บทความวิจัย

ลักษณะนิเวศ-อุทกของแหล่งน้ำไหล: กรณีศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเขื่อนรัชชประภา เขื่อนขุนด่านปราการชล และเขื่อนอุบลรัตน์

อัศมน ลิ่มสกุล[a,✉] **อัศดร คำเมือง**[b] **วุฒิชัย แพงแก้ว**[b] **นิดาลักษณ์ สิทธิพล**[b]
[a]นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
[b]นักวิชาการสิ่งแวดล้อม ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
✉atsamon@deqp.go.th

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะทางอุทก-นิเวศของแหล่งน้ำไหลบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนขุนด่านปราการชลและเขื่อนรัชชประภา ในฤดูแล้งและฤดูฝนระหว่างปี พ.ศ. 2553 - 2554 พบว่า ปริมาณฝนและน้ำท่า เป็นปัจจัยทางอุตุ-อุทกพื้นฐานที่กำหนดความแปรปรวนและพลวัตของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล ผลกระทบเชิงอุทกประการหนึ่งจากการสร้างเขื่อนปิดกั้นทางน้ำ คือ น้ำที่ไหลออกจากเขื่อนสูญเสียสัญญาณวงจรการเกิดซ้ำในคาบเวลารอบปีซึ่งส่งผลกระทบแบบลูกโซ่ต่อลักษณะทางนิเวศขั้นพื้นฐาน วงจรชีวิตของสิ่งมีชีวิต ตลอดจนฟลักซ์ของตะกอนและสารอินทรีย์ ทั้งนี้ คุณภาพน้ำ สารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อน มีลักษณะที่แตกต่างกันในหลายมิติ โดยความแตกต่างในเชิงพื้นที่นี้ สะท้อนให้เห็นถึงความหลากหลายของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลเชิงโครงสร้างและฟังชั่นพื้นที่รับน้ำและนิเวศป่าโดยรอบ ส่วนการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลา พบว่า คุณภาพน้ำ สารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช ส่วนใหญ่ในบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูกาลและระหว่างปี อันเกิดจากระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและปัจจัยทางอุตุ-อุทกของลำน้ำ นิเวศแหล่งน้ำไหลบริเวณต้นน้ำ มีลักษณะเป็นระบบ Heterotrophic ซึ่งแสดงถึงการย่อยสลายด้วยกระบวนการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิต เป็นกลไกสำคัญในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่มีแหล่งกำเนิดจากนอกระบบ (Allochthonous Source) มาเป็นพลังงานหลักที่หล่อเลี้ยงในห่วงโซ่อาหารของระบบ โดยตะกอนอินทรีย์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก (Coarse Particulate Organic Matter (CPOM)/Fine Particulate Organic Matter (FPOM) ถูกย่อยสลายตามลำดับขั้นโดยสิ่งมีชีวิตขั้นปฐมภูมิ ทั้งนี้ สัดส่วน C:N:P และลิกนินของ CPOM และ FPOM นับว่ามีความสำคัญต่อการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศผ่านกระบวนการย่อยสลายตะกอนอินทรีย์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก และเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญถึงแหล่งกำเนิด องค์ประกอบและโครงสร้างของ CPOM/FPOM ตลอดจนอัตราการย่อยสลายของ CPOM/FPOM ในลำน้ำ

คำสำคัญ : ระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล, อุทก-นิเวศ, แหล่งกำเนิดนอกระบบ, คุณภาพน้ำ, ตะกอนอินทรีย์

Research

Stream eco - hydrological characteristics: Comparative study of Ratchaprabha, Kundan and Ubonrat Dams

Atsamon Limsakul[a,✉] **Asadorn Kammuang**[b]
Wutthichai Paengkaew[b] **Nidalak Sitthipon**[b]
[a]Environmentalist, Professional level, Environmental Research and Training Center
[b]Environmentalist, Environmental Research and Training Center
✉ atsamon@deqp.go.th

Abstract

The study on eco-hydrological characteristics of the upstream and downstream of the Rajjaprabha, Khundan and Ubonrat Dams carried out during the wet and dry seasons of the period 2010-2011 revealed that rainfall and runoff were fundamental hydro-meteorological factors determining the variability and dynamics of these stream ecosystems. One of ecological impacts from dam construction was that water discharges from the dams lost seasonal re-occurrence signals which then exerted chain effects on fundamental characteristics of stream ecosystem, life cycles of living organisms as well as fluxes of sediments and organic matter. From an ecological point of view, water quality, organic matter and nutrients in the upstream and downstream showed remarkable distinction in different dimensions. On a spatial respect, they reflected the diversity of riverine ecosystem in terms of structures and functions of stream, catchment areas and surrounding forests. While water quality, organic matter and nutrients in the upstream and downstream exhibited seasonally and interannually in response to the changes in physical and hydro-meteorological regimes of stream. The upstream ecosystem is characterized as the heterotrophic system whereby decomposition by community respiration is a key mechanism to convert allochthonous organic matter to main energy source for supporting the stream food web. Coarse and Fine Particulate Organic Matter (CPOM/FPOM) is subsequently decomposed by the primary trophic organisms. As a consequence, C: N: P ratios and lignin percentage of CPOM and FPOM are important for nutrient cycling in the stream ecosystem through CPOM/FPOM decomposition and an indicator of source, composition and structure of organic matter entering into stream.

Keywords: Stream Ecosystem; Eco-hydrology; Allochthonous Source; Water Quality; Organic Sediment

บทนำ

แหล่งน้ำไหล (Running Water หรือ Lotic) เป็นระบบนิเวศแบบเปิดที่พึ่งพาและมีปฏิสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับสิ่งแวดล้อมโดยรอบในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยทำหน้าที่เป็นสื่อกลางสำคัญของวัฏจักรคาร์บอนและธาตุอาหารพืช ช่วยรักษาสมดุลกระบวนการชีวธรณีเคมีของระบบนิเวศ ค้ำจุนสรรพชีวิตนานาชนิด และเอื้อประโยชน์ให้แก่มนุษย์นานัปการทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม (Poff et al., 1997; Meybeck, 2003; Arthington et al., 2009) ระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล ยังคงความโดดเด่นเฉพาะตัวในด้านความหลากชนิดของพืชและสัตว์ที่ไม่ปรากฏในระบบนิเวศอื่น ๆ (Allen, 1995)

แหล่งน้ำไหล เป็นระบบนิเวศที่มีความเปราะบางสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภายนอก ในปัจจุบัน แหล่งน้ำไหลของโลก กำลังถูกคุกคามอย่างสูงจากปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางกายภาพ เช่น การรุกล้ำทางน้ำ การก่อสร้างสิ่งกีดขวางทางน้ำ การเปลี่ยนทิศทางการไหลของลำน้ำ การเพิ่มขึ้นของประชากรโลก การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและมลพิษจากพื้นดิน (Nilsson et al., 2005; Poff & Zimmerman, 2010; Vörösmarty et al., 2010; Cardinale, 2011) ซึ่งสองในสามของแม่น้ำขนาดใหญ่ จำนวน 292 สาย ได้ถูกปิดกั้นและแยกจากกันจากการสร้างเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2010) โดยในปัจจุบัน ได้มีการสร้างเขื่อนที่มีความสูง 15 เมตร มากกว่า 945,000 แห่งทั่วโลก ซึ่งสามารถรองรับน้ำทั้งหมดได้มากกว่า 15% ของปริมาณน้ำท่ารวมของโลก นอกจากนี้ ระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลในหลายภูมิภาคของโลก กำลังได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งไม่เพียงแต่ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้ประโยชน์และความสามารถในการให้บริการของระบบนิเวศต่อมนุษย์ลดลง แต่ยังส่งผลให้ก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศในปริมาณที่สูงขึ้น (Hall et al., 2008; Döll & Zhang, 2010; United Nation Framework on Climate Change, 2011)

ประเทศไทยมีระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งกำลังได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเช่นเดียวกับพื้นที่อื่น ๆ ของโลก ในช่วงที่ผ่านมาการศึกษาวิจัยในประเด็นพลวัต การเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างและฟังก์ชั่น ผลกระทบและการตอบสนองของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล ยังอยู่ในขอบเขตจำกัด ดังนั้น การประเมินลักษณะทางอุทก-นิเวศของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล ในแง่คุณภาพน้ำ ความหลากหลายทางชีวภาพและกระบวนการเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศขั้นปฐมภูมิ ตลอดจนกระบวนการชีวธรณีเคมีที่ควบคุมการหมุนเวียนของสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช จึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการสร้างความรู้ความใจด้านการตอบสนองของระบบนิเวศลำน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงทางอุทกและสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

การวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของลักษณะทางอุทก-นิเวศแหล่งน้ำไหลในบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี เขื่อนขุนด่านปราการชล จังหวัดนครนายก และเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น ทั้งในแง่การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและระหว่างปีด้านโครงสร้างและฟังก์ชั่นของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลของทั้ง 3 เขื่อน รวมทั้งอธิบายกลไกปฏิสัมพันธ์และความเชื่อมโยงระหว่างการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างและฟังก์ชั่นของระบบนิเวศต้นน้ำและท้ายน้ำ ที่เกิดจากการสร้างเขื่อนกั้นลำน้ำและการเปลี่ยนแปลงทางอุทกและสิ่งแวดล้อม

กรอบแนวคิด ระเบียบวิจัยและวิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้ อาศัยแนวคิดพื้นฐานของ River Continuum Concept และ Discontinuity Concept (Vannote et al., 1980; Ward & Stanford,1983; Minshall et al., 1985) ที่พิจารณาระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลแบบองค์รวมที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างปัจจัย กระบวนการและปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อมในมิติของการหมุนเวียนของพลังงานและสารอินทรีย์ พลวัตและความสมดุลขององค์ประกอบทางด้านโครงสร้างและฟังก์ชั่นและปฏิกิริยาทางกระบวนการเมตาบอลิซึม โดยการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศต้นน้ำส่วนใหญ่ เกิดจากการตอบสนองต่อปัจจัยทางอุตุ-อุทก (Hydro-metrological Factor) และพลวัตของระบบนิเวศป่าไม้โดยรอบ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงทางน้ำและการปิดกั้นทางน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างเขื่อน เป็นปัจจัยสำคัญนอกเหนือจากปัจจัยทางอุตุ-อุทกต่อโครงสร้างและฟังก์ชั่นของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลบริเวณท้ายน้ำ การศึกษาวิจัยภายใต้กรอบแนวคิดดังกล่าว ได้เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา เขื่อนขุนด่านปราการชล และเขื่อนอุบลรัตน์ (ภาพที่ 1) ในช่วงฤดูฝน (ระหว่างเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม ปี พ.ศ. 2553-2554) จำนวน 2 ครั้ง และฤดูแล้ง (ระหว่างเดือนมีนาคม-เมษายน ปี พ.ศ. 2553-2554) จำนวน 2 ครั้ง ซึ่งในแต่ละฤดูกาลลักษณะทางกายภาพ อุทก ภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมของลำน้ำ มีความแตกต่างกัน รวมทั้งได้สำรวจเพื่อรวบรวมข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดย ระเบียบวิจัยและวิธีการศึกษา ประกอบด้วย

1. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้านอุตุ-อุทก (ปริมาณฝน ปริมาณน้ำไหลเข้าและปริมาณน้ำไหลออกจากเขื่อน)

2. การตรวจวัดคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีของลำน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และค่าการนำไฟฟ้า

3. การตรวจวัดอัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิตในลำน้ำ ด้วยเทคนิค Open Water Oxygen Diurnal Method (Hauer & Lamberti, 2007) ซึ่งตรวจวัดผลรวมทั้งหมดของกระบวนการสร้างและทำลายสารอินทรีย์ของระบบนิเวศ โดยการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำในลำน้ำ ($C_{(dissolved\ O2)}$) ที่ตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับกระบวนการสังเคราะห์แสง (P) การหายใจ (R) และการถ่ายเทของออกซิเจนระหว่างอากาศและน้ำ (E) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$C_{(dissolved\ O2)} = P - R \pm E \quad (1)$$

วิธีดังกล่าวนี้ สามารถตรวจวัดองค์ประกอบหลักของกระบวนการเมตาบอริซึมของระบบนิเวศ 3 ด้าน ได้แก่ ผลผลิตทั้งหมด (Gross Primary Productivity; GPP) ผลผลิตสุทธิ (Net Primary Productivity; NPP) และการหายใจ (Respiration; R) ของประชาคมสิ่งมีชีวิต ดังสมการ

$$GPP = NPP + R \quad (2)$$

ดังนั้น เมตาบอลิซึมสุทธิของระบบนิเวศหรือผลผลิตปฐมภูมิสุทธิ (Net Daily Ecosystem Metabolism (NDM) หรือ Net Primary Production (NPP)) เท่ากับ

$$NDM = GPP - CR24 \quad (3)$$

เมตาบอลิซึม มักถูกรายงานเป็นหน่วยของคาร์บอนซึ่งออกซิเจนถูกแปลงให้เป็นหน่วยของคาร์บอน โดยใช้ Photosynthetic Quotient (PQ) เท่ากับ 1.2 และ Respiration Quotient (RQ) เท่ากับ 0.85 (Hashimoto et al., 2005; Vallino et al., 2005) สำหรับการประมาณอัตราการถ่ายเทของออกซิเจนระหว่างอากาศและน้ำ ใช้วิธีที่ระบุใน Hauer & Lamberti (2007)

4. การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชและลักษณะทางชีววิทยาของลำน้ำ ได้แก่ แอมโนเนีย (NH_3-N), ไนไตรท์ (NO_2-N), ไนเตรท (NO_3-N) ฟอสฟอรัสรวม (TP), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (DIP), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC), ซิลิก้า (Silica), และคลอโรฟิลด์ เอ (Chlorophyll-a) โดยใช้วิธีวิเคราะห์มาตรฐานดังระบุใน Hauer & Lamberti (2007) และ Strickland & Parson (1972)

5. การเก็บตัวอย่างตะกอนอินทรีย์ในลำน้ำและใบไม้ร่วงบริเวณริมลำน้ำ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณและองค์ประกอบของ ตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร (Coarse Particulate Organic Matter; CPOM) และตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร (Fine Particulate Organic Matter; FPOM) รวมทั้งปริมาณและองค์ประกอบของสารอินทรีย์ของใบไม้ร่วง ซึ่งวิธีการเก็บและการวิเคราะห์ดังอธิบายใน Hauer & Lamberti (2007)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลอุตุ-อุทกและคุณภาพน้ำด้วยสถิติเชิงพหุ เพื่ออธิบายรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และฤดูกาล โดยได้ประยุกต์ใช้ Spectral Analysis เพื่อวิเคราะห์รูปแบบเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำตามธรรมชาติของปัจจัยทางอุตุ-อุทกในคาบเวลาตั้งแต่รอบเดือนถึงปีและหลาย ๆ ปีของปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าเขื่อนและปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากเขื่อน บนพื้นฐานของอนุกรมข้อมูลรายวัน Spectral Analysis นับเป็นเทคนิคการวิเคราะห์เพื่อแยกความแปรปรวนของอนุกรมข้อมูลซึ่งอยู่ในโดเมนเวลาให้อยู่ในรูปฟังก์ชั่นความถี่ของคาบเวลาต่าง ๆ ในโดเมนความถี่ โดยความแปรปรวนของแต่ละคาบเวลาแสดงในรูป Power Spectral Density (PSD) ซึ่งเป็นฟังก์ชันคู่ของไซน์และโคไซน์ (Emery & Thomson, 1997; Von Storch & Zwiers, 2003) ที่สามารถบ่งชี้ถึงความแปรปรวนของเหตุการณ์เกิดขึ้นซ้ำในคาบเวลาต่าง ๆ ได้ ทั้งนี้ ภาพรวมความแปรปรวนของอนุกรมข้อมูล จะเท่ากับผลรวมของคลื่นสัญญาณไซน์และโคไซน์ในคาบเวลาต่างๆ ซึ่งมีลักษณะเฟสและแอมพลิจูดที่แตกต่างกัน โดยการวิเคราะห์ Spectral Analysis อาศัยสมการพื้นฐานของ Fourier Transform ซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$y(t) = \bar{y}(t) + \sum_{p} [A_p cos(w_p t) + B_p sin(w_p t)] \quad (4)$$

เมื่อ $\bar{y}$ = ค่าเฉลี่ยของอนุกรมข้อมูล

A_p, B_p = Fourier coefficient

w_p = Angular frequency (p=1, 2,...)

w_1 = 2πf1 = 2π/T, T = ความยาวทั้งหมดของอนุกรมข้อมูล

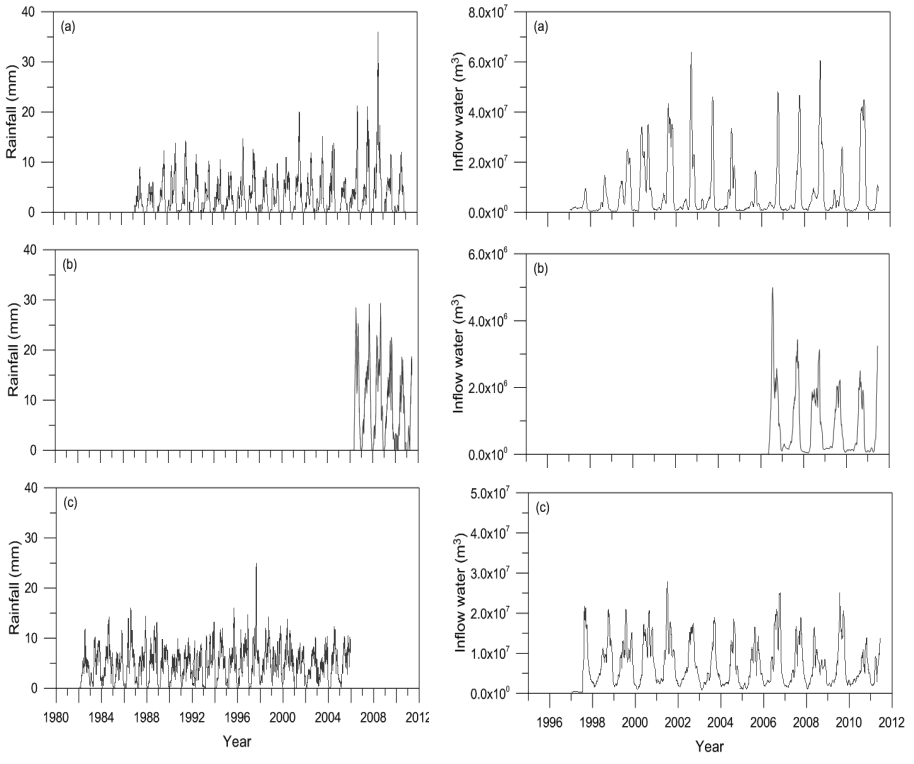
ภาพที่ 1 แสดงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษาซึ่งประกอบด้วย เขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น เขื่อนขุนด่านปราการชล จังหวัดนครนายก และเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎ์ธานี

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. ลักษณะและความแปรปรวนทางอุตุ - อุทก

ภาพที่ 2 แสดงความแปรปรวนในคาบเวลาตั้งแต่เดือนถึงปีของปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าไหลเข้าเขื่อนของทั้ง 3 เขื่อน รูปแบบความแปรปรวนโดยทั่วไป มีลักษณะที่สอดคล้องกัน เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (อัศมน และคณะ, 2553; Limsakul et al., 2010) ทั้งนี้ ค่าสูงสุด แอมพลิจูดและเฟสของปริมาณฝนและน้ำท่าไหลเข้าเขื่อน มีความแปรปรวนสูงและแตกต่างกันในแต่ละปี การวิเคราะห์ความสัมพันธ์จาก 31-term Smoothed Series ของปริมาณฝนและน้ำท่าไหลเข้าเขื่อน พบว่า ความแปรปรวนในคาบเวลาตั้งแต่เดือนถึงปีของทั้งสองตัวแปรมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยเขื่อนขุนด่านปราการชล มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด ในขณะที่

เขื่อนอุบลรัตน์มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำสุด (ตารางที่ 1) ภาพที่ 3 แสดง Normalized PSD ซึ่งประมาณค่าสูงสุด ในโดเมนความถี่ที่บ่งชี้ถึงเหตุการณ์เกิดขึ้นซ้ำในคาบเวลาต่างๆ ในรูปฟังก์ชันคู่ของไซน์และโคไซน์ ผลการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณฝนและน้ำท่าไหลลงสู่เขื่อน ปรากฏค่าสูงสุดของเหตุการณ์เกิดขึ้นซ้ำในคาบเวลาหนึ่งปี ซึ่งเป็นสัญญาณตามธรรมชาติ ที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในรอบปีและการเปลี่ยนไปมาระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยเหตุการณ์ดังกล่าว นับเป็นปัจจัยพื้นฐานที่ส่งผลต่อความแปรปรวนและพลวัตของกระบวนการชีวกายภาพและระบบนิเวศต่าง ๆ เมื่อพิจารณาน้ำที่ไหลออกจากเขื่อน ไม่ปรากฏค่าสูงสุดซึ่งเป็นสัญญาณตามธรรมชาติของปัจจัยทางอุทกวิทยา (ภาพที่ 3) การสูญเสียสัญญาณตามธรรมชาติของน้ำที่ไหลออกจากเขื่อนดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากกิจกรรมมนุษย์ที่สร้างเขื่อนปิดกั้นทางน้ำและควบคุมการระบายน้ำ โดยเหตุการณ์ทางอุทกที่เกิดขึ้นซ้ำในคาบเวลาหนึ่งปี นับมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโต สืบพันธุ์และวงจรชีวิตของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด รวมทั้งฟลักซ์ของตะกอนอินทรีย์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก สารอินทรีย์ละลายน้ำและธาตุอาหารพืช ดังนั้น หากระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล ถูกควบคุมหรือรบกวนจนทำให้เหตุการณ์เกิดขึ้นซ้ำทางอุทกเสียสมดุล ย่อมส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศท้ายน้ำซึ่งในระยะยาวแล้ว อาจมีการเปลี่ยนแปลงทั้งเชิงโครงสร้างและฟังก์ชันอย่างสิ้นเชิง



ภาพที่ 2 ความแปรปรวนของปริมาณฝนและน้ำท่าไหลเข้าเขื่อนในคาบเวลา 1 เดือน (31-day Running Means) (a) เขื่อนอุบลรัตน์ (b) เขื่อนขุนด่านปราการชล และ (c) เขื่อนรัชชประภา

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ 31-term Smoothed Series ระหว่างปริมาณฝนและน้ำท่าไหลเข้าเขื่อน

เขื่อน	*N*	N_{eff}	*r*	*p-value*
1. อุบลรัตน์	4779	476	0.43	<0.001
2. ขุนด่าน	1977	194	0.84	<0.001
3. รัชชประภา	3257	343	0.62	<0.001

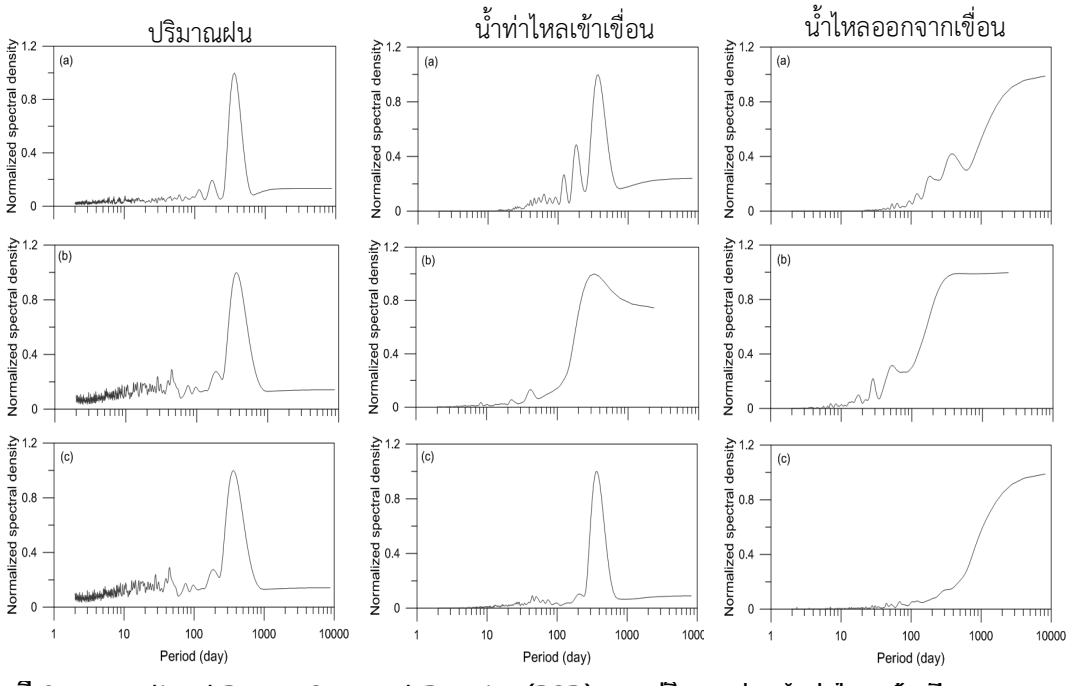
หมายเหตุ: ความเชื่อมั่นทางสถิติของ *r* ประมาณจาก Effective Number of Independent Observation (N_{eff}) (Emery & Thomson, 1997)

$$N_{eff} = \frac{N}{(1+r_1 r_1' + ,...,+ r_{10} r_{10}')}$$

N = จำนวนข้อมูลในแต่ละอนุกรม smoothed series

$r_1, ..., r_{10}$ = autocorrelation สำหรับ lag 1 ถึง 10 ของอนุกรมข้อมูลชุดที่หนึ่ง

$r_1', ..., r_{10}'$ = autocorrelation สำหรับ lag 1 ถึง 10 ของอนุกรมข้อมูลชุดที่สอง



ภาพที่ 3 Normalized Power Spectral Density (PSD) ของปริมาณฝน น้าท่าไหลเข้าเขิอนและน้ำไหลออกจากเขื่อน (a) เขื่อนอุบลรัตน์ (b) เขื่อนขุนด่านปราการชล และ (c) เขื่อนรัชชประภา

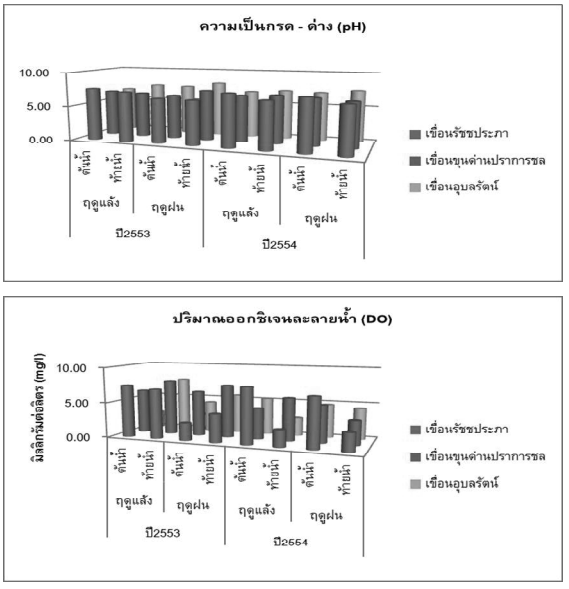
2. ลักษณะและการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

คุณภาพน้ำด้านความเป็นกรด-ด่างและค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ที่ตรวจวัด ณ จุดเก็บตัวอย่างบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้ง 3 เขื่อน ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2554 แสดงในรูปที่ 4 คุณภาพน้ำในรูปของความเป็นกรด–ด่างในบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำ มีค่าใกล้เคียงกันทั้งสามเขื่อนและมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาอยู่ในช่วงแคบ (ภาพที่ 4) โดยความเป็นกรด–ด่างของน้ำทั้งสามเขื่อน แสดงถึงสภาพความเป็นกลาง 7$\pm$ 0.5 (ภาพที่ 4) ความเป็นกรด-ด่างในบริเวณต้นน้ำมีค่าสูงกว่าบริเวณท้ายน้ำ ยกเว้นเขื่อนรัชประภาซึ่งมีลักษณะที่ตรงกันข้าม (ภาพที่ 4) ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาที่ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เขื่อนรัชชประภา ซึ่งบ่งชี้ถึงความแตกต่างกันในแง่ของกระบวนทางกายภาพ เคมีและชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับพลวัตของออกซิเจนในลำน้ำ ตลอดจนสัญญาณของผลกระทบต่อการรบกวนลักษณะทางอุทกและคุณภาพของลำน้ำ ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ต้นน้ำมีค่า ประมาณ 7.4$\pm$0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ท้ายน้ำ มีค่าประมาณ 2.9$\pm$0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4) สาเหตุเกิดจากการระบายน้ำจากส่วนล่างของชั้นน้ำซึ่งเป็นชั้นน้ำที่มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่าปกติหรือใกล้ศูนย์ เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของบริเวณหน้าเขื่อนของรัชชประภา เป็นช่องทางน้ำระหว่างเทือกเขาที่มีลักษณะแคบและมีความลึกของน้ำมากกว่า 50 เมตร ส่งผลให้การไหลเวียนของน้ำระหว่างชั้นบนและชั้นล่างที่เกิดจากลม (Wind-driven Water Overturning) มีข้อจำกัด ท้ายสุดทำให้ส่วนล่างของชั้นน้ำมีลักษณะนิ่ง (Stagnant) โดยออกซิเจนจากอากาศ ไม่สามารถละลายลงสู่ชั้นน้ำดังกล่าวได้ ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนถูกใช้ไปในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างต่อเนื่อง (Sompongchaiyakul, 2006) ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา ถือว่าอยู่ในระดับต่ำที่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างและฟังก์ชันของระบบนิเวศท้ายน้ำอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์และเขื่อนขุนด่านปราการชล ไม่แตกต่างกันมากนัก กล่าวคือ มีค่าแตกต่างกันประมาณ $\pm$1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณต้นน้ำ มีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณท้ายน้ำ (ภาพที่ 4)

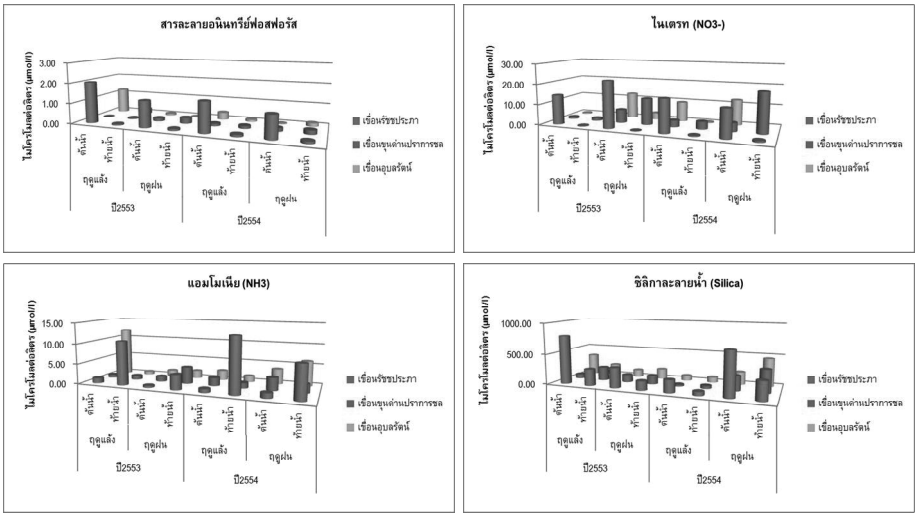
3. ลักษณะและการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารพืชที่ตรวจวัดจากจุดเก็บตัวอย่างบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนขุนด่านปราการชลและเขื่อนรัชชประภา ในฤดูแล้งและฤดูฝน ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2554 แสดงในภาพที่ 5 สารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (Dissolved Inorganic Phosphorus; DIP) มีปริมาณที่แตกต่างกันระหว่างบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำและมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและระหว่างปี โดยบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา มีปริมาณ DIP ที่แตกต่างกันสูงสุด กล่าวคือ DIP มีค่าสูงกว่าประมาณ 16 เมื่อเปรียบเทียบกับท้ายน้ำ (ภาพที่ 5) ความเข้มข้นของ DIP ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภานั้น อาจสะท้อนให้เห็นความแตกต่างในบริบทของกระบวนการชีวธรณีเคมีเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตขั้นปฐมภูมิและการหมุนเวียนของสารฟอสฟอรัสในระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลและระหว่างสิ่งแวดล้อมโดยรอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอินทรีย์จากใบไม้ร่วง ตะกอนแขวนลอยขนาดใหญ่และ

ขนาดเล็ก ส่วนความแตกต่างของปริมาณ DIP ระหว่างต้นน้ำและท้ายน้ำของอีกสองเขื่อน มีค่าไม่เกิน 3 เท่า (ภาพที่ 5) เมื่อพิจารณาเพิ่มเติมถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาแล้ว พบว่า ปริมาณ DIP บริเวณต้นน้ำมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนและระหว่างปีสูงกว่าบริเวณท้ายน้ำ โดยบริเวณต้นน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์ มีการเปลี่ยนแปลงสูงสุด รองลงมา คือ บริเวณต้นน้ำของเขื่อนรัชชประภา (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ บริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อน ในฤดูแล้งและฤดูฝน ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2554



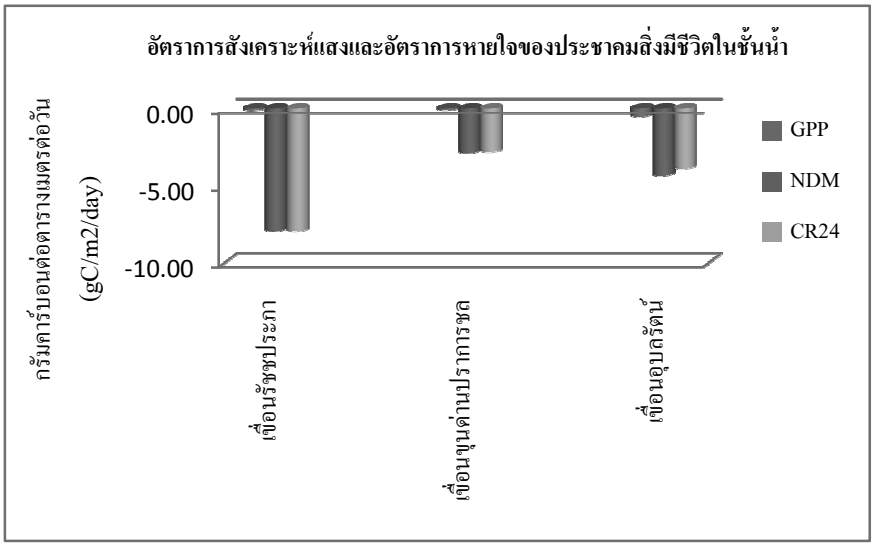
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารพืชบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อน ในฤดูแล้งและฤดูฝน ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2554

ปริมาณแอมโนเนียที่สูงผิดปกติในบริเวณท้ายเขื่อนของรัชชประภา เป็นอีกลักษณะที่โดดเด่นของการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของธาตุอาหารพืชของทั้งสามเขื่อน โดยแอมโมเนียซึ่งเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำในรูปออกซิไดส์ ในบริเวณท้ายเขื่อนของรัชชประภา มีค่าสูงประมาณ 9 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับต้นน้ำ (ภาพที่ 5) ปริมาณแอมโมเนียในระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลที่สูงกว่าปกตินี้ อาจสะท้อนให้เห็นถึงช่องทางการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจน ที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นสารแอมโมเนียแทนที่เป็นสารไนเตรท ซึ่งมักเกิดในภาวะที่แหล่งน้ำนั้นมีปริมาณออกซิเจนต่ำ สารไนเตรทซึ่งเป็นผลผลิตขั้นสุดท้ายที่เสถียรของอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจน มีปริมาณที่สูงในบริเวณต้นน้ำของเขื่อนรัชชประภา ประมาณ 40 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับท้ายน้ำ และประมาณ 2-4 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับต้นน้ำของอีกสองเขื่อน (ภาพที่ 5) สำหรับเขื่อนขุนด่านปราการชล สารไนเตรท มีค่าสูงบริเวณท้ายน้ำโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ปี พ.ศ. 2554 (ภาพที่ 5) โดยทั่วไปแล้ว การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและระหว่างปีของสารไนเตรท มีรูปแบบที่แปรผกผันกับสารแอมโนเนีย ($r = -0.45$, $p<0.05$, $n=24$) ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงระหว่างภาวะ Reduction และ Oxidation ของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลและตัวรับอิเล็กตรอนในวัฏจักรไนโตรเจน จากผลการศึกษา อาจกล่าวได้ว่า บริเวณต้นน้ำของเขื่อนรัชชประภา เป็นแหล่งสำคัญของสารไนเตรททั้งฤดูแล้งและฤดูฝนต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลบริเวณท้ายน้ำ

ซิลิกาละลายน้ำซึ่งเป็นธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อสาหร่ายเซลเดียวกลุ่มไดอะตอม มีปริมาณที่แตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างต้นน้ำและท้ายน้ำและระหว่างเขื่อน รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและระหว่างปีสูง (ภาพที่ 5) บริเวณต้นน้ำของเขื่อนรัชชประภา เป็นพื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ของซิลิกาโดยมีความเข้มข้นสูงถึงประมาณ 500 ไมโครโมล ซึ่งสูงกว่าบริเวณต้นน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์และเขื่อนขุนด่านปราการชล 2-3 เท่า แต่ความเข้มข้นของซิลิกาละลายน้ำ กลับลดลงบริเวณท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา มากกว่าสองเท่า (ภาพที่ 5) สาเหตุหลักนอกจากการถูกนำไปใช้สร้างผนังเซลล์ของไดอะตอมแล้ว คือ การถูกเก็บกักไว้ในอ่างเก็บน้ำโดยการสร้างเขื่อนกันลำน้ำ ทั้งนี้ เหตุการณ์ดังที่ได้กล่าวนี้ ไม่ปรากฏบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์และเขื่อนขุนด่านปราการชล เนื่องจากความเข้มข้นของ ซิลิกาละลายน้ำ บริเวณท้ายน้ำมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นน้ำ (ภาพที่ 5) หากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาแล้ว พบว่า ซิลิกาละลายน้ำทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลที่ชัดเจน (ภาพที่ 5) การวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างซิลิกาละลายน้ำและอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (Si:DIN) พบว่า บริเวณต้นน้ำของเขื่อนขุนด่านปราการชล มีค่าอัตราส่วน Si:DIN สูงสุดซึ่งแสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของซิลิกา เมื่อเปรียบเทียบกับอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ในขณะที่ อัตราส่วน Si:DIN ต่ำสุดในบริเวณต้นน้ำของเขื่อนรัชชประภา ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงซิลิกามีสัดส่วนที่ต่ำหากเปรียบเทียบกับอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ

4. อัตราการสังเคราะห์แสงของผู้ผลิตขั้นต้นและอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิต

จากภาพที่ 6 พบว่า เมตาบอลิซึมสุทธิของระบบนิเวศ (Net Daily Ecosystem Metabolism; NDM) ของทั้ง 3 เขื่อน มีค่าต่ำกว่าศูนย์ ส่งผลให้ความสมดุลระหว่างกระบวนการสร้างและทำลายสารอินทรีย์ในรูปอัตราส่วนระหว่างผลผลิตต่อการหายใจของระบบนิเวศทั้งระบบ (Whole Ecosystem GP/R หรือ P/R) บริเวณต้นน้ำของเขื่อน เป็นระบบนิเวศแบบ Heterotrophic ที่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการหายใจของสังคมสิ่งมีชีวิต สูงกว่าการสังเคราะห์สารอินทรีย์ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยสารประกอบอินทรีย์จากแหล่งภายนอกระบบนิเวศ (Allochthonous Source) เป็นแหล่งพลังงานหลักของระบบนิเวศ โดยเฉพาะเขื่อนรัชชประภา มีอัตราการย่อยสลายสูงกว่าเขื่อนอื่น ๆ



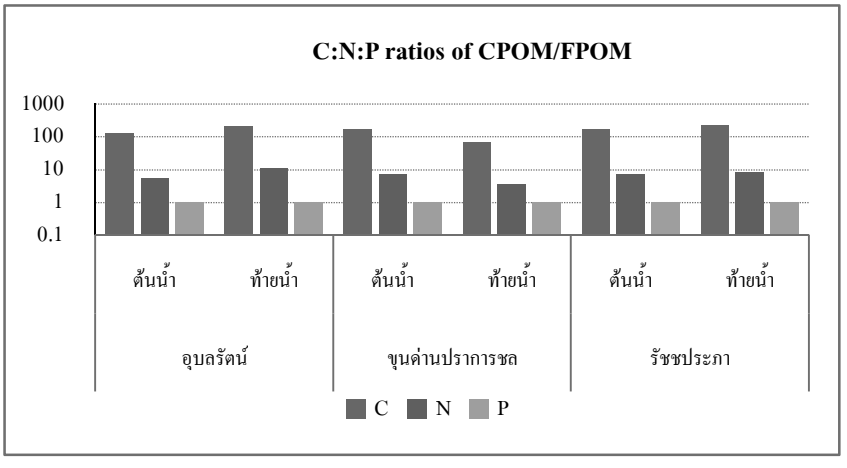
ภาพที่ 6 แสดงอัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิตในชั้นน้ำบริเวณต้นน้ำ

5. CPOM และ FPOM และเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ คาร์บอน ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

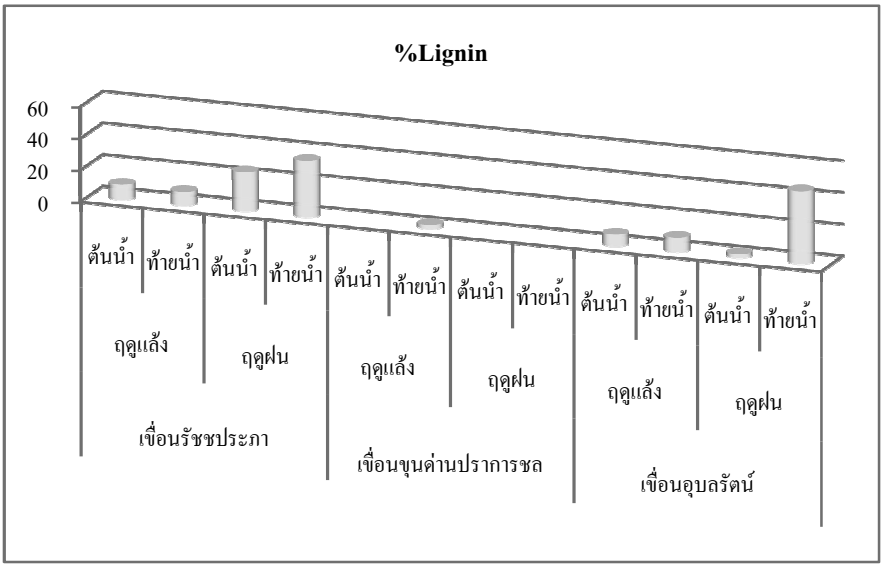
CPOM และ FPOM บริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อนในฤดูฝนและฤดูแล้ง มีความหลากหลายทั้งขนาดและองค์ประกอบ โดยส่วนใหญ่เป็นเศษใบไม้และกิ่งไม้ที่ร่วงและตกค้างอยู่ในลำน้ำและถูกสิ่งมีชีวิตขั้นปฐมภูมิโดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์หน้าดิน ย่อยสลายตามลำดับขั้นให้มีขนาดเล็กลงและถูกเปลี่ยนจากสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อนให้อยู่ในรูปที่มีโครงสร้างสามารถละลายน้ำได้ง่ายและเหมาะต่อการนำไปใช้ประโยชน์ของสิ่งมีชีวิต ผลการศึกษา พบว่า CPOM ในรูปน้ำหนักแห้งบริเวณต้นน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 0.13 - 0.84 g/m^3 และบริเวณท้ายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.14 - 1.2 g/m^3 ตามลำดับ โดย CPOM บริเวณท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา มีค่าสูงสุด สำหรับ FPOM พบว่า บริเวณต้นน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 0.13 - 1.21 g/m^3 และบริเวณท้ายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.32 - 1.0 g/m^3 ตามลำดับ โดย FPOM บริเวณต้นน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์มีค่าสูงสุด เมื่อพิจารณาความแปรปรวนตามฤดูกาล พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างกว้าง ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ CPOM และ FPOM ขึ้นอยู่ปัจจัยทางกายภาพของลำน้ำเป็นหลัก รวมทั้งลักษณะ

ทางอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่โดยรอบ โดยทั่วไปแล้ว พบว่าฤดูฝน มีปริมาณ CPOM ในบริเวณต้นน้ำสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ของ CPOM และ FPOM โดยนำตัวอย่างไปเผาที่อุณหภูมิ 550 $^{\circ}$C และหาปริมาณของสารที่หายไปหลังจากการเผา พบว่า เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ของ CPOM มีค่าอยู่ในช่วงกว้าง คือ 10.7 ถึง 65.2 โดยเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ของ CPOM บริเวณท้ายน้ำของเขื่อน มีสัดส่วนที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ของ CPOM บริเวณต้นน้ำ สำหรับเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ของ FPOM มีค่าต่ำกว่า CPOM ประมาณ 1 - 2 เท่า ซึ่งมีค่าประมาณ 3.2 - 23.6% โดยค่าต่ำสุด พบที่ท้ายน้ำของเขื่อนขุนด่านปราการชล

ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์คาร์บอน ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของ CPOM และ FPOM พบว่าตัวอย่าง CPOM/FPOM บริเวณท้ายน้ำ มีเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอน ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สูงกว่าตัวอย่าง CPOM/FPOM บริเวณต้นน้ำ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเขื่อน พบว่า เขื่อนรัชชประภา มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์คาร์บอน ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สูงกว่าอีกสองเขื่อน เมื่อคำนวณสัดส่วน C:N:P พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงกว้าง (ภาพที่ 7) โดย CPOM/FPOM บริเวณท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา อุดมสมบรูณ์ไปด้วยธาตุคาร์บอนเมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในขณะที่ CPOM/FPOM บริเวณท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์อุดมสมบรูณ์ไปด้วยธาตุไนโตรเจน เมื่อเปรียบเทียบกับคาร์บอนและฟอสฟอรัส



รูปที่ 7 สัดส่วน C:N:P ของ CPOM และ FPOM



รูปที่ 8 เปอร์เซ็นต์ลิกนินของ CPOM/FPOM

เปอร์เซ็นต์ลิกนินของ CPOM/FPOM ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี Detergent แสดงในภาพที่ 8 โดยลิกนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มักอยู่รวมกับเซลลูโลส มีคุณสมบัติยืดหยุ่น แข็งแรงและไม่ละลายน้ำ ลิกนิน นับเป็นส่วนประกอบสำคัญของพืชและย่อยสลายทางชีวภาพได้ยาก ผลการวิเคราะห์ลิกนินในตัวอย่างตะกอนอินทรีย์บริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อน พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ลิกนินอยู่ในช่วง 2.5 - 45.8 ซึ่งตัวอย่าง CPOM/FPOM บริเวณท้ายน้ำของเขื่อน มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์ลิกนินสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภาและเขื่อนอุบลรัตน์ (ภาพที่ 8) นอกจากนี้ ตัวอย่าง CPOM/FPOM ช่วงฤดูฝน มีเปอร์เซ็นต์สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างช่วงฤดูแล้ง (ภาพที่ 8) สัดส่วน C:N:P และเปอร์เซ็นต์ลิกนิน ของ CPOM/FPOM นับว่ามีความสำคัญต่อการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศผ่านกระบวนการย่อยสลายตะกอนอินทรีย์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก และเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญถึงแหล่งกำเนิด องค์ประกอบและโครงสร้างของ CPOM/FPOM ตลอดจนอัตราการย่อยสลายของ CPOM/FPOM ในลำน้ำ

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาลักษณะทางอุทก-นิเวศของแหล่งน้ำไหลบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนขุนด่านปราการชลและเขื่อนรัชชประภา สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณฝนและน้ำท่า เป็นปัจจัยพื้นฐานต่อการกำหนดความแปรปรวนและพลวัตของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล โดยพบว่า ปริมาณฝนและน้ำท่าไหลลงสู่เขื่อน มีวงจรการเกิดซ้ำในคาบเวลารอบปีตามปกติ ซึ่งเป็นวงจรทางอุตุ-อุทกตามธรรมชาติ ที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของระบบลมมรสุมระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยวงจรการเกิดซ้ำในคาบ เวลารอบปีดังกล่าว นับเป็นการเปลี่ยนแปลงที่กำหนดความแปรปรวนและพลวัตตามธรรมชาติของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพรรณนาเชิงพหุ แสดงถึง

ผลกระทบเชิงอุทกที่ปรากฏชัดเจน ในกรณีของทั้งสามเขื่อนนี้ คือ น้ำที่ไหลออกจากเขื่อน สูญเสียสัญญาณวงจรการเกิดซ้ำในคาบเวลารอบปี โดยเหตุการณ์ทางอุทกนี้มีบทบาทสำคัญอย่างสูงต่อพลวัตของระบบนิเวศและส่งผลกระทบแบบลูกโซ่ต่อลักษณะทางนิเวศขั้นพื้นฐานหลายประการ ตลอดจนฟลักซ์ของตะกอนอินทรีย์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก สารอินทรีย์ละลายน้ำและธาตุอาหารพืช ทั้งนี้ หากระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล ถูกควบคุมหรือรบกวนจนทำให้วงจรการเกิดซ้ำทางอุทกเสียสมดุล ย่อมส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศท้ายน้ำซึ่งท้ายที่สุดอาจมีการเปลี่ยนแปลงอย่างสิ้นเชิงทั้งระบบ

2. คุณภาพน้ำ สารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช บริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อนมีลักษณะแตกต่างกันในหลายมิติ โดยความแตกต่างในเชิงพื้นที่ สะท้อนให้เห็นถึงความหลากหลายของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลในบริบทของสภาพทางกายภาพของลำน้ำและพื้นที่รับน้ำและป่า ทั้งนี้ อุทกวิทยา กระบวนการชีวธรณีเคมี เมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตขั้นปฐมภูมิ วัฏจักรของสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช ธรณีสัณฐาน ลักษณะของดิน ตลอดจนระบบการไหลของน้ำ ส่งผลให้คุณภาพน้ำ สารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช มีการเปลี่ยนแปลงเชิงซ้อนตลอดลำน้ำตั้งแต่ต้นน้ำถึงท้ายน้ำซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละเขื่อน ส่วนการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลา พบว่า คุณภาพน้ำ สารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่ในบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูกาลและระหว่างปี ซึ่งมีสาเหตุจากระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลตอบสนองต่อรูปแบบและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางอุตุ-อุทกของลำน้ำ ทั้งนี้ ความแปรปรวนของคุณภาพน้ำ สารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อน มีค่าอยู่ในช่วงที่สามารถเปรียบเทียบได้กับระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลในภูมิภาคต่าง ๆ

3. ระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลบริเวณต้นน้ำ มีลักษณะเป็นแบบ Heterotrophic โดยกระบวนการเมตาบอลิซึมในแง่อัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิต มีค่าสูงกว่าการสังเคราะห์สารอินทรีย์ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งแสดงถึงการย่อยสลายด้วยกระบวนการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิต เป็นกลไกที่สำคัญในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่มีแหล่งกำเนิดจากนอกระบบ (Allochthonous Source) เป็นพลังงานหลักที่หล่อเลี้ยงในห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลบริเวณต้นน้ำ โดย CPOM และ FPOM ถูกย่อยสลายตามลำดับขั้นโดยสิ่งมีชีวิตขั้นปฐมภูมิในห่วงโซ่อาหาร และพบว่า CPOM และ FPOM บริเวณต้นน้ำของทั้งสามเขื่อน มีความหลากหลายทั้งขนาดและองค์ประกอบซึ่งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ CPOM และ FPOM ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพและอุทกของลำน้ำ และสัดส่วน C:N:P และลิกนินของ CPOM และ FPOM มีค่าอยู่ในช่วงกว้าง โดย CPOM และ FPOM บริเวณท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา อุดมไปด้วยธาตุคาร์บอน เมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในขณะที่ CPOM และ FPOM บริเวณท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์อุดมไปด้วยธาตุไนโตรเจน เมื่อเปรียบเทียบกับคาร์บอนและฟอสฟอรัส ทั้งนี้ สัดส่วน C:N:P และลิกนินของ CPOM และ FPOM นับว่ามีความสำคัญต่อการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศผ่านกระบวนการย่อยสลายตะกอนอินทรีย์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก และเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญถึงแหล่งกำเนิด องค์ประกอบและโครงสร้างของ CPOM/FPOM ตลอดจนอัตราการย่อยสลายของ CPOM/FPOM ในลำน้ำ

โดยสรุปพบว่า ปริมาณฝนและน้ำท่า เป็นปัจจัยอุทกวิทยาพื้นฐานที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของคุณภาพน้ำ สารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช รวมทั้งกระบวนการเมตาบอลิซึมบริเวณต้นน้ำ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้ระบบนิเวศต้นน้ำ มีพลวัตและความแปรปรวนตามฤดูกาล ตลอดจนเชิงพื้นที่สูง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ดร. พรศิลป์ ผลพันธิน ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และ ผศ.ดร. สุพัตรา เดวิดสัน ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่าง และสนับสนุนทางวิชาการ ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Allan, J. D. (1995). *Stream ecology: Structure and function of running waters*. Chapman & Hall, New York.

Arthington, A. H., Naiman, R.J., McClain, M.E., and Nilsson, C. (2009). Preserving the biodiversity and ecological services of rivers: New challenges and research opportunities. *Freshwater Biology*, 1365-2427.

Cardinale, B. J. (2011). Biodiversity improves water quality through niche portioning. *Nature*, 472, 86-89.

Döll, P. & Zhang, J. (2010). Impact of climate change on freshwater ecosystems: A global-scale analysis of ecologically relevant river flow alternations. *Hydrology and Earth System Sciences Discussion*, 7, 1305-1342.

Emery, W. J. & Thomson, R. E. (1997). *Data analysis methods in physical oceanography.* Pergamon Press, New York, USA.

Hall, N. D., Stuntz, B. B. Abrams, R.H. (2008). Climate change and freshwater resources. *Natural resource and Environment*, 22, 30-35.

Hashimoto, S., Horimoto, N., Yamaguchi, Y, Ishimaru, T. & Saino, T. (2005). Relationship between net and gross primary production in the Sagami Bay, Japan. *Limnology Oceanography*, 50, 1830-1835.

Hauer, F. R. & Lamberti, G. A. (2007). Methods in stream ecology. Elsevier Inc. USA. 877.

Limsakul, A., Limjirakan, S., Bhatrasataponkul, T., Milne, N.N. and Suttamanuswong, B. (2010a). [In Thai: Changes in rainfall during northeast monsoon in Thailand]. In Climate Thailand Conference 2010. Bangkok, Thailand, 19-21 August 2010.

Limsakul, A., Limjirakan, S. & Suthamanuswong, B. (2010b). Asian summer monsoon and its associated rainfall variability in Thailand. *EnvironmentAsia*, 3, 79-89.

Meybeck, M. (2003). *Global analysis of river systems: from Earth system controls to Anthropocene syndromes*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, 1379.

Minshall, G. W., Cummins, K. W., Peterson, R.C., Cushing, C.E., Bruns, D.A., Sedell, J. R. & Vonnote, R. L. (1985). Development in stream ecology theory. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42, 1045-1055.

Nilsson, C., Reidy, C. A., Dynesius, M. & Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the World's large river systems. *Science*, 308, 405-408.

Poff, N. L., Allan, J. D., Bain, M.B., Karr, J. R., Prestegaard, K. L., Richter, B. D., Sparks, R. E. & Stromberg, J. C. (1997). The natural flow regime: A paradigm for river conservation and restoration. *Bioscience*, 47, 769–784.

Poff, N. L. & Zimmerman, J. K. H. (2010). Ecological response to altered flow regimes: A literature review to inform the science and management of environment flow. *Freshwater Biology*, 55, 194-205.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity, (2010). *Global Biodiversity Outlook 3*. Montréal, 94.

Sompongchaiyakul, P. (2006). *Carbon / Nutrients and Water Fluxes of Tapi River and Songkhla Lake Watershed.* Final report SARCH project contractor.Biogeochemical and Environmental Change Research Unit, Faculty of Environmental Management, Prince of Songkhla University (Hatyai Campus)

Strickland, J. D. H. & Parsons, T. R. (1972). *A Practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada. 310.

United Nations Framework on Climate Change. (2011). *Climate change and freshwater resources: A synthesis of adaptation actions undertaken by Nairobi work programme partner organizations*. Climate Change Secretariat (UNFCCC), Bonn, Germany.

Vallino, J. J., Hopskinson, C. S. & Garritt, R. H. (2005). Estimating esturine gross production, community respiration and net ecosystem production : a nonlinear inverse technique. *Ecological Modeling*, 187, 281-296.

Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell. J. R. & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 130–137.

Von Storch, H. & Zwiers, F. W. (2003). Statistical Analysis in Climate Research. Cambridge University Press, Cambridge CB2 IRP, 484.

Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Reidy Liermann, C. & Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467, 555-561.

Ward, J. V. & Stanford, J. A. (1983). The Serial Discontinuity Concept of River Ecosystems. In: Fontaine, T. D. & Bartell, S. M. (eds.), Dynamics of Lotic Ecosystems, Science Publications, Ann Arbor Mich, 29-42.