

การศึกษาการใช้วัสดุนาโนเพื่อเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส Efficiency of Nano Ballasting Agent in Activated Sludge Wastewater Treatment Plant

จากรวรรณ ลิงคะนอง, พัทรี แจ่มจันทร์*
สถิตรัตน์ รอดอารี**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส โดยใช้นาโนซิงค์ออกไซด์ เพื่อเป็นวัสดุช่วยตกตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ ถึงปฏิกิริยาที่ไม่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนใดๆ ลงไป เพื่อศึกษาผลของวัสดุช่วยตกตะกอนที่มีต่อประสิทธิภาพในการตกตะกอน ทั้งนี้การประเมินประสิทธิภาพของการตกตะกอนใช้ความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอน (Initial settling velocity, ISV) ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัดพิจารณาจากการลดลงของค่า COD

ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอสที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนนาโนซิงค์ออกไซด์ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัด COD มากนัก โดยประสิทธิภาพในการกำจัด COD ร้อยละ 92 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุมที่มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD ร้อยละ 90 แต่สามารถช่วยเพิ่มความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอน (ISV) ให้สูงขึ้นได้ โดยนาโนซิงค์ออกไซด์มีค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอน (ISV) มีค่าสูงที่สุดคือ 6.72 เมตรต่อชั่วโมง เมื่อพิจารณาค่าความเร็วเริ่มต้นตกตะกอนของสลัดจ์ที่ไม่เติมวัสดุช่วยตกตะกอน มีค่าเพียง 4.04 เมตรต่อชั่วโมง

ABSTRACT

This research studied the effects of Nano ballasting agent on settling velocity in activated sludge process. Nano zinc oxide were tested in lab scale activated sludge process. The initial settling velocity (ISV) was used to demonstrate the sludge settling efficiency. While COD removal used to demonstrate the treatment efficiency.

The results showed that, in term of COD removal, Nano zinc oxide has no effect of COD close to blank controller set. Moreover, Nano zinc oxide could increase an initial settling velocity efficiency, is 6.72 m/h and the ISV Nano zinc oxide agent were better than blank controller has the

ISV is 4.04 m/h. So, Nano zinc oxide were considered as a proper ballasting agent to improve the AS process in term of sludge settling.

คำสำคัญ: นาโนซิงค์ออกไซด์, ระบบเอเอส

Keywords : Nano zinc oxide, Activated sludge

บทนำ

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาด้วยระบบเอเอส (Activated Sludge Process) มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงจึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมกระบวนการดังกล่าว อาศัยสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ในการกิน ย่อยสลาย ทำลาย ดูดซับ หรือ เปลี่ยนรูปของมลสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีความสกปรกลดน้อยลง ดังนั้นในการควบคุมการทำงานของระบบจึงค่อนข้างซับซ้อน และละเอียดอ่อนต้องเข้าใจความต้องการของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ รวมทั้งสภาวะแวดล้อม และลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุด (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2538)

การใช้วัสดุช่วยตกตะกอนในระบบเอเอสจะเป็นการใช้วัสดุช่วยตกตะกอนทั้งใส่ลงในถังปฏิกิริยาซึ่งวัสดุช่วยตกตะกอนแต่ละชนิดจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนโดยวัสดุช่วยตกตะกอนที่มีน้ำหนักจะเป็นเป้าสัมผัสให้จุลินทรีย์มายึดเกาะกันเพื่อเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์และน้ำหนักให้กับมวลจุลินทรีย์มีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักนอกจากนี้วัสดุช่วยตกตะกอนที่นำมาใช้เป็นวัสดุช่วยตกตะกอนจากงานวิจัยที่ผ่านมา คือ ทาล (Bidault, Clauss, Helaine & Balavoine. 1997) และยางรถยนต์บดละเอียด (Park, Ellis & Lally. 2006) ยังเพิ่มความเร็วในการตกตะกอนให้สูงขึ้นได้อีกด้วยโดยวัสดุช่วยตกตะกอนควรเป็นสารที่หาได้ง่ายตามท้องตลาดมีราคาถูก และมีการนิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยนี้ได้เกิดแนวคิดในการใส่วัสดุช่วยตกตะกอนที่เป็นวัสดุนาโนในงานด้านระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส

* นักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

** อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

วัสดุนาโน หรือ อนุภาคที่มีขนาดในช่วงนาโนเมตร คือระหว่าง 1 ถึง 100 นาโนเมตร (nm) หรือ แสดงในรูปของมาตรฐานสากลในรูป 10^{-9} ของเมตรนี้เมื่อเทียบขนาดสิ่งที่เรามองเห็นเช่นเส้นผมมีขนาดเท่ากับ 80,000 นาโนเมตร หรือ การเปรียบเทียบเซลล์เม็ดเลือดแดงประมาณ 7,000 นาโนเมตร

นาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology) คือ เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการการสร้าง หรือ การวิเคราะห์วัสดุอุปกรณ์เครื่องจักร หรือ ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กมากในระดับนาโนเมตร (ประมาณ 1-100 นาโนเมตร) (El-Shall, Graiver & Pernisz. 1995) รวมถึงการออกแบบ หรือ การประดิษฐ์เครื่องมือเพื่อใช้สร้าง หรือ วิเคราะห์วัสดุในระดับที่เล็กมากๆ เช่นการจัดอะตอม และ โมเลกุลในตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างถูกต้องแม่นยำส่งผลให้โครงสร้างของวัสดุ หรือ อุปกรณ์มีคุณสมบัติพิเศษขึ้นไม่ว่าทางด้านฟิสิกส์ เคมีหรือ ชีวภาพ และสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ในหลายทาง (Zhang, Yang, Xu, Jiang & Li. 2005).

ปัจจุบันวัสดุนาโนจึงเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจสำหรับการศึกษาไม่ว่าจะเป็นในด้านวิทยาศาสตร์, วิศวกรรมศาสตร์ และในเชิงอุตสาหกรรม รวมถึงงานทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยได้มีการนำอนุภาคนาโนมาใช้ในงานทางด้านสิ่งแวดล้อม คือ นาโนซิงค์ออกไซด์ (nZnO) ในการบำบัดสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์การบำบัดน้ำปนเปื้อน สารไตรโนโตรโทลูอิน (ราเชนทร์ โกศลวิตร และวราภรณ์ เจริญจิตรพานิช. 2555). ซิงค์ออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกันกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการกำจัดสารอินทรีย์ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำอัดลม (ฐานิดา เอี่ยมยี่สุน. 2550). อีกทั้ง ซิงค์ออกไซด์ยังมีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียอีโคไล (*Escherichia coli*) ในน้ำได้อีกด้วย

ปัญหาที่พบมากที่สุดในการควบคุมระบบเอเอส คือ ปัญหาที่เกิดขึ้นในส่วนของการตกตะกอน เช่น ปัญหาการลอยตัวของสลัดจ์ในถังตกตะกอน (Rising Sludge) และ ปัญหาเรื่องสลัดจ์ไม่จมตัว (Bulking Sludge) (มันสิน ตัญพลเวศม์. 2525). ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เกิดแนวคิดในการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการตกตะกอนในระบบเอเอส ด้วยการเติมวัสดุที่ช่วยในการตกตะกอนที่มีประสิทธิภาพ ในการตกตะกอนในระบบส่งผลให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีขึ้นโดยการเกาะตัวกับวัสดุช่วยตกตะกอน ทำให้น้ำหนักมวลของจุลชีพสูงขึ้น ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มความเร็วในการตกตะกอน

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นในการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอน โดยใช้นาโนซิงค์ออกไซด์เป็นวัสดุช่วยตกตะกอนที่ขนาด 100-200 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ที่ไม่ใช้วัสดุช่วยตกตะกอน ซึ่งการประเมินการลดลงของ ค่า COD ของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด และการตกตะกอนของตะกอน จะใช้ความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอน (Initial settling velocity, ISV)

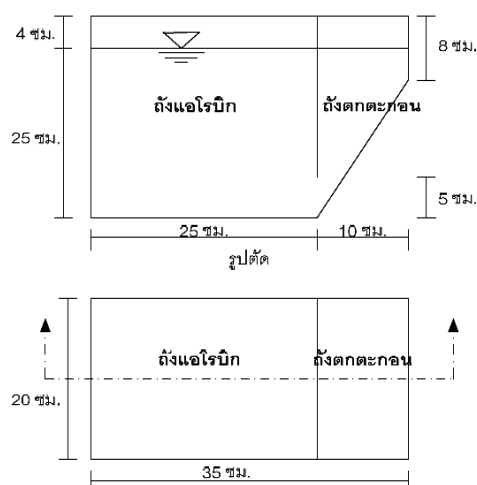
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ พีเอช (pH), ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (MLSS), ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO), ปริมาตรตะกอนที่ 30 นาที (SV₃₀), ดัชนีปริมาตรตะกอน (SVI) และ ซีโอดี (COD) ของระบบเอเอสที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนในแง่ของการบำบัดน้ำเสีย
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการตกตะกอนของระบบเอเอส โดยการเติมวัสดุช่วยตกตะกอน คือ นาโนซิงค์ออกไซด์ โดยการวัดค่าความเร็วเริ่มต้นของการตกตะกอน (Initial Settling Velocity, ISV)

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. พารามิเตอร์ที่ต้องการศึกษา มีดังนี้
 คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ pH, MLSS, DO, SV₃₀, SVI, COD และ ISV



ภาพ 1 แสดงถึงปฏิริยาระบบบำบัดแบบเอเอส

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ โดยระบบที่ใช้ในการทดลอง คือ ระบบเอเอสแบบธรรมดา (Conventional Activated Sludge) ถึงปฏิกิริยาที่ใช้เป็นแบบต่อเนื่องที่มีการเวียนสลับกลับ วัสดุช่วยตกตะกอนที่ใช้ คือนาโนซิงค์ออกไซด์ 15 กรัม ถึงปฏิกิริยาขนาด 5 ลิตร กำหนดอัตราการไหลของน้ำ 10 ลิตร/วัน

2. การดำเนินการทดลอง

2.1 เริ่มการเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์จากหัวเชื้อจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งมีลักษณะที่คงตัวสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้โดยไม่ต้องทำการเริ่มเดินระบบใหม่ (Start up)

2.2 เดินระบบโดยใช้ถังปฏิกิริยาทั้งหมด 2 ถัง คือ 1. ชุดทดลอง เป็นถังปฏิกิริยาที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอน และ 2. ชุดควบคุม เป็นถังปฏิกิริยาสำหรับเปรียบเทียบซึ่งเป็นถังที่ไม่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอน และทำการเดินระบบโดยเติมน้ำเสียสังเคราะห์เพื่อใช้ในการเทียบถังปฏิกิริยาทั้ง 2 ถัง เพื่อศึกษาตะกอนจุลินทรีย์, ลักษณะตะกอน และความเร็วในการตกตะกอน

2.3 เติมน้ำเสียสังเคราะห์ (ธัญรัตน์ และสุวรรณ. 2552). และเติมวัสดุช่วยตกตะกอนในถังปฏิกิริยาตามชุดการทดลอง และให้เวลาจุลินทรีย์ได้ปรับสภาพเพื่อให้จุลินทรีย์มีการปรับตัวสามารถรับน้ำเสียจากชุมชนได้ และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. วิธีการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Standard Method * และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย (แสดงในตาราง 1)

ตาราง 1 วิธีการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์และเครื่องมือที่ใช้

| พารามิเตอร์ | หน่วย | วิธีวิเคราะห์ | ค่ามาตรฐาน |
|------------------|-------|----------------------|--------------|
| pH | - | pH meter | 6-9 |
| MLSS | มก./ล | Total residual dried | 3,000 |
| DO | มก./ล | Azide Modification | 6-9 |
| SV ₃₀ | มก./ล | Settle Volume Method | 200-400 |
| SVI | มก./ล | Settle Volume Method | น้อยกว่า 100 |
| COD | มก./ล | Close Reflux Method | 120 |

ตาราง 1 (ต่อ)

| พารามิเตอร์ | หน่วย | วิธีวิเคราะห์ | ค่ามาตรฐาน |
|-------------|-------|---------------|---|
| ISV | ม./ชม | Settling test | มากกว่า 5 (Water Environmental Federation (WEF). 2005). |

* APHA, AWWA and WEF. (2005). Standard Method for the Examination of Water and wastewater (APHA, AWWA and WEF. 2005).

สรุปผล

จากการทดลองค่า pH, MLSS, DO, SV₃₀, SVI มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส การกำจัด COD ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอสที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนนาโนซิงค์ออกไซด์ไม่ผลต่อการกำจัด COD มากนัก โดยมีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุม ซึ่งค่า COD น้ำทิ้งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง โดยมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมของค่า COD ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียแบบ เอเอสที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนนาโนซิงค์ออกไซด์ พบว่า สามารถช่วยเพิ่มความเร็วมั่นต้นของการตกตะกอนให้สูงขึ้นได้ โดยนาโนซิงค์ออกไซด์มีค่าความเร็วมั่นต้นของการตกตะกอนมีค่าสูงที่สุด คือ 6.72 เมตรต่อชั่วโมง เมื่อพิจารณาค่าความเร็วมั่นต้นการตกตะกอนของสลัดจ์ที่ไม่เติมวัสดุช่วยตกตะกอนมีค่าเพียง 4.04 เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งการเติมวัสดุช่วยในการตกตะกอนส่งผลให้จุลชีพสามารถเกาะตัวกับวัสดุช่วยตกตะกอนทำให้น้ำหนักมวลของจุลชีพสูงขึ้น ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มความเร็วมั่นต้นการตกตะกอน

| พารามิเตอร์ | pH | | MLSS (มก./ล.) | | DO (มก./ล.) | | SV ₃₀ (มก./ล.) | | SVI (มก./ล.) | | SV (มก./ล.) | | COD (มก./ล.) | |
|-------------|-----------|---------|---------------|---------|-------------|---------|---------------------------|---------|--------------|---------|-------------|---------|--------------|--------------|
| | จุดควบคุม | จุดตรวจ | จุดควบคุม | จุดตรวจ | จุดควบคุม | จุดตรวจ | จุดควบคุม | จุดตรวจ | จุดควบคุม | จุดตรวจ | จุดควบคุม | จุดตรวจ | น้ำเสียดิบ | น้ำเสียบำบัด |
| 1 | 7.56 | 7.82 | 3,260 | 7,540 | 9.2 | 9.4 | 400 | 550 | 123 | 73 | - | - | 570 | 154.8 |
| 2 | 7.39 | 7.65 | 3,480 | 7,480 | 9.4 | 9.1 | 400 | 550 | 115 | 74 | - | - | 561.6 | 147.7 |
| 3 | 7.69 | 7.62 | 3,370 | 6,900 | 8.9 | 9.3 | 380 | 510 | 113 | 74 | - | - | 559.1 | 129.6 |
| 4 | 7.36 | 7.20 | 3,250 | 5,970 | 9.3 | 9.3 | 380 | 480 | 117 | 80 | - | - | 552.5 | 81.54 |
| 5 | 7.40 | 7.24 | 3,220 | 6,860 | 9.1 | 9.6 | 350 | 460 | 109 | 76 | - | - | 547.2 | 72 |
| 6 | 7.60 | 7.21 | 2,990 | 5,420 | 8.8 | 8.9 | 350 | 450 | 117 | 86 | - | - | 576 | 104 |
| 7 | 7.54 | 6.98 | 3,200 | 5,060 | 9.5 | 9.2 | 340 | 480 | 104 | 95 | 1.69 | 4.32 | 541.6 | 57.6 |
| 8 | 7.65 | 7.09 | 3,020 | 5,170 | 9.4 | 9.3 | 340 | 450 | 113 | 87 | - | - | 559.1 | 104 |
| 9 | 6.90 | 7.22 | 3,140 | 5,220 | 9.3 | 9.2 | 300 | 370 | 96 | 71 | - | - | 548 | 48 |
| 10 | 7.80 | 7.59 | 3,175 | 5,100 | 9.6 | 9.2 | 300 | 370 | 95 | 73 | - | - | 560.2 | 57.2 |
| 11 | 7.35 | 7.64 | 3,250 | 5,280 | 9.2 | 9.4 | 290 | 350 | 89 | 66 | - | - | 556.6 | 43.2 |
| 12 | 7.62 | 7.27 | 3,260 | 5,130 | 9.5 | 9.5 | 280 | 350 | 86 | 68 | - | - | 546.8 | 43.2 |
| 13 | 7.08 | 7.12 | 3,210 | 5,310 | 9.1 | 9.3 | 250 | 310 | 78 | 62 | - | - | 565.5 | 43.2 |
| 14 | 7.59 | 7.04 | 3,205 | 5,210 | 8.7 | 9.4 | 250 | 310 | 87 | 40 | 2.14 | 5.77 | 554.5 | 40 |
| 15 | 7.45 | 7.19 | 3,240 | 5,130 | 9.2 | 9.1 | 250 | 300 | 77 | 58 | - | - | 546.1 | 43.2 |
| 16 | 7.20 | 6.98 | 3,180 | 5,090 | 9.1 | 8.8 | 220 | 280 | 69 | 55 | - | - | 536.2 | 28.8 |
| 17 | 7.56 | 7.33 | 3,100 | 5,170 | 9.1 | 9.1 | 220 | 250 | 71 | 48 | - | - | 573.2 | 57.6 |
| 18 | 6.92 | 7.23 | 3,020 | 5,310 | 9.4 | 9.1 | 210 | 220 | 70 | 41 | - | - | 552.4 | 30.95 |
| 19 | 7.14 | 7.42 | 3,150 | 5,120 | 8.9 | 9.4 | 200 | 220 | 64 | 43 | - | - | 526.6 | 28.8 |
| 20 | 6.92 | 7.27 | 2,980 | 5,040 | 9.4 | 9.3 | 200 | 200 | 67 | 40 | - | - | 540 | 28.8 |
| 21 | 7.23 | 7.65 | 2,995 | 5,110 | 9.2 | 9.3 | 190 | 200 | 63 | 39 | 3.05 | 5.81 | 558 | 30.97 |
| 22 | 7.46 | 7.04 | 2,780 | 5,150 | 9.4 | 9.6 | 190 | 180 | 68 | 35 | - | - | 548 | 30.5 |
| 23 | 7.77 | 7.44 | 2,970 | 5,015 | 9.2 | 9.3 | 200 | 150 | 67 | 30 | - | - | 541.2 | 28.8 |
| 24 | 7.46 | 7.35 | 3,015 | 5,020 | 9.1 | 9.4 | 190 | 180 | 63 | 36 | - | - | 531.9 | 14.27 |
| 25 | 7.42 | 7.56 | 3,120 | 5,005 | 9.3 | 9.2 | 180 | 150 | 58 | 30 | - | - | 522.5 | 6.96 |
| 26 | 7.66 | 7.40 | 2,990 | 5,012 | 8.8 | 9.2 | 150 | 180 | 50 | 36 | - | - | 531.9 | 6.96 |
| 27 | 7.56 | 7.59 | 2,860 | 5,015 | 8.9 | 8.9 | 150 | 160 | 52 | 32 | - | - | 534.2 | 27.63 |
| 28 | 7.12 | 7.51 | 2,950 | 4,990 | 9.2 | 9.1 | 110 | 150 | 37 | 30 | 4.04 | 6.72 | 571 | 34.6 |
| 29 | 7.39 | 7.39 | 2,800 | 5,010 | 9.5 | 9.2 | 100 | 140 | 36 | 28 | - | - | 564.1 | 26.62 |
| 30 | 7.54 | 7.31 | 2,760 | 5,015 | 9.4 | 9.5 | 90 | 110 | 33 | 22 | - | - | 558.3 | 23.2 |

อภิปรายผล

ผลการทดลองค่า MLSS, SV₃₀, SVI และ ISV มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส pH อยู่ในช่วง 6.9-7.8 ซึ่งสอดคล้องกับที่ pH เป็นค่าที่บอกถึงความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสีย โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำ หรือ จุลินทรีย์ในถังบำบัดจะดำรงชีพได้ดีในสภาวะเป็นกลาง คือ pH ประมาณ 6-8, DO อยู่ในช่วง 8.7-9.6 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในระบบบำบัดน้ำเสียเอเอส โดยต้องมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Qasim. 1999). COD ในช่วงเริ่มต้นเดิน

รายการอ้างอิง

- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2538) การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. (ม.ป.ท.). คณะวิศวกรรมศาสตร์, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฐานิดา เอี่ยมยี่สุน. (2550). การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำอัดลมโดยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกออกซิ- เดชันด้วยแสงอาทิตย์ที่มีซิงค์ออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา. บัณฑิตวิทยาลัย. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธัญรัตน์ แสงสุวรรณ. (2552). ผลของอายุของสลัดจ์ที่มีต่อประสิทธิภาพการตกตะกอนในระบบเอเอสที่ใช้วัสดุช่วยตกตะกอน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันสิน ดันทุเลวศม. (2525). การออกแบบชิ้นขบวนการของระบบกำจัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยา เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ราเชนทร์ โกศลวิตร และวราภรณ์ เจริญจิตตพานิช. (2555). การศึกษาประสิทธิภาพของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เพื่อการบำบัดน้ำปนเปื้อนสารไตรโนโตรโทลูอิน. รายงานการวิจัย สาขาวิชากายวิภาคศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ระบบค่า COD น้ำทิ้งมีค่าเท่ากับ 154 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องด้วยเป็นช่วงเริ่มต้นเดินระบบ ระบบบำบัดยังไม่คงที่แต่เมื่อระบบบำบัดเข้าสู่สภาวะ steady state แล้วระบบสามารถบำบัดค่า COD ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 6.9 มิลลิกรัมต่อลิตร (Metcalf & Eddy. 2003). ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่กฎหมายกำหนดตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม

ข้อเสนอแนะ

หากมีการดำเนินการวิจัยสำหรับนำไปปรับปรุงใช้กับน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียจริง เพื่อนำแนวคิดในการเลือกใช้วัสดุช่วยตกตะกอนในการควบคุมดูแล และออกแบบถังตกตะกอนในระบบเอเอส ซึ่งให้ผลในด้านต่างๆ เป็นผลที่น่าพอใจ การดูแลรักษาระบบอาจจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ อีกทั้งการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนจะต้องมีการจัดการสลัดจ์อย่างไ้กับระบบที่มีการเติมวัสดุช่วยตกตะกอนลงไปเพราะจะทำให้มีปริมาณสลัดจ์มากขึ้น รวมถึงลักษณะของน้ำเสียจริงอาจแตกต่างไปจากการทดลอง ตลอดจนถ้าหากมีความต้องการนำวัสดุช่วยตกตะกอนที่ใช้ในระบบเอเอสนำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งต้องมีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องไป

เอกลักษณ์ ไชยพันธุ์. (2551). ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของการตกตะกอนของสลัดจ์ในระบบเอเอสด้วยวัสดุช่วยตกตะกอน (**enhance efficiency of sludge settling in activated sludge with two types of ballasting agent**). วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

APHA, AWWA and WEF. (2005). **Standard Method for the Examination of Water and wastewater**. 21th ed. Washington, DC : American Public Health ASS; 2005. p. 1000-3000.

Bidault, A.; Clauss, F.; Helaine, D.; and Balavoine, C. (1997). **Floc agglomeration and structuration by a specific talc mineral composition**. Water Science Technology 36 : 57-68.

El-Shall M.S., Graiver D. and Pernisz U. (1995). **Synthesis and characterization of nanoscale zinc oxide particles: I. Laser vaporization/condensation technique**. Nano Structured Materials 6 : 297-300.

Metcalf & Eddy. (2003). **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**. 4th ed. Singapore : McGraw-Hill.

Park, J., Ellis, T.G.; and Lally, M. (2006). **Evaluation of tire derived rubber particles for biofiltration media**. WEFTEC 06 : 3217-3230.

Qasim, S.R. (1999). **Wastewater Treatment Plants Planning, Design and Operation**. 2nd ed. Florida: CRC Press. Water Pollution Control Federation. 1985. Clarifier Design. Washington, D. C. : Lancaster Press.

Water Environmental Federation (WEF). (2005). **Clarifier Design**. 2nd ed. United States of America : McGraw-Hill.

Zhang J., Yang Y., Xu B., Jiang F., and Li J. (2005). **Shape controlled synthesis of ZnO nano and microstructures**. Journal of Crystal Growth 280 : 509-515.