

การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในหาดโคลนจากอิทธิพลของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชน โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

CHANGES OF WATER QUALITY IN MUDDY BEACHES DUE TO THE INFLUENCE OF EFFLUENT FROM THE COMMUNITY WASTEWATER TREATMENT SYSTEM, THE ROYAL INITIAL ENVIRONMENT RESEARCH AND DEVELOPMENT LAEM PHAK BIA PROJECT

อรรถกรชัย พลชาติ^{1*}, นฤชิต ดำปิ่น¹, ธนิตร์ ปัทมพิฑูร¹, วชรพงษ์ วาระรัมย์¹, เกษม จันทร์แก้ว²

Auttharot Pholchart^{1*}, Narouchit Dampin¹, Thanit Pattamapitoun¹, Wacharapong Wararam¹, Kasem Chunkao²

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹Department of Environmental Science, Faculty of Environment, Kasetsart University.

²โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

²The King's Initiative Laem Phak Bia Environmental Research and Development project.

*Corresponding author, e-mail: auttharot.p@ku.th

Received: 9 November 2021; **Revised:** 6 November 2022; **Accepted:** 15 December 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำบริเวณหาดโคลนที่ได้รับอิทธิพลของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี กำหนดจุดเก็บตัวอย่างในบริเวณหาดโคลนด้านหน้าป่าชายเลนโดยการแนวสำรวจตั้งฉากกับชายฝั่งจำนวน 3 แนว ประกอบไปด้วยแนว R เป็นพื้นที่อ้างอิงไม่ได้รับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน แนว A และ B เป็นพื้นที่ได้รับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน แต่ละแนวมี 5 จุดเก็บตัวอย่าง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในช่วงน้ำทะเลกำลังลงของช่วงวันที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 (ฤดูฝน) และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 (ฤดูแล้ง) ผลการศึกษาพบว่า คุณภาพน้ำทั้งสองฤดูกาลอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำตามแนวสำรวจ พบว่าในแนว R มีปริมาณ TKN, ammonia และ TP มากกว่าแนวอื่น ๆ มีค่า 4.7 ± 1.6 , 0.019 ± 0.003 และ 0.15 ± 0.03 mg/L ตามลำดับ เนื่องจากกิจกรรมใช้น้ำในครัวเรือนได้ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่คลองขนาดเล็กไหลผ่านชุมชนออกสู่ป่าชายเลนในแนว R ต่างจากแนว A และ B ที่ได้รับน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดมีการเจือจางของน้ำทิ้งกับน้ำทะเลและมีการดูดซับของพืชป่าชายเลนก่อนออกสู่ป่าชายเลน เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทะเลในแนวขนานกับชายฝั่งทะเล พบว่าทั้ง 2 ฤดูกาลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เปรียบเทียบคุณภาพน้ำทั้ง 2 ฤดูกาล พบว่าอุณหภูมิ, salinity, EC, TDS, DO, TKN, ammonia และ TP มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

($P < 0.05$) โดย salinity, EC, TDS, TKN, ammonia และ TP ในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าฤดูฝน ส่วนอุณหภูมิและปริมาณ DO ในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าในฤดูฝนเนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำทะเล และอิทธิพลจากสารแขวนลอยและธาตุอาหารจากคลองใกล้เคียงรวมถึงมีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่มาจากการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตในป่าชายเลน

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ; แหลมผักเบี้ย; หาดโคลน; น้ำทะเล

Abstract

This research aims to study the change in water quality in muddy beaches affected by effluents from the wastewater treatment system of The Royal Initial Environment Research and Development Laem Phak Bia Project, Phetchaburi Province. Determine the sampling station in the muddy beaches in front of the mangrove forest by surveying 3 lines perpendicular to the coast, consisting of line R as a reference area that does not influence the community wastewater treatment system, lines A and B are received effluent from the community wastewater treatment system., each line has 5 sampling stations. Water samples were collected during the low tide of the highest tide days in October 2019 (rainy season) and February 2020 (dry season). The results showed that the water quality of both seasons was in the Seawater quality standards for aquaculture, when comparing the water quality along with the survey, it was found that TKN, ammonia, and TP in the R line were higher than the A and B line, at 4.7 ± 1.6 , 0.019 ± 0.003 and 0.15 ± 0.03 mg/L, respectively, due to household water activities that discharged water into a small canal flowing through the community into the mangrove forest in the R line, unlike the A and B line, which receives effluent from treatment system that is diluted with effluent and is absorbed by mangrove vegetation before it enters the mangrove forest. When comparing seawater quality parallel to that of the coast, there was no significant difference ($P < 0.05$), and when comparing the water quality in both seasons, it was found that temperature, salinity, EC, TDS, DO, TKN, ammonia, and TP were significantly different ($P < 0.05$) with salinity, EC, TDS, TKN, ammonia, and TP in the season. The dry season is more valuable than the rainy season, the temperature and DO content in the dry season were lower than in the rainy season due to the effects of seawater and the impact of suspended solids and nutrients from nearby canals, including organic and inorganic substances from the decomposition of living organisms in mangrove forests.

Keywords: Water Quality; Laem Phak Bia; Muddy Beach; Seawater

บทนำ

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี เป็นหน่วยงานที่ทำงานเพื่อสนองแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร และพระบาทสมเด็จพระวชิรเกล้าเจ้าอยู่หัว ด้านการบำบัดน้ำเสียชุมชนจากเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ด้วยกระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ [1] โดยการนำน้ำเสียชุมชนในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีไปรวบรวมในบ่อรวบรวมน้ำเสียบริเวณบ้านคลองยางมีปริมาตรกว่า 6,167 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน [2-3] และสูบน้ำเสียผ่านท่อ HDPE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร เป็นระยะทาง 18.5

กิโลเมตร เข้ามารับบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ น้ำเสียที่รวบรวมได้ร้อยละ 90 เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝั่ง (Oxidation ponds) มีจำนวน 5 บ่อ และน้ำเสียร้อยละ 10 เข้าสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม (constructed wetland) และหญ้ากรองน้ำเสีย (grass filtration) น้ำเสียส่วนใหญ่เมื่อผ่านการบำบัดด้วยระบบบ่อฝั่งแล้วไหลออกจากบ่อปรับสภาพ (stabilization pond) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อบำบัด [4-8] ถูกปล่อยลงสู่พื้นที่ป่าชายเลนด้านหน้าของโครงการฯ มีขนาดความกว้างของพื้นที่ป่าชายเลนประมาณ 900-1,000 เมตร มีแสมทะเล (*Avicennia marina*) เป็นไม้เด่น ความหนาแน่น 618 ต้น/ไร่ [6] น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียเป็นน้ำจืดมีปริมาตร 4,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ไหลลงสู่พื้นที่ป่าชายเลนตลอดเวลาและไหลออกสู่ชายฝั่งหาดโคลนด้านหน้าของป่าชายเลนมีขนาดกว้างประมาณ 1.8 กิโลเมตร จากคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียที่เป็นน้ำจืดและมีปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างสูง ไหลลงสู่ชายฝั่งทะเลตลอดเวลา อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลและนิเวศวิทยาชายฝั่งบริเวณนี้ โดยเฉพาะด้านคุณภาพน้ำชายฝั่งบริเวณหาดโคลน ซึ่งเป็นแหล่งความหลากหลายชนิดของสัตว์น้ำดิน แหล่งหอยตลับ มีความหนาแน่น 1.63 ตัว/ตารางเมตร [9] ให้ผลผลิตหอยตลับ 262 ตัน/ปี สามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชน 2.30 ล้านบาทต่อปี [10-11] นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งอาหารของนกน้ำและนกชายเลน (waterfowl and shorebirds) กว่า 80 ชนิด [12-13] และบริเวณนี้เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ชุ่มน้ำในระดับโลก ขณะเดียวกันเป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำหลากหลายชนิดและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ [14] ที่สำคัญของท้องถิ่นของอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

จากรายงานคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียในฤดูฝน [4] (ตุลาคม พ.ศ.2562) และฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563) อยู่ในมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ยกเว้นปริมาณของแข็งแขวนลอย มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย เนื่องจากน้ำทิ้งออกจากบ่อที่ 5 (บ่อปรับสภาพ) มีระดับน้ำตื้น (น้ำลึก 1.5 เมตร) มีปริมาณธาตุอาหารน้อยกว่าบ่ออื่น ๆ และรับน้ำจากบ่อฝั่งที่ 3 (บ่อที่ 4) ซึ่งมีปริมาณแพลงก์ตอนมาก [15-16] เมื่อน้ำเข้าสู่บ่อปรับสภาพซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารน้อยกว่า จึงทำให้แพลงก์ตอนพืชบางส่วนตายลงและกลายเป็นสารอินทรีย์ที่แขวนลอยในบ่อ ขณะเดียวกันมีลมแรงจึงเกิดคลื่นในบ่อได้กว่นตะกอนแขวนลอยฟุ้งกระจายขึ้นมา ดังนั้นจึงส่งผลให้คุณภาพน้ำที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการฯ มีปริมาณของแข็งแขวนลอยมากกว่าเล็กน้อย [7-8,17] ในการปล่อยน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนดังกล่าวอาจมีผลต่อคุณภาพน้ำ ระบบนิเวศหาดโคลน และสิ่งมีชีวิตในน้ำบริเวณชายฝั่ง ดังนั้นน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการที่ปล่อยลงมาข้างต้น อาจทำให้คุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งหน้าโครงการแหลมผักเบี้ยฯ มีการเปลี่ยนแปลง และอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณหาดโคลนได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำทะเลที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนบริเวณหาดโคลนด้านหน้าป่าชายเลนโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างในบริเวณหาดโคลนด้านหน้าป่าชายเลนของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ทำการวางแผนสำรวจตั้งฉากกับชายฝั่งทะเลตั้งแต่ขอบป่าชายเลนไปยังทะเล จำนวน 3 แนว แต่ละแนวมีความยาว 1.8 กิโลเมตร และมีระยะห่างกันแนวละ 500 เมตร ประกอบด้วย พื้นที่ที่ไม่ได้รับน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียหรือพื้นที่อ้างอิง (reference site) (R) จำนวน 1 แนว และพื้นที่ที่ได้รับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝั่งของโครงการฯ (influence site) จำนวน 2 แนว คือ แนว A

และ B โดยจุดเริ่มต้นแต่ละแนวห่างจากขอบป่าชายเลน 150 เมตร ในแต่ละแนวกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างจำนวน 5 สถานี มีระยะห่าง 360 เมตร รวมทั้งหมดจำนวน 15 สถานี (ภาพที่ 1)

2. การเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลในช่วงเวลาน้ำทะเลกำลังลง ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 (wet period) และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 (dry period) ตามจุดเก็บตัวอย่างที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 1) โดยเก็บตัวอย่างน้ำทั้งที่ผ่านการบำบัดจากทางออกของบ่อฝั่งที่ 5 และเก็บตัวอย่างน้ำทะเล โดยใช้กระบอกเก็บน้ำ (water samplers) ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำตามจุดเก็บตัวอย่าง บรรจุตัวอย่างน้ำขวดพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE) ตรวจวัดคุณภาพน้ำภาคสนามทันที ได้แก่ ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) อุณหภูมิ (temperature) ค่าความเค็ม (salinity) และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (total dissolved solids; TDS) และนำน้ำตัวอย่างไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทางเคมีของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ ได้แก่ ค่าความสกปรก (BOD), ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS), ปริมาณไนโตรเจนในรูปที่เคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen; TKN), ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen), แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen) และ ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus) และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอิงตามวิธีมาตรฐาน Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association, 2017) [18]

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทะเลแต่ละดัชนีคุณภาพน้ำในแต่ละแนวเส้นสำรวจและตามระยะทางในแนวนานกับชายฝั่งทะเล ตลอดจนเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยใช้ Independent t-test และ One-way ANOVA ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Statistics 26

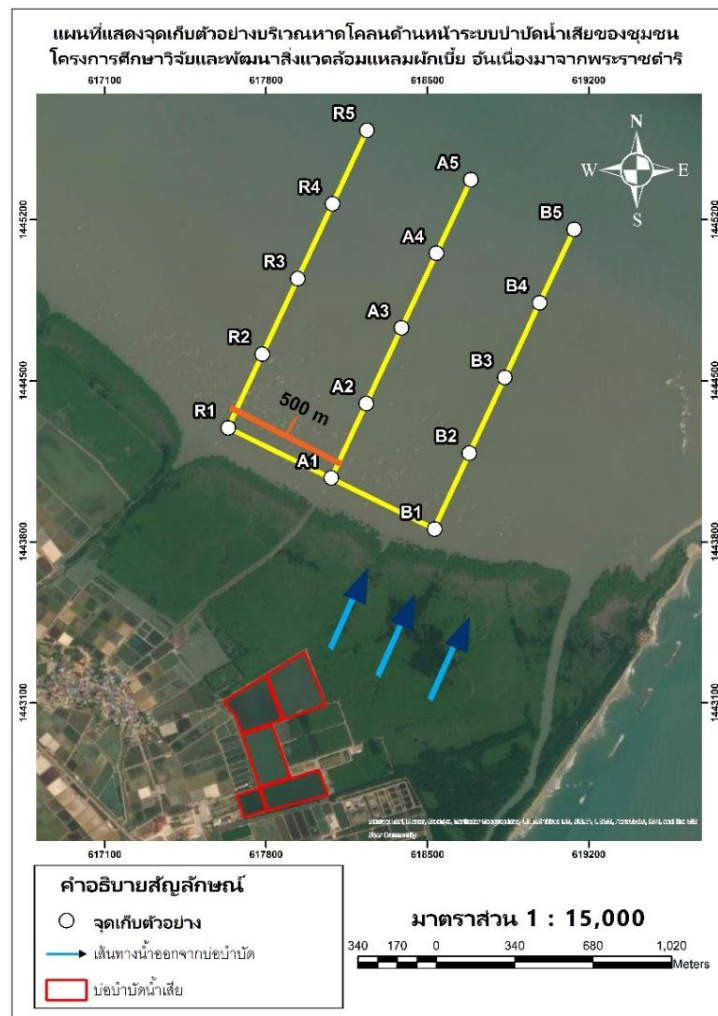
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งบริเวณหาดโคลนทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าคุณภาพน้ำอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล [20] (ตารางที่ 1) พบว่ามีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 30.5 ± 0.4 °C ความเป็นกรดและด่างเฉลี่ย (pH) 7.9 ± 0.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ย 46890 ± 181 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ความเค็ม (salinity) เฉลี่ย 27.2 ± 0.2 psu. ส่วนค่าความสกปรก (BOD) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณที่เคเอ็น (TKN) ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (nitrate-nitrogen) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) และปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) มีปริมาณเฉลี่ย 3.1 ± 0.9 7.8 ± 0.9 3 ± 1.04 0.005 ± 0.001 0.014 ± 0.003 0.11 ± 0.01 $37,515 \pm 140.4$ และ 215 ± 18.3 mg/L ตามลำดับ

1. ฤดูฝน (wet period)

มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.17 ± 0.84 °C, ความเป็นกรดและด่างเฉลี่ย 7.97 ± 0.35 EC เฉลี่ย 46483 ± 414 $\mu\text{S}/\text{cm}$ salinity เฉลี่ย 23.5 ± 0.3 psu. ค่า BOD DO TKN nitrate-nitrogen ammonia-nitrogen TP TDS และ SS มีค่าเฉลี่ย 3.4 ± 1.04 8.1 ± 1.8 2.3 ± 0.75 0.003 ± 0.001 0.016 ± 0.004 0.12 ± 0.03 37193 ± 334 mg/L และ 190 ± 22.1 ตามลำดับ (ตารางที่1)

1.1 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำตามแนวสำรวจจำนวน 3 แนวสำรวจ พบว่า ammonia-nitrogen TP และ SS มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในแนวสำรวจ R (พื้นที่อ้างอิง) มีปริมาณ ammonia-nitrogen และ TP มากกว่าแนวสำรวจ A และ B เล็กน้อย (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหาดโคลนด้านหน้าป่าชายเลนของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.บ้านแหลม จ.เพชรบุรี

1.2 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำตามแนวนานกับชายฝั่งทะเล จากขอบป่าชายเลนสู่ทะเลที่ระยะทาง 150, 510, 870, 1230 และ 1590 เมตร พบว่า (ตารางที่ 2) คุณภาพน้ำทะเลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) คุณภาพน้ำมีความใกล้เคียงกันในทุกระยะทาง

2. ฤดูแล้ง (dry period)

มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.9 ± 0.33 °C, ความเป็นกรดและด่างเฉลี่ย 7.9 ± 0.31 EC เฉลี่ย 47.29 ± 0.11 $\mu\text{S}/\text{cm}$ salinity เฉลี่ย 31 ± 0.11 psu. BOD DO TKN nitrate-nitrogen ammonia-nitrogen TP ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) และปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) เฉลี่ย 2.7 ± 1.3 7.5 ± 0.1 3.9 ± 1.9 0.009 ± 0.001 0.012 ± 0.002 0.094 ± 0.016 , 37837 ± 312 และ 237.3 ± 30.2 mg/L ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

2.1 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำตามแนวสำรวจ พบว่าคุณภาพน้ำทั้ง 3 แนวสำรวจ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางที่ 1)

2.2 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำตามแนวนานกับชายฝั่งทะเล จากขอบป่าชายเลนสู่ทะเลที่ระยะทาง 150 เมตร 510 เมตร 870 เมตร 1,230 เมตร และ 1590 เมตร พบว่า คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางที่ 2)

3. เปรียบเทียบคุณภาพน้ำ 2 ฤดูกาล

จากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทั้ง 2 ฤดูกาลพบว่า อุณหภูมิ salinity EC TDS DO TKN และ ammonia-nitrogen มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดย salinity และ TDS ในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าฤดูฝน

สรุปและอภิปรายผล

เนื่องจากน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียไหลผ่านป่าชายเลนมีความกว้างของพื้นที่ป่า 900 เมตร ได้มีการบำบัดน้ำไปบางส่วน อาทิ ปริมาณตะกอน และธาตุอาหารต่าง ๆ ฯลฯ ประกอบกับการเจือจางกับน้ำทะเลในช่วงเวลาน้ำทะเลขึ้นไหลเข้ามาในพื้นที่ป่าชายเลน [7-8] และเมื่อน้ำทะเลลงจะไหลออกสู่หาดโคลนด้านหน้าป่าชายเลน ทำให้คุณภาพน้ำบริเวณหาดโคลนอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 3 มีความเหมาะสมเพื่อการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง [20]

และคุณภาพน้ำมีความใกล้เคียงกับผลการศึกษาคูณภาพน้ำบริเวณหาดโคลนตำบลแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี ในช่วงปี 2557 [21] ในฤดูฝนเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทะเลระหว่างแนวสำรวจ 3 แนว แนวสำรวจ R มีปริมาณ ammonia-nitrogen และ TP มากกว่าแนวสำรวจ A และ B เล็กน้อย (ตารางที่ 1) เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากคลองขนาดเล็กที่อยู่ทางทิศเหนือไหลผ่านชุมชนบ้านพะเนิน ตำบลแหลมผักเบี้ย จึงได้รับน้ำทิ้งจากชุมชนดังกล่าวและไหลออกสู่หาดโคลนโดยตรง น้ำทิ้งส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมการซักล้างในครัวเรือน ซึ่งมีสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นส่วนใหญ่ [22-23] ประกอบกับบริเวณชายฝั่งเป็นป่าชายเลนและหาดโคลนมีการพัดพาตะกอน ซึ่งมีสารอินทรีย์และอนินทรีย์ต่าง ๆ มาทับถม ดังนั้นจึงพบ ammonia-nitrogen และ TP มีปริมาณมากกว่า แนวสำรวจ A และ B เล็กน้อยบริเวณพื้นที่รับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดไหลลงสู่พื้นที่ป่าชายเลนและป่าชายเลนมีการดูดซับธาตุอาหารเหล่านี้บางส่วนก่อนไหลลงสู่หาดโคลน [7-8] ส่วน SS ในแนวสำรวจ B มากกว่าแนว A และ R เล็กน้อย อันเนื่องมาจากอิทธิพลของกระแสน้ำบริเวณหาดโคลนด้านหน้าโครงการแหลมผักเบี้ยฯ มีการไหลทวนเข็มนาฬิกาและไหลวนหน้าหาด ได้นำตะกอนเหล่านี้เข้ามาเสริม [5, 24] และบริเวณแนวสำรวจ B อยู่ใกล้กับคลองอีแอตที่อยู่ทางทิศใต้ นำตะกอนจากคลองลงสู่หาดโคลนตลอดเวลา จึงทำให้มี SS มากกว่าบริเวณอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบตามระยะทางในแนวขนานกับชายฝั่งทะเล จากขอบป่าชายเลนสู่ทะเลที่ระยะทาง 150, 510, 870, 1,230 และ 1,590 เมตร พบว่าคุณภาพน้ำในแต่ละระยะทางมีความใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิและ BOD ในบริเวณใกล้ชายฝั่งขอบป่าชายเลนมีปริมาณสูงกว่าเพียงเล็กน้อย เนื่องจากน้ำทะเลขึ้นในช่วงเที่ยงถึงบ่าย หาดโคลนได้รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ก่อนน้ำทะเลขึ้นจึงมีความร้อนสะสมอยู่และเมื่อน้ำทะเลขึ้นท่วมหาดโคลน ทำให้น้ำบริเวณนี้ได้รับพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้นจึงทำให้น้ำมีอุณหภูมิที่สูงกว่าเล็กน้อย และมีความใกล้เคียงกับในบริเวณอ่าวไทยตอนบนมีค่าอุณหภูมิอยู่ที่ 30.25-30.5 °C (ตารางที่2) [25] ขณะเดียวกันมีปริมาณ BOD สูงกว่าเล็กน้อยและค่อยลดลงเมื่อเข้าสู่ทะเล เนื่องจากบริเวณตอนบนของหาดโคลนเป็นแหล่งรวมของตะกอนและสารอินทรีย์ที่มาทับถมประกอบกับได้รับอิทธิพลของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียจึงทำให้บริเวณนี้มี BOD สูงกว่าเล็กน้อย ส่วนบริเวณห่างจากชายฝั่งทะเลมีการเจือจางของมวลน้ำทะเลจึงทำให้ BOD ลดลง [7-8, 24, 27] ส่วน DO บริเวณใกล้กับป่าชายเลนมากกว่าเล็กน้อยและเมื่อห่างออกจากชายฝั่งจะลดลงเล็กน้อย ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลคุณภาพน้ำบริเวณหาดโคลนตำบลแหลมผักเบี้ยฯ ในปี 2547 [5]

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียและคุณภาพน้ำทะเล บริเวณหาดโคลนของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ ในฤดูฝนและฤดูแล้ง (mean $\pm$ S.D., n=5)

พารามิเตอร์	มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง*	คุณภาพน้ำทิ้งบ่อบำบัดฤดูฝน	คุณภาพน้ำทิ้งบ่อบำบัดฤดูแล้ง	มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล	ฤดูฝน				ฤดูแล้ง			
					Line R	Line A	Line B	ค่าเฉลี่ย	Line R	Line A	Line B	ค่าเฉลี่ย
Temp (°C)	-	29.7	30.5	เพิ่มขึ้นไม่เกิน 1	32.49 $\pm$ 0.93 ^a	32.19 $\pm$ 0.85 ^a	31.85 $\pm$ 0.78 ^a	32.17 $\pm$ 0.84	29.02 $\pm$ 0.52 ^a	28.86 $\pm$ 0.20 ^a	28.84 $\pm$ 0.22 ^a	28.91 $\pm$ 0.33
pH	5.5-9	8.9	9	7-8.5	7.98 $\pm$ 0.3 ^a	7.95 $\pm$ 0.4 ^a	7.85 $\pm$ 0.4 ^a	7.97 $\pm$ 0.4 ^a	7.77 $\pm$ 0.4 ^a	7.95 $\pm$ 0.4 ^a	7.85 $\pm$ 0.4 ^a	7.86 $\pm$ 0.37
Salinity (psu)	-	0.3	0.4	ไม่เกิน 10% ของค่าต่ำสุด	23.4 $\pm$ 0.2 ^a	23.5 $\pm$ 0.2 ^a	23.5 $\pm$ 0.3 ^a	23.5 $\pm$ 0.3	31 $\pm$ 1 ^a	31 $\pm$ 1 ^a	31 $\pm$ 1 ^a	31 $\pm$ 0.1
DO (mg/L)	-	4.6	9	ไม่น้อยกว่า 4	8.48 $\pm$ 1.1 ^a	7.81 $\pm$ 1.8 ^a	8.04 $\pm$ 2.5 ^a	8.11 $\pm$ 1.78	7.60 $\pm$ 0.09 ^a	7.56 $\pm$ 0.06 ^a	7.48 $\pm$ 0.17 ^a	7.54 $\pm$ 0.12
BOD (mg/L)	ไม่เกิน 20	6.3	12.6	-	3.81 $\pm$ 1.07 ^a	3.35 $\pm$ 0.77 ^a	3.04 $\pm$ 1.31 ^a	3.4 $\pm$ 1.04	3.23 $\pm$ 0.84 ^a	1.37 $\pm$ 1.22 ^a	2.80 $\pm$ 1.43 ^a	2.47 $\pm$ 1.37
TKN (mg/L)	-	3.6	0.6	-	2.82 $\pm$ 0.87 ^a	2.18 $\pm$ 0.5 ^a	1.82 $\pm$ 0.53 ^a	2.27 $\pm$ 0.75	4.7 $\pm$ 1.6 ^a	3.8 $\pm$ 1.9 ^a	2.7 $\pm$ 1.3 ^a	3.71 $\pm$ 1.70
Nitrate-nitrogen (mg/L)	-	0.013	0.001	ไม่เกิน 0.060	0.003 $\pm$ 0.001 ^a	0.003 $\pm$ 0.001 ^a	0.003 $\pm$ 0.001 ^a	0.003 $\pm$ 0.001	0.008 $\pm$ 0.001 ^a	0.009 $\pm$ 0.001 ^a	0.009 $\pm$ 0.001 ^a	0.009 $\pm$ 0.001
Ammonia-nitrogen (mg/L)	-	0.317	0.001	ไม่เกิน 0.100	0.019 $\pm$ 0.003 ^a	0.017 $\pm$ 0.002 ^{ab}	0.013 $\pm$ 0.003 ^b	0.016 $\pm$ 0.004	0.01 $\pm$ 0.002 ^a	0.01 $\pm$ 0.001 ^a	0.01 $\pm$ 0.001 ^a	0.01 $\pm$ 0.002
Total-P (mg/L)	ไม่เกิน 2	0.16	0.48	-	0.15 $\pm$ 0.03 ^a	0.12 $\pm$ 0.01 ^a	0.10 $\pm$ 0.01 ^b	0.12 $\pm$ 0.03	0.09 $\pm$ 0.02 ^a	0.1 $\pm$ 0.01 ^a	0.11 $\pm$ 0.02 ^a	0.1 $\pm$ 0.02
SS (mg/L)	ไม่เกิน 30	72	72	-	172 $\pm$ 18.72 ^a	190.8 $\pm$ 17.3 ^{ab}	207.5 $\pm$ 16.5 ^b	190 $\pm$ 22.1	248 $\pm$ 44.36 ^a	227.6 $\pm$ 11.2 ^a	241 $\pm$ 26.02 ^a	239.02 $\pm$ 30
TDS (mg/L)	-	554	554	-	3714 $\pm$ 0 $\pm$ 35 ^{8^a}	37200 $\pm$ 334 ^a	3724 $\pm$ 38 ^{0^a}	3719 $\pm$ 33 ⁴	3782 $\pm$ 14 ^{4^a}	3783 $\pm$ 67 ^a	3786 $\pm$ 89 ^a	37837 $\pm$ 99

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษ a, b และ ab เป็นการจัดจำแนกกลุ่ม ถ้าตัวอักษรต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

* มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำตามแนวนานกับชายฝั่งบริเวณหาดโคลนของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ ในฤดูฝนและฤดูแล้ง (mean $\pm$ S.D., n=3)

พารามิเตอร์	มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล	ฤดูฝน						ฤดูแล้ง					
		150	510	870	1230	1590	ค่าเฉลี่ย	150	510	870	1230	1590	ค่าเฉลี่ย
Temp (°C)	เพิ่มขึ้นไม่เกิน 1	33.1 ± 0.6 5 ^a	32.8 $\pm 0.64^a$	31.6 $\pm 0.35^a$	32.0 $\pm 0.48^a$	31.3 $\pm 0.20^a$	32.2 ± 0.84	28.77 ± 0.23 a	28.83 ± 0.25 a	29.13 ± 0.25 a	29.15 ± 0.48 a	28.65 ± 0.22 a	28.91 ± 0.33
pH	7-8.5	8.16 ± 0.0 6 ^a	8.25 $\pm 0.08^a$	8.19 $\pm 0.03^a$	7.34 $\pm 0.09^a$	7.91 $\pm 0.1^a$	7.97 ± 0.35	8.06 $\pm 0.04^a$	8.10 $\pm 0.02^a$	7.43 $\pm 0.24^a$	8.12 $\pm 0.01^a$	7.57 $\pm 0.49^a$	8.36 ± 0.37
Salinity (psu)	ไม่เกิน 10% ของค่าต่ำสุด	23.0 ± 0.0 6 ^a	23.5 $\pm 0.15^a$	23.8 $\pm 0.03^a$	23.5 $\pm 0.03^a$	23.8 $\pm 0.05^a$	23.52 ± 0.28	31.0 $\pm 0.06^a$	30.9 $\pm 0.05^a$	30.9 $\pm 0.08^a$	31.0 $\pm 0^a$	30.93 ± 0.03 a	30.96 ± 0.07
DO (mg/L)	ไม่น้อยกว่า 4	9.70 ± 0.2 9 ^a	9.91 $\pm 0.2^a$	8.26 $\pm 0.5^a$	6.65 $\pm 0.8^a$	6.03 $\pm 1.2^a$	8.11 ± 1.8	7.49 $\pm 0.2^a$	7.67 $\pm 0.1^a$	7.60 $\pm 0.1^a$	7.48 $\pm 0.1^a$	7.49 $\pm 0.1^a$	7.55 ± 0.1
BOD (mg/L)	-	4.30 ± 0.5 6 ^a	4.10 $\pm 0.4^a$	3.85 $\pm 1^a$	2.65 $\pm 0.0^a$	2.10 $\pm 0.8^a$	3.40 ± 1.0	3.0 $\pm 0.9^a$	1.67 $\pm 0.9^a$	2.67 $\pm 2.6^a$	2.72 $\pm 2.2^a$	2.28 $\pm 0.6^a$	2.47 ± 1.4
TKN (mg/L)	-	2.5 $\pm 0^a$	1.53 $\pm 0.23^a$	2.03 $\pm 0.80^a$	2.27 $\pm 0.47^a$	3.03 $\pm 1.07^a$	2.27 ± 0.75	2.33 $\pm 1.62^a$	2.33 $\pm 0.81^a$	4.73 $\pm 2.25^{ab}$	5.17 $\pm 1.12^a$	3.97 $\pm 0.40^a$	3.71 ± 1.70
Nitrate-nitrogen (mg/L)	ไม่เกิน 0.060	0.00 ± 2 1 ^a	0.002 ± 0.000 3 ^a	0.004 ± 0.00 1 ^a	0.003 ± 0.00 1 ^a	0.004 ± 0.00 1 ^a	0.003 ± 0.00 1	0.009 ± 0.00 1 ^a	0.008 ± 0.00 1 ^a	0.009 ± 0.00 1 ^a	0.008 ± 0.00 2 ^a	0.008 ± 0.00 2 ^a	0.009 ± 0.00 1
Ammonia-nitrogen (mg/L)	ไม่เกิน 0.100	0.01 ± 6 6 ^a	0.017 $\pm 0.006^a$ 1 ^a	0.017 ± 0.00 2 ^a	0.014 ± 0.00 3 ^a	0.017 ± 0.00 4	0.016 ± 0.00 1 ^a	0.011 ± 0.00 2 ^a	0.013 ± 0.00 1 ^a	0.012 ± 0.00 2 ^a	0.013 ± 0.00 3 ^a	0.013 ± 0.00 2	0.013
Total-P (mg/l)	-	0.11 ± 7 2 ^a	0.128 $\pm 0.022^a$ 3 ^a	0.136 ± 0.05 8 ^a	0.124 ± 0.01 5 ^a	0.114 ± 0.01 6	0.124 ± 0.02 9 ^a	0.091 ± 0.00 9 ^a	0.097 ± 0.00 8 ^a	0.079 ± 0.01 9 ^a	0.103 ± 0.01 5 ^a	0.113 ± 0.02 7	0.096 ± 0.01
SS (mg/l)	-	184 $\pm 33^a$	199 $\pm 1^a$	178 $\pm 8^a$	185 $\pm 2^a$	205 $\pm 8^a$	190 ± 22	251 $\pm 1^a$	260 $\pm 1^a$	223 $\pm 3^a$	235 $\pm 1^a$	228 $\pm 0^a$	239 ± 30
TDS (mg/l)	-	3663 ± 58 a	37133 $\pm 153^a$	37467 $\pm 76^a$	37217 $\pm 29^a$	37517 $\pm 29^a$	3719 ± 33 4	37967 $\pm 58^a$	37817 $\pm 76^b$	37733 $\pm 115^b$	37850 $\pm 50^{ab}$	37817 $\pm 29^b$	3783 ± 99

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษ a, b และ ab เป็นการจัดจำแนกกลุ่ม ถ้าตัวอักษรต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ในฤดูแล้งเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทะเลระหว่างแนวสำรวจ 3 แนว พบว่าปริมาณ SS และ TKN ในแนวสำรวจ R (แนวอ่าวอิง) มีค่าสูงกว่าแนวสำรวจ A และ B เล็กน้อย เนื่องจากแนวสำรวจ R ใกล้เคียงกับคลองธรรมชาติ และได้รับน้ำทิ้งชุมชนบ้านพะเนินและไหลออกสู่หาดโคลนโดยตรง ต่างกับแนวสำรวจ A และ B ที่ได้รับน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียและไหลผ่านพื้นที่ป่าชายเลน ทำให้ป่าชายเลนมีการบำบัดไปบางส่วนร่วมกับการเจือจางของน้ำทะเลในช่วงเวลาน้ำทะเลขึ้นสูงสุด ในส่วนของการเปรียบเทียบตามระยะทางในแนวนานกับชายฝั่งทะเลเกือบทุกพารามิเตอร์มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 3 ในด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง [20] เป็นที่สังเกตว่า TP มีค่าค่อนข้างสูง (ตารางที่ 2) โดยมีค่าเฉลี่ย $0.096 \pm 0.017 \text{ mg/l}$ เนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำจากคลองอีแอตทางทิศใต้และการละลายของฟอสเฟตในดิน ประกอบกับบริเวณหาดโคลนเป็นแหล่งรวมตะกอนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยเฉพาะ TP มีการฟุ้งกระจายจากตะกอนในช่วงน้ำทะเลขึ้นด้วยคลื่นและกระแสน้ำ [5, 22-23]

เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทั้ง 2 ฤดูกาล แสดงให้เห็นถึง salinity และ TDS ในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าฤดูฝน เนื่องจากในฤดูแล้งปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่ทะเลชายฝั่งปริมาณน้อยกว่าจึงทำให้ระดับความเค็มของน้ำมากกว่าเล็กน้อยประกอบกับในเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์เป็นช่วงที่น้ำทะเลขึ้นสูงกระแสน้ำได้พัดพามวลน้ำทะเลจากภายนอกเข้ามาในพื้นที่ ซึ่งเป็นน้ำทะเลที่มีความเค็มสูงกว่าไหลเข้ามาผสมกับมวลน้ำจืดบริเวณชายฝั่งปริมาณมาก จึงทำให้ความเค็มมีค่าสูงกว่าฤดูฝน ซึ่งความเค็มมีความสัมพันธ์กับ TDS ที่มีองค์ประกอบของสารประกอบต่าง ๆ โดยของแข็งละลายน้ำที่ส่งผลต่อค่าความเค็มและการนำไฟฟ้า เช่น โซเดียม (Na^+) และ คลอไรด์ (Cl^-) เป็นต้น เช่นเดียวกับ TKN และ ammonia-nitrogen ได้รับอิทธิพลจากสารแขวนลอยและธาตุอาหารจากคลองใกล้เคียงรวมถึงมีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่มาจากการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตในป่าชายเลน อีกทั้งในฤดูฝนมีปริมาณน้ำท่ามากกว่าฤดูแล้ง แต่ปริมาณธาตุอาหารยังคงเดิม จึงเกิดการเจือจางของธาตุอาหารทำให้ฤดูแล้งมีปริมาณธาตุอาหารที่มากกว่า [22] แต่ออกซิเจนและปริมาณ DO ในฤดูแล้งนั้นมีค่าน้อยกว่าในฤดูฝนเนื่องจากเก็บตัวอย่างในช่วงเช้า เป็นช่วงที่ออกซิเจนในอากาศและออกซิเจนละลายต่ำลงในเวลากลางคืนจากการหยุดลงของกระบวนการสังเคราะห์แสง จึงทำให้ออกซิเจนของน้ำทะเลและออกซิเจนละลายน้ำในฤดูแล้งต่ำกว่าในฤดูฝนที่มีการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลในตอนบ่ายเพราะออกซิเจนของน้ำมีการผันแปรตามออกซิเจนของอากาศ และในฤดูฝนมีปัจจัยของลมและคลื่นเป็นการเติมอากาศเข้าสู่มวลน้ำทำให้ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูง

ดังนั้นคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งบริเวณหาดโคลนที่รับน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี ในฤดูฝนและฤดูแล้งมีคุณภาพน้ำอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 3 [20] อิทธิพลจากน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชนนั้นส่งผลต่อคุณภาพน้ำทะเลในบริเวณหาดโคลนด้านหน้าโครงการแหลมผักเบี้ย เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ปัจจัยที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงในด้านคุณภาพน้ำส่วนใหญ่มาจากคลองธรรมชาติ และกิจกรรมของมนุษย์ ถึงแม้จะส่งผลต่อคุณภาพน้ำทะเลแต่ส่งผลเพียงเล็กน้อยและไม่มีความเสี่ยงต่อสิ่งมีชีวิตบริเวณหาดโคลน ทำให้หาดโคลนบริเวณโครงการแหลมผักเบี้ยสามารถเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์หน้าดิน แหล่งอาหารของนกน้ำ รวมถึงสถานที่ประกอบอาชีพของคนในท้องถิ่นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนการสนับสนุนรวมถึงสถานที่และเครื่องมือสำหรับการศึกษา จากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chunkao, K., Klomjek, P., Nimpee, C., and Thepphituk, S. (2000). *Limiting factor in lagoon treatment system*. In Proceeding of science research report on solid waste and lagoon treatment. Bangkok: Royal Laem Pak Bia Environmental Research and Development Project.

