

การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุและการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะ
ประเภทเศษอาหารภายในโรงอาหารของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง และการจัดการขยะมูลฝอยของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ

MATERIAL FLOW ANALYSIS AND LIFE CYCLE ASSESSMENT FOR THE
STUDY OF FOOD WASTE MANAGEMENT FROM CANTEENS OF KING
MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG AND MUNICIPAL
SOLID WASTE MANAGEMENT OF PRATHEP CANTEEN



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา สิ่งแวดล้อม และการจัดการงานก่อสร้าง
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2567
KMITL-2024-EN-M-097-065

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATERIAL FLOW ANALYSIS AND LIFE CYCLE ASSESSMENT FOR THE
STUDY OF FOOD WASTE MANAGEMENT FROM CANTEENS OF KING
MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG AND MUNICIPAL
SOLID WASTE MANAGEMENT OF PRATHEP CANTEEN



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE MASTER'S OF ENGINEERING
IN CIVIL ENGINEERING ENVIRONMENTAL ENGINEERING
AND CONSTRUCTION MANAGEMENT
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2024

KMITL-2025-EN-M-097-065

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2024

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุและการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะประเภทเศษอาหาร ภายในโรงอาหารของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และการจัดการขยะมูลฝอยของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ
นักศึกษา	นายภวัต บุญเจือ
รหัสนักศึกษา	63601156
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา สิ่งแวดล้อม และการจัดการงานก่อสร้าง
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย	ผศ.ดร. ชดชนก อัครมพงค์

บทคัดย่อ

ปัญหาการจัดการขยะให้มีประสิทธิภาพและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องสำคัญ งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุและประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะที่เกิดขึ้นในโรงอาหารของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จาก 2 การศึกษา ได้แก่ การศึกษาที่ 1 การศึกษาการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารของสถาบันฯ และการศึกษาที่ 2 การจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ โดยในการศึกษาการจัดการขยะเศษอาหารในสถาบันฯ แบ่งการจัดการเป็น 2 กรณี ได้แก่ การจัดการขยะเศษอาหารโดยการนำไปฝังกลบ (FWLF) และการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหาร (FWFF) จากการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ พบว่า FWFF เป็นการจัดการเศษอาหารโดยนำเศษอาหารทั้งหมดไปให้อาหารปลาทำให้ไม่เกิดขยะเศษอาหารที่นำไปฝังกลบ ในขณะที่ FWLF นั้นนำเศษอาหารทั้งหมดไปฝังกลบ ส่วนผลการศึกษากการประเมินวัฏจักรชีวิตจากกรณีการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารของสถาบันฯ พบว่า FWLF ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าในด้านการสะสมแร่ธาตุในน้ำจืด ภาวะโลกร้อน และด้านการสะสมแร่ธาตุในแหล่งน้ำเค็ม ในขณะที่ FWFF ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทางลบน้อยกว่าการฝังกลบ อีกทั้งยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านบวกในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ และภาวะโลกร้อน สำหรับการศึกษที่ 2 การจัดการขยะมูลฝอยทุกประเภทจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ แบ่งการจัดการเป็น 2 กรณี ได้แก่ การจัดการขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบ (LF) และการจัดการขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบ การรีไซเคิล และให้อาหารปลา (Mix) ซึ่งเป็นวิธีการจัดการขยะในปัจจุบัน จากการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุพบว่า LF เป็นการจัดการขยะโดยนำขยะทั้งหมดไปฝังกลบ ขณะที่ Mix มีการคัดแยกขยะเศษอาหารเพื่อนำไปให้อาหารปลา และแยกขยะรีไซเคิลนำไปรีไซเคิล ทำให้ปริมาณขยะที่ต้องนำไปฝังกลบลดลงเหลือร้อยละ 26.03 เมื่อทำการประเมินวัฏจักรชีวิตพบว่า LF มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ ด้านการสะสมแร่ธาตุในน้ำจืด และภาวะโลกร้อน มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่า Mix เนื่องจากขยะทุกประเภทถูกนำไปฝังกลบโดยไม่มีการคัดแยก ในขณะที่ Mix ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเนื่องจากมีการคัดแยกขยะเพื่อลดปริมาณขยะไปฝังกลบ อย่างไรก็ตามเพื่อพัฒนาการบริหารจัดการขยะของสถาบันฯ ควรพิจารณาหาวิธีอื่นๆ เพื่อลดการเกิดขยะที่จะนำไปฝังกลบ และควรศึกษาการใช้พลังงานทดแทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องมาจากขนส่ง เพื่อให้สามารถจัดการขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Study	Material Flow Analysis and Life Cycle Assessment for the Study of Food Waste Management From Canteens of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang and Municipal Solid Waste Management of Prathep Canteen
Student	Mr. Pawat Boonjua
Student ID	63601156
Degree	Master of Engineering
Program	Civil Engineering Environmental Engineering and Construction Management
Year	2024
Advisor	Asst. Prof. Dr. Chodchanok Attaphong

ABSTRACT

The challenge of managing waste efficiently and minimizing environmental impact is becoming increasingly important. This research aims to study material flow analysis (MFA) and life cycle assessment (LCA) of waste management from the canteen at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) based on two studies. First study is food waste management from the institute's canteen. Second study is municipal solid waste management from the Prathep canteen. In the first study, food waste management of KMITL was divided into two scenarios; food waste to landfill (FWLF) and food waste to feedfish (FWFF). MFA of FWFF show that all food waste is collected and transported for fish feeding, hence eliminating food waste sent to landfills. In contrast, FWLF sends all food waste to landfill. The LCA results show that FWLF has greater environmental impacts in the categories of freshwater eutrophication, global warming potential, and marine eutrophication. Meanwhile, FWFF produces lower negative environmental impacts and even generates positive impacts in terms of human toxicity and global warming potential. In the second study, municipal solid waste management at the Prathep canteen was evaluated under two scenarios; all waste send to landfill (LF) and waste is sorted into food waste use as feedfish, recyclables are sent for recycling, and the rest is landfilled (Mix). The MFA shows that in the Mix, the amount of waste sent to landfill is reduced to 26.03%, due to sorting and diversion for feedfish or recycling. LCA results indicate that LF has a higher environmental impact in terms of human toxicity, freshwater eutrophication, and global warming potential, because all waste sent to landfill. In contrast, Mix shows lower impacts due to effective waste separation. To further improve waste management at KMITL, additional waste management methods and alternative energy should be considered to reduce the amount of waste going to landfills and decrease fuel consumption to reduce the environmental impact.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากคณาจารย์ เจ้าหน้าที่หน่วยงานต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ ดังมีรายนามดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. ชดชนก อัทธพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ แนะนำ คำปรึกษาและเอาใจใส่งานในทุกๆ ด้าน ให้ความรู้และประสบการณ์แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิจัยทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้ความอนุเคราะห์เป็นกรรมการสอบงานวิจัย รวมถึงคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา สาขาวิศวกรรมโยธา สิ่งแวดล้อม และการจัดการงานก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ที่ใช้ในการทำงานวิจัยให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายกายภาพ สิ่งแวดล้อม และทรัพย์สินที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัย และช่วยเหลือในด้านการประสานงานทุกๆ ด้านในการขอเข้าไปเก็บข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับงานวิจัย

ขอขอบคุณ นางสาวนัตยา โมรวรรณ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ทั้งนี้ยังช่วยเหลือให้การสนับสนุนข้าพเจ้าอย่างดียิ่งตลอดการทำงาน ให้ความรู้และประสบการณ์แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายอาคารโรงอาหารต่างๆ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกสำหรับการเข้าไปเก็บข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ รวมถึงช่วยแก้ปัญหาและประสานงานต่างๆ

ขอขอบคุณผู้เข้ามาเก็บขยะฝ้ายต่างๆ ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล บันทึกภาพ และให้ความร่วมมือในการหีบย้อมอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องสำหรับใช้ในการบันทึกข้อมูล

ขอขอบคุณนักศึกษาระดับคหุภักดิ์บัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้ความรู้ ให้ประสบการณ์ ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษา แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอดงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ให้คำแนะนำและให้แนวคิด แก่ข้าพเจ้า

สุดท้ายข้าพเจ้าขอขอบคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องที่เลี้ยงดูข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ รวมถึงสนับสนุนในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด

ภวัต บุญเจือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 สมมติฐาน.....	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์.....	4
2.1 ขยะมูลฝอย.....	4
2.2 หลักการการจัดการขยะมูลฝอย.....	6
2.3 ขยะเศษอาหาร (Food waste).....	19
2.4 การวิเคราะห์การไหลของวัสดุ.....	20
2.5 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA).....	23
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการค้นคว้าอิสระ.....	31
3.1 แผนผังการดำเนินการค้นคว้าอิสระ.....	31
3.2 แนวคิดในการดำเนินการเก็บข้อมูลปริมาณขยะประเภทต่างๆ.....	31
3.3 ขั้นตอนในการดำเนินงาน.....	32
3.4 การดำเนินงานเก็บข้อมูล.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IV อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 จัดทำผังการไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis; MFA).....	34
3.6 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA).....	35
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล.....	37
4.1 ผลการดำเนินงานเก็บข้อมูลเบื้องต้นของโรงอาหารทั้ง 10 แห่ง.....	37
4.2 ผลการดำเนินงานเก็บข้อมูลขยะเศษอาหารจากโรงอาหารต่างๆ.....	40
4.3 ผลการดำเนินงานเก็บข้อมูลขยะมูลฝอยจากโรงอาหารสมเด็จพระเทพ.....	43
4.4 วิเคราะห์ผังการไหลของผลิตภัณฑ์และอภิปรายผล.....	43
4.5 การประเมินวัฏจักรชีวิตและอภิปรายผล.....	49
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ.....	64
5.1 สรุปผลงานวิจัย.....	64
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	65
บรรณานุกรม.....	66
ภาคผนวก.....	69
ภาคผนวก ก. ตารางแสดงข้อมูลดิบ.....	70
ประวัติผู้เขียน.....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และส่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	สถานที่กำจัดของสำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษ 16 แห่ง (สคพ.1-16) 6
2.2	อัตราส่วนของขยะมูลฝอยโดยเฉลี่ยจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษ 16 แห่ง ..8
2.3	อัตราส่วนของขยะมูลฝอยจากสำนักงานสิ่งแวดล้อม จังหวัดกรุงเทพมหานคร..... 8
2.4	ลักษณะเชื้อเพลิง RDF แต่ละชนิดและประเภทของระบบการเผาไหม้..... 13
2.5	เปรียบเทียบระหว่างวิธีการจัดการขยะมูลฝอย..... 18
2.6	กลุ่มผลกระทบที่ใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม..... 25
2.7	รูปแบบการประยุกต์ใช้งานการประเมินวัฏจักรชีวิตขององค์กรต่างๆ..... 28
3.1	ตัวอย่างตารางการบันทึกข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยของโรงพยาบาลเรือนวมสมเด็จพระเทพ..... 33
3.2	ตัวอย่างตารางการบันทึกข้อมูลปริมาณขยะเศษอาหารของโรงพยาบาลอื่นๆ..... 34
4.1	ปริมาณขยะเศษอาหารที่รวบรวมได้ในแต่ละทีม..... 41
4.2	สรุปปริมาณขยะเศษอาหารแต่ละแห่งในเวลา 1 เดือน..... 42
4.3	ปริมาณขยะมูลฝอยเฉลี่ยต่อวันจากโรงพยาบาลเรือนวมสมเด็จพระเทพ..... 43
4.4	ปริมาณขยะเศษอาหารแบ่งตามทีมผู้รับผิดชอบในแต่ละโรงพยาบาล..... 44
4.5	ปริมาณขยะเศษมูลฝอยภายในโรงพยาบาลเรือนวมสมเด็จพระเทพ..... 46
4.6	การจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบันของโรงพยาบาลเรือนวมสมเด็จพระเทพ..... 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ.....	12
2.2	กระบวนการเตรียมแท่งเชื้อเพลิง.....	13
2.3	ผังการไหลอย่างง่ายแสดงการไหลของสสาร.....	21
2.4	ผังการไหลของการจัดการขยะของเสียภายในโรงอาหารของมหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.....	22
2.5	ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต.....	27
3.1	ลำดับการดำเนินงานค้นคว้าอิสระ.....	31
3.2	แผนผังการไหลของขยะเศษอาหารจากโรงอาหารของสถาบันฯ.....	32
3.3	แผนผังการไหลของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ.....	32
4.1	การรวบรวมเก็บขยะเศษอาหารจากโรงอาหารของทีม A.....	38
4.2	การรวบรวมเก็บขยะเศษอาหารจากโรงอาหารของทีม B.....	39
4.3	การรวบรวมเก็บขยะเศษอาหารจากโรงอาหารของทีม C.....	39
4.4	การรวบรวมเก็บขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ.....	40
4.5	การรวบรวมเก็บขยะเศษอาหารจากโรงอาหารของทีม D.....	40
4.6	การวิเคราะห์ผังการไหลของวิธีที่ 1 การจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารต่างๆ ด้วยการนำไปฝังกลบ (FW to Landfill).....	45
4.7	การวิเคราะห์ผังการไหลของวิธีที่ 2 การจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารต่างๆ ในปัจจุบัน (FW to Feedfish).....	45
4.8	การวิเคราะห์ผังการไหลของวิธีที่ 1 การจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ ด้วยการนำไปฝังกลบ (LF).....	47
4.9	การวิเคราะห์ผังการไหลของวิธีที่ 2 การจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ด้วยการจัดการในปัจจุบัน (Mix).....	48
4.10	ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบ (FWLF) แบบจำแนกโดยวัสดุขาเข้าและขาออก.....	50
4.11	ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้เป็นอาหารปลา (FWFF) แบบจำแนกโดยวัสดุขาเข้าและขาออก.....	50
4.12	ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบ (FWLF) แบบแยกวิธีการ.....	52
4.13	ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้เป็นอาหารปลา (FWFF) แบบแยกวิธีการ.....	53
4.14	ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตระหว่างการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบและการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลา (FWLF vs FWFF).....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.15 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพโดยการฝังกลบ (LF) แบบจำแนกโดยวัสดุขาเข้าและขาออก.....	55
4.16 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพโดยการฝังกลบ การรีไซเคิล และการให้อาหารปลา (Mix) แบบจำแนกโดยวัสดุขาเข้าและขาออก.....	56
4.17 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพโดยการฝังกลบ (LF) แบบแยกวิธีการ.....	57
4.18 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพโดยการในปัจจุบัน (Mix).....	60
4.19 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพเปรียบเทียบวิธีการฝังกลบและวิธีการในปัจจุบัน (LF vs Mix).....	62



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน สถานการณ์ขยะมูลฝอยหรือขยะชุมชนในประเทศไทยจากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษเมื่อปี พ.ศ.2565 มีขยะมูลฝอย 25.70 ล้านตัน โดยแบ่งเป็นปริมาณขยะที่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง 9.80 ล้านตัน ปริมาณขยะที่ได้รับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ 8.80 ล้านตัน และขยะมูลฝอยที่ไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง 7.10 ล้านตัน โดยยังคงค้างขยะมูลฝอยที่ไม่ได้รับการจัดการอีก 9.91 ล้านตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) ซึ่งขยะมูลฝอยนั้นเกิดได้จากหลากหลายแหล่งกำเนิดรวม เช่น ห้างสรรพสินค้า โรงแรม โรงเรียน และสถาบันการศึกษาอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งรวมถึง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังก็เป็นสถานที่หนึ่งในแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย โดยในปัจจุบันมีบุคลากรทั้งนักศึกษา คณาจารย์และฝ่ายสนับสนุนรวมทั้งหมดจำนวน 29,617 คน ซึ่งในปี พ.ศ. 2566 มีโรงอาหารที่เปิดทำการจำนวน 10 แห่ง เปิดทำการเพื่อรองรับบุคลากรของสถาบันฯ ได้แก่ โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ทั้ง 3 แห่ง โรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ โรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ โรงอาหารคณะครุศาสตร์ โรงอาหารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ โรงอาหารสถาบันโคเซ็นแห่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KOSEN-KMITL) โรงอาหารโรงเรียนสาธิตนานาชาติสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMIDS) และ โรงอาหารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ (ชั่วคราว) ซึ่งการจัดการขยะมูลฝอยภายในสถาบันฯ อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจึงเป็นความท้าทายอย่างยิ่ง ทางสถาบันฯ จึงเห็นความสำคัญในการศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นภายในโรงอาหาร โดยมุ่งเน้นไปที่โรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ ซึ่งจัดเป็นโรงอาหารต้นแบบในการจัดการขยะมูลฝอย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการจัดการของเสียและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของสถาบันฯ

ในการตรวจสอบการจัดการขยะของเสียที่เกิดขึ้นจากการใช้บริการโรงอาหารภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังนั้นได้มีการเลือกใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ 2 ชนิด ได้แก่ การวิเคราะห์การไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis; MFA) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณขยะเศษอาหารที่เกิดขึ้นจากโรงอาหาร และทำให้ทราบถึงขั้นตอนและกระบวนการจัดการกับขยะมูลฝอย และการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA) ในการประเมินถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารต่างๆ และขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพเปรียบเทียบกับสถานการณ์ต่างๆ ดังนั้น การจัดการขยะเศษอาหารมีการเปรียบเทียบระหว่าง การจัดการขยะเศษอาหารทั้งหมดด้วยการฝังกลบ การจัดการขยะเศษอาหารในปัจจุบันโดยการนำไปให้อาหารปลา และศึกษาเปรียบเทียบการจัดการขยะมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ ระหว่างการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ การจัดการขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบ การรีไซเคิล และการให้อาหารปลา ซึ่งเป็นวิธีในปัจจุบัน โดยนำฝังการไหลของวัสดุและการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ถึงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบจากการจัดการขยะในโรงอาหารของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และเสนอแนะวิธีการในการจัดการขยะอื่นๆ ให้มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ผังการไหลและวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะเศษอาหารภายในโรงอาหาร 10 แห่งของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.2.2 เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ผังการไหลและวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยฉบับนี้ดำเนินการเก็บข้อมูลการจัดการขยะประเภทเศษอาหารที่เกิดจากโรงอาหารของสถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เปิดทำการในระยะเวลา 1 เดือน ได้แก่ โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ทั้ง 3 แห่ง โรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ โรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ โรงอาหารคณะครุศาสตร์ โรงอาหารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ โรงอาหารสถาบันโคเซ็นแห่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KOSEN-KMITL) โรงอาหารโรงเรียนสาธิตนานาชาติสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMIDS) และ โรงอาหารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และข้อมูลการจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ

1.3.1. การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ

การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุจากการจัดการขยะประเภทเศษอาหารที่เกิดจากโรงอาหารของสถาบันฯ จำนวน 10 แห่ง โดยเปรียบเทียบการจัดการ 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปฝังกลบ กรณีที่ 2 การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหาร และการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุจากการจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 การจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ กรณีที่ 2 การจัดการขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบ การรีไซเคิล และการให้อาหารปลา ซึ่งเป็นวิธีในปัจจุบัน ด้วยโปรแกรม STAN 2.6

1.3.2 การประเมินวัฏจักรของผลิตภัณฑ์

การประเมินวัฏจักรของผลิตภัณฑ์จะดำเนินการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารภายในสถาบันฯ จำนวน 10 แห่ง โดยเปรียบเทียบวิธีการจัดการ 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปฝังกลบ กรณีที่ 2 การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลา และการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุจากการจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 การจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ กรณีที่ 2 การจัดการขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบ การรีไซเคิล และการให้อาหารปลา ซึ่งเป็นวิธีในปัจจุบัน ด้วยโปรแกรม SimaPro

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 สมมติฐาน

1.4.1 จากการวิเคราะห์ผังการไหลและการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหาร 10 แห่งจะพบว่าการจัดการขยะเศษอาหารโดยวิธีการนำไปให้เป็นอาหารปลาทดแทนการนำไปฝังกลบนั้นเป็นวิธีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

1.4.2 จากการวิเคราะห์ผังการไหลและการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ วิธีการจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบันด้วยการคัดแยกขยะมูลฝอยออกเป็นขยะรีไซเคิล ขยะทั่วไป และขยะเศษอาหารแล้วนำไปกำจัดโดยการนำขยะรีไซเคิลไปรีไซเคิล ขยะทั่วไปนำไปฝังกลบ และขยะเศษอาหารนำไปให้อาหารปลาเป็นวิธีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

1.5.1 ศึกษาและทบทวนถึงวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 กำหนดขอบเขตของการศึกษา

1.5.3 วางแผนการเก็บข้อมูลและบันทึกข้อมูลปริมาณขยะเศษอาหารของโรงอาหารทั้ง 10 แห่ง และข้อมูลขยะมูลฝอยของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ

1.5.4 วิเคราะห์ผังการไหลของขยะเศษอาหารของโรงอาหารทั้ง 10 แห่ง และขยะมูลฝอยของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพในแต่ละกรณี

1.5.5 วิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตของกรณีการจัดการขยะเศษอาหารของโรงอาหารทั้ง 10 แห่ง และกรณีการจัดการขยะมูลฝอยของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ

1.5.6 สรุปผลการดำเนินการและเสนอแนะการจัดการขยะแต่ละประเภทที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สำหรับวิเคราะห์การจัดการขยะเศษอาหารและขยะมูลฝอย เพื่อแสดงถึงการก่อให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมภายในโรงอาหารของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.6.2 เพื่อให้สังคมเล็งเห็นถึงความสำคัญในการคัดแยกขยะ เพื่อที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการขยะต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.6.3 เพื่อใช้ในการอ้างอิงถึงข้อมูลการจัดการขยะมูลฝอยที่เหมาะสมและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

ในงานค้นคว้าอิสระฉบับนี้จะแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การศึกษา ได้แก่ การจัดการขยะเศษอาหารภายในโรงอาหารของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและ การจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis; MFA) โดยแบ่งเป็นการศึกษาขยะเศษอาหาร 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปฝังกลบ กรณีที่ 2 การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลา และการจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพอีก 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 การจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ กรณีที่ 2 การจัดการขยะมูลฝอยด้วยวิธีการในปัจจุบัน แล้วนำไปวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA) ด้วยวิธีการจัดการขยะในรูปแบบต่างๆ ดังที่กล่าวไป โดยมีการศึกษาวรรณกรรมปริทัศน์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อประกอบงานวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 ขยะมูลฝอย

2.1.1 ความหมายของขยะมูลฝอย

จากเอกสารการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนอย่างครบวงจรของกรมควบคุมมลพิษ (2547) กล่าวว่าขยะหรือมูลฝอย (Solid waste) หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัตถุ ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้ามูลสัตว์ ชากสัตว์ หรือสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจาก ถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่นและหมายความรวมถึงมูลฝอยติดเชื้อมูลฝอยที่เป็นพิษหรือ อันตรายจากชุมชน หรือคร่าวเรือนยกเว้นวัสดุที่ไม่ใช่แล้วของโรงงานซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่กำหนดไว้ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

โดยพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.2535 ได้กำหนดว่า มูลฝอย หมายถึงสิ่งต่างๆ ที่เราไม่ต้องการใช้ ได้แก่ เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือชากสัตว์ รวมตลอดถึงวัตถุอื่น สิ่งใดที่เก็บกวาดได้จากถนน ตลาดที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

ทางด้านราชบัณฑิตยสถาน (2546) ได้ให้ความหมายว่า “มูลฝอย” หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือชากสัตว์ ตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน และคำว่า “ขยะ” หมายถึงหยากเยื่อมูลฝอย จะเห็นว่าคำทั้งสองคำนี้มีความหมายเหมือนกัน ใช้แทนกันได้ และจนใช้ควบคู่กันจนเป็นขยะมูลฝอย (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

2.1.2 ประเภทของขยะมูลฝอย

ประเภทของขยะมูลฝอย (Solid waste) สามารถแบ่งออกได้หลายประเภทตามวิธีการคิดและรูปแบบการจัดการหรือการนำไปใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยะมูลฝอยสามารถแบ่งตามลักษณะทางกายภาพของขยะได้เป็น 4 ประเภท (กรมควบคุมมลพิษ. 2558) ได้แก่

1) ขยะย่อยสลาย (Compostable waste) คือ ขยะที่เน่าเสียและย่อยสลายได้รวดเร็ว เช่น เศษผัก เปลือกผลไม้ เศษอาหาร ใบไม้ เนื้อสัตว์ เป็นต้น

2) ขยะรีไซเคิล (Recyclable waste) คือ ขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ โดยนำกลับมาแปรรูปเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต เช่น แก้ว กระดาษ กระจก เครื่องดื่ม เศษพลาสติก เศษโลหะ เป็นต้น

3) ขยะอันตราย (Hazardous waste) คือ ขยะที่มีสารพิษหรือสารเคมีปนเปื้อน ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนหรือสิ่งแวดล้อม เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบตเตอรี่ กระจกสเปร์ย ยาหมดอายุ สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น

4) ขยะทั่วไป (General waste) คือ ขยะที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ หรือไม่คุ้มค่าที่จะนำมารีไซเคิล เช่น ถุงพลาสติก กล่องโฟม บรรจุภัณฑ์พลาสติก เป็นต้น

อีกทั้งกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ยังจัดแบ่งประเภทของขยะมูลฝอยออกเป็น 4 ประเภทเช่นเดียวกับกรมควบคุมมลพิษ ดังนี้ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2550)

1) ขยะมูลฝอยที่ย่อยสลายได้ เป็นขยะมูลฝอยที่เป็นสารอินทรีย์ สามารถนำมาหมักเป็นปุ๋ยได้ เช่น เศษอาหาร เศษผัก เศษผลไม้ มูลสัตว์และซากสัตว์ เป็นต้น

2) ขยะมูลฝอยที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ หรือขยะมูลฝอยมีค่า หรือขยะมูลฝอย รีไซเคิลเป็นขยะมูลฝอยที่สามารถนำมาขายเพื่อส่งไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้ เช่น เศษโลหะ ถุงพลาสติกบางชนิด กล่องพลาสติกและกระจกโลหะ เป็นต้น

3) ขยะมูลฝอยอันตราย เช่น ขยะมูลฝอยปนเปื้อนกับมันตรังสี สารเคมีที่ทิ้งแล้ว ยา เสื่อมสภาพ ขงมีคม ภาชนะที่มีแรงดันและขยะมูลฝอยติดเชื้อ เป็นต้น

4) ขยะมูลฝอยทั่วไป เป็นขยะมูลฝอยที่เป็นสารอนินทรีย์ซึ่งจะย่อยสลายได้ยาก ไม่เป็นขยะมูลฝอยอันตราย แต่รีไซเคิลได้ยาก หรือไม่คุ้มค่าในการนำไปรีไซเคิล เช่น เศษวัสดุก่อสร้าง แก้วระอบ และถุงพลาสติก ที่ใส่อาหารหรือของใช้ต่างๆ เป็นต้น ขยะมูลฝอยประเภทนี้คือขยะมูลฝอยที่จะต้องนำไปกำจัดต่อไป

2.1.3 แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย

แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอยสามารถแบ่งตามประเภทของการใช้ประโยชน์จากที่ดินได้ ดังนี้

1) มูลฝอยจากบ้านพักอาศัย (Residential waste) เป็นมูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรม การดำรงชีพของคนที่พักอาศัยอยู่ในบ้านพักอาศัยหรืออาคารชุดหรือพาตเมนต์ ได้แก่ เศษอาหารจากการเตรียมอาหารหรือจากการเหลือใช้ เศษกระดาษ เศษพืชผัก ขวดพลาสติก ขวดพลาสติก

ใบไม้ ใบหญ้า ภาชนะหรืออุปกรณ์ที่ชำรุดหรือเสื่อมคุณภาพ เฟอร์นิเจอร์เก่าที่ชำรุด เศษแก้ว เป็นต้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) มูลฝอยจากธุรกิจสินค้า (Commercial waste) หมายถึง มูลฝอยที่มีที่มาจาก การประกอบสินค้า ขายส่ง ขายปลีก หรือการบริการทางการค้าต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าจะเป็นสินค้าประเภทใด เช่น อาคารสำนักงาน (Office building) ตลาด ร้านอาหาร ร้านขายของชำ โรงแรม ซึ่งมักจะมีภาชนะหรืออุปกรณ์ในการเก็บขยะมูลฝอยเป็นของตัวเอง มูลฝอยที่เกิดขึ้นอาจมีเศษอาหาร เศษแก้ว พลาสติก เศษวัสดุสิ่งก่อสร้างต่างๆ หรืออาจมีของเสียอันตราย

3) มูลฝอยจากการเกษตร (Agricultural waste) แหล่งมูลฝอยที่สำคัญมาจากกิจกรรมการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นอาหาร มูลฝอยจากแหล่งดังกล่าวมักประกอบด้วย มูลสัตว์ เศษหญ้า เศษพืชผัก ภาชนะบรรจุยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น

4) มูลฝอยจากการพักผ่อนหย่อนใจ (Recreational waste) มูลฝอยจากสถานที่พักผ่อนหย่อนใจหรือสถานที่ท่องเที่ยวไม่ว่าจะเป็นแหล่งธรรมชาติ ได้แก่ หาดทรายต่างๆ เขื่อน อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ สระว่ายน้ำ เป็นต้น หรืออาจจะเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่เป็นแหล่งศิลปกรรม ได้แก่ โบราณสถานต่างๆ เช่น พิพิธภัณฑสถาน วัด สถานที่ทางศาสนา เป็นต้น กิจกรรมการพักผ่อนมักต้องมีการรับประทานอาหาร การรับประทานอาหารเครื่องดื่มหรือของว่างต่างๆ ทำให้เกิดมูลฝอยซึ่งชนิดของมูลฝอยนั้นจะขึ้นอยู่กับผู้ไปพักผ่อนหย่อนใจส่วนใหญ่ขยะมูลฝอยที่เกิดจากการพักผ่อนหย่อนใจจะเป็นเศษอาหาร เศษวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งหลาย เช่น กล่องกระดาษหรือ พลาสติก ถังกระดาษหรือถุงพลาสติก กระจังโลหะต่างๆ ขวดแก้วหรือพลาสติก เป็นต้น

5) มูลฝอยจากโรงพยาบาล (Hospital wastes) มูลฝอยจากโรงพยาบาลมักถูกจัดไว้ในกลุ่มของมูลฝอยอันตราย เนื่องจากอาจทำให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมได้หลายประการ เช่น อาจเป็นการแพร่กระจายเชื้อโรค จึงนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่จะนำมาพิจารณาและจัดการแยกออกจากมูลฝอยที่มาจากแหล่งอื่นๆ

