การประเมินการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลฝอยชุมชนจากสถานประกอบการ

นางสาวณัฐณิชา พุทธเกษม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Greenhouse gas reduction from municipal solid waste management of building

Miss Natnicha Putthakasem

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลฝอยชุมชนจากสถานประกอบการ
โดย	นางสาวณัฐณิชา พุทธเกษม
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริมา ปัญญาเมธีกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนัสกร ราชากรกิจ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัจฉริยา สุริยะวงค์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. เปรมฤดี กาญจนปิยะ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณัฐณิชา พุทธเกษม : การประเมินการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลฝอยชุมชนจากสถานประกอบการ (Greenhouse gas reduction from municipal solid waste management of building) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์, 325 หน้า.

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยเน้นการคัดแยกมูลฝอยและจัดการที่แหล่งกำเนิด เพื่อหาทางเลือกการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ โดยงานวิจัยนี้ทำการศึกษาในอาคารสถานประกอบการทั้งหมด 4 แห่ง ได้แก่ ซูเปอร์มาร์เก็ต คอนโดมิเนียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และโรงแรม ซึ่งมีแนวทางการจัดการมูลฝอยทั้งหมด 5 ทางเลือก ได้แก่ ทางเลือกที่ 1 การฝังกลบ ทางเลือกที่ 2 การรีไซเคิลและการฝังกลบ ทางเลือกที่ 3.1 การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการฝังกลบ ทางเลือกที่ 3.2 การรีไซเคิล การนำเศษอาหารไปทำอาหารสัตว์ และการฝังกลบ และทางเลือกที่ 4 การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (RDF) และการฝังกลบ โดยในงานวิจัยนี้ใช้วิธีประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (TGO) และกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) และคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) และประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้การประเมินต้นทุนการบำบัดมลพิษ (Abatement cost) จากผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบทางกายของกรณีศึกษาซูเปอร์มาร์เก็ตพบเศษอาหารมากที่สุดร้อยละ 35 และแนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสม คือ ทางเลือกที่ 4 สำหรับกรณีศึกษาคอนโดมิเนียมมีองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยเป็นเศษอาหารมากที่สุดร้อยละ 53.62 และการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสม คือ ทางเลือกที่ 2 สำหรับกรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ องค์ประกอบมูลฝอยพบกระดาษมากสุดร้อยละ 33 สำหรับแนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสม คือ ทางเลือกที่ 2 และกรณีศึกษาสุดท้าย คือ โรงแรมพบองค์ประกอบมูลฝอยมีเศษอาหารมากสุดร้อยละ 29 โดยการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสม คือ แนวทางเลือกที่ 2 จากการศึกษาสรุปได้ว่าอาคารแต่ละประเภทมีลักษณะการดำเนินกิจกรรมที่แตกต่างกันส่งผลให้องค์ประกอบมูลฝอยมีความแตกต่างตามไปด้วย จึงทำให้การจัดการมูลฝอยแต่ละประเภทอาคารมีลักษณะที่ไม่เหมือนกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

5870332021 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
KEYWORDS: MUNICIPAL SOLID WASTE; MSW / WASTE MANAGEMENT / GREENHOUSE GAS EMISSION REDUCTION

NATNICHA PUTTHAKASEM: Greenhouse gas reduction from municipal solid waste management of building. ADVISOR: ASSOC. PROF. ORATHAI CHAVALPARIT, Ph.D., 325 pp.

This research was designed to determine the suitable municipal solid waste (MSW) management in the building which selected 4 buildings as the case studies namely supermarket, condominium, faculty of engineering at Chulalongkorn University and hotel. This study divided the MSW management into 5 scenarios that were scenario 1: landfill, scenario 2: recycling and landfill, scenario 3.1: recycling, bio gasification and landfill, scenario 3.2: recycling, taking food waste to be animal feed and landfill, finally scenario 4: recycling, bio gasification, refused derived fuel (RDF) and landfill. This study applied the evaluation criterias from 3 sources; 1. Thailand greenhouse gas management organization (public organization) or TGO 2. Clean development mechanism (CDM) 3. Intergovernmental panel on climate change (IPCC). For the economics assessment in this study used abatement cost. From the result, It was found that the main MSW composition at the supermarket was food waste at 35%. The suitable MSW management was the scenario 4. For the most common MSW composition at the condominium was food waste at 53.62%. In addition to the suitable MSW management was the scenario 2. For the faculty of engineering at Chulalongkorn University, the most MSW fraction was paper at 33%. The proper MSW management was the scenario 2. Finally, the most MSW composition at the hotel was food waste at 29%. For the appropriate MSW management was the scenario 2. From an overall observation, each type of building had different activities so difference MSW compositions. Therefore, the MSW management of each buildings were not the same.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Environmental Engineering	Student's Signature	.....
		Advisor's Signature	.....
Field of Study:	Environmental Engineering		
Academic Year:	2017		

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จากรองศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. เปรมฤดี กาญจนปิยะ และอาจารย์ ดร.ธนาพล ตันติสัตยกุล ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือแนะนำแนวทางในการทำงานวิจัย รวมทั้งให้ข้อคิดเห็นในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ขึ้น

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล (ประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์) และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัสกร ราชากรกิจ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา สุริยะวงศ์ (คณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์) ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นในการปรับปรุงและพัฒนาวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณกลุ่มงานวิศวกรรม กองงานกำจัดมูลฝอย ของสำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร ที่อนุเคราะห์ข้อมูลการฝังกลบ ขอขอบพระคุณวงศ์พาณิชย์สุวรรณภูมิและบริษัท รีไซเคิลพลาสติกที่อนุเคราะห์ข้อมูลการรีไซเคิล นอกจากนี้ขอขอบพระคุณตลาดสามย่านที่เอื้อเฟื้อข้อมูลการผลิตก๊าซชีวภาพ และขอบขอบพระคุณบริษัท ทีพีไอ โพลีน เพาเวอร์ จำกัด (มหาชน) ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง และขอขอบพระคุณสถานที่กรณีศึกษาที่อนุญาติให้ใช้สถานที่และข้อมูลนำมาทำการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว รวมถึงเพื่อนๆ และคณะทำงานของศูนย์ EMSI ที่ให้กำลังใจ ให้การช่วยเหลือสนับสนุนในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จได้ด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญภาพ ..... ฎ
สารบัญตาราง ..... ฒ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 บทนำ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 มูลฝอยชุมชน (Municipal solid waste) 6
2.2 มูลฝอยชุมชนในประเทศไทย 20
2.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคการจัดการของเสีย (Greenhouse emission from waste section) 41
2.4 การนำมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ (Solid waste recycle) 46
2.5 หลักการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอย 65
2.6 หลักการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอย 72
2.7 หลักการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการจัดการมูลฝอยที่สถานประกอบการ 72
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 75
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 86
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3.2 คัดเลือกตัวแทนอาคารสถานประกอบการกรณีศึกษา 88
3.3. ศึกษาการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของอาคารสถานประกอบการกรณีศึกษา 88
3.4 กำหนดขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยในสถานประกอบการทั้งวิธีการที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบันและวิธีทางเลือกเพื่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 89
3.5 ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยในสถานที่กรณีศึกษา 94
3.6 เก็บรวบรวมข้อมูลการจัดการมูลฝอยแต่ละวิธีในสถานประกอบการ 98
3.7 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมต่างๆ จากการจัดการมูลฝอยแต่ละวิธี 109
3.8 หลักการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอย 119
3.9 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการจัดการมูลฝอยของสถานประกอบการ 119
3.10 การนำเสนอแนวทางการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการจัดการมูลฝอยในสถานประกอบการ 122
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา 123
4.1 กรณีศึกษาซูเปอร์มาร์เก็ต 124
4.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของซูเปอร์มาร์เก็ตที่เป็นตัวแทนในการศึกษา 124
4.1.2 องค์ประกอบมูลฝอยของซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา 124
4.1.3 ขอบเขตการศึกษาแนวทางการจัดการมูลฝอยของซูเปอร์มาร์เก็ตทั้งวิธีการปัจจุบันและวิธีการทางเลือก 129
4.1.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยปัจจุบันเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการทางเลือกกรณีศึกษาซูเปอร์มาร์เก็ต 133
4.1.5 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือกของซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา 160
4.2 กรณีศึกษาคอนโดมิเนียม 163
4.2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของคอนโดมิเนียมที่เป็นตัวแทนในการศึกษา 163
4.2.2 องค์ประกอบมูลฝอยของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา 164

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.2.3 ขอบเขตการศึกษาแนวทางการจัดการมูลฝอยของคอนโดมิเนียมทั้งวิธีการปัจจุบันและวิธีการทางเลือก 167
4.2.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยปัจจุบันเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการทางเลือกกรณีศึกษาคอนโดมิเนียม 171
4.2.5 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือกของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา 199
4.3 กรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 203
4.3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เป็นตัวแทนในการศึกษา 203
4.3.2 องค์ประกอบมูลฝอยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 204
4.3.3 ขอบเขตการศึกษาแนวทางการจัดการมูลฝอยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ทั้งวิธีการปัจจุบันและวิธีการทางเลือก 207
4.3.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยปัจจุบันเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการทางเลือกกรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ 212
4.3.5 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือกของกรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ 248
4.4 กรณีศึกษาโรงแรม 251
4.4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงแรมกรณีศึกษา 251
4.4.2 องค์ประกอบมูลฝอยที่โรงแรมกรณีศึกษา 252
4.4.3 ขอบเขตการศึกษาแนวทางการจัดการมูลฝอยของโรงแรมทั้งวิธีการปัจจุบันและวิธีการทางเลือก 254
4.4.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยปัจจุบันเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการทางเลือกของโรงแรมกรณีศึกษา 259
4.4.5 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือกของโรงแรมกรณีศึกษา 294

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา 297
5.1 ลักษณะองค์ประกอบมูลฝอยของสถานประกอบการแต่ละแห่ง 298
5.2 แนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมในแต่ละประเภทสถานประกอบการ 299
5.3 ข้อเสนอแนะ 302
รายการอ้างอิง 304
ภาคผนวก 310
ภาคผนวก ก ตารางองค์ประกอบมูลฝอยของสถานประกอบการกรณีศึกษา 311
ภาคผนวก ข ตารางราคารับซื้อของมูลฝอยแต่ละประเภท 315
ภาคผนวก ค ตารางทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือก 317
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 325

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

รูปที่ 2-1 องค์ประกอบขยะมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทบ้านเรือน 16

รูปที่ 2-2 องค์ประกอบขยะมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทร้านค้า 16

รูปที่ 2-3 องค์ประกอบขยะมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทร้านอาหาร 17

รูปที่ 2-4 องค์ประกอบขยะมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทโรงแรม 17

รูปที่ 2-5 องค์ประกอบมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทตลาดสด 18

รูปที่ 2-6 องค์ประกอบมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทสถานที่ราชการ 18

รูปที่ 2-7 องค์ประกอบมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทสถานศึกษา 19

รูปที่ 2-8 สถานการณ์ขยะมูลฝอยปี 2551 – 2559 21

รูปที่ 2-9 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น ปี 2559 25

รูปที่ 2-10 ลำดับความสำคัญของการจัดการขยะมูลฝอย 27

รูปที่ 2-11 ขั้นตอนในการดำเนินการกำจัดมูลฝอย 29

รูปที่ 2-12 การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนตามลักษณะประเภทของขยะ 31

รูปที่ 2-13 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคการจัดการของเสีย 42

รูปที่ 2-14 ความสำคัญของการนำมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ 47

รูปที่ 2-15 ถังรองรับมูลฝอยแต่ละประเภท 49

รูปที่ 2-16 กระบวนการรีไซเคิลแก้ว 51

รูปที่ 2-17 กระบวนการรีไซเคิลกระดาษ 52

รูปที่ 2-18 กระบวนการทำเม็ดพลาสติกจากพลาสติกเก่าที่ใช้งานแล้ว 55

รูปที่ 2-19 กระบวนการรีไซเคิลโฟม 56

รูปที่ 2-20 กระบวนการรีไซเคิลเหล็ก 58

รูปที่ 2-21 ระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย 63

รูปที่ 2-22 การผลิตก๊าซชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนจากมูลฝอยอินทรีย์ 64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3-1 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 87

รูปที่ 3-2 การจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบของสถานประกอบการกรณีศึกษา 89

รูปที่ 3-3 การจัดการมูลฝอยโดยการฝังกลบและการรีไซเคิลของสถานประกอบการกรณีศึกษา 90

รูปที่ 3-4 การจัดการมูลฝอยโดยการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพ 91

รูปที่ 3-5 การจัดการมูลฝอยโดยการฝังกลบ การรีไซเคิล และการนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูปของสถานประกอบการกรณีศึกษา 92

รูปที่ 3-6 การจัดการมูลฝอยโดยการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ 93

รูปที่ 3-7 ลักษณะการกองมูลฝอยเป็นรูปกรวยก่อนที่จะแบ่งมูลฝอยเป็น 4 ส่วน 96

รูปที่ 3-8 การแบ่งมูลฝอยออกเป็น 4 ส่วน (Quartering) 96

รูปที่ 3-9 ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบมูลฝอยทางกายภาพ 97

รูปที่ 3-10 สัญลักษณ์ที่แสดงชนิดของพลาสติกที่สามารถรีไซเคิลได้ 98

รูปที่ 4-1 ห้องพักมูลฝอยของซูเปอร์มาร์เก็ต 124

รูปที่ 4-2 การวิเคราะห์ความหนาแน่นของมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ต 125

รูปที่ 4-3 ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ต 125

รูปที่ 4-4 องค์ประกอบมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ต 126

รูปที่ 4-5 วิธีการจัดการมูลฝอยปัจจุบันของซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา 129

รูปที่ 4-6 การจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือกที่ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา โดยใช้วิธีการรีไซเคิล 130

รูปที่ 4-7 การจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือกที่ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา โดยใช้วิธีการรีไซเคิล 131

รูปที่ 4-8 การจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือกที่ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา โดยใช้วิธีการรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง 132

รูปที่ 4-9 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละทางเลือกของการจัดการมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ต 159

รูปที่ 4-10 ห้องพักมูลฝอยในแต่ละชั้นของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา 163

รูปที่ 4-11 ห้องเก็บมูลฝอยรวมของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา 164

รูปที่ 4-12 องค์ประกอบของมูลฝอยที่คอนโดมิเนียมกรณีศึกษา 165

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-13 แนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ 167

รูปที่ 4-14 แนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบและวิธีรีไซเคิล 168

รูปที่ 4-15 แนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ รีไซเคิล และผลิตก๊าซชีวภาพ 169

รูปที่ 4-16 แนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการรีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ และผลิต RDF 170

รูปที่ 4-17 ภาพรวมของการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระของแนวทางการจัดการมูลฝอย ที่คอนโดมิเนียมกรณีศึกษา 198

รูปที่ 4-18 ถังรองรับมูลฝอยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 203

รูปที่ 4-19 จุดรวบรวมมูลฝอยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 204

รูปที่ 4-20 องค์ประกอบมูลฝอยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 205

รูปที่ 4-21 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ 207

รูปที่ 4-22 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบและการรีไซเคิลที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ 208

รูปที่ 4-23 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการรีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ และการฝังกลบ 209

รูปที่ 4-24 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และนำเศษอาหารไปเป็นอาหาร สัตว์ของทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ 210

รูปที่ 4-25 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ 211

รูปที่ 4-26 ภาพรวมการลดและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยวิธีการต่างๆ ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ 247

รูปที่ 4-27 องค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยที่โรงแรมกรณีศึกษา 252

รูปที่ 4-28 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบของโรงแรมกรณีศึกษา 254

รูปที่ 4-29 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบและวิธีรีไซเคิลที่โรงแรมกรณีศึกษา 255

รูปที่ 4-30 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีรีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ และฝังกลบของโรงแรม กรณีศึกษา 256

รูปที่ 4-31 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีรีไซเคิล นำเศษอาหารไปเป็นอาหารสัตว์ และฝังกลบ ของโรงแรมกรณีศึกษา 257

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-32 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีรีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ และผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่โรงแรมกรณีศึกษา..... 258

รูปที่ 4-33 การปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือก..... 293

รูปที่ 5-1 แนวทางการจัดการมูลฝอย..... 298

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1 องค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยชุมชน 8

ตารางที่ 2-2 องค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยรวมที่ศูนย์กำจัดมูลฝอยอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร 9

ตารางที่ 2-3 ค่า BF ขององค์ประกอบมูลฝอยแต่ละประเภท 11

ตารางที่ 2-4 ปริมาณและอัตราขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น ปี 2551-2559 20

ตารางที่ 2-5 ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปกำจัดและใช้ประโยชน์ ปี 2551-2559 21

ตารางที่ 2-6 แสดงอัตราการเกิดขยะมูลฝอยชุมชนเฉลี่ยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 22

ตารางที่ 2-7 ข้อมูลการสำรวจขยะมูลฝอยชุมชน ปี 2559 23

ตารางที่ 2-8 ข้อมูลปริมาณมูลฝอยระหว่างปี 2558 และปี 2559 26

ตารางที่ 2-9 ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากภาคการจัดการของเสีย 43

ตารางที่ 2-10 การจำแนกประเภทของพลาสติก 54

ตารางที่ 2-11 คุณลักษณะของเชื้อเพลิงมูลฝอยแต่ละชนิดและการเผาไหม้ 60

ตารางที่ 2-12 แผนการส่งเสริมการผลิตพลังงานจากมูลฝอยชุมชน ปี พ.ศ.2551-2554 61

ตารางที่ 2-13 ค่าศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนที่ใช้ในการคำนวณค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า 68

ตารางที่ 2-14 การแปลความหมายของข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ 75

ตารางที่ 2-15 ข้อดีและข้อจำกัดของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากมูลฝอย 82

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างแบบบันทึกผลการคัดแยกมูลฝอยทางกายภาพ 94

ตารางที่ 3-2 แหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีจัดการแบบหลุมฝังกลบ 99

ตารางที่ 3-3 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการโดยใช้วิธีรีไซเคิล 100

ตารางที่ 3-4 แหล่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการโดยใช้วิธีรีไซเคิล 101

ตารางที่ 3-5 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการโดยใช้วิธีผลิตก๊าซชีวภาพ 102

ตารางที่ 3-6 แหล่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการโดยใช้วิธีผลิตก๊าซชีวภาพ 102

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3-7 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมการจัดการมูลฝอย..... 105

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบองค์ประกอบมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ตของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่นที่ได้ทำการศึกษามาก่อนทั้งในประเทศและต่างประเทศ..... 127

ตารางที่ 4-2 ปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ..... 133

ตารางที่ 4-3 ปัจจัยการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบและรีไซเคิล..... 138

ตารางที่ 4-4 ปัจจัยการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพ..... 145

ตารางที่ 4-5 ปัจจัยของการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยทางเลือกที่ 4 โดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง..... 151

ตารางที่ 4-6 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยวิธีต่างๆ ณ ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา..... 161

ตารางที่ 4-7 องค์ประกอบมูลฝอยจากครัวเรือนของงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ..... 165

ตารางที่ 4-8 ปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการแบบฝังกลบ 171

ตารางที่ 4-9 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการแบบฝังกลบและรีไซเคิล..... 176

ตารางที่ 4-10 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพ..... 184

ตารางที่ 4-11 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง..... 190

ตารางที่ 4-12 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยทางเลือกต่างๆ ที่คอนโดมิเนียมกรณีศึกษา..... 200

ตารางที่ 4-13 องค์ประกอบมูลฝอยจากสถานศึกษาของงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ... 206

ตารางที่ 4-14 ปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยแบบฝังกลบที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ..... 212

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-15 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยแบบวิธีฝังกลบและวิธีรีไซเคิลที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ 218

ตารางที่ 4-16 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย 225

ตารางที่ 4-17 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 232

ตารางที่ 4-18 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ 238

ตารางที่ 4-19 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยทางเลือกต่างๆ กรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ 249

ตารางที่ 4-20 องค์ประกอบมูลฝอยจากโรงแรมของงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ 253

ตารางที่ 4-21 ปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยแบบฝังกลบที่โรงแรมกรณีศึกษา 259

ตารางที่ 4-22 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยแบบวิธีฝังกลบและวิธีรีไซเคิลของโรงแรมกรณีศึกษา 265

ตารางที่ 4-23 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพของโรงแรมกรณีศึกษา 272

ตารางที่ 4-24 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์ที่โรงแรมกรณีศึกษา 279

ตารางที่ 4-25 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่โรงแรมกรณีศึกษา 285

ตารางที่ 4-26 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและต้นทุนการบำบัดมลพิษของการจัดการมูลฝอยทางเลือกต่างๆ ที่โรงแรมกรณีศึกษา 295

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5-1 สรุปการคัดแยกมูลฝอยและวิธีการจัดการแต่ละทางเลือก 297

ตารางที่ 5-2 ลักษณะมูลฝอยของแต่ละอาคารสถานประกอบการ 298

ตารางที่ 5-3 แนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมในแต่ละอาคารสถานประกอบการ..... 299

ตารางที่ 5-4 แหล่งกำเนิดมูลฝอย 302

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

มูลฝอยชุมชน (Municipal solid waste) คือ มูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆในชุมชน เช่น ตลาดสด บ้านพักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการ สถาบันต่างๆ รวมทั้งเศษวัสดุก่อสร้าง แต่ไม่รวมมูลฝอยอันตรายและของเสียติดเชื้อ (กรมควบคุมมลพิษ, 2544) ซึ่งโลกในยุคปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของมูลฝอยชุมชนทุกปีเนื่องจากชุมชนเมืองขยายตัวร้อยละ 2-3 ต่อปีและประชากรของโลกเพิ่มจำนวนสูงขึ้นร้อยละ 3.2-4.5 ต่อปี (Bong, 2016) สำหรับประเทศไทยมีอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรทุกปี โดยในปี พ.ศ.2559 มีประชากรตามทะเบียนราษฎร์ 65,931,550 คน ซึ่งเพิ่มจากปี พ.ศ.2558 จำนวน 202,452 คน และเมื่อพิจารณาถึงผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross domestic product; GDP) พบว่าจีดีพีของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยในปี พ.ศ.2556 มีจีดีพี 193,561 บาท/คน ต่อมาในปี พ.ศ.2557 มีจีดีพี 197,062 บาท/คน และปี พ.ศ. 2558 มีจีดีพี 203,356 บาท/คน (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2559) ซึ่งจากแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของจีดีพีแสดงให้เห็นว่าเศรษฐกิจของไทยมีแนวโน้มการพัฒนาไปในทางที่ดี รายได้ประชากรต่อหัวเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับจำนวนประชากรมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นทุกปี จึงเป็นปัจจัยส่งเสริมการบริโภคทรัพยากรของประชาชน กล่าวคือมนุษย์ต้องใช้ปัจจัย 4 ในการดำรงชีวิต และการที่รายได้ของประชากรต่อหัวเพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลให้ประชากรมีกำลังซื้อมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นผลที่ตามมา คือ ปริมาณมูลฝอยชุมชนที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการบริโภคทรัพยากรเช่นเดียวกัน โดยจากรายงานของกรมควบคุมมลพิษปี พ.ศ.2559 พบว่าอัตราการเกิดมูลฝอยชุมชนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ.2557 มีอัตราการเกิดมูลฝอย 1.11 กิโลกรัม/คน/วัน ต่อมาในปี พ.ศ.2558 มีอัตราการเกิดมูลฝอย 1.13 กิโลกรัม/คน/วัน และปี พ.ศ.2559 มีอัตราการเกิดมูลฝอย 1.14 กิโลกรัม/คน/วัน หรือมีปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด 27.06 ล้านตัน โดย มูลฝอยที่กำจัดอย่างถูกวิธีมีเพียง 9.57 ล้านตัน ซึ่งใช้วิธีการกำจัดแบบฝังกลบถึง 7.82 ล้านตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2560) จากข้อมูลข้างต้นสามารถสังเกตได้ว่าการจัดการมูลฝอยยังคงใช้วิธีการ ฝังกลบเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการกำจัดอื่นๆ แต่การฝังกลบเป็นวิธีการที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนแหล่งน้ำใต้ดิน นอกจากนี้พื้นที่ฝังกลบยังมีจำนวนลดน้อยลง ประกอบกับการหาพื้นที่ที่เหมาะสมใหม่ทำได้ยาก เนื่องจากปัญหาด้านความเหมาะสมทางธรณีวิทยาและกระแสการต่อต้านจากประชาชนในพื้นที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับประเด็นปัญหาที่สำคัญ คือ หลุมฝังกลบก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases: GHGs) ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) ก่อนหน้านี้เคยมีงานวิจัยได้รายงานว่าการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกในส่วนของมูลฝอยเพิ่มขึ้นร้อยละ 54 จากปี ค.ศ.1990-2008 (Tan, 2015) และในช่วง 50 ปีที่ผ่านมาอุณหภูมิของโลกสูงขึ้นเฉลี่ย 0.128 องศาเซลเซียส/ทศวรรษ โดยปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถูกให้ความสนใจมาอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งล่าสุดในปี พ.ศ.2558 ได้มีการจัดประชุมของสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือข้อตกลงปารีส (COP 21) ณ กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส เพื่อกำหนดมาตรการในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่ พ.ศ.2563 โดยมีเป้าหมายหลัก คือ ควบคุมอุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส เหนือระดับก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรมและเพิ่มศักยภาพในการปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อีกทั้งช่วยส่งเสริมคาร์บอนต่ำ (Low carbon) ที่ช่วยต้านทานการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และจัดให้ลงทุนในทิศทางที่สอดคล้องกับแนวทางคาร์บอนต่ำ โดยในการประชุมครั้งนี้ พลเอกประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี ได้กล่าวถ้อยแถลงในนามตัวแทนของประเทศไทยโดยมีเนื้อหาว่า ประเทศไทยจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 20-25 ภายในปี ค.ศ.2030 โดยนำหลักเศรษฐกิจพอเพียงมาปฏิบัติใช้ และลดการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล โดยเปลี่ยนมาใช้พลังงานทดแทนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแทน และในส่วนของมูลฝอยจะนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า (PDP) ของประเทศไทย (มูลนิธิสืบนาคะเสถียร, 2558) สำหรับในส่วนของกรุงเทพมหานครได้มีปฏิญญากรุงเทพมหานคร (Bangkok declaration) เพื่อร่วมแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน โดยในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้มีการให้ความสำคัญกับประเด็นด้านมูลฝอย โดยเน้นการจัดการมูลฝอยตามหลัก 3Rs กล่าวคือ มีการรณรงค์ให้คัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดเพื่อนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดการส่งมูลฝอยไปฝังกลบ ซึ่งเป็นสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนตามมา (สำนักสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานคร, 2550)

จากที่กล่าวมาข้างต้นได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการมูลฝอยชุมชนที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานประกอบการกรณีศึกษาที่เป็นตัวแทนกิจกรรมการเกิดมูลฝอยชุมชน ได้แก่ สถานศึกษา ซูเปอร์มาร์เก็ต โรงแรม และคอนโดมิเนียม โดยงานวิจัยนี้ใช้การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามวิธีการของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean development mechanism; CDM) และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (Thailand greenhouse gas management organization; TGO) และคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดทางเลือกขึ้นมา 5 ทางเลือก สำหรับทางเลือกที่ 1 หรือทางเลือกฐาน (Business as usual; BAU) คือ การจัดการมูลฝอยชุมชนของสถานประกอบการ

กรณีศึกษาโดยใช้วิธีฝังกลบ และทางเลือกที่ 2 คือ การลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยใช้วิธีรีไซเคิลมูลฝอยอนินทรีย์ประเภทที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ทางเลือกที่ 3.1 คือ การลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยใช้การรีไซเคิลและเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ และทางเลือกที่ 3.2 คือ การลด มูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยใช้การรีไซเคิลและนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์ สำหรับทางเลือกสุดท้ายทางเลือกที่ 4 การลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยใช้การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (Refuse derived fuel; RDF) จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและ ทุติยภูมิจากสถานประกอบการที่เป็นกรณีศึกษา แล้วทำการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในสถานประกอบการแต่ละประเภท โดยทำการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างวิธีการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันเปรียบเทียบกับวิธีการลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดของแต่ละสถานประกอบการ เพื่อนำปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการดำเนินการตามวิธีการลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดมาคำนวณต้นทุนต่อ 1 ตันของก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุน โดยข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้อาจเป็นแนวทางในการจัดการมูลฝอยของสถานประกอบการ เพื่อช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่มีสาเหตุมาจากการจัดการมูลฝอยชุมชนที่ไม่เหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยชุมชนในปัจจุบันของสถานประกอบการกรณีศึกษา ได้แก่ สถานศึกษา โรงแรม ซูเปอร์มาร์เก็ต และคอนโดมิเนียม

1.2.2 เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการคัดแยกและจัดการมูลฝอยชุมชนที่แหล่งกำเนิดในอาคารสถานประกอบการกรณีศึกษา ได้แก่ สถานศึกษา โรงแรม ซูเปอร์มาร์เก็ต และคอนโดมิเนียม

1.2.3 เพื่อเสนอแนะแนวทางในการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมของอาคารสถานประกอบการกรณีศึกษา ได้แก่ โรงแรม สถานศึกษา ซูเปอร์มาร์เก็ต และคอนโดมิเนียม เพื่อช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่มีสาเหตุมาจากมูลฝอยชุมชน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ทำการคัดเลือกอาคารสถานประกอบการที่เป็นตัวแทนกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมูลฝอยชุมชนที่ต้องการศึกษา ได้แก่

สถานศึกษา - ตัวแทนกิจกรรมด้านการศึกษา (สถาบัน)

ซูเปอร์มาร์เก็ต - ตัวแทนกิจกรรมด้านพาณิชยกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงแรม - ตัวแทนกิจกรรมด้านการพักอาศัย (แบบชั่วคราว)

คอนโดมิเนียม - ตัวแทนกิจกรรมด้านการพักอาศัย (แบบถาวร)

1.3.2 รวบรวมข้อมูลปริมาณและองค์ประกอบมูลฝอยทางกายภาพ และทำการศึกษาการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของอาคารสถานประกอบการกรณีศึกษา สถานที่ละ 1 แห่ง

1.3.3 รวบรวมข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานไฟฟ้าในกิจกรรมการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

1.3.4 ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันและวิธีการจัดการมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด ตั้งแต่กระบวนการขนส่งมูลฝอยออกจากสถานประกอบการไปจนถึงกระบวนการกำจัดหรือกระบวนการจัดการแปรสภาพมูลฝอยเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ใหม่

ทางเลือกที่ 1 = การจัดการมูลฝอยโดยนำไปฝังกลบ

ทางเลือกที่ 2 = การลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยใช้วิธีรีไซเคิล

ทางเลือกที่ 3.1 = การลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยใช้วิธีรีไซเคิล และวิธีผลิตก๊าซชีวภาพ

ทางเลือกที่ 3.2 = การลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยใช้วิธีรีไซเคิล และวิธีนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์

ทางเลือกที่ 4 = การลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยใช้วิธีรีไซเคิล วิธีผลิตก๊าซชีวภาพ และวิธีการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3.5 วิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของแต่ละสถานประกอบการกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด

1.3.6 คำนวณต้นทุนต่อ 1 ตันของก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดลงได้ (Abatement cost)

1.3.7 เสนอแนะแนวทางในการจัดการมูลฝอยชุมชนที่เหมาะสมในสถานประกอบการกรณีศึกษา เพื่อช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่มีสาเหตุจากการจัดการมูลฝอยที่ไม่เหมาะสม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากวิธีการจัดการมูลฝอยชุมชนในปัจจุบันของสถานประกอบการที่เป็นกรณีศึกษา ได้แก่ สถานศึกษา โรงแรม ซูเปอร์มาร์เก็ต และคอนโดมิเนียม และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการทางเลือกที่มีการลดมูลฝอยชุมชนที่แหล่งกำเนิด ณ สถานที่กรณีศึกษาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งกระบวนการศึกษามีตั้งแต่กระบวนการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด นำมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ เก็บขนมูลฝอย จนกระทั่งนำมูลฝอยไปกำจัด นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนของเทคโนโลยีแต่ละประเภทที่ใช้ในการจัดการมูลฝอยในงานวิจัยนี้ โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถเป็นแนวทางในการช่วยการจัดการมูลฝอยชุมชนที่แหล่งกำเนิดและการใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งยังสามารถช่วยลดผลกระทบของมูลฝอยชุมชนที่มีต่อสิ่งแวดล้อมได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มูลฝอยชุมชน (Municipal solid waste)

2.1.1 นิยาม (Definition)

มูลฝอยชุมชน หมายถึง มูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆในชุมชน เช่น บ้านพักอาศัย ธุรกิจ ร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการ ตลาดสด สถาบันต่างๆ รวมทั้งเศษวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้ไม่รวมของเสียอันตรายและมูลฝอยติดเชื้อ (กรมควบคุมมลพิษ, 2544)

2.1.2 แหล่งกำเนิดมูลฝอยชุมชน (Sources of municipal solid waste)

2.1.2.1 เขตที่พักอาศัย (Domestic area) มูลฝอยที่เกิดจากการดำรงชีวิตประจำวันของประชาชนตามบ้านเรือน อาคารชุดหรืออพาร์ทเมนต์ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะเป็นมูลฝอยจากครัวเรือน เช่น เศษอาหาร เศษพืชผัก เป็นต้น นอกจากนี้อาจมีเศษกระดาษ พลาสติก ขวดน้ำ อุปกรณ์ที่ชำรุดหรือเสื่อมสภาพ ปะปนมาตามกิจกรรมที่เกิดขึ้นในบ้านเรือน

2.1.2.2 เขตธุรกิจการค้า (Commercial area) มูลฝอยที่เกิดจากสถานที่ที่ประกอบกิจการค้าขาย ขนส่ง หรือบริการทางการค้า เช่น อาคารสำนักงาน ร้านอาหาร ตลาด ร้านขายของชำ โรงแรม โดยส่วนมากมักมีภาชนะเก็บมูลฝอยเป็นของตัวเอง ซึ่งมูลฝอยส่วนใหญ่ ได้แก่ เศษสินค้าที่ไม่ต้องการ อาทิ บรรจุภัณฑ์ เศษกระดาษ เป็นต้น แต่เมื่อพิจารณาที่ตลาดสดจะพบว่ามูลฝอยส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ อาทิ เศษผัก เศษผลไม้ เศษเนื้อ ที่เกิดจากการค้าขายอาหารสด โดยทั่วไปแล้วมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดประเภทนี้ไม่ค่อยก่อให้เกิดปัญหามากนัก กล่าวคือมีการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดเพื่อนำมูลฝอยไปใช้ประโยชน์หรือขายต่อ เช่น นำเศษผัก ผลไม้ ขายต่อเพื่อไปทำอาหารสัตว์ หรือการคัดแยกกระดาษ ขวดแก้ว พลาสติก ไปขายต่อวงศ์พานิช

2.1.2.3 เขตสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ (Recreation area) มูลฝอยที่เกิดจากสถานที่พักผ่อนหย่อยใจ สถานที่ท่องเที่ยว เช่น อ่างเก็บน้ำ ชายหาด ทะเลสาบ โบราณสถาน วัดวาอาราม โดยมูลฝอยจากสถานที่เหล่านี้ส่วนใหญ่มาจากการรับประทานอาหารและเครื่องดื่มต่างๆ สำหรับในประเทศอเมริกา พบว่ามูลฝอยที่เกิดจากการตั้งแคมป์จะอยู่ที่ประมาณ 1 ปอนด์/คน/วัน และส่วนใหญ่เป็นมูลฝอยจากเศษอาหารและบรรจุภัณฑ์ (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.3 ลักษณะของมูลฝอย (Solid waste characteristics)

2.1.3.1 ลักษณะทางกายภาพของมูลฝอย (Physical characteristics)

(1) องค์ประกอบทางกายภาพ (Physical compositions) โดยส่วนใหญ่แล้วนิยมจำแนกตามชนิดของวัสดุที่ประกอบขึ้นรวมเป็นมูลฝอยทั้งหมด องค์ประกอบเหล่านี้นิยมแบ่งตามสัดส่วนออกเป็น 2 ประเภท คือ ตามน้ำหนักและตามปริมาตร แต่วิธีที่นิยมโดยทั่วไป คือ จำแนกตามประเภทน้ำหนัก สำหรับลักษณะทางกายภาพของมูลฝอยมีลักษณะที่แตกต่างกันไปในแต่ละสภาพเศรษฐกิจของประเทศนั้นๆ กล่าวคือ ประเทศกลุ่มอุตสาหกรรม ประชากรมีรายได้เฉลี่ยสูง โดยส่วนใหญ่มูลฝอยจะประกอบไปด้วยเศษกระดาษและพลาสติก แต่สำหรับประเทศกลุ่มเกษตรกรรม ประชากรมีรายได้เฉลี่ยต่ำ องค์ประกอบโดยส่วนใหญ่ของมูลฝอยจะเป็นเศษอาหาร

สำหรับการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพมูลฝอยของประเทศไทยจะสุ่มตัวอย่างมูลฝอยออกมา และคัดแยกมูลฝอยออกเป็น 10 ประเภท ดังตารางที่ 2-1

(2) ความหนาแน่น (Density) หมายถึง ค่ามวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของมูลฝอย ค่าความหนาแน่นของมูลฝอยแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ 1. ความหนาแน่นปกติ (Bulk density) คือ ความหนาแน่นโดยทั่วไปที่ไม่มีการอัดหรือบีบมูลฝอยให้มีขนาดลดลง 2. ความหนาแน่นในขณะขนส่ง (Transported density) คือ ความหนาแน่นของมูลฝอยในรถเก็บขนมูลฝอย โดยส่วนใหญ่จะถูกทำให้แน่นขึ้นจากการสั่นสะเทือนเนื่องจากการขนส่งหรือการบีบอัดของพนักงานเก็บขนมูลฝอย ซึ่งความหนาแน่นของมูลฝอยจะแปรผันไปตามองค์ประกอบ กล่าวคือ ถ้ามูลฝอยมีเศษอาหารในปริมาณที่สูงจะมีความหนาแน่นค่อนข้างมาก แต่ถ้ามีมูลฝอยประเภทพลาสติกหรือกระดาษในปริมาณที่สูง ความหนาแน่นของมูลฝอยจะลดลง เนื่องจากในประเทศรายได้ปานกลางถึงรายได้น้อยจะมีมูลฝอยประเภทเศษอาหารในสัดส่วนที่สูง โดยส่วนใหญ่แล้วประเทศเหล่านี้มูลฝอยจะมีความหนาแน่นประมาณ 250-500 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร แต่สำหรับประเทศรายได้สูงมูลฝอยส่วนใหญ่จะเป็นพลาสติกหรือกระดาษ จึงมีความหนาแน่นประมาณ 100-170 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่ากลุ่มประเทศรายได้ปานกลางถึงรายได้น้อย

(3) ขนาดมูลฝอย (Particle size) ขนาดของมูลฝอยมีความสำคัญกับการออกแบบเครื่องมือในการคัดแยกมูลฝอย เช่น เครื่องบด สายพานในการลำเลียงมูลฝอย และตะแกรงร่อนมูลฝอย เป็นต้น

(4) การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Permeability) คือ ความสามารถของน้ำหรือมลสารประเภทอื่นๆที่สามารถซึมผ่านมูลฝอยได้ โดยมูลฝอยต่างชนิดกันจะมีสมบัติการยอมให้น้ำซึมผ่านได้แตกต่างกัน ซึ่งการที่น้ำสามารถซึมผ่านมูลฝอยได้เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดน้ำชะมูลฝอยในหลุมฝังกลบที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนของแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบได้ (สวัสดิ์ โนนสูง, 2546)

2.1.3.2 ลักษณะทางเคมีของมูลฝอย (Chemical characteristics)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยอาจพบความแตกต่างกันถึงแม้จะศึกษามูลฝอยจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน เนื่องจากอาจมีการเก็บตัวอย่างในฤดูกาลที่ต่างกันหรือใช้วิธีเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ไม่เหมือนกัน โดยก่อนหน้านี้มีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยรวม ณ ศูนย์กำจัดมูลฝอยอ่อนนุชช่วงปี พ.ศ. 2546-2547 พบมีลักษณะดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-1 องค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยชุมชน

องค์ประกอบของมูลฝอย	ตัวอย่าง
เศษอาหาร ผัก ผลไม้	เศษผัก เศษผลไม้ เศษอาหารที่เหลือจากการเตรียม การปรุง และการบริโภค (ยกเว้น เปลือกหอย กระดูก ก้างปลา ซัง ข้าวโพด ก้านกระถิน) เช่น ข้าวสุก เปลือกผลไม้ เนื้อสัตว์
กระดาษ	วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเยื่อกระดาษ เช่น กระดาษหนังพิมพ์ การ์ด แมกกาซีน หนังสือ ใบปลิว ถุงกระดาษ กระดาษอัด ฯลฯ
พลาสติก	วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากพลาสติก เช่น ถุงพลาสติก ภาชนะพลาสติก ของเล่นเด็กที่ทำด้วยพลาสติก ผลิตภัณฑ์ไฟ-เบอร์กลาส ฯลฯ
ผ้า	สิ่งทอต่างๆ ที่ทำมาจากเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ฝ้ายลินิน ผ้าไนลอน เช่น ด้าย เสื้อผ้า ผ้าเช็ดมือ ถุงเท้า ฯลฯ
ไม้	วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากไม้ ไม้ไผ่ ฟาง หญ้า เศษไม้ รวมทั้งดอกไม้
ยางและหนัง	วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากยางหรือหนัง เช่น เครื่องหนัง รองเท้า ลูกบอลหนัง กระเป๋าหนัง ฯลฯ
แก้ว	วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากแก้ว เช่น กระจก ขวดแก้ว หลอดไฟ เครื่องแก้ว ฯลฯ
โลหะ	วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ทำจากโลหะ ตัวอย่างเช่น กระป๋องโลหะ สายไฟ ภาชนะต่างๆ ตะปู ฯลฯ
หิน กระเบื้อง กระดูกสัตว์ และเปลือกหอย	เศษหิน เศษกระดูก เปลือกหอย เช่น เซรามิก เปลือกหอย กุ้ง ปู กระดูกสัตว์ ก้างปลา ฯลฯ

ที่มา : วิมลวรรณ หวังรุ่งทรัพย์, 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2-2 องค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยรวมที่ศูนย์กำจัดมูลฝอยอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร

องค์ประกอบทางเคมี	ช่วง	ค่าเฉลี่ย
ความชื้น (ร้อยละ)	48.66-74.30	62.29
ปริมาณของแข็งระเหย (ร้อยละ)	22.75-44.97	33.37
เถ้า (ร้อยละ)	2.62-7.58	4.34
คาร์บอน (ร้อยละ)	12.63-24.98	18.53
ไฮโดรเจน (ร้อยละ)	1.52-3.00	2.22
ไนโตรเจน (ร้อยละ)	1.18-2.93	1.75
ซัลเฟอร์ (ร้อยละ)	0.05-1.08	0.67
ออกซิเจน (ร้อยละ)	7.37-12.98	10.20
ค่าความร้อนต่ำ (LSCV) (kcal/kg)	659.41-2,444.15	1,578.79

ที่มา : ณัฐวุฒิ แสนอำนวย, 2547

(1) องค์ประกอบทางเคมี (Chemical compositions) ได้แก่ ไนโตรเจน (Nitrogen; N), ฟอสฟอรัส (Phosphorus; P), โพแทสเซียม (Potassium; K), คาร์บอน (Carbon; C) และไฮโดรเจน (Hydrogen; H) สำหรับข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยจะนำมาใช้ในการหาวิธีและการออกแบบระบบการจัดการมูลฝอย เช่น ใช้คำนวณปริมาณอากาศที่ใช้ในเตาเผา ใช้คำนวณค่าความร้อนของมูลฝอย ใช้คำนวณสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน รวมไปถึงการคำนวณปริมาณสารอาหารของเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมัก เป็นต้น

(2) ความชื้น (Moisture content; MC) ปริมาณน้ำที่อยู่ในมูลฝอย โดยสามารถระเหยออกมาได้เมื่อได้รับความร้อนในปริมาณที่เหมาะสมเป็นระยะเวลานาน หน่วยในการวัด คือ ร้อยละโดยน้ำหนัก โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1. น้ำที่อยู่ภายในตัวมูลฝอย (Inherent water) เช่น น้ำที่อยู่ในเศษอาหาร ซึ่งมีปริมาณ 1/3–2/3 ของปริมาณน้ำทั้งหมด 2. น้ำที่ติดอยู่ภายนอก (Attached water) เช่น น้ำฝน น้ำที่ออกมาจากเศษอาหาร เป็นต้น

(3) ของแข็งรวม (Total solids; TS) ปริมาณของแข็งที่เป็นองค์ประกอบในมูลฝอยที่เหลืออยู่เมื่อมีการระเหยไล่น้ำออกไปหมด หน่วยที่ใช้วัด คือ ร้อยละโดยน้ำหนัก

(4) ของแข็งระเหย (Volatile solids; VS) เป็นองค์ประกอบหนึ่งของของแข็งรวม ภายหลังของมูลฝอยที่ไล่น้ำออกหมดแล้ว เป็นมูลฝอยประเภทที่สามารถติดไฟหรือเผาไหม้ได้จนหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่ความร้อนสูง แล้วกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) โดยหน่วยของของแข็งระเหย คือ ร้อยละโดยน้ำหนัก

(5) ปริมาณเถ้า (Ash; A) ปริมาณมูลฝอยที่เหลือหลังจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เถ้าเป็นส่วนหนึ่งของของแข็งรวมทั้งหมดของมูลฝอยหลังจากระเหยไล่น้ำออก เป็นองค์ประกอบของของแข็งที่ไม่ติดไฟ มีหน่วยเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก

(6) ปริมาณความร้อน (Heating value) เป็นปริมาณความร้อนในการเผามูลฝอยซึ่งสันดาปกับออกซิเจนบริสุทธิ์ในปริมาณที่มากเกินพอ โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

- Dry solid calorific value (DSCV) : ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มูลฝอยแบบสมบูรณ์
- High solid calorific value (HSCV) : ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เฉพาะส่วนมูลฝอยที่เป็นของแข็งในภาวะที่ปราศจากความชื้น
- Low solid calorific value (LSCV) : ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มูลฝอยในสภาพปกติทั่วไปที่มีความชื้นประกอบอยู่ด้วย

2.1.3.3 ลักษณะทางชีวภาพของมูลฝอย (Biological characteristics)

(1) องค์ประกอบทางชีวภาพ (Biological compositions) จะกล่าวถึงองค์ประกอบทางอินทรีย์ที่ไม่รวมพลาสติก ยาง และหนังสัตว์ โดยส่วนใหญ่แล้วในกองมูลฝอยจะประกอบไปด้วยมูลฝอยอินทรีย์ร้อยละ 50-60 ขององค์ประกอบทั้งหมด ซึ่งมูลฝอยอินทรีย์มีทั้งประเภทที่ย่อยสลายในระยะเวลาอันสั้นและประเภทที่ต้องใช้เวลาในการย่อยสลาย โดยสารอินทรีย์ในมูลฝอยประกอบด้วย

- สารที่ละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาล แป้ง กรดอะมิโน หรือกรดอินทรีย์ต่างๆ
- เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) กลุ่มที่เป็น 5 และ 6 Carbon sugar
- เซลลูโลส (Cellulose) กลุ่ม 6-Carbon sugar glucose
- ไข น้ำมัน และขี้ผึ้ง (Waxes)
- ลิกนิน (Lignin) เป็นกลุ่มมูลฝอยประเภท Polymeric material ของ Methoxyl ($-OCH_3$) ที่ผ่านปฏิกิริยาทางเคมีแล้ว
- ลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose) เป็นสารกลุ่มผสมระหว่างลิกนินและเซลลูโลส
- โปรตีน (Protein) เป็นสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ที่มีองค์ประกอบเป็นกรดอะมิโน

ในการศึกษาองค์ประกอบทางชีวภาพของมูลฝอยจะให้ความสำคัญกับมูลฝอยประเภทที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพของธรรมชาติ เช่น เศษอาหาร จนเกิดเป็นกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวัน หรือสัตว์นำโรคชนิดต่างๆ และในบางกรณีมีการปลดปล่อยก๊าซชีวภาพออกมา

(2) การย่อยสลายทางชีวภาพของมูลฝอยอินทรีย์ (Biodegradability of organic waste) องค์ประกอบมูลฝอยประเภทสารอินทรีย์สามารถถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ที่อยู่ในกองมูลฝอยหรือที่กระจายตัวอยู่ในอากาศ ซึ่งอาจเป็นแบคทีเรีย (Bacteria) เชื้อรา (Fungi) ยีสต์ (Yeasts) และพยาธิ (Parasite) โดยเมื่อสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายแล้วจะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซแอมโมเนียม (NH_4) และก๊าซไฮโดรซัลไฟด์ (H_2S) นอกจากนี้ยังมีกากที่เหลือหลังจากการย่อยสลายแล้วซึ่งมีลักษณะเป็นของแข็งสีดำหรือสลัดจ์ (Sludge) และมีกลุ่มจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตอยู่ในกองมูลฝอย ดังนั้นเมื่อทิ้งมูลฝอยไว้เป็นเวลาตั้งแต่ 1 ชั่วโมงขึ้นไปจะเริ่มมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์เกิดขึ้น โดยความรุนแรงของกลิ่นขึ้นอยู่กับปริมาณของสารอินทรีย์ในกองมูลฝอยและประเภทของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น กล่าวคือ หากเกิดการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนจะเกิดกลิ่นเหม็นที่รุนแรงกว่าการย่อยสลายแบบมีออกซิเจน โดยมูลฝอยอินทรีย์จะแบ่งตามประเภทของการย่อยสลายออกเป็น 2 ชนิด คือ

- มูลฝอยอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่าย (Rapidly digestion organic waste)
- มูลฝอยอินทรีย์ที่ย่อยสลายช้า (Slowly digestion organic waste)

โดยการจำแนกประเภทของมูลฝอยเป็นมูลฝอยย่อยสลายช้าหรือย่อยสลายเร็วจะใช้ค่า Biodegradable fraction (BF) ซึ่งเป็นค่าแสดงปริมาณของของแข็งระเหย ซึ่งจะพิจารณาร่วมกับร้อยละของส่วนประกอบลิกนินตามสมการ BF และผลของการคำนวณจะเป็นไปดังตารางที่ 2-3

สมการ BF

$$BF = 0.83 - 0.028LC$$ **สมการที่ 2.1**

BF คือ Biodegradability fraction

LC คือ ปริมาณลิกนินที่มีอยู่ในของแข็งระเหยในสภาวะน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 2-3 ค่า BF ขององค์ประกอบมูลฝอยแต่ละประเภท

องค์ประกอบ	ของแข็งระเหย (ร้อยละ)	ส่วนประกอบลิกนิน (ร้อยละ)	BF
เศษอาหาร	7-15	0.4	0.82
กระดาษหนังสือพิมพ์	94.0	21.9	0.22
กระดาษสำนักงาน	96.4	0.4	0.82
เศษใบไม้	50-90	4.1	0.72

ที่มา : Tchobanoglous, G. และคณะ, 1993

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 2-3 จะเห็นว่าเศษอาหาร กระดาษหนังสือพิมพ์ และเศษใบไม้มีค่า BF สูง แสดงว่าเป็นมูลฝอยอินทรีย์ประเภทย่อยสลายง่าย ซึ่งจากการขุดหลุมฝังกลบมูลฝอยชุมชนหลังจากฝังกลบไปได้ 10 ปี พบว่ากระดาษหนังสือพิมพ์ถูกย่อยสลายน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับค่า BF กล่าวคือ ค่า BF น้อยจึงใช้เวลาในการย่อยสลายนาน

(3) กลิ่นจากกองมูลฝอย (Production of odor) จากที่กล่าวมาแล้วว่าเมื่อเกิดการย่อยสลายของมูลฝอยอินทรีย์จะก่อให้เกิดกลิ่นตามมา ซึ่งส่วนใหญ่มาจากปฏิกิริยาย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยกลิ่นที่เกิดขึ้น คือ ก๊าซไฮโดรซัลไฟด์ (H_2S)

$$2CH_3CHOHCOOH + SO_4^{2-} \longrightarrow 2CH_3COOH + S^{2-} + H_2O + CO_2$$

น้ำชะมูลฝอย ซัลเฟต แอซีเตต ไอออนซัลไฟด์

$$4H_2 + SO_4^{2-} \longrightarrow S^{2-} + 4H_2O$$

$$S^{2-} + 2H^+ \longrightarrow H_2S$$

นอกจากนั้นในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน จะได้ Methyl mercaptan (CH_3SH) ที่มีกลิ่นเฉพาะตัวดังสมการเคมีต่อไปนี้

$$CH_3SCH_2CH_2CH(NH_2)COOH + 2H \longrightarrow CH_3SH + CH_3CH_2CH_2(NH_2)COOH$$

เมไธโอนีน เมทธิล เมอร์แคปแทน กรดอะมิโนบิวทีริก

$$CH_3SH + H_2O \longrightarrow CH_4OH + H_2S$$

ประโยชน์จากการศึกษาองค์ประกอบทางชีวภาพของมูลฝอยสามารถช่วยในการจัดการมูลฝอยอินทรีย์ได้ดีขึ้นและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ เช่น ทำปุ๋ยหมัก (Composting) และผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) ดังนั้นสำหรับการออกแบบระบบจึงมีความจำเป็นที่ต้องทราบองค์ประกอบของมูลฝอยอินทรีย์ที่อยู่ในรูปองค์ประกอบทางเคมี (C H O N S) นอกจากประเด็นด้านองค์ประกอบทางชีวภาพแล้ว สิ่งมีชีวิตในกองมูลฝอย ได้แก่ แบคทีเรีย รา ยีสต์ และพยาธิ ก็มีบทบาทที่สำคัญเพราะสารอินทรีย์เป็นแหล่งอาหารของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ โดยสัดส่วนและชนิดของสิ่งมีชีวิตจะแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ อุณหภูมิ ความชื้น และสภาพทางเคมี (ความเป็นกรด-ด่าง) ภายในกองมูลฝอยด้วย ซึ่งลักษณะทางชีวภาพเหล่านี้จะช่วยในการเลือกวิธีการจัดการมูลฝอย ที่เหมาะสมต่อไป (ธเรศ ศรีสถิตย์, 2557)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.4 ประเภทของมูลฝอย (Types of solid waste)

ประเภทของมูลฝอยที่เกิดขึ้นในชุมชน สามารถจำแนกได้เป็นหลายรูปแบบ ดังนี้

2.1.4.1 จำแนกตามคุณสมบัติ

(1) มูลฝอยที่ย่อยสลายได้ง่าย เช่น เศษอาหาร เศษผักผลไม้ ใบไม้ เป็นต้น

(2) มูลฝอยที่ย่อยสลายยากหรือไม่ได้เลย เช่น พลาสติก แก้ว โลหะ ผ้า เป็นต้น

(3) มูลฝอยอันตรายหรือสารเคมี มีแหล่งกำเนิดมาจาก 4 ประเภท ได้แก่ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม บ้านพักอาศัย และสถานพยาบาล

2.1.4.2 จำแนกตามสำนักรักษาความสะอาดของกรุงเทพมหานคร

(1) มูลฝอยเปียก เช่น เศษอาหาร เศษพืชผักผลไม้ อินทรียวัตถุที่สามารถย่อยสลายเน่าเปื่อยได้ง่าย มีความชื้นเป็นองค์ประกอบสูง และเน่าเปื่อยรวดเร็ว

(2) มูลฝอยแห้ง เช่น เศษกระดาษ เศษผ้า แก้ว โลหะ ไม้ พลาสติก และยาง เป็นต้น โดยมูลฝอยชนิดนี้มีทั้งที่เผาไหม้ได้และเผาไหม้ไม่ได้ มูลฝอยแห้งถ้านำกลับไปรีไซเคิลจะสามารถช่วยลดปริมาณมูลฝอยที่จะส่งไปกำจัดได้

(3) มูลฝอยอันตราย ของเสียที่เป็นพิษ มีฤทธิ์กัดกร่อนหรือระเบิดได้ง่าย ต้องใช้วิธีจัดการแบบพิเศษ เนื่องจากเป็นมูลฝอยที่มีความอันตราย เช่น ยาฆ่าแมลง ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ รถยนต์ สเปรย์ฉีดผม เป็นต้น

2.1.4.3 จำแนกตามพิษภัยที่เกิดกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

(1) มูลฝอยทั่วไป หมายถึง มูลฝอยที่มีอันตรายน้อย เช่น เศษอาหาร เศษกระดาษ เศษผ้า พลาสติก เศษหญ้า และใบไม้ เป็นต้น

(2) มูลฝอยอันตราย เป็นมูลฝอยที่อาจมีสารพิษ ติดไฟหรือระเบิดง่าย อาจมีการปนเปื้อนเชื้อโรค เช่น ไฟแช็กก๊าซ กระป๋องสเปรย์ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ สำลี เข็มฉีดยา หรือผ้าพันแผลจากสถานพยาบาลที่อาจมีเชื้อโรคปนเปื้อนมาด้วย เป็นต้น

2.1.4.4 จำแนกตามลักษณะของมูลฝอย

(1) มูลฝอยเปียกหรือมูลฝอยสด ประกอบด้วยความชื้นมากกว่าร้อยละ 50 จึงทำให้ติดไฟได้ยาก เช่น เศษอาหาร เศษเนื้อ เศษผักและผลไม้ รวมทั้งซากพืชและสัตว์ที่ยังไม่เน่าเปื่อย โดยมูลฝอยประเภทนี้จะก่อให้เกิดกลิ่นที่รุนแรง เนื่องจากแบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ นอกจากนี้มูลฝอยประเภทนี้ยังเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อที่ติดไปกับแมลง หรือหนู และสัตว์อื่นๆที่มาตอมหรือกินมูลฝอย

(2) มูลฝอยแห้ง เป็นมูลฝอยที่มีความชื้นเป็นองค์ประกอบอยู่ต่ำ จึงไม่ส่งกลิ่นเหม็น จำแนกได้ออกเป็น 2 ประเภท

- มูลฝอยที่เป็นเชื้อเพลิง พวกที่สามารถติดไฟได้ เช่น เศษผ้า เศษกระดาษ เป็นต้น

2.1.4.5 จำแนกตามมูลฝอยที่เกิดขึ้นในชุมชน

(1) มูลฝอยสด เป็นมูลฝอยที่เกิดจากการปรุงอาหารหรือเหลือจากการรับประทาน เช่น เศษอาหาร เศษผักผลไม้ เศษเนื้อสัตว์ นอกจากนี้มูลฝอยสดยังสามารถเกิดจากตลาดสด สถานที่จำหน่ายอาหารสด สถานที่เก็บและส่งจำหน่ายอาหารสด โดยมูลฝอยสดจะเป็นพวกสารอินทรีย์ ซึ่งถ้ามีการปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานานจะก่อให้เกิดการย่อยสลายและมีกลิ่นเหม็น อันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีของจุลินทรีย์ โดยปกติแล้วมูลฝอยสดมักมีน้ำหนักมาก มีปริมาณความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ 40-70 และส่วนใหญ่มีสารอาหารหลงเหลืออยู่บ้าง ดังนั้นจึงสามารถขายต่อเพื่อนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ได้ ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณมูลฝอยที่จะส่งไปกำจัดได้ สำหรับการจัดการมูลฝอยสดควรมีการจัดการภายใน 24 ชั่วโมง

(2) มูลฝอยแห้ง พวกเศษแก้ว เศษกระดาษ กระป๋อง พลาสติก เป็นต้น โดยปกติแล้วมูลฝอยแห้งจะมีน้ำหนักและความชื้นที่ต่ำกว่ามูลฝอยสด ดังนั้นมูลฝอยแห้งจึงสามารถเผาไหม้ได้ แต่มูลฝอยแห้งจะเปลืองพื้นที่ในการจัดเก็บและอาจเป็นแหล่งอาศัยของสัตว์ต่างๆได้และยังเป็นเชื้อเพลิงที่ดี สำหรับระยะเวลาในการจัดเก็บมูลฝอยแห้งจะเก็บได้นานกว่ามูลฝอยสด ความถี่ในการจัดเก็บประมาณสัปดาห์ละ 1 ครั้ง หรือมากกว่า

(3) เถ้า เป็นเศษที่เหลือหลังจากการเผาไหม้ เช่น เถ้า เถ้าแกลบ ละออง เขม่า และพวกกากที่เหลือจากเตาเผาขยะ การเผาไหม้เชื้อเพลิงบางชนิดอาจก่อให้เกิดเถ้าลอย (Fly ashes) ซึ่งสามารถก่อให้เกิดมลพิษในอากาศได้ และกรณีที่ถูกปล่อยลงแหล่งน้ำอาจทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินและน้ำมีค่าความเป็นด่างมากขึ้น

(4) มูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรม มูลฝอยที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมมีปริมาณและคุณภาพที่แตกต่างกันออกไปขึ้นกับขนาดและกิจกรรมการผลิตของโรงงาน เช่น โรงงานน้ำอัดลมมักมีมูลฝอยจำพวกเศษแก้ว พลาสติก ฝาจุก เป็นต้น สำหรับโรงงานอาหารสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องส่วนใหญ่จะมีทั้งมูลฝอยสดและมูลฝอยแห้ง เช่น เศษเนื้อสัตว์ เศษผักและผลไม้ เศษเหล็ก เป็นต้น โดยปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวันขึ้นกับกำลังการผลิตของโรงงาน มูลฝอยที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมบางชนิดอาจปนเปื้อนสารเคมีหรือจุลินทรีย์ซึ่งต้องมีการจัดการที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม

(5) ซากสัตว์ ถือเป็นมูลฝอยที่อันตรายต้องมีการจัดการอย่างเหมาะสม ถ้าการจัดการไม่ดีจะก่อให้เกิดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์และอาจเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคได้ ในบางที่จะถือว่าซากสัตว์เป็นมูลฝอยชนิดพิเศษที่ต้องมีการแยกกำจัดออกจากมูลฝอยชนิดอื่นๆ เช่น กรณีมีสัตว์เลี้ยงตายจะขอรับบริการจากทางเทศบาลมาจัดเก็บเพื่อนำไปกำจัด ซึ่งอาจต้องมีการเสียค่าบริการให้กับทางเทศบาล และถ้าหากสัตว์เลี้ยงตายเพราะโรคระบาดจำเป็นต้องได้รับการกำจัดเป็นกรณีพิเศษ

(6) มูลฝอยจากถนน โดยส่วนใหญ่แล้วมูลฝอยที่เก็บรวบรวมจากถนนจะเป็นพวกใบไม้ เปลือกผลไม้ เศษกระดาษ หิน ดิน เป็นต้น การดูแลทำความสะอาดถนนต้องมีการเก็บรวบรวมมูล-ฝอยที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปกำจัดเพราะถ้าปล่อยทิ้งไว้ เวลาฝนตกมูลฝอยอาจถูกพัดพาลงท่อระบายน้ำสาธารณะจนเกิดการตื้นเขินอุดตันได้

(7) มูลฝอยจากการกสิกรรม ส่วนใหญ่จะเป็นมูลฝอยอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมทางด้านการเกษตร เช่น พืช ฟาง มูลสัตว์ เป็นต้น และเนื่องจากเป็นมูลฝอยอินทรีย์จึงต้องมีการจัดการที่รวดเร็วเพื่อป้องกันการเน่าเปื่อยผุพังและเกิดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ หรือเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์หรือแมลงนำโรค นอกจากนี้ยังอาจก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำหรือดินได้อีกด้วย

(8) ของใช้ชำรุด เช่น ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ยางเก่า อุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุด เฟอร์นิเจอร์ชำรุด เป็นต้น ซึ่งมูลฝอยชุมชนประเภทนี้จะใช้ระยะเวลานานในการผุพังและย่อยสลาย ถึงแม้ว่ามูลฝอยประเภทนี้อาจไม่มีอันตรายหรือมีอันตรายน้อย แต่ส่วนใหญ่แล้วทำให้เปลืองพื้นที่ในการจัดการ บางชนิด เช่น ยางรถยนต์เก่าอาจเป็นที่ขังของน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงได้ โดยส่วนใหญ่จะพบของใช้ที่ชำรุดปะปนมาในมูลฝอยชุมชน ซึ่งบางชนิดต้องมีการจัดเก็บและทำลายเป็นกรณีพิเศษ

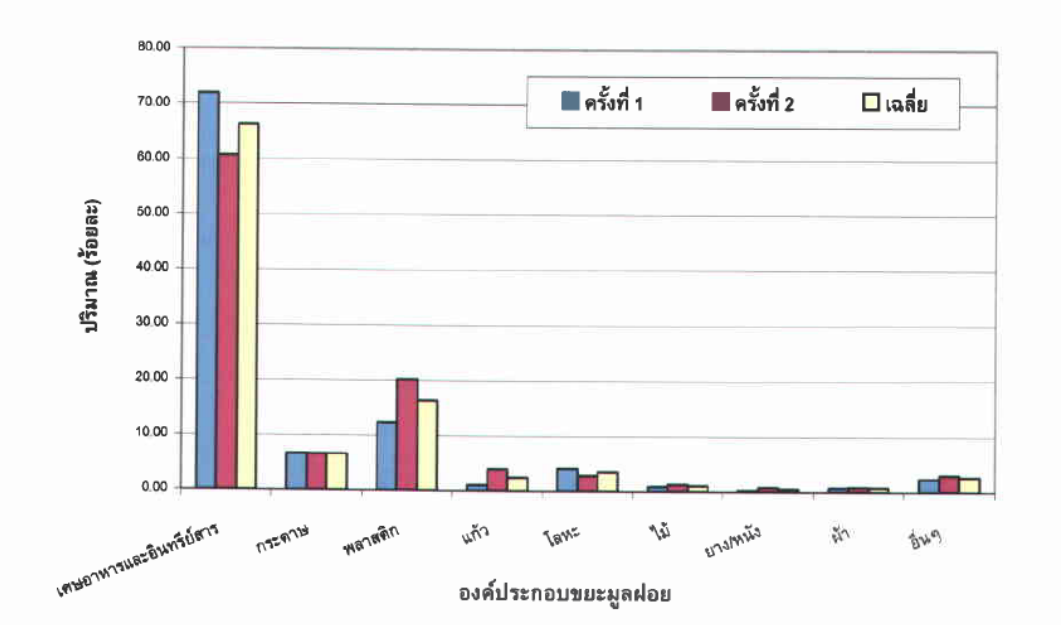
(9) ซากรถยนต์ ในเมืองใหญ่ๆจะประสบปัญหาในการจัดการซากรถยนต์ โดยเจ้าของอาจมีการปล่อยทิ้งไว้ทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่หรือกีดขวางเส้นทางจราจร ดังนั้นในบางเมืองอาจมีการก่อตั้งหน่วยงานขึ้นมาจัดการกับซากรถยนต์โดยเฉพาะ

(10) เศษสิ่งก่อสร้าง เช่น เศษไม้ เศษโลหะ เศษอิฐ เศษคอนกรีตที่เกิดหลังจากการก่อสร้างหรือรื้อถอนอาคาร โดยส่วนใหญ่จะเป็นมูลฝอยที่ย่อยสลายไม่ได้ ถ้ามีการวางทิ้งไว้จะกีดขวางไม่เป็นระเบียบ บดบังทัศนียภาพที่สวยงาม สำหรับการจัดการเศษสิ่งก่อสร้างจะนำไปถมที่ลุ่มหรือใช้ปรับปรุงพื้นที่ (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

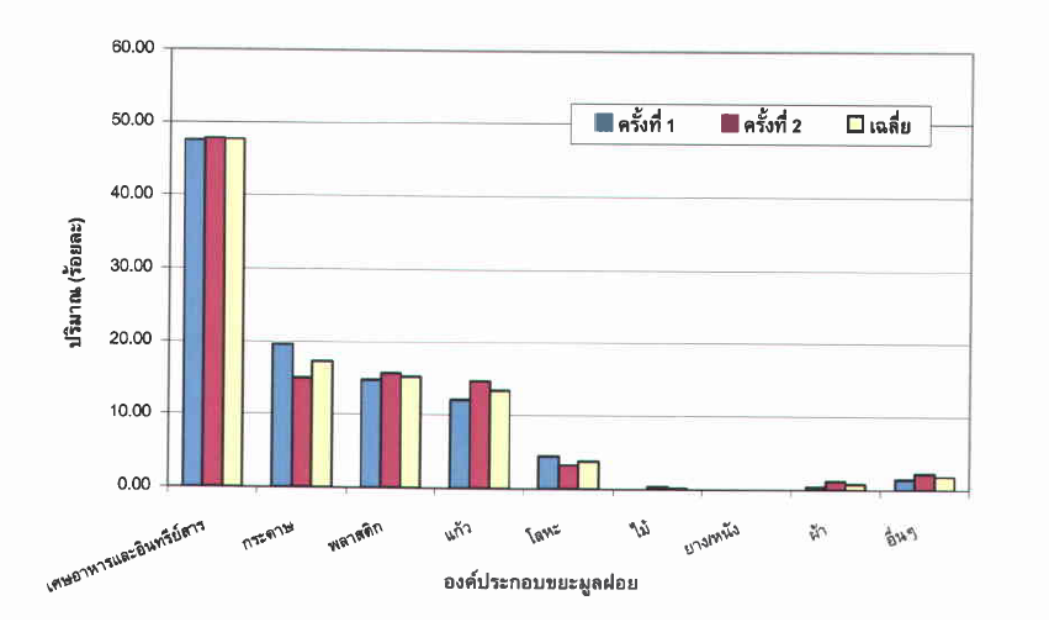
2.1.5 องค์ประกอบของมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ

กรมควบคุมมลพิษได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของมูลฝอยตามแหล่งกำเนิด ได้แก่ บ้านเรือนที่อยู่อาศัย ร้านค้า ร้านอาหาร โรงแรม ตลาดสด สถานที่ราชการ และสถานศึกษา โดยข้อมูลได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบมูลฝอยจากการออกภาคสนาม 2 ครั้ง พบว่าองค์ประกอบที่มีปริมาณมากที่สุด คือ พวกเศษอาหารและอินทรีย์สาร รองลงมา ได้แก่ พวกพลาสติก และกระดาษ ส่วนองค์ประกอบประเภทอื่นๆ มีพบบ้างแต่มีปริมาณไม่มาก เช่น ไม้ แก้ว ยาง/หนัง ผ้า ฯลฯ ดังรูปที่ 2-1 – 2-7



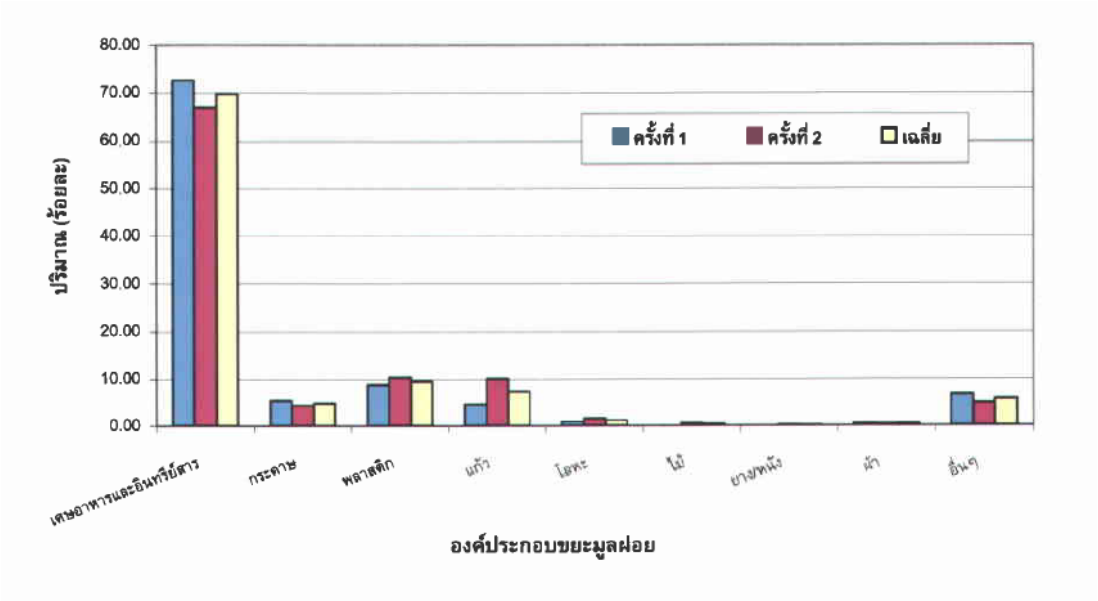
รูปที่ 2-1 องค์ประกอบขยะมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทบ้านเรือน

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2547

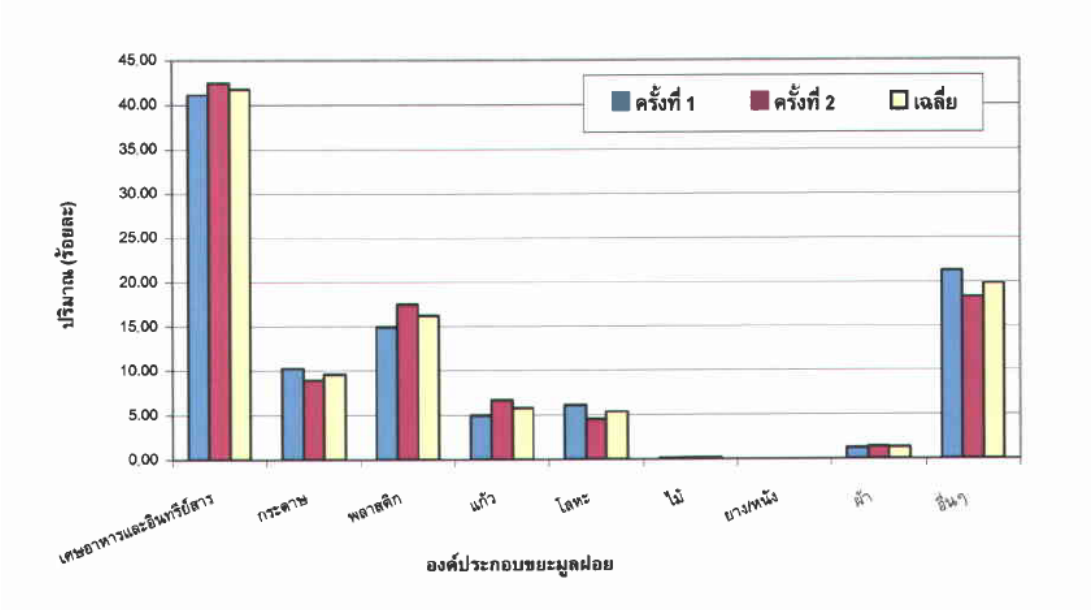


รูปที่ 2-2 องค์ประกอบขยะมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทร้านค้า

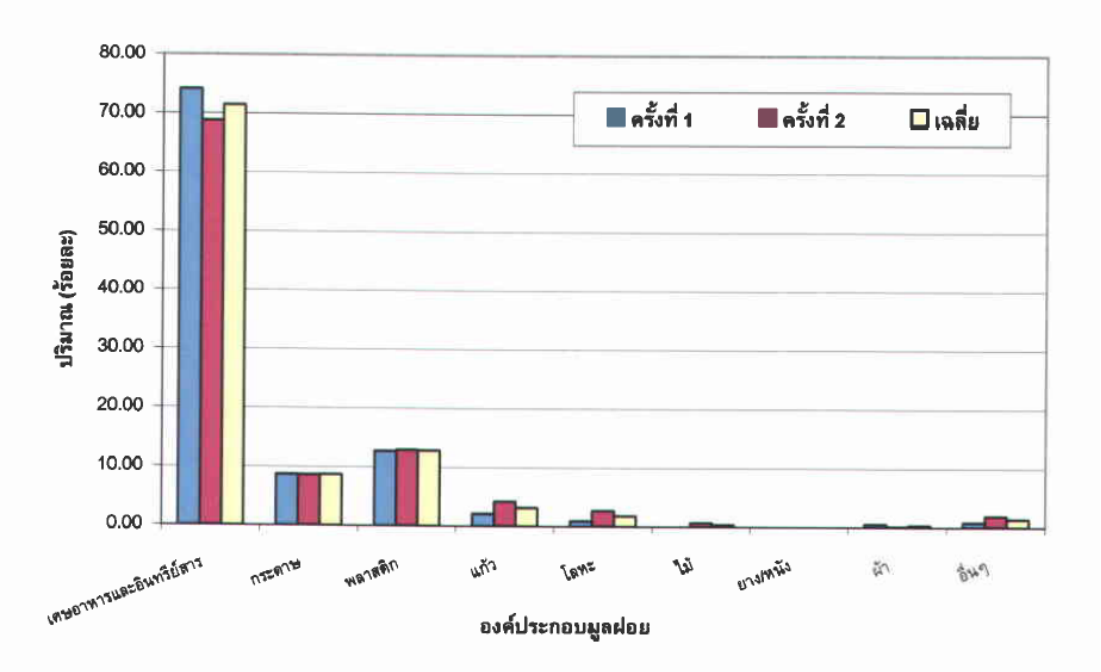
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2547



รูปที่ 2-3 องค์ประกอบขยะมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทร้านอาหาร
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2547

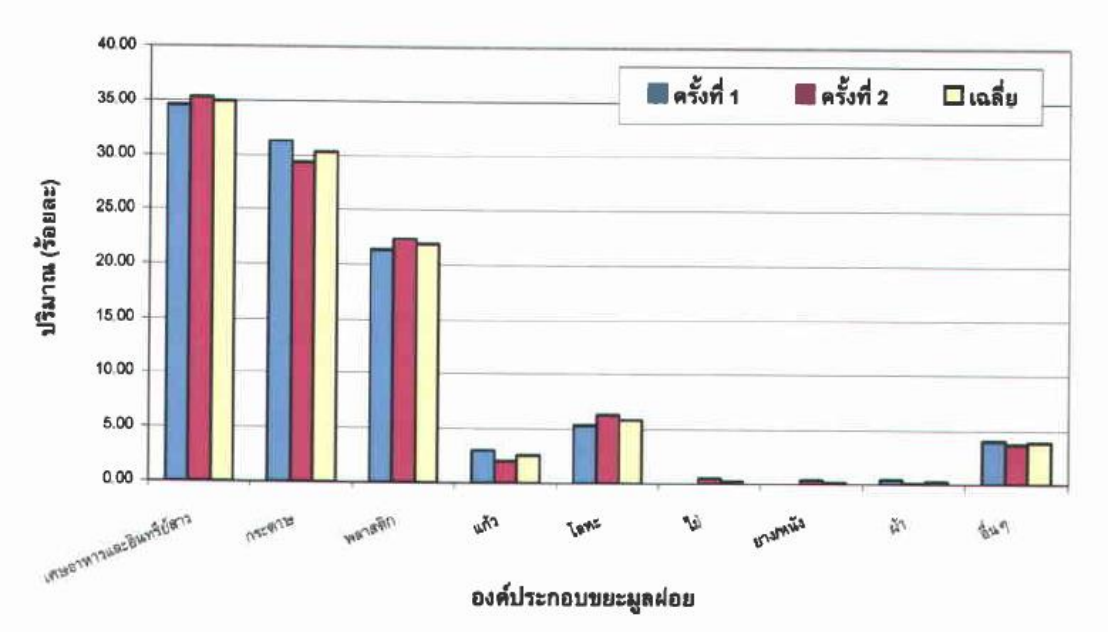


รูปที่ 2-4 องค์ประกอบขยะมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทโรงแรม
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2547



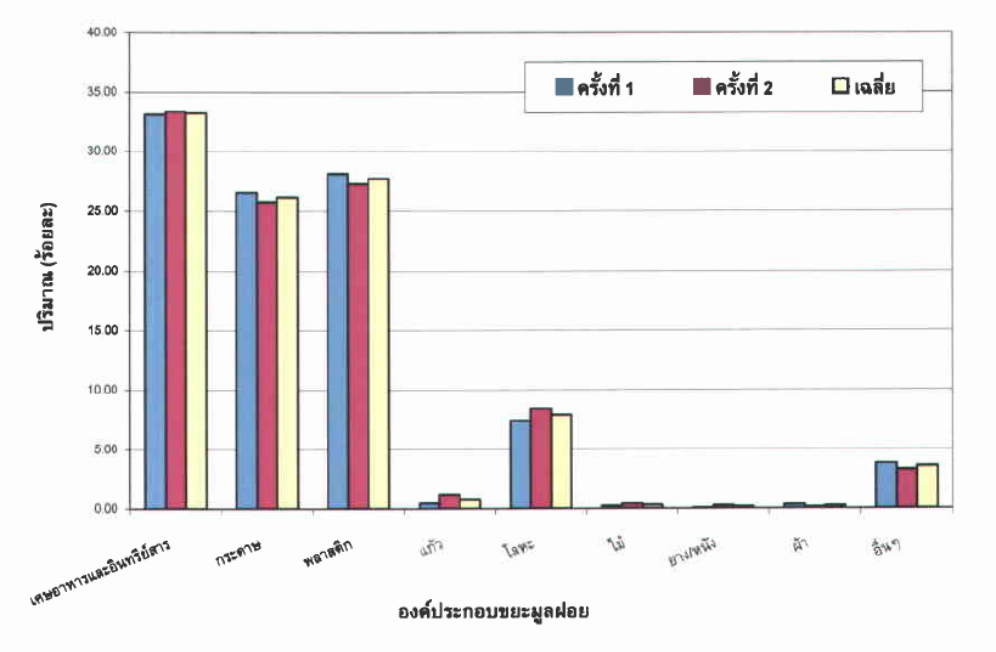
รูปที่ 2-5 องค์ประกอบมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทตลาดสด

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2547



รูปที่ 2-6 องค์ประกอบมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทสถานที่ราชการ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2547



รูปที่ 2-7 องค์ประกอบมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดประเภทสถานศึกษา
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2547

องค์ประกอบขยะมูลฝอยมีความแตกต่างกันตามประเภทของแหล่งกำเนิดนั้นๆ โดยแหล่งกำเนิดที่เป็นบ้านเรือน ร้านอาหาร และตลาดสด จะมีองค์ประกอบขยะมูลฝอยประเภทเศษอาหารและอินทรีย์สารมากที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 66.30 69.78 และ 71.45 ตามลำดับ สำหรับขยะมูลฝอยที่มาจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงแรม พบว่าองค์ประกอบทางกายภาพประเภทอื่นๆ อาทิเช่น ผ้าอ้อมสำเร็จรูป กระดาษทิชชู ผ้าอนามัย ของเสียอันตราย มีปริมาณค่อนข้างสูง คือ มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 19.79 สำหรับแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยประเภทสถานที่ราชการและสถานศึกษา พบว่าแนวโน้มขององค์ประกอบประเภทกระดาษมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 31.31 และ 26.54 และพลาสติกมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 21.41 และ 28.13 อยู่ในช่วงค่อนข้างสูง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบขยะมูลฝอยประเภทเดียวกันกับแหล่งกำเนิดประเภทอื่นๆ จะพบว่ามีปริมาณค่อนข้างสูง จากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบของขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆจะมีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของประชาชนที่อาศัยอยู่ในแหล่งกำเนิดนั้นๆ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2 มูลฝอยชุมชนในประเทศไทย

2.2.1 สถานการณ์มูลฝอยชุมชนในประเทศไทย

แนวโน้มขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศไทยมีอัตราการเกิดเพิ่มขึ้นทุกปี ในปี พ.ศ.2559 พบว่าประเทศไทยมีปริมาณมูลฝอยเกิดขึ้น 27.06 ล้านตัน ซึ่งคิดเป็นอัตราการเกิดขยะมูลฝอย 1.14 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ปริมาณและอัตราขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น ปี 2551-2559

ปี พ.ศ.	ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น (ล้านตัน)	อัตราการเกิดขยะมูลฝอย (กิโลกรัม/คน/วัน)
2551	23.93	1.03
2552	24.11	1.04
2553	24.22	1.04
2554	25.35	1.08
2555	24.73	1.05
2556	26.77	1.15
2557	26.19	1.11
2558	26.85	1.13
2559	27.06	1.14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

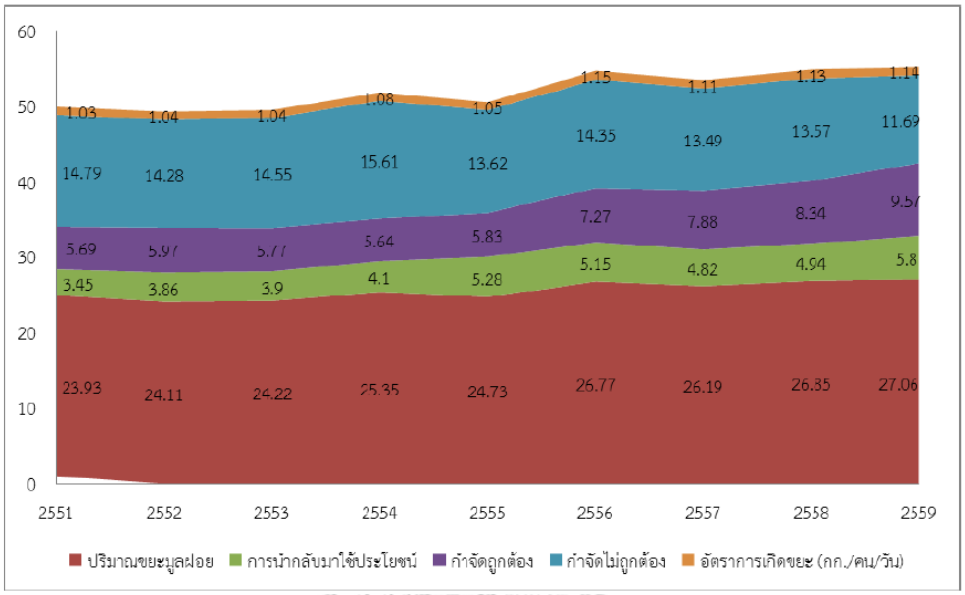
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2559

หมายเหตุ ข้อมูลปี 2551-2555 ได้จากการคาดการณ์ และข้อมูลปี 2556-2559 ได้จากการสำรวจข้อมูลจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศไทย โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคและสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด

สำหรับประเทศไทยปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปีรวมทั้งปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ และปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำกลับไปใช้ประโยชน์ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 2-8 และตารางที่ 2-5 เนื่องจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและประชาชนมีความใส่ใจในการดำเนินการคัดแยกขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้น

จากสถานการณ์ที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นมีอัตราเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ในขณะที่อัตราขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปกำจัดและอัตราขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียง

เล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้วิกฤตปัญหาขยะมูลฝอยจึงถือเป็นหนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เนื่องจากปัญหาทวีความรุนแรงมากขึ้นทั้งด้านปริมาณขยะมูลฝอยที่เพิ่มมากขึ้น รวมทั้ง



รูปที่ 2-8 สถานการณ์ขยะมูลฝอยปี 2551 – 2559

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2559

ตารางที่ 2-5 ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปกำจัดและใช้ประโยชน์ ปี 2551-2559

ปี พ.ศ.	ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น (ล้านตัน)	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดอย่างถูกต้อง		ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์	
		(ล้านต้น)	(ร้อยละ)	(ล้านตัน)	(ร้อยละ)
2551	23.93	5.69	24%	3.45	14%
2552	24.11	5.97	25%	3.86	16%
2553	24.22	5.77	24%	3.90	16%
2554	25.35	5.64	22%	4.10	16%
2555	24.73	5.83	24%	5.28	21%
2556	26.77	7.27	27%	5.15	19%
2557	26.19	7.88	30%	4.82	18%
2558	26.85	8.34	31%	4.94	18%
2559	27.06	9.57	35%	5.81	21%

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2559

สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ดำเนินการไม่ถูกต้องยังคงไม่ได้รับการปรับปรุง รวมทั้งในสังคมเมืองที่มีการขยายตัวสูงตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น และการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ สังคม รวมทั้งเทคโนโลยี ส่งผลให้เกิดการบริโภคเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ปริมาณขยะมูลฝอยในสังคมเมืองเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

การสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นสามารถคำนวณได้จากการนำอัตราการเกิดขยะมูลฝอยคูณด้วยจำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์ในพื้นที่ให้บริการ หรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นต้องเกิด ณ แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยที่มีอยู่ในพื้นที่ โดยครอบคลุมทั้งขยะมูลฝอยที่นำมาทิ้งในถังขยะ ขยะมูลฝอยที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ และขยะมูลฝอยที่ตกค้างจากการเก็บขน โดยอัตราการเกิดขยะมูลฝอยชุมชนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในประเทศไทยเป็นดังตารางที่ 2-6

ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น	=	อัตราการเกิดมูลฝอย (กิโลกรัม/คน/วัน)	x	จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์ (คน)

สมการที่ 2.2

ตารางที่ 2-6 แสดงอัตราการเกิดขยะมูลฝอยชุมชนเฉลี่ยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

อัตราการเกิดขยะมูลฝอย	กิโลกรัม/คน/วัน
เทศบาลนคร	1.89
เทศบาลเมือง	1.15
เทศบาลตำบล	1.02
เมืองพัทยา	3.90
องค์การบริหารส่วนตำบล	0.91

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่มา : โครงการการศึกษาทบทวนอัตราการเกิดขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศของกรมควบคุมมลพิษ, 2555

กรมควบคุมมลพิษ โดยสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16 และสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดทั้ง 76 จังหวัด ได้ทำการสำรวจข้อมูลขยะมูลฝอยทั่วประเทศไทยปี พ.ศ.2559 โดยทำการสำรวจครอบคลุมองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ ประกอบด้วยเทศบาลและเมืองพัทยา จำนวน 2,442 แห่ง องค์การบริหารส่วนตำบล จำนวน 5,334 แห่ง ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ดังตารางที่ 2-7 พบว่าในปี พ.ศ.2559 มีปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนเกิดขึ้นประมาน 27.06 ล้านตัน หรือประมาณ 74,130 ตันต่อวัน โดยพบว่าองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (เทศบาลนคร เทศบาลเมือง เทศบาลตำบล

องค์การบริหารส่วนตำบล กรุงเทพมหานคร และเมืองพัทยา) จำนวน 7,777 แห่ง มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีการดำเนินการให้บริการเก็บขนขยะมูลฝอยชุมชนจำนวน 4,711 แห่ง และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ไม่มีการดำเนินการให้บริการเก็บขนขยะมูลฝอยชุมชน จำนวน 3,066 แห่ง จากการสำรวจปริมาณมูลฝอยที่ได้รับบริการเก็บขนพบว่า มีปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนทั้งหมดประมาณ 21.05 ตัน หรือประมาณ 57,633 ตันต่อวัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 78 ของปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นทั้งประเทศไทย โดยพบว่าปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่มีการเก็บขนเพื่อนำไปกำจัดมีประมาณ 15.76 ล้านตัน หรือประมาณ 43,173 ตันต่อวัน ซึ่งส่วนที่ถูกนำไปกำจัดยังสถานที่กำจัดที่ถูกวิธีมีประมาณ 9.75 ล้านตัน หรือ 26,721 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 62 ของปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่เก็บขนได้ ทั้งนี้ภายในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ถูกวิธีจะมีการคัดแยกขยะมูลฝอยก่อนนำไปกำจัด ทำให้ขยะมูลฝอยที่เข้าสู่ระบบมีปริมาณ 9.75 ล้านตัน หรือ 26,221 ตันต่อวัน ในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ถูกวิธีจำนวน 328 แห่ง สำหรับขยะมูลฝอยที่นำไปกำจัดยังสถานที่ที่ไม่ถูกวิธี เช่น การเผากลางแจ้ง การเทกองทิ้งในบ่อดินเก่าหรือพื้นที่รกร้าง เป็นต้น ซึ่งมีประมาณ 6.01 ล้านตัน หรือ 16,452 ตันต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 38 ของปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่เก็บขนได้ โดยสถานที่กำจัดขยะมูลที่ไม่ถูกวิธีมีประมาณ 2,468 แห่ง

สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ไม่มีการให้บริการเก็บขนมูลฝอยชุมชน มีจำนวน 3,066 แห่ง พบว่ามีปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนเกิดขึ้นประมาณ 6.01 ล้านตัน หรือ 16,467 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 22 ของปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นทั้งประเทศ โดยขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นนี้ประชาชนอาจมีการจัดการในครัวเรือน โดยการเทกอง เผาในที่โล่ง หรือลักลอบทิ้งในพื้นที่สาธารณะ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคตได้

ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่สามารถคัดแยกเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์มีประมาณ 5.81 ล้านตัน หรือ 13,482 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 12 ของปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นทั้งประเทศ

ตารางที่ 2-7 ข้อมูลการสำรวจขยะมูลฝอยชุมชน ปี 2559

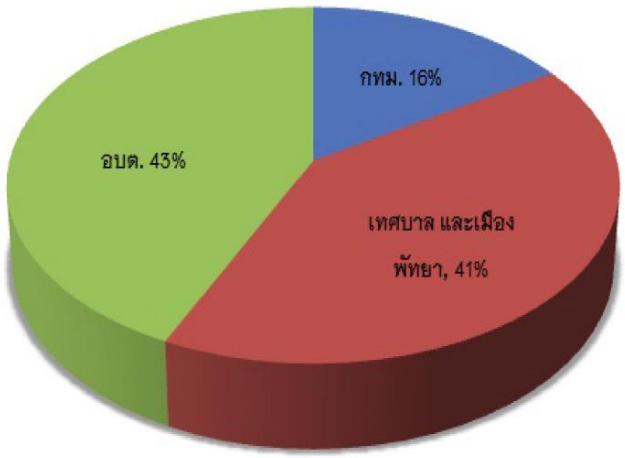
ช่องที่	รายละเอียด	76 จังหวัด	กทม.	77 จังหวัด
	เทศบาลและเมืองพัทยา (แห่ง)	2,441	-	2,441
	อบต. (แห่ง)	5,335	-	5,335
	รวม อปท. (แห่ง)	7,776	1	7,777
1	ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น (ล้านตัน/ปี)	22.85	4.21	27.06
2	จำนวน อปท. ที่มีการให้บริการ (แห่ง)	4,710	1	4,711

ช่องที่	รายละเอียด	76 จังหวัด	กทม.	77 จังหวัด
3	ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นใน อปท. ที่มีการให้บริการ (ล้านตัน/ปี)	16.84	4.21	21.05
4	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกเก็บขนนำไปกำจัด (ล้านตัน/ปี)	12.03	3.73	15.76
5	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ อปท. ที่มีการให้บริการเก็บขน (ล้านตัน/ปี)	4.53	0.48	5.01
6	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ไม่มีการให้บริการเก็บขนใน อปท. ที่มีการให้บริการ	0.28	-	0.28
7	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปกำจัดแบบไม่ถูกต้อง (ล้านตัน/ปี)	6.01	-	6.01
8	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปกำจัดอย่างถูกต้อง (ล้านตัน/ปี)	6.02	3.73	9.75
9	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบถูกต้อง (ล้านตัน/ปี)	0.18	-	0.18
10	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปกำจัดแบบถูกต้อง (ล้านตัน/ปี)	5.84	3.73	9.57
11	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดโดย Landfill (ล้านตัน/ปี)	4.64	3.18	7.82
12	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดโดยระบบ Compost	0.06	0.44	0.50
13	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดโดยระบบ Incinerator	0.59	0.11	0.70
14	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดโดยระบบอื่นๆ (ล้านตัน/ปี)	0.55	-	0.55
15	จำนวน อปท. ที่ไม่มีการให้บริการ (แห่ง)	3,066	-	3,066
16	ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นใน อปท. ที่ไม่มีการให้บริการ (ล้านตัน/ปี)	6.01	-	6.01

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ช่องที่	รายละเอียด	76 จังหวัด	กทม.	77 จังหวัด
17	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ (ล้านตัน/ปี)	0.62	-	0.62
18	ปริมาณขยะมูลฝอยที่กำจัดแบบไม่ถูกต้อง (ล้านตัน/ปี)	5.39	-	5.39
19	ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ทั้งหมด (ล้านตัน/ปี)	5.33	0.48	5.81
20	ปริมาณขยะมูลฝอยตกค้าง (ล้านตัน)	9.96	-	9.96

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2559



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2-9 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น ปี 2559
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2559

มีการสำรวจแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณของขยะมูลฝอยจากตารางที่ 2-8 พบว่าปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนในปี 2559 เพิ่มขึ้นจากปี 2558 เพียงเล็กน้อยประมาณร้อยละ 0.78 เนื่องจากมีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น รวมถึงสภาพเศรษฐกิจที่ฟื้นฟูขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา และแนวโน้มการจัดการขยะมูลฝอยที่ดีขึ้น กล่าวคือมีแนวโน้มการเก็บขนมูลฝอย การกำจัดอย่างถูกวิธี และการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ มีร้อยละของการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้น โดยในปี 2559 ขยะมูลฝอยได้ถูกเก็บขนและรวบรวมเข้าสู่สถานที่กำจัดที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ปริมาณมูลฝอยที่ได้รับการกำจัดอย่างถูกวิธีมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น คิดเป็นปริมาณทั้งสิ้น 9.75 ล้านตัน เมื่อเทียบกับปี 2558 ที่มีปริมาณ 8.29 ล้านตันต่อปี มีร้อยละการกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนอย่างถูกต้องเพิ่มขึ้น 13.99 สำหรับการใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยพบว่าปี 2559 มีการใช้ประโยชน์เพิ่มมากกว่าปี 2558

ถึงร้อยละ 17.61 ซึ่งการเพิ่มขึ้นของการนำมูลฝอยกลับมาใช้นี้ เนื่องจากมีกระแสการลดมูลฝอย โดยนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ที่แหล่งกำเนิดเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งการรณรงค์ส่งเสริมการสร้างจิตสำนึกผ่านกิจกรรมต่างๆ ในช่วงปี 2559 ที่ผ่านมา

จากการสำรวจปริมาณมูลฝอยตกค้างในสถานที่กำจัดมูลฝอยแบบไม่ถูกวิธีช่วงต้นปี 2558 พบว่า มีปริมาณขยะมูลฝอยดังกล่าวถึงกว่า 30 ล้านตัน แต่เมื่อมีการดำเนินการสำรวจใหม่ช่วงปลายปี 2558 พบว่าปริมาณมูลฝอยตกค้างลดลงกว่าร้อยละ 65 หรือประมาณ 10.46 ล้านตัน เนื่องมาจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีการปรับปรุงสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยให้ดำเนินการได้อย่างถูกวิธี รวมถึงมีการกำจัดมูลฝอยที่ตกค้างด้วยวิธีการที่เหมาะสม เป็นต้น ส่งผลให้ปริมาณมูลฝอยที่ตกค้างมีการจัดการอย่างถูกต้องและมีปริมาณลดลงในปี 2558 ทั้งนี้ในปี 2559 มีปริมาณขยะมูลฝอยที่ตกค้างลดลงจากปี 2558 ประมาณ 9.96 หรือ 0.5 ล้านตัน เนื่องจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีการปรับปรุงสถานที่กำจัดมูลฝอยแบบเทกอง เป็นเทกองแบบควบคุม มีการกลบทับขยะ มูลฝอยที่กองทิ้งไว้ด้วยดิน แต่อย่างไรก็ดีในพื้นที่ห่างไกลยังมีสถานที่กำจัดมูลฝอยขนาดเล็กและพื้นที่ลักลอบทิ้งอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและจังหวัดเจ้าของพื้นที่ต้องมีมาตรการกำกับดูแลและบังคับให้ปรับเปลี่ยนเป็นการกำจัดขยะมูลฝอยที่ถูกต้องต่อไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

ตารางที่ 2-8 ข้อมูลปริมาณมูลฝอยระหว่างปี 2558 และปี 2559

รายละเอียด	ปริมาณขยะมูลฝอย (ตัน/ปี)		การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)
	ปี 2558	ปี 2559	
ขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้น	26.85	27.06	+0.78
ขยะมูลฝอยชุมชนที่เก็บขนได้	15.49	15.76	+1.74
ขยะมูลฝอยชุมชนที่กำจัดอย่างถูกต้อง	8.29	9.75	+13.99
ขยะมูลฝอยชุมชนที่ใช้ประโยชน์	4.94	5.81	+17.61
ขยะมูลฝอยชุมชนที่ตกค้าง	10.46	9.96	-4.78

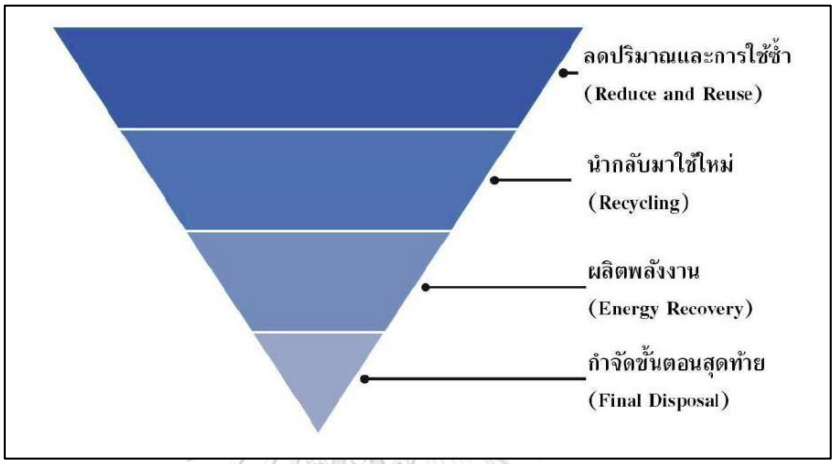
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2559

2.2.2 หลักการในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน

USEPA ได้อธิบายถึงการดำเนินการจัดการมูลฝอย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ 1.การลดปริมาณมูลฝอยจากแหล่งกำเนิด 2.การนำกลับมาใช้ประโยชน์ 3.การกำจัดด้วยวิธีเผา 4.การฝังกลบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การลดการเกิดขยะมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดและการใช้ซ้ำมีความหมายครอบคลุมการลดทั้งปริมาณและระดับความเป็นพิษ (Toxicity) ของขยะมูลฝอย สำหรับการลดปริมาณมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดทำได้ด้วยการออกแบบการผลิตและการใช้บรรจุภัณฑ์จากวัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ มีปริมาณน้อยและสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ นอกจากนั้นการนำกลับมาแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ยังรวมถึงการนำเอามูลฝอยอินทรีย์มาแปรรูปเป็นปุ๋ยด้วย สำหรับการกำจัดด้วยวิธีการเผานั้นเหมาะกับ



รูปที่ 2-10 ลำดับความสำคัญของการจัดการขยะมูลฝอย
ที่มา : พิรียุตม์ วรรณพฤกษ์, 2550

ท้องถิ่นที่มีปริมาณขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ในปริมาณที่มาก และขั้นตอนสุดท้ายของการจัดการมูลฝอยแบบบูรณาการ คือ การฝังกลบ ซึ่งแม้จะมีลำดับความสำคัญน้อยที่สุด แต่การฝังกลบยังคงมีความจำเป็นสำหรับขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น เศษวัสดุจากการก่อสร้างหรือเถ้าจากการเผาและขยะมูลฝอยส่วนที่เหลือจากขั้นตอนอื่นๆนั่นเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.3 วิธีการในการดำเนินการกำจัดมูลฝอย

ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการจัดการอย่างเป็นระบบตั้งแต่กระบวนการเกิดขยะที่แหล่งกำเนิดจนถึงการนำไปกำจัดหรือทำลายยังสถานที่ฝังกลบ โดยขั้นตอนในการกำจัดขยะ มูลฝอยมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

2.2.3.1 การลดและการคัดแยก ณ แห่งกำเนิด

การดำเนินการกับขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เช่น บ้านเรือน อาคารสำนักงาน ห้างร้าน ตลอดจนสถานที่สาธารณะทั่วไป เพื่อรอการเก็บขน รวบรวม และนำไปกำจัดทำลายจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ ซึ่งการดำเนินการที่แหล่งกำเนิดจะเป็นความรับผิดชอบของเจ้าของบ้านเรือนหรืออาคารสถานที่ต่างๆ โดยตรง มีหลักการในการจัดการแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การลดขยะ ณ แหล่งกำเนิด (Source reduction) เพื่อลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะนำไปกำจัดหรือทำลาย

และการคัดแยกขยะมูลฝอย (Waste separation) ซึ่งถือเป็นมาตรการที่สำคัญประการหนึ่งที่จะช่วยในการจัดการขยะมูลฝอยในขั้นตอนต่อๆ ไปให้มีระบบและมีประสิทธิภาพ

2.2.3.2 การเก็บรวบรวม

การเก็บขนขยะมูลฝอยที่อยู่ในภาชนะรองรับตามสถานที่ต่างๆ เพื่อนำมารวบรวมไว้ยังจุดพักขยะก่อน แล้วจึงทำการขนถ่ายใส่รถเก็บขยะ เพื่อที่จะขนส่งต่อไปยังสถานที่ฝังกลบสำหรับขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก แต่หากเป็นขยะที่สามารถรีไซเคิลได้จะมีการคัดแยกไว้ในภาชนะรองรับ และจะถูกรวบรวมแล้วนำไปแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ การเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยเป็นหน้าที่ตามบทบัญญัติของกฎหมายซึ่งกำหนดให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้รับผิดชอบ ดังนั้นหน่วยงานดังกล่าวจะต้องมีการวางระบบและแบบแผนในการเก็บรวบรวมมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวันอย่างเหมาะสม เพื่อลดปริมาณขยะที่ตกค้างตามสถานที่ต่างๆ

2.2.3.3 การเก็บกัก

ขยะมูลฝอยถูกรวบรวมจากภาชนะรองรับที่อยู่ตามแหล่งกำเนิดต่างๆ แล้วจะถูกขนถ่ายโดยรถเก็บขนขยะเพื่อนำไปกำจัดทำลายยังสถานที่ฝังกลบให้เร็วที่สุดเพื่อป้องกันการเน่าเหม็นของขยะ รวมทั้งเพื่อให้มีขยะมูลฝอยตกค้างอยู่ตามสถานที่ต่างๆให้น้อยที่สุด ดังนั้นขยะมูลฝอยเหล่านี้จึงไม่จำเป็นต้องมีการเก็บกัก ณ จุดใดจุดหนึ่งก่อนนำไปกำจัดหรือทำลาย ยกเว้นในส่วนของขยะมูลฝอยอันตรายที่จะต้องทำการเก็บกักให้มีปริมาณมากพอ ก่อนส่งไปกำจัดอย่างถูกวิธีและปลอดภัย

2.2.3.4 การขนส่ง

การนำขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ภายในชุมชนถ่ายไปยังสถานที่ฝังกลบซึ่งตั้งห่างออกไปไกลจากแหล่งชุมชนหรืออาจเป็นการขนถ่ายขยะไปสู่กระบวนการแปรสภาพเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีกครั้ง สำหรับการขนส่งขยะมูลฝอยไปยังสถานที่ฝังกลบนั้นจะเกิดขึ้นภายหลังกระบวนการรวบรวมขยะจากภายในชุมชนเสร็จสิ้นแล้ว โดยระยะเวลาที่ใช้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างชุมชนไปยังที่ตั้งของสถานที่ฝังกลบ ซึ่งมีผลต่อจำนวนเที่ยวของการส่งขยะในแต่ละวันด้วย

2.2.3.5 การแปรสภาพ

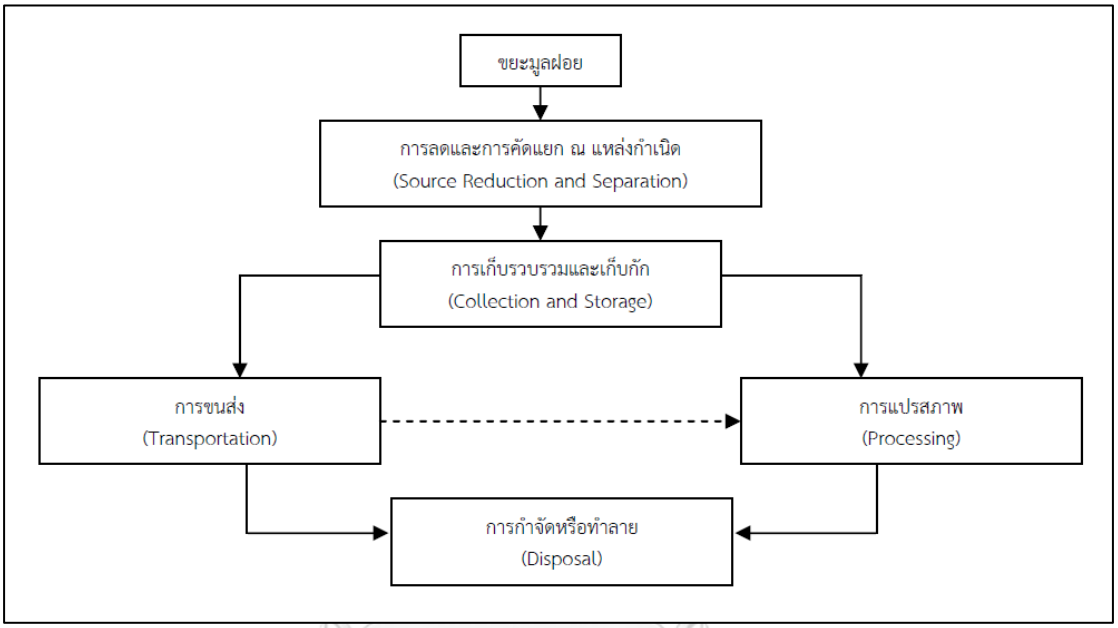
เป็นวิธีการที่จะทำให้ขยะมูลฝอยที่เก็บรวมรวมได้จากชุมชนสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์และสะดวกในการขนไปกำจัดทำลาย ซึ่งวัตถุประสงค์ของการแปรสภาพขยะมูลฝอยมี 3 ประการ คือ 1.เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการขยะมูลฝอยโดยการอัดให้เป็นฟ่อนหรือเป็นก้อนๆ ซึ่งสามารถช่วยลดพื้นที่ในการเก็บขนไปยังสถานที่ฝังกลบให้น้อยลง 2.เพื่อนำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีก 3.เพื่อนำผลผลิตที่เกิดจากกระบวนการแปรสภาพมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ทำการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปรสภาพขยะอินทรีย์ด้วยการย่อยสลายทางชีวภาพเพื่อนำไปผลิตปุ๋ยหมักใช้ในการเพาะปลูกหรือนำไปผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในด้านต่างๆ เช่น หุงต้ม ปั่นกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

2.2.3.6 การกำจัดหรือทำลาย

เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการจัดการขยะมูลฝอย เมื่อมีการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆ ตามที่กล่าวมาแล้วเป็นลำดับ ดังรูปที่ 2-11



รูปที่ 2-11 ขั้นตอนในการดำเนินการกำจัดมูลฝอย

ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการดำเนินการกำจัดหรือทำลายขยะมูลฝอยด้วยวิธีต่างๆ ดังต่อไปนี้

- <u>การเทกองบนพื้น</u> (Open dumping) การเทกองบนพื้นเป็นวิธีการกำจัดมูลฝอยที่ง่ายที่สุดและเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด กล่าวคือขยะที่ถูกรวบรวมจากชุมชนจะถูกขนส่งไปยังสถานที่ทิ้งขยะมูลฝอยซึ่งอาจมีสภาพเป็นที่ราบทั่วไปหรืออาจเป็นพื้นที่ที่เป็นหลุมบ่อก็ได้ ขยะที่ถูกขนส่งมานั้นจะถูกนำไปเทกองบนพื้นดิน โดยมิได้ดำเนินการใดๆทั้งสิ้น ซึ่งเมื่อมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นก็จะกลายเป็นภูเขาขยะที่สร้างปัญหาในหลายๆด้าน ทั้งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์พาหะนำโรคต่างๆ เช่น หนู แมลงวัน ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีปัญหาน้ำจากกองขยะมูลฝอยที่อาจไหลไปปนเปื้อนแหล่งน้ำใกล้เคียงหรือน้ำใต้ดินได้ วิธีนี้จึงไม่ถือว่าเป็นวิธีกำจัดขยะมูลฝอยที่ถูกสุขลักษณะ นอกจากนี้ยังทำลายทัศนียภาพของพื้นที่ และที่สำคัญ คือ ก่อให้เกิดความเดือนร้อนรำคาญต่อประชาชนที่อยู่อาศัยบริเวณโดยรอบพื้นที่ที่มีการเทกองขยะมูลฝอย อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีหลายพื้นที่ที่ยังมีการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยวิธีนี้อยู่ เนื่องจาก

ท้องถิ่นเหล่านั้นไม่มีสถานที่ทิ้งขยะเป็นของตนเองรวมทั้งยังขาดแคลนงบประมาณที่จะก่อสร้างสถานที่ ฝังกลบขยะอย่างถูกสุขาภิบาลได้

นอกจากการนำขยะมูลฝอยมาเทกองบนพื้นโดยไม่ได้จัดการใดๆ ดังกล่าวแล้ว ในบางครั้งพบว่ากองขยะที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ จะถูกเผาทิ้ง เรียกว่า “การเผาในที่โล่ง (Open burning) ซึ่งการกระทำดังกล่าวยิ่งก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น เพราะควันไฟและเศษขี้เถ้าจากการเผาก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งนับเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย

- <u>การฝังกลบอย่างถูกสุขาภิบาล</u> (Sanitary landfill) เป็นวิธีที่นำหลักการทางวิศวกรรมมาใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล กล่าวคือขยะมูลฝอยที่ถูกนำมาเททิ้งบนพื้นจะถูกเกลี่ยให้กระจายและบดอัดให้แน่น จากนั้นทำการกลบทับด้วยดินและบดทับให้แน่นอีกรอบหนึ่ง และเมื่อมีการนำขยะมาทิ้งเพิ่มอีกก็จะมีการเกลี่ยกระจายแล้วบดทับด้วยดินเป็นชั้นๆ ไปเรื่อยๆ จนกว่าสถานที่ฝังกลบนั้นจะเต็มและไม่สามารถใช้กำจัดขยะได้อีกต่อไป ก็จะทำการปิดหลุมฝังกลบแห่งนั้นอย่างถาวรด้วยการถมดิน บดอัดให้แน่น และมีการปลูกพืชคลุมดินเพื่อป้องกันการโดนกัดเซาะหรือการไหลบ่า (Runoff) ของน้ำฝน ในบางครั้งบางหลุมฝังกลบอาจมีการใช้วัสดุปูรองก้นหลุมเอาไว้ด้วยอีกชั้นหนึ่ง เพื่อเป็นการป้องกันการไหลซึมของน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นไปปนเปื้อนน้ำใต้ดินด้านล่าง แต่ในกรณีดังกล่าวนี้ก็จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพิ่มขึ้นอีกด้วย และจากการสำรวจสถานที่ฝังกลบขยะด้วยวิธีการนี้ในท้องถิ่นทั่วประเทศไทยพบว่ายังมีอยู่ในปริมาณที่ไม่มากนัก ดังนั้นรัฐบาลจำเป็นจะต้องจัดสรรงบประมาณให้สามารถดำเนินการได้ครอบคลุมในพื้นที่ต่างๆ ให้เพิ่มมากขึ้น สำหรับตัวอย่างการ ฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลเป็นดังนี้

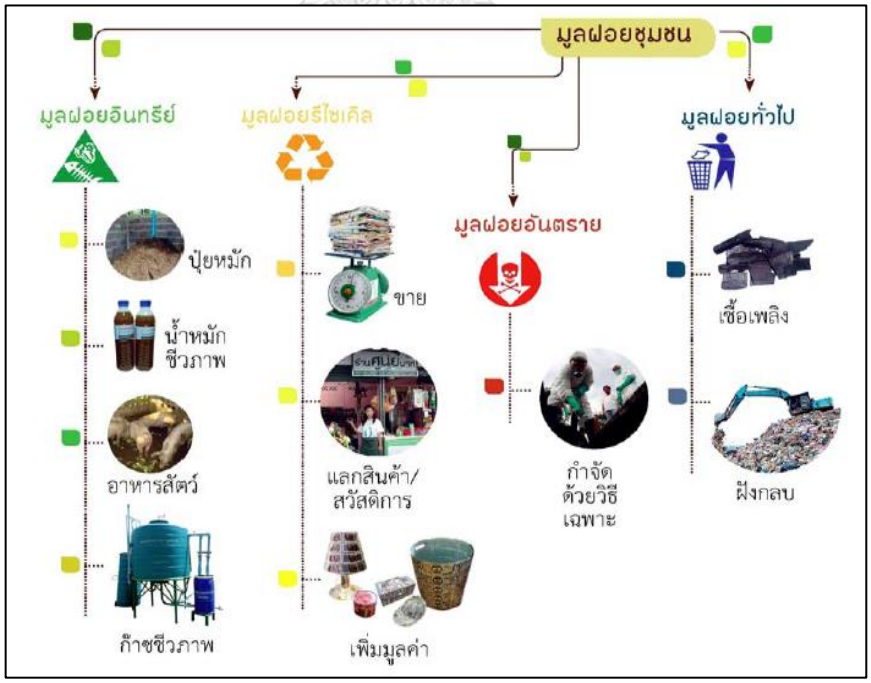
การฝังกลบโดยวิธีพิเศษ (Secure landfill) วิธีการนี้อาจเรียกอีกอย่างว่า “การฝังกลบอย่างปลอดภัย” ซึ่งจะแตกต่างจากการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล คือ จะฝังกลบแค่ขยะมูลฝอยอันตราย (Hazardous waste) เท่านั้น โดยขยะอันตรายดังกล่าวอาจมีแหล่งกำเนิดมาจากชุมชนส่วนหนึ่งและจากภาคอุตสาหกรรมอีกส่วนหนึ่ง การดำเนินงานโดยวิธีนี้จึงต้องมีความเข้มงวดและรัดกุม เนื่องจากขยะอันตรายที่นำมาฝังกลบนั้นหากมีการรั่วไหลออกสู่ภายนอกย่อมก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ โดยทั่วไปการฝังกลบประเภทนี้มักจะต้องทำการปูรองก้นหลุมด้วยวัสดุพิเศษที่มีอายุทนทานและไม่ฉีกขาดได้ง่ายเมื่อใช้งานไปนานๆ เพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารอันตรายนั่นเอง นอกจากนี้ขยะอันตรายที่นำมาฝังกลบก็จะต้องบรรจุไว้ในภาชนะที่แน่นหนาและปิดสนิท และต้องมีการจัดวางในหลุมอย่างเป็นระบบ ป้องกันมิให้มีการกระแทกระหว่างการฝังกลบเพื่อป้องกันการรั่วไหล สำหรับสถานที่ฝังกลบโดยวิธีนี้ยังมีจำนวนไม่เพียง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พอที่จะรองรับขยะอันตรายที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนสูง และต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญมาดำเนินการ

- การเผาในเตาเผา (Incineration) เป็นการนำขยะมูลฝอยมาเผาในเตาเผาที่มีอุณหภูมิสูง เพื่อให้เกิดกระบวนการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งลักษณะของเตาเผาอาจจะแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบของขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละชุมชน กล่าวคือถ้าชุมชนใดมีขยะที่เผาไหม้ได้ง่ายและมีความชื้นต่ำ เตาเผาที่ใช้ก็ไม่จำเป็นต้องมีอุณหภูมิที่สูงมากนักก็เพียงพอต่อการเผาขยะดังกล่าว แต่ถ้าชุมชนใดมีองค์ประกอบของขยะมูลฝอยที่เผาไหม้ได้ยาก รวมถึงมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูง เตาเผาที่ใช้จะต้องออกแบบให้มีเชื้อเพลิงชนิดที่ให้ความร้อนสูงมากๆ นอกจากนี้เตาเผาขยะไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดก็ตามจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีที่สามารถควบคุมการเผาไหม้ อุณหภูมิ ควัน ไอเสีย ตลอดจนเศษผงหรือฝุ่นละอองที่ปนออกไปกับควันเสียด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันมลพิษทางอากาศที่จะเกิดตามมา และในส่วนของขี้เถ้าซึ่งเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ขยะที่อยู่ด้านล่างของเตาเผาก็จะต้องมีการนำไปกำจัดหรือทำลายยังสถานที่ฝังกลบอีกต่อหนึ่งด้วย

ทั้งนี้ภายหลังจากการดำเนินการลดและการคัดแยก ณ แหล่งกำเนิด เก็บรวบรวม ขนส่ง และกักเก็บแล้ว ในขั้นตอนการแปรสภาพ การนำไปใช้ประโยชน์และการกำจัดหรือทำลายนั้นสามารถสรุปเป็นแผนภาพแยกตามประเภทของขยะมูลฝอยได้ดังรูปที่ 2-12



รูปที่ 2-12 การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนตามลักษณะประเภทของขยะ

ที่มา : สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร, 2556

2.2.4 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางการแก้ไขปัญหาขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย

2.2.4.1 ปัญหาและอุปสรรค

(1) ข้อจำกัดด้านงบประมาน สำหรับการจัดสรรงบประมานสำหรับก่อสร้างระบบกำจัดขยะมูลฝอยอย่างถูกหลักวิชาการและการจัดหาเครื่องจักรอุปกรณ์ การจัดตั้งศูนย์กำจัดมูลฝอยแบบครบวงจร แม้ว่าจะมีการศึกษาและวางแผนการดำเนินการไว้ แต่ยังไม่สามารถดำเนินการได้ในหลายพื้นที่และในบางครั้งยังได้รับการต่อต้านจากประชาชน

(2) ข้อจำกัดในด้านสมรรถนะองค์กร องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในระดับเทศบาลขนาดใหญ่มีขีดความสามารถในการจัดการขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้น แต่สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นขนาดเล็กยังขาดความพร้อมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยอยู่ นอกจากนี้ยังประสบปัญหาการรวมพื้นที่จัดตั้งเป็นศูนย์ในการจัดการขยะมูลฝอย และมีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหลายแห่งไม่สมัครใจเข้าร่วมการรวมกลุ่มพื้นที่ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากไม่สอดรับกับวัฒนธรรมท่องถิ่นในการนำขยะมูลฝอยจากที่อื่นมาทิ้งรวมกัน และการกำหนดค่าธรรมเนียมในการเก็บขนขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นยังไม่สอดคล้องกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ทำให้ไม่สามารถดำเนินการได้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด รวมทั้งมีกระแสต่อต้านจากประชาชนอีกด้วย

(3) ปัญหาด้านการผลักดันนโยบายสู่การปฏิบัติ นโยบายด้านการแปรรูปขยะมูลฝอยไปเป็นพลังงาน (Waste to energy) ยังไม่เกิดผลในทางปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม และยังมีข้อจำกัดในการดำเนินการ

(4) ปัญหาข้อจำกัดด้านสถานที่ สถานที่กำจัดของเสียอันตรายจากชุมชนยังมีไม่เพียงพอ และมีของเสียอันตรายบางประเภทถูกนำไปคัดแยกรีไซเคิลอย่างไม่ถูกต้อง ขาดมาตรการในการตรวจติดตาม เฝ้าระวัง การจัดการวัสดุเหลือใช้ที่ย่อยสลายยากจากโรงงานที่ไม่ได้กำจัดอย่างถูกวิธี นอกจากนี้สถานที่กำจัดของเสียอันตรายและกากอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกและภาคกลาง ทำให้การขนส่งของเสียอันตรายจากชุมชนอื่นๆมายังพื้นที่กำจัดมีต้นทุนที่สูงและเกิดปัญหาร้องเรียนจากการดำเนินงานของสถานที่กำจัดของเสียอันตราย

(5) ปัญหาผลกระทบของสารเคมีต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ภาคชุมชนพบปัญหาสารเคมีอันตรายตกค้างในอาหารและยา เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันมีการใช้และบำบัดกำจัดผลิตภัณฑ์หรือวัตถุอันตรายที่ใช้ในบ้านเรือนแบบไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและปะปนในสิ่งแวดล้อม

(6) ปัญหาด้านการประชาสัมพันธ์ การรณรงค์และประชาสัมพันธ์ยังขาดความต่อเนื่องทำให้การสร้างความตระหนักและการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด ยังไม่ครอบคลุมทุกภาคส่วนทั้งประชาชน ชุมชน และผู้ประกอบการ

2.2.4.2 แนวทางการแก้ไข

จากประเด็นปัญหาและอุปสรรคจากการดำเนินงานในอดีตที่ผ่านมานั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวไว้ ดังนี้

(1) ส่งเสริมและสนับสนุนระบบการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนแบบครบวงจรและระบบศูนย์รวมที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีศักยภาพสามารถดำเนินการร่วมกันได้โดยได้รับความยินยอมจากประชาชน ประกอบด้วยการคัดแยกที่ต้นทางหรือในครัวเรือน ระบบการขนถ่าย ระบบการคัดแยก ระบบการกำจัดที่ถูกหลักวิชาการและการใช้ประโยชน์ (แบบผสมผสาน) เช่น การทำปุ๋ย การผลิตพลังงาน เป็นต้น

(2) สนับสนุนและขยายผลให้ประชาชนลดปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยจากบ้านเรือนโดยหลักการ 3Rs (Reduce Reuse และ Recycle)

(3) สร้างแรงจูงใจด้านรายได้ให้กับประชาชนในการร่วมกันคัดแยกขยะมูลฝอยตั้งแต่บ้านเรือน (ขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล และขยะเสียอันตรายจากชุมชน) เพื่อลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ต้องนำไปบำบัดและกำจัดให้เหลือน้อยที่สุด โดยการสร้างตลาดซื้อขายขยะรีไซเคิลในชุมชน กำหนดสถานที่หรือจุดนัดพบในชุมชนที่เดินทางได้สะดวก หรือศูนย์รับแลกเพิ่มมูลค่าขยะ กำหนดนัดหมายการนำขยะมารวบรวมเพื่อนำไปขายหรือรวบรวมไปกำจัด โดยให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและชุมชนมีการหารือและสมัครใจดำเนินการร่วมกัน

(4) ส่งเสริมธุรกิจรีไซเคิลหรือการแปรรูปใช้ใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยสนับสนุนให้ผู้ประกอบการผลิตสินค้าที่มีส่วนประกอบจากวัสดุรีไซเคิลเพิ่มมากขึ้น และพัฒนาวิธีการนำขยะมูลฝอยมาแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ (Recycle)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(5) จัดทำระบบการเรียกคืนซากของเสียอันตรายจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว เช่น ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หลอดไฟ แบตเตอรี่มือถือ น้ำมันเหลือใช้ (น้ำมันปรุงอาหาร น้ำมันหล่อลื่น) เป็นต้น โดยการกำหนดประเภทผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่ผู้ผลิตต้องนำกลับคืนให้ผู้ผลิตและผู้นำเข้ารับผิดชอบการรวบรวมเศษซากผลิตภัณฑ์และการจัดการซากผลิตภัณฑ์โดยใช้ระบบของผู้ให้บริการบำบัดหรือกำจัดของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรมที่มีอยู่แล้วหรือระบบที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะจัดสร้างขึ้น

(6) ให้องค์ความรู้และปลูกจิตสำนึกแก่ผู้ประกอบการที่นำเอาซากผลิตภัณฑ์ต่างๆมาชำแหละเพื่อขาย โดยให้ตระหนักถึงปัญหามลพิษจากการปนเปื้อนสารอันตรายหากมีการจัดการที่ไม่ถูกต้อง

(7) ภาครัฐต้องจัดสรรงบประมาณให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจัดสร้างระบบหรือสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย มูลฝอยติดเชื้อ และของเสียอันตรายชุมชนอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการสอดคล้องกับปัญหาและศักยภาพในการบริหารจัดการขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและ/หรือส่งเสริมให้เอกชนเข้ามาร่วมดำเนินงาน

(8) ส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดและพัฒนาการใช้พลังงานทางเลือก โดยสนับสนุนและสร้างมาตรการจูงใจเพื่อให้นโยบายการแปรรูปขยะมูลฝอยไปเป็นพลังงาน (Waste to energy) เกิดผลในทางปฏิบัติ

(9) กำหนดระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับหลักเกณฑ์การจัดการขยะมูลฝอย มูลฝอยติดเชื้อและของเสียอันตรายชุมชน ตั้งแต่กระบวนการผลิต พฤติกรรมการบริโภค การลดและการคัดแยก ณ แหล่งกำเนิด การนำกลับมาใช้ใหม่ การรวบรวมและขนย้าย ตลอดจนการกำจัดขั้นสุดท้าย และผลักดันให้เกิดผลในทางปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม

(10) เร่งรัดการออกกฎกระทรวงภายใต้พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.2535 กำหนดอัตราค่าธรรมเนียมการให้บริการกำจัดมูลฝอย (มูลฝอยทั่วไป มูลฝอยติดเชื้อ และมูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายต่อชุมชน) เพื่อให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นนำไปออกข้อบัญญัติท้องถิ่นในการจัดเก็บค่าธรรมเนียมเพื่อให้มีรายได้ที่เพียงพอในการเดินและบำรุงรักษาระบบอย่างต่อเนื่อง

(11) สร้างความรู้ความเข้าใจของประชาชนเกี่ยวกับปัญหาและความจำเป็นในการดำเนินการจัดให้มีระบบหรือสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย มูลฝอยติดเชื้อ และของเสียอันตรายจากชุมชนในพื้นที่เพื่อลดการต่อต้าน โดยให้ประชาชนในพื้นที่ที่จะเป็นสถานที่จัดสร้างระบบฯ เข้ามามีส่วนร่วมและมีผลตอบแทนตามความเหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.5 นโยบาย กฎหมาย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยในปัจจุบัน

2.2.5.1 นโยบาย

สำหรับนโยบายการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ได้มีการกำหนดไว้ในแผนการดำเนินงานต่างๆ ดังนี้

(1) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (2555-2559) มีการกำหนดเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนไว้ 2 ด้าน ได้แก่ 1. กำหนดให้มีการจัดการขยะมูลฝอยถูกหลักสุขาภิบาลเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น และ 2. กำหนดให้มีการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 โดยมีแนวทางพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะมูลฝอย โดยสนับสนุนการจัดตั้งระบบที่สอดคล้องกับปัญหาและศักยภาพ

ของท้องถิ่น นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้เอกชนเข้ามาร่วมลงทุนในการดำเนินงาน สนับสนุนการลดปริมาณของเสีย ณ แหล่งกำเนิด โดยส่งเสริมการคัดแยกมูลฝอยเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ให้มากที่สุด รวมทั้งใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์เพื่อเป็นแรงจูงใจเพื่อลดปริมาณขยะมูลฝอย

(2) นโยบายและแผนส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2540 – 2559 ซึ่งในปัจจุบันได้จัดทำและดำเนินการตามแผนการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2555 – 2559 และแผนจัดการมลพิษ 2555 – 2559 โดยมีการกำหนดเป้าหมาย อัตราการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนและของเสียอันตราย และมูลฝอยติดเชื้ออย่างถูกหลักวิชาการต่อปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 อัตราการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศ และมีแนวทางดำเนินการสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

(3) นโยบายการรวมกลุ่มขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เป็นนโยบายที่มุ่งส่งเสริมประสิทธิภาพของการจัดการขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นโดยสนับสนุนการรวมกลุ่มขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ทำให้โครงการมีขนาดที่เหมาะสมทั้งด้านการลงทุนและบริหารจัดการ

(4) การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะมูลฝอย รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ.2550 มาตรา 87 กำหนดให้รัฐต้องดำเนินการตามแนวนโยบายด้านการมีส่วนร่วมของประชาชนดังต่อไปนี้ 1. ส่งเสริมให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบายและวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมทั้งในระดับชาติและท้องถิ่น 2. ส่งเสริมและสนับสนุนการมีส่วนร่วมของประชาชนในการตัดสินใจทางการเมือง วางแผนเศรษฐกิจ สังคม รวมถึงการจัดทำบริการสาธารณะ

(5) นโยบายส่งเสริมพลังงานทดแทน กระทรวงพลังงานโดยกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน มีการกำหนดเป้าหมายให้พัฒนาพลังงานทดแทนให้มีสัดส่วนการใช้เพิ่มขึ้น โดยกระทรวงพลังงานได้กำหนดมาตรการเพิ่มเติมโดยส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนรวมถึงขยะมูลฝอย คณะกรรมการนโยบายบายพลังงานแห่งชาติเห็นชอบในการใช้มาตรการจูงใจด้านราคาผ่านระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กโดยกำหนดส่วนเพิ่มอัตรารับซื้อไฟฟ้าจากราคารับซื้อไฟฟ้าตามระเบียบผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อยที่มีขนาดเล็กตามประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยี นอกจากนี้กระทรวงพลังงานยังมีบทบาทส่งเสริมการคัดแยกขยะมูลฝอยและการใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยประเภทต่างๆ รวมถึงขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหาร โดยสนับสนุนการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ

(6) Roadmap การจัดการมูลฝอยและของเสียอันตราย ฉบับผ่านความเห็นชอบจากคณะรักษาความสงบแห่งชาติ เมื่อวันที่ 26 สิงหาคม 2557

ขั้นตอน	แนวทางการดำเนินงาน
1. กำจัดมูลฝอยตกค้างสะสมในพื้นที่กำจัดบริเวณพื้นที่ที่มีวิกฤติปัญหามูลฝอย (มูลฝอยเก่า)	1. สำรวจ ประเมิน มูลฝอยเพื่อปิดหรือจัดทำแผนงานฟื้นฟูสถานที่กำจัดมูลฝอย 2. ฟื้นฟูสถานที่กำจัดมูลฝอยเดิม เพื่อจัดการมูลฝอยเก่าและรองรับมูลฝอยใหม่ 3. กรณีสถานที่กำจัดมูลฝอยเป็นของเอกชนและดำเนินงานไม่ถูกต้องให้บังคับใช้กฎหมายให้ดำเนินงานให้ถูกต้อง
2. สร้างรูปแบบการจัดการมูลฝอยและของเสียอันตรายที่เหมาะสม (มูลฝอยใหม่) - เน้นการลดและคัดแยกมูลฝอยตั้งแต่ต้นทาง - จัดการมูลฝอยแบบศูนย์รวม - กำจัดโดยใช้เทคโนโลยีแบบผสมผสานเน้นการแปรรูปเป็นพลังงานหรือทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด	1. นำร่องรูปแบบการจัดการมูลฝอยและของเสียอันตราย 1.1 รูปแบบ Model L ศูนย์กำจัดมูลฝอยรวมที่รองรับปริมาณมูลฝอยตั้งแต่ 300 ตัน/วัน ขึ้นไปโดยมีการดำเนินการดังนี้ 1.1.1 จัดระบบคัดแยกมูลฝอยทั่วไปที่ต้นทาง 1.1.2 คัดแยกของเสียอันตรายออกจากมูลฝอยชุมชนทั่วไป และเก็บรวบรวม ณ สถานที่เก็บรวบรวมของจังหวัด และส่งไปกำจัดยังสถานที่กำจัดเอกชน 1.1.3 จัดทำระบบการจัดการมูลฝอยแบบผสมผสาน และแปรรูปมูลฝอยเป็นพลังงาน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 1.1.4 ปรับปรุงบ่อฝังกลบเดิมให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ เพื่อเพิ่มระยะเวลาการใช้งาน 1.2 รูปแบบ Model M ศูนย์กำจัดมูลฝอยรวมที่รองรับปริมาณมูลฝอยตั้งแต่ 50-300 ตัน/วัน โดยดำเนินการเหมือนรูปแบบ Model L 1.3 รูปแบบ Model S ศูนย์กำจัดมูลฝอยรวมที่รองรับปริมาณมูลฝอยน้อยกว่า 50 ตัน/วัน โดยดำเนินการเหมือนรูปแบบ Model L 2. จัดให้มีสถานที่เก็บรวบรวมของเสียอันตรายชุมชนของจังหวัดจังหวัดละ 1 แห่ง 3. ส่งเสริมภาคเอกชนลงทุนหรือดำเนินงานระบบเก็บรวบรวม ขนส่งและกำจัดมูลฝอยและของเสียอันตราย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอน	แนวทางการดำเนินงาน
3. วางระเบียบมาตรการการบริหารจัดการมูลฝอยและของเสียอันตราย	**1.** ออกระเบียบให้ผู้ว่าราชการจังหวัดเป็นผู้ดูแลการบริหารจัดการ มูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นภายในจังหวัดให้มีประสิทธิภาพและถูกต้องตามหลักวิชาการ 2. ออกระเบียบให้มีคณะกรรมการชุดหนึ่งซึ่งมีผู้ว่าราชการจังหวัดเป็นประธานทำหน้าที่จัดทำแผนแม่บทและบริหารจัดการมูลฝอยและของเสียอันตรายในภาพรวมของจังหวัด โดยมีองค์ประกอบและอำนาจหน้าที่อื่นตามที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจะกำหนด 3. จัดทำแผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศและกำหนดรูปแบบเทคโนโลยีทางเลือกสำหรับการกำจัดขยะมูลฝอยของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมแต่ละขนาด (ทส.) 4. พิจารณาผ่อนปรนกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น การจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) พระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ.2556 พระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2518 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการทำรายงานเกี่ยวกับการศึกษามาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย พ.ศ.2552 และหรือออกมาตรการเพื่อส่งเสริมให้เกิดการลงทุนของภาคเอกชนในการจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย (ทส./กค./พน./มท./อก.) 5.ออกกฎกระทรวงกำหนดอัตราค่าธรรมเนียม ค่าบริการหลักเกณฑ์และมาตรฐานการลด คัดแยก เก็บรวบรวม ขนส่ง และกำจัดมูลฝอยของเสียอันตรายชุมชน และมูลฝอยติดเชื้อ (สธ./ทส.) 6. ออกกฎระเบียบเรื่องระบบการตรวจสอบควบคุมการจัดตั้งและดำเนินงานสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย (สธ./ทส.) 7. ออกข้อบัญญัติท้องถิ่นให้มีการคัดแยกขยะมูลฝอย (ขยะทั่วไป ขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล ของเสียอันตราย) และห้ามทิ้งของเสียอันตรายปนกับขยะมูลฝอยทั่วไปตามกฎกระทรวงที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด (อปท./มท.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอน	แนวทางการดำเนินงาน
4. สร้างวินัยของคนในชาติมุ่งสู่การจัดการที่ยั่งยืน - ให้ความรู้ประชาชน - บังคับใช้กฎหมาย	1. ตรวจสอบและดำเนินการทางกฎหมายแก่ผู้ลักลอบทิ้ง ลักลอบกำจัดมูลฝอยชุมชน กากอุตสาหกรรม กากกัมมันตรังสี ของเสียอันตรายและมูลฝอยติดเชื้อที่ไม่ถูกต้อง ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด (อก./สธ./วท./สตช./มท./อปท.) 2. รณรงค์ ประชาสัมพันธ์ให้ความรู้ ปลูกจิตสำนึก สร้างความตระหนักให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอย ตั้งแต่การลดคัดแยกที่ต้นทางจนถึงการกำจัดขั้นสุดท้าย ตลอดจนลดการใช้ถุงพลาสติกและหันมาใช้วัสดุอื่นแทน (ทส./สนร.) 3. สร้างจิตสำนึกและวินัยในการจัดการมูลฝอยให้แก่นักเรียนและเยาวชน โดยให้มีการปฏิบัติเป็นรูปธรรมในโรงเรียนและสถานศึกษาทุกแห่งเป็นตัวอย่าง (ศธ.)

(กรมควบคุมมลพิษ, 2557)

2.2.5.2 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับมูลฝอยได้บัญญัติเอาไว้ในกฎหมายหลายฉบับ แต่จะอยู่ในรูปแบบที่แทรกตัวอยู่ในกฎหมายอื่นๆ กล่าวคือเป็นเพียงส่วนย่อยของกฎหมายนั้นๆ เท่านั้น สำหรับประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายที่บัญญัติออกมาเกี่ยวกับมูลฝอยหรือการจัดการมูลฝอยโดยตรง และกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเป็นหลักประกอบไปด้วย

(1) พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 โดยกฎหมายนี้ครอบคลุมถึงการส่งเสริมให้ประชาชนและองค์กรเอกชนมีส่วนร่วมในการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม การจัดระบบการบริหารงานด้านสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามหลักการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม กำหนดหน้าที่ของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

(2) พระราชบัญญัติการสาธารณะสุข พ.ศ.2535 มีความเกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยชุมชนมากที่สุด ทั้งการควบคุมผู้ประกอบการ การรวบรวม การขนส่ง การกำจัดขยะมูลฝอย และการกำหนดเกณฑ์ควบคุม เหตุเดือดร้อนรำคาญของส่วนรวมที่เกิดจากกลิ่น แสง รังสี เสียง ความร้อน สารอันตราย ฝุ่น ขี้เถ้า ที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535 ภายใต้พระราชบัญญัติฉบับนี้ได้กำหนดการดำเนินการจัดการมูลฝอย และการรักษาความสะอาดของบ้านเมือง

(4) พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กำหนดให้อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษต้องมีการจัดเก็บขยะมูลฝอยโดยวิธีขนลำเลียงหรือทิ้งลงปล่องทิ้งขยะมูลฝอย

นอกจากนี้ยังมีกฎหมายอื่นๆ และมติคณะรัฐมนตรีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย เช่น พระราชบัญญัติรักษาคลอง ร.ศ. 121 ประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ พระราชบัญญัติการประมง พ.ศ. 2490 พระราชบัญญัติแร่ พ.ศ. 2510 ประกาศคณะปฏิวัติฉบับที่ 68 (พ.ศ. 2515) พระราชบัญญัติการจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2543 พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 และมติคณะรัฐมนตรีเรื่องแนวทางป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล เป็นต้น

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการบริหารราชการส่วนท้องถิ่นในการรักษาความสะอาดและการจัดการขยะมูลฝอย ได้แก่

- พระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2540
- พระราชบัญญัติองค์การบริหารส่วนจังหวัด พ.ศ. 2540
- พระราชบัญญัติเทศบาล พ.ศ. 2496
- พระราชบัญญัติสภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ. 2537
- พระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการเมืองพัทยา พ.ศ. 2521

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอย ได้แก่

- พระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ. 2535
- พระราชกฤษฎีกากำหนดพลังงานควบคุม พ.ศ.2536
- พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550
- พระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550

2.2.5.3 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย

(1) องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐธรรมนูญปี 2550 ได้กำหนดให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีหน้าที่ในการจัดการ บำรุงรักษาและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในเขตพื้นที่ นอกจากนี้ยังมีพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 โดยองค์การบริหารส่วนจังหวัดมีหน้าที่กำหนดแผนและกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นรับผิดชอบจัดเก็บรวบรวม และการกำจัดขยะมูลฝอยชุมชน โดยจัดให้มีการจัดการขยะมูลฝอยรวม เพื่อรองรับปริมาณขยะมูลฝอยจำนวนมากที่เกิดขึ้นได้อย่างเพียงพอ นอกจากนี้แต่ละจังหวัดมีหน้าที่ทำแผนปฏิบัติการ

สิ่งแวดล้อมระดับจังหวัดเสนอต่อกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เพื่อของบประมาณการจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่ ซึ่งเป็นไปตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

(2) สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยงานสังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำหน้าที่กำหนดนโยบายและแผนการดำเนินงานด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมถึงพิจารณาการจัดสรรงบประมาณสนับสนุนแก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือหน่วยงานราชการในการจัดการปัญหามลพิษรวมถึงปัญหาขยะมูลฝอย

(3) กรมควบคุมมลพิษ มีหน้าที่รับผิดชอบดำเนินการตามพระราชกฤษฎีกาแบ่งส่วนราชการกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 โดยทำหน้าที่ด้านการพัฒนาระบบและรูปแบบการจัดการเพื่อแก้ปัญหาขยะมูลฝอยด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยเน้นที่มาตรการลดอัตราการเกิดขยะมูลฝอยและสนับสนุนให้นำกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เสนอความเห็นเพื่อจัดทำนโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ในส่วนของการจัดการขยะมูลฝอยและสารอันตราย จัดทำแผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้านมลพิษ และประสานการจัดทำแผนปฏิบัติการเพื่อลดและขจัดมลพิษจากกากของเสียและสารอันตราย จัดทำแผนฉุกเฉิน ประสานการปฏิบัติการควบคุม แก้ไข ระงับหรือฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม เสนอแนะมาตรฐาน เป็นต้น ต่อมาในภายหลังได้มีการตราพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 จัดตั้งกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมและโอนกรมควบคุมมลพิษมาอยู่ใต้การสังกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(4) กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วงงานที่สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีภารกิจในการส่งเสริมให้ประชาชนได้รับข้อมูล และข่าวสารจากทางราชการในเรื่องเกี่ยวกับการส่งเสริมการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อสนับสนุนให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการดูแลสิ่งแวดล้อม

(5) สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ เป็นหน่วยงานที่สังกัดกระทรวงพลังงาน ทำหน้าที่เสนอแนะนโยบายและบูรณาการแผนบริหารพลังงานของประเทศ เสนอแนะยุทธศาสตร์การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน ตลอดจนสนับสนุนการศึกษาวิจัยโครงการที่เกี่ยวกับการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและการจัดหาแหล่งพลังงานทดแทน

(6) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน มีหน้าที่รับผิดชอบในการส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้พลังงาน กำกับการอนุรักษ์พลังงาน จัดหาแหล่งพลังงาน พัฒนาทางเลือกการใช้

พลังงานอย่างผสมผสานซึ่งรวมถึงการนำขยะมูลฝอยมาผลิตเป็นพลังงาน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เผยแพร่เทคโนโลยีด้านพลังงาน เพื่อสนองตอบความต้องการของทุกภาคส่วนอย่างเพียงพอ

2.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคการจัดการของเสีย (Greenhouse emission from waste section)

ตามคู่มือของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental panel on climate change: IPCC) ฉบับปี ค.ศ.2006 แบ่งแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการจัดการของเสียออกเป็น 4 แหล่ง ได้แก่ 1.การจัดการขยะมูลฝอย 2.การบำบัดของเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ 3.การเผาขยะโดยใช้เตาเผาและการเผาในที่โล่ง 4.การบำบัดน้ำเสียและการปล่อยทิ้ง ดังรูปที่ 2-13 แต่สำหรับงานวิจัยนี้จะของกล่าวถึงเพียงข้อ 1-3 เท่านั้น

2.3.1 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการจัดการของเสีย

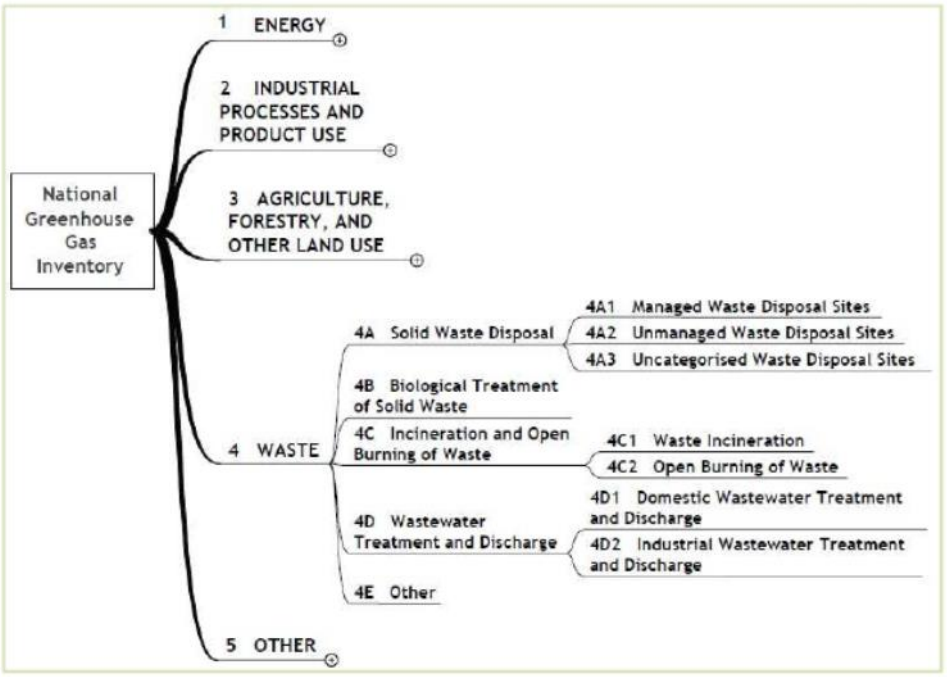
2.3.1.1 การจัดการขยะมูลฝอย (Solid waste disposal: SWD) เกิดจากกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารภายใต้สภาวะไร้อากาศ (Anaerobic condition) ในหลุมฝังกลบ (Landfill site) และกองขยะเทกอง (Open dump site) การย่อยสลายอินทรีย์สารทำให้เกิดก๊าซชีวภาพจากหลุมขยะที่มีก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 40-60 แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในส่วนนี้ถือเป็น Biogenic carbon dioxide ที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ที่มาจากชีวมวล เช่น เศษไม้ ซังข้าวโพด กาบมะพร้าว โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในส่วนนี้จะไม่นำมาคิดรวมในภาคการจัดการของเสียแต่จะคิดรวมในภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (AFOLU)

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยตามคู่มือ 2006 IPCC แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ตามลักษณะการจัดการ ได้แก่

(1) Managed waste disposal sites หมายถึง แหล่งจัดการมูลฝอยที่มีการควบคุมอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล ยกตัวอย่างเช่น มีวัสดุปิดทับ (Cover material) มีการบดอัดโดยเครื่องมือกล (Mechanical compaction) และมีการปรับระดับกองของเสีย (Levelling of the waste) เป็นต้น

(2) Unmanage waste disposal sites หมายถึง แหล่งกำจัดมูลฝอยที่ไม่มีการควบคุมอย่างถูกต้อง เช่น การเทกองแบบควบคุม (Controlled dump) และการเทกอง (Open dump)

(3) Uncategorised waste disposal sites หมายถึง แหล่งกำจัดขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถจำแนกได้ตามลักษณะการจัดการในข้อ 1 และ 2



รูปที่ 2-13 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคการจัดการของเสีย
ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2556

2.3.1.2 การบำบัดของเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ (Biological treatment of solid waste) เป็นวิธีการที่ช่วยลดปริมาณของเสีย และช่วยทำให้ของเสียมีความเสถียรก่อนนำไปกำจัดในขั้นสุดท้าย ซึ่งวิธีนี้สามารถช่วยลดอินทรีย์สารในของเสียก่อนนำไปกำจัดยังสถานที่ฝังกลบโดยตรง การบำบัดของเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ตามคู่มือ 2006 IPCC แบ่งการบำบัดของเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

(1) การหมักทำปุ๋ย (Composting) เป็นการนำขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหาร ใบไม้ และกากตะกอน มาย่อยสลายด้วยกระบวนการทางเคมีหรือชีวภาพ ซึ่งการหมักทำปุ๋ยก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทนประมาณร้อยละ 1-3 ของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในของเสียและก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ประมาณร้อยละ 0.5-5 ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในของเสีย

(2) การบำบัดด้วยเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) เป็นกระบวนการย่อยสลายขยะอินทรีย์ด้วยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศ ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลระหว่างกระบวนการบำบัดมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0-10 ของปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นทั้งหมด ส่วนก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการบำบัดด้วยวิธีนี้จะถือว่าเกิดขึ้นในระดับที่ไม่มีนัยสำคัญ (Non-significant) แต่ในกรณีที่มีการนำก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไปผลิตเป็นพลังงานความร้อนหรือไฟฟ้า ปริมาณก๊าซมีเทนในส่วนนี้จะคิดรวมในส่วนของภาคพลังงาน

(3) การบำบัดขยะมูลฝอยโดยระบบเชิงกล-ชีวภาพ (Mechanical and biological waste treatment: MBT) เป็นเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน โดยเป็นการย่อยสลายอินทรียวัตถุในขยะมูลฝอยให้ได้มากที่สุด ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมร่วมกับการพลิกกลับกองขยะด้วยเทคนิคเชิงกล

2.3.1.3 การเผาขยะโดยใช้เตาเผา และการเผาขยะในที่โล่ง (Incineration and open burning of waste) การเผาขยะในเตาเผาก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ แต่ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนไม่มีนัยสำคัญ เนื่องจากข้อจำกัดของปัจจัยการเผา เช่น การเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง และใช้ระยะเวลาในการเผานาน (Long residence times) ข้อกำหนดในการพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนนี้ คือ หากมีการนำพลังงานที่มีอยู่ในขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Energy recovery) เช่น ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า หรือใช้สำหรับผลิตพลังงานความร้อน ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกรณีนี้จะนำไปคิดรวมในภาคพลังงาน การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะพิจารณาเฉพาะสัดส่วนคาร์บอนในขยะที่มาจากฟอสซิลเท่านั้น เช่น พลาสติก ใยผ้า ยาง น้ำมันหล่อลื่น โดยไม่นำสัดส่วนคาร์บอนอินทรีย์ (Organic carbon) ในขยะที่มาจากชีว-มวล เช่น กระดาษ อาหาร ไม้ มาใช้ในการคำนวณ

กิจกรรมการจัดการของเสียในแต่ละแหล่ง ดังแสดงในตารางที่ 2-9 จะพบว่า ภาคการจัดการของเสียปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

ตารางที่ 2-9 ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากภาคการจัดการของเสีย

Emission source	Emission		
4A Solid Waste Disposal	CH_4	CO_2	N_2O
4A1 Managed Waste Disposal Sites	√		
4A2 Unmanaged Waste Disposal Sites	√		
4A3 Uncategorised Waste Disposal Sites	√		
4B Biological Treatment of Solid Waste	√		√
Composting and Anaerobic Digestion			
4C Incineration and Open Burning of Waste	√	√	√
4C1 Waste Incineration	√	√	√
4C2 Open Burning of Waste			
4D Wastewater Treatment and Discharge	√		

Emission source	Emission		
4D1 Domestic Wastewater Treatment and Discharge 4D2 Industrial Wastewater Treatment and Discharge	√		

ที่มา : องค์การบริหารจัดการกาซเรือนกระจก, 2556

2.3.2 ผลกระทบของมูลฝอยที่มีต่อสิ่งแวดล้อม (The effect of solid waste to the environment)

มูลฝอยมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราการเติบโตของประชากร ถ้ามีการจัดการมูลฝอยไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดความสกปรกและส่งผลกระทบต่อดิน น้ำ และอากาศ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มนุษย์ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆทั้งทางตรงและทางอ้อม

2.3.2.1 ผลกระทบต่อดิน (Soil pollution)

การวางกองมูลฝอยทิ้งไว้บนดินสามารถส่งผลให้ดินมีสภาพเป็นเกลือ ด่าง หรือกรดอีกทั้งสารพิษจากมูลฝอยอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในดิน ตลอดจนอาจส่งผลให้สมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนไป เช่น โซเดียมทำให้เนื้อดินแตกร่วน นอกจากนี้ในมูลฝอยอาจมีโลหะหนักปะปนอยู่ เช่น ปรอท แคดเมียม ตะกั่ว ซึ่งหากมีการปนเปื้อนลงสู่ดินอาจมีการแพร่กระจายสู่มนุษย์และก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้

2.3.2.2 ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ (Water pollution)

- มูลฝอยที่ตกลงสู่แหล่งน้ำ ลำคลอง หรือท่อระบายน้ำ อาจลงไปสะสมและก่อให้เกิดแหล่งน้ำตื้นเขินได้ ซึ่งทำให้การไหลของน้ำไม่สะดวกและอาจก่อให้เกิดน้ำระบายไม่ทันเวลาฝนตกหนัก อาจก่อให้เกิดน้ำท่วมขังได้

- ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ เช่น น้ำเน่า น้ำเป็นพิษ น้ำมีเชื้อโรคเจือปน น้ำมีคราบน้ำมัน คุณภาพไม่เหมาะกับการนำมาอุปโภคและบริโภค ต้องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนใช้งานซึ่งมีวิธีการที่ซับซ้อนและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ซึ่งน้ำเสียที่มาจากกองมูลฝอยจะมีความสกปรกสูง ซึ่งมีทั้งสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ เชื้อโรค สารพิษต่างๆ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์และพืชน้ำ แต่ถ้าไหลไปตามพื้นดินก็จะทำให้ดินบริเวณนั้นมีความสกปรก สมบัติของดินเปลี่ยนไปมีลักษณะเป็นกรดหรือด่าง

2.3.2.3 ผลกระทบต่ออากาศ (Air pollution)

มูลฝอยที่มีการจัดการไม่ดี เช่น การวางกองทิ้งไว้ในที่เปิดไม่มีการฝังกลบ หรือการเก็บขนที่ไม่มีการปกปิดอย่างมิดชิด ซึ่งถ้าเป็นมูลฝอยที่สามารถย่อยสลายได้อาจเกิดการหมักและปลดปล่อยก๊าซชีวภาพ เช่น ก๊าซไข่เน่า ทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ที่สร้างความรำคาญให้กับประชาชนแถวนั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ได้ นอกจากนี้การเผามูลฝอยจะมีการปลดปล่อยควันหรือขี้เถ้าออกสู่บรรยากาศ ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

2.3.2.4 ปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas emission)

ก๊าซเรือนกระจกเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนและสภาพอากาศแปรปรวน ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคส่วนของการจัดการของเสียในปี พ.ศ.2543 พบว่ามีการปล่อยอยู่ที่ 9.32 เทระกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือคิดเป็นร้อยละ 4.10 ของปริมาณทั้งหมดในประเทศไทย โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคส่วนของเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการบำบัดแบบไร้อากาศเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่ากระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนในหลุมฝังกลบและกองมูลฝอยแบบเทกอง (Open dump site) ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซชีวภาพออกมา ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกประเภทหนึ่ง แต่สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จัดเป็น Biogenic carbon dioxide ที่เกิดจากการย่อยสลายพวกชีวมวล เช่น เศษไม้ ซังข้าวโพด กากมะพร้าว เป็นต้น ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่นำมาคิดรวมในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคส่วนของการจัดการของเสีย (บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553)

2.3.2.5 ผลกระทบต่อทัศนียภาพ (Visual pollution)

การทิ้งมูลฝอยที่ไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย นอกจากก่อให้เกิดความสกปรกแล้ว ยังก่อให้เกิดความน่ารังเกียจ ไม่น่ามองของผู้พบเห็นได้ ซึ่งสาเหตุของปัญหาดังกล่าวมาจากการขาดความรับผิดชอบหรือจิตสำนึกที่ดีในการทิ้งมูลฝอยของประชาชน หรืออาจเพราะภาชนะที่รองรับมูลฝอยมีปริมาณไม่เพียงพอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.2.6 แหล่งเพาะพันธุ์และแพร่กระจายของเชื้อโรค (Breeding places)

มูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาลหรือมูลฝอยเปียกที่มีจุลินทรีย์ย่อยสลายอยู่ในกอง ถ้ามีมนุษย์ แมลง หรือสัตว์ไปคุ้ยเขี่ยจะก่อให้เกิดการติดเชื้อ หรือเป็นแหล่งแพร่กระจายของเชื้อโรคได้ โรคที่เกิดขึ้น เช่น โรคอหิวาตกโรค ไทฟอยด์ บิด เป็นต้น

2.3.2.7 ก่อให้เกิดความรำคาญ (Nuisance)

กลิ่นเหม็นจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทัศนียภาพที่ไม่สวยงาม ก่อให้เกิดความรำคาญใจแก่ผู้พบเห็น นอกจากนี้การกำจัดมูลฝอยโดยการเผาอาจก่อให้เกิดควันรบกวนผู้อื่นได้ (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

2.4 การนำมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ (Solid waste recycle)

กว่า 2 ศตวรรษที่มนุษย์มีการใช้ทรัพยากรอย่างฟุ่มเฟือย ทรัพยากรถูกใช้ไปอย่างไม่รู้คุณค่า เช่น ป่าไม้ แร่ธาตุ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่จัดเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป ผลจากการใช้ทรัพยากรแบบฟุ่มเฟือย คือ ปัญหาการจัดการมูลฝอยที่เกิดตามมาหลังการใช้งานทรัพยากรเหล่านั้น ซึ่งเป็นประเด็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ แต่เมื่อพิจารณามูลฝอยที่เกิดขึ้น พบว่ามีมูลฝอยบางส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ดังนั้นการหาแนวทางในการนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจ ซึ่งนอกจากจะช่วยลดปริมาณมูลฝอยที่ต้องกำจัดแล้ว ยังเป็นการช่วยประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ และช่วยรักษาสภาพแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

ณ ที่ประชุมสหประชาชาติว่าด้วยการพัฒนาอย่างยั่งยืน (United Nations Conference on Sustainable Development; UNCED) หรือการประชุม Rio+20 ที่นครรีโอเดจาเนโร ประเทศบราซิล เมื่อปี พ.ศ.2555 ในหัวข้อสารเคมีและของเสีย (Chemical and waste) ได้มีการระบุถึงความเป็นไปได้ของการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและการจัดการของเสียที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้หลักการ 3Rs โดยเรียกร้องให้มีการนำไปพัฒนาใช้ทั้งในระดับชาติและระดับท้องถิ่น นอกจากนี้ในหัวข้อเมืองและการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ (Sustainable cities and human settlements) มีการระบุว่า ควรสนับสนุนการจัดการของเสียที่ยั่งยืนที่ผ่านการประยุกต์ใช้ 3Rs (การลด การใช้ซ้ำ และการรีไซเคิล) อีกด้วย

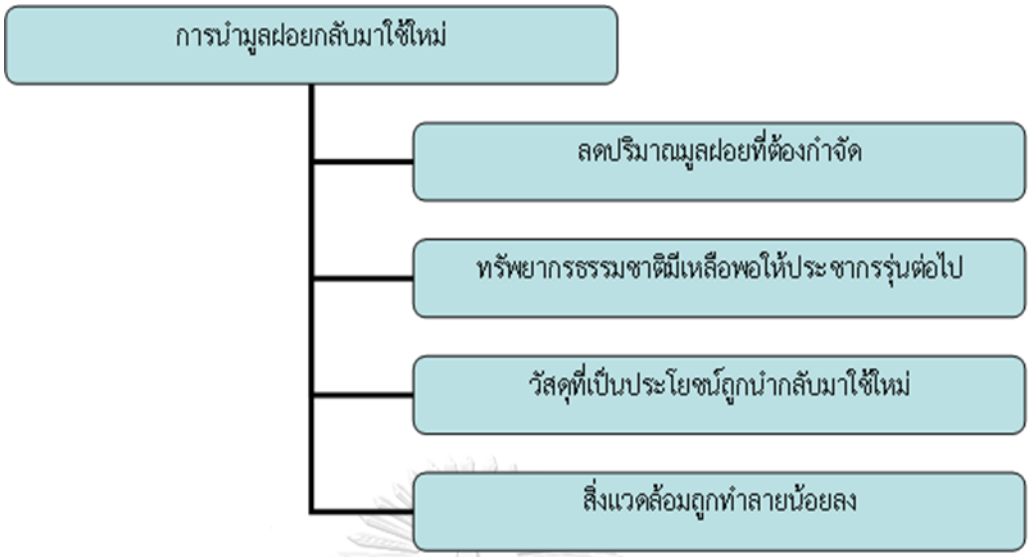
2.4.1 ความสำคัญของการนำมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ (Importance of recycling)

การนำมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่มีความจำเป็นและมีประโยชน์กับสังคมในปัจจุบันเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในสภาวะที่ทรัพยากรธรรมชาติเหลือน้อย ไม่เพียงพอกับความต้องการของมนุษย์ โดยการรีไซเคิลมูลฝอยก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมหลายด้าน ดังนี้

- สามารถลดปริมาณมูลฝอยที่ต้องกำจัดหรือเก็บขน โดยสามารถลดได้ทั้งปริมาณและปริมาตรที่เป็นภาระหน้าที่ต้องรับผิดชอบขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการเก็บขนและขนส่งไปกำจัด
- เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าจากวัสดุเหลือใช้ต่างๆ
- เป็นการช่วยรักษาสภาพแวดล้อมและช่วยให้ทรัพยากรธรรมชาติหมดช้าลง
- ลดปริมาณของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมที่เป็นภาระของสภาพแวดล้อมและส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์เอง

ข้อดีของการนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ พอสรุปถึงความสำคัญของการนำมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ หรือการฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและการใช้อย่างคุ้มค่า ดังรูปที่ 2-14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2-14 ความสำคัญของการนำมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่
ที่มา : ธเรศ ศรีสถิตย์, 2557

2.4.2 แนวทางการนำมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ (Recycling guideline)

การนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

2.4.2.1 การนำวัสดุที่ได้จากมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ (Material recovery) กล่าวคือ เป็นการนำมูลฝอยที่สามารถคัดแยกได้ เช่น พลาสติก กระดาษ ไม้ โลหะ หรือเศษอาหารต่างๆกลับมาใช้ใหม่ โดยอาจผ่านกระบวนการแปรรูปหรือไม่ผ่านก็ได้ เช่น

- ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป เช่น นำขวดแก้วที่ล้างทำความสะอาดแล้วกลับมาใช้ใหม่
- ผ่านกระบวนการแปรรูป เช่น การนำเศษอาหารมาฆ่าเชื้อโรค และเพิ่มสารอาหารก่อนนำมาทำเป็นอาหารสัตว์อัดเม็ด

2.4.2.2 การแปรรูปเพื่อหาพลังงาน (Energy recovery หรือ Waste to energy) เช่น การนำมูลฝอยที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนหรือเปลี่ยนเป็นรูปก๊าซชีวภาพ เช่น การเผามูลฝอยเพื่อให้เกิดความร้อนนำมาใช้ผลิตไฟฟ้า หรือการตัดมูลฝอยให้เป็นชิ้นเล็กๆแล้วอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม หรือการหมักมูลฝอยอินทรีย์แล้วเกิดก๊าซชีวภาพโดยเฉพาะก๊าซมีเทน (CH_4) หรือนำพลาสติกเก่ามาหลอมเป็นแท่งเชื้อเพลิงใช้ในอุตสาหกรรม

2.4.2.3 การนำมูลฝอยไปปรับสภาพให้มีประโยชน์ต่อการบำรุงรักษาดิน หรือการถมที่ลุ่มต่างๆ (Composting and land reclamation) ได้แก่ การทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอย ซึ่งแม้ว่าคุณภาพจะไม่สามารถเทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี แต่เป็นสารที่สามารถช่วยปรับปรุงดินได้ ซึ่งปุ๋ยหมักที่ได้มัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มีสารอาหารไม่ครบตามที่เกษตรกรต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีการเติมสารอาหารเพิ่มเข้าไป หรือในบางครั้งมีการนำมูลฝอยไปถมที่ ซึ่งจัดเป็นการนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ได้ (ธเรศ ศรีสถิตย์, 2557)

2.4.3 การคัดแยกมูลฝอย (Solid waste separation)

การคัดแยกมูลฝอยอย่างถูกวิธี ณ แหล่งกำเนิด เช่น หมู่บ้าน บริษัท ห้างร้าน แฟลต คอนโด อพาร์ทเม้นท์ เป็นต้น เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สามารถช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีสาเหตุจากมูลฝอยชุมชนได้ เนื่องจากการคัดแยกที่ดีจะช่วยส่งเสริมให้การนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแนะนำให้มีการคัดแยกมูลฝอยออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยที่ย่อยสลายได้ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยทั่วไป และมูลฝอยอันตราย

2.4.3.1 มูลฝอยที่ย่อยสลายได้ คือ มูลฝอยที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็ว โดยทั่วไปมูลฝอยประเภทนี้จะมีประมาณร้อยละ 50 ของมูลฝอยทั้งหมด ซึ่งสามารถนำมาหมักทำปุ๋ยได้ เช่น เศษผัก ผลไม้ เศษอาหาร เศษเนื้อสัตว์ ใบไม้กิ่งไม้ เป็นต้น แต่ไม่รวมซากของพืชและสัตว์ที่มาจากห้องปฏิบัติการ โดยถังที่มารองรับมูลฝอยประเภทนี้เป็นถังสีเขียว ดังรูปที่ 3-14

2.4.3.2 มูลฝอยรีไซเคิล คือ ของเสียบรรจุภัณฑ์ หรือวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น แก้ว กระดาษ ขวดพลาสติก เศษโลหะ ยางรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งมูลฝอยประเภทนี้มีประมาณร้อยละ 30 ของมูลฝอยทั้งหมด โดยถังที่รองรับมูลฝอยประเภทนี้เป็นถังสีเหลือง ดังรูปที่ 3-14

2.4.3.3. มูลฝอยทั่วไป คือ มูลฝอยประเภทอื่นที่นอกเหนือไปจากมูลฝอยที่ย่อยสลายได้ มูลฝอยรีไซเคิล และมูลฝอยอันตราย ซึ่งมีลักษณะที่ย่อยสลายยากไม่คุ้มค่ากับการนำมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยส่วนใหญ่มูลฝอยประเภทนี้มีประมาณร้อยละ 17 ของมูลฝอยทั้งหมด ซึ่งตัวอย่างมูลฝอยประเภทนี้ ได้แก่ ซองบะหมี่สำเร็จรูป เปลือกลูกอม ถุงขนม ถุงพลาสติกเปื้อนอาหาร เป็นต้น โดยถังที่รองรับมูลฝอยประเภทนี้จะเป็นถังสีน้ำเงิน ดังรูปที่ 3-14

2.4.3.4 มูลฝอยอันตราย คือ มูลฝอยที่ปนเปื้อนหรือมีพิษ ที่ต้องเก็บรวบรวมอย่างถูกวิธี โดยทั่วไปมูลฝอยประเภทนี้มีประมาณร้อยละ 3 ของมูลฝอยทั้งหมด ตัวอย่างมูลฝอยประเภทนี้ ได้แก่ หลอดไฟ กระป๋องยาฆ่าแมลง ยาหมดอายุ ถ่านไฟฉาย เป็นต้น โดยถังที่รองรับมูลฝอยประเภทนี้จะเป็นถังสีแดง ดังรูปที่ 2-15 (สำนักสิ่งแวดล้อม, 2555)

รูปที่ 2-15 ถังรองรับมูลฝอยแต่ละประเภท

ที่มา : สำนักสิ่งแวดล้อม, 2555

2.4.4 ตัวอย่างการนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ (The example of solid waste recovery)

2.4.4.1 การรีไซเคิลมูลฝอย (Solid waste recycling)

โดยทั่วไปมูลฝอยที่นำกลับมารีไซเคิลซึ่งไม่รวมมูลฝอยประเภทเศษอาหาร และสารอินทรีย์จะมีอยู่ 5 ประเภท ได้แก่ แก้ว กระดาษ พลาสติก โฟม และโลหะ/อโลหะ เนื่องจากเป็นมูลฝอยจำพวกที่สามารถรีไซเคิลได้ง่าย มีตลาดรองรับ และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของมูลฝอยทั้งหมด โดยเฉพาะกระดาษและพลาสติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. แก้ว

แก้วเป็นวัสดุที่มีผิวเรียบ แข็ง แต่เปราะบางแตกร้าวง่าย แก้วเกิดจากการนำวัตถุดิบประเภทโซดาแอช หินปูน หินฟันม้าหรือแร่เฟลสปาร์มาเข้าสู่กระบวนการหลอมละลาย โดยสามารถหลอมให้เป็นรูปร่างและสีสันต่างกัน ซึ่งนิยมนำแก้วมาเป็นภาชนะใส่ของต่างๆ เพราะแก้วไม่ทำปฏิกิริยากับสารใดๆ จึงปลอดภัยต่อมนุษย์เมื่อนำมาใช้งาน แก้วเป็นมูลฝอยที่ไม่ย่อยสลายแต่สามารถนำไปรีไซเคิลใหม่ได้

การรีไซเคิลขวดแก้วแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ขวดแก้วดีและขวดแก้วแตก ซึ่งแต่ละประเภทจะมีวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ต่างกันดังนี้

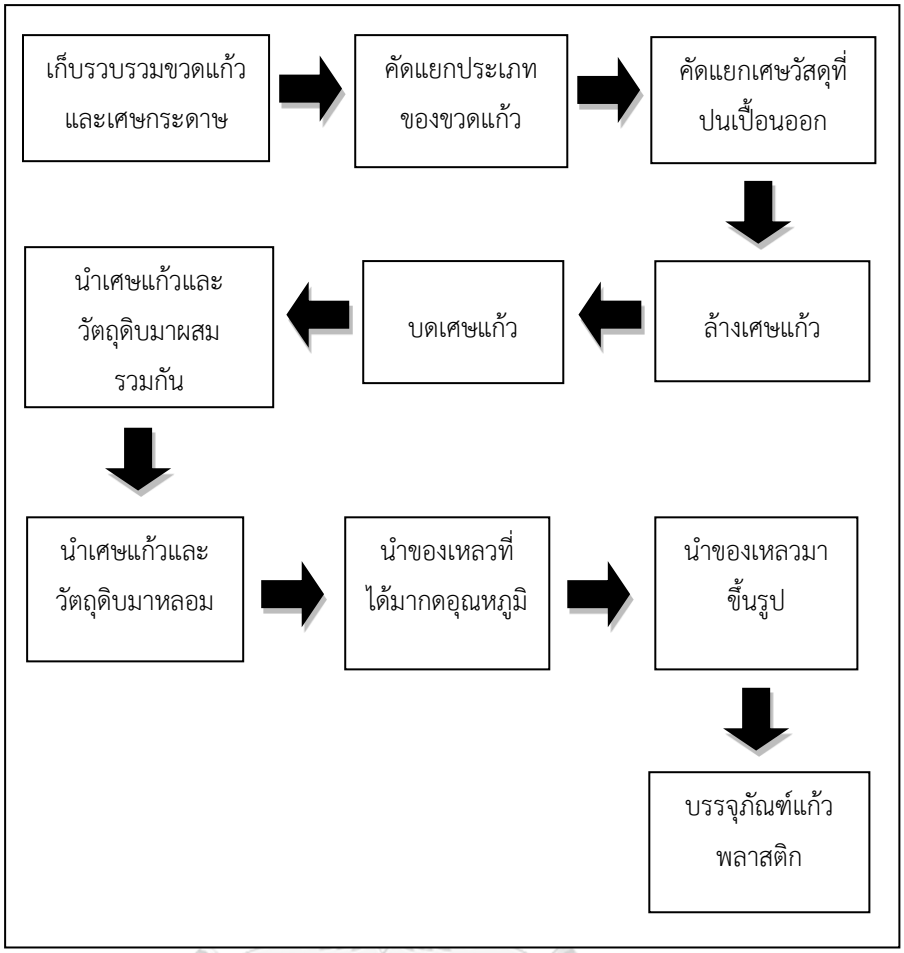
- ขวดแก้วดี นิยมคัดแยกตามชนิด สี และประเภทที่บรรจุสินค้า ถ้าขวดแก้วอยู่ในสภาพสมบูรณ์ไม่บิ่นจะสามารถนำกลับเข้าโรงงานเพื่อนำไปล้างทำความสะอาดและนำกลับมาใช้ใหม่ที่เรียกว่ากระบวนการใช้ซ้ำ (Reuse) ซึ่งแก้วบางชนิดใช้แล้วสามารถนำมาล้างทำความสะอาด ฆ่าเชื้อโรค แล้วหมุนเวียนกลับมาใช้ซ้ำใหม่ได้ถึง 30 ครั้ง โดยผู้ผลิตสินค้าประเภทเดิม
- ขวดแก้วแตก เป็นขวดแก้วที่มีลักษณะบิ่น ชำรุด แตกหัก เสียหาย โดยจะถูกนำมาคัดแยกตามประเภทสีต่างๆ ได้แก่ ขวดแก้วใส ขวดแก้วสีชา และขวดแก้วสีเขียว จากนั้นนำขวดแก้วมาผ่านกระบวนการรีไซเคิล โดยบดให้ละเอียด ใส่น้ำยากัดสีเพื่อกัดสีที่ติดมากับขวด ล้างให้สะอาด แล้วนำส่งโรงงานผลิตขวดแก้วเพื่อนำกลับมาหลอมใหม่ โดยใช้เศษแก้วเก่าในอัตราส่วนร้อยละ 30-40 ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิต

การรีไซเคิลแก้วนอกจากจะเป็นการนำทรัพยากรกลับมาใช้อย่างคุ้มค่าแล้ว ยังสามารถช่วยลดการใช้พลังงานความร้อนได้ดีกว่าการผลิตแก้วจากวัสดุธรรมชาติใหม่อีกด้วย โดยคุณภาพแก้วหลังรีไซเคิลยังมีความคงทนต่อการกระแทกและใช้งานได้ดีเหมือนก่อนรีไซเคิล ซึ่งกระบวนการรี-ไซเคิลเป็นดังรูปที่ 2-16

2. กระดาษ

เนื่องจากกระดาษผลิตจากเยื่อไม้ธรรมชาติจึงส่งผลให้สามารถย่อยสลายได้ง่าย โดยปกติกระดาษจะใช้เวลาย่อยสลาย 2-5 เดือน ตามธรรมชาติ แต่ถ้าถูกทับถมในกองมูลฝอยที่แห้ง ไม่มีแสงแดด ความชื้นและอากาศสำหรับจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย อาจต้องใช้เวลาถึง 50 ปี ในการย่อยสลาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



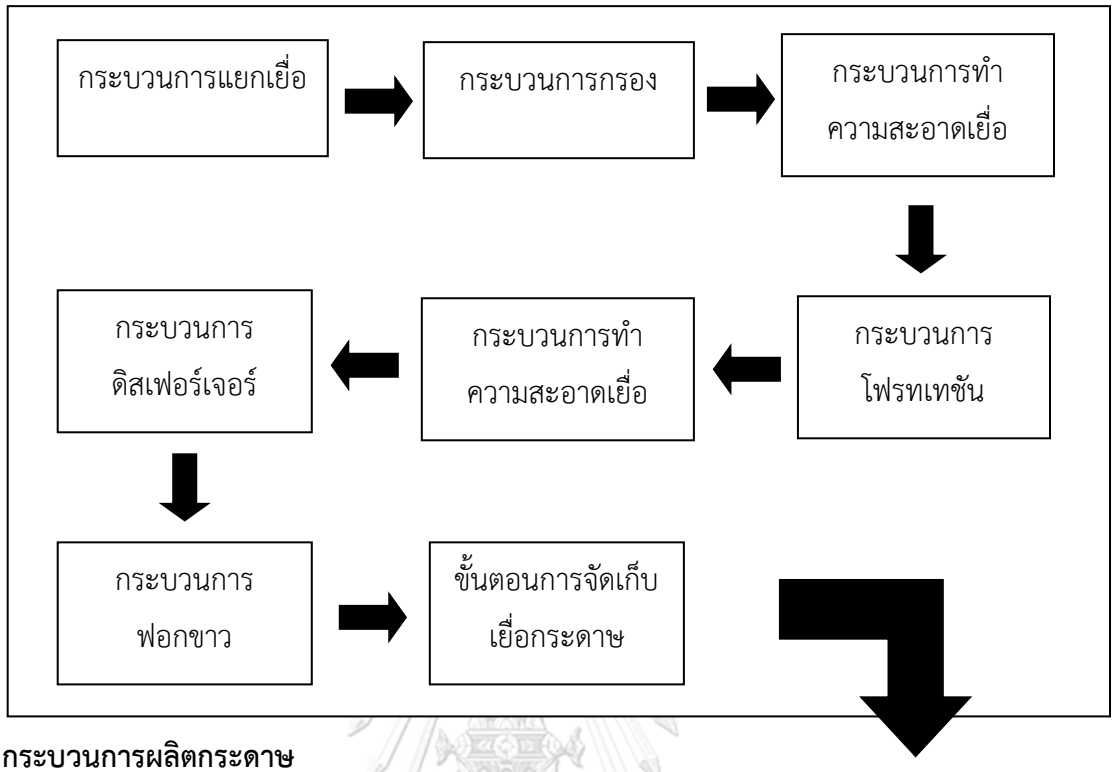
รูปที่ 2-16 กระบวนการรีไซเคิลแก้ว

ที่มา : จินต์ พันธุ์ชัยโย, 2552

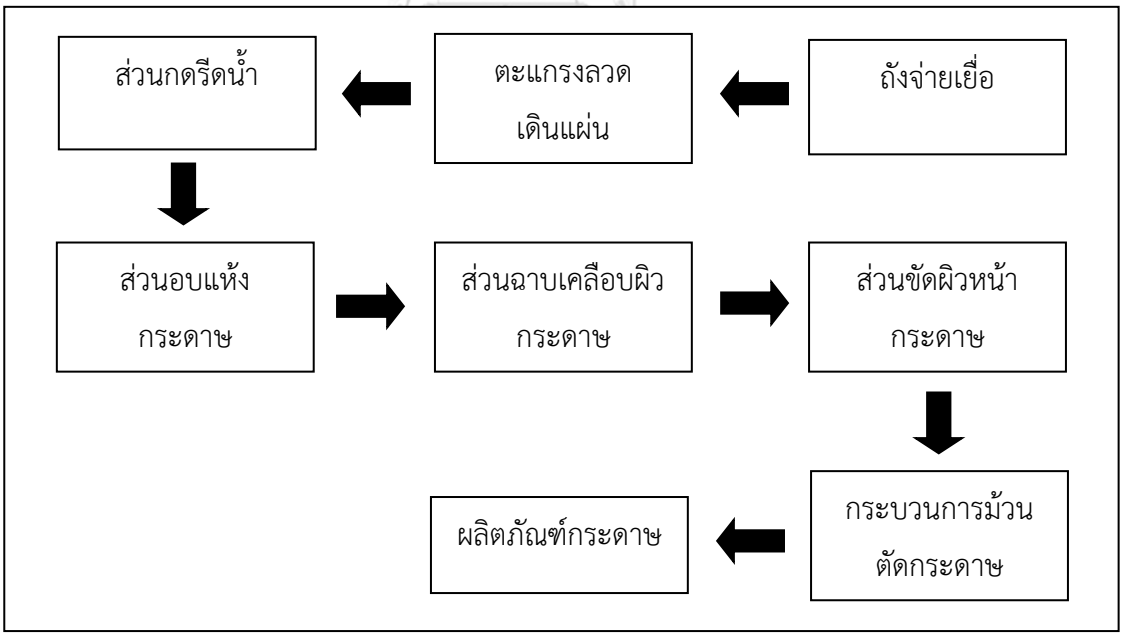
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สำหรับการรีไซเคิลกระดาษนั้น อันดับแรกต้องเริ่มจากการย่อยกระดาษให้ชิ้นเล็กลง ต่อมานำไปตียุ่ยในเครื่องต้มแล้วนำไปเข้าเครื่องกรองเพื่อแยกสิ่งเจือปนออก จากนั้นนำเยื่อกระดาษใหม่มาผสมเพิ่มเข้าไปแล้วจึงผ่านเข้าเครื่องทำแผ่นกระดาษรีดออกมาเป็นม้วนกระดาษ ซึ่งการรีไซเคิลกระดาษต่างจากการรีไซเคิลแก้ว เนื่องจากเยื่อไฟเบอร์ในเนื้อกระดาษจะลดลงทุกขั้นตอนของกระบวนการรีไซเคิล ดังนั้นกระดาษที่ผลิตมาใหม่จากกระบวนการรีไซเคิลจะมีคุณภาพต่ำลง ซึ่งผลิตภัณฑ์กระดาษรีไซเคิลจะนำมาผลิตเป็นกล่องบรรจุสินค้า ฝ้าเพดาน ฉนวนกันความร้อน เป็นต้น การผลิตกระดาษรีไซเคิลประกอบด้วย 2 กระบวนการใหญ่ๆ คือ การเตรียมเยื่อกระดาษจากกระดาษใช้แล้ว (Recycle fiber process) และการผลิตกระดาษ (Paper mill) ดังรูปที่ 2-17

กระบวนการเตรียมเยื่อกระดาษ



กระบวนการผลิตกระดาษ



รูปที่ 2-17 กระบวนการรีไซเคิลกระดาษ

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2542

(3) พลาสติก

พลาสติกเป็นสารสังเคราะห์โมเลกุลใหญ่ที่ผลิตจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ซึ่งพลาสติกสามารถหลอมละลายเปลี่ยนรูปได้โดยใช้แรงดันและความร้อน โดยพลาสติกเมื่อตกค้างในสิ่งแวดล้อมจะเป็นปัญหาอย่างมากและใช้ระยะเวลานานในการย่อย-สลาย ดังนั้นวิธีการจัดการพลาสติกที่เหมาะสม คือ ใช้การรีไซเคิล โดยพลาสติกสามารถจำแนกได้เป็น 7 ประเภท ดังตารางที่ 2-10

วิธีการแยกพลาสติกถือว่าเป็นกระบวนการสำคัญของการรีไซเคิล เนื่องจากว่าพลาสติกแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น โพลีโพไพลีนติดไฟง่าย พีวีซีติดไฟยากและบางชนิดไม่สามารถหลอมรวมกันได้ นอกจากนี้พลาสติกแต่ละประเภทยังมีราคาในการรับซื้อแตกต่างกันด้วย ซึ่งในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกนั้นจะต้องมีการแยกประเภท แยกสี จากนั้นนำเข้าเครื่องโม่เพื่อบดย่อยเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำเข้าเครื่องล้างซึ่งจะใส่ผงล้างและโซดาไฟ ทำให้แห้งด้วยการอบความร้อนหรือผึ่งลมให้แห้งสนิท จากนั้นจึงทำการหลอมละลายแล้วขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกต่างๆต่อไป สำหรับกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกจากพลาสติกเก่าที่ใช้งานแล้วเป็นดังรูปที่ 2-18

(4) โฟม

โฟมผลิตจากเม็ดพลาสติกพอลียูรีเทนหรือยางพารา ดังนั้นจึงจัดว่าโฟมเป็นพลาสติกประเภทหนึ่งซึ่งผ่านกระบวนการที่ใช้สารขยายตัว (Blowing agent) เช่น บิวเทน หรือเพนเทน จึงทำให้พลาสติกกลายเป็นโฟมได้ ตัวอย่างของการใช้โฟมเป็นบรรจุภัณฑ์ เช่น กล่องโฟมบรรจุอาหาร โฟมกันกระแทกต่างๆ เป็นต้น

โฟมเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ จึงสามารถพบเห็นบรรจุภัณฑ์ประเภทโฟมถูกทิ้งตามกองมูลฝอยต่างๆเสมอ นอกจากนี้การทำลายโฟมยังก่อให้เกิดมลพิษในหลายๆด้าน จึงมีความพยายามในการนำโฟมกลับมาใช้ใหม่ในหลายรูปแบบ เช่น การย่อยเป็นโพลีเมอร์อีกครั้งในรูปของกาว หรือการบดให้มีขนาดเล็กลงแล้วนำเข้าสู่กระบวนการหลอมเพื่อขึ้นรูปเป็นเม็ดพลาสติกใหม่

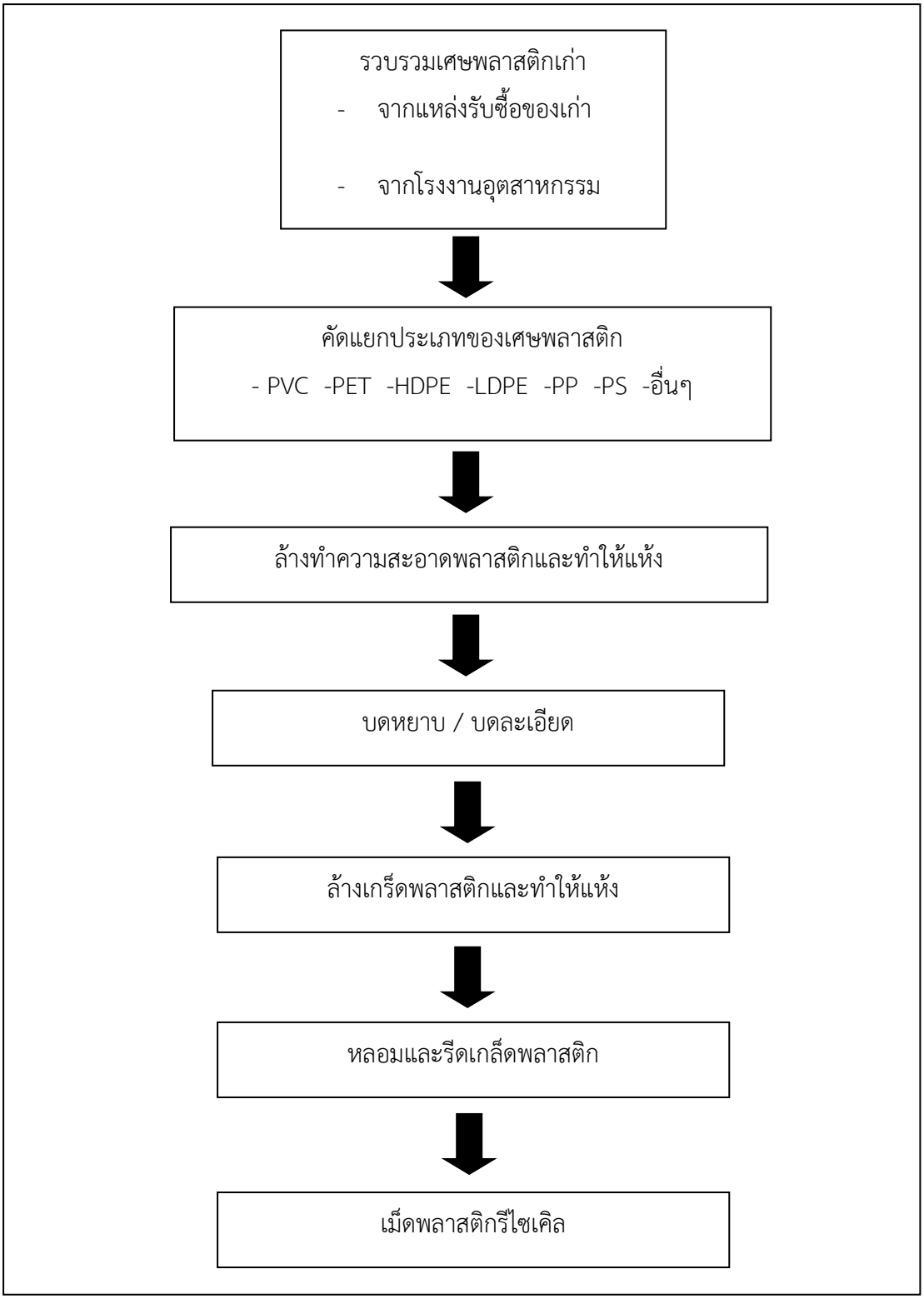
การผลิตกาวจากโฟมเป็นตัวอย่างของการนำโฟมกลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งกาวโฟมเป็นกาวที่สังเคราะห์จากสารเคมีระหว่างโฟมกับน้ำมันเบนซิน (ซูเปอร์) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ เมทิลีน-คลอไรด์ คลอโรฟอร์ม และอีเทอร์ โดยนำโฟมมาละลายในตัวทำละลายแล้วกวนบ่อยๆ โฟมจะค่อยๆ ละลายเป็นของเหลว ซึ่งสามารถใช้ในการเชื่อมวัสดุต่างๆเข้าด้วยกันแล้วกาวจะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวกลายเป็นของแข็ง สามารถรับแรงดึงได้ทำให้วัสดุทั้งสองชิ้นติดกัน วัสดุที่ใช้กาวโฟมเชื่อมต่อ เช่น พลาสติกที่แตกร้าว กระดาษ หนัง ไม้ ผ้า และกระเบื้อง สำหรับการเก็บกาวโฟมต้องเก็บไว้ในภาชนะที่ทำด้วยโลหะหรือขวดแก้วที่มีฝาปิดที่ไม่ได้ทำด้วยพลาสติก

ตารางที่ 2-10 การจำแนกประเภทของพลาสติก

รหัส	เรซิน	การใช้ประโยชน์	ผลิตภัณฑ์รีไซเคิล
	โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terephthalate)	ภาชนะสำหรับใส่เครื่องดื่ม ใส่อาหารร้อน	ผลิตเส้นในโพลิเอสเตอร์ เช่น เสื้อกันหนาว พรม
	โพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (high density polyethylene)	ขวดใส่นม ขวดแชมพู ขวดน้ำยาซักผ้า	เฟอร์นิเจอร์ เช่น ศาลา ม้านั่ง
	ไวนิล (vinyl) หรือโพลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride)	แผ่นฟิล์มถนอมอาหาร ฉนวนหุ้มสายไฟ สายยางใส ท่อน้ำประปา	กรวยจราจร ท่อน้ำประปาสำหรับการเกษตร
	โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene)	ฟิล์มห่ออาหาร ถุงพลาสติก แผ่นฟิล์ม	ถุงดำใส่ขยะ ถังขยะ ตู้จดหมาย
	โพลิโพรพิลีน (polypropylene)	ถุงใส่ของชำ กล่องบรรจุอาหาร ภาชนะห่ออาหาร	กล่องแบตเตอรี่รถยนต์ กันชนรถยนต์
	โพลิสไตรีน (polystyrene)	ช้อน โฟมกันกระแทก ถ้วยไอศครีม	ไม้แขวนเสื้อ ไม้บรรทัด
	อื่นๆ	ภาชนะบรรจุอาหาร เช่น ขวดน้ำมะเขือเทศ ขวดน้ำส้ม น้ำมะนาว	ท่อนไม้พลาสติก ผลิตภัณฑ์พลาสติกอื่นๆ

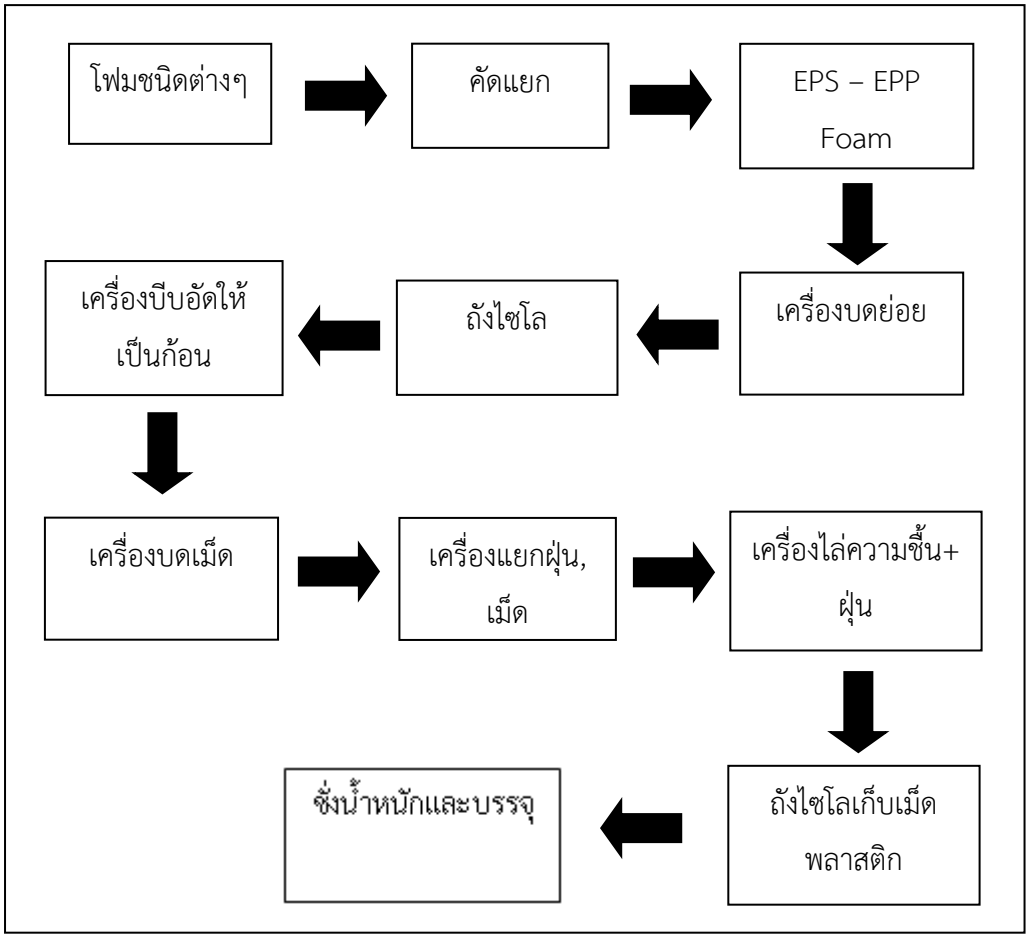
ที่มา : ระบบเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2-18 กระบวนการทำเม็ดพลาสติกจากพลาสติกเก่าที่ใช้งานแล้ว

นอกจากนี้ยังมีกระบวนการหลอมโฟม เริ่มจากการบดโฟมให้มีขนาดเล็กโดยผ่านสกรูความร้อน (Screw extrusion) หรือบดอัดด้วยใบมีดระบบ Agglomeration เพื่อกลายสภาพเป็นพลาสติก PS ซึ่งสามารถนำมาผลิตเป็นสินค้าพลาสติกทั่วไป เช่น ตลับเทปเพลง ม้วนวิดีโอ ไม้บรรทัด เป็นต้น นอกจากนั้นโฟม EPS ยังสามารถนำมาบดให้มีขนาดใกล้เคียงกับเม็ดโฟมใหม่แล้วนำกลับไปใช้ผสมในกระบวนการผลิตซ้ำได้อีก สำหรับกระบวนการรีไซเคิลโฟมเพื่อผลิตเป็นเม็ดพลาสติกเป็นดังรูปที่ 2-19



รูปที่ 2-19 กระบวนการรีไซเคิลโฟม

ที่มา : พรรัตน์ เพชรภักดี และกฤษฎา จันทรเสนา, 2551

(5) โลหะ/อโลหะ

โลหะและอโลหะมีหลายชนิดที่สามารถนำมารีไซเคิลได้ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม ทองแดง ทองเหลือง สแตนเลส ตะกั่ว

สำหรับการรีไซเคิลเหล็กจะนำไปเทลงในเตาหลอมแล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าเพื่อทำการหลอมละลาย ซึ่งขณะที่เหล็กกำลังหลอมละลายจะต้องเทปูนขาว ถ่านโค้ก และเฟอร์โรอัลลอยลงไปเพื่อปรับส่วนผสมของเหล็กให้ได้ตามต้องการ โดยน้ำเหล็กจะถูกเคี่ยวที่อุณหภูมิ 1,650 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงปล่อยลงถังรับน้ำเหล็กและเทลงเบ้ารับน้ำเหล็กเข้าสู่เครื่องหล่อเหล็กแบบต่อเนื่องและลดอุณหภูมิด้วยน้ำ เมื่อน้ำเหล็กเย็นตัวจะได้แท่งเหล็ก จากนั้นจึงนำมาตัดเป็นท่อให้ได้ความยาวที่เหมาะสมก่อนส่งนำเข้าโรงงานทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป ดังรูปที่ 2-20

ข้อจำกัดในการนำมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ (Limitations of recycling)

การนำมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่เป็นแนวคิด แนวทาง ที่ทุกคนต้องปฏิบัติ สำหรับประเทศที่พัฒนาแล้วนั้นจะไม่มีข้อจำกัดมากนัก แต่สำหรับประเทศที่กำลังพัฒนาพบว่ามีข้อจำกัดหลายประการดังต่อไปนี้

- ความรู้และเทคโนโลยีการนำมูลฝอยกลับไปใช้ใหม่
- ปัญหาทางด้านเศรษฐศาสตร์ การเงิน หาเงินลุงทุนไม่ได้ หรือการลงทุนไม่คุ้มค่า
- ปัญหาทางด้านสังคมและองค์กรต่างๆที่ไม่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการ ความไม่พร้อมของประชาชน ตลอดจนไม่มีกฎหมายลงโทษผู้ที่ไม่ให้ความร่วมมือ (ธเรศ ศรีสถิตย์, 2557)

2.4.4.2 เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (Refuse derived fuel; RDF)

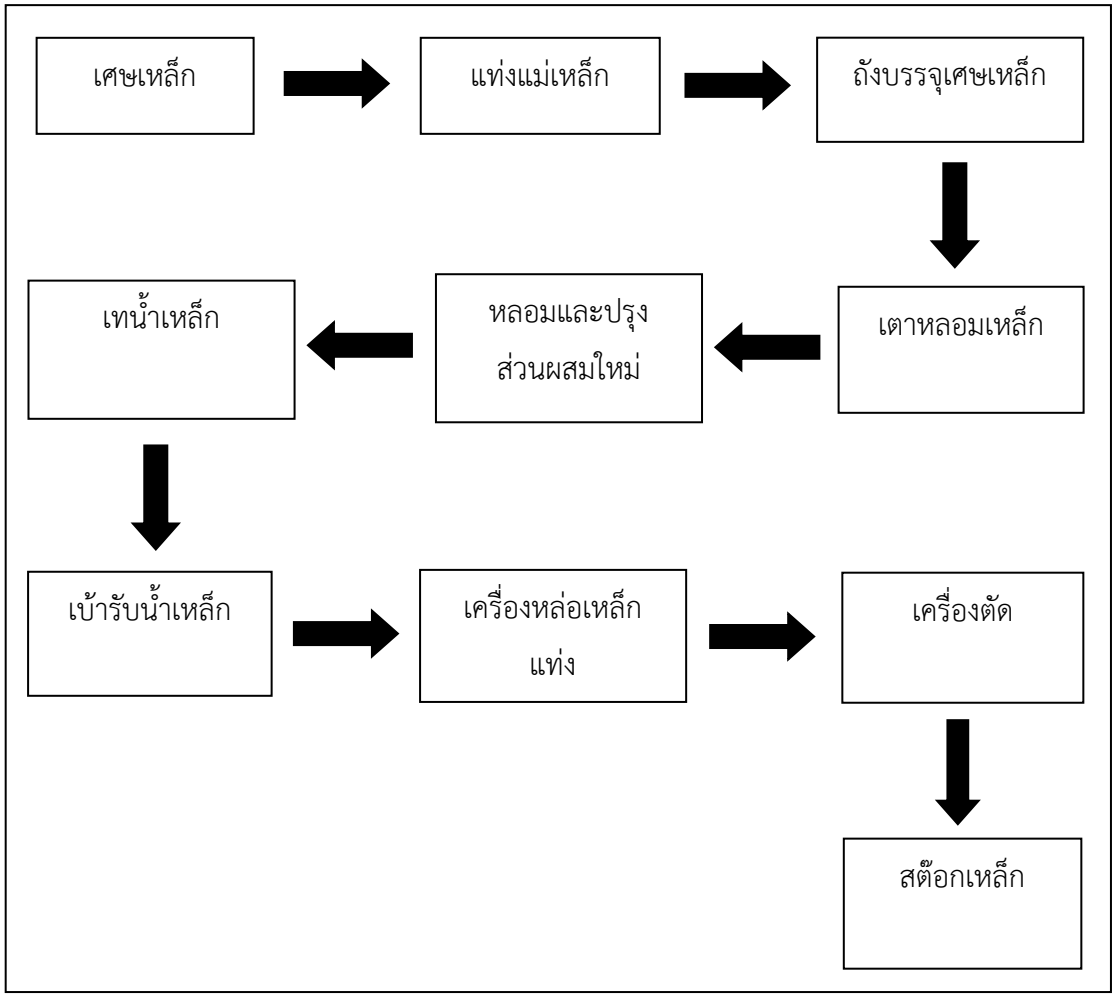
เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งเป็นรูปแบบของการนำมูลฝอยมาใช้เป็นเชื้อเพลิงวิธีหนึ่ง โดยปรับปรุงหรือแปรสภาพมูลฝอยให้เป็นเชื้อเพลิงแข็งที่มีคุณสมบัติในด้านค่าความร้อน (Heating value) ความชื้น ขนาด และความหนาแน่นที่เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับป้อนหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าหรือความร้อนและมีองค์ประกอบทั้งทางเคมีและกายภาพที่สม่ำเสมอ ซึ่งขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงจากมูลฝอยมาเป็นเชื้อเพลิงนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน ขึ้นอยู่กับสภาพของมูลฝอยและคุณภาพของเชื้อเพลิงที่เราต้องการ แต่ขั้นตอนโดยทั่วไปจะประกอบด้วยการคัดแยก ลดขนาด ลดความชื้น เป็นต้น โดยเชื้อเพลิงขยะสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภท ตามมาตรฐาน ASTM E-75 ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการจัดการที่ใช้โดยแสดงสมบัติของเชื้อเพลิงมูลฝอยแต่ละชนิดและระบบการเผาไหม้ดังตารางที่ 2-11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(1) ระบบผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอย RDF

ระบบผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

- Mechanical system ระบบผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยประเภทนี้จะใช้มูลฝอยปริมาณ 5-10 ตัน/วัน และ 10-50 ตัน/วัน มูลฝอยที่นำมาผลิตประกอบด้วยมูลฝอยประเภทที่สามารถเผาไหม้ได้ เช่น กระดาษ ถุงพลาสติก เศษกิ่งไม้ เปลือกผลไม้ ซึ่งได้มีการคัดแยกที่แหล่งกำเนิดมาแล้ว แต่บางครั้งอาจมีมูลฝอยที่ไม่เหมาะสมติดมาด้วย เช่น โลหะ



รูปที่ 2-20 กระบวนการรีไซเคิลเหล็ก

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม

เศษดินเศษหิน ปนเข้ามาด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคัดแยกมูลฝอยที่เผาไหม้ไม่ได้ออกไปก่อน โดยระบบผลิตแบบ Mechanical system ประกอบด้วยเครื่องย่อยที่ลดขนาด

มูลฝอยซึ่งมี 2 แบบ เพื่อให้เหมาะสมกับมูลฝอยแต่ละประเภท เครื่องย่อยแบบ Hammer mill ใช้ย่อยพวกกิ่งไม้ และเครื่องย่อยแบบ Shear shredders มีกลไกการทำงานแบบตัดด้วยกรรไกรที่มีใบมีดใช้ในการเฉือนตัดกระดาษหรือพลาสติก นอกจากนี้ยังมีเครื่องผสมมูลฝอยเพื่อผสมมูลฝอยที่ลดขนาดแล้วให้เข้ากัน และมีเครื่องอัดมูลฝอยให้มูลฝอยที่ตัดแล้วมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเพื่อลดปริมาตรลงให้สะดวกในการขนส่งและใช้งาน สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยชนิดนี้ยังมีระบบให้ความร้อนเพื่อลดความชื้นของมูลฝอยด้วย

- Thermal system ระบบผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยประเภทนี้ใช้กับมูลฝอยปริมาณ 50-100 ตัน/วัน เป็นการนำมูลฝอยไปนึ่งในหม้ออบไอน้ำที่อุณหภูมิและความดันสูงภายใต้เวลาและสภาวะที่เหมาะสม ทำให้พลาสติกเกิดการหดตัวและสลายเป็นเส้นใย ส่วนมูลฝอยอินทรีย์จะสลายตัวเป็นผงคล้ายดิน สำหรับมูลฝอยประเภทแก้วและโลหะจะออกมาในสภาพเดิมแล้วจะถูกคัดแยกออกมาใช้ประโยชน์ ซึ่งเทคโนโลยีนี้เหมาะกับมูลฝอยที่ไม่มีการคัดแยกหรือคัดแยกไม่ดีนัก นอกจากนี้เชื้อเพลิงมูลฝอยที่ได้จะมีคุณภาพสูงและผ่านการฆ่าเชื้อโรคระดับหนึ่ง ระบบนี้จะต้องมีหม้อไอน้ำสำหรับผลิตไอน้ำไปใช้ในระบบ และต้องมีระบบบำบัดน้ำก่อนเข้าหม้อไอน้ำ สำหรับระบบนี้ปัจจุบันยังไม่มีการใช้งานในไทย

การผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยมีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีกำจัดมูลฝอยอื่นๆ ดังนี้

- เป็นเทคโนโลยีที่สะอาด
- สามารถใช้งานร่วมกับไพโรไลซีสหรือก๊าซซิฟิเคชั่นได้
- โรงกำจัดมีขนาดเล็กสามารถกระจายตามจุดต่างๆ ณ แหล่งกำเนิดได้
- เชื้อเพลิงที่ได้ไม่จำเป็นต้องผลิตพลังงานทันที สามารถเก็บไว้ใช้เวลาใดก็ได้
- ใช้พื้นที่น้อย
- เทคโนโลยีสามารถพัฒนาได้เองภายในประเทศ

(2) แผนการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยในไทย

รัฐบาลโดยกระทรวงพลังงานมีแผนการส่งเสริมการผลิตพลังงานมีแผนการส่งเสริมการผลิตพลังงาน ดังตารางที่ 2-12 (ปราณี หนูทองแก้ว, 2556)

ตารางที่ 2-11 คุณลักษณะของเชื้อเพลิงมูลฝอยแต่ละชนิดและการเผาไหม้

ชนิด	กระบวนการจัดการ	ระบบการเผาไหม้
RDF : MSW	คัดแยกที่เผาไหม้ได้ออกมาโดยมือ รวมทั้งมูลฝอยที่มีขนาดใหญ่	Stoker
RDF2 : Coarse RDF	บดหรือตัดมูลฝอยอย่างหยาบๆ	Fluidized bed combustor Multi fuel combustor
RDF3 : Fluff RDF	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ออก เช่น โลหะ แก้ว และอื่นๆ มีการบดหรือตัดจนทำให้ร้อยละ 95 ของมูลฝอยที่คัดแยกแล้วมีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว	Stoker
RDF4 : Dust RDF	นำมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ผ่านกระบวนการทำให้อยู่ในรูปผงฝุ่น	Fluidized bed combustor Pulverized fuel combustor
RDF5 : Densified RDF	นำมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการอัดแท่ง โดยให้มีความหนาแน่นมากกว่า 600 กิโลกรัม/ตารางเมตร	Fluidized bed combustor Multi fuel combustor
RDF6 : RDF Slurry	นำมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาทำให้อยู่ในรูปของ Slurry	Swirl burner
RDF7 : Syn-gas	นำมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการ Gasification เพื่อผลิต Syn-gas ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซได้	Burner Integrated gasification combined cycle (IGCC)

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2-12 แผนการส่งเสริมการผลิตพลังงานจากมูลฝอยชุมชน ปี พ.ศ.2551-2554

ปี	2551	2552	2553	2554
เทศบาลที่มีมูลฝอยมากกว่า 100 ตัน/วัน (จำนวน 25 แห่ง)	Gasification system 18 MW (เอกชนลงทุน)	เตาเผามูลฝอย (เอกชนลงทุน)	เตาเผา/Gasifier /น้ำมันพลาสติก (เอกชนลงทุน)	เตาเผา/Gasifier /น้ำมันพลาสติก (เอกชนลงทุน)
เทศบาลที่มีมูลฝอย 50-100 ตัน/วัน (จำนวน 37 แห่ง)	บ่อหมัก AD RDF (Autoclave) 1 แห่ง (สนับสนุนร้อยละ 100)	บ่อหมัก AD + RDF 3 แห่ง (สนับสนุนร้อย-ละ 50)	บ่อหมัก AD + RDF 10 แห่ง (สนับสนุนร้อย-ละ 25)	บ่อหมัก AD + RDF 23 แห่ง ส่งเสริม
เทศบาลที่มีมูลฝอย 10-50 ตัน/วัน (จำนวน 162 แห่ง)	บ่อหมัก AD + RDF 5 แห่ง (สนับสนุนร้อยละ 100)	บ่อหมัก AD + RDF 10 แห่ง (สนับสนุนร้อย-ละ 50)	บ่อหมัก AD + RDF 15 แห่ง (สนับสนุนร้อย-ละ 50)	บ่อหมัก AD + RDF 20 แห่ง (สนับสนุนร้อย-ละ 50)
เทศบาลที่มีมูลฝอย 5-10 ตัน/วัน (จำนวน 267 แห่ง)	บ่อหมัก AD + RDF 5 แห่ง (สนับสนุนร้อยละ 100)	บ่อหมัก AD + RDF 10 แห่ง (สนับสนุนร้อย-ละ 50)	บ่อหมัก AD + RDF 15 แห่ง (สนับสนุนร้อย-ละ 50)	บ่อหมัก AD + RDF 20 แห่ง (สนับสนุนร้อย-ละ 50)
เทศบาลที่มีมูลฝอยน้อยกว่า 5 ตัน/วัน (จำนวน 639 แห่ง) อบต. 6,622 แห่ง	ถังหมักขนาดเล็ก/RDF 200 แห่ง (สนับสนุนร้อยละ 100)	ถังหมักขนาดเล็ก/RDF 300 แห่ง (สนับสนุนร้อยละ 50)	ถังหมักขนาดเล็ก/RDF 400 แห่ง (สนับสนุนร้อยละ 50)	ถังหมักขนาดเล็ก/RDF 500 แห่ง (สนับสนุนร้อยละ 50)

หมายเหตุ : บ่อหมัก AD หมายถึง บ่อหมักผลิตก๊าซชีวภาพ ระบบ Anaerobic digestion

ที่มา : แผนการผลิตพลังงานขยะ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551

2.4.4.3 การผลิตก๊าซชีวภาพด้วยกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Biogas production by anaerobic digestion)

เป็นกระบวนการหมักมูลฝอยประเภทสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจนเพื่อให้จุลินทรีย์สลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพ (Biogas) สำหรับใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อน ส่วนกากที่เหลือจากการหมักสามารถนำไปเพาะปลูกพืชได้อีก

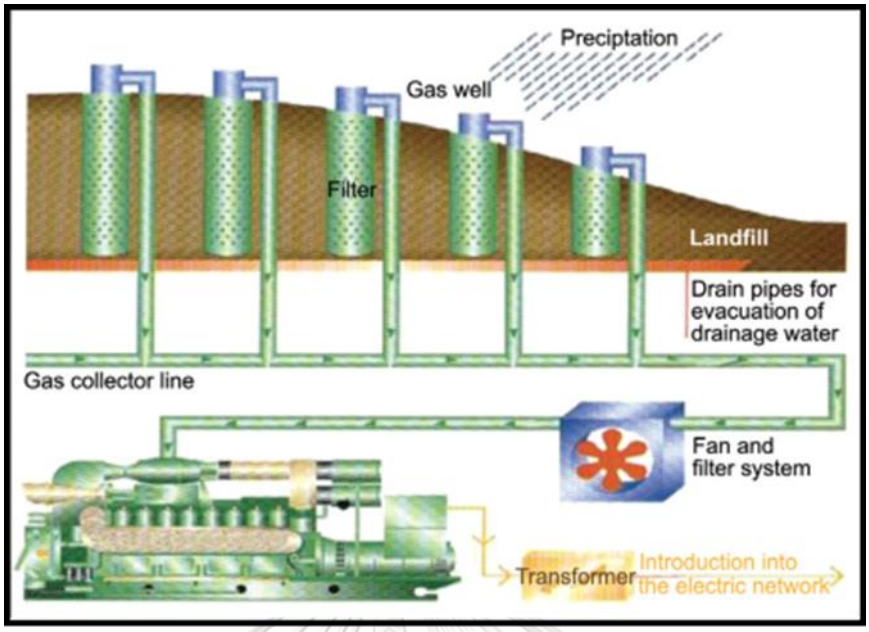
การผลิตก๊าซชีวภาพด้วยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) การผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบมูลฝอย (Sanitary landfill gas) โดยในหลุมฝังกลบจะมีมูลฝอยทุกประเภทรวมกันอยู่ แต่กลุ่มที่สามารถสร้างก๊าซชีวภาพได้ คือ มูลฝอยประเภทสารอินทรีย์ ซึ่งจะมีการติดตั้งระบบท่อเพื่อระบายและรวบรวมก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ดังรูปที่ 2-21 โดยก๊าซชีวภาพนั้น คือ ก๊าซมีเทน (CH_4) ตัวอย่างของหลุมฝังกลบที่ดำเนินการแบบนี้ ได้แก่ หลุมฝังกลบขยะมูลฝอยของเทศบาลวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี หรือหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยของบริษัท ไพโรจน์สมพงษ์ จำกัด ที่อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่สามารถรวบรวมก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้าและใช้ประโยชน์อื่นๆ

<u>องค์ประกอบโดยทั่วไปของการผลิตก๊าซจากหลุมฝังกลบ</u>

- ระบบรวบรวมก๊าซ ได้แก่ การติดตั้งบ่อ (Well) การเดินพื้นร่อง (Trench)
- ระบบท่อลำเลียงก๊าซ ได้แก่ ระบบท่อแขนง (Lateral) ท่อเมน (Header) หรือท่อย่อย (Sub-header)
- ระบบทำให้ก๊าซจากหลุมฝังกลบมีความบริสุทธิ์ โดยก่อนที่จะนำก๊าซจากหลุมฝังกลบเข้ามาเผาไหม้ในห้องสันดาปจะต้องมีการทำให้สะอาดและบริสุทธิ์ มีก๊าซมีเทนอยู่มากที่สุด
- ระบบอัดอากาศ ได้แก่ พัดลมดูดอากาศ (Blower) และอุปกรณ์อื่นๆที่ทำให้เกิดการรวบรวมก๊าซได้ดี
- ระบบเผาก๊าซทิ้ง (Flare) ใช้สำหรับกรณีที่ก๊าซในระบบมากเกินที่ระบบจะรับได้
- ระบบผลิตไฟฟ้า (Generator)

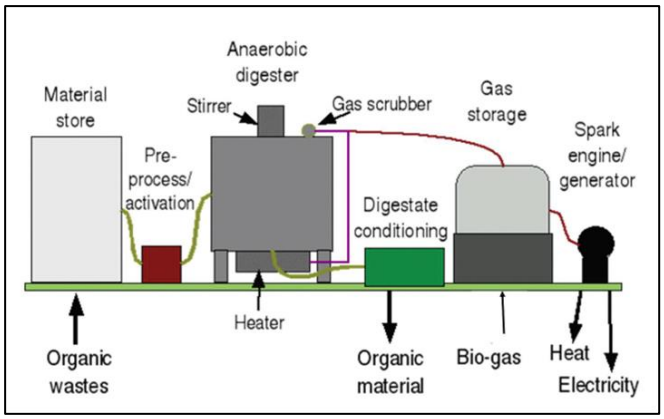
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2-21 ระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย
ที่มา : คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยและแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น กรมควบคุมมลพิษ, 2554

(2) การคัดแยกมูลฝอยอินทรีย์นำไปหมักในถังหมักเฉพาะ เพื่อผลิตก๊าซมีเทน (CH_4) ตัวอย่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ดำเนินการด้วยวิธีนี้ เช่น เทศบาลนครระยอง จังหวัดระยอง โดยระบบนี้จะมีลักษณะดังรูปที่ 2-22

โดยทั้ง 2 ระบบมีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซมีเทนที่ไม่แตกต่างกัน องค์ประกอบของก๊าซส่วนใหญ่ ได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอาจจะมีก๊าซแอมโมเนียรวมถึงไอน้ำเกิดขึ้นด้วย แต่การคัดแยกเฉพาะสารอินทรีย์แล้วนำไปหมักในถังหมักเฉพาะจะให้สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่มากกว่าการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบมูลฝอย



รูปที่ 2-22 การผลิตก๊าซชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนจากมูลฝอยอินทรีย์
ที่มา : คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยและแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น กรมควบคุมมลพิษ, 2554

การจัดการกับก๊าซชีวภาพที่รวบรวมได้มี 2 วิธี คือ การเผาทำลายทิ้งกับการนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า สำหรับการนำก๊าซที่รวบรวมได้ไปผลิตกระแสไฟฟ้าจะเป็นการนำก๊าซที่รวบรวมได้ทั้งหมดไปสันดาปในห้องเผา (Internal combustion) แล้วผลิตกระแสไฟฟ้า โดยจะต้องคำนวณหาปริมาตรก๊าซที่รวบรวมได้ก่อน จากนั้นต้องออกแบบระบบทำความสะอาดก๊าซให้บริสุทธิ์โดยการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และไล่น้ำออกให้หมด จะได้ก๊าซมีเทนที่มีความบริสุทธิ์สูงร้อยละ 70-80 จึงสามารถใช้กับเครื่องสันดาปภายในไว้ใช้ผลิตไฟฟ้าและช่วยยืดอายุการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปให้นานขึ้น

<u>องค์ประกอบโดยทั่วไปของการผลิตก๊าซชีวภาพจากถังหมัก (AD)</u>

- การคัดแยก (Sorting) โดยทำการคัดแยกมูลฝอยอินทรีย์ออกจากมูลฝอยรวม แล้วทำการลดขนาด (Size reduction) ให้เหมาะสมกับการย่อยสลาย
- การนำมูลฝอยเข้าถังหมักโดยใช้การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) ซึ่งเป็นขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลฝอยอินทรีย์เพื่อนำไปใช้เป็นพลังงาน
- ระบบทำให้ก๊าซบริสุทธิ์เช่นเดียวกับแบบแรก
- ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

โดยทั่วไปการใช้เทคโนโลยีย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการบำบัดมูลฝอยอินทรีย์ 1 ตัน จะได้ก๊าซชีวภาพประมาณ 100-200 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งก๊าซชีวภาพที่ได้จะมีองค์ประกอบของมีเทนประมาณร้อยละ 55–70 และมีค่าความร้อนประมาณ 20-25 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร (องค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมันและกรมควบคุมมลพิษ, 2554)

2.5 หลักการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอย

2.5.1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่หลุมฝังกลบ

ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยจากหลุมฝังกลบประกอบไปด้วยกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยกรอบความคิดในการประเมินนำมาจากวิธี T-VER-METH-WM-07 ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ดังสมการที่ 2.3

$$PEy = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{CH4,y} \quad \textbf{สมการที่ 2.3}$$

โดยที่

PEy = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{CH4,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5.1.1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบ

งานวิจัยนี้ได้ใช้แนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบโดยวิธี Default method ของ IPCC (Intergovernmental panel on climate change) ซึ่งเป็นวิธีการประเมินที่คำนึงถึงแค่ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากมูลฝอยที่เข้าไปฝังกลบแค่ในปีนั้น โดยไม่คำนึงถึงระยะเวลาการย่อยสลาย ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบในประเทศที่ไม่มีข้อมูลของปริมาณมูลฝอยที่เข้าสู่หลุมฝังกลบในปีก่อนหน้านั้น

$$CH_4 \text{ emission} = (MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$$ **สมการที่ 2.4**

กำหนดให้

CH4 emission = อัตราการแพร่ระบายของก๊าซมีเทน (ตัน/ปี)

MSW_T = ปริมาณมูลฝอยทั้งหมดที่เกิดขึ้นในปีที่ศึกษา (ตัน/ปี)

MSW_F = สัดส่วนปริมาณมูลฝอยที่ถูกนำไปฝังกลบ

$$\text{คำนวณจาก} = \frac{\text{ปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ}}{\text{ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด}}$$

R = ปริมาณก๊าซมีเทนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ เท่ากับ 0 (ตัน/ปี)

OX = สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ถูกเปลี่ยนรูปโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน เท่ากับ 0.1

L_0 = ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (ตันมีเทน/ตันมูลฝอย)

$L0 = MCF \times DOCj \times DOCf \times F \times 6/12$

MCF = ค่าปรับแก้มีเทน (Methane correction factor) ขึ้นอยู่กับลักษณะของหลุมฝังกลบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภทของหลุมฝังกลบ	ค่า MCF
มีระบบการจัดการ การกลบทับ และระบบกันซึม	1.0
ไม่มีระบบการจัดการ (ลึกมากกว่า 5 เมตร)	0.8
แบบกึ่งใช้ออกซิเจน (Semi-aerobic)	0.5
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกน้อยกว่า 5 เมตร)	0.4

สำหรับหลุมฝังกลบที่ใช้ในการศึกษาของงานวิจัยนี้ คือ MCF เท่ากับ 1.0

DOCj = สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ (โดยน้ำหนักเปียก) ของมูลฝอยอินทรีย์ประเภท j

ประเภทมูลฝอย	DOC
ไม้	0.43
กระดาษ	0.40
เศษอาหาร	0.15
สิ่งทอ	0.24
กิ่งไม้/ใบไม้	0.20

DOCf = สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารย่อยสลายได้ (Default = 0.5)

F = สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซทั้งหมดที่เกิดจากการฝังกลบมูลฝอยชุมชน (Default = 0.5)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.1.2 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆของแนวทางการจัดการมูลฝอยแบบฝังกลบ

การจัดการมูลฝอยแบบฝังกลบนอกจากจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบแล้ว ยังมีกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกเช่นกัน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.5

GHGs emission = Activity data x Emission factor	**สมการที่ 2.5**

สำหรับการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยอาจอยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide; CO_2), มีเทน (Methane; CH_4), ไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide; N_2O), ไฮโดร-ฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbon; HFC), เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbon; PFC) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfur Hexafluoride; SF6) ซึ่งเป็นก๊าซ 6 ตัวหลักที่มีค่าศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน แต่ในการแสดงผลสุดท้ายเพื่อเปรียบเทียบจะต้องปรับให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbondioxide equivalent) โดยเปลี่ยนค่าก๊าซเรือนกระจกตัวอื่นด้วยการนำมาคูณกับค่าศักยภาพที่ทำให้โลกร้อน (Global warming Potential; GWP) ซึ่งอ้างอิงจากคู่มือการคำนวณของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ดังแสดงในตารางที่ 2-13 เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบค่าการทำให้โลกร้อนขึ้นด้วยหน่วยเดียวกันได้

ข้อมูลกิจกรรม (Activity data) เป็นค่าที่เกิดจากกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทต่าง ๆ เช่น ปริมาณน้ำมัน ปริมาณถ่านหินที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า หรือพื้นที่ที่ใช้ปลูกข้าว เป็นต้น ข้อมูลกิจกรรมนี้อาจมีหน่วยที่แตกต่างกันไปในแต่ละภาคและสาขาของการคำนวณ ดังนั้นในการนำค่าต่าง ๆ มาใช้จะต้องระมัดระวังให้หน่วยที่นำมาใช้มีความถูกต้องและต้องสัมพันธ์กับหน่วยของค่าการปล่อย (Emission factor) ด้วย ในบางครั้งข้อมูลกิจกรรมที่มีอยู่ไม่สามารถใช้ได้โดยตรงจะต้องนำมาปรับหรือคำนวณเพิ่มเติม เพื่อให้เป็นค่าที่สามารถนำมาใช้ได้ เช่น ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นคำนวณได้จากจำนวนประชากรคูณกับอัตราการเกิดมูลฝอย เป็นต้น โดยทั่วไปในแต่ละประเทศมีข้อมูลกิจกรรมของตัวเองเป็นส่วนใหญ่ สำหรับกรณีที่ไม่มีข้อมูลโดยตรงอาจใช้ข้อมูลจากหน่วยงานระหว่างประเทศหรือข้อมูลจากประเทศหรือกลุ่มประเทศที่มีลักษณะทางเศรษฐกิจใกล้เคียงแทนกันได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2-13 ค่าศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนที่ใช้ในการคำนวณค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ประเภทก๊าซ	GWP
1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2)	1
2. ก๊าซมีเทน (CH_4)	25
3. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	310
4. HFC-23	11700
5. HCC-32	650

ประเภทก๊าซ	GWP
6. HFC-125	2800
7. HFC-134a	1300
8. HFC-143a	3800
9. HFC-152a	140
10. HFCs-227ea	2900
11. HEXAFLUOROETHANE (PFC-116)	9200
12. SF_6	23900

ที่มา : รายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย

ค่าการปล่อย (Emission factor) เป็นค่าที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย เช่น ค่าการปล่อยของการผลิตซีเมนต์เท่ากับ 0.6 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันซีเมนต์ (ton CO2 eq /ton cement) เป็นต้น ค่าการปล่อยนี้ขึ้นกับกิจกรรมและเทคโนโลยีของแหล่งปล่อยในแต่ละประเทศอาจมีค่าการปล่อยตามเงื่อนไขเฉพาะของกิจกรรมนั้น ๆ เรียกว่า ค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (Country specific emission factor) ซึ่งได้มาจากการวัดจริงหรือการทดลอง ในกรณีที่บางประเทศไม่มีค่าการปล่อยเฉพาะของตัวเองจะสามารถใช้คู่มือการคำนวณซึ่งได้เสนอค่าการปล่อยแนะนำ (Default value of emission factor) ไว้ สามารถนำไปใช้ในการคำนวณได้ ค่าการปล่อยอ้างอิงนี้ส่วนใหญ่ได้มาจากการรวบรวมจากเอกสารอ้างอิงในหลายพื้นที่ โดยบางประเภทมีการจำแนกค่าการปล่อยอ้างอิงตามพื้นที่ ตามเทคโนโลยี หรือตามกิจกรรม ดังนั้นในการเลือกใช้ค่าการปล่อยอ้างอิงต้องระมัดระวังในการใช้เช่นกัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro 8.2 หรือข้อมูลจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) เป็นคลังข้อมูลสำคัญ ซึ่งในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลจาก 2 แหล่งนี้ได้จะใช้การสืบค้นจากงานวิจัยหรือวิทยานิพนธ์ในประเทศไทยก่อนที่จะใช้การสืบค้นแหล่งข้อมูลของต่างประเทศ เช่น หน่วยงานคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) เพื่อให้ผลการคำนวณที่ออกมาเป็นผลของประเทศไทยอย่างแท้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.2 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแนวทางการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีรีไซเคิล

กิจกรรมการจัดการการมูลฝอยด้วยวิธีรีไซเคิลมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหลายกระบวนการ โดยแบ่งตามประเภทกิจกรรมหลักๆได้ 2 ประเภท ได้แก่ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยขอบเขตการประเมินยึดตามวิธี AMS-III.AJ. ของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean developemt mechanism; CDM) ดังสมการที่ 2.6

$$PEy = PE_{FF,y} + PE_{EL,y}$$ **สมการที่ 2.6**

โดยที่

Pey = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการรีไซเคิลในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการรีไซเคิลในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

<u>หมายเหตุ</u> สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานไฟฟ้าจะใช้หลักการคำนวณตามสมการที่ 2.5

2.5.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีผลิตก๊าซชีวภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิจกรรมการจัดการมูลฝอยโดยนำไปผลิตก๊าซชีวภาพมีขั้นตอนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิล กระบวนการใช้พลังงานไฟฟ้า และกระบวนการหมักแบบไร้อากาศของมูลฝอย โดยวิธีการประเมินนำมาจาก T-VER-METH-WM-06 ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ดังสมการที่ 2.7

$$PEy = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{CH4,y}$$ **สมการที่ 2.7**

โดยที่

PE_y = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{CH4,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศของกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

หมายเหตุ สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล พลังงานไฟฟ้า และการหมักมูลฝอยแบบไร้อากาศใช้หลักการคำนวณตามสมการที่ 2.5

2.5.4 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

แนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการผลิตมูลฝอยอัดแท่งมีกิจกรรมหลายกระบวนการที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ การสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิล การใช้พลังงานไฟฟ้า และการเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในการนำไปใช้ประโยชน์ โดยขอบเขตการคำนวณยึดตามวิธี T-VER-METH-WM-04 ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ดังสมการที่ 4.1

$$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{WW\ treatment,\ y} \qquad \textbf{สมการที่ 2.8}$$

โดยที่

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{WW\ treatment,\ y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

<u>หมายเหตุ</u> สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล พลังงานไฟฟ้า และการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศใช้หลักการคำนวณตามสมการที่ 2.5

2.6 หลักการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอย

GHG reduction = Activity data x Emission factor **สมการที่ 2.9**

โดยที่

GHG reduction = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการดำเนินกิจกรรม (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

Activity data = กิจกรรมที่ทำให้เกิดการลดก๊าซเรือนกระจก
เช่น - ปริมาณการใช้ปุ๋ยหมักแทนปุ๋ยเคมี
- ปริมาณการใช้เศษอาหารแทนอาหารสัตว์สำเร็จรูป
- ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพแทนก๊าซหุงต้ม เป็นต้น

Emission factor = สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถดูค่าได้จากตารางที่ 3-9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.7 หลักการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการจัดการมูลฝอยที่สถานประกอบการ

เนื่องจากการจัดการมูลฝอยของสถานประกอบการจะพิจารณาเพียงด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเดียวเท่านั้นไม่ได้ เพราะการจัดการมูลฝอยต้องมีการลงทุนจึงต้องมีการพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์เข้ามาประกอบ เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการมูลฝอยที่ช่วยทั้งรักษาสิ่งแวดล้อมและให้ผู้ประกอบการไม่ต้องลงทุนมากหรืออาจเป็นแนวทางที่สร้างรายได้ให้กับสถานประกอบการอีกทางหนึ่ง ทั้งนี้การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ก็เพื่อช่วยเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสามารถตัดสินใจได้ง่ายมากขึ้น โดยในงานวิจัยนี้จะมีการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ 2 ค่า ได้แก่ มูลค่า

ปัจจุบันสุทธิ (Net present value; NPV) และต้นทุนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Abatement cost)

2.7.1 การคำนวณค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เพื่อศึกษาผลตอบแทนทางการลงทุน

เป็นการประเมินความคุ้มค่าของทางเลือกการจัดการมูลฝอย ได้แก่ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง โดยตัวชี้วัดค่า NPV มีผลอย่างมากต่อการตัดสินใจลงทุนของผู้ประกอบการ เพราะเป็นตัวชี้วัดว่าโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุนหรือไม่ โดยการคำนวณจะใช้ผลต่างของมูลค่าปัจจุบันของรายได้ที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของรายจ่ายของโครงการ โดยมีสูตรการคำนวณดังต่อไปนี้

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$ **สมการที่ 2.10**

โดยที่

NPV	=	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)
B_t	=	รายได้จากการดำเนินการจัดการมูลฝอยทางเลือกในปี t (บาท)
C_t	=	ต้นทุนจากการดำเนินการจัดการมูลฝอยทางเลือกในปี t (บาท)
t	=	ระยะเวลาของการดำเนินการจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือก (ปี)
n	=	อายุโครงการปีที่ n
r	=	อัตราคิดลด (Discount rate) (ร้อยละต่อปี)
$(1+r)_t$	=	ตัสส่วนร่วม (Discount factor) ททที่เกิดขึ้นในปี t

(วิวัฒน์ ชโนวิทย์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.7.2 การประเมินค่าใช้จ่ายรายปี (Equivalent annual cost; EAC) ของแนวทางการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือกที่สถานประกอบการ

การคำนวณต้นทุนนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ต้นทุนในการลงทุน (Investment Cost) ได้แก่ ราคาค่าก่อสร้างระบบ 2) ต้นทุนในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Cost) ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบค่าไฟฟ้า ค่าจ้างพนักงาน ค่าบำรุงรักษาระบบ และเนื่องจากข้อมูลต้นทุนทั้ง 2 ส่วนไม่ได้อยู่ในระดับเดียวกัน กล่าวคือ ต้นทุนในการลงทุนจะจ่ายเฉพาะปีแรกของการก่อสร้างระบบนั้น ส่วนต้นทุนในการดำเนินการและ บำรุงรักษาเป็นต้นทุนที่ต้อง

จ่ายทุกปี จึงไม่สามารถนำไปใช้ร่วมกันได้ ดังนั้นในการคำนวณจึงต้องกระจายต้นทุนในการลงทุนให้อยู่ในรูปของค่าใช้จ่ายรายปี ตลอดอายุการใช้งานของระบบ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$EAC = \frac{NPV}{A_{t,r}}$$

$$A_{t,r} = \frac{1-\left(\frac{1}{1+r}\right)t}{r} \qquad \textbf{สมการที่ 2.11}$$

โดยที่

EAC = ค่าใช้จ่ายรายปี (บาท/ปี)

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)

t = อายุการใช้งานของระบบ (ปี)

r = อัตราคิดลด (ร้อยละ/ปี)

(ขนิษฐา เกิดผล, 2556)

2.7.3 การประเมินมูลค่าในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Abatement cost) ของแนวทางการจัดการมูลฝอยในสถานประกอบการ

เป็นการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ที่แสดงค่าต้นทุนต่อ 1 ตันของก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดลงได้จากการดำเนินการจัดการมูลฝอยตามวิธีทางเลือก โดยนำต้นทุนสุทธิในการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีทางเลือกมาหารด้วยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดลงได้จากการดำเนินการ

$$\text{Abatement cost} = \frac{EAC}{\text{GHG reduction}} \qquad \textbf{สมการที่ 2.12}$$

โดยที่

Abatement cost = มูลค่าเงินลงทุนในการดำเนินการลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงหรือความคุ้มค่าในการลงทุน (บาท/ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

EAC	=	จำนวนเงินลงทุนในแต่ละโครงการลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด (บาท)
GHG reduction	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

เมื่อมีการคำนวณค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และค่าต้นทุนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Abatement cost) เรียบร้อยแล้ว จะมีการนำทั้ง 2 ค่ามาประกอบการตัดสินใจให้กับผู้ประกอบการในการเลือกแนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 2-14 การแปลความหมายของข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

NPV	Abatement cost	ความหมาย
บวก	ลบ	แนวทางการจัดการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุน และผู้ประกอบการสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้โดยไม่ต้องอาศัยเงินทุนอุดหนุนจากภาคส่วนอื่น
ลบ	บวก	แนวทางการจัดการนี้ไม่มีความคุมค่าในการลงทุน แต่สามารถดำเนินการจัดการมูลฝอยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ แต่ต้องอาศัยเงินทุนอุดหนุนจากภาคส่วนอื่น

จากตารางที่ 2-14 จะสามารถบอกได้ว่าแนวทางการจัดการที่มีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวก และค่าต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Abatement cost) เป็นลบ จะเป็นแนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมที่สุด กล่าวคือ เป็นแนวทางการจัดการที่ผู้ประกอบการจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้และสามารถสร้างรายได้ไปพร้อมกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ripa (2017) ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการจัดการมูลฝอยของเมืองเนเปิล ประเทศอิตาลี โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือในการศึกษา งานวิจัยนี้มีหน่วยการทำงาน คือ มวลของมูลฝอยชุมชนทั้งหมดที่ผ่านการบำบัดในเมืองเนเปิลปี 2012 หรือ 1.38×10^{6} ตัน/ปี และขอบเขตการศึกษาครอบคลุม Gate to Cradle หรือ Gate to Grave ขึ้นอยู่กับกระบวนการที่วิเคราะห์ว่าเป็นกระบวนการรีไซเคิลหรือกระบวนการกำจัด โดยได้กำหนดทางเลือกขึ้นมาทั้งหมด 6

ทางเลือก ซึ่งแต่ละทางเลือกมีความแตกต่างกันที่ร้อยละของการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดและพื้นที่ในการจัดการมูลฝอย โดยทางเลือกที่ 1 S-0_a มีการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดร้อยละ 35 และมีการจัดการในเมืองเนเปิล ทางเลือกที่ 2 S-0_b มีการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดร้อยละ 35 และมีการจัดการนอกเมืองเนเปิล ทางเลือกที่ 3 S-1_a มีการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดร้อยละ 50 และมีการจัดการภายในเมืองเนเปิล ทางเลือกที่ 4 S-1_b มีการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดร้อยละ 50 และมีการจัดการนอกเขตเมืองเนเปิล ทางเลือกที่ 5 S-2_a มีการคัดแยกมูล-ฝอยที่แหล่งกำเนิดร้อยละ 65 และมีการจัดการภายในเมืองเนเปิล และทางเลือกที่ 6 S-2_b มีการคัด-แยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดร้อยละ 65 และมีการจัดการนอกเขตเมืองเนเปิล จากผลการศึกษาพบว่า การจัดการมูลฝอยชุมชนทั้ง 6 ทางเลือก ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดใน 3 ด้าน คือ 1.ศักยภาพด้านก่อความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity potential; HTP) 2. ศักยภาพด้านยูโทร-ฟิเคชันในน้ำจืด (Freshwater eutrophication potential; FEP) และ 3.ศักยภาพในการลดลงของฟอสซิล (Fossil depletion potential; FDP) ตามลำดับ และเมื่อศึกษาด้านตำแหน่งการจัดการมูล-ฝอยชุมชนพบว่า S-0 และ S-1 ส่งผลกระทบมากกว่าเมื่อมีการดำเนินการในเมืองเนเปิล แต่ S-2 ส่งผลกระทบมากกว่าเมื่อมีการดำเนินการนอกเขตเมืองเนเปิล นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อศึกษาด้านร้อย-ละปริมาณมูลฝอยชุมชนที่มีการคัดแยกที่แหล่งกำเนิด พบว่า S-0 ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด รองลงมา คือ S-1 และ S-2 มีผลน้อยที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายิ่งมีร้อยละของการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดมาก ยิ่งส่งผลให้ผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลงตามลำดับ และจากผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ว่า ทางเลือกที่ 5 S-2_a มีการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดร้อยละ 65 และมีการจัดการภายในเมืองเนเปิลเป็นทางเลือกการจัดการมูลฝอยชุมชนที่ดีที่สุดของเมืองเนเปิล ประเทศอิตาลี

Liu (2017) ได้ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูล-ฝอยโดยใช้เครื่องมือการประเมินวัฏจักรชีวิตในการศึกษา สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในประเทศจีนที่ถึงจะเป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว แต่มูลฝอยส่วนใหญ่ร้อยละ 60-70 เป็นมูลฝอยอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ ดังนั้นการหาวิธีการจัดการที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญในการลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของมูลฝอย โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาทั้งหมด 5 ทางเลือก กล่าวคือ ทางเลือกที่ 1 หลุมฝังกลบแบบใช้การเผาก๊าซจากหลุมฝังกลบทิ้ง ทางเลือกที่ 2 หลุมฝังกลบที่ติดตั้งระบบนำก๊าซจากหลุมฝังกลบกลับมาใช้เป็นพลังงาน ทางเลือกที่ 3 การเผาที่มีการนำพลังงานกลับมาใช้ ทางเลือกที่ 4 มูลฝอยอินทรีย์ใช้การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนและมูลฝอยอนินทรีย์ใช้การฝังกลบ และทางเลือกที่ 5 มูลฝอยอินทรีย์ใช้การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มูลฝอยอนินทรีย์ประเภทความร้อนสูงใช้การเผา

และมูลฝอยอื่นๆใช้การฝังกลบ จากผลการศึกษาพบว่าทางเลือกที่ 1 และทางเลือกที่ 2 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณค่อนข้างสูงที่ 259.5 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตัน และ 169 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตัน ตามลำดับ สำหรับทางเลือกที่ 3 สามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้ -17.5 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตัน และทางเลือกที่ 4 และ 5 สามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้ในปริมาณมากที่ -27.2 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตัน และ -54.5 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตัน ตามลำดับ โดยสรุปแล้วการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด ในส่วนของมูลฝอยอินทรีย์ใช้การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน สำหรับมูลฝอยอินทรีย์ที่มีค่าความร้อนสูงใช้การจัดการด้วยวิธีเผา และมูลฝอยประเภทอื่นๆใช้วิธีฝังกลบถือเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในการจัดการมูลฝอยของประเทศจีน เพราะไม่เพียงแต่เป็นวิธีที่สามารถนำพลังงานและธาตุอาหารกลับมาใช้ได้ แต่ยังเป็นแหล่งคาร์บอนซิงค์อีกด้วย

Tan (2015) งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และพลังงานของเทคโนโลยีการเปลี่ยนมูลฝอยไปเป็นพลังงาน (Waste to energy; WTE) เพื่อหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้ในการจัดการมูลฝอยชุมชนในมาเลเซียโดยเทคโนโลยีที่นำมาประเมินในงานวิจัยนี้มี 4 ประเภท ได้แก่ 1. การเผา (Incineration) 2. การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion; AD) 3. การแปรสภาพเป็นก๊าซ (Gasification) และ 4. ระบบการนำก๊าซจากหลุมฝังกลบกลับมาใช้ (Landfill gas recovery system; LFGRS) โดยได้กำหนดแนวทางการศึกษาขึ้นมา 8 ทางเลือก โดยวิธีการที่ใช้จัดการในปัจจุบัน คือ หลุมฝังกลบ โดยทางเลือก A ระบบการนำก๊าซจากหลุมฝังกลบกลับมาใช้ใหม่ ทางเลือก B การเผา ทางเลือก C การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทางเลือก D การแปรสภาพเป็นก๊าซ ทางเลือก E ใช้การเผาร่วมกับการนำก๊าซจากหลุมฝัง-กลบกลับมาใช้ ทางเลือก F ใช้การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนร่วมกับการนำก๊าซจากหลุมฝังกลบกลับมาใช้ และทางเลือก G ใช้การแปรสภาพเป็นก๊าซร่วมกับการนำก๊าซจากหลุมฝังกลบกลับมาใช้ จากการศึกษาพบว่าเมื่อพิจารณาในด้านพลังงาน ได้แก่ การผลิตไฟฟ้าและความร้อน พบว่า ทางเลือก B มีประสิทธิภาพมากที่สุดเนื่องจากสามารถผลิตไฟฟ้าฟ้า 1,200 เมกะวัตต์/วัน และความร้อน 3,575 จิกะจูล/วัน และเมื่อพิจารณาในด้านเศรษฐกิจ พบว่าทางเลือก B ที่สามารถผลิตพลังงานได้มากสามารถมีผลกำไรจากการขายพลังงาน (สมมติว่าสามารถขายได้ทั้งหมด) ได้มากที่สุด โดยพบว่ามีกำไรสุทธิ 563,083.40 ดอลลาร์/วัน ตามมาด้วยการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ การแปรสภาพเป็นก๊าซ และการนำก๊าซจากหลุมฝังกลบกลับมาใช้ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ทางเลือก D การแปรสภาพเป็นก๊าซเป็นทางเลือกที่ไม่เหมาะสมเมื่อพิจารณาในด้านเศรษฐกิจ เนื่องจากมีต้นทุนในการ

ดำเนินการสูงถึง 250,400 ดอลลาร์/วัน และสำหรับการประเมินด้านสิ่งแวดล้อมพบว่า ทางเลือก D การแปรสภาพเป็นก๊าซเป็นทางเลือกที่สามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนได้มากที่สุดที่ 3,207.50 ตันคาร์บอนไดออกไซด์/วัน ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีการแปรสภาพเป็นก๊าซสามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้ แต่เมื่อเทียบกับต้นทุนแล้ววิธีการนี้ยังค่อนข้างไม่เหมาะสม อีกทั้งปริมาณคาร์บอนที่สามารถลดได้นั้นมีปริมาณมากกว่าเทคโนโลยีการเผาและการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพียงแค่ 100 ตันคาร์บอนไดออกไซด์/วัน สำหรับเทคโนโลยีการนำก๊าซจากหลุมฝังกลบกลับมาใช้มีความแตกต่างจากอีก 3 เทคโนโลยีที่เหลือ เนื่องจากเทคโนโลยีนี้เหมาะกับการนำมาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีอื่นๆ เนื่องจากการยกเลิกการใช้หลุมฝังกลบในมาเลเซียในช่วงระยะเวลาสั้นนั้นสามารถทำได้ยาก เนื่องจากต้นทุนในการดำเนินการสร้างเทคโนโลยีการเปลี่ยนมูลฝอยไปเป็นพลังงานค่อนข้างสูง ดังนั้นเพื่อบรรเทาผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากหลุมฝังกลบ การนำเทคโนโลยีการนำก๊าซจากหลุมฝังกลบกลับมาใช้จึงเป็นทางเลือกที่ดี จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าการเผาเป็นเทคโนโลยีที่ดีที่สุด รองลงมา คือ การการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่สำหรับในมาเลเซียแล้วเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยด้านลักษณะของมูลฝอยที่มีความชื้นสูงและความต้องการพลังงานความร้อนในสัดส่วนที่ต่ำแล้ว พบว่าเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นทางเลือกที่สามารถนำมาปฏิบัติใช้ได้จริง กล่าวคือ มูลฝอยอินทรีย์จะเลือกใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนมูลฝอยอนินทรีย์เลือกใช้การรี-ไซเคิลและการใช้ซ้ำควบคู่ไปกับการใช้เทคโนโลยีการนำก๊าซจากหลุมฝังกลบกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่

Bueno (2015) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการมูลฝอยชุมชนของเมือง Gipuzkoa ประเทศสเปน โดยมีการเปรียบเทียบ 2 ด้าน คือ การนำพลังงานและการนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เพื่อหาทางเลือกในการจัดการมูลฝอยชุมชนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีความยั่งยืน สำหรับการศึกษาในงานวิจัยนี้ได้กำหนดทางเลือกขึ้นมาทั้งหมด 5 ทางเลือก คือ ทางเลือกที่ 1 A25C มีการคัดแยกมูลฝอยร้อยละ 25 มูลฝอยผสมที่เหลือส่งไปโรงงานเผาเพื่อผลิตไฟฟ้า และมีการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าค่อนข้างสูง ทางเลือกที่ 2 B25C มีการคัดแยกมูลฝอยร้อยละ 25 มูลฝอยผสมที่เหลือส่งไปบำบัดโดยใช้กระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพแบบใช้อากาศก่อนส่งไปหลุมฝังกลบ และมีการปล่อยคาร์บอนค่อนข้างสูงจากการผลิตไฟฟ้า ทางเลือกที่ 3 A25 มีการคัดแยกร้อยละ 25 มูลฝอยผสมที่เหลือส่งไปโรงเผา ทางเลือกที่ 4 B25 มีการคัดแยกร้อยละ 25 มูลฝอยผสมที่เหลือส่งไปบำบัดโดยกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพแบบใช้อากาศและทางเลือกที่ 5 B75 มีการคัดแยกร้อยละ 75 มูลฝอยผสมที่เหลือส่งไปบำบัดโดยกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพแบบใช้อากาศ จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อมี

การเปรียบเทียบการคัดแยกที่ร้อยละ 25 กล่าวคือมีการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกที่ 3 และ 4 นั้น แสดงให้เห็นว่าการจัดการมูลฝอยแบบผสมด้วยวิธีการเผาเพื่อนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าในทุกๆด้าน แต่เมื่อปรับสัดส่วนการคัดแยกมูลฝอยเป็นร้อยละ 75 เพื่อเน้นการนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยพบว่าการจัดการมูลฝอยผสมโดยส่งไปบำบัดโดยกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพแบบใช้อากาศก่อนส่งไปหลุมฝังกลบเป็นวิธีที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่ายกเว้นผลกระทบด้านยูโทรฟิเคชันเพียงด้านเดียวที่มากกว่าวิธีการเผา จากนั้นมีการศึกษาแต่ละผลกระทบ ได้แก่ การสิ้นเปลืองทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่มีชีวิต (Abiotic resource depletion) การทำให้โลกร้อน (Global warming potential) การก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (Human toxicity) การออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง-เคมี (Photochemical oxidation) การก่อให้เกิดความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ (Acidification) และการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำ (Eutrophication) โดยมีการศึกษาถึงสาเหตุแยกย่อยที่ส่งผลต่อผลกระทบนั้นๆ พบว่าการคัดแยกมูลฝอยที่ร้อยละ 75 โดยเน้นไปที่การนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ซึ่งเป็นวิธีการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการคัดแยกมูลฝอยที่ร้อยละ 25 และมูลฝอยผสมที่เหลือส่งไปเผาเพื่อนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ มีเพียงผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำที่ทำให้ทางเลือกที่ 5 B75 ส่งผลกระทบมากกว่าทางเลือกที่ 3 A25 สาเหตุเนื่องจากการผลิตปุ๋ยหมักมีการปลดปล่อยแอมโมเนีย นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปหลุมฝังกลบของทั้งทางเลือกที่ 3 และ 5 มีความใกล้เคียงกัน โดยทางเลือกที่ 3 มีปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปกำจัดยังหลุมฝังกลบ 7,790 เมตริกตัน และทางเลือกที่ 5 มีปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปกำจัดยังหลุมฝังกลบ 9,939 เมตริกตัน จากผลการการศึกษาสรุปได้ว่าการส่งเสริมการคัดแยกและป้องกันไม่ให้เกิดมูลฝอยเป็นทางเลือกในการจัดการมูลฝอยที่ดีประกอบกับมีการเผาสำหรับการจัดการมูลฝอยผสมเพื่อลดปริมาณมูลฝอยที่จะถูกส่งไปยังหลุมฝัง-กลบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

De Feo and Malvano (2009) ได้ทำการศึกษาการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของการจัดการมูลฝอยในระดับจังหวัดของเมืองทางตอนใต้ในประเทศอิตาลี โดยใช้เครื่องมือการประเมินวัฏจักรชีวิตด้วยวิธี WISARD (Waste Integrated System Assessment for Recovery and Disposal) ซึ่งมีการศึกษาทั้งหมด 12 ทางเลือก กล่าวคือ ทางเลือกที่ 1-10 มีร้อยละของการคัดแยกที่ร้อยละ 35-80 มีการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอย เผา และส่งไปหลุมฝังกลบ สำหรับทางเลือกที่ 11 มีการคัดแยกร้อยละ 80 โดยมูลฝอยแห้งที่เหลือจะถูกคัดแยกและส่งไปยังหลุมฝังกลบ และทางเลือกที่ 12 มีการคัดแยกร้อยละ 80 โดยมูลฝอยแห้งที่เหลือทั้งหมดร้อยละ 20 จะถูกส่งไปฝัง-กลบ โดยใน

งานวิจัยนี้มีการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยทั้งหมด 11 ด้าน ได้แก่ การใช้พลังงานทั้งหมดและพลังงานทดแทน (Renewable and total energy use), น้ำ (Water), ของแข็งแขวนลอย (Suspended solids), ดัชนีสสารที่ออกซิเดชันได้ (Oxydable matters index), ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication), ผลิตภัณฑ์มูลฝอยอันตราย (Hazardous waste production), การใช้พลังงานสิ้นเปลือง (Non-renewable energy use), ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases), การก่อให้เกิดความเป็นกรดในดินและน้ำ (Acidification), สสารพวกแร่ธาตุ (Mineral and quarried matters) และของเสียที่ไม่อันตราย (Non-hazardous waste) จากผลการศึกษาของงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเฟสในการจัดการมูลฝอยในแต่ละทางเลือก พบว่าเฟสของการรีไซเคิลกระดาษก่อให้เกิดผลกระทบน้อยที่สุดถึงร้อยละ 45.5 แต่เฟสของการเก็บขนมูลฝอยแห้งก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดถึงร้อยละ 54.5 ในกรณีศึกษานี้ นอกจากนี้มีการศึกษาผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของแต่ละทางเลือก พบว่าสำหรับผลกระทบ 6 ด้านต่อไปนี้ ได้แก่ การใช้พลังงานทั้งหมดและพลังงานทดแทน (Renewable and total energy use), น้ำ (Water), ของแข็งแขวนลอย (Suspended solids), ดัชนีสสารที่ออกซิเดชันได้ (Oxydable matters index), ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) และผลิตภัณฑ์ของเสียที่เป็นอันตราย (Hazardous waste production) ทางเลือกที่ 11 การคัดแยกที่ร้อยละ 80 ไม่มีการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยและการเผา แต่มีการคัดแยกมูลฝอยแห้งก่อนส่งไปฝังกลบเป็นทางเลือกที่ส่งผลต่อ 6 ด้านนี้น้อยที่สุด แต่สำหรับผลกระทบ 3 ด้านต่อมา ได้แก่ การใช้พลังงานสิ้นเปลือง (Non-renewable energy use), ก๊าซเรือนกระจก(Greenhouse gases) และการก่อให้เกิดความเป็นกรดในดินและน้ำ (Acidification) พบว่าทางเลือกที่ 10 การคัดแยกที่ร้อยละ 80 มีการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอย มีการเผาก่อนส่งไปฝังกลบเป็นทางเลือกที่ส่งผลกระทบต่อ 3 ด้านนี้น้อยที่สุด และสำหรับผลกระทบ 2 ด้านสุดท้าย ได้แก่ สสารพวกแร่ธาตุ(Mineral and quarried matters) และมูลฝอยที่ไม่อันตราย (Non-hazardous waste) พบว่าทางเลือกที่ 1 การคัดแยกที่ร้อยละ 35 มีการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอย จะมีการเผาก่อนส่งไปฝังกลบเป็นทางเลือกที่ส่งผลกระทบต่อ 2 ด้านที่กล่าวมาข้างต้นน้อยที่สุด โดยสรุปแล้วพบว่าผลกระทบ 9 ด้าน ได้แก่ การใช้พลังงานทดแทน (Renewable energy use), การใช้พลังงานสิ้นเปลือง (Non-renewable energy use), การใช้พลังงานทั้งหมด (Total energy use), น้ำ (Water), ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids), ดัชนีสสารที่ออกซิเดชันได้(Oxydable Matters Index), การก่อให้เกิดความเป็นกรดในดินและน้ำ (Acidification), ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication), ของเสียอันตราย (Hazardous waste) และก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) ที่ร้อยละของการคัดแยกสูงสามารถหลีกเลี่ยงการเกิดผลกระทบ

ทั้ง 9 ด้านนี้ได้มากที่สุด แต่สำหรับผลกระทบที่เหลืออีก 2 ด้าน ได้แก่ สสารพวกแร่ธาตุ (Mineral and quarried matters) และมูลฝอยที่ไม่อันตราย (Non-hazardous waste) พบว่าที่ร้อยละของการคัดแยกต่ำส่งผลกระทบต่อ 2 ด้านนี้น้อยกว่าที่ร้อยละของการคัดแยกสูง

Liamsanguan and Gheewala (2008) มีการศึกษาผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของจังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย โดยมีการกำหนดทางเลือกขึ้นมา 2 ทางเลือก กล่าวคือ ทางเลือกที่ 1 หลุมฝังกลบแบบที่ไม่มีการนำพลังงานกลับมาใช้ และทางเลือกที่ 2 การเผาแบบที่มีการนำพลังงานกลับมาใช้ โดยมีการศึกษาปัจจัยด้านการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการศึกษาเปรียบเทียบทั้ง 2 ทางเลือกพบว่า การเผาเป็นทางเลือกที่ดีกว่า แต่หากหลุมฝังกลบสามารถนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้นั้น ทางเลือกการใช้หลุมฝังกลบจะดีกว่าการเผาในด้านของการใช้พลังงาน เนื่องจากมูลฝอยของจังหวัดภูเก็ตมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 41 จึงต้องการพลังงานปริมาณมากในการเผา แต่สามารถแก้ไขได้หากมีการคัดแยกมูลฝอยที่ย่อยสลายได้ออกก่อนทำการเผา สำหรับผลกระทบด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกพบว่าคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณมากถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้พลาสติก ดังนั้นจึงควรมีการคัดแยกพลาสติกออกก่อนทำการเผา แต่พลังงานที่ได้อาจลดลงเนื่องจากพลาสติกเป็นมูลฝอยประเภทที่ให้พลังงานสูง สำหรับหลุมฝังกลบสามารถลดการปล่อยก๊าซมีเทนซึ่งจัดเป็นก๊าซเรือนกระจกประเภทหนึ่งได้โดยใช้วิธีการเก็บรวบรวมและเผาก๊าซทิ้งที่หอเผาและจะมีการปลดปล่อยไบโอเจนิกคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาแทนซึ่งไม่จัดเป็นก๊าซเรือนกระจก นอกจากนั้นในงานวิจัยนี้ยังได้วิเคราะห์ในกรณีที่หลุมฝังกลบมีการนำพลังงานกลับมาใช้จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 50 ส่งผลให้ก๊าซเรือนกระจกสุทธิที่ปล่อยจากหลุมฝังกลบมีค่า 657 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตัน ของมูลฝอยชุมชน โดยสรุปแล้วการเผาใช้พลังงานสุทธิ 1,048 เมกะจูล/ตันของมูลฝอยชุมชน ซึ่งน้อยกว่าหลุมฝังกลบที่ใช้พลังงานสุทธิ 1,494 เมกะจูล/ตันของมูลฝอยชุมชน แต่ผลจากงานวิจัยนี้มีความจำเพาะต่อพื้นที่ที่ศึกษา เนื่องจากปัจจัยทางด้านลักษณะของมูลฝอย เทคโนโลยี ลักษณะพื้นที่ เวลา และข้อมูลที่เกี่ยวข้องมามีอิทธิพลร่วมด้วย นอกจากนี้การจัดการมูลฝอยควรทำแบบระบบผสมผสานมากกว่าระบบเดี่ยว เนื่องจากมูลฝอยแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับเทคโนโลยีแต่ละประเภทที่แตกต่างกัน แต่สำหรับชุมชนขนาดเล็กควรคำนึงถึงหลักเศรษฐศาสตร์ในการเลือกเทคโนโลยีมาใช้มากที่สุด

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2552) มีการรวบรวมข้อดีและข้อจำกัดของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากมูลฝอย จากรายงานพบว่าเทคโนโลยีที่ควรนำไปปฏิบัติใช้กับชุมชน

ควรเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย มีหลักการทำงานไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนมูลฝอยไปเป็นพลังงาน มีความปลอดภัยกับผู้ใช้ และปัจจัยที่สำคัญที่สุด คือ เทคโนโลยีมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ ชุมชนยอมรับได้ และมลพิษที่อาจเกิดขึ้นผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยจากตารางที่ 3-13 สรุปได้ว่าเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำมาใช้ผลิตพลังงานจากมูลฝอย คือ เทคโนโลยีเตาเผามูลฝอยเพราะเป็นเทคโนโลยีที่มีความยืดหยุ่นต่อประเภทและปริมาณมูลฝอย ลดมวลและปริมาตรได้มาก มีเวลาในการกำจัดสั้นและใช้พื้นที่ในการจัดการน้อย นอกจากนี้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจเนื่องจากสามารถลดมวลและปริมาตรได้มาก นอกจากนี้ยังใช้เวลากำจัดสั้นและใช้พื้นที่น้อยเช่นเดียวกับเทคโนโลยีเตาเผามูลฝอย แต่เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนต้องอาศัยการคัดแยกมูลฝอย

วรพันธ์ มูลศรีและเศรษฐ์ สัมภัตตะกุล (2554) งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 โดยศึกษาด้านการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกและการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่างๆจากการนำมูลฝอยมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ ของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีอัตราการเกิดมูลฝอย 2,573 ตัน/ปี โดยในขณะที่งานวิจัยนี้ดำเนินไป การจัดการมูลฝอยของตำบลฟ้าฮ่ามยังเป็นแบบไม่ถูกสุขาภิบาล ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัยของคนในชุมชน นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลกระทบกับน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าการนำมูลฝอยไปผลิตเชื้อเพลิงขยะแบบ RDF-5 มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าวิธีฝังกลบถึง 412.44 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตัน นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อเพลิงขยะแบบ RDF-5 สามารถให้พลังงาน 6,148.21 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม หรือเทียบเท่ากับพลังงานไฟฟ้า 7.148 กิโลวัตต์/ชั่วโมง จึงส่งผลให้การจัดการมูลฝอยโดยนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะอัดแท่งแบบ RDF-5 เป็นวิธีที่เหมาะสม สามารถช่วยลดปริมาณมูลฝอยให้แก่ชุมชนได้ ทำให้สามารถลดต้นทุนด้านการจัดการมูลฝอยและส่งผลดีกับสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 2-15 ข้อดีและข้อจำกัดของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากมูลฝอย

เทคโนโลยี	ข้อดี/ข้อจำกัด
เทคโนโลยีเตาเผามูลฝอย	- มีความยืดหยุ่นต่อประเภทมูลฝอยและปริมาณมูลฝอย - ลดมวลและปริมาณได้มาก

เทคโนโลยี	ข้อดี/ข้อจำกัด
	- เวลากำจัดสั้นและใช้พื้นที่น้อย
เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน	- ต้องมีระบบการแยกมูลฝอยอินทรีย์ - ลดมวลและปริมาตรได้มากแต่ต้องใช้ควบคู่กับการกำจัดมูลฝอยด้วยวิธีอื่น - เวลากำจัดสั้นและใช้พื้นที่น้อย
เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบมูลฝอย	- ใช้พื้นที่มาก - โอกาสถูกต่อต้านในพื้นที่สูง
เทคโนโลยีผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอย	- ระบบยังไม่เบ็ดเสร็จในตัวเอง เชื้อเพลิงที่ได้จำเป็นต้องมีการกำจัดขั้นสุดท้ายแต่สามารถขนย้ายเชื้อเพลิงได้
เทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิง	- ลดมวลและปริมาตรได้ดี - เวลากำจัดสั้น ใช้พื้นที่น้อย - เป็นเทคโนโลยีขั้นสูงและมีค่าใช้จ่ายสูง
เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ค	- เป็นเทคโนโลยีขั้นสูง - ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง - ขี้เถ้าที่เกิดจากกระบวนการถูกเปลี่ยนสภาพเป็นขี้แร่ (Slag)
เทคโนโลยีการแปรรูปมูลฝอยพลาสติกเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง	- ต้องมีการแยกมูลฝอยพลาสติกและทำความสะอาดมูลฝอยพลาสติก - มูลฝอยประเภทอื่นที่เหลือต้องนำไปกำจัดด้วยวิธีอื่น

ที่มา : ปราณี หนูทองแก้ว, 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เทวัญ พัฒนาพงศ์ศักดิ์ (2540) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงความร่วมมือของประชาชนในการแยกทิ้งมูลฝอยในถังรองรับมูลฝอยเปียกและถังรองรับมูลฝอยแห้งในเทศบาลนครเชียงใหม่ และศึกษาความเป็นไปได้ในการแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดต่างๆ รวมถึงการนำมูลฝอยที่แยกแล้วไปจัดการ โดยในด้านการศึกษาความร่วมมือของประชาชนในการคัดแยกมูลฝอยได้มีการเก็บตัวอย่างมูลฝอยจากถังรองรับมูลฝอยแต่ละประเภทมาศึกษาถังละ 3 ครั้ง นำมาทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น ความหนาแน่น และองค์ประกอบของมูลฝอย จากผลการศึกษาพบว่าสมบัติทางกายภาพของมูลฝอยในถังรองรับมูลฝอยเปียกและถังรองรับมูลฝอยแห้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประชาชนยังไม่ให้ความร่วมมือในการคัดแยกมูลฝอย ต่อมาเป็นการศึกษาในส่วนของความเป็นไปได้ในการแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดต่างๆ ได้แก่ โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย ตลาดสดเมืองใหม่ ศูนย์การค้าแอร์พอร์ทพลาซ่า โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ และชุมชนเคหะหนองหอย มาวิเคราะห์อัตราการทิ้งแหล่งกำเนิดละ 2 ครั้ง และสมบัติทางกายภาพของมูลฝอย ได้แก่ ความชื้น ความหนาแน่น และองค์ประกอบของมูลฝอย แหล่งกำเนิดละ 3 ครั้ง รวมทั้งเก็บตัวอย่างแบบสอบถามด้านทัศนคติในการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดต่างๆ จากผลการศึกษาพบว่าอัตราการทิ้งมูลฝอยของโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย ตลาดสดเมืองใหม่ ศูนย์การค้าแอร์พอร์ทพลาซ่า และชุมชนเคหะหนองหอย มีค่า 0.139 0.443 0.071 และ 0.549 กิโลกรัม/คน-วัน ตามลำดับ สำหรับโรงแรมเชียงใหม่ภูคำมีอัตราการทิ้ง 2.227 กิโลกรัม/ห้อง-วัน สำหรับผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดต่างๆ พบว่าค่าความชื้นของโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย ตลาดสดเมืองใหม่ ศูนย์การค้าแอร์พอร์ทพลาซ่า โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ และชุมชนเคหะหนองหอย มีค่า 52.7 74.4 73.9 53.7 และ 53.8 ตามลำดับ สำหรับค่าความหนาแน่นมีค่า 120.5 257.4 278.3 163.6 และ 159.0 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สำหรับองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกระดาษ พลาสติก และเศษอาหาร แต่สำหรับโรงแรมเชียงใหม่ภูคำและแอร์พอร์ทพลาซ่ามีมูลฝอยประเภทแก้วเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง และจากการประเมินทั้งความเป็นไปได้ในการคัดแยกมูลฝอย รูปแบบการแยกมูลฝอยที่เหมาะสมในแหล่งกำเนิดต่างๆโดยพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพของมูลฝอย และทัศนคติของผู้ทิ้งมูลฝอย พบว่าสำหรับโรงเรียนควรมีการแยกมูลฝอยออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1.กระดาษ 2.พลาสติก 3.มูลฝอยทั่วไป สำหรับศูนย์การค้าและโรงแรมควรมีการแยกมูลฝอยออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1.กระดาษ 2.แก้ว พลาสติก และโลหะ 3. มูลฝอยทั่วไป ต่อมาสำหรับตลาดสดและชุมชนควรมีการแยกมูลฝอยออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1.มูลฝอยเปียก 2.มูลฝอยแห้ง ซึ่งสำหรับมูลฝอยที่คัดแยกประเภทออกมาได้เป็น

กระดาษและพลาสติกสามารถขายให้วงศ์พานิชได้โดยตรง แต่สำหรับมูลฝอยจากโรงแรมและศูนย์การค้าที่แยกรวมเป็นพลาสติก แก้ว และโลหะควรมีการแยกอีกครั้งก่อนนำไปขาย ส่วนมูลฝอยทั่วไปที่แยกจากโรงเรียน ศูนย์การค้า และโรงแรม รวมทั้งมูลฝอยเปียกและมูลฝอยแห้งที่แยกจากตลาดสดและชุมชนควรจัดส่งให้เทศบาลนำไปใช้ประโยชน์หรือกำจัดด้วยวิธีการที่เหมาะสม

ร้อยเอกกอบโชค หัสดี (2545) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อหาวิธีการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมเพื่อการจัดการมูลฝอยที่ดีในค่ายสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา และศึกษาความเป็นไปได้ในการรีไซเคิลนำมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ภายในค่ายจากแบบสอบถามและการสำรวจ รวมถึงการรวบรวมเก็บตัวอย่างมูลฝอยมาวิเคราะห์ จากผลการศึกษาพบว่ามีอัตราการเกิดมูลฝอย 0.41 กิโลกรัม/คน/วัน และพบว่าร้อยละ 61 ของมูลฝอยทั้งหมดเป็นมูลฝอยประเภทเศษอาหารและเศษใบไม้จากสนามหญ้า ความหนาแน่นเฉลี่ยของมูลฝอยคือ 202.4 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร สำหรับองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ความชื้น ของแข็ง ของแข็งระเหย เถ้า อินทรีย์คาร์บอน และไนโตรเจนมีค่า 54.2 45.8 75.6 24.3 42 4.7 และ 1.1 ตามลำดับ สำหรับฟอสฟอรัสมีค่า 167.7 ppm ค่าความร้อน 4,232.8 กิโล-แคลอรี่/กิโลกรัม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่า 38.2 : 1 สำหรับการรีไซเคิลพบว่าไม่ค่อยพบการรีไซเคิลในพื้นที่ มีเพียงร้อยละ 5 ของมูลฝอยทั้งหมดที่ถูกรีไซเคิลโดยผู้อยู่อาศัย และอีกร้อย-ละ 10 ถูกรีไซเคิลโดยคนเก็บของเก่าขาย ณ หลุมฝังกลบ โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม STELLA ในการหาวิธีการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าควรมีการปรับปรุงการจัดการมูลฝอยโดยการรีไซเคิลและการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสม คือ การนำมูลฝอยมาทำปุ๋ยหมักเนื่องจากในมูลฝอยมีสัดส่วนของเศษอาหารและเศษใบไม้อยู่ในปริมาณที่สูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

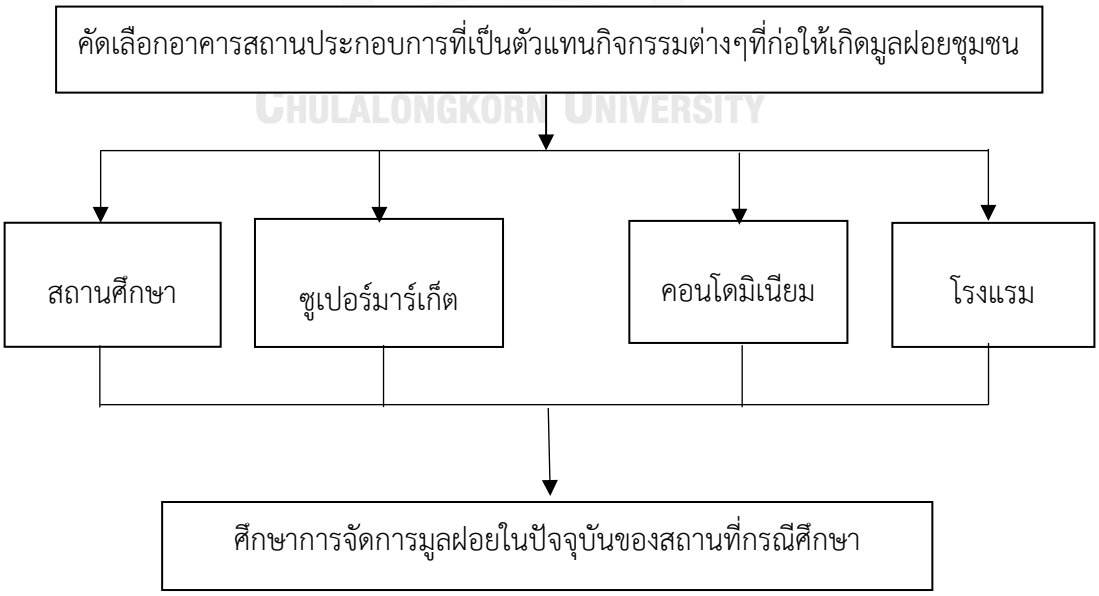
1. ศึกษาการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของอาคารสถานประกอบการกรณีศึกษาที่เป็นตัวแทนกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมูลฝอยชุมชน ได้แก่ สถานศึกษา โรงแรม คอนโดมิเนียม และคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. วิเคราะห์องค์ประกอบมูลฝอยในสถานที่กรณีศึกษาด้วยเทคนิค Coning and quartering

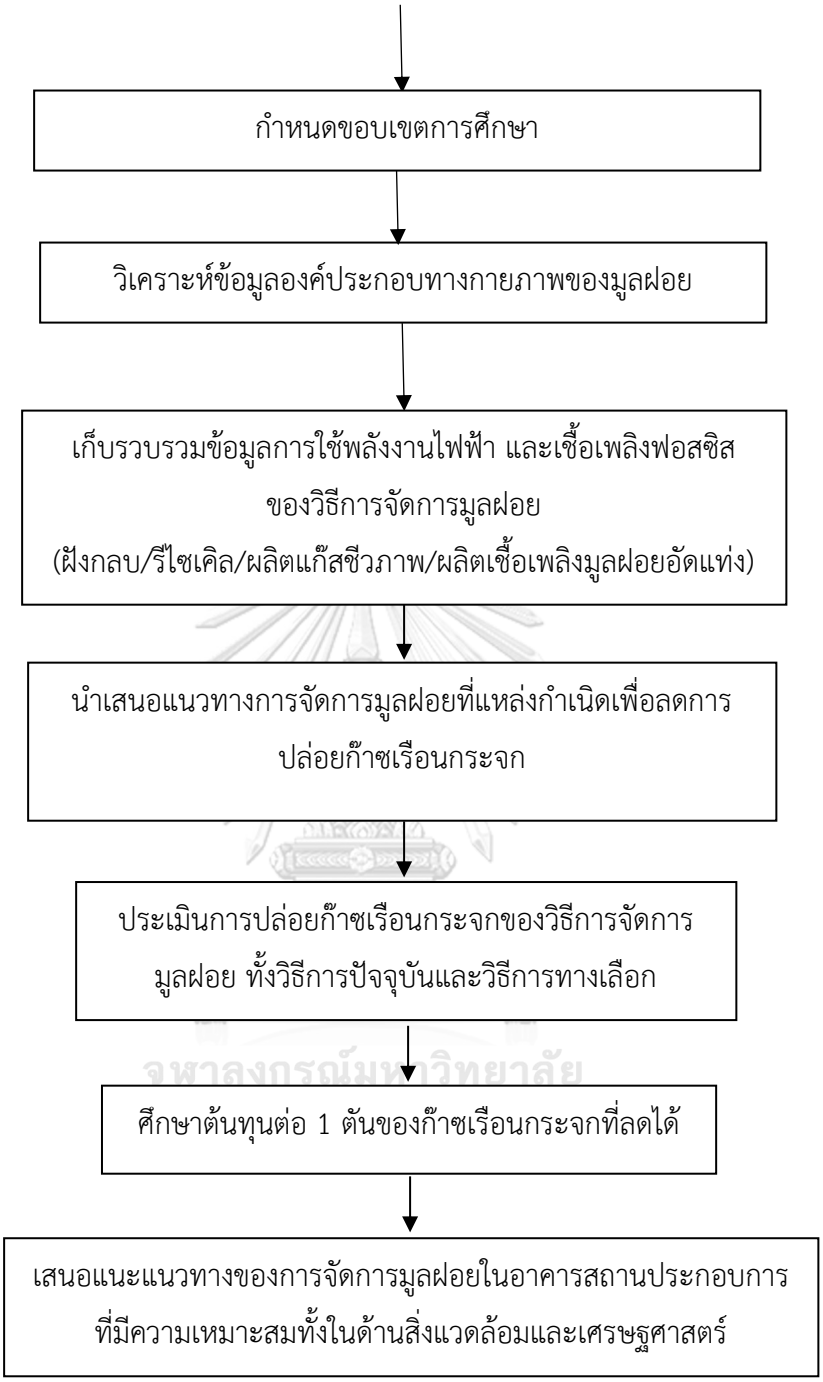
3. เก็บรวมรวมข้อมูลด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของวิธีการจัดการมูลฝอย ทั้งวิธีการจัดการในปัจจุบันของสถานประกอบการและวิธีทางเลือก ได้แก่ รีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า

4. วิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยปัจจุบันของอาคารสถานประกอบการกรณีศึกษาและทางเลือกการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 3 ทางเลือก

5. ศึกษาต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Abatement cost) โดยคำนวณต้นทุนต่อ 1 ตันของก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้



CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3-1 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

3.2 คัดเลือกตัวแทนอาคารสถานประกอบการกรณีศึกษา

มูลฝอยชุมชนในกรุงเทพมหานครเกิดจากกิจกรรมใหญ่ๆ 3 ประเภท ได้แก่ ที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรม และสถานศึกษา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกสถานประกอบการที่เป็นตัวแทนการเกิดมูลฝอยในแต่ละกิจกรรมขึ้นมา เพื่อศึกษาการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมในสถานประกอบการนั้นๆ ตามแนวความคิดที่ว่าถ้ามีการจัดการมูลฝอยที่ดีตั้งแต่แหล่งกำเนิด จะสามารถช่วยลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบหรือการจัดการแบบไม่เหมาะสมที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ต้นน้ำ โดยในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาคัดเลือกอาคารสถานประกอบการกรณีศึกษาตามความสมัครใจ ซึ่งมีอาคารสถานประกอบการที่เป็นตัวแทน ดังนี้

คอนโดมิเนียม	- ที่พักอาศัยแบบถาวร
โรงแรม	- ที่พักอาศัยแบบชั่วคราว
ซูเปอร์มาร์เก็ต	- พาณิชยกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	- สถานศึกษา

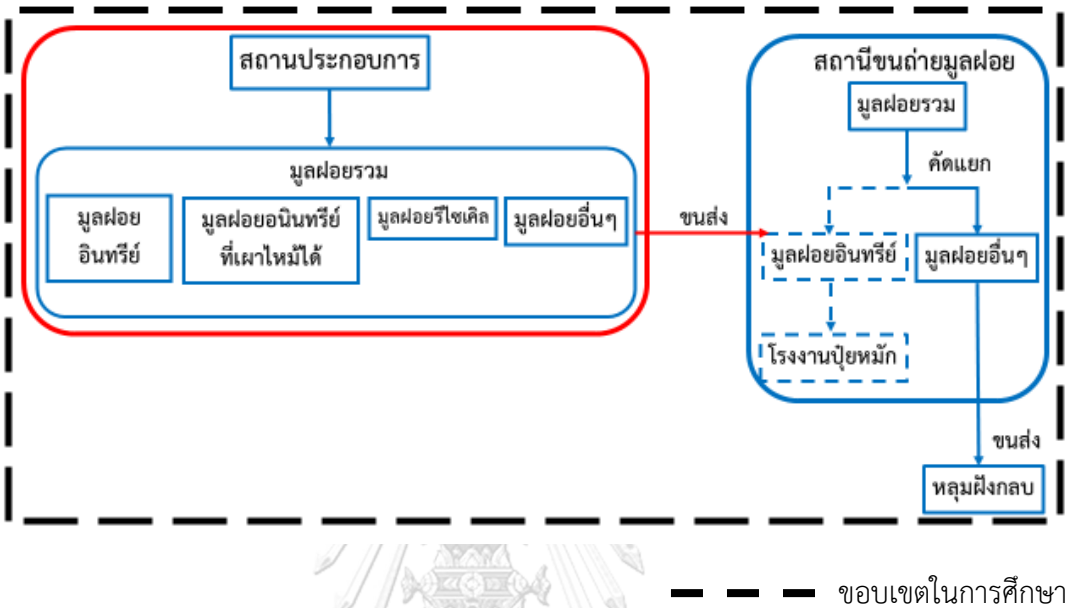
3.3. ศึกษาการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของอาคารสถานประกอบการกรณีศึกษา

ทำการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยภายในสถานประกอบการกรณีศึกษา เพื่อรวบรวมข้อมูลการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของสถานประกอบการไปใช้ในการกำหนดขอบเขตสำหรับการประเมินทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมของการจัดการมูลฝอยในปัจจุบัน และการจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือก เพื่อหาวิธีการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมในสถานประกอบการต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.4 กำหนดขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยในสถานประกอบการทั้งวิธีการที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบันและวิธีทางเลือกเพื่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

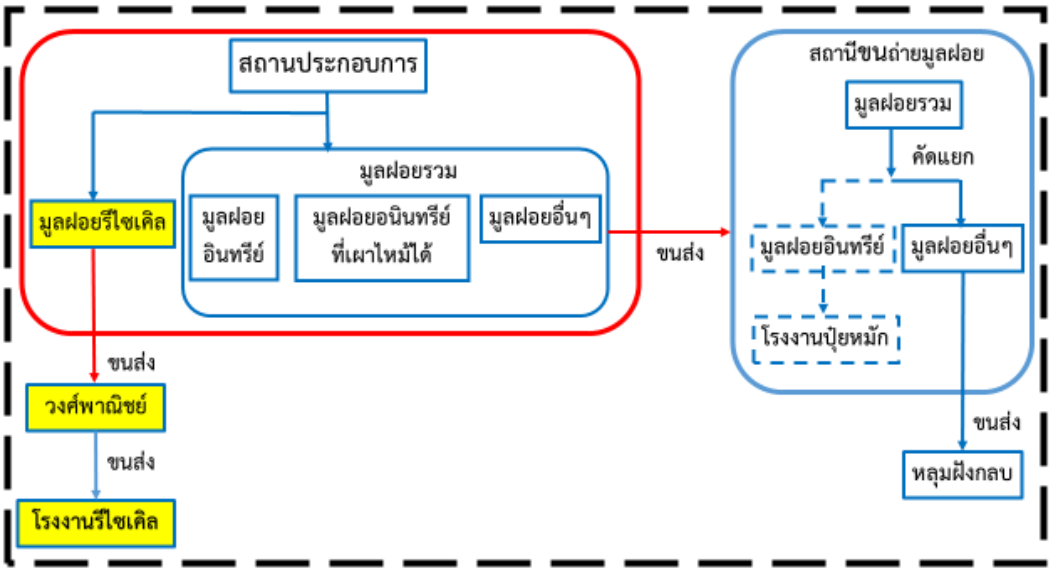
- ทางเลือกที่ 1 : การจัดการมูลฝอยของสถานประกอบการกรณีศึกษาโดยวิธีการฝังกลบ



รูปที่ 3-2 การจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบของสถานประกอบการกรณีศึกษา

การคิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบจะคิดตั้งแต่ขั้นตอนที่รถเก็บขนมูลฝอยมารับมูลฝอยที่สถานประกอบการกรณีศึกษา ต่อมาเป็นขั้นตอนการขนส่งมูลฝอยไปยังสถานีขนถ่ายมูลฝอย และมีขั้นตอนการเตรียมมูลฝอยในการขนส่ง แล้วขนส่งมูลฝอยต่อไปยังหลุมฝังกลบ มีการคิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกในขั้นตอนการดำเนินงานที่หลุมฝังกลบ สำหรับกรอบสีแดงเป็นขอบเขตสำหรับการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

- ทางเลือกที่ 2 : การจัดการมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยวิธีการฝังกลบและการรีไซเคิล

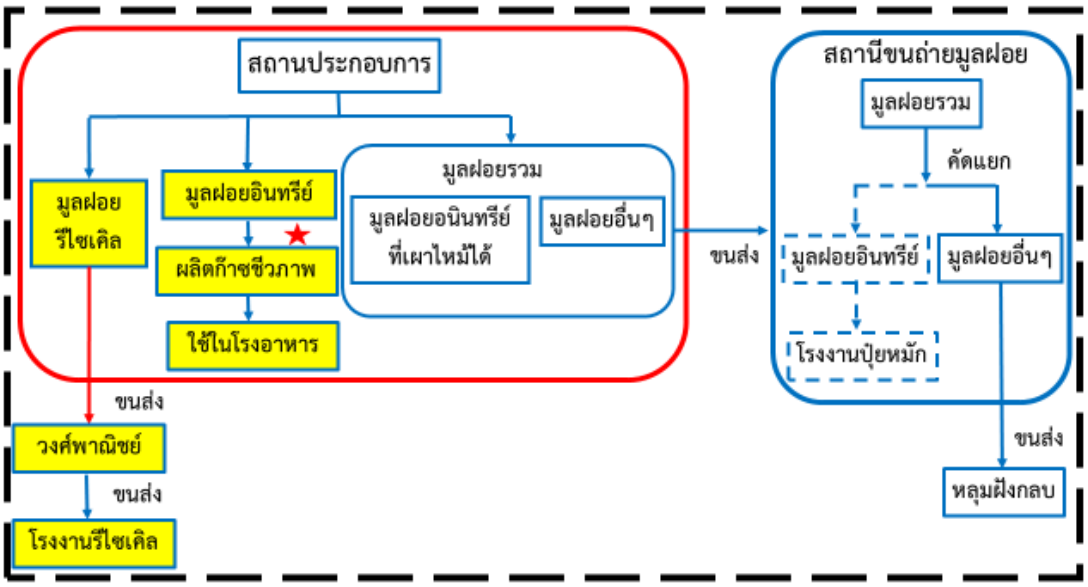


รูปที่ 3-3 การจัดการมูลฝอยโดยการฝังกลบและการรีไซเคิลของสถานประกอบการกรณีศึกษา

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการคัดแยกที่แหล่งกำเนิด ซึ่งมีการแบ่งประเภทของมูลฝอยออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล และมูลฝอยอื่นๆ โดยการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการฝังกลบจะคิดในส่วนขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้ และสำหรับการรีไซเคิลจะคิดตั้งแต่ขั้นตอนการขนส่งมูลฝอยรีไซเคิลจากสถานประกอบการกรณีศึกษาไปยังโรงงานรับซื้อมูลฝอยรีไซเคิลวงศ์พาณิชย์ จากนั้นคิดในส่วนขั้นตอนการคัดแยกให้มีความจำเพาะของประเภทมูลฝอยมากขึ้นที่วงศ์พาณิชย์ แล้วมีขั้นตอนการขนส่งต่อไปยังโรงงานรีไซเคิลแต่ละประเภท มีขั้นตอนกระบวนการผลิตและแปรรูปจนได้เป็นผลิตภัณฑ์รีไซเคิลสุดท้ายออกมา และคิดการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำผลิตภัณฑ์รีไซเคิลไปใช้งาน นอกจากนั้นทางเลือกนี้ยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบได้ เนื่องจากมีการนำมูลฝอยมาทำการรีไซเคิลแทนการส่งไปฝังกลบ สำหรับกรอบสีแดงเป็นขอบเขตในการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- ทางเลือกที่ 3.1 : การจัดการมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิลและการผลิตก๊าซชีวภาพ

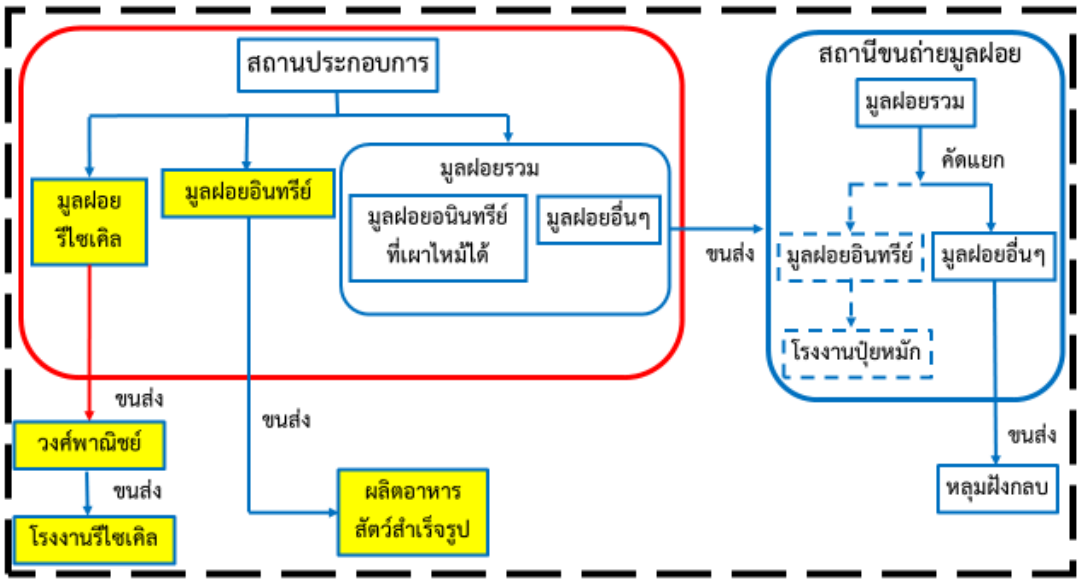


รูปที่ 3-4 การจัดการมูลฝอยโดยการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพของสถานประกอบการกรณีศึกษา

หมายเหตุ ตรงตำแหน่งรูปดาวนั้นนอกจากจะมีการผลิตก๊าซชีวภาพแล้ว ยังมีการผลิตปุ๋ยน้ำและปุ๋ยหมักเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมอีกเช่นกัน

การจัดการมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดของสถานประกอบการกรณีศึกษา โดยมีการคัดแยกมูลฝอยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ และมูลฝอยอื่นๆ โดยการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบและวิธีการรีไซเคิลจะประเมินตามแบบที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับมูลฝอยอินทรีย์ที่นำไปผลิตก๊าซชีวภาพในพื้นที่สถานประกอบการกรณีศึกษาจะคิดในส่วนของการใช้พลังงานของเครื่องจักรผลิตก๊าซชีวภาพ โดยวิธีการนี้จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซชีวภาพ ปุ๋ยน้ำ และปุ๋ยหมัก โดยจะคิดการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นไปใช้งาน อีกทั้งทางเลือกนี้ยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่หลุมฝังกลบได้ จากการที่นำมูลฝอยรีไซเคิลไปรีไซเคิล และนำมูลฝอยอินทรีย์ไปผลิตก๊าซชีวภาพ แทนการส่งไปฝังกลบ สำหรับกรอบสีแดงเป็นขอบเขตในการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

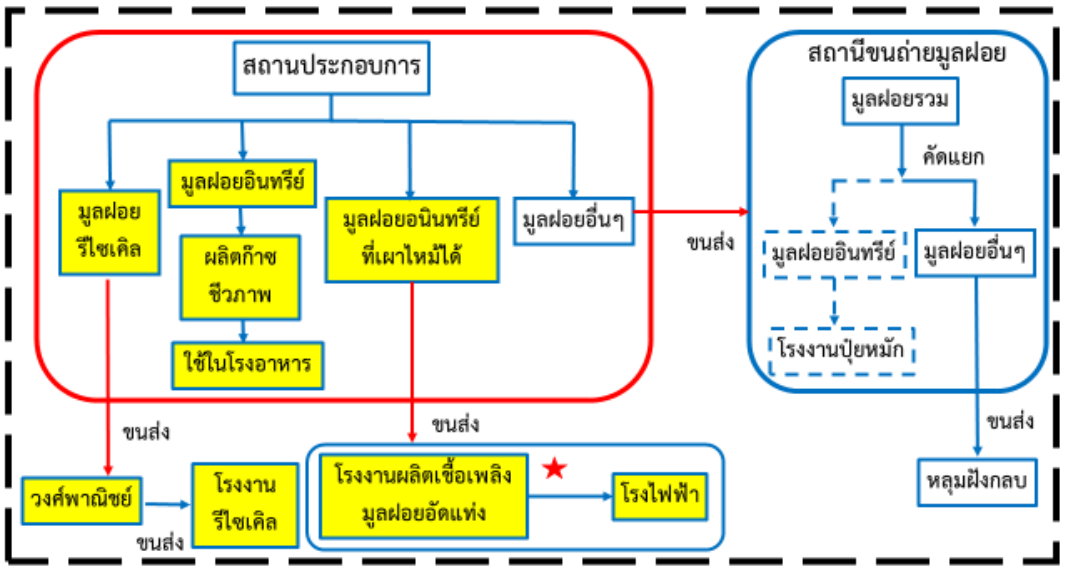
- ทางเลือกที่ 3.2 : การจัดการมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิลและการนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูป



รูปที่ 3-5 การจัดการมูลฝอยโดยการฝังกลบ การรีไซเคิล และการนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูปของสถานประกอบการกรณีศึกษา

การจัดการมูลฝอยรูปแบบนี้เป็นการจัดการในปัจจุบันของสถานที่กรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ และโรงแรม โดยมูลฝอยมีการคัดแยกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล เศษอาหาร และมูลฝอยทั่วไป สำหรับมูลฝอยรีไซเคิลและมูลฝอยทั่วไปจะนำไปรีไซเคิลและฝังกลบตามลำดับ ซึ่งการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นไปในรูปแบบที่เคยได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ส่วนการนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูปนั้นมีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง ส่วนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากการลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตอาหารสำเร็จรูป โดยการใช้เศษอาหารในการเลี้ยงสัตว์แทน ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้เป็นอาหารสุกร นอกจากนี้การนำมูลฝอยรีไซเคิลเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล และนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์ถือเป็นการช่วยลดปริมาณมูลฝอยที่นำไปจัดการด้วยวิธีการฝังกลบ จึงสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบได้เช่นกัน ในกรอบสีแดงเป็นขอบเขตของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

- ทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง



รูปที่ 3-6 การจัดการมูลฝอยโดยการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งของสถานประกอบการกรณีศึกษา

หมายเหตุ ตรงตำแหน่งรูปดาวนั้นนอกจากจะมีการผลิตก๊าซชีวภาพแล้ว ยังมีการผลิตปุ๋ยหมักเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมอีกเช่นกัน

การจัดการมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยมีการคัดแยกมูลฝอยออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ มูลฝอยอนินทรีย์ที่เผาไหม้ได้ และมูลฝอยอื่นๆ โดยการจัดการมูลฝอยแบบการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพจะมีการคิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับมูลฝอยอนินทรีย์ที่เผาไหม้ได้จะมีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ขั้นตอนของการขนส่งไปยังโรงงานผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง แล้วเข้าสู่กระบวนการผลิต จากนั้นมีการนำไปเผาไหม้แทนถ่านหินในโรงไฟฟ้าใกล้เคียงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า สำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทางเลือกนี้มาจากการใช้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งแทนถ่านหิน และการนำปุ๋ยหมักที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมซึ่งเกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ นอกจากนั้นทางเลือกนี้ยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่หลุมฝังกลบ เนื่องจากมีการนำมูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์

และมูลฝอยอนินทรีย์ที่เผาไหม้ได้มาใช้ประโยชน์แทนการนำไปฝังกลบ สำหรับกรอบสีแดงเป็นขอบเขตของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

3.5 ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยในสถานที่กรณีศึกษา

3.5.1 ระยะเวลาในการวิเคราะห์องค์ประกอบมูลฝอย

ทำการเก็บข้อมูลองค์ประกอบมูลฝอยเป็นระยะเวลา 3 วัน/สถานที่ โดยมีการวิเคราะห์วันละ 1 ครั้ง ครอบคลุมทั้งวันทำการและวันหยุดสุดสัปดาห์ โดยทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่มีการสะสมของมูลฝอยมากที่สุด ซึ่งจะเป็นช่วงเวลาก่อนที่รถเก็บขนมูลฝอยจะเข้ามารับมูลฝอยไปกำจัด

3.5.2 ออกแบบตารางเก็บข้อมูล

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างแบบบันทึกผลการคัดแยกมูลฝอยทางกายภาพ

สถานที่เก็บตัวอย่าง ( ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ( ) โรงแรม ( ) ซูเปอร์มาร์เก็ต ( ) คอนโดมิเนียม

(หน่วย: ร้อยละโดยน้ำหนัก)

ประเภทของมูลฝอย	วันที่ทำการสำรวจ				
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	เฉลี่ย	
				kg	%
1. เศษอาหาร					
2. ไม้และใบไม้					
3. กระดาษ (รีไซเคิลได้)					
4. พลาสติก (รีไซเคิลได้)					
5. แก้ว					
6. โลหะ					
7. กระดาษ (รีไซเคิลไม่ได้)					
8. พลาสติก (รีไซเคิลไม่ได้)					
9. ยางและหนัง					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภทของมูลฝอย	วันที่ทำการสำรวจ				
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	เฉลี่ย	
				kg	%
10. ผ้าและสิ่งทอ					
11. อื่นๆ					
ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)					

การคำนวณองค์ประกอบมูลฝอย จะคำนวณโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ คือ

$$Ci = Wi \times 100/W$$ สมการที่ 3.1

เมื่อ

Ci = ร้อยละขององค์ประกอบของมูลฝอยแต่ละชนิด

Wi = น้ำหนักมูลฝอยแต่ละชนิดหรือแต่ละองค์ประกอบ

W = น้ำหนักตัวอย่างมูลฝอยทั้งหมด

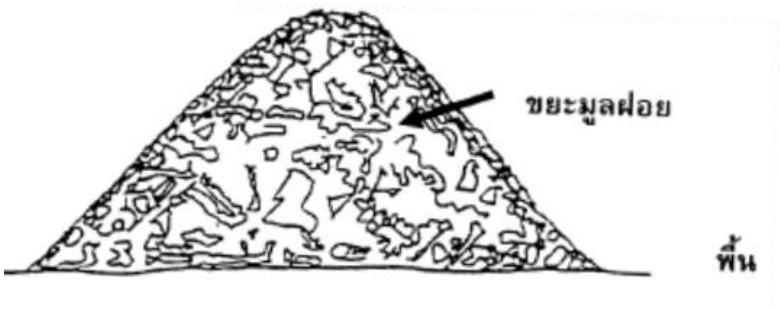
I = 1,2,3,....,n หมายถึง องค์ประกอบแต่ละประเภท

การสุ่มองค์ประกอบของมูลฝอย ควรทำอย่างน้อย 2-3 ครั้ง เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องกว่าการทำการคัดแยกเพียงครั้งเดียว จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าเดียว

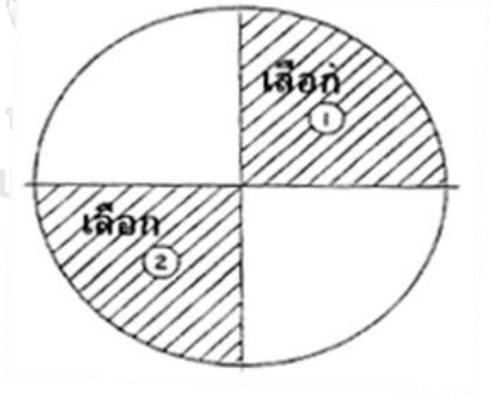
3.5.3 สุ่มตัวอย่างและวิเคราะห์องค์ประกอบของมูลฝอย

การวิเคราะห์องค์ประกอบของมูลฝอยต้องมีการสุ่มเก็บมูลฝอยอย่างน้อย 4 จุดต่อสถานที่ที่ทำการศึกษา โดยทำการวิเคราะห์ที่ละ 3 ครั้ง เพื่อให้มูลฝอยที่นำมาศึกษานั้นสามารถเป็นตัวแทนมูลฝอยของสถานที่นั้นได้อย่างแท้จริง แล้วทำให้มูลฝอยเป็นเนื้อเดียวกันโดยผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน เพื่อให้องค์ประกอบของมูลฝอยเหมือนกันทุกส่วน โดยนำมูลฝอยที่เข้ากันดีแล้วมากระจายออก แล้วกรองเป็นรูปทรงกรวยบริเวณพื้นราบที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ดังรูปที่ 3-6 (วิมลวรรณ หวังรุ่งทรัพย์, 2555) จากนั้นทำการแบ่งมูลฝอยออกเป็น 4 ส่วน (Quartering method) ดังแสดงในรูปที่ 3-7 โดยหลังจากแยกองค์ประกอบของ มูลฝอยทางกายภาพแล้วตามวิธีดังรูปที่ 3-8 แล้วจะทำการชั่งน้ำหนักขององค์ประกอบแต่ละประเภทและบันทึกลงในตารางที่ 3-1 โดยแต่ละองค์ประกอบที่ได้มีหน่วยเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเปียก หลังจากทำการสำรวจในแต่ละวันแล้วจะนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละ

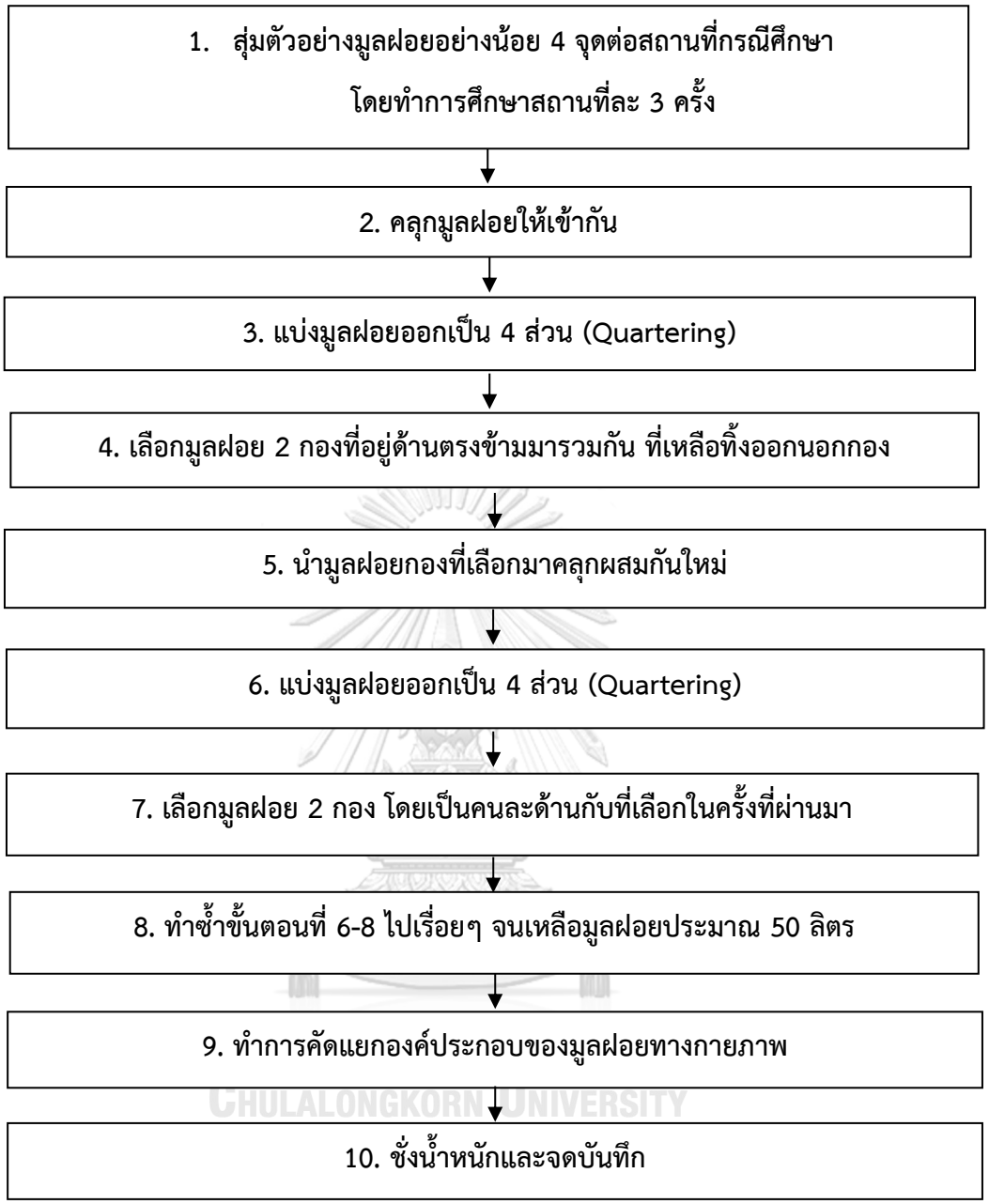
องค์ประกอบ และหากมีปริมาณมูลฝอยจำนวนมากตั้งแต่ 50 ตัน/วัน จะทำการสุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 3 ครั้ง/สถานที่ สำหรับการสำรวจองค์ประกอบมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิดของงานวิจัยนี้ ได้แก่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ คอนโดมิเนียม ซูเปอร์มาร์เก็ต และโรงแรม ซึ่งจะเลือกเวลาในการวิเคราะห์องค์ประกอบมูลฝอย คือ ช่วงเวลาที่แหล่งกำเนิดมีการนำมูลฝอยมารวบรวมมากที่สุด เพื่อรอให้ให้รถเก็บขนมูลฝอยของกรุงเทพมหานครมารับไปกำจัดต่อ ดังนั้น การสุ่มตัวอย่าง 1 ครั้งต่อวันจัดว่าเพียงพอ และต้องทำการวิเคราะห์องค์ประกอบมูลฝอยทั้งวันหยุดและวันทำการ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 [พิษณุโลก], 2556)



รูปที่ 3-7 ลักษณะการกองมูลฝอยเป็นรูปกรวยก่อนที่จะแบ่งมูลฝอยเป็น 4 ส่วน
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2547



รูปที่ 3-8 การแบ่งมูลฝอยออกเป็น 4 ส่วน (Quartering)
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2547



รูปที่ 3-9 ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบมูลฝอยทางกายภาพ
ที่มา : สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 [พิษณุโลก], 2556

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.6 เก็บรวบรวมข้อมูลการจัดการมูลฝอยแต่ละวิธีในสถานประกอบการ

3.6.1 วิธีการนำมูลฝอยแต่ละประเภทไปใช้ประโยชน์

ในการศึกษาวิจัยนี้มีการคัดแยกมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ 3 วิธี ได้แก่

3.6.1.1 การนำมูลฝอยอนินทรีย์ที่รีไซเคิลได้ไปรีไซเคิลต่อ โดยขายให้กับวงศ์พาณิชย์ ซึ่งมูลฝอยประเภทที่มีการนำไปรีไซเคิล ได้แก่ กระดาษ แก้ว โลหะ และพลาสติก โดยพลาสติกจะมีการคัดแยกตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิต ซึ่งจะคัดแยกประเภทตามสัญลักษณ์ดังรูปที่ 3-9 ที่ติดอยู่บนตัวผลิตภัณฑ์ สำหรับความหมายของสัญลักษณ์และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรีไซเคิลมีการอธิบายไว้ในตารางที่ 2-10

3.6.1.2 การนำมูลฝอยอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร ใบไม้ เป็นต้น ไปผลิตก๊าซชีวภาพ

3.6.1.3 การนำมูลฝอยอนินทรีย์ที่เผาไหม้ได้ แต่รีไซเคิลไม่ได้ เช่น กระดาษที่รีไซเคิลไม่ได้ พลาสติกที่รีไซเคิลไม่ได้ ผ้า หนังและยาง เป็นต้น ไปผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

รูปที่ 3-10 สัญลักษณ์ที่แสดงชนิดของพลาสติกที่สามารถรีไซเคิลได้

ที่มา : https://www.mtec.or.th/academic-services

3.6.2 กิจกรรมการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยแต่ละวิธี

จากการทบทวนเอกสารของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean development mechanism; CDM) และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (Thailand greenhouse gas management organization; TGO) เพื่อกำหนดขอบเขตในการรวบรวมการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยในแต่ละวิธี โดยขอบเขตการจัดเก็บข้อมูลมีดังต่อไปนี้

3.6.2.1 แหล่งการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการแบบหลุมฝังกลบ

ตารางที่ 3-2 แหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีจัดการแบบหลุมฝังกลบ

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1. การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน	● การย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบ
2. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินการ	● การสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในยานพาหนะของการขนส่ง ระหว่าง ✓ สถานที่กรณีศึกษา -> สถานีขนถ่ายมูลฝอย ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย -> หลุมฝังกลบ ✓ ภายในหลุมฝังกลบ
	● การสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักรที่ใช้งาน ณ หลุมฝังกลบและสถานีขนถ่ายมูลฝอย
3. การใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง	● การใช้ไฟฟ้าเพื่อแสงสว่าง ณ สถานีขนถ่ายมูลฝอยและที่หลุมฝังกลบ
	● การใช้ไฟฟ้าในเครื่องจักร ณ สถานีขนถ่ายมูลฝอย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ วิธีการจัดการโดยใช้หลุมฝังกลบไม่มีกิจกรรมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

อ้างอิง การประเมินใช้วิธี T-VER-METH-WM-07 ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.)

3.6.2.2 แหล่งปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการโดยใช้วิธีรีไซเคิล

ตารางที่ 3-3 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการโดยใช้วิธีรีไซเคิล

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินการ	● การสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในยานพาหนะขนส่งระหว่าง ✓ สถานที่กรณีศึกษา -> วงศ์พาณิชย์ ✓ วงศ์พาณิชย์ -> โรงงานรีไซเคิล
	● การสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร ณ วงศ์พาณิชย์
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง	● การใช้ไฟฟ้าในเครื่องจักร ณ วงศ์พาณิชย์และโรงงานรีไซเคิล
	● การใช้ไฟฟ้าให้แสงสว่าง ณ วงศ์พาณิชย์และโรงงานรีไซเคิล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3-4 แหล่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการโดยใช้วิธีรีไซเคิล

แหล่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1. การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบ	• การนำกระดาษมารีไซเคิลแทนการฝังกลบ
	• การลดการใช้ไฟฟ้าที่หลุมฝังกลบ
	• การลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการสันดาปในเครื่องจักร และยานพาหนะ
2. การลดการใช้พลังงาน	• การลดการใช้พลังงานในการสกัดหรือจัดหาวัสดุใหม่
	• การลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต

<u>อ้างอิง</u> การประเมินใช้วิธี AMS-III.AJ. ของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean development mechanism; CDM)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.6.2.3 แหล่งปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีผลิตก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 3-5 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการโดยใช้วิธีผลิตก๊าซชีวภาพ

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1. การใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง	● การใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรผลิตก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 3-6 แหล่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการโดยใช้วิธีผลิตก๊าซชีวภาพ

แหล่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1. การลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	● การใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล
2. การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยเคมี	● การใช้ปุ๋ยหมักที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมแทนปุ๋ยเคมี
3. การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบ	● การนำมูลฝอยที่ย่อยสลายได้ เช่น เศษอาหาร เศษใบไม้ เป็นต้น มาผลิตก๊าซชีวภาพแทนการฝังกลบ
	● การลดการใช้ไฟฟ้าที่หลุมฝังกลบ
	● การลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการสันดาปในเครื่องจักร และยานพาหนะ

<u>อ้างอิง</u> วิธีการประเมินยึดตาม T-VER-METH-WM-06 ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.6.2.4 แหล่งปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์

ตารางที่ 3-7 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการโดยใช้วิธีนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1. การสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิล	● การสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่ง

ตารางที่ 3-8 แหล่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการโดยใช้วิธีการนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์

แหล่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1. ลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูป	● การใช้เศษอาหารมาทดแทนอาหารสัตว์สำเร็จรูป โดยในงานวิจัยนี้กำหนดให้เป็นอาหารสุกร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.6.2.5 แหล่งปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

ตารางที่ 3-9 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการโดยใช้วิธีผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินการ	• การสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในยานพาหนะขนส่งระหว่าง ✓ สถานที่กรณีศึกษา -> โรงงานผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง	• การใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรในโรงงานผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง
3. การเผาไหม้	• การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3-10 แหล่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการโดยใช้วิธีผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

แหล่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1. การลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	● การใช้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งมาผลิตไฟฟ้าแทนการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน
2. การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยเคมี	● การใช้ปุ๋ยหมักที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมแทนปุ๋ยเคมี
3. การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบ	● การนำมูลฝอยที่เผาไหม้ได้มาทำเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งแทนการฝังกลบ
	● การลดการใช้ไฟฟ้าที่หลุมฝังกลบ
	● การลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการสันดาปในเครื่องจักร และยานพาหนะ

<u>อ้างอิง</u> วิธีการประเมินยึดตาม T-VER-METH-WM-04 ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.)

3.6.3 การรวบรวมค่าสัมประสิทธิ์ของกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3-7 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมการจัดการมูลฝอย

รายการ	หน่วย	EF ($kg\ CO_2eq$/หน่วย)	ที่มา
● เชื้อเพลิง			
- ดีเซล	L	2.7446	IPCC
- เบนซิน	L	2.1896	IPCC
- ก๊าซหุงต้ม	kg	0.3874	Thai national database, 2015

รายการ	หน่วย	EF ($kg\ CO_2eq$/หน่วย)	ที่มา
● ไฟฟ้า			
- ไฟฟ้าจากสายส่ง	kWh	0.6093	Thai national database, 2015 (อ้างอิง ณ วันที่ 9 เมษายน 2558)
● พาหนะ			
- รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ วิ่งปกติ 100% loading	tkm	0.0472	Thai national database, 2015
- รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ วิ่งปกติ 0% loading	km	0.4892	Thai national database, 2015
- รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 100% loading	tkm	0.0530	Thai national database, 2015
- รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 0% loading	km	0.5863	Thai national database, 2015
- รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ วิ่งปกติ 100% loading	tkm	0.1402	Thai national database, 2015
- รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ วิ่งปกติ 0% loading	km	0.3111	Thai national database, 2015
● กระบวนการ			
- กระบวนการสกัดวัตถุดิบในการผลิตแก้ว	kg glass	0.218	Ecoinvent, GWP 100a
- การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตจากการใช้แก้วรีไซเคิลแทนแก้วใหม่	kg glass	0.954	King, 2013
- กระบวนการสกัดวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ	kg paper	0.4832	Ecoinvent, GWP 100a

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการ	หน่วย	EF ($kg\ CO_2eq$/หน่วย)	ที่มา
- การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้กระดาษรีไซเคิลแทนกระดาษใหม่	kg paper	0.0498	King 2013
- กระบวนการสกัดวัตถุดิบในการผลิตอะลูมิเนียม	kg Al	10.53	Ecoinvent, GWP 100a
- การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้อะลูมิเนียมรีไซเคิลแทนอะลูมิเนียมใหม่	kg Al	8.17	King, 2013
- กระบวนการสกัดวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชนิด PE	kg PE	1.7370	Ecoinvent, GWP 100a
- การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลาสติก PE รีไซเคิลแทนพลาสติก PE ใหม่	kg PE	0.0030	King, 2013
- กระบวนการสกัดวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชนิด PP	kg PP	1.8078	Ecoinvent, GWP 100a
- การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลาสติก PP รีไซเคิลแทนพลาสติก PP ใหม่	kg PP	0.0022	King, 2013
- กระบวนการสกัดวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชนิด PET	kg PET	2.445	Ecoinvent, GWP 100a
- การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลาสติก PET รีไซเคิลแทนพลาสติก PET ใหม่	kg PET	0.164	King, 2013
- กระบวนการสกัดวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชนิด PS	kg PS	3.0558	Ecoinvent, GWP 100a

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการ	หน่วย	EF ($kg\ CO_2eq$/หน่วย)	ที่มา
- การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลาสติก PS รีไซเคิลแทนพลาสติก PS ใหม่	kg PS	0.0042	King, 2013
- การใช้ปุ๋ยหมัก (จากเศษอาหาร) แทนปุ๋ยเคมี	Ton food waste	81	Boldrin, 2009
- การใช้ปุ๋ยหมัก (ใบไม้) แทนปุ๋ยเคมี	Ton garden waste	67	Boldrin, 2009
- การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง	kg RDF	0.4611	โรงงานกรณีศึกษาที่ผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง
- อาหารสุกรขุน	kg	0.4728	Thai national database, 2015

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.7 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมต่างๆ จากการจัดการมูลฝอยแต่ละวิธี

3.7.1 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่หลุมฝังกลบ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบประกอบไปด้วยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งขอบเขตในการประเมินนี้ยึดตามวิธี T-VER-METH-WM-07 ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน-กระจก (อบก.)

$$PEy = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{CH4,y}$$ **สมการที่ 3.2**

โดยที่

PEy = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{CH4,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.7.1.1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบ

งานวิจัยนี้ได้ใช้แนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบโดยวิธี Default method ของ IPCC (Intergovernmental panel on climate change) ซึ่งเป็นวิธีการประเมินที่คำนึงถึงแค่ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากมูลฝอยที่เข้าไปฝังกลบแค่ในปีนั้น โดยไม่คำนึงถึง

ระยะเวลาการย่อยสลาย ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบในประเทศที่ไม่มีข้อมูลของปริมาณมูลฝอยที่เข้าสู่หลุมฝังกลบในปีก่อนหน้านั้น

$$CH_4 \text{ emission} = (MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX) \quad \textbf{สมการที่ 3.3}$$

กำหนดให้

CH4 emission = อัตราการแพร่ระบายของก๊าซมีเทน (ตัน/ปี)

MSW_T = ปริมาณมูลฝอยทั้งหมดที่เกิดขึ้นในปีที่ศึกษา (ตัน/ปี)

MSW_F = สัดส่วนปริมาณมูลฝอยที่ถูกนำไปฝังกลบ

คำนวณจาก = $\frac{\text{ปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ}}{\text{ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด}}$

R = ปริมาณก๊าซมีเทนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ เท่ากับ 0 (ตัน/ปี)

OX = สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ถูกเปลี่ยนรูปโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน เท่ากับ 0.1

L_0 = ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (ตันมีเทน/ตันมูลฝอย)

$L0 = MCF \times DOCj \times DOCf \times F \times 16/12$

MCF = ค่าปรับแก้มีเทน (Methane correction factor) ขึ้นอยู่กับลักษณะของหลุมฝังกลบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภทของหลุมฝังกลบ	ค่า MCF
มีระบบการจัดการ การกลบทับ และระบบกันซึม	1.0
ไม่มีระบบการจัดการ (ลึกมากกว่า 5 เมตร)	0.8
แบบกึ่งใช้ออกซิเจน (Semi-aerobic)	0.5
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกน้อยกว่า 5 เมตร)	0.4

สำหรับหลุมฝังกลบที่ใช้ในการศึกษาของงานวิจัยนี้ คือ MCF เท่ากับ 1.0

DOCj = สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ (โดยน้ำหนักเปียก) ของมูลฝอยอินทรีย์ประเภท j

ประเภทมูลฝอย	DOC
ไม้	0.43
กระดาษ	0.40
เศษอาหาร	0.15
สิ่งทอ	0.24
กิ่งไม้/ใบไม้	0.20

DOCf = สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารย่อยสลายได้ (Default = 0.5)

F = สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซทั้งหมดที่เกิดจากการฝังกลบมูลฝอยชุมชน (Default = 0.5)

3.7.1.2 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิล

การขนส่งและการทำงานของเครื่องจักรในหลุมฝังกลบจำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ดีเซล เบนซิล เป็นต้น ซึ่งการสันดาปเชื้อเพลิงเหล่านี้จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นจึงต้องนำกิจกรรมส่วนนี้มาคิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการดำเนินการด้วย

$$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$$ **สมการที่ 3.4**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยที่

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินงาน ในปี y (ตันคาร์บอนไดอออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$FC_{PJ,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับการดำเนินงาน ในปี y (หน่วย/ปี)

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

$EF_{CO2,i,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/เมกะจูล) ค่าตามตารางที่ 3-9

3.7.1.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าจากสายส่ง

กระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากการเผาไหม้ถ่านหิน ณ โรงไฟฟ้าแล้วส่งมาจามสายส่งมายังสถานที่กรณีศึกษานั้นถือว่ากิจกรรมที่ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยกิจกรรมดังกล่าวที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น ใช้เพื่อให้แสงสว่าง ใช้ในเครื่องจักร เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมดังกล่าวด้วย

$$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$$ **สมการที่ 3.5**

โดยที่

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินการ ในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$EC_{PJ,y}$ = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y (กิโลวัตต์/ปี)

$EF_{Grid,CM,y}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/กิโลวัตต์) ค่าตามตารางที่ 3-9

3.7.1.4 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการขนส่ง

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีที่รู้ประเภทยานพาหนะและน้ำหนักบรรทุกสามารถคำนวณตามสมการที่ 3.5 แต่กรณีที่ไม่ทราบข้อมูลดังกล่าวจะต้องใช้การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสมการที่ 3.3

$$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$$ **สมการที่ 3.6**

โดยที่

$PE_{TR,m}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการขนส่งใช่ช่วง m (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$D_{f,m}$ = ระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้นไปถึงปลายทางของการขนส่งในช่วง m (กิโลเมตร)

$FR_{f,m}$ = น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m (ตัน)

$EF_{CO2,f}$ = ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของพาหนะชนิดนั้นๆ ที่ใช้ในการขนส่ง (กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตัน×กิโลเมตร)

f = กิจกรรมในการขนส่ง

3.7.2 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีรีไซเคิล

การรีไซเคิลต้องมีการใช้ทั้งเชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงต้องมีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ด้วย สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินอ้างอิงจาก AMS-III.AJ. ของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean development mechanism; CDM)

$$PEy = PE_{FF,y} + PE_{EL,y}$$ **สมการที่ 3.7**

โดยที่

PEy = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการรีไซเคิลในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการรีไซเคิลในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$PE_y = \sum (Q_{i,y} \times [(EC_{i,y} + SEC_{P,I}) \times EF_{el,y} + FC_{i,y} \times NCV_{FF} \times EF_{FF,CO2}]) \quad \textbf{สมการที่ 3.8}$$

โดยที่

PE_y = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกระบวนการรีไซเคิล ในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

i = ชนิดของวัสดุรีไซเคิล เช่น พลาสติก แก้ว อะลูมิเนียม เป็นต้น

$Q_{i,y}$ = ปริมาณวัสดุรีไซเคิลประเภท i ในปี y (ตัน/ปี)

$EC_{i,y}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการรีไซเคิลของวัสดุรีไซเคิลประเภท i ในปี y (เมกะวัตต์/ตัน)

$SEC_{P,I}$ = ค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิตของโรงงานรีไซเคิลในกระบวนการรีไซเคิลวัสดุประเภท i (เมกะวัตต์/ตัน)

- อะลูมิเนียม = 0.66
- เหล็ก = 0.9
- แก้วหรือพลาสติก = 0

$EF_{el,y}$ = ค่าแฟคเตอร์การใช้ไฟฟ้าของกระบวนการรีไซเคิลในปี y (กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/เมกะวัตต์) ค่าตามตารางที่ 3-9

$FC_{i,y}$ = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลของวัสดุประเภท i ในปี y ที่โรงงานรีไซเคิล (มวล/ตัน หรือ ปริมาตร/ตัน)

NCV_{FF} = ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงงานรีไซเคิล (จิกะจูล/มวล หรือ ปริมาตร)

$EF_{FF,CO2}$ = ค่าแฟคเตอร์การใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการรีไซเคิล (กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี) ค่าตามตารางที่ 3-9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.7.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีผลิตก๊าซชีวภาพ

กระบวนการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีผลิตก๊าซชีวภาพมีกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหลายกระบวนการ ได้แก่ การสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิล การใช้พลังงานไฟฟ้า และการหมักมูลฝอยแบบไร้อากาศ โดยใช้วิธีการประเมินตาม T-VER-METH-WM-06 ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ดังสมการที่ 3.9

$$PEy = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{CH4,y} \quad \textbf{สมการที่ 3.9}$$

โดยที่

PEy = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{CH4,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศของกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>หมายเหตุ</u> การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานไฟฟ้าให้ดูตามสมาการที่ 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ

3.7.3.1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

$$PE_{CH4,y} = W_y \times EF_{CH4} \times GWP_{CH4} \quad \textbf{สมการที่ 3.10}$$

โดยที่

$PE_{CH4,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

W_y = ปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ในปี y

EF_{CH4} = ค่าแฟคเตอร์การปล่อยก๊าซมีเทนจากกิจกรรมการหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศ (ตันของมีเทน/ตันของน้ำหนักเปียกของมูลฝอยอินทรีย์)

GWP_{CH4} = ค่าศักยภาพการทำให้เกิดโลกร้อนของก๊าซมีเทน (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ตันของมีเทน)

<u>หมายเหตุ</u> กรณีที่มีการนำก๊าซมีเทนที่ได้จากกระบวนการหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลายให้ถือว่า $PE_{CH4,y}$ มีค่าเท่ากับ 0

3.7.4 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์

การจัดการมูลฝอยโดยการนำเศษอาหารไปผลิตเป็นอาหารสัตว์สำเร็จรูปจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิล และการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนั้นจึงต้องมีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสมการดังนี้

$$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} \quad \textbf{สมการที่ 3.11}$$

โดยที่

PE_y = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์ในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์ในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์ในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

3.7.4 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

การจัดการมูลฝอยโดยนำไปผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งมีกิจกรรมหลายประเภทที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การขนส่ง กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมดังกล่าว โดยใช้วิธีการประเมิน T-VER-METH-WM-04 ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.)

$$PEy = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{WW\ treatment,\ y} \qquad \textbf{สมการที่ 3.12}$$

โดยที่

PEy = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$PE_{WW\ treatment,\ y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

<u>หมายเหตุ</u> การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานไฟฟ้าจะใช้สมการ 3.3 และ 3.4 ในการคำนวณตามลำดับ

3.7.4.1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของกิจกรรมการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

$$PE_{WW\ treatment,\ y} = Q_{WW,y} \times (COD_{inf,y} - COD_{eff,y}) \times MCF \times UF \times B_O \times GWP_{CH4} \times 10^{-6}$$

สมการที่ 3.13

โดยที่

$PE_{WW\ treatment,\ y}$ = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี y (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

$Q_{WW,y}$ = ปริมาณน้ำเสียของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่เข้าสู่ระบบบำบัด (ลูกบาศก์เมตร/ปี)

$COD_{inf,y}$ = ค่าเฉลี่ย COD ที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (มิลลิกรัม/ลิตร)

$COD_{eff,y}$ = ค่าเฉลี่ย COD ที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (มิลลิกรัม/ลิตร)

MCF = ค่า Methane correction factor ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

UF = ค่า Model correction factor ของความไม่แน่นอนของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

B_O = อัตราการสร้างก๊าซมีเทนของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (กิโลกรัมมีเทน/กิโลกรัมของ $COD_{removal}$)

GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนของก๊าซมีเทน (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ตันก๊าซมีเทน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>หมายเหตุ</u> กรณีที่มีการเก็บก๊าซมีเทนที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศไปเผาทำลายหรือใช้ประโยชน์ให้ถือว่าค่า $PE_{WW\ treatment,\ y}$ มีค่าเท่ากับ 0 และคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ระเบียบวิธี T-VER-METH-WM-01 ร่วมด้วย

3.8 หลักการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอย

GHG reduction = Activity data × Emission factor	**สมการที่ 3.14**

โดยที่

GHG reduction = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการดำเนินกิจกรรม (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

Activity data = กิจกรรมที่ทำให้เกิดการลดก๊าซเรือนกระจก

เช่น - ปริมาณปุ๋ยหมักที่ใช้แทนปุ๋ยเคมี

- ปริมาณเศษอาหารที่ใช้แทนอาหารสัตว์สำเร็จรูป
- ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ใช้แทนก๊าซหุงต้ม เป็นต้น

Emission factor = สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถดูค่าได้จากตารางที่ 3-9

3.9 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการจัดการมูลฝอยของสถานประกอบการ

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการจัดการมูลฝอยเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของผู้ประกอบการ ซึ่งช่วยทำให้ผู้ประกอบการสามารถเลือกแนวทางการจัดการมูลฝอยได้ง่ายขึ้นโดยสามารถช่วยสิ่งแวดล้อมและสร้างรายได้ให้กับตนเองไปพร้อมกัน

3.9.1 การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV; Net present value) เพื่อประเมินผลตอบแทนและการลงทุนทางด้านการเงิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การประเมินเพื่อหามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิของโครงการในแต่ละปี ซึ่งคำนวณได้จากมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดเข้า (Cash inflow) หักออกด้วยมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดออก (Cash outflow) แล้วใช้ต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเงินทุนโครงการเป็นอัตราคิดลด เมื่อรวมกระแสเงินสดที่คิดมูลค่าปัจจุบันแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่บอกถึงความคุ้มค่าในการลง และเป็นสิ่งสำคัญสำหรับประกอบการตัดสินใจลงทุนของผู้ประกอบการ

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \qquad \textbf{สมการที่ 3.15}$$

โดยที่

NPV	=	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)
B_t	=	รายได้จากการดำเนินการจัดการมูลฝอยทางเลือกในปี t (บาท)
C_t	=	ต้นทุนจากการดำเนินการจัดการมูลฝอยทางเลือกในปี t (บาท)
t	=	ระยะเวลาของการดำเนินการจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือก (ปี)
n	=	อายุโครงการปีที่ n
r	=	อัตราคิดลด (Discount rate) (ร้อยละต่อปี)
$(1+r)_t$	=	ตัสส่วนร่วม (Discount factor) ททที่เกิดขึ้นในปี t

(วิวัฒน์ ชโนวิทย์)

3.9.2 การประเมินค่าใช้จ่ายรายปี (Equivalent annual cost; EAC) ของแนวทางการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือกที่สถานประกอบการ

การคำนวณต้นทุนนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ต้นทุนในการลงทุน (Investment Cost) ได้แก่ ราคาค่าก่อสร้างระบบ 2) ต้นทุนในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Cost) ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบค่าไฟฟ้า ค่าจ้างพนักงาน ค่าบำรุงรักษาระบบ และเนื่องจากข้อมูลต้นทุนทั้ง 2 ส่วนไม่ได้อยู่ในระดับเดียวกัน กล่าวคือ ต้นทุนในการลงทุนจะจ่ายเฉพาะปีแรกของการก่อสร้างระบบนั้น ส่วนต้นทุนในการดำเนินการและ บำรุงรักษาเป็นต้นทุนที่ต้องจ่ายทุกปี จึงไม่สามารถนำไปใช้ร่วมกันได้ ดังนั้นในการคำนวณจึงต้องกระจายต้นทุนในการลงทุนให้อยู่ในรูปของค่าใช้จ่ายรายปี ตลอดอายุการใช้งานของระบบ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$EAC = \frac{NPV}{A_{t,r}}$$

$$A_{t,r} = \frac{1 - \left(\frac{1}{1+r}\right)t}{r} \qquad \textbf{สมการที่ 3.16}$$

โดยที่

EAC	=	ค่าใช้จ่ายรายปี (บาท/ปี)
NPV	=	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)
t	=	อายุการใช้งานของระบบ (ปี)
r	=	อัตราคิดลด (ร้อยละ/ปี)

(ขนิษฐา เกิดผล, 2556)

3.9.3 การประเมินมูลค่าในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Abatement cost) ของแนวทางการจัดการมูลฝอยในสถานประกอบการ

การศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้จากการนำเทคโนโลยีการจัดการมูลฝอยต่างๆมาปฏิบัติใช้ โดยสำรวจ เก็บข้อมูลการลงทุนด้านการจัดการมูลฝอยแบบรีไซเคิล แบบการจัดการมูลฝอยเศษอาหารด้วยการผลิตก๊าซชีวภาพจาก หรือการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง ที่มีการดำเนินการในปัจจุบัน เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์มูลค่าเงินลงทุนในการดำเนินการลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง

$$\text{Abatement cost} = \frac{\text{EAC}}{\text{GHG reduction}} \qquad \textbf{สมการที่ 3.17}$$

โดยที่

Abatement cost	=	มูลค่าเงินลงทุนในการดำเนินการลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงหรือความคุ้มค่าในการลงทุน (บาท/ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)
EAC	=	จำนวนเงินลงทุนในแต่ละโครงการลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด (บาท)
GHG reduction	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)

(จินดาพร สุนทโรทัย, 2556)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.10 การนำเสนอแนวทางการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการจัดการมูลฝอยในสถานประกอบการ

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการจัดการมูลฝอยภายในสถานประกอบการทั้งวิธีที่มีการดำเนินการในปัจจุบัน และวิธีที่มีการคัดแยกเพื่อลดปริมาณมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด ซึ่งสถานประกอบการกรณีศึกษา ได้แก่ โรงแรม สถานศึกษา ซูเปอร์มาร์เก็ต และคอนโดมิเนียม ทำให้ทราบถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาในแต่ละกระบวนการ และแต่ละทางเลือก นอกจากนี้ยังทราบถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้เมื่อมีการดำเนินการลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด และได้ต้นทุนต่อ 1 ตันของก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดลงได้ เพื่อพิจารณาศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งจากผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้ในแต่ละทางเลือกจะนำมาซึ่งการกำหนดแนวทางเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยหาสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มุ่งเสนอแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการนั้น และเสนอการพัฒนากระบวนการจัดการมูลฝอย รวมไปถึงเสนอการลดการใช้พลังงาน ทรัพยากรธรรมชาติ เชื้อเพลิงในด้านต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ผลการคำนวณต้นทุนในการดำเนินการของแต่ละเทคโนโลยี ยังสามารถช่วยประกอบการตัดสินใจในการลงทุนต่อไปในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลฝอยในอาคารสถานประกอบการ เพื่อหาวิธีการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ในอาคารสถานประกอบการนั้นๆ โดยมีการศึกษาทั้งหมด 4 แห่ง ได้แก่ 1.ซูเปอร์มาร์เก็ตเป็นตัวแทนทางพาณิชยกรรม 2.คอนโดมิเนียมเป็นตัวแทนที่อยู่อาศัยแบบถาวร 3.โรงแรมเป็นตัวแทนที่อยู่อาศัยแบบชั่วคราว และ 4.คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นตัวแทนสถานศึกษา ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการเก็บข้อมูลทั้งแบบปฐมภูมิ เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบมูลฝอยในแต่ละแห่งด้วยเทคนิค Coning and quartering โดยปฏิบัติตามวิธีการของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) และข้อมูลแบบทุติยภูมิจากการขอข้อมูลตามโรงงาน หน่วยงานราชการ เป็นต้น โดยมีขอบเขตการประเมินเริ่มจากอาคารสถานประกอบการต้นทางที่ก่อให้เกิดมูลฝอย การขนส่งมูลฝอย จนกระทั่งถึงการจัดการมูลฝอยโดยนำไปใช้ประโยชน์หรือฝังกลบ โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดทางเลือกในการนำมูลฝอยไปใช้ประโยชน์แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1.การรีไซเคิล 2.การผลิตก๊าซชีวภาพ และ 3.การผลิตเชื้อเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (Refuse derived fuel; RDF) เพื่อลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงแนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean development mechanism; CDM) ร่วมกับคู่มือของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental panel on climate change; IPCC) และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (Thailand greenhouse gas management organization; TGO)

สำหรับการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์งานวิจัยนี้ได้ใช้การประเมินมูลค่าเงินลงทุนในการดำเนินการลดมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง หรือความคุ้มค่าในการลงทุน เพื่อนำข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลทางสิ่งแวดล้อมในการเสนอแนะแนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมในอาคารสถานประกอบการนั้นๆ ซึ่งรายละเอียดในการคำนวณได้ระบุไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.8 และผลการศึกษาในแต่ละอาคารสถานประกอบการมีดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1 กรณีศึกษาซูเปอร์มาร์เก็ต

4.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของซูเปอร์มาร์เก็ตที่เป็นตัวแทนในการศึกษา

ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษาแห่งนี้มีพื้นที่การจัดการ 25,925.40 ตารางเมตร เปิดทุกวันตั้งแต่เวลา 8:00 – 23:00 น. มีพนักงาน 119 คน จากการเก็บสถิติของซูเปอร์มาร์เก็ตพบว่ามีลูกค้าใช้บริการ 1,340,000 คน/ปี (รายงานการจัดการพลังงาน) โดยพื้นทีการใช้สอยแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ พื้นที่จอดรถ พื้นที่ซูเปอร์มาร์เก็ต และพื้นที่เบ็ดเตล็ดที่เป็นพื้นที่แบ่งเช่าให้กับธนาคาร ร้านอาหาร ร้านขายของรายย่อย เป็นต้น สำหรับการจัดการมูลฝอยของซูเปอร์มาร์เก็ตแห่งนี้จะมีการเก็บมูลฝอย 2 เวลา ได้แก่ 11:00 น. และ 16:00 น. โดยมีห้องพักมูลฝอย 2 ห้อง แบ่งเป็นมูลฝอยเปียกและมูลฝอยแห้ง ดังนั้นมูลฝอยที่นี่จึงมีการแบ่งประเภทเพียง 2 ชนิด ตามการแบ่งประเภทห้องเก็บมูลฝอย โดยในเวลา 7:00 น.ของทุกวันจะมีรถเก็บขนมูลฝอยของกรุงเทพมหานครมารับมูลฝอยไปจัดการ ซึ่งการคัดแยกมูลฝอยจะเกิดแบบหยาบๆที่รถเก็บขนมูลฝอย โดยพนักงานขนมูลฝอยจะเป็นผู้คัดแยก และเนื่องด้วยเวลาที่จำกัดประกอบกับแรงงานคนมีน้อยส่งผลให้มูลฝอยส่วนใหญ่ยังคงถูกส่งไปฝังกลบ

4.1.2 องค์ประกอบมูลฝอยของซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา

จากการศึกษาองค์ประกอบมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ต โดยมีการวิเคราะห์ตัวอย่างมูลฝอยในช่วงเวลาที่มีการสะสมของมูลฝอยมากที่สุด คือ ช่วงก่อนที่รถขนมูลฝอยจะมาเก็บขน โดยมีการสุ่มตัวอย่าง 4 จุด/ห้อง นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเทคนิค coning and quartering ดังรูปที่ 4-3 ซึ่งวิธีการได้แสดงไว้ในบทที่ 3 โดยในการวิเคราะห์มีการทำ 3 วัน ได้แก่วันที่ 6-8 กรกฎาคม 2560 เวลา 6:30 น. เพราะเป็นช่วงเวลาที่มีการสะสมของมูลฝอยมากที่สุด โดยครอบคลุมวันธรรมดาและวันหยุด และมีการวิเคราะห์ความหนาแน่นของมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ตดังรูปที่ 4-2 พบว่ามูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ตมีองค์ประกอบดังรูปที่ 4-4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4-1 ห้องพักมูลฝอยของซูเปอร์มาร์เก็ต

รูปที่ 4-2 การวิเคราะห์ความหนาแน่นของมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ต

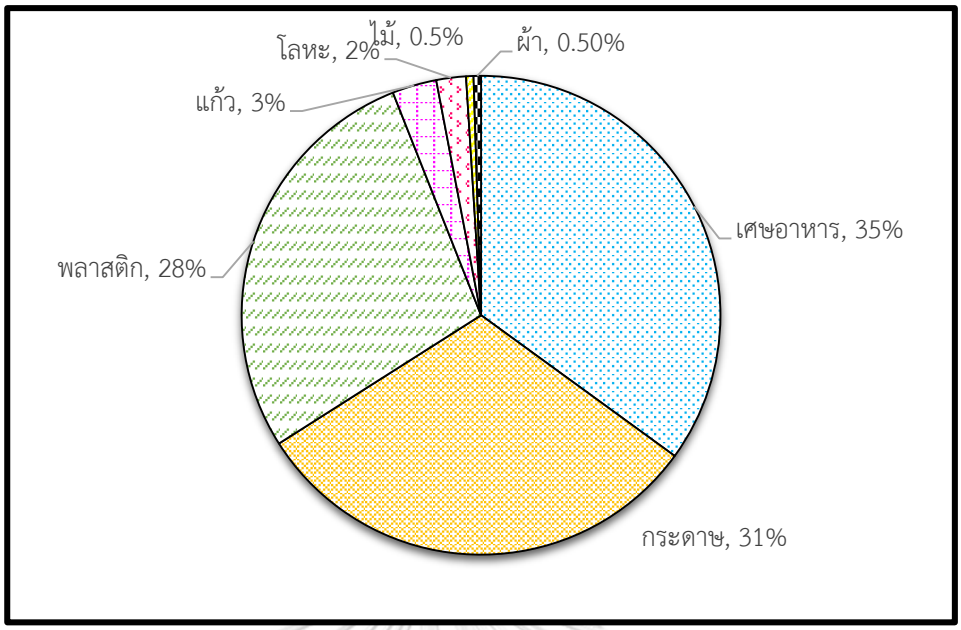
(1)

(2)

(3)

(4)

รูปที่ 4-3 ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ต



รูปที่ 4-4 องค์ประกอบมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ต

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ตพบว่า เศษอาหารมีสัดส่วนร้อยละ 35 ซึ่งเป็นประเภทมูลฝอยที่พบมากที่สุดของซูเปอร์มาร์เก็ต รองลงมา คือ กระดาษซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 31 พลาสติกมีสัดส่วนร้อยละ 28 แก้วร้อยละ 3 โลหะร้อยละ 2 ไม้และผ้ามีสัดส่วนน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 0.5 โดยมูลฝอยของซูเปอร์มาร์เก็ตมีความหนาแน่น 170.04 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จากผลการศึกษาพบว่าสัดส่วนของเศษอาหารมีมากที่สุด ที่เป็นเช่นนี้เพราะซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษาดังกล่าวมีแผนกขายอาหารสด นอกจากนี้ยังเปิดพื้นที่เช่าให้ร้านอาหารเป็นจำนวนมาก มูลฝอยจากเศษอาหารจึงเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด สัดส่วนรองลงมา คือ กระดาษและพลาสติกซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันและถือว่ามีสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากกระดาษและพลาสติกมาจากบรรจุภัณฑ์ที่มาพร้อมกับสินค้าที่ต้องแกะทิ้งเพื่อนำสินค้าออกวางขายในซูเปอร์มาร์เก็ต ซึ่งจากสัดส่วนองค์ประกอบมูลฝอยพบว่า เศษอาหาร กระดาษ และพลาสติกมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันและค่อนข้างสูง ดังนั้นหากมูลฝอยทั้ง 3 ประเภทนี้มีการคัดแยกและจัดการแบบถูกวิธีจะสามารถช่วยลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปหลุมฝังกลบได้เป็นจำนวนมาก

จากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของมูลฝอยที่ท้อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ตของห้างสรรพสินค้ามาบุญครองเซ็นเตอร์ พบว่าสัดส่วนมูลฝอยของงานวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษานี้กล่าวคือ พบเศษอาหารมีสัดส่วนมากที่สุดถึงร้อยละ 51.41 รองลงมา คือ

พลาสติกและโฟมร้อยละ 16.26 และกระดาษร้อยละ 14.41 (รัชฎา มณีวงศ์, 2546) ถึงแม้ว่าสัดส่วนรองลงมาจะไม่เหมือนกัน แต่สัดส่วนมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน ระหว่างโฟมกับพลาสติกและกระดาษ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาองค์ประกอบมูลฝอยของซูเปอร์มาร์เก็ต ณ เมืองพนมเปญ ประเทศกัมพูชา พบว่าองค์ประกอบมูลฝอยที่มากที่สุด คือ เศษอาหาร มีสัดส่วนร้อยละ 48.15 รองลงมา คือ แก้วร้อยละ 17.41 กระดาษร้อยละ 12.3 และพลาสติกร้อยละ 11.31 (Mongtoeun, 2014) จากผลการศึกษาองค์ประกอบมูลฝอยพบมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ แต่แก้วมีสัดส่วนที่แตกต่างกันระหว่าง 2 งานวิจัยนี้ นอกจากนี้ยังพบการศึกษาองค์ประกอบมูลฝอย ณ เมืองฮานอย ประเทศเวียดนาม จากการศึกษาของงานวิจัยนี้พบว่า สัดส่วนที่มากที่สุด คือ กล่องและกระดาษมีสัดส่วนร้อยละ 51 รองลงมา คือ เศษอาหารร้อยละ 21.5 และพลาสติกร้อยละ 10 (Phuong, 2012) ซึ่งมีความแตกต่างจากองค์ประกอบมูลฝอยของงานวิจัยนี้เป็นอย่างมาก อาจเนื่องมาจากซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษาระหว่าง 2 งานวิจัยนี้มีลักษณะแตกต่างกัน โดยข้อมูลองค์ประกอบมูลฝอยของงานวิจัยทั้ง 3 งานที่นำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้เป็นดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบองค์ประกอบมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ตของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่นที่ได้ทำการศึกษามาก่อนทั้งในประเทศและต่างประเทศ

องค์ประกอบทางกายภาพ	**ค่าเฉลี่ย (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)**			
	งานวิจัยนี้	**ท้อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต ที่มาบุญครองเซ็นเตอร์ ***	**เมืองพนมเปญ ประเทศกัมพูชา****	**เมืองฮานอย ประเทศเวียดนาม*****
เศษอาหาร	34.74	51.41	53.19	21.50
พลาสติกและโฟม	27.86	16.26	11.31	10.00
กระดาษ	30.88	14.41	12.30	51.00
ไม้และใบไม้	1.79	12.63	-	-
แก้ว	3.20	2.56	17.41	-

องค์ประกอบทางกายภาพ	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)			
	งานวิจัยนี้	ท้อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต ที่มาบุญครองเซ็นเตอร์ *	เมืองพนมเปญ ประเทศกัมพูชา**	เมืองฮานอย ประเทศเวียดนาม***
กระดูก	-	2.09	-	-
โลหะ	1.79	0.32	0.34	6.50
ผ้าและสิ่งทอ	0.32	0.31	0.69	5.00
หนังและยาง	-	-	0.04	-
อื่นๆ	-	-	4.71	6.00

ที่มา - * รัชฎา มณีวงศ์, 2546

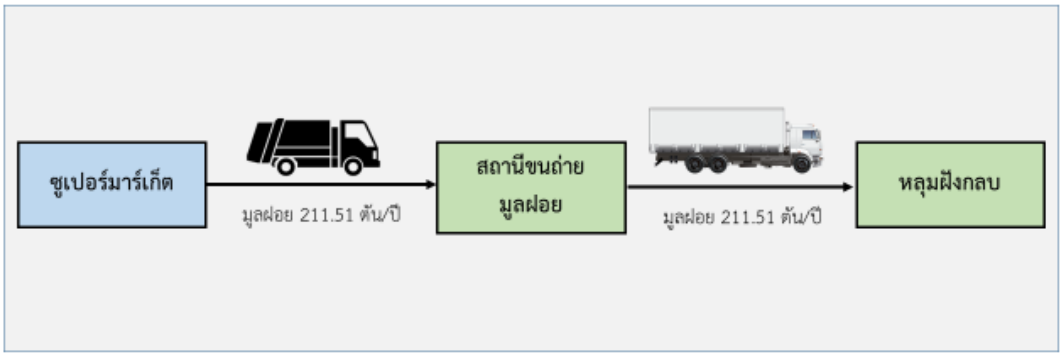
- ** Mongtoeun, 2014
- *** Phuong, 2012

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.3 ขอบเขตการศึกษาแนวทางการจัดการมูลฝอยของซูเปอร์มาร์เก็ตทั้งวิธีการปัจจุบันและวิธีการทางเลือก

- **ทางเลือกที่ 1 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบ**

เป็นแนวทางการจัดการมูลฝอยปัจจุบันของซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา ซึ่งพบว่าไม่มีการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด โดยมูลฝอยทั้งหมด 211.51 ตัน/ปี จะถูกรวบรวมไว้ที่ห้องพักมูลฝอยเพื่อรอให้รถขนมูลฝอยของกรุงเทพมหานครมารับวันต่อวันไปยังสถานีขนถ่ายมูลฝอยสายไหมเพื่อทำการพักมูลฝอย โดยในการศึกษาวิจัยนี้ไม่รวมขอบเขตของการคัดแยกที่สถานีขนถ่ายมูลฝอย กล่าวคือให้คิดว่ามูลฝอยทั้งหมดส่งไปจัดการโดยการฝังกลบ จากนั้นส่งไปฝังกลบยังหลุมฝังกลบกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ดังรูปที่ 4-5

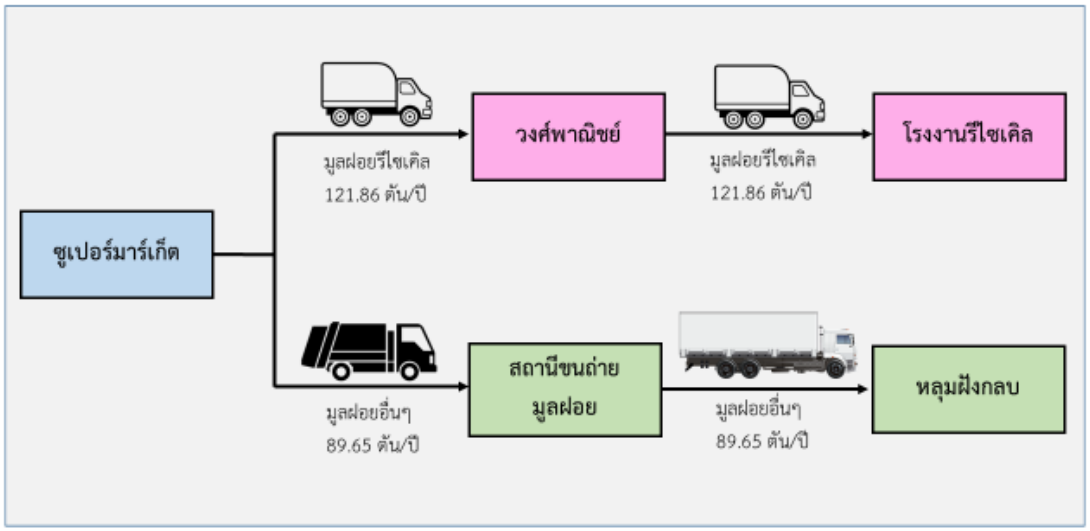


รูปที่ 4-5 วิธีการจัดการมูลฝอยปัจจุบันของซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- **ทางเลือกที่ 2 : การจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือกโดยใช้การรีไซเคิล**

การจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือกนี้จะเพิ่มวิธีการรีไซเคิลเข้ามาร่วมในการจัดการมูลฝอย โดยมูลฝอยที่เกิดขึ้นของซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษาจะมีการคัดแยกประเภทมูลฝอยออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล และมูลฝอยทั่วไป จากการศึกษาพบว่าซูเปอร์มาร์เก็ตก่อให้เกิดมูลฝอยรีไซเคิล 121.86 ตัน/ปี ซึ่งจะถูกคัดแยกและรวบรวมขนส่งไปโรงงานรับซื้อมูลฝอยรีไซเคิลวงศ์พาณิชย์เพื่อคัดแยกอีกรอบและขายต่อไปยังโรงงานรีไซเคิลเพื่อทำการรีไซเคิลวัสดุกลับมาใช้ใหม่ และสำหรับมูลฝอยทั่วไป 89.65 ตัน/ปี จะมีรถเก็บขนมูลฝอยจากกรุงเทพมหานครมารับไปยังสถานีขนถ่ายมูลฝอยสายไหม เพื่อรวบรวมมูลฝอยไปฝังกลบยังหลุมฝังกลบกำแพงแสนต่อไป ดังรูปที่ 4-6

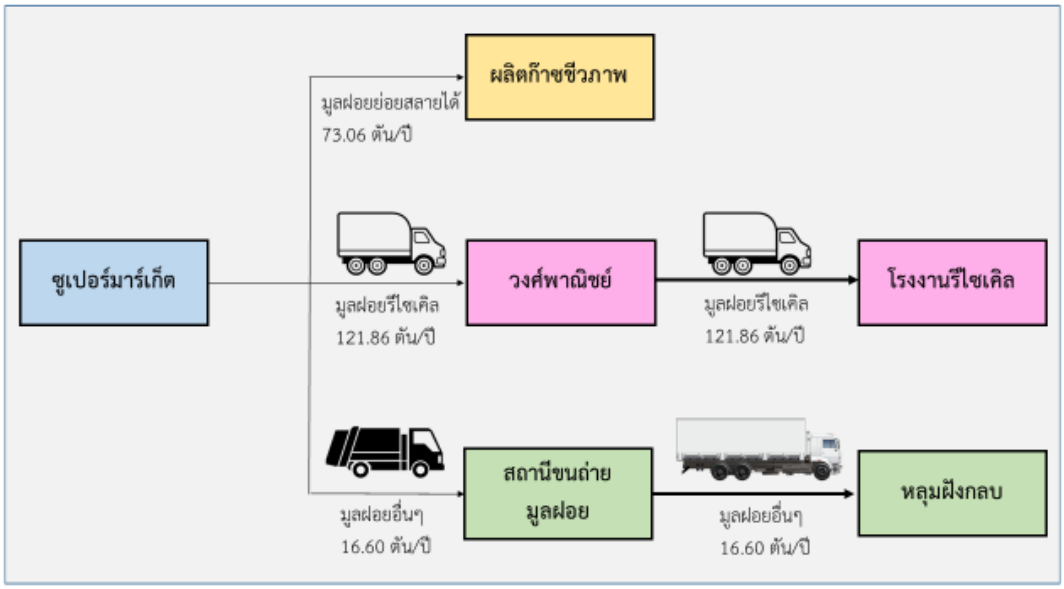


รูปที่ 4-6 การจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือกที่ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา โดยใช้วิธีการรีไซเคิล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- **ทางเลือกที่ 3 : การจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือกโดยใช้วิธีการรีไซเคิลและการผลิตก๊าซชีวภาพ**

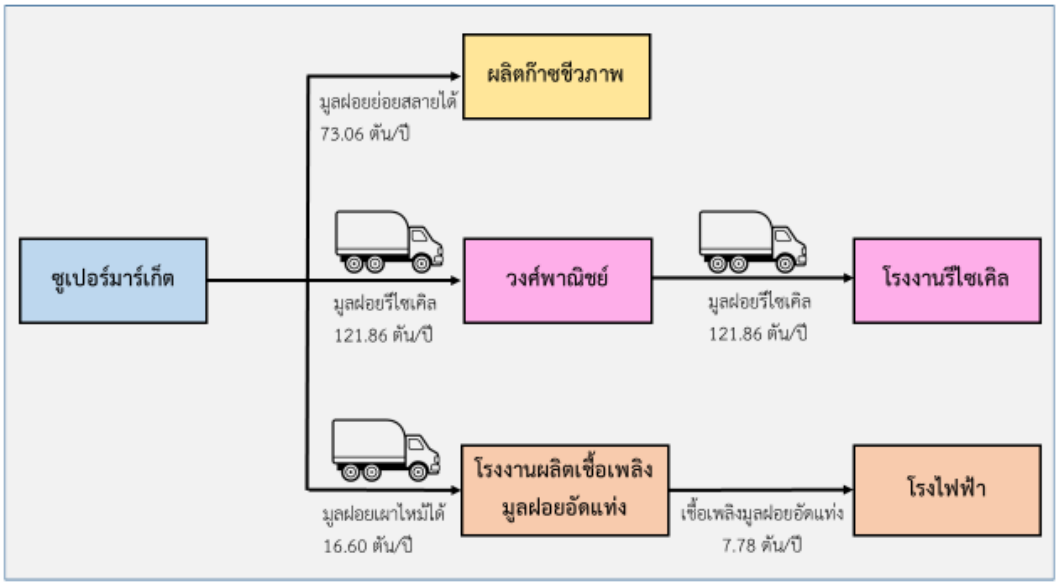
เป็นแนวทางการจัดการมูลฝอยที่มีการรีไซเคิลและเพิ่มการผลิตก๊าซชีวภาพเข้ามา ซึ่งทางเลือกนี้จะมีการคัดแยกมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษาออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ มูลฝอยย่อยสลายได้ มูลฝอยรีไซเคิล และมูลฝอยทั่วไป โดยมูลฝอยที่ย่อยสลายได้ 73.06 ตัน/ปี จะถูกนำมาเข้าเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพ โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ซูเปอร์มาร์เก็ต แล้วขายก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ให้กับร้านอาหารในซูเปอร์มาร์เก็ตเอง ดังนั้นวิธีการนี้จะไม่มีการขนส่งเข้ามาเกี่ยวข้อง และสำหรับมูลฝอยรีไซเคิล 121.86 ตัน/ปี จะถูกคัดแยกแล้วส่งไปขายยังโรงงานรับซื้อมูลฝอยรีไซเคิลวงศ์พาณิชย์ เพื่อนำไปรีไซเคิลต่อที่โรงงานรีไซเคิล สำหรับมูลฝอยอื่นๆ 16.60 ตัน/ปี จะมีรถเก็บขนมูลฝอยของกรุงเทพมหานครมารับเพื่อนำไปฝังกลบต่อไป ดังรูปที่ 4-7



รูปที่ 4-7 การจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือกที่ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา โดยใช้วิธีการรีไซเคิลและการผลิตก๊าซชีวภาพ

- **ทางเลือกที่ 4 : การจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือกที่ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา โดยใช้วิธีการรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง**

การจัดการมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษาทางเลือกนี้จะมีการประยุกต์ใช้แนวทางการจัดการมูลฝอยทั้ง 3 วิธี ได้แก่ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง โดยจะมีการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยที่ย่อยสลายได้ และมูลฝอยที่รีไซเคิลไม่ได้ แต่มีค่าความร้อนสูงและสามารถเผาไหม้ได้ โดยมูลฝอยที่สามารถเผาไหม้ได้ 16.60 ตัน/ปี ที่เกิดขึ้นที่ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษาจะถูกรวบรวมและส่งไปยังโรงงานผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่จังหวัดสระบุรี เพื่อนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงทดแทนถ่านหินที่ใช้สำหรับหม้อไอน้ำในกระบวนการผลิตไฟฟ้าต่อไป สำหรับมูลฝอยรีไซเคิล 121.86 ตัน/ปี และมูลฝอยที่ย่อยสลายได้ 73.06 ตัน/ปี จะมีการจัดการเหมือนที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และสำหรับทางเลือกนี้จะไม่มีมูลฝอยจากซูเปอร์มาร์เก็ตที่ถูกส่งไปฝังกลบ ดังรูปที่ 4-8



รูปที่ 4-8 การจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือกที่ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา โดยใช้วิธีการรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

4.1.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยปัจจุบันเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการทางเลือกกรณีศึกษาซูเปอร์มาร์เก็ต

- **ทางเลือกที่ 1 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ**

การประเมินก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของซูเปอร์มาร์เก็ตมีปัจจัยที่ปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจก ดังนี้

ตารางที่ 4-2 ปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร ($PE_{ff,y}$)	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ - ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($FC_{PJ,i,y}$) = 4,822.29 L/y (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากซูเปอร์มาร์เก็ตมี 211.7 t/y เท่านั้น) - ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($NCV_{i,y}$) = 8,700 kcal/L - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($EF_{CO2,i,y}$) = 2.7446 kg CO_2eq/L	1.57

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- ความหนาแน่นของดีเซล = 0.85 kg/L - ค่าความร้อนทั้งหมด (GCV) ของดีเซล = 10,700 kcal/kg	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง ($PE_{ff,y}$)	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ✓ ซูเปอร์มาร์เก็ต ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - ระยะทางระหว่างซูเปอร์มาร์เก็ตและสถานีขนถ่ายมูลฝอย ($D_{f,m}$) = 18 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 211.7 t/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขาไป ($EF_{CO2,f}$) = 0.0472 kgCO_2eq/tkm - การขนส่งขาไปมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 9.99 kgCO_2eq/km - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.4892 kgCO_2eq/km	23.66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- การขนส่งขากลับมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 178.56 $kgCO_2eq/km$ ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ - ระยะทางระหว่างสถานีขนถ่ายมูลฝอยไปหลุมฝังกลบ ($D_{f,m}$) = 90 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 211.7 t/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนมูลฝอยขาไป ($EF_{CO2,f}$) = 0.053 $kgCO_2eq/tkm$ - การขนส่งขาไปมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 11.22 $kgCO_2eq/km$ - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.5863 $kgCO_2eq/km$ - การขนส่งขากลับมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 214.00 $kgCO_2eq/km$	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$ - กิจกรรมที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า คือ กิจกรรมที่ให้แสงสว่าง	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 1,256,446.29 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = 0.6093 $kgCO_2eq/kWh$ (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากซูเปอร์มาร์เก็ตมี 211.7 t/y เท่านั้น)	0.26
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้ เป็นต้น	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ - ปริมาณมูลฝอยทั้งหมดที่เกิดขึ้นในปี X (MSW_T) = 142.45 t/y - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) = 1 - ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.1381 t CH_4/t waste	287.50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- ปริมาณก๊าซมีเทนที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ (R) = 0 t/y - สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เปลี่ยนรูปเมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (OX) = 0.1 - ค่าศักยภาพทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน = 25 t CO_2/t CH_4	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ $PE_y = 0.26 + (1.57+23.66) + 287.50$	313.00

จากตารางที่ 4-2 พบว่าการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 313.00 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยมาจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของเครื่องจักรที่หลุมฝังกลบและการขนส่ง (สำหรับระยะทางการขนส่งจะมีความจำเพาะกับกรณีศึกษานี้เท่านั้น) โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1.57 และ 23.66 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปีตามลำดับ จากการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องจักรและเพื่อให้แสงสว่าง 0.26 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี (Bong, 2016) และจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนใต้หลุมฝังกลบของมูลฝอยอินทรีย์ เช่น ใบไม้และเศษอาหาร เป็นต้น โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 287.50 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี(Sunil, 2016) ซึ่งทางเลือกนี้จะไม่มีกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่อย่างใด และจากการคิดสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการตามทางเลือกนี้พบว่า มาจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลร้อยละ 8.06 การใช้พลังงานไฟฟ้าร้อยละ 0.08 และการย่อยสลายของมูลฝอยแบบไร้อากาศร้อยละ 91.85 ซึ่งพบว่าการปล่อยก๊าซ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เรือนกระจกจากทางเลือกนี้มาจากการย่อยสลายแบบไร้อากาศเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นหากมีการลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบลงจะสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทางเลือกนี้ได้มากที่สุด

- **ทางเลือกที่ 2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบและการรีไซเคิล**

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้ทั้งวิธีการฝังกลบและเพิ่มการจัดการทางเลือกโดยใช้วิธีการรีไซเคิลมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปัจจัยแต่ละค่าเป็นดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ปัจจัยการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบและรีไซเคิล

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
• ฝังกลบ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการขนส่ง ($PE_{FF,y}$)	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-2 ยกเว้น น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) มีค่า 91.25 t/y (ระยะทางมีความจำเพาะในกรณีศึกษานี้) ✓ ซูเปอร์มาร์เก็ต ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 4.31 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 178.56 kg CO_2eq/km ✓ สถานีขนถ่าย ⟷ หลุมฝังกลบ	22.99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 4.84 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 214.00 kg CO_2eq/km	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้เครื่องจักร ($PE_{FF,y}$)	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-2 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากซูเปอร์มาร์เก็ตซึ่งมี 91.25 t/y เท่านั้น)	0.68
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-2 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากซูเปอร์มาร์เก็ตซึ่งมี 91.25 t/y เท่านั้น)	0.11
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-2 <u>ยกเว้น</u> - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ = 0.56	55.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้	ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) - ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.0473 t CH_4/t waste	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ $PE_y = 0.11 + (0.68 + 22.99) + 55.10$	78.88
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ - ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($FC_{PJ,i,y}$) = 40,270.41 L/y (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่วงศ์พาณิชย์ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 6,624.6 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากซูเปอร์มาร์เก็ตซึ่งมี 121.86 t/y เท่านั้น) - ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($NCV_{i,y}$) = 8,700 kcal/L	1.95

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($EF_{CO2,i,y}$) = 2.7446 kg CO_2eq/L - ความหนาแน่นของดีเซล = 0.85 kg/L - ค่าความร้อนทั้งหมด (GCV) ของดีเซล = 10,700 kcal/kg - ระยะทางระหว่างวงศ์พาณิชย์และซูเปอร์มาร์เก็ต = 32.9 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขาไป = 17.67 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขากลับ = 5.60 kg CO_2eq/km	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$ - พบในเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิล	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 749,659.45 kWh/y (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่วงศ์พาณิชย์ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 6,624.6 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากซูเปอร์มาร์เก็ตซึ่งมี 121.86 t/y เท่านั้น) - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = 0.6093 kgCO_2eq/kWh	8.40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission factor - กระดาษ = 63.03 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดกระดาษใหม่ = -0.4832 t CO_2eq/t paper - อะลูมิเนียม = 3.77 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดอะลูมิเนียมใหม่ = -10.53 t CO_2eq/t aluminum - แก้ว = 6.72 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดแก้วใหม่ = -0.218 t CO_2eq/t glass - พลาสติกชนิด PP = 13.34 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PP ใหม่ = -1.8078 t CO_2eq/t PP - พลาสติกชนิด PE = 25.85 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PE ใหม่ = -1.7370 t CO_2eq/t PE - พลาสติกชนิด PS = 4.14 t/y	-165.64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PS ใหม่ = -3.056 t CO_2eq/t PS - พลาสติกชนิด PET = 5.02 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PET ใหม่ = -2.445 t CO_2eq/t PET	
- ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission factor - กระดาษ = 63.03 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตกระดาษใหม่ = -0.035 t CO_2eq/t paper - อะลูมิเนียม = 3.77 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตอะลูมิเนียมใหม่ = -7.892 t CO_2eq/t aluminum - แก้ว = 6.72 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตแก้วใหม่ = -0.118 t CO_2eq/t glass - พลาสติกชนิด PP = 13.34 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PP ใหม่ = -0.0018 t CO_2eq/t PP	-33.55

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- พลาสติกชนิด PE = 25.85 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PE ใหม่ = -0.003 t CO_2eq/t PE - พลาสติกชนิด PS = 4.14 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PS ใหม่ = -0.004 t CO_2eq/t PS - พลาสติกชนิด PET = 5.02 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PET ใหม่ = -0.138 t CO_2eq/t PET	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y}$ + ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่ + ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่ PE_y = 1.95 + 8.4 – 165.64 – 33.55	-188.75
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรีไซเคิล สุทธิ = 78.88 – 188.75	-109.87

จากตารางที่ 4-3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการโดยใช้วิธีการฝังกลบและการรีไซเคิลนั้น เมื่อพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่หลุมฝังกลบ ยังพบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบอยู่ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 4-2 ที่มีการจัดการมูลฝอยโดยการฝังกลบอย่างเดียว พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงทุกปัจจัย เนื่องมาจากมีการคัดแยกมูลฝอยที่อาคาร

สถานประกอบการ โดยมีการนำมูลฝอยรีไซเคิลไปขายต่อยังวงศ์พาณิชย์เพื่อส่งโรงงานรีไซเคิลต่อไป แทนการฝังกลบ ส่งผลให้ปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบลดลง จึงทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทุกปัจจัยที่หลุมฝังกลบลดน้อยลง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาที่วิธีการจัดการมูลฝอยโดยใช้การรีไซเคิล ซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานไฟฟ้าที่มาจากกิจกรรมการขนส่งและกระบวนการผลิตวัสดุรีไซเคิล แต่การจัดการมูลฝอยวิธีการนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกจาก 2 แนวทาง ได้แก่ 1.การลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่ 2.ลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตวัสดุใหม่ โดยการใช้วัสดุรีไซเคิลในกระบวนการผลิตแทนวัสดุใหม่ ซึ่งนอกจากจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วการรีไซเคิลยังช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าในอีกทางหนึ่ง (Pariatamby and Tanaka, 2014) ซึ่งการจัดการมูลฝอยตามแนวทางเลือกที่ 2 สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 109.87 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

- **ทางเลือกที่ 3 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพ**

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยตามแนวทางเลือกที่ 3 ที่มีการจัดการทางเลือกโดยใช้วิธีการรีไซเคิลและการผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่มจากการฝังกลบ โดยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละปัจจัยในทางเลือกนี้เป็นไปตามตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ปัจจัยการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
• ฝังกลบ		
• กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการฝังกลบ		
- ปริมาณก๊าซเรือน-กระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-2 <u>ยกเว้น</u> น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) มีค่า 18.25 t/y	22.58

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	(ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น)	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-2 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากซูเปอร์มาร์เก็ตซึ่งมี 18.25 t/y เท่านั้น) ✓ ซูเปอร์มาร์เก็ต ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 0.86 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 178.56 kg CO_2eq/km ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 0.97 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 214.00 kg CO_2eq/km	0.14
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$ - มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่าง	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-2 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากซูเปอร์มาร์เก็ตซึ่งมี 18.25 t/y เท่านั้น)	0.02

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้ เป็นต้น	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-2 <u>ยกเว้น</u> - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) = 0.045 - ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.0078 t CH_4/t waste	0.73
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ PEy = 0.02 + (0.14 + 22.58) + 0.73	23.47
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-3 (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น)	1.95

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในกระบวนการรีไซเคิลในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-3	8.40
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission factor ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-3	-165.64
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission factor ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-3	-33.55
- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรีไซเคิล หรือ PE_y	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y}$ + ลดการใช้พลังงานในการสกัดวัตถุดิบใหม่ + ลดการใช้พลังงานจากการผลิตวัสดุใหม่ $PE_y = 1.95 + 8.4 - 165.64 - 33.55$	-188.75
● การผลิตก๊าซชีวภาพ		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น)	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 544.58 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = 0.6093 kgCO_2eq/kWh	0.33
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$	$PE_{CH4,y} = W_y \times EF_{CH4} \times GWP_{CH4}$	-
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		
- การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	GHG emission = activity data × emission factor - ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ = 3360.95 kg/y - สัมประสิทธิ์การใช้ก๊าซชีวภาพแทนก๊าซหุงต้ม = -1.51 kgCO_2eq/kg biogas	-5.08
- การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี	GHG emission = activity data × emission Factor - ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ = 16.80 t/y	-5.92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยหมักจากเศษอาหารทดแทนปุ๋ยเคมี = -81 $kgCO_2eq/t$ food waste	
- ปริมาณก๊าซเรือน-กระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{CH4,y}$ – การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล – การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี $PE_y = 0 + 0.33 + 0 - 5.08 – 5.92$	-10.66
- ปริมาณก๊าซเรือน-กระจกที่ปล่อยสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการรีไซเคิล + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการผลิตก๊าซชีวภาพ สุทธิ = 23.47 – 188.75 – 10.66	-175.55

จากตารางที่ 4-4 การจัดการมูลฝอยโดยใช้แนวทางตามทางเลือกที่ 3 ที่มีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบจะลดลงทุกปัจจัยเมื่อเทียบกับตารางที่ 4-2 และ 4-3 เนื่องจากการผลิตก๊าซชีวภาพจะมีการนำมูลฝอยอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร ใบไม้ เป็นต้น มาหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพแทนการส่งไปฝังกลบที่ทำให้เกิดการหมักแบบไร้อากาศแล้วปล่อยก๊าซมีเทนออกมา ซึ่งนอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบ ส่งผลทำให้มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานไฟฟ้าของการจัดการนี้ที่หลุมฝังกลบลดน้อยลง (Curry and Pragasen, 2012) อีกทั้งการผลิตก๊าซชีวภาพยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มาทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งในกรณีของซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษานี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกได้ 5.08 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี นอกจากนี้การจัดการมูลฝอยโดยการผลิตก๊าซชีวภาพยังได้ผลิตภัณฑ์ร่วมเป็นปุ๋ยหมักที่สามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมี และช่วยกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินไม่ให้มีการปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศเร็วเกินไป (Saer, 2013) ซึ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 5.92 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี สำหรับแนวทางการจัดการมูลฝอยแบบทางเลือกที่ 3 ยังมีวิธีการรีไซเคิลซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เช่นกัน ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในตารางที่ 4-3 โดยทางเลือกนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ -175.55 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี

- **ทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง**

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 4 นั้น มีการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแต่ละปัจจัยตามตารางที่ 4 – 5

ตารางที่ 4-5 ปัจจัยของการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยทางเลือกที่ 4 โดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
• **ฝังกลบ**		
• กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการฝังกลบ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{TR,m} = \Sigma D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น)	ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการใช้เครื่องจักรในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$	ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของการให้แสงสว่างในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้ เป็นต้น	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธี	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
ฝังกลบในปี y หรือ PE_y		
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ปริมาณก๊าซเรือน-กระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-3 (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น)	1.95
- ปริมาณก๊าซเรือน-กระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในกระบวนการรีไซเคิลในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-3	8.40
■ กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission factor ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-3	-165.64
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission factor ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-3	-33.55

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y หรือ PEy	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y}$ + ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่ + ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่ PE_y = 1.95 + 8.4 – 165.64 – 33.55	-188.75
● ผลิตก๊าซชีวภาพ		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรเหมือนตารางที่ 4-4	-
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรเหมือนตารางที่ 4-4	0.33
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$	$PE_{CH4,y} = W_y \times EF_{CH4} \times GWP_{CH4}$ ทุกตัวแปรเหมือนตารางที่ 4-4	-
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- การใช้แก๊สชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	GHG emission = activity data × emission factor ทุกตัวแปรเหมือนตารางที่ 4-4	-5.08
- การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี	GHG emission = activity data × emission factor ทุกตัวแปรเหมือนตารางที่ 4-4	-5.92
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ PEy	PE_y = $PE_{FF,y}$ + $PE_{EL,y}$ + $PE_{CH4,y}$ – การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล – การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี PE_y = 0 + 0.33 + 0 - 5.08 – 5.92	-10.66
● ผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง		
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{TR,m}$ = $\sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ - ระยะทางระหว่างซูเปอร์มาร์เก็ตและโรงงานผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง ($D_{f,m}$) = 124 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 7 t/round - จำนวนรอบในการขนส่ง = 3 round/y	0.38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขาไป ($EF_{CO2,f}$) = 0.1402 $kgCO_2eq/tkm$ - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.3111 $kgCO_2eq/km$	
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 265.20 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) 0.6093 $kgCO_2eq/kWh$	0.16
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี y หรือ$PE_{WW\ treatment,\ y}$	$PE_{WW\ treatment,\ y} = Q_{WW,y} \times (COD_{inf,y} - COD_{eff,y}) \times MCF \times UF \times B_O \times GWP_{CH4} \times 10^{-6}$	- เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาใช้การบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่หม้อไอน้ำในโรงงานผลิตไฟฟ้า	GHG emission = activity data × emission factor - ปริมาณเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง = 7.78 t RDF/y - การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 0.461 t CO_2eq/ t RDF	3.59
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง		
- การใช้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งทดแทนถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 8,125.22 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = - 0.6093 kgCO_2eq/kWh	-4.95
- การใช้ปุ๋ยหมักที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมแทนปุ๋ยเคมี	GHG emission = activity data × emission Factor - ปริมาณปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ = 0.47 t/y - สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี = 4 kgCO_2eq/t compost	-0.002

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

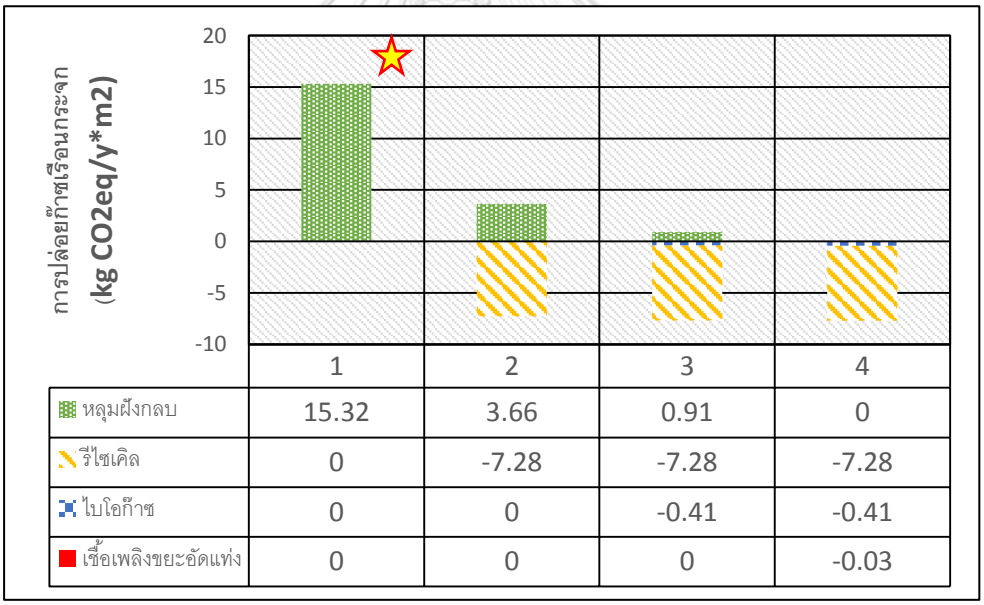
ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y หรือ PE_y	PE_y = $PE_{FF,y}$ + $PE_{EL,y}$ + $PE_{WW\ treatment,\ y}$ + การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง – การใช้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งทดแทนถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า – การใช้ปุ๋ยหมักที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมแทนปุ๋ยเคมี PE_y = 0.38 + 0.16 + 0 + 3.59 - 4.59 – 0.002	-0.82
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการรีไซเคิล + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการผลิตก๊าซชีวภาพ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง สุทธิ = 0 – 188.75 – 10.66 -0.82	-200.23

จากตารางที่ 4-5 การจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 4 เป็นการจัดการมูลฝอยแบบองค์รวม ประกอบด้วยการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง จะพบว่าแนวทางการจัดการนี้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่หลุมฝังกลบแล้ว เนื่องจากมูลฝอยมีการคัดแยกที่แหล่งกำเนิด แล้วนำมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ โดยนำมูลฝอยรีไซเคิลส่งวงศ์พาณิชย์ มูลฝอยอินทรีย์นำไปผลิตก๊าซชีวภาพ และสำหรับมูลฝอยที่รีไซเคิลไม่ได้แต่สามารถเผาไหม้ได้จะนำไปผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง ดังนั้นจึงทำให้ไม่เหลือมูลฝอยส่งไปยังหลุมฝังกลบ สำหรับทางเลือกนี้มีการเพิ่มการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการนำไปผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง ซึ่งเป็นวิธีการจัดการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง 0.38 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต 0.162 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี แต่การนำเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งไปเผาเพื่อใช้ประโยชน์นั้น สามารถก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3.59 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี สำหรับที่ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา แต่การจัดการวิธีนี้สามารถลด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งทดแทนถ่านหินที่หม้อไอน้ำในโรงไฟฟ้า (Reza, 2013) ซึ่งสามารถลดการปล่อยได้ 4.95 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ร่วมที่เป็นปุ๋ยหมักที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย เมื่อนำมาใช้แทนปุ๋ยเคมีจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.002 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี อีกทั้งยังสามารถกักเก็บคาร์บอนในระยะยาวไว้ในดินแทนการปล่อยไปสู่ชั้นบรรยากาศอย่างรวดเร็ว ที่เป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน (Bong, 2016) ซึ่งจากภาพรวมถึงแม้ว่าทางเลือกนี้จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง RDF การสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิล และการใช้พลังงานไฟฟ้า แต่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบได้ โดยการนำมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีทางเลือก

จากข้อมูลการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยจากปัจจัยต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตารางที่ 4-2 ถึงตารางที่ 4-5 ทั้งวิธีการจัดการมูลฝอยปัจจุบันและวิธีทางเลือกที่ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษาสามารถสรุปเป็นภาพรวมเปรียบเทียบทุกทางเลือกได้ดังรูปที่ 4-9



	1	2	3	4
หลุมฝังกลบ	15.32	3.66	0.91	0
รีไซเคิล	0	-7.28	-7.28	-7.28
ไบโอก๊าซ	0	0	-0.41	-0.41
เชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง	0	0	0	-0.03

รูปที่ 4-9 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละทางเลือกของการจัดการมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ต
<u>หมายเหตุ</u> วิธีการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันที่ซูเปอร์มาร์เก็ตจะมีรูปดาวติดกำกับไว้

จากกราฟรูปที่ 4-9 พบว่าทางเลือกที่ 1 การฝังกลบซึ่งเป็นการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของซูเปอร์มาร์เก็ตมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด โดยมีการปล่อย 15.33 กิโลกรัมของ

คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/ตารางเมตร นอกจากนี้การฝังกลับยังเป็นวิธีที่ไม่มีมาตรการใดมาลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทางเลือกนี้เป็นดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตารางที่ 4-2 แต่ในทางกลับกันสำหรับทางเลือกที่ 4 มูลฝอยมีการคัดแยกที่แหล่งกำเนิดตามประเภทของการใช้ประโยชน์ แล้วนำมูลฝอยแต่ละประเภทไปรีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ และผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง แทนการส่งไปฝังกลบจึงสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด โดยทางเลือกนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 23.05 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/ตารางเมตร จากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากการจัดการตามแนวทางเลือก นอกจากนี้ยังช่วยลดการใช้พลังงานรูปแบบต่างๆที่หลุมฝังกลบได้ เนื่องจากปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบมีน้อยลง อีกทั้งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการย่อยสลายแบบไร้อากาศซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่หลุมฝังกลบ และยังช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของหลุมฝังกลบให้ยาวนานมากขึ้น พร้อมกับสามารถลดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน (Bong, 2016) และผลกระทบต่างๆอีกมากมายที่เกิดจากหลุมฝังกลบได้

4.1.5 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือกของซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา

จากการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value, NPV) ของผลต่างของกระแสเงินสดจ่ายสุทธิและกระแสเงินสดรับสุทธิ เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับค่าต้นทุนในการบำบัดมลพิษ (Abatement cost) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากผลประกอบการสุทธิหารด้วยปริมาณคาร์บอนได-ออกไซด์ที่ลดลงต่อปี เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการเลือกวิธีการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมทั้งในประเด็นทางด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมให้กับผู้ประกอบการ โดยจากผลการศึกษาสถานที่กรณีศึกษาซูเปอร์มาร์เก็ตเป็นดังตารางที่ 4-6

RN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-6 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยวิธีต่างๆ ณ ซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา

ทางเลือก	EAC (บาท/ปี)	NPV (บาท)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)	ต้นทุนการบำบัดมลพิษ (บาท/ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)
1	96,000.00	-874,359.74	0	-
2	-240,956.76	2,194,613.45	422.87	-569.81
3	-319,453.29	2,909,553.11	488.94	-653.36
4	-360,573.29	3,284,070.53	513.23	-702.56

หมายเหตุ : - อายุของโครงการ คือ 15 ปี

- Discount rate = 7% (อ้างอิงจาก ธนาคารแห่งประเทศไทย ณ วันที่ 20 มกราคม พ.ศ.2561)
- NPV คือ Net present value หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ
- EAC คือ Equivalent annual net cost

จากผลการประเมินค่า NPV และต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประกอบกันพบว่าทางเลือกที่ 2, 3 และ 4 มีค่า NPV และต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แสดงถึงความคุ้มค่าในการลงทุน ไม่ต้องรับเงินทุนอุดหนุนจากภาคส่วนอื่นมาช่วยในการจัดการมูลฝอยทางเลือก เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นทั้ง 3 แนวทางที่กล่าวมาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ตแห่งนี้ได้ แต่สำหรับทางเลือกที่มีความน่าสนใจมากที่สุด คือ ทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยแบบใช้การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (Refuse derived fuel; RDF) เพราะมีค่าการประเมินต้นทุนการบำบัดมลพิษ (Abatement cost) มีค่าติดลบมากที่สุดที่ -702.56 บาท/ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า แปลความได้ว่าทางเลือกที่ 4 ได้รับผลตอบแทนสูงสุดต่อ 1 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่สามารถลดได้ ดังนั้นเมื่อมีการวิเคราะห์ทั้งในประเด็นทางด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมประกอบกัน พบว่าทางเลือกที่ 4 คือ

การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการจัดการมูลฝอยแบบองค์รวมเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับกรณีศึกษาซูเปอร์มาร์เก็ต กล่าวคือสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลฝอย พร้อมกับได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากลับคืนสู่องค์กรในเวลาเดียวกัน สำหรับทางเลือกที่เหมาะสมรองลงมา คือ ทางเลือกที่ 3 และ 2 ตามลำดับ แต่ในทางตรงกันข้ามสำหรับทางเลือกที่ 1 หลุมฝังกลบ ซึ่งเป็นการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของซูเปอร์มาร์เก็ตนั้น มีค่า NPV เท่ากับ –874,359.74 บาท แสดงว่ามีกระแสเงินสดรายจ่ายสูงกว่ากระแสเงินสดรับ ซึ่งเป็นทางเลือกที่ควรหลีกเลี่ยง เพราะผลตอบแทนจากการลงทุนมีน้อยกว่าเงินลงทุน นอกจากนี้ยังเป็นทางเลือกที่ไม่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินการจัดการมูลฝอยอีกด้วย

มีงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ทำการศึกษาการจัดการมูลฝอยที่เกิดขึ้นในซูเปอร์มาร์เก็ตซึ่งตั้งอยู่ในห้างสรรพสินค้า Central Tuscany ประเทศอิตาลี โดยมีการศึกษาองค์ประกอบมูลฝอยและพบว่ากระดาษ กล่องลัง มูลฝอยอินทรีย์ เป็นมูลฝอยประเภทหลักๆที่พบในซูเปอร์มาร์เก็ต ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการจัดการมูลฝอยอินทรีย์โดยนำไปผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อนำไปใช้ผลิตไฟฟ้า และสนับสนุนให้มีการลดการใช้บรรจุภัณฑ์และออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อลดปริมาณมูลฝอยประเภทกระดาษและกล่องลังลง ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีประโยชน์ทั้งในแง่ของสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ และช่วยในด้านเศรษฐกิจ กล่าวคือ สามารถประหยัดต้นทุนเรื่องบรรจุภัณฑ์และลดการใช้ไฟฟ้าจากสายส่งได้อีกทางหนึ่ง (Marrucci and Marchi, 2017) ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้แล้วพบว่าองค์ประกอบของมูลฝอยที่เกิดขึ้นมีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่ด้านการจัดการมูลฝอยมีความแตกต่างกันโดยงานวิจัยของการศึกษาซูเปอร์มาร์เก็ตที่อิตาลีจะจัดการมูลฝอยอินทรีย์โดยนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ สำหรับการจัดการมูลฝอยประเภทกระดาษจะเน้นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุในเรื่องของการออกแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการที่อาจต้องมีการจ้างผู้เชี่ยวชาญมาช่วยปรับปรุงแก้ไข มีการซื้อเครื่องจักร ซื้อวัสดุประเภทใหม่ ทำให้อาจเป็นวิธีการที่ยุ่งยากและลงทุนมากสำหรับผู้ประกอบการทั่วไป แต่สำหรับงานวิจัยนี้ใช้การแก้ปัญหาโดยประยุกต์วิธีการจัดการมูลฝอยที่คนไทยส่วนใหญ่นิยมใช้ คือ การรีไซเคิลโดยขายต่อมูลฝอยให้วงศ์พาณิชย์ แล้วโรงงานรีไซเคิลมารับซื้อต่อ ซึ่งจัดเป็นวิธีการที่สะดวก ต้นทุนต่ำ ไม่ต้องอาศัยความรู้ระดับสูง เป็นวิธีการที่จะช่วยจูงใจผู้ประกอบการให้อยากปฏิบัติตามได้มากกว่า โดยผู้ประกอบการมีรายได้ อีกทั้งยังยังสามารถช่วยสิ่งแวดล้อมโดยนำมูลฝอยมารีไซเคิลเป็นวัตถุดิบกลับมาใช้งานใหม่ สำหรับการจัดการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มูลฝอยอินทรีย์ของทั้ง 2 งานวิจัยนี้เหมือนกัน คือ นำไปผลิตก๊าซชีวภาพ ส่วนการจัดการมูลฝอยประเภทที่รีไซเคิลไม่ได้แต่สามารถเผาไหม้ได้ในงานวิจัยที่นำมาเปรียบเทียบไม่ได้กล่าวถึงวิธีการจัดการไว้ โดยรวมแล้วงานวิจัยของอิตาลีที่ได้กล่าวมานับว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีประโยชน์และน่าสนใจ โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ประกอบการซูเปอร์มาร์เก็ต

4.2 กรณีศึกษาคอนโดมิเนียม

4.2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของคอนโดมิเนียมที่เป็นตัวแทนในการศึกษา

คอนโดมิเนียมกรณีศึกษาสร้างเสร็จเมื่อปี พ.ศ.2552 มีพื้นที่ทั้งหมด 5,720 ตารางเมตร ประกอบไปด้วย 2 อาคาร อาคารละ 8 ชั้น มีทั้งหมด 378 ห้อง โดยมีห้องแบบ 2 ห้องนอน 16 ห้อง ห้องสตูดิโอ 16 ห้อง และห้อง 1 ห้องนอน 346 ห้อง ภายในคอนโดมิเนียมประกอบไปด้วยพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่จอดรถ ฟิตเนส สำนักงานนิติบุคคล ห้องซักรีด ห้องแม่บ้าน สวนหย่อม และป้อมรปภ. สำหรับการจัดการมูลฝอยของคอนโดมิเนียมแห่งนี้จะมีห้องพักมูลฝอยทุกชั้น ชั้นละ 1 ห้อง มีถังแยกมูลฝอยเปียกและมูลฝอยแห้ง ดังรูปที่ 4-10 โดยแม่บ้านจะทำการเก็บขนมูลฝอยวันละ 1 รอบ เวลา 10:00 น. จากนั้นแม่บ้านจะทำการคัดแยกมูลฝอยรีไซเคิลเพื่อรวบรวมเก็บไว้ขายให้วงศ์พาณิชย์ โดยมีการแยกเก็บมูลฝอยที่รีไซเคิลได้กับรีไซเคิลไม่ได้ไว้แยกห้องกันที่ห้องเก็บมูลฝอยรวมบริเวณชั้นล่าง ดังรูปที่ 4-11 สำหรับมูลฝอยที่รีไซเคิลไม่ได้จะรอรถเก็บขนมูลฝอยของทางกรุงเทพมหานครมาเก็บขน โดยจะมาเก็บวันเว้นวัน ช่วงเวลาประมาณ 9:00 น.

รูปที่ 4-10 ห้องพักมูลฝอยในแต่ละชั้นของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา

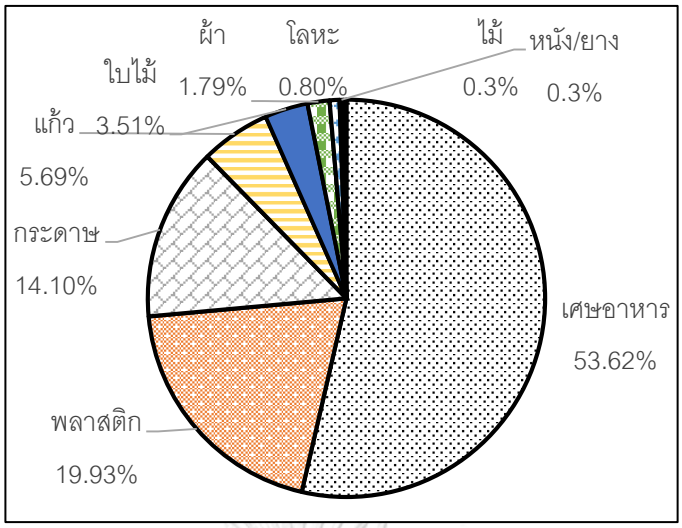
รูปที่ 4-11 ห้องเก็บมูลฝอยรวมของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา

4.2.2 องค์ประกอบมูลฝอยของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา

การศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยที่คอนโดมิเนียมได้มีการวิเคราะห์ในช่วงเวลาที่มูลฝอยสะสมมากที่สุด คือ หลังจากที่แม่บ้านได้รวบรวมมูลฝอยตามห้องพักมูลฝอยในแต่ละชั้นของคอนโดมิเนียมมารวบรวมไว้ที่ห้องเก็บมูลฝอยรวมที่ชั้นล่างเรียบร้อยแล้ว โดยได้สุ่มมูลฝอยมาทั้งหมด 4 จุดของห้องเก็บมูลฝอยรวม เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบตามเทคนิค Coning and quartering ตามที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 ซึ่งในการวิเคราะห์ครั้งนี้ได้แบ่งมูลฝอยออกเป็น 9 ประเภท ได้แก่ เศษอาหาร พลาสติก กระดาษ แก้ว ใบไม้ ผ้า โลหะ หนัง/ยาง และไม้ โดยได้ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 วัน ตั้งแต่วันที่ 3-5 สิงหาคม 2560 เวลา 17:00 น. เพราะเป็นช่วงเวลาที่มีการสะสมของมูลฝอยมากที่สุด โดยครอบคลุมวันธรรมดาและวันหยุด สำหรับองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยที่คอนโดมิเนียมเป็นดังรูปที่ 4-12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยที่คอนโดมิเนียมพบว่า เศษอาหารเป็นมูลฝอยประเภทที่พบมากที่สุดถึงร้อยละ 54 รองลงมาคือ พลาสติกร้อยละ 20 และกระดาษร้อยละ 14 ตามลำดับ สำหรับความหนาแน่นของมูลฝอยมีค่า 138.67 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งการที่มูลฝอยมีความหนาแน่นมากเนื่องจากมูลฝอยโดยส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยเศษอาหารสด และการที่มูลฝอยโดยส่วนใหญ่ของคอนโดมิเนียมเป็นเศษอาหาร เนื่องมาจากคอนโดมิเนียมเป็นสถานที่พักอาศัยแบบครอบครัวจึงมีกิจกรรมการประกอบอาหาร หรือรับประทานอาหารที่ที่พักค่อนข้างมาก ส่งผลให้มีมูลฝอยประเภทเศษอาหารมากตามไปด้วยเช่นกัน



รูปที่ 4-12 องค์ประกอบของมูลฝอยที่คอนโดมิเนียมกรณีศึกษา

จากการศึกษาองค์ประกอบของมูลฝอยที่คอนโดมิเนียมซึ่งจัดเป็นมูลฝอยจากครัวเรือนของงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ พบมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งงานวิจัยในประเทศและงานวิจัยของต่างประเทศ ดังตารางที่ 4-7 โดยพบว่ามูลฝอยประเภทเศษอาหารมีสัดส่วนมากที่สุด รองลงมา คือ พลาสติก และกระดาษ ตามลำดับ ซึ่งจะสังเกตได้ว่าถึงแม้จะเป็นมูลฝอยจากคนละประเทศ แต่ลักษณะมูลฝอยจากครัวเรือนยังคงมีลักษณะคล้ายกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบผลของงานวิจัยในประเทศไทยเหมือนกันก็ยิ่งพบสัดส่วนขององค์ประกอบมูลฝอยที่ใกล้เคียงกัน จากในตารางที่ 4-3 จะพบว่า สัดส่วนขององค์ประกอบมูลฝอยประเภทเศษอาหาร กระดาษ พลาสติก และแก้วมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันระหว่างงานวิจัยนี้และงานวิจัยที่ทำในชุมชนสุขใจวิลเลจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-7 องค์ประกอบมูลฝอยจากครัวเรือนของงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ

องค์ประกอบมูลฝอย	ปริมาณมูลฝอย (ร้อยละ)			
	งานวิจัยนี้	ชุมชนสุขใจวิลเลจ*	อินเดีย**	เวียดนาม***
เศษอาหาร	53.62	41.00	80.00	61.00
พลาสติก	19.93	14.00	7.00	8.70
กระดาษ	14.10	6.00	8.00	5.27
แก้ว	5.69	3.00	1.00	1.42

องค์ประกอบมูลฝอย	ปริมาณมูลฝอย (ร้อยละ)			
	งานวิจัยนี้	ชุมชนสุขใจวิลเลจ*	อินเดีย**	เวียดนาม***
ใบไม้	3.51	11.00	-	-
ผ้า	1.79	1.00	-	1.75
โลหะ	0.80	1.00	-	3.00
หนัง/ยาง	0.30	1.00	-	-
ไม้	0.30	3.00	-	-
มูลฝอยอันตราย	-	1	-	-
หินและเซรามิค	-	-	-	6.08
กระดูก	-	-	-	1.28
อื่นๆ	-	19.00	4.00	11.50

ที่มา - * หัทญา เนตยารักษ์

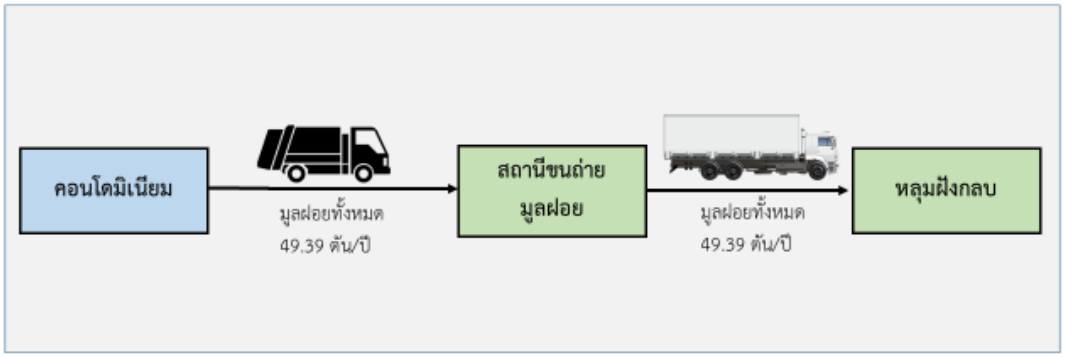
- ** Suthar, 2015
- *** Phuong, 2012

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.3 ขอบเขตการศึกษาแนวทางการจัดการมูลฝอยของคอนโดมิเนียมทั้งวิธีการปัจจุบันและวิธีการทางเลือก

- **ทางเลือกที่ 1 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบ**

การจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบนั้นจะไม่มีการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด โดยมูลฝอยทั้งหมด 49.39 ตัน/ปี ที่เกิดขึ้นจากคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา ซึ่งจะถูกรวบรวมและเก็บขนทุกวันโดยรถเก็บขนมูลฝอยของทางกรุงเทพมหานครไปส่งยังสถานีขนถ่ายมูลฝอยสายไหม โดยในการศึกษาวิจัยนี้ไม่รวมขอบเขตของการคัดแยกที่สถานีขนถ่ายมูลฝอย กล่าวคือให้คิดว่ามูลฝอยทั้งหมดส่งไปจัดการโดยการฝังกลบ จากนั้นทำการส่งต่อไปยังหลุมฝังกลบที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เพื่อทำการกำจัดต่อไปดังรูปที่ 4-13

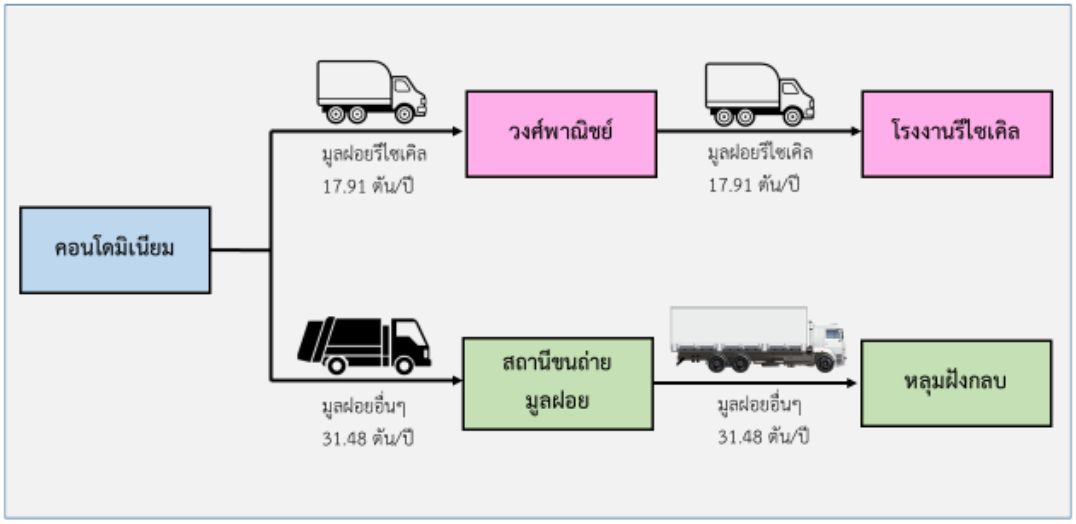


รูปที่ 4-13 แนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- **ทางเลือกที่ 2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบและการรีไซเคิล**

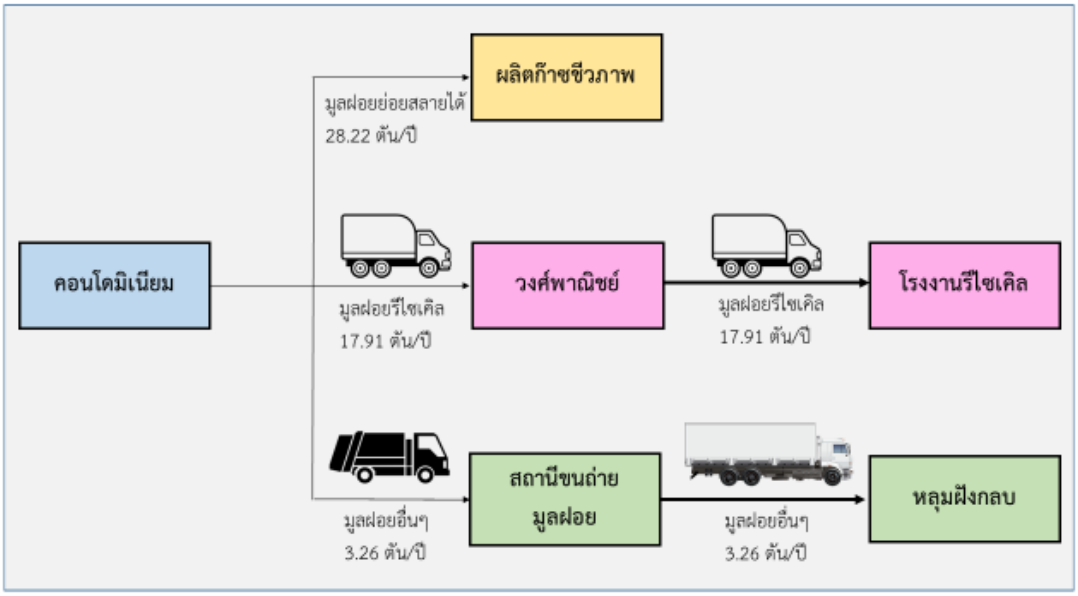
การจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 2 เป็นแนวทางการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา ซึ่งมูลฝอยจะถูกคัดแยกที่แหล่งกำเนิดเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ มูลฝอยทั่วไป และมูลฝอยรีไซเคิล สำหรับมูลฝอยรีไซเคิล ได้แก่ กระดาษ พลาสติก โลหะ และแก้ว จะถูกแม่บ้านประจำคอนโดมิเนียมคัดแยก แล้วขายต่อให้วงศ์พาณิชย์ เพื่อส่งต่อให้กับโรงงานรีไซเคิลต่อไป โดยมูลฝอยรีไซเคิลกลุ่มนี้มี 17.91 ตัน/ปี สำหรับมูลฝอยทั่วไป 31.48 ตัน/ปี จะถูกรวบรวมและเก็บขนโดยรถเก็บขนมูลฝอยของกรุงเทพมหานครทุกวัน โดยจะนำไปส่งยังสถานีขนถ่ายมูลฝอยสายไหม ก่อนรวบรวมส่งไปฝังกลบยังหลุมฝังกลบกำแพงแสน จังหวัดนครปฐมต่อไป โดยขอบเขตการศึกษาของทางเลือกที่ 2 เป็นดังรูปที่ 4-14



รูปที่ 4-14 แนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบและวิธีรีไซเคิล

- **ทางเลือกที่ 3 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพ**

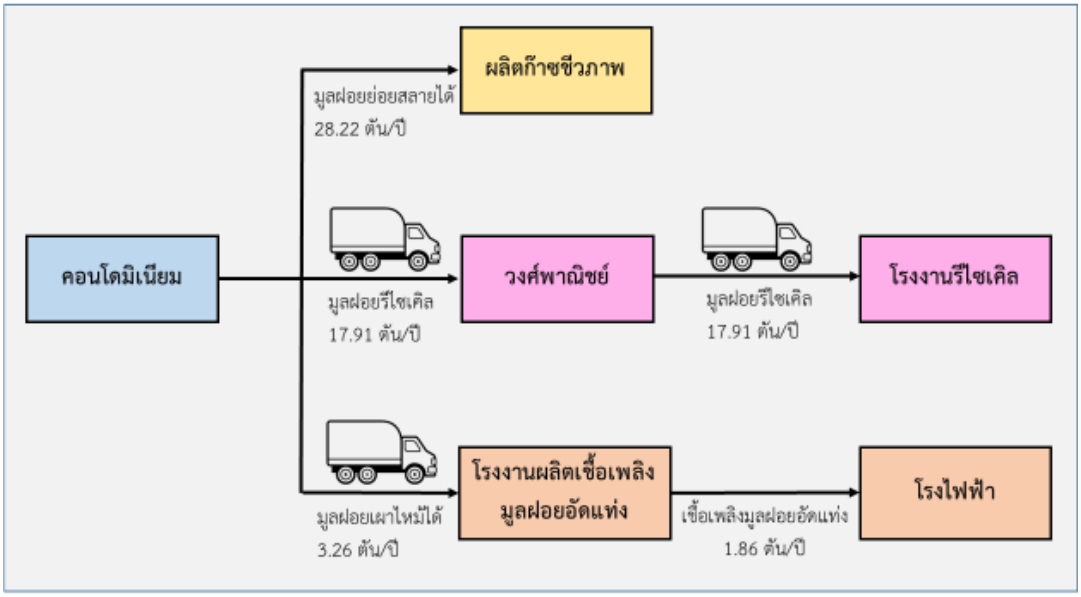
แนวทางการจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 3 นี้จะมีการคัดแยกมูลฝอยที่คอนโดมิเนียมกรณีศึกษาออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ และมูลฝอยทั่วไป โดยมูลฝอยรีไซเคิล 17.91 ตัน/ปี จะถูกส่งไปยังวงศ์พาณิชย์เพื่อรีไซเคิลต่อไป สำหรับมูลฝอยอินทรีย์ เช่น ใบไม้ เศษอาหาร เป็นต้น ปริมาณ 28.22 ตัน/ปี จะนำมาเข้าเครื่องจักรผลิตก๊าซชีวภาพที่ตั้งอยู่ภายในพื้นที่ของคอนโดมิเนียม ซึ่งเมื่อได้ก๊าซชีวภาพมาแล้วจะนำไปขายให้กับผู้อยู่อาศัยของคอนโดมิเนียมเพื่อนำไปใช้ประกอบอาหารในครัวเรือนต่อไป และสำหรับมูลฝอยอื่นๆ ปริมาณ 3.26 ตัน/ปี จะถูกเก็บขนโดยรถเก็บขนมูลฝอยทุกวันเพื่อรวบรวมไปยังสถานีขนถ่ายมูลฝอยสายไหม แล้วส่งไปฝังกลบยังหลุมฝังกลบกำแพงแสน จังหวัดนครปฐมต่อไป โดยขอบเขตการศึกษาทางเลือกนี้เป็นดังรูปที่ 4-15



รูปที่ 4-15 แนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ รีไซเคิล และผลิตก๊าซชีวภาพ

- **ทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการรีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง**

การจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 4 จะมีการคัดแยกมูลฝอยที่คอนโดมิเนียมกรณีศึกษาแบ่งออกเป็น 4 ประเภทหลักๆ ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ มูลฝอยที่รีไซเคิลไม่ได้แต่เผาไหม้ได้ และมูลฝอยประเภทอื่นๆ ซึ่งมูลฝอยรีไซเคิลปริมาณ 17.91 ตัน/ปี จะถูกส่งไปยังวงศ์พาณิชย์เพื่อนำไปรีไซเคิลต่อไป สำหรับมูลฝอยอินทรีย์ปริมาณ 28.22 ตัน/ปี จะถูกนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ ส่วนมูลฝอยประเภทที่รีไซเคิลไม่ได้แต่สามารถเผาไหม้ได้ เช่น เศษผ้า ไม้ หนัง/ยาง เป็นต้น จะถูกส่งไปผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (Refuse derived fuel; RDF) ที่อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี โดยเชื้อเพลิง RDF ที่ผลิตได้จะส่งไปผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียง สำหรับมูลฝอยประเภทอื่นๆจะไม่มีในทางเลือกนี้ (สำหรับกรณีคอนโดมิเนียมนี้เท่านั้น) ส่งผลให้ไม่มีมูลฝอยที่ส่งไปจัดการโดยการฝังกลบ ซึ่งขอบเขตการศึกษาการจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 4 เป็นดังรูปที่ 4-16



รูปที่ 4-16 แนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการรีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ และผลิต RDF

4.2.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยปัจจุบันเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการทางเลือกกรณีศึกษาคอนโดมิเนียม

ปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยวิธีการปัจจุบันและวิธีการทางเลือกของกรณีศึกษาคอนโดมิเนียมเป็นดังต่อไปนี้

- **ทางเลือกที่ 1 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบ**

ตารางที่ 4-8 ปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการแบบฝังกลบ

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร ($PE_{ff,y}$)	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ - ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($FC_{PJ,i,y}$) = 1,760,135.12 L/y (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคอนโดมิเนียมซึ่งมี 49.40 t/y เท่านั้น) - ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($NCV_{i,y}$) = 8,700 kcal/L - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($EF_{CO2,i,y}$) = 2.7446 kg CO_2eq/L	0.38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- ความหนาแน่นของดีเซล = 0.85 kg/L - ค่าความร้อนทั้งหมด (GCV) ของดีเซล = 10,700 kcal/kg	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง ($PE_{ff,y}$)	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ✓ คอนโดมิเนียม ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - ระยะทางระหว่างคอนโดมิเนียมและสถานีขนถ่ายมูลฝอย ($D_{f,m}$) = 19.3 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 49.40 t/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขาไป ($EF_{CO2,f}$) = 0.0472 kgCO_2eq/tkm - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขาไป = 2.33 kgCO_2eq/km - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.4892 kgCO_2eq/km	22.99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขากลับ = 178.56 $kgCO_2eq/km$ ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ - ระยะทางระหว่างสถานีขนถ่ายมูลฝอยไปหลุมฝังกลบ ($D_{f,m}$) = 90 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 49.40 t/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนมูลฝอยขาไป ($EF_{CO2,f}$) = 0.053 $kgCO_2eq/tkm$ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขาไป = 2.71 $kgCO_2eq/km$ - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.5863 $kgCO_2eq/tkm$	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- การขนส่งก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขากลับ = 214.00 $kgCO_2eq/km$	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$ - กิจกรรมที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า คือ กิจกรรมที่ให้แสงสว่างและใช้ในเครื่องจักร	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 1,256,446.29 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = 0.6093 $kgCO_2eq/kWh$ (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคอนโดมิเนียมซึ่งมี 49.40 t/y เท่านั้น)	0.06
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้ เป็นต้น	$CH4\ emission = (MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ - ปริมาณมูลฝอยทั้งหมดที่เกิดขึ้นในปี X (MSW_T) = 36.34 t/y - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) = 1	56.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.0685 t CH_4/t waste - ปริมาณก๊าซมีเทนที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ (R) = 0 t/y - สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เปลี่ยนรูปเมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (OX) = 0.1 - ค่าศักยภาพทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน = 25 t CO_2/t CH_4	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ $PE_y = 0.06 + (0.38 + 22.99) + 56.05$	79.49

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 4-8 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบนั้นเป็นวิธีการที่ไม่มีการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด ส่งผลให้มูลฝอยทั้งหมดถูกส่งไปฝังกลบและมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 79.49 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี โดยมาจากกระบวนการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในกระบวนการขนส่งและในเครื่องจักร (Bong, 2016) 0.38 และ 22.99 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี ซึ่งทั้งสองปัจจัยนี้มีสัดส่วนรวมเป็นร้อยละ 29.41 ของทั้งหมด และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินการ 0.06 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.08 นอกจากนี้ยังมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการย่อยสลายแบบไร้อากาศภายใต้หลุมฝังกลบของพวกมูลฝอยอินทรีย์อีก 56.05 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี โดยคิดเป็นร้อยละ 37.10 ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ดังนั้นหากมีการนำมูล

ฝอยอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์แทนการฝังกลบ จะสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากส่วนนี้ได้มากที่สุด (Kumar, 2016) สำหรับการจัดการทางเลือกนี้ไม่มีปัจจัยที่มาช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยสรุปแล้วทางเลือกนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 79.49 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี

- **ทางเลือกที่ 2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบและวิธีการรีไซเคิล**

ทางเลือกนี้เป็นแนวทางการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา โดยมีปัจจัยในการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกดังตาราง 4-9

ตารางที่ 4-9 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการแบบฝังกลบและรีไซเคิล

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
• ฝังกลบ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง ($PE_{FF,y}$)	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-8 <u>ยกเว้น</u> น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) มีค่า 31.48 t/y (ระยะทางมีความจำเพาะในกรณีศึกษานี้) ✓ คอนโดมิเนียม ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 1.49 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 178.56 kg CO_2eq/km ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ	22.88

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
	- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 1.66 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 214.00 kg CO_2eq/km	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร ($PE_{FF,y}$)	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-8 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคอนโดมิเนียมซึ่งมี 31.48 t/y เท่านั้น)	0.23
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-8 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคอนโดมิเนียมซึ่งมี 31.48 t/y เท่านั้น)	0.04
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวก	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-8 <u>ยกเว้น</u> - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ = 0.87	35.92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
กระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้	ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) - ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.0507 t CH_4/t waste	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ $PE_y = 0.04 + (0.23 + 22.88) + 35.92$	59.08
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ - ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($FC_{PJ,i,y}$) = 61,543.82 L/y (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่วงศ์พาณิชย์ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 6,624.6 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคอนโดมิเนียมซึ่งมี 17.22 t/y เท่านั้น) - ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($NCV_{i,y}$) = 8,700 kcal/L	0.42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
	- ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($EF_{CO2,i,y}$) = 2.7446 kg CO_2eq/L - ความหนาแน่นของดีเซล = 0.85 kg/L - ค่าความร้อนทั้งหมด (GCV) ของดีเซล = 10,700 kcal/kg - ระยะทางระหว่างวงศ์-พาณิชย์และคอนโดมิเนียม = 27.8 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขาไป = 2.41 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขากลับ = 0.77 kg CO_2eq/km	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลของปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 1,692,015.343 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = 0.6093 kgCO_2eq/kWh (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่วงศ์พาณิชย์ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 6,624.6 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคอนโดมิเนียมซึ่งมี 17.22 t/y เท่านั้น)	2.68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission factor - กระดาษ = 4.86 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดกระดาษใหม่ = -0.4832 t CO_2eq/t paper - อะลูมิเนียม = 0.39 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดอะลูมิเนียมใหม่ = -10.53 t CO_2eq/t aluminum - แก้ว = 2.81 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดแก้วใหม่ = -0.218 t CO_2eq/t glass - พลาสติกชนิด PP = 1.00 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PP ใหม่ = -1.8078 t CO_2eq/t PP - พลาสติกชนิด PE = 5.53 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PE ใหม่ = -1.7370 t CO_2eq/t PE - พลาสติกชนิด PS = 0.49 t/y	-25.21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
	สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PS ใหม่ = -3.056 t CO_2eq/t PS - พลาสติกชนิด PET = 2.14 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PET ใหม่ = -2.445 t CO_2eq/t PET	
- ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission factor - กระดาษ = 4.86 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตกระดาษใหม่ = -0.035 t CO_2eq/t paper - อะลูมิเนียม = 0.39 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตอะลูมิเนียมใหม่ = -7.892 t CO_2eq/t aluminum - แก้ว = 2.81 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตแก้วใหม่ = -0.118 t CO_2eq/t glass - พลาสติกชนิด PP = 1.00 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PP ใหม่ = -0.0018 t CO_2eq/t PP	-3.89

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
	- พลาสติกชนิด PE = 5.53 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PE ใหม่ = -0.003 t CO_2eq/t PE - พลาสติกชนิด PS = 0.49 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PS ใหม่ = -0.004 t CO_2eq/t PS - พลาสติกชนิด PET = 2.14 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PET ใหม่ = -0.138 t CO_2eq/t PET	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y}$ + ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่ + ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่ $PE_y = 0.42 + 2.68 - 25.21 - 3.89$	-26.01
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการรีไซเคิล สุทธิ = 59.08 – 26.01	33.07

จากตารางที่ 4-9 การจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษาโดยใช้วิธีการฝังกลบและการรีไซเคิล จะพบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบเมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 4-8 นั้นมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงทุกปัจจัย ซึ่งมีสาเหตุมาจากทางเลือกที่ 2 มีการเพิ่มวิธีการจัดการโดยการรีไซเคิลเข้ามา ซึ่งมูลฝอยจะถูกคัดแยกที่แหล่งกำเนิดออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มูลฝอยรีไซเคิลและมูลฝอยทั่วไป โดยมูลฝอยรีไซเคิล ได้แก่ กระดาษ พลาสติก โลหะ และแก้ว จะถูกนำไปขายต่อให้วงศ์พาณิชย์ นำไปส่งให้โรงงานรีไซเคิลต่อ ซึ่งส่งผลให้มูลฝอยส่วนนี้ไม่ถูกส่งไปยังหลุมฝังกลบ จึงสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมูลฝอยประเภทกระดาษ ที่สามารถย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน แต่เมื่อถูกส่งไปรีไซเคิลแทนจึงช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายแบบไร้อากาศภายใต้หลุมฝังกลบได้อย่างมาก ถึงแม้ว่าวิธีการรีไซเคิลจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งปริมาณ 0.42 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี และการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต 2.68 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี แต่วิธีการรีไซเคิลสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่ได้ถึง 25.21 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี และลดในส่วนของการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตวัสดุใหม่ได้ 3.89 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี (King and Gutberlet, 2013) โดยจะสามารถเกิดทั้ง 2 ข้อนี้ได้ก็ต่อเมื่อมีการนำวัสดุรีไซเคิลไปใช้แทนวัสดุใหม่ในกระบวนการผลิต ซึ่งโดยภาพรวมแล้วการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลและการฝังกลบสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดีกว่าวิธีการฝังกลบเพียงอย่างเดียว โดยไปช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการนำมูลฝอยไปรีไซเคิลแทนการฝังกลบ นอกจากนี้ยังเป็นทางเลือกการจัดการมูลฝอยที่ช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าในอีกทางหนึ่ง (Pariatamby and Tanaka, 2014) ซึ่งโดยสรุปแล้วทางเลือกนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 33.07 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- **ทางเลือกที่ 3 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพ**

ตารางที่ 4-10 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพ

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
• **ฝังกลบ**		
• กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการฝังกลบ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-8 ยกเว้น น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) มีค่า 3.27 t/y (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) ✓ คอนโดมิเนียม ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 0.15 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 178.56 kg CO_2eq/km ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 0.17 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 214.00 kg CO_2eq/km	22.72

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-8 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคอนโดมิเนียมซึ่งมี 3.27 t/y เท่านั้น)	0.02
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$ - มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่าง	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-8 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคอนโดมิเนียมซึ่งมี 3.27 t/y เท่านั้น)	0.004
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้ เป็นต้น	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-8 <u>ยกเว้น</u> - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) = 0.09 - ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.0116 t CH_4/t waste	0.85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ $PE_y = 0.004 + (0.02 + 22.72) + 0.85$	23.60
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-9	0.42
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$ - พบในเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิล	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-9	2.68
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission factor ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-9	-25.21
- ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-9	-3.89

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y หรือ PE_y	ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-9	-26.01
• การผลิตก๊าซชีวภาพ		
• กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น)	-
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 272.18 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = 0.6093 $kgCO_2eq/kWh$	0.17
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$	$PE_{CH4,y} = W_y \times EF_{CH4} \times GWP_{CH4}$	- (มีการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นการปล่อยก๊าซ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
		เรือนกระจกจากส่วนนี้จึงเป็น 0)
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		
- การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	GHG emission = activity data × emission factor - ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ = 1,298.03 kg/y - สัมประสิทธิ์การใช้ก๊าซชีวภาพแทนก๊าซหุงต้ม = -1.51 kgCO_2eq/kg biogas	-1.96
- การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี	GHG emission = activity data × emission factor - เศษอาหาร = 26.48 t/y - สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยหมักจากเศษอาหารทดแทนปุ๋ยเคมี = - 81 kgCO_2eq/t food waste - เศษใบไม้ = 1.73 t/y - สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยหมักจากเศษใบไม้ทดแทนปุ๋ยเคมี = - 67 kgCO_2eq/t garden waste	-2.26
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจาก	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{CH4,y}$ – การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล – การใช้ปุ๋ย	-4.06

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ PE_y	หมักทดแทนปุ๋ยเคมี PE_y = 0 + 0.07 + 0 – 1.96 -2.26	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการรีไซเคิล + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการผลิตก๊าซชีวภาพ สุทธิ = 23.60 – 26.01 – 4.06	-6.65

จากตารางที่ 4-10 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพ มีการคัดแยกมูลฝอยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ และมูลฝอยทั่วไป ดังนั้นเมื่อมีการนำมูลฝอยไปใช้ประโยชน์มากขึ้น จึงส่งผลให้ปริมาณมูลฝอยทั่วไปที่จะถูกนำไปจัดการโดยการฝังกลบมีปริมาณลดลง ดังนั้นจึงช่วยลดปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการโดยใช้วิธีการฝังกลบที่เหมือนกันก่อนหน้านี้ในตารางที่ 4-8 และ 4-9 โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางเลือกนี้มีการเพิ่มการนำมูลฝอยอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร และใบไม้ เป็นต้น มาผลิตก๊าซชีวภาพแทนการส่งไปฝังกลบ ที่อาจก่อให้เกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบ จึงสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปัจจัยนี้ได้อย่างมาก ถึงแม้ว่าการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีผลิตก๊าซชีวภาพจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรปริมาณ 0.17 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี แต่การจัดการวิธีนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้แทนเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ (Liu, 2012) ปริมาณ 1.96 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี สำหรับการเผาไหม้ก๊าซชีวภาพจะปล่อย Biogenic CO_2 ซึ่งไม่นับรวมเป็นก๊าซเรือนกระจกเพราะจัดเป็น Carbon neutral ตามที่พิธีสารเกียวโตได้ระบุไว้ (Bioenergy, 2018) นอกจากนี้ปุ๋ยหมักที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมของการจัดการวิธีนี้ยังสามารถนำมาใช้แทนปุ๋ยเคมี ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตปุ๋ยเคมี และช่วยกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินเป็น Carbon sink ให้ค่อยๆ ปล่อยสู่บรรยากาศอย่างช้าๆ จึงสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ (Saer, 2013)

ปริมาณ 2.26 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี สำหรับการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการรีไซเคิลนั้นสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เช่นกัน ตามที่อธิบายมาแล้วในตารางก่อนหน้านี้ ซึ่งโดยภาพรวมแล้วการเพิ่มการจัดการโดยวิธีผลิตก๊าซชีวภาพสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เพิ่มขึ้นจากทางเลือกที่ 2 โดยไปช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของมูลฝอยอินทรีย์ โดยสรุปแล้วทางเลือกนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ -6.65 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี

- **ทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง**

ตารางที่ 4-11 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
• **ฝังกลบ**		
• กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการฝังกลบ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น)	ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการใช้เครื่องจักรในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของการให้แสงสว่างในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$	ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้ เป็นต้น	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$	
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-9	0.42
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลของปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-9	2.68
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission factor ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-9	-25.21
- ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission factor ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-9	-3.89
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y หรือ PE_y	ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-9	-26.01
● ผลิตก๊าซชีวภาพ		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-10	-
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-10	0.17
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$	$PE_{CH4,y} = W_y \times EF_{CH4} \times GWP_{CH4}$	- มีการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ จึงไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปัจจัยนี้
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		
- การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	GHG emission = activity data × emission factor (ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-10)	-1.96
- การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี	GHG emission = activity data × emission factor	-2.26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	(ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-10)	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ PE_y	PEy = $PE_{FF,y}$ + $PE_{EL,y}$ + $PE_{CH4,y}$ – การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล – การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี (ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-10)	-4.06
● ผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง		
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{TR,m}$ = $\sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ - ระยะทางระหว่างคอนโดมิเนียมและโรงงานผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง ($D_{f,m}$) = 136 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 7 t/round - จำนวนรอบในการขนส่ง = 1 round/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขาไป ($EF_{CO2,f}$) = 0.1402 kgCO_2eq/tkm - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.3111 kgCO_2eq/km	0.12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 63.26 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) 0.6093 $kgCO_2eq/kWh$	0.039
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี y หรือ$PE_{WW\ treatment,\ y}$	$PE_{WW\ treatment,\ y} = Q_{WW,y} \times (COD_{inf,y} - COD_{eff,y}) \times MCF \times UF \times B_O \times GWP_{CH4} \times 10^{-6}$	- เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาใช้การบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ
- การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่หม้อไอน้ำในโรงงานผลิตไฟฟ้า	GHG emission = activity data × emission factor - ปริมาณเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง = 1.86 t RDF/y - การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 0.461 t CO_2eq/ t RDF	0.86
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- การใช้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งทดแทนถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 1,942.53 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = - 0.6093 $kgCO_2eq/kWh$	-1.18
- การใช้ปุ๋ยหมักที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมแทนปุ๋ยเคมี	GHG emission = activity data × emission Factor - ปริมาณปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ = 0.47 t/y - สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี = 4 $kgCO_2eq/t$ compost	-0.0004
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{WW\ treatment,\ y}$ + การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง– การใช้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งทดแทนถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า – การใช้ปุ๋ยหมักที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมแทนปุ๋ยเคมี $PE_y = 0.12 + 0.039 + 0 + 0.86 - 1.18 - 0.0004$	-0.17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

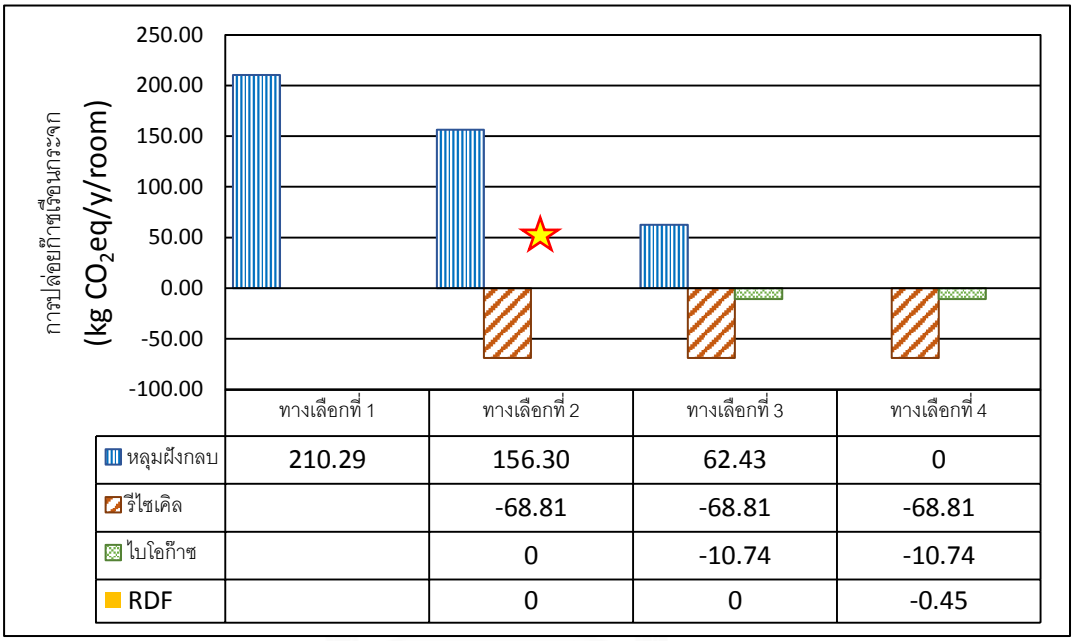
ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการรีไซเคิล + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการผลิตก๊าซชีวภาพ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง สุทธิ = 0 – 26.01 - 4.06 - 0.17	-30.41

การจัดการมูลฝอยดังตารางที่ 4-11 เป็นการจัดการมูลฝอยแบบองค์รวม กล่าวคือ ใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (Refuse derived fuel; RDF) โดยการจัดการตามแนวทางนี้จะมีการคัดแยกมูลฝอยเป็น 4 ประเภทหลักๆ ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ มูลฝอยที่รีไซเคิลไม่ได้แต่สามารถเผาไหม้ได้ และมูลฝอยทั่วไป สำหรับมูลฝอยรีไซเคิลจะถูกขายต่อให้วงศ์พาณิชย์เพื่อนำส่งต่อโรงงานรีไซเคิลต่อไป ส่วนมูลฝอยอินทรีย์จะถูกนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ สำหรับมูลฝอยที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้แล้ว แต่ยังสามารถเผาไหม้ได้ เช่น ไม้ เศษผ้า กระดาษที่รีไซเคิลไม่ได้ เป็นต้น จะมีการนำไปผลิตเชื้อเพลิง RDF ถึงแม้ว่าวิธีการนี้จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง 0.12 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี และการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต 0.039 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี นอกจากนี้เมื่อนำเชื้อเพลิง RDF ไปเผาไหม้เพื่อใช้ประโยชน์ทดแทนถ่านหินในการผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.86 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี แต่การจัดการวิธีนี้สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากการนำเชื้อเพลิง RDF ไปใช้ทดแทนถ่านหินในการเป็นเชื้อเพลิงที่หม้อไอน้ำในโรงไฟฟ้า (มหาวิทยาลัยสุรนารี, 2552) ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 1.18 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี นอกจากนี้ยังสามารถนำผลิตภัณฑ์ร่วมอย่างปุ๋ยหมักที่ได้จากกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียไปใช้แทนปุ๋ยเคมี ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.0004 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี โดยภาพรวมแล้วการจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 4 ที่เพิ่มวิธีการจัดการมูลฝอยโดยนำมูลฝอยที่รีไซเคิลไม่ได้ แต่สามารถเผาไหม้ได้มาผลิตเชื้อเพลิง RDF สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ทางเลือกนี้ยังส่งผลให้ไม่มีมูลฝอยทั่วไปที่ถูกส่งไปฝังกลบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จึงทำให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการวิธีนี้ ส่งผลให้ทางเลือกนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลฝอยได้มากที่สุดในบรรดา 4 ทางเลือก และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สุทธิ 30.41 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี

จากการประเมินการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแต่ละทางเลือกในการจัดการมูลฝอยทั้งวิธีการจัดการในปัจจุบันและวิธีการทางเลือกที่คอนโดมิเนียมกรณีศึกษา โดยใช้ข้อมูลกิจกรรม (Activity data) คูณกับค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ซึ่งได้ผลสรุปออกมาเป็นดังรูปที่ 4-17



	ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	ทางเลือกที่ 3	ทางเลือกที่ 4
หลุมฝังกลบ	210.29	156.30	62.43	0
รีไซเคิล		-68.81	-68.81	-68.81
ไบโอก๊าซ		0	-10.74	-10.74
RDF		0	0	-0.45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-17 ภาพรวมของการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระของแนวทางการจัดการมูลฝอยที่คอนโดมิเนียมกรณีศึกษา

หมายเหตุ กราฟแท่งที่มีรูปดาวติดไว้เป็นแนวทางเลือกการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา

จากผลการศึกษาการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยที่คอนโดมิเนียมกรณีศึกษาดังรูปที่ 4-17 พบว่า แนวทางการจัดการทางเลือกที่ 1 การฝังกลบมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดที่ 210.29 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/ห้อง รองลงมาคือ ทางเลือกที่ 2 การฝังกลบและการรีไซเคิลซึ่งเป็นวิธีการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของ

คอนโดมิเนียมแห่งนี้ โดยมีการปล่อยจากการฝังกลบ 156.30 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/ห้อง และทางเลือกนี้สามารถลดการปล่อยจากการรีไซเคิลได้ 68.81 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/ห้อง สำหรับทางเลือกที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด คือ ทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยแบบองค์รวม ได้แก่ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง ซึ่งทางเลือกนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 80.00 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/ห้อง โดยไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบเลย

โดยสรุปแล้วการจัดการมูลฝอยที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด คือ ทางเลือกที่ 4 ที่มีการจัดการแบบองค์รวม โดยนำมูลฝอยแต่ละประเภทไปจัดการตามวิธีที่เหมาะสม เพื่อลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปจัดการโดยการฝังกลบ ซึ่งสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบได้ อีกทั้งยังสามารถยืดอายุการใช้งานหลุมฝังกลบให้ยาวนานมากขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีทางเลือก ได้แก่ วัสดุรีไซเคิล ก๊าซชีวภาพ ปุ๋ยหมัก และเชื้อเพลิง RDF นั้นยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากการนำผลิตภัณฑ์เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังเป็นการใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างคุ้มค่าในอีกรูปแบบหนึ่ง

4.2.5 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือกของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา

จากการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value, NPV) ของผลต่างของกระแสเงินสดจ่ายสุทธิและกระแสเงินสดรับสุทธิ เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ประกอบการตัดสินใจร่วมกับค่าต้นทุนในการบำบัดมลพิษ (Abatement cost) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากผลประกอบการสุทธิหารด้วยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงต่อปี เพื่อใช้เป็นข้อมูลช่วยในการเลือกวิธีการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมทั้งในประเด็นทางด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการ โดยจากผลการศึกษาของกรณีศึกษาคอนโดมิเนียมเป็นดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยทางเลือกต่างๆ ที่คอนโดมิเนียมกรณีศึกษา

ทางเลือก	EAC	NPV	ปริมาณก๊าซเรือน-กระจกที่ลดลง	ต้นทุนการบำบัดมลพิษ
	(บาท/ปี)	(บาท)	(ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)	(บาท/ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)
1	6,000.00	-54,647.48	-	-
2	-15,258.32	138,971.47	46.42	-328.70
3	-12,700.48	115,674.91	86.14	-147.44
4	36,407.52	-331,596.53	109.90	331.28

หมายเหตุ : - อายุของโครงการ คือ 15 ปี

- Discount rate = 7% (ยึดตามธนาคารแห่งประเทศไทย ณ วันที่ 20 มกราคม พ.ศ. 2561)
- NPV คือ Net present value หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ
- EAC คือ Equivalent annual net cost

จากตารางที่ 4-12 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือกที่คอนโดมิเนียมกรณีศึกษา พบว่าทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด คือ ทางเลือกที่ 2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบและการรีไซเคิลซึ่งเป็นวิธีการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของคอนโดมิเนียมแห่งนี้ เนื่องจากเป็นทางเลือกที่ให้ค่า NPV เป็นบวกซึ่งหมายความว่าการลงทุนทางเลือกนี้มีความคุ้มค่าประกอบกับค่าต้นทุนการบำบัดมลพิษ (Abatement cost) ที่มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทางเลือกอื่นๆ ซึ่งแสดงว่าการจัดการมูลฝอยในรูปแบบนี้สามารถลดก๊าซเรือนกระจก โดยไม่ต้องอาศัยเงินอุดหนุนจากภาคส่วนอื่นและเป็นทางเลือกที่ได้รับผลตอบแทนสูงสุดจากการจัดการมูลฝอย สำหรับทางเลือกที่ 3 การฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นทางเลือกที่คุ้มค่ารองลงมา และสามารถทำการจัดการมูลฝอยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้โดยไม่ต้องอาศัยเงินทุนอุดหนุนจากภายนอกเช่นกัน แต่สำหรับทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยแบบองค์รวมที่มีการ

ฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (Refuse derived fuel; RDF) เป็นทางเลือกที่ให้ค่า NPV เป็นลบและ Abatement cost เป็นบวก ซึ่งแปลความได้ว่าเป็นทางเลือกที่ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน แต่การจัดการมูลฝอยด้วยทางเลือกนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ซึ่งต้องอาศัยเงินทุนอุดหนุนจากภาคส่วนอื่น

เมื่อพิจารณาประเด็นทางด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว ทางเลือกการจัดการมูลฝอยที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด คือ ทางเลือกที่ 4 แต่เมื่อพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์แล้วกลับเป็นทางเลือกที่ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจาก

1. เมื่อพิจารณาที่ต้นทุนของการจัดการทางเลือกที่ 4 มีความแตกต่างจากทางเลือกที่ 2 ตรงมีการเพิ่มการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิง RDF เข้ามา ส่งผลให้ทางเลือกที่ 4 มีต้นทุนในการดำเนินการจัดการมูลฝอยที่สูงกว่าทางเลือกที่ 2 เนื่องจาก

1.1 สำหรับวิธีการผลิตก๊าซชีวภาพต้องมีการลงทุนค่าเครื่องจักร ค่าซ่อมบำรุง ค่าไฟฟ้า และค่าจ้างผู้เชียวชาญในการควบคุมเครื่องจักร ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการจัดการวิธีนี้ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับวิธีการรีไซเคิลที่ไม่มีต้นทุนจากส่วนนี้ ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้สามารถดูได้จากตารางที่ ค-7

1.2 สำหรับต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิง RDF มีความไม่คุ้มค่าเนื่องจาก โรงงานที่ผลิตเชื้อเพลิง RDF นั้นตั้งอยู่ในจังหวัดสระบุรีซึ่งห่างจากคอนโดมิเนียมกรณีศึกษาค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับระยะทางระหว่างทางเลือกการรีไซเคิลที่วงศ์พาณิชย์ตั้งอยู่ภายในกรุงเทพมหานครเหมือนกับคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา ส่งผลให้ต้นทุนค่าขนส่งของทางเลือกการผลิตเชื้อเพลิง RDF นั้นค่อนข้างสูง ตามตารางที่ ค-11

2. เมื่อพิจารณาที่ผลประกอบการของการจัดการมูลฝอยทางเลือกที่ 4 เปรียบเทียบกับทางเลือกที่ 2 แล้วนั้นพบว่า ปริมาณมูลฝอยรีไซเคิลมีสัดส่วนร้อยละ 40.52 ดังรูปที่ 4-12 ซึ่งจัดเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณมูลฝอยทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่คอนโดมิเนียมกรณีศึกษา ประกอบกับราคารับซื้อมูลฝอยรีไซเคิลมีราคาต่อกิโลกรัมที่ดีกว่าราคารับซื้อมูลฝอยที่นำไปผลิตเชื้อเพลิง RDF และดีกว่าราคาต่อกิโลกรัมของราคาขายผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตก๊าซชีวภาพ ตามภาคผนวก ข ส่งผลให้ผลประกอบการของการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการรีไซเคิลมีมูลค่าที่สูงกว่า การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิง RDF

3. ผลประกอบการสุทธิของการจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับทางเลือกที่ 4 แล้วพบว่า เมื่อพิจารณาต้นทุนและผลประกอบการของวิธีการรีไซเคิล กับวิธีการผลิตก๊าซชีวภาพ

และวิธีการผลิตเชื้อเพลิง RDF แล้วพบว่าวิธีการรีไซเคิลมีผลประกอบการสุทธิสูงสุด เนื่องจากมีต้นทุนการจัดการที่ต่ำ และมีผลประกอบการที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการอื่นๆ

ดังนั้นเมื่อพิจารณาการจัดการมูลฝอยทั้งในแง่ที่ให้ผลดีต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์แล้ว การจัดการตามทางเลือกที่ 2 ที่ใช้วิธีการฝังกลบและการรีไซเคิลเป็นแนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมที่สุดของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา แต่การจัดการทางเลือกนี้ยังคงเหลือมูลฝอยอินทรีย์ซึ่งมีสัดส่วนถึงร้อยละ 53.62 ดังรูปที่ 4-12 ซึ่งจัดเป็นมูลฝอยโดยส่วนใหญ่ที่ต้องได้รับการจัดการ แต่ควรใช้การจัดการทางเลือกอื่นที่มีต้นทุนที่ต่ำกว่าการนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ เช่น การนำไปผลิตปุ๋ยหมักหรือการขายเป็นอาหารสัตว์ต่อไป เป็นต้น เพื่อช่วยลดการส่งมูลฝอยประเภทนี้ไปหลุมฝังกลบที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนจกจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้ สำหรับมูลฝอยประเภทที่จะนำไปผลิตเชื้อเพลิง RDF ซึ่งมีสัดส่วนที่น้อยเพียงประมาณร้อยละ 5.86 อาจจำเป็นที่จะต้องใช้การจัดการโดยหลุมฝังกลบที่มีต้นทุนต่ำเหมือนเดิม

มีงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ได้ทำการศึกษาการจัดการมูลฝอยของหมู่บ้านจัดสรรชุมชนสุขใจวิลเลจ (หัทญา เนตยารักษ์, 2559) ซึ่งองค์ประกอบมูลฝอยมีลักษณะที่คล้ายกับในงานวิจัยนี้ โดยองค์ประกอบมูลฝอยของชุมชุนสุขใจวิลเลจ มีมูลฝอยประเภทที่ย่อยสลายได้ร้อยละ 66.65 รองลงมาคือ มูลฝอย อนินทรีย์ร้อยละ 22.86 มูลฝอยอันตรายร้อยละ 0.85 และมูลฝอยอื่นๆ ร้อยละ 9.64 โดยงานวิจัยนี้ใช้การศึกษาแนวทางการจัดการมูลฝอยในรูปแบบของการทำแบบสอบถามกับผู้อยู่อาศัยในหมู่บ้านจัดสรร ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาวิจัย พบว่าเน้นการจัดการมูลฝอยอินทรีย์ เนื่องจากเป็นประเภทของมูลฝอยที่พบมากที่สุด ซึ่งใช้การจัดการโดยนำไปผลิตปุ๋ยหมัก ด้วยเทคนิคการฝังกลบมูลฝอยในหลุมดิน ตามโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริมาเป็นต้นแบบ สำหรับการจัดการมูลฝอยประเภทอื่นไม่ได้มีการกล่าวถึงไว้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งข้อมูลการจัดการมูลฝอยอินทรีย์จากงานวิจัยของชุมชนสุขใจวิลเลจอาจนำมาประยุกต์ใช้ในส่วนของการจัดการมูลฝอยอินทรีย์ของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษานี้ได้

4.3 กรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เป็นตัวแทนในการศึกษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยก่อตั้งเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2456 มีทั้งหมด 12 ภาควิชา และหน่วยงานเทียบเท่าภาควิชาอีก 2 หน่วยงาน ปัจจุบันเปิดสอนตั้งแต่ระดับปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก โดยมีนิสิตทั้งหมด 5,679 คน และบุคลากร 538 คน ซึ่งคณะตั้งอยู่ในพื้นที่ฝั่งตะวันออกของถนนพญาไท ด้านข้างหอประชุมของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของคณะวิศวกรรมศาสตร์จะมีถังรองรับมูลฝอยแยกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยทั่วไป มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ และมูลฝอยอันตราย ซึ่งตั้งอยู่ในจุดต่างๆทั่วคณะ ดังรูปที่ 4-18 โดยพื้นที่รวบรวมมูลฝอยเพื่อรอการเก็บขนจะอยู่ด้านหลังภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ ดังรูปที่ 4-19 สำหรับการจัดการมูลฝอยนั้นมีการจัดการ 3 วิธี 1.มูลฝอยที่สามารถรีไซเคิลได้จะถูกขายต่อให้วงศ์พาณิชย์ 2.เศษอาหารจะมีคนมารับไปทำอาหารสัตว์ 3.มูลฝอยทั่วไปจะส่งไปฝังกลบซึ่งเก็บขนโดยรถเก็บขนมูลฝอยของทางกรุงเทพมหานคร

รูปที่ 4-18 ถังรองรับมูลฝอยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

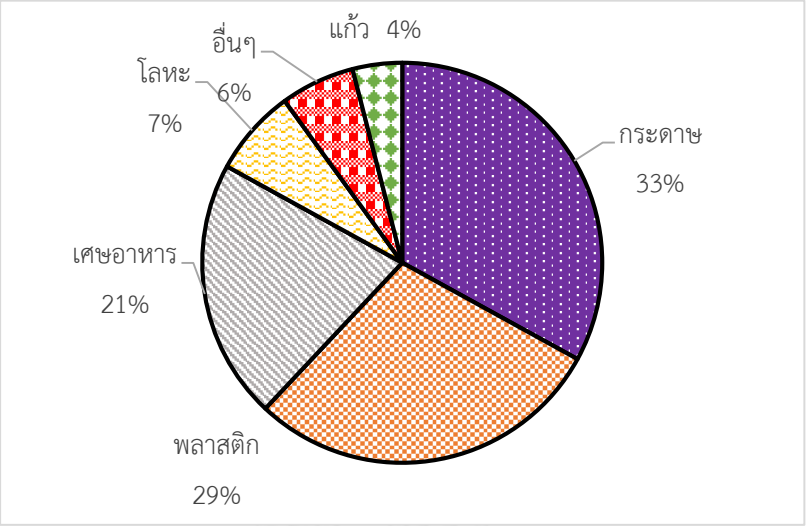
รูปที่ 4-19 จุดรวบรวมมูลฝอยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.2 องค์ประกอบมูลฝอยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศึกษาองค์ประกอบของมูลฝอยที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากการรวบรวมข้อมูลมูลฝอยของการเก็บข้อมูล KPI ของสำนักบริหารยุทธศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ละเอียดเพิ่มเติมอีก 3 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 14-16 กันยายน 2560 ครอบคลุมทั้งวันทำการและวันหยุด ซึ่งจะมีการวิเคราะห์ในช่วงเวลา 17:00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่แม่บ้านได้รวบรวมมูลฝอยตามตึกต่างๆของคณะมาไว้ที่จุดพักมูลฝอยเรียบร้อยแล้ว โดยจะมีการสุ่มมูลฝอย 4 จุด มาทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Coning and quartering ขั้นตอนตามรูปที่ 2-8 แล้วแยกองค์ประกอบมูลฝอยออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร แก้ว โลหะ และอื่นๆ จากผลการศึกษาวิจัยพบว่าองค์ประกอบมูลฝอยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ เป็นดังรูปที่ 4-20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากผลการศึกษาองค์ประกอบมูลฝอยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ พบว่า กระดาษมีสัดส่วนมากสุดที่ร้อยละ 33 รองลงมา คือ พลาสติกพบร้อยละ 29 เศษอาหารร้อยละ 21 โลหะร้อยละ 7 แก้วร้อยละ 4 และมูลฝอยอื่นๆร้อยละ 6 โดยมูลฝอยมีความหนาแน่น 66.7 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีความหนาแน่นไม่มากนักเมื่อเทียบกับกรณีศึกษาที่ผ่านมาในซูเปอร์มาร์เก็ตและคอนโดมิเนียม เนื่องจากมูลฝอยโดยส่วนใหญ่เป็นกระดาษและพลาสติก และจากการที่มูลฝอยโดยส่วนใหญ่เป็นกระดาษเนื่องมาจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ เป็นสถานศึกษาจึงมีการใช้กระดาษที่ค่อนข้างมาก ส่งผลให้มีสัดส่วนของกระดาษในมูลฝอยมากตามไปด้วยเช่นกัน แต่เมื่อเปรียบกับงานวิจัยอื่นพบว่า



รูปที่ 4-20 องค์ประกอบมูลฝอยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

องค์ประองค์ประกอบมูลฝอยของสถานศึกษาแต่ละแห่งค่อนข้างมีความแตกต่างกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พบว่ามีมูลฝอยประเภทเศษอาหารมากที่สุดถึงร้อยละ 56 รองลงมา คือ พลาสติกร้อยละ 26 สำหรับกระดาษพบเพียงร้อยละ 9 (จรัมพร ยุคะลัง, 2554) เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยที่มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา พบว่าพลาสติกมีมากที่สุดถึงร้อยละ 43.0 รองลงมา คือ เศษอาหารร้อยละ 28.7 กระดาษร้อยละ 18.4 (อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย, 2554) สำหรับองค์ประกอบของมูลฝอยที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตองครักษ์ พบมูลฝอยประเภทเศษอาหารมากที่สุดถึงร้อยละ 46.7 พลาสติกร้อยละ 30.9 และกระดาษร้อยละ 9.8 (ประภาพร แก้วสุกใส, 2549) จากที่แสดงการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยในมหาวิทยาลัยในแต่ละแห่งที่ต่างกันตามตารางที่ 4-13 จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบมูลฝอยค่อนข้างหลากหลายทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวทางการจัดการมูลฝอยของแต่ละที่ พฤติกรรมการใช้ทรัพยากรของนิสิตและบุคลากร ลักษณะการใช้พื้นที่ในมหาวิทยาลัย เป็นต้น แต่ที่น่าสังเกต คือ มูลฝอย 3 อันดับแรกที่มีสัดส่วนมากที่สุดในมหาวิทยาลัยแต่ละแห่งมีความเหมือนกัน คือ มีเศษอาหาร กระดาษ และพลาสติก เป็นสัดส่วนที่มากสุด 3 อันดับแรก ดังนั้นหากมูลฝอย 3 ประเภทนี้มีการจัดการที่ดีก็จะสามารถช่วยลดปริมาณมูลฝอยได้มากพอสมควร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-13 องค์ประกอบมูลฝอยจากสถานศึกษาของงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ

องค์ประกอบมูลฝอย	ปริมาณมูลฝอย (ร้อยละ)			
	งานวิจัยนี้	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*	มหาวิทยาลัยมหิดลศาลายา**	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒองครักษ์***
เศษอาหาร	21.00	56.00	28.70	46.70
พลาสติก	29.33	26.00	43.00	30.90
กระดาษ	32.75	9.00	18.40	9.80
แก้ว	3.50	4.00	4.36	0.40
ใบไม้	-	-	-	0.70
ผ้า	-	-	1.25	6.50
โลหะ	7.42	1.00	1.25	0.30
หนัง/ยาง	-	-	1.25	0.90
ไม้	-	-	1.87	-
อื่นๆ	6.00	4.00	-	4.00

อ้างอิง - * จรัมพร ยุคะลัง, 2554

- ** อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย, 2554
- *** ประภาพร แก้วสุกใส, 2549

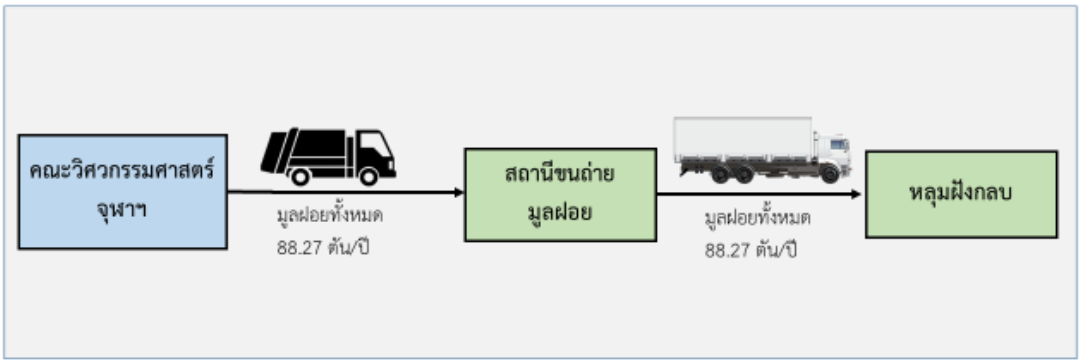
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับองค์ประกอบมูลฝอยทางกายภาพของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ มีลักษณะดังตารางที่ 4-13 เนื่องจากทางคณะมีระบบการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันอยู่แล้วโดยมีการรีไซเคิลมูลฝอยประเภทที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ มีการนำเศษอาหารไปทำเป็นเศษอาหารสัตว์ นอกจากนี้จุฬาฯ ยังมีโครงการลดใช้พลาสติกภายในมหาวิทยาลัย จึงอาจส่งผลให้ลักษณะมูลฝอยของงานวิจัยนี้โดยเฉพาะสัดส่วนของพลาสติกและเศษอาหารมีความแตกต่างจากงานวิจัยอื่นๆ

4.3.3 ขอบเขตการศึกษาแนวทางการจัดการมูลฝอยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ทั้งวิธีการปัจจุบันและวิธีการทางเลือก

- **ทางเลือกที่ 1 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบ**

การจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการฝังกลบนั้นมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ จะไม่มีการคัดแยก โดยมูลฝอยทั้งหมด 88.27 ตัน/ปี จะถูกเก็บขนโดยรถเก็บขนมูลฝอยของทางกรุงเทพมหานครเพื่อนำไปส่งยังสถานีขนถ่ายมูลฝอยอ่อนนุช โดยในการศึกษาวิจัยนี้ไม่รวมขอบเขตของการคัดแยกที่สถานีขนถ่ายมูลฝอย กล่าวคือให้คิดว่ามูลฝอยทั้งหมดส่งไปจัดการโดยการฝังกลบ จากนั้นทำการรวบรวมและขนส่งมูลฝอยต่อไปยังหลุมฝังกลบที่อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา เพื่อนำไปกำจัดต่อไปดังรูปที่ 4-21

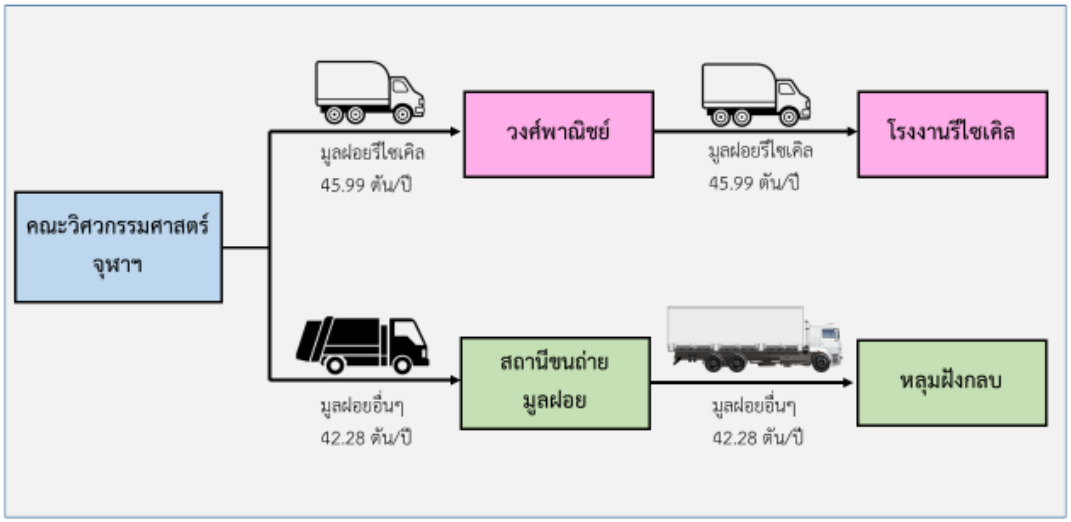


รูปที่ 4-21 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- **ทางเลือกที่ 2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบและการรีไซเคิล**

การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบและการรีไซเคิลนี้จะมีการคัดแยกมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิลและมูลฝอยทั่วไป โดยมูลฝอยรีไซเคิลซึ่ง ได้แก่ กระดาษ พลาสติก โลหะ แก้ว ปริมาณ 45.99 ตัน/ปี จะถูกส่งขายให้กับวงศ์พาณิชย์เพื่อนำไปทำการรีไซเคิลต่อที่โรงงานรีไซเคิล สำหรับมูลฝอยทั่วไปปริมาณ 42.28 ตัน/ปี จะถูกเก็บขนโดยรถเก็บขนมูลฝอยของทางกรุงเทพมหานครไปส่งยังสถานีขนถ่ายมูลฝอยอ่อนนุช เพื่อรวบรวมและขนส่งต่อไปฝังกลบยังอำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทราต่อไปดังรูปที่ 4-22

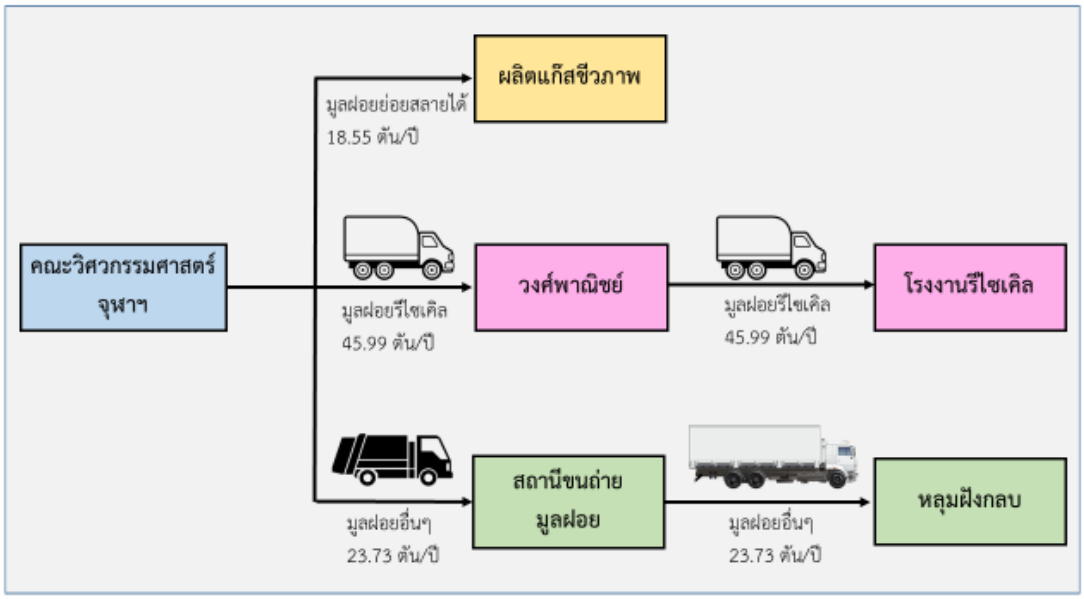


รูปที่ 4-22 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบและการรีไซเคิลที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- **ทางเลือกที่ 3.1 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ รีไซเคิล และผลิตก๊าซชีวภาพ**

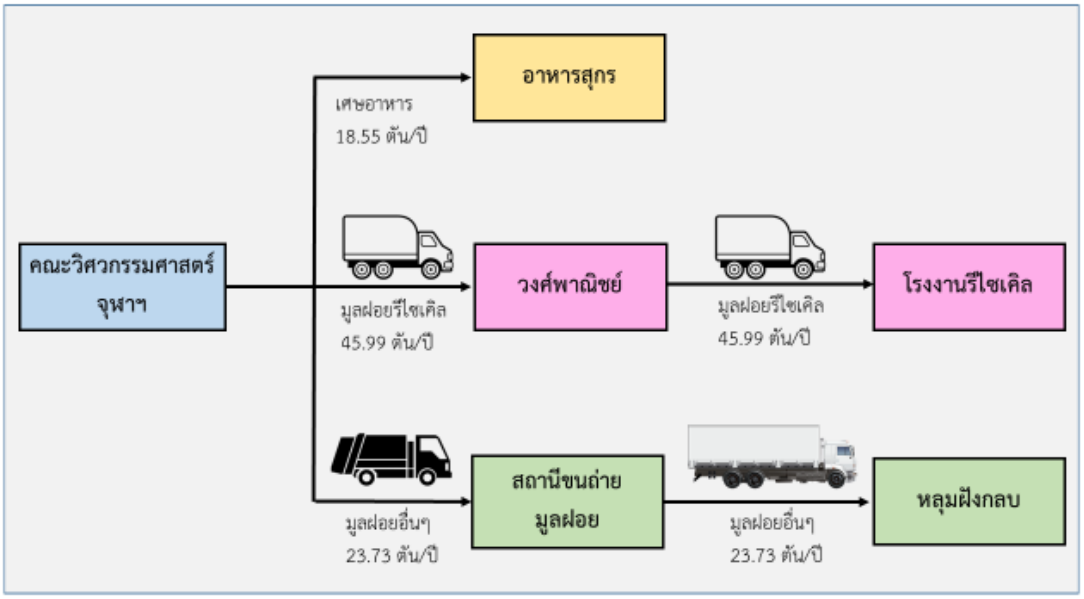
การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพจะมีการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ และมูลฝอยทั่วไป สำหรับมูลฝอยรีไซเคิลจะขายต่อให้วงศ์พาณิชย์ ส่วนมูลฝอยอินทรีย์ เช่น ใบไม้และเศษอาหาร เป็นต้น ซึ่งมีปริมาณ 18.55 ตัน/ปี จะถูกนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ โดยเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตติดตั้งอยู่ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ โดยก๊าซชีวภาพที่ได้จะขายให้กับร้านอาหารของคณะ สำหรับมูลฝอยอื่นๆปริมาณ 23.73 ตัน/ปี จะถูกรวบรวมโดยรถเก็บขนมูลฝอยของทางกรุงเทพมหานครเพื่อขนส่งไปสถานีขนถ่ายมูลฝอยอ่อนนุช เพื่อรวบรวมและขนส่งต่อไปยังหลุมฝังกลบอำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทราต่อไป ดังรูปที่ 4-23



รูปที่ 4-23 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการรีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ และการฝังกลบของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

- **ทางเลือกที่ 3.2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบ รีไซเคิล และขายเศษอาหารไปเป็นอาหารสัตว์**

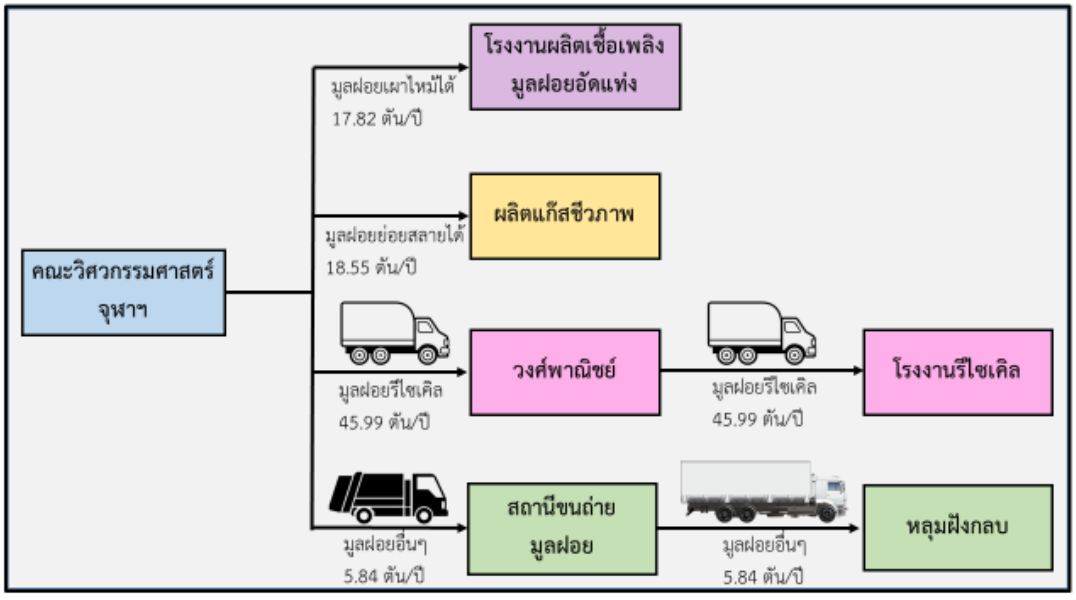
การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ รีไซเคิล และนำเศษอาหารไปเป็นอาหารสัตว์นั้นเป็นแนวทางการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ โดยมูลฝอยมีการคัดแยกที่แหล่งกำเนิดออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล เศษอาหาร และมูลฝอยทั่วไป โดยมูลฝอยรีไซเคิลจะถูกขายให้กับวงศ์พาณิชย์เพื่อส่งไปโรงงานรีไซเคิลต่อไป สำหรับเศษอาหาร 18.55 ตัน/ปี จะมีคนจากภายนอกมารับไปทำเป็นอาหารสัตว์ และมูลฝอยทั่วไปปริมาณ 23.73 ตัน/ปี จะมีรถเก็บขนมูลฝอยของทางกรุงเทพมหานครมาเก็บขนไปยังสถานีขนถ่ายมูลฝอยอ่อนนุชเพื่อรวบรวมและขนส่งต่อไปกำจัดที่หลุมฝังกลบอำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทราต่อไป ดังรูปที่ 4-24



รูปที่ 4-24 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และนำเศษอาหารไปเป็นอาหารสัตว์ของทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

- **ทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง**

การจัดการมูลฝอยวิธีทางเลือกโดยการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งนั้น (Refuse derived fuel; RDF) จะมีการคัดแยกมูลฝอยที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ มูลฝอยที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้แต่เผาไหม้ได้ และมูลฝอยอื่นๆ โดยมูลฝอยรีไซเคิลจะถูกขายให้กับวงศ์พาณิชย์เพื่อส่งโรงงานรีไซเคิลต่อไป สำหรับมูลฝอยอินทรีย์จะถูกนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ ส่วนมูลฝอยที่รีไซเคิลไม่ได้แต่สามารถเผาไหม้ได้ เช่น เศษผ้า ไม้ เป็นต้น ปริมาณ 17.82 ตัน/ปี จะถูกส่งไปผลิตเชื้อเพลิง RDF ที่โรงงานในจังหวัดสระบุรี และเชื้อเพลิง RDF จะถูกนำไปใช้ทดแทนถ่านหินในหม้อไอน้ำที่โรงงานไฟฟ้าซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป สำหรับมูลฝอยทั่วไปจะถูกนำไปฝังกลบที่หลุมฝังกลบอำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งขอบเขตการศึกษาทางเลือกนี้เป็นดังรูปที่ 4-25



รูปที่ 4-25 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

4.3.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยปัจจุบันเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการทางเลือกกรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

ปัจจัยที่มีการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยวิธีการปัจจุบันและวิธีการทางเลือก กรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ มีดังต่อไปนี้

- **ทางเลือกที่ 1 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบ**

ตารางที่ 4-14 ปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยแบบฝังกลบที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร ($PE_{ff,y}$)	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ - ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y ($FC_{PJ,i,y}$) = 1,944,510.94 L/y (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ซึ่งมี 88.33 t/y เท่านั้น) - ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y ($NCV_{i,y}$) = 8,700 kcal/L - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงดีเซลในปี y ($EF_{CO2,i,y}$) = 2.7446 kg CO_2eq/L	0.69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- ความหนาแน่นของดีเซล = 0.85 kg/L - ค่าความร้อนทั้งหมด (GCV) ของดีเซล = 10,700 kcal/kg	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง ($PE_{ff,y}$)	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ✓ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - ระยะทางระหว่างคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ และสถานีขนถ่ายมูลฝอย ($D_{f,m}$) = 27 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 88.33 t/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขาไป ($EF_{CO2,f}$) = 0.0472 kgCO_2eq/tkm - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขาไป = 4.17 kgCO_2eq/km - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.4892 kgCO_2eq/km	24.61

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขากลับ = 178.56 $kgCO_2eq/km$ ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ - ระยะทางระหว่างสถานีขนถ่ายมูลฝอยไปหลุมฝังกลบ ($D_{f,m}$) = 90 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 88.33 t/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนมูลฝอยขาไป ($EF_{CO2,f}$) = 0.053 $kgCO_2eq/tkm$ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขาไป = 4.68 $kgCO_2eq/km$ - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.5863 $kgCO_2eq/tkm$	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขากลับ = 214.00 kgCO_2eq/km	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจกรรมการให้แสงสว่างและใช้ในเครื่องจักรของปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 8,235,696.10 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = 0.6093 kgCO_2eq/kWh (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ซึ่งมี 88.33 t/y เท่านั้น)	0.67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้ เป็นต้น -	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ - ปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในปี X (MSW_T) = 47.48 t/y - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ปริมาณ มูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) = 1 - ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.1552 t CH_4/t waste - ปริมาณก๊าซมีเทนที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ (R) = 0 t/y - สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เปลี่ยนรูปเมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (OX) = 0.1 - ค่าศักยภาพทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน = 25 t CO_2/t CH_4	165.82

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ $= 0.67 + (24.61 + 0.69) + 165.82$	191.80

จากตารางที่ 4-14 การจัดการมูลฝอยที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ โดยใช้วิธีการฝังกลบ ซึ่งมูลฝอยจะไม่มีการคัดแยกที่แหล่งกำเนิด โดยมูลฝอยทั้งหมดจะถูกส่งไปฝังกลบ ทำให้ทางเลือกนี้จะมีปัจจัยในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจาก 3 ปัจจัย ได้แก่ 1.การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งและการใช้ในเครื่องจักร โดยมีการปล่อย 24.61 และ 0.69 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี โดยคิดเป็นร้อยละ 18.42 และ 0.51 ตามลำดับ 2.การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้แสงสว่างและในเครื่องจักร ซึ่งมีการปล่อย 0.67 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.50 (Bong, 2016) สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากที่สุดในการจัดการทางเลือกนี้ คือ 3.การย่อยสลายแบบไร้อากาศใต้หลุมฝังกลบของมูลฝอยอินทรีย์ เช่น กระดาษ เศษอาหาร ใบไม้ เป็นต้น ซึ่งมีการปล่อย 165.82 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80.56 จากทางเลือกนี้จะสังเกตได้ว่าหากมีการลดปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปฝังกลบจะสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแนวทางการจัดการนี้ได้ค่อนข้างมาก (Kumar, 2016) โดยทางเลือกนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ 191.80 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี

- **ทางเลือกที่ 2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบและวิธีการรีไซเคิล**

ตารางที่ 4-15 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยแบบวิธีฝังกลบและวิธีรีไซเคิลที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
• ฝังกลบ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง ($PE_{FF,y}$)	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 <u>ยกเว้น</u> น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) มีค่า 41.61 t/y (ระยะทางมีความจำเพาะในกรณีศึกษานี้) ✓ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 1.96 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 178.56 kg CO_2eq/km ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 2.21 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 214.00 kg CO_2eq/km	24.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร ($PE_{FF,y}$)	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ซึ่งมี 41.61 t/y เท่านั้น)	0.32
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ มี 41.61 t/y เท่านั้น)	0.32
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 <u>ยกเว้น</u> - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) = 0.70 - ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.0614 t CH_4/t waste	46.21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ PEy = 0.32 + (0.32 + 24.33) + 46.21	71.18
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ - ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($FC_{PJ,i,y}$) = 50,063.03 L/y (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่วงศ์พาณิชย์ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 6,624.6 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ซึ่งมี 46.00 t/y เท่านั้น) - ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($NCV_{i,y}$) = 8,700 kcal/L - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($EF_{CO2,i,y}$) = 2.7446 kg CO_2eq/L - ความหนาแน่นของดีเซล = 0.85 kg/L	0.91

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
	- ค่าความร้อนทั้งหมด (GCV) ของดีเซล = 10,700 kcal/kg - ระยะทางระหว่างวงศ์พาณิชย์และคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ = 29.8 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขาไป = 6.87 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขากลับ = 2.18 kg CO_2eq/km	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลของปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 1,065,281.40 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = 0.6093 kgCO_2eq/kWh (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่วงศ์พาณิชย์ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 6,624.6 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ซึ่งมี 46.00 t/y เท่านั้น)	4.51
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission factor - กระดาษ = 14.03 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดกระดาษใหม่ = -0.4832 t CO_2eq/t paper - อะลูมิเนียม = 6.56 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดอะลูมิเนียมใหม่ = -10.53 t CO_2eq/t aluminum - แก้ว = 2.42 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดแก้วใหม่ = -0.218 t CO_2eq/t glass - พลาสติกชนิด PP = 6.52 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PP ใหม่ = -1.8078 t CO_2eq/t PP - พลาสติกชนิด PE = 7.38 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PE ใหม่ = -1.7370 t CO_2eq/t PE - พลาสติกชนิด PS = 1.37 t/y	-124.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
	สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PS ใหม่ = -3.056 t CO_2eq/t PS - พลาสติกชนิด PET = 7.72 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PET ใหม่ = -2.445 t CO_2eq/t PET	
- ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission factor - กระดาษ = 14.03 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตกระดาษใหม่ = -0.035 t CO_2eq/t paper - อะลูมิเนียม = 6.56 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตอะลูมิเนียมใหม่ = -7.892 t CO_2eq/t aluminum - แก้ว = 2.42 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตแก้วใหม่ = -0.118 t CO_2eq/t glass - พลาสติกชนิด PP = 6.52 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PP ใหม่ = -0.0018 t CO_2eq/t PP	-53.65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
	- พลาสติกชนิด PE = 7.38 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PE ใหม่ = -0.003 t CO_2eq/t PE - พลาสติกชนิด PS = 1.37 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PS ใหม่ = -0.004 t CO_2eq/t PS - พลาสติกชนิด PET = 7.72 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PET ใหม่ = -0.138 t CO_2eq/t PET	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y}$ + ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่ + ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่ PE_y = 0.91 + 4.51 - 124.05 – 53.65	-172.29
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการรีไซเคิล สุทธิ = 71.18 – 172.29	-101.11

จากตารางที่ 4-15 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบและการรีไซเคิลนั้น มูลฝอยจะถูกคัดแยกที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิลและมูลฝอยทั่วไป ซึ่งการคัดแยกแบบนี้จะสามารถลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปจัดการด้วยวิธีฝังกลบ จึงทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากหลุมฝังกลบลดลงเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือน-

กระจกจากการย่อยสลายมูลฝอยอินทรีย์ใต้หลุมฝังกลบแบบไร้อากาศ เพราะมูลฝอยอินทรีย์ประเภทกระดาษจะถูกนำไปรีไซเคิลแทนการฝังกลบ ทำให้มูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปฝังกลบมีปริมาณลดลง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปัจจัยนี้จึงลดต่ำลงด้วยเช่นกัน (Menikpura and Sang-Arun, 2013) ถึงแม้ว่าการนำมูลฝอยรีไซเคิล ได้แก่ กระดาษ พลาสติก โลหะ และแก้ว ไปรีไซเคิลจะยังมีการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง 0.91 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี ตามลำดับ จากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต 4.51 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี แต่การจัดการมูลฝอยวิธีการนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากการลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่ได้ถึง 124.05 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี นอกจากนี้ยังสามารถลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตวัสดุใหม่ได้ 53.65 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี โดยจะเกิดการลดการใช้พลังงานได้ก็ต่อเมื่อมีการนำวัสดุรีไซเคิลไปใช้ทดแทนวัสดุใหม่ในกระบวนการผลิต อีกทั้งการรีไซเคิลยังถือเป็นวิธีการจัดการ มูลฝอยที่ใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่าอีกด้วย (Pariatamby and Tanaka, 2014) โดยการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกสุทธิของทางเลือกนี้มีค่า -101.11 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี

- **ทางเลือกที่ 3.1 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพ**

ตารางที่ 4-16 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
• **ฝังกลบ**		
• กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการฝังกลบ		
- ปริมาณก๊าซเรือน-กระจกที่เกิดจากdการสันดาปเชื้อเพลิง	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14	24.22

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
ฟอสซิลในการขนส่ง ($PE_{FF,y}$)	<u>ยกเว้น</u> น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) มีค่า 23.73 t/y (ระยะทางมีความจำเพาะในกรณีศึกษานี้) ✓ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 1.12 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 178.56 kg CO_2eq/km ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 1.26 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 214.00 kg CO_2eq/km	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร ($PE_{FF,y}$)	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯมี 23.73 t/y เท่านั้น)	0.18
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจาก	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14	0.18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
การใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	(ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ซึ่งมี 23.73 t/y เท่านั้น)	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 <u>ยกเว้น</u> - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) = 0.31 - ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.0419 t CH_4/t waste	14.04
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ $= 0.18 + (0.18 + 24.22) + 14.04$	38.63
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ (เหมือนตารางที่ 4-15)	0.91
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$ - พบในเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิล	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ (เหมือนตารางที่ 4-15)	4.51
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission factor (เหมือนตารางที่ 4-15)	-124.05
- ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission factor (เหมือนตารางที่ 4-15)	-53.65
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y หรือ PE_y	(เหมือนตารางที่ 4-15)	-172.29
● การผลิตก๊าซชีวภาพ		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น)	-
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 272.18 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = 0.6093 $kgCO_2eq/kWh$	0.17
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$	$PE_{CH4,y} = W_y \times EF_{CH4} \times GWP_{CH4}$	- (มีการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากส่วนนี้จึงเป็น 0)
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	GHG emission = activity data × emission factor - ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ = 853.27 kg/y - สัมประสิทธิ์การใช้ก๊าซชีวภาพแทนก๊าซหุงต้ม = -1.51 $kgCO_2eq$/ kg biogas	-1.29
- การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี	GHG emission = activity data × emission factor - เศษอาหาร = 18.55 t/y - สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยหมักจากเศษอาหารทดแทนปุ๋ยเคมี = - 81 $kgCO_2eq/t$ food waste	-1.50
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ PE_y	PE_y = $PE_{FF,y}$ + $PE_{EL,y}$ + $PE_{CH4,y}$ – การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล – การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี PE_y = 0 + 0.17 + 0 – 1.29 -1.50	-2.63
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการรีไซเคิล + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการผลิตก๊าซชีวภาพ สุทธิ = 38.63 – 172.29 - 2.63	-136.24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4-16 การจัดการมูลฝอยโดยใช้การฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ซึ่งแนวทางนี้จะมีการคัดแยกมูลฝอยออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ และมูลฝอยทั่วไป สำหรับมูลฝอยรีไซเคิลจะถูกนำไปขายให้กับวงศ์พาณิชย์เพื่อส่งเข้าโรงงานรีไซเคิล ซึ่งการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของวิธีการรีไซเคิลได้อธิบายไว้แล้วก่อนหน้านี้ สำหรับมูลฝอยอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร ใบไม้ เป็นต้น จะนำไปผลิตเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ ดังนั้นเมื่อมีการจัดการโดยวิธีรีไซเคิลและวิธีผลิตก๊าซชีวภาพจะสามารถลดปริมาณมูลฝอยรีไซเคิลและมูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปหลุมฝังกลบด้วยการนำมูลฝอยมาจัดการด้วยวิธีทางเลือกที่เหมาะสม ส่งผลให้สามารถลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบ ทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการแบบฝังกลบลดลงเช่นกัน สำหรับวิธีการจัดการโดยการผลิตก๊าซชีวภาพ ถึงแม้จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักร 0.17 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี แต่การจัดการด้วยวิธีผลิตก๊าซชีวภาพสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก 1.การใช้ก๊าซชีวภาพทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล (Liu, 2012) ซึ่งสามารถลดการปล่อยได้ 1.29 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี กรณีการเผาไหม้ก๊าซชีวภาพจะปล่อย Biogenic CO_2 ซึ่งไม่นับรวมเป็นก๊าซเรือนกระจกเพราะจัดเป็น Carbon neutral ตามที่พิธีสารเกียวโตได้กำหนดไว้ (Bioenergy, 2018) 2.การใช้ปุ๋ยหมักแทนปุ๋ยเคมี ซึ่งสามารถลดพลังงานในกระบวนการผลิตปุ๋ยเคมี และช่วยกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินให้นานมากขึ้น ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 1.50 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี (Menikpura and Sang-Arun, 2013) สำหรับทางเลือกนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ -136.24 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- **ทางเลือกที่ 3.2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ รีไซเคิล และนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์**

ตารางที่ 4-17 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
• **ฝังกลบ**		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง ($PE_{FF,y}$)	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 <u>ยกเว้น</u> น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) มีค่า 23.73 t/y (ระยะทางมีความจำเพาะในกรณีศึกษานี้) ✓ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 1.12 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 178.56 kg CO_2eq/km ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 1.26 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 214.00 kg CO_2eq/km	24.22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร ($PE_{FF,y}$)	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ซึ่งมี 23.73 t/y เท่านั้น)	0.18
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ มี 23.73 t/y เท่านั้น)	0.18
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้	$CH4\ emission = (MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 <u>ยกเว้น</u> - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) = 0.31 - ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.0419 t CH_4/t waste	14.04

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ PEy = 0.18 + (0.18 + 24.22) + 14.04	38.63
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ (เหมือนตารางที่ 4-15)	0.91
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$ - พบในเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิล	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ (เหมือนตารางที่ 4-15)	4.51
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission factor (เหมือนตารางที่ 4-15)	-124.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
- ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission factor (เหมือนตารางที่ 4-15)	-53.65
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y หรือ PE_y	(เหมือนตารางที่ 4-15)	-172.29
● การนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์		
- ปริมาณก๊าซเรือน-กระจกที่ปล่อยจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ✓ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ⟷ ร้านรับซื้อเศษอาหาร - ระยะทางระหว่างคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ และร้านรับซื้ออาหารสัตว์ ($D_{f,m}$) = 22 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 7 t/round - จำนวนรอบขนส่ง = 180 round/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 0.2681 $kgCO_2eq/tkm$	1.34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
	ของรถขนเศษอาหารขาไป ($EF_{CO2,f}$) - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 0.06 $kgCO_2eq/km$ - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.3111 $kgCO_2eq/km$ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 0.01 $kgCO_2eq/km$	
● กิจกรรมที่มีการลดก๊าซเรือนกระจกจากการนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์		
- นำเศษอาหารไปใช้แทนอาหารสุกร	GHG reduction = activity data × emission Factor - ปริมาณเศษอาหาร = 18.55 t/y - สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำเศษอาหารไปทดแทนอาหารสุกร = -0.4728 $kgCO_2eq/kg$	-8.77
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ในปี y	PE_y = การลดก๊าซเรือนกระจกจากการนำเศษอาหารไปใช้แทนอาหารสุกร – การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง PE_y = -8.77 + 1.34	-7.43

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการรีไซเคิล + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์ สุทธิ = 38.63 - 172.29 – 7.43	-141.09

จากตารางที่ 4-17 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสุกรเป็นการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ โดยมีการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล เศษอาหาร และมูลฝอยทั่วไป สำหรับมูลฝอยรีไซเคิลจะขายให้วงศ์พาณิชย์เพื่อส่งให้โรงงานรีไซเคิลต่อไป และการลดหรือปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิลได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้แล้ว สำหรับเศษอาหารจะมีคนจากภายนอกมารับไปเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งในที่นี้จะกำหนดให้นำไปเป็นอาหารสุกร โดยการจัดการเศษอาหารวิธีการนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง 1.34 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี แต่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำเศษอาหารไปใช้ทดแทนอาหารสุกรแบบสำเร็จรูปซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 8.77 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี โดยสุทธิแล้วทางเลือกนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 141.09 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี สำหรับแนวทางการจัดการมูลฝอยแบบนี้มูลฝอยรีไซเคิลและเศษอาหารจะถูกนำไปใช้ประโยชน์แทนการส่งไปฝังกลบ ส่งผลให้ปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบมีปริมาณน้อยลง ดังนั้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบจึงลดลงด้วยเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

ตารางที่ 4-18 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
● **ฝังกลบ**		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการฝังกลบ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง ($PE_{FF,y}$)	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 ยกเว้น น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) มีค่า 5.84 t/y (ระยะทางมีความจำเพาะในกรณีศึกษานี้) ✓ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 0.28 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 178.56 kg CO_2eq/km ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 0.31 kg CO_2eq/km	24.12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- การปล่อยก๊าซเรือน-กระจกจากการขนส่งขากลับ = 214.00 kg CO_2eq/km	
- ปริมาณก๊าซเรือน-กระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร ($PE_{FF,y}$)	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ซึ่งมี 5.84 t/y เท่านั้น)	0.05
- ปริมาณก๊าซเรือน-กระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ มี 5.84 t/y เท่านั้น)	0.04
- ปริมาณก๊าซเรือน-กระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-14 <u>ยกเว้น</u> - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) = 0	- (ไม่มีมูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปฝังกลบ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0 t CH_4/t waste	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ $PE_y = 0.04 + (0.05 + 24.12) + 0$	24.21
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ (เหมือนตารางที่ 4-15)	0.91
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$ - พบในเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิล	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ (เหมือนตารางที่ 4-15)	4.51
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission factor	-124.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	(เหมือนตารางที่ 4-15)	
- ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission factor (เหมือนตารางที่ 4-15)	-53.65
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y หรือ PE_y	(เหมือนตารางที่ 4-15)	-172.29
● ผลิตก๊าซชีวภาพ		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) (เหมือนตารางที่ 4-16)	-
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,}$ (เหมือนตารางที่ 4-16)	0.17
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจาก	$PE_{CH4,y} = W_y \times EF_{CH4} \times GWP_{CH4}$	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
การหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$		(มีการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากส่วนนี้จึงเป็น 0)
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		
- การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	GHG emission = activity data × emission factor	-1.29
- การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี	GHG emission = activity data × emission factor (เหมือนตารางที่ 4-16)	-1.50
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{CH4,y}$ – การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล – การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี (เหมือนตารางที่ 4-16)	-2.63
● ผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง		
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$	0.48

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	- ระยะทางระหว่างคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ และโรงงานผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง ($D_{f,m}$) = 147 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 7 t/round - จำนวนรอบในการขนส่ง = 3 round/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขาไป ($EF_{CO2,f}$) = 0.1402 $kgCO_2eq/tkm$ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขาไป = 2.50 $kgCO_2eq/km$ - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.3111 $kgCO_2eq/km$ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขากลับ = 0.79 $kgCO_2eq/km$	
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรผลิต	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 284.69 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 0.6093 $kgCO_2eq/kWh$	0.173

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	จากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$)	
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี y หรือ$PE_{WW\ treatment,\ y}$	$PE_{WW\ treatment,\ y} = Q_{WW,y} \times (COD_{inf,y} - COD_{eff,y}) \times MCF \times UF \times B_O \times GWP_{CH4} \times 10^{-6}$	- เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาใช้การบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ
- การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่หม้อไอน้ำในโรงงานผลิตไฟฟ้า	GHG emission = activity data × emission factor - ปริมาณเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง = 8.35 t RDF/y - การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 0.461 t CO_2eq/t RDF	3.85
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง		
- การใช้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งทดแทนถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 8,720.52 kWh/y	-5.31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

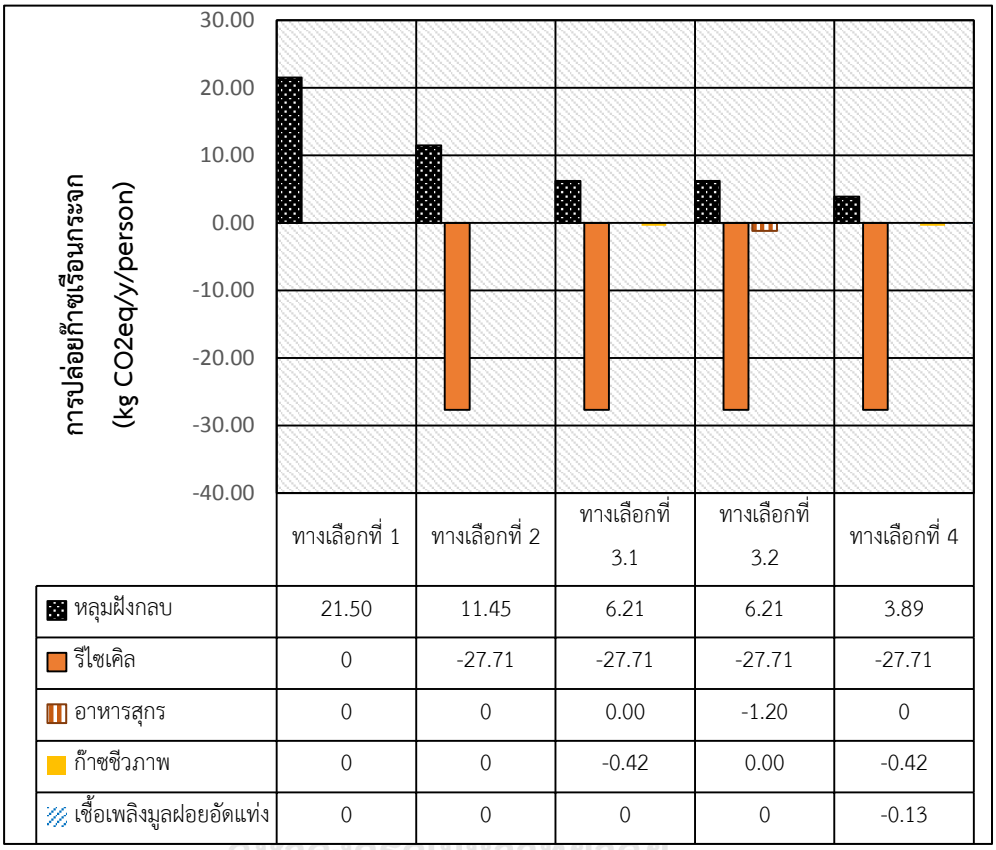
ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- ค่าสัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = - 0.6093 $kgCO_2eq/kWh$	
- การใช้ปุ๋ยหมักที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมแทนปุ๋ยเคมี	GHG emission = activity data × emission Factor - ปริมาณปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ = 0.51 t/y - สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี = 4 $kgCO_2eq/t$ compost	-0.002
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{WW\ treatment,\ y}$ + การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง – การใช้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งทดแทนถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า – การใช้ปุ๋ยหมักที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมแทนปุ๋ยเคมี PE_y = 0.48 + 0.17 + 0 + 3.85 – 5.31 – 0.002	-0.81
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการรีไซเคิล + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการผลิตก๊าซชีวภาพ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง	-151.47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	สุทธิ = 24.21 – 172.29 – 2.63 – 0.81	

จากตารางที่ 4-18 การจัดการมูลฝอยแบบองค์รวมโดยมีการใช้วิธีฝังกลบ วิธีการรีไซเคิล วิธีการผลิตก๊าซชีวภาพ และวิธีการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (Refuse derived fuel; RDF) โดยมูลฝอยจะถูกคัดแยกที่แหล่งกำเนิดออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ มูลฝอยที่รีไซเคิลไม่ได้แต่สามารถเผาไหม้ได้ และมูลฝอยอื่นๆ โดยมูลฝอยรีไซเคิลจะถูกขายให้วงศ์พาณิชย์เพื่อนำส่งโรงงานรีไซเคิลต่อไป ส่วนมูลฝอยอินทรีย์จะนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยแบบรีไซเคิลและแบบผลิตก๊าซชีวภาพได้อธิบายไว้แล้วก่อนหน้านี้ สำหรับการผลิตเชื้อเพลิง RDF จะใช้มูลฝอยประเภทที่รีไซเคิลไม่ได้แต่สามารถเผาไหม้ได้ เช่น เศษผ้า ไม้ หนัง/ยาง เป็นต้น โดยวิธีการจัดการนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อใช้ในการขนส่ง 0.48 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี มีการปล่อยจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF 0.173 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี นอกจากนี้เมื่อนำเชื้อเพลิง RDF ไปใช้เผาไหม้แทนถ่านหินที่หม้อไอน้ำของโรงไฟฟ้าจะทำให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Monni, 2012) 3.85 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี แต่ทางเลือกนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากการนำเชื้อเพลิง RDF ไปผลิตไฟฟ้าแทนถ่านหิน (Reza, 2013) ซึ่งลดการปล่อยได้ 5.31 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี นอกจากนี้ปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียสามารถนำไปใช้ทดแทนปุ๋ยเคมี และช่วยกักเก็บคาร์บอนไว้ให้อยู่ภายในดิน ซึ่งสามารถลดการปล่อยได้ 0.002 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี ทั้งนี้การนำมูลฝอยแต่ละประเภทไปใช้ประโยชน์แทนการฝังกลบยังสามารถช่วยลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบ นำไปสู่การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบได้อีกทางหนึ่ง โดยทางเลือกนี้มีการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกสุทธิ 151.47 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี

จากการรวบรวมข้อมูลกิจกรรมในการจัดการมูลฝอย (Activity data) แล้วนำมาคูณกับค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ของวิธีการจัดการมูลฝอยในรูปแบบต่างๆ ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ สามารถสรุปออกมาเป็นกราฟการลดและการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกได้ดังรูป 4-26



	ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	ทางเลือกที่ 3.1	ทางเลือกที่ 3.2	ทางเลือกที่ 4
หลุมฝังกลบ	21.50	11.45	6.21	6.21	3.89
รีไซเคิล	0	-27.71	-27.71	-27.71	-27.71
อาหารสุกร	0	0	0.00	-1.20	0
ก๊าซชีวภาพ	0	0	-0.42	0.00	-0.42
เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง	0	0	0	0	-0.13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-26 ภาพรวมการลดและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยวิธีการต่างๆ ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

จากผลการศึกษาการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอย ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ สรุปได้ว่าทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยแบบองค์รวม โดยใช้การฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (Refuse derived fuel; RDF) เป็นทางเลือกที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุดถึง 45.87 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/คน รองลงมา คือ ทางเลือกที่ 3.1 ซึ่งใช้การจัดการโดยการรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการฝังกลบ สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 43.42 กิโลกรัมของ

คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/คน สำหรับทางเลือกที่ 3.2 ซึ่งเป็นการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ โดยมีการรีไซเคิล การนำเศษอาหารไปทำอาหารสัตว์ และการฝังกลบเป็นทางเลือกที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 42.20 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/คน และทางเลือกที่ 2 การรีไซเคิลและการฝังกลบ สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกได้ 37.76 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/คน แต่สำหรับทางเลือกที่ 1 การจัดการมูลฝอยด้วยการฝังกลบไม่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ อีกทั้งยังมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 21.50 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/คน ซึ่งเป็นทางเลือกที่ควรหลีกเลี่ยงอย่างยิ่ง แต่สำหรับทางเลือกที่ 2 ถึง 4 เป็นทางเลือกที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการมูลฝอย เพราะเป็นทางเลือกที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

จากคำบรรยายของตารางที่ 4-14 ถึง 4-18 ในประเด็นทางด้านปัจจัยที่มีผลต่อการลดและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือกที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ สามารถสรุปได้ว่า เมื่อมูลฝอยมีการคัดแยกที่แหล่งกำเนิด แล้วนำมูลฝอยแต่ละประเภทไปจัดการอย่างเหมาะสมจะสามารถลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบ ส่งผลให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการด้วยวิธีฝังกลบลดลงตามไปด้วย อีกทั้งยังช่วยเพิ่มอายุการใช้งานหลุมฝังกลบ (Bong, 2016) และลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีนี้ได้ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ วัสดุรีไซเคิล ก๊าซชีวภาพ ปุ๋ยหมัก เชื้อเพลิง RDF เมื่อนำผลิตภัณฑ์เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อีกทางหนึ่ง

4.3.5 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือกของกรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value, NPV) ของผลต่างของกระแสเงินสดจ่ายสุทธิและกระแสเงินสดรับสุทธิ เพื่อนำค่า NPV มาใช้ประกอบการตัดสินใจร่วมกับค่าต้นทุนในการบำบัดมลพิษ (Abatement cost) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากผลประกอบการสุทธิหารด้วยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงต่อปี เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกวิธีการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมทั้งในประเด็นทางด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการ โดยจากผลการศึกษาสถานที่กรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ เป็นดังตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-19 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยทางเลือกต่างๆ กรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

ทางเลือก	EAC (บาท/ปี)	NPV (บาท)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)	ต้นทุนการบำบัดมลพิษ (บาท/ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)
1	24,000.00	-218,589.94	-	-
2	-272,087.51	2,478,149.64	234.76	-1,159.00
3.1	-248,819.32	2,266,225.00	269.89	-921.93
3.2	-272,087.52	2,478,149.73	274.74	-990.35
4	-221,390.35	2,016,404.30	285.12	-776.48

หมายเหตุ : - อายุของโครงการ คือ 15 ปี
- Discount rate = 7% (ยึดตามธนาคารแห่งประเทศไทย ณ วันที่ 20 มกราคม พ.ศ. 2561)
- NPV คือ Net present value หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ
- EAC คือ Equivalent annual net cost

จากผลการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ของการวิเคราะห์ข้อมูล NPV ร่วมกับค่าต้นทุนการบำบัดมลพิษนั้น พบว่าทางเลือกการจัดการมูลฝอยที่ 2, 3.1, 3.2 และ 4 เป็นทางเลือกที่สามารถลงทุนได้ เนื่องจากให้ค่า NPV เป็นบวกและค่าต้นทุนการบำบัดมลพิษเป็นลบ ซึ่งหมายความว่าทางเลือกเหล่านี้มีความคุ้มค่าในการลงทุน สามารถดำเนินการจัดการมูลฝอยแล้วทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงได้ โดยไม่ต้องอาศัยเงินลงทุนจากภาคส่วนอื่น สำหรับทางเลือกที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาทั้งด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมแล้ว คือ ทางเลือกที่ 2 การฝังกลบและการรีไซเคิล เนื่องจากมีค่าต้นทุนการบำบัดมลพิษที่ต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับทางเลือกอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ -1,159.00 บาท/ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สำหรับทางเลือกที่เหมาะสมรองลงมา คือ ทางเลือกที่ 3.2 การฝังกลบ การรีไซเคิล และการนำเศษอาหารไปทำอาหารสัตว์ เป็นทางเลือกที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ได้มี

กาใช้อยู่ในปัจจุบัน สำหรับทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยแบบองค์รวมเป็นทางเลือกที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด แต่มีค่าต้นทุนในการบำบัดมลพิษสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับทางเลือกการจัดการมูลฝอยแบบอื่นๆ ซึ่งอาจทำให้ผู้ประกอบการพิจารณาทางเลือกนี้เป็นคำตอบสุดท้าย ถึงแม้จะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในแง่ของสิ่งแวดล้อมก็ตาม

จากผลการศึกษาที่ได้กล่าวไปก่อนหน้านี้ว่าทางเลือกที่ 4 การฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิง RDF เป็นทางเลือกที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด แต่เมื่อนำผลการวิเคราะห์ NPV และต้นทุนการบำบัดมลพิษเข้ามาพิจารณาร่วมด้วยกลับพบว่าเป็นทางเลือกที่มีแนวโน้มการนำไปประยุกต์ใช้อยู่ท้ายสุด แต่กลายเป็นว่าทางเลือกที่ 2 การฝังกลบและการรีไซเคิลกลับเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจาก

1. ต้นทุนของทางเลือกที่ 4 สูงกว่าทางเลือกที่ 2 เนื่องจากทางเลือกที่ 4 เป็นการจัดการแบบองค์รวมจึงต้องรองรับต้นทุนทุกวิธีการจัดการมูลฝอย ซึ่งแตกต่างจากทางเลือกที่ 2 ที่มีต้นทุนแค่เพียงวิธีการฝังกลบและวิธีการรีไซเคิล เมื่อพิจารณาทางเลือกทั้งคู่แล้วพบว่า ทางเลือกที่ 4 มีวิธีการผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิง RDF เพิ่มเข้ามา ซึ่งเมื่อพิจารณาต้นทุนในแต่ละวิธีแล้วจะพบว่า

1.1 เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนของวิธีการรีไซเคิลกับต้นทุนวิธีผลิตก๊าซชีวภาพจะพบว่าสำหรับต้นทุนของวิธีการรีไซเคิลจะมีเพียงค่าแรงงานคัดแยกและค่าน้ำมัน แต่สำหรับวิธีการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นนอกจากค่าแรงงานคัดแยกแล้ว ยังต้องมีค่าแรงงานของผู้เชี่ยวชาญที่มาควบคุมเครื่องจักร นอกจากนี้ยังมีค่าเครื่องจักรที่ค่อนข้างสูงง ค่าบำรุงรักษา และค่าไฟฟ้า ดังนั้นต้นทุนของวิธีการรีไซเคิลจึงต่ำกว่าต้นทุนของวิธีการผลิตแก๊สชีวภาพ

1.2 เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนของวิธีการรีไซเคิลกับต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิง RDF ทั้ง 2 วิธีมีต้นทุนค่าแรงงานและต้นทุนน้ำมันเหมือนกัน อีกทั้งแต่ต้นทุนค่าแรงงานของวิธีการรีไซเคิลยังสูงกว่าวิธีการผลิตเชื้อเพลิง RDF ทั้งนี้จึงต้องพิจารณาผลประกอบการร่วมด้วย

2. ผลประกอบการของวิธีการรีไซเคิลเปรียบเทียบกับวิธีผลิตเชื้อเพลิง RDF และวิธีผลิตก๊าซชีวภาพ โดยวิธีรีไซเคิลมีมูลฝอยที่สามารถรีไซเคิลได้ถึงร้อยละ 73 ซึ่งถือเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างมาก นอกจากนี้ราคารับซื้อมูลฝอยรีไซเคิลยังมีค่าที่สูงกว่าราคารับซื้อมูลฝอยที่นำไปผลิตเชื้อเพลิง RDF และราคาขายผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตก๊าซชีวภาพ ดังภาคผนวก ข

เมื่อพิจารณาทั้งปัจจัยด้านต้นทุนและผลประกอบการแล้วจะสังเกตได้ว่าวิธีการรีไซเคิลมีต้นทุนต่ำประกอบกับผลประกอบการของวิธีการนี้ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ จึงส่งผลให้ทางเลือกที่ 2 การจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบและการรีไซเคิลเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

สำหรับการจัดการมูลฝอยที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ สำหรับมูลฝอยประเภทอินทรีย์ที่มีถึงร้อยละ 21 ถ้าเปลี่ยนจากการให้เศษอาหารไปทำอาหารสัตว์เป็นการขายเศษอาหารแทนอาจเป็นการจัดการที่ดีกว่าสำหรับมูลฝอยประเภทนี้ สำหรับมูลฝอยอื่นๆ ที่มีเพียงร้อยละ 6 อาจยังคงต้องใช้การฝังกลบเหมือนเดิมต่อไป

มีงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-สุรนารี (สุภกิณห์ สมศรี, 2545) โดยการศึกษาวิจัยนี้ต้องการนำเสนอแนวทางการจัดการมูลฝอยที่ถูกต้องตามหลักวิชาการประกอบกับมีความคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีมีอัตราการเกิดมูลฝอย ณ เวลานั้นที่ 910 กิโลกรัมต่อวัน โดยพบองค์ประกอบมูลฝอยมีเศษอาหารมากสุดถึงร้อยละ 48 รองลงมาคือ พลาสติกร้อยละ 19 และกระดาษร้อยละ 15 โดยงานวิจัยดังกล่าวได้เสนอแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้การคัดแยกที่แหล่งกำเนิดแล้วนำมูลฝอยรีไซเคิลขายต่อให้วงศ์พาณิชย์ สำหรับเศษอาหารใช้การหมักทำปุ๋ย ส่วนมูลฝอยที่เหลือใช้การฝังกลบ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้พบว่าองค์ประกอบมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-สุรนารีมีความแตกต่างจากงานวิจัยนี้ จึงส่งผลให้มีการจัดการที่แตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างแค่เพียงส่วนของการจัดการเศษอาหารเท่านั้น โดยงานวิจัยดังกล่าวใช้การหมักทำปุ๋ยในการจัดการเศษอาหาร แต่ของงานวิจัยนี้เสนอการขายทำเป็นอาหารสัตว์เนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำกว่า เพราะทางมหาวิทยาลัยแค่เพียงคัดแยกเศษอาหารแล้วส่งขาย ไม่จำเป็นต้องมีการลงทุนในส่วนของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรเหมือนการผลิตปุ๋ยหมัก

4.4 กรณีศึกษาโรงแรม

4.4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงแรมกรณีศึกษา

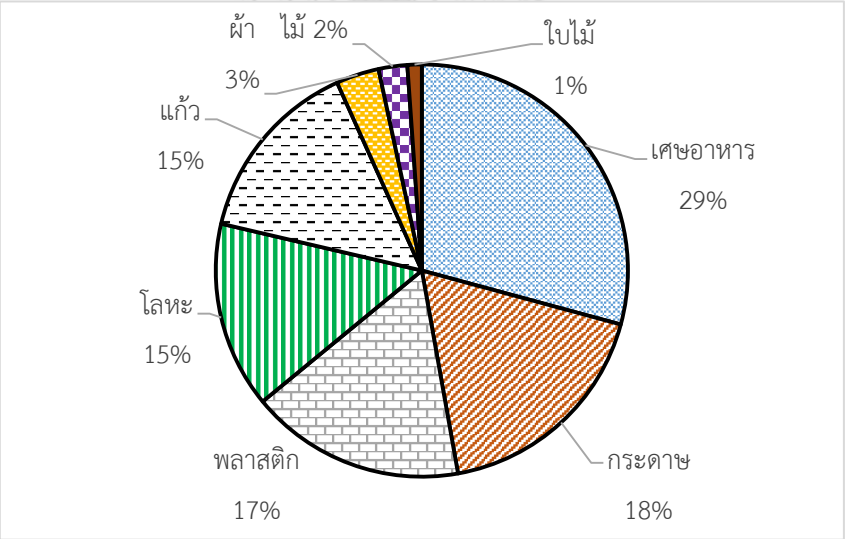
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงแรมกรณีศึกษาเป็นโรงแรมมาตรฐาน 5 ดาว ตั้งอยู่บนพื้นที่ทั้งหมด 10 ไร่ ประกอบไปด้วยห้องพักทั้งหมด 324 ห้อง ห้องประชุม 15 ห้อง ห้องอาหารและบาร์ 5 ห้อง นอกจากนี้ยังมีบริการสปา ฟิตเนส และสระว่ายน้ำภายในโรงแรมอีกด้วย สำหรับการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของโรงแรมกรณีศึกษานี้ คือ จะมีการแบ่งประเภทมูลฝอยออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล เศษอาหาร มูลฝอยอันตราย และมูลฝอยทั่วไป โดยห้องพักมูลฝอยจะอยู่บริเวณโซนการทำงานของพนักงาน ประกอบไปด้วย 2 ห้อง คือ ห้องมูลฝอยแห้งและมูลฝอยเปียก สำหรับภายในห้องมูลฝอยแห้งจะมีการแบ่งพื้นที่ระหว่างมูลฝอยทั่วไปและมูลฝอยรีไซเคิล สำหรับมูลฝอยรีไซเคิลที่เกิดขึ้นจะขายให้กับ

วงศ์พาณิชย์ เศษอาหารจะขายไปทำอาหารสัตว์ และมูลฝอยทั่วไปใช้การฝังกลบ โดยจะมีรถของกรุงเทพมหานครมาเก็บขนทุกวัน วันละ 1 รอบ

4.4.2 องค์ประกอบมูลฝอยที่โรงแรมกรณีศึกษา

ข้อมูลองค์ประกอบมูลฝอยของโรงแรมกรณีศึกษาได้จากข้อมูลที่ทางโรงแรมได้ทำการบันทึกเอาไว้ และผู้วิจัยได้วิเคราะห์อย่างละเอียดเพิ่มเติมอีก 3 วัน ตั้งแต่วันที่ 19-21 ตุลาคม 2560 เวลา 15:00 น. ครอบคลุมทั้งวันธรรมดาและวันหยุด โดยมีการวิเคราะห์ในช่วงเวลาที่มูลฝอยสะสมตัวมากที่สุด คือ หลังจากแม่บ้านได้รวบรวมมูลฝอยมาไว้ที่ห้องเก็บพักมูลฝอยแล้วและเป็นเวลาก่อนที่รถเก็บขนมูลฝอยของทางกรุงเทพมหานครจะมาเก็บขน โดยทำการสุ่มมูลฝอยจากทั้งห้องพักมูลฝอยเปียกและห้องพักมูลฝอยแห้งมาจำนวนห้องละ 4 ถุง โดยแต่ละถุงมาจาก 4 จุดที่แตกต่างกัน เพื่อให้มูลฝอยที่สุ่มมาสามารถเป็นตัวแทนที่ดีได้ โดยนำมูลฝอยมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเทคนิค Coning and quartering วิธีการดังรูปที่ 3-8 สำหรับงานวิจัยนี้ได้แบ่งประเภทมูลฝอยออกเป็น 8 ประเภท ได้แก่ เศษอาหาร กระดาษ พลาสติก โลหะ แก้ว ผ้า ไม้ และใบไม้ ดังรูปที่ 4-27



รูปที่ 4-27 องค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยที่โรงแรมกรณีศึกษา

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยที่โรงแรมกรณีศึกษาพบว่า มูลฝอยประเภทเศษอาหารมีมากสุดถึงร้อยละ 29 รองลงมา คือ กระดาษร้อยละ 18 พลาสติกร้อยละ 17 สำหรับมูลฝอยที่มีสัดส่วนน้อยที่สุด คือ ใบไม้พบเพียงร้อยละ 1 ซึ่งความหนาแน่นของมูลฝอยที่

โรงแรมแห่งนี้มีค่า 42.39 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จากการที่พบเศษอาหารเป็นองค์ประกอบมูลฝอยโดยส่วนใหญ่เนื่องมาจากโรงแรมแห่งนี้มีห้องอาหารและบาร์ มีห้องจัดเลี้ยง อีกทั้งมีอาหารบริการแบบ Room service จึงอาจส่งผลทำให้พบเศษอาหารในสัดส่วนที่มากกว่ามูลฝอยประเภทอื่น เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยที่โรงแรม พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ พบเศษอาหารเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด รองลงมา คือ พลาสติก และกระดาษ ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาเหมือนกับในงานวิจัยนี้ ดังตารางที่ 4-20 ดังนั้น หากโรงแรมมีการจัดการมูลฝอย 3 ประเภทนี้ได้ดีจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลฝอยของโรงแรมได้เป็นอย่างมาก

ตารางที่ 4-20 องค์ประกอบมูลฝอยจากโรงแรมของงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ

องค์ประกอบมูลฝอย	**ปริมาณมูลฝอย (ร้อยละ)**			
	งานวิจัยนี้	**พนมเปญ กัมพูชา***	**EPA****	**กรมควบคุมมลพิษ*****
เศษอาหาร	25.98	60.20	53.45	41.76
พลาสติก	15.26	14.59	3.92	16.40
กระดาษ	15.89	11.57	18.06	9.60
แก้ว	13.29	4.65	12.01	6.65
ใบไม้	0.96	2.57	-	-
ผ้า	3.26	2.58	0.78	1.34
โลหะ	12.96	1.53	2.53	4.32
หนัง/ยาง	0.24	0.06	-	-
ไม้	1.93	0.33	1.67	0.11
อื่นๆ	-	1.92	7.58	19.62

ที่มา - * Mongtoeun, 2014

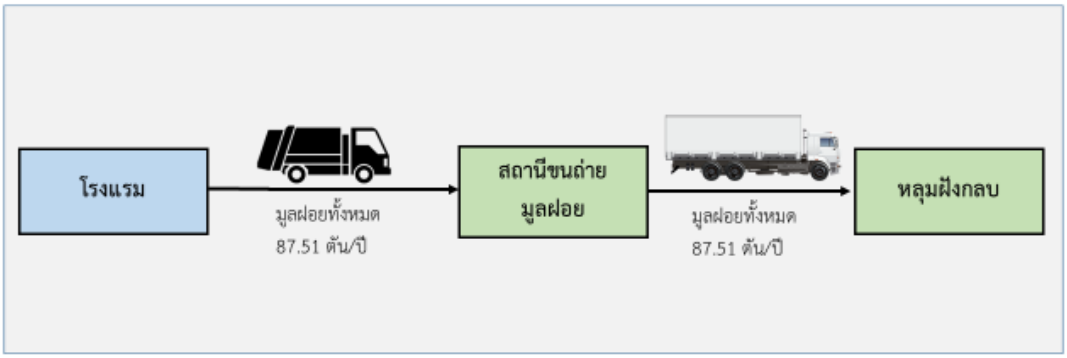
- ** Environmental protection agency, 2006
- *** กรมควบคุมมลพิษ, 2547

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4.3 ขอบเขตการศึกษาแนวทางการจัดการมูลฝอยของโรงแรมทั้งวิธีการปัจจุบันและวิธีการทางเลือก

- **ทางเลือกที่ 1 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบ**

การจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบของโรงแรมกรณีศึกษานี้ มูลฝอยที่เกิดขึ้นจะไม่มีการคัดแยกที่แหล่งกำเนิด โดยมูลฝอยทั้งหมด 87.51 ตัน/ปี จะถูกเก็บขนโดยรถเก็บขนมูลฝอยของกรุงเทพมหานครไปส่งที่สถานีขนถ่ายมูลฝอยอ่อนนุช โดยในการศึกษาวิจัยนี้ไม่รวมขอบเขตของการคัดแยกที่สถานีขนถ่ายมูลฝอย กล่าวคือให้คิดว่ามูลฝอยทั้งหมดส่งไปจัดการโดยการฝังกลบ จากนั้นทำการรวบรวมมูลฝอยไปฝังกลบยังหลุมฝังกลบที่อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทราต่อไป ดังรูปที่ 4-28

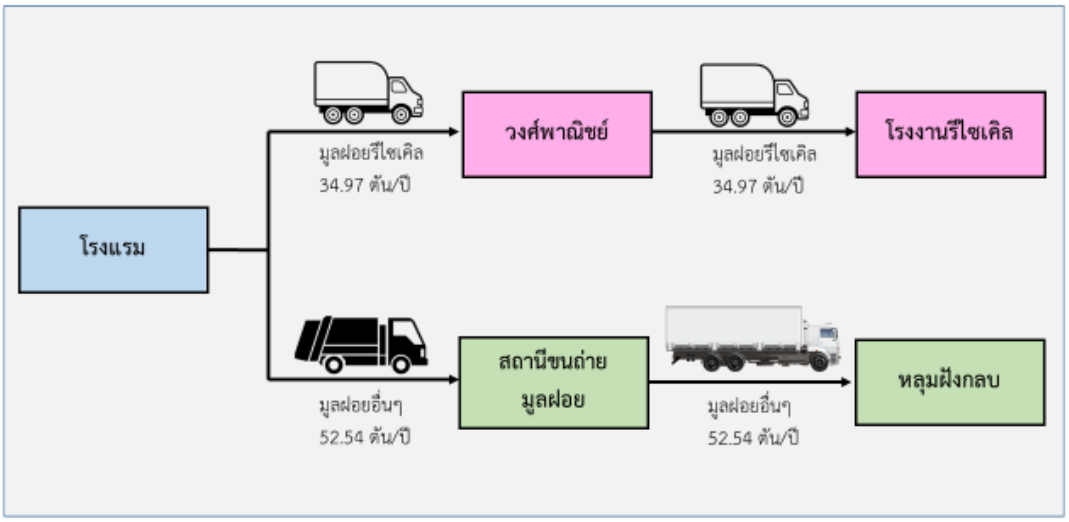


รูปที่ 4-28 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบของโรงแรมกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- **ทางเลือกที่ 2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบและรีไซเคิล**

การจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 2 มูลฝอยจะถูกคัดแยกที่โรงแรมกรณีศึกษาออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิลและมูลฝอยอื่นๆ โดยมูลฝอยรีไซเคิล ได้แก่ แก้ว กระดาษ พลาสติก และโลหะ ซึ่งมีปริมาณ 34.97 ตัน/ปี จะถูกคัดแยกและรวบรวมส่งขายให้กับวงศ์พาณิชย์ เพื่อนำเข้าสู่โรงงานรีไซเคิลต่อไป สำหรับมูลฝอยอื่นๆ ปริมาณ 52.54 ตัน/ปี จะถูกเก็บขนโดยรถเก็บขนมูลฝอยของทางกรุงเทพมหานคร เพื่อขนส่งไปที่สถานีขนถ่ายมูลฝอยสายไหม แล้วรวบรวมนำไปจัดการฝังกลบที่หลุมฝังกลบอำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทราต่อไป ดังรูปที่ 4-29

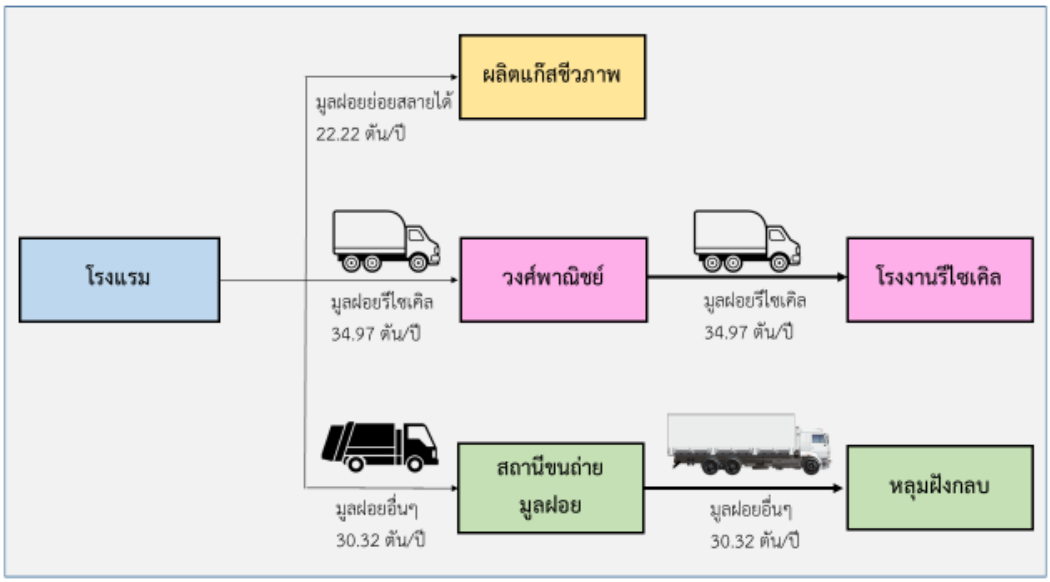


รูปที่ 4-29 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบและวิธีรีไซเคิลที่โรงแรมกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- **ทางเลือกที่ 3.1 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบ รีไซเคิล และผลิตก๊าซชีวภาพ**

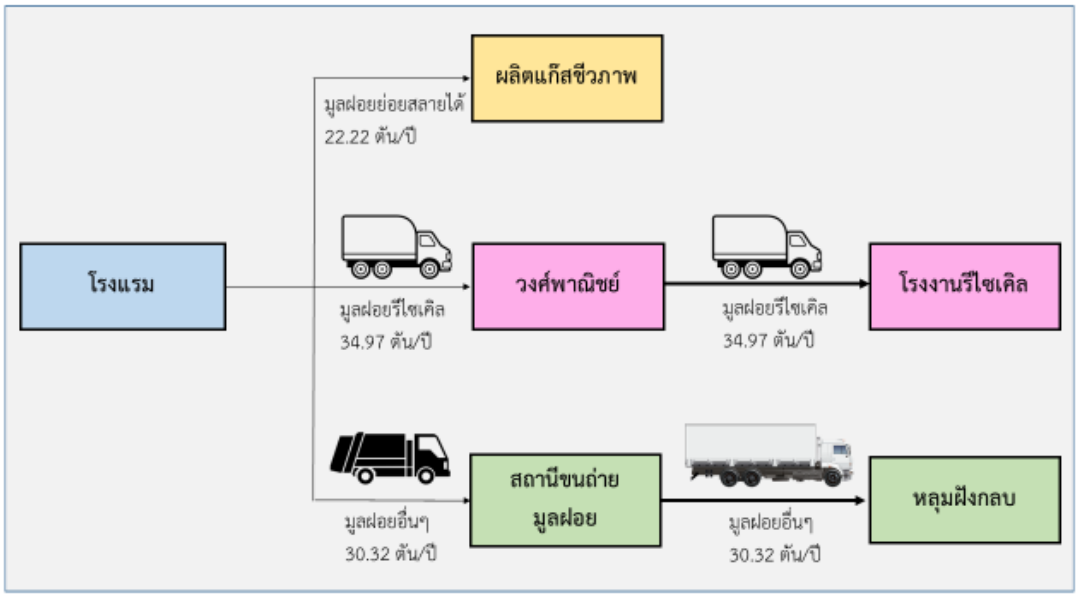
การจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 3.1 นั้นมูลฝอยจะถูกคัดแยกที่โรงแรมกรณีศึกษาออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยที่ย่อยสลายได้ และมูลฝอยอื่นๆ สำหรับมูลฝอยรีไซเคิล ปริมาณ 34.97 ตัน/ปี จะถูกรวบรวมส่งขายให้วงศ์พาณิชย์เพื่อนำไปรีไซเคิลต่อ ส่วนมูลฝอยอินทรีย์ เช่น ใบไม้ เศษอาหาร เป็นต้น มีปริมาณ 22.22 ตัน/ปี จะถูกนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตตั้งอยู่ภายในพื้นที่ของทางโรงแรม สำหรับมูลฝอยอื่นๆ ปริมาณ 30.32 ตัน/ปี จะถูกเก็บขนด้วยรถเก็บขนมูลฝอยของทางกรุงเทพมหานครมารับไปส่งที่สถานีขนถ่ายมูลฝอยอ่อนนุช เพื่อรวบรวมไปฝังกลบที่หลุมฝังกลบอำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทราต่อไป ดังรูปที่ 4-30



รูปที่ 4-30 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีรีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ และฝังกลบของโรงแรมกรณีศึกษา

- **ทางเลือกที่ 3.2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการรีไซเคิล การนำเศษอาหารไปเป็นอาหารสัตว์ และการฝังกลบ**

การจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 3.2 นั้นมูลฝอยจะมีการคัดแยกที่โรงแรมกรณีศึกษาออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล เศษอาหาร และมูลฝอยอื่นๆ โดยมูลฝอยรีไซเคิลปริมาณ 34.97 ตัน/ปี จะถูกนำไปรีไซเคิล สำหรับเศษอาหารปริมาณ 21.06 ตัน/ปี จะถูกขายต่อไปเป็นอาหารสัตว์ และมูลฝอยอื่นๆ ปริมาณ 31.48 ตัน/ปี ถูกนำไปจัดการโดยการฝังกลบที่หลุมฝังกลบอำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทราต่อไป ดังรูปที่ 4-31

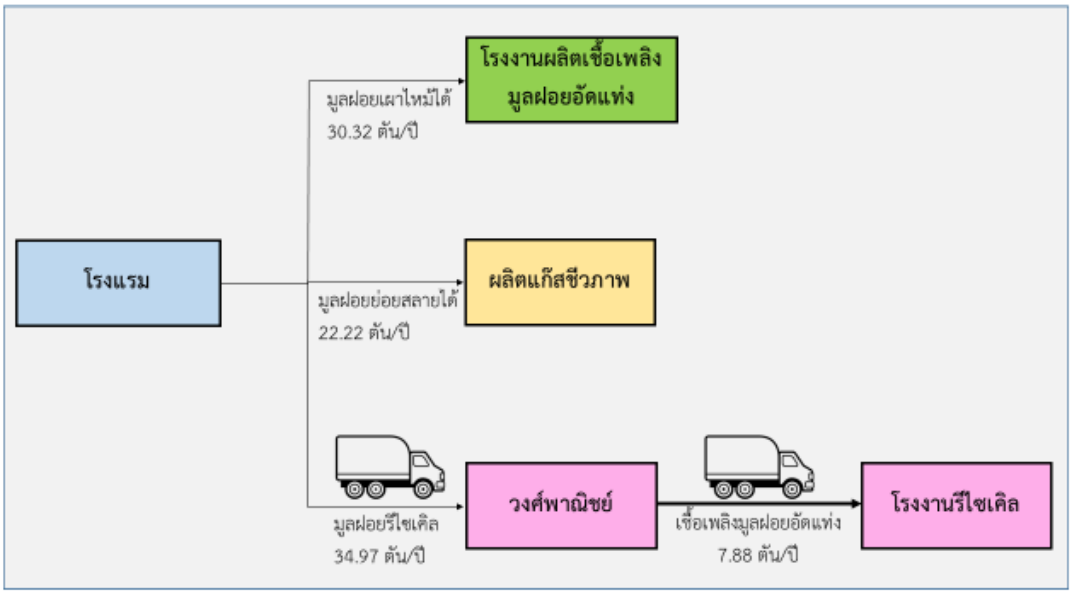


รูปที่ 4-31 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีรีไซเคิล นำเศษอาหารไปเป็นอาหารสัตว์ และฝังกลบของโรงแรมกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- **ทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีรีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ และผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง**

การจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 4 ของโรงแรมกรณีศึกษาจะมีการคัดแยกมูลฝอยเป็น 4 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ มูลฝอยที่รีไซเคิลไม่ได้แต่สามารถเผาไหม้ได้ และมูลฝอยอื่นๆ สำหรับมูลฝอยรีไซเคิลปริมาณ 34.97 ตัน/ปี จะถูกขายต่อให้วงศ์พาณิชย์เพื่อนำไปรีไซเคิล ส่วนมูลฝอยอินทรีย์ปริมาณ 22.22 ตัน/ปี จะถูกนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ และมูลฝอยที่รีไซเคิลไม่ได้แต่สามารถเผาไหม้ได้ เช่น เศษผ้า ไม้ เป็นต้น ปริมาณ 30.32 ตัน/ปี จะถูกรวบรวมและขนส่งไปยังโรงงานผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (Refuse derived fuel; RDF) ที่จังหวัดสระบุรี โดยเชื้อเพลิง RDF ที่ได้จะนำไปใช้ผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกับโรงงานผลิตเชื้อเพลิง RDF สำหรับมูลฝอยอื่นๆจะไม่มีในทางเลือกนี้ ดังนั้นจึงไม่มีการจัดการด้วยวิธีฝังกลบ โดยการจัดการตามทางเลือกนี้เป็นดังรูปที่ 4-32



รูปที่ 4-32 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีรีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ และผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่โรงแรมกรณีศึกษา

4.4.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยปัจจุบันเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการทางเลือกของโรงแรมกรณีศึกษา

ปัจจัยที่มีการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยวิธีการปัจจุบันและวิธีการทางเลือกของโรงแรมกรณีศึกษา มีดังต่อไปนี้

- **ทางเลือกที่ 1 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบ**

ตารางที่ 4-21 ปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยแบบฝังกลบที่โรงแรมกรณีศึกษา

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร ($PE_{ff,y}$)	$PE_{ff,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ - ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y ($FC_{PJ,i,y}$) = 1,944,510.94 L/y (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากโรงแรม ซึ่งมี 83.22 t/y เท่านั้น) - ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y ($NCV_{i,y}$) = 8,700 kcal/L - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงดีเซลในปี y ($EF_{CO2,i,y}$) = 2.7446 kg CO_2eq/L	0.65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- ความหนาแน่นของดีเซล = 0.85 kg/L - ค่าความร้อนทั้งหมด (GCV) ของดีเซล = 10,700 kcal/kg	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง ($PE_{ff,y}$)	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ✓ โรงแรม ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - ระยะทางระหว่างโรงแรมและสถานีขนถ่ายมูลฝอย ($D_{f,m}$) = 25.7 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 83.22 t/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขาไป ($EF_{CO2,f}$) = 0.0472 kgCO_2eq/tkm - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 3.93 kgCO_2eq/km - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.4892 kgCO_2eq/km	24.35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 178.56 $kgCO_2eq/km$ ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ - ระยะทางระหว่างสถานีขนถ่ายมูลฝอยไปหลุมฝังกลบ ($D_{f,m}$) = 90 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 83.22 t/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนมูลฝอยขาไป ($EF_{CO2,f}$) = 0.053 $kgCO_2eq/tkm$ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 4.41 $kgCO_2eq/km$ - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.5863 $kgCO_2eq/tkm$	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 214.00 $kgCO_2eq/km$	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้แสงสว่างและในเครื่องจักรของปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 8,235,696.10 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = 0.6093 $kgCO_2eq/kWh$ (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากโรงแรม ซึ่งมี 83.22 t/y เท่านั้น)	0.64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้ เป็นต้น	CH4 emission = ($MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R$) × (1-OX) - ปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในปี X (MSW_T) = 47.48 t/y - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ปริมาณ มูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) = 1 - ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.0851 t CH_4/t waste - ปริมาณก๊าซมีเทนที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ (R) = 0 t/y - สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เปลี่ยนรูปเมื่อกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (OX) = 0.1 - ค่าศักยภาพทำให้โลกร้อนของก๊าซมีเทน = 25 t CO_2/t CH_4	76.23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สูตรในการคำนวณ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ PEy = 0.64 + (24.35 + 0.65) + 76.23	101.86

จากผลการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบสำหรับกรณีศึกษาโรงแรมดังตารางที่ 4-21 พบว่าทางเลือกการจัดการนี้จะไม่มีการคัดแยกมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด โดยมูลฝอยทั้งหมดจะถูกนำไปฝังกลบซึ่งการจัดการมูลฝอยวิธีการนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก 3 ปัจจัย คือ 1.การสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่งและในเครื่องจักร ซึ่งพบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 24.35 และ 0.65 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี โดยคิดเป็นร้อยละ 23.90 และ 0.63 ตามลำดับ 2.การใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้แสงสว่างและในเครื่องจักร (Bong, 2016) ซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.64 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.62 และปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่หลุมฝังกลบมากที่สุดมาจาก 3.การย่อยสลายแบบไร้อากาศใต้หลุมฝังกลบของพวกมูลฝอยอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร ใบไม้ กระดาษ เป็นต้น (Mongtoeun, 2014) โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 76.23 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี โดยคิดเป็นร้อยละ 74.84 ดังนั้นหากมีการลดปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปฝังกลบโดยการนำมาใช้ประโยชน์แทน จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เป็นอย่างมาก สำหรับการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการฝังกลบนี้จะไม่มีปัจจัยใดที่ส่งเสริมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยทางเลือกนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สุทธิ 101.86 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี

- **ทางเลือกที่ 2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบและวิธีการรีไซเคิล**

ตารางที่ 4-22 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยแบบวิธีฝังกลบและวิธีรีไซเคิลของโรงแรมกรณีศึกษา

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
• ฝังกลบ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง ($PE_{FF,y}$)	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-21 <u>ยกเว้น</u> น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) มีค่า 48.18 t/y (ระยะทางมีความจำเพาะในกรณีศึกษานี้) ✓ โรงแรม ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 2.27 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 178.56 kg CO_2eq/km ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 2.55 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 214.00 kg CO_2eq/km	24.14
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิง	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-21	0.37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
ฟอสซิลในเครื่องจักร ($PE_{FF,y}$)	(ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากโรงแรมซึ่งมี 48.18 t/y เท่านั้น)	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-21 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากโรงแรม มี 48.18 t/y เท่านั้น)	0.37
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-21 <u>ยกเว้น</u> - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) = 0.97 - ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.0812 t CH_4/t waste	70.66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ $PE_y = 0.37 + (0.37 + 24.14) + 70.66$	95.54
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ - ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($FC_{PJ,i,y}$) = 46,870.22 L/y (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่วงศ์พาณิชย์ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 6,624.6 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากโรงแรม ซึ่งมี 34.97 t/y เท่านั้น) - ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($NCV_{i,y}$) = 8,700 kcal/L - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทดีเซลในปี y ($EF_{CO2,i,y}$) = 2.7446 kg CO_2eq/L - ความหนาแน่นของดีเซล = 0.85 kg/L	0.65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
	- ค่าความร้อนทั้งหมด (GCV) ของดีเซล = 10,700 kcal/kg - ระยะทางระหว่างวงศ์พาณิชย์และโรงแรม (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) = 28.4 km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขาไป = 4.91 $kgCO_2eq/km$ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขากลับ = 1.56 $kgCO_2eq/km$	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$ - พบในเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิล	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 3,896,593.66 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = 0.6093 $kgCO_2eq/kWh$ (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่วงศ์พาณิชย์ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 6,624.6 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากโรงแรม ซึ่งมี 34.97 t/y เท่านั้น)	12.53
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission factor - กระดาษ = 1.15 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดกระดาษใหม่ = -0.4832 t CO_2eq/t paper - อะลูมิเนียม = 10.73 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดอะลูมิเนียมใหม่ = -10.53 t CO_2eq/t aluminum - แก้ว = 10.88 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดแก้วใหม่ = -0.218 t CO_2eq/t glass - พลาสติกชนิด PP = 0.45 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PP ใหม่ = -1.8078 t CO_2eq/t PP - พลาสติกชนิด PE = 1.80 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PE ใหม่ = -1.7370 t CO_2eq/t PE - พลาสติกชนิด PS = 0.15 t/y	-144.31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
	สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PS ใหม่ = -3.056 t CO_2eq/t PS - พลาสติกชนิด PET = 9.81 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการสกัดพลาสติกชนิด PET ใหม่ = -2.445 t CO_2eq/t PET	
- ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission factor - กระดาษ = 1.15 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตกระดาษใหม่ = -0.035 t CO_2eq/t paper - อะลูมิเนียม = 10.73 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตอะลูมิเนียมใหม่ = -7.892 t CO_2eq/t aluminum - แก้ว = 10.88 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตแก้วใหม่ = -0.118 t CO_2eq/t glass - พลาสติกชนิด PP = 0.45 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PP ใหม่ = -0.0018 t CO_2eq/t PP	-87.37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
	- พลาสติกชนิด PE = 1.80 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PE ใหม่ = -0.003 t CO_2eq/t PE - พลาสติกชนิด PS = 0.15 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PS ใหม่ = -0.004 t CO_2eq/t PS - พลาสติกชนิด PET = 9.81 t/y สัมประสิทธิ์การลดการใช้พลังงานในการผลิตพลาสติกชนิด PET ใหม่ = -0.138 t CO_2eq/t PET	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y}$ + ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่ + ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่ $PE_y = 0.65 + 12.53 - 144.31 - 87.37$	-218.50
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการรีไซเคิล สุทธิ = 95.54 – 218.50	-122.96

จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกจากแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีรีไซเคิลและฝังกลบที่โรงแรมกรณีศึกษา ดังตารางที่ 4-22 พบว่ามูลฝอยที่เกิดขึ้นจะถูกคัดแยกที่แหล่งกำเนิดออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิลและมูลฝอยทั่วไป สำหรับมูลฝอยรีไซเคิล ได้แก่ กระดาษ พลาสติก แก้ว และโลหะ จะถูกคัดแยกแล้วส่งขายให้แก่วงศ์พาณิชย์ เพื่อส่ง

ต่อไปรีไซเคิลที่โรงงานรีไซเคิล ซึ่งวิธีการจัดการนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก 1.การสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.65 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี 2.การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตวัสดุรีไซเคิล ซึ่งจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 12.53 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี แต่ทั้งนี้วิธีการรีไซเคิลสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จาก 2 ปัจจัย คือ 1.การลดพลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่ ซึ่งสามารถลดการปล่อยได้ 144.31 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี 2.การลดพลังงานในกระบวนการผลิตวัสดุใหม่ ซึ่งสามารถลดการปล่อยได้ 87.37 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี แต่การจะเกิด 2 ปัจจัยดังกล่าวได้ก็ต่อเมื่อมีการนำวัสดุรีไซเคิลมาใช้แทนวัสดุใหม่ (King, 2013) ซึ่งการนำวัสดุรีไซเคิลกลับมาใช้นั้นถือเป็นวิธีการที่ช่วยให้ใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่าอีกด้วย (Pariatamby and Tanaka, 2014) นอกจากนี้เมื่อมีการนำมูลฝอยรีไซเคิลไปขายให้กับวงศ์พาณิชย์จะส่งผลให้ มูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบมีปริมาณน้อยลง ดังนั้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบจึงลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการนำกระดาษไปรีไซเคิลแทนการฝังกลบจะสามารถช่วยลดอัตราการย่อยสลายแบบไร้อากาศภายใต้หลุมฝังกลบซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อีกทางหนึ่ง โดยทางเลือกนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สุทธิ 122.96 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี

- **ทางเลือกที่ 3.1 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพ**

ตารางที่ 4-23 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพของโรงแรมกรณีศึกษา

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
• **ฝังกลบ**		
• กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการฝังกลบ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิง	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-21	24.00

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
ฟอสซิลในการขนส่ง ($PE_{FF,y}$)	<u>ยกเว้น</u> น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) มีค่า 25.92 t/y (ระยะทางมีความจำเพาะในกรณีศึกษานี้) ✓ โรงแรม ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 1.22 $kgCO_2eq/km$ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 178.56 $kgCO_2eq/km$ ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 1.37 $kgCO_2eq/km$ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 214.00 $kgCO_2eq/km$	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร ($PE_{FF,y}$)	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-21 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากโรงแรมมี 25.92 t/y เท่านั้น)	0.20
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-21 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมี	0.20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
	การปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากโรงแรม ซึ่งมี 25.92 t/y เท่านั้น)	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-21 <u>ยกเว้น</u> - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) = 0.11 - ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.0529 t CH_4/t waste	5.21
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ PEy = 0.20 + (0.20 + 24.00) + 5.21	29.61
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ (เหมือนตารางที่ 4-22)	0.65
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลของปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ (เหมือนตารางที่ 4-22)	12.53
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission factor (เหมือนตารางที่ 4-22)	-144.31
- ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission factor (เหมือนตารางที่ 4-22)	-87.37
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y หรือ PE_y	(เหมือนตารางที่ 4-22)	-218.50
● การผลิตก๊าซชีวภาพ		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น)	-
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 272.18 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = 0.6093 $kgCO_2eq/kWh$	0.17
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$	$PE_{CH4,y} = W_y \times EF_{CH4} \times GWP_{CH4}$	- (มีการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากส่วนนี้จึงเป็น 0)
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	GHG emission = activity data × emission factor - ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ = 1,022.34 kg/y - สัมประสิทธิ์การใช้ก๊าซชีวภาพแทนก๊าซหุงต้ม = -1.51 kgCO_2eq/ kg biogas	-1.54
- การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี	GHG emission = activity data × emission factor - เศษอาหาร = 18.55 t/y - สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยหมักจากเศษอาหารทดแทนปุ๋ยเคมี = - 81 kgCO_2eq/t food waste - ใบไม้ = 0.87 t/y - สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยหมักจากเศษใบไม้ทดแทนปุ๋ยเคมี = - 67 kgCO_2eq/ t garden waste	-1.79
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ PE_y	PE_y = $PE_{FF,y}$ + $PE_{EL,y}$ + $PE_{CH4,y}$ – การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล – การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี PE_y = 0 + 0.17 + 0 - 1.54 – 1.79	-3.16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการรีไซเคิล + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการผลิตก๊าซชีวภาพ สุทธิ = 29.61 – 218.50 – 3.16	-192.05

จากผลการศึกษาปัจจัยการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 3.1 การฝังกลบ การรีไซเคิล และการผลิตก๊าซชีวภาพของโรงแรมกรณีศึกษา ดังตารางที่ 4-23 พบว่ามูลฝอยมีการคัดแยกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ และมูลฝอยอื่นๆ สำหรับมูลฝอยอินทรีย์จะนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งถึงแม้ว่ากระบวนการนี้จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรปริมาณ 0.17 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี แต่การผลิตก๊าซชีวภาพสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จาก 1.การใช้ก๊าซชีวภาพทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล (Liu, 2012) ซึ่งสามารถลดได้ 1.54 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี กรณีการเผาไหม้ก๊าซชีวภาพจะปล่อย Biogenic CO_2 ซึ่งไม่นับรวมเป็นก๊าซเรือนกระจกเพราะจัดเป็น Carbon neutral ตามที่พิธีสารเกียวโตกำหนดไว้ (Bioenergy, 2018) 2.การใช้ปุ๋ยหมักที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมทดแทนปุ๋ยเคมี และการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน (Saer, 2013) สามารถลดการปล่อยได้ 1.79 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี สำหรับมูลฝอยรีไซเคิลที่นำไปเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลมีทั้งปัจจัยที่ปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกตามที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้ ซึ่งการจัดการมูลฝอยโดยนำมูลฝอยอินทรีย์ไปผลิตก๊าซชีวภาพ นำมูลฝอยรีไซเคิลไปเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล จัดเป็นการลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบ ดังนั้นจึงช่วยลดปัจจัยต่างๆที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบได้ โดยทางเลือกนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สุทธิ 192.05 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- **ทางเลือกที่ 3.2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ รีไซเคิล และนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์**

ตารางที่ 4-24 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยวิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล และการนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์ที่โรงแรมกรณีศึกษา

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
• **ฝังกลบ**		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง ($PE_{FF,y}$)	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-21 <u>ยกเว้น</u> น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) มีค่า 27.01 t/y (ระยะทางมีความจำเพาะในกรณีศึกษานี้) ✓ โรงแรม ⟷ สถานีขนถ่ายมูลฝอย - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 1.27 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 178.56 kg CO_2eq/km ✓ สถานีขนถ่ายมูลฝอย ⟷ หลุมฝังกลบ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 1.43 kg CO_2eq/km - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 214.00 kg CO_2eq/km	24.01

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร ($PE_{FF,y}$)	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-21 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากโรงแรมซึ่งมี 27.01 t/y เท่านั้น)	0.21
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-21 (ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยทั้งหมด 620,500 t/y จะต้องมีการปันส่วนคิดแค่มูลฝอยจากโรงแรมซึ่งมี 27.01 t/y เท่านั้น)	0.21
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้	$CH4\ emission = (MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$ ทุกตัวแปรมีค่าเหมือนตารางที่ 4-21 <u>ยกเว้น</u> - สัดส่วนของปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่ส่งไปฝังกลบ (คิดจากปริมาณมูลฝอยที่นำไปฝังกลบ/ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด) (MSW_F) = 0.44 - ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทน (L_0) = 0.0541 t CH_4/t waste	21.08

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$ PEy = 0.21 + (0.21 + 24.01) + 21.08	45.51
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ (เหมือนตารางที่ 4-22)	0.65
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในในเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลของปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ (เหมือนตารางที่ 4-22)	12.53
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission factor (เหมือนตารางที่ 4-22)	-144.31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
- ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission factor (เหมือนตารางที่ 4-22)	-87.37
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y หรือ PE_y	(เหมือนตารางที่ 4-22)	-218.50
● การนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ ✓ โรงแรม ⟷ ร้านรับซื้อเศษอาหาร - ระยะทางระหว่างโรงแรมและร้านรับซื้ออาหารสัตว์ ($D_{f,m}$) = 23 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 7 t/round - จำนวนรอบขนส่ง = 180 round/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนเศษอาหารขาไป ($EF_{CO2,f}$) = 0.2681 $kgCO_2eq/tkm$	1.42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
	- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขาไป = 56.00 $kgCO_2eq/km$ - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.3111 $kgCO_2eq/km$ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขากลับ = 5.65 $kgCO_2eq/km$	
● กิจกรรมที่มีการลดก๊าซเรือนกระจกจากการนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์		
- นำเศษอาหารไปใช้แทนอาหารสุกร	GHG reduction = activity data × emission Factor - ปริมาณเศษอาหาร = 21.35 t/y - สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำเศษอาหารไปทดแทนอาหารสุกร = -0.4728 $kgCO_2eq/kg$	-10.10
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ในปี y	PE_y = การลดก๊าซเรือนกระจกจากการนำเศษอาหารไปใช้แทนอาหารสุกร – การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง PE_y= -10.10 + 1.42	-8.68
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ	-181.67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO2eq/y)
	จากการรีไซเคิล + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์ สุทธิ = 45.51 – 218.67 - 8.68	

จากการศึกษาปัจจัยของการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของวิธีการจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 3.2 คือ มีการฝังกลบ การรีไซเคิล การนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นวิธีการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของโรงแรมกรณีศึกษานี้ ดังตารางที่ 4-24 พบว่าการนำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์ถึงแม้ว่าจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่ง โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1.42 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี แต่การจัดการกับเศษอาหารโดยนำไปใช้ทดแทนอาหารสุกรสำเร็จรูปสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ -10.10 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี โดยการจัดการมูลฝอยตามทางเลือกนี้ เมื่อนำมูลฝอยรีไซเคิลไปเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล นำเศษอาหารไปเป็นอาหารสัตว์ จะสามารถลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปจัดการโดยการฝังกลบได้ ส่งผลให้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบได้อีกทางหนึ่ง (Mongtoeun, 2014) โดยทางเลือกนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สุทธิ 181.67 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

ตารางที่ 4-25 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการฝังกลบ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่โรงแรมกรณีศึกษา

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
• **ฝังกลบ**		
• กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการฝังกลบ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่ง ($PE_{FF,y}$)	$PE_{TR,m} = \Sigma D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$	ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบ
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักร ($PE_{FF,y}$)	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$	
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายใต้หลุมฝังกลบในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$ - การการย่อยสลายมูลฝอยจำพวกกระดาษ, ผ้า, เศษอาหาร, ไม้	CH4 emission = $(MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1\text{-}OX)$	ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบ
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{FF,y} + PE_{CH4,y}$	
● รีไซเคิล		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ (เหมือนตารางที่ 4-22)	0.65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลของปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ (เหมือนตารางที่ 4-22)	12.53
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการรีไซเคิล		
- ลดการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดวัตถุดิบใหม่	GHG emission = activity data × emission Factor (เหมือนตารางที่ 4-22)	-144.31
- ลดการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตวัสดุใหม่	GHG emission = activity data × emission factor (เหมือนตารางที่ 4-22)	-87.37
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยด้วยวิธีการรีไซเคิลในปี y หรือ PE_y	(เหมือนตารางที่ 4-22)	-218.50
● ผลิตก๊าซชีวภาพ		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$ (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) (เหมือนตารางที่ 4-23)	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในการผลิตก๊าซชีวภาพในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,}$ (เหมือนตารางที่ 4-23)	0.17
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการหมักมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศในปี y หรือ $PE_{CH4,y}$	$PE_{CH4,y} = W_y \times EF_{CH4} \times GWP_{CH4}$ (เหมือนตารางที่ 4-23)	- (มีการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากส่วนนี้จึงเป็น 0)
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ		
- การใช้ก๊าซชีวภาพแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	GHG emission = activity data × emission factor (เหมือนตารางที่ 4-23)	-1.54
- การใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี	GHG emission = activity data × emission factor (เหมือนตารางที่ 4-23)	-1.79
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตก๊าซ	(เหมือนตารางที่ 4-23)	-3.16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
ชีวภาพในปี y หรือ PE_y		
● ผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง		
● กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง		
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของการขนส่งในปี y หรือ $PE_{FF,y}$	$PE_{TR,m} = \sum D_{f,m} \times FR_{f,m} \times EF_{CO2,f} \times 10^{-6}$ - ระยะทางระหว่างโรงแรมและโรงงานผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง ($D_{f,m}$) = 140 km (ระยะทางมีความจำเพาะต่อกรณีศึกษานี้เท่านั้น) - น้ำหนักบรรทุกของการขนส่งในช่วง m ($FR_{f,m}$) = 7 t/round - จำนวนรอบในการขนส่ง = 3 round/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขาไป ($EF_{CO2,f}$) = 0.1402 $kgCO_2eq/tkm$ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขาไป = 2.36 $kgCO_2eq/km$ - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนมูลฝอยขากลับ ($EF_{CO2,f}$) = 0.3111 $kgCO_2eq/km$ - การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขากลับ = 0.75 $kgCO_2eq/km$	0.43

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y หรือ $PE_{EL,y}$	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 268.71 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = 0.6093 kgCO_2eq/kWh	0.16
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี y หรือ $PE_{WW\ treatment,\ y}$	$PE_{WW\ treatment,\ y} = Q_{WW,y} \times (COD_{inf,y} - COD_{eff,y}) \times MCF \times UF \times B_O \times GWP_{CH4} \times 10^{-6}$	- เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาใช้การบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ
- การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่หม้อไอน้ำในโรงงานผลิตไฟฟ้า	GHG emission = activity data × emission factor - ปริมาณเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง = 7.88 t RDF/y - การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 0.461 t CO_2eq/t RDF	3.63
● กิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- การใช้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งทดแทนถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า	$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Grid,CM,y}$ - ปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าใน ในปี y ($EC_{PJ,y}$) = 8,229.66 kWh/y - ค่าสัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y ($EF_{Grid,CM,y}$) = - 0.6093 $kgCO_2eq/kWh$	-5.01
- การใช้ปุ๋ยหมักที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมแทนปุ๋ยเคมี	GHG emission = activity data × emission Factor - ปริมาณปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ = 0.48 t/y - สัมประสิทธิ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี = 4 $kgCO_2eq/t$ compost	-0.002
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งในปี y หรือ PE_y	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{WW\ treatment,\ y}$ + การเผาไหม้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง – การใช้เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งทดแทนถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า – การใช้ปุ๋ยหมักที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมแทนปุ๋ยเคมี $PE_y = 0.43 + 0.16 + 0 + 3.63 - 5.01 - 0.002$	-0.79

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

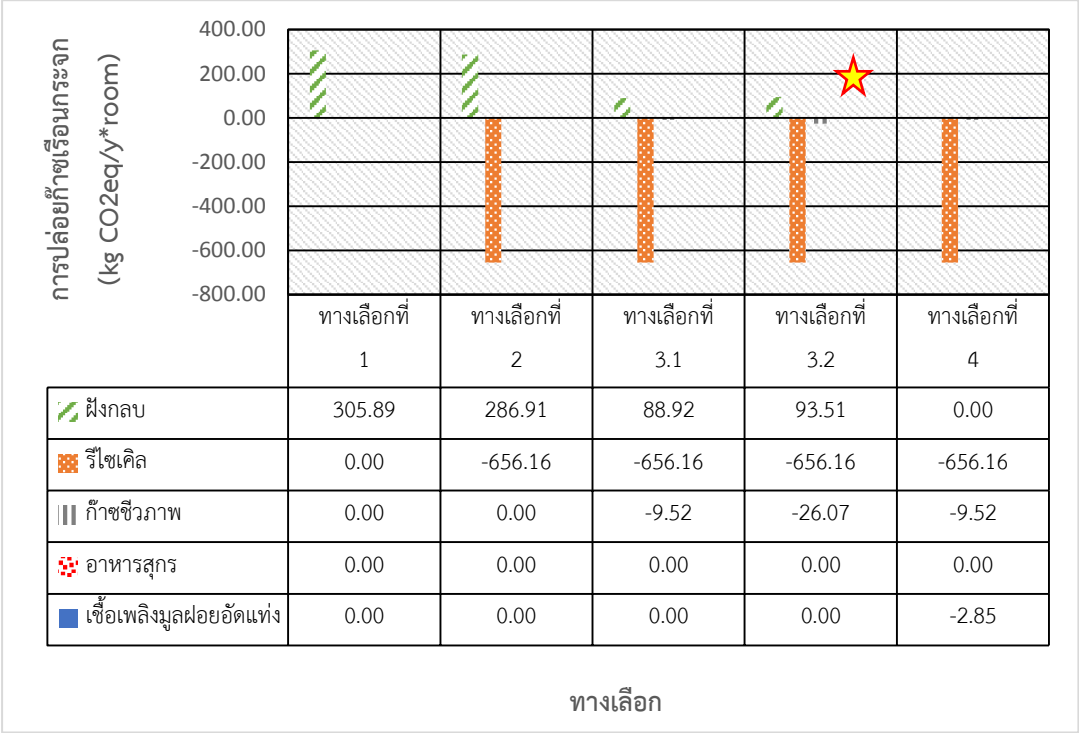
ปัจจัย	สมการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2eq/y)
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ	สุทธิ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการฝังกลบ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการรีไซเคิล + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการผลิตก๊าซชีวภาพ + การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิจากการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง สุทธิ = 0 – 218.50 - 3.16 – 0.79	-222.45

จากการศึกษาวิธีการจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 4 ซึ่งเป็นการจัดการมูลฝอยแบบองค์รวม โดยประกอบไปด้วยวิธีการรีไซเคิล วิธีผลิตก๊าซชีวภาพ วิธีการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (Refuse derived fuel; RDF) และวิธีฝังกลบ ตามตารางที่ 4-25 พบว่ามูลฝอยที่มีการจัดการโดยทางเลือกนี้จะมีการคัดแยกที่แหล่งกำเนิดออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ มูล-ฝอยที่รีไซเคิลไม่ได้แต่สามารถเผาไหม้ได้ และมูลฝอยอื่นๆ โดยมูลฝอยประเภทที่รีไซเคิลไม่ได้ เช่น ถุงแกงเศษผ้า ตะเกียบ เป็นต้น จะถูกนำมาผลิตเชื้อเพลิง RDF โดยมีการขนส่งไปโรงงานผลิตที่จังหวัดสระบุรี ถึงแม้ว่ากระบวนการจัดการมูลฝอยวิธีนี้จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก 1.การสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการขนส่ง ที่มีการปล่อย 0.43 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี 2.การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต 0.16 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี และ 3.การเผาไหม้เชื้อเพลิง RDF ในการนำไปใช้ประโยชน์ (Monni, 2012) ซึ่งมีการปล่อย 3.63 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี แต่อย่างไรก็ตามการจัดการมูลฝอยวิธีนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จาก 1.การใช้เชื้อเพลิง RDF ทดแทนถ่านหินในกระบวนการผลิตไฟฟ้า (Reza, 2013) ซึ่งสามารถลดการปล่อยได้ 5.01 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี และ 2.การนำปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียมาใช้แทนปุ๋ยเคมีและมีการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน ซึ่งสามารถลดการปล่อยได้ 0.002 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี สำหรับการนำมูลฝอยไปรีไซเคิล และผลิตก๊าซชีวภาพ สามารถลดและปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จากคำอธิบายก่อนหน้านี้ โดยการจัดการตามทางเลือกนี้ที่นำมูลฝอยไปรีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ และผลิตเชื้อเพลิง RDF จะสามารถลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบ ดังนั้นจึงสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ฝังกลบได้อีกทางหนึ่ง โดยทางเลือกนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สุทธิ 222.45 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี

จากการรวบรวมข้อมูลกิจกรรมในการจัดการมูลฝอย (Activity data) แล้วนำมาคูณกับค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ของวิธีการจัดการมูลฝอยทั้งวิธีการที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบันและวิธีการทางเลือกของโรงแรมกรณีศึกษา สามารถสรุปออกมาเป็นกราฟการลดและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดังรูปที่ 4-33



	ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	ทางเลือกที่ 3.1	ทางเลือกที่ 3.2	ทางเลือกที่ 4
ฝังกลบ	305.89	286.91	88.92	93.51	0.00
รีไซเคิล	0.00	-656.16	-656.16	-656.16	-656.16
ก๊าซชีวภาพ	0.00	0.00	-9.52	-26.07	-9.52
อาหารสุกร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.85

Chulalongkorn University

รูปที่ 4-33 การปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือกของโรงแรมกรณีศึกษา

หมายเหตุ ทางเลือกที่มีดาวเป็นทางเลือกการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันที่โรงแรมกรณีศึกษา

จากผลการศึกษาการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกของการจัดการมูลฝอยทั้งวิธีการปัจจุบันและวิธีการทางเลือกที่โรงแรมกรณีศึกษา ดังรูปที่ 4-33 สามารถสรุปได้ว่า ทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยแบบองค์รวม ได้แก่ การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (Refuse derived fuel; RDF) และการฝังกลบเป็นทางเลือกที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด โดยลดได้ 974.42 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/ห้อง รองลงมา คือ

ทางเลือกของการจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของโรงแรมแห่งนี้ คือ ทางเลือกที่ 3.2 การรีไซเคิล การนำเศษอาหารไปทำอาหารสุกร และการฝังกลบ สามารถลดการไปก๊าซเรือนกระจกได้ 894.61 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/ห้อง และทางเลือกที่ 3.1 ซึ่งเป็นวิธีการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีรีไซเคิล วิธีผลิตก๊าซชีวภาพ และวิธีฝังกลบ โดยการจัดการทางเลือกนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกได้ 882.65 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/ห้อง สำหรับทางเลือกที่ 1 การจัดการโดยใช้วิธีฝังกลบเป็นทางเลือกที่ไม่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ โดยทางเลือกนี้ปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3,055.89 กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี/ห้อง

การจัดการมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ ทางเลือกที่ 4 ซึ่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำเชื้อเพลิง RDF ปุ๋ยหมัก ก๊าซชีวภาพ ไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี้การนำมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ยังสามารถช่วยลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบ จึงส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบลดลง นอกจากนี้ยังช่วยยืดอายุการใช้งานหลุมฝังกลบ (Bong, 2016) อีกทั้งสามารถลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการจัดการมูลฝอยโดยการฝังกลบได้อีกทางหนึ่ง

4.4.5 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือกของโรงแรมกรณีศึกษา

จากการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value, NPV) ของผลต่างกระแสเงินลงทุนสุทธิและกระแสเงินผลประกอบการสุทธิ เพื่อนำค่า NPV มาใช้ประกอบการตัดสินใจร่วมกับค่าต้นทุนในการบำบัดมลพิษ (Abatement cost) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากผลประกอบการสุทธิหารด้วยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงต่อปี เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกวิธีการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการ โดยจากผลการศึกษาโรงแรมแห่งนี้เป็นดังตารางที่ 4-26

ตารางที่ 4-26 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและต้นทุนการบำบัดมลพิษของการจัดการมูลฝอยทางเลือกต่างๆ ที่โรงแรมกรณีศึกษา

ทางเลือก	EAC (บาท/ปี)	NPV (บาท)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)	ต้นทุนการบำบัดมลพิษ (บาท/ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)
1	24,000.00	-218,589.94	-	-
2	-510,251.71	4,647,328.70	224.82	-2,269.60
3.1	-498,306.96	4,538,536.90	293.91	-1,695.44
3.2	-629,988.84	5,737,884.18	283.52	-2,222.03
4	-525,618.04	4,787,283.86	324.31	-1,620.73

หมายเหตุ : - อายุของโครงการ คือ 15 ปี
- Discount rate = 7% (ยึดตามธนาคารแห่งประเทศไทย ณ วันที่ 20 มกราคม พ.ศ. 2561)
- NPV คือ Net present value หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ
- EAC คือ Equivalent annual net cost

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการจัดการมูลฝอยที่โรงแรมกรณีศึกษาทั้งการจัดการในปัจจุบันและการจัดการทางเลือกพบว่า เมื่อพิจารณาทั้งค่า NPV และต้นทุนการบำบัดมลพิษ (Abatement cost) แล้วพบว่าทั้ง 4 แนวทางมีความคุ้มค่าในการลงทุน และสามารถดำเนินการจัดการมูลฝอยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ โดยไม่ต้องอาศัยเงินทุนอุดหนุนจากภายนอก โดยทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด คือ ทางเลือกที่ 2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีรีไซเคิลและการฝังกลบ เนื่องจากให้ค่า Abatement cost ที่ต่ำที่สุด ทางเลือกที่เหมาะสมรองลงมา คือ ทางเลือกที่ 3.2 การจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของโรงแรมกรณีศึกษา โดยมีการรีไซเคิล การนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์ และการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง (Refuse derived fuel; RDF) สำหรับทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยแบบองค์รวมนั้นเป็นทางเลือกที่ให้ค่า Abatement cost สูงสุดจึงอาจเป็น

ทางเลือกสุดท้ายที่ผู้ประกอบการจะนำไปปฏิบัติใช้ ถึงแม้จะเป็นทางเลือกที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลฝอยได้มากที่สุดก็ตาม ดังรูปที่ 4-33

จากที่กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้ว่าทางเลือกที่ 4 การจัดการมูลฝอยแบบองค์รวมเป็นทางเลือกที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด แต่ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ที่ออกมากลับกลายเป็นว่าทางเลือกที่ 2 การจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการรีไซเคิลและการฝังกลบมีความเหมาะสมในการนำไปปฏิบัติใช้มากที่สุด การที่ผลลัพธ์ออกมาเป็นในลักษณะนี้เนื่องจากต้นทุนในการดำเนินการจัดการมูลฝอย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกที่ 2 และทางเลือกที่ 4 พบว่า 2 ทางเลือกนี้มีความแตกต่างกันตรงทางเลือกที่ 2 มีเพียงการรีไซเคิลเท่านั้น แต่ทางเลือกที่ 4 มีการนำเศษอาหารไปผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากนี้ทางเลือกที่ 4 ยังมีการนำมูลฝอยไปผลิตเชื้อเพลิง RDF ด้วย ส่งผลให้

1. ทางเลือกที่ 2 ไม่มีการนำมูลฝอยไปผลิตเชื้อเพลิง RDF และผลิตก๊าซชีวภาพ เพราะมูลฝอยส่วนนี้จะนำไปฝังกลบ ซึ่งต้นทุนการฝังกลบมีเพียงค่าเก็บขนมูลฝอยที่ต้องจ่ายให้ทางกรุงเทพมหานครเท่านั้น แต่ต้นทุนสำหรับการผลิตเชื้อเพลิง RDF และผลิตก๊าซชีวภาพ จะต้องมีการลงทุนในส่วนของค่าแรงงานและค่าขนส่ง ซึ่งสูงกว่าค่าเก็บขนมูลฝอย
2. เมื่อพิจารณาที่ผลประกอบการพบว่าการขายมูลฝอยรีไซเคิลของทางเลือกที่ 2 มีรายได้ที่สูงกว่าการขายผลิตภัณฑ์จากการผลิตก๊าซชีวภาพและมูลฝอยที่นำไปผลิตเชื้อเพลิง RDF ของทางเลือกที่ 4 อีกทั้งต้นทุนของทางเลือกที่ 2 ยังมีค่าต่ำกว่าทางเลือกที่ 4 ดังนั้นผลประกอบการสุทธิของทางเลือกที่ 2 จึงดีกว่า (ต้นทุนและรายรับของแต่ละทางเลือกสามารถดูได้จากภาคผนวก ค และราคาขายผลิตภัณฑ์หรือมูลฝอยสามารถดูได้จากภาคผนวก ข)

ดังนั้นจากผลการศึกษาพบว่าเมื่อพิจารณาทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมแล้ว การจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมที่สุดของโรงแรมกรณีศึกษา คือ แนวทางการจัดการมูลฝอยตามทางเลือกที่ 2 การรีไซเคิลและการฝังกลบ แต่เมื่อพิจารณาค่า Abatement cost แล้วพบว่าทางเลือกที่ 3.2 การจัดการมูลฝอยในปัจจุบันของโรงแรมกรณีศึกษาแห่งนี้ที่มีการรีไซเคิล การนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์ และการฝังกลบ นั้นเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเพราะมีค่า Abatement cost ที่น้อยกว่าทางเลือกที่ 2 เพียงเล็กน้อย แต่เป็นทางเลือกที่สามารถช่วยลดปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ประเภทเศษอาหารจากการนำไปฝังกลบ โดยนำไปผลิตอาหารสัตว์แทน ซึ่งสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกที่หลุมฝังกลบได้อย่างมาก

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

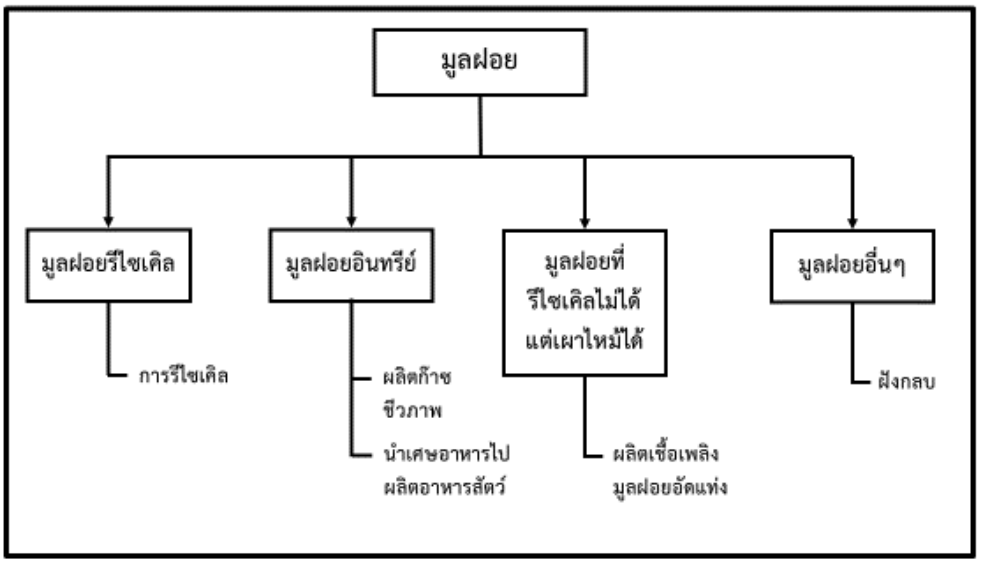
จากการศึกษาการจัดการมูลฝอยของอาคารสถานประกอบการ ได้แก่ ซูเปอร์มาร์เก็ต คอนโดมิเนียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ และโรงแรม โดยมีการกำหนดทางเลือกขึ้นมา 5 ทางเลือก ดังตารางที่ 5-1 และมูลฝอยแต่ละประเภทมีการจัดการตามความเหมาะสม ดังรูปที่ 5-1 ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการวิเคราะห์ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ โดยทางด้านสิ่งแวดล้อมจะใช้การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สำหรับทางด้านเศรษฐศาสตร์จะใช้การประเมินค่าต้นทุนการบำบัดมลพิษ (Abatement cost) เพื่อนำข้อมูลทั้ง 2 ประเภทมาประกอบการหาทางเลือกการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสม ณ สถานประกอบการนั้นๆ

ตารางที่ 5-1 สรุปการคัดแยกมูลฝอยและวิธีการจัดการแต่ละทางเลือก

ทางเลือก	การคัดแยกที่แหล่งกำเนิด	วิธีการจัดการ
1	ไม่มีการคัดแยก	ฝังกลบ
2	มูลฝอยรีไซเคิลและมูลฝอยทั่วไป	รีไซเคิลและฝังกลบ
3.1	มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ และมูลฝอยทั่วไป	รีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ และฝังกลบ
3.2	มูลฝอยรีไซเคิล เศษอาหาร และมูลฝอยทั่วไป	รีไซเคิล นำเศษอาหารไปเป็นอาหารสัตว์ และฝังกลบ
4	มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอินทรีย์ มูลฝอยที่รีไซเคิลไม่ได้แต่เผาไหม้ได้ และมูลฝอยทั่วไป	รีไซเคิล ผลิตก๊าซชีวภาพ ผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง และฝังกลบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ ทางเลือกที่ 3.2 เป็นทางเลือกที่มีแค่ในกรณีคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ และโรงแรมกรณีศึกษาเท่านั้น



รูปที่ 5-1 แนวทางการจัดการมูลฝอย

5.1 ลักษณะองค์ประกอบมูลฝอยของสถานประกอบการแต่ละแห่ง

ตารางที่ 5-2 ลักษณะมูลฝอยของแต่ละอาคารสถานประกอบการ

สถานประกอบการ	ประเภทของมูลฝอยที่พบมากที่สุด	ร้อยละ		
		มูลฝอยรีไซเคิล	มูลฝอยอินทรีย์	มูลฝอยที่รีไซเคิลไม่ได้แต่เผาไหม้ได้
ซูเปอร์มาร์เก็ต *(พาณิชยกรรม)*	เศษอาหาร	64	35	1
คอนโดมิเนียม *(ที่อยู่แบบถาวร)*	เศษอาหาร	41	57	2
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ *(สถานศึกษา)*	กระดาษ	73	21	6
โรงแรม *(ที่อยู่แบบชั่วคราว)*	เศษอาหาร	65	30	5

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพมูลฝอยของอาคารสถานประกอบการกรณีศึกษาต่างๆ เป็นดังตารางที่ 5-2 พบว่ากรณีศึกษาซูเปอร์มาร์เก็ตที่เป็นอาคารประเภทพาณิชยกรรมนั้นมีองค์ประกอบมูลฝอยประเภทเศษอาหารมากที่สุด แต่เมื่อจัดแบ่งประเภทตามการนำไปใช้ประโยชน์แล้วกลับพบว่ามูลฝอยรีไซเคิลมีสัดส่วนสูงที่สุด กรณีศึกษาต่อมา คือ คอนโดมิเนียมที่เป็นอาคารที่อยู่อาศัยแบบถาวร พบมูลฝอยประเภทเศษอาหารมากที่สุด และพบสัดส่วนของมูลฝอยอินทรีย์สูงสุด สำหรับกรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ที่เป็นประเภทอาคารสถานศึกษาพบมูลฝอยประเภทกระดาษมากที่สุด และมูลฝอยรีไซเคิลมีสัดส่วนสูงที่สุด และกรณีศึกษาสุดท้าย คือ โรงแรมที่เป็นสถานประกอบการประเภทที่อยู่อาศัยแบบชั่วคราวพบมูลฝอยประเภทเศษอาหารมากที่สุด แต่เมื่อแบ่งตามประเภทการนำมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ต่อกลับพบสัดส่วนของมูลฝอยรีไซเคิลสูงสุดตามลำดับ

5.2 แนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมในแต่ละประเภทสถานประกอบการ

จากการประเมินทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์เพื่อหาแนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมในอาคารสถานประกอบการกรณีศึกษาต่างๆ สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 แนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมในแต่ละอาคารสถานประกอบการ

อาคาร	วิธีการจัดการมูลฝอย		ก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ ($t\ CO_2eq/y$)	ต้นทุนการบำบัดมลพิษ (บาท/$t\ CO_2eq/y$)
ซูเปอร์มาร์เก็ต	เดิม	ทางเลือกที่ 1 การฝังกลบ	513.23	-
	ใหม่	ทางเลือกที่ 4 การรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ และการฝังกลบ		-702.56
คอนโดมิเนียม	เดิม	ทางเลือกที่ 2 การรีไซเคิล และการฝังกลบ	-	-328.70
	ใหม่	-		

CHULALONGKORN UNIVERSITY

อาคาร	วิธีการจัดการมูลฝอย		ก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้	ต้นทุนการบำบัดมลพิษ
			(t CO_2eq/y)	(บาท/t CO_2eq/y)
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ	เดิม	ทางเลือกที่ 3.2 การรีไซเคิล การนำเศษอาหารไปเป็นอาหารสัตว์และการฝังกลบ	-39.98	-1,204.99
	ใหม่	ทางเลือกที่ 2 การรีไซเคิลและการฝังกลบ		-990.35
โรงแรม	เดิม	ทางเลือกที่ 3.2 การรีไซเคิล การนำเศษอาหารไปเป็นอาหารสัตว์และการฝังกลบ	-58.70	-2,222.03
	ใหม่	ทางเลือกที่ 2 การรีไซเคิลและการฝังกลบ		-2,269.60

ตารางที่ 5-3 แสดงแนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมสำหรับอาคารสถานประกอบการแต่ละแห่ง ซึ่งลักษณะกิจกรรมที่เกิดในอาคารแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันส่งผลให้ลักษณะมูลฝอยที่เกิดขึ้นมีลักษณะที่แตกต่างกันตามไปด้วย จึงทำให้การจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมของแต่ละอาคารสถานประกอบการมีความแตกต่างออกไป สิ่งที่น่าสังเกต คือ จากผลการศึกษาการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมของคอนโดมิเนียมและคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ และโรงแรม ไม่ได้มีแนวทางในการจัดการกับมูลฝอยอินทรีย์ ทั้งนี้การจัดการมูลฝอยอินทรีย์อาจปฏิบัติตามแนวทางเลือกรองของทางโรงแรมกรณีศึกษา คือ นำเศษอาหารไปทำเป็นอาหารสัตว์เนื่องจากเป็นแนวทางเลือกที่ให้ค่าต้นทุนการบำบัดมลพิษค่อนข้างดี และเป็นการช่วยลดปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ที่จะส่งไปจัดการด้วยวิธีฝังกลบ เพราะจะส่งผลอย่างมากต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการด้วยวิธีนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการย่อยสลายมูลฝอยอินทรีย์แบบไร้อากาศใต้หลุมฝังกลบ

จากผลการศึกษาพบว่ากรณีศึกษาซูเปอร์มาร์เก็ตที่ปัจจุบันใช้การจัดการแบบทางเลือกที่ 1 การฝังกลบเมื่อเปลี่ยนมาจัดการแบบทางเลือกที่ 4 การจัดการแบบองค์รวมที่มีการรีไซเคิล การผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง และการฝังกลบ จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

513.23 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี นอกจากนี้ยังสามารถสร้างรายได้จากการจัดการมูลฝอยได้ 702.56 บาท ต่อ 1 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารถลดลงได้ กรณีศึกษาต่อมา คือ คอนโดมิเนียม พบว่าการจัดการมูลฝอยในปัจจุบัน คือ ทางเลือกที่ 2 การรีไซเคิลและการฝังกลบ เป็นวิธีการจัดการที่ดีอยู่แล้ว โดยสามารถสร้างได้จากการจัดการมูลฝอยได้ 328.70 บาท ต่อ 1 ตันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารถลดได้ กรณีศึกษาต่อมา คือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ พบว่าทางเลือกที่เหมาะสม คือ ทางเลือกที่ 2 การรีไซเคิลและการฝังกลบ โดยลดก๊าซเรือนกระจกได้น้อยกว่าทางเลือกเดิม 39.98 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี แต่ให้สามารถสร้างรายได้จากการจัดการมูลฝอยมากที่สุดที่ 1,204.99 บาท ต่อ 1 ตันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารถลดได้ สำหรับกรณีศึกษาสุดท้าย คือ โรงแรม พบว่าทางเลือกของการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสม คือ ทางเลือกที่ 2 การรีไซเคิลและการฝังกลบ แต่ลดก๊าซเรือนกระจกได้น้อยกว่าทางเลือกเดิมถึง 58.70 ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี แต่เป็นวิธีการที่สร้างรายได้จากการจัดการมูลฝอยมากที่สุดถึง 2,269.60 บาท ต่อ 1 ตันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารถลดได้ ซึ่งสำหรับกรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ และโรงแรมพบว่ามีผลการศึกษาเหมือนกันกล่าวคือ การจัดการแบบเดิม ทางเลือกที่ 3.2 การรีไซเคิล การนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์ และการฝังกลบ ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากกว่า แต่กลับกลายเป็นว่าวิธีการที่เหมาะสม คือ ทางเลือกที่ 2 การรีไซเคิลและการฝังกลบ เนื่องจากเป็นทางเลือกที่ให้ค่าต้นทุนการบำบัดมลพิษที่ดีกว่า แต่ที่น่าสังเกต คือ กรณีศึกษาโรงแรมพบว่าค่าต้นทุนการบำบัดมลพิษไม่ต่างกันนักเมื่อเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกเดิมกับทางเลือกใหม่ ดังนั้นอาจมีการพิจารณาใช้ทางเลือกเดิมต่อไปเนื่องจากสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากกว่า แต่ทั้งนี้ต้องแล้วแต่ดุลยพินิจของผู้ประกอบการในการตัดสินใจ

จากผลการศึกษาข้างต้นการเลือกแนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมของสถาน-ประกอบการอาจยึดตามองค์ประกอบมูลฝอยอย่างเดียวไม่ได้ ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์มาประกอบกันด้วย เพื่อให้สามารถดำเนินการจัดการมูลฝอยที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และยังสามารถสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการอีกทางหนึ่ง นอกจากนี้หากต้องการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานประกอบการแบบเดียวกันอาจจะต้องมีการปรับเปลี่ยนในเรื่องข้อมูลของระยะทางการขนส่ง ซึ่งมีความจำเพาะในแต่ละกรณีศึกษา จึงอาจส่งทำให้มีผลการศึกษาที่แตกต่างออกไป แต่ยังสามารถดูแบบแผนการคำนวณการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกจากงานวิจัยเล่มนี้ได้

โดยสรุปแล้วหากมูลฝอยมีการคัดแยกที่แหล่งกำเนิดแล้วถูกนำไปจัดการในแบบองค์รวม กล่าวคือมีการจัดการหลายรูปแบบต่อสถานที่ เพื่อให้มีการนำมูลฝอยแต่ละประเภทไปใช้ประโยชน์ใหม่อีกครั้งได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบได้ นอกจากนี้การใช้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการจัดการมูลฝอยยังเป็นอีกแนวทางที่ช่วยส่งเสริมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลฝอยตามความเหมาะสม อีกทั้งยังสามารถสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการ เป็นการส่งเสริมการพัฒนาแบบยั่งยืนที่สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมเติบโตไปพร้อมกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลแหล่งกำเนิดมูลฝอยจากตารางที่ 5-4 อธิบายว่ามูลฝอยมีแหล่งกำเนิด 7 ประเภท ได้แก่ ที่พักอาศัย สถานประกอบการธุรกิจการค้า สถานที่ทำงาน/สำนักงาน สถานพยาบาล สถานที่ตั้งระบบสาธารณูปโภค สถานที่สาธารณะ และสถานที่ก่อสร้าง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาองค์ประกอบมูลฝอยและแนวทางการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมในแหล่งกำเนิดประเภทที่พักอาศัย สถานประกอบการธุรกิจการค้า และสถานที่ทำงาน/สำนักงานเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นถ้ามีงานวิจัยที่ทำการศึกษาในแหล่งกำเนิดที่เหลือก็จะสามารถเติมเต็มแนวทางการจัดการมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดได้ครบถ้วน

ตารางที่ 5-4 แหล่งกำเนิดมูลฝอย

แหล่งกำเนิด	ลักษณะการใช้พื้นที่	ชนิดของมูลฝอยที่มีมาก
1.ที่พักอาศัย	บ้าน ตึกแถว อพาร์ทเมนต์ คอนโดมิเนียม โรงแรม ฯลฯ	เศษอาหาร กระดาษ พลาสติก เศษผ้า หนังยาง กระเบื้อง แก้ว ของเสียอันตราย เฟอร์นิเจอร์
2. สถานประกอบการธุรกิจการค้า	ร้านอาหาร ซูเปอร์มาร์เก็ต ตลาด โรงภาพยนตร์ ฯลฯ	กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร แก้ว ไม้ โลหะ ของเสียอันตราย
3. สถานที่ทำการ/สำนักงาน	โรงเรียน มหาวิทยาลัย หน่วยงานต่างๆ ฯลฯ	กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร แก้ว ไม้ โลหะ
4. สถานพยาบาล	โรงพยาบาล คลินิก ฯลฯ	มูลฝอยติดเชื้อ
5. สถานที่ตั้งระบบสาธารณูปโภค	โรงประปา โรงบำบัดน้ำเสีย โรงไฟฟ้า ฯลฯ	กากตะกอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แหล่งกำเนิด	ลักษณะการใช้พื้นที่	ชนิดของมูลฝอยที่มีมาก
6. สถานที่สาธารณะ	สวนสาธารณะ สถานที่ท่องเที่ยว ถนน ที่จอดรถ ฯลฯ	เศษกระดาษ พลาสติก
7. สถานที่ก่อสร้าง	พื้นที่ก่อสร้าง	เศษไม้ เหล็ก หิน คอนกรีต กระเบื้อง ฝุ่น ดิน ฯลฯ

(กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2544)

2. สำหรับงานวิจัยนี้เนื่องจากขาดแคลนคณะทำงานในการวิเคราะห์องค์ประกอบมูลฝอยประกอบกับมีสถานที่วิเคราะห์หลายแห่งจึงทำให้วิเคราะห์ได้เพียง 3 วัน/สถานที่ เท่านั้น ซึ่งอาจไม่สามารถเป็นตัวแทนสภาพมูลฝอยของทั้งปีได้ ผู้ทำวิจัยจึงเสนอว่าควรมีการดำเนินงานวิเคราะห์ที่ครอบคลุม 3 ฤดูกาล/สถานที่ เพื่อให้มูลฝอยที่วิเคราะห์สามารถเป็นตัวแทนของทั้งปีได้ นอกจากนี้อาจมีการเก็บข้อมูลมูลฝอยเพิ่มเติมของการคัดแยกที่สถานีขนถ่ายมูลฝอยด้วยเช่นกัน

3. นอกจากนี้จากการทำวิจัยพบว่าการจ่ายค่าเก็บขนมูลฝอยแบบเหมาจ่ายที่ถึงแม้ว่าปริมาณมูลฝอยจะมีปริมาณลง แต่ค่าเก็บขนยังคงเท่าเดิมนั้นเป็นอุปสรรคสำคัญที่ไม่ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการลดปริมาณมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด ทั้งนี้จึงอยากเสนอแนะให้ราคาค่าเก็บขนมูลฝอยควรเป็นการคิดต่ออัตราปริมาณมูลฝอยเพื่อสร้างแรงจูงใจให้หน่วยงานต่างๆหรือตามครัวเรือนอยากที่จะลดการทิ้งมูลฝอยเพื่อไปฝังกลบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Bioenergy, I. (2018). *Fossil vs biogenic CO2 emissions.*, [online]. Available from: http://www.ieabioenergy.com/iea-publications/faq/woodybiomass/biogenic-co2/. [20 April 2018]

Bong, C. P.-C., Goh, R. K. Y., Lim, J.-S., Ho, C. S., Ramali, A. R. and Takeshi, F. 2016. Towards low carbon society in Iskandar Malaysia: Implementation and feasibility of community organic waste composting. *Journal of Environmental Management*. 203: 679-687.

Bueno, G., Latasa, I. and Lozano, P. J. 2015. Comparative LCA of two approaches with different emphasis on energy or material recovery for a municipal solid waste management system in Gipuzkoa. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 51: 449-459.

Curry, N. and Pragasen, P. 2012. Biogas prediction and design of a food waste to energy system for the urban environment. *Renewable Energy*. 41: 200-209.

De Feo, G. and Malvano, C. 2009. The use of LCA in selecting the best MSW management system. *Waste Manag*. 29(6): 1901-1915.

King, M. F. and Gutberlet, J. 2013. Contribution of cooperative sector recycling to greenhouse gas emissions reduction: A case study of Ribeirão Pires, Brazil. *Waste Management*. 33: 2771-2780.

Liamsanguan, C. and Gheewala, S. H. 2008. LCA: a decision support tool for environmental assessment of MSW management systems. *J Environ Manage*. 87(1): 132-138.

Liu, X., Gao, X., Wang, W., Zheng, L., Zhou, Y. and Sun, Y. 2012. Pilot-scale anaerobic co-digestion of municipal biomass waste: Focusing on biogas production and GHG reduction. *Renewable Energy*. 44: 463-468.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Liu, Y., Ni, Z., Kong, X. and Liu, J. 2017. Greenhouse gas emissions from municipal solid waste with a high organic fraction under different management scenarios. *Journal of Cleaner Production*. 147: 451-457.

Marrucci, L. and Marchi, M. 2017. GHG emissions analysis of solid waste produced in a supermarket of Mass Market Retailers (MMR). *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 4: 109-118.

Menikpura, N. and Sang-Arun, J. (2013). *User Manual Estimation Tool for Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Municipal Solid Waste (MSW) Management in a Life Cycle Perspective*.

Mongtoeun, Y., Fujiwara, T. and Sethy, S. 2014. Current status of commercial solid waste generation, composition and management in Phnom Penh city,Cambodia. *Journal of Environment and Waste Management*. 1(3): 31-38.

Monni, S. 2012. From landfilling to waste incineration: Implications on GHG emissions of different actors. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. 8: 82-89.

Pariatamby, A. and Tanaka, M. (2014). *Municipal solid waste management in Asia and the Pacific islands*. Singapore. Springer-Verlag.

Phuong, N. T. L., Higano, Y. and Yabar, H. 2012. A New approach for municipal solid waste governance aiming to become green city bases on a sound material – cycle society initiative in Hanoi, Vietnam. *Design for Innovative Value Towards a Sustainable Society*. 1094-1099.

Reza, B., Soltani, A., Ruparathna, R., Sadiq, R. and Hewage, K. 2013. Environmental and economic aspects of production and utilization ofRDF as alternative fuel in cement plants: A case study of MetroVancouver Waste Management. *Resources, Conservation and Recycling*. 81: 105-114.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Ripa, M., Fiorentino, G., Vacca, V. and Ulgiati, S. 2017. The relevance of site-specific data in Life Cycle Assessment (LCA). The case of the municipal solid waste management in the metropolitan city of Naples (Italy). *Journal of Cleaner Production*. 142: 445-460.

Saer, A., Lansing, S., Davitt, N. H. and Graves, R. E. 2013. Life cycle assessment of a food waste composting system: environmental impact hotspots. *Journal of Cleaner Production*. 52: 234-244.

Sunil, K., Nick, N., Rakesh, K., Josias, Z., Tara, R., Clifford, S. and Megan, K. 2016. Specific model for the estimation of methane emission from municipal solid waste l andfills in India. *Bioresource Technology*. 216: 981-987.

Tan, S. T., Ho, W. S., Hashim, H., Lee, C. T., Taib, M. R. and Ho, C. S. 2015. Energy, economic and environmental (3E) analysis of waste-to-energy (WTE) strategies for municipal solid waste (MSW) management in Malaysia. *Energy Conversion and Management*. 102: 111-120.

กรมควบคุมมลพิษ. (2544). เกณฑ์ มาตรฐาน และแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมควบคุมมลพิษ. (2547). โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ.

กรมควบคุมมลพิษ. (2557). Roadmap การจัดการมูลฝอยและของเสียอันตราย.

กรมควบคุมมลพิษ. (2560). รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยปี พ.ศ.*2559*. กรุงเทพมหานคร.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2552). การผลิตเชื้อเพลิงขยะมีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบอื่น.

Chulalongkorn University

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2544). คู่มือหน่วยงานท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน. กรุงเทพมหานคร. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

ขนิษฐา เกิดผล วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์ และอัจฉริยา สุริยะวงค์ 2556. ศักยภาพการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เทคโนโลยี ECOARC ในอุตสาหกรรมเหล็กขั้นกลางในประเทศไทย. วารสารวิจัยพลังงาน. 2.

จรัมพร ยุคะลัง 2554. ปัญหาและการจัดการมูลฝอยในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. *J Sci Technol MSU*. 31: 363-371.

จินดาพร สุนทโรทัย. 2556. การประเมินการลดก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., กรุงเทพมหานคร.

เทวัญ พัฒนาพงศ์ศักดิ์. 2540. การแยกมูลฝอยและการจัดการมูลฝอยที่แยกแล้วในแหล่งกำเนิดต่างๆ ในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่., เชียงใหม่.

ธเรศ ศรีสถิตย์. (2557). วิศวกรรมการจัดการมูลฝอยชุมชน. กรุงเทพมหานคร. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (2553). รายงานฉบับสมบูรณ์ การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย.

ประภาพร แก้วสุกใส. 2549. การศึกษาเพื่อหาแนวทางในการจัดการขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ., นครนายก.

ปราณี หนูทองแก้ว. 2556. การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยทักษิณ., สงขลา.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มหาวิทยาลัยสุรนารี, ศ. 2552. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ การศึกษาแนวทางบริหารจัดการขยะชุมชนเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนแบบครบวงจร (ระดับชุมชน).

มูลนิธิสืบนาคะเสถียร. (2558). ไทยประกาศลดก๊าซเรือนกระจก *20-25%* ใน *COP21*.

ร้อยเอกกอบโชค หัสดี. 2545. กลไกการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในค่ายสุรนารี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครรราชสีมา.

รัชฎา มณีวงศ์. 2546. การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดมูลฝอยในศูนย์การค้า. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., กรุงเทพมหานคร.

วรพันธ์ มูลศรีและเศรษฐ์ สัมภัตตะกุล 2554. การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะชุมชน. 201-206.

วิมลวรรณ หวังรุ่งทรัพย์. 2555. ศักยภาพการใช้ประโยชน์จากมูลฝอยชุมชนของหอพักนิสิตชาย-หญิง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ และการเผาไหม้. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., กรุงเทพมหานคร.

วิวัฒน์ ชโนวิทย์. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาประเภทที่พักอาศัย ในพื้นที่ที่แตกต่างกันของประเทศไทย.
สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม. ขยะชุมชน. กรุงเทพมหานคร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สวัสดิ์ โนนสูง. (2546). ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร. โอเดียนสโตร์.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2559). ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ อนุกรมใหม่ แบบปริมาณลูกโซ่ (ปีอ้างอิง พ.ศ. 2545) จำแนกตามสาขาการผลิต พ.ศ. 2548-2558, [online]. Available from: http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries15.html. [25 มิถุนายน 2560]

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 [พิษณุโลก]. (2556). การศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของมูลฝอย, [online]. Available from: http://www.reo3.go.th/newversion/. [19 พฤษภาคม 2560]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำนักสิ่งแวดล้อม. (2555). การคัดแยกมูลฝอยและนำกลับมาใช้ใหม่. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์สำนักพุทธศาสนาแห่งชาติ.

สำนักสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานคร. (2550). รายงานและแผนปฏิบัติการว่าด้วยการลดปัญหาภาวะโลกร้อนของกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2550-2555.

สุภกิณห์ สมศรี. 2545. การศึกษาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีด้วยเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี., นครราชสีมา.

หัทญา เนตยารักษ์ 2559. กระบวนการหาทางเลือกที่เหมาะสมในการจัดการขยะชุมชนตามแนวพระราชดาริ : กรณีศึกษา ชุมชนสุขใจวิลเลจ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 5: 717-725.

องค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมันและกรมควบคุมมลพิษ 2554. คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยและเทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น.

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย 2554. แนวทางการจัดการขยะให้เหลือศูนย์ภายในมหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม. 1: 17-29.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ตารางองค์ประกอบมูลฝอยของสถานประกอบการกรณีศึกษา

ตารางที่ ก-1 องค์ประกอบมูลฝอยของซูเปอร์มาร์เก็ตกรณีศึกษา

ประเภทมูลฝอย	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		เฉลี่ย		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	
กระดาษ	20	50	11.4	27	6.28	16	12.56	31	6.93
ผ้า	0	0	0	0	0.4	1	0.13	0	0.23
เศษอาหาร	11.6	29	16.8	40	14	35	14.13	35	2.6
ใบไม้	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ไม้	1.2	3	0.6	1	0.4	1	0.73	2	0.42
หนัง,ยาง	0	0	0	0	0	0	0	0	0
พลาสติก	5.2	13	10.8	26	18	45	11.33	28	6.42
โลหะ	1.2	3	0.6	1	0.4	1	0.73	2	0.42
แก้ว	0.8	2	1.8	4	1.4	3.5	1.3	3	0.5
อื่นๆ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ทั้งหมด	40	100	42	100	40	100	40.67	100	-
น้ำหนักรวม (kg/d)	979		368.43		381		576.14		-
ความหนาแน่น (kg/m^3)	218.12		172.38		119.61		170.04		-

ตารางที่ ก-2 องค์ประกอบมูลฝอยของคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา

ประเภทมูลฝอย	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		เฉลี่ย		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	
กระดาษ	4	10	6.89	17	6.05	15	5.647	14	1.49
พลาสติก	8	20	7.95	20	7.99	20	7.98	20	0.03
โลหะ	0.21	1	0.68	2	0.07	0	0.32	1	0.32
แก้ว	1	3	1.16	3	4.68	12	2.28	6	2.08
เศษอาหาร	20.31	51	23.28	58	20.81	52	21.47	54	1.59
ใบไม้	4.22	11	0	0	0	0	1.41	4	2.44
ไม้	0.14	0	0.1	0	0.07	0	0.10	0	0.04
ผ้า	1.86	5	0	0	0.29	1	0.72	2	1.00
หนัง/ยาง	0.29	1	0	0	0.07	0	0.12	0	0.15
Total	40.04	100	40.06	100	40.03	100	40.04	100	0.02
น้ำหนักรวม (kg/d)	107.1		225.08		73.85		135.34		-
ความหนาแน่น (kg/m^3)	114.34		132.81		168.87		138.67		-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-3 องค์ประกอบมูลฝอยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

ประเภทมูลฝอย	ร้อยละ (น้ำหนักเปียก)	
	kg	%
กระดาษ	79.26	33
ผ้า	0.00	0
เศษอาหาร	50.82	21
ใบไม้	0.00	0
ไม้	0.00	0
หนัง,ยาง	0.00	0
พลาสติก	70.98	29
โลหะ	17.96	7
แก้ว	8.47	4
อื่นๆ	14.52	6
ทั้งหมด	242	100
น้ำหนักรวม (kg/d)	242	
ความหนาแน่น (kg/m^3)	66.7	

ที่มา : การเก็บข้อมูล KPI ของสำนักบริหารยุทธศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ก-4 องค์ประกอบมูลฝอยที่โรงแรมกรณีศึกษา

ประเภทมูลฝอย	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		เฉลี่ย		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	
กระดาษ	22.58	16	31.03	17	26.77	15	36	16	4
เศษอาหาร	42.01	30	46.51	26	41.40	23	59	26	3
หนัง/ยาง	0	0	0	0	1.32	1	1	0	1
ใบไม้	0	0	0	0	5.30	3	2	1	3
พลาสติก	23.87	17	26.90	15	25.81	14	34	15	2
โลหะ	19.35	14	22.07	12	23.87	13	29	13	2
แก้ว	22.58	16	20.69	11	22.90	12	30	13	1
ไม้	0	0	0	0	10.60	6	5	2	6
ผ้า	10.67	8	4.04	2	0	0	7	3	5
total	141.06	100	181.93	100	183.35	100	228	100	-
น้ำหนักรวม (kg/d)	214.91		239.96		229.12		228		-
ความหนาแน่น (kg/m^3)	42.26		43.77		41.13		42.39		-

ภาคผนวก ข

ตารางราคารับซื้อของมูลฝอยแต่ละประเภท

ตารางที่ ข - 1 ราคารับซื้อมูลฝอยรีไซเคิลแต่ละประเภทที่วงศ์พาณิชย์

ประเภท	ราคารับซื้อ (บาท/กิโลกรัม)
กระดาษ	
กระดาษกล่องน้ำตาล	6.7
กระดาษสี	3.6
อาร์ตมัน	3.6
กระดาษขาว-ดำ	8.7
กระดาษคอมพิวเตอร์	6.9
กล่องบรรจุภัณฑ์	4.2
พลาสติก	
ขวดน้ำ(ใส)	7.5
โฟม	2
โลหะ	
กระป๋อง Al	39
แก้ว	
ขวดเครื่องดื่มชูกำลัง	1.6

(อ้างอิงจาก ราคารับซื้อของวงศ์พาณิชย์สุวรรณภูมิ)

ตารางที่ ข - 2 ราคาขายผลิตภัณฑ์จากการผลิตก๊าซชีวภาพ

ผลิตภัณฑ์	ราคา	หน่วย
ปุ๋ยหมัก	3	บาท/กิโลกรัม
ปุ๋ยน้ำ	2	บาท/ลิตร
ก๊าซหุงต้ม	20	บาท/กิโลกรัม

(อ้างอิงจาก ราคาผลิตภัณฑ์ของบริษัท เทค ซัพพลาย เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด)

ตารางที่ ข - 3 ราคารับซื้อมูลฝอยเพื่อนำไปผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง

ผลิตภัณฑ์	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
มูลฝอยที่สามารถเผาไหม้ได้	0.2

หมายเหตุ ต่อเที่ยวที่มาส่งมูลฝอยจะมีการจ่ายค่ารถให้ 400 บาท/เที่ยว

(อ้างอิงจาก บริษัท ทีพีไอ โพลีน เพาเวอร์ จำกัด (มหาชน))

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

ตารางทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยแต่ละทางเลือก

ตารางที่ ค - 1 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีฝังกลบ

	ราคา (บาท/เดือน)
ค่าธรรมเนียมการเก็บขนมูลฝอยที่ซูเปอร์มาร์เก็ต	8000.00*
ค่าธรรมเนียมการเก็บขนมูลฝอยที่คอนโดมิเนียม	500.00*
ค่าธรรมเนียมการเก็บขนมูลฝอยที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2,000.00**
ค่าธรรมเนียมการเก็บขนมูลฝอยที่โรงแรม	2,000.00**

หมายเหตุ - * ราคาเหมาต่อเดือน ถึงมูลฝอยจะน้อยลงแต่ราคายังเท่าเดิม อาจทำให้ขาดแรงจูงใจในการลดการส่งมูลฝอยไปฝังกลบ

- ** ราคาอ้างอิงจากค่าธรรมเนียมการเก็บขนมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร
- ทางเลือกการฝังกลบไม่มีรายรับ

ตารางที่ ค - 2 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการรีไซเคิลที่ซูเปอร์มาร์เก็ต

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ค่าแรงงาน	9,000.00*	บาท/เดือน
ค่าขนส่ง	975.00**	บาท/เที่ยว
รายรับ		
ค่าขายมูลฝอยรีไซเคิล	38,542.23	บาท/เดือน

หมายเหตุ - * ค่าแรงคนงานคัดแยกมูลฝอย 2 คน ทำงานครึ่งวัน (อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 ของกระทรวงแรงงาน)

- ** การคำนวณอัตราค่าขนส่งยึดตามบริการขนของโดย Lalamove

ตารางที่ ค - 3 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการรีไซเคิลของคอนโดมิเนียม

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ค่าแรงงาน	4,500.00*	บาท/เดือน
ค่าขนส่ง	232.50**	บาท/เดือน
รวม	5,232.50	บาท/เดือน
รายรับ	ราคา	หน่วย
ค่าขายมูลฝอยรีไซเคิล	6,504.03	บาท/เดือน

หมายเหตุ - * ค่าแรงคนงานคัดแยกมูลฝอย 1 คน ทำงานครึ่งวัน (อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 ของกระทรวงแรงงาน)

- ** การคำนวณอัตราค่าขนส่งยึดตามบริการขนของโดย Lalamove

ตารางที่ ค - 4 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการรีไซเคิลที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ค่าแรงงาน	9,000.00*	บาท/เดือน
ค่าน้ำมัน	78.62**	บาท/เดือน
รายรับ	ราคา	หน่วย
ค่าขายมูลฝอยรีไซเคิล	33,752.58	บาท/เดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ - * ค่าแรงคนงานคัดแยกมูลฝอย 2 คน ทำงานครึ่งวัน (อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 ของกระทรวงแรงงาน)

- ** ใช้รถของคณะวิศวกรรม จุฬาฯ ในการขนส่ง จึงคิดแค่ค่าน้ำมัน

ตารางที่ ค - 5 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการรีไซเคิลที่โรงแรม

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ค่าแรงงาน	9,000.00*	บาท/เดือน
ค่าขนส่ง	368.75**	บาท/เดือน
รายรับ	**ราคา**	**หน่วย**
ค่าขายมูลฝอยรีไซเคิล	53,889.73	บาท/เดือน

หมายเหตุ - * ค่าแรงคนงานคัดแยกมูลฝอย 2 คน ทำงานครึ่งวัน (อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 ของกระทรวงแรงงาน)

- ** การคำนวณอัตราค่าขนส่งยึดตามบริการขนของโดย Lalamove

ตารางที่ ค - 6 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการผลิตก๊าซชีวภาพที่ซูเปอร์มาร์เก็ต

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ค่าแรงงานควบคุม	1,125.00*	บาท/เดือน
ค่าแรงงานขนย้าย	1,000.00*	บาท/เดือน
ค่าไฟฟ้า	175.00	บาท/เดือน
ค่าซ่อมบำรุง	166.00	บาท/เดือน
ค่าเครื่องจักร	750,000.00**	บาท
ค่าถังขยะ	4,050.00**	บาท
รายรับ	**ราคา**	**หน่วย**
ก๊าซชีวภาพ	5,602.75	บาท/เดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายรับ	ราคา	หน่วย
ปุ๋ยน้ำ	6,088.81	บาท/เดือน
ปุ๋ยหมัก	4,201.15	บาท/เดือน

หมายเหตุ - * เป็นค่าแรงงานที่เกิดจากการปันส่วนมารับผิดชอบการทำงานควบคุมเครื่องจักรและขนย้ายมูลฝอยแค่เพียง 1 ชั่วโมงต่อวัน (อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 ของกระทรวงแรงงาน)

- ** ค่าอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ลงทุนครั้งแรกเท่านั้น

ตารางที่ ค - 7 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการผลิตก๊าซชีวภาพที่คอนโดมิเนียม

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ค่าแรงงานควบคุม	1,125.00*	บาท/เดือน
ค่าแรงงานขนย้าย	1,000.00*	บาท/เดือน
ค่าไฟฟ้า	67.75	บาท/เดือน
ค่าซ่อมบำรุง	166.67	บาท/เดือน
ค่าเครื่องจักร	395,000.00**	บาท
รายรับ	**ราคา**	**หน่วย**
ก๊าซชีวภาพ	2,030.50	บาท/เดือน
ปุ๋ยหมัก	1,522.83	บาท/เดือน
ปุ๋ยน้ำ	2,207.00	บาท/เดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ - * เป็นค่าแรงงานที่เกิดจากการปันส่วนมารับผิดชอบการทำงานควบคุมเครื่องจักรและขนย้ายมูลฝอยแค่เพียง 1 ชั่วโมงต่อวัน (อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 ของกระทรวงแรงงาน)

- ** ค่าอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ลงทุนครั้งแรกเท่านั้น

ตารางที่ ค - 8 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการผลิตก๊าซชีวภาพที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ค่าแรงงานควบคุม	1,125.00*	บาท/เดือน
ค่าแรงงานขนย้าย	1,000.00*	บาท/เดือน
ค่าไฟฟ้า	67.75	บาท/เดือน
ค่าซ่อมบำรุง	166.67	บาท/เดือน
ค่าเครื่องจักร	395,000.00**	บาท
รายรับ	**ราคา**	**หน่วย**
ก๊าซชีวภาพ	1,422.11	บาท/เดือน
ปุ๋ยหมัก	1,066.59	บาท/เดือน
ปุ๋ยน้ำ	1,545.78	บาท/เดือน

หมายเหตุ - * เป็นค่าแรงงานที่เกิดจากการปันส่วนมารับผิดชอบการทำงานควบคุมเครื่องจักรและขนย้ายมูลฝอยแค่เพียง 1 ชั่วโมงต่อวัน (อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 ของกระทรวงแรงงาน)

- ** ค่าอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ลงทุนครั้งแรกเท่านั้น

ตารางที่ ค - 9 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการผลิตก๊าซชีวภาพที่โรงแรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ค่าแรงงานควบคุม	1,125.00*	บาท/เดือน
ค่าแรงงานขนย้าย	1,000.00*	บาท/เดือน
ค่าไฟฟ้า	67.75	บาท/เดือน
ค่าซ่อมบำรุง	166.67	บาท/เดือน
ค่าเครื่องจักร	395,000.00**	บาท
รายรับ	**ราคา**	**หน่วย**
ก๊าซชีวภาพ	1,422.11	บาท/เดือน

รายรับ	ราคา	หน่วย
ปุ๋ยหมัก	1,703.91	บาท/เดือน
ปุ๋ยน้ำ	1,852.07	บาท/เดือน

หมายเหตุ - * เป็นค่าแรงงานที่เกิดจากการปันส่วนมารับผิดชอบการทำงานควบคุมเครื่องจักรและขนย้ายมูลฝอยแค่เพียง 1 ชั่วโมงต่อวัน (อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 ของกระทรวงแรงงาน)

- ** ค่าอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ลงทุนครั้งแรกเท่านั้น

ตารางที่ ค - 10 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการนำเศษอาหารไปผลิตอาหารสัตว์ที่โรงแรม

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ไม่มีต้นทุน		
รายรับ	ราคา	หน่วย
ค่าขายเศษอาหาร	5,000.00*	บาท/เดือน

หมายเหตุ - * ราคาเหมา ถึงแม้ว่าปริมาณมูลฝอยจะลดลงแต่ราคายังคงเท่าเดิม ซึ่งอาจส่งผลให้เป็นอุปสรรคต่อแรงจูงใจในการพยายามลดปริมาณมูลฝอยที่ส่งไปฝังกลบได้

- การนำเศษอาหารไปผลิตเป็นอาหารสัตว์นั้นมีแค่การจัดการในคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ และโรงแรม สำหรับกรณีศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ เป็นการให้เศษอาหารโดยไม่คิดเงิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค - 11 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่ซูเปอร์มาร์เก็ต

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ค่าแรงงานคัดแยกและขนย้าย	4,500.00*	บาท/เดือน
ค่าขนส่ง	2,200.00**	บาท/เที่ยว
รายรับ	ราคา	หน่วย
ค่าขายมูลฝอยนำไปทำเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่ง	476.67	บาท/เดือน

หมายเหตุ – * คนงานคัดแยกและขนย้ายมูลฝอยมี 1 คน ทำงานครึ่งวัน (อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 ของกระทรวงแรงงาน)

- ** การคำนวณอัตราค่าขนส่งยึดตามบริการขนของโดย Lalamove

ตารางที่ ค - 12 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่คอนโดมิเนียม

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ค่าแรงงานคัดแยกและขนย้าย	4,500.00*	บาท/เดือน
ค่าขนส่ง	191.67**	บาท/เดือน
รายรับ	ราคา	หน่วย
ค่าขายมูลฝอยนำไปผลิตเชื้อเพลิง RDF	99.33	บาท/เดือน

หมายเหตุ – * คนงานคัดแยกและขนย้ายมูลฝอยมี 1 คน ทำงานครึ่งวัน (อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 ของกระทรวงแรงงาน)

- ** การคำนวณอัตราค่าขนส่งยึดตามบริการขนของโดย Lalamove

ตารางที่ ค - 13 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ค่าแรงงานคัดแยกและขนย้าย	4500.00*	บาท/เดือน
ค่าน้ำมัน	142.75**	บาท/เดือน
รายรับ	ราคา	หน่วย
ค่าขายมูลฝอยนำไปผลิตเชื้อเพลิง RDF	397.00	บาท/เดือน

หมายเหตุ – * คนงานคัดแยกและขนย้ายมูลฝอยมี 1 คน ทำงานครึ่งวัน (อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 ของกระทรวงแรงงาน)

- ** ใช้รถของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ ในการขนส่งจึงคิดค่าค่าน้ำมัน

ตารางที่ ค - 14 ข้อมูลทางการเงินของแนวทางการจัดการมูลฝอยโดยใช้วิธีการผลิตเชื้อเพลิงมูลฝอยอัดแท่งที่โรงแรม

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ค่าแรงงานคัดแยกและขนย้าย	4,500.00*	บาท/เดือน
ค่าขนส่ง	582.50**	บาท/เดือน
รายรับ	ราคา	หน่วย
ค่าขายมูลฝอยนำไปผลิตเชื้อเพลิง RDF	380.33	บาท/เดือน

หมายเหตุ – * คนงานคัดแยกและขนย้ายมูลฝอยมี 1 คน ทำงานครึ่งวัน (อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2556 ของกระทรวงแรงงาน)

- ** การคำนวณอัตราค่าขนส่งยึดตามบริการขนของโดย Lalamove

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวณัฐณิชา พุทธเกษม เกิดวันที่ 20 กันยายน 2535 ที่จังหวัดพิจิตร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) สาขาวิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557 โดยหัวข้องานวิจัยในระดับปริญญาตรี คือ การเตรียมสารประกอบไคโตซาน-บีตาไซโคลเด็กซ์ทรินเพื่อใช้ตรึงฮอร์สเรดิชเปอร์ออกซิเดส จากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2558

ผู้วิจัยได้นำเสนอบทความงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้ ในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ The 7th International Conference on Informatics, Environment, Energy and Applications (IEEA 2018) ณ กรุงปักกิ่ง สาธารณรัฐประชาชนจีน เมื่อวันที่ 28-31 พฤษภาคม 2561 ในหัวข้อเรื่อง Scenarios of municipal solid waste management for mitigating greenhouse gas emission: a case study of supermarket in Bangkok, Thailand และจากการไปนำเสนอผลงานครั้งนี้ผู้วิจัยได้รับรางวัลพิเศษ Excellent oral presentation certificate อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University