การกำจัดน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์สูงมากด้วยเครื่องกรองแอนแอโรบิคที่มีชั้นตัวกรองสูง

นายพรพจน์ กรรณสูต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2525

ISBN 974-560-812-2

007328

I16603862

TREATMENT OF HIGH STRENGTH ORGANIC WASTE BY DEEP BED ANAEROBIC FILTER

Mr. Pornpot Kannasoot

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกำจัดน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์สูงมาก ด้วยเครื่องกรองแอนแอโรบิค ที่มีชั้นตัวกรองสูง
โดย	นายพรพจน์ กรรณสูต
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เกรอต

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ เศรษฐ์มานิต)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วิรวรรณ ปัทมาภิรัต)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การกำจัดน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์สูงมาก ด้วยเครื่องกรองแอนแอโรบิค ที่มีชั้นตัวกรองสูง

ชื่อนิสิต นายพรพจน์ กรรฒสูต

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เกรอต

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2524

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของการวิจัยนี้ก็เพื่อหาผลกระทบของความสูงของชั้นตัวกรองที่มีต่อการทำงานของเครื่องกรองแอนแอโรบิคที่ทำหน้าที่เบื้องต้นในการลดความสกปรกให้กับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูงมากและพิจารณาการใช้เครื่องกรองเพื่อลดสารอินทรีย์เป็นขั้นแรก น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำทิ้งจากหอกลั่นโรงงานสุราบางยี่ขัน กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีค่า $B.O.D._5$ อยู่ในช่วง 30,900 ถึง 40,000 กรัมต่อ ลบ.ม. และค่า C.O.D. อยู่ในช่วง 77,430 ถึง 110,000 กรัมต่อ ลบ.ม.

ผลการทดลองปรากฏว่า อัตราการรับสารอินทรีย์ต่อพื้นที่หน้าตัดของเครื่องกรองแอนแอโรบิค ขึ้นอยู่กับความสูงของชั้นตัวกรองที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์คงที่ อัตราการรับสารอินทรีย์ต่อพื้นที่หน้าตัดของชั้นตัวกรองเพิ่มขึ้นตามความสูงของชั้นตัวกรองแอนแอโรบิค จนถึงประมาณ 3.90 เมตร เมื่อทำการทดลองที่ความสูง 1.80 เมตร ปรากฏว่า เครื่องกรองแอนแอโรบิคมีประสิทธิภาพมากที่สุดร้อยละ 71 ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่อพื้นที่หน้าตัด 9.43 กก. C.O.D. ต่อ ตร.ม. ต่อวัน อัตราการรับสารอินทรีย์สามารถเพิ่มได้ถึง 23.04 กก. C.O.D. ต่อ ตร.ม. ต่อวัน โดยเครื่องกรองแอนแอโรบิคยังทำงานได้ แต่ประสิทธิภาพลดลงเหลือร้อยละ 32 ถ้าใช้ความสูง 3.90 เมตร เครื่องกรองแอนแอโรบิคมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 71 เมื่อใช้อัตราการรับสารอินทรีย์ต่อพื้นที่หน้าตัด 14.62 กก. C.O.D. ต่อ ตร.ม. ต่อวัน และเมื่ออัตราการรับสารอินทรีย์เท่ากับ 27.96 กก. C.O.D. ต่อ ตร.ม. ต่อวัน ประสิทธิภาพลดลงเหลือร้อยละ 30

ตะกอนจุลชีพที่เกิดขึ้นต่อ C.O.D. ที่ถูกจำกัดเฉลี่ยเท่ากับ 0.054 กก. ต่อ กก. C.O.D. ที่ถูกจำกัดและมีแกสเกิดขึ้น 0.506 ลบ.ม. ต่อ กก. C.O.D. ที่ถูกจำกัดที่ความดันบรรยากาศเป็นแกสมีเทนร้อยละ 73 หรือเท่ากับ 0.37 ลบ.ม. ต่อ กก. C.O.D. ที่ถูกกำจัดที่ความดันบรรยากาศ

Thesis Title Treatment of High Strength Organic Waste by Deep Bed Anaerobic Filter

Name Mr. Pornpot Kannasoot

Thesis Advisor Associate Professor Theera Karot, Ph.D.

Department Sanitary Engineering

Academic Year 1981

ABSTRACT

The objective of this research is to investigate the effect of height of filter media on the performance of an anaerobic filter acting as a pretreatment unit in treating high strength organic wastes. The waste water used in the experiments was the stillage from a distillery fractionating tower of Bang Yeekan Distillery, Bangkok, Thailand. The waste water $B.O.D._5$ varied from 30,900 to 40,000 gm. per cu.m. and C.O.D. from 77,430 to 110,000 gm. per cu.m.

Results of the experiments showed that at a constant removal efficiency the areal loading of an anaerobic filter depended on the height of filter media. The areal loading increased with the height of filter media up to about 3.90 metres. At a height 1.80 metres the maximum efficiency of C.O.D. removal was 71 % at the areal loading of 9.43 kg. C.O.D. per sq.m. per day. The areal loading could be increased up to 23.04 kg.C.O.D. per sq.m. per day without filter failure but with the efficiency only 32 %. At the height of 3.90 metres the maximum efficiency of C.O.D. removal was also 71 % at the areal loading 14.62 kg. C.O.D. per sq.m. per day. The areal loading could be increased up

to 27.96 kg. C.O.D. per sq.m. per day without failure but with 30 % efficiency.

The microbial yield was found to be 0.054 kg. per kg. C.O.D. removed. The biogas production per kg. C.O.D. removed was 0.506 cu.m. measure under the methane partial pressure of 73 % or 0.37 cu.m. at the normal atmospheric pressure.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ

รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เกรอต ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ท่านได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือทางด้านวิชาการและด้านอื่น ๆ เป็นอย่างดี

บริษัท สุรามหาคุณ จำกัด ที่ให้ทุนในการวิจัยครั้งนี้ โดยเฉพาะคุณเฉลิง เหล่าจินดา คุณธวัช ชมจันทร์ และคุณชัยมนู บุญทีย์กุล ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำด้านต่าง ๆ เกี่ยวกับโรงงานสุรา

อาจารย์และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวก ให้ข้อคิดและให้กำลังใจ

คุณสมบัติ คัดตะพันธ์, คุณวิวัฒน์ จิรัฐติกาลสกุล, คุณอุสาหะ คันอู่สินและคุณสมศักดิ์ ตั้งตระกูล ช่วยเหลือในการทดลอง ติดตั้งและแก้ไขเครื่องมือต่าง ๆ

ท่านที่กล่าวถึงนี้เป็นผู้ที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูง จึงขอจารึกไว้ ณ ที่นี้

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฆ

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

รายการตารางประกอบ ..... ฉ

รายการรูปประกอบ ..... ฌ

นิยาม ..... ค

บทที่

1. บทนำ 1

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย 8

3. ทฤษฎีการทำงานและการศึกษาที่ผ่านมา 9

3.1 ทฤษฎีการทำงานของเครื่องกรองแอนแอโรบิค 9

3.1.1 จุลชีพในถังหมักและเครื่องกรองแอนแอโรบิค 9

ก. แบ่งตามการอยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจนอิสระ 9

ข. แบ่งตามผลผลิตของการย่อยสลายสารอินทรีย์ 9

3.1.2 ปฏิกริยาชีวเคมีของการหมัก 10

ก. การย่อยสลายที่ทำให้เกิดกรด 12

ข. การย่อยสลายกรดโวลาไทล์ที่ทำให้เกิดแกส 15

3.1.3 สมการแสดงการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลชีพชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ 18

ก. การย่อยสลายโปรตีน 18

ข. การย่อยสลายไขมัน 18

ค. การย่อยสลายแอลกอฮอล์ 19

ง. การย่อยสลายกรดโปรปิโอนิค 19

จ. การย่อยสลายเมทานอล 19

หน้า

3.1.4 ลักษณะการทำงานของเครื่องกรองแอนแอโรบิค 21
3.1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการย่อยสลายสารอินทรีย์กับการเจริญเติบโตของจุลชีพ 21
3.1.6 การเพิ่มปริมาณของจุลชีพ 22
3.1.7 สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม 22
ก. อุณหภูมิ 26
ข. ความต้องการสารอาหารที่จำเป็น 27
ค. สภาพความเป็นกรดและด่าง 27
ง. สารพิษ 30
1. พิษของกรดโวลาไทล์ 30
2. พิษของเกลืออนินทรีย์ 33
3. พิษของโลหะหนัก 34
4. พิษของแกสบางชนิด 36
5. พิษของสารอินทรีย์ 39
3.2 การทดลองเครื่องกรองแอนแอโรบิคที่ผ่านมา 39
4. วัสดุและวิธีการ 46
4.1 น้ำทิ้งที่นำมาทดลอง 46
4.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสุรา 46
4.1.2 กรรมวิธีผลิตสุราและจุดปล่อยน้ำทิ้ง 46
ก. การทำล้างขาว 46
ข. การเตรียมกากน้ำตาล 48
ค. การหมักล้างขาวกับกากน้ำตาล 48
ง. การกลั่นสุรา 48
จ. การบรรจุขวด 48
4.1.3 คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากหอกลั่นโรงงานสุรา 48
ก. อุณหภูมิ 48

