ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์

Efficiency of Wastewater Treatment with Activated Sludge Process.

(Received: May 26,2026 ; Revised: June 5,2026 ; Accepted: June 7,2026)

ธีรภพ เอื้อเจริญทรัพย์[1] ชาญเดช แสงงาม[2] อจลา ประชาญสิทธิ์[3] นันทวรรณ จินากุล[4]
Teeraphob Ueacharoensab[1], Chandetch Sangngam[2], Achala Prachansit[3], Nanthawan Jinakul[4]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงประเมินผล (Evaluation Research) เก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2568 – ธันวาคม 2568 มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าต่ำสุด (Min) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SEM) และร้อยละ (Percentage) และเพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่แปรใช้ใหม่หลังการบำบัดโดยใช้จำนวนและร้อยละ

ผลการศึกษาพบว่าน้ำหลังการบำบัดก่อนปล่อยออกเป็นน้ำทิ้งสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกพารามิเตอร์ ส่วนปริมาณน้ำที่แปรมาใช้ใหม่หลังการบำบัดโดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดรวมทั้งสิ้น 15,151 ลูกบาศก์เมตร มีปริมาณน้ำที่แปรมาใช้รดน้ำต้นไม้ปริมาณ 3,108 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 20.51 ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สาธารณะช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศรวมทั้งช่วยประหยัดงบประมาณค่าใช้จ่ายของน้ำในการรดน้ำต้นไม้ภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลได้

คำสำคัญ: การบำบัดน้ำเสีย ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ น้ำเสีย น้ำทิ้ง ระบบเอสบีอาร์

Abstract

This study was an evaluation research project conducted from January 2025 to December 2025. The aims were to compare the quality of wastewater before and after treatment, analyzed via median, minimum (Min), maximum (Max), standard error of the mean (SEM) and percentage using the standard criteria for building effluent regulations and to analyze the volume of reclaimed water post-treatment using frequency and percentage.

The results indicate that the treated effluent, prior to discharge into the public sewer system, complied with all regulatory standards across every parameter. The total reclaimed water was 15,151 cubic meters. The 3,108 cubic meters (20.51%) of reclaimed water were reclaimed for landscape irrigation. Consequently, the wastewater treatment system demonstrates high efficiency in controlling effluent quality before public discharge, thereby contributing to environmental and ecological preservation, while effectively reducing water budget for landscape irrigation at the Faculty of Pharmacy, Mahidol University.

Keywords: Wastewater treatment, Activated sludge system, Wastewater, Effluent, SBR system

บทนำ

แนวคิดหลักมหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยสีเขียว (Greens University) ได้กำหนดผังแม่บทโดยมีแนวคิดในการพัฒนามหาวิทยาลัยมหิดลที่มีองค์ประกอบด้านกายภาพ สังคม และสิ่งแวดล้อมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่จะสร้าง “เมืองมหาวิทยาลัยแห่งการเรียนรู้และอยู่ร่วมกันกับธรรมชาติ” (A Promise Place to Live and Learn Together with Nature) มีการกำหนดกลยุทธ์ 3 Greens ในการพัฒนามหาวิทยาลัยสีเขียวซึ่งการปรับปรุง

[1] วิศวกรเครื่องกล คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
[2] วิศวกรไฟฟ้า ชำนาญการพิเศษ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
[3] นักวิทยาศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
[4] นักวิทยาศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล Corresponding author, E-mail: nanthawan.jin@mahidol.ac.th

สภาพแวดล้อมที่เป็นมลพิษด้วยเทคโนโลยีในด้านต่างๆ โดยระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้รดน้ำต้นไม้เป็นหนึ่งในกลยุทธ์ Greens 1 Save and Healthy Campus เสริมสร้างคุณภาพชีวิตและบรรยากาศที่ดีและปลอดภัยในการทำงานรวมทั้งเพื่อปกป้องสภาพแวดล้อมในพื้นที่มหาวิทยาลัยมหิดลและพื้นที่ชุมชนโดยรอบ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล มีพันธกิจด้านการเรียนการสอน งานวิจัยและบริการวิชาการมีอาคารทั้งหมด 3 อาคารต้องใช้น้ำเพื่อการดำเนินการตามพันธกิจดังกล่าวทำให้เกิดมีน้ำเสียลงไปในบ่อบำบัดน้ำเสียเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการทดลองซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญ การจัดการน้ำเสียจึงมีความสำคัญมากหากระบบการบำบัดน้ำเสียไม่สมบูรณ์และไม่มีประสิทธิภาพจะทำให้เกิดมีสารพิษหรือสารอันตรายไหลลงท่อระบายน้ำและปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ ปัจจุบันระบบบำบัดน้ำเสียของคณะเภสัชศาสตร์เป็นระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge หรือ AS) แบบ Sequencing Batch Reactor (SBR) ที่สามารถรองรับน้ำเสียได้ 150 ลูกบาศก์เมตรต่อวันซึ่งตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางขนาด ซึ่งได้มีการประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 141 ตอนพิเศษ 233 ง วันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ.2567 (อาคารประเภท ก อาคารโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชนหรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป)[1] คณะกรรมการควบคุมมลพิษและโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก. ไว้ให้ทุกภาคส่วนปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดโดยกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารไว้ตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ กฎกระทรวงฉบับที่ 71 พ.ศ. 2566 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522[2] เป็นกฎหมายที่มุ่งเน้นการปรับปรุงมาตรฐานระบบบำบัดน้ำเสียของอาคารบางประเภทให้มีความเหมาะสมและชัดเจนขึ้นโดยมีการแก้ไขเพิ่มเติมข้อกำหนดเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียและการระบายน้ำทิ้งโดยเฉพาะในกลุ่มอาคารขนาดเล็กและอาคารบางประเภทให้ครอบคลุมขึ้นซึ่งได้มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับอาคารแต่ละประเภทให้ชัดเจนเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สาธารณะเพื่อช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัยโดยรวมป้องกันมลพิษทางน้ำและผลกระทบต่อระบบนิเวศ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากการตรวจทางห้องปฏิบัติการและนำมาเปรียบเทียบผลของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และปริมาณน้ำที่แปรมาใช้ใหม่หลังการบำบัด (Recycle) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงและพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียรวมทั้งพัฒนากลยุทธ์ให้เกิดกระบวนการทำงานของคณะฯ ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร
2. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่แปรใช้ใหม่หลังการบำบัด

วิธีการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงประเมินผล (Evaluation Research) นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบก่อนและหลังการบำบัดน้ำเสียโดยมีระยะเวลาการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม 2568

กลุ่มตัวอย่าง

น้ำเสียก่อนบำบัดซึ่งเป็นน้ำเสียจากอาคารโดยเก็บตัวอย่างน้ำจากท่อระบายน้ำบ่อเกรอะ จำนวน 12 ตัวอย่าง

น้ำหลังบำบัดซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากระบบบำบัดเก็บจากจุดสุดท้ายของระบบก่อนปล่อยออก จำนวน 12 ตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2567 เป็นการเก็บตัวอย่างเป็นครั้งๆ จุดละ 1 ตัวอย่าง ดำเนินการเก็บตัวอย่างตามขั้นตอน ดังนี้

1. ตรวจสอบฉลากข้างขวดบรรจุตัวอย่างให้ถูกต้องตามจุดเก็บและสถานที่เก็บตัวอย่างพร้อมบันทึกวันที่และเวลาที่เก็บตัวอย่าง

2. สวมถุงมือก่อนทำการเก็บตัวอย่างน้ำ

3. นำอุปกรณ์เก็บตัวอย่างตักน้ำใส่ถังน้ำและกลั้วถังน้ำ แล้วเทน้ำทิ้งเพื่อชะสิ่งปนเปื้อน ที่อาจตกค้าง

4. เก็บตัวอย่างน้ำใส่ถังน้ำและตักน้ำแบ่งใส่ขวดเก็บตัวอย่างทั้งหมดประมาณ 1/4 ของขวด ปิดฝาและเขย่าขวด เทน้ำในขวดทิ้ง (rinse) (ยกเว้นขวด Oil ไม่ต้อง rinse)

5. ตักตัวอย่างน้ำแบ่งใส่ขวดเก็บตัวอย่างทั้งหมดและหมุนปิดฝาขวดให้แน่น

6. ฆ่าเชื้อที่ถุงมือและอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำด้วยแอลกอฮอล์

7. แกะถุงพลาสติกออก ใช้มือจับบนฝาขวดแล้วหมุนให้คลายออก ดึงฝาขวดออกจากตัวขวดแล้วถือไว้ โดยระวังไม่ให้มือสัมผัสฝาขวดด้านใน

8. ตักตัวอย่างน้ำใส่ขวดฆ่าเชื้อถึงระดับคอขวด นำฝาขวดมาปิดขวด หมุนเพื่อปิดขวดให้แน่น นำถุงพลาสติกห่อดังเดิม

9. เก็บรักษาสภาพตัวอย่างที่เหมาะสมแล้วนำส่งตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการโดยการรักษาสภาพตัวอย่างด้วยการแช่เย็น และเก็บในตู้เย็น ที่อุณหภูมิระหว่าง 2-6 องศาเซลเซียสเพื่อนำส่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ตรวจค่า BOD ตรวจวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดพลาสติกฝาสีขาว (PE) ขนาด 0.5, 1.0, 1.5, 3.5 และ 5.0 ลิตร ใช้เก็บตัวอย่างสำหรับทดสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี

2. ขวดแก้วสีชา ใช้เก็บตัวอย่างสำหรับทดสอบน้ำมันและไขมัน

เกณฑ์การตรวจวิเคราะห์

เกณฑ์อ้างอิงตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 141 ตอนพิเศษ 233 ง ลงวันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2567 (อาคารประเภท ก อาคารโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป) ซึ่งได้กำหนดพารามิเตอร์ดังนี้

1.ค่าความเป็นกรด ด่าง (pH) ค่ามาตรฐานอยู่ในช่วง 5.0-9.0

2.ค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) ต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids) ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids) ต้องไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

5.ค่าซัลไฟด์ (Sulfide) ต้องไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.ค่า ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen) ต้องไม่เกิน 35 มิลลิกรัมต่อลิตร

7.ค่าน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease) ต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

มาตรฐานการตรวจวิเคราะห์

มาตรฐานวิธีการทดสอบใช้วิธีทดสอบตาม Standard Methods for the Examination of

Water and Wastewater หรือ SMWW 2023[3] ซึ่งร่วมกันจัดทำโดย American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) และ Water Environment Federation (WEF) ดังนี้

1. การตรวจความเป็นกรด ด่าง (pH) โดยวิธี SMWW 2023 part 4500 - H^+ B
2. การตรวจ BOD (Biochemical Oxygen Demand) โดยวิธี SMWW 2023 part 5210 B
3. การตรวจของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids) โดยวิธี SMWW 2023 part 2540 D
4. การตรวจของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids) โดยวิธี SMWW 2023 part 2540 C
5. การตรวจซัลไฟด์ (Sulfide) โดยวิธี SMWW 2023 part 4500 - S^{2-} F
6. การตรวจค่า ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen) โดยวิธี SMWW 2023 part 4500 - N_{org} B
7. การตรวจน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease) โดยวิธี SMWW 2023 part 5520 B

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ดังนี้

เปรียบเทียบผลของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก. ตามพารามิเตอร์ที่กำหนดเกณฑ์มาตรฐานโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าต่ำสุด (Min) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SEM) และร้อยละ (Percentage) วิเคราะห์ปริมาณน้ำที่แปรใช้ใหม่หลังการบำบัดโดยใช้จำนวนและร้อยละ

ผลการศึกษา

1. เปรียบเทียบผลของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก. ตามพารามิเตอร์ที่กำหนดเกณฑ์มาตรฐานตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม 2568 โดยน้ำเสียก่อนบำบัดจำนวน 12 ตัวอย่าง และน้ำหลังบำบัดจำนวน 12 ตัวอย่าง ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

พารามิเตอร์	ก่อนบำบัด			หลังบำบัด			ค่ามาตรฐาน
	Median ±SEM	Min	Max	Median ±SEM	Min	Max	
pH	7.30±0.06	6.90	7.80	6.40±0.17	5.50	7.20	5.0-9.0
BOD	109.40±14.46	26.00	177.20	13.10±1.21	4.40	17.30	<20.00 mg/L
Total Suspended Solids (TSS)	187.00±37.92	62.00	506.00	13.00±2.15	10.00	29.00	<30.00 mg/L
Total Dissolved Solids (TDS)	461.50±22.12	374.00	621.00	384.50±25.84	308.00	616.00	1,000 mg/L
Sulfide	1.20±0.11	0.27	1.40	0.29±0.06	0.07	0.86	<1.00 mg/L
Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	12.80±0.53	10.20	15.50	8.85±0.44	7.20	11.40	<35.00 mg/L
Oil and Grease	1.45±0.21	1.00	2.90	1.00±0.08	1.00	2.00	<20.00 mg/L

2. วิเคราะห์ปริมาณน้ำที่แปรมาใช้ใหม่หลังการบำบัดโดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดกับน้ำหลังการบำบัดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่แปรมาใช้ใหม่ (Recycle) เพื่อนำไปใช้รดน้ำต้นไม้ในคณะเภสัชศาสตร์ตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม 2568 โดยปริมาณน้ำที่ใช้ในคณะเภสัชศาสตร์ ทั้งหมด 3 อาคาร ปริมาณรวมทั้งสิ้น 15,151 ลูกบาศก์เมตร มีปริมาณน้ำบำบัดที่แปรมาใช้เพื่อรดน้ำต้นไม้ปริมาณ 3,108 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 20.51 ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดและน้ำหลังการบำบัดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่แปรมาใช้ใหม่

เดือน	ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำที่แปรใช้ใหม่ (ลบ.ม.)	การใช้น้ำที่แปรใช้ใหม่ (ร้อยละ)
มกราคม	1,469	280	19.06
กุมภาพันธ์	1,289	190	14.74
มีนาคม	1,297	240	18.50
เมษายน	1,335	181	13.56
พฤษภาคม	803	70	8.72
มิถุนายน	821	235	28.62
กรกฎาคม	1,201	292	24.31
สิงหาคม	1,378	294	21.34
กันยายน	1,544	228	14.77
ตุลาคม	1,198	160	13.36
พฤศจิกายน	1,611	596	37.00
ธันวาคม	1,205	342	28.38
รวม	**15,151**	**3,108**	**20.51**

สรุปและอภิปรายผล

1. ผลของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก. พารามิเตอร์ที่ตรวจวัดกำหนดตามเกณฑ์มาตรฐานตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม 2568 พบว่าก่อนการบำบัดค่าของ pH (7.30±0.06) TDS (461.50±22.12) TKN (12.80±0.53) และ Oil and Grease (1.45±0.21) ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนค่า BOD (109.40±14.46) TSS (187.00±37.92) และ Sulfide (1.20±0.11) เกินมาตรฐานที่กำหนด ส่วนผลการวิเคราะห์น้ำที่ผ่านการบำบัดก่อนปล่อยออกเป็นน้ำทิ้งสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกพารามิเตอร์ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดมลพิษทางน้ำที่อาจทำให้เกิดปัญหาสภาพแวดล้อมในบริเวณโดยรอบได้โดยเฉพาะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการซึ่งในส่วนของคณะเภสัชศาสตร์มีระบบบำบัดน้ำเสียรวมเพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการดำเนินงาน ง่ายต่อการควบคุมดูแล และลดค่าใช้จ่ายในการจัดการน้ำเสียภาพรวมลงได้เพราะน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการได้มีการบำบัดเบื้องต้นก่อนทิ้งลงท่อน้ำทิ้ง มีการแยกและกำจัดของเสียสารเคมีอันตรายอย่างถูกต้องตามหลักสากลซึ่งจะลดความสกปรกและความเป็นพิษลงจนอาจไม่เหลือความเป็นพิษ ดังนั้นจึงสามารถนำมาบำบัดรวมกับน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทั่ว ๆ ไปของคณะฯ ได้[4] ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) จะมีศักยภาพในการบำบัดน้ำเสียได้สูงโดยสามารถลดค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) ของน้ำเสียได้ร้อยละ 85-95[5] สอดคล้องกับการศึกษาของบุญจงรักษ์ จิ้วตั้น และคณะที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำเสียพบว่าทุกอัตราส่วนสามารถบำบัดน้ำเสียให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด[6] ค่า BOD เป็นดัชนีชี้วัดความเน่าเสีย หากค่า BOD สูง แสดงว่ามีสารอินทรีย์ปนเปื้อนมาก จากการศึกษาของชวลิต หงส์ยนต์และจุฬาภรณ์ โสตะ พบว่าการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครขอนแก่นค่าเฉลี่ย BOD มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานแสดงถึงความสกปรกของน้ำสูงควรใช้จุลินทรีย์ EM และใช้วิธีการเติมอากาศลงในน้ำ ตรวจวัดคุณภาพน้ำทุก 3 เดือน[7] ทัศนีย์ สดใสและคณะได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนจังหวัดสกลนครพบว่ามีบางโรงพยาบาลที่ผลการตรวจ BOD COD TDS Suspended Solids TKN ไม่ผ่านตาม

เกณฑ์มาตรฐานจึงต้องทำแผนการจัดการความเสี่ยง พารามิเตอร์ค่าไหนไม่ผ่านก็ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข การเฝ้าระวังการทำงานของระบบโดยจะมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ลดการปล่อยน้ำที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแล้วไม่ผ่านเกณฑ์ออกสู่คลองสาธารณะ[8] ขวัญเนตร สมบัติสมภพ และคณะ พบว่าปริมาณน้ำมันและไขมันในน้ำทิ้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากน้ำเสียชุมชนที่กำหนดไว้ไม่เกิน 20 mg/L ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ไม่เกิน 30 mg/L[9] ระบบบำบัดน้ำเสียของวิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่นมีค่าของน้ำที่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ พีเอช ของแข็งทั้งหมด (Total Solids) ของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ซีโอดี (COD) ค่าบีโอดี (BOD) และคุณลักษณะของน้ำที่ไม่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ ค่าดีโอ (DO) ตะกอนหนัก (Settable Solids) ค่าคลอรีน (Cl)[10] การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในเคนยาพบว่าคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีความเข้มข้นของ BOD TSS ฟอสฟอรัส ตะกั่ว ไนเตรต และ COD สูงเกินกว่ามาตรฐานการปล่อยน้ำเสียที่กำหนดไว้ซึ่งเกิดจากระบบบำบัดที่ไม่เพียงพอและไม่มีประสิทธิภาพ[11] ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุข จำนวน 30 แห่ง ในเขตสุขภาพที่ 5 พบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เป็นระบบบำบัดแบบ Sequencing Batch Reactor (SBR) ร้อยละ 50.00 ซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสีย[12] จากการศึกษาของ ซอฟียา ฉัตรทอง และคณะ พบว่าผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ SBR ในการบำบัดน้ำเสียที่มีแอมโมเนียไนโตรเจนสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการพัฒนากระบวนการบำบัดน้ำเสียในอนาคตเพื่อเสริมสร้างระบบการจัดการน้ำเสียที่มีความยั่งยืนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม[13] ดังนั้นระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated sludge process) หรือระบบเอเอส (AS) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่นิยมใช้กับทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียอุตสาหกรรมในประเทศไทย เนื่องจากเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดใช้พื้นที่น้อยโดยหลักการทำงานของระบบอาศัยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในถังเติมอากาศในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยสารอินทรีย์ถูกเปลี่ยนเป็นเซลล์ของจุลินทรีย์ จากนั้นจะถูกทำให้ตกตะกอนและกำจัดออกจากน้ำเสียซึ่งการควบคุมระบบเอเอสให้มีประสิทธิภาพที่ดีต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจของผู้ควบคุมระบบเพื่อควบคุมการทำงานของระบบเอเอสให้เหมาะสม[5]

2. วิเคราะห์ปริมาณน้ำที่แปรใช้ใหม่หลังการบำบัดที่ผ่านมาตรฐานแล้วเพื่อนำมาใช้ในการรดน้ำต้นไม้ภายในคณะเภสัชศาสตร์เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้สามารถประหยัดน้ำที่ใช้ในการรดน้ำต้นไม้คิดเป็นร้อยละ 20.51 ช่วยประหยัดงบประมาณค่าใช้จ่ายได้ ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสามารถบำบัดน้ำได้คุณภาพตามเกณฑ์ของน้ำทิ้งซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ได้โรงพยาบาลชุมชนส่วนใหญ่จะนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ในการรดน้ำต้นไม้[8] คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเทียบกับมาตรฐาน U.S. EPA สำหรับ Urban Reuse พบว่าคุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเป็นไปตามมาตรฐานสามารถนำมาใช้ในกิจกรรมการใช้น้ำที่ไม่สัมผัสโดยตรง เช่น ชำระโถสุขภัณฑ์และรดน้ำต้นไม้สำหรับระบบส่งจ่ายน้ำสำหรับอาคาร 42 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยระบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่มีการเดินท่อส่งน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้สำหรับสุขภัณฑ์ห้องน้ำ อาทิ โถ ปัสสาวะชายโดยติดตั้งแยกจากระบบประปาเดิม[14] อรรคพล ภูผาจิตต์ได้ศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์พบว่า คุณภาพน้ำทิ้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกพารามิเตอร์เมื่อเทียบกับมาตรฐานการใช้น้ำเพื่อการเกษตร ส่วนค่า Cl_2 residual และ Fecal coliform bacteria ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน การใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลคำม่วง ได้แก่ กิจกรรมรดสนามหญ้าหรือบริเวณสวนหย่อม กิจกรรมสำรองน้ำเพื่อใช้ในภาวะฉุกเฉิน กิจกรรมใช้ในการล้างทำความสะอาด และกิจกรรมใช้ในห้องน้ำในชักโครก[15] การนำน้ำบำบัดที่ผ่านมาตรฐานตามเกณฑ์น้ำทิ้งมาใช้

ประโยชน์จะช่วยประหยัดทรัพยากรการใช้น้ำประปา ลดการสิ้นเปลือง ลดภาระค่าใช้จ่ายได้ การบำบัดน้ำเสียออกเป็นน้ำทิ้งสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะช่วยลดปริมาณสารปนเปื้อนที่ถูกปล่อยกลับคืนสู่สิ่งแวดล้อม ปกป้องแหล่งน้ำและระบบนิเวศ

ระบบบำบัดน้ำเสียของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่ได้มาตรฐานเกณฑ์น้ำทิ้ง การบำรุงรักษาและตรวจสอบระบบเป็นประจำโดยการตรวจสอบและล้างหน่วยตกตะกอนและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้ระบบทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อติดตามผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียเป็นประจำอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง ทำการติดตามคุณภาพน้ำทิ้งอยู่เป็นประจำเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียและหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบอย่างต่อเนื่อง ควรดูแลรักษาเครื่องเติมอากาศ เครื่องสูบตะกอนและการดำเนินการระบบบำบัดน้ำเสียให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ[16] ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสนอการจัดทำแผนบำรุงรักษาระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียอย่างต่อเนื่อง ดังนี้

1. ตรวจสอบความเป็นฉนวนของมอเตอร์ทุก 1 ปี

2.ตรวจสอบการหมุน และการสึกหรอของใบพัดทุก 4 เดือน

3.ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าทุกเดือน

4.ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าทุกเดือน

5.ตรวจสอบระบบซีล และการรั่วซึมทุกเดือน

6.ตรวจสอบเสียง และการสั่นสะเทือนทุกเดือน

7.ตรวจสภาพน้ำมันหล่อลื่นเครื่องกลทุก 1 ปี

8.ตรวจสอบระบบท่อและสายไฟทุกเดือน

9.ตรวจสอบตู้คอนโทรลทุกเดือน

10.ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ภายในทุกเดือน

11.ตรวจสอบการยึดแน่นของสายไฟทุกเดือน

12.ตรวจสอบแผงควบคุมทุกเดือน

13.ทำความสะอาดตู้ และอุปกรณ์ภายในทุกเดือน

14.ยกเครื่องกลขึ้นจากบ่อเพื่อตรวจสภาพทุก 1 ปี

ผลการบำบัดน้ำเสียตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก. จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยรักษาสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นข้อมูลเพื่อขอรับการประเมินห้องปฏิบัติการปลอดภัยตามมาตรฐาน ESPReL การตรวจประเมินและรับรองห้องปฏิบัติการในรูปแบบ peer evaluation การตรวจสถานศึกษาปลอดภัย การตรวจประเมินด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน รวมทั้งต้องใช้เป็นข้อมูลในการขอรับหนังสือรับรองการแจ้งผลิตและมีไว้ในครอบครองตามพระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นอาคารควบคุมตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ.2538 ซึ่งนำระบบการจัดการพลังงานมาใช้เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานซึ่งเป็นนโยบายของรัฐบาล ดังนั้นเพื่อให้เกิดประสิทธิผลในการอนุรักษ์พลังงานจึงได้จัดทำแบบจำลอง PY-GREEN ของคณะเภสัชศาสตร์ เป็นทฤษฎีและแนวปฏิบัติในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมซึ่งนำระบบบำบัดน้ำเสียและการบริหารจัดการน้ำมาประยุกต์ใช้ในการขับเคลื่อนมุ่งเน้นความปลอดภัย ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการจัดการของเสียอย่างยั่งยืนผ่านการเรียนการสอน การวิจัย และการบริการวิชาการให้เป็น "คณะเภสัชศาสตร์สีเขียว" เพื่อมุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยที่ยั่งยืนตามเกณฑ์ UI Green Metric โดยทฤษฎีต้นแบบ PY-GREEN ในการพัฒนากลยุทธ์ให้เกิดกระบวนการทำงานมีดังต่อไปนี้:

P: Policy and Participation กำหนดนโยบายในการสร้างวัฒนธรรมสีเขียว สร้างความตระหนักรู้และสนับสนุนการเรียนรู้ร่วมกันโดยส่งเสริมให้อาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาทุกคนมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

Y: Yield มุ่งเน้นการพัฒนาบุคลากรและนักศึกษาให้เป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม เน้นการเพิ่มผลผลิตและการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสร้างนวัตกรรมที่ส่งเสริมระบบนิเวศ

G: Green Operations มีการดำเนินงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จัดการพื้นที่สำนักงาน ห้องเรียนและปฏิบัติการสีเขียวโดยเฉพาะห้องปฏิบัติการที่มีการใช้สารเคมีอันตรายและสารชีวภาพต้องมีระบบบริหารจัดการของเสียอย่างเป็นระบบ คัดแยกตั้งแต่ต้นทางมีการกำจัดอย่างถูกต้อง รวมถึงการลดปริมาณขยะอันตรายและสารเคมีจากห้องปฏิบัติการ

R: Responsibility เน้นการใช้ทรัพยากรอย่างรับผิดชอบ ลดการใช้ทรัพยากรสิ้นเปลือง (Reduce) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) และการรีไซเคิลหรือการแปรใช้ใหม่ (Recycle) รวมถึงการจัดซื้อจัดจ้างสีเขียว (Green Procurement) โดยเลือกใช้วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ทำลายสุขภาพของผู้ใช้งาน

E: Education and Awareness มุ่งเน้นการศึกษาและการสร้างจิตสำนึกสอดแทรกความรู้และการตระหนักรู้สู่กระบวนการเรียนการสอน เช่น ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการทางเคมี ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการทางชีวภาพให้บุคลากรและนักศึกษาสามารถบำบัดของเสียได้ก่อน ทำให้น้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนสารเคมีอันตรายจากห้องปฏิบัติการไม่ถูกปล่อยลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ส่วนสารเคมีที่ไม่สามารถบำบัดได้จะแยกประเภทและส่งกำจัดอย่างถูกหลักวิชาการโดยหน่วยงานภายนอกที่ได้รับอนุญาตซึ่งมีระบบบำบัดและกำจัดของเสียจากการวิจัยและห้องปฏิบัติการอย่างเคร่งครัดตามมาตรฐานสากลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก

E: Environmental มุ่งเน้นการรักษาสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ ระบบบำบัดน้ำเสียช่วยกำจัดสารปนเปื้อนและเชื้อโรคก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ลดมลพิษเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมยังช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตให้มีสุขอนามัยที่ดี และรักษาสมดุลของระบบนิเวศ

N: Networking and Collaboration เน้นสร้างเครือข่ายความร่วมมือทั้งกับภายในองค์กรและภายนอกองค์กรเพื่อแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ความร่วมมือต่าง ๆ ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อขับเคลื่อนสู่การบูรณาการเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs Integration)

