

ความสัมพันธ์ของรังสีแสงอาทิตย์ต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝิ่งโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย
แหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ*

Correlations of solar radiation to dissolved oxygen and hydrogen peroxide in lagoon
treatment system of The Royal Initiated Laem Phak Bia Environmental
Research and Development Project

ธนิศร์ ปัทมพิฑูร ^{**}

เกษม จันท์แก้ว ^{***}

พรรณี พักคง ^{****}

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ของรังสีแสงอาทิตย์ต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบบ่อฝิ่งของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพลังงานรังสีรวมแสงอาทิตย์ต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จากการศึกษาพบว่าพลังงานรังสีรวมแสงอาทิตย์จากสถานีตรวจวัดที่ตั้งอยู่ภายในพื้นที่โครงการฯ พิกัด UTM ที่ 1442240 ถึง 1443480 เหนือ และ 0617780 ถึง 0619271 ตะวันออก ณ วันที่ 19 พฤษภาคม 2552 มีค่าอยู่ในช่วง 0-750 วัตต์/ตารางเมตร สำหรับคุณภาพน้ำภายในบ่อตกตะกอนที่ 1 มีค่าความสกปรกเฉลี่ยในรูปบีโอดี 12 ชั่วโมงสูงกว่าบ่อฝิ่งที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 67.5 และ 16.6 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สำหรับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ละลายน้ำเฉลี่ย 13 ชั่วโมง พบว่าในบ่อฝิ่งที่ 3 มีปริมาณสูงกว่าบ่อตกตะกอนที่ 1 โดยมีค่าเท่ากับ 8.9 และ 7.6 มิลลิกรัม/ลิตร และ 2.27×10^{-3} และ 3.0×10^{-4} มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์กับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ พบว่า รังสีแสงอาทิตย์มีความสัมพันธ์ในระดับสูงต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำทั้งในบ่อตกตะกอนที่ 1 และบ่อฝิ่งที่ 3 สำหรับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่า รังสีแสงอาทิตย์มีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่พบในบ่อตกตะกอนที่ 1 มากกว่าบ่อฝิ่งที่ 3 เนื่องจากน้ำเสียในบ่อฝิ่งที่ 2 มีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ละลายน้ำอยู่ในปริมาณน้อย ออกซิเจนที่ละลายน้ำซึ่งเกิดจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์

* บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง “ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของรังสีแสงอาทิตย์ต่อการลดปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มและแบคทีเรียก่อโรคในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝิ่ง” ภายใต้ทุนวิจัยของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

** นายธนิศร์ ปัทมพิฑูร นิสิตปริญญาเอก ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
E-mail: thanit_lerd@hotmail.com

*** ศาสตราจารย์ ดร.เกษม จันท์แก้ว ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**** รองศาสตราจารย์พรรณี พักคง ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตอนพืชและสาหร่ายจึงไม่ถูกแบคทีเรีย นำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ดังนั้นจึงทำให้มีออกซิเจนละลายน้ำและสะสมอยู่ในน้ำเสียมากพอที่จะเกิดการแตกตัวและฟอร์มโครงสร้างเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตลอดช่วงเวลาที่มิแสงส่งผลให้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในบ่อฝิ่งที่ 3 ไม่แปรผันตามรังสีรวมแสงอาทิตย์ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์กับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในบ่อฝิ่งที่ 3 จึงอยู่ในระดับต่ำกว่าบ่อตกตะกอน

Abstract

The study on correlation of solar radiation to dissolved oxygen and hydrogen peroxide content in lagoon treatment system of The Royal Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project. The objectives of this study is to determine on correlation between solar radiation with dissolved oxygen and hydrogen peroxide content. The results of the study was shown net solar radiation from climatic station in the project area on 19 May 2009, located in UTM 1442240-1443480N and 0617780-0619171E, was range between 0-750 Watts/m². The wastewater quality in sedimentation pond was found 13-hour average BOD content higher than oxidation pond no.2 (67.5 mg/L and 16.6 mg/L, respectively). The average 13 hours of dissolved oxygen and hydrogen peroxide content were shown that dissolved oxygen and hydrogen peroxide content in oxidation pond no.3 (8.9 mg/L and 2.27×10⁻³ mg/L, respectively) were more than those contents in sedimentation pond no.1 (7.6 mg/L and 3.0×10⁻⁴ mg/L, respectively). The correlation between solar radiation and dissolved oxygen was found both highly relationship in sedimentation pond no.1 and oxidation pond no.3 and correlation between solar radiation and hydrogen peroxide was found highly relationship only in sedimentation pond no.1. Although the correlation between solar radiation and hydrogen peroxide was found highly relationship in sedimentation pond no.1 but the correlation in oxidation pond no.3 was found low relationship. According to wastewater quality in oxidation pond no.3, the content of organic and inorganic substances were dissolved in low concentration. Dissolved oxygen content from photosynthesis of phytoplankton and algae were not consumed by bacteria for degradation organic substances. Then, dissolved oxygen in wastewater was accumulated for radiolysis by solar radiation and forming to hydrogen peroxide in light period. Hydrogen peroxide content in oxidation pond no.3 was not vary to solar radiation. For this reason, the correlation between solar radiation and hydrogen peroxide content in oxidation pond no.3 was found in low relationship.

บทนำ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝิ่ง (lagoon treatment system) ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เป็นระบบบำบัดที่อาศัยกระบวนการธรรมชาติบำบัด เริ่มจากน้ำเสียไหลเข้าสู่ระบบจะอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกในการตกตะกอนของแข็งจำพวกดินและทราย จากนั้นจะเกิดการบำบัดทางชีวภาพโดยมีแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหลักในการกระตุ้นกระบวนการชีวเคมีภายในเซลล์แบคทีเรียให้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ส่งผลให้สารอินทรีย์และออกซิเจนละลายน้ำมีปริมาณลดต่ำลง (William *et al.*, 1852; Tapas, 2001) อย่างไรก็ตามเมื่อน้ำเสียผ่านกระบวนการบำบัดและไหลไปถึงบ่อปรับสภาพจะทำให้ความสกปรกในรูปซีโอติ บีโอติ ของแข็งละลายได้ และโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าลดลงจนเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด (Macos, 2005) และมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย แพลงก์ตอนพืช กระบวนการเทอร์โมไซฟอน และกระแสนลม (Richard *et al.*, 1995; Donat *et al.*, 1997; Leena *et al.*, 2011; Chunkao *et al.*, 2012)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะส่งผลต่อการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical) ในน้ำเสีย (Volodymyr, 2011) เนื่องจากรังสีแสงอาทิตย์ในช่วงคลื่น visible light, UV-A และ UV-B จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้โมเลกุลของออกซิเจนที่ละลายในน้ำและโมเลกุลน้ำแตกตัว (John and Bukata, 1998; Gerringa *et al.*, 2004; Steven *et al.*, 2010) แปรสภาพเป็นอนุมูลอิสระหลายชนิด ได้แก่ hydrogen peroxide (H_2O_2), hydroxyl radicals ($^{\circ}OH$) และ superoxide anion (O_2^-) แต่ที่พบมากและมีสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรง คือ H_2O_2 (Robert and Gambini, 1990) โดย H_2O_2 จะออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสีย จึงสามารถบำบัดความสกปรกในรูปซีโอติ บีโอติ ทีโอซี ซี และกลิ่นได้ (Alenka *et al.*, 2006; Mohamed, 2006; Roberto *et al.*, 2009; Zulfiquar *et al.*, 2011) รวมถึงลดปริมาณฮิวมิกในน้ำเสียซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ทำให้มีสีน้ำตาล (Gen *et al.*, 2001) นอกจากนี้ H_2O_2 ยังสามารถฆ่าไซยาโนแบคทีเรียและทำลายโครงสร้างไมโครซิสตินซึ่งเป็นสารพิษที่ผลิตจากไซยาโนแบคทีเรีย (Rui *et al.*, 2005; Dani, 2012) เช่นเดียวกับ *Escherichia coli* (*E.coli*) ก็ถูก H_2O_2 ฆ่าได้เช่นกัน (Davies, 1997; Asad, 1998) โดย H_2O_2 จะเข้าทำปฏิกิริยาและสร้างความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ ไมโทคอนเดรีย และดีเอ็นเอ (Yoel *et al.*, 1987; Richard *et al.*, 2003) นอกจากนี้ H_2O_2 ที่ความเข้มข้น 0.2-0.3 มิลลิโมลล์ ยังสามารถยับยั้งความสามารถในการก่อโรคของ *E. coli* (Hegde *et al.*, 2008) แต่อย่างไรก็ตาม H_2O_2 จะไม่ส่งผลกระทบต่อแพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์น้ำขนาดเล็ก และสัตว์น้ำขนาดใหญ่ (Dani *et al.*, 2012; Hans *et al.*, 2012)

ดังนั้น จึงควรศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างรังสีแสงอาทิตย์ต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในน้ำเสียภายในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบบ่อฝิ่ง ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของรังสีแสงอาทิตย์ต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในระบบบำบัด

น้ำเสียและผลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝังให้เข้ากับปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ประเทศไทยได้รับ ส่งผลให้ระบบมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสูงสุด

วิธีการวิจัย

1. สถานที่ทำงานวิจัย

ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบบ่อฝังของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ตั้งอยู่บนพิกัดทางภูมิศาสตร์ประมาณเส้นรุ้งที่ 130 02' 40" ถึง 130 03' 20" เหนือ และเส้นแวงที่ 1000 05' 10" ถึง 1000 06' 05" ตะวันออกหรือพิกัด UTM ที่ 1442240 ถึง 1443480 เหนือ และ 0617780 ถึง 0619271 ตะวันออก ระบบบำบัดเป็นบ่อดินเหนียวอัดแน่น จำนวน 5 บ่อ ได้แก่ บ่อตกตะกอนที่ 1 บ่อฝังที่ 2 บ่อฝังที่ 3 บ่อฝังที่ 4 และบ่อฝังที่ 5 ตามลำดับ ทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียชุมชนจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี มีสมรรถนะการรองรับน้ำเสียรวม 244,913.2 ลูกบาศก์เมตร และมีระยะเวลาพักน้ำเสียรวมทั้งสิ้น 69 วัน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมรรถนะการรองรับน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝังของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ

บ่อบำบัด	พื้นที่ผิว (ตารางเมตร)	ความลึก (เมตร)	ปริมาตรบ่อ (ลูกบาศก์เมตร)	ระยะเวลาพัก (วัน)
บ่อตกตะกอนที่ 1	10,217.0	2.1	21,455.7	6
บ่อฝังที่ 2	30,408.0	1.6	48,652.8	14
บ่อฝังที่ 3	34,047.0	1.8	61,284.6	17
บ่อฝังที่ 4	35,424.0	1.5	53,136.0	15
บ่อฝังที่ 5	43,131.5	1.4	60,384.1	17
รวม	153,227.5	-	244,913.2	69

หมายเหตุ: ระยะเวลาพักคำนวณจากปริมาณน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีที่ไหลเข้าระบบบำบัดของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ เฉลี่ยในช่วงฤดูร้อน มีค่าเท่ากับ 3,525.0 ลูกบาศก์เมตร/วัน

2. วิธีการวิจัย

2.1 เก็บตัวอย่างน้ำเสียรายชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 06.00-19.00 น. ในบ่อตกตะกอนที่ 1 ใช้เป็นตัวแทนของน้ำเสียที่มีความสกปรกสูง และบ่อฝังที่ 3 ใช้ตัวแทนของน้ำเสียที่มีคุณภาพน้ำเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด (สตรียไทย, 2544) โดยเก็บตัวอย่างในวันที่ 19 พฤษภาคม 2552 ตรงกับฤดูร้อน เนื่องจากท้องฟ้ามีลักษณะโปร่งใส (clear sky) ส่งผลให้คุณภาพรังสีแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านชั้นบรรยากาศของโลกลดลง

ผิวน้ำน้ำเสียมีคุณภาพดี สามารถขับเคลื่อนกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยกลไกธรรมชาติได้อย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้เห็นความสัมพันธ์ของรังสีแสงอาทิตย์ต่อคุณภาพน้ำเสียอย่างชัดเจน

โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียบริเวณกึ่งกลางบ่อที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำ ด้วยวิธีการจ้วงเก็บ (grap sampling) จากนั้นเก็บรักษาตัวอย่างน้ำเสียและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ณ ห้องปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตามวิธีมาตรฐาน (APHA, AWWA and WEF, 1995) สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ละลายน้ำได้ทำการตรวจวัด ณ จุดเก็บตัวอย่างน้ำทันทีด้วยวิธีการไทเทรตตามวิธีมาตรฐาน (SOLVAY, 2004)

2.2 ตรวจวัดพลังงานรังสีรวมแสงอาทิตย์ (total radiation) แบบต่อเนื่องรายชั่วโมงด้วยชุดตรวจวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สุทธิ (net radiation) รุ่น CNR4 ที่ติดตั้งอยู่ภายในพื้นที่โครงการฯ

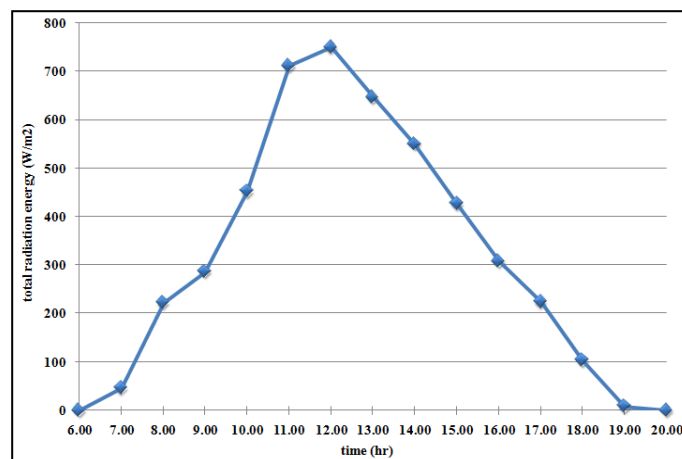
3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความสัมพันธ์และแสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; R^2)

ผลการวิจัย

1. พลังงานรังสีแสงอาทิตย์

พลังงานรังสีรวมแสงอาทิตย์ที่วัดแบบต่อเนื่องรายชั่วโมงด้วยชุดตรวจวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สุทธิรุ่น CNR4 ภายในพื้นที่โครงการแหลมผักเบี้ยฯ สามารถตรวจวัดพลังงานรังสีรวมแสงอาทิตย์ได้ตั้งแต่เวลา 07.00-19.00 น. รวมเวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 พลังงานรังสีรวมแสงอาทิตย์ที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดโครงการแหลมผักเบี้ยฯ

จากรูปที่ 1 สามารถวัดพลังงานรังสีรวมแสงอาทิตย์ได้ตั้งแต่เวลา 07.00 น. โดยมีค่าเท่ากับ 45 วัตต์/ตารางเมตร และมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในเวลา 12.00 น. มีค่าเท่ากับ 750 วัตต์/ตารางเมตร สอดคล้องกับพลังงานรังสีรวมแสงอาทิตย์ที่ตรวจวัดได้บริเวณโครงการแหลมผักเบี้ยฯ ในช่วงฤดูร้อน พ.ศ.2554-2555 ที่พบว่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดในช่วงเที่ยงวันเช่นกัน (Pannop and Bualert, 2013) จากนั้นรังสีจะมีค่า

ลดลงตั้งแต่เวลา 13.00 น.จนถึงเวลา 19.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาสุดท้ายที่สามารถวัดรังสีได้ มีค่าเท่ากับ 8 วัตต์/ตารางเมตร คิดเป็นพลังงานรังสีแสงอาทิตย์สะสมเท่ากับ 4.73 กิโลวัตต์/ตารางเมตร/วัน ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของกระทรวงพลังงาน พบว่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์สะสมเฉลี่ยทั่วประเทศไทย มีค่าเท่ากับ 5.04 กิโลวัตต์/ตารางเมตร/วัน (กระทรวงพลังงาน, 2555) อย่างไรก็ตาม การที่ค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์สะสมบริเวณโครงการแหลมผักเบี้ย มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศไทยนั้น มีผลมาจากคุณภาพอากาศ ซึ่งเป็นผลมาจากละอองไอเกลือจากทะเลและละอองฝุ่น (Satheesh and Moorthy, 2005; Naohiro *et al.*, 2011; Can *et al.*, 2012; Juan *et al.*, 2012; Pantipa and Bualert, 2013; Winai *et al.*, 2013)

2. คุณภาพน้ำภายในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝัง

2.1 คุณภาพน้ำภายในบ่อตกตะกอนที่ 1 (ตารางที่ 2) มีอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 29.2-34.3 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.9-8.0 ของแข็งละลายได้อยู่ในช่วง 366.0-392.0 มิลลิกรัม/ลิตร ไนโตรเจน ทั้งหมดอยู่ในช่วง 4.98-21.96 มิลลิกรัม/ลิตร ฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.81-4.78 มิลลิกรัม/ลิตร และความสกปรกในรูปบีโอดีอยู่ในช่วง 30.0-136.0 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 1.2-15.3 มิลลิกรัม/ลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วง $0.0-1.18 \times 10^{-3}$ มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำเสียภายในบ่อตกตะกอนที่ 1

เวลา	Temp (°C)	pH (-)	TDS (mg/l)	H ₂ O ₂ (mg/l)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	TKN (mg/l)	TP (mg/l)
06.00	29.2	6.9	383	0.0	1.2	116.0	11.38	4.06
07.00	29.4	6.9	383.0	0.0	1.4	118.0	4.98	4.61
08.00	30.4	6.9	381.0	0.0	2.2	120.0	6.40	4.78
09.00	30.6	7.0	388.0	0.0	2.1	130.0	10.81	3.87
10.00	31.6	7.2	392.0	3.4×10^{-4}	4.1	136.0	21.96	3.98
11.00	33.1	7.4	388.0	5.1×10^{-4}	7.7	36.5	9.75	4.39
12.00	34.3	7.6	379.0	6.8×10^{-4}	11.9	35.5	9.79	4.17
13.00	34.3	7.8	370.0	1.18×10^{-3}	13.1	36.5	8.98	4.40
14.00	33.8	7.8	379.0	7.6×10^{-4}	13.6	39.5	9.25	4.38
15.00	34.0	8.0	366.0	5.1×10^{-4}	15.3	39.0	14.68	4.78
16.00	33.7	8.0	373.0	3.4×10^{-4}	15.1	30.0	12.25	4.02
17.00	32.7	7.7	385.0	8.0×10^{-5}	9.5	33.5	13.39	3.92
18.00	32.1	7.9	384.0	0.0	8.4	37.0	8.01	3.81
19.00	31.0	8.0	375.0	0.0	1.3	37.5	5.83	4.26
เฉลี่ย	32.2	7.5	380.4	3.0×10^{-4}	7.6	67.5	10.5	4.2

2.2 คุณภาพน้ำภายในบ่อฝิ่งที่ 3 (ตารางที่ 3) มีอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 29.8-32.9 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.8-8.0 ของแข็งละลายได้อยู่ในช่วง 356.0-392.0 มิลลิกรัม/ลิตร ไนโตรเจนทั้งหมด อยู่ในช่วง 1.33-10.48 มิลลิกรัม/ลิตร ฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.72-3.51 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณออกซิเจน ละลายน้ำอยู่ช่วง 2.5-14.1 มิลลิกรัม/ลิตร ความสกปรกในรูปบีโอดีอยู่ในช่วง 1.3-24.6 มิลลิกรัม/ลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วง 1.36×10^{-3} - 2.89×10^{-3} มิลลิกรัม/ลิตร

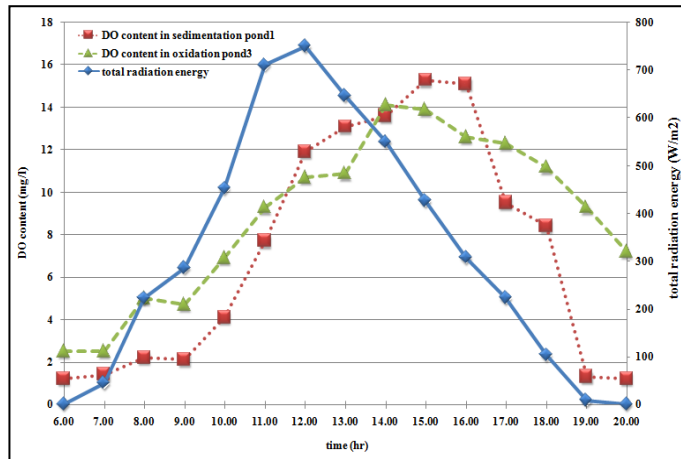
ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำเสียภายในบ่อฝิ่งที่ 3

เวลา	Temp (°C)	pH (-)	TDS (mg/l)	H ₂ O ₂ (mg/l)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	TKN (mg/l)	TP (mg/l)
06.00	29.8	6.8	392.0	2.04×10^{-3}	2.5	5.3	5.38	3.39
07.00	29.9	7.0	384.0	1.62×10^{-3}	2.5	1.3	1.33	3.51
08.00	30.3	7.0	384.0	1.36×10^{-3}	5.0	3.6	6.32	2.72
09.00	30.4	7.1	384.0	2.04×10^{-3}	4.7	6.0	10.48	3.15
10.00	31.5	7.5	380.0	2.30×10^{-3}	6.9	20.6	10.11	3.45
11.00	32.4	7.6	371.0	2.46×10^{-3}	9.3	19.6	4.51	3.39
12.00	32.9	7.8	356.0	2.46×10^{-3}	10.7	21.0	9.56	3.32
13.00	32.3	8.0	374.0	1.87×10^{-3}	10.9	23.6	5.91	3.16
14.00	32.9	8.0	369.0	2.72×10^{-3}	14.1	23.0	8.71	3.23
15.00	32.4	8.0	372.0	2.64×10^{-3}	13.9	24.6	10.07	3.19
16.00	32.1	7.9	373.0	2.89×10^{-3}	12.6	22.6	6.53	3.32
17.00	32.1	7.6	372.0	2.64×10^{-3}	12.3	21.3	10.30	3.33
18.00	31.7	8.0	371.0	2.38×10^{-3}	11.2	19.3	8.76	3.35
19.00	31.7	8.2	375.0	2.38×10^{-3}	9.3	20.6	10.34	3.17
เฉลี่ย	31.3	7.6	375.5	2.27×10^{-3}	8.9	16.6	7.7	3.2

3. ความสัมพันธ์ของรังสีรวมแสงอาทิตย์ต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

จากผลการศึกษา พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำทั้งในบ่อตกตะกอนที่ 1 และบ่อฝิ่งที่ 3 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเช้าและลดลงในช่วงเวลาบ่ายแปรผันตามพลังงานรังสีแสงอาทิตย์ เนื่องจากรังสีแสงอาทิตย์ จะกระตุ้นกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช สาหร่ายสีเขียว รวมถึงไซยาโนแบคทีเรีย ซึ่งจะผลิตออกซิเจนละลายสู่น้ำเสีย โดยในบ่อตกตะกอนที่ 1 จะมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 1.2 มิลลิกรัม/ลิตร ในเวลา 06.00 น. และเพิ่มสูงสุดในเวลา 15.00 น. มีค่าเท่ากับ 15.3 มิลลิกรัม/ลิตร (อัตราการผลิตเฉลี่ย 1.5 มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง) แต่ภายหลังจากเวลา 15.00 น. ถึง 19.00 น. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าลดลงอย่าง

รวดเร็วจาก 15.3 มิลลิกรัม/ลิตร เหลือ 1.3 มิลลิกรัม/ลิตร (อัตราการลดลงเฉลี่ย 3.5 มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง) สำหรับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อฝังที่ 3 พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จาก 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ในเวลา 06.00 น. เป็น 14.1 มิลลิกรัม/ลิตร ในเวลา 14.00 น. (อัตราการผลิตเฉลี่ย 1.4 มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง) และภายหลังเวลา 14.00 น. ออกซิเจนละลายน้ำจะมีปริมาณลดลงจาก 14.1 มิลลิกรัม/ลิตร เป็น 9.3 มิลลิกรัม/ลิตร ในเวลา 19.00 น. (อัตราการลดลงเฉลี่ย 0.9 มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง) ดังแสดงในรูปที่ 2



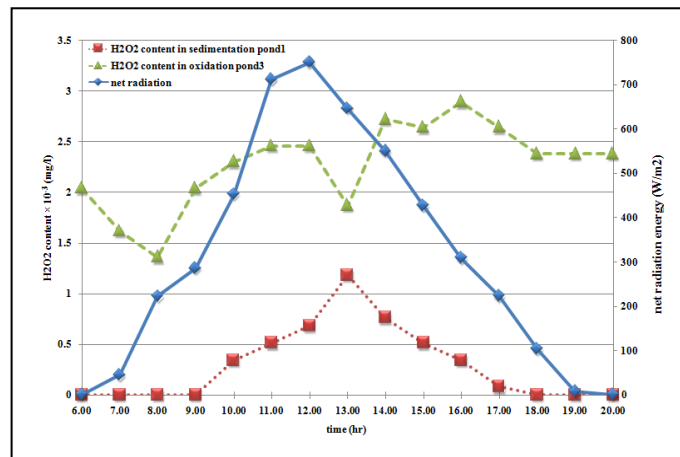
รูปที่ 2 ค่าพลังงานรวมรังสีแสงอาทิตย์และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝังโครงการแหลมผักเบี้ยฯ

เมื่อนำข้อมูลมาจัดทำกราฟวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานรังสีรวมแสงอาทิตย์กับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำด้วยสมการพหุนาม (polynomial) ของบ่อตกตะกอนที่ 1 และบ่อฝังที่ 3 ในช่วงเช้า (06.00-12.00 น.) และช่วงบ่าย (13.00-19.00 น.) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; R^2) ของบ่อตกตะกอนในช่วงเช้า มีค่าเท่ากับ 0.944 และในช่วงบ่ายมีค่าเท่ากับ 0.934 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของบ่อฝังที่ 3 ในช่วงเช้า มีค่าเท่ากับ 0.983 และในช่วงบ่ายมีค่าเท่ากับ 0.8252 สันเกตได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าสูง

4. ความสัมพันธ์ของรังสีรวมแสงอาทิตย์ต่อปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

จากผลการศึกษา พบว่าปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในบ่อตกตะกอนที่ 1 และบ่อฝังที่ 3 มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงเช้าและลดลงในช่วงบ่ายแปรผันตามพลังงานรังสีแสงอาทิตย์ เนื่องจากรังสีแสงอาทิตย์จะไปกระตุ้นให้โมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของออกซิเจนที่ละลายน้ำแตกตัวและแปรสภาพเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Gerringa *et al.*, 2004) ซึ่งแปรผันตามปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Volodymyr, 2011) โดยในบ่อตกตะกอนที่ 1 ตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้ในเวลา 10.00 น. มีค่าเท่ากับ 3.4×10^{-4} มิลลิกรัม/ลิตร และมีปริมาณสูงสุดในเวลา 13.00 น. มีค่าเท่ากับ 1.18×10^{-3} มิลลิกรัม/ลิตร (อัตราการผลิต 2.8×10^{-4} มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง) จากนั้นมีปริมาณลดลงในเวลา 14.00 น. จาก 7.6×10^{-4} มิลลิกรัม/ลิตร เหลือ 8.0×10^{-5} มิลลิกรัม/

ลิตร ในเวลา 17.00 น. (อัตราการลดลงเฉลี่ย 2.7×10^{-4} มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง) สำหรับในบ่อฝั่งที่ 3 ตรวจพบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ได้ตั้งแต่เวลา 06.00 น. มีค่าเท่ากับ 2.04×10^{-3} มิลลิกรัม/ลิตร และมีปริมาณเพิ่มสูงสุดในเวลา 16.00 น. มีค่าเท่ากับ 2.89×10^{-3} มิลลิกรัม/ลิตร (อัตราการผลิต 1.1×10^{-4} มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง) และลดลงเหลือ 2.38×10^{-3} มิลลิกรัม/ลิตร ในเวลา 19.00 น. (อัตราการลดลงเฉลี่ย 1.7×10^{-4} มิลลิกรัม/ลิตร/ชั่วโมง) ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ค่าพลังงานรวมรังสีแสงอาทิตย์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝั่งโครงการแหลมผักเบี้ยฯ

เมื่อนำข้อมูลมาจัดทำกราฟวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานรังสีรวมแสงอาทิตย์กับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ละลายน้ำด้วยสมการพหุนาม พบว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของบ่อตกตะกอนที่ 1 ในช่วงเช้า มีค่าเท่ากับ 0.944 และในช่วงบ่ายมีค่าเท่ากับ 0.986 ส่วนในบ่อฝั่งที่ 3 ตรวจพบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในช่วงเวลาเย็นและกลางคืนมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำ โดยในช่วงเช้า มีค่าเท่ากับ 0.606 และในช่วงบ่ายมีค่าเท่ากับ 0.700

สรุปผล

รังสีแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านชั้นบรรยากาศโลกลงมาสู่ผิวน้ำน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยเฉพาะปริมาณรังสีรวมแสงอาทิตย์ มีค่าอยู่ในช่วง 0-750 วัตต์/ตารางเมตร ตั้งแต่เวลา 07.00-19.00 น. สามารถกระตุ้นกระบวนการเติมออกซิเจนลงสู่น้ำเสียด้วยกระบวนการธรรมชาติได้แก่ กระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชและกระบวนการเทอร์โมไซฟอนด์ ส่งผลให้น้ำเสียภายในบ่อตกตะกอนที่ 1 และบ่อฝั่งที่ 3 มีค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นและลดลงแปรผันตามปริมาณรังสีรวมแสงอาทิตย์ นอกจากนี้ รังสีแสงอาทิตย์ยังสามารถกระตุ้นให้โมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของออกซิเจนที่ละลายน้ำเกิดการแตกตัวและแปรสภาพเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระมีสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรงและมีปริมาณแปรผันตามปริมาณรังสีรวมแสงอาทิตย์เช่นกัน และจากการศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีรวมแสงอาทิตย์กับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ด้วยสมการพหุนามในบ่อตกตะกอนที่ 1 และบ่อฝิ่งที่ 3 พบว่ามีค่าประสิทธิผลสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงพลังงาน. ไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 14 มิถุนายน 2555. เข้าถึงจาก http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=889&Itemid=56&lang=th

สตรีไทย สติติ. “ระยะเวลาและจำนวนบ่อฝิ่งที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยรัตนนคร, 2544.

ภาษาต่างประเทศ

Alenka T., M.V. Emilo, Z. Pavic'ic and D. Milic'. “The hydrogen peroxide as a potentially useful slurry disinfectant.” Livestock Science, 102 (2006): 243-247.

Andreas H. and C. Lutz. “Algae and UV irradiation: Effects on ultrastructure and related metabolic functions.” Micron, 37 (2006): 190-207.

APHA, AWWA and WEF. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 19th (ed.). Washington DC: America Public Health Association., 1995.

Asad N.R., L.M. Asad, A.B. Silva, I. Felzenszwalb and A.C. Leitao. “Hydrogen peroxide effect in *Escherichia coli* cell.” Acta Biochim Pol, 45 (1998): 677-690.

Can L., S.C.Tsay, N.C. Hsu, J.Y. Kim, S.G. Howell, B.J. Huebert, Q. Ji, M.J. Jeong, S.H. Wang, R.A. Hansell and S.W. Bell. “Characteristics and composition of atmospheric aerosols in Phimai, central Thailand during BASE-ASIA.” Atmospheric Environment, In press (2012)

Chunkao K., C. Nimpee and K. Duangmal. “The King’s initiatives using water hyacinth to remove heavy metals and plant nutrients from wastewater through Bueng Makkasan in Bangkok, Thailand.” Ecological Engineering, 39 (2012): 40-52.

Dani J.B., E.S. Reichwaldt and A.Ghadouani. “The use of hydrogen peroxide to remove cyanobacteria and microcystins from waste stabilization ponds and hypereutrophic systems.” Ecological Engineering, In press (2012).

Davies C., R.J., A.M. Donnison and D.J. Speed. “Sunlight wavelengths Inactivating faecal indicator microorganisms in waste stabilization ponds.” Water Science and Technology, 35 (1997): 219-225.

- Donat P.H., M.Lebert, A.F.Moya, C.Jimenez, J.Mercado, S.Salles, J.Aguilera and F.L.Figueroa. “Effect of solar radiation on the photosynthetic activity of the red alga *Corallina elongate* Ellis et Soland.” Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 37 (1997): 196-202.
- Gen S. W., C.H. Liao and F.J. Wu. “Photodegradation of humic acids in the presence of hydrogen peroxide.” Chemosphere, 42 (2001): 379-387.
- Gerringa L.J.A., M.J.A. Rijkenberg, K.R. Timmermans and A.G.J. Bumma. “The influence of solar ultraviolet radiation on the photochemical product of H₂O₂ in the equatorial Atlantic Ocean.” Journal of Sea Research, 51 (2004): 3-10.
- Hans C.P.M., P.M.Visser, B.Reeze, J.Meeuse, P.C.Slot, G.Wijn, R.Talens and J.Huisman. “Selective suppression of harmful cyanobacteria in an entire lake with hydrogen peroxide.” WATER RESEARCH, 46 (2012): 1460-1472.
- Hegde A, G.K. Bhat and S. Mallya. “Effect of exposure to hydrogen peroxide on the virulence of *Escherichia coli*.” India Journal of Medical Microbiology, 26 (2008): 25-28
- John H.J. and R.P.Bukata. “Impact of Stratospheric Ozone Depletion on Photoproduction of Hydrogen Peroxide in Lake Ontario.” Journal of Great Lakes Research, 24 (1998): 929-935.
- Juan C., J. Munoz, J.A. Sobrino and C. Mattar. “Recent trends in solar exergy and net radiation at global scale.” Ecological Modeling, 228 (2012): 59-65.
- Leena S., D.P.L. Rousseau, C.M. Hooijmans and P.N.L. Lens. “3D model for a secondary facultative pond.” Ecological Modeling, 222 (2011): 1592-1603.
- Macos V.S. “Modeling of coliform removal in 186 facultative and maturation ponds around the world.” Water Research, 39 (2005): 5261-5273.
- Mohamed K. “Chemical Oxidation with Hydrogen Peroxide for Domestic Wastewater Treatment.” Chemical Engineering Journal, 119 (2006): 161-165.
- Naohiro M., S. Miyazawa, Bannu and H. Kuze. “Seasonal variation of tropospheric aerosol properties by direct and scattered solar radiation spectroscopy.” Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, 112 (2011): 285-291.
- Pannop L. and S. Bualert. “Variation of radiation and solar spectrum in Thailand.” International Journal of Environmental Science and Development, 4 (2013): 107-110.

- Pantipa W. and S. Bualert. “Solar spectrum forcing due to soil particle concentration.” International Journal of Environmental Science and Development, 4 (2013): 116-118.
- Richard Z.G., Callaghan, V. Terry and V.J. David. “Effect of increased solar ultraviolet radiation on biogeochemical cycles.” Ambio, 24 (1995): 181-187.
- Richard J. W., D. Washington, J. Howsawkung, F. J. Loge and A. L. Teel. “Comparative toxicity of hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and superoxide anion to *Escherichia coli*.” Advances in Environmental Research, 7 (2003): 961-968.
- Robert G. and D.J. Gambini. Applied radiobiology and radiation protection. England: Ellis Horwood Limited., 1990.
- Roberto R., A. Rodríguez, J. Antonio, P. Melón. “A. Petre and E. García-Calvo., Oxidation of dissolved organic matter in the effluent of a sewage treatment plant using ozone combined with hydrogen peroxide (O₃/H₂O₂).” Chemical Engineering Journal, 149 (2009): 311-318.
- Rui P.Q., N. Li, X.H. Qi, Q. S. Wang and Y.Y. Zhuang. “Degradation of microcystin-RR by UV radiation in the presence of hydrogen peroxide.” Toxicon, 45 (2005): 745-752.
- Satheesh S.K. and K.K. Moorthy. “Radiative effects of natural aerosols: A review.” Atmospheric Environment, 39 (2005): 2089-2110.
- Steven A.R., L.E.Richard, B.M.Peake, W.J. Cooper and G.E. Bodeker. “The influence of solar radiation on hydrogen peroxide concentrations in freshwater.” Marine and Freshwater Research, 61 (2010): 1147-1153.
- SOLVAY. Determination of Hydrogen Peroxide Concentration (0.1%-5%) Technical Data Sheet. Solvay Chemicals, Inc., 2004.
- Tapas K. D. “Ultraviolet disinfection application to a wastewater treatment plant.” Clean Prod Processes, 3 (2001): 69-80.
- Volodymyr I.L. “Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals.” Aquatic Toxicology, 101 (2011): 13-30.
- William J.O., A.M. Asce, G.B. Harold and M. Asce. “Photosynthesis in sewage treatment.” American Society of civil Engineers, 2849 (1852): 73-80.

Winai M., S. Bualert and P. Wonglakorn. “Sea salt aerosols: Shortwave Radiative Forcing.” International Journal of Environmental Science and Development, 4 (2013): 104-106.

Yoel K., D. Godinger and J. Aronovith. “Temporary exposure to hydrogen peroxide increase intracellular protein degradation in *E. coli*.” FEMS Microbiology Letters, 44 (1987): 277-282.

Zulfiqar A. B., Q. Mahmood, I. A. Raja, A. H. Malik, N. Rashid and D. Wub. “Integrated chemical treatment of municipal wastewater using waste hydrogen peroxide and ultraviolet light.” Physics and Chemistry on the Earth, 36 (2011): 459-464.