การลดก๊าซเรือนกระจกจากการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยของอาคาร : กรณีศึกษาอาคารศูนย์การค้า

น.ส.ณัฐวดี ปลื้มชิงชัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Greenhouse gases reduction from energy conservation and solid waste management with in building : Case study shopping centre building

Miss Natwadee Pluemchingchai

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดก๊าซเรือนกระจกจากการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยของอาคาร : กรณีศึกษาอาคารศูนย์การค้า
โดย	น.ส.ณัฐวดี ปลื้มชิงชัย
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาพล ตันติสัตยกุล)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณัฐวดี ปลื้มชิงชัย : การลดก๊าซเรือนกระจกจากการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยของอาคาร : กรณีศึกษาอาคารศูนย์การค้า. (Greenhouse gases reduction from energy conservation and solid waste management with in building : Case study shopping centre building) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

อาคารศูนย์การค้าเป็นหนึ่งในอาคารพาณิชย์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูงมากต่อปี ทุกกิจกรรมในอาคารสามารถเป็นแหล่งกำเนิดของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งการใช้พลังงานและการเกิดขยะมูลฝอย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยในอาคาร โดยใช้การประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์องค์กร เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการอนุรักษ์พลังงาน และการจัดการขยะมูลฝอยจากข้อเสนอแนะ ทั้งนี้ ได้ทำการศึกษากิจกรรม จากอาคารศูนย์การค้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาจำนวน 5 อาคาร ใช้ระยะเวลาศึกษาและรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 ปี (ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ.2561) จากการศึกษาพบว่ากิจกรรมหลักที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกอาคารคือการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยปริมาณการใช้พลังงานมีความสอดคล้องกับขนาดของพื้นที่ เช่นเดียวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นตามขนาดพื้นที่อาคารอย่างมีนัยสำคัญ และเศษอาหารเป็นสัดส่วนที่พบมากที่สุดในสัดส่วนของขยะมูลฝอยที่จะถูกส่งกำจัดยังหลุมฝังกลบ จากการศึกษามาตรการอนุรักษ์พลังงานและวิเคราะห์ MAC จะแสดงผลประโยชน์การลงทุนของมาตรการอนุรักษ์พลังงานดังกล่าว ทั้งประโยชน์ในแง่สิ่งแวดล้อมที่จะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกและในแง่ทางเศรษฐศาตร์ที่จะลดต้นทุนในการดำเนินกิจการ การศึกษาทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์องค์กร (CFO), การวิเคราะห์ Marginal Abatement Cost (MAC), การวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงาน และแนวทางการจัดการขยะมูลฝอย จะเป็นข้อมูลตัวอย่างที่อาคารศูนย์การค้าทั่วไปสามารถนำไปปฏิบัติเพื่อช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอาคารได้เช่นเดียวกัน

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6070392121 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORD: Greenhouse Gas; shopping center; Carbon Footprint for Organization; Marginal abatement Cost

Natwadee Pluemchingchai : Greenhouse gases reduction from energy conservation and solid waste management with in building : Case study shopping centre building. Advisor: Prof. ORATHAI CHAVALPARIT, Ph.D.

Shopping center buildings are one of the commercial buildings that have discharged a high quantity of greenhouse gas emissions per year. Every activity in the building has released GHG, such as energy consumption and waste generation. This research aimed to study energy consumption and waste management in buildings that evaluated the organization's carbon footprint for reducing GHG from the conservation measures and waste management from suggestion. The author has studied and collected data of the activities from five shopping center buildings in Nakhon Ratchasima Municipality for a period of one year (from January to December 2018). The research has found that the GHG in all buildings came from electrical energy consumption. The energy consumption and GHG are consistent with the size of the area increased significantly. Moreover, food waste is the most common proportion of waste. The study of energy conservation measured and analyzed the MAC could exemplify the investment benefits of such measures in terms of environmental benefits which can reduce greenhouse gases and economical benefits that will reduce operating costs. Therefore, this research can be guidelines for CFO assessments, MAC analysis, energy conservation measures, and solid waste management which were examples their general department stores could also implement to help reduce GHG in the buildings.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Environmental Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2019 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากศาสตราจารย์ ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคุณนันทมล ลิมพิทักษ์พงศ์ และคุณอทิตินนท์ ภูพาดทอง ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางการทำวิจัยและข้อคิดเห็นในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนช่วยแก้ไขและปรับปรุง ทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดีและมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาคารทั้ง 6 แห่ง ที่ให้ความช่วยเหลือและอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในงานวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณศูนย์วิจัยการจัดการสิ่งแวดล้อมเชิงอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน (EMSI) และภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทั้งในเรื่ององค์ความรู้ และอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้การช่วยเหลือและสนับสนุนในทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นกำลังใจและความปรารถนาดีที่มีให้เสมอมา

ณัฐวดี ปลื้มชิงชัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ชื่อวิทยานิพนธ์ 1
1.2 คำสำคัญ 1
1.3 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย 5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับอาคารศูนย์การค้า 7
2.1.1 คำจำกัดความของศูนย์การค้า 8
2.1.2 การจัดประเภทอาคารศูนย์การค้า 8
2.1.3 การแบ่งพื้นที่ภายในอาคารศูนย์การค้า 11
2.2 การใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.1 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทกิจกรรมหรือระบบต่างๆในอาคาร 13
2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทศูนย์การค้า 15
2.3 ขยะมูลฝอยในอาคารศูนย์การค้า 17
2.3.1 ประเภทของขยะมูลฝอย มี 3 ประเภทใหญ่ 18
2.3.2 แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยในอาคารศูนย์การค้า 19
2.3.3 แนวทางการจัดการขยะมูลฝอยอย่างครบวงจร 20
2.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคาร 23
2.4.1 องค์ความรู้เกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจก 23
2.4.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอาคาร 25
2.4.3 การคัดเลือกวิธีการคำนวณและแนวทางในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ... 29
2.5 การจัดการพลังงานและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากอาคาร 32
2.5.1 แนวทางสำหรับการลดก๊าซเรือนกระจกจากอาคาร 32
2.5.2 แนวทางการส่งเสริมการการปล่อยคาร์บอนต่ำที่เกี่ยวข้องกับภาคส่วนอาคาร 37
2.5.3 กรณีศึกษาแนวทางสำหรับการลดการใช้พลังงานในอาคาร 39
2.5.4 แนวทางสำหรับการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอย 41
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 43
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 50
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 50
3.2 การคัดเลือกตัวแทนอาคารศูนย์การค้า 6 อาคาร 51
3.3 การสำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูล การใช้พลังงานและปริมาณขยะมูลฝอย 51
3.4 ศึกษาอัตราการเกิดขยะมูลฝอย และคัดแยกหาองค์ประกอบขยะมูลฝอย 52
3.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะมูลฝอย 53
3.4.2 การคำนวณเพื่อหาสัดส่วนองค์ประกอบขยะมูลฝอย คำนวณได้จาก 56
3.4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) 56

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5 การประเมินการใช้พลังงานและคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคาร 56
3.5.1 การประเมินการใช้พลังงาน 56
3.5.2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคาร 57
3.6 นำเสนอแนวทางการลดการใช้พลังงานและลดการนำขยะมูลฝอยไปฝังกลบที่เหมาะสมกับอาคารศูนย์การค้ากรณีศึกษา 58
3.6.1 แนวทางการลดการใช้ไฟฟ้าและการลดการนำขยะมูลฝอยไปฝังกลบของอาคาร 58
3.6.2 ประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้จากมาตรการลดการใช้พลังงานและการลดการนำขยะมูลฝอยไปฝังกลบจากอาคาร 58
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล 60
4.1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารตัวอย่าง 61
4.1.1 ข้อมูลอาคารตัวอย่าง 61
4.1.2 ข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารตัวอย่าง 61
4.1.3 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานของอาคารตัวอย่าง 68
4.2 การจัดการขยะมูลฝอยอาคารตัวอย่าง 70
4.2.1 แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยจากอาคารตัวอย่าง 70
4.2.2 องค์ประกอบและปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 72
4.2.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขยะมูลฝอยที่เกิดในอาคารตัวอย่าง 81
4.3 การประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์องค์กร 83
4.3.1 ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง 83
4.3.2 ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม 85
4.3.3 ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ 87
4.4 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการอนุรักษ์พลังงาน และการจัดการขยะมูลฝอย 91
4.4.1 การศึกษาต้นทุนการลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารตัวอย่าง 92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4.2 มาตรการทางเลือกสำหรับการจัดการขยะมูลฝอยสำหรับอาคารตัวอย่าง 95
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 107
5.1 สรุปผลการศึกษาการใช้พลังงาน 107
5.2 ข้อเสนอแนะ 112
บรรณานุกรม 113
ประวัติผู้เขียน 118

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1 จำนวนอาคารศูนย์การค้าทั่วประเทศ.....10

ตารางที่ 2-2 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในอาคารแต่ละประเภทแยกตามกิจกรรม.....13

ตารางที่ 2-3 สัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท (ไม่รวมพื้นที่เช่า).....14

ตารางที่ 2-4 ดัชนีที่ใช้ในการนำเสนอลักษณะการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า.....16

ตารางที่ 2-5 ดัชนีการใช้พลังงานของอาคารประเภทศูนย์การค้า.....16

ตารางที่ 2-6 ดัชนีได้จาการผลการสำรวจการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า.....17

ตารางที่ 2-7 ตัวอย่างกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1..28

ตารางที่ 2-8 ตัวอย่างกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2..29

ตารางที่ 2-9 ตัวอย่างกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3..29

ตารางที่ 2-10 ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรประเภทสำนักงาน.....31

ตารางที่ 3-1 วิธีการเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้พลังงานการจัดการขยะมูลฝอยและข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง.....51

ตารางที่ 3-2 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้ทำการคัดแยกขยะ (Quartering).....54

ตารางที่ 3-3 ตารางสรุปผลข้อมูลที่ได้ทำการคัดแยกขยะ (Quartering).....55

ตารางที่ 3-4 ตารางบันทึกข้อมูลสำหรับข้อมูลและขยะมูลฝอยที่ได้จากอาคาร.....55

ตารางที่ 3-5 ตัวอย่างค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มการฝังกลบขยะ.....56

ตารางที่ 3-6 รายละเอียดการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานวิจัย.....57

ตารางที่ 3-7 ตารางบันทึกข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า.....57

ตารางที่ 4-1 ข้อมูลทั่วไปของอาคาร (พ.ศ.2561).....61

ตารางที่ 4-2 ข้อมูลแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยของอาคารตัวอย่าง.....70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-3 ตารางเปรียบเทียบองค์ประกอบมูลฝอยของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่น.....80

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคารศูนย์การค้ากับอาคาร ประเภทอื่นๆ.....90

ตารางที่ 4-5 มาตรการอนุรักษ์พลังงานของกลุ่มอาคารตัวอย่าง.....92

ตารางที่ 4-6 ศักยภาพ และต้นทุนการลดใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับ มาตรการอนุรักษ์พลังงานของอาคารตัวอย่างในปี พ.ศ. 2561.....93

ตารางที่ 4-7 ข้อมูลระบบถังหมักสารปรับปรุงดิน ขนาด 100 และ 500 กิโลกรัม.....99

ตารางที่ 4-8 ผลประโยชน์ที่ได้รับและค่าใช้จ่ายถังหมักสารปรับปรุงดิน ขนาด 100 และ 500 กิโลกรัม.....100

ตารางที่ 4-9 ข้อมูลระบบถังหมักก๊าซชีวภาพ ขนาด 100 และ 500 กิโลกรัม.....102

ตารางที่ 4-10 ผลประโยชน์ที่ได้รับและค่าใช้จ่ายถังหมักสารปรับปรุงดิน ขนาด 100 และ 500 กิโลกรัม.....103

ตารางที่ 4-11 สรุปองค์ประกอบของถังหมักก๊าซชีวภาพ วิธีการ และผลประโยชน์ที่ได้รับ.....105

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญภาพ

รูปที่ 2-1 สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารควบคุม.....7

รูปที่ 2-2 ดิสเคาท์สโตร์ (Discount Store).....9

รูปที่ 2-3 ห้างสรรพสินค้า (Department Store).....9

รูปที่ 2-4 ช้อปปิ้งพลาซ่า (Shopping Plaza).....10

รูปที่ 2-5 ซุปเปอร์มาร์เก็ต (Supermarket).....10

รูปที่ 2-6 รูปแบบการใช้พลังงานในศูนย์การค้า.....13

รูปที่ 2-7 สัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท.....14

รูปที่ 2-8 สัดส่วนการเกิดขยะมูลฝอยในอาคารแต่ละประเภท.....20

รูปที่ 2-9 แผนผังการกำจัดขยะของอาคาร.....21

รูปที่ 3-1 ขั้นตอนการศึกษา.....50

รูปที่ 3-2 ลักษณะขยะมูลฝอยที่สุ่มมาแล้วกองเป็นทรงกรวยก่อนแบ่งเป็น 4 ส่วน.....53

รูปที่ 3-3 ลักษณะขยะมูลฝอยที่แบ่งเป็น 4 ส่วนแล้วเลือก 2 ส่วนที่อยู่ฝั่งตรงข้ามกัน.....54

รูปที่ 4-1 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล.....62

รูปที่ 4-2 สัดส่วนการใช้พลังงานเชื้อเพลิง.....63

รูปที่ 4-3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า.....64

รูปที่ 4-4 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า.....65

รูปที่ 4-5 ปริมาณการอุปโภคและบริโภคน้ำในอาคาร.....66

รูปที่ 4-6 สัดส่วนแหล่งที่มาของน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค.....67

รูปที่ 4-7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน.....68

รูปที่ 4-8 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน.....69

รูปที่ 4-9 แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยในกลุ่มอาคารประเภท ก 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-10 แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยในกลุ่มอาคารประเภท ข.....71
รูปที่ 4-11 องค์ประกอบขยะมูลฝอยทางกายภาพ อาคาร B1.....73
รูปที่ 4-12 องค์ประกอบขยะมูลฝอยทางกายภาพ อาคาร B2.....74
รูปที่ 4-13 องค์ประกอบขยะมูลฝอยทางกายภาพ อาคาร B3.....75
รูปที่ 4-14 องค์ประกอบขยะมูลฝอยทางกายภาพ อาคาร B4.....76
รูปที่ 4-15 องค์ประกอบขยะมูลฝอยทางกายภาพ อาคาร B5.....77
รูปที่ 4-16 องค์ประกอบขยะมูลฝอยทางกายภาพ อาคาร B6.....78
รูปที่ 4-17 สัดส่วนขยะมูลฝอยจากการคัดแยกองค์ประกอบขยะ.....79
รูปที่ 4-18 ปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....82
รูปที่ 4-19 สัดส่วนการเกิดและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขยะมูลฝอย.....82
รูปที่ 4-20 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขที่ 1.....84
รูปที่ 4-21 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือกระจกขอบเขตที่ 1.....85
รูปที่ 4-22 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบต่างๆ.....86
รูปที่ 4-23 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้พลังงานในระบบต่างๆ.....87
รูปที่ 4-24 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3.....87
รูปที่ 4-25 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 3.....88
รูปที่ 4-26 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์องค์กร.....90
รูปที่ 4-27 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นองค์กร.....91
รูปที่ 4-28 ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับมาตการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร 95
รูปที่ 4-29 ถังหมักเศษอาหารเพื่อผลิตสารปรับปรุงดิน ขนาด 100 กิโลกรัม.....98
รูปที่ 4-30 ถังหมักเศษอาหารเพื่อผลิตสารปรับปรุงดิน ขนาด 500 กิโลกรัม.....99
รูปที่ 4-31 ผลประโยชน์จากเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร.....101

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-32 ถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 100 กิโลกรัม.....102

รูปที่ 4-33 ถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 500 กิโลกรัม.....102

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ชื่อวิทยานิพนธ์

ภาษาไทย การลดก๊าซเรือนกระจกจากการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยของอาคาร : กรณีศึกษาอาคารศูนย์การค้า

ภาษาอังกฤษ Greenhouse gases reduction from energy conservation and solid waste management in building : Case study of shopping centre

1.2 คำสำคัญ

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas)

อาคารศูนย์การค้า (Shopping Centre building)

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร (Carbon Footprint for Organization)

การลดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas reduction)

1.3 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate Change) ตามความหมายของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) “การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ" หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่สามารถพิสูจน์ได้ทางสถิติของสภาพภูมิอากาศจากภาวะปกติหรือเกินไปจากความแปรผันตามธรรมชาติ และการเปลี่ยนไปนั้นมีความต่อเนื่องยาวนานเกินทศวรรษ ซึ่งสามารถเกิดได้จากการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติหรือการเปลี่ยนแปลงจากกิจกรรมของมนุษย์ ความสัมพันธ์ระหว่างการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิลและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์เกิดจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission) จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ โลกร้อนขึ้น(Global Warming) และระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ภัยธรรมชาติที่รุนแรง เช่น น้ำท่วม ฝนแล้ง ดินถล่ม พายุไต้ฝุ่น แผ่นดินยุบ การเกษตรเสียหาย อาหารขาดแคลน

ปะการังฟอกขาว โรคระบาด (เช่น มาเลเรีย) ผลกระทบทางอ้อมต่อสุขภาพ (เช่น ท้องเดิน ขาดสารอาหาร หอบหืด ภูมิแพ้) สัตว์ทะเลสูญพันธุ์ ผลกระทบของภาวะโลกร้อนดังกล่าว ก่อให้เกิดความเสียหายที่รุนแรง โดยจะเกิดกับกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาที่ยากจนรุนแรงมากที่สุด ประเทศไทยเองก็เป็นหนึ่งในประเทศกำลังพัฒนาที่จะได้รับผลกระทบที่รุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกเช่นเดียวกัน Greenpeace (2019) ปัจจุบันนานาประเทศต่างร่วมมือกันที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases : GHGs) ที่เป็นสาเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อน (Global Warming) เพื่อสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายที่จะป้องกันไม่ให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงเกินกว่า 1.5 องศาเซลเซียสตามข้อตกลงปารีส (COP24) ความก้าวหน้าในการลดก๊าซเรือนกระจกประเทศไทย พบว่าสามารถลดไปแล้วทั้งสิ้น 45.72 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าหรือคิดเป็นร้อยละ 12 จากกรณีปกติสามารถดำเนินการได้ตามเจตจำนงในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (NAMAs) ที่ได้แสดงไว้ต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) ซึ่งต้องการลดให้ได้ร้อยละ 7 ถึง 20 จากกรณีปกติภายในปี 2563

ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายสาขา ระหว่างปี พ.ศ. 2543 - 2555 ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ระบุว่า ในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 350.68 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยภาคพลังงาน (Energy) เป็นภาคที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 256.44 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ร้อยละ 73.13) รองลงมา คือภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Agriculture Forestry and Other Land Use: AFOLU) ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (Industrial Processes and Product Use: IPPU) และ ภาคการจัดการของเสีย (Waste) โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 55.71 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ร้อยละ15.89) 33.50 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ร้อยละ 9.55) และ 5.03 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ร้อยละ 1.43) ตามลำดับ ดังนั้นปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ เท่ากับ 227.73 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

จากการศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานของการประกอบการในทุกภาคธุรกิจ พบว่าการใช้พลังงานในการประกอบการธุรกิจภาคอาคารมีอัตราเพิ่มสูงขึ้น โดยอัตราการใช้พลังงานในการประกอบการธุรกิจภาคอาคารจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในการประกอบการธุรกิจภาคอาคารส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ได้จากแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิลสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (2555) การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานของประเทศในช่วงที่ผ่านมามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณการปล่อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คาร์บอนไดออกไซด์จากปี 2560 พบว่าเพิ่มขึ้นจากปี 2559 ร้อยละ 0.3 ในส่วนการใช้พลังงานของประเทศ

โดยสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารแต่ละประเภทพบว่าการใช้พลังงาน แบ่งเป็น 3 หมวดหลัก คือ ระบบเครื่องปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และสำหรับอุปกรณ์อื่น ๆ จากหลายผลการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจวัดการใช้พลังงานของอาคาร อาคารแต่ละประเภทมีการใช้พลังงานสำหรับระบบปรับอากาศในสัดส่วนที่มากที่สุด รองลงมา คือ ระบบแสงสว่าง และสัดส่วนสุดท้าย คือ การใช้พลังงานสำหรับระบบอื่น ๆ เช่น มอเตอร์ปั๊มน้ำ และลิฟต์ เป็นต้น ทำให้ความพยามในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคส่วนอาคาร ทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชนของหลายๆประเทศ ได้มีการกำหนดวิธีการ รวมถึงแผนนโยบายสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการสิ่งแวดล้อมในภาคส่วนอาคารขึ้น อีกทั้งยังมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงวิธีการให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับการพัฒนาของเทคโนโลยีในปัจจุบัน ห้างสรรพสินค้านับว่าเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงาน โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์สูง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการใช้พลังงานเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่กลุ่มลูกค้าที่มาใช้บริการภายในอาคาร มีอาคารควบคุมที่เป็นอาคารห้างสรรพสินค้าอยู่ประมาณ 226 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 13.7 ของจำนวนอาคารที่เป็นอาคารควบคุมการใช้พลังงานทั้งประเทศ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการจัดการขยะและของเสียคิดเป็นส่วนน้อยของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งหมด ภาคส่วนนี้จึงอยู่ในฐานะผู้ประหยัดก๊าซเรือนกระจกให้กับภาคส่วนอื่น ๆ ด้วยการป้องกันการเกิดขยะและนำขยะกลับมาใช้ใหม่ ENVIRONMENT (2018) มาตรการที่สามารถนำมาใช้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคส่วนนี้ได้แก่ การนำก๊าซมีเทนที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอยมาใช้ใหม่ การใช้เตาเผาขยะที่มีการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ การทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ การบำบัดน้ำเสีย การรีไซเคิลและการลดจำนวนขยะให้เหลือน้อยที่สุด Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขยะและของเสียต้องอาศัยเทคโนโลยีที่หลากหลาย โดยการนำเทคโนโลยีต่าง ๆไปประยุกต์ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับแรงผลักดันจากระดับท้องถิ่น ประเทศ และภูมิภาค มาตรการภายใต้แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ (พ.ศ. 2559–2564) ได้กำหนดให้ลดอัตราการเกิดขยะมูลฝอย (waste prevention and minimization) โดยใช้หลักการ 3Rs ได้แก่ การลดการใช้ (Reduce) ซึ่งช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ต้นทาง การใช้ซ้ำ (Reuse) เช่น การคัดแยกขวดแก้วไปล้างแล้วนำไปใช้ใหม่ และการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เช่น การคัดแยกเศษแก้ว พลาสติก เหล็ก อลูมิเนียม กลับมาหลอมเพื่อใช้ใหม่ 3Rs เป็นมาตรการที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ทั้งภาคพลังงานและอุตสาหกรรมการผลิต การคัด

แยกขยะมูลฝอยนอกจากจะได้ขยะรีไซเคิลแล้วยังได้ขยะประเภทอื่น ๆ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ขยะอินทรีย์ ขยะที่มีค่าความร้อนเพียงพอที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ ระบบคัดแยกขยะมูลฝอยที่ดีจะช่วยให้การจัดการขยะมูลฝอยขั้นต่อไปทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอบเขตการศึกษาในงานวิจัยนี้ครอบคลุมเขตเทศบาลนครนครราชสีมา อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งปัจจุบันกำลังกลายเป็นเมืองที่มีการพัฒนาและกำลังขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ เพราะเป็นทางผ่านเข้าสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีภาคธุกิจเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากการศึกษาสถิติจังหวัดนรคราชสีมาพบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าในภาคส่วนของสถานธุรกิจและอุตสาหกรรมมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดถึง 1,244 ล้านกิโลวัตต์/ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 65 ของการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าจำแนกตามประเภทผู้ใช้งานปีงบประมาณ2559 สำนักงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา. (2561) ซึ่งเป็นปริมาณที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับภาคส่วนที่อยู่อาศัย สถานที่ราชการและสาธารณะ และอื่นๆ เช่นเดียวกับปัญหาในการจัดการขยะ ปี พ.ศ. 2560 เกิดปัญหาขยะล้นเมือง เนื่องจากบ่อฝังกลบมีปริมาณขยะ 4.4 แสนตัน เต็มพื้นที่รองรับ โคราชสตาร์ทอัพ. (2560)

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร และการเกิดขยะมูลฝอยต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในอาคารประเภทศูนย์การค้า ที่ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในภาพรวมของเขตเทศบาลนครนครราชสีมา โดยใช้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร ซึ่งมีตัวแปรและหลักการคำนวณตามเกณฑ์ขององค์การบริหารก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย ที่มีขอบเขตการศึกษาครอบคลุมถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารและเครื่องจักรที่อยู่ในความรับผิดชอบของอาคาร ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น และขยะมูลฝอยที่ถูกจัดการนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อนำผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและการจัดการขยะมูลฝอยที่ได้จากการวิจัยไปจัดทำการวิเคราะห์และเสนอแนะแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกิดขยะมูลฝอยภายในตัวอาคารประเภทศูนย์การค้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาในภาพรวมอย่างยั่งยืนต่อไป

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.4.1 เพื่อศึกษาการใช้พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยจากอาคารศูนย์การค้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

1.4.2 เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยอาคารศูนย์การค้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

1.4.3 เพื่อเสนอแนะแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยของอาคารศูนย์การค้าและประเมินก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการดำเนินมาตรการต่างๆ ของอาคารศูนย์การค้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 อาคารศูนย์การค้าที่เป็นตัวแทนในการศึกษานี้คัดเลือกจากอาคารควบคุมตามรายชื่อของกระทรวงพลังงานฯ (พ.ศ. 2561) ที่ถูกกำหนดตามประเภทหรือขนาดของอาคาร มาตราฐานหลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามประกาศของกฎกระทรวง ฉบับที่ 44 (พ.ศ.2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งตั้งอยู่ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ทั้งหมด 6 แห่ง จะทำการศึกษาเฉพาะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตัวอาคารศูนย์การค้าและบริเวณที่ตั้งตัวอาคารห้างสรรพสินค้าเท่านั้น

1.5.2 รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าทั้ง 6 แห่ง โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 1 ปี (พ.ศ. 2561) และรวบรวมข้อมูลจากรายงานการจัดการพลังงานของอาคาร

1.5.3 ศึกษาองค์ประกอบของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นภายในตัวอาคารศูนย์การค้า โดยวิธีสุ่มตัวอย่าง (Quartering) จากจุดพักมูลฝอยของอาคาร ซึ่งจะเลือกสุ่มตัวอย่างทั้งวันธรรมดาและวันหยุด เพื่อหาองค์ประกอบและสัดส่วนที่จะสามารถใช้เป็นตัวแทนของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากอาคารตัวแทนต่าง ๆได้

1.5.4 ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นองค์กรจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและเกิดขยะมูลฝอยตามเกณฑ์ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

1.5.5 เสนอแนะแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยภายในตัวอาคารศูนย์การค้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

1.5.6 ประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้จากทางเลือกการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยของอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 มีข้อมูลการใช้พลังงานจากอาคารประเภทศูนย์การค้า และแนวทางการลดการใช้พลังงานเพื่อคิดค้นมาตรการนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสมกับสภาพเทคโนโลยีในปัจจุบัน

1.6.2 มีข้อมูลองค์ประกอบขยะมูลฝอยจากอาคารประเภทศูนย์การค้าและแนวทางการจัดการคัดแยกขยะมูลฝอยเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์

1.6.3 มีแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากอาคารประเภทศูนย์การค้า โดยการจัดการพลังงานและการจัดการขยะมูลฝอย ซึ่งนอกจากจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ต้นทางแล้วยังช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณขยะมูลฝอยที่ไปฝังกลบด้วย

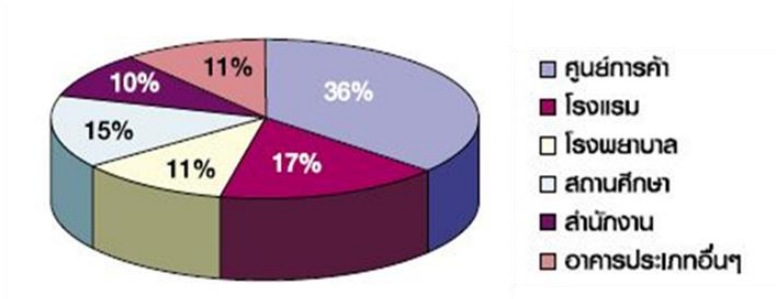
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยนี้จะทำการศึกษากิจกรรมภายในอาคารศูนย์การค้า ซึ่งจะมุ่งเน้นกิจกรรม 2 ส่วนได้แก่ ด้านการใช้พลังงานของอาคาร ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการอนุรักษ์พลังงานเพื่อช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อีกส่วนจะทำการศึกษาในด้านขยะมูลฝอย ทั้งในด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเช่นเดียวกัน

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับอาคารศูนย์การค้า

ศูนย์การค้าเป็นอาคารประเภท ก ที่มีชั่วโมงการให้บริการเป็นช่วงระยะเวลานานในแต่ละวัน คือมีช่วงเวลาการใช้งานอาคาร 12 ชั่วโมง (10.00 – 22.00 น.) ส่วนใหญ่จัดเป็นอาคารประเภทถาวรที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 15 ปีขึ้นไป มีความต้องการใช้พลังงานที่มาก และจัดเป็นอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้สรุปปริมาณการใช้พลังงานของอาคารควบคุมโดยแยกตามประเภทอาคารธุรกิจ ดังรูปที่ 2-1 พบว่าการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าเมื่อเทียบกับอาคารประเภทอื่นๆ ถือว่ามีสัดส่วนสูงสุด โดยมีปริมาณการใช้พลังงานคิดเป็นร้อยละ 36 ของปริมาณการใช้ในอาคารควบคุมทั้งหมดรองลงมาเป็นโรงแรมร้อยละ 17 อาคารสถานศึกษาร้อยละ 15 โรงพยาบาลร้อยละ 11 อาคารสำนักงานร้อยละ 10 และอาคารประเภทอื่นๆ ร้อยละ 11 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2551)



รูปที่ 2-1 สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารควบคุม

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2551)

2.1.1 คำจำกัดความของศูนย์การค้า

ศูนย์การค้า (Shopping Centre) คือ อาคารหรือกลุ่มของอาคารที่มีการขายสินค้าและบริการแบบขายปลีกอยู่ในพื้นที่พัฒนาเดียวกัน โดยต้องมีพื้นที่เช่าสุทธิ (NLA) ไม่น้อยกว่าประมาณ 1,850 ตารางเมตร (20,000 ตารางฟุต) สำหรับการพัฒนาพื้นที่แบบมิกซ์ยูส จะไม่รวมเนื้อที่ของกิจการอื่นที่ไม่ใช่พื้นที่ค้าปลีก พื้นที่ศูนย์การค้าสามารถอยู่ในร่มภายใต้อาคารเดียวกันหรืออยู่กลางแจ้งที่มีพื้นที่ติดต่อกันแบบเปิดโล่งก็ได้ ผลิตภัณฑ์ที่ขายในศูนย์การค้าไม่ได้จัดแบ่งตามแผนก ขึ้นอยู่กับตัวแทนจำหน่ายที่จะขอเช่าพื้นที่หรือล็อกที่ศูนย์การค้าได้จัดสรรไว้ให้ International Council of Shopping Centers (2009)

ศูนย์การค้ามีความแตกต่างจากห้างสรรพสินค้า กล่าวคือ ห้างสรรพสินค้าจะเป็นผู้ไปติดต่อผู้ผลิตหรือพ่อค้าคนกลางเพื่อนำสินค้ามาขายเอง ในขณะที่ศูนย์การค้าไม่ต้องไปหาผลิตภัณฑ์มาวางขาย แต่เปิดให้เช่าพื้นที่กับตัวแทนจำหน่ายจากธุรกิจอื่น และมีการทำสัญญาเก็บค่าเช่าตามระยะเวลาที่กำหนด แต่ในปัจจุบันอาจมีสถานที่ซึ่งมีลักษณะเป็นทั้งศูนย์การค้าและห้างสรรพสินค้าในเวลาเดียวกันทำให้ยากต่อการแยกแยะ ซึ่งโดยทั่วไปมักจะนับรวมเป็นศูนย์การค้า ทิวสน ชลนรา (2556)

2.1.2 การจัดประเภทอาคารศูนย์การค้า

จากการรวบรวมคำจำกัดความ และคำอธิบายลักษณะธุรกิจของอาคารศูนย์การค้าต่างๆ พบว่าสามารถจำแนกลักษณะศูนย์การค้าได้ 4 ประเภท คือ

1) ดิสเคาท์สโตร์ (Discount Store) หรือ ซุปเปอร์เซ็นเตอร์ (Super Center)

มีลักษณะเป็นร้านค้าปลีกสมัยใหม่ มีการจัดวางสินค้าเป็นหมวดหมู่ เพื่อความสวยงามและเป็นระเบียบ เน้นการจำหน่ายสินค้าอุปโภคบริโภคที่หลากหลาย ราคาประหยัด โดยส่วนใหญ่ร้อยละ 60 จะเน้นสินค้าที่เป็นอาหาร ตัวอย่างของผู้ประกอบการประเภทนี้ ได้แก่ บิ๊กซี โลตัส เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมลักษณะศูนย์การค้าที่เป็นร้านค้าส่งแบบร้านค้าเงินสดและบริการตนเอง (Cash Carry) ซึ่งมีลักษณะเพื่อจำหน่ายสินค้าให้แก่ร้านค้าย่อย ผู้ประกอบการปรเภทนี้ได้แก่ แม็คโคร (Makro)

รูปที่ 2-2 ดิสเคาท์สโตร์ (Discount Store)

ที่มา : https://www.prachachat.net/marketing/news- และ 123281https://www.sanook.com/money/607511/ สืบค้นเมื่อวันที่ 14 พ.ค. 2562

2) ห้างสรรพสินค้า (Department Store)

มีลักษณะเป็นร้านค้าปลีกขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นศูนย์รวมสินค้าทุกชนิดเพื่อจำหน่ายแบบครบวงจร ในลักษณะ One Stop Shopping การจัดวางสินค้าจะมีการแบ่งเป็นแผนก หรือหมวดหมู่สินค้าอย่างชัดเจน โดยเน้นสินค้าที่เป็นสินค้าอุปโภค จำพวกของใช้ต่างๆ และมีการให้เช่าพื้นที่ในส่วนพื้นที่ภายในอาคารศูนย์การค้า (ส่วนพื้นที่ Plaza) เพื่อจัดตั้งร้านค้าเช่าเพื่อจำหน่ายสินค้าของแบรนด์ต่างๆ ส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ในบริเวณใกล้ชุมชนและบริเวณประกอบกิจการพาณิชย์ ตัวอย่างผู้ประกอบการประเภทนี้ ได้แก่ ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล เดอะมอล์ พารากอน โรบินสัน เป็นต้น

รูปที่ 2-3 ห้างสรรพสินค้า (Department Store)

ที่มา : https://brandinside.asia/credit-card-siam-paragon-kbank-scb/สืบค้นเมื่อวันที่ 14 พ.ค. 2562

3) ช้อปปิ้งพลาซ่า (Shopping Plaza) หรือพื้นที่ให้เช่า

มีลักษณะเป็นอาคารที่เปิดพื้นที่เกือบทั้งหมดให้ร้านค้าย่อยต่างๆ มาเช่าพื้นที่ เพื่อจัดจำหน่ายสินค้าหลากหลายประเภท หรือจัดจำหน่ายเฉพาะสินค้าหรือชนิดที่มีลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกัน แต่มีราคาและยี่ห้อที่แตกต่างกัน ผู้ประกอบการประเภทนี้ได้แก่ ศูนย์การค้าดิโอลด์สยาม ศูนย์การค้าพันธุ์ทิพย์พลาซ่า เป็นต้น

รูปที่ 2-4 ช้อปปิ้งพลาซ่า (Shopping Plaza)

ที่มา : https://theoldsiam.co.th/images/about.jpg สืบค้นเมื่อวันที่ 24 มิ.ย. 2562

4) ซุปเปอร์มาร์เก็ต (Supermarket)

มีลักษณะเป็นร้านค้าปลีกที่เน้นจำหน่ายสินค้าอุปโภคบริโภคที่เป็นสินค้าสดใหม่ โดยเฉพาะอาหารสดจำพวกเนื้อสัตว์และผลไม้ อาหารสำเร็จรูปแบบต่างๆ ลักษณะอาคารส่วนใหญ่จะตั้งเป็นอาคารเดี่ยวพร้อมที่จอดรถ อยู่ใกล้พื้นที่อยู่อาศัยหรือตั้งอยู่ในห้างสรรพสินค้า ตัวอย่างผู้ประกอบการประเภทนี้ได้แก่ ท๊อปส์มาร์เก็ต ฟู้ดแลนด์ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2-5 ซุปเปอร์มาร์เก็ต (Supermarket)

ที่มา : https://www.clipmass.com/story/67832 สืบค้นเมื่อวันที่ 14 พ.ค. 2562

จากการรวบรวมข้อมูล พบว่ามีจำนวนอาคารศูนย์การค้าทั่วประเทศอย่างน้อย 326 แห่ง (ข้อมูล ณ เดือนพฤษภาคม 2550)

ตารางที่ 2-1 จำนวนอาคารศูนย์การค้าทั่วประเทศ

ประเภทศูนย์การค้า	จำนวนอาคาร (แห่ง)
ดิสเคาท์สโตร์ (Discount Store)	193
ห้างสรรพสินค้า (Department Store)	53
ช็อปปิ้งพลาซ่า (Shopping Plaza)	17
ซุปเปอร์มาร์เก็ต (Supermarket)	63

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2551)

2.1.3 การแบ่งพื้นที่ภายในอาคารศูนย์การค้า

โดยในส่วนของอาคารศูนย์การค้าสามารถแบ่งตามพื้นที่ใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

1) พื้นที่ขาย (Sales Area) พื้นที่การให้บริการ สำหรับการจัดวางสินค้า เป็นจุดจ่ายเงินสินค้าและบริการ

2) พื้นที่เก็บสินค้า (Storage Area) เป็นพื้นที่สำหรับการเก็บสินค้า รับสินค้า ก่อนที่จะนำสินค้าไปจัดวางในบริเวณที่ขาย

3) พื้นที่ส่วนสำนักงานธุรกิจและบริหาร (Administration Offices and Business Area) เป็นพื้นที่สำหรับหน่วยงานเพื่องานบริหารจัดการภายใน

4) พื้นที่ส่วนการใช้ประโยชน์ (Utility Area) พื้นที่เพื่อการให้บริการเฉพาะ เช่น พื้นที่ระบบเครื่องปรับอากาศ พื้นที่ส่วนกำจัดขยะ เป็นต้น

5) พื้นที่ที่ตั้งของตึกพื้นที่ค้าปลีก (Site Area) ที่ดินรวมถึงอาคาร สิ่งอำนวยความสะดวกของอาคาร เช่น ที่จอดรถ ทางเข้าและออกของคาร พื้นที่ใช้สอยภายนอกอาคาร เป็นต้น

ซึ่งความต้องการพื้นที่ของกิจกรรม (Activity Requirement) ในอาคารศูนย์การค้า มีความต้องการพื้นที่เป็น 2 ลักษะณะใหญ่ๆ โดยแบ่งตามลักษณะกิจกรรมที่เกิดขึ้น โดยในส่วนที่เป็นการทำงานนั้นจะมีลักษณะการใช้พื้นที่ไม่มากนัก ส่วนในศูนย์การค้านั้นจะมีความต้องการพื้นที่ค่อนข้างมาก ซึ่งถ้าแบ่งตามการใช้กิจกรรมสามารถแบ่งได้ 8 ส่วนดังนี้

1) ส่วนห้างสรรพสินค้า (Shopping zone) ร้านค้าขายปลีกขนาดใหญ่ซึ่งมีสินค้าหลากหลายประเภทแยกตามแผนก โดยไม่มีการขายผ่านตัวแทนจำหน่าย (ห้างเป็นผู้นำสินค้ามาขายเอง) ห้างสรรพสินค้ามักขายผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับเสื้อผ้า เครื่องเรือน เครื่องใช้ในบ้าน เครื่องใช้ไฟฟ้า รวมไปถึงสายผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อย่างเช่น ฮาร์ดแวร์ สุขภัณฑ์ เครื่องสำอาง เครื่องเพชรพลอย เครื่องเขียน ของเล่น อุปกรณ์กีฬา เป็นต้น บางแห่งอาจขายเฉพาะสินค้าลดราคา และมีพื้นที่ชำระเงินเป็นศูนย์กลาง ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่บริเวณด้านหน้าของห้าง ซึ่งจะไม่มี ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ หรืออาหารสด ขายห้างสรรพสินค้ามักเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มของร้านค้าย่อยที่อยู่ภายใต้บริษัทเดียวกันกับพื้นที่ใกล้เคียง

2) ส่วนร้านอาหาร (Restaurant) ส่วนร้านอาหารจัดเป็นส่วนเดียวกับศูนย์อาหาร มีร้านขายอาหารสำเร็จรูปของคาวหวาน เครื่องดื่ม มาเช่าอยู่บริเวณล็อคที่ทางศูนย์การค้าได้จัดเตรียมไว้ให้ ทางศูนย์การค้าอาจใช้ระบบการแลกเงินเพื่อเป็นสื่อกลางในการจัดการระหว่างผู้เช่าและผู้ใช้บริการ หรือปล่อยให้ผู้เช่าจัดการบริหารกิจการเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) ส่วนซุปเปอร์มาร์เก็ต (Super market) คือร้านค้าแบบบริการตนเองอันเป็นรูปแบบหนึ่งของร้านขายของชำ ซึ่งเสนอขายสินค้าอาหารและของใช้ในครัวเรือนหลายประเภทโดยจัดจำแนกไว้ตามแผนก ซูเปอร์มาร์เก็ตมีขนาดใหญ่กว่าและมีสินค้าให้เลือกซื้อหลากหลายมากกว่าร้านขายของชำแบบดั้งเดิม และยังจำหน่ายสินค้าที่พบได้ปกติในร้านสะดวกซื้อ แต่ก็ยังเล็กกว่าและมีสินค้าจำกัดประเภทกว่าดิสเคาท์สโตร์หรือซุปเปอร์เซ็นเตอร์ ซุปเปอร์มาร์เก็ตโดยทั่วไปประกอบด้วยแผนกเนื้อสัตว์ พืชผักผลไม้ ผลิตภัณฑ์นม และขนมปัง พร้อมกับพื้นที่บนชั้นซึ่งสงวนไว้สำหรับสินค้าบรรจุกระป๋องและสินค้าหีบห่อ เช่นเดียวกับรายการต่าง ๆ ที่ไม่ใช่อาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เภสัชกรรม และสินค้าเกี่ยวกับสัตว์เลี้ยง ซุปเปอร์มาร์เก็ตส่วนใหญ่ก็จำหน่ายผลิตภัณฑ์ในครัวเรือนอื่น ๆ ที่มีการบริโภคอย่างสม่ำเสมอ เช่นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (ที่ได้รับอนุญาต) อุปกรณ์การแพทย์ และเสื้อผ้า และบางร้านก็จำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่อาหารโดยกว้างขวางมากกว่าอาหาร

4) ส่วนบันเทิง (Entertainment)จะเป็นในส่วนของโรงภาพยนตร์ ส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ชั้นบนสุดของอาคารศูนย์การค้า หรือชั้นสูงสุดในส่วนของการบริการของทางศูนย์การค้า หรือในบางที่อาจจะมีสวนสนุก สวนน้ำ หรือลานไอซ์สเก็ต เป็นต้น ก็จัดอยู่ในส่วนของส่วนบันเทิงด้วย

5) ส่วนสนับสนุนโครงการ (Public)ส่วนสนับสนุนโครงการเป็นส่วนที่คอยให้ความสะดวก และให้ผู้ใช้บริการใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย เช่น ห้องน้ำ สวนสาธารณะ ลานอเนกประสงค์ โทรศัพท์สาธารณะ โซฟาสำหรับพักคอย เป็นต้น หรืออาจมีบางส่วนที่คิดค่าใช้จ่ายด้วย เช่น ลานจอดรถ เป็นต้น

6) ส่วนบริหารโครงการ (Office)ในส่วนบริหารโครงการจะเป็นส่วนสำนักงานฝ่ายดำเนินงานต่างๆของอาคารศูนย์การค้า จะตั้งอยู่ในที่ใดที่หนึ่งรวมกันเป็นกลุ่มและจะตั้งอยู่ที่เดียวกันเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ผู้ที่ต้องการมาติดต่อสามารถติดต่อได้สะดวก

7) ส่วนบริการโครงการส่วนนี้มีความคล้ายกับส่วนสนับสนุนโครงการแต่เป็นงานในแง่ของผู้อยู่เบื้องหลัง เช่น งานด้านสุขาภิบาล งานซ่อมบำรุง ฝ่ายจัดเก็บสินค้า งานระบบไฟฟ้า งานระบบประปา งานระบบปรับอากาศ เป็นต้น จะมีพื้นที่สำหรับหน่วยงานประเภทนี้ที่จะคอยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ที่มาใช้บริการ

8) ส่วนจอดรถ เป็นพื้นที่ให้บริการทั้งพนักงาน และผู้มาใช้บริการ ประกอบด้วยที่จอดรถบริการ ที่จอดรถพนักงาน ที่จอดรถมอเตอร์ไซด์ ที่จอดรถประจำทาง เป็นต้น

2.2 การใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า

2.2.1 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทกิจกรรมหรือระบบต่างๆในอาคาร

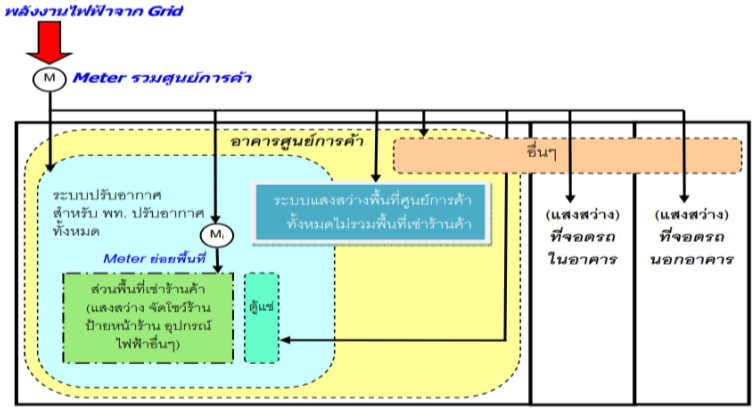
จาก รายงานของ USAID ที่ทำการพลังงานแห่งชาติ เรื่อง Energy Conservation in Commercial Building ปี พ .ศ.2528 ได้แสดงการใช้ไฟฟ้าในอาคารแต่ละประเภทแยกตามกิจกรรมออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ ระบบทำความเย็น ระบบแสงสว่าง และอื่นๆ เป็นร้อยละของการใช้งาน ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในอาคารแต่ละประเภทแยกตามกิจกรรม

ประเภทอาคาร	ระบบทำความเย็น (%)	ระบบแสงสว่าง (%)	ระบบอื่นๆ (%)
สำนักงาน	50.0	25.0	25.0
โรงแรม	61.0	15.3	23.7
ศูนย์การค้า	60.0	25.0	15.0
สถานพยาบาล	77.5	14.7	7.8

ที่มา : ธนิต จินดาวณิค (2546)

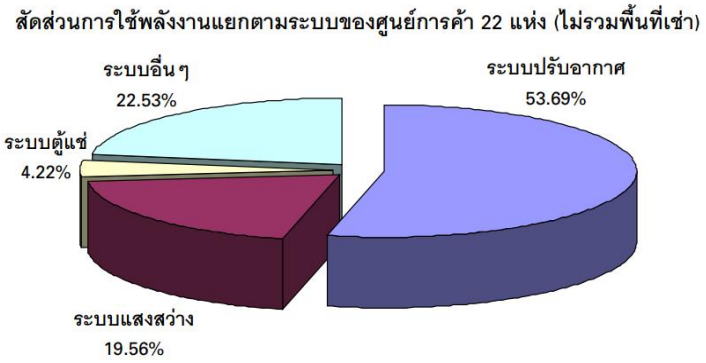
ลักษณะการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า สามารถจำแนกลักษณะการใช้พลังงานในกิจกรรมต่างๆ ภายในบริเวณพื้นที่ส่วนต่างๆของศูนย์การค้า โดยสามารถแสดงรูปแบบการใช้พลังงานสำหรับศูนย์การค้า ได้ดังรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-6 รูปแบบการใช้พลังงานในศูนย์การค้า

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2551)

การใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบหลัก (ไม่รวมพื้นที่เช่า) คิดตามส่วนระบบได้แก่ ระบบปรับอากาศ ร้อยละ 53.7 ระบบอื่นๆ ร้อยละ 22.5 ระบบแสงสว่าง ร้อยละ 19.6 และระบบตู้แช่ ร้อยละ 4.2 สัดส่วนการใช้พลังงานดังกล่าวจะมีค่าแตกต่างกันในแต่ละสถานที่เนื่องจากลักษณะการประกอบธุรกิจ รวมถึงการออกแบบอาคารและระบบต่างๆของแต่ละศูนย์การค้า โดยยสามารถสรุปสัดส่วนการใช้พลังงานของศูนย์การค้าแต่ละประเภทได้ดังรูปที่ 2-7



รูปที่ 2-7 สัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2551)

เกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารประเภทศูนย์การค้า จำแนกลักษณะศูนย์การค้าออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ดิสเคาท์สโตร์ (Discount Store) ห้างสรรพสินค้า (Department Store) ช้อปปิ้งพลาซ่า (Shopping Plaza) และซุปเปอร์มาเก็ต (Supermarket) ดังตารางที่ 2-3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2-3 สัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท (ไม่รวมพื้นที่เช่า)

ประเภทศูนย์การค้า	ระบบปรับอากาศ	ระบบแสงสว่าง	ระบบตู้แช่	ระบบอื่นๆ
ดิสเคาท์สโตร์ (Discount Store)	55.32	19.77	1.93	22.98
ห้างสรรพสินค้า (Department Store)	47.48	20.75	11.26	20.51
ช็อปปิ้งพลาซ่า (Shopping Plaza)	57.74	13.60	4.01	24.66
ซุปเปอร์มาร์เก็ต (Supermarket)	35.93	19.89	27.10	17.09

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2551)

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทศูนย์การค้า

จากการสำรวจลักษณะการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า สามารถจำแนกลักษณะการใช้พลังงานในกิจกรรมต่างๆ ซึ่ง เกิดขึ้นภายในบริเวณพื้นที่ต่างๆ ของศูนย์การค้า โดยสามารถทำการวิเคราะห์ดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption, SEC) ของระบบต่างๆ ในอาคารประเภทศูนย์การค้า ได้ดังนี้

1) ดัชนีการใช้พลังงานรวม
2) ดัชนีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ
3) ดัชนีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง
4) ดัชนีการใช้พลังงานในระบบตู้แช่

ดังนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทศูนย์การค้า จึงขึ้นกับขนาด จำนวน และ ชั่วโมงการใช้งานของ อุปกรณ์หลักในระบบดังกล่าวข้างต้น ซึ่งจะแปรผันโดยตรงต่อจำนวนผู้มาใช้บริการของอาคาร

การคัดเลือกดัชนีการใช้พลังงานที่เหมาะสมต่อการนำเสนอประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า จะทำให้สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานอาคารศูนย์การค้าต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาจาก

1) ดัชนีการใช้พลังงานต้องเป็นค่าที่นิยมใช้เป็นมาตรฐาน เช่น การใช้พลังงานต่อพื้นที่ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) ดัชนีการใช้พลังงานต้องประกอบด้วยระบบที่มีการใช้พลังงานมากในศูนย์การค้า

3) เมื่อนำค่าการใช้พลังงานรวม พลังงานที่ใช้ในระบบต่างๆ และพื้นที่ใช้สอยมาคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานด้วยวิธี Linear Regression ค่าดัชนีดังกล่าวต้องมีค่าความเชื่อมั่นสูง (R^2 ใกล้เคียง 1)

ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption : SEC) ที่เหมาะสมในการนำเสนอลักษณะการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า สามารถกำหนดได้ 4 ค่า ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ดัชนีที่ใช้ในการนำเสนอลักษณะการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า

ดัชนีการใช้พลังงาน	สัญลักษณ์	การคำนวณ	หน่วย
1) ดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดไม่รวมพื้นที่จอดรถ	SEC	$\frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดต่อปี}}{\text{พื้นที่ใช้สอยอาคารไม่รวมพื้นที่จอดรถ}}$	$\left(\frac{kWh/yr}{m^2}\right)$
2) ดัชนีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ	$SEC\text{-}AC_{AREA}$	$\frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศต่อปี}}{\text{พื้นที่ปรับอากาศภายในอาคาร}}$	$\left(\frac{kWh/yr}{m^2}\right)$
3) ดัชนีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างต่อพื้นที่ใช้สอย โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถและพื้นที่ให้เช่า	SEC-LT	$\frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่างต่อปี}}{\text{พื้นที่ใช้สอยอาคารไม่รวมพื้นที่จอดรถ และไม่รวมพื้นที่เช่า}}$	$\left(\frac{kWh/yr}{m^2}\right)$
4) ดัชนีการใช้พลังงานในระบบตู้แช่ต่อปริมาตรตู้แช่	SEC-RF	$\frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในตู้แช่ต่อปี}}{\text{ปริมาตรตู้แช่}}$	$\left(\frac{kWh/yr}{m^3}\right)$

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2551)

การศึกษาค่าเฉลี่ยดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารศูนย์การค้าประเภทต่างๆ เกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า อ้างอิงค่าเฉลี่ยดัชนีการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท โดยตั้งสมมติฐานว่าอาคารศูนย์การค้าที่มีดัชนีการใช้พลังงานสูงกว่าค่าเฉลี่ย ถือว่าเป็นอาคารที่ควรส่งเสริมให้ประหยัดพลังงาน ผลของการศึกษาพบว่าอาคารควบคุมประเภทศูนย์การค้าที่มีการใช้พลังงานสูงกว่าค่าเฉลี่ย มีศักยภาพการประหยัดพลังงานรวมกันถึงประมาณ 310 GWhต่อปี หรือคิดเป็นความสามารถในการลดการใช้พลังงานลงได้ประมาณร้อยละ 15 ของการใช้พลังงานของอาคารควบคุมประเภทศูนย์การค้าในปัจจุบัน ดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 ดัชนีการใช้พลังงานของอาคารประเภทศูนย์การค้า

ประเภท	**จำนวนข้อมูล**	**ดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอย $\left(\frac{kWh/yr}{m^2}\right)$**	**ที่มาข้อมูล**
ห้างสรรพสินค้า (Department Store)	169	240.6	ฐานข้อมูล บพอ.1
ดิสเคาท์สโตร (Discount Store)	294	336.4	ฐานข้อมูล บพอ.1

ประเภท	จำนวนข้อมูล	ดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอย $\left(\frac{kWh/yr}{m^2}\right)$	ที่มาข้อมูล
ช้อปปิ้งพลาซ่า (Shopping Plaza)	91	204.2	ฐานข้อมูล บพอ.1
ซุปเปอร์มาเก็ต (Supermarket)	3	418.4	ฐานข้อมูล บพอ.1 ผลสำรวจโครงการ

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2551)

เมื่อแยกดัชนีการใช้พลังงานตามรายระบบต่างๆที่สำคัญที่มีการใช้พลังงานสูงในอาคารศูนย์การค้า ซึ่งวิเคราะห์ค่าดัชนีได้จากการผลการสำรวจการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้าตัวอย่างจำนวน 22 แห่ง ซึ่งมีค่าดังแสดงในตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 ดัชนีได้จากการผลการสำรวจการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า

ลำดับ	ดัชนีการใช้พลังงาน	สัญลักษณ์	SEC (เฉลี่ย)	ช่วงค่า SEC	หน่วย
1	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศ	$SEC\text{-}AC_{AREA}$	144.4	109.7-284.5	$\left(\frac{kWh/yr}{m^2}\right)$
2	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างต่อพื้นที่ใช้สอย โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถและพื้นที่เช่า	SEC-LT	56.3	17.8-149.2	$\left(\frac{kWh/yr}{m^2}\right)$
3	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบตู้แช่ต่อปริมาตรตู้แช่	SEC-RF	11,548	6,959-19,601	$\left(\frac{kWh/yr}{m^3}\right)$

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2551)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ขยะมูลฝอยในอาคารศูนย์การค้า

“ขยะ หรือ มูลฝอย (Solid waste)”

พระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ให้คำจำกัดความ “มูลฝอย” หมายถึง สิ่งต่าง ๆที่เราไม่ต้องการ ที่เป็นของแข็งหรืออ่อน มีความชื้น ได้แก่ เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร ถุงพลาสติก ภาชนะกล่องใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์รวมตลอดถึงวัตถุอื่น สิ่งใดที่เก็บกวาดได้จากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 ให้คำจำกัดความของคำว่า “ของเสีย” หมายความว่า ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล น้ำเสีย อากาศเสีย มลสารหรือวัตถุอันตรายอื่นใด ซึ่งถูกปล่อยทิ้งหรือมีที่มาจากแหล่งกำเนิดมลพิษ รวมทั้งกากตะกอนหรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้น ที่อยู่ในสภาพของแข็งของเหลวหรือก๊าซ

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถานฉบับ พ.ศ. 2525 กล่าวว่า“มูลฝอย”หมายถึง เศษสิ่งของที่ทิ้งแล้ว “ขยะ”หมายถึง หยากเยื่อ มูลฝอย

ในทางวิชาการจะใช้คำว่า “ขยะมูลฝอย” ซึ่งหมายถึง บรรดาสิ่งของที่ไม่ต้องการใช้แล้ว ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นของแข็ง จะเน่าเปื่อยหรือไม่ก็ตาม รวมตลอดถึง เถ้า ซากสัตว์ มูลสัตว์ ฝุ่นละออง และเศษวัตถุที่ทิ้งแล้วจากบ้านเรือน ที่พักอาศัย สถานที่ต่าง ๆ รวมถึงสถานที่สาธารณะ ตลาดและโรงงานอุตสาหกรรม ยกเว้น อุจจาระ และปัสสาวะของมนุษย์ ซึ่งเป็นสิ่งปฏิกูล วิธีจัดเก็บและกำจัดแตกต่างไปจากวิธีการจัดขยะมูลฝอย ปัจจุบัน วิทยาการก้าวหน้า ประชากรเพิ่มอย่างรวดเร็ว อัตราการใช้ที่ดินเพิ่มขึ้นเพื่อผลิตเครื่องอุปโภค บริโภค อาหาร ที่อยู่อาศัย เป็นเหตุให้เศษสิ่งเหลือใช้มีปริมาณมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาของขยะมูลฝอย

2.3.1 ประเภทของขยะมูลฝอย มี 3 ประเภทใหญ่

1) ขยะมูลฝอยเปียก ได้แก่ พวกเศษอาหาร เศษพืชผัก เปลือกผลไม้ อินทรีย์วัตถุที่สามารถย่อยสลายเน่าเปื่อยง่าย มีความชื้นสูง และส่งกลิ่นเหม็นได้รวดเร็ว

2) ขยะมูลฝอยแห้ง ได้แก่ พวกเศษกระดาษ เศษผ้า แก้ว โลหะ ไม้ พลาสติก ยาง ฯลฯ ขยะมูลฝอยชนิดนี้จะมีทั้งที่เผาไหม้ได้และเผาไหม้ไม่ได้ “ขยะแห้ง” เป็นขยะมูลฝอยที่สามารถเลือกวัสดุที่ยังมีประโยชน์กลับมาใช้ได้อีก โดยการทำคัดแยกมูลฝอยก่อนนำทิ้งซึ่งจะช่วยให้สามารถลดปริมาณมูลฝอยที่จะต้องนำไปทำลาย ลงได้ และถ้านำส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้นี้ไปขายก็จะทำรายได้กลับคืนมา

3) ขยะมูลฝอยอันตราย ได้แก่ ของเสียที่เป็นพิษ มีฤทธิ์กัดกร่อนและระเบิดได้ง่าย ต้องใช้กรรมวิธีในการทำลายเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีอันตราย เช่น สารฆ่าแมลง ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ รถยนต์ หลอดไฟ สเปรย์ฉีดผม เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3.2 แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยในอาคารศูนย์การค้า

ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นภายในอาคารศูนย์การค้านั้นมีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในตัวอาคาร สามารถแบ่งตามแหล่งจัดกิจกรรม ได้ดังนี้

1) ส่วนห้างสรรพสินค้า ขยะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นขยะแห้งทั่วไป เช่น แก้วน้ำ ขวดน้ำ บรรจุภัณฑ์ต่างๆ รวมทั้งเศษกระดาษต่างๆ ในบางอาคารมีการคัดแยกขยะในส่วนนี้ก่อนจะส่งกำจัดไปยังหลุมฝังกลบ

2) ส่วนร้านอาหาร จะเป็นจำพวกขยะเปียกเช่น เศษอาหาร เปลือกผลไม้ เส้นก๋วยเตี๋ยว เป็นต้น แต่ก็มีขยะแห้งด้วยเช่นกัน ส่วนใหญ่ผู้ประกอบการจะมีการแยกขยะที่สามารถนำกลับไปขายได้ไว้แล้ว ทำให้ขยะที่จะส่งไปกำจัดนั้นจะเหลือแค่ขยะเปียกและขยะแห้งบางส่วนเท่านั้น

3) ส่วนซุปเปอร์มาร์เก็ต ซุปเปอร์มาเก็ตส่วนใหญ่จะมีแต่ขยะเปียกเพราะมีการจัดจำหน่ายของสดพวกผักและผลไม้ บางครั้งอาจมีการตัดตกแต่งผลิตภัณฑ์ แต่ก็มีขยะแห้งบางส่วนที่ไม่สามารถนำไปขายได้เช่นเดียวกัน ส่วนใหญ่จะมีการจัดการขยะที่ดี คือ มีการคัดแยกขยะเปียกและขยะแห้งอย่างชัดเจนภายในสถานที่ ทำให้ขยะที่จะส่งไปกำจัดหลงเหลือแค่ในส่วนที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยนช์ได้แล้วจริงๆ

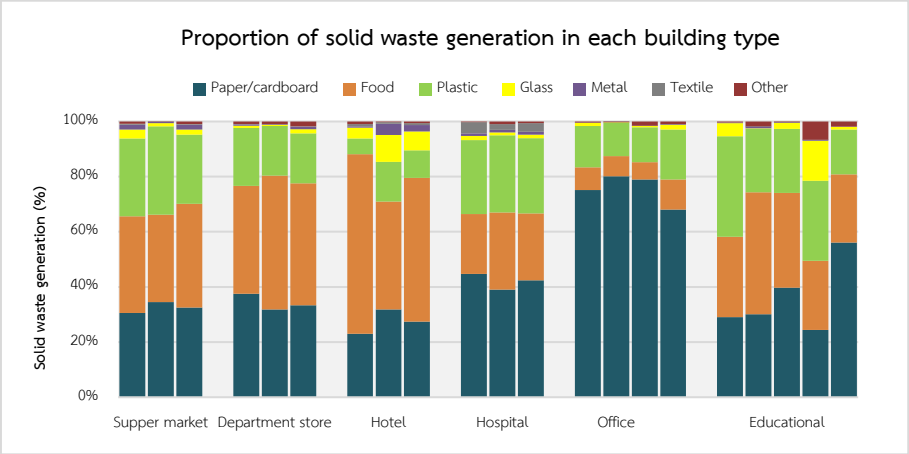
4) ส่วนความบันเทิง ในบริเวณนี้จะมีแต่ขยะแห้งเพราะค่อนข้างเป็นพื้นที่ที่ถูกกำกับดูแลจากพนักงาน เพื่อให้เกิดความสะอาดและทำความสะอาดได้ง่าย บริเวณนี้ได้แก่ บริเวณโรงภาพยนตร์ ลานไอซ์สเก็ต ลานโบลิ่ง สวนสนุก และสวนน้ำเป็นต้น

5) ส่วนสนับสนุนโครงการ ในส่วนสนับสนุนโครงการนี้บริเวณที่ตั้งจุดทิ้งขยะจะมีอยู่ตามที่นั่งพัก หน้าประตูทางเข้าออก บริเวณทางลงและขึ้นของบันไดเลื่อน เป็นต้น จะเป็นขยะแห้งทั่วไป แต่ในส่วนของห้องน้ำ ขยะในส่วนนี้จัดว่าเป็นขยะติดเชื้อจะต้องทำการแยกเพื่อไม่ให้เกิดการปะปนไปกับขยะแห้งทั่วไป

6) ส่วนบริหารโครงการและส่วนบริการโครงการ ส่วนบริหารโครงการและส่วนบริการโครงการ เป็นส่วนของการทำงานของพนักงานขยะส่วนใหญ่จะเป็นขยะแห้ง อาจมีบางกิจกรรมที่มีขยะอันตรายเกิดขึ้น แต่จะถูกจัดการอย่างเหมาะสมจากพนักงาน

จากงานวิจัยกล่าวว่า จากการเก็บรวบรวบข้อมูลการเกิดขยะมูลฝอยในอาคารแต่ละประเภท สามารถแบ่งหรือคัดแยกตามองค์ประกอบของขยะได้ 7 ประเภท ได้แก่ กระดาษ เศษอาหาร พลาสติก แก้ว โลหะ เศษผ้า และอื่นๆ อาคารประเภทศูนย์การค้า มีปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เนื่องจากเป็นอาคารประเภท ก มีกิจกรรมการใช้งานที่หลากหลาย ส่งผลให้มีผู้เข้ามาใช้บริการเป็นจำนวนมาก ซึ่งผลการศึกษาพบว่าอาคาร

ประเภทศูนย์การค้ามีค่าปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยอยู่ในช่วง 990-7,600 ตันต่อปี (ton/yr.) คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในช่วง2,600- 20,000 tonCO_2eq/yr. โดยประเภทขยะมูลฝอยที่มีปริมาณมากที่สุดได้แก่ เศษอาหาร กระดาษ และพลาสติก อทิตินนท์ ภูพาดทอง (2560)



รูปที่ 2-8 สัดส่วนการเกิดขยะมูลฝอยในอาคารแต่ละประเภท

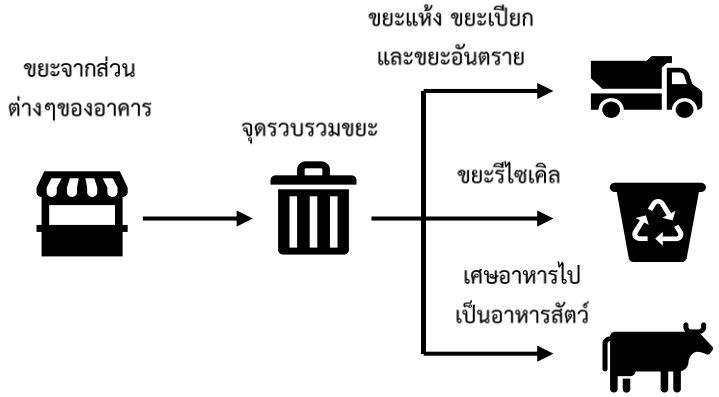
ที่มา : อทิตินนท์ ภูพาดทอง, 2560

ดังรูปที่ 2-8 พบว่า สัดส่วนขยะมูลฝอยประเภทกระดาษ และเศษอาหาร มีสัดส่วนที่ค่อนมากในเกือบทุกประเภทอาคาร โดยคิดเป็นประมาณร้อยละ 25-80 และร้อยละ 20-60 ของขยะมูลฝอยทั้งหมด ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.3 แนวทางการจัดการขยะมูลฝอยอย่างครบวงจร

“การจัดการขยะโดยทั่วไปของอาคาร” ระบบการจัดการทั่วไปของอาคารศูนย์การค้าจะมีพนักงานคอยทำหน้าที่และให้บริการในส่วนต่างๆ ซึ่งจะแบ่งออกไปตามจุดต่างๆเพื่อคอยเก็บคอยคัดแยกขยะ จากภาชนะรองรับที่ตั้งอยู่ในบริเวณอาคารศูนย์การค้า ทำให้ภายอาคารศูนย์การค้าไม่เกิดปัญหาด้านทัศนอุบาท แต่ในส่วนของร้านค้าเช่าต่างๆจะต้องรับผิดชอบกับขยะที่เกิดขึ้นเอง มีการจัดการเองในบริเวณพื้นที่เช่าของตนโดยทางอาคารจะตั้งจุดรับขยะเพื่ออำนวยความสะดวกในการรวบรวมขยะของอาคารก่อนที่จะมีผู้รับเหมามารับขยะไปกำจัด โดยจะมีรูปแบบการดำเนินการดังรูปที่ 2-9



รูปที่ 2-9 แผนผังการกำจัดขยะของอาคาร

จากการศึกษาในข้างต้นทำให้ทราบถึงประเภทของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น และประเภทมูลฝอยที่จะถูกส่งไปกำจัด 3 ประเภท คือ เศษอาหาร กระดาษและพลาสติก การหาแนวทางในการจัดการขยะต่อไปต้องเน้นรูปแบบของการวางแผนจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะต้องส่งเข้าไปทำลายด้วยระบบต่าง ๆให้น้อยที่สุด สามารถนำขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ทั้งในส่วนของการใช้ซ้ำและแปรรูปเพื่อใช้ใหม่ (Reuse & Recycle) รวมถึงการกำจัดที่ได้ผลพลอยได้ เช่น ปุ๋ยหมัก หรือพลังงาน

โดยสรุปวิธีการดำเนินการตามแนวทางมีดังนี้ คือ

1) การลดปริมาณการผลิตมูลฝอย รณรงค์ให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการลดการผลิตมูลฝอยในแต่ละวันได้แก่

- ลดการทิ้งบรรจุภัณฑ์โดยการใช้สินค้าชนิดเติมใหม่ เช่น ผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน น้ำยาทำความสะอาดและถ่านไฟฉายชนิดชาร์ตใหม่ เป็นต้น
- เลือกใช้สินค้าที่มีคุณภาพมีห่อบรรจุภัณฑ์น้อย อายุการใช้งานยาวนาน และตัวสินค้าไม่เป็นมลพิษ
- ลดการใช้วัสดุกำจัดยาก เช่น โฟมบรรจุอาหาร และถุงพลาสติก

2) จัดระบบการรีไซเคิล หรือการรวบรวมเพื่อนำไปสู่การแปรรูปเพื่อใช้ใหม

- รณรงค์ให้ประชาชนแยกของเสียนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น กระดาษ พลาสติก และโลหะ นำไปใช้ซ้ำ หรือนำไปขาย/รีไซเคิล ขยะเศษอาหารนำมาหมักทำปุ๋ย ในรูปปุ๋ยน้ำ หรือปุ๋ยหมักเพื่อใช้ในชุมชน
- จัดระบบที่เอื้อต่อการทำขยะรีไซเคิล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- จัดภาชนะ (ถุง/ถัง) แยกประเภทขยะมูลฝอยที่ชัดเจนและเป็นมาตรฐาน
- จัดระบบบริการเก็บโดย

- จัดกลุ่มอาสาสมัครหรือชมรมหรือนักเรียนให้มีกิจกรรม/โครงการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ เช่น
  - โครงการขยะรีไซเคิลแลกสิ่งของ เช่น ต้นไม้ ไข่
  - โครงการทำปุ๋ยน้ำ ปุ๋ยอีเอ็ม ขยะหอม ปุ๋ยหมัก
  - โครงการตลาดนัดขยะรีไซเคิล
  - โครงการธนาคารวัสดุเหลือใช้
  - โครงการร้านค้าสินค้ารีไซเคิล

2.3.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการจัดการขยะและของเสียคิดเป็นส่วนน้อยของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งหมด ภาคส่วนนี้จึงอยู่ในฐานะผู้ประหยัดก๊าซเรือนกระจกให้กับภาคส่วนอื่นๆ ด้วยการป้องกันการเกิดขยะและนำขยะกลับมาใช้ใหม่ United Nations Environmental Program (2010)

มาตรการที่สามารถนำมาใช้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคส่วนนี้ ได้แก่ การนำก๊าซมีเทนที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอยมาใช้ใหม่ การใช้เตาเผาขยะที่มีการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ การทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ การบำบัดน้ำเสีย การรีไซเคิลและการลดจำนวนขยะให้เหลือน้อยที่สุด Intergovernmental Panel on Climate Change (2007)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายสาขาระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2555 ภาคการจัดการของเสีย (Waste) โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 55.71 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ร้อยละ15.89) 33.50 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ร้อยละ 9.55) และ 5.03 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ร้อยละ 1.43) ตามลำดับ ดังนั้นปี พ.ศ. 2555 (ค.ศ. 2012) ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ เท่ากับ 227.73 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

2.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคาร

2.4.1 องค์ความรู้เกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) คือ ก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน หรือรังสีอินฟาเรดได้ดี มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน มีทั้งก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โอโซน มีเทนและไนตรัสออกไซด์ สารซีเอฟซี เป็นต้น แต่ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโตมีเพียง 7 ชนิด โดยจะต้องเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic greenhouse gas emission) เท่านั้น ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_20) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) ทั้งนี้ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ สารซีเอฟซี (CFC หรือ Chlorofluorocarbon) ซึ่งใช้เป็นสารทำความเย็นและใช้ในการผลิตโฟม แต่ไม่ถูกกำหนดในพิธีสารเกียวโต เนื่องจากเป็นสารที่ถูกจำกัดการใช้ในพิธีสารมอนทรีออลแล้ว

ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกกำหนดและควบคุมภายใต้สองสนธิสัญญาแห่งสหประชาชาติ ซึ่งนั้นก็คือ พิธีสารมอนทรีออล (Montreal Protocol) และพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ที่ได้รับการพัฒนาและศึกษาโดยสถาบันทรัพยากรแห่งโลก หรือ World Resources Institute: WRI และสถาบันนิเวศน์เศรษฐกิจเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนแห่งโลก หรือ World Business Council for Sustainable Development: WBCSD

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

WBDG หรือ Whole Building Design Guide ของสถาบันวิทยาศาสตร์อาคารแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NIBS) ได้อธิบายความหมายและชนิดของก๊าซเรือนกระจกไว้ว่า ก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซที่สามารถดูดซับความร้อนในบรรยากาศ ซึ่งเป็นก๊าซที่สามารถเกิดขึ้นเองได้ตามธรรมชาติบ้างและอีกส่วนใหญ่ที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ โดยได้แก่

1) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ถึงแม้ว่าจะเป็นก๊าซที่สามารถพบได้ตามธรรมชาติในบรรยากาศ แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็ยังเป็นก๊าซระดับต้นๆที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการผลิตไฟฟ้า การขนส่ง การผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมและ การเผาไหม้ขยะมูลฝอยต่างๆ จึงเห็นได้ว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเกือบประมาณร้อยละ 35 นับตั้งแต่มีการปฏิวัติอุตสาหกรรม

2) ก๊าซมีเทน เป็นก๊าซที่ถูกปล่อยออกมาจาก กระบวนการผลิตและการขนส่งของถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันและ จากการทับถมหรือการหมักของพวกขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบและโรงปศุสัตว์ต่างๆ โดยก๊าซมีเทนจะมีช่วงอายุที่อยู่ในชั้นบรรยากาศนานถึง 9 ถึง 15 ปี และมีความสามารถในการดูดซับความร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึงประมาณ 20 เท่า ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากถึงร้อยละ 150 นับตั้งแต่มีการปฏิวัติอุตสาหกรรม

3) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ เป็นก๊าซที่มีช่วงอายุในบรรยากาศนานถึง 120 ปีและมีความสามารถ ในการดูดซับความร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 310 เท่า ไนตรัสออกไซด์เป็นก๊าซที่ถูกปล่อยออกมากจากกิจกรรมทางการเกษตรและอุตสาหกรรม ร่วมถึงกิจกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลและขยะของเสีย ความเข้มข้นของก๊าซไนตรัสออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 16 นับตั้งแต่มีการปฏิวัติอุตสาหกรรม

4) ก๊าซกลุ่มสารประกอบฟลูออรีน รวมถึงก๊าซเรือนกระจกสังเคราะห์ เช่น ก๊าซไฮโดรคลอโรฟลูออโรคาร์บอน ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอนและ ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ ซึ่งก๊าซเหล่านี้มีช่วงอายุที่ในบรรยากาศนานต่างๆ กันไปซึ่งอาจนานเป็น 10 ถึง 1000 ปี และมีความสามารถในการดูดซับความร้อนได้เป็นพันๆ เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยแหล่งกำเนิดของสารเหล่านี้หลักๆ มาจากแห่งของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารทำความเย็น การผลิตฉนวนกันความร้อน และสารดับเพลิง เป็นต้น

5) ก๊าซกลุ่มคลอโรฟลูออโรคาร์บอน เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลต่อการทำลายชั้นโอโซน ก๊าซเรือนและเป็นสารที่มีถูกใช้มากในอุตสาหกรรมการทำความเย็น เช่น ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ บรรจุภัณฑ์รักษาความเย็น ฉนวนกันความร้อนและ ตัวทำละลายต่างๆ เป็นต้น โดยสารทั้งหมดนี้ ก็มักจะถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ของไทย ได้แบ่งแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็นทั้งหมด 4 ภาคส่วน ได้แก่ ภาคพลังงาน (Energy) ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (Industrial Process and Product Use; IPPU) ภาคเกษตรป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Agriculture, Forestry and Other Land Use; AFOLU) และภาคการจัดการของเสีย (Waste) โดยผลจากรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายสาขา ระหว่างปี พ.ศ.2543 – 2555 ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเท่ากับ 227.73 $MtCO_2e$ โดยภาคพลังงานเป็นภาคที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 256.44 $MtCO_2e$ หรือเป็นคิดร้อยละ 73.13 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ รองลงมาคือภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 55.71 $MtCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 15.89 สำหรับภาคที่มีการปล่อยเป็นอันดับที่ 3 ได้แก่ ภาคกระบวนการ

อุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์มีการปล่อยเท่ากับ 33.50 $MtCO_2e$ คิดเป็น ร้อยละ 9.55 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศส่วนภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด คือ ภาคการจัดการของเสียโดยมีการปล่อยเท่ากับ 5.03 $MtCO_2e$ หรือเท่ากับร้อยละ 1.43 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด แต่สำหรับภาค AFOLU มีส่วนของการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกรวมอยู่ด้วย ซึ่งเป็นการกักเก็บที่เกิดจากการสะสมของปริมาณชีวมวลในพื้นที่ป่าและพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นในภาคเกษตร เช่น ปาล์มน้ำมัน ยางพารา และสวนผลไม้ เป็นต้น ทำให้มีการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2555 รวมทั้งสิ้น 122.95 $MtCO_2e$ ซึ่งเมื่อหักลบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคนี้จำนวน 55.71 $MtCO_2e$ แล้ว ทำให้ภาค AFOLU เป็นภาคที่มีการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 67.25 $MtCO_2e$ ดังนั้นในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเท่ากับ 227.73 $MtCO_2e$

2.4.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอาคาร

คาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร (Carbon Footprint for Organization)

เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆขององค์กร เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง การใช้ไฟฟ้า การจัดการของเสีย และการขนส่ง วัดออกมาในรูปแบบตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent) แบ่งการคำนวณออกเป็น 3 ประเภท (Scope) ดังนี้

1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Greenhouse Gas Emission)

2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า (Indirect Greenhouse Gas Emission)

3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other Indirect Greenhouse Gas Emission)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การนำแนวคิดการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรมาใช้จะช่วยให้สามารถประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาตลอดกระบวนการทำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งสามารถจำแนกสาเหตุและแหล่งของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ และนำไปสู่การหามาตรการหรือแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดของคาร์บอนฟุตพริ้นท์

วิธีการประเมินสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

1) กำหนดขอบเขตองค์กร (Organization Boundary)

2) การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational Boundary)

3) วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Calculation and quantification methodologies)

การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization Boundary)

การกำหนดขอบเขตขององค์กร ในการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก สามารถทำได้โดยวิธีการแบบใดแบบหนึ่งดังนี้

1) แบบควบคุม (Control Approach) กำหนดขอบเขตการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแบบควบคุม แบ่งเป็นการควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control) และการควบคุมทางการเงิน (Financial Control)

2) แบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity Share) กำหนดขอบเขตการรวบรวมผลการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โดยปันตามสัดส่วนของลักษณะการร่วมทุน หรือลงทุนในอุปกรณ์หรือหน่วยผลิตนั้นๆ

กำหนดขอบเขตการดำเนินงาน

ในการกำหนดขอบเขตของการดำเนินงานต้องระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Greenhouse Gas Emission) คือ ก๊าวเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่างๆ มีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่กับที่ ตัวอย่างเช่น

- การผลิตไฟฟ้า ความร้อนและไอน้ำเพื่อใช้เองภายในองค์กร และ/หรือ เพื่อการส่งออก หรือ แจกจ่ายให้แก่ผู้ใช้งานนอกขอบเขตองค์กร และการสูญเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการส่งผ่านพลังงาน ความร้อน หรือ ไอน้ำ
- การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการใช้งานของอุปกรณ์ และ/หรือ เครื่องจักรที่องค์กรเป็นเจ้าของ หรือเช่าเหมามา แต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง
- การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มภายในองค์กร โดยองค์กรเป็นผู้รับผิดชอบการดำเนินงานดังกล่าว

2) การปล่อยและดูดกลับของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ เช่น การเผาไหม้จากกิจกรรมการขนส่งของยาพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของ หรือ เช่าเหมา แต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง

3) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลอื่นๆ (Fugitive emissions) ตัวอย่างเช่น

- การรั่วซึมของก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศภายนอกที่เกิดขึ้น ณ บริเวณรอยเชื่อมข้อต่อท่ออุปกรณ์ที่ตั้งอยู่ภายในองค์กร เช่น สารทำความเย็น หรือ การรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากอุปกรณ์ต่างๆที่ตั้งอยู่ภายในองค์กรขณะทำการซ่อมบำรุง
- การใช้อุปกรณ์ดับเพลิงประเภทที่สามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้
- ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียและหลุมฝังกลบ
- ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ย หรือสารเคมีเพื่อการซักล้างหรือทำความสะอาดภายในองค์กร

4) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรงของชีวมวล (ดินและป่าไม้)

ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า (Indirect Greenhouse Gas Emission) ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำที่ถูกนำเข้าจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร

ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other Indirect Greenhouse Gas Emission) ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ที่เกิดเนื่องจากการใช้สินค้าบริการ หรือการจ้างเหมา ตัวอย่างเช่น

1) การเดินทางของพนักงานเพื่อการประชุม สัมมนา และติดต่อธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับองค์กร ด้วยระบบการขนส่งประเภทต่างๆ เช่น ยานพาหนะส่วนตัว ยานพาหนะที่ใช้ภายในองค์กร แต่จ้างเหมาบริการรวมน้ำมันเชื้อเพลิงจากภายนอกองค์กร รถไฟ เรื่อโดยสาร เครื่องบิน

2) การเดินทางไป-กลับ จากที่พักถึงองค์กร เพื่อการทำงานของพนักงาน ด้วยยานพาหนะส่วนตัว หรือยานพาหนะที่ใช้ภานในองค์กรแต่จ้างเหมาบริการรวมน้ำมันเชื้อเพลิงจากภายนอกองค์กร หรือระบบขนส่งสาธารณะ

3) การขนส่งผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบ คนงาน หรือกากของเสียที่เกิดจากการจ้างเหมาบริการโดยหน่วยงานหรือองค์กรอื่นภายนอกขอบเขตขององค์กรที่ได้กำหนดไว้

4) กิจกรรมต่างๆ ที่สามารถปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเกิดจากการจ้างเหมารับช่วงดำเนินงานโดยหน่วยงานนอกขอบเขตองค์กร เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อการหุงต้มจากกิจกรรมประกอบการประกอบอาหารภายในโรงอาหารโดยการจ้างเหมาบุคคล หน่วยงาน หรือองค์กรภายนอก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการกำจัดของเสีย และการบำบัดน้ำเสียโดยหน่วยงานหรือองค์กรอื่นภายนอกขอบเขตขององค์กรที่ได้กำหนดไว้

6) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์หรือบริการขององค์กรในช่วงการใช้งานและช่วงการจัดการซาก

7) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าทางอ้อมของบ้านพักพนักงานภายในองค์กร

8) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาภายในองค์กร

9) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุสำนักงานที่มีการใช้ภายในองค์กร เช่น กระดาษ หมึกพิมพ์ ดินสอ ปากกา ยางลบ เป็นต้น

โดยการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในประเภทที่ 3 นี้จะพิจารณาตั้งแต่การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดทิ้ง

ตารางที่ 2-7 ตัวอย่างกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1

ประเภทของกิจกรรม	กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรม
ประเภทที่ 1	การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่กับที่	การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเครื่องปั่นกระแสไฟฟ้า
	การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่	การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นจากแหล่งที่มีการเคลื่อนที่ได้ เช่น บานพาหนะ รถตักหน้าขุดหลัง เครื่องตัดหญ้า เป็นต้น
	การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหล และอื่น ๆ	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วซึมของก๊าซจากอุปกรณ์ข้อต่อ ถังกักเก็บ และการขนส่ง เช่น สารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะ	ก๊าซเรือนกระจก (ก๊าซมีเทน) ที่เกิดจากหลุมฝังกลบขยะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเตาเผา	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้ขยะ
	การบำบัดน้ำเสีย	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากบ่อบำบัดน้ำเสีย
	การปล่อยที่เกิดจากท่อระบายน้ำ	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการหมักหมมในท่อระบายน้ำ
	การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากชีวมวล	ดิน ป่าไม้ ทุ่งหญ้า และแหล่งน้ำ ตามธรรมชาติ

ที่มา : Thailand Greenhouse Gas Management Organization (2556)

ตารางที่ 2-8 ตัวอย่างกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2

ประเภทของกิจกรรม	กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรม
ประเภทที่ 2	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า	การใช้ไฟฟ้าของอุปรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในและนอกสำนักงาน ไฟสาธารณะ ไฟจราจร

ที่มา : Thailand Greenhouse Gas Management Organization (2556)

ตารางที่ 2-9 ตัวอย่างกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 3

ประเภทของกิจกรรม	กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวอย่างกิจกรรม
ประเภทที่ 3	การของเสียจากกิจกรรมในองค์กร	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากขั้นตอนการทิ้ง และการบำบัด รวมถึงการขนย้ายกากของเสียที่เกิดจากการทำงานภายในองค์กร ที่ดำเนินการโดยหน่วยงานอื่น
	การเดินทางไปราชการ	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเดินทางของพนักงานเพื่องานขององค์กรโดยรถสาธารณะ ไม่รวมรถขององค์กร
	การเดินทางของพนักงาน	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักกับที่ทำงาน
	การใช้งานของผลิตภัณฑ์	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการใช้น้ำประปา อุปกรณ์สำนักงาน เช่น กระดาษ หมึกพิมพ์เป็นต้น
	การเดินทางของผู้มาติดต่อ	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเดินทาวของผู้มาติดต่อกับองค์กร
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ที่นอกเหนือจากกิจกรรมข้างต้น	ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นนอกเหนือจากกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่กล่าวมาข้างต้น โดยองค์กรต้องทำการระบุรายละเอียดของกิจกรรมที่ต้องเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างชัดเจน

ที่มา : Thailand Greenhouse Gas Management Organization (2556)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4.3 การคัดเลือกวิธีการคำนวณและแนวทางในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เมื่อดำเนินการกำหนดขอบเขตและระบุแหล่งปล่อยและแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการเลือกวิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีการคำนวณทั้งหมด 3 วิธี ดังต่อไปนี้

1) วิธีการตรวจวัด (Measurement based Methodologies) คือวิธีการตรวจวัดโดยตรง ณแหล่งปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การตรวจวัดที่ได้มาตรฐานตามวิธีมาตรฐานสากล

2) วิธีการคำนวณ (Calculation based Methodologies) คือการหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการคำนวณ เช่น การสร้างโมเดล หรือการทำสมการมวลสารสมดุล หรือการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ facility specific หรือการคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กรคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลให้อยู่ในรูปของตันหรือกิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent)

- การคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร สามารถคำนวณได้จากสมการ

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

โดย

- ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) คือ ปริมาณการใช้พลังงาน หรือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซออกมา เช่น ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ที่นับออกมาเป็นหน่วยการใช้งาน
- ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งคำนวณได้จากปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยกิจกรรม (อ้างอิงจาก IPCC's glossary)

3) จากการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ คือองค์กรสามารถหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ ตัวอย่างเช่น การนำข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่จัดเก็บ และข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัด มาทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้โดยอาศัยสมการมวลสารสมดุล เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทขององค์กร

ตารางที่ 2-10 ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรประเภทสำนักงาน

ประเภทของกิจกรรม	ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณ
ประเภทที่ 1	การเดินทางภายในและภายนอกสำนักงานด้วยยานพาหนะขององค์กร	1) ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง 2) ระยะทาง x น้ำหนักบรรทุก x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามประเภทของพาหนะที่ใช้ 3) (ระยะทาง/อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง) x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง 4) ระยะทางที่เดินทาง x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเดินทางโดยเครื่องบิน(กรณีเดินทางด้วยเครื่องบินโดยสาร)
	การใช้สารเคมี	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของสารเคมี
	การใช้สารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศภายในองค์กร	ปริมาณสารทำความเย็น x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของสารทำความเย็น
	การใช้สารดับเพลิง	ปริมาณสารดับเพลิง x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของสารเคมีที่ใช้เป็นสารดับเพลิง
	การใช้ปุ๋ยเคมี	ปริมาณปุ๋ยเคมีที่มีการใช้จริง x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทและสูตรปุ๋ย
	การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ	1) การคำนวณอ้างอิงตาม UNFCCC (2006) 2) การคำนวณอ้างอิงตาม IPCC (2006)
	การใช้เชื้อเพลิงที่เกิดการเผาไหม้ภายในองค์กร	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของเชื้อเพลิง
ประเภทที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อจากภายนอก	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ประเภทที่ 3	การเดินทางไปสัมมนา ดูงาน ติดต่องานของพนักงานภายในองค์กร	1) ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง 2) ระยะทาง x น้ำหนักบรรทุก x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามประเภทของพาหนะที่ใช้ 3) (ระยะทาง/อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง) x ค่าแฟกเตอร์การ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภทของกิจกรรม	ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณ
		ปล่อยก๊าซเรือนกระจก แยกตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง 4) ระยะทางที่เดินทาง x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเดินทางโดยเครื่องบิน(กรณีเดินทางด้วยเครื่องบินโดยสาร)
	การใช้ไฟฟ้าจากผู้เช่าพื้นที่ภายในองค์กร	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	การใช้วัสดุสำนักงานและวัสดุสิ้นเปลือง เช่น กระดาษ	ปริมาณกระดาษที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระดาษ
	การใช้น้ำประปา	ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของน้ำประปา
	การบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง	1) การคำนวณอ้างอิงตาม UNFCCC (2006) 2) การคำนวณอ้างอิงตาม IPCC (2006)
	การใช้ลิฟต์ของพนักงานภายในองค์กร	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อการใช้ลิฟต์หนึ่งครั้ง x จำนวนครั้งที่ใช้งานลิฟต์ภายในหนึ่งวันของพนักงานหนึ่งคน x จำนวนพนักงานที่ใช้ลิฟต์ทั้งหมดภายในชั้นที่ทำการประเมิน x จำนวนวันที่มีการใช้งานลิฟต์

ที่มา : Thailand Greenhouse Gas Management Organization (2556)

2.5 การจัดการพลังงานและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากอาคาร

2.5.1 แนวทางสำหรับการลดก๊าซเรือนกระจกจากอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มาตรการสำหรับการลดผลกระทบจากการใช้พลังงานในอาคารเป็นแนวทางที่ต้องมีการคำนึงถึงต้นทุนในการดำเนินการกับผลประโยชน์ที่จะได้รับ ดังนั้นจึงมีการเสนอทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องมีความพร้อมกว่าทางเลือกอื่น ซึ่งนั้นก็คือ การอนุรักษ์พลังงาน เช่น การประหยัดหรือการลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยหมายถึงการทำงานที่ได้ผลลัพธ์เท่าปกติ แต่ใช้พลังงานน้อยกว่าปกติ ไม่ว่าจะเป็นการส่องสว่าง การทำน้ำร้อน การทำความเย็น ซึ่งถือว่าเป็นแนวทางที่มีศักยภาพที่จะอนุรักษ์หรือพัฒนาได้เพิ่มเติมอย่างต่อเนื่อง จึงถือว่าการอนุรักษ์พลังงานจึงเป็นทางเลือกที่สำคัญ นอกจากนี้การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานยังเป็นทางเลือกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญมาก

เทคโนโลยีหรือมาตรการการอนุรักษ์พลังงาน ที่เหมาะสมสำหรับอาคารประเภทศูนย์การค้าและมีศักยภาพสำหรับนำไปขยายผล สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มมาตรการและแนวคิดดังนี้

1) การออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงาน
2) การบริหารจัดการพลังงานในอาคาร
3) การอนุรักษ์พลังงานในระบบหลักของอาคารศูนย์การค้าได้แก่
   - การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง
   - การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ
   - การอนุรักษ์พลังงานในระบบตู้แช่

1) พลังงานและกระบวนการออกแบบอาคาร

ถ้าจะทำให้อาคารเป็นอาคารที่การใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ผู้ออกแบบต้องขยาย ขอบเขตของการออกแบบ โดยรวมการพิจารณาเรื่องพลังงานเข้าไปด้วย พลังงานสามารถจะถูกมองเป็นหัวข้อหลักของการพิจารณาการออกแบบ ขั้นตอนพื้นฐานของการออกแบบที่สำนึกเรื่องพลังงาน (energy conscious design) มีดังนี้

- ลดภาระพลังงานที่ใช้ในอาคาร
- เลือกใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียน (Renewable Resources)
- ใช้พลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด (Nonrenewable Resources) ตามที่จำเป็นอย่างมีประสิทธิภาพ สูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สิ่งสำคัญอีกอันหนึ่งคือ การพิจารณาทบทวนเรื่องการใช้พลังงาน (energy performance) ที่ได้ออกแบบไปในแต่ละขั้นตอนของขบวนการ ออกแบบ จากประสบการณ์ที่ได้ปฏิบัติผ่านๆ มา ระดับของความ เป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานในแต่ละขั้นตอนของขบวนการออกแบบ พอจะสรุปได้ว่า ในช่วงต้นของการออกแบบอาคารมีความเป็นไปได้ของ การประหยัดพลังงานมากถึงร้อยละ 40-50 แต่เมื่ออาคารก่อสร้างแล้วเสร็จการดำเนินการเพื่อประหยัดพลังงานนั้นมีเพียงร้อยละ 10-20 เท่านั้น

2) หลักการในการลดภาระพลังงานในอาคาร

ในหลักการของการออกแบบสำนึกเรื่องพลังงาน (Energy Conscious Design) นั้น อาคารควรพึ่งพาระบบธรรมชาติให้มากที่สุดก่อนเพื่อทำให้สภาพแวดล้อมภายในอาคารที่

ออกแบบนั้นอยู่ในสภาวะน่าสบายมากที่สุด การออกแบบอาคารที่สอดคล้องและเข้ากับสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนั้นผู้ออกแบบอาคารควรพึ่งพาการออกแบบระบบที่ไม่ใช้เครื่องกล (Passive System) และใช้พลังงาน หมุนเวียน (renewable energy) ให้มากที่สุดก่อนเท่าที่จะทำได้ สำหรับการออกแบบอาคารขนาดเล็ก และขนาดกลาง การใช้ระบบ Passive และการใช้พลังงานหมุนเวียนสามารถกระทำได้มากกว่าอาคารประเภท กและอาคารสูง

การประหยัดพลังงานในอาคารนั้น โดยหลักใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่พลังงานที่ใช้ในการดำเนินการใช้ (Operating) อาคาร พลังงานที่ใช้ในอาคารที่ออกแบบจะต้องให้ความสำคัญ คือ พลังงานที่ใช้ในระบบทำความเย็น (Cooling Load) และพลังงานที่ใช้ในระบบแสงสว่าง (Lighting Load) การออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานโดยมุ่งเน้นเฉพาะการออกแบบ ระบบทำความเย็น และระบบแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยที่ ตัวอาคารเองไม่มีประสิทธิภาพในการลดภาระการทำความเย็น และภาระการทำแสงสว่างแล้ว การประหยัดพลังงานก็ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้ ในทางกลับกันก็เช่นเดียวกัน ถ้าตัวอาคารเองมีการออกแบบที่คำนึงถึงพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพที่ดีแล้ว แต่ระบบทำความเย็น และระบบ แสงสว่างมีประสิทธิภาพต่ำ และไม่สอดคล้องกับอาคารทีได้ออกแบบไว้แล้ว การประหยัดพลังงานก็จะไม่บรรลุประสิทธิผลดังที่ได้ตั้งใจไว้ การทำงาน ร่วมกันระหว่างสถาปนิกและวิศวกรนั้นจึงมีความสำคัญมาก ดังนั้นการออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานต้องเริ่มต้นที่ตัวอาคารเองให้มีภาระ การทำความเย็นและภาระการให้แสงสว่างน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ จากนั้นจึงออกแบบเลือกระบบทีสอดคล้องกับการใช้งานและมีประสิทธิภาพสูง ผลลัพธ์ที่ได้คือ อาคารประหยัดพลังงานอย่างแท้จริง

การออกแบบลดภาระแสงสว่าง (Lighting Load) ในอาคารนั้น มีข้อดีที่ส่งผลถึงภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ด้วย หลักการ ที่สำคัญในการลดภาระการทำแสงสว่างก็คือ การนำแสงธรรมชาติ (Daylighting) เข้ามาทดแทนแสงประดิษฐ์ (Artificial Lighting) และการออกแบบระบบแสดงประดิษฐ์ให้เหมาะสมแก่การใช้งานและมีประสิทธิภาพสูงสุด

เนื่องจากแสงสว่างธรรมชาติภายนอกมีปริมาณมากเกินพอเกือบตลอดทั้งวัน การออกแบบอาคารที่มีการใช้งานในช่วงกลางวัน โดยการนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้ส่องสว่างแก่พื้นที่ภายในอาคารให้มากที่สุดจะเป็นแนวทางที่จะลดภาระการทำแสงสว่าง ลงได้อย่างมีประสิทธิผล เมื่อพื้นที่ภายในอาคารมีแสงสว่างธรรมชาติอย่างเพียงพอ การใช้แสงประดิษฐ์ก็หมดความจำเป็น การที่ไม่เปิดใช้ระบบแสงประดิษฐ์นั้น นอกจากจะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการสอ่งสว่างแล้วยังสามารถช่วยลดภาระการทำความเย็นและภาระสูงสุด (Peak Load) ของระบบทำความเย็นอีกด้วย เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปสู่ดวงโคมนั้น นอกจากพลังงานไฟฟ้า จะถูกเปลี่ยนเป็น

แสงสว่างแล้วยังเปลี่ยนมาเป็นความร้อนด้วย ดังนั้นถ้ามีการใช้แสงประดิษฐ์เป็นจำนวนมากความร้อนที่ออกมาจากดวงโคมก็จะเป็นภาระต่อระบบ ปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศก็ต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น และทำงานมากขึ้นเพื่อดึงความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร ออกไปทิ้งข้างนอก เพื่อคงระดับสภาวะน่าสบายภายในอาคารนั้นไว้ ท้ายสุดความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับแสงประดิษฐ์ และระบบทำความเย็นก็จะสูงขึ้นด้วย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2018)

3) การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร (Energy Saving Building)

ปัจจุบันพบว่าอาคารธุรกิจส่วนใหญ่มีการใช้พลังงานสูงและมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นอีกในอนาคต ทำให้ภาคธุรกิจหันมาให้ความสนใจในเรื่องการอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพตามนโยบายอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

การใช้พลังงานอย่างประหยัดและคุ้มค่า โดยการสร้างค่านิยมและจิตใต้สำนึกการใช้พลังงาน ด้วยการจัดกิจกรรมด้านการอนุรักษ์พลังงานง่ายๆ ที่ทำได้จริงและเห็นผลชัดเจน เพื่อให้เกิดความตระหนักถึงความสำคัญของการใช้พลังงานและช่วยกระตุ้นให้บุคลากรขององค์กรปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการใช้พลังงานและอาสาเข้ามามีส่วนร่วมช่วยอนุรักษ์พลังงานของอาคารมากขึ้น

“การวางแผนและควบคุมการใช้พลังงานอย่างเต็มประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด” มีการลดการสูญเสียพลังงานในทุกขั้นตอนมีการตรวจสอบและดูแลการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตลอดเวลาเพื่อลดการรั่วไหลของพลังงาน เช่น การลดใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศ โดยการเปิดเครื่องปรับอากาศหลังเวลาเริ่มงาน 15 นาที และปิดก่อนเวลาเลิกงาน 30 นาที ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 25-26 องศาเซลเซียล ปิดเครื่องปรับอากาศทุกครั้งเมื่อไม่ใช้งาน ตรวจเช็คล้างฟิลเตอร์ เป่าคอนเดนซิ่ง แรงดันน้ำยา และอะไหล่ทุกชิ้นที่ชำรุดหรือเสื่อมสภาพจากการใช้งานให้มีการทำความสะอาดแผงกรองอากาศเป็นประจำทุกเดือน การลดชั่วโมงการทำงาน เช่น การปิดเครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็นซึ่งใช้ไฟฟ้ามาก ก่อนเวลาเลิกงาน 30 นาที หรือเปิดเฉพาะบางช่วงเวลา ปิดจอคอมพิวเตอร์และปิดเครื่องเครื่องปรับอากาศในเวลาพักเที่ยง การลดการใช้ไฟฟ้าและแสงสว่าง เช่น การเปิดไฟเฉพาะในเวลาทำการของสำนักงาน หากออกจากห้องเป็นเวลานานให้ปิดไฟทุกครั้ง และควรเปิดไฟทางเดิน เฉลียง ช่องบันได และห้องสุขาไว้เท่าที่จำเป็นเท่านั้น หมั่นบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าและแสงสว่างอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องทุก 3 เดือน โดยทำความสะอาดฝาครอบโคม หลอดไฟ เพื่อให้การทำงานของอุปกรณ์มีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

“การเลือกใช้พลังงานทดแทน” โดยเฉพาะพลังงานที่ได้จากธรรมชาติ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลมและพลังงานน้ำ ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดที่ใช้แล้วไม่มีวันหมดไป ตัวอย่างเช่น การนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาประยุกต์ ใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ นอกจากจะเป็นการประหยัดพลังงานในอาคารและประหยัดค่าใช้จ่ายแล้ว ยังช่วยลดปัญหามลพิษและสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

“การเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง” หมายถึง เลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ติดฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 หรืออุปกรณ์ที่ติดฉลากประสิทธิภาพสูง รวมทั้งเลือกขนาดที่เหมาะสมและจำเป็นต่อการใช้งานจริงๆ เช่น เลือกเครื่องปรับอากาศที่ทำความเย็นได้มาก โดยใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย หรือเลือกใช้หลอดไฟที่สามารถให้แสงสว่างได้มาก โดยใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย เช่น หลอดไฟ LED ซึ่งการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองแล้วนั้นจะช่วยลดพลังงานและประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้

“การเพิ่มประสิทธิภาพเชื้อเพลิง” เช่น การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทำให้เชื้อเพลิงให้พลังงานได้มากขึ้น ตัวอย่าง การปรับเปลี่ยนหัวเบิร์นเนอร์ หรือระบบอุปกรณ์การเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้ดียิ่งขึ้น

“การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Recycle)” โดยการแปรรูปของที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ เช่น การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ ไม่ว่าจะเป็นลมร้อนหรือน้ำร้อนก็สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้อีกทางหนึ่ง บริษัท อินโนเวชั่น เทคโนโลยี จำกัด (2018)

4) มาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

- มาตรการด้านระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เช่น การใช้หลอดประหยัดพลังงาน LED โดยทั่วไปมาตรการใช้หลอดประหยัดพลังงานชนิดหลอด LED เป็นมาตรการที่มีการลงทุนในระดับต่ำถึงปานกลาง มีระยะเวลาการคืนทุน 2-4 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดและขนาดพิกัดกำลังของหลอดไฟฟ้าที่ใช้งานเดิม จำนวนโคมหรือจำนวนหลอดไฟที่ดำเนินการเปลี่ยน จำนวนชั่วโมงการทำงาน และอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของสถานประกอบการนั้นๆ เป็นต้น
- มาตรการด้านขับเคลื่อนไฟฟ้ากำลัง เช่น การใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับบันไดเลื่อน โดยทั่วไปการใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับบันไดเลื่อนเป็นมาตรการที่มีการลงทุนในระดับต่ำถึงปานกลาง มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 1-2 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดพิกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มอเตอร์ไฟฟ้า จำนวนชั่วโมงการทำงาน อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของสถานประกอบการนั้นๆ และจำนวนของลูกค้าที่มาใช้บริการ เป็นต้น

- มาตรการด้านระบบส่งจ่ายไฟ เช่น การปรับลดแรงดันหม้อแปลงไฟฟ้า โดยทั่วไปมาตรการปรับลดแรงดันหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นมาตรการที่มีการลงทุนในระดับต่ำ มีระยะเวลาการคืนทุน 1-2 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ ค่าความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าเดิมและแรงดันไฟฟ้าที่ปรับลดอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของสถานประกอบการนั้น ๆ เป็นต้น
- มาตรการด้านระบบปรับอากาศ เช่น การปรับตั้งอุณหภูมิในห้องปรับอากาศให้เหมาะสม จาก 22 องษาเซลเซียส เป็น 25 องษาเซลเซียส ไม่มีการลงทุน การปรับให้อุณหภูมิเท่ากับ 25 องษาเซลเซียสนั้น ถือเป็นตัวเลขมาตรฐานสำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการอยู่อาศัยในเขตร้อน ในด้านการประหยัดพลังงาน การปรับลดอุณหภูมิลงทุก 1 องษาเซลเซียสจะสามารถลดค่าไฟได้ร้อยละ 10 ต่อปี
- มาตรการด้านระบบอัดอากาศ เช่น การใช้เครื่องอัดอากาศใหม่แทนเครื่องเดิม , มาตรการลดการใช้งานอากาศอัดที่ไม่เหมาะสม ,การปรับลดแรงดันให้เหมาะสมกับภาระโหลด และมาตรการลดการรั่วไหลของลมในระบบอัดอากาศ เป็นต้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2557)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5.2 แนวทางการส่งเสริมการการปล่อยคาร์บอนต่ำที่เกี่ยวข้องกับภาคส่วนอาคาร

- การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคาร
  - กำหนดเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร Building Energy Code) สำหรับอาคารธุรกิจที่มีความเข้มข้นขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยให้สอดคล้องกับศักยภาพความพร้อมของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
  - กำหนดให้มีการเผยแพร่ข้อมูลประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารของอาคารที่พักอาศัย อาคารธุรกิจขนาดเล็ก และอาคารธุรกิจขนาดใหญ่ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของผู้บริโภค

- พัฒนาเทคโนโลยีผนังและรูปทรงอาคารให้มีความเหมาะสมกับภูมิอากาศเมืองร้อนโดยนำองค์ความรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีและการจัดการสมัยใหม่ รวมถึงสนับสนุนการศึกษาวิจัยองค์ความรู้เชิงสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมด้านการ
- กำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพขั้นต่ำในการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร
- สนับสนุนการใช้เทคโนโลยีและเทคนิคการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์การทำความเย็น การส่องสว่าง และการผลิตน้ำร้อนในอาคาร โดยพิจารณาการใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานร่วมครอบคลุมทั้งอาคารที่พักอาศัย อาคารธุรกิจขนาดเล็ก และอาคารธุรกิจขนาดใหญ่

- การลดการใช้พลังงานภายในอาคาร
  - พัฒนาฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างภายในอาคารเพื่อนำไปสู่การกำหนดมาตรฐานของรอยเท้าเชิงนิเวศ (Ecological Footprint) ในด้านต่างๆ รวมถึง carbon footprint อย่างเหมาะสม
  - ร่วมมือกับผู้ประกอบการภาคอุตสาหกรรมสร้างแรงจูงใจให้ภาคประชาชนปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็คทรอนิคส์เป็นแบบประหยัดพลังงาน เช่น จัดโครงการนำอุปกรณ์เก่ามาแลกใหม่ เป็นต้น เพื่อกระตุ้นให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยให้การจัดการขยะอิเล็คทรอนิคส์อย่างเป็นระบบทำได้ง่ายขึ้น
  - เพิ่มสัดส่วนการจัดซื้อจัดจ้างสินค้าและบริการสีเขียวสำหรับอาคารธุรกิจ โดยมุ่งเน้นการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์เป็นแบบประหยัดพลังงาน
  - ส่งเสริมอาคารสีเขียว โดยเน้นตั้งแต่ขั้นการออกแบบและการเลือกใช้วัสดุที่ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
  - ประชาสัมพันธ์และรณรงค์เพื่อปลูกจิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง โดยเผยแพร่ข้อมูลที่เข้าใจง่ายในหลักสูตรและกิจกรรมการเรียนการสอนของสถานศึกษาในระดับต่างๆ และผ่านทางสื่อสาธารณะ
  - กำหนดให้มีการรายงานและตรวจสอบระบบการจัดการพลังงานสำหรับอาคารและโรงงานควบคุม
  - สนับสนุนการจัดทำข้อตกลงด้านการประหยัดพลังงานแบบสมัครใจ Voluntary Agreement) ระหว่างภาครัฐกับภาคธุรกิอุตสาหกรรม โดยเฉพาะสมาคมธุรกิจต่างๆ และธุรกิจขนาดใหญ่

2.5.3 กรณีศึกษาแนวทางสำหรับการลดการใช้พลังงานในอาคาร

1) กรณีศึกษาการอนุรักษ์พลังงาน ใน ศูนย์การค้าฟิวเจอร์พาร์ค

ศูนย์การค้าฟิวเจอร์ พาร์ค รังสิต ได้กำหนดนโยบายการอนุรักษ์พลังงาน ให้เป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินธุรกิจ กำหนดเป้าหมายการประหยัดพลังงาน ให้การประหยัดพลังงานเป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของผู้บริหาร และพนักงานทุกระดับที่จะต้องให้ความร่วมมือ ตลอดจนผลักดันให้มีกิจกรรมอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้พนักงานมีส่วนร่วมและเกิดจิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงาน และแต่งตั้งคณะทำงานอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงสนับสนุนให้มีการลงทุนนำเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงานมาใช้ในศูนย์การค้า มีการอบรมปลูกจิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงานและร้านค้าเช่า เพื่อให้ทุกภาคส่วนใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า มีความรับผิดชอบต่อสังคม

<u>ข้อมูลอาคาร</u>

- ศูนย์การค้าฟิวเจอร์ พาร์ค รังสิต ตั้งอยู่บนที่ดินประมาณ 108 ไร่ บนพื้นที่ก่อสร้าง ประมาณ 499,269 ตร.ม.
- พื้นที่ให้เช่า : 179,156 ตร.ม. (Robinson 41,611 ตร.ม. Central 33,851 ตร.ม. , BIG C 19,693 ตร.ม. , EGV 4,540 ตร.ม. , Food Fair 3,575 ตร.ม. , Fitness First 2,740 ตร.ม., Shell Auto Serve 1,576 ตร.ม., IT City 1,360 ตร.ม.)
- พื้นที่ส่วนกลาง : 48,190 ตร.ม.
- พื้นที่ส่วนให้บริการ : 56,281 ตร.ม.
- พื้นที่จอดรถยนต์ภายในอาคาร (4,500 คัน) : 115,325 ตร.ม.
- พื้นที่ลานจอดรถยนต์ภายนอกอาคาร (1,500 คัน) : 100,314 ตร.ม.
- ลิฟต์จำนวน 12 ชุด บันไดเลื่อน 34 ชุด

<u>การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน</u> : ด้านการจัดการที่ไม่ต้องลงทุน ได้แก่

- ควบคุมการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศในสำนักงาน
- ลดชั่วโมงการเปิดใช้งานแสงสว่างพื้นที่
- ลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าบริเวณตกแต่งดิสเพลย์ ไฟส่องสว่าง
- ลดการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศ
- ปรับเพิ่มอุณหภูมิภายในศูนย์เฉลี่ย 1-2 องศาเซลเซียส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ยืดเวลาเปิดศูนย์การค้าออกไป 1 ชั่วโมง และปิดให้เร็วขึ้นอีก 1 ชั่วโมง
- ปรับสภาพน้ำใช้แล้วบางส่วนมาใช้รดน้ำต้นไม้ใหม่
- รีไซเคิลขยะ สามารถลดปริมาณขยะที่เป็นภาระในการกำจัดได้ถึง 1,800 ตันต่อปี

<u>มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ต้องใช้เงินลงทุน</u>

ปรับปรุงเปลี่ยนเครื่องจักรอุปกรณ์และนำเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ได้แก่

- ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
- ใช้ Ballast Low Watt Loss
- ใช้หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนซ์แทนหลอด Par.38
- เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นแบบใช้น้ำเย็นแทน
- ใช้หลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนซ์
- เปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง
- ติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (VSD)

จากการดำเนินการทั้งหมดสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยปีละ 1.75 ล้าน kWh คิดเป็นมูลค่าที่ประหยัดได้ปีละ 6.5 ล้านบาท ลดการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 เฉลี่ยปีละ 1,275 Ton CO_2 โดยเน้นทำมาตรการลงทุนที่จะคืนทุนภายในไม่เกิน 5 ปีครึ่ง Premier Go Green BY ESGW Environment (2016)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) กรณีที่ศึกษาบริษัทไมค์ช็อปปิ้งมอลล์จำกัด

วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานคือ เพื่อลดต้นทุนพลังงานที่ไม่กระทบต่อยอดขายสินค้า รวมทั้งต้องการเป็นตัวอย่างอาคารอนุรักษ์พลังงานให้อาคารอื่นๆ ในพัทยาได้นำไปเป็นต้นแบบต่อไป

<u>การดำเนินการ</u>

ทางบริษัทได้ดำเนินมาตรการปรับปรุงการประหยัดพลังงานมากกว่า 20 มาตรการ ประกอบด้วยมาตการที่ไม่ต้องลงทุนและมาตรการที่คุ้มค่าต่อการลงทุนในทุกระบบ โดยสามารถแบ่งออกเป็นระบบได้ดังนี้

1) ระบบแสงสว่าง
   - เปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง จำนวน 5,200 หลอด
   - เปลี่ยนบัลลาดส์แกนเหล็กเป็นบัลลาดส์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5,200 หน่วย
   - เปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดแสงจันทร์ 150 วัตต์ เป็นหลอดไฟคอมแพ็คฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ จำนวน 50 หน่วย เป็นต้น
2) ระบบปรับอากาศ
   - ทาสีผนังทึบของอาคารด้วยสีขาวเพื่อกันความร้อนจากดวงอาทิตย์
   - ติดตั้งอุปกรณ์ทำความสะอาดนำของท่อ Condenser ที่ Chiller แบบอัตโนมัติ
   - ติดตั้งชุดควบคุมการทำงานของเครื่องทำความเย็น (Chiller) และเครื่องเป่าลมเย็น (AHU) แบบอัตโนมัติ
3) ระบบอื่นๆ
   - ติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าเพื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจาก 0.8 เป็น 1 เพื่อต้องการลดการสูญเสียพลังงานในระบบ
   - ปรับแรงดันไฟฟ้าจาก 400 โวลล์ เป็น 385 โวลล์ ที่หม้อแปลง เพื่อต้องการลดค่าการสูญเสียในแกรเหล็ก (core losses)
   - ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมหารใช้พลังงาน (Peak Demand) ให้กับระบบ เป็นต้น

<u>ผลการดำเนินการ</u>

ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 600 กิโลวัตต์ สามารถประหยัดพลังงานได้ 2.6 ล้าน kWh/ปี ประหยัดค่าไฟได้ 7 ล้านบาท/ปี คิดเป็น 31% ของค่าไฟก่อนปรับปรุง ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (2545)

2.5.4 แนวทางสำหรับการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอย

แนวทางหลักในการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยคือการลดการฝังกลบ เนื่องจากการฝังกลบขยะมูลฝอยทำให้สูญเสียพื้นที่ใช้ประโยชน์ ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น มลภาวะกลิ่น การปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน เป็นต้น วิธีการจัดการขยะมูลฝอยที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจกที่ควรดำเนินการ ได้แก่ การลดปริมาณขยะมูลฝอย และการจัดการขยะมูลฝอยโดยใช้วิธีผสมผสาน มาตรการภายใต้แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ (พ.ศ. 2559–2564) ได้กำหนดให้ลดอัตราการเกิดขยะมูลฝอย (waste prevention and minimization) โดยใช้

หลักการ 3Rs การจัดให้มีศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (cluster) และการกำจัดขยะมูลฝอยแบบผสมผสานและแปรรูป ผลิตเป็นพลังงานหรือการคัดแยกเพื่อผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF)

1) 3R และการคัดแยกขยะมูลฝอย

3R ได้แก่ การลดการใช้ (Reduce) ซึ่งช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ต้นทาง การใช้ซ้ำ (Reuse) เช่น การ คัดแยกขวดแก้วไปล้างแล้วนำไปใช้ใหม่ และการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เช่น การคัดแยกเศษแก้ว พลาสติก เหล็ก อลูมิเนียม กลับมาหลอมเพื่อใช้ใหม่

3R เป็นมาตรการที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ทั้งภาคพลังงานและอุตสาหกรรม การผลิต การคัดแยกขยะมูลฝอยนอกจากจะได้ขยะรีไซเคิลแล้วยังได้ขยะประเภทอื่น ๆ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ขยะอินทรีย์ ขยะที่มีค่าความร้อนเพียงพอที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต เชื้อเพลิงขยะ ระบบคัดแยกขยะมูลฝอยที่ดีจะช่วยให้การจัดการขยะมูลฝอยขั้นต่อไปทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ Kmrecycle (2012)

- **Reduce** คือ การลดการใช้ การบริโภคทรัพยากรที่ไม่จำเป็นลง สำรวจการบริโภคที่ไม่จำเป็น โดยเฉพาะการลดการบริโภคทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และแร่ธาตุ ต่าง ๆ การลดการใช้นี้ทำได้ง่าย ๆ โดยการเลือกใช้เท่าที่จำเป็น เช่น ปิดไฟทุกครั้งที่ไม่ใช้งานหรือเปิดเฉพาะจุดที่ใช้งาน ปิดคอมพิวเตอร์และเครื่องปรับอากาศ เมื่อไม่ใช้เป็นเวลานาน ๆ ถอดปลั๊กของเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น กระติกน้ำร้อนออกเมื่อไม่ได้ใช้ เมื่อต้องการเดินทางใกล้ ๆ ก็ควรใช้วิธีเดิน ขี่จักรยาน หรือนั่งรถโดยสารแทนการขับรถไปเอง เป็นต้น ในส่วนกรณีอาคารศูนย์การค้าสามารถนำหลักการนี้มาประยุกต์ใช้ได้เช่น ลดปริมาณบรรจุภัณฑ์หรับสินค้าที่จัดจำหน่ายเอง รณรงค์โครงการสิ่งแวดล้อมต่างๆที่เกี่ยวกับการลดปริมาณขยะมูลฝอยและเชิญชวนผู้มาใช้บริการเข้าร่วมโครงการไปพร้อมกัน เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- **Reuse** คือ การใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุด โดยการนำสิ่งของเครื่องใช้มาใช้ซ้ำ ซึ่งบางอย่างอาจใช้ซ้ำได้หลาย ๆ ครั้ง เช่น การนำชุดทำงานเก่าที่ยังอยู่ในสภาพดีมาใส่เล่นหรือใส่นอนอยู่บ้านหรือนำไป บริจาค แทนที่จะทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ การนำกระดาษรายงานที่เขียนแล้ว 1 หน้า มาใช้ในหน้าที่เหลือหรืออาจนำมาทำเป็นกระดาษโน๊ต ช่วยลดปริมาณการตัดต้นไม้ได้เป็นจำนวนมาก ในส่วนของอาคารศูนย์การค้าสามารถนำหลักการนี้มาประยุกต์ได้ เช่น การนำบรรภัณฑ์ต่างๆที่เหลือมาใช้ประโยชน์อีกครั้ง อาจจะนำมาเก็บอุปกรณ์หรือสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆภายในสำนักงาน หรือเก็บรวบรวมปริมาณสิ่งของต่างๆที่สามารถนำไปขายต่อได้ ขายต่อให้กับร้านรับซื้อขยะมือสอง หรือนำไปบริจาค เป็นต้น

- **Recycle** คือ การนำหรือเลือกใช้ทรัพยากรที่สามารถนำกลับมารีไซเคิล หรือนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการลดการใช้ทรัพยากรในธรรมชาติจำพวกต้นไม้ แร่ธาตุต่าง ๆ เช่น ทราย เหล็ก อลูมิเนียม ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้ สามารถนำมารีไซเคิลได้ยกตัวอย่างเช่น เศษกระดาษสามารถนำไปรีไซเคิลกลับมาใช้เป็นกล่องหรือถุงกระดาษ การนำแก้วหรือพลาสติกมาหลอมใช้ใหม่เป็นขวด ภาชนะใส่ของ หรือเครื่องใช้อื่นๆ ฝากระป๋องน้ำอัดลมก็สามารถนำมาหลอมใช้ใหม่หรือนำมาบริจาคเพื่อทำขาเทียมให้กับคนพิการได้ ในส่วนนี้อาคารศูนย์การค้าอาจจะไม่ได้มีหน้าที่ในการแปรสภาพสิ่งต่าง ไม่ได้มีศักยภาพในการรีไซเคิล แต่สามารถช่วยเรื่องการรณรงค์เกี่ยวกับการรีไซเคิลได้ อาจจะเสนอเป็นคนกลางในการรวบรวมสิ่งของต่างๆจากผู้ที่มามอบให้จากผู้บริจาค และนำสิ่งของเหล่านี้ไปมอบให้กับองค์กรที่มีศักยภาพในการรีไซเคิลได้

นอกจากการจัดกิจกรรมในส่วนของการให้บริการแล้ว ทางด้านหน่วยงานบริหารงานของอาคารก็สามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะได้ และเนื่องด้วยกลุ่มงานการบริหารเป็นกลุ่มย่อย จึงมีแนวโน้มที่จะสามารถทำได้มากกว่าหลักการของ 3R เช่น อาจจะใช้หลักการของ 5R เป็นต้น หรืออาจจะใช้หลักการของ 5R ในการจัดการทั้งอาคารก็สามารถทำได้ โดยวิธีการ 5R ดังนี้

- Reduce การลดของที่จะทิ้งให้น้อยลง หรือลดการสร้างขยะ
- Reuse ยืดอายุการใช้งาน หรือใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น โดยการใช้ซ้ำ
- Recycle เป็นการนำขยะที่คงรูปย่อยสลายได้ยากเช่นแก้ว, กระดาษ, โลหะ, พลาสติก ไปผ่านกระบวนการผลิตออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่
- Repair นำสิ่งของที่ยังพอแก้ไขได้มาซ่อมแซมให้สามารถนำมาใช้ใหม่ได้
- Reject หลีกเลี่ยงการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดอันตราย เช่น ยาฆ่าแมลง น้ำยาขัดพื้น หรือสารเคมีอื่นๆ เป็นต้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Scholz, ErikssonและStrid (2015) บทความนี้ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณเศษอาหารที่เกิดขึ้นกับการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้น โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคือการประเมินวัฏจักรชีวิต(LCA) ซึ่งจะเริ่มคำนวณตั้งแต่แหล่งกำเนิดของวัตถุดิบ การปล่อยมลพิษจากการผลิตและการขนส่ง ไปจนถึงร้านค้าที่จัดจำหน่ายสินค้า เพื่อวิเคาะห์การสูญเสียอาหารจากร้านค้าปลีก ในแง่ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างมวลของเศษอาหารที่เสียไปและการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้น ซึ่งได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพ

ริ้นท์ของซุปเปอร์มาร์เก็ตทั้งหมด 6 แห่ง ใช้ระยะเวลาในการศึกษา 3 ปี ในแผนกเนื้อสัตว์ นม ชีส ผักและผลไม้ และอาหารสำเร็จรูป พิจารณาตั้งแต่การผลิตขึ้น การแปรรูป รวมถึงการขนส่งไปจนถึงผู้ค้าปลีก ผลของการศึกษาแสดงให้เห็นว่า “อาหาร” มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่อาหาร ตั้งแต่การผลิต การแปรรูป การขนส่งและการจัดจำหน่าย การบริโภคอาหารมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งคิดเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกถึงร้อยละ 20 ถึง 30 จากการบริโภคผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในยุโรป ดังนั้นการเกิดเศษอาหารจึงไม่เพียงแต่เป็นการสูญเสียทรัพยากรแต่ยังเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่จำเป็น ผลจากการวิเคราะห์โดยดูจากปริมาณหรือมวลเศษอาหารที่เกิดขึ้นพบว่า ประเภทของที่สูญเสียที่มีมวลมากที่สุดคือ ผักและผลไม้ รองลงมาคือ นม อาหารสำเร็จรูป เนื้อสัตว์และชีส คิดเป็นร้อยละ 85, 6.4, 3.7, 3.5และ1.1 ตามลำดับ แต่ถ้าวิเคราะห์จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจะได้ ผักและผลไม้ เนื้อสัตว์ อาหารสำเร็จรูป นมและชีส คิดเป็นร้อยละ 46, 29, 13และ6 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างปริมาณเศษอาหาร กับการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน ทางผู้วิจัยจึงได้สรุปผลไว้ว่า การป้องกันการสูญเสียของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งสำคัญ เพราะทุกการสั่งซื้อเป็นบ่อเกิดของปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ถ้าสามารถลดเศษอาหารจากทุกแผนกใน 3 อันดับแรกได้ จะทำให้ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาได้มากกว่า 25 ตันคาร์บอนต่อปีต่อสาขา และได้เสนอมาตราการช่วยลดของเสียไว้คือ แช่ให้แข็งดีกว่าแช่เย็นสำหรับเนื้อสัตว์, แช่เนื้อสัตว์ให้แข็งก่อนหมดอายุแล้วนำไปขายในตลาดมือ 2, จัดโปรโมชันเกี่ยวกับผักและผลไม้, จัดกิจกรรมเพิ่มการสั่งซื้อของลูกค้าและใช้วิธีการบริจาค แม้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเกิดในทุกขั้นตอน แต่การจัดการกับเศษอาหารที่เกิดขึ้นเป็นเป็นประเด็นที่สำคัญกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ErikssonและSpangberg (2017) บทความนี้เป็นการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการใช้พลังงานในการจัดการเศษอาหารผลไม้และผักสดจากซุปเปอร์มาร์เก็ต เพื่อเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงานในการกำจัดเศษอาหารในประเทศสวีเดน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคือ การประเมินวัฏจักรชีวิต(LCA) ในการกำจัดขยะ 4 รูปแบบคือ การเผา, การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน, การแปรรูปและการบริจาค กับอาหาร 5 อย่างคือ กล้วย, มะเขือเทศ, แอปเปิ้ล, ส้มและพริกหวาน จากการศึกษาพบว่า การแปรรูปและการบริจาค เป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระในขั้นปฐมภูมิได้อย่างมากและมีนัยสำคัญ ซึ่งการศึกษาก่อนหน้า (Eriksson, M., 2015) ได้เปรียบเทียบการบริจาคกับวิธีอื่น ๆ พบว่า การบริจาคช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใกล้เคียงกับการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน การศึกษานี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบและให้รายละเอียดเพิ่มเติม ไว้ว่าการเผาก่อให้เกิด ฝุ่น ความร้อนและไฟฟ้า ซึ่งไม่ช่วยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก, การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน ก่อให้เกิดไบโอแก๊ส และปุ๋ย สามารถ

ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้, การแปรรูปอาหาร ทำให้มีอาหารรูปแบบใหม่เกิดขึ้น ซึ่งส่งผลน้อยมากกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการบริจาค เป็นทั้งการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดการใช้พลังงาน จากการทดลองการเผาและการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเยอะสุด การบริจาคปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยสุด ร้อยละ 90 ของอาหารที่ถูกบริจาค ถูกนำไปใช้ประโยชน์ต่อ 2 ส่วนคือการแปรรูปและการหมักแบบใช้ออกซิเจน หากมีอาหารมากพอสามารถนำกลับไปแปรรูปใหม่ได้ จะเป็นการหลีกเลี่ยงการเอาไปหมักซึ่งทำให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงานที่มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ การเผาและการหมักให้ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมสูงกว่า การแปรรูปและการบริจาค แต่ก็มีข้อจำกัดในแง่ของคุณค่าทางอาหารที่เหมาะสมกับการนำไปบริโภคต่อมากกว่าการนำไปผลิตพลังงาน แต่การเผาก็ยังเป็นทางเลือกที่หลีกเลี่ยงไม่ได้สำหรับเศษอาหารที่ไม่สามารถนำไปบริโภคต่อได้ การแปรรูปใช้ซ้ำจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

Ramachandraและคณะ (2018) บทความนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในครัวเรือนต่อวันในประเทศอินเดีย พิจารณาตั้งแต่การเก็บรวบรวม การแยกที่ต้นทาง และการขนส่ง ในประเทศที่กำลังพัฒนาส่วนใหญ่มีขยะที่สามารถย่อยสลายได้ มากกว่าร้อยละ 70 ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลาย ขยะที่เกิดขึ้นเป็นขยะอินทรีย์ร้อยละ 82 และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นแปรผันตรงกับรายได้ของประชากร เมืองที่ไม่ได้ถูกออกแบบให้ควบคู่ไปกับการเจริญของเมืองและประชากร จะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของขยะมูลฝอยอย่างมาก เกิดการผสมของขยะเปียกและขยะแห้ง เนื่องจากไม่มีการแยก การทิ้งขยะลงท่อระบายน้ำ ปัญหาในการกำจัดขยะคือเรื่องของการคัดแยกที่ต้นทาง การบำบัดและการนำกลับมาใช้ซ้ำ เศรษฐกิจและสังคม รายได้ ค่าครองชีพ การขยายตัวของเมืองล้วนเป็นเป็นเหตุปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ตามการศึกษามีเพียงร้อยละ 21.66 เท่านั้นที่มีการแยกขยะก่อนทิ้ง การจัดการที่ต้นทางต้องเน้นที่การแยกขยะ มีระบบการจัดการที่ดี รวมถึงต้องสร้างจิตสำนึกในการแยก การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ในแง่ของการผลิตต้องทำบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายง่าย ลดต้นทุนการขนส่ง ออกแบบการเก็บที่เพิ่มความจุ จัดอบรมผู้ที่มีส่วนร่วมทุกระดับที่เกี่ยวข้อง พัฒนากฎหมายให้ครอบคลุมและชัดเจน ตรวจสอบการทำงานอย่างสม่ำเสมอ และสนับสนุนโครงการดี ๆ

MaaloufและEl-Fadel (2019) บทความนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินระบบจัดการขยะมูลฝอยในเลบานอล โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์คือการประเมินวัฏจักรชีวิตรของขยะมูลฝอย มาช่วยระบบที่มีผลกระทบน้อยที่สุดและลดการปล่อยมลพิษมากที่สุด ซึ่งพิจารณาจากการลงทุนทางเศรษฐกิจโดยคำนึงถึงคาร์บอนเครดิตที่เกี่ยวข้อง แบบจำลองในการพิจารณาทั้งหมดมี 5 แบบ คือ แบบที่ 1 เป็นการเผาทิ้งทั้งหมดจากหลุมฝังกลบ แบบที่ 2 นำไปผลิตพลังงานจากหลุมฝัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลบ แบบที่ 3 เป็นการนำไปทำปุ๋ยหมัก ทำเชื้อเพลิงทดแทน และนำไปเผาทิ้ง แบบที่ 4 มีการคัดแยกที่แหล่งกำเนิด มีการรีไซเคิล หมักเพื่อผลิตพลังงาน และเผาทิ้ง และแบบที่ 5 เป็นการเผาทั้งหมดเพื่อผลิตพลังงาน จากการศึกษาพบว่า แบบที่ 1 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเยอะสุด ซึ่งเป็นตัวเลือกในประเทศที่กำลังพัฒนา แบบที่ 1, 2และ5 เป็นการสูญเสียทรัพยากรที่ไม่เหมาะสม ส่วนแบบที่ 5 เป็นการกู้คืนพลังงานที่ดีที่สุดและเป็นการลดการปล่อยมลพิษที่มากที่สุด แต่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นร้อยละ 52 การเพิ่มการรีไซเคิลและการนำไปทำปุ๋ยจะช่วยลดค่าใช้จ่ายมากที่สุดในการจัดการ ทางเลือกที่งานวิจัยนี้เสนอคือ การนำไปรีไซเคิล ทำปุ๋ยและนำไปฝังกลบถ้ามีการนำเอาพลังงานกลับมาใช้ใหม่จะสามารถลดการปล่อยมลพิษลงร้อยละ 98

Ferronatoและคณะ (2018) บทความนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน โดยทำการวิเคราะห์ที่ การไหลของขยะและตัวชี้วัดมาตรฐานของเสีย ซึ่งผลลัพธ์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1. อธิบายลักษณะทางกายภาพของการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน การรวบรวม การกำจัดและการรีไซเคิล และ 2. เป็นในส่วนของด้านการเงิน กฎหมายและตัวชี้วัดมาตรฐานของเสีย ซึ่งการในครั้งนี้จะไม่ทำการประเมินในส่วนของ ขยะติดเชื้อ ขยะอันตรายและขยะอุตสาหกรรม มีการเสนอให้นำขยะอินทรีย์และเศษอาหารที่เหลือไปทำปุ๋ย ทำปุ๋ยหมักไปใส่ต้นไม้ มีการทำรีไซเคิล ปัญหาของการจัดการคือการไม่ร่วมมือกันระหว่างทุกฝ่าย ควรมีการจัดแคมเปญ ส่งเสริมความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมและการรีไซเคิล ประเมินการวางแผนการปฏิบัติการให้เหมาะสม ควรจัดทำสารสนเทศที่เรียบง่ายเพื่อเผยแพร่และควรใช้หลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย แต่การประเมินในครั้งนี้ยังขาดข้อมูลที่เชื่อถือได้ องค์ประกอบและจำนวนประชากร มีผลต่อการประเมินปริมาณขยะและกิจกรรมอื่น ๆ

VieiraและMatheus (2018) บทความนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมต่อการสร้างขยะมูลฝอยชุมชน ผลการศึกษาพบว่า ประเด็นทางสังคมที่เกิดขึ้นคือการจัดการของเสียและความไม่เท่าเทียมกัน ความไม่เท่าเทียมกันทางรายได้อาจก่อให้เกิดความแตกต่างรายได้จึงส่งผลต่อการบริโภค พื้นที่ที่ต่างกันโครงสร้างทางพื้นฐานต่างกันก็ควรใช้มาตรการที่ต่างกัน นโยบายและพฤติกรรมเป็นประเด็นสำคัญของความล้มเหลวในการจัดการขยะ ประเทศที่มีรายได้ต่ำ หรือกำลังพัฒนา มีการรีไซเคิลนอกระบบร้อยละ 85 ซึ่งตรงข้ามกับประเทศที่มีรายได้สูง ในการศึกษานี้เน้นการตรวจสอบผลกระทบของปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมในการเกิดมูลฝอย มีการใช้ทฤษฎีของ Pearson’s ในการศึกษา ประชากรที่อาศัยอยู่ในชนบทมีการสร้างขยะและปริมาณขยะที่เกิดขึ้นน้อยกว่าประชากรที่อาศัยอยู่ในเมืองและสะท้อนให้เห็นถึงการรีไซเคิล ซึ่งความไม่เท่าเทียมกันทางสังคมส่งผลต่อปริมาณยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นมากที่สุด สุดท้ายการวิเคราะห์ด้านสังคม จึงมีความสำคัญต่อการวางแผนนโยบาย

Vinck, ScheelenและDu Bois (2019) บทความนี้เป็นการออกแบบที่เหมาะสมสำหรับการรีไซเคิลของขยะอินทรีย์สำหรับร้านอาหารในเมือง โดยมีการวิเคราะห์การเก็บรวบรวมขยะ อุปกรณ์การจัดเก็บ และกระบวนการทำงานในครัว มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและเพิ่มประสิทธิภาพการรวบรวมและการรีไซเคิล จากการศึกษาพบว่าสิ่งที่เหลือทิ้งเป็นเศษอาหาร 3 อันดับแรกคือ เนื้อสัตว์ ซอสปรุงรส และน้ำมัน และพบว่าจาระบีทำให้ท่อน้ำอุดตัน ผลประโยชน์จากการแยกขยะในทางเศรษฐกิจคือ จ่ายค่ารวบรวมทิ้งถูกกว่าและประหยัดเงินรวมถึงเวลาในการบำรุงรักษา งานวิจัยนี้ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ทั้งหมด 6 ข้อคือ 1. ผลิตภัณฑ์ที่ออกใหม่ควรเหมาะสมทั้งด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อม, 2. ความเป็นระเบียบของการคัดแยก, 3. สร้างความตระหนักให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้น้อย ใช้ซ้ำและการนำกลับมาใช้ใหม่, 4. อบรมผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องให้มีความเข้าใจที่ตรงกัน, 5. เนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ที่อยู่ในเมืองมีพื้นที่จำกัดดังนั้นต้องมีการปรับพื้นที่ให้เหมาะสม และ 6. เรื่องการกำจัดกลิ่นรบกวนอาจทำการแปรรูปอาหารเพื่อลดปริมาณเศษอาหารที่เกิดขึ้น

Muthuและคณะ (2011) บทความนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของการใช้ถุงช้อปปิ้งแบบต่างๆ ศึกษาเกี่ยวกับทัศนคติของผู้บริโภคและนโยบายของรัฐบาลทั้ง 3 ประเทศ คือ จีน ฮ่องกงและอิเดีย เป็นการสำรวจเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการใช้ถุงช้อปปิ้งต่างๆ การประเมิน LCI จะช่วยทำให้เข้าใจในบริบทของการผลิตถึงวัตถุดิบการผลิต พลังงานที่ใช้ในการผลิตที่จะส่งผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อมาประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์อีกขั้นหนึ่ง สิ่งสำคัญที่สามารถสรุปได้จากบทความนี้คือ ผู้บริโภคจะต้องนำถุงกลับมาใช้ใหม่จนกว่าจะคุ้มค่าและทิ้งไป แต่ทางเลือกที่ดีกว่านั้นคือการนำถุงช้อปปิ้งที่ใช้จนเกิดความคุ้มค่าสำหรับผู้บริโภคแล้วนำกลับมาทำการรีไซเคิลมากกว่าการทิ้งไปฝังกลบ นอกจากนีเพฤติกรรม สภาพสังคม สิ่งแวดล้อมของคนแต่ละประเภทยังมีปัจจัยความเกี่ยวข้องเรื่องความตระหนักพฤติกรรมการใช้ที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นพฤติกรรมของผู้บริโภคและนโยบายของรัฐบาลจึงเป็นสิ่งสำคัญในแง่ของการส่งเสริมการรีไซเคิลขยะ

Mogomotsi, MogomotsiและPhonchi (2019) บทความนี้ทำการประเมินเกี่ยวกับการเก็บค่าถุงพลาสติก ที่อยู่ภายใต้กฎระเบียบของรัฐบาล จากการศึกษาพบว่ารายได้สูงขึ้นและการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการบริโภค เป็นปัจจัยที่เอื้อต่อการใช้ถุงพลาสติกที่เพิ่มมากขึ้น เหตุผลที่ประชาชนส่วนใหญ่ใช้ถุงพลาสติก คือ หาง่าย, ราคาถูก, มีความคุ้นชินและไม่มีทางเลือกจึงบริโภคถุงพลาสติก โดยการศึกษานี้เสนอให้มีการเก็บภาษีด้านสิ่งแวดล้อมออกเป็น 3 ด้านคือ ภาษีสิ่งแวดล้อม ภาษีแรงจูงใจและภาษีการฟื้นฟู และใช้หลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย ยิ่งถุงพลาสติกมีราคาสูงยิ่งช่วยการใช้ลดลงได้ การใช้ถุงผ้าเป็นเพียงการลดการใช้ได้ในระยะสั้นเท่านั้น แรงจูงใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มักถูกกระตุ้นจากแรงกดดันทางสังคมหรือการสนับสนุนของรัฐบาล สรุปจากการศึกษาพบว่า เรื่องการเก็บภาษีนั้นประสบความสำเร็จในระยะสั้น เพราะไม่ได้ส่งผลกระทบต่อประชาชนขนาดนั้น รัฐบาลจึงเรียกเก็บกับผู้ค้าปลีกแทน

Mylonaและคณะ (2017) บทความนี้ทำการวิเคราะห์การเปรียบเทียบการใช้พลังงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบทำความเย็นที่แตกต่างกันของตู้แช่อาหารแช่แข็งในซุปเปอร์มาเก็ต โดยจะทำการศึกษาพลังงานของระบบทำความเย็น ทั้งแบบ remote-control และ centralized รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาพบว่าการใช้พลังงานของซุปเปอร์มาเก็ต ครึ่งหนึ่งมาจาก ระบบทำความเย็น โดยจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 65 ทางตรงจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นร้อยละ 35 จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบจึงเสนอให้ใช้ตู้แบบปิดแทนแบบเปิด มีการติดไฟ LED เพื่อจะช่วยประหยัดไฟมากกว่าหลอดแบบอื่นๆ ควบคุมการละลายให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การใช้ตู้โดยการเปิดอุณหภูมิต่ำจะเพิ่มการใช้พลังงานของระบบทำความเย็นอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของระบบการใช้แบบรวมศูนย์โดยใช้น้ำยา R 134 แบบขนาน และระบบเรียงซ้อนแบบขนาน จะให้ผลที่ดีมีความสมดุลระหว่างการปล่อยมลพิษต่อการใช้พลังงาน จากการพิจารณากำหนดค่าระบบทำความเย็นแบบอื่นนั้นพบว่าระบบเพิ่มแรงดัน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นั้นเป็นระบบที่ประหยัดพลังงานมากกว่าในแง่ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งลดลงไปถึงร้อยละ 17.4 และการเปลี่ยนไปใช้สารทำความเย็น GWP ต่ำจะช่วยทำให้ระบบทำความเย็นมีประสิทธิภาพมากขึ้นจะช่วยลดการใชพลังงานภาพรวมประจำปีของซุปเปอร์มาเก็ตได้

Ogasawara, TaniguchiและSukehira (1979) ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลการอนุรักษ์พลังงานโดยระบบระบายอากาศแบบควบคุม กรณีศึกษาในห้างสรรพสินค้า ความต้องการอากาศของผู้ที่มาใช้บริการในอาคารเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมากทาง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาอัตราการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของการหายใจของผู้ที่มาใช้อาคารต่ออัตราการระบายอากาศที่หน้าประตูทางเข้าออก โดยการใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ศึกษารูปแบบการทำงานของระบบปรับอากาศต่อภาระการทำความเย็นของอาคาร 7 ชั้นเนื้อที่ 30,000 ตารางเมตร ผลของการทดลองชี้ให้เห็นว่าการควบคุมการระบายอากาศสามารถช่วยประหยัดพลังงานและลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้ อีกทั้งยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านค่าไฟสำหรับเครื่องปรับอากาศอีกด้วย ถึงแม้จะมีความผันผวนของการเข้าใช้อาคารแต่ก็ยังสามารถให้ผลการทดลองออกมาได้ดี

RichmanและSimpson (2016) การศึกษานี้ทำการเปรียบเทียบอาคารร้านค้าปลีก 2 แห่งที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่เดียวกัน มีการวิเคราะห์การลดพลังงาน ศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานของ

อาคารเก่าและอาคารใหม่ โดยอาคารใหม่นี้จะใช้เทคโนโลยี วัสดุอุปกรณ์ที่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงานที่มากขึ้น ผลปรากฏว่าอาคารใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีที่ดีกว่า มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานมากกว่าร้านเดิม ร้อยละ 44 โดยส่วนใหญ่จะช่วยลดภาระในการทำความร้อนได้ร้อยละ 61 และในด้านระบบแสงสว่างร้อยละ 39 แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีที่ดีถึงแม้จะต้องเงินลงทุนที่สูงกว่าแต่ถือว่าเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพ เพราะสามารถช่วยลดได้ทั้งในแง่ของพลังงานในระยะสั้นและจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายได้ในระยะยาวเพียงแต่ต้องใช้เงินลงทุนที่มากกว่า

ChungและPark (2012) บทความนี้ทำการศึกษาความต้องการพลังงานของอาคารในประเทศเกาหลีใต้ เป็นไปในรูปแบบการสร้างแบบจำลองเก็บข้อมูลรายชั่วโมงและรายวัน ซึ่งจะดูผลของการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า ผลการศึกษารายวันพบว่าภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นในรายชั่วโมงนั้น จะเพิ่มในช่วงฤดูใบไม้ผลิ และสิ้นสุดในกลางฤดูร้อน แต่ในฤดูหนาวความร้อนจากแสงสว่างจะช่วยลดความต้องการความร้อนในระบบได้ ในส่วนของผลการทดลองรายชั่วโมงนั้น ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการตรวจวัดในครั้งนี้ และได้มีการเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในลักษณะเช่นเดียวกันของประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าความต้องการใช้พลังงานของอาคารในอาคารศูนย์การค้าในประเทศเกาหลีใต้นั้นมีความต้องการที่มากกว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาสูงถึงร้อยละ 30 – 90

Ramesh, PrakshและShukla (2010) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการใช้พลังงานในอาคาร โดยได้ทำการศึกษารวบรวมจากผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการใช้พลังงานในอาคารของอาคารประเภทที่อยู่อาศัยและอาคารสำนักงาน จำนวนทั้งหมด 73 กรณีศึกษา ใน 13 ประเทศ ผลการศึกษาพบว่า การใช้พลังงานในช่วงการใช้งานอาคาร (ร้อยละ 80-90) และพลังงานสะสมรวม (ร้อยละ 10-20) เป็นส่วนที่มีผลต่ออุปสงค์ด้านพลังงานของอาคารอย่างมีนัยสำคัญ การลดการใช้พลังงานในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญสามารถทำได้โดยลดใช้พลังงานในช่วงการใช้งานอาคารซึ่งดัชนีการใช้พลังงานของอาคารประเภทที่อยู่อาศัยจะอยู่ในช่วง150 – 400 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี ส่วนอาคารประเภทสำนักงานจะอยู่ในช่วง 250 – 550 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสามารถ ช่วยลดการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การศึกษานี้มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังรูปที่ 3-1

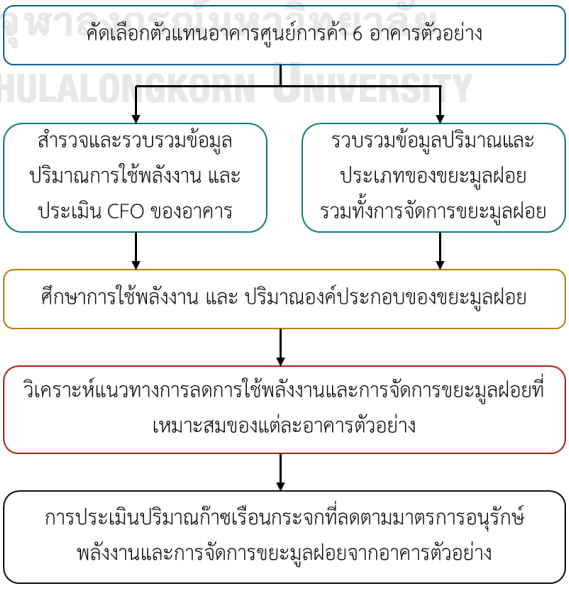
1) คัดเลือกศูนย์การค้ากรณีศึกษาจำนวน 6 แห่ง เพื่อเป็นตัวแทนในการวิจัย

2) สำรวจ สัมภาษณ์ เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณขยะมูลฝอย รวมทั้งการจัดการพลังงานและขยะมูลฝอย จากอาคารศูนย์การค้ากรณีศึกษา และประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอาคาร

3) ลงพื้นที่ศึกษาอัตราการเกิดขยะมูลฝอย การจัดการขยะมูลฝอย และทำการคัดแยกหาองค์ประกอบขยะมูลฝอย เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการจัดการโดยคัดแยกขยะมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด

4) ศึกษาแนวทางการลดการใช้พลังงานพลังงานและการลดการนำขยะมูลฝอยไปฝังกลบที่เหมาะสมกับศูนย์การค้ากรณีศึกษาแต่ละแห่ง

5) ประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้จากมาตรการลดการใช้พลังงานพลังงานและการลดการนำขยะมูลฝอยไปฝังกลบจากอาคารศูนย์การค้า



รูปที่ 3-1 ขั้นตอนการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 การคัดเลือกตัวแทนอาคารศูนย์การค้า 6 อาคาร

ในการคัดเลือกอาคารศูนย์การค้าตัวแทนทั้ง 6 อาคารนั้น จะคัดจากคุณสมบัติที่เป็นอาคารควบคุม ตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 คือ

1) อาคารหลังเดียวหรือหลายหลังภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้า หรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันมีขนาดตั้งแต่หนึ่งพันกิโลวัตต์ หรือหนึ่งพันหนึ่งร้อยเจ็ดสิบห้ากิโลโวลท์แอมแปร์ขึ้นไป

2) อาคารหลังเดียวหรือหลายหลังภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่าย ความร้อนจากไอน้ำจากผู้จำหน่ายหรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายหรือของตนเองอย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ยี่สิบล้านเมกะจูลขึ้นไป

เกณฑ์การคัดเลือกอาคารศูนย์การค้าที่เข้าข่ายฯ เพื่อเข้าร่วมโครงการจะพิจารณาจากความสมัครใจ และความพร้อมของข้อมูลเบื้องต้น โดยจะติดต่อเชิญอาคารที่เข้าข่ายฯทั้งหมดเพื่อเข้าร่วมโครงการและขอข้อมูลด้านการใช้พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยย้อนหลังอย่างน้อย 1 ปี นับจากปี 2561 หากมีอาคารศูนย์การค้าที่เข้าข่ายสมัครใจเข้าร่วมมากกว่า 6 แห่งจะพิจารณาจากข้อมูลความสมบูรณ์ของรายงานการจัดการพลังงานย้อนหลัง

3.3 การสำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูล การใช้พลังงานและปริมาณขยะมูลฝอย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลทุติยภูมิที่จะสอบถามจากอาคารกรณีศึกษาในการทำการวิจัยในครั้งนี้จะประกอบด้วยข้อมูลการใช้พลังงานประเภทต่างๆ การจัดการขยะมูลฝอย และข้อมูลอื่นๆเพื่อประกอบการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคาร ดังมีรายละเอียดในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 วิธีการเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้พลังงานการจัดการขยะมูลฝอยและข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง

หัวข้อการเก็บข้อมูล	รายละเอียดข้อมูล	หน่วย	แหล่งที่มาของข้อมูล
การใช้ไฟฟ้า	ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในอาคาร	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	- ใบเสร็จค่าไฟฟ้าจากหน่วยงานที่เป็นแหล่งผลิต
การใช้เชื้อเพลิง	การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากการใช้งานของเครื่องจักรและ/หรืออุปกรณ์ของอาคาร	ลิตร หรือ กิโลกรัม	- ใบเสร็จค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง - ใบเสร็จค่าก๊าซเชื้อเพลิง

หัวข้อการเก็บข้อมูล	รายละเอียดข้อมูล	หน่วย	แหล่งที่มาของข้อมูล
การใช้พลังงานทดแทน/หมุนเวียน	ปริมาณการใช้พลังงานทดแทนทั้งหมดในอาคาร	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	-บันทึกปริมาณการใช้พลังงานทดแทน
การจัดการขยะมูลฝอย	ปริมาณขยะที่กำจัดเองในพื้นที่อาคารและที่ส่งกำจัดกับส่วนกลาง	ตัน หรือ กิโลกรัม	- บันทึกปริมาณขยะที่มีการกำจัดในพื้นที่ - ใบแจ้งหนี้ค่าบริการกำจัดขยะของทางส่วนกลาง
การใช้ปุ๋ยหรือสารเคมี	ปริมาณการใช้ปุ๋ยหรือสารเคมีทั้งหมดในอาคาร	กิโลกรัม	- ใบเสร็จการสั่งซื้อปุ๋ยหรือสารเคมี
การใช้สารทำความเย็น	ปริมาณการใช้สารทำความเย็นของระบบปรับอากาศ	กิโลกรัม	- ใบเสร็จการซ่อมบำรุง/การสั่งซื้อสารทำความเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ
การใช้สารดับเพลิง	ปริมาณสารดับเพลิงที่ถูกใช้ไป	กิโลกรัม	- ใบเสร็จการซ่อมบำรุง/การสั่งซื้อถังดับเพลิง
พื้นที่ใช้งานอาคาร	พื้นที่ใช้งานอาคารทั้งหมดซึ่งอาจแบ่งเป็นพื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศ หรือ แบ่งเป็นพื้นที่การใช้งานในแต่ละฟังก์ชันการใช้งานของอาคาร เป็นต้น แต่ไม่รวมพื้นที่ที่อยู่ภายนอกอาคาร เช่น พื้นที่สวน และพื้นที่จอดรถนอกอาคารเป็นต้น	ตารางเมตร	-บันทึกการใช้พื้นที่ของอาคาร -รายงานการจัดการพลังงานของอาคาร -รายงานประจำปีของอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 ศึกษาอัตราการเกิดขยะมูลฝอย และคัดแยกหาองค์ประกอบขยะมูลฝอย

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขยะมูลฝอย จะอาศัยวิธีการประเมินตามหลักการของการประเมินคาร์บอนฟุ้ตปริ้นองค์กร (Carbon Footprint for Organization) ที่ทางองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกของไทยได้มีการจัดทำคู่มือเป็นแนวทางสำหรับการประเมินไว้ ซึ่งวิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะอาศัยการคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมที่รวบรวมได้คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลให้อยู่ในรูปของตัน (กิโลกรัม) คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent)

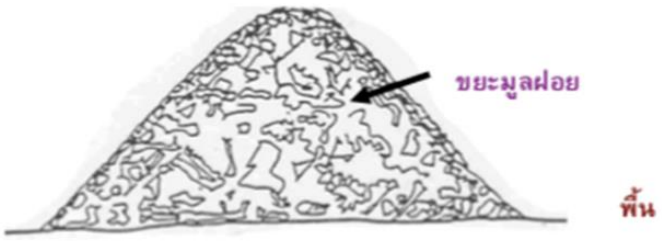
องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอยที่จะทำการวิเคราะห์จะแบ่งประเภทออกอย่างละเอียด เพื่อให้มีผลต่อการวางแผนจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีรายละเอียดในการเก็บข้อมูล ดังนี้

1) ชื่ออาคาร
2) วันที่ทำการทดลอง
3) ครั้งที่ทำการทดลอง
4) จำนวนถุงขยะที่ทำการสุ่ม (ถุง)
5) น้ำหนักขยะที่ทำการสุ่ม (กิโลกรัม)
6) น้ำหนักภาชนะที่ทำการทดลอง (กิโลกรัม)
7) ปริมาตรของภาชนะที่ทำการทดลอง (ลิตร)
8) น้ำหนักขยะรวมกับภาชนะที่ทำการทดลอง (กิโลกรัม)
9) องค์ประกอบขยะที่จะทำการคัดแยก (กิโลกรัม)

3.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะมูลฝอย

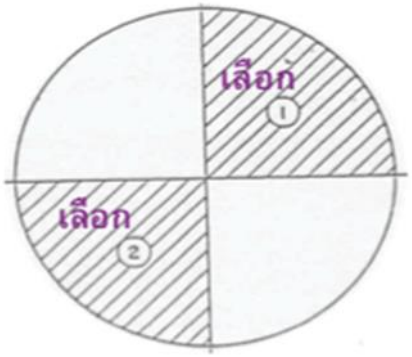
เนื่องจากขยะมูลฝอยประกอบด้วยสิ่งของต่าง ๆหลายชนิด ซึ่งมีการปะปนผสมกันอยู่ไม่ได้เป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยจำเป็นต้องทำอย่างมีระบบเพื่อให้มีลักษณะองค์ประกอบเหมือนกับขยะมูลฝอยทั้งหมด และสามารถใช้เป็นตัวแทนของขยะ มูลฝอยที่ต้องการวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยจากจุดรวบรวมขยะของอาคาร สุ่มขยะมูลฝอยมาจากจุดต่าง ๆ หลายๆจุด แล้วมารวมกันให้ได้ประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปทดสอบหาความหนาแน่น นำตัวอย่างที่ทดสอบ (Quartering) เลือกตัวอย่าง 2 ส่วน ที่กองอยู่ตรงข้ามกันมารวมกัน แล้วคลุกให้เข้ากันอีกหนเพื่อให้องค์ประกอบต่าง ๆกระจายกันอยู่อย่างทั่วถึง จากนั้นทำ Quartering เรื่อย ๆ ไปจนกระทั่งเหลือตัวอย่างขยะมูลฝอยประมาณ 20 ลิตร ดังแสดงในรูปที่ 3-2 และ 3-3 ตามลำดับ ทำการวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะทางกายภาพ โดยจะใช้ตารางบันทึกข้อมูล ตารางที่ 3-2 และ 3-3 ในการบันทึกข้อมูลในส่วนนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3-2 ลักษณะขยะมูลฝอยที่สุ่มมาแล้วกองเป็นทรงกรวยก่อนแบ่งเป็น 4 ส่วน

ที่มา : โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ



รูปที่ 3-3 ลักษณะขยะมูลฝอยที่แบ่งเป็น 4 ส่วนแล้วเลือก 2 ส่วนที่อยู่ฝั่งตรงข้ามกัน

ที่มา : โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ

ตารางที่ 3-2 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้ทำการคัดแยกขยะ (Quartering)

ประเภทของขยะมูลฝอย	ปริมาณ (กิโลกรัม)
1. เศษอาหาร	
2. กระดาษ	
- กระดาษ A4	
- หนังสือพิมพ์	
- หนังสือ/นิตยสาร/กระดาษแข็ง เช่น แผงขนม	
- กระดาษคราฟ (ลูกฟูกน้ำตาล)	
- กระดาษกล่องนม/กล่องน้ำผลไม้	
3. พลาสติก	
- HDPE (ขวดน้ำขุ่นขาว/ขวดนม/ถุงช้อปปิ้ง/ขวดน้ำมันเครื่อง/ลัง/ขวดแชมพู	
- LDPE (ถุงซิป/หลอดเครื่องสำอาง/ถุงเย็น/จุกในขวดน้ำเกลือ)	
- PVC พลาสติกที่ก้นเชื่อมเป็นขีด	
- PS(กล่องใส/ของเล่น/ถาดใส่อาหาร/ถ้วยไอศกรีม/ไม้บรรทัด)	
- EPS (กล่องโฟมใส่อาหาร/โฟมกันสะเทือน)	
- PET พลาสติกที่ก้นเชื่อมรวมเป็นจุดตรงกลาง	
- PP (ฝาภาชนะ/ถุงร้อน/กระบอกเข็มฉีดยา/หลอดกาแฟ/ถ้วยพลาสติกร้อน	
4. แก้ว	
- แก้วสีขาว	
- แก้วสีชา	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภทของขยะมูลฝอย	ปริมาณ (กิโลกรัม)
- แก้วสีเขียว	
5. โลหะ	
- อลูมิเนียม (กระป๋องโค้ก/ถุงขนมฟอล์ย)	
- เหล็ก (กระป๋องนม/กระป๋องผลไม้/อาหารกระป๋อง)	
- สังกะสีเคลือบ	
- ทองแดง (สายไฟ) ทองเหลือง	
- ตะกั่ว	
- อื่น ๆ	
6. ยาง	
7. หนัง	
8. ผ้า	
9. ไม้	
10. ของเสียอันตราย (ถ่านไฟฉาย/แบตเตอรี่/กระป๋องสเปรย์)	
11. อื่น ๆ	
- กระดาษทิชชู	
- ใบไม้	
ปริมาณรวม	

ตารางที่ 3-3 ตารางสรุปผลข้อมูลที่ได้ทำการคัดแยกขยะ (Quartering)

ประเภทของขยะ	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ร้อยละองค์ประกอบขยะ	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณTotal GHG ($tonCO_2e$)
1. เศษอาหาร		$Cx = \frac{(Wx \times 100)}{WT}$		
2. กระดาษ				
- กระดาษ A4		Cx = สัดส่วนร้อยละขององค์ประกอบตัวอย่าง x		
...		Wx = น้ำหนักตัวอย่าง x		
ปริมาณรวม		WT = น้ำหนักของตัวอย่างรวม		

ตารางที่ 3-4 ตารางบันทึกข้อมูลสำหรับข้อมูลและขยะมูลฝอยที่ได้จากอาคาร

ความถี่ชุดข้อมูล	ชนิดขยะ	ปริมาณขยะ	หน่วย	แหล่งกำเนิด	การจัดการ
รายวัน รายเดือน รายปี					

3.4.2 การคำนวณเพื่อหาสัดส่วนองค์ประกอบขยะมูลฝอย คำนวณได้จาก Emission Factor

$$Cx = \frac{(Wx \times 100)}{WT}$$

เมื่อ Cx = สัดส่วนร้อยละขององค์ประกอบตัวอย่าง x

Wx = น้ำหนักตัวอย่าง x

WT = น้ำหนักของตัวอย่างรวม

3.4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)

จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 ตัวอย่างค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มการฝังกลบขยะ (Emission Factor)

24. กลุ่มการฝังกลบขยะ						
714.	กระดาษ / กระดาษกล่อง		kg	2.93	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15
715.	ผ้า		kg	2.00	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15
716.	เศษอาหาร		kg	2.53	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15
717.	เศษไม้		kg	3.33	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15
718.	กิ่งไม้ ต้นหญ้าจากสวน		kg	3.27	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15
719.	ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ		kg	4.00	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15
720.	ยางและหนัง		kg	3.13	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกของไทย (2562)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.5 การประเมินการใช้พลังงานและคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคาร

3.5.1 การประเมินการใช้พลังงาน

ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำข้อมูลกิจกรรมในแต่ละด้านตัวชี้วัดที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละประเภทอาคารควบคุมที่เป็นตัวแทนมาทำการประเมินค่าการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สำหรับการประเมินการใช้พลังงานของอาคารควบคุมแต่ละประเภทจะทำการประเมินโดยการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือค่า SEC ของอาคาร แล้วทำการเปรียบเทียบกับการศึกษาค่าดัชนีการใช้พลังงานที่ผ่านมาของ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

3.5.2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคาร

ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคารศูนย์การค้าโดยใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญในการประเมินขอบเขตประเภทที่ 1 และ 2 คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Greenhouse Gas Emission) และการไฟฟ้า (Indirect Greenhouse Gas Emission) ซึ่งมีขั้นตอนการประเมินและรายละเอียดการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานวิจัยดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 รายละเอียดการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานวิจัย

ขั้นตอนการประเมิน	รายละเอียดการประเมิน
1. การกำหนดขอบเขตขององค์กรและการดำเนินงาน	ใช้แบบควบคุมจากการดำเนินงาน
2. การวิเคราะห์แหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก	รวบรวมข้อมูลกิจกรรมแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคาร
3. การคัดเลือกวิธีการคำนวณ	ใช้วิธีการคำนวณจากข้อมูลกิจกรรมอ้างอิงวิธีการขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกของไทย (2562)
4. การเก็บข้อมูล	รวบรวมข้อมูลจากใบเสร็จ/การจดบันทึกข้อมูลจากกิจกรรมต่างๆของอาคาร โดยจะรวบรวมย้อนหลังในปี พ.ศ. 2561
5. การคัดเลือกการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ใช้ค่าอ้างอิงจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกของไทย (2562)
6. การคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	สมการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$) = ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh) x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก($kgCO_2$/kWh)

โดยจะทำการบันทึกผลการคำนวณดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 ตารางบันทึกข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

กิจกรรม	Emission factor ($kgCO_2e$/หน่วย)	หน่วย	เดือน	ปริมาณ	Total GHG ($tonCO_2e$)
			1 2 3 ... 12		

3.6 นำเสนอแนวทางการลดการใช้พลังงานและลดการนำขยะมูลฝอยไปฝังกลบที่เหมาะสมกับอาคารศูนย์การค้ากรณีศึกษา

3.6.1 แนวทางการลดการใช้ไฟฟ้าและการลดการนำขยะมูลฝอยไปฝังกลบของอาคาร

ศึกษารวบรวมกิจกรรมการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้ากรณีศึกษา รวมทั้งข้อมูลเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง และการจัดการพลังงานซึ่งอาคารเคยดำเนินงานในอดีต เพื่อประเมินมาตรการการลดพลังงานที่อาคารต่างๆเคยดำเนินการมาแล้วในแต่ละอาคาร เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการนำเสนอมาตรการการพื้นฐานในการพิจารณามาตรการทางเลือกที่เหมาะสมในลดการใช้พลังงานสำหรับอาคารศูนย์การค้าแต่ละแห่งต่อไป และจะทำการเปรียบเทียบความเหมาะสมทั้งการปฏิบัติและด้านการลงทุนของแต่ละมาตรการ

ศึกษาแนวทางการจัดการเก็บรวบรวมข้อมูลการจัดการมูลฝอยแต่ละวิธีในสถานประกอบการจัดทำมาตรการใหม่ จะศึกษารวบรวมกิจกรรมที่อาคารดำเนินการใช้ปัจจุบันเพื่อใช้เป็นข้อมูลการนำเสนอมาตรการการคัดแยกขยะและการนำขยะมูลฝอยใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมสำหรับอาคารศูนย์การค้าแต่ละแห่งต่อไป โดยจะทำการเปรียบเทียบความเหมาะสมทั้งการปฏิบัติและด้านการลงทุนของแต่ละมาตรการ

3.6.2 ประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้จากมาตรการลดการใช้พลังงานและการลดการนำขยะมูลฝอยไปฝังกลบจากอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการประเมินการใช้พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยของอาคาร ทำให้ทราบถึงข้อมูลกิจกรรมที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ทั้งในส่วนของการใช้งานของอุปกรณ์ เครื่องจักรต่างๆ รวมทั้งองค์ประกอบขยะมูลฝอยและปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมา จากข้อมูลดังกล่าวสามารถประเมินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและนำเสนอแนวทางวิธีการรวมถึงมาตราการที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ในปริมาณที่มากที่สุด โดยจะต้องเป็นแนวทางวิธีการและมาตราการที่สามารถปฏิบัติได้จริง ตั้งอยู่บนพื้นฐานของเทคโนโลยีและกฎหมายที่ถูกกำกับใช้รวมถึงเป็นที่ยอมรับ อีกทั้งให้ความสำคัญกับการปฏิบัติและประยุกต์ใช้ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่ไม่เหมาะสม

โดยกิจกรรมการลดก๊าซเรือนกระจกของวิธีจากการลดการใช้พลังงานและการจัดการมูลฝอยแต่ละวิธี จะประเมินตามแนวทางของเอกสารของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean

development mechanism; CDM) และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (Thailand greenhouse gas management organization; TGO) เพื่อกำหนดขอบเขตในการรวบรวมการปล่อยและการลดก๊าซเรือนกระจกของการจัดการพลังงานและการจัดการมูลฝอยต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงาน การใช้พลังงาน และการเกิดขยะมูลฝอยในอาคาร เพื่อเสนอแนวทางการจัดการพลังงานและการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์สำหรับอาคารสถานประกอบการประเภทศูนย์การค้า ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในอาคารตัวแทนจำนวน 6 แห่ง ที่ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา โดยลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร ตามหัวข้อการประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์องค์กร ข้อมูลการจัดการขยะมูลฝอยในอาคาร ข้อมูลองค์ประกอบของขยะมูลฝอยจากการวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอย ด้วยเทคนิค Coning and quartering โดยปฏิบัติตามวิธีการของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) แต่ละอาคาร เป็นต้นโดยมีขอบเขตการประเมินคือการดำเนินกิจกรรมและการจัดการขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานประกอบการเท่านั้น โดยในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงแนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่พัฒนาขึ้นโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (Thailand greenhouse gas management organization; TGO) และคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental panel on climate change; IPCC) รวมถึงกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean development mechanism; CDM)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์งานวิจัยนี้ได้ใช้การประเมินมูลค่าเงินลงทุนในการดำเนินการตามมาตรการต่างๆเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง หรือความคุ้มค่าในการลงทุน เพื่อนำข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลทางสิ่งแวดล้อมในการเสนอแนะแนวทางการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมในอาคารสถานประกอบการนั้นๆ ซึ่งผลการศึกษาในแต่ละอาคารสถานประกอบการมีดังต่อไปนี้

4.1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารตัวอย่าง

4.1.1 ข้อมูลอาคารตัวอย่าง

อาคารตัวอย่างเป็นอาคารศูนย์การค้า มีการให้เช่าพื้นที่ภายในศูนย์การค้า เพื่อจัดตั้งร้านค้าเช่าที่หลากหลายประเภทธุรกิจ เช่น ร้าน หรือศูนย์อาหาร โรงภาพยนตร์ และธนาคาร เป็นต้น มีพื้นที่สำนักงานสำหรับฝ่ายบริหารงานอาคาร มีพื้นที่จอดรถขนาดใหญ่ในตัวอาคารแต่ละชั้นและทั้งอาคารที่ไม่มีที่จอดรถ มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบศูนย์รวมทั้งตัวอาคารและระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ระบบแสงสว่าง ระบบลิฟท์ บันไดเลื่อน ระบบปั๊มน้ำ และระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น มีช่วงเวลาการใช้งานอาคารที่แน่นอนคือ 12 ชั่วโมงต่อวัน

ซึ่งงานวิจัยนี้แบ่งอาคารออกเป็น 2 กลุ่มตามขนาดของอาคารที่กำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง คือ กลุ่มอาคารประเภท “ก” ที่มีขนาดพื้นที่อาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป และกลุ่มอาคารประเภท “ข” ที่มีพื้นที่อาคารระหว่าง 5,000 ถึง 25,000 ตารางเมตร กรมควบคุมมลพิษ (2020)

ตารางที่ 4-1 ข้อมูลทั่วไปของอาคาร (พ.ศ.2561)

ประเภทข้อมูล		อาคารประเภท ข		อาคารประเภท ก			
หมวดหมู่	หน่วย	B1	B2	B3	B4	B5	B6
อายุการใช้งานอาคาร	ปี	12	44	29	4	3	22
จำนวนวันทำการ	วัน/ปี	365	365	365	365	365	365
พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด	m^2	6,694.00	10,522.00	48,985.00	215,143.00	295,367.69	311,353.64

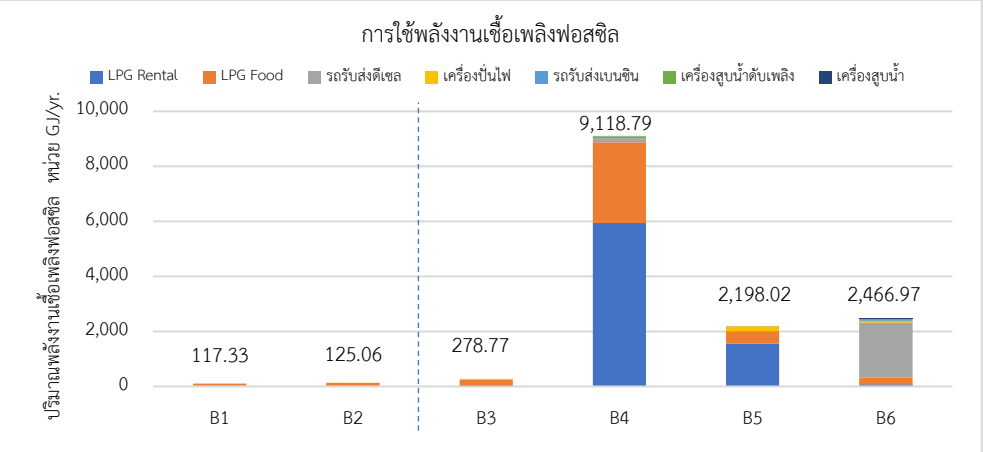
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.2 ข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารตัวอย่าง

1) ด้านการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในอาคารตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มพบว่ามีกิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมด 7 กิจกรรม ได้แก่ 1. การใช้เชื้อเพลิงในรถรับ-ส่ง (ดีเซล) 2. การใช้เชื้อเพลิงในรถรับ-ส่ง (เบนซิน)3. การใช้เชื้อเพลิงในเครื่องปั่นไฟ (ดีเซล) 4. การใช้เชื้อเพลิงในเครื่องสูบน้ำดับเพลิง (ดีเซล) 5. การใช้เชื้อเพลิงในเครื่องสูบน้ำ (ดีเซล) 6. การใช้เชื้อเพลิง LPG

บริเวณศูนย์อาหาร และ7.การใช้เชื้อเพลิง LPG บริเวณพื้นที่เช่า โดยอาคารทั้ง 2 กลุ่มมีกิจกรรมและปริมาณการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4-1



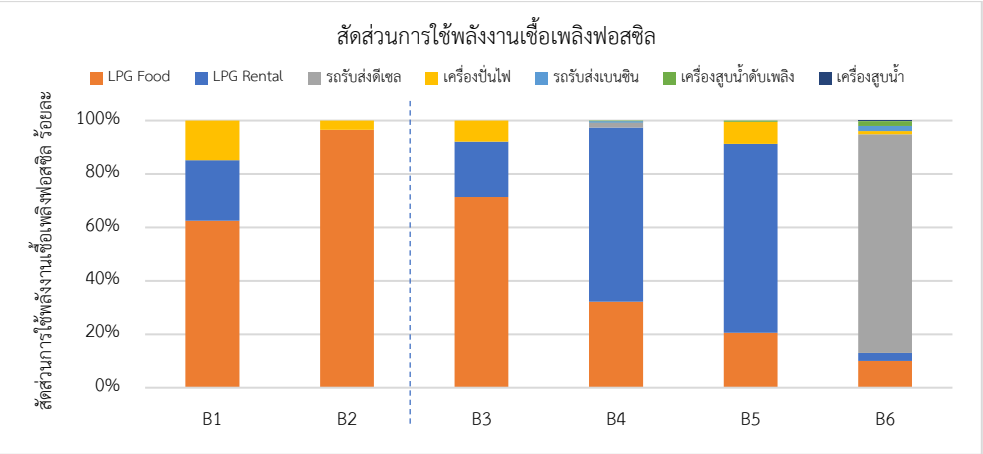
รูปที่ 4-1 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

จากปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลใน รูปที่ 4-1 สามารถอธิบายได้ว่า

กลุ่มอาคารประเภท ก พบว่า กิจกรรมที่มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลมากที่สุด คือ การใช้เชื้อเพลิง LPG ในบริเวณพื้นที่เช่า โดยมีค่า เฉลี่ย 1,907.10 กิกะจูลต่อปี (SD= 2,780.84) รองลงมาคือ การใช้ LPG บริเวณศูนย์การค้า โดยมีค่าเฉลี่ย 955.63 กิกะจูลต่อปี (SD= 1,319.07) กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงในรถรับ-ส่ง(ดีเซล) โดยมีค่าเฉลี่ย 542.02กิกะจูลต่อปี (SD= 982.07) กิจกรรมการใช้เครื่องปั่นไฟ (ดีเซล) โดยมีค่าฉลี่ย 60.05 กิกะจูลต่อปี (SD= 83.05) กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงในรถรับ-ส่ง(เบนซิน) โดยมีค่าเฉลี่ย 30.87 กิกะจูลต่อปี (SD= 35.72) กิจกรรมการใช้เครื่องสูบน้ำดับเพลิง (ดีเซล) มีค่าเฉลี่ย 18.76 กิกะจูลต่อปี (SD= 18.89) และการใช้เครื่องสูบน้ำ 4.88 กิกะจูลต่อปี (GJ/yr.)

กลุ่มอาคารประเภท ข พบว่า กิจกรรมที่มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลมากที่สุด คือ การใช้เชื้อเพลิง LPG ในบริเวณบริเวณศูนย์การค้า โดยมีค่าเฉลี่ย 96.99 กิกะจูลต่อปี รองลงมาคือ การใช้ LPG พื้นที่เช่า โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 26.55 กิกะจูลต่อปี และกิจกรรมการใช้เครื่องปั่นไฟ (ดีเซล) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.37 ถึง 17.48 กิกะจูลต่อปี (AVG= 10.93)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-2 สัดส่วนการใช้พลังงานเชื้อเพลิง

จากสัดส่วนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลใน รูปที่ 4-2 สามารถอธิบายได้ว่า

กลุ่มอาคารประเภท ก พบว่า สัดส่วนที่มีการใช้พลังงานมาที่สุด คือ การใช้เชื้อเพลิง LPG ในบริเวณพื้นที่เช่า เฉลี่ยร้อยละ 54.25 รองลงมาคือ การใช้ LPG บริเวณศูนย์การค้า โดยเฉลี่ยร้อยละ 27.18 กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงในรถรับ-ส่ง(ดีเซล) เฉลี่ยร้อยละ 15.42 กิจกรรมการใช้เครื่องปั่นไฟ (ดีเซล) เฉลี่ยร้อยละ 1.71 กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงในรถรับ-ส่ง(เบนซิน) เฉลี่ยร้อยละ 0.88 กิจกรรมการใช้เครื่องสูบน้ำดับเพลิง (ดีเซล) เฉลี่ยร้อยละ 0.53 และกิจกรรมเครื่องสูบน้ำ เฉลี่ยร้อยละ 0.03

กลุ่มอาคารประเภท ข พบว่า กิจกรรมที่มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลมากที่สุด คือ การใช้เชื้อเพลิง LPG ในบริเวณบริเวณศูนย์การค้า เฉลี่ยร้อยละ 80.03 รองลงมาคือ การใช้ LPG พื้นที่เช่า เฉลี่ยร้อยละ 10.96 และกิจกรรมการใช้เครื่องปั่นไฟ (ดีเซล) เฉลี่ยร้อยละ 9.02

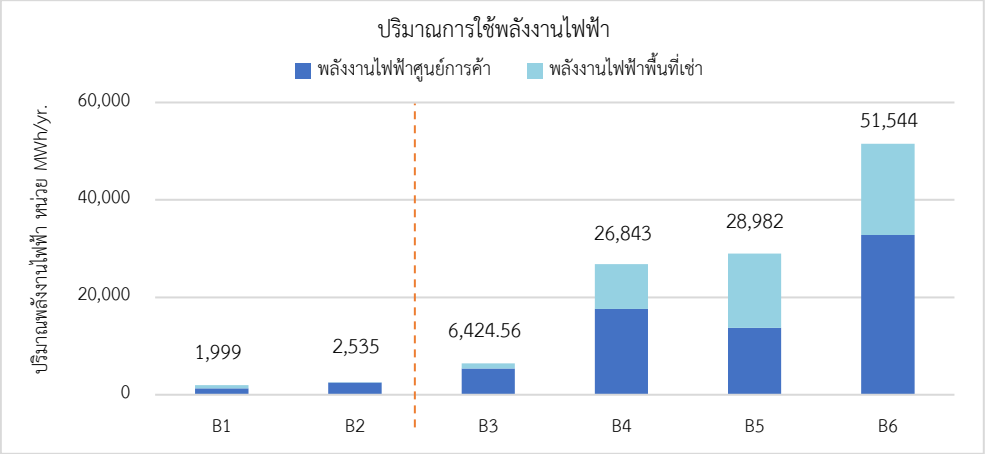
จากสัดส่วนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลใน ในกลุ่มอาคารประเภท ข มีสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกิจกรรมการใช้ LPG บริเวณศูนย์อาหาร การใช้เชื้อเพลิงในเครื่องปั่นไฟ เป็นหลัก ซึ่งกลุ่มอาคารประเภท ก จะมีสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกิจกรรมการใช้ LPG บริเวณร้านค้าเช่า เป็นหลัก เนื่องจากในกลุ่มอาคารประเภท ข พื้นที่ส่วนใหญ่ในอาคารจะเป็นพื้นที่ที่ผู้ประกอบการดำเนินกิจการเอง จึงมีร้านค้าเช่าน้อยมาก หรือไม่มีร้านค้าเช่าเลย จึงปรากฏการใช้เชื้อเพลิง LPG บริเวณศูนย์อาหาร มากในอาคารกลุ่มนี้ ซึ่งในกลุ่มอาคารประเภท ก มีพื้นที่สำหรับให้เช่าตามวัตถุประสงค์ของอาคารอยู่แล้ว กลุ่มอาคารประเภท ก จึงมีปริมาณการใช้ LPG บริเวณร้านค้าเช่า ที่เห็นสัดส่วนได้ชัดเจนในอาคารกลุ่มนี้ และนอกจากนี้สัดส่วนของการใช้เชื้อเพลิงใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เครื่องปั่นไฟ ยังสะท้อนความชัดเจนว่าเครื่องปั่นไฟ เป็นเครื่องจักรที่จำเป็นสำหรับทั้งอาคารประเภท ข และขนาดใหญ่

2) ด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า

การใช้พลังงานไฟฟ้ามีการเก็บข้อมูลกิจกรรม 2 หัวข้อ คือ การใช้ไฟฟ้าในส่วนของศูนย์การค้าและการใช้ไฟฟ้าสำหรับผู้เช่า

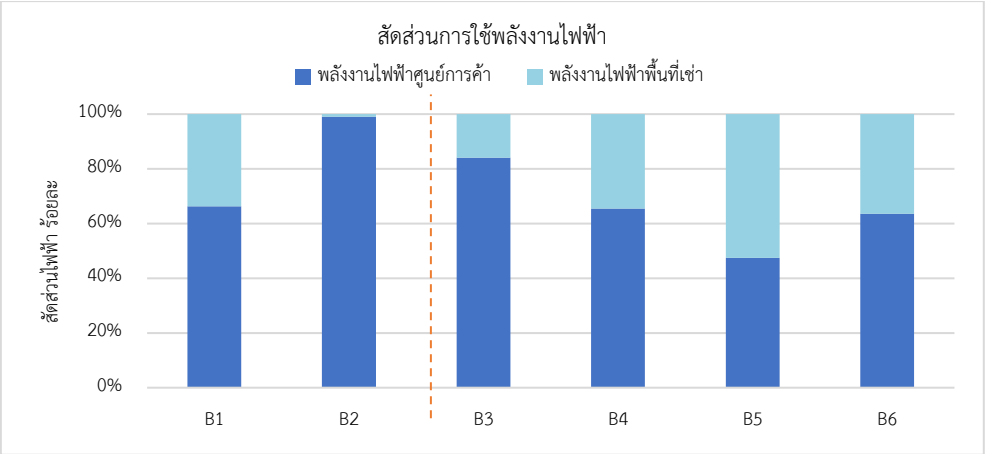


รูปที่ 4-3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลใน รูปที่ 4-3 สามารถอธิบายได้ว่า

กลุ่มอาคารประเภท ก พบว่า พบว่ามีกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในส่วนของศูนย์การค้า มีค่าเฉลี่ย 17,377 กิกะจูลต่อปี (SD= 11,453.40) และการใช้ไฟฟ้าสำหรับผู้เช่า มีค่าอยู่ในช่วงเฉลี่ย 11,071 กิกะจูลต่อปี (SD= 7,765.43)

กลุ่มอาคารประเภท ข พบว่า มีกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในส่วนของศูนย์การค้า มีค่าอยู่ในช่วง 1,325 ถึง 2,511 เมกะวัตต์ต่อปี (AVG= 1,918) และการใช้ไฟฟ้าสำหรับผู้เช่า มีค่าอยู่ในช่วง 24.06 ถึง 674 เมกะวัตต์ต่อปี (AVG= 349)



รูปที่ 4-4 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าใน รูปที่ 4-4 สามารถอธิบายได้ว่ากลุ่มอาคารประเภท ข มีกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในส่วนของศูนย์การค้าเองเป็นส่วยใหญ่ (เฉลี่ยร้อยละ 84.60) ซึ่งต่างจากกลุ่มอาคารประเภท ก ที่มีกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าสำหรับผู้เช่ามีสัดส่วนสูงกว่าอาคารประเภท ข (เฉลี่ยร้อยละ 38.92) โดยในส่วนของศูนย์การค้าเองมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 61.08 อย่างไรก็ตาม ในภาพรวมพบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในความรับผิดชอบของศูนย์การค้า เป็นสัดส่วนหลักของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร และสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในความรับผิดชอบของผู้เช่าเป็นสัดส่วนรองลงมา ซึ่งมีค่าที่แตกต่างกันไปในแต่ละอาคาร

3) ด้านการใช้พลังงานทดแทน

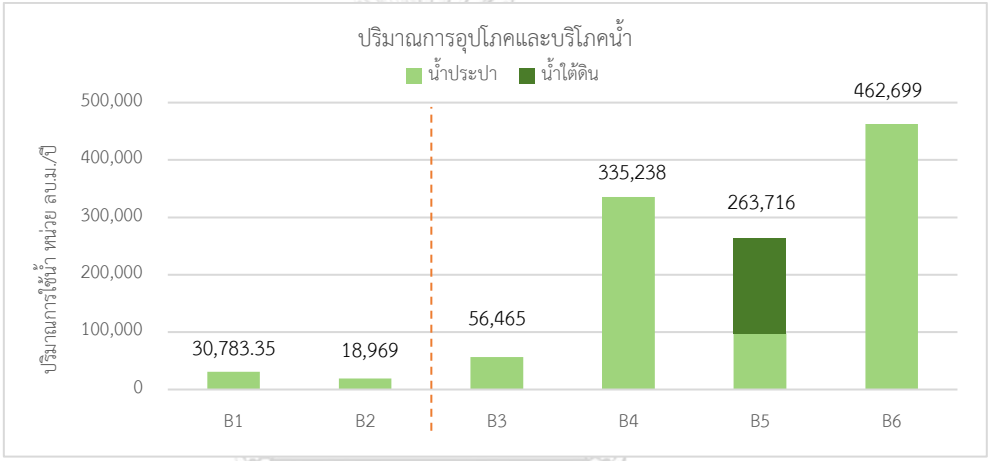
จากการศึกษาพบว่า ในอาคารตัวแทนทั้ง 6 แห่ง มีเพียงอาคาร B5 ที่เป็นอาคารศูนย์การค้าขนาดใหญ่เท่านั้นที่มีการใช้พลังงานทดแทนโดยการติดตั้งเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาจำนวน 3,076 แผง มีกำลังการผลิตติดตั้งรวม 999.7 kW และมีขนาดพื้นที่ติดติดตั้ง 5,973.60 ตารางเมตร เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้ในอาคาร ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถทดแทนการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าได้เพียงประมาณร้อยละ 3 - 4 ของการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดจากสายส่งของทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่มีผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลพลังงานที่ได้ไม่สามารถชดเชยหรือแทนพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งได้แต่เข้ามาเสริมและสำรองให้กับตัวอาคาร

นอกจากนี้ในอาคารตัวแทนอื่นๆถึงแม้จะยังไม่มีการนำระบบการผลิตพลังงานทดแทนเข้ามาใช้ในอาคาร แต่จากการสอบถามกับทางผู้ประกอบการบางแห่ง ได้ระบุว่ามีแนวคิดที่จะ

นำมาใช้ในอนาคตแต่ปัจจุบันยังอยู่ในช่วงการศึกษาข้อมูลด้านการลงทุน หรือความคุ้มทุนที่จะนำระบบผลิตพลังงานทดแทนมาใช้

4) ด้านการอุปโภคและบริโภคน้ำ

จากการเก็บรวบรวบข้อมูลการอุปโภคและบริโภคน้ำในอาคารตัวแทนทั้ง 6 แห่ง พบว่าการอุปโภคและบริโภคน้ำ มีการใช้งานมาจาก 2 แหล่ง คือการเก็บข้อมูลกิจกรรม 2 หัวข้อ คือ น้ำประปาจากเทศบาล และน้ำใต้ดิน ซึ่งปริมาณการอุปโภคและบริโภคน้ำในอาคารตัวแทนทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณที่แตกต่างกันดั โดยทำการแบ่งกลุ่มอาคารตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ แสดงในรูปที่ 4-5



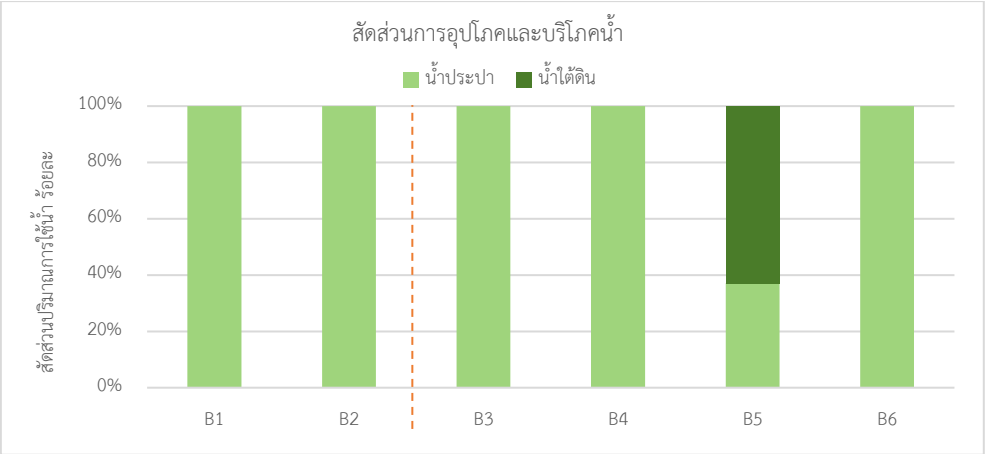
รูปที่ 4-5 ปริมาณการอุปโภคและบริโภคน้ำในอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากปริมาณการอุปโภคและบริโภคน้ำในอาคารใน รูปที่ 4-5 สามารถอธิบายได้ว่า

กลุ่มอาคารประเภท ก พบว่า กิจกรรมการใช้น้ำประปาจากเทศบาล มีค่าอยู่ในช่วง 56,465 ถึง 462,699 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (AVG = 238,089 SD = 193,660.30) และการใช้น้ำใต้ดิน มีเพียงอาคาร B5 เท่านั้นที่ใช้น้ำใต้ดิน ดังรูปที่ 4-6

กลุ่มอาคารประเภท ข พบว่า กิจกรรมการใช้น้ำประปาจากเทศบาล มีค่าอยู่ในช่วง 18,969 ถึง 30,783.35 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (m^3/yr.) (AVG = 24,876.18)



รูปที่ 4-6 สัดส่วนแหล่งที่มาของน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค

5) **ด้านการรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจก**

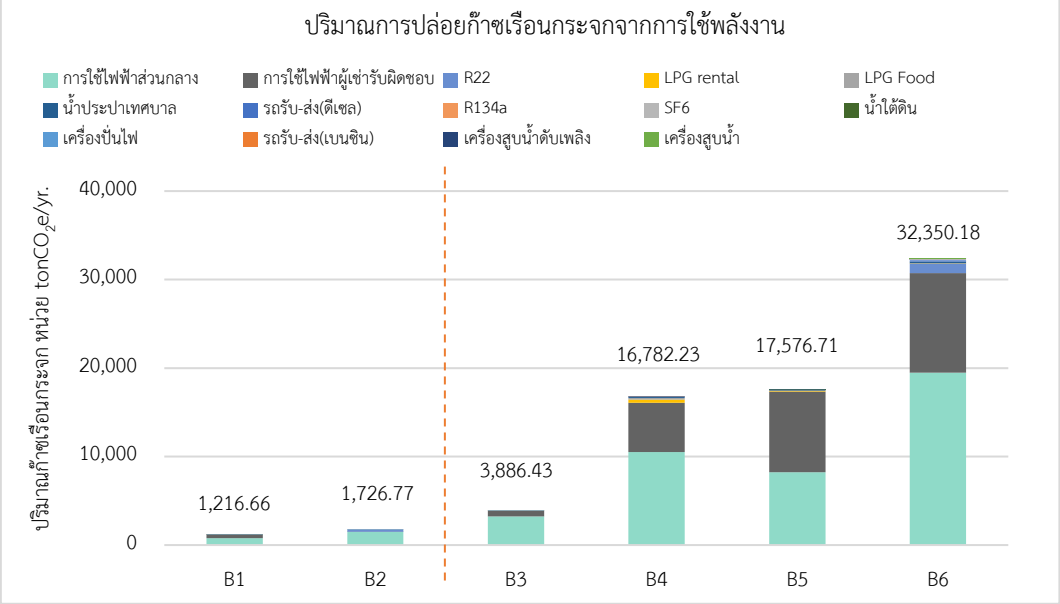
จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในอาคารตัวแทนทั้ง 6 แห่งพบว่าการรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกเกิดจาก 2 กิจกรรมหลัก ได้แก่ การเติมสารทำความเย็น และการเติมซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออไรด์ (Sulfur hexafluoride : SF_6)

กลุ่มอาคารประเภท ก พบว่า มีการเติมสารทำความเย็น 2 ชนิด คือ R22 และ R134a ซึ่งทั้ง 2 สาร เป็นสารทำความเย็นที่มีศักยภาพในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูง และเป็นสารทำความเย็นที่อยู่ในประเภทที่ให้มีการยกเลิกให้ใช้อย่างถาวร แต่เนื่องจากระบบปรับอากาศของอาคารกลุ่มตัวอย่าง ยังคงเป็นระบบเก่า จึงทำให้มีความจำเป็นต้องใช้สารทำความเย็นทั้ง 2 นอกจากนี้ยังพบการเติมสาร SF_6 เป็นอีกหนึ่งสารที่มีความจำเป็นจะต้องมีการใช้กับระบบไฟฟ้า เป็นก๊าซที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้าแรงดันปานกลางและแรงดันสูงในเซอร์กิตเบรกเกอร์, สวิตช์เกียร์, ในสถานีไฟฟ้าย่อย และสถานีจ่ายไฟฟ้า และสามารถรั่วไหลได้จากระบบทำให้ผู้ดูแลระบบต้องหมั่นตรวจสอบอยู่เสมอ ซึ่งในรอบการทำการวิจัยนี้มีเพียงอาคาร B6 เท่านั้นที่มีการเติมสารชนิดนี้

กลุ่มอาคารประเภท ข พบว่า มีการเติมสารทำความเย็น ในระบบปรับอากาศ คือ สาร R22 เพียงตัวเดียว โดยพบในเครื่องปรับอากาศแบบเก่า และพบในอาคาร B2 เพียงอาคารเดียวในกลุ่มอาคารประเภท ข เนื่องจากระบบปรับอากาศในอาคาร B2 เป็นระบบเก่าและรองรับเพียงสารตัวนี้เท่านั้น จึงมีความจำเป็นที่ยังคงต้องใช้สารชนิดนี้ต่อไป

4.1.3 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานของอาคารตัวอย่าง

จากการรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานในหัวข้อ 4.1 สามารถประเมินปริมาณ และสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในแต่ละกิจกรรมของกลุ่มอาคารตัวอย่างทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ได้ดังแสดงในรูปที่ 4-7 และ 4-8 ตามลำดับ



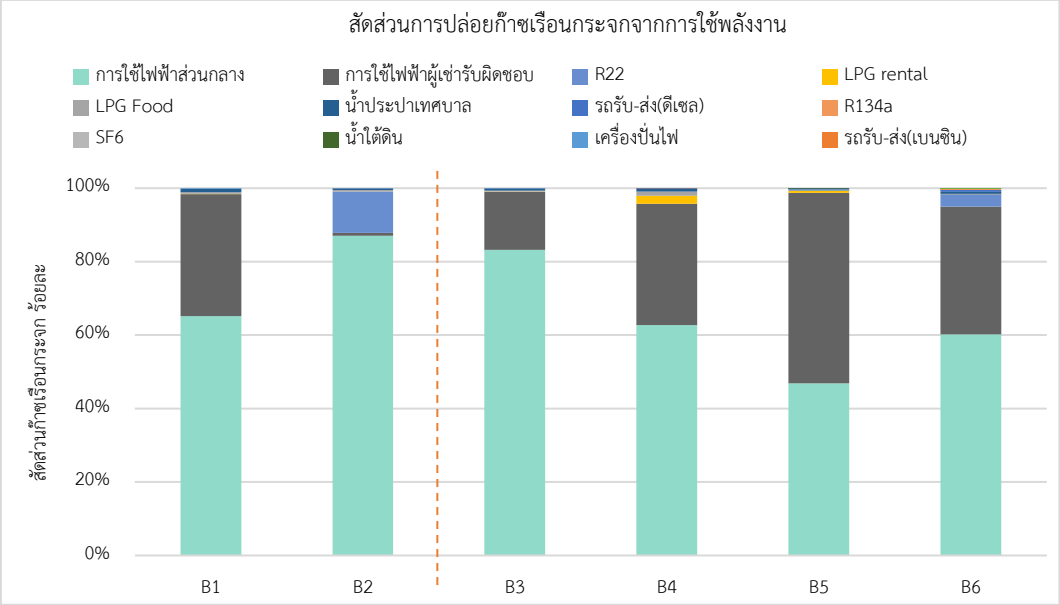
รูปที่ 4-7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานใน รูปที่ 4-7 พบว่ากลุ่มอาคารประเภท ก พบว่า กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือคือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ศูนย์การค้า เฉลี่ย10,370.24 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (SD =6,798.90) รองลงมาคือ การใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นที่เช่าเฉลี่ยเท่ากับ6,627.09 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี(SD=4,648.39) ส่วนการปล่อยดก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งอื่นๆรวมกันพบว่ามีค่าต่ำเฉลี่ยเท่ากับ 97.67 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

ส่วนกลุ่มอาคารประเภท ข พบว่า กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ศูนย์การค้า มีค่าเฉลี่ย 1,148.11ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี รองลงมาคือ การใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นที่เช่า มีค่าเฉลี่ย 208.93ตันคาร์บอนไดออกไซด์

เทียบเท่าต่อปี ส่วนการปล่อยดก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งอื่นๆรวมกันพบว่ามีค่าต่ำเฉลี่ยเท่ากับ 17.84 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี



รูปที่ 4-8 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน

จากสัดส่วนการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน (รูปที่ 4-8) พบว่ากลุ่มอาคารประเภท ก มีกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือคือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ศูนย์การค้า มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 58.76 รองลงมาคือ การใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นที่เช่าเฉลี่ยร้อยละ 37.55 การใช้เชื้อเพลิง LPG บริเวณพื้นที่เช่า เฉลี่ยร้อยละ 0.68 การใช้น้ำประปาจากเทศบาล เฉลี่ยร้อยละ 0.55 การใช้เชื้อเพลิง LPG บริเวณศูนย์อาหาร เฉลี่ยร้อยละ 0.34 รถรับ-ส่ง(ดีเซล) เฉลี่ยร้อยละ 0.23 การใช้เครื่องปั่นไฟ เฉลี่ยร้อยละ 0.03 รถรับ-ส่ง(เบนซิน) เฉลี่ยร้อยละ 0.01 และการใช้เครื่องสูบน้ำดับเพลิง มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.01 ตามลำดับ

ในกลุ่มอาคารประเภท ข สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานที่มีค่ามาที่สุดคือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ศูนย์การค้าเช่นกันเฉลี่ยร้อยละ 78.01 รองลงมาคือ การใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นที่เช่า เฉลี่ยร้อยละ 14.20 การใช้น้ำประปาจากเทศบาล เฉลี่ยร้อยละ 0.68 การใช้เชื้อเพลิง LPG บริเวณศูนย์อาหาร เฉลี่ยร้อยละ 0.42 การใช้เชื้อเพลิง LPG บริเวณพื้นที่เช่า เฉลี่ยร้อยละ 0.06 และการใช้เครื่องปั่นไฟ เฉลี่ยร้อยละ 0.06 ตามลำดับ

4.2 การจัดการขยะมูลฝอยอาคารตัวอย่าง

การศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยของอาคารตัวอย่างของการศึกษาในครั้งนี้ มีการลงพื้นที่เก็บตัวอย่างและทำการวิเคราะห์แยกองค์ประกอบขยะในอาคารตัวอย่างทุกแห่ง โดยมีการเก็บตัวอย่างทั้งวันธรรมดาและวันหยุดเพื่อให้ครอบคลุมปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยที่จะเกิดขึ้นทั้งสัปดาห์ โดยใช้หลักการสุ่มเก็บตัวอย่างขยะมูลฝอยในห้องพักขยะในแต่ละอาคาร ซึ่งปริมาณขยะที่ทำการวิเคราะห์เพื่อคัดแยกองค์ประกอบขยะ จะสุ่มจากปริมาณโดยรวมทั้งหมด โดยใช้หลักการอ้างอิงจาก กรมควบคุมมลพิษ (2546) และความเหมาะสม ณ สถานที่จริง ขยะที่ทำการวิเคราะห์จะเป็นปริมาณขยะสะสมที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน โดยจะเริ่มทำการคัดแยกองค์ประกอบขยะ หลังจากอาคารตัวอย่างปิดให้บริการ และขยะจากส่วนต่างๆของอาคารถูกส่งมารวมกันที่ห้องพักขยะ เพื่อรอรถเก็บขนขยะของทางเทศบาลจะมารับไปกำจัด

4.2.1 แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยจากอาคารตัวอย่าง

จากการศึกษาลักษณะกิจกรรมการดำเนินงาน และระบบการจัดการขยะมูลฝอยของอาคารแต่ละแห่ง ทำให้สามารถระบุแหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอยในพื้นที่กิจกรรมหลักของอาคารแต่ละแห่ง ดังรายละเอียดตามตารางที่ 4-2

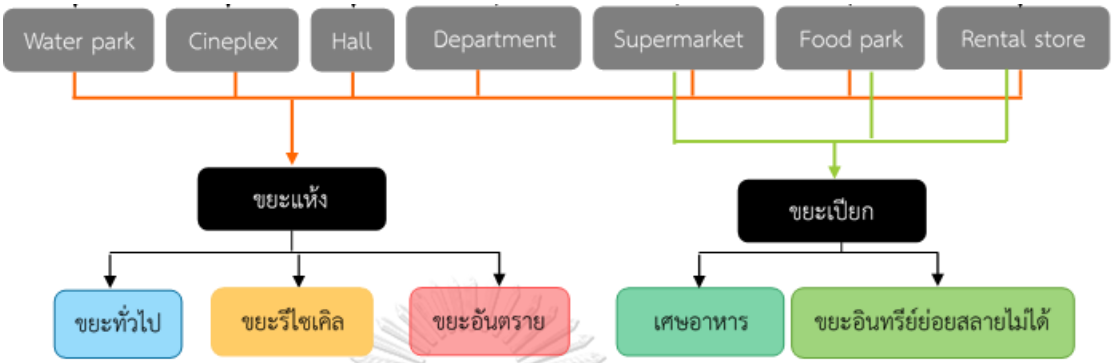
ตารางที่ 4-2 ข้อมูลแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยของอาคารตัวอย่าง

อาคาร	กิจกรรมหลักภายในอาคาร						
	Department	Supermarket	Food park	Cineplex	Hall	Water park	Rental store
B1	✓	✓	✓				✓
B2	✓	✓	✓				✓
B3		✓	✓		✓		✓
B4	✓	✓	✓	✓	✓		✓
B5	✓	✓	✓	✓	✓		✓
B6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

CHULALONGKORN UNIVERSITY

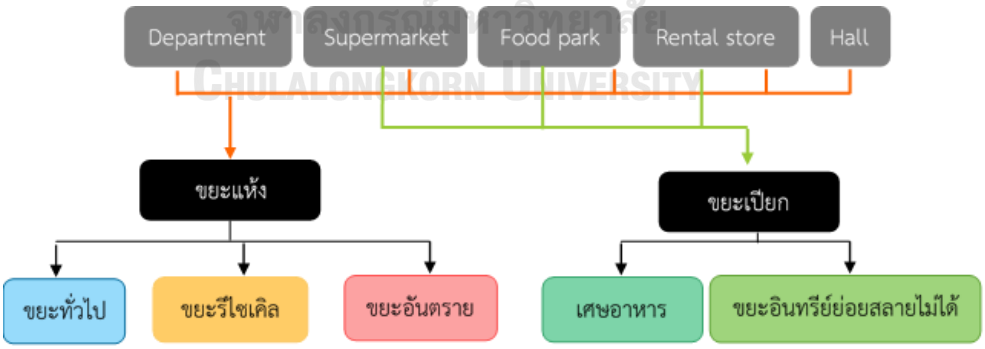
เมื่อทำการแยกประเภทกิจกรรมหลักภายในอาคารสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 กิจกรรมหลักที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่และเป็นต้นกำเนิดของขยะประเภทต่างๆได้ดังตารางที่ 4-2 จากข้อมูลพบว่ากิจกรรมที่ทุกอาคารมีเหมือนกันคือ Supermarket, Food park และ Rental store ซึ่งทั้ง 3 กิจกรรม ล้วนเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดขยะมูลฝอยที่สำคัญ นอกจากนี้ยังมีแหล่งกำเนิดอื่นที่สำคัญ

เช่นกัน คือ ขยะมูลฝอยจากห้องน้ำ และขยะมูลฝอยจากสำนักงานในอาคาร ซึ่งเส้นทางการกำเนิดขยะมูลฝอยของอาคารทุกแห่งสามารถสรุปเป็นแต่ละกิจกรรมได้ดังรูปที่ 4-9 และรูปที่ 4-10



รูปที่ 4-9 แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยในกลุ่มอาคารประเภท ก

รูปที่ 4-9 แสดงให้เห็นทั้งแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยของกลุ่มมอาคารประเภท ก และชนิดของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น ณ สถานที่นั้นๆ โดยกลุ่มอาคารประเภท ข มีแหล่งกำเนิดจาก 7 สถานที่ด้วยกัน คือ 1.Water park 2.Cineplex 3.Hall 4.Department 5.Supermarket 6.Food park และ7.Rental store



รูปที่ 4-10 แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยในกลุ่มอาคารประเภท ข

รูปที่ 4-10 แสดงให้เห็นทั้งแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยของกลุ่มมอาคารประเภท ข และชนิดของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น ณ สถานที่นั้นๆ โดยกลุ่มอาคารประเภท ข มีแหล่งกำเนิดจาก 4 สถานที่

ด้วยกัน คือ Department Supermarket Food park และRental store ซึ่งพบว่า ขยะเปียกมีแหล่งกำเนิดจาก Supermarket Food park และRental store และขยะแห้งพบในทุกแหล่งกำเนิดในอาคารซึ่งพบว่า ขยะเปียกมีแหล่งกำเนิดจาก Supermarket Food park และ Rental store เช่นเดียวกับกลุ่มอาคารประเภท ก และขยะแห้งพบในทุกแหล่งกำเนิดในอาคารเช่นเดียวกับกลุ่มอาคารประเภท ก ด้วยเช่นกัน

4.2.2 องค์ประกอบและปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น

จากการลงพื้นที่เพื่อสำรวจข้อมูลและการสอบถามการจัดการขยะมูลฝอยในแต่ละอาคาร เพื่อศึกษาองค์ประกอบขยะมูลฝอย ปริมาณขยะมูลฝอย และความหนาแน่นของขยะมูลฝอยในอาคารตัวอย่างทั้ง 6 แห่ง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ มาประเมินชนิดและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจริงของแต่ละอาคาร ซึ่งนอกจากจะทราบชนิดและปริมาณแล้ว ยังสามารถนำมาร่วมประเมินหาวิธีการจัดการกับขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นอีกด้วย

การศึกษาองค์ประกอบขยะมูลฝอยจะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างขยะมูลฝอยในช่วงเวลากลางคืนหลังห้างปิดและก่อนที่รถขนขยะมูลฝอยจะมาเก็บขน ซึ่งจะทำการสุ่มตัวอย่างมาจากปริมาณขยะที่สะสมตลอดทั้งวัน โดยในการวิเคราะห์มีการทำ 2 ซ้ำ ครอบคลุมวันธรรมดาและวันหยุด และมีการวิเคราะห์ความหนาแน่นของขยะมูลฝอย ในการคัดเลือกตัวอย่างจะใช่วิธีการสุ่มตัวอย่างจากขยะมูลฝอยที่ถูกนำทิ้งไว้ยังห้องพักขยะ โดยจำนวนขยะที่ถูกสุ่มมาจะมีน้ำหนักระหว่าง 100-150 กิโลกรัม ของทุกอาคาร จากนั้นนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเทคนิค coning and quartering จากการเก็บรวบรวบข้อมูลการเกิดขยะมูลฝอยในอาคารแต่ละประเภทสามารถแบ่งหรือคัดแยกตามองค์ประกอบของขยะได้ 11 ประเภท ได้แก่ กระดาษ เศษอาหาร พลาสติก แก้ว โลหะ เศษผ้า ยาง ไม้ หนัง ของเสียอันตรายและอื่น ๆ โดยข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากการวิเคราะห์คัดแยกองค์ประกอบขยะมูลฝอย โดยแต่ละอาคารมีผลการศึกษาดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

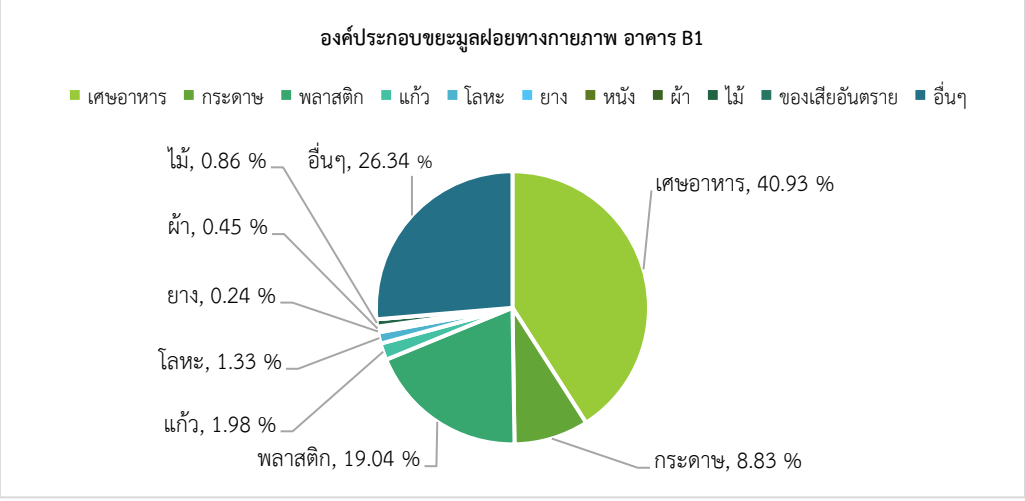
1) อาคาร B1

อาคาร B1 มีการรวบรวมขยะมูลฝอยที่จะถูกกำจัดไว้หลังอาคาร ที่มีลักษณะเป็นจุดรวบรวมขยะ โดยมีผ้าใบปิดล้อม เพื่อรอการขนส่งไปยังหลุมฝังกลบ ขยะมูลฝอยจะถูกคัดแยกก่อนทิ้ง รถเก็บขนขยะมูลฝอยของเทศบาล จะเข้ามาเก็บขยะเวลาประมาณ 01.00 น. ของทุกวัน โดยมีปริมาณขยะเฉลี่ยต่อวันประมาณ 200 -300 กิโลกรัมต่อวัน

- **ผลการคัดแยกองค์ประกอบขยะมูลฝอยอาคาร B1**

จากผลการคัดแยกขยะมูลฝอยของอาคาร B1 จำนวน 2 วันและหาค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอย พบว่า เศษอาหารมีสัดส่วนสูงสุดร้อยละ 40.93 รองลงมา คือ องค์ประกอบอื่นๆซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 26.34 ซึ่ง(ประกอบด้วย ใบไม้, กระดาษทิชชู และกากกาแฟ มีสัดส่วนร้อยละ 25, 1.19 และ0.15 ตามลำดับ) พลาสติกมีสัดส่วนร้อยละ 19.04 กระดาษร้อยละ 8.83 แก้วร้อยละ 1.98 โลหะร้อยละ 1.33 ไม้,ผ้าและยางมีสัดส่วนน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 0.86, 0.45 และ 0.24 ตามลำดับ โดยขยะมูลฝอยของอาคาร B1 มีความหนาแน่นเฉลี่ย 365 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

จากผลการศึกษาพบว่าสัดส่วนของเศษอาหารมีปริมาณมากที่สุด ที่เป็นเช่นนี้เพราะอาคารกรณีศึกษาดังกล่าวมีแผนกขายอาหารสดและเปิดพื้นที่เช่าให้ร้านอาหาร ขยะมูลฝอยจากเศษอาหารจึงเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด สัดส่วนรองลงมา คือ ใบไม้ถือว่ามีสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากพื้นที่ตั้งของอาคารมีสวนและมีต้นไม้ใหญ่เวลาทำความสะอาดบริเวณรอบอาคารก็จะกวาดพวกใบไม้แล้วนำมาทิ้งรวมกับขยะทั่วไป พลาสติกส่วนใหญ่เป็นบรรจุภัณฑ์และในส่วนของกระดาษมีทั้งที่มาจากบรรจุภัณฑ์และกระดาษ ซึ่งแสดงส่วนได้ดังรูปที่ 4-11



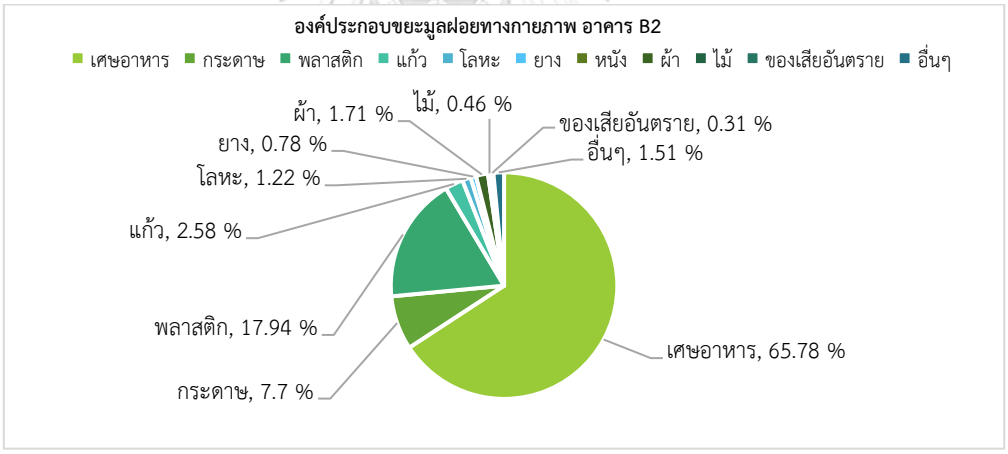
รูปที่ 4-11 องค์ประกอบขยะมูลฝอยทางกายภาพ อาคาร B1

2) อาคาร B2

ขยะมูลฝอยจะถูกคัดแยกก่อนการทิ้ง รถเก็บขนขยะมูลฝอยที่ทางเทศบาลมีการให้บริการ จะเข้ามาเก็บขยะเวลาประมาณ 02.00 น. ของทุกวัน โดยมีปริมาณขยะเฉลี่ยต่อวันประมาณ 300 - 400 กิโลกรัมต่อวัน

- **ผลการคัดแยกองค์ประกอบขยะมูลฝอยอาคาร B2**

จากผลการคัดแยกขยะมูลฝอยของอาคาร B2 จำนวน 2 วันและหาค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอย พบว่า เศษอาหารค่อนข้างสูงสัดส่วนร้อยละ 65.78 อาคารกรณีศึกษาดังกล่าวมีแผนกขายอาหารสดและอาหารที่แปรรูปรองลงมา คือ พลาสติกซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 17.94 กระดาษร้อยละ 7.70 แก้วร้อยละ 2.58 ผ้าร้อยละ 1.71 อื่นๆ(เซรามิก)ร้อยละ 1.51 โลหะร้อยละ 1.22 ยาง, ไม้ และของเสียอันตรายมีสัดส่วนน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 0.78, 0.46 และ 0.31 ตามลำดับ โดยขยะมูลฝอยของอาคาร B2 มีความหนาแน่นเฉลี่ย 325 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 4-12



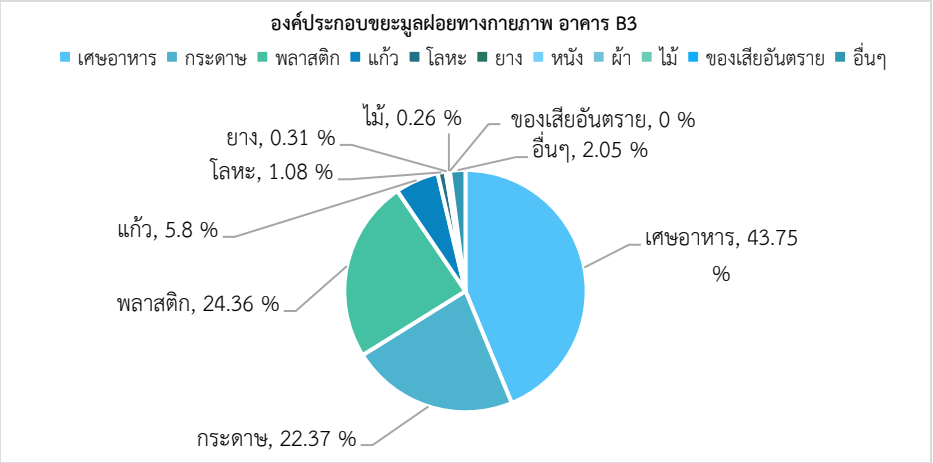
รูปที่ 4-12 องค์ประกอบขยะมูลฝอยทางกายภาพ อาคาร B2

3) อาคาร B3

B3 มีห้องรวบรวมขยะมูลฝอยที่จะถูกกำจัดไว้หลังอาคาร 2 ห้อง สำหรับขยะเปียกและขยะแห้ง เพื่อรอการขนส่งไปยังหลุมฝังกลบและขายให้กับผู้มารับซื้อ ขยะมูลฝอยจะถูกคัดแยกก่อนการทิ้ง รถเก็บขนขยะมูลฝอยที่ทางเทศบาลมีการให้บริการ จะเข้ามาเก็บขยะเวลาประมาณ 03.00 น. ของทุกวัน โดยมีปริมาณขยะเฉลี่ยต่อวันประมาณ 600 -700 กิโลกรัมต่อวัน

- **ผลการคัดแยกองค์ประกอบขยะมูลฝอยอาคาร B3**

จากผลการคัดแยกขยะมูลฝอยของอาคาร B3 จำนวน 2 วันและหาค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอย พบว่า เศษอาหารมีสัดส่วนร้อยละ 43.75 รองลงมา คือ พลาสติกซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 24.36 กระดาษร้อยละ 22.37 แก้วร้อยละ 5.80 อื่นๆ(ใบไม้)ร้อยละ 2.05 โลหะร้อยละ 1.08 ยางและไม้ มีสัดส่วนน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 0.31 และ 0.26 ตามลำดับ โดยขยะมูลฝอยของอาคาร B3 มีความหนาแน่นเฉลี่ย 235 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 4-13



รูปที่ 4-13 องค์ประกอบขยะมูลฝอยทางกายภาพ อาคาร B3

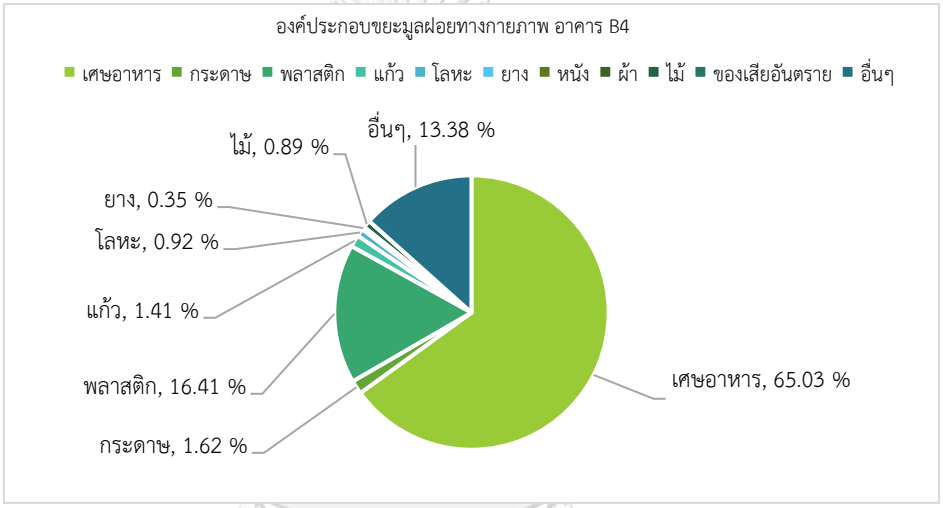
4) อาคาร B4

อาคาร B4 มีพื้นที่ใช้สอยแบ่งเป็น 6 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ Department store Supermarket Food park Hall Cineplex และRental store สำหรับการจัดการขยะมูลฝอยอาคาร B4 มีห้องรวบรวมขยะมูลฝอยที่จะถูกกำจัดไว้หลังอาคาร 2 ห้อง สำหรับขยะเปียกและขยะแห้ง เพื่อรอการขนส่งไปยังหลุมฝังกลบและขายให้กับผู้มารับซื้อ มีการแยกขยะที่จุดพักขยะ ขยะมูลฝอยจะถูกคัดแยกก่อนการทิ้งและก่อนถูกขนส่งไปกำจัดโดยมีผู้รับเหมาเข้ามาทำการคัดแยกขยะที่อาคารในทุกวัน รถเก็บขนขยะมูลฝอยที่ทางเทศบาลมีการให้บริการ จะเข้ามาเก็บขยะเวลาประมาณ 03.00 น. ของทุกวัน โดยมีปริมาณขยะเฉลี่ยต่อวันประมาณ 3,000 -4,000 กิโลกรัมต่อวัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- **ผลการคัดแยกองค์ประกอบขยะมูลฝอยอาคาร B4**

จากผลการคัดแยกขยะมูลฝอยของอาคาร B4 จำนวน 2 วันและหาค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอย พบว่า เศษอาหารมีสัดส่วนสูงร้อยละ 65.03 เนื่องจากมีแผนกขายอาหารสดและอาหารที่แปรรูปรวมถึงร้านค้าเช่าที่ขายอาหารรองลงมา คือ พลาสติกซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 16.41 อื่นๆ(กระดาษทิชชู)ร้อยละ 13.38 กระดาษร้อยละ 1.62 แก้วร้อยละ 1.41 โลหะร้อยละ 0.92 ไม้และยางมีสัดส่วนน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 0.89 และ 0.35 ตามลำดับ โดยขยะมูลฝอยของอาคาร B4 มีความหนาแน่นเฉลี่ย 395 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 4-14



รูปที่ 4-14 องค์ประกอบขยะมูลฝอยทางกายภาพ อาคาร B4

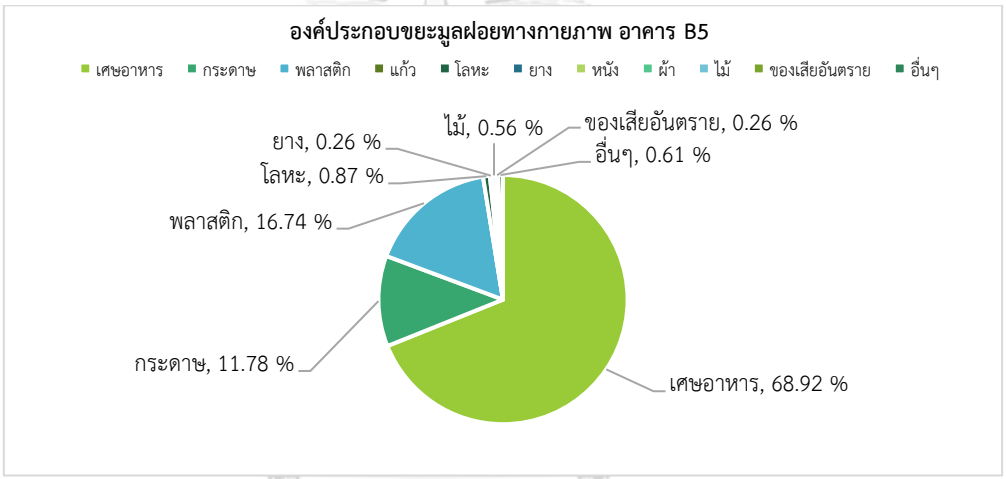
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) อาคาร B5

อาคาร B5 มีพื้นที่ใช้สอยแบ่งเป็น 6 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ Department store Supermarket Food park Hall Cineplex และRental store สำหรับการจัดการขยะมูลฝอยอาคาร B5 มีห้องรวบรวมขยะมูลฝอยที่จะถูกกำจัดไว้หลังอาคาร 2 ห้อง สำหรับขยะเปียกและขยะแห้ง เพื่อรอการขนส่งไปยังหลุมฝังกลบและขายให้กับผู้มารับซื้อ ไม่มีการแยกขยะที่จุดพักขยะ ขยะมูลฝอยจะถูกคัดแยกก่อนการทิ้ง รถเก็บขนขยะมูลฝอยที่ทางเทศบาลมีการให้บริการ จะเข้ามาเก็บขยะเวลาประมาณ 04.00 น. ของทุกวัน โดยมีปริมาณขยะเฉลี่ยต่อวันประมาณ 5,000 - 6,000 กิโลกรัมต่อวัน

- **ผลการคัดแยกองค์ประกอบขยะมูลฝอยอาคาร B5**

จากผลการคัดแยกขยะมูลฝอยของอาคาร B5 จำนวน 2 วันและหาค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอย พบว่า เศษอาหารมีสัดส่วนสูงร้อยละ 68.92 เนื่องจากมีแผนกขายอาหารสดและอาหารที่แปรรูปรวมถึงร้านค้าเช่าที่ขายอาหาร รองลงมา คือ พลาสติกซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 16.74 กระดาษร้อยละ 11.78 โลหะร้อยละ 0.87 อื่นๆ(กระดาษทิชชู)ร้อยละ 0.61 ไม้, ยางและของเสียอันตรายมีสัดส่วนน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 0.56, 0.26 และ 0.26 ตามลำดับ โดยขยะมูลฝอยของอาคาร B5 มีความหนาแน่นเฉลี่ย 235 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 4-15



รูปที่ 4-15 องค์ประกอบขยะมูลฝอยทางกายภาพ อาคาร B5

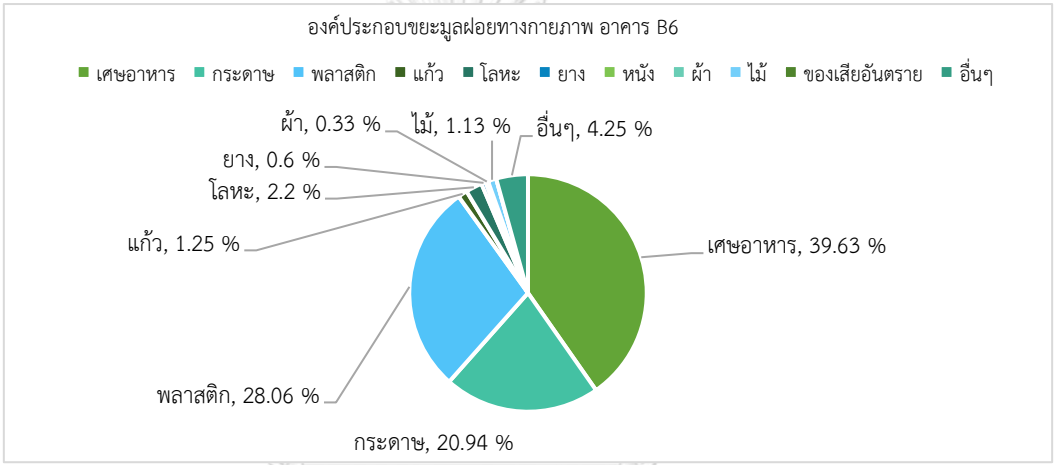
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) อาคาร B6

อาคาร B6 มีพื้นที่ใช้สอยแบ่งเป็น 7 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ Department store Supermarket Food park Water park Hall Cineplex และRental store สำหรับการจัดการขยะมูลฝอยอาคาร B6 มีห้องรวบรวมขยะมูลฝอยที่จะถูกกำจัดไว้หลังอาคาร 2 ห้อง สำหรับขยะเปียกและขยะแห้ง เพื่อรอการขนส่งไปยังหลุมฝังกลบและขายให้กับผู้มารับซื้อ ไม่มีการแยกขยะที่จุดพักขยะ ขยะมูลฝอยจะถูกคัดแยกก่อนการทิ้ง รถเก็บขนขยะมูลฝอยที่ทางเทศบาลมีการให้บริการ จะเข้ามาเก็บขยะเวลาประมาณ 02.00 น. ของทุกวัน โดยมีปริมาณขยะเฉลี่ยต่อวันประมาณ 7,000 -8,000 กิโลกรัมต่อวัน

- **ผลการคัดแยกองค์ประกอบขยะมูลฝอยอาคาร B6**

จากผลการคัดแยกขยะมูลฝอยของอาคาร B6 จำนวน 2 วันและหาค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอย พบว่า เศษอาหารมีสัดส่วนค่อนข้างต่ำร้อยละ 39.63 รองลงมา คือ พลาสติกซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 28.06 กระดาษร้อยละ 20.94 อื่นๆ(กระดาษทิชชู)ร้อยละ 4.25 โลหะร้อยละ 2.2 แก้วร้อยละ 1.25 ไม้, ยางและผ้ามีสัดส่วนน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 1.13, 0.60 และ 0.33 ตามลำดับ โดยขยะมูลฝอยของอาคาร B6 มีความหนาแน่นเฉลี่ย 225 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 4-16



รูปที่ 4-16 องค์ประกอบขยะมูลฝอยทางกายภาพ อาคาร B6

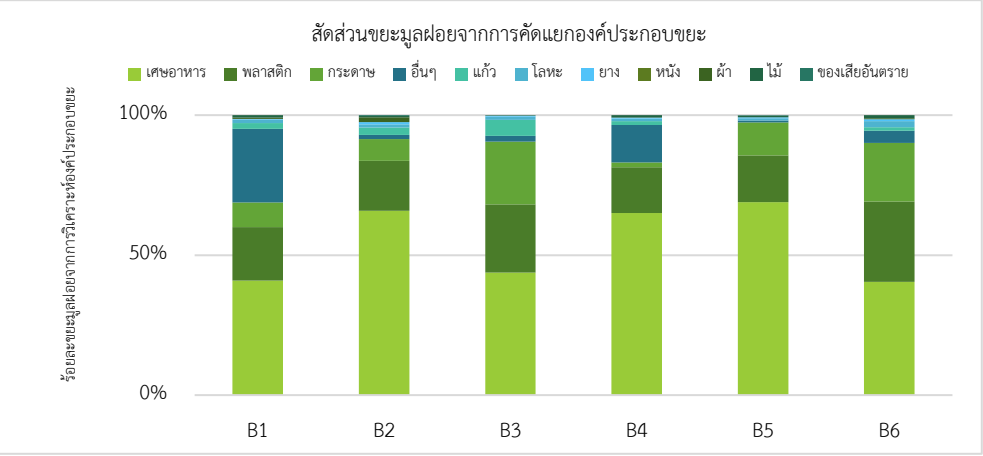
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลในเบื้องต้นโดยแบ่งตามกลุ่มขนาดอาคาร พบว่า กลุ่มอาคารประเภท ข มีแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยในอาคาร คือ Department store Supermarket Food park Rental store และHall ซึ่งปริมาณขยะที่เกิดขึ้นต่อวันนั้นก็มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันอีกด้วย ผลการคัดแยกองค์ประกอบขยะยังพบว่า เศษอาหารเป็นสัดส่วนที่มีปริมาณมากที่สุดจากการวิเคราะห์องค์ประกอบขยะ รองลงมาคือ พลาสติกและกระดาษ นอกจากนี้วิธีการจัดการขยะภายในอาคารยังมีความคล้ายคลึงกันคือ ไม่มีการแบ่งประเภทถังขยะภายในอาคาร ทำให้ขยะส่วนใหญ่ที่ถูกทิ้งคือขยะที่ปะปนกันไม่มีการคัดแยกขยะโดยผู้ทิ้งก่อนทิ้งถังขยะ และการคัดแยกในส่วนของผู้ประกอบการยังพบว่า มีเพียงการคัดแยกขยะบางชนิดที่สามารถจำหน่าต่อให้แก่ผู้รับซื้อของเก่าที่มารับซื้อเท่านั้น เช่น กระดาษลัง แกลลอนพลาสติก และเศษอาหารจากศูนย์อาหาร เท่านั้น

จึงทำให้ขยะมูลฝอยที่จะถูกส่งไปกำจัดนั้น ยังมีขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ปะปนไปด้วย

ในส่วนของกลุ่มอาคารประเภท ก พบว่า ยิ่งอาคารมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นแหล่งกำเนิดขยะภายในอาคารยิ่งมากขึ้นตาม โดยมีแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยมากสุดถึง 7 แหล่ง คือ Department store Supermarket Food park Water park Hall Cineplex และ Rental store และพบว่าในกลุ่มของอาคารประเภท ก จะมีห้องรวบรวมขยะ หรือห้องพักขยะที่รอส่งกำจัดภายในตัวอาคารที่เป็นกิจจะลักษณะมากขึ้น แต่ผลของการคัดแยกองค์ประกอบขยะโดยสัดส่วนที่พบนั้น มีความคล้ายคลึงกันทั้งกลุ่มตัวอย่างอาคารประเภท ก และประเภท ข คือ พบสัดส่วนเศษอาหารมากที่สุด รองลงมาคือ พลาสติกและกระดาษ ตามลำดับ การจัดการขยะมูลฝอยภายในอาคารมีการจัดการที่มากขึ้น เช่น มีการคัดแยกขยะบางประเภทจากแหล่งต่างๆมากขึ้น มีการคัดแยกหลังจากขยะถูกรวบรวมมาที่ห้องพักขยะ และมีการส่งเสริมการคัดแยก ทั้งการทิ้งขยะให้ตรงประเภทของถัง และการเปิดกว้างให้ผู้รับซื้อขยะรีไซเคิลเข้ามารับซื้อขยะรีไซเคิลจากทั้งผู้ประกอบการต่างๆในอาคาร เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการหลังขยะมูลฝอยถูกทิ้งมากยิ่งขึ้น แต่จากการคัดแยกองค์ประกอบขยะยังคงพบความหลากหลายของขยะประเภทต่างๆ ถูกทิ้งปะปนมาด้วยกัน และยังคงพบขยะอันตราย เช่น ถ่าน กระป๋องสเปรย์ เป็นต้น ปะปนมากับขยะทั่วไป ทั้งที่ภายในอาคารได้มีการจัดตั้งถังขยะสำหรับ รับทิ้งขยะอันตรายไว้แล้ว โดยจะแสดงภาพรวมสัดส่วนของขยะมูลฝอยที่ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบขยะในอาคารตัวอย่าง ได้ดังรูปที่ 4-17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-17 สัดส่วนขยะมูลฝอยจากการคัดแยกองค์ประกอบขยะ

ภาพรวมของสัดส่วนทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า ในทุกอาคารเศษอาหารเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด มีค่า เฉลี่ยร้อยละ 54.01 รองลงมาคือพลาสติก มีค่าอยู่ เฉลี่ยร้อยละ 20.43และกระดาษ มีค่า เฉลี่ยร้อยละ 12.13 ในส่วนของสัดส่วนอื่นๆ จะพบเพียงเล็กน้อย และแตกต่างกันในในแต่ละอาคาร แต่สัดส่วนหลักทั้ง 3 ตัว คือเศษอาหาร พลาสติก และกระดาษ ล้วนเป็นขยะมูลฝอยที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ต่อไปได้

โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะมูลฝอยในซูเปอร์มาร์เก็ตในจังหวัดกรุงเทพมหานคร พบว่าสัดส่วนขยะมูลฝอยของงานวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษานี้กล่าวคือ พบเศษอาหารมีสัดส่วนมากที่สุดถึงร้อยละ 35 รองลงมา คือ พลาสติกและโฟมร้อยละ 28 และกระดาษร้อยละ 14.41 ณัฐณิชา พุทธเกษม (2560) อย่างไรก็ตามผลการศึกษาของงานวิจัยดังกล่าวมีความสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ กล่าวคือสัดส่วนของเศษอาหารก็ยังคงเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด โดยสัดส่วนหลักที่พบปริมาณมากที่สุด 3 อันดับคือ เศษอาหาร พลาสติกและกระดาษ ตามลำดับ และยังคงพบสัดส่วนอื่นๆในปริมาณที่ใกล้เคียงกันอีกด้วย สัดส่วนของขยะมูลฝอยของงานวิจัยดังกล่าวหากมีการจัดการขยะมูลฝอยทั้ง 3 ประเภทนี้อย่างถูกวิธีก็จะยิ่งช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะถูกส่งไปกำจัดยังหลุมฝังกลบได้มากขึ้น โดยข้อมูลองค์ประกอบมูลฝอยของงานวิจัยทั้ง 2 งานที่นำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้เป็นดังตารางที่ 4-3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-3 ตารางเปรียบเทียบองค์ประกอบมูลฝอยของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่น

องค์ประกอบทางกายภาพ	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)	
	งานวิจัยนี้	ซูเปอร์มาร์เก็ต (กรุงเทพมหานคร)*
1. เศษอาหาร	54.19	35
2. กระดาษ	12.17	14.41
3. พลาสติก	20.50	28
4. แก้ว	2.18	3
5. โลหะ	1.27	2
6. ยาง	0.42	-
7. หนัง	-	-

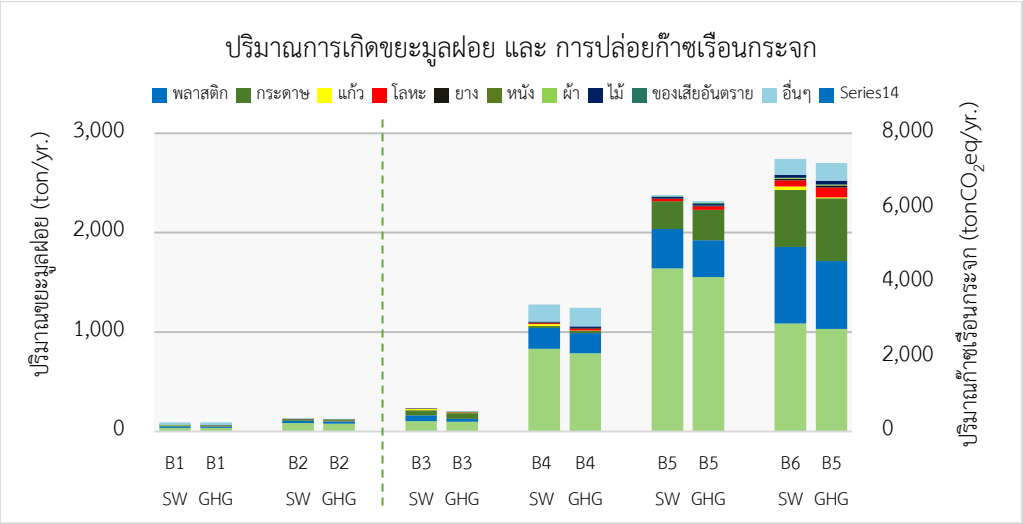
องค์ประกอบทางกายภาพ	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)	
	งานวิจัยนี้	ซูเปอร์มาร์เก็ต (กรุงเทพมหานคร)*
8. ผ้า	0.42	0.3
9. ไม้	0.70	2
10. ของเสียอันตราย	0.10	-
11. อื่น ๆ	8.05	-

ที่มา : * ณัฐณิชา พุทธเกษม (2560)

จากตารางที่ 4-3 สามารถอธิบายได้ว่า สัดส่วนเศษอาหารในงานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ยที่มากกว่างานวิจัยอื่นที่ได้ทำการศึกษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะกิจกรรมของสถานประกอบการที่ทำการวิจัยเป็นอาคารที่มีขายอาหาร ทั้งสดและแปรรูป อีกทั้งยังมีร้านค้าเช่าที่ดำเนินกิจกรรมในลักษณะเดียวกัน จึงอาจทำให้สัดส่วนของเศษอาหารในงานวิจัยนี้มีมากกว่าสัดส่วนของซูเปอร์มาเก็ตที่มีขนาดพื้นที่และกิจกรรมที่เล็กกว่า

4.2.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขยะมูลฝอยที่เกิดในอาคารตัวอย่าง

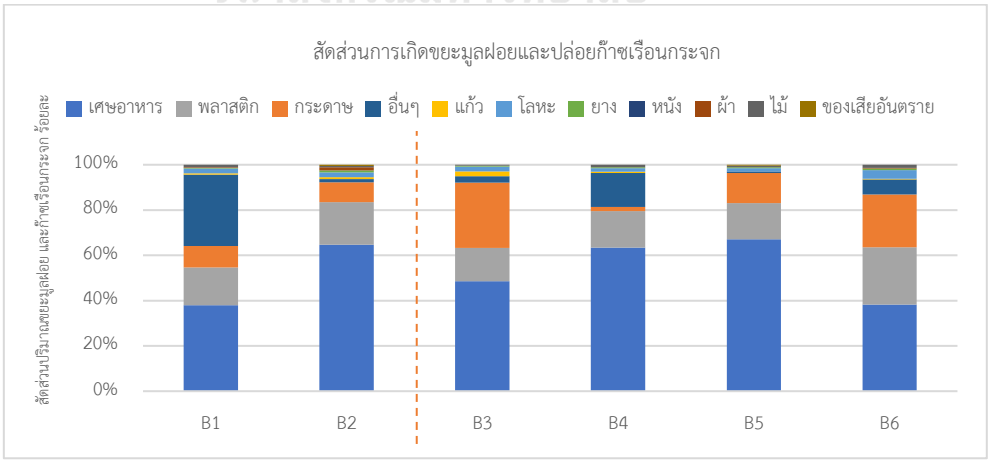
การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในอาคารนั้น จะเป็นการคำนวณและการประมาณการปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเท่านั้น โดยจะใช้ปริมาณเฉลี่ยที่ได้เทียบกับสัดส่วนขององค์ประกอบขยะที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบขยะในงานวิจัยนี้ เพื่อประมาณการปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละอาคาร โดยจะแสดงปริมาณขยะมูลมูลฝอยจากการประมาณการ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปริมาณขยะมูลฝอยที่มาจากการประมาณการ ได้ดังรูปที่ 4-18



รูปที่ 4-18 ปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากรูปที่ 4-18 ในส่วนของกลุ่มอาคารประเภท ก พบว่า มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น อยู่ในช่วง 237.17 ถึง 2,742.77 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (และคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในช่วง 540.74 ถึง 7,196.93 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ส่วนกลุ่มอาคารประเภท ข มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น อยู่ในช่วง 91.26 ถึง 127.75 ตันต่อปี และคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในช่วง 248.76 ถึง 328.83 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-19 สัดส่วนการเกิดและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขยะมูลฝอย

จากรูปที่ 4-19 พบว่า กลุ่มอาคาร ก มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเศษอาหารมากสุดเฉลี่ยร้อยละ 55.16 รองลงมาคือ พลาสติก มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 21.63 กระดาษเฉลี่ยร้อยละ 13.99 แหล่งกำเนิดอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยต่ำมากเท่ากับร้อยละ 9.33 ส่วนกลุ่มอาคารประเภท ข พบว่าสัดส่วนที่เกิดและปล่อยก๊าซเรือนกระจกใกล้เคียงกับกลุ่มอาคารประเภท ก คือจากเศษอาหารมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 55.42 รองลงมาคือ พลาสติกและกระดาษมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 18.40 และ 8.17 แต่ขยะอื่นๆพบว่ามีค่าสูงกว่าอาคารประเภท ก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.17

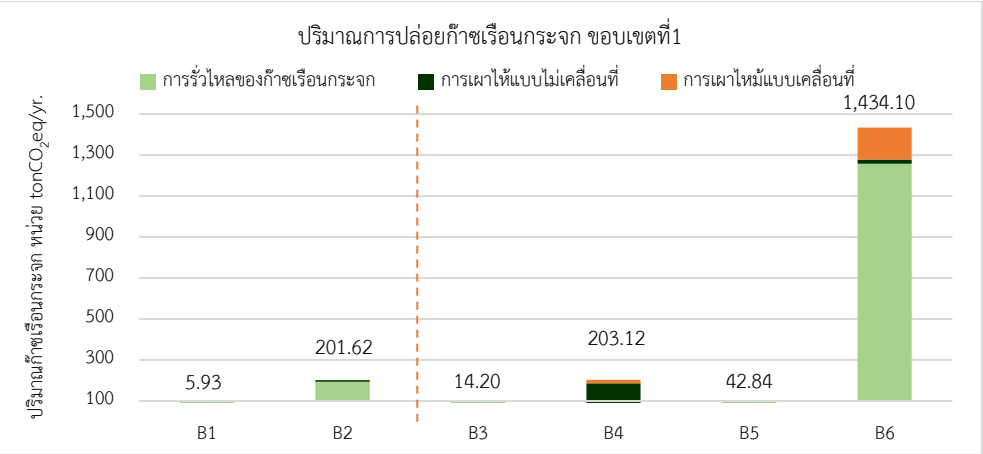
4.3 การประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์องค์กร

4.3.1 ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง

จากข้อมูลการดำเนินกิจกรรมอาคารแต่ละแห่งในหัวข้อ 4.1 พบว่ามีกิจกรรมที่อยู่ในขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์องค์กรขอบเขตที่ 1 แบ่งออกเป็น 3 กิจกรรมหลัก คือ

1) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากอุปกรณ์หรือเครื่องจักร (Stationary Emission)
   - การผลิตไฟฟ้าความร้อนและไอน้ำเพื่อใช้เองภายในองค์กร
   - การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง
   - การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้ม
2) การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากกิจกรรมขนส่ง (Mobile Emission)
   - การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากกิจกรรมขนส่ง ที่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง
3) การรั่วไหลที่ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Leakage Emission)
   - การรั่วซึมของก๊าซเรือนกระจก (สารทำความเย็น)
   - การรั่วไหลจากการใช้ Switch gear
   - การใช้อุปกรณ์ดับเพลิง และการใช้อุปกรณ์ดับเพลิง
   - การใช้ปุ๋ยเคมี

จากการเก็บข้อมูลตามหัวข้อข้างต้นและแบบฟอร์มที่เสนอไว้ในบทที่ 3 แล้วนั้นจะสามารถนำมาสรุปผล ได้ดังรูปที่ 4-20



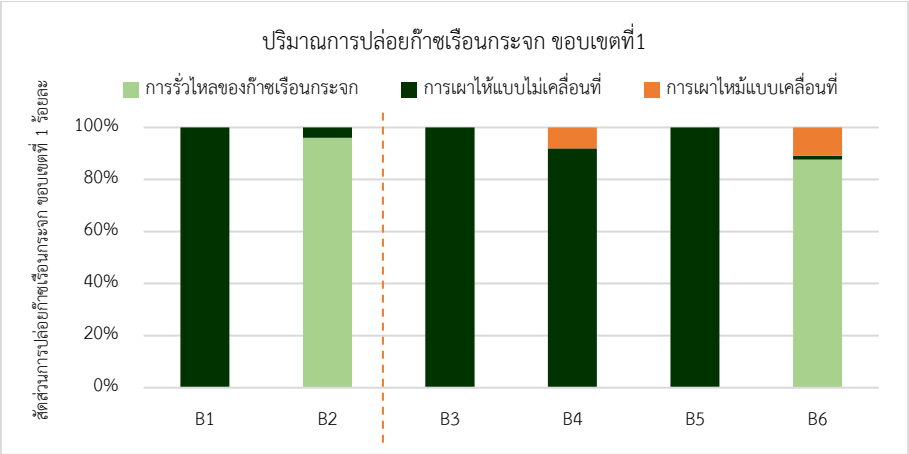
รูปที่ 4-20 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขที่ 1

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 พบว่า

กลุ่มอาคารประเภท ก พบการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากอุปกรณ์หรือเครื่องจักร (Stationary Emission) มีค่าอยู่ในช่วง 14.20 ถึง 186.81 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากกิจกรรมขนส่ง (Mobile Emission) มีค่าอยู่ในช่วง 16.30ถึง 155.60 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยพบการรั่วไหลที่ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Leakage Emission) จากอาคาร B6 เท่านั้น

โดยพบจากการใช้เครื่องปั่นไฟ(ดีเซล) มีค่าอยู่ในช่วง 0.32 ถึง 13.65 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี การใช้เครื่องสูบน้ำดับเพลิง(ดีเซล) มีค่าอยู่ในช่วง 0.70 ถึง 3.25 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และการใช้เชื้อเพลิง LPG ในบริเวณศูนย์อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 12.57 ถึง 184.86 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

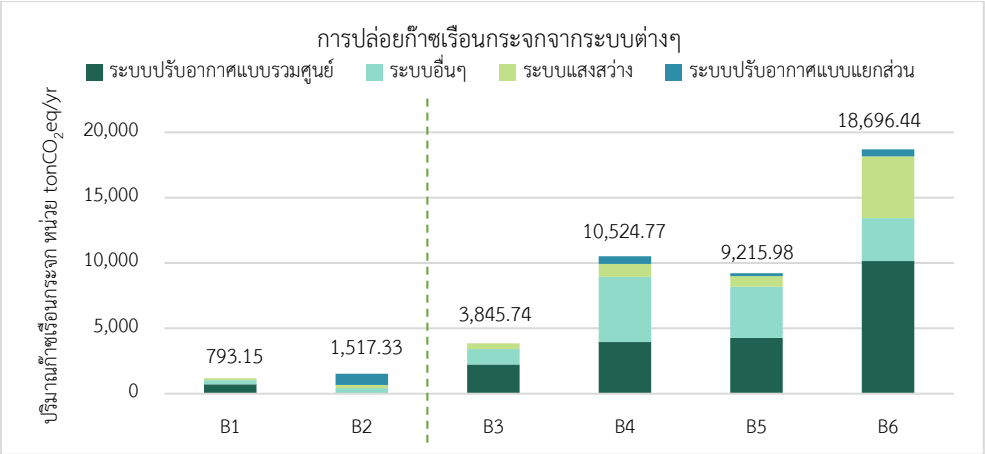
กลุ่มอาคารประเภท ข พบการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากอุปกรณ์หรือเครื่องจักร (Stationary Emission) มีค่าอยู่ในช่วง 5.93 ถึง 7.95 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยพบการรั่วไหลที่ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Leakage Emission) จากอาคาร B2 เท่านั้น และไม่พบ การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากกิจกรรมขนส่ง (Mobile Emission) โดยพบจากการใช้เครื่องปั่นไฟ(ดีเซล) มีค่าอยู่ในช่วง 0.32 ถึง 1.30 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และการใช้เชื้อเพลิง LPG ในบริเวณศูนย์อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 4.63 ถึง 7.62 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยสัดส่วนการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 1 ใน รูปที่ 4-21



รูปที่ 4-21 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือกระจกขอบเขตที่ 1

4.3.2 ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 เป็นกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนความรับผิดชอบของผู้ประกอบการ(อาคาร) จากการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละอาคาร การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารทั่วไปจะแบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 ส่วนคือ 1. ระบบปรับอากาศ (แบบแยกส่วนและแบบศูนย์รวม) 2. ระบบแสงสว่าง และ3. ระบบอื่นๆ แต่ทั้งนี้พบว่า ในอาคารประเภทกบางแห่งมีการแยกการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของพื้นที่เช่าด้วย ซึ่งพบว่าแต่ละอาคารจะมีการบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยแบ่งออกเป็นส่วนความรับผิดชอบของอาคารและส่วนของพื้นที่เช่า ดังนั้นในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 2 ของทุกอาคาร จึงพิจารณาเฉพาะข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนความรับผิดชอบของอาคารเท่านั้น ส่วนการใช้พลังงานของพื้นที่เช่าจะนำไปพิจารณาในขอบเขตที่ 3 แทน ซึ่งสามารถสรุปผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 ตามสัดส่วนต่างๆ ได้ดังรูปที่ 4-22



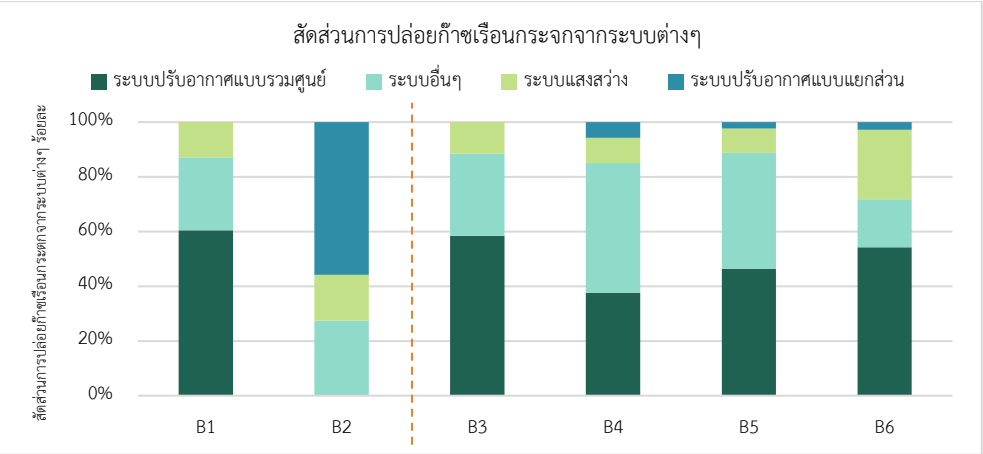
รูปที่ 4-22 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบต่างๆ

จากการปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบต่างๆ ในรูปที่ 4-2 พบว่า

กลุ่มอาคารประเภท ก พบว่าในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ มีค่ามากที่สุดอยู่ในช่วง 2,249.76 ถึง 10,144.53 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี รองลงมาเป็นระบบอื่น ๆ มีค่าอยู่ในช่วง 1,153.72 ถึง 4,989.94 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ระบบแสงสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 442.26 ถึง 4,736.50 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ($tonCO_2eq/yr.$) และ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน มีค่าอยู่ในช่วง 220.24 ถึง 603.96 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มอาคารประเภท ข ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ มีค่า 723.86-1,517.33 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี รองลงมาเป็นระบบอื่นๆ มีค่าอยู่ในช่วง 318.86 ถึง 415.90 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และระบบแสงสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 153.75 ถึง 253.85 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี **Ffp**สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้พลังงานในระบบต่างๆ ดังรูปที่ 4-23

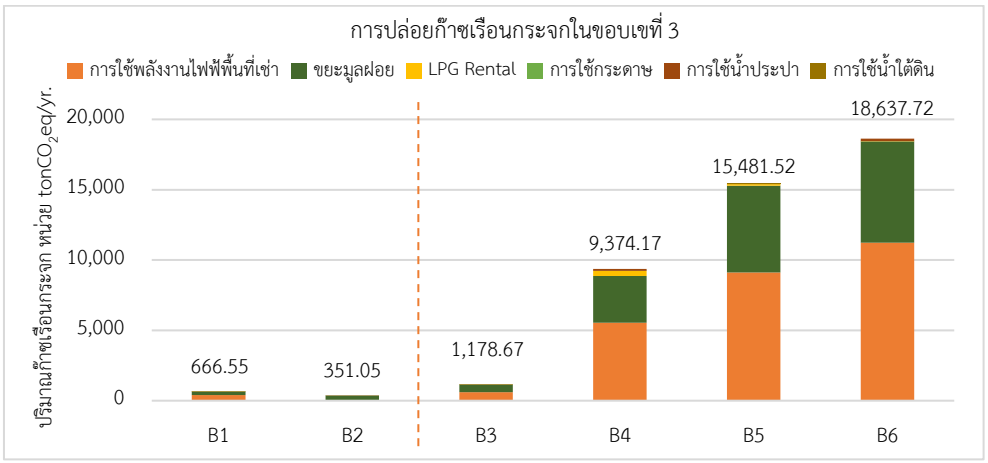


รูปที่ 4-23 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้พลังงานในระบบต่างๆ

4.3.3 ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ

จากข้อมูลการดำเนินกิจกรรมของอาคารแต่ละแห่งในหัวข้อ 4.1 และ 4.2 พบว่ามีข้อมูลกิจกรรมที่สามารถนำมาประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นองค์กร มีความสอดคล้องของข้อมูลที่สามารถนำมาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ซึ่งในที่นี้ขอบเขตที่ 3 ที่เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระทางอ้อมอื่น ๆ นอกเหนือจากขอบเขตที่1 และ 2 ซึ่งจะประกอบด้วยทั้งหมด 5 กิจกรรม ได้แก่ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกพลังงานไฟฟ้าพื้นที่เช่า การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้ม โดยหน่วยงานภายนอก การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัสดุสิ้นเปลือง(กระดาษ)ภายในสำนักงาน การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปา และปริมาณขยะมูลฝอย ซึ่งสามารถสรุปปริมาณและสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 ได้ดังรูปที่ 4-24 และรูปที่ 4-25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

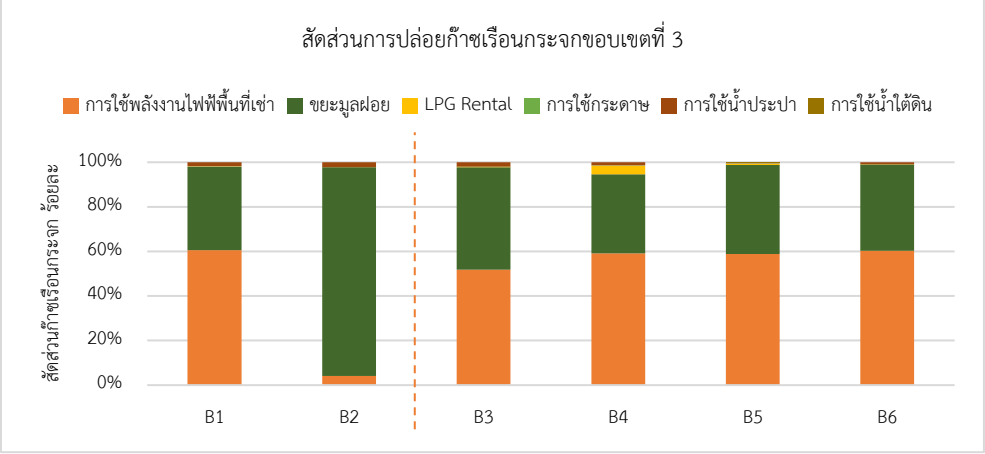


รูปที่ 4-24 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 พบว่า

กลุ่มอาคารประเภท ก พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นที่เช่า มีค่ามากที่สุดอยู่ในช่วง 610.67 ถึง 11,237.04 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี รองลงมาเป็นปริมาณขยะมูลฝอย มีค่าอยู่ในช่วง 540.74 ถึง 7,196.93 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี การใช้เชื้อเพลิง LPG ในพื้นที่เช่า มีค่าอยู่ในช่วง 3.65 ถึง 375.33 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี การใช้น้ำประปาจากเทศบาล มีค่าอยู่ในช่วง 22.83 ถึง 187.12 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี การใช้กระดาษในสำนักงาน มีค่าอยู่ในช่วง 0.77 ถึง 12.01 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และมีแค่อาคารเดียวในกลุ่มตัวอย่างนี้เท่านั้นที่มีการใช้น้ำใต้ดิน

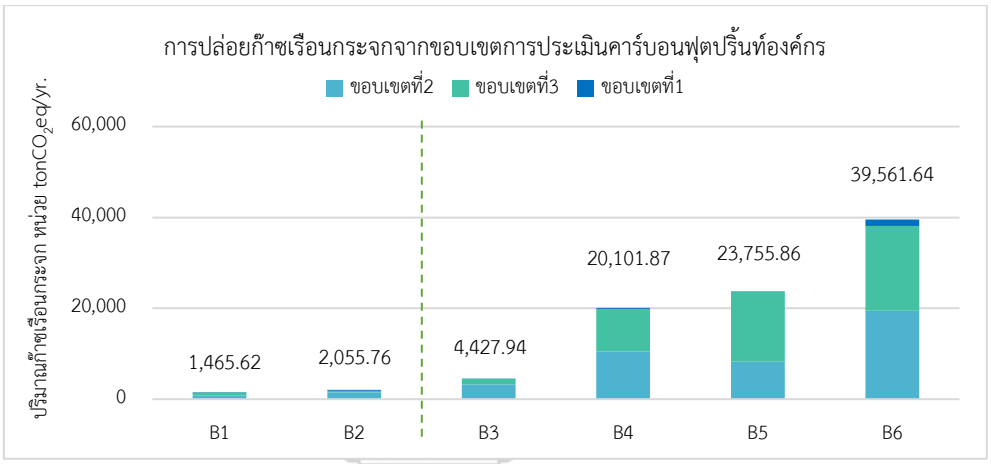
กลุ่มอาคารประเภท ข พบปริมาณารขยะมูลฝอย มีค่ามากที่สุดอยู่ในช่วง 248.76 ถึง 328.83 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี รองลงมาเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นที่เช่ามีค่าอยู่ในช่วง 14.40 ถึง 403.46 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี การใช้น้ำประปาจากเทศบาล มีค่าอยู่ในช่วง 7.67 ถึง 12.45 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี การใช้เชื้อเพลิง LPG พื้นที่เช่ามีค่า 1.68 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และการใช้กระดาษในสำนักงาน มีค่าอยู่ในช่วง 0.15 ถึง 0.21 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังรูปที่ 4-25



รูปที่ 4-25 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 3

4.3.2 ภาพรวมการประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์องค์กร

จากการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคารศูนย์การค้าทั้ง 6 แห่ง พบว่าอาคารศูนย์การค้ากรณีศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 1,216.86 ถึง 32,364.71 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ซึ่งมีค่าแตกต่างกันมาก ขึ้นกับขนาดพื้นที่ใช้สอยและกิจกรรมของแต่ละอาคาร โดยขอบเขตที่ 2 เป็นขอบเขตที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมาคือขอบเขตที่ 3 และขอบเขตที่ 1 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4-26



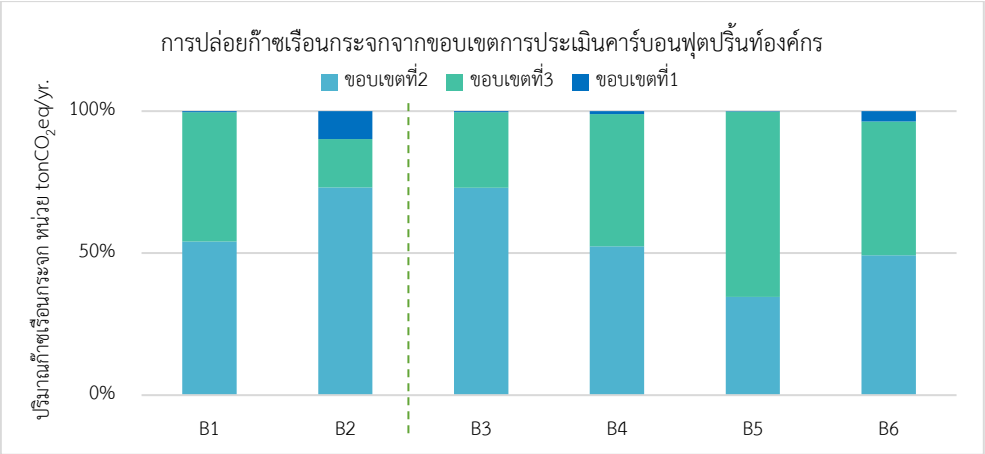
รูปที่ 4-26 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์องค์กร

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์ พบว่า

กลุ่มอาคารประเภท ก พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 1 อยู่ในช่วง 14.20 ถึง 1,434.10 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ขอบเขตที่ 2 อยู่ในช่วง 3,235.07 ถึง 19,489.82 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และขอบเขตที่ 3 อยู่ในช่วง 1,178.67 ถึง 18,637.72 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

กลุ่มอาคารประเภท ข พบว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 1 อยู่ในช่วง 5.93 ถึง 201.62 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ขอบเขตที่ 2 อยู่ในช่วง 793.15 ถึง 1,503.08 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และขอบเขตที่ 3 อยู่ในช่วง 351.05 ถึง 666.55 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-27 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นองค์กร

จากสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ใน รูปที่ 4-27 สามารถอธิบายได้ว่า

กลุ่มอาคารประเภท ก พบว่าขอบเขตที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ ขอบเขตที่ 3 มีสัดส่วนร้อยละ 50.85 รองลงมาเป็นขอบเขตที่ 2 มีสัดส่วนร้อยละ 47.22 จากการ และขอบเขตที่ 1 มีสัดส่วนร้อยละ 1.93 ตามลำดับ

กลุ่มอาคารประเภท ข พบว่าขอบเขตที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ ขอบเขตที่ 2 มีสัดส่วนร้อยละ 65.21 รองลงมาเป็นขอบเขตที่ 3 มีสัดส่วนร้อยละ 28.90 จากการ และขอบเขตที่ 1 มีสัดส่วนร้อยละ 5.89 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า พบว่าอาคารศูนย์การค้าเป็นอาคารที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารประเภทอื่น เช่น โรงพยาบาล โรงแรม สำนักงาน และสถานศึกษา เป็นต้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 19,242.15 ถึง 34,095.60 $tonCO_2eq/yr.$ ในขณะที่อาคารประเภทอื่นมีค่าอยู่ในช่วง 127.08 ถึง 8,055 $tonCO_2eq/yr.$

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคารศูนย์การค้ากับอาคารประเภทอื่นๆ

ประเภทอาคาร	คาร์บอนฟุตปริ้นท์องค์กร ($tonCO_2eq/yr.$)	ขอบเขตที่ 1 และ 2 (ร้อยละ)	ขอบเขตที่ 3 (ร้อยละ)
*ศูนย์การค้า	19,242.15 - 34,095.60	100	0
*โรงพยาบาล	5,211 – 7,243	100	0

ประเภทอาคาร	คาร์บอนฟุตปริ้นท์องค์กร ($tonCO_2eq/yr.$)	ขอบเขตที่ 1 และ 2 (ร้อยละ)	ขอบเขตที่ 3 (ร้อยละ)
*สำนักงาน	862.49 – 3,377.56	98.73	1.27
*สถานศึกษา	99.09 – 371.13	84.33	15.67
*โรงแรม	7,087 – 8,055	100	0
งานวิจัยนี้	1,465.62 – 39,561.64	49.99	50.01

*ที่มา : อทิตินนท์ ภูพาดทอง (2560)

จากการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างงานวิจัยนี้และงานวิจัยก่อนหน้า พบว่า ในงานวิจัยก่อนหน้าช่วงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอาคารศูนย์การค้า มีค่าสูงมากที่สุด เมื่อเทียบกับอาคารประเภทอื่นๆ รองลงมาคือ โรงแรม โรงพยาบาล สำนักงาน และสถานศึกษา ตามลำดับ ซึ่งแต่ละอาคารมีค่าที่อยู่ในช่วงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่เมื่อเทียบกับงานวิจัยนี้ที่มีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกขอบเขต อาจทำให้เห็นถึงจุดที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ชัดเจนยิ่งขึ้น พบว่า ค่าร้อยละในการศึกษาก่อนหน้า ขอบเขตที่ 1 และ 2 เป็นขอบเขตที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าขอบเขตที่ 3 โดยในขอบเขตที่ 3 มีสัดส่วนที่น้อยมาก อาจเป็นเพราะอาคารตัวอย่างไม่มีข้อมูลที่สามารถนำมาคำนวณได้ จึงทำให้สัดส่วนในขอบเขตที่ 3 ของงานวิจัยก่อนหน้ามีสัดส่วนที่น้อยกว่าในงานวิจัยนี้

4.4 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการอนุรักษ์พลังงาน และการจัดการขยะมูลฝอย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาในหัวข้อที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารและขยะเศษอาหาร เป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ดังนั้นเพื่อเป็นการเสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าและการกำจัดขยะ การศึกษาในครั้งนี้จึงได้ศึกษามาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารประเภทศูนย์การค้า เพื่อประเมินศักยภาพในการลดการใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละมาตรการ รวมไปถึงการนำแนวคิดทางด้านเศรษฐศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือที่เรียกว่า GHG Abatement Cost โดยอาศัยหลักการการวิเคราะห์ Marginal Abatement Cost (MAC Method) เพื่อเสนอมาตรการหรือเทคโนโลยีที่เหมาะสม (ลงทุนต่ำแต่มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง) สำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารตัวอย่าง

4.4.1 การศึกษาต้นทุนการลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารตัวอย่าง

การศึกษาต้นทุนการลดใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร โดยจะเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการดำเนินการของแต่ละมาตราการต่อผลประโยชน์ที่ได้รับจากการประหยัดพลังงาน หากผลประโยชน์สูงกว่าค่าใช้จ่ายจะถือว่ามาตรการดังกล่าวมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

จากการศึกษาข้อมูลมาตรการอนุรักษ์พลังงานของอาคารแต่แห่งพบว่ามาตรการที่อาคารทั้ง 2 กลุ่มได้มีการดำเนินการไปใน ปี พ.ศ. 2561 สามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มมาตรการ ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 มาตรการอนุรักษ์พลังงานของกลุ่มอาคารตัวอย่าง

ลำดับ	กลุ่มมาตรการอนุรักษ์พลังงาน	อาคารที่ดำเนินมาตรการ	รายละเอียด	จำนวนมาตรการ
1	การเปลี่ยนหลอดไฟประสิทธิภาพสูง LED (High efficiency LED replacement)	B1, B3, B6	เปลี่ยนหลอดไฟ ฮาโลเจน เปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนท์ เป็นหลอดไฟ LED	3
2	การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ (Spilt-type AC system maintenance)	B2	บำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบ Package Unit หรือ แยกส่วน	1
3	ลดเวลาใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า (Working hours reduction)	B2	ลดเวลาการใช้งานของระบบปรับอากาศ	1
4	การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม (Saving Practice)	B4	ปรับลด Hz ที่ VSD ของเครื่องสูบน้ำเย็นให้เหมาะสม	1
5	การติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ (Solar cell setting)	B5	การติดตั้ง Solar Rooftop	1

โดยค่าการลดใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการศึกษานี้ ได้ทำการลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล หรือ Normalization ด้วยพื้นที่ใช้งานของอาคารตัวอย่าง เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบศักยภาพระหว่างมาตรการต่าง ๆ ได้ โดยค่าศักยภาพ และต้นทุนการลดใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับมาตรการอนุรักษ์พลังงานของอาคารตัวอย่างในปี พ.ศ. 2561 แสดงผลได้ดังตารางที่ 4-6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-6 ศักยภาพ และต้นทุนการลดใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับมาตรการอนุรักษ์พลังงานของอาคารตัวอย่างในปี พ.ศ. 2561

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	Energy reduction (kWh/yr.)	GHG reduction ($tonCO_2eq/yr.$)	ยะเวลาคืนทุน (ปี)	GHG Abatement cost ($Bath/tonCO_2eq$)
Working hours reduction	208,142.35	124.60	-	-6,438.99
Spilt-type AC system maintenance	49,257.50	35.36	0.16	-6,007.84
Saving practice	282.96	282.96	-	-5,801.16
High efficiency LED lights replacement	142,928.16	85.56	0.75	-3,799.33
Solar cell setting	1,485,380	889.15	6.19	-1,591.66

จากตารางที่ 4-6 พบว่ามาตรการอนุรักษ์พลังงานจากอาคารตัวอย่างที่ได้ทำการศึกษา โดยกลุ่มที่ไม่มีการใช้ต้นทุนในรูปของเงินลงทุนเทียบเท่ารายปี พบว่ากลุ่มมาตราการลดชั่วโมงการใช้งาน (Working hours reduction) มีประสิทธิภาพมากทางเศรษฐศาสตร์ที่มากกว่า แต่กลุ่มมาตรการการปรับปรุงพฤติกรรมผู้ใช้งาน (Saving practice) มีศักยภาพในด้านสิ่งแวดล้อมที่มากกว่า ในส่วนของกลุ่มที่มีการใช้ต้นทุนในรูปของเงินลงทุนเทียบเท่ารายปี พบว่ามาตรการมาตาการการบำรุงรักษาอุปกรณ์ทั่วไปของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spilt-type AC system maintenance) มีศักยภาพด้านเศรษฐศาสตร์มากที่สุด ในขณะที่มาตรการการติดตั้งระบบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานใช้ในอาคาร (Solar cell setting) มีศักยภาพด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด

เมื่อแบ่งมาตรการออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ไม่มีการใช้ต้นทุนในรูปของเงินลงทุนเทียบเท่ารายปี และกลุ่มที่มีการใช้ต้นทุนในรูปของเงินลงทุนเทียบเท่ารายปี จะพบว่า

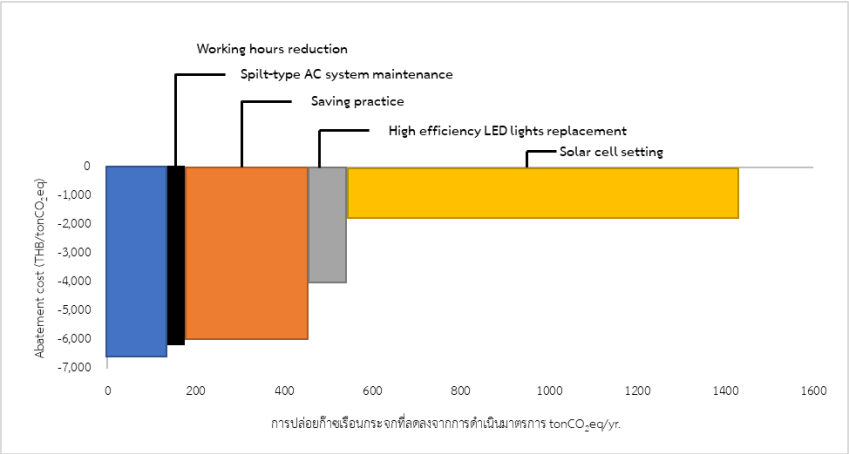
1) กลุ่มที่ไม่มีการใช้ต้นทุนในรูปของเงินลงทุนเทียบเท่ารายปี ซึ่งในกลุ่มนี้จะพบมาตรการทั้งหมด 2 มาตรการ ได้แก่ กลุ่มมาตราการลดชั่วโมงการใช้งาน (Working hours reduction) และกลุ่มมาตรการการปรับปรุงพฤติกรรมผู้ใช้งาน (Saving practice) พบว่ากลุ่มมาตราการลดชั่วโมงการใช้งาน (Working hours reduction) มีประสิทธิภาพมากทางเศรษฐศาสตร์ที่มากกว่ากลุ่มมาตรการการปรับปรุงพฤติกรรมผู้ใช้งาน (Saving practice) แต่กลุ่ม

มาตรการการปรับปรุงพฤติกรรมผู้ใช้งาน (Saving practice) มีศักยภาพในด้านสิ่งแวดล้อมที่มากกว่า แต่อย่างไรก็ดีจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กล่าวว่ากลุ่มมาตรการการปรับปรุงพฤติกรรมผู้ใช้งานสามารถลดการใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมได้มากกว่ากลุ่มมาตการการลดชั่วโมงการใช้งาน และเป็นมาตรการที่ยังมีศักยภาพมากพอในการลดใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากที่สุด อทิตินนท์ ภูพาดทอง (2560)

2) กลุ่มที่มีการใช้ต้นทุนในรูปของเงินลงทุนเทียบเท่ารายปี ซึ่งในการศึกษานี้จะมีทั้งหมด 3 มาตรการได้แก่ พบว่า มาตาการการบำรุงรักษาอุปกรณ์ทั่วไปของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spilt-type AC system maintenance) มาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟเป็นหลอดประหยัดพลังงาน LED ประสิทธภาพสูง (High efficiency LED lights replacement) และมาตรการการติดตั้งระบบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานใช้ในอาคาร (Solar cell setting) ซึ่งมาตรการมาตาการการบำรุงรักษาอุปกรณ์ทั่วไปของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spilt-type AC system maintenance) มีศักยภาพด้านเศรษฐศาสตร์มากที่สุด ในขณะที่มาตรการการติดตั้งระบบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานใช้ในอาคาร (Solar cell setting) มีศักยภาพด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด

การคำนวนต้นทุนการลดการก๊าซปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG abatement cost) และค่าการลดใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ใช้งาน ผลการคำนวณดังกล่าวสามารถนำมาสร้างกราฟต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ GHG Marginal abatement cost curve เพื่อประเมินค่าศักยภาพการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังในรูปที่ 4-28 จะแสดงกราฟต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับมาตการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-28 ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับมาตการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

โดยแกนแนวนอนในรูปที่ 4-28 ส่วนในแกนแนวตั้งคือ ค่าต้นทุนในการลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในหน่วย THB/tonCO$_2$eq ซึ่งหากมาตรการใดมีค่า Abatement cost ติดลบ แสดงให้เห็นว่าการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารตัวอย่างที่ได้ทำการศึกษา มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม

จากการศึกษา มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่อาคารตัวอย่างได้ปฏิบัติในปี พ.ศ.2561 พบว่า ทุกมาตรการมีผลประโยชน์เกิดขึ้นจากการดำเนินมาตรการโดยเฉพาะอย่างยิ่งในมาตรการใน มาตรการการลดชั่วโมงใช้งาน (Working hours reduction) มาตรการการปรับปรุงพฤติกรรมผู้ใช้งาน (Saving practice) และมาตรการการบำรุงรักษาอุปกรณ์ทั่วไปเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spilt-type AC system maintenance) ซึ่งเป็นมาตรการที่ควรพิจารณาในการดำเนินการเป็นอันดับต้นๆ โดยถ้ามองในมุมมองด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมแล้ว จะเห็นว่ามาตรการเหล่านี้นอกจากจะมีผลประโยชน์เกิดขึ้นจากการดำเนินมาตรการแล้ว ยังมีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4.2 มาตรการทางเลือกสำหรับการจัดการขยะมูลฝอยสำหรับอาคารตัวอย่าง

ถึงแม้อาคารแต่ละแห่งจะมีการจัดการขยะมูลฝอยอยู่แล้ว แต่จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า ยังมีการจัดการที่มีข้อบกพร่องและสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของการดำเนินงาน ที่จะสามารถช่วย

ลดปริมาณขยะมูลฝอยไปยังหลุมฝังกลบได้ การนำหลักการ 3Rs เข้ามาช่วยบริหารจัดการอาจเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับการจัดการขั้นพื้นฐานของอาคารทั่วไป

จากการศึกษาข้อมูลการจัดการขยะมูลฝอยของอาคารตัวอย่างแต่ละแห่ง พบว่า การจัดการขยะมูลฝอยในทุกอาคารมีวิธีการที่คล้ายคลึงกัน คือ มีการขายขยะรีไซเคิลให้กับผู้รับซื้อขยะรีไซเคิล มีการขายและบริจาคเศษอาหารเพื่อเป็นอาหารสัตว์(ถังข้าวหมู) และในส่วนที่เหลือจะถูกรับไปกำจัดยังหลุมฝังกลบ โดยทั่วไปขยะมูลฝอยที่ถูกทิ้งจะถูกรวมกันที่จุดใดจุดหนึ่งของอาคารเพื่อง่ายต่อการส่งไปกำจัด ซึ่งทางเทศบาลจะเป็นผู้รับจ้างขนส่งขยะทั้งหมดในแต่ละวันโดยใช้รถเก็บขนขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตามขยะมูลฝอยที่จะถูกทิ้งจากอาคาร เมื่อทำการศึกษาคัดแยกขยะพบว่า ขยะมูลฝอยในส่วนนี้ยังมีองค์ประกอบที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น เศษอาหาร พลาสติกรีไซเคิลต่าง ๆ และขวดแก้ว เป็นต้น ดังที่ได้ทำการศึกษาไว้แล้วในหัวข้อที่ 4.2

มาตรการและการจัดการขยะมูลฝอยอินทรีย์หรือเศษอาหาร

การศึกษาก่อนหน้าชี้ให้เห็นว่าขยะมูลฝอยที่เกิดจากอาคารศูนย์การค้า มีองค์ประกอบขยะที่มีปริมาณมากที่สุดคือ เศษอาหาร ร้อยละ 35 รองลงมา คือ พลาสติก และกระดาษ ร้อยละ 28 และ 31 ตามลำดับ ณัฐณิชา พุทธเกษม (2560) โดยผลการศึกษาข้างต้นมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ ดังนั้นเพื่อเป็นการลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะถูกนำไปฝังกลบ และลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการจัดการตั้งแต่ต้นทาง ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากที่จะสามารถช่วยลดผลกระทบจากปัญหาด้านการจัดการขยะมูลฝอยได้

นอกจากนี้การศึกษาองค์ประกอบขยะภายในอาคารศูนย์การค้า อทิตินนท์ ภูพาดทอง (2560) พบว่าขยะมูลฝอยที่มีสัดส่วนมากที่สุดจากการทำการคัดแยกหาองค์ประกอบขยะคือ สัดส่วนของเศษอาหาร หรือขยะอินทรีย์ โดยเฉลี่ยพบมาถึงร้อยละ 60 จากองค์ประกอบทั้งหมด นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่าขยะอินทรีย์หรือเศษอาหารมีศักยภาพในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลาย โดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้ทำการประเมินก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากอาหารเหลือทิ้งในโลกนี้ อาจมีปริมาณเทียบได้เท่ากับ 3,300 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการ นำขยะเศษอาหารหรือขยะอินทรีย์ด้วยวิธีการฝังกลบรวมกับขยะประเภทอื่นๆ เป็นวิธีการที่เสี่ยงต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศ จากการย่อยสลายจะเกิดก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก 1 ใน 6

ชนิด ที่ก่อให้เกิดปัญหาโลกร้อนหรือภาวะเรือนกระจก (Green House Effect) TGO (2020) หากไม่มีการจัดการที่เหมาะสม

ดังนั้นการศึกษาแนวทางสำหรับการลดการเกิดขยะมูลฝอยประเภทขยะอินทรีย์ ณ แหล่งกำเนิด โดยเฉพาะในอาคารศูนย์การค้าที่เป็นแหล่งกำเนิดของขยะอินทรีย์หรือเศษอาหาร จะสามารถช่วยลดทั้งปริมาณขยะที่จะถูกนำไปฝังกลบและลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์อีกด้วย หลักการที่สามารถจัดการกับขยะอินทรีย์ที่เกิดขึ้นภายในอารคารศูนย์การค้าทั่วไปได้ดีที่สุด คือ หลักการ “Reduce” และ “Reuse” โดยสามารถทำได้หลากหลายวิธี เช่น

<u>การลดที่แหล่งกำเนิด</u>

- ลดการสูญเสียวัตถุดิบในการประกอบอาหารให้ได้มากที่สุด
- การบริโภคให้เพียงพอต่อความต้องการ

} Reduce

<u>การใช้ซ้ำ</u>

- การบริจาคอาหารที่ใกล้หมดอายุให้กับการกุศล
- การถนอมอาหารเพื่อยืดระยะเวลาในการใช้งานหรือบริโภค
- การแปรรูปอาหาร

} Reuse

นอกจากการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคแล้ว การนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้เพื่อช่วยในการแก้ไขปัญหา อาจส่งผลดีที่มากกว่าการกำจัดเศษอาหารที่คงเหลือ แต่ยังได้พลังงานจากเศษอาหารเหล่านี้กลับคืนมาอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเศษอาหารโดยแบ่งออกเป็น 3 วิธีการ โดยได้ผลประโยชน์จากแต่ละวิธีการ ดังนี้

1. นำไปทำสารปรับปรุงดิน
2. นำไปทำสารปรับปรุงดินและก๊าซชีวภาพ
3. ทำอาหารสัตว์

ซึ่งทุกวิธีการจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กลุ่มอาคารที่มีศักยภาพในการกำจัดขยะอินทรีย์ 100 กิโลกรัมต่อวัน และ 500 กิโลกรัมต่อวัน

1) การนำไปทำเป็นสารปรับปรุงดิน

นวัตกรรมเครื่องกำจัดขยะเศษอาหาร กำจัดขยะอินทรีย์ สำหรับการเปลี่ยนขยะเศษอาหารเป็นวัสดุมีคุณค่า สามารถกำจัดขยะเศษอาหาร ขยะอินทรีย์แปรรูปเป็นปุ๋ย วัสดุปรับปรุงดิน ด้วยระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ ปลอดภัย ค่าบำรุงรักษาต่ำ แปรรูปขยะเศษอาหารให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง เพื่อการใช้ทรัพยากรแบบหมุนเวียนในระบบอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดตอบสนองต่อระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) นำไปสู่การลดขยะที่ถูกนำไปทิ้ง (Reduced waste-to-landfill) เพื่อมุ่งสู่องค์กรปลอดขยะ (Zero-waste organization) และยังตอบโจทย์ด้านการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals : SDGs) ของสหประชาชาติ ที่ประเทศไทยรับมาดำเนินการอีกด้วย จากรูปที่ 4-29 และ รูปที่ 4-30 คือ เครื่องถังหมักเศษออาหารเพื่อผลิตสารปรับปรุงดิน รุ่น TG-CC-100 และ TG-CC-500 ที่รองรับเศษอาหารวันละ 100 และ 500 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ลักษณะการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ เพียงทำการเติมเศษอาหารเข้าเครื่อง เครื่องจะทำการบด และย่อยเศษอาหาร จนกลายเป็นสารปรับปรุงดิน ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

รูปที่ 4-29 ถังหมักเศษอาหารเพื่อผลิตสารปรับปรุงดิน ขนาด 100 กิโลกรัม

รูปที่ 4-30 ถังหมักเศษอาหารเพื่อผลิตสารปรับปรุงดิน ขนาด 500 กิโลกรัม

ที่มา Wuxi TOGO (2020)

ตารางที่ 4-7 ข้อมูลระบบถังหมักสารปรับปรุงดิน ขนาด 100 และ 500 กิโลกรัม

ข้อมูลพื้นฐานของระบบ	รายละเอียด	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
ปริมาณขยะ	100 กิโลกรัม/วัน	500 กิโลกรัม/วัน
ประเภทของเทคโนโลยี	TG-CC-100	TG-CC-500
ค่าการลงทุน	186,093 บาท	531,606 บาท
รองรับวัตถุดิบ	100 กิโลกรัม/วัน	500 กิโลกรัม/วัน
กำลังการผลิต	รองรับปริมาณของขยะเศษอาหารได้ทั้งหมด 100 กก/วัน และอัตราผลิต 10 กก./วัน	รองรับปริมาณของขยะเศษอาหารได้ทั้งหมด 500 กก/วัน และอัตราผลิต 50 กก./วัน
รูปแบบพลังงานทดแทนที่นำไปใช้	สารปรับปรุงดิน 10 กิโลกรัม/วัน	สารปรับปรุงดิน 50 กิโลกรัม/วัน

ผลประโยชน์ที่ได้รับ

(1) สารปรับปรุงดิน : ในกรณีที่นำไปทำสารปรับปรุงดิน

(2) ลดค่ากำจัดขยะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-8 ผลประโยชน์ที่ได้รับและค่าใช้จ่ายถังหมักสารปรับปรุงดิน ขนาด 100 และ 500 กิโลกรัม

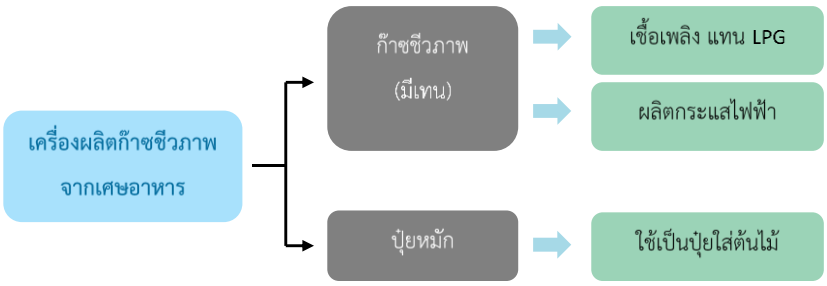
ผลประโยชน์	**รายละเอียด**	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
สารปรับปรุงดิน	10 kg./day ราคา = 3 THB/kg. ผลประโยชน์รายปี = 10,800 THB/yr.	50 kg./day ราคา = 3 THB/kg. ผลประโยชน์รายปี = 54,000 THB/yr.
ลดค่ากำจัดขยะ	ราคา = 400 THB./ton ผลประโยชน์รายปี = 14,400 THB/yr.	ราคา = 400 THB./ton ผลประโยชน์รายปี = 72,000 THB/yr.
ค่าใช้จ่าย		
ค่าไฟฟ้า	ใช้กำลังไฟ 8 kWh ราคาไฟต่อหน่วย 4.6 THB/hr. ค่าใช้จ่ายรายปี = 14,175.36 THB/ yr.(รวม VAT7%)	ใช้กำลังไฟ 25 kWh ราคาไฟต่อหน่วย 4.6 THB/hr. ค่าใช้จ่ายรายปี = 44,298 THB/ yr.(รวม VAT7%)
สรุปผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายรายปี	**ได้ผลประโยชน์ 11,024.64 THB/yr.**	**ได้ผลประโยชน์ 81,702 THB/yr.**
การลดการปล่อยก๊าซ*เรือนกระจก	**91.08 tonCO_2eq/yr**	**455.40 tonCO_2eq/yr**

หมายเหตุ : ราคาปุ๋ยและค่าไฟ อ้างอิงจาก Innovative Global Tech (2020)
ราคาขยะ อ้างอิงจาก กรุงเทพธุรกิจ (2020)
*ค่า Emission factor 2.53 kgCO_2eq/Unit

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) การนำไปทำเป็นสารปรับปรุงดินและก๊าซชีวภาพ

เนื่องจากขยะมูลฝอยหรือเศษอาหารเป็นขยะที่มีสารอินทรีย์และความชื้นสูง จึงเหมาะต่อการนำไปใช้ผลิตเป็นก๊าซชีวภาพโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทน และ ปุ๋ยหมักเป็นผลิตภัณฑ์ โดยก๊าซมีเทนสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง หรือนำไปผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้ และปุ๋ยหมักที่ได้ยังสามารถนำไปใช้กับภาคเกษตรกรรม ซึ่งรูปที่ 4-31 จะแสดงภาพรวมของผลประโยชน์ที่จะได้รับมีขยะอินทรีย์สม่ำเสมอและต่อเนื่อง



รูปที่ 4-31 ผลประโยชน์จากเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร

โดยการพิจารณาความพร้อมในการติดตั้งเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารควรคำนึงถึงหัวข้อ ต่อไปนี้

- มีขยะอินทรียสม่ำเสมอและต่อเนื่อง
- เลือกขนาดระบบเหมาะสมกับปริมาณขยะอินทรีย์
- มีสถานที่ ติดตั้งระบบฯ
- มีเจ้าหน้าที่ดูแลระบบฯ
- มีแหล่งนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์

จากการสำรวจปริมาณของเศษอาหารในอาคารตัวแทน พบว่า มีปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งระบบถังหมักก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารจึงควรพิจารณาขนาดที่เหมาะสมกับปริมาณของขยะเศษอาหารในแต่ละวันเพื่อให้มีปริมาณขยะเศษอาหารที่เข้าระบบมีความต่อเนื่องและเพียงพอ

แต่เนื่องจากปริมาณของเศษอาหารในแต่ละอาคารที่มีไม่เท่ากัน ทำให้ตัวอย่างระบบถังหมักก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีขนาดที่แตกต่างกันด้วย โดยจะมีทั้งหมด 2 ระบบ โดยมีองค์ประกอบของระบบ และจากการศึกษาองค์ประกอบของขยะมูลฝอยในหัวข้อที่ 4.2 ทำให้ทราบว่าในแต่ละวัน แต่ละอาคารมีปริมาณเศษอาหารที่เหลือทิ้งเท่าใด และอาคารใดเหมาะกับลักษณะถังแบบใด ข้อมูลถังหมักชีวภาพ มีดังนี้คือ

รูปที่ 4-32 ถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 100 กิโลกรัม

รูปที่ 4-33 ถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 500 กิโลกรัม

ที่มา Micro-biotec (2018)

ตารางที่ 4-9 ข้อมูลระบบถังหมักก๊าซชีวภาพ ขนาด 100 และ 500 กิโลกรัม

ข้อมูลพื้นฐานของระบบ	รายละเอียด	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
ปริมาณขยะ	100 กิโลกรัม/วัน	500 กิโลกรัม/วัน
ประเภทของเทคโนโลยี	เทคโนโลยีคาวเทค (COWTEC Technology) ของ บริษัท เทค ซัพพลาย เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด ชนิด	เทคโนโลยีคาวเทค (COWTEC Technology) ของ บริษัท เทค ซัพพลาย เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด ชนิด

ข้อมูลพื้นฐานของระบบ	รายละเอียด	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
	เครื่อง รุ่น CT – 100	เครื่อง รุ่น CT – 500
ค่าการลงทุน	390,000 บาท	950,000 บาท
รองรับวัตถุดิบ	100 กิโลกรัม/วัน	500 กิโลกรัม/วัน
กำลังการผลิต	อัตราผลิตก๊าซชีวภาพ 10 ลบ.ม./วัน และสารปรับปรุงดิน 100 กก/วัน	อัตราผลิตก๊าซชีวภาพ 50 ลบ.ม./วัน และสารปรับปรุงดิน 500 กก/วัน
รูปแบบพลังงานทดแทนที่นำไปใช้	ทดแทนก๊าซ LPG 4.6 กิโลกรัม/วัน	ทดแทนก๊าซ LPG 11.60 กิโลกรัม/วัน

ผลประโยชน์ที่ได้รับ

(1) สารปรับปรุงดิน : ในกรณีที่นำไปทำสารปรับปรุงดิน

(2) ก๊าซชีวภาพ

(3) ลดค่ากำจัดขยะ

ตารางที่ 4-10 ผลประโยชน์ที่ได้รับและค่าใช้จ่ายถังหมักสารปรับปรุงดิน ขนาด 100 และ 500 กิโลกรัม

ผลประโยชน์	**รายละเอียด**	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
ก๊าซชีวภาพ	เทียบเท่า LPG = 4.6 kg./day ราคา LPG = 20 THB/kg. ผลประโยชน์รายปี = 33,120 THB/yr.	เทียบเท่า LPG = 11.6 kg./day ราคา LPG = 20 THB/kg. ผลประโยชน์รายปี = 83,520 THB/yr.
สารปรับปรุงดิน	100 kg./day ราคา = 3 THB/kg. ผลประโยชน์รายปี = 108,000 THB/yr.	500 kg./day ราคา = 3 THB/kg. ผลประโยชน์รายปี = 540,000 THB/yr.
ลดค่ากำจัดขยะ	ราคา = 400 THB./ton ผลประโยชน์รายปี = 14,400 THB/yr.	ราคา = 400 THB./ton ผลประโยชน์รายปี = 72,000 THB/yr.
ค่าใช้จ่าย	**รายละเอียด**	
ค่าไฟฟ้า	ใช้กำลังไฟ 1.1 kWh ราคาไฟต่อหน่วย 4.6 THB/hr.	ใช้กำลังไฟ 2.2 kWh ราคาไฟต่อหน่วย 4.6 THB/hr.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลประโยชน์	รายละเอียด	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
	ค่าใช้จ่ายรายปี = 1,949.16 THB/ yr.(รวม VAT7%)	ค่าใช้จ่ายรายปี = 3,898.22 THB/ yr.(รวม VAT7%)
สรุปผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายรายปี	**ได้ผลประโยชน์ 153,570.84 THB/yr.**	**ได้ผลประโยชน์ 691,621.78 THB/yr.**
การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก*	**91.08 tonCO_2eq/yr**	**455.40 tonCO_2eq/yr**

หมายเหตุ : ราคาปุ๋ยและค่าไฟ อ้างอิงจาก Innovative Global Tech (2020)
ราคาขยะ อ้างอิงจาก กรุงเทพธุรกิจ (2020)
*ค่า Emission factor 2.53 kgCO_2eq/Unit

3) การขายเพื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์

จากการศึกษาลักษณะการจัดการขยะเศษอาหารที่เหลือจากการบริโภคภายในศูนย์อาหารของอาคารตัวอย่างแต่ละแห่งพบว่า ขยะเศษอาหารจะถูกรวบรวมใส่แกลลอน เพื่อรอให้บุคคลภายนอกเข้าผู้มารับซื้อ โดยทางอาคารจะเปิดการประมูล ให้ผู้รับเหมาเข้ามาประมูลราคาเศษอาหาร แล้วนำไปเป็นอาหารสัตว์ โดยส่วนใหญ่การดำเนินการของอาคารตัวอย่าง จะมีการขายเศษอาหารที่รวบรวมได้ในบริเวณศูนย์อาหาร ให้กับผู้ที่เข้ามารับซื้ออยู่แล้ว ซึ่งในกลุ่มตัวอย่างอาคารประเภท ข จะมีปริมาณเศษอาหารที่ขายอยู่ เฉลี่ยเท่ากับ 196.64 กิโลกรัมต่อวัน ในขณะที่กลุ่มอาคารประเภท ก จะมีปริมาณเศษอาหารที่ขายอยู่ เฉลี่ยเท่ากับ 3,248.47 กิโลกรัมต่อวัน

การขายเศษอาหารเพื่อนำไปให้สัตว์บริโภคต่อ อาคารกลุ่มตัวอย่างไม่ต้องทำการลงทุน แต่ต้องพยายามคัดแยกขยะเศษอาหารจากส่วนอื่นๆ ในอาคารให้ได้มากที่สุด เพื่อช่วยลดปริมาณขยะเศษอาหารที่จะถูกนำไปฝังกลบ ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ ทางอาคารจะลดต้นทุนการขนส่งเพื่อนำขยะมูลฝอยไปกำจัดในแต่ละวัน และจะได้รายได้เพิ่มจากการขายขยะเศษอาหาร ในส่วนของผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อม ทางอาคารจะช่วยลดปริมาณขยะเศษอาหารที่จะถูกฝังกลบ และลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปริมาณขยะมูลฝอยที่จะส่งไปกำจัด

จากข้อมูลข้างต้นที่ได้ทำการศึกษาเพื่อหาความเหมาะสมให้กับการจัดการเศษอาหารของอาคารตัวอย่าง สามารถสรุปข้อมูลได้ดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 สรุปองค์ประกอบของถังหมักก๊าซชีวภาพ วิธีการ และผลประโยชน์ที่ได้รับ

ข้อมูลพื้นฐานของระบบ	ถังหมักสารปรับปรุงดิน		ถังหมักชีวภาพ		จำหน่ายเป็นอาหารสัตว์	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	ถังแบบที่ 1	ถังแบบที่ 2	อาคารประเภท ข	อาคารประเภท ก
ปริมาณขยะ	100 กก/วัน	2,000 กก/วัน	100 กก/วัน	500 กก/วัน	100 กก/วัน	500 กก/วัน
ค่าการลงทุน	186,093 บาท	531.606 บาท	390,000 บาท	950,000 บาท	-	-
รองรับวัตถุดิบ	100 กก/วัน	500 กก/วัน	100 กก/วัน	500 กก/วัน	-	-
กำลังการผลิต	อัตราการผลิตสารปรับปรุงดิน 10 กิโลกรัมต่อวัน	อัตราการผลิตสารปรับปรุงดิน 50 กิโลกรัมต่อวัน	อัตราผลิตก๊าซชีวภาพ 10 ลบ.ม./วัน และสารปรับปรุงดิน 100 กก/วัน	อัตราผลิตก๊าซชีวภาพ 50 ลบ.ม./วัน และสารปรับปรุงดิน 500 กก/วัน	-	-
รูปแบบพลังงานทดแทนที่นำไปใช้	ปุ๋ยอินทรีย์ 10 กก/วัน	ปุ๋ยอินทรีย์ 50 กก/วัน	ทดแทนก๊าซ LPG 4.6 กก/วัน	ทดแทนก๊าซ LPG 11.6 กก/วัน	เป็นอาหารสัตว์ ร้อยละ 100	เป็นอาหารสัตว์ ร้อยละ 100
ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์	11,024.64 บาท/ปี	81,702 บาท/ปี	153,570.84 บาท/ปี.	691,621.78 บาท/ปี	36,000 บาท/ปี	180,000 บาท/ปี
ประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	91.08 $tonCO_2eq/yr.$	455.40 $tonCO_2eq/yr.$	91.08 $tonCO_2eq/yr.$	455.40 $tonCO_2eq/yr.$	91.08 $tonCO_2eq/yr.$	455.40 $tonCO_2eq/yr.$
ระยะเวลาคืนทุน	ไม่คืนทุน**	8.2	2.7	1.4	-	-

หมายเหตุ : Discount rate = 7%

** เป็นมาตรการที่ไม่คืนทุน ต้องลงทุนทำมาตรการนี้ถึงจะได้ผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4-11 พบว่ามาตรการการจัดการขยะเศษอาหารทีที่ได้ทำการศึกษาทั้งกลุ่มมาตรการที่ไม่ใช้เงินลงทุน และกลุ่มมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุน โดยมาตรการทีไม่ใช้เงินลงทุน คือ การขายเป็นอาหารสัตว์ โดยการเปิดประมูลให้บุคคลภายนอกเข้ามารับซื้อ ส่วนมาตรการที่ใช้เงินลงทุน คือ การใช้ถังหมักชีวภาพ และถังหมักสารปรับปรุงดิน

วิธีการที่มีศักยภาพในด้านเศรฐศาสตร์มาที่สุดสำหรับกลุ่มอาคารประเภท ข คือ การใช้ถังหมักชีวภาพ 100 กิโลกรัมต่อวัน เช่นเดียวกันกับสำหรับกลุ่มอาคารประเภท ก คือ การใช้ถังหมักชีวภาพ 500 กิโลกรัมต่อวัน ถึงแม้วิธีการนี้จะเป็นวิธีการที่มีการลงทุน แต่ผลประโยชน์จากการลงทุนนั้น มีมูลค่าที่สูงมาก จึงทำให้วิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษานี้ และสำหรับ

ศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดสำหรับกลุ่มอาคารประเภท ข คือ การใช้ถังหมักชีวภาพ 100 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีค่าศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดอยู่ที่ 96.24 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี เช่นเดียวกันกับสำหรับกลุ่มอาคารประเภท ก ซึ่งมีค่าศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดอยู่ที่ 465.04 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี แต่เมื่อพิจารณาทั้ง 2 ด้าน การขายเป็นอาหารสัตว์จะเป็นวิธีการที่บริหารจัดการได้ง่ายที่สุด สามารถนำไปปฏิบัติได้ทันที และไม่ต้องคำนึงถึงการลงทุนในด้านอื่นๆ อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยจากอาคารศูนย์การค้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคารศูนย์การค้า ตามหลักการประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นองค์กร เพื่อเสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมาตราการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการขยะมูลฝอยสำหรับอาคารศูนย์การค้า โดยได้ทำการศึกษาในอาคารตัวอย่างทั้งหมด 6 อาคาร ที่ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งงานวิจัยนี้แบ่งอาคารออกเป็น 2 กลุ่มตามขนาดของอาคารที่กำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง คือ กลุ่มอาคารประเภท “ก” ที่มีขนาดพื้นที่อาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป และกลุ่มอาคารประเภท “ข” ที่มีพื้นที่อาคารระหว่าง 5,000 ถึง 25,000 ตารางเมตร ในงานวิจัยนี้ได้มีการศึกษา รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการใช้พลังงาน การจัดการขยะมูลฝอย และการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมต่าง ๆ ของอาคารตัวอย่างแต่ละแห่ง รวมถึงการรวบรวมข้อมูลมาตรการอนุรักษ์พลังงาน และมาตรการการจัดการขยะมูลฝอย เพื่อนำมาประเมินศักยภาพในการลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของแต่ละมาตรการทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อหาทางเลือกสำหรับการอนุรักษ์พลังงาน การลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการจัดการขยะมูลฝอยที่เหมาะสมและยั่งยืนสำหรับอาคารศูนย์การค้ากลุ่มตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.1 สรุปผลการศึกษาการใช้พลังงาน

จากการศึกษาการใช้พลังงานในอาคารตัวอย่าง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงาน ซึ่งประกอบด้วย 5 กิจกรรมดังนี้ 1) ด้านการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล 2) ด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า 3) ด้านการใช้พลังงานทดแทน 4) ด้านการอุปโภคและบริโภคน้ำ และ 5) ด้านการรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสามารถสรุปผลแต่ละหัวข้อ ได้ดังนี้

1) ด้านการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล พบว่าเมื่อแบ่งตามกิจกรรมการใช้งานสามารถแบ่งได้ทั้งหมด 7กิจกรรม ได้แก่ 1) การใช้เชื้อเพลิงในรถรับ-ส่ง (ดีเซล) 2) การใช้เชื้อเพลิงในรถรับ-ส่ง (เบนซิน) 3) การใช้เชื้อเพลิงในเครื่องปั่นไฟ (ดีเซล) 4) การใช้เชื้อเพลิงในเครื่องสูบน้ำดับเพลิง (ดีเซล) 5) การใช้เชื้อเพลิงในเครื่องสูบน้ำ (ดีเซล)

6) การใช้เชื้อเพลิง LPG บริเวณศูนย์การค้า และ 7) การใช้เชื้อเพลิง LPG บริเวณพื้นที่เช่า โดยกิจกรรมที่มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลมากที่สุดในกลุ่มอาคารประเภท ก คือ กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง LPG ในบริเวณพื้นที่เช่า เฉลี่ยร้อยละ 54.25 รองลงมาคือ การใช้เชื้อเพลิง LPG บริเวณศูนย์การค้า เฉลี่ยร้อยละ 27.18 กิจกรรมรถรับ-ส่ง (ดีเซล) เฉลี่ยร้อยละ 15.42 การใช้เครื่องปั่นไฟ เฉลี่ยร้อยละ 1.71 กิจกรรมรถรับ-ส่ง (เบนซิน) เฉลี่ยร้อยละ 0.88 กิจกรรมเครื่องสูบน้ำดับเพลิง เฉลี่ยร้อยละ 0.53 และกิจกรรมการใช้เครื่องสูบน้ำ เฉลี่ยร้อยละ 0.03 ในกลุ่มอาคารประเภท ข คือ กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง LPG ในบริเวณศูนย์การค้า เฉลี่ยร้อยละ 80.03 รองลงมาคือ การใช้เชื้อเพลิง LPG บริเวณพื้นที่เช่า เฉลี่ยร้อยละ 10.96 และการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องปั่นไฟ เฉลี่ยร้อยละ 9.02

2) ด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่าเมื่อแบ่งตามกิจกรรมการใช้งานสามารถแบ่งได้ทั้งหมด 2 กิจกรรม ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าในส่วนของศูนย์การค้าและการใช้ไฟฟ้าสำหรับผู้เช่า โดยกิจกรรมที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดของทั้ง 2 กลุ่มอาคาร คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของศูนย์การค้า เฉลี่ยร้อยละ 61.08 และสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของพื้นที่เช่า เฉลี่ยร้อยละ 38.92
3) ด้านการใช้พลังงานทดแทน พบว่า มีเพียงอาคาร B5 ที่มีการติดตั้งเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเสริมพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งของทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่มีผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล แต่ยังทำได้เพียงเข้ามาเสริมและสำรองให้กับตัวอาคาร เนื่องจากยังขนาดเทคโนโลยีสำหรับการจัดเก็บกระแสไฟ ทำได้เพียงผลิตในตอนที่มีแสงแดด แล้วนำพลังงานที่ได้มาใช้เลย ในส่วนอาคารอื่นๆ พบว่ามีความสนใจในเทคโนโลยีนี้ แต่ด้วยการลงทุนที่มีมูลค่าสูงทำให้ผู้ประกอบการต้องการที่จะศึกษาความเป็นไปได้ก่อนที่จะลงทุน
4) ด้านการอุปโภคและบริโภคน้ำ พบว่าเมื่อแบ่งตามแหล่งที่มาของน้ำที่อุปโภคและบริโภคในอาคาร แบ่งได้ทั้งหมด 2 แหล่งคือ นำประปาจากเทศบาล และน้ำใต้ดิน พบว่าอาคารส่วนใหญ่ใช้น้ำประปาจากเทศบาล มีเพียงอาคาร B5 เท่านั้นที่มีการใช้น้ำใต้ดิน
5) ด้านการรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจก พบว่ามีกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลอยู่ 5 กิจกรรม คือ การเติมสารทำความเย็น R22 และ R134a การเติมสาร SF_6 การใช้สารดับเพลิง และการใช้ปุ๋ย พบว่า มีการเติมสารทำความเย็นใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อาคาร B2 และ B6 เพราะครบรอบการบำรุงรักษาของระบบปรับอากาศที่อาคารใช้อยู่ ในส่วนกิจกรรมอื่นๆ มีการดำเนินการเฉพาะในอาคาร B6

การศึกษาองค์ประกอบขยะในอาคารตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบขยะด้วยเทคนิค Coning and quartering ในการวิเคราะห์มีการทำ 2 ซ้ำ ครอบคลุมวันธรรมดาและวันหยุด โดยแบ่งตามประเภทของขยะออกเป็น 11 ประเภท ได้แก่ กระดาษ เศษอาหาร พลาสติก แก้ว โลหะ เศษผ้า ยาง ไม้ หนัง ของเสียอันตรายและอื่น ๆ และสามารถจำแนกแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยในอาคาร ได้ 7 แหล่งคือ 1) Water park 2) Cineplex 3) Hall 4) Department 5) Supermarket 6) Food park และ7) Rental store สามารถสรุปได้ดังนี้

1) กลุ่มอาคารประเภท ก พบแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยมากสุดถึง 7 แหล่ง คือ Department store Supermarket Food park Water park Hall Cineplex และRental store โดยผลการคัดแยกองค์ประกอบขยะที่พบ 3 สัดส่วนแรก คือ เศษอาหาร เฉลี่ยร้อยละ 55.16 รองลงมาคือ พลาสติก เฉลี่ยร้อยละ 21.63 และกระดาษ เฉลี่ยร้อยละ 13.99 ตามลำดับ
2) กลุ่มอาคารประเภท ข มีแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยในอาคาร คือ Department store Supermarket Food park Rental store และHall โดยผลการคัดแยกองค์ประกอบขยะที่พบ 3 สัดส่วนแรก คือ เศษอาหาร เฉลี่ยร้อยละ 55.42 รองลงมาคือ พลาสติก มีค่าอยู่ในช่วง เฉลี่ยร้อยละ 18.40 และกระดาษ เฉลี่ยร้อยละ 8.17 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอาคารตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 3 ขอบเขตตามหลักการประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นองค์กร คือ 1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ซึ่งออกเป็น 3 กิจกรรมหลัก คือ การเผาไหม้อยู่กับที่ การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ และการรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจก 2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นที่ศูนย์การค้า โดยสามารถแบ่งตามระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เป็น 4 ระบบ คือ ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ระบบแสงสว่าง และระบบอื่นๆ และ 3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ แบ่งออกเป็น 5 กิจกรรม คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นที่เช่า การใช้เชื้อเพลิง

ฟอสซิลพื้นที่เช่า การใช้น้ำ ปริมาณขยะมูลฝอย และการใช้กระดาษ ซึ่งสามารถสรุปผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขอบเขต ได้ดังนี้

1) ขอบเขตที่ 1 ในกลุ่มอาคารประเภท ก และประเภท ข พบว่า สัดส่วนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ไม่มีการเคลื่อนที่ ซึ่งการรั่วไหลที่ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบในบางอาคารเท่านั้น และกลุ่มอาคารประเภท ข ไม่พบสัดส่วนการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากกิจกรรมขนส่ง
2) ขอบเขตที่ 2 กลุ่มอาคารประเภท ก พบว่า ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ เป็นระบบที่มีสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 48.81 รองลงมาเป็นระบบอื่นๆ มีสัดส่วนร้อยละ 31.52 ระบบแสงสว่าง มีสัดส่วนร้อยละ 16.47 และระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน มีสัดส่วนร้อยละ 3.20 ตามลำดับ กลุ่มอาคารประเภท ข พบว่า ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน เป็นระบบที่มีสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 31.23 รองลงมาเป็นระบบอื่นๆ มีสัดส่วนร้อยละ 27.07 และระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ มีสัดส่วนร้อยละ 26.67 และระบบแสงสว่าง มีสัดส่วนร้อยละ 15.02 ตามลำดับ
3) ขอบเขตที่ 3 กลุ่มอาคารประเภท ก พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นที่เช่าเป็นกิจกรรมที่มีสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือยกระจกมากที่สุด มีสัดส่วนร้อยละ 59.34 รองลงมาเป็นปริมาณขยะมูลฝอย ร้อยละ 38.57 การใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล มีสัดส่วนร้อยละ 1.08 การใช้น้ำประปาจากเทศบาล มีสัดส่วนร้อยละ 0.86 การใช้น้ำใต้ดิน มีสัดส่วนร้อยละ 0.11 และการใช้กระดาษ มีสัดส่วนร้อยละ 0.04 ตามลำดับ กลุ่มอาคารประเภท ข พบว่าปริมาณขยะมูลฝอย มีสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือยกระจกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 56.76 รองลงมาเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นที่เช่าคิดเป็นร้อยละ 41.06 การใช้น้ำประปาจากเทศบาล มีสัดส่วนร้อยละ 1.98 การใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล มีสัดส่วนร้อยละ 0.16 และการใช้กระดาษ มีสัดส่วนร้อยละ 0.04 ตามลำดับ

สำหรับมาตรการลดการใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการศึกษาศักยภาพในการลดการใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอาคารแต่ละประเภท การประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์องค์กร และการวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยในอาคารตัวอย่างทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พบว่า กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในทุกอาคาร คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า และสัดส่วนขยะมูลฝอยที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ เศษอาหาร ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงให้ความสำคัญกับการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและการจัดการขยะมูลฝอยประเภทเศษอาหาร โดยอาศัยหลักการการวิเคราะห์ Marginal Abatement Cost สามารถสรุปผลมาตรการที่เหมาะสมในอาคารตัวอย่าง ได้ดังนี้

1) การศึกษาต้นทุนการลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารตัวอย่าง พบว่า ทุกมาตรการมีความคุ้มค่าสำหรับการลงทุน โดยมาตรการการปรับปรุงพฤติกรรมผู้ใช้งาน และมาตรการการลดชั่วโมงใช้งาน เป็นกลุ่มมาตรการที่ไม่มีการใช้เงินลงทุนในการดำเนินมาตรการ กลุ่มมาตราการลดชั่วโมงการใช้งาน มีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ที่มากกว่ากลุ่มมาตรการการปรับปรุงพฤติกรรมผู้ใช้งาน แต่กลุ่มมาตรการการปรับปรุงพฤติกรรมผู้ใช้งาน มีศักยภาพในด้านสิ่งแวดล้อมที่มากกว่า แต่อย่างไรก็ตามทั้ง 2 มาตรการควรเป็นมาตรการที่ได้รับการพิจารณาเป็นอันดับแรกสำหรับการนำไปดำเนินการในแต่ละอาคาร เนื่องจากเป็นมาตรการที่ไม่ต้องใช้เงินลงทุนและยังมีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับมาตรการอื่น ๆ นอกจากนี้ในส่วนของมาตราการการบำรุงรักษาอุปกรณ์ทั่วไปของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน มาตรการการเปลี่ยนหลอดไฟเป็นหลอดประหยัดพลังงาน LED ประสิทธภาพสูง และมาตรการการติดตั้งระบบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานใช้ในอาคาร เป็นกลุ่มมาตรการที่มีการใช้เงินลงทุนในการดำเนินมาตรการ ซึ่งมาตรการมาตาการการบำรุงรักษาอุปกรณ์ทั่วไปของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน มีศักยภาพด้านเศรษฐศาสตร์มากที่สุด ในขณะที่มาตรการการติดตั้งระบบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานใช้ในอาคาร มีศักยภาพด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ซึ่งมาตรการเหล่านี้ผู้ประกอบการควรพิจารณาถึงเรื่องต้นทุนที่เหมาะสมก่อนที่จะนำไปดำเนินการ

2) มาตรการสำหรับการจัดการขยะมูลฝอยประเภทเศษอาหารสำหรับอาคารตัวอย่าง มีทั้งหมด 3 มาตรการคือ 1) การใช้ถังหมักสารปรับปรุงดิน (ขนาด 100 และ 500 กิโลกรัม) 2) การใช้ถังหมักชีวภาพ (ขนาด 100 และ 500 กิโลกรัม) และ3) การขายเป็นอาหารสัตว์ โดยมาตรการที่ไม่ใช้เงินลงทุน คือ การขายเป็นอาหารสัตว์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วนมาตรการที่ใช้เงินลงทุน คือ การใช้ถังหมักสารปรับปรุงดิน และการใช้ถังหมักชีวภาพ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า อาคาร B1 B2 และB3 มีวิธีการที่ควรนำไปปฏิบัติมากที่สุดคือ การใช้ถังหมักชีวภาพ ขนาด 100 กิโลกรัม รองลงมาคือการขายเป็นอาหารสัตว์และถังหมักสารปรับปรุงดิน 100 กิโลกรัม ตามลำดับ ในส่วนอาคาร B4 B5 และB6 วิธีการที่ควรนำไปปฏิบัติมากที่สุดคือ การใช้ถังหมักชีวภาพ ขนาด 500 กิโลกรัม รองลงมาคือการขายเป็นอาหารสัตว์และถังหมักสารปรับปรุงดิน 500 กิโลกรัม ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าการขายเป็นอาหารสัตว์จะไม่ใช่ทางเลือกที่ให้ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุดในการศึกษานี้ แต่ก็ถือว่าเป็นมาตรการที่มีโอกาสนำไปปฏิบัติได้มากที่สุด เนื่องจากเป็นมาตรการที่ไม่ต้องใช้เงินลงทุนและสามารถนำไปปฏิบัติได้ทันที

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาทั้งหมดในงานวิจัยนี้ เป็นเพียงการศึกษาผลย้อนหลังการปฏิบัติงานจากเอกสารรายงานการจัดการพลังงานของอาคารต่างๆ และรวมถึงการศึกษาเพิ่มเติมจากงานวิจัยอื่น ๆ เพื่อเข้ามาทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่เกิดขึ้น หากมีการศึกษาในอนาคต ควรศึกษาร่วมกับการเก็บข้อมูลไปพร้อมกัน ก็อาจจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียด และเป็นผลประโยชน์ต่อการวิจัยได้มากขึ้นด้วยเช่นกัน โดยผลการศึกษาในครั้งนี้อาจนำไปเป็นฐานข้อมูลสำหรับการศึกษาการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า และการศึกษาองค์ประกอบขยะในอาคารศูนย์การค้าต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Uncategorized References

Chung, M.andPark, H.-C. (2012). Building energy demand patterns for department stores in Korea. *Applied Energy,* 90(1), 241-249. Retrieved from http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261911002996. doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.05.008

ENVIRONMENT. (2018). Climate change. *GHG EMISSION SOURCES.* Retrieved from http://www.environnet.in.th/ghg-ghg-emission-sources

Eriksson, M.andSpangberg, J. (2017). Carbon footprint and energy use of food waste management options for fresh fruit and vegetables from supermarkets. *Waste Manag,* 60, 786-799. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28089203. doi:10.1016/j.wasman.2017.01.008

Ferronato, N., Gorritty Portillo, M. A., Guisbert Lizarazu, E. G., Torretta, V., Bezzi, M.andRagazzi, M. (2018). The municipal solid waste management of La Paz (Bolivia): Challenges and opportunities for a sustainable development. *Waste Manag Res,* 36(3), 288-299. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29424666. doi:10.1177/0734242X18755893

Greenpeace. (2019). ผลกระทบของภาวะโลกร้อน. สภาพภูมิอากาศ. Retrieved from https://www.greenpeace.org/thailand/explore/protect/climate/impacts/

Innovative Global Tech. (2020). PresentationCowTech. http://iglobaltech.co.th/home/images/stories/PresentationCowTech_byVP.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *IPCC Fourth Assessment Report*. Retrieved from https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/mains4-3.html

International Council of Shopping Centers. (2009). *Asia-Pacific Shopping Centre Classifications* Retrieved from https://www.icsc.org/uploads/research/general/Asia-

Chulalongkorn University

Pacific_Shopping_Centre_Classification_Standard.pdf

Kmrecycle. (2012). แนวคิด 3R และ 5R. แนวคิด 3*R* และ 5*R.* Retrieved from http://yongrecycle.blogspot.com/2012/06/3r-5r.html

Maalouf, A.andEl-Fadel, M. (2019). Life cycle assessment for solid waste management in Lebanon: Economic implications of carbon credit. *Waste Manag Res,* 37(1_suppl), 14-26. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30761952. doi:10.1177/0734242X18815951

Micro-biotec. (2018). เครื่องผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพคาวเทค. Retrieved from https://micro-biotec.com/cowtec/ct-100/

Mogomotsi, P. K., Mogomotsi, G. E.andPhonchi, N. D. (2019). Plastic bag usage in a taxed environment: Investigation on the deterrent nature of plastic levy in Maun, Botswana. *Waste Manag Res,* 37(1), 20-25. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30284960. doi:10.1177/0734242X18801495

Muthu, S. S., Li, Y., Hu, J. Y.andMok, P. Y. (2011). Carbon footprint of shopping (grocery) bags in China, Hong Kong and India. *Atmospheric Environment,* 45(2), 469-475. doi:10.1016/j.atmosenv.2010.09.054

Mylona, Z., Kolokotroni, M., Tsames, K. M.andTassou, S. A. (2017). *Comparative analysis on the energy use and ennvironmental impact of different refrigeration systems for frozen food supermarket application*. Paper presented at the 1 st International Conference on Sustainable Energy and Resource Use in Food Chains, UK.

Ogasawara, S., Taniguchi, H.andSukehira, C. (1979). Effect of energy conservation by controlled ventilation: Case study in a department store. *Energy and Buildings,* 2(1), 3-8. Retrieved from http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0378778879900148. doi:https://doi.org/10.1016/0378-7788(79)90014-8

Premier Go Green BY ESGW Environment. (2016). กรณีศึกษาการอนุรักษ์พลังงาน ใน ศูนย์การค้าฟิวเจอร์พาร์ค. การอนุรักษ์พลังงาน. Retrieved from https://www.facebook.com/1751474308450256/photos/%E0%B8%81%E0%B8%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A3%E0%B8%93%E0%B8%B5%E0%B8%A8%E0%B8%B6%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%B8%E0%B8%A3%EF%BF%BD/1772305843033769/

Ramachandra, T. V., Bharath, H. A., Kulkarni, G.andHan, S. S. (2018). Municipal solid waste: Generation, composition and GHG emissions in Bangalore, India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 82, 1122-1136. doi:10.1016/j.rser.2017.09.085

Ramesh, T., Praksh, R.andShukla, k. k. (2010). Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and Buildings,* 42, 1592-1600.

Richman, R.andSimpson, R. (2016). Towards quantifying energy saving strategies in big-box retail stores: A case study in Ontario (Canada). *Sustainable Cities and Society,* 20, 61-70. Retrieved from http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670715300330. doi:https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.09.007

Scholz, K., Eriksson, M.andStrid, I. (2015). Carbon footprint of supermarket food waste. *Resources, Conservation and Recycling,* 94, 56-65. doi:10.1016/j.resconrec.2014.11.016

TGO. (2020). มลพิษจากอาหารเหลือ. Retrieved from http://www.tgo.or.th/2015/thai/news_detail.php?id=1206&fbclid=IwAR2uq9McYQF6H2dxBQlLypAN1tD1T_SIvo5APos7uMO3PuT4Kef4xV4YB9Q

Thailand Greenhouse Gas Management Organization. (2556). *Carbon Footprint for Organization*.

United Nations Environmental Program. (2010). Waste and Climate Change. *Global Trends and Strategy Framework.* Retrieved from http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/spc/Waste&ClimateChange/Waste&ClimateChange.pdf

Vieira, V. H. A. M.andMatheus, D. R. (2018). The impact of socioeconomic factors on municipal solid waste generation in Sao Paulo, Brazil. *Waste Manag Res,* 36(1), 79-85. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29191152. doi:10.1177/0734242X17744039

Vinck, K., Scheelen, L.andDu Bois, E. (2019). Design opportunities for organic waste

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

recycling in urban restaurants. *Waste Manag Res,* 37(1_suppl), 40-50. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30761953. doi:10.1177/0734242X18817714

Wuxi TOGO. (2020). waste composting. Retrieved from https://tangguhuanbao.en.alibaba.com/?spm=a2700.md_th_TH.cordpanyb.4.19897feabcX6bW

กรมควบคุมมลพิษ. (2020). การกำหนดประเภทของอาคาร. Retrieved from http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html

กรมควบคุมมลพิษ. (2546). โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ. Retrieved from http://infofile.pcd.go.th/waste/Reportwaste.pdf

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2018). Energy Conservation VS Energy Conscious Design. Retrieved from http://old.2e-building.com/article.php?cat=knowledge&id=216.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2551). เอกสารเผยแพร่ โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงาน ในอาคารประเภทศูนย์การค้า. Retrieved from http://meaenergysavingbuilding.net/downloads/knowledge2/sec_hyppermarket.pdf

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2557). คู่มือ กรณีตัวอย่างมาตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม.

กรุงเทพธุรกิจ. (2020). ขึ้นค่าขยะตันละ 400. Retrieved from https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/771090

โคราชสตาร์ทอัพ. (2560). เร่งแก้ขยะล้น! ทน.โคราช ขอใช้พื้นที่ทหารฝังกลบเฉพาะหน้า พร้อมเร่งอัพเกรดโรงกำจัดขยะ. ข่าวโคราช. Retrieved from http://www.koratstartup.com/korat-solves-garbage-problems/

ณัฐณิชา พุทธเกษม. (2560). การประเมินการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลฝอยชุมชนจากสถานประกอบการ. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ทิวสน ชลนรา. (2556). "ศูนย์การค้า" กับ "ห้างสรรพสินค้า" ต่างกันอย่างไร. "ศูนย์การค้า" กับ "ห้างสรรพสินค้า" ต่างกันอย่างไร. Retrieved from http://oknation.nationtv.tv/blog/tewson/2013/09/26/entry-1

ธนิต จินดาวณิค. (2546, 3 มีนาคม 2546). การประหยัดพลังงานในอาคาร. Retrieved from www.technologymedia.co.th

บริษัท อินโนเวชั่น เทคโนโลยี จำกัด. (2018). Energy Saving Building (การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร). Retrieved from https://inno.co.th/energy-saving-building-%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%B8%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B9%8C%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B9%83/?lang=th

ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. (2545). มาตรการอนุรักษ์พลังงาน : การอนุรักษ์พลังงานโดยอาศัยบริษัทจัดการพลังงาน. การอนุรักษ์พลังงานโดยอาศัยบริษัทจัดการพลังงาน. Retrieved from http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/CaseStudy/C7.pdf

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2555). การรับรองการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอาคาร. ความเป็นมาของปัญหา. Retrieved from http://www.tei.or.th/carbonreductionbuilding/about/index.html

สำนักงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา. (2561). รายงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา. Retrieved from สำนักงานสถิติแห่งชาติ:

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกของไทย. (2562). ค่า Emission Factor โดยแบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม. *Emission Factor.* Retrieved from http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_f2e7bb377d.pdf

อทิตินนท์ ภูพาดทอง. (2560). ตัวชี้วัดสำหรับอาคารคารีบอนต่ำและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวณัฐวดี ปลื้มชิงชัย
วัน เดือน ปี เกิด	24 สิงหาคม 2537
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม จากคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปีการศึกษา 2560 ศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	135/54 ซ.วัดประชาระบือธรรม ถนนพระราม 5 แขวงถนนนครไชยศรี เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University