กระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน

นายกิตติพงษ์ ธนศานติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2530

ISBN 974-568-244-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย

013031

ANAEROBIC CONTACT - STABILIZATION ACTIVATED SLUDGE PROCESS

Mr. Kittipong Tanasanti

A Thesis Submitted in Partial Fullfullment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalingkorn University

1987

ISBN 974-568-244-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ กระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์เติบไลเซชัน

โดย นายกิตติพงษ์ ธนศานติ

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุดใจ จำปา)

..... กรรมการ อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ กระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน

ชื่อ นายกิตติพงษ์ ธนศานติ

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2530

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นสารอินทรีย์ละลายน้ำโดยกระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน โดยให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตลอยอยู่ในน้ำ การศึกษาได้แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ให้น้ำไหลภายในถังปฏิกิริยาเป็นแบบไหลขึ้น ควบคุมค่าภาระบรรทุกการไหลของน้ำในระบบให้คงที่ โดยใช้อัตราการป้อนน้ำเสีย 60 ลิตร/วัน และใช้อัตราการสูบตะกอนกลับ 100% เปลี่ยนแปลงค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบโดยการใช้ค่าความเข้มข้นของน้ำเสียเป็น 500, 2,000, 8,000 และ 16,000 มก.ซีโอดี/ลิตร ตามลำดับ และน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์

ผลจากการทดลอง พบว่า ในการทดลองชุดที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งมีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 0.59, 2.36 และ 9.45 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ระบบสามารถกำจัดซีโอดีได้ประมาณร้อยละ 84.8, 87,3 และ 77.06 ตามลำดับ มีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นเฉลี่ย 6.92, 30.92 และ 157,97 ลิตร/วัน มีก๊าซมีเทนผสมอยู่ร้อยละ 42, 46 และ 56 ตามลำดับ โดยการทดลองชุดที่ 4 ซึ่งมีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 16.79 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าระบบล้มเหลว

จากข้อสรุปของผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กระบวนการนี้สามารถนำมาใช้บำบัดน้ำเสียที่มีมลสารอินทรีย์ละลายน้ำได้เป็นอย่างดี และพบว่ามีการเกิด adsorption ของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในถังคอนแทกต์ แล้วนำมาย่อยสลายต่อไปในถังสเตบิไลเซชัน นอกจากนี้พบว่ากระบวนการนี้มีเสถียรภาพสูงขึ้นกว่าเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของกระบวนการนี้

ที่ผ่านมา อีกทั้งเป็นกระบวนการที่สามารถรับการเปลี่ยนแปลงของค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ดี แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณของตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งยังคงมีค่าสูง โดยมีค่าประมาณ 507 มก./ล. (ในการทดลองชุดที่ 3) ซึ่งจะต้องหาวิธีที่จะบำบัด และ/หรือ แก้ไขปรับปรุงการทำงานต่อไป

Thesis Title	Anaerobic Contact - Stabilization Activated Sludge Process
Name	Mr. Kittipong Tanasanti
Thesis Advisor	Associated Professor Surapol Saipanich, Ph.D.
Department	Sanitary Engineering
Academic Year	1987

ABSTRACT

This research work was a fasibility study of a suspended growth anaerobic contact - stabilization activated sludge process, to treat synthetic soluble wastewater. The project was devided into 4 sets of experiment, studied on upflow reactors, the sludge recycle ratio to stabilization tank was 100% and the feed flowrate was 60 Liters/day. The wastewater had COD concentration of 500, 2,000, 8,000 and 16,000 mg./L/ respectively.

The results from the experimental number 1, 2 and 3 which treated under 3 organic loadings, at 0.6, 2.36, 9.45 kg.COD/cu.m.-day respectively showed that the COD removal efficiency were 84.8, 87.3, 77.06% and the biogas production were 6.92, 30.92, 157.97 liters/day containing 42, 46, 56 of methane gas. And in the experiment number 4, the result showed that the process failed.

