การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดกับที่สำหรับตลาดสดติดริมน้ำ

นายนพพร จรุงเกียรติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6440-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF SMALL-SCALE ON-SITE WASTEWATER TREATMENT FOR RIVERSIDE MARKET

Mr. Nopporn Jaroongkiat

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science (Inter-Department)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2004

ISBN 974-17-6440-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่สำหรับตลาดสดติดริมน้ำ
โดย	นายนพพร จรุงเกียรติ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว. กัลยา ติงศภัทิย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล)

……อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีวงศ์ ศรีบุรี)

……กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เขมรัฐ โอสถาพันธุ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายนพพร จรุงเกียรติ: การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดกับที่สำหรับตลาดสดติดริมน้ำ. (DEVELOPMENT OF SMALL-SCALE ON-SITE WASTEWATER TREATMENT FOR RIVERSIDE MARKET) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์, 145 หน้า. ISBN 974-17-6440-5.

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของถังเกรอะ-กรองเติมอากาศ (Septic-Aerobic Fixed-film Reactor) กับระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัส (Septic-Submerged Anaerobic-Aerobic Fixed-film Reactor) และศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัส (Septic-Submerged Anaerobic-Aerobic Fixed-film Reactor) สำหรับตลาดสดติดริมน้ำที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียต่างกันคือแบบ 36 ชั่วโมงกับแบบ 48 ชั่วโมงโดยเป็นระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดตั้งอยู่กับที่ มีค่าอัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.0 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

พบว่าระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียไม่แตกต่างกันกับระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศมีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก บีโอดี ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ฟอสฟอรัสทั้งหมด น้ำมันและไขมัน และฟีคัลโคลิฟอร์มร้อยละ 20.80 93.81 99.48 94.59 100.00 84.78 11.53 92.52 และ 99.96 ตามลำดับและระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก บีโอดี ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ฟอสฟอรัสทั้งหมด น้ำมันและไขมัน และฟีคัลโคลิฟอร์มร้อยละ 51.33 94.60 99.79 96.24 100.00 90.52 27.26 98.71 และ 99.95 ตามลำดับ ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 36 ชั่วโมงกับแบบ 48 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพการบำบัดไม่แตกต่างกันโดยลำดับ ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 48 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก บีโอดี ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ฟอสฟอรัสทั้งหมด น้ำมันและไขมัน และฟีคัลโคลิฟอร์มเป็นร้อยละ 29.74 93.79 99.68 96.06 100.00 90.07 45.27 87.31 และ 99.95 ตามลำดับ

ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2547 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4489078220 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD: SEPTIC /ANAEROBIC FILTER / AERATED FILTER / INTERMITTENT / MEDIA

NOPPORN JAROONGKIAT: DEVELOPMENT OF SMALL-SCALE ON-SITE WASTEWATER TREATMENT FOR RIVERSIDE MARKET. THESIS ADVISOR: ASSIT. PROF. CHAWALIT RATANATAMSKUL Ph.D., THESIS COADVISOR: ASSOC. PROF. ORATHAI CHAVALPARIT, 145 pp. ISBN 974-17-6440-5.

The objective of this research were to compare the treatment efficiency of commercial media Septic-Aerobic Fixed-film Reactor system and media filled Septic-Submerged Anaerobic-Aerobic Fixed-film Reactor system Hydraulic Retention Time at 36 hour and 48 hour. Each system was fed by riverside market wastewater at flow rate 1 m^3/d and organic loading rate 1.0 kg.BOD/m^3-d.

It was found that the treatment efficiency of Septic-Aerobic Fixed-film Reactor system was similarly Septic-Submerged Anaerobic-Aerobic Fixed-film Reactor system Hydraulic Retention Time at 36 hour. The Septic-Aerobic Fixed-film Reactor system had the efficiency in total disssolved solids, suspended solids, settleable solids, BOD, sulfide, TKN, total phosphorus, grease and oil, and fecal coliform were 20.80%, 93.81%, 99.48%, 94.59%, 100.00%, 84.78%, 11.53%, 92.52% and 99.96% respectively. respectively. And the Septic-Submerged Anaerobic-Aerobic Fixed-film Reactor system Hydraulic Retention Time at 36 hour had the efficiency in total disssolved solids, suspended solids, settleable solids, BOD, sulfide, TKN, total phosphorus, grease and oil, and fecal coliform were 51.33%, 94.60%, 99.79%, 96.24%, 100.00%, 90.52%, 27.26%, 98.71% and 99.95% respectively. For the the treatment efficiency of Septic-Submerged Anaerobic-Aerobic Fixed-film Reactor system Hydraulic Retention Time at 36 hour was similarly to the system that Hydraulic Retention Time at 48 hour. The Septic-Submerged Anaerobic-Aerobic Fixed-film Reactor system Hydraulic Retention Time at 48 hour had the efficiency in total disssolved solids, suspended solids, settleable solids, BOD, sulfide, TKN, total phosphorus, grease and oil, and fecal coliform were 29.74%, 93.79%, 99.68%, 96.06%, 100.00%, 90.07%, 45.27%, 87.31% and 99.95% respectively.

Student's signature .....

Field of study Environmental Science Advisor's signature .....

Academic year 2004 Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล และรองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ท่านทั้งสองได้ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดระยะเวลาการทำวิจัยครั้งนี้ รวมทั้ง คณะกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีวงศ์ ศรีบุรี อาจารย์ ดร.เขมรัฐ โอสถาพันธุ์ ที่ได้กรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้เขียน ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน

ขอขอบคุณสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการในการวิจัย

ขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อนๆ ที่คอยให้คำปรึกษาและกำลังใจตลอดระยะเวลาการทำวิจัย จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ

ท้ายนี้ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ทุนอุดหนุนในการวิจัยครั้งนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ซ
สารบัญภาพ.....ญ
บทที่
1. บทนำ.....1
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
3. แผนการทดลองและดำเนินการวิจัย.....47
4. ผลการทดลอง.....52
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....116
รายการอ้างอิง.....119
ภาคผนวก.....124
ภาคผนวก ก.....125
ภาคผนวก ข.....128
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....145

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	อัตราการไหลของน้ำเสียจากบ้านที่พักอาศัย	9
2.2	ลักษณะของน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย	9
2.3	การจัดหมู่ของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนที่เป็นเชื้อบริสุทธิ์	15
2.4	ธาตุอาหารหลักที่มีความจำเป็นสำหรับกระบวนการไร้อากาศ	19
2.5	ธาตุอาหารรองที่มีความจำเป็นสำหรับกระบวนการไร้อากาศ	20
2.6	ผลของแอมโมเนียที่มีต่อกระบวนการหมักเกิดก๊าซมีเทน ในกระบวนการไร้อากาศ	20
2.7	ค่าโออาร์พีของปฏิกิริยาในการบำบัดน้ำเสีย	21
2.8	ผลของสารประจุบวกต่างๆที่มีต่อประสิทธิภาพในกระบวนการไร้อากาศ	21
2.9	ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกตกตะกอนผลึก รวมกับซัลไฟด์ในรูปต่างๆ	22
2.10	สภาพความเป็นพิษที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ในกระบวนการไร้อากาศ	23
2.11	คุณภาพน้ำทิ้งจากถังเกรอะสำหรับอาคารพักอาศัย	25
2.12	ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนจากอาคารที่ผ่าน ถังเกรอะด้วยถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น	27
2.13	คุณภาพน้ำทิ้งจากถังกรองไร้อากาศสำเร็จรูปของอาคารพักอาศัยทั่วไป	28
3.1	กำหนดปัจจัยเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย	48
3.2	วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในแต่ละพารามิเตอร์	51
4.1	ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากตลาดสดติดริมน้ำ	53
4.2	คุณลักษณะของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศ	55
4.3	คุณลักษณะของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกัก น้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง	66
4.4	คุณลักษณะของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกัก น้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง	78

ตาราง หน้า

4.5 คุณลักษณะของน้ำเสียที่ผ่านระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง.....90
4.6 คุณลักษณะของน้ำเสียที่ผ่านระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง.....96
4.7 ประสิทธิภาพการบำบัดรวมของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 ระบบ.....102
4.8 ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติ.....110
4.9 ค่าดำเนินการแลบำรุงรักษาระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติ.....110
4.10 ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาดใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง……..……111
4.11 ค่าดำเนินการดูแลบำรุงรักษาระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาดใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง.....111
4.12 ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบถังเกรอะ-ถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาดใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง.....112
4.13 ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบถังเกรอะ-ถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาดใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง.....112
4.14 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระบบทั้ง 3 ระบบ ในระยะเวลา 10 ปี.....113
4.15 ค่าเฉลี่ยและค่าความเป็นไปได้ร้อยละ 50 ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บน้ำเสียรวม 36 ชั่วโม.....115
4.16 คุณลักษณะน้ำทิ้งของแนวทางการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากตลาดสดติดริมน้ำ.....115

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ-ถังกรองทั้งแบบไร้อากาศและเติมอากาศสัมผัส....10

2.2 ระบบถังเกรอะ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัส....11

2.3 ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัส....11

2.4 ขั้นตอนของปฏิกิริยาไร้อากาศ....13

2.5 ระบบถังเกรอะ....24

2.6 ลักษณะตัวกลางที่ใช้ในถังกรองไร้อากาศ....26

2.7 ถังกรองไร้อากาศ....27

2.8 หลักการบำบัดน้ำเสียของระบบกรองชีวภาพจมน้ำ....30

2.9 ฟิล์มจุลินทรีย์บนผิวตัวกลางของระบบใช้อากาศ....30

2.10 การเพิ่มความหนาของชั้นฟิล์มจุลินทรีย์....32

2.11 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในชั้นฟิล์มจุลินทรีย์....32

2.12 กระบวนการกำจัดอินทรียวัตถุของระบบจุลินทรีย์เกาะผิวตัวกลาง....33

3.1 ระบบบำบัดแบบที่ 1 ถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส....49

3.2 ตัวกลาง....49

3.3 ระบบบำบัดแบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด....50

4.1 อุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติ....56

4.2 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส....56

4.3 ค่าโออาร์พีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส....58

4.4 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส.... 58

4.5 ปริมาณของแข็งละลายแขวนลอยของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส....59

4.6 ปริมาณของแข็งตะกอนหนักของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส....59

ภาพประกอบ หน้า

4.7 ค่าบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส..... 61
4.8 ปริมาณซัลไฟด์ของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส.....61
4.9 ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส..... 62
4.10 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส..... 62
4.11 ปริมาณน้ำมันและไขมันของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส..... 63
4.12 ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส.....63
4.13 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส.....65
4.14 อุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกัก น้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง.....67
4.15 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง...……...67
4.16 ค่าโออาร์พีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง….....69
4.17 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง.....69
4.18 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง.....71
4.19 ปริมาณของแข็งตะกอนหนักของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง.....71
4.20 ค่าบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง.....72

ภาพประกอบ หน้า

4.21 ปริมาณซัลไฟด์ของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลา การเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง.....72
4.22 ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย รวม 36 ชั่วโมง.....73
4.23 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย รวม 36 ชั่วโมง.....73
4.24 ปริมาณน้ำมันและไขมันของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย รวม 36 ชั่วโมง.....75
4.25 ลอการิทึมของปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มของน้ำเข้าและน้ำออกของ ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย รวม 36 ชั่วโมง.....76
4.26 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง.....76
4.27 อุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง.....79
4.28 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง..... 79
4.29 ค่าโออาร์พีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกัก น้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง.....81
4.30 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย รวม 48 ชั่วโมง.....81
4.31 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย รวม 48 ชั่วโมง.....83

ภาพประกอบ หน้า

4.32 ปริมาณของแข็งตะกอนหนักของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง....83
4.33 ค่าบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง....84
4.34 ปริมาณซัลไฟด์ของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกัก น้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง....84
4.35 ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง....86
4.36 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง....86
4.37 ปริมาณไขมันและน้ำมันของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง....87
4.38 ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง....88
4.39 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง....88
4.40 คุณภาพน้ำในรูปบีโอดีผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง....91
4.41 คุณภาพน้ำในรูปของแข็งแขวนลอยผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง....91
4.42 คุณภาพน้ำในรูปปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง....92
4.43 คุณภาพน้ำในรูปของแข็งตะกอนหนักผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง....93

ภาพประกอบ หน้า

4.44 คุณภาพน้ำในรูปทีเคเอ็นผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง....93
4.45 คุณภาพน้ำในรูปไขมันและน้ำมันผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง....94
4.46 คุณภาพน้ำในรูปซัลไฟด์ผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง....95
4.47 คุณภาพน้ำในรูปบีโอดีผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศ ระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง....97
4.48 คุณภาพน้ำในรูปของแข็งแขวนลอยผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง....97
4.49 คุณภาพน้ำในรูปปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง....98
4.50 คุณภาพน้ำในรูปปริมาณของแข็งตะกอนหนักผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง....99
4.51 คุณภาพน้ำในรูปทีเคเอ็นผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศ ระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง....99
4.52 คุณภาพน้ำในรูปไขมันและน้ำมันผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง....100
4.53 คุณภาพน้ำในรูปซัลไฟด์ผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศ ระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง....101
4.54 ประสิทธิภาพการบำบัดรวมของระบบบำบัดทั้ง 3 ระบบ....103

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

การบำบัดน้ำเสียชุมชนได้รับความสนใจมากขึ้น เพราะน้ำเสียชุมชนเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของแม่น้ำลำคลอง ถึงแม้ว่าน้ำเสียชุมชนมีความสกปรกต่ำ แต่ก็มีปริมาณมากและเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่มีปริมาณมากที่สุดของประเทศ โดยเฉพาะน้ำเสียจากที่พักอาศัยของชุมชนริมน้ำจะส่งผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมสูง เพราะน้ำเสียจากที่พักอาศัยของชุมชนริมน้ำถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองโดยตรง และปราศจากการบำบัด เกิดความสกปรกค่อนข้างสูงในแหล่งน้ำ จากสาเหตุดังกล่าว ทำให้จำเป็นที่จะต้องพิจารณาการบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยของชุมชนริมน้ำอย่างจริงจัง

ในปัจจุบัน ของเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ยิ่งนับวันยิ่งก่อให้เกิดปัญหามลพิษมากขึ้น ยิ่งชุมชนที่มีความหนาแน่นของประชากรมากเท่าใดก็ยิ่งก่อให้เกิดปัญหามลพิษมากขึ้น แหล่งน้ำเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ มนุษย์ได้ใช้น้ำในการทำกิจกรรมต่างๆ น้ำเสียจากตลาดสดที่มีที่ตั้งติดริมน้ำเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของลำน้ำ เนื่องจากมีการทิ้งน้ำเสียจากตลาดสดที่ติดริมน้ำลงสู่แม่น้ำโดยตรง โดยปราศจากการบำบัดก่อนที่จะทำการปล่อยลงสู่แม่น้ำ โดยน้ำเสียที่เกิดจากตลาดสดจะมีองค์ประกอบจำพวกอินทรีย์สารสูง ทำให้เกิดความสกปรกง่าย และเกิดปัญหาการเน่าเสียตามมา จากสาเหตุที่กล่าวมาจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะมีการพิจารณาอย่างจริงจังเกี่ยวกับ การบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้รับความสนใจมากขึ้นเพราะน้ำเสียชุมชนเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของแม่น้ำลำคลอง ถึงแม้ว่าน้ำเสียชุมชนมีความสกปรกต่ำ แต่ก็มีปริมาณมากซึ่งทำให้เป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่มีปริมาณมากที่สุดของประเทศ โดยเฉพาะน้ำเสียจากที่พักอาศัยของชุมชนริมน้ำจะส่งผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมสูง เพราะน้ำเสียจากที่พักอาศัยของชุมชนริมน้ำถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองโดยตรง และปราศจากการบำบัด เกิดความสกปรกค่อนข้างสูงในแหล่งน้ำ จากสาเหตุดังกล่าว ทำให้จำเป็นที่จะต้องพิจารณาการบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยของชุมชนริมน้ำอย่างจริงจัง

วิธีการบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันมีหลายวิธี เช่น ระบบแอคทิเวทเตดสลัดจ์ ระบบเครื่องกรองไหลริน เป็นต้น ซึ่งระบบเหล่านี้เป็นระบบที่บำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังมีระบบบำบัดน้ำเสียอีกระบบหนึ่ง ที่ได้รับความสนใจมาก คือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ

(Anaerobic Filter) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่ต้องเติมอากาศและระบบนี้มีความนิยมแพร่หลายมากขึ้นในปัจจุบัน เพราะเป็นระบบบำบัดที่ประหยัดพลังงานที่ใช้ในการเติมอากาศ และการออกแบบและจัดสร้างระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการจัดการก่อสร้างและดำเนินการ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่ต้องเติมอากาศ ทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศ โดยสามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้ร้อยละ 40-60 สารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำเสียจะถูกกำจัดหรือย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนและระบบนี้ใช้ตัวกลาง (Media) เป็นตัวช่วยในการยึดเกาะของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกวน (Mixing) ได้ นอกจากนี้ระบบยังให้พลังงานในรูปของก๊าซมีเทน (Methane Gas ; CH_4) ที่นำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงต่อไปได้ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปแบบของถังปฏิกิริยากรองไร้อากาศจนสามารถใช้บำบัดน้ำเสียที่มีความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand ; BOD) ที่มีความเข้มข้นต่ำๆได้ ปัจจุบันมีการออกแบบระบบบำบัดแบบ ถังปฏิกิริยาเพื่อให้เหมาะสมต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ประเภทไม่ใช้ออกซิเจน

สำหรับระบบบำบัดที่ใช้การกรองเติมอากาศสัมผัส เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าแบบถังกรองไร้อากาศธรรมดา และการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียกับตลาดสดติดริมน้ำซึ่งมีเนื้อที่ที่จะทำการสร้างระบบบำบัดน้อย จึงเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสกับระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัส แบบติดตั้งอยู่กับที่ (Onsite System) จึงเป็นระบบบำบัดที่น่าสนใจในการศึกษาวิจัยอย่างยิ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1. เพื่อศึกษาพัฒนาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสีย สำหรับที่พักอาศัยชุมชนริมน้ำ โดยออกแบบติดตั้งระบบ 3 รูปแบบ คือ

1.2.1.1 ระบบถังเกรอะ- กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยในส่วนของถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย 32 ชั่วโมง

1.2.1.2 ระบบระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัส โดยในส่วนของถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

1.2.1.3 ระบบระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยในส่วนถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

1.2.2 เพื่อศึกษาความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อการนำไปใช้

1.2.3 เพื่อเป็นแนวทางการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งตลาดสดติดริมน้ำ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

พัฒนาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียถังเกรอะ-กรองไร้อากาศที่ต่างกันสามแบบคือ

1.3.1 ระบบถังเกรอะ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด โดยในส่วนของถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย 32 ชั่วโมง

1.3.2 ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด โดยในส่วนของถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

1.3.3 ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด โดยในส่วนถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

ระยะเวลาทำการศึกษาประมาณ 3-5 เดือนโดยทำการบำบัดน้ำเสียจากตลาดสดติดริมแม่น้ำจังหวัดพระนครศรีอยุธยา 2 แห่ง จังหวัดนนทบุรี 1 แห่ง ระยะเวลาในการศึกษาประมาณ 3-5 เดือน โดยตลาดสดทั้ง3ได้แก่ 1) ตลาดหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 2) ตลาดเสนา อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 3) ตลาดพิชัย อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสำหรับบำบัดน้ำเสียจากตลาดสดติดริมน้ำ

1.4.2 ช่วยเป็นแนวทางยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งตลาดสดติดริมน้ำ

1.4.3 เป็นแนวทางในการพัฒนาตัวระบบบำบัดในขั้นที่สูงกว่าต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

น้ำจืดในโลกที่นำมาใช้ประโยชน์นั้นเป็นน้ำใต้ดินประมาณ 3,750,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร เป็นน้ำผิวดินประมาณ 126,500 ลูกบาศก์กิโลเมตร แบ่งเป็นแม่น้ำ 1,500 ลูกบาศก์กิโลเมตร นอกนั้นเป็นน้ำในทะเลสาบ หนอง คลอง บึง และความชื้นในดินที่ต้นไม้ใช้รากดูดซับมาปรุงอาหารได้ประมาณ 69,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร เป็นไอน้ำในบรรยากาศประมาณ 13,500 ลูกบาศก์กิโลเมตร

น้ำจืดผิวดินถึงแม้จะมีปริมาณไม่มาก แต่ก็มีการเติมใหม่เสมอจากการกระทำของวงจรน้ำ ในทุกๆปีวงจรน้ำจะเติมน้ำจืดราว 14,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร แต่ประชากรโลกเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ ทำให้เกิดการขยายตัวการผลิตต่างๆที่ต้องใช้น้ำมาก และเป็นผลให้ทำลายแหล่งน้ำลงพร้อมๆกัน สถานการณ์น้ำจืดโลกดูจะเลวร้ายลงเรื่อยๆ เพราะดูเหมือนว่าความเจริญทำให้มีการใช้น้ำเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากสำรวจมีการสรุปออกมาได้ว่า มนุษย์ต้องการน้ำบริโภคเพื่อการยังชีพต่ำสุดเพียง 5 ลิตรต่อวันเท่านั้น สำหรับประเทศไทยคนในชนบทใช้น้ำเฉลี่ยวันละ 50 ลิตรต่อคน ขณะที่คนในกรุงเทพฯใช้น้ำเฉลี่ยวันละ 200 ลิตรต่อคนซึ่งมากกว่าราว 4 เท่า มลพิษทางน้ำดังที่เกิดขึ้นทั่วโลกขณะนี้ได้เป็นตัวชี้ให้เห็นว่ามนุษย์ได้มีการจัดการและการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างไม่เหมาะสม

น้ำจืดที่มนุษย์นำมาใช้สอยทั่วโลกนั้นมีการใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ คือด้านเกษตรกรรมประมาณร้อยละ 73 ด้านอุตสาหกรรมร้อยละ 22 ในบ้านเรือนร้อยละ 5 ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่อยู่ในชนบทใช้น้ำจืดในด้านเกษตรกรรมถึงร้อยละ 93 ใช้ในด้านอุตสาหกรรมและในบ้านเรือนเพียงร้อยละ 2.4 และ4.6 ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าน้ำเป็นปัจจัยในการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต มนุษย์ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคในหลายๆด้าน คุณภาพของแหล่งน้ำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากมีผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ของผู้ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ เมื่อแหล่งน้ำมีคุณภาพเสื่อมโทรมลงจะส่งผลให้การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำนั้นลดน้อยลง และอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชากรได้ โดยระดับความรุนแรงของปัญหาจะขึ้นอยู่กับสภาพความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้นเป็นสำคัญ

แหล่งน้ำจืด แม่น้ำ คูคลอง บึง ทะเลสาบอ่างเก็บน้ำ น้ำบาดาล ถือเป็นแหล่งน้ำจืดที่สำคัญ มีกิจกรรมหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำดังกล่าว ทั้งด้านอุปโภคบริโภค ด้านเกษตรกรรม ด้าน

อุตสาหกรรม ด้านคมนาคมขนส่ง รวมทั้งด้านการประมง และด้านการท่องเที่ยว ดังนั้น เพื่อให้การใช้ประโยชน์แหล่งน้ำดังกล่าวเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และได้ประโยชน์สูงสุดควรจะต้องมีแผนในการอนุรักษ์แหล่งน้ำ ต้นน้ำลำธารที่ชัดเจน และมีการวางแผนการพัฒนาแหล่งน้ำให้เป็นระบบทั้งลุ่มน้ำ รวมทั้งควรทำการปรับปรุงองค์กรในการดำเนินการอนุรักษ์และพัฒนาแหล่งน้ำให้มีการประสานงานและกลไกการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ควรประชาสัมพันธ์ให้ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ตระหนักถึงความสำคัญของแหล่งน้ำที่มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชนของประเทศ ตลอดจนพิจารณาหามาตรการในการจัดสรรเงินที่เก็บจากผู้ใช้น้ำในกิจกรรมด้านต่างๆ กลับไปให้ท้องถิ่นใช้ในการบูรณะและการอนุรักษ์แหล่งน้ำให้มีสภาพสมบูรณ์อย่างยั่งยืน

ประเทศไทยมีแม่น้ำที่สำคัญหลายสายซึ่งแม่น้ำเหล่านี้เป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติอันเป็นต้นกำเนิดของสิ่งมีชีวิตต่างๆ กิจกรรมต่างๆของมนุษย์ในการใช้ประโยชน์จากแม่น้ำนับวันยิ่งก่อให้เกิดปัญหามลพิษมากขึ้นยิ่งชุมชนมีความหนาแน่นของประชากรมากเท่าใดก็ยิ่งก่อให้เกิดปัญหามลพิษมากขึ้น แหล่งน้ำเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการดำเนินชีวิตของมนุษย์น้ำเสียจากตลาดสดที่มีที่ตั้งติดริมน้ำเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิด การเน่าเสียของลำน้ำ ถึงแม้ว่าน้ำเสียมีความสกปรกต่ำ แต่ก็มีปริมาณมาก และเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับแหล่งน้ำธรรมชาติในปี พ.ศ. 2537 คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติจึงได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินขึ้นแต่ความเหรื่อมโทรมยังคงมีต่อไปเมื่อประชากรในประเทศไทยยังคงเพิ่มขึ้นดังนั้นจากสาเหตุที่กล่าวมาจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะมีการพิจารณาอย่างจริงจังเกี่ยวกับ การบำบัดน้ำเสียจากตลาดสดที่มีที่ตั้งติดริมน้ำก่อนที่จะปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมต่อไป

2.1.1 การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย เป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้มีเสถียรภาพดีขึ้นและมีลักษณะสมบัติที่เหมาะสม สามารถระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ

2.1.1.1 น้ำเสีย (Wastewater)

น้ำเสีย (Wastewater) หมายถึง น้ำทิ้งหรือน้ำที่เกิดจากการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ โดยน้ำดังกล่าวได้ผ่านการใช้ประโยชน์ ทำให้น้ำสกปรกขึ้นและปล่อยออกมาเป็นน้ำทิ้ง เช่น การใช้น้ำภายในอาคารบ้านเรือนเพื่อการประกอบอาหาร ชำระล้างร่างกาย และการขับถ่ายของเสีย หรือการใช้น้ำในด้านอุตสาหกรรม ด้านเกษตรกรรม ด้านการค้า และด้านอื่นๆ น้ำเสียจะมีส่วนประกอบที่เป็นสิ่งสกปรกต่างๆเจือปนในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ลักษณะของสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ในน้ำเสียจะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำ ทำให้น้ำเสียที่เกิดจากแต่ละแหล่งมีลักษณะที่แตกต่างกัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

2.1.1.2 แหล่งและประเภทของน้ำเสีย

แหล่งและประเภทของน้ำเสีย ได้แก่

1) น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการใช้น้ำต่างๆในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น การชำระร่างกาย การขับถ่าย การปรุงอาหาร การซักล้าง เป็นต้น น้ำเสียเหล่านี้รวมถึงน้ำเสียจากบ้านเรือน โรงแรม อาคารชุด หอพัก โรงพยาบาล ร้านอาหาร ตลาดสด และน้ำเสียเหล่านี้มักมีสารอินทรีย์ และจุลินทรีย์ โคลิฟอร์ม ปนเปื้อนส่วนใหญ่

2) น้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆของโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท น้ำเสียที่เกิดจากขบวนการผลิตต่างๆ ขบวนการถ่ายเทความร้อน น้ำที่ใช้ล้างถัง หรือภาชนะที่ใช้ในขบวนการผลิต น้ำเสียนี้มีปริมาณและชนิดของสารมลพิษปนเปื้อนแตกต่างกันไปตามประเภทโรงงานอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม อาจกล่าวได้ว่า น้ำเสียจากอุตสากรรมมักปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ หรือสารเคมี และโลหะหนัก

3) น้ำเสียจากเกษตรกรรม (Agricultural Wastewater) เป็นน้ำเสียที่เกิดจากการดำเนินงานทางด้านเกษตรกรรมเช่น น้ำเสียจากฟาร์มสุกร นากุ้ง บ่อเลี้ยงปลา ซึ่งมักปนเปื้อนด้วยมูลสัตว์ และอาหารสัตว์ที่เป็นสารอนินทรีย์ หรือน้ำเสียจากการเพาะปลูกที่อาจปนเปื้อนด้วยสารเคมีปราบศัตรูพืช ปุ๋ยเคมีเป็นต้น

4) น้ำเสียจากสถานทีกำจัดมูลฝอย น้ำเสียประเภทนี้เกิดจากการที่มีการนำมูลฝอยไปกองทิ้งไว้อย่างไม่ถูกวิธี ซึ่งจะเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญชนิดหนึ่ง เนื่องจากมูลฝอยประกอบด้วยเศษอาหาร และของเน่าเสีย เมื่อฝนตกชะล้างลงมาทำให้น้ำเสียไหลปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน และซึมลงสู่น้ำใต้ดินด้วย

5) น้ำเสียแหล่งอื่นเป็นน้ำเสียที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอื่นๆนอกจากที่กล่าวข้างต้น เช่น น้ำเสียที่เกิดจากขบวนการคมนาคมขนส่ง การบริการ การก่อสร้างและการรื้อถอน การพาณิชย์ การล้างถนน อาคาร รถยนต์ และน้ำเสียจากกิจกรรมแพปลา ท่าเทียบเรือประมง เป็นต้น

ซึ่งในการวิจัยในที่นี้จะกล่าวถึง น้ำเสียจากชุมชน เท่านั้น

น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater) ได้แก่ น้ำเสียจากบ้านพักอาศัย อาคาร ร้านค้า ตลาด โรงแรม โรงพยาบาล ฯลฯ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้น้ำสำหรับชำระร่างกาย ประกอบอาหาร การซักล้าง เป็นต้น น้ำเสียจากชุมชนส่วนมากจะมีสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

ในปัจจุบัน ชุมชนเมืองส่วนใหญ่กำลังประสบปัญหามลพิษของแหล่งน้ำ ที่เกิดจากการระบายน้ำเสียจากชุมชนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือแหล่งรองรับน้ำ ที่เป็นผลจากการพัฒนาชุมชนและการขยายตัวอย่างรวดเร็วโดยปราศจากการวางแผนรองรับ และการดำเนินการป้องกันด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมภายในชุมชน ทำให้แหล่งน้ำเกิดสภาพเน่าเสีย และเสื่อมโทรมอย่างรุนแรง

น้ำเสียจากชุมชน มีธาตุอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่สำคัญในการเจริญเติบโตของพืชน้ำ เช่น สาหร่าย และตะไคร่น้ำ เมื่อพืชเหล่านี้ตายลงจะทำให้น้ำเน่าเสียมากขึ้น และซากพืชกับตะกอนทับถมกันจนทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินอีกด้วย

การแก้ไขปัญหาน้ำเสียชุมชนจำเป็นจะต้องมีการวางแผนการเป็นระบบ และจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องทั้งจากประชาชนผู้อาศัยในชุมชนที่ก่อให้เกิดมลพิษนั้น และหน่วยงานราชการต่างๆ ที่มีหน้าที่รับผิดชอบปัญหามลพิษในแหล่งน้ำ ที่เกิดจากการระบายน้ำเสียจากบ้านเรือนในชุมชนลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง ที่ปราศจากการบำบัดเพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำทิ้งให้อยู่ในระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

2.1.1.3 ผลกระทบของน้ำเสีย

น้ำเสียจากด้านเกษตรกรรม ด้านอุตสาหกรรม และน้ำเสียจากชุมชน ตลอดจนน้ำเสียตามธรรมชาติที่น้ำฝนชะล้างสิ่งสกปรกลงในแหล่งน้ำทั้งที่เป็นน้ำนิ่งและน้ำไหล หากมีปริมาณไม่มาก ธรรมชาติจะสามารถทำให้แหล่งน้ำเหล่านั้นคงคุณภาพตามสภาพเดิมได้ เช่น จากการที่น้ำเสียสัมผัสกับอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจน และแสงแดดเพื่อฆ่าเชื้อโรค หรือการซึมลงดินและการเจือจางโดยน้ำสะอาดตามธรรมชาติ

ในสภาพปัจจุบันปริมาณน้ำเสียเพิ่มขึ้นตามการเติบโตของชุมชน และการพัฒนาทางด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมจนเกินกว่าที่ธรรมชาติจะคงคุณภาพน้ำตามธรรมชาติได้ น้ำในแม่น้ำลำคลองกลายเป็นน้ำโสโครกที่น่ารังเกียจและอันตราย รวมทั้งน้ำในลำคลองของกรุงเทพมหานครมีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีดำ ส่งกลิ่นเหม็นมีเศษขยะลอยหรือทับถมอยู่ที่ริมคลอง

สารอินทรีย์ทั้งที่เป็นสารละลายและสารแขวนลอย ส่วนใหญ่มาจากชุมชนและจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท โดยเป็นสารจำพวกคาร์โบไฮเดรต ไขมัน น้ำมันและโปรตีน สารอินทรีย์

เหล่านี้มีการย่อยสลายตามธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ จุลินทรีย์บางชนิดที่ต้องการใช้ออกซิเจนในการช่วยย่อยสลาย ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหรือค่าดีโอลดลง น้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลาจะไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ และถ้าต่ำถึง 0 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำจะเป็นสีดำ ส่งกลิ่นเหม็น นอกจากนี้สารอนินทรีย์ที่สำคัญที่มาจากน้ำชุมชน ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เมื่อระบายลงแหล่งน้ำในปริมาณมาก จะทำให้พืชน้ำจำพวกสาหร่ายเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็ว ประมาณกันว่าเมื่อมีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส 1 กิโลกรัม สามารถทำให้สาหร่ายเติบโตได้ถึง 700 กิโลกรัมในเวลาอันรวดเร็วสาหร่ายจะดึงออกซิเจนจากน้ำไปใช้ทำให้สัตว์น้ำและพืชใต้น้ำอื่นๆขาดอากาศหายใจถึงตายได้

เชื้อโรคในแหล่งน้ำที่เป็นมลพิษเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้น้ำเสียเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ โรคที่เกิดจากแหล่งน้ำที่เป็นมลพิษเหล่านี้ ก่อให้เกิดอหิวาตกโรค โรคบิด โรคไข้รากสาด และโรคอุจจาระร่วง ประชากรในโลกที่สามปีหนึ่งๆเสียชีวิตถึงประมาณ 25 ล้านคน เนื่องจากเชื้อโรคจากแหล่งน้ำที่เป็นมลพิษทางน้ำเหล่านี้

2.1.1.4 ปริมาณและลักษณะสมบัติน้ำเสีย (Wastewater Quantity and Charcteristics)

ในการพิจารณาเกี่ยวกับปัญหาน้ำเสียในด้านระดับความรุนแรงของปัญหาและในการจัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียนั้น สิ่งสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณา คือ ปริมาณ และลักษณะของน้ำเสีย

ปริมาณและลักษณะของน้ำเสียจะพิจารณาจากลักษณะของการใช้น้ำ ประเภทของอาคาร นอกจากนี้องค์ประกอบอื่นก็มีผลต่อปริมาณและลักษณะสมบัติของน้ำทิ้ง คือระบบประปา และระดับค่าครองชีพของคนในชุมชน กล่าวคือในชุมชนที่มีระบบประปาทั่วถึงจะระบายน้ำเสียมากกว่าชุมชนที่ไม่มีระบบประปา พบว่ามีน้ำเสียระบายออกมามากประมาณร้อยละ 70-80 ของน้ำประปาที่ใช้และชุมชนที่มีระดับค่าครองชีพสูงจะมีปริมาณและลักษณะน้ำเสียแตกต่างจากชุมชนที่มีระดับค่าครองชีพต่ำ

ลักษณะของน้ำเสียทุกประเภท มีลักษณะสำคัญ 3 ประการที่จะต้องพิจารณา คือ

- ลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristic)
- ลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristic)
- ลักษณะทางชีวภาพ (Biological Characteristic)

จากการสำรวจน้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล โดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (เดิม) พ.ศ.2530 ปริมาณน้ำเสียที่มาจากที่พักอาศัย มีอัตราการไหลและลักษณะของน้ำเสียจากบ้านที่พักอาศัย ดังตารางที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 อัตราการไหลของน้ำเสียจากบ้านที่พักอาศัย (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

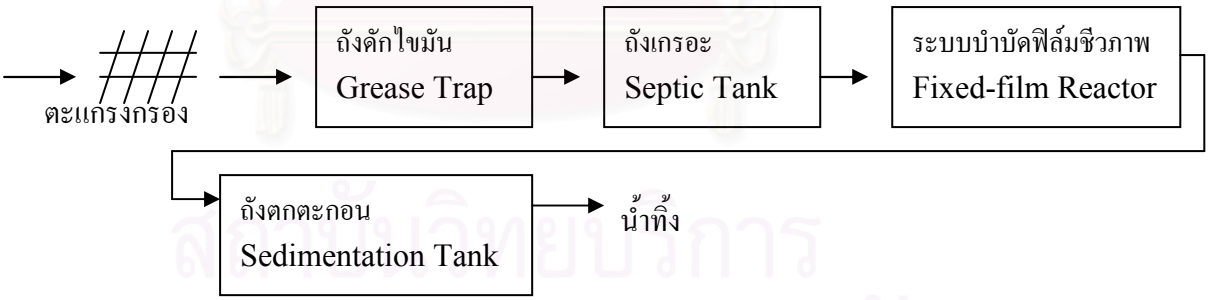
ประเภทน้ำเสีย	พิสัยอัตราการไหล (ลิตร/คน-วัน)	เฉลี่ยอัตราการไหล (ลิตร/คน-วัน)
น้ำเสียจากส้วม	15-25	20
น้ำเสียจากห้องอาบน้ำ		
- ตักอาบ	90-110	100
- ฝักบัว	55-75	65
น้ำเสียจากการซักผ้า		
- ด้วยมือ	45-55	50
- ด้วยเครื่อง	15-25	20
น้ำเสียจากครัว	40-50	45
รวม	125-240	150-215(180)

ตารางที่ 2.2 ลักษณะของน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

สิ่งปะปน (มิลลิกรัม/ลิตร)	น้ำเสียจากส้วม	จากห้องอาบน้ำ		จากการซักผ้า		จากครัว	
		ตักอาบ	ฝักบัว	ด้วยมือ	เครื่อง	ผ่านตะแกรง	ไม่ผ่าน
พีเอช (ไม่มีหน่วย)	7.7	7.1	7.0	7.2	7.7	7.2	6.3
ซีโอดี	1,500	230	400	200	460	960	2,900
บีโอดี	700	120	260	70	150	540	1,800
ไนโตรเจน	300	8	38	14	12	18	120
ฟอสเฟต	24	6	1	10	24	13	90
ของแข็งแขวนลอย	560	45	80	60	55	210	1,200
น้ำมัน และไขมัน	540	400	480	500	520	500	2,700

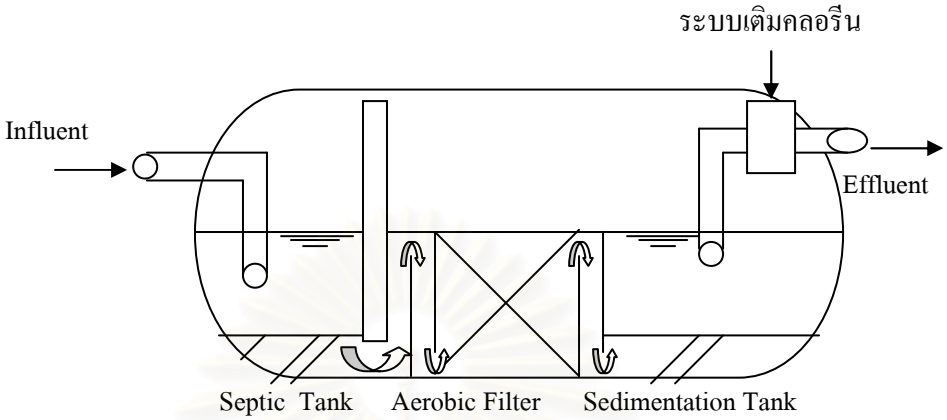
2.1.2 ระบบบำบัดร่วมถังกรองแบบไร้อากาศและเติมอากาศสัมผัส

ระบบบำบัดร่วมที่ใช้กระบวนการบำบัดไร้อากาศร่วมกันกับกระบวนการบำบัดแบบเติมอากาศสัมผัส คือต้องการนำเอาข้อดีของทั้งสองระบบคือแบบไร้อากาศกับแบบเติมอากาศสัมผัสมาใช้ ข้อดีหลักใหญ่ๆของระบบแบบไร้อากาศคือไม่ใช้พลังงานไฟฟ้า และมีสลัดจ์เกิดขึ้นน้อย ส่วนข้อดีหลักใหญ่ๆของระบบแบบเติมอากาศสัมผัสคือ ได้คุณภาพน้ำทิ้งที่โดยปกติจะได้มาตรฐาน ดังนั้นการรวมระบบบำบัดทั้งสองจึงเป็นระบบบำบัดที่เหมาะสมอย่างยิ่ง ระบบบำบัดร่วมนี้ยังสามารถกำจัดสารไนโตรเจนออกจากน้ำเสียได้อีกด้วยคือ เมื่อน้ำเสียถูกเติมอากาศจนเกิดไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงประกอบไนโตรเจนไปเป็นไนไตรต์และไนเตรต จากนั้นนำน้ำที่ผ่านถังกรองใช้อากาศสูบกลับมาที่ถังกรองไร้อากาศ อาจทำให้เกิดดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียวิธีนี้จะมีประโยชน์และเหมาะสมกับน้ำเสียชุมชนหรือน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน



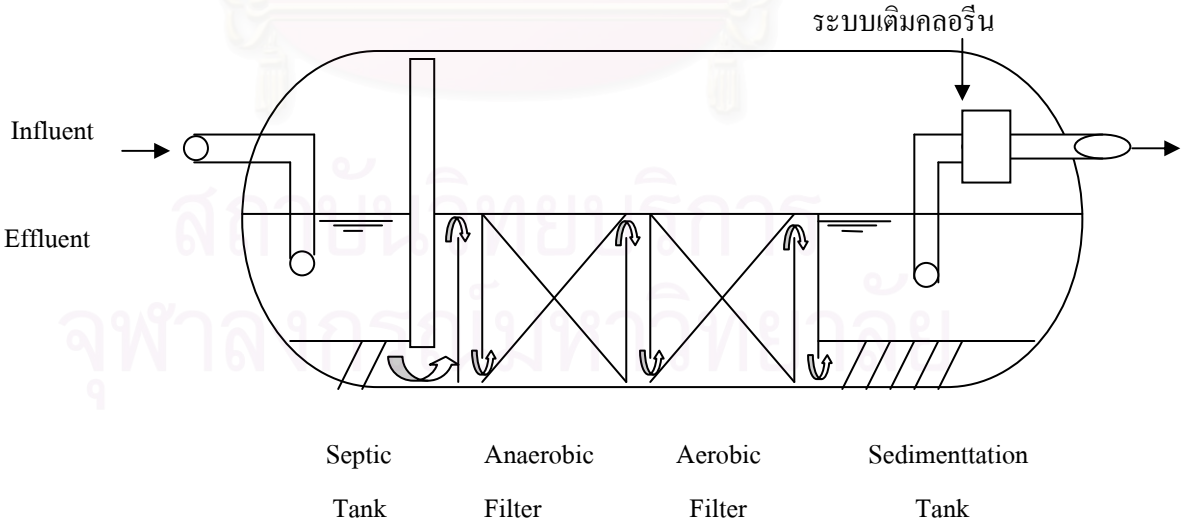
รูปที่ 2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะ-ถังกรองทั้งแบบไร้อากาศและเติมอากาศสัมผัส

ระบบถังเกรอะ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ระบบถังเกรอะ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัส

ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัส

2.1.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการไร้อากาศ

การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการไร้อากาศ เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ โดยใช้จุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย ดูดซับ เปลี่ยนรูปของมลสารต่างๆในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกน้อยลง มลสารในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์เปลี่ยนให้เป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์ เนื่องจากปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการไร้อากาศจะให้พลังงานน้อย เซลล์ของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นใหม่จึงมีจำนวนไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการที่ใช้อากาศ

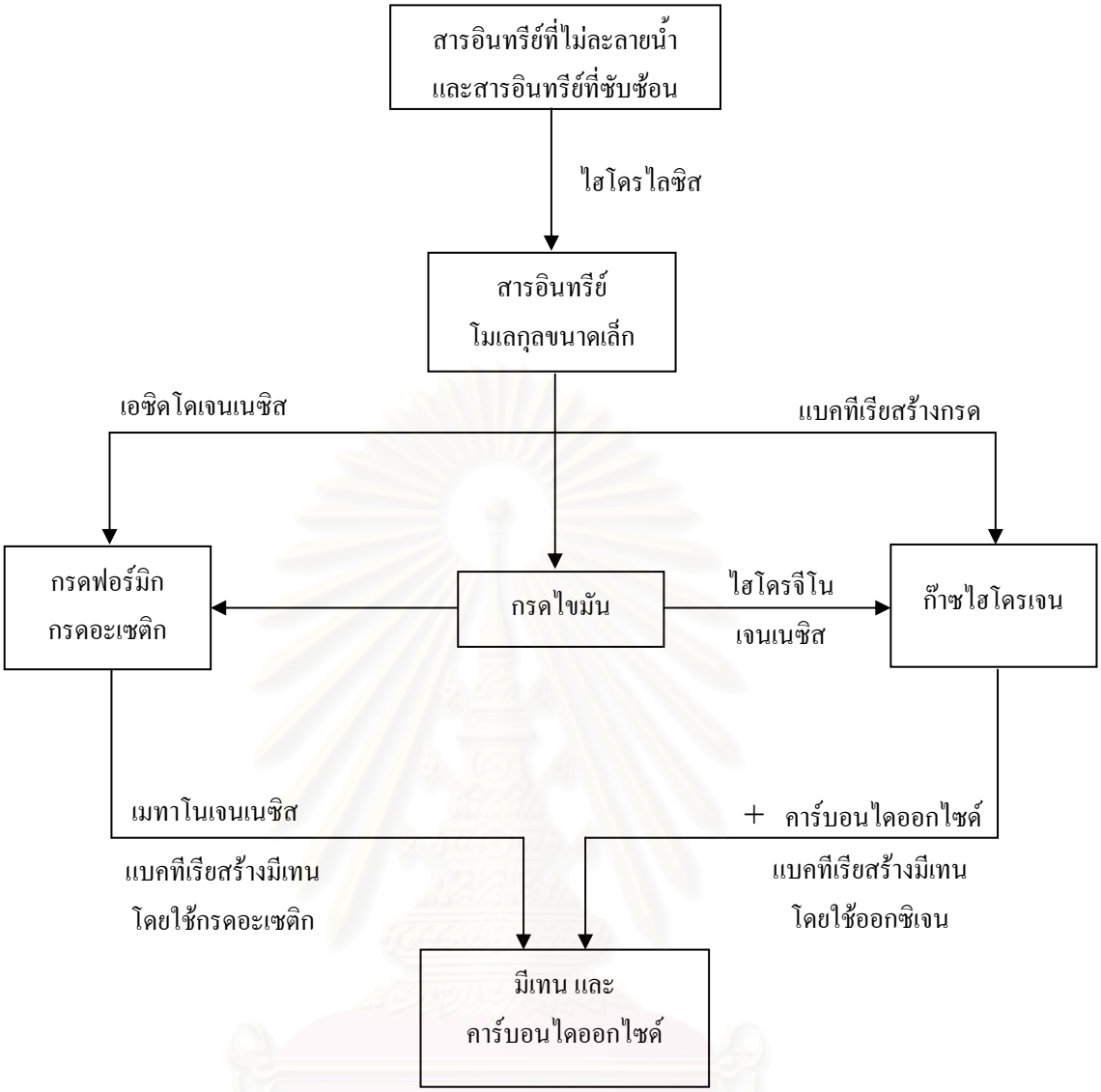
2.1.3.1 ชีวเคมีและจุลชีววิทยาของกระบวนการไร้อากาศ (มั่นสิน, 2542)

ปฏิกิริยากระบวนการไร้อากาศมีกลไกพื้นฐาน คือ ปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิเดชัน-รีดักชัน หรือปฏิกิริยารีด๊อกซ์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอีเล็กตรอนเกิดขึ้นระหว่างสารให้อิเล็กตรอนและสารรับอิเล็กตรอน สารอินทรีย์หรือมลสารในน้ำเสียทำหน้าที่เป็นสารให้อิเล็กตรอน (เนื่องจากมีพลังงานสูง) และสารอื่นที่อยู่ในน้ำทำหน้าที่เป็นสารรับอิเล็กตรอน ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนเตรต หรือซัลเฟต การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการไร้อากาศเป็นกระบวนการขั้นต้นที่ใช้ลดความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เหลือน้อยลง อีกทั้งเป็นกระบวนการที่ประหยัดพลังงานและสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

ในถังย่อยไร้อากาศสารอินทรีย์ขนาดเล็กถูกส่งผ่านเข้าไปในเซลล์เมมเบรนของแบคทีเรีย ส่วนสารอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ต้องถูกย่อยด้วยเอนไซม์ให้มีขนาดเล็กก่อน จึงจะสามารถส่งผ่านเข้าไปในเซลล์ได้ และจะถูกออกซิไดซ์หลายๆครั้งจนกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทน การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศมีหลายขั้นตอนดังรูปที่ 2.4

ปฏิกิริยาที่ใช้ลดขนาดของสารอินทรีย์เพื่อให้สามารถนำเข้าไปในเซลล์ได้ ส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (Hydrolysis) โดยจะใช้เอนไซม์ที่ปล่อยออกมาจากเซลล์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โมเลกุลขนาดเล็กที่เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจะถูกใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงานของแบคทีเรีย โดยผ่านกระบวนการเฟอร์เมนเตชัน (Fermentation) โดยผลสุดท้ายจะมีทั้งสารที่อยู่ในรูปรีดิวซ์และรูปออกซิไดซ์

ผลิตผลส่วนใหญ่ที่เป็นรูปออกซิไดซ์ ได้แก่ กรดอินทรีย์ระเหย (Volatide Acids) ที่มีคาร์บอนไม่เกิน 5 อะตอม ปฏิกิริยาในการสร้างกรดอินทรีย์เหล่านี้เรียกว่า เอซิดโดเจนเนซิส (Acidogenesis) และแบคทีเรียที่ทำหน้าที่นี้ เรียกว่า แบคทีเรียสร้างกรด



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนของปฏิกิริยาไร้อากาศ (มั่นสิน, 2542)

ส่วนผลิตผลที่เป็นรูปรีดิวซ์เป็นสารอินทรีย์หลายประเภทที่มีปริมาณแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียและสภาวะแวดล้อมของถังปฏิกิริยา ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียสร้างกรดบางชนิดสามารถใช้อิออนไฮโดรเจนเป็นสารรับอีเล็กตรอน (แทนสารอินทรีย์) และเกิดเป็นโมเลกุลของไฮโดรเจนเป็นผลสุดท้ายของปฏิกิริยา

นอกจากนี้แบคทีเรียบางชนิดสามารถใช้กรดอินทรีย์ขนาดใหญ่ หรือสารอินทรีย์อื่นในการสร้างกรดอะเซติก คาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน ปฏิกิริยานี้เรียกว่า ไฮโดรจีโนเจนเนซิส (Hydrogeno Genesis) เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจนมักสร้างกรดอินทรีย์ได้ แต่ชนิดที่สร้างกรดได้อาจไม่สามารถสร้างไฮโดรเจนได้ จึงถือว่าแบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจนเป็นแบคทีเรียชนิดหนึ่งของแบคทีเรียที่สร้างกรดได้ แบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้เรียกรวมกันว่า แบคทีเรียที่ไม่สร้างมีเทน (Non-Methanogenic Bacteria)

แบคทีเรียประเภทหนึ่งที่สามารถย่อยสลายไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ กรดฟอร์มิก และกรดอะเซติก เพื่อสร้างก๊าซมีเทน แบคทีเรียประเภทนี้เรียกว่า แบคทีเรียสร้างมีเทน (Methanogenic Bacteria)

(1) แบคทีเรียที่ไม่สร้างมีเทน

แบคทีเรียชนิดนี้มี 2 จำพวก คือ แบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Obligate Anaerobes) และแบคทีเรียที่อยู่ได้ทั้งในที่มีและไม่มีออกซิเจนอิสระ (Facultative Anaerobes) โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้จะผลิตไฮโดรเจนจากกรดอินทรีย์ขนาดใหญ่ และทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างแบคทีเรียที่สร้างมีเทนและแบคทีเรียที่สร้างกรดแบบธรรมดา ทั้งนี้เพราะไฮโดรเจนที่สร้างขึ้นหากสะสมตัวอยู่ในถังปฏิกิริยาจะเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจนขึ้นมา แต่ไฮโดรเจนที่ถูกสร้างขึ้นรวมไปถึงกรดอะเซติกและสารอินทรีย์อย่างง่ายที่แบคทีเรียที่ไม่สร้างมีเทนสร้างขึ้น จะกลายเป็นอาหารให้แบคทีเรียที่สร้างมีเทนทำให้ไม่เกิดการสะสมไฮโดรเจนที่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่ไม่สร้างมีเทน

(2) แบคทีเรียที่สร้างมีเทน

แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจะเจริญเติบโตได้ช้า และไวต่อการเปลี่ยนแปลงมาก ด้วยเหตุนี้การศึกษาที่เกี่ยวกับแบคทีเรียที่สร้างมีเทนไม่อาจก้าวหน้าไปได้เท่าที่ควร แบคทีเรียที่สร้างมีเทนและสารอาหารที่ใช้มีดังตารางที่ 2.3 จะเห็นว่าสารอาหารที่กลุ่มแบคทีเรียที่สร้างมีเทนทุกกลุ่มใช้ได้มีเพียงไฮโดรเจนกับคาร์บอนไดออกไซด์และกรดฟอร์มิกเท่านั้น มีเพียงกลุ่มเดียวที่ใช้อะเซติกและเมทานอลได้ และยังพบว่าแบคทีเรียที่สร้างกรดอินทรีย์หลายชนิดและจะสร้างสารอินทรีย์อื่นๆด้วย แต่แบคทีเรียที่สร้างมีเทนต้องการสารอินทรีย์บางอย่างเฉพาะที่เจาะจง เป็นผลทำให้มีสารจำนวนมากตกค้างอยู่ในถังปฏิกิริยา จึงเป็นเหตุผลว่าโดยทั่วไประบบไร้อากาศไม่สามารถลดซีโอดีของน้ำเสียให้เหลือต่ำเท่าระบบใช้อากาศได้

แบคทีเรียที่สร้างมีเทนแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียชนิดนี้เรียกว่า Hydrogenotrophic Methanogen โดยได้คาร์บอนมาจากคาร์บอนไดออกไซด์ และได้พลังงานงานจากไฮโดรเจน ดังสมการ

$$4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O + 32.4 \text{ Kcal.}$$

ตารางที่ 2.3 การจัดหมู่ของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนที่เป็นเชื้อบริสุทธิ์ (Balch et al, 1997)

Genus and species	Substrates
Methanobacterium formiccicum DSM863	H_2,CO_2,Formate
Methanobacterium theroautotrophicum ΔH	H_2,CO_2
Methanobacterium bryantii M.O.H.	H_2,CO_2
Methanobacterium wolfei DSM 2970	H_2,CO_2
Methanobacterium uliginosum P2St	H_2,CO_2
Methanobacterium alcaliphilum WeN4	H_2,CO_2
Methanobrevibacter ruminantium M1	H_2,CO_2,Formate
Methanobrevibacter smithii PS	H_2,CO_2,Formate
Methanobrevibacter aroriphilicus DH1	H_2,CO_2
Methanothermus fervidus DSM 2088	H_2,CO_2
Methanococcus vannielii DSM 1224	H_2,CO_2,Formate
Methanococcus Voltae PS	H_2,CO_2,Formate
Methanococcus thermolithotrophicus DSM 2095	H_2,CO_2,Formate
Methanococcus maripaludis JJ	H_2,CO_2,Formate
Methanococcus jannaschii JAL-1	H_2,CO_2
Methanococcus halophilus INMIZ-7982	Methanol,trimethylamine
Methanospirillum hungatei JF1	H_2,CO_2,Formate
Methanomicrobium mobile BP	H_2,CO_2,Formate
Methanomicrobium paynteri G-2000	H_2,CO_2
Methanogenium cariaci JR1	H_2,CO_2,Formate
Methanogenium mariaci JR1	H_2,CO_2,Formate
Methanogenium thermophilicium CR1	H_2,CO_2,Formate
Methanogenium aggregans MSt	H_2,CO_2,Formate
Methanogenium bourgense MS2	H_2,CO_2,Formate
Methanosarcina barkeri MS	H_2,CO_2,Formate,Trimethylamine,Acetate
Methanosarcina mazei S+6	Methanol,Acetate,Trimethylamine
Methanosarcian acetivorans C2A	H_2,CO_2,Methanol,Trimethylamine,Acetate
Methanosarcian thermophila TM-1	Methanol, Acetate Trimethylamine
Methanoplanus limicola DSM 2279	H_2,CO_2,Formate
Methanococcoides methylutens TMA-10	Methanol,Trimethylamine
Methanolobus tindarius Tindari 3	Methanol,Trimethylamine
Methanothrix soehngenii Opfikon	Acetate
Methanothrix concilii GP6	Acetate
Methanosphaera stadmanae MCB-3	Methanol,H_2

แบคทีเรียชนิดนี้สามารถใช้กรดฟอร์มิกเป็นอาหารได้ เนื่องจากกรดฟอร์มิกสามารถเปลี่ยนเป็นไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ง่าย ดังสมการ

$$HCOOH \rightarrow CO_2 + H_2$$

แบคทีเรียชนิดที่สอง สร้างมีเทนจากการแตกตัวของกรดอะเซติก แบคทีเรียชนิดนี้เรียกว่า Acetoclastic Methanogen ดังสมการ

$$CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2 + 6.71 \text{ Kcal.}$$

ปฏิกิริยาดังกล่าว ให้พลังงานไม่เพียงพอในการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย แบคทีเรียจึงอาศัยพลังงานที่ได้จากการสร้าง ATP ในการดำรงชีวิต เกิดขึ้นโดยใช้พลังงานการเคลื่อนที่ของ H^+ (Proton Motive Force) ผ่านเซลล์เมมเบรน วิธีสร้างพลังงานแบบนี้เรียกว่า Chemosmosis

ขั้นตอนของปฏิกิริยาการย่อยไร้อากาศ

กระบวนการไร้อากาศเกิดขึ้น 4 ขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้

ไฮโดรไลซิส
การสร้างกรด (Acidogenesis)
การสร้างอะเซเตท (Acetogenesis)
การสร้างมีเทน

ขั้นตอนทั้งสี่ ต้องอาศัยแบคทีเรีย 3 ประเภท ได้แก่ แบคทีเรียสร้างอะเซเตท แบคทีเรียสร้างกรด และแบคทีเรียสร้างมีเทน

ขั้นตอนที่ 1 ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

เป็นขั้นตอนการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ให้เป็นสารประกอบโมเลกุลเล็กที่ละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน และกรดไขมันชนิดยาวตามลำดับ โดยสามารถเกิดขึ้นได้ภายนอกเซลล์แบคทีเรียโดยอาศัยเอนไซม์ที่แบคทีเรียปล่อยออกมาใช้ในการย่อยสลาย

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างกรด (Acidogenesis)

ผลผลิตของขั้นตอนที่ 1 จะถูกแบคทีเรียสร้างกรดดูดซึมเข้าไปในเซลล์ เพื่อเป็นอาหารและเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acid) และผลิตคาร์บอนไดออกไซด์กับไฮโดรเจนด้วย

กระบวนการทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลเล็ก ชนิดของผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ ชนิดของสารอาหาร และความดันพาร์เชียลของไฮโดรเจน

ปฏิกิริยาชีวเคมีในขั้นตอนนี้ อาจทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีพีเอชตกลงมีค่าประมาณ 5.0 และหลังจากที่กรดดังกล่าวถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะส่งผลให้พีเอชเพิ่มขึ้นมีค่าประมาณ 6.8-7.4 โดยในการกำจัดบีโอดีหรือซีโอดีของระบบ ในช่วงแรกจะไม่มีการบำบัดมาก คือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าดังกล่าวในช่วงแรก แต่เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการบำบัดบีโอดีหรือซีโอดีได้มากขึ้นพร้อมๆกับการลดลงของกรดไขมันระเหย

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างกรดอะเซติก (Acetogenesis) จากกรดไขมันระเหยอื่นๆ

แบคทีเรียที่สร้างมีเทนต้องการสารอาหารเฉพาะเจาะจง ได้แก่ กรดอะเซติก กรดฟอร์มิก ไฮโดรเจน เมทานอล และเมทธิลามีน (Methylamine) โดยที่กรดไขมันระเหยที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอมไม่อาจใช้เป็นสารอาหารในการผลิตมีเทนได้โดยตรง แบคทีเรียอะเซโตจีนิก (แบคทีเรียสร้างอะเซเตท) มีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวเชื่อมระหว่างขั้นตอนการสร้างกรดและขั้นตอนการสร้างมีเทน แบคทีเรียอะเซโตจีนิค (ผลิตไฮโดรเจนได้) มีความสามารถในการย่อยสลายกรดไขมันระเหยที่มีคาร์บอนต่ำกว่า 2 อะตอมให้กลายเป็นกรดอะเซติก คาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน ภายใต้สภาวะที่ไฮโดรเจนมีความดันพาร์เชียลต่ำกว่า 2×10^{-3} บรรยากาศ และต่ำกว่า 9×10^{-3} บรรยากาศสำหรับการย่อยกรดบิวไทริก และกรดโพรไพโอนิกตามลำดับ

$$CH_3CH_2COOH + 2H_2O \rightarrow CH_3COOH + CO_2 + 3H_2$$

$$CH_3CH_2CH_2COOH + 2H_2O \rightarrow 2CH_3COOH + 2H_2$$

ขั้นตอนนี้เกิดขึ้นได้เฉพาะในสภาวะที่ไฮโดรเจนมีความดันพาร์เชียลต่ำเท่านั้น กรดไขมันระเหยไม่สามารถย่อยสลายกลายเป็นกรดอะเซติกภายใต้สภาวะที่ไฮโดรเจนมีความดันพาร์เชียลสูง

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างมีเทน

กรดอะเซติกและไฮโดรเจนจะถูกแบคทีเรียใช้สร้างก๊าซมีเทนภายใต้สภาวะไร้อากาศ

$$CH_3COOH + H_2O \rightarrow CH_4 + H_2CO_3$$

$$4H_2 + H_2CO_3 \rightarrow CH_4 + 3H_2O$$

กรดอินทรีย์ระเหยที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอม ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นมีเทนได้โดยตรง แบคทีเรียต้องเปลี่ยนกรดอินทรีย์ระเหยต่างๆให้เป็นกรดอะเซติกหรือไฮโดรเจนเสียก่อน จึงจะใช้

ผลิตมีเทนได้ นอกจากกรดอะเซติกและไฮโดรเจนแล้วแบคทีเรียอาจใช้สารอาหารอย่างง่ายอีกเพียงไม่กี่ชนิดในการผลิตมีเทน เช่น เมทานอล กรดฟอร์มิก (HCOOH)

$$4CH_3OH \rightarrow 3CH_4 + CO_2 + 2H_2O$$

$$4HCOOH \rightarrow CH_4 + 3CO_2 + 2H_2O$$

แบคทีเรียสร้างมีเทนจำแนกได้ 3 ชนิด ดังนี้

- Obligate Acetoclastic Methanogen สามารถใช้กรดอะเซติกเป็นแหล่งพลังงานได้เพียงอย่างเดียว

$$CH_3COOH + H_2O \rightarrow CH_4 + H_2CO_3$$

- Obligate Hydrogenotrophic Methanogen (H_2 Utilizer) เป็นแบคทีเรียที่สามารถผลิตมีเทนได้จากไฮโดรเจนเพียงอย่างเดียว โดยไฮโดรเจนเป็นพลังงานและมีคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน

$$4H_2 + H_2CO_3 \rightarrow CH_4 + 3H_2O$$

- Hydrogentrophic/Acetoclastic Methanogen เป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างมีเทนได้จากกรดอะเซติกหรือไฮโดรเจน แต่มักจะใช้ไฮโดรเจนมากกว่า

โดยลักษณะของ Acetoclastic Methanogens มี 2 จำพวก คือ พวก *Methanosarcina* มีลักษณะเป็นแบคทีเรียรูปทรงกลม (Coccoid bacteria) มีระยะเวลาการขยายพันธุ์อีกเท่าตัวประมาณ 1.5 วัน และพวก *Methanosaeta* เป็นแบคทีเรียรูปทุ่น หรือรูปเส้นยาวๆ มีระยะเวลาการขยายพันธุ์อีกเท่าตัวประมาณ 4 วัน ถึงแม้ว่าพวก *Methanosaeta* จะมีระยะเวลาการขยายพันธุ์ช้ามาก แต่กลับเป็นแบคทีเรียกลุ่มหลักในการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

2.1.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการไร้อากาศ

ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ จำเป็นต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในระบบ จึงจะส่งผลให้ปฏิกิริยาชีวเคมีของระบบบำบัดมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศต้องการสภาวะที่เหมาะสมในแต่ละขั้นตอนปฏิกิริยาชีวเคมี ถ้าขั้นตอนใดเกิดความไม่ต่อเนื่อง จะมีผลทำให้ระบบล้มเหลว

(1) อุณหภูมิ โดยปกติอัตราของปฏิกิริยาเคมีจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ 2 ช่วงที่เกิดก๊าซมีเทนได้ดี คือช่วง 30-40 องศาเซลเซียส และช่วง 50-60 องศาเซลเซียส และพบว่าถ้าระบบอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 15-40 องศาเซลเซียส (ช่วง Mesophilic) ก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้นเกือบสองเท่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส

(2) ระดับพีเอช กระบวนการไร้อากาศต้องควบคุมระดับพีเอชให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยปกติแบคทีเรียที่สร้างกรดจะอยู่ในช่วงพีเอช 3.5-6.5 และพีเอชที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียที่สร้างมีเทนอยู่ในช่วง 6.6-7.6 ถ้าพีเอชต่ำกว่า 6.6 จะทำให้เกิดกรดอินทรีย์มากกว่าสภาวะปกติ และเมื่อพีเอชสูงกว่า 7.6 จะทำให้แบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทนมีปริมาณน้อยลง และถ้ามีพีเอชสูงขึ้นถึง 9.0 จะไม่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของน้ำเสียจะน้อยลง และเมื่อพิจารณาร่วมกันควรมีพีเอชประมาณ 7.0 (ระบบบำบัดนี้อาจมีพีเอชเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา)

(3) ระดับสภาพด่างในรูป Alkalinity ระบบจำเป็นต้องมีความสามารถควบคุมระดับพีเอช (buffering capacity) เพื่อรองรับการเกิดกรดระเหยง่าย และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจำเป็นต้องมีค่า Alkalinity มากเกินพอ โดยทั่วไประบบบำบัดไร้อากาศควรมีสภาพด่างประมาณ 1,500- 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าระบบมีระดับพีเอชที่เหมาะสมแล้ว ควรรักษาระดับพีเอชให้คงที่ตลอดระยะเวลาเดินระบบ บางครั้งอาจใช้ระบบควบคุมพีเอชอัตโนมัติด้วยการเติมสารเคมี ได้แก่ ปูนขาว โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น แต่อาจมีสารอื่นๆ ที่ให้ปริมาณ Alkalinity ได้แก่ สบู่ เกลือของกรดอินทรีย์ เป็นต้น ปัจจัยที่สำคัญกว่าระดับสภาพด่าง คืออัตราส่วนของความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ระเหย (มิลลิกรัมต่อลิตรของกรดอะเซติก) ต่อระดับของสภาพด่างไบคาร์บอเนต ถ้าอัตราส่วนนี้น้อยกว่า 0.4 ระบบจะมีความสามารถควบคุมระดับพีเอชสูง

(4) ธาตุอาหาร ธาตุอาหารที่สำคัญในระบบ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โคบอลต์ นิเกิล ระบบนี้มักจะมีรูปของ $C_5H_7NO_2$ โดยมีฟอสฟอรัสประมาณ 0.2 เท่าของไนโตรเจนดังตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 ธาตุอาหารหลักที่มีความจำเป็นสำหรับกระบวนการไร้อากาศ (Speece, 1996)

ธาตุอาหารหลัก	ปริมาณที่ต้องการ (มก./กรัมซีโอดี)	ปริมาณสูงสุด (มก./ล.)	รูปแบบสารประกอบในระบบ
ไนโตรเจน	5-15	50	NH_3, NH_4Cl, NH_4HCO_3
ฟอสฟอรัส	0.8-2.5	10	NaH_2PO_4
ซัลเฟอร์	1-3	5	$MgSO_4.7H_2O$

ตารางที่ 2.5 ธาตุอาหารรองที่มีความจำเป็นสำหรับกระบวนการไร้อากาศ (Speece, 1996)

ธาตุอาหารรอง	ปริมาณที่ต้องการ (มก./กรัมซีโอดี)	ปริมาณสูงสุด (มก./ล.)	รูปแบบสารประกอบในระบบ
เหล็ก (Fe)	0.03	10	$FeCl_2.4H_2O$
โคบอลต์ (Co)	0.003	0.02	$CoCl_2.2H_2O$
นิกเกิล (Ni)	0.004	0.02	$NiCl_2.6H_2O$
สังกะสี (Zn)	0.02	0.02	$ZnCl_2$
ทองแดง (Cu)	0.004	0.02	$CuCl_2.2H_2O$
แมงกานีส (Mn)	0.004	0.02	$MnCl_2.4H_2O$
โมลิบดินัม (Mo)	0.004	0.05	$NaMoO_4.2H_2O$
ซีลีเนียม (Se)	0.004	0.08	Na_2SeO_3
ทังสเตน (W)	0.004	0.02	$NaWO_4.2H_2O$
โบรอน (Bo)	0.004	0.02	H_3BO_3

แอมโมเนียเป็นธาตุอาหารที่มีในกระบวนการไร้อากาศ โดยที่ปริมาณแอมโมเนียมีผลต่อการหมักเกิดก๊าซมีเทนดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ผลของแอมโมเนียที่มีต่อกระบวนการหมักเกิดก๊าซมีเทนในกระบวนการไร้อากาศ (McCarty, 1964)

ผลของสารแอมโมเนียในระบบบำบัด	แอมโมเนีย, มก./ล. ของ N
เป็นประโยชน์	50-200
ไม่มีผลกระทบ	200-1000
มีประสิทธิภาพลดลงที่พีเอชสูงๆ	1500-3000
เป็นพิษ	> 3000

(5) โออาร์พี เป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับปฏิกิริยารีด๊อกซ์ (Redox) พารามิเตอร์นี้วัดปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากการถ่ายเทอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในน้ำ ค่าโออาร์พีจะเป็นบวกในน้ำที่มีออกซิเจนหรือไนเตรต และมีค่าเป็นลบในน้ำเสียที่ปราศจากออกซิเจน กระบวนการไร้อากาศที่ทำงานได้ดีจะต้องมีค่าโออาร์พีอยู่ในช่วง -300 ถึง -500 มิลลิโวลท์ ถ้าค่าโออาร์พีมีค่าเป็นลบน้อยๆหรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยาย่อยไร้อากาศเกิดขึ้นน้อย ค่าโออาร์พีของปฏิกิริยาในการบำบัดน้ำเสียมีดังตารางที่ 2.7 โดยปกติกระบวนการไร้อากาศจะมีค่าโออาร์พีอยู่ในช่วง -150 ถึง -420 มิลลิโวลท์ (เกรียงศักดิ์, 2543)

ตารางที่ 2.7 ค่าโออาร์พีของปฏิกิริยาในการบำบัดน้ำเสีย (มั่นสิน, 2542)

ประเภทของปฏิกิริยา	โออาร์พี (มิลลิโวลท์)
แอโรบิคออกซิเดชัน	+ 300
ไนตริฟิเคชัน	+100
ดีไนตริฟิเคชัน	0
การย่อยไร้ออกซิเจน	
- สร้างกรดอินทรีย์	- 300
- สร้างมีเทน	- 500

(6) ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ กระบวนการไร้อากาศสามารถทำงานได้ดีในช่วงความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ประมาณ 200-400 มิลลิกรัมต่อลิตร (ในรูปของกรดอะเซติก) ปริมาณของกรดอินทรีย์มีความสำคัญน้อยกว่าอัตราการเพิ่มความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ ถ้ามีการเพิ่มอย่างรวดเร็วจะทำให้ระบบเสียสมดุล

(7) การเป็นพิษต่อกระบวนการไร้อากาศ สารพิษ โลหะหนัก และสารอื่นๆที่มีพิษรุนแรงน้อยถึงมาก จะมีผลต่อการบำบัดน้ำเสียมากกว่าปริมาณสารอินทรีย์ที่ไหลเข้าระบบ ผลกระทบของเกลือต่างๆที่มีต่อปฏิกิริยาชีวเคมีของระบบบำบัดแบบไร้อากาศ โดยที่ระดับความเข้มข้นของประจุบวกต่างๆ จะมีผลต่อระบบบำบัดทั้งในด้านการกระตุ้น ยับยั้ง และเป็นพิษต่อระบบดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ผลของสารประจุบวกต่างๆที่มีต่อประสิทธิภาพในกระบวนการไร้อากาศ (McCarty, 1964)

สารประจุบวก	ระดับความเข้มข้น (มก./ล.)		
	ช่วงกระตุ้น	ช่วงยับยั้ง	ช่วงเป็นพิษ
แคลเซียม (Ca)	100-200	2,500-4,500	8,000
แมกนีเซียม (Mg)	75-150	1,000-15,000	3,000
โปแตสเซียม (K)	200-400	2,500-4,500	12,000
โซเดียม (Na)	100-200	3,500-5,500	8,000

ถึงแม้กระนั้น โซเดียมและโปแตสเซียมเป็นสารที่ช่วยลดการเป็นพิษ เนื่องจากสามารถจับสารประจุบวกอื่นๆได้ดี ถ้ามีปริมาณโซเดียมและโปแตสเซียมในปริมาณที่เหมาะสม

สารพวกซัลเฟตสามารถทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ในสภาวะที่ส่งผลให้เกิดซัลไฟด์ขึ้น ในระบบไร้อากาศ ซัลไฟด์เหล่านี้จะไปยับยั้งปฏิกิริยาผลิตก๊าซมีเทน แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. ถ้าหากในระบบมีแบคทีเรียลดออกซิเจนจากซัลเฟต (Sulfate-reducing Bacteria) จะส่งผลทำให้ปริมาณแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ผลิตมีเทนลดลง

2. ถ้าหากระบบมีปริมาณซัลไฟด์มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตรของซัลไฟด์ จะส่งผลทำให้แบคทีเรียที่ทำหน้าที่ผลิตมีเทนลดจำนวนลง

เพราะฉะนั้นจึงควรควบคุมปริมาณซัลเฟตให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม โดยการใช้โลหะทำให้ตกตะกอนผลึกซัลไฟด์ เช่น การเติมเหล็กลงไปเพื่อกำจัดความเป็นพิษของซัลไฟด์ หรือใช้วิธีไล่ก๊าซ (Stripping) หรือการเจือจางน้ำเสีย

โดยปกติโลหะหนักมีผลกระทบต่อระบบบำบัดทุกประเภท โลหะหนักที่ละลายน้ำได้ดี จะมีพิษต่อระบบบำบัดมากกว่าโลหะชนิดที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อย ตัวอย่างเช่น เหล็ก และอลูมิเนียม เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำเป็นส่วนใหญ่ ทำให้สารโลหะหนักนี้ไม่เป็นพิษต่อระบบ แต่สารพวกโครเมียม (Cr^{+6}) เป็นพิษต่อระบบค่อนข้างสูงเพราะละลายน้ำได้ดี แต่เมื่อ Cr^{+6} อยู่ในสภาวะไร้อากาศจะเปลี่ยนไปเป็น Cr^{+3} มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ ทำให้ความเป็นพิษของระบบลดลงอย่างมาก ส่วนโลหะหนักบางชนิดที่ถึงจะมีปริมาณน้อย ได้แก่ ทองแดง สังกะสี และนิกเกิล แต่กลับมีความเป็นพิษต่อแบคทีเรียในกระบวนการไร้อากาศค่อนข้างสูง

การควบคุมโลหะหนักโดยปกติจะอาศัยซัลไฟด์ที่มีอยู่ในระบบ ทำให้ตกตะกอนผลึกรวมกับโลหะหนัก เป็นผลทำให้สามารถกำจัดได้ทั้งซัลไฟด์และโลหะหนักพร้อมๆกันดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกตกตะกอนผลึกรวมกับซัลไฟด์ในรูปต่างๆ (McCarty, 1964)

เกลือซัลไฟด์รูปต่างๆ	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกตกตะกอนผลึกรวมกับซัลไฟด์
ซัลไฟด์ (S^{-2}), 1 มก./ล.	1.8-2.0
โซเดียมซัลไฟด์ปราศจากน้ำ (Na_2S), 1 มก./ล.	0.75-0.84
โซเดียมซัลไฟด์ ($Na_2S.9H_2O$), 1 มก./ล.	0.24-0.27

ภาพรวมของความเป็นพิษต่อกระบวนการไร้อากาศ ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่อง ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 สภาพความเป็นพิษที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องในกระบวนการไร้อากาศ (McCarty, 1964)

สารพิษ	สภาพเป็นพิษที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง	สภาพเป็นพิษที่เกิดขึ้นอย่างไม่ต่อเนื่อง
pH ต่ำๆ	< 6	< 5
pH สูง	มากกว่า 8	> 8.5
แอมโมเนีย, NH^+_4	> 100 กรัมต่อลบ.ม.	> 200 กรัมต่อลบ.ม.
ไฮโดรเจน ซัลไฟด์, H_2S	> 250 กรัมต่อลบ.ม.	> 1,000 กรัมต่อลบ.ม.
ไซยาไนด์, CN^-	> 5 กรัมต่อลบ.ม.	> 100 กรัมต่อลบ.ม.
ไทรคลอโรมีเทน (Trichloromethane)	> 1 กรัมต่อลบ.ม.	> 50 กรัมต่อลบ.ม.
ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	> 100 กรัมต่อลบ.ม.	> 400 กรัมต่อลบ.ม.
นิกเกิล (Ni)	> 200 กรัมต่อลบ.ม.	> 50 กรัมต่อลบ.ม.

2.1.3.3 ถังเกรอะ (Septic Tank)

(1) หลักการ ถังเกรอะเป็นกระบวนการหนึ่งในกระบวนการบำบัดไร้อากาศประเภทหนึ่งในกระบวนการบำบัดไร้อากาศแบบแขวนลอย (Anaerobic Suspended Growth Treatment Processes) ที่มีจุลินทรีย์มากในระบบ ระบบบำบัดประเภทนี้เป็นระบบที่มีจุลินทรีย์แขวนลอยภายในถังบำบัด โดยจุลินทรีย์ที่แขวนลอยจะสัมผัสกับน้ำเสียเพื่อทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ ส่งผลทำให้ค่าบีโอดีในน้ำเสียลดลง โดยที่ถ้าระบบมีปริมาณจุลินทรีย์มากก็จะสามารถบำบัดบีโอดีได้มาก

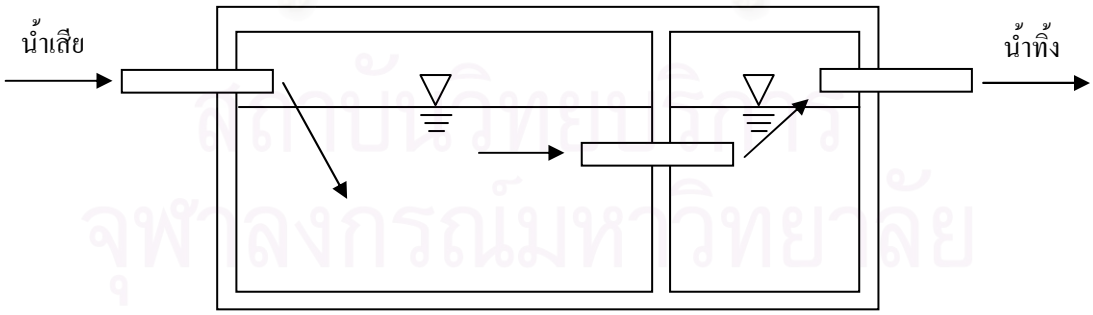
ระบบถังเกรอะ เป็นระบบที่มีมาเป็นเวลานานนับร้อยๆปี อีกทั้งเป็นระบบที่ไม่ได้ใช้เครื่องจักรกลใดๆ ส่วนใหญ่น้ำเสียที่เข้าระบบจะมีองค์ประกอบ ได้แก่ ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก และของแข็งที่ลอยได้ เมื่อน้ำเสียไหลเข้าสู่ระบบถังเกรอะจะมีทั้ง ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ตะกอนหนัก และของแข็งที่ลอยได้ลอยอยู่บนผิวน้ำ

(2) รายละเอียด ในระบบถังเกรอะสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกย่อยสลายแบบกึ่งไม่ใช้อากาศ (Facultative) และย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic) โดยจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสารที่เสถียรและก๊าซ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่อยู่ในระบบจะรวมตัวกับโลหะที่ของแข็งตกทับถมอยู่ภายในถัง จนได้สารที่ไม่ละลายในรูปของโลหะซัลไฟด์ จึงทำให้ไม่ส่งกลิ่นเหม็นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มากนัก และของแข็งที่อยู่ในระบบจะมีปริมาณลดลงโดยกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ ที่ทำการย่อยสลาย

ตลอดเวลา แต่เมื่อเวลาผ่านไปของแข็งส่วนเกินไม่สามารถถูกการย่อยสลายทางชีวภาพได้ทัน ของแข็งส่วนเกินเหล่านั้นจะทับถมจนเกิดการแทนที่ปริมาตรความจุถัง ส่งผลทำให้เกิดปัญหาปริมาตรความจุถังมีน้อยลง ดังนั้นจึงควรทำการสูบของแข็งส่วนเกินออกจากระบบถังเกรอะเป็นครั้งคราว เมื่อใช้ไประยะเวลาหนึ่ง

ระบบถังเกรอะ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียประเภทไร้อากาศที่นิยมใช้กันมากที่สุด เหมาะสมสำหรับอาคารพักอาศัยทั่วไป ที่มีปริมาณน้ำทิ้งไม่มาก การก่อสร้างไม่ยุ่งยาก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย ระบบถังเกรอะอาจสร้างด้วยอิฐ คอนกรีตเสริมเหล็ก ถังไฟเบอร์กลาส ถังพีอี(Polyethylene) หรือถังเหล็ก โดยถังต้องมีความคงทนแข็งแรง ต้องไม่รั่วซึม สามารถทนแรงดันน้ำและแรงดันดินได้เป็นอย่างดี ภายในถังแบ่งการทำงานเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนที่ให้เกิดการทับถมของตะกอน และส่วนที่สองเป็นส่วนที่รอให้ของแข็งแขวนลอยตกตะกอน เพื่อให้น้ำทิ้งมีของแข็งแขวนลอยน้อยที่สุด เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ฝ้าไขลอยมากับน้ำทิ้ง จึงควรเพิ่มท่อน้ำล้นที่เป็นท่อแนวดิ่งเพื่อให้น้ำทิ้งเป็นน้ำทิ้งส่วนที่อยู่บริเวณใต้น้ำลึก 20-30 เซนติเมตร

(3) ข้อดีและข้อเสียของระบบถังเกรอะ ข้อดี คือระบบไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ชำนาญในการดูแลรักษาระบบ ส่วนข้อเสีย คือน้ำทิ้งที่ไหลผ่านระบบถังเกรอะยังมีความสกปรกอยู่มาก โดยในการออกแบบระบบควรให้ระบบมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีร้อยละ 40-50 และประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมดร้อยละ 80 และต้องผ่านเข้าสู่ระบบขั้นต่อไปก่อนที่จะปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ลักษณะของถังเกรอะดังรูปที่ 2.5 และคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบถังเกรอะสำหรับอาคารพักอาศัยดังตารางที่ 2.11



รูปที่ 2.5 ระบบถังเกรอะ(Septic)

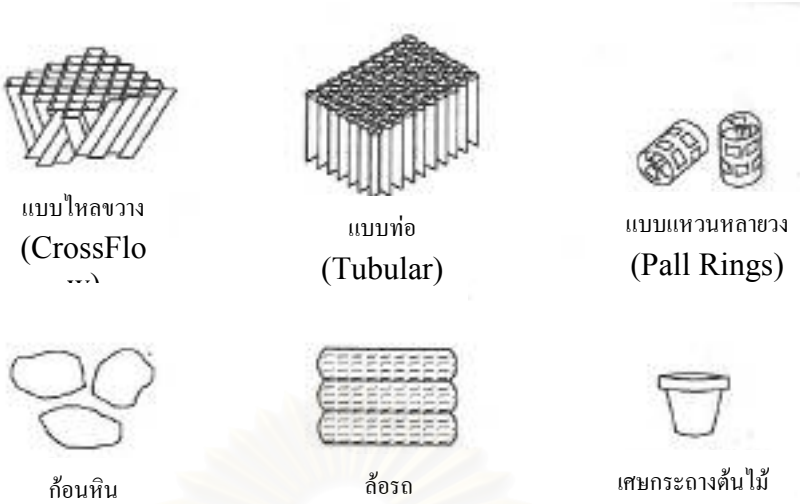
ตารางที่ 2.11 คุณภาพน้ำทิ้งจากถังเกรอะสำหรับอาคารพักอาศัย (เกรียงศักดิ์, 2543)

พารามิเตอร์	ค่าที่วัดได้
pH	7-8.5
DO	0 มิลลิกรัมต่อลิตร
BOD_5	90-380 มิลลิกรัมต่อลิตร
TSS	40-350 มิลลิกรัมต่อลิตร
TS	820 มิลลิกรัมต่อลิตร
ไนโตรเจนทั้งหมด	30-50 มิลลิกรัมต่อลิตร
ไขมัน	50-150 มิลลิกรัมต่อลิตร
ฟอสเฟต	20-30 มิลลิกรัมต่อลิตร
E.coli	10^6-10^8 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร

2.1.3.4 ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)

(1) หลักการ ถังกรองไร้อากาศเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศประเภทหนึ่งในกระบวนการบำบัดไร้อากาศแบบเกาะติด (Anaerobic Attached Growth Treatment Processes) อาศัยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน ทำหน้าที่ย่อยสลายและเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้ออกมาเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ รูปร่างของถังกรองไร้อากาศมีลักษณะเป็นถังปิด ภายในมีตัวกลางโดยมีจุลินทรีย์เกาะอยู่บนผิวตัวกลางภายในถังบำบัดเป็นจุลินทรีย์หลัก และมีจุลินทรีย์บางส่วนลอยอยู่ภายในถังเป็นจุลินทรีย์รอง ระบบนี้สามารถรับการเปลี่ยนแปลงค่าภาระบรรทุกได้มาก

(2) รายละเอียด การวิจัยครั้งนี้ทำการวิจัยเกี่ยวกับถังบำบัดน้ำเสียกรองไร้อากาศฟิล์มตรึง (Fixed-Film Reactor) ระบบนี้เป็นระบบที่สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีสูงๆจนถึงน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีต่ำๆ (ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตรได้) ระบบนี้มีจุลินทรีย์เกาะผิวตัวกลางเป็นหลัก มีลักษณะการเกาะติดเป็นการเกาะติดทางกายภาพ และถ้าจุลินทรีย์ไม่หลุดออกนอกระบบ จะทำให้ระบบนี้มีปริมาณจุลินทรีย์มากพอที่บำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้นอกจากระบบยังสามารถรับการเปลี่ยนแปลงค่าภาระบรรทุกบีโอดีได้ดีแล้ว ระบบยังสามารถที่จะฟื้นประสิทธิภาพในการบำบัดได้เหมือนเดิมภายในเวลาไม่กี่วันหลังจากที่ประสิทธิภาพระบบบำบัดตกลง ลักษณะการทำงานของระบบ คือน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์จะไหลผ่านตัวกลาง ทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ฟิล์มจุลินทรีย์จะหนาขึ้นเรื่อยๆ บางครั้งระบบอาจเกิดการอุดตันและเกิดการไหลลัดวงจรขึ้น ลักษณะตัวอย่างของตัวกลางที่ใช้ในระบบถังกรองไร้อากาศดังรูปที่ 2.6



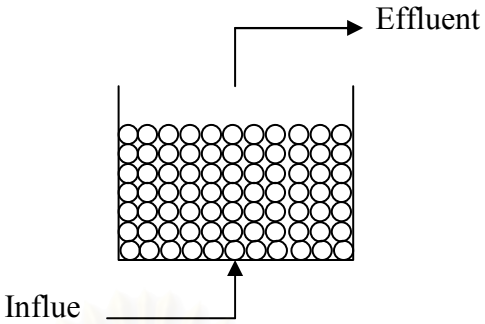
รูปที่ 2.6 ลักษณะตัวกลางที่ใช้ในถังกรองไร้อากาศ (เกรียงศักดิ์, 2543)

ระบบถังแบบฟิล์มตรึง (Fixed-Film Reactor) แบ่งตามการไหลของน้ำเสียได้ 3 แบบ คือ

1. ถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Upflow Anaerobic Filter)
2. ถังกรองไร้อากาศแบบไหลลง (Downflow Anaerobic Filter)
3. ถังกรองไร้อากาศแบบไหลลง-ไหลขึ้น (Downflow-Upflow Anaerobic Filter)

ในการวิจัยครั้งนี้ได้วิจัยเกี่ยวกับถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Upflow Anaerobic Filter) โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.7 โดยจุลินทรีย์จะเกาะติดกับตัวกลางและอยู่ระหว่างช่องของตัวกลางและทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การดูดซับ (Adsortion) การกรอง และปฏิกิริยาการย่อยสลายชีวเคมี ระบบนี้จะใช้เวลาเก็บกักของน้ำเสีย 1-10 วัน โดยรับซีโอดีของน้ำเสียได้ 4-16 กิโลกรัมซีโอดี(ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวกลางที่ใช้ควรเป็นพวกที่ไม่ย่อยสลายได้โดยทางธรรมชาติ ได้แก่ ก้อนหิน พลาสติก อิฐ กระเบื้อง เป็นต้น และตัวกลางที่เป็นกระเบื้องจะมีประสิทธิภาพการบำบัดค่อนข้างดี เพราะว่ากระเบื้องมีพื้นที่ผิวขรุขระมากจุลินทรีย์มีพื้นที่ในการเกาะติดได้มาก

ถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น ส่วนใหญ่จะใช้ตัวกลางที่มีขนาด 20-170 มิลลิเมตร ถ้าใช้ก้อนหินหรือลูกบอลพลาสติกขนาด 20 มิลลิเมตรจะมีช่องว่างประมาณร้อยละ 40 ตัวกลางที่ดี คือมีพื้นที่ผิวมากๆและมีความพรุน (ปริมาตรรวมของช่องว่างในช่องว่างตัวกลางโดยคิดเป็นร้อยละของปริมาตรทั้งหมด) ถ้ามีความพรุนมากจะทำให้ระบบมีจุลินทรีย์แขวนลอยทับถมอยู่ในช่องว่าง ทำให้เกิดการแทนที่น้ำจึงมีขนาดความจุถังน้อยลงและน้ำเสียไหลขึ้นเฉพาะจุด ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง



รูปที่ 2.7 ถังกรองไร้อากาศ (Sykes and Skinner, 1976)

จุลินทรีย์ในระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นจะลอยด้วยความเร็วหรือไหลขึ้นต่ำ ทำให้จุลินทรีย์ที่แขวนลอยไม่หลุดลอยไปกับน้ำทิ้ง ระบบมีแนวโน้มจะเกิดเม็ดตะกอนกลมเช่นเดียวกับถัง Upflow Anaerobic Sludge Blanket นอกจากนั้นก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นจะช่วยการกวนในระบบ มีผลดีในการลดการอุดตันของระบบ

ในบางครั้งน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบมีค่าบีโอดีสูงกว่าปกติ อาจแก้ไขโดยการสูบน้ำทิ้งที่ไหลผ่านระบบถังกรองไร้อากาศแล้วนั้นกลับเข้าสู่ระบบอีกครั้ง เพื่อทำให้บีโอดีผสมมีความเข้มข้นปกติและยังช่วยรักษาระดับพีเอชได้ดีอีกด้วย

ขนาดความลึกของตัวกลางที่ควรมีในระบบไม่ควรมากเกินไป เพราะถ้าขนาดความลึกของตัวกลางมากเกิน 1.50 เมตรอาจเกิดปัญหาอุดตันหรือสูญเสียความดัน (Head Loss)

ตารางที่ 2.12 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนจากอาคารที่ผ่านถังเกรอะด้วยถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Vigneswaran, Balasuriya and Viraraghavan, 1986)

ลักษณะน้ำเสีย	ภาระอินทรีย์เข้า	เวลากักเก็บ	ประสิทธิภาพการกำจัด
120 มิลลิกรัมต่อลิตร BOD_5	0.19 กิโลกรัม BOD_5 ต่อ ม.^{3}ต่อวัน	19 ชั่วโมง	BOD_5 ร้อยละ 28
310 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 170 มิลลิกรัมต่อลิตร TSS	0.5 กิโลกรัม COD ต่อ ม.^{3}ต่อวัน	24 ชั่วโมง	COD ร้อยละ 60 TSS ร้อยละ 70
103 มิลลิกรัมต่อลิตร BOD_5 305 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 67 มิลลิกรัมต่อลิตร TSS	0.04 กิโลกรัม BOD_5 ต่อ ม.^{3}ต่อวัน	38.4 ชั่วโมง	BOD_5 ร้อยละ 28 COD ร้อยละ 23 TSS ร้อยละ 42
240 มิลลิกรัมต่อลิตร BOD_5	0.02 กิโลกรัม BOD_5 ต่อ ม.^{3}ต่อวัน	6 วัน	BOD_5 ร้อยละ 51

จากงานวิจัยของ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์และเพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ (2534)เรื่องการตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งจากถังบำบัดน้ำสวมแบบไร้อากาศ โดยมีคุณภาพน้ำทิ้งจากถังกรองไร้อากาศสำเร็จที่ติดตั้งไว้ในอาคารประเภทที่อยู่อาศัยทั่วไปดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 คุณภาพน้ำทิ้งจากถังกรองไร้อากาศสำเร็จรูปของอาคารพักอาศัยทั่วไป (อรทัยและเพ็ชรพร, 2534)

พารามิเตอร์	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส	28-32	29.9
BOD_5, มิลลิกรัมต่อลิตร	20.5-41.9	31.2
COD, มิลลิกรัมต่อลิตร	106-236	171
TKN, มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร	43-119	80.9
NH_3-N, มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร	35-111	73
Org-N, มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร	3.6-12.1	7.9
ฟอสฟอรัสทั้งหมด, มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร	4.5-19.1	11.8
TSS, มิลลิกรัมต่อลิตร	10.1-55.3	32.7
TDS, มิลลิกรัมต่อลิตร	225-444	334
Settleable Solids, มิลลิกรัมต่อลิตร	0-0.6	0.2
pH	6.8-7.8	7.3
Coliform,MPN/100 มิลลิลิตร	1.6×10^5-7.5×10^5	4.6×10^5

(3) ข้อดีและข้อเสียของถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น

ข้อดีของถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น

1. ก่อสร้างง่าย ไม่ซับซ้อน
2. การดำเนินการและบำรุงรักษาระบบง่าย ไม่ยุ่งยาก
3. อินทรีย์วัตถุในน้ำจะถูกย่อยสลายไปเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีสลัดจ์ชีวภาพเกิดขึ้น และตกค้างในระบบน้อย
4. ค่าสูญเสียความดันต่ำในระบบถังบำบัด โดยปกติจะมีน้อยกว่า 0.15 เมตร
5. มีความต้องการสารอาหารน้อย
6. น้ำทิ้งมีกลิ่นน้อย และมีของแข็งแขวนลอยทั้งหมดไม่มาก
7. สามารถรับน้ำเสียที่มีอัตราไหลเปลี่ยนแปลงมากได้ ถึงแม้ไม่มีน้ำเสียไหลต่อเนื่อง
8. ตัวกลางที่อยู่ในถังกรอง ช่วยป้องกันการไหลทิ้งของของแข็งแขวนลอย
9. ไม่ต้องทำการล้างถังบำบัดบ่อยๆ

10. ไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัด
11. อาจใช้ต่อเนื่องกับระบบอื่นเพื่อกำจัดไนโตรเจน(กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน)
12. ระบบนี้ใช้เวลากักเก็บไม่มาก เพราะมีอายุสลัดจ์นานเพียงพอที่จะบำบัดน้ำให้มีประสิทธิภาพ

ข้อเสียของถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น

1. อาจเกิดการไหลลัดวงจรได้ง่าย
2. สลัดจ์ในระบบมีการกวนผสมกันน้อยมาก
3. การเรียงตัวของตัวกลางต้องเรียงให้เหมาะสม และอาจมีสลัดจ์ทับถมกันจนเกิดการแทนที่น้ำ ทำให้ความจุของถังน้อยกว่าที่ออกแบบไว้
4. ถ้าน้ำเสียมีของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมากอาจทำให้ระบบอุดตันได้ง่าย
5. ต้องการระยะเวลาในการเดินระบบช่วงเริ่มต้นจนถึงสภาวะคงที่มากกว่าระบบใช้อากาศ
6. โดยปกติน้ำทิ้งจากระบบมีค่า BOD_5 มากกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลิตร
7. ระบบต้องการสลัดจ์ที่มีอายุนาน ทำให้ใช้เวลาในการปรับสภาพนานเมื่อมีสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป
8. ระบบนี้ยังไม่มีการพัฒนาการล้างย้อนที่ดี

2.1.4 การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการใช้อากาศ (Aerobic Process)

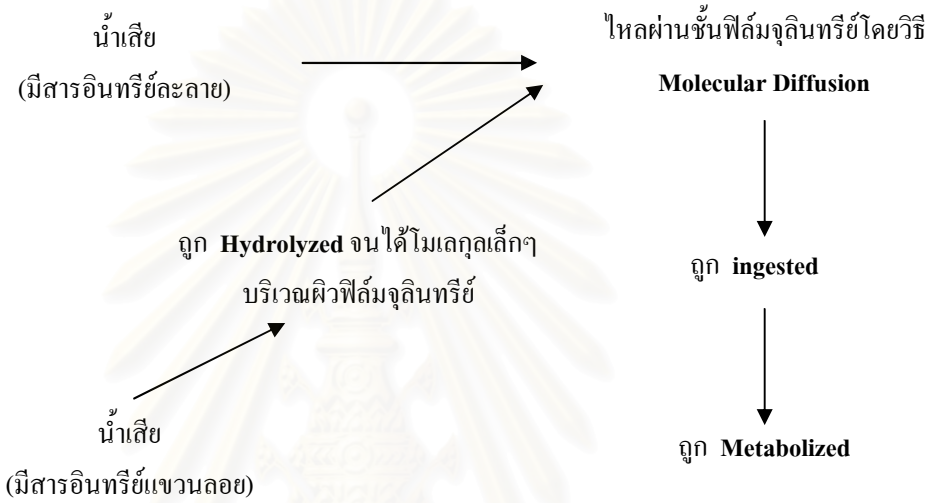
การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการใช้อากาศเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ โดยการเติมอากาศลงในน้ำเพื่อให้จุลินทรีย์ได้ใช้ออกซิเจนแล้วเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีขึ้น เพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียทำให้มีสารอินทรีย์มีปริมาณลดน้อยลง กระบวนการบำบัดแบบใช้อากาศสามารถแบ่งออกเป็น ระบบที่มีจุลินทรีย์แขวนลอย และระบบที่มีจุลินทรีย์เกาะผิวตัวกลาง ในการวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึงแต่ระบบที่มีจุลินทรีย์แบบเกาะผิวตัวกลางเท่านั้น

ระบบจุลินทรีย์แบบเกาะผิวตัวกลาง (Attached Growth System) เป็นระบบที่พวกจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในระบบจะเป็นประเภทที่เกาะผิวตัวกลางเป็นหลัก เพื่อทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยปล่อยให้น้ำเสียไหลผ่านตัวกลางอย่างสม่ำเสมอ จุลินทรีย์จะเกาะตัวกลางจนเป็นชั้นหนา เกิดสภาพไร้อากาศและสภาพใช้อากาศของจุลินทรีย์ บริเวณภายในและภายนอกของชั้นเมือกของจุลินทรีย์

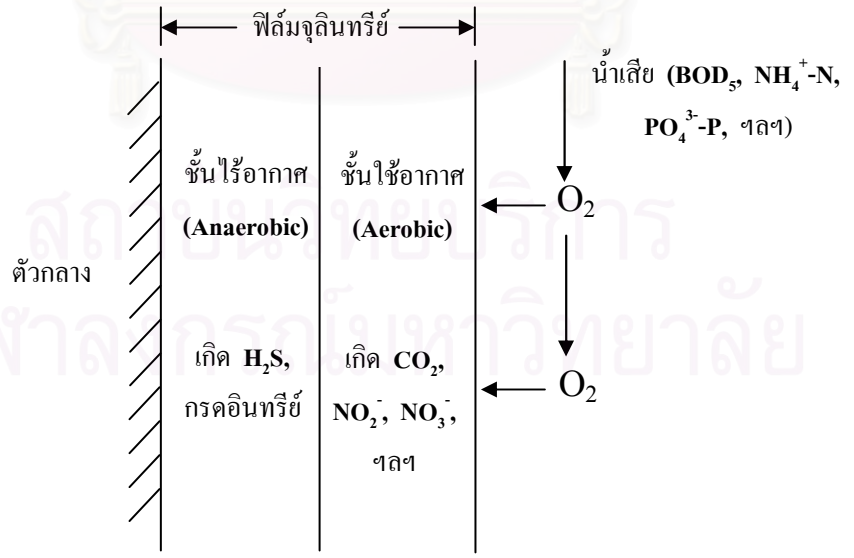
ระบบบำบัดน้ำเสียวิธีนี้แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ ระบบกรองชีวภาพจมน้ำ (Submerged Biological Filter) ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological) และระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) ในการวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึงระบบกรองชีวภาพจมน้ำ (Submerged Biological Filter)เท่านั้น

2.1.4.1 ชีวเคมีและจุลชีววิทยาของระบบกรองชีวภาพจมน้ำ (Submerged Biological Filter)

ระบบกรองชีวภาพจมน้ำมีหลักการในการบำบัดน้ำเสียดังรูปที่ 2.8 และมีลักษณะฟิล์มของจุลินทรีย์ หรือเมือกชีวภาพดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.8 หลักการบำบัดน้ำเสียของระบบกรองชีวภาพจมน้ำ (Iwai and Kitao, 1994)



รูปที่ 2.9 ฟิล์มจุลินทรีย์บนผิวตัวกลางของระบบใช้อากาศ (Iwai and Kitao, 1994)

การเจริญเติบโตของฟิล์มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย มีกระบวนการที่สำคัญอยู่ 3 ขั้นตอนดังนี้

(1) ในช่วงที่ฟิล์มจุลินทรีย์มีความบางและบางส่วนของตัวกลางยังไม่เกิดฟิล์มจุลินทรีย์ แบบจุลินทรีย์จะมีการเจริญเติบโตแบบ Logarithmic

(2) เมื่อฟิล์มจุลินทรีย์เริ่มหนาขึ้นจนเกินกว่าที่ฟิล์มจุลินทรีย์จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะเริ่มคงที่และเมื่อมีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำจะทำให้ฟิล์มจุลินทรีย์ไม่เจริญเติบโตและเริ่มบางลง

(3) ฟิล์มจุลินทรีย์หยุดขยายความหนาเพิ่มขึ้น โดยอัตราการเจริญเติบโตของฟิล์มจุลินทรีย์มีอัตราเท่ากับอัตราลดลงของจุลินทรีย์ที่สภาวะ Endogenous Respiration เป็นช่วงที่อาหารถูกใช้หมดไป

ลักษณะการเกาะติดของฟิล์มจุลินทรีย์เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมากต่อระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่าในการเกาะติดผิวตัวกลางของฟิล์มจุลินทรีย์ มีปัจจัยทางกายภาพเคมี 2 ปัจจัย คือ

(1) แรงไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Action) เป็นประจุไฟฟ้าที่เกิดจากสารเคมีต่างๆของแบคทีเรีย เช่น สาร Amino สาร Carboxyl และสารฟอสเฟต โดยขึ้นอยู่กับพีเอชของสารละลาย จะเกิดแรงดูดติดผิวระหว่างจุลินทรีย์ที่มีประจุลบกับผิวตัวกลางที่มีประจุบวก

(2) แรงไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic Action) เป็นการดูดซับของเซลล์จุลินทรีย์บนผิวของตัวกลาง ค่อนข้างเสถียร และมีพลังงานอิสระ โดยที่สารไม่ชอบน้ำเคลือบผิวตัวกลาง ได้แก่ สาร Polystyrene สาร Polyethylene และสาร Polyamide สารดังกล่าวนี้สามารถดูดซับจุลินทรีย์ไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic Microorganisms)

ปฏิกิริยาชีวเคมีของชั้นฟิล์มจุลินทรีย์ใช้อากาศและไร้อากาศ เป็นดังสมการ

ชั้นฟิล์มใช้อากาศ

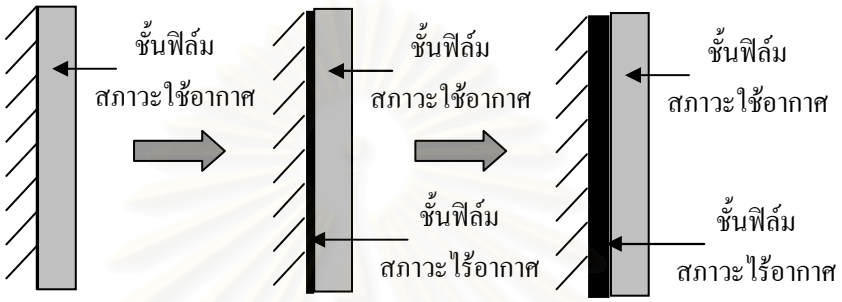
อินทรียวัตถุ + ออกซิเจน + ธาตุอาหาร $\rightarrow$ เนื้อเยื่อแบคทีเรีย + ผลผลิตสุดท้าย

ชั้นฟิล์มไร้อากาศ

อินทรียวัตถุ + ธาตุอาหาร $\rightarrow$ เนื้อเยื่อแบคทีเรีย + ผลผลิตสุดท้าย

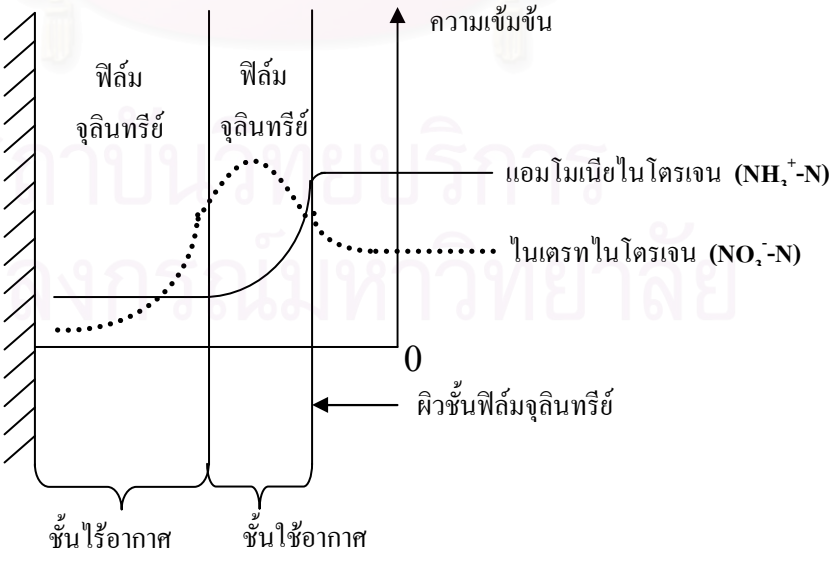
ในปฏิกิริยาชีวเคมีของชั้นฟิล์มใช้อากาศจะถูกจำกัดโดยปริมาณออกซิเจน แต่ในระบบชั้นฟิล์มไร้อากาศจะถูกจำกัดด้วยสารอินทรีย์

ลักษณะการเกิดฟิล์มจุลินทรีย์จะเริ่มต้นจากชั้นบางๆของฟิล์มจุลินทรีย์ในสภาพใช้อากาศ (Aerobic Layer) จากนั้นจุลินทรีย์เกาะผิวตัวกลางจะหนาเพิ่มขึ้นทำให้เกิดสภาพไร้อากาศในชั้นของจุลินทรีย์ (Anaerobic Layer) โดยที่ผิวชั้นนอกของฟิล์มจุลินทรีย์ยังเป็นสภาพใช้อากาศอยู่ จุลินทรีย์ยังเกาะบนผิวตัวกลางเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนทำให้ชั้นภายในของสภาพไร้อากาศมีความหนามากขึ้น แต่ผิวชั้นนอกที่เป็นแบบใช้อากาศยังมีความหนาเท่ากับในช่วงเริ่มต้นของการเกิดฟิล์มจุลินทรีย์แบบใช้อากาศดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การเพิ่มความหนาของชั้นฟิล์มจุลินทรีย์ (Iwai and Kitao, 1994)

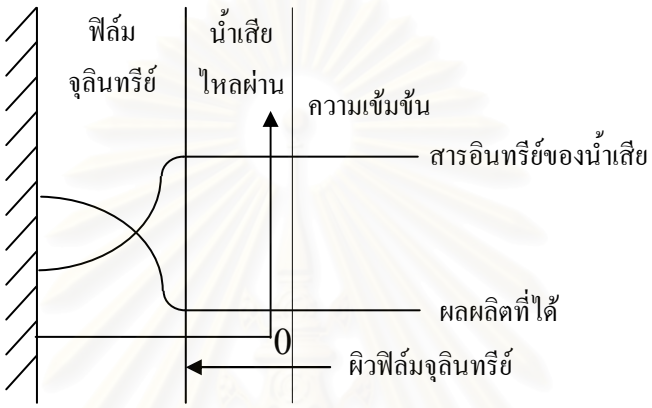
นอกจากนี้ ในระบบยังเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์พวกคาร์บอนออกจากน้ำเสีย และยังสามารถกำจัดไนโตรเจน โดยเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจนไปเป็นไนไตรต์และไนเตรต ตามลำดับในสภาวะใช้อากาศ โดยปฏิกิริยาชีวเคมีที่เรียกว่า Nitrification แต่เมื่ออยู่ในสภาวะไร้อากาศ พวกไนเตรตจะเปลี่ยนไปเป็นก๊าซไนโตรเจน โดยปฏิกิริยาชีวเคมีที่เรียกว่า Denitrification ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในชั้นฟิล์มจุลินทรีย์ (Iwai and Kitao, 1994)

ลักษณะการกำจัดสารอินทรีย์มีขั้นตอนดังนี้

1. สารอินทรีย์ในน้ำเสียสัมผัสกับฟิล์มจุลินทรีย์
2. สารอินทรีย์เคลื่อนตัวโดยการแพร่กระจายเข้าไปในฟิล์มจุลินทรีย์
3. ฟิล์มจุลินทรีย์จะนำสารอินทรีย์ไปใช้ด้วยปฏิกิริยาชีวเคมี
4. ผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาชีวเคมีจะไหลออกจากผิวฟิล์มจุลินทรีย์



รูปที่ 2.12 กระบวนการกำจัดอินทรีย์วัตถุของระบบจุลินทรีย์เกาะผิวตัวกลาง (Iwai and Kitao, 1994)

2.1.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการใช้อากาศ

ในงานวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการใช้อากาศแบบระบบกรองชีวภาพจมน้ำเท่านั้น

(1) อุณหภูมิ ความสามารถในการรับสภาวะเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เมื่อน้ำมีอุณหภูมิลดลงจะทำให้อัตราการแพร่และอัตราปฏิกิริยาชีวเคมีลดลง เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการแพร่และปฏิกิริยาชีวเคมีก็จะเพิ่มขึ้นด้วย จุลินทรีย์แบบเกาะผิวตัวกลางจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียอยู่ในระดับคงที่

(2) อัตราภาระบรรทุก ความสามารถในการรับสภาวะเปลี่ยนแปลงอัตราภาระบรรทุก พบว่า เมื่อระบบมีอัตราภาระบรรทุกเพิ่มขึ้นจะเกิดชั้นฟิล์มจุลินทรีย์หนาขึ้นจนถึงระดับหนึ่งเท่าที่ฟิล์มจุลินทรีย์จะเกาะผิวตัวกลางได้โดยที่ไม่หลุดออก

ข้อได้เปรียบของระบบกรองชีวภาพจมน้ำ คือ

(1) ความสามารถในการบำบัดสารย่อยสลายตัวช้า ได้แก่ Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS), Polyvinyl Alcohol (PVA), Lignin Chlorinated Organic Compounds โดยสารดังกล่าวสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้แต่มีอัตราการย่อยสลายต่ำมาก โดยสอดคล้องกับค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ที่อยู่ในฟิล์มจุลินทรีย์ จึงทำให้ระบบนี้สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีสารย่อยสลายช้าได้

(2) ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่มีความสกปรกน้อย ระบบจุลินทรีย์เกาะผิวตัวกลางสามารถรับน้ำเสียที่มีความสกปรกน้อยในระดับที่เพียงพอแก่การซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของเซลล์จุลินทรีย์เท่านั้นได้

2.1.4.3 ถังกรองชั้นตรึงจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter)

(1) หลักการ ถังกรองชั้นตรึงจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter) เป็นระบบกรองชีวภาพจมน้ำประเภทหนึ่ง ระบบจะอาศัยฟิล์มจุลินทรีย์ที่เกาะผิวตัวกลางที่จมอยู่ในน้ำเสียทำหน้าที่บำบัดน้ำเสีย สำหรับประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของระบบนี้สามารถพัฒนาให้ได้สูงขึ้น โดยสูบน้ำที่ผ่านถังกรองชั้นตรึงจมน้ำแล้วกลับมาที่ทางเข้าของระบบอีกครั้ง ระบบบำบัดนี้อาศัยตัวกลางที่บรรจุอยู่ในถังบำบัดในการให้จุลินทรีย์ยึดเหนี่ยว เมื่อเดินระบบไปชั่วระยะเวลาหนึ่งจะเริ่มมีฟิล์มจุลินทรีย์เกาะอยู่ที่ผิวของตัวกลาง โดยมีการเติมอากาศเข้าไปในระบบด้วยเพื่อให้ได้เป็นระบบใช้อากาศ (Aerobic System)

(2) รายละเอียด ภายในถังกรองชั้นตรึงจมน้ำจะมีตัวกลางจุ่มลงในน้ำ โดยที่ตัวกลางจะถูกยึดติดอยู่ภายในถัง ตัวกลางของระบบนี้นิยมใช้แผ่นพลาสติกลูกฟูก หลอดพลาสติก โดยคำนึงถึงค่าพื้นที่ผิวของตัวกลางเป็นสำคัญ โดยปกติมีพื้นที่ตั้งแต่ 20 ถึงหลายร้อยตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ระบบนี้ควรมีการเติมอากาศเข้าไปด้วย โดยมีลักษณะการเติมอากาศ 5 ลักษณะ ได้แก่

(1) แบบจ่ายอากาศหมุนเวียน
(2) แบบจ่ายอากาศที่กึ่งกลางถัง
(3) แบบจ่ายอากาศตามแนวกลางถัง
(4) แบบจ่ายอากาศกระจายสม่ำเสมอ
(5) แบบจ่ายอากาศบางส่วนของถัง

ตำแหน่งหัวฟู่จะอยู่ใต้ชั้นตัวกลางตรึง เพื่อให้อากาศได้สัมผัสกับชั้นฟิล์มของจุลินทรีย์บนผิวตัวกลาง แต่ก็จะทำให้ตะกอนของจุลินทรีย์หลุดออกมาจากฟิล์มจุลินทรีย์ได้ง่าย จากลักษณะการ

เติมอากาศลักษณะดังกล่าวลักษณะการเติมอากาศแบบที่ 1 แบบที่ 2 และแบบที่ 3 จะมีประสิทธิภาพของการถ่ายเทอากาศต่ำกว่าแบบที่ 4 และแบบที่ 5 แต่แบบที่ 4 และแบบที่ 5 โดยปกติจะเกิดปัญหาฟิล์มจุลินทรีย์หลุด ทำให้เกิดตะกอนแขวนลอยมากในน้ำทิ้ง

ระบบกรองชีวภาพจมน้ำมีความต้องการปริมาณความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำเท่าที่ทำให้เกิดการใช้พลังงานในการเติมอากาศอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยพบว่ามีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายในระบบประมาณ 2-3 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบการเติมอากาศมี 2 ระบบ คือระบบเติมอากาศลงในน้ำที่ไหลวนกลับ ก่อนที่จะไหลเข้าระบบกรองเรียกว่า ระบบเติมอากาศล่วงหน้า (Preoxygenation) และอีกระบบคือระบบเติมอากาศลงในชั้นกรองภายในถังกรองโดยตรง (Bubble Oxygenation)

(3) ข้อดีและข้อเสียของการเติมอากาศลงในชั้นกรองภายในถังกรองโดยตรงมีดังนี้

ข้อดีของการเติมอากาศลงในชั้นกรองภายในถังกรองโดยตรง

1. มีประสิทธิภาพในการละลายออกซิเจนสูง
2. ลดปัญหากี่อุดตันในชั้นกรอง
3. ไม่ต้องมีถังเติมอากาศอีกถัง

ข้อเสียของการเติมอากาศลงในชั้นกรองภายในถังกรองโดยตรง

1. ทำให้ฟิล์มจุลินทรีย์หลุดออกจากตัวกลางได้ง่าย
2. น้ำทิ้งไหลออกจากระบบมีปริมาณของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูง
3. ดูแลระบบเติมอากาศยากกว่า

ชนิดของตัวกลางที่ใช้ในถังกรองชั้นตรึงน้ำ แบ่งออกเป็น 6 ลักษณะดังนี้

1. แบบรูปร่างไม่แน่นอน ได้แก่ ทราย หินต่างๆ ถ่านหิน ชิ้นพลาสติก ชิ้นไม้
2. แบบมีรูปร่างชัดเจน ได้แก่ รองเท้าแตะ ท่อพลาสติก แหวนต่างๆ เป็นต้น
3. แบบคล้ายเส้น หรือท่อนเสา ได้แก่ ท่อนไม้ กิ่งไม้ เส้นถักไฟเบอร์ เป็นต้น
4. แบบคล้ายแผ่นแข็ง ได้แก่ แผ่นลอนพลาสติก ตาข่ายพลาสติก เป็นต้น
5. แบบคล้ายกล่องรูพรุน ได้แก่ ท่อนพลาสติกรูพรุน ท่อนรวงผึ้ง เป็นต้น
6. แบบคล้ายพรม ได้แก่ แผ่นพรม เป็นต้น

ตัวกลางที่มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆสามารถจับตะกอนแขวนลอยในน้ำเสียได้ค่อนข้างดีมาก แต่มีข้อเสียที่ตัวกลางชนิดนี้ค่อนข้างต้านการไหลของกระแสน้ำ ทำให้เกิดปัญหาการอุดตันได้ง่าย

โดยเฉพาะเม็ดตัวกลางที่มีขนาดต่างๆกันคละกันจะมีค่าความเป็นรูพรุนต่ำ ไม่ควรนำมาใช้ในระบบส่วนตัวกลางที่เป็นลักษณะแผ่นเรียบ แผ่นลอนหรือตาข่ายมักมีอายุการกรองนานเกิดการอุดตันช้าแต่จะดักตะกอนแขวนลอยได้ไม่ดี ข้อพิจารณาในการเลือกและติดตั้งตัวกลางสำหรับระบบถังกรองชั้นตรึงน้ำมีดังนี้

1. มีขนาดพื้นที่ผิวจำเพาะมาก
2. มีค่าความเป็นรูพรุนมาก
3. มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับน้ำ เพื่อไม่ให้น้ำหนักในถังมากเกินไป
4. จัดวางตัวกลางไว้ในลักษณะทรงกระบอกตั้ง หรือในลักษณะที่น้ำสามารถกระจายตัวไหลผ่านตัวกลางได้สม่ำเสมอ
5. มีลักษณะผิวตัวกลางที่สามารถให้ฟิล์มจุลินทรีย์ยึดเกาะได้ดี
6. มีความต้านทานน้ำไหลผ่านผิวตัวกลางต่ำ
7. วัสดุที่ใช้เป็นตัวกลางต้องมีความคงทนต่อทั้งด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพได้
8. ใช้ตัวกลางที่หาได้ง่าย มีราคาถูก ขนส่งง่าย และติดตั้งในถังได้สะดวก

ในการพิจารณาการเลือกตัวกลางเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่สูงต่อระบบบำบัดน้ำเสีย ขนาดพื้นที่จำเพาะเป็นปัจจัยแรกที่จะถูกนำมาพิจารณา โดยปกติแล้วจะมีขนาดพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 100-300 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีภาระบรรทุกบีโอดีเท่ากับ 500-1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

(4) การควบคุมระบบ เมื่อเดินระบบได้ระยะเวลาหนึ่งฟิล์มจุลินทรีย์จะเพิ่มความหนาขึ้นตามปริมาณ บีโอดีของน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบ ฟิล์มจุลินทรีย์จะหนาเพิ่มขึ้นจนจุลินทรีย์ไม่สามารถเกาะติดกับผิวตัวกลางได้ ฟิล์มจุลินทรีย์บางส่วนหลุดออกเมื่อฟองอากาศหรือน้ำเสียไหลไปกระทบ ส่งผลให้การอุดตันของตัวกลางน้ำเสียและฟองอากาศไหลไม่สะดวกจึงต้องทำการไหลย้อน (Backwashing)

(5) การออกแบบระบบ ภายในถังกรองชั้นตรึงจมน้ำควรมีชั้นกรอง 2 ชนิด คือ ชั้นตัวกลางกรอง (Filter Media) อยู่ที่ส่วนบน และชั้นรองตัวกลางกรอง (Supporting Gravel) อยู่ที่ส่วนล่างเพื่อทำหน้าที่รองชั้นตัวกลางกรองไว้ โดยปกตินิยมใช้ก้อนกรวดหรือก้อนหิน สำหรับชั้นตัวกลางกรองควรมีความหนา 2-3 เมตร และติดตั้งหัวกระจายฟองอากาศอยู่ใต้ชั้นกรองเพื่อให้ฟองอากาศได้ลอยขึ้นผ่านชั้นกรองพร้อมกับน้ำเสียที่ไหลขึ้นผ่านชั้นกรอง ระบบนี้มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูงและประหยัดพลังงาน

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุรพล สายพานิช (2518) ศึกษาการใช้เครื่องกรองวิธีแอนแอโรบิค เพื่อกำจัดน้ำเสียจากโรงงานทำแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้เวลาทดลองรวม 133 วัน ทำการปรับค่า pH และ Nutrient ให้เหมาะสม พบว่าเครื่องกรองสามารถรับ Organic Loading ได้สูงถึง 4 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีประสิทธิภาพถึงร้อยละ 92 และที่ Organic Loading 1.4 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวันมีประสิทธิภาพในการกำจัดถึงร้อยละ 94 โดยไม่ต้องปรับค่า pH และ Nutrient

บุญส่ง ไข่เกษ (2519) ศึกษาการใช้เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค เพื่อกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง ใช้เวลาทำการทดลอง 150 วัน พบว่าเครื่องกรองสามารถรับ Organic Loading ได้ 0.56-2.25 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ร้อยละ 84-92 และ Organic Loading 0.40-3.10 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 87-96 ภายใต้ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย (HRT) 24 ชั่วโมง

ไกรสร อุดมรัตน์ (2521) ศึกษาเครื่องกรองไร้ออกซิเจน โดยใช้เครื่องกรอง 2 ขนาดคือ ใช้ถังกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.57 เมตร สูง 0.5เมตร และ 1 เมตร ภายในบรรจุหินเพื่อกำจัดน้ำเสียจากบ้านเรือนที่มีความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ยก่อนเข้าเครื่องกรองไร้ออกซิเจน 160 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณการกรองไม่ควรเกิน 2 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อวัน ค่าที่เหมาะสมคือ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อวัน ประสิทธิภาพในการทำงานของถังกรองทั้ง 2 ขนาด มีค่าใกล้เคียงกันมาก ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีประมาณร้อยละ 70 โดยมีระยะเวลาในการกักเก็บน้ำไม่ต่ำกว่า 6 ชั่วโมง และพบว่าระดับอุณหภูมิทั่วไปในประเทศไทยคือ 24-35oC มีความเหมาะสมต่อการทำงานของเครื่องกรองไร้อากาศ

บุญสิน สุภัควงศ์ (2521) ศึกษาเครื่องกรองไร้ออกซิเจน โดยใช้เครื่องกรอง 2 ขนาดคือ ใช้ถังกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.57 เมตร สูง 0.5เมตร และ 1 เมตร ภายในบรรจุหินเพื่อกำจัดน้ำเสียจากบ้านเรือนที่มีความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ยก่อนเข้าเครื่องกรองไร้ออกซิเจน 160 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณการกรองไม่ควรเกิน 2 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อวัน ค่าที่เหมาะสมคือ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อวัน ประสิทธิภาพในการทำงานของถังกรองทั้ง 2 ขนาด มีค่าใกล้เคียงกันมาก ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีประมาณร้อยละ 70 โดยมีระยะเวลาในการกักเก็บน้ำไม่ต่ำกว่า 6 ชั่วโมง และพบว่าระดับอุณหภูมิทั่วไปในประเทศไทยคือ 24-35oC มีความเหมาะสมต่อการทำงานของเครื่องกรองไร้อากาศ

สมศักดิ์ ตั้งตระกูล (2522) ศึกษาการกำจัดน้ำเสียจากส้วมโดยวิธีการแอนแอโรบิคคอนแทคท์ระบบกำจัดน้ำทิ้งแบบห้องปฏิบัติการที่ใช้ทำการทดลองแบ่งเป็นสองระยะ คือ ระบบเก็บ

กักตะกอนโดยใช้ผ้ากรอง และระบบเวียนตะกอน การทำการศึกษาทดลองกับน้ำเสียจากส้วมที่มีค่าซีโอดีเท่ากับ 1400 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรมีตัวแปรที่ศึกษา คือ MCRT และอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ในการทดลองมีการควบคุมปริมาณกรดวาเลนไทล์ พีเอช และความเป็นด่าง ให้อยู่ในระดับเหมาะสม และอุณหภูมิขณะทำการทดลองเป็นอุณหภูมิห้อง จากการทดลองพบว่าระบบกรองตะกอนมีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่าระบบเวียนตะกอน แต่ระบบมีข้อเสียที่เมื่อถูกใช้งานมากจะอุดตัน เมื่อควบคุมให้ MCRT = 12 วัน และอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.833 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน น้ำทิ้งที่ผ่านการกำจัดโดยระบบกรองมีซีโอดีที่สามารถถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เหลืออยู่ 15 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร และระบบเวียนตะกอนกลับมีซีโอดีที่สามารถถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เหลืออยู่ 140 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ประสิทธิภาพของระบบคิดเป็นเปอร์เซนต์ซีโอดีที่ถูกกำจัดออกไปโดยระบบกรองมีค่า 95% และระบบเวียนตะกอนกลับมีค่าเท่ากับ 85% ตามลำดับ

เรืองชัย เจียกภาพร (2528) ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบสรรถนะของถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเต็มถัง และตัวกลางครึ่งถัง เพื่อหาแนวโน้มความเป็นไปได้ ที่จะลดขนาดความสูงของถังกรองไร้อากาศ เพื่อลดต้นทุนของตัวกลางที่ใช้เนื่องจากพบว่าการกำจัดสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ชั้นความสูง 30 เซนติเมตรจากก้นถังกรอง จึงทำการทดลองโดยเปลี่ยนค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 1,3 และ 5 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน จากค่าความเข้มข้นสารอินทรีย์วัดในรูปซีโอดีระหว่าง 2000, 6000 และ 10,000 มิลลิลิตรต่อลิตร เปรียบเทียบการทำงานของถังกรองไร้ออกซิเจนทั้งสองแบบ พบว่าถังกรองไร้ออกซิเจนที่บรรจุตัวกลางเต็มถังและตัวกลางครึ่งถังลอยสามารถใช้กำจัดน้ำเสียสังเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ที่ระดับค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยสามารถกำจัดซีโอดีได้ 90 และ 93% ตามลำดับ นอกจากนี้สมรรถนะในการทำงานของถังกรองทั้งสองจะมีพฤติกรรมที่คล้ายคลึงกันที่ระดับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน แต่จะมีความแตกต่างที่ระดับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียของถังกรองที่มีตัวกลางครึ่งถังลอย จะสูงกว่าถังลอยที่มีตัวกลางเต็มถังส่วนประสิทธิภาพกำจัดซีโอดีส่วนใหญ่ของถังกรองทั้งสองถัง เกิดที่ระดับ 0.3 เมตรจากก้นถัง

จงรักษ์ จิระภาพันธ์ (2530) ศึกษาระบบเซปติค-แอนแอโรบิคฟิลเตอร์ สำหรับบำบัดน้ำทิ้งจากแฟลต เพื่อทดแทนบ่อเกรอะ-บ่อซึม ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับบางพื้นที่ เช่น ในเขตของกรุงเทพมหานคร ระบบที่ใช้ควรจะควบคุมง่ายและสะดวกต่อการบำรุงรักษา จึงได้ทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ถังเซปติค และถังแอนแอโรบิคฟิลเตอร์ร่วมกันซึ่งเรียกรวมกันว่า “ระบบเซปติค-แอนแอโรบิคฟิลเตอร์” ในการทดลองโดยใช้แบบจำลองใช้น้ำเสียจากชุมชนห้วยขวางป้อนเข้าถังอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตราการไหล 29 ลิตรต่อวัน มีความเข้มข้นบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ

185.84 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองใช้เวลาประมาณ 2 เดือนเศษระบบจึงเข้าสู่สภาวะคงตัว โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีในถังเซปติคร้อยละ 64.7 ส่วนของถังแอนแอโรบิคฟิลเตอร์ซึ่งรับน้ำเสียที่ผ่านจากถังเซปติคด้วยอัตราออร์แกนิคโหลดดิงจริง 0.8 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีร้อยละ 37.3 ประสิทธิภาพรวมของระบบในการกำจัดบีโอดีมีค่าร้อยละ 78.5 น้ำทิ้งที่ผ่านออกจากระบบมีความเข้มข้นบีโอดีเฉลี่ย 39.1 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับแบบที่สร้างขึ้นใช้งานจริง ใช้เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัวประมาณ 80 วัน และมีค่าเฉลี่ย บีโอดี ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบเท่ากับ 32.8 มิลลิกรัมต่อลิตร

ประสงค์สุข ตรีพรชัยศักดิ์ (2530) ศึกษาถึงกระบวนการคอนแทคท์สเตบิไลเซชันแบบแอนแอโรบิค โดยนำมาบำบัดน้ำเสียที่มสารอินทรีย์ละลายน้ำ และการไหลภายในถังปฏิกิริยาเป็นแบบกวนสมบูรณ์มี 4 การทดลอง และชุดที่สองเป็นการศึกษากระบวนการชนิดที่ไม่มีตัวกลาง (ตะกอนลอย)การไหลภายในถังปฏิกิริยาเป็นแบบไหลขึ้นมี 1 การทดลอง ในการทดลองชุดที่หนึ่งใช้น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 2200-8300 มิลลิกรัมซีโอดีต่อลิตร คิดเป็นภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบ 2.6-10.4 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีระยะเวลาเก็บกักน้ำ 18.8 ชั่วโมง กระบวนการมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 71.5-83.2 ที่อัตราการสูบตะกอนกลับ 200% และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 54 ที่อัตราการสูบกลับตะกอน 4000% สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 42-212 ลิตรต่อวัน โดยมีก๊าซมีเทนผสมอยู่ ร้อยละ 45-80 และมีค่าเฉลี่ยการผลิตก๊าซมีเทน 0.299 ลิตรต่อกรัมซีโอดี สำหรับการทดลองชุดที่สองมีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.6 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีระยะเวลาเก็บกักน้ำ 20.32 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 93.7 ที่อัตราการสูบตะกอนกลับ 200% มีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้น 41.9 ลิตรต่อวัน โดยมีก๊าซมีเทนผสมอยู่ร้อยละ 70 และมีค่าเฉลี่ยการผลิตก๊าซมีเทน 0.232 ลิตรต่อกรัมซีโอดี

สุดใจ จำปา (2530) ทำการศึกษาระบบกำจัดสิ่งปฏิกูลที่เหมาะสมสำหรับชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชนที่เป็นจริงในทางปฏิบัติ โดยใช้บ่อเกรอะและบ่อกรองไร้อากาศบำบัดน้ำเสียรวมจาก ส้วม การอาบ และการซักล้างจากบ้านพักที่มีผู้อยู่อาศัย 20 คน ใช้เวลากักพักบ่อละ 24 ชั่วโมง ภาระอินทรีย์ของบ่อกรองไร้อากาศเท่ากับ 2 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรของช่องว่างประมาณร้อยละ 95-98 พบว่าน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าเอสเอส ซีโอดี บีโอดี ไนโตรเจนรวม แอมโมเนีย-ไนโตรเจนและออร์กานิก-ไนโตรเจนเท่ากับ 16 76 33 37 32 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

จินต์ อโณทัย (2531) ศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากถังเกรอะและกรองไร้อากาศสำเร็จรูปชนิดประกอบในที่ จำนวน 4 ถังเป็นระยะเวลา 12 เดือน น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบเป็นน้ำเสียจากส้วมในสภาพการใช้งานจริง พบว่าค่าพีเอช เอสเอส บีโอดี และออร์กานิก-ไนโตรเจนได้มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนที่กำหนดโดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.2, 33, 57 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ส่วนแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ซัลไฟด์ และไขมันน้ำมันมีค่าเกินกว่ามาตรฐาน คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65, 70, 49 และ 416 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิ ซีโอดี และฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.1 องศาเซลเซียส 130 และ 14 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ มีประสิทธภาพในการกำจัดเอสเอส ซีโอดี บีโอดี และไขมันน้ำมันของส่วนถังกรองไร้อากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 18.48, 39.90, 59.82 และ 8.71 ตามลำดับ ที่ภาระบรรทุกบีโอดีจริงเท่ากับ 0.4 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรของช่องว่างของตัวกลางต่อวัน

ทวีศักดิ์ นิมาพันธ์ (2531) ได้ศึกษาระบบถังเกรอะและกรองไร้อากาศในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ้านพักอาศัยเพื่อใช้ทดแทนบ่อซึมซึ่งไม่สามารถใช้งานได้ในบางพื้นที่ โดยใช้จำลองรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 20 เซนติเมตร และ 25 เซนติเมตร วางซ้อนกัน มีความสูงทั้งหมด 70 เซนติเมตร ชั้นในเป็นถังเกรอะ ส่วนชั้นนอกใส่ตัวกลางพลาสติกลึก 9 เซนติเมตร รับน้ำเสียจากชุมชนห้วยขวางซึ่งมีความเข้มข้นบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 139.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยอัตราการไหล 15 ลิตรต่อวัน ระบบมีประสิทธิภาพรวมในการกำจัดบีโอดีเฉลี่ยร้อยละ 82.3 ที่เวลาเก็บกักรวมของระบบ 1.4 วัน ถังเกรอะมีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีโดยเฉลี่ยร้อยละ 65.3 ที่เวลาเก็บกัก 14 ชั่วโมง ส่วนตัวกรองไร้อากาศมีภาระบรรทุกอินทรีย์ 0.59 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีเฉลี่ยร้อยละ 50.6 น้ำเสียที่ผ่านจากระบบบำบัดจำลองมีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 24.8 มิลลิกรัมต่อลิตร

นิตยา มหาผล และคณะ (2531) ทำการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียรวมภายในโรงพยาบาลพระนครศรีอยุธยา โดยใช้ถังอิมฮอฟและถังกรองไร้อากาศ น้ำเสียรวมมีความเข้มข้นของซีโอดีและบีโอดีเท่ากับ 216-369 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 80-177 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับและมีค่าซีโอดีเฉลี่ยและบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 291 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 109 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายในถังกรองไร้อากาศ บรรจุหินกรองขนาด 2.5-5.0 เซนติเมตร เป็นตัวกลาง มีความสูงทั้งหมด 1.8 เมตร พบว่าที่ความสูงของหินกรอง 1 เมตรมีระยะเวลาเก็บกักน้ำ 2.53-55.59 เซนติเมตร สามารถกำจัดบีโอดีได้ร้อยละ 9.3-91.8 ส่วนที่ความสูงของหินกรอง 1.8 เมตร มีระยะเวลากักพัก 4.52-99.26 เซนติเมตรสามารถ กำจัดบีโอดีได้ร้อยละ 32.4-89.1

ลัดดา สาครมมณีรัตน์ (2532) ศึกษาถึงการกำจัดน้ำเสียที่มีพีเอชต่ำด้วยบ่อหมักไร้อากาศแบบสองขั้นตอน โดยเปรียบเทียบการทำงานกับบ่อหมักไร้อากาศแบบสองขั้นตอนกับแบบ

ธรรมดาในการกำจัดน้ำเสียที่มีพีเอชต่ำ ระดับออร์แกนิคโหลดดิงที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ระดับ คือ 0.3, 0.6 และ 0.9 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งเตรียมมาจากน้ำสับปะรดผสมกับน้ำตาลแล้วทำการเจือจางเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของซีโอดี 3000 และ 6000 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน เป็นน้ำเสียจริงจากโรงงานผลิตผลไม้อบแห้ง ซึ่งมีคาวมเข้มข้นของซีโอดีประมาณ 25000 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิง 0.9 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน นี้ได้ทำการเปรียบเทียบการทำงานของบ่อหมักไร้อากาศที่เติมสารอาหารเสริม N และ P กับบ่อหมักไร้อากาศที่มีเติมสารอาหารเสริม N และ P ด้วย จากผลการศึกษาพบว่า บ่อหมักไร้อากาศแบบสองขั้นตอนมีเสถียรภาพในการทำงานสูงกว่าบ่อหมักไร้อากาศแบบธรรมดา กล่าวคือ บ่อหมักไร้อากาศแบบสองขั้นตอนสามารถรับออร์แกนิคโหลดดิงได้ถึง 0.9 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 96% ในขณะที่บ่อหมักไร้อากาศแบบธรรมดาสามารถรับออร์แกนิคโหลดดิงได้เพียง 0.6 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน และจากการเปรียบเทียบการทำงานของบ่อหมักไร้อากาศที่เติมสารอากหาร N และ P กับบ่อหมักไร้อากาศที่ไม่เติมสารอาหาร N และ P พบว่าสมรรถนะการทำงานของบ่อหมักไร้อากาศที่เติมสารอากหาร N และ P ดีกว่าบ่อหมักไร้อากาศที่ไม่เติมสารอาหาร N และ P กล่าวคือที่ระดับออร์แกนิคโหลดดิงตัวเดียวกัน คือ 0.9 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน บ่อหมักไร้อากาศที่เติมสารอากหาร N และ P สามารถทำงานได้และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 98% ในขณะที่บ่อหมักไร้อากาศที่ไม่เติมสารอาหาร N และ P มีการทำงานล้มเหลว

จิตเทพ ประสิทธิ์อยู่ศีล (2534) ศึกษาประสิทธิภาพการลดโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำเสียจากถังเกรอะโดยใช้ถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางครึ่งถังจม ใช้กระบอก พี.วี.ซี.ใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว มีความสูง 2.50 เมตร บรรจุโรลม้วนผมพลาสติกทำน้าที่เป็นตัวกลางกรองมีความสูงชั้นตัวกลาง 1.26 เมตร ทดลองกำจัดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำมีค่าซีโอดีเฉลี่ย 147 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณโคไลฟอร์มแบคทีเรียในน้ำเสียเฉลี่ย 1.54×10^{7} MPN/100 มิลลิลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพในการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรียร้อยละ 88, 96, 98 และ 99 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 61, 71, 72 และ 74 ตามลำดับ

ลักษณา โกมลเมธี (2535) ศึกษาผลของอัตราการไหลต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบเครื่องกรองไร้อากาศ โดยที่ถังมีปริมาตร 4.5 ลูกบาศก์เมตร อัตราการไหลของน้ำเสีย คือ 1.2, 2.4, และ 4.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีที่สุด คือ การผ่านน้ำเสียเข้าระบบตลอด 24 ชั่วโมงมีความสามารถในการรับปริมาณสารอินทรีย์เท่ากับ 0.13-0.50 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวันได้ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี บีโอดี และเอส

เอส เท่ากับร้อยละ 75, 85 และ 91 ตามลำดับ โดยมีบีโอดีอยู่ในช่วง 26-65 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีโอดีอยู่ในช่วง 92-159 มิลลิกรัมต่อลิตร และตะกอนแขวนลอยอยู่ในช่วง 71-45 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิชัย ชินบูรพา (2539) ศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะของถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเป็นหิน เศษคอนกรีต และพลาสติก สำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ โดยใช้ท่อพีวีซี ขนาด 5 นิ้ว สูง 1.20 เมตร บรรจุตัวกลางแบบเต็มถัง ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าซีโอดีประมาณ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 9 และ 12 ชั่วโมงคิดเป็นออร์แกนิคโหลดดิ้งเท่ากับ 0.80 และ 0.60 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่า ประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีสูงสุดจะเกิดที่ระยะเวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง โดยตัวกลางหิน เศษคอนกรีต และพลาสติก จะมีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับร้อยละ 92.6, 92.2 และ 93.2 ตามลำดับ

ประสิทธิ์ เหลืองรุ่งเกียรติ (2540) ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงแรมด้วยระบบเครื่องกรองชีวภาพแบบตัวกรองพอดีขาดอากาศ-ตัวกรองเติมอากาศมาทดลองในการบำบัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจากโรงแรมภายในถังปฏิกิริยาเดียวกัน ใช้ภาระบรรทุกอินทรีย์เฉลี่ย 0.2, 0.3 และ 0.4 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ภาระบรรทุกอินทรีย์ 0.3 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน เวลากักเก็บ 12 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพรวมในการบำบัดของแข็งแขวนลอย ซีโอดี บีโอดี ทีเคเอ็น และไนโตรเจนทั้งหมดเป็นร้อยละ 97.23, 92.50, 97.30, 7.29 และ 84.28 ตามลำดับ และพบว่า ตลอดการทดลองระบบมีเสถียรภาพค่อนข้างดี ง่ายต่อการควบคุมดูแลระบบ ไม่มีปัญหาเรื่องตะกอนลอย กลิ่นเหม็น และแมลงกวน

ธเรศ พงษ์สาระนันทกุล (2540) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเม็ดพลาสติกลอยน้ำ โดยมีค่าภาระบรรทุกอินทรีย์เท่ากับ 2.2, 4.4, 8.8, 10.26 และ 14.67 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีเวลาการกักเก็บน้ำเสียเท่ากับ 9 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีคิดเป็นร้อยละ 89, 77, 71, 47 และ 33 ตามลำดับ และพบว่าถังกรองไร้อากาศจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อมีค่าภาระบรรทุกอินทรีย์ต่ำ เมื่อภาระบรรทุกอินทรีย์สูงขึ้นจะมีประสิทธิภาพลดลง

โรมรัน ว่องวิไลรัตน์ (2542) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริดที่ใช้ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทธิลีนป้อนน้ำเสียสังเคราะห์แบบไหลขึ้นมีค่าซีโอดี 5,500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีอัตราภาระอินทรีย์ 3.67, 4.89, 7.33 และ 14.67 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีคิดเป็นร้อยละ 96, 72, 64 และ 44 ตามลำดับ ระบบถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริดจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อมีค่าอัตราภาระอินทรีย์ต่ำ เมื่ออัตราภาระอินทรีย์สูงขึ้นประสิทธิภาพจะลดลง นอกจากนี้ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทธิลีนช่วยป้องกัน

ตะกอนจุลินทรีย์ไม่ให้หลุดออกมาจากระบบ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงขึ้นเมื่อทำการทดลองที่อัตราภาระอินทรีย์ต่ำกว่า 14.67 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ธีระพงษ์ วิมลจิตรานนท์ (2544) ศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะการบำบัดน้ำเสียจากมูลสุกรแบบไร้อากาศโดยใช้ระบบถังกรองไร้อากาศและระบบถังสัมผัสไร้อากาศแบบไหลขึ้น พบว่าระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากมูลสุกรสำหรับถังกรองไร้อากาศ คือ 24-30 ชั่วโมง ส่วนระบบถังสัมผัสไร้อากาศแบบไหลขึ้น คือ 12-18 ชั่วโมง

Raman & Chaklader (1972) ได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลของถังกรองไร้อากาศในการทำความสะอาดน้ำเสียที่ผ่านออกจากถังเซปติค ทำการทดลองในประเทศอินเดียโดยตั้งถังกรองไว้ 3 แห่ง คือที่ Mullickpur Jalaghata และ Apubapur ลักษณะของถังกรองไร้อากาศทั้ง 3 พบว่าถังกรองไร้อากาศทั้ง 3 แห่งสามารถลดค่าบีโอดีได้ประมาณ 65-75% บีโอดีน้ำเสียที่ผ่านถังกรองมีค่าประมาณ 35-70 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ประสิทธิภาพการลดซีโอดีมีค่าประมาณ 55-68%

Raman & Khan (1972) ทำการทดลองและวิจัยถังกรองไร้อากาศบำบัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย ทั้งการทดลองในห้องทดลองและในสนาม ถังกรองที่ใช้ทดลองในห้องทดลองเป็นท่อขนาด 0.10 เมตร ใช้หินขนาด 20-25 มิลลิเมตร ความสูงของหินกรอง 1-2 เมตร ผลการวิจัยถังกรองไร้อากาศสามารถลดบีโอดีได้ประมาณ 70-80% บีโอดีของน้ำที่ผ่านถังกรองไร้อากาศมีค่าประมาณ 25-30 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณการกรองมีค่าประมาณ 3.4 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อวันปริมาณบีโอดีมีค่าประมาณ 0.34 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน อุณหภูมิระหว่างการทดลองประมาณ 23-32.5oC ถังกรองไร้อากาศสามารถทำงานได้นาน 1.5-2ปีโดยไม่มีการอุดตัน

Kobayashi (1983) ได้ศึกษาเครื่องกรองไร้อากาศขนาดห้องปฏิบัติการทำด้วยท่อโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 37 นิ้ว รับน้ำเสียจากบ้านเรือนซึ่งมีความเข้มข้นซีดีเฉลี่ย 288 มิลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 20 25 และ 35oC ตามลำดับ โดยมีออร์แกนิคโหลดดิง 0.32 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่าเครื่องกรองมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 73 ที่อุณหภูมิ 25 oC และ 35oC ไม่พบความแตกต่างแต่ที่อุณหภูมิ 20oC พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีลดลง

Cayless และคณะ (1989) ได้ทำการทดลองโดยการใช้ถังกรองไร้อากาศและระบบชั้นลอยตะกอนแบบไร้อากาศ (Fluidised Beds) ศึกษาหาผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันของซีโอดี และการลดลงอย่างฉับพลันของอุณหภูมิ และ pH ซึ่งน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียจากโรงงานทำไอศครีม ที่มีค่าซีโอดี 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 6.8 อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียสโดยการเพิ่มค่าซีโอดีของน้ำเสียเป็น 30,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพใน

การกำจัดซีโอดีลดลงแต่ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น, สภาพด่าง, ปริมาตรสารแขวนลอยมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นและจะกลับสู่สภาพเดิมเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง สำหรับการลดลงของอุณหภูมิ และ pH พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด, ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นลดลง และจากการทดลองครั้งนี้พบว่าน้ำเสียสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ดีที่สุด

Athanasopoulos และคณะ (1990) ศึกษาการใช้ถังกรองไร้อากาศแบบไหลลงกำจัดน้ำเสียจากโรงงานผลไม้ โดยการเปรียบเทียบตัวกลาง 2 ชนิด ได้แก่ ตัวกลางแบบ modular และ pall-rings พบว่า ตัวกลางแบบ modular ซึ่งมีลักษณะการไหลแบบตามขวาง มีขนาด 0.6x0.6x1.2 เมตร พื้นที่ผิว 98 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร และมีเปอร์เซนต์ช่องว่างเท่ากับ 95% สามารถกำจัดน้ำเสียที่มีค่าภาระอินทรีย์ 8 และ 10 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวันโดยมีประสิทธิภาพการกำจัดเป็น 80% และ 75% ตามลำดับ สำหรับตัวกลางแบบ pall-rings ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.09 เมตร พื้นที่ผิว 100 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร และมีเปอร์เซนต์ช่องว่างเท่ากับ 94% กำจัดน้ำเสียที่ มีค่าภาระอินทรีย์เพิ่มจาก 0.6 ถึง 6 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่าประสิทธิภาพลดลงจาก 90 จนถึง 57% ตามลำดับและเมื่อนำถังกรองไร้อากาศแบบไหลลงมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี พบว่าถังกรองไร้อากาศแบบไหลลงมีประสิทธิภาพต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น ระบบยูเอเอสบี ระบบชั้นลอยตัวแบบไร้อากาศ (Fluidised Beds)

Veiga, Mendez, and Lema (1994) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตปลาทูน่ากระป๋องด้วยกระบวนไร้ออกซิเจนแบบถังกรองไร้อากาศ และถังกรองฟิล์มตรึงแบบน้ำไหลขึ้น พบว่าที่อัตราปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าระบบเท่ากับ 11-13 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 75

Lemmer, Zaglauer, Neef, Meier, and Amann (1997) ศึกษาปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันในถังกรองที่เกิดมีเทนเรื่องการอยู่ร่วมกันและนิเวศวิทยาของแบคทีเรียในชั้นของฟิล์มจุลินทรีย์ พบว่าแบคทีเรียที่เป็นชนิดพื้นฐานของระบบ ได้แก่ *Hydrogenophaga* และ *Comamonas* สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ทั้งชั้นที่มีอากาศ โดยพบว่าชั้นที่ขาดอากาศ และที่ชั้นที่มีอากาศจะพบแบคทีเรียชนิด *Paracoccus* ทำหน้าที่เป็นไนตริไฟอิงแบคทีเรีย และในชั้นที่ขาดอากาศจะพบแบคทีเรียชนิด *Hyphomicrobium* ซึ่งจะทำหน้าที่สนับสนุนการทำงานของแบคทีเรียชนิด *Paracoccus* และพบว่าแบคทีเรียทั้ง 2 มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงลดลงของพีเอชค่อนข้างมาก

Roy, Auger, and Chenier (1998) ศึกษาการใช้เศษผ้าชิ้นเล็กๆเป็นตัวกลางในระบบถังกรองเติมอากาศสัมผัสเป็นช่วงๆโดยเป็นระบบบำบัดแบบติดกับที่ ทำการทดลองโดยบรรจุเศษผ้าชิ้นเล็กๆที่ไม่ได้ทอจากเส้นใยในแนวดิ่ง มีความสูง 90 เซนติเมตร โดยควบคุมการไหลของน้ำเสียเป็น

2 รูปแบบ คือ รูปแบบไหลผ่าน และรูปแบบไหลวน ที่อัตราการไหล 123 และ 185 เซนติเมตรต่อวันตามลำดับเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าบีโอดีทั้ง 2 รูปแบบการไหลเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และรูปแบบการไหลวนของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

Elmitwalli, Zeeman, and Lettinga (2001) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยกระบวนการไร้ออกซิเจนที่อุณหภูมิต่ำโดยใช้ถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางก้อนโฟม polyurethane เพื่อให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ โดยเรียงตัวในแนวดิ่ง มีระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย 4 ชั่วโมงและอุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยซีโอดีได้ร้อยละ 82

Ince, Kasapgil, and Donnelly (2000) ศึกษาการเกาะติด ความแข็งแรง และลักษณะของรูของตัวกลางในระบบกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นเพื่อการบำบัดน้ำเสียจากโรงรีดนมพบว่าจุลินทรีย์ที่พบในตัวกลาง ได้แก่ Methanococcus ลักษณะเป็นแท่งสั้น ลักษณะเป็นแท่งกลาง ลักษณะเป็นแท่งยาว ลักษณะเป็นเส้นใย และ Methanosarcina ปริมาณการเกาะของจุลินทรีย์จะพบมากบริเวณส่วนล่างเท่ากับ 103 มิลลิกรัมต่อวีเอสเอสต่อวงแหวนตัวกลาง และมีปริมาณต่ำสุดที่จุดสูงสุดเท่ากับ 23 มิลลิกรัมต่อ VSS ต่อวงแหวนตัวกลาง โดยที่ระบบมีอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบ 21 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีระยะเวลากักเก็บ 0.5 วัน ได้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80

Ausland, Stevik, Hanssen, Kohler, and Jenseen (2002) ศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียถังกรองเติมอากาศสัมผัสเป็นช่วงๆ ในการกำจัดฟีคัลโคลิฟอร์มและฟีคัลเสตรพโตคอคซี พบว่าระบบจะมีประสิทธิภาพค่อนข้างดีในระบบที่ใช้ตัวกลางที่เป็นทรายละเอียด และพบว่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพต่ำลง และนอกจากนี้เวลาในการกักเก็บน้ำเสียน้อยกว่า 50 ชั่วโมงมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับประสิทธิภาพการกำจัดฟีคัลโคลิฟอร์มที่ค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.96 และพบว่าถ้ามากกว่า 50 ชั่วโมงจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟีคัลโคลิฟอร์มสูงขึ้น

Bodik, Kratovil, Gasparikova, and Hutnan (2003) ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนในถังกรองไร้อากาศโดยรับน้ำเสียจากระบบถังเติมอากาศมีระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสียในถังเติมอากาศและถังกรองไร้อากาศเท่ากับ 4 และ 15 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 4.5-23 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 78.6-83.0 บีโอดีร้อยละ 92.5-94.0 และของแข็งแขวนลอยร้อยละ 80.9-92.7 เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันสูงที่อุณหภูมิ 5.9 องศาเซลเซียส และมีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนเท่ากับร้อยละ 46.4-87.3

Del, and Diez (2003) ศึกษาการกำจัดสารอินทรีย์ในระบบร่วมถังกรองชีวภาพไร้อากาศและใช้อากาศต่อกันตามลำดับ โดยควบคุมน้ำให้ไหลวนทำการทดลอง 133 วัน รับน้ำเสียจากโรงฆ่าเป็ดและไก่ ค่าเฉลี่ยของภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.39 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 92 และถ้าค่าเฉลี่ยของภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.064 กิโลกรัมทีเคเอ็นต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นร้อยละ 95 และพบว่าถ้าถังกรองใช้อากาศมีขนาดเล็กกว่าถังกรองไร้อากาศ ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศจะเพิ่มขึ้น

Galvez, Gomez, Hontoria, and Gonzalez-Lopez (2003) ศึกษาอัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าระบบและอัตราการเติมอากาศในถังกรองชีวภาพจมน้ำเพื่อกำจัดไนโตรเจนจากน้ำเสียชุมชน โดยควบคุมให้ในถังกรองถังแรก น้ำเสียมีลักษณะการไหลแบบไหลลง เพื่อให้เกิดการกำจัดสารอินทรีย์และปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น ตามด้วยถังที่สองโดยน้ำเสียมีลักษณะไหลขึ้น เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน มีระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสีย 0.35-1.59 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 7.78-43.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง พบว่า สามารถกำจัดไนโตรเจนได้ 0.64 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อลูกบาศก์เมตรต่อวันที่อัตราการเติมอากาศ 25.6 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง และพบว่าในถังกรองเติมอากาศมีปริมาณภาระสารอินทรีย์ซีโอดีเข้าถัง 16.0 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน สามารถกำจัดได้ซีโอดีร้อยละ 75 และของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งน้อยกว่า 35 มิลลิกรัมต่อลิตร

Xie, Wang, Song, Kondo, Teraoka, Ohsumi, and Ogawa (2004) ศึกษาการกรองชีวภาพแบบไหลขึ้นด้วยตัวกลางกรองแบบลอยตัว โดยที่ตัวกลางลอยตัวมีลักษณะเป็นโฟม polystyrene พบว่าสามารถกำจัดบีโอดีในน้ำทิ้งให้มีค่าต่ำว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันมากกว่าร้อยละ 86 ในน้ำเสียที่มีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.7 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน และไนโตรเจนทั้งหมด 0.16 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยควรมีการล้างย้อนกลับทุกครั้งที่ดูดตะกอนออก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

แผนการทดลองและดำเนินงานวิจัย

การทดลองได้ดำเนินงานโดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่ดัดแปลงองค์ประกอบภายใน จากถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป ทำการติดตั้งโดยต่อกับท่อรวมน้ำเสียของตลาดสดติดริมแม่น้ำ รวม 3 แห่ง อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 2 แห่ง จังหวัดนนทบุรี 1 แห่ง โดยเดินทางไปเก็บตัวอย่างและทำการทดลองให้ห้องปฏิบัติการปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ และห้องปฏิบัติการ สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 แผนการทดลอง

งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบระบบถังเกรอะ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด (Septic-Submerged Aerobic Fixed-film Reactor) กับระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด (Septic-Submerged Anaerobic-Aerobic Fixed-film Reactor) ที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัด

ในการพัฒนาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับที่พักอาศัยชุมชนริมน้ำ ได้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย 3 รูปแบบ คือ

1. ระบบบำบัดแบบที่ 1 ระบบถังเกรอะ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด โดยในส่วนของถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย 32 ชั่วโมง

2. ระบบบำบัดแบบที่ 2 ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด โดยในส่วนของถังกรอง ไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

3. ระบบบำบัดแบบที่ 3 ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด โดยในส่วนถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

ระยะเวลาทำการศึกษาประมาณ 3-5 เดือนโดยทำการบำบัดน้ำเสียจากตลาดสดติดริมแม่น้ำ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 2 แห่ง จังหวัดนนทบุรี 1 แห่ง ระยะเวลาในการศึกษาประมาณ 3-5 เดือนโดยตลาดสดทั้ง 3

1. ตลาดหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยาติดตั้งระบบบำบัดแบบที่ 1
2. ตลาดเสนา อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยาติดตั้งระบบบำบัดแบบที่ 3
3. ตลาดพิชัย อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรีติดตั้งระบบบำบัดแบบที่ 2

การวิจัยได้กำหนดปัจจัยเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กำหนดปัจจัยเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

ปัจจัย	ระบบบำบัดแบบที่		
	1	2	3
1. รูปแบบระบบ	กรองเติมอากาศสัมผัส	กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัส	กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัส
2. สถานที่ติดตั้งระบบ	ตลาดหัวรอ	ตลาดพิชัย	ตลาดเสนา
3. ค่า HRT ของถังกรอง (ชั่วโมง)	32	36	48

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 ถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส ระบบสามารถรับน้ำเสียได้ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน บีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร และรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ 1.0 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยระบบมีส่วนประกอบได้แก่ ดังรูปที่ 3.1

(1) ถังเกรอะ

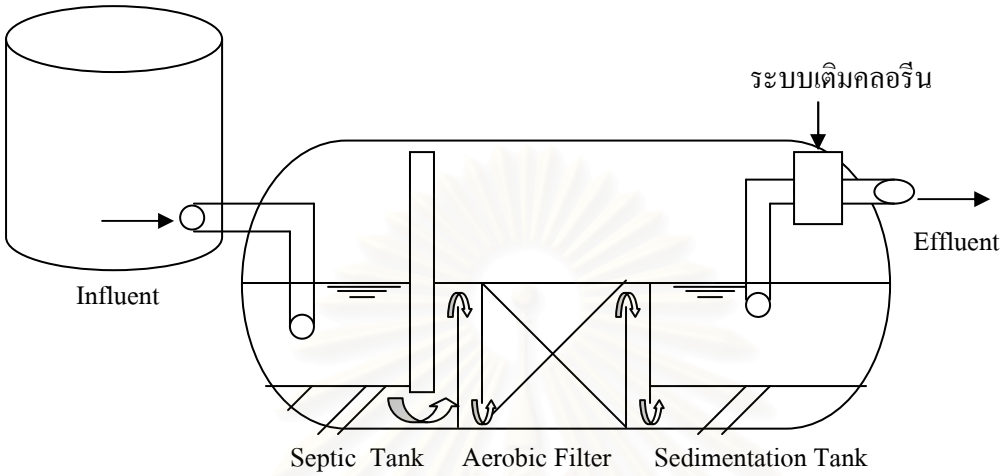
(2) ถังกรองเติมอากาศสัมผัส

(3) ตัวกลางที่ใช้ คือ ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด ดังรูปที่ 3.2

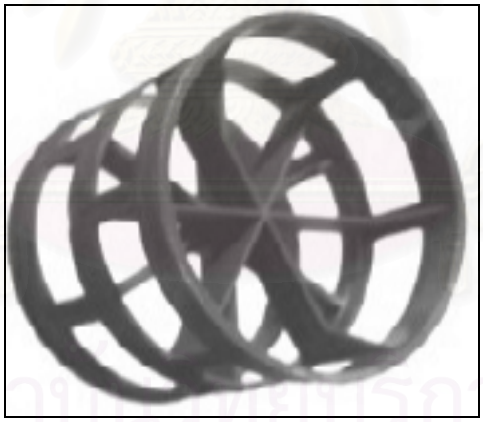
(4) ถังตกตะกอน

(5) ระบบเติมคลอรีน

ระบบถังเกรอะ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด โดยในส่วนของถังกรองเติมอากาศสัมผัส (Aerobic Filter) ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย 32 ชั่วโมง ซึ่งในส่วน Septic Tank ,Aerobic Filter, Sedimentation Tank มีปริมาตร1.35, 1.35 และ 0.94 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ระบบบำบัดแบบที่ 1 ถังเกรอะ+กรองเติมอากาศสัมผัส



รูปที่ 3.2 ตัวกลาง

3.2.2 ถังเกรอะ-กรองไร้อากาศกรองเติมอากาศสัมผัส ระบบสามารถรับน้ำเสียได้ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน วัน บีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร และรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ 1.0 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยระบบมีส่วนประกอบได้แก่มีส่วนประกอบได้แก่ ดังรูปที่ 3.4

(1) ถังเกรอะ

(2) ถังกรองไร้อากาศ

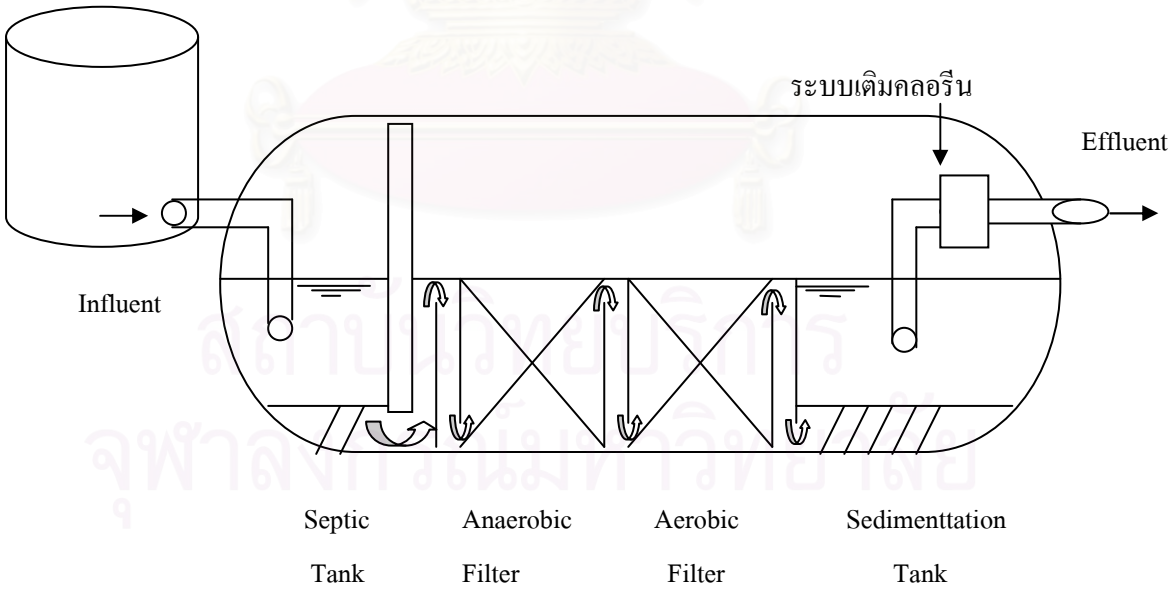
(3) ถังกรองเติมอากาศสัมผัส

(4) ตัวกลางที่ใช้ คือ ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด

(5) ถังตกตะกอน

(6) ระบบเติมคลอรีน

ระบบบำบัดที่ 2 และ ระบบที่ 3 จะใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียต่างกัน โดยในส่วนของกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) และถังกรองเติมอากาศ (Aerobic Filter) ของระบบที่ 2 จะใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงซึ่งในส่วน Septic Tank , Anaerobic Filter, Aerobic Filter, Sedimentation Tank ของระบบที่ 2 มีปริมาตร1.35, 1.0, 1.0 และ 0.94 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนในระบบที่ 3 จะใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมงซึ่งในส่วน Septic Tank , Anaerobic Filter, Aerobic Filter, Sedimentation Tank ของระบบที่ 2 มีปริมาตร1.35, 1.35, 1.35 และ 0.94 ลูกบาศก์เมตรตามลำดับดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ระบบบำบัดแบบที่ 2 และ 3 ถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด

3.3 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

3.3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ(Sampling)

เก็บตัวอย่างน้ำตามจุดต่างๆมาวิเคราะห์ ตัวย่างน้ำที่ทำการเก็บแต่ละจุดมีปริมาตรประมาณ 750 มิลลิลิตร ในแต่ละพารามิเตอร์มีความถี่ในการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการตรวจวัด และวิเคราะห์ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ยกเว้น ฟีคัลโคลิฟอร์ม ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการตรวจวัด และวิเคราะห์ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เข้าระบบ (Influent) บริเวณจุดที่น้ำเสียเข้ามาในระบบ และเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Efluent) เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งบริเวณที่จะออกจากระบบ โดยทำการเดินระบบก่อนที่จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเป็นเวลาประมาณ 1 เดือน เพื่อให้ระบบเข้าสู่ภาวะที่เสถียร

ในการทดลอง จะทำการเดินระบบและเก็บผลการทดลองจะมีระยะเวลาในการทำการทดลองทั้งหมด 4 เดือน

3.3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่ทำการเก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง ได้นำมาวิเคราะห์ตามพารามิเตอร์ที่กำหนด โดยวิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ (APHA, AWWA, WPCF., 1995)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. Temperature	เทอร์โมมิเตอร์
2. pH	pH Meter
3. Oxidation-Reduction Potential	ORP Meter
4. Total Dissolved Solids	Gravimetric Method
5. Total Supended Solids	Gravimetric Method
6. Setteable Solids	Gravimetric Method
7. Biochemical Oxygen Demand	Azide Modification Method
8. Sulfide	Iodometric Method
9. Total Kjeldahl Nitrogen	Kjeldahl Method
10. Total Phosphorus	Vanadomolybdophosphoric Acid Method
11. Oil and Grease	Soxhlet Method
12. Fecal Coliform	Multiple Tube Fermentation Technique

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะทั่วไปในการทดลอง

การทดลองได้ทำการศึกษาออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดตั้งอยู่กับที่สำหรับตลาดสดติดริมน้ำ ในการออกแบบพิจารณาค่าอัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน น้ำเสียมีค่าบีโอดี 1000 มิลลิกรัมต่อลิตรและค่า Organic Loading เท่ากับ 1.0 กิโลกรัมบีโอดีต่อวัน เพื่อออกแบบให้สามารถรับน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกในช่วงสูงสุดได้ โดยระบบบำบัดน้ำเสียจะมีการเติมคลอรีนเพื่อกำจัดเชื้อโรคให้กับน้ำทิ้งหลังการบำบัดก่อนที่จะปล่อยลงสู่แม่น้ำ ระบบบำบัดน้ำเสียของการทดลองมี 3 รูปแบบ คือ

(1) ระบบบำบัดแบบที่ 1 ระบบถังเกรอะ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด โดยในส่วนของถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย 32 ชั่วโมงติดตั้งที่ตลาดหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

(2) ระบบบำบัดแบบที่ 2 ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด โดยในส่วนของถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงติดตั้งที่ตลาดเสนา อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

(3) ระบบบำบัดแบบที่ 3 ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาด โดยในส่วนถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมงติดตั้งที่ตลาดพิชัย อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

ตัวอย่างน้ำที่ทำการเก็บแต่ละจุดมีปริมาตรประมาณ 750 มิลลิลิตร ในแต่ละพารามิเตอร์มีความถี่ในการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการตรวจวัด และวิเคราะห์ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเป็นเวลาประมาณ 1 เดือน เพื่อให้ระบบเข้าสู่ภาวะที่เสถียร

4.2 ลักษณะของน้ำเสียที่ทดลอง

น้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียจากตลาดสดติดริมน้ำ ซึ่งน้ำเสียมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ยเท่ากับ 0.32 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากตลาดสดติดริมน้ำ

คุณลักษณะ	ช่วงของน้ำเสีย	ค่าเฉลี่ยของน้ำเสีย
1. อุณหภูมิ (^{0}C)	28.5-31	29.83
2. พีเอช	6.3-7.3	7.23
3. โออาร์พี (mV)	(-227.0)-(-286.0)	-263.08
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	205.0-874.0	543.33
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	165.0-482.0	328.38
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มล./ล.)	9.2-178.0	61.31
7. บีโอดี (มก./ล.)	216.0-412.0	326.94
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	1.0-58.0	6.43
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	26.0-70.5	44.98
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	8.0-28.0	14.26
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	16.0-150.0	74.85
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	8.5×10^{5}-9.1×10^{5}	8.8×10^{5}

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการวิจัยนี้น้ำเสียจากตลาดสดริมน้ำ เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการล้างอาหารสดประเภทเนื้อ หมู ไก่ ปลา และผักสด จากแผงขายของ การล้างภาชนะจากร้านอาหารขนาดเล็กประเภทอาหารตามสั่งภายในตลาดสด นอกจากนั้นน้ำเสียยังมาจากการล้างทำความสะอาดพื้นโดยได้ใช้ตะแกรงดักขยะในการกรองขยะมูลฝอย เศษผงต่างๆเพื่อป้องกันไม่ให้หลุดเข้าไปในถังบำบัดน้ำเสีย และใช้ถังดักไขมันทำหน้าที่แยกไขมันทำหน้าที่แยกไขมันออกจากน้ำเสียก่อนที่จะไหลเข้าสู่ถังบำบัดน้ำเสียโดยใช้เครื่องสูบน้ำสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด เนื่องจากไม่สามารถออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถรองรับน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากตลาดสดได้ทั้งหมดเพราะมีความจำกัดด้วยพื้นที่สำหรับการติดตั้ง ระยะเวลาในการวิจัยและงบประมาณในการก่อสร้างจึงจำเป็นที่จะต้องออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียให้มีขนาดเล็กและเลือกใช้น้ำเสียที่เป็นตัวแทนมาทำการบำบัด ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียโดยรวม พบว่าความสกปรกในรูปบีโอดีมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 326.94 มิลลิกรัมต่อลิตรมาจากการล้างเศษผัก เนื้อ หมู ไก่ ปลา จากแผงขายของดังนั้นค่าโออาร์พีที่วิเคราะห์ได้จึงเป็นปรกติที่มีค่าเป็นลบเนื่องจากน้ำเน่าเสียจากการล้างและทำความสะอากตลาด และจากที่ไม่ได้นำน้ำเสียจากห้องส้วมเข้ามาร่วมบำบัดด้วยทำให้ค่าไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นที่วิเคราะห์ได้เฉลี่ย 44.98 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งค่าไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นที่เกิดขึ้นนั้น อาจมาจากการเน่าเสียของเศษผัก ผลไม้ ที่ติดอยู่ภายในท่อระบายน้ำ นอกจากนั้นปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณของแข็งตะกอนหนัก ของแข็งละลายได้เฉลี่ยเท่ากับ 328.38 61.31 543.33 ตามลำดับซึ่งตะกอนเหล่านี้มีจากฝุ่น ทราย ดินที่อยู่ตามพื้นตลาดโดยถูกน้ำชะลงสู่ท่อระบายน้ำ ปริมาณน้ำมันและไขมันที่มาจากแผงขายอาหารทอดต่างๆในตลาดสดซึ่งมีค่าเฉลี่ย 74.85 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งมีค่าไม่สูงเพราะมีถังดักไขมันทำหน้าที่แยกไขมันทำหน้าที่แยกไขมันออกจากน้ำเสียก่อนที่จะไหลเข้าสู่ถังบำบัดน้ำเสีย และซัลไฟล์ที่วิเคราะห์ได้น่าจะมาจากน้ำเสียที่ชะผ่านเศษผักเศษเนื้อเน่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ประสิทธิภาพของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศ

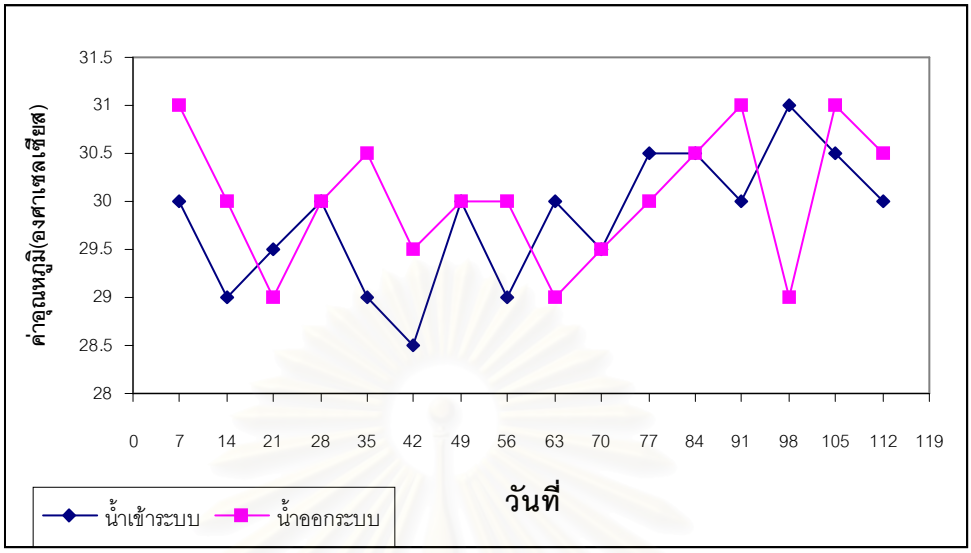
การศึกษาระบบบำบัดแบบที่ 1 ระบบถังเกรอะ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสเพื่อบำบัดน้ำเสียจากตลาดสดติดริมน้ำที่ใช้ตัวกลางปกติในท้องตลาดโดยในส่วนของถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย 32 ชั่วโมงได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.2 คุณลักษณะของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศ

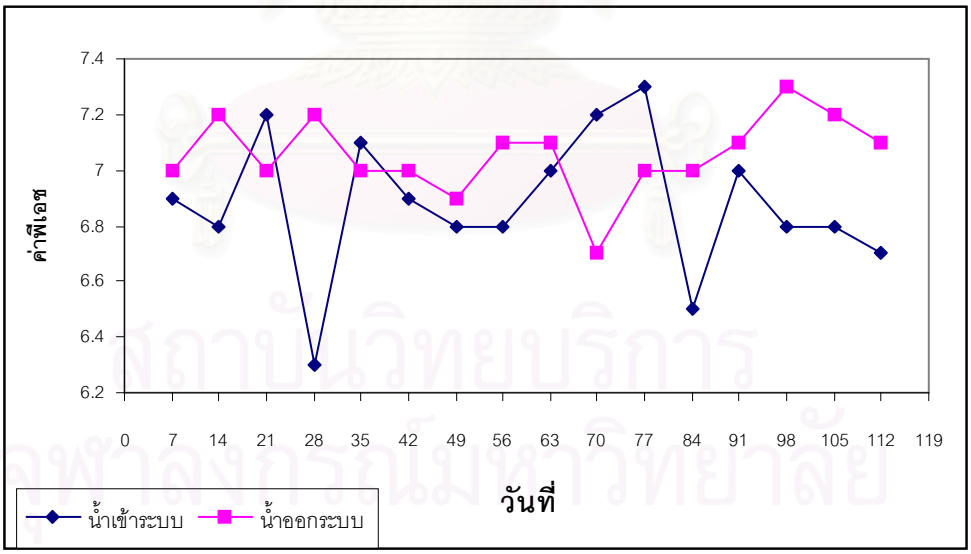
คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ย		P(50) น้ำทิ้ง	มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ข.	ประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ)
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง			
1. อุณหภูมิ (C^o)	29.81	30	30	-	-
2. พีเอช	6.8	7.0	7.0	5-9	-
3. โออาร์พี (mV)	-261.87	58.87	61	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	395.93	313.56	318	≤500	20.8
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	282.12	17.45	14	≤40	93.81
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มล./ล.)	34.82	0.18	0	≤0.5	99.48
7. บีโอดี (มก./ล.)	304.12	15.36	11.2	≤30	94.95
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	14.3	0	0	≤1.0	100
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	35.75	5.44	5.3	≤35	84.78
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	11.98	9.88	9.13	-	11.53
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	79.68	5.96	4.5	≤20	92.52
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	8.6×10^5	3.4×10^2	3.3×10^2	-	99.96

1) อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำเสียที่เข้าและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าดังรูปที่ 4.1 อุณหภูมิในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 28.5-31.0 องศาเซลเซียสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.81 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิในน้ำทิ้งมีค่าอยู่ระหว่าง 29.0-31.0 องศาเซลเซียสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.0 องศาเซลเซียส และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส ในกระบวนการเติมอากาศอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวก mesophilic อยู่ในช่วง 10-35 องศาเซลเซียส และพวก thermophilic อยู่ในช่วง 55-65 องศาเซลเซียส (McCarty and Rittmann, 2001) ซึ่งระบบที่ใช้ในการทดลองมีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวก mesophilic



รูปที่ 4.1 อุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส



รูปที่ 4.2 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศอากาศ

2) พีเอช

พีเอชของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าใกล้เคียง 7.0 ดังรูปที่ 4.2 โดยที่พีเอชในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 6.3-7.3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.8 ส่วนพีเอชในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-7.3 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.0 และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 7.0 จะพบว่าพีเอชในระบบมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการสร้างมีเทนของแบคทีเรียในกระบวนไร้อากาศ คือช่วง 6.6-7.6 ถ้าหากค่าพีเอชของระบบอยู่นอกช่วงดังกล่าวจะทำให้กระบวนการสร้างมีเทนในระบบเกิดความเสียหาย (McCarty and Rittmann, 2001)

3) ค่าโออาร์พี

ค่าโออาร์พีของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าแตกต่างกันมาก ดังรูปที่ 4.3 โดยค่าโออาร์พีในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง -232 ถึง –285 มิลลิโวลท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -261.87 มิลลิโวลท์ ส่วนค่าโออาร์พีในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ ระหว่าง 15 ถึง 90 มิลลิโวลท์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.87 มิลลิโวลท์และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 61 มิลลิโวลท์ ซึ่งค่าโออาร์พีในน้ำทิ้งดังกล่าวเป็นปกติของกระบวนการเติมอากาศคือมีค่าลบน้อยๆหรือมีค่าเป็นบวก

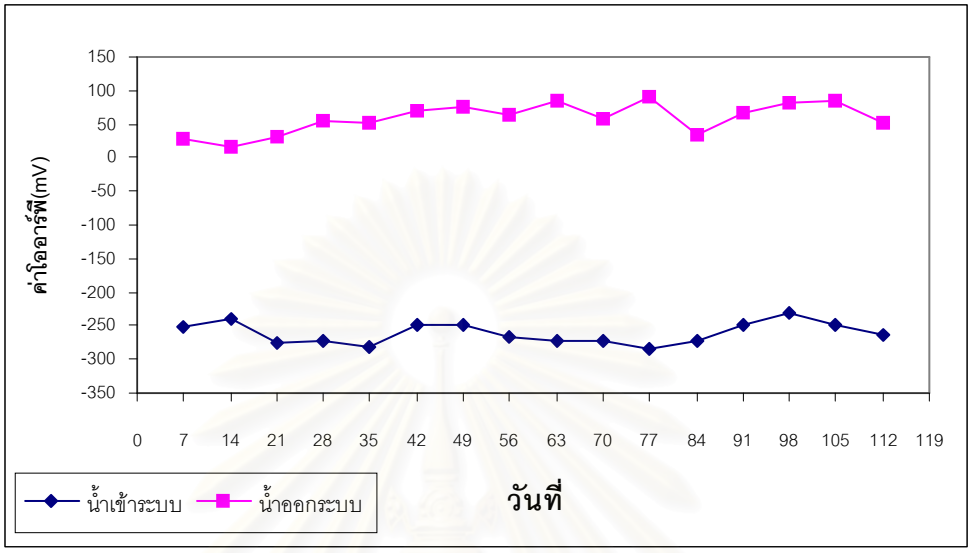
4) ของแข็งละลายได้ทั้งหมด

ของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณแตกต่างกันน้อยมากดังรูปที่ 4.4 ของแข็งละลายได้ทั้งหมดในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 205.0-560.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 395.93 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนของแข็งละลายได้ทั้งหมดในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 203.0-456.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 313.56 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 318 มิลลิกรัมต่อลิตร จะพบว่าน้ำทิ้งจากระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดสูง ซึ่งเป็นผลจากการเติมอากาศทำให้มีการหลุดของจุลินทรีย์และตะกอนที่อยู่ภายในที่สะสมอยู่ในระบบออกมาสู่ท่อน้ำทิ้งซึ่งเป็นปกติของระบบบำบัดชีวภาพ

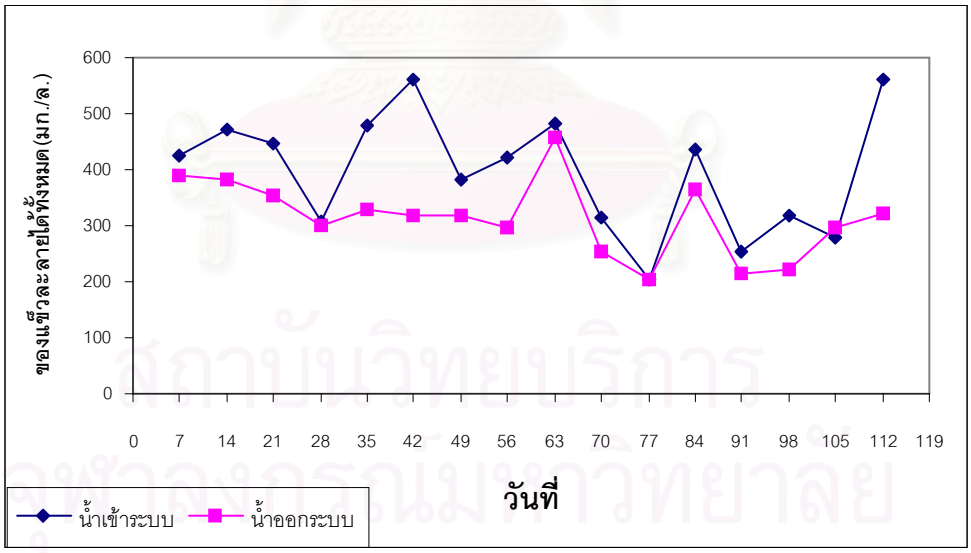
5) ของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณแตกต่างกันดังรูปที่ 4.5 โดยที่ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 165.0-426.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 282.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 6.0-51.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 17.45 มิลลิกรัม

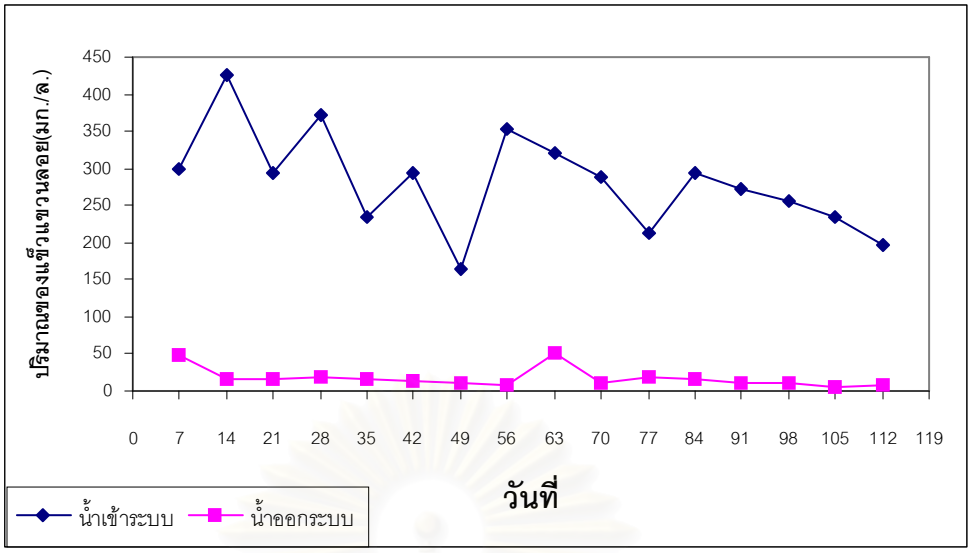
ต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 14.0 มิลลิกรัมต่อลิตรพบว่าน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณของแข็งแขวนลอยต่ำแต่มีเศษตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กและเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ตายปนมากับน้ำทิ้งซึ่งเป็นปรกติของระบบเติมอากาศ



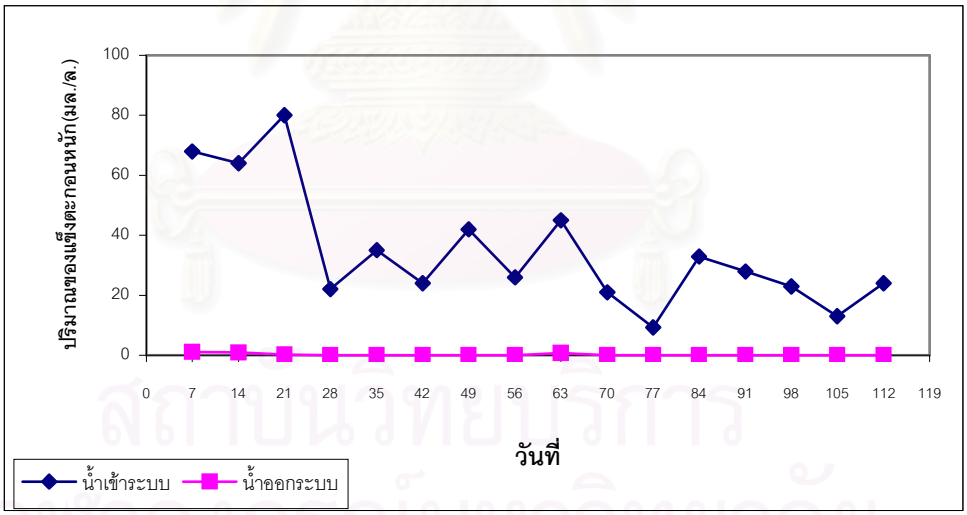
รูปที่ 4.3 ค่าโออาร์พีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส



รูปที่ 4.4 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส



รูปที่ 4.5 ปริมาณของแข็งละลายแขวนลอยของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส



รูปที่ 4.6 ปริมาณของแข็งตะกอนหนักของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส

6) ของแข็งตะกอนหนัก

ของแข็งตะกอนหนักของน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณไม่คงที่ ส่วนน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณค่อนข้างคงที่ดังรูปที่ 4.6 โดยที่ของแข็งตะกอนหนักในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 9.2-80.0 มิลลิลิตรต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 34.82 มิลลิลิตรต่อลิตร ส่วนของแข็งตะกอนหนักในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.0-1.0 มิลลิลิตรต่อลิตร โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.18 มิลลิลิตรต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 0.0 มิลลิลิตรต่อลิตร เนื่องจากกลไกการบำบัดของระบบ คือการปล่อยน้ำเสียไหลผ่านตัวกรอง ของแข็งตะกอนหนักจึงไม่สามารถผ่านตัวกรองได้ ดังนั้นน้ำทิ้งจากระบบจึงมีของแข็งตะกอนหนักปริมาณต่ำ

7) ค่าบีโอดี

ค่าบีโอดีของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.7 โดยที่ค่าบีโอดีในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 216.0-377.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 304.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าบีโอดีในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 7.0-42.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.37 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 11.2 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งค่าบีโอดีเข้าระบบมีปริมาณลดลงเรื่อยๆตามระยะเวลาที่ผ่านไปน่าจะเป็นผลมาจากจุลินทรีย์ในถังพักทำการบำบัดน้ำเสียก่อนเข้าระบบ โดยปรกติแล้วสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกจุลินทรีย์นำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตเนื่องน้ำที่เข้าระบบมีปริมาณน้อยจึงทำให้เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารแล้วพบว่ามีค่าที่ไกล้เคียงกับค่ามาตรฐานตามตารางที่ ก-1ในภาคผนวก

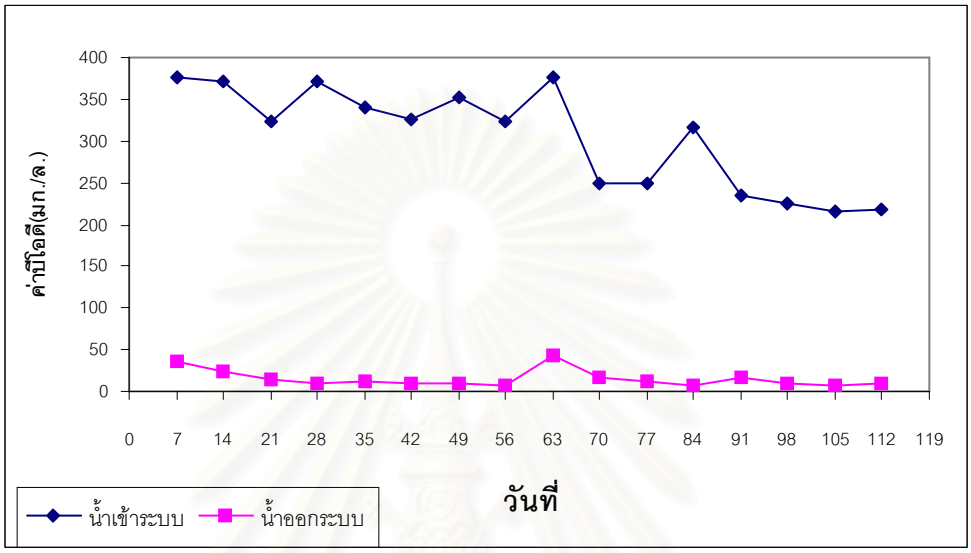
8) ซัลไฟด์

ซัลไฟด์ของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบเฉลี่ยมีปริมาณต่างกันไม่มากดังรูปที่ 4.8 โดยที่ซัลไฟด์ในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 2.0-58.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 14.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนซัลไฟด์ในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0-0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีค่าความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 0.0 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในกระบวนการเติมอากาศจะทำให้ไม่เกิดเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบอีกทั้งยังมีการเติมคลอรีนก่อนปล่อยออกจากระบบซึ่งคลอรีนจะช่วยทำลายซัลไฟด์ เพราะฉะนั้นน้ำทิ้งจากระบบจึงมีปริมาณน้อยมากๆจนไม่มีซัลไฟด์ปะปนอยู่เลย

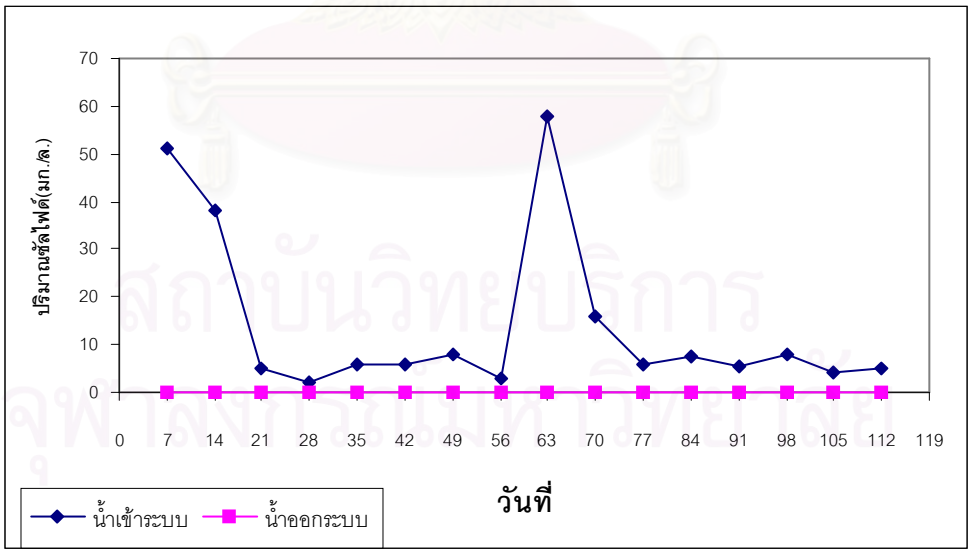
9) ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น

ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ของน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณแตกต่างกันดังรูปที่ 4.9 โดยที่ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่

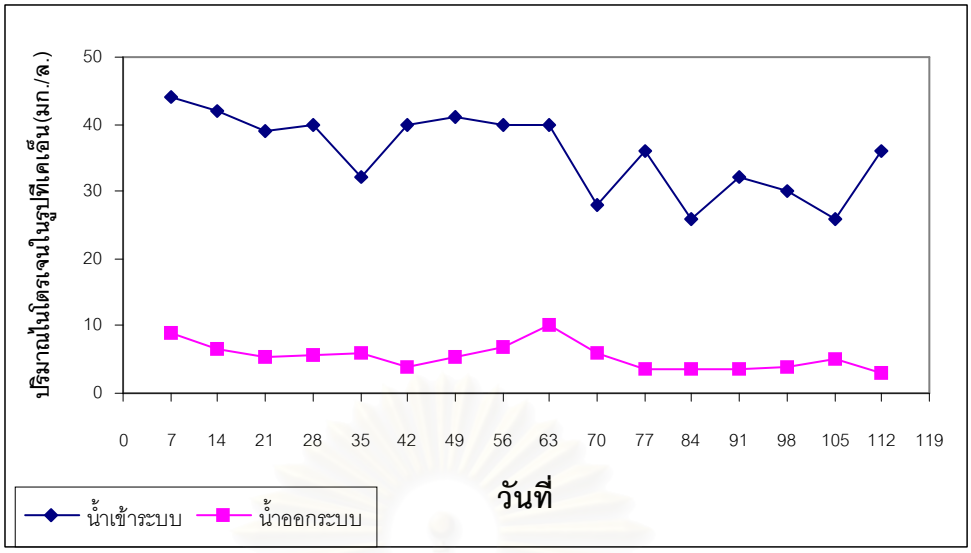
ระหว่าง 26.0-44.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 35.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 3.0-10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 5.44 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 5.3 ซึ่งเป็นปกติของระบบบำบัดถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสซึ่งสามารถบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นได้



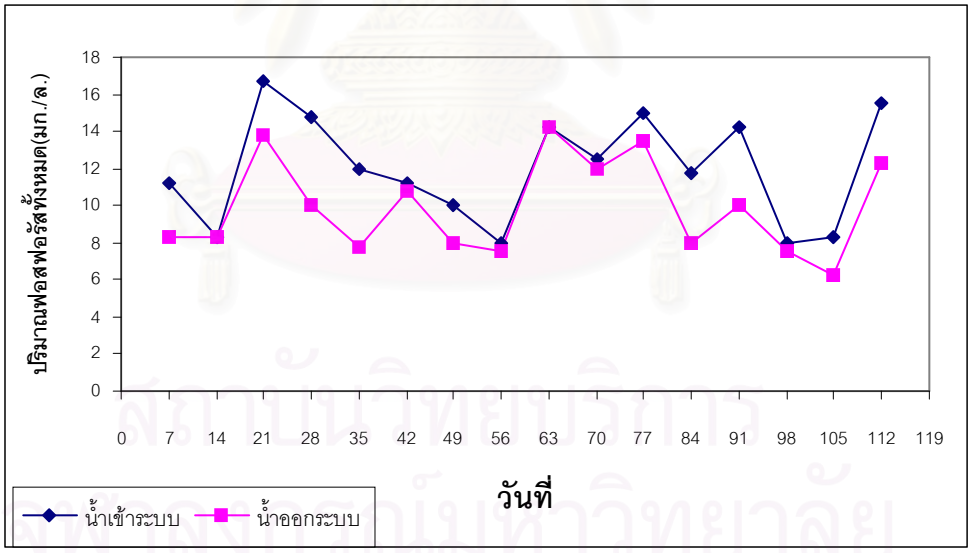
รูปที่ 4.7 ค่าบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส



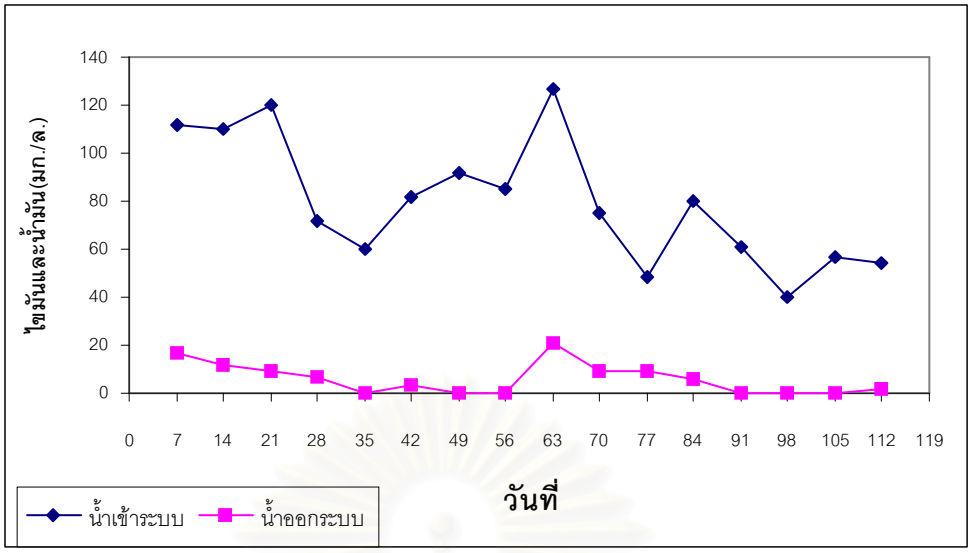
รูปที่ 4.8 ปริมาณซัลไฟด์ของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส



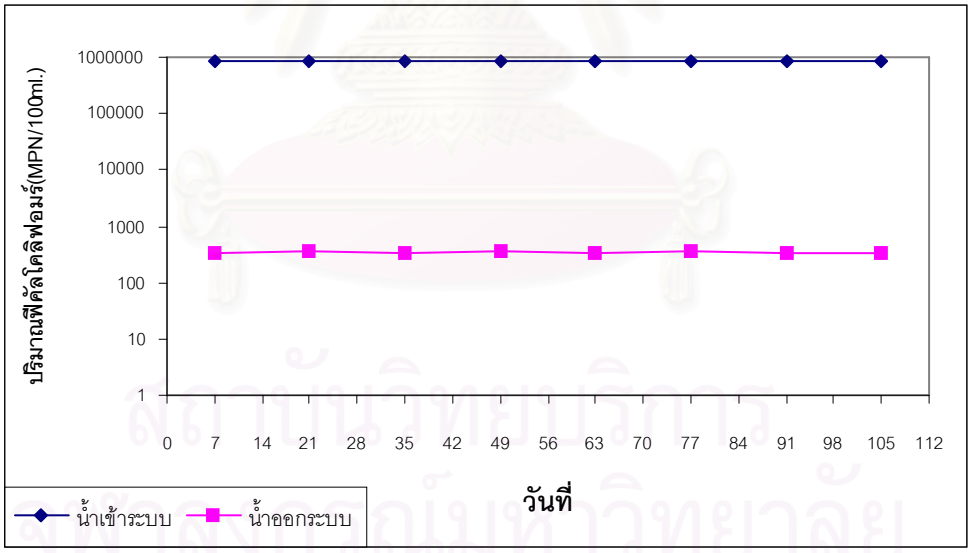
รูปที่ 4.9 ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส



รูปที่ 4.10 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส



รูปที่ 4.11 ปริมาณน้ำมันและไขมันของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส



รูปที่ 4.12 ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ- กรองเติมอากาศสัมผัส

10) ฟอสฟอรัสทั้งหมด

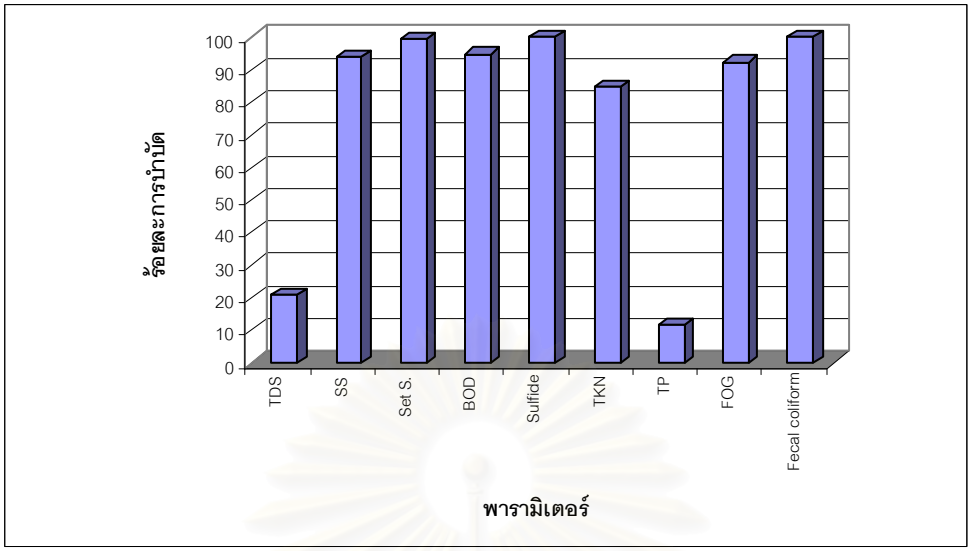
ฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณแตกต่างกันไม่มากนักดังรูปที่ 4.10 โดยที่ฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 8.0-16.7 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 11.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 6.25-14.25 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 9.88 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 9.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณไกล้เคียงกันแต่ถึงอย่างไรจุลินทรีย์ในกระบวนการเติมอากาศสามารถนำฟอสเฟตเข้าไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต โดยฟอสเฟตที่อยู่ในระบบจะถูกจุลินทรีย์นำไปสร้าง ATP เพื่อสะสมเป็นแหล่งพลังงาน เป็นการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ปะปนมากับน้ำทิ้งได้

11) น้ำมันและไขมัน

น้ำมันและไขมันของน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณแตกต่างกันดังรูปที่ 4.11 โดยที่น้ำมันและไขมันในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 40.0-127.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 79.68 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำมันและไขมันในน้ำทิ้งมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.0-21.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 5.96 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากในระบบที่มีการเติมอากาศน้ำเสียจะได้รับการเป่าอากาศที่ทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำมันและไขมันในน้ำเสีย ทำให้ระบบที่ใช้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันและไขมันได้ดี

12) ค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม

ค่าฟีคัลโคลิฟอร์มของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าแตกต่างกันมาก ดังรูปที่ 4.12 โดยที่ค่าฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 8.5×10^5 ถึง 8.7×10^5 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.6×10^5 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร ส่วนค่าฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ ระหว่าง 3.2×10^2 ถึง 3.7×10^2 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4×10^2 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 3.3×10^4 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร จากการทดลองพบว่าน้ำทิ้งจากระบบมีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มที่ต่ำมาก เนื่องจากได้มีการเติมคลอรีนเพื่อกำจัดเชื้อโรคในส่วนเติมคลอรีนก่อนที่จะปล่อยน้ำทิ้งออกจากระบบ



รูปที่ 4.13 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศ

ระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติมีประสิทธิภาพในการบำบัดดังรูปที่ 4.13 โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก บีโอดี ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น น้ำมันและไขมัน และฟีคัลโคลิฟอร์มได้ดี กล่าวคือร้อยละ 93.81 99.48 94.95 100.0 84.78 92.52 และ 99.96 ตามลำดับ และความน่าจะเป็นร้อยละ 50 ของคุณลักษณะน้ำทิ้งมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้แก่ พีเอช 7.0 ของแข็งละลายได้ทั้งหมด 318.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอย 14.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งตะกอนหนัก 0 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดี 11.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซัลไฟด์ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น 5.3 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำมันและไขมัน 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ประสิทธิภาพของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

การศึกษาระบบบำบัดแบบที่ 2 ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมโดยในส่วนของถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังนี้

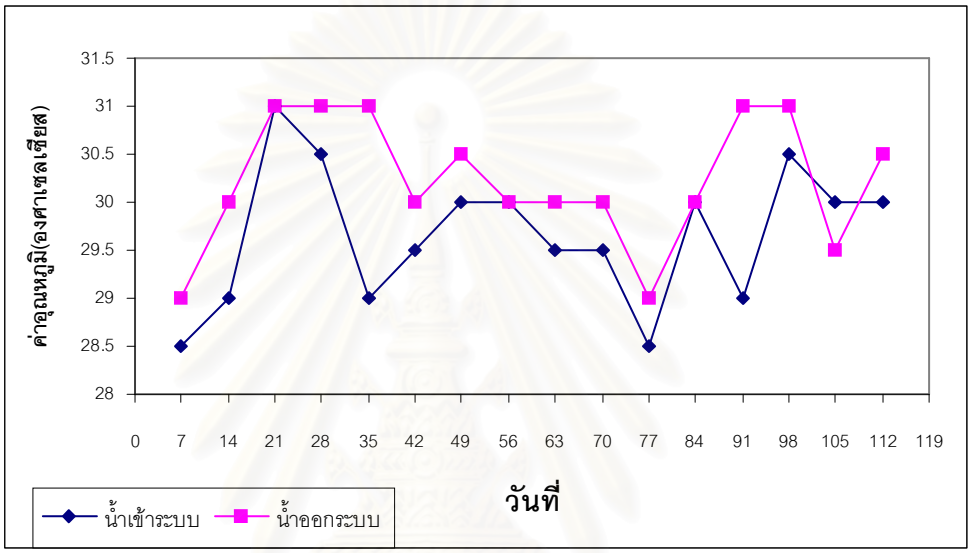
ตารางที่ 4.3 คุณลักษณะของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศ ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ย		P(50) น้ำทิ้ง	มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ข.	ประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ)
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง			
1. อุณหภูมิ (^{o}C)	29.7	30.2	30	-	-
2. พีเอช	7.0	7.1	7.0	5-9	-
3. โออาร์พี (mV)	-267.75	68.38	71.5	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	793.18	386.06	387	≤500	51.33
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	362.69	19.55	16.0	≤40	94.6
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มล./ล.)	57.06	0.12	0	≤0.5	99.79
7. บีโอดี (มก./ล.)	369.06	13.86	9.7	≤30	96.24
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	2.04	0	0	≤1.0	100
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	46.31	4.39	4.25	≤35	90.52
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	15.68	11.35	10	-	27.61
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	99.56	1.28	0.5	≤20	98.71
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	4.5×10^{5}	2.0×10^{2}	3.8×10^{2}	-	99.95

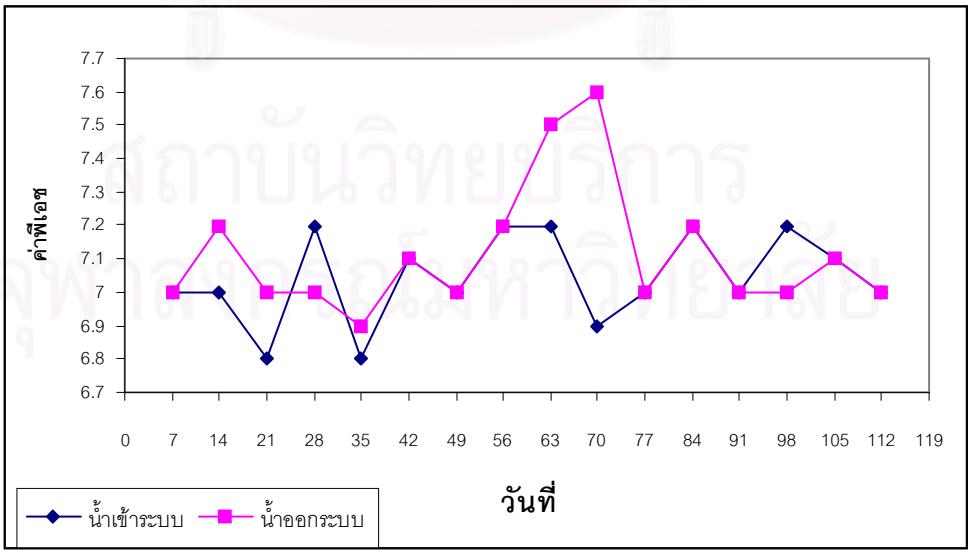
1) อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าใกล้เคียงกันดังรูปที่ 4.14 อุณหภูมิในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 28.5-31.0 องศาเซลเซียสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.65 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 29.0-31.0 องศาเซลเซียสโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.2 องศาเซลเซียส และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งในกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวก mesophilic อยู่ในช่วง 10-35 องศาเซลเซียส และพวก thermophilic อยู่ในช่วง 55-65 องศาเซลเซียส

(McCarty and Rittmann, 2001) ซึ่งระบบที่ใช้ในการทดลองมีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวก mesophilic และในกระบวนการบำบัดแบบใช้อากาศพบว่าอัตราการแพร่และอัตราปฏิกิริยาชีวเคมีจะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แต่ทั้งนี้ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบจะอยู่ในระดับคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (เกรียงศักดิ์, 2543)



รูปที่ 4.14 อุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง



รูปที่ 4.15 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

2) พีเอช

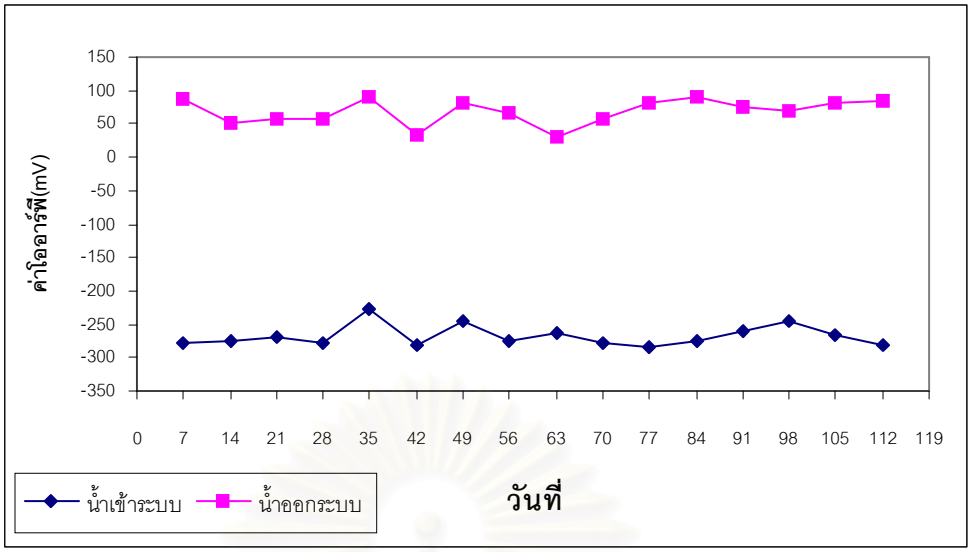
พีเอชของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.15 โดยที่พีเอชในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 6.8-7.2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.0 ส่วนพีเอชในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 6.9-7.6 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.1 และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 7.0 จะพบว่าพีเอชในระบบมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการสร้างมีเทนของแบคทีเรียในกระบวนไร้อากาศ คือช่วง 6.6-7.6 ถ้าหากค่าพีเอชของระบบอยู่นอกช่วงดังกล่าวจะทำให้กระบวนการสร้างมีเทนในระบบเกิดความเสียหาย (McCarty and Rittmann, 2001) อีกทั้งน้ำทิ้งจากระบบมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นโดยค่าพีเอชมีค่าเข้าใกล้ช่วงที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาในกระบวนการใช้อากาศ คือ 7.0-8.0

3) ค่าโออาร์พี

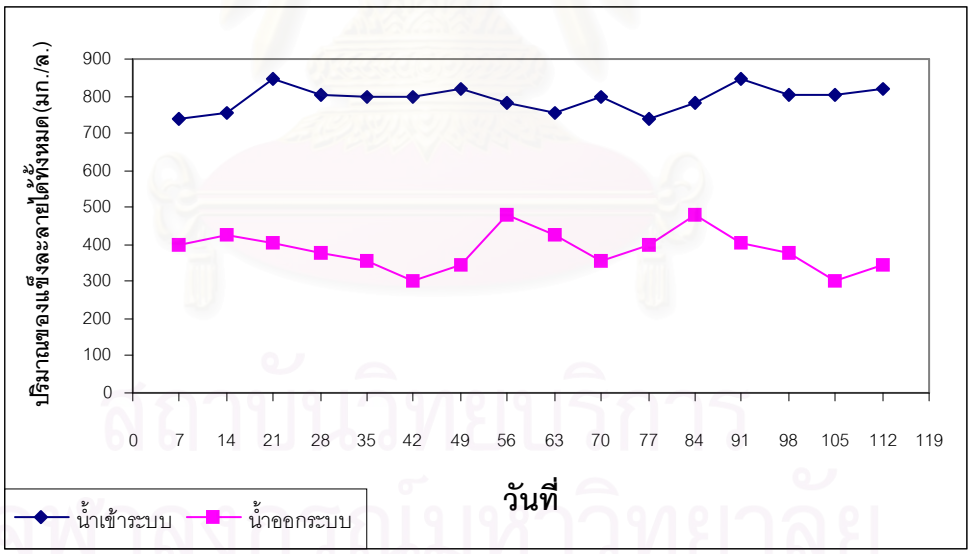
ค่าโออาร์พีของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าแตกต่างกันน้อยมาก ดังรูปที่ 4.16 โดยค่าโออาร์พีในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง -227 ถึง -285 มิลลิโวลท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ –267.75 มิลลิโวลท์ ส่วนค่าโออาร์พีในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ ระหว่าง 30.0 ถึง 90.0 มิลลิโวลท์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.38 มิลลิโวลท์ และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 71.5 มิลลิโวลท์ ค่าของน้ำเสียดังกล่าวจะอยู่ในช่วงปรกติของกระบวนการไร้อากาศคือช่วง –150 ถึง –420 (เกรียงศักดิ์, 2543) และเนื่องจากระบบมีส่วนการกรองแบบเติมอากาศสัมผัสทำให้จุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนที่ได้จากการเติมอากาศเป็นสารรับอิเล็กตรอน เป็นผลให้มีปริมาณออกซิเจนที่มากจนเกินพอทำให้ค่าโออาร์พีในน้ำทิ้งจากระบบมีค่าเป็นบวก

4) ของแข็งละลายได้ทั้งหมด

ของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบที่ทดลองมีปริมาณแตกต่างกันดังรูปที่ 4.17 โดยที่ของแข็งละลายได้ทั้งหมดในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 739.0-847.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 793.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนของแข็งละลายได้ทั้งหมดในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 303.0-480.0 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 386.06 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 387 มิลลิกรัมต่อลิตร จะพบว่าน้ำเสียจากตลาดสดที่เข้าระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดค่อนข้างสูง และมีปริมาณลดลงอย่างเห็นความแตกต่างได้เนื่องจากมีการผ่านการกรองทั้ง 2 แบบคือแบบไร้อากาศและแบบเติมอากาศแต่ตะกอนเป็นแบบละลายน้ำได้จึงดักไว้ได้เพียงบางส่วนเป็นผลให้ปริมาณน้ำทิ้งยังมีของแข็งละลายได้หลุดออกจากระบบซึ่งเป็นปกติของระบบบำบัดชีวภาพ



รูปที่ 4.16 ค่าโออาร์พีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง



รูปที่ 4.17 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

5) ของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดดังรูปที่ 4.18 โดยที่ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 265.0-482.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 362.69 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 8.25-40.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 19.55 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 16.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จะพบว่าน้ำเสียจากตลาดสดที่เข้าระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดค่อนข้างต่ำ และมีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากมีการผ่านการกรองทั้ง 2 แบบคือแบบไร้อากาศที่ทำการดักตะกอนไว้และแบบเติมอากาศสัมผัสที่ทำให้มีการฟุ้งกระจายของตะกอนขนาดเล็กแต่เป็นผลให้ปริมาณน้ำทิ้งมีของแข็งแขวนลอยหลุดออกจากระบบในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น

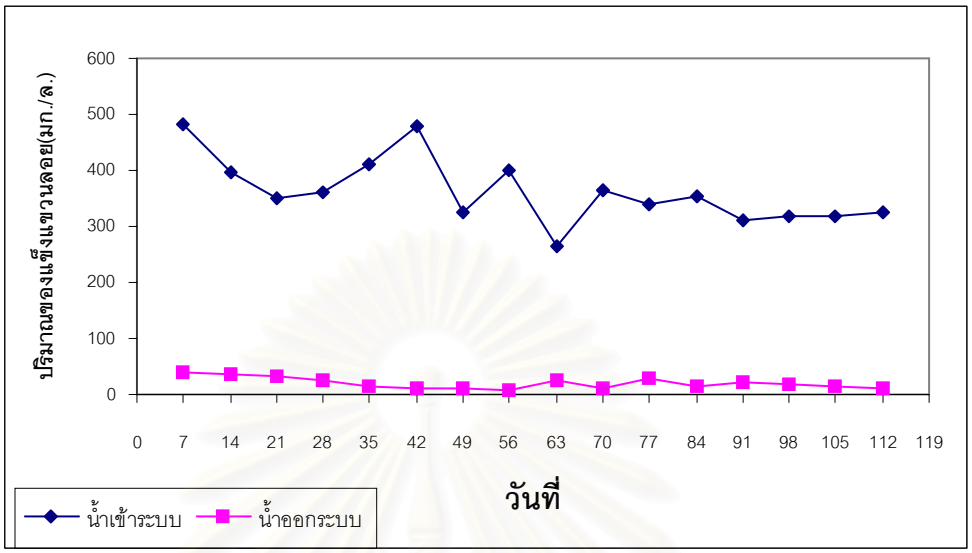
6) ของแข็งตะกอนหนัก

ของแข็งตะกอนหนักของน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณไม่คงที่ ส่วนน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณค่อนข้างคงที่ดังรูปที่ 4.19 โดยที่ของแข็งตะกอนหนักในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 38.0-83.0 มิลลิลิตรต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 57.06 มิลลิลิตรต่อลิตร ส่วนของแข็งตะกอนหนักในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0-0.6 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.12 มิลลิลิตรต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 0.0 มิลลิลิตรต่อลิตร เนื่องจากกลไกการบำบัดของระบบ คือการปล่อยน้ำเสียไหลผ่านตัวกรอง ของแข็งตะกอนหนักที่ออกจากระบบจึงมีปริมาณต่ำ

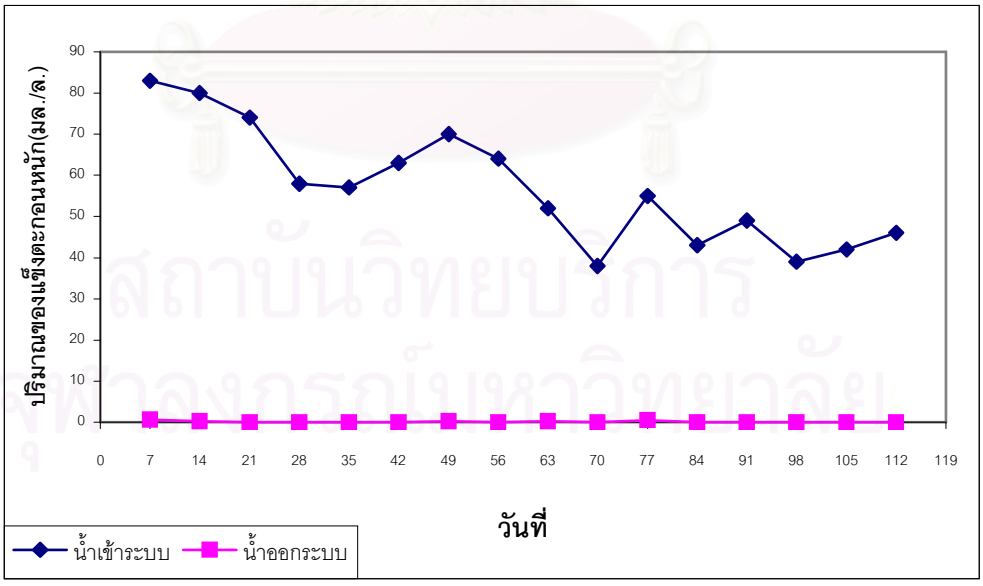
7) ค่าบีโอดี

ค่าบีโอดีของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.20 โดยที่ค่าบีโอดีในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 344.0-411.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 369.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าบีโอดีในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 6.0-42.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.86 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 9.7 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งค่าบีโอดีเข้าระบบมีปริมาณลดลงเรื่อยๆตามระยะเวลาที่ผ่านไปน่าจะเป็นผลมาจากจุลินทรีย์ในถังพักทำการบำบัดน้ำเสียก่อนเข้าระบบ สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตตามปกติของระบบกรองไร้อากาศและในกระบวนการใช้อากาศระบบจะมีอัตราในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงกว่ากระบวนการไร้อากาศเนื่องจากจุลินทรีย์ในกระบวนการใช้อากาศมีอัตราการนำสารอินทรีย์ไปใช้ในการเจริญเติบโตได้

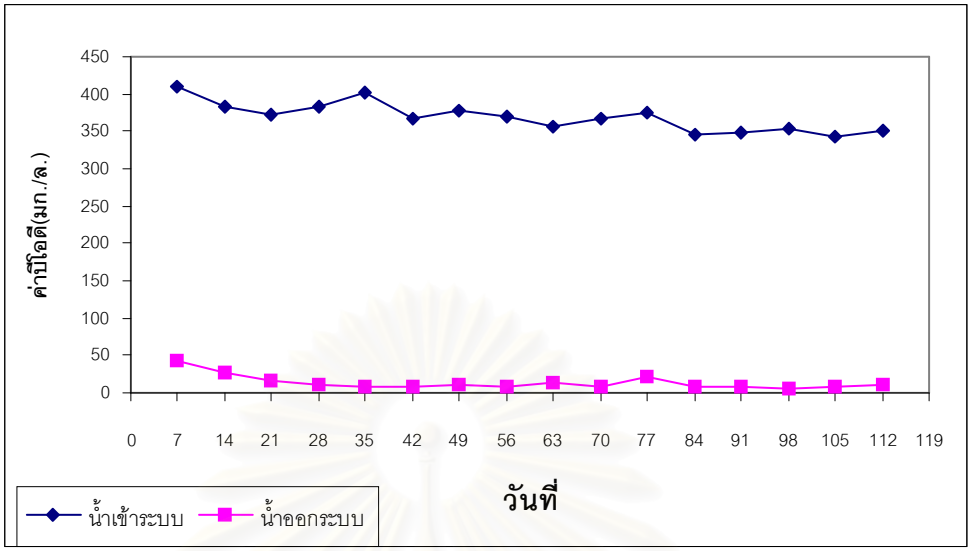
รวดเร็วกว่าจุลินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศดังนั้นจึงทำให้สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีค่าบีโอดีได้ต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลิตร



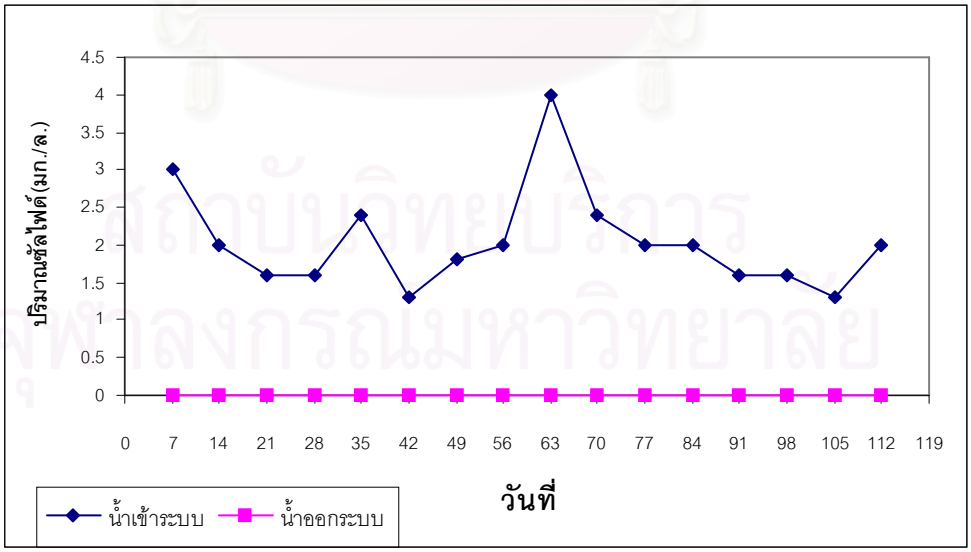
รูปที่ 4.18 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง



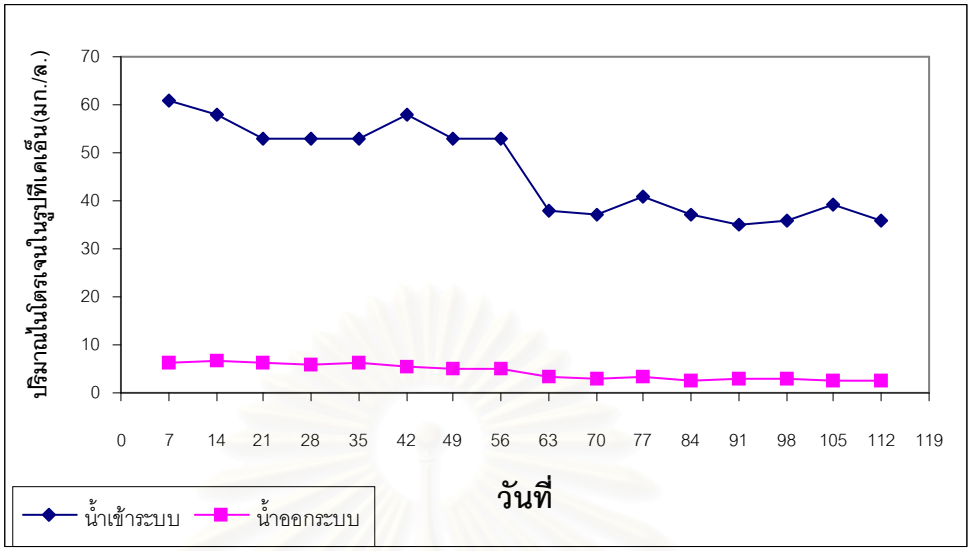
รูปที่ 4.19 ปริมาณของแข็งตะกอนหนักของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง



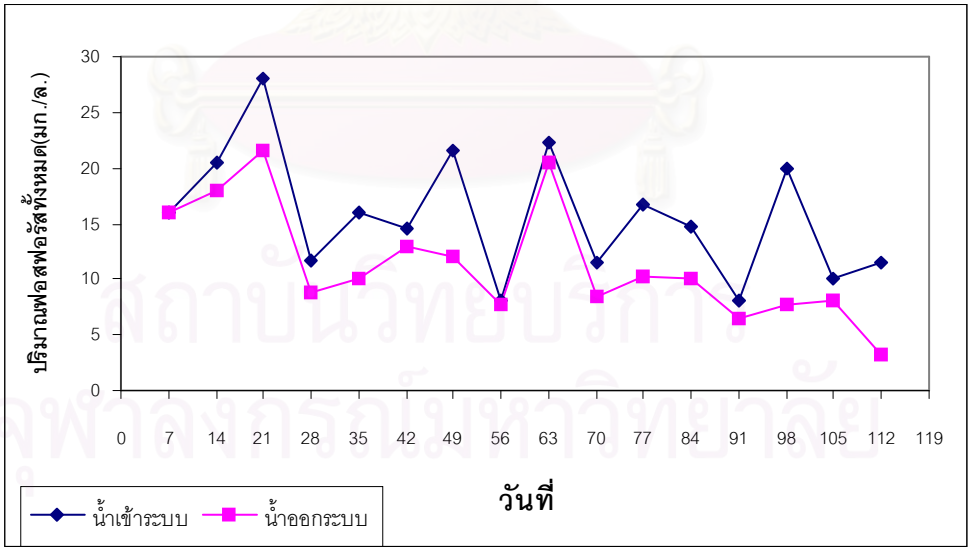
รูปที่ 4.20 ค่าบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง



รูปที่ 4.21 ปริมาณซัลไฟด์ของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง



รูปที่ 4.22 ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง



รูปที่ 4.23 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

8) ซัลไฟด์

ซัลไฟด์ของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณไม่คงที่และแตกต่างกัน ดังรูปที่ 4.21 โดยที่ซัลไฟด์ในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 1.3-4.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนซัลไฟด์ในน้ำทิ้งของระบบตรวจไม่พบ และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร การย่อยสลายสารอินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศจะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบแต่เนื่องจากออกซิเจนจากกระบวนการเติมอากาศจะทำการออกซิไดซ์ไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้เป็นกรดซัลฟูริกจึงเป็นสาเหตุให้ไม่พบซัลไฟด์ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ

9) ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น

ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ของน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณใกล้เคียงกันดังรูปที่ 4.22 โดยที่ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 35.0-61.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 46.31 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 2.5-6.7 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 4.25 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นได้

10) ฟอสฟอรัสทั้งหมด

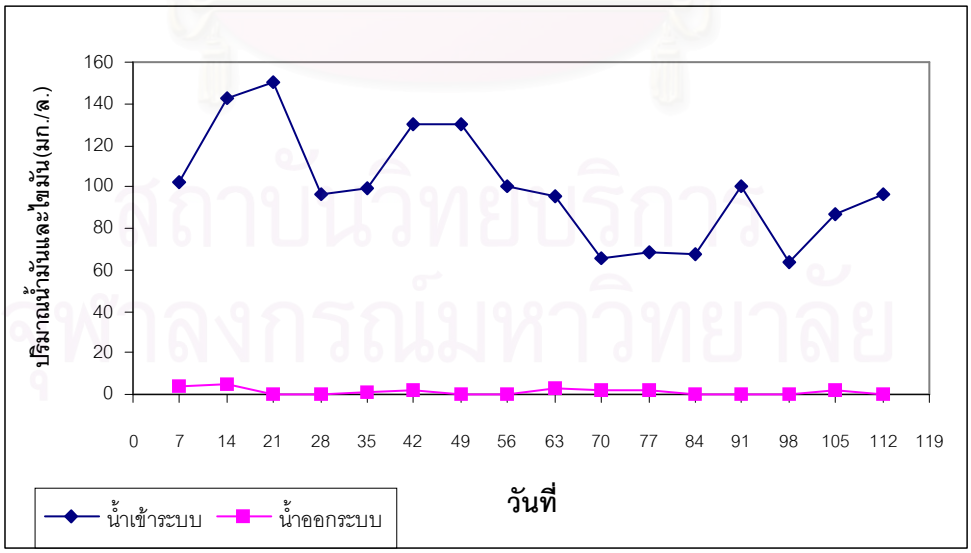
ฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณใกล้เคียงกันมากดังรูปที่ 4.23 โดยที่ฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 8.0-28.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 15.68 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 3.25-21.5 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 11.36 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จุลินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศสามารถนำฟอสเฟตบางส่วนเข้าไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต โดยขณะที่ระบบจะมีปฏิกิริยาการหมักเพื่อผลิตกรดอินทรีย์ระเหยที่แบคทีเรียดูดซึมเข้าไปในเซลล์และสะสมเป็นอาหารสำรอง โดยอาศัยพลังงานจากการสลาย ATP กลายเป็น ADP และปลดปล่อยฟอสเฟตออกมา (มั่นสิน,2542) แต่เนื่องจากกระบวนการกรองเติมอากาศที่ต่อจากกรองไร้อากาศ จุลินทรีย์ของระบบจะนำฟอสเฟตไปสร้าง ATP จึงทำให้ระบบสามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียได้ (เกรียงศักดิ์, 2543)

11) น้ำมันและไขมัน

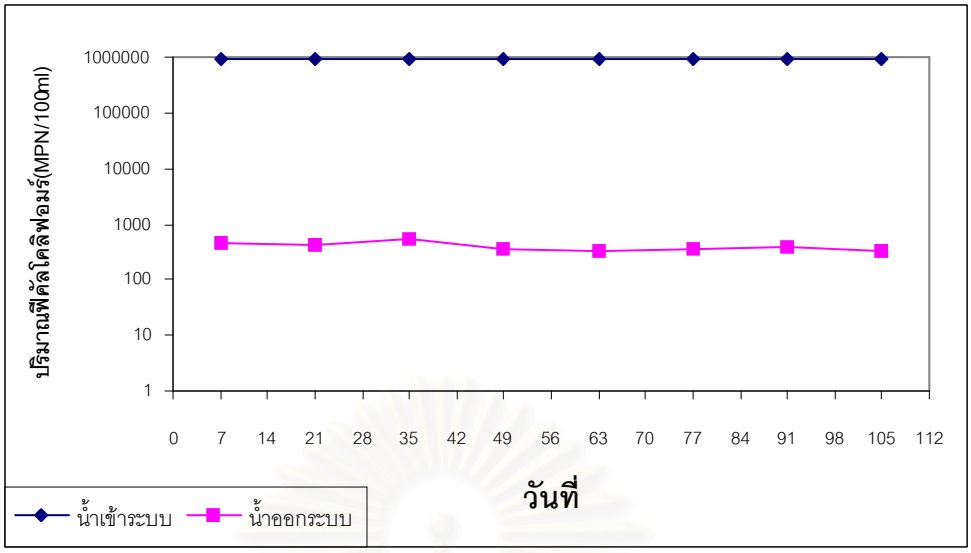
น้ำมันและไขมันของน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณแตกต่างกันดังรูปที่ 4.24 โดยที่น้ำมันและไขมันในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 64.0-150.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 99.56 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำมันและไขมันในน้ำทิ้งมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.0-5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 1.28 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณน้ำมันละไขมันจะถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญเติบโต อีกทั้งในระบบที่มีการเติมอากาศน้ำเสียจะได้รับการเป่าอากาศที่ทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำมันและไขมันในน้ำเสีย ทำให้ระบบที่ใช้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันและไขมันได้ดี

12) ค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม

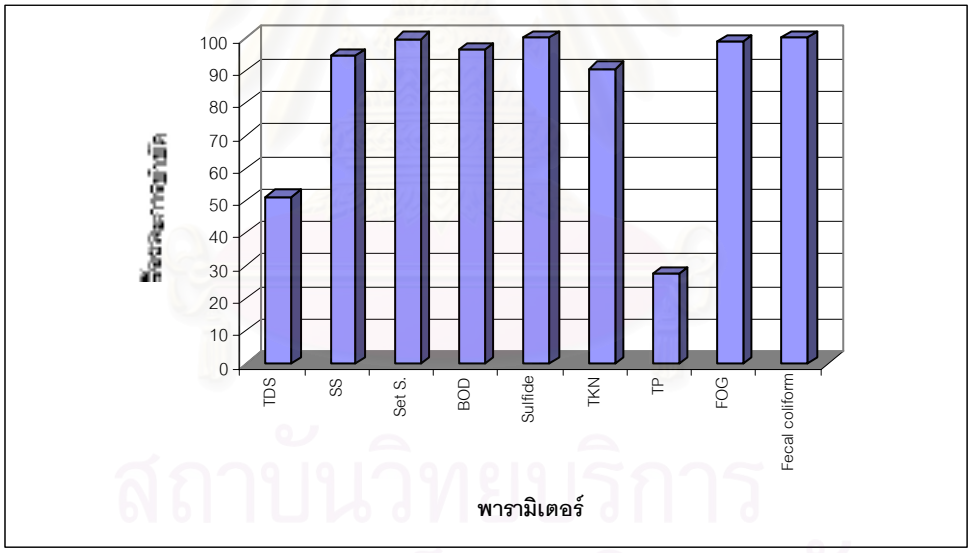
ค่าฟีคัลโคลิฟอร์มของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.25 โดยที่ค่าฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 8.9×10^5 ถึง 9.1×10^5 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5×10^5 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร ส่วนค่าฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ ระหว่าง 3.3×10^2 ถึง 5.2×10^2 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.0×10^2 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 3.8×10^2 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร จากการทดลองพบว่าน้ำทิ้งจากระบบมีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มที่ต่ำ เนื่องจากระบบที่ทำการทดลองมีการเติมคลอรีนในน้ำทิ้งก่อนออกจากระบบ



รูปที่ 4.24 ปริมาณน้ำมันและไขมันของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง



รูปที่ 4.25 ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง



รูปที่ 4.26 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดดังรูปที่ 4.26 โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัด ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก บีโอดี ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น น้ำมันและไขมัน และฟีคัลโคลิฟอร์มได้ดี กล่าวคือร้อยละ 94.6 99.79 96.24 100.0 90.52 98.71 และ 99.95 ตามลำดับ และความน่าจะเป็นร้อยละ 50 ของคุณลักษณะน้ำทิ้งมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้แก่ พีเอช 7.0 ของแข็งละลายได้ทั้งหมด 387.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอย 16.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งตะกอนหนัก 0 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดี 9.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซัลไฟด์ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น 4.25 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำมันและไขมัน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 ประสิทธิภาพของระบบระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

การศึกษาระบบบำบัดแบบที่ 3 ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยในส่วนถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

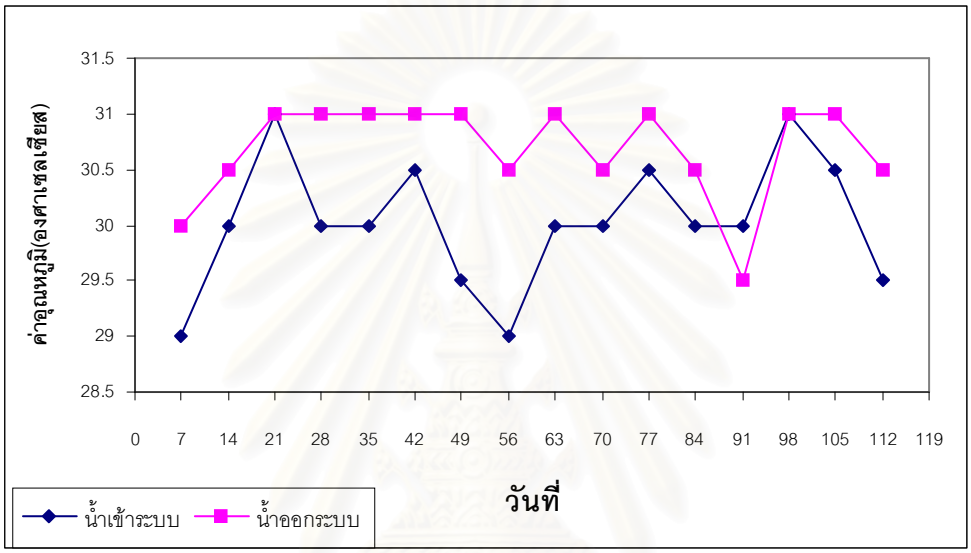
ตารางที่ 4.4 คุณลักษณะของน้ำเสียและน้ำทิ้งของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยในส่วนถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ย		P(50) น้ำทิ้ง	มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ข.	ประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ)
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง			
1. อุณหภูมิ (^{o}C)	30.03	30.7	31	-	-
2. พีเอช	6.9	7.5	7.5	5-9	-
3. โออาร์พี (mV)	-259.63	81.5	83.5	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	440.88	308.88	316.0	≤500	29.74
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	340.31	21.12	19.5	≤40	93.79
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มล./ล.)	92.06	0.29	0.2	≤0.5	99.68
7. บีโอดี (มก./ล.)	307.63	12.12	12.0	≤30	96.06
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	2.94	0.0	0.0	≤1.0	100
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	52.88	5.25	4.5	≤35	90.07
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	15.11	8.27	8.3	-	45.27
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	45.3	5.75	2.0	≤20	87.31
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	8.76×10^{5}	3.68×10^{2}	3.65×10^{2}	-	99.95

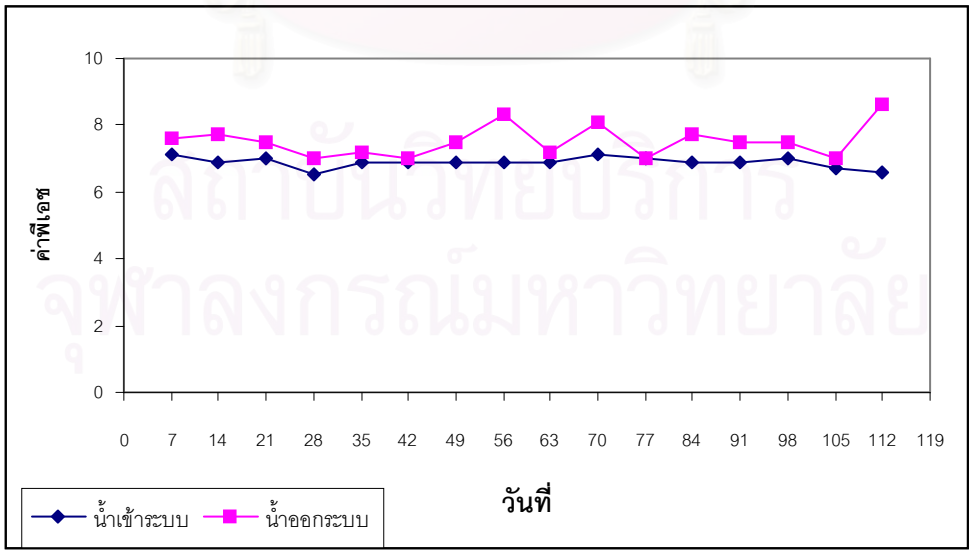
1) อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าใกล้เคียงกันดังรูปที่ 4.27 อุณหภูมิในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 29.0-31.0 องศาเซลเซียสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.03 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 29.5-31.0 องศาเซลเซียสโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.7 องศาเซลเซียส และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 31 องศาเซลเซียส ซึ่งในกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวก mesophilic อยู่ในช่วง 10-35 องศาเซลเซียส และพวก thermophilic อยู่ในช่วง 55-65 องศาเซลเซียส

(McCarty and Rittmann, 2001) ซึ่งระบบที่ใช้ในการทดลองมีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวก mesophilic และในกระบวนการบำบัดแบบใช้อากาศพบว่าอัตราการแพร่และอัตราปฏิกิริยาชีวเคมีจะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แต่ทั้งนี้ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบจะอยู่ในระดับคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (เกรียงศักดิ์, 2543)



รูปที่ 4.27 อุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง



รูปที่ 4.28 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

2) พีเอช

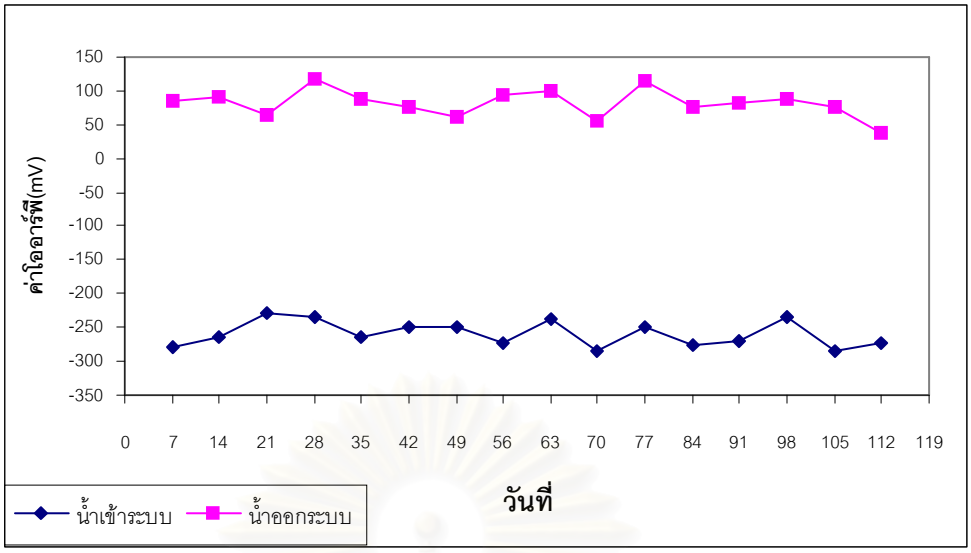
พีเอชของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.28 โดยที่พีเอชในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-7.1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.89 ส่วนพีเอชในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 7.0-8.6 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.5 และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 7.5 จะพบว่าพีเอชในระบบมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการสร้างมีเทนของแบคทีเรียในกระบวนไร้อากาศ คือช่วง 6.6-7.6 ถ้าหากค่าพีเอชของระบบอยู่นอกช่วงดังกล่าวจะทำให้กระบวนการสร้างมีเทนในระบบเกิดความเสียหาย (McCarty and Rittmann, 2001) อีกทั้งน้ำทิ้งจากระบบมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นโดยค่าพีเอชมีค่าเข้าใกล้ช่วงที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาในกระบวนการใช้อากาศ คือ 7.0-8.0

3) ค่าโออาร์พี

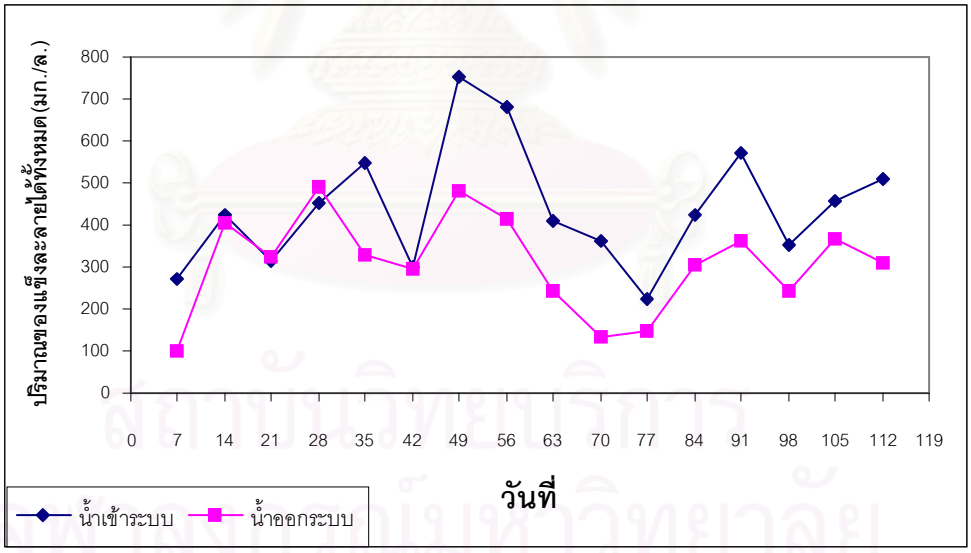
ค่าโออาร์พีของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าแตกต่างกันมาก ดังรูปที่ 4.29 โดยค่าโออาร์พีในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง -229 ถึง -286 มิลลิโวลท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ –259.63 มิลลิโวลท์ ส่วนค่าโออาร์พีในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 39.0 ถึง 117.0 มิลลิโวลท์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 81.5 มิลลิโวลท์ และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 83.5 มิลลิโวลท์ ค่าของน้ำเสียดังกล่าวจะอยู่ในช่วงปรกติของกระบวนการไร้อากาศคือช่วง –150 ถึง –420 (เกรียงศักดิ์, 2543) และเนื่องจากระบบมีส่วนการกรองแบบเติมอากาศสัมผัสทำให้จุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนที่ได้จากการเติมอากาศเป็นสารรับอิเล็กตรอน และจากการเติมอากาศเป็นผลให้มีปริมาณออกซิเจนที่มากจนเกินพอทำให้ค่าโออาร์พีในน้ำทิ้งจากระบบมีค่าเป็นบวก

4) ของแข็งละลายได้ทั้งหมด

ของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบที่ทดลองมีปริมาณแตกต่างกันดังรูปที่ 4.30 โดยที่ของแข็งละลายได้ทั้งหมดในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 225.0-751.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 440.88 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนของแข็งละลายได้ทั้งหมดในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 100.0-491.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 308.88 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 316.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จะพบว่าน้ำเสียจากตลาดสดที่เข้าระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดค่อนข้างสูง และมีปริมาณลดลงอย่างเห็นความต่างได้ เนื่องจากมีการผ่านการกรองทั้ง 2 แบบคือแบบไร้อากาศและแบบเติมอากาศแต่ตะกอนเป็นแบบละลายน้ำได้จึงดักไว้ได้เพียงบางส่วนเป็นผลให้ปริมาณน้ำทิ้งยังมีของแข็งละลายได้หลุดออกจากระบบซึ่งเป็นปกติของระบบบำบัดชีวภาพ



รูปที่ 4.29 ค่าโออาร์พีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง



รูปที่ 4.30 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

5) ของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดดังรูปที่ 4.31 โดยที่ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 274.0-435.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 340.31 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 6.2-47.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 21.12 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 19.5 มิลลิกรัมต่อลิตร จะพบว่าน้ำเสียจากตลาดสดที่เข้าระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดค่อนข้างต่ำ และมีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากมีการผ่านการกรองทั้ง 2 แบบคือแบบไร้อากาศที่ทำการดักตะกอนไว้และแบบเติมอากาศสัมผัสที่ทำให้มีการฟุ้งกระจายของตะกอนขนาดเล็กจึงเป็นผลให้ปริมาณน้ำทิ้งยังมีของแข็งแขวนลอยหลุดออกจากระบบในปริมาณเล็กน้อย

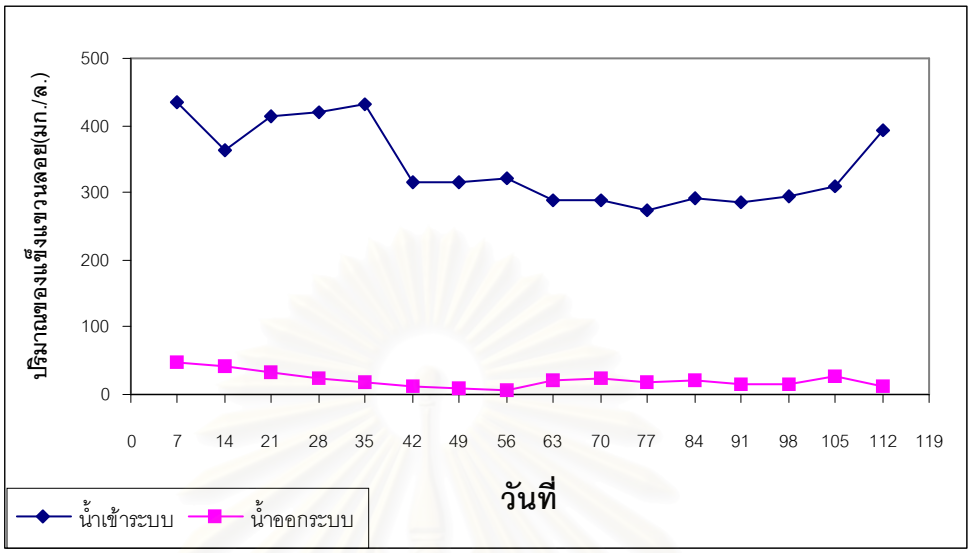
6) ของแข็งตะกอนหนัก

ของแข็งตะกอนหนักของน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณไม่คงที่ ส่วนน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณค่อนข้างคงที่ดังรูปที่ 4.32 โดยที่ของแข็งตะกอนหนักในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 46.0-178.0 มิลลิลิตรต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 92.06 มิลลิลิตรต่อลิตร ส่วนของแข็งตะกอนหนักในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.0-0.9 มิลลิลิตรต่อลิตรโดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.29 มิลลิลิตรต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 0.2 มิลลิลิตรต่อลิตร เนื่องจากกลไกการบำบัดของระบบ คือการปล่อยน้ำเสียไหลผ่านตัวกรอง ของแข็งตะกอนหนักที่ออกจากระบบจึงมีปริมาณต่ำ

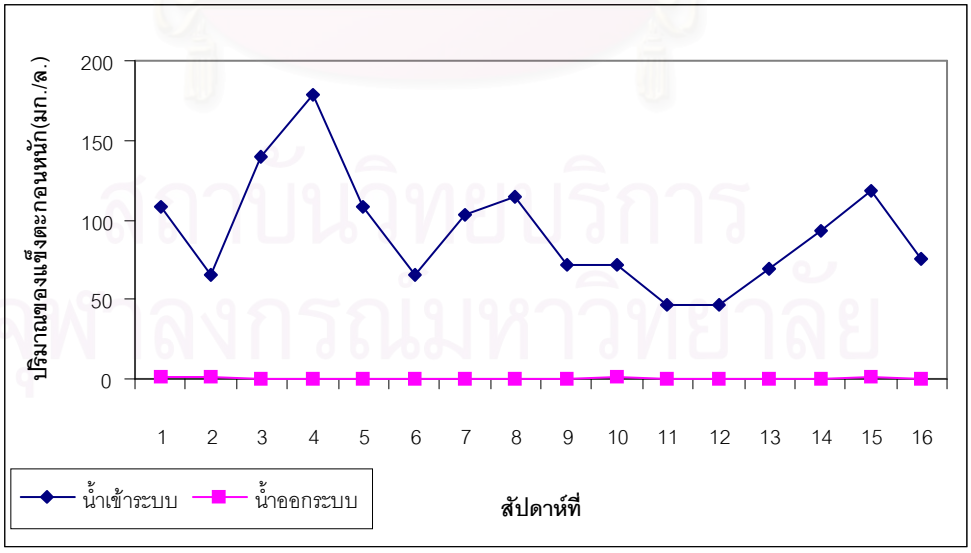
7) ค่าบีโอดี

ค่าบีโอดีของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.33 โดยที่ค่าบีโอดีในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 222.0-412.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 307.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าบีโอดีในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 1.7-30.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.12 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 12.0 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งค่าบีโอดีเข้าระบบมีปริมาณลดลงเรื่อยๆตามระยะเวลาที่ผ่านไปน่าจะเป็นผลมาจากจุลินทรีย์ในถังพักทำการบำบัดน้ำเสียก่อนเข้าระบบ สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตตามปกติของระบบกรองไร้อากาศและในกระบวนการใช้อากาศระบบจะมีอัตราในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงกว่ากระบวนการไร้อากาศเนื่องจากจุลินทรีย์ในกระบวนการใช้อากาศมีอัตราการนำสารอินทรีย์ไปใช้ในการเจริญเติบโตได้

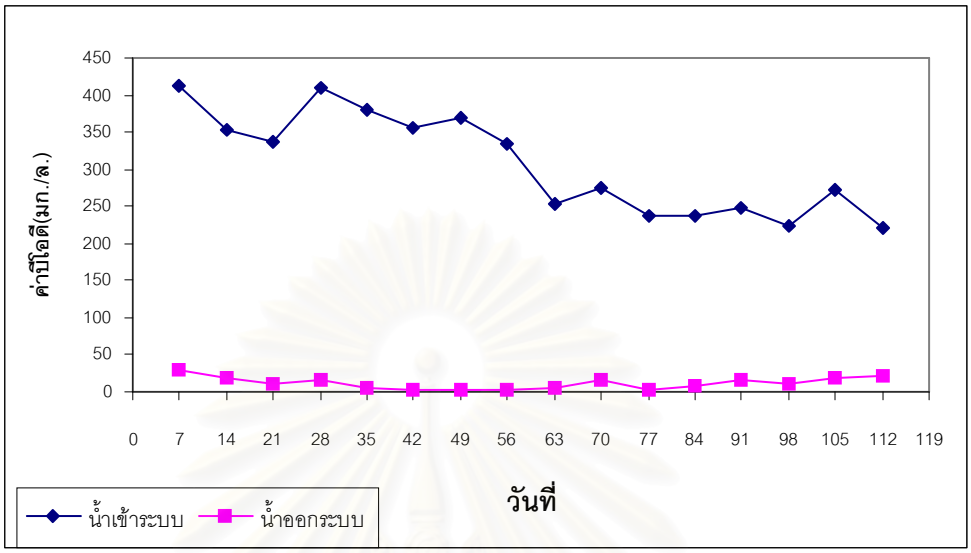
รวดเร็วกว่าจุลินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศดังนั้นระบบนี้จึงทำให้สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีค่าบีโอดีได้ต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลิตร



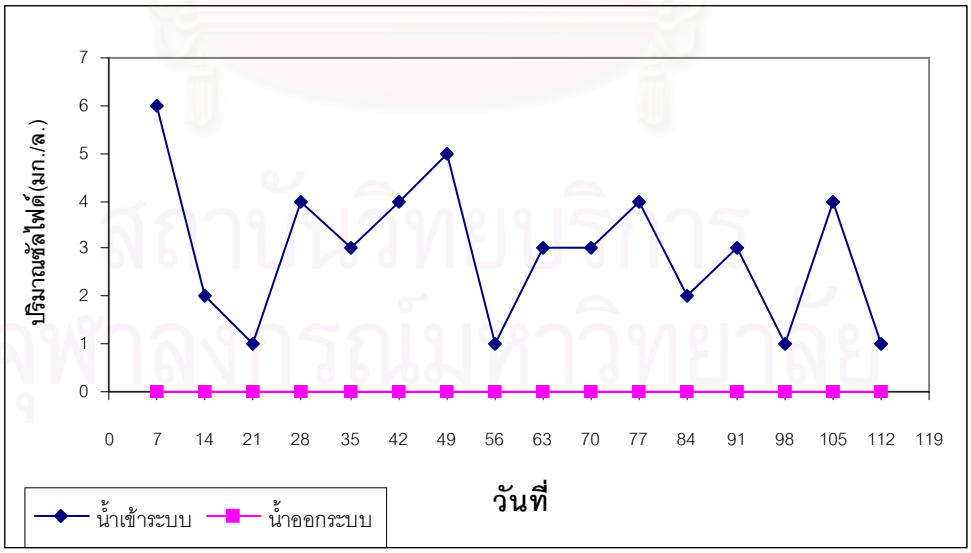
รูปที่ 4.31 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48
ชั่วโมง



รูปที่ 4.32 ปริมาณของแข็งตะกอนหนักของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48
ชั่วโมง



รูปที่ 4.33 ค่าบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง



รูปที่ 4.34 ปริมาณซัลไฟด์ของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

8) ซัลไฟด์

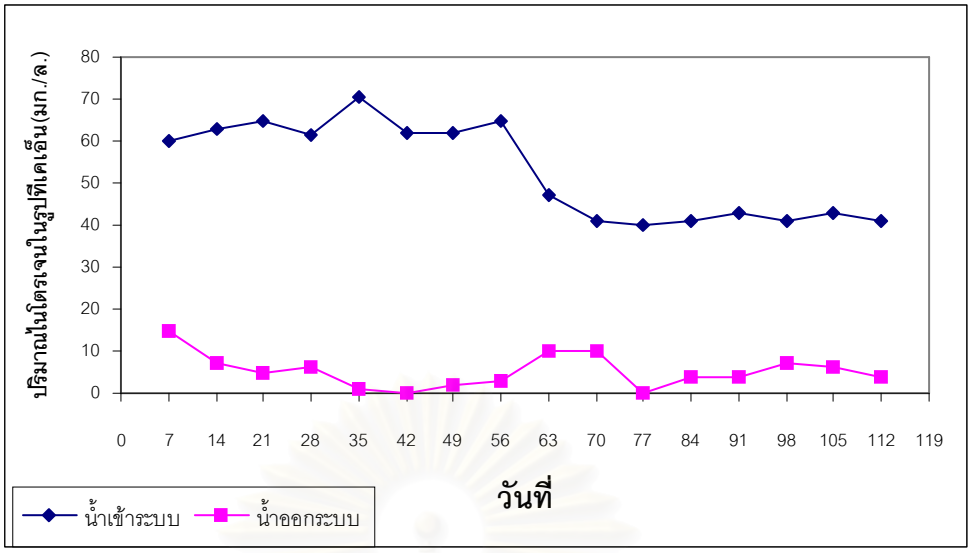
ซัลไฟด์ของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณไม่คงที่และแตกต่างกัน ดังรูปที่ 4.34 โดยที่ซัลไฟด์ในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 1.0-6.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 2.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนซัลไฟด์ในน้ำทิ้งของระบบตรวจไม่พบ และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร การย่อยสลายสารอินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศจะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบแต่เนื่องจากออกซิเจนจากกระบวนการเติมอากาศจะทำการออกซิไดซ์ไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้เป็นกรดซัลฟูริกจึงอีกทั้งยังมีการเติมคลอรีนก่อนปล่อยออกจากระบบซึ่งคลอรีนจะช่วยทำลายซัลไฟด์เป็นสาเหตุให้ไม่พบซัลไฟด์ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ

9) ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น

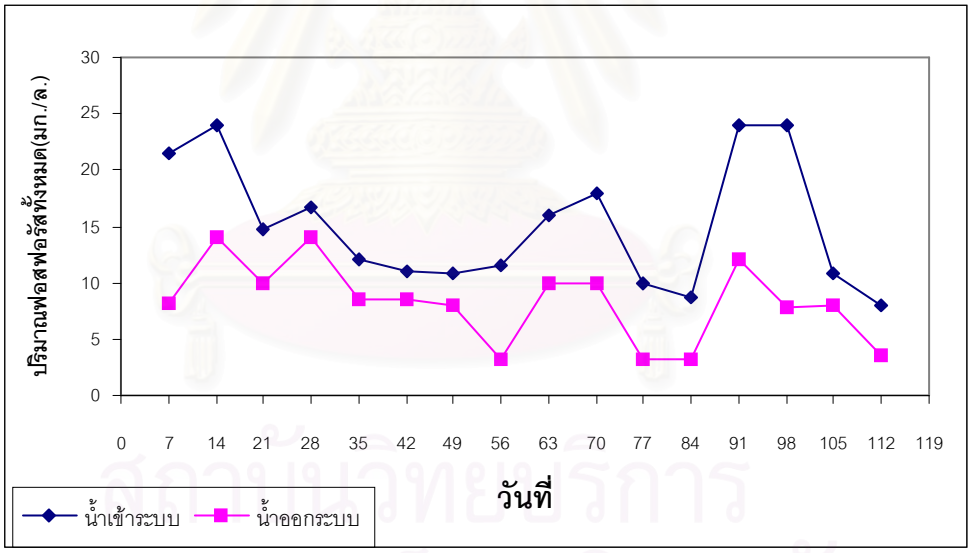
ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ของน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณใกล้เคียงกันดังรูปที่ 4.35 โดยที่ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 40.0-70.5 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 52.87 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.0-15.0 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 5.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 4.5 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นได้

10) ฟอสฟอรัสทั้งหมด

ฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณใกล้เคียงกันมากดังรูปที่ 4.36 โดยที่ฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 8.0-24.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 15.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 3.25-14.0 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 8.27 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 8.3 มิลลิกรัมต่อลิตร จุลินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศสามารถนำฟอสเฟตบางส่วนเข้าไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต โดยขณะที่ระบบจะมีปฏิกิริยาการหมักเพื่อผลิตกรดอินทรีย์ระเหยที่แบคทีเรียดูดซึมเข้าไปในเซลล์และสะสมเป็นอาหารสำรอง โดยอาศัยพลังงานจากการสลาย ATP กลายเป็น ADP และปลดปล่อยฟอสเฟตออกมา (มั่นสิน,2542) แต่เนื่องจากกระบวนการกรองเติมอากาศที่ต่อจากกรองไร้อากาศ จุลินทรีย์ของระบบจะนำฟอสเฟตไปสร้าง ATP จึงทำให้ระบบสามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียได้ (เกรียงศักดิ์, 2543)



รูปที่ 4.35 ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง



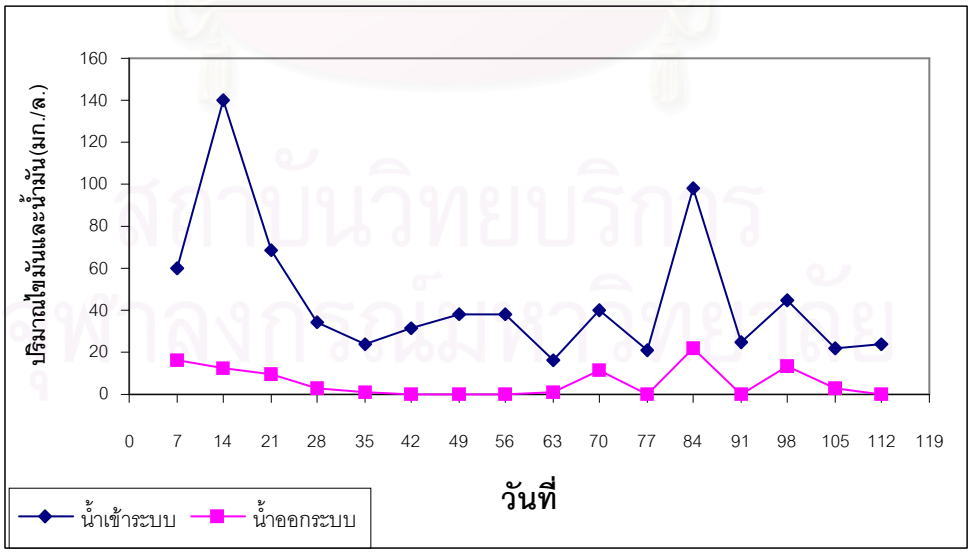
รูปที่ 4.36 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

11) น้ำมันและไขมัน

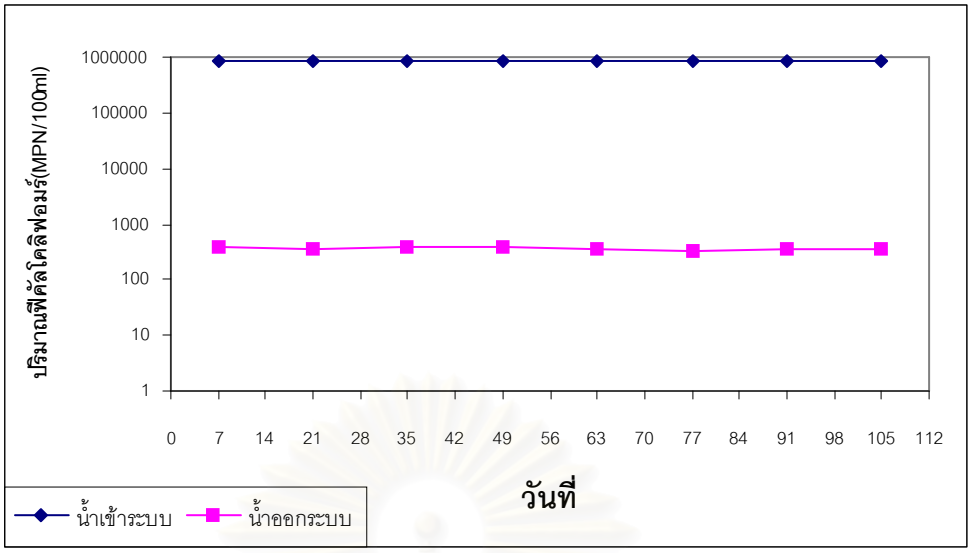
น้ำมันและไขมันของน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณแตกต่างกันดังรูปที่ 4.37 โดยที่น้ำมันและไขมันในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 16.0-140.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 45.31 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำมันและไขมันในน้ำทิ้งมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.0-22.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 5.75 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณน้ำมันละไขมันจะถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญเติบโต อีกทั้งในระบบที่มีการเติมอากาศน้ำเสียจะได้รับการเป่าอากาศที่ทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำมันและไขมันในน้ำเสีย ทำให้ระบบที่ใช้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันและไขมันได้ดี

12) ค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม

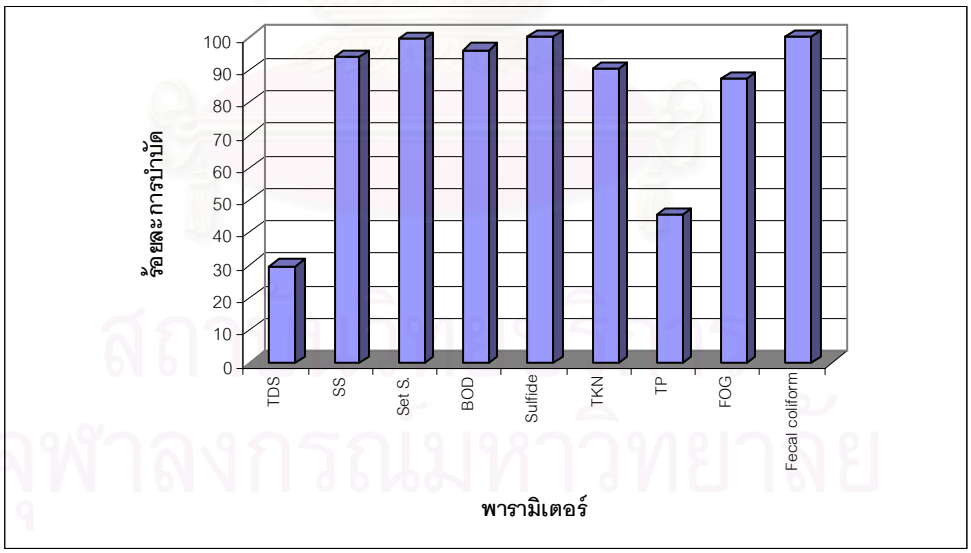
ค่าฟีคัลโคลิฟอร์มของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.38 โดยที่ค่าฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 8.7×10^5 ถึง 8.8×10^5 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.76×10^5 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร ส่วนค่าฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำทิ้งของระบบมีค่าอยู่ ระหว่าง 3.4×10^2 ถึง 4.0×10^2 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.68×10^2 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร และน้ำทิ้งมีความน่าจะเป็นร้อยละ 50 เท่ากับ 3.65×10^2 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร จากการทดลองพบว่าน้ำทิ้งจากระบบมีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มที่ต่ำ เนื่องจากระบบที่ทำการทดลองมีการเติมคลอรีนในน้ำทิ้งก่อนออกจากระบบ



รูปที่ 4.37 ปริมาณน้ำมันและไขมันของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง



รูปที่ 4.38 ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มของน้ำเข้าและน้ำออกของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง



รูปที่ 4.39 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดดังรูปที่ 4.39 โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก บีโอดี ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น น้ำมันและไขมัน และฟีคัลโคลิฟอร์มได้ดี กล่าวคือร้อยละ 93.79 99.68 96.06 100.0 90.07 87.31 และ 99.95 ตามลำดับ และความน่าจะเป็นร้อยละ 50 ของคุณลักษณะน้ำทิ้งมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้แก่ พีเอช 7.5 ของแข็งละลายได้ทั้งหมด 316.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอย 19.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งตะกอนหนัก 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดี 12.0 มิลลิกรัมต่อ ซัลไฟด์ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น 4.5 มิลลิกรัมต่อ น้ำมันและไขมัน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษของระบบย่อยๆในระบบบำบัด

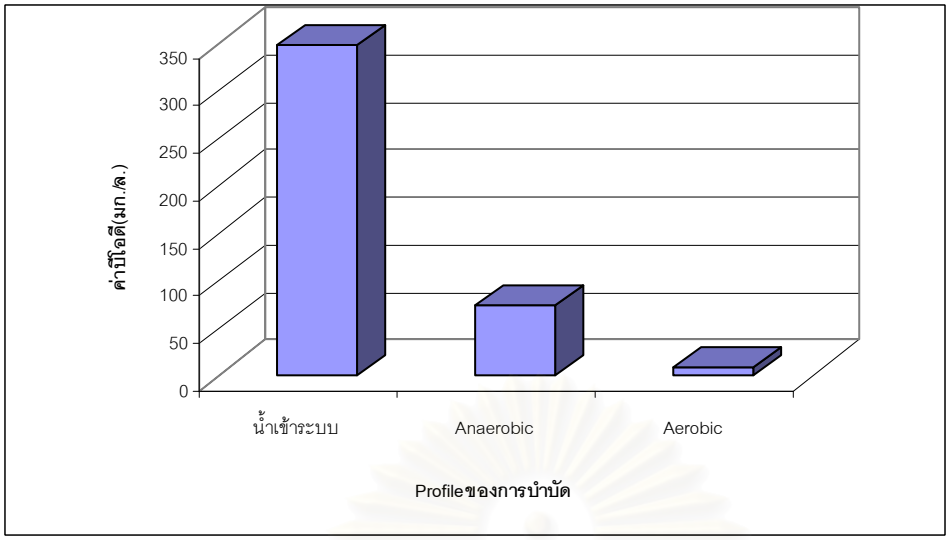
ทำการวิเคราะห์สามจุดที่น้ำเสียผ่านระบบบำบัดได้แก่น้ำเสียเข้าระบบ น้ำเสียผ่านถังกรองไร้อากาศ และน้ำทิ้งที่ผ่านถังกรองเติมอากาศ

4.6.1 ศึกษาระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติตามท้องตลาดใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

ทำการแยกส่วนวิเคราะคุณภาพน้ำเสียจากตลาดสดที่ผ่านเข้าระบบบำบัดและวิเคราะห์น้ำที่ผ่านการบำบัดในส่วนถังเกรอะกรองไร้อากาศกับในส่วนเติมอากาศซึ่งลักษณะน้ำเสียเข้าระบบที่มองด้วยตาเปล่าพบว่ามีสีดำของของแข็งตะกอนหนักและแขวนลอยอยู่เยอะมากอีกทั้งมีกลิ่นเหม็นซึ่งน้ำเสียมีการไหลต่อเนื่องตลอดเวลาเมื่อทำการวิเคราะห์แยกส่วนแต่ละจุดในระบบบำบัดจึงได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.5

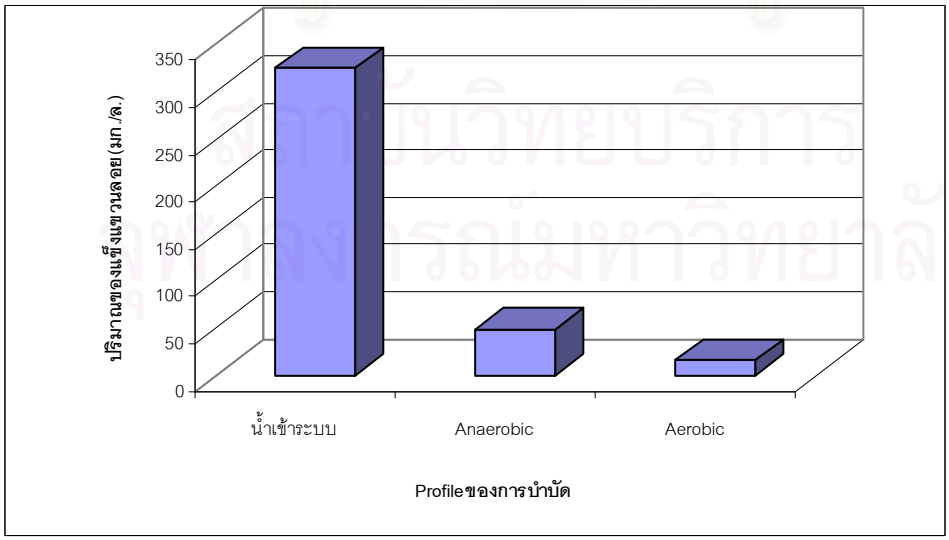
ตารางที่ 4.5 คุณลักษณะของน้ำเสียที่ผ่านระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำเสียเข้าเฉลี่ย	คุณภาพน้ำออกถังกรองไร้อากาศเฉลี่ย	ร้อยละการบำบัด	คุณภาพน้ำทิ้งออกถังกรองเติมอากาศเฉลี่ย	ร้อยละการบำบัด	มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ข.
BOD_5(มก./ล.)	347.75	73.25	78.93	8.00	89.07	≤30
SS(มก./ล.)	326.00	49.00	84.97	16.25	66.83	≤40
TDS(มก./ล.)	808.5	466.00	41.34	391.00	16.09	≤500
Set S.(มก./ล.)	43.25	0.00	100.00	0.00	0.00	≤0.5
TKN(มก./ล.)	36.75	15.70	57.28	2.80	82.16	≤35
FOG(มก./ล.)	79.50	0.50	99.37	0.50	0.00	≤20
Sulfide(มก.ล/.)	1.63	0.00	100.00	0.00	0.00	≤1.0



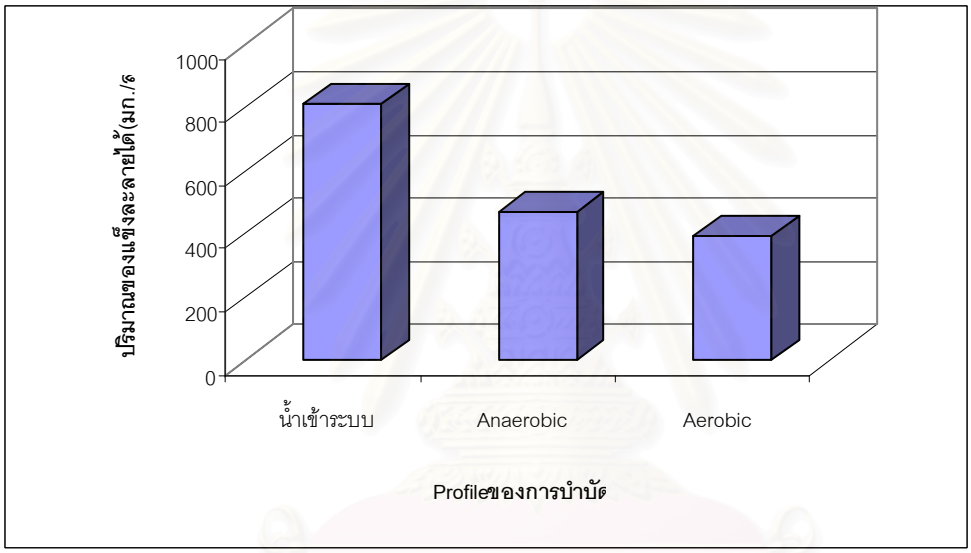
รูปที่ 4.40 คุณภาพน้ำในรูปบีโอดีผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง

ค่าบีโอดีของน้ำเสียที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.40 โดยที่ค่าบีโอดีในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 347.75 มิลลิกรัมต่อลิตรมาจากน้ำชะล้างเศษผักเศษเนื้อหลายชนิด ส่วนค่าบีโอดีที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.25 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 78.93 ซึ่งสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกจุลินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตโดยปกติระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศจะได้น้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีมากกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และในน้ำทิ้งของระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.0 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 89.07



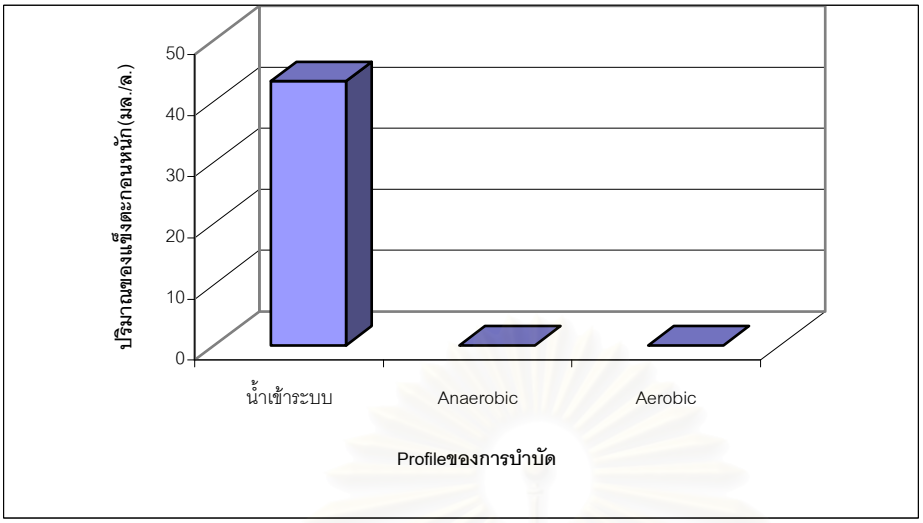
รูปที่ 4.41 คุณภาพน้ำในรูปของแข็งแขวนลอยผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง

ของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.41 โดยที่ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 326.00 มิลลิกรัมต่อลิตรมาจากดินฝุ่นทรายและละอองต่างๆรวมถึงเศษผักกับเนื้อที่ย่อยสลาย ส่วนปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.00 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 84.97 พบว่าน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่ค่อยสูงแต่มีของแข็งแขวนลอยผ่านออกจะส่วนถังกรองเติมอากาศอาจเนื่องจากเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ตายปนมากับน้ำทิ้ง ส่วนของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งของระบบเฉลี่ยเท่ากับ 16.25 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 66.83



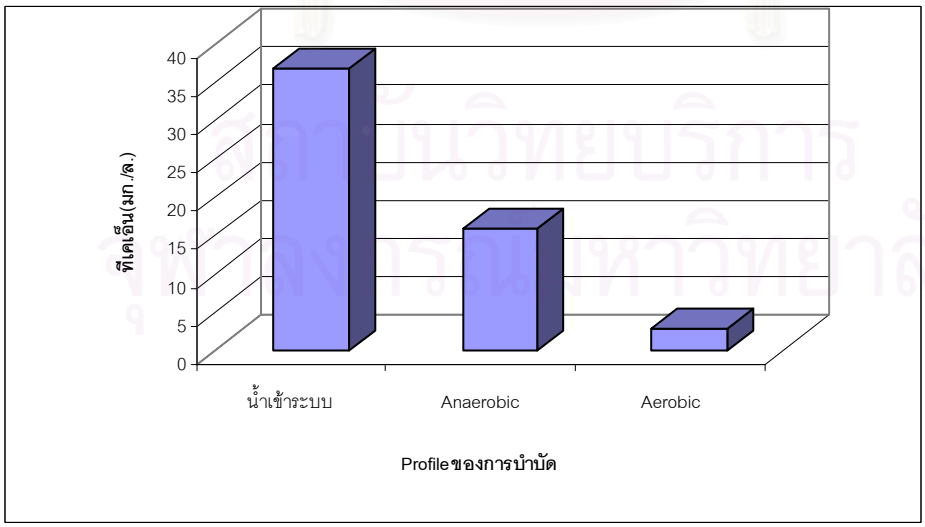
รูปที่ 4.42 คุณภาพน้ำในรูปปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง

ของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเสียที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.42 ของแข็งละลายได้ทั้งหมดในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 808.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งละลายได้ทั้งหมดในน้ำที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีปริมาณเฉลี่ย 466.00 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 41.34 จะพบว่าน้ำทิ้งจากระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศมีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดสูงอาจเป็นผลจากจุลินทรีย์ที่ตายจะปลดปล่อยสารที่สะสมในเซลล์ออกมาสู่ระบบซึ่งเป็นปกติของระบบบำบัดแบบชีวภาพที่ไม่สามารถบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดได้ ส่วนของแข็งละลายได้ทั้งหมดในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 391.00 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 16.09 เนื่องจากในน้ำทิ้งของตลาดสดมีปริมาณสารอินทรีย์กับสารอนินทรีย์สูงมากแต่ที่ระบบสามารถบำบัดได้มีเพียงแค่สารอินทรีย์ทำให้สารอนินทรีย์ปนออกมากับน้ำทิ้ง



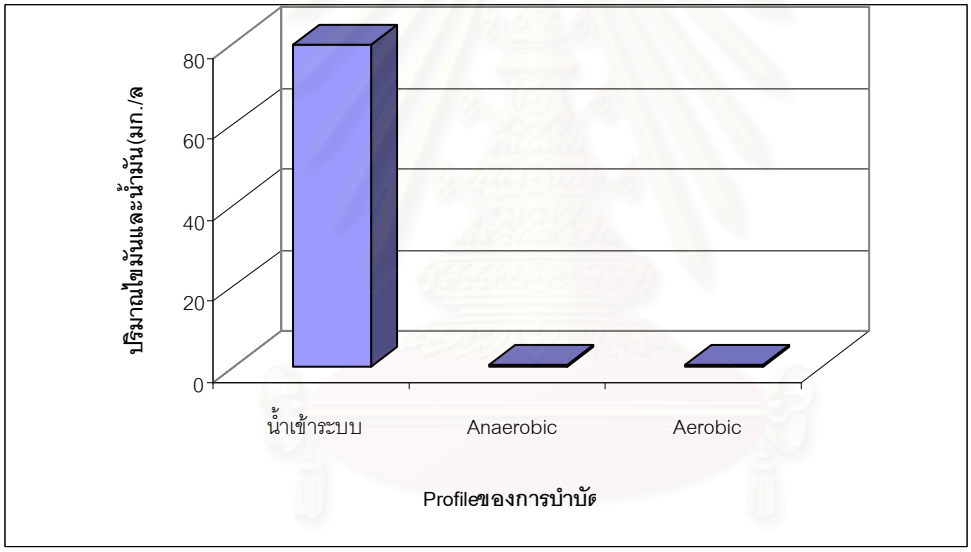
รูปที่ 4.43 คุณภาพน้ำในรูปของแข็งตะกอนหนักผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศ ระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง

ของแข็งตะกอนหนักของน้ำเสียที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.43 โดยที่ของแข็งตะกอนหนักในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 43.25 มิลลิลิตรต่อลิตร ของแข็งตะกอนหนักในน้ำที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีปริมาณเฉลี่ย 0.00 มิลลิลิตรต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 100.00 เนื่องจากกลไกการบำบัดของระบบ คือการปล่อยน้ำเสียไหลผ่านตัวกรอง ของแข็งตะกอนหนักจึงไม่สามารถผ่านตัวกรองได้ดังนั้นน้ำทิ้งจากระบบจึงมีของแข็งตะกอนหนักปริมาณต่ำ ส่วนของแข็งตะกอนหนักในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.00 มิลลิลิตรต่อลิตร คิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 0.00



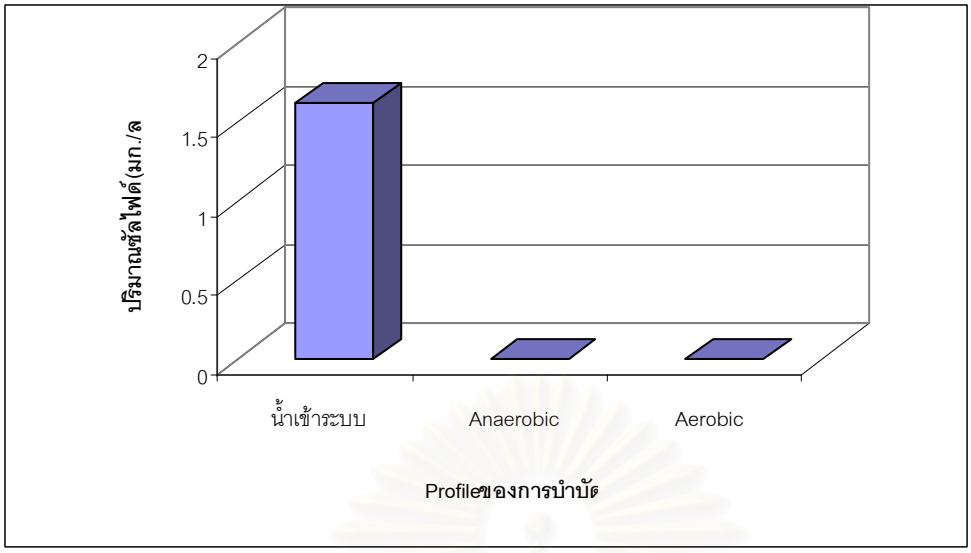
รูปที่ 4.44 คุณภาพน้ำในรูปทีเคเอ็นผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง

ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเสียที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.44 โดยที่ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 36.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นในน้ำที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีปริมาณเฉลี่ย 15.70 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 57.28 ส่วนไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 2.8 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 82.16 แสดงว่าระบบบำบัดสามารถบำบัดทีเคเอ็นได้ เนื่องจากชั้นฟิล์มจุลินทรีย์ในระบบมีทั้งชั้นที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ ทำให้ระบบสามารถกำจัดไนโตรเจนได้ด้วยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน ดังนั้นน้ำทิ้งของระบบจึงมีปริมาณไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ปะปนในน้ำทิ้งที่ต่ำมาก



รูปที่ 4.45 คุณภาพน้ำในรูปไขมันและน้ำมันผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง

น้ำมันและไขมันของน้ำเสียที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.45 โดยที่น้ำมันและไขมันในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 79.50 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำมันและไขมันในน้ำที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีปริมาณเฉลี่ย 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 99.37 น้ำมันและไขมันถูกจุลินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต ส่วนน้ำมันและไขมันในน้ำทิ้งมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 0.00



รูปที่ 4.46 คุณภาพน้ำในรูปซัลไฟด์ผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 36 ชั่วโมง

ซัลไฟด์ของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.46 โดยที่ซัลไฟด์ในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 1.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ซัลไฟด์ในน้ำที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีปริมาณเฉลี่ย 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 100.00 ส่วนซัลไฟด์ในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 0.00 เนื่องจากระยะเวลาเก็บกัก 36 ชั่วโมงเพียงพอในการบำบัดซัลไฟด์อีกทั้งมีการเติมคลอรีนก่อนปล่อยทิ้งคลอรีนจะไปทำลายพันธะของซัลไฟด์จึงทำให้ไม่มีซัลไฟปะปนอยู่ในน้ำทิ้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

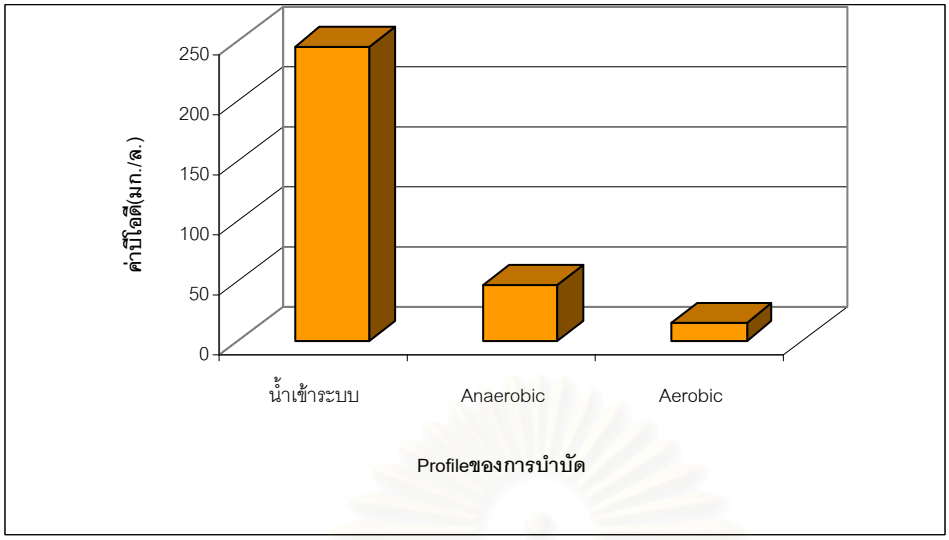
4.6.2 ศึกษาระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ตัวกลางปกติตามท้องตลาดใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

ทำการแยกส่วนวิเคราะเป็นจุดต่างๆในระบบบำบัดแบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศที่ชระยะเวลาเก็บกัก 48 ชั่วโมง ซึ่งวิเคราะห์น้ำเสียผ่านเข้าระบบและทำการวิเคราะห์น้ำที่ผ่านถังเกรอะ-กรองไร้อากาศกับน้ำที่ผ่านถังกรองเติมอากาศโดยน้ำเสียที่ผ่านเข้าระบบบำบัดมีลักษณะขุ่นข้นสีดำจากตะกอนต่างๆที่แขวนลอยอยู่เมื่อทำการวิเคราะห์จึงได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 คุณลักษณะของน้ำเสียที่ผ่านระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

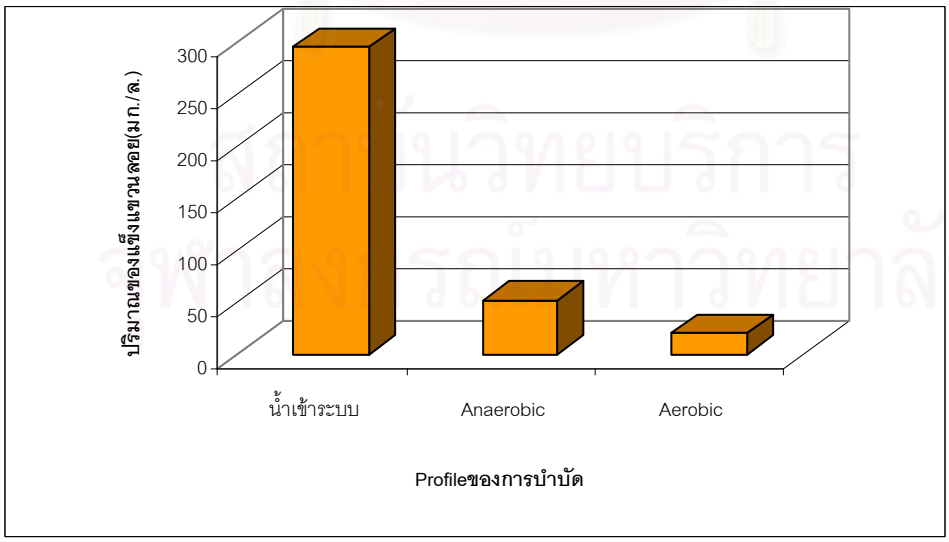
พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย	คุณภาพน้ำผ่านถังกรองไร้อากาศเฉลี่ย	ร้อยละการบำบัด	คุณภาพน้ำทิ้งผ่านถังกรองเติมอากาศเฉลี่ย	ร้อยละการบำบัด	มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ข.
BOD_5(มก./ล.)	245.50	46.75	80.96	14.25	69.51	≤30
SS(มก./ล.)	295.75	51.00	82.76	19.75	61.27	≤40
TDS(มก./ล.)	451.25	351.00	22.21	319.00	9.11	≤500
Set S.(มก./ล.)	81.50	0.35	99.57	0.35	0.00	≤0.5
TKN(มก./ล.)	42.00	16.20	61.43	5.25	67.59	≤35
FOG(มก./ล.)	47.50	10.50	77.89	9.50	9.52	≤20
Sulfide(มก.ล/.)	2.50	0.00	100.00	0.00	0.00	≤1.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



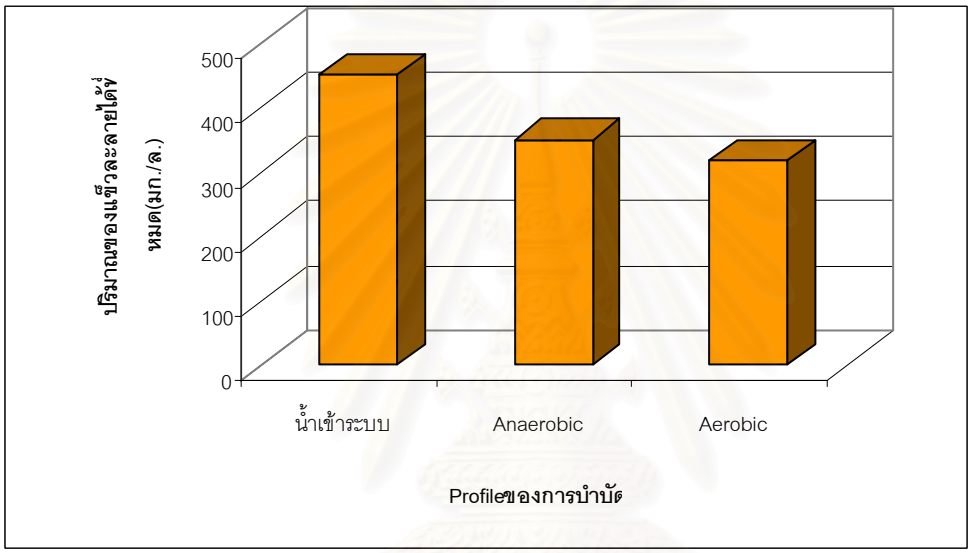
รูปที่ 4.47 คุณภาพน้ำในรูปบีโอดีผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง

ค่าบีโอดีของน้ำเสียที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.47 โดยที่ค่าบีโอดีในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 245.5 มิลลิกรัมต่อลิตรมาจากน้ำชะล้างเศษผักเศษเนื้อหลายชนิด ส่วนค่าบีโอดีที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.75 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 80.96 ซึ่งสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกจุลินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตโดยปกติระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศจะได้น้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีมากกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และในน้ำทิ้งของระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.25 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 69.51



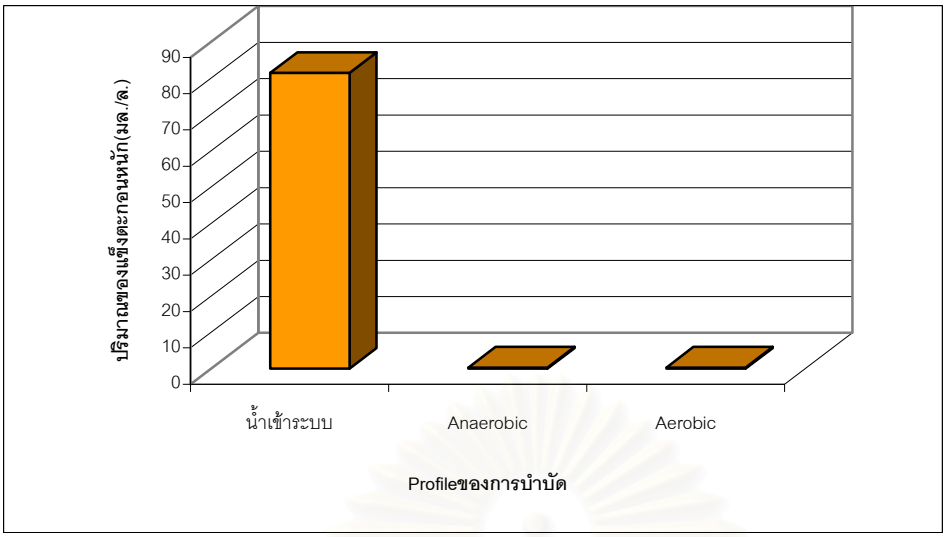
รูปที่ 4.48 คุณภาพน้ำในรูปของแข็งแขวนลอยผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง

ของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.48 โดยที่ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 295.75 มิลลิกรัมต่อลิตรมาจากดินฝุ่นทรายและละอองต่างๆรวมถึงเศษผักกับเนื้อที่ย่อยสลาย ส่วนปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.00 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นลอยละ 82.76 พบว่าน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่ค่อยสูงแต่มีของแข็งแขวนลอยผ่านออกจะส่วนถังกรองเติมอากาศอาจเนื่องจากเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ตายปนมากับน้ำทิ้ง ส่วนของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งของระบบเฉลี่ยเท่ากับ 19.75 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 61.27



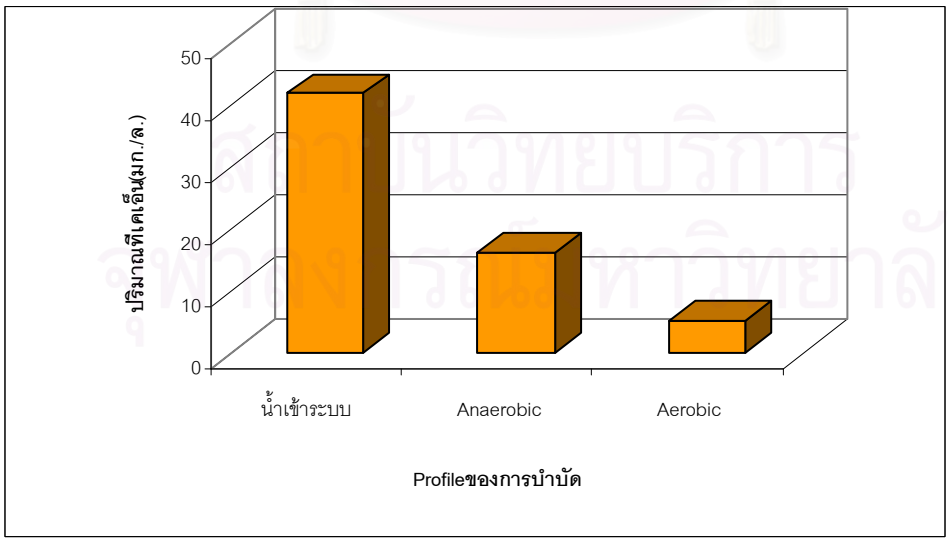
รูปที่ 4.49 คุณภาพน้ำในรูปปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง

ของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำเสียที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.49 ของแข็งละลายได้ทั้งหมดในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 451.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งละลายได้ทั้งหมดในน้ำที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีปริมาณเฉลี่ย 351.00 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 22.21 จะพบว่าน้ำทิ้งจากระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศมีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดสูงอาจเป็นผลจากจุลินทรีย์ที่ตายจะปลดปล่อยสารที่สะสมในเซลล์ออกมาสู่ระบบซึ่งเป็นปกติของระบบบำบัดแบบชีวภาพที่ไม่สามารถบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดได้ส่วนของแข็งละลายได้ทั้งหมดในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 319.00 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 9.11 เนื่องจากในน้ำทิ้งของตลาดสดมีปริมาณสารอินทรีย์กับสารอนินทรีย์สูงมากแต่ที่ระบบสามารถบำบัดได้มีเพียงแค่สารอินทรีย์ทำให้สารอนินทรีย์ปนออกมากับน้ำทิ้ง



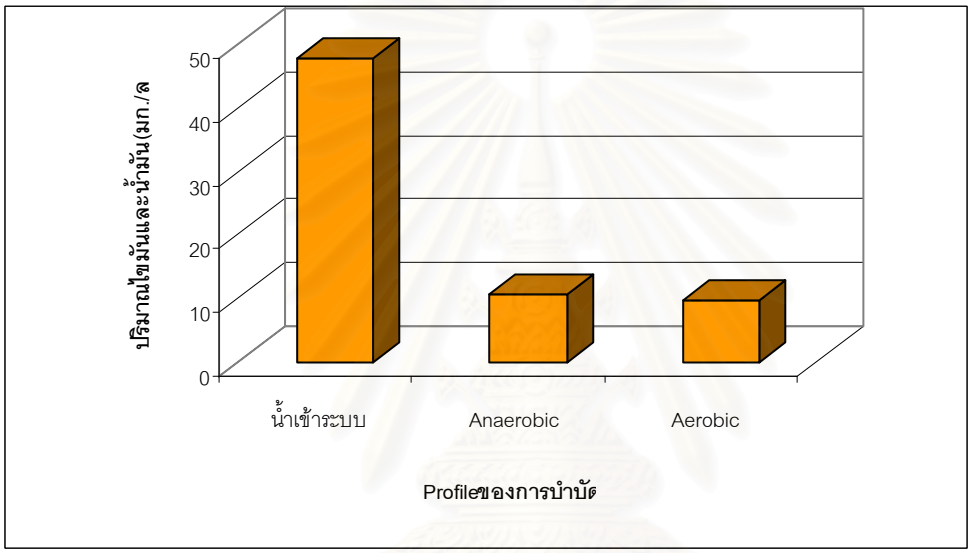
รูปที่ 4.50 คุณภาพน้ำในรูปปริมาณของแข็งตะกอนหนักผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง

ของแข็งตะกอนหนักของน้ำเสียที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.50 โดยที่ของแข็งตะกอนหนักในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 81.50 มิลลิลิตรต่อลิตร ของแข็งตะกอนหนักในน้ำที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีปริมาณเฉลี่ย 0.35 มิลลิลิตรต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 99.51 เนื่องจากกลไกการบำบัดของระบบ คือการปล่อยน้ำเสียไหลผ่านตัวกรอง ของแข็งตะกอนหนักจึงไม่สามารถผ่านตัวกรองได้ดังนั้นน้ำทิ้งจากระบบจึงมีของแข็งตะกอนหนักปริมาณต่ำ ส่วนของแข็งตะกอนหนักในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.35มิลลิลิตรต่อลิตร คิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 0.00



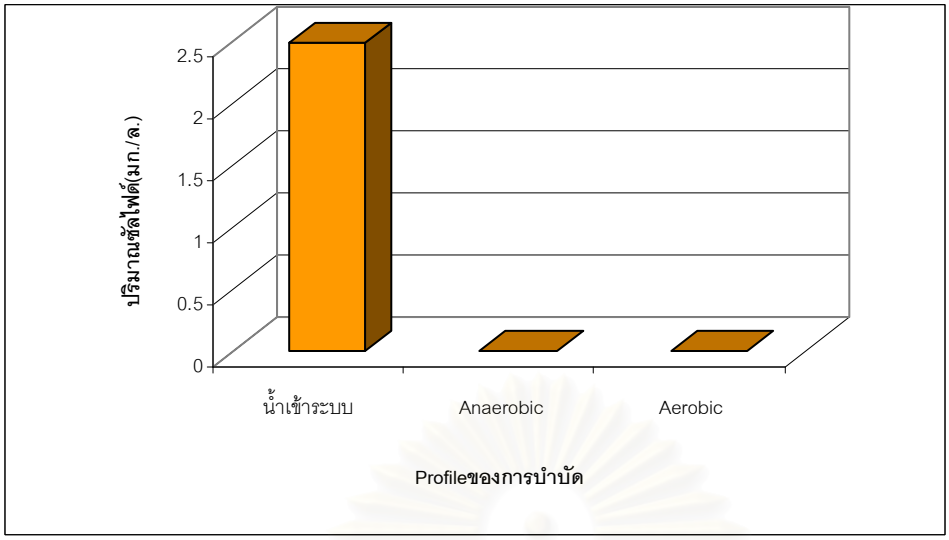
รูปที่ 4.51 คุณภาพน้ำในรูปทีเคเอ็นผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง

ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นของน้ำเสียที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.51 โดยที่ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 42.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นในน้ำที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีปริมาณเฉลี่ย 16.20 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 61.43 ส่วนไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 5.25 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 67.59 แสดงว่าระบบบำบัดสามารถบำบัดทีเคเอ็นได้ เนื่องจากชั้นฟิล์มจุลินทรีย์ในระบบมีทั้งชั้นที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ ทำให้ระบบสามารถกำจัดไนโตรเจนได้ด้วยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน ดังนั้นน้ำทิ้งของระบบจึงมีปริมาณไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ปะปนในน้ำทิ้งที่ต่ำมาก



รูปที่ 4.52 คุณภาพน้ำในรูปไขมันและน้ำมันผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศ ระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง

น้ำมันและไขมันของน้ำเสียที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.52 โดยที่น้ำมันและไขมันในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 47.5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำมันและไขมันในน้ำที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีปริมาณเฉลี่ย 10.5 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 77.89 น้ำมันและไขมันถูกจุลินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต ส่วนน้ำมันและไขมันในน้ำทิ้งมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 9.5 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 9.52



รูปที่ 4.53 คุณภาพน้ำในรูปซัลไฟด์ผ่านระบบถังกรองไร้อากาศ-ถังกรองเติมอากาศระยะเวลาเก็บกักรวม 48 ชั่วโมง

ซัลไฟด์ของน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านจุดต่างๆของระบบมีค่าแตกต่างกันดังรูปที่ 4.53 โดยที่ซัลไฟด์ในน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซัลไฟด์ในน้ำที่ผ่านออกจากส่วนถังกรองไร้อากาศมีปริมาณเฉลี่ย 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 100.00 ส่วนซัลไฟด์ในน้ำทิ้งของระบบมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละการบำบัดเท่ากับ 0.00 เนื่องจากระยะเวลาเก็บกัก 36 ชั่วโมงเพียงพอในการบำบัดซัลไฟด์ อีกทั้งมีการเติมคลอรีนก่อนปล่อยทิ้งคลอรีนจะไปทำลายพันธะของซัลไฟด์จึงทำให้ไม่มีซัลไฟปะปนอยู่ในน้ำทิ้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ 3 ระบบได้แก่

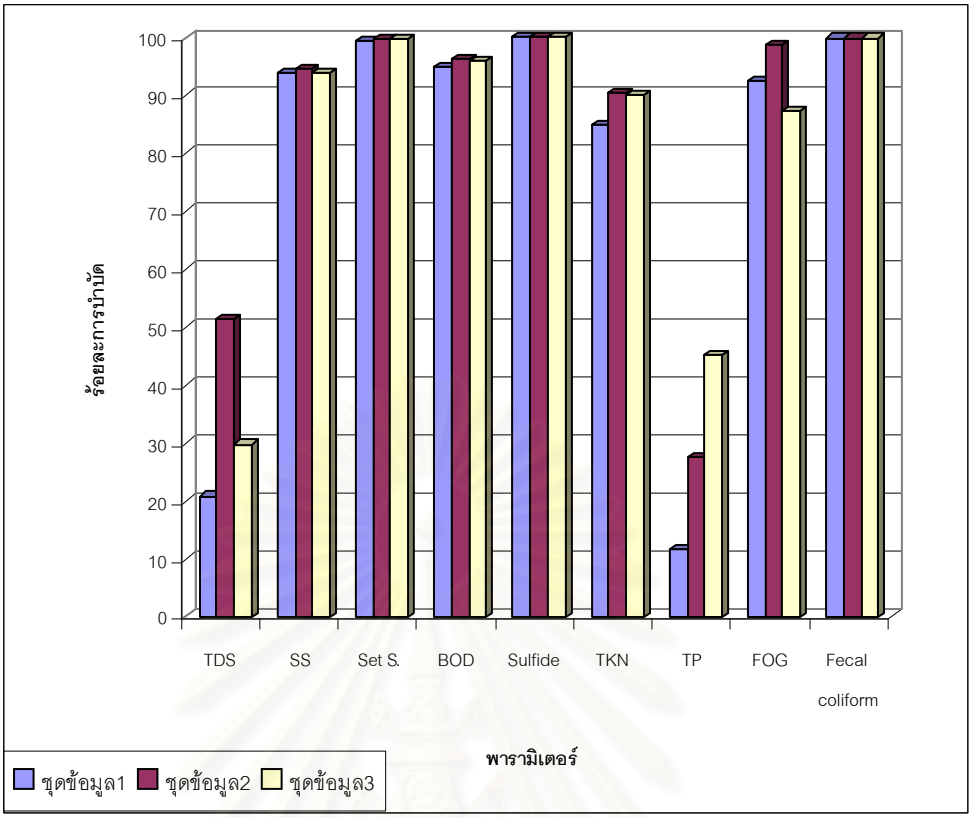
1. ระบบบำบัดแบบที่ 1 ระบบถังเกรอะ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยในส่วนของถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสีย 32 ชั่วโมง

2. ระบบบำบัดแบบที่ 2 ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยในส่วนของถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

3. ระบบบำบัดแบบที่ 3 ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมโดยในส่วนถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพการบำบัดรวมของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 ระบบ

คุณลักษณะ	ร้อยละประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)		
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3
1. อุณหภูมิ (^{o}C)	-	-	-
2. พีเอช	-	-	-
3. โออาร์พี (mV)	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	20.8	51.33	29.74
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	93.81	94.6	93.79
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	99.48	99.79	99.68
7. บีโอดี (มก./ล.)	94.95	96.24	96.06
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	100	100	100
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก. /ล.)	84.78	90.52	90.07
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก. /ล.)	11.53	27.61	45.27
11. น้ำมันและไขมัน (มก. /ล.)	92.52	98.71	87.31
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	99.96	99.95	99.95



รูปที่ 4.54 ประสิทธิภาพการบำบัดรวมของระบบบำบัดทั้ง 3 ระบบ

โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ แบ่งออกเป็นดังนี้

4.7.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสกับระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยในส่วนของถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

4.7.1.1 การบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมด

จากการทดลอง พบว่าระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดดีกว่าระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสและระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 51.33 และ 20.8 ตามลำดับ และจากค่าดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่าระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดได้ดีกว่า แต่ถึงอย่างไรประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดยังถือว่าต่ำซึ่งเป็นปกติของระบบบำบัดแบบชีวภาพซึ่งไม่สามารถบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมด

4.7.1.2 การบำบัดของแข็งแขวนลอย

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกันกับระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสและระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 94.6 และ 93.81 ตามลำดับ จะพบว่าระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสเล็กน้อยเท่านั้น แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาเก็บกักเพียงแค่ 32 ชั่วโมงก็เพียงพอสำหรับการบำบัดของแข็งแขวนลอย

4.7.1.3 การบำบัดของแข็งตะกอนหนัก

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งตะกอนหนักไม่แตกต่างกันกับระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสและระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 99.79 และ 99.48 ตามลำดับ พบว่าระบบทั้ง 2 มีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งตะกอนหนักเกือบไม่แตกต่างกัน แม้ว่าประสิทธิภาพของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสจะสูงกว่าเล็กน้อยก็แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาเก็บกักเพียงแค่ 32 ชั่วโมงก็เพียงพอสำหรับการบำบัดของแข็งตะกอนหนัก

4.7.1.4 การบำบัดบีโอดี

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีไม่แตกต่างกันกับระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสและระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 96.24 และ 94.95 ตามลำดับ พบว่าระบบระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพต่างกับระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสเฉลี่ยประมาณ 1.29% แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาเก็บกักเพียงแค่ 32 ชั่วโมงก็เพียงพอสำหรับการบำบัด
บีโอดีได้

4.7.1.5 การบำบัดซัลไฟด์

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพในการบำบัดซัลไฟด์ไม่แตกต่างกันกับระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสและระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส มีประสิทธิภาพการบำบัดได้เต็มร้อยทั้งสองระบบ เนื่องจากระบบทั้งสองมีการเติมอากาศ ถึงแม้ว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศในระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสจะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แต่ในส่วนกรองเติมอากาศสัมผัสมีการเติมอากาศเข้าสู่ระบบจะทำให้เกิดการออกซิไดซ์ไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้เป็นกรดซัลฟูริกจึงเป็นสาเหตุให้ไม่พบซัลไฟด์ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ จากผลการทดลองสรุปได้ว่าระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดซัลไฟด์ได้สูงมากแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาเก็บกักเพียงแค่ 32 ชั่วโมงก็เพียงพอสำหรับการบำบัดซัลไฟด์

4.7.1.6 การบำบัดไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ไม่แตกต่างกันกับระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสและระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 90.52 และ 84.78 ตามลำดับ พบว่าระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสเพียงเล็กน้อย ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบทั้งสองมีประสิทธิภาพสามารถบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นได้ แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาเก็บกักเพียงแค่ 32 ชั่วโมงก็เพียงพอสำหรับการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น

4.7.1.7 การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้แตกต่างกันเล็กน้อยกับระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสและระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 27.61 และ 11.53 ตามลำดับ พบว่าการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสและระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพต่ำมาก

4.7.1.8 การบำบัดน้ำมันและไขมัน

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันและไขมันไม่แตกต่างกันกับระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสและระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 98.71 และ 92.52 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.40 ทั้งนี้เพราะระบบทั้งสองเป็นระบบที่ใช้อากาศ น้ำเสียจะได้รับการเป่าอากาศที่ทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำมันและไขมันในน้ำเสีย อีกทั้งปริมาณน้ำมันละไขมันยังถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญเติบโตทำให้ระบบที่ใช้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันและไขมันได้ดีแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาเก็บกักเพียงแค่ 32 ชั่วโมงก็เพียงพอสำหรับการบำบัดน้ำมันและไขมัน

4.6.1.9 การบำบัดฟีคัลโคลิฟอร์ม

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันและไขมันไม่แตกต่างกันกับระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสและระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 99.95 และ 99.96 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะระบบทั้งสองที่ใช้ในการทดลองจะมีการเติมคลอรีนให้กับน้ำทิ้งก่อนออกจากระบบในปริมาณที่เท่ากัน

4.7.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดระหว่างระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยในส่วนของถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงกับ 48 ชั่วโมง

4.7.2.1 การบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมด

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดแตกต่างกันกับระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงและระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 51.33 และ 29.74 ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากปริมาณของแข็งในน้ำเสียของระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงมีปริมาณมากกว่าที่ระบบใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมงระบบบำบัดจึงแสดงประสิทธิภาพได้ดี แต่จากผลการทดลองอาจกล่าวได้ว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรอง

เติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงกับ 48 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมดต่ำ ซึ่งเป็นปกติของระบบบำบัดแบบชีวภาพซึ่งไม่สามารถบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมด

4.7.2.2 การบำบัดของแข็งแขวนลอย

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกันกับระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงและระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 94.6 และ 93.79 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.40 เนื่องจากระบบทั้งสองมีการกรองถึงสองครั้งคือในส่วนกรองไร้อากาศกับกรองเติมอากาศจึงทำให้สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำที่ออกจากระบบได้แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาเก็บกักเพียงแค่ 36 ชั่วโมงก็เพียงพอสำหรับการบำบัดของแข็งตะกอน

4.7.2.3 การบำบัดของแข็งตะกอนหนัก

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกันกับระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงและระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 99.79 และ 99.68 ตามลำดับเนื่องจากระบบทั้งสองมีการกรองถึงสองครั้งคือในส่วนกรองไร้อากาศกับกรองเติมอากาศจึงทำให้สามารถลดปริมาณของแข็งตะกอนหนักในน้ำที่ออกจากระบบได้แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาเก็บกักเพียงแค่ 36 ชั่วโมงก็เพียงพอสำหรับการบำบัดของแข็งตะกอนหนัก

4.7.2.4 การบำบัดบีโอดี

จากการทดลองพบว่า การบำบัดบีโอดีโดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกันกับระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงและระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 96.24 และ 96.06 ตามลำดับ เนื่องจากน้ำที่เข้าระบบใช้น้ำเพียง 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวันเท่านั้นทำให้

ระบบสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างเต็มความสามารถจึงไม่เห็นความต่างของประสิทธิภาพในการบำบัดเท่าที่ควร แต่จากค่าประสิทธิภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีได้สูงมากแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาเก็บกักเพียงแค่ 36 ชั่วโมงก็เพียงพอสำหรับการบำบัดบีโอดี

4.7.2.5 การบำบัดซัลไฟด์

จากการทดลองพบว่า การบำบัดซัลไฟด์โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกันกับระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงและระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการบำบัดได้เต็มร้อยทั้งสองระบบ เนื่องจากระบบทั้งสองมีการเติมอากาศ ถึงแม้ว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกระบวนการไร้อากาศในระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสจะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แต่ในส่วนกรองเติมอากาศสัมผัสมีการเติมอากาศเข้าสู่ระบบจะทำให้เกิดการออกซิไดซ์ไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้เป็นกรดซัลฟูริก อีกทั้งยังมีการเติมคลอรีนก่อนปล่อยออกจากระบบซึ่งคลอรีนจะช่วยทำลายซัลไฟด์จึงเป็นสาเหตุให้ไม่พบซัลไฟด์ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ จากผลการทดลองสรุปได้ว่าระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดซัลไฟด์ได้สูงมาก

4.7.2.6 การบำบัดไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็นไม่แตกต่างกันกับระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงและระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 90.52 และ 90.07 ตามลำดับ แต่จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบทั้งสองมีประสิทธิภาพสามารถบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นได้สูงแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาเก็บกักเพียงแค่ 36 ชั่วโมงก็เพียงพอสำหรับการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น

4.7.2.7 การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดแตกต่างกันกับระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้

อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงและระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 27.61 และ 45.27 ตามลำดับ เนื่องจากขนาดของระบบที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่งโมงมีขนาดใหญ่กว่าระบบแบบ 36 ชั่วโมงจึงทำให้มีความต่างของการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด ซึ่งพบว่าการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสและระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพต่ำมาก

4.7.2.8 การบำบัดน้ำมันและไขมัน

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันและไขมันไม่แตกต่างกันกับระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงและระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 98.71และ 87.31 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะระบบทั้งสองเป็นระบบที่ใช้อากาศ น้ำเสียจะได้รับการเป่าอากาศที่ทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำมันและไขมันในน้ำเสีย อีกทั้งปริมาณน้ำมันละไขมันยังถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญเติบโตทำให้ระบบที่ใช้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันและไขมันได้สูง จากที่ระบบบำบัดที่มีระยะเวลาเก็บกักแบบ 36 ชั่วโมงมีร้อยละการบำบัดสูงกว่าเล็กน้อยเป็นเพราะปริมาณน้ำมันและไขมันที่เข้าระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักแบบ 36 ชั่วโมงสูงกว่าแบบ 48 ชั่วโมงแต่น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดมีค่าใกล้เคียงกันแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาเก็บกักเพียงแค่ 36 ชั่วโมงก็เพียงพอสำหรับการบำบัดน้ำมันและไขมัน

4.6.1.9 การบำบัดฟีคัลโคลิฟอร์ม

จากการทดลองพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดฟีคัลโคลิฟอร์มไม่แตกต่างกันกับระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.54 โดยระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงและระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง โดยทั้งสองระบบมีประสิทธิภาพร้อยละ 99.95 ทั้งนี้เพราะระบบทั้งสองที่ใช้ในการทดลองจะมีการเติมคลอรีนให้กับน้ำทิ้งก่อนออกจากระบบในปริมาณที่เท่ากัน

4.7 การศึกษาความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์เพื่อการนำไปใช้

ทำการศึกษาความเหมาะสมในการลงทุนเพื่อบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ โดยพิจารณาจากค่าดำเนินการและบำรุงรักษารายปีที่ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายด้านเงินเดือน ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินระบบ ด้านงานโยธา และงานเครื่องมือ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.7.1 ระบบเกรอะ-ถังกรองเติมอากาศ

ค่าใช้จ่ายรวมของระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสแบ่งออกเป็น ค่าลงทุนในการก่อสร้าง ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.8 ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส

ประเภทของค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
1. ค่าถังบำบัดน้ำเสีย+ค่าตัวกลาง	35,000
2. ค่าอุปกรณ์การก่อสร้าง	11,000
3. ค่าเครื่องมือและอุปกรณ์	11,000
รวม	57,000

ตารางที่ 4.9 ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส

ประเภทของค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
1. ค่าดำเนินการ	
1.1. เงินเดือน	-
1.2. ค่าไฟฟ้า	5,256
2. ค่าบำรุงรักษา	
2.1. งานโยธา(ร้อยละ 1.0)	-
2.2. งานเครื่องมือ(ร้อยละ10)	1,500
รวม	6,756

หมายเหตุ ก) ค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย

ข) เป็นค่าเงินในปี 2545

ระบบรับน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวันระบบจะรับน้ำเสียทั้งสิ้น 365 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ดังนั้นค่าดำเนินการและบำรุงรักษาของระบบต่อ 1 ลูกบาศก์เมตรจะมีค่าประมาณ 563 บาทต่อเดือน

4.7.2 ถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัส โดยในส่วนของถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายรวมของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงแบ่งออกเป็น ค่าลงทุนในการก่อสร้าง ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.10 ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

ประเภทของค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
4. ค่าถังบำบัดน้ำเสีย+ค่าตัวกลาง	40,000
5. ค่าอุปกรณ์การก่อสร้าง	13,000
6. ค่าเครื่องมือและอุปกรณ์	11,000
รวม	64,000

ตารางที่ 4.11 ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

ประเภทของค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
1. ค่าดำเนินการ	
1.1. เงินเดือน	-
1.2. ค่าไฟฟ้า	5,256
2. ค่าบำรุงรักษา	
2.1. งานโยธา(ร้อยละ 1.0)	-
2.2. งานเครื่องมือ(ร้อยละ10)	1,500
รวม	6,756

หมายเหตุ ก) ค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย

ข) เป็นค่าเงินในปี 2545

ระบบรับน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวันระบบจะรับน้ำเสียทั้งสิ้น 365 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ดังนั้นค่าดำเนินการและบำรุงรักษาของระบบต่อ 1 ลูกบาศก์เมตรจะมีค่าประมาณ 563 บาทต่อเดือน

4.7.3 ถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยในส่วนของถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายรวมของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมงแบ่งออกเป็น ค่าลงทุนในการก่อสร้าง ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.12 ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

ประเภทของค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
7. ค่าถังบำบัดน้ำเสีย+ค่าตัวกลาง	42,000
8. ค่าอุปกรณ์การก่อสร้าง	15,000
9. ค่าเครื่องมือและอุปกรณ์	11,000
รวม	68,000

ตารางที่ 4.13 ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง

ประเภทของค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
1. ค่าดำเนินการ	
1.1. เงินเดือน	-
1.2. ค่าไฟฟ้า	5,256
2. ค่าบำรุงรักษา	
2.1. งานโยธา(ร้อยละ 1.0)	-
2.2. งานเครื่องมือ(ร้อยละ10)	1,500
รวม	6,756

หมายเหตุ ก) ค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย

ข) เป็นค่าเงินในปี 2545

ระบบรับน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวันระบบจะรับน้ำเสียทั้งสิ้น 365 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ดังนั้นค่าดำเนินการและบำรุงรักษาของระบบต่อ 1 ลูกบาศก์เมตรจะมีค่าประมาณ 563 บาทต่อเดือน

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระบบทั้ง 3 ระบบ ในระยะเวลา 10 ปี

ระบบประเภท	ค่าใช้จ่ายขั้นต้น (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)	ค่าใช้จ่ายรวมที่อายุการใช้งาน 10 ปี (บาทต่อปี)
1.ระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส	57,000	6,756	12,456
2.ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง	64,000	6,756	13,156
3.ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง	68,000	6,756	13,556

จากการศึกษาพบว่า ระบบบำบัดทั้งสามระบบมีค่าใช้จ่ายเท่ากันหมด โดยคิดเฉพาะค่าเดินระบบและบำรุงรักษามีค่าใช้จ่ายประมาณ 18.51 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.8 แนวทางการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งตลาดสดติดริมน้ำ

จากการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดินปี 2544 พบว่าร้อยละ 18 ของแหล่งน้ำที่ตรวจสอบมีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี ร้อยละ 40 อยู่ในเกณฑ์พอใช้ ร้อยละ 33 อยู่ในเกณฑ์ต่ำ และร้อยละ 9 อยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) โดยแหล่งน้ำที่อยู่รอบๆบริเวณที่ทำการศึกษาคือ แม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลางถูกจัดเป็นแหล่งน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ต่ำ เนื่องจากได้รับผลกระทบจากมลพิษทั้งภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม โดยเฉพาะแหล่งชุมชนริมน้ำมากที่สุด ทั้งนี้เพราะชุมชนริมน้ำยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียหรือมีแต่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ

อีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำในแหล่งน้ำอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำที่ต่ำ เพราะไม่มีการควบคุมมาตรฐานน้ำที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ แนวทางการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากที่พักอาศัยชุมชนริมน้ำจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการพิจารณาเพื่อยกระดับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้น

คุณลักษณะน้ำทิ้งที่มีการกำหนดเป็นมาตรฐานน้ำทิ้งในปัจจุบันยังไม่สามารถครอบคลุมในบางคุณลักษณะที่อาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัย โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาคุณลักษณะเพิ่มเติมจากมาตรฐานน้ำทิ้ง ได้แก่ ฟอสฟอรัสทั้งหมด และฟีคัลโคลิฟอร์ม ผลการศึกษาพบว่า ระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสเป็นช่วงๆมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยชุมชนริมน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีค่าเฉลี่ยและค่าความเป็นไปได้ร้อยละ 50 ของน้ำทิ้งมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.13

จากการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นไปได้ร้อยละ 50 ของน้ำทิ้งมีความเหมาะสมในการเสนอแนวทางการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากที่พักอาศัยชุมชนริมน้ำ เนื่องจากค่าความเป็นไปได้ร้อยละ 50 ของน้ำทิ้งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพน้ำที่จะออกจากระบบที่ร้อยละ 50 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมมากกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลที่มีความแปรปรวนสูง โดยเมื่อพิจารณาจากค่าความเป็นไปได้ร้อยละ 50 ของน้ำทิ้งของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง พบว่าคุณลักษณะน้ำทิ้งของแนวทางการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากตลาดสดติดริมน้ำควรจะเป็นดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยและค่าความเป็นไปได้ร้อยละ 50 ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ยน้ำทิ้ง	P(50) น้ำทิ้ง	มาตรฐาน น้ำทิ้งอาคารประเภท ข.
1. อุณหภูมิ (^{o}C)	30.2	30	-
2. พีเอช	7.1	7.0	5-9
3. โออาร์พี (mV)	68.38	71.5	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	386.06	387	≤500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	19.55	16.0	≤40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.12	0	≤0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	13.86	9.7	≤30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	0	0	≤1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	4.39	4.25	≤35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	11.35	10	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	1.28	0.5	≤20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	2.0×10^{2}	3.8×10^{2}	-

ตารางที่ 4.16 คุณลักษณะน้ำทิ้งของแนวทางการยกร่างมาตรฐานน้ำทิ้งจากตลาดสดติดริมน้ำ

คุณลักษณะ	P(50) น้ำทิ้ง	มาตรฐาน น้ำทิ้งอาคาร ประเภท ข.	แนวทางการยกร่าง มาตรฐานน้ำทิ้งตลาด สดติดริมน้ำ
พีเอช	7.1	5-9	5-9
ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	386.06	≤500	≤500
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	19.55	≤40	≤20
ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	0.12	≤0.5	≤0.5
บีโอดี (มก./ล.)	13.86	≤30	≤20
ซัลไฟด์ (มก./ล.)	0	≤1.0	≤0.5
ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	4.39	≤35	≤10
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	11.35	-	≤15
น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	1.28	≤20	≤5
ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	2.0×10^{2}	-	$\leq1.0\times10^{3}$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบติดกับที่สำหรับตลาดสดติดริมน้ำ พบว่า

1. ระบบถังเกรอะ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสเพื่อบำบัดน้ำเสียจากตลาดสดติดริมน้ำมีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายได้ ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก บีโอดี ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ฟอสฟอรัสทั้งหมด น้ำมันและไขมัน ฟีคัลโคลิฟอร์มร้อยละ 20.8 93.81 99.48 94.95 100 84.78 11.53 92.52 และ 99.96 ตามลำดับ

2. ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยในส่วนถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายได้ ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก บีโอดี ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ฟอสฟอรัสทั้งหมด น้ำมันและไขมัน ฟีคัลโคลิฟอร์มร้อยละ 51.33 94.6 99.79 96.24 100 90.52 27.61 98.71 และ 99.95 ตามลำดับ

3. ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยในส่วนถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายได้ ของแข็งแขวนลอย ของแข็งตะกอนหนัก บีโอดี ซัลไฟด์ ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น ฟอสฟอรัสทั้งหมด น้ำมันและไขมัน ฟีคัลโคลิฟอร์มร้อยละ 29.74 93.79 99.68 96.06 100 90.07 45.27 87.31 และ 99.95 ตามลำดับ

4. ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยในส่วนถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง โดยในส่วนถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายได้ ของแข็งตะกอนหนัก ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น น้ำมันและไขมัน ซัลไฟด์ ร้อยละ 78.93 84.97 41.34 100.00 57.28 99.37 และ 100.00 ตามลำดับ และในส่วนถังกรองเติมอากาศที่ต่ออนุกรมกับถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายได้ ของแข็งตะกอนหนัก ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น น้ำมันและไขมัน ซัลไฟด์ ร้อยละ 89.07 66.83 16.09 0.00 82.16 0.00 และ 0.00 ตามลำดับ

5. ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสโดยในส่วนถังกรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศสัมผัสใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง โดยในส่วนถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายได้ ของแข็งตะกอนหนัก ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น น้ำมันและไขมัน ซัลไฟด์ ร้อยละ 80.96 82.76 22.21 99.57 61.43 77.89 และ 100.00 ตามลำดับ และในส่วนถังกรองเติมอากาศที่ต่ออนุกรมกับถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายได้ ของแข็งตะกอนหนัก ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น น้ำมันและไขมัน ซัลไฟด์ ร้อยละ 69.51 61.27 9.11 0.00 67.59 9.52 และ 0.00 ตามลำดับ

6. ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งละลายได้และฟอสฟอรัสทั้งหมดจากน้ำเสียตลาดสดติดริมน้ำได้ดีกว่าระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัสเล็กน้อยซึ่งในระบบโดยรวมสรุปได้ว่าระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพสำหรับบำบัดน้ำเสียจากตลาดสดติดริมน้ำไม่แตกต่างกับระบบถังเกรอะ-กรองเติมอากาศสัมผัส เมื่อพิจารณาต้นทุนและค่าใช้จ่ายของระบบทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันดังนั้นการเลือกระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองแบบเติมอากาศสัมผัส ที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเล็กน้อยน่าจะเป็นทางเลือกที่ดี

7. ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากตลาดสดติดริมน้ำไม่แตกต่างกันกับระบบที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมง โดยประสิทธิภาพของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงในการบำบัดของแข็งละลายได้และฟอสฟอรัสมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และพารามิเตอร์ต่างๆมีค่าเกือบไม่แตกต่างกันกับระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมงเลย อีกทั้งพิจารณาต้นทุนและค่าใช้จ่ายของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงถูกกว่าแบบใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 48 ชั่วโมงเล็กน้อย ดังนั้นการเลือกใช้ระบบสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมงน่าจะเป็นทางเลือกที่สามารถลดต้นทุนลงได้

8. ในด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อการนำไปใช้ พบว่าระบบทั้งสามที่ทำการทดลองสามารถบำบัดน้ำเสียจากตลาดสดติดริมน้ำได้ดีตามมาตรฐานดังนั้นการเลือกใช้ระบบที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดซึ่งเมื่อเทียบค่าใช้จ่ายต้นทุนทั้งสามระบบมีค่าใกล้เคียงกันคือระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศสัมผัสที่ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียรวม 36 ชั่วโมง เป็นระบบที่เหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียจากตลาดสดติดริมน้ำมากที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาระบบบำบัดแบบระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศให้สามารถรองรับน้ำเสียของตลาดสดติดริมน้ำที่มีขนาดใหญ่ซึ่งมีปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจำนวนมากได้

2. ศึกษาความเป็นไปได้ของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศในการบำบัดน้ำเสียจากตลาดสดติดริมน้ำที่มีความเข้มข้นของพารามิเตอร์สูงมากๆ

3. ศึกษาความเป็นไปได้ของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศโดยการนำเอาขวดพลาสติกเหลือใช้ขนาดเล็กมาใช้แทนตัวกลางปกติตามท้องตลาด

4. ศึกษาความเป็นไปได้ของระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศโดยในส่วนเติมอากาศทำการเติมอากาศเป็นช่วงๆเพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนการเติมอากาศตลอดเวลา

5. พัฒนาออกแบบรูปลักษณ์ของตัวถังระบบบำบัดถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ-กรองเติมอากาศให้มีขนาดที่เหมาะสมกับพื้นที่ในเมืองที่หนาแน่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: มิตรนราการพิมพ์.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2543. วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 4. พิมพ์ครั้งที่ 1. (ม.ป.ท.).

ไกรสร อุดมรัตน์. 2521. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงผลิตเต้าหู้ด้วยเครื่องกรองแอนแอโรบิค. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2538. คู่มือเล่มที่ 4 สำหรับผู้ให้บริการตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์.

จงรักษ์ จิระภาพันธ์. 2530. ระบบเซปติค-แอนแอโรบิคฟิลเตอร์ สำหรับบำบัดน้ำทิ้งจากแฟลต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จินต์ อโณทัย. 2531. คุณภาพน้ำทิ้งจากถังเกรอะและกรองไร้อากาศสำเร็จรูปชนิดประกอบในที่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิตเทพ ประสิทธิ์อยู่ศีล. 2534. ประสิทธิภาพการลดโคไลฟอร์มแบคทีเรียในน้ำเสียจากถังเกรอะโดยใช้ถังกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางครึ่งถังจม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัญจนา ภู่วรวรรณ, ณัฐวุฒิ ฉัตรวิริยะเจริญ และนลินทิพย์ จิรจริยาเวช. 2544. การวัดประสิทธิภาพของตัวกลางของระบบ Submerged Anaerobic Fixed-film Reactor สำหรับน้ำเสียอาคารสูง.
โครงงานทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธเรศ พงษ์สาระนันทกุล. 2540. การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเม็ดพลาสติกลอยน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระพงษ์ วิมลจิตรานนท์. 2545. การเปรียบเทียบสมรรถนะการบำบัดน้ำเสียจากมูลสุกรแบบไร้อากาศด้วยระบบถังกรองไร้อากาศและระบบถังสัมผัสไร้อากาศแบบไหลขึ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญส่ง ไข่เกษ. 2519. การใช้เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค เพื่อกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญส่ง ไข่เกษ และคณะ. 2533. การใช้ระบบบ่อเกรอะ-ถังกรองไร้อากาศสำหรับบำบัดน้ำเสียจากอาคารขนาดเล็ก. รายงานการวิจัย ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

บุญสิน สุภัควงศ์. 2521. การใช้ถังกรองไร้อากาศทำความสะอาดน้ำโสโครกจากบ้านพักอาศัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสิทธิ์ เหลืองรุ่งเกียรติ. 2540. การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงแรมด้วยระบบเครื่องกรองชีวภาพแบบตัวกรองพอดีขาดอากาศ-ตัวกรองเติมอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. คณะวิศวกรรมศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. 2535. โครงการวิจัยร่วมเรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดของเสียจากมนุษย์ในเขตภาคเหนือตอนบน. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. คณะวิศวกรรมศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. 2535.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2542. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โรมรัน ว่องวิไลรัตน์. 2542. การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยถังกรองไร้อากาศชนิดไฮบริดที่ใช้ตัวกลางพลาสติกโพลีเอทธิลีน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลักษณา โกมลเมธี. 2535. ระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบเครื่องกรองไร้อากาศ : ผลของอัตราการไหลต่อประสิทธิภาพการบำบัด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชัย ชินบูรพา. 2539. การเปรียบเทียบสมรรถนะของถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเป็นหิน เศษคอนกรีต และพลาสติก สำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรพล สายพานิช. 2518. การใช้เครื่องกรองวิธีแอนแอโรบิค เพื่อกำจัดน้ำเสียจากโรงงานทำแป้งมันสำประหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ และเพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ. 2534. การตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งจากถังบำบัดน้ำส้วมแบบแอนแอโรบิค. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

APHA, AWWA, WPCF. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edition. Washington D.C.: American Public Health Association.

Ausland, G., Stevik, T. K., Hanssen, J. F., Kohler, J. C., and Jenseen, P. D. 2002. Intermittent filtration of wastewater-removal of fecal coliforms and fecal streptococci. Water Research. 36(14): 3507-3516.

Balch, W. E., et al. 1979. Methanogens: re-evaluation of a unique biological group. Microbiology Reviews. 3 (2).

Bodik, I., Kratovil, K., Gasparikova, E., and Hutnan, M. 2003. Nitrogen removal in an anaerobic baffled filter reactor with aerobic post-treatment. Biorsource Technology. 86(1): 79-84.

Corea, E. J. H., Gamage, I. R., and Wickramanayake, P.N. 1998. Anaerobic filters for on-site sewage treatment. 24th WEDC Conference Sanitation and water for all : 133-135. Aug.8 to Sept. 4. Islamabad, Palistan : Pakistan Institute of National Development (PIND). Available from : http://lists.isb.sdnpk.org/pipermail/econo-list-old/1998-August/000927.html [2002, December 12]

Del, P. R., and Diez, V. 2003. Organic matter removal in combined anaerobic-aerobic fixed-film bioreators. Water Research. 37(15): 3561-3568.

Elmitwalli, T., Zeeman, Gr., and Lettinga, G. 2001. Anaerobic treatment of domestic sewage at low temperature. Water Science and Technology. 44(4): 33-40.

Galvez, J. M., Gomez, M. A., Hontoria, E., and Gonzalez-Lopez, J. 2003. Influence of hydraulic loading and air flowrate on urban wastewater nitrogen removal with a submerge fixed-film reactor. Journal of Hazardous Materials. 101(2): 219-229.

Ince, O., Ince, K. B., and Donnelly, T. 2000. Attachment, strength and performance of a porous media in an upflow anaerobic filter treating dairy wastewater. Water Science and Technology. 41(4-5): 261-270.

Hwa, T.J.; Jeyaseelan, S.; and Yeow, S.K. (n.d.). Effects of support media on anaerobic filter performance [Online]. Available from : http://www.ntu.edu.sg/centre/wwweerc/sky3.pdf [2002, December 12]

Iwai, S., and Kitao, T. 1994. Wastewater treatment with microbial films. USA: Technomic Publishing.

Lemmer, H., Zaglauer, A., Neef, A., Meier, H., and Amann, R. 1997. Denitrification in a methanol-fed fixed-bed reactor. Part 2: Composition and ecology of the bacterial community in the biofilms. Water Research. 31(8): 1903-1908.

McCarty, P. L. 1964. Anaerobic waste treatment fundamentals, Part II, environmental requirements and control. Public Works. 95 (October): pp. 123-126.

McCarty, P. L., and Rittmann, B. E. 2001. Environmental biotechnology: Principles and Applications. Singapore: McGraw-Hill.

Roy, C., Auger, R., and Chenier, R. 1998. Use of non woven textile in intermittent filter. Water Science and Technology. 38(3): 159-166.

Speece, R. E. 1996. Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters. Nashville: Archae Press.

Sykes, G., and Skinner, F. A. 1976. Microbial aspects of pollution. England: The whitefriars.

U.S.Environmental Protection Agency (USEPA). 1998.Anaerobic filter [Online]. Available from: http:/stud.sb.luth.se/sb/course/SBA007/literature/filter/ [2002, December 12]

Veiga, M.C., Mendez, R., and Lema, J. M. 1994. Anaeroic filter and DSFF reactors in anaerbic treatment of tuna processing wastewater. Water Science and Technology. 30(12): 425-432.

Vigneswaran, S., Balasuriya, B. L. N., and Viraraghavan, T. 1986. Environmental sanitation reviews, Anaerobic wastewater treatment-attached growth and sludge blanket process. Bangkok: ENSIC.

Xie, W., Wang, Q., Song, G., Kondo, M., Teraoka, M., Ohsumi, Y., and Ogawa, H. I. 2004. Upflow biological filtration with floating filter media. Process Biochemistry. 39(6): 767-772

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร

มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคารตามมาตรา 55 และ 69 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 มีรายละเอียด ดังตารางที่ ข - 1

ตารางที่ ก – 1 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภทต่างๆ

พารามิเตอร์	ประเภทอาคาร				
	ก	ข	ค	ง	จ
1. ความเป็นกรดและด่าง (pH)	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9
2. บีโอดี (BOD) ,มิลลิกรัมต่อลิตร	≤20	≤30	≤40	≤50	≤200
3. ปริมาณของแข็ง (Solids) ,มิลลิกรัมต่อลิตร					
3.1 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	≤30	≤40	≤50	≤50	≤60
3.2 ของแข็งตะกอนหนัก (Settleable Solids)	≤0.5	≤0.5	≤0.5	>0.5	-
3.3 ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (Total Dissoved Solids)	≤500	≤500	≤500	≤500	-
4. ซัลไฟด์ (Sulfide) ,มิลลิกรัมต่อลิตร	≤1.0	≤1.0	≤3.0	≤4.0	-
5. ไนโตรเจน (Nitrogen) ในรูป ที เค เอ็น (TKN) ,มิลลิกรัมต่อลิตร	≤35	≤35	≤40	≤40	-
6. น้ำมันและไขมัน (Fat Oil and Grease),มิลลิกรัมต่อลิตร	≤20	≤20	≤20	≤20	≤100

<u>หมายเหตุ</u> ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางขนาด

ข้อ 6 อาคารประเภท ง. หมายความถึงอาคารดังต่อไปนี้

(1) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10 ห้อง แต่ไม่ถึง 50 ห้อง

(2) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 1,000 ตารางเมตร

ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 100 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 250 ตารางเมตร

ตารางที่ ก – 2 ประเภทของอาคารที่กำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งออกตามมาตรา 55 และ 69 ของพระราชบัญญัติส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2535

ประเภทอาคาร	ขนาดของอาคารที่กำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง				
	ก	ข	ค	ง	จ
1. อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด	≥ 500 ห้องนอน	100<500 ห้องนอน	< 100 ห้องนอน	-	
2. โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม	≥ 200 ห้องนอน	60<500 ห้องนอน	< 60 ห้องนอน	-	
3. หอพักว่าด้วยกฎหมายหอพัก	-	> 250 ห้องนอน	50<250 ห้องนอน	10<50 ห้องนอน	
4. สถานบริการอาบ อบ นวด	-	> 5,000 ม.^{2}	1,000 < 5,000 ม.^{2}		
5. สถานพยาบาล	≥ 30 เตียง	10<30 เตียง	-		
6. อาคารโรงเรียนและสถานอุดมศึกษาของทางราชการและเอกชน	≥ 25,000 ม.^{2}	5,000 < 25,000 ม.^{2}	-		
7. อาคารที่ทำการราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์กรระหว่างประเทศหรือของเอกชน	≥ 25,000 ม.^{2}	10,000 < 55,000 ม.^{2}	5,000 < 10,000 ม.^{2}		
8. ศูนย์การค้า ห้างสรรพสินค้า	≥ 25,000 ม.^{2}	5,000 < 25,000 ม.^{2}	-		
9. ตลาด	≥ 25,000 ม.^{2}	1,500 < 2,500 ม.^{2}	1,000 < 1,500 ม.^{2}	500 < 1,000 ม.^{2}	
10. ภัตตาคารและร้านอาหาร	≥ 25,000 ม.^{2}	500 < 2,500 ม.^{2}	250 < 500 ม.^{2}	100 < 250 ม.^{2}	< 100 ม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ง.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 1

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30.0	28.5	29.0	31.0	29.0	30.0	-	-	-	-
2. พีเอช	6.9	7.0	7.1	7.0	7.0	7.6	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-253	-277	-279	27	88	85	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	425.0	739.0	273.0	390.0	400.0	100.0	8.23	45.87	63.37	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	300.0	482.0	435.0	48.0	40.0	47.0	84.00	91.71	89.19	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	68.0	8.3	108.0	1.0	0.6	0.9	98.53	92.77	99.17	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	377.0	411.0	412.0	37.0	42.0	30.0	90.18	89.78	92.72	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	51.0	3.0	6.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	44.0	61.0	60.0	9.0	6.3	15.0	79.55	89.67	75.00	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	11.25	16.0	21.5	8.25	16.0	8.25	26.67	0.00	61.63	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	112.0	102.0	60.0	17.0	4.0	16.0	84.82	96.08	73.33	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	$9.1x10^5$	$9.1x10^5$	$8.8x10^5$	$3.3x10^2$	$4.7x10^2$	$3.9x10^2$	99.96	99.94	99.95	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-2 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 2

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	29.0	29.0	30.0	30.0	30.0	30.5	-	-	-	-
2. พีเอช	6.9	7.0	6.1	7.7	7.2	6.6	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-241	-274	-263	15	51	90	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	471.0	756.0	423.0	381.0	426.0	404.0	19.11	43.65	4.49	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	426.0	398.0	364.0	16.0	36.0	40.2	96.24	90.95	89.01	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	64.0	80.0	65.0	0.9	0.3	0.7	98.59	99.62	98.92	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	371.0	384.0	354.0	24.0	28.0	19.0	93.53	92.70	94.63	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	38.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	42.0	58.0	63.0	6.4	6.7	7.0	84.76	88.45	88.89	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	8.25	20.5	24.0	8.25	18.0	14.0	0.00	12.19	41.67	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	110.0	143.0	140.0	12.0	5.0	12.0	89.09	96.50	91.43	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-3 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 3

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	29.5	31.0	31.0	29.0	31.0	31.0	-	-	-	-
2. พีเอช	7.0	6.8	6.3	7.5	7.0	7.2	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-276	-269	-229	32	57	63	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	445.0	847.0	312.0	353.0	406.0	323.0	20.67	52.06	-3.52	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	294.0	351.0	415.0	15.0	31.0	32.0	94.89	91.17	92.29	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	80.0	74.0	140.0	0.2	0.0	0.0	99.75	100.00	100.00	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	324.0	372.0	337.0	15.0	17.3	12.0	95.37	95.34	96.44	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	5.0	1.6	1.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	39.0	53.0	65.0	5.3	6.2	5.0	86.41	88.30	92.30	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	16.7	28.0	14.75	13.75	21.5	10.0	17.66	23.21	32.20	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	120.0	150.0	69.0	9.0	0.0	10.0	92.50	100.00	85.50	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	$8.6x10^5$	$9.0x10^5$	$8.8x10^5$	$3.5x10^2$	$4.1x10^2$	$3.7x10^2$	99.95	99.95	99.95	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-4 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 4

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30.0	30.5	30.0	30.0	31.0	31.0	-	-	-	-
2. พีเอช	6.5	7.2	6.5	7.0	7.0	7.0	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-274	-279	-235	54	58	117	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	307.0	802.0	452.0	301.0	375.0	491.0	1.95	53.24	-8.63	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	372.0	360.0	419.0	19.0	25.0	23.0	94.89	93.05	94.51	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	22.0	58.0	178.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	372.0	382.0	410	10.4	12.0	17.0	97.20	96.85	95.85	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	2.0	1.6	4.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	40.0	53.0	61.5	5.6	5.8	6.0	86.00	89.05	90.24	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	14.75	11.5	16.75	10.0	8.75	14.0	32.20	23.91	16.42	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	72.0	96.0	34.0	7.0	0.0	3.0	90.27	100.00	91.18	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-5 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 5

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	29.0	29.0	30.0	30.5	31.0	31.0	-	-	-	-
2. พีเอช	6.9	6.8	6.5	7.2	6.9	7.2	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-283	-227	-263	51	90	89	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	478.0	800.0	548.0	330.0	354.0	327.0	30.96	55.75	40.33	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	234.0	410.0	433.0	17.0	15.0	19.0	92.73	96.34	95.61	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	35.0	57.0	108.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	340.0	402.0	381.0	12.6	8.5	6.5	96.29	97.88	98.29	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	6.0	2.4	3.0	0.1	0.0	0.0	98.33	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	32.0	53.0	70.5	6.0	6.1	1.0	81.25	88.49	98.58	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	12.0	16.0	12.0	7.75	10.0	8.5	35.41	37.50	29.17	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	60.0	99.0	24.0	0.0	1.0	1.0	100.00	99.99	95.83	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	$8.6x10^5$	$9.1x10^5$	$8.7x10^5$	$3.3x10^2$	$5.2x10^2$	$3.8x10^2$	99.96	99.94	99.95	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-6 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 5

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.5	29.5	30.5	29.5	30.0	31.0	-	-	-	-
2. พีเอช	6.9	7.1	7.2	7.0	7.1	7.9	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-249	-282	-249	71	34	76	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	561.0	800.0	301.0	318.0	303.0	293.0	43.31	62.13	2.66	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	295.0	480.0	315.0	13.0	10.5	11.0	95.59	97.81	96.50	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	24.0	63.0	65.0	0.0	0.0	0.2	100.00	100.00	99.69	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	325.0	367.0	355.0	10.2	8.8	2.0	96.86	97.60	99.47	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	6.0	1.3	4.0	0.0	0.0	0.0	15.19	-188.24	99.17	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	40.0	58.0	62.0	4.0	5.4	0.0	90.00	90.69	100.00	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	11.25	14.5	11.0	10.75	13.0	8.5	4.44	10.34	22.72	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	82.0	130.0	31.0	3.0	2.0	0.0	96.34	98.46	100.00	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-7 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 7

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30.0	30.0	29.5	30.0	30.5	31.0	-	-	-	-
2. พีเอช	6.9	7.0	7.1	7.5	7.0	7.9	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-250	-244	248	77	82	61	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	382.0	820.0	751.0	318.0	345.0	483.0	16.75	57.93	35.68	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	165.0	324.0	315.0	10.3	9.0	7.5	93.75	97.22	97.62	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	42.0	70.0	103.0	0.0	0.2	0.0	100.00	99.71	70.00	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	351.0	377.0	370.0	8.5	10.4	1.7	97.59	97.24	99.54	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	8.0	1.8	5.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	41.0	53.0	62.0	5.3	5.0	2.0	87.07	90.56	96.77	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	10.0	21.5	10.75	8.0	12.0	8.0	20.00	44.18	25.58	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	92.0	130.0	38.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	$8.6x10^5$	$8.9x10^5$	$8.8x10^5$	$3.7x10^2$	$3.7x10^2$	$4.0x10^2$	99.95	99.95	99.95	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-8 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 8

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	29.0	30.0	29.0	30.0	30.0	30.5	-	-	-	-
2. พีเอช	6.9	7.2	7.1	8.3	7.2	7.7	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-266	-276	-273	64	65	94	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	420.0	781.0	679.0	297.0	480.0	412.0	29.28	38.54	39.32	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	353.0	400.0	321.0	9.0	8.25	6.2	97.45	97.94	98.07	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	26.0	64.0	114.0	0.0	0.0	0.0	100.00	75.00	100.00	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	324.0	370.0	333.0	7.0	9.0	2.2	97.84	97.57	99.33	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	3.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	40.0	53.0	65.0	6.8	5.0	3.0	83.00	90.56	95.38	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	8.0	8.0	11.5	7.5	7.75	3.25	6.25	3.13	71.74	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	85.0	100.0	38.0	0.2	0.0	0.0	99.76	100.00	100.00	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-9 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 9

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30.0	29.5	30.0	29.0	30.0	31.0	-	-	-	-
2. พีเอช	6.9	7.2	6.8	7.2	7.5	7.8	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-274	-263	-237	85	30	99	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	481.0	756.0	411.0	425.0	632.0	245.0	11.64	16.40	40.39	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	320.0	265.0	289.0	51.0	24.0	20.0	84.06	90.94	93.07	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	45.0	52.0	72.0	0.8	0.3	0.0	98.22	99.42	100.00	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	377.0	356.0	254.0	42.5	14.0	6.5	88.73	96.07	97.44	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	58.0	4.0	3.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	40.0	38.0	47.0	10.0	3.5	10.0	75.00	90.79	78.72	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	14.25	22.25	16.0	14.25	20.5	10.0	0.00	7.86	37.50	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	127.0	95.0	16.0	21.0	2.5	1.0	83.46	97.37	93.75	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	$8.6x10^5$	$9.0x10^5$	$8.8x10^5$	$3.2x10^2$	$3.3x10^2$	$3.6x10^2$	99.96	99.96	99.96	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-10 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 10

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	29.5	29.5	30.0	29.5	30.0	30.5	-	-	-	-
2. พีเอช	7.1	6.9	6.9	8.1	7.6	7.6	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-274	-279	-286	58	57	54	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	315.0	798.0	364.0	255.0	355.0	133.0	19.05	55.51	63.46	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	288.0	365.0	290.0	12.0	10.0	23.0	95.83	97.26	92.07	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	21.0	38.0	72.0	0.0	0.0	0.9	100.00	100.00	98.75	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	248.0	368.0	275.0	16.0	8.0	15.0	93.55	97.82	94.55	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	16.0	2.4	3.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	28.0	37.0	41.0	6.0	3.0	10.0	78.57	91.89	75.61	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	12.5	11.5	18.0	12.0	8.5	10.0	4.00	26.08	44.44	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	75.0	66.0	40.0	9.0	2.0	11.0	88.00	96.97	72.5	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-11 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 11

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30.5	28.5	30.5	31.0	29.0	31.0	-	-	-	-
2. พีเอช	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.8	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-285	-285	250	90	82	115	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	205.0	739.0	225.0	203.0	399.0	146.0	0.97	46.00	35.11	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	213.0	340.0	274.0	19.0	27.0	17.0	91.08	92.06	93.79	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	9.2	55.0	46.0	0.0	0.5	0.2	100.00	99.09	99.56	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	248.0	374.0	237.0	12.0	21.0	3.0	95.16	94.38	98.73	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	16.0	2.0	4.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	36.0	41.0	40.0	3.7	3.5	0.0	89.72	91.46	100.00	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	15.0	16.7	10.0	13.5	10.25	3.25	10.00	38.62	67.5	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	48.0	68.0	21.0	9.0	2.0	0.0	81.25	97.05	100.00	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	$8.7x10^5$	$8.9x10^5$	$8.7x10^5$	$3.6x10^2$	$3.7x10^2$	$3.4x10^2$	99.96	99.96	99.96	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-12 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 12

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30.5	30.0	30.0	30.5	30.0	30.5	-	-	-	-
2. พีเอช	6.9	7.2	7.2	7.7	7.2	7.7	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-273	-276	-277	34	90	76	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	434.0	782.0	423.0	365.0	480.0	303.0	15.90	38.62	28.37	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	294.0	354.0	291.0	15.0	13.0	22.0	94.89	96.33	92.44	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	33.0	43.0	46.0	0.0	0.0	0.4	100.00	100.00	99.13	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	316.0	345	237.0	7.5	9.0	9.0	97.63	97.39	96.20	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	7.5	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	26.0	37.0	41.0	3.5	2.5	4.0	86.54	93.24	90.24	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	11.75	14.75	8.75	8.0	10.0	3.25	13.91	32.20	62.86	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	80.0	67.0	98.0	6.0	0.0	22.0	92.50	100.00	93.87	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-13 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 13

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30.0	29.0	30.0	31.0	31.0	29.5	-	-	-	-
2. พีเอช	6.9	7.0	7.1	7.5	7.0	7.6	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-248	-260	-271	67	75	82	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	255.0	847.0	573.0	213.0	406.0	363.0	16.47	52.06	36.65	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	273.0	312.0	289.0	10.0	21.0	14.0	96.33	93.27	95.15	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	28.0	49.0	69.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	214.0	348.0	247.0	60.0	8.5	17.0	71.96	97.56	93.12	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	5.3	1.6	3.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	32.0	35.0	43.0	3.5	3.1	4.0	89.06	91.14	90.70	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	14.25	8.0	24.0	10.0	6.5	12.0	29.82	18.75	50.00	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	61.0	100.0	25.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	$8.5x10^5$	$9.1x10^5$	$8.7x10^5$	$3.3x10^2$	$3.9x10^2$	$3.5x10^2$	99.96	99.96	99.96	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-14 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 14

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	31.0	30.5	31.0	29.0	31.0	31.0	-	-	-	-
2. พีเอช	7.0	7.2	7.3	7.5	7.0	7.8	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-232	-244	-235	82	68	87	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	318.0	801.0	353.0	220.0	375.0	242.0	30.82	53.18	31.44	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	256.0	319.0	296.0	12.0	17.0	16.0	95.31	94.67	94.60	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	23.0	39.0	93.0	0.0	0.0	0.3	100.00	100.00	99.67	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	226.0	354.0	225.0	9.0	6.0	12.0	96.02	98.03	94.67	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	8.0	1.6	1.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	30.0	36.0	41.0	4.0	2.9	7.0	86.67	91.94	82.93	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	8.0	20.0	24.0	7.5	7.5	7.75	6.25	62.50	67.71	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	40.0	64.0	45.0	0.0	0.0	13.0	100.00	100.00	71.11	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-15 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 15

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30.5	30.0	30.5	31.0	29.5	31.0	-	-	-	-
2. พีเอช	6.7	7.1	7.2	7.0	7.1	7.6	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-249	-267	-285	84	82	77	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	278.0	804.0	456.0	297.0	303.0	368.0	-6.83	62.31	19.30	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	235.0	319.0	310.0	6.0	14.0	27.0	97.45	95.61	91.29	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	13.0	42.0	118.0	0.0	0.0	0.7	100.00	100.00	99.41	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	216.0	344.0	273.0	7.0	8.8	19.0	96.76	97.44	93.04	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	4.0	1.3	4.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	26.0	39.0	43.0	5.0	2.7	6.0	80.77	93.08	86.05	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	8.25	10.0	10.75	6.25	8.0	8.0	24.24	19.51	25.58	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	57.0	87.0	22.0	0.2	2.0	3.0	99.65	97.70	86.36	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	$8.6x10^5$	$9.0x10^5$	$8.8x10^5$	$3.3x10^2$	$3.4x10^2$	$3.6x10^2$	99.96	99.96	99.96	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-16 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงมาตรฐาน ข.)
โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) ครั้งที่ 16

คุณลักษณะ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (Influent)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (Effluent)			ประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง (Standard Effluent)
	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2	ระบบที่ 3	
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30.0	30.0	29.5	30.5	30.5	30.5	-	-	-	-
2. พีเอช	6.6	7.0	7.1	8.6	7.0	7.7	-	-	-	5.0 - 9.0
3. โออาร์พี (mV)	-263	282	-274	51	85	39	-	-	-	-
4. ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (มก./ล.)	560.0	819.0	510.0	320.0	345.0	309.0	42.86	57.88	39.41	$\leq$ 500
5. ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	169.0	324.0	392.0	7.0	12.0	13.0	95.85	96.29	96.68	$\leq$ 40
6. ของแข็งตะกอนหนัก (มก./ล.)	24.0	46.0	76.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 0.5
7. บีโอดี (มก./ล.)	217.0	351.0	222.0	10.2	10.4	22.0	95.30	97.04	90.09	$\leq$ 30
8. ซัลไฟด์ (มก./ล.)	5.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	100.00	100.00	100.00	$\leq$ 1.0
9. ไนโตรเจนในรูป ทีเคเอ็น (มก./ล.)	36.0	36.0	41.0	3.0	2.5	4.0	91.67	93.05	90.24	$\leq$ 35
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	15.5	11.5	8.0	12.25	3.25	3.5	20.97	71.74	56.25	-
11. น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	54.0	96.0	24.0	2.0	0.0	0.0	96.29	100.00	100.00	$\leq$ 20
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายนพพร จรุงเกียรติ เกิดเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2521 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย