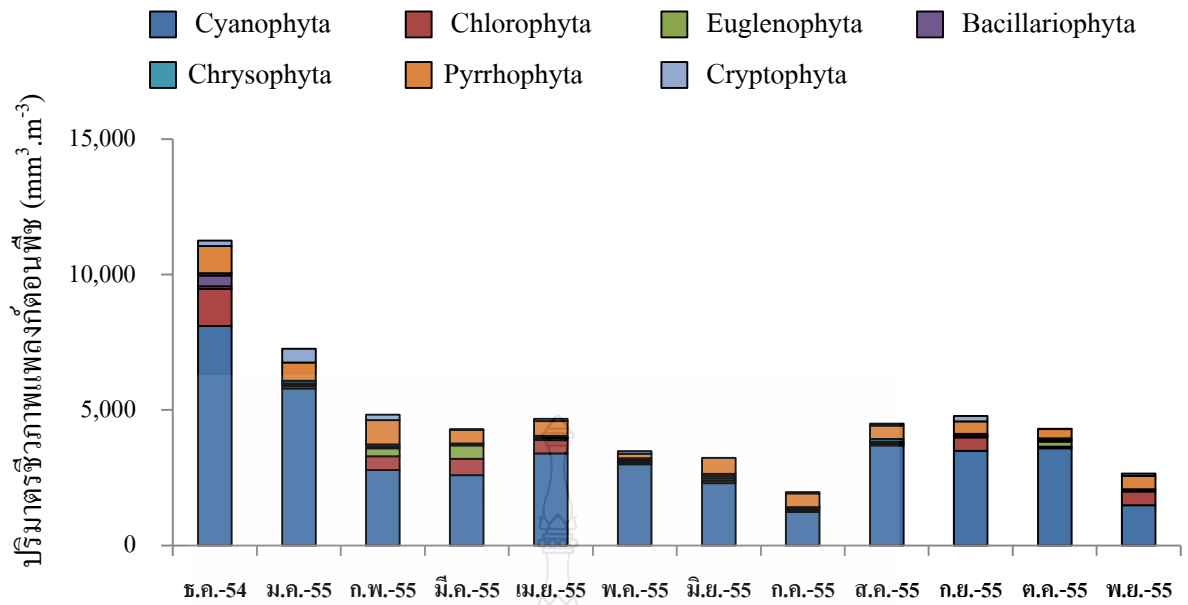
รูปที่ 4.30 ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละระดับความลึกในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555



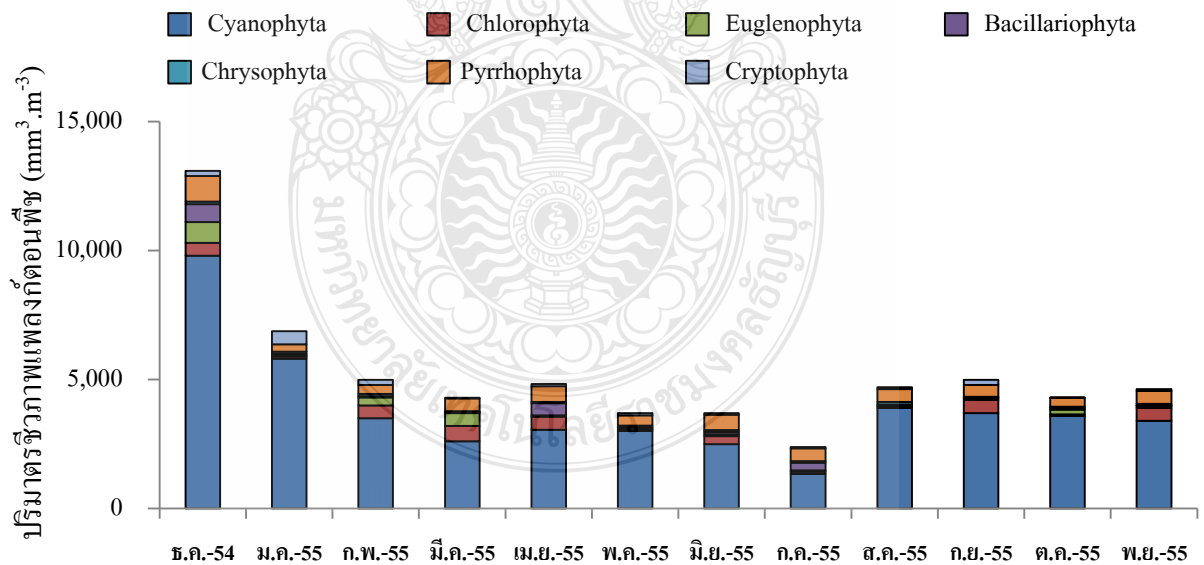
รูปที่ 4.31 ปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละระดับความลึกในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555



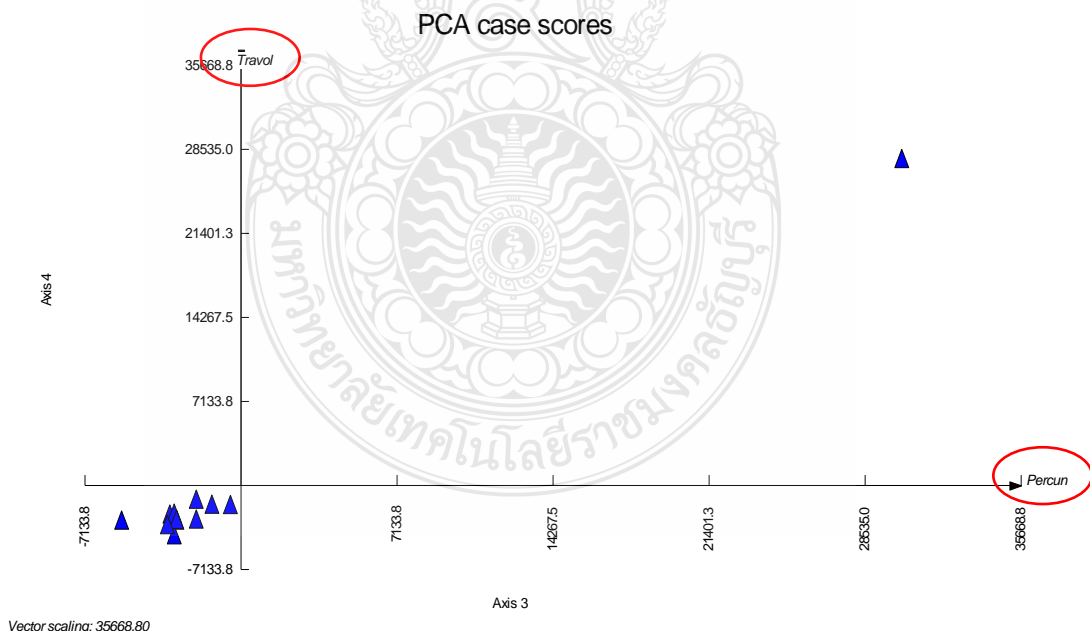
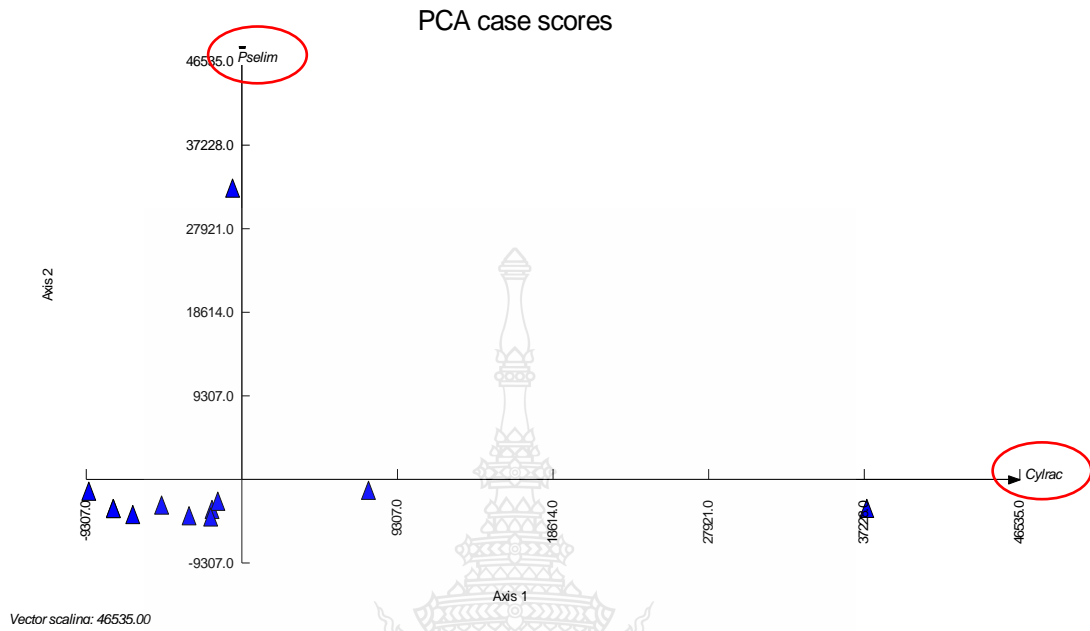
รูปที่ 4.32 ปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละระดับความลึกในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555



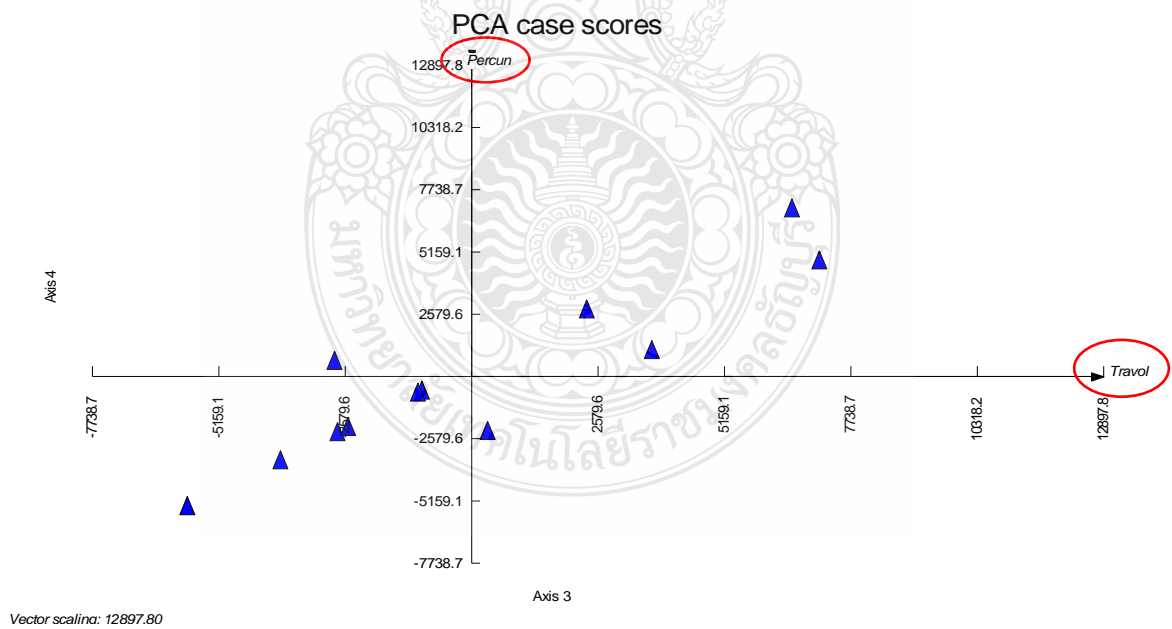
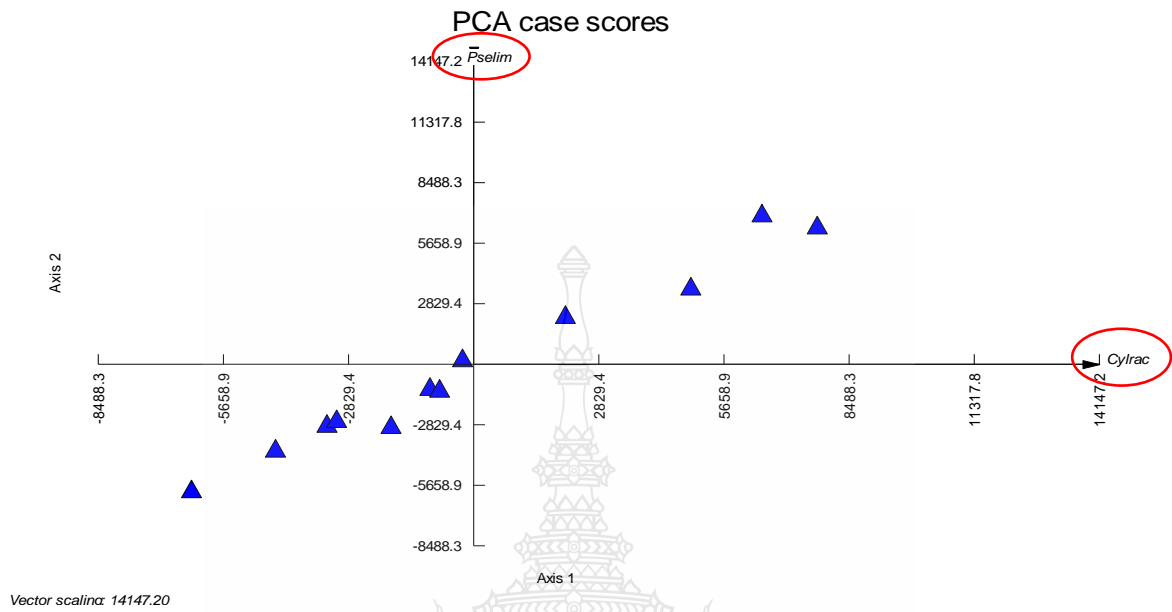
รูปที่ 4.33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณชีวภาพแพลงก์ตอนพืชแต่ละเดือนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555



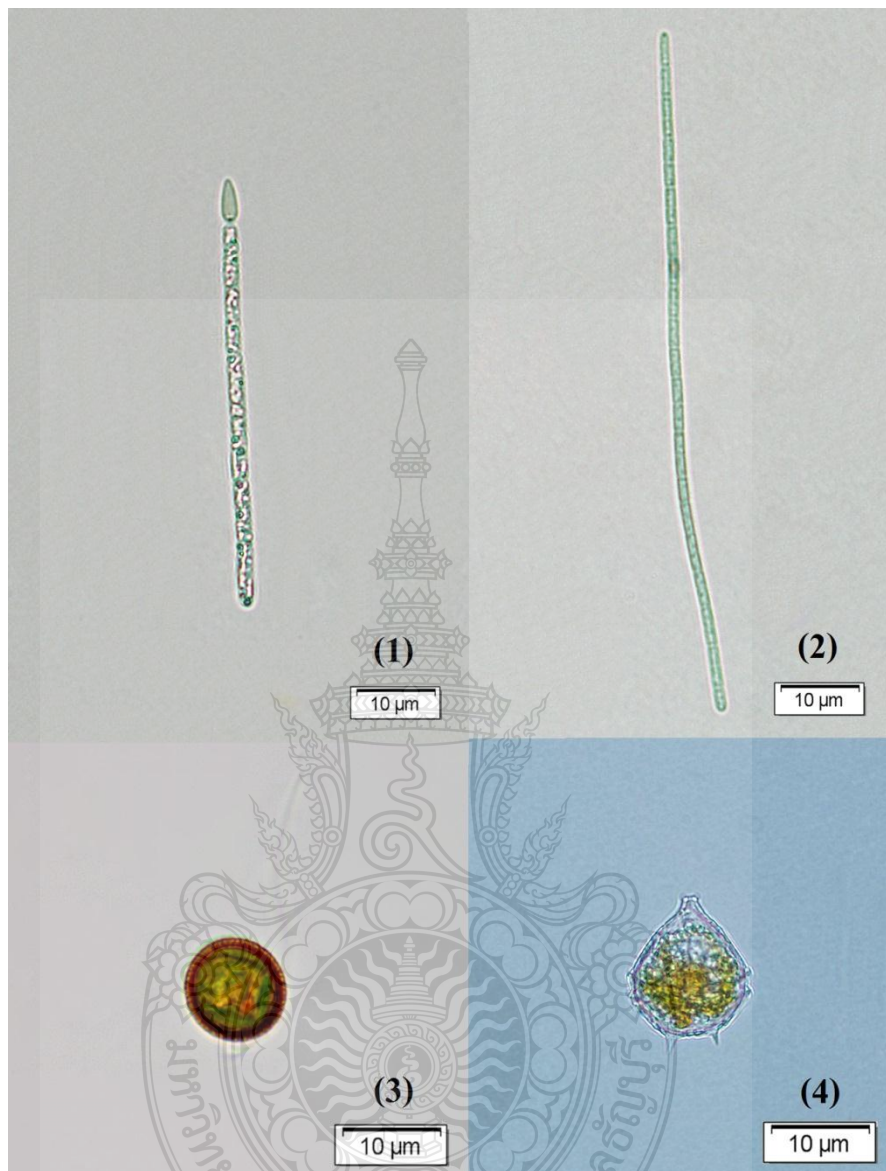
รูปที่ 4.34 การเปลี่ยนแปลงปริมาณชีวภาพแพลงก์ตอนพืชแต่ละเดือนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555



รูปที่ 4.35 การวิเคราะห์ PCA เพื่อหาเพลงก่ตอนพีชคณิตเด่นที่พบในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555



รูปที่ 4.36 การวิเคราะห์ PCA เพื่อหาเพลงกัศอนพีชชนิดเด่นที่พบในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสุบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555



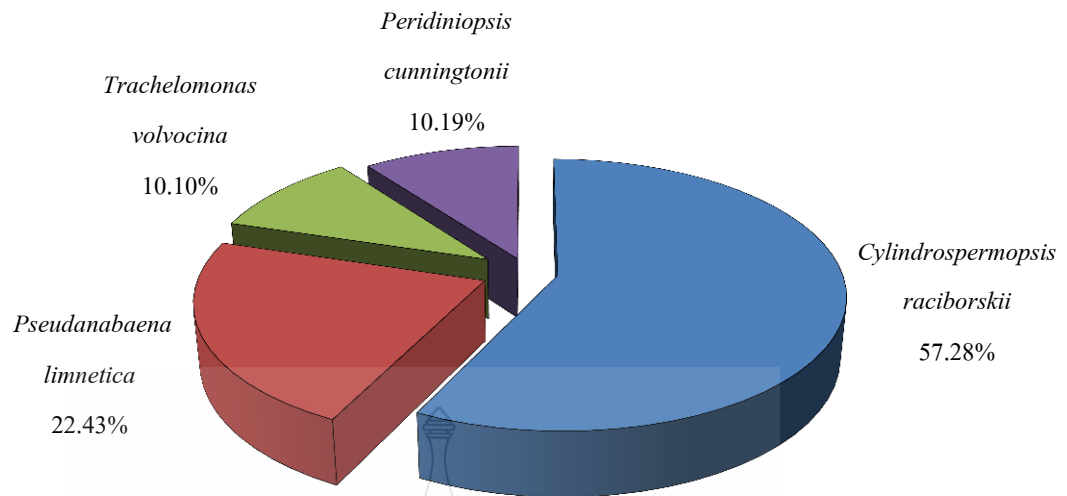
รูปที่ 4.37 แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบในบริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 และจุดสูบน้ำดิบ
เพื่อทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

Division Cyanophyta : (1) *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya &

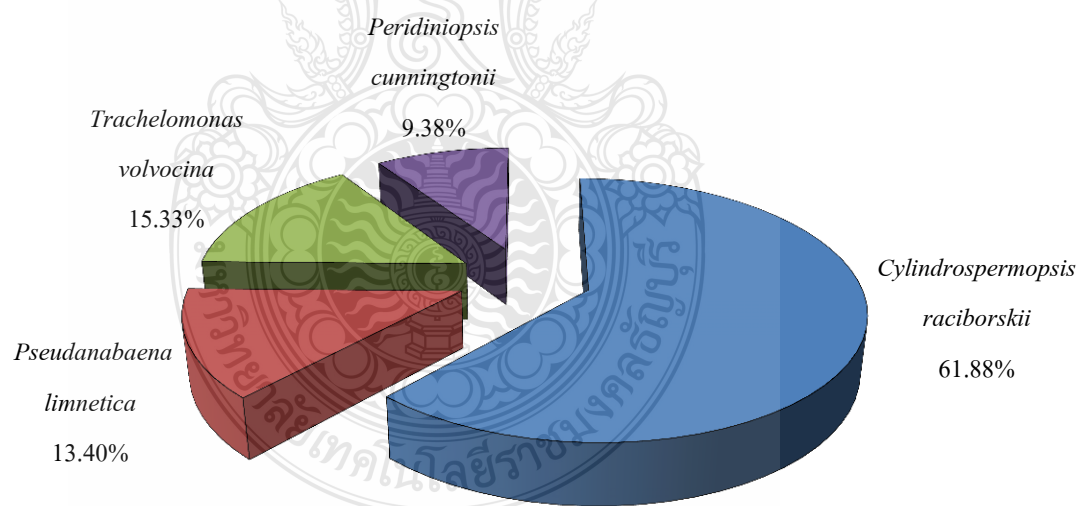
Subba Raju, (2) *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek

Division Euglenophyta: (3) *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg

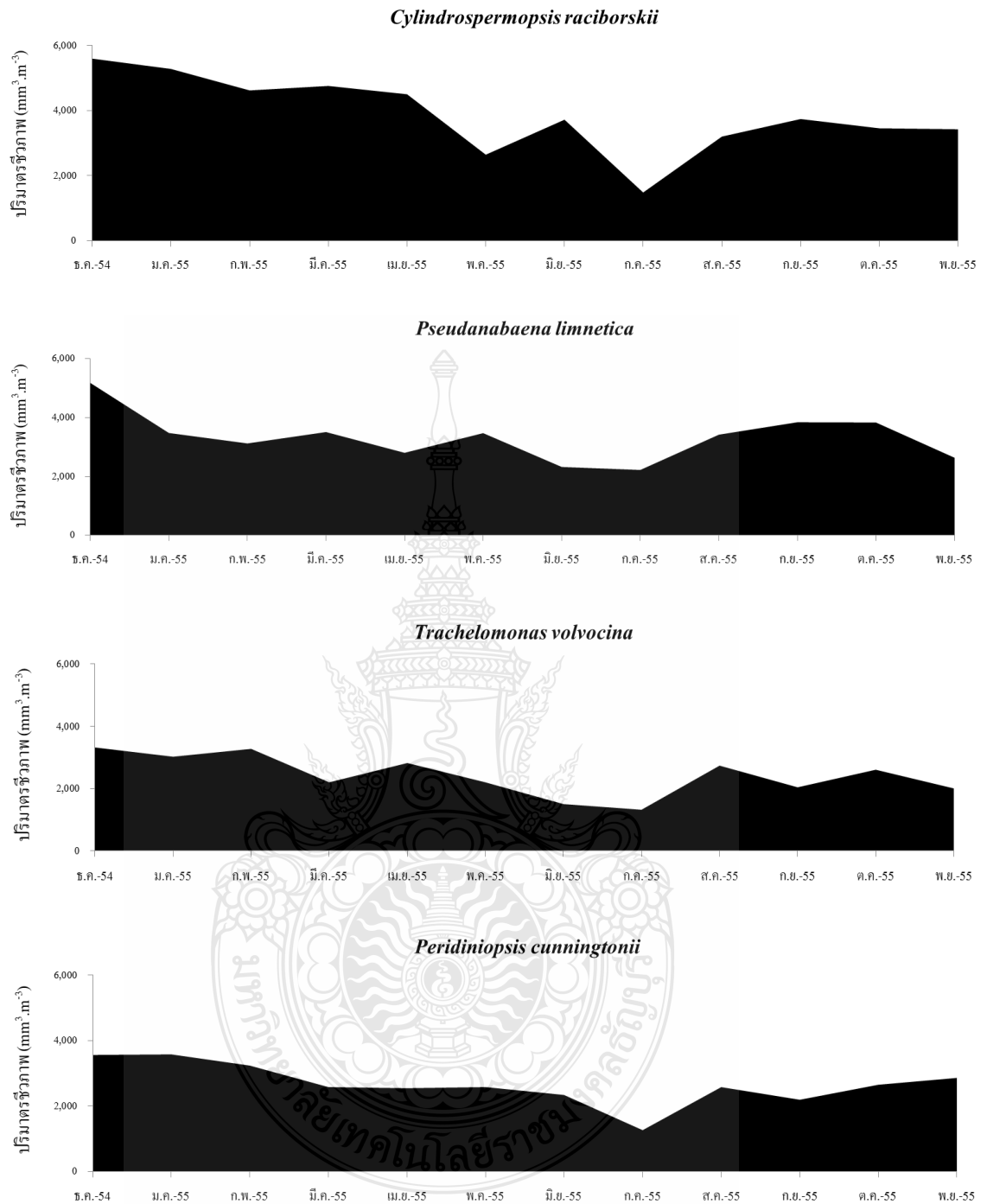
Division Pyrrhophyta : (4) *Peridiniopsis cunningtonii* Lemmermann



รูปที่ 4.38 ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

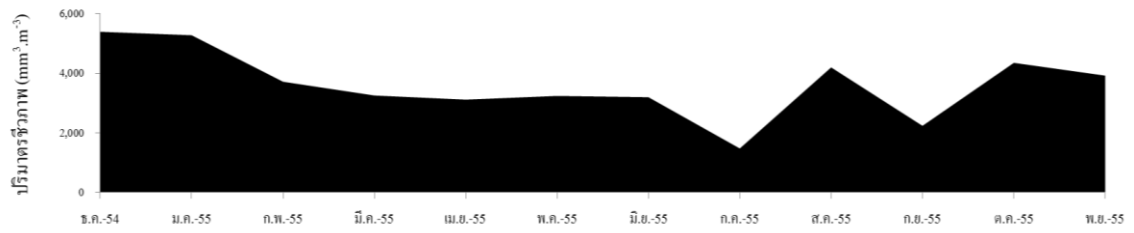


รูปที่ 4.39 ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

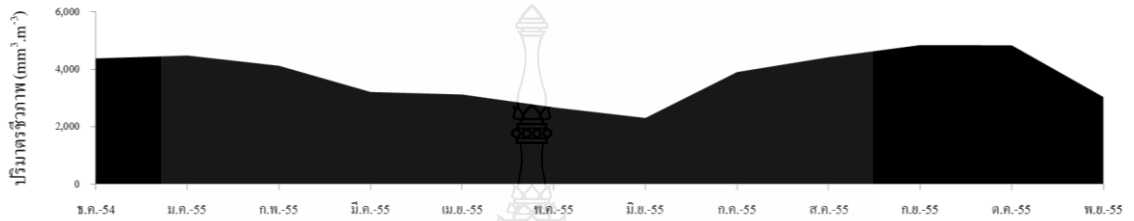


รูปที่ 4.40 การเปรียบเทียบจำนวนแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นแต่ละเดือนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

Cylindrospermopsis raciborskii



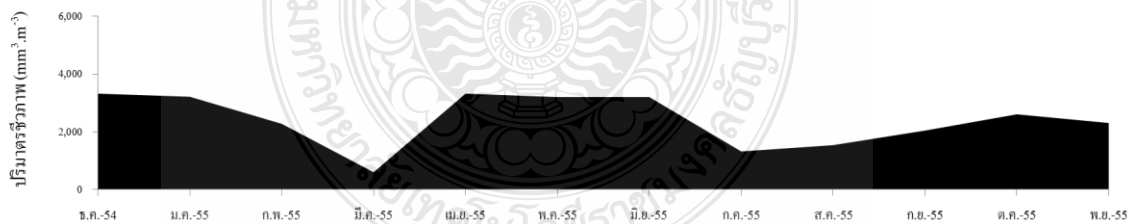
Pseudanabaena limnetica



Trachelomonas volvocina



Peridiniopsis cunningtonii



รูปที่ 4.41 การเปรียบเทียบจำนวนแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นแต่ละเดือนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

ตารางที่ 4.2 แพลงก์ตอนพืชที่พบในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำและจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (✓ = พบ - = ไม่พบ)

Taxon	จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 2
Division Cyanophyta		
<i>Arthrospira platensis</i> (Nordstedt) Gomont	✓	✓
<i>Aphanizomenon</i> sp.	✓	✓
<i>Aphanocapsa elachista</i> West & G.S.West	✓	✓
<i>Aphanothece smithii</i> J.Komárková-Legnerová & G.Cronberg	✓	✓
<i>Chroococcus globosus</i> (Elenkin) Hindák	✓	✓
<i>C. limneticus</i> Lemmermann	✓	✓
<i>Coelomoron pusillum</i> (Van Goor) Komárek	✓	✓
<i>Cylindrospermopsis philippinensis</i> (Taylor) Komárek	✓	✓
<i>C. raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju	✓	✓
<i>Dolichospermum</i> sp.	✓	✓
<i>Merismopedia punctata</i> f. <i>arctica</i> Kosinskaja	✓	✓
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	✓	✓
<i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh ex Gomont	✓	✓
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) J.Komárková-Legnerová & G.Cronberg	✓	✓
<i>Pseudanabaena galeata</i> Böcher	✓	✓
<i>P. limnetica</i> (Lemmermann) Komárek	✓	✓
Division Euglenophyta		
<i>Euglena acus</i> (O.F.Müller) Ehrenberg	✓	✓
<i>E. charkowiensis</i> D.O.Svirenko	✓	-
<i>E. limnophila</i> Lemmermann	✓	✓
<i>E. minima</i> Francé	✓	✓
<i>E. proxima</i> P.A.Dangeard	✓	✓
<i>E. velata</i> G.A.Klebs	✓	✓

ตารางที่ 4.2 แพลงก์ตอนพืชที่พบในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำและจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (✓ = พบ - = ไม่พบ) (ต่อ)

Taxon	จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 2
<i>Lepocinlis fusiformis</i> (H.J.Carter) Lemmermann	✓	-
<i>L. glabra</i> Drezepolski	✓	-
<i>Phacus curvicauda</i> Svirenko	✓	✓
<i>P. longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin	✓	✓
<i>P. pleuronectes</i> (O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin	✓	✓
<i>P. pyrum</i> (Ehrenberg) W.Archer	✓	-
<i>Strombomonas borysteniensis</i> (Roll) Popowa	✓	✓
<i>S. fluviatilis</i> (Lemmermann) Deflandre	✓	✓
<i>S. verrucosa</i> (E.Daday) Deflandre	✓	✓
<i>Trachelomonas bernardinensis</i> Vischer	✓	✓
<i>T. dybowskii</i> Drezepolski	✓	✓
<i>T. hispida</i> (Perty) F.Stein	✓	✓
<i>T. intermedia</i> P.A.Dangeard	✓	✓
<i>T. mucosa</i> Svirenko	✓	✓
<i>T. volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	✓	✓
<i>T. volvocinopsis</i> Svirenko	✓	✓
Division Bacillariophyta		
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	✓	✓
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	✓	✓
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	✓	✓
<i>Eunotia multiplastidica</i> S.Mayama	-	✓
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	✓	✓
<i>F. ulna</i> var. <i>acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	✓	✓
<i>Gyrosigma macrum</i> (W.Smith) J.W.Griffith & Henfrey	✓	✓
<i>Gyrosigma</i> sp.	✓	✓

ตารางที่ 4.2 แพลงก์ตอนพืชที่พบในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำและจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (✓ = พบ - = ไม่พบ) (ต่อ)

Taxon	จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 2
<i>Navicula</i> sp.	-	✓
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	✓	✓
<i>N. reversa</i> W.Smith	-	✓
Division Chlorophyta		
<i>Acanthosphaera zachariasii</i> Lemmermann	✓	✓
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing	✓	✓
<i>Chlamydomonas</i> sp.1	✓	✓
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck [Beijerinck]	✓	✓
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	✓	✓
<i>C. pseudomicroporum</i> Korshikov	✓	✓
<i>C. sphaericum</i> Nägeli	✓	✓
<i>Cosmarium bioculatum</i> Brébisson ex Ralfs	✓	✓
<i>Crucigeniella crucifera</i> (Wolle) Komárek	✓	✓
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C.Wood	✓	✓
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák	✓	✓
<i>M. contortum</i> (Thuret)Komárková-Legnerová	✓	✓
<i>M. griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	✓	✓
<i>M. irregulare</i> (G.M.Smith) Komárková-Legnerová	✓	✓
<i>Oocystis naegelii</i> A.Braun	✓	✓
<i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory de Saint-Vincent	✓	✓
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	✓	✓
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	✓	✓
<i>S. armatus</i> (R.Chodat) R.Chodat	✓	✓
<i>Spirogyra</i> sp.	✓	-
<i>Staurastrum perundulatum</i> Grönblad	✓	✓

ตารางที่ 4.2 แพลงก์ตอนพืชที่พบในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำและจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (✓ = พบ - = ไม่พบ) (ต่อ)

Taxon	จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 1	จุดเก็บ ตัวอย่างที่ 2
<i>Tetraedron incus</i> (Teiling) G.M.Smith	✓	✓
<i>T. minimum</i> (A.Braun) Hansgirg	✓	✓
<i>Tetrastrum staurogeniiforme</i> (Schröder) Lemmermann	✓	✓
<i>Treubaria setigera</i> (W.Archer) G.M.Smith	✓	✓
<i>Volvox</i> sp.	✓	✓
Division Chrysophyta		
<i>Isthmochloron gracile</i> (Reinsch) Skuja	✓	✓
<i>Mallomonas splendens</i> (G.S.West) Playfair	✓	✓
Division Cryptophyta		
<i>Chroomonas</i> sp.	✓	✓
<i>Cryptomonas</i> sp.	✓	✓
<i>Rhodomonas</i> sp.	✓	✓
Division Pyrrhophyta		
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans	✓	✓
<i>Gymnodinium</i> sp.	✓	✓
<i>Peridiniopsis cunningtonii</i> Lemmermann	✓	✓
<i>Peridinium</i> sp.1	✓	✓

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกักตุนพืชกับคุณภาพน้ำบางประการ

4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับโลหะหนักภายในสระเก็บน้ำพระราม 9

4.3.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับทองแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 Wang *et al.* [112] กล่าวว่าทองแดงภายในน้ำจะถูกดูดซับโดยสารแขวนลอยภายในแหล่งน้ำนั้นๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ้าสระเก็บน้ำมีปริมาณสารแขวนลอยสูงก็จะพบทองแดงปนเปื้อนอยู่สูงเช่นกัน นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับทองแดงและแมงกานีสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากกลุ่มจุลินทรีย์จะนำโลหะหนัก 2 ชนิดนี้ไปใช้ในการเจริญเติบโตของเซลล์และจุลินทรีย์ก็สามารถปลดปล่อยทองแดงและแมงกานีสคืนสู่แหล่งน้ำได้เช่นกัน [113] ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความสัมพันธ์เชิงลบกับเหล็ก ทองแดง แมงกานีส ตะกั่ว และสารหนูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำมีความสัมพันธ์เชิงลบกับเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และตะกั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 Tokalioglu *et al.* [114] กล่าวว่าถ้าทองแดงและตะกั่วในน้ำมีปริมาณลดลง เนื่องจากอิออนที่ใช้ในการสร้างพันธะของโครงสร้างโลหะหนักเกิดการแตกตัวออกสู่แหล่งน้ำมากขึ้น โดยอิออนที่ถูกปลดปล่อยมาจากโลหะหนักเหล่านี้จะส่งผลให้น้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเหล็กมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับทองแดงและแมงกานีส และทองแดงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแมงกานีสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางที่ 4.3) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณทองแดงเพิ่มสูงขึ้นก็จะตรวจพบแมงกานีสมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

4.3.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับทองแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าความเป็นกรด-ด่างของสระเก็บน้ำมีความสัมพันธ์เชิงลบกับเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และตะกั่ว สอดคล้องกับ Pérez *et al.* [115] รายงานว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณโลหะหนักภายในแหล่งน้ำมีค่าลดลง ส่วนปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความสัมพันธ์เชิงลบกับเหล็ก ทองแดง แมงกานีส ตะกั่ว และสารหนูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับรายงานของ Singh *et al.* [113] ที่พบว่าทะเลสาบธรรมชาติหลายๆ ทะเลสาบในประเทศอินเดียสามารถตรวจพบแคดเมียม โครเมียม ทองแดง แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ Langard [116] กล่าวว่า เนื่องจากโลหะหนักที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้จะเกิดการเปลี่ยนรูปให้อยู่ในรูปที่มีพิษมากขึ้น ซึ่งอาศัยสภาวะการรีดิวซ์โดยการดึงออกซิเจนที่ละลายในน้ำมาเปลี่ยนรูปโลหะหนักให้มีการเพิ่ม

จำนวนประจุของอออน ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าลดลงในขณะที่มีโลหะหนักปนเปื้อนภายในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ภายในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ยังพบเหล็กมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับทองแดงและแมงกานีส และทองแดงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแมงกานีสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางที่ 4.4)

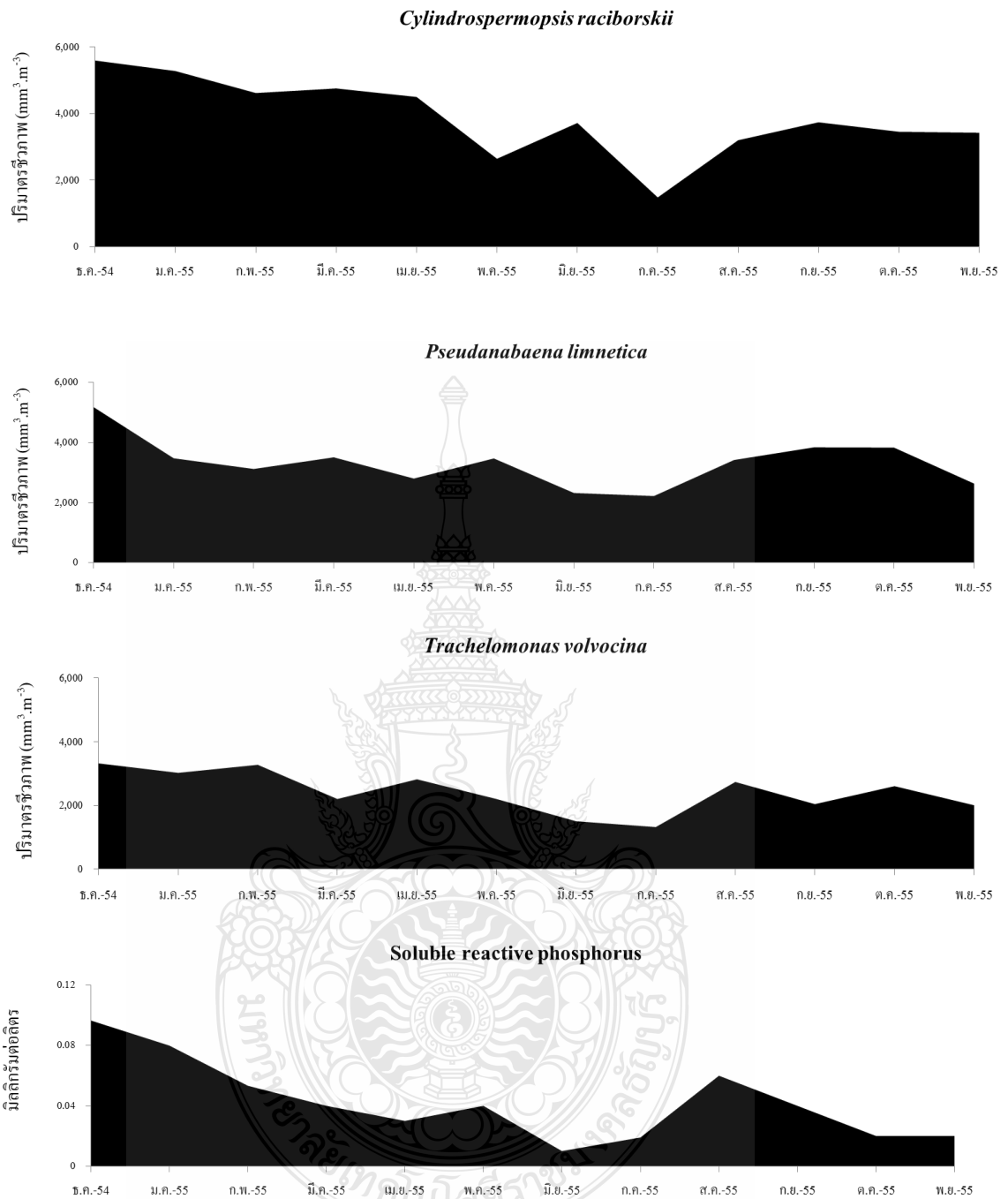
4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำและโลหะหนัก

4.3.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำและโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี

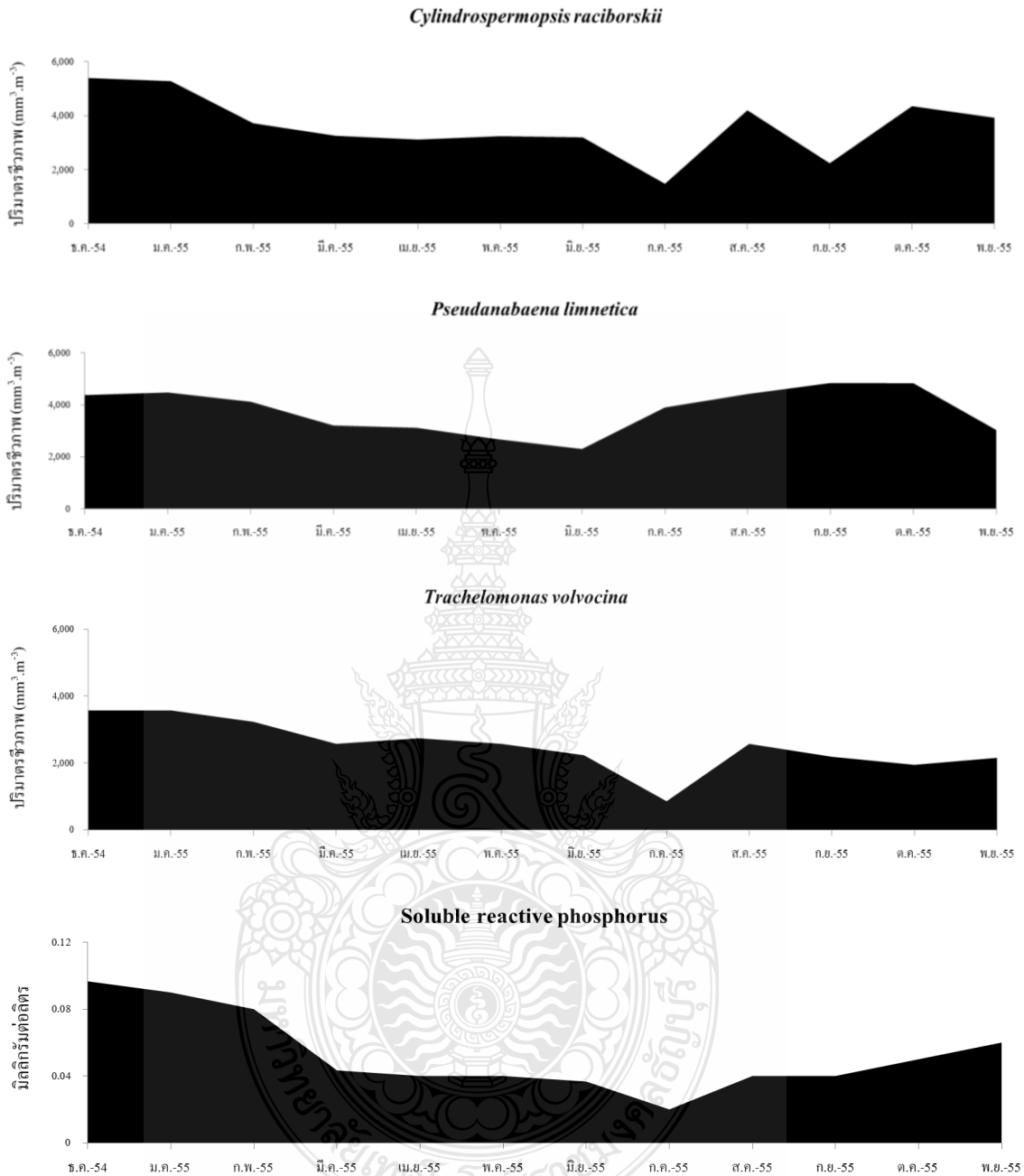
จากการศึกษาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพกับแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบว่า *C. raciborskii* (Cylrac), *P. limnetica* (Pselim) และ *T. volvocina* (Travol) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (SRP) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยจำนวนเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (SRP) เพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.42 ตารางที่ 4.3) สอดคล้องกับงานวิจัยของธนินฐา [57] ที่ศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำภายในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล จ.ตาก พบ *C. raciborskii* และแพลงก์ตอนพืชในคิวซัน Cyanophyta มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pooarlai [117] ที่พบ *C. raciborskii* มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยตึงเฒ่า จ.เชียงใหม่ เช่นกัน เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชจะใช้ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปฟอสเฟตละลายน้ำไปในการเจริญเติบโต โดยฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างเซลล์สำหรับและเป็นหน่วยสำคัญในการสร้างดีเอ็นเอภายในเซลล์ [118]

4.3.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำบางประการในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

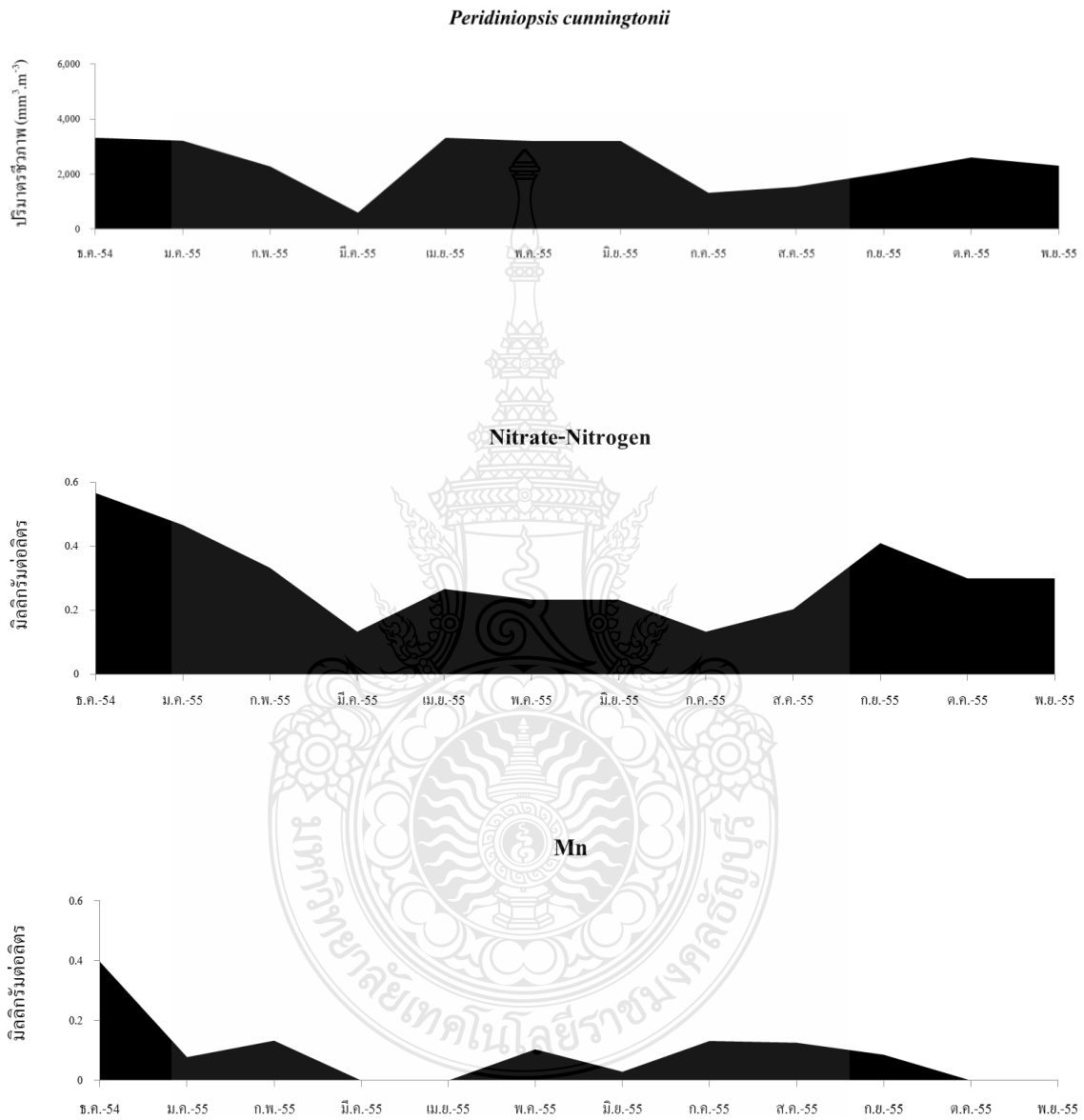
จากการศึกษาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพกับแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบว่า *C. raciborskii* (Cylrac), *P. limnetica* (Pselim) และ *T. volvocina* (Travol) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (SRP) (รูปที่ 4.43) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 โดยจำนวนเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชเหล่านี้เพิ่มขึ้น เมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Burkholder *et al.* [119] ที่พบ *C. raciborskii* มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำในอ่างเก็บน้ำทางตอนเหนือของ Carolina ประเทศสหรัฐอเมริกาเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบ *P. cunningtonii* (Percun) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) และแมงกานีส (Mn) (รูปที่ 4.44 ตารางที่ 4.4) แสดงให้เห็นว่าจำนวนเซลล์ของแพลงก์ตอนพืช *P. cunningtonii* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนและแมงกานีสสูงขึ้นเช่นกัน สอดคล้องกับรายงานของ Ariyadej *et al.* [120] ที่พบ *P. pusillum* มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสเฟตที่ละลายน้ำ และค่าความเป็นด่างภายในอ่างเก็บน้ำ Banglang จ.ยะลา เนื่องจากแมงกานีสเป็นธาตุอาหารที่ช่วยในการสร้างกรดอะมิโน การทำงานของเอนไซม์ และใช้ในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช [121]



รูปที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างแฟลงก์ตอนพืชชนิดเด่นกับปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 จุดกึ่งกลางน้ำ ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555



รูปที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นกับปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบฯ ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555



รูปที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่างเพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นกับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนและปริมาณแมงกานีสในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

ตารางที่ 4.3 แสดงการศึกษาสัมพันธ์ (correlation) คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และโลหะหนักบางประการกับเพลงก่ตอนพีชชนิดเด่นในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 กำหนดให้ (*) คือ $P < 0.05$, (**) คือ $P < 0.01$

	Water temp	pH	Sec depth	Cond.	Alkalinity	DO	BOD	NO3-N	TP	SRP	NH3-N	SS	TDS	Fecal CB	Total CB	Fe	Cu	Mn	Cr	Pb	As	Hg	Cytrac	Pselim	Travol	Percun
Water temp	1.000																									
pH	0.725	1.000																								
Sec depth	0.506	0.087	1.000																							
Cond.	0.667	0.665	0.045	1.000																						
Alkalinity	0.469	0.840	-0.241	0.597	1.000																					
DO	0.149	0.156	-0.084	-0.169	0.157	1.000																				
BOD	-0.415	-0.636	0.294	-0.513	-0.724	-0.274	1.000																			
NO3-N	-0.037	-0.096	-0.254	0.324	-0.217	-0.043	0.018	1.000																		
TP	-0.448	-0.371	-0.294	0.074	-0.278	-0.492	0.359	0.575	1.000																	
SRP	-0.427	-0.331	-0.296	0.097	-0.246	-0.496	0.326	0.592	0.997	1.000																
NH3-N	-0.538	-0.314	0.030	-0.516	-0.272	-0.222	0.606	0.038	0.356	0.375	1.000															
SS	-0.779	-0.590	-0.248	-0.611	-0.455	-0.090	0.561	-0.292	0.090	0.052	0.343	1.000														
TDS	-0.161	-0.530	0.228	-0.320	-0.751	-0.389	0.867	0.030	0.299	0.273	0.454	0.278	1.000													
Fecal CB	-0.518	-0.387	0.011	-0.339	-0.402	-0.665	0.581	0.058	0.293	0.301	0.721	0.474	0.513	1.000												
Total CB	-0.525	-0.613	0.175	-0.502	-0.603	-0.346	0.905	0.094	0.390	0.368	0.784	0.712	0.372	0.762	1.000											
Fe	-0.532	-0.590	-0.085	-0.577	-0.477	-0.709	0.497	-0.051	0.093	0.102	0.357	0.512	0.368	0.392	0.259	1.000										
Cu	-0.196	-0.591	0.474	-0.364	-0.801	-0.778	0.796	-0.086	0.219	0.197	0.193	0.768	0.838	0.798	0.727	0.875	1.000									
Mn	-0.582	-0.596	-0.145	-0.224	-0.548	-0.740	0.728	0.246	0.315	0.605	0.497	0.511	0.567	0.846	0.840	0.772	0.880	1.000								
Cr	-0.033	0.339	-0.290	-0.027	0.322	0.068	-0.142	0.151	0.240	0.289	0.367	-0.194	-0.297	-0.149	-0.167	-0.146	-0.260	-0.166	1.000							
Pb	-0.099	-0.572	0.336	-0.277	-0.353	-0.740	0.587	0.083	0.159	0.120	0.288	0.147	0.499	-0.120	0.533	-0.156	0.109	-0.119	-0.086	1.000						
As	-0.294	-0.453	0.374	-0.301	-0.435	-0.808	0.607	-0.124	0.531	0.516	0.474	0.189	0.666	0.449	0.584	0.337	0.551	0.499	-0.106	0.296	1.000					
Hg	0.392	0.263	0.371	0.406	0.324	0.254	-0.314	0.305	-0.152	-0.126	-0.358	-0.396	-0.057	-0.106	-0.298	-0.323	-0.139	-0.151	-0.135	-0.263	-0.151	1.000				
Cytrac	-0.494	-0.257	-0.344	-0.251	-0.174	-0.117	0.467	0.004	0.496	0.784	0.347	0.463	0.079	0.509	0.450	0.497	0.087	0.459	-0.004	0.044	-0.008	-0.320	1.000			
Pselim	-0.069	-0.181	0.366	-0.196	-0.248	0.400	0.498	-0.028	0.464	0.706	0.197	0.299	0.427	-0.066	0.464	-0.187	0.049	-0.131	-0.230	0.378	0.101	-0.147	0.196	1.000		
Travol	-0.600	-0.453	-0.084	-0.338	-0.402	-0.297	0.533	-0.091	0.416	0.737	-0.477	0.469	0.333	0.433	0.542	0.739	0.398	0.516	0.414	-0.019	0.514	-0.505	0.450	-0.184	1.000	
Percun	-0.297	-0.358	0.083	-0.293	-0.215	-0.254	0.339	-0.174	0.066	0.445	0.548	-0.296	0.298	0.421	0.465	0.652	0.266	0.371	-0.028	-0.081	0.128	-0.358	0.326	-0.165	0.576	1.000

หมายเหตุ : (+) คือ มีความสัมพันธ์เชิงบวก (-) คือ มีความสัมพันธ์เชิงลบ

ตารางที่ 4.4 แสดงการศึกษาสัมพันธ์ (correlation) คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และโลหะหนักบางประการกับแพลงก์ตอนพืช ชนิดเด่นในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 กำหนดให้ (*) คือ $P < 0.05$, (**) คือ $P < 0.01$

	Water temp	pH	Sec depth	Cond.	Alkalinity	DO	BOD	NO3-N	TP	SRP	NH3-N	SS	TDS	Fecal CB	Total CB	Fe	Cu	Mn	Cr	Pb	As	Hg	Cytrac	Pselim	Travol	Percun
Water temp	1.000																									
pH	0.795	1.000																								
Sec depth	0.668	0.609	1.000																							
Cond.	0.593	0.485	0.206	1.000																						
Alkalinity	0.177	0.096	-0.471	0.605	1.000																					
DO	-0.031	0.121	-0.374	-0.029	0.277	1.000																				
BOD	-0.396	-0.617	0.087	-0.479	-0.525	-0.664	1.000																			
NO3-N	-0.169	0.136	-0.338	-0.056	0.201	0.300	0.187	1.000																		
TP	-0.219	-0.178	-0.127	-0.150	0.107	-0.022	0.209	0.136	1.000																	
SRP	-0.228	-0.188	-0.151	-0.142	0.118	-0.027	0.227	0.170	0.998	1.000																
NH3-N	-0.418	-0.337	-0.146	-0.425	-0.274	-0.426	0.670	0.085	0.443	0.465	1.000															
SS	-0.570	-0.608	-0.603	-0.592	0.085	0.289	0.043	0.188	0.489	0.496	0.544	1.000														
TDS	-0.125	0.044	0.462	-0.423	-0.684	-0.676	0.879	-0.062	0.202	0.197	0.442	-0.210	1.000													
Fecal CB	-0.390	-0.481	0.065	-0.288	-0.447	-0.716	0.683	-0.186	0.163	0.178	0.817	0.239	0.516	1.000												
Total CB	-0.414	-0.278	0.116	-0.395	-0.580	-0.623	0.948	0.147	0.123	0.146	0.651	0.007	0.800	0.762	1.000											
Fe	-0.437	-0.617	-0.023	-0.356	-0.423	-0.756	0.638	-0.190	0.112	0.129	0.815	0.239	0.552	0.276	0.770	1.000										
Cu	-0.180	-0.625	0.372	-0.408	-0.549	-0.788	-0.619	-0.376	0.185	0.165	0.503	0.824	0.739	0.698	0.527	0.730	1.000									
Mn	-0.571	-0.692	-0.057	-0.279	-0.271	-0.730	-0.609	-0.161	0.341	0.343	0.698	0.200	0.590	0.829	0.682	0.852	0.773	1.000								
Cr	-0.052	0.261	-0.125	0.337	0.245	0.058	-0.088	0.566	-0.253	-0.240	-0.100	-0.211	-0.206	-0.088	-0.099	-0.100	-0.126	0.038	1.000							
Pb	-0.161	-0.605	0.344	-0.194	-0.624	-0.740	0.544	-0.288	0.032	0.043	0.648	0.044	0.495	0.919	0.690	0.844	0.629	0.622	-0.141	1.000						
As	-0.140	-0.345	0.259	-0.192	-0.485	-0.803	0.525	-0.377	-0.138	-0.128	0.563	-0.013	0.465	0.851	0.560	0.864	0.729	0.677	-0.066	0.845	1.000					
Hg	0.299	0.476	0.343	0.392	0.127	0.154	-0.204	0.335	0.019	0.013	-0.019	-0.113	-0.162	-0.023	-0.093	-0.182	-0.119	-0.114	0.538	0.089	-0.202	1.000				
Cytrac	-0.441	-0.468	-0.245	-0.426	-0.340	-0.130	0.425	0.252	0.521	0.746	0.554	0.523	0.214	0.543	0.472	0.592	0.294	0.424	-0.044	0.586	0.361	0.011	1.000			
Pselim	-0.268	-0.080	-0.004	-0.575	-0.545	0.231	0.211	-0.087	0.079	0.774	0.537	0.433	0.190	0.329	0.278	0.289	0.134	0.075	-0.265	0.389	0.100	0.080	0.491	1.000		
Travol	-0.396	-0.468	0.021	-0.314	-0.404	-0.383	0.354	-0.131	0.115	0.732	0.204	0.206	0.569	0.478	0.488	0.392	0.441	0.454	-0.041	0.448	0.448	-0.084	0.584	0.250	1.000	
Percun	0.102	0.389	0.060	0.317	0.104	0.101	-0.203	0.754	-0.359	-0.364	-0.229	-0.334	-0.180	-0.155	-0.203	-0.176	-0.041	0.781	0.906	-0.125	-0.121	0.501	-0.119	-0.113	-0.114	1.000

หมายเหตุ : (+) คือ มีความสัมพันธ์เชิงบวก (-) คือ มีความสัมพันธ์เชิงลบ

4.4 คุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี

4.4.1 การเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ โลหะหนักบางประการ และปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชระหว่างจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ในสระเก็บน้ำพระราม 9

จากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และโลหะหนักบางประการ ที่พบในระดับความลึก 1 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบ เพื่อทำน้ำประปา พบว่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำในด้านต่างๆ รวมทั้งปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชที่ตรวจพบในทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 2 จุด ที่ทำการศึกษาดังอยู่ในสระเก็บน้ำเดียวกัน และมีระยะห่างกันไม่มาก ทำให้ทุกพารามิเตอร์ที่ตรวจพบนั้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับงานวิจัยของจิรพร [4] ที่ทำการศึกษาคูณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำแม่กว้งอุดมธรา จ.เชียงใหม่ ประเทศไทย จำนวน 2 จุดเก็บตัวอย่างคือ จุดกึ่งกลางของอ่างเก็บน้ำแม่กว้ง และบริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อทำน้ำประปา พบว่า พารามิเตอร์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพที่ตรวจพบในทั้ง 2 จุด มีค่าใกล้เคียงกันเช่นกัน และจากการศึกษาคูณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และโลหะหนักบางประการ รวมทั้งปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชที่ตรวจที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตร ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 จุดสูบน้ำดิบ เพื่อทำน้ำประปา พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 ยกเว้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ระดับความลึก 1 และ 4 เมตรมีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยที่ระดับความลึก 1 เมตรมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงกว่าบริเวณระดับความลึก 4 เมตร เนื่องจากก๊าซออกซิเจนจะมีความเข้มข้นหรือปริมาณมากบริเวณผิวน้ำ บริเวณน้ำยังลึกความเข้มข้นของออกซิเจนยิ่งลดลง เนื่องจากก๊าซออกซิเจนละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย [37]

4.4.2 การประเมินคุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี

จากการศึกษาคูณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 เป็นระยะเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 เมื่อพิจารณาจากการจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของสารอาหาร คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการ ตลอดจนปริมาณชีวภาพแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ตามงานวิจัยของ Lampert and Sommer [86], Reynolds [104] และWetzel [105] (ตารางภาคผนวกที่ 32, 33 และ 34) โดยพิจารณาจากปริมาณฟอสฟอรัสรวม ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 สามารถจัดคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับปานกลาง (Mesotrophic status) ยกเว้นในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2555 ซึ่งเป็นเดือนช่วงหลังเหตุการณ์น้ำท่วม สามารถจัดคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับปานกลางถึงไม่ดีได้ (Mesotrophic-Eutrophic status) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Pongswat [1] ที่ทำการศึกษาคูณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 ในปี พ.ศ.2545 พบว่าสระเก็บน้ำพระราม 9 จัดอยู่ในคุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง เมื่อทำการตรวจติดตามคุณภาพน้ำอีกครั้ง พบว่าสระเก็บน้ำอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำในสระมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของยูดีและคณะ [107] ที่ทำการศึกษาคูณภาพน้ำ

การกระจายและผลผลิตเบื้องต้นของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จ.เชียงใหม่ โดยพิจารณาจากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ พบว่า สามารถจัดคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับปานกลางได้ จากการศึกษาในครั้งนี้ พบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่ม Pyrrhophyta คือ *P. cunningtonii* เป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่สามารถใช้เป็นตัวชี้บ่งชี้คุณภาพน้ำในระดับปานกลางได้ สอดคล้องกับรายงานของยูวดี [9] ที่กล่าวว่าในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารปานกลางจะพบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มพวกไดโนแฟลกเจลเลต เช่น *Gymnodinium* sp. และ *Peridinium* sp. เป็นต้น เมื่อพิจารณาตามมาตรฐานน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 [29] โดยพิจารณาคุณภาพน้ำตามปัจจัยทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการของแหล่งน้ำ โดยเฉพาะค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล โคลิฟอร์ม ทองแดง แมงกานีส สารหนู และปรอท พบว่าในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 สามารถจัดคุณภาพน้ำอยู่ในประเภทที่ 2-3 ซึ่งสามารถใช้น้ำไปใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (ตารางภาคผนวกที่ 30)

4.5 โลหะหนักและแนวทางการบำบัด

4.5.1 โลหะหนักและแนวทางการบำบัดโลหะหนักทั่วไป

จากการศึกษาโลหะหนักที่ตรวจพบในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี พบว่าในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบโครเมียมปนเปื้อนสูงสุดที่ระดับความลึก 1 เมตร ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2555 มีค่าเท่ากับ 0.129 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และเกินค่ากำหนดเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) ที่กำหนดไว้คือค่าโลหะหนักโครเมียมไม่ควรเกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากฝ่ายซ่อมบำรุงการประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้ทำการขุดลอกวางท่อประปาใหม่แทนที่สถานีสูบน้ำเก่า ซึ่งในระหว่างการปฏิบัติการขุดลอกวางท่อนั้น ส่งผลให้โครเมียมที่ปนเปื้อนในตะกอนดินบริเวณพื้นที่ท้องน้ำของสระเก็บน้ำพระราม 9 เกิดการฟุ้งกระจายและผสมเข้ากับมวลน้ำของสระอีกครั้งหนึ่ง ส่งผลให้มีค่าโครเมียมเกินมาตรฐานดังกล่าว สอดคล้องกับรายงานของ Hu *et al.* [101] กล่าวว่าโลหะหนักภายในแหล่งน้ำจะตกตะกอนถูกตรึงอยู่บนตะกอนดินก้นสระ และอาจถูกปลดปล่อยออกสู่มวลน้ำได้อีกครั้ง โดยผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น การกวนตะกอน (sediment resuspension) ปฏิกริยาดูดซับและคายออก (adsorption and desorption) ปฏิกริยารีดักชันและออกซิเดชัน (reduction and oxidation) และขบวนการย่อยสลาย (degradation) เป็นต้น โดยโครเมียมเป็นโลหะมันวาวสีเทา และมีจุดหลอมเหลวสูง ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น โครเมียมถูกนำมาผสมกับโลหะทำให้เกิดความแข็งแรงมีความเหนียวทนทาน ทำให้โลหะไม่เปราะสนิมทนต่อการผุกร่อน ซึ่งโครเมียมมีโทษต่อร่างกาย คือ ทำให้เกิดการคันที่ผิวหนัง เป็นอันตรายต่อดับและไต อาจถึงตายได้ถ้าร่างกายได้รับในปริมาณมาก [96] สำหรับวิธีการบำบัดโครเมียมที่ปนเปื้อนภายในแหล่งน้ำ มีนักวิจัย

หลายท่านได้ทำการค้นคว้าวิธีบำบัดอยู่หลายวิธี เช่น งานวิจัยของ Rivalcoba *et al.* [122] ศึกษาการกำจัดโครเมียมในน้ำโดยการกรองด้วยระบบ Polyurethane-Keratin Hybrid Membranes โดยทำการสกัดเคราตินจากขนไก่ โปรตีนจากขนไก่ที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียมได้ดี โดยรูของแผ่นกรองมีขนาดเล็กกว่า 50 นาโนเมตร จากการวิจัยพบว่า ระบบนี้สามารถกำจัดโครเมียมที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติสูงถึงได้ 38% โกวิทย์และคณะ [123] ศึกษาการดูดซับโครเมียมในน้ำเสียโดยใช้ไคโตซานเรซิน พบว่า ไคโตซานเรซินมีความสามารถในการดูดซับโครเมียมในน้ำมากที่สุด เท่ากับ 47.9 มิลลิกรัมต่อกรัม ส่วนเพ็ญพร [124] ศึกษาการใช้ใช้ซีโอไลต์ที่สังเคราะห์จากถ้ำลอยถ่านหินและจากถ้ำลอยชานอ้อย พบว่าสามารถกำจัดโครเมียมในน้ำได้ร้อยละ 95.44 และ 93.55 ตามลำดับ นอกจากนี้อนุชิต [125] ศึกษาประสิทธิภาพของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในการกำจัดโครเมียมที่ละลายอยู่ในน้ำ พบว่าการนำน้ำมาทดสอบกับปริมาณของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลา 10 นาทีในสภาวะค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 9 จะให้ผลการกำจัดโครเมียมมากที่สุดเท่ากับ 98.07% พลัญจู้ [126] ศึกษาการใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยกระตุ้นด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก เพื่อนำมาใช้ในการดูดซับโลหะโครเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำ พบว่าถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวสามารถดูดซับโครเมียมได้เท่ากับร้อยละ 69.80 ในเวลา 2 ชั่วโมง ชวินทร [127] ศึกษาการกำจัดโครเมียมในน้ำ โดยการตกตะกอนด้วยไฟฟ้าเคมี โดยสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดคือ เมื่อใช้ระดับกระแสไฟฟ้า 4 แอมแปร์ ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที และระยะเวลาในการตกตะกอน 4 ชั่วโมง ทำให้ความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำเสียเริ่มต้นจาก 2,360 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงเหลือเพียง 8.63 มิลลิกรัมต่อลิตร อัญชลี [128] ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมโดยวิธีการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิดไคซ์เบด ที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9.0 พบว่า ความสูงของเบดที่ทำให้มีประสิทธิภาพการกำจัดได้ดีที่สุด คือ ที่ระดับความสูง 2 เมตรจะสามารถกำจัดโครเมียม ได้ 45-60% เพ็ญประภา [129] ศึกษาการกำจัดโครเมียมไอออนในน้ำโดยวิธีตกตะกอนด้วยขี้ถ้ำลอย พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมที่ดีที่สุดคือที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9 โดยใช้ขี้ถ้ำลอย 1.25 เปอร์เซ็นต์จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมได้เท่ากับ 95.79 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้ จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับน้ำพระราม 9 ในเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 มีค่าเท่ากับ 0.063 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งตะกั่วเป็นสารพิษที่พบในยาฆ่าแมลง แบตเตอรี่รถยนต์ น้ำมันเบนซิน และสิ่งสิ่งพิมพ์ต่างๆ ที่ปนเปื้อนมากับน้ำหลังเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ ซึ่งถ้ามีการปนเปื้อนในปริมาณที่มากอาจส่งผลกระทบต่อทพบสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ รวมทั้งมนุษย์ที่นำน้ำมาบริโภค โดยสารตะกั่วจะก่อให้เกิดโทษต่อร่างกายคือ เมื่อตะกั่วเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต ตะกั่วจะเข้าไปจับกับเม็ดเลือดแดงแทนที่เหล็ก (Fe^{2+}) ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็นในการสร้างเม็ดเลือดแดง ทำให้เกิดอาการโลหิตจาง (Anaemia) และมีผลให้ปริมาณเหล็กในน้ำเหลืองเพิ่มขึ้นผิดปกติ และยังสะสมในไขมัน ระบบประสาท สมอง ระบบน้ำเหลือง ตับ และไต [98] ดังนั้นจึงมีนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาแนวทางการบำบัดตะกั่วภายในแหล่งน้ำมากมาย ได้แก่ พิธี [130] รายงานว่าการบำบัดตะกั่วภายในน้ำนั้นสามารถทำได้โดยใช้ปูนมาร์ล ในการตกตะกอนทางเคมี พบว่าปูนมาร์ล 6 กรัม สามารถ

กำจัดตะกั่วได้ 20.26 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 99.98% จูติกานต์และคณะ [131] ได้ศึกษาการกำจัดตะกั่วในน้ำด้วยแรมอนต์โมริลโลไนต์ พบว่าสามารถกำจัดตะกั่วได้ร้อยละ 98.95% ที่ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร อัญชลี [132] ศึกษาการกำจัดตะกั่วโดยการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบด ผลการทดลองพบว่า สภาพที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่ว คือที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 9.5 และความสูงของทรายเท่ากับ 2.0 เมตรสามารถกำจัดตะกั่วที่ความเข้มข้น 200, 100 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ถึง 99.64, 99.11 และ 98.88% ตามลำดับ สุภณีย์ [133] ศึกษาการกำจัดตะกั่วและปรอทที่ปนเปื้อนในน้ำ โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว พบว่าสามารถดูดซับตะกั่วและปรอทได้ 8.37 และ 5.52 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งมีคุณสมบัติดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์มที่ดูดซับตะกั่วและปรอทได้เพียง 2.53 และ 1.63 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่ความเข้มข้นของตะกั่วและปรอทเริ่มต้น 9.824 และ 9.830 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ลลิตา [134] ศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือเปลือกทุเรียนและเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นทางเคมีโดยใช้เกลือแกง (NaCl) พบว่า ถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสูงกว่า 90% ในเวลา 10 นาที

สำหรับแนวทางการบำบัดน้ำทางชีวภาพเป็นอีกทางหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการบำบัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้ดี การบำบัดน้ำทางชีวภาพ คือการใช้สิ่งมีชีวิตกลุ่มจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ เชื้อรา สาหร่าย โปรโตซัว หรือสิ่งมีชีวิตกลุ่มพืช มาใช้ในการดูดซับสารต่างๆ โดยเฉพาะสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปละลายน้ำ [135] เช่น ลักษณีย์ [136] ได้ศึกษาการใช้พืชโผล่พื้นน้ำ ได้แก่ กกกลม แห้วทรงกระเทียม รูปฤาษี และอ้อ ในการบำบัดโครเมียมในน้ำ พบว่า กกกลมมีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียมสูงถึงร้อยละ 98.21 รองลงมาคือ แห้วทรงกระเทียมมีประสิทธิภาพในการดูดซับร้อยละ 95.69 ส่วนรูปฤาษีและอ้อมีประสิทธิภาพในการดูดซับร้อยละ 95.90 และ 94.87 ตามลำดับ นอกจากนี้สามารถใช้สาหร่ายในการดูดซับโลหะหนักในน้ำได้ เช่น การใช้สาหร่ายสีเขียว *Cladophora fascicularis* สามารถดูดซับทองแดงในน้ำได้ 77.9% และสามารถดูดซับตะกั่วได้ 77.9% [137] นอกจากนี้ยังมีสาหร่ายสายพันธุ์อื่นๆ ที่สามารถดูดซับโลหะหนักได้ เช่น *Padina* sp., *Sargassum* sp. และ *Ulva* sp. เป็นต้น ข้อดีของการบำบัดน้ำโดยวิธีทางชีวภาพ คือเป็นเทคโนโลยีการดูดซับทางชีวภาพโดยใช้มวลชีวภาพธรรมชาติ เป็นวิธีที่ประหยัดและเป็นมิตรกับระบบนิเวศ และสามารถนำจุลินทรีย์ในระบบกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ส่วนข้อเสียของการบำบัดน้ำทางชีวภาพคือ ต้องทำการบำบัดน้ำภายในถังปฏิกรณ์ที่ต้องมีการควบคุมระบบต่างๆ มากมาย เช่น การให้อากาศแก่จุลินทรีย์ การควบคุมอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่างในระบบ เป็นต้น ซึ่งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการดูแลระบบตลอดเวลา นอกจากนี้ยังใช้เวลาในการบำบัดค่อนข้างนาน และที่สำคัญหน่วยงานต่างๆ ยังไม่นิยมนำมาใช้ในการบำบัดน้ำ เพื่อการอุปโภค บริโภค แต่นิยมใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมให้มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ

สำหรับแนวทางการบำบัดโลหะหนักในน้ำที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมหรือตามหน่วยงานต่างๆ มีอยู่ 3 วิธี ได้แก่ วิธีทางกายภาพ เคมี และทางชีวภาพ สำหรับวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ

วิธีการกายภาพและเคมี เช่น การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) กระบวนการออกซิเดชันและรีดักชัน (Oxidation and reduction) การตกตะกอนโดยใช้สารเคมี (Precipitation) วิธีออสโมซิสย้อนกลับ (Reverse osmosis) การแยกกรองด้วยไฟฟ้า (Electrodialysis) การดูดซับ (Adsorption) การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion-exchange) และการฆ่าเชื้อ (Disinfection) ทางกายภาพ ได้แก่ การใช้ความร้อน การใช้แสงอัลตราไวโอเลต ส่วนการฆ่าเชื้อทางเคมี ได้แก่ การเติมคลอรีนหรือการฆ่าเชื้อด้วยโอโซน (O₃) [135] ข้อดีของวิธีการกายภาพและเคมี คือ เป็นวิธีการบำบัดน้ำที่ได้มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมหรือหน่วยงานที่ใช้ผลิตน้ำ เพื่อการอุปโภค บริโภค หรือเพื่อการประปา โดยมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดโลหะหนัก อินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร รวมทั้งกำจัดจุลินทรีย์ต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำได้เป็นอย่างดี ใช้ระยะเวลาในการบำบัดน้ำไม่นาน แต่ข้อเสีย ก็คือมีต้นทุนสูงสำหรับการติดตั้งและการซ่อมแซม ดูแลรักษา ดังนั้นการเลือกใช้วิธีการบำบัดต่างๆ จะต้องคำนึงถึงต้นทุนของวิธีการบำบัด ความยุ่งยากในการควบคุม บำรุงรักษา ปริมาณและลักษณะของน้ำที่จะทำการบำบัด และที่สำคัญจะต้องคำนึงวัตถุประสงค์ของการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ จึงจะทำให้สามารถเลือกวิธีการบำบัดได้อย่างเหมาะสมที่สุด

4.5.2 ข้อเสนอแนะ แนวทางการกำจัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำดิบของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เนื่องจากระบบการปรับปรุงน้ำดิบเพื่อผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีเป็นกระบวนการบำบัดน้ำทั่วไป ที่ประกอบไปด้วยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบโดยใช้โซดา แอชและสารส้มที่ช่วยในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และช่วยตกตะกอนสารแขวนลอยต่างๆ ผ่านระบบการตกตะกอน ระบบการกรองด้วยกรวดทราย และผ่านการฆ่าเชื้อโรคและสาหร่ายในน้ำด้วยคลอรีนไดออกไซด์ แต่จากการวิจัยในครั้งนี้ตรวจพบปริมาณ โครเมียมและตะกั่วที่เกินมาตรฐานน้ำผิวดิน ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการกำจัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำ เพื่อให้กระบวนการบำบัดน้ำดิบเพื่อทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น ดังนี้

1. ผู้ที่ควบคุมดูแลกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบเพื่อผลิตน้ำประปาต้องทำการส่งตัวอย่างน้ำดิบเพื่อไปวิเคราะห์ผลคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และโลหะหนักที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำดิบที่สถาบันวิจัยเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ หรือหน่วยงานที่ได้รับมอบหมายจากมหาวิทยาลัยเสียก่อน เพื่อทราบผลการวิเคราะห์เบื้องต้นว่าปัจจัยคุณภาพน้ำประเภทใดที่ต้องทำการบำบัดเป็นพิเศษ เช่น โลหะหนักบางชนิดที่เกินมาตรฐานน้ำผิวดิน เป็นต้น

2. เนื่องจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบของมหาวิทยาลัยมีการกรองน้ำดิบด้วยเรซินที่ผลิตจากถ่านกัมมันต์หรือถ่านผงคาร์บอน (activated carbon) อยู่แล้ว โดยถ่านกัมมันต์จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้ดี เป็นวิธีปรับปรุงคุณภาพน้ำที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย สามารถกำจัดกลิ่น เชื้อโรค และสารพิษจากสาหร่ายได้เป็นอย่างดี มีระยะเวลาใช้งานเวลายาวนาน วิธีใช้งานไม่ยุ่งยากและมีราคาไม่แพงนัก เหมาะสำหรับการใช้งานทั้งในระดับชุมชนและหน่วยงานต่างๆ นอกจากนี้ยังมีอีกหลายวิธีที่

สามารถนำมาใช้ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำได้เป็นอย่างดี ได้แก่ วิธีการแลกเปลี่ยนประจุ เป็นวิธีการทางไฟฟ้าที่ใช้ในการดึงประจุของโลหะหนักให้เปลี่ยนรูปอยู่ในรูปที่ไม่มีพิษ สามารถใช้ในการบำบัดโลหะหนักชนิดต่างๆ ภายในแหล่งน้ำได้เป็นอย่างดี และอีกหนึ่งวิธีคือ การใช้โอโซน เป็นวิธีการบำบัดน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนได้ทั้งโลหะหนัก จุลินทรีย์ และสาหร่ายที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำได้เป็นอย่างดี แต่มีราคาค่อนข้างแพง

3. เมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบให้เป็นน้ำประปาเรียบร้อยแล้ว ผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยควรส่งตัวอย่างน้ำประปาเพื่อให้สถาบันวิจัยเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ หรือหน่วยงานที่ได้รับมอบหมายจากมหาวิทยาลัยทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาอีกครั้ง เพื่อทราบถึงผลการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาเสียก่อนที่จะทำการส่งจ่ายน้ำประปาไปตามส่วนต่างๆของมหาวิทยาลัยต่อไป



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในสระเก็บน้ำพระราม 9 จ.ปทุมธานี ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พบว่าคุณภาพน้ำในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 สามารถจัดอยู่ในประเภทที่ 2-3 ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน คือสามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคได้ โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และควรมีการบำบัดโลหะหนักที่เกินค่ามาตรฐาน คือ ตะกั่วและโครเมียมให้มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ที่ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร เสียก่อนนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

จากการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชภายในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 7 ดิวิชัน 81 สปีชีส์ ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบทั้งหมด 7 ดิวิชัน 79 สปีชีส์ และพบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่างที่สามารถประเมินคุณภาพน้ำของสระเก็บน้ำพระราม 9 ให้อยู่ในระดับปานกลางได้ ได้แก่ *C. raciborskii*, *P. limnetica*, *T. volvocina* และ *P. cunningtonii* ตามลำดับ จากการศึกษาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น พบว่า *C. raciborskii*, *P. limnetica* และ *T. volvocina* มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสเฟตที่ละลายในน้ำ นอกจากนี้ยังพบ *P. cunningtonii* มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนและแมงกานีสภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 โดยพบ *C. raciborskii* มีปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชสูงสุดภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหาร พบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ของสระเก็บน้ำพระราม 9 สามารถจัดคุณภาพอยู่ในระดับสารอาหารปานกลางหรือมีคุณภาพน้ำปานกลางได้ยกเว้นช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2555 หลังเหตุการณ์น้ำท่วม สามารถจัดคุณภาพน้ำอยู่ในระดับสารอาหารปานกลางถึงระดับสารอาหารสูง หรือมีคุณภาพน้ำอยู่ในระดับปานกลางถึงไม่ได้

ข้อเสนอแนะ

มาตรการการเฝ้าระวังในการบำบัดคุณภาพน้ำดิบในการทำน้ำประปามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1. ควรมีการจัดทำรายงานการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบก่อนนำน้ำเข้าสู่กระบวนการทำน้ำประปาเป็นประจำทุกเดือน เพื่อทราบถึงปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่อาจปนเปื้อนเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ และสามารถบำบัดโลหะหนักที่เกินมาตรฐานได้อย่างทันท่วงที

2. ควรมีการตรวจวิเคราะห์ตะกอนดินบริเวณพื้นที่ตอมน้ำของสระเก็บน้ำพระราม 9 บริเวณจุดสูบน้ำดิบเพื่อนำมาทำน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ เพื่อทราบถึงปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักที่อาจฟุ้งกระจาย ผสมรวมเข้ากับมวลน้ำได้อีกครั้งหนึ่ง

3. เมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบเพื่อผลิตเป็นน้ำประปาเรียบร้อยแล้ว ควรมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาอีกครั้ง เพื่อทราบถึงผลการบำบัดค่าคุณภาพน้ำต่างๆให้อยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาก่อนส่งจ่ายน้ำประปาไปตามส่วนต่างๆของมหาวิทยาลัย

4. ควรมีการตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรภายในระบบการบำบัดน้ำเป็นประจำทุกเดือน และจัดทำรายงานการตรวจสอบอุปกรณ์และวางแผนแนวทางการแก้ไข หากเกิดการชำรุดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆไว้ล่วงหน้า เพื่อให้สามารถแก้ไขเหตุการณ์ขัดข้องต่างๆในระหว่างการปฏิบัติงานได้ทันท่วงที

5. ควรมีการจัดพื้นที่รองรับขยะ เศษเหล็กต่างๆ โดยรอบระบบบำบัดน้ำดิบให้มีขีดจำกัด รวมทั้งบริเวณจุดจ่อตรงของกองยานพาหนะที่ตั้งใกล้กับสระเก็บน้ำพระราม 9 เพื่อป้องกันการรั่วไหลของของเสีย น้ำมัน และโลหะหนักลงสู่ลำน้ำใต้ดินและสระเก็บน้ำพระราม 9

6. หลีกเลี่ยงการสูบน้ำดิบในสระเก็บน้ำพระราม 9 ในช่วงฤดูแล้ง หรือช่วงที่น้ำในสระมีปริมาณน้อย หรือมีระดับน้ำต่ำกว่า 1 เมตรจากพื้นที่ตอมน้ำ เนื่องจากน้ำดิบจะมีการปนเปื้อนตะกอนดินโคลน และมีการปนเปื้อนจากปริมาณไอออนต่างๆค่อนข้างสูง และหลีกเลี่ยงการสูบน้ำดิบในช่วงวิกฤติการณ์ต่างๆ เช่น ในระหว่างและหลังเหตุการณ์น้ำท่วม หรือช่วงเดือนที่ตรวจพบการปนเปื้อนจากโลหะหนักต่างๆ ในปริมาณสูงที่เกินมาตรฐานน้ำผิวดิน

7. ห้ามมิให้มีการระบายน้ำทิ้งภายหลังการบำบัดน้ำลงสู่คู คลองโดยรอบระบบบำบัดน้ำ เนื่องจากโลหะหนัก หรือสารเคมีต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำทิ้งอาจซึมลงสู่แหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินได้

8. จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบว่าโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว และ โครเมียม มีค่าเกินมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่อีกครั้งในอนาคต มหาวิทยาลัยฯควรทำการเฝ้าระวังและตรวจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและโครเมียมภายในสระเก็บน้ำพระราม 9 เสียก่อนนำน้ำดิบมาทำน้ำประปา

9. จากการศึกษาคุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 ทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง คือ บริเวณจุดกึ่งกลางน้ำ และบริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา พบว่าสระเก็บน้ำพระราม 9 มีค่าคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพไม่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะว่าในการเก็บตัวอย่างน้ำครั้งต่อไปควรทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพียงจุดเดียวก็สามารถทราบถึงคุณภาพน้ำในสระเก็บน้ำพระราม 9 ได้ ซึ่งจะสามารถประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่างได้

10. ประชาสัมพันธ์และให้ความรู้ถึงคุณประโยชน์ของน้ำ รวมทั้งอันตรายจากการปนเปื้อนสารพิษจากโลหะหนักต่างๆ และร่วมรณรงค์การไม่ทิ้งขยะหรือปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำให้กับประชาชนและหน่วยงานต่างๆที่ตั้งอยู่โดยรอบสระเก็บน้ำพระราม 9