It could be concluded from the experimental results, that the suspened growth anaerobic contact - stabilization activated sludge process can treat soluble organic efficiently as the other

anaerobic process. It was also observed that the adsorption of organic matter by microorganism occured in contact tank and organic stabilization occured in stabilization tank. Futhermore this experiment showed that the resistance of the process to shock loading was better than the other anaerobic processes. However the loss of suspened solids in effluent as high as 507 mg./l. (in experiment number 3) was found, so that the new method and/or the improvement of seperation technique should be investigated in the future research work.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาการวิจัยเป็นอย่างสูง ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยตลอดจนจัดหาอุปกรณ์ในการวิจัยให้ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงออกมาได้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สุดใจ จำปา รองศาสตราจารย์ วีรวรรณ ปัทมาภิรัต รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวี จิตไมตรี รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และ นางนิตยา มหาผล ซึ่งให้คำปรึกษาและแนวทางบางอย่างของการวิจัยครั้งนี้

และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ จึงขอแสดงความขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สุดท้ายนี้ ความดีหรือประโยชน์ทั้งหลายของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แก่ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งเป็นผู้มีพระคุณสูงสุดของผู้วิจัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญเรื่อง ..... จ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพประกอบ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ 1
   1.1 คำนำ 1
   1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
   1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

2. ทฤษฎีของกระบวนการแบบไร้อากาศ 3
   2.1 กล่าวนำ 3
   2.2 จุลชีววิทยาและชีวเคมีของกระบวนการแบบไร้อากาศ 3
      2.2.1 ขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดกรด 4
      2.2.2 ขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดมีเทน 9
   2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน 17
      2.3.1 อุณหภูมิ 17
      2.3.2 ค่าพีเอช 19
      2.3.3 กรดโวลาไทล์และสภาพความเป็นด่าง 21
      2.3.4 ความต้องการอาหารที่จำเป็น 23

หน้า

2.3.5 สารพิษ 26
2.3.5.1 พิษของกรดโวลาไทล์ 27
2.3.5.2 พิษของอิออนและโลหะหนัก 27
2.3.5.3 พิษของก๊าซบางชนิด 30
2.3.5.4 พิษของสารอินทรีย์ 31
2.4 ชนิดของกระบวนการกำจัดสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ 31
2.4.1 บ่อหมัก 31
2.4.2 บ่อเกรอะ 31
2.4.3 ถังหมักแบบธรรมดา 32
2.4.4 ถังหมักแบบสัมผัส 35
2.4.5 ระบบเครื่องกรองไร้อากาศ 35
2.4.6 ระบบ Anaerobic Fluidized Bed (AFB) และ Anaerobic Attached Film Expanded Bed (AAFEB) 37
2.4.7 ระบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket 37
2.4.8 ระบบถังหมักแบบสองเฟส 37
2.4.9 ระบบจานชีวหมุนแบบไร้อากาศ 39
2.4.10 ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 39
2.4.11 คอนแทกต์สเตบิไลเซชั่นแบบแอนแอโรบิคมีตัวกลางอยู่กับที่ .. 39
3. กระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์สเตบิไลเซชั่น 42
3.1 การพัฒนาของกระบวนการ 42
3.2 หลักการทำงาน 42
3.3 พารามิเตอร์ที่สำคัญ 43
3.4 การศึกษาที่ผ่านมา 45
4. การวางแผนการทดลองและวิจัย 48

หน้า

4.1 แผนการทดลอง 48
4.2 การเตรียมน้ำเสีย 48
4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 49
4.3.1 ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์ 49
4.3.2 เครื่องสูบน้ำเข้าระบบและเครื่องสูบตะกอนกลับ 52
4.3.3 ถังคอนแทกต์และถังสเตบิไลเซชัน 52
4.3.4 ถังตกตะกอน 52
4.3.5 เครื่องวัดก๊าซ 52
4.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ 54
4.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ 54
4.4.2 การเก็บตัวอย่างเพื่อหาตะกอนแขวนลอยในระบบ 54
4.4.3 การวัดปริมาณก๊าซชีวภาพและเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน 54
4.4.4 เทคนิคการวิเคราะห์ตัวอย่าง 55

5. ผลการวิจัย 57
5.1 ระยะเวลาในการวิจัย 57
5.2 ผลการวิจัยกระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน 58
5.2.1 ค่าพีเอช 58
5.2.2 กรดโวลาไทล์ 62
5.2.3 ความเป็นด่างรวม 68
5.2.4 ค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนต 74
5.2.5 อัตราส่วนของกรดโวลาไทล์ต่อค่าความเป็นด่างรวม 79
5.2.6 ของแข็งแขวนลอยในระบบ 83
5.2.6.1 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในระบบ 84
5.2.6.2 ของแข็งแขวนลอยในถังคอนแทกต์ 87

หน้า

5.2.6.3 ของแข็งแขวนลอยในถังสเตบิไลเซชั่น 87
5.2.3.4 ของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งของระบบ 90
5.2.7 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 92
5.2.7.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบ 92
5.2.7.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของ ถังคอนแทกต์ 95
5.2.7.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของ ถังสเตบิไลเซชั่น 97
5.2.8 การผลิตก๊าซชีวภาพ 103
5.2.8.1 ก๊าซชีวภาพรวมของระบบ 103
5.2.8.2 ก๊าซชีวภาพที่เกิดในถังคอนแทกต์ 106
5.2.8.3 ก๊าซชีวภาพที่เกิดในถังสเตบิไลเซชั่น 109
5.2.9 การเกิดก๊าซมีเทนเมื่อเปรียบเทียบกับการกำจัดสาร อินทรีย์ 114
5.2.10 ผลกระทบจากการเติมโครเมียมและนิเกิล 115
5.2.11 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนในก๊าซชีวภาพ 115
5.3 สมดุลย์ของสารอินทรีย์คาร์บอนในระบบ 116
5.4 สภาพของตะกอนจุลินทรีย์ภายในระบบ 118

6. ความสำคัญทางวิศวกรรม 122
6.1 การทำงานของระบบ 122
6.2 ข้อดีของกระบวนการ 122
6.3 ข้อเสียของกระบวนการ 123
6.4 การนำไปใช้งาน 123

7. สรุปผลการทดลองและเสนอแนะ 124
7.1 สรุปผลการทดลอง 124

หน้า

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยที่ควรศึกษาต่อไป 126

บรรณานุกรม 127

ภาคผนวก 140

ประวัติผู้วิจัย 187

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงชนิดของแบคทีเรียในขั้นตอนการย่อยสลายที่ทำให้เกิดกรด 6

ตารางที่ 2.2 แสดงชนิดของกรดโวลาไทล์ที่เกิดจากการย่อยสลายกลูโคส ... 10

ตารางที่ 2.3 แสดงการจัดหมู่ของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนเป็นเชื้อบริสุทธิ์โดย Balch และคณะ 12

ตารางที่ 2.4 แสดงการเกิดมีเทนและพลังงานที่ได้ 16

ตารางที่ 2.5 แหล่งสามัญของสารอาหารหลัก (Macronutrient) 24

ตารางที่ 2.6 ปริมาณสารอาหารรองที่จำเป็น 25

ตารางที่ 2.7 แสดงวิธีการควบคุมความเป็นพิษของสารพิษ 26

ตารางที่ 2.8 แสดงปรากฏการณ์แอนทาโกนิซึ่มและซินเนอร์ยิสซึ่ม 28

ตารางที่ 2.9 แสดงความเข้มข้นของอิออนและโลหะหนักที่เกิดเป็นพิษต่อระบบหมักโดยตรง 29

