การควบคุมการจมไม่ลงของแอคติเวเต็ดสลัดจ์เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใยโดยการสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศหกถัง

นายสุรไชย ทักษิณวราจาร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2526

ISBN 974- 562-516-7

010372

1 18046678

CONTROL OF ACTIVATED SLUDGE FILAMENTOUS BULKING BY ALTERNATE FEEDING TO SIX AERATION TANKS

Mr. Surachai Taksinvarachan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การควบคุมการจมไฟลงของแอคติเวเต็ดสลัดจ์เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใย โดยการสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศหกถัง

โดย นายสุรไชย ทักษิณวราจาร

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สุดใจ จำปา)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วีรวรรณ ปัทมาภิรัต)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสมีย์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การควบคุมการจมไม่ลงของแอคติเวทเต็ดสลัดจ์เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใย โดยการสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศหกถัง

ชื่อนิสิต นายสุรไชย ทักษิณวราจาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2525

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

จากการทดลองโดยใช้เครื่องทดลองขนาดห้องปฏิบัติการ พบว่ากรรมวิธีสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง เรียงลำดับจากถังแรกถึงถังสุดท้าย แล้วกลับมาเริ่มใหม่อีก เป็นกรรมวิธีที่สามารถนำมาใช้ควบคุมและแก้ไขปัญหาตะกอนจมไม่ลงในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ได้

ผลการทดลองรวม 6 ครั้ง ในระยะเวลา 150 วัน พบว่ากรรมวิธีสลับป้อนน้ำเสียลงในถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.367 กรัม ซีโอดี / กรัมMLSS-วัน มีประสิทธิภาพในการลดซีโอดีได้ร้อยละ 95 ซึ่งใกล้เคียงกับกรรมวิธีป้อนน้ำเสียแบบผสมทั่วกัน (completely mixed) ในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์

เมื่อเปรียบเทียบการทำงานของกรรมวิธีสลับป้อนน้ำเสีย กับวิธีป้อนน้ำเสียแบบผสมกันทั่วถึงในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ พบว่าตะกอนจุลินทรีย์ที่ได้จากกรรมวิธีสลับป้อนน้ำเสียมีค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน (SVI) ต่ำ ซึ่งอยู่ระหว่าง 40 ถึง 80 มล/ก. ตลอดระยะเวลาการทดลอง 45 วัน แต่กรรมวิธีสลับป้อนน้ำเสียแบบผสมกันทั่วถึง ให้ค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนสูงถึง 645 มล/ก เมื่อทำการทดลองได้เพียง 19 วัน ซึ่งแสดงว่ากรรมวิธีป้อนน้ำเสียสามารถควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลงได้ ในขณะที่กรรมวิธีป้อนน้ำเสียผสมกันทั่วถึงไม่อาจควบคุมปัญหาดังกล่าว

นอกจากนี้กรรมวิธีสลับป้อนน้ำเสียยังสามารถควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลงอย่างได้ผล โดยสามารถแก้ไขตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งเคยประสบปัญหาตะกอนจมไม่ลง ให้กลับคืนสู่ปรกติได้ในช่วงระยะเวลาเพียง 20 วัน

ในการวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนของตะกอนจุลินทรีย์ ซึ่งพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ออกซิเจนกับเวลาในช่วงป้อนน้ำเสีย เป็นในรูปของสมการ power curve แต่ในช่วงหยุดป้อนน้ำเสีย ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ออกซิเจนกับเวลาเป็นในรูปของสมการ exponential curve ดังแสดงในผลการทดลอง

Thesis Title	Control of Activated Sludge Filamentous by Alternate Feeding to Six Aeration Tanks
Name	Mr. Surachai Taksinvarachan
Thesis Advisor	Assistant Prof Suraphon Saiphanich Dr. Ing.
Department	Sanitary Engineering
Academic Year	1982

ABSTRACT

This research work was studied on laboratory scale unit, It was found that the alternate feeding to six aeration tanks could be applied to control and solve the problem of filamentous bulking.

Six experiment runs was conducted for 150 days, the results showed that the alternate feeding to six aeration tanks system at the organic loading of 0.365 gCOD/gMLSS-day had 95 percent COD removal, which was approximately to those of completely-mixed activated sludge system.

When comparing between the alternate feeding and completely-mixed activated sludge system, it was found that the alternate feeding system had low SVI which varied between 40 to 80 ml/g, through 45 days of the experiment. while the completely-mixed activated sludge system showed the SVI value as high as 645 ml/g when the experiment had been performed for only 19 days. It was concluded that the alternate feeding system showed better results in controlling the filamentous bulking than completely-mixed activated sludge system.

Further more, the alternate feeding system could solve the problem of filamentous bulking by bringing the system back to normal condition within 20 days.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

คำย่อ ..... ฌ

ศัพท์วิทยาการ ..... ญ

สารบัญเรื่อง ..... ฏ

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญรูปประกอบ ..... ฒ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 กล่าวโดยทั่วไป 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

2. หลักการและทฤษฎี 3

2.1 หลักการทำงานระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ 3

2.2 การทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ 4

2.3 ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ 5

2.4 ชนิดแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยที่พบกันอยู่ในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ ... 7

2.5 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ 15

2.6 การแก้ไขและควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลง 16

2.7 สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง 17

2.7.1 ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 20

2.7.2 ความเข้มข้นของออกซิเจน 20

2.7.3 อายุของตะกอน 23

2.7.4 ความไม่สมดุลย์ของสารอาหาร 23

2.6 รูปแบบการบ่อนน้ำเสียแบบต่างๆ ที่ใช้ควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลง .. 25

2.6.1 การบ่อนน้ำเสียแบบเท 28

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญเรื่อง ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญรูป ..... ฐ

คำย่อ ..... ต

ศัพท์วิทยาการ ..... ท

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 กล่าวโดยทั่วไป 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

2. หลักการและทฤษฎี 3

2.1 หลักการทำงานระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ 3

2.2 การทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ 4

2.3 ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ 5

2.4 ชนิดแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยที่พบกันอยู่ในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ ... 7

2.5 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ 15

2.6 การแก้ไขและควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลง 16

2.7 สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง 17

2.7.1 ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 20

2.7.2 ความเข้มข้นของออกซิเจน 20

2.7.3 อายุของตะกอน 23

2.7.4 ความไม่สมดุลย์ของสารอาหาร 23

2.6 รูปแบบการบ่อนน้ำเสียแบบต่างๆ ที่ใช้ควบคุมปัญหาตะกอนจมไม่ลง .. 25

2.6.1 การบ่อนน้ำเสียแบบเท 28

หน้า

2.6.2. การบ้อนน้ำเสียแบบไหลตามแนวยาว 28
2.6.3 การบ้อนน้ำเสียแบบเป็นช่วง ๆ 28
2.6.4 การปรับปรุงวิธีการบ้อนน้ำเสียโดยเพิ่มถัง anoxic 33
2.6.5 การปรับปรุงวิธีการบ้อนน้ำเสียในระบบ conventional 33
2.7 ความเป็นมาในการแก้ไขปัญหาตะกอนจมไม่ลง 38
3. หลักการทำงานและเครื่องมือทดลอง 41
3.1 หลักการทำงานของกรรมวิธีเติมบ้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ... 41
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ 42
4. การดำเนินการวิจัย 46
4.1 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ 46
4.2 แผนการทดลอง 47
4.3 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง 48
5. ผลการทดลองและวิจารณ์ 50
5.1 บทนำ 50
5.2 ศึกษาการแก้ปัญหาตะกอนจมไม่ลง 50
5.2.1 ค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน 51
5.2.2 ความเข้มข้นของตะกอน MLSS..... 53
5.3 ศึกษาหาช่วงเวลาบ้อนน้ำเสียที่เหมาะสมในการป้องกันปัญหาตะกอนจม
ไม่ลง 53
5.3.1 ค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน 53
5.3.2 ความเข้มข้นของตะกอน MLSS 56
5.3.3 ปริมาณตะกอนแขวนลอย 58
5.3.4 การเปลี่ยนแปลงค่า pH 61
5.3.5 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี 61
5.3.6 อัตราการใช้ออกซิเจน 66
5.3.7 ลักษณะของจุลินทรีย์ที่พบ 71

หน้า

5.4 เปรียบเทียบการทำงานของกรรมวิธีบ่อนน้ำเสียอย่างผสมกันทั่วถึงกับกรรมวิธีสลับบ่อนน้ำเสีย 79
5.4.1 ค่าความต้องการปริมาตรตะกอน 79
5.4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี 81
6. สรุปผลการทดลอง 84
7. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 85
8. ความสำคัญทางด้านวิศวกรรมสุขาภิบาล 86
เอกสารอ้างอิง 87
ภาคผนวก 90
ผ.1 การบ่อนน้ำเสียสลับเข้าถังเติมอากาศ 2 ถัง 91
ผ.1.1 หลักการทำงาน 91
ผ.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ 94
ผ.1.3 สรุปผลทดลองและวิจารณ์ 96
ผ.2 วิธีการวิเคราะห์ 99
ผ.2.1 ค่าความต้องการปริมาตรตะกอน 99
ผ.2.2 อัตราการใช้ออกซิเจน 99
ผ.3 ข้อมูลและผลการทดลอง 103
ประวัติ 124

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงโอกาสที่พบแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยชนิดต่าง ๆ	15
2.2	สรุปผลจากความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการกำจัดซีโอดี กับความเข้มข้นของออกซิเจนที่มีผลต่อการเกิดและไม่เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง ..	19
3.1	แสดงช่วงเวลาป้อนน้ำเสีย ช่วงหยุดป้อนน้ำเสีย ช่วงหยุดป้อนน้ำเสียและจำนวนครั้งที่ป้อน/วัน ในถังเติมอากาศแต่ละถัง	42
4.1	ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้	46
4.2	แสดงแผนการทดลอง	48
5.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ออกซิเจนกับระยะเวลาป้อนน้ำเสีย	68
5.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ออกซิเจนกับระยะเวลาหยุดป้อนน้ำเสีย	69
5.3	แสดงปริมาณน้อยของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยการประมาณด้วยสายตา	72

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงถึงลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์ 6
2.2 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยกลุ่มที่ 1 8
2.3 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยกลุ่มที่ 2 9
2.4 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยกลุ่มที่ 3 10
2.5 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยกลุ่มที่ 4 10
2.6 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยกลุ่มที่ 5 11
2.7 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยกลุ่มที่ 6 12
2.8 แบคทีเรียที่เป็นเส้นใยกลุ่มที่ 7 13
2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการกำจัดซีโอดี ที่มีผลต่อ SVI, ZSV ที่มีผลต่อการเกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง 18
2.10 สรุปผลความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการกำจัดซีโอดี กับความเข้มข้นของออกซิเจนที่มีผลต่อการเกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง 21
2.11 แผนผังอธิบายความเข้มข้นของออกซิเจนที่จุดต่าง ๆ รอบ ๆ ฟล็อคจากภายนอกเข้าสู่ศูนย์กลางของฟล็อค 21
2.12 แสดงความเข้มข้นของออกซิเจนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียหุ้มฟล็อคกับแบคทีเรียที่เป็นเส้นใย 22
2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนกับอัตราส่วนปริมาณฟอสฟอรัสต่อ น.น. ตะกอน MLSS 24
2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส 24
2.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนที่มีความสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่าง ๆ กัน 26

รูปที่ หน้า

2.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนที่ความสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่าง ๆ กัน 27

2.17 แสดงรูปเครื่องมือการบ้อนน้ำเสียแบบเป็นช่วง ๆ 29

2.18 แสดงคุณสมบัติการตกตะกอนแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ เมื่อบ้อนน้ำเสียแบบเป็นช่วงๆ และแบบต่อเนื่อง 34

2.19 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้สับสเตรทและความเข้มข้นของสับสเตรทของสมมุติฐานแบคทีเรียพวกฟล้อคและที่เป็นเส้นใย 32

2.20 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของตะกอนกับระยะเวลา ในระบบ I มีถัง anoxic และ II ไม่มีถัง anoxic..... 34

2.21 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน ในระบบ แอคติเวทเต็ดสลัดจ์ชนิดต่าง ๆ 36

2.22 เครื่องมือการทดลอง Chudoba 39

3.1 แสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 43

3.2 รูปถ่ายแสดงเครื่องมือทดลอง 44

5.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนในระหว่างการแก้ไขปัญหาตะกอนจมไม่ลง โดยการสลับบ้อนน้ำเสียถังละ 30 นาที 52

5.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของตะกอน ในระหว่างแก้ไขปัญหาตะกอนจมไม่ลง โดยการสลับบ้อนน้ำเสียถังละ 30 นาที 52

5.3 แสดงการเปลี่ยนแปลค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน ในระบบสลับบ้อนน้ำเสียเข้าถังเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาบ้อนน้ำเสียถังละ 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง 55

5.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของตะกอน ในระบบสลับบ้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาบ้อนน้ำเสียถังละ 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง 55

รูปที่ หน้า

5.5 แสดงปริมาตรตะกอนแขวนลอย ในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่ช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, และ 4 ชั่วโมง 57

5.6 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระบบป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสีย 30 นาที 59

5.7 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระบบป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสีย 1 ชั่วโมง 59

5.8 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระบบป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสีย 2 ชั่วโมง 64

5.9 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระบบป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสีย 4 ชั่วโมง 60

5.10 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 30 นาที 62

5.11 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 1 ชั่วโมง 63

5.12 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 2 ชั่วโมง 64

5.13 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 4 ชั่วโมง 65

5.14 อัตราการใช้ออกซิเจนที่ช่วงเวลาป้อนน้ำเสีย และหยุดป้อนน้ำเสีย ในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 30 นาที 68

5.15 อัตราการใช้ออกซิเจนที่ช่วงเวลาป้อนน้ำเสีย และหยุดป้อนน้ำเสีย ในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 1 ชั่วโมง 68

รูปที่ หน้า

5.16 อัตราการใช้ออกซิเจนที่ช่วงเวลาป้อนน้ำเสีย และหยุดป้อนน้ำเสีย ในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 2 ชั่วโมง 69

5.17 อัตราการใช้ออกซิเจนที่ช่วงเวลาป้อนน้ำเสีย และหยุดป้อนน้ำเสีย ในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 6 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 4 ชั่วโมง 69

5.18 รูปถ่ายแสดงจุลินทรีย์ที่พบในการทดลองครั้งที่ 1 เมื่อเริ่มการทดลอง.. 73

5.19 รูปถ่ายแสดงจุลินทรีย์ที่พบในการทดลองครั้งที่ 1 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง. 73

5.20 รูปถ่ายแสดงจุลินทรีย์ที่พบในการทดลองครั้งที่ 2 เมื่อเริ่มการทดลอง.. 74

5.21 รูปถ่ายแสดงจุลินทรีย์ที่พบในการทดลองครั้งที่ 2 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง. 74

5.22 รูปถ่ายแสดงจุลินทรีย์ที่พบในการทดลองครั้งที่ 3 เมื่อเริ่มการทดลอง.. 75

5.23 รูปถ่ายแสดงจุลินทรีย์ที่พบในการทดลองครั้งที่ 3 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง. 75

5.24 รูปถ่ายแสดงจุลินทรีย์ที่พบในการทดลองครั้งที่ 4 เมื่อเริ่มการทดลอง.. 76

5.25 รูปถ่ายแสดงจุลินทรีย์ที่พบในการทดลองครั้งที่ 4 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง. 76

5.26 รูปถ่ายแสดงจุลินทรีย์ที่พบในการทดลองครั้งที่ 5 เมื่อเริ่มการทดลอง.. 77

5.27 รูปถ่ายแสดงจุลินทรีย์ที่พบในการทดลองครั้งที่ 5 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง. 77

5.28 รูปถ่ายแสดงจุลินทรีย์ที่พบในการทดลองครั้งที่ 6 เมื่อเริ่มการทดลอง.. 78

5.29 รูปถ่ายแสดงจุลินทรีย์ที่พบในการทดลองครั้งที่ 6 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง. 78

5.30 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน ระหว่างป้อนน้ำเสียผสมกันทั่วถึง กับระบบสลับป้อนน้ำเสีย 84

5.31 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของตะกอน ระหว่างป้อนน้ำเสียอย่างผสมกันทั่วถึง กับระบบสลับป้อนน้ำเสีย..... 80

5.32 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ระหว่างป้อนน้ำเสียอย่างผสมกันทั่วถึง กับระบบสลับป้อนน้ำเสีย..... 82

รูปที่ หน้า

5.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีกับระยะเวลาเริ่มนับตั้งแต่ป้อนน้ำเสียเข้าไป 83

ผ.1 การเปลี่ยนแปลงค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน ในระหว่างป้อนน้ำเสียอย่างผสมกันทั่วถึง 92

ผ.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของตะกอน ในระหว่างป้อนน้ำเสียอย่างผสมกันทั่วถึง 92

ผ.3 แสดงรูปเครื่องมือทดลอง ในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 2 ถัง 93

ผ.4 การเปลี่ยนแปลงค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 2 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 30 นาที 95

ผ.5 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของตะกอนในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 2 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 30 นาที 95

ผ.6 การเปลี่ยนแปลงค่าดรรชนีปริมาตรตะกอนในระบบป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 2 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 1 ชั่วโมง 96

ผ.7 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของตะกอน ในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 2 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 1 ชั่วโมง .. 96

ผ.8 การเปลี่ยนแปลงค่าดรรชนีปริมาตรตะกอน ในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 2 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 2 ชั่วโมง 97

ผ.9 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของตะกอน ในระบบสลับป้อนน้ำเสียเข้าถังเติมอากาศ 2 ถัง ที่มีช่วงเวลาป้อนน้ำเสียถังละ 2 ชั่วโมง .. 97

คำย่อ

BOD_5	:	biochemical oxygen demand
C	:	clarifier
COD	:	chemical oxygen demand
DO	:	dissolved oxygen
EFF	:	effluent
INF	:	influent
MLSS	:	mixed liquor suspended solid
MLVSS	:	mixed liquor volatile solid
SS	:	suspended solid
SVI	:	sludge volume index
ZSV	:	zone settling velocity

ศัพท์วิทยาการ

Alternate feed	:	สลับป้อน
Intermittent feed	:	ป้อนเป็นช่วง ๆ
Batch	:	ป้อนแบบเท
Completely-mixed	:	ผสมกันอย่างทั่วถึง
Continuous feed	:	ป้อนอย่างต่อเนื่อง
Dissolve oxygen	:	ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ
Fill-and-draw	:	แบบเติมและถ่าย
Oxygen uptake rate	:	อัตราการใช้ออกซิเจนต่อหน่วยปริมาตร
Oxygen consumption rate	:	อัตราการใช้ออกซิเจนต่อหน่วยจุลินทรีย์
Organic loading	:	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์
Plug flow	:	ไหลตามแนวยาว
Sludge volome index	:	ดรรชนีปริมาตรตะกอน