วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน 2562

แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดี

ศิวิมล เชื้อรุ่ง[1*], ศิวพันธุ์ ชูอินทร์[2]

[1*]สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
[2]สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Email: siwimol.ch@ssru.ac.th[1*], sivapan.ch@ssru.ac.th[2]

Received: January 24, 2019
Revised: April 27, 2019
Accepted: April 29, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีของระบบบำบัดน้ำเสีย และหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสีย จำนวน 160 ตัวอย่างทำการวิเคราะห์หาค่าบีโอดี และค่าซีโอดี โดยใช้วิธีเอไซด์โมดิฟิเคชั่น 5 วัน 20 องศาเซลเซียส และวิธีโพแทสเซียมไดโครเมตตามลำดับ จากนั้นทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีและค่าซีโอดีโดยใช้สถิติสหสัมพันธ์ และศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียโดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการน้ำเสีย

ผลการวิจัยพบว่าค่าบีโอดีของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 22.28 ±3.01 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก มีค่าเฉลี่ย 16.09 ±4.54 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าซีโอดีของน้ำเข้ามีค่าเฉลี่ย 36.53 ±4.94 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกมีค่าเฉลี่ย 25.95 ±7.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการศึกษาความสัมพันธ์ พบว่า ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ทางบวก แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียทำได้โดยการตรวจวัดซีโอดีอย่างต่อเนื่อง ในระหว่างการปรับปรุงระบบและนำมาคำนวณหาค่าบีโอดีด้วยสมการถดถอยที่ได้จากการศึกษา เมื่อทราบค่าบีโอดีแล้วดำเนินการโดยควบคุมปริมาณน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสียให้เหมาะสม เพิ่มปริมาณจุลินทรีย์และเพิ่มธาตุอาหารอื่นลงไปในระบบบำบัดน้ำเสีย ควบคุมปริมาณและอัตราไหลของน้ำเสียให้เหมาะสม เพิ่มการเติมออกซิเจนลงไปในระบบบำบัดน้ำเสีย และควบคุมค่า pH ให้เป็นกลางอยู่เสมอ

คำสำคัญ : ซีโอดี, บีโอดี, ประสิทธิภาพ, ระบบบำบัดน้ำเสีย, ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์

Enhancement the efficiency of the wastewater treatment system of Suan Sunandha Rajabhat University by using the relation between BOD and COD values

Siwimol Chuarung[1*], Sivapan Choo-in[2]

[1*]Department of Industrial Environmental Management Graduate School,
Suan Sunandha Rajabhat University

[2]Department of Environmental Science Faculty of Science and Technology,
Suan Sunandha Rajabhat University

Email: siwimol.ch@ssru.ac.th[1*], sivapan.ch@ssru.ac.th[2]

Received: January 24, 2019
Revised: April 27, 2019
Accepted: April 29, 2019

Abstract

A study on the optimization of wastewater treatment system of Suan Sunandha Rajabhat University by using the relationship between BOD and COD. The objectives of this research were study to the relationship between BOD and COD of wastewater treatment system and to find ways to improve wastewater treatment system of Suan Sunandha Rajabhat University. The 160 samples were analyzed BOD by acid modification method, 20°C 5 dayand COD using potassium dichromatemethod. The relationship between BOD and COD was determined using the Correlation and the optimization of the wastewater treatment system by interviewing the wastewater management experts.

The results showed that BOD The average water influent was 22.28 milligrams per liter. Average water influent was 16.09 mg / L. The average water intake was 6.17 mg / L. The average water content was 4.51 mg / L. The COD was 36.53 mg /L. Average water content was 25.95 mg / L. Water content is 10.20 mg /L. The results of the study showed that the BOD and COD were correlated with water intake and discharge time. And have a relationship. The optimization of the wastewater treatment system by collecting COD samples continuously during the system improvement and calculating the BOD by the equation derived from the study. Well of the system, then operated by Controlling the amount of water into the wastewater treatment system. Increase the amount of microorganisms. And add other nutrients to the wastewater treatment system. Control the amount and flow rate of wastewater. It should be appropriate for the amount of wastewater generated and the rate of flow of wastewater. Control the appearance of wastewater entering the system does not contain toxic or heavy metals, these substances will inhibit the operation of the system.

Keywords : COD, BOD, efficiency, wastewater treatment, activated sludge

บทนำ

ระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เป็นระบบบำบัดน้ำเสียประเภทแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ซึ่งเป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และมีความจำเป็นจะต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงาน และการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัด

ระบบตะกอนเร่ง หรือ แอกทิเวเต็ดสลัดจ์หรือระบบเลี้ยงตะกอน เป็นระบบที่มีการเติมอากาศให้แก่จุลินทรีย์เพื่อทำการย่อยสารอินทรีย์ในน้ำ โดยน้ำเสียจะถูกเติมเข้าสู่ถังเติมอากาศ (aeration tank) ที่มีจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำเสียรวมทั้งมีการเติมอากาศด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่นใช้เครื่องเติมอากาศ (aerator) ปั๊มเติมอากาศ เติมอากาศตลอดเวลา จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้น ในขณะที่น้ำเสียจะมีค่าความสกปรกลดลง จุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตจะอยู่ในรูปของสลัดจ์ แล้วจะถูกส่งไปแยกที่ถังตกตะกอน (sedimentation tank) ที่ถังตกตะกอนน้ำใสกับตะกอนจะถูกแยกออกจากกัน กระบวนการบำบัด สลัดจ์จะถูกส่งไปกำจัดต่อไป ส่วนน้ำใสจะส่งไปผ่านการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อแล้วส่งออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่อไป ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งมีหลายรูปแบบ เช่นระบบตะกอนเร่งแบบธรรมดา (conventional activated sludge process) ระบบเติมอากาศเป็นขั้น ๆ (step aeration) ระบบเสถียรสัมผัส (contact stabilization) และระบบคลองน้ำวน (oxidation ditch) (เกษม จันทร์แก้ว, 2541, น. 532)

ซีโอดี (chemical oxygen demand) เป็นการวัดปริมาณออกซิเจนเทียบเท่าที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์ในตัวอย่างอย่างสมบูรณ์ด้วยตัวออกซิไดซ์อย่างแรง (strong chemical oxidant) ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในตัวอย่างบางตัวอย่างค่าซีโอดีนี้จะสามารถเชื่อโยงไปถึงค่าที่แสดงปริมาณสารอินทรีย์ คือ บีโอดี (biochemical oxygen demand) ได้ การวิเคราะห์หาค่าซีโอดีจะมีประโยชน์อย่างมากในการเฝ้าระวัง และควบคุมคุณภาพน้ำการวิเคราะห์หาค่าซีโอดีซึ่งวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐานใช้เวลาในการวิเคราะห์ประมาณ 2 ชั่วโมง ซึ่งใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์น้อยกว่าการหาค่าบีโอดีซึ่งใช้เวลาในการวิเคราะห์ถึง 5 วัน หากนำค่าซีโอดีไปใช้ในการควบคุมและติดตามระบบบำบัดน้ำเสียก็จะได้วิเคราะห์ทันท่วงที แต่จำเป็นต้องมีการศึกษาให้เห็นว่าค่าซีโอดีกับค่าบีโอดีมีความสัมพันธ์กันก่อนที่จะนำผลความสัมพันธ์ไปประยุกต์ใช้ในการดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีของระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

2.เพื่อศึกษาหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ระเบียบวิธีวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัย มีดังนี้

1. ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องโดยการสำรวจพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

2. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเข้าและออกจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมบริเวณหน้าอาคารครุศาสตร์

3. ทำการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีและค่าซีโอดีจากตัวอย่างน้ำเข้า-น้ำออกของระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาโดยทำการเก็บตัวอย่าง 80 ครั้ง แบ่ง 2 ช่วง คือ ช่วงเปิดการเรียนการสอนเต็มเวลาเป็นเวลา และช่วงที่ไม่มีการเรียนการสอน รวมทั้งหมด 80 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ บีโอดีโดยใช้วิธีเอไซด์โมดิฟิเคชั่น (azide modification) ที่เวลา 5 วัน

20°C และซีโอดีใช้วิธีย่อยสลาย โดยใช้โพแทสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate) (ศิวพันธุ์ ชูอินทร์, 2559, น. 46 – 47)

4. หาความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีต่อค่าซีโอดีโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติสหสัมพันธ์ (correlation) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5. ศึกษาความถดถอย (regression) ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดี

6. นำผลการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีต่อค่าซีโอดี และผลการศึกษาความถดถอยเป็นข้อมูลเพื่อสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการน้ำเสียจำนวน 3 ท่าน โดยใช้แบบสอบถาม โดยผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการจากกรมควบคุมมลพิษ รองศาสตราจารย์จากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และกรรมการผู้จัดการของบริษัทเอกชนด้านการจัดการน้ำเสีย เพื่อนำผลการสัมภาษณ์มาประมวลผลและสรุปเป็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

6.วิเคราะห์และสรุปผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อกำหนดเป็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ผลการวิจัย

1. ผลการตรวจวัดค่าบีโอดีกับค่าซีโอดี

ผลการตรวจวัดผลการตรวจวัดค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีช่วงเวลาเปิดเทอมแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวัดค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีช่วงเวลาเปิดเทอม

พารามิเตอร์	ช่วง	N	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ประเภท
BOD(mg/l)	16.47-27.45	40	22.28	3.01	น้ำเข้า
	5.58-24.80	40	16.09	4.54	น้ำออก
COD(mg/l)	27.00-45.00	40	36.53	4.94	น้ำเข้า
	9.00-40.00	40	25.95	7.33	น้ำออก

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าบีโอดี ช่วงเวลาเปิดเทอมน้ำเข้ามีค่าอยู่ระหว่าง 16.47-27.45 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 22.28 ±3.01 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกมีค่าอยู่ระหว่าง 5.58-24.80 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 16.09 ±4.54 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าซีโอดี ช่วงเวลาเปิดเทอมน้ำเข้ามีค่าอยู่ระหว่าง 27.00 -45.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 36.53±4.94 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกมีค่าอยู่ระหว่าง 9.00 - 40.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 25.95±7.33 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการตรวจวัดผลการตรวจวัดค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีช่วงเวลาปิดเทอมแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวัดค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีช่วงเวลาปิดเทอม

พารามิเตอร์	ช่วง	N	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ประเภท
BOD(mg/l)	4.57-7.62	40	6.17	0.82	น้ำเข้า
	1.56-6.94	40	4.51	1.27	น้ำออก
COD(mg/l)	7.00-13.00	40	10.20	1.47	น้ำเข้า
	3.00-11.00	40	7.35	2.02	น้ำออก

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าบีโอดี ช่วงเวลาปิดเทอมน้ำเข้ามีค่าอยู่ระหว่าง 4.57-7.62 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 6.17±0.82 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออก มีค่าอยู่ระหว่าง 1.56 - 6.94 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 4.51±1.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าซีโอดีช่วงเวลาปิดเทอมน้ำเข้ามีค่าอยู่ระหว่าง 7.00 - 13.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 10.20 ±1.47 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำออกมีค่าอยู่ระหว่าง 3.00 - 11.00มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 7.35 ±2.02 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. ผลการศึกษาอัตราสัดส่วนค่าบีโอดีและค่าซีโอดี

จากผลการตรวจวัดค่าบีโอดีและค่าซีโอดีผู้วิจัยได้ทำการศึกษาอัตราส่วนระหว่างค่าบีโอดีและค่าซีโอดี ผลแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดี

ช่วงเวลา	ประเภท					
	น้ำเข้า			น้ำออก		
	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	อัตราส่วน BOD/COD	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	อัตราส่วน BOD/COD
เปิดเทอม	22.28	36.53	0.61	16.09	25.95	0.62
ปิดเทอม	6.17	10.20	0.61	4.51	7.35	0.62

จากตารางที่ 3 พบว่าอัตราส่วนค่าบีโอดีต่อค่าซีโอดีช่วงเปิดเทอมน้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 0.61 ช่วงเปิดเทอมน้ำออกมีค่าเท่ากับ 0.62 ช่วงปิดเทอมน้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 0.61 และช่วงปิดเทอมน้ำออกมีค่าเท่ากับ 0.61 ซึ่งมีค่าเป็นไปตามทฤษฎีของ (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2549, น. 72) ที่อธิบายว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนที่พักอาศัยพบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงบีโอดีเท่ากับ 60 % ของซีโอดี หรือมีค่าประมาณ 0.61

3. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดี

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีและค่าซีโอดีดำเนินการโดยใช้หลักสถิติสหสัมพันธ์ (correlation) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยมีสมมติฐานดังนี้

H_0 :ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีจากระบบบำบัดน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยฯ ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 :ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีจากจากระบบบำบัดน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยฯ มีความสัมพันธ์กัน

ผลการศึกษาความสัมพันธ์แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดี

ช่วงเวลา	ประเภท	r	sig	ระดับความสัมพันธ์*
เปิดเทอม	น้ำเข้า	1.000	.000	มีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ทางบวก
	น้ำออก	1.000	.000	มีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ทางบวก
ปิดเทอม	น้ำเข้า	0.985	.000	มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูงทางบวก
	น้ำออก	0.989	.000	มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูงทางบวก

*ที่มา :ธีระดา ภิญโญ และอดิศัย โทวิชา., 2552, น. 270

จากตารางที่ 4 พบว่าผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกในช่วงเวลาเปิดเทอมมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ทางบวก (r=1) ส่วนในช่วงปิดเทอมค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูงเชิงบวก (r=0.985 และ 0.989 ตามลำดับ)

4. ผลการศึกษาความถดถอย (regression) ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดี

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีพบว่า ค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีมีความสัมพันธ์กันสูง ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาสมการในการประเมินค่าบีโอดีจากค่าซีโอดีผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความถดถอย (regression) ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดี

ช่วงเวลา	ประเภท	a	b	สมการถดถอย
เปิดเทอม	น้ำเข้า	5.451×10^{-15}	0.610	BOD = 0.610 COD+ 5.451×10^{-15}
	น้ำออก	7.466×10^{-15}	0.620	BOD = 0.620 COD+ 7.466×10^{-15}
ปิดเทอม	น้ำเข้า	0.564	0.549	BOD = 0.549 COD+ 0.564
	น้ำออก	-0.073	0.623	BOD = 0.623 COD+(-0.073)

จากตารางที่ 5 พบว่าผลการวิเคราะห์ความถดถอย (regression) ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีของน้ำเสียมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยแยกศึกษาเป็น 4 กรณี ตามลักษณะน้ำเสีย ได้แก่ น้ำเข้าช่วงเปิดเทอม น้ำออกช่วงเปิดเทอมน้ำเข้าช่วงปิดเทอม และน้ำออกช่วงปิดเทอมสมการถดถอยระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีของระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สรุปสมการได้ดังสมการที่ (1) - (4)

ช่วงเวลาเปิดเทอม ลักษณะน้ำเข้า

BOD=0.610 COD + 5.451×10-15 ..(1)

ลักษณะน้ำออก

BOD=0.620 COD + 7.466×10-15 ..(2)

ช่วงเวลาปิดเทอมลักษณะน้ำเข้า

BOD=0.549 COD + 0.564 ..(3)

ลักษณะน้ำออก

BOD=0.623 COD + (-0.073) ..(4)

5. ผลการศึกษาการใช้ได้ของสมการถดถอย

หลังจากได้สมการการถดถอยแล้วทำการทดสอบการใช้ได้ (validate) ของสมการถดถอยโดยทำการเก็บตัวอย่างซ้ำเพื่อหาค่าบีโอดีและคำนวณค่าบีโอดีจากค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เก็บพร้อมกันและใช้ %RPD (ความแม่นของการวิเคราะห์) %recovery (ความถูกต้องของการวิเคราะห์) ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดี

สมการ	ค่าความแม่น (%RPD)	ค่าความถูกต้อง (%accuracy)
สมการที่ 1	2.54	102.67
สมการที่ 2	0	100
สมการที่ 3	1.41	99.60
สมการที่ 4	4.01	99.63

จากตารางที่ 6 พบว่าการทดสอบสมการถดถอยระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีของระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยนำข้อมูลคุณภาพน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียและน้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จากผลการทดสอบแสดงได้ผลดังตารางที่ 6 ซึ่งแบ่งตามลักษณะน้ำเสีย ได้แก่ น้ำเข้าช่วงเปิดเทอม น้ำออกช่วงเปิดเทอม น้ำเข้าช่วงปิดเทอม และน้ำออกช่วงปิดเทอม นั้น มีค่าความแม่นยำ (%RPD หรือ %RSD) ไม่เกิน 10% ทั้ง 4 สมการ และค่าความถูกต้อง (%accuracy) อยู่ในระหว่าง 80-120% ทั้ง 4 สมการ ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ (ศิวพันธ์ ชูอินทร์, 2560, น. 44 - 46)

6. ผลการศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสีย

แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียได้จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดี และสมการการถอดถอย และผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการน้ำเสีย สรุปเป็นแนวทางได้ดังนี้ การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาทำได้โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวัดซีโอดีอย่างต่อเนื่องในระหว่างการปรับปรุงระบบและนำมาคำนวณหาค่าบีโอดีด้วยสมการทดถอยที่ได้จากการศึกษาเมื่อทราบค่าบีโอดีของระบบแล้วดำเนินการ ดังนี้

6.1 ควบคุมปริมาณน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

6.2 เพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ และเพิ่มธาตุอาหารอื่นลงไปในระบบบำบัดน้ำเสีย

6.3 ควบคุมปริมาณและอัตราไหลของน้ำเสียควรให้เหมาะสมต่อปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นและอัตราไหลของน้ำเสียที่เหมาะสม

6.4 ควบคุมลักษณะของน้ำเสียที่เข้าระบบไม่ให้มีความสารพิษหรือสารโลหะหนักสูงมลสารเหล่านี้จะยับยั้งการทำงานของระบบได้

6.5 ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่เพราะจะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชีวภาพ นอกจากนี้สภาวะอุณหภูมิสูงจะเร่งปฏิกิริยาที่ให้เกิดกลิ่นเหม็นและข้อจำกัดด้านการกระจายตัวของมลสารอีกด้วย

6.6 เพิ่มการเติมออกซิเจนลงไปในระบบบำบัดน้ำเสีย

6.7 ควบคุมค่า pH ให้เป็นกลางอยู่เสมอ

6.8 งานเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียให้พร้อมสำหรับกำจัดสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำเสีย ต้องมีค่า SV 30 ประมาณ 300 mg/l

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีของระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา และมีวัตถุประสงค์รองในการศึกษาหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยการศึกษาความสัมพันธ์แบ่งเป็น 4 กรณี ตามลักษณะน้ำเสีย ได้แก่ น้ำเข้าช่วงเปิดเทอม น้ำออกช่วงเปิดเทอม น้ำเข้าช่วงปิดเทอม และน้ำออกช่วงปิดเทอมสรุปได้ดังนี้

ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกในช่วงเวลาเปิดเทอมมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ทางบวก ($r = 1$) ส่วนในช่วงปิดเทอมค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของ

น้ำเข้าและน้ำออกมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูงเชิงบวก (r = 0.985 และ 0.989 ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาวิจัยของ นฤมล แก้วกล่ำ (2523) ที่ได้ศึกษาการหาความสัมพันธ์ของค่า BOD5 กับ COD และ TOC ของน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ จากการศึกษาเปรียบเทียบสมการทั้ง 4 สมการ ซึ่งแบ่งตามลักษณะน้ำเสีย ได้แก่ น้ำเข้าช่วงเปิดเทอม น้ำออกช่วงเปิดเทอม น้ำเข้าช่วงปิดเทอม และน้ำออกช่วงปิดเทอม นั้น มีค่าความแม่นยำ ไม่เกิน 10% (ศิวพันธุ์ ชูอินทร์, 2560, น. 46) ทั้ง 4 สมการ และค่าความถูกต้อง (%accuuracy) อยู่ในระหว่าง 80-120% (ศิวพันธุ์ ชูอินทร์, 2560, น. 44) ทั้ง 4 สมการ ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ สามารถนำค่าซีโอดีมาใช้ในการประเมินเพื่อหาค่าบีโอดีได้ โดยใช้สมการถอดถอยในสมการที่ (1) – (4) ส่วนแนวทางที่ได้สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียได้มาจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการน้ำเสียซึ่งจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยการนำมาใช้ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย ทำการตรวจวัดค่าซีโอดีก่อนเข้าระบบและออกจากระบบคำนวณเป็นค่าบีโอดีด้วยสมการที่ได้จากการศึกษาและคำนวณหาประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีของระบบบำบัดน้ำเสีย

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้นำข้อค้นพบจากการศึกษามาจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. การศึกษาในครั้งต่อไปทำการศึกษาโดยใช้แนวทางที่กำหนดไว้ไปดำเนินงานในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียและทำการศึกษาว่ามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นหรือไม่

2. ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยใช้วิธีการอื่น เช่น การสังเกตการปฏิบัติ การสัมภาษณ์ เพื่อให้ทราบข้อมูลที่ถูกต้องชัดเจนขึ้น

3. ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับระดับความรู้ความเข้าใจในการศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เช่น อาจารย์ บุคลากรในมหาวิทยาลัย และประชากรในมหาวิทยาลัย

4. ควรศึกษาวิจัยระบบบำบัดทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัย

References

Kannika Sirisingha. (2006). *Chemistry of water, sewageandanalysis.* 4th edition, Bangkok.

Kasem Chankaew. (1998). *Environmental Technology.* Bangkok: Interdisciplinary Graduate Program Environmental Science Kasetsart University.

Narumon Kaewklum. (1980). *Determination of relationship of values BOD COD and TOC of wastewater containing substances Organic is an element*. Thesis.M.E. Environmental Engineering Kasetsart University.

Siwapan Chu In. (2016).*Monitoring of quality Environment. Department of Environmental Science*. Suan Sunandha Rajabhat University.

_____(2560). *Chemical analysis of pollutants*. Bangkok, Chulalongkorn University Publishing House.

Thirada Pinyo and AdisaiTovicha (2009). *Statistics for Research*. Type 1 Nonthaburi. Six. Fern. Printing and Publishing.