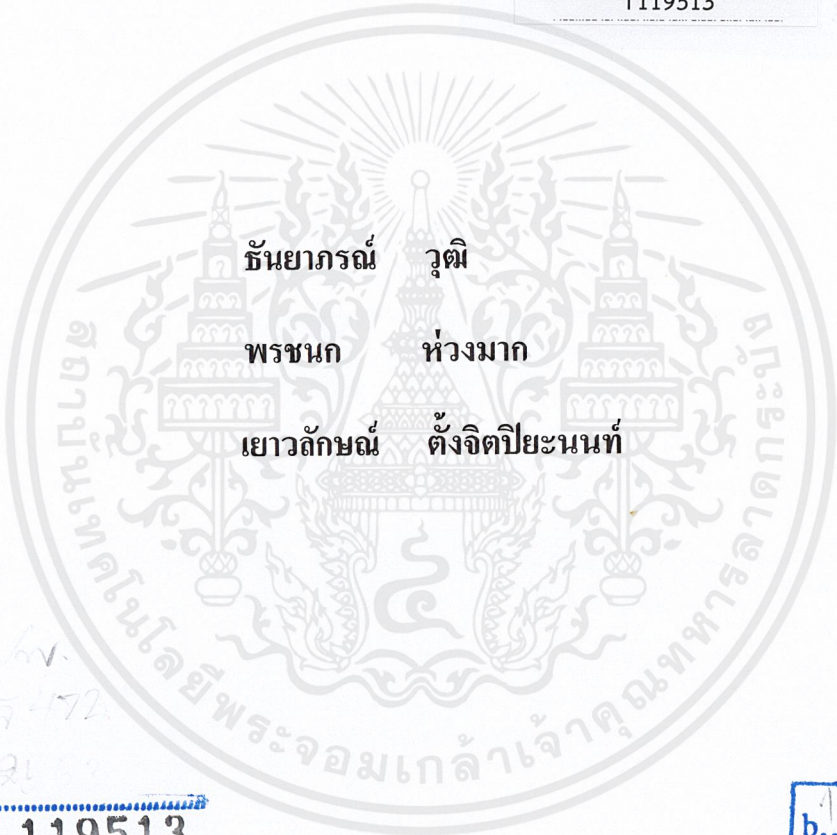


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่ได้จากโครงการตามกลไก
พัฒนาที่สะอาดจากการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียของ
โรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล



T119513



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **119513**
วัน,เดือน,ปี... **B.S.A. 2554**

b. 12760247
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Economics Evaluation on Clean Development Mechanism
(CDM) Project of Expanded Granular Sludge Bed (EGSB)
Wastewater Treatment from Processes of Ethanol
from Molasses**



**THIS THESIS IS SUBMITTED PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2010**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่ได้จากโครงการตามกลไกพัฒนาที่
สะอาดจากการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียของโรงงานผลิต
เอทานอลจากกากน้ำตาล

โดย นางสาวรัชนยาภรณ์ วุฒิ
นางสาวพรชนก ห่วงมาก
นางสาวเขवालักษณ์ ตั้งจิตปิยะนนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา คร.นริศรา ทองบุญชู
ปริญญาานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาานิพนธ์



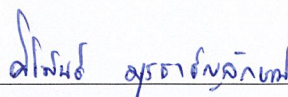
ประธานกรรมการ

(ดร.นริศรา ทองบุญชู)



กรรมการ

(ดร. วลัยรัตน์ จันทรัมย์พร)



กรรมการ

(อ.ศิริพันธ์ มุรธาชัยคุณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตรเรื่อง	การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่ได้จากโครงการตามกลไกพัฒนาที่สะอาดจากการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล
โดย	นางสาวรัชชยาภรณ์ วุฒิ นางสาวพรชนก ห่วงมาก นางสาวเยาวลักษณ์ ตั้งจิตปิยะนนท์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. นริศรา ทองบุญชู

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการดำเนินงานตามโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบ EGSB ในระดับ Pilot Scale โดยใช้ตะกอนเชื้อจุลินทรีย์จากโรงบำบัดน้ำเสียของโรงงานปทุมธานีเบียร์ ซึ่งเริ่มดำเนินงานโดยการเจือจางน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบให้มีค่า COD ประมาณ 1,200 mg/L และค่อยๆเพิ่มค่า COD ของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบจนมีค่า 32,000 mg/L หลังจากดำเนินการไป 53 วัน พบว่าเครื่องปฏิกรณ์แบบ EGSB สามารถลดค่า COD ของน้ำเสียได้ 54 % และผลิตก๊าซชีวภาพได้ 17.88 ลิตรต่อวัน มีปริมาณก๊าซมีเทน คิดเป็น 74 % ค่าศักยภาพในการผลิตมีเทนที่ประเมินได้มีค่า 0.105 กิโลกรัมมีเทนต่อกิโลกรัม COD เมื่อนำมาประเมินจะได้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงหลังจากดำเนินโครงการตามมาตรฐาน AM0022 (version 4) เท่ากับ 134,296 tCO₂eต่อปี เมื่อทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียและประเมินมูลค่าการลงทุนพบว่า จะต้องลงทุนในการก่อสร้างเป็นจำนวนเงิน 103 ล้านบาท และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปี เท่ากับ 36.7 ล้านบาท จากรายได้ของการขายคาร์บอนเครดิตและขายไฟฟ้าจำนวนเงิน 78.9 ล้านบาท โดยโครงการดังกล่าวมีอัตราผลตอบแทนภายใน เท่ากับ 28.20 % และคืนทุนใน 2 ปี 4 เดือน

Project Title Economics Evaluation on Clean Development Mechanism (CDM) Project of Expanded Granular Sludge Bed (EGSB) Wastewater Treatment from Processes of Ethanol from Molasses

By Miss Thanyaphorn Wutti
Miss Pornchanok Huangmak
Miss Yaowalak Tangchitpiyanond

Degree Bachelor of Engineering

Program Chemical Engineering

Year 2010

Advisor Dr. Narisara Thongboonchoo

ABSTRACT

This research is a study on Clean Development Mechanism (CDM) project for reducing emission of greenhouse gases from wastewater treatment from ethanol plant from molasses by using Expanded Granular Sludge Bed (EGSB) reactor in pilot scale. The experiment was carried out by using seeding sludge from anaerobic wastewater treatment plant of Pathumthani Brewery and wastewater from ethanol plant was diluted to Chemical Oxygen Demand(COD) about 1,200 mg/liter was fed to the reactor and gradually increased the concentration to COD about 32,000 mg/liter after 53 days operation. The EGSB reactor presented COD removal efficiency at 54 %, the average of biogas production 17.88 liter/day, and concentration of methane in biogas about 74 %. The calculated Biochemical Methane Potential (BMP) was 0.105 kg methane/kg. COD. The estimated greenhouse gases emission reduction that calculated from the standard method AM0022 (version 4) is 127,861.45 tCO₂ per year. The estimated cost of wastewater treatment system presented the total capital investment is 103 million baht and the total production cost is 36.7 million baht per year. The revenue from selling carbon credits and electric power is about 78.9 million baht per year. This project has Internal Rate of Return (IRR) equals to 28.20 % and Payback Period within 2.29 years.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน โดยได้รับ
อุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

ขอขอบพระคุณ ดร.นริศรา ทองบุญชู สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ที่ให้
คำปรึกษาในการทำงานและช่วยเหลือในทุกด้าน

ขอขอบพระคุณบริษัท ปทุมธานี บิรเวอรี่ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ตะกอนเชื้อจุลินทรีย์
เพื่อใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณบริษัท เอกรัฐพัฒนา จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์น้ำเสียเพื่อใช้ในการ
ทดลอง

ขอขอบคุณคุณพิมพ์พรรณ ทองพันธุ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการทดลอง

ท้ายที่สุดนี้กราบขอขอบพระคุณ บิดา มารดา อาจารย์ทุกท่าน และขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้การ
สนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมา หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยและขออภัยไว้ ณ
ที่นี้

นางสาวฉันทยาภรณ์ วุฒิ

นางสาวพรชนก ห่วงมาก

นางสาวเยาวลักษณ์ ตั้งจิตปิยะนนท์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	2
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	3
2.1 การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ.....	3
2.2 โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด.....	12
2.3 การประเมินโครงการตามแนวทางเศรษฐศาสตร์.....	32
บทที่ 3 การดำเนินโครงการ.....	37
3.1 การหาศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทน.....	37
3.2 การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการ ดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดในโรงงานผลิตเอทานอล จากกากน้ำตาล.....	41
3.3 การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการดำเนินโครงการ และประเมินมูลค่าในการลงทุนและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์.....	42
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....	43
4.1 การศึกษาศักยภาพการผลิตมีเทนแบบ pilot scale.....	43
4.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการดำเนินโครงการ.....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้อง IV ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการดำเนินโครงการและ ประเมินมูลค่าในการลงทุนและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์	46
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	49
5.1 สรุปผล	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	50
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ข้อมูลดิบ	53
ภาคผนวก ข วิธีการคำนวณ	56
ภาคผนวก ค ภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการ	84
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสียตัวแปรที่ใช้เดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	89

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงข้อดีข้อจำกัดของระบบก๊าซชีวภาพแบบ Expanded Granular Sludge Bed Reactor	11
2.2 ประเภทของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดทั่วไป.....	14
2.3 ค่าใช้จ่ายโดยประมาณในการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด	25
3.1 คุณลักษณะของน้ำเสียของโรงงาน	39
3.2 สภาวะที่ควบคุมระบบที่ใช้ในการทดลอง	41
4.1 ตัวแปรที่ได้จากการทดลองเพื่อหาศักยภาพในการเกิดก๊าซมีเทนจากน้ำเสียของ โรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล.....	45
4.2 ข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้ในกรณีฐาน.....	46
4.3 ข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้ในกรณีดำเนินโครงการ	46
4.4 แสดง Capital Investment	48
4.5 แสดง Production Cost	48
ก.1 ผลการทดลองในระหว่างการเพิ่มค่า COD	54
ข.1 แสดงข้อมูลที่น่าไปใช้ในการคำนวณเพื่อประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือน กระจกที่คาดว่าจะลดลงได้จากการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด.....	58
ข.4.1 การคำนวณหา Total capital investment , C_{TCI}	76
ข.4.2 การคำนวณหา Total Production Cost	77
ข.4.3 Percent of total depreciable capital for class life of 10 year	79
ข.4.4 แสดงข้อมูลการคำนวณการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	80
ง.1 ปริมาณตัวอย่างและรีเอเจนต์ที่ใช้สำหรับขนาดต่างๆของภาชนะที่ใช้ย่อยสลายสำหรับ การวิเคราะห์ COD โดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด.....	92

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนผังแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ	5
2.2 ลักษณะของระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ EGSB (Expanded Granular Sludge Bed Reactor)	10
2.3 แสดงแผนผังขั้นตอนการทำโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด.....	19
2.4 เครื่องมือในการประเมินส่วนเพิ่ม (Tool for the demonstration and assessment of additionality)	20
2.5 แผนผังแสดงขั้นตอนการพิจารณาโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดของประเทศไทย.....	24
3.1 แสดงระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบอีจีเอสบี (Expanded Granular Sludge Bed: EGSB) ที่ใช้ในการทำการทดลอง.....	39
4.1 ข้อมูลค่า COD ของน้ำเสียที่เตรียมก่อนเกิดการไฮโดรไลซิสด้วยน้ำ และค่า COD ขาเข้า.....	44
4.2 ค่า COD และอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพกับเวลาที่ใช้ในการทดลอง เมื่อ HRT 64 ชั่วโมง	45
4.3 Process Flow Diagram ของการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย	47
ข.3.1 แสดงกระบวนการบำบัดน้ำเสีย.....	67
ข.3.2 บ่อบำบัดแบบ EGSB	69
ข.3.3 บ่อดกตะกอน	70
ข.3.4 บ่อเก็บก๊าซชีวภาพ.....	71
ข.3.5 Blower	72
ข.3.6 Flare	73
ข.3.7 Belt Conveyor	73
ข.3.8 Biogas Generator	74
ข.4.1 Plant layout	75
ข.4.2 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าของโครงการที่คำนึงถึงอัตราคิดลด.....	82
ข.4.3 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าสะสมของโครงการที่คำนึงถึงอัตราคิดลด.....	83
ค.1 คอลัมน์ EGSB	85
ค.2 ถังบรรจุน้ำเสียเพื่อป้อนเข้าระบบ.....	86
ค.3 ปัมที่ใช้ป้อนน้ำเสียเข้าสู่กระบวนการ.....	86
ค.4 ปัมที่ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ภายในคอลัมน์เกิดการหมุนวน	87
ค.5 ภาพน้ำเสียที่ทางออกหลังจากผ่านระบบบำบัดแล้ว.....	87
ค.6 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบออร์สเทท	88
ง.1 เครื่องวัดก๊าซแบบออร์สเทท.....	96

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ [1],[2]

การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) ในบรรยากาศ เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) หรือภาวะโลกร้อน (Global Warming) และ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) อันส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เช่น ระบบนิเวศชายฝั่งเสื่อมโทรมจากระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น พายุ และความรุนแรงของคลื่น น้ำท่วมและภัยแล้งจากการแปรปรวนของน้ำฝน ทำให้เกิดการเจ็บป่วยเนื่องจากอุณหภูมิสูงและคลื่นความร้อน เป็นต้น ดังนั้นการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะช่วยบรรเทาสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่เนื่องจากการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทำได้ยากและมีภาระค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention Climate Change: UNFCCC) จึงกำหนดให้มีการจัดทำโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) ขึ้นเพื่อเป็นการสร้างความร่วมมือระหว่างประเทศที่พัฒนาแล้วกับประเทศที่กำลังพัฒนาในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยประเทศที่พัฒนาแล้วจะเข้ามาช่วยเหลือทางด้านการเงินและเทคโนโลยีให้แก่ประเทศที่กำลังพัฒนาผ่านทาง การซื้อขายคาร์บอนเครดิตซึ่งคิดมาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้จากการดำเนินโครงการของประเทศกำลังพัฒนา ดังนั้นการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) จึงสร้างแรงจูงใจให้กับประเทศกำลังพัฒนาโครงการ การจัดการก๊าซชีวภาพจากการบำบัดน้ำเสียเป็นกิจกรรมหนึ่งที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขของกลไกพัฒนาที่สะอาด แต่เนื่องจากการลงทุนเพื่อเปลี่ยนระบบบำบัดแบบเดิมที่เป็นระบบเปิดให้เป็นระบบปิดจะต้องใช้เงินลงทุนค่อนข้างสูงและจำเป็นต้องทำการคำนวณหาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จากการซื้อขายก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดลงได้กับมูลค่าการลงทุนหรือไม่

ในการศึกษานี้ได้เลือกศึกษาการกระบวนการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดน้ำเสียเป็นปริมาณมาก คือจากเอทานอล 1 ลิตรที่ผลิตได้จะมีน้ำเสียออกมาประมาณ 6-10 ลิตร นอกจากนี้ น้ำเสียยังมีค่า COD และ BOD ในปริมาณที่สูงกว่าน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอื่นมาก ดังนั้นน้ำเสียที่ได้จากโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลนี้จึงมีความเหมาะสมในการดำเนินโครงการก๊าซชีวภาพเพราะจะสามารถให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูง แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่ในโรงงานผลิตเอทานอล

จากกากน้ำตาลในประเทศไทยยังคงใช้ระบบบ่อเปิด (Open Pond) ซึ่งระบบนี้ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนออกมาเป็นปริมาณมาก นอกจากนี้ยังทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเป็นผลเสียต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ ทั้งยังต้องการพื้นที่ขนาดใหญ่ในการดำเนินระบบ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษากการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลโดยวิธี Expanded Granular Sludge Bed Reactor หรือ EGSB เป็นระบบที่ถูกพัฒนามาจากระบบ UASB เพื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate) ลดเวลากักเก็บของน้ำในการบำบัดและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการบำบัดมากยิ่งขึ้น เพื่อนำข้อมูลก๊าซมีเทนที่ได้จากระบวนการดังกล่าวมาประเมินความคุ้มค่าในการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบอีจีเอสบี (Expanded Granular Sludge Bed:EGSB)
2. เพื่อศึกษาปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบอีจีเอสบี (Expanded Granular Sludge Bed:EGSB)
3. ประเมินปริมาณของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงจากการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดในโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล
4. วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จากการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. พัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียแบบอีจีเอสบี (Expanded Granular Sludge Bed : EGSB) ที่ใช้ในการทดลองในระดับ pilot scale ให้มีความสามารถในการรับน้ำเสียจากระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลได้
2. หาศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทน (Biochemical Methane Potential : BMP) จากน้ำเสียที่นำมาบำบัด
3. หาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงได้จากการดำเนินโครงการ
4. คำนวณหาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จากการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

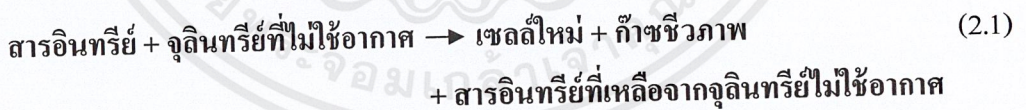
บทที่ 2

ทฤษฎี

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับใช้ในการทำปฏิญานิพนธ์ โดยจะกล่าวถึงทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียแบบอีจีเอสบี (Expanded Granular Sludge Bed Reactor : EGSB) ซึ่งใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในการทดลองหาตัวแปรประกอบการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงหลังจากการดำเนินโครงการ โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดเพื่อศึกษาแนวทางในการดำเนิน โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดจากการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล การประเมิน โครงการตามแนวทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการดำเนิน โครงการ

2.1 การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ [3]

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ หมายถึง ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาที่ใช้จุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศหลายกลุ่มทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่และสลับซับซ้อน เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน ซึ่งผลพลอยได้จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ คือ ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ซึ่งประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด โดยมีก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นองค์ประกอบหลักและก๊าซอื่น เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) จะมีปริมาณเล็กน้อย โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศสามารถแสดงได้ด้วยสมการที่ 2.1



โดยจุลินทรีย์ประเภทที่ไม่ใช้อากาศในการย่อยสลายจะใช้ออกซิเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบอันได้แก่ CO_2 , NO_3 , SO_4 , Fe_2O_3 , MnO_2 เป็นต้น ในการย่อยสลาย

กลไกพื้นฐานของกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ

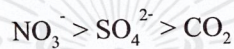
กลไกพื้นฐานของปฏิกิริยาในการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศเป็นปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิเดชัน-รีดักชัน (รีดอกซ์) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างสารให้และรับอิเล็กตรอน โดยสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะเป็นสารให้อิเล็กตรอน เนื่องจากมีพลังงานสูงและสารอื่นที่มีอยู่ในน้ำเสียจะเป็นสารรับอิเล็กตรอน เช่น ซัลเฟต (SO_4^{2-}) หรือไนเตรต (NO_3^-) หรือ

คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ออกได้เป็น 2 ปฏิกริยาหลักคือ

1. การหมัก (Fermentation) คือ ปฏิกริยารีดอกซ์ของสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในภาวะที่ไม่มีสารรับอิเล็กตรอนภายนอก

2. การหายใจ (Respiration) คือ ปฏิกริยารีดอกซ์ที่มีสารรับอิเล็กตรอนภายนอกเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย

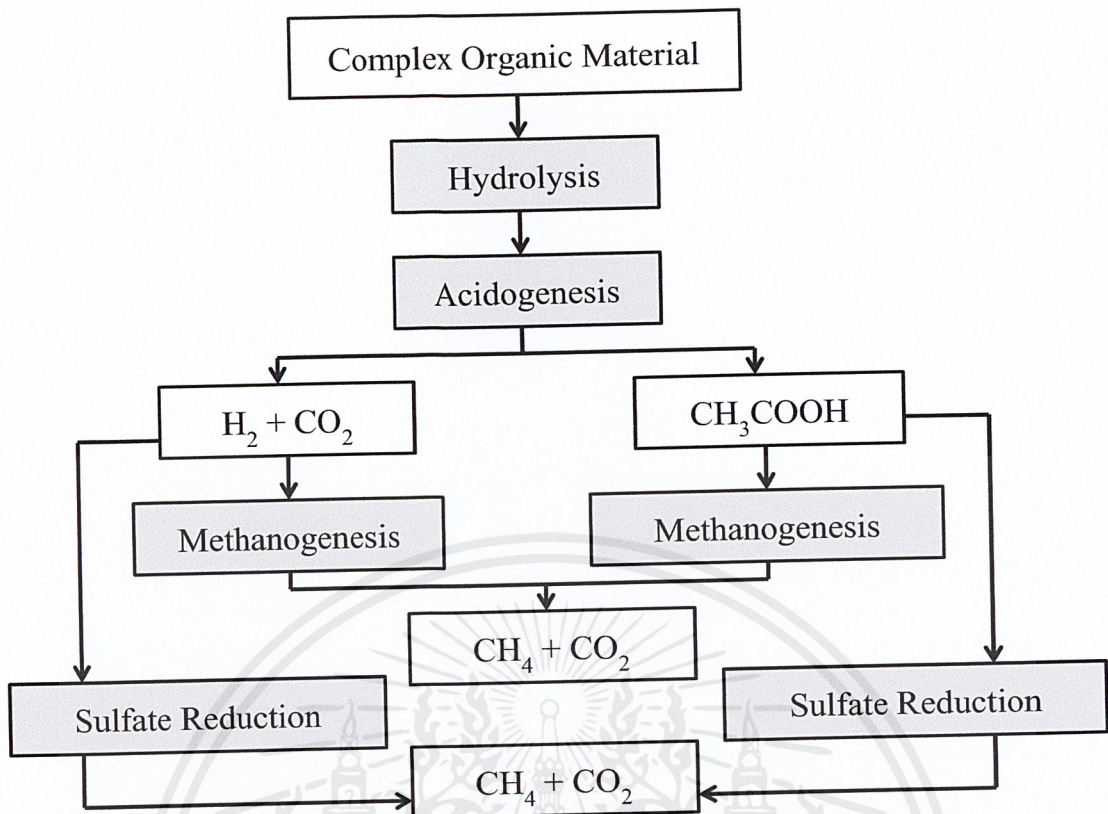
โดยการถ่ายเทอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาจะได้พลังงานเกิดขึ้นจำนวนหนึ่ง พลังงานที่เกิดขึ้นนี้ส่วนหนึ่งสูญเสียไปในรูปของพลังงานความร้อน อีกส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้การดำรงชีวิตและสร้างเซลล์ใหม่ ดังนั้นสารอินทรีย์จึงเป็นทั้งแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอนของจุลินทรีย์ ปัจจัยที่กำหนดว่าภายในระบบจะมีสารใดเป็นตัวรับอิเล็กตรอนนั้นจะพิจารณาจากพลังงานที่จุลินทรีย์จะได้รับจากการใช้สารรับอิเล็กตรอน เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้



ซึ่งส่งผลถึงปริมาณเซลล์จุลินทรีย์ที่จะเกิดขึ้นตามลำดับของพลังงานที่ได้รับ ดังนั้นจุลินทรีย์หลายชนิดที่อาศัยอยู่ร่วมกันและมีปฏิสัมพันธ์กันจึงทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ขึ้นและเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปอื่น เช่น กรดอินทรีย์ ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ ก๊าซซัลไฟด์ เป็นต้น โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพของน้ำเสีย ค่าพีเอช อุณหภูมิ ปริมาณธาตุอาหารและปริมาณสารอินทรีย์อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หากพิจารณาในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศโดยทั่วไปที่ผลิตก๊าซมีเทน จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในระบบ คือ จุลินทรีย์สร้างมีเทนและจุลินทรีย์สร้างกรดที่ทำงานร่วมกัน ได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นก๊าซมีเทน

2.1.1 กลไกการสร้างก๊าซมีเทน

สำหรับระบบการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศที่ไม่มีไนเตรทอยู่ด้วยจะมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ในระบบร่วมกัน 3 กลุ่ม ได้แก่ จุลินทรีย์สร้างกรด จุลินทรีย์สร้างมีเทน และจุลินทรีย์รีดิวซ์ซัลเฟต สาเหตุที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศมีจุลินทรีย์หลายกลุ่มอาศัยอยู่ร่วมกันเป็นเพราะจุลินทรีย์สร้างมีเทนและจุลินทรีย์รีดิวซ์ซัลเฟตใช้สารอาหารได้จำกัดชนิด ซึ่งมักเป็นสารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก ทำให้จุลินทรีย์สร้างกรดใช้สารอินทรีย์ได้ก่อนและเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นกรดอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ต่อจากนั้นจุลินทรีย์รีดิวซ์ซัลเฟตและจุลินทรีย์สร้างมีเทนจึงใช้กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นนั้นต่อไป สารอินทรีย์ที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศจะถูกย่อยสลายผ่านขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ

ซึ่งรายละเอียดของปฏิกิริยาในแต่ละขั้นตอนสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์สร้างกรดจะทำหน้าที่ย่อยสลายสาร โมเลกุลใหญ่ เช่น ไบโอมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ให้มีขนาดเล็กลง โดยการผลิตเอนไซม์ขึ้นภายในเซลล์และปล่อยเอนไซม์ออกมานอกเซลล์ เอนไซม์ที่ออกมาจะช่วยลดพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสารอินทรีย์และช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาให้เร็วขึ้น แต่เอนไซม์เป็นโปรตีนที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อปฏิกิริยาและตัวทำปฏิกิริยา ดังนั้นจุลินทรีย์ต้องสร้างเอนไซม์ที่ใช้ได้เฉพาะกับสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ขั้นตอนไฮโดรไลซิสนี้เป็นขั้นตอนที่ค่อนข้างช้าและเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราเร็วของปฏิกิริยา ความเร็วของปฏิกิริยาจะขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาเคมี ความเข้มข้นเอนไซม์ อุณหภูมิ พีเอช พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเอนไซม์กับสารอินทรีย์ เป็นต้น

2) การสร้างกรด (Acidogenesis)

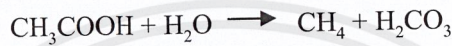
หลังจากขั้นตอนไฮโดรไลซิส สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่จะถูกย่อยให้เล็กลงกลายเป็นสารประกอบอินทรีย์โมเลกุลเล็กและถูกจุลินทรีย์สร้างกรดขนส่งเข้าสู่เซลล์แล้วจะถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน โดยผ่านกระบวนการหมักภายในเซลล์เปลี่ยนสารอินทรีย์ที่

เข้าสู่เซลล์ให้เป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย การบ่อนอะตอมไม่เกิน 5 ตัว เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก เป็นต้นกระบวนการหมักภายในเซลล์ที่สำคัญมากสำหรับสิ่งมีชีวิต คือ การหมักกลูโคส ดังสมการ



3) การสร้างมีเทน (Methanogenesis)

กรดอะซิติกและไฮโดรเจนจะถูกจุลินทรีย์ใช้สร้างก๊าซมีเทนภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจนอย่างเด็ดขาด กรดอินทรีย์ระเหยที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอม ไม่สามารถถูกเปลี่ยนเป็นมีเทนได้โดยตรง จุลินทรีย์จะต้องเปลี่ยนกรดอินทรีย์ระเหยต่างๆ ให้เป็นกรดอะซิติกหรือไฮโดรเจนเสียก่อน จึงจะใช้ผลิตมีเทนได้ ดังปฏิกิริยา



4) ซัลเฟตรีดักชัน

ในการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนของน้ำเสียที่มี SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $S_2O_3^{2-}$ หรือสารประกอบซัลเฟอร์ที่อยู่ในรูปออกซิไดซ์ เป็นกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจนแบบเด็ดขาดที่อาศัยจุลินทรีย์รีดิวซิงซัลเฟต (SRB) ทำหน้าที่ย่อยสลายไฮโดรเจนหรือสารประกอบอะซิเตต หรือสารอินทรีย์อื่นปฏิกิริยาเป็นดังนี้



การเกิดปฏิกิริยาซัลเฟตรีดักชันและสร้างซัลไฟด์ก่อให้เกิดปัญหาทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดอินทรีย์ลดลง บางส่วนของซัลไฟด์กลายเป็น H_2S ในก๊าซชีวภาพสร้างกลิ่นเหม็นและมลพิษทางอากาศ อย่างไรก็ตามการเกิดซัลเฟตรีดักชันไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์รีดิวซิงซัลเฟตสามารถปรับตัวให้ชินกับโมลิบดีนัมได้ นอกจากนี้ยังพบว่าโมลิบดีนัมเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์สร้างมีเทน วิธีที่ดีที่สุดคือให้ซัลเฟตรีดักชันเกิดขึ้นน้อยที่สุด

2.1.2 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน[3]

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ จุลินทรีย์สร้างกรด จุลินทรีย์สร้างมีเทน และจุลินทรีย์รีดิวซิงซัลเฟต

1) จุลินทรีย์สร้างกรดไขมันระเหย (Acidogenic Bacteria)

ในขั้นตอนการสร้างกรดไขมันระเหยของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน จุลินทรีย์สร้างกรดไขมันระเหยสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงพีเอช 4.0-6.5 ทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมได้ดี มีอัตราการเจริญเติบโตสูง กรดจะถูกผลิตขึ้นโดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะมีปฏิกิริยาเมตาบอลิซึมหลายประเภทจึงสามารถใช้สารอาหารทั้งที่เป็นพวกแป้ง

หรือโปรตีนได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยามีหลากหลายชนิด เช่น กรดบิวทิริก กรดอะซิติก ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจน เอทานอล บิวทานอล อะซีโตน เป็นต้น

2) จุลินทรีย์สร้างกรดอะซิติก (Acetogenic Bacteria)

เมื่อจุลินทรีย์สร้างกรดไขมันระเหยเมื่อเกิดปฏิกิริยามตามอลิซิมได้ผลิตภัณฑ์ออกมาหลายชนิด ซึ่งบางชนิดจัดเป็นสาร โมเลกุลใหญ่ที่จุลินทรีย์สร้างมีเทนไม่สามารถนำไปใช้เป็นสารอาหารได้ ดังนั้นจึงต้องมีการเปลี่ยนสารเหล่านั้นให้กลายเป็นสารอาหารอย่างง่ายสำหรับจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทน ซึ่งจุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถเปลี่ยนกรดไขมันระเหยโมเลกุลใหญ่ให้กลายเป็นกรดอะซิติก ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ นอกจากนี้จุลินทรีย์ชนิดนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวเชื่อมระหว่างจุลินทรีย์สร้างกรดกับจุลินทรีย์สร้างมีเทน อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ชนิดนี้จะเจริญเติบโตได้ไม่ดีเมื่ออยู่ตามลำพัง ทำให้ปฏิกิริยาสร้างกรดอะซิติกไม่เกิดขึ้น

3) จุลินทรีย์สร้างมีเทน

ในขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน จุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทนจะเป็นจุลินทรีย์ประเภทไม่ใช้อากาศ ค่าพีเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7.0-7.8 ทำให้มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมได้น้อยจึงเจริญเติบโตช้าและเลือกชนิดของอาหาร จะเห็นได้ว่าการอยู่ร่วมกันระหว่างจุลินทรีย์สร้างกรดอะซิติกและจุลินทรีย์สร้างมีเทนให้ประโยชน์ซึ่งกันและกัน นั่นคือ จุลินทรีย์สร้าง กรดอะซิติก จะสร้างอาหารให้แก่จุลินทรีย์ที่สร้างมีเทนและจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทนจะช่วยทำลาย ก๊าซไฮโดรเจน ให้กับจุลินทรีย์ที่สร้างกรด

4) จุลินทรีย์รีดิวซ์ซัลเฟต

จุลินทรีย์รีดิวซ์ซัลเฟตเป็นจุลินทรีย์ไม่ใช้ออกซิเจน ต้องการสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโตดำรงชีพและเจริญเติบโตโดยได้รับพลังงานจากปฏิกิริยาทางเคมีในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนและสารให้อิเล็กตรอน เช่น กรดไขมันระเหยหรือแอลกอฮอล์ ลักษณะเด่นของจุลินทรีย์ชนิดนี้คือ การใช้สารประกอบอนินทรีย์ของซัลเฟอร์บางชนิดเช่น ซัลเฟต,ซัลไฟด์หรือไฮโอซัลเฟต เป็นสารรับอิเล็กตรอนในการย่อยสลายสารอาหารแล้วเปลี่ยนสารประกอบซัลเฟตนั้นให้อยู่ในรูปซัลไฟด์แทน ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญคือ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศเช่นเดียวกับขั้นตอนการสร้างมีเทน

2.1.3 ประเภทของระบบการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ[3]

ในการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศมีวิธีและความยากง่ายแตกต่างกัน โดยระบบที่มีอยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายประเภท โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) Anaerobic Pond (บ่อหมักไร้อากาศ)

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีบ่อหมักไร้อากาศมักจะใช้กับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เข้มข้นสูง เพราะน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูงไม่เหมาะกับระบบเดิมอากาศ แต่สามารถนำมาบำบัดในระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อหมักไร้อากาศส่วนใหญ่จะเป็นบ่อดินเปิด แคมและลิก เพื่อรักษาอุณหภูมิและป้องกันออกซิเจน ในอากาศไม่ให้ลงไปรบกวนการทำงานของจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจน บ่อหมักไร้อากาศจึงง่ายต่อการออกแบบและควบคุม ราคาถูกซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม แต่ข้อเสียที่เกิดขึ้นคือ มีกลิ่นเหม็นรบกวนและใช้พื้นที่มาก

2) Anaerobic Covered Lagoons (บ่อไร้อากาศแบบคลุมบ่อ)

เป็นบ่อหมักแบบไร้อากาศที่ใช้สำหรับหมักย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่อยู่ในรูปของตะกอนแขวนลอยและสารละลาย โดยอาศัยจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ไม่ต้องการออกซิเจนหรืออากาศ (Anaerobic Bacteria) ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ เริ่มจากการที่สารอินทรีย์ที่มีขนาดของโมเลกุลใหญ่จะถูกย่อยสลายให้เป็นโมเลกุลเล็กลงภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน ในการย่อยสลายดังกล่าวจะเกิดกรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acids : VFA) โดยจุลินทรีย์ในกลุ่มสร้างกรด (Acid Formers Bacteria) และ VFA ที่เกิดขึ้นจะถูกจุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทน (Methanogenic Bacteria) นำไปใช้และผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นก๊าซมีเทน (Methane; CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide : CO_2) เป็นหลัก โดยก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บไว้ด้านบนของบ่อหมักซึ่งคลุมปิดด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด High Density Polyethylene (HDPE) เพื่อรอกการนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานทดแทนต่อไป โดยเป็นระบบที่ไม่มีกรวตตะกอนของสารอินทรีย์ (sludge) และไม่ปรับอุณหภูมิให้แก่ระบบ ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นภายในระบบจึงใช้เวลานานและเกิดการบำบัดไม่ทั่วถึง มีอัตราการย่อยสลายต่ำ (Low Rate Digester)

3) Anaerobic Filter (AF)

เป็นระบบที่บรรจุตัวกลางเพื่อให้จุลินทรีย์เติบโตอยู่ติดกับตัวกลาง (Supported Growth) ในถังปฏิกริยา เนื่องจากจุลินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศไม่สามารถตกตะกอนได้ดี และอาจหลุดออกไปกับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วในสภาพไร้ออกซิเจน ตัวกลางทำได้จากวัสดุหลายชนิด เช่น ก้อนหิน กรวด พลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ ไม้ไผ่ตัดเป็นท่อน เป็นต้น ทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนบนตัวกลางที่ถูกตรึงอยู่กับที่และก๊าซจะถูกเก็บอยู่ภายในพลาสติกที่คลุมอยู่ อย่างไรก็ตาม ระบบนี้จำเป็นต้องกระจายน้ำเสียให้ไหลเข้าอย่างสม่ำเสมอและต้องระมัดระวังในการเกิดการอุดตันของแข็งที่ปะปนมาในน้ำเสีย

4) Anaerobic baffled Reactor (ABR)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีลักษณะเป็นถังที่มีแผ่นกั้นขวางหลายแผ่นติดตั้งไว้ในถังยาว การไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบจะเป็นในลักษณะไหลขึ้นไหลลง (หรือซ้ายขวา) สลับกันไปหลายครั้ง เมื่อน้ำเสียไหลไปตามช่องทางที่ออกแบบไว้ภายในบ่อ สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะสัมผัสกับจุลินทรีย์ระหว่างการเดินทางภายในบ่อ จนความสกปรกตกลงตามลำดับก่อนจะออกจากระบบ จึงทำให้ระบบมีพื้นที่ผิวน้ำมากทำให้จุลินทรีย์มีพื้นที่ตกตะกอนสูงกว่าระบบอื่นๆ การแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำจึงสามารถทำได้โดยไม่ต้องมีการใช้อุปกรณ์แยกตะกอนอื่นๆ ก๊าซสามารถ

แยกตัวออกจากน้ำได้ดีและง่ายเช่นกัน ลักษณะดังกล่าวทำให้การเก็บกักเซลล์ที่เกิดขึ้นได้ดี จึงมีมวลจุลินทรีย์สะสมอยู่ในระบบเป็นจำนวนมาก การบำบัดน้ำเสียจึงสามารถเกิดขึ้นได้ด้วยอัตราสูง

5) Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

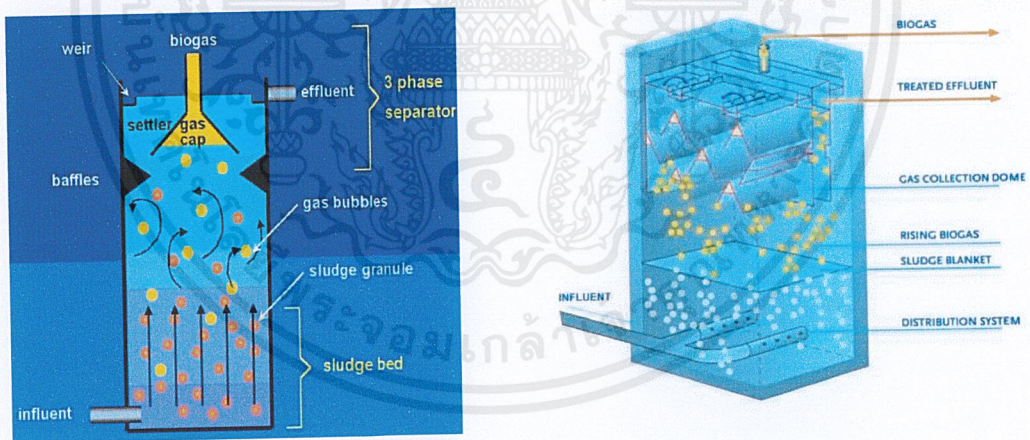
เป็นระบบที่ใช้ตะกอนของสารอินทรีย์ (sludge) เคลื่อนไหวภายในถังปฏิกริยาโดยไม่ใช้ตัวกลาง แต่จะถูกเลี้ยงให้จับตัวกันเป็นเม็ดขนาดใหญ่ พร้อมทั้งควบคุมความเร็วของน้ำเสียให้ไหลเข้าถังปฏิกริยาจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน โดยตะกอนส่วนที่เบาจะลอยตัวออกไปพร้อมกับน้ำเสียที่ไหลออกทางด้านบนของถังปฏิกริยา ซึ่งมีอุปกรณ์ทำหน้าที่แยกเม็ดตะกอนขนาดเล็กและก๊าซชีวภาพออกจากน้ำคืดตั้งอยู่เรียกว่า GSS (Gas Solids Separator) ซึ่งพบว่าระบบ UASB สามารถรับภาระสารอินทรีย์ได้สูงกว่าระบบไม่ใช้อากาศแบบอื่นๆ และสามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีคุณภาพสูงได้ เนื่องจากสามารถป้องกันมิให้จุลินทรีย์หลุดออกจากระบบได้

6) Expanded Granular Sludge Bed (EGSB)[4]

ระบบ EGSB เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีแนวคิดเช่นเดียวกับระบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Treatment) ซึ่งระบบ UASB เป็นระบบบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจน ลักษณะทั่วไปของถังปฏิกริยาเป็นถังรูปทรงกระบอกหรือรูปทรงสี่เหลี่ยมแบ่งออกเป็นสองส่วนแสดงตามรูปที่ 2.2 ส่วนแรกเป็นถังหมักอยู่ส่วนล่างของถังปฏิกริยา ส่วนที่สองเป็นส่วนตกตะกอนและแยกก๊าซออกจากน้ำเสีย (Gas - Solid Separator, GSS) ประกอบขึ้นด้วยระบบแผ่นกั้น (Baffle System) ซึ่งเอียงทำมุมประมาณ 50 องศาอยู่ส่วนบนของถังปฏิกริยาทำหน้าที่แยกของเหลว ก๊าซ และตะกอนจุลินทรีย์ออกจากกัน การทำงานของระบบมีลักษณะดังนี้ น้ำเสียไหลเข้าสู่ส่วนล่างของถังปฏิกริยาและสัมผัสกับชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง โดยเรียกชั้นตะกอนจุลินทรีย์นี้ว่า ชั้นตะกอนล่าง (Sludge Bed) จุลินทรีย์ที่อยู่ชั้นตะกอนล่างจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียทำให้เกิดเซลล์ของจุลินทรีย์และก๊าซต่าง ๆ ก๊าซที่เกิดขึ้นจะเกาะอยู่ตามผิวของตะกอนจุลินทรีย์ ความเร็วของน้ำเสียและฟองก๊าซที่ไหลขึ้นในถังปฏิกริยาจะพาเอาน้ำเสียไหลขึ้นสู่ด้านบน ทำให้มีการสัมผัสกันระหว่างน้ำเสียกับชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่แขวนลอยที่อยู่ด้านบนซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นต่ำกว่าชั้นตะกอนล่าง เรียกชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่แขวนลอยนี้ว่า ชั้นตะกอนลอย (Sludge Blanket) ระหว่างที่น้ำเสียไหลขึ้นสู่ส่วนที่ทำหน้าที่ตกตะกอน สารอินทรีย์ยังคงถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในชั้นตะกอนลอย การลอยขึ้นของตะกอนจุลินทรีย์ที่มีก๊าซเกาะจะกระทบกับระบบแผ่นกั้นซึ่งจะแยกตะกอนจุลินทรีย์ให้ตกตะกอนกลับสู่ด้านล่างอีกครั้ง คือ เมื่อน้ำเสียตะกอนจุลินทรีย์ และก๊าซไหลสู่ส่วนตกตะกอนจะกระทบกับ Gas Cap ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ก๊าซไหลขึ้นไปตาม Settler โดยก๊าซที่ถูกแยกออกจากน้ำเสียและตะกอนจุลินทรีย์จะลอยขึ้นสู่ส่วนที่เก็บก๊าซ ส่วนน้ำเสียจะไหลออกจากถังปฏิกริยาไป และตะกอนจุลินทรีย์จะตกลงมาแล้วจมตัวลงสู่ส่วนที่เป็นถังปฏิกริยาอีกครั้งหนึ่ง โดยอาศัยแรงโน้มถ่วง ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยาหลุดออกไปกับน้ำที่ระบายออกน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีค่าซีโอดีสูงนั้น ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศมักถูกเลือกใช้สำหรับการบำบัดเบื้องต้นเพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้ลดลงก่อนจะบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ ซึ่งวิธีการเช่นนี้เป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย และได้คุณภาพน้ำทิ้งได้ตามมาตรฐานน้ำเสียที่กำหนด โดยทั่วไประบบการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศควรมีค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 100 – 300 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศค่าบีโอดีจะลดลงเหลือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ในอดีตการเลือกใช้ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากศนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อการลดค่าบีโอดีและซีโอดีเป็นหลักและเป็นระบบที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ทำให้ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศที่นิยมใช้ได้แก่ ระบบบ่อหมักไร้อากาศ (anaerobic pond) แต่จะใช้พื้นที่มาก มีกลิ่นเหม็นรบกวนและก๊าซชีวภาพไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศในอัตราสูงขึ้น เช่น ระบบยูเอเอสบี (UASB reactor) ทำให้ระบบมีขนาดเล็กลงและไม่มีกลิ่นเหม็นรบกวน นอกจากนี้ ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นยังสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ เมื่อมีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งมากพอเพื่อการผลิตพลังงานทดแทนในรูปของก๊าซชีวภาพโดยทั่วไป แต่เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ EGSB มีการดำเนินระบบที่คล้ายคลึงกันและสามารถรองรับภาระบรรจุสารอินทรีย์ได้มากกว่า ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียแบบ EGSB จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้



รูปที่ 2.2 ลักษณะของระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ EGSB (Expanded Granular Sludge Bed Reactor)

ระบบ UASB นี้ได้ถูกพัฒนาต่อมาเป็นระบบ EGSB (Expanded Granular Sludge Bed Reactor) เพื่อเพิ่มภาระบรรจุสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate) และลด HRT ในการบำบัด โดยเพิ่มความเร็วในการป้อนน้ำเสียให้สูงขึ้น (เพิ่มอัตราการวนกลับน้ำเสีย) ระบบนี้สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีสารพิษหรือสารแขวนลอยสูงได้ดี เนื่องจากการกวนผสมในถังปฏิกรณ์ที่ดีนั่นเอง และด้วยความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงๆได้ รวมทั้งสามารถรับภาระการ

เปลี่ยนแปลงของน้ำเสียได้เป็นอย่างดี จากการรวมตัวของจุลินทรีย์ในปริมาณมากทำให้ตะกอนเม็ดจมน้ำและสะสมในระบบผลิตก๊าซชีวภาพได้มาก

ระบบ EGSB จะมีการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของตะกอนจุลินทรีย์กับน้ำเสียให้มากขึ้น ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น ปรับปรุงให้มีการกระจายน้ำเข้าให้ดีขึ้น เพิ่มความเร็วน้ำไหลขึ้นเพื่อเพิ่มโอกาสในการที่ตะกอนสัมผัสกับน้ำเสีย โดยความเร็วน้ำไหลขึ้นมีค่าอยู่ในช่วง 5-15 ม./ชม. การที่ตะกอนสามารถสัมผัสกับน้ำเสียได้มากขึ้น ทำให้ระบบสามารถรับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้สูงถึง 30 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน นอกจากนี้อัตราการไหลของน้ำที่สูงส่งผลให้ชั้นตะกอนเกิดความปั่นป่วนและฟุ้งกระจายมาก ทำให้ไม่เกิดการอัดตัวของชั้นตะกอน ลดบริเวณที่จะไม่ได้สารอาหาร (Dead Zone) และการที่เพิ่มความเร็วน้ำไหลขึ้นต้องใช้น้ำเสียจำนวนมาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการหมุนเวียนน้ำที่ผ่านการบำบัดบางส่วนกลับเข้ามาสู่ระบบ ซึ่งช่วยเจือจางน้ำเสียที่เข้าระบบ และลดความเป็นพิษของสารที่เข้าสู่ระบบ ได้อีกด้วย

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อดีข้อจำกัดของระบบก๊าซชีวภาพแบบ Expanded Granular Sludge Bed Reactor

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ul style="list-style-type: none"> • รับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้สูง • ไม่มีปัญหาการอุดตัน (Clogging) ของถังปฏิกรณ์ เนื่องจากจุลินทรีย์จะรวมกันเป็นเม็ดที่แน่นและตกตะกอนได้ดี • สามารถหยุดระบบได้ทันทีที่ต้องการ และพร้อมจะทำงานต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพดังเดิม ในเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ 	<ul style="list-style-type: none"> • น้ำเสียป้อนเข้าระบบควรมีสารแขวนลอยต่ำ • การสร้างเม็ดตะกอนทำได้ยาก เนื่องจากต้องเลี้ยงจุลินทรีย์ให้จับตัวเป็นเม็ด มิฉะนั้นจะด้อยประสิทธิภาพ • ต้องการระบบป้อนน้ำเสียและ GSS ที่มีประสิทธิภาพสูง • ควบคุมดูแลยาก เนื่องจากต้องพยายามรักษาตะกอนของจุลินทรีย์ในระบบให้เหมาะสมและควบคุมการล้างออก (Wash Out) คือเป็นสถานะที่ตะกอนเบาหลุดออกจากระบบอย่าง • ต้องการอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมเพื่อช่วยในการกวน • ต้องใช้เวลาในการเดินระบบ (Start-Up) ก่อนใช้งาน

2.2 โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด [1-2],[5-8]

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดต่างๆของโครงการกลไกพัฒนาที่สะอาด ประกอบด้วย ความเป็นมาของโครงการ ประเภทของโครงการ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินโครงการ ขั้นตอนการดำเนินโครงการ โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดของประเทศไทย ผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ วิธีการที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ หลังจากการดำเนินโครงการ

2.2.1 ความเป็นมาของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด [2]

จากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการดำรงชีวิตของประชากรโลก ทั้งจากภาคคมนาคมขนส่ง ภาคอุตสาหกรรม และภาคเกษตรกรรม ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน(Global warming) ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพของมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม จากสถานการณ์และผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะโลกร้อนดังกล่าวจึงกลายเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้นานาประเทศหันมาร่วมกันป้องกันและแก้ไข พร้อมทั้งเสริมสร้างศักยภาพในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น โดยได้มีการจัดตั้งอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention On Climate Change : UNFCCC) และให้สัตยาบันร่วมกันลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยร่วมกันจัดตั้งพิธีสารเกียวโต (Kyoto protocol) ขึ้นมาเพื่อให้เป็นข้อผูกพันทางกฎหมาย โดยแบ่งประเทศภาคีสมาชิกประกอบด้วยกลุ่มประเทศต่างๆ 3 ประเภทคือ

1) Annex I หมายถึงกลุ่มประเทศพัฒนาแล้วในกลุ่ม Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) และประเทศในกลุ่มยุโรปกลาง ยุโรปตะวันออก และรัสเซีย ที่เรียกว่า “กลุ่มประเทศกำลังเปลี่ยนแปลง โครงสร้างเศรษฐกิจเป็นระบบตลาดเสรี” หรือ EIT (Economic in Transition)

2) Annex II หมายถึง กลุ่มประเทศ OECD ที่เป็นสมาชิกใน Annex I มีพันธะพิเศษในการกระจ่ายเงินทุนเพื่อช่วยประเทศที่กำลังพัฒนาในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีและวิธีการปฏิบัติ

3) Non-Annex I หมายถึงกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาทั้งหมด

โดยพิธีสารเกียวโตได้กำหนดพันธกิจให้ต้องลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 5% ให้ได้ภายในปี ค.ศ. 2012 จากปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้ในปีค.ศ. 1990 ส่วนประเทศที่นอกกลุ่ม Annex I ซึ่งเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาจะไม่มีผลบังคับ

การลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศในกลุ่มประเทศพัฒนาแล้ว (Annex I) ให้เป็นไปตามพันธกิจภายใต้พิธีสารเกียวโตเป็นไปค่อนข้างลำบาก เนื่องจากต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง

ดังนั้นเพื่อให้สามารถบรรลุตามเป้าหมายคณะกรรมการสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ(UNFCCC) จึงได้กำหนดกลไกที่ยืดหยุ่น (Flexibility Mechanism) ไว้ 3 กลไกคือ

1) การดำเนินการร่วมกัน (Joint Implementation : JI)

เป็นกลไกที่เปิดโอกาสให้ประเทศในกลุ่มประเทศพัฒนาแล้ว (Annex I) ร่วมกันดำเนินโครงการต่างๆ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมจากมาตรการที่มีอยู่แล้วในการดำเนินธุรกิจตามปกติ โดยผู้ดำเนินโครงการจะได้รับ Emission Reduction Unit (ERU) สำหรับก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้และผ่านการตรวจวัดแล้ว

2) การซื้อขายก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading : ET)

เป็นกลไกที่เป็นการซื้อขายใบอนุญาตในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ประเทศในกลุ่มประเทศพัฒนาแล้ว (Annex I) ได้รับ โดยใบอนุญาตนี้เรียกว่า Assigned Amount Unit (AAU)

3) กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism : CDM)

เป็นกลไกที่ดำเนินการร่วมกันระหว่างประเทศในกลุ่มประเทศพัฒนาแล้ว (Annex I) และประเทศในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา (Non-Annex I) เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยประเทศในกลุ่มกำลังพัฒนา (Non-Annex I) จะดำเนินโครงการที่เป็นไปเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เมื่อโครงการได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เรียกว่า CDM Executive Board (CDM EB) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้เรียกว่า คาร์บอนเครดิตหรือ Certified Emission Reductions (CERs) จะสามารถนำไปขายให้กับประเทศในกลุ่มประเทศพัฒนาแล้ว (Annex I) เพื่อให้บรรลุพันธกรณีตามพิธีสารเกียวโต

จากกลไกยืดหยุ่นทั้งสามข้อที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับกลไกที่ 3 การดำเนินการภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism : CDM) เป็นเพียงกลไกเดียวภายใต้พิธีสารเกียวโตที่ให้ประเทศในกลุ่มกำลังพัฒนา(Non-Annex I) ในการทำโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดจะสามารถนำเงินทุนที่ได้จากการขายคาร์บอนเครดิตหรือ Certified Emission Reductions (CERs) ไปพัฒนาโครงการก่อให้เกิดผลตอบแทนที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และช่วยให้เกิดการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

เงื่อนไขสำหรับยื่นข้อเสนอในการดำเนินการโครงการ CDM ผู้ดำเนินการต้องพิสูจน์ว่าโครงการมีคุณสมบัติเหมาะสมตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ นอกจากนั้นแล้วกิจกรรมในโครงการต้องมีส่วนช่วยประเทศกำลังพัฒนาในการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งเงื่อนไขในการดำเนินการ มีดังนี้

- ต้องเป็นโครงการที่เกิดขึ้นโดยความสมัครใจ

- ประเทศที่ร่วมโครงการจะต้องให้สัตยาบันต่อพิธีสารเกียวโต และต้องจัดตั้งองค์กรกำกับดูแลการดำเนินงานตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Designated National Authority : DNA) และต้องมีการสอบถามความคิดเห็นจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการ และต้องดำเนินการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โครงการที่ดำเนินการจะต้องมีส่วนช่วยในการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศเจ้าบ้านหากมีเงินช่วยเหลือโครงการจากประเทศในกลุ่มประเทศ Annex I จะต้องไม่ใช่เงินช่วยเหลือเพื่อการพัฒนาอย่างเป็นทางการ

- การลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ต้องเป็นการดำเนินโครงการเพิ่มเติมจากการดำเนินงานตามปกติ และต้องมีความโปร่งใส มีความรับผิดชอบ มีประสิทธิภาพ สามารถตรวจสอบและพิสูจน์ได้อย่างอิสระ

2.2.2 ประเภทของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด [2],[6]

ในการดำเนินการภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาดได้มีการแบ่งประเภทของโครงการไว้ 3 ประเภทคือ

1) โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดทั่วไป

โครงการที่จัดอยู่ในประเภทโครงการพัฒนาที่สะอาดทั่วไปมีทั้งหมด 15 โครงการดังรายละเอียดในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ประเภทของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดทั่วไป

ประเภทโครงการ	ลักษณะ/ ตัวอย่างโครงการ
1.อุตสาหกรรมด้านพลังงาน (Energy Industries)	การใช้พลังงานทดแทนและการเปลี่ยนเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้า
2.อุตสาหกรรมจำหน่ายพลังงาน (Energy distribution)	การเพิ่มประสิทธิภาพระบบสายส่งไฟฟ้าและระบบการกระจายความร้อน(district heating)
3.การใช้พลังงาน (Energy demand)	การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน ใอน้ำ การลดการใช้พลังงานในการส่งน้ำใช้ตามท่อ
4.อุตสาหกรรมการผลิต (Manufacturing industries)	การใช้พลังงานทดแทนในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่นการนำลมร้อนทิ้งจากกระบวนการผลิตปูนเม็ดมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้า
5.อุตสาหกรรมเคมี (Chemical industries)	การลดการปล่อย N ₂ O จากอุตสาหกรรมเคมี
6.การก่อสร้าง(Construction)	โครงการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม/อุปกรณ์ก่อสร้าง
7.การขนส่ง(Transportation)	การพัฒนาและปรับปรุงระบบคมนาคม
8.การทำเหมืองแร่และการถลุงแร่ (Mining/mineral production)	การกักเก็บและการนำก๊าซ CH ₄ จากการทำเหมืองถ่านหินมาใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ประเภทของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดทั่วไป (ต่อ)

ประเภทโครงการ	ลักษณะ/ ตัวอย่างโครงการ
9.การผลิตโลหะ (Metal production)	การลดสาร PFC จากกระบวนการผลิตอลูมิเนียม
10.การรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิง(Fugitive emissions from fuels)	การกักเก็บก๊าซจากหลุมขุดเจาะน้ำมัน การลดการรั่วซึมของระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติ รวมถึงการนำก๊าซเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและขุดเจาะน้ำมันกลับมาใช้ประโยชน์
11.การรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตและการใช้ Halocarbons และ Sulphur Hexafluoride (Fugitive emissions from product and consumption halocarbons and sulphur hexafluoride)	การกักเก็บและการทำลายสารประเภท HFC23
12.การใช้สารละลาย (Solvent use)	โครงการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมสารละลาย
13.การจัดการของเสีย (Waste handling and disposal)	การปรับปรุงวิธีการจัดการของเสียต่างๆ เช่น การเก็บกักและนำก๊าซจากบ่อกักขยะมาใช้ประโยชน์
14.การปลูกป่าและการฟื้นฟูป่า(Afforestation and reforestation)	การปลูกป่าและการฟื้นฟูป่าในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม
15.การเกษตร(Agriculture)	การจัดการมูลสัตว์จากฟาร์มปศุสัตว์

2) โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดขนาดเล็ก

โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดขนาดเล็กเป็นโครงการที่มีขอบข่ายการดำเนินงานโครงการที่มีขนาดเล็กกว่าโครงการประเภทโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดทั่วไป เพื่อที่จะลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและลดระยะเวลาในการดำเนินโครงการเนื่องจากมีวิธีในการดำเนินงานที่ง่ายไม่ซับซ้อน โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดขนาดเล็กสามารถแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะกิจกรรมได้แก่

1. โครงการพลังงานหมุนเวียน ที่มีกำลังการผลิตสูงสุดไม่เกิน 15 MW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่สามารถลดการใช้พลังงานได้ไม่เกิน 60 GWh ต่อปี

3. โครงการอื่นๆที่สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยที่โครงการดังกล่าวมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่เกิน 60,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

4. โครงการปลูกป่าและการฟื้นฟูสภาพป่าขนาดเล็ก ที่มีการดูดซับก๊าซเรือนกระจกไม่เกิน 16,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หากมีการดูดซับเกินกว่านี้ส่วนเกินจะไม่ถูกนำมาคิดเป็นคาร์บอนเครดิต

การดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดขนาดเล็กจะมีข้อได้เปรียบดังต่อไปนี้

- เอกสารที่ใช้ในโครงการสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว
- วิธีการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงและวิธีในการติดตามตรวจสอบง่ายขึ้น
- สามารถรวบรวมโครงการหลายๆโครงการเข้าด้วยกันได้
- ได้รับการผ่อนปรนเรื่องการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม
- สามารถใช้หน่วยงานปฏิบัติการรายเดียวกันในการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ (Validation) และการยืนยันการลดก๊าซเรือนกระจก (Verification)

3) โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดด้านป่าไม้

ในโครงการนี้จะจำกัดเฉพาะการปลูกป่า (Afforestation) และการฟื้นฟูป่า (Reforestation) ซึ่งป่าต้องมีพื้นที่ขั้นต่ำ 0.05-1.0 เฮกเตอร์ (500-1,000 ตารางเมตร) ในพื้นที่ต้องมีต้นไม้ปกคลุมมากกว่าร้อยละ 10-30 และต้นไม้ต้องมีศักยภาพที่จะเติบโตโดยมีความสูงไม่น้อยกว่า 2-5 เมตร

2.2.3 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด [6]

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดประกอบด้วย 3 หน่วยงานดังนี้

1. คณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM Executive Board: CDM EB)

คณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด เป็นคณะกรรมการที่แต่งตั้งขึ้นโดยที่ประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยผู้ที่ได้รับการแต่งตั้งจะมาจากผู้แทนจากภูมิภาคต่างๆ ซึ่งคณะกรรมการประกอบด้วยสมาชิกจำนวน 10 คน โดยประธานคณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาดมาจากประเทศนอก ภาคผนวกที่ I รองประธานมาจากประเทศในภาคผนวกที่ I และสมาชิกซึ่งเป็นผู้แทนจากภูมิภาคต่างๆ 5 ภูมิภาคตามการแบ่งขององค์การสหประชาชาติภูมิภาคละ 1 คน (ภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก ภูมิภาคแอฟริกา ภูมิภาคละตินอเมริกาและเขตทะเลแคริบเบียน ภูมิภาคยุโรปกลางและตะวันออก และภูมิภาคยุโรปตะวันตกและกลุ่มอื่นๆ) สมาชิกจากกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาที่เป็นเกาะขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จำนวน 1 คน สมาชิกจากประเทศในภาคผนวกที่ I จำนวน 2 คน และสมาชิกจากประเทศนอกภาคผนวกที่ I อีก 2 คน คณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาดมีอำนาจหน้าที่ในการพิจารณาและอนุมัติโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดและให้การรับรองปริมาณการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Certified Emission Reductions: CDM) หรือคาร์บอนเครดิต นอกจากนี้ คณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาดยังมีหน้าที่ในการบริหารจัดการเก็บค่าธรรมเนียมและบริหารกองทุนเพื่อการปรับตัวรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Adaptation Fund) จัดเก็บข้อมูลปริมาณคาร์บอนเครดิตของประเทศกำลังพัฒนาที่เข้าร่วม โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด รวมทั้งตรวจสอบ แต่งตั้งและเพิกถอน Designated Operational Entities (DOE) ตลอดจนตรวจรับและพิจารณาวิธีที่ใช้คำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดอีกด้วย

2. หน่วยงานกลางที่ทำหน้าที่ประสานการดำเนินงานตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Designed National Authority: DNA)

ประเทศนอกภาคผนวกที่ I หรือประเทศกำลังพัฒนาที่ประสงค์จะเข้าร่วมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดนั้นจะต้องแต่งตั้งหน่วยงานกลางที่ทำหน้าที่ประสานการดำเนินงานตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดขึ้นในประเทศของตน เพื่อเป็นศูนย์กลางการประสานงานระหว่างการพิจารณาและการอนุมัติโครงการของประเทศ โดยมีหน้าที่พิจารณาให้การเห็นชอบโครงการที่ประสงค์จะเข้าร่วมกลไกการพัฒนาที่สะอาดว่ามีส่วนช่วยในการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศหรือไม่ โดยหลักเกณฑ์ในการพิจารณาดังกล่าว DNA เป็นผู้พิจารณากำหนดตามความเหมาะสม สำหรับประเทศไทยได้มีการจัดตั้ง องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) เพื่อทำหน้าที่เป็น DNA ในการประสานงานดำเนินงานตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดของประเทศ

3. หน่วยงานปฏิบัติการที่ได้รับมอบหมายในการตรวจสอบ (Designated Operational Entities: DOE)

หน่วยงานปฏิบัติการในการตรวจสอบ หรือ DOE เป็นหน่วยงานหรือองค์กรอิสระภายในประเทศหรือจากต่างประเทศ ที่ได้รับการรับรองและแต่งตั้งจากคณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM EB) ให้ดำเนินการตรวจสอบการดำเนินการในขั้นตอนต่างๆตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด หน่วยงานปฏิบัติการในการตรวจสอบจะต้องเป็นผู้มีประสบการณ์ มีความเชี่ยวชาญและทำงานอย่างโปร่งใส ทั้งนี้หน้าที่หลักของ DOE ประกอบด้วย

- ตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ (Validation) ให้มีความถูกต้องตามกฎระเบียบและหลักเกณฑ์ต่างๆของประเทศเจ้าของโครงการและเสนอโครงการเพื่อขอรับการอนุมัติจากคณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด

- ยืนยันและรับรองความถูกต้องของปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจริงจากการดำเนิน โครงการ (Verification) และเสนอต่อคณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด เพื่อให้มีการรับรอง (Certification)

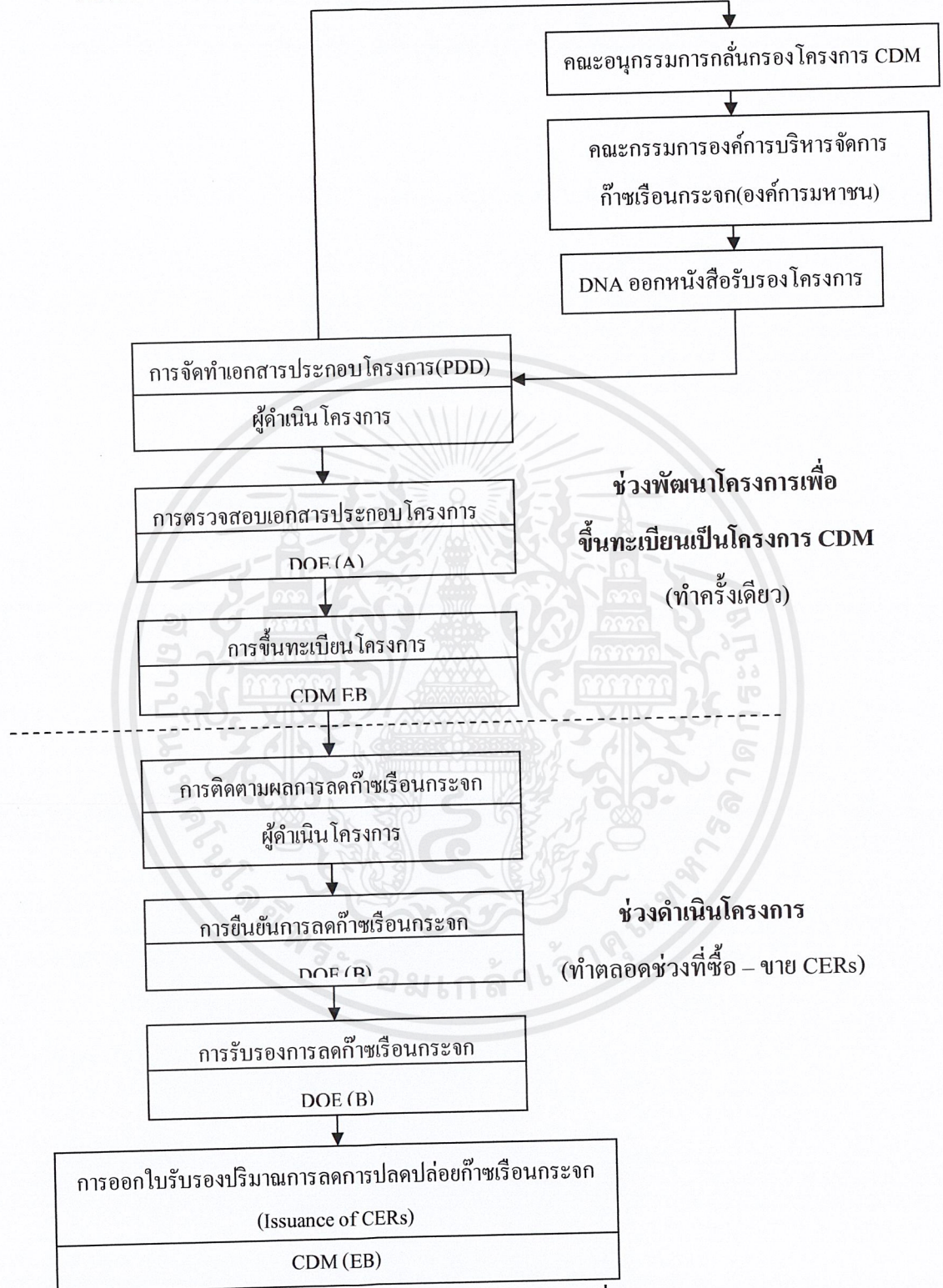
- เปิดเผยข้อมูล โครงการที่ได้ดำเนินการตรวจสอบ ยืนยัน และรับรองความถูกต้องในส่วนที่ไม่ถือว่าเป็นความลับของเจ้าของโครงการ ซึ่งเป็นข้อมูลที่แสดงให้เห็นถึงส่วนเพิ่มเติมของโครงการที่นอกเหนือจากการดำเนินการตามปกติ (Additionality) วิธีในการกำหนดข้อมูลฐาน (Baseline) การติดตามตรวจสอบ (Monitoring) และการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโครงการนั้น

- รายงานผลการดำเนินงานประจำปีต่อคณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM EB)

ในการดำเนิน โครงการต่างๆภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด สำหรับขั้นตอนในการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ (Validation) และการยืนยันการลดก๊าซเรือนกระจก (Verification) ในโครงการหนึ่งจะไม่สามารถใช้ DOE ซ้ำกันได้ ยกเว้นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดขนาดเล็กหลังจากทราบถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องแล้ว ต่อไปจะเป็นการกล่าวถึงรายละเอียดของขั้นตอนการทำโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดเพื่อทำความเข้าใจและนำไปใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพในการทำโครงการต่อไป

2.2.4 ขั้นตอนการทำโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด[6],[7]

ขั้นตอนการทำโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดสามารถอธิบายได้ดังรูปที่2.3



รูปที่2.3 แสดงแผนผังขั้นตอนการทำโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดสามารถแบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงพัฒนาโครงการเพื่อขอขึ้นทะเบียนเป็นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด และช่วงดำเนินโครงการ โดยทั้งสองระยะนี้แบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน อธิบายรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. การออกแบบโครงการ (Project Design)

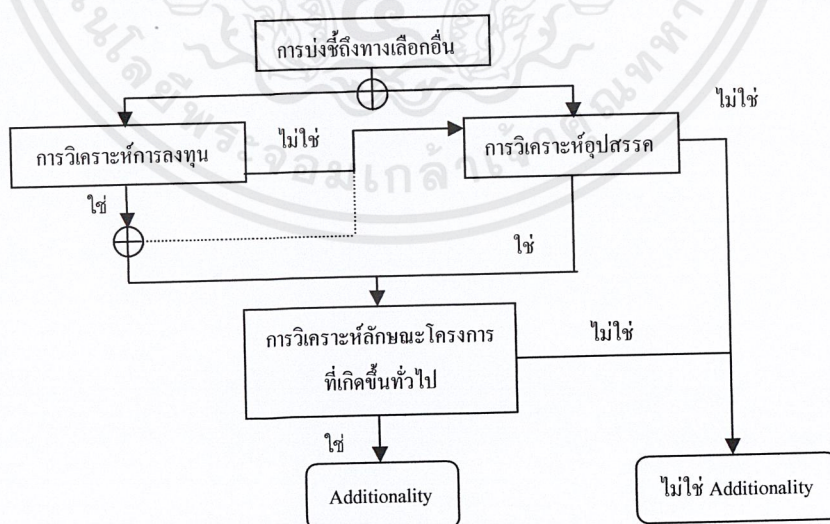
ผู้ดำเนินโครงการจะต้องออกแบบลักษณะของโครงการและจัดทำเอกสารประกอบโครงการ (Project Design Document: PDD) ซึ่งรายละเอียดของการทำ PDD ประกอบด้วยส่วนต่างๆ 5 ส่วนซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) รายละเอียดของโครงการ (General description of project activity)

ประกอบด้วย ชื่อโครงการ ลักษณะโครงการ รายละเอียดเจ้าของโครงการ ที่ตั้งโครงการ รายละเอียดด้านเทคนิคของโครงการ การถ่ายทอดเทคโนโลยี ขอบเขตของโครงการ ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก และการได้รับการสนับสนุน

2) วิธีการที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Baseline methodology) และแผนการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Monitoring methodology and plan)

ประกอบด้วย วิธีที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งต้องมีสอดคล้องกับลักษณะของโครงการ การวิเคราะห์โครงการเพื่อพิสูจน์ว่าโครงการที่เสนอเป็นโครงการที่อยู่ นอกเหนือจากการดำเนินการ โดยปกติหรือเป็นส่วนเพิ่ม (Additionality) ซึ่งเป็นรายละเอียดที่แสดงให้เห็นว่าเหตุใดจึงสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการได้ นอกเหนือจากสิ่งที่เกิดขึ้นอยู่แล้ว โดยใช้เครื่องมือในการประเมินส่วนเพิ่ม (Tool for the demonstration and assessment of additionality) ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนในการประเมินออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูป 2.4



รูปที่ 2.4 เครื่องมือในการประเมินส่วนเพิ่ม (Tool for the demonstration and assessment of additionality)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การบ่งชี้ทางเลือกอื่น (Identification of options) เป็นการบ่งชี้ทางเลือกในการดำเนินโครงการ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับโครงการที่เสนอและเป็นไปตามข้อบังคับของกฎหมายประเทศเจ้าบ้าน

2. การวิเคราะห์การลงทุน (Investment analysis) เป็นการวิเคราะห์ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อชี้ให้เห็นว่าโครงการที่เสนอขอขึ้นทะเบียนเป็นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดมีผลตอบแทนในการลงทุนที่ดียิ่งกว่ากรณีฐาน หรือเพื่อแสดงให้เห็นว่าในฐานะนักลงทุน โครงการที่เสนอมีผลตอบแทนในการลงทุนที่ไม่น่าสนใจ

3. การวิเคราะห์อุปสรรค (Barrier analysis) มีวัตถุประสงค์เพื่อชี้ให้เห็นถึงอุปสรรคต่างๆ ที่ขัดขวางไม่ให้โครงการที่เสนอในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นได้

4. การวิเคราะห์ลักษณะโครงการที่เกิดขึ้นทั่วไป (Common practice analysis) เป็นการวิเคราะห์ลักษณะโครงการในประเทศเจ้าบ้านเพื่อเป็นการตรวจสอบว่าโครงการที่เสนอเป็นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2 หรือขั้นตอนที่ 3 เจ้าของโครงการสามารถเลือกทำการทั้งสองขั้นตอนหรือเพียงขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งก็ได้

นอกจากนี้ยังมีส่วนของแผนการติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการประกอบการจัดทำเอกสารประกอบโครงการ โดยจะเป็นแผนการติดตามที่สอดคล้องกับวิธีการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามที่คณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาดได้อนุมัติไว้แล้ว ทั้งนี้แผนการติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเป็นแผนการติดตามที่ใช้เป็นหลักปฏิบัติในการติดตามการลดก๊าซเรือนกระจกของโครงการในอนาคต หลังจากที่โครงการได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดแล้ว ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- รายละเอียดของข้อมูลและตัวแปรในการคำนวณการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งคุณภาพในด้านต่างๆของข้อมูล

- วิธีที่ใช้ในการติดตามผลและการเก็บข้อมูลรวมทั้งวิธีที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพของการทำงาน

- รายละเอียดแผนการติดตาม

3) ข้อมูลอายุของโครงการ (Operational lifetime) และช่วงเวลาในการคิดเครดิต (Crediting period) ประกอบด้วย ข้อมูลอายุโครงการ วันที่เริ่มดำเนินโครงการ ช่วงเวลาในการคิดเครดิต วันที่เริ่มคิดเครดิต

4) ข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental impacts) ประกอบด้วย ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมถ้าประเทศเจ้าบ้านกำหนด ข้อเสนอหรือหลักฐาน

อ้างอิงเพื่อเป็นหลักฐานในการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้พัฒนาโครงการหรือประเทศเจ้าบ้าน

5) ข้อคิดเห็นจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง (Stakeholders' comments) ประกอบด้วยข้อสรุปวิธีการจัดการรับฟังข้อคิดเห็น สรุปข้อคิดเห็นที่ได้รับ รายงานผลการดำเนินงานตามข้อคิดเห็นที่ได้รับ

2. การตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ (Validation)

ผู้ดำเนินโครงการจะต้องว่าจ้างหน่วยงานกลางที่ได้รับมอบหมายในการปฏิบัติหน้าที่แทนคณะกรรมการ CDM Executive Board (CDM EB) หรือที่เรียกว่า Designated Operational Entity (DOE) ในการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ ว่าเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆหรือไม่ ซึ่งรวมถึงการได้รับความเห็นชอบในการดำเนินโครงการจากประเทศเจ้าบ้านด้วย

3. ขึ้นทะเบียนโครงการ (Registration)

เมื่อ DOE ได้ทำการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการและลงความเห็นว่าเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆครบถ้วน จะส่งรายงานไปยังคณะกรรมการ CDM Executive Board (CDM EB) เพื่อขอขึ้นทะเบียนโครงการ

4. ติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Monitoring)

เมื่อโครงการได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ CDM แล้ว ผู้ดำเนินโครงการจึงดำเนินโครงการตามที่เสนอไว้ในเอกสารประกอบโครงการ และทำการติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามที่ได้เสนอไว้เช่นกัน

5. การยืนยันการลดก๊าซเรือนกระจก (Verification)

ผู้ดำเนินโครงการจะต้องจ้างหน่วยงาน DOE ให้ทำการตรวจสอบและยืนยันการติดตามการลดก๊าซเรือนกระจก

6. การรับรองการลดก๊าซเรือนกระจก (Certification)

เมื่อหน่วยงาน DOE ได้ทำการตรวจสอบการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วจะทำรายงานรับรองปริมาณการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ดำเนินการได้จริงต่อคณะกรรมการ CDM Executive Board (CDM EB) เพื่อขออนุมัติออกหนังสือรับรองปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้หรือ CERs ให้ผู้ดำเนินโครงการ

7. การออกใบรับรองปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Issuance of CERs)

เมื่อคณะกรรมการบริหาร CDM Executive Board (CDM EB) ได้รับรายงานรับรองการลดก๊าซเรือนกระจก จะได้พิจารณาออกหนังสือรับรองปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้หรือ CERs ให้ผู้ดำเนินการต่อไป

ทั้งนี้หน่วยงานกลาง (DOE) ที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ (Validation) และการยืนยันการลดก๊าซเรือนกระจก (Verification) นั้นจะต้องเป็นหน่วยงานคนละหน่วยงานกัน

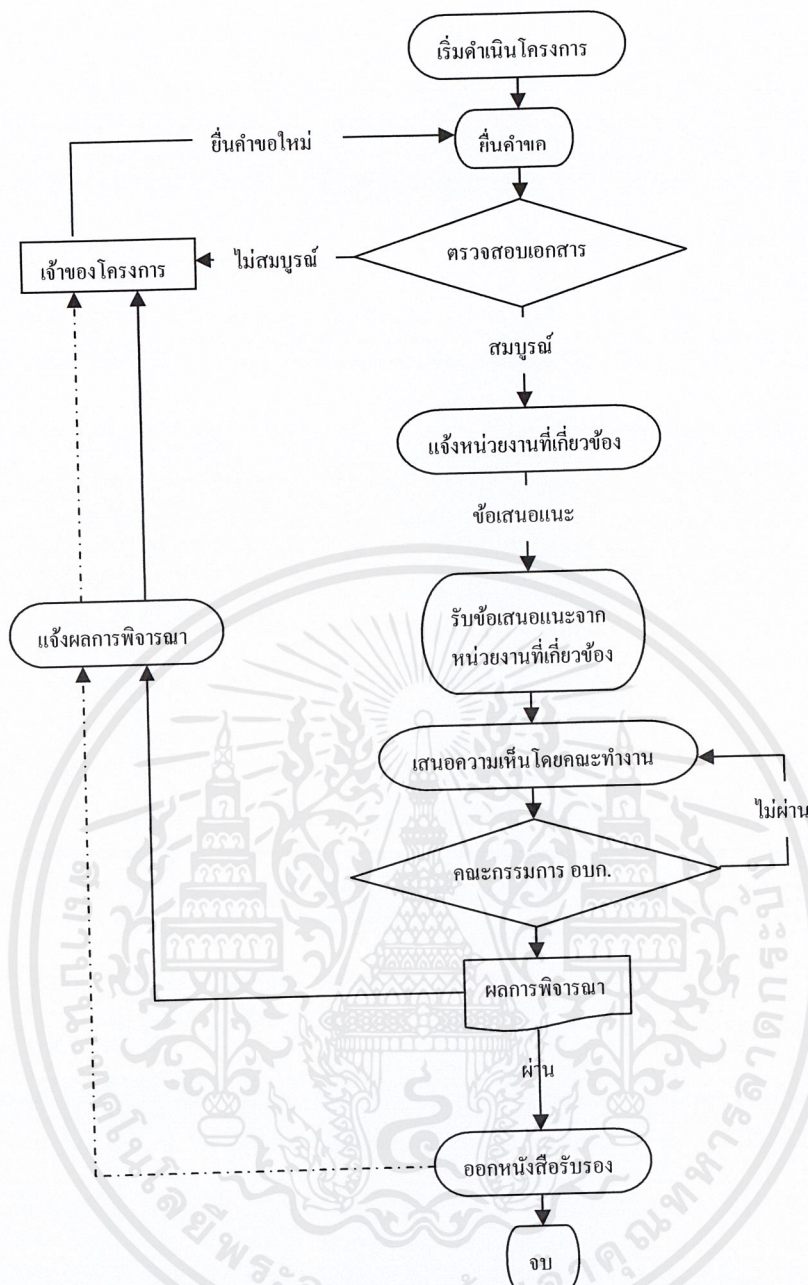
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดของประเทศไทย [1],[6]

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ตระหนักถึงความสำคัญของการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน ร่วมกับนานาประเทศ จึงได้ตกลงให้ความร่วมมือโดยลงนามให้สัตยาบันต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเมื่อวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ.2537 และลงนามให้สัตยาบันในพิธีสารเกียวโตเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2545 ส่งผลให้ประเทศไทยสามารถเข้าร่วมลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism : CDM) บนพื้นฐานของความสมัครใจได้ รัฐบาลไทยจึงได้ออกพระราชกฤษฎีกา “จัดตั้งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) พ.ศ. 2550” มีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ. 2550 หรือที่เรียกย่อว่า อบก. หรือ TGO (Thailand Greenhouse Gas Management Organization) เป็นองค์กรกำกับดูแลการดำเนินงานด้าน CDM (Designated National Authority : DNA) มีบทบาทหน้าที่ส่งเสริมการพัฒนาโครงการผ่านกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism : CDM) พิจารณาให้การรับรองโครงการ CDM ของไทย รวมถึงทำตลาดการซื้อขายก๊าซเรือนกระจก การเป็นศูนย์ข้อมูลและจัดทำฐานข้อมูลเกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจก

การพิจารณาโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดของประเทศไทย

การพิจารณาโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดของประเทศไทย เป็นการดำเนินงานตามขั้นตอนภายใต้ระเบียบคณะกรรมการองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวประกอบด้วย การพิจารณาเอกสารประกอบโครงการเพื่อตรวจสอบว่าโครงการที่เสนอนั้นเป็นโครงการที่มีส่วนช่วยในการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศหรือไม่ และเป็นไปตามหลักเกณฑ์การพิจารณาต่างๆ ที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกำหนดไว้หรือไม่ โดยมีรูปแบบขั้นตอนการพิจารณาโครงการ CDM แสดงดังรูปที่ 2.5 จากรูปสามารถแสดงรายละเอียดขั้นตอนการพิจารณาโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดของประเทศไทยได้ดังนี้



รูปที่ 2.5 แผนผังแสดงขั้นตอนการพิจารณาโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดของประเทศไทย

2.2.6 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด[7]

ในการพัฒนาโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดจะมีค่าใช้จ่ายในขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การดำเนินการจัดทำ EIA หรือ IEE และจัดการมีส่วนร่วมของชุมชนรอบโครงการ (Public Consultation) ค่าธรรมเนียมในการพิจารณาให้คำรับรองโครงการจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) การจ้าง DOE ในขั้นตอนการตรวจสอบเอกสารประกอบโครงการ และขั้นตอนการยื่นยันการลดก๊าซเรือนกระจก เป็นต้น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) ประมาณ 3 -8 ล้านบาท โดยรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ค่าใช้จ่ายโดยประมาณในการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

กระบวนการของ CDM	ค่าใช้จ่ายโดยประมาณสำหรับโครงการขนาดใหญ่ (USD)	ค่าใช้จ่ายโดยประมาณสำหรับโครงการขนาดเล็ก(USD)	ชนิดของค่าใช้จ่าย
การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้น เช่น Project Idea Note (PIN)	5,000 – 30,000	2,000 – 7,500	ค่าใช้จ่ายสำหรับที่ปรึกษาหรือค่าใช้จ่ายภายในองค์กร
Project Design Document (PDD)	15,000 – 100,000	10,000 - 25,000	ค่าใช้จ่ายสำหรับที่ปรึกษาหรือค่าใช้จ่ายภายในองค์กร
New Methodology (หากจำเป็น)	20,000 – 100,000 (รวมค่าใช้จ่ายในการจดทะเบียน)	20,000 -50,000	ค่าใช้จ่ายสำหรับที่ปรึกษาหรือค่าใช้จ่ายภายในองค์กร
Validation	8,000 -30,000	6,500 – 10,000	สำหรับ DOE
Registration Fee	10,500 – 35,000	0 – 24,500	สำหรับ EB
UN Adaptation Fund Fee	2% ของ CERs	2% ของ CERs	สำหรับ EB
Initial Verification (รวมทั้ง system check)	5,000 – 30,000	5,000 – 15,000	สำหรับ DOE
Ongoing Verification (ทำอย่างต่อเนื่อง)	5,000 – 25,000	5,000 – 10,000	สำหรับ DOE

ที่มา Guidebook to Financing a CDM Project, UNEP Publication, March 2007

2.1.7 วิธีการที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้

หลังจากการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด [8]

ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการดำเนินโครงการนั้นต้องใช้วิธีที่ได้รับการเห็นชอบจากคณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM Executive Board: CDM EB) หรือผู้ดำเนินโครงการสามารถยื่นเสนอวิธีการคำนวณที่เหมาะสมเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM Executive Board: CDM EB) ซึ่งวิธีการ

คำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการอนุมัติแล้วจะถูกรวบรวมไว้ที่ UNFCCC website (<http://cdm.unfccc.int>)

หลักการพื้นฐานของการคำนวณคือปริมาณการปลดปล่อยที่ลดลง คือปริมาณการปลดปล่อยที่โครงการสามารถลดได้เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการดำเนินโครงการ ซึ่งจะมีประโยชน์ในการนำไปคำนวณเป็นค่าคาร์บอนเครดิต (CERs) หรือคำนวณจากผลต่างของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (E_{BL}) กับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังจากดำเนินโครงการ ($E_{project}$) โดยไม่คำนึงถึงการรั่วไหล ดังแสดงในสมการ 2.2

$$ER = E_{BL} - E_{project} \quad (2.2)$$

สำหรับในโครงการนี้จะใช้วิธีมาตรฐาน AM0022 Avoided Wastewater and On-site Energy Use Emissions in the Industrial Sector (Version 4) ในการคำนวณซึ่งมีเงื่อนไขในการใช้ดังต่อไปนี้

1. โรงงานมีระบบบำบัดน้ำเสียหลักแบบ open-lagoons โดยน้ำเสียมีสารอินทรีย์ที่สูง
2. สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียประกอบไปด้วยน้ำตาล โมเลกุลเดี่ยวหากต้องการใช้วิธีนี้แต่น้ำเสียประกอบไปด้วยสารที่ไม่ใช่ น้ำตาล methane emission factor จะมีค่าต่างไปจาก 0.21 kg CH₄/kg COD ซึ่งจะต้องมีการประมาณค่าเพื่อใช้ในการคำนวณ
3. วิธีการใช้ได้เฉพาะกับ โครงการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่แล้วแต่ไม่ใช่โครงการที่มีการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นใหม่หรือสร้างเพิ่มเพราะมีการขยายกำลังการผลิต
4. จะต้องแสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้อยู่นั้นเป็นแบบ open-lagoons และเป็นไปตามกฎหมายข้อบังคับต่างๆ ภายในประเทศ
5. ความลึกของบ่อบำบัดน้ำเสียแบบ open-lagoons ต้องไม่น้อยกว่า 1 เมตร
6. อุณหภูมิของน้ำเสียภายในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ open-lagoons โดยปกติต้องมีค่าต่ำสุดเป็น 15 °C
7. ในโครงการนี้ก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศต้องมีการเผาทิ้ง (Flare) และ/หรือใช้เพื่อเป็นแหล่งให้พลังงานความร้อนและ/หรือใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า สำหรับก๊าซชีวภาพส่วนเกินต้องมีการเผาทิ้ง
8. พลังงานความร้อนและไฟฟ้าที่ต้องการต่อหน่วยที่ป้อนเข้าไปในระบบบำบัดน้ำเสียยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมากทั้งก่อนและหลังโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ข้อมูลที่ใช้ในตอนติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Monitoring) จะต้องเพียงพอ โดยเฉพาะอัตราการไหลของสารอินทรีย์เข้าและออกในกรณีฐานที่เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบ open-lagoons และความแตกต่างของทั้งสองระบบในการกำจัดสารอินทรีย์ต้องสามารถวัดหรือประมาณค่าได้

วิธีการคำนวณตามมาตรฐาน AM0022 Avoided Wastewater and On-site Energy Use Emissions in the Industrial Sector (Version 4) นี้จะพิจารณาเฉพาะตำแหน่งสำคัญที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งรายละเอียดของตำแหน่งที่ต้องพิจารณาเพื่อใช้ในการคำนวณมีดังต่อไปนี้

1. ก๊าซมีเทนที่ปลดปล่อยออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ open-lagoons ในกรณีฐาน รวมถึงจุดที่สามารถวัดค่าหรือประมาณค่าอัตราการไหลของสารอินทรีย์เข้าและออกระบบบำบัดน้ำเสียได้
2. ก๊าซมีเทนที่ปลดปล่อยออกจากระบบบำบัดน้ำเสียระบบใหม่
3. ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ที่เกิดจากการแทนที่การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับแหล่งให้พลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการและ/หรือพลังงานไฟฟ้า
4. ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ที่เกิดจากการแทนที่การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย
5. ก๊าซมีเทนที่ปลดปล่อยจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของระบบพลังงานความร้อนและ/หรือแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าหรือระบบเผาก๊าซทิ้ง (Flare) หรือจากการรั่วไหลภายในระบบท่อ โดยในการคำนวณจะต้องพิจารณาสองส่วนคือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (E_{BL}) กับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังจากดำเนิน โครงการ ($E_{project}$) ซึ่งจะแสดงที่มาและการคำนวณในแต่ละส่วนดังนี้

1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (E_{BL})

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในกรณีฐานคือ ผลรวมปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบลาอูนที่มีอยู่เดิม และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในระบบกำเนิดพลังงานความร้อนและ/หรือแหล่งกำเนิดพลังงานไฟภายในโรงงาน ซึ่งคิดเป็นปริมาณเทียบเท่าเฉพาะในส่วนที่ถูกแทนที่โดยการใช้ก๊าซชีวภาพที่ผลิตขึ้นได้จากระบบ ดังแสดงในสมการ 2.3

$$E_{BL} = E_{CH4_lagoons_BL} + E_{CO2_heat_BL} + E_{CO2_power_BL} \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย E_{BL} คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน (The Total Baseline Emissions, tCO₂e)

$E_{CH4_lagoons_BL}$ คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ ลากูนครณีฐาน (the fugitive methane emissions from lagoons in the baseline case, tCO₂e)

$E_{CO2_heat+powers_BL}$ คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเชื้อเพลิง ฟอสซิลเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานความร้อนและ/หรือแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าที่ถูกแทนที่โดย การใช้ก๊าซชีวภาพที่เก็บรวบรวมจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ ไร้อากาศ (the CO₂ emissions from on site fossil heat and/or power generation in the baseline case (tCO₂) that are displaced by generation based on biogas collected in the anaerobic treatment facility.)

$E_{CO2_grid_BL}$ คือ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานไฟฟ้า จากโรงไฟฟ้าซึ่งถูกแทนที่โดยการใช้ก๊าซชีวภาพที่เก็บรวบรวมจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ ไร้อากาศมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดในการคำนวณดังนี้

1) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากบ่อลากูนครณีฐาน (Fugitive Methane Emissions from Lagoons) คำนวณได้ตามสมการ 2.4

$$E_{CH4_lagoons_BL} = M_{lagoon_anaerobic_BL} \cdot EF_{CH4} \cdot GWP_{CH4} / 1,000 \quad (2.4)$$

โดย $M_{lagoon_anaerobic_BL}$ คือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดออกโดยการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ อากาศในระบบลากูนครณีฐาน (the amount of organic material removed by anaerobic processes in the lagoon system, kg COD3)

EF_{CH4} คือ ปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (the methane emission factor, kg CH₄ / kgCOD)

GWP_{CH4} คือ ศักยภาพเรือนกระจก (Global Warming Potential of methane, $GWP_{CH4} = 21$)

โดย COD ที่ถูกกำจัดออกไปจากบ่อลากูนั้นประกอบไปด้วย

- ปฏิกริยาออกซิเดชันบริเวณผิวน้ำ (Aerobic surface oxidation of COD)
- ปฏิกริยาออกซิเดชันโดยสารเคมีในบ่อลากู (Chemical oxidation in lagoons)
- การตกตะกอนของสารซึ่งทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้
- COD ที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ (degradation as a result of anaerobic micro bacterial activity)

2) ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดออกโดยการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศในระบบบ lagun กรณีสถาน ($M_{\text{lagoon_anaerobic_BL}}$) คำนวณได้จากสมการ 2.5

$$M_{\text{lagoon_anaerobic_BL}} = M_{\text{lagoon_total}} - M_{\text{lagoon_aerobic}} - M_{\text{lagoon_chemical_ox}} - M_{\text{lagoon_deposition}} \quad (2.5)$$

โดย $M_{\text{lagoon_total_B}}$ คือ ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดที่ถูกกำจัดออกโดยการบำบัดน้ำเสียแบบ lagun (the total amount of organic material removed in the lagoon system, kg COD)

$M_{\text{lagoon_aerobic}}$ คือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยการใช้ออกซิเจนในระบบ lagun (the amount of organic material degraded aerobically in the lagoon system, kg COD)

$M_{\text{lagoon_chemical_ox}}$ คือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันจากสารเคมีในระบบ lagun (the amount of organic material lost through chemical oxidation in the lagoon system, kg COD)

$M_{\text{lagoon_deposition}}$ คือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่สูญเสียไปจากการทับถมของตะกอนในระบบ lagun (the amount of organic material lost through deposition in the lagoon system, kg COD)

3) ปริมาณสารที่ถูกกำจัดออกจากระบบ lagun (Total Material Removed in Lagoon System) สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.6

$$M_{\text{lagoon_total_BL}} = M_{\text{lagoon_input_BL}} \cdot R_{\text{lagoon}} \quad (2.6)$$

โดย $M_{\text{lagoon_total_BL}}$ คือ ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดที่ถูกกำจัดออกโดยระบบ lagun จากหลายเส้นทาง (the total amount of organic material removed in the lagoon system through various routes, kg COD)

$M_{\text{lagoon_input_BL}}$ คือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบ lagun ในกรณีฐาน

R_{lagoon} คือ สัดส่วนสารอินทรีย์ทั้งหมดที่ถูกกำจัดออกจากระบบ lagun (the total organic material removal ratio of the lagoon)

4) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนที่ถูกแทนที่โดยการใช้อากาศชีวภาพที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ คำนวณได้ตามสมการ 2.7

$$E_{\text{CO}_2\text{_heat}} = F \cdot \text{NCV} \cdot \text{EF} \quad (2.7)$$

โดย F คือ ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ถูกแทนที่โดยการใช้อากาศชีวภาพเพื่อเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน (ton)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NCV คือ ความร้อนในเชื้อเพลิงสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิล (net calorific value of the fossil fuel, TJ/ton)

EF คือ สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเชื้อเพลิงฟอสซิล (the carbon emission factor of the fossil fuel considered, tCO₂/TJ)

5) สำหรับโครงการที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพและใช้แทนไฟฟ้าที่ได้จากโรงไฟฟ้าคำนวณได้จากสมการ 2.8

$$E_{\text{CO}_2\text{ power}} = EL \cdot CEF \quad (2.8)$$

โดย EL คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ถูกทดแทนจากการใช้ก๊าซชีวภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า (TJ/unit)

CEF คือ สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการใช้พลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าซึ่งถูกแทนที่โดยการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ (the carbon emission factor for the electricity displaced by the electricity generated from the biogas, tCO₂e/MWh)

2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังจากดำเนินโครงการ (Project Emissions)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังจากดำเนินคำนวณได้จากสมการ 2.9

$$E_{\text{Project}} = E_{\text{CH}_4\text{ lagoons}} + E_{\text{CH}_4\text{ NAWTF}} + E_{\text{CH}_4\text{ IC+leakss}} \quad (2.9)$$

โดย E_{project} คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (the Total Project Emissions, tCO₂e)

$E_{\text{CH}_4\text{ lagoons}}$ คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากบ่อลาอูน (the fugitive methane emissions from lagoons, tCO₂e)

$E_{\text{CH}_4\text{ NAWTF}}$ คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียระบบใหม่แบบไม่ใช้อากาศ (the fugitive methane emissions from the new anaerobic waste water treatment facility, tCO₂e)

$E_{\text{CH}_4\text{ IC+leakss}}$ คือ การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์และจากการรั่วไหล (the methane emissions from inefficient combustion and leaks, tCO₂e)

โดยมีรายละเอียดในการคำนวณดังนี้

- 1) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากบ่อลาอูน (Fugitive Methane Emissions from Lagoons)

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากบ่อ lagun ใช้สมการในการคำนวณเช่นเดียวกับสมการที่ 2.3 แต่ปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบจะคิดเฉพาะปริมาณสารอินทรีย์ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศที่เป็นระบบใหม่ ซึ่งปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่บ่อ lagun ในกรณีนี้คำนวณได้จากสมการ 2.10

$$M_{\text{lagoon_input}} = M_{\text{input_total}} \cdot (1 - R_{\text{NAWTF}}) \quad (2.10)$$

โดย $M_{\text{lagoon_input}}$ คือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียระบบใหม่เพื่อป้อนเข้าสู่ระบบ lagun (the input of organic material from the new project anaerobic waste water treatment facility into the lagoon system, kg COD)

$M_{\text{input_total}}$ คือ ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียระบบใหม่ (the total amount of organic material fed into the new project water treatment facility, kg COD)

R_{NAWTF} คือ ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียระบบใหม่ (the total organic material removal efficiency of the new project water treatment facility)

2) ปริมาณสารที่ถูกกำจัดออกจากระบบ lagun ในกรณีโครงการ (Total Material Removed in Lagoon System) สามารถคำนวณได้ดังสมการ 2.11

$$M_{\text{lagoon_total}} = M_{\text{lagoon_input}} \cdot R_{\text{lagoon}} \quad (2.11)$$

โดย $M_{\text{lagoon_total}}$ คือ ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดที่ถูกกำจัดออกโดยระบบ lagun จากหลายเส้นทาง (the total amount of organic material removed in the lagoon system through various routes, kg COD)

R_{lagoon} คือ สัดส่วนสารอินทรีย์ทั้งหมดที่ถูกกำจัดออกจากระบบ lagun (the total organic material removal ratio of the lagoon)

และปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดออกโดยการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศในระบบ lagun กรณีโครงการก็ใช้สมการในการคำนวณเช่นเดียวกับสมการที่ 2.5

3) การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (Methane Emission from Inefficient Combustion)

การปลดปล่อยก๊าซมีเทนอันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของก๊าซชีวภาพอาจส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมี 3 ส่วนหลักที่ทำหน้าที่ในการกำจัดก๊าซมีเทนคือ

- การเผาก๊าซชีวภาพทิ้ง (Biogas flaring)
- ก๊าซชีวภาพที่ใช้ในระบบพลังงานความร้อน (Biogas use in heating systems)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ก๊าซชีวภาพที่ใช้เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าภายในโรงงาน (Biogas use for on site electricity generation)

โดยสามารถคำนวณหาได้จากสมการ 2.12

$$E_{\text{CH}_4\text{IC+Leaks}} = \left[\sum r V_r \cdot C_{\text{CH}_4 r} \cdot (1-f_r) \cdot \text{GWP}_{\text{CH}_4} \right] + \text{PE}_{\text{flare}} \quad (2.12)$$

ซึ่งผลบวกที่เกิดขึ้นนั้นประกอบไปด้วย 2 รูปแบบคือ การทำให้เกิดความร้อนกับพลังงานไฟฟ้า สำหรับการสลายไปของก๊าซมีเทน

V_r คือ ปริมาตรของก๊าซชีวภาพที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้ในรูปแบบ r (the biogas combustion process volume in route r , Nm³)

C_{CH_4} คือ ความเข้มข้นของมีเทนในก๊าซชีวภาพ (the methane concentration in biogas, tCH₄/Nm³ wet basis)

f_r คือ สัดส่วนของก๊าซชีวภาพที่ถูกทำลายไปด้วยกระบวนการเผาไหม้ (the proportion of biogas destroyed by combustion)

PE_{flare} คือ การปลดปล่อยก๊าซชีวภาพของโครงการจากระบบเผาไหม้ (the project emissions from flaring of the residual gas stream, tCO₂e) สามารถคำนวณได้ตามวิธี “Tool to determine project emissions from flaring gases containing Methane”

4) การรั่วไหลของก๊าซมีเทนจากระบบก๊าซชีวภาพ (Methane Emissions From Leaks in Biogas System)

การรั่วไหลของก๊าซชีวภาพจากระบบก๊าซชีวภาพนั้นเป็นปริมาณที่ต้องเก็บข้อมูลและคำนวณในขณะดำเนินโครงการ โดยจะต้องมีการทดสอบระบบประจำปีเพื่อหาปริมาณก๊าซที่รั่วไหล

2.3 การประเมินโครงการตามแนวทางเศรษฐศาสตร์ [10 - 13]

การประเมินโครงการตามแนวทางเศรษฐศาสตร์เป็นเครื่องมือหนึ่งในการจัดสรรทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพและประเมินความเป็นไปได้ในทุกด้านของโครงการ เช่น ด้านการเงิน ด้านการบริหารจัดการ ด้านเทคนิค เป็นต้น วิธีการที่ใช้ในการประเมินโครงการทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Evaluations) จะมุ่งให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะต้องรวบรวมทั้งข้อมูลในอดีตและพยากรณ์ข้อมูลในอนาคตอย่างมีระบบ แล้วนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาประมวลให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายต่อการเข้าใจและตัดสินใจ โดยวิธีการที่ใช้ในการเลือกโครงการมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ได้แก่ วิธีการหาผลตอบแทนจากการลงทุน (Return On Investment) วิธีการหา

ระยะเวลาคืนทุน(Payback Period Method) วิธีการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value Method) และวิธีการหาอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return , IRR)

1)วิธีการหาผลตอบแทนจากการลงทุน (Return On Investment, ROI)

เป็นวิธีการหาอัตราส่วนการลงทุนโดยการนำกำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปีเปรียบเทียบกับเงินลงทุนเริ่มแรก ผลของ ROI เป็นดัชนีที่ใช้วัดศักยภาพของโครงการ โดยสามารถประเมินความคุ้มค่าจากการลงทุนได้ว่าการลงทุนจะมีคุ้มค่าหรือไม่ สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.13

$$\text{อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน} = \frac{\text{กำไรจากการดำเนินงานสุทธิหลังหักภาษี}}{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}} \quad (2.13)$$

โดยมีหลักการตัดสินใจเพื่อการลงทุนในโครงการ คือ ควรเลือกโครงการที่มีอัตราผลตอบแทนในการลงทุนสูง แต่อย่างไรก็ตามการประเมินโครงการด้วยวิธีนี้เป็นการประเมินเบื้องต้นที่ไม่ได้พิจารณาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น อัตราลดค่า ระยะเวลาโครงการ เป็นต้น

2) วิธีการหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method)

เป็นเกณฑ์ที่คำนึงถึงระยะเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงานในแต่ละปีรวมกันเท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกของโครงการ โดยไม่คำนึงถึงมูลค่าของเงินตามเวลา ซึ่งเกณฑ์การตัดสินใจแบบหาระยะเวลาคืนทุนเป็นที่นิยมใช้กันมากในวงการธุรกิจหรือในกรณีที่มีความเสี่ยงสูง สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.14

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลตอบแทนจากการลงทุนต่อปี}} \quad (2.14)$$

โดยมีหลักการตัดสินใจเพื่อการลงทุนในโครงการ คือ ควรเลือกโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นเพราะจะทำให้ได้ผลตอบแทนกลับคืนได้เร็วเพื่อลดความเสี่ยงและมีข้อดี คือ เป็นวิธีที่สามารถคำนวณได้ง่าย ทำให้สามารถตัดสินใจได้เร็ว เหมาะกับธุรกิจที่สภาพคล่องน้อยและต้องการคืนทุนเร็วและมีข้อเสีย คือ ไม่คำนึงถึงมูลค่าของเงินตามระยะเวลาและไม่พิจารณาผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นหลังจากระยะคืนทุน

3) วิธีการหาค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value Method)

เป็นวิธีการที่แพร่หลายในการพิจารณาหามูลค่าของเงินตามระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการลงทุนระยะยาว โดยค่าปัจจุบันสุทธิคือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลการประหยัดต้นทุน พลังงาน ในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไปภายใต้โครงการที่กำลังพิจารณา ณ อัตราลดค่า (Discount Rate) ที่กำหนด ซึ่งคำนวณได้จากสมการ 2.15

$$NPV = -C_0 + \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (2.15)$$

โดยที่

- NPV = มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิของโครงการ
- B_t = กระแสเงินสดรับจากโครงการในปีที่ t
- C_t = ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ t
- C_0 = ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก (Initial Cost)
- t = ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n
- n = อายุของโครงการ (Project Life)
- r = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราลดค่า (Discount Rate)

โดยมีหลักการตัดสินใจเพื่อการลงทุนในโครงการ ดังนี้

ถ้า $NPV > 0$ คຸ້ມค่าแก่การลงทุน

$NPV < 0$ ไม่สมควรลงทุน

$NPV = 0$ เท่าทุน

โดยการพิจารณาอายุของโครงการนับว่าเป็นสิ่งสำคัญในการคำนวณค่า NPV เพราะอายุโครงการที่นานจะมีผลให้มูลค่าของเงินในอนาคตมีค่าลดลง ในทางปฏิบัติจะนิยมกำหนดอายุของโครงการเท่ากับอายุการใช้งานทางเศรษฐกิจของสินทรัพย์ประเภททุนที่สำคัญต่อโครงการและในกรณีที่สินทรัพย์ประเภททุนหรือสินทรัพย์ถาวรใดมีอายุมากกว่าอายุของโครงการก็จะกลายเป็นค่ามูลค่าซาก (Salvage Value) ในปีสุดท้ายของโครงการ ซึ่งถือเป็นผลประโยชน์ของโครงการที่เกิดขึ้นในปีสุดท้าย อย่างไรก็ตามวิธีการนี้จะบ่งบอกได้เพียงว่าโครงการจะทำกำไรได้มากปริมาณเท่าใด แต่ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าโครงการที่พิจารณาจะคืนทุนในอัตราใด

4) วิธีการหาอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return , IRR)

เป็นการหาอัตราผลตอบแทนที่แท้จริงของโครงการ หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนสุทธิเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับหรือหาอัตราที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์ ซึ่งเป็นอีกเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนอีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้ ซึ่งมีวิธีการที่แบ่งเป็น 2 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 กระแสเงินสดเข้าแต่ละปีเท่ากัน

แบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 คำนวณหาอัตราลดค่า ซึ่งเป็นแฟกเตอร์ ณ ปีที่สิ้นสุดโครงการ โดยอัตราลดค่าหาได้จากค่าการลงทุนสุทธิและกระแสเงินสดรับรายปี ดังแสดงในสมการที่ 2.16

$$\text{อัตราลดค่า} = \frac{\text{เงินลงทุนสุทธิ}}{\text{กระแสเงินสดรับรายปี}} \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 นำปัจจัยลดค่าไปเปิดตารางมูลค่าปัจจุบันสุทธิแบบสะสมในปีที่เท่ากับอายุของโครงการว่ามีอัตราผลตอบแทนเท่าใด

กรณีที่ 2 กระแสเงินสดเข้าแต่ละปีไม่เท่ากัน

การหากระแสเงินสดรับจากโครงการจากผลรวมของกระแสเงินสดรับจากโครงการในแต่ละปี
ดังแสดงในสมการ 2.17

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (2.17)$$

โดยที่

- B_t = กระแสเงินสดรับจากโครงการในปีที่ t
- C_t = ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ t
- C_0 = ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก (Initial Cost)
- t = ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n
- n = อายุของโครงการ (Project Life)
- r = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราลดค่า (Discount Rate)

การคำนวณหาค่า IRR กรณีที่กระแสเงินสดสุทธิรายปีไม่เท่ากันจะใช้วิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) โดยการกำหนดอัตราลดค่า (r) จากนั้นคำนวณหามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิรายปีตลอดอายุของโครงการ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายลงทุนสุทธิ หากมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดต่ำกว่าค่าใช้จ่ายสุทธิจะต้องปรับเพิ่มค่ามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับโดยทำการลดอัตราลดค่า ในทำนองเดียวกันหากมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสูงกว่าค่าใช้จ่ายสุทธิจะต้องปรับลดค่ามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับ โดยทำการเพิ่มอัตราลดค่า จากนั้นทำการคำนวณหาค่า r หรือ IRR ตามวิธี Interpolation ช่วงห่างของอัตราลดค่า

โดยหลักการตัดสินใจเพื่อการลงทุนในโครงการจะกระทำโดยการเลือกโครงการที่ค่า IRR มีค่ามากกว่าอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการ การประเมินด้วยวิธีนี้มีข้อดี คือ คำนึงถึงมูลค่าของเงินตามเวลาและทราบอัตราผลตอบแทนที่แท้จริงของโครงการ ซึ่งสามารถนำไปเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการ และข้อเสีย คือ การคำนวณยุ่งยากในกรณีที่ผลตอบแทนเงินสดไม่เท่ากันต้องใช้วิธีการลองผิดลองถูก

การประเมินโครงการตามแนวทางเศรษฐศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการตัดสินใจเกี่ยวกับโครงการ เพราะการตัดสินใจเพื่อการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องคำนึงทั้งด้านการจัดสรรระหว่างกิจกรรมต่างๆ ณ จุดใดจุดหนึ่งของเวลา ในขณะเดียวกันก็คำนึงถึงการจัดสรรข้าม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาด้วย เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจมีอยู่หลายเกณฑ์ ซึ่งแต่ละเกณฑ์มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน ไม่ว่าจะใช้เกณฑ์ใดในการพิจารณาจะต้องตระหนักว่าตัวเลขที่ได้จากการคำนวณเป็นเพียงข้อมูลส่วนหนึ่งที่ใช้ประกอบการตัดสินใจเท่านั้น ยังมีข้อมูลอื่นๆที่ไม่สามารถสรุปออกมาเป็นตัวเลขที่จะต้องคำนึงร่วมกับเกณฑ์ข้างต้นเพื่อการตัดสินใจในขั้นต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินโครงการ

ปริญญาโทได้ทำการศึกษาแนวทางในการดำเนินโครงการตามกลไกพัฒนาที่สะอาดจากการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลและทำการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จากการดำเนินโครงการ ซึ่งมีการดำเนินการโครงการเป็นไปตาม 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การศึกษาหาศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล
2. การคำนวณปริมาณของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงจากการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดในโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล
3. ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่จะใช้ในการดำเนินโครงการและประเมินมูลค่าในการลงทุนและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

3.1 การหาศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทน

เพื่อการดำเนินโครงการให้เป็นไปตามตามกลไกพัฒนาที่สะอาดจากการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล จึงต้องทำการประเมินปริมาณของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงจากการดำเนินโครงการโดยการทำการทดลองศึกษาปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพเพื่อหาศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทน (Biochemical Methane Potential: BMP) ที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลโดยใช้ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบอีจีเอสบี (Expanded Granular Sludge Bed:EGSB) ในระดับ pilot scale โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์ สารเคมีและขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

3.1.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1) อุปกรณ์

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ EGSB ที่ใช้ทำการทดลองมีส่วนประกอบแสดงดังรูปที่ 3.1 และมีรายละเอียดในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

1. ถังเก็บน้ำเสียเพื่อป้อนสู่คอลัมน์ ขนาด 20 ลิตร
2. ถังเก็บน้ำเสียเพื่อทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ขนาด 20 ลิตร
3. Feed pump เป็นปั๊มประเภท Peristaltic ใช้ป้อนน้ำเสียเข้าสู่คอลัมน์ทางด้านล่างสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **Recycle pump** เป็นปั๊มประเภท Peristaltic ใช้ทำให้เกิดการขยายตัวของชั้นตะกอน โดยการเพิ่มอัตราเร็วในการไหลขึ้นของน้ำเสีย ทำให้ชั้นตะกอนปั่นป่วนเกิดการฟุ้งกระจายจึงส่งผลให้เพิ่มโอกาสในการสัมผัสกันระหว่างน้ำเสียน้ำกับจุลินทรีย์ที่อยู่ในคอลัมน์และทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วเข้ามาเจือจางลดความเป็นพิษของน้ำเสียที่เข้าคอลัมน์อีกด้วย

5. **คอลัมน์ EGSB** ทำจากอะคริลิกใส มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10 cm สูง 224 cm หรือมีปริมาตรภายในคอลัมน์ $17,454 \text{ cm}^3$ (ปริมาตรทรงกระบอก = $17,192 \text{ cm}^3$ และปริมาตรของส่วนฝาปิดทรงกลม = 262 cm^3) อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (Height-per-diameter) มีค่าเป็น 21.65 คอลัมน์ที่ใช้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

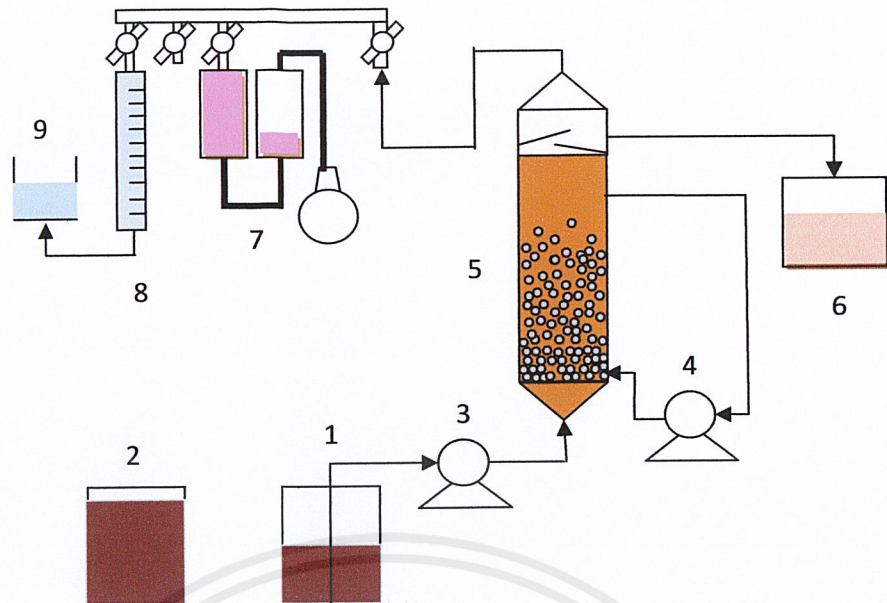
- 1) ส่วนล่างเป็นรูปทรงกรวย มีความสูง 9.5 cm โดยน้ำเสียจะถูกป้อนสู่คอลัมน์ที่ส่วนนี้
- 2) ส่วนกลาง เป็นส่วนที่มีความสูง 208.5 cm ในส่วนนี้น้ำเสียเข้าสัมผัสกับเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์กลายเป็นก๊าซชีวภาพเกิดขึ้น
- 3) ส่วนบน เป็นส่วนที่มีความสูง 9.5 cm ประกอบด้วยแผ่นอะคริลิก 2 แผ่นวางเป็นมุมเอียงเหลื่อมกันเพื่อใช้ในการแยกสารทั้ง 3 สถานะ คือ ก๊าซ ตะกอนของแข็ง และของเหลวออกจากกัน เมื่อน้ำเสียไหลขึ้นมาตะกอนของแข็งจะตกกลับลงไปตรงกลางของคอลัมน์ ส่วนของเหลวจะไหลออกตามท่อด้านข้างของคอลัมน์ ส่วนก๊าซจะไหลออกทางด้านบนสุด โดยจะต่อท่อเพื่อให้ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นไหลไปยังอุปกรณ์วัดอัตราการเกิดก๊าซ

6. **ถังเก็บน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว** เป็นถังพลาสติกขนาด 6 ลิตรที่ใช้เก็บน้ำเสียที่ออกจากคอลัมน์

7. **หน่วยวิเคราะห์ก๊าซแบบออร์ແສท** ใช้วัดปริมาณของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

8. **หน่วยวัดอัตราการเกิดก๊าซ** เป็นหลอดวัดปริมาตรขนาด 100 ml มีความละเอียด 2 ml สำหรับวัดปริมาตรก๊าซที่เข้ามาแทนที่ของเหลวภายในหลอดวัดปริมาตรต่อช่วงเวลา

9. **ทางออกของก๊าซชีวภาพ** ทำหน้าที่ระบายก๊าซที่เกิดขึ้นและปรับปริมาตรภายในเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ



รูปที่ 3.1 แสดงระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบอีจีเอสบี (Expanded Granular Sludge Bed: EGSB) ที่ใช้ในการทำการทดลอง

2) น้ำเสีย

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียที่นำมาจากโรงงานเอกรัฐพัฒนาซึ่งเป็นโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลซึ่งมีลักษณะดังตารางที่ 3.1 โดยนำมาเก็บไว้ในตู้แช่ที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อป้องกันการเกิดการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย

ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะของน้ำเสียของโรงงาน

ตัวแปร	ค่า	หน่วย
COD	180,000 – 200,000	g/m ³
BOD	100,000	g/m ³
VSS	12,000	mg/l
TSS	18,000	mg/l
TKN	3,500	mg/l
Phosphorus	500	mg/l
Alkalinity	3,500	mgCaCO ₃ /l
Methane production	-	m ³ / kg COD
SO ₄	15,200	mg/l
Waste water temperature	ที่ออกจากระบบหมักถั่น	70-80°C
pH	4.5	

ที่มา: ข้อมูลของโรงงานเอกรัฐพัฒนาที่เข้าไปศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เชื้อจุลินทรีย์

การทดลองนี้ได้นำเชื้อตะกอนมาจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพแบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket: UASB) ของบริษัท ปทุมธานี บิรเวอริ จำกัด ซึ่งมีค่า MLVSS 10,224 mg/l หรือมีค่า MLVSS/MLSS = 0.732

4) สารเคมี

1. 1-10 Phenantroline Monohydrate
2. $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Iron(II) Sulphate
3. $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Ammonium iron(II) Sulphate
4. Conc. H_2SO_4 Sulfuric Acid
5. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ Potassium Dichromate
6. Conc. H_2SO_4 Sulfuric Acid
7. HgSO_4 Mercury(II) Sulphate
8. NaOH Sodium Hydroxide
9. NaHCO_3 Sodium Hydrogen Carbonate

3.1.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

1) การทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของน้ำเสีย ก่อนเข้าสู่ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบ EGSB

จากการศึกษากลไกการบำบัดน้ำเสียพบว่าสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับน้ำ ทำให้เกิดการลดขนาดสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง เช่น การย่อยสลายไขมันให้กลายเป็นกรดไขมัน เป็นต้น ซึ่งมีผลทำให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงไปส่งผลกระทบต่อค่า COD ของน้ำเสียด้วยเนื่องจากสารอินทรีย์ที่แปลงสภาพไปหลังการเกิดปฏิกิริยา ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองโดยการพักน้ำเสียในถังเก็บขนาด 20 ลิตร ทำการเตรียมไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน เพื่อให้ค่า COD ของน้ำเสียลดลงถึงจุดหนึ่งที่คงที่ก่อนป้อนเข้าสู่คอลัมน์ EGSB

2) การเดินระบบ

เนื่องจากตะกอนที่ใช้นำมาจากระบบการบำบัดน้ำเสียของ บริษัท ปทุมธานี บิรเวอริ จำกัด ซึ่งสามารถรับค่า COD ได้ไม่เกิน 1,500 มก./ลิตร ไม่คุ้นเคยกับน้ำเสียจากการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล จึงทำการทดลองการนำน้ำเสียมาเจือจางให้มีค่า COD ต่ำๆ โดยค่อยๆ เพิ่มเพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถปรับสภาพได้ และเวลาที่น้ำเสียอยู่ในระบบบำบัดก่อนที่จะปล่อยออกจากระบบ (Hydraulic Retention Time : HRT) เท่ากับ 64 ชั่วโมง โดยตัวแปรที่ใช้ในการควบคุมระบบ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สภาวะที่ควบคุมระบบที่ใช้ในการทดลอง

ลักษณะของสภาวะที่ใช้ในการทดลอง	ค่า
pH ของน้ำเสียที่ป้อนเข้าคอลัมน์	7
pH ของน้ำเสียภายในคอลัมน์	6.8 - 7.2
สภาพต่างทั้งหมดของน้ำเสียภายในคอลัมน์ (มก./ลิตร คิดในรูปของ CaCO ₃)	< 800
VFA ของน้ำเสียภายในคอลัมน์ (มก./ลิตร คิดในรูปของกรดแอสซิติค)	< 200

3) การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

ทำการวิเคราะห์ค่า COD ทั้งทางเข้าและออกของคอลัมน์ % ก๊าซมีเทนและอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ ทุกๆ 24 ชั่วโมง

4) การคำนวณหาศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทนจากน้ำเสียที่นำมาบำบัด (Biochemical Methane Potential: BMP)

นำข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลองมาหาศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทนหรือ BMP โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.1 และ 3.2 ดังนี้

$$BMP = \frac{(\text{อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ, } \frac{l}{d})(\% \text{ methane})(1/100)}{(COD_{in} - COD_{out})} \quad (3.1)$$

หรือ

$$BMP = \frac{(\text{อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ, } \frac{l}{d})(\% \text{ methane})(1/100)}{(COD_{in} - COD_{out}, \text{mg/l})(\text{Flow rate, l/d})} \quad (3.2)$$

3.2 การคำนวณปริมาณของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดในโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล

ทำการคำนวณหาปริมาณของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงจากการดำเนินโครงการ ตามวิธีมาตรฐาน AM0022 Avoided Wastewater and On-site Energy Use Emissions in the Industrial Sector (Version 4) ในการคำนวณหาปริมาณของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงจากการดำเนินโครงการ ซึ่งใช้ข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลองมาคำนวณดังนี้คือ

1. คำนวณหาศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน(Biochemical Methane Potential: BMP)
2. ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ
3. ความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย

3.3 การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการดำเนินโครงการและประเมินมูลค่าในการลงทุนและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการดำเนินโครงการให้เป็นไปตามตามกลไกพัฒนาที่สะอาดต้องทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล โดยศึกษาจากขั้นตอนและองค์ประกอบของระบบการบำบัดน้ำเสียเพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการจากการดำเนินการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดที่เน้นถึงการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบการบำบัดน้ำเสียแบบ EGSB โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ผลิตได้สามารถนำไปขายในรูปแบบคาร์บอนเครดิต นอกจากนี้ได้ทำการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งเป็นการประเมินความเป็นไปได้ในการดำเนินโครงการ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ออกแบบของค์ประกอบต่างๆของระบบบำบัดน้ำเสีย
2. ประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ
3. ประเมินรายได้ที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินโครงการ
4. ประเมินความคุ้มค่าของการดำเนินโครงการด้วยวิธีการต่างๆ

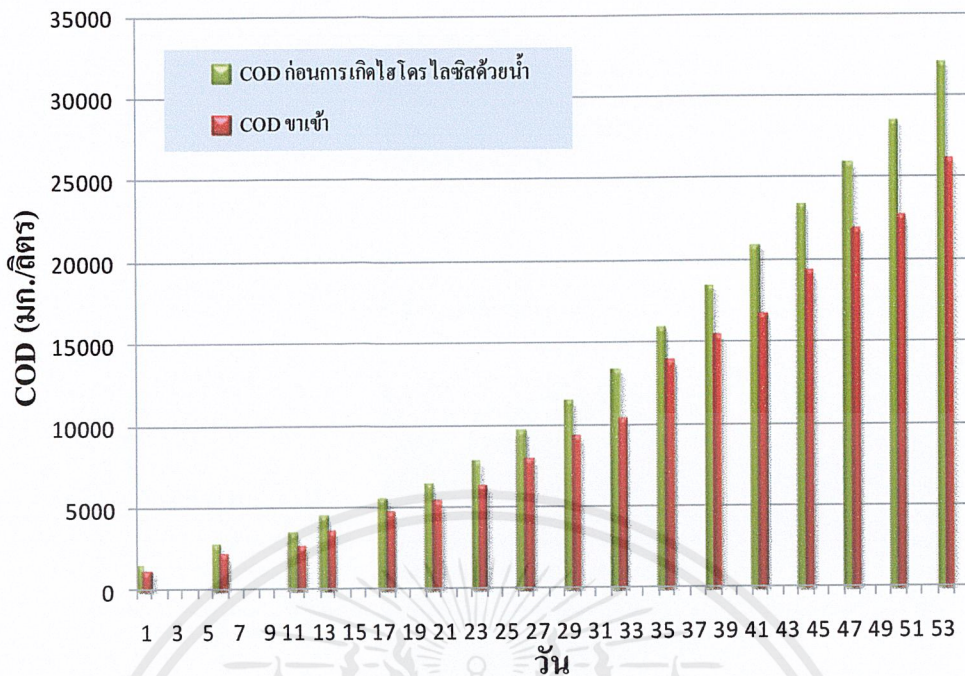
บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

จากวัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ที่จัดทำเพื่อศึกษาการบำบัดน้ำเสียและปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบอีจีเอสบี (Expanded Granular Sludge Bed:EGSB) และทำการประเมินปริมาณของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงจากการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดพร้อมทั้งวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จากการดำเนินโครงการ ดังนั้นจะอภิปรายผลเป็นสามส่วนคือ การศึกษาศักยภาพการผลิตมีเทนแบบ pilot scale ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการดำเนินโครงการ และการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

4.1 การศึกษาศักยภาพการผลิตมีเทนแบบ pilot scale

จากการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อหาศักยภาพในการผลิตมีเทน ได้ใช้เชื้อตะกอนจุลินทรีย์จากบริษัท ปทุมธานี บิโรวอเตอร์ จำกัด ซึ่งเป็นเชื้อตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพแบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket: UASB) เชื้อตะกอนจุลินทรีย์มีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอย 14,000 มก./ลิตร โดยในการทดลองจะทำการเจือจางค่า COD ของน้ำเสียและปล่อยน้ำเสียทิ้งไว้ให้เกิดการ Hydrolysis ด้วยน้ำเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นจึงทำการปรับ pH ให้อยู่ประมาณ 7 ก่อนจะป้อนเข้าสู่ระบบและค่อยๆเพิ่มภาระของสารอินทรีย์ตั้งแต่ 1,200 – 32,500 มก./ลิตร ซึ่งผลของค่า COD ก่อนและหลังการไฮโดรไลซิสในช่วงเวลา 53 วัน แสดงดังรูปที่ 4.1 จากผลการทดลองพบว่าค่า COD ของน้ำเสียในแต่ละช่วงจะลดลงประมาณ 20 %

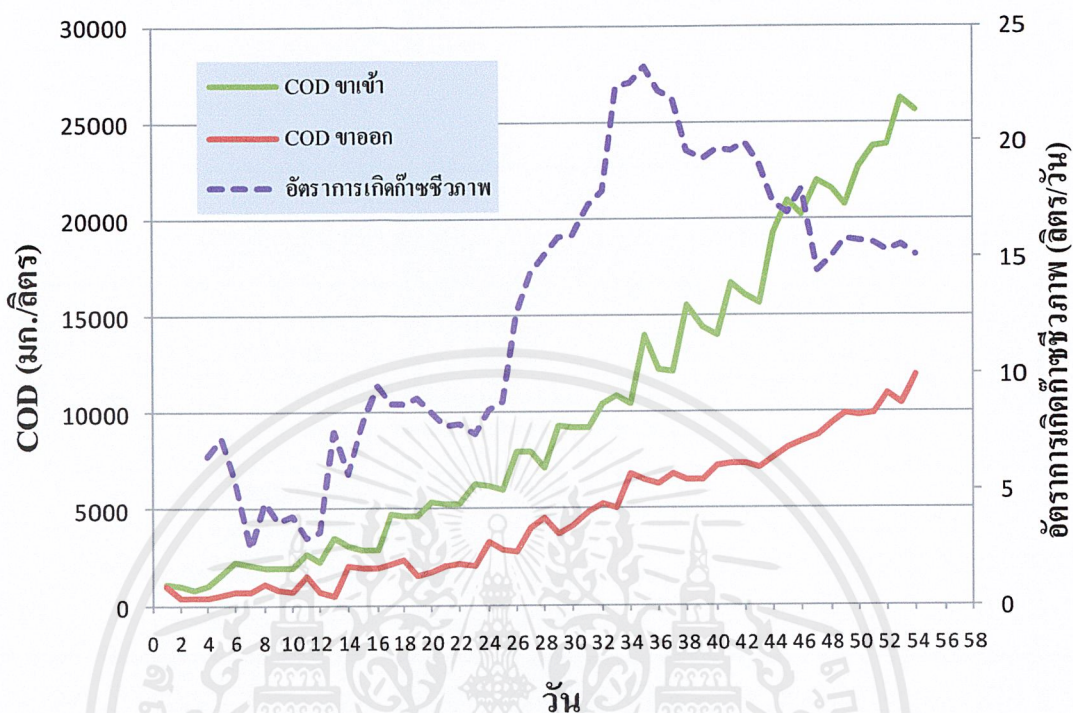


รูปที่ 4.1 ข้อมูลค่า COD ของน้ำเสียที่เตรียมก่อนเกิดการไฮโดรไลซิสด้วยน้ำ และค่า COD ขาเข้า

ส่วนข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของ COD ที่ทางเข้าและออกจากคอลัมน์และปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ทำการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.2 ในช่วง 4 วันแรกจะเป็นช่วงเริ่มการทดลองโดยจะทำการทดลองค่า COD ประมาณ 1200 มก./ลิตร เพื่อให้ตะกอนจุลินทรีย์ได้ปรับสภาพ เมื่อตะกอนสามารถปรับสภาพได้จะเริ่มผลิตก๊าซชีวภาพ จะเห็นได้ว่าเริ่มมีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นในวันที่ 4 หลังจากนั้นจะเห็นว่าเมื่อเพิ่ม COD ในน้ำเสียที่ป้อนแก่ระบบให้สูงขึ้น อัตราการเกิดก๊าซของก๊าซชีวภาพจะไม่คงที่ โดยจะขึ้นลงตามความสามารถในการปรับสภาพของตะกอนจุลินทรีย์ แต่แนวโน้มโดยรวมอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มค่า COD ขาเข้าจาก 1,200 มก./ลิตร ไปจนกระทั่งประมาณ 14,000 มก./ลิตร จากนั้นอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจะค่อยๆ ลดลง โดยในวันที่ 53 ของการทดลองจะได้อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพที่ประมาณ 15.1 ลิตร/วัน เมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างค่า COD ที่ทางเข้าและทางออกผลต่างที่ได้พบว่าช่วง 16 วันแรก ที่ COD ทางเข้ายังไม่สูงนัก COD ที่ทางออกจะลดลงไม่มากนักแสดงว่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยน COD ให้เป็นก๊าซของจุลินทรีย์ยังไม่ค่อยดีนัก สังเกตได้จากปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้ยังค่อนข้างต่ำ หลังจากนั้นความแตกต่างของ COD ที่ทางเข้าและออกจะสูงขึ้นแสดงว่าจุลินทรีย์ทำงานได้ดีขึ้น ซึ่งสามารถสังเกตได้ชัดเจนจากปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเช่นกัน เมื่อเวลาดำเนินการผ่านไปจนถึงวันที่ 53 ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถเพิ่ม COD ของน้ำเสียที่ทางเข้าได้สูงถึง 25,600 มก./ลิตร โดยสามารถลดค่า COD ถึง 54% และจะได้ข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้ในการคำนวณหาศักยภาพในการเกิดก๊าซมีเทน (BMP) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหาศักยภาพใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดก๊าซมีเทน (BMP) ได้ ซึ่งมีค่าเป็น 0.147 ลบ.ม. ก๊าซมีเทนต่อ กก. COD เมื่อ Hydraulic Relation Time (HRT) มีค่าเป็น 64 ชั่วโมง



รูปที่ 4.2 ค่า COD และอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพกับเวลาที่ใช้ในการทดลอง เมื่อ HRT 64 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.1 ตัวแปรที่ได้จากการทดลองเพื่อหาศักยภาพในการเกิดก๊าซมีเทนจากน้ำเสียของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล

ตัวแปรที่ได้จากการทดลอง	ค่า
COD ที่ทางเข้า (มก. /ลิตร)	25,600
COD ที่ทางออก (มก. /ลิตร)	11,872
% ก๊าซมีเทน	74
อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ (ลิตร/วัน)	17.88
อัตราการป้อนน้ำเสีย (ลิตร/วัน)	6.56

4.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการดำเนินโครงการ

เมื่อนำค่า BMP ที่ได้จากการทดลองมาประเมินการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้วิธีมาตรฐาน AM0022 พบว่าสามารถหาค่าปริมาณการปลดปล่อยในกรณีฐาน (E_{BL}) และในกรณีดำเนินโครงการ ($E_{Project}$) ดังแสดงในตาราง 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้จากการดำเนิน โครงการ CDM มีค่าประมาณ 134,296.04 tCO₂e ต่อปี คิดเป็นเงินที่ได้จากการขาย คาร์บอนเครดิตเท่ากับ 66 ล้านบาทต่อปี (ราคาโดยเฉลี่ยของคาร์บอนเครดิตชนิด CERs มีค่าเป็น 491.23 บาทต่อตันคาร์บอน)

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้ในกรณีฐาน

ลำดับ	ตัวแปร	ค่า (tCO ₂ e)
1.	E _{CH4_lagoons_BL}	218,613.12
2.	E _{CO2_heat BL}	0
3.	E _{CO2_power_BL}	19,051.40
4.	E _{BL}	237,664.52

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้ในกรณีดำเนิน โครงการ

ลำดับ	ตัวแปร	ค่า (tCO ₂ e)
1.	E _{CH4_lagoons}	94,100.16
2.	E _{CH4_NAWTF}	2,490.26
3.	E _{CH4_IC+leakss}	6,778.06
4.	E _{Project}	103,368.48

4.3 การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการดำเนินโครงการและประเมินมูลค่าในการลงทุนและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

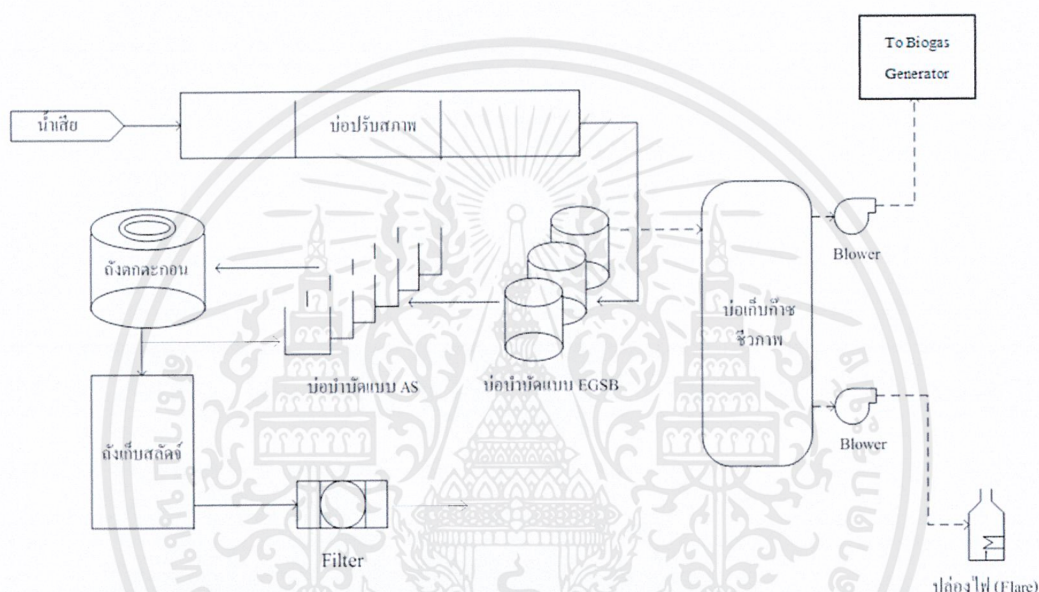
เมื่อทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจะพบว่าระบบจะต้องประกอบด้วย บ่อปรับสภาพ ขนาด 7,500 m³ เพื่อปล่อยให้น้ำเสียเกิดการไฮโดรไลซิสมาก่อนส่งไปยังบ่อบำบัดแบบ EGSB ขนาด 1,700 m³ จำนวน 3 บ่อ โดยก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะส่ง ไปยังบ่อเก็บก๊าซชีวภาพและส่งไปผลิตไฟฟ้าต่อไปที่ระบบ Biogas Generator โดยจะมีระบบ Flare เพื่อใช้จัดการก๊าซชีวภาพที่รั่วไหลในกรณีฉุกเฉิน ส่วนน้ำเสียจากกระบวนการจะถูกบำบัดต่อโดยระบบตะกอนเร่ง (AS) ขนาด 300 m³ จำนวน 6 บ่อ โดยกากตะกอนที่ได้จากระบบตะกอนเร่งส่วนหนึ่งจะถูกหมุนเวียนมาใช้ในถังเติมอากาศ อีกส่วนหนึ่งจะถูกทำให้เข้มข้นและกรองโดยใช้เครื่องกรองแบบ Belt Press ดังแสดงในรูปที่ 4.3

- | | | |
|---------------------|---------------------------|-------------|
| 1. บ่อปรับสภาพ | ขนาด 7,500 m ³ | จำนวน 1 บ่อ |
| 2. บ่อบำบัดแบบ EGSB | ขนาด 1,700 m ³ | จำนวน 3 บ่อ |
| 3. บ่อบำบัดแบบ AS | ขนาด 300 m ³ | จำนวน 6 บ่อ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. บ่อดกตะกอน	ขนาด	1,900 m ³	จำนวน	1 บ่อ
5. ถังเก็บสลัดจ์	ขนาด	800 m ³	จำนวน	1 บ่อ
6. บ่อเก็บก๊าซชีวภาพ	ขนาด	6,000 m ³	จำนวน	1 บ่อ
7. Blower	ขนาด	20 Hp	จำนวน	4 ตัว
8. ปล่องไฟ (Flare)	ขนาด	500 m ³ /hr	จำนวน	1 ตัว
9. Belt Press	ขนาด	48 gpm	จำนวน	1 ตัว
10. Biogas Generator	ขนาด	200 KW	จำนวน	2 ตัว

ซึ่งส่วนประกอบดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 Process Flow Diagram ของการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

โดยรายละเอียดของอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในระบบและขนาดที่ใช้ในการออกแบบสามารถดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก ข.3

หลังจากทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว จึงวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อประเมินถึงความคุ้มค่าในการดำเนินโครงการ โดยจะต้องประเมินค่าลงทุนก่อสร้าง (Total Capital Investment) และค่าดำเนินการระบบ (Production Cost) ซึ่งจากการประเมินราคาได้มูลค่ารวมจากการลงทุนก่อสร้าง 103 ล้านบาท ค่าดำเนินการระบบ 36.7 ล้านบาท ดังตารางที่ 4.4 และ 4.5 โดยรายละเอียดราคาของส่วนประกอบในกระบวนการได้แสดงในภาคผนวก ข.5

ตารางที่ 4.4 แสดง Capital Investment

Components	มูลค่า (บาท)
Total bare-module investment, TBM	71,125,872
Total of direct permanent investment, DPI	78,238,459
Total depreciable capital, TDC	79,821,382
Total permanent investment, TPI	92,321,382
Total capital investment, TCI	102,990,263

ตารางที่ 4.5 แสดง Production Cost

Components	มูลค่า (บาท)
Cost Of Manufacture (COM)	27,986,170
General Expense (GE)	8,714,129
Total Production Cost (COM + GE)	36,700,299

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาประเมินความคุ้มค่าด้วยวิธีการทางเศรษฐศาสตร์โดยพิจารณาร่วมกับ คาร์บอนเครดิตที่ขายได้ จะพบว่า การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ที่ไม่คำนึงถึงอัตราลดค่า (Discount Rate) ด้วยวิธีการ Return On Investment (ROI) ได้อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน 29 % และ การประเมินด้วยวิธีการ Payback Period (PBP) จะมีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 4 เดือน สำหรับการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ที่คำนึงอัตราลดค่า (Discount Rate) เมื่อโครงการอายุ 15 ปีด้วย วิธีการ Rigorous Profitability Measures ได้อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 28.20 % และ วิธีการ Net Present Value Method จะได้ Net Present Value มีค่า 131 ล้านบาท

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเพื่อศึกษาการบำบัดน้ำเสียและปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ แบบอีจีเอสบี (Expanded Granular Sludge Bed:EGSB) และทำการประเมินปริมาณของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงจากการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดพร้อมทั้งวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล จากการดำเนินโครงการโดยใช้น้ำเสียจากโรงงานแห่งนี้โดยตรง จากข้อมูลและผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปผลและเขียนข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

1. จากการทำการทดลองเพื่อหาศักยภาพในการเกิดก๊าซมีเทน (BMP) ของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบ EGSB ในระดับ Pilot Scale โดยค่า COD ของน้ำเสียก่อนเกิดการไฮโดรไลซิสด้วยน้ำและก่อนป้อนเข้าระบบมีค่า 32,000 และ 25,600 มก./ลิตร ตามลำดับ พบว่าสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ 17.88 ลิตร/วัน คิดเป็นศักยภาพการผลิตมีเทนได้ 0.105 กก.มีเทน/กก.COD และใช้สภาวะในการทดลองตามตารางที่ 4.1

2. ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงได้หากโรงงานดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดโดยการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อลากูเนเปิดมาเป็นระบบบำบัดน้ำเสียและการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าแล้วส่งขายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ซึ่งคำนวณตามวิธีมาตรฐาน AM0022 (Version 4) นั้นมีค่าเป็น 134,296.04 tCO₂e ต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่าคาร์บอนเครดิตเป็นจำนวนเงิน 66 ล้านบาท/ปี และมูลค่าไฟฟ้าที่ขายให้การไฟฟ้าแห่งประเทศไทยเป็นจำนวนเงิน 12.9 ล้านบาท/ปี

3. จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลซึ่งประเมินจากการลงทุนสร้างระบบบำบัดน้ำเสียของทั้งระบบ รายได้จากการขายคาร์บอนเครดิตต่อปี และค่าไฟฟ้าที่ขายได้ต่อปีโดยกำหนดให้อัตราผลตอบแทนต่ำสุด (MARR) ของการลงทุนมีค่า 8 % พบว่าจะต้องใช้เงินลงทุนในการดำเนินโครงการทั้งสิ้น 103 ล้านบาท ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปี เท่ากับ 36.7 ล้านบาท มีรายได้จากการดำเนินโครงการต่อปี เท่ากับ 78.9 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนของการลงทุนในการดำเนินโครงการมีค่า 28.20 % และระยะคืนทุน 2 ปี 4 เดือน เมื่อพิจารณาจากหลักการตัดสินใจเพื่อการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงทุนในโครงการแล้วพบว่าโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลนี้เหมาะสมกับการลงทุนเพื่อที่จะการดำเนินโครงการ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากการคำนวณตามวิธีมาตรฐาน AM0022 (V4) การคิดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังดำเนินโครงการจะคิดการปลดปล่อยจากบ่อลาถุนหลังจากผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบปิด แต่เนื่องจากได้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบใช้อากาศแทนบ่อลาถุนซึ่งจะไม่มีปลดปล่อยก๊าซมีเทนออกมา ทำให้ปริมาณการปลดปล่อยที่คำนวณได้มากเกินไปจริง
2. จากผลการทดลองความสามารถในการลดค่า COD ของระบบอาจจะมีความมากกว่า 54 % หากมีการศึกษาเพิ่มเติมอาจพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพมากกว่านี้ ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงอาจมีค่ามากกว่าที่ผู้ทำปริญญานิพนธ์เสนอไว้
3. ผลจากการประเมินมูลค่าการลงทุนโครงการที่คำนวณได้ยังมีข้อผิดพลาดเป็นจำนวนมากเนื่องจากไม่มีข้อมูลของราคาที่แท้จริงจากบริษัทผู้ผลิต ผู้จัดทำได้ประเมินราคาโดยอ้างอิงจากตำราเรียน อินเทอร์เน็ต ตามเท่าที่จะหาข้อมูลได้ ดังนั้นผลกำไรจริงที่เกิดขึ้นอาจมากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่ประเมินจากการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] พื้นฐานด้านกลไกการพัฒนาที่สะอาด (ฉบับร่าง) โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน) ร่วมกับสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีนาคม 2553
- [2] “กลไกการพัฒนาที่สะอาด.” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.tgo.or.th>. 2553.
- [3] คู่มือวิชาการระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ เล่มที่ 1.
[Online].เข้าถึงได้จาก :
http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_pol.cfm?task=anair
- [4] ศูนย์ประสานงานโครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ. “เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ (Biogas Technology).”
[Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaibiogas.net/th/taxonomy/term/15>. 2551
- [5] ขั้นตอนการดำเนิน โครงการ CDM.
[Online].เข้าถึงได้จาก : <http://www2.dede.go.th/cdm/potential.htm>
- [6] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. “การดำเนิน โครงการ CDM.”
[Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www2.onep.go.th/CDM/cdm_work.html. 2553.
- [7] “การจัดทำ PDD และการคำนวณการลดแก๊สเรือนกระจก.”
[Online].เข้าถึงได้จาก : <http://tgo.or.th>. 2553.
- [8] CDM. [Online]. [Online].เข้าถึงได้จาก : <http://cdm.unfccc.int/index.html>. 2009.
- [9] Guidebook to Financing CDM Projects (May 2007). “ค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ กลไกการพัฒนาที่สะอาด”
[Online].เข้าถึงได้จาก :
<http://cd4cdm.org/publications/FinanceCDMprojectsGuidebook.pdf>
- [10] หลักเกณฑ์การวิเคราะห์ค่าผลตอบแทนทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์.
[Online].เข้าถึงได้จาก : <http://www2.dede.go.th/webpage/Main.htm>
- [11] หลุทัย มีนะพันธ์.หลักการวิเคราะห์โครงการ : วิธีการวิเคราะห์และประเมินความเป็นไปได้ของโครงการทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน .กรุงเทพฯ : คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2542.
- [12] ดร.เขาวเรศ ทับพันธุ์. การประเมินโครงการตามแนวทางเศรษฐศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [13] เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ (Business Economics)
[Online].เข้าถึงได้จาก : <http://www.econ.neu.ac.th/web/index.html>
- [14] Medhat M. A. Saleh.;Usama F. Mahmood.;(2003) UASB/EGSB APPLICATIONS FOR INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT.
[Online].เข้าถึงได้จาก : http://www.iwtc.info/2003_pdf/05-6.pdf
- [15] Gas Handling System (ระบบส่งแก๊สและแก๊สชีวภาพในงานอุตสาหกรรม)
[Online].เข้าถึงได้จาก : http://www.therec-corp.com/Savio_Eng.htm
- [16] อุปกรณ์สำหรับแก๊สชีวภาพ
[Online].เข้าถึงได้จาก : <http://www.bkeinter.com/biogashlder1t.html>
- [17] Water & Wastewater Treatment Solutions
[Online].เข้าถึงได้จาก : http://www.ecologixsystems.com/belt_filter_press.php
- [18] Warren D.Seider , J.D. Seader, Daniel R. Lewin, Soemantri Widagdo. (2010). Production and Process Design Principle. Third Ed. Asia: John Wiley & Sons,Inc.
- [19] Shyam R Asolekar. Wastewater Treatment for Pollution Control and Reuse. Third Ed. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลการทดลองในระหว่างช่วงที่เพิ่มค่า COD เข้าสู่ถ่อถ่ม

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองในระหว่างการเพิ่มค่า COD

วัน/เดือน/ ปี	COD Feed (mg/l)	COD Out (mg/l)	อัตราการป้อนน้ำเสีย (l/d)	อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ (l/d)	% มีเทน
17/12/2010	1096	1028	6.56	-	-
18/12/2010	1024	328	6.56	-	-
19/12/2010	784	328	6.56	-	-
20/12/2010	1016	396	6.56	6.5	65
21/12/2010	-	-	6.56	7.2	61
22/12/2010	2232	636	6.56	5.4	72
23/12/2010	-	684	6.56	2.5	61
24/12/2010	1960	1136	6.56	4.5	59
25/12/2010	1968	776	6.56	3.6	40
26/12/2010	1936	736	6.56	3.9	65
27/12/2010	2612	1556	6.56	2.9	54
28/12/2010	2192	700	6.56	3.2	71
29/12/2010	3516	468	6.56	7.5	70
30/12/2010	3030	2064	6.56	5.7	67
31/12/2010	2884	1980	6.56	7.9	69
1/1/2011	2852	1936	6.56	9.5	68
2/1/2011	4752	2088	6.56	8.7	65
3/1/2011	4664	2320	6.56	8.7	67
4/1/2011	4596	1520	6.56	9.0	71
5/1/2011	5356	1720	6.56	-	70
6/1/2011	5224	2016	6.56	7.8	69
7/1/2011	5288	2176	6.56	7.8	63
8/1/2011	6304	2020	6.56	7.4	74
9/1/2011	6230	3232	6.56	8.5	73
10/1/2011	5992	2864	6.56	8.7	74
11/1/2011	7920	2720	6.56	12.6	71
12/1/2011	7968	3984	6.56	14.4	70
13/1/2011	7136	4524	6.56	15.1	69
14/1/2011	9312	3724	6.56	15.9	65
15/1/2011	9232	4120	6.56	16.0	74

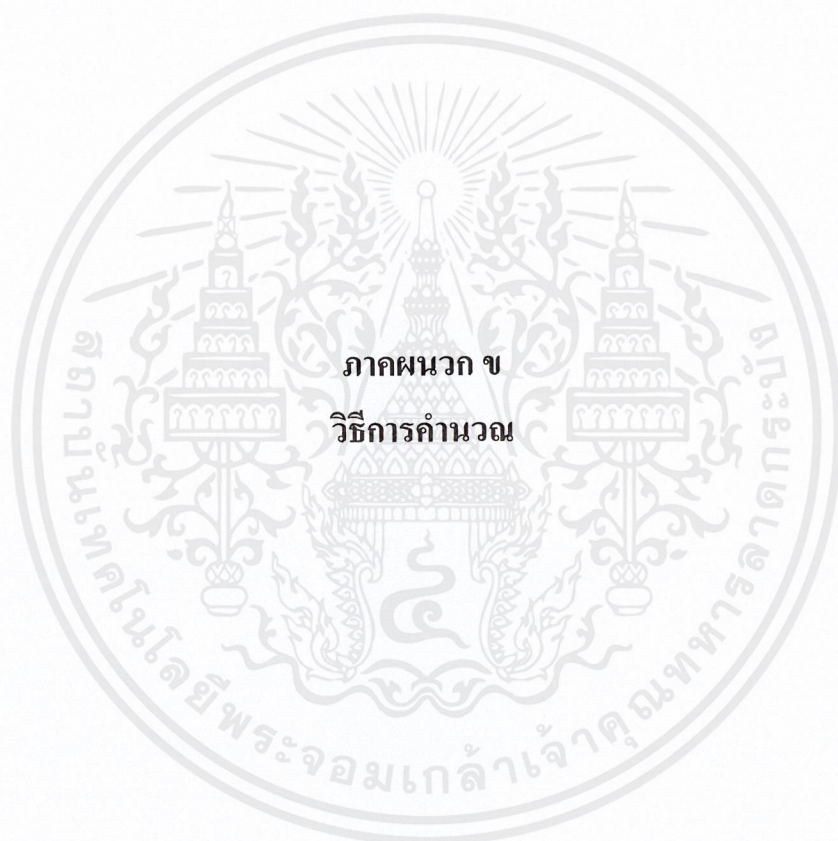
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองในระหว่างการเพิ่มค่า COD (ต่อ)

วัน/เดือน/ ปี	COD Feed (mg/l)	COD Out (mg/l)	อัตราการป้อนน้ำเสีย (l/d)	อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ (l/d)	% มีเทน
16/1/2011	9232	4884	6.56	17.3	82
17/1/2011	10400	5291	6.56	17.9	64
18/1/2011	10840	5024	6.56	22.4	78
19/1/2011	10480	6848	6.56	22.6	79
20/1/2011	13960	6456	6.56	23.3	68
21/1/2011	12220	6256	6.56	22.2	74
22/1/2011	12080	6808	6.56	21.9	84
23/1/2011	15480	6512	6.56	19.6	75
24/1/2011	14360	6502	6.56	19.3	76
25/1/2011	14020	7244	6.56	19.7	88
26/1/2011	16720	7280	6.56	19.6	80
27/1/2011	16080	7368	6.56	19.9	78
28/1/2011	15660	7080	6.56	19.0	79
29/1/2011	19296	7656	6.56	17.3	73
30/1/2011	20960	8160	6.56	16.9	72
31/1/2011	20200	8520	6.56	18.0	74
1/2/2011	21920	8800	6.56	14.9	82
2/2/2011	21600	9400	6.56	15.0	68
3/2/2011	20720	9880	6.56	15.8	69
4/2/2011	22720	9792	6.56	15.7	78
5/2/2011	23720	9956	6.56	15.6	73
6/2/2011	23840	10992	6.56	15.3	65
7/2/2011	26200	10448	6.56	15.5	70
8/2/2011	25600	11872	6.56	15.1	68

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยของอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพและเปอร์เซ็นต์การเกิดมีเทนคิดในช่วงที่มีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพที่มีค่าใกล้เคียงกันคือตั้งแต่วันที่ 11 มกราคม – 8 กุมภาพันธ์ 2554 ซึ่งมีค่า 17.88 ลิตร/วัน 74% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข
วิธีการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 การคำนวณหาศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน

คำนวณหาศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทนได้จากสมการ 3.1 หรือ 3.2

$$BMP = \frac{\left(\text{อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ, } \frac{l}{d}\right)(\%methane)(1/100)}{(COD_{in} - COD_{out})} \quad (3.1)$$

หรือ

$$BMP = \frac{\left(\text{อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ, } \frac{l}{d}\right)(\%methane)(1/100)}{(COD_{in} - COD_{out}, mg/l)(Flow rate, l/d)} \quad (3.2)$$

แทนค่า

$$BMP = \frac{\left(17.88 \frac{l}{d}\right)(74)(1/100)}{(25,600 - 11,872 \text{ mg COD/l})(6.56 \text{ l/d})}$$

จะได้

$$BMP = 1.47 \times 10^{-4} \frac{l_{methane}}{mg \text{ COD}}$$

เมื่อความหนาแน่นของก๊าซมีเทนมี ($\rho_{methane}$) มีค่า 0.716 kg/m^3

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ศักยภาพในการเกิดก๊าซมีเทนจึงมีค่า} &= 1.47 \times 10^{-4} \frac{l_{methane}}{mg \text{ COD}} \times 0.716 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0.105 \text{ kg CH}_4/\text{kg COD} \end{aligned}$$

ข.2 การคำนวณเพื่อประเมินปริมาณของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงจากการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดในโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล

สำหรับในโครงการนี้เป็นโครงการCDMประเภท “CYY Biopower Wastewater treatment plant including biogas reuse for thermal oil replacement and electricity generation Project” โดยจะใช้วิธีมาตรฐาน AM0022 Avoided Wastewater and On-site Energy Use Emissions in the Industrial Sector (Version 4) ในการคำนวณ ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณแสดงในตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 แสดงข้อมูลที่น่าไปใช้ในการคำนวณเพื่อประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงได้จากการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด

ลำดับ	ตัวแปร	หน่วย	ค่า	หมายเหตุ
1.	อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	1,650	m ³	ข้อมูลจากโรงงาน
2.	อัตราการไหลของน้ำเสียที่ออกจากระบบ	1,650	m ³	ข้อมูลจากโรงงาน
3.	ค่า COD ของน้ำเสียที่เข้าระบบ	230	kg COD/m ³	ข้อมูลจากโรงงาน
4.	ค่า COD ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ	-	kg COD/m ³	ได้จากการคำนวณจากความสามารถในการกำจัดค่า COD ของระบบ
5.	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ส่งไปยังระบบเผาก๊าซทิ้ง (Flare)	-	Nm ³	สมมติฐาน
6.	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ส่งไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	-	Nm ³	สมมติฐาน
7.	ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในชีวภาพ	74	%	การทดลอง
8.	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ปลดปล่อยออกจากระบบเผาก๊าซทิ้งของโครงการ	-	tCO _{2e}	สมมติฐาน
9.	ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	0.95	%	สมมติฐาน
10.	ก๊าซชีวภาพที่สูญเสียออกจากระบบท่อ	-	%	สมมติฐาน
11.	ความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสีย (R_{NAWTF})	54	%	จากการทดลอง
12.	ความร้อนในเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ (Biogas calorific value)	28.4886	J/Nm ³	CYY Biopower Wastewater preject
13.	พื้นที่ผิวของบ่อบำบัดน้ำเสียแบบลากรูน	6.94	ha	ข้อมูลจากโรงงาน
14.	ดัชนีภาวะเรือนกระจก (GWP_{CH_4})	21	tCO ₂ /tCH ₄	AM0022
15.	ปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (EF_{CH_4})	0.105	kg CH ₄ /kg COD	จากการทดลอง
16.	การย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนบริเวณผิวน้ำ ($COD_{loss_aerobic}$)	254	Kg COD/ha/d	CYY Biopower Wastewater preject
17.	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	38	%	สมมติฐาน
18.	ความเข้มข้นของไดออกไซด์ (SO_2^- concentration)	15.2	kg/m ³	ข้อมูลจากโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แสดงข้อมูลที่นำไปใช้ในการคำนวณเพื่อประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงได้จากการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (ต่อ)

ลำดับ	ตัวแปร	หน่วย	ค่า	หมายเหตุ
19.	สัดส่วนของค่า COD ที่สลายไปเนื่องจากเกิดปฏิกิริยากับสารเคมี ($CO_{D_{loss_che_ox}}$)	0.651	Kg COD/kg _{qox}	CYY Biopower Wastewater preject
20.	สารอินทรีย์ที่สูญเสียไปจากการทับถมของตะกอน ($R_{deposition}$)	7.05	%	CYY Biopower Wastewater preject
21.	สัดส่วนสารอินทรีย์ทั้งหมดที่ถูกกำจัดออกจากระบบ lagun (R_{lagoon})	98.9	%	CYY Biopower Wastewater preject
22.	ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน ($\rho_{methane}$)	0.716	kg/m ³	AM0022
23.	การปลดปล่อยก๊าซชีวภาพของโครงการจากระบบเผาก๊าซ (PE_{flare})	-	%	สมมติฐาน
24.	วันที่โรงงานดำเนินการ	300	day/year	สมมติฐาน

การคำนวณจะคำนวณจากผลต่างของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (E_{BL}) กับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังจากดำเนินโครงการ ($E_{project}$) โดยไม่คำนึงถึงการรั่วไหล ดังนั้นในการคำนวณจึงต้องพิจารณาสองส่วนคือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (E_{BL}) กับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังจากดำเนินโครงการ ($E_{project}$) ซึ่งจะแสดงการคำนวณในแต่ละส่วนดังนี้

1. ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนกรณีฐาน (E_{BL})

คำนวณจากสมการ 2.3

$$E_{BL} = E_{CH_4_lagoons_BL} + E_{CO_2_heat_BL} + E_{CO_2_power_BL} \quad (2.3)$$

เมื่อ E_{BL} คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน

$E_{CH_4_lagoons_BL}$ คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ lagun กรณีฐาน

$E_{CO_2_grid_BL}$ คือ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าซึ่งถูกแทนที่โดยการใช้ก๊าซชีวภาพที่เก็บรวบรวมจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า

$E_{CO_2\text{ heat+powers_BL}}$ คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์จากเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานความร้อนที่ถูกลบแทนที่โดยการ ใช้ก๊าซชีวภาพที่เก็บรวบรวมจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในส่วนนี้จะไม่นำมาคำนวณ

1.1 จำนวนปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบลากรูณกรณีฐาน

($E_{CH_4\text{ lagoons_BL}}$)

ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบลากรูณกรณีฐาน($M_{input_total_BL}$) จำนวนได้จาก

$$M_{input_total_BL} = (\text{อัตราการไหลของน้ำเสีย, m}^3/\text{day})(\text{COD, kg/m}^3) \\ (\text{วันที่โรงงานดำเนินการ})$$

จะได้ $M_{input_total_BL} = (1,650 \text{ m}^3/\text{day})(230 \text{ kgCOD/m}^3)(300 \text{ d/y})$
 $= 113,850,000 \text{ kg COD/y}$

ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายไปโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบลากรูณในกรณีฐาน

($M_{lagoon_total_BL}$) จำนวนได้จากสมการ 2.6

$$M_{lagoon_total_BL} = M_{input_total_BL} \cdot R_{lagoon} \quad (2.6)$$

แทนค่า $M_{lagoon_total_BL} = (113,850,000 \text{ kg/y})(98.9/100)$
 $= 112,597,650 \text{ kg COD/y}$

ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยการใช้ออกซิเจนในระบบลากรูณ($M_{lagoon_aerobic_BL}$) จำนวนได้จากสมการ

$$M_{lagoon_aerobic_BL} = (\text{COD}_{\text{loss_aerobic}}, \text{kg/d/ha})(A_{\text{lagoon_surface}}, \text{ha}) \\ (\text{วันที่โรงงานดำเนินการ, d/y})$$

แทนค่า $M_{lagoon_aerobic_BL} = (254 \text{ kg/d/ha})(6.94 \text{ ha})(300 \text{ d/y})$
 $= 528,828 \text{ kg COD/y}$

ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันจากสารเคมีของระบบลากรูณในกรณีฐาน

($M_{lagoon_chemical_ox_BL}$) จำนวนได้จากสมการ

$$M_{lagoon_chemical_ox_BL} = (\text{ปริมาณน้ำเสีย, m}^3/\text{d})(\text{วันที่ดำเนิน โครงการ, d/y}) \\ (S \text{ O}_2^- \text{ concentration})(\text{COD}_{\text{loss_che_ox}})$$

แทนค่า $M_{lagoon_chemical_ox_BL} = (1,650 \text{ m}^3/\text{day})(300 \text{ d/y}) \times 15.2 \text{ kg/m}^3 (0.651 \text{ kgCOD/kg}_{\text{qox}})$
 $= 4,898,124 \text{ kg COD/y}$

ปริมาณสารอินทรีย์ที่สูญเสียไปจากการทับถมของตะกอนของระบบลากรูณในกรณีฐาน

($M_{lagoon_deposition_BL}$) สามารถคำนวณได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_{\text{lagoon_deposition_BL}} = M_{\text{input_total_BL}} \cdot R_{\text{diposition}}$$

แทนค่า $M_{\text{lagoon_deposition_BL}} = (113,850,000 \text{ kg/y})(7.05/100)$

$$= 8,026,425 \text{ kg COD/y}$$

ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดออกโดยการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนในระบบ lagun

($M_{\text{lagoon_anaerobic_BL}}$) โดยคำนวณได้จากสมการ

$$M_{\text{lagoon_anaerobic_BL}} = M_{\text{lagoon_total_BL}} - M_{\text{lagoon_aerobic_BL}} - M_{\text{lagoon_chemical_ox_BL}} - M_{\text{lagoon_deposition_BL}}$$

$$M_{\text{lagoon_anaerobic_BL}} = 112,597,650 - 528,828 - 4,898,124 - 8,026,425$$

$$= 99,144,273 \text{ kg COD/y}$$

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากบ่อ lagun คำนวณได้จากสมการ

$$E_{\text{CH}_4\text{ lagoons}} = M_{\text{lagoon_anaerobic_BL}} \cdot EF_{\text{CH}_4} \cdot GWP_{\text{CH}_4} / 1,000$$

แทนค่า $E_{\text{CH}_4\text{ lagoons}} = (99,144,273 \text{ kg COD/y})(0.105 \text{ kg methane/kg COD})$

$$(21 \text{ tCO}_2/\text{tCH}_4)(1/1,000)$$

$$= 218,613.12 \text{ tCO}_2/\text{y}$$

1.2 ปริมาณการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า ซึ่งถูกแทนที่โดยการใช้ก๊าซชีวภาพที่เก็บรวบรวมจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า ($E_{\text{CO}_2\text{ grid_BL}}$) คำนวณได้จากสมการ 2.8

$$E_{\text{CO}_2\text{ power}} = EL \cdot CEF \quad (2.8)$$

$$EL = (\text{ปริมาณก๊าซชีวภาพ, m}^3/\text{y})(NCV_{\text{biogas}}, \text{MJ/N m}^3)(\text{Gas engine thermal Efficiency})/(60 \times 60 \text{ h})$$

คำนวณปริมาณก๊าซชีวภาพ (ปริมาณก๊าซชีวภาพที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน) จากสมการ

$$\text{ปริมาณก๊าซชีวภาพ} = \text{COD ที่ย่อยสลายไป (kg COD)} \\ (EF_{\text{CH}_4}) / (\rho_{\text{methane}} \times \% \text{methane})$$

แทนค่า ปริมาณก๊าซชีวภาพ = $(M_{\text{input_total}} \times R_{\text{NAWTF}}) \times (EF_{\text{CH}_4}) / (\rho_{\text{methane}} \times \% \text{methane})$

$$= (113,850,000 \text{ kg/y} \times 0.54) \times (0.105 \text{ kg CH}_4/\text{kg COD}) /$$

$$(0.716 \text{ kg/m}^3 \times 0.74)$$

$$= 12,183,479.92 \text{ m}^3/\text{y}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นได้จากก๊าซชีวภาพ(EL)โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$EL = \text{ปริมาณก๊าซชีวภาพ (m}^3/\text{y)}(\text{NCV}_{\text{biogas}} \cdot \text{MJ/N m}^3) \\ \times (\text{Gas engine thermal Efficiency}) / (60 \times 60 \text{ h})$$

$$\text{แทนค่า EL} = (12,183,479.92 \text{ m}^3/\text{y}) \times (28.4886 \text{ MJ/N m}^3) \times (0.38) / (60 \times 60 \text{ h}) \\ = 36,637.30 \text{ MWh/y}$$

ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าเป็น

$$E_{\text{CO}_2_{\text{power}}} = (36,637.30 \text{ MWh/y}) (0.52 \text{ tCO}_2/\text{MWh}) \\ = 19,051.40 \text{ tCO}_2/\text{y}$$

และจะได้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน(E_{BL}) ดังนี้

$$E_{\text{BL}} = 218,613.12 + 19,051.40 = 237,664.52 \text{ tCO}_2/\text{y}$$

2. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังจากดำเนินโครงการ (Project Emissions)

คำนวณจากสมการ 2.9

$$E_{\text{Project}} = E_{\text{CH}_4_{\text{lagoons}}} + E_{\text{CH}_4_{\text{NAWTF}}} + E_{\text{CH}_4_{\text{IC+leakss}}} \quad (2.9)$$

เมื่อ $E_{\text{CH}_4_{\text{lagoons}}}$ คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากบ่อ lagun

$E_{\text{CH}_4_{\text{NAWTF}}}$ คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียระบบใหม่แบบไม่ใช้อากาศ

$E_{\text{CH}_4_{\text{IC+leakss}}}$ คือ การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์และจากการรั่วไหล

2.1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากบ่อ lagun ($E_{\text{CH}_4_{\text{lagoons}}}$) คำนวณได้จากสมการ

$$E_{\text{CH}_4_{\text{lagoons}}} = M_{\text{lagoon_anaerobic}} \cdot EF_{\text{CH}_4} \cdot \text{GWP}_{\text{CH}_4} / 1,000$$

ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดออกโดยการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศในระบบ lagun

($M_{\text{lagoon_anaerobic}}$) คำนวณได้จากสมการ 2.10

$$M_{\text{lagoon_anaerobic}} = M_{\text{lagoon_total}} - M_{\text{lagoon_aerobic}} - M_{\text{lagoon_chemical_ox}} \\ - M_{\text{lagoon_deposition}} \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียระบบใหม่ (M_{input_total})
คำนวณได้จากสมการ

$$M_{input_total} = (\text{อัตราการไหลของน้ำเสีย, m}^3/\text{day})(\text{COD, kg/m}^3) \\ (\text{วันที่โรงงานดำเนินการ, d/y})$$

แทนค่า $M_{input_total} = (1,650 \text{ m}^3/\text{day})(230 \text{ kg/m}^3)(300 \text{ d/y})$
 $= 113,850,000 \text{ kgCOD/y}$

ปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่บ่อ lagun หลังออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศที่เป็นระบบใหม่
(M_{lagoon_input}) คำนวณได้จากสมการ 2.10

$$M_{lagoon_input} = M_{input_total} \cdot (1 - R_{NAWTF}) \quad (2.10)$$

แทนค่า $M_{lagoon_input} = (113,850,000 \text{ kg/y})(1-0.54)$
 $= 52,371,000 \text{ kgCOD/y}$

ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายภายในบ่อ lagun หลังจากผ่านระบบบำบัดน้ำเสียระบบใหม่
(M_{lagoon_total}) คำนวณได้จากสมการ 2.11

$$M_{lagoon_total} = M_{lagoon_input} \cdot R_{lagoon} \quad (2.11)$$

แทนค่า $M_{lagoon_total} = 52,371,000 \cdot (98.9/100)$
 $= 51,794,919 \text{ kg COD/y}$

ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยการใช้ออกซิเจนในระบบ lagun ($M_{lagoon_aerobic}$) คำนวณได้
จากสมการ

$$M_{lagoon_aerobic} = (\text{COD}_{loss_aerobic} \text{ ,kg/d/ha})(A_{lagoon_surface} \text{ ,ha}) \\ (\text{วันที่โรงงานดำเนินการ ,d/y})$$

แทนค่า $M_{lagoon_aerobic} = (254 \text{ kg/d/ha})(6.94 \text{ ha})(300 \text{ d/y}) = 528,828 \text{ kg COD/y}$

ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันจากสารเคมีในระบบ lagun
($M_{lagoon_chemical_ox}$) คำนวณได้จากสมการ

$$M_{lagoon_chemical_ox} = \text{ปริมาณน้ำเสีย (m}^3/\text{d})(\text{วันที่โรงงานดำเนินการ, d/y}) \\ (\text{SO}_2^- \text{ concentration})(\text{COD}_{loss_che_ox})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } M_{\text{lagoon_chemical_ox}} &= (1,650 \text{ m}^3/\text{d})(300\text{d/y}) \times 15.2 \text{ kg/m}^3 \times (0.651 \text{ kgCOD/kg}_{\text{qox}}) \\ &= 4,898,124 \text{ kg COD/y} \end{aligned}$$

ปริมาณสารอินทรีย์ที่สูญเสียไปจากการทับถมของตะกอนในระบบ lagun (M_{lagoon_deposition}) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$M_{\text{lagoon_deposition}} = M_{\text{lagoon_input}} \cdot R_{\text{deposition}}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } M_{\text{lagoon_deposition}} &= (52,371,000 \text{ kg/y})(7.05/100) \\ &= 3,692,155.50 \text{ kg COD/y} \end{aligned}$$

ดังนั้นปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดออกโดยการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศในระบบ lagun (M_{lagoon_anaerobic}) มีค่า

$$M_{\text{lagoon_anaerobic}} = 51,794,919 - 528,828 - 4,898,124 - 3,692,155.50 = 42,675,811.50 \text{ kg COD/y}$$

ดังนั้นจะได้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากบ่อ lagun (E_{CH₄_lagoons}) มีค่าดังนี้

$$\begin{aligned} E_{\text{CH}_4_lagoons} &= (42,675,811.50 \text{ kg COD/y})(0.105 \text{ kgCH}_4/\text{kg COD})(21 \text{ tCO}_2/\text{tCH}_4)(1/1,000) \\ &= 94,100.16 \text{ tCO}_2/\text{y} \end{aligned}$$

2.2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียระบบใหม่แบบไม่ใช้อากาศ โดยกำหนดให้มีค่าเป็น 2 % ของผลต่างระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐานกับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากบ่อ lagun แสดงดังสมการ

$$E_{\text{CH}_4_NAWTF} = (E_{\text{CH}_4_lagoons_BL} - E_{\text{CH}_4_lagoons}) F_{\text{Leakage_NAWTF}}$$

$$\text{แทนค่า } E_{\text{CH}_4_NAWTF} = (218,613.12 - 94,100.16) (2/100)$$

$$E_{\text{CH}_4_NAWTF} = 2,490.26 \text{ tCO}_2/\text{y}$$

2.3 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้า (สมมติให้ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้หมดโดยไม่มีการเผาทิ้งและไม่เกิดการรั่วไหลภายในระบบท่อส่งก๊าซ) คำนวณได้จากสมการ 2.12

$$E_{\text{CH}_4_IC+Leaks} = [\sum V_r \cdot C_{\text{CH}_4_r} \cdot (1 - f_r) \cdot \text{GWP}_{\text{CH}_4}] + PE_{\text{flare}} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } E_{\text{CH}_4_IC} &= (12,183,479.92 \text{ m}^3/\text{y})(0.00052984 \text{ tCH}_4/\text{Nm}^3) \\ &(1-0.95)(21 \text{ tCO}_2/\text{tCH}_4) \\ &= 6,778.06 \text{ tCO}_2/\text{y} \end{aligned}$$

ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ (E_{Project}) คำนวณได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_{\text{Project}} = 94,100.16 + 2,490.26 + 6,778.06$$

$$= 103,368.48 \text{ tCO}_2/\text{y}$$

3. ปริมาณการปลดปล่อยลดลง (Emission Reductions)

คำนวณได้จากสมการ 2.2

$$ER = E_{\text{BL}} - E_{\text{Project}} \quad (2.2)$$

$$\text{แทนค่า ER} = 237,664.52 - 103,368.48$$

$$= 134,296.04 \text{ tCO}_2/\text{y}$$

ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงหลังจากดำเนิน โครงการตาม กลไกการพัฒนาที่สะอาดใน โรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลมีค่าเป็น 134,296.04 tCO₂/y

การคำนวณหามูลค่าคาร์บอนเครดิต

$$\text{โดยราคาคาร์บอนเครดิต} = 491.23 \text{ บาท/tCO}_2$$

$$\text{ดังนั้นจะได้ มูลค่าคาร์บอนเครดิต} = 134,296.04 \text{ tCO}_2/\text{ปี} \times 491.23 \text{ บาท/tCO}_2$$

$$= 65,970,243.73 \text{ บาท/ปี}$$

4. ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นได้จากก๊าซชีวภาพ

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นได้จากก๊าซชีวภาพจากการดำเนิน โครงการคำนวณได้โดย คิดจากปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้ 4,497 m³/day และมีปริมาณก๊าซมีเทนอยู่ 74 %

การคำนวณ

$$\text{ก๊าซมีเทน 100\% มีค่าความร้อน} = 35,000 \text{ KJ/m}^3$$

$$\text{ดังนั้นก๊าซมีเทน 74\% มีค่าความร้อน} = \frac{35,000 \times 74}{100} = 25,900 \text{ KJ/m}^3$$

คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าได้จากสมการ

$$\text{ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW)} = \frac{\text{ค่าความร้อน (KJ/m}^3) \times \text{Efficiency}}{3,600}$$

โดย Efficiency คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำหนดให้ = 38 %

$$\text{แทนค่า ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW/m}^3) = \frac{25,900 \text{ (KJ/m}^3) \times 0.38}{3,600} = 2.73 \text{ kW/m}^3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำหนดให้เดินระบบ 24 HR/day และวันที่โรงงานดำเนินการ 300 day/year ดังนั้นความสามารถในการผลิตไฟฟ้าต่อปีจากการดำเนินโครงการคำนวณได้จากสมการ

$$\begin{aligned} \text{ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าต่อปี} &= \text{ปริมาณก๊าซชีวภาพ(m}^3\text{/d)} \times 300 \text{ (d/y)} \\ &\quad \times \text{ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW/m}^3\text{)} \\ \text{แทนค่า} &= 4,497 \text{ (m}^3\text{/day)} \times 300 \text{ (d/y)} \times 2.73 \text{ (kW/m}^3\text{)} \\ &= 3,683,043 \text{ kW/year หรือ } 3,683,043 \text{ Units/year} \end{aligned}$$

การคำนวณหามูลค่าไฟฟ้าที่ขายให้แก่โรงไฟฟ้า

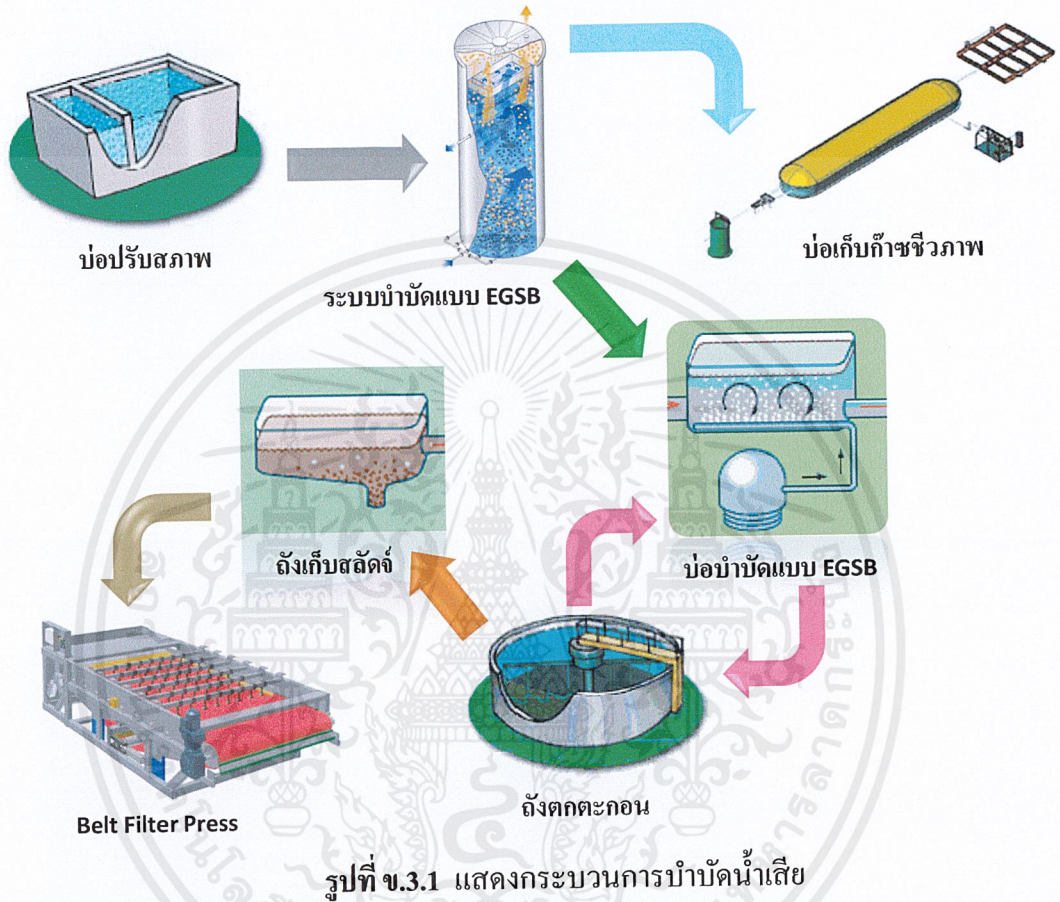
เมื่อไฟฟ้าที่โรงงานขายให้แก่โรงไฟฟ้ามีราคา 3.50 บาท/Unit

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น มูลค่าไฟฟ้าที่โรงงานขายได้ต่อปี} &= 3,683,043 \text{ Units} \times 3.50 \text{ บาท/Unit} \\ &= 12,890,650 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$



ข.3 การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล [14-17]

จากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลจะปลดปล่อยน้ำเสียจากกระบวนการออกมาในปริมาณ 1,600-1,800 m³/day ดังนั้นจึงทำการออกแบบกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้น



ซึ่งประกอบไปด้วย

1. บ่อปรับสภาพ
2. บ่อบำบัดแบบ EGSB
3. บ่อบำบัดแบบ AS
4. บ่อตกตะกอน
5. ถังเก็บสลัดจ์
6. บ่อเก็บก๊าซชีวภาพ
7. Blower
8. ปล่องไฟ (Flare)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ EGSB มีการหมุนเวียนน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมา Feed รวมกับน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดเพื่อลดค่า COD ของน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดให้มีค่าลดลง จึงมีการติดตั้งปั๊ม Centrifugal เพื่อใช้ในการหมุนเวียนน้ำเสีย



รูปที่ ข.3.2 บ่อบำบัดแบบ EGSB

3. บ่อบำบัดแบบ AS เป็นระบบบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์แบบใช้อากาศซึ่งมีการเติมฟองอากาศเข้าไป ลักษณะการทำงานเป็นแบบ Batch จะรองรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากบ่อบำบัดแบบ EGSB ที่มีอัตราการไหล 1,800 m³/day บ่อบำบัดแบบ AS มีอยู่ 6 บ่อ แต่ละบ่อสามารถรองรับน้ำเสียได้ 300 m³/day

การกำหนดขนาดบ่อบำบัดแบบ AS

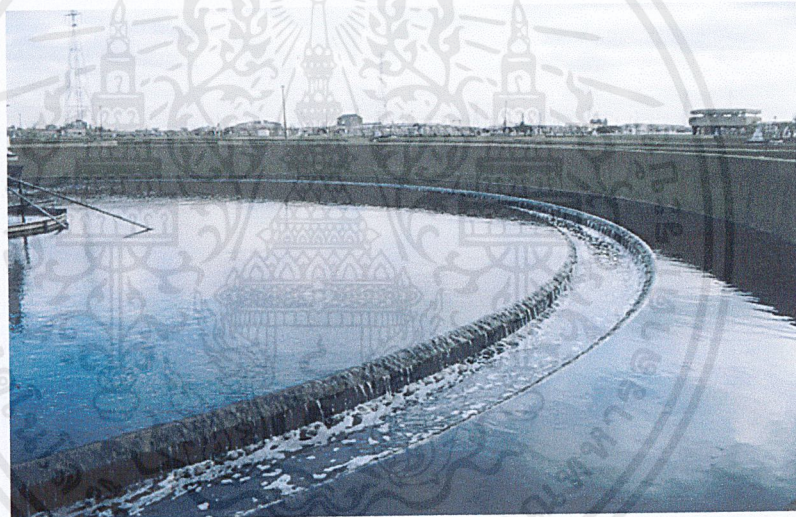
อัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย	=	300	m ³ /day
	=	12.50	m ³ /hr
Retention Time	=	24	hr
ปริมาตรของบ่อบำบัดแบบ AS	=	(12.50 m ³ /hr)(24 hr)	
	=	300	m ³
ดังนั้นบ่อบำบัดแบบ AS มีความกว้าง	=	9	m
ความยาว	=	9	m
ความสูง	=	4	m
ซึ่งสามารถรองรับปริมาณน้ำเสียได้	=	324	m ³ ≥ 300 m ³

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. บ่อตกตะกอน น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากบ่อบำบัดแบบ AS ที่มีอัตราการไหล $1,800 \text{ m}^3/\text{day}$ จะถูกนำสู่บ่อตกตะกอนเพื่อแยกน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วออกจากจุลินทรีย์ที่ปะปนมาด้วย

การกำหนดขนาดบ่อตกตะกอน

อัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย	=	$1800 \text{ m}^3/\text{day}$
	=	$75 \text{ m}^3/\text{hr}$
Relaxation Time	=	24 hr
ปริมาตรของบ่อตกตะกอน	=	$(75 \text{ m}^3/\text{hr})(24 \text{ hr})$
	=	$1,800 \text{ m}^3$
ดังนั้นบ่อตกตะกอนมีขนาดรัศมี	=	11 m
ความสูง	=	5 m
ซึ่งสามารถรองรับปริมาณน้ำเสียได้	=	$1,900.66 \text{ m}^3 \geq 1,800 \text{ m}^3$



รูปที่ ข.3.3 บ่อตกตะกอน

5. ถังสลัดจ์ ทำหน้าที่รวบรวมตะกอนส่วนเกินจากบ่อตกตะกอนไว้เพื่อส่งไปรีดน้ำด้วยเครื่อง Belt Filter Press

การกำหนดขนาดถังสลัดจ์

มีขนาดความกว้าง	=	8 m
ความยาว	=	20 m
ความสูง	=	5 m
ซึ่งสามารถรองรับปริมาณน้ำเสียได้	=	800 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

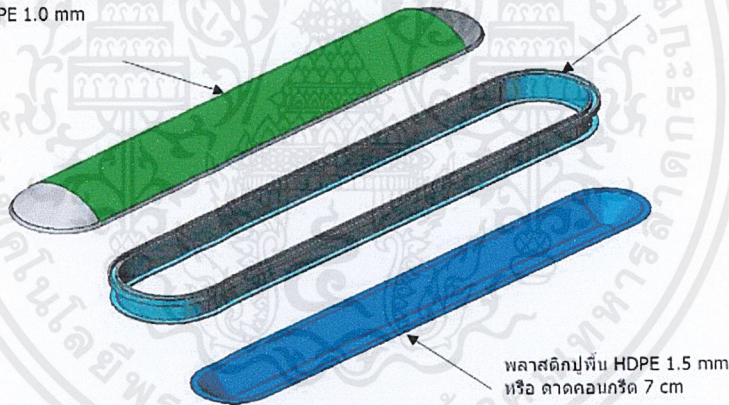
6. บ่อเก็บก๊าซชีวภาพ ก๊าซชีวภาพที่ได้จากบ่อบำบัดแบบ EGSB จะถูกลำเลียงโดยใช้ Blower มาเก็บไว้ที่บ่อเก็บก๊าซชีวภาพ ซึ่งมีลักษณะเป็นแคปซูล ด้านล่างบ่อเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและปูพื้นพลาสติกอีกชั้นหนึ่ง ด้านบนจะปกคลุมด้วยพลาสติก PVC หรือ HDPE โดมพลาสติกทำหน้าที่เป็นตัวเก็บกักก๊าซ นิยมใช้พลาสติกพีวีซีหนา 1.2 มม. หรือพลาสติก HDPE หนา 1.0 มม. โดยจะทำการคลุมทั้งบ่อเพื่อกันไม่ให้ก๊าซชีวภาพหลุดออกจากบ่อ

การกำหนดขนาดบ่อเก็บก๊าซชีวภาพ

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราการไหลเข้าของก๊าซชีวภาพ} &= 4,707 \text{ m}^3/\text{day} \\
 \text{ขนาดของบ่อเก็บก๊าซชีวภาพมีรัศมี} &= 5 \text{ m} \\
 \text{ความยาว} &= 70 \text{ m} \\
 \text{สามารถรองรับปริมาณก๊าซได้} &= \frac{4}{3}\pi r^3 + \pi r^2 h \\
 &= \frac{4}{3}\pi(5^3) + \pi(5^2)70 \\
 &= 6,021.39 \text{ m}^3 \geq 4,707 \text{ m}^3/\text{day}
 \end{aligned}$$

โคมพลาสติก PVC 1.2 mm หรือ
HDPE 1.0 mm

โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก



รูปที่ ข.3.4 บ่อเก็บก๊าซชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. **Blower** ทำหน้าที่ดูดก๊าซชีวภาพจากบ่อเกิดก๊าซชีวภาพเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนหรือนำไปเผาไหม้

ข้อมูลจำเพาะของ Blower

ชนิดของ Blower	:	Centrifugal blower
วัสดุที่ใช้	:	Stainless Steel (Explosion Proof)
กำลังมอเตอร์	:	20 Hp
Maximum Pressure	:	120 mbar



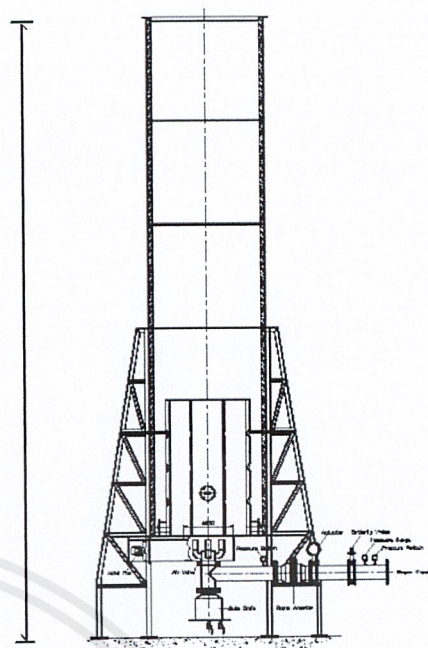
รูปที่ ข.3.5 Blower

8. **ปล่องไฟ (Flare)** ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน เช่น ความดันของก๊าซชีวภาพในระบบเกินกว่ากำหนด ระบบตรวจวัดความดันในระบบจะทำการเผาไหม้โดยอัตโนมัติเพื่อความปลอดภัยในการดำเนินงาน หากความดันในระบบอยู่ในระดับที่ตั้งค่าไว้ระบบการเผาไหม้จะหยุดทำงาน

ข้อมูลจำเพาะของปล่องไฟ (Flare)

ชนิดของปล่องไฟ	:	Enclosed Biogas Flare
วัสดุที่ใช้	:	Stainless Steel
ปริมาณการเผาไหม้	:	500 m ³ /hr
ความสูงของปล่องไฟ	:	5 m
Working Pressure	:	50-250 mbar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

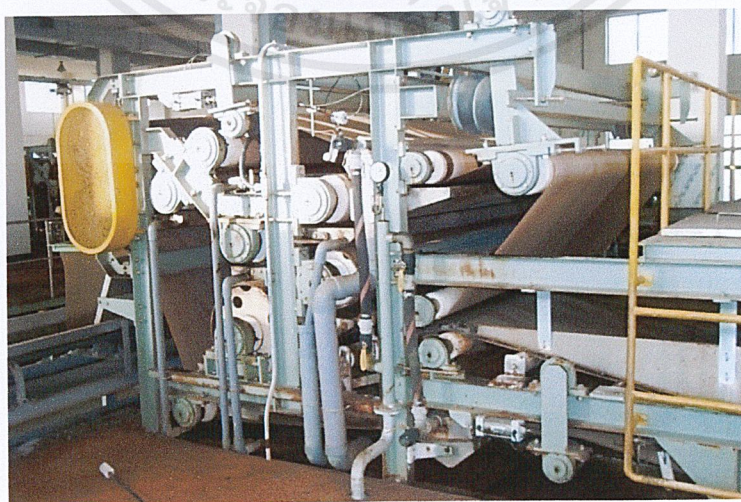


รูปที่ ข.3.6 Flare

9. Belt Press เป็นอุปกรณ์การรีดตะกอนที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากการออกแบบโครงสร้างที่ง่ายและมีความสามารถในการรีดน้ำออกจากตะกอนสูง มีการทำงานอย่างต่อเนื่อง

ข้อมูลจำเพาะของ Belt Filter Press

Belt Width	:	1.5	m
Filtering Area	:	138.4	ft ²
Capacity	:	75-100	gpm
Wastewater Flow	:	48	gpm
Weight	:	4,000	lb



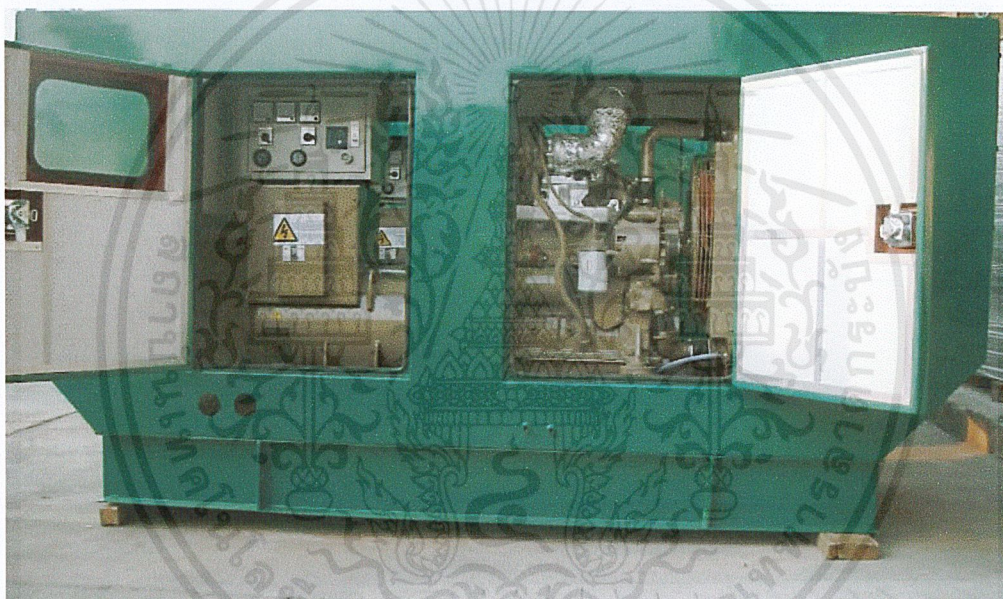
รูปที่ ข.3.7 Belt Press

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Biogas Generator ก๊าซชีวภาพที่ผ่านเข้ามาในกระบวนการจะเกิดการสันดาปภายในที่จุดศูนย์กลางซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงมาก ทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าทั่วไปอยู่ที่ 38%

ข้อมูลจำเพาะของ Biogas Generator

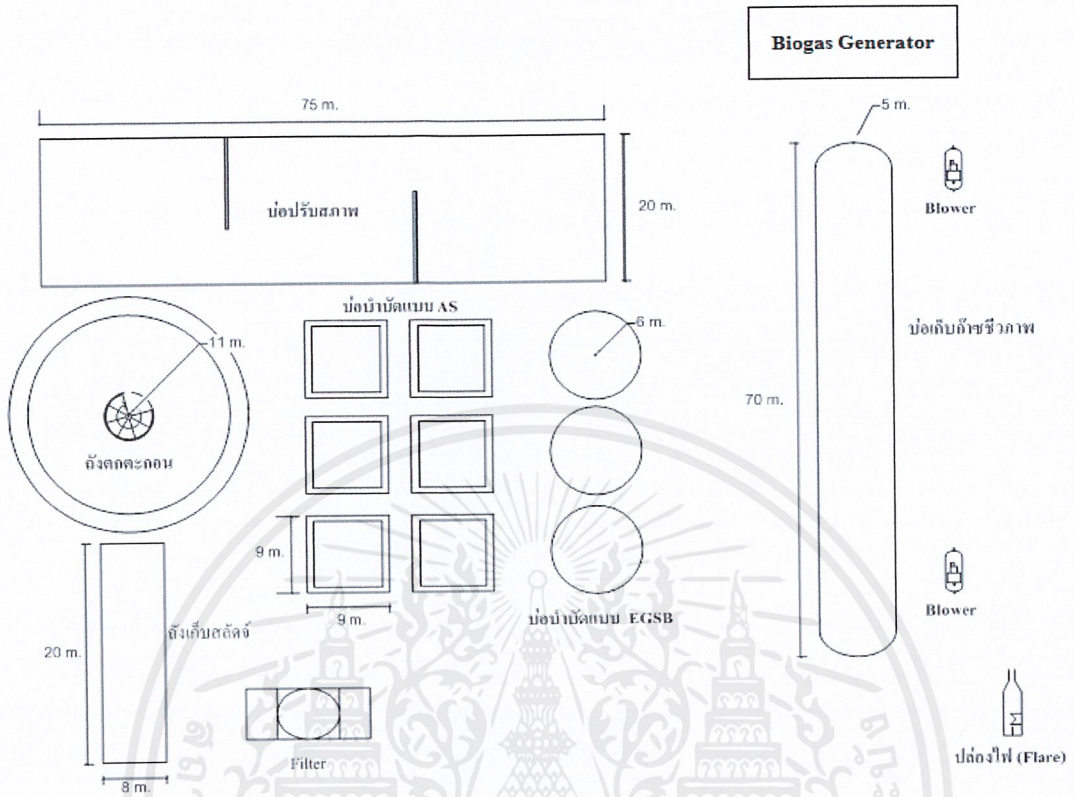
Output Type	:	AC Three Phase
Speed	:	1500 RPM
Frequency	:	50 HZ
Rated Power	:	100~355 KW
Rated Voltage	:	400/230 V
Rated Current	:	1800 A



รูปที่ ข.3.8 Biogas Generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.4 การประเมินโครงการตามแนวทางเศรษฐศาสตร์[18],[19]



รูปที่ ข.4.1 Plant layout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1 การคำนวณหา Total capital investment , C_{TCI} แสดงดังตารางข.4.1

ตารางที่ ข.4.1 การคำนวณหา Total capital investment , C_{TCI}

	C_p	C_{bm}	จำนวน	รวม (บาท)
บ่อปรับสภาพ	1,468,800	2,400,000	1	2,400,000
EGSB	3,600,000	6,480,000	3	19,440,000
AS		920,000	6	5,520,000
Sedimentation	6,000,000	9,450,000	1	9,450,000
filter	1,800,000	4,176,000	1	4,176,000
pump1	70,000	212,100	21	4,454,100
pump2	300,000	909,000	2	1,818,000
HDPE		240,000	1	240,000
Flare		4,500,000	1	4,500,000
Blower		1,500,000	2	3,000,000
CH4 Flow Meter		150,000	1	150,000
Biogas Generator		3,000,000	1	3,000,000
Total bare-module costs for fabricated equipment				58,148,100
Total bare-module costs for process machinery				
Total bare-module costs for spares				6,000,000
Total cost for initial catalyst charges				1,162,962
Total bare-module costs for components and software				5,814,810
Total bare-module investment ,TBM				71,125,872
Cost of site development (grass-roots plant)				-
Cost of buildings				7,112,587
Total of direct permanent investment, DPI				78,238,459
Total depreciable capital, TDC				79,821,382
Cost of land				4,500,000
Cost of royalties				7,000,000
Cost of plant startup				1,000,000
Total permanent investment, TPI				92,321,382
Working capital				10,668,881
Total capital investment, TCI				102,990,263

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4.2 การคำนวณหา Total Production Cost

Cost factor	Typical Factor in American Engineering Units	Annual Cost (THB)
Feed stock (raw materials)		-
Utilities		
Electricity		9,000,000
Operations		
Direct wages and benefit(DW&B)		2,592,000
Direct salaries and benefits	15% of DW&B	388,800
Operating supplies and services	6% of DW&B	155,520
Technical assistance to manufacturing		250,000
Control Laboratory		275,000
Maintenance		
MW&B Solids-fluid handing process	3.5% of CTDC	2,793,748
Salaries and benefits	25% of MW&B	698,437
Materials and services	80% of MW&B	2,234,999
Maintenance overhead	5% of MW&B	139,687
Operating overhead		
General plant overhead	7.1% of M&O-SW&B	459,582
Mechanical department services	2.4% of M&O-SW&B	155,352
Employee relations department	5.9% of M&O-SW&B	381,906
Business services	7.4% of M&O-SW&B	479,001
Property taxes and insurance	2% of CTDC	1,596,428
Depreciation		
Direct plant	8% of (CTDC -1.18C _{alloc})	6,385,711
COST OF MANUFACTURE (COM)		27,986,170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4.2 การคำนวณหา Total Production Cost (ต่อ)

Cost factor	Typical Factor in American Engineering Units	Annual Cost (THB)
General Expense (GE)		
Selling expense	1% of sales	2,365,827
Direct research	4.8% of sales	3,785,323
Administrative expense	2.0% of sales	1,577,218
Management incentive	1.25% of sales	985,761
TOTAL GENERAL EXPENSE (GE)		8,714,129
TOTAL PRODUCTION COST (COM+GE)		36,700,299

Approximate Profitability Measures

1. Return on Investment (ROI) คำนวณได้จากสมการ ข.4.1

$$ROI = \frac{\text{net earnings}}{\text{total capital investment}} = \frac{(1-t)(S-C)}{C_{TCI}} \quad (\text{ข.4.1})$$

โดยที่ t คือ income tax rate =30%

S คือ annual sale revenues

C คือ annual product cost

C_{TCI} คือ total capital investment

แทนค่า $ROI = \frac{(1-0.3)(78,860,894-36,700,299)}{102,990,263} = 0.29$

2. Payback Period (PBP)

สามารถคำนวณได้จากสมการข.4.2

$$PBP = \frac{C_{TDC}}{\text{net earnings} + \text{annual depreciation}} = \frac{C_{TDC}}{(1-t)(S-C)+D} \quad (\text{ข.4.2})$$

เมื่อ C_{TDC} = total depreciable capital

D = annual depreciation using straight-line depreciation

แทนค่า $PBP = \frac{79,821,382}{(1-0.3)(78,860,894-36,700,299)+5,321,425} = 2.29 \text{ years}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Depreciable ACRS and MACRS Method

คิด Depreciable หรือค่าเสื่อมราคาโดยใช้ ACRS and MACRS Method เมื่อกำหนดให้การคิดค่าเสื่อมราคา (C_{TDC}) เท่ากับ 10 ปี ดังนั้นสามารถกำหนดเปอร์เซ็นต์ของค่าเสื่อมราคาในแต่ละปีได้ดังแสดงในตารางที่ ข.4.3

ตารางที่ ข.4.3 Percent of total depreciable capital for class life of 10 year

Year	Class Life = 10 yr	
	Percent of total depreciable capital	D (\$/yr)
1	10.00	7,985,623
2	18.00	12,902,913
3	14.40	10,322,330
4	11.52	8,257,864
5	9.22	6,609,159
6	7.37	5,283,026
7	6.55	4,695,227
8	6.55	4,695,227
9	6.56	4,702,395
10	6.55	4,695,227
11	3.28	2,351,197
Total		72,500,187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๗.4.4 แสดงข้อมูลการคำนวณการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

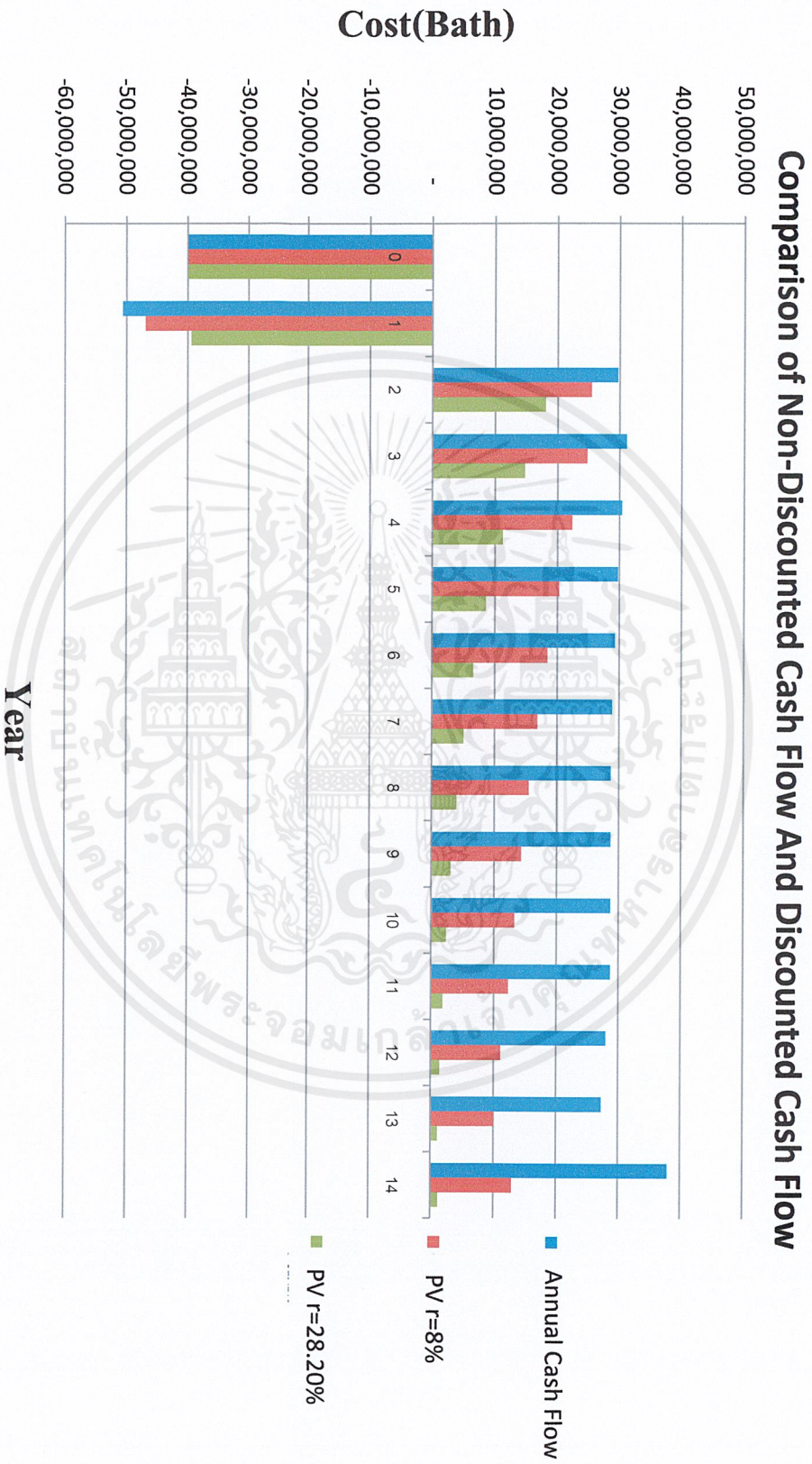
ปีที่	FC _{TDC}	C _{wc}	D	C _{excl}	s	Net Earning	Annual Cash Flow
0	-39,910,691.00						-39,910,691
1	-39,910,691.00	-10,688,881					-50,579,572
2			7,982,138	36,700,299	75,717,881	21,724,810	29,706,948
3			12,902,912	36,700,299	75,717,881	18,280,268	31,183,181
4			10,322,330	36,700,299	75,717,881	20,086,676	30,409,006
5			8,257,864	36,700,299	75,717,881	21,531,802	29,789,666
6			6,609,158	36,700,299	75,717,881	22,685,896	29,295,054
7			5,283,025	36,700,299	75,717,881	23,614,189	28,897,215
8			4,695,226	36,700,299	75,717,881	24,025,648	28,720,875
9			4,695,226	36,700,299	75,717,881	24,025,648	28,720,875
10			4,702,394	36,700,299	75,717,881	24,020,630	28,723,025
11			4,695,226	36,700,299	75,717,881	24,025,648	28,720,875
12			2,351,197	36,700,299	75,717,881	25,666,469	28,017,666
13				36,700,299	75,717,881	27,312,307	27,312,307
14		10,688,881		36,700,299	75,717,881	27,312,307	37,981,188

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๖.4.4 แสดงข้อปฏิบัติการคำนวณการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์(ต่อ)

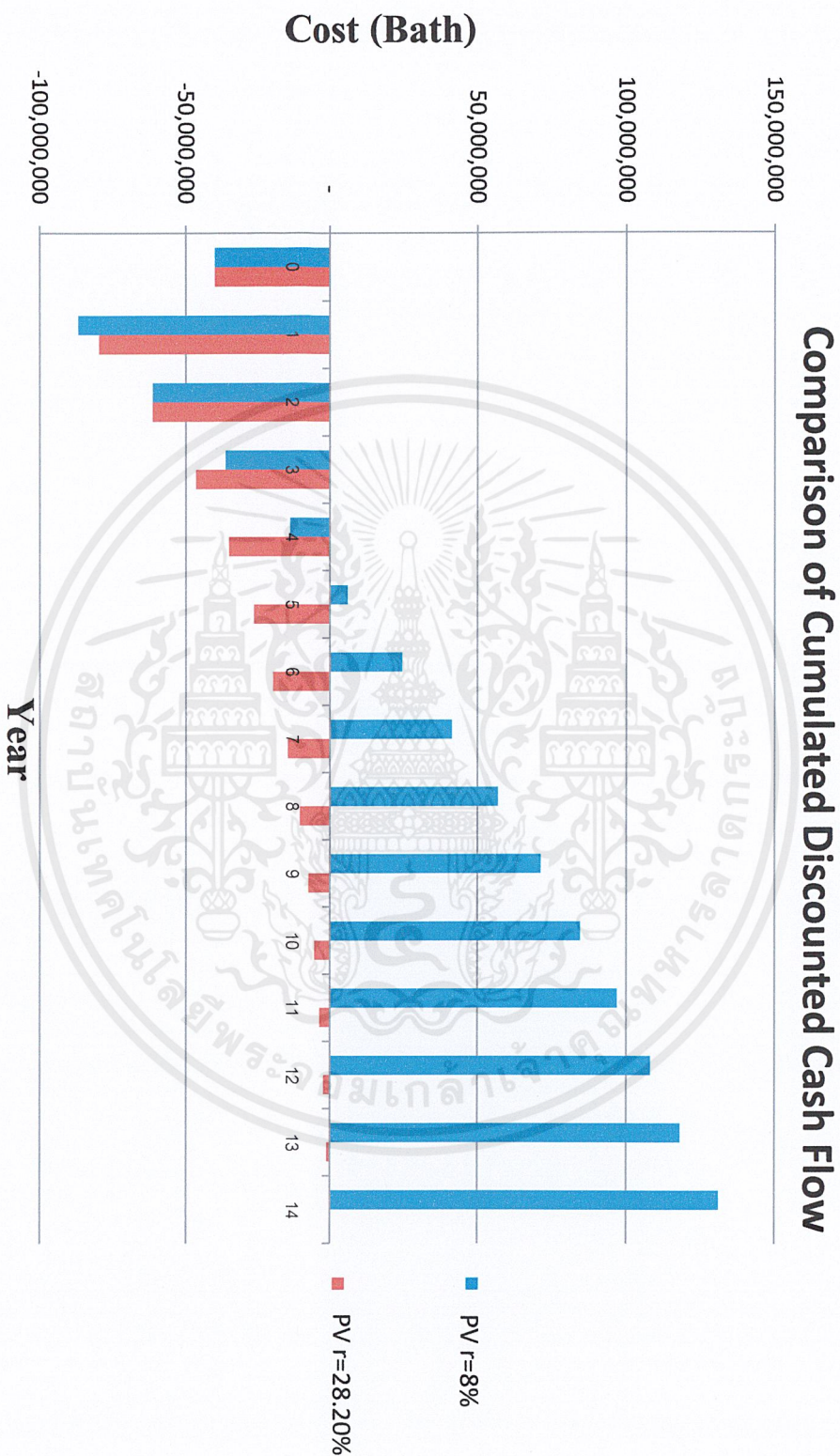
ปีที่	Discount r=8%	PV r=8%	Cum. PV r=8%	Discount r=28.20%	PV r=28.20%	Cum PV r=28.20%
0	1	- 39,910,691	- 39,910,691	1	- 39,910,691	- 39,910,691
1	0.9259	- 46,832,937	- 86,743,628	0.7800	- 39,454,478	- 79,365,169
2	0.8573	25,468,920	- 61,274,708	0.6085	18,075,918	- 61,289,252
3	0.7938	24,754,214	- 36,520,494	0.4746	14,800,756	- 46,488,496
4	0.7350	22,351,527	- 14,168,966	0.3702	11,258,664	- 35,229,832
5	0.6806	20,274,346	6,105,380	0.2888	8,603,426	- 26,626,406
6	0.6302	18,460,854	24,566,233	0.2253	6,599,655	- 20,026,751
7	0.5835	16,861,247	41,427,481	0.1757	5,078,133	- 14,948,618
8	0.5403	15,516,995	56,944,476	0.1371	3,937,014	- 11,011,604
9	0.5002	14,367,588	71,312,064	0.1069	3,071,058	- 7,940,545
10	0.4632	13,304,318	84,616,382	0.0834	2,395,751	- 5,544,794
11	0.4289	12,317,891	96,934,273	0.0651	1,868,660	- 3,676,133
12	0.3971	11,126,201	108,060,473	0.0508	1,421,955	- 2,254,178
13	0.3677	10,042,679	118,103,152	0.0396	1,081,268	- 1,172,910
14	0.3405	12,931,115	131,034,267	0.0309	1,172,910	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4.2 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าของโครงการที่คำนวณถึงอัตราคิดลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

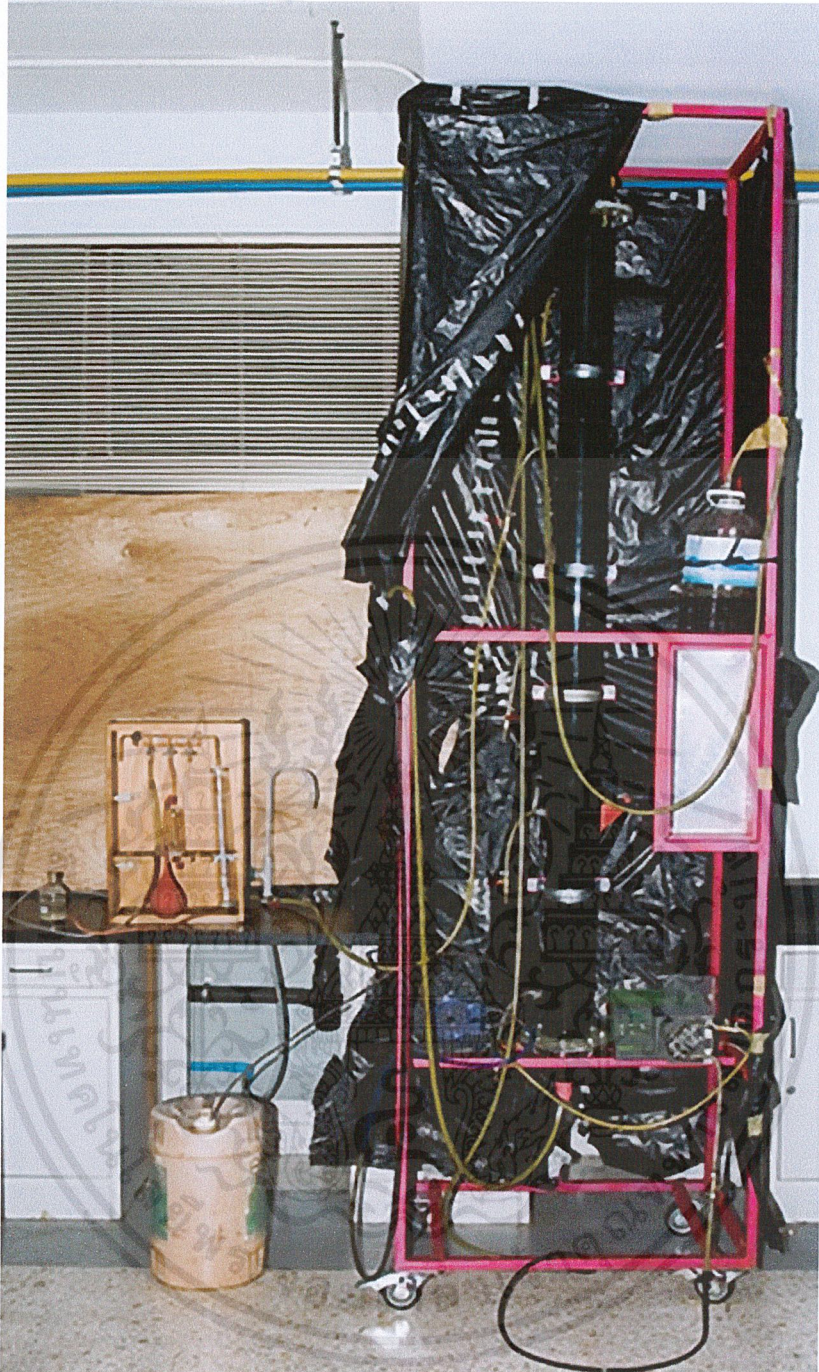


รูปที่ ข.4.3 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าสะสมของ โครงการที่คำนวณถึงอัตราคิดลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

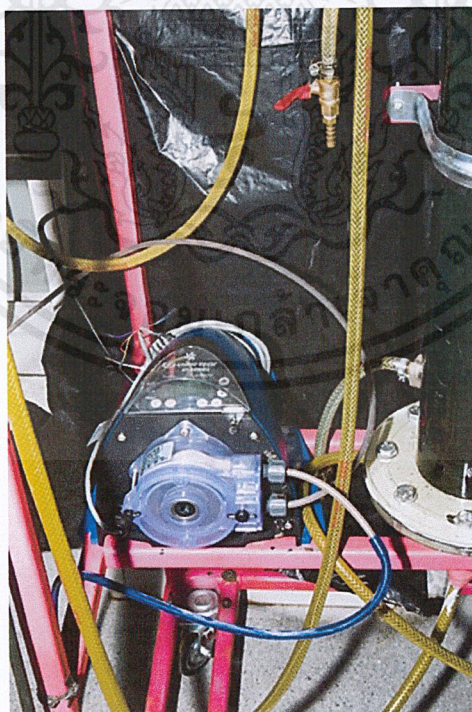


รูปที่ ค.1 คอลัมน์ EGSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.2 ถังบรรจุน้ำเสียเพื่อป้อนเข้าระบบ



รูปที่ ค.3 บั้มที่ใช้ป้อนน้ำเสียเข้าสู่กระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

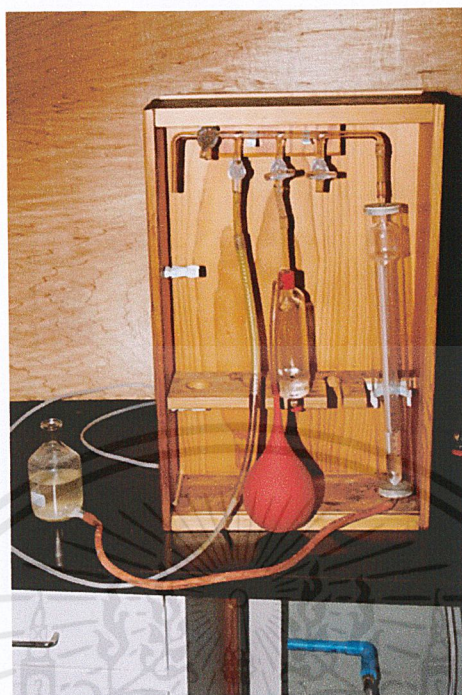


รูปที่ ค.4 ปุ่มที่ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ภายในคอลัมน์เกิดการหมุนวน



รูปที่ ค.5 ภาพน้ำเสียที่ทางออกหลังจากผ่านระบบบำบัดแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๓.๖ เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบออร์สแตท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสียตัวแปรที่ใช้เดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.1 การวัด COD

COD คือ ค่าที่บ่งบอกความสกปรกของน้ำเสีย โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์

รีเอเจนต์และอุปกรณ์

1. หลอด ไคเจสต์แก้วโบโรซิลิเกต (Borosilicate) ขนาด 25 X150 mm ชนิดฝาเกลียว
2. ตู้อบ
3. สารมาตรฐาน โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$, 294.185 g/mole) ออบสารมาตรฐานที่ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตั้ง ให้เย็นในเดซิเคเตอร์
4. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4)
5. สารซัลเฟอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4 , technical grade)
6. สาร $HgSO_4$
7. สารมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous Ammonium Sulphate, FAS)
8. สารละลายไคเจสต์ (0.0167 M $K_2Cr_2O_7$) ละลาย 0.4913 g $K_2Cr_2O_7$ ที่ผ่านการอบแล้ว น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 16.7 มิลลิลิตร ทำให้เป็นสารละลาย ตั้งให้เย็น แล้วเจือจางเป็นสารละลาย 100 มิลลิลิตร
9. สารละลายอินดิเคเตอร์ Ferroin ละลาย 1.485 g 1,10-phenanthroline monohydrate and 695 mg $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็นสารละลาย 100 มิลลิลิตร

การเทียบสารละลายมาตรฐาน

ก) การเตรียมสารละลาย 0.1 N FAS

1. ละลาย 3.92 g $Fe(NH_4)_2(SO_4) \cdot 2.6H_2O$
2. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร
3. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร

ข) การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของ 0.1 N FAS

1. เติมน้ำ กลั่น 5.0 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง COD
2. บีบสารละลายไคเจสต์ 3.0 มิลลิลิตร
3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 7.0 มิลลิลิตร
4. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง
5. เติมอินดิเคเตอร์ Ferroin 2 หยด
6. เขย่า แล้วไทเทรตกับสารละลาย FAS จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองอมเขียว เป็นสีน้ำตาลแดง ซึ่งเป็นจุดยุติของการไทเทรต บันทึกปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรต

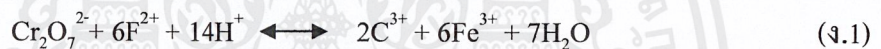
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน FAS การวิเคราะห์ COD ในตัวอย่างน้ำ
เติมสารละลายต่อไปนี้ตามลำดับ ดังนี้

1. เปิดตัวอย่าง 5.00 มิลลิลิตร
2. เปิดสารละลายไดโครเมต 3.00 มิลลิลิตร
3. ค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 7.0 มิลลิลิตร โดยให้ไหลลงข้าง ๆ หลอด เพื่อให้เกิดชั้นกรดได้ชั้น
ของสารละลาย
4. ปิดฝาให้แน่น พร้อมเขย่าแบบไม่ต้องคว่ำและหงาย เพื่อให้สารละลายผสมกันสมบูรณ์ และ
ป้องกันการเกิดความร้อนเฉพาะที่ ซึ่งอาจจะระเบิดได้
5. เตรียมเบลงค์เหมือนตัวอย่าง โดยใช้ น้ำ กลั่นแทนตัวอย่าง
6. นำหลอดตัวอย่างและหลอดเบลงค์ใส่ในตู้บัพที่ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
7. นำหลอดทดลองตัวอย่าง และหลอดเบลงค์ออกจากตู้บัพ ตั้ง ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเติม
อินดิเคเตอร์ Ferroin จำนวน 1-2 หยดไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน FAS

คำนวณมิลลิกรัมของ O_2 ต่อลิตรของน้ำ ตัวอย่างการคำนวณการคำนวณ Normality ของ FAS

จากปฏิกิริยา



จากสมการ (ง.1)

น้ำหนักสมมูลของ $K_2Cr_2O_7$ = น้ำหนักโมเลกุล/6 = $294.19/6 = 49.03$ g/eq

น้ำหนักสมมูลของ FAS = น้ำหนักโมเลกุล/1

$$\text{Normality of } K_2Cr_2O_7 = \frac{\text{mass of } K_2Cr_2O_7}{\frac{49.03 \text{ g/eq}}{0.1 \text{ L}}} = y \text{ meq/mL} \quad (ง.2)$$

จำนวนสมมูลของ FAS = จำนวนสมมูลของ $K_2Cr_2O_7$

$$(\text{Normality of FAS}) \times (\text{mL of FAS}) = (\text{Normality of } K_2Cr_2O_7) \times (\text{mL of } K_2Cr_2O_7)$$

แทนค่า Normality of $K_2Cr_2O_7 = y$ meq/mL และ mL ของ $K_2Cr_2O_7 = 3.00$ mL

$$\text{Normality of FAS} = N_{FAS}$$

การคำนวณการวิเคราะห์ตัวอย่าง

จำนวนสมมูลของ FAS = จำนวนสมมูลของ $K_2Cr_2O_7$

จำนวนสมมูลของสารตัวอย่าง = จำนวนสมมูลของ $K_2Cr_2O_7$ (a-b) mL X (N_{FAS}) meq/mL

ถ้าต้องการรายงานเป็น mg ของออกซิเจนในตัวอย่าง 1 ลิตร สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{mgO}_2/\text{L} = \text{mgCOD}/\text{L} = \frac{(a-b)\text{mL} \times \frac{(\text{NFAS})\text{meq}}{\text{mL}} \times \frac{(8\text{ mg})}{\text{meq}}}{(\text{mL of sample}) \times \frac{1\text{L}}{100\text{mL}}} \quad (\text{ง.3})$$

โดยที่ a = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรตแบลงค์ (mL)

b = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำตัวอย่าง (mL)

(a-b) = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรตไดโครเมตที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารตัวอย่าง (mL)

$$\text{O}_2 = 32/4 = 8 \text{ mg/meq}$$

ตารางที่ ง.1 ปริมาณตัวอย่างและรีเอเจนต์ที่ใช้สำหรับขนาดต่างๆของภาชนะที่ใช้อยู่สลายสำหรับการวิเคราะห์ COD โดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด

หลอดย่อยสลาย (ขนาด หลอดแก้ว)	ปริมาตรน้ำ ตัวอย่าง(มล.)	ปริมาณสารละลาย มาตรฐาน $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ที่ ใช้ในการย่อยสลาย	กรดซัลฟิวริก เอเจนต์ (มล.)	ปริมาตรทั้งหมด (มล.)
16 X 100 มม.	2.5	1.5	3.5	7.5
20 X 150 มม.	5.0	3.0	7.0	15.0
25 X 150 มม.	10.0	6.0	14.0	30.0

ที่มา : ธงชัย และอุษา (2535)

ง.2 เอ็มแอลเอสเอส (Mixed Liquor Suspended Solids , MLSS)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระจกครอบใยแก้ว GF/C เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.7 ซม.
2. กรวยนู้คเนอร์ ความจุ 100 ลบ.ซม.
3. เครื่องดูดอากาศ
4. เตาอบแห้ง
5. โถทำแห้ง (desiccators)
6. เครื่องชั่งอย่างละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1. ออบกระจกครอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 °ซ. นานหนึ่งชั่วโมงทิ้งให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งน้ำหนักกระจกครอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำซ้ำข้อ 1 จนน้ำหนักกระดาษกรองคงที่ หรือน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4 สมมติว่าเป็น A มิลลิกรัม
3. เลือกปริมาตรน้ำตัวอย่างซึ่งจะให้ค่าของแข็งอย่างน้อย 2.5 มก.
4. กรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ
5. นำไปอบที่อุณหภูมิ 103 – 105 °ซ. จนกว่าจะแห้งใช้เวลา 1 ชม.
6. ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งน้ำหนัก
7. ทำซ้ำข้อ 5,6 จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ หรือน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4 สมมติว่าเป็น B มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$MLSS = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น } (B-A) \times 1,000}{\text{ลบ.ชม.ของน้ำตัวอย่าง}} \quad (\text{ง.4})$$

ง. 3 เอมแอลวีเอสเอส (Mixed Liquor Volatile Suspended Solids , MLVSS)

เอมแอลวีเอสเอส คือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่เป็นของแข็งที่ระเหยไปหลังจากที่นำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 ± 50 °ซ และใช้เป็นตัวแทนมวลจุลินทรีย์ได้ดีกว่าเอมแอลเอสเอส มักมีค่าประมาณร้อยละ 50-80 ของค่าเอมแอลเอสเอส

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. จานระเหย (evaporating dish)
2. เตาอบแห้ง
3. โถทำแห้ง
4. เครื่องชั่งอย่างละเอียด
5. เตาเผา ใช้ที่อุณหภูมิ 500 ± 50 °ซ

วิธีวิเคราะห์

- 1.เตรียมจานระเหย โดยนำไปเผาที่ 500 ± 50 °ซ เป็นเวลาหนึ่งชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งชั่งน้ำหนัก
- 2.ทำซ้ำข้อ 1 จนจานระเหยได้ค่าน้ำหนักคงที่ หรือน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4
- 3.นำจานระเหยที่ชั่งแล้วไปหาปริมาณของแข็งทั้งหมดหรือปริมาณของแข็งแขวนลอย
- 4.นำจานระเหยที่ชั่งหาปริมาณของแข็งทั้งหมดหรือหาปริมาณของแข็งแขวนลอยแล้วไปเผาที่อุณหภูมิ 500 ± 50 °ซ จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (30 นาที)
- 5.ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งน้ำหนักสารที่เหลือ
- 6.ทำซ้ำข้อ 4,5จนกระทั่งน้ำหนักจานระเหยคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

การคำนวณค่า MLVSS จะคำนวณเหมือนกับการหาค่าวีเอสเอสแต่จะเปลี่ยนจากใช้ตัวอย่างน้ำเสียในการวิเคราะห์เป็นน้ำสลัดจ์แทน

$$\text{ของแข็งคงตัว หรือ เอฟเอส, มก./ลบ.คม.} = \frac{\text{มก.ปริมาณสารที่เหลือ} \times 1000}{\text{ตัวอย่างน้ำที่ใช้, ลบ.ชม.}} \quad (ง.5)$$

ของแข็งระเหยง่ายทั้งหมด หรือ วีเอส, มก./ลบ.คม.

= ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มก./ลบ.คม.) – ปริมาณของแข็งที่เหลือ (มก./ลบ.คม.)

= ทีเอส – เอฟเอส, ทีเอส คือ ของแข็งที่เหลือหลังการระเหยน้ำของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย หรือ วีเอสเอส, มก./ลบ.คม.

= ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มก./ลบ.คม.) – ปริมาณของแข็งที่เหลือ (มก./ลบ.คม.)

= เอสเอส – เอฟเอสเอส

ง.4 กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile acids)

กรดอินทรีย์ระเหยง่าย หรือ วีเอฟเอ เป็นค่าที่บอกปริมาณกรดอินทรีย์ที่มีคาร์บอนไม่เกิน 6 อะตอมในน้ำตัวอย่างน้ำเสีย

วิธีวิเคราะห์ (การไทเทรต)

อุปกรณ์ และ รีเอเจนต์

1. เครื่องวัด pH
2. เครื่องกวนและแท่งแม่เหล็ก
3. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก 0.5 โมลาร์
4. สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลาร์

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ตวงตัวอย่างน้ำเสียมา 50 ลบ.ชม. ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 300 ลบ.ชม. วัด pH ของน้ำตัวอย่าง จากนั้นไปไทเทรตจนน้ำตัวอย่างมีค่า pH เท่ากับ 4 ด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก 0.5 โมลาร์ บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้
2. ไทเทรตต่อจนถึง pH 3.3-3.5 โดยไม่ต้องบันทึกปริมาตรกรด แล้วต้มให้เดือดเพื่อไล่กรดคาร์บอนิก
3. ปรับ pH ให้เป็น 4 ด้วยสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลาร์ จากนั้นไทเทรตต่อจนถึง pH 7 บันทึกปริมาตรสารละลายมาตรฐานที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\begin{aligned} & \text{สภาพความเป็นด่างทั้งหมด (มก./ลบ.คม. คิดในรูป CaCO}_3\text{)} \\ = & \frac{\text{ปริมาณสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก X โมลาริตีของสารมาตรฐาน} \times 50 \times 1,000}{\text{ลบ.ชม.น้ำตัวอย่าง}} \end{aligned} \quad (\text{ง.6})$$

$$\begin{aligned} & \text{สภาพความเป็นด่างวีเอฟเอ (มก./ลบ.คม. คิดในรูป CaCO}_3\text{)} \\ = & \frac{\text{ปริมาณสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ X โมลาริตีของสารมาตรฐาน} \times 50 \times 1,000}{\text{ลบ.ชม.น้ำตัวอย่าง}} \end{aligned} \quad (\text{ง.7})$$

กรณี : สภาพความเป็นด่างวีเอฟเอ น้อยกว่า 180 มก./ลบ.คม.

$$\text{วีเอฟเอ} = \text{สภาพด่างวีเอฟเอ} \times 1.0$$

กรณี : สภาพความเป็นด่างวีเอฟเอ มากกว่า 180 มก./ลบ.คม.

$$\text{วีเอฟเอ} = \text{สภาพด่างวีเอฟเอ} \times 1.5$$

ง.5 การวัดก๊าซที่เกิดจากการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศโดยเครื่องวัดก๊าซแบบออร์สแตท (orsat gas analysis)

หลักการ

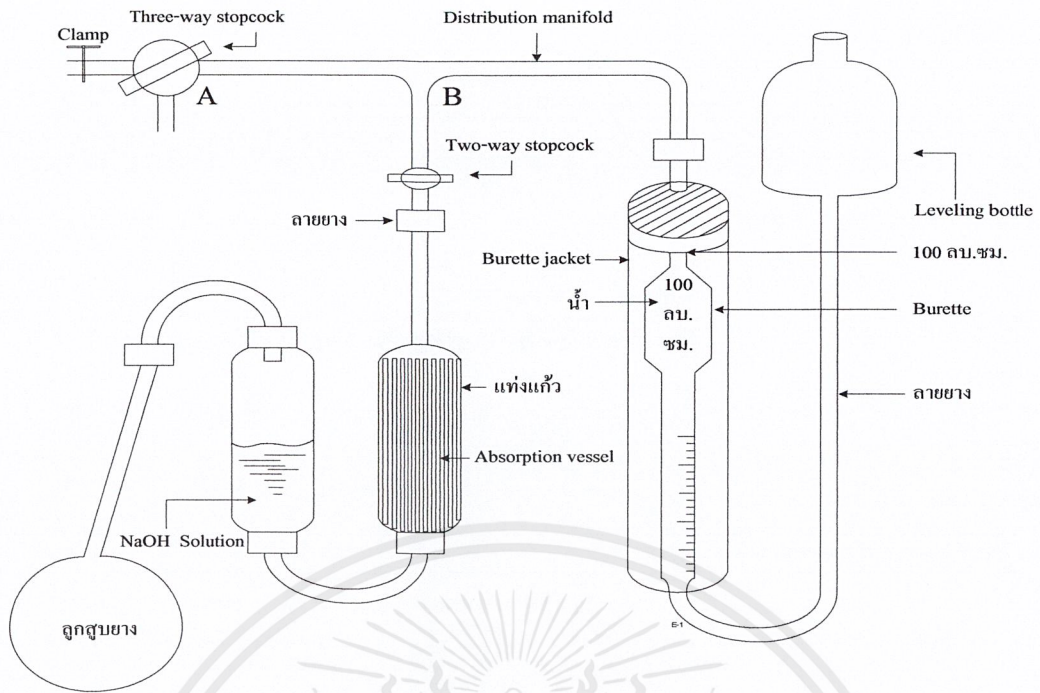
ก๊าซที่เกิดจากระบบบำบัดแบบไร้อากาศประกอบด้วย CH_4 , CO_2 เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถวัดได้โดยการดูดกลืนที่เหมาะสม (absorbent) ที่บรรจุอยู่ภายในภาชนะ (vessel) ที่ใส่สารดูดกลืนก๊าซเช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ใช้ดูดกลืนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

รีเอเจนต์

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

เครื่องมือ

เครื่องวัดก๊าซแบบออร์สแตทดังรูป ง.1



รูปที่ ง.1 เครื่องวัดก๊าซแบบออร์สเทท

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ตรวจสอบข้อต่อและจุกปิดว่าปิดสนิท โดยอาจจะใช้ไขนํ้ามันหล่อลื่นช่วย
2. เติมนํ้าละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในภาชนะดูดซึมซึ่งมีแท่งแก้วเล็ก ๆ อยู่ภายใน เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างก๊าซกับสารดูดกลืนก๊าซ
3. ใส่ นํ้าในแจ็กเก็ตบิวเรตต์ให้เต็ม
4. ใส่ของเหลวบอกระดับให้มากพอที่เมื่อยกขวดปรับระดับขึ้นสูงถึงระดับเหนือเครื่องมือแล้ว นํ้าในขวดจะถึงระดับขีด 100 ลบ. ซม. ของบิวเรตต์
5. ปิดจุกสองทางที่ B
6. ปรับระดับสารดูดกลืนให้อยู่ในระดับมาตรฐาน โดยเปิดจุก A พร้อมยกขวดปรับระดับขึ้นเพื่อไล่อากาศ (ระว่างของเหลวจะเลยขีด 100 ลบ. ซม.) ปิดจุก A จากนั้นเปิดจุก B พร้อมกับลดขวดปรับระดับลงอย่างช้า ๆ สารดูดกลืนจะถูกดูดขึ้นบนก้านภาชนะ ให้ปิดจุก B แล้วทำเครื่องหมายระดับสารดูดกลืนไว้ (สารดูดกลืนจะถูกดูดขึ้นได้ขึ้นอยู่กับลมที่อยู่ในลูกโป่งยางด้วย ดังรูปที่ ง-1)
7. ปรับระดับของเหลวในบิวเรตต์ให้อยู่ในระดับมาตรฐาน เปิดจุก A พร้อมกับยกขวดปรับระดับขึ้นอย่างช้า ๆ แล้วนำมาอยู่ระดับเดียวกับของเหลวในบิวเรตต์ซึ่งให้อยู่ระดับ 100 ลบ. ซม. พอดีแล้วปิดจุก A

8. ต่อก๊าซที่จะวิเคราะห์ที่ปลายท่อของจุกปิดที่จุด A และเปิดจุก A ก๊าซจะผ่านมาทางท่อ โดยได้ค่อยๆ กวดปรับระดับลง ก๊าซจะดันของเหลวบ่งระดับเข้าสู่จุกปรับระดับจนถึง 0 แสดงว่าขณะนี้ก๊าซเข้ามาอยู่ในบิวเรตต์ มีประมาณ 100 ลบ.ซม. ปิดจุก 3 ทางที่ A

9. ทำการดูดก๊าซแต่ละเข้าสู่ภาชนะดูดซึมโดยเปิด 2 ทางที่จุด A แล้วค่อยๆ กวดปรับระดับขึ้น ก๊าซจะผ่านเข้าสู่ภาชนะดูดซึมและเมื่อยกจุกปรับระดับลง ก๊าซจะถูกไล่ออกจากห้องจ่ายและกลับเข้ามาอยู่ในบิวเรตต์ ทำเช่นนี้หลายๆรอบก๊าซ CO₂ จะถูกดูดโดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

10. จากนั้นยกจุกปรับระดับขึ้นมาอยู่ที่ระดับเดียวกับของเหลวในบิวเรตต์ อ่านค่าที่ได้จะเป็นปริมาณร้อยละของก๊าซ CO₂ ที่ถูกดูดซึม

ง.6 ตัวแปรที่ใช้การเดินระบบก๊าซชีวภาพ

ตัวแปรที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

ง.6.1 อัตราการไหลของสารป้อน

อัตราการไหลของสารป้อน คือ อัตราการไหลของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งจะส่งผลกับเวลากักเก็บ (Hydraulic Retention Time: HRT) ของน้ำเสียในระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

ง.6.2 เวลากักเก็บ (Hydraulic Retention Time: HRT)

เวลากักเก็บคือ เวลาของน้ำเสียในถังบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยออกจากระบบซึ่งต้องมากพอที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารต่างๆ หากมีค่าเกินไปสารที่ย่อยยากๆ จะถูกย่อยไม่ถึงขั้นสุดท้ายทำให้ BOD₅ มีอยู่ในน้ำเสียมาก สามารถแสดงความสัมพันธ์ดังสมการ

$$(Q)(HRT) = V \quad (ง.8)$$

โดยที่ V คือ ปริมาตรของระบบ (m³)
 Q คือ อัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย (m³/day)

ง.6.3 อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M ratio)

สารอาหารในน้ำเสียเป็นอาหารของจุลินทรีย์ ถ้าหากมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์เปลี่ยนแปลงมากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ โดยแสดงความสัมพันธ์ของ F/M ratio ดังสมการ

$$\frac{F}{M} \text{ ratio} = \frac{BOD_5 X Q}{MLVSS \times V} \quad (ง.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ Q คือ อัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย (m^3/day)

BOD_5 คือ Biochemical oxygen demand (mg/l)

V คือ ปริมาตรของระบบ (m^3)

MLVSS คือ Mixed Liquor Volatile Suspended Solids ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ที่อุณหภูมิ 500 ± 50 °ซ หรือแสดงให้เห็นถึงความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยอินทรีย์ (mg/l)

๖.6.4 ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate: OLR)

อัตราการการป้อนสารอินทรีย์ต่อขนาดระบบบำบัด ซึ่งมีหน่วยเป็น $kgBOD_5/(m^3 \cdot day)$ แสดงความสัมพันธ์ดังสมการ 2.16

$$OLR = BOD_5/HRT \quad (๖.10)$$

๖.6.5 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD คือ ค่าที่บอกรวมความสกปรกของน้ำเสีย โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์

๖.6.6 ค่า pH

คือค่าที่บอกรวมความเป็นกรด่างของระบบ ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.7-7.4

๖.6.7 MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids)

เอ็มแอลเอสเอส คือ ปริมาณของแข็งแขวนลอยภายในน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสีย

๖.6.8 MLVSS (Mixed Liquor Volatile Suspended Solids)

เอ็มแอลวีเอสเอส คือ ปริมาณสารอินทรีย์ภายในน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียที่เป็นของแข็งที่ระเหยไปหลังจากที่นำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 ± 50 °ซ และใช้เป็นตัวแทนมวลจุลินทรีย์ได้ดีกว่าเอ็มแอลเอสเอส มักมีค่าประมาณร้อยละ 50-80 ของค่าเอ็มแอลเอสเอส

๖.6.9 กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Fatty Acids: VFA)

กรดอินทรีย์ระเหยง่าย หรือ วีเอฟเอ เป็นค่าที่บอกรวมปริมาณกรดอินทรีย์ที่มีคาร์บอนไม่เกิน 6 อะตอมในน้ำตัวอย่างน้ำเสีย ซึ่งเป็นค่าที่บอกว่าในระบบมีจุลินทรีย์สร้างกรดมากน้อยเพียงใด