ข้อเสนอแนะ

ทำการตรวจติดตามคุณภาพเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียและหาแนวทางแก้ไขเมื่อผลการตรวจคุณภาพน้ำไม่ผ่าน เช่น ต้องตรวจสอบการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์การทำงานของระบบ ส่วนใหญ่หากผลไม่ผ่านจะเกิดจากระบบเติมอากาศไม่ทำงานทำให้เชื้อจุลินทรีย์ตายหรือลดจำนวนลง แนวทางแก้ไขโดยการซ่อมระบบเติมอากาศเติมเชื้อจุลินทรีย์ในบ่อพัก เลี้ยงเชื้อปรับสภาพบ่ออย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด พ.ศ. 2567. ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 141 ตอนพิเศษ 233 ง.. 27 สิงหาคม 2567. หน้า 1.
2. กฎกระทรวง ฉบับที่ 71 พ.ศ. 2566 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 140 ตอนที่ 73 ก. 26 ธันวาคม 2566. หน้า 4.

3. AWWA (American Water Works Association). Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 23rd Edition. Washington DC: APHA Press; 2023.
4. คณะอนุกรรมการความปลอดภัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล. แนวปฏิบัติด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ทองสุขพริ้นท์. 2555.
5. ปิยะวดี ศรีวิชัย และ ชุมาพร รถสีดา. การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์. วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ 2564; 21(2): 16-29.
6. บุญจงรักษ์ จิ้วตั้น, นุชนาฎ นิลออ, สุดธิดา ยะผา และนฤเบศ ทองสุด. การบำบัดน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากระบบแอกทิแต็ดสลัดจ์ของโรงงานน้ำยางข้นด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 19 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน [อินเตอร์เน็ต]. 2565 [สืบค้นเมื่อ 10 ก.พ. 2569]: 2284-2291. เข้าถึงได้จาก: https://esd.kps.ku.ac.th/kuk-conference/gallery.php.
7. ชวลิต หงส์ยนต์ และจุฬาภรณ์ โสตะ. คุณภาพน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครขอนแก่น. วารสารวิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย 2566; 13(4): 106-111.
8. ทัศนีย์ สดใส, บุญนาค แพงชาติ และไกรวิชญ์ เรืองฤาหาร. การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนจังหวัดสกลนคร. วารสารสุขภาพและสิ่งแวดล้อมศึกษา 2566; 8(3): 322-332.
9. ขวัญเนตร สมบัติสมภพ, อำนาจ ปราการสมุทร และณัฐวุฒิ วิทยาวิโรจน์. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2554; 21 (1): 72-79.
10. พลอยไพริน นวนนุกูล, สายัณต์ แก้วบญุเรือง และทวินันท์ หาญประเสริฐ. ประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสีย วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิทยาศาสตร์สุขภาพและการสาธารณสุขชุมชน 2564; 4(1): 70-80.
11. Flory Kilingo, Zulu Bernard and Chen Hong –bin. The Analysis of Wastewater Treatment System Efficiencies in Kenya: A Review Paper. International Journal of Scientific and Research Publications 2021; 11(5): 204-215.
12. ธิดารัตน์ ดำรงสอน. การศึกษาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขเขตสุขภาพที่ 5. วารสารวิชาการด้านสาธารณสุขของไทย 2563; 43(2): 105-114.
13. ซอฟียา ฉัตรทอง, อรัณย์ภัค พิทักษ์พงษ์ และพัชรัตน์ ตาเป็ง. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยตะกอนจุลินทรีย์ในระบบเอสบีอาร์. วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย 2568; 5(1): 41-51.
14. ณัฐภัทร เที้ยธิทรัพย์ และเจนจิต เอี่ยมจตุรภัทร. การออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่แบบกึ่งอัตโนมัติ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25 [อินเตอร์เน็ต]. 2563 [สืบค้นเมื่อ 10 ก.พ. 2569]: 2171-2177. เข้าถึงได้จาก: https://conference.thaince.org/index.php/ncce25/issue/view/1.
15. อรรคพล ภูผาจิตต์. แนวทางการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ โรงพยาบาลคาม่วง. วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชน 2561; 3(2):46 – 54.
16. อนงค์นาถ โรจนกร วังคำหาญ, วิสุดา สุขประโคน และอนุรักษ์ ปิ่นทอง. การประเมินคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในสถานพยาบาล กรณีศึกษาโรงพยาบาลห้วยผึ้ง. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 2568; 19(2): 63 – 74.