



ประสิทธิภาพวัสดุตัวกลางในการบำบัดน้ำเสียระบบโปรยกรอง The Efficiency of Filter Media Used in Trickling Filter in Wastewater Treatment

ปริญญ์ ไกรวุฒินันท์^{1*} และ อัจฉรา โลราช²

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางในการบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง มีจุดประสงค์เพื่อหาวัสดุตัวกลางที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด โดยศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลาง 3 ชนิดคือ ไยกรอง (filter mat) ไบโอบอล (bioball) และหินกรวด จากการศึกษาวิจัยพบว่าตัวกลางที่เป็นไยกรอง สามารถบำบัดได้ดีกว่าไบโอบอลและหินกรวด โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, BOD และ TKN ได้มากถึงร้อยละ 91.7, 79.0 และ 80.4 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับไบโอบอลซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, BOD และ TKN ร้อยละ 80.0, 23.8 และ 72.9 ตามลำดับ ส่วนหินกรวดมีความสามารถในการบำบัด COD, BOD และ TKN เท่ากับร้อยละ 74.0, 19.5 และ 67.2 ตามลำดับ จากนั้นนำไยกรองมาทำการศึกษาอัตราการเติมน้ำเสียเข้าสู่ระบบในอัตราต่ำ กลาง และสูง คือ 2, 4 และ 8 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ และทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติของน้ำเสีย พบว่า อัตราการไหลของน้ำเสียที่ 4 ลิตร/ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, BOD และ TKN ได้ดีที่สุดถึงร้อยละ 91.7, 79.0 และ 80.4 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเทียบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาดพบว่าผ่านมาตรฐานที่กำหนดไว้

^{1,2} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

*Corresponding Author, E-mail: Parinya_k25@hotmail.com

ABSTRACT

The objectives of this study were to determine the efficiency of three filter media (filter mat, bioball, and gravel) for Trickling Filter in the wastewater treatment and then to compare the flow rates of wastewater fed into the system. The results revealed that filter mat had efficiency higher than the bioball and gravel in wastewater treatment. The treatment efficiencies of filter mat for Chemical oxygen demand (COD), Biochemical oxygen demand (BOD), and Total kjeldhal nitrogen (TKN) were 91.7, 79.0, and 80.4%, respectively. However, the bioball showed the treatment efficiencies for COD, BOD, and TKN about 80.0, 23.8, and 72.9%, respectively whereas gravel showed the treatment efficiencies for COD, BOD and TKN around 74.0, 19.5, and 67.2%, respectively. Then, the filter mat was applied into the system to compare the efficiency of wastewater treatment among three wastewater flow rates; low (2 L/hr), medium (4 L/hr), and high (8 L/hr). The medium flow rate had the highest treatment efficiencies for COD (91.7%), BOD (79.0%), and TKN (80.4%). The result also indicated that treated wastewater quality meet standard criteria of wastewater quality for household.

คำสำคัญ: ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบโปรยกรอง วัสดุตัวกลาง

Keywords: Wastewater treatment, Trickling Filter, Media

1. บทนำ

กระบวนการบำบัดน้ำเสียมีหลายกระบวนการ เช่น การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางเคมี การบำบัดน้ำเสียด้วยพืช และการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ ซึ่งการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ การบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศและการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ซึ่งกระบวนการบำบัดน้ำแบบเติมอากาศเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง มีประสิทธิภาพ และมีความเหมาะสมกับภูมิอากาศเมืองร้อนของประเทศไทย

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง จัดเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่มีการปนเปื้อน โดยเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตอยู่บนตัวกลางที่ไม่เคลื่อนที่ ซึ่งเชื้อแบคทีเรียสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพื่อช่วยในการเปลี่ยน

แอมโมเนียเป็นไนเตรท อีกทั้งกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรองยังสามารถช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับน้ำเสียอีกด้วย (กษิตติ, 2551)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง เพื่อหาวัสดุตัวกลางที่มีความเหมาะสมในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรองให้มีขนาดเล็กและมีความเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งานในอาคารบ้านเรือนต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การออกแบบและพัฒนากระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง

ออกแบบโดยใช้ถังปฏิกรณ์ที่มีขนาดสูงความ 160 เซนติเมตร กว้าง 35 เซนติเมตร โดยมีน้ำเข้า

ทางด้านบนถึง และปล่อยออกทางด้านล่าง ซึ่งจะมีพื้นที่รองรับน้ำไว้ น้ำก็จะถูกดูดขึ้นมาโดยปั๊มน้ำและน้ำก็กลับมามำบัต (รูปที่ 1)

2.2 กระบวนการเตรียมวัสดุตัวกลาง

1. การเตรียมวัสดุตัวกลางสามารถเตรียมได้โดยนำวัสดุตัวกลางไปไว้ในน้ำเสีย เพื่อให้จุลินทรีย์ชนิดใช้อากาศเกาะติดพื้นผิวเป็นระยะเวลา 14 วัน

2. การเดินระบบบำบัดน้ำเสีย และนำตัวกลางใส่ในระบบสู้อยู่ละ 80 ของปริมาณรับน้ำเสียทั้งระบบ

2.3 การคัดเลือกแหล่งน้ำเสียในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

การคัดเลือกแหล่งน้ำเสียในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจำนวน 5 จุด โดยทำการวิเคราะห์ค่าบีโอดี (biochemical oxygen demand; BOD), ดีโอ (dissolved demand; DO), ซีโอดี (chemical oxygen demand; COD) และปริมาณไนโตรเจนในรูป TKN เพื่อคัดเลือกแหล่งน้ำเสียที่มีความเหมาะสม การตรวจวิเคราะห์เป็นไปตามวิธีการมาตรฐานการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียใน APHA-AWWA-WPCF. (1992)

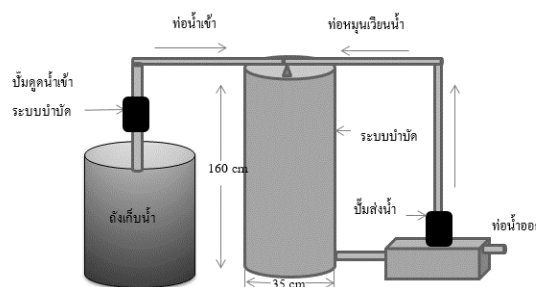
2.4 การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลาง

การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลาง โดยศึกษาความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของวัสดุตัวกลาง 3 ชนิด คือ หินกรวด ไบโอบอล (ยี่ห้อ MIZU มีพื้นที่ผิวประมาณ 350 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร)

และใยกรอง (ยี่ห้อ MIZU มีพื้นที่ผิวประมาณ 530 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร โดยตัดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 3 เซนติเมตร) โดยทำการเติมน้ำเสียเข้าระบบในอัตรา 4 ลิตรต่อชั่วโมง (การเลือกใช้อัตราการเติมน้ำเสียเข้าระบบที่ 4 ลิตรต่อชั่วโมง เนื่องจากใกล้เคียงกับอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของบุคคลในพื้นที่ชนบทของประเทศไทยที่ประมาณ 100 ลิตรต่อคนต่อวัน ซึ่งเป็นการง่ายในการคำนวณถ้าต้องการขยายขนาดของระบบบำบัดในอนาคต) (กรมทรัพยากรน้ำ, 2546) โดยเก็บน้ำเสียก่อนเข้าระบบและหลังออกจากระบบที่ 24 และ 48 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าบีโอดี (biochemical oxygen demand; BOD), ค่าดีโอ (dissolved demand; DO), ค่าซีโอดี (chemical oxygen demand; COD), ไนโตรเจนในรูป TKN

2.5 การศึกษาอัตราการเติมน้ำเสียเข้าสู่ระบบ

ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดโดยนำตัวกลางที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดมาทำการศึกษา โดยใช้อัตราการเติมน้ำเสีย คือ 2, 4, 8 ลิตรต่อชั่วโมง จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างที่เวลา 48 ชั่วโมง (การเลือกเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลา 48 ชั่วโมง เนื่องจากได้มีการศึกษาและเก็บตัวอย่างน้ำเสียเป็นเวลา 120 ชั่วโมง พบว่าคุณภาพของน้ำเสียหลังจากเวลา 48 ชั่วโมงเป็นต้นไป คุณภาพของน้ำเสียไม่แตกต่างจากเวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยได้นำผลการวิจัยส่วนนี้มาแสดงในบทความ) เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติของน้ำเสีย



รูปที่ 1 แสดงระบบและกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (คำนวณจากคุณภาพของน้ำเสียที่มีการศึกษา โดยในการศึกษามีการทำซ้ำจำนวน 3 รอบ) และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำไปเสนอในรูปตาราง

2. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย (ร้อยละ) ของระบบเพื่อความสามารถในการบำบัดน้ำเสียก่อนเข้าระบบและหลังระบบ (โดยการคำนวณประสิทธิภาพใช้ค่าประสิทธิภาพแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย เพื่อเป็นประสิทธิภาพรวมในการบำบัดน้ำเสียของระบบ) โดยสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ประสิทธิภาพ (\%)} = \frac{\text{ก่อนเข้าระบบ} - \text{หลังออกจากระบบ}}{\text{น้ำเสียก่อนเข้าระบบ}} \times 100$$

4. ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาสมบัติของแหล่งน้ำเสียในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

จากการศึกษาสมบัติของน้ำเสียในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ เพื่อใช้เป็นตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบจากจำนวน 5 แหล่ง คือ หอพักอาจารย์ คุ้งช้างคาร์แคร์ หน้าอาคาร 13 บ่อดักไขมัน และกองพัฒนานักศึกษา จากนั้นนำมาวิเคราะห์สมบัติของน้ำเสียโดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียในช่วงเดือนพฤษภาคม 2556 โดยจากผลการวิเคราะห์พบว่าตัวอย่างน้ำเสียที่มีความเน่าเสียมากที่สุดคือ บ่อไขมันรองลงมาคือ คุ้งช้างคาร์แคร์ อาคาร 13 หอพักอาจารย์ และกองพัฒนานักศึกษา ตามลำดับ โดยใช้ผลวิเคราะห์จากค่าบีโอดีและซีโอดี เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ จากผลวิเคราะห์น้ำเสียดังกล่าว ผู้วิจัยจึงทำการเลือกแหล่งน้ำเสียจากบริเวณคุ้งช้างคาร์แคร์ในการศึกษาวิจัย เนื่องจากแหล่งน้ำเสียจากคุ้งช้างคาร์แคร์มีปริมาณไขมันปนเปื้อนน้อยกว่าบ่อไขมัน ซึ่งบ่อไขมันจะมีไขมัน

ปริมาณมาก ซึ่งจะมีปัญหาต่อกระบวนการศึกษาวิจัยได้ (ตารางที่ 1)

4.2 การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางในระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง

จากผลการศึกษาสมบัติของน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ได้นำน้ำเสียจากบริเวณคุ้งช้างคาร์แคร์มาทำการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง จากการใช้วัสดุตัวกลาง 3 ชนิด คือ ไยกรอง ไบโอบอล และ หินกรวด พบว่า ไยกรองมีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ได้ถึงร้อยละ 84.8 และ 91.7 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ได้ร้อยละ 41.2 และ 79.0 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับไบโอบอลซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง เพียงร้อยละ 70.0 และ 80.0 ตามลำดับ ส่วน BOD ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง บำบัดได้ร้อยละ 13.92 และ 23.76 ตามลำดับ ส่วนหินกรวดมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้น้อยที่สุด โดยสามารถบำบัด COD ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง เพียงร้อยละ 63.0 และ 74.0 ตามลำดับ ส่วน BOD ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง บำบัดได้ร้อยละ 10.2 และ 19.5 ตามลำดับ

4.3 การศึกษาอัตราการเติมน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง พบว่าวัสดุตัวกลางที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดีที่สุดคือ ไยกรอง จากนั้นทำการศึกษาอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบในอัตราต่ำ กลาง และสูง คือ 2, 4 และ 8 ลิตรต่อชั่วโมง จากการศึกษพบว่าอัตราการไหลของน้ำเสียที่อัตรา 4 ลิตรต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, BOD และ TKN ได้ดีที่สุดถึงร้อยละ

91.74, 79.00 และ 80.37 ตามลำดับ และอัตราการไหลของน้ำเสียที่ต่ำที่สุด คือ อัตราการไหลของน้ำเสียที่ 8 ลิตรต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, BOD และ TKN ได้ร้อยละ 48.94, 15.58 และ 48.15 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 การศึกษาสมบัติของแหล่งน้ำเสียในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

ตัวอย่างน้ำเสีย	ลักษณะทางกายภาพ	ดีโอ (mg/L)	บีโอดี (mg/L)	ซีโอดี (mg/L)	ไนโตรเจนในรูป TKN(mg/L)
หอพักอาจารย์	ใส, กลิ่นเหม็น	0.20	50.00	112.80	3.52
คูข้างคาร์แคร์	ขุ่น, กลิ่นเหม็น	0.00	97.00	188.00	5.04
อาคาร 13	ขุ่น, ไม่มีกลิ่น	0.50	70.00	150.40	3.92
บ่อไขมัน	ใส, มีกลิ่น	0.00	150.00	376.00	12.32
กองพัฒนานักศึกษา	ขุ่น, ไม่มีกลิ่น	9.40	60.00	150.40	1.12

5. การวิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางในการบำบัดน้ำเสียในระบบโปรยกรอง พบว่าวัสดุตัวกลางที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง คือ ไยกรองซึ่งสามารถลดค่า COD และ BOD ได้มากถึง ร้อยละ 91.7 และ 79.0 ตามลำดับ เนื่องจากไยกรองมีขนาดพื้นที่ผิวสัมผัสดีกว่าไบโอบอลและหินกรวด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนนทชัย (2543) ที่ทำการศึกษาระบบการบำบัดน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง ซึ่งพบว่าการเพิ่มพื้นที่ผิวของวัสดุตัวกลางส่งผลให้ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

จากนั้นทำการศึกษาต่อโดยการเติมน้ำเสียเข้าในระบบในอัตราการไหลของน้ำเสีย ต่ำ กลาง และสูง คือ 2, 4 และ 8 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าอัตราการไหล 4 ลิตรต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, BOD และ TKN ได้ดีที่สุดถึงร้อยละ 91.74, 79.00 และ

80.37 ตามลำดับและอัตราการไหลของน้ำเสียที่ต่ำที่สุด คือ อัตราการไหลของน้ำเสียที่ 8 ลิตรต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, BOD และ TKN ได้ร้อยละ 48.94, 15.58 และ 48.15 ตามลำดับ ส่วนอัตราการไหล 2 ลิตรต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, BOD และ TKN เท่ากับร้อยละ 45.8, 56.0 และ 66 ตามลำดับ สำหรับค่า DO ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 2 และ 4 ลิตรต่อชั่วโมง ต่ำกว่าอัตราการไหลที่ 8 ลิตรต่อชั่วโมง เนื่องจากอัตราการไหลที่ 8 ลิตรต่อชั่วโมง น้ำมีการไหลวนอยู่ในระบบบำบัดน้อยกว่าที่ 2 และ 4 ลิตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้การเติมน้ำเสียเข้าระบบในอัตราการไหล 4 ลิตร/ชั่วโมง จึงมีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งดูจากร้อยละของ COD และ BOD เพราะเวลาที่น้ำเสียอยู่ในระบบบำบัดเป็นเวลาที่เหมาะสมและเพียงพอที่ทำให้เกิดการย่อยสลายสารปนเปื้อนได้อย่างสมบูรณ์

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเป็นปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ในการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางในระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง

การวิเคราะห์		ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) (mg/l)			ปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) (mg/l)		
		ใยกรอง	ไบโอบอล	หินกรวด	ใยกรอง	ไบโอบอล	หินกรวด
น้ำเข้าระบบ	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	0 - 0	0 - 0	0 - 0	143 - 47	143.5 - 65.0	142 - 60
	ค่าเฉลี่ย	0	0	0	123.38	74.90	85.20
น้ำออกจากระบบ 24 ชม.	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	9.8 - 7.0	8.7 - 6.0	8.3 - 5.5	113.0 - 50.0	56.0 - 38.0	105.0 - 50.0
	ค่าเฉลี่ย	8.6	7.2	6.3	101.4	45.8	62.2
	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	-	-	-	17.5	13.9	10.2
น้ำออกจากระบบ 48 ชม.	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	9.5 - 7.7	8.9 - 7.0	8.4 - 6.5	74 - 30.5	45.5 - 40.0	65.0 - 40.0
	ค่าเฉลี่ย	8.7	8.1	8.04	54.8	38.3	42.2
	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	-	-	-	79.0	23.8	19.5

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาปริมาณซีโอดี (COD) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ในการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางในระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง

การวิเคราะห์		ปริมาณซีโอดี (COD) (mg/l)			ปริมาณไนโตรเจนในรูป TKN (mg/l)		
		ใยกรอง	ไบโอบอล	หินกรวด	ใยกรอง	ไบโอบอล	หินกรวด
น้ำเข้าระบบ	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	304 - 144	260 - 144	190 - 140	1.4 - 1.29	1.99 - 1.90	1.55 - 1.20
	ค่าเฉลี่ย	177	160	155	1.35	1.95	1.41
น้ำออกจากระบบ 24 ชม.	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	176 - 80	256 - 112	160 - 121	0.50 - 0.48	1.71 - 1.62	1.40 - 0.80
	ค่าเฉลี่ย	124	144	135	0.49	1.66	0.98
	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	84.8	70	63	76.2	57.9	49.5
น้ำออกจากระบบ 48 ชม.	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	160 - 80	192 - 80	120 - 86	0.45 - 0.36	0.92 - 0.87	1.02 - 0.65
	ค่าเฉลี่ย	67	128	95	0.90	0.90	0.87
	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	91.7	80	74	80.4	72.9	67.2

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าดีไอของน้ำเสียในการศึกษาอัตราการไหลของน้ำเสียในอัตราต่ำ กลาง และสูง

อัตราการไหล (ลิตร/ชั่วโมง)	ค่า DO ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (mg/l)		ค่า DO ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ (mg/l)	
	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	เฉลี่ย
2	0 - 0	0	8.77 - 8.18	8.55
4	0 - 0	0	9.46 - 7.68	8.69
8	0 - 0	0	6.90 - 6.60	6.80

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่า BOD ของน้ำเสียในการศึกษาอัตราการไหลของน้ำเสียในอัตราต่ำ กลาง และสูง

อัตราการไหล (ลิตร/ชั่วโมง)	ค่า BOD ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (mg/l)		ค่า BOD ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ (mg/l)		ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	เฉลี่ย	
2	57.80 - 46.0	56.30	32 - 16.60	31	44.94
4	143 - 47	123.38	74 - 30.5	54.75	79.0
8	66 - 46	64.63	32.2 - 22.4	15.58	15.58

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่า COD ของน้ำเสียในการศึกษาอัตราการไหลของน้ำเสียในอัตราต่ำ กลาง และสูง

อัตราการไหล (ลิตร/ชั่วโมง)	ค่า COD ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (mg/L)		ค่า COD ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ (mg/L)		ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	เฉลี่ย	
2	160 - 80	150.4	128 - 48	115.2	73.80
4	304 - 144	177	160 - 80	67	91.74
8	200 - 120	176	128 - 96	118.4	48.94

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ของน้ำเสียในการศึกษาอัตราการไหลของน้ำเสียในอัตราต่ำ กลาง และสูง

อัตราการไหล (ลิตร/ชั่วโมง)	ค่า TKN ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (mg/L)		ค่า TKN ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ (mg/L)		ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด	เฉลี่ย	
2	0.53 - 0.48	0.50	0.36 - 0.34	0.35	29.63
4	1.4 - 1.29	1.35	0.45 - 0.36	0.41	80.37
8	0.50 - 0.48	0.50	0.28 - 0.25	0.26	48.15

6. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลางในการบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง โดยศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุตัวกลาง 3 ชนิด คือ โยกรอง (filter mat) ไบโอบอล (bioball) และหินกรวด เพื่อหาวัสดุตัวกลางที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด จากการศึกษาวิจัยพบว่าเมื่อใช้ตัวกลางที่เป็นโยกรอง สามารถบำบัดได้ดีกว่าไบโอบอล และหินกรวด โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, BOD และ TKN ได้มากถึงร้อยละ 91.7, 79.0 และ 80.4 ตามลำดับ และอัตราการไหลของน้ำเสียที่ 4 ลิตร/ชั่วโมง เป็นอัตราการไหลที่มีความเหมาะสมที่สุด โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, BOD และ TKN ได้ดีที่ร้อยละ 91.7, 79.0 และ 80.4 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาดพบว่าผ่านมาตรฐานที่กำหนดไว้

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรน้ำ. (2546). ความต้องการใช้น้ำ. ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศจังหวัดเชียงใหม่. สืบค้น 20 สิงหาคม, 2557, จาก http://gis.chiangmai.go.th/index.php?name=infobase&themeID=4&pid=29&District_ID=23
- กษิตศ หनुทอง. (2551). การบำบัดไนโตรเจนในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบปิด. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง 1: 11-22.
- นันทชัย ศรีนาวังศ์. (2543). การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเยื่อแผ่น-ถังโปรยกรอง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์ (เคมีเทคนิค). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- APHA-AWWA-WPCF. (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th ed. New York: APHA. Inc.