2.2 หลักการการจัดการขยะมูลฝอย

กรมควบคุมมลพิษได้มีการศึกษาถึงองค์ประกอบของขยะมูลฝอยในสถานที่กำจัดของสำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษ 16 แห่ง (สคพ.1-16) ซึ่งครอบคลุมถึงการจัดการขยะมูลฝอยทั่วทุกภูมิภาคทั่วประเทศไทย โดยรายละเอียดแต่ละแห่งประกอบไปด้วยดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สถานที่กำจัดของสำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษ 16 แห่ง (สคพ.1-16) (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษ	พื้นที่รับผิดชอบ
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 1 (เชียงใหม่)	เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน แม่ฮ่องสอน
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 2 (ลำปาง)	ลำปาง แพร่ พะเยา น่าน
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 3 (พิษณุโลก)	สุโขทัย ตาก เพชรบูรณ์ พิษณุโลก อุตรดิตถ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สถานที่กำจัดของสำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษ 16 แห่ง (สคพ.1-16) (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) (ต่อ)

สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษ	พื้นที่รับผิดชอบ
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 4 (นครสวรรค์)	นครสวรรค์ พิจิตร อุทัยธานี กำแพงเพชร
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 5 (นครปฐม)	นครปฐม ชัยนาท สุพรรณบุรี สมุทรสาคร
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 6 (นนทบุรี)	นนทบุรี สิงห์บุรี อ่างทอง ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 7 (สระบุรี)	สระบุรี ปราจีนบุรี นครนายก ลพบุรี สระแก้ว
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 8 (ราชบุรี)	ราชบุรี กาญจนบุรี สมุทรสงคราม เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 9 (อุดรธานี)	อุดรธานี หนองคาย เลย นครพนม สกลนคร บึงกาฬ
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 10 (ขอนแก่น)	ขอนแก่น มหาสารคาม กาฬสินธุ์ หนองบัวลำภู ร้อยเอ็ด
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 11 (นครราชสีมา)	นครราชสีมา สุรินทร์ บุรีรัมย์ ชัยภูมิ
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 12 (อุบลราชธานี)	อุบลราชธานี อำนาจเจริญ ยโสธร มุกดาหาร ศรีสะเกษ
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 13 (ชลบุรี)	ชลบุรี ระยอง ตราด ฉะเชิงเทรา จันทบุรี สมุทรปราการ
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 14 (สุราษฎร์ธานี)	สุราษฎร์ธานี ชุมพร นครศรีธรรมราช พัทลุง
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 15 (ภูเก็ต)	ภูเก็ต กระบี่ ตรัง พังงา ระนอง
สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 16 (สงขลา)	สงขลา นราธิวาส ยะลา ปัตตานี สตูล

พบว่ามี การแบ่งขยะตามประเภทต่างๆ ในอัตราส่วนร้อยละดังตารางที่ 2.2 (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) และอัตราส่วนที่คัดแยกขยะมูลฝอยเฉพาะสำนักงานสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานครฯ ดังตารางที่ 2.3 โดยสามารถเรียงลำดับประเภทของขยะที่จำแนกได้ โดยมีขยะเศษอาหารมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาด้วยขยะพลาสติก และกระดาษตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนของขยะมูลฝอยโดยเฉลี่ยจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษ 16 แห่ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

ประเภทของขยะ	ร้อยละของขยะ
ขยะเศษอาหาร	35.28
ขยะจากสวน	9.50
ไม้	0.96
กระดาษ	7.27
พลาสติก	28.53
โลหะ	1.22
แก้ว	3.92
ยางและหนัง	3.22
เศษผ้า	3.61
ผ้าอ้อม	1.92
ขยะอิเล็กทรอนิกส์	0.26
ของเสียอันตรายจากชุมชน	1.22
อื่นๆ	3.19

ตารางที่ 2.3 อัตราส่วนของขยะมูลฝอยจากสำนักงานสิ่งแวดล้อม จังหวัดกรุงเทพมหานคร (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

ประเภทของขยะ	ร้อยละของขยะ
ขยะเศษอาหาร	46.46
ไม้และไปไม้	5.90
กระดาษที่สามารถรีไซเคิลได้	2.50
กระดาษที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้	9.64
พลาสติกที่สามารถรีไซเคิลได้	2.27
พลาสติกที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้	19.20
แก้ว	2.07
โลหะ	1.24
สิ่งทอ	5.61
ผ้าอ้อม	0.92
ยางและหนัง	1.07
โฟม	1.39
หินและเซรามิก	0.48
กระดุกและเปลือกหอย	1.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรมควบคุมมลพิษมีการแบ่งหลักการจัดการขยะมูลฝอยโดยเริ่มจากการคัดแยกขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิด การขนย้ายขยะมูลฝอยไปที่สถานที่จัดการขยะ และการจัดการขยะมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) โดยสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.2.1 การคัดแยกขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิด (Separation)

การจัดการขยะมูลฝอยที่ดีที่สุดนั้นคือการคัดแยกขยะมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด (Separation at source) ไม่ใช่การคัดแยก ณ สถานที่กำจัด (Separation at site) เนื่องจากการคัดแยก ณ แหล่งกำเนิดจะได้ขยะมูลฝอยที่สะอาดเหมาะแก่การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่มากขึ้นและมีราคาในการจำหน่ายที่สูงกว่าขยะมูลฝอยที่คัดแยกได้จากสถานที่กำจัด การคัดแยกประเภทขยะมูลฝอยสามารถดำเนินการได้หลายรูปแบบตามประเภทหรือชนิดของขยะมูลฝอย ลักษณะการใช้ประโยชน์ ความพร้อมของชุมชนและศักยภาพในการเก็บรวบรวมและการขนส่งโดยทั่วไปสามารถพิจารณาได้ ดังนี้

1) การคัดแยกขยะย่อยสลายได้และขยะทั่วไป (2 ประเภท) โดยขยะย่อยสลายได้ ประเภทเศษอาหารผลไม้ไปไม้ จะถูกแยกออกแล้วนำไปเก็บรวบรวมไว้ในภาชนะรองรับขยะย่อยสลายได้ ส่วนขยะทั่วไปและขยะรีไซเคิล (แก้ว กระดาษ พลาสติกและโลหะ) นำไปเก็บรวบรวมไว้ในภาชนะรองรับขยะทั่วไป

2) การคัดแยกขยะรีไซเคิล ขยะย่อยสลายได้และขยะทั่วไป (3 ประเภท) โดยขยะที่สามารถนำไปรีไซเคิล เช่น แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะจะถูกรวบรวมแยกจากขยะย่อยสลายได้และขยะทั่วไป

3) การคัดแยกขยะทุกประเภทโดยการคัดแยกขยะออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ขยะย่อยสลายได้ ขยะรีไซเคิล ขยะอันตรายและขยะทั่วไป

หลังจากมีการคัดแยกขยะมูลฝอยแต่ละประเภทดังที่ได้กล่าวไป จะต้องมีการขนย้าย (Transportation) โดยขยะแต่ละประเภทจะถูกลำเลียงไปยังสถานที่กำจัดหรือนำไปใช้ประโยชน์ตามประเภทที่ได้คัดแยกไว้

2.2.2 การจัดการขยะมูลฝอยและการใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอย

1) การหมักขยะมูลฝอยสำหรับทำปุ๋ย (Composting)

การหมักขยะมูลฝอยสำหรับทำปุ๋ยหมักสามารถดำเนินการโดยแยกขยะอันตรายขยะติดเชื้อออกไปกำจัดเป็นพิเศษเสียก่อน ส่วนขยะพวกสารอินทรีย์ย่อยสลายได้ง่ายจำพวกผักผลไม้ เมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้จะเกิดการเน่าเปื่อย สามารถนำขยะที่ผ่านการย่อยสลายนั้นมาใช้ปรับปรุงคุณภาพดินได้นำขยะไปทำเป็นปุ๋ยสำหรับ ใช้บำรุงดินเพื่อการเกษตร การย่อยสลายตามกระบวนการธรรมชาติ (Composting) เป็นการนำขยะประเภทอินทรีย์วัตถุไปรวมกันไว้แล้วปล่อยให้ขยะถูกย่อยสลายไปเองตามธรรมชาติหรือ โดยวิธีช่วยกระตุ้นให้ขยะถูกย่อยสลายเร็วขึ้นการกำจัดขยะโดยวิธีนี้ใช้กันทั่วไปในยุโรปและเอเชีย ในประเทศไทยเองโดยเฉพาะจังหวัดกรุงเทพมหานครก็ใช้วิธีนี้คือการนำขยะไปรวมกันไว้ในแหล่ง รวมขยะ เช่น รามอินทรา แขวงท่าแร้ง หนองแขมและซอยอ่อนนุช จนขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล่านั้นเปลี่ยนสภาพไป นอกจากนี้จังหวัดกรุงเทพมหานครยังใช้หลักการกำจัดขยะดังกล่าวโดยการนำขยะประเภทอินทรีย์วัตถุไปผลิตเป็นปุ๋ยจำหน่ายแก่ประชาชนทั่วไป

การกำจัดขยะโดยวิธีนี้จะมีปัญหาอยู่ที่การแยกขยะประเภทอินทรีย์วัตถุออกมาจากขยะประเภทอื่นๆ บริเวณที่รวมขยะอาจไม่อยู่ห่างไกลจากชุมชนและขยะที่นำมากรวมไว้ในปริมาณมากจะส่งกลิ่นเหม็นทำให้แหล่งน้ำในบริเวณใกล้เคียงเน่าเสียเกิดทัศนียภาพที่ไม่เหมาะสมและจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการกำจัดขยะเป็นบริเวณกว้าง ขยะประเภทอินทรีย์สารที่สามารถย่อยสลายได้ที่น่าไปรวมกันไว้จะอาศัยกระบวนการทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ให้กลายเป็นแร่ธาตุที่ค่อนข้างคงรูปที่เรียกว่า ปุ๋ย มีสีเทา หรือน้ำตาลเข้มเกือบดำ ไม่มีกลิ่น กาก ที่เหลือจากการย่อยสลายจะมีลักษณะคล้ายดินร่วนมีความร่วนซุยสูงมีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำได้ดี ดูดซึมน้ำได้ดีแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้ากับผิวดินได้ดีเท่ากับดินเหนียวจึงเหมาะที่จะนำปุ๋ยนี้ไปใช้ในการปรับสภาพดินรวมถึงดินที่มีความเป็นทรายสูง เมื่อนำปุ๋ยนี้ไปใส่จะทำให้อุ้มน้ำได้ดีขึ้น หรือใช้กับดิน เหนียวจะทำให้ดินร่วนซุยขึ้นและยังสามารถนำไปเป็นอาหารของพืชเพื่อบำรุงดินไม่ได้ดีมี สารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชคือ ไนโตรเจน (Nitrogen; N) ฟอสฟอรัส (Phosphorus; P) โปแตสเซียม (Potassium; K) ซึ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์ไม่ทำให้ดินเป็นกรดหรือต่างขยะที่เก็บมากองรวมกันไว้นั้นมักจะมีอินทรีย์วัตถุปนอยู่ไม่น้อยซึ่งขยะประเภทนี้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ในธรรมชาติจะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายอินทรีย์สารด้วยจุลินทรีย์ซึ่งมีอยู่ 2 กลุ่มใหญ่ คือ สิ่งมีชีวิตที่ต้องใช้ออกซิเจน (Aerobic organisms) ซึ่งมีความร้อนเกิดจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์อันเป็นความร้อนเกิดจากการสลายตัวของขยะสูงถึง 65 องศาเซลเซียสเมื่อทำการหมักในเวลานานก็จะทำให้เชื้อโรคและพยาธิถูกทำลายไปได้กับอีกกลุ่มคือ สิ่งมีชีวิตที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน (Anaerobic organisms) ก็มีความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาแม้จะไม่สูงมากนักแต่เชื้อจุลินทรีย์และพยาธิต่างๆ ก็สามารถกำจัดได้เช่นกัน แล้วพลังงานความร้อนยังนำไปใช้เป็นพลังงานได้ การหมักด้วยการใช้ออกซิเจน (Aerobic process) จะต้องปรับปรุงสภาวะของขยะให้เหมาะสมก่อนหมัก เช่น ขนาดของขยะไม่ควรมีขนาดใหญ่กว่า 5 เซนติเมตร มีความชื้นร้อยละ 40 – 65 ต้องพยายามคัดแยกวัตถุพวกที่ไม่ย่อยสลายออกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำการแยกขยะได้ ถึงที่ใช้สำหรับหมักจะต้องมีช่องให้อากาศผ่านได้โดยอาจจะต้องใช้เครื่องเป่าอากาศช่วยพร้อมทั้งจะต้องมีการกลับขยะให้สัมผัสอากาศอยู่เสมอ จึงจะย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วระยะเวลาที่ใช้หมักประมาณ 5 – 20 วัน แต่การหมักแบบไม่ต้องการอากาศสามารถหมักได้ในถังปิดหรือในหลุมดินความชื้นควรสูงเกินกว่าร้อยละ 70 ขึ้นไป ถ้าใช้ถังปิดจะต้องมีท่อระบายก๊าซออก ขยะจากปศุสัตว์และพวกมูลสัตว์จะได้พวกก๊าซชีวภาพ (Biogas) ซึ่งมีปริมาณมีเทน (1-Methane) ปะปนอยู่ร้อยละ 40 – 70 โดยปริมาตร ทำให้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มได้

ข้อดีของการทำการหมักขยะเพื่อทำปุ๋ย สามารถปุ๋ยหมักไปใช้ประโยชน์ในการทำเกษตร รวมถึงสามารถสร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกรได้อีกด้วย สามารถจัดตั้งโรงงานกำจัดในเขตชุมชนได้หากมีมาตรการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและป้องกันเหตุอื่นๆ ต่อบริเวณพื้นที่ข้างเคียงเพื่อประหยัดค่าขนส่ง และอีกทั้งหากประยุกต์ใช้กับการคัดแยกขยะก่อนนำไปทำปุ๋ยหมัก จะทำให้สามารถคัดเลือกขยะบางประเภทเพื่อนำไปรีไซเคิลต่อไปได้

ข้อเสียของการทำการหมักขยะเพื่อทำปุ๋ย หากดำเนินการไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการอาจเกิดปัญหากลิ่นเหม็นเนื่องจากการย่อยสลายไม่สมบูรณ์ได้ และอีกทั้งยังสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการแยกขยะมูลฝอยที่ย่อยสลายไม่ได้ เพื่อนำไป กำจัดโดยวิธีอื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การเผาในเตาเผา (Incineration)

การเผา (Incineration) หมายถึง การกำจัดขยะโดยการเผาด้วยเตาเผาขยะ (Incinerator) ไม่รวมถึงการกองแล้วเผากลางแจ้งทั้งนี้เพราะการเผากลางแจ้งจะมีอุณหภูมิไม่พอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ได้จึงมักจะทำให้เกิดปัญหาภาวะมลพิษในอากาศ (Air pollution) และก่อให้เกิดความรำคาญเนื่องจากกลิ่นควันและละอองเขม่า การเผาด้วยเตาเผาขยะควรมีความร้อนระหว่าง 676 – 1,100 องศาเซลเซียส ความร้อนตั้งแต่ 676 องศาเซลเซียส ขึ้นไปจะช่วยทำให้ก๊าซเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ถ้าความร้อนเกินกว่า 760 องศาเซลเซียสจะช่วยทำให้ไม่มีกลิ่นรบกวนการเผาไหม้จะสมบูรณ์มากที่สุดเมื่อมีอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ดังนั้นถ้ามีขยะสดหรือขยะเปียกปนอยู่มากขยะมีความชื้นสูงก็อาจจะต้องใช้เชื้อเพลิงช่วยในการเผาไหม้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของขยะกับปริมาณของขยะแห้งที่เผาไหม้ได้ปะปนอยู่ด้วยมากน้อยเพียงใดโดยปกติแล้วเตาเผาขยะที่ดีจะไม่ก่อให้เกิดสภาวะมลพิษในอากาศ

การเผาขยะด้วยเตาเผาขยะเหมาะสมมากที่สุดที่จะใช้ในการกำจัดขยะพิเศษบางชนิดเช่น ขยะที่มีการปนเปื้อนของเชื้อโรคและขยะที่มีส่วนที่เผาไหม้ได้ปนอยู่ด้วยมาก ข้อดีของการเผาขยะในเตาเผา คือ ใช้พื้นที่น้อยสามารถสร้างเตาเผาไว้ในชุมชนซึ่งจะช่วยลดค่าขนส่งขยะ อีกทั้งจากการเผาไหม้จะปราศจากอินทรีย์สารที่ย่อยสลายได้อีกต่อไป อนึ่งเตาเผาขยะสามารถใช้เผาขยะได้แทบทุกชนิดแม้บางชนิดไม่ไหม้ไฟก็อาจยุบตัวลงรวมถึงสภาพอากาศไม่เป็นปัญหาในการกำจัด สามารถปรับระยะเวลาในการทำงานได้ ข้อเสียของการใช้ เตาเผาขยะคือ เตาเผาขยะมีราคาแพง หากทำเลที่ตั้งเตาเผาลำบากเพราะประชาชนมักรังเกียจว่าอาจจะก่อให้เกิดความรำคาญและภาวะมลพิษในอากาศได้

การกำจัดขยะโดยใช้เตาเผาในต่างประเทศนิยมใช้มากเนื่องจากสามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยได้สูงถึงร้อยละ 75 – 95 ใช้พื้นที่น้อยสามารถนำพลังงานความร้อนที่ได้ใช้ประโยชน์หลายอย่าง เช่น เพื่อนำเอาไอน้ำไปให้ความร้อนแก่อาคารประเภทต่างๆ ตลอดจนนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ข้อดีของการเผาขยะด้วยเตาเผา ได้แก่ ใช้พื้นที่น้อย เมื่อเทียบกับวิธีการฝังกลบขยะมูลฝอย สามารถกำจัดขยะมูลฝอยได้เกือบทุกชนิดและซีเมนต์ที่เหลือจากการเผามีน้อยไม่มีปัญหาในการกำจัดขั้นต่อไป ในกรณีที่เตาเผาขนาดใหญ่ไม่จำเป็นต้องอาศัยเชื้อเพลิงประเภทอื่นร่วมด้วย สามารถก่อสร้างเตาเผาไว้ใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอยได้ ทำให้ประหยัดค่าขนส่งและยังสามารถนำพลังงานความร้อนมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น นำมาผลิตกระแสไฟฟ้า

ข้อเสียของการเผาขยะในเตาเผา ได้แก่ ค่าลงทุนในการก่อสร้างสูงมาก โดยเฉพาะเตาเผาที่มีขนาดใหญ่ ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมบำรุงรักษาค่อนข้างสูง รวมทั้งมีความร้อนสูงจึงทำให้เกิดการสึกหรอง่าย เตาเผาขนาดใหญ่ไม่เหมาะสมสำหรับการกำจัดขยะมูลฝอยที่มีปริมาณน้อยกว่า 1 ตันต่อวัน เตาเผาขนาดเล็กมักพบปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นและควันที่เกิดจากการเผาไหม้ และการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมลพิษจากการเผาขยะ ก็ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงเช่นกัน

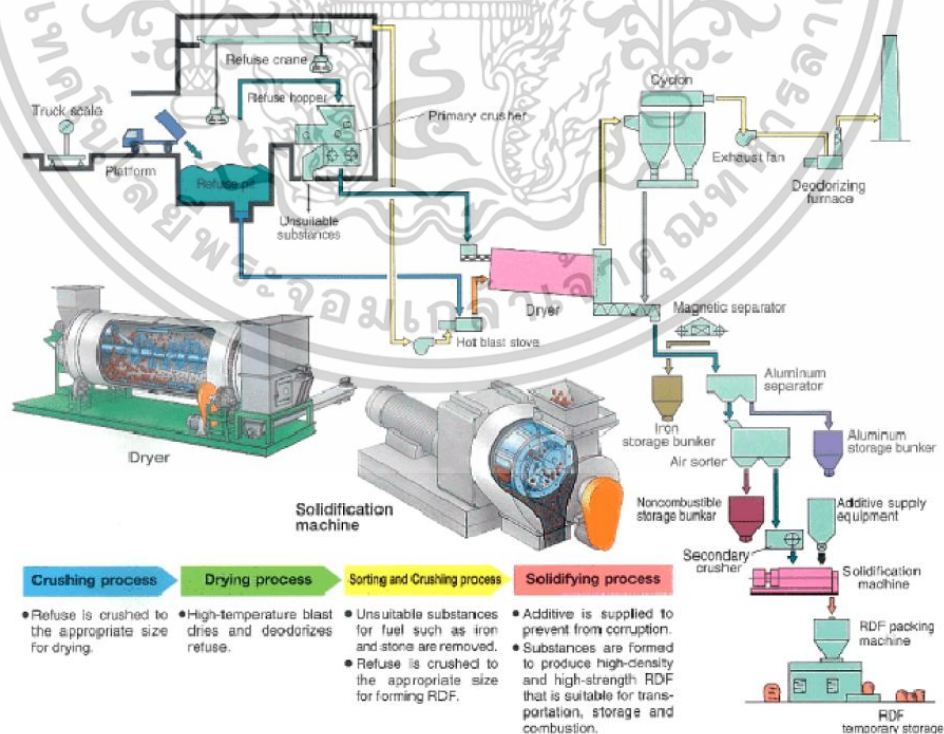
วิธีการเผาขยะที่นำมาเผาต้องผ่านการคัดแยกขยะก่อน กล่าวคือของที่สามารถติดไฟได้ซึ่งเศษวัสดุบางอย่างเมื่อถูกความร้อนก็ยังปล่อยก๊าซที่เป็นมลพิษออกมา เช่น โฟม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาสติกบางประเภท ขยะประเภทนี้ต้องแยกออกต่างหากในพื้นที่เขตเมืองใหญ่ หากหน่วยงานขนาดเล็กต้องแยกเองจะเกิดการเพิ่มขึ้นของต้นทุนลงไปในระบบการสูงมาก นอกจากนี้ขยะในเมืองไทยนั้นค่อนข้างมีความชื้นสูง การระบายขยะประเภทนี้อาจต้องใช้พลังงานช่วยซึ่งก็จะยิ่งสิ้นเปลืองขึ้นไปอีกมาก

3) การทำเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel; RDF)

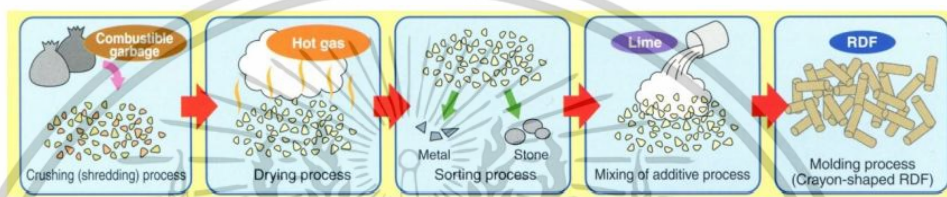
ประเทศไทยประสบกับปัญหาขยะสะสมมาหลายปีเห็นได้จากรายงานของกรมควบคุมมลพิษที่กล่าวถึงปัญหาขยะสถานการณ์ขยะมูลฝอยของประเทศปี พ.ศ. 2564 โดยมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 25 ล้านตัน และมีปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์เพียง 7.89 ล้านตันเท่านั้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2560) จะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีปริมาณขยะสะสมมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง และบางส่วนของขยะเหล่านี้ถูกกำจัดโดยวิธีการที่ไม่ถูกต้อง การส่งเสริมให้มีการจัดการขยะด้วยวิธี Waste to Energy หรือการเปลี่ยนขยะให้เป็นพลังงานจึงเป็นสิ่งสำคัญ

เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel; RDF) เป็นรูปแบบของการจัดการขยะเพื่อนำมาให้เป็นเชื้อเพลิงวิธีหนึ่ง โดยการปรับปรุงและแปลงสภาพของขยะมูลฝอยให้เป็นเชื้อเพลิงแข็งที่มีคุณสมบัติในด้านค่าความร้อน (Heating Value) ความชื้น ขนาด และความหนาแน่นเหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงป้อนหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าหรือความร้อน และมีองค์ประกอบทั้งทางเคมีและกายภาพสม่ำเสมอ ทั้งนี้ขั้นตอนและรูปแบบเพื่อเปลี่ยนสภาพจากขยะมาเป็นเชื้อเพลิงนั้นก็มีอยู่หลากหลายขึ้นอยู่กับสภาพของขยะและสภาพของเชื้อเพลิงขยะที่ต้องการ แต่ขั้นตอนโดยทั่วไปจะประกอบด้วย การคัดแยก การลดขนาด การลดความชื้น ดังรูปที่ 2.1 เป็นต้น ซึ่งในแต่ละขั้นตอนนั้นก็จะมีรายละเอียดของเทคโนโลยีแตกต่างกันออกไป



รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 หลักการทำงานของเทคโนโลยีผลิตเชื้อเพลิงขยะเริ่มจากการคัดแยกขยะที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ (โลหะ แก้ว เศษ หิน) ขยะอันตราย และขยะรีไซเคิลออกจากขยะรวม โดยคัดแยกมูลฝอยที่มีเหล็กและอลูมิเนียมเป็นส่วนประกอบออกจากมูลฝอย จากนั้นจึงป้อนขยะมูลฝอยไปเข้าเครื่องสับ-ย่อยเพื่อลดขนาด และป้อนเข้าเตาอบเพื่อลดความชื้นของมูลฝอย โดยการใช้ความร้อนจากไอน้ำหรือลมร้อนเพื่ออบขยะให้แห้งซึ่งจะทำให้น้ำหนักลดลงประมาณร้อยละ 50 (ความชื้นเหลือไม่เกินร้อยละ 15) และสุดท้ายจะส่งไปเข้าเครื่องอัดเม็ด (Pellet) เพื่อให้ได้เชื้อเพลิงขยะอัดเม็ดที่มีขนาดและความหนาแน่นเหมาะสมต่อการขนส่งไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในบางกรณีจะมีการเติมหินปูน (แคลเซียมคาร์บอเนต) เข้าไปกับมูลฝอยระหว่างการอัดเป็นเม็ดเพื่อควบคุมและลดปริมาณก๊าซพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ เชื้อเพลิงขยะสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ชนิดตามมาตรฐาน ASTM E-75 ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการจัดการที่ใช้ ดังตารางที่ 2.4



รูปที่ 2.2 กระบวนการเตรียมแท่งเชื้อเพลิง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)
 ตารางที่ 2.4 ลักษณะเชื้อเพลิง RDF แต่ละชนิดและประเภทของระบบการเผาไหม้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

ชนิด	กระบวนการจัดการ	ระบบการเผาไหม้
RDF : MSW	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ได้ออกมาด้วยมือ รวมทั้งขยะที่มีขนาดใหญ่	Stoker
RDF2 : Coarse RDF	บดหรือตัดขยะมูลฝอยอย่างหยาบๆ	Fluidized Bed Combustor, Multi fuel Combustor
RDF3 : Fluff RDF	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ ออก เช่น โลหะ แก้ว และอื่นๆ มีการบดหรือตัดจนทำให้ร้อยละ 95 ของขยะมูลฝอยที่คัดแยกแล้วมีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว	Stoker
RDF4 : Dust RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการทำให้อยู่ในรูปของผงฝุ่น	Fluidized Bed Combustor, Pulverized Fuel Combustor
RDF5 : Densified RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการอัดแท่ง โดยให้มีความหนาแน่นมากกว่า 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	Fluidized Bed Combustor, Multi fuel Combustor
RDF6 : RDF Slurry	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการให้อยู่ในรูปแบบของ Slurry	Fluidized Bed Combustor, Multi fuel Combustor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ลักษณะเชื้อเพลิง RDF แต่ละชนิดและประเภทของระบบการเผาไหม้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) (ต่อ)

ชนิด	กระบวนการการจัดการ	ระบบการเผาไหม้
RDF7 : RDF Syn-gas	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการ Gasification เพื่อผลิต Syn-gas ที่สามารถให้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซได้	Burner, Integrated Gasification-Combined Cycle (IGCC)

อย่างไรก็ตามการออกแบบขั้นตอนต่างๆ ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับสถานการณ์การจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น ถ้าขยะมูลฝอยได้มีการคัดแยกส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Resource recovery) เช่น โลหะและแก้วจากแหล่งกำเนิดได้ก่อนอยู่แล้ว ก็อาจไม่จำเป็นต้องมีขั้นตอนการคัดแยกโลหะหรือแก้วในกระบวนการก็ได้

ขยะที่จะนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ เป็นการนำขยะมูลฝอยในชุมชนที่ผ่านการคัดแยกส่วนที่นำไปกลับใช้ซ้ำได้ เช่น โลหะ อลูมิเนียม แก้ว และคัดแยกอินทรีย์สารที่มีความชื้นสูง เช่น เศษอาหาร เศษผัก-ผลไม้ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบป้อนเข้ากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพหรือผลิตสารปรับปรุงคุณภาพดินออกไปแล้ว ส่วนที่เหลือซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยกระดาษ เศษไม้ พลาสติก จะถูกนำไปลดขนาด และนำไปใช้ในระบบการเผาไหม้โดยตรง หรือนำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้งและการอัดแท่งเพื่อผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิง ทั้งนี้คุณลักษณะทั่วไปของเชื้อเพลิงขยะ ได้แก่ จะต้องเป็นปลอดเชื้อโรคจากการอบด้วยความร้อน ลดความเสี่ยงต่อการสัมผัสเชื้อโรค ไม่มีกลิ่น มีขนาดเหมาะสมต่อการป้อนเตาเผา-หม้อไอน้ำ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 15-30 มิลลิเมตร ความยาว 30-150 มิลลิเมตร) มีความหนาแน่นมากกว่าขยะมูลฝอยและชีวมวลทั่วไป (450-600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) เหมาะสมต่อการจัดเก็บ และขนส่ง มีค่าความร้อนสูงเทียบเท่ากับชีวมวล (ประมาณ 13-18 เมกะจูลต่อกิโลกรัม) และมีความชื้นต่ำ (ประมาณร้อยละ 5-10) และลดปัญหามลภาวะจากการเผาไหม้ เช่น ไนโตรเจนออกไซด์ ไดออกซินและฟูราน เป็นต้น

ในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป (European union) มีปริมาณของขยะเชื้อเพลิงประมาณ 3 ล้านตันต่อปี โดยมีประเทศที่ได้มีการศึกษาและพัฒนาการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงมาอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ออสเตรีย ฟินแลนด์ เยอรมนี อิตาลี เนเธอร์แลนด์ และสวีเดน นอกจากนี้ประเทศเบลเยียมและสหราชอาณาจักรกำลังอยู่ระหว่างการพัฒนา สำหรับในทวีปเอเชียประเทศญี่ปุ่นถือว่าเป็นประเทศที่มีการศึกษาและพัฒนาการแปรรูปขยะเชื้อเพลิงมากอีกประเทศหนึ่ง โดยมีโรงงานแปรรูปขยะเป็นขยะเชื้อเพลิงกระจายอยู่ทั่วประเทศ มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 2.5 ตันต่อวัน ไปจนถึง 390 ตันต่อวัน ซึ่งโดยเฉลี่ยทั่วไปแล้วโรงผลิตเชื้อเพลิงขยะจะมีกำลังการผลิตประมาณ 50 ตันต่อวัน

