

การศึกษาประสิทธิภาพถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์แบบระบบเติมออกซิเจนใน
การบำบัดน้ำเสียชุมชนจากคลองกุดตาโป้ เทศบาลตำบลวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว
Study on The Efficiency of Sequencing Batch Reactor (SBR)
Using Oxygenation System for Domestic Wastewater Treatment: Case Study of
Kutta Po Canal, Watthana Nakhon Sub-District Municipality, Sa-kaeo

ศิริประภา แจ้งกรณ์^{1*} และอิทธิกร ทศนักษ์¹

Siriprapha Jangkorn^{1*} and Ethikorn Thosanak¹

¹สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

¹Natural Resource and Environment, Faculty of science and social sciences,
Burapha University, Sa-Kaeo Campus

*Corresponding author: siriprapha@buu.ac.th

Received: March 30, 2022

Revised: May 11, 2022

Accepted: May 18, 2022

บทคัดย่อ

ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์ (Sequencing Batch Reactor--SBR) เป็นระบบบำบัดทางชีวภาพที่มีการทำงานแบบกะ (batch) มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ สารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้สามารถควบคุมง่ายและเหมาะสมสำหรับประยุกต์ใช้ในการบำบัดทั้งน้ำเสียจากชุมชนและน้ำเสียจากอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่มีน้ำเสียปริมาณไม่มาก การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียด้วยถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์ ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดมลสารในน้ำเสียชุมชนคลองกุดตาโป้ภายใต้สภาวะการบำบัดแบบเติมอากาศในระบบถังปฏิกรณ์จำลองขนาดปริมาตร 10 ลิตร โดยควบคุมให้ระบบมีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) เท่ากับ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ (TSS) ในระบบเท่ากับ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งกระบวนการบำบัดในถังปฏิกรณ์ 1 รอบวัฏจักร กำหนดให้มีช่วงการเติมน้ำเสีย 0.5 ชั่วโมง ช่วงทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะการเติมอากาศ 10 ชั่วโมง ช่วงตกตะกอน 1 ชั่วโมง ช่วงระบายน้ำทั้งออกจากระบบ 0.5 ชั่วโมง และช่วงพักระบบ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียเอสปีอาร์ภายใต้สภาวะการบำบัดแบบเติมอากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าแอมโมเนียมไนโตรเจน ($\text{NH}_4\text{-N}$) เท่ากับร้อยละ 93.62 มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) เท่ากับร้อยละ 80.17 มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดี (COD) เท่ากับร้อยละ 77.92 มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$) เท่ากับร้อยละ 73.30 และมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าไนเตรท ($\text{NO}_3\text{-N}$) เท่ากับร้อยละ 69.50 พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียนี้มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าแอมโมเนียมไนโตรเจน ค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ค่าซีโอดี ค่าไนไตรท์ และค่าไนเตรท ที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $p\text{-value} < .05$ โดยผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าค่าพารามิเตอร์ที่ผ่านการบำบัดนั้นมีค่าไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งกำหนดไว้ ซึ่งมีเพียงค่า TSS ที่ไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานกำหนด โดยผลจากการวิจัยนี้เทศบาลตำบลวัฒนานครสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนเพื่อแก้ไขปัญหาชุมชนที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมสำหรับการบริหารจัดการมลพิษในคลองกุดตาโป้ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: ระบบบำบัดน้ำเสียเอสปีอาร์ น้ำเสียชุมชน แอมโมเนียมไอออน ฟอสฟอรัส ซีโอดี

Abstract

The Sequencing Batch Reactor--SBR is a shift-operated biological treatment system, effective for treating organic matter, nitrogen, and phosphorus contained in wastewater. It was developed to be easy to control and suitable for use in treating both municipal and industrial waste with a small amount of waste. Therefore, the purpose of this research study is to study the efficiency of the waste water treatment system with the Sequencing Batch Reactor--SBR in Kutta Po Canal Community in the condition of adding 10 liters of water into the system. The dissolved oxygen value was 5 milligrams per liter. The total suspended solid--TSS was 3,000 milligrams per liter. A cycle of water treatment has a period of waste water addition of 0.5 hours. The reaction period in the conditions according to the air was 10 hours. The precipitation period was one hour. The period for releasing the waste water from the system was 0.5 hours. The waiting period of the system was 12 hours, respectively. It was found that the efficiency of the system for treating ammonium ions ($\text{NH}_4\text{-N}$) was 93.62 percent. The Total Phosphorus --TP treatment efficiency was 80.17 percent. The COD treatment efficiency was 77.92 percent. The treatment efficiency for nitrite ($\text{NO}_2\text{-N}$) was 73.30 percent. The nitrate treatment efficiency was 69.50 percent. It was found that the efficiencies for treating ammonium ions, total phosphorus, COD, nitrite, and nitrate were significantly and statistically different with p-value 0.05. The results showed that most of the parameters after the water treatments were not higher than the standard values for waste water, but only the TSS did not meet the standard values. The results can be used as the guidelines for applying to making plans for designing efficient water treatment systems in the communities along the canal in the future.

Keywords: Sequencing Batch Reactor--SBS, domestic wastewater, ammonium ion, phosphorus, COD



บทนำ

ปัญหามลพิษในแหล่งน้ำมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีการปนเปื้อนมลสารจากแหล่งน้ำเสียต่าง ๆ เช่น น้ำเสียจากชุมชน น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน น้ำเสียจากเกษตรกรรม เป็นต้น ซึ่งน้ำเสียเหล่านี้ทำให้คุณภาพน้ำผิวดินเสื่อมลงไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการอุปโภคบริโภคได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมียระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเสียจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนที่ระบายสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หากไม่ได้ผ่านกระบวนการบำบัดสิ่งสกปรกในน้ำทิ้งเหล่านี้ จะส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำโดยตรงและจะนำไปสู่การส่งผลกระทบต่อ

ความเป็นอยู่ของมนุษย์ด้วย (Veeravaynanond, 2003)

เมื่อกล่าวถึงแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไหลผ่านเขตชุมชนวัดนาคนคร “คลองกุดตาโป” เป็นคลองสายหนึ่งที่มีต้นกำเนิดจากเทศบาลตำบลพัฒนานคร อำเภอดอนจาน จังหวัดสระแก้ว มีการใช้น้ำในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในปริมาณมาก จึงมักเกิดปัญหาน้ำเสียตามมาอยู่เป็นประจำ เนื่องจากน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ จากเขตพื้นที่ชุมชนส่งผลให้น้ำในคลองเสื่อมคุณภาพลงเพราะมีสิ่งสกปรกเจือปนเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณการใช้น้ำและลักษณะการใช้น้ำที่แตกต่างกันไป (Connie et al, 2007) ทำให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียตามมา ซึ่งในอดีตเมื่อแหล่งน้ำ

เกิดการปนเปื้อนหรือเกิดภาวะมลพิษขึ้น กระบวนการทางธรรมชาติสามารถปรับความสมดุลและฟื้นฟูแหล่งน้ำได้ด้วยตัวเอง แม้จะมีการปนเปื้อนจากมลสารแต่ก็มีปริมาณไม่มากนักจึงสามารถนำน้ำในคลองกลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม แต่เมื่อสังคมเจริญเติบโตเป็นชุมชนเมืองที่มีขนาดใหญ่ขึ้น มีการพัฒนาในด้านอุตสาหกรรม ด้านเกษตรกรรม และด้านพาณิชยกรรม ปัญหาน้ำเน่าเสียที่รุนแรงมากขึ้นทำให้ธรรมชาติไม่สามารถฟื้นฟูตัวเองได้ทัน จึงเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศและการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ ซึ่งปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น หากไม่มีระบบหรือกระบวนการจัดการน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะทำให้คุณภาพแหล่งน้ำผิวดินเสื่อมโทรมและไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก อันจะนำไปสู่การเกิดปัญหาการขาดแคลนแหล่งน้ำในการนำไปใช้สอยได้ในอนาคต ซึ่งแนวทางที่จะช่วยลดปัญหาน้ำเสีย คือ การนำน้ำเสียมาผ่านกระบวนการบำบัดสารปนเปื้อนที่เจือปนด้วยเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม โดยปัจจุบันมีหลายวิธีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ วิธีทางกายภาพ วิธีทางเคมี และวิธีทางชีวภาพ ซึ่งวิธีทางชีวภาพนั้นนับว่าเป็นวิธีที่ยอมรับมากที่สุดในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปของสารละลายและอนุภาคแขวนลอยโดยใช้จุลินทรีย์ไปย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาเคมีแบบชีวเคมี แบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Chaitakun, 2005)

ในการวิจัยนี้มุ่งหวังที่จะทำการศึกษาประสิทธิภาพถึงปฏิกรณ์เอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor--SBR) ที่เป็นระบบบำบัดทางชีวภาพแบบเติมออกซิเจนที่มีการทำงานแบบกะ (batch) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ สารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียได้ดี เพื่อการบำบัดน้ำเสียชุมชนจากคลองกุดตาโป้ เทศบาลตำบลพัฒนานคร อำเภอดอนจาน จังหวัดสระแก้ว ซึ่งเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพภายใต้สภาวะการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน โดยอาศัยกลุ่มสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย ดูดซับ หรือเปลี่ยนรูปของมลสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีความสกปรกลดลง (Gabriel, 2005) โดยเป็นกระบวนการบำบัดเพื่อปรับปรุงให้คุณภาพของน้ำดีขึ้น อันจะนำไปสู่การลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมและยังเป็นการนำผลงานจากการวิจัยไปเป็นองค์ความรู้เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้สำหรับวางแผนการ

ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนอย่างง่าย เหมาะสม และมีประสิทธิภาพ สำหรับช่วยในการบริหารจัดการมลพิษในคลองกุดตาโป้ได้ในอนาคต

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

น้ำเสียจากชุมชน (domestic wastewater) หรืออาจจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าน้ำโสโครก (sewage) ได้แก่ น้ำทิ้งที่มาจากชุมชน บ้านเรือน ที่พักอาศัย อาหาร ร้านค้า ภัตตาคาร โรงแรม โดยน้ำเสียดังกล่าวมักเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การอุปโภคบริโภค การชำระล้างร่างกาย การขับถ่าย การซักล้าง ตลอดจนการประกอบอาหาร เป็นต้น น้ำเสียเหล่านี้มักปนเปื้อนสิ่งสกปรกจำพวกสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร อุจจาระ ปัสสาวะ นอกจากนี้ยังมีผงซักฟอก สบู่ สารลดแรงตึงผิวที่เป็นส่วยประกอบในผงซักฟอก สบู่ ตลอดจนจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ทั่วไปที่ไม่เกิดโรค (Ratsuk & Klinsukon, 1981)

ลักษณะที่สำคัญของน้ำเสียชุมชนมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. สารอินทรีย์ ได้แก่ สารที่ได้จากสิ่งมีชีวิตทั้งพืช และสัตว์มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญธาตุไฮโดรเจน และอนุพันธ์ของไฮโดรเจน-คาร์บอน เป็นองค์ประกอบร่วมอยู่ด้วย ตัวอย่างของสารอินทรีย์ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำนิยมวัดด้วยค่าบีโอดี
2. สารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่าง ๆ ที่อาจจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และจำเป็นต้องได้รับการบำบัดในน้ำเสีย ได้แก่ ซัลไฟด์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส
3. โลหะหนักและสารพิษอื่น ๆ อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ เช่นปรอท โครเมียม ทองแดง เป็นต้น ปกติจะอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร (Pollution Control Department, 2002)
4. ไขมันและน้ำมัน สารประกอบนี้เกิดจากการใช้น้ำมัน ไขมัน ขี้ผึ้งจนกระทั่งถึงน้ำมันหล่อลื่น สารประกอบ

เหล่านี้เมื่อปนมากับน้ำจะลอยอยู่ตามผิวน้ำทำให้เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช พร้อมทั้งกีดขวางการถ่ายเทออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง

5. อุณหภูมิ ทำให้เกิดการแบ่งชั้นของน้ำ แรงปฏิกิริยาการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์และลดอัตราการละลายของออกซิเจนในน้ำ ทำให้จุลินทรีย์บางชนิดในถังย่อยสลายตายหรือเจริญเติบโตช้าลง อุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมควรอยู่ประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส

6. ของแข็ง เป็นตะกอนภายหลังการระเหยด้วยไอน้ำ และทำให้ถังที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ตะกอนที่เกิดขึ้นมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ ของแข็งตกตะกอน (settleable solids) ของแข็งทั้งหมด (total solids) และของแข็งแขวนลอย (suspended solids)

7. สีและความขุ่น จะขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชในแหล่งน้ำ

8. กรด-ด่าง น้ำที่มีคุณภาพดีจะต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงหรือเท่ากับ 7 แต่ในทางปฏิบัติได้กำหนดมาตรฐานค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งอยู่ในช่วง 5-9 (Utensut, 1995)

9. จุลินทรีย์ โดยทั่วไปสามารถแบ่งจุลินทรีย์ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ยูคาริโอต (Eucaryotes) ยูแบคทีเรีย (Eubacteria) และอาร์คีแบคทีเรีย (Archaeobacteria) โดยสองกลุ่มหลังมักเรียกรวมกันว่ากลุ่มโพรคาริโอต (Procaryotes) ซึ่งแบคทีเรียเป็นองค์ประกอบและมีบทบาทสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสียส่วนจุลินทรีย์ในกลุ่มยูคาริโอต (Eucaryotes) ที่มีบทบาทสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ รา โปรโตซัวโรติเฟอร์ และสาหร่าย

การบำบัดน้ำเสียชุมชนนิยมใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพภายใต้สภาวะการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน โดยอาศัยกลุ่มสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย ดูดซับ หรือเปลี่ยนรูปของมลสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกลดลง โดยหลักการทำงานของระบบนี้เป็นวิธีที่เลียนแบบธรรมชาติ คือมลสารที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารและเจริญเติบโตขยายพันธุ์โดยหากกล่าวถึงกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ เป็นวิธีการที่ใช้กัน

มากที่สุดในการกำจัดสารอินทรีย์ออกจากน้ำเสีย จุลินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียจะช่วยทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาเคมีแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาจึงแบ่งตามปฏิกิริยาชีวเคมีออกได้เป็นการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน และการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน การบำบัดด้วยวิธีชีววิทยาจะต้องประกอบด้วยถังปฏิกิริยา (reactor) ซึ่งใช้เป็นที่ให้แบคทีเรียทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย การควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย การแยกตะกอนแบคทีเรียออกจากน้ำที่ออกจากถังปฏิกิริยา (Pansawat & Wisuttisak, 1997) กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน มีหลายระบบเริ่มตั้งแต่ระบบบ่อตก (oxidation ponds) ที่ต้องอาศัยธรรมชาติมากที่สุด และไม่มีเครื่องจักรกลมาก อย่างไรก็ตามระบบบำบัดต่าง ๆ นั้นอาศัยหลักการเดียวกัน คือ ใช้แบคทีเรียเป็นตัวกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจนอิสระ ดังนั้นระบบบำบัดแต่ละระบบจึงแตกต่างกันตรงวิธีการให้ออกซิเจนแก่แบคทีเรีย และการควบคุมสภาพต่าง ๆ ที่เอื้ออำนวยให้เกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย ระบบบำบัดแบบนี้ น้ำเสียจะต้องมีอาหารเสริมให้กับน้ำทิ้งอย่างพอเพียง ในปริมาณอัตราส่วน บีโอดี: ไนโตรเจน: ฟอสฟอรัส (BOD: N: P สูงสุดประมาณ 100: 5: 1 นอกจากนี้ น้ำทิ้งต้องมีอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสมและไม่เป็นพิษต่อแบคทีเรีย ที่สำคัญที่สุด คือ ในน้ำทิ้งต้องมีปริมาณออกซิเจนพอเพียงซึ่งออกซิเจนอาจได้มาจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย (algae) และการถ่ายเทออกซิเจนตามธรรมชาติระหว่างน้ำกับอากาศ หรือจากการอัดอากาศลงใต้น้ำเสีย การใช้เครื่องมือผสมอากาศกับน้ำเสีย (Tangchawan, 2002)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรีย พวกที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถใช้บำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชน และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Department of Health, Ministry of Public Health, 1994) ระบบประเภทนี้จะมีความยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากจำเป็นต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทาง

กายภาพต่าง ๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงานและการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ซึ่งจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ต้องการอากาศหรือออกซิเจนในการดำรงชีวิตซึ่งส่วนใหญ่ จะเป็นแบคทีเรียในกลุ่ม Aerobic heterotrophic bacteria (Siriananpaiboon, 2006) การเติมอากาศลงในน้ำเพื่อให้จุลินทรีย์ได้ใช้ออกซิเจนนั้นเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีขึ้น เพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียทำให้สารอินทรีย์มีปริมาณลดน้อยลง (Onrayub, 2005) ออกซิเจนช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการย่อยสลายมากขึ้น ซึ่งประโยชน์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนสามารถบำบัดน้ำเสียให้สะอาดถึงระดับที่ต้องการโดยเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุดต้องบำรุงรักษาน้อยที่สุด และใช้ผู้ควบคุมที่ไม่ต้องมีฝีมือมากนัก ระบบทันทวนต่อการเพิ่มอย่างกะทันหันของอัตราการรับสารอินทรีย์และอัตราการไหล สามารถบำบัดน้ำทิ้งต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง และยังสามารถบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและจากการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วย (Pansawat & Wisuttisak, 1997)

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ มีขอบเขตของงานวิจัยโดยนำน้ำเสียชุมชนจากคลองกุดตาโป้ เทศบาลตำบลพัฒนานคร อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดสระแก้ว มาเข้าสู่กระบวนการบำบัดแบบใช้ออกซิเจนในระบบถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์ โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ และศึกษาคุณภาพน้ำภายหลังจากผ่านการบำบัดด้วยการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ประกอบไปด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ค่าซีโอดี (COD) ค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ค่าแอมโมเนียมไนโตรเจน (NH₄-N) ค่าไนไตรท์ (NO₂-N) และค่าไนเตรท (NO₃-N) เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์สรุปผลงานวิจัยและอภิปรายผลงานวิจัย โดยกระบวนการเดินระบบถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์ในการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมตะกอนจุลินทรีย์สำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย

ในการเตรียมถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์จะใช้ตะกอนจุลินทรีย์จากห้องปฏิบัติการระบบบำบัดน้ำเสีย ที่เลี้ยงใน

ระบบเติมอากาศด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งตะกอนจุลินทรีย์จะไม่มีสารผสมกับน้ำเสียหรือสารปนเปื้อนใด ๆ จากสิ่งแวดล้อม โดยนำตะกอนจุลินทรีย์หัวเชื้อจากห้องปฏิบัติการระบบบำบัดน้ำเสียปริมาณเริ่มต้นเท่ากับ 1.5 ลิตร (L) เติมน้ำในถังที่ติดตั้งตัวเติมอากาศ เพื่อให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ให้มากขึ้น โดยเติมสารละลายน้ำตาลทรายไม่ขัดสีปริมาณ 3 กรัม (g) ต่อน้ำปริมาตร 1.5 ลิตร (L) ลงในระบบเลี้ยงตะกอนสำหรับใช้เป็นแหล่งอาหารเพื่อการเจริญเติบโต (Jangkorn, 2015) ในระบบเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ด้วยการเติมออกซิเจนลงกำหนดเวลาในการเดินระบบ 1 วันทำการ เท่ากับ 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 1 รอบวันทำการ จะปิดการเติมออกซิเจนเพื่อทำการตกตะกอนจุลินทรีย์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วสูบน้ำใส่ออกจากถังให้เหลือแต่ตะกอนจุลินทรีย์ จากนั้นพักระบบ 1 ชั่วโมง จึงค่อยเติมสารละลายน้ำตาลทรายในถังเพื่อเริ่มเดินระบบในรอบถัดไป ซึ่งกระบวนการเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์เพื่อใช้สำหรับการวิจัยจะใช้ระยะเวลาการเลี้ยงตะกอน 8-10 สัปดาห์ เพื่อให้ได้ตะกอนจุลินทรีย์ที่มีปริมาณความเข้มข้นพอสำหรับนำมาใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย โดยในหนึ่งถังปฏิกรณ์กำหนดให้ใช้ตะกอนจุลินทรีย์ความเข้มข้นปริมาตร 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L)

2. การเดินระบบบำบัดถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์และการเก็บตัวอย่าง

เตรียมระบบบำบัดถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์จำลอง โดยออกแบบให้ถังปฏิกรณ์มีขนาด 10 ลิตร (L) และเติมตะกอนจุลินทรีย์ตั้งต้นที่มีความเข้มข้นปริมาตร 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) จากระบบเลี้ยงตะกอนในข้อที่ 1 สำหรับการเริ่มเดินระบบบำบัดเบื้องต้นเพื่อปรับสภาพของตะกอนจุลินทรีย์ก่อนทำการทดลองด้วยการเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าซีโอดีความเข้มข้นเท่ากับ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) แทนสารละลายน้ำตาล เติมน้ำในระบบเพื่อให้ตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์สัมผัสกับแหล่งอาหารที่มีค่าซีโอดีสูง ๆ ก่อนที่จะสัมผัสกับน้ำเสียจริงจากสิ่งแวดล้อม (Jangkorn, 2015) โดยมีการวัดค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดเป็นระยะ ๆ จนกว่าระบบบำบัดจำลองเข้าสู่ภาวะคงที่ (steady state) จึงเริ่มทำการวิจัยเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดด้วยน้ำเสียชุมชนจากคลองกุดตาโป้ ซึ่งกระบวนการทำงานใน 1 วันทำการ ของระบบบำบัด

น้ำเสียถึงปฏิกรณ์เอสปีอาร์ประกอบด้วย การเติมน้ำเสียเข้าสู่ระบบใช้เวลา 0.5 ชั่วโมง จากนั้นเริ่มต้นเดินระบบบำบัดด้วยการกวนและเติมอากาศซึ่งกำหนดให้ช่วงเวลาการทำปฏิกิริยาบำบัดเท่ากับ 10 ชั่วโมง โดยควบคุมให้ระบบมีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ประมาณ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) จากนั้นปิดใบกวนและการเติมอากาศเพื่อปล่อยให้ระบบเข้าสู่สภาวะการตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงทำการดูดระบายน้ำใสส่วนบนออกจากถังปฏิกรณ์ใช้เวลา 0.5 ชั่วโมง และเข้าสู่ช่วงพักระบบเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จึงจะเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสียถึงปฏิกรณ์เอสปีอาร์ในวัฏจักรรอบต่อไป แสดงลำดับกระบวนการเดินระบบบำบัดถึงปฏิกรณ์เอสปีอาร์จำลองดังภาพ 1

3. การเก็บตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์

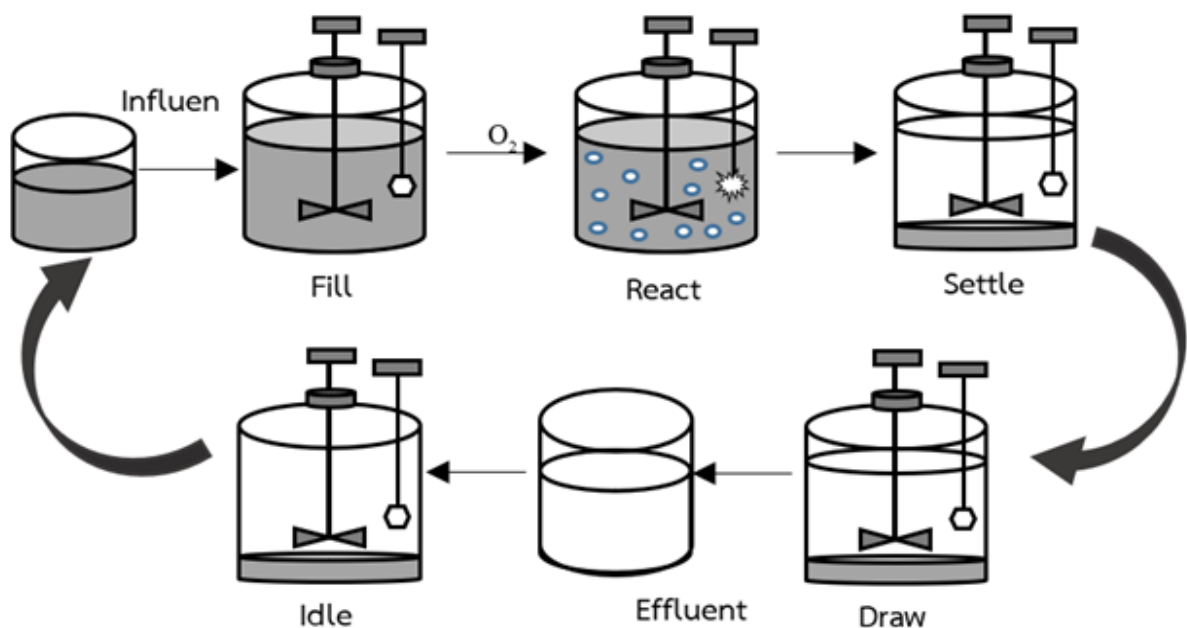
การเก็บข้อมูลในการวิจัย เริ่มจากการวิเคราะห์คุณลักษณะตัวอย่างน้ำเสียชุมชนจากคลองกุดตาโป้ในเบื้องต้นก่อนการทดลองตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ จากนั้นดำเนินการวิจัยโดยเติมตัวอย่างน้ำเสียชุมชนลงในระบบบำบัดถึงปฏิกรณ์เอสปีอาร์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ และศึกษาคุณภาพน้ำภายหลังจากผ่านการบำบัด โดยกำหนดช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำระหว่างช่วงทำปฏิกิริยาการบำบัดอยู่ในระบบ ณ ชั่วโมงที่ 0 2 4 6 8 และ 10 ตามลำดับ และเก็บตัวอย่างน้ำภายหลังการ

ตกตะกอนที่น้ำออกจากระบบเมื่อผ่านการบำบัดเรียบร้อยแล้ว โดยทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 3 ชั่วโมง เพื่อนำมาผลวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลอันจะนำไปสู่การนำผลการบำบัดไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษ และนำข้อมูลการวิจัยมาสรุปและอภิปรายผลการวิจัยต่อไป

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียชุมชนจากคลองกุดตาโป้เบื้องต้น

การศึกษาน้ำเสียชุมชนที่ลักษณะน้ำเสียชุมชนจากคลองกุดตาโป้เบื้องต้นก่อนนำมาบำบัด พบว่า น้ำเสียจากคลองกุดตาโป้ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.82 ± 0.13 ค่าอุณหภูมิ เท่ากับ 29.83 ± 0.25 องศาเซลเซียส ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด เท่ากับ 93.33 ± 49.90 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าซีไอดี เท่ากับ 417.33 ± 3.76 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 8.12 ± 0.34 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าแอมโมเนียมไอออน เท่ากับ 29.31 ± 2.58 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนโตรเจน เท่ากับ 5.88 ± 0.48 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าไนเตรท เท่ากับ 6.59 ± 0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงดังตาราง 1



ภาพ 1 กระบวนการทำงานใน 1 วัฏจักร ของระบบบำบัดน้ำเสียถึงปฏิกรณ์เอสปีอาร์

ตาราง 1

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียชุมชนจากคลองกุดตาโป้เบื้องต้นก่อนการบำบัด

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัด (Mean±SD)
pH	6.82±0.13
Temperature (°C)	29.82±0.25
TSS (mg/L)	93.33±49.90
COD (mg/L)	417.33±3.76
TP (mg/L)	8.12±0.34
NH ₄ -N (mg/L)	5.88±0.48
NO ₂ -N (mg/L)	5.88±0.48
NO ₃ -N (mg/L)	6.59±0.16

2. ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียชุมชนจากคลองกุดตาโป้ภายหลังผ่านการบำบัดด้วยระบบถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์

ผลการบำบัดตามค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่างก่อนการบำบัดมีค่าเท่ากับ 6.82±0.13 ภายหลังจากการบำบัดมีค่าเท่ากับ 6.83±0.09 โดยระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 0.15 เมื่อพิจารณา ค่าความเป็นกรด-ด่างก่อนและหลังบำบัดมีผลแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ p-value>.05 แสดงดังตาราง 2 และภาพ 2 ในขณะที่ค่าอุณหภูมิก่อนการบำบัดมีค่า เท่ากับ 29.83±0.25 องศาเซลเซียส ภายหลังการบำบัดอุณหภูมิมีค่าเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 26.39±0.70 องศาเซลเซียส แสดงดังตาราง 2 โดยการวิจัยนี้ได้ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์ไว้ในห้องปรับอากาศตลอดการวิจัย ในส่วนของการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด พบว่า ก่อนการบำบัดมีค่าเท่ากับ 93.33±49.90 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อภายหลังจากการบำบัดมีค่าเท่ากับ 62.22±38.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และประสิทธิภาพของระบบในการบำบัด ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเท่ากับ ร้อยละ 33.33 ซึ่งก่อนและหลังบำบัดมีผลแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ p-value>.05 แสดงดังตาราง 2 และภาพ 3 ในขณะที่เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าซีโอดี พบว่า ก่อนการบำบัดมีค่าเท่ากับ 417.33±3.76 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายหลังจากการบำบัด

มีค่าเท่ากับ 92.14±4.47 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่า ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีเท่ากับร้อยละ 77.92 ซึ่งค่าก่อนและหลังบำบัดมีผลแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ p-value<.05 แสดงดังตาราง 2 และภาพ 4 เมื่อวิเคราะห์ค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่า ก่อนการบำบัดมีค่าเท่ากับ 8.12±0.34 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.61±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ ร้อยละ 80.17 ซึ่งค่าก่อนและหลังบำบัดมีผลแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ p-value<.05 แสดงดังตาราง 2 และภาพ 5 นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน พบว่า ค่าก่อนการบำบัดเท่ากับ 29.31±2.58 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าหลังการบำบัดเท่ากับ 1.87±0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนได้เท่ากับ ร้อยละ 93.62 ซึ่งค่าก่อนและหลังบำบัดมีผลแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ p-value<.05 แสดงดังตาราง 2 และภาพ 6 เมื่อวิเคราะห์ค่าไนไตรท์ พบว่า ก่อนการบำบัดมีค่าเท่ากับ 5.88±0.48 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังการบำบัดมีค่า เท่ากับ 1.57±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยประสิทธิภาพในการบำบัดค่าไนไตรท์ของระบบเท่ากับร้อยละ 73.30 ซึ่งค่าก่อนและหลังบำบัดมีผลแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ p-value<.05 แสดง

ดังตาราง 2 และภาพ 7 และเมื่อวิเคราะห์ค่าไนเตรทก่อนการบำบัดมีค่าเท่ากับ 6.59 ± 0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังการบำบัดมีค่าเท่ากับ 2.01 ± 0.22 มิลลิกรัมต่อลิตร และระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าไนเตรทเท่ากับ

ร้อยละ 69.50 ซึ่งค่าก่อนและหลังบำบัดมีผลแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $p\text{-value} < 0.05$ โดยแสดงดังตาราง 2 และภาพ 8

ตาราง 2

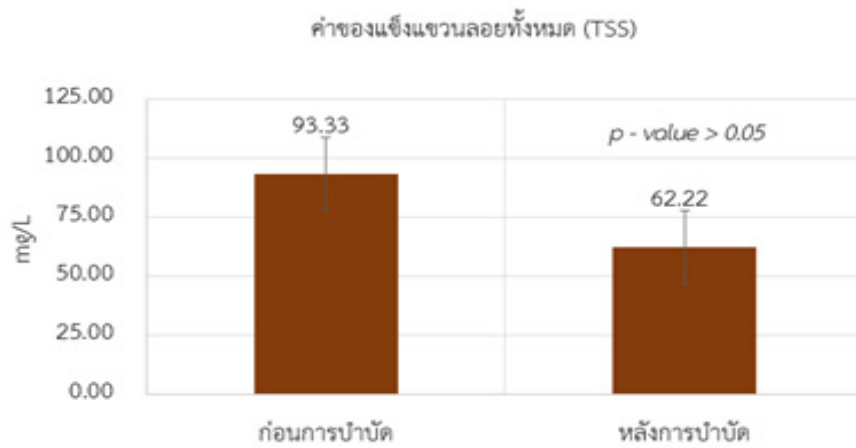
ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนจากคลองกุดตาโป้ด้วยระบบถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์

พารามิเตอร์	ก่อนการบำบัด (Mean $\pm$ SD)	หลังการบำบัด (Mean $\pm$ SD)	ประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ)
pH	6.82 $\pm$ 0.13	6.83 $\pm$ 0.09	0.15
Temperature (°C)	29.82 $\pm$ 0.25	26.39 $\pm$ 0.70	11.53*
TSS (mg/L)	93.33 $\pm$ 49.90	62.22 $\pm$ 38.01	33.33
COD (mg/L)	417.33 $\pm$ 3.76	92.14 $\pm$ 4.47	77.92*
TP (mg/L)	8.12 $\pm$ 0.34	1.61 $\pm$ 0.05	80.17*
NH ₄ -N (mg/L)	29.31 $\pm$ 2.58	1.87 $\pm$ 0.13	93.62*
NO ₂ -N (mg/L)	5.88 $\pm$ 0.48	1.57 $\pm$ 0.05	73.30*
NO ₃ -N (mg/L)	6.59 $\pm$ 0.16	2.01 $\pm$ 0.22	69.50*

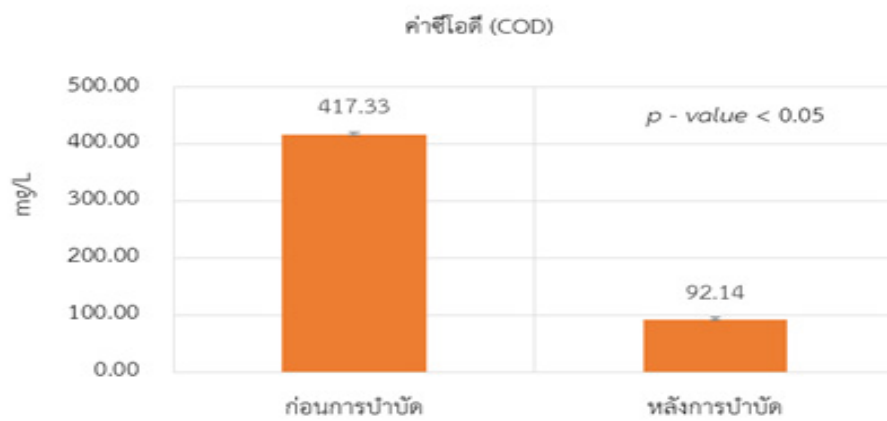
*หมายถึง ค่าก่อนการบำบัดและหลังการบำบัดมีผลแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $p\text{-value} < 0.05$



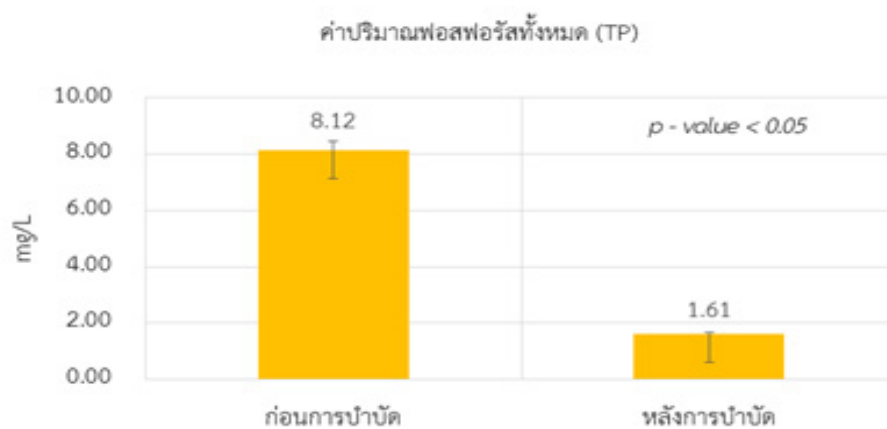
ภาพ 2 กราฟแสดงค่าความเป็นกรด-ด่างก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์



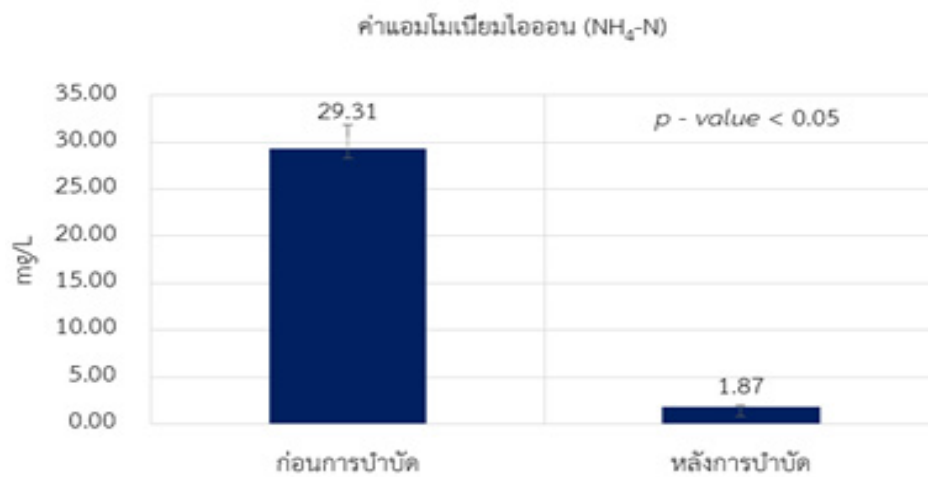
ภาพ 3 กราฟแสดงค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์



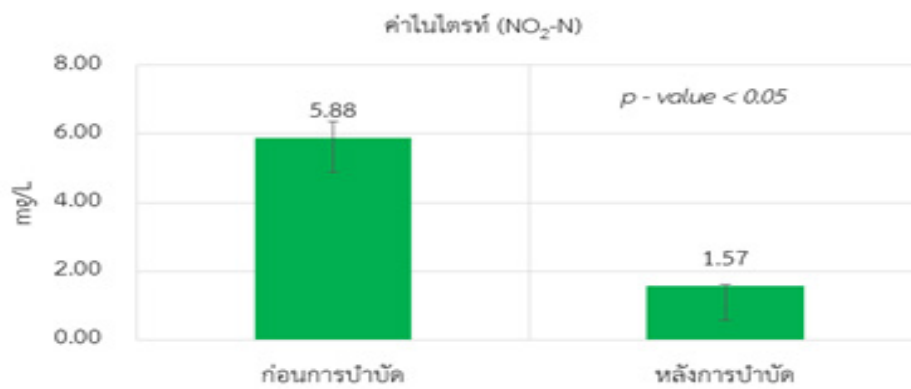
ภาพ 4 กราฟแสดงค่าซีไอดีก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์



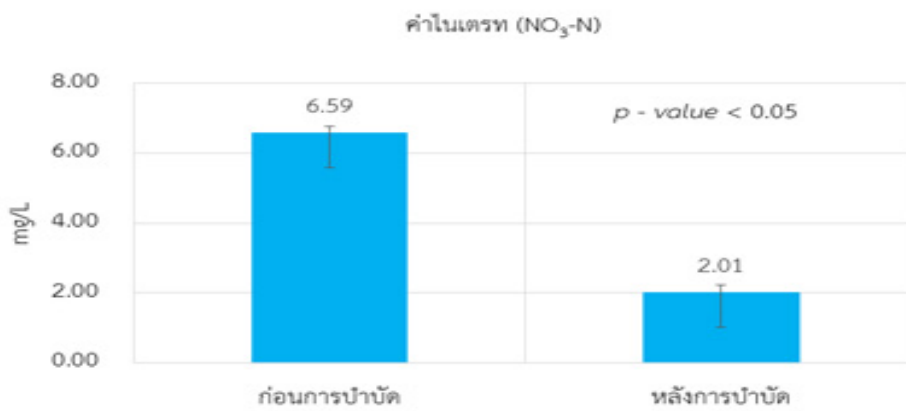
ภาพ 5 กราฟแสดงค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์



ภาพ 6 กราฟแสดงค่าแอมโมเนียมไอออนก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์



ภาพ 7 กราฟแสดงค่าไนไตรท์ ก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์



ภาพ 8 กราฟแสดงค่าไนเตรท ก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์

3. ผลการบำบัดน้ำเสียของคลองกุดตาโป้เปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ

จากผลการวิจัยในการบำบัดน้ำเสียชุมชนคลองกุดตาโป้ด้วยระบบบำบัดน้ำเสียถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดภายหลังการบำบัดมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ ที่แสดงดังตาราง 3 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างภายหลังการบำบัดมีค่าเท่ากับ 6.83 ± 0.09 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน พบว่าค่านี้ที่ออกจากระบบมีความเป็นกรด-ด่างอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน กำหนดในช่วง 5.5-9 ในส่วนของค่าอุณหภูมิหลังการบำบัดมีค่าเท่ากับ 26.39 ± 0.70 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไม่เกิน 40 องศาเซลเซียสตามข้อมูลของค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรมและเขตประกอบการอุตสาหกรรม เมื่อพิจารณาค่าออกซิเจนละลายน้ำหลังการบำบัดมีค่าเท่ากับ 7.81 ± 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งการบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศจำเป็นต้องมีค่าออกซิเจนละลายน้ำมากกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าที่เป็นไปตามค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งกำหนดไม่ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด พบว่า หลังการบำบัดมีค่าเท่ากับ 62.22 ± 38.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าที่เป็นไปตามค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนกำหนดไม่

เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ในส่วนของค่าซีโอดีหลังการบำบัดมีค่า เท่ากับ 92.14 ± 4.47 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรมและเขตประกอบการอุตสาหกรรม พบว่า มีค่าที่อยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานกำหนดไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดหลังการบำบัดมีค่า เท่ากับ 1.61 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าที่เป็นไปตามค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าแอมโมเนียโมออน พบว่าภายหลังการบำบัดมีค่า เท่ากับ 1.87 ± 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย โดยตามที่ค่ามาตรฐานกำหนดให้มีค่าแอมโมเนียโมออนไม่เกิน 1.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ค่าไนโตรเจนหลังจากการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.57 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลพบว่า ค่าไนโตรเจนที่ไม่มีระบุเกณฑ์มาตรฐานในคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ แต่มีการกำหนดค่าไนโตรเจนทั้งหมด (total Nitrogen) ไว้ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และค่าไนเตรทภายหลังการบำบัดมีค่าเท่ากับ 2.01 ± 0.22 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 3

ผลการบำบัดน้ำเสียของคลองกุดตาโป้ด้วยระบบถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ

พารามิเตอร์	หลังการบำบัด (Mean $\pm$ SD)	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ
pH	6.83 ± 0.09	5.5-9 ¹
Temperature (°C)	26.39 ± 0.70	ไม่เกิน 40 ²
DO (mg/L)	7.81 ± 0.40	ไม่เกิน 4 ³
TSS (mg/L)	62.22 ± 38.01	ไม่เกิน 30 ¹
COD (mg/L)	92.14 ± 4.47	ไม่เกิน 120 ²
TP (mg/L)	1.61 ± 0.05	ไม่เกิน 2 ¹
NH ₄ -N (mg/L)	1.87 ± 0.13	ไม่เกิน 1.1 ⁴
NO ₂ -N (mg/L)	1.57 ± 0.05	N/A
NO ₃ -N (mg/L)	2.01 ± 0.22	ไม่เกิน 5 ³

หมายเหตุ	¹ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน
	² มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรมและเขตประกอบการอุตสาหกรรม
	³ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน
	⁴ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด
	N/A ไม่ปรากฏในมาตรฐานคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษ

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียเอสปีอาร์ กรณีศึกษาคลองกุดตาโป้ เทศบาลตำบลพัฒนานคร อำเภอพัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว ระบบบำบัดน้ำเสียเอสปีอาร์ใช้ตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งเป็นตะกอนจุลินทรีย์แบบผสม (mixed culture) จากห้องปฏิบัติการระบบบำบัดน้ำเสีย ที่เลี้ยงในระบบเดิมอากาศด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งตะกอนจุลินทรีย์จะไม่มีสัมผัสกับน้ำเสียหรือสารปนเปื้อนใด ๆ จากสิ่งแวดล้อม โดย ดำเนินการวิจัยการบำบัดน้ำเสียในถังปฏิกรณ์เอสปีอาร์เพื่อบำบัดน้ำเสียคลองกุดตาโป้พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนหลังการบำบัดเท่ากับ 1.87 ± 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร (Tchobanoglous, Burton & Stensel, 2004) ลดลงจากความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนก่อนการบำบัดเท่ากับ 29.31 ± 2.58 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนสูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 93.62 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Benchakul, Dararat and Pung (2009) ที่ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียในแบบจำลองของระบบบำบัดน้ำเสียเอสปีอาร์ (SBR) พบว่า สามารถบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้ เท่ากับ ร้อยละ 50–90

ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดหลังการบำบัดเท่ากับ 1.61 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงจากความเข้มข้นปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดก่อนการบำบัดเท่ากับ 8.12 ± 0.34 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุดเท่ากับร้อยละ 80.17 ซึ่งสอดคล้องกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ที่กำหนดไว้ว่าน้ำทิ้งที่สามารถปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาตินั้นจะต้องมีค่าไม่เกิน 2

มิลลิกรัมต่อลิตร และสอดคล้องกับการวิจัยของ (Dejtanon, 2001) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียระบบเอสปีอาร์ พบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัสในรูปของ TP มีประสิทธิภาพในการบำบัด TP เท่ากับร้อยละ 89.5 แสดงให้เห็นว่า TP มีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์นำเอาฟอสฟอรัสที่ละลายอยู่ในน้ำเสียมาใช้ในกิจกรรมของเซลล์และการสร้างเซลล์ใหม่ เมื่อทำการแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำจึงทำให้ฟอสฟอรัสในน้ำมีค่าลดลง

ผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดีหลังการบำบัดเท่ากับ 92.14 ± 4.47 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงจากความเข้มข้นซีโอดีก่อนการบำบัดเท่ากับ 417.33 ± 3.76 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบบำบัดสามารถบำบัดค่าซีโอดีได้สูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 77.92 ซึ่งสอดคล้องกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรมและเขตประกอบการอุตสาหกรรม ที่กำหนดไว้ว่าน้ำทิ้งที่สามารถปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาตินั้นจะต้องมีค่าซีโอดีไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร และสอดคล้องกับการวิจัยของ (Sarathai, 2001) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียเอสปีอาร์ในการบำบัดค่าซีโอดี ในน้ำเสียชุมชน ใช้แบบจำลองการบำบัดเอสปีอาร์พบว่าระบบบำบัดสามารถบำบัดค่าซีโอดีได้สูงสุดเท่ากับร้อยละ 72.86-87.22

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นไนโตรเจนหลังการบำบัดเท่ากับ 1.57 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงจากความเข้มข้นไนโตรเจนก่อนการบำบัดเท่ากับ 5.88 ± 0.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจนสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 73.30 ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลไม่พบการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ แต่ผลการวิจัยมีความสอดคล้องกับการวิจัยของ (Benchakul et al., 2009) ที่ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนีย

ไนโตรเจนในน้ำเสียในแบบจำลองของระบบบำบัดน้ำเสีย เอสบีอาร์ (SBR) พบประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรท์ของระบบเท่ากับร้อยละ 78-96 และสอดคล้องกับการวิจัยของ (Fux, Bohler, Huber, Brunner & Siegrist, 2002) ที่ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีแอมโมเนียสังเคราะห์เข้มข้นโดยกระบวนการไนตริฟิเคชันบางส่วนแล้วต่อด้วยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ผลการทดลองพบว่าแอมโมเนียถูกเปลี่ยนเป็นไนโตรท์ได้เท่ากับ ร้อยละ 58 ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ค่าไนเตรทหลังการบำบัดเท่ากับ 2.01 ± 0.22 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงจากความเข้มข้นไนเตรทก่อนการบำบัดเท่ากับ 6.59 ± 0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนเตรทสูงสุดเท่ากับร้อยละ 69.50 สอดคล้องกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ที่กำหนดไว้ว่าน้ำทิ้งที่สามารถปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาตินั้นจะต้องมีค่าไนเตรทไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่สารอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียได้ง่ายโดยอาศัยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ด้วยปฏิกิริยาที่เรียกว่า แอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification) แอมโมเนียอาจถูกกำจัดได้สอง

กระบวนการ คือ จุลินทรีย์ดึงไปใช้เป็นสารอาหารและใช้ในการสร้างเซลล์ หรือแบคทีเรียออกซิไดซ์หรือเปลี่ยนเป็นไนโตรท์และไนเตรท ด้วยปฏิกิริยาที่เรียกว่า ไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ไนโตรท์และไนเตรทจะถูกกำจัดออกจากน้ำเสียได้ด้วยปฏิกิริยาที่เรียกว่า ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ซึ่งเปลี่ยนไนเตรทและไนโตรท์เป็นก๊าซไนโตรเจน (Tanthulwet, 1995)

จากการอภิปรายผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ผลจากการวิจัยการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียด้วยถังปฏิกรณ์เอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor--SBR) มีความเหมาะสมสำหรับการกำจัดมลสารในน้ำเสียชุมชนคลองกุดตาโป้ ภายใต้สภาวะการบำบัดแบบเติมอากาศ ซึ่งผลจากการวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อเทศบาลตำบลพัฒนานครสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้สำหรับการวางแผนเพื่อการแก้ไขปัญหาน้ำเสียชุมชนในการบริหารจัดการมลพิษในคลองกุดตาโป้ได้ในอนาคต



References

- Benchakul, T., Dararat, S., & Pung, T. (2009). Efficiency of Ammonia-Nitrogen treatment in synthetic wastewater by Sequencing Batch Reactor. *In the 6th KU-KPS Conference* (pp. 516). Nakhon Pathom: Kasetsart University. (in Thai)
- Chaitakun, C. (2005). *Humans and natural resources and environment* (Research report). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Connie, R. M., Donald, C. L., & George, M. (2007). *Textbook of diagnostic microbiology* (3th ed.). Missouri: Saunders, an Imprint of Elsevier
- Dejtanon, V. (2001). *Upgrading the wastewater treatment system using Sequencing Batch Reactor* (Master's thesis). Suranaree University of Technology. Nakhon Ratchasima. (in Thai)
- Department of Health, Ministry of Public Health. (1994). *Chemical water quality analysis guide* (Research report). Bangkok: Thammasat University Printing House. (in Thai)
- Fux, C., Bohler, M., Huber, P., Brunner, I., & Siegrist, H. (2002). Biological treatment of ammonium-rich wastewater by partial nitritation and subsequent anaerobic ammonium oxidation (anammox) in a pilot plant. *Journal of Biotechnology*, 99(3), 295–306. [https://doi.org/10.1016/s0168-1656\(02\)00220-1](https://doi.org/10.1016/s0168-1656(02)00220-1)

- Gabriel, B. (2005). *Wastewater microbiology* (3rd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Gray, N. F. (2004). *Biology of wastewater treatment* (2nd ed.). London: Imperial College Press
- Jangkorn, S (2015). Acrylamide degradation with mixed culture bacteria in Sequencing Batch Reactor (SBR) wastewater treatment process. *Burapha Science Journal*, 20(1), 25-34. (in Thai)
- Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, D. (2004). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse* (4th ed.). New York: McGraw-Hill Book Company. <https://citly.me/Qx8WC>
- Onrayub, C. (2005). *A study of the model and efficiency of a small-scale wastewater treatment system for residential houses in waterfront communities* (Master's thesis). Naresuan University. Phitsanulok. (in Thai)
- Pansawat, T. (1987). *Community wastewater and water pollution problems in Bangkok and its vicinities*. (Research report). Bangkok: Office of the National Environment Board, Ministry of Science, Technology and Energy. (in Thai)
- Pansawat, T., & Wisuttisak, V. (1997). *Wastewater analysis manual* (3rd ed.). Bangkok: Society of Environmental Engineers of Thailand. (in Thai)
- Pollution Control Department. (2002). *Wastewater treatment service provider's guide* (Research report). Bangkok: Rueankaew Printing. (in Thai)
- Ratsuk, S., & Klinasukon, C. (1981). *Disposal of wastewater from industrial plants and communities*. Bangkok: Thailand Institute of Scientific and Technological Research. (in Thai)
- Sarathai, Y. (2001). *Efficiency of SBR in treating domestic wastewater contaminated with NICKEL* (Master's thesis). Mahidol University. Bangkok. (in Thai)
- Siriananpaiboon, S (2006). *Wastewater treatment system*. Bangkok: Tops. (in Thai)
- Tangchawan, V. (2002). *Water chemistry and wastewater treatment* (Research report). Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Tanthulwet, M. (1995). *Chemistry of water and wastewater* (Research report). Bangkok: Chulalongkorn University Printing House. (in Thai)
- Utensut, A. (1995). *Wastewater management organization* (Research report). Bangkok: Ministry of Science, Technology and Environment. (in Thai)
- Veeravaynanond, V. (2003). *Environmental education* (Research report). Bangkok: Odeon Store. (in Thai)

