ศึกษาการลดก๊าซเรือนกระจกจากขยะมูลฝอยชุมชน โดยการนำมาผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF)

Study on Reducing Greenhouse Gas Emissions from Municipal Solid Waste by Refuse Derived Fuel Production

ณัฐมล ระดาบุตร
นิรมล วิปัดทุม
มนัสวีญ์ นพเก้า

สหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

Study on Reducing Greenhouse Gas Emissions from Municipal Solid Waste by Refuse Derived Fuel Production

NUTTAMON RADABUT
NIRAMOL WIPATTHUM
MANUTSWEE NOPPAGAOW

A COOPERATIVE EDUCATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEARR 2018

หัวข้อสหกิจศึกษา	ศึกษาการลดก๊าซเรือนกระจกจากขยะมูลฝอยชุมชน โดยการนำมาผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) Study on Reducing Greenhouse Gas Emission from Municipal Solid Waste by Refuse Dirived Fuel Production
ชื่อนักศึกษา	นางสาว ณัฐมล ระดาบุตร รหัสนักศึกษา 58050614 นางสาว นิรมล วิปัดทุม รหัสนักศึกษา 58050639 นางสาว มนัสวีญ์ นพเก้า รหัสนักศึกษา 58050669
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้สหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.สุวรรณี จรรยาพูน ประธานกรรมการ	
นางนัทชธีร์ญา บัวสรวง กรรมการ	
ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ กรรมการ	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อสหกิจศึกษา ศึกษาการลดก๊าซเรือนกระจกจากขยะมูลฝอยชุมชน โดยการนำมาผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF)

ชื่อนักศึกษา นางสาว ณัฐมล ระดาบุตร รหัสนักศึกษา 58050614
นางสาว นิรมล วิปัดทุม รหัสนักศึกษา 58050639
นางสาว มนัสวีญ์ นพเก้า รหัสนักศึกษา 58050669

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)

ภาควิชา เคมี

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอยชุมชน และหาค่าตัวแปรสำหรับสมการในการคำนวณปริมาณแก๊สเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบ ในการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน กลุ่มตัวอย่าง คือ ขยะมูลฝอยที่รับมาจากองค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง (อบจ.ระยอง) จำนวน 500 ตันต่อวัน จะได้เชื้อเพลิง RDF ที่ได้จากกระบวนการผลิตประมาณ 200 ตันต่อวัน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 4 อย่าง ดังนี้ เข่ง ตาชั่ง ผ้ายาง และอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (หมวก ถุงมือ ผ้าปิดปาก รองเท้านิรภัย) ผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอยที่พบมากที่สุด คือ อาหาร พลาสติก ไม้ ยาง/หนัง กิ่งไม้/ใบไม้ อื่น ๆ (แก้ว โลหะ หิน กระเบื้อง) ผ้าอ้อม/ผ้าอนามัย กระดาษ และสิ่งทอ ตามลำดับ การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานได้ 111,694.34 tCO_2/year การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการได้ 1201.58 tCO_2/year และทำให้คำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 110,492.76 tCO_2/year

คำสำคัญ : เชื้อเพลิงขยะ, ขยะมูลฝอยชุมชน, ก๊าซเรือนกระจก, หลุมฝังกลบ

Title	Study on Reducing Greenhouse Gas Emissions from Municipal Solid Waste by Refuse Derived Fuel Production
Students	Miss Nuttamon Rudabut Student ID 58080614
	Miss Niramol Wipatthum Student ID 58050639
	Miss Manutswee Noppagaow Student ID 58050669
Degree	Bachelor of Science (Environmental Chemistry)
Department	Chemistry
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2018
Advisor	Dr. Glinsukol Suwannarat

Abstract

The aim of this research is to analyze the physical components of municipal solid waste and to solve the equations of the greenhouse gases from landfills and fuel productions from municipal solid waste. For instance, approximately 500 tons of waste per day from Rayong Provincial Administration Organization emits about 200 tons of Refuse Derived Fuel (RDF) in order to be used as a fuel in a power plant and distributed into a transmission system. There are 4 instruments used in this experiment: scale, basket, canvas and protective equipment (hat, gloves, mask, and safety shoes). The result shows that the physical components of municipal solid waste mostly consisted of food. And other components found are: plastic, wood, rubber, leather, branches/leaves, the other (glass, metal, stone, tile) diapers/ napkins, paper, and textiles. Furthermore, the result of the greenhouse gases baseline emission, greenhouse gases removal from project emission, and the greenhouse gases reduction are 111,692.34, 1201.58, and 110,492.76 tCO2/year, respectively.

Keywords : Refuse Derived Fuel (RDF), Municipal solid waste, Greenhouse gase, Landfill

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน คือ ท่านอาจารย์ ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ และอาจารย์ ผศ.สุวรรณี จรรยาพูน ที่ท่านกรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนวทางในการทำโครงงาน ให้ความรู้และให้การสนับสนุนในการจัดทำโครงงาน รวมทั้งแนวทางการแก้ปัญหาเป็นอย่างดี ตลอดจนให้คำแนะนำในการทำโครงงาน นอกจากนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ คุณนัทชธีร์ญา บัวสรวง บริษัท โกลบอล เพาเวอร์ ซินเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) ที่ปรึกษาร่วมในการทำโครงงานฉบับนี้ รวมถึงคุณพงศ์เทพ ผ้าแดง คุณสาธิยา อังคประเสริฐกุล คุณอังสนา ทองอำไพ และคุณณีรนาจ ช่างกลึงดี ที่ให้คำแนะนำและดูแลช่วยเหลือในการปฏิบัติงานภาคอุตสาหกรรมเป็นอย่างดี ทำให้โครงงานประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในโครงงานฉบับนี้

ขอบคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสับสนุนทางการศึกษาและคอยให้กำลังใจในยามที่ประสบปัญหาต่าง ๆ

ประโยชน์อันใดที่เกิดจากการทำโครงงานครั้งนี้ ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้น ขอขอบพระคุณ ณ โอกาสนี้

นางสาว ณัฐมล ระดาบุตร
นางสาว นิรมล วิปัดทุม
นางสาว มนัสวีญ์ นพเก้า

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สาบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ก๊าซเรือนกระจก 3
2.1.1 ความหมายของก๊าซเรือนกระจก 3
2.1.2 ผลกระทบจากก๊าซเรือนกระจก 3
2.1.3 แหล่งที่มาของก๊าซเรือนกระจก 4
2.2 ขยะเชื้อเพลิง หรือ RDF (Refuse Derived Fuel) 4
2.3 ความเป็นมาในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel) 5
2.4 ตลาดคาร์บอน 6
2.4.1 ตลาดคาร์บอนตามพันธกรณีระหว่างประเทศ (Mandatory carbon market) หรือตลาดภาคบังคับ 7
2.4.2 ตลาดคาร์บอนแบบภาคสมัครใจ (Voluntary carbon market) 7
2.5 โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศ 7
2.6 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจก 9
2.6.1 T-VER-TOOL-WASTE-01 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน ฉบับที่ 03 9
2.6.1.1 คำนิยามที่เกี่ยวข้อง 9
2.6.1.2 ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่ายและเงื่อนไขการนำไปใช้ 9
2.6.1.3 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน 9
2.6.2 T-VER-METH-WM-04 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน 10
2.6.2.1 ลักษณะและขอบเขตโครงการ (Scope of Project) 10
2.6.2.2 ข้อมูลกรณีฐาน (Baseline Scenario) 10

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.6.2.3 กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ.....	10
2.6.2.4 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน.....	11
2.6.2.5 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ...	11
2.6.2.6 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ.....	11
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
2.7.1 โครงการการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน ของบริษัท ทีพีไอ โพลีเพาเวอร์.....	11
2.7.2 ศึกษาศักยภาพการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF จากขยะชุมชน ในเขตกรุงเทพมหานคร.....	13
2.7.3 การผลิตกระแสไฟฟ้าจากขยะเทศบาลนครเชียงใหม่.....	13
2.7.4 ได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดการขยะอินทรีย์ในบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวรสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ.....	13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	14
3.1 วัสดุอุปกรณ์.....	14
3.1.1 ตัวอย่างขยะ.....	14
3.1.2 อุปกรณ์.....	14
3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง.....	14
3.2.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหัวข้อที่ได้รับ.....	14
3.2.2 ศึกษาขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชนและการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต.....	14
3.2.3 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกที่ใช้.....	21
3.2.4 เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ.....	21
3.2.5 ข้อมูลกรณีฐาน.....	21
3.2.5.1 การดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Sequestration/emission)	21
3.2.5.2 การดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Sequestration/Emission)	21
3.2.5.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)	21
3.3 การทดลอง.....	22
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	25
4.1 การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน.....	25
4.2 การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ.....	28

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	32
4.4 การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	32
4.5 สรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้	33
บทที่ 5 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	34
5.1 การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)	34
5.2 การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission)	34
5.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)	34
5.4 การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction)	
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	37

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 แฟคเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ..... 26

4.2 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล..... 30

4.3 พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล..... 30

4.4 สรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้..... 33

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derive Fuel)	5
2.2	หลุมฝังกลบขยะมูลฝอย	5
2.3	โรงผลิตเชื้อเพลิงขยะ	6
2.4	รายละเอียดขั้นตอนการสมัครพัฒนาโครการ T-VER	8
3.1	รถเก็บขนขยะของ อบจ.ระยอง นำขยะมาส่ง ณ จุดรับขยะของโครงการ	14
3.2	บ่อรับขยะ (Dump Pit)และเครื่องหั่น (Pre-Shredder)	15
3.3	เครื่องแยกขยะแบบกรงหมุน (Drum screen)	15
3.4	ขยะอินทรีย์ที่ออกมาจากเครื่องแยกขยะแบบจานหมุน	15
3.5	เครื่องลำเลียงขยะแบบโซ่ขับใบกวาด (Chain conveyor)	16
3.6	เครื่องสับละเอียด (Main shredder)	17
3.7	เครื่องลำเลียงขยะแบบสายพานยางและเครื่องแยกโลหะ	17
3.8	ตัวอย่างขยะที่เป็นเศษเหล็ก	17
3.9	เครื่องแยกขยะอย่างละเอียด (Fines Scrrn)	18
3.10	เครื่องคัดแยกขยะด้วยกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Eddy Current Separator)	18
3.11	เครื่องคัดแยกด้วยลม (Air-Classifier)	18
3.12	แสดงตัวอย่างขยะที่ผ่านการคัดแยกและนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF	19
3.13	ตัวอย่างขยะที่มีน้ำหนักมากที่ได้จากกระบวนการคัดแยก	19
3.14	ลานกอง RDF	19
3.15	กระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิง (RDF Process)	20
3.16	บ่อรับขยะ (Dump Pit)และที่คีบขยะ	22
3.17	คัดแยกขยะตามองค์ประกอบ	22
3.18	ตัวอย่างขยะมูลฝอยชุมชนทั้ง 9 ประเภทที่ได้จากการคัดแยก	23
3.19	ชั่งน้ำหนักขยะแต่ละองค์ประกอบ	23
3.20	โปรแกรม Excel เพื่อคำนวณหาค่าการดูดกลับ/การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	24
4.1	สัดส่วนขององค์ประกอบขยะมูลฝอย	26
4.2	ข้อมูลองค์ประกอบขยะของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2556	27

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันภาวะโลกร้อน นับว่าเป็นภัยธรรมชาติอีกอย่างหนึ่งที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ จนไม่สามารถมองข้ามปัญหานี้ต่อไปได้อีก ภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Climate Change) หรือภาวะโลกร้อน (Global Warming) คือ การที่โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้น หรือที่เรียกกันว่า Greenhouse Effect ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากมนุษย์ ในการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงต่าง ๆ การปล่อยก๊าซพิษต่าง ๆ ของโรงงานอุตสาหกรรม และการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก มีผลทำให้แสงอาทิตย์ส่องทะลุผ่านชั้นบรรยากาศมาสู่พื้นโลกได้มากขึ้น หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า "สภาวะเรือนกระจก"

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบนี้ด้วยเช่นกัน จึงทำให้เห็นถึงความสำคัญ และหาวิธีการในการลดก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งประเทศไทยได้มีการร่วมลงนามในมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับชาติ (Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMA) ซึ่งมาตรการดังกล่าว คือการดำเนินงานลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีความเหมาะสม โดยมีความสอดคล้องกับเป้าหมายของประเทศสมาชิก มีการกำหนดนโยบาย แผนปฏิบัติการ ที่มีประเทศสมาชิกทั้งที่พัฒนาแล้วและกำลังพัฒนาได้จัดทำขึ้น การดำเนินการเป็นไปด้วยความสมัครใจ มีความสอดคล้องกับเป้าหมายในการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศนั้น ๆ ดังนั้นแต่ละประเทศจึงมีการกำหนดมาตรการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2561)

ประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการลดก๊าซเรือนกระจกหลายโครงการ อาทิ เช่น กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism : CDM) คือ กลไกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่กำหนดขึ้นภายใต้พิธีสารเกียวโต โดยการซื้อ-ขายคาร์บอนเครดิตจากประเทศกำลังพัฒนา ที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ เพื่อช่วยให้ประเทศพัฒนาแล้ว สามารถบรรลุเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ กลไกเครดิตร่วม (Joint Crediting Mechanism : JCM) เป็นกลไกที่ริเริ่มในประเทศญี่ปุ่นเพื่อช่วยให้ประเทศที่มีความร่วมมือ ได้รับการสนับสนุนทางการเงินจากรัฐบาลญี่ปุ่น และสามารถใช้เทคโนโลยีคาร์บอนต่ำในการลดก๊าซเรือนกระจก กลไก JCM บริหารงานโดยคณะกรรมการร่วม (Joint committee) ประเทศที่เข้าร่วมโครงการ ได้แก่ ประเทศมองโกเลีย บังกลาเทศ เอธิโอเปีย เคนยา มัลดีฟส์ เวียดนาม ลาว อินโดนีเซีย คอสตาริกา ปาเลา กัมพูชา เม็กซิโก ซาอุดีอาระเบีย ชิลี เมียนมา และไทย โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program, T-VER) เป็นโครงการลดก๊าซเรือนกระจกที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) พัฒนาขึ้น โดยจะกำหนดหลักเกณฑ์ขั้นตอนในการพัฒนาโครงการและระเบียบวิธีการในการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology) ภายในประเทศไทยเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ทุกภาคส่วน มีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศโดยความสมัครใจ และสามารถนำปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นมาคำนวณหา คาร์บอนเครดิต (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2561)

การทำโครงงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการนำขยะมูลฝอยชุมชนมาผ่านกระบวนการเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel, RDF) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการเข้าร่วมโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program, T-VER) ส่งให้กับองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) (Thailand Greenhouse gas Management organization (Public Organization), TGO) ซึ่งจะกล่าวถึงในเอกสารข้อเสนอโครงการ (Project Design Document, PDD) เพื่อการขอขึ้นทะเบียนโครงการ T-VER (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2561)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอยชุมชน

2) เพื่อหาค่าตัวแปรสำหรับสมการในการคำนวณปริมาณแก๊สเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบ และการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน

3) ศึกษากระบวนการลดก๊าซเรือนกระจก จากเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ขยะ 500 ตันต่อวัน ที่รับมาจากองค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง (อบจ.ระยอง) เพื่อนำมาเข้ากระบวนการผลิต RDF

2) การสุ่มเก็บตัวอย่างขยะ ที่บ่อรับขยะ (Dump Pit) โดยเก็บตัวอย่างวันละ 3 ครั้ง ต่อเนื่องกัน 3 วัน ครอบคลุมทั้งวันธรรมดาและวันหยุด คัดแยกองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน ได้แก่ ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้/ใบไม้ ยาง/หนัง พลาสติก/โฟม ผ้าอ้อม/ผ้าอนามัย และอื่นๆ เช่น แก้ว โลหะ หิน กระเบื้อง เป็นต้น

3) คำนวณค่าการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก โดยการทำเอกสารข้อเสนอโครงการ (Project Design Document, PDD) เพื่อการขอขึ้นทะเบียนโครงการ T-VER ต่อองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

4) โดยมีระยะเวลาที่ทำการศึกษาตั้งแต่ เดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2561

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เข้าใจขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน (Refuse Derived Fuel, RDF) รวมถึงการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต

2) สามารถคำนวณปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน และการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน

3) เป็นแนวทางในการประยุกต์วิธีการสำหรับใช้พัฒนาโครงการหรือกิจกรรมที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันต่อไป

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ก๊าซเรือนกระจก

2.1.1 ความหมายของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซที่เป็นองค์ประกอบของบรรยากาศห่อหุ้มโลกไว้เสมือนเรือนกระจก ก๊าซเหล่านี้มีความสำคัญต่อการรักษาอุณหภูมิของโลกให้คงที่ ซึ่งอาจแบ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกตามธรรมชาติและก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรม โดยองค์ประกอบที่สำคัญของก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซีเอฟซี (CFC_s) ไฮโดรฟลูโรคาร์บอนคาร์บอน (HFC_s) เพอร์ฟลูโรคาร์บอน (PFC_s) และซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออร์ไรด์ (SF_6) (Environnet, 2559) การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ส่งผลกระทบมากมายตามมา ดังจะกล่าวในหัวข้อ 2.1.2

2.1.2 ผลกระทบจากก๊าซเรือนกระจก

1) ผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ มนุษย์เป็นตัวการทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น (Global warming) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล (Season change) ทั้งปริมาณฝน อุณหภูมิ ลม และพายุ

2) ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ เมื่อฝนตกหนักขึ้น จนเกิดอุทกภัยและแผ่นดินถล่ม ทำให้ดินถูกพัดพาไปตามลำน้ำเกิดความขุ่น และทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินขึ้น เมื่อสายน้ำขุ่นไหลออกสู่ทะเลทำให้ทำลายแนวประการัง แหล่งอาศัยของปลา แต่ถ้าหากเป็นฝนแล้ง จะเกิดจากการที่ฝนน้อยกว่าปกติ ไม่ตกตามฤดูกาล ทำให้พืชขาดน้ำหล่อเลี้ยง พืชไม่เจริญเติบโตตามปกติ ความรุนแรงขึ้นอยู่กับความชื้นในบรรยากาศ ความชื้นในดิน

3) ผลกระทบต่อแหล่งพลังงาน เกิดขึ้นกับกิจกรรมขุดเจาะน้ำมันในมหาสมุทร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดพายุหมุนที่รุนแรงย่อมเป็นอุปสรรคในการขุดเจาะน้ำมันในทะเลและมหาสมุทร การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำ พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานลม ก็อยู่ในข่ายที่จะได้รับผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ (Siriwimon, 2556)

4) ผลกระทบต่อระดับน้ำทะเล ทำให้มีการขยายตัวของมหาสมุทร ส่งผลให้เมืองที่อยู่บริเวณชายฝั่งและที่ราบลุ่มถูกน้ำท่วม

5) ผลกระทบต่อเกษตรกรรม แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่สูงขึ้นจะเร่งการเจริญเติบโตของพืช ส่วนพื้นที่ที่มีอากาศร้อนพืชจะระเหยและคายน้ำได้มากขึ้น

6) ผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นและอุ่นขึ้น ทำให้พืชและสัตว์ปรับตัวอย่างหนักเพื่อความอยู่รอด ถ้าปรับตัวไม่ได้ก็จะล้มตาย เช่น หมีขาวบริเวณขั้นโลกเหนือ

7) การสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ที่ผิดปกติบนโลก มีสาเหตุมาจากการตัดไม้ทำลายป่าในเขตร้อนชื้น และการละลายของน้ำแข็งขั้วโลก

8) ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ มีการอุบัติใหม่ของโรคหรือการระบาดของโลกเพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เพราะนอกจากจะมีผลต่อสุขภาพร่างกายแล้ว ยังส่งผลต่อสภาพจิตใจ ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง

2.1.3 แหล่งที่มาของก๊าซเรือนกระจก

1) การเผาไหม้จากกิจกรรมการขนส่ง (การขนส่งบนถนนและการขนส่งอื่นๆ) การใช้พลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงสามารถแบ่งประเภทของกิจกรรมได้ดังนี้ อุตสากรรมพลังงาน โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ และการก่อสร้าง การขนส่ง ภาคอื่นๆ และที่ไม่สามารถระบุได้ (Garg, Kazunari & Pulles, 2549)

2) การอุตสาหกรรม ที่ทำให้เกิดคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC_s) ในการใช้สารสำหรับทำความสะอาดอุปกรณ์ไฟฟ้า ทั้งในเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น สารขับดันในกระป๋องสเปรย์ มูซ โฟมใส่อาหารกล่อง

3) การปศุสัตว์ หมายถึง ระบบการผลิตจากสัตว์เคี้ยวเอื้องอันเป็นแหล่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ นั้นก็คือ ก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากการหมักจากระบบย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง มูลของสัตว์เคี้ยวเอื้องและการเลือกการจัดการมูลสัตว์ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2016) (Environnet, 2559)

4) แหล่งก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการจัดการของเสียเกิดจากการทิ้งขยะ การบำบัดขยะเชิงชีวภาพ (biological treatment of solid waste) เตาเผาขยะ การเผาขยะแบบเปิด และการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งระหว่างกระบวนการได้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) (Pipatti & Vieira, 2006) รวมถึงกระบวนการฝังกลบขยะด้วย กระบวนการฝังกลบขยะมีการปลดปล่อยก๊าซ ประมาณ 40-50% เป็นมีเทน (CH_4) ที่เหลือส่วนใหญ่เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ยังมีไนโตรเจน (N_2) และออกซิเจน (O_2) ไอน้ำ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) (วิกีภีเดีย สารานุกรมเสรี, 2561) ดังนั้นหากสามารถนำขยะเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ก็จะเป็นส่วนช่วยในการลดก๊าซเรือนกระจกได้ หนึ่งในนั้นคือ การนำขยะมาแปลงเป็นขยะเชื้อเพลิง

2.2 เชื้อเพลิงขยะ หรือ RDF (Refuse Derived Fuel)

เชื้อเพลิงขยะ หมายถึง ขยะมูลฝอยที่ผ่านกระบวนการจัดการต่างๆ เช่น การคัดแยกวัสดุที่เผาไหม้ได้ออกมา การฉีกหรือตัดขยะมูลฝอยออกเป็นชิ้นเล็กๆ เชื้อเพลิงขยะที่ได้นี้จะมีค่าความร้อนสูงกว่า หรือมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดีกว่าการนำขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมมาใช้โดยตรง เนื่องจากมีองค์ประกอบทั้งทางเคมีและกายภาพสม่ำเสมอกว่า ข้อดีของเชื้อเพลิงขยะ คือ ค่าความร้อนสูง (เมื่อเปรียบเทียบกับขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมมา) ง่ายต่อการจัดเก็บ การขนส่ง การจัดการต่างๆ รวมทั้งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ,2557) เชื้อเพลิงขยะมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

ข้อดีของระบบเชื้อเพลิงขยะ

1) มีค่าความร้อนสูงเทียบเท่ากับชีวมวล และมีความชื้นต่ำ

2) เป็นระบบเชื้อเพลิงที่ง่ายต่อการจัดเก็บ การบริหารจัดการ การขนส่ง และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย

3) เป็นเชื้อเพลิงที่สามารถผลิตได้ทั้งพลังงานความร้อน และพลังงานไฟฟ้า

ข้อเสียของระบบเชื้อเพลิงขยะ

1) จำเป็นต้องคัดแยกขยะมูลฝอยก่อนนำเข้าสู่ระบบ จึงทำให้มีค่าใช้จ่ายในการคัดแยกขยะสูง

2) ในการขนส่งเชื้อเพลิงเพื่อนำไปเป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายระบบโลจิสติกส์เกิด

3) เป็นระบบเชื้อเพลิง ที่ต้องมีระบบอื่นมารองรับเพื่อรองรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงขยะเป็นพลังงานอีกต่อหนึ่ง (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์, 2558) ในโครงงานวิจัยนี้ได้นำขยะจากองค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง (อบจ.ระยอง) มาใช้ในกระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิง

รูปที่ 2.1 ขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel)
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

2.3 ความเป็นมาในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel)

จังหวัดระยองเป็นจังหวัดที่มีรายได้เฉลี่ยต่อคนสูงที่สุดในประเทศ ในส่วนของภาคอุตสาหกรรมประกอบด้วย การท่องเที่ยว การเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม โดยมีประชากรทั้งหมดประมาณ 1 ล้านคน ทำให้ต้องประสบปัญหาขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นจึงได้มีการจัดตั้งศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจร จังหวัดระยองขึ้นมาซึ่งตั้งอยู่ที่หมู่ 3 ตำบลน้ำคอก อำเภอเมือง จังหวัดระยองบนพื้นที่ 429 ไร่ 3 งาน 10 ตารางวา องค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง ได้รับงบประมาณปี 2551 วงเงิน 115 ล้านบาท เพื่อใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานของศูนย์กำจัดขยะฯ รวมทั้งระบบบำบัดน้ำเสียและบ่อฝังกลบขยะมูลฝอยซึ่งศูนย์กำจัดขยะฯ สร้างแล้วเสร็จและเปิดรับการกำจัดขยะมูลฝอยเมื่อเดือนพฤศจิกายน 2554 เปิดรับขยะมูลฝอยจากองค์กรปกครองท้องถิ่นโดยรอบศูนย์กำจัดขยะจำนวน 3 แห่ง ได้แก่ เทศบาลตำบลน้ำคอก เทศบาลตำบลทับมา เทศบาลมาบข่าพัฒนา และนำไปกำจัดโดยวิธีฝังกลบสุขาภิบาลในบ่อฝังกลบ ขนาดพื้นที่ 6 ไร่ 3 งาน (องค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง, 2557)

รูปที่ 2.2 หลุมฝังกลบขยะมูลฝอย
(องค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง, 2561)

ปัจจุบันศูนย์กำจัดขยะมูลฝอย ฯ รับขยะจากองค์กรปกครองในส่วนพื้นที่จังหวัดระยอง จำนวนทั้งสิ้น 21 แห่ง ปริมาณขยะมูลฝอย ประมาณ 1,200 ตันต่อวัน ซึ่งทำให้เล็งเห็นปัญหาที่จะเกิดขึ้นจากหลุมฝังกลบ คือ การเกิดก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดจากขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้เกิดก๊าซเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ก๊าซเหล่านี้ทำให้เกิดแรงดันขึ้นภายในหลุมฝังกลบ ก๊าซบางส่วนจะรั่วออกสู่บรรยากาศ ก๊าซที่เกิดจากขยะนี้ ประมาณ 40-50% เป็นก๊าซมีเทน ทำให้องค์การบริหารส่วนจังหวัดระยองร่วมกับบริษัท โกลบอล เพาเวอร์ ซินเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) (GPSC) ได้จัดทำโครงการบริหารจัดการขยะครบวงจรจังหวัดระยองขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อร่วมกันพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยที่มุ่งไปสู่เทคโนโลยีการแปลงขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน (Waste to Energy) ที่เป็นพลังงานสะอาด เป็นมิตรต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม โดยโครงการเป็นการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะหรือ Refuse Derived Fuel (RDF) เมื่อวันที่ 27 มกราคม 2560 และเริ่มเดินเครื่องจักรในการคัดแยก RDF ในวันที่ 27 เมษายน 2561 ซึ่งโครงการนี้รับขยะสดมาจาก องค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง จำนวน 500 ตันต่อวัน จะได้เชื้อเพลิง RDF จากกระบวนการผลิตประมาณ 200 ตันต่อวัน (องค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง, 2557)

รูปที่ 2.3 โรงผลิตเชื้อเพลิงขยะ
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

ดังนั้น เมื่อทราบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากหลุมฝังกลบขยะเราสามารถนำมาคำนวณคาร์บอนเครดิต เพื่อส่งขายไปยังตลาดคาร์บอนต่อไปได้

2.4 ตลาดคาร์บอน

ตลาดคาร์บอนหรือ ตลาดซื้อขายคาร์บอน (Carbon Market) เป็นมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกแบบหนึ่ง ที่ใช้กลไกการตลาดเป็นเครื่องมือสร้างแรงจูงใจในการลดก๊าซเรือนกระจก โดยกำหนดให้ “คาร์บอนเครดิต” ซึ่งเป็นสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เกิดขึ้นจากผลของความสามารถในการลดก๊าซเรือนกระจก จากสถานการณ์ดำเนินงานปกติ หรือ ส่วนต่างจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้ต่ำกว่าเป้าหมาย เป็นสินค้าสำหรับการซื้อขายได้ ทำให้เกิดเป็น “ตลาดคาร์บอน” ขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการกำหนดราคาของคาร์บอนเครดิต ซึ่งตามทฤษฎีเศรษฐศาสตร์แล้วกลไกการตลาดดังกล่าว จะทำให้ต้นทุนของการลดปล่อยก๊าซเรือนกระตกต่ำที่สุด (เมทินี, 2554)

ในปัจจุบัน ตลาดคาร์บอนที่มีการดำเนินการอยู่ทั่วโลก มี 2 ประเภท (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โครงการศึกษากลไกที่ยืดหยุ่นของพิธีสารเกียวโต หลัง ค.ศ.2012 ที่มีนัยต่อการกำหนดมาตรการทางเศรษฐศาสตร์ภายในประเทศไทย, 2554) ได้แก่

2.4.1 ตลาดคาร์บอนตามพันธกรณีระหว่างประเทศ (Mandatory carbon market) หรือตลาดภาคบังคับ

ตลาดคาร์บอนที่จัดตั้งขึ้นสืบเนื่องจากผลบังคับในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามกฎหมาย ซึ่งต้องมีรัฐบาลเข้ามาเกี่ยวข้อง ในฐานะผู้ออกกฎหมาย และเป็นผู้กำกับดูแลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยผู้ที่เข้าร่วมในตลาดจะต้องมีเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีผลผูกพันกฎหมาย (Legally binding target) แต่อย่างไรก็ดี ผู้ที่ไม่สามารถปฏิบัติตามเป้าหมายที่ตั้งไว้จะถูกลงโทษหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับการบัญญัติกฎหมาย ดังนั้นตลาดคาร์บอนแบบทางการสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือการกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมีบทลงโทษผู้ที่ไม่สามารถปฏิบัติตามเป้าหมายได้ และการกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่มีบทลงโทษ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2559)

2.4.2 ตลาดคาร์บอนแบบภาคสมัครใจ (Voluntary carbon market)

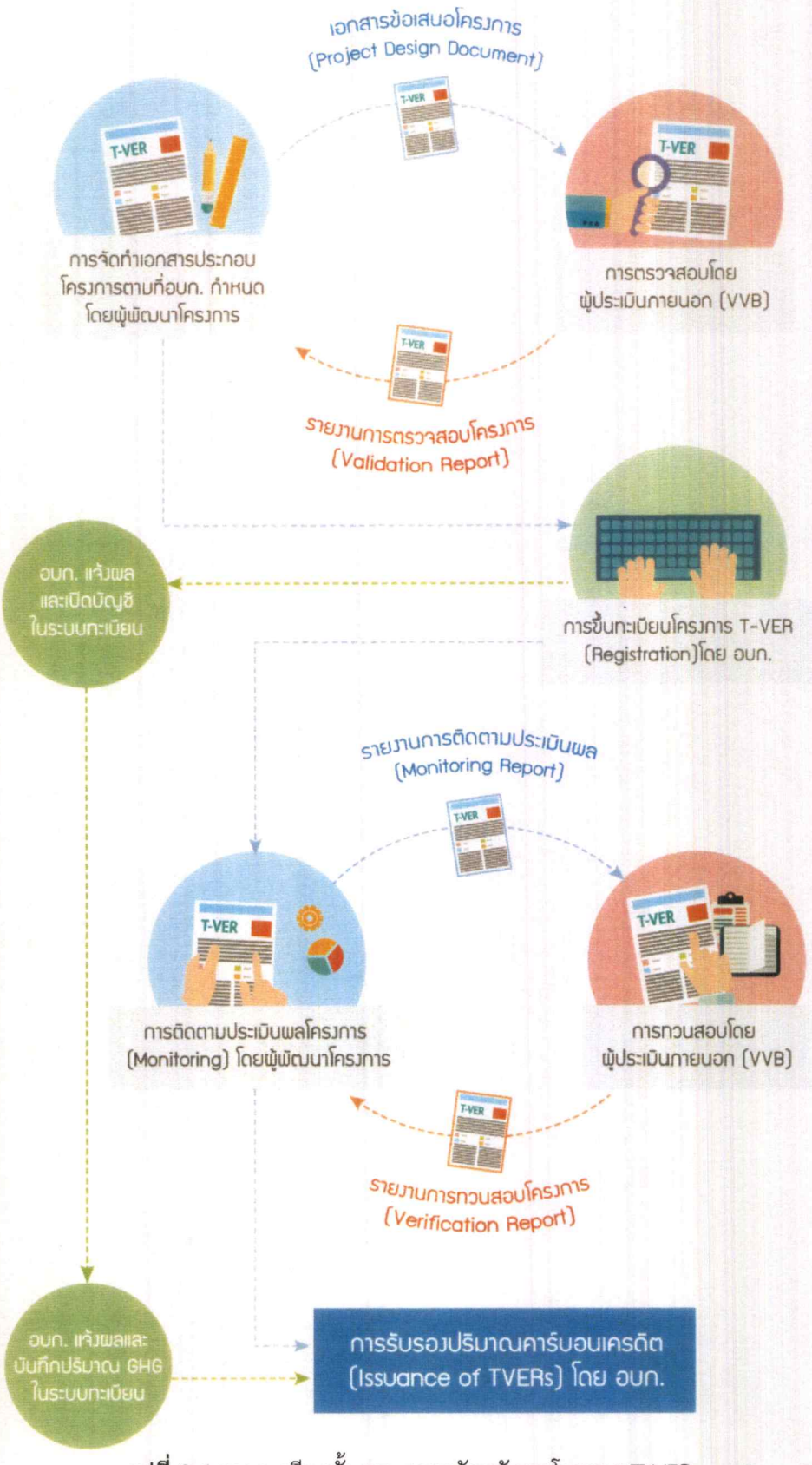
ตลาดคาร์บอนที่ถูกสร้างขึ้นโดยไม่ได้มีกฎหมายที่เกี่ยวกับการควบคุมก๊าซเรือนกระจกมาบังคับ การจัดตั้งตลาดมักเกิดจากความร่วมมือกันของผู้ประกอบการในภาคเอกชน ผู้ที่เข้าร่วมซื้อขายในตลาดนั้นจะยินดีเข้าร่วมด้วยความสมัครใจ โดยอาจจะมีการตั้งเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนเองโดยสมัครใจ (Voluntary cap-and-trade) แต่ไม่ได้มีผลผูกพันตามกฎหมาย (Non-legally binding target) ซึ่งอาจซื้อขายผ่านกลไกตลาดที่ตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการ หรือ ซื้อขายในระบบเจรจาต่อรองเพื่อตกลงราคา (Over-the-counter, OTC) ซึ่งไม่มีระบบการซื้อขายแลกเปลี่ยนที่ชัดเจน มีเพียงการตกลงกันระหว่างผู้ต้องการซื้อและผู้ขาย ซึ่งทำให้มีต้นทุนในการจัดการต่ำกว่า และดำเนินการได้ง่ายกว่า (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2559)

โดยในการทำโครงงานวิจัยเป็นการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก เพื่อยื่นขอขึ้นทะเบียนของโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program, T-VER) ต่อองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

2.5 โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program, T-VER)

โครงการลดก๊าซเรือนกระจกที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ทุกภาคส่วนเป็นตลาดคาร์บอนแบบตลาดแบบสมัครใจ (voluntary market) มีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศโดยความสมัครใจ และสามารถนำปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ที่เรียกว่าคาร์บอนเครดิต ซึ่งอยู่ภายใต้โครงการที่เรียกว่า “T-VER” แล้วนำไปขายในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจในประเทศได้ ทั้งนี้ อบก. ได้กำหนดหลักเกณฑ์และขั้นตอนในการพัฒนาโครงการ ระเบียบวิธีการในการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology) การขึ้นทะเบียนและการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยจะต้องเป็นโครงการที่ก่อให้เกิดการลด/ดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในประเทศไทย

การพัฒนาโครงการ T-VER ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นตอนการขึ้นทะเบียนโครงการ T-VER และขั้นตอนการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยผู้พัฒนาโครงการจะต้องจัดทำเอกสารประกอบการพิจารณาโครงการ T-VER ยื่นมายัง อบก. เพื่อขอขึ้นทะเบียนหรือรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกรายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาโครการ T-VER ในภาพรวม แสดงดังรูป



รูปที่ 2.4 รายละเอียดขั้นตอนการสมัครพัฒนาโครการ T-VER
(องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2560)

2.6 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจก

(PDD ที่ยื่นต่อองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2018)

2.6.1 T-VER-TOOL-WASTE-01 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (Calculation for Emissions from Solid Waste Disposal Sites) ฉบับที่ 03

ใช้สำหรับการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศ สามารถนำไปใช้กับโครงการที่ต้องการประเมินปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน

2.6.1.1 คำนิยามที่เกี่ยวข้อง

1) ขยะมูลฝอยชุมชน (municipal solid waste) หมายถึง เศษวัสดุที่ไม่มีผู้ใดต้องการ เช่น เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษพลาสติก เครื่องใช้ชำรุด เศษวัสดุจากการเกษตร การก่อสร้าง ตลอดจนกิ่งไม้ใบหญ้า หรือซากสัตว์ ที่เก็บรวบรวมและขนส่งมายังหลุมฝังกลบ

2) หลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (solid waste disposal site) สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนโดยการฝังกลบและมีการบดอัดและกลบทับขยะมูลฝอยชุมชนโดยมีความลึกของหลุมตั้งแต่ 1.5 เมตร ขึ้นไปและภายในหลุมฝังกลบมีสภาวะไร้อากาศ

2.6.1.2 ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่ายและเงื่อนไขการนำไปใช้

สำหรับกิจกรรมที่ช่วยลดการนำขยะอินทรีย์ไปกำจัดโดยการฝังกลบโดยสามารถใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศ

2.6.1.3 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน

การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนโดยการฝังกลบจะทำให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ออกสู่บรรยากาศ ก๊าซมีเทนภายในหลุมฝังกลบเกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์อาทิ อาหาร (เศษผัก ผลไม้) กิ่งไม้/ใบไม้ภายใต้สภาวะไร้อากาศปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดภายในหลุมฝังกลบขึ้นอยู่กับลักษณะของหลุมฝังกลบ หลุมฝังกลบที่มีระบบกันซึม มีการกลบทับและบดอัดจะทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศมากกว่าการเทกอง อย่างไรก็ตาม ก๊าซมีเทนบางส่วนอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก่อนออกสู่บรรยากาศ การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนมีรายละเอียด ดังนี้

1) ที่มาของการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนสามารถคำนวณได้จากสมการ First Order Decay (FOD) เมื่อทราบปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ที่สะสมในหลุมฝังกลบและปริมาณของปีล่าสุดจะสามารถคำนวณปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนได้โดยคิดว่าปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ของแต่ละปีเป็นปีที่ 1 ในการคำนวณแบบอนุกรมเวลา (time series) โดยกำหนดสมมติฐานว่าจะเริ่มเกิดก๊าซมีเทนจากขยะมูลฝอยชุมชนที่นำมาฝังกลบในวันแรกของปีถัดไป เนื่องจากในช่วงแรกการย่อยสลายจะเป็นแบบใช้อากาศ อย่างไรก็ตาม หากต้องการคิดปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายแบบไร้อากาศก่อนครบ 1 ปี จะต้องแยกการคำนวณค่าสำหรับปีแรกออกต่างหาก โดยค่า default ที่ใช้ในการคำนวณได้จากข้อมูลเฉพาะขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน ลักษณะของหลุมฝังกลบ และสภาพภูมิอากาศ

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ ขยะอินทรีย์ประกอบด้วย ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้/ใบไม้

2) การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนในกรณีที่กิจกรรมของโครงการนำขยะมูลฝอยชุมชนไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบ เช่น การนำไปเผาเพื่อผลิตพลังงาน การทำปุ๋ยหมัก การหมักแบบไร้อากาศเพื่อนำก๊าซมีเทนที่ได้มาใช้ประโยชน์ในด้านพลังงาน ซึ่งไม่ทำให้สารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนเกิดการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศและเกิดการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศอีกดังเช่นที่เกิดในหลุมฝังกลบ ให้คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบซึ่งโครงการสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยคิดระยะเวลาการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบเป็นเวลา 100 ปี

2.6.2 T-VER-METH-WM-04 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน(Refuse Derived Fuel: RDF Production from Municipal Solid Waste)

2.6.2.1 ลักษณะและขอบเขตโครงการ (Scope of Project)

เป็นโครงการที่นำขยะมูลฝอยชุมชนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ RDF โดยการนำขยะมูลฝอยชุมชนมาผ่านกระบวนการจัดการต่าง ๆ เช่น การคัดแยกวัสดุที่เผาไหม้ได้ออกมา การลดความชื้น การฉีกหรือตัดขยะมูลฝอยชุมชนให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขอบเขตของโครงการเป็นพื้นที่ที่อยู่ภายใต้กิจกรรมการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF โดยกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดจากการรวบรวมขยะมูลฝอยชุมชน และการผลิต RDF จะถูกนำมาพิจารณาทั้งหมด

2.6.2.2 ข้อมูลกรณีฐาน (Baseline Scenario)

โครงการนำขยะมูลฝอยชุมชนมาผลิต RDF แทนการฝังกลบ ให้ใช้ปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับเป็นข้อมูลกรณีฐาน

2.6.2.3 กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกมาจากการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน ส่งผลให้เกิดก๊าซมีเทน ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศ

2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการดำเนินโครงการ แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การใช้พลังงานไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเกิดจากการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศจะทำให้เกิดก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง มีการเผาไหม้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

2.6.2.4 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ เนื่องจากขยะมูลฝอยชุมชนที่นำมาผลิต RDF อาจมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ อาทิ ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้/ใบไม้จากสวน โดยให้ใช้ T-VER-TOOL-WASTE-01 ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission, BE_y) และให้เลือกใช้ค่า MCF ตามวิธีการฝังกลบที่ใช้อยู่เดิมก่อนการดำเนินโครงการ

2.6.2.5 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในโครงการ การใช้พลังงานไฟฟ้า และการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการบำบัดน้ำเสียจากการผลิต RDF แบบไร้อากาศ

2.6.2.6 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชน เฉพาะกรณีที่ระยะทางการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชนจากแหล่งกำเนิดมายังโครงการอยู่นอกรัศมีมากกว่า 200 กิโลเมตร โดยให้คิดระยะทางรวมทั้งหมดในการขนส่งของกรณีนี้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 โครงการการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน ของบริษัท ทีพีไอ โพลี เพาเวอร์ จำกัด (มหาชน) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2559)

โครงการการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน ของบริษัท ทีพีไอ โพลีน เพาเวอร์ จำกัด (มหาชน) โดยบริษัท ทีพีไอ โพลีน เพาเวอร์ จำกัด (มหาชน) ตั้งอยู่ที่ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี เริ่มดำเนินโครงการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 โดยการรับขยะมูลฝอยจากพื้นที่ใกล้เคียง และอื่น ๆ มาผ่านคัดแยก และเลือกเฉพาะส่วนที่ให้พลังงานความร้อนมาผ่านกระบวนการเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel, RDF)

ในกรณีที่ไม่มีการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF ขยะมูลฝอยเหล่านี้จะถูกนำไปจัดการด้วยวิธีการฝังกลบ ซึ่งจะเกิดกระบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศ และก่อให้เกิดก๊าซมีเทน บริษัทเล็งเห็นความสำคัญในการจัดการขยะมูลฝอยและได้ดำเนินโครงการ ฯ โดยการนำขยะมูลฝอยที่จะต้องผ่านการจัดการด้วยวิธีการฝังกลบหรือวิธีการอื่น ๆ มาผ่านกระบวนการผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าและจำหน่ายเข้าสู่ระบบสายส่ง ทั้งนี้ขอบเขตของโครงการที่จะเข้าร่วมในโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program, T-VER) และที่จะกล่าวถึงในเอกสารข้อเสนอโครงการเพื่อการขอขึ้นทะเบียนโครงการ T-VER จะเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำขยะมูลฝอยชุมชนมาผ่านกระบวนการเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF ภายใต้ระเบียบวิธีการคำนวณ T-VER-METH-WM-04 เท่านั้น

สำหรับโครงการ ฯ มีกำลังการผลิต RDF ที่ติดตั้งตั้งแต่เริ่มดำเนินโครงการจนถึงปัจจุบันที่ 3,072 ตันต่อวัน (ที่ความสามารถในการผลิตอย่างน้อย 80% ของกำลังการติดตั้งสูงสุด) และดำเนินการ 280 วันต่อปี โดยมีแผนขยายกำลังการผลิตเพิ่มเติมภายในปี พ.ศ. 2559 และมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้ในระยะเวลาคิดคาร์บอนเครดิตของโครงการอยู่ที่ 34,753 tCO_2e

ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกที่ใช้

1) T-VER-METH-WM-04 Version 02 การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน สำหรับการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินการ

2) T-VER-METH-WASTE-01 Version 02 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน ฉบับที่ 2

ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานของโครงการ จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ เนื่องจากขยะมูลฝอยชุมชนที่นำมาผลิต RDF อาจมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ อาทิ ไม้ กระดาษ อาหาร (เศษผัก ผลไม้ สิ่งทอ กิ่งไม้ใบไม้จากสวน โดยใช้ T-VER-TOOL-WASTE-01 Version 02 ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission: BE) และให้เลือกใช้ค่า MCF ตามวิธีการฝังกลบที่ใช้อยู่เดิมก่อนการดำเนินโครงการ

การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง เนื่องจากโครงการไม่มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินการ และโครงการได้มีการจัดการกับน้ำชะขยะที่เกิดขึ้นที่จุดรับขยะ (MSW hall) โดยการนำไปทำเป็นปุ๋ยน้ำจึงไม่มีการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ /การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งโดย คำนวณตามระเบียบวิธีการ T-VER-METH-WM-04 การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน

การติดตามผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ ฯ จะดำเนินการโดย บริษัท ทีพีไอ โพลีน พาวเวอร์ จำกัด (มหาชน) โดยมอบหมายให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเป็นผู้จัดเก็บและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องภายใต้ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจก T-VER-METH-WM-04 Version 02 การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน และเครื่องมือคำนวณ T-VER-TOOL-WASTE-01 Version 02 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน ฉบับที่ 02 และจะมีการเก็บรักษาข้อมูลรวมถึงเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการติดตามผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นเวลา 2 ปี หลังจากครบระยะเวลาคิดคาร์บอนเครดิตของโครงการ

การติดตามข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยที่โครงการรับเข้ามาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิง RDF ทำโดยเจ้าหน้าที่ประจำตาชั่ง เก็บและรวบรวมข้อมูลผ่านระบบ ICDAS ซึ่งเป็นระบบฐานข้อมูลของบริษัท ฯ โดยมีการออกบัตรชั่งซึ่งมีข้อมูลทะเบียนรถ รหัสและชื่อผู้ขาย/ผู้ซื้อ น้ำหนักเข้าและออกและน้ำหนักสุทธิให้กับผู้ขาย/ผู้ซื้อ เพื่อเป็นหลักฐานในการซื้อขาย วัตถุดิบ และจะมีการสุ่มเก็บตัวอย่างวัตถุดิบเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบขยะมูลฝอย 1 ครั้งต่อ สัปดาห์ โดยนักเคมีแผนก RDF 3 และสำหรับปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในโครงการ มีการตรวจวัดผ่านมิเตอร์ไฟฟ้าและบันทึกข้อมูลโดยเจ้าหน้าที่ไฟฟ้าแผนก E&I 2 (Electrical and Instrument) ผ่านระบบ Daily Production Report

โดยมีผังแสดงจุดตรวจวัดพร้อม ข้อมูล/ตัวแปรที่จัดเก็บ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2561)

2.7.2 Jidapa Nithikul, 2550 ศึกษาศักยภาพการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF จากขยะชุมชน ในเขตกรุงเทพมหานคร

พบว่าขยะเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ประกอบด้วยพลาสติกมากกว่าร้อยละ 40 ขยะจากการเกษตรร้อยละ 30 กระดาษไม่เกินร้อยละ 10 และเศษอาหารร้อยละ 10 (ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์และคณะ, 2554) สำรวจปริมาณและองค์ประกอบของขยะในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และมหาวิทยาลัยแม่โจ้เพื่อหาศักยภาพในการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 และพัฒนาเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตรวมทั้งวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต้นทุน ผลการคำนวณต้นทุนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 พบว่าเท่ากับ 3.58 บาทต่อกิโลกรัม จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าปัจจุบันยังไม่มีการผลิต ขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ในลักษณะอุตสาหกรรมในประเทศไทยและงานวิจัยที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิต และส่วนผสมของขยะเชื้อเพลิงที่เหมาะสมยังไม่มีมากนักงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษา ศักยภาพขยะชุมชนในพื้นที่กรณีศึกษา คือ เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำมาผลิตเป็นขยะเชื้อเพลิงและทำการทดลองผลิตที่ส่วนผสมต่าง ๆ เพื่อให้ได้เชื้อเพลิงที่เหมาะสม สำหรับการผลิตพลังงานต่อไป รวมทั้งยังมีการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นในการนำเชื้อเพลิงดังกล่าว ไปผลิตไฟฟ้าในระบบ Gasified เพื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อม ต่อไป

2.7.3 สายวสันต์ วิชาดี, 2548 การผลิตกระแสไฟฟ้าจากขยะเทศบาลนครเชียงใหม่

โดยใช้หลักการวิเคราะห์โครงการภายใต้สมมุติฐานของโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำที่ใช้ แท่งเชื้อเพลิง RDF ซึ่งมีประสิทธิภาพรวมของระบบเท่ากับร้อยละ 20.3 ขนาดกำลังผลิตของโรงไฟฟ้า ที่ทำการศึกษาได้แก่ ขนาด 1, 3, 6, และ 10 เมกะวัตต์ ผลการศึกษาพบว่า รายการต้นทุนหลัก ๆ ได้แก่ การลงทุนในเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต ค่าที่ดิน และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างส่วนรายได้ หลักมาจากรายได้ค่าธรรมเนียมในการจัดการขยะ รายได้จากการจำหน่ายขยะรีไซเคิล และรายได้จาก การจำหน่ายกระแสไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ผลการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า โรงไฟฟ้าขนาดกำลังผลิต 1 เมกะวัตต์มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิประมาณ 151 ล้านบาท อัตราผลตอบแทน ภายในมีค่าร้อยละ 36.16 มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 ปีและมีต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้า

2.7.4 ศศิธร จิตต์ปราณีและ สหัถยา ลาดปาละ, 2552 ได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดการขยะอินทรีย์ในบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวรสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรสำหรับประยุกต์ใช้งานทางด้านความร้อนหรือผลิตไฟฟ้าใช้ จากการศึกษาพบว่าปริมาณขยะอินทรีย์ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรที่ได้มาจากเศษอาหารของโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยซึ่งมีปริมาณถึง 333 กิโลกรัมต่อวัน และอีกส่วนหนึ่งได้จากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งเมื่อแยกขยะอินทรีย์ออกจากขยะ ทั้งหมดแล้วพบว่าร้อยละ 20 เป็นปริมาณขยะอินทรีย์คิดเป็น 546.57 กิโลกรัมต่อวัน ดังนั้นปริมาณขยะอินทรีย์ทั้งหมดที่จะรวบรวมได้ในมหาวิทยาลัยนเรศวรคือ 879.57 กิโลกรัมต่อวัน และสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ถึง 88 ลูกบาศก์เมตรต่อวันคิดเป็นค่าความร้อนได้1,841.84 เมกะจูล สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 38,544 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปีและก๊าซหุงต้ม 14,775 กิโลกรัมต่อปี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 ตัวอย่างขยะ ตัวอย่างขยะที่ใช้ในการศึกษา คือ ขยะสดที่รับมาจากองค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง (อบจ.ระยอง) จำนวน 500 ตันต่อวัน

3.1.2 อุปกรณ์

1) ตะกร้า (เข่ง)
2) ตาชั่ง
3) ผ้ายาง
4) อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (หมวก ถุงมือ ผ้าปิดปาก รองเท้านิรภัย)

3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.2.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหัวข้อที่ได้รับ

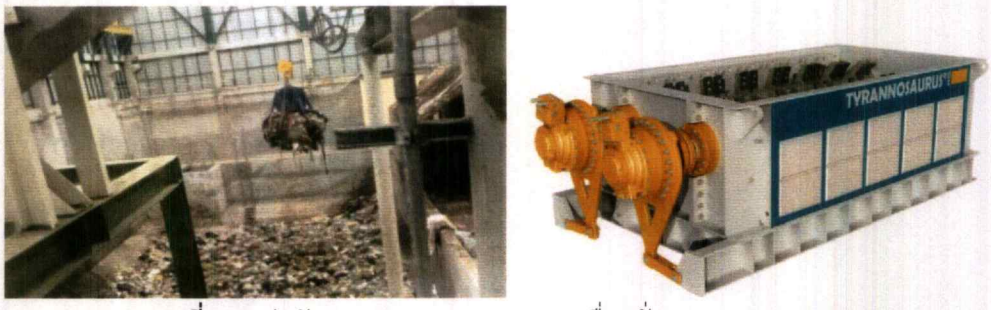
1) ศึกษาเกี่ยวกับการเกิด และผลกระทบของแก๊สเรือนกระจก
2) ศึกษาการลดการเกิดแก๊สเรือนกระจก
3) ศึกษาวิธีการคำนวณการเกิดแก๊สเรือนกระจก

3.2.2 ศึกษาขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน (Refuse Derived Fuel, RDF) และการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต

1) รับขยะสดจากองค์การบริหารส่วนจังหวัดระยองปริมาณ 500 ตัน/วัน

รูปที่ 3.1 รถเก็บขนขยะของ อบจ.ระยอง นำขยะมาส่ง ณ จุดรับขยะของโครงการ (Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

2) นำขยะเทลงบ่อรับขยะ (Dump Pit) แล้วคีบขยะลงไปในเครื่องป้อนขยะหลัก (Feeder) ซึ่งมีหน้าที่ลำเลียงขยะ โดยขยะจะถูกลำเลียงบนสายสะพานเพื่อป้อนไปยังเครื่องหั่น (Pre-Shredder)



รูปที่ 3.2 บ่อรับขยะ (Dump Pit) และเครื่องหั่น (Pre-Shredder)
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

3) เมื่อขยะเข้าถึงเครื่องหั่นหรือเครื่องเปิดปากถุง/สับหยาบ (Pre-Shredder) ขยะจะถูกหั่นให้มีขนาดเล็กลง ขยะที่ผ่านการหั่นหยาบจะถูกส่งโดยเครื่องลำเลียงขยะแบบโซ่ขับใบกวาด (Chain conveyor) ขนาด 15 กิโลวัตต์ (KW) ไปยังเครื่องแยกขยะแบบกรงหมุน (Drum screen) ขนาด 30 กิโลวัตต์ (KW) เพื่อคัดแยกขนาดของขยะ โดยจะแยกเป็น 2 ส่วน คือ

รูปที่ 3.3 เครื่องแยกขยะแบบกรงหมุน (Drum screen)
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

3.1) ขนาดเล็กกว่า 90 มิลลิเมตร ที่ผ่านการกรอง จะถูกนำไปลำเลียงในกระบวนการคัดแยกขยะอินทรีย์ (Disc screen)

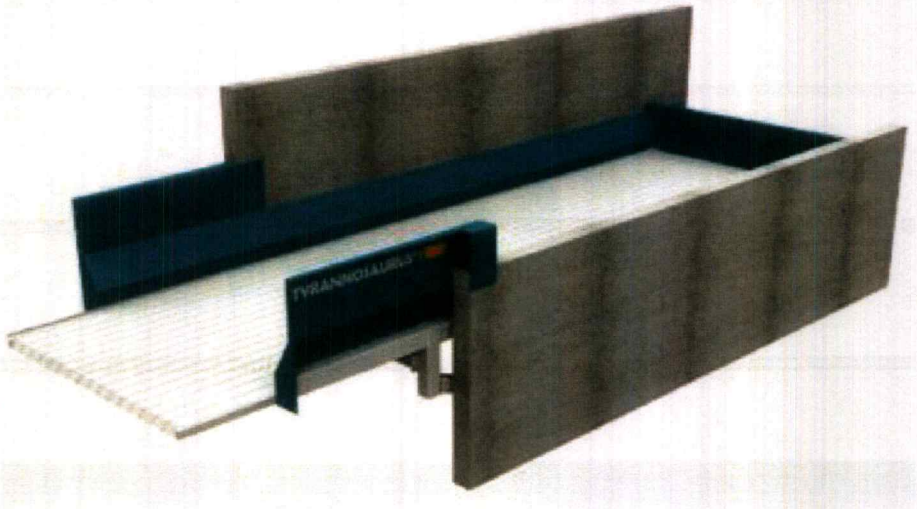
รูปที่ 3.4 ขยะอินทรีย์ที่ออกมาจากเครื่องแยกขยะแบบจานหมุน
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

3.2) ขนาดใหญ่กว่า 90 มิลลิเมตร จะถูกลำเลียงไปยังกระบวนการสับละเอียด (Main shredder)

4) ขยะที่มีขนาดเล็กกว่า 90 มิลลิเมตร ถูกลำเลียงผ่านเครื่องลำเลียงขยะแบบโซ่ขับใบกวาด (Chain conveyor) ไปยังเครื่องแยกขยะแบบจานหมุน (Disc screen) ทำหน้าที่แยกขยะ ออกเป็น 2 ส่วนคือ

4.1) ขนาดเล็กกว่า 25 มิลลิเมตร จะถูกลำลียงโดยเครื่องลำเลียงแบบเกลียวกวาด (Screw conveyor) ขนาด 22 กิโลวัตต์ (KW) ไปยังไซโล (silo) มีหน้าที่เก็บขยะอินทรีย์ ก่อนนำออกไปให้กับ อบจ.ระยอง ซึ่งจะนำไปทำปุ๋ยต่อไป

4.2) ขนาด 25-90 มิลลิเมตร จะถูกลำเลียงผ่านเครื่องลำเลียงขยะแบบโซ่ขับใบกวาด (Chain conveyor) ไปยังเครื่องเขย่าจัดเรียงขยะ (Vibrating table)



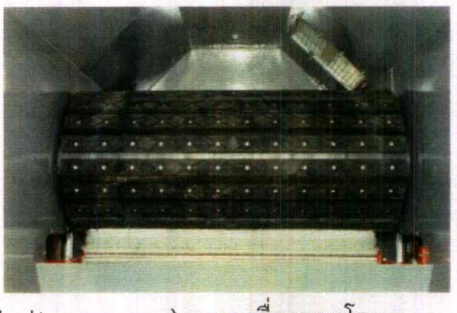
รูปที่ 3.5 เครื่องลำเลียงขยะแบบโซ่ขับใบกวาด (Chain conveyor)
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

5) ขยะที่มีขนาดใหญ่กว่า 90 มม. ถูกลำเลียงผ่านเครื่องลำเลียงขยะแบบโซ่ขับใบกวาด (Chain conveyor) เครื่องตัดแยกขยะ เพื่อป้อนโดยตรง (By-pass chute) ขนาด 3 กิโลวัตต์ (kw) และเครื่องป้อนขยะหลัก (Feedder) ไปยังกระบวนการสับละเอียด (Main Chredder) เพื่อทำให้ขยะมีขนาดเล็กกว่า 90 มม. ต่อมาจะผ่านเครื่องกำจัดฝุ่นแบบถุงกรอง (Dust control system) โดยหน่วยกำจัดฝุ่นจะดูดอากาศจากสายพานและปล่อยอากาศออกสู่บรรยากาศและจากนั้นเข้าสู่เครื่องเขย่าจัดเรียง (Vibrating table)

6) ขยะขนาด 25-90 มม. และขยะที่มีขนาดเล็กกว่า 90 มม.ที่ผ่านกระบวนการสับละเอียด (Main shredder) แล้วจะมารวมกันที่เครื่องลำเลียงขยะแบบโซ่ขับใบกวาด (Chain conveyor) เพื่อเข้าเครื่องเขย่าจัดเรียงขยะ (Vibrating table) ขนาด 3 กิโลวัตต์ (KW)

รูปที่ 3.6 เครื่องสับละเอียด (Main shredder)
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

7) ขยะทั้งสองส่วนจะเข้าสู่เครื่องเขย่าจัดเรียงขยะ (Vibrating table) เพื่อสั่นให้ขยะกระจายตัวออกจากกัน จากนั้นจะปล่อยขยะไปสู่เครื่องลำเลียงขยะแบบสายพานซึ่งเป็นวัสดุที่ทำมาจากยาง (Flat belt conveyor) ขนาด5.5 กิโลวัตต์ (KW) ก่อนเข้าสู่ เครื่องแยกโลหะ (Electration Magnet)



รูปที่ 3.7 เครื่องลำเลียงขยะแบบสายพานยาง (Flat belt conveyor) และเครื่องแยกโลหะ (Electration Magnet) (Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

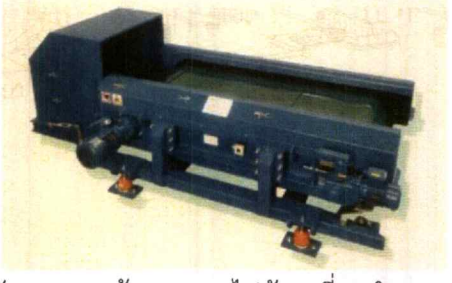
8) ขยะที่เข้าสู่เครื่องแยกโลหะ (Electration Magnet) จะแยกโลหะออกจากขยะ โดยใช้สนามแม่หล็ก จะได้โลหะออกมา โดยสายพานลำเลียงเศษเหล็ก (Fe Reject belt) ออกมา นำไปขายเพื่อรีไซเคิลส่วนขยะที่เหลือจะถูกลำเลียงไปยังกระบวนการต่อไป

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างขยะที่เป็นเศษเหล็ก
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

9) จากนั้นขยะจะเข้าสู่เครื่องแยกขยะอย่างละเอียด (Fines Scrrn) เพื่อแยกขยะที่มีขนาดเล็กกว่า 20 มม. ซึ่งปีนพวกหิน กรวด ทราย เศษแก้ว และฝุ่น จะถูกลำเลียงผ่านเครื่องลำเลียงขยะแบบโซ่ขับใบกวาด (Chain conveyor) ไปให้ อบจ.เพื่อนำไปหมักเป็นก๊าซชีวภาพ (Biogas) และทำปุ๋ยหมัก

รูปที่ 3.9 เครื่องแยกขยะอย่างละเอียด (Fines Screen)
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

10) ขยะที่ไม่ผ่านการคัดแยกจะเข้าไปสู่เครื่องคัดแยกขยะด้วยกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Eddy Current Separator) ขนาด 2.2 กิโลวัตต์ (KW) เพื่อเหนี่ยวนำวัสดุที่ไม่นำแม่เหล็ก ออกจากการลำเลียงขยะโดยลำเลียงผ่านสายสะพานลำเลียงเศษขยะที่ไม่เหนี่ยวนำอโลหะ (Non-Fe Reject belt) ที่ออกมา เช่น อะลูมิเนียม แสตนเลส นำไปขายเพื่อรีไซเคิลต่อไป



รูปที่ 3.10 เครื่องคัดแยกขยะด้วยกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Eddy Current Separator)
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

11) จากนั้นขยะที่ไม่ผ่านการคัดแยกจะเข้าสู่เครื่องคัดแยก RDF ด้วยลม (Air-Classifier) เพื่อแยกวัสดุที่ผ่านการลำลียงเป็น 2 ประเภท

รูปที่ 3.11 เครื่องคัดแยกด้วยลม (Air-Classifier)
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

11.1) วัสดุที่มีความเบา ประกอบด้วยวัสดุประเภท 2 มิติ เช่น กระดาษ กระดาษลัง แผ่นพลาสติก วัสดุจะถูกลำเลียงไปยังที่กักเก็บ RDF

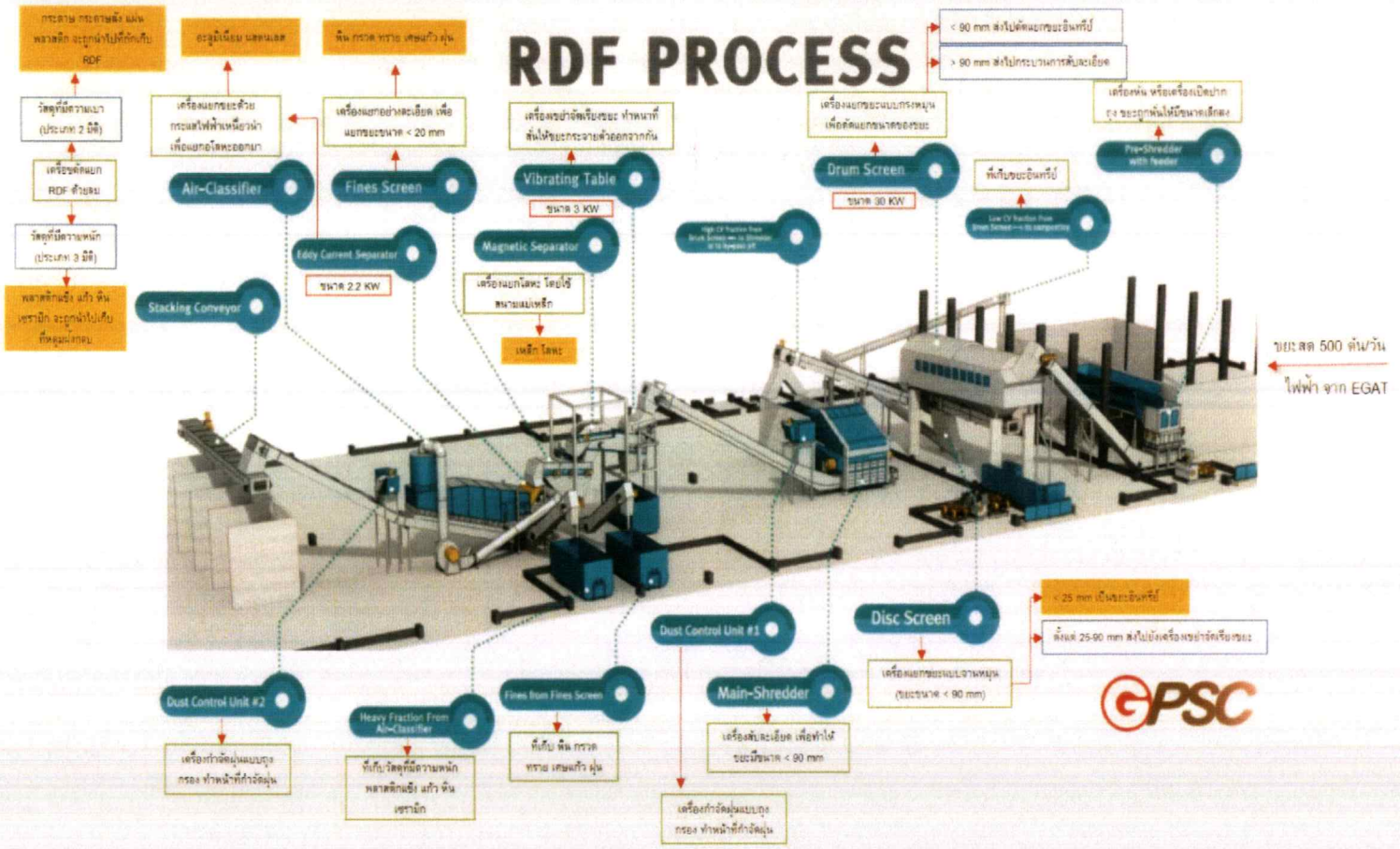
รูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างขยะที่ผ่านการคัดแยกและนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

11.2) วัสดุที่มีความหนัก ประกอบด้วยวัสดุประเภท 3 มิติ เช่น พลาสติกแข็ง แก้ว หิน เซรามิก จะถูกลำเลียงผ่านเครื่องลำเลียงขยะแบบโซ่ขับใบกวาด (Chain conveyor) และออกไปยังบ่อฝังกลบของ อบจ.ระยอง

รูปที่ 3.13 ตัวอย่างขยะที่มีน้ำหนักมากที่ได้จากกระบวนการคัดแยก
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

12) วัสดุที่มีความเบาที่จะนำไปเป็น RDF จะผ่านเครื่องกำจัดฝุ่นแบบถุงกรอง (Dust control system) โดยหน่วยกำจัดฝุ่นจะดูดอากาศจากสายพานและปล่อยอากาศออกสู่บรรยากาศ โดยผ่านชั้นกรองอากาศ ซึ่ง RDF จะถูกลำเลียงผ่านเครื่องลำเลียงขยะแบบโซ่ขับใบกวาด (Chain conveyor) ลงสู่ที่จัดเก็บ

รูปที่ 3.14 ลานกอง RDF
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)



รูปที่ 3.15 กระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิง (RDF Process)
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

3.2.3 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกที่ใช้

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ มีดังนี้

1) T-VER-TOOL-WASTE-01 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (Calculation for Emissions from Solid Waste Disposal Sites) ฉบับที่ 03

2) T-VER-METH-MW-04 การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน (Refuse Derived Fuel, RDF Production from Municipal Solid Waste) ฉบับที่ 03 (รายละเอียดของทั้ง 2 ระเบียบการ ดังแสดงในภาคผนวก)

3.2.4 เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ

1) นำขยะมูลฝอยชุมชนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ (RDF) เป็นโครงการที่มีกิจกรรมการนำขยะมูลฝอยชุมชนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ หรือ RDF

2) หากระยะทางการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชนอยู่นอกรัศมีมากกว่า 200 กิโลเมตร ต้องประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายนอกขอบเขตโครงการจากการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชน ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการดำเนินของโครงการ เนื่องจากไม่มีการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชนที่อยู่นอกรัศมีโครงการมากกว่า 200 กิโลเมตร หากมีการขนส่งที่อยู่นอกรัศมีโครงการมากกว่า 200 กิโลเมตร จะทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายนอกขอบเขตโรงงาน

3.2.5 ข้อมูลกรณีฐาน

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน พิจารณาจากปริมาณพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตพลังงานร่วมของโครงการ ภายใต้ระบียบวิธีการ T-VER-TOOL-WAST-01 Version 03 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน

3.2.5.1 การดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกรณีฐาน (Baseline Seqestration/Emission)

การฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนในหลุมฝังกลบ คิดก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซมีเทนเกี่ยวข้องกับโครงการ การย่อยสลายของสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศ เนื่องจากขยะมูลฝอยชุมชนที่นำมาผลิต RDF มีสารอินทรีย์เป็นเชื้อเพลิง

3.2.5.2 การดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Sequestration/Emission)

1) การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล คิดก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ โครงการมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งในกระบวนการผลิต

2) การใช้พลังงานไฟฟ้า คิดก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกี่ยวข้องกับโครงการ การใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล จากผู้ผลิตพลังงานไฟฟ้าภายนอก

3) การบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ คิดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งก๊าซมีเทนไม่เกี่ยวข้องกับโครงการ จึงไม่นำมาใช้ในการคำนวณ

3.2.5.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)

ไม่เกี่ยวข้องกับการดำเนินของโครงการ เนื่องจากไม่มีการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชนที่อยู่นอกรัศมีโครงการมากกว่า 200 กิโลเมตร หากมีการขนส่งที่อยู่นอกรัศมีโครงการมากกว่า 200 กิโลเมตร จะทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายนอกขอบเขตโรงงาน

3.3 การทดลอง

ทำการทดลองตามวิธีการ ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) สุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการอื่นแทนการฝังกลบ เพื่อหาองค์ประกอบทางกายภาพ การสุ่มเก็บตัวอย่างควรทำ ณ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชน โดยเก็บตัวอย่างอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง ต่อเนื่องกัน 3 วัน ครอบคลุมทั้งวันธรรมดาและวันหยุด การสุ่มตัวอย่าง มีรายละเอียด ดังนี้

1) สุ่มตัวอย่างขยะจากบ่อรับขยะ (Dump Pit) โดยใช้ที่คีบตัก วันละ 3 ครั้ง ครั้งละ 15-25 กิโลกรัม ซึ่งครอบคลุมวันธรรมดาและวันหยุด

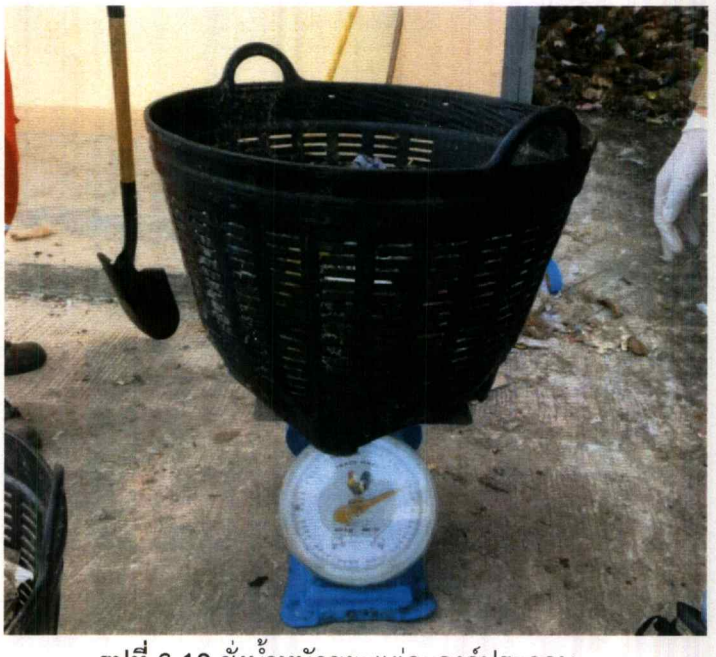
รูปที่ 3.16 บ่อรับขยะ (Dump Pit) และที่คีบขยะ
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

2) ขยะที่สุ่มมาจะนำมาคัดแยกทั้งหมด 100 % คัดแยกองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน 9 ประเภท ได้แก่ ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้/ใบไม้ ยาง/หนัง พลาสติก/โฟม ผ้าอ้อม/ผ้าอนามัย และอื่นๆ เช่น แก้ว โลหะ หิน กระเบื้อง

รูปที่ 3.17 คัดแยกขยะตามองค์ประกอบ
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

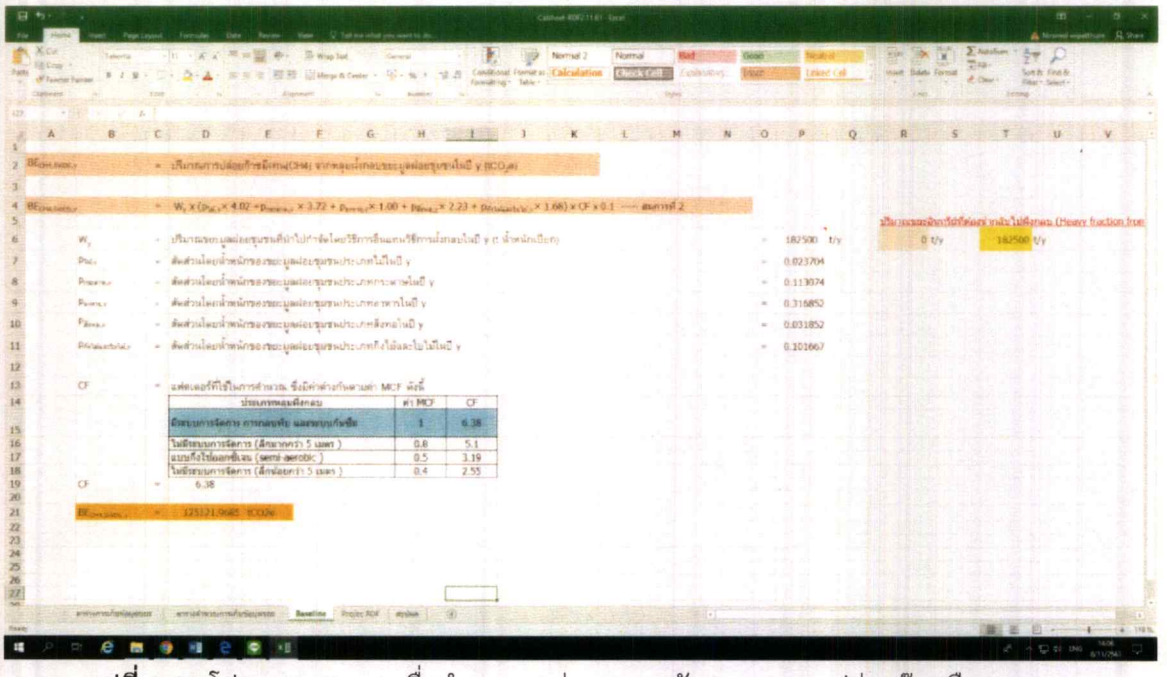
รูปที่ 3.18 ตัวอย่างขยะมูลฝอยชุมชนทั้ง 9 ประเภทที่ได้จากการคัดแยก
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

3) ชั่งน้ำหนักขยะมูลฝอยชุมชนแต่ละประเภท โดยให้รายงานองค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนแต่ละประเภท



รูปที่ 3.19 ชั่งน้ำหนักขยะแต่ละองค์ประกอบ
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

4) นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักในโปรแกรม Excel จะได้อัตราส่วนเป็นเปอร์เซนต์ และนำมาเข้าสูตรเพื่อหาปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน นำไปสู่การคำนวณการดูดกลับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



รูปที่ 3.20 โปรแกรม Excel เพื่อคำนวณหาค่าการดูดกลับ/การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากการคัดแยกองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน จากหลุมฝังกลบขององค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง ทำให้ทราบองค์ประกอบของขยะ รวมถึงการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์เพื่อที่จะใช้ในการคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Sequestration/Emission) และจากการดำเนินโครงการ (Project Sequestration/Emission) ดังต่อไปนี้

4.1 การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)

T-VER-TOOL-WASTE-01 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (Calculation for Emissions from Solid Waste Disposal Sites) ฉบับที่ 03

ในกรณี ที่กิจกรรมของโครงการนำขยะมูลฝอยชุมชนไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบ เช่น การนำไปเผาเพื่อผลิตพลังงาน การทำปุ๋ยหมัก การหมักแบบไร้อากาศเพื่อนำก๊าซมีเทนที่ได้มาใช้ประโยชน์ในด้านพลังงาน ซึ่งไม่ทำให้สารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนเกิดการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศและเกิดการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศอีก ดังเช่นที่เกิดในหลุมฝังกลบ ให้คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบซึ่งโครงการสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยคิดระยะเวลาการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบเป็นเวลา 100 ปี

$$BE_{CH4,SWDS,y} = W_y \times (p_{ไม้,y} \times 4.02 + p_{กระดาษ,y} \times 3.72 + p_{อาหาร,y} \times 1.00 + p_{สิ่งทอ,y} \times 2.23 + p_{กิ่งไม้และใบไม้,y} \times 1.68) \times CF \times 0.1 \quad \text{----------(4.1)}$$

โดยที่

$BE_{CH4,SWDS,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน(CH_4)จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนในปี y (tCO_2e)

W_y = ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่นำไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบในปี y

$p_{ไม้,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทไม้ในปี y

$p_{กระดาษ,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทกระดาษในปี y

$p_{อาหาร,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทอาหารในปี y

$P_{สิ่งทอ,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทสิ่งทอในปี y

$p_{กิ่งไม้และใบไม้,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในปี y

CF = แฟคเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งมีค่าต่างกันตามค่า MCF ดังนี้

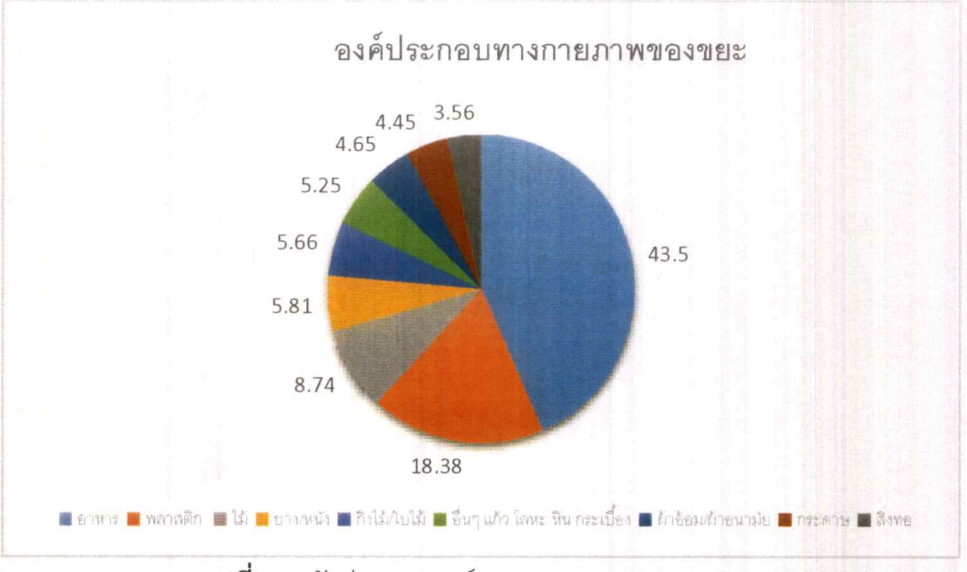
ตารางที่ 4.1 แฟคเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ

ประเภทหลุมฝังกลบ	ค่า MCF	CF
มีระบบการจัดการ การกลบทับ และระบบกันซึม	1	6.38
ไม่มีระบบการจัดการ (ลึกมากกว่า 5 เมตร)	0.8	5.1
แบบกึ่งใช้ออกซิเจน (semi-aerobic)	0.5	3.19
ไม่มีระบบการจัดการ (ลึกน้อยกว่า 5 เมตร)	0.4	2.55

ที่มา : ระเบียบวิธีการจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

หมายเหตุ : MCF คือค่า Methane Correction Factor มีค่าแตกต่างกันตามลักษณะของหลุมฝังกลบ ในปี y (Default 0.4 - 1.0)

จากการทดลองจะได้สัดส่วนขององค์ประกอบขยะมูลฝอย ดังนี้



รูปที่ 4.1 สัดส่วนขององค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชน
(Global Power Synergy Public Company Limited, 2561)

จะได้ค่าที่นำมาคำนวณในสมการ คือ

$p_{ไม้,y}$ = 0.0872

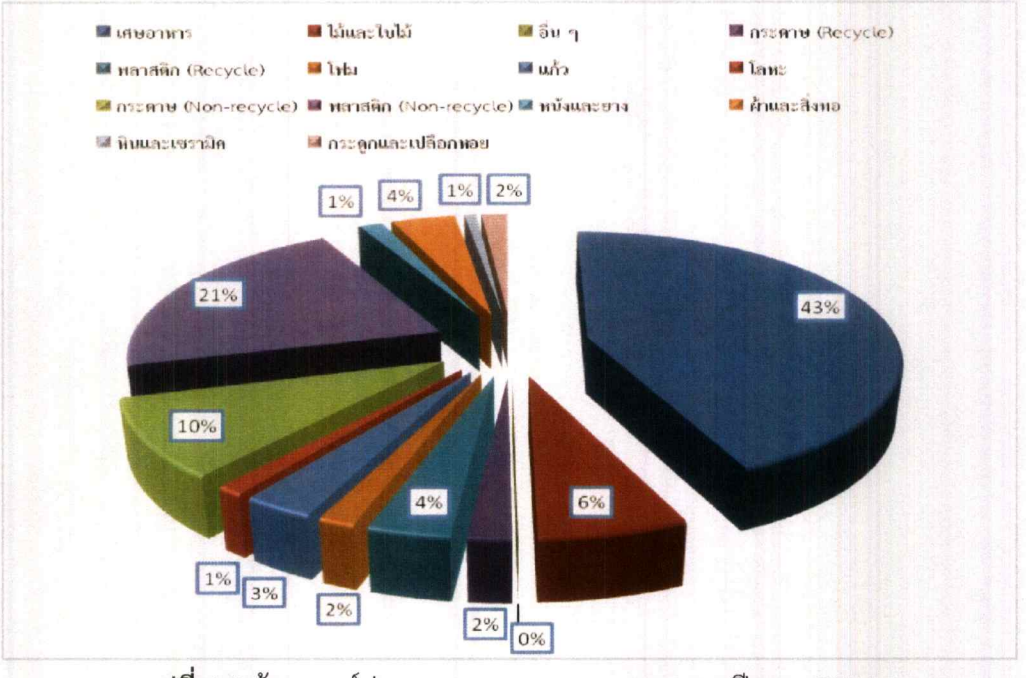
$p_{กระดาษ,y}$ = 0.0445

$p_{อาหาร,y}$ = 0.4355

$p_{สิ่งทอ,y}$ = 0.0356

$p_{กิ่งไม้และใบไม้,y}$ = 0.0566

เมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับข้อมูลองค์ประกอบขยะของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2556 แสดงดังรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าขยะมูลฝอยที่พบมากที่สุด คือ ขยะมูลฝอยประเภทอาหาร รองลงมา คือ ขยะมูลฝอยประเภทพลาสติก ส่วนองค์ประกอบของขยะมูลฝอยประเภทอื่นมีความคล้ายคลึงกัน



รูปที่ 4.2 ข้อมูลองค์ประกอบขยะของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2556
(กลุ่มงานวิจัย กองจัดการขยะ ของเสียอันตรายและสิ่งปฏิกูล สำนักสิ่งแวดล้อม)

เมื่อนำค่าที่ได้จากการศึกษาหลุมฝังกลบขององค์การบริหารส่วนจังหวัดระยองมาคำนวณ จะได้ค่า

CF = 6.38

W_y = 155,392 ton/year

จาก

$BE_{CH4,SWDS,y} = W_y \times (p_{ไม้,y} \times 4.02 + p_{กระดาษ,y} \times 3.72 + p_{อาหาร,y} \times 1.00 + p_{สิ่งทอ,y} \times 2.23 + p_{กิ่งไม้และใบไม้,y} \times 1.68) \times CF \times 0.1$

$BE_{CH4,SWDS,y} = 155,392 \times (0.0872 \times 4.02 + 0.0445 \times 3.72 + 0.4355 \times 1.00 + 0.0356 \times 2.23 + 0.0566 \times 1.68) \times 6.38 \times 0.1$

$BE_{CH4,SWDS,y} = 111,694.34\ tCO_2e$

ดังนั้น การดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) เท่ากับ 111,694 tCO_2/year

4.2 การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission)

T-VER-METH-MW-04 การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน (Refuse Derived Fuel, RDF Production from Municipal Solid Waste) ฉบับที่ 03

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการนั้นจะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในโครงการ การใช้พลังงานไฟฟ้า และการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการบำบัดน้ำเสียจากการผลิต RDF แบบไร้อากาศ
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} \quad \text{----------(4.2)}$$

โดยที่

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

$$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3} \quad \text{---------- (4.2.1)}$$
$$= 64.20\ tCO_2/year$$

โดยที่

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2/year)

$FC_{PJ,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับการดำเนินโครงการ ในปี y (unit/year)

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2$/TJ)

2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า

$$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Elec} \quad \text{----------(4.2.2)}$$

$$= 1137.38 \ tCO2/year$$

โดยที่

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year)

$EC_{PJ,y}$ = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

จะได้ PE_y = $PE_{FF,y} + PE_{EL,y}$

= 64.20 + 1137.38

= 1201.58 tCO_2e/year

ดังนั้น การดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) เท่ากับ 1201.58 tCO_2e/year

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	EF_{Elec}
ค่าที่ใช้	กรณีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง (ใช้ทางเลือกที่ 1) = 0.5664
หน่วย	tCO_2/MWh
ความหมาย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ตามที่ อบก. กำหนด
แหล่งข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย สำหรับโครงการทั่วไป ตามที่ อบก. ประกาศใช้เมื่อวันที่ 28 ก.ย. 2560

พารามิเตอร์	$NCV_{i,y}$
ค่าที่ใช้	36.42
หน่วย	MJ/SCF
ความหมาย	ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของพลังงานฟอสซิลประเภท i ในปี y
แหล่งข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ระบุในใบแจ้งหนี้ (Invoice) จากผู้ผลิตเชื้อเพลิง (Fuel Supplier)

พารามิเตอร์	$EF_{CO2,i}$
ค่าที่ใช้	74,100
หน่วย	$kgCO_2/TJ$
ความหมาย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i
แหล่งข้อมูล	ตารางที่ 1.42006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories

ตารางที่ 4.3 พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	W_y
ค่าที่ใช้	t (น้ำหนักเปียก)
หน่วย	ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่นำไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบในปี y (t น้ำหนักเปียก)
ความหมาย	รายงานการตรวจวัด
แหล่งข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 ตรวจวัดน้ำหนักขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการอื่นแทนการฝังกลบตลอดช่วงของการติดตามผล โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$p_{j,y}$
หน่วย	-
ความหมาย	สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภท j ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานผลการสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการอื่นแทนการฝังกลบ เพื่อหาองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน ปีละ 2 ครั้ง ครอบคลุมทั้งช่วงหน้าแล้งและช่วงหน้าฝน หมายเหตุ: ในขั้นตอนการจัดทำเอกสารข้อเสนอโครงการเพื่อขอขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ T-VER สามารถอ้างอิงค่าจากรายงานผลการศึกษาของพื้นที่อื่นในประเทศไทยที่มีลักษณะใกล้เคียงกันที่สามารถระบุแหล่งข้อมูลอ้างอิงได้อย่างชัดเจน
วิธีการติดตามผล	สุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการอื่นแทนการฝังกลบ เพื่อหาองค์ประกอบทางกายภาพ การสุ่มเก็บตัวอย่างควรทำ ณ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชน โดยเก็บตัวอย่างอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง ต่อเนื่องกัน 3 วัน ครอบคลุมทั้งวันธรรมดาและวันหยุด ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง มีรายละเอียดดังนี้ 1) สุ่มตัวอย่างโดยตักขยะมูลฝอยชุมชนจากหลาย ๆ กองมาประมาณ 15-25 กิโลกรัม และ ทำการคัดแยกองค์ประกอบขยะมูลฝอยทั้งหมด100 % 2) คัดแยกองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน ได้แก่ ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้/ใบไม้ ยาง/หนัง พลาสติก/โฟม ผ้าอ้อม/ผ้าอนามัย และอื่นๆ เช่น แก้ว โลหะ หิน กระเบื้อง 3) ชั่งน้ำหนักขยะมูลฝอยชุมชนแต่ละประเภท โดยให้รายงานองค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนแต่ละประเภทเป็นค่าสัดส่วนโดยน้ำหนัก

พารามิเตอร์	$EG_{PJ,y}$
หน่วย	kWh/year
ความหมาย	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิจากการดำเนินโครงการ โดยใช้ข้อมูลการตรวจวัด ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัด
วิธีการติดตามผล	กรณีโครงการทั่วไป ตรวจวัดโดย kWh Meter และตรวจวัดต่อเนื่องตลอดช่วงของการติดตามผล โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$EC_{PJ,y}$
หน่วย	kWh/year
ความหมาย	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งในการดำเนินโครงการ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัด
วิธีการติดตามผล	ทางเลือกที่ 1 ตรวจวัดโดย kWh Meter และตรวจวัดต่อเนื่องตลอดช่วงของการติดตามผล โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$FC_{PJ,i,y}$
หน่วย	unit/year (unit: Mass or Volume)
ความหมาย	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท iสำหรับการดำเนินโครงการ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของโครงการ
วิธีการติดตามผล	บันทึกค่าหรือติดตามค่าจากหลักฐานแสดงปริมาณการใช้เชื้อเพลิง โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน

4.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)

โครงการไม่มีการขนส่งขยะมูลฝอยนอกรัศมีมากกว่า 200 กิโลเมตร จึงไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ ดังนั้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการจะมีค่าเท่ากับ 0

4.4 การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction)

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y \quad \text{----------(4.3)}$$

$$= 111{,}694.34 - 1201.58 - 0$$

$$= 110{,}492.76 \ tCO_2e/year$$

โดยที่

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y ($tCO_2e/year$)

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y ($tCO_2e/year$)

LE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการในปี y ($tCO_2e/year$)

ดังนั้น การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction) เท่ากับ 110,492.76 $tCO_2e/year$

4.5 สรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้

1) เริ่มเดินระบบหรือดำเนินกิจกรรมของโครงการที่ก่อให้เกิดการลดก๊าซเรือนกระจก เมื่อวันที่ 1 มกราคม 2562

2) เริ่มคิดเครดิตช่วงระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2562 – 31 ธันวาคม 2568

3) คิดเครดิตเป็นระยะเวลา 7 ปี

ตารางที่ 4.4 สรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้

ปี	ปริมาณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	ปริมาณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	ปริมาณการดูดกลับ/การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
2562	111,694.34	1,201.58	-	110,492.76
2563	111,694.34	1,201.58	-	110,492.76
2564	111,694.34	1,201.58	-	110,492.76
2565	111,694.34	1,201.58	-	110,492.76
2566	111,694.34	1,201.58	-	110,492.76
2567	111,694.34	1,201.58	-	110,492.76
2568	111,694.34	1,201.58	-	110,492.76
รวม (tCO_2e)	781,860.38	8,411.06	-	773,449.32
จำนวนปี	7 ปี			
เฉลี่ยปีละ (tCO_2e/y)	111,694.34	1,201.58	-	110,492.76

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

จากการคำนวณหาคาร์บอนเครดิต เพื่อยื่นขอขึ้นทะเบียนโครงการ T-VER ต่อ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ได้มีการคำนวณทั้งหมด 2 วิธีการ โดยทำการศึกษาพบว่า

5.1 การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)

T-VER-TOOL-WASTE-01 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (Calculation for Emissions from Solid Waste Disposal Sites) ฉบับที่ 03

จากการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนในปี y (tCO_2e) จะได้การดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) เท่ากับ 111,694.34 tCO_2/year

5.2 การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission)

T-VER-METH-MW-04 การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน (Refuse Derived Fuel, RDF Production from Municipal Solid Waste) ฉบับที่ 03

จากการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) จะได้การดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) เท่ากับ 1201.58 tCO_2e/year

5.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ Leakage Emission)

โครงการไม่มีการขนส่งขยะมูลฝอยนอกรัศมีมากกว่า 200 กิโลเมตร จึงไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ ดังนั้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการจะมีค่าเท่ากับ 0

5.4 การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction)

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction) เท่ากับ 110,492.76 tCO_2e/year

ข้อเสนอแนะ

1) ศึกษาวิธีการ เงื่อนไขของแต่ละตัวแปรที่ได้จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) อย่างละเอียด เนื่องจากระเบียบวิธีการมีความซับซ้อน

2) เนื่องจากแต่ล่ะพื้นที่มีฤดูกาลที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาองค์ประกอบของขยะแต่ละพื้นที่ควรถูกนำมาพิจารณา

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2557. **เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel, RDF).** [Online]. Available : http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=507&filename=index.

วสันต์ปินะเต และดวงกมล ดังโพนทอง. 2559. **การผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 จากขยะชุมชน กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม Production of Refuse-Derived Fuel-5 (RDF-5) from Municipal Waste: A Case Study involving Rajabhat Mahasakham University.** [Online]. Avaliable : file:///C:/Users/gpsc_guest2/Downloads/58551-Article%20Text-136803-2-10-20160629%20(2).pdf.

วิกีภีเดีย สารานุกรมเสรี. 2561. **แก๊สเรือนกระจก.** [Online]. Available :https://th.wikipedia.org/.

ศูนย์วิชาการนานาชาติด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน (องค์การมหาชน). 2558. **คู่มือสังคมคาร์บอนต่ำ Low Carbon Society Guidebook.** กรุงเทพฯ : บริษัททวีวัฒน์การพิมพ์.

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์. 2015. **เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel, RDF).** [Online]. Available : http://www.erdi.cmu.ac.th/index.php/news/1311?category=11.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน (องค์การมหาชน). 2558. **ความเป็นมาขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน**กระจก (องค์การมหาชน). [Online]. Available: http://www.tgo.or.th/2015/thai/content.php?s1=1.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน (องค์การมหาชน). 2558. **คู่มือการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง.** ม.ป.ท.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน (องค์การมหาชน). 2558. **คู่มือการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง.** ม.ป.ท.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน (องค์การมหาชน). 2558. **แนวทางการตรวจสอบและทวนสอบโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย** THAILAND VOLUNTARY EMISSION REDUCTION PROGRAM : T-VER. กรุงเทพฯ : อัฟโฟรเอป.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน (องค์การมหาชน). 2559. **คู่มือการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง.** พิมพ์ครั้งที่ 2. ม.ป.ท.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน (องค์การมหาชน). 2559. **ฉลาดเลือก ฉลาดใช้ ใส่ใจโลกร้อนด้วยฉลากคาร์บอน.** ม.ป.ท.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน (องค์การมหาชน). 2560. **แนวทางจัดทำเอกสารขอขึ้นทะเบียนและรับรองคาร์บอนเครดิตภายใต้โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (T-VER).** ม.ป.ท.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน (องค์การมหาชน). 2560. **สู้ภัยด้วยตลาดคาร์บอน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ม.ป.ท.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน (องค์การมหาชน). ม.ป.ป. **การดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ** NATIONALLY APPROPRIATE MITIGATION ACTIONS : NAMAs. ม.ป.ท.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน (องค์การมหาชน). ม.ป.ป. **คู่มือการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย.** ม.ป.ท.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), เมทินี อารีย์ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โครงการศึกษากลไกที่ยืดหยุ่นของพิธีสารเกียวโต หลัง ค.ศ.2012 ที่มีนัยต่อการกำหนดมาตรการทางเศรษฐศาสตร์ภายในประเทศไทย. 2554. **แนวคิดตลาดคาร์บอน.** [Online]. Available : http://carbonmarket.tgo.or.th/concept_market/concept_market.pnc.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2018. **ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก.** [Online]. Avaliable : http://www.tgo.or.th/2015/thai/content.php?s1=7&s2=16.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2559. **โครงการการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน ของบริษัท ทีพีไอ โพลี เพาเวอร์ จำกัด (มหาชน).** [Online]. Avaliable : http://ghgreduction.tgo.or.th/tver-database-and-statistics/t-ver-registered-project/item/826-rdf-production-from-municipal-solid-waste-of-tpi-polene-power-pcl.html.

องค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง. 2557. **การดำเนินงานของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมแบบครบวงจร จังหวัดระยอง.** [Online]. Available : http://www.rayong-pao.go.th/home/natural.

Environet. 2016. **ภาวะโลกร้อน**. [Online]. Avaliable : http://www.environet.in.th/archives/1126.

Environet. 2016. **แหล่งที่มาของการเกิดก๊าซเรือนกระจก**. [Online]. Avaliable : http://www.environet.in.th/archives/1130.

Garg, A., & Pulles, T. 2006. **แหล่งที่มาของก๊าซเรือนกระจก ภาคพลังงาน** Draft 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC. Retrieved from: https://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol2.pdf.

Pipatti, R., & Vieira and S. M. 2006. **แหล่งที่มาของก๊าซเรือนกระจก ภาคการจัดการขยะและของเสีย.** [Online]. Avaliable : http://actionforclimate.deqp.go.th/?p=6341.

Siriwimon wongchaiwa. 2556. **ผลกระทบจากแก๊สเรือนกระจก.** [Online]. Available : https://inlove1998.wordpress.com/

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ
T-VER-METH-WM-04 และ T-VER-TOOL-WASTE-01

T-VER-METH-WM-04

ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ

สำหรับ

การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน

(Refuse Derived Fuel: RDF Production from Municipal Solid Waste)

1. ชื่อระเบียบวิธีการ (Methodology)	**การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน (Refused Derived Fuel: RDF Production from Municipal Solid Waste)**
2. ประเภทโครงการ (Project Type)	โครงการการจัดการของเสีย
3. ลักษณะโครงการ (Project Outline)	เป็นโครงการที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนโดยการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF)
4. ลักษณะของกิจกรรมโครงการที่เข้าข่าย (Applicability)	เป็นโครงการที่มีกิจกรรมการนำขยะมูลฝอยชุมชนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ หรือ RDF เพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้า
5. เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ (Project Conditions)	1. นำขยะมูลฝอยชุมชนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ (RDF) 2. หากระยะทางการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชนอยู่นอกรัศมีมากกว่า 200 กิโลเมตร ต้องประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายนอกขอบเขตโครงการจากการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชน
6. หมายเหตุ	1. กรณีที่ใช้ระเบียบวิธีฯ อื่นร่วมด้วยเพื่อคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการนำเชื้อเพลิงขยะ RDF ไปใช้ประโยชน์ ให้คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานไฟฟ้าของโครงการโดยใช้ระเบียบวิธีฯ นั้น เช่น กรณีที่นำ RDF ไปเผาเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจำหน่ายเข้าสู่ระบบสายส่ง ให้คำนวณค่าด้วย T-VER-METH-AE-01 2. กรณีที่มีการนำน้ำเสียไปบำบัดแบบไร้อากาศและกักเก็บก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย สามารถนำ T-VER-METH-WM-01 มาพิจารณาร่วมด้วย

รายละเอียดระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ
สำหรับ
การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน

1. ลักษณะและขอบเขตโครงการ (Scope of Project)

เป็นโครงการที่นำขยะมูลฝอยชุมชนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ RDF โดยการนำขยะมูลฝอยชุมชนมาผ่านกระบวนการจัดการต่างๆ เช่น การคัดแยกวัสดุที่เผาไหม้ได้ออกมา การลดความชื้น การฉีกหรือตัดขยะมูลฝอยชุมชนให้เป็นชิ้นเล็กๆ

ขอบเขตของโครงการเป็นพื้นที่ที่อยู่ภายใต้กิจกรรมการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF โดยกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดจากการรวบรวมขยะมูลฝอยชุมชน และการผลิต RDF จะถูกนำมาพิจารณาทั้งหมด

2. ข้อมูลกรณีฐาน (Baseline Scenario)

โครงการนำขยะมูลฝอยชุมชนมาผลิต RDF แทนการฝังกลบ ให้ใช้ปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับเป็นข้อมูลกรณีฐาน

3. กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียดของกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
กรณีฐาน	การฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนในหลุมฝังกลบ	CH_4	การย่อยสลายของสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศ
การดำเนินโครงการ	การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	CO_2	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
	การใช้พลังงาไฟฟ้า	CO_2	การใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
	การบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	CH_4	การย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ
นอกขอบเขตโครงการ	การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง	CO_2	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชน

4. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ เนื่องจากขยะมูลฝอยชุมชนที่นำมาผลิต RDF อาจมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ อาทิ ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้/ใบไม้จากสวน โดยให้ใช้ T-VER-TOOL-WASTE-01 ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission: BE_y) และให้เลือกใช้ค่า MCF ตามวิธีการฝังกลบที่ใช้อยู่เดิมก่อนการดำเนินโครงการ

5. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในโครงการ การใช้พลังงานไฟฟ้า และการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการบำบัดน้ำเสียจากการผลิต RDF แบบไร้อากาศ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{ww,treatment,y}$$

โดยที่

$PE_{y'}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{ww,treatment,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y (tCO_2e/year)

5.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

$$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3}$$

โดยที่

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2/year)

$FC_{PJ,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับการดำเนินโครงการ ในปี y (unit/year)

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2/TJ$)

5.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า

$$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Elec}$$

โดยที่

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y ($tCO_2e/year$)

$EC_{PJ,y}$ = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

5.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

$$PE_{ww,treatment,y} = Q_{ww,PJ,y} \times (COD_{inf,PJ,y} - COD_{eff,PJ,y}) \times MCF_{PJ} \times UF_{PJ} \times B_o \times GWP_{CH4} \times 10^{-6}$$

โดยที่

$PE_{ww,treatment,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y ($tCO_2e/year$)

$Q_{ww,PJ,y}$ = ปริมาณน้ำเสียของโครงการที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y ($m^3/year$)

$COD_{inf,PJ,WWTP}$ = ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำเสียที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y (mg/l)

$COD_{eff,PJ,WWTP}$ = ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y (mg/l)

MCF_{PJ} = ค่า Methane Correction Factor ของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโครงการ

UF_{PJ} = ค่า Model Correction Factor สำหรับความไม่แน่นอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโครงการ

B_o = อัตราการสร้างก๊าซมีเทนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ($kgCH_4/kg\ COD_{removal}$)

GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO_2e/tCH_4)

<u>หมายเหตุ</u> กรณีที่มีการกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย ค่า $PE_{ww,treatment,y}$ เท่ากับ 0 และคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ระเบียบวิธี T-VER-METH-WM-01 ร่วมด้วย

6. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชน เฉพาะกรณีที่ระยะทางการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชนจากแหล่งกำเนิดมายังโครงการอยู่นอกรัศมีมากกว่า 200 กิโลเมตร โดยให้คิดระยะทางรวมทั้งหมดในการขนส่งของกรณีนี้

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตการดำเนินโครงการ สามารถประเมินได้ ดังนี้

$LE_y = LE_{FF,y}$

โดยที่

LE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมนอกขอบเขตโครงการ ในปี y ($tCO_2e/year$)

$LE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลนอกขอบเขตโครงการ ในปี y ($tCO_2e/year$)

6.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลขนส่งขยะมูลฝอยชุมชนนอกขอบเขตโครงการ

$$LE_{FF,y} = (FC_{TR,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3}$$

โดยที่

$LE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลขนส่งขยะมูลฝอยชุมชนนอกขอบเขตโครงการ ในปี y ($tCO_2e/year$)

$FC_{TR,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชนนอกขอบเขตโครงการ ในปี y (unit/year)

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2/TJ$)

7. การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction)

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$

โดยที่

ER_y คือ ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี y (tCO_2e/year)

BE_y คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y (tCO_2e/year)

PE_y คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

LE_y คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการในปี y (tCO_2e/year)

8. การติดตามผลการดำเนินโครงการ (Monitoring Plan)

ข้อมูลและพารามิเตอร์ที่ต้องมีการติดตามผลรวมถึงวิธีการตรวจวัด และการประเมิน ตามข้อกำหนดของ อบก.

8.1 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	$NCV_{i,y}$
หน่วย	MJ/Unit
ความหมาย	ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของพลังงานฟอสซิลประเภท i ในปี y
แหล่งข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ระบุในใบแจ้งหนี้ (Invoice) จากผู้ผลิตเชื้อเพลิง (Fuel Supplier) ทางเลือกที่ 2 จากการตรวจวัด ทางเลือกที่ 3 รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

พารามิเตอร์	$EF_{CO2,i}$
หน่วย	$kgCO_2/TJ$
ความหมาย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ตามที่ อบก. กำหนด
แหล่งข้อมูล	ตารางที่ 1.4 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories

พารามิเตอร์	EF_{Elec}
หน่วย	tCO_2/MWh
ความหมาย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ตามที่ อบก. กำหนด
แหล่งข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 กรณีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง ใช้ค่าจากรายงานผลการศึกษาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยฉบับล่าสุด โดย อบก. ทางเลือกที่ 2 กรณีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตเอง ใช้ค่าที่คำนวณตามวิธีการที่ อบก. กำหนด ทางเลือกที่ 3 กรณีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากผู้ผลิตอื่นๆ ใช้ค่าที่คำนวณตามวิธีการที่ อบก. กำหนด

พารามิเตอร์	MCF_{PJ}
หน่วย	-
ความหมาย	ค่า Methane Correction Factor ของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโครงการ (Default 0.80)
แหล่งข้อมูล	หน้า 6 AMS-III.H. : Methane recovery in wastewater treatment

พารามิเตอร์	UF_{PJ}
หน่วย	-
ความหมาย	ค่า Model Correction Factor สำหรับความไม่แน่นอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโครงการ (Default 1.12)
แหล่งข้อมูล	หน้า 8 AMS-III.H. : Methane recovery in wastewater treatment

พารามิเตอร์	B_O
หน่วย	$kgCH_4/kg\ COD_{removal}$
ความหมาย	อัตราการสร้างก๊าซมีเทนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (Default 0.25)
แหล่งข้อมูล	หน้า 30 ACM0014 : Treatment of Wastewater version 6.0

พารามิเตอร์	GWP_{CH4}
หน่วย	tCO_2e/tCH_4
ความหมาย	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (Default 25)
แหล่งข้อมูล	ตารางที่ 2.14 IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007

8.2 พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	$FC_{PJ,i,y}$
หน่วย	unit/year (unit: Volume or Weight)
ความหมาย	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับการดำเนินโครงการ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล
วิธีการติดตามผล	บันทึกค่าหรือติดตามค่าจากหลักฐานแสดงปริมาณการใช้เชื้อเพลิง โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$EC_{PJ,y}$
หน่วย	kWh/year
ความหมาย	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัด
วิธีการติดตามผล	ทางเลือกที่ 1 ตรวจวัดโดย kWh Meter และตรวจวัดต่อเนื่องตลอดช่วงของการติดตามผล โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน ทางเลือกที่ 2 คำนวณจากค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าจากผู้ผลิตอุปกรณ์ และบันทึกชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์

พารามิเตอร์	$Q_{ww,PJ,y}$
หน่วย	m^3/year
ความหมาย	ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัด หรือรายการคำนวณปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น
วิธีการติดตามผล	ตรวจวัดต่อเนื่องตลอดช่วงของการวัดผล ความละเอียดของข้อมูลอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง

พารามิเตอร์	$COD_{inf,PJ,y}$
หน่วย	mg/l
ความหมาย	ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำเสียที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวิเคราะห์
วิธีการติดตามผล	ตรวจวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน (Standard Method) อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงของการวัดผล ความละเอียดของข้อมูลอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง

พารามิเตอร์	$COD_{eff,PJ,y}$
หน่วย	mg/l
ความหมาย	ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวิเคราะห์
วิธีการติดตามผล	ตรวจวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน (Standard Method) อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงของการวัดผล ความละเอียดของข้อมูลอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง

พารามิเตอร์	$FC_{TR,i,y}$
หน่วย	unit/year (unit: Volume or Weight)
ความหมาย	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชนนอกขอบเขตโครงการ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล
วิธีการติดตามผล	บันทึกค่าหรือติดตามค่าจากหลักฐานแสดงปริมาณการใช้เชื้อเพลิง โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน

บันทึก T-VER-METH-WM-04

ฉบับที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	รายการแก้ไข
3	2	23 กุมภาพันธ์ 2561	- ปรับแก้ไขหัวข้อ 8.1 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล ค่า default สำหรับพารามิเตอร์ Model Correction Factor สำหรับความไม่แน่นอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโครงการ จาก 0.89 เป็น 1.12
2	1	22 เมษายน 2559	- ปรับแก้ไขหมายเหตุเกี่ยวกับการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานไฟฟ้าของโครงการ - ปรับแก้ไขหัวข้อและรายละเอียดในตารางกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ - ปรับแก้ไขสัญลักษณ์ของพารามิเตอร์ $EF_{CO2,i}$ EF_{Elec} $COD_{inf,PJ,y}$ $COD_{eff,PJ,y}$ MCF_{PJ} UF_{PJ} และ GWP_{CH4} - เปลี่ยนหน่วยของ $EF_{CO2,i}$ - ปรับแก้ไขสมการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนหน่วยของ $EF_{CO2,i}$ - พิจารณา Leakage Emission เฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลขนส่งขยะมูลฝอยชุมชน - ปรับแก้ไขแหล่งข้อมูลของพารามิเตอร์ $NCV_{i,y}$ EF_{Elec} - ปรับแก้ไขการติดตามผลของพารามิเตอร์ $FC_{PJ,i,y}$ $EC_{PJ,y}$ และ $FC_{TR,i,y}$
1	-	25 มี.ค. 2558	-

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

T-VER-TOOL-WASTE-01

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน

(Calculation for Emissions from Solid Waste Disposal Sites)

ฉบับที่ 03

1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเครื่องมือนี้สามารถนำไปใช้กับโครงการที่ต้องการประเมินปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน

2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง

ขยะมูลฝอยชุมชน (municipal solid waste)

หมายถึง เศษวัสดุที่ไม่มีผู้ใดต้องการ เช่น เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษพลาสติก เครื่องใช้ชำรุด เศษวัสดุจากการเกษตร การก่อสร้าง ตลอดจนกิ่งไม้ใบหญ้า หรือซากสัตว์ ที่เก็บรวบรวมและขนส่งมายังหลุมฝังกลบ

หลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (solid waste disposal site)

สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนโดยการฝังกลบและมีการบดอัดและกลบทับขยะมูลฝอยชุมชนโดยมีความลึกของหลุมตั้งแต่ 1.5 เมตร ขึ้นไปและภายในหลุมฝังกลบมีสภาวะไร้อากาศ

3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้

เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับกิจกรรมที่ช่วยลดการนำขยะอินทรีย์ไปกำจัดโดยการฝังกลบโดยสามารถใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศ

4. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน

การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนโดยการฝังกลบจะทำให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ออกสู่บรรยากาศ ก๊าซมีเทนภายในหลุมฝังกลบเกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์อาทิ อาหาร (เศษผักผลไม้) กิ่งไม้/ใบไม้ภายใต้สภาวะไร้อากาศปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดภายในหลุมฝังกลบขึ้นอยู่กับลักษณะของหลุมฝังกลบ หลุมฝังกลบที่มีระบบกันซึม มีการกลบทับและบดอัดจะทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศมากกว่าการเทกอง อย่างไรก็ตาม ก๊าซมีเทนบางส่วนอาจเกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก่อนออกสู่บรรยากาศ การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 ที่มาของการคำนวณ

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนสามารถคำนวณได้จากสมการ First Order Decay (FOD) เมื่อทราบปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ที่สะสมในหลุมฝังกลบและปริมาณของปีล่าสุดจะสามารถคำนวณปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนได้โดยคิดว่าปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ของแต่ละปีเป็นปีที่ 1 ในการคำนวณแบบอนุกรมเวลา (time series) โดยกำหนดสมมติฐานว่าจะเริ่มเกิดก๊าซมีเทนจากขยะมูลฝอยชุมชนที่นำมาฝังกลบในวันแรกของปีถัดไป เนื่องจากในช่วงแรกการย่อยสลายจะเป็นแบบใช้อากาศ อย่างไรก็ตามหากต้องการคิดปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายแบบไร้อากาศก่อนครบ 1 ปี จะต้องแยกการคำนวณค่าสำหรับปีแรกออกต่างหาก โดยค่า default ที่ใช้ในการคำนวณได้จากข้อมูลเฉพาะขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน ลักษณะของหลุมฝังกลบ และสภาพภูมิอากาศ

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศ เฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ ขยะอินทรีย์ ประกอบด้วย ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้/ใบไม้

การปล่อยก๊าซมีเทน(CH_4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1 ดังนี้

$$BE_{CH4,SWDS,y}=\varphi_y x (1-f_y) \times GWP_{CH4} \times (1-OX) \times 16/12 \times F \times DOC_{f,y} \times MCF_y \times \sum_{x=1}^{y} \cdot \sum_j W_x x p_j x DOC_j \times e^{-kj(y-x)} \times (1-e^{-kj}) \quad \text{---------- (สมการที่ 1)}$$

โดยที่

$BE_{CH4,SWDS,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนในปี y (tCO_2e)

y = ปีที่คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

x = ปีที่ทำการคำนวณ นับจากปีแรกที่ทำการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน(x = 1) ถึงปีที่ทำการคำนวณ (x = y)

j = ประเภทขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน

φ_y = ค่าปรับแก้ความไม่แน่นอนของสมการคำนวณ (Model correction factor) ในปี y (Default 0.85)

f_y = สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ถูกบังคับให้รวบรวมจากหลุมฝังกลบและนำไปเผาทิ้ง ผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือใช้ประโยชน์อื่น ๆ ในปี y(กรณีที่ไม่มีการรวบรวมค่าจะเท่ากับ 0)

GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน(Default $25tCO_2e/tCH_4$)

OX = ค่า Oxidation Factor(สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ) (Default 0.1)

16/12 = ปรับค่าคาร์บอนให้เป็นมีเทน

F = สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซทั้งหมดที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (สัดส่วนเชิงปริมาณ) (Default 0.5)

$DOC_{f,y}$ = สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ ในปี y(Default 0.5)

MCF_y = ค่าMethane Correction Factorมีค่าแตกต่างกันตามลักษณะของหลุมฝังกลบ ในปี y (Default 0.4 - 1.0)

ประเภทของหลุมฝังกลบ	ค่า MCF
มีระบบจัดการ การกลบทับ และระบบกันซึม	1.0
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกมากกว่า 5 เมตร)	0.8
แบบกึ่งใช้ออกซิเจน (semi-aerobic)*	0.5
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกน้อยกว่า 5 เมตร)	0.4

ที่มา: ตารางที่ 3.1 หน้า 3.14 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5: Waste

* ลักษณะสำคัญของหลุมฝังกลบแบบกึ่งใช้ออกซิเจน ได้แก่ อากาศสามารถซึมผ่านวัสดุกลบทับได้ มีระบบระบายน้ำชะขยะมูลฝอยชุมชน มีการรักษาความจุของหลุมฝังกลบ มีระบบระบายก๊าซจากหลุมฝังกลบ

W_x = ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชน ในปี x (t น้ำหนักเปียก)

p_j = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภท j

DOC_j = สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ (โดยน้ำหนักเปียก) ของขยะอินทรีย์ประเภท j (Default 0.15-0.43)

k_j = อัตราการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ประเภท j (1/ปี) (Default 0.035-0.40)

ประเภทของขยะมูลฝอยชุมชน	ค่า DOC*	ค่า k
ไม้	0.43	0.035
กระดาษ	0.40	0.07
อาหาร	0.15	0.40
สิ่งทอ	0.24	0.07
กิ่งไม้/ใบไม้	0.20	0.17

ที่มา: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5: Waste ตารางที่ 2.4 หน้า 2.14 และ ตารางที่ 3.3 หน้า 3.17

* ค่าสัดส่วนในขยะสด (น้ำหนักเปียก)

4.2การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน

ในกรณีที่กิจกรรมของโครงการนำขยะมูลฝอยชุมชนไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบ เช่น การนำไปเผาเพื่อผลิตพลังงาน การทำปุ๋ยหมัก การหมักแบบไร้อากาศเพื่อนำก๊าซมีเทนที่ได้มาใช้ประโยชน์ในด้านพลังงาน ซึ่งไม่ทำให้สารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนเกิดการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศและเกิดการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศอีกดังเช่นที่เกิดในหลุมฝังกลบ ให้คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบซึ่งโครงการสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยคิดระยะเวลาการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบเป็นเวลา100 ปีโดยใช้สมการที่ 2 ซึ่งเป็นสมการอย่างง่ายที่ได้จากสมการที่ 1 ในการคำนวณดังนี้

$$BE_{CH4,SWDS,y} = W_y \times (p_{ไม้,y} \times 4.02 + p_{กระดาษ,y} \times 3.72 + p_{อาหาร,y} \times 1.00 + p_{สิ่งทอ,y} \times 2.23 + p_{กิ่งไม้และใบไม้,y} \times 1.68) \times CF \times 0.1 \quad \text{-- (สมการที่ 2)}$$

โดยที่

$BE_{CH4,SWDS,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน(CH_4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนในปี y (tCO_2e)

W_y = ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่นำไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบในปี y (t น้ำหนักเปียก)

$p_{ไม้,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทไม้ในปี y

$p_{กระดาษ,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทกระดาษในปี y

$p_{อาหาร,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทอาหารในปี y

$P_{สิ่งทอ,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทสิ่งทอในปี y

$p_{กิ่งไม้และใบไม้,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในปี y

CF = แฟคเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งมีค่าต่างกันตามค่า MCF ดังนี้

ประเภทของหลุมฝังกลบ	ค่าMCF	CF
มีระบบจัดการ การกลบทับ และระบบกันซึม	1	6.38
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกมากกว่า 5 เมตร)	0.8	5.10
แบบกึ่งใช้ออกซิเจน (semi-aerobic)	0.5	3.19
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกน้อยกว่า 5 เมตร)	0.4	2.55

5. พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	W_y
หน่วย	t (น้ำหนักเปียก)
ความหมาย	ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่นำไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบในปี y (t น้ำหนักเปียก)
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัด
วิธีการติดตามผล	ทางเลือกที่ 1 ตรวจวัดน้ำหนักขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการอื่นแทนการฝังกลบตลอดช่วงของการติดตามผล โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน ทางเลือกที่ 2 ประเมินจากปริมาตรบรรทุกของรถที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชน หรือปริมาตรบรรจุของภาชนะ ความหนาแน่น และจำนวนเที่ยวรถ/ภาชนะบรรจุโดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$p_{j,y}$
หน่วย	-
ความหมาย	สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภท j ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานผลการสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการอื่นแทนการฝังกลบ เพื่อหาองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน ปีละ 2 ครั้ง ครอบคลุมทั้งช่วงหน้าแล้งและช่วงหน้าฝน หมายเหตุ: ในขั้นตอนการจัดทำเอกสารข้อเสนอโครงการเพื่อขอขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ T-VER สามารถอ้างอิงค่าจากรายงานผลการศึกษาของพื้นที่อื่นในประเทศไทยที่มีลักษณะใกล้เคียงกันที่สามารถระบุแหล่งข้อมูลอ้างอิงได้อย่างชัดเจน
วิธีการติดตามผล	สุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการอื่นแทนการฝังกลบ เพื่อหาองค์ประกอบทางกายภาพ การสุ่มเก็บตัวอย่างควรทำ ณ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชน โดยเก็บตัวอย่างอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง ต่อเนื่องกัน 3 วัน ครอบคลุมทั้งวันธรรมดาและวันหยุด ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง มีรายละเอียด ดังนี้ 1. สุ่มตัวอย่างโดยตักขยะมูลฝอยชุมชนจากหลาย ๆ กองมาประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร 2. กรณีที่ขยะมูลฝอยชุมชนมีขนาดใหญ่ควรตัดให้มีขนาดเล็กลง 3. คลุกขยะมูลฝอยชุมชนให้เข้ากัน และแบ่งออกเป็น 4 ส่วน (quartering) และเลือกสุ่ม 2 กอง ที่อยู่ด้านตรงข้ามมารวมกัน แล้วคลุกให้เข้ากัน แบ่งออกเป็น 4 ส่วน และเลือกสุ่ม 2 กอง ที่อยู่ด้านตรงข้ามมารวมกัน ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนเหลือขยะมูลฝอยชุมชนประมาณ 0.05 ลูกบาศก์เมตร (50 ลิตร) 4. คัดแยกองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน ได้แก่ (1) ไม้ (2) กระดาษ (3) อาหาร (4) สิ่งทอ (5) กิ่งไม้/ใบไม้ (6) ยาง/หนัง (7) พลาสติก/โฟม (8) ผ้าอ้อม/ผ้าอนามัย (9) อื่นๆ เช่น แก้ว โลหะ หิน กระเบื้อง 5. ชั่งน้ำหนักขยะมูลฝอยชุมชนแต่ละประเภท โดยให้รายงานองค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนแต่ละประเภทเป็นค่าสัดส่วนโดยน้ำหนัก

บันทึกการแก้ไข T-VER-TOOL-WASTE-01

ฉบับที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	รายการแก้ไข
03	2	4กันยายน 2560	- ปรับแก้ไขความหมายและวิธีการติดตามผลของพารามิเตอร์ W_y - ไขแหล่งข้อมูลและวิธีการติดตามผลของพารามิเตอร์ $p_{j,y}$
	1		- หน้า 4 ปรับแก้ไขข้อความจาก “โดยไม่ทำให้สารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนเกิดการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศและเกิดก๊าซมีเทน” เป็น “โดยไม่ทำให้สารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนเกิดการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศและเกิดการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศอีกดังเช่นที่เกิดในหลุมฝังกลบ” - ปรับแก้ไขสัญลักษณ์และความหมายของพารามิเตอร์ที่ใช้ในสมการที่ 2 - ปรับแก้ไขวิธีการตรวจวัดพารามิเตอร์ W_y - ปรับแก้ไขแหล่งข้อมูลและวิธีการตรวจวัดพารามิเตอร์ $p_{j,y}$
01	25 มีนาคม 2558	-	-

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

ภาคผนวก ข
การติดตามผล
(Mornitoring Report)

ตารางการเก็บข้อมูลขยะ

จำนวนครั้ง		2/11/2018						3/11/2018						5/11/2018							
		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		AUG	%
น้ำหนักรวม		20	1	20	1	15	1	15	1	15	1	18	1	15	1	15	1	20	1	1	100
ประเภทของขยะมูลฝอย	ไม้ (kg)	0	0	12.4	0.62	0	0	0	0	0.8	0.05	1.6	0.08	0.2	0.01	0	0	0.2	0.01	0.0872	8.73
	กระดาษ (kg)	0.5	0.025	0	0	0.4	0.027	0.2	0.013	1.2	0.08	1.6	0.08	1.4	0.09	0.8	0.05	0.4	0.02	0.0445	4.45
	อาหาร (kg)	6	0.3	4.2	0.21	7.8	0.52	10	0.666	9.8	0.65	7.2	0.4	5.6	0.37	8.2	0.54	5	0.25	0.4355	43.5
	สิ่งทอ(kg)	1	0.05	0.1	0.005	0.8	0.054	0	0	0.2	0.013	2.2	0.12	0.2	0.013	0.8	0.053	0.2	0.01	0.0356	3.56
	กิ่งไม้/ใบไม้ (kg)	2	0.1	0	0	1.2	0.08	1.4	0.093	0.1	0.006	0	0	2.4	0.16	0.6	0.04	0.6	0.03	0.0566	5.66
	ยาง/หนัง (kg)	0	0	0	0	0.2	0.013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.2	0.51	0.0581	5.81
	พลาสติก/โฟม (kg)	5	0.25	1.4	0.07	3.2	0.21	2.8	0.186	2	0.133	2.6	0.14	4	0.266	3.6	0.24	3	0.15	0.1838	18.3
	ผ้าอ้อม/ผ้าอนามัย (kg)	4	0.2	1.6	0.08	0.6	0.04	0.1	0.006	0.6	0.04	0.2	0.01	0.4	0.026	0.2	0.01	0	0	0.0464	4.64
	อื่นๆ (kg)	1.5	0.075	0.3	0.015	0.8	0.053	0.5	0.033	0.3	0.02	2.6	0.14	0.8	0.053	0.8	0.05	0.4	0.02	0.0519	5.19

จะได้ค่าที่นำมาคำนวณในสมการตามระเบียบวิธีการขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก คือ

$p_{ไม้,y}$ = 0.0872

$p_{กระดาษ,y}$ = 0.0445

$p_{อาหาร,y}$ = 0.4355

$p_{สิ่งทอ,y}$ = 0.0356

$p_{กิ่งไม้และใบไม้,y}$ = 0.0566

การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)

BE_y = $BE_{CH4,SWDS,Y}$

$BE_{CH4,SWDS,Y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนในปี 2561 (tCO_2e)

$BE_{CH4,SWDS,Y}$ = $W_y \times (p_{ไม้,y} \times 4.02 + p_{กระดาษ,y} \times 3.72 + p_{อาหาร,y} \times 1.00 + p_{สิ่งทอ,y} \times 2.23 + p_{กิ่งไม้และใบไม้,y} \times 1.68) \times CF \times 0.1$ ------ (สมการที่ 2)

W_y = ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่นำไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบในปี y (t น้ำหนักเปียก) = 182500 t/y

= ปริมาณขยะอิทรีย์ที่ต้องนำกลับไปฝังกลบ(Heavy Fraction form Air Classifier) = 27107.3 t/y

= 182500 t/y - 27107.3 t/y = 155393 t/y

$p_{ไม้,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทไม้ในปี 2561 = 0.08728

$p_{กระดาษ,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทกระดาษในปี 2561 = 0.04451

$p_{อาหาร,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทอาหารในปี 2561 = 0.43556

$P_{สิ่งทอ,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทสิ่งทอในปี 2561 = 0.03562

$P_{กิ่งไม่และใบไม้,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในปี 2561 = 0.05667

CF = แฟคเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งมีค่าต่างกันตามค่า MCF ดังนี้ = 6.38

ประเภทหลุมฝังกลบ	ค่า MCF	CF
มีระบบการจัดการ การกลบทับ และระบบกันซึม	1	6.38
ไม่มีระบบการจัดการ (ลึกมากกว่า 5 เมตร)	0.8	5.1
แบบกึ่งใช้ออกซิเจน (semi-aerobic)	0.5	3.19
ไม่มีระบบการจัดการ (ลึกน้อยกว่า 5 เมตร)	0.4	2.55

$BE_{CH4,SWDS,y}$ = 111,694.34 tCO_2e

การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission)

PE_y = $PE_{FF,y} + PE_{EL,y}$

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ ในปี 2561 (tCO_2e/year)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี 2561 (tCO_2e/year)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี 2561 (tCO_2e/year)

$PE_{FF,y}$ = $\sum(FC_{PJ,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3}$

$FC_{PJ,i,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี 2561 (tCO_2/year)

month	July	August	September	October
Loader (CAT)	425	250	1055	750
Forklift	42	40	75	100
Truck 10 Wheeler	100	157	200	290
Backhoe (PC 200)	650	830	1450	750
total	1217	1277	2780	1890
lit/year	14604	15324	33360	22680
			Average	23788 lit/yaer

$EF_{CO2,I}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซล ($kgCO_2/TJ$)

= 74100 $KgCO_2/T$

* ที่มา : 2006 IPCC Guideline for National GHG Inventories ตารางที่ 1.4

$NCV_{i,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซล ($kgCO_2/TJ$)

= 36.42 MJ/unit

* ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

$PE_{FF,y}$ = 64.19 tCO_2/year

$PE_{EL,y}$ = $(EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Elec}$

$EC_{PJ,y}$ = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี 2561 (kWh/year)

month	July	August	September	October
ปริมาณพลังงาน	89600	112800	219797	169424
kWh/year	1075200	1353600	2637564	2033088
			Average	2008084

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซล ($kgCO_2/TJ$)

= 0.5664 tCO2/MWh

$PE_{EL,y}$ = 1,137.38 tCO_2/year

PE_y = 1,201.58 tCO_2/year

การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ER_y = $BE_y - PE_y$

ER_y = การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2/year)

BE_y = การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (tCO_2/year)

PE_y = การคำนวณการดูดกลับ/การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (tCO_2/year)

ER_y = 111,694.34 tCO_2/year - 1,201.58 tCO_2/year

ER_y = 110,492.76 tCO_2/year

ดังนั้น การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 110,492.76 tCO_2/year