ตารางที่ 2.10 ผลของแอมโมเนียไนโตรเจนต่อกระบวนการแบบไม่ใช้ออกซิเจน 30

ตารางที่ 4.1 แสดงแผนการวิจัยและระยะเวลาที่ทดลอง 48

ตารางที่ 4.2 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ 49

ตารางที่ 4.3 ตัวแปรตามและความถี่ในการวิเคราะห์ 55

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าเฉลี่ยของพีเอชในระบบ 61

ตารางที่ 5.2 ค่าเฉลี่ยของกรดโวลาไทล์ที่ถังคอนแทกต์ ถังสเตบิไลเซชั่น และน้ำทิ้งของระบบ 67

ตารางที่ 5.3 ค่าความเป็นด่างรวมในถังคอนแทกต์ ถังสเตบิไลเซชั่น และน้ำทิ้งของระบบ 73

ตารางที่ 5.4 ค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตในถังคอนแทกต์ ถังสเตบิไลเซชั่น และน้ำทิ้งของระบบ 78

หน้า

ตารางที่ 5.5 อัตราส่วนของกรดโวลาไทล์ต่อความเป็นด่างรวมในระบบ 83

ตารางที่ 5.6 แสดงปริมาณของแข็งโดยเฉลี่ยที่มีในระบบ อัตราส่วนของ ของแข็งแขวนลอยระเหยต่อของแข็งแขวนลอยในถังคอนแทกต์ และถังสเตบิไลเซชั่น 86

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยภาระบรรทุกสารอินทรีย์และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 102

ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยของก๊าซมีเทนในถังคอนแทกต์ ถังสเตบิไลเซชั่น และระบบรวม 113

ตารางที่ 5.9 แสดงส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ 113

ตารางที่ 5.10 สมดุลย์ของสารอินทรีย์คาร์บอนในระบบ 117

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพที่ 2.1 ขบวนการเมตะบอลิซึมของขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ 5

ภาพที่ 2.2 การย่อยสลายกลูโคสโดยผ่านขบวนการไกลคอลิซิส 8

ภาพที่ 2.3 การย่อยสลายไขมันโดยผ่านขบวนการเบต้าออกซิเดชัน 8

ภาพที่ 2.4 แสดงการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกระบวนการแบบไร้อากาศ 15

ภาพที่ 2.5 ปฏิกิริยาการทำลายพิษของโลหะหนักโดยซัลไฟด์ในสภาวะไร้ออกซิเจน 28

ภาพที่ 2.6 บ่อเกรอะ (Septic Tank) 33

ภาพที่ 2.7 Travis Tank 33

ภาพที่ 2.8 Imhoff Tank 33

ภาพที่ 2.9 ถังหมักชนิดอัตรากำจัดช้า 34

ภาพที่ 2.10 ถังหมักชนิดอัตรากำจัดเร็ว 34

ภาพที่ 2.11 ถังหมักแบบ Clarigester 36

ภาพที่ 2.12 ถังหมักแบบสัมผัส 36

ภาพที่ 2.13 ถังกรองไร้อากาศ 36

ภาพที่ 2.14 ระบบ Anaerobic Attached Film Expanded Bed 38

ภาพที่ 2.15 ระบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket 38

ภาพที่ 2.16 ระบบถังหมักแบบสองเฟส 38

ภาพที่ 2.17 ระบบ Anaerobic Rotating Biological Reactor 40

ภาพที่ 2.18 ระบบ Anaerobic Baffled Reactor 40

ภาพที่ 2.19 กระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันแบบมีตัวกลางอยู่กับที่ 41

ภาพที่ 3.1 แผนผังการไหลของน้ำในกระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน 43

ภาพที่ 4.1 สูตรผสมน้ำเสียสังเคราะห์ 50

หน้า

ภาพที่ 4.2 การติดตั้งเครื่องมือทดลอง 51
ภาพที่ 4.3 เครื่องวัดปริมาณก๊าซ 53
ภาพที่ 5.1 ค่าพีเอชของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ และค่าพีเอชของน้ำที่ออกจากถังคอนแทกต์ 59
ภาพที่ 5.2 ค่าพีเอชของน้ำที่เข้าและออกจากถังสเตบิไลเซชัน 60
ภาพที่ 5.3 ความเข้มข้นของกรดโวลาไทล์ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ 63
ภาพที่ 5.4 ความเข้มข้นของกรดโวลาไทล์ที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์ ... 64
ภาพที่ 5.5 ความเข้มข้นของกรดโวลาไทล์ที่เข้าและออกจากถังสเตบิไลเซชัน 65
ภาพที่ 5.6 ค่าความเป็นด่างรวมในน้ำทิ้งของระบบ 69
ภาพที่ 5.7 ค่าความเป็นด่างรวมในน้ำที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์ 70
ภาพที่ 5.8 ค่าความเป็นด่างรวมในน้ำที่เข้าสู่ถังสเตบิไลเซชัน 71
ภาพที่ 5.9 ค่าความเป็นด่างรวมในน้ำที่ออกจากถังสเตบิไลเซชัน 72
ภาพที่ 5.10 ค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตในน้ำที่ออกจากระบบ 75
ภาพที่ 5.11 ค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตในน้ำที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์ 76
ภาพที่ 5.12 ค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนตในน้ำที่เข้าและออกจากถังสเตบิไลเซชัน 77
ภาพที่ 5.13 ค่าอัตราส่วนของกรดโวลาไทล์ต่อความเป็นด่างในน้ำทิ้งของระบบ 80
ภาพที่ 5.14 ค่าอัตราส่วนของกรดโวลาไทล์ต่อค่าความเป็นด่างรวมในน้ำที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์ 81
ภาพที่ 5.15 ค่าอัตราส่วนของกรดโวลาไทล์ต่อค่าความเป็นด่างรวมในน้ำที่เข้าและออกจากถังสเตบิไลเซชัน 82
ภาพที่ 5.16 น้ำหนักของของแข็งแขวนลอยในถังคอนแทกต์ ถังสเตบิไลเซชัน และระบบรวม 85
ภาพที่ 5.17 ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์ และน้ำหนักของของแข็งแขวนลอยในถังคอนแทกต์ 88

หน้า

ภาพที่ 5.18 ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยที่เข้าและออกจากถังสเตบิไลเซชั่น และน้ำหนักของของแข็งแขวนลอยในถังสเตบิไลเซชั่น 89

ภาพที่ 5.19 ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำที่ออกจากระบบ 91

ภาพที่ 5.20 ค่าซีโอดีที่เข้าและออกจากระบบ และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบ 93

ภาพที่ 5.21 ความเข้มข้นของซีโอดีที่เข้าและออกจากถังคอนแทกต์ และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังคอนแทกต์ 96

ภาพที่ 5.22 ความเข้มข้นของซีโอดีที่เข้าและออกจากถังสเตบิไลเซชั่น และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังสเตบิไลเซชั่น

ภาพที่ 5.23 ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบรวม ถังคอนแทกต์ และถังสเตบิไลเซชั่น 99

ภาพที่ 5.24 ประสิทธิภาพของระบบรวม ถังคอนแทกต์ และถังสเตบิไลเซชั่น .. 100

ภาพที่ 5.25 ปริมาณก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทน และก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี และอัตราส่วนโดยปริมาตรของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพของระบบรวม 104

ภาพที่ 5.26 เปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทนที่เกิดจริงเปรียบเทียบกับที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีในระบบรวม 105

ภาพที่ 5.27 ปริมาณก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทน ก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีจากถังคอนแทกต์ และอัตราส่วนโดยปริมาตรของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากถังคอนแทกต์ 107

ภาพที่ 5.28 อัตราส่วนของก๊าซมีเทนที่เกิดจริงเปรียบเทียบกับที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีในถังคอนแทกต์ 108

ภาพที่ 5.29 ปริมาณก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทน ก๊าซมีเทนที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี และอัตราส่วนโดยปริมาตรของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากถังสเตบิไลเซชั่น 110

หน้า

ภาพที่ 5.30 เปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทนที่เกิดจริงเปรียบเทียบกับที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎีในถังสเตบิไลเซชัน 111