ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

การศึกษาออกแบบและสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย UASB

(Studying and Construction of UASB Modeling)

นายปริญญา ทองชุบ

นายเสกสรรค์ พรำพหุรัตน์

1397490

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ... 14 ก.ค. 2542
เลขทะเบียน A310215
เลขเรียกหนังสือ ..... TD
มหาวิทยาลัยนเรศวร 613.T5

ป 458 ว 2541

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2541

ใบรับรองโครงงานวิจัย

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมโยธา : การศึกษาออกแบบและการสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย UASB

ผู้ดำเนินงาน : นายปริญญา ทองสุข รหัส 38361200

: นายเสกสรรค์ พรำพหุรัตน์ รหัส 38361499

ที่ปรึกษาโครงงาน : อาจารย์ โรจนา สุทธิศักดิ์ภักดี

อาจารย์ วัชระ ใจแพทย์

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา : วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะกรรมการสอบโครงงานวิจัย

_____ ประธานกรรมการ

(อาจารย์ โรจนา สุทธิศักดิ์ภักดี)

_____ กรรมการ

(อาจารย์ วัชระ ใจแพทย์)

_____ กรรมการ

(อาจารย์ วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น)

_____ หัวหน้าภาควิชา (รักษาการ)

(อาจารย์ สมบัติ ชื่นชูกลิ่น)

หัวข้อโครงงาน	:	การศึกษาออกแบบและสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย UASB	
ผู้ดำเนินการวิจัย	:	นายปริญญา ทองสุข	รหัส 38362000
		นายเสกสรรค์ พรำพหุรัตน์	รหัส 38361499
ที่ปรึกษาโครงงาน	:	อาจารย์ โรจนา สุทธิศักดิ์ภักดี	
		อาจารย์ วัชระ ใจแพทย์	
สาขาวิชา	:	วิศวกรรมโยธา	
ภาควิชา	:	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	
ปีการศึกษา	:	2541	

บทคัดย่อ

พิษณุโลก เป็นจังหวัดหนึ่งที่มีโรงงานอุตสาหกรรมที่ปลดปล่อยน้ำเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดผลกระทบทั้งทางด้านกายภาพและชีวภาพ รวมไปถึงอันตรายต่อมนุษย์ จึงมีความจำเป็นที่ควรจะมีระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาระบบการบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) และจัดสร้างแบบจำลองขนาด 25 ลิตร เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้ สำหรับขั้นดำเนินระบบต่อไป

จากการศึกษาพบว่าระบบ UASB เป็นระบบบำบัดน้ำเสียโดยขบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาโดยไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งมีข้อดีคือ ประหยัดพื้นที่ในการเดินระบบ, ประหยัดพลังงาน, ไม่เป็นที่รังเกียจต่อชุมชน, เกิดตะกอนในระบบน้อย, ประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ, ได้ก๊าซมีเทนเป็นผลผลิตที่นำไปใช้หุงต้ม กระบวนการดำเนินโครงการเริ่มโดยทำการสุ่มเก็บน้ำตัวอย่างจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก วิเคราะห์หาค่าของแข็งแขวนลอย และ ของแข็งแขวนลอยระเหย เพื่อนำมาคำนวณออกแบบในการสร้างแบบจำลอง UASB ผลการศึกษาคือได้ทราบถึงวิธีและปัญหาในการดำเนินการสร้างแบบจำลอง, การวิเคราะห์แก้ไขปัญหาในการก่อสร้างระบบ, การตรวจวิเคราะห์ประสิทธิภาพก่อนการเริ่มดำเนินระบบในห้องปฏิบัติการ โดยที่แบบจำลองขนาด 25 ลิตร จะถูกใช้เป็นต้นแบบ ทดสอบประสิทธิภาพ การบำบัดขั้นต้น และพัฒนาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียในชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป

Project Title	:	Design and Modeling of Upflow Anaerobic Sludge Blanked System
Name	:	Prarinya Tongsuk Code 38361200
		Seksan Prampahurat Code 38361499
Project adviser	:	Rojana Suttisakpakdee
		Wathchara Jaipaet
Major	:	Civil Engineering
Department	:	Civil Engineering Department Faculty of Engineering Naresuan University
Academic Year	:	1999

Abstract

Phitsanulok, a province where large number of factories are located. Wastewater is emited to the environment which affects affection to both physical and biological, including the danger to human-beings. Studying of wastewater treatment need to be done in order to ease the problem. The aim of this project is to study an Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) process. A model of twenty-five litres is used for running the system.

UASB is known as an anaerobic treatment process. The advantages of this system are ; land used limited , energy saving, communities acceptable, expenses saving as less sludge occur, giving methane which can make used in gasoline. The method began from sampling collection from the slaughter house of Phitsanulok municiple authority . Then, the sampling is analyzed for Suspended Solids and Volatile Suspended Solids. The data obtaining is used for the design of UASB model. The result of this study is that an obtaining on problem solving in both designing and model constructing. Testing and analyzing for the effective of the model is evaluated before running. A fifty-five litres models will be used for further study. UASB system is expected to be applied for the municiple and industrial wastewater treatment in the near future.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก อ. โรจนา สุทธิศักดิ์ภักดี และ อ. วัชระ ใจแพทย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะและตรวจแก้ไขโครงงานจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และ อ. วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น ให้ข้อมูลและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงาน ผู้จัดทำรู้สึกสำนึกในความกรุณา และขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณบิดามารดา และพี่น้องที่สนับสนุนส่งเสริมในเรื่องการศึกษา

คณะผู้จัดทำ
ปริญญา ทองสุข
เสกสรรค์ พรำพหุรัตน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ซ
คำนิยามศัพท์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 แผนงานและระยะเวลาทำโครงงานวิจัย	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 น้ำเสีย	4
2.2 คุณลักษณะของน้ำเสีย	4
2.2.1 ลักษณะทางกายภาพ	4
2.2.2 ลักษณะทางเคมี	4
2.2.3 ลักษณะทางชีววิทยา	5
2.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย	5
2.4 วิธีการบำบัดน้ำเสีย	6
2.4.1 วิธีการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ	6
2.4.2 วิธีการบำบัดน้ำเสียทางเคมี	6
2.4.3 วิธีการบำบัดน้ำเสียทางชีวเคมี	6
2.5 ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในปัจจุบัน	6
2.5.1 ระบบถังกรองแบบไร้อากาศ	6
2.5.2 ระบบถังกรองแบบใช้อากาศ	6

หน้า

2.6 กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน 7
2.6.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ออกซิเจน 7
2.6.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ไม่ใช้ออกซิเจน 7
2.6.3 ข้อเปรียบเทียบระหว่างการบำบัดน้ำเสียที่ใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน 7
2.6.4 การย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน 8
2.6.5 กระบวนการย่อยสลายชั้นตะกอน 8
2.7 แนวความคิดของกระบวนการบำบัดระบบ UASB 10
2.7.1 ข้อดีและข้อเสียของกระบวนการ UASB 10
2.7.2 ลักษณะการทำงานของกระบวนการ UASB 11
2.8 การออกแบบถังปฏิกิริยา UASB 12
2.8.1 ขนาดและสัดส่วนของถังปฏิกิริยา UASB 12
2.8.2 อุปกรณ์แยกก๊าซและน้ำและของแข็งและตะกอนจุลินทรีย์ 12
2.8.3 ระบบป้อนน้ำเสียเข้าระบบ 13
2.8.4 อุปกรณ์ในการตกตะกอน 13
2.9 การเริ่มต้นเดินระบบของกระบวนการ UASB 13
2.9.1 ปัจจัยที่มีผลต่อขั้นตอนการเดินระบบ 14
2.9.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการ UASB 14
2.9.3 ปัจจัยที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ UASB 15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา 16
3.1 การตรวจสอบวิเคราะห์หาค่า COD , BOD ของน้ำเสีย และหาค่า SS , VSS ของตะกอนในน้ำเสีย 16
3.2 การคำนวณระบบและวัสดุที่ใช้ 17
3.2.1 การคำนวณ 17
3.2.2 อุปกรณ์ต่อ 1 ชุดการทดลอง 18
3.3 การประกอบระบบ 20
3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์แต่ละตัว 20
3.3.2 ขั้นตอนการประกอบชุดการทดลอง 24

หน้า

3.4 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นระบบบำบัดน้ำเสียและปริมาณน้ำเสีย
ในเขตจังหวัดพิษณุโลก 30
บทที่ 4 ผลและวิเคราะห์ผลการศึกษา 34
4.1 ผลและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียและตะกอนน้ำเสีย 34
4.2 ผลและการวิเคราะห์การออกแบบขนาดระบบ 35
4.3 ผลการทดสอบการรั่วซึมของชุดทดลอง UASB ขนาดเล็ก 37
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาโครงงาน 39
สรุปผลแผนการดำเนินงานและระยะเวลาทำโครงงานวิจัย 41
ข้อเสนอแนะ 41
เอกสารอ้างอิง 42
ภาคผนวก ก 44
ภาคผนวก ข 46
ภาคผนวก ค 51
ประวัติผู้เขียน 53

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 3.1-1 รูปโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองจังหวัดพิษณุโลก 16

รูปที่ 3.1-2 แสดงจุดที่ตักตะกอน 16

รูปที่ 3.2.2-1 แสดงอุปกรณ์ 19

รูปที่ 3.3.1-1 รูปแสดงท่อขนาดยาว 1.65 เมตร และ 2.00 เมตร 20

รูปที่ 3.3.1-2 รูปแสดงการประกอบฐาน 21

รูปที่ 3.3.1-3 รูปแสดงท่อทางน้ำออกด้านบนและท่อทางน้ำออกด้านช่วงกลาง 21

รูปที่ 3.3.1-4 รูปแสดงอุปกรณ์ดักตะกอนและแผ่นแยกสามสถานะ 22

รูปที่ 3.3.1-5 รูปแสดงอุปกรณ์ประกอบอุปกรณ์เก็บและวัดปริมาณก๊าซ 23

รูปที่ 3.3.2-1 รูปแสดงการต่อทางน้ำออกด้านบน 24

รูปที่ 3.3.2-2 รูปแสดงการติดตั้งกรวยดักก๊าซ 24

รูปที่ 3.3.2-3 รูปแสดงการวางแผ่นกันตะกอนลงในข้อต่อตรง 25

รูปที่ 3.3.2-4 รูปแสดงการนำชุดอุปกรณ์รูปที่ 3.3.2-2 และรูปที่ 3.3.2-3 ประกอบกัน 25

รูปที่ 3.3.2-5 รูปแสดงการติดตั้งท่อทางน้ำออกช่วงกลาง 26

รูปที่ 3.3.2-6 รูปแสดงการนำชุดอุปกรณ์ รูปที่ 3.3.2-4 ประกอบกับชุดอุปกรณ์รูปที่ 3.3.2-5 26

รูปที่ 3.3.2-7 รูปแสดงการติดตั้งส่วนฐานและทางน้ำเข้า 27

รูปที่ 3.3.2-8 รูปแสดงการติดตั้งปั๊มและถังเก็บน้ำเสีย 27

รูปที่ 3.3.2-9 รูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซ 28

รูปที่ 3.3.2-10 รูปแสดงชุดทดลองระบบ UASB แบบสมบูรณ์ 29

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.4-1 แบบรวบรวมข้อมูลพื้นฐานด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด 30

ตารางที่ 3.4-2 แสดงปริมาณน้ำเสียของโรงงานที่สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดพิษณุโลกได้สำรวจในปี 2539 32

ตารางที่ 4.1-1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียและตะกอนน้ำเสีย 34

ตารางที่ 4.1-2 ตารางแสดงผลการคำนวณ 35

คำนิยามศัพท์

VSS (Volatile Suspended Solids) คือ ปริมาณอินทรียสารที่เป็นของแข็งที่ระเหยไปหลังนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 ± 50° C ซึ่งจะใช้เป็นตัวแทนมวลจุลินทรีย์

COD (Chemical Oxygen Demand) คือ เป็นค่าวัดการสกปรกของน้ำเสีย โดยเทียบในรูปของปริมารออกซิเจนที่ต้องใช้ในการ Oxidize สารอินทรีย์

HRT (Hydraulic Loading Rate) คือ ปริมาณกักเก็บน้ำ (น้ำเสียที่ต้องบำบัด)

OLR (Organic Loading Rate) คือ อัตราภาระสารอินทรีย์

SLR (Sludge Loading Rate) คือ ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้บำบัด

BOD (Biochemical Oxygen Demand) เป็นค่าความสกปรกของน้ำ โดยทั่วไปจะเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ใช้หมดภายในเวลา 5 วัน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20° C

SS (Suspended Solids) ปริมาณของแข็งแขวนลอย (ที่สามารถกรองด้วยกระดาษใยแก้ว มีหน่วย มก./ลบ.ดม.)

TDS (Total Dissolved Solids) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (มก./ลบ. ดม.)

TOC (Total Organic Carbon) ปริมาณคาร์บอนในรูปของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ

UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ระบบถังกรองไหลล้นไร้ออกซิเจน

บทที่ 1
บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนาที่เจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและทางสังคมสูง พิษณุโลกเป็นจังหวัดหนึ่งของประเทศไทยที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง ทั้งด้านการศึกษา เศรษฐกิจ และสังคม โดยเฉพาะทางด้านเศรษฐกิจจากการศึกษาข้อมูลของอุตสาหกรรมจังหวัดพิษณุโลก อุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในจังหวัดพิษณุโลกมีหลายโรงงาน เช่น โรงงานผลิตผักกาดดอง โรงงานผลิตกระดาษ โรงงานผลิตน้ำตาล เป็นต้น จากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่รวดเร็ว ทำให้เกิดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก โรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น โรงงานผลิตผักกาดดอง โรงงานผลิตกระดาษ, โรงฆ่าสัตว์ ปล่อยน้ำเสียที่มีความสกปรกสูงมาก น้ำเสียเหล่านี้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จำเป็นต้องทำการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำหรือชุมชนต่อไป

การบำบัดน้ำเสีย โดยทั่ว ๆ ไปจะมีอยู่ 2 แบบใหญ่คือ แบบใช้อากาศกับแบบไม่ใช้อากาศ แต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียต่างกัน สำหรับโครงการศึกษานี้จะใช้ระบบบำบัดแบบ UASB ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งของกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ ข้อดีของกระบวนการ UASB เช่น ใช้พื้นที่ในการดำเนินการระบบน้อย, ใช้พลังงานในการดำเนินระบบน้อย, ไม่เป็นที่รังเกียจของชุมชน และเหมาะสำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความสกปรกสูงได้ดี แต่ข้อจำกัดคือ หลังจากบำบัดด้วยกระบวนการ UASB แล้วจะต้องมีการบำบัดขั้นต่อไปก่อนทิ้งสู่แหล่งน้ำหรือออกสู่ชุมชน

ในการดำเนินระบบของ UASB มีข้อจำกัดหลาย ๆ อย่าง เช่น ตะกอนที่ใช้ในการดำเนินระบบต้องมีการเลี้ยงตะกอนให้มีลักษณะเม็ด มีความหนาแน่นสูงพอที่จะไม่ถูกชะออกจากระบบ การเลี้ยงตะกอนในขั้นแรกถือว่าเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมาก และใช้เวลานานกว่าตะกอนจะมีลักษณะเม็ด และสิ่งที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่ง ก็คือการสร้างก๊าซมีเทน และปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสร้างก๊าซมีเทน ซึ่งมีประโยชน์ในการนำไปใช้ในการหุงต้ม

โครงการศึกษานี้จะทำการศึกษาคุณลักษณะทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสีย ทฤษฎีและหลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB จากนั้น ทำการสร้างชุดทดลองขนาดเล็กของระบบบำบัดเพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับการดำเนินการทดลอง และควรมีการศึกษาอื่น ๆ ต่อไป การสร้างชุดทดลอง พบปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น ปัญหารอยรั่ว, การดัดแปลงอุปกรณ์เพื่อใช้ในชุดทดลอง เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ขายในท้องตลาด นอกจากนั้นจะทำการทดสอบประสิทธิภาพก่อนการนำไปใช้ในการศึกษาขั้นการเดินระบบต่อไป

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.1 เพื่อศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียและประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในเขตเมืองพิษณุโลกในปัจจุบัน

1.2 เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของระบบ UASB

1.3 ศึกษาขั้นตอนในการเริ่มดำเนินระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ UASB

1.4 เพื่อสร้างชุดทดลองระบบ UASB ขนาดเล็ก 25 ลิตร

1.5 เพื่อเตรียมข้อมูลพื้นฐานและชุดทดลองระบบ UASB ขนาดเล็ก เพื่อใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลกในขั้นต้น

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

2.1 ทราบข้อมูลโดยทั่วไปเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียในเขตเมืองพิษณุโลกในปัจจุบัน

2.2 เข้าใจหลักการทำงานและข้อจำกัดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB

2.3 เพื่อให้ได้ชุดทดลองที่เป็นประโยชน์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB สำหรับผู้ที่จะทำการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในขั้นต่อไป

2.4 สามารถนำระบบบำบัดขนาดเล็กนี้ไปใช้ทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น โรงงานน้ำตาล โรงงานกระดาษ โรงงานผักดอง เป็นต้น

2.5 สามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ตรวจสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ UASB เพื่อเป็นพื้นฐานการดำเนินงานต่อไป

1.3 ขอบเขตการศึกษา

3.1 ศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

3.2 ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB

3.3 สร้างชุดทดลองระบบบำบัด UASB ขนาด 25 ลิตร

3.4 ทดสอบประสิทธิภาพระบบเบื้องต้นและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดสร้างชุดทดลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ขนาด 25 ลิตร

1.4 แผนงานและระยะเวลาทำโครงงานวิจัย

กิจกรรม	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. เขียนโครงร่างการทำงาน	↔					
2. เก็บข้อมูลน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลฯ	↔	→				
3. ตรวจสอบคุณภาพน้ำ	↔	→				
4. ศึกษาทฤษฎีการบำบัดแบบ UASB	↔	→	→			
5. ออกแบบขนาดชุดการทดลอง	↔	→				
6. จัดซื้ออุปกรณ์	↔	→	→	→		
7. ก่อสร้างชุดทดลองขนาดเล็ก	↔	→	→	→	→	
8. ทำการทดสอบคุณภาพชุดทดลองและแก้ไข	↔	→	→	→	→	
9. ทำรายงานฉบับโครงร่าง ส่งรายงานฉบับโครงร่าง	↔	→	→	→	→	
10. ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์	↔	→	→	→	↔	→

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 น้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสารปนเปื้อนในปริมาณสูงจนกลายเป็นน้ำที่ไม่ต้องการใช้ ไม่น่าดู ไม่สามารถยอมรับได้ และส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ หากมีการปนเปื้อนเกิดขึ้น แหล่งกำเนิดของน้ำเสีย แบ่งเป็น 3 แหล่งใหญ่ ๆ คือ น้ำเสียจากชุมชน น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และน้ำเสียจากการเกษตร

2.2 คุณลักษณะของน้ำเสีย แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

2.2.1 ลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristic) ได้แก่

- ปริมาณของแข็ง ซึ่งรวมถึงปริมาณของแข็งที่แขวนลอย หรือปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ รวมทั้งปริมาณตะกอนหนัก
- กลิ่น ส่วนมากเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งก๊าซส่วนใหญ่จะเป็น H_2S (ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์)
- อุณหภูมิ โดยปรกติอุณหภูมิของน้ำเสียจะไม่เท่ากับอุณหภูมิปกติ โดยส่วนใหญ่ถ้าเป็นโรงงานอุตสาหกรรม อุณหภูมิของน้ำเสียจะสูงกว่าอุณหภูมิปกติ
- สี สีในน้ำเสีย ส่วนใหญ่จะเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์

2.2.2 ลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics) ได้แก่

- สารอินทรีย์ ส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ประเภท คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ซึ่งดัชนีที่จะเป็นตัวชี้วัดปริมาณสารอินทรีย์ เช่น

1) BOD (Biochemical Oxygen Demand) เป็นปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ในภาวะที่มีออกซิเจน (aerobic) ในช่วง 5 วัน อุณหภูมิปกติ 20° C ค่า BOD เป็นค่าที่แสดงความสกปรกของน้ำเสียว่ามากน้อยเพียงใด

2) COD (Chemical Oxygen Demand) เป็นค่าประมาณปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยน้ำเสียจะถูกออกซิไดซ์โดยปริมาณมากเกินพอของ $K_2 Cr_2O_7$ ในสภาพความเป็นกรด COD โดยทั่วไปจะมีค่ามากกว่า BOD_5

3) TOC (Total Organic Carbon) เป็นค่าของปริมาณคาร์บอนในรูปของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ โดยใช้หลักในการหาคือ การออกซิไดซ์คาร์บอนในสารอินทรีย์ ให้เปลี่ยนสภาพไปเป็น CO_2 และทำการหาปริมาณของ CO_2 โดยการดูด KOH หรือโดยการใช้เครื่องมือ Infrared

- สารอนินทรีย์ จะมีมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณน้ำเสียนั้น ๆ ได้แก่ pH คลอไรด์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โลหะหนัก และก๊าซ เป็นต้น

2.2.3 ลักษณะทางชีววิทยา (Biological Characteristics) ได้แก่ พวกจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย ไม่ว่าจะเป็นฟังไจ สาหร่าย, แบคทีเรีย เป็นต้น

2.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่ว ๆ ไป จะอยู่ 4 ขั้นตอน คือ

- กระบวนการบำบัดก่อนขั้นต้น (Preliminary Treatment) เช่น การดักด้วยตะแกรง การกำจัดตะกอนหนัก การทำให้ลอย เป็นต้น

- กระบวนการบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment) จะเป็นกระบวนการที่แยกสารตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การตกตะกอน เป็นต้น

- กระบวนการบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้หลักของกระบวนการทางชีววิทยา จะแยกสารอินทรีย์ต่าง ๆ และตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย

- กระบวนการบำบัดขั้นที่สามหรือขั้นสูง (Tertiary Treatment) เป็นกระบวนการกำจัดสารแขวนลอยที่หลงเหลือจากระบบบำบัดในขั้นที่ 2 หรือการบำบัดสารเป็นพิษหรือสารปนเปื้อนพิเศษ เป็นโลหะหนัก เป็นต้น จะกำจัดสารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย โดยเฉพาะสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้มาก เพื่อให้ได้น้ำทิ้งที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดน้ำทิ้งมาตรฐานก่อนที่จะปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่อไป

2.4 วิธีการบำบัดน้ำเสีย

2.4.1 วิธีการบำบัดของเสียทางกายภาพ เช่น ใช้ถังดักกรวดทราย, ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด, ถังดักไขมันและน้ำมัน, ถังตกตะกอน เป็นต้น

2.4.2 วิธีการบำบัดของเสียทางเคมี เช่น การทำให้น้ำเป็นกลาง, การกำจัดตะกอนแขวนลอย, การกำจัดโลหะหนักด้วยวิธีตกผลึก, การกำจัดไขมันหรือน้ำมันที่ละลายน้ำ, การกำจัดสีออกจากน้ำด้วยวิธีเคมี เป็นต้น

2.4.3 วิธีการบำบัดของเสียทางชีวเคมี เช่น ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์, ระบบถังกรองไร้ออกซิเจน, ระบบจานชีวะ และระบบบ่อกำจัดน้ำเสีย

2.5 ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในปัจจุบัน อาจแบ่งเป็น 2 ระบบใหญ่ ๆ ก็คือ ระบบถังกรองแบบไร้ออกซิเจน (หรือไม่ใช้อากาศ) และระบบถังกรองแบบใช้อากาศ

2.5.1 ระบบถังกรองแบบไร้อากาศ ได้แก่

- บ่อไร้ออกซิเจนหรือบ่อเหม็น
- บ่อเกรอะ
- ถังหมักแบบธรรมดา
- ถังหมักแบบสัมผัส
- ถังหมักแบบสองเฟส
- เครื่องกรองแบบไร้ออกซิเจน
- ระบบ Anaerobic Fluidized Bed (AFB)
- ระบบถังกรองไหลล้นไร้ออกซิเจน Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)
- ระบบจานชีวหมุนแบบไร้ออกซิเจน
- ระบบแผ่นกั้นแบบไร้ออกซิเจน

2.5.2 ระบบถังกรองแบบใช้อากาศ เช่น ระบบจานชีวหมุนแบบใช้ออกซิเจน, ระบบตะกอนเร่งเอเอส (activated sludge) ระบบเติมอากาศแบบฟู่ (Diffused-air Aerotion System) ระบบบ่อผึ่งธรรมชาติ Oxidation pond หรือเครื่องกรองไหลริน (Thickening Fitter) เป็นต้น

2.6 กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

2.6.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ออกซิเจน

วัตถุประสงค์หลักของการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ออกซิเจน คือ ทำลายสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำ โดยวิธีทางชีววิทยา คือแบคทีเรียชนิดใช้ออกซิเจนในการดำรงชีพ จะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำโดยใช้เป็นอาหารในการดำรงชีพ แบคทีเรียเหล่านี้จะเกาะกันในรูปของตะกอน

การใช้งานของระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ออกซิเจน จะใช้กับการบำบัดขั้นที่สองของกระบวนการแอกทิเวสลัดจ์, เครื่องกรองไหลริน เป็นต้น ซึ่งปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดของกระบวนการบำบัดน้ำเสียนี้คือ การทำให้จุลินทรีย์เกิดการดำรงชีพ และย่อยสลายจุลินทรีย์ที่มีอายุมากและตายลงในระบบ

2.6.2 กระบวนการบำบัดที่ไม่ใช้ออกซิเจน (แอนแอโรบิก)

ระบบบำบัดน้ำเสียโดยไม่ใช้ออกซิเจน เป็นวิธีที่ไม่ต้องเติมออกซิเจน โดยจะมีวิธีการที่สำคัญคือแบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ จะย่อยสลายอินทรียสารและผลสุดท้าย สารอินทรีย์ในชั้นตะกอนจะถูกย่อยสลายเป็นสารคงตัวไม่มีกลิ่น และไม่เกิดการย่อยสลายอีกต่อไป ข้อดีของการบำบัดชั้นตะกอนด้วยวิธีนี้คือ มีการคงตัวของตะกอนสูง การเกิดของมวลจุลชีพน้อยไม่ต้องใช้ออกซิเจนอิสระ และผลผลิตสุดท้ายที่ได้ คือ ก๊าซมีเทน และมวลจุลชีพ

กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจนเหมาะกับน้ำเสียที่มีค่า BOD สูงมาก เช่น BOD>500 มก/ล ซึ่งน้ำเสียเหล่านี้จะมีสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีววิทยาได้เป็นปริมาณมาก

2.6.3 ข้อเปรียบเทียบระหว่างการบำบัดที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสียหรือตะกอนโดยใช้ออกซิเจน เป็นขบวนการบำบัดที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตามยังคงพบปัญหามาก เช่น ความยุ่งยากในการรักษาสภาพ aerobic (ใช้ออกซิเจน) เมื่อมีสารแขวนลอยมากหรืออาจเรียกว่าชั้นตะกอนอืด และไม่สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณ COD หรือ BOD สูง ๆ ได้ ค่าดำเนินการและใช้พลังงานสูง นอกจากนี้ยังมีตะกอนเกิดขึ้นมาก ทำให้มีปัญหาและเสียค่าใช้จ่ายสำหรับการกำจัดตะกอนขั้นสุดท้าย

การบำบัดโดยไม่ใช้ออกซิเจน พบว่ามีปฏิกิริยาเกิดช้า แต่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่มีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูง เกิดชั้นตะกอนส่วนเกินน้อยและค่อนข้างคงตัว นอกจากนี้จะได้ก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นผลผลิตขั้นสุดท้าย อย่างไรก็ตาม น้ำเสียหลังจากการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะมีสารอินทรีย์ละลายน้ำที่สามารถบำบัดต่อไปได้อย่างรวดเร็วในระบบใช้อากาศ

นั่นคือระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ ไม่สามารถทำให้เกิดการบำบัดอย่างสมบูรณ์ได้ จึงต้องมีการบำบัดโดยใช้ออกซิเจน (แอโรบิก) ประกอบเพื่อให้เกิดการบำบัดสมบูรณ์ในขั้นสุดท้ายเสมอ

2.6.4 การย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion)

กระบวนการย่อยสลายชั้นตะกอน (sludge) มี 3 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นตอนการแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis)
2) ขั้นการสร้างกรด
3) ขั้นการสร้างก๊าซมีเทน ดังปฏิกิริยา

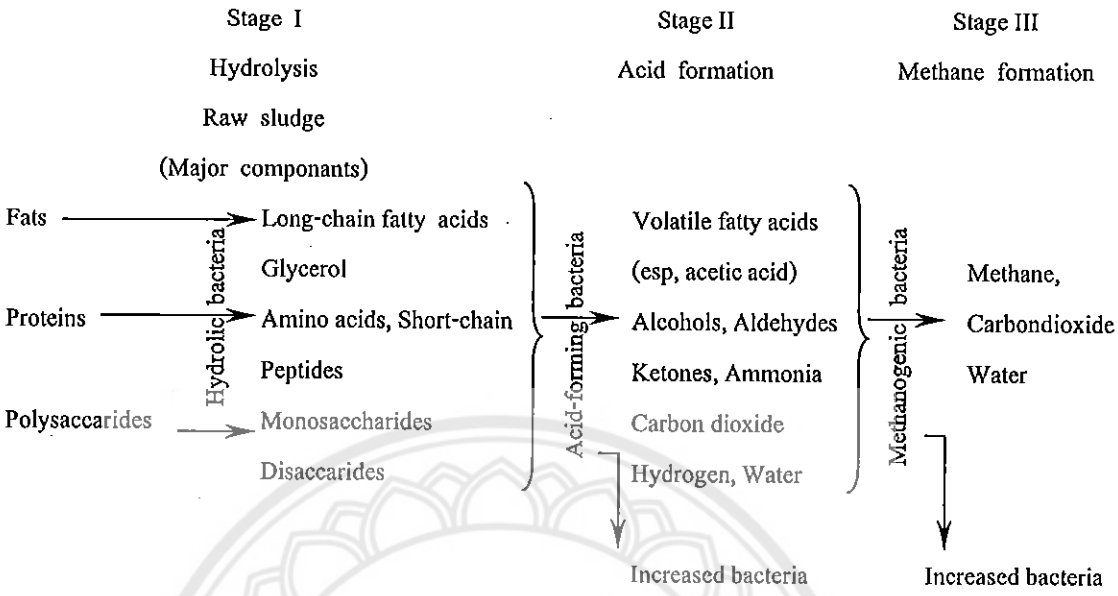
ไฮโดรไลติก แบคทีเรีย → แบคทีเรียที่สร้างกรด → แบคทีเรียที่สร้างมีเทน

สารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ --------> สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ --------> กรดระเหย ------> ก๊าซ

แม้ว่าขั้นตอนดังกล่าวจะเกิดเอง แต่จุลินทรีย์ในแต่ละขั้นตอนจะพึ่งพาอาศัยกันในการดำรงชีวิต เช่น แบคทีเรียที่สร้างกรด จะถูกยับยั้ง การดำรงชีพ หากผลผลิตของมันเองไม่ถูกใช้โดยแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างก๊าซมีเทน เป็นต้น

2.6.5 กระบวนการย่อยสลายชั้นตะกอน

ในขั้นแรก สารอาหารในชั้นตะกอนจะถูกแยกสลายด้วยน้ำให้เป็นสารอย่างง่าย เช่น โปรตีน จะถูกเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโน ไขมันจะถูกเปลี่ยนเป็นไกลเซอรอล และกรดไขมันแบบยาวโพลีแซคคาไรด์ เปลี่ยนเป็นโมโนหรือไดแซคคาไรด์ ดังรูปที่ 2.6-1



รูปที่ 2.6-1 การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนสามขั้นตอน
ที่มา : ศุวศา กานตวนิชกุล การบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา

ขั้นแรก สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกสลายด้วยน้ำเป็นหน่วยเล็ก ๆ เช่น กรดอะมิโนโดยแบคทีเรียจะเรียกกระบวนการช่วงนี้ว่า เกิดกระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ช่วงนี้แบคทีเรียบางชนิดจะมีการสร้างกรดเกิดขึ้นด้วย เช่น กรดอะมิโน

ขั้นที่สอง สารอาหารในน้ำเสีย จะถูกแยกสลายด้วยน้ำแล้วเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์ และแอลกอฮอลล์พร้อมทั้งการสร้างเซลล์ใหม่ ซึ่งผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญคือ กรดไขมันอิ่มตัว คาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย โดยจะเรียกแบคทีเรียที่มีผลต่อกระบวนการในช่วงนี้แบบรวม ๆ ว่า แบคทีเรียผลิตกรดหรือสร้างกรด (Acid-forming bacteria) และเรียกกระบวนการช่วงนี้ว่า กระบวนการสร้างกรด

ขั้นสุดท้าย จะเป็นขั้นที่มีการสร้างก๊าซมีเทน เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการสร้างก๊าซโดยแบคทีเรียที่มีหน้าที่ผลิตก๊าซมีเทน ผลผลิตที่สำคัญที่ได้จากกระบวนการนี้ คือ ก๊าซมีเทน, แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

2.7 แนวความคิดของกระบวนการบำบัดระบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

กระบวนการ UASB (Upflow Anerobic Sludge Blanket) หรือ กระบวนการชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศหรือไม่ใช้อากาศแบบไหลขึ้น ซึ่งแนวความคิดของกระบวนการ UASB เริ่มจากการที่ต้องการพัฒนาระบบออกแบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพ ประหยัดค่าใช้จ่าย และเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน แต่ในระบบ UASB จะมีปัญหาในการดำเนินระบบบางประการ เช่น เวลาที่เก็บกักน้ำ (Hydrolic Retention Time) , การรักษาปริมาณจุลินทรีย์ไว้ให้สูงสุด, ความเร็วของน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบ, ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ไหลเข้า, ขนาดเม็ดตะกอนจุลินทรีย์, การกระจายน้ำเสียให้เข้าอย่างทั่วถึง เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่สำคัญในการดำเนินระบบ

2.7.1 ข้อดีและข้อเสียของกระบวนการ UASB

ข้อดี

1) สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีความสกปรกมากได้สูงระดับหนึ่ง โดยจะต้องมีการบำบัดในขั้นต่อไปจึงจะสามารถปล่อยสู่ชุมชนได้
2) พื้นที่ที่จะใช้ในการดำเนินกระบวนการน้อย
3) ไม่เกิดกลิ่นเหม็น ซึ่งเป็นที่รังเกียจของชุมชน
4) จะมีการคงตัวของตะกอนในระบบสูง ทำให้ไม่ต้องมีกระบวนการกำจัดตะกอนส่วนเกิน
5) ได้ก๊าซมีเทน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์
6) การลงทุนในการสร้างระบบไม่สูงมาก
7) ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย โดยใช้เฉพาะการสูบน้ำเข้าระบบ

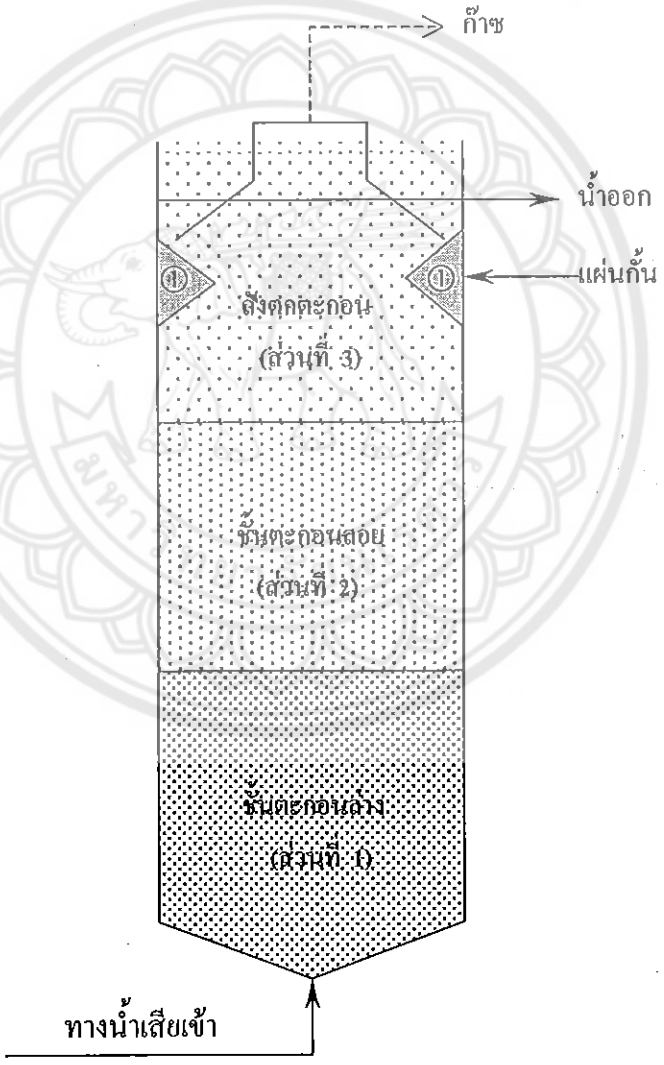
ข้อเสีย

1) ในช่วงการเริ่มต้นเดินระบบ ต้องมีการเลี้ยงตะกอนให้มีขนาดใหญ่เพื่อให้มีประสิทธิภาพ เพราะตะกอนที่มีขนาดเล็กจะหลุดออกจากระบบไปกับน้ำออกได้ง่าย
2) ต้องมีระบบบำบัดหลังจากบำบัดโดยวิธี UASB ด้วย เนื่องจากค่าความสกปรกหลังจากบำบัดยังคงมีค่าเกินมาตรฐาน
3) ใช้เวลาในการดำเนินระบบเริ่มต้นนานกว่าระบบใช้อากาศ เพราะต้องมีการเลี้ยงตะกอนให้มีขนาดใหญ่และมีความหนาแน่นเหมาะสมเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพ

2.7.2 ลักษณะการทำงานของกระบวนการ UASB

ในกระบวนการ UASB จะมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ถังปฏิกิริยา UASB โดยถังปฏิกิริยา UASB อาจเป็นถังกลม หรือถังสี่เหลี่ยม โดยมีการใส่ตะกอนจุลินทรีย์เข้าไปในระบบเพื่อบำบัดน้ำเสีย

จากรูปที่ 2 จะอธิบายกระบวนการบำบัด UASB ในถังปฏิกิริยา โดยแบ่งถังปฏิกิริยาเป็น 3 ส่วน คือ ชั้นตะกอนล่าง (ส่วนที่ 1) ชั้นตะกอนลอย (ส่วนที่ 2) และชั้นแยก 3 สถานะ (ของแข็ง, น้ำ, ก๊าซ) (ส่วนที่ 3)



รูปที่ 2.7-1 องค์ประกอบหลักของถังปฏิกิริยาแบบ UASB

ที่มา : ศตวรรษ นิทัศน์วิจิตร หัวข้อโครงร่างวิทยานิพนธ์เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบปฏิกิริยาแบบซีเอสทีอาร์กับยูเอเอสบีในกระบวนการสร้างกรดของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตนม

โดยเริ่มจากน้ำเสียไหลเข้าทางส่วนล่างของถังปฏิกิริยา และจะสัมผัสกับชั้นตะกอน จุลินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง หรือชั้นตะกอนส่วนล่าง (Sludge Bed) โดยการปล่อยน้ำเข้าไปสัมผัสหรือฉีดน้ำเข้าไปในกรณีที่ถังมีขนาดใหญ่ เพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยชั้นตะกอนล่างได้ดีขึ้น ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และยังเกิดก๊าซ ซึ่งก๊าซจะเกาะติดที่ผิวตะกอนจุลินทรีย์ ซึ่งความเร็วของน้ำที่เข้าสู่ระบบและฟองก๊าซที่เกิดขึ้นจะทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ในชั้นตะกอนส่วนล่างลอยสู่ส่วนที่สอง หรือเรียกชั้นนี้ว่า ชั้นตะกอนลอย ซึ่งในชั้นนี้ปริมาณความเข้มข้นของตะกอนจะต่ำกว่าตะกอนล่าง เรียกชั้นจุลินทรีย์ที่แขวนลอยนี้ว่า ชั้นตะกอนลอย (Sludge Blanket) ระหว่างที่น้ำเสียไหลขึ้นสู่ถังปฏิกิริยา สารอินทรีย์ก็จะยังคงถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในชั้นตะกอนลอย เมื่อตะกอนลอยและก๊าซลอยขึ้นถึงส่วนชั้นตกตะกอน (ส่วนที่ 3 ตามรูปที่ 2.7-1) ก็จะไปกระทบกับแผนกั้นในส่วนที่ ① (ในรูปที่ 2.7-1) ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอน โดยระบบแผ่นกั้นจะเอียงทำมุมประมาณ 50 องศา เรียกว่า Baffle System ส่วนก๊าซที่ได้จากในระบบจะเข้าสู่เครื่องแยกสามสถานะ (Liguid-Gas-Sludge Separator) ซึ่งก๊าซที่ได้ประมาณ 90% จะเป็นก๊าซมีเทน (ในกรณีที่มีการควบคุมการบำบัดที่ดี) และตะกอนจุลินทรีย์จะตกลงสู่ส่วนที่ 2 และ 1 ดังรูปที่ 2.7-1

2.8 การออกแบบถังปฏิกิริยา UASB แบ่งเป็น 4 ส่วน คือ

2.8.1 ขนาดและสัดส่วนของถังปฏิกิริยา UASB

โดยทั่ว ๆ ไป ขนาดถังปฏิกิริยา UASB จะขึ้นกับอัตราการรับภาระของเหลว (Hydrolic loading) หรืออัตรารับภาระสารอินทรีย์ สมบัติของน้ำเสีย และระยะเวลาเก็บกัก และความเร็วน้ำเสียในอุปกรณ์การตกตะกอน (surface loading) ในทางพาณิชย์จะออกแบบให้รับน้ำเสียที่มีอัตราภาระ 15-20 COD/ม.^{3}/วัน และความเร็วของน้ำที่เข้าเพื่อให้เหมาะสมต่อการทำให้เกิดการตกตะกอน จะใช้ที่ 1.2-1.5 ม./ชม. ขนาดถังปฏิกิริยา UASB ปกติไม่ควรมีขนาดที่ใหญ่กว่า 1,500 ลบ.ม. เพราะอาจก่อปัญหาในการบำรุงรักษาและการก่อสร้าง ถ้าต้องการออกแบบให้รับภาระของเหลวมากกว่า 1,500 ลบ.ม. ควรทำเป็นถังปฏิกิริยา UASB หลาย ๆ ใบ ต่อกันแบบขนาน และถังปฏิกิริยาควรสูงไม่เกิน 6 เมตร และไม่ควรต่ำกว่า 1.5 เมตร

2.8.2 อุปกรณ์แยกก๊าซและน้ำและของแข็งและตะกอนจุลินทรีย์ (gas-solid-liquid separator)

อุปกรณ์แยกก๊าซและตะกอนจุลินทรีย์คือ เครื่องแยกสามสถานะ ทำหน้าที่หลักคือ แยกก๊าซและตะกอน โดยทั่วไปมุมของอุปกรณ์ดักก๊าซ จะเอียงประมาณ 50 องศากับผนังท่อ

บำบัด และอุปกรณ์แยกก๊าซ-ตะกอนจุลินทรีย์ ต้องมีผิวด้านในกรวยเพื่อรักษาสภาพการกวนกระพือและเล็กพอที่ก๊าซจะไหลออกได้อย่างรวดเร็ว โดยปกติพื้นที่หน้าตัดของช่องเก็บก๊าซไม่ควรต่ำกว่า 15-20 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่หน้าตัดถังปฏิกิริยา

2.8.3 ระบบป้อนน้ำเสียเข้าระบบ

โดยปกติจะแยกเป็น 2 วิธี คือ กรณีที่ถังปฏิกิริยาที่รับน้ำเสียมาก และกรณีที่ถังปฏิกิริยาที่รับน้ำเสียน้อย กรณีที่ถังปฏิกิริยา UASB รับน้ำเสียมาก (มากกว่า 6 กก. COD/ม.^{3}/วัน) จะออกแบบหัวฉีดเป็นแบบแพร่กระจายน้ำ (distribution joint) กรณีที่ถังปฏิกิริยา UASB รับน้ำเสียน้อยหรือเจือจางมาก (น้อยกว่า 6 กก. COD/ม.^{3}/วัน) อาจใช้ 1 หัวฉีดต่อพื้นที่ 1-2 ม. และเวลาเก็บกักน้ำเสีย อาจใช้ 3-8 ชม. หรืออาจใช้มากถึง 1 วัน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำ และอัตราเร็วการไหลของน้ำเข้าระบบควรใช้ไม่เกินช่วง 1.2 – 1.5 ม./ชม. และในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงระหว่าง 4-60° C

2.8.4 อุปกรณ์ในการตกตะกอน

อุปกรณ์ในการตกตะกอนของถังปฏิกิริยา UASB จะเป็นดังรูปที่ 2 [①] ซึ่งพื้นที่ของอุปกรณ์ในการตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับค่าอัตราการไหล ซึ่งโดยปกติน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงการออกแบบอัตราการไหลของน้ำเสียจะต่ำ หรือว่าพื้นที่ของอุปกรณ์ในการตกตะกอนอาจพิจารณาจากค่าของ surface hydrolic load ซึ่งค่า surface hydrolic load ต้องมีค่าต่ำกว่า 0.7 ม./ชม. และความเร็วในการตกตะกอนควรใช้ที่ความเร็วน้อยกว่า 2 ม./ชม.

2.9 การเริ่มต้นเดินระบบของกระบวนการ UASB

การเริ่มต้นเดินระบบถือว่าเป็นขั้นที่สำคัญมากของกระบวนการ UASB จะเริ่มตั้งแต่การใส่ตะกอนและเลี้ยงจนตะกอนจุลินทรีย์มีลักษณะเป็นเม็ด ซึ่งมีผลต่อการบำบัดในระบบอย่างมาก ซึ่งจะแบ่งขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของตะกอนจนตะกอนมีลักษณะเม็ด เป็น 3 ขั้นตอน คือ ช่วงแรกจะเป็นช่วงปรับตัวและเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลาย acetate และ propionate ขั้นต่อมาจะเป็นช่วงในการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ และขั้นสุดท้ายคือการพัฒนาและเพิ่มจำนวนตะกอนขนาดเล็กในระบบ

2.9.1 ปัจจัยที่มีผลต่อขั้นตอนการเดินระบบ

1) ปริมาณตะกอนที่ใส่เข้าไปในระบบต้องไม่มากหรือไม่น้อยจนเกินไป เพราะถ้าปริมาณตะกอนจุลินทรีย์มากเกินไปก็จะเกิดปัญหาการชะล้างตะกอน เนื่องจากการแยกตัวของตะกอนชั้นล่าง ตะกอนจุลินทรีย์เริ่มต้นที่เสนอให้ใช้ ควรอยู่ในช่วง 12-15 กก. Vss/ม.^{3} กรณีตะกอนจุลินทรีย์ผ่านการหมัก (มีความหนาแน่นของตะกอนจุลินทรีย์สูง) และ 6 Vss/ม.^{3} ในกรณีที่ตะกอนผ่านการหมักประเภทความหนาแน่นน้อย

2) การชะล้างตะกอนจุลินทรีย์ออกจากระบบ จะเป็นไปได้ 2 กรณีคือ เกิดจากการยกตัวของตะกอนชั้นล่าง เนื่องจากตะกอนจุลินทรีย์มีขนาดเล็กเกินไป (ตะกอนจะลินทรีย์ยังเป็นตะกอนขนาดเม็ดที่ไม่ดี) ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ถูกชะล้างออกจากระบบ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญในการเดินระบบ และการกัดเซาะของตะกอนชั้นล่าง ซึ่งการชะล้างประเภทนี้จะเป็นกระบวนการในการคัดเลือกตะกอนที่มีน้ำหนักมาก ซึ่งมีผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ และในท้ายที่สุดก็จะนำมาซึ่งกระบวนการย่อยตะกอนขนาดเม็ด

3) อัตราการรับภาระสารอินทรีย์ ในช่วงเดินระบบจะต้องไม่รับภาระอินทรีย์มากหรือน้อยเกินไป ควรใช้อัตรารับภาระในช่วง 0.05-0.1 กก. COD/กก. Vss/วัน และเมื่อจะเพิ่มอัตรารับภาระต้องค่อย ๆ ทำและรอให้ระบบสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ถึง 80% เสียก่อน โดยที่จะวัดการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยดูจากการเทียบค่า COD

4) อัตราน้ำเสียที่จะบำบัด ซึ่งจะมีผลต่อการออกแบบระบบ, อัตราการไหลน้ำเข้า, retention time ตะกอนจุลินทรีย์ และเลือกใช้ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพและความเร็วของน้ำเสียที่เข้าระบบ จำเป็นต้องมีการควบคุม เพราะจะมีผลต่อการชะล้างตะกอนจุลินทรีย์ออกไปนอกระบบ โดยจะมีเกณฑ์ในการออกแบบการไหลของเสียในเทอม surface load โดยประมาณ 1 ม.^{3}/ม./วัน

โดยปกติถ้าน้ำเสียที่เข้ามีความเร็วมากเกินไป จะมีผลต่อการชะล้างตะกอนขนาดเล็ก แต่ถ้าความเร็วของน้ำเสียมีความเร็วต่ำ จะเกิดปัญหาว่ากระบวนการคัดเลือกตะกอนไม่สามารถเกิดขึ้นได้

2.9.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการ UASB

1) อุณหภูมิปกติอุณหภูมิที่ทำให้การดำเนินการย่อยสลายเหมาะสม จะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วง Mesophilic 30°-35° C และช่วง Thermophilic 45° - 55° C แต่เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 ช่วง แต่เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 ช่วง พบว่าที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการย่อยสลายได้ดีกว่า

2) พีเอช (pH) ที่เหมาะสมเพื่อให้ตะกอนแบคทีเรีย สามารถดำเนินระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะใช้ค่าพีเอชช่วง 6.5 – 8.5 โดยการที่ใช้ค่าพีเอชให้เหมาะสม เพื่อที่จะให้แบคทีเรียผลิตก๊าซีเทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ค่าพีเอชที่มีค่าต่ำกว่า 6.2 จะมีผลต่อแบคทีเรียผลิตมีเทน เนื่องจากที่พีเอชต่ำกว่า 6.2 จะมีผลให้เกิดไฮโดรเจนอิออนมาก ซึ่งจะเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่มีหน้าที่ผลิตก๊าซมีเทน

3) อาหารเสริม ซึ่งได้แก่ ธาตุคาร์บอน ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัสและธาตุอื่น ๆ เพื่อช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงขึ้น และได้ผลตามที่ต้องการ โดยที่สามารถหาความต้องการอาหารเสริม โดยดูอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 600 : 7 : 1

4) สารพิษ โดยปกติในกระบวนการ UASB จะมีสารพิษเกิดขึ้น เช่น สารประกอบอินทรีย์ของซัลเฟอร์, ไอออนของโลหะบางชนิด, กรดระเหยง่ายต่าง ๆ เช่น แอมโมเนีย ซึ่งแอมโมเนียที่มีผลต่อระบบ เมื่อมีพีเอชที่เป็นกลางคือ แอมโมเนียที่มีความเข้มข้น 1,000 มก./ล. และที่พีเอชสูง (>7.4) แอมโมเนียจะมีผลเมื่อมีความเข้มข้น 3,000 มก./ล. ส่วนค่าของซัลไฟด์ต้องไม่เข้มข้นมากกว่า 200 มก./ล. เพราะจะไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสร้างมีเทน

2.9.3 ปัจจัยที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ UASB

ปัจจัยที่ควบคุมการทำงานของระบบจะมีปัจจัยหลาย ๆ อย่าง เช่น

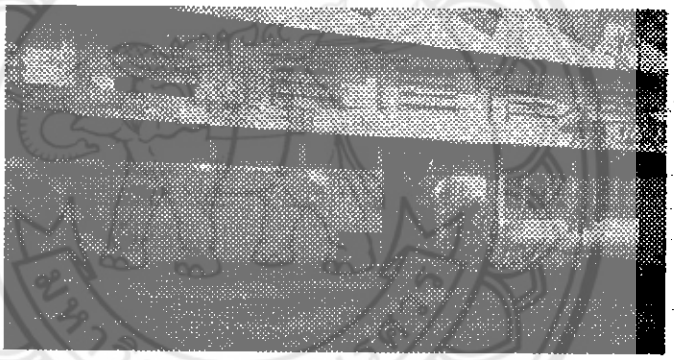
- อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic loading Rate, olr) ควรจะใช้ที่ 2-6 kg COD/m^3.d
- Solid loading Rate (SLR) ควรใช้ในช่วง 0.15-0.24 kg COD/kg Vss.d และถ้าจะให้ดีควรมีการเพาะเม็ดจุลินทรีย์ก่อน
- การกระจายน้ำเข้าระบบให้ทั่วถึง ควรใช้ 5-10 ตารางเมตร ต่อ 1 จุด และความเร็วในการไหลเข้าต้องคงที่ และควรไหลเร็วไม่เกิน 1 เมตร/ชม. และโดยปกติจะใช้ HRT ที่ 12-24 ชม. โดยถ้าเก็บน้ำที่ HRT ต่ำ ๆ จะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดไม่ดี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 การตรวจสอบวิเคราะห์หาค่า COD , BOD ของน้ำเสียและหาค่า SS , VSS ของตะกอนในน้ำเสีย

เก็บตัวอย่างน้ำเสียและตะกอนในน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ส่งให้คณะวิทยาศาสตร์วิเคราะห์หาค่า COD , BOD ของน้ำเสียและหาค่า SS, VSS ของตะกอนในน้ำเสีย



รูปที่ 3.1-1 รูปโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองจังหวัดพิษณุโลก

รูปที่ 3.1-2 แสดงจุดที่ตักตะกอน

3.2 การคำนวณระบบและวัสดุที่ใช้

3.2.1 การคำนวณ

- $A = (Q \times \dot{\theta}_a) \div H$
- $OLR = Q \times COD$

โดย

A = พื้นที่หน้าตัดท่อ(m^2)

$A = \pi D^2/4$

D = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อเท่ากับ 10.8 ซ.ม.

$= \pi \times 10.8^2/4$

$= 9.16 \times 10^{-3}$ (m^2)

Q = อัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย (m^3/s)

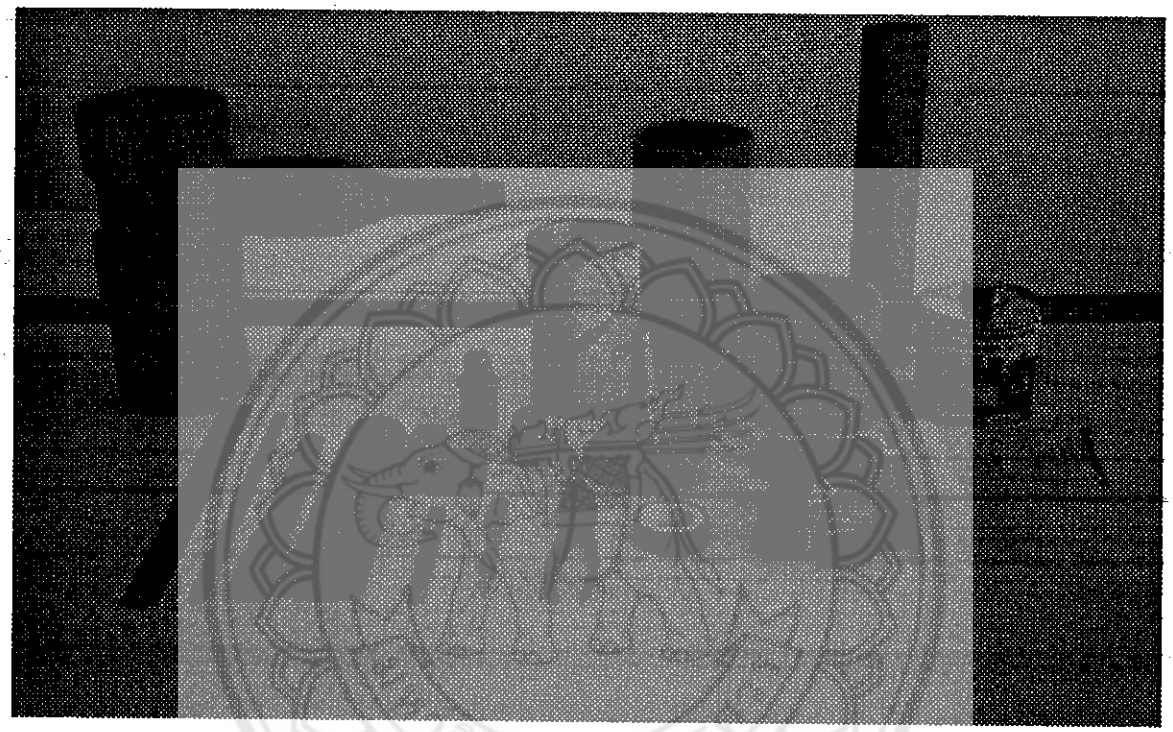
θ_a = เวลาที่น้ำอยู่ในระบบ (3-8 ชั่วโมง)

H = ความสูงระบบ (ระบบที่มีค่า COD น้อยกว่า 3,000 mg COD/L ใช้ความสูงช่วง 3-5 เมตร)

OLR = Organic Loading Rate (ปกติจะอยู่ในช่วง 2-3.6 kg COD/m^3)

3.2.2 อุปกรณ์ต่อ 1 ชุดการทดลอง

1. ท่อ PVC เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 2.0 เมตร 1 ท่อน และยาว 1.65 เมตร 1 ท่อน
2. ข้อต่อ 3 ทาง 1 อัน
3. ข้อต่อตรง 1 อัน
4. ข้อต่อเกลียวนอก 4 อัน
5. ข้อต่อเกลียวนอกสองด้าน 1 ตัว
6. เกจวาล์ว 1 ตัว
7. วาล์ว ปิด-เปิด 1 ตัว
8. ท่อลดจากเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว เป็น 1 นิ้ว 1 ตัว
9. สายยางเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 2.5 เมตร
10. สายยางเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว ยาว 5 เมตร
11. กรวยน้ำ 2 อัน
12. วาล์วขนาดเล็ก 2 ตัว
13. ถังพลาสติกความจุ 100 ลิตร 1 ใบ
14. ถังพลาสติกความจุ 8 ลิตร 1 ใบ
15. ถังพลาสติกความจุ 5 ลิตร 1 ใบ
16. สายยางเส้นผ่าศูนย์กลาง ¼ นิ้ว ยาว 0.3 เมตร
17. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
18. ปั๊มน้ำรุ่นปรับไม่ละเอียด "ALFA" ราคา 15,500 บาท
    - อัตราการไหล 18.5 lit / hr.
    - แรงดัน 4 Bar
19. กาวซิลิโคน
20. เข็มขัดรัดสายยาง 6 ตัว
21. เทปพันเกลียว
22. กาวเชื่อม PVC 1 กระป๋อง

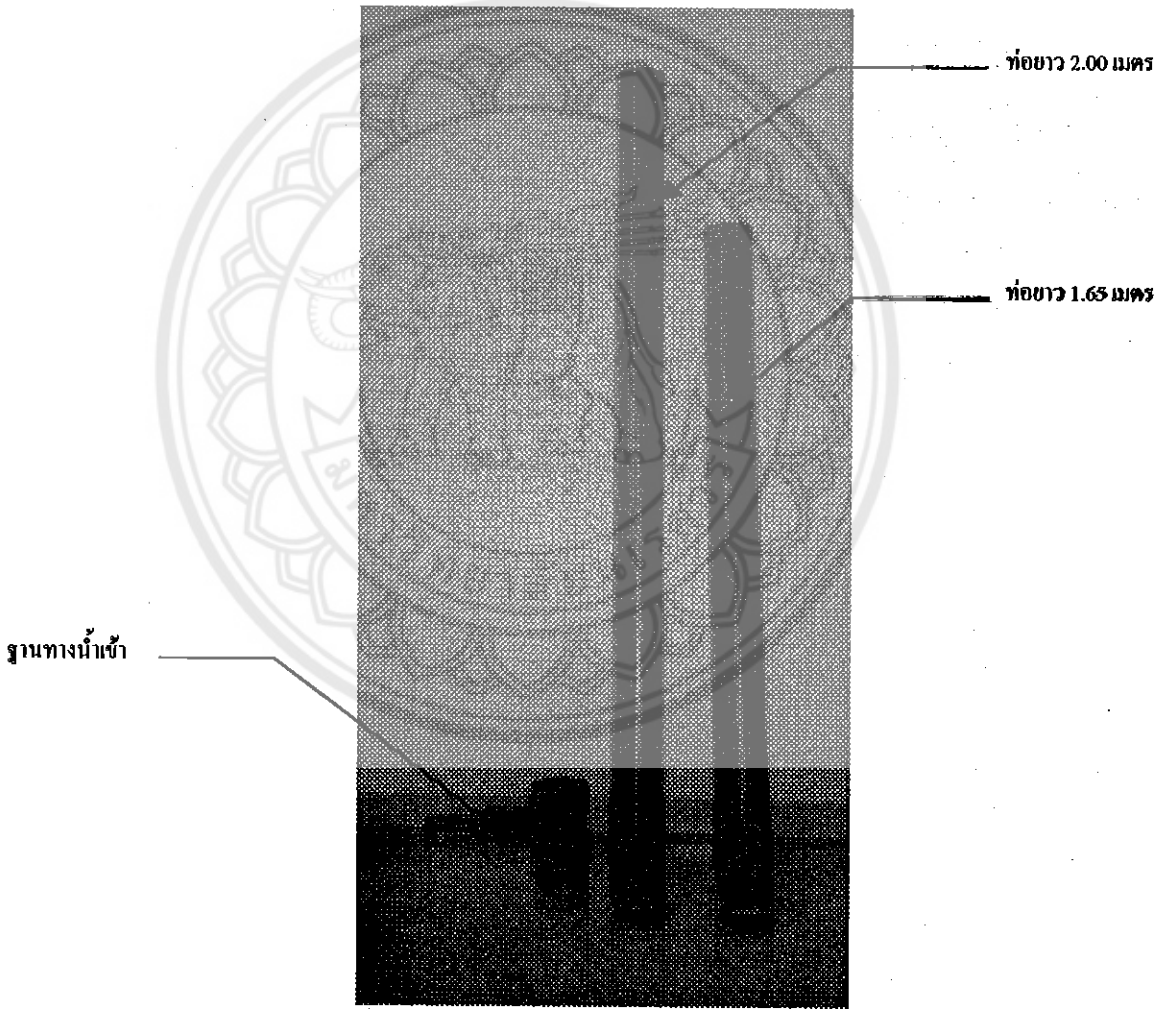


<u>รูปที่</u> 3.2.2-1 แสดงอุปกรณ์

3.3 การประกอบระบบ

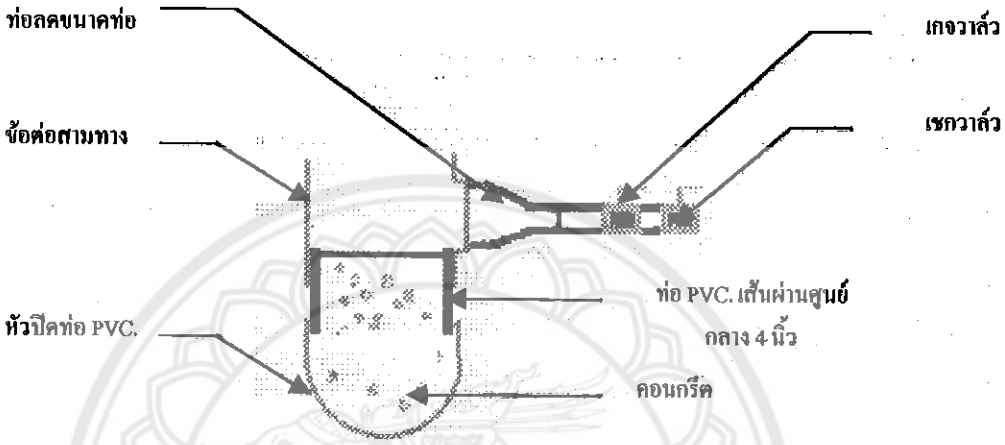
3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์แต่ละตัว

ก) นำท่อ PVC. เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว มาตัดยาว 2.00 เมตรและ 1.65 เมตร จากนั้นเจาะรูเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 นิ้ว โดยท่อยาว 2.00 เมตร เจาะห่างจากปลาย 0.20 เมตร และท่อยาว 1.65 เมตร เจาะห่างจากปลาย 0.15 เมตร



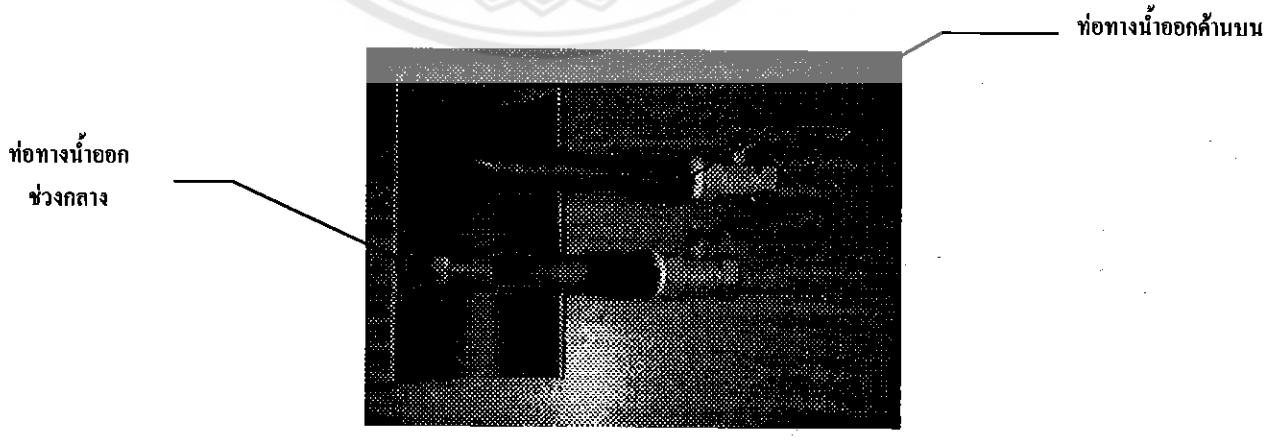
รูปที่ 3.3.1-1 รูปแสดงท่อขนาดยาว 1.65 เมตร และ 2.00 เมตร

ข) ประกอบฐานและทางน้ำเข้าโดยต่อท่อลดเข้ากับข้อต่อสามทางลดและท่อเชื่อมขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้วยาว 20 ซม. จากพื้นเทคอนกรีตในส่วนฐานเพื่อลดการตกค้างของตะกอนของเสีย ดังรูป



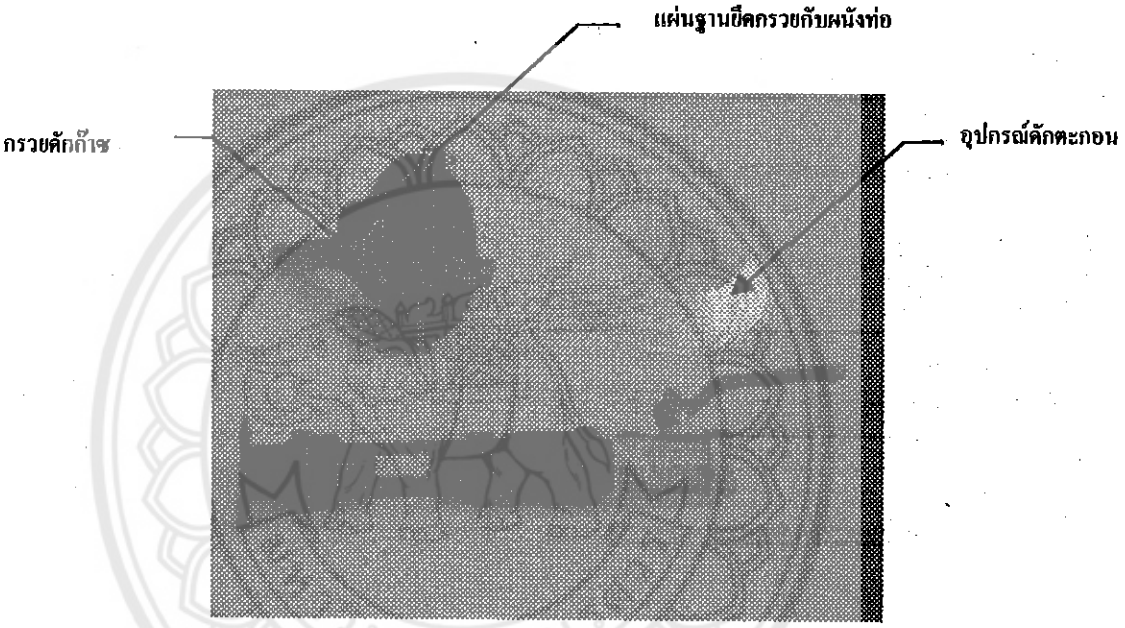
รูปที่ 3.3.1-2 รูปแสดงการประกอบฐาน

ค) ประกอบอุปกรณ์ทางน้ำออกโดยท่อทางน้ำออกด้านบนจะควบคุมให้น้ำไหลเข้าจากบนลงล่างสำหรับท่อทางน้ำออกช่วงกลางจะทำการยึดปลายท่อติดกับผนังชุดทดลองและเจาะช่องเปิดบริเวณส่วนกลางขนาด 3×3 ซม. เพื่อกันการกระแทก ชำรุดของอุปกรณ์และควบคุมการไหลให้เป็นแบบรอบทิศทาง ดังรูป



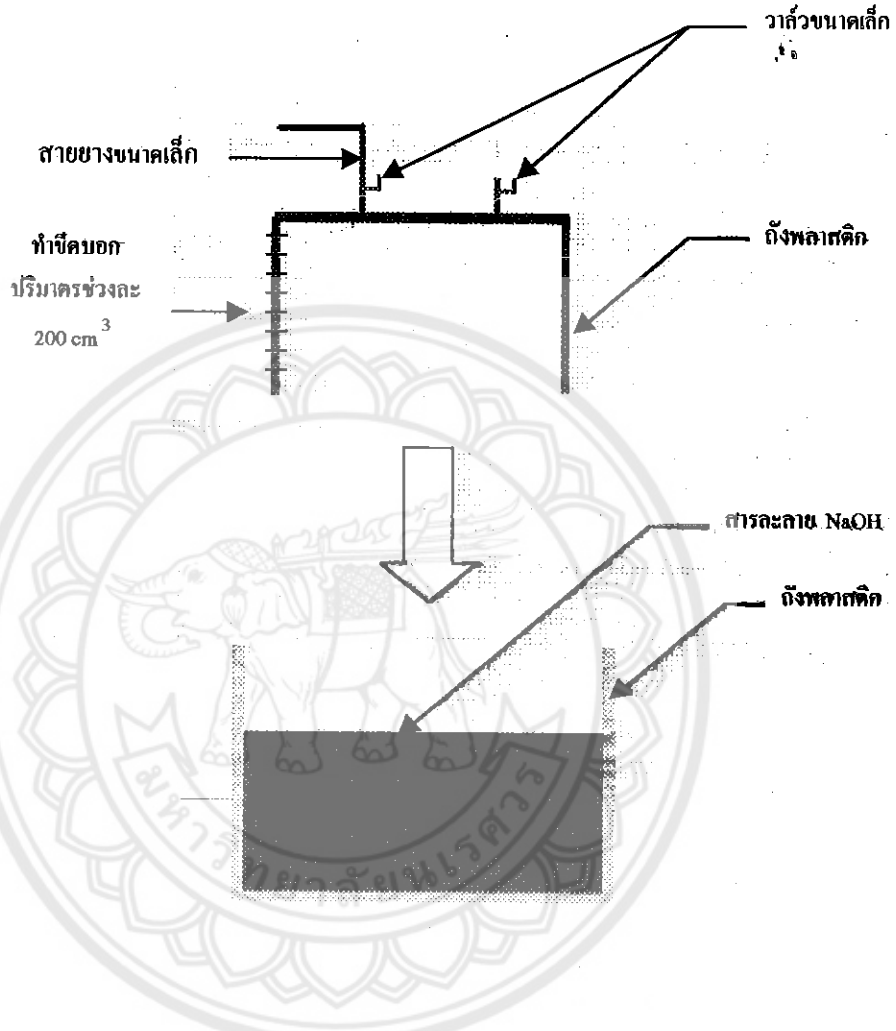
รูปที่ 3.3.1-3 รูปแสดงท่อทางน้ำออกด้านบนและท่อทางน้ำออกด้านช่วงกลาง

ง) ประกอบอุปกรณ์ชุดแยกสามสถานะคือกรวยดักก๊าซและแผ่นดักตะกอนลอย ในขั้นนี้จะใช้กรวยพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 ซม. นำมาต่อเข้ากับแผ่นฐานที่ดัดแปลงขึ้นเองเพื่อใช้เป็นตัวยึดให้กรวยดักก๊าซติดกับผนังชุดทดลองและดักเอาส่วนปลายของกรวยขนาดเดียวกันสูงประมาณ 3 ซม.เพื่อเป็นอุปกรณ์ดักตะกอน ดังรูป



รูปที่ 3.3.1-4 รูปแสดงอุปกรณ์ดักตะกอนและแผ่นแยกสามสถานะ

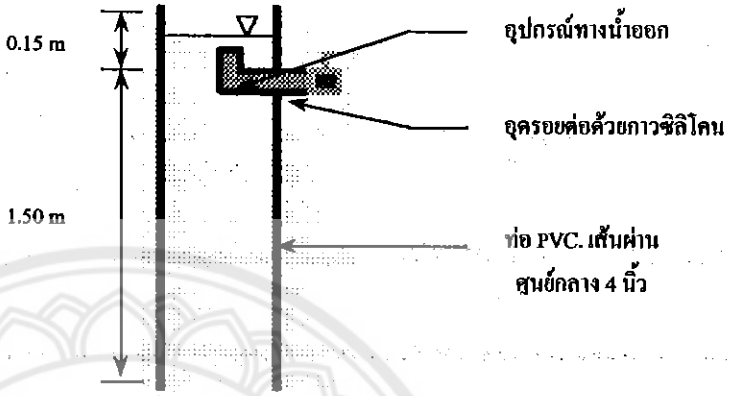
จ) ประกอบอุปกรณ์เก็บและวัดปริมาณก๊าซดังรูป



รูปที่ 3.3.1-5 รูปแสดงอุปกรณ์ประกอบอุปกรณ์เก็บและวัดปริมาณก๊าซ

3.3.2 ขั้นตอนการประกอบชุดการทดลอง

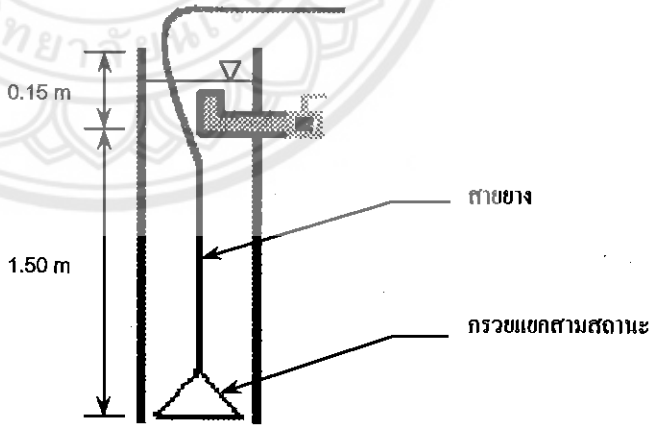
3.3.2.1 ทำการติดตั้งท่อทางน้ำออกด้านบน (ระบายน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว)



รูปที่ 3.3.2-1 รูปแสดงการต่อทางน้ำออกด้านบน

3.3.2.2 ทำการติดตั้งอุปกรณ์ดักก๊าซ

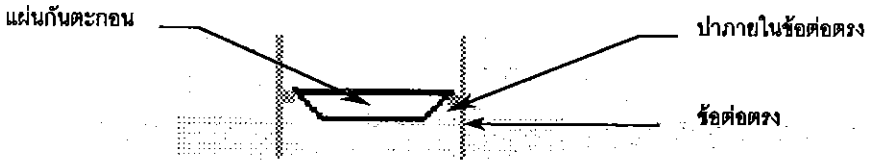
ก) ติดตั้งกรวยแยกสามสถานะกับท่อ PVC ดังรูป



รูปที่ 3.3.2-2 รูปแสดงการติดตั้งกรวยดักก๊าซ

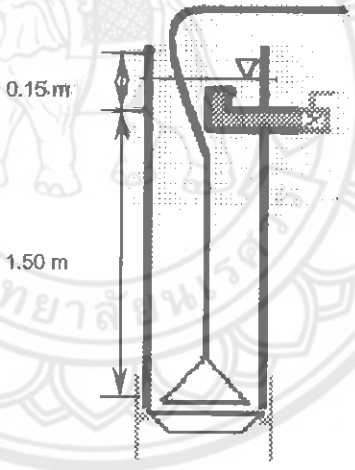
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

ข) วางแผ่นกันตะกอนลงในข้อต่อตรงดังรูป



รูปที่ 3.3.2-3 รูปแสดงการวางแผ่นกันตะกอนลงในข้อต่อตรง

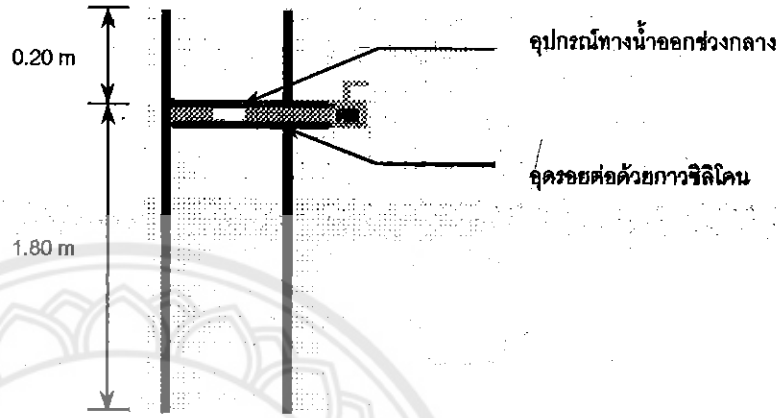
ค) นำชุดอุปกรณ์รูปที่ 3.3.2-2 และรูปที่ 3.3.2-3 ประกอบกัน ดังรูป 3.3.2-4



A310215
TD
613.T5
ฟ458 ร
2541

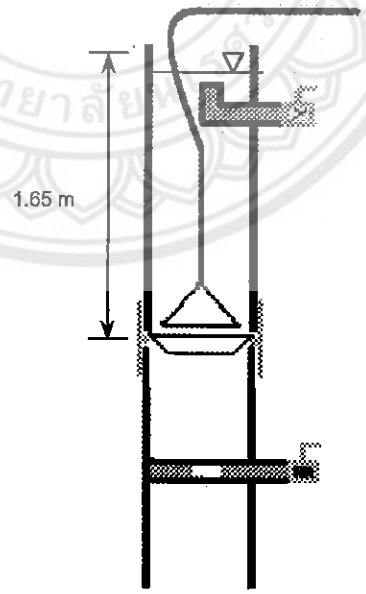
รูปที่ 3.3.2-4 รูปแสดงการนำชุดอุปกรณ์รูปที่ 3.3.2-2 และรูปที่ 3.3.2-3 ประกอบกัน

3.3.2.3 ติดตั้งท่อทางน้ำออกช่วงกลาง (เพื่อนำน้ำไปตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ) ดังรูป



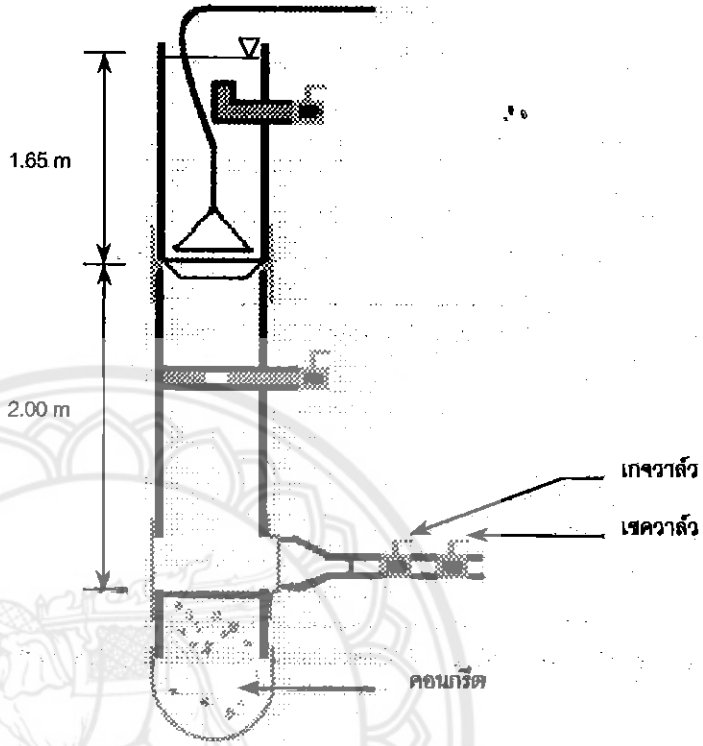
รูปที่ 3.3.2-5 รูปแสดงการติดตั้งท่อทางน้ำออกช่วงกลาง

3.3.2.4 นำชุดอุปกรณ์ รูปที่ 3.3.2-4 ประกอบกับชุดอุปกรณ์ รูปที่ 3.3.2-5 ดังรูป



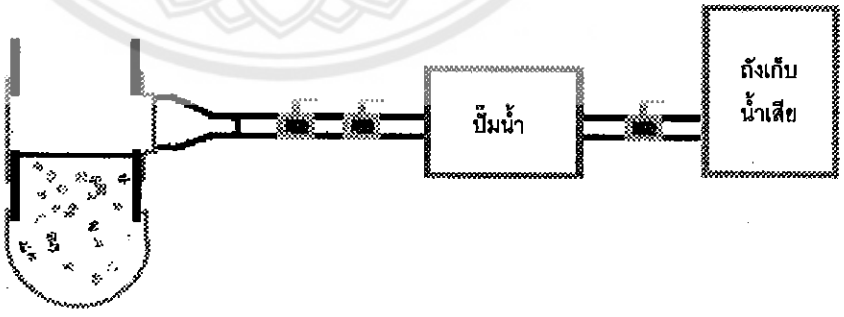
รูปที่ 3.3.2-6 รูปแสดงการนำชุดอุปกรณ์ รูปที่ 3.3.2-4 ประกอบกับชุดอุปกรณ์ รูปที่ 3.3.2-5

3.3.2.5 ติดตั้งส่วนฐานและทางน้ำเข้า ดังรูป



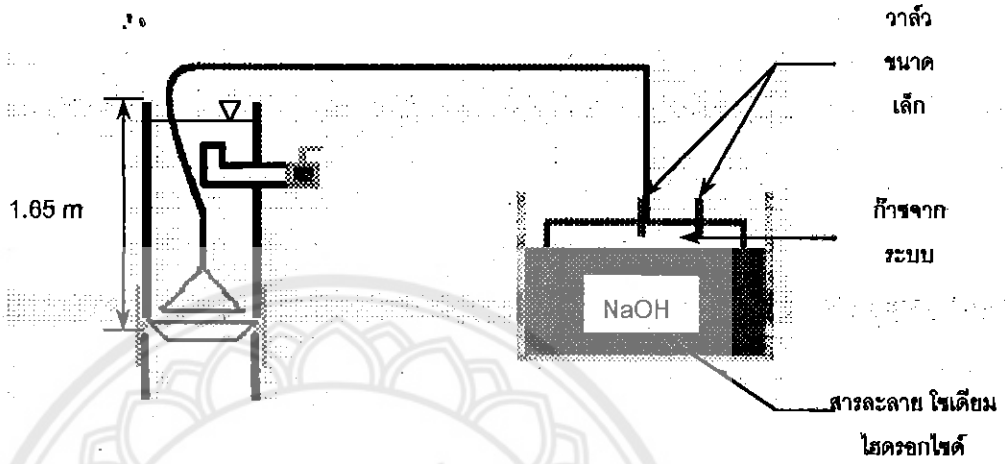
รูปที่ 3.3.2-7 รูปแสดงการติดตั้งส่วนฐานและทางน้ำเข้า

3.3.2.6 ติดตั้งปั๊มและถังเก็บน้ำเสีย



รูปที่ 3.3.2-8 รูปแสดงการติดตั้งปั๊มและถังเก็บน้ำเสีย

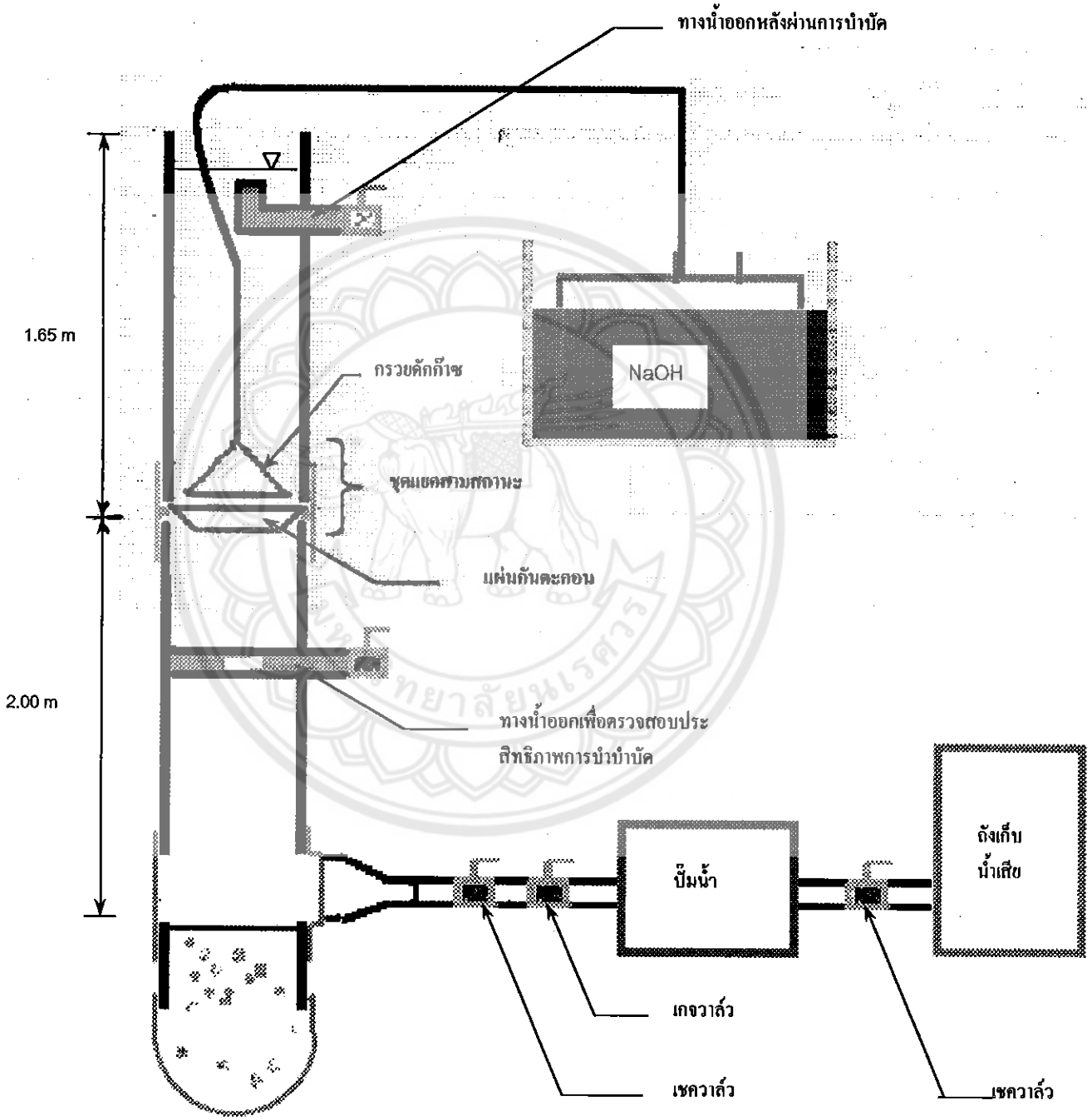
3.3.2.7 ติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซ ดังรูป



รูปที่ 3.3.2-9 รูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซ

หมายเหตุ
- การต่อท่อ PVC. ใช้กาวเชื่อมท่อ PVC.
- ทดสอบชุดการทดลองโดยนำน้ำใส่ในระบบ และหาจุดรั่วซึม
- ทดสอบชุดทดลองเก็บก๊าซโดยใส่ชุดทดลองลงในน้ำ แล้วเป่าลมผ่านสายยาง และหาจุดรั่วซึม

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์



<u>รูปที่</u> 3.3.2-10 รูปแสดงชุดทดลองระบบ UASB แบบสมบูรณ์

MISSING

ตารางที่ 3.4-1 แบบรวบรวมข้อมูลพื้นฐานด้านสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

ประเภทโรงงาน	*จำนวน (แห่ง)	ปริมาณน้ำเสียโดยเฉลี่ย (ลบ.เมตร/วัน)	**มีระบบบำบัดมลพิษทางน้ำ (แห่ง)	**มีระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ (แห่ง)				
				ฝุ่น	กลิ่น	ไอกรด	ไอสารเคมี	อื่น ๆ
10.กระดาษ/การพิมพ์	9	500	1					
11.ปิโตรเลียม/ผลิตภัณฑ์	2							
12.ยาง/ผลิตภัณฑ์	13							
13.แก้วและดินเผา	17							
14.แร่อโลหะ	50							
15.เคมีภัณฑ์/พลาสติก	1							
16.โลหะ/ผลิตภัณฑ์	21							
17.เครื่องจักร	141							
18.เครื่องใช้ไฟฟ้า	32							
19.บริภัณฑ์ขนส่ง	134							
20.เครื่องมือแพทย์/นาฬิกา	-							
21.อื่น ๆ (โปรดระบุ) เงียรนัยเพชร	1							
รวม	1,374	3,241.8-3,261.8	13	5	-	-	-	-

* ในตารางช่องจำนวน หมายถึง จำนวนโรงงานทั้งหมดตามประเภทโรงงานที่มีในเขตและนอกเขตเทศบาล/สุขาภิบาล จัดแบ่งประเภทโรงงานดังตารางในตารางผนวก

** ในตารางช่อง มีระบบบำบัดมลพิษทางน้ำ และมีระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ หมายถึง จำนวนโรงงานที่มีระบบบำบัดดังกล่าวแยกตามในเขตและนอกเขตเทศบาล/สุขาภิบาล

ที่มา : กองนโยบายและสิ่งแวดล้อม สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

หมายเหตุ : ข้อมูลได้จากสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดพิษณุโลก

จากตารางที่ 3.4-2 ในการสำรวจปริมาณน้ำเสียในปี พ.ศ. 2539 โดยสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดพิษณุโลก พบว่ามีปริมาณน้ำเสียรวมเท่ากับ 2,804-5-3,004-5 ลบ.ม./วัน และมีโรงงานที่มีระบบบำบัดมลพิษทางน้ำเพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 15 โรงงาน มีระบบบำบัดน้ำเสียทางอากาศจำนวน 4 โรงงาน โดยปริมาณน้ำเสียต่อวันของโรงงานพิษณุโลกองค์การทอผ้า จะปล่อยน้ำเสียมากที่สุดคือ 400-600 ลบ.ม./วัน

ตารางที่ 3.4-2 แสดงปริมาณน้ำเสียของโรงงานที่สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดพิษณุโลก ได้สำรวจในปี 2539

โรงงาน	ปริมาณน้ำเสีย ลบ.ม./วัน	ระบบบำบัดมลพิษทางน้ำ	ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ
- โรงงานพิษณุโลกองค์การทอผ้า	400-600	มี	มี
- โรงงานกระดาษ	50	มี	-
- โรงงานน้ำตาล	1,500	มี	มี
- ผลิตภัณฑ์สุพัตรา	10	มี	-
- บ.วังทองผลพืช จก.	500	มี	-
โรงทำเส้นก๋วยเตี๋ยว			
- นายวิสุทธิ์ วัชรวิภา	3	มี	-
- นายหยุน แซ่โก	4	มี	-
- นายทวีศักดิ์ เจริญภัทราวุฒิ	1	มี	-
- นายวิศิษฎ์ วัชรพงศ์	15	มี	-
- นายอนันต์ โอภาสพงศ์พิพัฒน์	0.50	มี	-
- นายวันชัย มัตยะสุวรรณ	5	มี	-
- นายยงยุทธ โฆษิตวรกุล	1	มี	-
โรงสี			
- บ. เบญจพืช จก.	150	มี	-
- โรงสีภัทรพันธ์	155	มี	-
- โรงสีสหกิจ	-	-	มี
- บ. โรงสีไฟโชครุ่งเรือง	-	-	มี

ตารางที่ 3.4-2 แสดงปริมาณน้ำเสียของโรงงานที่สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดพิษณุโลก ได้สำรวจในปี 2539 (ต่อ)

โรงงาน	ปริมาณน้ำเสีย ลบ.ม./วัน	ระบบบำบัดมลพิษทางน้ำ	ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ
บ.พิษณุโลก บิ๊กซี จก.	10	มี	-
บ.ซีอาร์ซี เอโรลด์ พิษณุโลก จก.	-	-	-
รวม	2,804.5-3,004.5	15	4

ที่มา : สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดพิษณุโลก

สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียในจังหวัดพิษณุโลกที่มีการตรวจสอบว่าได้มาตรฐาน มีเพียงโรงงานไทยแอโร เท่านั้น เนื่องจากเจ้าหน้าที่ที่จะเข้าไปตรวจสอบมีเพียง 3 คน จึงยังคงมีโรงงานอุตสาหกรรมอีกหลายโรงงานที่ยังไม่มีการตรวจสอบระบบอย่างทั่วถึง

บทที่ 4
ผลและการวิเคราะห์ผลการดำเนินโครงการ

4.1 ผลและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียและตะกอนน้ำเสีย

ตารางที่ 4.1-1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียและตะกอนน้ำเสีย

รายการ	ค่าเฉลี่ยการทดสอบ
1. % moister	72.84
2. ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ	93.75 %
3. ของแข็งที่ละลายน้ำ	6.24 %
4. Suspension Solid (SS)	175 mg/l
5. % Organic	51.56 %
6. % เถ้า	48.44 %
7. COD.	289 mg/l
8. BOD.	167 mg/l

หมายเหตุ - ตรวจวิเคราะห์โดยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

- วันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2541

จากการเก็บตัวอย่างน้ำเสียและตะกอนน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลกมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียและตะกอนน้ำเสีย(ตรวจวิเคราะห์โดยคณะวิทยาศาสตร์)ได้ผลสรุปดังแสดงในตารางที่ 4.1-1 และสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

ก) จากตารางที่ 4.1-1 พบว่าค่า COD = 289 mg/l และค่า BOD = 167 mg/l ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงโดยเฉพาะค่า BOD มีค่าสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน มีค่าอยู่ในช่วง 20-90 mg/l (ดูภาคผนวก ก ตารางที่ 1)

ข) สำหรับค่า SS ของตะกอนน้ำเสียมีค่า SS = 175 mg/l ซึ่งสูงกว่าค่ามาตราฐานซึ่งยอมได้คือในช่วง 30-60 mg/l (ดูภาคผนวก ก ตารางที่ 3)

4.2 ผลและวิเคราะห์การออกแบบขนาดระบบ

จาก

$$A = (Q \times \theta_a) \div H$$

เมื่อ $A = \pi D^2/4 = 9.16 \times 10^{-3}$ ซม.^{2}

จะคำนวณหาค่า Q ที่เวลาเก็บกักน้ำและความสูงต่างๆ กันได้ ดังผลแสดงในตารางที่ 4.2-1

ตารางที่ 4.2-1 ตารางแสดงผลการคำนวณ

เวลาที่น้ำอยู่ในท่อ (ชั่วโมง)	ความสูงระบบ(H) (เมตร)	อัตราการไหล (Q) (ลบ.ม./ชั่วโมง)	อัตราการไหล (Q) (ลิตร/ชั่วโมง)
3	3.0	0.009161	9.161
	3.5	0.010688	10.688
	4.0	0.012215	12.215
	4.5	0.013741	13.741
	5.0	0.015268	15.268
4	3.0	0.006871	6.871
	3.5	0.008016	8.016
	4.0	0.009161	9.161
	4.5	0.009161	9.161
	5.0	0.010306	10.306
5	3.0	0.005497	5.497
	3.5	0.006413	6.413
	4.0	0.007329	7.329
	4.5	0.008245	8.245
	5.0	0.009161	9.161

ตารางที่ 4.2-1 ตารางแสดงผลการคำนวณ (ต่อ)

เวลาที่น้ำอยู่ในท่อ (ชั่วโมง)	ความสูงระบบ(H) (เมตร)	อัตราการไหล (Q) (ลบ.ม./ชั่วโมง)	อัตราการไหล (Q) (ลิตร/ชั่วโมง)
6	3.0	0.004580	4.580
	3.5	0.005344	5.344
	4.0	0.006107	6.107
	4.5	0.006871	6.871
	5.0	0.007634	7.634
7	3.0	0.003926	3.926
	3.5	0.004580	4.580
	4.0	0.005235	5.235
	4.5	0.005889	5.889
	5.0	0.006543	6.543
8	3.0	0.003435	3.435
	3.5	0.004008	4.008
	4.0	0.004580	4.580
	4.5	0.005153	5.153
	5.0	0.005726	5.726

จากผลการวิเคราะห์การออกแบบดังตารางที่ 4.2-1 จะเลือกใช้ความสูงที่ค่า 3.5 เมตร (ค่ากำหนดทั่วไปควรอยู่ในช่าง 3-5 เมตร) กำหนดเวลาที่น้ำอยู่ในระบบเท่ากับ 8 ชั่วโมง โดยมีค่าอัตราการไหลเท่ากับ 4 ลิตร/ชั่วโมง จากค่าออกแบบจะทำให้ใน 1 วันใช้น้ำ 96 ลิตร ในกรณีที่ให้เวลาที่น้ำอยู่ในระบบน้อยกว่า 8 ชั่วโมงจะส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดของระบบมากกว่า 96 ลิตรในหนึ่งวัน เนื่องจากการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ ซึ่งมีข้อจำกัดในการจัดเตรียมเก็บน้ำเสียมาทดลอง ทั้งในการขนถ่ายขนส่งและการรักษาคุณสมบัติเริ่มต้นของน้ำเสีย

จาก

$$OLR = Q \times COD$$

เมื่อ COD = 289.0 mg/l (ตารางที่ 4.2-1)

Q = 4.0×10^{-3} m^3 /hr.

ได้ค่า OLR = 1.156 kg COD/m^3

ในช่วงเริ่มต้นเดินระบบจะให้น้ำเสียไหลเข้าช้าๆ อยู่ในระบบนานๆ เพื่อต้องการให้ตะกอนจุลินทรีย์มีขนาดใหญ่ขึ้น มีปริมาณที่มากขึ้นและไม่ให้เกิดการชะล้างตะกอนทำให้ไม่ได้ตะกอนจุลินทรีย์ตามต้องการ

สำหรับระบบโดยทั่วไปจะนิยมกำหนดให้ค่า OLR อยู่ในช่วง 2-3.6 kg COD/m^3 แต่จากการคำนวณโดยเลือกใช้ค่า H ที่ 3.5 เมตร และ COD จากการวิเคราะห์คือ 289 mg/l จะได้ว่า OLR = 1.156 kg COD/m^3 ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในการเริ่มต้นระบบ UASB มีข้อกำหนดที่สำคัญคือ จำเป็นต้องควบคุมอัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย เพื่อให้เกิดการสร้างเม็ดตะกอนและป้องกันการชะล้างตะกอนเนื่องจากความเร็วของน้ำและเพื่อให้ได้ขนาดตะกอนจุลินทรีย์ที่เหมาะสมจึงเลือกใช้ค่า OLR ที่ 1.156 kg COD/m^3

4.3 ผลการทดสอบการรั่วซึมของชุดทดลอง UASB ขนาดเล็ก

ครั้งที่ 1

ปัญหา

- มีน้ำรั่วซึมบริเวณทางน้ำออกช่วงบนและทางน้ำออกช่วงกลาง ทั้ง 3 ชุดการทดลอง
- มีน้ำรั่วซึมบริเวณฐาน ทั้ง 3 ชุดการทดลอง

วิธีแก้ไข

- เพิ่มปริมาณกาวแท่งที่บริเวณรอยต่อของทางน้ำออกช่วงบนและทางน้ำออกช่วงกลางให้มากขึ้น
- ใช้หัวปิดท่อ PVC ปิดส่วนฐาน

หมายเหตุ

- ใช้กาวแท่งอุดบริเวณรอยต่อ
- บริเวณส่วนฐานไม่ได้ใช้หัวปิดท่อ PVC ตั้งแต่แรกแต่ใช้คอนกรีตหล่อปิดแทน

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาโครงงาน

ในปัจจุบันการพัฒนาสาธารณูปโภคและอัตราการเพิ่มของประชากรในจังหวัดพิษณุโลกมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วความต้องการอุปโภคบริโภคมีปริมาณสูงขึ้น ส่งผลให้เทศบาลเมืองพิษณุโลกได้เกิดแนวคิดในการปรับปรุงบริการด้านสาธารณูปโภค โรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลกเป็นแหล่งผลิตวัตถุดิบประเภทเนื้อสัตว์แหล่งหนึ่ง ที่ถูกบรรจุในนโยบายการปรับปรุงคุณภาพ เนื่องด้วยโรงฆ่าสัตว์มีน้ำทิ้งที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ในปริมาณที่สูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง จึงมีความจำเป็นในการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ ดังนั้นโครงการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียจึงเกิดขึ้น โดยกำหนดใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB โครงการทดลองได้เริ่มจากโครงการทดลองนำร่อง คือ การสร้างชุดทดลอง UASB ขนาด 25 ลิตร

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB เป็นระบบการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีหลักการทำงานคือ น้ำเสียไหลเข้าทางก้นถังปฏิกิริยา สัมผัสกับตะกอนชั้นล่าง เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถือว่าเป็นส่วนที่ 1 ของถังปฏิกิริยา น้ำและตะกอนจุลินทรีย์บางส่วนจะลอยขึ้นเนื่องจากก๊าซที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของตะกอนจุลินทรีย์ และความเร็วของน้ำที่เข้าสู่ถังปฏิกิริยา ซึ่งในส่วนที่ 2 และในส่วนที่ 3 จะเป็นแผ่นกันและตกลงสู่ส่วนล่าง ซึ่งในแต่ละส่วนไม่ว่าน้ำเสียจะอยู่ในส่วนใด ยังมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ตลอดเวลา อย่างไรก็ตาม ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB นี้มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ก่อนเริ่มต้นเดินระบบ การเริ่มต้นระบบจะใช้เวลานาน เนื่องจากจะต้องรอให้ตะกอนมีลักษณะเม็ดหรือมีความหนาแน่นดีก่อน นอกจากนี้ยังต้องให้เวลาในการปรับตัวของจุลินทรีย์เพื่อการบำบัดน้ำเสีย หลังจากการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบ UASB แล้วน้ำเสียที่ได้ยังคงมีค่า BOD สูงเกินค่าที่ยอมรับได้ จึงต้องมีการบำบัดน้ำเสียขั้นต่อไป โดยระบบใช้ออกซิเจนเพื่อให้การบำบัดน้ำเสียมีความสมบูรณ์ ถึงแม้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB จะมีความสามารถรองรับน้ำเสียที่ค่าความปนเปื้อนของสารอินทรีย์ (COD) สูง อย่างไรก็ตาม น้ำที่ได้จากระบบยังคงไม่สะอาดพอที่จะปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้

ข้อดีของระบบบำบัดน้ำเสีย UASB คือ ประหยัดพลังงาน ประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดตะกอนที่เกิดขึ้น ใช้พื้นที่ในการดำเนินระบบน้อย ไม่เกิดกลิ่นเหม็นและไม่เป็นที่รังเกียจต่อชุมชน มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่มีการรับภาระการปนเปื้อนสูง ๆ ค่าดำเนินการในการสร้างระบบต่ำและผลผลิตสุดท้ายที่ได้คือก๊าซมีเทน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ในการสร้างชุดทดลอง UASB ขนาดเล็กจะพิจารณาเป็น 4 ส่วน ส่วนแรกคือขนาดและสัดส่วนของถังปฏิกิริยา จะขึ้นกับอัตรารับภาระของเหลวหรืออัตรารับภาระของสารอินทรีย์ สมบัติของน้ำเสียและระยะเวลาเก็บกัก โดยปรกติใช้ถังปฏิกิริยาในช่วงที่สูงไม่เกิน 6 เมตรและไม่ต่ำกว่า 1.6 เมตร ส่วนที่สองจะเป็นอุปกรณ์แยกสามสถานะ คือ ก๊าซ น้ำ และของแข็งหรือตะกอนจุลินทรีย์ โดยอุปกรณ์ดักก๊าซจะทำมุมเอียงเป็นมุม 50 องศาเซลเซียสกับผนังของชุดทดลอง สำหรับหน้าตัดช่องเก็บก๊าซจะต้องไม่ต่ำกว่า 15-20 % ของพื้นที่ต่อถังปฏิกิริยา ส่วนที่สามจะเป็นส่วนของระบบส่งน้ำเสียเข้าสู่ระบบ ซึ่งจะขึ้นกับอัตรารับภาระของน้ำเสีย โดยปรกติระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียอาจใช้ 3-8 ชั่วโมง หรืออาจใช้มากถึง 1 วัน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำเสียเริ่มต้น สำหรับอัตราการไหลของน้ำเข้าระบบควรมีค่าไม่เกินช่วง 1.2-1.5 ลบ.ม. ส่วนสุดท้ายจะเป็นส่วนของอุปกรณ์ในการตกตะกอน ซึ่งจะคำนวณหาจากค่าของ Surface hydrolic load โดยปรกติแล้วมีค่าต่ำกว่า 0.7 เมตร/ชั่วโมง และความเร็วในการตกตะกอนควรใช้ที่ความเร็วน้อยกว่า 2 ม./ชม. ในการเดินระบบของกระบวนการ UASB หรือช่วงที่เริ่มตั้งแต่การใส่ตะกอนและเลี้ยงตะกอนจนมีลักษณะเม็ด จะเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของตะกอนจุลินทรีย์ จะเพิ่มจำนวนตะกอนจุลินทรีย์ สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการเดินระบบได้แก่ ปริมาณตะกอนที่ใส่เข้าไป ต้องมีค่าไม่มากหรือน้อยจนเกินไป เพื่อป้องกันปัญหาจากการล้างตะกอนออกจากระบบ อัตรารับภาระสารอินทรีย์จะใช้ค่าประมาณ 1 ลบ.ม./ม./วัน โดยปรกติถ้าน้ำเสียที่เข้าระบบมีความเร็วมากเกินไป จะมีผลต่อการชะล้างตะกอนขนาดเล็ก แต่ถ้าความเร็วของน้ำเสียมีความเร็วต่ำ จะเกิดปัญหาคือกระบวนการสร้างตะกอนไม่สามารถเกิดขึ้นได้

จากการเก็บตัวอย่างน้ำเสียและตะกอนจุลินทรีย์จากโรงฆ่าสัตว์ พบว่าน้ำเสียมีค่า COD = 289 mg/l ตะกอนจุลินทรีย์มีค่า SS = 175 mg/l นำค่า COD มาออกแบบระบบได้ขนาดความสูงของชุดทดลองเท่ากับ 3.50 เมตร อัตราการไหล 4 lit/hr ค่า Organic Loading Rate (OLR) = 1.156 kg COD/m^3

เมื่อออกแบบและประกอบชุดการทดลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ขนาดเล็กแล้วเสร็จ ทำการทดสอบระบบการรั่วซึม โดยนำน้ำใส่เพื่อหาจุดที่เกิดจากการรั่วซึมและทำการปรับปรุงแก้ไขและทำการทดสอบอุปกรณ์เก็บก๊าซ โดยนำอุปกรณ์ใส่ในถังน้ำขนาดใหญ่แล้วเป่าลมไปตามสายยางเมื่อมีฟองอากาศเกิดขึ้น จะทำการอุดหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ชิ้นนั้นเพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่สมบูรณ์แบบ

สรุปผลแผนการดำเนินงานและระยะเวลาทำโครงงานวิจัย

กิจกรรม	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. เขียนโครงร่างการทำงาน	↔							
2. เก็บข้อมูลน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลฯ	↔	↔						
3. ตรวจสอบคุณภาพน้ำ		↔	↔					
4. ศึกษาทฤษฎีการบำบัดแบบ UASB		↔	↔	↔				
5. ออกแบบขนาดชุดการทดลอง		↔	↔					
6. จัดซื้ออุปกรณ์		↔				↔		
7. ก่อสร้างชุดทดลองขนาดเล็ก			↔			↔		
8. ทำการทดสอบคุณภาพชุดทดลองและแก้ไข				↔		↔	↔	
9. ทำรายงานฉบับโครงร่าง ส่งรายงานฉบับโครงร่าง				↔		↔	↔	
10. ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์						↔		↔

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อระวังในการออกแบบระบบ การกำหนดค่าอัตราการไหลและค่า OLR จะต้องพิจารณาถึงความสามารถในการสร้างเม็ดตะกอนและการชะล้างตะกอน เนื่องจากความเร็วของน้ำเป็นสำคัญ
2. ในการประกอบระบบควรประกอบบริเวณข้อต่อให้แน่น เพื่อป้องกันการรั่วซึม
3. ควรทำการทดลองโดยใช้ความสูงระบบต่าง ๆ กัน
4. ควรทำการทดลองติดตั้งชุดทดลองในที่ร่มและกลางแจ้ง
5. ควรใช้ท่อระบบแบบใสเพื่อสังเกตการทำงานของระบบ
6. ควรประกอบโครงเหล็กเพื่อยึดและติดตั้งระบบ
7. ควรมีการศึกษาการนำก๊าซที่ได้ไปใช้ประโยชน์
8. ควรมีการนำน้ำเสียจากโรงงานชนิดต่าง ๆ ที่มีค่า COD, BOD สูง ๆ มาทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1) Contre for Environmental Science and Engineering, Indian Institute of Technology, Bambay "Experence with UASB Reactor start-up under different operation conditions"

2) ศตวรรษ นิทัศน์วิจิตร. การศึกษาเปรียบเทียบถังปฏิกิริยาแบบซีเอสทีอาร์กับยูเอเอสบี ในกระบวนการสร้างกรดของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2541

3) พีรพงษ์ ทิพยาทร. การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำโดยระบบยูเอเอสบี. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529

4) ศุวศา กานตวนิชกุล. การบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2538

5) การประชุมวิชาการระดับชาติ สวสท'36เทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ Environmental Engineers Association of Thailand, 2536 : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) ศ.ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ อุษา วิเศษสุมน. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพ : สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมไทย, 2535 : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7) คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2, 2538 : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8) ดร. เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1 : 2537 : สำนักพิมพ์มิตรนราการพิมพ์

9) ธีระ เกรอต. วิศวกรรมน้ำเสียการบำบัดทางชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1 : กรุงเทพ, 2539 : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10) Kripa Shanner Singn, Hidehi Harada and T. Virarag-Navav. Bloresource Technology เล่มที่ 55 (1996) หน้า 187-194. "Low-Strength Wastewater Treatment by a UASB Reactor", Elsevier Science Limited.

ภาคผนวก ก

ผลงานวิจัยระบบ UASB ที่ผ่านมา

สมพงษ์ นิลประยูล และ เสนีย์ กาญจนวงค์ ได้ทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำเสีย โดยใช้ถังปฏิกิริยา UASB ปริมาตร 24.4 ลิตร สูง 3 เมตร บำบัดน้ำเสียชุมชนจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยเพิ่มความเข้มข้นสารอินทรีย์โดยเติมน้ำตาล และเปลี่ยนแปลงเวลาเก็บกักจาก 4.5-24 ชม. เท่ากับ Organic Loading Rate 0.22-1.59 กก. COD/(ม^3.ว) และ Upflow Liquid Velocity ระหว่าง 0.13-0.65 ม./ชม. โดยใช้ตะกอนหัวเชื้อจากบ่อเกรอะ ในการเริ่มต้นระบบในปริมาร 6.1 กก VSS/ม^3 ระบบได้ใช้เวลาในการปรับสภาพจนถึงสภาวะคงที่ หลังจากเริ่มเดินระบบเป็นเวลา 3 เดือน ผลการศึกษาพบว่า ระบบสามารถ COD, BOD และ SS ได้ 76.4 – 88.1, 76.9 – 92.9 และ 59.7-84.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับพบว่าที่เวลาเก็บกัก 12-24 ชม. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปจะลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บกักน้ำสั้นลง ก๊าซชีวภาพที่เกิดจากระบบมีค่าระหว่าง 25.6-101.3 ล./(กก.COD) โดยมีส่วนประกอบของมีเทน 52-68.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนชั้นตะกอนพบว่ามีความเข้มข้น VSS เฉลี่ย 19 กก.VSS/ม^3 โดยมีความสูงของชั้นตะกอน 0.55-0.7 ม.

พีรพงษ์ ทิพยาทร ได้ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียเข้มข้นต่ำ และพีเอชสูง ด้วยระบบ UASB โดยใช้น้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำนมถั่วเหลืองและเครื่องดื่มอัดลมอื่น ๆ โดยได้ทำการทดลองสองชุดคือ ทำการทดลองระบบ UASB โดยไม่ใช้ถังสร้างกรด ซึ่งมี 4 การทดลอง ที่อัตราสูบน้ำเสียเข้า 89, 106, 212 และ 318 ลิตรต่อวันตามลำดับ ส่วนการทดลองที่สองได้สร้างถังเก็บกรดเพิ่ม โดยทำการทดลอง 5 การทดลอง ที่อัตราสูบน้ำเสียเข้าเพื่อให้ได้เวลาเก็บกัก 48, 24, 15.9, 8 และ 4 ชม. ตามลำดับ

ในการทดลองที่ 1 น้ำเสียมีความเข้มข้น COD เฉลี่ย 923.38, 1011, 1050 และ 1260.5 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นค่าบรรทุกสารอินทรีย์ 0.775, 1.011, 2.101 และ 3.782 กก. COD/ลบม. วัน ซึ่งสามารถกำจัด COD ได้ร้อยละ 94.07, 88.85, 71.18 และ 55.8 และมีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นวันละ 15.88, 15.54, 11.28, 0 ลิตร โดยที่จะมีก๊าซมีเทนถึงร้อยละ 90 ส่วนการทดลองที่ 2 มีค่า COD ทั้งหมดเฉลี่ย 851.1, 979.5, 980.6, 1209.1 และ 797 มก/ลบ.ม. ตามลำดับ และมีค่าบรรทุกสารอินทรีย์ 0.426, 0.979, 1.569, 3.625 และ 4.782 กก. COD/ลบ.ม. วัน ให้ประสิทธิภาพการลดค่า COD ร้อยละ 92.67, 94.97, 90.45, 93.75 และ 89.98

Indian Institute of Technology ได้ทำการทดลองเพื่อดูประสิทธิภาพของระบบ UASB ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกัน ซึ่งค่าปัจจัยเพื่อศึกษาค่าความเร็วไหลขึ้นของน้ำเสีย, ระยะเวลาเก็บกักน้ำ อัตราภาระสารอินทรีย์ ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบบำบัดมีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดี โดยจะเริ่มเติม SLR 0.6 kg COD/กก. VSS.d ซึ่งสามารถบำบัดหรือลด COD ในน้ำเสียได้ถึง 50% และเมื่อเพิ่ม SLR อีก 0.3 kg COD/กก. VSS.d ในระบบจะสามารถบำบัดหรือลด COD ในน้ำเสียได้ถึง 90% โดยทำการทดลองโดยใช้ค่าระยะเวลาเก็บกัก 3 เดือน ซึ่งก๊าซมีเทนที่วัดได้จะอยู่ในช่วง 0.259 ถึง 0.909 kg CH_4 COD/kg VSS.d และค่าตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกิริยาจะอยู่ในช่วง 0.087 ถึง 0.13 กก. VSS/กก. COD ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการทำโมเดล เพื่อหาผลิตผลจากตะกอนจุลินทรีย์

ภาคผนวก ข

ตารางเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน

เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน

ลักษณะน้ำทิ้ง	หน่วย	ค่ามาตรฐานในระดับและขนาดชุมชนต่าง ๆ				หมายเหตุ
		2501 คน ขึ้นไป	501-2500 คน	101-50 คน	น้อยกว่า 101 คน	
1. BOD	มก./ลบ.ดม.	20	30	60	90	เป็น BOD ของตัวอย่างน้ำที่ปล่อยให้ตกตะกอน 30 นาที
2. ปริมาณของแข็ง						
2.1 ปริมาณสารแขวนลอย	มก./ลบ.ดม.	30	40	50	60	
2.2 ปริมาณตะกอนหนัก	ลบ.ซม/ลบ.ดม.	0.5	0.5	0.5	0.5	
2.3 ปริมาณสารละลาย	มก./ลบ.ดม.	+500	+500	+500	+500	เพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำใช้ไม่เกิน 500 มก./ลบ.ดม.
3. ซัลไฟด์	มก./ลบ.ดม.	1.0	1.0	3.0	4.0	
4. คลอรีนอิสระตกค้าง	มก./ลบ.ดม.	0.3	0.3	-	-	เฉพาะภาวะโรคระบาดต้องเติมคลอรีนให้มีคลอรีนอิสระตกค้างในน้ำ แต่มีค่าไม่เกิน 0.3 มก./ลบ.ดม. สำหรับภาวะปกติไม่กำหนดค่านี้
5. ไนโตรเจน						+ไม่กำหนดเพราะไม่มี
5.1 TKN	มก./ลบ.ดม.	-	-	40	40	*กำหนดเมื่อแหล่งน้ำ
5.2 ออร์กานิก-ไนโตรเจน	มก./ลบ.ดม.	10	10	15	15	มีปัญหา
5.3 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	มก./ลบ.ดม.	-	-	25	25	-ไม่กำหนด
5.4 ไนเทรต-ไนโตรเจน	มก./ลบ.ดม.	*	*	+	+	

ตารางเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน (ต่อ)

เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน

ลักษณะน้ำทิ้ง	หน่วย	ค่ามาตรฐานในระดับและขนาดชุมชนต่าง ๆ				หมายเหตุ
		2501 คน ขึ้นไป	501-2500 คน	101-50 คน	น้อยกว่า 101 คน	
6. ค่าความเป็นกรด-ด่าง	-	5-9	5-9	5-9	5-9	
7. น้ำมันและไขมัน	มก./ลบ.ดม.	20	20	20	20	ตัวอย่างผสมเป็นเนื้อเดียวกัน
8. ฟีคัล โคลิฟอร์ม	MPN/100 ลบ.ซม	X	X	X	X	X คือไม่กำหนดในขณะนี้
9. ฟอสเฟต	มก./ลบ.ดม.	X	X	X	X	

ตารางคุณสมบัติน้ำทิ้งหลังบำบัด

ในการบำบัดน้ำเสีย จะต้องบำบัดให้ได้มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนของกระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งมีดังนี้

พวกสารพิษและโลหะหนัก ตามมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมิใช่ทะเล มีดังนี้

1. สารเป็นพิษ		
1.1 ฟีนอล	0.005	มก./ลิตร
1.2 สารหนู	0.01	มก./ลิตร
1.3 ไซยาไนด์	0.005	มก./ลิตร
2. โลหะหนัก		
2.1 ทองแดง	0.1	มก./ลิตร
2.2 นิกเกิล	0.1	มก./ลิตร
2.3 แมงกานีส	1.0	มก./ลิตร
2.4 สังกะสี	1.0	มก./ลิตร
2.5 ปรอทรวม	0.002	มก./ลิตร
2.6 แคดเมียม	0.005	(ในน้ำที่มีความกระด้างไม่เกิน 100 มก./ลบ. ดม. $CaCo_3$ และ 0.05 มก./ลิตร ในน้ำที่มีกระด้างเกิน 100 มก./ลบ.ดม. $CaCo_3$)
2.7 โครเมียม	0.05	มก./ลิตร
2.8 ตะกั่ว	0.05	มก./ลิตร

ตารางมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม

ตัวแปร	ปริมาณที่ยอมรับได้
pH	5 –9
BOD (5 days 20 C) – maximum	20 มก./ล.
Suspended Solids – maximum	30 มก./ล.
Dissolved Solids – maximum	2,000 มก./ล.
Permanganate value – maximum	60 มก./ล.
Sulfide (as H_2S) – maximum	1 มก./ล.
Cyanide (as HCN) – maximum	0.2 มก./ล.
Oil and Grease	ไม่สามารถวัดได้
Tar	ไม่สามารถวัดได้
Formaldehyde – maximum	1 มก./ล.
Phenols and Cresols – maximum	1 มก./ล.
Free Chlorine	1 มก./ล.
Zinc	
Chromium	
Arsenic	
Selenium	ปริมาณของแต่ละตัวหรือทั้งหมดไม่เกิน 1 มก./ล.
Silver	
Lead	
Nickel	
Insecticides	ไม่สามารถวัดได้
Radioactive Materials	ไม่สามารถวัดได้
Temperature – maximum	49 องศาเซลเซียส
Taste and Odour	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม

ตัวแปร	ปริมาณที่ยอมรับได้
พีเอช	5.8-8.6 สำหรับน้ำทิ้งที่ปล่อยลงทางน้ำสาธารณะ, 5.0 – 9.0 สำหรับน้ำทะเล
BOD, COD	160 มก./ล. (ค่าเฉลี่ย 120 มก./ล./วัน)
สารแขวนลอย	200 มก./ล. (ค่าเฉลี่ย 150 มก./ล./วัน)
N-hexane extracts	5 มก./ล.
ฟีนอล	5 มก./ล.
ทองแดง	3 มก./ล.
สังกะสี	5 มก./ล.
เหล็ก (ละลายน้ำ)	10 มก./ล.
แมงกานีส (ละลายน้ำ)	10 มก./ล.
โครเมียม	2 มก./ล.
ฟลูออรีน	15 มก./ล.
Coliforms	3,000 MPN/100 มล. (ค่าเฉลี่ย/วัน)

ภาคผนวก ค

ตารางข้อมูลการใช้น้ำโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก

ข้อมูลการใช้น้ำโรงฆ่าสัตว์	
วันที่	ปริมาณ (ลบ.ม.)
14/12/1998	41.44
15/12/1998	38.87
16/12/1998	46.21
17/12/1998	8.41
18/12/1998	41.36
19/12/1998	38.72
20/12/1998	36.89
21/12/1998	39.14
22/12/1998	37.45
23/12/1998	38.65
24/12/1998	42.22
25/12/1998	7.85
26/12/1998	37.43
27/12/1998	32.64
28/12/1998	35.58
29/12/1998	34.69
30/12/1998	36.3

ตารางสถิติการใช้น้ำประปา

สถิติการใช้น้ำประปาในโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองพิษณุโลก

เดือน	2539	2540
ต.ค.	2,805	2,057
พ.ย.	1,124	2,083
ธ.ค.	1,163	1,546
ม.ค.	1,948	1,858
ก.พ.	2,189	1,939
มี.ค.	1,658	2,206
เม.ย.	1,632	1,338
พ.ค.	2,465	736
มิ.ย.	1,691	54
ก.ค.	1,958	75
ส.ค.	2,184	
ก.ย.	2,055	
	22,872	13,892
เฉลี่ย 19 เดือน	35,899	1,889.42

ประวัติย่อของผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายปริญญา ทองสุข

เกิดวันที่ 23 ตุลาคม พ.ศ. 2518

สถานที่เกิด อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร

สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 24/1 หมู่ 6 ต. หนองหลุม อ. สามง่าม จ. พิจิตร

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2536

มัธยมปลาย โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก

พ.ศ. 2542

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยนเรศวร

อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

ชื่อ นายเสกสรรค์ พรำพหุรัตน์

เกิดวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2518

สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ ก 118/12 ถ. ตัดใหม่ ต. ปากน้ำโพ อ.เมือง

จ.นครสวรรค์

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2536

มัธยมปลาย โรงเรียนนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์

พ.ศ. 2542

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยนเรศวร

อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก