



เอกสารเผยแพร่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุรินทร์ เล่มที่ 1/2560

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ จังหวัดชัยภูมิ

Variation of Water Quality in Chulaphon Reservoir,
Chaiyaphum Province

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุรินทร์

กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

กรมประมง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	4
วิธีดำเนินการ	
1. การวางแผนการสำรวจ	5
2. การรวบรวมข้อมูล	6
3. การวิเคราะห์ข้อมูล	6
ผลการศึกษา	
1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทุกจุดสำรวจ	6
2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาสำรวจ	13
สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา	18
ข้อเสนอแนะ	19
เอกสารอ้างอิง	19

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ จังหวัดชัยภูมิ

โสภิต แก้วชนะ^{๑*} เพลินพิศ ธารีเธียร^๒ นพมาศ เจียวตั้ง^๓ เบญจมาศ มุสิแก้ว^๔

และ ณรงค์ศักดิ์ ศิริชัยพันธุ์^๕

^๑ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุรินทร์

^๒ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดกาฬสินธุ์

^๓ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดหนองคาย

^๔ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดขอนแก่น

^๕ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ จังหวัดชัยภูมิ ทั้งทางกายภาพและเคมี โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำ รวม 4 ครั้ง จำนวน 9 จุดสำรวจ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2554 ถึงเดือนสิงหาคม 2555 จากผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำมีค่าเฉลี่ยดังนี้ ความลึกของน้ำ 12.85±7.48 เมตร อุณหภูมิน้ำ 24.89±1.55 องศาเซลเซียส ความโปร่งแสง 71.80±61.98 เซนติเมตร ความนำไฟฟ้า 114.14±28.84 ไมโครซีเมนตต่อเซนติเมตร ความขุ่นใส 11.32±21.53 เอฟ ที ยู ออกซิเจนละลายน้ำ 6.82±1.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง 7.35±1.32 ความเป็นด่างและความกระด้าง 64.16±24.77 และ 62.62±20.37 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ 4.73±2.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ออร์โธฟอสเฟต 0.162±0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.429±0.36 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียไนโตรเจน 0.141±0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนทั้งหมด 0.620±0.85 มิลลิกรัมต่อลิตร และคลอโรฟิลล์เอ 10.21±12.30 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

จากผลการศึกษาบ่งบอกว่าคุณภาพน้ำโดยรวมในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ยังมีคุณภาพดี เนื่องจากคุณภาพน้ำโดยทั่วไปยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สัตว์น้ำสามารถอยู่อาศัยได้ดี แต่ก็พบว่ามีความผันแปรของน้ำบางประการ ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสทั้งหมด มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย ส่วนค่าความกระด้างและค่าความนำไฟฟ้ามีค่าค่อนข้างต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานในบางช่วงเวลาและบางจุดสำรวจ ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำและการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ รวมทั้งอาจเกิดมลภาวะได้ในอนาคต จากการศึกษาพบว่า อิทธิพลของช่วงเวลาสำรวจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ มากกว่าอิทธิพลของพื้นที่สำรวจ

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ อ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์

*ผู้รับผิดชอบ : 50 หมู่ 13 ต.เนินยาง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000 โทรศัพท์ 0-4452-1394

e-mail : sophit_k@yahoo.com

Variation of Water Quality in Chulaphon Reservoir, Chaiyaphum Province

Sopit Kaewchana^{1*} Ploenpit Thareetien² Nopparmard Jiawtang³ Benjamard Musikaew⁴
and Narongsak Sirichaiphan⁵

¹Surin Inland Fisheries Research and Development Center

²Kalasin Inland Fisheries Research and Development Center

³Nong Khai Inland Fisheries Research and Development Center

⁴Khon Kaen Inland Fisheries Research and Development Center

⁵Ubon Ratchathani Inland Fisheries Research and Development Center

Abstract

Study on physical and chemical characteristic of water quality in Chulaphon Reservoir, Chaiyaphum Province was conducted in 4 sampling periods. The samples were collected from 9 stations in November 2011 to August 2012. The results showed that in the average values of general water quality condition in the reservoir were water depth 12.85 ± 7.48 m., water temperature 24.89 ± 1.55 °C, transparency 71.80 ± 61.98 cm, conductivity 114.14 ± 28.84 μ S/cm, turbidity 11.32 ± 21.53 FTU, dissolved oxygen 6.82 ± 1.67 mg/l and pH 7.35 ± 1.32 . For the soluble condition alkalinity and hardness were ranging from 64.16 ± 24.77 and 62.62 ± 20.37 mg/l as CaCO₃, free carbon dioxide 4.73 ± 2.08 mg/l, orthophosphate 0.162 ± 0.14 mg/l, total phosphorus 0.429 ± 0.36 mg/l respectively. On the nutrient condition ammonia nitrogen was found about 0.141 ± 0.08 mg/l, total nitrogen 0.620 ± 0.85 mg/l and chlorophyll-a 10.21 ± 12.30 mg/m³.

The result of the study showed that almost all of those water quality parameters were determined in normal level of natural water quality standard. Except for ammonia nitrogen orthophosphate and total phosphorus which had been found above the standard values and parameter of hardness and conductivity which had been found below the standard values in some station and period. In conclusion, sampling period of water parameter in Chulaphon Reservoir show clearly differences more than sampling site.

Key words : water quality, Chulaphon Reservoir

*Corresponding author: 50 Moo13 Tambon Cha-nieng, Amphoe Mueang, Surin 32000
Tel. 0 4452 1394 e-mail : sophit_k@yahoo.com

คำนำ

อ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ เป็นอ่างเก็บน้ำเอนกประสงค์ที่สร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์หลักในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังน้ำ ตัวเขื่อนได้สร้างปิดกั้นลำน้ำพรมบนเทือกเขาขุนพายบริเวณภูหยวกที่บริเวณตำบลทุ่งพระ อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ และได้เริ่มทำการเก็บกักน้ำตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2515 เป็นต้นมา ลักษณะเขื่อนเป็นแบบหินถม แกนกลางเป็นดินเหนียวบดอัดทับแน่นด้วยกรวดและหิน เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กอยู่ภายในหุบเขาสูงชัน ปกคลุมด้วยต้นไม้ขนาดใหญ่หนาแน่นมาก ส่วนที่กว้างที่สุด 4 กิโลเมตร และความยาวสุด 8 กิโลเมตร มีระดับเก็บกักปกติที่ 759.00 ม.ร.ท.ก. ความจุที่ระดับใช้งาน 126.53 ล้านลูกบาศก์เมตร และความจุที่ระดับเก็บกักปกติ 163.75 ล้านลูกบาศก์เมตร ความลึกเฉลี่ย 15.67 เมตร มีพื้นที่รองรับน้ำฝน 545 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ผิวน้ำ 12 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 7,500 ไร่ สามารถสนับสนุนพื้นที่เพื่อการชลประทานได้ประมาณ 52,000-83,000 ไร่ (กพผ.,2553)

เมื่อการสร้างเขื่อนแล้วเสร็จและเริ่มเก็บกักน้ำ กรมประมงได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของการสร้างเขื่อนต่อชนิดและปริมาณสัตว์น้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ โดยการสำรวจประชากรปลาอย่างต่อเนื่องในระหว่างปี พ.ศ. 2515 ถึงปี พ.ศ. 2517 ได้แก่ ผลการสำรวจชีวประมงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ ของสำรวจ และอุปถัมภ์ (2515) ซึ่งพบว่าอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์เป็นอ่างเก็บน้ำที่ตั้งอยู่ในระดับสูง (มากกว่า 700 ม.รทก.) จึงมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีต่ำกว่าอ่างเก็บน้ำแห่งอื่นๆ ประมาณ 4 องศาเซลเซียส และมีชนิดพันธุ์ปลาที่อาศัยอยู่น้อย จะเห็นได้ว่าอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์นับเป็นแหล่งทรัพยากรประมงที่สำคัญอีกแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสืบเนื่องจากการประมงมีนโยบายในการเพิ่มผลผลิตด้านประมงในแหล่งน้ำขนาดใหญ่เช่นอ่างเก็บน้ำต่างๆ ที่เกิดจากการสร้างเขื่อนเพื่อการชลประทานหรือการไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์ในด้านการประมงเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง โดยใช้การบริหารจัดการทรัพยากรประมงเป็นแนวทางหลัก ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานด้านนิเวศน์ สถานะภาพทรัพยากรสัตว์น้ำ ลักษณะการทำการประมงในแหล่งน้ำ จากผลการสำรวจในทางวิชาการมาพิจารณาประกอบในการกำหนดมาตรการบริหารจัดการทรัพยากรประมง ปัจจุบันสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไป ประกอบกับอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์เป็นอ่างเก็บน้ำที่เก็บกักน้ำมาเป็นเวลานานเกือบ 40 ปี และขาดการศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านทรัพยากรประมงมาเป็นเวลานาน ดังนั้น การศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและระดับความลึกน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ จังหวัดชัยภูมิในครั้งนี้ จึงมีส่วนสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาและรวบรวมข้อมูล พื้นฐานเพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวทางในการจัดการให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน โดยใช้วิธีการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วม ซึ่งประกอบด้วยชุมชนโดยรอบ ร่วมกับหน่วยงานราชการ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และองค์กรเอกชนอื่น ๆ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ เป็นแผนงานวิจัยย่อยในชุดโครงการ การประเมินสถานะทรัพยากรประมงและการบริหารจัดการประมงแบบมีส่วนร่วมในแหล่งน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ เพื่อทราบลักษณะทางกายภาพ คุณภาพน้ำและการเปลี่ยนแปลง โดยข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ประกอบเป็นข้อมูลในชุดโครงการใหญ่ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการทรัพยากรประมงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและยั่งยืนต่อไป

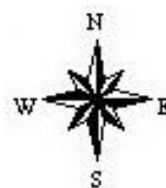
วัตถุประสงค์

- 1 เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและอุทกวิทยาของอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์
- 2 เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำและการเปลี่ยนแปลงตามลักษณะพื้นที่และฤดูกาล

วิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการสำรวจ

ดำเนินการศึกษาโดยการวางแผนและกำหนดจุดสำรวจในพื้นที่ชุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ โดยแบ่งออกเป็น 9 สำรวจ ตามลักษณะพื้นที่และสภาพนิเวศน์ของแหล่งน้ำ ครอบคลุมทั้งแหล่งน้ำ ทั้งตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง ดังแผนที่ 1



ภาพที่ 1 จุดสำรวจดัชนีคุณภาพน้ำในบึงโฆงหลง จังหวัดหนองคาย

ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล

- ครั้งที่ 1 ตัวแทนของระดับน้ำกำลังลง คือ เดือนพฤศจิกายน 2554
 ครั้งที่ 2 ตัวแทนของระดับน้ำน้อย คือ เดือนกุมภาพันธ์ 2555
 ครั้งที่ 3 ตัวแทนของระดับน้ำกำลังขึ้น คือ เดือนพฤษภาคม 2555
 ครั้งที่ 4 ตัวแทนของระดับน้ำมาก คือ เดือนสิงหาคม 2555

การรวบรวมข้อมูล

1. ลักษณะทางกายภาพและอุทกวิทยาของอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ โดยสำรวจภาคสนาม และรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิของลักษณะพื้นที่
2. คุณภาพน้ำและการผันแปรในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดสำรวจ 9 จุดสำรวจ จำนวน 4 เทียวสำรวจในรอบปี เก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุดสำรวจที่ระดับต่ำจากผิวน้ำ 0.5 เมตร และเหนือพื้นท้องน้ำ 0.5 เมตร โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ (Kemmerer water sampler) เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ตามการวิเคราะห์คุณภาพน้ำวิธีมาตรฐานสำหรับการตรวจสอบน้ำเสียและน้ำทั่วไป APHA AWWA and WPCF (1992) และตามวิธีของไมตรี และจรรุวรรณ (2528) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ดัชนีคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์

ดัชนีคุณภาพน้ำ	วิธีวิเคราะห์
ความลึกน้ำ (เมตร) *	ลูกตุ้มวัดความลึก
อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)*	Thermometer probe เครื่อง SOLOMAT 520c
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)*	Secchi disc plate
ความนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)*	Conductivity meter เครื่อง SOLOMAT 520c
ความขุ่นใส (เอฟ ที ยู)*	เครื่อง HACH DR/2000
ปริมาณออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร)*	Azide modification ของ Winkler Method
ความเป็นกรดเป็นด่าง *	pH meter เครื่อง SOLOMAT 520c
ความเป็นด่าง(มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูป CaCO ₃)*	Titrimetric method
ความกระด้าง(มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูป CaCO ₃)*	Titrimetric method
คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (มิลลิกรัมต่อลิตร)*	Titrimetric method
ออร์โธฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)*	เครื่อง HACH DR/2000
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)*	เครื่อง HACH DR/2000
แอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)*	เครื่อง HACH DR/2000
ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)*	เครื่อง HACH DR/2000
ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)*	เครื่อง HACH DR/2000
คลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)**	Spectrophotometric method

หมายเหตุ * วิเคราะห์ ณ จุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ ** วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในแต่ละจุดสำรวจและในแต่ละเดือนที่สำรวจ เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างจุดสำรวจและตามช่วงเวลาหรือระดับน้ำในบึงโขงหลง

3.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำระหว่างจุดสำรวจ โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากการศึกษาทั้ง 4 เทียบสำรวจ ด้วยวิธี one-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ $P < 0.05$ และแสดงผลเป็นตารางตัวเลข

3.3 ศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาหรือระดับน้ำ โดยใช้ค่าเฉลี่ยจาก 7 จุดสำรวจ ด้วยวิธี one-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ $P < 0.05$ และแสดงผลเป็นตารางตัวเลข

ผลการศึกษา

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ

1.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตามจุดสำรวจ

การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำตามจุดสำรวจ โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของดัชนีคุณภาพน้ำตามจุดสำรวจตลอดทั้งปี และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำระหว่างจุดสำรวจภายในเดือนเดียวกัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำต่างๆ พบว่าพื้นที่จุดสำรวจมีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำบางประการ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความลึกของน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ มีการเปลี่ยนแปลงตามจุดสำรวจและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำด้านอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

ความลึกน้ำ (water depth) ค่าพิสัยความลึกน้ำตามจุดสำรวจของอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าระหว่าง 1.00-5.31 เมตร และมีค่าเฉลี่ย 2.97 ± 1.32 เมตร และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงของความลึกน้ำตามจุดสำรวจมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 1 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (1.39 ± 0.37 เมตร) ขณะที่จุดสำรวจที่ 7 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (4.78 ± 0.48 เมตร)

อุณหภูมิน้ำ (water temperature) ค่าพิสัยของอุณหภูมิน้ำตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 24.30-30.90 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ย 27.79 ± 1.89 องศาเซลเซียส และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 1 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (26.91 ± 2.15 องศาเซลเซียส) และจุดสำรวจที่ 5 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (28.34 ± 2.88 องศาเซลเซียส) ดังแสดงในตารางที่ 3

ความโปร่งแสง (transparency) ค่าพิสัยความโปร่งแสงตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าระหว่าง 82.78-188.50 เซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ย 114.17 ± 61.98 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงของความโปร่งแสงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (131.75 ± 91.24 เซนติเมตร) ขณะที่จุดสำรวจที่ 8 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (231.75 ± 20.86 เซนติเมตร) ดังแสดงในตารางที่ 3

ความนำไฟฟ้า (conductivity) ค่าพิสัยของความนำไฟฟ้าตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าระหว่าง 82.78-1188.50 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ย 114.14 ± 28.84 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมาก และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงของความโปร่งแสงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 9 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (104.14 ± 19.56 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ขณะที่จุดสำรวจที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (124.36 ± 38.40 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)

ความขุ่นใส (turbidity) ค่าพิสัยความขุ่นใสตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าระหว่าง 0.08-89.00 เอฟ ที ยู และมีค่าเฉลี่ย 11.33 ± 21.53 เอฟ ที ยู และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงของความโปร่งแสงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 5 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (2.76 ± 3.77 เอฟ ที ยู) ขณะที่จุดสำรวจที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (23.13 ± 43.94 เอฟ ที ยู)

ปริมาณออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen) ค่าพิสัยปริมาณออกซิเจนละลายตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าระหว่าง 3.50-10.40 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 6.82 ± 1.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงของความค่าออกซิเจนละลายในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 1 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (5.70 ± 1.93 มิลลิกรัมต่อลิตร) ขณะที่จุดสำรวจที่ 7 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (8.60 ± 1.78 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าพิสัยความเป็นกรดเป็นด่างตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าระหว่าง 6.70-7.97 และมีค่าเฉลี่ย 7.35 ± 0.32 ซึ่งทุกจุดสำรวจมีค่าใกล้เคียงกันและเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (7.27 ± 0.053) ขณะที่จุดสำรวจที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (7.43 ± 0.32)

ความเป็นด่าง (alkalinity) ค่าพิสัยความเป็นด่างตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าระหว่าง 36.20-122.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 64.16 ± 24.77 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทุกจุดสำรวจมีค่าใกล้เคียงกันและเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 9 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (56.08 ± 22.11 มิลลิกรัมต่อลิตร) ขณะที่จุดสำรวจที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (71.63 ± 33.13 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ความกระด้าง (hardness) ค่าพิสัยความกระด้างตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าระหว่าง 38.40-107.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 62.67 ± 20.36 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทุกจุดสำรวจมีค่าใกล้เคียงกันและเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความกระด้างตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 9 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (54.35 ± 21.23 มิลลิกรัมต่อลิตร) ขณะที่จุดสำรวจที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (74.67 ± 28.11 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ)

คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (free carbon dioxide) ค่าพิสัยของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่า 0-9.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.73 ± 2.08 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระตามจุดสำรวจมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 9 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (2.25 ± 1.68 มิลลิกรัมต่อลิตร) ขณะที่จุดสำรวจที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (7.33 ± 1.26 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) ค่าพิสัยของปริมาณออร์โธฟอสเฟตตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าระหว่าง 0.016-0.058 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.034±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทุกจุดสำรวจมีค่าใกล้เคียงกันและเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออร์โธฟอสเฟตตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 5 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.029±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร) ขณะที่จุดสำรวจที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.034±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus) ค่าพิสัยของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าระหว่าง 0.010-0.570 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.162±0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทุกจุดสำรวจมีค่าใกล้เคียงกันและเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 6 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.114±0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร) ขณะที่จุดสำรวจที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.242±0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร)

แอมโมเนียไนโตรเจน (ammonia-nitrogen) ค่าพิสัยของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าระหว่าง 0.015-0.352 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.141±0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.179±0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร) ขณะที่จุดสำรวจที่ 8 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.081±0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ค่าพิสัยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าระหว่าง 0.051-1.205 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.639±0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดลงตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 8 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.178±0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร) ขณะที่จุดสำรวจที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (1.059±0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร)

คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) ค่าพิสัยของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์มีค่าระหว่าง 2.89-53.42 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ย 18.97±11.86 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งทุกจุดสำรวจมีค่าใกล้เคียงกันและเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจุดสำรวจที่ 8 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (13.01±9.71 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ขณะที่จุดสำรวจที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (29.03±15.62 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

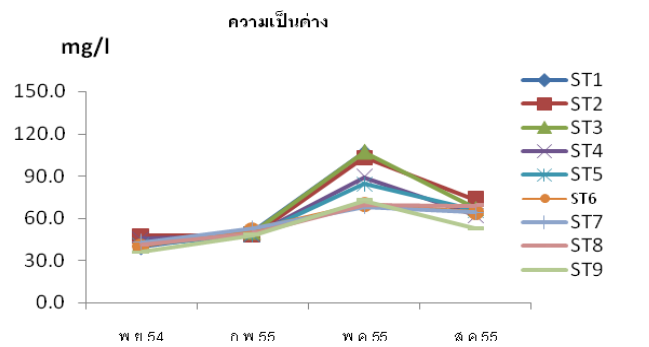
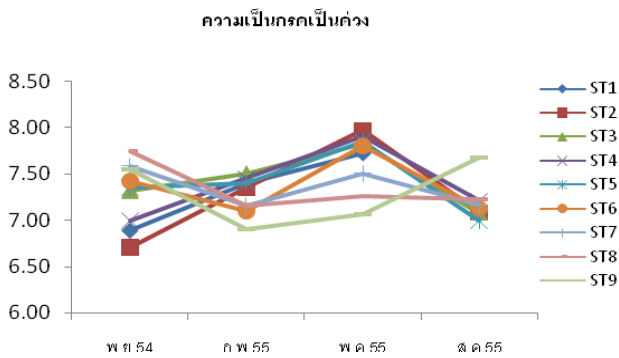
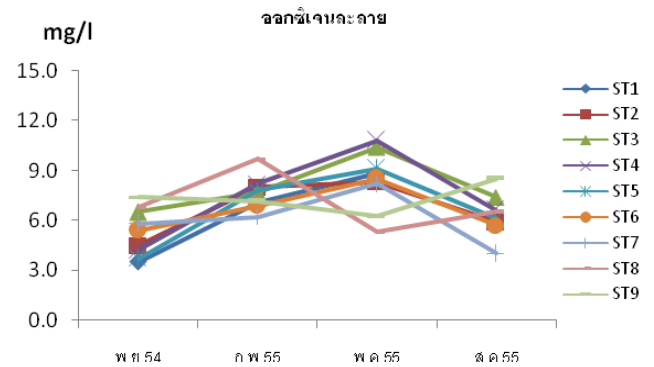
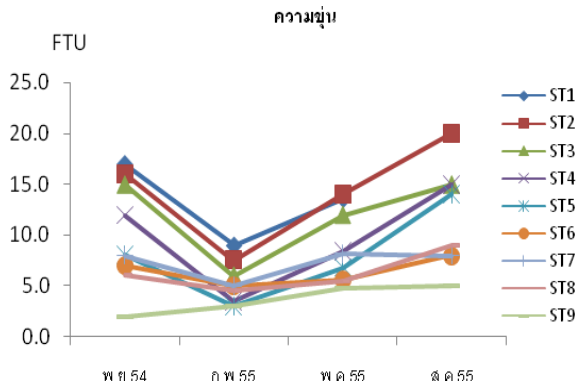
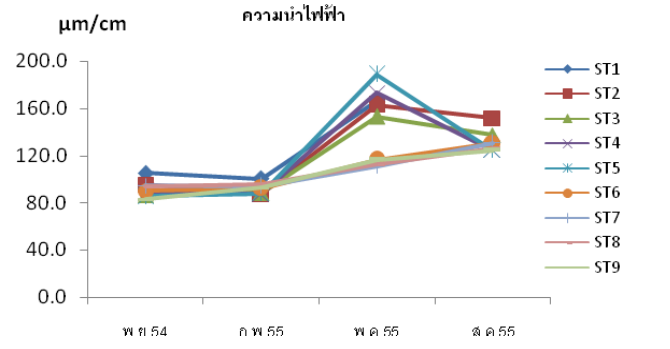
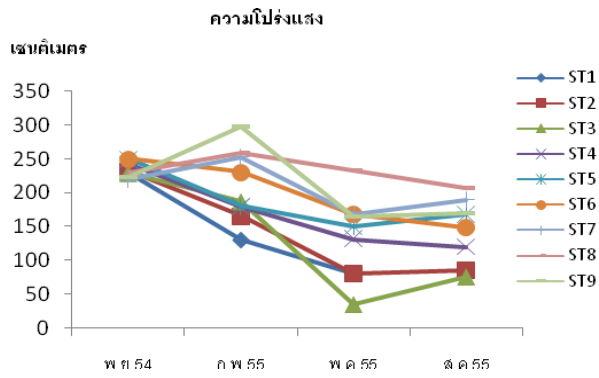
ตารางที่ 2 ค่าพิสัยและค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ จำนวน 9 จุดสำรวจ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2554 ถึงเดือนสิงหาคม 2555

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าพิสัย		ค่าเฉลี่ย
	ต่ำสุด	สูงสุด	
ความลึกน้ำ (เมตร)	1.00	5.31	2.97 ± 1.32
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	28.30	30.95	28.79 ± 1.89
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	35.00	298.00	181.80 ± 61.98
ความนำไฟฟ้า(ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	82.72	188.50	114.14 ± 28.84
ความขุ่นใส (เอฟ ที ยู)	0.0	89.00	11.32 ± 21.53
ปริมาณออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.50	10.40	6.82 ± 1.67
ความเป็นกรดเป็นด่าง	6.70	7.97	7.35 ± 3.22
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของCaCO ₃)	36.2	122.00	10.55 ± 1.80
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของCaCO ₃)	3840	107.00	62.67 ± 20.37
คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.00	9.00	4.73 ± 2.08
ออร์โธฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.010	0.570	0.162 ± 0.14
ฟอสฟอรัสทั้งหมด(มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.030	1.380	0.429 ± 0.36
แอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.015	0.352	0.142 ± 0.08
ไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.051	1.205	0.639 ± 0.32
คลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	2.89	53.42	18.97 ± 11.86

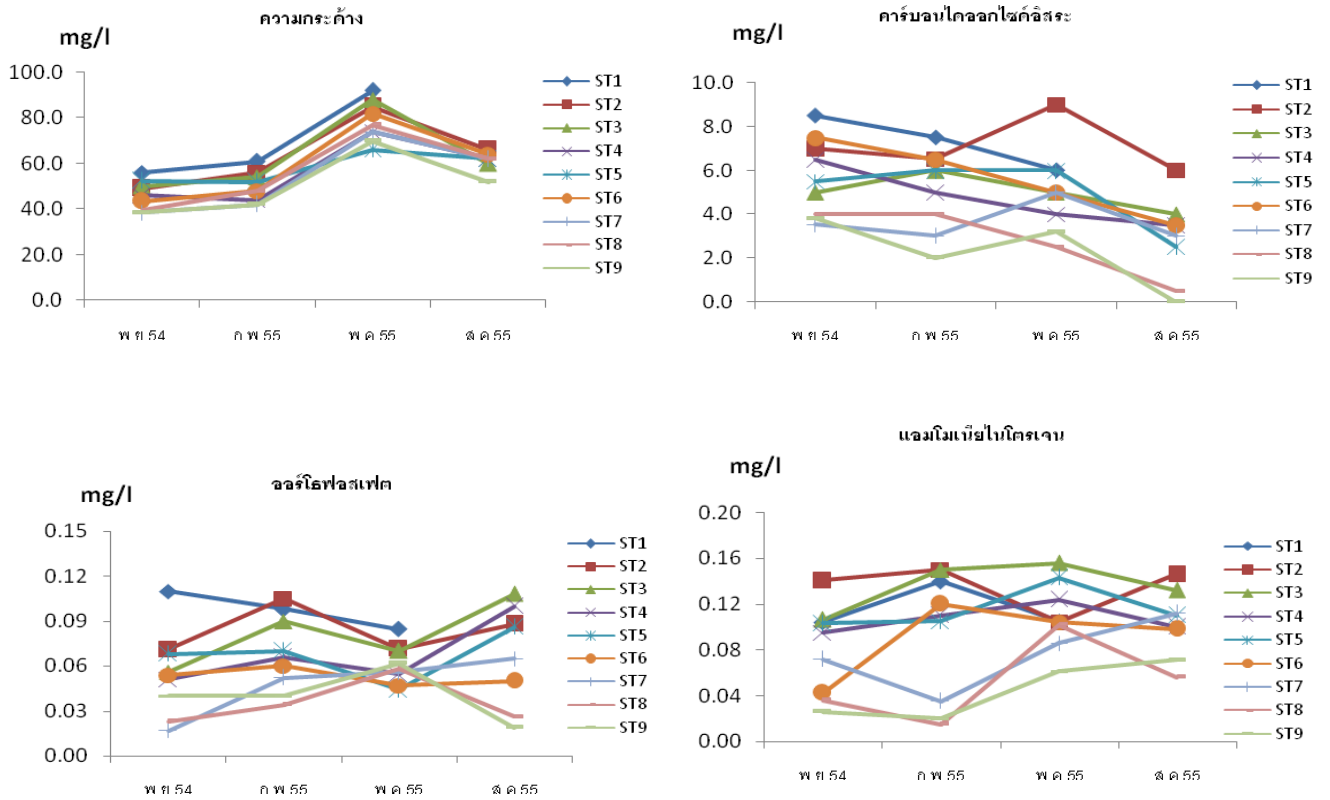
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าพิสัยและค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ จำนวน 9 จุดสำรวจ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2554 ถึงเดือนสิงหาคม 2555

ดัชนีคุณภาพน้ำ	จุดสำรวจ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ความลึกน้ำ (m)*	146.67±76.37 ^a	140.50±72.37	1.71±0.53 ^{ab}	1.88±0.38 ^{ab}	2.50±0.38 ^{bc}	3.90±0.18 ^d	4.68±0.43 ^d	4.79±0.48 ^d	2.91±0.20 ^c
อุณหภูมิน้ำ (°C)	26.91±2.15	25.42±1.52	27.28±1.91	27.46±1.58	27.75±2.33	28.34±2.88	28.16±2.58	28.16±1.23	28.26±1.34
ความโปร่งแสง (cm)	146.67±76.37	140.50±72.37	131.75±91.25	168.50±55.43	148.00±36.58	199.50±48.17	207.75±36.94	231.75±20.8	214.00±61.84
ความนำไฟฟ้า (µcmV)	123.80±36.12	124.36±38.40	116.31±34.02	118.13±40.52	121.51±48.12	107.23±19.33	107.46±17.29	106.74±15.13	104.14±19.56
ความขุ่นใส (FTU)	10.01±14.79	13.89±23.01	18.78±36.16	23.13±43.94	2.76±3.77	5.01±7.07	7.08±9.82	6.47±9.36	14.47±24.56
ปริมาณออกซิเจนละลาย (mg/l)	5.70±1.93	6.15±1.44	6.95±0.71	6.65±1.76	6.40±1.99	6.75±1.63	6.00±1.64	7.90±1.52	8.60±1.78
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.34±0.42	7.28±0.53	7.43±0.32	7.39±0.39	7.40±0.35	7.37±0.33	7.35±0.22	7.34±0.27	7.30±0.37
ความเป็นด่าง (mg/l CaCO ₃)	70.67±44.40	71.63±33.13	70.38±35.91	64.88±27.08	63.50±26.12	60.38±19.01	60.63±17.21	61.00±19.57	56.08±22.11
ความกระด้าง (mg/l CaCO ₃)	74.67±28.11	67.75±22.60	66.75±24.51	60.25±20.79	61.88±13.55	63.13±24.24	57.88±23.19	60.38±23.03	54.35±21.23
คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (mg/l) *	7.33±1.26 ^a	7.13±1.31 ^a	5.00±0.82 ^{bc}	4.50±1.58 ^{bcd}	5.00±1.69 ^{ab}	5.63±1.75 ^{ab}	3.63±0.95 ^{bcd}	2.75±1.66 ^{cd}	2.25±1.68 ^d
ออร์โธฟอสเฟต (mg/l)	0.145±0.07	0.242±0.24	0.192±0.16	0.154±0.12	0.117±0.11	0.114±0.13	0.142±0.19	0.191±0.18	0.160±0.14
ฟอสฟอรัสทั้งหมด mg/l)	0.425±0.41	0.533±0.44	0.566±0.47	0.543±0.49	0.534±0.56	0.528±0.35	0.324±0.14	0.218±0.08	0.193±0.16
แอมโมเนียไนโตรเจน (mg/l)	0.133±0.05	0.179±0.04	0.174±0.07	0.149±0.07	0.175±0.08	0.178±0.14	0.119±0.08	0.082±0.07	0.084±0.06
ไนโตรเจนทั้งหมด (mg/l)	1.059±0.15	0.400±0.12	1.007±0.02 ^b	0.792±0.06	0.646±0.18	0.555±0.22	0.400±0.12	0.479±0.20	0.178±0.11
คลอโรฟิลล์ เอ (mg/m ³)	19.16±4.06	15.02±9.19	22.73±7.83	29.03±15.62	25.29±21.36	15.02±9.19	12.59±11.02	14.97±5.07	13.01±9.71

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันแสดงว่ามีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P<0.05)



ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ จำนวน 9 จุดสำรวจ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2554 ถึงเดือนสิงหาคม 2555



ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำตามจุดสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ จำนวน 9 จุดสำรวจ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2554 ถึงเดือนสิงหาคม 2555 (ต่อ)

2.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาสำรวจ

ช่วงเวลาสำรวจมีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำมาก คือในด้านค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็มต่าง ความกระด้าง ออร์โธฟอสเฟต ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และคลอโรฟิลล์เอ ความลึก ความโปร่งแสง ความขุ่นใส ความนำไฟฟ้า ออกซิเจนละลายน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ แอมโมเนียไนโตรเจน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาสำรวจ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยของความลึก และไนโตรเจนทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงในตารางที่ 4

- ความลึกน้ำ (water depth) จากการศึกษาค่าความลึกของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าความลึกน้ำมีค่าเฉลี่ย 2.93 ± 1.49 , 2.59 ± 1.34 , 2.95 ± 1.23 และ 3.40 ± 1.32 เมตร ตามลำดับ โดยในเดือนมีนาคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

- อุณหภูมิ น้ำ (water temperature) จากการศึกษาค่าอุณหภูมิของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าอุณหภูมิ น้ำมีค่าเฉลี่ย 25.53 ± 1.26 , 29.81 ± 0.88 , 28.66 ± 0.97 และ 27.51 ± 0.83 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยในเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนมีนาคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

- ความโปร่งแสง (transparency) จากการศึกษาค่าความโปร่งแสงของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าเฉลี่ยเฉลี่ย 175.38 ± 78.75 , 122.50 ± 70.46 , 177.50 ± 82.25 และ 154.50 ± 61.72 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยในเดือนมีนาคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

- ความนำไฟฟ้า (conductivity) จากการศึกษาค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าความนำไฟฟ้าของน้ำมีค่าเฉลี่ย 17.11 ± 3.58 , 18.35 ± 4.08 , 18.78 ± 4.43 และ 16.86 ± 2.30 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ โดยในเดือนกันยายนมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนมิถุนายนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

- ความขุ่นใส (turbidity) จากการศึกษาค่าความขุ่นใสของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าความขุ่นใสของน้ำมีค่าเฉลี่ย 7.19 ± 8.39 , 12.00 ± 10.18 , 9.95 ± 10.58 และ 10.30 ± 10.96 เอฟ ที ยู ตามลำดับ โดยในเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนมีนาคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

- ปริมาณออกซิเจนละลาย (dissolve oxygen) จากการศึกษาค่าปริมาณออกซิเจนละลายในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำมีค่าเฉลี่ย 7.31 ± 2.21 , 6.80 ± 1.35 , 6.89 ± 2.78 และ 6.90 ± 2.63 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในเดือนมีนาคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

- ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) จากการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำ

มาก) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ย 6.82 ± 0.25 , 7.33 ± 0.17 , 6.96 ± 0.47 และ 6.25 ± 0.14 ตามลำดับ โดยในเดือนกันยายนมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนมีนาคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งมีค่าที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

- ความเป็นด่าง (alkalinity) จากการศึกษาค่าความเป็นด่าง ของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าความเป็นด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ย 10.88 ± 0.64 , 11.88 ± 2.53 , 10.19 ± 0.75 และ 9.25 ± 1.69 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ โดยในเดือนกันยายนมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนมีนาคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

- ความกระด้าง (hardness) จากการศึกษาค่าความกระด้างของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าความกระด้างของน้ำมีค่าเฉลี่ย 14.43 ± 3.21 , 38.25 ± 11.63 , 25.00 ± 7.25 และ 12.63 ± 2.92 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ โดยในเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนมีนาคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

- คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (free carbon dioxide) จากการศึกษาค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระของน้ำมีค่าเฉลี่ย 5.06 ± 4.25 , 6.31 ± 3.15 , 7.00 ± 0.35 และ 9.94 ± 6.41 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนกันยายนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

- ออร์โธฟอสเฟต (orthophosphate) จากการศึกษาค่าออร์โธฟอสเฟตของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าออร์โธฟอสเฟตของน้ำมีค่าเฉลี่ย 0.022 ± 0.01 , 0.036 ± 0.01 , 0.035 ± 0.01 และ 0.044 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยในเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนมิถุนายนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

- ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus) จากการศึกษาค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำมีค่าเฉลี่ย 0.018 ± 0.01 , 0.051 ± 0.01 , 0.049 ± 0.02 และ 0.052 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยในเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนมิถุนายนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

- แอมโมเนียไนโตรเจน (ammonia nitrogen) จากการศึกษาค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำมีค่าเฉลี่ย 0.047 ± 0.03 , 0.065 ± 0.04 , 0.048 ± 0.02 และ 0.047 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยในเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนมีนาคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

- ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) จากการศึกษาค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำมีค่าเฉลี่ย 0.564 ± 0.39 , 0.744 ± 0.25 , 0.619 ± 0.34 และ 0.648 ± 0.29

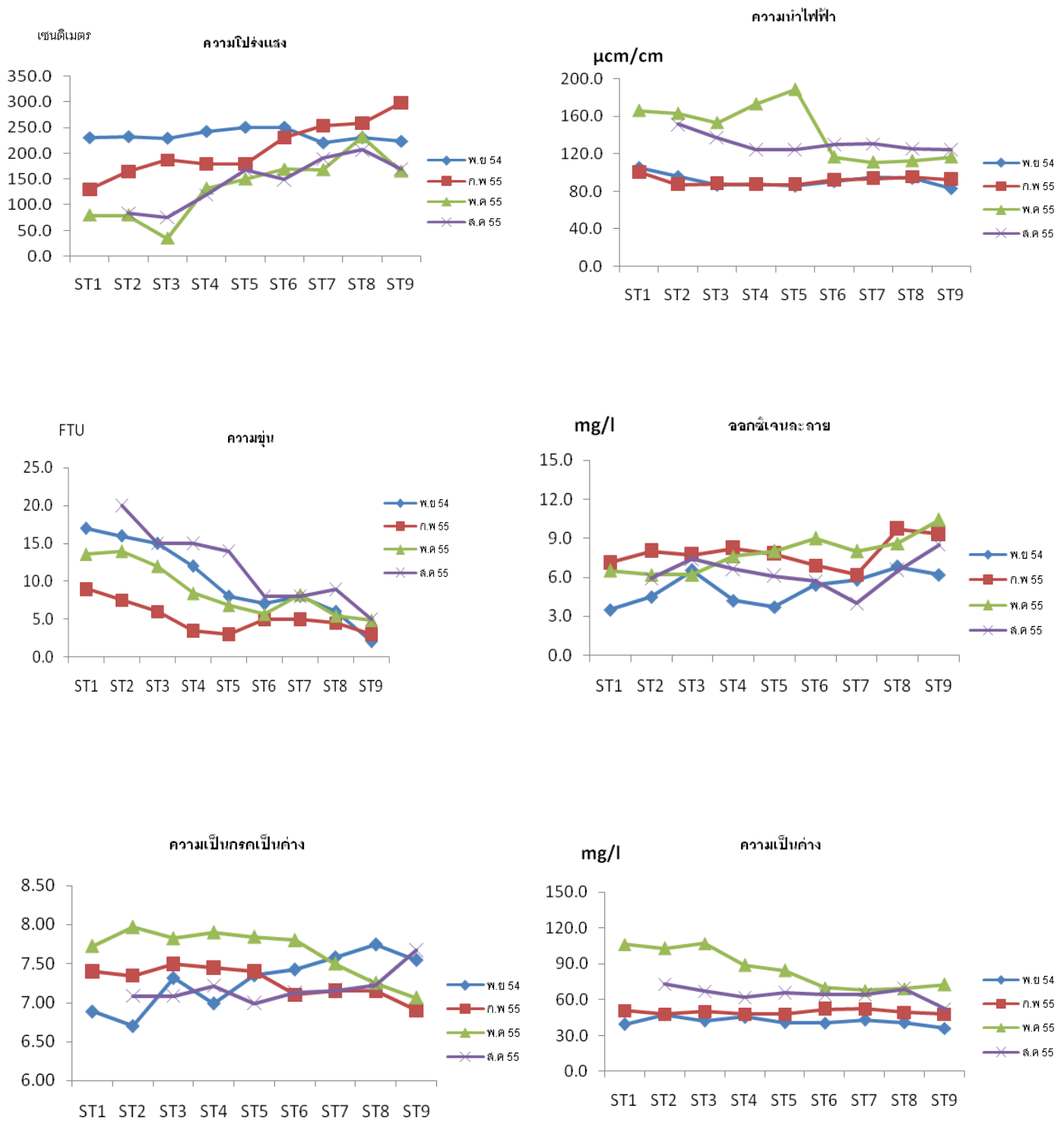
มีลิกริ้มต่อลิตร ตามลำดับ โดยเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนมีนาคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

- คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) จากการศึกษาค่าคลอโรฟิลล์ เอ ของน้ำในเดือนธันวาคม (ระดับน้ำกำลังลง) เดือนมีนาคม (ระดับน้ำน้อย) เดือนมิถุนายน (ระดับน้ำกำลังขึ้น) และกันยายน (ระดับน้ำมาก) พบว่าคลอโรฟิลล์ เอ ของน้ำมีค่าเฉลี่ย 18.97 ± 12.76 , 30.26 ± 12.21 , 16.68 ± 6.07 และ 9.99 ± 5.54 มีลิกริ้มต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยในเดือนมิถุนายนมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนมีนาคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

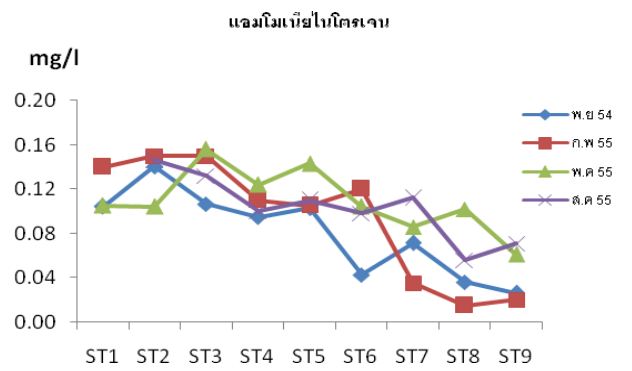
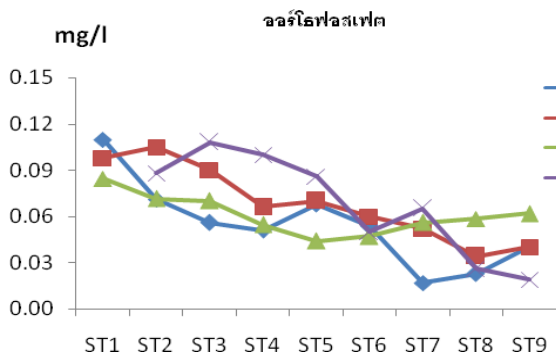
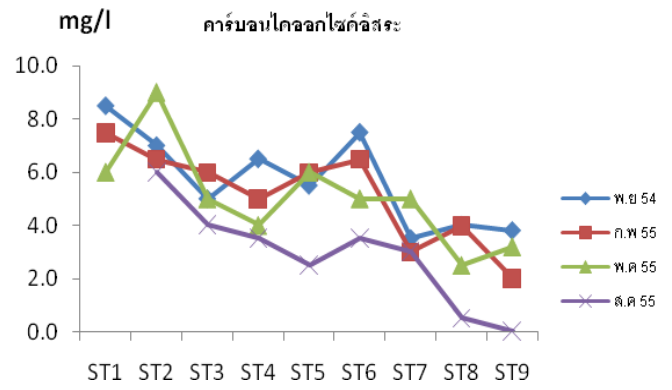
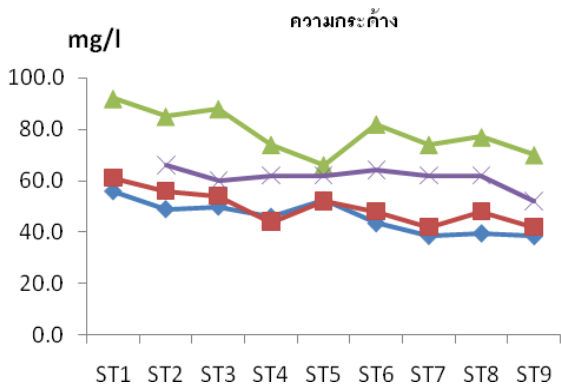
ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ ตามช่วงเวลาสำรวจ จำนวน 9 จุดสำรวจ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2554 ถึงเดือนสิงหาคม 2555

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำ			
	พฤศจิกายน 54	กุมภาพันธ์ 55	พฤษภาคม 55	สิงหาคม 55
ความลึกน้ำ (m)	2.93 ± 1.49	2.59 ± 1.34	2.95 ± 1.23	3.40 ± 1.32
อุณหภูมิน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)*	25.53 ± 1.26^a	29.81 ± 0.88^b	28.66 ± 0.97^c	27.15 ± 0.83^d
ความโปร่งแสง (cm)*	234.00 ± 10.92^a	209.00 ± 53.67^a	134.56 ± 60.04^b	145.63 ± 47.84^b
ความนำไฟฟ้า ($\mu\text{cm}/\text{cm}$)*	91.24 ± 6.77^a	91.71 ± 4.45^a	144.43 ± 30.30^b	131.36 ± 9.42^b
ความขุ่นใส (FTU)*	39.11 ± 27.94^a	4.81 ± 2.01^b	0.03 ± 0.02^b	0.11 ± 0.13^b
ปริมาณออกซิเจนละลาย (mg/l)*	5.18 ± 1.24^a	7.88 ± 1.11^b	7.83 ± 1.40^b	6.34 ± 1.31^a
ความเป็นกรดเป็นด่าง *	7.28 ± 0.35^a	7.27 ± 0.20^a	7.65 ± 0.32^b	7.19 ± 0.21^a
ความเป็นด่าง ($\text{mg}/\text{l CaCO}_3$)*	41.86 ± 3.31^a	49.67 ± 1.82^a	100.57 ± 16.55^b	64.63 ± 5.98^c
ความกระด้าง ($\text{mg}/\text{l CaCO}_3$)*	45.93 ± 6.42^a	49.67 ± 5.60^a	93.67 ± 8.65^b	61.25 ± 4.13^c
คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (mg/l)*	5.70 ± 1.78^a	5.17 ± 1.82^a	4.97 ± 1.98^a	2.88 ± 1.92^b
ออร์โธฟอสเฟต(mg/l)*	0.21 ± 0.18^a	0.30 ± 0.07^a	0.05 ± 0.01^b	0.052 ± 0.03^b
ฟอสฟอรัสทั้งหมด(mg/l)*	0.396 ± 0.19^a	0.905 ± 0.41^b	0.182 ± 0.06^a	0.233 ± 0.09^a
แอมโมเนียไนโตรเจน (mg/l)*	0.223 ± 0.07^a	0.141 ± 0.09^b	0.086 ± 0.03^b	0.113 ± 0.03^b
ไนโตรเจนทั้งหมด(mg/l)	0.546 ± 0.39	0.744 ± 0.25	0.619 ± 0.34	0.648 ± 0.29
คลอโรฟิลล์ เอ (mg/m^3)*	18.97 ± 12.76^a	30.26 ± 12.21^b	16.68 ± 6.07^a	9.99 ± 5.54^a

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$)



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ตามช่วงเวลาสำรวจ จำนวน 9 จุดสำรวจ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2554 ถึงเดือนสิงหาคม 2555



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาสำรวจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ตามช่วงเวลาสำรวจ จำนวน 9 จุดสำรวจ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2554 ถึงเดือนสิงหาคม 2555 (ต่อ)

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

1. จากการศึกษาคุณภาพน้ำโดยทั่วไปในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2554 ถึงเดือน สิงหาคม 2555 พบว่า คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์สามารถจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์ เพื่อ การอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคหรือขบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และใช้ ประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง จากการนำคุณภาพน้ำเฉลี่ยทุกดัชนี เปรียบเทียบกับเกณฑ์ คุณภาพน้ำที่เหมาะสมในดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ พบว่าคุณภาพน้ำโดยทั่วไปยังอยู่ในเกณฑ์ที่ เหมาะสมไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ อย่างไรก็ตามยังมีคุณภาพน้ำบางประการ เช่น ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสทั้งหมด มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย ส่วนค่าความกระด้าง และค่าความนำไฟฟ้ามีค่าค่อนข้างต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานในบางช่วงเวลาและบางจุดสำรวจ น้ำในอ่างเก็บน้ำ เขื่อนจุฬาภรณ์สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมทางด้านการประมงได้เป็นอย่างดี ซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับปรุง คุณภาพน้ำบางดัชนี เช่น ความกระด้าง ความนำไฟฟ้าที่มีค่าค่อนข้างต่ำ

2. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ตามจุดสำรวจ พบว่าจุด สำรวจหรือลักษณะพื้นที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงดัชนีคุณภาพน้ำน้อยมาก โดยค่าดัชนีคุณภาพน้ำจะมี แนวโน้มลดลงตามจุดสำรวจ จากจุดสำรวจที่ 1 ไปยังจุดสำรวจที่ 9 ได้แก่ ค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ เนื่องจากจุดสำรวจที่ 1 ซึ่งเป็นบริเวณต้นน้ำ มีปริมาณน้ำน้อยและเป็นบริเวณที่รับน้ำจากบริเวณตอนบนของ อ่าง เกิดการสะสมของตะกอนและสารอินทรีย์ต่างๆในปริมาณมาก ทำให้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำดังกล่าวสูงไป ด้วย และเมื่อมีการเคลื่อนที่ของมวลน้ำหรือกระแสน้ำพัดพาตะกอนหรือสารอินทรีย์ไปบริเวณกลางน้ำและ ปลายน้ำซึ่งมีปริมาณน้ำมากขึ้น ทำให้เกิดการเจือจางตะกอนหรือสารอินทรีย์ ค่าดัชนีคุณภาพน้ำดังกล่าวจึง ลดลง ส่วนค่าความลึกลับน้ำ จะมีค่าแปรผกผัน คือจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากจุดสำรวจที่ 1 ถึงจุดสำรวจที่ 9 ซึ่งเป็น ผลมาจากลักษณะพื้นที่ของอ่างเก็บน้ำ

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาหรือระดับน้ำ พบว่าช่วงเวลาหรือระดับน้ำ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำอย่างมาก โดยพบว่าค่าดัชนีคุณภาพน้ำส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มลดลง เมื่อระดับน้ำเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นด่าง ความกระด้าง และปริมาณ คลอโรฟิลล์ เอ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำน้อย ความเข้มข้นของสารละลายหรือแร่ธาตุต่างๆ ในน้ำมีความเข้มข้น สูงกว่าช่วงเวลาอื่นๆ ทำให้ดัชนีคุณภาพน้ำเหล่านี้สูงสุด และเมื่อมีปริมาณน้ำมากขึ้น ปริมาณน้ำจะช่วยเจือจาง ความเข้มข้นของสารละลายต่างๆในน้ำให้ลดลง ส่งผลให้ดัชนีคุณภาพน้ำดังกล่าวลดลง ส่วนในด้านดัชนี ปริมาณออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสทั้งหมด จะแปรผกผันกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำดังกล่าวข้างต้น คือจะมี ค่าสูงสุดปริมาณน้ำมาก (ฤดูฝน) ฝนจะชะล้างฟอสฟอรัสหรือธาตุต่างๆ จากพื้นที่ทำการเกษตร (สวนยางพารา นาข้าว)บริเวณรอบๆอ่างเก็บน้ำละลายลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้ช่วงเวลานี้มีปริมาณออร์โธฟอสฟอรัส และ ฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มระยะเวลาในการศึกษามากขึ้น โดยวางแผนให้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทุกเดือนในรอบปี เพื่อจะได้ข้อมูลที่ละเอียดและสามารถนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลอย่างถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น
2. ควรศึกษาคุณภาพน้ำด้านอื่นๆเพิ่มเติม เช่นปริมาณโลหะหนักต่างๆ เพื่อประกอบเป็นข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
3. ควรมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อติดตามเฝ้าระวังและควบคุมคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำ ให้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและทรัพยากรทางการประมงอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิต . 2523. การสำรวจชีววิทยาและการประมงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์. รายงานการปฏิบัติงานตามโครงการด้านประมง ประจำปี 2523-2534. ส่วนเคมีวิเคราะห์ ฝ่ายปฏิบัติการการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. หน้า 35-48.
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิต. 2552. ข้อมูลเขื่อนจุฬาภรณ์. เอกสารอัดสำเนา.
- จันทร์พิมพ์ แสนอุดม. 2536. การศึกษาแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเดสมิดในแม่น้ำสงครามและลำน้ำสาขา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท (วิทยาศาสตร์การประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 187 หน้า
- บุญรัตน์ จันทร์สว่าง และคณะ. 2534. การสำรวจประชากรปลาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ จ.ชัยภูมิ.เอกสารวิชาการฉบับที่ 122 .สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, จตุจักร, กรุงเทพฯ. 33 หน้า.
- พิชิต ศรีมุกดา.2511. การสำรวจชีวประมงในหนองหาร. ใน รายงานประจำปี 2511. สถานีประมงหนองหาร, สกลนคร.76 หน้า.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์.2535. ชนิด ปริมาณ การแพร่กระจายของพันธุ์ไม้น้ำและสัตว์ที่เกาะอาศัยตามพันธุ์ไม้น้ำในหนองหาร จังหวัดสกลนคร.เอกสารวิชาการฉบับที่ 73 สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง, กรุงเทพฯ. 110 หน้า.
- สำรวย ชิบเข และอุปถัมภ์ ภาณุตานนท์. 2515. การสำรวจชีวประมงในอ่างเก็บน้ำพรหม. รายงานประจำปี 2515. หน่วยงานสำรวจและวิจัยเพื่อพัฒนาการประมงน้ำจืด กรมประมง. หน้า 30-46.
- สำรวย ชิบเข และอุปถัมภ์ ภาณุตานนท์ฯ. 2515. การสำรวจชีวประมงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์. งานสำรวจและวิจัยเพื่อพัฒนาการประมงน้ำจืด,กองบำรุงพันธุ์สัตว์น้ำ, กรมประมง, กรุงเทพฯ.13 หน้า.
- สำรวย ชิบเข. 2516. การสำรวจชีวประมงในอ่างเก็บน้ำพรหม (จุฬาภรณ์). รายงานประจำปี 2516. หน่วยงานสำรวจและวิจัยเพื่อพัฒนาการประมงน้ำจืด กรมประมง. หน้า 41-55.
- สำรวย ชิบเข และอาจิตร นุดสมบัตติ. 2517. การสำรวจชีวประมงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์. รายงาน

ประจำปี 2517. หน่วยงานสำรวจและวิจัยเพื่อพัฒนาการประมงน้ำจืด กรมประมง. หน้า 50-60.
ถวัลย์ ชูขจร. 2518. อ่างเก็บน้ำเขื่อนจุฬาภรณ์ (น้ำพรม) จังหวัดชัยภูมิ. รายงานประจำปี 2518. หน่วยงาน
บริหารการประมงในแหล่งน้ำใหญ่ กรมประมง. หน้า 30-48.

APHA, AWWA and WPCF. 1980. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.
American Public Health Association, Washington D.C. 1,134 pp.