บรรณานุกรม

- [1] S. Pongswat, "The use of phytoplankton biodiversity for monitoring water quality in Rama IX lake, Pathumthani province," Ph.D. Thesis, Department of Philosophy in Environmental Biology, Faculty of Science, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 2002.
- [2] โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษารังสิตเหนือ, *โครงการสระเก็บน้ำพระราม 9 อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอลองหลวงและอำเภอนครชัยศรี จังหวัดปทุมธานี*, กรุงเทพฯ : กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2541.
- [3] สวง บุญยวนิชย์, *ชลชีววิทยา Limnology*, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2534.
- [4] จีรพร เพกเกาะ, "การกระจายของสาหร่ายพืชและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2542-2543," *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่*, 2545.
- [5] R.E. Wetzel, *Limnology*, 2nd edn. W.R. Philadelphia : Saunders, 1983.
- [6] B. Moss, *Ecology of freshwaters*, Oxford : Blackwell Scientific, 1980.
- [7] ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร, *การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ*, พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2543.
- [8] ถัดดา วงศ์รัตน์, *แพลงก์ตอนพืช*, กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542.
- [9] ยุวดี พิรพรพิศาล, *สาหร่ายวิทยา (Phycology)*, เชียงใหม่ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.
- [10] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, *โครงการสระเก็บน้ำพระราม 9 อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (online)*, 2554, Available: http://www.chaipat.or.th/intranet/project/detail.php?project_id=93. (19 สิงหาคม 2556)
- [11] พงษ์พันธุ์ ลีพิทเกรียงไกร, "ความหลากหลายและการใช้สาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำเพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำของแม่น้ำปิง ปี 2547-2548," *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่*, 2550.
- [12] H.C. Bold, and M.J. Wynne, *Introduction to the Algae*, New Jersey : Prentice-Hall, Inc, 1985.
- [13] ลานทอง ชิตีสุทธิ, "ความหลากหลาย การกระจายในแนวตั้งและนิเวศวิทยาเชิงประชากรของแพลงก์ตอนเพื่อการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำคอกเตา จังหวัดเชียงใหม่," *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่*, 2549.
- [14] F.R. Trainor, *Introductory Phycology*, USA : J. Wiley and Sons, 1978.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [15] Y. Ishibashi, *Water Supply Technology: Algae Bloom and its Control in Water Supply*, Bangkok : Asian Institute of Technology, 1997.
- [16] Y. Peerapornpisal, "Phytoplankton seasonality and limnology of the three reservoirs in the Huai Hong Khrai Royal development Study Centre, Chiang Mai," Ph.D. Thesis, Institute of Botany University of Innsbruck, Austria, 1996.
- [17] R.D. Robart, and T. Zohary, "Temperature effects on photosynthetic capacity, respiration, and growth rates of bloom-forming cyanobacteria," *N.Z.J. Mar. Freshwater Res.* vol. 21, pp. 391-399, Mar 1987.
- [18] อุทกภัยในประเทศไทย, อุทกภัยในประเทศไทย พ.ศ. 2554 (online), 2556, http://www.flood.rmutt.ac.th/?page_id=2021. (17 พฤศจิกายน 2556).
- [19] ธนพล ทนคำดี, "คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำบางแหล่งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลางโดยใช้เพลงก่ต่อนเป็นดัชนีบ่งชี้," ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2550.
- [20] C. R. Goldman, and A.J. Horne, *Limnology*, New York : McGraw-Hill Book, 1983.
- [21] สิริแซ พงษ์สวัสดิ์ และสุทธวรรณ สุพรรณ, "การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องอัลตราโซนิกในการกำจัดสาหร่ายพิษ บริเวณสวนสาธารณะท่าดินแดงกองทัพอากาศ," รายงานการวิจัย, สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2553.
- [22] เปี่ยมศักดิ์ เมณะเสวต, *แหล่งน้ำกับปัญหาสาหร่ายพิษ*, กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- [23] A.W. Jonh, "Long-term Macroalgal Culture Maintenance," *Algal culturing techniques*, vol. 11, pp. 137-163, 2005.
- [24] A.D. Boney, *Phytoplankton*, London : Adward Arnold, 1975.
- [25] G.M. Smith, *The freshwater algae of the United States*, New York : McGrew-Hill Book, 1950.
- [26] กรรณิการ์ ยาวิชัย, "คุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่ในลำน้ำน่านและการนำไปเป็นอาหารจากภูมิปัญญาท้องถิ่น ในเขตอำเภอท่าวังผา และอำเภอเมือง จังหวัดน่าน," วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2546.
- [27] ถาวร ถนอมพงษ์ชาติ, "ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในคูเมืองเชียงใหม่," การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2538.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [28] APHA, AWWA and WPCF, *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18th ed., Washington D.C. : American Public Health Association, 1992.
- [29] คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, “ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน,” *ราชกิจจานุเบกษา*, ปีที่ 111, นน. 234-240, กุมภาพันธ์ 2537.
- [30] วรรณิการ์ สิริสิงห, *เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์*, กรุงเทพฯ : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2525.
- [31] นันทนา คชเสนี, *คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด*, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- [32] M.C. Palmer, *Algal Water Pollution. Municipal Environment Research Lab*, Ohio : Cincinnati, 1977.
- [33] F.C. Round, *The Biology of the algae*, London : Edward Arnold, 1973.
- [34] นันทนา คชเสนี, *คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด*, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- [35] มั่นสิน ตันกุลเวศม์, *คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ*, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- [36] ปรัชญา ชุ่มผล, “ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชและสารอาหารบางชนิดในอ่างเก็บน้ำห้วยตึงเฒ่า,” *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่*, 2539.
- [37] บัญญัติ สุขศรีงาม, *จุลชีววิทยา*, ชลบุรี : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒบางแสน, 2532.
- [38] วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช, *คู่มือการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย*, เชียงใหม่ : ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2540.
- [39] ณรงค์ ณ เชียงใหม่, *มลพิษสิ่งแวดล้อม*, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2525.
- [40] นันทนา คชเสนี, *คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด*, กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- [41] กรมอนามัย, *เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคในชนบท*, กรุงเทพฯ : กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2534.
- [42] R. Patrick, “*Ecology of freshwater diatoms communities*,” in *The Biology of diatom*, D. Werner, Ed., University of California Press : Berkely, 1977, pp. 284-332.
- [43] M.C. Darley, *Algae Biology : A physiology Approach*, London : Blackwell Scientific, 1982.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [44] R.J. Stevenson, M.L. Bothwell, and R.L. Lowe, *Algae ecology : freahwater benthic ecosystem*, California : Academic Press, 1966.
- [45] ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, *หนังสือสารานุกรมชาติ*, กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2540.
- [46] WHO, *Chromium in drinking water: Guidelines for drinking water quality*, 2nd edn., Geneva : World Health Organization, 1996.
- [47] สุกาญจน์ รัตนเลิศสนุสรณ์, *หลักการจัดการสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืน*, กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2552.
- [48] วิลาวรรณย์ เจริญจิระตระกูล, *จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร*, กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2539.
- [49] K. Kangro, R. Laugaste, P. Noges, and I. Ott, “Long-term changes and seasonal development of phytoplankton in a strongly stratified, hypertrophic lake,” *Hydrobiologia*, vol. 547, pp. 91-103, 2005.
- [50] V. Becker, L. de Souza Cardoso, and V.L.M. Huszar, “Diel variation of phytoplankton functional groups in a subtropical reservoir in southern Brazil during an autumnal stratification period,” *Aquat Ecol*, vol. 43, pp. 285–293, Jan 2009.
- [51] V.R. Solanki, M.M. Hussain, and S.S. Raja, “Water quality assessment of Lake Pandu Bodhan, Andhra Pradesh State, India” *Environ Monit Assess*, vol. 163, pp. 411–419, Mar 2010.
- [52] S.B. Hulyal, and B.B. Kaliwal, “Dynamics of phytoplankton in relation to physico-chemical factors of Almatti reservoir of Bijapur District, Karnataka State,” *Environ Monit Assess*, vol. 153, pp. 45–59, Jul 2009.
- [53] V. Karadžić, G. Subakov-Simić, J. Krizmanić, and D. Natić, “Phytoplankton and eutrophication development in the water supply reservoirs Garaši and Bukulja (Serbia),” *Desalination*, vol. 255, pp. 91–96, May 2010.
- [54] ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง และวรงค์ลักษณ์ ช่อนกลิ่น, “การศึกษาคุณภาพน้ำประปาในระบบท่อของมหาวิทยาลัยนเรศวร,” รายงานการวิจัย, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก, 2543.
- [55] ปณรัตน์ ผาดี, “การศึกษาการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำหนองบ่ออำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม,” *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, นน. 121-132, 2550.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [56] สุปราณี แสนทวีสุข, “ความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, จังหวัดอุบลราชธานี, 2553.
- [57] ธนิษฐา มาลัยวรรณ, “ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ประเทศไทย และอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอ้อม ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2553.
- [58] พงศ์เชษฐ พิชิตกุล, “คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล,” นำเสนอที่การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44, กรุงเทพฯ, 2549
- [59] X.N. Verlecar and, S. Desai, *Phytoplankton Identification Manual*. 1st ed. Dona Paula : National Institute of Oceanography, 2004.
- [60] J. Thronsdon, “Preservation and storage,” in *Phytoplankton manual*. A. Sournia, Ed., Paris : UNESCO, 1978, pp. 69-74.
- [61] A.D. Eaton, L.S. Clesceri., E.W. Rice, A.E. Greenberg, and M.A.H. Franson, *Standard methods for the examination of water and wastewater: centennial edition*, 21st ed., Washington D.C. : American Public Health Association (APHA), 2005.
- [62] E.A Nusch, Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Archives of Hydrobiology Bulletin*, vol. 14, pp. 14-36, 1980.
- [63] J. Komárek, and K. Anagnostidis, “Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales,” in *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1*. H. Ettl, G. Gärtner, H. Heyning, and D. Mollenhauer, Eds., ed, Stuttgart : Gustav Fisher, 1998, pp. 1-548.
- [64] J. Komárek, and K. Anagnostidis, “Cyanoprokaryonta 2. Teil. Oscillatoriales,” in *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2*. B. Büdel, G. Gärtner, L. Krienitz, and M. Schagerl, Eds., ed, Munich : Spektrum Akad Verlag, 2005, pp. 1-759.
- [65] J. Komárek, and B. Fott, “Chlorophyceae, Ordnung: Chlorococcales,” In *Das Phytoplankton des Süßwassers : Systematik und Biologie*. G. Huber-Pestalozzi. Ed., ed, Stuttgart : E. Schweizerbart’ sche Verlagsbuch handlung, 1983, pp. 1-1044.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [66] J. Komárek, J. Komárkova-Legnerová, C.L.Santana, M.T.P. Azevedo, and P.A.C. Senna, "Two common *Microcystis* species (Chroococcales, Cyanobacteria) from tropical America, including *M. panniformis* sp.," *Cryptogamie Algologie*, vol. 23, pp. 159-177, Nov 2002.
- [67] K. Krammer, and H. Lange-Bertalot, "Süßwasserflora von Mitteleuropa," in *Bacillariophyceae, Epithemiaceae, Surirellaceae 2/2*. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, and D. Mollenhauer, Eds., ed, Stuttgart : Fischer, 1988, pp. 1-596.
- [68] K. Krammer, and H. Lange-Bertalot, *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/4 Teil 4: Achanataceae, Kritische Ergänzungen Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis, Teil. 1-4*, Stuttgart Jena : Gustav Fischer Verlag, 1991.
- [69] G. Huber-Pestalozzi, *Das Phytoplankton des Süßwassers: Cryptophyceen, Chloromonadinen, Peridineen, 3. Teil*, Stuttgart : E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1950.
- [70] G. Huber-Pestalozzi, *Das Phytoplankton des Süßwassers: Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung Chlorococcales, 7. Teil*, Stuttgart : E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1983.
- [71] American Public Health Association, *Standard methods for the examination of water and waste water*, 20th ed. Washington D.C. : American Public Health Association (APHA), 1999.
- [72] H. Utermöhl, "Zur vervollkommnung der quantitativen phytolankton-methodik," *Mitt International Verein Limnology*, vol. 9, pp. 1-39, 1958.
- [73] E. Rott, "A contribution to the algal flora from highland lakes in the Ecuadorian Andes," *Ber Nat-med Ver*, vol. 68, pp. 13-29, 1981.
- [74] ปริญญญา มูลสิน, "ความหลากหลายทางพันธุกรรมของสาหร่ายและคุณภาพน้ำในแม่น้ำโขงในจังหวัดอุบลราชธานี," รายงานการวิจัย, สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี, 2550.
- [75] โฉมยง ไชยอุบล, "ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับการกระจายของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในอ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ ปี 2540-2541," วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2541.
- [76] กัทธา วงษ์พันธ์กุล, "การปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาวิทยาเขตภาคพายัพ," รายงานการวิจัย, สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ, เชียงใหม่, 2551.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [77] ตรีชัย เป็กทอง, “ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและเบนทิกอัลจีในลำน้ำแม่สา อุทยานแห่งชาติ คอยสุเทพ-ปุย ระดับความสูง 330 ถึง 550 เมตร,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2541.
- [78] K.D. Hambright, I. Bar-Ilan, and W. Eckert, “General water chemistry and quality in a newly created subtropical wetland lake,” *Wetlands Ecology and Management*, vol. 6, pp. 121-132, Jun 1998.
- [79] R.G. Cloutier, S.K.M. Saminathan, C. Boillot, G. Triffaut-Bouchet, A. Bourget, G. Soumis-Dugas, “An Evaluation of Several In-Lake Restoration Techniques to Improve the Water Quality Problem (Eutrophication) of Saint-Augustin Lake, Quebec, Canada,” *Environmental Management*, vol. 49, pp.1037-1053, April 2012.
- [80] ชาญณรงค์ แก้วเล็ก, “สหสัมพันธ์ของสารอาหารบางชนิดและการกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2532.
- [81] ไมตรี ดวงสวัสดิ์และจากรวรรณ สมศิริ, *คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ*, สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ : กรมประมงกระทรวง เกษตรและสหกรณ์, 2528.
- [82] M. Katsiapi, M.M. Gouni, E. Michaloudi, and K. Kormas, “Phytoplankton and water quality in a Mediterranean drinking-water reservoir (Marathonas Reservoir, Greece),” *Environment Monitor Assess*, vol. 181, pp. 563-575, Jan 2011.
- [83] ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์, “การติดตามตรวจสอบการเจริญอย่างรวดเร็วของสาหร่าย *Botryococcus braunii* Kützing และคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหิยะ จังหวัดเชียงใหม่,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2553.
- [84] ยุวดี พิรพรพิศาล วันชัย สนธิไชย ฉมาภรณ์ นิวาสะบุตร และคณะ, “แม่น้ำโขงส่วนที่ผ่านประเทศไทย : ศักยภาพของสาหร่ายและสัตว์มีกระดูกสันหลัง ในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพ การใช้เป็นอาหารและยา เพื่อการถ่ายทอดสู่ท้องถิ่น,” รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2551.
- [85] เวียง เชื้อโพธิ์หัก, *คุณภาพน้ำกับกำลังการผลิตของบ่อปลา*, ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ : คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2525.
- [86] W. Lampert, and U. Sommer, *Limnökologie*, Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 1993.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [87] M. Albay, and R. Akçaalan, “Factors influencing the phytoplankton steady state assemblages in a drinking-water reservoir (Ömerli reservoir, Istanbul),” *Hydrobiologia*, vol. 502, pp. 85-95, 2003.
- [88] S.T. Özcan, “Determination of heavy metal levels in water, sediment and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey),” *Environ Monit Assess.*, vol. 145, pp. 295-302, Nov 2008.
- [89] M. Memon, M.S. Soomro, M.S. Akhtar, and K.S. Memon, “Drinking water quality assessment in Southern Sindh (Pakistan),” *Environ Monit Assess*, vol. 177, pp. 39-50, Jun 2011.
- [90] การประปาส่วนภูมิภาค, *ขั้นตอนการผลิตน้ำประปาในการประปาส่วนภูมิภาค (online)*, 2554, Available : <http://pwa.thaigov.net/treatment.htm>. (19 สิงหาคม 2556)
- [91] J.C. Lou, and J.Y. Han, “Assessing water quality of drinking water distribution system in the South Taiwan,” *Environ Monit Assess*, vol. 134, pp. 343–354, Nov 2007.
- [92] N. Barlas, N. Akbulut, and M. Aydogan, “Assessment of heavy metal residues in the sediment and water samples of Uluabat Lake, Turkey,” *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, vol.74, pp. 286-293, Nov 2005.
- [93] นฤเกล้า ชิตตะสังคะ และสมชาย สอนไกร, การพัฒนาคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านเพื่อการบริโภคกรณีศึกษา บ้านหนองเรียงเหนือ หมู่ที่ 8 ตำบลในเมือง อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดสุโขทัย” *ปริญาสาธาณสุขศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาสาธาณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 2551.
- [94] WHO, *Health based guideline: Guidelines for drinking water quality*, 3rd edn., Geneva : World Health Organization, 2008.
- [95] หน่วยข้อเสนอเทคโนโลยีอันตรายและความปลอดภัย, *ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี (online)*, 2546, Available: <http://www.chemtrack.org/Chem-Detail.asp?ID=00556> (1 กันยายน 2556).
- [96] เนตรชนก จันทร์สว่าง สุนันท์ บุตรศาสตร์ และนิตยา แซ่ซิ้ม, “การศึกษาคุณภาพน้ำประปาและน้ำกรองสถาบันราชภัฏมหาสารคาม” *รายงานการวิจัย, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม*, 2540.
- [97] ประดิษฐ์ มีสุข และเสาวณี โปชนุกูล, “การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลา” *รายงานการวิจัย, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, สงขลา*, 2535.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [98] กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, *ข้อมูลพิษวิทยา (online)*, 2532, Available: webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=41 (1 กันยายน 2556).
- [99] C. Collivignarelli, P. Tharnpoopasiam, M. Vaccari, V. De Felice, V. Di Bella, and S. Worakhunpiset, "Evaluation of drinking water treatment and quality in Takua Pa, Thailand," *Environ Monit Assess*, vol. 142, pp. 345-358, Jul 2008.
- [100] ข้อมูลพิษวิทยา, สารหนู (*online*), 2548, Available: http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=119 (25 กันยายน 2556).
- [101] Y. Hu, S. Qi, C. Wu, Y. Ke, J. Chen, W. Chen, and X. Gong, "Preliminary assessment of heavy metal contamination in surface water and sediments from Honghu Lake, Central China," *Front. Earth Sci.*, vol. 6, pp. 39-47, Nov 2012.
- [102] ชำรงค์ ปรงเกียรติ, "ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล," *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2542*
- [103] M. Wiśniewska, and M. Luścińska, "Long-term changes in the phytoplankton of Lake Charzykowskie," *International Journal of Oceanological and Hydrobiology*, vol. 41, pp. 90-93, Jan 2012.
- [104] C.S. Reynolds, "Phytoplankton assemblages and their periodicity in Stratifying lake systems: Holartic Ecology," in *Eutrophication of freshwaters principles, problems and restoration*. D. Harper, Ed., ed, London : Chapman and Hall, 1980, pp. 141-159.
- [105] R.E. Wetzel, *Limnology*, Philadelphia : W.B. Saunders Company, 2001.
- [106] นพรัตน์ ภาณุวิชชากร, "การแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Microcystis* spp. และคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมาในปี 2543-2544," *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2546*.
- [107] ยุติ พิรพรพิศาลธีรศักดิ์ สมบัติ วันชัย สนธิไชย และ Eujan Rott, "คุณภาพน้ำ การกระจายและผลผลิตเบื้องต้นของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดกวมธารา เชียงใหม่," *รายงานการวิจัย, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2539*.
- [108] J. Padisák, "Cylindrospermopsis raciborskii (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, an expanding, highly adaptive cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology," *Archiv für Hydrobiologie*, vol. 107, pp. 563-593, Sep 1997.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [109] A.E. Walsby, "The control of gas-vacuolated Cyanobacteria," in *Eutrophication: Research and Application to Water Supply*. D.W. Sutcliffe, and G. Jones, Eds., ed, Windermere : Freshwater Biological Association, 1992, pp. 143-162.
- [110] R. Chiswell, M. Smith, R. Norris, G. Eaglesham, G. Shaw, Seawright, and M. Moore, "The cyanobacterium, *Cylindrospermopsis raciborskii*, and its related toxin, Cylindrospermopsin," *Australasian Journal of Ecotoxicology*, vol. 3, pp. 7-23, 1997.
- [111] WHO, *Guidelines for Drinking-Water Quality*, Geneva : World Health Organization, 1993.
- [112] Z. Wang, C. Yan, Q. Pan, and Y. Yan, "Concentrations of some heavy metals in water, suspended solids, and biota species from Maluan Bay, China and their environmental significance," *Environ Monit Assess.*, vol. 175, pp. 239–249, 2011.
- [113] A.P Singh, P.C. Srivastava, and P. Srivastava, "Relationships of heavy metals in natural lake waters with physico-chemical characteristics of waters and different chemical fractions of metals in sediments," *Water, Air, Soil Pollut.*, vol. 188, pp. 181-193, Feb 2008.
- [114] S. Tokalioglu, S. Karta, and L. Elçi, "Speciation and determination of the heavy metals in lake waters by atomic absorption spectrometry after sorption on Amberlite XAD-16 Resin," *Anal. Sci.*, vol. 16, pp. 1169-1174, 2000.
- [115] P.A. Pèrez, M. Balcazar, G.Z. Ortega, I.B. Quintal, and C.D. Delgado, "Heavy metal concentrations in water and bottom sediments of a Mexican reservoir," *Sci. Total. Environ.*, vol. 234, pp. 185-196, Aug 1999.
- [116] S. Langard, *Biological and Environmental Aspects of Chromium*, New York : Elsevier Biomedical Press, 1982.
- [117] P. Pooarlai, "Analysis of water quality using phytoplankton and coliform bacteria as indicator in Huai Tung Thao reservoir, Chiang Mai Province," M.S. Thesis, Department of Biology Faculty of Science, Chiang Mai University, 1999.
- [118] J. W. Clark, Jr. Viessman ,and M .J. Harnner, *Water Supply and Pollution Control*, New York : Harper & Row Publiher, 1977.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [119] J.M Burkholder, B.W. Touchette, E.H. Allen, J.L. Alexander, and P.A. Rublee, “Environmental conditions, cyanobacteria and microcystin concentrations in potable water supply reservoirs in North Carolina, U.S.A.,” in *Cyanobacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs, Advances in Experimental Medicine and Biology*. H.K. Hudnell, Ed. ed, New York : Springer Science + Business Media, 2008, pp. 293-347.
- [120] C. Ariyadej, R. Tansakul, P. Tansakul, and S. Angsupanich, “Phytoplankton diversity and its relationships to the physico-chemical environment in the Banglang Reservoir, Yala Province,” *Songklanakar Journal of Science and Technology*, vol. 26, pp. 595-607, Sep-Oct 2004.
- [121] สมบุญ เตชะภิญญวัฒน์, สรีรวิทยาของพืช, กรุงเทพฯ : ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2538.
- [122] V.S. Rivalcoba, A.L. Martínez-Hernández, G. Martínez-Barrera, C. Velasco-Santos, J.L. Rivera-Armenta, V.M. Castaño, “Removal of Hexavalent Chromium from Water by Polyurethane-Keratin Hybrid Membranes,” *Water Air Soil Pollut*, vol. 218, pp. 557-571, Nov 2011.
- [123] โกวิทช์ ปิยะมังกลา จารุวรรณ ตาวัฒน์ ปิยวัฒน์ โปธิมมงคลกุล และ นัฐรส คงสมภักดิ์, “จลนศาสตร์การดูดซับโครเมียม (VI) จากโรงงานชุบโลหะโดยใช้ไคโตซานเรซิน,” *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 18, นน. 68-79, ม.ค.-เม.ย. 2551.
- [124] เพ็ญพร ฉายะวานิชย์, “การกำจัดโครเมียมในน้ำเสียโดยใช้ซีโอไลต์ที่สังเคราะห์จากเถ้าลอยขานอ้อยและเถ้าลอยถ่านหิน,” *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2551.*
- [125] อนุชิต เจริญศรีสมจิตร, “การกำจัดโครเมียมในน้ำเสียจากการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์,” *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ, 2541.*
- [126] พลัฏฐ์ โสภณากิจโกศล, “การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวเพื่อใช้ในการดูดซับโลหะโครเมียม (VI),” *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2544.*
- [127] ชวินทร มัยยะภักดิ์, “การกำจัดโครเมียมจากน้ำเสียฟอกโครมโดยการตกตะกอนด้วยไฟฟ้าเคมี,” *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ, 2541.*

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [128] อัญชลี จันทวรรณกูร, “การกำจัดโครเมียมโดยการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิด ไลซ์เบด,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2534.
- [129] เพ็ญประภา คำป้อม, “การกำจัดโครเมียมไอออนในน้ำเสียจากโรงงานฟอกหนังโดยวิธีตกตะกอนด้วยขี้เถ้าลอย,” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2541.
- [130] พิธี จรุงรัตน์, “การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ปูนมาร์ล,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, วิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี, 2551.
- [131] ฐิติกานต์ หาญนอก สุนิษา อุนริเน และศรทอง เลิศขุนทด, “การศึกษาการกำจัดตะกั่วในน้ำ โดยใช้โมริลโลไนต์” รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, นครราชสีมา, 2549.
- [132] อัญชลี เจตน์สัมฤทธิ์, “การกำจัดตะกั่วโดยการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิด ไลซ์เบด,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2534.
- [133] สุนิย์ ค่อยเสงี่ยม, “การกำจัดตะกั่วและปรอทจากน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มและกะลามะพร้าว,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2544.
- [134] ลลิตา นิต์สนจารุกุล, “การกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดติดผิว โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2544.
- [135] สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, ระบบบำบัดน้ำเสีย: การเลือกใช้ การออกแบบ การควบคุม และการแก้ไข, กรุงเทพฯ : ท้อป, 2552.
- [136] ลักษณิ คณานิธินันท์, “ประสิทธิภาพของกกกลม *Cyperus corymbosus* ฐปฤายี *Typha angustifolia* อ้อ *Phragmites australis* และแห้วทรงกระเทียม *Eleocharis dulcis* ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชา (วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2539.
- [137] L. Deng, Y. Su, H. Su, X. Wang, and X. Zhu, “Biosorption of copper (II) and lead (II) from aqueous solutions by nonliving green algae *Cladophora fascicularis*: Equilibrium, kinetics and environmental effects,” *Adsorption*, vol. 12, pp. 267-277, Oct 2006.



ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาคผนวก ก

ข้อมูลคุณภาพน้ำด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และโลหะหนัก

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย



ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	2554						2555					
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	26.50	25.60	30.50	32.00	31.00	30.20	31.00	30.50	29.00	29.50	29.80	29.00
จุดสูบน้ำดิบ	27.00	30.00	31.00	33.00	35.00	31.00	32.00	31.00	29.50	31.00	30.00	31.00

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554						2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	27.25	28.87	30.53	31.33	33.10	29.23	30.07	28.50	28.10	29.60	28.70	28.60
	5	26.90	28.80	30.20	30.73	32.07	29.20	29.70	28.63	27.90	29.07	28.50	28.40
	10	27.00	28.83	30.40	30.83	32.40	29.77	30.67	29.30	28.20	29.40	28.80	28.50
	15	26.00	28.37	29.50	30.50	27.03	28.80	29.80	28.87	27.40	28.30	28.50	28.30
	20	-	-	-	-	-	28.67	30.10	28.50	27.20	27.40	27.66	28.25
จุดสูบน้ำดิบ	1	26.49	26.80	27.83	29.63	30.83	27.80	29.87	28.43	27.20	27.00	28.30	28.60
	4	26.88	27.60	28.27	29.33	30.93	28.53	30.50	28.50	27.50	27.43	28.70	28.90

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความลึกที่แสงส่องถึง (เมตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	2554						2555					
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1.37	2.67	3.70	4.00	2.80	0.90	0.77	0.76	0.77	0.79	0.87	0.80
จุดสูบน้ำดิบ	1.30	1.70	3.28	3.50	2.50	0.99	0.81	0.79	0.74	0.68	0.56	0.22

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554						2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	43.67	30.33	20.67	3.00	6.00	5.67	4.67	7.00	13.33	15.00	20.33	18.67
	5	34.33	21.00	23.67	10.00	15.00	11.00	12.33	7.00	20.67	18.00	20.33	18.89
	10	45.00	39.00	33.33	9.00	9.33	8.33	8.67	17.67	22.00	22.00	22.00	19.00
	15	47.67	49.00	35.33	32.00	11.67	35.00	12.00	7.33	24.00	24.00	23.00	15.48
	20	-	-	-	-	-	27.33	14.00	12.67	25.33	25.33	24.56	15.00
จุดสูบน้ำดิบ	1	30.33	29.00	24.00	8.33	4.33	5.67	6.33	12.33	13.33	16.67	20.67	16.00
	4	34.67	31.00	22.67	11.67	5.67	8.33	8.33	15.33	14.67	17.67	21.33	18.67

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554					2555						
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	366.00	362.67	359.00	318.67	287.33	283.33	284.00	282.67	280.00	271.00	265.33	266.00
	5	365.00	361.00	356.67	320.33	302.00	283.67	291.33	282.00	273.67	267.67	263.67	265.00
	3	68.00	364.67	367.00	314.67	293.00	288.00	287.67	282.00	284.00	279.00	268.00	268.00
	15	370.33	366.67	366.00	307.00	286.67	287.33	293.00	281.33	285.00	280.00	267.33	267.00
	20	-	-	-	-	-	286.33	296.33	290.00	287.00	289.00	273.00	276.00
จุดสูบน้ำดิบ	1	367.00	365.00	350.00	300.00	294.00	280.67	284.00	286.00	274.00	290.00	290.00	266.00
	4	369.00	367.00	354.00	303.00	295.00	284.33	285.00	288.00	280.00	288.67	285.00	264.00

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554					2555						
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	553.67	558.67	571.00	578.00	591.00	585.67	584.00	581.33	578.00	588.00	548.00	556.00
	5	548.33	561.33	575.33	584.33	583.00	584.67	589.00	582.00	579.00	589.00	547.67	554.00
	10	556.33	570.67	574.00	581.67	596.33	592.67	592.00	580.67	585.00	590.00	552.00	555.00
	15	556.00	570.00	573.67	588.33	588.33	592.33	601.67	579.67	588.00	596.00	560.00	567.00
	20	-	-	-	-	-	593.33	604.00	583.00	589.00	599.00	564.00	568.33
จุดสูบน้ำดิบ	1	554.33	559.33	570.67	580.00	590.00	578.33	585.00	583.00	569.33	570.00	548.67	556.00
	4	556.33	560.33	572.67	586.67	590.00	587.33	586.00	584.33	576.00	575.33	552.33	555.67

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554						2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	7.97	8.88	8.77	8.70	8.69	8.69	8.58	8.31	8.44	8.63	8.63	8.03
	5	8.11	8.86	8.27	8.41	8.47	8.30	8.48	8.34	8.07	7.93	7.82	7.53
	10	8.01	7.86	7.68	8.28	8.13	7.68	7.95	8.37	7.80	7.75	7.56	7.53
	15	8.07	7.94	7.65	8.04	7.94	7.27	7.93	8.38	7.55	7.72	7.43	7.53
	20	-	-	-	-	-	7.46	7.85	8.38	7.68	7.67	7.26	7.53
จุดสูบน้ำดิบ	1	8.00	9.05	8.76	8.77	8.71	8.80	8.50	8.32	8.33	8.52	8.60	8.01
	4	7.90	9.05	8.62	8.49	8.60	8.38	8.41	8.30	8.18	8.52	8.37	7.83

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตรต่อแคลเซียมคาร์บอเนต) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554						2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	77.00	80.30	82.30	87.30	98.70	92.70	88.70	87.70	82.00	78.70	78.70	80.70
	5	76.30	80.00	82.00	81.30	88.30	89.00	84.30	84.00	81.00	77.30	77.00	75.30
	10	90.70	90.00	87.00	85.70	90.70	85.30	91.00	89.70	87.70	86.00	89.70	86.30
	15	96.70	98.00	88.30	89.30	93.70	89.00	93.00	89.70	94.00	89.30	93.00	89.70
	20	-	-	-	-	-	104.00	102.00	101.00	100.00	99.20	99.90	99.90
จุดสูบน้ำดิบ	1	71.00	75.33	75.67	79.67	85.50	82.00	76.00	75.33	76.00	77.67	77.00	77.00
	4	70.67	73.67	75.33	77.33	83.83	78.67	78.00	77.00	76.33	79.00	78.00	77.00

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554						2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	4.27	8.58	6.47	7.41	6.21	7.32	7.80	6.10	8.20	8.20	8.91	8.44
	5	3.82	5.48	4.60	5.13	3.61	4.13	7.13	5.45	2.50	3.13	4.67	1.87
	10	4.07	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	5.54	2.07	0.73	0.98	1.84
	15	4.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	20	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
จุดสูบน้ำดิบ	1	4.53	6.40	7.75	7.63	6.33	7.47	7.33	7.30	8.20	8.37	8.91	7.90
	4	4.00	6.10	7.27	6.10	6.00	4.42	6.60	6.26	6.00	8.01	6.00	6.00

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554						2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	15.03	14.03	11.2	4.30	3.55	4.20	5.20	2.20	3.07	3.20	6.10	4.20
	5	15.25	15.04	8.33	5.33	5.00	4.00	4.37	5.43	5.10	5.11	6.13	5.10
	10	25.35	23.34	9.20	7.10	5.57	4.20	4.27	5.17	6.30	0.35	5.33	5.12
	15	35.8	34.77	7.67	8.80	6.70	7.17	6.37	6.37	6.30	0.57	6.63	4.13
	20	-	-	-	-	-	7.10	7.43	7.50	7.66	7.67	7.53	3.33
จุดสูบน้ำดิบ	1	25.33	21.16	9.00	4.06	6.13	6.62	4.52	4.12	4.57	6.72	6.42	4.36
	4	23.49	21.49	8.47	3.15	4.62	5.62	5.46	4.77	4.59	6.76	6.47	4.51

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554						2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	0.41	0.41	0.20	0.30	0	0.20	0.20	0.20	0.07	0.20	0.10	0.20
	5	0.27	0.40	0.33	0.33	0.00	0.00	0.37	0.43	0.10	0.11	0.13	0.10
	10	0.37	0.43	0.20	0.10	0.57	0.20	0.27	0.17	0.30	0.35	0.33	0.12
	15	0.80	0.74	0.67	0.80	0.70	0.17	0.37	0.37	0.30	0.57	0.43	0.13
	20	-	-	-	-	-	0.10	0.43	0.50	0.50	0.56	0.53	0.33
จุดสูบน้ำดิบ	1	0.57	0.47	0.13	0.33	0.27	0.23	0.23	0.13	0.20	0.41	0.30	0.30
	4	0.57	0.53	0.17	0.40	0.27	0.23	0.30	0.10	0.21	0.33	0.20	0.32

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554						2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
	5	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	10	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
	15	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
	20	-	-	-	-	-	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
จุดสูบน้ำดิบ	1	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.06	0.02	0.02	0.01	0.01
	4	0.03	0.02	0.02	0.05	0.00	0.00	0.02	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554						2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
	5	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	10	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	15	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	20	-	-	-	-	-	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
จุดสูบน้ำดิบ	1	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02
	4	0.03	0.02	0.02	0.05	0.00	0.00	0.02	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554						2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	0.48	0.04	0.00	0.08	0.00	0.10	0.01	0.00	0.04	0.00	0.07	0.00
	5	0.38	0.04	0.04	0.09	0.03	0.12	0.01	0.02	0.06	0.05	0.06	0.00
	10	0.19	0.34	0.55	0.53	0.64	0.67	0.01	0.04	0.07	0.16	0.22	0.20
	15	0.21	0.24	0.65	0.75	1.06	0.42	0.78	0.04	0.21	0.25	0.31	0.26
	20	-	-	-	-	-	1.05	1.06	1.06	0.15	0.24	0.43	0.32
จุดสูบน้ำดิบ	1	0.28	0.08	0.02	0.06	0.07	0.06	0.01	0.03	0.09	0.16	0.13	0.02
	4	0.22	0.04	0.00	0.07	0.01	0.06	0.03	0.06	0.13	0.02	0.10	0.06

ตารางที่ 15 ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554							2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	0.389	0.166	0.074	0.047	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
จุดสูบน้ำดิบ	1	0.852	0.040	0.029	0.033	0.006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	4	0.275	0.270	0.049	0.038	0.007	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

ตารางที่ 16 ปริมาณทองแดง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554							2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	0.026	0.018	0.009	0.001	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
จุดสูบน้ำดิบ	1	0.053	0.045	0.005	0.004	0.002	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	4	0.041	0.032	0.012	0.009	0.002	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

ตารางที่ 17 ปริมาณแมงกานีส (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554							2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	0.366	0.061	0.119	ND	ND	0.071	0.071	0.111	0.101	0.078	ND	ND	
จุดสูบน้ำดิบ	1	0.397	0.078	0.133	ND	ND	0.104	0.029	0.132	0.126	0.086	ND	ND	
	4	0.420	0.099	0.181	0.017	0.018	0.072	0.081	0.081	0.120	0.095	0.011	0.002	

ตารางที่ 18 ปริมาณ โครเมียม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554							2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	ND	ND	ND	ND	ND	0.013	0.0073	0.0003	ND	ND	ND	ND	
จุดสูบน้ำดิบ	1	ND	ND	ND	ND	ND	0.129	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	4	ND	ND	ND	ND	ND	0.023	0.0166	0.0004	ND	ND	ND	ND	

ตารางที่ 19 ปริมาณ แคลเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554							2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
จุดสูบน้ำดิบ	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	4	0.0029	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

ตารางที่ 20 ปริมาณ ตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554							2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	0.063	0.011	0.004	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
จุดสูบน้ำดิบ	1	0.017	ND	0.001	0.011	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	4	0.001	0.012	0.005	0.002	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

ตารางที่ 21 ปริมาณสารหนู (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554						2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	0.003	0.002	0.002	0.001	0.0001	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND
จุดสูบน้ำดิบ	1	0.003	0.0001	0.001	0.002	0.002	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4	0.004	0.001	0.002	0.001	0.002	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ตารางที่ 22 ปริมาณปรอท (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554						2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	0.002	0.001	0.003	0.005	0.006	0.003	0.002	0.001	ND	ND	ND	ND
จุดสูบน้ำดิบ	1	0.002	0.002	0.003	0.002	0.004	0.002	0.001	ND	ND	ND	ND	ND
	4	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.001	ND	ND	ND	ND	ND

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึก (เมตร)	2554						2555					
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	1	10.00	9.50	8.67	7.00	6.00	7.00	4.67	4.00	8.00	7.50	8.33	3.67
	5	8.33	7.00	3.67	8.00	5.00	5.00	4.33	5.00	8.67	7.00	5.33	5.53
	10	5.00	7.00	3.33	9.00	9.33	7.33	4.67	6.67	5.00	8.00	3.00	3.67
	15	2.67	3.00	3.33	2.00	1.67	3.00	3.00	3.33	3.00	3.00	3.00	2.67
	20	-	-	-	-	-	0.33	1.00	1.67	1.33	2.33	2.00	2.00
จุดสูบน้ำดิบ	1	10.00	9.50	8.67	7.00	6.00	7.00	4.67	4.00	8.00	7.50	8.33	3.67
	4	9.78	9.00	8.00	8.10	7.50	7.67	4.67	4.00	8.33	8.00	7.50	3.67

ตารางที่ 24 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	2554						2555					
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	100	75	4	23	0	9	7	0	9	0	4	0
จุดสูบน้ำดิบ	100	43	0	0	9	9	4	0	7	4	0	0

ตารางที่ 25 แบคทีเรียกลุ่มฟีคัล โคลิฟอร์ม (เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

จุดเก็บตัวอย่าง	2554						2555					
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จุดกึ่งกลางน้ำ	100	0	0	0	9	9	4	0	7	9	0	0
จุดสูบน้ำดิบ	100	0	0	23	0	4	0	0	9	7	0	0

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชที่พบในแต่ละระดับความลึกในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณจุดกึ่งกลางของสระเก็บน้ำพระราม 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

พารามิเตอร์	ระดับความลึกของสระเก็บน้ำพระราม 9 (เมตร)				
	1	5	10	15	20
อุณหภูมิน้ำ	29.51 ^b	28.45 ^{ab}	28.16 ^a	28.23 ^a	28.59 ^a
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	8.53 ^c	8.22 ^b	7.88 ^a	7.79 ^a	7.82 ^a
ค่าการนำไฟฟ้า	572.70 ^a	573.00 ^a	577.10 ^a	580.00 ^a	579.40 ^a
ค่าความเป็นด่าง	80.40 ^a	81.25 ^a	85.90 ^a	87.68 ^a	88.96 ^a
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	7.27 ^d	4.29 ^c	1.55 ^b	0.34 ^a	0.32 ^a
ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์สลายสารอินทรีย์	8.58 ^a	8.42 ^a	9.62 ^a	10.23 ^a	10.81 ^a
ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน	0.30 ^a	0.22 ^a	0.28 ^a	0.47 ^b	0.56 ^b
ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.08 ^a	0.08 ^a	0.30 ^{ab}	0.43 ^b	0.78 ^c
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม	0.03 ^a	0.08 ^{ab}	0.09 ^{ab}	0.20 ^b	0.39 ^c
ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ	0.03 ^a	0.07 ^a	0.09 ^a	0.19 ^{ab}	0.38 ^b
ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ	15.00 ^a	20.89 ^a	25.50 ^a	31.31 ^{ab}	42.08 ^b
ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำ	303.89 ^a	302.67 ^a	305.33 ^a	304.81 ^a	310.25 ^a
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	9.78 ^d	8.69 ^d	6.25 ^c	4.27 ^b	2.61 ^a
ปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช	4267.09 ^d	4161.80 ^d	2181.50 ^c	746.96 ^b	354.77 ^a

หมายเหตุ : อักษรภายในแถวที่ปรากฏเหมือนกัน หมายถึง พารามิเตอร์คุณภาพน้ำในระดับความลึกต่างๆ นั้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 ทดสอบ โดย Duncan's Multiple Range test

ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชที่พบในระดับความลึก 1 และ 4 เมตรในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณจุดสูบน้ำดิบ เพื่อนำมาทำน้ำประปา ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย		t-statistic	Statistical Significance
	1 เมตร	4 เมตร		
อุณหภูมิน้ำ	29.49	29.18	0.522	0.607
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	8.53	8.39	1.087	0.289
ค่าการนำไฟฟ้า	570.50	574.60	-0.803	0.430
ค่าความเป็นด่าง	81.88	83.04	-0.247	0.430
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	7.33	6.12	2.426	0.024*
ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์สลายสารอินทรีย์	8.92	8.38	0.106	0.916
ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน	0.30	0.32	0.038	0.970
ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.08	0.06	0.876	0.391
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม	0.03	0.06	0.578	0.569
ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ	0.03	0.05	0.464	0.648
ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ	20.03	21.83	-1.902	0.070
ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำ	305.25	305.25	-0.801	0.431
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	23.13	22.83	0.162	0.873
ปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช	3022.50	2861.2	0.659	0.517
เหล็ก	0.078	0.057	0.396	0.791
ทองแดง	0.009	0.009	0.013	0.990
แมงกานีส	0.090	0.010	-0.204	0.841
แคดเมียม	-	0.003	-1449	0.161
โครเมียม	0.019	0.003	0.895	0.380
ตะกั่ว	0.003	0.002	0.298	0.769
สารหนู	0.001	0.001	-0.022	0.983
ปรอท	0.004	0.004	-0.228	0.822

หมายเหตุ : * หมายถึง พารามิเตอร์ที่พบในระดับความลึก 1 และ 4 เมตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน (mm.³) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555

เดือน	ปี	ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (mm. ³)
ธันวาคม	2554	0
มกราคม	2555	0
กุมภาพันธ์	”	5.54
มีนาคม	”	4.46
เมษายน	”	7.03
พฤษภาคม	”	15.59
มิถุนายน	”	6.30
กรกฎาคม	”	13.94
สิงหาคม	”	9.41
กันยายน	”	21.00
ตุลาคม	”	9.68
พฤศจิกายน	”	3.56

ที่มา : สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี





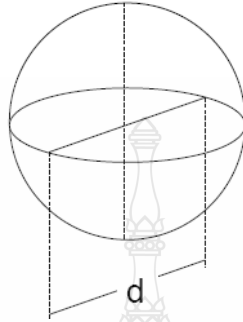
ภาคผนวก ข

ปริมาตรชีวภาพของเพลงก่ต่อนพีช

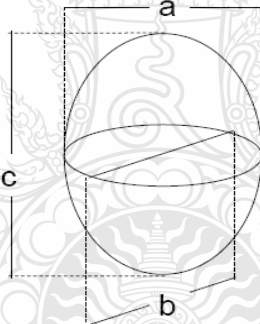
การศึกษาปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช

การหาปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช โดยวัดจากความกว้าง ความยาว และความหนาของเซลล์แพลงก์ตอนพืชซึ่งแบ่งตามรูปร่างเชิงคณิตศาสตร์ของแพลงก์ตอนพืช [73] ดังนี้

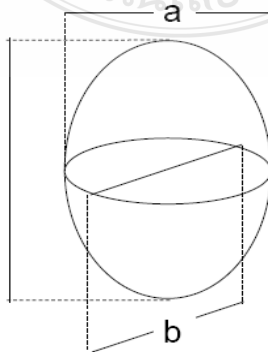
1. รูปทรงกลม (Sphere) คำนวณจากปริมาตรชีวภาพ = $\frac{4}{3} d^3$ (d = เส้นผ่าศูนย์กลาง)



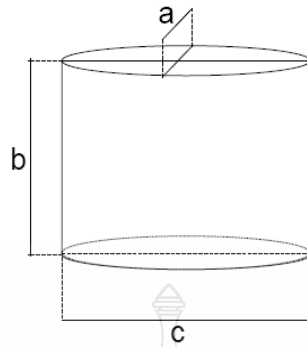
2. รูปทรงไข่กลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเป็นวงกลม (Ellipsoid) คำนวณจากปริมาตรชีวภาพ = $\frac{4}{6} \pi c \times a^2$



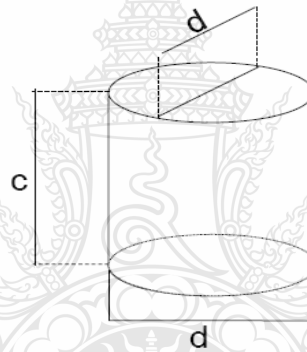
3. รูปทรงไข่แบน (Elliptic-ellipsoid) คำนวณจากปริมาตรชีวภาพ = $\frac{4}{6} \pi c \times a \times b$ (ด้าน $a \neq d$)



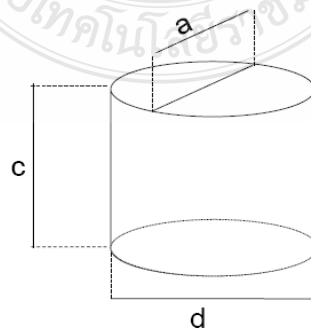
4. รูปหมอนสี่เหลี่ยม (Parallelelepiped) คำนวณจากปริมาตรสี่ภาพ = $a \times b \times c$



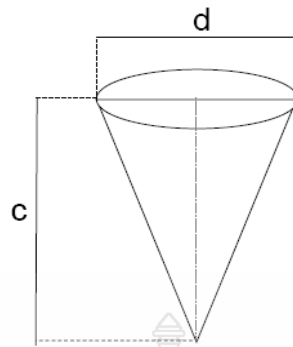
5. รูปทรงกระบอก (Cylinder) คำนวณจากปริมาตรสี่ภาพ = $\pi/4 \times c \times d^2$



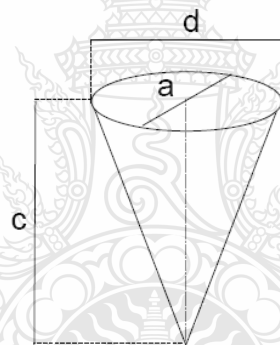
6. รูปทรงกระบอกแบน (Elliptic-cylinder) คำนวณจากปริมาตรสี่ภาพ = $\pi/4 \times c \times d \times a$ (ด้าน $a \neq d$)



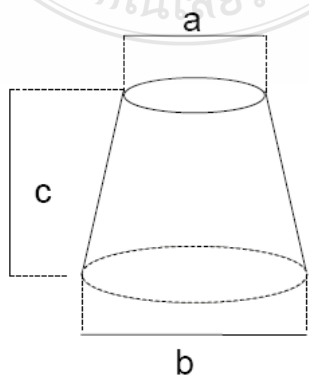
7. รูปทรงกรวย (Cone) คำนวณจากปริมาตรซีกภาพ = $\frac{\pi}{12} \times d^2$



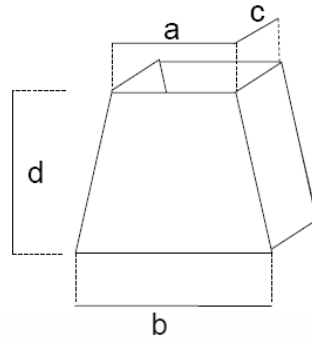
8. รูปทรงกรวยแบน (Elliptic-cone) คำนวณจากปริมาตรซีกภาพ = $\frac{\pi}{12} \times c \times d \times a$ (ด้าน $a \neq d$)



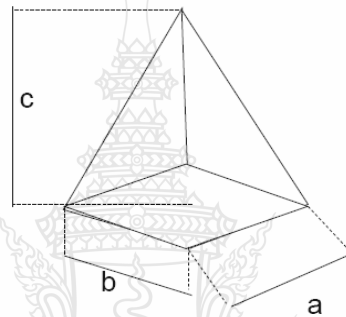
9. รูปทรงกรวย ตัดปลาย (Truncated-cone) คำนวณจากปริมาตรซีกภาพ = $\frac{\pi}{12} \times c \times (a^2 + ab + b^2)$



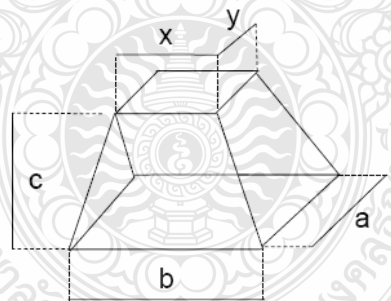
10. รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoid) คำนวณจากปริมาตรซีกภาพ = $1/12 \times (a+b) \cdot c \cdot d$



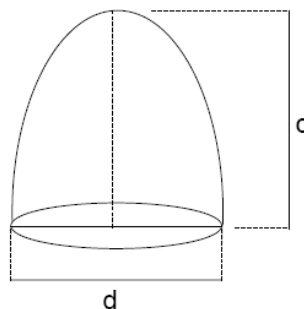
11. รูปทรงปิรามิด (Pyramid) คำนวณจากปริมาตรซีกภาพ = $1/3 \times a \times b \times c$



12. รูปทรงปิรามิดตัด (Truncated-pyramid) คำนวณจากปริมาตรซีกภาพ = $c/3 \times (a \cdot b + a \cdot b \cdot x \cdot y + x \cdot y)$



13. รูปทรงพาราโบลอยด์ (Paraboloid) คำนวณจากปริมาตรซีกภาพ = $\pi/8 \times c \times d^2$



ตารางที่ 29 ขนาด รูปร่างทั่วไป รูปร่างเชิงคณิตศาสตร์ และปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนที่พบในสระเก็บน้ำ พระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (CE = จำนวนจากเซลล์, CO = จำนวนจากโคโลนี)

ชนิดของแพลงก์ตอนพืช	ความยาว (μm)		เส้นผ่าศูนย์กลาง (μm)		ความหนา (μm)	ปริมาตร (μm^3)	รูปร่าง คณิตศาสตร์	รูปร่างทั่วไป
	Cell	Filament	Cell	Colony				
Division Cyanophyta								
<i>Arthrospira platensis</i> (Nordstedt) Gomont	-	50	5	-	-	982	Cylinder	Filament
<i>Aphanizomenon</i> sp.	-	203	2.75	-	2.75	1,207	Cylinder	Filament
<i>Aphanocapsa elachista</i> West & G.S.West	-	-	1.3	-	-	250 ^{CO}	Sphere	Colony (250 cells)
<i>Aphanothece smithii</i> J.Komárková-Legnerová & G.Cronberg	3.75	-	2.5	-	2.5	1,512 ^{CO}	Ellipsoid	Colony (126 cells)
<i>Chroococcus globosus</i> (Elenkin) Hindák	2.1	-	2	-	2	34	Ellipsoid	Cell
<i>C. limneticus</i> Lemmermann	2	-	2	-	1.9	39	Ellipsoid	Cell
<i>Coelomoron pusillum</i> (Van Goor) Komárek	3.75	-	2.5	-	2.5	192 ^{CO}	Ellipsoid	Colony (16 cells)
<i>Cylindrospermopsis philippinensis</i> (Taylor) Komárek	-	68.7	2.3	-	-	298	Cylinder	Filament
<i>C. raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju	-	71.3	2.5	-	-	350	Cylinder	Filament
<i>Dolichospermum</i> sp.	-	183.7	2.88	-	2.88	1,198	Cylinder	Filament
<i>Merismopedia punctata</i> f. <i>arctica</i> Kosinskaja	-	-	2.5	-	-	8 ^{CE}	Sphere	Colony (16 cells)
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	-	-	2	-	-	100 ^{CO}	Sphere	Colony (25 cells)
<i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh ex Gomont	-	231.25	8.25	-	-	12,371	Cylinder	Filament
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) J.Komárková-Legnerová & G.Cronberg	-	3	1	-	-	40	Cylinder	Filament
<i>Pseudanabaena galeata</i> Böcher	-	3	1.1	-	-	23	Cylinder	Filament
<i>P. limnetica</i> (Lemmermann) Komárek	-	78	2	-	-	176	Cylinder	Filament

ตารางที่ 29 ขนาด รูปร่างทั่วไป รูปร่างเชิงคณิตศาสตร์ และปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนที่พบในสระเก็บน้ำ พระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (CE = จำนวนจากเซลล์, CO = จำนวนจากโคโลนี) (ต่อ)

ชนิดของแพลงก์ตอนพืช	ความยาว (μm)		เส้นผ่าศูนย์กลาง (μm)		ความหนา (μm)	ปริมาตร (μm^3)	รูปเชิงคณิตศาสตร์	รูปร่างทั่วไป
	Cell	Filament	Cell	Colony				
Division Chlorophyta								
<i>Acanthosphaera zachariasii</i> Lemmermann	-	-	11	-	-	697	Sphere	Cell
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing	25.3	-	17.8	-	12	6,190	2 Ellipsoid	Colony
<i>Chlamydomonas</i> sp.1	10.37	-	3.77	-	3.77	77	Ellipsoid	Cell
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck [Beijerinck]	-	-	3.75	-	-	28	Sphere	Cell
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	-	-	13.21	-	-	1,208 ^{CO}	Sphere	Colony (15 cells)
<i>C. pseudomicroporum</i> Korshikov	7.5	-	5	-	-	392 ^{CO}	Ellipsoid	Ellipsoid
<i>C. sphaericum</i> Nägeli	-	-	7.5	-	-	1,768 ^{CO}	Sphere	Colony (8 cells)
<i>Cosmarium bioculatum</i> Brébisson ex Ralfs	7.5	-	5	-	3.75	147	2 Elliptic-Ellipsoid	Cell
<i>Crucigeniella crucifera</i> (Wolle) Komárek	5	-	2.6	-	2	56 ^{CO}	Elliptic-Ellipsoid	Colony (4 cells)
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C.Wood	2.5	-	2	-	2	20 ^{CE}	Ellipsoid	Colony (16 cells)
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák	31.5	-	2	-	2	66	2 cone	Cell
<i>M. contortum</i> (Thuret)Komárková-Legnerová	23	-	2	-	2	54	Cylinder	Filament
<i>M. griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	21	-	2.1	-	-	49	2 cone	Cell
<i>M. irregulare</i> (G.M.Smith) Komárková-Legnerová	14.7	-	14.7	-	-	36	6 cone	Cell
<i>Oocystis naegelii</i> A.Braun	8	-	3.75	-	-	236	4 Ellipsoid	Colony
<i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory de Saint-Vincent	10.83	-	7.92	-	-	5,696	Ellipsoid	Colony (16 cells)
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	13	-	7	-	3	912	Trapeziod-Tringular	Colony (16 cells)

ตารางที่ 29 ขนาด รูปร่างทั่วไป รูปร่างเชิงคณิตศาสตร์ และปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนที่พบในสระเก็บน้ำ พระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (CE = จำนวนจากเซลล์, CO = จำนวนจากโคโลนี) (ต่อ)

ชนิดของแพลงก์ตอนพืช	ความยาว (μm)		เส้นผ่าศูนย์กลาง (μm)		ความหนา (μm)	ปริมาตร (μm^3)	รูปเชิงคณิตศาสตร์	รูปร่างทั่วไป
	Cell	Filament	Cell	Colony				
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	15	-	2.5	-	2.5	98	2 Cone	Colony (16 cells)
<i>S. armatus</i> (R.Chodat) R.Chodat	10	-	5	-	-	262	Ellipsoid	Cell (2 cells)
<i>Spirogyra</i> sp.	200	-	30	-	-	130,435	Cylinder	Filament
<i>Staurastrum perundulatum</i> Grönblad	7.5	-	5	-	3	274	2 Parallelepiped	Cell
<i>Tetraedron incus</i> (Teiling) G.M.Smith	6.5	-	6	-	-	145	Parallelepiped	Cell
<i>T. minimum</i> (A.Braun) Hansgirg	7	-	6	-	-	147	Parallelepiped	Cell
<i>Tetrastrum staurogeniiforme</i> (Schröder) Lemmermann	4.38	-	3.13	-	-	90	Ellipsoid	Colony (4 cells)
<i>Treubaria setigera</i> (W.Archer) G.M.Smith	34	-	32	-	-	231	Sphere	Colony (16 cells)
<i>Volvox</i> sp.	78	-	76	-	-	2,789	Sphere	Cell
Division Bacillariophyta								
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	-	67.2	6.3	-	3	2,081	Cylinder	Filament
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	16.2	-	10.2	-	1.1	883	Ellipsoid	Cell
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	-	-	20.83	-	2	4,376	Sphere	Cell
<i>Eunotia multiplastidica</i> S.Mayama	7.5	-	22.5	-	5.63	249	½ Elliptic-Ellipsoid	Cell
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	154	-	2.65	-	1.7	657	Parallelepiped	Cell
<i>F. ulna</i> var. <i>acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	149.75	-	3.13	-	1.5	703	Parallelepiped	Cell
<i>Gyrosigma macrum</i> (W.Smith) J.W.Griffith & Henfrey	191.25	-	10	-	7.5	7,516	2 Elliptic-Cone	Cell
<i>Gyrosigma</i> sp.	52.75	-	14	-	11	4,257	2 Elliptic-Cone	Cell
<i>Navicula</i> sp.	37	-	2.5	-	-	57	2 Pyramid	Cell

ตารางที่ 29 ขนาด รูปร่างทั่วไป รูปร่างเชิงคณิตศาสตร์ และปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนที่พบในสระเก็บน้ำ พระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (CE = จำนวนจากเซลล์, CO = จำนวนจากโคโลนี) (ต่อ)

ชนิดของแพลงก์ตอนพืช	ความยาว		เส้นผ่าศูนย์กลาง		ความหนา	ปริมาตร	รูปเชิงคณิตศาสตร์	รูปร่างทั่วไป
	(µm)		(µm)					
	Cell	Filament	Cell	Colony	(µm)	(µm ³)		
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	49	-	2.5	-	-	61	2 Pyramid	Cell
<i>N. reversa</i> W.Smith	50	-	2	-	-	63	Cylinder	Cell
Division Euglenophyta								
<i>Euglena acus</i> (O.F.Müller) Ehrenberg	76	-	13.12	-	-	10,002	1/2Ellipsoid+1/2Cone	Cell
<i>E. charkowiensis</i> D.O.Svirenko	54.5	-	14.17	-	-	19,094	1/2Ellipsoid+1/2Cone	Cell
<i>E. limnophila</i> Lemmermann	75	-	16	-	-	12,094	1/2Ellipsoid+1/2Cone	Cell
<i>E. minima</i> Francé	25	-	10	-	-	169	1/2Ellipsoid+1/2Cone	Cell
<i>E. proxima</i> P.A.Dangeard	49.25	-	15.50	-	-	945	1/2Ellipsoid+1/2Cone	Cell
<i>E. velata</i> G.A.Klebs	12	-	13	-	-	156	1/2Ellipsoid+1/2Cone	Cell
<i>Lepocinclis fusiformis</i> (H.J.Carter) Lemmermann	23.75	-	10.83	-	-	187	1/2Ellipsoid+1/2Cone	Cell
<i>L. glabra</i> Drezepolski	23	-	10	-	-	170	1/2Ellipsoid+1/2Cone	Cell
<i>Phacus curvicauda</i> Svirenko	32	-	29	-	-	546	1/2Ellipsoid+1/2Cone	Cell
<i>P. longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin	52.5	-	37.5	-	-	5,816	1/2Ellipsoid+1/2Cone	Cell
<i>P. pleuronectes</i> (O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin	34	-	23	-	-	564	2Elliptic-Cone	Cell
<i>P. pyrum</i> (Ehrenberg) W.Archer	24.81	-	7.83	-	-	128	1/2Ellipsoid+1/2Cone	Cell
<i>Strombomonas borysteniensis</i> (Roll) Popowa	32	-	18.75	-	-	5,087	Ellipsoid	Cell
<i>S. fluviatilis</i> (Lemmermann) Deflandre	32.5	-	18.75	-	-	5,987	Ellipsoid	Cell
<i>S. verrucosa</i> (E.Daday) Deflandre	32.5	-	22.5	-	-	8,621	Ellipsoid	Cell

ตารางที่ 29 ขนาด รูปร่างทั่วไป รูปร่างเชิงคณิตศาสตร์ และปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนที่พบในสระเก็บน้ำ พระราม 9 จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2555 (CE = จำนวนจากเซลล์, CO = จำนวนจากโคโลนี) (ต่อ)

ชนิดของแพลงก์ตอนพืช	ความยาว		เส้นผ่าศูนย์กลาง		ความหนา	ปริมาตร	รูปเชิงคณิตศาสตร์	รูปร่างทั่วไป
	(µm)		(µm)					
	Cell	Filament	Cell	Colony	(µm)	(µm ³)		
<i>Trachelomonas bernardinensis</i> Vischer	26.15	-	12.13	-	-	2,016	Ellipsoid	Cell
<i>T. dybowskii</i> Drezepolski	17.28	-	13.41	-	-	1,628	Ellipsoid	Cell
<i>T. hispida</i> (Perty) F.Stein	20	-	11	-	11	1,267	Ellipsoid	Cell
<i>T. intermedia</i> P.A.Dangeard	35	-	20	-	20	1,330	Ellipsoid	Cell
<i>T. mucosa</i> Svirenko	22.75	-	14.25	-	-	2,421	Ellipsoid	Cell
<i>T. volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	-	-	18	-	-	1,767	Sphere	Cell
<i>T. volvocinopsis</i> Svirenko	-	-	12	-	-	904	Sphere	Cell
Division Pyrrhophyta								
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans	80.5	-	45	-	20	24,491	Cone+1/2Elliptic+Cylinder	Cell
<i>Gymnodinium</i> sp.	20	-	22	-	19	2,907	Elliptic-Ellipsoid	Cell
<i>Peridiniopsis cunningtonii</i> Lemmermann	25	-	22.5	-	18	5,306	Elliptic-Ellipsoid	Cell
<i>Peridinium</i> sp.1	21	-	17.5	-	12.5	2,407	Elliptic-Ellipsoid	Cell
Division Cryptophyta								
<i>Chroomonas</i> sp.	11.7	-	5.7	-	4.5	157	Elliptic-Ellipsoid	Cell
<i>Cryptomonas</i> sp.	12.4	-	6.3	-	4.78	196	Elliptic-Ellipsoid	Cell
<i>Rhodomonas</i> sp.	9	-	9	-	9	17	1/2Elliptic+1/2Cone	Cell
Division Chrysophyta								
<i>Isthmochloron gracile</i> (Reinsch) Skuja	32	-	30	-	2	300	2 Trapezoid+12parallelepiped	Cell
<i>Mallomonas splendens</i> (G.S.West) Playfair	17	-	16	-	-	167	Elliptic-Ellipsoid	Cell



ภาคผนวก ก
มาตรฐานคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 30 ค่ามาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท				
				1	2	3	4	5
1	สี กลิ่น และรส		-	๒	๒	๒	๒	-
2	อุณหภูมิ		องศาเซลเซียส	๒	๒'	๒'	๒'	-
3	ความเป็นกรด - ค่า (pH)		-	๒	5.0-9.0	5.0-9.1	5.0-9.2	-
4	ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	P 20	มิลลิกรัมต่อลิตร	๒	≥6.0	≥4.0	≥2.0	-
5	บีโอดี (BOD)	P 80	"	๒	≥1.5	≥2.0	≥4.0	-
6	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform bacteria)	P 80	เอ็ม.พี.เอ็น.ต่อ 100 มิลลิลิตร	๒	≥5,000	≥20,000	-	-
7	แบคทีเรียกลุ่มฟีคัล โคลิฟอร์ม (Fecal Coliform bacteria)	P 80	"	๒	≥1,000	≥4,000	-	-
8	ไนเตรต (NO ₃) ในหน่วยไนโตรเจน		มิลลิกรัมต่อลิตร	๒	มีค่าไม่เกิน	5.0	-	-
9	แอมโมเนีย (NH ₃) ในหน่วยไนโตรเจน		"	๒	"	0.5	-	-
10	ฟีนอล (Phenol)		"	๒	"	0.005	-	-
11	ทองแดง (Cu)		"	๒	"	0.1	-	-
12	นิกเกิล (Ni)		"	๒	"	0.1	-	-
13	แมงกานีส (Mn)		"	๒	"	1.0	-	-
14	สังกะสี (Zn)		"	๒	"	1.0	-	-
15	แคดเมียม (Cd)		"	๒	"	0.005*	-	-
						0.05**	-	-
16	โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์		"	๒	"	0.05	-	-
17	ตะกั่ว (Pb)		"	๒	"	0.05	-	-
18	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		"	๒	"	0.05	-	-
19	สารหนู (As)		"	๒	"	0.05	-	-
20	ไซยาไนด์ (Cyanide)		มิลลิกรัมต่อลิตร	๒	มีค่าไม่เกิน	0.005	-	-
21	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)							
	ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)			๒	"	0.1	-	-
	ค่ารังสีเบตา (Beta)			๒	"	1.0	-	-
22	ดีดีที (DDT)		มิลลิกรัมต่อลิตร	๒	"	1.0	-	-
	สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิด							
23	ที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)		มิลลิกรัมต่อลิตร	๒	"	0.05	-	-

ตารางที่ 30 ค่ามาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดิน (ต่อ)

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท				
				1	2	3	4	5
24	บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha BHC)			๓	"	0.02		-
25	ดิลดริน (Dieldrin)			๓	"	0.1		-
26	อัลดริน (Aldrin)			๓	"	0.1		-
27	เฮปตาคลออร์และ เฮปตาคลออีพอกไซด์ (Heptachlor & Heptachlorepoxide)			๓	"	0.2		-
	28	เอนดริน (Endrin)		๓	ไม่สามารถตรวจสอบได้ตามวิธีการ ตรวจสอบที่กำหนด			-

ที่มา : คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ [29]

หมายเหตุ : 1/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติและแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

๓ เป็นไปตามธรรมชาติ

๓ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 °C

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO₃ ไม่เกินกว่า 100 mg/l

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO₃ เกินกว่า 100 mg/l

✘ ไม่มากกว่า

✘ ไม่น้อยกว่า

- ไม่ได้กำหนด

P20 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาอย่างตรวจสอบต่อเนื่อง

P80 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

มาตรา 32 (1) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2537 กำหนดให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษา กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำและแหล่งน้ำสาธารณะอื่นๆที่อยู่ในพื้นแผ่นดิน มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินได้แบ่งประเภทของแหล่งน้ำผิวดินเป็น 5 ประเภทดังนี้ ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุก

ประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
2. การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน
3. การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
2. การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
3. การประมง
4. การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
2. การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน
2. การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการ

คมนาคม

ตารางที่ 31 ค่ากำหนดเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพขององค์การอนามัยโลก

Element/substance	Symbol/formula	Health based guideline by the WHO
Aluminium	Al	0.2 mg/l
Ammonia	NH ₄	No guideline
Antimony	Sb	0.005 mg/l
Arsenic	As	0.01 mg/l
Asbestos	-	No guideline
Barium	Ba	0.3 mg/l
Berillium	Be	No guideline
Boron	B	0.3 mg/l
Cadmium	Cd	0.003 mg/l
Chloride	Cl	250 mg/l
Chromium	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	0.05 mg/l
Colour	-	Not mentioned
Copper	Cu	2 mg/l
Cyanide	CN ⁻	0.07 mg/l
Dissolved oxygen	O ₂	No guideline
Fluoride	F	1.5 mg/l
Hardness	mg/l CaCO ₃	No guideline
Hydrogen sulfide	H ₂ S	No guideline
Iron	Fe	No guideline
Lead	Pb	0.1 mg/l
Manganese	Mn	0.5 mg/l
Mercury	Hg	0.01 mg/l
Molybdenum	Mb	0.07 mg/l
Nickel	Ni	0.02 mg/l
Nitrate and nitrite	NO ₃ , NO ₂	50 mg/l total nitrogen
Turbidity	-	Not mentioned
pH	-	No guideline
Selenium	Se	0.01 mg/l

ตารางที่ 31 ค่ากำหนดเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพขององค์การอนามัยโลก (ต่อ)

Element/substance	Symbol/formula	Health based guideline by the WHO
Silver	Ag	No guideline
Sodium	Na	200 mg/l
Sulfate	SO ₄	500 mg/l
Inorganic tin	Sn	No guideline
TDS	-	No guideline
Uranium	U	1.4 mg/l
Zinc	Zn	3 mg/l

ที่มา : WHO Health based guideline: Guidelines for drinking water quality [95]

ตารางที่ 32 ช่วงคุณภาพน้ำตามดัชนีตัวแปรในทะเลสาบเขตร้อน

Variable	Oligotrophic	Mesotrophic	Eutrophic	Hypereutrophic
Total phosphorus	5-10	10-30	30-100	>100
Chlorophyll <i>a</i>	0.3-3	3-10	10-100	>100
Biovolume	40-2000	2000-5000	>5000	

ที่มา : Lampert and Sommer [86]

ตารางที่ 33 ชนิดเด่นของสาหร่ายตามการจัดระดับชั้นน้ำ

Oligotrophic	Mesotrophic	Eutrophic
<i>Staurastrum</i> , <i>Cosmarium</i> ,	<i>Staurastrum</i> , <i>Closterium</i> (desmid)	<i>Molosira</i> , <i>Asterionella</i>
<i>Staurodasmus</i> (desmids)	<i>Cyclotella</i> , <i>Stephanodiscus</i> ,	<i>Stephanodiscus</i> (diatom)
<i>Tubellaria</i> , <i>Cyclotella</i> ,	<i>Asterionella</i> (diatom) <i>Pediastrum</i> ,	<i>Scenedesmus</i> , <i>Eudorina</i>
<i>Melosira</i> , <i>Rhizoselenia</i>	<i>Eudorina</i> (green algae) <i>Peridinium</i> ,	(green algae)
(small diatom)	<i>Ceratium</i> (dinoflagellates)	<i>Aphanizomenon</i> , <i>Microcystis</i> ,
<i>Dinodryon</i> (Chrysophyte)		<i>Anabaena</i> (cyanobacterial)

ที่มา : Reynolds [104]

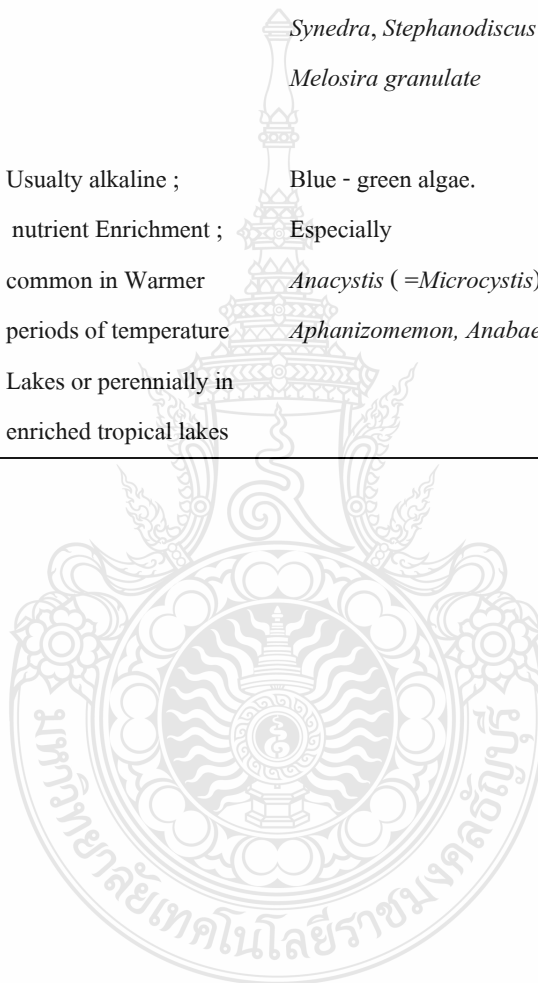
ตารางที่ 34 การจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของสารอาหาร คุณสมบัติทางกายภาพเคมีและชีวภาพบางประการ สำหรับน้ำที่เป็นชนิดเด่นและสาหร่ายที่พบเห็นได้ทั่วไปในชั้นน้ำระดับต่างๆ

General Lake Trophy	Water Characteristics	Dominant Algae	Other Commonly Occurring Algae
Oligotrophic	Slightly acidic : very low salinity	Desmids <i>Staurodesmus</i> <i>Staurostrum</i>	<i>Sphaerocystis</i> , <i>Gloeocysis</i>
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline ; nutrient - poor lakes	Diatoms, especially <i>Cyclotella</i> and <i>Tebellaria</i>	Some <i>Asterionella</i> spp. some <i>Melisira</i> spp. <i>Dinobryon</i> Other <i>Chrysophycean</i> e.g.
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline ; nutrient - poor lakes or more productive lakes at season of nutrient reduction	<i>Chrysophycean</i> algae Especially <i>Dinobryon</i> some <i>Mallomonas</i>	<i>Synura</i> , <i>Urogrna</i> : diatom <i>Tabellaria</i>
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline ; nutrient - poor lakes	Chlorococcal <i>Oocysts</i> or <i>Chrysophycean</i>	Oligotrophic diatoms
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline ; genera nutrient - poor ; common in shallow Arctic lakes	<i>Botryococcus</i> Dinoflagellates. especially Some <i>Peridinium</i> and <i>Ceratium</i> spp.	Small chrysophytes Cryptophytes and diatoms
Mesotrophic or Eutrophic	Neutral to slightly alkaline ; Annual dominant or in Eutrophic lakes at certain Season	Dinoflagellates. some <i>Peridinium</i> and <i>Ceratium</i> spp.	<i>Glenodinium</i> and many other Algae

ตารางที่ 34 การจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของสารอาหาร คุณสมบัติทางกายภาพเคมีและชีวภาพ บางประการ สำหรับที่เป็นชนิดเด่นและสาหร่ายที่พบเห็นได้ทั่วไปในชั้นน้ำระดับต่างๆ (ต่อ)

General Lake Trophy	Water Characteristics	Dominant Algae	Other Commonly Occurring Algae
Eutrophic	Usualty alkaline lakes with Nutrient enrichment	Diatom much of year especially <i>Asterionella</i> spp. and <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Synedra</i> , <i>Stephanodiscus</i> and <i>Melosira granulate</i>	Many other especially green and blue-green during warmer periods of year; desmids of dissolved organic matter is fairly high
Eutrophic	Usualty alkaline ; nutrient Enrichment ; common in Warmer periods of temperature Lakes or perennially in enriched tropical lakes	Blue - green algae. Especially <i>Anacystis</i> (=Microcystis). <i>Aphanizomemon</i> , <i>Anabaena</i>	Other blue-green algae ; euglenophytes if organically enriched or polluted

ที่มา : Wetzel [105]





ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

1. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ

1.1 การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าควรจะรีบวัดทันทีในภาคสนามซึ่งมีวิธีวิเคราะห์ คือ ทำการเปิดเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (conductivity/ TDS meter) เพื่ออุ่นเครื่องก่อนใช้งานอย่างน้อย 30 นาที และเลือก conductivity measurement mode ทำการ Calibration เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าโดยการเทียบกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ ดัง probe ด้วยน้ำกลั่นและเช็ดให้แห้งและจุ่มโพรบ (probe) ลงในตัวอย่างน้ำ วัดอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำ ขณะวัดควรจะมีการกวนเบาๆ บันทึกค่าการนำไฟฟ้า เมื่อตัวเลขแสดงค่าหยุดนิ่ง หรือเมื่อเครื่องแสดง READY และล้างโพรบด้วยน้ำกลั่น และเช็ดให้แห้ง แล้วจึงวัดค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างถัดไป

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านเคมี

2.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยวิธีไฟฟ้าควรจะรีบวัดทันที ในภาคสนามซึ่งมีวิธีวิเคราะห์ คือ เปิดเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) เพื่ออุ่นเครื่องอย่างน้อย 30 นาที ก่อนใช้งาน Calibration เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยการเทียบมาตรฐานความเป็นกรด-ด่างแบบ 2 จุด และปรับอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำให้คงที่ ก่อนวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ขณะวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ควรจะกวนตัวอย่างน้ำเบาๆ บันทึกค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อตัวเลขแสดงค่าความเป็นกรด-ด่างหยุดนิ่ง หรือเมื่อเครื่องแสดง READY ดัง electrode ด้วยน้ำกลั่น และเช็ดให้แห้ง แล้วจึงวัด pH ของตัวอย่างถัดไป

2.2 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

ทำการวิเคราะห์โดยวิธีอินดิเคเตอร์ (Indicator method) [61] โดยการเก็บตัวอย่างน้ำใส่ในขวดโพลีเอทิลีนหรือขวดแก้วโบโรซิลิเกต โดยเก็บตัวอย่างให้เต็มขวดปิดฝาจุกให้แน่น เก็บรักษาในที่อุณหภูมิต่ำ และควรวิเคราะห์ให้เสร็จภายใน 24 ชั่วโมง

2.2.2 การเตรียมสารเคมี

2.2.2.1 ฟีนอล์ฟธาลีน : เตรียมโดยละลายฟีนอล์ฟธาลีน 500 มิลลิกรัม ใน 95% เอทิลแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตรและเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

2.2.2.2 เมธิลอร์เรนจ์ : เตรียมโดยละลายเมธิลอร์เรนจ์ 500 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

2.2.2.3 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล: เตรียมโดยละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ปราศจากน้ำ 1.060 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

2.2.2.4 สารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 1.0 นอร์มัล : เจือจางกรดซัลฟูริกเข้มข้น 30 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

2.2.2.5 สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล : เตรียมโดยทำการเจือจางกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ปรับมาตรฐาน ด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล

วิธีวิเคราะห์โดยทำการปิเปตตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ เติมฟีนอล์ฟธาลิน 2 หยด ถ้ามีสีชมพูเกิดขึ้น ไตเตรตด้วยกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จนกระทั่งสีชมพูหายไป บันทึกปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ จากนั้นหยดเมธิลออเรนจ์ 2 หยดจะเกิดสีเหลือง ไตเตรตด้วยกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จนกระทั่งสีเหลืองของสารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มบันทึกปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ และทำการการคำนวณดังสูตร

$$\text{alkalinity} = (A+B)N(50000)/V$$

เมื่อ A = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรตจนถึง phenolphthalein end point

B = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรตจนถึง methylorange end point

N = ความเข้มข้นของกรดที่ใช้

2.3 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)

การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะใช้วิธี Azide modification of the Winkler method [61] ควรทำการเก็บและรักษาตัวอย่างและวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำควรจะทำทันที

2.3.1 การเตรียมสารเคมี

2.3.1.1 สารละลายแมงกานีสซัลเฟต : เตรียมโดยละลายแมงกานีสซัลเฟต 480 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟต 400 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟต 364 กรัม ในน้ำกลั่น กรองและเจือจางเป็น 1 ลิตร

2.3.1.2 สารละลายอัลคาไลไฮโอไดค์ไอโอดีน : ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 กรัม หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 700 กรัม และโซเดียมไฮโอไดค์ 135 กรัม หรือใช้โพแทสเซียมไฮโอไดค์ 150 กรัม ในน้ำกลั่นเจือจางเป็น 1 ลิตร และละลายโซเดียมไนเตรต 10 กรัม ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วเติมลงในสารละลายข้างต้น

2.3.1.3 น้ำแป้ง : ละลายแป้ง 5 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มให้เดือด 2-3 นาที ตั้งข้างคืน ใช้แต่น้ำใส เติมกรดซาลิไซลิก 1.25 กรัม ต่อน้ำแป้ง 1 ลิตร

2.3.1.4 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล : ทำการเจือจางโซเดียมไฮโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร เก็บรักษาโดยการเติมคลอโรฟอร์ม 5 มิลลิลิตร หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 กรัม ต่อสารละลาย 1 ลิตร

2.3.1.5 ปริมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล โดยการละลายโพแทสเซียมไฮโอไดค์ 2 กรัม ในน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ และทำการเติมกรดซัลฟูริก 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ความเข้มข้น 0.025 นอร์มัล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ตั้งในที่มืด 5 นาที ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟตเข้มข้น 0.025 นอร์มัล สำหรับวิธีวิเคราะห์ คือ เติมตัวอย่างน้ำลงในขวดบีโอดีให้เต็ม ถ้าเป็นบริเวณผิวน้ำให้คว่ำขวดบีโอดี แล้วกดให้จมลงใต้น้ำ ค่อยๆ เียงขวดขึ้นให้น้ำไหลเข้าแทนที่จนเต็มขวด ปิดจุกแล้วยกขึ้น

เหนือน้ำ ถ้าเก็บบริเวณใต้น้ำลึกๆ จะต้องใช้เครื่องเก็บตัวอย่างน้ำพิเศษ โดยเฉพาะแล้วปิดจุก เหนือที่หล่อ จุกขวดตัวอย่างออกเปิดจุกเติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 มิลลิลิตร ขณะเติมให้ปลายปิเปตอยู่ใต้ผิวน้ำ เติมสารละลายอัลคาไลไอโอไดค์ไฮดรอกไซด์ 1 มิลลิลิตร ขณะเติมให้ปลายปิเปตอยู่ใต้ผิวน้ำ ปิดจุกขวด โดยระวังอย่าให้มีฟองอากาศ เขย่าขวดอย่างแรงโดยกลับขวดไปมาประมาณ 15 ครั้ง เพื่อให้สารผสมกันและ ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจนได้ปริมาณน้ำใสเกินครึ่งหนึ่งของขวด จากนั้นเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร โดยให้กรดค่อยๆ ไหลลงไปข้างๆ ขวด ปิดจุกแล้วเขย่าขวดขึ้นลง จนกระทั่งตะกอนละลายหมด ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ตวงปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ ไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไซโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.025 นอร์มัล จนได้สีเหลืองอ่อน เติมน้ำแข็ง 2-3 หยด จะได้สีน้ำเงินเข้มและ ไตเตรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานซัลเฟตไซโอซัลเฟตที่ใช้ จะเทียบเท่ากับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของตัวอย่างน้ำ โดยมีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

2.4 ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand)

ทำการวิเคราะห์โดยวิธี 5 Days incubation and azide modification of the Winkler method [61] โดยทำการวิเคราะห์ทันทีหลังจากเก็บตัวอย่าง ถ้าไม่สามารถที่จะวิเคราะห์ได้ภายใน 2 ชั่วโมง ให้เก็บรักษาตัวอย่างโดยการแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์ตัวอย่างภายใน 24 ชั่วโมง การวิเคราะห์จะใช้สารเคมีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ โดยวิธีวิเคราะห์ คือ ทำการปรับอุณหภูมิตัวอย่างให้ได้ประมาณ 20 องศาเซลเซียส เติมอากาศให้ตัวอย่างมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำใกล้จุดอิ่มตัว และเติมตัวอย่างในขวดบีโอดี จำนวน 3 ขวด วิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในขวดที่ 1 ทันที จากนั้นนำขวดที่ 2 และ 3 เข้าเก็บรักษาในตู้บ่มที่ 20 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน หลังจาก 5 วัน นำมาวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เหลืออยู่และทำการคำนวณโดยสูตร

$$\text{BOD (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \text{DO}_0 - \text{DO}_5$$

เมื่อ DO_0 = ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในวันแรก DO_5 = ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในวันที่ 5

2.5 ความเป็นด่างของน้ำ

วิธีวิเคราะห์ความเป็นด่างของน้ำจะใช้วิธี phenolphthalein methyl orange indicator โดยการตวงน้ำตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม phenolphthalein indicator จำนวน 3 หยดลงในรูปชมพู่เขย่าให้เข้ากันและเติม methyl orange indicator จำนวน 3 หยดลงในรูปชมพู่เขย่าให้เข้ากัน ไตเตรตด้วย 0.02 นอร์มัล H_2SO_4 จนได้จุดยุติเป็นสีส้มแดง ทำการบันทึกปริมาตร H_2SO_4 ที่ใช้และคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\frac{\text{total alkalinity}}{\text{B}} = \text{A} \times \text{N} \times 50 \times 1000$$

B

เมื่อ A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรต (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรด H_2SO_4 (นอร์มัล)

B = ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

2.6 วิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร

วิเคราะห์ปริมาณสารอาหารจะเลือกใช้เครื่องอุปกรณ์ และสารเคมีที่มีความจำเพาะกับเครื่อง spectrophotometer ของ Hach company รุ่น DR 2010

2.6.1 วิธีวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonium-nitrogen)

ทำการกรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง GF/C ตวงน้ำตัวอย่างที่กรองแล้วแต่ละจุดปริมาตร 25 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ที่สะอาดขนาด 150 มิลลิลิตร และใช้น้ำกลั่นเป็น Blank เปิดเครื่อง spectrophotometer DR/2010 กด Hach Programs และเลือกโปรแกรม 380 N, Ammonia, Ness และกด Start ตวงน้ำตัวอย่างที่กรองแล้วแต่ละจุดปริมาตร 25 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่จากนั้นเติม Mineral stabilizer จำนวน 3 หยดลงในขวดรูปชมพู่ที่มีน้ำตัวอย่างและเขย่า เติม 3 หยดของ Polyvinyl Alcohol Dispersing และเขย่าทำการปิเปต 1.0 มิลลิลิตร ของ Nessler Reagent ลงในขวดรูปชมพู่และเขย่า กดที่ Timer และกด OK รอเวลาให้สารทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 1 นาทีเมื่อเครื่องร้องเตือน เทสารละลายที่ทำปฏิกิริยาเสร็จแล้วลงใน cell และวัดค่าโดยใช้น้ำกลั่นเป็น Blank กดที่ zero เครื่องจะแสดงที่ 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร $\text{NH}_3\text{-N}$ จากนั้นใส่น้ำตัวอย่างแต่ละจุดที่ทำปฏิกิริยาแล้ววัดค่าโดยใส่ลงไปใน cell และกด Read บันทึกผลค่าที่ได้

2.6.2 วิธีวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน (nitrate-nitrogen)

ทำการกรองน้ำตัวอย่างด้วย GF/C แล้วตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ในรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร เปิด spectrophotometer DR/2010 กด Hach Programs และเลือกโปรแกรม 351 N, Nitrate LR. กดที่ Start จากนั้นเติมผงสาร Pillow ของ Nitra Ver 6 ลงในขวดรูปชมพู่แต่ละจุด กดที่ Timer และกด OK บนเครื่อง Spectrophotometer และเขย่าเป็นเวลา 1 นาที เมื่อหมดเวลาเครื่องจะร้องเตือน จากนั้นกดที่รูปนาฬิกาอีกครั้ง และกด OK เพื่อรอให้สารทำปฏิกิริยากับน้ำตัวอย่างเป็นเวลา 5 นาที เมื่อเครื่องเตือนทำการวัด Blank โดยเติมน้ำกรอง 10 มิลลิลิตร ลงใน cell และกดที่ zero เครื่องจะแสดงที่ 0.00 มิลลิกรัม $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ทำการวัด Blank ของแหล่งน้ำแต่ละจุดทุกครั้ง และนำน้ำตัวอย่างที่ผสมด้วยผงสาร Pillow ของ Nitra Ver 6 มาวัดค่าโดยเทลงใน cell และกด Read บันทึกค่าที่ได้

2.6.3 วิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายในน้ำ (Soluble reactive phosphorus)

กรองน้ำตัวอย่างด้วย GF/C แล้วตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร และเปิด spectrophotometer DR/2010 กด Hach Programs และเลือกโปรแกรม 490 P React PV และกด Start นำน้ำตัวอย่างแต่ละจุดที่กรองแล้วปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในขวดรูปชมพู่ที่สะอาดเติมผงสาร Pillow ของ PhosVer 3 Phosphate ลงในขวดรูปชมพู่แต่ละจุดโดยใช้น้ำตัวอย่างเป็น Blank กด และ OK เขย่าขวดรูปชมพู่ จากนั้นกด Time รอให้สารทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 2 นาที จนกว่าเครื่องจะร้องเตือน ใช้น้ำตัวอย่างเป็น Blank ใส่ลงไปใน cell กด zero โดยเครื่องจะแสดงหน้าจออกเป็น 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร PO_4^{3-} จากนั้นวัดค่าสารอาหารแต่ละจุด กด Read และบันทึกผล

2.6.4 วิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (Suspended solids)

ตวงน้ำตัวอย่างละจุดปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ที่สะอาดขนาด 50 มิลลิลิตร และใช้น้ำกลั่นเป็น Blank เปิดเครื่อง spectrophotometer DR/2010 และกดโปรแกรม Hach Programs และเลือกโปรแกรม Suspended solid ใช้น้ำกลั่นเป็น Blank โดยนำน้ำกลั่นใส่ลงใน cell และกด zero จากนั้นใส่น้ำตัวอย่างแต่ละจุดลงใน cell และกด Read บันทึกค่าที่ได้

3. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ

3.1 การวิเคราะห์คลอโรฟิลล์ เอ

วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชโดยวิธี Spectrophotometric method โดยทำการตวงปริมาตรน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร นำไปกรองด้วยกระดาษ GF/C เมื่อกรองเรียบร้อยนำกระดาษกรองที่ได้ ไปใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง เติมน้ำเมทานอล 90% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในหลอดปั่นเหวี่ยงที่มีกระดาษกรองตัวอย่างอยู่ นำตัวอย่างไปปั่นอย่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาทีทิ้งตัวอย่างที่ผ่านการบ่มให้เย็นในที่มืด เมื่อตัวอย่างเย็นแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที โดยรินเอาส่วนที่เป็นของเหลวไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630, 645, 665 และ 750 ตามลำดับ โดยใช้เมทานอล 90% เป็น Blank และนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ตามสูตร

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร)} = (11.6 D_{665} - 1.31 D_{645} - 0.14 D_{630}) \times F$$

เมื่อ

$$D_{665} = \text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 665} - \text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750}$$
$$D_{645} = \text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645} - \text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750}$$
$$D_{630} = \text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630} - \text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750}$$
$$F = \frac{\text{ปริมาตรของสารสกัด}}{\text{ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง (ลิตร)} \times 1 / \text{ความกว้างของ cuvette (เซนติเมตร)}}$$

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

3.2.1 การตรวจวิเคราะห์ขั้นแรก

นำหลอดแก้วที่บรรจุอาหารเหลวลอรินทริฟโตสบอร์ธ (Lauryl tryptose broth) อยู่จนท่วมหลอดเดอรัม นำไปทำให้ปลอดเชื้อโดยการเอาไปอบในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ จากนั้นใช้ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร คูดน้ำตัวอย่างใส่ลงในหลอดที่บรรจุอาหารเหลวเข้มข้นเป็น 2 เท่า จำนวน 3 หรือ 5 หลอด (ตามระบบที่ใช่ว่าเป็น 3 หรือ 5) หลอดละ 10 มิลลิลิตร ดังนี้

3.2.1.1 ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร คูดน้ำตัวอย่างใส่ลงในหลอดที่บรรจุอาหารเหลวเข้มข้นปกติ จำนวน 3 หรือ 5 หลอด หลอดละ 1 มิลลิลิตร

3.2.1.2 ใช้ปีเปตขนาด 1 มิลลิลิตร คูดน้ำตัวอย่างใส่ลงในหลอดที่บรรจุอาหารเหลว เข้มข้นปกติ จำนวน 3 หรือ 5 หลอด หลอดละ 0.1 มิลลิลิตร

ทำการเขย่าหลอดเบาๆเพื่อให้อาหารเหลวผสมกับน้ำตัวอย่างด้วยดี นำหลอดทั้งหมด 9 หรือ 15 หลอด ไปเพาะเชื้อในตู้บเพาะเชื้อที่ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ± 2 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ± 2 ชั่วโมง นำหลอดหมักทั้งหมดมาตรวจดูก๊าซ หลอดที่เกิดก๊าซให้ผลบวก หลอดที่ไม่เกิดก๊าซนำไปอบในตู้บเพาะเชื้อต่อจนครบ 48 ± 3 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาอ่านผลอีกครั้งหนึ่ง หลอดที่เกิดก๊าซภายใน 48 ± 3 ชั่วโมง จะให้ผลเป็นบวกทั้งหมด ส่วนหลอดที่ไม่เกิดก๊าซจะให้ผลเป็นลบ ข้อควรระวังในการตรวจดูว่า หลอดที่เกิดก๊าซและให้ผลเป็นบวกที่แท้จริงนั้น ต้องเป็นก๊าซที่เกิดจากการหมัก ซึ่งจะพบว่าอาหารเหลวที่ใช้หมักจะขุ่น และเมื่อเขย่าหลอดหมักเบาๆจะพบว่ามียูเรียเล็กๆในอาหารเหลวนอกหลอดเคอร์แรม โดยหลอดที่เกิดก๊าซจะบอกได้เพียงว่าจะมีโคลิฟอร์มในตัวอย่างน้ำนั้น เนื่องจากยังมีแบคทีเรียชนิดอื่น และยีสต์สามารถย่อยสลายแล็กโทสให้เกิดก๊าซได้จึงต้องนำไปตรวจวิเคราะห์ในขั้นยืนยันต่อไป

3.2.2 การตรวจวิเคราะห์ขั้นยืนยัน

การเกิดก๊าซในการทดสอบขั้นแรกยังไม่สามารถชี้ชัดได้ว่าแบคทีเรียที่ปรากฏในน้ำตัวอย่าง นั้นเป็นโคลิฟอร์มหรือไม่ เพราะว่ายังมีแบคทีเรียอื่นๆ ที่สามารถหมักแล็กโทสแล้วเกิดก๊าซได้เช่นกัน จึงต้องทำการตรวจวิเคราะห์ขั้นยืนยันต่อ โดยถ่ายของเหลวบางส่วนจากหลอดที่เกิดก๊าซในขั้นแรกใส่ลงในหลอดที่มีอาหารเหลวบริลเลียนกรีนแล็กโทสไบลัรบรอช ซึ่งแบคทีเรียอื่นๆที่ไม่ใช่โคลิฟอร์มจะถูกยับยั้งไม่ให้เจริญเติบโต ดังนั้นก๊าซที่เกิดขึ้นในหลอดในขั้นนี้จึงบอกได้ว่าเกิดจากแบคทีเรียพวกโคลิฟอร์ม การตรวจในขั้นยืนยันมีขั้นตอนดังนี้คือ เลือกหลอดที่เกิดก๊าซจากการตรวจขั้นแรกมาทำการตรวจวิเคราะห์ขั้นยืนยันต่อไป โดยทำการเขียนสัญลักษณ์บนหลอดแก้วที่บรรจุอาหารบริลเลียนกรีนแล็กโทสไบลัรบรอชเตรียมไว้แล้วให้ตรงกับหลอดที่ให้ผลบวก และเขย่าหลอดที่ให้ผลบวกเบาๆแล้วเอาห่วงโลหะเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ลงไฟให้แดงแล้วทิ้งให้เย็นสักครู่ จุ่มลงในหลอดที่ให้ผลบวกให้มีของเหลวติดอยู่เต็มห่วง แล้วจึงนำไปจุ่มลงในหลอดบริลเลียนกรีนแล็กโทสไบลัรบรอชทำงานครบทุกหลอด และนำหลอดที่ถ่ายเชื้อลงไปอบเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ± 3 ชั่วโมง หลอดที่เกิดก๊าซใน 48 ± 3 ชั่วโมงทั้งหมดจะให้ผลเป็นบวก

3.2.3 การตรวจวิเคราะห์หาฟิคัล โคลิฟอร์มโดยวิธีเอ็มพีเอ็น

ในการตรวจวิเคราะห์เพื่อชี้แยกคว่าโคลิฟอร์มที่พบในน้ำตัวอย่างเป็นพวกฟิคัล โคลิฟอร์มหรือนั้นฟิคัล โคลิฟอร์มนั้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิของการอบเพาะเชื้อ การตรวจวิเคราะห์ทำได้ 2 วิธีคือการวิธีเอ็มพีเอ็น และวิธีเชื่อกองในการตรวจวิธีเอ็มพีเอ็นทำได้โดยถ่ายเชื้อจากการตรวจโคลิฟอร์มในขั้นแรกใส่ลงในหลอดอาหารเหลวอีซี ซึ่งเป็นการตรวจขั้นยืนยัน ทั้งนี้เพื่อให้เชื้อเจริญเติบโตในการตรวจขั้นแรกเสียก่อน การตรวจวิเคราะห์ฟิคัล โคลิฟอร์มด้วยอาหารเหลวอีซี ใช้ในการหาความสกปรกของน้ำดื่ม แหล่งน้ำดิบ ระบบบำบัดน้ำโสโครก น้ำทะเล และการตรวจสอบคุณภาพน้ำทั่วไปมีวิธีดังนี้ คือ ทำการถ่ายของเหลวจากหลอดที่ได้ผลบวกจากการตรวจโคลิฟอร์มในขั้นแรกใส่ลงในหลอดบรรจุอาหารเหลวอีซี ที่มีหลอดเคอร์แรมคว่ำอยู่ภายในด้วยห่วงโลหะที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วโดยทำ

พร้อมๆกับการตรวจโคลิฟอร์มในชั้นยืนยันที่ใช้อาหารเหลวริลเลียนกรีนเล็กโทสไบลด์บรธ จากนั้นนำ
หลอดอาหารเหลวอีซีที่ได้รับการถ่ายเชื้อแล้วไปอบน้ำร้อนในอ่างน้ำร้อน ภายใน 30 นาที หลังจากการ
เติมเชื้อแล้วที่อุณหภูมิ 44.5 ± 0.2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง โดยให้ระดับน้ำในอ่างท่วมสูงเกิน
ระดับผิวบนของอาหารในหลอด โดยหลอดที่เกิดก๊าซภายใน 24 ชั่วโมง ให้อ่านผลเป็นบวก ซึ่งแสดงว่า
โคลิฟอร์มปะปนอยู่ในน้ำตัวอย่างเป็นฟีคัลโคลิฟอร์มที่ถูกขับถ่ายออกมาถึงอุจจาระของคนและ
สัตว์เลี้ยงค่อนหลอดที่ไม่เกิดก๊าซภายใน 24 ชั่วโมง ให้อ่านผลเป็นลบ แสดงว่าโคลิฟอร์มที่ปะปนอยู่ในน้ำ
ตัวอย่างเป็นฟีคัลโคลิฟอร์มที่มาจากพืชหรือดินจะทำการอ่านผลเช่นเดียวกับของโคลิฟอร์ม ผลที่ได้
จะมีค่าเป็นวิธีเอ็มพีเอ็นต่อน้ำตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร (เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร) สำหรับวิธีการตรวจผล
คือ ทำการนับจำนวนหลอดอาหาร Lactose broth (LB), Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGB), EC
broth ที่ให้ผลบวก ตามลำดับ



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาวลีวรรณ แฉ่งประเสริฐ
วัน เดือน ปีเกิด 5 มิถุนายน 2532
ที่อยู่ 8/2 หมู่ 3 ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาชีววิทยา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
เบอร์โทรศัพท์ 08-9773-3481
อีเมล walewan_C@yahoo.com