- [2] Jinjaluk, T. (2014). *Water balance in oxidation pond system at the king's royally initiated Laem Phak Bia environmental research and development project, Phetchaburi province* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University.
- [3] Srichomphu, S. (2015). *Influences of winter insolation on growth cyanobacteria in oxidation ponds for community wastewater treatment at Royal LERD Project Site in Phetchaburi Province Thailand* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University.
- [4] Pollution Control Department. (2010). *Standards control wastewater from the collective wastewater treatment system of the community*. Ministry of Natural Resources and Environment. Document No.127/2010.
- [5] khowhit, S. (2016). *Influencing of treated domestic effluent on ecological niche, growth and life cycle of hard clams (Meretrix spp.)* [Unpublished doctoral dissertation]. Kasetsart University.
- [6] Jitthaisong, O. (2012). *Determination of effluent effects on the growth and phenology of mangrove forest at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project Ban Laem district, Phetchaburi province* [Unpublished doctoral dissertation]. Kasetsart University.
- [7] Boontongmai, T. (2020). *Effect of effluent from the community wastewater treatment system for population and distribution of episesarma versicolor, E. mederi, and E. singaporensis in mangrove forest front of King's Initiative Laem Pak Bia Environmental Research and Development Project* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University.
- [8] Thowsakul, C. (2020). *Effect of effluent from the community wastewater treatment system for diversity and density of benthos in mangrove forest, front of the King's Royally Initiated Laem Pak Bia Environmental Research and Development Project, Laem Phak Bia sub-district, Ban Laem district, Phetchaburi province* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University.
- [9] khowhit, S., and Chunkao, K. (2016). Influence of Treated Domestic Effluent on Value of Economically Important Macrobenthic Fauna in the New Mudflat Areas of Laem Phak Bia: The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province. *Area Based Development Research Journal*, 8(4), 84-96.
- [10] Thongsanti, R. (2012). *Harvesting value of aquatic resources in self-recovering mangrove forest environment in the King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University.
- [11] Khowhit, S., Inkapatanakul, W., Phewnil, O., Boutson, A., and Chunkao K. (2014). The Coastal Water Quality Change by Effluent Discharging from Phetchaburi Municipal Wastewater Treatment System: The King's Royally Initiated Environmental Research and Development Project, Phetchaburi province, Thailand. *Environment and Natural Resources Journal*, 12(2), 58-65.
- [12] Dampin, N. (2019). *Ecological of coastal birds, Ban Laem district, Phetchaburi province*. Faculty of Environment. Bangkok: Kasetsart University.
- [13] Round, Philip. D., Kongtong, W., Narangsri, W., and Sutibut, S. (2008). *Birds of Laem Phak Bia*. Bangkok: Chaipattana Foundation.

- [14] Wang, Y., Healy, T., Members of SCOR Working Group 106., Augustinus, P., Baba, M., Bao, C., Augustinus, P., Baba, M., Flemming B., Fortes M., Han, M., Marone, E., Mehta, A. Ke, X., Kirby, R., Kjerfve, B., Novelli, Y. S., and Wolanski, E. (2002). Chapter One Research issues of muddy coasts. In T. Healy, Y. Wang, and J.-A. Healy (Eds.), *Muddy Coasts of the World Processes, Deposits and function* (pp. 1-8). Elsevier.
- [15] Dampin, N. (2011). *Stocking density model of oreochromis niloticus in oxidation pond, Royal Laem Pak Bia Environmental and Development Project, Phetchaburi province* [Unpublished doctoral dissertation]. Kasetsart University.
- [16] Sangvichien, N., Chunkao K., and Dampin, N. (2018). Variation of Species Diversity, Density of Phytoplankton and Water Qualities in Community Wastewater Treatment System at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province. *Burapha Science Journal*, 24(1), 79-91.
- [17] Inthachak, T. (2015). *Influences on winter phytoplankton bloom due to water quality in treating community wastewater ponds through nature by nature process* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University.
- [18] American Public Health Association. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23th Edition). American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation. Washington, DC.
- [19] LERD Project. (2019). Annual Report on The King's Initiative Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project (LERD), LaemPhak Bia sub-district, Ban Laem District, Petchaburi Province. Thailand.
- [20] Pollution Control Department. (2021). *Standards quality sea water*. Ministry of Natural Resources and Environment. Document No. 138/2021.
- [21] Khowhit, S., Chunkao, K., Inkapatanakul, W., Phewnil, O., Boutson, A., and Budda, E. (2015). Species Diversity of Phytoplankton and Relationship with Water Quality at Coastal area of Laem Phak Bia: The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province. *KMUTT Research and Development Journal*, 38(2), 167-179.
- [22] Budnumpetch, T. (1999). *Carrying capacity of Petchaburi River for nitrate and phosphate from the untreated effluent of the Petchaburi municipal wastewater* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University.
- [23] Menasveta, P. (1993). *Water Resources and Pollution Problems*. 8. Bangkok: Chulalongkorn University.
- [24] Boutson, A. (2000). *Tidal currents sedimentation and some physical properties of surface water at coastal area of the Laem Pak Bia, Ampoe Ban Laem, Phetchaburi province* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University.
- [25] Buranapratheprat, A. (2008). Circulation in the Upper Gulf of Thailand. *Burapha Sci. J*, 13(1), 75-83.