จากประเทศต่างๆ ที่มีการนำเทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิงขยะที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จะเห็นว่าขั้นตอนหรือวิธีการที่เรียกได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญ คือ กระบวนการคัดแยกซึ่งมีทั้งแยกโดยใช้แรงงานคน (Head sorting) และใช้เครื่องจักรกล (Sorting machine) ปัญหาสำคัญของกระบวนการคัดแยกซึ่งมีองค์ประกอบที่หลากหลายและแตกต่างกันอย่างมาก ทำให้กระบวนการคัดแยกสารนี้เป็นเอกสารที่สับสนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกไม่สามารถทำได้ในขั้นตอนเดียว แต่ต้องมีหลายขั้นตอนเพื่อคัดแยกขยะประเภทต่างๆ ออกมาในแต่ละขั้นรวมถึงมีการพัฒนากระบวนการคัดแยกขยะมีประสิทธิภาพสูง ได้ส่วนที่จะนำมาเป็นเชื้อเพลิงขยะได้มากขึ้นและมีคุณภาพดีขึ้น

ข้อดีของการผลิตเชื้อเพลิงขยะ ได้แก่ ให้ความร้อนสูงเมื่อเทียบกับการจัดการขยะที่รวบรวมได้ จัดว่าเป็นเทคโนโลยีสะอาด การจัดเก็บ การขนส่ง การจัดการต่างๆ สะดวกปลอดภัย และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ได้แก่งเชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้าและสามารถใช้ได้กับถ่านหินที่มีพลังงานความร้อนต่ำได้ สามารถใช้ร่วมกับเทคโนโลยีไพโรไลซิส และแก๊สซิฟิเคชันได้ ใช้พื้นที่ในการจัดการระบบน้อย โรงกำจัดมีขนาดเล็กสามารถสร้างกระจายไปตามจุดต่างๆ ตามแหล่งกำเนิดขยะได้ และแก่งเชื้อเพลิงที่ได้ไม่จำเป็นต้องผลิตเป็นพลังงานทันทีสามารถเก็บไว้ผลิตเมื่อใดก็ได้

ข้อเสียของการผลิตเชื้อเพลิงขยะ ได้แก่ จำเป็นต้องมีระบบการคัดแยกขยะมูลฝอยก่อนเข้าสู่ระบบทำให้ต้องใช้เงินลงทุนสูง มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งเชื้อเพลิงขยะไปยังระบบอื่นๆ เพราะต้องขนส่งโดยพาหนะเท่านั้น จัดเป็นเทคโนโลยีที่ยังไม่สิ้นสุดกล่าวคือ จะต้องมียระบบคอยรองรับเพื่อนำเชื้อเพลิงขยะที่ได้ไปเปลี่ยนเป็นพลังงานอีกทอดหนึ่ง ในปัจจุบันยังไม่มีตลาดการซื้อขายเชื้อเพลิงจากขยะ และยังมีผลกระทบต่อหม้อต้มไอน้ำและระบบท่อลำเลียงมากกว่าการใช้เชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ

4) การหมักมูลฝอยอินทรีย์ด้วยถังหมักไร้อากาศ (Anaerobic digestion) กระบวนการหมักมูลฝอยอินทรีย์ที่ผ่านการย่อยให้มีขนาดเล็กลงในขั้นตอนแรกจะถูกส่งมายังถังเตรียม (Feed preparation tank) เพื่อเพิ่มความชื้นตามที่กำหนดผสมผสานต่อส่วนผสมต่างๆ ปรับค่าความเป็นกรดต่างให้อยู่ในช่วงประมาณ 6-7 ให้ความร้อนกับส่วนผสมที่ได้เพื่อควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 35-40 องศาเซลเซียส และดำเนินการส่งไปหมักในถังปฏิกริยาชีวภาพ (Bioreactor) ซึ่งจะเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน พวกเมโซฟิล (Mesophiles) โดยป้อนเข้าสู่ส่วนบนของถังที่มีการควบคุมการไหลของส่วนผสมอย่างช้าๆ และต่อเนื่องลงสู่ก้นถัง และมีใบพัดสำหรับกวนสิ่งต่างๆ ให้เข้ากันเป็นอย่างดี เพื่อช่วยป้องกันปัญหาการเกิดฟองหรือก้อนวัสดุ บางอย่างลอยอยู่เหนือผิวของเหลวในถังระยะเวลาในการหมักประมาณ 20 วันหลังจากนั้นตะกอนที่ได้จากการย่อยสลายจะถูกส่งผ่านไปยังถังพัก (Buffer storage tank) เพื่อลดอุณหภูมิและผสมกับโพลีเมอร์ก่อนนำไปรีดน้ำโดยเครื่องรีดน้ำ (Mechanical dewatering) กากที่ได้จะถูกอบโดยใช้ไอร้อนจากเครื่องปั่นไฟ (Biogas engine) เพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคและปรับความชื้นให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

การใช้ประโยชน์จากผลผลิตกากตะกอนที่ได้จะมีลักษณะสมบัติขึ้นอยู่กับวัสดุที่หมัก โดยสามารถใช้เป็นสารปรับสภาพดิน (Soil conditioner) ที่ดีได้และเพื่อให้กากดังกล่าวมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับปุ๋ยอินทรีย์โดยทั่วไป ก็สามารถเพิ่มสารอาหารเพื่อปรับแต่งค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ตามความต้องการของตลาดและมีการบรรจุลงถุงเพื่อการจำหน่ายต่อไป ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการย่อยสลายจะถูกรวบรวมส่งไปยังถังกักเก็บเพื่อควบคุมปริมาณองค์ประกอบของก๊าซตลอดจนความดันต่างๆ ก่อนที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Biogas engine) ไฟฟ้าที่ได้ประมาณร้อยละ 10 จะถูกใช้ในโรงงาน ส่วนที่เหลือจะจ่ายเข้าสู่การไฟฟ้าเพื่อนำรายได้มาเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) เป็นกระบวนการทางชีวภาพที่ย่อยสลายอาหารภายใต้การควบคุมสภาวะที่เหมาะสม โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ตามธรรมชาติจนกลายเป็นกากที่มีคุณภาพเช่นเดียว กับปุ๋ยหมัก และเกิดผลพลอยได้เป็นก๊าซชีวภาพซึ่งก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีส่วนผสมของก๊าซมีเทนร้อยละ 60 สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากก๊าซมีเทนที่เกิดจากการฝังกลบมูลฝอย ลดการปลดปล่อยสู่บรรยากาศ และลดการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

5) การคัดแยกขยะมูลฝอยเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle)

วัสดุหลายอย่างในขยะมูลฝอยที่อาจนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น กระดาษ แก้ว ขวด พลาสติก เหล็กและโลหะอื่นๆ การคัดเลือกว่าวัสดุต่างๆ ที่รวมอยู่ในขยะมูลฝอยเพื่อนำกลับไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้อีก นับได้ว่ามีการปฏิบัติกันมาช้านานจะเห็นได้ว่าตามกองขยะมูลฝอยทุกแห่ง มีบุคคลกลุ่มหนึ่งไปคอยคุ้ยเขี่ยเก็บวัสดุจากกองขยะมูลฝอยตลอดเวลาเพื่อหารายได้โดยจะนำของเสียดังกล่าวไปขายต่อๆ ไปจนถึงโรงงานเพื่อผลิตเป็นสินค้าใหม่ได้

6) การนำขยะมูลฝอยไปเป็นอาหารสัตว์

ขยะมูลฝอยสดมีคุณค่าทางอาหารสัตว์จากผลการศึกษาพบว่ามูลฝอยสดประเภทอาหารจำนวน 2.5 – 3 กิโลกรัม มีคุณค่าเทียบเท่าข้าวบาร์เลย์คุณภาพดีจำนวน 1 กิโลกรัมสามารถนำไปเลี้ยงสัตว์ได้ และยังผลิตเป็นโปรตีนโดยเทคโนโลยีใหม่ เรียกว่า ไบโอะเวสเทค (Biowastech) หมายถึง การแปรรูปขยะโดยชีววิธี สามารถเปลี่ยนขยะหรือกากของเสียทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และจากบ้านเรือนให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ ทั้งนี้การนำกากของเสียไปเป็นอาหารสัตว์ จะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของเสีย บดอัดและฆ่าเชื้อโรคในกากของเสียก่อนเพื่อมิให้เป็นอันตรายต่อสัตว์ และให้ได้ประโยชน์จากอาหารในกากของเสียอย่างมีประสิทธิภาพ

7) การกำจัดขยะมูลฝอยขั้นสุดท้าย (Final disposal)

ในระบบการจัดการขยะมูลฝอยอย่างครบวงจร (Integrated solid waste management) ซึ่งประกอบด้วย การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) การลดปริมาณขยะมูลฝอย (Source reduction) การทำปุ๋ย (Composting) การเผาโดยเตาเผา (Combustion) และการฝังกลบมูลฝอย (Landfilling) จากระบบดังกล่าวถือว่าการฝังกลบมูลฝอยเป็นวิธีการหลักในการจัดการมูลฝอยและเป็นระบบกำจัดขยะในขั้นตอนสุดท้ายของการจัดการขยะ จะแบ่งออกเป็น 2 วิธี

วิธีการฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill) คือการนำขยะมูลฝอยไปจัดการโดยการฝังกลบหรือถมในพื้นที่หนึ่ง ซึ่งจะต้องไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อประชาชนที่อยู่อาศัยในพื้นที่โดยรอบ การฝังกลบประเภทนี้จำเป็นต้องอาศัยการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์แบบไร้อากาศ ซึ่งจะก่อให้เกิดแก๊สมีเทนและกรดอินทรีย์ในรูปแบบต่างๆ การจัดการขยะมูลฝอยประเภทนี้สามารถดำเนินการได้ไม่ยุ่งยาก และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการไม่สูงมากนัก อีกทั้งยังสามารถนำพื้นที่ที่ใช้ฝังกลบไปแล้วไปดำเนินการต่อได้ในเชิงการทำประโยชน์ต่อสาธารณะ เช่น ทำสนามกีฬา สวนสาธารณะ หรือแม้กระทั่งสามารถทำเป็นบ้านพักอาศัยก็ได้ โดยสามารถแบ่งตามลักษณะภูมิประเทศของการฝังกลบตามหลักสุขาภิบาลได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การฝังกลบแบบพื้นราบ (Area method) เป็นการฝังกลบที่เป็นการทิ้งขยะมูลฝอยไว้ตามระดับดินเดิมโดยมีการปั้นคันดิน (Embankment) ล้อมโดยรอบพื้นที่ฝังกลบเพื่อป้องกันน้ำจากการชะล้างขยะรั่วไหลไปสู่พื้นที่ภายนอก

2. การฝังกลบแบบขุดร่อง (Trench method) เป็นวิธีการฝังกลบที่มีการขุดดินเป็นร่องลงไปจากระดับดินเดิมจนถึงระดับที่กำหนด แล้วจึงนำขยะมูลฝอยทิ้งลงไปแล้วบดอัดเป็นชั้นๆ หลังจากขยะมูลฝอยเต็มถึงระดับที่กำหนดแล้วจึงจะถมกลับด้วยดินเพื่อป้องกันการรั่วไหลของน้ำไปยังที่สาธารณะ

3. การฝังกลบแบบหุบเขา (Canyon method) เป็นวิธีการฝังกลบบนพื้นที่หุบเขาที่มีลักษณะเป็นแอ่งขนาดใหญ่ไม่ว่าจะเป็นแอ่งที่เกิดจากธรรมชาติ หรือแอ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นก็ได้

วิธีการฝังกลบอย่างปลอดภัย (Secure landfill) คือการจัดการขยะของเสียจากอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตรายและของเสียที่ผ่านการบำบัดความเป็นพิษ หรือการทำลายฤทธิ์โดยการปรับเสถียรและทำให้เป็นของแข็งแล้ว โดยการฝังกลบประเภทนี้จะสามารถป้องกันมิให้น้ำและกากของเสียที่อยู่ในหลุมสามารถซึมออกไปสู่ภายนอกได้ โดยพื้นที่ฝังกลบอย่างปลอดภัยนี้จะถูกบดอัดด้วยดินเหนียวและปูพื้นด้วยวัสดุกันซึมประเภทต่างๆ ถึง 8 ชั้นก่อนการนำขยะของเสียไปฝังกลบ หลังจากนั้นก็กลบด้วยดินอัดแน่นตามด้วยแผ่นยางหรือแผ่นสังเคราะห์แล้วปลูกพืชเพื่อคลุมดินข้างบนอีกหนึ่งชั้น อีกทั้งที่หลุมฝังกลบจะต้องมีการติดตั้งท่อสำหรับระบายอากาศจากหลุมฝังกลบสู่ภายนอกพร้อมติดตั้งบ่อส่งเหตุการณ์การรั่วไหลของมลพิษอย่างน้อยสองด้านของหลุมฝังกลบ (กรมควบคุมมลพิษ, 2552)

การปรับเสถียรกากของเสีย (stabilization and solidification) หมายถึงการเปลี่ยนสภาพกากของเสียอันตรายให้มีความเป็นอันตรายหรือเป็นพิษน้อยลงด้วยวิธีปรับสภาพความเป็นกรดต่างให้มีค่าเป็นกลางและทำให้เป็นของแข็งโดยผสมกับปูนซีเมนต์ เพื่อห่อหุ้มกากของเสียป้องกันการชะล้างและให้กากของเสียอยู่ในสภาพคงตัว ก่อนนำไปฝังกลบอย่างปลอดภัยต่อไป กากของเสียต่างชนิดกันจะมีวิธีการที่เหมาะสมในการปรับเสถียรต่างกัน ดังนั้น ก่อนการปรับเสถียรของเสียชนิดใดๆ เช่น กากตะกอนปรอท นำมาปรับเสถียรด้วยโซเดียมซิลไฟด์แล้วผสมเข้ากับปูนซีเมนต์ ทำให้กลายเป็นของแข็ง เป็นต้น

จากการจัดการขยะที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปข้อดีและข้อเสียของกระบวนการจัดการขยะมูลฝอยในด้านต่างๆ ได้ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบระหว่างวิธีการจัดการขยะมูลฝอย (กรมควบคุมมลพิษ, 2536)

ข้อพิจารณา	การเผา	การหมักปุ๋ย	การฝังกลบ
1. ด้านเทคนิค 1.1 ความยากง่ายในการดำเนินการและซ่อมบำรุง	ข้อดี - ใช้เทคโนโลยีค่อนข้างสูงการเดินเครื่องยุ่งยาก ข้อเสีย - เจ้าหน้าที่ควบคุมต้องมีความชำนาญสูง	ข้อดี - ใช้เทคโนโลยีสูงพอควร ข้อเสีย - เจ้าหน้าที่ควบคุมต้องมีระดับความรู้สูงพอควร	ข้อดี - ใช้เทคโนโลยีไม่สูงนัก ข้อเสีย - เจ้าหน้าที่ควบคุมต้องมีระดับความรู้ธรรมดา
1.2 ประสิทธิภาพการกำจัด - ปริมาณมูลฝอยที่กำจัดได้ - ความสามารถในการฆ่าเชื้อโรค	ข้อดี - ลดปริมาณได้ร้อยละ 60 - 65 ที่เหลือต้องนำไปฝังกลบ - กำจัดได้ทั้งหมด	ข้อดี - ลดปริมาณได้ร้อยละ 30 - 35 ที่เหลือต้องนำไปฝังกลบหรือเผา - กำจัดได้ประมาณร้อยละ 70	ข้อดี - สามารถกำจัดได้ทั้งหมด - กำจัดได้เล็กน้อย
1.3 ความยืดหยุ่นของระบบ	ข้อเสีย - ต่ำ และหากเกิดปัญหาเครื่องจักรกลชำรุดไม่สามารถปฏิบัติการได้	ข้อเสีย - ต่ำ และหากเกิดปัญหาเครื่องจักรกลชำรุดไม่สามารถปฏิบัติการได้	ข้อดี - สูง แม้เครื่องจักรกลจะชำรุดยังสามารถกำจัดได้
1.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม - น้ำผิวดิน - น้ำใต้ดิน - อากาศ - กลิ่น แมลง พาหะนำโรค	- ไม่มี - ไม่มี - มี - ไม่มี	- อาจมีได้ - อาจมีได้ - ไม่มี - อาจมีได้	- เป็นไปได้สูง - เป็นไปได้สูง - อาจมีได้ - มี
1.5 ลักษณะสมบัติของมูลฝอย	ข้อเสีย - ต้องเป็นสารที่เผาไหม้ได้มีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 4,500 กิโลจูลต่อกิโลกรัมและความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 40	ข้อเสีย - ต้องเป็นสารที่ย่อยสลายได้ มีความชื้นร้อยละ 50 - 70	ข้อดี - ขยะมูลฝอยได้เกือบทุกประเภท ยกเว้นขยะมูลฝอยติดเชื้อหรือสารพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบระหว่างวิธีการจัดการขยะมูลฝอย (กรมควบคุมมลพิษ, 2536) (ต่อ)

ข้อพิจารณา	การเผา	การหมักปุ๋ย	ฝังกลบ
1.6 ขนาดที่ดิน	ข้อดี - ใช้เนื้อที่น้อย	ข้อดี - ใช้เนื้อที่ปานกลาง	ข้อเสีย ใช้เนื้อที่มาก
2. ด้านเศรษฐกิจ 2.1 เงินลงทุนในการก่อสร้าง 2.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและซ่อมบำรุง	ข้อเสีย - สูงมาก ข้อเสีย - สูง	ข้อเสีย - ค่อนข้างสูง ข้อเสีย - ค่อนข้างสูง	ข้อดี - ค่อนข้างต่ำ ข้อเสีย ค่อนข้างต่ำ
2.3 ผลพลอยได้จากการกำจัด	ข้อดี - ได้พลังงานความร้อนจากการเผา	ข้อดี - ปุ๋ยอินทรีย์จากการหมักและพวกโลหะที่แยกก่อนหมัก	ข้อดี - ได้ก๊าซมีเทนเป็นเชื้อเพลิง - ปรับพื้นที่เป็นสวนสาธารณะ

2.3 ขยะเศษอาหาร (Food waste)

ขยะเศษอาหารเป็นขยะที่ประกอบไปด้วยผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ เศษกระดูก เปลือกผลไม้ รวมถึงอาหารสำเร็จรูป เช่น อาหารกระป๋อง หรือขนมปังสำเร็จรูป เป็นต้น โดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations; FAO) ได้กล่าวถึงการเกิดขยะเศษอาหารจาก 3 แห่ง (เมธิตา, 2564) ดังนี้

1) การสูญเสียอาหาร (food losses) คือ การเกิดขยะอาหารจากการเก็บเกี่ยว (harvesting) การผลิตและการบรรจุหีบห่อ (producing) การกระจายและขนส่งสินค้าอาหาร (distributing) รวมถึง ขยะอาหารที่เกิดจากอาหารส่วนเกินจากกระบวนการจำหน่ายอาหาร (retailing)

2) ขยะอาหาร (food waste) คือ ขยะอาหารที่เกิดจากการบริโภค (consumption) หรือ ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผู้บริโภคทิ้งให้หมดอายุและไม่สามารถบริโภคต่อได้

3) อาหารส่วนเกิน (food surplus) คือ อาหารที่เกินจากความต้องการของร้านค้า ผู้บริโภค หรือครัวเรือนที่มีการกักตุนสินค้าอาหารเกินความพอดี แต่อาหารเหล่านั้นยังสามารถบริโภคต่อได้

2.3.1 สถานการณ์ขยะเศษอาหาร

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme : UNEP) (2564) รายงานเกี่ยวกับสถานะปัจจุบันของขยะอาหารทั่วโลก (Food waste index report 2021) หรือ รายงานดัชนีขยะอาหารพบว่ามนุษย์ผลิตขยะอาหารปริมาณ 931 ล้านตัน ในปี ค.ศ. 2019 หรือคิดเป็นร้อยละ 17 ของอาหารทั้งหมดที่ผลิตมาให้กับผู้บริโภค โดยปริมาณขยะโดยประมาณสามารถเพียงพอให้รถบรรทุกขนาด 40 ตัน จำนวน 23 ล้านคัน สามารถจอดต่อกันรอบโลกได้ 7 รอบ ปริมาณขยะอาหารส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจอย่างมาก ทำให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจประมาณ 940 พันล้านดอลลาร์ต่อปี และตามรายงานยังชี้ให้เห็นว่าการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลกร้อยละ 8-10 เกี่ยวข้องกับอาหารที่ผลิตแล้วแต่ไม่ได้ถูกบริโภค ปริมาณขยะอาหารส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจอย่างมาก ทำให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจประมาณ 940 พันล้านดอลลาร์ต่อปี และตามรายงานยังชี้ให้เห็นว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลกร้อยละ 8 ถึง 10 เกี่ยวข้องกับอาหารที่ผลิตแล้วแต่ไม่ได้ถูกบริโภค

สำหรับประเทศไทยปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2562 ประมาณ 28.71 ล้านตัน มีการกำจัดขยะมูลฝอยอย่างไม่ถูกต้อง 6.38 ล้านตัน และสามารถคำนวณปริมาณขยะอาหาร โดยประมาณจากข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนได้โดยได้ศึกษาข้อมูลองค์ประกอบขยะมูลฝอย สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 4 แห่ง พบว่ามีสัดส่วนขยะอาหารอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 33 ถึงร้อยละ 50 หรือประมาณ 9.47 ล้าน ตัน ถึง 14.35 ล้านตัน (กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย, 2562)

ปัญหาจากการจัดการขยะเศษอาหารจากทั่วโลก ด้วยวิธีการฝังกลบ (Landfill) ส่งผลให้เกิดแก๊สเรือนกระจก (Green house gas) สูงถึง 3.6 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂e)

2.4 การวิเคราะห์การไหลของวัสดุ

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ให้ความหมายของการวิเคราะห์การไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis; MFA) เป็นวิธีการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เพื่ออธิบายการไหลของวัสดุและพลังงานโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ระบบ ปัจจุบันเป็นเครื่องมือที่แพร่หลายไม่ว่าจะเป็นเพื่อการควบคุมกระบวนการ (Process control) การบำบัดน้ำเสียและของเสีย (Waste and wastewater treatment) การจัดการสารอาหารในภาคเกษตรกรรม (Agricultural nutrient management) การจัดการคุณภาพของน้ำ (Water quality management) การฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากร (Resource conservation and recovery) การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product design) การประเมินวัฏจักรของชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) และอื่นๆโดยส่วนใหญ่การไหลของวัสดุได้ถูกนำมาใช้งานทางด้านวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานทางด้านนิเวศวิทยาอุตสาหกรรม (Industrial ecology) (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552)

เป้าหมายหลักของการวิเคราะห์การไหลของวัสดุ คือ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและกำหนดยุทธศาสตร์ที่เหมาะสมในการต่อสู้กับปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างๆของโลก เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพและการเปลี่ยนแปลงเป็นทะเลทราย เป็นต้น หลักพื้นฐานของการไหลของวัสดุเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นหลักการที่อาศัยกฎพื้นฐานของเทอร์โมไดนามิกกล่าวคือปริมาณวัสดุหรือวัตถุดิบที่เข้าระบบ (Input) จะเท่ากับปริมาณสุทธิของวัสดุที่สะสมในระบบ (Sink) รวมกับปริมาณวัสดุที่ออกจากระบบ (Output) ดังรูปที่ 2.3

การไหลของวัสดุสำหรับการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมนั้นเป็นวิธีการประเมินอย่างเป็นระบบของการไหลและสะสมของวัสดุโดยกำหนดระบบด้วยหลักสำคัญ 2 ประการ คือ พื้นที่และเวลา ในส่วนพื้นที่ของการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมสามารถที่จะควบคุมตั้งแต่พื้นที่ที่มีขนาดเล็กจนไปถึงพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ เช่น พื้นที่ขอบเขตบริษัทหรืออาคารสถานที่หนึ่งๆ พื้นที่เขตนครอุตสาหกรรม พื้นที่ลุ่มแม่น้ำ พื้นที่ชุมชน พื้นที่จังหวัดจนถึงพื้นที่ประเทศ (สถาบันยุทธศาสตร์สิ่งแวดล้อมโลก, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

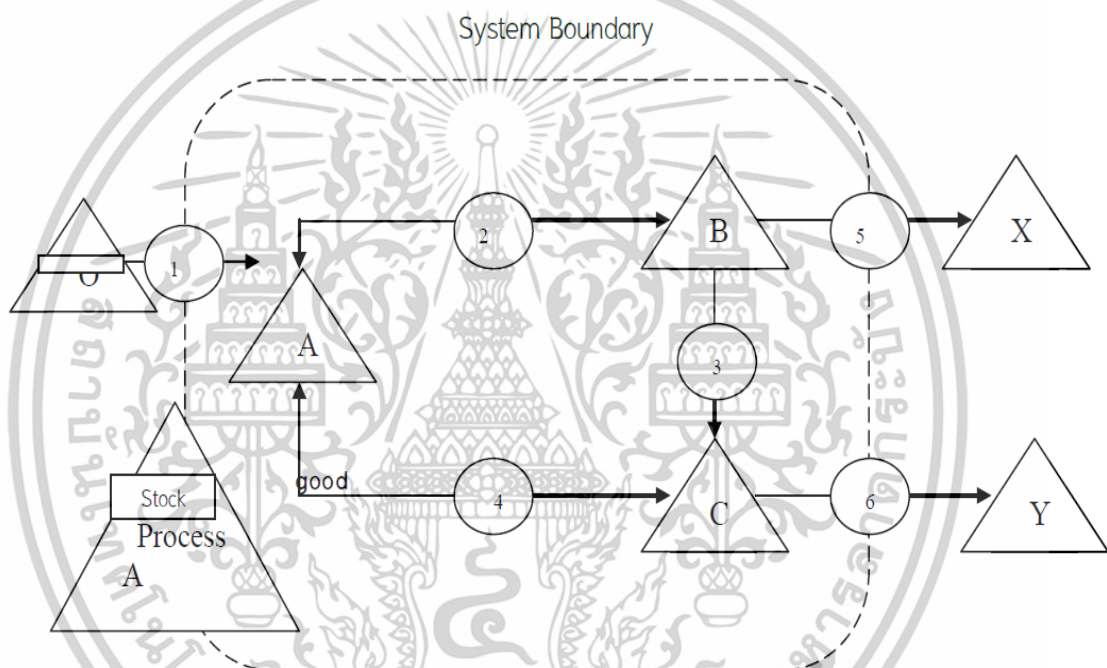
สิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์การไหลของสาร คือ

- ปริมาณสารขาเข้าของแต่ละกระบวนการย่อย (หน่วย) และระบบรวมทั้งหมด
- ปริมาณสารขาออกของแต่ละกระบวนการย่อย (หน่วย) และระบบรวมทั้งหมด
- ปริมาณสารสะสม (สต็อก) ในแต่ละกระบวนการย่อย (หน่วย) และระบบรวมทั้งหมด

หลักในการวิเคราะห์ จะใช้หลักการทำสมดุลมวลสาร (Mass Balance) ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานของกฎการอนุรักษ์มวลว่า มวลสารไม่สูญหายหรือถูกทำลายไป ถ้าพิจารณาระบบที่มีมวลสารไหลผ่านเข้าออก สมการทั่วไปของสมดุลมวลสาร ในแต่ละกระบวนการย่อย (หน่วย) และระบบรวมคือ

$$\text{สารที่สะสมในระบบ} = \text{สารที่เข้าสู่ระบบ} - \text{สารที่ออกจากระบบ}$$

ในการศึกษาวิเคราะห์เบื้องต้นเราจะสมมติว่า ระบบอยู่ในสภาวะคงที่ (Steady state) หมายถึง สารที่เข้าและออกคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา



รูปที่ 2.3 ผังการไหลอย่างง่ายแสดงการไหลของสสาร (Baccini and Bader, 1996)

2.4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผังการไหลของผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์การไหลของผลิตภัณฑ์อาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การวิเคราะห์ระบบ และการเก็บข้อมูลซึ่งสามารถแยกเป็นขั้นตอนย่อย ได้ดังนี้ (Brunner and Rechberger, 2004)

- 1) เลือกขอบเขตของระบบ (System boundary) สารหรือวัสดุ (Substance, Material) และระยะเวลาที่สนใจจะศึกษาเก็บข้อมูลที่สนใจ
- 2) ระบุผลิตภัณฑ์สินค้า กระบวนการผลิต ขนส่ง แปรรูป ที่เกี่ยวข้องกับสารที่สนใจ
- 3) เขียนแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการย่อย และการไหลของสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เก็บข้อมูล เช่น ปริมาณผลิตภัณฑ์สินค้า (การผลิต ขนส่ง อุปโภคบริโภค) ปริมาณสินค้าที่หมดสภาพกลายเป็นขยะเพื่อทิ้ง กำจัดหรือนำกลับมาใช้ใหม่ปริมาณสารเคมีที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์นั้นๆรวมถึงปริมาณมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม

5) คำนวณปริมาณการไหลของสาร ใช้หลักสมดุลมวลสารที่กล่าวแล้วข้างต้น

6) เขียนแผนภูมิเชิงปริมาณสรุปผลการวิเคราะห์ แสดงการไหลของสารทั้งระบบ ด้วยหลักการและวิธีวิเคราะห์การไหลของสารเบื้องต้นจะทำให้ได้ข้อมูลสนับสนุน นโยบายการบริหารจัดการสารเคมีทำให้เข้าใจถึงสาเหตุของปัญหาในภาพรวมทั้งระบบก่อนการตัดสินใจดำเนินการใดๆ

2.4.2 การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การไหลของวัสดุในงานด้านสิ่งแวดล้อม

เทคนิคการวิเคราะห์การไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis; MFA) เป็นวิธีที่สำคัญวิธีหนึ่งและเป็นที่ยอมรับในระดับสากลที่ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมอย่างบูรณาการในการวางแผนการจัดการนโยบายมาตรการลดจนการติดตามตรวจสอบและสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายและกำหนดมาตรการที่เหมาะสมทั้งในเชิงพื้นที่และรายสาขาตลอดจนใช้ในการประเมินความสามารถในการรองรับของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมต่อการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ เช่น ใช้ในการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมชุมชน การวิเคราะห์ปริมาณทางนิเวศวิทยา (Ecological Footprint Analysis) การวิเคราะห์การไหลของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม ในระดับเทศบาลเมืองยอร์กประเทศอังกฤษใช้ในการจัดการคุณภาพน้ำชุมชนและควบคุมการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพทั้งด้านพลังงานและทรัพยากรธรรมชาติ ดังตัวอย่างผังการไหลของการจัดการขยะของเสียภายในโรงอาหารของมหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ ดังแสดงในรูป 2.4



รูปที่ 2.4 ผังการไหลของการจัดการขยะของเสียภายในโรงอาหารของมหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ (Palaporn et al, 2021)

2.4.3 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของข้อมูล (Coefficients of variation; CV)

ในการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ มักจะพบว่ามีคลาดเคลื่อนของการดำเนินงานอันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองหรือการปฏิบัติงาน เพื่อที่จะแสดงข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ลักษณะในการดำเนินงานต่างๆ ที่ไม่ได้ถูกระบุเป็นค่าทางคณิตศาสตร์จะต้องถูกนำมาคำนวณเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ ไม่ว่าจะเป็น ความสัมพันธ์ในการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อคุณได้เห็นหน้าเว็บไซต์นี้ในครั้งต่อไปไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล ชนิดของข้อมูล การประมาณค่าของข้อมูล ความสัมพันธ์ระหว่างสถานที่และเวลาในการเก็บข้อมูล เพื่อที่จะนำข้อมูลเหล่านี้ไปดำเนินการวิเคราะห์หึ่งการไหลจึงต้องคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของข้อมูล (Laner et al. 2015) โดยการใช้สมการเชิงเส้น

$$CV = k * (\text{score}-1) + d$$

โดย CV คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของข้อมูล
K คือ พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความอ่อนไหวของข้อมูล
Score คือ คะแนนของข้อมูล

2.5 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA)

ปัจจุบันนี้ทั่วโลกได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมและผลกระทบที่เกิดขึ้น จึงได้หยิบยกมาเป็นเงื่อนไขทางการค้าโดยการสร้างมาตรการและระเบียบข้อบังคับทางด้านสิ่งแวดล้อมมาใช้ทำให้เกิดแรงกดดันต่อรัฐบาลและอุตสาหกรรมต่างๆ ได้รับผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมจากมาตรการดังกล่าว ดังนั้นการปรับตัวเพื่อให้อุตสาหกรรมต่างๆ อยู่รอดได้จึงมีความจำเป็นและสำคัญมาก ต้องอาศัยแนวทางการออกแบบและการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) จึงถือเป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของมนุษย์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันจะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจในการพัฒนาคุณภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนต่อไป

การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และการประเมินค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ภายใต้ नियามขององค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (International Organization for Standardization; ISO) ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ที่ระบุว่าการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้าและสารขาออก ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การจำหน่ายการนำไปใช้งาน และการทำลายหรือทิ้งไป รวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตหรืออาจกล่าวได้ว่ามีการพิจารณาผลกระทบของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนกระทั่งตาย (Cradle to Grave) การประเมินวัฏจักรชีวิตถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 โดยองค์กรของรัฐบาลและภาคอุตสาหกรรมในประเทศชั้นนำทั่วโลกได้นำหลักการการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นี้ไปใช้เพื่อให้รู้ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นระหว่างกิจกรรมและหาแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดอย่างเป็นรูปธรรม

2.5.1 หลักการและการประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต

ผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมนั้นมีความสัมพันธ์กัน ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตถูกนำมาใช้ทั่วโลกโดยรัฐบาลและองค์กรอุตสาหกรรมเพื่อให้ได้รู้ถึงความ เป็นมาของผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละกระบวนการที่เกี่ยวข้อง ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ซึ่งหลักการของการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นการวิเคราะห์ตั้งแต่แหล่งกำเนิดของทรัพยากรธรรมชาติที่นำมาใช้ไปจนกระทั่งการกำจัดซากหลังหมดอายุการใช้งาน โดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาถึงผลการศึกษาทั้งผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมในทุกประเด็นที่เกิดขึ้น การรวบรวมและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์บริการการใช้งานหรือกระบวนการที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงพัฒนา วิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น ตลอดจนก่อให้เกิดการจัดการขึ้นอย่างเป็นระบบ

2.5.2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต ของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการใดๆ ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040-14043 สามารถแบ่งกระบวนการทำการประเมินวัฏจักรชีวิตออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ได้แก่

1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and scope definition) ขั้นตอนนี้เป็นการระบุวัตถุประสงค์ของการศึกษาและลักษณะการนำผลของการศึกษาไปใช้งานรวมถึงขอบเขตในการศึกษา โดยผลลัพธ์ที่ได้มาน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา โดยจะต้องระบุรายการข้อมูลเพื่อให้ได้ดังเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา ดังนี้

1.1) หน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (Product function) คือ การระบุหน้าที่และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการศึกษาอย่างชัดเจน เนื่องจากผลิตภัณฑ์สามารถมีหน้าที่ได้หลายแบบ การระบุหน้าที่ของผลิตภัณฑ์จะต้องสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตที่ทำการศึกษา

1.2) หน่วยการทำงาน (Functional unit) คือ การกำหนดเพื่อให้ข้อมูลมีหน่วยทำงานเดียวกัน ซึ่งจำเป็นสำหรับการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการต่างๆ

1.3) ข้อกำหนดคุณภาพข้อมูล ต้องทำการระบุครอบคลุมตัวแปรที่สำคัญ เช่น ช่วงเวลาของข้อมูล ที่มาข้อมูล เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล หากข้อมูลใดต้องใช้สมมติฐานประกอบการวิเคราะห์ จะต้องอธิบายสมมติฐานทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษา เพื่อให้ทราบถึงที่มาของข้อมูลและผลการวิเคราะห์

1.4) ขอบเขตของระบบ (System boundary) เพื่อให้สามารถระบุได้ถึงขอบเขตการศึกษาได้อย่างชัดเจน การระบุขอบเขตของระบบจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ขอบเขตของระบบ ได้แก่

- Gate to Gate เป็นการประเมินผลกระทบเฉพาะกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งจากทั้งระบบ

- Gate to Grave เป็นการประเมินที่เริ่มจากกระบวนการผลิตไปถึงกระบวนการสำเร็จจนได้ผลิตภัณฑ์ รวมถึงการขนส่ง การกระจายผลิตภัณฑ์ และขั้นตอนการกำจัดสุดท้าย

- Cradle to Gate เป็นการประเมินผลกระทบตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งมายังแหล่งผลิต และการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยที่ไม่ได้รวมถึงช่วงการใช้งานหรือการทำลายซาก นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบในช่วงการใช้งานได้ เช่น ไฟฟ้า น้ำและเชื้อเพลิง หรือ เป็นการผลิตเพื่อเป็นวัตถุดิบให้กับผลิตภัณฑ์อื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การนำเอกสารไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Cradle to Grave เป็นการประเมินผลกระทบตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงขั้นตอนการกำจัดสุดท้ายเมื่อหมดอายุการใช้งาน มักใช้กับผลิตภัณฑ์ที่วิเคราะห์ผลกระทบในช่วงการใช้งานได้ชัดเจน เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

- Cradle to Cradle เป็นการประเมินรูปแบบที่คล้ายคลึงกับ Cradle to Grave ที่พิจารณาถึงขั้นตอนรีไซเคิล ในกรณีที่ขั้นตอนการกำจัดซากเป็นกระบวนการรีไซเคิล

2) การจัดทำบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory; LCI)

เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาแล้ว ขั้นตอนที่สองของการศึกษา การประเมินวัฏจักรชีวิตคือ การจัดทำฐานข้อมูล สำหรับขั้นตอนนี้จะเป็นการทำบัญชีรายการและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้แก่ ข้อมูลขาเข้า (ปริมาณวัตถุดิบ พลังงาน สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการ) และข้อมูลขาออก (ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ร่วม มลพิษสู่อากาศ น้ำ ดิน และขยะ)

3) การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ 3 ของการทำการประเมินวัฏจักรชีวิตโดยแบ่งเป็นประเภทและทำการประเมินเปรียบเทียบความสำคัญของผลกระทบแต่ละชนิดที่เกิดขึ้น มีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงข้อมูลบัญชีรายการที่ได้จากการรวบรวมสารขาเข้าและสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการให้อยู่ในรูปตัวชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อบ่งชี้ค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือ การดำเนินงาน ได้แก่ การเลือกกลุ่มของผลกระทบ การทำแบบจำลองผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การจัดกลุ่ม และการแปลงข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และ อีกขั้นตอนคือ ทางเลือกให้ศึกษาเพิ่มเติม เช่น การเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์กับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Normalization) การจัดกลุ่มผลกระทบ (Grouping) การให้น้ำหนักความสำคัญ (Weighting) และการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของข้อมูล (Uncertainty analysis) ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 กลุ่มผลกระทบที่ใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (เศรษฐกิจ สังคม ทัศนียภาพ, 2547)

กลุ่มผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	หน่วยของสัมประสิทธิ์การแปลงข้อมูล	คำอธิบาย
ศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global warming potential)	กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกรัม	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน
ศักยภาพในการทำให้เกิดฝนกรด (Acidification potential)	กรัมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกรัม	การเกิดฝนที่มีสถานะเป็นกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 กลุ่มผลกระทบที่ใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (เศรษฐกิจ สังคม ทัศนียภาพ, 2547) (ต่อ)

กลุ่มผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	หน่วยของสัมประสิทธิ์การแปลงข้อมูล	คำอธิบาย
ศักยภาพที่ทำให้แหล่งพลังงานประเภทที่ทดแทนไม่ได้ลดลง (Abiotic depletion potential)	ต่อปี	การได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ไม่สามารถทดแทนได้
ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลง (Energy depletion potential)	เมกะจูลล์ ค่าความร้อนขั้นต่ำต่อกิโลกรัม	การได้มาซึ่งแหล่งพลังงาน
ศักยภาพในการทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดลง (Ozone depletion potential)	กรัมคลอโรฟลูออโรคาร์บอน-11 เทียบเท่ากับกรัม	การลดลงของโอโซนในชั้นบรรยากาศ Stratosphere ทำให้รังสีอินฟราเรดส่องมายังโลกมากขึ้น
การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity)	1,4 เดซิเบลเทียบเท่ากับกรัม	การสัมผัสมลพิษทางน้ำ อากาศ และดิน ที่ส่งผลต่อสุขอนามัยของมนุษย์
การออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสงเคมี (Photochemical oxidation)	กรัมเอธิลีนเทียบเท่ากับกรัม	การก่อให้เกิดโอโซนในชั้นบรรยากาศ Troposphere ทำให้เกิดปรากฏการณ์ Photochemical smog
การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในน้ำ (Eutrophication)	กรัมฟอสเฟตเทียบเท่ากับกรัม	การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในน้ำที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงตอนพืชนำไปสู่การลดลงของออกซิเจนในน้ำ

2.5.4 การแปลผลการศึกษา

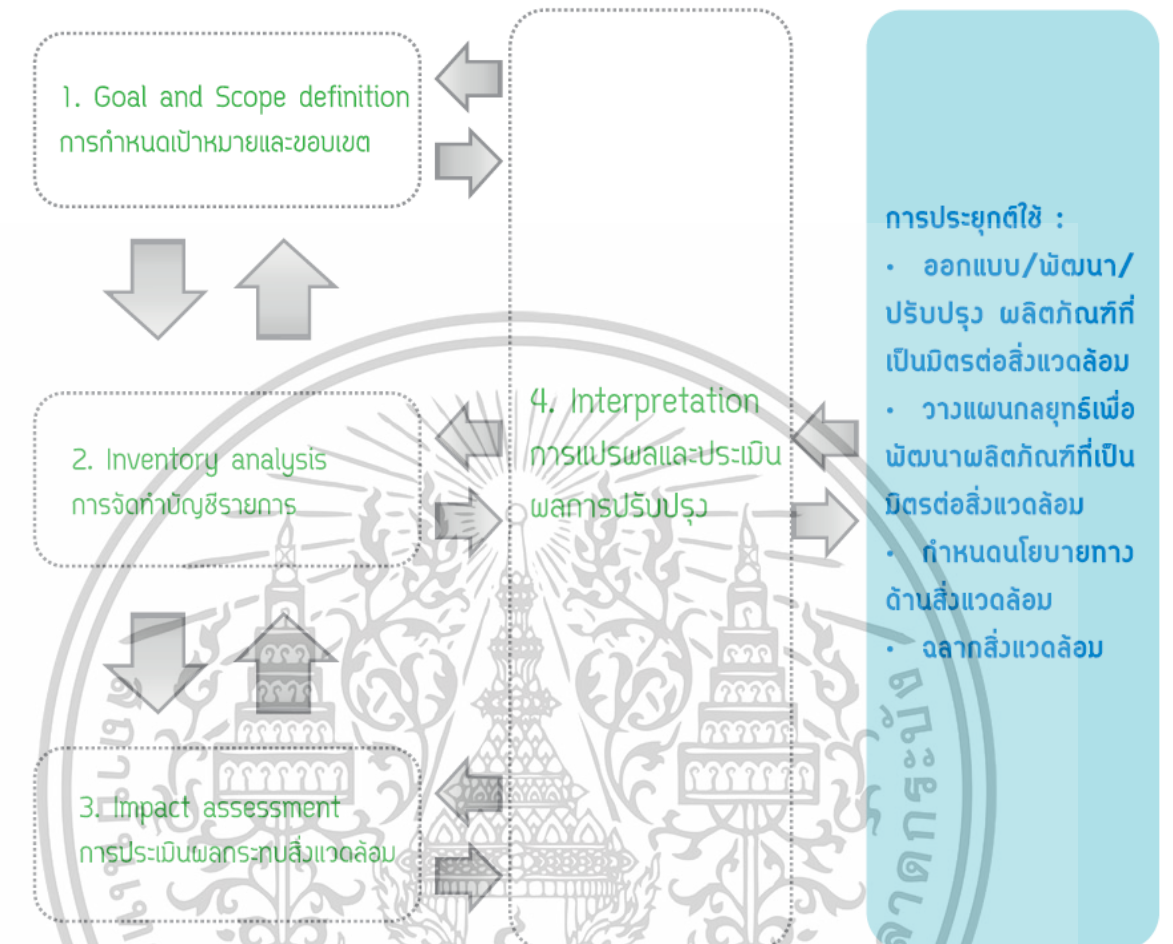
การนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขผลกระทบที่เกิดขึ้น จะเป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์ผลจากข้อมูลที่ได้และนำเสนอแนวทางในการแก้ไขหรือปรับปรุงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดตลอดวัฏจักรชีวิตให้มีปริมาณและความรุนแรงโดยรวมลดลงในประเด็นที่สนใจ โดยการแปลผลการศึกษาเป็นการวิเคราะห์ผลลัพธ์ สรุปผล อธิบายข้อจำกัด การจัดเตรียมข้อเสนอแนะ ที่มาจากผลลัพธ์ของการทำการประเมินวัฏจักรชีวิต หรือจากการทำบัญชีรายการ การทำรายงานและการแปลผลการศึกษาให้สามารถเข้าใจได้ง่ายและสมบูรณ์โดยสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา การแปลผลการศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังรูปที่ 2.5 ดังนี้

1) การจำแนกประเด็นสำคัญที่มาจากผลลัพธ์ของขั้นตอนการวิเคราะห์การทำบัญชี

รายการ และการวิเคราะห์บัญชีรายการของการประเมินวัฏจักรชีวิต เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การประเมินค่าเพื่อการตรวจสอบความสมบูรณ์ความอ่อนไหวของผลการศึกษา และความสอดคล้องของข้อมูล

3) การจัดทำบทสรุป ข้อเสนอแนะและรายงานผลการศึกษา



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต (เศรชฐ์, 2555)

2.5.5 การประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับกิจกรรมหรืองานวิจัยต่างๆ ได้หลากหลาย โดยในด้านการบริหารงานความปลอดภัยและอาชีวอนามัยอาจนำการประเมินวัฏจักรชีวิตมาใช้วิเคราะห์ความเสี่ยงหรือความรุนแรงของผลกระทบด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมเพื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เชิงลึกและมีความครอบคลุมมากกว่าวิธีการเปรียบเทียบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจหรือการกำหนดแนวทางดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมในอนาคต เช่น การพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงนโยบายของภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภคและการกระตุ้นให้เกิดจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น และในปัจจุบันกลุ่มผู้ที่นำการประเมินวัฏจักรชีวิตไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมต่างๆ สามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม บริษัทเอกชน ภาครัฐ องค์กร เอกชนและผู้บริโภค การประยุกต์ใช้ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 รูปแบบการประยุกต์ใช้งานการประเมินวัฏจักรชีวิตขององค์กรต่างๆ (เศรษฐกิจ, 2555)

กลุ่มผู้นำไปใช้งาน	รูปแบบการประยุกต์การใช้งาน
ภาคอุตสาหกรรม ภาคเอกชน	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้สื่อสารให้ทราบถึงข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ 2. ใช้ต่อรองกับผู้จัดหาวัตถุดิบ (supplier) ให้ได้ถึงผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น 3. พัฒนากลยุทธ์ด้านการตลาด กลยุทธ์ด้านธุรกิจ และแผนการลงทุนการจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อม (ฉลากเขียว) ประเภทที่ 3 ของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกใช้ 4. ออกแบบและพัฒนากระบวนการผลิตให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น 5. พัฒนานโยบายของผลิตภัณฑ์ว่าต้องการให้ไปในทิศทางใดโดยการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิต
ภาครัฐ	<ol style="list-style-type: none"> 1. เป็นเกณฑ์ในการจัดทำข้อกำหนดของฉลากสิ่งแวดล้อม 2. การพัฒนาและจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 3. ใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อสนับสนุนเงินทุนหมุนเวียนหรือจัดทำโครงสร้างภาษีอากร 4. พัฒนานโยบายทั่วไปของภาครัฐ และเอกชน
องค์กรเอกชน	<ol style="list-style-type: none"> 1. เป็นข้อมูลสำหรับเผยแพร่ต่อผู้บริโภค 2. เป็นข้อมูลสำหรับสนับสนุนการประชุมและสัมมนาในเวทีต่างๆ 3. ใช้เป็นข้อมูลในการกีดกันภาคเอกชนและรัฐบาลในการพัฒนาสิ่งแวดล้อม
ผู้บริโภค	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้ข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์

2.5.6 ประโยชน์ของการจัดทำกรประเมินวัฏจักรชีวิต

- 1) สามารถนำการประเมินวัฏจักรชีวิตไปใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการว่า ผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการใดมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า
- 2) ใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม รวมถึงใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนการจัดการ เพื่อปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพและเลือกใช้เทคโนโลยีในกระบวนการที่เกี่ยวข้อง
- 3) เป็นฐานข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบเชิงนิเวศ (Eco-design) ต่อไป
- 4) สามารถนำผลที่ได้รับจากการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตไปเป็นข้อมูลหรือข้ออ้างอิงด้านสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามกฎหมายสิ่งแวดล้อมของประเทศคู่ค้าเพื่อสนับสนุนการส่งออกของโรงงานและของประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การศึกษาวิจัยด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตจะช่วยเตรียมความพร้อมของประเทศในการรองรับกับมาตรการด้านการค้าและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศคู่ค้าใหญ่ๆ ของไทย เช่น สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น เป็นต้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผังการไหลของวัสดุและการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

กนกพร อินแดง (2562) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผังการไหลและวัฏจักรชีวิตของการจัดการกรดซัลฟิวริกจากแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ในการเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการจัดการกรดซัลฟิวริกใช้แล้ว 1 ตัน ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ การฟื้นฟูสภาพเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ การปรับสภาพให้เป็นกลางและ การผลิตเป็นยิปซัมในโปรแกรม SimaPro 8.3 และ ใช้วิธีการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อม CML-IA baseline พบว่าผลกระทบหลักของทั้ง 3 วิธี คือ ด้านการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ ด้านการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อแหล่งน้ำจืดและด้านการก่อให้เกิดสภาวะความเป็นกรด

Börühan et al. (2022) ได้ศึกษาแนวทางการลดภาชนะใส่เศษอาหารภายในโรงอาหารมหาวิทยาลัยในประเทศตุรกี ในการศึกษาได้มีการแสดงถึงผังการไหลของขยะเศษอาหาร โดยมีการนำขยะเศษอาหารไปจัดการดังนี้ ขยะเศษอาหารจำพวกเศษผักนำไปให้เป็นอาหารสัตว์ในฟาร์มเลี้ยงหมู ขยะจำพวกขนมปังที่เหลือจากการขายนำไปบริจาคให้กับธนาคารอาหารและค่ายผู้ลี้ภัย ส่วนที่เหลือนำส่งให้หน่วยงานอื่นๆ ไปกำจัดต่อไป

Laner et al. (2015) ได้ศึกษาถึงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (Uncertainty of Material Flow Analysis input) จากบริษัทผลิตพลาสติกแห่งหนึ่งในประเทศออสเตรเลีย พบว่ามี 4 หัวข้อหลักในการใช้สำหรับแปรค่าเพื่อใช้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความคลาดเคลื่อนของข้อมูล ได้แก่ ความน่าเชื่อถือของข้อมูล ความสมบูรณ์ของข้อมูล ความสัมพันธ์ของข้อมูล และความสัมพันธ์ทางภูมิศาสตร์

Markic et al (2019) ได้ศึกษาการใช้การศึกษาผังการไหลของวัสดุในการวิเคราะห์และวางแผนการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นภายในภูมิภาค Banja Luka สาธารณรัฐเซอร์เบีย โดยการศึกษากำหนดการจัดการขยะมูลฝอยเปรียบเทียบกันถึง 2 สถานการณ์การจัดการของเสีย ได้แก่ สถานการณ์ที่ 0 (S0) เป็นการจัดการขยะของเสียในปัจจุบันของภูมิภาค Banja Luka โดยการจัดการด้วยการฝังกลบทั้งหมด และสถานการณ์ที่ 1 (S1) ที่มีการคัดแยกขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิดขยะ จากการศึกษาพบว่าการฝังกลบนั้นจะมีโดยจากกระบวนการฝังกลบพบว่าการเกิดแก๊สที่เกิดจากการฝังกลบ (Landfill gas) จำพวกแก๊สมีเทน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และอื่นๆ ปริมาณร้อยละ 10 ของปริมาณขยะที่นำมาฝังกลบ และมีปริมาณน้ำชะขยะ (Leachate) อีกร้อยละ 3-6 ของปริมาณขยะที่นำมาฝังกลบ

Sukma et al. (2022) ภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้จัดทำโครงการ Chula Zero Waste ขึ้นมาเพื่อสนองต่อแผนแม่แบบของหน่วยงานภาครัฐ หนึ่งในโครงการย่อย ได้แก่ การจัดการขยะชุมชนจากโรงอาหารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีการนำเครื่องมือวิเคราะห์ผังการไหล (MFA) และการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ในการศึกษาการจัดการขยะ โดยจำลองสถานการณ์สำหรับการจัดการขยะมูลฝอยขึ้นมาได้แก่ สถานการณ์ในอดีตก่อนจะมีการประกาศใช้ Chula Zero Waste ในปี พ.ศ.2559 : S1 , สถานการณ์ในปัจจุบันที่มีการประกาศใช้ Chula Zero waste ในปี พ.ศ. 2560-2564 : S2 และ สถานการณ์ในอนาคตหลังจากปี พ.ศ.2564 โดยการจำแนกผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็น 8 ประเภท ได้แก่ ศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global warming potential) ศักยภาพในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำให้เกิดฝนกรด (Acidification potential) ศักยภาพที่ทำให้แหล่งพลังงานประเภทที่ทดแทนไม่ได้ลดลง (Abiotic depletion potential) ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลง (Energy depletion potential) ศักยภาพในการทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดลง (Ozone depletion potential) การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity) การออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสงเคมี (Photo-chemical oxidation) และการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในน้ำ (Eutrophication) จากแผนการจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารพบว่า แผนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือ การคัดแยกขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิดขยะและการนำขยะกลับไปใช้ใหม่ (Recycle) แทนที่การนำขยะสุดท้ายไปฝังกลบ (Landfill)

ในขั้นตอนการแปรผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

Dominic et al. (2024) ได้ศึกษาถึงการลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการฝังกลบโดยการลดโอกาสการเกิดของเสีย โดยกล่าวถึงทางเลือกในการจัดการการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดจากการฝังกลบด้วยการควบคุมการเน่าเปื่อยของวัสดุย่อยสลายได้ทางชีวภาพภายใต้สภาวะมีอากาศ ทำให้วัสดุที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพมีการคงเหลือหลังการย่อยสลายโดยใช้อากาศให้น้อยที่สุด เพื่อลดการเกิดกระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้อากาศ (Anaerobic digestion) ที่จะก่อให้เกิดก๊าซมีเทนส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming)

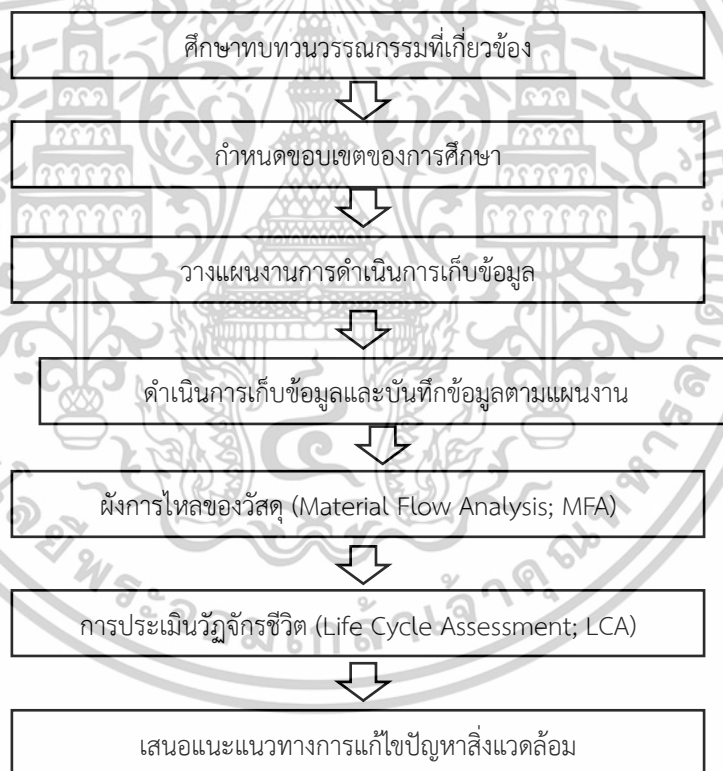
Whitt et al. (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำภาชนะที่สามารถรีไซเคิลได้ที่เป็น Polyethylene Terephthalate (PET) จำนวน 200 ตัวอย่าง จากรัฐแคลิฟอร์เนีย นิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจีน มาทำการทดสอบโดยการหลอมพบว่า จำนวน 29 ตัวอย่างพบสารโลหะหนักจำพวก พลวง แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว และนิกเกิล ปะปนอยู่ด้วย ซึ่งสารเหล่านี้จัดเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งได้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการค้นคว้าอิสระ

3.1 แผนผังการดำเนินการค้นคว้าอิสระ

ในงานค้นคว้าอิสระฉบับนี้จะแบ่งแผนงานค้นคว้าอิสระออกเป็น 2 แผนงาน ได้แก่ แผนงานที่ 1 เป็นแผนงานดำเนินงานเพื่อทำการวิเคราะห์ผังการไหลของขยะเศษอาหาร (Material Flow Analysis; MFA) ที่เกิดขึ้นภายในโรงอาหารทั้ง 10 โรงของสถาบันฯ และแผนงานที่ 2 เป็นแผนงานดำเนินการเพื่อทำการวิเคราะห์ผังการไหลของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพแล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) โดยการเปรียบเทียบระหว่างสถานการณ์การจัดการขยะด้วยวิธีการฝังกลบเท่านั้นและสถานการณ์การจัดการขยะมูลฝอยของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพในปัจจุบัน จากนั้นจึงอภิปรายผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยเครื่องมือการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยแผนผังการลำดับการดำเนินงานค้นคว้าอิสระสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ลำดับการดำเนินงานค้นคว้าอิสระ

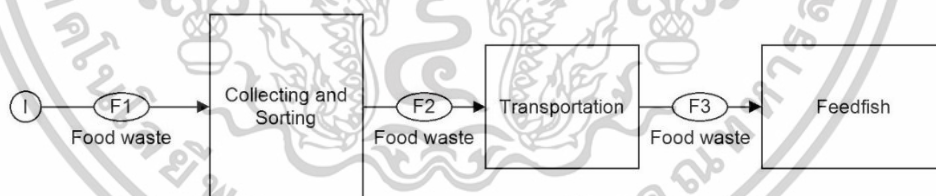
3.2 แนวคิดในการดำเนินการเก็บข้อมูลปริมาณขยะประเภทต่างๆ

เนื่องจากโรงอาหารภายในสถาบันฯ ได้มีการจัดเตรียมจุดทิ้งขยะมูลฝอยและขยะเศษอาหารไว้ให้ผู้เข้ามาใช้บริการ แล้วทำการรวบรวมไว้เป็นจุดรวมขยะต่างๆ ได้แก่ ขยะทั่วไป ขยะรีไซเคิล และขยะเศษอาหาร จากนั้นทางสถาบันฯ จะติดต่อประสานงานให้บุคคลภายนอกเข้ามารับขยะประเภทต่างๆ ไปดำเนินการกำจัดต่อไป ได้แก่ ขยะเศษอาหารนำไปกำจัดโดยการให้เป็นอาหารสัตว์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

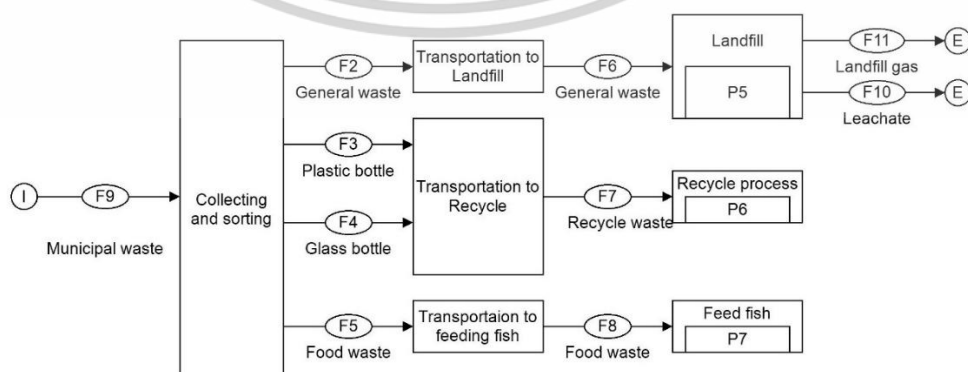
ขยะมูลฝอยได้ติดต่อประสานงานให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาจับไปดำเนินการกำจัด และขยะขวดพลาสติก ขวดแก้ว ได้ให้ทางบริษัทฯ พนักงานความสะอาดนำไปซังน้ำหนักเพื่อขายเป็นขยะรีไซเคิลต่อไป ในการดำเนินการเก็บข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยทางผู้วิจัยการค้นคว้าอิสระได้มีการวางแผนเข้าเก็บข้อมูลขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมพระเทพ และขยะเศษอาหารของโรงอาหารที่เปิดทำการทุกโรง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการค้นคว้าอิสระฉบับนี้

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

การศึกษาเรื่องขยะมูลฝอยและขยะเศษอาหารจากโรงอาหารภายในสถาบันในค้นคว้าอิสระฉบับนี้จะแบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 ศึกษาผังการไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis; MFA) ของการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารภายในสถาบันฯ ทั้ง 10 โรง และผังการไหลของการจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ โดยทำการร่างผังการไหลของขยะต่างๆ ก่อนเริ่มดำเนินงานเก็บข้อมูลขยะที่เกิดขึ้นภายในสถาบันฯ ได้แก่ การจัดการขยะเศษอาหารโดยมีการเก็บรวบรวมและคัดแยกขยะ ขนส่งไปยังสถานที่กำจัดโดยการนำไปให้อาหารปลา ดังรูปที่ 3.2 และการจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ โดยเริ่มจากการคัดแยกขยะออกเป็นแต่ละประเภท ได้แก่ ขยะทั่วไป ขยะรีไซเคิล และขยะเศษอาหาร แล้วดำเนินการขนย้ายขยะแต่ละประเภทไปยังสถานที่จัดการขยะตามชนิดของขยะ ดังรูปที่ 3.3 และการศึกษาด้านที่ 2 การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) ของการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหาร 10 แห่ง และการจัดการขยะมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งทั้งสองการศึกษามีสมมติฐานว่า การจัดการขยะทั้งหมดโดยการฝังกลบนั้นเป็นวิธีที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ทางผู้วิจัยจึงจะทำการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมระหว่างการจัดการขยะด้วยวิธีการฝังกลบและระบบการจัดการขยะในปัจจุบัน



รูปที่ 3.2 ผังการไหลของขยะเศษอาหารจากโรงอาหารของสถาบันฯ



รูปที่ 3.3 ผังการไหลของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การดำเนินงานเก็บข้อมูล

ในงานวิจัยฉบับนี้จะแบ่งการดำเนินการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน

3.4.1 ดำเนินงานเก็บข้อมูลเบื้องต้นของโรงอาหาร

ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การศึกษาการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหาร 10 แห่งภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และการจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ ผู้วิจัยจึงได้จัดทำเอกสารขอความอนุเคราะห์ถึงข้อมูลความจุของโรงอาหาร และข้อมูลเบื้องต้นอื่นๆ ไปยังสำนักงานบริหารทรัพยากรกายภาพและสิ่งแวดล้อมของสถาบันฯ อีกทั้งได้มีการลงพื้นที่สำรวจเวลาในการเปิดทำการของแต่ละโรงอาหาร เพื่อให้สามารถวางแผนในการเก็บข้อมูลขยะเศษอาหารตามโรงอาหารทั้ง 10 แห่ง และขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพต่อไป

3.4.2 ดำเนินงานเก็บข้อมูลขยะจากโรงอาหาร

หลังจากได้ข้อมูลเบื้องต้นของโรงอาหารทั้ง 10 แห่งแล้ว ทำให้ทราบถึงข้อมูลการเปิดทำการของโรงอาหารและยังทราบถึงวันและเวลาที่ทางผู้ดำเนินการเก็บขยะจะเข้ามาขนย้ายขยะออกจากโรงอาหารแต่ละแห่ง ทางผู้วิจัยจึงได้เข้าไปวางแผนร่วมกับผู้เก็บขยะเศษอาหารแต่ละชุด เพื่อให้ได้ข้อมูลของขยะครบถ้วน ทางผู้วิจัยจึงได้จัดทำตารางเพื่อเก็บข้อมูลเศษอาหารจากโรงอาหารทั้ง 10 แห่ง ดังตารางที่ 3.1 และขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ

การเก็บข้อมูลขยะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง								
แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลขยะโรงอาหาร								
Item	สถานที่บันทึกข้อมูล		โรงอาหารพระเทพ ฯ					
	วันที่	วัน	ขยะทั่วไป (kg)	ขยะกำพร้าว้า (kg)	ขยะพลาสติก (kg)	ขยะขวดแก้ว (kg)	ขยะเศษอาหาร (kg)	บันทึกโดย
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลปริมาณขยะเศษอาหารของโรงอาหารอื่นๆ

Item	วันที่	ปริมาณขยะเศษอาหารจากโรงอาหาร (kg)										หมายเหตุ
		โรงอาหาร KOSEN	โรงอาหารวิศวะ กรมศาสตร์ A	โรงอาหารวิศวะ กรมศาสตร์ B	โรงอาหารวิศวะ กรมศาสตร์ C	KMIDs	โรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์	โรงอาหารคณะครุศาสตร์	โรงอาหารคณะสถาปัตย์	โรงอาหารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ	โรงอาหารพระเทพ	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

3.5 จัดทำผังการไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis; MFA)

นำข้อมูลปริมาณขยะเศษอาหารจากโรงอาหารต่างๆ ทำการวิเคราะห์แผนผังการไหลของวัสดุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเดือน โดยการใช้โปรแกรม STAN 2.6 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ได้รับการยอมรับและเป็นที่ยอมรับในการทำงานวิจัยต่างๆ โดยดำเนินการเปรียบเทียบสถานการณ์การจัดการขยะเศษอาหาร 2 กรณี โดยใช้ข้อมูลขยะเศษอาหารจากตารางการเก็บข้อมูลดังตัวอย่างตารางที่ 3.2 ได้แก่

กรณีที่ 1 การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปฝังกลบ (Food waste to Landfill ; FWLF) โดยมีขั้นตอนย่อยได้แก่

1. การรวบรวมขยะเศษอาหาร และการขนส่ง (Food waste to landfill-collection and transportation ; FWLF-ct)
2. การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบ (Food waste to landfill-landfill ; FWLF-lf)

กรณีที่ 2 การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลา (Food waste to feedfish ; FWFF) โดยมีขั้นตอนย่อยได้แก่

1. การรวบรวมขยะเศษอาหาร และการขนส่ง (Food waste to feedfish-collection and transportation ; FWFF-ct)
2. การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการให้อาหารปลา (Food waste to feedfish-feedfish ; FWFF-ff)

และการศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยของโรงอาหารพระเทพ โดยเปรียบเทียบถึง 2 กรณีจัดการ โดยใช้ข้อมูลขยะมูลฝอยจากตารางการเก็บข้อมูลดังตัวอย่างตารางที่ 3.1 ได้แก่

กรณีที่ 1 การจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ (Prathep canteen waste to landfill ; LF) โดยมีขั้นตอนย่อยได้แก่

1. การรวบรวมขยะมูลฝอย และการขนส่ง (Prathep canteen waste to landfill – collection and transportation ; LF-ct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ (Prathep canteen waste to landfill – landfill ; LF-lf)

กรณีที่ 2 การจัดการขยะมูลฝอยด้วยวิธีการฝังกลบ รีไซเคิล และการให้อาหารปลา (วิธีปัจจุบัน) (Prathep canteen waste mix ; Mix) โดยมีขั้นตอนย่อยได้แก่

1. การรวบรวมขยะมูลฝอย และการขนส่งไปยังที่ฝังกลบ (Prathep canteen waste mix – collection and transportation to landfill ; Mix - ct to lf)
2. การรวบรวมขยะมูลฝอย และการขนส่งไปยังที่รีไซเคิล (Prathep canteen waste mix – collection and transportation to recycle ; Mix - ct to re)
3. การรวบรวมขยะมูลฝอย และการขนส่งไปยังที่ให้อาหารปลา (Prathep canteen waste mix – collection and transportation to feedfish ; Mix - ct to ff)
4. การจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบันด้วยการฝังกลบ (Prathep canteen waste mix – Landfill ; Mix - lf)
5. การจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบันด้วยวิธีการรีไซเคิล (Prathep canteen waste mix – recycle ; Mix - re)
6. การจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบันด้วยวิธีการให้อาหารปลา (Prathep canteen waste mix – feedfish ; Mix - ff)

3.6 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA)

เริ่มการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์โดยใช้ข้อมูลการจัดการขยะมูลฝอยของโรงอาหาร อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ โดยสามารถแบ่งลำดับการทำงานได้ดังนี้

1. กำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and scope definition)

- เป้าหมายของการศึกษา คือ ขยะเศษอาหารจากโรงอาหาร 10 แห่ง ภายในสถาบันฯ และขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ ที่ถูกทิ้งจากบุคลากร ภายในสถาบันฯ และนำไปจัดการด้วยวิธีต่างๆ ต่อไป

- หน่วยการทำงาน คือ กิโลกรัมต่อเดือน

- ขอบเขตของการศึกษา คือ เริ่มต้นตั้งแต่หลังเกิดขยะจากการบริโภค จนถึงขั้นตอนการกำจัดขยะ (Gate to Grave)

2. วิเคราะห์จัดทำบัญชีรายการรับสารขาเข้าและขาออก (Inventory analysis) ตารางการจัดเก็บบันทึกข้อมูลของสารขาเข้าโดยใช้ตารางที่ 3.1 สำหรับขยะมูลฝอยภายในโรงอาหาร อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ และ ตารางที่ 3.2 สำหรับขยะเศษอาหารจากโรงอาหารอื่นๆ

3. การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Life cycle impact assessment)

การนำข้อมูลของปริมาณสารทุกอันที่เกี่ยวข้องมาประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ด้วยโปรแกรม SimaPro ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งแวดล้อมโดยการประเมินกระบวนการต่างๆ ตั้งแต่ขั้นตอนการรวบรวมและขนส่งขยะ ไปยังขั้นตอนการจัดการขยะแต่ละกรณีศึกษา โดยมีจุดประสงค์ในการอธิบายถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวจากกิจกรรมต่างๆ

4. การแปลผลการศึกษา (Life cycle interpretation)

การนำบัญชีรายการสารในระบบและการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาเชื่อมโยงเพื่อวิเคราะห์ สรุปผลและเพิ่มเติมข้อเสนอแนะ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษานี้จะต้องสอดคล้องกับเป้าหมายวัตถุประสงค์ และขอบเขตที่กำหนดไว้ จากขั้นตอนนี้ผลที่คาดว่าจะได้รับคือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ จากการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารและการจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ เปรียบเทียบระหว่างการจัดการโดยการไปฝังกลบและการจัดการในปัจจุบัน ซึ่งจะวิเคราะห์ถึง 18 ผลกระทบ ได้แก่

- 1) การเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential ; GWP)
- 2) การเกิดรังสีกัมมันตภาพรังสี (Ionizing radiation ; IR)
- 3) การลดลงของชั้นโอโซนในบรรยากาศ (Stratospheric ozone depletion ; SOD)
- 4) การเกิดโอโซนที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ (Ozone formation, human health ; OFH)
- 5) การเกิดฝุ่นละออง (Particulate matter formation ; PMF)
- 6) การเกิดโอโซนที่มีผลต่อระบบนิเวศ (Ozone formation, terrestrial ecosystem ; OFTE)
- 7) การเกิดภาวะความเป็นกรด (Terrestrial acidification ; TA)
- 8) การสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (Freshwater eutrophication ; FE)
- 9) การสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำเค็ม (Marine eutrophication ; ME)
- 10) ภาวะความเป็นพิษต่อดิน (Terrestrial ecotoxicity ; TET)
- 11) ภาวะความเป็นพิษในแหล่งน้ำจืด (Freshwater ecotoxicity ; FET)
- 12) ภาวะความเป็นพิษในแหล่งน้ำเค็ม (Marine ecotoxicity ; MET)
- 13) ภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (Human carcinogen toxicity ; HT)
- 14) ภาวะที่เป็นสารพิษไม่ก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (Human non-carcinogen toxicity ; HTNC)
- 15) การใช้ที่ดิน (Land use ; LU)
- 16) การขาดแคลนของทรัพยากรแร่ธาตุ (Mineral resource scarcity ; MRS)
- 17) การลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil fuel depletion ; FRS)
- 18) การใช้น้ำ (Water consumption ; WC)

หลังจากการแปลผลการศึกษาและวิเคราะห์ถึงสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและการจัดการขยะมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ทางผู้วิจัยจะสรุปผลการดำเนินการวิจัยพร้อมทั้งเสนอแนะถึงแนวทางในการพัฒนาการจัดการขยะประเภทต่างๆ ที่เกิดจากโรงอาหารภายในสถาบันฯ ในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล

ในงานค้นคว้าอิสระฉบับนี้ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารภายในสถาบันฯ และขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ โดยจากการดำเนินการเก็บข้อมูลตามแผนงานทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น สามารถแสดงผลการเก็บข้อมูลเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ผลการเก็บข้อมูลปริมาณขยะเศษอาหารจากโรงอาหารภายในสถาบันฯ ทั้ง 10 แห่ง และผลการเก็บข้อมูลขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ภายในระยะเวลา 1 เดือน จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์ผลการเก็บข้อมูลโดยผ่านเครื่องมือวิเคราะห์ผลการไหลของวัสดุและการประเมินวัฏจักรชีวิต จากการจัดการขยะเศษอาหาร 10 แห่ง โดยการเปรียบเทียบกรณีการจัดการขยะเศษอาหารระหว่างการจัดการขยะเศษอาหารทั้งหมดด้วยการฝังกลบ และการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลา จากนั้นเปรียบเทียบกรณีการจัดการขยะมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ ระหว่างกรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบและการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ การรีไซเคิล และการให้อาหารปลาซึ่งเป็นวิธีการจัดการในปัจจุบัน

4.1 ผลการดำเนินงานเก็บข้อมูลเบื้องต้นของโรงอาหารทั้ง 10 แห่ง

4.1.1 ข้อมูลความจุของโรงอาหารแต่ละแห่ง

ทางผู้วิจัยได้มีการยื่นหนังสือขอความอนุเคราะห์ขอข้อมูลความจุของโรงอาหารไปยังสำนักงานบริหารทรัพยากรกายภาพและสิ่งแวดล้อมของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยโรงอาหารแต่ละโรงมีความจุดังนี้ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

- 1) โรงอาหารคณะครุศาสตร์ สามารถจุได้ 504 คน
- 2) โรงอาหารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สามารถจุได้ 400 ถึง 600 คน
- 3) โรงอาหารโรงเรียนสาธิตนานาชาติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMIDS) สามารถจุได้ 350 คน
- 4) โรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ สามารถจุได้ 480 คน
- 5) โรงอาหารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สามารถจุได้ 500 คน
- 6) โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ A สามารถจุได้ 904 คน
- 7) โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ B สามารถจุได้ 288 คน
- 8) โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ C สามารถจุได้ 904 คน
- 9) โรงอาหารสถาบันโคเซ็นแห่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KOSEN-KMITL) สามารถจุได้ 170 คน
- 10) โรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ สามารถจุได้ 200 คน

4.1.2 เวลาในการเปิดทำการของโรงอาหารแต่ละแห่ง

โรงอาหารแต่ละแห่งมีเวลาเปิดทำการที่แตกต่างกัน โดยทางผู้วิจัยได้สรุปข้อมูลการเปิดทำการของโรงอาหารดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) โรงอาหารที่มีร้านอาหารเปิดทำการทุกวัน (วันจันทร์ถึงวันอาทิตย์) ได้แก่ โรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ โรงอาหารวิศวกรรมศาสตร์โรงที่ 1 และ 3 และโรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์

2) โรงอาหารที่มีร้านอาหารเปิดทำการวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ได้แก่ โรงอาหารคณะครุศาสตร์ โรงอาหารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ โรงอาหารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ โรงอาหารโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า (KMIDS) โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์โรงที่ 2 และโรงอาหารสถาบันโคเซ็นแห่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KOSEN-KMITL)

4.1.3 ผู้ดำเนินการจัดเก็บขยะเศษอาหารและขยะมูลฝอย

หลังจากได้มีการรวบรวมข้อมูลผู้ดำเนินการเก็บขยะจากโรงอาหารต่างๆ สามารถสรุปข้อมูลของผู้ดำเนินการเก็บขยะได้ดังนี้

1) ทีม A เป็นเกษตรกรจำนวน 2 ท่านเก็บขยะเศษอาหารจากโรงอาหารคณะครุศาสตร์ โรงอาหารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ โรงอาหารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ โรงอาหารโรงเรียนสาธิตนานาชาติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMIDS) และโรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ แล้วขนย้ายด้วยรถกระบะนำไปจัดการเศษอาหารด้วยการให้อาหารปลาที่ระยะทาง 20 กิโลเมตร จากสถาบันฯ โดยขยะเศษอาหารที่ได้จะถูกนำขังน้ำหนักรถในสถานที่กำจัดแล้วบันทึกข้อมูล แล้วจึงส่งข้อมูลกลับมายังผู้วิจัย ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การรวบรวมเก็บขยะเศษอาหารจากโรงอาหารของทีม A

2) ทีม B เป็นเกษตรกร 1 ท่านเก็บขยะเศษอาหารจากโรงอาหาร 3 แห่ง ได้แก่ โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ A B และ C แล้วขนย้ายด้วยรถกระบะนำไปจัดการเศษอาหารด้วยการให้อาหารปลาที่ระยะทาง 10 กิโลเมตร จากสถาบันฯ โดยขยะเศษอาหารที่ได้จะถูกนำขังน้ำหนักรถในสถานที่กำจัดแล้วบันทึกข้อมูล แล้วจึงส่งข้อมูลกลับมายังผู้วิจัย ดังแสดงในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การรวบรวมเก็บขยะเศษอาหารจากโรงอาหารของทีม B

3) ทีม C เป็นเกษตรกร 1 ท่านเก็บขยะเศษอาหารจากโรงอาหารสถาบันโคเซ็นแห่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KOSEN-KMITL) แล้วขนย้ายด้วยรถมอเตอร์ไซด์นำไปจัดการเศษอาหารด้วยการให้อาหารปลาที่ระยะทาง 12 กิโลเมตร จากสถาบันฯ โดยขยะเศษอาหารที่ได้จะถูกนำส่งน้ำหนักรวมในสถานที่กำจัดแล้วบันทึกข้อมูล แล้วจึงส่งข้อมูลกลับมายังผู้วิจัย ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การรวบรวมเก็บขยะเศษอาหารจากโรงอาหารของทีม C

4) ทีม D เป็นทีมพนักงานทำความสะอาดจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ เป็นผู้ดำเนินการจัดการเก็บรวบรวมขยะเศษอาหารและขยะมูลฝอย แล้วชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกข้อมูล ก่อนประสานงานให้ทีมเกษตร 2 ท่านเข้ามาดำเนินการเก็บขยะเศษอาหารไปให้อาหารปลา โดยมีระยะทาง 15 กิโลเมตรจากสถาบันฯ โดยมีการชั่งน้ำหนักขยะเศษอาหาร รวมทั้งน้ำหนักของขยะประเภทต่างๆ โดยทีมผู้ดูแลความสะอาดของโรงอาหาร พร้อมทั้งมีการบันทึกข้อมูลก่อนจะส่งมอบขยะเศษอาหารให้ทีม D และส่งมอบขยะประเภทที่มีหน้าที่จัดการขยะต่อไป ดังแสดง

ในรูปที่ 4.4 และ รูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การรวบรวมเก็บขยะมูลฝอยจากโรงอาหารของทีม D



รูปที่ 4.5 การรวบรวมเก็บขยะเศษอาหารจากโรงอาหารของทีม D

4.2 ผลการดำเนินงานเก็บข้อมูลขยะเศษอาหารจากโรงอาหารต่างๆ

ผลการดำเนินงานเก็บข้อมูลขยะเศษอาหารจากโรงอาหารต่างๆ สามารถแสดงผลได้ดังนี้

4.2.1 ผลการเก็บข้อมูลปริมาณขยะเศษอาหารจากทีม A

จากการร่วมเก็บข้อมูลและตรวจสอบปริมาณขยะเศษอาหารกับทีม A ในการเข้ามาเก็บขยะเศษอาหารทุกวันจันทร์ถึงวันศุกร์จากโรงอาหาร 5 แห่ง ได้แก่ โรงอาหารคณะครุศาสตร์ โรงอาหารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ โรงอาหารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ โรงอาหารโรงเรียนสาธิตนานาชาติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMIDS) และโรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ มีปริมาณเศษอาหารเฉลี่ยที่ 28.66, 14.67, 15.5, 42.33 และ 38.66 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ รวมเป็น 139.82 กิโลกรัมต่อวัน หรือ 4,195.00 กิโลกรัมต่อเดือน ดังแสดงได้ในตารางที่ 4.1 โดยปริมาณขยะเศษอาหารในแต่ละวันสามารถแสดงได้ในภาคผนวก ผ.ก.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณขยะเศษอาหารที่รวบรวมได้ในแต่ละทีม

รวบรวม โดย	โรงอาหาร	ปริมาณขยะ เศษอาหารใน 1 เดือน (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ อาหารเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อ วัน)
ทีม A	โรงอาหารคณะครุศาสตร์	860.00	28.66
	โรงอาหารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ	440.00	14.67
	โรงอาหารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	465.00	15.50
	โรงอาหารโรงเรียนสาธิตนานาชาติ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMIDS)	1,270.00	42.33
	โรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์	1,160.00	38.66
	รวมทั้งหมด (ทีม A)	4,195.00	139.82
ทีม B	โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ A	1,330.00	44.33
	โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ B	95.00	3.17
	โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ C	810.00	27.00
	รวมทั้งหมด (ทีม B)	2,235.00	74.50
ทีม C	โรงอาหารสถาบันโคเซ็นแห่งสถาบันเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KOSEN- KMITL)	66.00	2.20
	รวมทั้งหมด (ทีม C)	66.00	2.20
ทีม D	โรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ	3,179.83	105.99
	รวมทั้งหมด (ทีม D)	3,179.83	105.99
	รวมทั้งสิ้น	9,676.00	

4.2.2 ผลการเก็บข้อมูลปริมาณขยะเศษอาหารจากทีม B

จากการร่วมเก็บข้อมูลและตรวจสอบปริมาณขยะเศษอาหารกับทีม B จากโรงอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ทั้งหมด 3 แห่ง แบ่งเป็นโรง A B และ C มีปริมาณขยะเฉลี่ย 44.33, 3.17 และ 27.00 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 74.50 กิโลกรัมต่อวัน หรือรวมทั้งสิ้น 2,235.00 กิโลกรัม ต่อเดือน ดังแสดงได้ในตารางที่ 4.1 โดยปริมาณขยะเศษอาหารในแต่ละวันสามารถแสดงได้ใน ภาคผนวก ผ.ก.1

4.2.3 ผลการเก็บข้อมูลปริมาณขยะเศษอาหารจากทีม C

จากการร่วมเก็บข้อมูลและตรวจสอบปริมาณขยะเศษอาหารกับทีม C โรงอาหาร สถาบันโคเซ็นแห่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KOSEN-KMITL) พบว่า โรงอาหารนี้มีปริมาณขยะเศษอาหารน้อยที่สุดคือ 66.00 กิโลกรัมต่อเดือน หรือ 2.20 กิโลกรัมต่อวัน โดยปริมาณขยะเศษอาหารในแต่ละวันสามารถแสดงได้ในภาคผนวก ผ.ก.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ผลการเก็บข้อมูลปริมาณขยะเศษอาหารจากทีม D

จากการร่วมเก็บข้อมูลและตรวจสอบปริมาณขยะเศษอาหารกับทีม D โรงอาหาร อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ โดยมีปริมาณขยะเศษอาหาร 3,179.83 กิโลกรัมต่อเดือน หรือ ประมาณ 105.99 กิโลกรัมต่อวัน โดยปริมาณขยะเศษอาหารในแต่ละวันสามารถแสดงได้ในภาคผนวก ผ.ก.1

จากการเก็บข้อมูลขยะเศษอาหารจากโรงอาหารของสถาบันทั้ง 10 แห่ง พบปริมาณเศษอาหารรวมทั้งสิ้น 9,675.83 กิโลกรัมต่อเดือน โดยแต่ละโรงอาหารสามารถรวบรวมขยะเศษอาหารได้ ดังนี้ โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ A ได้ 1,330.00 กิโลกรัม โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ B ได้ 95.00 กิโลกรัม โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ C ได้ 810.00 กิโลกรัม โรงอาหารโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า (KMIDS) ได้ 1,270.00 กิโลกรัม โรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ ได้ 1,160.00 กิโลกรัม โรงอาหารคณะครุศาสตร์ ได้ 860.00 กิโลกรัม โรงอาหารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ (ชั่วคราว) ได้ 465.00 กิโลกรัม โรงอาหารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้ 440.00 กิโลกรัม โรงอาหารสถาบันโคเซ็นแห่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KOSEN-KMITL) ได้ 66.00 กิโลกรัม โรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ ได้ 3,179.83 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 23.10, 13.13, 11.99, 8.89, 4.81, 4.55, 0.68 และ 32.86 ของปริมาณขยะเศษอาหารทั้งหมดตามลำดับ สามารถแสดงลำดับของปริมาณเศษอาหารในแต่ละโรงอาหารได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สรุปปริมาณขยะเศษอาหารแต่ละแห่งในเวลา 1 เดือน

โรงอาหาร	ปริมาณเศษอาหาร (กิโลกรัมต่อเดือน)	ร้อยละ	ความจุของโรงอาหาร (คน)
โรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ	3,179.83	32.86	200
โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ A	1,330.00	13.75	904
โรงอาหารโรงเรียนสาธิตนานาชาติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMIDS)	1,270.00	13.13	350
โรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์	1,160.00	11.99	480
โรงอาหารคณะครุศาสตร์	860.00	8.89	504
โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ C	810.00	8.37	904
โรงอาหารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	465.00	4.81	500
โรงอาหารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ	440.00	4.55	500
โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ B	95.00	0.98	288
โรงอาหารสถาบันโคเซ็น (KOSEN-KMITL)	66.00	0.68	170
รวมทั้งสิ้น	9,675.83	100.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการดำเนินงานเก็บข้อมูลขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ

จากการดำเนินงานเก็บข้อมูลขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ โดยจะถูกรับผิดชอบโดยพนักงานทำความสะอาดในแต่ละฝ่าย พนักงานทำความสะอาดทีมหนึ่งจะรับผิดชอบในการเก็บรวบรวมขยะเศษอาหาร โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 9 มกราคม 2567 ถึง 7 กุมภาพันธ์ 2567 และพนักงานทำความสะอาดอีกทีมหนึ่งจะรับผิดชอบในการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยอื่นๆ ได้แก่ ขยะทั่วไป ขยะขวดพลาสติก และขยะขวดแก้ว โดยดำเนินการเก็บข้อมูลขยะมูลฝอย 2 ช่วง ได้แก่ วันที่ 9 มกราคม 2567 ถึง 31 มกราคม 2567 ในการศึกษาที่ 1 และ 8 กุมภาพันธ์ 2567 ถึง 14 กุมภาพันธ์ 2567 ผลการเก็บข้อมูลแสดงให้เห็นว่าปริมาณขยะเศษอาหารมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาด้วยขยะทั่วไป ตามด้วยขยะพลาสติกและขยะขวดแก้วตามลำดับ โดยมีปริมาณ 105.99, 38.03, 1.80 และ 0.27 กิโลกรัมต่อวัน รวมทั้งสิ้น 146.09 กิโลกรัมต่อวัน ดังตารางที่ 4.3 และปริมาณขยะมูลฝอยรายวันสามารถแสดงได้ในภาคผนวก ผ.ก.1

ตารางที่ 4.3 ปริมาณขยะมูลฝอยเฉลี่ยต่อวันจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ

ประเภทของขยะ	ปริมาณขยะใน 1 เดือน (กิโลกรัมต่อเดือน)	ปริมาณขยะเฉลี่ยต่อ วัน (กิโลกรัมต่อวัน)	ร้อยละปริมาณขยะ (%)
ขยะเศษอาหาร	3,180.00	105.99	72.55
ขยะทั่วไป	1,141.00	38.03	26.03
ขยะพลาสติก	54.00	1.80	1.24
ขยะขวดแก้ว	8.00	0.27	0.18
รวมทั้งสิ้น	4,383.00	146.09	100

จากผลการดำเนินการเก็บข้อมูลปริมาณขยะเศษอาหารจากโรงอาหารทั้ง 10 แห่งและปริมาณขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ในระยะเวลา 1 เดือนแล้ว ดำเนินการนำข้อมูลที่ได้เพื่อวิเคราะห์ผังการไหลของผลิตภัณฑ์ในทั้งสองสถานการณ์ระหว่างการจัดการขยะด้วยการฝังกลบและระบบการจัดการขยะในปัจจุบันเพื่อให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของงานค้นคว้าอิสระ

4.4 วิเคราะห์ผังการไหลของผลิตภัณฑ์และอภิปรายผล

หลังจากที่ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเรื่องขยะเศษอาหารจากโรงอาหารต่างๆ และขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ดังที่แสดงไปในหัวข้อก่อนหน้าแล้วนั้น เพื่อทำความเข้าใจถึงกระบวนการจัดการขยะ จึงได้นำไปวิเคราะห์ถึงผังการไหลของผลิตภัณฑ์เพื่ออธิบายและเปรียบเทียบถึงลำดับการจัดการขยะเศษอาหารและขยะมูลฝอยด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้

4.4.1 วิเคราะห์ผังการไหลของขยะเศษอาหารจากโรงอาหารต่างๆ

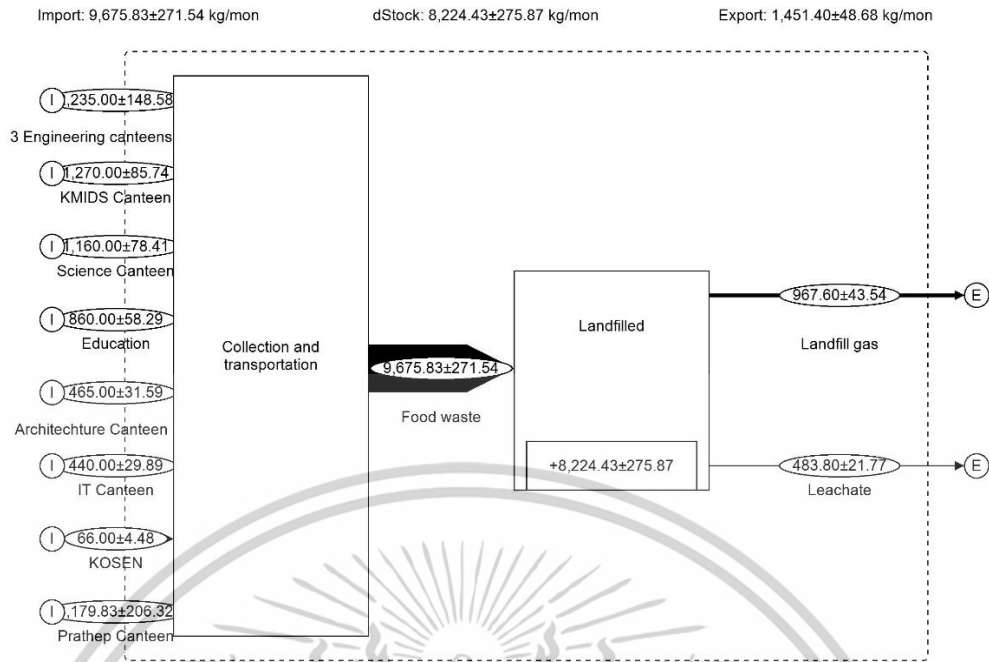
ในการศึกษาการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารทั้ง 10 แห่ง การศึกษาจะแบ่งสถานการณ์เป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 เป็นการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปฝังกลบทั้งหมด (FWLF) วิธีที่ 2 เป็นการจัดการขยะเศษอาหารในปัจจุบันโดยการนำไปให้อาหารปลา (FWFF) จากที่ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลขยะเศษอาหารแล้วนำไปวิเคราะห์ผังการไหลของผลิตภัณฑ์ของการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบเมื่อโรงอาหารทั้ง 10 แห่ง รวบรวมขยะเศษอาหารในแต่ละวัน ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียบร้อยแล้ว จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการรวบรวมขยะทั้งหมดตามโรงอาหารต่างๆ แล้วทำการขนส่งไปยังสถานที่จัดการขยะเพื่อทำการฝังกลบโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ต่างจากการจัดการขยะเศษอาหารในปัจจุบันนั้นจะถูกแบ่งการจัดการขยะเศษอาหารออกเป็น 4 ทีมในการให้เกษตรกรเข้ามารับไปดำเนินการจัดการโดยการให้อาหารปลา ดังแสดงในรูปที่ 4.7 โดยแบ่งได้เป็นดังนี้ ทีม A ดำเนินการเก็บขยะเศษอาหารจาก 5 โรงอาหาร ได้แก่ โรงอาหารโรงเรียนสาธิตนานาชาติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMIDS) โรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ โรงอาหารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ โรงอาหารคณะครุศาสตร์ และโรงอาหารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สามารถรวบรวมเศษอาหารได้ทั้งสิ้น 4,195.00 กิโลกรัมต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 43.36 ของเศษอาหารทั้งสถาบันฯ ทีม B ดำเนินการเก็บขยะเศษอาหารจากโรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ทั้ง 3 โรง สามารถรวบรวมเศษอาหารได้ทั้งสิ้น 2,235.00 กิโลกรัมต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 23.10 ของเศษอาหารทั้งสถาบันฯ ทีม C ดำเนินการเก็บขยะเศษอาหารจากโรงอาหารสถาบันโคเซ็นแห่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KOSEN-KMITL) เพียงแห่งเดียว สามารถรวบรวมเศษอาหารได้ 66.00 กิโลกรัมต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 0.68 ของเศษอาหารทั้งสถาบันฯ และทีม D ดำเนินการเก็บขยะเศษอาหารของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ สามารถรวบรวมเศษอาหารได้ 3,179.83 กิโลกรัมต่อเดือน หรือคิดเป็นร้อยละ 32.86 ของเศษอาหารทั้งสถาบันฯ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

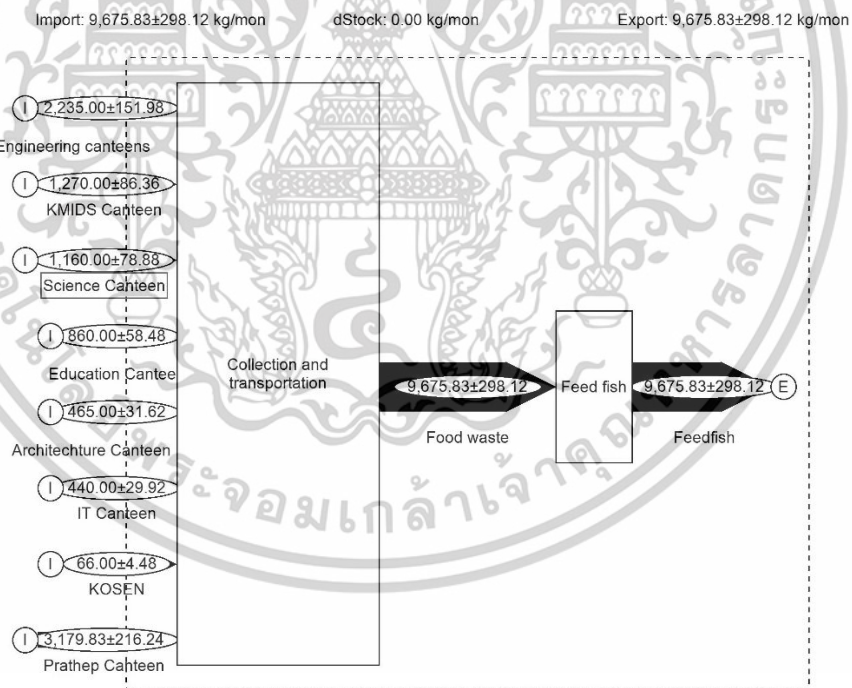
ตารางที่ 4.4 ปริมาณขยะเศษอาหารแบ่งตามทีมผู้รับผิดชอบในแต่ละโรงอาหาร

ผู้รับผิดชอบ	โรงอาหาร	ปริมาณเศษอาหารใน 1 เดือน (กิโลกรัมต่อเดือน)	ร้อยละ
ทีม A	โรงอาหารโรงเรียนสาธิตนานาชาติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMIDS)	1,270.00	13.13
	โรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์	1,160.00	11.99
	โรงอาหารคณะครุศาสตร์	860.00	8.89
	โรงอาหารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	465.00	4.81
	โรงอาหารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ	440.00	4.55
	รวม	4,195.00	43.36
ทีม B	โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ทั้ง 3 โรง	2,235.00	23.10
ทีม C	โรงอาหารสถาบันโคเซ็น (KOSEN-KMITL)	66.00	0.68
ทีม D	โรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ	3,178.83	32.86
รวมทั้งสิ้น	9,675.83	100	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การวิเคราะห์ผังการไหลของวิธีที่ 1 การจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารต่างๆ ด้วยการนำไปฝังกลบ (FWLF)



รูปที่ 4.7 การวิเคราะห์ผังการไหลของวิธีที่ 2 การจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารต่างๆ ในปัจจุบัน (FWFF)

ในการศึกษาการจัดการขยะเศษอาหารในโรงอาหารต่างๆ ทั้ง 10 แห่ง จากทั้ง 2 วิธีการจัดการขยะเศษอาหารจะเห็นว่าในทุกวิธีการจัดการนั้นจะต้องมีคัดแยกขยะเศษอาหารออกตั้งแต่โรงอาหารก่อนที่จะมีทีมงานต่างๆ เข้ามาดำเนินการจัดการรวบรวมเพื่อไปจัดการอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวิธีที่ 1 การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบทั้งหมดนั้นจะมีการรวบรวมเศษอาหารไว้ตามโรงอาหารต่างๆ ก่อนที่จะมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมารวบรวมไปจัดการด้วยการฝังกลบยังสถานที่ฝังกลบต่อไป ดังรูปที่ 4.6 จะพบว่า การฝังกลบนั้นจะก่อให้เกิดแก๊สที่เกิดจากการฝังกลบ (Landfill gas) เช่น แก๊สมีเทน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณร้อยละ 10 ของขยะเศษอาหารทั้งหมดที่ถูกนำมาฝังกลบ หรือ 967.60 กิโลกรัม และเกิดน้ำชะขยะ (Leachate) ประมาณร้อยละ 5 ของขยะเศษอาหารทั้งหมดที่ถูกนำมาฝังกลบ หรือ 483.80 กิโลกรัม (Markic et al. 2019) แตกต่างจากวิธีที่ 2 การจัดการขยะเศษอาหารในปัจจุบันด้วยการนำไปให้เป็นอาหารปลา โดยจะมีการรวบรวมเศษอาหารจากทั้ง 10 แห่งโดยทีมต่างๆ ทั้ง 4 ทีม ก่อนจะนำไปให้เป็นอาหารปลาไปยังสถานที่เลี้ยงปลาของแต่ละทีม ดังรูปที่ 4.7

4.4.2 วิเคราะห์ผลการไหลของขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ

จากการสังเกตการจัดการขยะเศษอาหารของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ พบว่ามีการคัดแยกขยะและมีผู้รับผิดชอบในการจัดการขยะแต่ละประเภทอย่างชัดเจน จึงสามารถรวบรวมข้อมูลขยะประเภท ขยะทั่วไป ขยะขวดแก้ว ขยะขวดพลาสติก และขยะเศษอาหารจากตารางที่ 4.5 พบว่ามีปริมาณขยะแต่ละประเภทดังต่อไปนี้

- ขยะทั่วไป 1,141.00 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 26.03 ของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมด
- ขยะขวดพลาสติก 54.00 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 1.23 ของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมด
- ขยะขวดแก้ว 8.00 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 0.18 ของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมด
- ขยะเศษอาหาร 3,179.83 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 72.55 ของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมด

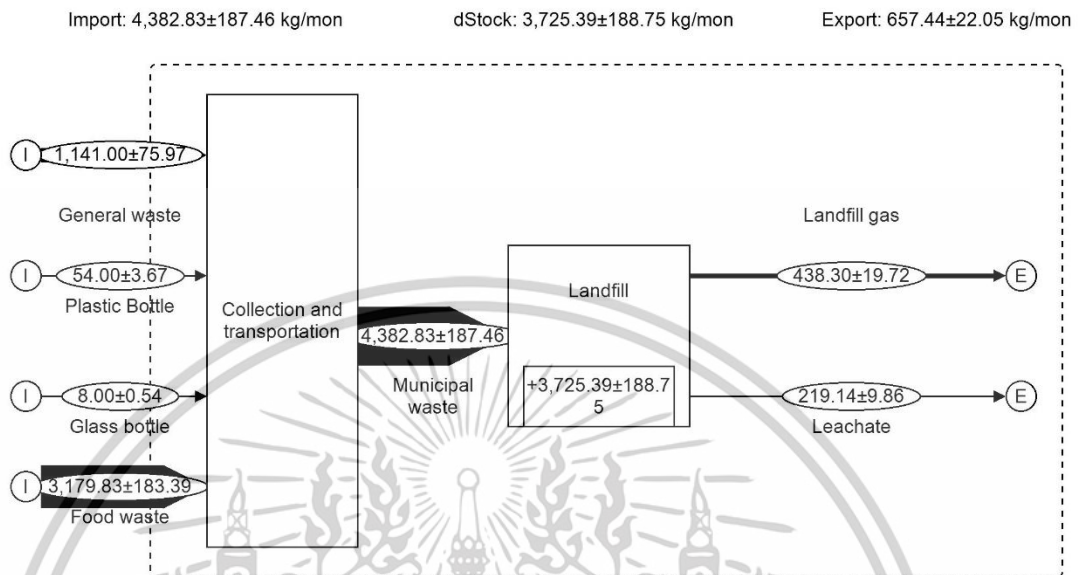
ในการวิเคราะห์การจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ ได้มีการแบ่งการศึกษาเป็น 3 วิธีเพื่อเป็นการเปรียบเทียบถึงการจัดการขยะมูลฝอย โดยสามารถแบ่งเป็น วิธีที่ 1 เป็นการจัดการขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบทั้งหมด (LF) วิธีที่ 2 เป็นการจัดการขยะมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพโดยการฝังกลบ การรีไซเคิล และการให้อาหารปลา (Mix) ซึ่งเป็นวิธีในปัจจุบัน

ตารางที่ 4.5 ปริมาณขยะเศษมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ

ประเภทของขยะ	ปริมาณขยะ (กิโลกรัมต่อเดือน)	ร้อยละ
ขยะทั่วไป	1,141.00	26.03
ขยะขวดพลาสติก	54.00	1.23
ขยะขวดแก้ว	8.00	0.18
ขยะเศษอาหาร	3179.83	72.55
รวมทั้งสิ้น	4,382.83	100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิเคราะห์ผังการไหลของผลิตภัณฑ์ของการจัดการขยะด้วยการฝังกลบนั้นขยะทั้งหมดจะถูกรวบรวมไว้ภายในแหล่งเดียวกันแล้วจึงขนย้ายไปกำจัดด้วยการฝังกลบทั้งหมดปริมาณ 4,382.83 กิโลกรัมต่อเดือน ที่แหล่งฝังกลบโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.8



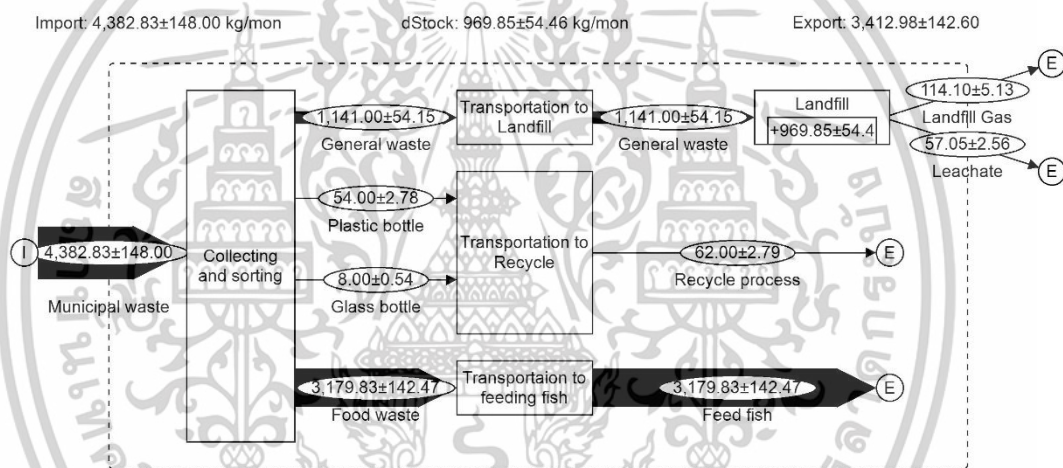
รูปที่ 4.8 การวิเคราะห์ผังการไหลของวิธีที่ 1 การจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวม สมเด็จพระเทพ ด้วยการนำไปฝังกลบ (LF)

ในการจัดขยะมูลฝอยของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพในปัจจุบัน จากการวิเคราะห์ผังการไหลของผลิตภัณฑ์ดังแสดงในรูปที่ 4.9 ขยะแต่ละประเภทจะถูกแบ่งแยกในจุดทิ้งขยะของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ ได้แก่ ขยะทั่วไป ขยะขวดแก้ว ขยะพลาสติก และขยะเศษอาหาร ทางโรงอาหารได้มีการแบ่งความรับผิดชอบในการดำเนินการจัดเก็บขยะก่อนนำไปกำจัดโดยทีมพนักงานทำความสะอาด 2 ทีม คือ ทีมที่ 1 มีหน้าที่ในการรวบรวมขยะเศษอาหารจากบุคลากรที่เข้ามาใช้บริการหลังจากรับประทานอาหารเสร็จแล้ว และทีมที่ 2 มีหน้าที่ในการรวบรวมขยะทั่วไป ขยะขวดแก้ว และขยะพลาสติก ทำให้ขยะแต่ละประเภทนั้นมีการแบ่งไปจัดการที่แตกต่างกันดังนี้ ขยะทั่วไปจะมีหน่วยงานราชการมารับจากสถาบันฯ เพื่อนำไปฝังกลบที่แหล่งฝังกลบ เป็นปริมาณ 1,141.00 กิโลกรัม หรือร้อยละ 26.03 ของปริมาณขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ ขยะขวดแก้ว และขยะขวดพลาสติกจะจำแนกเป็นขยะรีไซเคิลได้ ก่อนจะถูกนำไปจำหน่ายเป็นขยะรีไซเคิล เพื่อส่งต่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการจัดการต่อไป เป็นปริมาณรวม 62.00 กิโลกรัม หรือ ร้อยละ 1.23 ของปริมาณขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ และขยะเศษอาหารจะถูกรวบรวมไว้แล้วจะถูกขนย้ายไปจัดการด้วยการให้อาหารปลาโดยมีทีม D จากการศึกษาที่ 1 ในการนำไปกำจัดซึ่งเป็นปริมาณ 3,179.83 กิโลกรัม หรือร้อยละ 72.55 ของปริมาณขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ ดังแสดงในตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบันของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ

ประเภทของขยะ	การจัดการขยะ	ผู้รับผิดชอบ	ปริมาณขยะ (กิโลกรัม)	ปริมาณขยะรวม (กิโลกรัม)	ร้อยละ
ขยะทั่วไป	ฝังกลบ	หน่วยงานราชการ	1,141.00	1,141.00	26.03
ขยะขวดพลาสติก	นำไปรีไซเคิล	จำหน่ายให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปรีไซเคิล	54.00	62.00	1.23
ขยะขวดแก้ว			8.00		
ขยะเศษอาหาร	ให้อาหารปลา	ทีม D จากการศึกษาที่ 1	3,179.83	3,179.83	72.55



รูปที่ 4.9 การวิเคราะห์ผังการไหลของวิธีที่ 2 การจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ด้วยการจัดการฝังกลบ การรีไซเคิล และการให้อาหารปลา (Mix)

จากการศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพจะเห็นว่า ในการจัดการด้วยวิธีที่ 1 การจัดการขยะของเสียทั้งหมดด้วยการนำไปฝังกลบ ขยะทั้งหมดจะถูกรวบรวมไว้แล้วทำการขนส่งและรวบรวมไว้ยังสถานที่ที่ฝังกลบ พบว่ามีปริมาณขยะที่ต้องนำไปฝังกลบ 4,382.82 กิโลกรัม ซึ่งการฝังกลบก็จะก่อให้เกิดแก๊สฝังกลบ (Landfill gas) เช่น แก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณขยะที่ถูกนำมาฝังกลบ หรือ 438.30 กิโลกรัม และเกิดน้ำชะขยะ (Leachate) อีกประมาณร้อยละ 5 ของขยะที่ถูกนำมาฝังกลบ หรือ 219.14 กิโลกรัม (Markic et al. 2019) ดังรูปที่ 4.9 แตกต่างจากวิธีการจัดการที่ 2 การจัดการในปัจจุบันจะมีการคัดแยกขยะโดยขยะมูลฝอยจะถูกแบ่งออกเป็นขยะทั่วไป ขยะรีไซเคิล และขยะเศษอาหาร ดังที่ 4.10 โดยขยะรีไซเคิล ได้แก่ ขวดพลาสติก และขวดแก้วจะถูกรวบรวมแล้วนำไปกำจัดประมาณร้อยละ 1.41 ของปริมาณขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ และขยะเศษอาหารอีกร้อยละ 72.55 ของปริมาณขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พระเทพ ทำให้มีปริมาณขยะที่จะนำไปฝังกลบลดลงเหลือ 1,141.00 กิโลกรัม เกิดแก๊สจากกระบวนการฝังกลบ 114.50 กิโลกรัม และเกิดน้ำชะล้างอีก 57.05 กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ผังการไหลของผลิตภัณฑ์จากการศึกษาทั้ง 2 การศึกษาทำให้สามารถแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการจัดการและปริมาณขยะที่เกิดขึ้นของการจัดการขยะเศษอาหารของโรงอาหารต่างๆ และขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ด้วยสถานการณ์ต่างๆ ตามที่ได้กล่าวไป เพื่ออธิบายผลและแสดงให้เห็นถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละประเภท จึงต้องอาศัยเครื่องมือในการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) เข้ามาวิเคราะห์ดังที่จะกล่าวต่อไป

4.5 การประเมินวัฏจักรชีวิตและอภิปรายผล

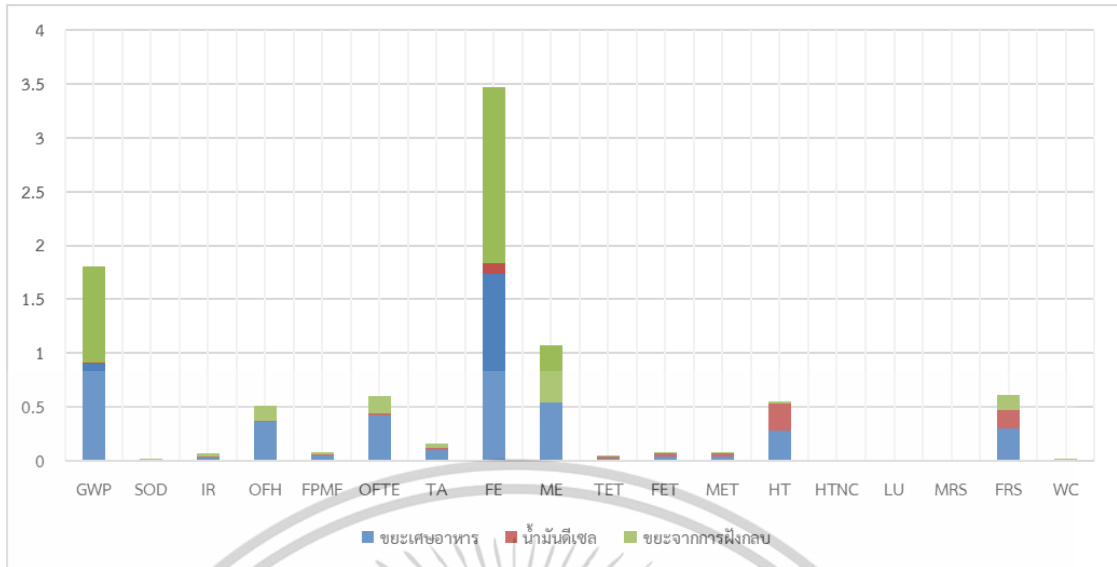
จากการวิเคราะห์ผังการไหลของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนการจัดการขยะประเภทต่างๆ ภายในโรงอาหารของสถาบันฯ ได้นำไปผ่านเครื่องมือการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) โดยการใช้โปรแกรม SimaPro โดยผลการประเมินวัฏจักรชีวิตโดยการปรับโครงสร้างฐานข้อมูลให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน (Normalization) แสดงผลเป็นแผนภูมิแท่งแสดงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละด้านในรูปแบบไม่มีหน่วย ได้ผลดังต่อไปนี้

4.5.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะเศษอาหารในโรงอาหาร 10 แห่งของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

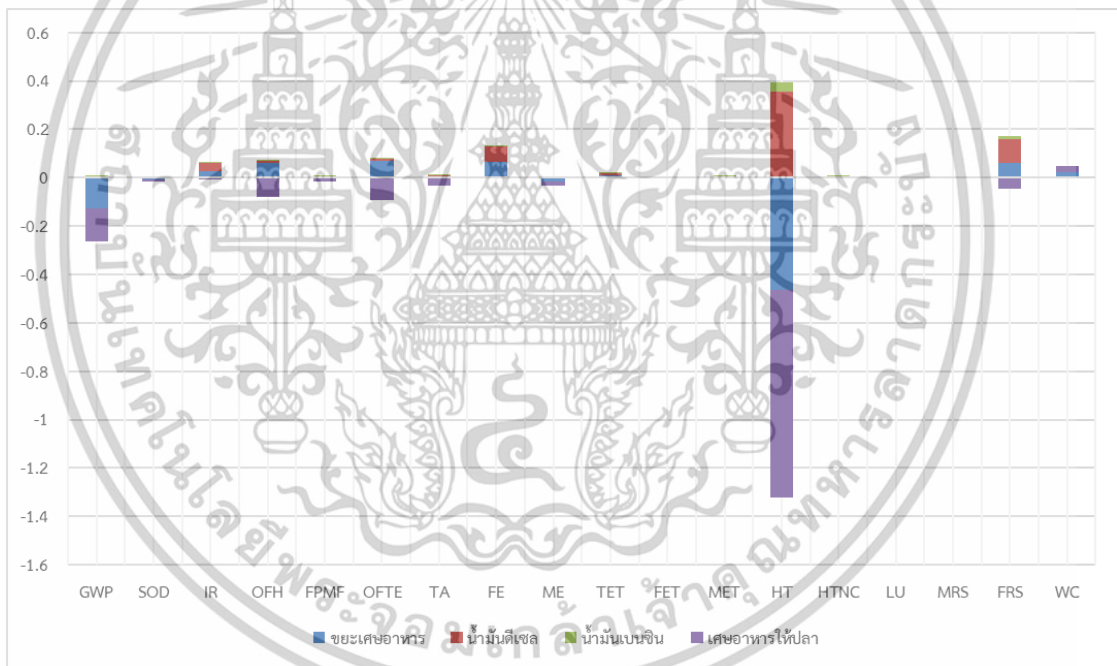
จากการศึกษาการจัดการขยะเศษอาหารที่เกิดขึ้นจากโรงอาหารต่างๆ เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหาร 10 แห่งในสถาบันฯ โดยทำการวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจำแนกตามวัสดุขาเข้าและขาออกของ 2 กรณีการจัดการได้แก่ กรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบ (FWLF) และกรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลา (FWFF) การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยการจำแนกตามวัสดุขาเข้าและขาออกช่วยให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่ามีวัสดุขาเข้าและขาออกประเภทใดที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ได้

จากการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังแสดงในรูปที่ 4.10 ถึง 4.11 พบว่าสำหรับกรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบ (FWLF) มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FE) ด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) และด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำเค็ม (ME) โดยสาเหตุจากขยะที่ถูกนำไปฝังกลบ และสำหรับกรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลา (FWFF) พบว่ามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งด้านลบและด้านบวก โดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทางลบในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (FRS) และด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FE) มีสาเหตุมาจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นหลัก และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านบวกในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) และด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ซึ่งเป็นผลมาจากเศษอาหารที่นำไปให้อาหารปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบ (FWLF) แบบจำแนกโดยวัสดุขาเข้าและขาออก



รูปที่ 4.11 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้เป็นอาหารปลา (FWFF) แบบจำแนกโดยวัสดุขาเข้าและขาออก

ทั้งนี้ควรต้องมีการวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอน ของกรณีการจัดการขยะเศษอาหารอย่างละเอียด เพื่อวิเคราะห์ว่าขั้นตอนไหนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดต่อไป

4.5.1.1 กรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปฝังกลบ (FWLF)

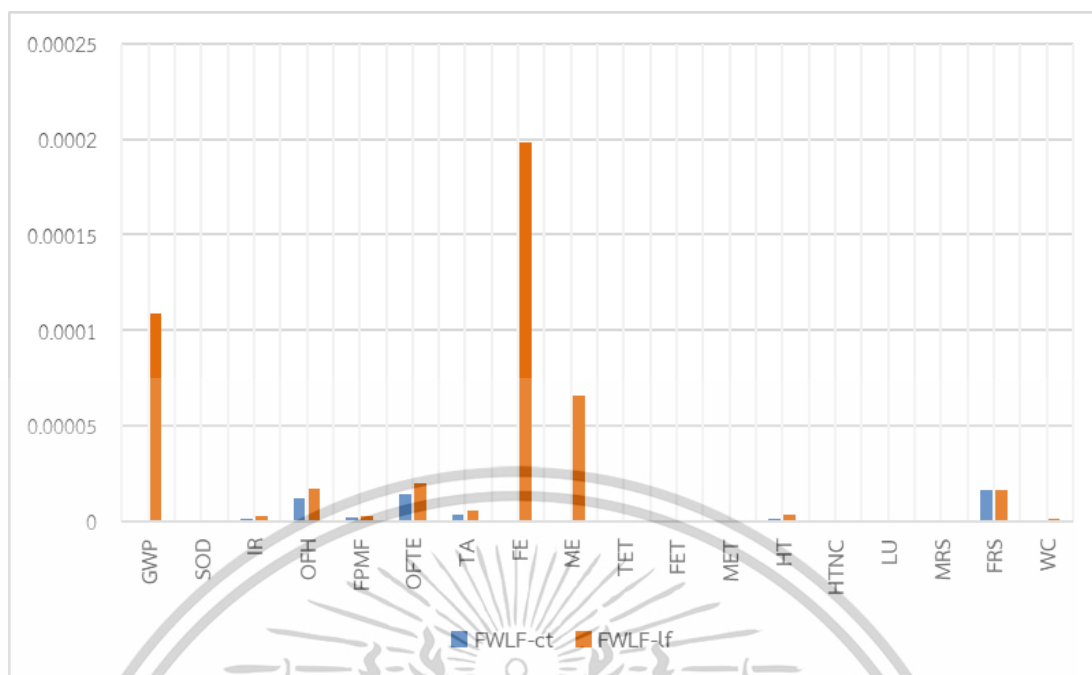
จากการวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภาพรวมของกรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปฝังกลบ (FWLF) ซึ่งมีขั้นตอนย่อยโดยเริ่มตั้งแต่การรวบรวมขยะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เศษอาหารจากโรงอาหารทั้ง 10 แห่ง รวบรวมแล้วขนส่งด้วยรถเก็บขยะ 6 ล้อ ระยะทางประมาณ 17 กิโลเมตรจากสถาบันฯ ไปรวบรวมโดยหน่วยงานราชการก่อนจะขนส่งไปยังสถานที่ฝังกลบที่จังหวัด นครสวรรค์ระยะทางประมาณ 266 กิโลเมตร ซึ่งเมื่อทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดย พิจารณาแต่ละขั้นตอน ได้แก่ กระบวนการรวบรวมและขนส่งขยะเศษอาหาร (FWLF-ct) และ กระบวนการฝังกลบขยะเศษอาหาร (FWLF-lf) จากการประเมินวัฏจักรชีวิตจะพบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทาง ลบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในด้าน ด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FE) ด้านการเกิดภาวะ โลกร้อน (GWP) และด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำเค็ม (ME) ดังแสดงในรูปที่ 4.12

กระบวนการรวบรวมขยะเศษอาหารไปฝังกลบ (FWLF-ct) มีผลกระทบ มากที่สุดในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (FRS) รวมถึง การเกิดโอโซนที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ (OFH) การเกิดโอโซนที่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศ (OFTE) และ ด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FE) ตามลำดับ เนื่องจากการขนส่งมีการใช้น้ำมันดีเซลซึ่งเป็นการ ใช้พลังงานฟอสซิล ทำให้เกิดการลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล การใช้น้ำมันดีเซลผ่านกระบวนการ เผาไหม้ก่อให้เกิดสารพิษจำพวกฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particular matter) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ทำให้ชั้นบรรยากาศที่มีผลต่อมนุษย์และระบบนิเวศมีคุณภาพลดลงรวมถึง ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) สารระเหยง่ายที่ไม่รวมมีเทน (Non-Methane volatile organic compound ; NMVOC) และก๊าซ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2559) และมีเมื่อสารพิษเหล่านี้ขึ้นสู่ชั้น บรรยากาศควมแน่นตกลงมาเป็นฝนและผ่านการชะล้างลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดการปนเปื้อนของ สารพิษเหล่านี้ในแหล่งน้ำจืดและน้ำเค็ม ทำให้เกิดภาวะความเป็นพิษต่อแหล่งน้ำจืดและน้ำเค็ม รวมไปถึงการที่มนุษย์นำทรัพยากรน้ำที่ปนเปื้อนมาใช้และสะสมในร่างกายในปริมาณมากก่อให้เกิดภาวะ มะเร็งได้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2562) ดังรูปที่ 4.10 อีกทั้งไนโตรเจน ออกไซด์ (NO_x) และสารระเหยง่ายที่ไม่รวมมีเทน (Non-Methane volatile organic compound ; NMVOC) ยังเป็นสารตั้งต้นหลักในการเกิดโอโซน ซึ่งหากปริมาณโอโซนสูงจะมีผลต่อมนุษย์ทำให้เกิด ปัญหาการหายใจกระตุ้นให้เกิดโรคหอบหืด ลดประสิทธิภาพการทำงานของปอด (WHO, 2008) ซึ่ง นอกจากผลกระทบต่อมนุษย์ทางตรงต่อสุขภาพมนุษย์แล้ว โอโซนบนพื้นผิวยังสามารถถูกดูดซับโดย ปากและใบของพืช ส่งผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตในด้านการเจริญเติบโตของระบบนิเวศในบริเวณนั้นๆ (Solberg et al., 2022)

ในกระบวนการฝังกลบขยะเศษอาหาร (FWLF-lf) การนำขยะเศษอาหารไป ดำเนินการฝังกลบส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FE) ด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) และด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำเค็ม (ME) การฝัง กลบก่อให้เกิดการภาวะโลกร้อนอันเนื่องมาจากการปลดปล่อยก๊าซมีเทนซึ่งเป็นตัวแปรหลักในการ ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน การฝังกลบส่งผลให้เกิดก๊าซ (landfill gas) และน้ำชะขยะ (leachate) โดยเฉพาะในขยะเศษอาหารมีการปล่อยไนโตรเจน (Nitrogen) และฟอสฟอรัส (phosphorus) ใน ระดับที่สูง และเมื่อไหลลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดภาวะระดับสารอาหารที่สูงขึ้นเกิดการเจริญเติบโตของ สาหร่ายในปริมาณมาก ทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดลง รวมถึงสาหร่ายสามารถผลิตสารพิษลงสู่ แหล่งน้ำได้ เกิดสภาพการขาดก๊าซออกซิเจน (Wurtsbaugh et al., 2019) และการฝังกลบก่อให้เกิด สภาวะการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนทำให้การกักเก็บคาร์บอนในดิน ในระยะยาวส่งผลให้ใช้เวลา ในการแปรสภาพสารอินทรีย์ที่คงเหลือเป็นพลังงานฟอสซิลมากขึ้น (Bramryd & Johansson, 2020)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบ (FWLF) แบบแยกวิธีการ

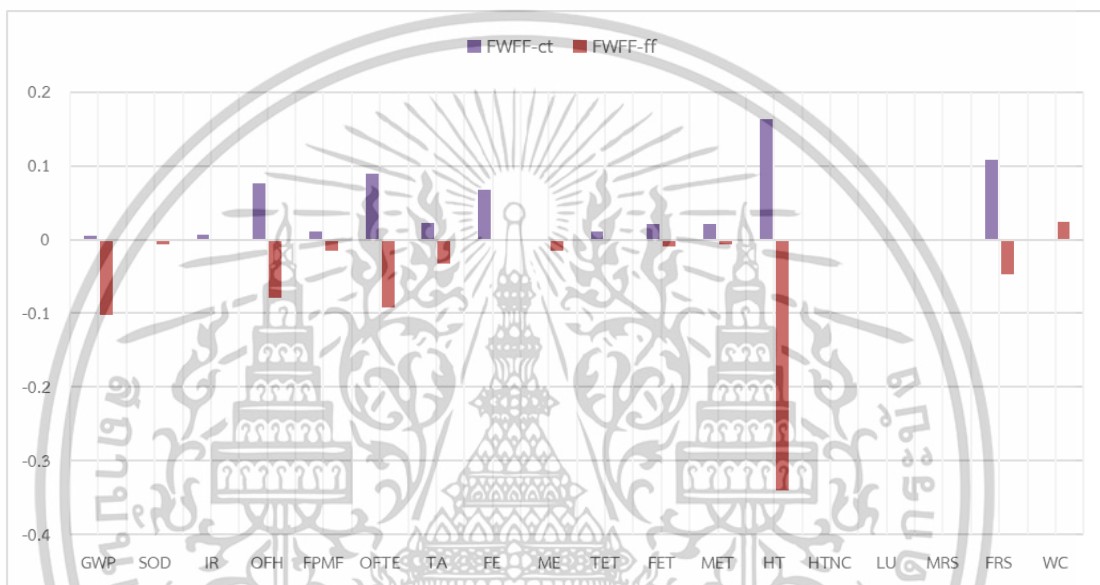
4.5.1.2 กรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้เป็นอาหารปลา (FWFF)

จากการวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภาพรวมของกรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้เป็นอาหารปลา (FWFF) ซึ่งมีขั้นตอนย่อยโดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการรวบรวมขยะเศษอาหาร (FWFF-ct) โดยเกษตรกรจำนวน 4 ทีม ทำการขนส่งด้วยรถส่วนบุคคลเพื่อนำไปให้อาหารปลาในพื้นที่ของตน และกระบวนการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลา (FWFF-ff) จากการประเมินวัฏจักรชีวิตโดยแยกในแต่ละกระบวนการจะพบว่า มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางลบมาจากการรวบรวมและขนส่งขยะเศษอาหาร (FWFF-ct) แต่ในกระบวนการนำเศษอาหารไปให้อาหารปลาพบว่ามีผลกระทบด้านบวกต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) ภาวะโลกร้อน (GWP) การเกิดโอโซนที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ (OFH) และการเกิดโอโซนที่มีผลต่อระบบนิเวศ (OFTE)

กระบวนการรวบรวมขยะเศษอาหารไปให้อาหารปลา (FWFF-ct) มีผลกระทบมากที่สุดในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (FRS) รวมถึง การเกิดโอโซนที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ (OFH) การเกิดโอโซนที่มีผลต่อระบบนิเวศ (OFTE) และด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FE) ตามลำดับเช่นเดียวกับผลกระทบของการรวบรวมและขนส่งของการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปฝังกลบ

ในกระบวนการให้อาหารปลา (FWFF-ff) เป็นการนำเศษอาหารหลงบ่อน้ำจืดเพื่อให้ปลาที่เกษตรกรเลี้ยงไว้เข้ามากินเป็นอาหารทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางบวกมากที่สุดในด้าน ภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) ภาวะโลกร้อน (GWP) การเกิดโอโซนที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ (OFH) และการเกิดโอโซนที่มีผลต่อระบบนิเวศ (OFTE) จากงานวิจัยพบว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในวงกว้าง ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกใช้อาหารสำเร็จรูปในการให้อาหารปลา มีค่าการสะสมของโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs) และยากำจัดศัตรูพืชออร์แกโนคลอรีน (Organochlorine pesticides-OCPs) ซึ่งสามารถสะสมในร่างกายมนุษย์และก่อมะเร็งได้ และยังพบว่า การนำเศษอาหารไปให้อาหารปลาที่เพาะเลี้ยงไว้แทนการให้อาหารสำเร็จรูป มีการสะสมของธาตุโลหะหนัก เช่น ปรอท (Hg) น้อยกว่า ซึ่งเป็นสารที่มีผลให้เกิดภาวะการก่อมะเร็งในมนุษย์ (Cheng et al., 2016) และเมื่อเปรียบเทียบกับ การจัดการขยะเศษอาหารด้วยวิธีการอื่นๆ เช่น การฝังกลบ จะพบว่า การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการให้อาหารปลานั้น สามารถลดการเกิดก๊าซมีเทนจากการฝังกลบ ทำให้สามารถลดภาวะโลกร้อน ส่งผลให้ไม่เกิดการท่าลายชั้นโอโซนที่มีผลต่อระบบนิเวศและมนุษย์อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้เป็นอาหารปลา (FWFF) แบบแยกวิธีการ

4.5.1.3 การเปรียบเทียบกรณีการจัดการขยะเศษอาหารโดยการฝังกลบ และการให้อาหารปลา (FWLF vs FWFF)

จากการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตของกรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบ (FWLF) และการจัดการโดยการให้อาหารปลา (FWFF) ดังรูปที่ 4.15 พบว่า ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านลบของการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบมีผลกระทบมากกว่าการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลาอย่างเห็นได้ชัด ในด้านการสะสมแร่ธาตุในน้ำจืด (FE) และภาวะโลกร้อน (GWP) เนื่องจากการฝังกลบมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนซึ่งส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน และการฝังกลบมีน้ำชะขยะที่ชะนำแร่ธาตุไนโตรเจน (Nitrogen) และฟอสฟอรัส (Phosphorus) เกิดการสะสมสารอาหารที่มากเกินไปทำให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายที่มากเกินไป ก่อให้เกิดภาวะขาดออกซิเจนในน้ำ

ในด้านภาวะความเป็นพิษในแหล่งน้ำเค็ม (ME) ด้านภาวะความเป็นพิษในแหล่งน้ำจืด (FET) การเกิดโอโซนที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ (OFH) การเกิดโอโซนที่มีผลต่อระบบนิเวศ (OFTE) และการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (FRS) ของการจัดการขยะเศษอาหารและการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการให้อาหารปลา มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านลบที่ใกล้เคียงกัน

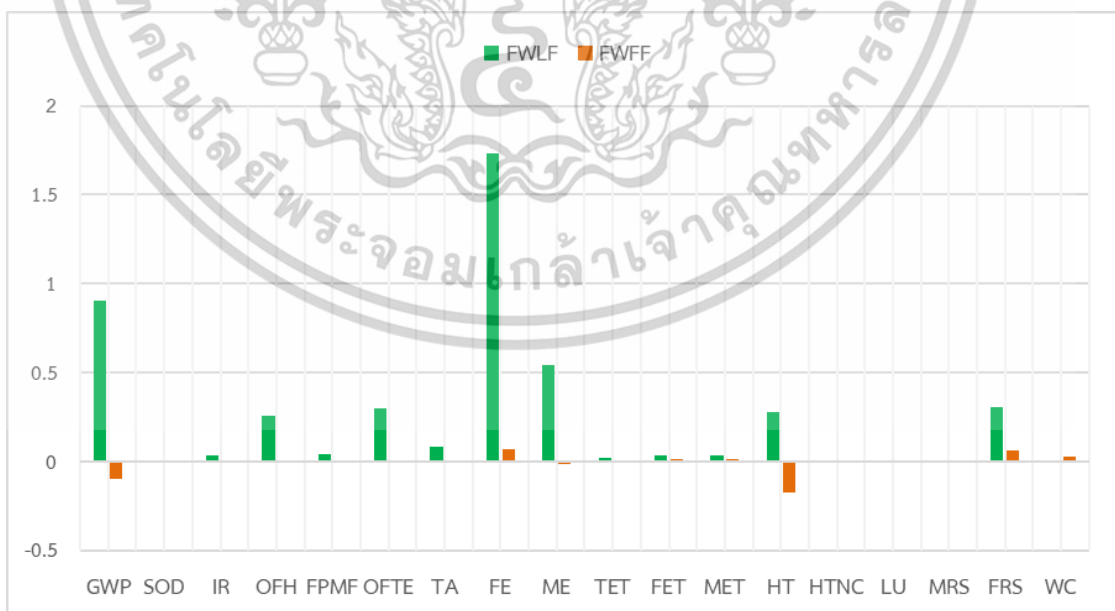
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการให้อาหารปลา (FWFF) มีผลด้านบวกต่อสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อกัมเริงต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) และภาวะโลกร้อน (GWP) เนื่องมาจากการใช้เศษอาหารเป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ ลดการสะสมธาตุโลหะหนักจากอาหารสัตว์สำเร็จรูปและลดการเกิดของก๊าซมีเทนที่ส่งผลต่อภาวะโลกร้อน ซึ่งจะเห็นว่าการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลาเมื่อเปรียบเทียบกับจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบ พบว่าการนำเศษอาหารไปจัดการโดยการให้อาหารปลามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ดังรูปที่ 4.14

โดยจากการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ที่ส่งผลกระทบมากที่สุดของการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหารทั้ง 10 แห่งจากกรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปฝังกลบและการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการให้อาหารปลา สามารถวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละด้านได้ดังนี้

1) ด้านการสะสมแร่ธาตุในน้ำจืด (FE) พบว่ากรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการให้อาหารปลามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการรวบรวมและขนส่ง ในขณะที่การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปฝังกลบเกิดน้ำชะขยะ (Leachate) ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ควบคู่กับกระบวนการรวบรวมและขนส่งทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการสะสมแร่ธาตุในน้ำจืด (FE) สูงกว่าการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการให้อาหารปลา

2) ด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) พบว่ากรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปฝังกลบเป็นการนำเศษอาหารทั้งหมดไปฝังกลบซึ่งก่อให้เกิดก๊าซมีเทนส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน แต่ในกรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการให้อาหารปลา เป็นการทดแทนการนำเศษอาหารไปฝังกลบด้วยการให้อาหารปลาทำให้ลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่เป็นสาเหตุหลักในการเกิดภาวะโลกร้อน



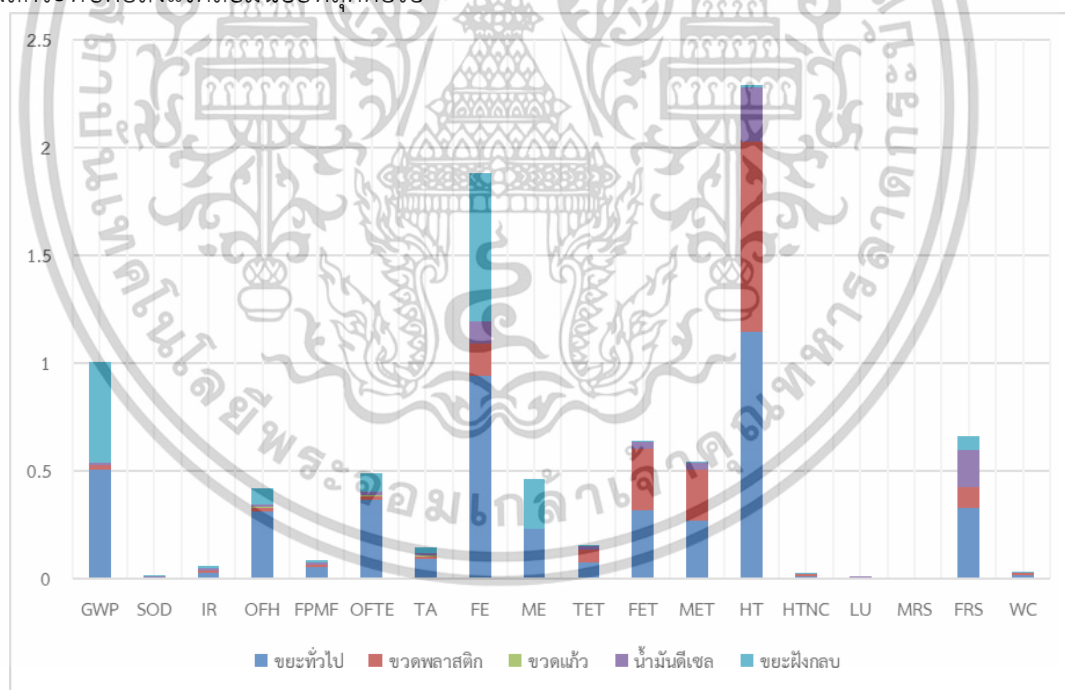
รูปที่ 4.14 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตระหว่างการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบและการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลา (FWLF vs FWFF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ

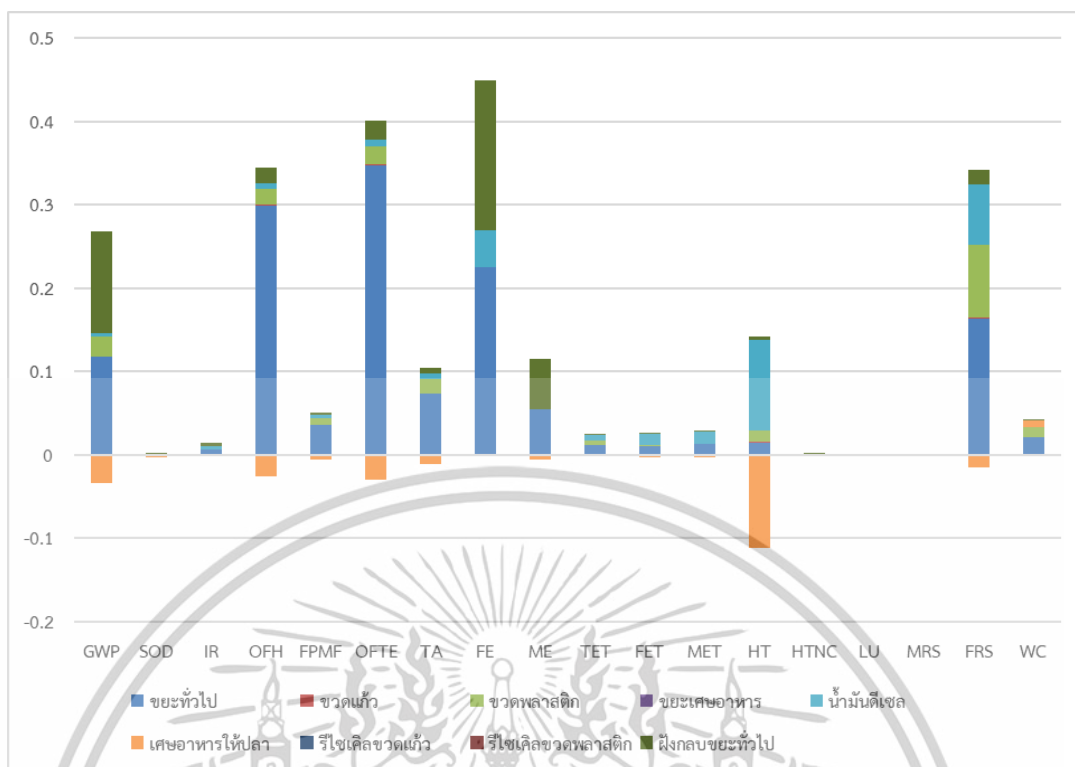
จากการศึกษาผังการไหลของวัสดุของการจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ สามารถวิเคราะห์ถึงผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพโดยเกณฑ์การจำแนกวัสดุขาเข้าและขาออก ดังแสดงในรูปที่ 4.15 และ รูปที่ 4.16 พบว่ากรณีการจัดการขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ (LF) มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) ด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FE) และภาวะโลกร้อน (GWP) เป็นหลัก โดยมีปัจจัยหลักมาจากขาเข้าขาออก และรองลงมาด้วยขยะขวดพลาสติก ในขณะที่กรณีการจัดการขยะมูลฝอยโดยการฝังกลบ การรีไซเคิล และการให้อาหารปลา (Mix) มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านที่เกิดโอโซนที่มีผลต่อระบบนิเวศ (OFTE) ด้านการเกิดโอโซนที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ (OFH) ด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FE) การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (FRS) และภาวะโลกร้อน (GWP) โดยมีปัจจัยหลักมาจากขาเข้าขาออก รองลงมาด้วยการฝังกลบขยะทั่วไป และการเผาไหม้เนื่องจากการใช้น้ำมันดีเซล

ทั้งนี้ควรต้องมีการวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอน ของกรณีการจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ เพื่อวิเคราะห์หาขั้นตอนไหนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดต่อไป



รูปที่ 4.15 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพโดยการฝังกลบ (LF) แบบจำแนกโดยวัสดุขาเข้าและขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพโดยการฝังกลบ การรีไซเคิล และการให้อาหารปลา (Mix) แบบจำแนกโดยวัสดุขาเข้าและขาออก

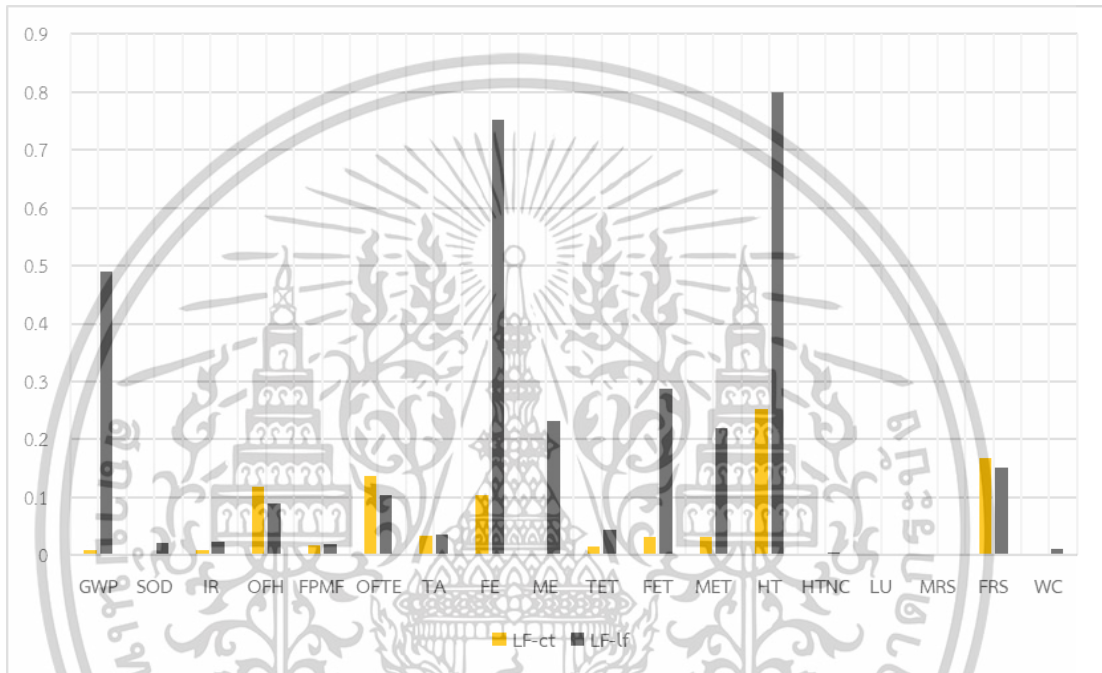
4.5.2.1 กรณีการจัดการขยะมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพด้วยการฝังกลบ (LF)

จากการวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภาพรวมของกรณีการนำขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพไปดำเนินการฝังกลบ มีขั้นตอนย่อยดังนี้ กระบวนการรวบรวมขยะมูลฝอยและการขนส่งไปยังสถานที่ฝังกลบ (LF-ct) และกระบวนการนำขยะมูลฝอยไปฝังกลบ (LF-lf) จากการประเมินวัฏจักรชีวิตในขั้นตอนย่อยแต่ละขั้นตอนพบว่า มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางลบมากที่สุดในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) ด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FE) และภาวะโลกร้อน (GWP) ดังรูปที่ 4.17

กระบวนการรวบรวมขยะมูลฝอยไปยังสถานที่ฝังกลบ (LF-ct) นั้นถูกรวบรวมและขนส่งขยะด้วยรถเก็บขยะ 6 ล้อ ระยะทางประมาณ 17 กิโลเมตรจากสถาบันฯ ไปรวบรวมโดยหน่วยงานราชการก่อนจะขนส่งไปยังสถานที่ฝังกลบที่จังหวัดนครสวรรค์ระยะทางประมาณ 266 กิโลเมตร พบว่ามีผลกระทบมากที่สุดในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (FRS) รวมถึง การเกิดโอโซนที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ (OFH) การเกิดโอโซนที่มีผลต่อระบบนิเวศ (OFTE) และด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FE) ตามลำดับ เช่นเดียวกับกับผลกระทบของการรวบรวมและขนส่งของการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปฝังกลบ

จากกระบวนการฝังกลบของขยะมูลฝอยการฝังกลบจะก่อให้เกิดมลพิษทางลบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) ด้านการสะสมเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FE) และด้านภาวะโลกร้อน (GWP) ดังรูปที่ 4.17 เนื่องจากการฝังกลบก่อให้เกิดน้ำชะขยะ (Leachate) และก๊าซที่เกิดจากการฝังกลบ (Landfill gas) รวมถึงก๊าซมีเทนซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ก๊าซที่เกิดจากการฝังกลบและน้ำชะที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอยเมื่อเวลาผ่านไปมีการไหลลงสู่แหล่งน้ำส่งผลให้เกิดเป็นมลพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำจืดและน้ำเค็ม รวมถึงการสะสมแร่ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มากเกินไปจนส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่รวดเร็วของสาหร่ายในน้ำ เกิดเป็นปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน จากนั้นเมื่อมลพิษเหล่านี้ถูกชะลงสู่แหล่งน้ำก่อให้เกิดมลพิษต่อแหล่งน้ำจืดและน้ำเค็ม และเมื่อมนุษย์ได้นำน้ำจากแหล่งน้ำมาอุปโภคบริโภคผ่านห่วงโซ่อาหารส่งผลให้เกิดมะเร็งต่อมธูษย์ได้ (Wurtsbaugh et al., 2019)



รูปที่ 4.17 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพโดยการฝังกลบ (LF) แบบแยกวิธีการ

4.5.2.2 กรณีการจัดการขยะมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพโดยการฝังกลบ การรีไซเคิล และการให้อาหารปลา (Mix)

จากการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภาพรวมของการจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบันของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ โดยมีขั้นตอนย่อยดังนี้ กระบวนการรวบรวมและขนส่งขยะทั่วไปไปฝังกลบ (Mix-ct to lf) จากนั้นนำขยะทั่วไปไปผ่านกระบวนการฝังกลบขยะทั่วไป (Mix -lf) กระบวนการรวบรวมและขนส่งขยะเศษอาหารเพื่อนำไปให้อาหารปลา (Mix-ct to ff) จากนั้นนำขยะเศษอาหารไปให้อาหารปลา (Mix-ff) กระบวนการรวบรวมและขนส่งขยะรีไซเคิลไปยังสถานที่รีไซเคิล (Mix-ct to re) จากนั้นนำขยะรีไซเคิลไปผ่านกระบวนการรีไซเคิล (Mix-re) จากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละกระบวนการพบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการเกิดโอโซนที่มีผลต่อระบบนิเวศ (OFTE) ด้านการเกิดโอโซนที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ (OFH) ด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FE) การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (FRS) และภาวะโลกร้อน (GWP) ดังแสดงในรูปที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการรวบรวมและขนส่งของขยะแต่ละประเภทมีดังนี้ การรวบรวมและขนส่งขยะทั่วไปไปยังสถานที่ฝังกลบ (Mix-ct to lf) จะมีการขนส่งขยะด้วยรถเก็บขยะ 6 ล้อ ระยะทางประมาณ 17 กิโลเมตรจากสถาบันฯ ไปรวบรวมโดยหน่วยงานราชการก่อนจะขนส่งไปยังสถานที่ฝังกลบที่จังหวัดนครสวรรค์ระยะทางประมาณ 266 กิโลเมตร ขยะเศษอาหารจะถูกรวบรวมและขนส่งนำไปให้อาหารปลา (Mix-ct to ff) โดยรถกระบะ 4 ล้อมีระยะทาง 15 กิโลเมตร โดยมีการขนย้ายจากสถาบันฯ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง การรวบรวมและขนส่งขยะรีไซเคิลไปยังสถานที่รีไซเคิล (Mix-ct to re) ได้แก่ ขวดพลาสติกจะถูกรวบรวมและขนส่งโดยรถกระบะ 4 ล้อ ระยะทาง 25 กิโลเมตรจากสถาบันฯ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ขวดแก้วจะถูกรวบรวมและขนส่งโดยรถกระบะ 4 ล้อ ระยะทาง 15 กิโลเมตรจากสถาบันฯ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ และขยะทั่วไปปรถกระบะ 4 ล้อ ระยะทาง 17 กิโลเมตรจากสถาบันฯ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยทั้ง 3 ขั้นตอนการรวบรวมและขนส่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (FRS) รวมถึง การเกิดโอโซนที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ (OFH) การเกิดโอโซนที่มีผลต่อระบบนิเวศ (OFTE) และด้านการสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FE) ที่เหมือนกัน แตกต่างกันในด้านการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน

หลังจากกระบวนการคัดแยกขยะและขนส่งไปยังสถานที่รีไซเคิล (Mix-re) จากการวิเคราะห์ผลพบว่า การรีไซเคิลขยะขวดพลาสติก (Polyethylene terephthalate ; PET) และขยะขวดแก้ว มีผลกระทบต่อด้านลบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล (FRS) ภาวะความเป็นพิษต่อดิน (TA) และภาวะโลกร้อน (GWP) เกิดจากการใช้ถ่านหินเพื่อสร้างพลังงานไฟฟ้าในการเผาไหม้ในขั้นตอนการหลอมและขึ้นรูปใหม่ก่อให้เกิดการลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล และภาวะโลกร้อน การเผาไหม้จะปลดปล่อยก๊าซพิษซึ่งส่งผลกระทบต่ออัตราการเกิดมะเร็งและสุขภาพของมนุษย์ และการชะล้างจะนำพาสารพิษ เช่น แคดเมียม ตะกั่ว (Whitt et al, 2016) จากกระบวนการรีไซเคิลลงสู่แหล่งดินและแหล่งน้ำ

ขยะเศษอาหารจะถูกคัดแยกออกมาเพื่อนำไปให้อาหารปลา จากการวิเคราะห์ผลพบว่า การนำเศษอาหารไปให้อาหารปลา (Mix-ff) ให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านบวกในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) และภาวะโลกร้อน (GWP) เนื่องจากการใช้เศษอาหารที่เหลือจากการบริโภคทดแทนการใช้อาหารสำเร็จรูปหรืออาหารอื่นๆ ที่อาจมีการใช้สารเคมีปรุงแต่งที่มีผลกระทบต่อสัตว์น้ำสามารถช่วยลดการสะสมธาตุโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม ในสัตว์น้ำ มีผลให้ลดภาวะการก่อมะเร็งในมนุษย์ (Cheng et al, 2016) อีกทั้งการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการให้อาหารปลาสามารถลดผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน เมื่อเทียบกับการจัดการเศษอาหารในวิธีการอื่น

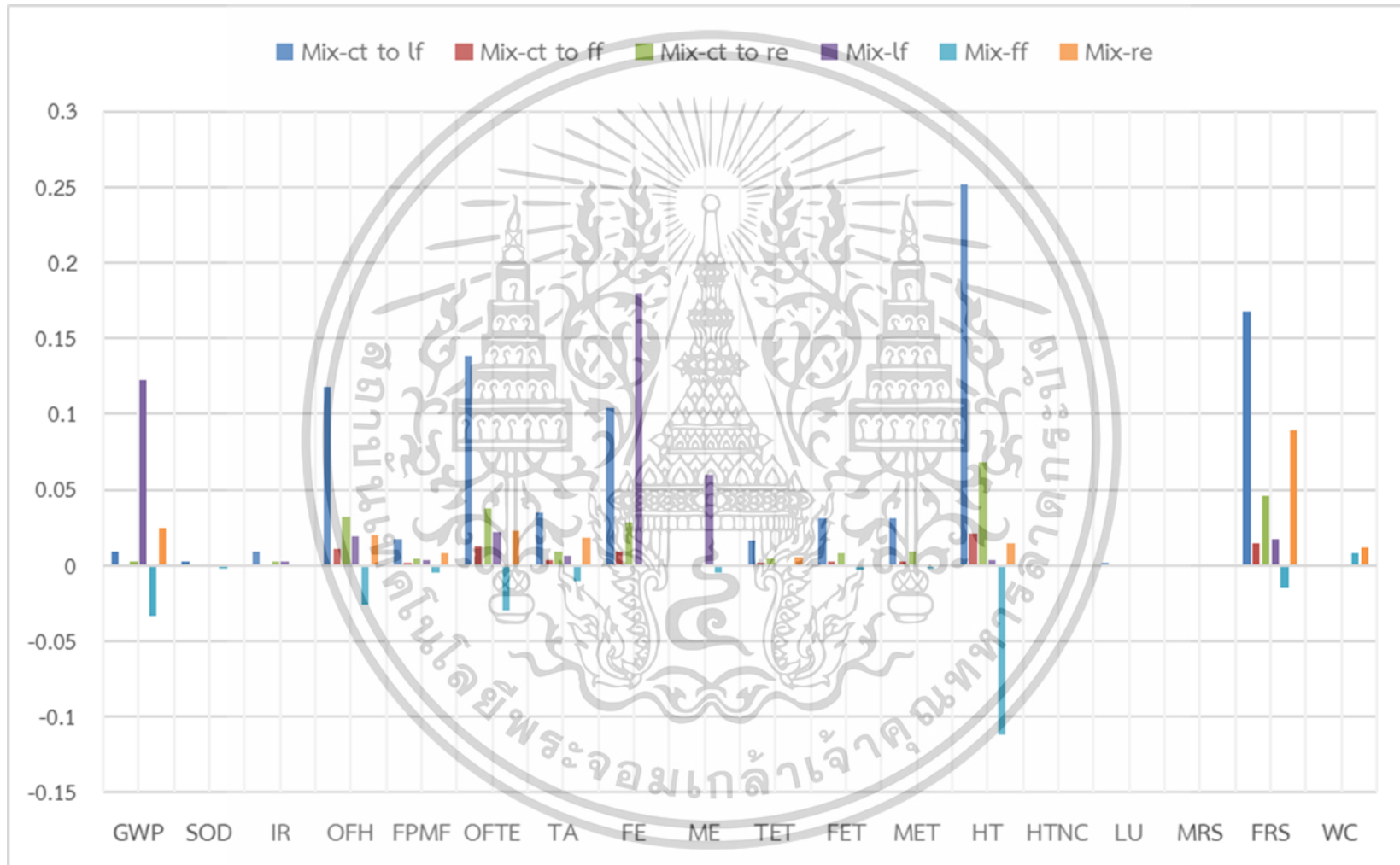
นอกจากขยะที่ผ่านการคัดแยกเพื่อนำไปรีไซเคิลและเศษอาหารที่นำไปให้อาหารปลาแล้วนั้น ขยะส่วนที่เหลือจะถูกนำไปฝังกลบ (Mix-lf) ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการสะสมแร่ธาตุในน้ำจืด (FE) ภาวะโลกร้อน (GWP) และการสะสมแร่ธาตุในน้ำเค็ม (ME) การฝังกลบก่อให้เกิดก๊าซมีเทนส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน และการฝังกลบมีการปลดปล่อยก๊าซจากการฝังกลบ (Landfill gas) และน้ำชะขยะ (Leachate) เมื่อไหลลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้ในแหล่งน้ำมีการสะสมของแร่ธาตุจำพวก ไนโตรเจน (Nitrogen) และฟอสฟอรัส (Phosphorus) ในระดับที่สูงทำให้เกิดภาวะระดับสารอาหารที่สูงขึ้นเกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายในปริมาณมาก ทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดลง รวมถึงสาหร่ายสามารถผลิตสารพิษลงสู่แหล่งน้ำได้ เกิดสภาพการขาดก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจน (Wurtsbaugh et al., 2019) การฝังกลบก่อให้เกิดสภาวะการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนทำให้เกิดการกักเก็บคาร์บอนในดิน ในระยะยาวส่งผลให้ใช้เวลาในการแปรสภาพสารอินทรีย์ที่คงเหลือเป็นพลังงานฟอสซิลมากขึ้น (Bramryd & Johansson, 2020)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี โดยการใช้การผสม (Mix)

4.5.2.3 การเปรียบเทียบกรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบและการจัดการในปัจจุบัน (LF vs Mix)

การจัดการขยะมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพด้วยการฝังกลบ (LF) เปรียบเทียบกับการจัดการขยะมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพด้วยวิธีการจัดการในปัจจุบัน (Mix) มีความแตกต่างกันดังนี้

การจัดการขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบ (LF) เป็นการนำขยะที่ไม่ผ่านการคัดแยกในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพทั้ง 4,383 กิโลกรัมไปฝังกลบ แต่ในขณะที่กรณีการจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบัน (Mix) มีการคัดแยกขยะเศษอาหาร ขยะขวดแก้ว ขยะขวดพลาสติก และขยะทั่วไป เพื่อลดปริมาณขยะที่จะนำไปจัดการด้วยการฝังกลบ เมื่อทำการคัดแยกขยะออกแล้วพบว่าปริมาณขยะทั่วไปที่จะถูกนำไปฝังกลบ 1,141 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 26.03 จากขยะมูลฝอย จากการประเมินวัฏจักรชีวิตพบว่า วิธีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ (LF) มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านลบมากที่สุดในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) การสะสมแร่ธาตุในน้ำจืด (FE) และภาวะโลกร้อน (GWP) เนื่องมาจากการฝังกลบก่อให้เกิดก๊าซฝังกลบ (Landfill gas) และน้ำชะขยะ (Leachate) แล้วชะลงสู่แหล่งน้ำจืดและน้ำเค็มทำให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำและมนุษย์จะรับสารพิษจากการอุปโภคบริโภคจากทรัพยากรเหล่านี้จากห่วงโซ่อาหาร ดังแสดงในรูปที่ 4.19

จากการวิเคราะห์ผลพบว่า การจัดการขยะมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพในปัจจุบันมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการนำขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพไปฝังกลบอย่างเห็นได้ชัด

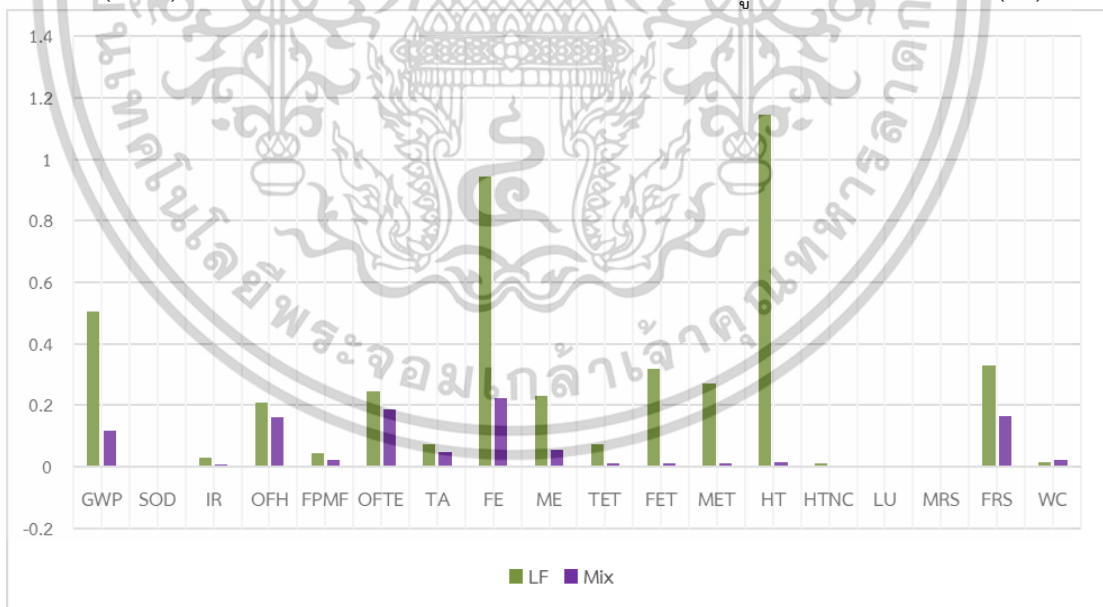
โดยจากการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ที่ส่งผลกระทบมากที่สุดของการศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพโดยการฝังกลบ (LF) และการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ รีไซเคิล และให้อาหารปลา ซึ่งเป็นวิธีในปัจจุบัน (Mix) สามารถวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละด้านได้ดังนี้

1) ด้านภาวะความเป็นมะเร็งในมนุษย์ (HT) พบว่าการจัดการขยะพบว่ากรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ (LF) ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะความเป็นมะเร็งในมนุษย์ (HT) มากกว่า การจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ รีไซเคิล และให้อาหารปลา ซึ่งเป็นวิธีในปัจจุบัน (Mix) สาเหตุมาจากการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการนำไปฝังกลบทั้งหมด (LF) ทำให้เกิดน้ำชะขยะซึ่งมีการปนเปื้อนของสารพิษไหลลงสู่แหล่งน้ำทำให้มนุษย์ได้รับสารพิษเหล่านี้ผ่านห่วงโซ่อาหารทำให้เกิดการสะสมของภาวะมะเร็งได้ ในขณะที่ ขยะออกไปกำจัดด้วยวิธีการต่างๆ ขยะเศษอาหารนำไปให้อาหารปลา และขยะรีไซเคิลนำไปรีไซเคิล ทำให้เหลือขยะคงเหลือที่ต้องนำไปฝังกลบลดลง อีกทั้งการนำเศษอาหารไปให้อาหารปลายังช่วยลดภาวะการเกิดมะเร็งในมนุษย์ได้เนื่องจากการใช้เศษอาหารนำไปให้อาหารปลาเป็นการทดแทนการใช้สารสำเร็จรูป จึงลดการสะสมของสารพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็ง เช่น โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs) และยากำจัดศัตรูพืชออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine pesticides-OCPs) ทำให้การจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ รีไซเคิล และให้อาหารปลา ซึ่งเป็นวิธีในปัจจุบัน (Mix) มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะความเป็นมะเร็งในมนุษย์ (HT) น้อยกว่าการจัดการขยะพบว่ากรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ (LF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ด้านการสะสมแร่ธาตุในน้ำจืด (FE) พบว่ากรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ (LF) ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการสะสมแร่ธาตุในน้ำจืด (FE) มากกว่าการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ รีไซเคิล และให้อาหารปลา ซึ่งเป็นวิธีในปัจจุบัน (Mix) โดยสาเหตุมาจากการจัดขยะด้วยการฝังกลบก่อให้เกิดน้ำชะขยะก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ซึ่งในกรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบทั้งหมด (LF) ก่อให้เกิดน้ำชะขยะในปริมาณมากกว่ากรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ รีไซเคิล และให้อาหารปลา (Mix) เนื่องจากการจัดการในกรณีนี้มีการคัดแยกขยะเศษอาหารเพื่อนำไปให้อาหารปลา และขยะรีไซเคิลนำไปรีไซเคิล จึงทำให้สามารถลดขยะคงเหลือที่ต้องนำไปฝังกลบได้ ทำให้การจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ รีไซเคิล และให้อาหารปลา ซึ่งเป็นวิธีในปัจจุบัน (Mix) มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการสะสมแร่ธาตุในน้ำจืด (FE) น้อยกว่าการจัดการขยะพบว่าการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ (LF)

3) ด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) พบว่ากรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ (LF) ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) มากกว่าการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ รีไซเคิล และให้อาหารปลา ซึ่งเป็นวิธีในปัจจุบัน (Mix) โดยสาเหตุมาจากการจัดขยะด้วยการฝังกลบก่อให้เกิดก๊าซมีเทนส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน ซึ่งในกรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบทั้งหมด (LF) ก่อให้เกิดก๊าซมีเทนในปริมาณมากกว่ากรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ รีไซเคิล และให้อาหารปลา (Mix) เนื่องจากการจัดการในกรณีนี้มีการคัดแยกขยะเศษอาหารเพื่อนำไปให้อาหารปลา และขยะรีไซเคิลนำไปรีไซเคิล จึงทำให้สามารถลดขยะคงเหลือที่ต้องนำไปฝังกลบได้ ทำให้การจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ รีไซเคิล และให้อาหารปลา ซึ่งเป็นวิธีในปัจจุบัน (Mix) มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) น้อยกว่าการจัดการขยะพบว่าการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบ (LF)



รูปที่ 4.19 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพปริยาลัยเปรียบเทียบวิธีการฝังกลบและวิธีการในปัจจุบัน (LF vs Mix)

จากการศึกษาฝังการไหลของวัสดุของการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหาร 10 แห่งและขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ รวมถึงจากการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิต ของการจัดการขยะเศษอาหารและขยะมูลฝอยจากกรณีศึกษาต่างๆ จะพบว่าแต่ละกรณีจะมีไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งด้านบวกและด้านลบในด้านต่างๆ ที่แตกต่างกัน สามารถสรุปผลการวิจัย และเสนอแนะได้ดังที่จะกล่าวในบทต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

ในการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุและการประเมินวัฏจักรชีวิตของการศึกษาการจัดการขยะ 2 การศึกษา แบ่งเป็นการศึกษาที่ 1 การจัดการขยะเศษอาหารที่เกิดขึ้นจากโรงอาหาร 10 แห่งของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และการศึกษาที่ 2 การจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ จากผลการดำเนินงานสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) จากการศึกษาผังการไหลของการศึกษาการจัดการขยะเศษอาหารจากโรงอาหาร 10 แห่งของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังมีวิธีการจัดการ 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปฝังกลบ กรณีที่ 2 การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลา โดยแต่ละกรณีจะมีการเก็บรวบรวมเศษอาหารและการขนส่งไปยังสถานที่จัดการขยะเศษอาหารแล้วจึงนำไปจัดการตามกรณีต่างๆ และจากการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตพบว่า การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลาเป็นวิธีที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบ โดยจากการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบมากที่สุด ได้แก่ ด้านการเกิดการสะสมแร่ธาตุในแหล่งน้ำจืด (FE) และการสะสมแร่ธาตุในแหล่งน้ำเค็ม (ME) พบว่าการจัดการด้วยกรณีการจัดการด้วยการนำไปให้อาหารปลาเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการจัดการด้วยการฝังกลบ จากการวิเคราะห์แยกกระบวนการพบว่าสาเหตุมาจากกระบวนการรวบรวมและขนส่งขยะ ในขณะที่การจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าเนื่องจากน้ำชะขยะส่งผลให้น้ำมีการสะสมสารอาหารสูงขึ้น เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ทำให้ออกซิเจนในน้ำจืดและน้ำเค็มลดต่ำลง ส่วนด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ในกรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการนำไปให้อาหารปลามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านบวกเนื่องจากการทดแทนอาหารสำเร็จรูปในการให้อาหารปลาทำให้ลดการเกิดก๊าซมีเทน ในขณะที่กรณีการจัดการขยะเศษอาหารด้วยการฝังกลบก่อให้เกิดก๊าซมีเทนส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน

2) จากการศึกษาผังการไหลของการศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพถึงวิธีการจัดการขยะ 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 การจัดการขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบ กรณีที่ 2 การจัดการขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบ การรีไซเคิล และการให้อาหารซึ่งเป็นการจัดการในปัจจุบัน จากการวิเคราะห์ผังการไหลในกรณีการจัดการขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบ ขยะมูลฝอยจะถูกรวบรวมแล้วถูกขนส่งไปยังสถานที่ฝังกลบ ในขณะที่กรณีการจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบัน ขยะที่เกิดขึ้นในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพจะถูกคัดแยกออกและนำไปกำจัดด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ ขยะรีไซเคิลจะถูกนำไปรีไซเคิล ขยะเศษอาหารจะนำไปเป็นอาหารปลา ขยะทั่วไปที่เหลือจากการคัดแยกจะถูกนำไปฝังกลบซึ่งมีปริมาณลดลงเหลือร้อยละ 26.03 จากปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพ เมื่อทำการประเมินวัฏจักรชีวิตพบว่ากรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการฝังกลบส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะที่เป็นสารพิษก่อนเริ่มต่อสุขภาพมนุษย์ (HT) ด้านการสะสมแร่ธาตุในน้ำจืด (FE) และภาวะโลกร้อน (GWP) มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าการจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบัน เนื่องจากขยะทุกประเภทถูกนำไปฝังกลบโดยไม่มีการคัดแยก ในขณะที่กรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการนำไปฝังกลบ รีไซเคิล และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้อาหารปลา ซึ่งเป็นวิธีในปัจจุบันส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเนื่องจากการคัดแยกขยะเพื่อลดปริมาณขยะไปฝังกลบ โดยจากการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบมากที่สุดหลักๆ ประกอบไปด้วย ด้านการเกิดภาวะมะเร็งในมนุษย์ (HT) และการสะสมแร่ธาตุในแหล่งน้ำจืด (FE) พบว่ากรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการนำไปฝังกลบมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านลบสูงมากกว่ากรณีจัดการขยะมูลฝอยโดยการฝังกลบ รีไซเคิล และการให้อาหารปลา ซึ่งเป็นวิธีในปัจจุบัน เนื่องมาจากในการจัดการด้วยฝังกลบขยะทั้งหมดโดยไม่มีการคัดแยกขยะก่อให้เกิดน้ำชะขยะในปริมาณมากกว่าส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น ระดับสารอาหารในน้ำสูงขึ้น ออกซิเจนในน้ำต่ำลง อีกทั้งน้ำชะขยะยังส่งผลให้เกิดการสะสมของสารก่อมะเร็งบางประเภทในแหล่งน้ำทำให้มนุษย์ได้รับสารพิษเหล่านั้นผ่านห่วงโซ่อาหาร และในด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) กรณีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการนำไปฝังกลบมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านลบมากกว่ากรณีการจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบัน เนื่องมาจากการจัดการโดยการนำไปฝังกลบทั้งหมดมีปริมาณขยะที่นำไปฝังกลบมากกว่าการจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบัน ซึ่งการฝังกลบก่อให้เกิดก๊าซมีเทนที่มีผลต่อภาวะโลกร้อนโดยตรง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในการศึกษาการจัดการขยะเศษอาหารในโรงอาหาร 10 แห่งของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การเก็บข้อมูลจากทีมเกษตรกร 4 ทีม จะมีเพียงทีมที่เข้าไปดำเนินการเก็บเศษอาหารที่โรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพเท่านั้นที่มีการใช้เครื่องชั่งน้ำหนักของโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพในการชั่งน้ำหนักก่อนทำการขนย้าย ทำให้สามารถบันทึกได้ ณ เวลาที่มีการเก็บได้ทันที แตกต่างจากเกษตรกรท่านอื่น ที่จะต้องนำขยะเศษอาหารใส่ถังที่เตรียมไว้แล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่สถานที่กำจัดแล้วจึงบันทึกผลอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งหากสามารถจัดเตรียมเครื่องชั่งประเภทเดียวกันที่มีการสอบเทียบ เตรียมไว้ให้ตามตำแหน่งที่เก็บขยะในแต่ละโรงอาหารได้ จะทำให้ข้อมูลที่ได้รับแม่นยำและเป็นปัจจุบันมากขึ้น

2) จากการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตของวิธีการจัดการด้วยการนำไปให้อาหารปลา เป็นวิธีที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการจัดการเศษอาหารด้วยการฝังกลบ แต่ในขั้นตอนการรวบรวมและการขนส่งขยะไปยังสถานที่ให้อาหารปลาที่ยังคงมีการใช้น้ำมันดีเซลและและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านการทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงด้วยพลังงานทางเลือกอื่นๆ ที่สามารถลดการเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงได้ เช่น การเปลี่ยนไปใช้รถพลังงานไฟฟ้า อีกทั้งยังควรมีการศึกษาเกี่ยวกับระยะทางที่ใช้ในการขนส่งขยะไปยังสถานที่จัดการควบคุมไปด้วย

3) การศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยในโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพในวิธีปัจจุบัน มีการคัดแยกขยะออกเป็น ขยะรีไซเคิล ขยะเศษอาหาร และขยะทั่วไป ขยะทั่วไปจะถูกนำไปฝังกลบทั้งหมด ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน หากสามารถทำการคัดแยกขยะทั่วไปออกเป็นขยะก๊าชเพื่อนำไปใช้แทนเชื้อเพลิงขยะมูลฝอย (Refuse Derived Fuel ; RDF) เพื่อแยกขยะที่สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงบางประเภท เช่น เศษพลาสติก ก่อ่งนม ก่อ่งขนม โฟม เป็นต้น จะทำให้ขยะคงเหลือที่จะถูกนำไปฝังกลบลดลง ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กนกพร อินแดง. 2562 “ผังการไหลและวัฏจักรชีวิตของการจัดการกรดซัลฟิวริกจากแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด” วิทยานิพนธ์ในปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ
- กรมควบคุมมลพิษ. (2547). “การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนอย่างครบวงจร คู่มือสำหรับผู้บริหารองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น”, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: ศุภสภาลาดพร้าว
- กรมควบคุมมลพิษ. (2558). “คู่มือประชาชนการ คัดแยกขยะมูลฝอยอย่างถูกวิธีและเพิ่มมูลค่า” กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ
- กรมควบคุมมลพิษ. (2559). “คู่มือสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเรื่องแนวทางการบริหารจัดการและพิจารณาคัดเลือกรูปแบบเทคโนโลยีการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมเบื้องต้น” (พิมพ์ครั้งที่ 1) กรุงเทพฯ : ธนสิริ ปริ้นติ้ง
- กรมควบคุมมลพิษ. (2560). “Pollution Control Department's Thailand pollution report in 2016” สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/mgt/Thailand_state_pollution2017%20Thai.pdf?CFID=1444046&CFTOKEN=65882008
- กรมอนามัย. (2553). “คู่มือการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรณีการจัดการ ขยะมูลฝอย สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น” กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2548). “การศึกษาและสาธิตการผลิตพลังงานไฟฟ้า/ความร้อนจากขยะชุมชน, พฤษภาคม 2548” กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ
- กรมควบคุมมลพิษ. (2561). “รายงานสถานการณ์มลพิษ ของประเทศไทย ปี 2560” กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ
- กรมควบคุมมลพิษ. (2561). “รายงานสถานการณ์สถานที่ กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ.2561” กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ
- กรมควบคุมมลพิษ, 2547 “การทำปฏิกิริยาจากขยะมูลฝอย” กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2551) “ศึกษาและวิจัยพัฒนาการผลิตขยะเชื้อเพลิง (RDF)” กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ
- กรมควบคุมมลพิษและกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2559) “คู่มือการคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษ สำหรับแหล่งกำเนิดประเภทรถยนต์ในประเทศไทย” กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมทิตา อังศุเมธ. (2564) “แนวทางการจัดการขยะอาหารสำหรับงานอีเวนต์ในมุมมองของผู้ให้บริการสถานที่จัดงาน” วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการการท่องเที่ยว โรงแรม และอีเวนต์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2012 “การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์” ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Ayesha Siddiqua, John N. Hahladakis, Wadna Ahmad K A Al-Attiya (2022) “An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping” *Environmental Science and Pollution Research* (2022) 29:58514-58536. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21578-z>

Gulmus, B (2021) “Food waste management: an example from university refectory” *British Food Journal* Vol.124 No.1 (293-313) <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2020-0802>

Juta Dekšne, Lienite Litavuiēce, Anda Zvaigzne, Jelene Lonska (2022) “Analysis of factors affecting zero-waste food consumption in school” *Research for rural development 2022 volume 37* (150-157), DOI: 10.22616/rrd.28.2022.022

Kamyab ,M. (2022) “Evaluation of some greenhouse gases emission from landfill models of municipal solid waste” *Lithuania : Future of Lithuania.* <https://doi.org/10.3846/mla.2022.17245>

Kailash, C, K.S. Sangwan, Divyanshu, G. (2019) “Environmental and economic impacts assessment of PET waste recycling with conventional and renewable sources of energy” 26th CIRP Life cycle engineering (LCE) conference. *Procedia CIRP* 80 (422-427)

Markic, D. N., Carapina, H. S., Bjelic, D., Bjelic, L. S., Ilic, P., Pesic, Z. S., & Kikanovicz, O. (2019). “Using material flow analysis for waste management planning”. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(1), 255-265. doi: 10.15244/pjoes/78621

Masebinu, S. O., Akinlabi, E. T., Muzenda, E., Aboyade, A. O. & Mbohwa, C. (2017). “Evaluating the municipal solid waste management approach of a city using material flow analysis” Retrieved from <http://ieomsociety.org/ieom2017/papers/578.pdf>

Michael Whitt, Wyatt Brown, Jeffrey E Danes, Keith L Vorst, (2015) “Migration of heavy metals from recycled polyethelene terephthalate during storage and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

microwave heating” Journal of Plastic Film & Sheeting 0(0) 1-19. DOI: 10.1177/8756087915590190.

Misra, R. V., Roy, R. N., & Hiraoka H. (2003). “*On-farm composting method*”

Moller, J., Christensen, T. H., & Jansen, J. C. (2011) “*Anaerobic digestion: mass balances and products*” In T. H. Christensen (Ed), Solid Waste Technology and Management (pp. 618-627). Chichester, West Sussex, United Kingdom: Wiley.

Morawan, N., Vicheanteab, J., Attaphong, C., Na ombhejara, C., Thushari, I., and Janjaroen, D. (2021). “*Material flow analysis of municipal solid waste management: A case study in Samut Prakam Province, Thailand*” Retrieved from https://www.researchgate.net/figure/Material-flow-analysis-of-MSWM-for-scenario-1_fig1_351708755

Qingming Cui, Guanzhu Lin, Shuhua Qiu, Tao Duan. (2023) “*Identifying the drivers of food waste in university canteens in China: A qualitative approach*” SAGE open July - September 2023 : 1 - 12 . <https://doi.org/10.1177/21582440231198223>

Richart, W, Kjartan Steem-Olsen. (2016) “*Life Cycle Assessment of fish feed produce from the black soldier fly*” Norwegian University of Science and Technology

Sukma.P , Srinok.K , Papong.S , Supakata.N (2021) “*Chula model for sustainable municipal solid waste management in university canteens*” Department of Environmental Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University Bangkok. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10975>

Tarleif Bramryd, Michael, J (2020) “*Engineered MSW Landfills as a future material resource and a sink for long-term storage of organic carbon*” IOP Conf. :Earth and Environmental Science 578 (2020) 012026.

Tsuruyo Funatsu (2019) “*Municipal solid waste management in Thai local government: the state of the problem and prospects for regional waste management*” Toward Region Cooperation of Local Government in ASEAN.

Wayne A. Wurtsbaugh (2019) “*Nutrients, eutrophication and harmful algal blooms along the freshwater to marine continuum*” WIREs Water Volume 6 Issue 5. <https://doi.org/10.1002/wat2.1373>

Zhang . C (2014) “*Use of food waste feeds for culturing low trophic level fish (grass carp, bighead carp and mud carp): persistent toxic substances*” Thesis of master degree of doctor of philosophy, Hong Kong Baptist University.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงนามไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลระบบเว็บไซต์พบการคัดลอก

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhang Cheng, Chueng-Lung Lam, Wing-Yin Mo, Xiang-Ping Nie, Wai-Ming Choi, Yu-Bon Man, Ming-Hung Wong (2016) “Food waste as fish feed for polyculture of low-trophic level fish : bioaccumulation and health risk assessment of heavy metals in the culture fish” *Environ Sci Pollut Res* 23:7195-7203



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.1 ตารางการเก็บข้อมูลดิบของขยะเศษอาหารจากโรงอาหาร 10 แห่ง และขยะมูลฝอยจากโรงอาหารอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพภายในเวลา 1 เดือน

การเก็บข้อมูลเศษอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง														
แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลขยะเศษอาหาร														
รายการที่	ขยะเศษอาหารจาก โรงอาหารต่างๆ									ขยะจากโรงอาหารพระเทพ			บันทึกโดย	
	วิเศษ A	วิเศษ C	วิเศษ B	KMIDs	วิทยา	ครุศาสตร์	สถาปัตย์	IT	KOSEN	พระเทพ	ทั่วไป	ขวดพลาสติก		ขวดแก้ว
	14/1/2567 - 12/2/2567			10/1/2567 - 8/2/2567					12/1/2567 - 10/2/2567	9/1/2567 - 7/2/2567	9/1/2567 - 31/1/2567 และ 8/2/2567 - 14/2/2567			
1	10	10	-	80	60	50	20	20	2	113	16	2	-	
2	50	30	-	60	50	40	20	25	-	116.02	66	2	-	
3	70	40	-	50	50	50	20	10	-	110	17	1	1	
4	60	30	20	-	-	-	-	-	4	110	44	1	-	
5	70	20	-	-	-	-	-	-	2	112.18	24	1	-	
6	60	30	5	60	50	50	20	25	5	45.33	-	-	-	
7	-	-	-	50	60	50	20	20	-	115.7	75	2	1	
8	100	40	-	60	60	40	20	25	2	123.6	30	2	1	
9	50	20	-	70	60	40	25	25	-	118.1	24	2	-	
10	50	20	-	60	60	50	20	20	-	121.2	38	1	-	
11	40	10	-	-	-	-	-	-	4	114.4	103	4	-	
12	30	30	-	-	-	-	-	-	2	60.2	42	2	1	
13	60	30	20	50	40	40	20	20	3	47.6	-	-	-	
14	-	-	-	50	40	20	20	10	5	110	102	2	-	
15	60	40	-	50	40	20	20	10	-	119.4	50	2	-	
16	30	40	-	50	40	20	20	20	-	116.2	22	1	-	
17	40	30	-	50	40	20	20	10	-	119.4	48	2	1	
18	40	30	-	-	-	-	-	-	6	121.2	34	2	-	
19	60	40	-	-	-	-	-	-	2	71.4	35	1	-	
20	50	30	20	60	60	50	30	30	2	40.2	-	-	-	
21	-	60	-	30	50	50	20	20	4	110	23	3	1	
22	90	30	-	40	50	30	10	20	3	110	22	2	-	
23	30	30	-	40	50	30	20	20	-	112.7	94	3	-	
24	60	30	-	60	60	30	20	20	-	126.1	19	2	-	
25	60	30	-	-	-	-	-	-	2	116.67	30	3	1	
26	80	40	30	-	-	-	-	-	3	121.3	32	2	-	
27	30	20	-	80	60	50	20	20	5	116.67	-	-	-	
28	-	-	-	80	60	30	30	20	5	116.32	62	4	-	
29	30	30	-	80	60	50	30	30	5	121.35	14	2	-	
30	20	20	-	60	60	50	20	20	-	123.59	75	3	1	
รวม	1330	810	95	1270	1160	860	465	440	66	3179.83	1141	54	8	

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายภวัต บุญเจือ
วัน เดือน ปี เกิด 20 ธันวาคม 2538
ที่อยู่ 152/21 ม.5 ต.ท่ายาง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี 76130

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2554-2557 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี
พ.ศ. 2557-2561 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย

พ.ศ. 2561-2565 วิศวกรโยธาหน่วยงาน บริษัท ไฟลอน จำกัด (มหาชน)
พ.ศ. 2566-2567 วิศวกรโครงการ บริษัท ทรัสตี้ คอนสตรัคชั่น จำกัด
พ.ศ. 2567-ปัจจุบัน วิศวกรโครงการ บริษัท ไฟลอน จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้