หน้า

ข. pH 48
ค. สภาพความเป็นด่างและกรดโวลาไทล์ 50
ง. ปริมาณของแข็ง 50
จ. ปริมาณสารอินทรีย์ 50
ฉ. ปริมาณสารอาหารที่จำเป็น 50
ช. ปริมาณสารพิษ 51
4.2 สารเคมีที่ใช้ในการควบคุมระบบเครื่องกรองแอนแอโรบิค 51
4.3 แบบทดลอง 51
4.3.1 ถังเครื่องกรองแอนแอโรบิค 51
ก. เครื่องกรองแอนแอโรบิคถังที่ 1 51
ข. เครื่องกรองแอนแอโรบิคถังที่ 2 52
4.3.2 ถังใส่น้ำทิ้ง 52
4.3.3 ถังเก็บแกส 52
4.3.4 เครื่องสูบน้ำ 52
4.4 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของเครื่องกรองแอนแอโรบิค 52
4.4.1 ขนาดตัวกรอง 57
4.4.2 ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 57
4.4.3 อัตราการรับสารอินทรีย์ 57
4.4.4 ความเร็วของน้ำในช่องว่างระหว่างตัวกรอง 57
4.4.5 ความลึกของชั้นตัวกรอง 57
4.4.6 ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง 57
4.4.7 อุณหภูมิ 57
4.4.8 สารอาหารต่าง ๆ 58
4.4.9 สารพิษต่าง ๆ 58
4.5 แผนการทดลอง 58
4.5.1 แปรความเข้มข้นของน้ำทิ้งที่เข้าเครื่องกรองแอนแอโรบิค 58

หน้า

4.5.2 แปรความลึกตัวกรอง 58
4.5.3 แปรระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 58
4.6 การเก็บตัวอย่าง 60
4.6.1 น้ำทิ้งจากโรงงาน 60
4.6.2 น้ำที่ผ่านเครื่องกรองแอนแอโรบิค 60
4.7 วิธีวิเคราะห์น้ำทิ้ง 62
4.8 การเริ่มเลี้ยงจุลชีพ 62
5. ผลการทดลองและการวิจารณ์ 64
5.1 ผลของพีเอชในน้ำทิ้งดิบ 64
5.2 ผลของอัตราการรับสารอินทรีย์ 69
5.2.1 ผลของอัตราการรับสารอินทรีย์ที่มีต่อ C.O.D. ในกระแสออก .. 69
5.2.2 ผลของอัตราการรับสารอินทรีย์ที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัด C.O.D. 69
5.2.3 ผลของอัตราการรับสารอินทรีย์ที่มีต่อมวล C.O.D. ที่ถูกกำจัด .. 69
5.2.4 ผลของอัตราการรับสารอินทรีย์ที่มีต่อตะกอนจุลชีพในระบบกำจัด .. 69
5.2.5 ผลของอัตราการรับสารอินทรีย์ที่มีต่อตะกอนจุลชีพที่ออกจากระบบกำจัด 76
5.2.6 ผลของอัตราการรับสารอินทรีย์ที่มีต่อแกสที่เกิดขึ้น 76
5.3 ผลของความสูงและระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 79
5.3.1 ผลของความสูงและระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งต่อการกำจัด C.O.D. 79
5.3.2 ผลของความสูงและระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งต่อการกำจัดกรดโวลาไทล์ 93
5.3.3 ผลของความสูงและระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งต่อพีเอช 93

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

5.3.4 ผลของความสูงและระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งต่อตะกอนแขวนลอยในเครื่องกรองแอนแอโรบิค 93

5.4 ผลของความเร็วของน้ำทิ้งในช่องว่างระหว่างตัวกรอง 94

5.4.1 ผลของความเร็วของน้ำทิ้งในช่องว่างระหว่างตัวกรองเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 94

5.4.2 ผลของความเร็วของน้ำทิ้งในช่องว่างระหว่างตัวกรองเมื่อเปลี่ยนแปลงความสูงตัวกรอง 97

6. สรุปผลการวิจัย 106

7. ข้อเสนอแนะ 108

บรรณานุกรม 109

ภาคผนวก 117

ประวัติการศึกษา 174

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

3.1 ค่า SRT ต่ำที่สุด 23

3.2 Growth Rate of Methane Organisms 24

3.3 Growth Yield and Decay Coefficient of Various Substrate. 24

3.4 ปริมาณ Cations ที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของจุลชีพชนิดไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ 34

3.5 ปริมาณของโลหะหนักที่จะทำให้ระบบกำจัดน้ำทิ้งแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระหมดประสิทธิภาพ 38

3.6 ผลของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่อระบบกำจัดน้ำทิ้งแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ 38

3.7 ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำทิ้งของเครื่องกรองแอนแอโรบิคที่ผ่านมา .. 44

4.1 คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากหอกลั่นโรงงานสุราบางยี่ขัน 49

4.2 ลักษณะของเครื่องกรองแอนแอโรบิค 53

4.3 ตัวแปรต่าง ๆ ในการทดลอง 56

4.4 การเปลี่ยนแปลงตัวแปรของเครื่องกรองแอนแอโรบิคในการทดลองครั้งนี้ 59

4.5 แผนการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ 61

5.1 แสดงผลของตัวแปรอิสระต่อตัวแปรตามต่าง ๆ 65

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับความเร็วของน้ำในช่องว่างระหว่างตัวกรองเมื่อความสูงของชั้นตัวกรองของเครื่องกรองแอนแอโรบิคคงที่ 95

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับความเร็วของน้ำในช่องว่างระหว่างตัวกรองเมื่อระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งคงที่ 100

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่ หน้า

1.1 Conventional anaerobic digestion system 4

1.2 High-rate anaerobic digestion system 4

1.3 ระบบถังหมักแบบสัมผัส (Anaerobic Contact Process หรือ Anaerobic Activated Sludge Process) 4

1.4 Two-Phase Anaerobic Digestion Process 6

1.5 Anaerobic Filter Process 6

3.1 การย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนอิสระ 11

3.2 การย่อยสลาย Proteins, Fats และ Carbohydrates โดยจุลชีพชนิดไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ 13

3.3 การย่อยสลาย Pyruvate และสารอินทรีย์อื่น ๆ ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนอิสระ 14

3.4 การเปลี่ยนแปลงของ Pyruvate ไปเป็นสารอินทรีย์อื่น ๆ 16

3.5 การย่อยสลายกรดอินทรีย์ที่โมเลกุลใหญ่ (Long Chain Fatty Acids) ให้เป็นกรดอินทรีย์ที่มีโมลเกุลเล็ก โดยจุลชีพที่ทำให้เกิดแกสมีเทน 17

3.6 การเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์โดยปฏิกริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ 20

3.7 การเพิ่มตะกอนจุลชีพในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลชีพชนิดไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ 25

3.8 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับระยะเวลาเก็บกักตะกอนจุลชีพในการย่อยสลายสารอินทรีย์และประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ 28

3.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีเอช (pH) กับความเข้มข้นของ Bicarbonate Alkalinity ที่อุณหภูมิ 95°F 31

3.10 อิทธิพลของเกลือต่อปฏิกริยาการทำงานของจุลชีพชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ 32

3.11 แสดงความสัมพันธ์ของ Cations 2 ชนิด คือ A และ B ซึ่งเมื่ออยู่ด้วยกันแล้วจะเกิด Antagonism หรือ Synergism ได้ 35

หน้า

3.12 ปฏิกริยาการทำลายพิษของโลหะหนัก (Heavy Metals) โดยซัลไฟด์ ($S^{=}$) ในสภาวะไร้ออกซิเจนอิสระ 37

4.1 แผนผังแสดงกรรมวิธีการผลิตสุราและจุดปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานผลิตสุรา 47

4.2 ลักษณะเครื่องกรองแอนแอโรบิค (Anaerobic filter) ที่ใช้ในการวิจัย ถังที่ 1 และถังที่ 2 ต่อกันอย่างอนุกรม (Series) 54

4.3 แผนผังการทดลองของเครื่องกรองแอนแอโรบิค 55

5.1 การเปลี่ยนแปลง C.O.D., S.S., Volatile Acids และ pH ที่ความสูงต่าง ๆ เมื่อลดสารปรับสภาพ ($NaHCO_3$) จาก 2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จนไม่ใช้เลยหลังจากลดสารปรับสภาพได้ 34 วัน 66

5.2 การบันทึกกรดโวลาไทล์ (Volatile Acids) สภาพความเป็นด่าง (Alkalinity) และ pH ที่เข้าและออกจากเครื่องกรองแอนแอโรบิค 67

5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรดโวลาไทล์, สภาพความเป็นด่างและพีเอชของน้ำทิ้งจากหอกลั่นโรงงานสุรา 68

5.4 การบันทึกผลการกำจัด C.O.D. ของน้ำทิ้งจากหอกลั่นโรงงานสุราโดยเครื่องกรองแอนแอโรบิคและประสิทธิภาพในการกำจัด 70

5.5 Relationship Between Effluent C.O.D. Concentration และ Organic Loading 72

5.6 Relationship Between % C.O.D. Removal and Organic Loading 73

5.7 Relationship Between C.O.D. Removal and Organic Loading .. 74

5.8 Relationship Between VSS. in Anaerobic Filter and Organic Loading 75

5.9 Relationship Between VSS. Wastage and Organic Loading 77

5.10 Relationship Between VSS. Wastage and C.O.D. Removal 78

5.11 Relationship Between Gas Production and Organic Loading .. 80

หน้า

5.12 Relationship Between Gas Production and Organic Removal . 81

5.13 Relationship Between % Gas Methane and Organic Loading .. 82

5.14 Relationship Between Gas Methane Production and Organic Loading 83

5.15 Relationship Between Gas Methane Production and Organic Removal 84

5.16 การเปลี่ยนแปลง C.O.D., S.S., Volatile Acids และที่ความสูงต่าง ๆ เมื่อ Organic loading = 5.24 kg.C.O.D. per m^3 per Day, Areal loading = 9.43 kg.C.O.D. per m^2 per Day, HRT = 1.4 Days, Velocity in Voids = 1.277 m. per Day, Height of Filter Media = 1.80 m., C.O.D. Conc. = 18,000 gm.per m^3. 85

5.17 การเปลี่ยนแปลง C.O.D., S.S., Volatile Acids และ pH ที่ความสูงต่าง ๆ เมื่อ Organic Loading = 6.70 kg.C.O.D. per m^3 per Day. Areal Loading = 12.06 kg.C.O.D. per m^2 per Day, HRT = 1.4 Days, Velocity in Void = 1.277 m. per Day, Height of Filter Media = 1.80 m., C.O.D. Conc. = 23,000 gm.per m^3. 86

5.18 การเปลี่ยนแปลง C.O.D., S.S., Volatile Acids และ pH ที่ความสูงต่าง ๆ เมื่อ Organic Loading = 12.80 kg.per m^3 per Day, Areal Loading = 23.04 kg.C.O.D. per m^2 per Day, HRT = 1.4 Days, Velocity in Void = 1.277 m.per Day, Height of Filter Media = 1.80 m.,C.O.D. Conc. = 44,000 gm.per m^3. 87

หน้า

5.19 เปรียบเทียบ C.O.D., S.S., Volatile Acids และ pH ที่ความสูงต่าง ๆ เมื่อ HRT = 1.4 Days, Velocity in Void = 1.277 m. per Day, Height of Filter Media = 1.80 m. คงที่ 88

5.20 การเปลี่ยนแปลง C.O.D., S.S., Volatile Acids และ pH ที่ความสูงต่าง ๆ เมื่อ Organic Loading = 3.75 kg.C.O.D. per m^3 per Day, Areal Loading = 14.62kg.C.O.D.per m^2 per Day, HRT = 1.96 Days, Velocity in Void = 1.99 m.per Day, Height of Filter Media = 3.90 m., C.O.D.Conc. = 18,000 gm.per m^3. 89

5.21 การเปลี่ยนแปลง C.O.D., S.S., Volatile Acids และpH ที่ความสูงต่าง ๆ เมื่อ Organic Loading = 4.69 kg.C.O.D. per m^3 per Day, Areal Loading = 18.29 kg.C.O.D. per m^2 per Day, HRT = 1.57 Days, Velocity in Void = 2.48 m.per Day, Height of Filter Media = 3.90 m., C.O.D.Conc. = 18,000 gm.per m^3. 90

5.22 การเปลี่ยนแปลง C.O.D., S.S., Volatile Acids และ pH ที่ความสูงต่าง ๆ เมื่อ Organic Loading = 7.17 kg.C.O.D. per m^3 per Day, Areal Loading = 27.96kg.C.O.D. per m^2 per Day, HRT = 1.025 Days, Velocity in Void = 3.80 m.per Day, Height of Filter Media = 3.90 m., C.O.D.Conc. = 18,000 gm.per m^3. 91

5.23 เปรียบเทียบ C.O.D., S.S., Volatile Acids และ pH ที่ความสูงต่าง ๆ เมื่อ Height of Filter Media = 3.90 m.C.O.D. Conc. = 18,000 gm. per m^3. 92

5.24 Relationship Between Effluent C.O.D. Concentration and Velocity in Void. Fixed Height of Filter Media = 1.80 m. 96

5.25 Relationship Between % C.O.D. Removal and Velocity in Void. Fixed Height of Filter Media = 1.80 m. 98

5.26 Relationship Between C.O.D. Removal and Velocity in Void. Fixed Height of Filter Media = 1.80 m. 99

5.27 Relationship Between Effluent C.O.D. Concentration and Velocity in Void. Fixed HRT = 1.4 Days. 101

5.28 Relationship Between % C.O.D. Removal and Velocity in Void. Fixed HRT = 1.4 Days. 103

5.29 Relationship Between C.O.D. Removal and Velocity in Void. Fixed HRT = 1.4 Days. 104

5.30 Relationship Between % C.O.D. Removal and Areal Loading. 105

นิยาม

พีเอช = pH เป็นค่าแสดงปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจน $[H^+]$ ในน้ำโดยคำนวณได้จากสูตร

$$pH = - \log [H^+]$$

เมื่อ $[H^+]$ = ความเข้มข้นของ H^+ มีหน่วยเป็นโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

น้ำที่มีคุณสมบัติเป็นกรดมีค่า pH น้อยกว่า 7

น้ำที่มีคุณสมบัติเป็นด่างมีค่า pH สูงกว่า 7

น้ำที่มีคุณสมบัติเป็นกลางมีค่า pH เท่ากับ 7

สภาพความเป็นด่าง = Alkalinity หมายถึงความสามารถของน้ำที่จะในการรับโปรตอน สภาพความเป็นด่างส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากองค์ประกอบของสารละลายไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) คาร์บอเนต ($CO_3^=$) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) น้ำทิ้งที่มีสภาพความเป็นด่างจะมีค่าพีเอชสูงกว่า 4

กรดโวลาไทล์ = Volatile Acids หมายถึงกรดอินทรีย์โมเลกุลเล็ก ๆ ที่มีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 6

ของแข็งทั้งหมด = Total Solids (TS) หมายถึงของแข็งทั้งหมด คือ สิ่งที่เหลืออยู่ภายหลังการระเหยน้ำออกหมด โดยการอบด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 103 ถึง 105 องศาเซลเซียส

ของแข็งระเหยทั้งหมด = Total Volatile Solids (TVS) หมายถึง ของแข็งทั้งหมดที่ถูกเผาไหม้หรือระเหิดเป็นไอในช่วงอุณหภูมิจาก 105 ถึง 550 องศาเซลเซียส

ของแข็งแขวนลอย = Suspended Solids (SS) หมายถึงของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ ในการวิจัยครั้งนี้ หมายถึงของแข็งที่ค้างอยู่บนกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Paper - Whatman GF/C) และทำให้แห้งเช่นเดียวกับ TS

ของแข็งแขวนลอยระเหย = Volatile Suspended Solids (VSS) หมายถึงของแข็งแขวนลอยที่ถูกเผาไหม้หรือระเหิดเป็นไอที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส

$B.O.D._5$ = Biochemical Oxygen Demand หมายถึงปริมาณออกซิเจนอิสระทั้งหมดที่ถูกจุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน

C.O.D. = Chemical Oxygen Demand หมายถึงปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยขบวนการทางเคมี

ไนโตรเจนทั้งหมด = Total Nitrogen (Total-N) หมายถึงไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำซึ่งประกอบด้วยไนโตรเจนในสารอินทรีย์ (Organic Nitrogen) และแอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia Nitrogen)

ฟอสฟอรัสทั้งหมด = Total Phosphorus (Total-P) หมายถึงฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำ

ระยะเวลาเก็บกักน้ำ = Hydraulic Retention Time (HRT) หมายถึงระยะเวลาเก็บกักน้ำหรือระยะเวลาที่น้ำทิ้งอยู่ในระบบกำจัด