แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารมหาวิทยาลัย
กรณีศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายสุรชาติ ยาวิราช

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

GUIDELINE FOR GHG EMISSION REDUCTION OF UNIVERSITY BUILDINGS
A CASE OF CHULALONGKORN UNIVERSITY

Mr. Surachat Yavirach

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารมหาวิทยาลัย กรณีศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โดย	นายสุรชาติ ยาวิราช
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนิกานต์ ยิ้มประยูร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

สุรชาติ ยาวิราช : แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารมหาวิทยาลัย กรณีศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (GUIDELINE FOR GHG EMISSION REDUCTION OF UNIVERSITY BUILDINGSA CASE OF CHULALONGKORN UNIVERSITY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร, 221 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและแนวทางการลดจากการใช้งานอาคารมหาวิทยาลัยที่ประกอบด้วยกิจกรรมขอบเขตที่ 1 เช่นการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องจักรในอาคาร ขอบเขตที่ 2 หรือการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อมา และขอบเขตที่ 3 เช่นการซื้อสินค้า โดยเป็นข้อมูลของปี พ.ศ. 2559 การศึกษาใช้การดำเนินการแบบ Process-analysis (PA) ด้วยวิธีการคำนวณโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับ (Emission Factor) ที่ยึดตามเกณฑ์ของ TGO, IPCC และ U.S. EPA เป็นหลัก สำหรับอาคารที่ใช้ในการศึกษานั้นเลือกอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และหอพักชวนชมเป็นตัวแทนของประเภทอาคารเรียน อาคารสำนักงาน และอาคารพักอาศัยตามลำดับ การศึกษาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกใช้การคำนวณด้วยเครื่องมือโปรแกรมและจากการศึกษางานวิจัยหรือโครงการที่เกี่ยวข้องในแหล่งกิจกรรมที่มีระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนมาก

จากการศึกษาอาคารตัวอย่างพบว่า หอพักชวนชมเป็นอาคารที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดสูงที่สุดในปีพ.ศ. 2559 มีปริมาณเท่ากับ 5,748.43 t CO_2e กิจกรรมขอบเขต ที่ 2 หรือการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากสุดในทั้งสามอาคารเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 62 ของทั้งหมด รองลงมาเป็นการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ และการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากร การปรับปรุงที่ควรทำเป็นอย่างแรกคือการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียเนื่องจากใช้การลงทุนที่น้อยแต่มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงสูงที่ทำให้อาคารหอพักชวนชมมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงผ่านเป้าหมายในการลดลงร้อยละ 20 ของทั้งหมดได้ การปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแนวทางที่ทำให้เกิดการลดมากที่สุดที่ทำให้อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารจามจุรี 5 ผ่านเป้าหมาย อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และหอพักชวนชมมีศักยภาพเพียงพอในการลดลงมากกว่าร้อยละ 25 ของทั้งหมดที่เป็นเป้าหมายสูงสุดตามนโยบายของรัฐบาลที่ตั้งไว้ในข้อตกลงปารีส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

6073345225 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORDS: GHG EMISSION / GHG REDUCTION / UNIVERSITY BUILDING / BUILDING OPERATION / PROCESS-ANALYSIS (PA) / EMISSION FACTOR

SURACHAT YAVIRACH: GUIDELINE FOR GHG EMISSION REDUCTION OF UNIVERSITY BUILDINGSA CASE OF CHULALONGKORN UNIVERSITY. ADVISOR: ASSOC. PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 221 pp.

This research objectives are to study the GHG emissions and reduction guidelines from the operations of university buildings including scope 1 such as engine fuel combustion in buildings, Scope 2 or purchased electricity usage and scope 3 such as purchased goods using the year 2016 data. The approach of this study is based on the process-analysis (PA) by applying of documented emission factors obtained from TGO, IPCC and U.S. EPA standard. The case study buildings are the faculty of architecture building, Chamchuri 5 Office Building and Chounchom Dormitory representing education buildings, office buildings and residentail buildings. The study of GHG reduction was conducted by using program tool and related researchs or projects on large GHG emission activity sources.

The study on representative buildings data showed that Chounchom Dormitory was the largest GHG emitter building in 2016 with the amount of 5,748.43 t CO_2e. GHG Emission in scope 2 or from consumption of purchased electricity has the largest emission from all three representative buildings with an average of 70% from the total emissions. Followed by emission from wastewater treatment operated by university and commuting of employees between their homes and workplace. The first adjustment that should be done is the improvement of wastewater treatment because of low investment while achieving high reductions which make Chounchom Dormitory pass the 20% GHG reduction target. The adjustment of electricity consumption is the most efficient approach which help the architecture building and Chamchuri 5 Building to achieve the target. The architecture building and Chounchom Dormitory have good potential to reduce more than 25% of total emissions which is the highest goal of government policy following the paris agreement.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร ที่คอยให้ความรู้และคำปรึกษาแนะนำ ส่งผลให้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณ รศ. พรรณชลัท สุริโยธิน และ ผศ.ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ที่ให้ความรู้จากการศึกษาต่างๆ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ชนิกานต์ ยิ้มประยูร ที่สละเวลามาเป็นกรรมการในการสอบครั้งนี้

ขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และหอพักชวนชมที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล สัมภาษณ์และแจกแบบสอบถามที่เป็นประโยชน์สำหรับการศึกษานี้ รวมถึงขอบคุณคณะผู้ดำเนินโครงการ Chula Zero Waste ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงการที่ใช้ในการศึกษาของวิทยานิพนธ์นี้

สุดท้าย ขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อนที่คอยสนับสนุนและช่วยเหลือตลอดมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฎ
สารบัญภาพ.....ฎ
สารบัญแผนภูมิ.....ฑ
บทที่ 1.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....2
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4
บทที่ 2.....6
2.1 การทบทวนแนวทางการศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....6
2.1.1 การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....6
2.1.2 การศึกษาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก.....18
2.2 แนวทางการศึกษาเกณฑ์การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....26
2.2.1 คำนิยามที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา.....26
2.2.2 การออกแบบและพัฒนาบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG inventory design and development).....27
2.2.3 แนวทางการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเกณฑ์แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก., 2559).....31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.3 สรุปการศึกษางานวิจัยและเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง....36
บทที่ 3 39
3.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization Boundary)....39
3.2 การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational Boundary)....43
3.3 วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Calculation and quantification methodologies)....45
3.4 วิธีลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่งกิจกรรม....56
บทที่ 4 57
4.1 ส่วนปรับปรุงจากการเก็บข้อมูล....57
4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์....58
4.2.1 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 1 58
4.2.2 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 2 59
4.2.3 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 3 59
4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารจามจุรี 5 60
4.3.1 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 1 60
4.3.2 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 2 61
4.3.3 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 3 61
4.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารหอพักชวนชม 62
4.4.1 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 1 63
4.4.2 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 2 63
4.4.3 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 3 63
4.5 ผลรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารทั้งหมด 64
4.6 ลำดับกิจกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง 68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.7 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอก 69
4.7.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานอาคาร.....69
4.7.2 การใช้แผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....72
4.8 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ 77
4.8.1 การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพระบบบำบัดน้ำเสีย.....77
4.8.2 การเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำ 78
4.9 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะขององค์กรภายนอก 83
4.9.1 การลดปริมาณขยะเหลือทิ้ง 83
4.9.2 โครงการแยกขยะก่อนทิ้ง.....83
4.9.3 โครงการลด ละ เลิกการใช้ถุงพลาสติก 83
4.9.4 โครงการ My Cup.....84
4.9.5 โครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหาร.....84
4.9.6 โครงการ Recycle Plus.....84
4.9.7 โครงการ Less Paper 85
4.10 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้.....90
4.10.1 การเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำ.....90
4.10.2 การบำบัดน้ำกลับมาใช้ใหม่.....91
4.11 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็น 96
4.11.1 การเปลี่ยนมาใช้สารทำความเย็นชนิด R-32 (HFC-32).....97
4.11.2 การเปลี่ยนมาใช้สารทำความเย็นชนิด R-1234yf (HFO-1234yf).....97
4.12 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงาน 102
4.13 ผลรวมการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 106
บทที่ 5 111

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

5.1 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละอาคาร 111
5.1.1 ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละอาคาร..... 111
5.1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรของแต่ละอาคาร 115
5.2 การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปรับปรุงในแต่ละอาคาร..... 117
5.2.1 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมา..... 117
5.2.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการบำบัดน้ำเสียโดยองค์กร 119
5.2.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการกำจัดขยะขององค์กรภายนอก 120
5.2.4 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้ 121
5.2.5 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็น..... 122
5.2.6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงาน..... 122
5.2.7 ผลรวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงของแต่ละอาคาร..... 123
5.3 การเปรียบเทียบผลการศึกษากับแต่ละสถานศึกษา 125
5.3.1 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสถานศึกษา..... 125
5.3.2 การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้ในแต่ละสถานศึกษา.. 129
บทที่ 6 133
6.1 สรุปผลการสำรวจและเก็บข้อมูลอาคารตัวอย่าง..... 133
6.2 สรุปการคำนวณและผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 134
6.3 สรุปผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง..... 135
6.4 ข้อเสนอแนะ 136
6.4.1 ข้อเสนอแนะการบันทึกข้อมูล 136
6.4.2 ข้อเสนอแนะการศึกษาในอนาคต..... 137
6.5 แนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของแต่ละอาคาร 137

Chulalongkorn University

หน้า

6.5.1 แนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. 137

6.5.2 แนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของอาคารจามจุรี 5..... 138

6.5.3 แนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของอาคารหอพักชวนชม 139

รายการอ้างอิง.....141

ภาคผนวก ก.....150

ภาคผนวก ข.....176

ภาคผนวก ค.....214

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....221

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรประเภทสถาบันการศึกษาของเกณฑ์แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก., 2559) 31

ตารางที่ 2.2 แสดงอัตราการรีไซเคิลของวัสดุแต่ละชนิดจากเกณฑ์การประเมินของแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก., 2559)..... 34

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกำจัดขยะแบบฝังกลบแบบตื้นของการประเมินของแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก., 2559)..... 34

ตารางที่ 2.4 สัดส่วนการรั่วไหลของสารทำความเย็นในแต่ละขั้นตอนจากเกณฑ์ของแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก., 2559)..... 35

ตารางที่ 3.1 ประเภทของขอบเขตและแหล่งกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้เป็นมาตรฐานในการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอาคารตัวอย่าง..... 44

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดข้อมูลแต่ละประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก..... 46

ตารางที่ 3.3 รูปแบบสมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามแต่ละประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก..... 48

ตารางที่ 3.4 วิธีเก็บข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณของแต่ละแหล่งกิจกรรมที่มีการดำเนินการในอาคารที่ทำการศึกษา..... 50

ตารางที่ 3.5 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในช่วงระยะเวลา 100 ปี (GWP_{100}) จากรายงานการประเมินของ IPCC ฉบับที่ 5 (IPCC fifth assessment report, 2014) 54

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละแหล่งกิจกรรมของอาคารตัวอย่าง..... 68

ตารางที่ 4.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของแต่ละอาคาร..... 73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของแต่ละอาคาร 74

ตารางที่ 4.4 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียแต่ละอาคาร 79

ตารางที่ 4.5 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียแต่ละอาคาร 79

ตารางที่ 4.6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะที่ลดลงหลังปรับการจัดการขยะแต่ละอาคาร 86

ตารางที่ 4.7 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงหลังปรับปรุงการจัดการขยะแต่ละอาคาร 86

ตารางที่ 4.8 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของแต่ละอาคาร 92

ตารางที่ 4.9 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของแต่ละอาคาร 93

ตารางที่ 4.10 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของแต่ละอาคาร 98

ตารางที่ 4.11 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของแต่ละอาคาร 98

ตารางที่ 4.12 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงานที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของแต่ละอาคาร 103

ตารางที่ 4.13 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของแต่ละอาคาร 103

ตารางที่ 4.14 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงแต่ละวิธีของแต่ละอาคาร 107

ตารางที่ 4.15 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงด้วยวิธีที่มีปริมาณที่ลดเยอะที่สุด วิธีอื่นรวมกัน และรวมวิธีทั้งหมดของแต่ละอาคาร 107

ตารางที่ 6.1 สรุปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละอาคาร 135

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.2 วิธีการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกในแต่ละแหล่งกิจกรรม 136

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 แผนผังอธิบายขอบเขตขององค์กรในเกณฑ์ ISO 14064-1 (2006) 28

ภาพที่ 2.2 แผนภูมิภาพรวมกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจากตามแต่ละขอบเขตจากเกณฑ์ Greenhouse Gas Protocol (WRI and WBCSD, 2004) 30

ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของแต่ละขอบเขตการดำเนินการกับขอบเขตองค์กรจากเกณฑ์ Greenhouse Gas Protocol (WRI and WBCSD, 2004) 30

ภาพที่ 3.1 รูปอาคารตัวแทนของแต่ละกลุ่มประเภทอาคารที่ใช้ในการศึกษา 41

ภาพที่ 3.2 รูปผังพื้นแสดงภาพรวมรูปทรงของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา 41

ภาพที่ 3.3 รูปผังพื้นแสดงภาพรวมรูปทรงของอาคารจามจุรี 5 ที่ใช้ในการศึกษา 42

ภาพที่ 3.4 รูปผังพื้นแสดงภาพรวมรูปทรงของอาคารหอพักชวนชมที่ใช้ในการศึกษา 42

ภาพที่ 4.1 ลักษณะรูปลักษณ์ของโปรแกรม VisualDOE 4.0 ที่ใช้ในการศึกษา 70

ภาพที่ 4.2 รูปลักษณ์ของโปรแกรม Water Use Reduction Calculator ของเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว LEED 91

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่งกิจกรรมของอาคาร
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 65

แผนภูมิที่ 4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่งกิจกรรมของอาคารจามจุรี 5 66

แผนภูมิที่ 4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่งกิจกรรมของอาคารหอพักชวนชม .. 67

แผนภูมิที่ 4.4 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาที่ลดลงจากการ
ปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 74

แผนภูมิที่ 4.5 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาที่ลดลงจากการ
ปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของอาคารจามจุรี 5 75

แผนภูมิที่ 4.6 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาที่ลดลงจากการ
ปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของหอพักชวนชม 75

แผนภูมิที่ 4.7 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการใช้ไฟฟ้า
ของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 76

แผนภูมิที่ 4.8 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการ
ใช้ไฟฟ้าของอาคารจามจุรี 5 76

แผนภูมิที่ 4.9 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการ
ใช้ไฟฟ้าของหอพักชวนชม 77

แผนภูมิที่ 4.10 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่ลดลงจาก
การปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 80

แผนภูมิที่ 4.11 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่ลดลงจาก
การปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของอาคารจามจุรี 5 80

แผนภูมิที่ 4.12 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่ลดลงจาก
การปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของหอพักชวนชม 81

แผนภูมิที่ 4.13 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุง
การบำบัดน้ำเสียของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 81

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิที่ 4.14 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของอาคารจามจุรี 5 82
แผนภูมิที่ 4.15 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของหอพักชวนชม 82
แผนภูมิที่ 4.16 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 87
แผนภูมิที่ 4.17 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของอาคารจามจุรี 5 87
แผนภูมิที่ 4.18 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของหอพักชวนชม 88
แผนภูมิที่ 4.19 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 88
แผนภูมิที่ 4.20 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของอาคารจามจุรี 5 89
แผนภูมิที่ 4.21 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของหอพักชวนชม 89
แผนภูมิที่ 4.22 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 93
แผนภูมิที่ 4.23 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของอาคารจามจุรี 5 94
แผนภูมิที่ 4.24 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของหอพักชวนชม 94
แผนภูมิที่ 4.25 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 95
แผนภูมิที่ 4.26 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของอาคารจามจุรี 5 95

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิที่ 4.27 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของหอพักชวนชม 96
แผนภูมิที่ 4.28 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 99
แผนภูมิที่ 4.29 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของอาคารจามจุรี 5 99
แผนภูมิที่ 4.30 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของหอพักชวนชม 100
แผนภูมิที่ 4.31 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 100
แผนภูมิที่ 4.32 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของอาคารจามจุรี 5 101
แผนภูมิที่ 4.33 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของหอพักชวนชม 101
แผนภูมิที่ 4.34 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงานที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 104
แผนภูมิที่ 4.35 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงานที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของอาคารจามจุรี 5 104
แผนภูมิที่ 4.36 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 105
แผนภูมิที่ 4.37 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของอาคารจามจุรี 5 105
แผนภูมิที่ 4.38 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงแต่ละวิธีของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 108
แผนภูมิที่ 4.39 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงแต่ละวิธีของอาคารจามจุรี 5 108

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิที่ 4.40 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงแต่ละวิธีของหอพักชวนชม 109

แผนภูมิที่ 4.41 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงด้วยวิธีที่มีปริมาณที่ลดสูงสุด วิธีอื่นรวมกัน และรวมวิธีทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 109

แผนภูมิที่ 4.42 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงด้วยวิธีที่มีปริมาณที่ลดสูงสุด วิธีอื่นรวมกัน และรวมวิธีทั้งหมดของอาคารจามจุรี 5 110

แผนภูมิที่ 4.43 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงด้วยวิธีที่มีปริมาณที่ลดสูงสุด วิธีอื่นรวมกัน และรวมวิธีทั้งหมดของหอพักชวนชม 110

แผนภูมิที่ 5.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 112

แผนภูมิที่ 5.2 สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขอบเขตเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 113

แผนภูมิที่ 5.3 ความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อประชากร (บุคลากรและนิสิต) เปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 114

แผนภูมิที่ 5.4 ความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อประชากร (บุคลากรและนิสิต) เปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 114

แผนภูมิที่ 5.5 ความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรต่อประชากร (บุคลากรและนิสิต) เปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 116

แผนภูมิที่ 5.6 ปริมาณสัดส่วนผู้ใช้งานการเดินทางและระยะทางเฉลี่ยการเดินทางแต่ละประเภทเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 116

แผนภูมิที่ 5.7 ระยะทางเฉลี่ยการเดินทางแต่ละประเภทเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 117

แผนภูมิที่ 5.8 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 118

แผนภูมิที่ 5.8 (ต่อ) สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 118

แผนภูมิที่ 5.9 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 119

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนภูมิที่ 5.10 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการจัดการขยะแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 120

แผนภูมิที่ 5.11 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการใช้น้ำประปาแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 121

แผนภูมิที่ 5.12 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการเปลี่ยนสารทำความเย็นแต่ละชนิดเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 122

แผนภูมิที่ 5.13 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการใช้กระดาษเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 123

แผนภูมิที่ 5.14 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงด้วยวิธีที่มีปริมาณที่ลดสูงสุด วิธีอื่นรวมกัน และรวมวิธีทั้งหมดเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร 124

แผนภูมิที่ 5.15 ปริมาณความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อจำนวนประชากร (บุคลากรและนิสิต) เปรียบเทียบกันแต่ละอาคารและสถานศึกษา 126

แผนภูมิที่ 5.16 ปริมาณความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ก่อสร้างทั้งหมด (gross floor area) เปรียบเทียบกันแต่ละอาคารและสถานศึกษา 127

แผนภูมิที่ 5.17 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้เปรียบเทียบกันแต่ละอาคารและสถานศึกษา 130

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

กิจกรรมของมนุษย์ในปัจจุบันก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas, GHG) ซึ่งทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกและสภาวะโลกร้อนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกมีโอกาสสูงถึง 8.5 องศาเซลเซียสเหนืออุณหภูมิในช่วงก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม ส่งผลเสียต่อธรรมชาติอย่างร้ายแรง ตัวอย่างเช่น ปริมาณน้ำสะอาดที่ลดลง แหล่งอาหารขาดแคลน การสูญพันธุ์ของพืชและสัตว์บางชนิด และปรากฏการณ์ภัยธรรมชาติที่รุนแรงมากขึ้น จากข้อมูลสถิติในรายงานการประเมินฉบับที่ 5 ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ทำให้เกิดข้อตกลงปารีส (Paris Agreement) จากการประชุม COP 21 ที่เป็นตราสารกฎหมายที่รับรองภายใต้กรอบอนุสัญญากรอบอนุสัญญาสหประชาชาติ (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) ที่ตั้งเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียสเหนืออุณหภูมิในช่วงก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม แต่ละองค์กรจึงพยายามศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของตนเพื่อนำไปสู่แนวทางในการลดการปล่อยตามนโยบายของภาครัฐ

กิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้งานของอาคารเป็นสาเหตุส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อมเป็นปริมาณมาก ทำให้การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้งานอาคารหรือสถาปัตยกรรมจึงมีความสำคัญ โดยส่วนมากการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงขั้นตอนการใช้อาคารของแต่ละงานวิจัยมีขอบเขตการศึกษาเพียงการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงซึ่งในความจริงมีกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกเหนือกว่านี้ การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงขั้นตอนการใช้อาคารจึงนิยมใช้การทำรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรในระดับภาพรวมขององค์กรเป็นส่วนใหญ่ ทำให้การศึกษารายอาคารยังมีจำนวนจำกัดซึ่งมีรายละเอียดที่แตกต่างจากระดับองค์กรโดยเฉพาะอาคารในสถานศึกษาที่มีการศึกษาจำนวนน้อย อีกทั้งยังขาดการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาเพื่อนำไปหาแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือการนำข้อมูลไปศึกษาต่อ

มหาวิทยาลัยนั้นถือเป็นหนึ่งในองค์กรที่มีขนาดใหญ่และประกอบด้วยกลุ่มอาคารจำนวนมาก อีกทั้งยังเป็นสถาบันการศึกษาที่เป็นต้นแบบให้แก่นักศึกษา ประชาชนและสังคม ดังนั้นการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยจึงมีความสำคัญ โดยทั้งนี้จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีเป้าหมายการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวชั้นนำ ทำให้การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นสิ่งจำเป็น ปัจจุบันได้มีการศึกษาประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับมหาวิทยาลัย (ณฐพล รำพึงกิจ, 2559) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับอาคารในแง่ของการใช้สอยอาคาร

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.3.1 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้อาคารแต่ละประเภทในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3.2 เพื่อศึกษาแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้อาคารแต่ละประเภทในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3.3 เพื่อเสนอต้นแบบแนวทางการศึกษาปริมาณและแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้อาคารแต่ละประเภทในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3.4 เพื่อเสนอทางเลือกเพื่อการตัดสินใจในการปรับปรุงอาคารทั้งทางกายภาพและพฤติกรรมการใช้งานในอาคารแต่ละประเภทเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารตัวอย่างแต่ละประเภทของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในวิทยาเขตการศึกษาที่ไม่รวมอาคารพาณิชยศาสตร์ อาคารอเนกประสงค์ อาคารของคณะแพทยศาสตร์รวมถึงโรงพยาบาล และอาคารเรียนแบบปฏิบัติการที่มีการใช้เครื่องมือหรือเครื่องจักรในการศึกษา เนื่องด้วยลักษณะการใช้งานอาคารที่มีมากกว่าการเรียนการสอนของวิทยาเขตการศึกษาส่วนกลาง รวมไปถึงลักษณะข้อมูลที่มีความซับซ้อน จึงแบ่งขอบเขตของอาคารที่ใช้ในการศึกษาได้เป็น 3 กลุ่มที่ประกอบด้วย 1. อาคารเรียน (education building) 2. อาคารสำนักงาน (office) 3. อาคารพักอาศัย (residential)

1.4.2 ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเกณฑ์การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจาก อบก. เป็นหลักที่เสริมด้วยมาตรฐาน ISO 14064-1, Greenhouse Gas Protocol และ IPCC Guidelines

1.4.3 ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สมการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลกิจกรรมที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากหน่วยงาน สัมภาษณ์และการแจกแบบสอบถามแก่ผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง

1.4.4 การศึกษาที่ใช้การจำลองอาคารตัวอย่างเพื่อการวัดประสิทธิด้านพลังงานใช้โปรแกรม VisualDOE 4.1 เท่านั้น

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1.4.1 ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการศึกษางานวิจัยและเกณฑ์การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้อาคาร

1.4.2 กำหนดขอบเขตพื้นที่ กลุ่มประเภทอาคาร และแหล่งกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการศึกษา

1.4.3 เลือกอาคารตัวแทนจากแต่ละกลุ่มประเภทอาคารที่ทำการศึกษา

1.4.4 สำรวจและเก็บข้อมูลของอาคารตัวอย่างจากแหล่งข้อมูลแต่ละแบบ

1.4.4.1 ข้อมูลที่มีการบันทึกและเผยแพร่ ได้แก่ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าและน้ำประปาที่ใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4.4.2 ข้อมูลที่มีการบันทึกแต่ไม่ได้เผยแพร่ ได้แก่ จำนวนเครื่องปรับอากาศและชนิดสารทำความเย็นที่ใช้ ปริมาณสารทำความสะอาดที่ใช้ ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (บางส่วน) และปริมาณกระดาษที่ใช้ในสำนักงาน

1.4.4.3 ข้อมูลที่ไม่มีการบันทึก

1.4.4.3.1 เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ ได้แก่ การใช้เชื้อเพลิงของเครื่องจักรและยานพาหนะของอาคาร จำนวนและชนิดของอุปกรณ์ดับเพลิง จำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้ของร้านค้าที่มาเช่าพื้นที่ และจำนวนและชนิดของต้นไม้

1.4.4.3.2 การเก็บข้อมูลภาคสนามด้วยตัวเอง ได้แก่ ปริมาณขยะที่ไม่ได้มีการบันทึก และการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรและนิสิต

1.4.5 ปรับปรุงวิธีการคำนวณและค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ให้เหมาะสมกับรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

1.4.6 คำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากแต่ละแหล่งกิจกรรมของอาคารตัวอย่างแต่ละอาคาร

1.4.7 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นระหว่างแต่ละกิจกรรมและแต่ละอาคาร และวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดการปล่อย

1.4.8 ศึกษาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมที่เหมาะสมและวิธีการคำนวณผลลัพธ์จากการปรับปรุงแต่ละวิธีการ

1.4.8.1 การใช้เครื่องมือโปรแกรมในการคำนวณ ได้แก่ การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าโดยใช้โปแกรมจำลองอาคาร Visual DOE 4.1 และการปรับปรุงการใช้น้ำประปาโดยเครื่องมือคำนวณจากเกณฑ์ LEED

1.4.8.2 การดำเนินการตามงานวิจัยหรือโครงการที่เกิดขึ้นจริงหรืองานศึกษาอื่น ได้แก่ การปรับปรุงปริมาณขยะที่เกิดขึ้นและการใช้กระดาษโดยการดำเนินการตามโครงการของมหาวิทยาลัย การปรับปรุงการใช้สารทำความเย็นและการบำบัดน้ำเสียโดยศึกษาตามแนวทางจากงานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.9 เปรียบเทียบผลจากการปรับปรุงระหว่างเป้าหมายในการลดที่ตั้งเอาไว้กับแต่ละวิธีการ แหล่งกิจกรรม และอาคาร และวิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพการลดของแต่ละวิธี

1.4.10 สรุปผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและแนวทางการปรับปรุงการใช้งานอาคารแต่ละวิธี และเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงเพื่อเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลและเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละอาคาร

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ทราบถึงปริมาณและรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้งานอาคารแต่ละประเภทในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5.2 ได้ทราบถึงรายละเอียดข้อมูลและการคำนวณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่งกิจกรรมของต้นแบบที่ใช้ในการศึกษาของอาคารแต่ละประเภทในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5.3 ได้ทราบถึงรูปแบบในการศึกษาแนวทางการลดหรือเพิ่มปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละแหล่งกิจกรรมของอาคารแต่ละประเภทในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5.4 ได้ทราบถึงประสิทธิภาพการลดหรือเพิ่มปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของแต่ละวิธีการหรือตัวเลือก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
งานวิจัยและเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนแนวทางการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้นประกอบด้วย 2 ส่วนได้แก่ ส่วนการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แบ่งออกได้เป็น การศึกษาแบบงานวิจัยทั้งช่วงวงจรชีวิตของอาคารที่ส่วนใหญ่ทำการศึกษาตามแต่ละประเภทอาคาร และการศึกษาในมหาวิทยาลัยที่ส่วนใหญ่ใช้การทำรายงานประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเกณฑ์ของแต่ละองค์กรที่มีทั้งในรูปแบบบทความงานวิจัยและบนสื่อออนไลน์ และส่วนการศึกษาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยนั้นมีทั้งในรูปแบบงานวิจัยและบนสื่อออนไลน์เช่นเดียวกัน

2.1.1 การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

แนวทางการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่แบ่งได้เป็น 2 แบบประกอบด้วยการศึกษาแบบงานวิจัยในและการศึกษาแบบการทำรายงานประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งการศึกษาแบบงานวิจัยนั้นส่วนมากทำการศึกษาแยกตามช่วงเวลาหรือขั้นตอนทางสถาปัตยกรรมที่ประกอบด้วยขั้นตอนหลักได้แก่ ขั้นตอนการผลิตวัสดุ ขั้นตอนการก่อสร้าง ขั้นตอนการใช้งาน และขั้นตอนการทำลายทิ้ง หรือเป็นแบบทั้งช่วงวงจรชีวิต (life cycle) ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่ทำการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามลักษณะอาคารที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.1.1 การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอาคารสำนักงาน

ตัวอย่างการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอาคารสำนักงานได้แก่ งานวิจัย Estimation of life cycle energy consumption and CO_2 emission of office buildings in Japan (Suzuki, M., & Oka, T., 1998) ที่ทำการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนทั้งช่วงวงจรชีวิตของอาคารสำนักงานในประเทศญี่ปุ่น โดยนำข้อมูลจากตาราง Input – Output ที่ได้มีการเก็บบันทึกปริมาณวัสดุหรือกิจกรรมและปริมาณเงินทุนที่ในการผลิตหรือทำงานของแต่ละหน่วยธุรกิจ ซึ่งเป็นข้อมูลปี ค.ศ. 1985 ที่มีข้อมูลจากแหล่งอุตสาหกรรมรวมทั้งหมด 406 แหล่ง การศึกษานี้ทำการศึกษาในอาคารตัวอย่างจำนวน 10 อาคารที่มีพื้นที่แตกต่างกันตั้งแต่ 1,253 ถึง 22,982 ตร.ม. ที่ทำให้โครงสร้างของอาคารมีลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างอาคารขนาด

ใหญ่ที่ใช้โครงสร้างเหล็กเป็นหลักและอาคารขนาดเล็กที่มีพื้นที่อาคารน้อยกว่า 2,000 ตร.ม. ที่ส่วนมากที่ใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นหลัก โดยการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการใช้งานนั้นทำการศึกษาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เป็นหลักซึ่งนำข้อมูลมาจากใบเรียกชำระงานค่าไฟฟ้าของแต่ละเดือน และปริมาณพลังงานที่ใช้ในส่วนอื่นได้แก่ การใช้น้ำประปา ก๊าซ ระบบบำบัดน้ำเสีย และอื่นๆ จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณพลังงานที่ใช้และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการใช้งานอาคารมีสัดส่วนที่สูงที่สุดจากขั้นตอนทั้งหมด

งานวิจัย Environmental life cycle assessment of a commercial office building in Thailand (Kofoworola, O. F., & Gheewala, S. H., 2008) เป็นการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของแต่ละขั้นตอนทั้งช่วงวงจรชีวิตของอาคารสำนักงานพาณิชยกรรมทั่วไปในประเทศไทย ที่อาคารส่วนใหญ่มีโครงสร้างและแบบแผนของผิวอาคารภายนอกที่คล้ายกันจึงใช้อาคารเพียงหนึ่งอาคารเป็นตัวแทนในการศึกษาที่โครงสร้างส่วนใหญ่ใช้คอนกรีตเสริมเหล็กและใช้ผนังกระจกในส่วนของผิวนอกอาคาร โดยได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์สถาปนิกและบุคลากรอื่นที่เกี่ยวข้องกับการจัดการอาคาร การศึกษาใช้แนวทางตามเกณฑ์ ISO-14040 ในการศึกษาแต่ละขั้นตอนโดยมีการดำเนินการที่ผสมกันระหว่างแบบ Input-Output กับ Process-Based ซึ่งในขั้นตอนการใช้งานอาคารนั้นทำการศึกษาเพียงแค่การใช้พลังงานไฟฟ้าที่มาจากการทำความเย็น การให้แสงสว่าง การใช้อุปกรณ์ และการใช้น้ำประปา โดยทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ด้วยข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบผสมของประเทศไทย ซึ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการใช้งานอาคารเป็นกิจกรรมที่ใช้พลังงานและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดจากแหล่งกิจกรรมทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.1.2 การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอาคารพักอาศัย

ตัวอย่างงานวิจัยที่ทำการศึกษาในอาคารประเภทที่พักอาศัยประกอบด้วย งานวิจัย A methodology for estimating the life-cycle carbon efficiency of a residential building (Li, D., Chen, H., Hui, E. C., Zhang, J., & Li, Q., 2013) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับขั้นตอนการทำงานในแต่ละขั้นตอนตลอดช่วงชีวิตของอาคารพักอาศัยในประเทศจีน โดยในขั้นตอนการใช้งานอาคารนั้นศึกษาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและก๊าซธรรมชาติสำหรับการทำความร้อนและความเย็น การปรุงอาหาร และกิจกรรมอื่นภายในอาคาร ซึ่งใช้ค่าสัมประสิทธิ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากการใช้พลังงานในขั้นตอนการใช้งานอาคาร ปริมาณการใช้พลังงานในขั้นตอนการใช้งาน

อาคารนั้นอาจมีปริมาณที่ไม่คงตลอดช่วงเวลาการใช้งานเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของนวัตกรรม เทคโนโลยี สภาพอากาศ และรูปแบบการใช้ชีวิตของผู้อยู่อาศัย โดยขั้นตอนการผลิตวัสดุในการก่อสร้างอาคารและการใช้สอยอาคารมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นประมาณร้อยละ 90 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมด

งานวิจัย Carbon emissions in the life cycle of urban building system in China—A case study of residential buildings (You, F., et al., 2011) เป็นการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารในพื้นที่กลางเมืองตลอดช่วงชีวิต โดยแบ่งแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ศึกษาออกเป็น กระบวนการอุตสาหกรรม การใช้พลังงาน การรั่วไหลของก๊าซ และการใช้ที่ดิน การศึกษาใช้อาคารตัวแทนประเภทอาคารพักอาศัยจำนวน 46 อาคารที่มีโครงสร้างทั่วไปเป็นแบบการใช้อิฐก้อนกับคอนกรีตและเหล็กกับคอนกรีต ในขั้นตอนการใช้งานอาคารนั้นไม่ทำการศึกษาในส่วนการบริโภคอาหารและผลิตภัณฑ์อื่นโดยทำการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานเป็นหลัก และใช้วิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดตลอดช่วงชีวิตของอาคารนั้นอาคารประเภทอิฐผสมคอนกรีตมีปริมาณที่มากกว่าอาคารประเภทเหล็กผสมคอนกรีตที่ส่วนมากมาจากการใช้พลังงานและการใช้ที่ดิน

ส่วนงานวิจัย Life cycle energy analysis of buildings: An overview (Ramesh, T., Prakash, R., & Shukla, K., 2010) เป็นการศึกษาในอาคารตัวอย่างทั้งประเภทอาคารพักอาศัยและอาคารสำนักงานเป็นจำนวนทั้งหมด 73 อาคารจาก 13 ประเทศ โดยจุดประสงค์ของวิจัยนี้นั้นเพื่อศึกษาช่วงระยะเฉลี่ยของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดช่วงชีวิตของอาคารลักษณะทั่วไป และให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างอาคารประหยัดพลังงานกับอาคารโดยทั่วไป ซึ่งอาคารตัวอย่างนั้นประกอบด้วยอาคารโครงสร้างไม้ เหล็ก คอนกรีตและอื่นๆ พบว่าปริมาณพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการใช้งานอาคารมีความสัมพันธ์กับปริมาณพลังงานที่ใช้ตลอดช่วงชีวิตอาคารเป็นรูปแบบสมการเส้นตรงถึงแม้มีปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศและปัจจัยอื่นที่แตกต่างกันก็ตาม ปริมาณการใช้พลังงานตลอดช่วงชีวิตอาคารของอาคารสำนักงานที่โดยทั่วไปมีโครงสร้างคอนกรีตหรือเหล็กมีปริมาณที่มากกว่าอาคารที่พักอาศัยที่มีโครงสร้างไม้ อีกทั้งพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการใช้งานอาคารมีปริมาณสูงที่สุดที่มาจากการรักษาสภาวะน่าสบายในอาคาร

ส่วนงานวิจัย Operational vs. embodied emissions in buildings—A review of current trends (Ibn-Mohammed, T., Greenough, R., Taylor, S., Ozawa-Meida, L., & Acquaye, A., 2013) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้แนวทางการออกแบบและก่อสร้างอาคารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด โดยศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแฝง (Embodied) ที่มีใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนผลิตวัสดุ การก่อสร้าง การซ้อมบำรุง การทำลาย และการกำจัดทิ้ง และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้งานอาคาร ซึ่งจากงานวิจัยจำนวนมากก่อนหน้าที่แสดงให้เห็นถึงความเด่นชัดของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแฝงที่มีปริมาณที่สูงมากขึ้นจากการพยายามลดในขั้นตอนการใช้งานอาคารที่ส่วนมากถูกมองข้ามไป โดยที่การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการใช้งานอาคารนั้นทำการศึกษาจากการใช้พลังงานเพียงอย่างเดียวเช่นเดียวกับงานวิจัยอื่น

จากการทบทวนการงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ขั้นตอนการใช้งานอาคารจากงานวิจัยที่ศึกษาทั้งหมดมีสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจากขั้นตอนทั้งหมดตลอดช่วงชีวิตอาคาร โดยขอบเขตที่ทำการศึกษาในขั้นตอนการใช้งานอาคารของงานวิจัยเกือบทั้งหมดมีการศึกษาเพียงการใช้พลังงานเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงแล้วมีรายละเอียดของจำนวนแหล่งกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่านั้น ทำให้การศึกษาในขั้นตอนการใช้งานอาคารส่วนใหญ่จึงใช้การทำรายงานประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นิยมทำการศึกษาในระดับองค์กร ซึ่งมีการกำหนดกฎเกณฑ์ มาตรฐานและขอบเขตในการศึกษาที่มีรายละเอียดที่ครบถ้วนและครอบคลุมจากเกณฑ์การประเมินของแต่ละองค์กร โดยมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่ได้ทำการศึกษาตามเกณฑ์การประเมินของแต่ละองค์กรหรือใช้แนวทางที่คล้ายคลึงกันในการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.1.1.3 การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในมหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้แนวทางการทำรายงานประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยได้แก่ Norwegian University of Technology and Science; NTNU (Larsen, H. N., Pettersen, J., Solli, C., & Hertwich, E. G., 2013) ที่เป็นมหาลัยที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเป็นอันดับที่สองในประเทศนอร์เวย์ โดยมีจำนวนนักศึกษาประมาณ 20,000 คน บุคากรประมาณ 5,500 คน และคณะวิชาจำนวน 7 คณะซึ่งแบ่งออกเป็น 53 ภาควิชา การศึกษาใช้แนวทางตามเกณฑ์ GHG Protrocol: a corporate accounting and reporting standard (WRI and WBCSD, 2004) ด้วยการดำเนินการแบบ Environmental Extended Input-Output (EEIO) จากข้อมูลปี ค.ศ. 2005 ซึ่งเก็บรวบรวมมาจากหน่วยงานทั้งหมด 120 แหล่ง โดยนำมาปรับปรุงให้เข้ากับข้อมูลทางการเงินของปี ค.ศ. 2009 การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นศึกษาในแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 1 ที่ประกอบด้วยกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงและน้ำมันให้ความร้อน (heating oil) ส่วนขอบเขตที่ 2 ประกอบด้วยกิจกรรมที่มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่ซื้อมา และขอบเขตที่ 3 ที่มาจากกิจกรรมการใช้สินค้าและบริการทั้งหมด โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ 92 kt CO_2e และในกรณีที่

คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อจำนวนนักศึกษามีปริมาณเท่ากับ 4.6 t CO_2e / คน และกรณีเมื่อเทียบกับจำนวนบุคลากรมีปริมาณเท่ากับ 16.7 t CO_2e / คน ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมขอบเขตที่ 3 มีปริมาณมากที่สุดจึงทำให้ถึงความสำคัญในการรวมกิจกรรมในขอบเขตที่ 3 ในการศึกษา

การศึกษาของ De Montfort University (Ozawa-Meida, L., Brockway, P., Letten, K., Davies, J., & Fleming, P., 2013) เป็นการเสนอแนวทางการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการดำเนินการแบบอ้างอิงฐานการบริโภค (Consumption-based) เพื่อสามารถนำไปใช้ศึกษาในมหาวิทยาลัยแห่งอื่นในสหราชอาณาจักรได้ การศึกษาใช้ข้อมูลของมหาวิทยาลัยปีการศึกษา 2008 ซึ่งมีจำนวนนักศึกษา 21,585 คน บุคลากร 3,995 คน และพื้นที่ 128,215 ตร.ม. แนวทางในการศึกษาใช้ตามเกณฑ์ GHG Protrocol (WRI and WBCSD, 2004) ที่แบ่งเป็นกิจกรรมขอบเขต 1, 2 และ 3 ที่แบ่งเป็นกลุ่มกิจกรรมหลักได้แก่ การใช้พลังงานของอาคาร การเดินทาง และการจัดซื้อสินค้า ด้วยการดำเนินการผสมกันระหว่างแบบ Bottom-Up (Process-Based) ในข้อมูลปฐมภูมิ และแบบ Input-Output ในข้อมูลห่วงโซ่อุปทานจากค่าเฉลี่ยของประเทศ โดยการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใช้วิธีการคำนวณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องจากกระทรวงสิ่งแวดล้อม อาหาร และชนบท (Department for Environment, Food and Rural Affairs: Defra) และกระทรวงพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The Department of Energy and Climate Change: DECC) ของสหราชอาณาจักร และใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) จากองค์กร IPCC ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของปีการศึกษา 2008 เท่ากับ 51,080 t CO_2e ซึ่งมาจากการใช้พลังงานคิดเป็นปริมาณร้อยละ 34 การเดินทางคิดเป็นร้อยละ 29 และการจัดซื้อสินค้าและบริการคิดเป็นร้อยละ 38 ของปริมาณทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปีการศึกษา 2005 พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดมีปริมาณที่ลดลงร้อยละ 2.5 แต่ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการจัดซื้อสินค้าและบริการที่เป็นแหล่งกิจกรรมที่มีปริมาณปล่อยมากที่สุดมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 28 เป็น 38 ของปริมาณทั้งหมด

การศึกษา University Technology Malaysia: UTM (Yazdani, Z., Talkhestan, G. A., & Kamsah, M., 2013) ทำการศึกษาตามแนวทางเกณฑ์ GHG Protrocol โดยใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นข้อมูลของปี ค.ศ. 2011 จากพื้นที่วิทยาเขตหลักในเมืองโจโฮร์บะฮ์รู และทำการเก็บข้อมูลการเดินทางด้วยการใช้เครื่องมือ Google Earth การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใช้การคำนวณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากศูนย์พลังงานประเทศมาเลเซีย (Malaysia Energy Center, PTM) องค์กรข้อมูลข่าวสารด้านพลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(Energy Information Association, EIA) และอื่นๆ โดยแบ่งแหล่งกิจกรรมออกเป็นขอบเขตที่ 1 ที่มีตัวอย่างเช่นการใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะของมหาวิทยาลัย ขอบเขตที่ 2 เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้า และขอบเขตที่ 3 เช่นการกำจัดขยะที่เกิดขึ้น ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ 57,576 t CO_2e ที่มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่คิดเป็นร้อยละ 84 ของปริมาณทั้งหมดหรือเท่ากับ 48,241 t CO_2e รองลงมาเป็นส่วนการเดินทางและการกำจัดขยะตามลำดับที่คิดเป็นร้อยละ 12.5 และ 3.5 ของปริมาณทั้งหมดตามลำดับหรือเท่ากับ 7,284 และ 2,051 t CO_2e ตามลำดับ กรณีเมื่อเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดกับจำนวนประชากรทั้งหมดพบว่ามีปริมาณเท่ากับ 2.10 t CO_2e / คน และเมื่อคิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในขอบเขตที่ 2 กับจำนวนประชากรพบว่ามีปริมาณกับ 1.76 t CO_2e / คน

ส่วนตัวอย่างการศึกษาของ Universidad Nacional Autónoma de México: UNAM (Güereca, L. P., Torres, N., & Noyola, A., 2013) และ Technical University of Madrid (Alvarez, S., Blanquer, M., & Rubio, A., 2014) เป็นการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แยกย่อยตามคณะวิชาในมหาวิทยาลัยทั้งสอง โดยการศึกษาของ UNAM ทำการศึกษาในขอบเขตสถาบันวิศวกรรมของมหาวิทยาลัยจากข้อมูลปี ค.ศ. 2010 โดยมีประชากรทั้งหมด 1,076 คน แบ่งเป็น นักศึกษาปริญญาตรีและหลังปริญญาโทร้อยละ 54 อาจารย์ร้อยละ 18 บุคลากรคณะบริหารร้อยละ 13 และบุคลากรรับจ้างชั่วคราวร้อยละ 15 อีกทั้งมีพื้นที่รวมของอาคารทั้งหมด 15 อาคารเท่ากับ 25,240 ตร.ม. การศึกษายึดแนวทางตามเกณฑ์ขององค์กร WRI & WBCSD ที่มีการดำเนินการแบบ Consumption-Based และ Bottom-Up ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นทำการศึกษาจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 ที่ประกอบด้วย การเดินทาง การซื้อพลังงานจากภายนอก การผลิตพลังงานใช้เอง และการก่อให้เกิดขยะ การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใช้วิธีคำนวณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์กร IPCC สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐ (U.S. Environmental Protection Agency, U.S. EPA) และการทรวงพลังงานเม็กซิโก (Secretaría de Energía, SENER) พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของปี ค.ศ. 2010 เท่ากับ 1,577 t CO_2e แบ่งเป็นสัดส่วนในขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับร้อยละ 5, 42 และ 53 ของปริมาณทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งมาจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า การเดินทาง การจัดส่งสินค้า การใช้กระดาษ และการกำจัดขยะเป็นปริมาณร้อยละ 42, 50, 5, 1, 1 และ 1 ของปริมาณทั้งหมดตามลำดับ ในกรณีที่คิดเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อประชากรมีปริมาณเท่ากับ 0.68 t CO_2e / คน

การศึกษาของ Technical University of Madrid ทำการศึกษาในขอบเขตคณะวิศวกรรมป่าไม้โดยมีนักศึกษาจำนวน 1,150 คนและพนักงานจำนวน 235 คน การศึกษาใช้การดำเนินการแบบผสมบนพื้นฐานบัญชีการเงินซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สเปน โดยวิธีนี้เป็นการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดช่วงวงจรชีวิตของแต่ละกิจกรรม การศึกษาใช้ข้อมูลของปี ค.ศ. 2010 โดยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 3 กลุ่มประกอบด้วย การใช้ที่ดิน การกำจัดขยะ และการใช้สินค้าหรือบริการ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใช้แนวทางการศึกษาตามเกณฑ์ขององค์กร WRI & WBCSD โดยแบ่งออกเป็นขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งจากการศึกษานั้นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ 2,147 t CO_2e แบ่งเป็นสัดส่วนในขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 ปริมาณเท่ากับ 169, 703 และ 1,275 t CO_2e ตามลำดับ หรือเท่ากับร้อยละ 5, 42 และ 53 ของปริมาณทั้งหมดตามลำดับ

ส่วนกรณีประเทศไทยนั้นมหาวิทยาลัยบางแห่งได้มีการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินการใช้งานแล้ว ยกตัวอย่างได้แก่ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต (ไพรัช อุศุภรัตน์ และหาญพล พึ่งรัศมี, 2557) มีจุดประสงค์สำหรับการศึกษาเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สามารถนำไปใช้เพื่อการวางแผนจัดการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในอนาคต การศึกษาใช้ข้อมูลช่วงเวลาปี พ.ศ. 2553 ในขอบเขตพื้นที่ส่วนความรับผิดชอบของมหาวิทยาลัยเท่านั้น ซึ่งใช้แนวทางตามเกณฑ์แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก: อบก. (อบก., 2559) ในการศึกษาที่แบ่งออกเป็นขอบเขตที่ 1 ได้แก่ การเดินทางด้วยยานพาหนะขององค์กร การรั่วไหลของสารทำความเย็น การบำบัดน้ำเสีย การใช้ปุ๋ย และการกำจัดขยะเศษอาหาร ขอบเขตที่ 2 เป็นการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อมา และขอบเขตที่ 3 ได้แก่ การผลิตขวดน้ำที่ใช้ การใช้ก๊าซหุงต้มในร้านอาหาร การใช้น้ำประปา การใช้สารเคมีในการซักล้าง การฝังกลบขยะ และการผลิตกระดาษที่ใช้ ซึ่งการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกนั้นใช้ค่าสัมประสิทธิ์จากองค์กร IPCC ระบบฐานข้อมูลของประเทศ ETH-ESU 96 และอื่นๆ จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ 34,355 t CO_2e โดยที่เมื่อทำการเทียบกับจำนวนนักศึกษาทั้งหมด 21,240 คน มีปริมาณเท่ากับ 1.62 t CO_2e / คน ส่วนกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งกิจกรรมที่มีสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด

การศึกษาของมหาวิทยาลัยมหิดล (Aroonsrimorakot, S., Yuwaree, C., Arunlertaree, C., Hutajareorn, R., & Buadit, T., 2013) ที่ทำการศึกษาในขอบเขตคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ในวิทยาเขตศาลายา ซึ่งประกอบด้วย 4 อาคารได้แก่ อาคารเรียน 1 และ 2 อาคารสารสนเทศ และอาคารสิ่งแวดล้อมพัฒนดล ซึ่งทำการศึกษาแหล่งกิจกรรมแบ่งเป็นขอบเขตที่ 1 ประกอบด้วยการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการเดินทางและการบำบัดน้ำเสีย ขอบเขตที่ 2 ประกอบด้วยการนำเข้าพลังงานไฟฟ้า และขอบเขตที่ 3 ประกอบด้วย การใช้กระดาษ การก่อให้เกิดขยะ การใช้สารเคมี และการใช้พัสดุในห้องปฏิบัติการ โดยข้อมูลที่นำมาศึกษานั้นเป็นข้อมูลของปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค.ศ. 2010 ที่แบ่งเป็นข้อมูลปฐมภูมิซึ่งคือข้อมูลปริมาณขยะและข้อมูลทุติยภูมิที่ประกอบด้วย ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและน้ำประปา ปริมาณและคุณภาพของน้ำเสีย ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ปริมาณการใช้กระดาษ และปริมาณการใช้สารเคมี วิธีคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใช้วิธีคำนวณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบฐานข้อมูลของประเทศไทยได้แก่ อบก. การประปานครหลวง และอื่นๆ โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในปี ค.ศ. 2010 มีปริมาณเท่ากับ 1,091.85 t CO_2e โดยกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้ามีสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากที่สุด ซึ่งถ้าต้องการทดแทนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดด้วยคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit, CERs) นั้นต้องเสียเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 605,594.48 บาท

โดยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยนั้นได้มีการดำเนินการศึกษาเช่นเดียวกัน (ณฐพล รำพึงกิจ, 2559) โดยศึกษาจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจากแต่ละหน่วยงานภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วงระยะเวลาเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2559 การศึกษาใช้ตามแนวทางขององค์กร อบก. ซึ่งกำหนดขอบเขตองค์กรเป็นแบบการควบคุมการดำเนินการ (Control Approach) ที่ครอบคลุมส่วนมหาวิทยาลัยประกอบด้วยทั้งหมด 86 หน่วยงาน โดยที่ไม่นับรวมหน่วยธุรกิจหรือโรงงานที่องค์กรไม่ได้ควบคุม โดยแหล่งกิจกรรมที่ทำการศึกษาประกอบด้วยขอบเขตที่ 1 ได้แก่ การเดินทางโดยยานพาหนะของมหาวิทยาลัย การใช้เชื้อเพลิงในอุปกรณ์ที่อยู่กับที่ การเผาไหม้ก๊าซหุงต้ม การเติมสารทำความเย็น การใช้สารดับเพลิง และการใช้ปุ๋ยเคมี และขอบเขตที่ 2 เป็นการใช้ไฟฟ้า ส่วนขอบเขตที่ 3 ไม่ได้มีการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของปีการศึกษา 2558 เท่ากับ 54,954.9 t CO_2e จากขอบเขตที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 1,545.7 t CO_2e และขอบเขตที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 53,409.2 t CO_2e กรณีที่เทียบกับจำนวนนิสิตและบุคลากรนั้นมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.21 t CO_2e / คน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกเหนือจากการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในมหาวิทยาลัยที่ใช้แนวทางตามการประเมินของแต่ละองค์กรที่นำเสนอในรูปแบบบทความในวารสารหรืองานวิจัยแล้วนั้น ได้มีการศึกษาของมหาวิทยาลัยที่ใช้แนวทางการศึกษาที่คล้ายคลึงกันที่ทำนำเสนอในรูปแบบเล่มรายงานประจำปีของมหาวิทยาลัยหรือเป็นการรายงานบนฐานข้อมูลออนไลน์ขององค์กร โดยมีตัวอย่างการศึกษาดังต่อไปนี้

รายงานของ University of Cape Town (Rippon, S., 2014) ของปี ค.ศ. 2013 นั้นมหาวิทยาลัยมีจำนวนนักศึกษาและบุคลากรจำนวน 31,041 คน ที่เพิ่มมาจาก 30,579 คน ในปี ค.ศ. 2012 และมีพื้นที่อาคารทั้งหมด 668,165 ตร.ม. ที่เพิ่มมาจาก 646,404 ตร.ม. ในปี ค.ศ. 2012 การศึกษาใช้แนวทางตามเกณฑ์ขององค์กร WRI & WBCSD โดยแบ่งเป็นกิจกรรมในขอบเขตที่ 1 ประกอบด้วยการใช้ยานพาหนะของมหาวิทยาลัยและการเผาไหม้เชื้อเพลิงธรรมชาติ ขอบเขตที่ 2

ที่มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้า และขอบเขตที่ 3 ประกอบด้วย การเดินทาง การบริโภคสินค้าประเภทอาหาร การใช้กระดาษ การใช้น้ำประปา การกำจัดขยะ และการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการศึกษานำมาจากกระทรวงสิ่งแวดล้อม อาหาร และชนบทของสหราชอาณาจักรเป็นหลัก ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในปี ค.ศ. 2013 มีปริมาณเท่ากับ 85,360.02 t CO_2e แบ่งตามขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 เป็นปริมาณเท่ากับร้อยละ 0.88, 76.02 และ 23.10 ของปริมาณทั้งหมดตามลำดับ เมื่อเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดกับจำนวนนักศึกษาและบุคลากรนั้นพบว่ามีปริมาณเท่ากับ 2.75 t CO_2e / คน ซึ่งลดลงมาจากปี ค.ศ. 2012 ที่มีปริมาณเท่ากับ 2.87 t CO_2e / คน และในกรณีเมื่อเทียบกับพื้นที่อาคารทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับประมาณ 0.13 t CO_2e / ตร.ม ที่ลดลงมาจาก 0.14 t CO_2e / ตร.ม. ในปี ค.ศ. 2012 เมื่อรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในขอบเขตที่ 2 และการผลิตพลังงานความร้อนจากก๊าซธรรมชาติในขอบเขตที่ 1 มีปริมาณรวมกันทั้งหมดเท่ากับ 65,177.38 t CO_2e ซึ่งเมื่อเทียบกับจำนวนนักศึกษาและบุคลากรนั้นพบว่ามีปริมาณทั้งหมดเท่ากับ 2.10 t CO_2e / คน

รายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ Monash University (Environmental Sustainability, F. a. S., 2012) ปี ค.ศ. 2011 มีจำนวนนักศึกษา 53,775 คน และบุคลากรจำนวน 6,418 คน ตามข้อมูลรายงานประจำปี และมีพื้นที่ทั้งหมด 719,395 ตร.ม. การศึกษาทำตามแนวทางเกณฑ์ GHG Protrocol, ISO 14064-1 (ISO, 2006) และรายงานบัญชีก๊าซเรือนกระจกของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมเมืองวิคตอเรีย หรือ EPA Victoria's greenhouse gas inventory management plan (EPA Victoria, 2011) โดยมีการศึกษาของปี ค.ศ. 2009 เป็นปีฐาน ขอบเขตองค์กรที่ใช้ในการศึกษานั้นนับรวมทรัพย์สินที่ครอบครองหรือเช่าโดยองค์กรถึงแม้ไม่ได้อยู่ในขอบเขตพื้นที่วิทยาเขตมหาวิทยาลัยก็ตาม แหล่งกิจกรรมที่ศึกษาแบ่งเป็นขอบเขตที่ 1 ประกอบด้วย การใช้ก๊าซธรรมชาติ เชื้อเพลิง สารทำความเย็น และสารเคมีประเภทมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ขอบเขตที่ 2 เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมา และขอบเขตที่ 3 ประกอบด้วย การผลิตและการขนส่งสินค้า การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าระหว่างการส่ง การเดินทาง การกำจัดขยะ และการทำงานของบริษัทที่ทำการว่าจ้าง ซึ่งใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาจากบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศ (National Greenhouse Accounts: NGA) เป็นหลัก พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ 178,116 t CO_2e ซึ่งมาจากขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 เป็นปริมาณเท่ากับ 18,299, 119,952 และ 57,889 t CO_2e ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.88, 76.02 และ 23.10 ของปริมาณทั้งหมดตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดกับจำนวนนักศึกษาและบุคลากรนั้นพบว่ามีปริมาณเท่ากับ 2.96 t CO_2e / คน และเมื่อเทียบกับพื้นที่นั้นมีปริมาณเท่ากับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

0.25 t CO_2e / ตร.ม. ส่วนกรณีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในขอบเขตที่ 2 และ 3 รวมถึงการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในการผลิตพลังงานของขอบเขตที่ 1 มีปริมาณรวมกันเท่ากับ 150,186 t CO_2e เมื่อเทียบกับจำนวนนักศึกษาและบุคลากรนั้นพบว่ามีปริมาณเท่ากับ 2.50 t CO_2e / คน

รายงานความคืบหน้าการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ Yale University (Yale Office of Sustainability, 2016) ประจำปี ค.ศ. 2016 โดยมหาวิทยาลัยมีจำนวนนักศึกษาเท่ากับ 16,774 คน และบุคลากรจำนวน 4,410 คน การศึกษาแบ่งแหล่งกิจกรรมตามเกณฑ์ GHG Protrocol ที่ประกอบด้วย ขอบเขตที่ 1 ได้แก่ การผลิตพลังงานของโรงงานขององค์กรและการใช้ยานพาหนะของมหาวิทยาลัย ขอบเขตที่ 2 การซื้อพลังงานไฟฟ้าจากภายนอก และขอบเขตที่ 3 เช่นการเดินทางของบุคลากร การขึ้นเครื่องบินเดินทาง และการใช้กระดาษเป็นต้น ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของปี ค.ศ. 2016 มีปริมาณเท่ากับ 200,961 t CO_2e ซึ่งมีปริมาณที่ลดลงจากปี ค.ศ. 2005 หรือปีฐานในการศึกษาที่มีปริมาณเท่ากับ 263,119 t CO_2e คิดเป็นร้อยละ 24 จากเดิม ถึงแม้พื้นที่ของมหาวิทยาลัยทั้งหมดมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 14 จากปีฐานก็ตาม เมื่อเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดกับจำนวนนักศึกษาและบุคลากรนั้นมีปริมาณเท่ากับ 9.49 t CO_2e / คน ส่วนกรณีที่เทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานจากโรงงานขององค์กรในขอบเขตที่ 1 และการซื้อพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกในขอบเขตที่ 2 ที่มีปริมาณเท่ากับ 149,491 t CO_2e กับจำนวนนักศึกษาและบุคลากรนั้นมีปริมาณเท่ากับ 7.06 t CO_2e / คน

รายงานความยั่งยืนของ Nanyang Technological University (Nanyang Technological University, 2017) ประจำปีการศึกษา 2016 ที่ประกอบด้วยนักศึกษาในทุกระดับการศึกษาและบุคลากรจำนวนทั้งหมด 44,079 คน ที่ประกอบด้วยภาควิชาจำนวน 7 ภาควิชา โดยการศึกษาแบ่งแหล่งกิจกรรมออกเป็นขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขอบเขตที่ 2 หรือการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 90.9 ของปริมาณทั้งหมด หรือเท่ากับ 104,588,118 kg CO_2e รองลงมาเป็นขอบเขตที่ 3 ที่คิดเป็นร้อยละ 9 ของปริมาณทั้งหมด หรือเท่ากับ 10,398,699 kg CO_2e ที่ส่วนมากมาจากการเดินทาง และขอบเขตที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 0.01 ของปริมาณทั้งหมด หรือเท่ากับ 13,042 kg CO_2e ในกรณีที่คิดเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่มีปริมาณเท่ากับ 114,999.9 t CO_2e กับจำนวนนักศึกษาและบุคลากรนั้นมีปริมาณเท่ากับ 2.61 t CO_2e / คน ส่วนกรณีที่เทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้ากับพื้นที่มหาวิทยาลัยนั้นมีปริมาณเท่ากับประมาณ 80 kg CO_2e / ตร.ม. ซึ่งลดมาจากปริมาณของปีการศึกษา 2011 เท่ากับประมาณ 30 kg CO_2e / ตร.ม. เมื่อนำปริมาณการปล่อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามาคิดเทียบกับจำนวนนักศึกษาและบุคลากรพบว่ามีปริมาณเท่ากับ 2.37 t CO_2e / คน

ส่วนตัวอย่างการศึกษาที่ทำการรายงานผลแบบออนไลน์ของแต่ละมหาวิทยาลัย ได้แก่ การศึกษาของ Cornell University[1] ของปี ค.ศ. 2016 ใช้แนวทางตามเกณฑ์ GHG Protrocol ในการศึกษาที่แบ่งแหล่งกิจกรรมที่ทำการศึกษาออกเป็นขอบเขตที่ 1 ได้แก่ การผลิตพลังงานไฟฟ้าขององค์กร การทำความร้อนและความเย็น และการใช้ยานพาหนะขององค์กร ขอบเขตที่ 2 เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมา และขอบเขตที่ 3 ประกอบด้วยการเดินทางของนักศึกษาและบุคลากร รวมถึงการเดินทางด้วยเครื่องบินที่ออกค่าใช้จ่ายโดยองค์กร ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปี ค.ศ. 2016 มีปริมาณเท่ากับ 212,700 t CO_2e โดยมีปริมาณที่ลดลงร้อยละ 33 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2008 หรือปีฐานที่มีปริมาณเท่ากับ 319,700 t CO_2e ส่วนกิจกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดคือการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในมหาวิทยาลัยที่มีปริมาณ 175,600 t CO_2e กรณีเมื่อคิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อจำนวนบุคลากรที่เท่ากับ 8,283 คน และนักศึกษาจำนวน 23,016 คนของมหาวิทยาลัยนั้นมีปริมาณเท่ากับ 6.80 t CO_2e / คน ส่วนเมื่อเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานซึ่งคิดเป็นร้อยละ 76 ของปริมาณทั้งหมดหรือเท่ากับ 161,652 t CO_2e กับจำนวนนักศึกษาและบุคลากรนั้นมีปริมาณเท่ากับ 5.16 / คน

การศึกษาของ Northwestern University[2] ปี ค.ศ. 2016 ทำการศึกษาโดยแบ่งแหล่งกิจกรรมออกเป็น ขอบเขตที่ 1 ประกอบด้วย การใช้ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันในอาคารเพื่อผลิตพลังงานความร้อน การใช้ยานพาหนะของมหาวิทยาลัย และการใช้สารทำความเย็น ขอบเขตที่ 2 เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมา และขอบเขตที่ 3 ได้แก่ การเดินทางของบุคลากร การใช้กระดาษ การบำบัดน้ำเสีย และการกำจัดขยะ โดยมหาวิทยาลัยมีจำนวนนักศึกษา 21,823 คน เมื่อนำมาเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่มีปริมาณเท่ากับ 215,540 t CO_2e หลังจากการชดเชยเป็นปริมาณ 77,227 t CO_2e ทำให้มีปริมาณเท่ากับ 9.88 t CO_2e / คน โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่มาจากวิทยาเขตเมืองซิคาโกและเมืองอีแวนส์ตันมีปริมาณเท่ากับ 88,386 และ 204,382 t CO_2e หรือสามารถแบ่งออกเป็นขอบเขตที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 35 ของปริมาณทั้งหมดซึ่งมาจากการผลิตพลังงานความร้อนจากก๊าซธรรมชาติร้อยละ 98 ของปริมาณทั้งหมดในขอบเขตนี้

---

[1] Cornell University: Campus Sustainability Office. (2017, December 13). Cornell Greenhouse Gas Emissions: Measuring our progress towards carbon neutrality by 2035. Retrieved from https://www.sustainablecampus.cornell.edu/initiatives/greenhouse-gas-emissions-inventory

[2] SustainNU. (2017, August 31). Understanding Northwestern's Carbon Footprint. Retrieved from https://www.northwestern.edu/sustainability/news/2017/2017-08-ghg-inventory.html

ขอบเขตที่ 2 เป็นร้อยละ 43 ของปริมาณทั้งหมด และขอบเขตที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 22 ของปริมาณทั้งหมด ซึ่งมาจากการเดินทางของบุคลากรที่มีสัดส่วนเกินกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณทั้งหมดในส่วนขอบเขตนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2012 หรือปีฐานที่มีปริมาณเท่ากับ 247,474 t CO_2e นั้นมีปริมาณที่ลดลงคิดเป็นร้อยละ 13 จากปริมาณของปีฐาน กรณีที่คิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อจำนวนนักศึกษานั้นมีปริมาณเท่ากับ 9.88 t CO_2e / คน และกรณีที่คิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันในการผลิตพลังงานความร้อนในอาคารจากขอบเขตที่ 1 และการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาในขอบเขตที่ 2 มีปริมาณรวมกันเท่ากับ 166,612 t CO_2e เทียบกับจำนวนนักศึกษามีปริมาณเท่ากับ 7.64 t CO_2e / คน

จากการทบทวนการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องพบว่าการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการใช้งานหรือดำเนินการส่วนมากทำการศึกษาตามเกณฑ์รายงานการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่กำหนดโดยแต่ละองค์กร ซึ่งถึงแม้ในการศึกษาบางส่วนไม่ได้มีการระบุแหล่งที่มาของเกณฑ์ที่ใช้แต่มีแนวทางการศึกษาที่เหมือนกันโดยการแบ่งกิจกรรมที่ทำการศึกษาออกเป็นขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 การศึกษาของมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่ใช้เกณฑ์ GHG Protocol (WRI and WBCSD, 2004), ISO 14064-1 (ISO, 2006) และเกณฑ์จากองค์กรของแต่ละพื้นที่ โดยการศึกษาในประเทศไทยส่วนมากใช้เกณฑ์ขององค์กร อบก. ในการศึกษาที่พัฒนาเกณฑ์ขึ้นมาจากการปรับปรุงจากเกณฑ์ข้างต้น เพื่อให้เข้ากับบริบทของไทยและเพื่อให้เกิดความสะดวกและเรียบง่ายในการใช้งาน

การศึกษามีวิธีการดำเนินการทั้งแบบ Input – Output และแบบ Process-Based โดยขึ้นอยู่กับขอบเขตในการศึกษา ลักษณะของข้อมูลที่มี และแนวโน้มการศึกษาของแต่ละพื้นที่ ซึ่งวิธีคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนมากใช้การคำนวณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ส่วนมากมาจากองค์กร IPCC กระทรวงหรือสถาบันที่เกี่ยวข้อง และระบบฐานข้อมูลของประเทศ ถึงแม้ว่าการศึกษาส่วนใหญ่นั้นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณที่มากที่สุดแต่บางส่วนมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขอบเขตที่ 3 มากที่สุด แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการรวมขอบเขตนี้ไว้ในขอบเขตการศึกษาถึงแม้ในเกณฑ์ส่วนใหญ่ไม่ได้มีการบังคับให้ทำการศึกษาก็ตาม โดยการเปรียบเทียบผลการศึกษากับงานอื่นส่วนใหญ่ทำการนำเสนอในรูปแบบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อจำนวนนักศึกษาและบุคลากร หรือต่อพื้นที่ขององค์กรทั้งหมดในกรณีที่มีข้อมูลในส่วนนี้

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงยึดแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ อบก. เป็นหลัก และเสริมเพิ่มเติมบางส่วนจากเกณฑ์มาตรฐาน GHG Protocol และ ISO 14064-1 เพื่อความครบถ้วนและเป็นสากลในการศึกษา โดยทำการศึกษากิจกรรมขอบเขตที่ 1 และ 2 ทั้งหมด ส่วน

ขอบเขตที่ 3 ทำการศึกษาในส่วนกิจกรรมที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ และใช้การดำเนินการแบบ Process-Based ที่เหมาะสมกับขนาดขอบเขตที่ทำการศึกษาที่เป็นรายอาคารและเป็นรูปแบบที่นิยมใช้ในประเทศไทย

2.1.2 การศึกษาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

แนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่แบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบประกอบด้วย รูปแบบบทความวารสารและนโยบายหรือโครงการที่ดำเนินการของมหาวิทยาลัย โดยการศึกษาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบทความวารสารส่วนใหญ่เป็นเพียงส่วนประกอบหนึ่งของแต่ละการศึกษาที่เพิ่มเติมจากการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่สถานศึกษา ทำให้บทความวิจัยที่ทำการศึกษาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกเป็นหลักหรือทำการศึกษาเพียงอย่างเดียวจึงมีจำนวนน้อย

งานวิจัยที่เน้นทำการศึกษาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกเป็นหลักนั้นมีตัวอย่างเช่น บทความวิจัย Creating a “green university” in China: a case of Shenyang University (Geng, Y., Liu, K., Xue, B., & Fujita, T., 2013) โดยทำการศึกษาแนวทางการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากแหล่งกิจกรรมที่ประกอบด้วย การใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีวิธีการปรับปรุงได้แก่ การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยการผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการใช้ในโรงอาหารและหอพักนักศึกษา การเปลี่ยนหลอดไฟภายนอกเป็นชนิด LED และภายในเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงานมากขึ้นโดยสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 1 ล้านกิโลวัตต์ต่อปี และการติดฉนวนกันความร้อนผนังอาคารหอพักที่สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าประมาณร้อยละ 20 ของปริมาณเดิม อีกส่วนเป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งหมุนเวียนในอุปกรณ์ปั๊มความร้อนด้วยการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพแทนการใช้ถ่านหิน สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เท่ากับ 21,000 ตันต่อปี และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 130 ตันต่อปี การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำโดยการประหยัดปริมาณน้ำประปาที่ใช้โดยการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในส่วนภูมิทัศน์ ในส่วนของน้ำเสียนั้นใช้การนำตะกอนจากกระบวนการบำบัดไปใช้เป็นปุ๋ยต้นไม้แทนการส่งไปฝังกลบ และส่วนปริมาณขยะที่เกิดขึ้นนั้นมีวิธีการปรับปรุงได้แก่ การเปลี่ยนมาใช้ถังขยะแยกประเภทและการให้ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลทำให้ปริมาณขยะขวดน้ำประเภท PET ขวดประเภทแก้ว และกระป๋องที่เกิดการแยกทิ้งเพิ่มขึ้นร้อยละ 13, 23 และ 15 จากปริมาณเดิม ซึ่งการปรับปรุงส่วนนี้เป็นการศึกษาที่เกี่ยวกับปัจจัยด้านกายภาพและปริมาณ ส่วนการปรับปรุงที่เกี่ยวกับด้านพฤติกรรมนั้นใช้วิธีการให้ความรู้ในเรื่องวิกฤตและการปกป้องสิ่งแวดล้อมแก่นักศึกษาและบุคลากรนำไปสู่การลงมือปฏิบัติ รวมไปถึงการ

ร่วมมือกับนานาชาติในการจัดกิจกรรมเพื่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์กันและการตระหนักถึงปัญหาทางสิ่งแวดล้อม แต่การปรับปรุงในส่วนนี้ไม่ได้แสดงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นหรือมีตัวชี้วัดจากการเปลี่ยนแปลง

ส่วนตัวอย่างการศึกษาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ต่อจากการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่สถานศึกษาได้แก่ งานวิจัย Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China (Li, X., Tan, H., & Rackes, A., 2015) ที่ทำการศึกษาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งปัจจัยด้านพฤติกรรมและกายภาพ โดยกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับด้านพฤติกรรมที่มีแนวโน้มในการปรับปรุงประกอบด้วย การรับประทานอาหารของนักศึกษาที่จากการสำรวจนั้นการรับประทานอาหารในร้านอาหารข้างนอกมหาวิทยาลัยทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าการรับประทานในโรงอาหารของมหาวิทยาลัยเท่ากับ 0.4 t CO_2e หรือคิดเป็นร้อยละ 10 ต่อนักศึกษาหนึ่งคนในระยะหนึ่งปีการศึกษา การอาบน้ำในโรงอาบน้ำที่ใช้เครื่องผลิตน้ำร้อนรวมมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยกว่าการอาบน้ำในห้องส่วนตัวของหอพัก อีกทั้งการเปิดเครื่องทำน้ำร้อนในกรณีเปิดก่อนการใช้งานหนึ่งชั่วโมงทำให้เกิดการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 53 จากกรณีเปิดตลอดเวลา หรือเป็นปริมาณเท่ากับ 0.19 t CO_2e / คน การอ่านหนังสือในห้องเรียนหรือห้องสมุดที่มีคนใช้งานร้อยละ 20 ของปริมาณบรรจุทั้งหมดทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากกว่าการใช้งานห้องที่มีคนใช้งานร้อยละ 80 ของปริมาณบรรจุทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 75 หรือมีปริมาณเท่ากับ 0.05 t CO_2e / คน รวมไปถึงการปรับปรุงอื่นได้แก่ การปรับเปลี่ยนระบบเครื่องปรับอากาศของห้องเรียนหรือพื้นที่ส่วนกลางให้มีการตั้งระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในแต่ละฤดูกาล

ในงานวิจัยบางส่วนนั้นทำการศึกษาแนวทางการลดโดยแบ่งเป็นแต่ละกรณีศึกษาซึ่งมีตัวอย่างการศึกษาได้แก่ บทความงานวิจัย Carbon footprint of a scientific publication: A case study at Dalian University of Technology, China (Song, G., Che, L., & Zhang, S., 2016) ที่ทำการศึกษาแนวทางการปรับปรุงการใช้งานพลังงานจากการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์โดยแบ่งออกเป็น 16 กรณีที่ได้แก่ การเพิ่มสัดส่วนการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาแทนการใช้แบบเครื่องตั้งโต๊ะจากเดิมร้อยละ 26 ของปริมาณทั้งหมดเป็นร้อยละ 50 และ 100 ของปริมาณทั้งหมด การเปลี่ยนจอภาพจากแบบ CRT มาเป็นแบบ LCD ทั้งหมด ปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานคอมพิวเตอร์ให้ได้มาตรฐาน Energy Star ระดับ B และ A การเพิ่มเวลาพักการทำงานเครื่องเป็นเวลา 10 และ 20 นาที การพิมพ์กระดาษทั้งสองหน้า การเพิ่มสัดส่วนการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์จากร้อยละ 25-94 ของปริมาณทั้งหมดเป็นร้อยละ 65-95 และร้อยละ 85-95 ของปริมาณทั้งหมด การลดเวลาที่ใช้ในการอ่านและการเขียนเป็นสัดส่วนหนึ่งในสามและครึ่งหนึ่งจากปริมาณเดิม และการเพิ่มเวลาการใช้งานอุปกรณ์จากเดิมเป็นเวลาครึ่งปีและหนึ่งปี โดยพบว่าการเพิ่มสัดส่วนการอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์นั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กลับทำให้เกิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งมาจากอัตราการใช้งานคอมพิวเตอร์ที่เพิ่มสูงขึ้น โดยควรสนับสนุนการใช้คอมพิวเตอร์แบบพบพาแทนแบบตั้งโต๊ะที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อยกว่า และการลดเวลาในการอ่านเอกสารให้เหลือน้อยลงสามารถทำให้เกิดการลดก๊าซเรือนกระจก

งานวิจัย Carbon Footprint as a basis for a cleaner research institute in Mexico (Güereca, L. P., Torres, N., & Noyola, A., 2013) ทำการศึกษาวิธีการลดโดยมุ่งเน้นในปรับปรุงกิจกรรมการเดินทางไปกลับระหว่างที่ทำงานและที่พักอาศัยประจำวัน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับร้อยละ 50 ของปริมาณทั้งหมด ที่เป็นผลมาจากปริมาณการเดินทางแบบส่วนบุคคลที่มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 90 ของปริมาณทั้งหมด โดยการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 กรณีศึกษาประกอบด้วย กรณีที่นักศึกษาและบุคลากรปริมาณร้อยละ 50 ของปริมาณทั้งหมดเดินทางไปกลับมหาวิทยาลัยจำนวน 3 วันต่อสัปดาห์และทำงานอยู่ในที่พักอาศัยจำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ กรณีที่เดินทางไปกลับมหาวิทยาลัย 5 วันต่อสัปดาห์และทำการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางโดยลดปริมาณการใช้รถยนต์จากร้อยละ 51 เป็น 40 ของปริมาณทั้งหมด และเพิ่มปริมาณการใช้รถโดยสารสาธารณะและรถไฟฟ้าใต้ดินจากร้อยละ 18 เป็น 20 ของปริมาณทั้งหมดและร้อยละ 23 เป็น 30 ของปริมาณทั้งหมดตามลำดับ กรณีที่เดินทางไปกลับมหาวิทยาลัย 5 วันต่อสัปดาห์และลดการใช้รถยนต์ด้วยการใช้วิธีเดินทางด้วยรถยนต์ร่วมกัน โดยการกำหนดให้มีปริมาณการใช้รถยนต์ร่วมกันกับอีก 2 คน เป็นปริมาณร้อยละ 40 ของปริมาณการใช้รถยนต์เดิม และกรณีที่เดินทางไปกลับมหาวิทยาลัย 3 วันต่อสัปดาห์ร่วมกับการใช้วิธีเดินทางด้วยรถยนต์ร่วมกัน ผลการศึกษาพบว่ากรณีลำดับสุดท้ายทำให้เกิดการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 22 จากปริมาณเดิมหรือคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 349 t CO_2e ส่วนกรณีศึกษาแรกนั้นทำให้เกิดการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 15 ของปริมาณเดิม กรณีศึกษาลำดับที่ 2 ที่เป็นวิธีการปรับปรุงแบบที่นิยมใช้กันมาซึ่งทำให้เกิดการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 10 ของปริมาณเดิม และกรณีศึกษาลำดับที่ 3 ทำให้เกิดการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 7 ของปริมาณเดิม ทำให้ทราบว่าการปรับปรุงโดยให้มีเดินทางไปกลับมหาวิทยาลัย 3 วันต่อสัปดาห์ทำให้เกิดการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกเป็นจำนวนมาก

งานวิจัยบางส่วนนั้นมีเพียงการแนะนำวิธีปรับปรุงเท่านั้นโดยมีตัวอย่างได้แก่ งานวิจัย Quantitative analysis of factors affecting greenhouse gas emissions at institutions of higher education (Klein-Banai, C., & Theis, T. L., 2013) ที่แนะนำการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละพื้นที่ รวมไปถึงการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน ซึ่งการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าในอาคารปฏิบัติการณ์ อาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เรียนคณะแพทยศาสตร์หรือโรงพยาบาล และอาคารอื่นที่มีการใช้งานตลอดเวลานั้นทำให้เกิดผลในการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดจากการใช้ไฟฟ้าปริมาณมากในอาคารประเภทเหล่านี้ อีกทั้งการเรียนบนระบบออนไลน์ และการจัดตารางและการใช้พื้นที่ให้มีประสิทธิภาพนั้นยังทำให้เกิดการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกเช่นเดียวกัน การลดปริมาณขยะและการใช้สารเคมีให้เหลือน้อยที่สุดจากการปรับปรุงห้องปฏิบัติการและเทคนิคทางเคมี และการปรับปรุงการเดินทางไปเรียนจากหอพักของนักศึกษาที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกลดลง

งานวิจัย University contributions to environmental sustainability: challenges and opportunities from the Lithuanian case (Dagiliute, R., & Liobikiene, G., 2015) ที่นำเสนอให้เกิดการปรับปรุงด้วยการเพิ่มเติมหัวข้อความยั่งยืนลงในแต่ละวิชาเรียนซึ่งมีความเป็นไปได้สูงเนื่องด้วยต้นทุนที่ต่ำในการดำเนินการ การทำวิจัยที่มีการศึกษาโดยตรงกับนักศึกษาและบุคลากรของมหาวิทยาลัย การเห็นถึงความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าและกระดาษ การลดปริมาณกระดาษที่ใช้และปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และอื่นๆ รวมไปถึงการทำให้เกิดความตระหนักโดยทำการสื่อสารและเผยแพร่ปัญหาและผลลัพธ์ในการดำเนินการของแต่ละโครงการ

จากตัวอย่างการศึกษาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบทความวารสารพบว่ามีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ทำการศึกษาที่ครอบคลุมหลายกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยส่วนที่เหลือทำการศึกษาที่เน้นเพียงแค่กิจกรรมเดียวที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดหรือทำเพียงแค่การแนะนำแนวทางโดยรวมที่ไม่ได้ทำให้เห็นผลลัพธ์จากการปรับปรุง อีกทั้งมีเพียงบางงานวิจัยเท่านั้นที่ทำการนำเสนอปริมาณร้อยละหรือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการปรับปรุงแต่ละวิธีซึ่งเป็นรายละเอียดที่สำคัญในการศึกษา

ส่วนการศึกษาที่นำเสนอในรูปแบบรายงานหรือบนฐานข้อมูลออนไลน์จากการดำเนินโครงการของแต่ละมหาวิทยาลัยมีตัวอย่างได้แก่ รายงานแผนจัดการคาร์บอนปี ค.ศ. 2015 ของ Lancaster University (Mills, J., 2015) ที่มหาวิทยาลัยสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกปี ค.ศ. 2013-14 ในขอบเขตที่ 1 และ 2 ลงร้อยละ 28 จากปริมาณของปี ค.ศ. 2005-06 ที่มาจากการปรับปรุงด้านพลังงานโดยมีโครงการที่ประกอบด้วย การติดตั้งเครื่องผลิตพลังงานความร้อนด้วยก๊าซส่วนกลาง 3 เครื่องที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากเครื่องรุ่นเก่าร้อยละ 20 การใช้เครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานความร้อนที่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกประมาณ 2,000 t CO_2e / ปี โดยพลังงานความร้อนที่ผลิตได้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นครึ่งหนึ่งของการผลิตโดยรัฐบาล โครงการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 5,000 MWh / ปี ที่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากกว่า 2,000 t CO_2e / ปี การใช้เครื่องทำความร้อนชีวมวลที่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้มากถึง 950 t CO_2e / ปี การลดแรงดันไฟฟ้าที่ใช้

ภายในมหาวิทยาลัยลงร้อยละ 7 จากปริมาณเดิมนั้นทำให้ลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงร้อยละ 1 จากเดิม โดยในอนาคตมีการวางแผนในการดำเนินโครงการเพิ่มเติมซึ่งได้แก่ การติดตั้งแผงผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์พื้นที่ 5 เฮกตาร์ (50,000 ตร.ม.) ที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าประมาณ 4,250 MWh / ปี โดยสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้มากกว่า 2,000 t CO_2e และมีประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ดีกว่าการผลิตด้วยลมในช่วงฤดูร้อน การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานความร้อนส่วนกลางโดยการปรับเปลี่ยนมาใช้การควบคุมการไหลและติดตั้งตัวควบคุมอัตโนมัติในแต่ละอาคารที่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้มากกว่า 500 t CO_2e โครงการเพิ่มปริมาณการผลิตพลังงานความร้อนด้วยชีวมวลแทนการใช้ก๊าซที่สามารถเพิ่มผลผลิตจากเดิมได้ร้อยละ 50 และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 300 t CO_2e การติดตั้งผนังโพรงฉนวนกันความร้อนเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศในแต่ละอาคารที่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากเดิมได้ประมาณ 50 t CO_2e / ปี และการปรับปรุงพฤติกรรมของคนในพื้นที่ด้วยการเชื่อมโยงด้วยการเรียน การทำวิจัยศึกษา และการลดมือปฏิบัติ โดยที่คาดว่าสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้เป็นปริมาณประมาณ 35 t CO_2e / ปี

รายงานแผนจัดการคาร์บอนปี ค.ศ. 2017-2020 ของ University of Brighton (Dombey, A., 2017) ได้กำหนดเป้าหมายในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยตามนโยบายของรัฐบาล ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงร้อยละ 34 ภายในปี ค.ศ. 2020 จากปริมาณทั้งหมดของปี ค.ศ. 1990 หรือต้องทำการลดปริมาณร้อยละ 55 ภายในปี ค.ศ. 2020 จากปริมาณทั้งหมดของปี ค.ศ. 2009 โดยโครงการที่ได้มีการดำเนินการแล้วได้แก่ การติดตั้งระบบเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในศูนย์ข้อมูลใหม่ที่มาทดแทนอันเดิมที่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 966 t CO_2e / ปี การใช้ระบบบริหารจัดการอาคาร (Building energy Management System, BMS) ในอาคารมหาวิทยาลัยเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานความร้อนและการหมุนเวียนอากาศอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้เป็นจำนวนเท่ากับ 494 t CO_2e / ปี การติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิในการเผาไหม้ของเครื่องผลิตพลังงานความร้อน (Dynamic Burner Management Units) ที่ลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ 280 t CO_2e / ปี การติดตั้งฉนวนในผนังและกรอบช่องเปิดเพื่อกันความความร้อนและเย็นจากภายนอกเข้าสู่ตัวภายในอาคารซึ่งสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ 161 t CO_2e / ปี การติดตั้งแผงผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งหมดได้เท่ากับ 116 t CO_2e / ปี รวมไปถึงโครงการ c-change ที่ทำการกระตุ้นและส่งเสริมให้คนในมหาวิทยาลัยมีส่วนร่วมในการพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัย ด้วยโครงการทั้งหมดข้างต้นนั้นส่งผลทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของปี ค.ศ. 2015-16 ลดลงจากปี ค.ศ. 2005-2006 เท่ากับร้อยละ 16.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายงานแผนจัดการคาร์บอนปี ค.ศ. 2010-2020 ของ University of Nottingham (University of Nottingham: Sustainability and Environment committee, 2016) โดยในปี ค.ศ. 2014-15 นั้นมหาวิทยาลัยได้ทำการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากปี ค.ศ. 2009-10 เป็นปริมาณเท่ากับ 11,030 t CO_2e หรือเท่ากับร้อยละ 16 และได้ตั้งเป้าหมายในการลดปริมาณก๊าซกระจกปี ค.ศ. 2020 ที่มีปริมาณที่ลดลงจากปี ค.ศ. 2009-10 ร้อยละ 40 หรือจากปี ค.ศ. 2005-06 ร้อยละ 34 โดยแหล่งกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นจำนวนมากนั้นมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและก๊าซในพื้นที่มหาวิทยาลัย ดังนั้นโครงการสำหรับการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ผ่านจึงเป็นการปรับปรุงกิจกรรมเหล่านี้ที่ประกอบด้วย การปรับปรุงคุณภาพของวัสดุประเภทกระจกและฉนวน การเปลี่ยนมาใช้ระบบปรับความเร็วลมแทนการใช้ตู้ดูดควันในห้องปฏิบัติการณ์ในกรณีที่ไม่จำเป็น การเปลี่ยนเครื่องผลิตพลังงานความร้อนให้มีประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีขึ้น การใช้เครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานความร้อนและการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิต การเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟประเภท LED การผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่ได้แก่แสงอาทิตย์ พื้นดิน บึงและลม และการลดการใช้พลังงานในแต่ละอาคาร โดยมหาวิทยาลัยได้วางแผนในการพัฒนาโครงการเพิ่มเติมได้แก่ การขยายผลโครงการติดฉนวนหลังคาด้วยความหนา 300 มม. เพิ่มจำนวน 30 อาคาร ซึ่งคาดว่าสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งหมดได้เป็นปริมาณเท่ากับ 400 t CO_2e / ปี โครงการสร้างความตระหนักแก่นักศึกษาและบุคลากรที่คาดว่าส่งผลให้เกิดการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งหมดได้เท่ากับ 278 t CO_2e / ปี การเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟประเภท LED ในพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ไม่ได้ถูกควบคุมหรือถูกเปิดค้างไว้ได้แก่ พื้นที่โถงทางเดิน ห้องปฏิบัติการณ์และพื้นที่ภายนอกอาคาร โดยคาดว่าสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งหมดได้ปริมาณเท่ากับ 170 t CO_2e / ปี และการใช้ระบบบริหารจัดการอาคารร่วมกับการพัฒนาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในแต่ละอาคารคาดว่าสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งหมดได้เท่ากับ 746 t CO_2e / ปี

แผนปฏิบัติการณ์ด้านสภาพอากาศรุ่น 2.0 ของ University of Maryland[3] ซึ่งเป็นฉบับที่พัฒนามาจากรายงานแผนการดำเนินการเดิม (Group, U. o. M. C. A. P. W., 2009) ในปี ค.ศ. 2009 โดยในปี ค.ศ. 2015 นั้นมหาวิทยาลัยสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากปี ค.ศ. 2005 เท่ากับร้อยละ 27 ถึงแม้ว่าพื้นที่ของมหาวิทยาลัยมีขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 11 ก็ตาม ซึ่งที่ผ่านมาได้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนเป็นจำนวนร้อยละ 86 ของปริมาณที่ใช้ทั้งหมด ได้กำจัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับขยะมูลฝอยเป็นปริมาณร้อยละ 99 ของปริมาณ

[3] The University of Maryland: the Office of Sustainability. (2018, June 22). University of Maryland Climate Action Plan 2.0. Retrieved from https://sustainability.umd.edu/progress/climate-action-plan-20

ทั้งหมด และการให้ความรู้เกี่ยวกับความยั่งยืนกับนักศึกษามากกว่า 11,000 คน อีกทั้งมหาวิทยาลัยได้ตั้งเป้าหมายในการลดภายในปี ค.ศ. 2020 และปี ค.ศ. 2025 เท่ากับร้อยละ 50 และ 60 ของปริมาณในปี ค.ศ. 2005 ทำให้การวางแผนปรับปรุงในอนาคตนั้นเป็นการเน้นโครงการที่มีการดำเนินการแล้วหรือจำเป็นที่ต้องทำการปรับปรุง ที่คาดว่าในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2016 ถึงปี ค.ศ. 2040 สามารถยับยั้งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปริมาณเท่ากับ 4.3 ล้าน t CO_2e หรือคิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 120 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับปรุงที่ได้แก่ การปรับปรุงการใช้พลังงานที่ประกอบด้วย การพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่นำไปสู่การลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จากเดิมเท่ากับร้อยละ 17 และ 3 ที่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 719,577 และ 126,984 t CO_2e ในช่วงปี ค.ศ. 2016-40 การซื้อพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตโดยมาจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนทั้งหมดภายในปี ค.ศ. 2020 ซึ่งสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ปริมาณเท่ากับ 643,888 t CO_2e ในช่วงปี ค.ศ. 2016-40 ลดการผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมกับความร้อนด้วยการพัฒนาประสิทธิภาพระบบลำเลียงไอน้ำและการติดตั้งเครื่องผลิตรุ่นใหม่ที่นำไปสู่การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 450,000 t CO_2e ในช่วงปี ค.ศ. 2016-40 การใช้เทคโนโลยีดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยสาหร่ายที่เกิดจากการผลิตพลังงานโดยสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 120,000 t CO_2e ในช่วงปี ค.ศ. 2016-40

การปรับปรุงการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักอาศัยกับมหาวิทยาลัยประกอบด้วย การเพิ่มจำนวนที่พักภายในและใกล้พื้นที่มหาวิทยาลัยสำหรับนักศึกษาเป็นจำนวน 2,445 คน และ 3,784 คน ภายในปี ค.ศ. 2020 และ 2025 ตามลำดับ โดยคาดว่าสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 23,851 t CO_2e ในช่วงปี ค.ศ. 2016-40 การสนับสนุนการใช้รถตู้ร่วมกันโดยการจัดให้มีที่จอดรถสำหรับรถตู้ใช้ร่วมกันเพิ่มโดยคาดว่าภายในปี ค.ศ. 2020 และ 2025 นั้นจะมีปริมาณการใช้งานจำนวน 400 และ 800 คนที่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 23,680 t CO_2e ในช่วงปี ค.ศ. 2016-40 การเพิ่มสารเดินทางของรถรางโดยคาดว่าจะมีผู้เปลี่ยนมาใช้การเดินทางนี้เป็นหลักจำนวน 800 คน ภายในปี ค.ศ. 2025 ที่ลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 7,461 t CO_2e ในช่วงปี ค.ศ. 2016-40 การบังคับให้พาหนะรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงที่ได้มาตรฐานที่เข้มงวดมากขึ้นโดยคาดว่าจะส่งผลให้เกิดการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 223,868 t CO_2e ในช่วงปี ค.ศ. 2016-40 การเสนอข้อตกลงในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการทำใบอนุญาตที่จอดรถ โดยคาดว่าจะมีผู้ร่วมโครงการร้อยละ 5 และ 10 ของจำนวนผู้เดินทางทั้งหมดภายในปี ค.ศ. 2020 และ 2025 ตามลำดับซึ่งสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 33,182 t CO_2e ในช่วงปี ค.ศ. 2016-40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การปรับปรุงที่เกี่ยวกับขยะมูลฝอยประกอบด้วย การเพิ่มสัดส่วนการกำจัดด้วยมหาวิทยาลัยเองและการนำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 7,548 t CO_2e ในช่วงปี ค.ศ. 2016-40 และลดปริมาณวัสดุและบรรจุภัณฑ์รวมไปถึงสนับสนุนวัฒนธรรมการนำกลับมาใช้ใหม่ที่คาดว่าจะส่งผลให้เกิดการลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นร้อยละ 1 ต่อคนต่อปี โดยสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 5,471 t CO_2e ในช่วงปี ค.ศ. 2016-40 อีกทั้งยังมีโครงการจำนวนมากที่สนับสนุนการปรับปรุงที่เกี่ยวข้องกับการใช้ที่ดิน การบริโภคสินค้า และการศึกษาวิจัย

แผนปฏิบัติการณ์ด้านสภาพอากาศของ New York University[4] ที่กำหนดเป้าหมายให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกลดลงภายในปี ค.ศ. 2017 เท่ากับร้อยละ 30 จากปริมาณปีฐาน ค.ศ. 2006 ซึ่งมหาวิทยาลัยมีกลยุทธ์หลักในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจำนวน 4 แนวทางได้แก่ การลดความเข้มการใช้พลังงานซึ่งปัจจุบันสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 20 ของปริมาณทั้งหมดแล้ว การผลิตพลังงานจากแหล่งที่สะอาดมากขึ้นได้แก่ การใช้เครื่องผลิตพลังงานร่วม และลดการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันในการผลิตพลังงานความร้อนสำหรับอาคาร โดยสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 23 จากปริมาณในปีฐาน การผลิตพลังงานหมุนเวียนด้วยการใช้แสงอาทิตย์และกระแสลมและการซื้อคาร์บอนเครดิตทดแทนจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ

การแสดงผลการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของ University of Reading[5] ปี ค.ศ. 2017 นั้นมหาวิทยาลัยสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 35 จากปี ค.ศ. 2008-09 ด้วยวิธีการปรับปรุงที่ประกอบด้วย การพัฒนาประสิทธิภาพของระบบแสงสว่าง การเพิ่มฉนวนสำหรับท่อส่งพลังงานความร้อนและหลังคา การใช้ระบบบริหารจัดการอาคาร การติดตั้งแผงผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ การกระตุ้นและทำให้เกิดการตระหนักถึงการรักษาสิ่งแวดล้อมเช่นการจัดสัปดาห์สิ่งแวดล้อมและการปิดไฟทั้งมหาวิทยาลัยเป็นต้น และการสนับสนุนการเดินทางร่วมกัน

จากตัวอย่างรายงานการดำเนินโครงการเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกนั้นพบว่าความสามารถในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่เท่ากับร้อยละ 10 ถึง 30 จากปริมาณที่เกิดขึ้นในปีฐาน ซึ่งทำการตั้งเป้าหมายในการลดตามนโยบายของรัฐบาลในแต่ละประเทศโดยส่วนใหญ่มีปี ค.ศ. 2020 เป็นปีเป้าหมายในการดำเนินการ และส่วนใหญ่ทำการปรับปรุง

---

[4] James, C. (2010, Mar 12). NYU Releases Plan to Reduce Carbon Footprint. Retrieved from https://www.nyu.edu/about/news-publications/news/2010/march/nyu_releases_climate.html

[5] The University of Reading. (2017, February 8). UNIVERSITY REDUCES CARBON EMISSIONS BY 35% TO SAVE £17 MILLION. Retrieved from http://www.reading.ac.uk/news-and-events/releases/PR711486.aspx

เน้นแหล่งกิจกรรมด้านพลังงานทั้งไฟฟ้าและความร้อนเป็นหลักที่มีการติดตามผลลัพธ์ปริมาณที่สามารถลดได้ ซึ่งการใช้พลังงานเป็นกิจกรรมที่มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกจำนวนมากในแต่ละมหาวิทยาลัย ส่วนแหล่งกิจกรรมอื่นนั้นส่วนใหญ่ไม่มีการนำเสนอผลลัพธ์ที่สามารถลดได้จากการดำเนินการแต่ละโครงการ

2.2 แนวทางการศึกษาเกณฑ์การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.2.1 คำนิยามที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

2.2.1.1 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG)

สารประกอบในรูปของก๊าซในบรรยากาศ ทั้งที่มีอยู่ในธรรมชาติและสร้างขึ้นโดยมนุษย์ซึ่งสามารถดูดซับและปล่อยรังสีที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงความถี่ของรังสีอินฟราเรดที่ถูกปล่อยออกมาจากพื้นผิวโลกชั้นบรรยากาศและก้อนเมฆ

2.2.2.2 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Source)

แหล่งหรือกระบวนการที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ

2.2.2.3 แหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Sink)

แหล่งหรือกระบวนการซึ่งก๊าซเรือนกระจกถูกดึงออกจากชั้นบรรยากาศ

2.2.2.4 แหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Reservoir)

แหล่งหรือองค์ประกอบทางกายภาพของชั้นชีวภาค (biosphere) ชั้นธรณีภาค (geosphere) หรืออุทกภาค (hydrosphere) ซึ่งสามารถเก็บและสะสมก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดักจับจากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดึงออกจากบรรยากาศโดยแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.2.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission)

มวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศในช่วงเวลาหนึ่ง

2.2.2.6 การดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Removal)

มวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดึงออกจากบรรยากาศในช่วงเวลาหนึ่ง

2.2.2.7 การแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Assertion)

การแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นที่ดำเนินการโดยหน่วยงานรับผิดชอบ

2.2.2.8 บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Inventory)

การแสดงแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจกปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

2.2.2.9 ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

ค่าศักยภาพของก๊าซเรือนกระจกในการทำให้โลกร้อน ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนและอายุของก๊าซนั้นๆ ในบรรยากาศ โดยคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.2.2.10 ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent: CO_2e)

ค่าแสดงความสามารถในการทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบในรูปปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคำนวณได้จากมวลของก๊าซเรือนกระจกคูณด้วยค่าศักยภาพในการทำให้การเกิดภาวะโลกร้อน

2.2.2.11 องค์กร (Organization)

บริษัท ห้างร้าน สำนักงาน กิจการ หน่วยราชการหรือสถาบัน หรือส่วนหนึ่งของบริษัท ห้างร้าน สำนักงาน กิจการ หน่วยราชการหรือสถาบันไม่ว่าจะอยู่ในรูปบริษัทหรือไม่ เป็นมหาชนหรือเอกชนซึ่งมีหน้าที่และการบริหารงานของตนเอง

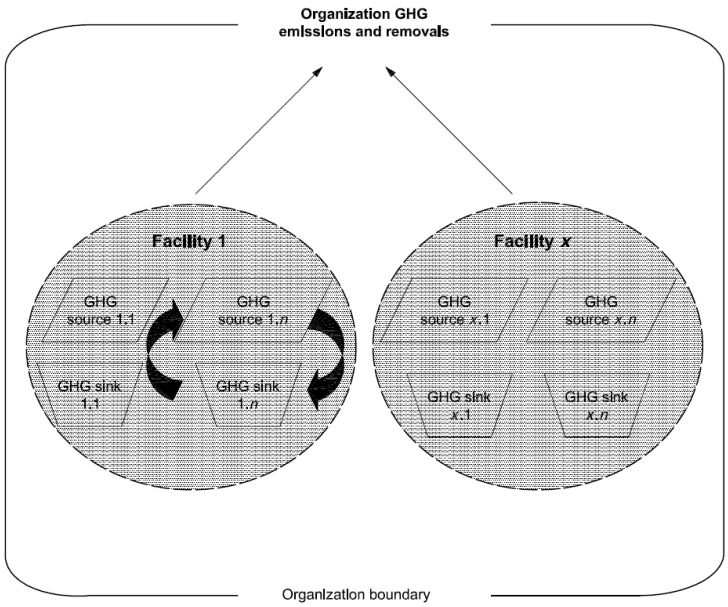
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.2 การออกแบบและพัฒนาบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG inventory design and development)

วิธีการประเมินสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ 1. การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization Boundary) 2. การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational Boundary) และ 3. วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Calculation and quantification methodologies)

2.2.2.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization Boundary)

เป็นการกำหนดขอบเขตการศึกษานั้นครอบคลุมโครงสร้างหรือการดำเนินการของบริษัทส่วนใดบ้าง ซึ่งองค์กรหนึ่งสามารถประกอบด้วยส่วนงานย่อยได้มากกว่าหนึ่งส่วน สามารถแบ่งเป็นสองวิธีหลักๆ ได้แก่ 1.) แบบควบคุม (control approach) ซึ่งสามารถแบ่งได้อีกเป็นการควบคุมการดำเนินการ (operational control) และการควบคุมทางการเงิน (financial control) 2.) แบบปันส่วนกรรมสิทธิ์ (equity share) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการศึกษาขององค์กรที่เกี่ยวกับพาณิชย์ วิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือแบบการควบคุมการดำเนินการ ในกรณีที่บริษัทนั้นเป็นเจ้าของกิจการทั้งหมดแล้วการกำหนดขอบเขตขององค์กรทั้งสองแบบนั้นจะออกมาเหมือนกัน โดยหากหน่วยธุรกิจที่ถูกกำหนดนั้นอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของหลายองค์กร ทุกองค์กรจะต้องใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบเดียวกันและต้องไม่เกิดการนับซ้ำซ้อนหรือทำการศึกษาในขอบเขตเดียวกันรวมถึงไม่ให้มีส่วนที่ไม่ได้ทำการศึกษาระหว่างองค์กรด้วยเช่นกัน แผนผังอธิบายขอบเขตขององค์กรในเกณฑ์ ISO 14064-1 (2006) แสดงในภาพที่ 2.1 ที่แสดงให้เห็นว่าองค์กรที่ทำการศึกษานั้นสามารถประกอบด้วยหลายหน่วยงานย่อยโดยมีแหล่งกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดก๊าซเรือนกระจกจำนวนหลายแหล่งในแต่ละหน่วยงาน



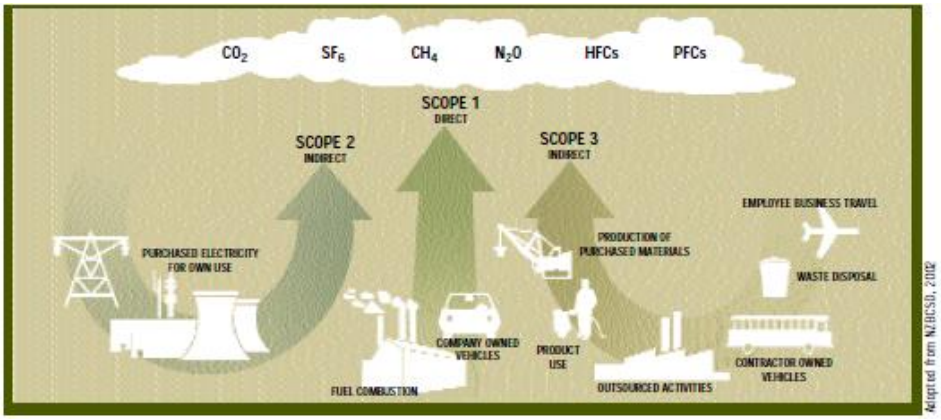
ภาพที่ 2.1 แผนผังอธิบายขอบเขตขององค์กรในเกณฑ์ ISO 14064-1 (2006)

2.2.2.2 การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational Boundary)

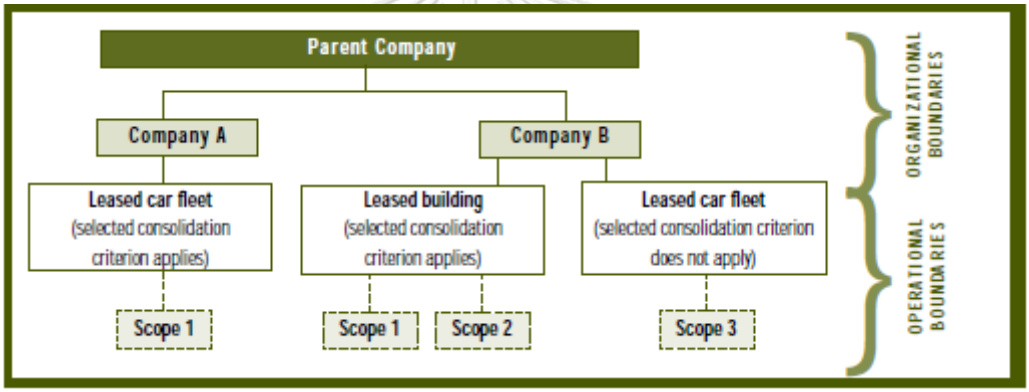
การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational Boundary) เป็นการระบุขอบเขตของกิจกรรมที่มีการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างขอบเขตขององค์กรกับขอบเขตการดำเนินการขององค์กร แบ่งออกได้เป็น 3 ขอบเขต (scopes) ได้แก่ 1). การปล่อยหรือดูดกลับโดยตรง (direct emission) จากกิจกรรมที่องค์กรควบคุมหรือเป็นเจ้าของ ได้แก่ การผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อนหรือไอน้ำ การปล่อยโดยตรงจากกระบวนการทำงานด้วยเครื่องจักรหรือการใช้สารเคมี การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการเดินทางหรือการขนส่งสินค้าด้วยยานพาหนะขององค์กร และการรั่วไหลของสารเคมีระหว่างการใช้งานแต่ละอุปกรณ์ โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลให้ทำการรายงานแยกจากกลุ่มอื่น 2). การปล่อยทางอ้อม (indirect emission) ที่เกิดจากการผลิตพลังงานที่องค์กรใช้ที่ซื้อมาจากภายนอก และ 3). การปล่อยทางอ้อมอื่น (other indirect emissions) ที่นอกเหนือจากขอบเขตที่ 2 ได้แก่ การผลิตสินค้าที่องค์กรซื้อหรือเช่ามาใช้ การขนส่งสินค้าและอุปกรณ์ที่องค์กรซื้อมา การเดินทางขนส่งบุคลากรขององค์กรในการเดินทางเพื่อทำงานและการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรกับที่พักอาศัย การเดินทางขนส่งขยะที่องค์กรเป็นผู้ผลิต และการใช้งานพลังงานหรืออุปกรณ์ของร้านค้าหรือหน่วยงานที่เข้ามาเช่าพื้นที่ในองค์กร

ถึงแม้การศึกษาขอบเขตที่ 3 ขึ้นอยู่กับความสมัครใจแต่เนื่องด้วยงานศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระดับมหาวิทยาลัยของงานวิจัยอื่น (L.Thapelo et al., 2011; A. Sergio et al., 2014; L.Hogne et al., 2013 และ M.Leticia et al., 2013) พบว่าปริมาณการปล่อยจากขอบเขตที่ 3 นี้มีมากที่สุด ซึ่งส่วนมากเกิดจากกิจกรรมและวัสดุที่ใช้ในการเรียนการสอนและการเดินทาง ดังนั้นจึงควรรวมกิจกรรมจากขอบเขตนี้ด้วย โดยแผนภูมิภาพรวมกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแต่ละขอบเขตแสดงในภาพที่ 2.4 และความสัมพันธ์ของแต่ละขอบเขตการดำเนินการกับขอบเขตองค์กรจากเกณฑ์ Greenhouse Gas Protocol (WRI and WBCSD, 2004) แสดงในภาพที่ 2.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 2.2 แผนภูมิภาพรวมกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจากตามแต่ละขอบเขตจากเกณฑ์ Greenhouse Gas Protocol (WRI and WBCSD, 2004)



ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของแต่ละขอบเขตการดำเนินการกับขอบเขตองค์กรจากเกณฑ์ Greenhouse Gas Protocol (WRI and WBCSD, 2004)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.2.3 วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Calculation and quantification methodologies)

วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Calculation and quantification methodologies) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบได้แก่ การวิเคราะห์แบบ Input-output analysis หรือ top-down ซึ่งเป็นการคำนวณในเชิงภาพรวมหรือการศึกษาข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนที่ไม่สามารถแยกย่อยคำนวณในแต่ละกระบวนการได้ ส่วนมากจะเป็นศึกษาระดับส่วนงาน หรือหลายส่วนงานพร้อมกัน หรือในระดับประเทศ และ process-analysis (PA) หรือ bottom-up เป็นวิธีการที่คำนวณแยกย่อยตามแต่ละขั้นตอน ซึ่งเหมาะกับขอบเขตงานที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนักตัวอย่างเช่นระดับองค์กรหรืออาคารเป็นต้น

วิธีการหาค่าปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกประกอบด้วยหลายวิธีการได้แก่ การวัดโดยตรงด้วยเครื่องมือซึ่งได้ค่าปริมาณที่มีความเที่ยงตรงมากที่สุดแต่ไม่เป็นที่นิยมมากนัก ส่วนมากจะเป็นการคำนวณสมดุลและการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (facility-specific) หรือการใช้แบบจำลอง แต่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือการคำนวณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูด (emission factor) จากมาตรฐานแต่ละองค์กรกับข้อมูลปริมาณกิจกรรม ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดก๊าซเรือนกระจกที่ใช้นั้นต้องมาจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ เหมาะสมกับแหล่งกิจกรรมที่ทำการศึกษา และเป็นข้อมูลในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นเท่ากับข้อมูลกิจกรรมคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดก๊าซเรือนกระจก ในการเก็บข้อมูลนั้นถ้าเกิดจากกิจกรรมภายในการควบคุมขององค์กรควรใช้ค่าปฐมภูมิหรือค่าที่เกิดขึ้นจริง ส่วนถ้าอยู่นอกเหนือการควบคุมสามารถใช้ค่าทุติยภูมิหรือค่ากลางได้

2.2.3 แนวทางการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเกณฑ์แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก., 2559)

แนวทางการประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับองค์กรของเกณฑ์ อบก. (อบก., 2559) ได้มีกำหนดตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรประเภทสถาบันการศึกษาดั่งที่แสดงในตารางที่ 2.1 การแสดงวิธีคำนวณปริมาณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากแต่ละกิจกรรมแยกตามลักษณะแหล่งการปล่อย โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรประเภทสถาบันการศึกษาของเกณฑ์แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก., 2559)

ขอบเขตกิจกรรม	ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ขอบเขตที่ 1	การเดินทางภายในและภายนอกสถาบันการศึกษาด้วยยานพาหนะขององค์กร
	การทำปฏิกิริยาเคมีและการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมการเรียนการสอน
	การใช้สารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศภายในองค์กร
	การใช้สารดับเพลิง

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรประเภทสถาบันการศึกษาของเกณฑ์แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก., 2559)

ขอบเขตกิจกรรม	ตัวอย่างกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ขอบเขตที่ 1	การใช้ปุ๋ยเคมี
	การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ
ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอก
ขอบเขตที่ 3	การเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากร
	การเดินทางระหว่างคณะภายในองค์กรด้วยยานพาหนะส่วนตัว
	การเดินทางไปราชการ
	การใช้สารเคมีเพื่อทำความสะอาดโดยบริษัทจ้างเหมาช่วง
	การใช้น้ำประปา
	การใช้วัสดุสำนักงานและวัสดุสิ้นเปลืองเช่น กระดาษ
	การใช้พลังงานไฟฟ้าและก๊าซหุงต้มของร้านค้าและร้านอาหารที่มาเช่าพื้นที่ภายในองค์กร
	การกำจัดขยะ

2.2.3.1 การใช้พลังงานไฟฟ้า

กรณีที่องค์กรทำการผลิตพลังงานไฟฟ้าเองในสถานที่ภายในองค์กร ให้คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตพลังงานนั้น ส่วนในกรณีที่องค์กรซื้อพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกแบ่งเป็น กรณีที่มาจากแหล่งเดียวนั้นให้ใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับแหล่งนั้น และกรณีที่ถูกส่งมาจากระบบพลังงานแบบผสมหรือ ไฟฟ้าแบบ Grid mix ให้ใช้ค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฟฟ้าจากค่ากลางของประเทศ

ปริมาณข้อมูลการใช้ไฟฟ้าขององค์กร ให้ใช้ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงจากองค์กร โดยสามารถใช้ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ระบุในใบเสร็จค่าไฟฟ้าขององค์กร ในกรณีที่องค์กรเข้าไปเช่าสถานที่ร่วมกับองค์กรอื่นหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดมีการใช้ร่วมกับองค์กรอื่น ซึ่งในใบเสร็จค่าไฟฟ้ามีการระบุรวมกับองค์กรอื่น ให้ทำการประเมินจากระยะเวลาการใช้และกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น

2.2.3.2 การเดินทางและขนส่งด้วยยานพาหนะ

กรณีที่ทราบข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินทางหรือขนส่ง ให้คำนวณจากค่าปริมาณที่ใช้ ส่วนในกรณีที่ไม่ทราบปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้นั้นให้ใช้ข้อมูลระยะทางในการเดินทางคำนวณเป็นปริมาณเชื้อเพลิงหรือใช้ข้อมูลประเภทยานพาหนะกับระยะทางในการเดินทางแทน โดยคำนวณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ตามลักษณะข้อมูลที่มี

2.2.3.3 การใช้สารเคมี

การใช้สารเคมีนั้นในกรณีที่ไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการเคมีที่ใช้นั้นให้คำนวณด้วยปริมาณสารเคมีที่ใช้กับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยตามชนิดสารเคมีซึ่งถ้าไม่สามารถหาได้นั้นให้นำค่าจากสารเคมีที่ใกล้เคียงทางคุณสมบัติกายภาพและเคมีใช้แทนได้

2.2.3.4 การกำจัดของเสีย

ในกรณีที่องค์กรมีระบบการจัดการและกำจัดของเสียเอง ให้ใช้การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากวิธีการกำจัดจริงหรือเป็นข้อมูลปฐมภูมิของระบบการกำจัดของเสียโดยองค์กร ส่วนกรณีที่ไม่มีข้อมูลปฐมภูมิให้คำนวณด้วยค่าอัตราการรีไซเคิลวัสดุแต่ละประเภทรวมกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการขนส่งขยะไปกำจัด โดยกำหนดให้การขนส่งของเสียมีระยะทางการขนส่งขยะเท่ากับระยะทางจากองค์กรไปยังสถานที่กำจัดของเมืองหรือจังหวัด ด้วยยานพาหนะประเภทรถบรรทุกหกล้อ ขนาด 16 ตัน บรรทุกแบบเต็มปริมาตรพื้นที่บรรจุ และให้การเดินทางในขากลับเป็นการบรรทุกแบบรถเปล่าโดยมีระยะการเดินทาง 40 กม. รายละเอียดอัตราการรีไซเคิลของวัสดุแต่ละชนิดและค่าสัมประสิทธิ์การกำจัดขยะแบบฝังกลบแบบตื้นของเกณฑ์การประเมินของ อบก. แสดงในตารางที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.2 แสดงอัตราการรีไซเคิลของวัสดุแต่ละชนิดจากเกณฑ์การประเมินของแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก., 2559)

ประเภท	อัตราการรีไซเคิล
แก้ว	61
กระดาษ	29
พลาสติก	29
เหล็ก	90
อะลูมิเนียม	71
ยาง	20

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกำจัดขยะแบบฝังกลบแบบตื้นของการประเมินของแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก., 2559)

ประเภทขยะ	ค่าสัมประสิทธิ์การกำจัดขยะแบบฝังกลบแบบตื้น (t CO_2e / $t_{ขยะ}$)
กระดาษ / กล่องกระดาษ	2.93
ผ้า	2.00
เศษอาหาร	2.53
เศษไม้	3.33
กิ่งไม้ ต้นหญ้า	3.27
ยางและหนัง	3.13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.3.5 การบำบัดน้ำเสีย

กรณีที่องค์กรไม่ได้มีการบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นเอาไว้ให้ใช้ตั้งการสมมติฐานโดยองค์กรประเภทสำนักงานและสถานศึกษา ให้ประมาณปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นเท่ากับปริมาณน้ำที่ใช้จริงทั้งหมดภายในองค์กร ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นนั้นกรณีที่มีการบันทึกข้อมูลคุณภาพระบบการบำบัดน้ำเสียให้ทำการคำนวณตามแต่ละขั้นตอนในการบำบัด ส่วนกรณีที่ไม่มีการบันทึกข้อมูลไว้ให้คำนวณโดยการหาค่าปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทั้งหมดในน้ำเสีย (Total Organically Degradable Material in Wastewater, TOW) จากการใช้ค่าปริมาณน้ำเสียคูณด้วยค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand, COD) แล้วมาลบ

ด้วยค่าปริมาณกากตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัด (sludge) และคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดตามแต่ละประเภทการบำบัด

2.2.3.6 การใช้สารดับเพลิง

คิดจากข้อมูลปริมาณการใช้สารดับเพลิงจริงกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือค่าศักยภาพการเกิดสภาวะโลกของสารเคมีแต่ละประเภทที่บรรจุในอุปกรณ์

2.2.3.7 การรั่วไหลจากการใช้สารทำความเย็น

กรณีที่มีการบันทึกการใช้งานหรือการเติมสารทำความเย็นที่ใช้จริงนั้นให้ใช้ค่าที่ใช้จริง ส่วนกรณีที่ไม่ได้มีการบันทึกให้ใช้ค่าอัตราการรั่วไหลจากแต่ละขั้นตอนการใช้งานตั้งแต่การติดตั้งจนถึงขั้นตอนการกำจัดกับข้อมูลปริมาณสารที่บรรจุของเครื่องปรับอากาศ โดยรายละเอียดสัดส่วนร้อยละการรั่วไหลของสารทำความเย็นในแต่ละขั้นตอนจากเกณฑ์ของ อบก. แสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สัดส่วนการรั่วไหลของสารทำความเย็นในแต่ละขั้นตอนจากเกณฑ์ของแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก., 2559)

ประเภทของอุปกรณ์	ขนาดบรรจุ (kg)	ค่าการรั่วไหลในช่วงการติดตั้งอุปกรณ์ (ร้อยละขนาดบรรจุ)	ค่าการรั่วไหลในช่วงการใช้งานอุปกรณ์ (ร้อยละขนาดบรรจุ)	สัดส่วนปริมาณสารที่เหลืออยู่ในช่วงการกำจัดทิ้ง (ร้อยละขนาดบรรจุ)	สัดส่วนปริมาณสารที่นำกลับมาใช้ (ร้อยละของที่เหลืออยู่)
เครื่องทำความเย็นสำหรับใช้ในครัวเรือน (domestic refrigeration)	0.05 - 0.5	1	0.5	80	70
เครื่องทำความเย็น / เครื่องปรับอากาศเชิงพาณิชย์แบบทำงานแยกเดี่ยว (stand-alone commercial application)	0.2 - 6	3	15	80	70
ระบบทำความเย็นเชิงพาณิชย์ขนาดกลางและขนาดใหญ่ (medium & large commercial refrigeration)	50 - 2,000	3	35	100	70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) สัดส่วนการรั่วไหลของสารทำความเย็นในแต่ละขั้นตอนจากเกณฑ์ของแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (อบก., 2559)

ประเภทของอุปกรณ์	ขนาดบรรจุ (kg)	ค่าการรั่วไหลในช่วงการติดตั้งอุปกรณ์ (ร้อยละขนาดบรรจุ)	ค่าการรั่วไหลในช่วงการใช้งานอุปกรณ์ (ร้อยละขนาดบรรจุ)	สัดส่วนปริมาณสารที่เหลืออยู่ในช่วงการกำจัดทิ้ง (ร้อยละขนาดบรรจุ)	สัดส่วนปริมาณสารที่นำกลับมาใช้ (ร้อยละของที่เหลืออยู่)
ระบบชิลเลอร์ (chillers)	10 - 2,000	1	15	100	95
ระบบปรับอากาศและระบบปั๊มความร้อนที่ใช้สำหรับครัวเรือนและในเชิงพาณิชย์ (residential and commercial A/C including heat pumps)	0.5 - 100	1	10	80	80
ระบบปรับอากาศในยานพาหนะ (mobile air conditioning)	0.5 - 1.5	0.5	20	50	50

2.3 สรุปการศึกษางานวิจัยและเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การศึกษาแบบงานวิจัยทั้งช่วงวงจรชีวิตของอาคารที่ส่วนใหญ่ทำการศึกษาตามแต่ละประเภทอาคาร โดยขั้นตอนการใช้งานอาคารจากงานวิจัยที่ศึกษาทั้งหมดมีสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจากขั้นตอนทั้งหมดตลอดช่วงชีวิตอาคาร ที่ส่วนใหญ่ทำการศึกษาเพียงการใช้พลังงานเท่านั้นในขั้นตอนการใช้งานอาคารซึ่งในความเป็นจริงแล้วมีรายละเอียดของจำนวนแหล่งกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่านั้น ทำให้การศึกษาในขั้นตอนการใช้งานอาคารส่วนใหญ่และการศึกษาในมหาวิทยาลัยจึงใช้การทำรายงานประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีการกำหนดกฎเกณฑ์โดยแต่ละองค์กร

การศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากของแต่ละมหาวิทยาลัยมีทั้งในรูปแบบบทความงานวิจัยและบนสื่อออนไลน์ที่มีแนวทางการศึกษาตามเกณฑ์รายงานการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละองค์กรที่ส่วนใหญ่นิยมใช้ เกณฑ์ GHG Protocol (WRI and WBCSD, 2004), ISO 14064-1 (ISO, 2006) ถึงแม้ในการศึกษาบางส่วนไม่ได้มีการระบุแหล่งที่มาของเกณฑ์ที่ใช้แต่มีแนวทางการศึกษาที่เหมือนกันโดยการแบ่งกิจกรรมที่ทำการศึกษาออกเป็นขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 โดยการศึกษาในประเทศไทยส่วนมากใช้เกณฑ์ขององค์กร อบก. (อบก., 2559) ที่มีการอธิบายวิธีการและรายละเอียดข้อมูลที่ใช้การศึกษาในแต่ละส่วน และได้กำหนดแหล่งกิจกรรมที่ใช้ในการศึกษา

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรประเภทสถานศึกษาเอาไว้ ส่วนวิธีการดำเนินการมีทั้งแบบ Input – Output และแบบ Process-Based โดยขึ้นอยู่กับขอบเขตในการศึกษาและแนวโน้มการศึกษาของแต่ละพื้นที่ วิธีคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนมากใช้การคำนวณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาจากองค์กรที่น่าเชื่อถือ จากผลการศึกษางานวิจัยบางส่วนนั้นมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขอบเขตที่ 3 มากที่สุด แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการรวมขอบเขตนี้ไว้ในขอบเขตการศึกษา โดยการเปรียบเทียบผลการศึกษากับงานอื่นส่วนใหญ่ทำการนำเสนอในรูปแบบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อจำนวนนักศึกษาและบุคลากรหรือต่อพื้นที่ขององค์กรทั้งหมดในกรณีที่มีข้อมูลในส่วนนี้

ส่วนการศึกษาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกนั้นมีทั้งการศึกษาด้วยวิธีการดำเนินโครงการจริงและวิธีการจำลองกรณีศึกษาตัวอย่าง โดยส่วนใหญ่นิยมทำการศึกษาปรับปรุงในปัจจัยทางด้านกายภาพที่มีการนำเสนอผลลัพธ์จากการปรับปรุงในรูปแบบปริมาณร้อยละหรือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงของแต่ละวิธีซึ่งเป็นรายละเอียดที่สำคัญในการศึกษา ส่วนการปรับปรุงปัจจัยทางด้านพฤติกรรมนั้นมีเพียงแค่บางส่วนที่ทำการศึกษาซึ่งไม่มีการนำเสนอผลลัพธ์จากการปรับปรุงแต่ละวิธี โดยส่วนใหญ่ทำการเปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงกับปริมาณที่เกิดขึ้นในปีฐานที่ตั้งเป้าหมายในการลดตามนโยบายของรัฐบาลในแต่ละประเทศ

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงทำการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการยึดแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ อบก. เป็นหลัก และเสริมเพิ่มเติมบางส่วนจากเกณฑ์มาตรฐาน GHG Protocol และ ISO 14064-1 เพื่อความครบถ้วนและเป็นสากลในการศึกษา โดยทำการศึกษากิจกรรมขอบเขตที่ 1 และ 2 ทั้งหมด ส่วนขอบเขตที่ 3 ทำการศึกษาในส่วนกิจกรรมที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ และใช้การดำเนินการแบบ Process-Based ที่เหมาะสมกับขนาดขอบเขตที่ทำการศึกษาที่เป็นรายอาคารและเป็นรูปแบบที่นิยมใช้ในประเทศไทย ส่วนวิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกใช้การคำนวณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากฐานข้อมูลในประเทศเป็นหลัก โดยทำการเปรียบเทียบผลกับสถานศึกษาแห่งอื่นในรูปแบบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อจำนวนประชากรและต่อพื้นที่ ในการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงนั้นทำการตั้งเป้าหมายในการลดตามนโยบายรัฐบาลประเทศไทยโดยทำการศึกษาเพียงปัจจัยทางด้านกายภาพเท่านั้น ด้วยการที่ไม่มีการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาก่อนในแต่ละอาคารจึงใช้ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลปีฐานในการเปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization Boundary)

เนื่องจากมหาวิทยาลัยถือเป็นองค์กรที่มีขนาดใหญ่องค์กรหนึ่งซึ่งมีกลุ่มอาคารจำนวนมากที่ประกอบด้วยหน่วยงานและลักษณะการใช้อาคารที่หลากหลาย จึงทำให้การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยจึงมีความสำคัญ โดยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้มีงานวิจัยที่ทำการสำรวจและทำการแบ่งประเภทอาคารในมหาวิทยาลัยเอาไว้ (สรญา กังวาล, 2557) ที่ประกอบด้วย อาคารเรียน อาคารปฏิบัติการสตูดิโอ อาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ อาคารสำนักงาน อาคารหอพักนิสิต และอาคารอเนกประสงค์อื่นๆ ซึ่งเมื่อทำการพิจารณาแล้วพบว่าสามารถรวมอาคารปฏิบัติการสตูดิโอและทางวิทยาศาสตร์เข้าอยู่ในกลุ่มประเภทอาคารเรียน เนื่องจากอาคารทั้งสองส่วนใหญ่อยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของแต่ละคณะวิชาในมหาวิทยาลัย ในงานวิจัยนี้ได้ทำการกำหนดขอบเขตประเภทอาคารที่ทำการศึกษาเพื่อเป็นมาตรฐานในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารตัวอย่างแต่ละประเภทที่อยู่ภายใต้การควบคุมของมหาวิทยาลัย โดยไม่รวมอาคารประเภทอาคารพาณิชยศาสตร์ อาคารอเนกประสงค์ อาคารของคณะแพทยศาสตร์รวมถึงโรงพยาบาล และอาคารเรียนแบบปฏิบัติการที่มีการใช้เครื่องมือหรือเครื่องจักรในการศึกษา เนื่องด้วยขอบเขตการควบคุมดูแลที่มีความแตกต่างจากวิทยาเขตการศึกษาส่วนกลางและลักษณะการใช้งานอาคารที่มีมากกว่าการเรียนการสอนของวิทยาเขตการศึกษาส่วนกลาง รวมไปถึงลักษณะข้อมูลที่มีความซับซ้อนและมีความลำบากในการเก็บรวบรวม

ขอบเขตของอาคารที่ใช้ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการศึกษานี้จึงแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มตามลักษณะการใช้งานอาคารที่ประกอบด้วย 1. อาคารเรียน (education building) 2. อาคารสำนักงาน (office) 3. อาคารพักอาศัย (residential) โดยทำการเลือกหนึ่งอาคารจากแต่ละกลุ่มประเภทอาคารเพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษาอาคารแต่ละประเภท โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกได้แก่ ปริมาณการใช้งานอาคารและผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณมาก อาคารมีข้อมูลที่ครบถ้วนเพียงพอในการประเมินและเป็นต้นแบบสำหรับการเก็บข้อมูลของอาคารอื่นๆที่อยู่ในกลุ่มประเภทเดียวกัน และการมีความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้อย่างทั่วถึง ทำให้อาคารที่เลือกเป็นตัวแทนการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกลุ่มประเภทอาคารได้แก่ 1. อาคารคณะสถาปัตยกรรมจากกลุ่มประเภทอาคารเรียน 2. อาคารจามจุรี 5 จากกลุ่มประเภทอาคารสำนักงาน และ 3. หอพักชวนชมจากกลุ่มประเภทอาคารที่พักอาศัย

อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่ใช้เป็นตัวแทนในกลุ่มประเภทอาคารเรียนนั้น ทำการศึกษาใน 3 อาคารที่ประกอบด้วย อาคารนารถ โพธิประสาท อาคารสถาปัตยกรรม 1 และอาคารสถาปัตยกรรม 2 ซึ่งเป็นอาคารที่มีการเชื่อมต่อกันทั้งทางกายภาพและลักษณะการใช้งานที่สัมพันธ์กันจึงทำการศึกษาเสมือนเป็นอาคารเดียวกัน สาเหตุที่เลือกอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เป็นอาคารตัวแทนในการศึกษาเนื่องจากเป็นอาคารเรียนที่มีระยะเวลาในการเรียนการสอนและการทำงานเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน และมีการใช้งานอาคารในการทำกิจกรรมอื่นนอกเหนือจากการเรียนในปริมาณมากและยาวนาน อีกทั้งยังเป็นคณะวิชาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ในการทำงานและกิจกรรมเป็นจำนวนมาก โดยปีที่เปิดใช้งานอาคารสถาปัตยกรรม 1 อาคารสถาปัตยกรรม 2 และอาคารนารถโพธิประสาทได้แก่ปี พ.ศ. 2483, 2514 และ 2538 ตามลำดับ แต่ละอาคารมีจำนวนชั้นเท่ากับ 3, 4 และ 11 ชั้น และมีพื้นที่ใช้สอยภายในทั้งหมดรวมทั้ง 3 อาคารประมาณ 20,240 ตร.ม. แบ่งพื้นที่ใช้สอยหลักภายในอาคารออกเป็น พื้นที่สำนักงาน ห้องเรียนบรรยาย ห้องสตูดิโอ ห้องพักอาจารย์ และห้องสมุด ซึ่งในกลุ่มอาคารที่ทำการศึกษานี้มีการใช้งานจากภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรมศาสตร์ภายใน การวางแผนภาคและเมือง และภูมิสถาปัตยกรรม โดยจำนวนผู้ใช้งานอาคารนี้ประกอบด้วยนักศึกษาปีการศึกษา 2559 จำนวน 1,139 คน และบุคลากรที่แบ่งออกเป็นพนักงานประจำ 52 คนและอาจารย์ 69 คน

อาคารจามจุรี 5 ที่กำหนดเป็นอาคารตัวแทนประเภทอาคารสำนักงาน เนื่องจากอาคารจามจุรี 5 เป็นอาคารสำนักงานหลักของมหาวิทยาลัยที่มีจำนวนหน่วยงานและบุคลากรที่ทำงานอาคารเป็นจำนวนมาก ทำให้มีจำนวนผู้เข้าใช้งานภายนอกในการติดต่อดำเนินงานที่มีปริมาณมากและความถี่สูง โดยอาคารทำการเปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2542 ซึ่งมีจำนวนชั้นทั้งหมด 7 ชั้น และมีพื้นที่ทั้งหมดเท่ากับ 11,685.45 ตร.ม. อาคารนี้ประกอบด้วยหลายหน่วยงานซึ่งประกอบด้วย สำนักงานการทะเบียนและประมวลผล สำนักบริหารการเงิน การบัญชี และการพัสดุ ศูนย์การจัดการทรัพยากรของมหาวิทยาลัย สำนักบริหารแผนและการงบประมาณ สำนักบริหารระบบกายภาพ สำนักบริหารทรัพยากรมนุษย์ สำนักบริหารวิชาการ สำนักบริหารยุทธศาสตร์ สำนักบริหารวิจัย และศูนย์กฎหมายและนิติการ ซึ่งมีจำนวนบุคลากรหรือพนักงานประจำทั้งหมด 408 คน

ส่วนอาคารที่พักอาศัยนั้นเลือกอาคารหอพักชวนชมเป็นตัวแทนในการศึกษา เนื่องจากเป็นอาคารหอพักที่มีพื้นที่อาคารมากที่สุดในมหาวิทยาลัยซึ่งเท่ากับ 29,382.92 ตร.ม. โดยมีจำนวนพื้นที่ใช้งาน 17 ชั้น และรองรับจำนวนผู้พักอาศัยมากที่สุดโดยมีปริมาณประมาณ 1,188 คน อีกทั้งยังเป็นอาคารหอพักที่เปิดใช้งานหลังสุดซึ่งสร้างเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2557 จึงทำให้มีรายละเอียดข้อมูลอาคารที่ใช้ในการศึกษาครบถ้วนมากที่สุด พื้นที่ใช้สอยหลักภายในอาคารประกอบด้วย ห้องพักอาศัย ห้องส่วนรวม ห้องครัว ห้องพยาบาล และห้องสำนักงาน รูปอาคารตัวแทนของแต่ละกลุ่มประเภทอาคารที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

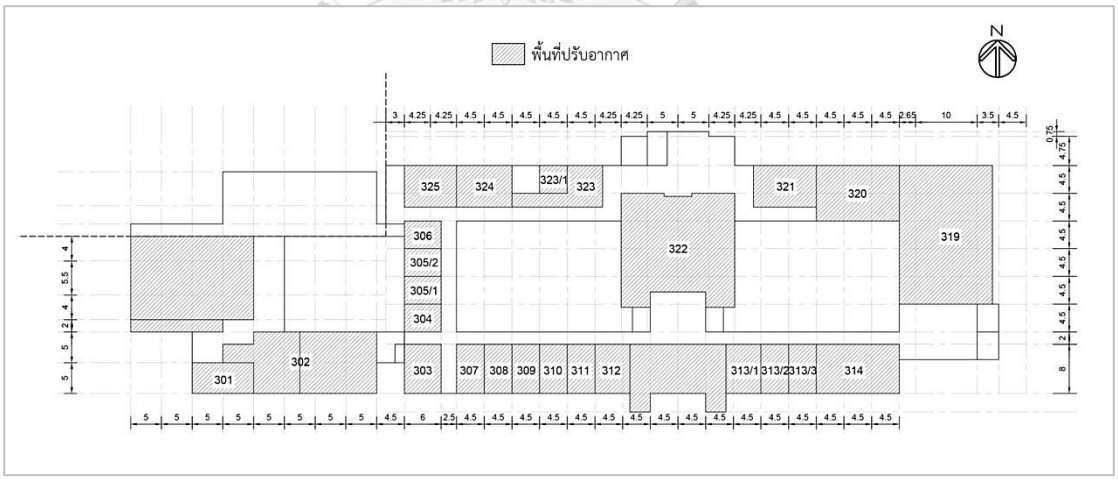
ใช้ในการศึกษาสามารถดูได้ในภาพที่ 3.1 ส่วนรูปผังพื้นแสดงภาพรวมรูปทรงของแต่ละอาคารตัวแทนที่ใช้ในการศึกษาสามารถดูได้ในภาพที่ 3.2, 3.3 และ 3.4

ภาพที่ 3.1 รูปอาคารตัวแทนของแต่ละกลุ่มประเภทอาคารที่ใช้ในการศึกษา

อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ (อาคารนารถ โพธิประสาท อาคารสถาปัตยกรรม 1 และ 2) (ซ้าย)

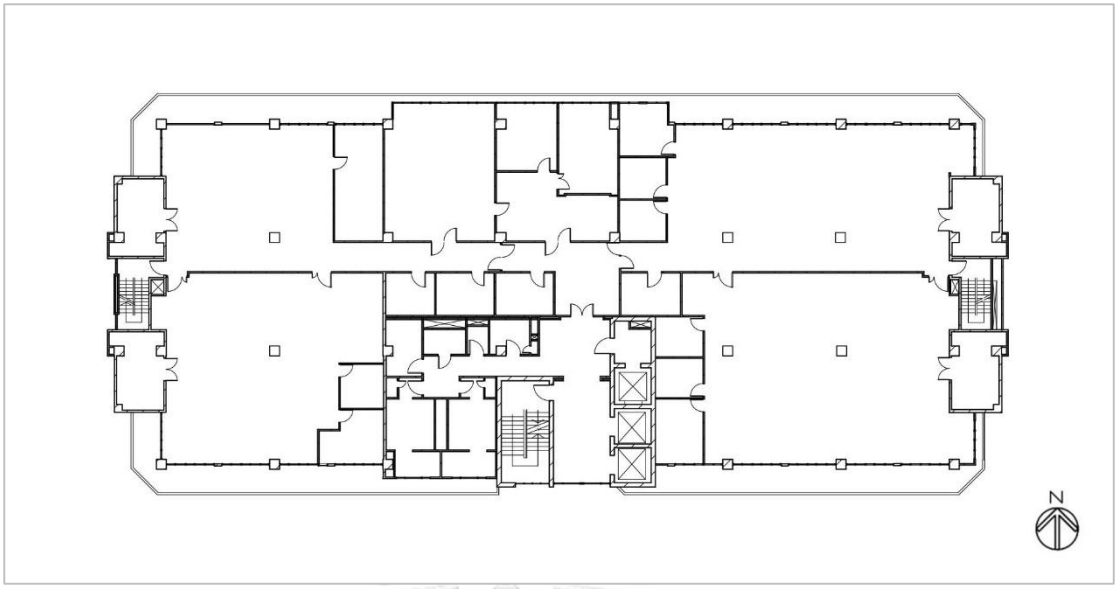
อาคารจามจุรี 5 (กลาง) อาคารหอพักชวนชม (ขวา)

(ที่มา : สำนักบริหารระบบกายภาพ, 2560)



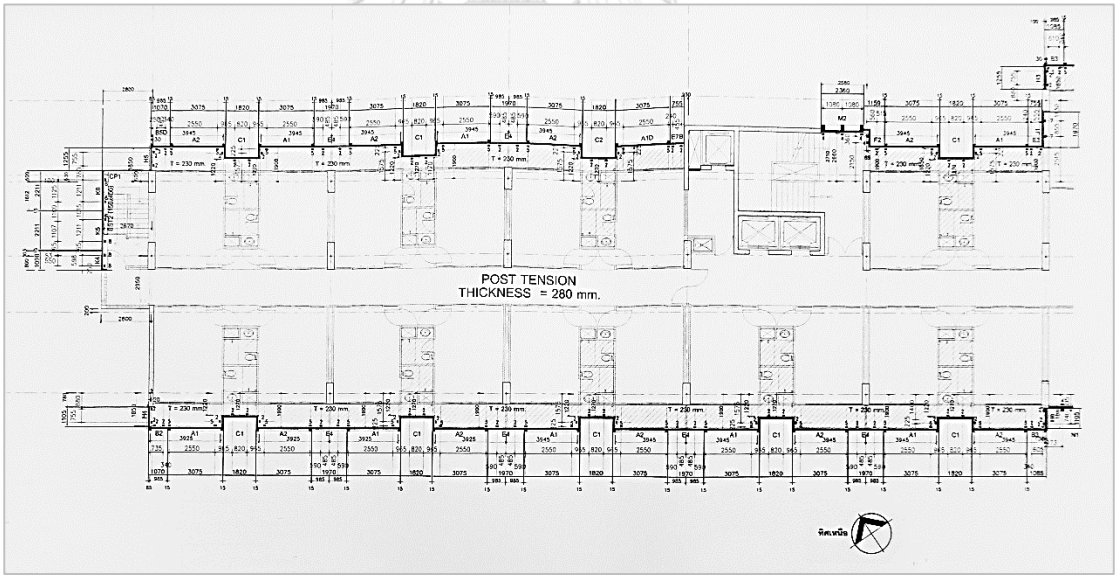
ภาพที่ 3.2 รูปผังพื้นแสดงภาพรวมรูปทรงของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา

(ที่มา : วัศพล ธีรวนพันธุ์, 2558)



ภาพที่ 3.3 รูปผังพื้นแสดงภาพรวมรูปทรงของอาคารจามจุรี 5 ที่ใช้ในการศึกษา

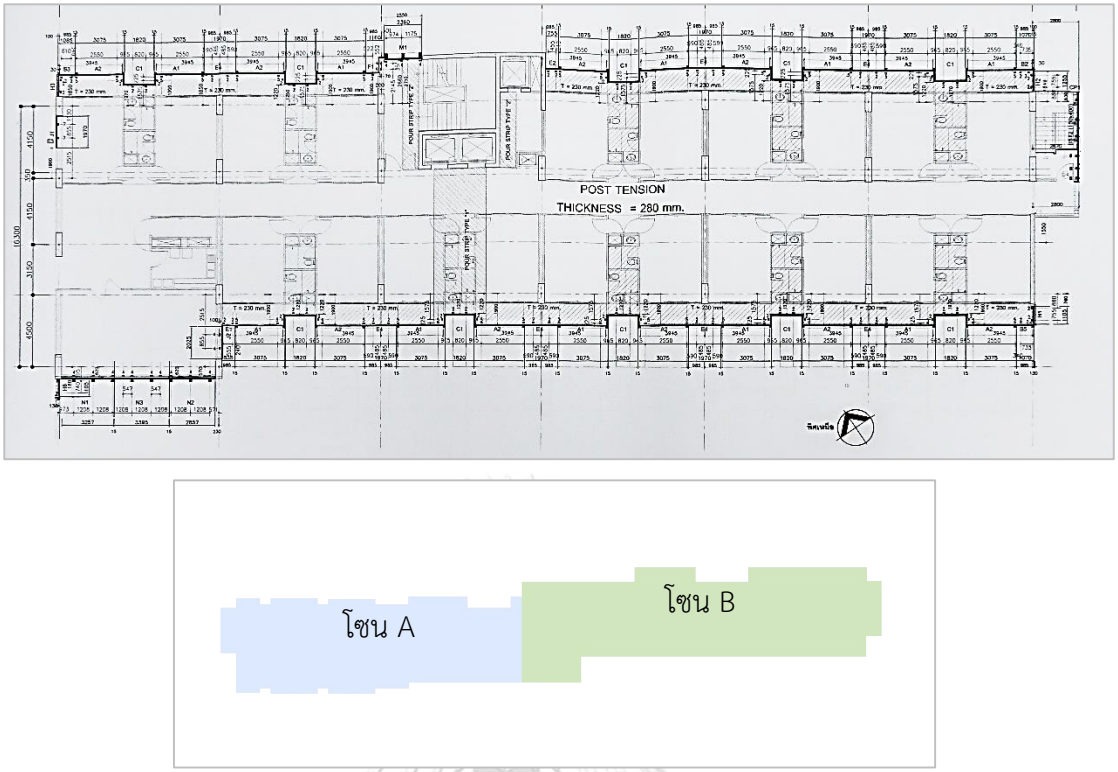
(ที่มา : สำนักบริหารระบบกายภาพ, 2560)



ภาพที่ 3.4 รูปผังพื้นแสดงภาพรวมรูปทรงของอาคารหอพักชวนชมที่ใช้ในการศึกษา

(ผังพื้นอาคารโซน A)

(ที่มา : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, แบบก่อสร้างงานสถาปัตยกรรม อาคารหอพักนิสิตหลังใหม่)



ภาพที่ 3.4 (ต่อ) รูปผังพื้นแสดงภาพรวมรูปทรงของอาคารหอพักชวนชมที่ใช้ในการศึกษา ผังพื้นอาคารโซน B (บน) และบริเวณอาคารแสดงตำแหน่งโซน A และ B (ล่าง) (ที่มา : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, แบบก่อสร้างงานสถาปัตยกรรม อาคารหอพักนิสิตหลังใหม่)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational Boundary)

จากการทบทวนการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องนั้นส่วนใหญ่ทำการศึกษาตามเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือ ซึ่งแบ่งแหล่งกิจกรรมที่ทำการศึกษาออกเป็นขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 หรือ direct emission, indirect emission (พลังงานที่ซื้อมา) และ other indirect emission โดยการศึกษาในประเทศไทยส่วนใหญ่ทำการโดยใช้แนวทางการศึกษาตามเกณฑ์ของ อบก. ทำให้การศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดขอบเขตของแหล่งกิจกรรมที่มีการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในการประเมินตามเกณฑ์ของ อบก. (อบก., 2559) ที่ได้กำหนดแหล่งกิจกรรมที่ใช้ในการศึกษาสำหรับองค์กรประเภทสถาบันศึกษาไว้ที่ครอบคลุมกิจกรรมทั้ง 3 ขอบเขต และเสริมเพิ่มเติมบางส่วนจากเกณฑ์มาตรฐาน GHG Protocol และ ISO 14064-1 ที่ได้รับความนิยมในการใช้ในการวิจัยต่างประเทศ โดยการศึกษานี้ทำการเก็บข้อมูลและศึกษากิจกรรมขอบเขตที่ 1 และ 2 นั้นให้ครอบคลุมทุกกิจกรรมตามข้อกำหนดตามเกณฑ์ของ อบก. และมาตรฐาน ISO 14064-1 (ISO, 2006) และ

Greenhouse Gas Protocol (WRI and WBCSD, 2004) ส่วนกิจกรรมขอบเขตที่ 3 นั้นทำการเก็บศึกษาข้อมูลในขอบเขตของกิจกรรมที่มีความสามารถในการเก็บทั้งปัจจัยเรื่องปริมาณข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลของแต่ละอาคารที่เท่าเทียมกัน เพื่อให้แต่ละอาคารมีฐานข้อมูลเพียงพอเป็นมาตรฐานเดียวกันในการศึกษาและเพื่อเป็นขอบเขตแนวทางการศึกษาในอาคารอื่น โดยประเภทของขอบเขตและแหล่งกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้เป็นมาตรฐานในการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอาคารตัวอย่างแสดงให้เห็นในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ประเภทของขอบเขตและแหล่งกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้เป็นมาตรฐานในการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอาคารตัวอย่าง

ขอบเขต (scope)	แหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดก๊าซเรือนกระจก	ปล่อย / ดูดกลับ
1	การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตเอง	ปล่อย
1	การเผาไหม้ที่อยู่กับที่ของอุปกรณ์และเครื่องจักร	ปล่อย
รายงานแยก	การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวล (biofuel)	ปล่อย
1	การเผาไหม้เคลื่อนที่ของยานพาหนะขององค์กร	ปล่อย
1	การรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็น	ปล่อย
1	การใช้และรั่วไหลของสารดับเพลิง	ปล่อย
1	การใช้สารทำความสะอาด	ปล่อย
1	การใช้ปุ๋ยเคมี	ปล่อย
1	กระบวนการเคมีในการเรียนการสอน (การใช้สารเคมีโดยตรง)	ปล่อย
1	การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ	ปล่อย
1	การดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากต้นไม้	ดูดกลับ
1	การดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการดักจับหรือแหล่งกักเก็บ	ดูดกลับ
2	การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอก	ปล่อย
3	การเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากร	ปล่อย
3	การเผาไหม้ที่อยู่กับที่ของอุปกรณ์ร้านค้าที่เข้ามาเช่าพื้นที่ในองค์กร	ปล่อย
3	การกำจัดขยะขององค์กรภายนอก	ปล่อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ประเภทของขอบเขตและแหล่งกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้เป็นมาตรฐานในการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอาคารตัวอย่าง

ขอบเขต (scope)	แหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดก๊าซเรือนกระจก	ปล่อย / ดูดกลับ
3	การผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้	ปล่อย
3	การบำบัดน้ำเสียขององค์กรภายนอก	ปล่อย
3	การผลิตวัสดุสำนักงานที่องค์กรใช้ (กระดาษ)	ปล่อย

3.3 วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Calculation and quantification methodologies)

การศึกษาจะใช้การดำเนินการแบบ process-analysis (PA) หรือ bottom-up ที่เป็นการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแต่ละขั้นตอนหรือกระบวนการของแต่ละแหล่งกิจกรรม ทำให้การดำเนินการศึกษาด้วยวิธีนี้เหมาะสมกับขอบเขตการศึกษาขนาดที่ไม่ใหญ่มาก ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาในขอบเขตองค์กรหรืออาคาร การศึกษาครั้งนี้จึงใช้การดำเนินการแบบ Process-Based ที่เหมาะสมกับขนาดขอบเขตที่ทำการศึกษาที่เป็นรายอาคารและเป็นรูปแบบที่นิยมใช้ในประเทศไทย

วิธีการหาปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกใช้สมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (emission factor) เนื่องจากเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมสูงสุดและเหมาะสมในเรื่องความพร้อมและความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลมากที่สุดของอาคารตัวอย่างในแต่ละกลุ่มประเภทอาคาร โดยการศึกษาใช้ข้อมูลปีพ.ศ. 2559 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมรวมเป็นระยะเวลา 12 เดือนหรือหนึ่งปี โดยวิธีการเก็บข้อมูลจากแต่ละอาคารเพื่อนำมาศึกษาคำนวณนั้นใช้วิธีการเก็บข้อมูลภาคสนามและการสัมภาษณ์หรือติดต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยรายละเอียดข้อมูลที่เก็บควรอยู่ในรูปแบบปริมาณที่ใช้ในแต่ละเดือนเพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือน ส่วนข้อมูลที่ไม่ได้เก็บบันทึกไว้ในแต่ละเดือนนั้นใช้ข้อมูลรวมของทั้งปีหรือค่าเฉลี่ยต่อปี แต่ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลนั้นจะน้อยลง โดยรายละเอียดข้อมูลแต่ละประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกสามารถดูได้จากตารางที่ 3.2 และรูปแบบสมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามแต่ละประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกสามารถดูได้จากตารางที่ 3.3 โดยรูปแบบสมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกและข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมยึดตามเกณฑ์ของ อบก.

IPCC และ U.S. EPA เป็นหลักและบางส่วนจากสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (TEI) โดยจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นพบว่าวิธีเก็บข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูลที่ประกอบด้วย ปริมาณกิจกรรม ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และค่ามาตรฐานอื่นที่ใช้ในการคำนวณของแต่ละแหล่งกิจกรรมที่มีการดำเนินการในอาคารที่ทำการศึกษานั้นมีความแตกต่างกัน โดยสามารถดูรายละเอียดได้ในตารางที่ 3.4 ซึ่งรายละเอียดการคำนวณ รูปแบบสมการ และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการศึกษาของแต่ละแหล่งกิจกรรมสามารถดูได้ในส่วนภาคผนวก ก

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากแต่ละกิจกรรมนั้นประกอบด้วยชนิดก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกันซึ่งส่งผลทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนที่มากน้อยแตกต่างกัน เพื่อให้ทราบถึงค่าผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดจึงต้องแสดงผลในบรรทัดฐานที่เทียบเท่ากันด้วยการใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Global Warming Potential: GWP) โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่าปริมาณจากรายงานการประเมินของ IPCC ฉบับที่ 5 (IPCC fifth assessment report, 2014) ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้ในตารางที่ 3.5 โดยผลลัพธ์รายงานในรูปแบบปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากสมการคำนวณที่มีรูปแบบดั่งในสมการ (1)

ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2e) = ข้อมูลปริมาณกิจกรรม * Emission factor * GWP (1)

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดข้อมูลแต่ละประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

ประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียดข้อมูล
พลังงานไฟฟ้า	• ประเภทแหล่งที่มา : ผลิตเอง ซื้อมาจากภายนอก • ชนิดเชื้อเพลิงการผลิต : ถ่านหิน น้ำมัน แก๊ส แสงอาทิตย์ ชีวมวล • ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิต (ผลิตเอง) • ปริมาณพลังงานที่ใช้ไปและเหลือจากการใช้ (ถ้ามี)
เชื้อเพลิง (อยู่กับที่หรือเคลื่อนที่)	• ประเภทและรายละเอียดของอุปกรณ์หรือยานพาหนะ • ชนิดของเชื้อเพลิง • ปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ • ระยะทางการเดินทาง (ยานพาหนะ กรณีที่ไม่มีปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) รายละเอียดข้อมูลแต่ละประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

ประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียดข้อมูล
เชื้อเพลิง (อยู่กับที่หรือเคลื่อนที่)	• ปริมาณน้ำหนักบรรทุก (ยานพาหนะขนส่ง กรณีที่ไม่มีปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้)
สารเคมี	• ประเภทและชนิดของสารเคมี • สูตรผลิตภัณฑ์ (ปุ๋ยเคมี) • ประเภทของอุปกรณ์และขนาดบรรจุ (สารทำความเย็น) • ปริมาณสารที่ใช้หรือที่รั่วไหล
ขยะ	• ประเภทของขยะ (กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร ขยะอันตราย ผ้า แก้ว โลหะ ไม้ ยาง อลูมิเนียม เป็นต้น) • วิธีการกำจัดขยะ (ฝังกลบแบบตื้น การเผา เป็นต้น) • ปริมาณขยะแต่ละประเภทและที่นำไปใช้ประโยชน์ • ชนิดยานพาหนะที่ใช้ขนขยะ • ระยะทางที่ใช้การขนขยะไปที่แหล่งกำจัด • ประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานพาหนะขนขยะ
น้ำประปา	• ปริมาณน้ำประปาที่ใช้
น้ำเสีย	• ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น • ปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทั้งหมดในน้ำเสีย (TOW) • ปริมาณกากตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัด (sludge) • ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand, COD กรณีที่ไม่มีค่า TOW) • ค่าความต้องการออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand, BOD กรณีที่ไม่มีค่า TOW) • จำนวนคนทั้งหมด (กรณีที่ใช้ค่า BOD) • ประเภทวิธีการบำบัดน้ำเสีย (โรงบำบัดแบบเติมหรือไม่เติมอากาศ ระบบกำจัดสลัดจ์แบบไม่เติมอากาศ Reactorแบบไม่เติมอากาศ บ่อบำบัดตื้นแบบไม่เติมอากาศ และบ่อบำบัดลึกแบบไม่เติมอากาศ เป็นต้น)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) รายละเอียดข้อมูลแต่ละประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

ประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียดข้อมูล
วัสดุที่ใช้	• แหล่งที่มาหรือลักษณะการผลิต • ปริมาณวัสดุที่ใช้ • ระยะทางและลักษณะในการขนส่ง
ต้นไม้หรือแหล่งดักจับอื่น	• ชนิดและขนาดของต้นไม้หรือแหล่งดักจับอื่น • จำนวนหรือปริมาณของต้นไม้หรือแหล่งดักจับอื่น

ตารางที่ 3.3 รูปแบบสมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามแต่ละประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

ประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	รูปแบบสมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก
พลังงานไฟฟ้า	• ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ x สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ตามประเภทการผลิต)
เชื้อเพลิง	• ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ตามประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้)
เชื้อเพลิง (ยานพาหนะ)	• (ระยะทางการเดินทางของยานพาหนะ / อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ตามประเภทของเชื้อเพลิง)) x สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ตามประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้) • ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ตามประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้)
เชื้อเพลิง (พาหนะขนส่ง)	• ระยะทางการเดินทาง x สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ตามประเภทยานพาหนะและปริมาณน้ำหนักที่บรรทุก)
สารเคมี	• ปริมาณสารเคมีที่ใช้ x สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก x ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential : GWP) (ตามชนิดของสารเคมีที่ใช้)
สารเคมี (ปุ๋ยเคมี)	• ปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้ x สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ตามประเภทและสูตรของปุ๋ยเคมีที่ใช้)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) รูปแบบสมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามแต่ละประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

ประเภทแหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	รูปแบบสมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก
สารเคมี (สารทำความเย็น)	• ((ปริมาณสารทำความเย็นที่บรรจุ x ร้อยละการปล่อยก๊าซในช่วงการติดตั้ง) + (ปริมาณสารทำความเย็นที่บรรจุ x ร้อยละการปล่อยก๊าซในช่วงช่วงการใช้งาน) + (ปริมาณสารทำความเย็นที่บรรจุ x ร้อยละของสารที่เหลืออยู่ในช่วงการกำจัดอุปกรณ์ทิ้ง x (1 - ร้อยละของสารทำความเย็นที่นำกลับมาใช้ใหม่))) x ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน (ตามชนิดของสารเคมีที่ใช้)
สารเคมี (สารดับเพลิง)	• ปริมาณสารเคมีที่เติม หรือ (ปริมาณสารเคมีที่บรรจุ x ร้อยละการรั่วไหล) / อายุการใช้งานอุปกรณ์ X ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน (ตามชนิดของสารเคมีที่ใช้)
น้ำประปา	• ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ x สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ขยะ	• (ปริมาณขยะที่กำจัดทิ้ง หรือ (ปริมาณขยะที่ทิ้งแต่ละประเภท x (1 - อัตราการรีไซเคิลของวัสดุแต่ละประเภท)) x สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ตามประเภทขยะและวิธีการกำจัดขยะ)) + ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง (ขนด้วยรถ 10 ล้อ 16ตัน ขาไปบรรทุกเต็ม ขากลับ 40 กม เป็นรถเปล่า)
น้ำเสีย	• (ปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ (TOW) หรือ [ปริมาณน้ำเสียทั้งหมด x ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD)) หรือ (จำนวนคนทั้งหมด x ค่าความต้องการออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD)) – ปริมาณกากตะกอน) x สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ตามประเภทวิธีการบำบัดน้ำเสีย) x ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนก๊าซมีเทน
วัสดุ	• (ปริมาณวัสดุที่ใช้ x สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ตามประเภทวัสดุที่ใช้)) + ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง
ต้นไม้หรือแหล่งดักจับอื่น	• จำนวนต้นไม้ หรือ ปริมาณแหล่งดักจับ x สัมประสิทธิ์การดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (ตามประเภท รายละเอียด ของแหล่งดูดกลับ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.4 วิธีเก็บข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณของแต่ละแหล่งกิจกรรมที่มีการดำเนินการในอาคารที่ทำการศึกษา

แหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	วิธีการเก็บข้อมูลและแหล่งที่มา
การเผาไหม้เชื้อเพลิง (เครื่องจักร)	• ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ • จำนวนเครื่อง • ชนิดเชื้อเพลิง	• สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ฝ่ายบำรุงรักษาอาคารและสถานที่
	• Emission factor	• [1]
การเผาไหม้เชื้อเพลิง (ยานพาหนะองค์กร)	• ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ หรือค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิง • จำนวนยานพาหนะ • ชนิดเชื้อเพลิง	• สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ฝ่ายบำรุงรักษาอาคารและสถานที่
	• ราคาน้ำมัน	• การสืบค้นข้อมูลออนไลน์ทั่วไป
	• Emission factor	• [1]
การรั่วไหลของสารทำความเย็น	• ประเภทระบบปรับอากาศ • จำนวนเครื่องปรับอากาศ • ขนาดบรรจุสารทำความเย็น หรือปริมาณ BTU • ชนิดสารทำความเย็น	• บันทึกข้อมูลของฝ่ายบำรุงรักษาอาคารและสถานที่ (คณะสถาปัตย์ฯ และหอพักชวนชม) • บันทึกข้อมูลของฝ่ายซ่อมบำรุง (จามจุรี 5)
	• อัตราการรั่วไหลในแต่ละขั้นตอน	• [2]
	• อายุการใช้งานเฉลี่ย	• [3]
	• GWP	• [4]
การรั่วไหลของสารดับเพลิง	• ชนิดอุปกรณ์ดับเพลิง • จำนวนอุปกรณ์	• สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ฝ่ายบำรุงรักษาอาคารและสถานที่ (คณะสถาปัตย์ฯ และหอพักชวนชม) • สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ฝ่ายซ่อมบำรุง (จามจุรี 5)
	• น้ำหนักสารเคมี • ชนิดและสัดส่วนสารเคมี	• การสืบค้นข้อมูลออนไลน์ทั่วไป
	• อัตราการรั่วไหล	• [5]
	• อายุการใช้งานเฉลี่ย	• [6]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) วิธีเก็บข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณของแต่ละแหล่งกิจกรรมที่มีการดำเนินการในอาคารที่ทำการศึกษา

แหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	วิธีการเก็บข้อมูลและแหล่งที่มา
	• Emission factor	• [7]
	• GWP	• [4]
การใช้สารทำความสะอาด	• ชนิดสารทำความสะอาด • ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ใช้	• สัมภาษณ์หัวหน้าแม่บ้านประจำอาคาร (คณะสถาปัตย์ฯ และจามจุรี 5) • สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ฝ่ายทะเบียนและบริการนิสิตหอพัก (หอพักชวนชม)
	• ชนิดและสัดส่วนสารเคมี	• การสืบค้นข้อมูลออนไลน์ทั่วไป
	• Emission factor	[7] และ [8]
การบำบัดน้ำเสีย	• ปริมาณน้ำเสีย (ปริมาณน้ำประปาที่ใช้)	• บันทึกข้อมูลของสำนักบริหารกายภาพ
	• ระดับประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัด	• สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ
	• BOD	• [9]
	• Emission factor	• [10]
	• GWP (ก๊าซมีเทน)	• [4]
การดูดกลับจากต้นไม้	• ชนิดต้นไม้ • จำนวนต้นไม้	• สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ฝ่ายบำรุงรักษาอาคารและสถานที่
	• ความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	• [11]
การใช้พลังงานไฟฟ้า	• ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้	• บันทึกข้อมูลของสำนักบริหารกายภาพ (คณะสถาปัตย์ฯ และจามจุรี 5) • บันทึกข้อมูลของฝ่ายบำรุงรักษาอาคารและสถานที่ (หอพักชวนชม)
	• Emission factor	• [1]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) วิธีเก็บข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณของแต่ละแหล่งกิจกรรมที่มีการดำเนินการในอาคารที่ทำการศึกษา

แหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	วิธีการเก็บข้อมูลและแหล่งที่มา
การเดินทางไปกลับระหว่างที่พักกับสถานที่ทำงานหรือเรียน	• ระยะการเดินทาง • ประเภทยานพาหนะที่ใช้ • จำนวนวันทำงานต่อปี (บุคลากร) • ความถี่การเดินทางแต่ละรูปแบบ (นักศึกษา)	• แจกแบบสอบถามพนักงานและนักศึกษา
	• ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานพาหนะ • ปริมาณบรรทุกผู้โดยสารของยานพาหนะ	• การสืบค้นข้อมูลออนไลน์ทั่วไป
	• อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	• [12] และการสืบค้นข้อมูลออนไลน์ทั่วไป
	• Emission factor	• [1]
การกำจัดขยะ	• ปริมาณขยะ	• บันทึกข้อมูลของสำนักบริหารกายภาพ • การสำรวจภาคสนามด้วยตัวเอง
	• ประเภทรถบรรทุกขยะ • ระยะทางการขนส่ง	• [2] และการสืบค้นข้อมูลออนไลน์ทั่วไป
	• Emission factor (กำจัด) • อัตรารีไซเคิล	• [2]
	• Emission factor (ขนส่ง)	• [1]
การใช้น้ำประปา	• ปริมาณน้ำประปาที่ใช้	• บันทึกข้อมูลของสำนักบริหารกายภาพ
	• Emission factor	• [1]
การใช้กระดาษในสำนักงาน	• ประเภทและขนาดกระดาษ • ปริมาณที่ใช้ต่อครั้งหรือต่อปี • ความถี่การสั่งซื้อ • ระยะทางการขนส่ง	• สัมภาษณ์และบันทึกข้อมูลของฝ่ายการเงินและบัญชีในแต่ละหน่วยงานหรืออาคาร
	• ประเภทรถส่งสินค้า	• การสืบค้นข้อมูลออนไลน์ทั่วไป
	• Emission factor (ผลิตและขนส่ง)	• [1]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แหล่งที่มาของข้อมูลจากแต่ละเกณฑ์ที่ใช้ในการศึกษา

- [1] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) : อบก. (2559). ค่า Emission Factor โดยแบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม (ออนไลน์). Retrieved 17 ธันวาคม 2560 http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_822ebb1ed5.pdf
- [2] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) : อบก. (2559). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3) (5 ed.). ม.ป.ท.: บริษัท พีทู ดีไซน์ แอนด์ พริ้นท์ จำกัด.
- [3] U.S. Department of Energy. Central Air Conditioning; Energy Saver (online). Retrieved 2018, May 27 https://www.energy.gov/energysaver/central-air-conditioning
- [4] World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development (WRI/WBCSD). Greenhouse Gas Protocol: Global Warming Potential Values (online). Retrieved 2018, May 27 http://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf
- [5] Environmental Protection Agency (EPA). (2014). Greenhouse Gas Inventory Guidance: Direct Fugitive Emissions from Refrigeration, Air Conditioning, Fire Suppression, and Industrial Gases (online). Retrieved 2017, December 16 https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/fugitiveemissions.pdf
- [6] Confires Fire Protection Service. When Does a Fire Extinguisher Expire (online). Retrieved 2017, December 20 https://www.confires.com/blog/when-does-a-fire-extinguisher-expire/
- [7] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2555). ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับยื่นขอการรับรองฉลากคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ในปี 2555 (ออนไลน์). Retrieved 29 มกราคม 2561 http://thaicfpro.in.th/ghgs_db_info
- [8] City of Winnipeg. (2012). Emission factors in kg CO2-equivalent per unit (online). Retrieved 2017, December 9 http://www.winnipeg.ca/finance/findata/matmgt/documents/2012/682-2012/682-2012_Appendix_H-WSTP_South_End_Plant_Process_Selection_Report/Appendix%207.pdf
- [9] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2558). คู่มือการจัดการน้ำเสียจากอาคารประเภทสถานศึกษา (ออนไลน์). Retrieved 28 พฤศจิกายน 2560 http://reo16.mnre.go.th/reo16/files/com_download/2015-07/20150723_ddxjvrtt.pdf
- [10] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). The 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- [11] คณะวนศาสตร์. (2554). คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้. กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

• [12] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) : อบก. (2560). ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (online). Retrieved 2017, November 15 http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_11335ee08a.pdf

ตารางที่ 3.5 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในช่วงระยะเวลา 100 ปี (GWP_{100}) จากรายงานการประเมินของ IPCC ฉบับที่ 5 (IPCC fifth assessment report, 2014)

ก๊าซเรือนกระจก	สูตรทางเคมี	ค่า GWP_{100} (เท่าของ CO_2 GWP_{100})
Carbon Dioxide	CO_2	1
Methane	CH_4	28
Nitrous Oxide	N_2O	265
Hydrofluorocarbons		
HFC-23	CHF_3	12,400
HFC-32	CH_2F_2	677
HFC-125	CHF_2CF_3	3,170
HFC-134a	CH_2FCF_3	1,300
HFC-143a	CH_3CF_3	4,800
HFC-152a	CH_3CHF_2	138
HFC-227ea	CF_3CHFCF_3	3,350
HFC-236fa	$CF_3CH_2CF_3$	8,060
HFC-245fa	$CHF_2CH_2CF_3$	858
HFC-365mfc	$CH_3CF_2CH_2CF_3$	804
HFC-43-10mee	$CF_3CHFCHFCF_2CF_3$	1,650
Perfluorinated Compounds		
PFC-14	CF_4	6,630
PFC-116	C_2F_6	11,100
PFC-218	C_3F_8	8,900

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในช่วงระยะเวลา 100 ปี (GWP100) จากรายงานการประเมินของ IPCC ฉบับที่ 5 (IPCC fifth assessment report, 2014)

ก๊าซเรือนกระจก	สูตรทางเคมี	ค่า GWP_{100} (เท่าของ CO_2 GWP_{100})
Perfluorinated Compounds		
PFC-318	c-$C4F_8$	9,540
PFC-31-10	C_4F_{10}	9,200
PFC-41-12	C_5F_{10}	8,550
PFC-51-14	C_6F_{14}	7,910
PFC-91-18	$C_{10}F_{18}$	7,190
Sulfur Hexafluoride	SF_6	23,500
Nitrogen Trifluoride	NF_3	16,100

โดยการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักอาศัยกับสถานที่ทำงานของบุคลากรในอาคารตัวแทนที่ทำการศึกษา ใช้วิธีการแจกแบบสอบถามในการศึกษากับบุคลากรที่เป็นพนักงานประจำโดยที่ไม่ทำการศึกษาในส่วนของคณาจารย์เนื่องจากมีพฤติกรรมการเดินทางที่ไม่แน่นอนและมีความซับซ้อนทำให้ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้เกินความสามารถในการศึกษา ส่วนหอพักชวนชมนั้นเพิ่มเติมการสำรวจการเดินทางไปกลับระหว่างหอพักกับอาคารเรียนของนิสิตเนื่องจากนิสิตเป็นกลุ่มผู้ใช้งานประจำหลักสำหรับอาคารประเภทที่พักอาศัย ซึ่งจำนวนคนที่ทำการแจกสอบสอบถามนั้นมาจากการคำนวณตามสูตรคำนวณกลุ่มประชากรตัวอย่างของ Taro Yamane (Yamane, 1967) ที่ได้รับความนิยมสูงและเป็นมาตรฐานในการศึกษา โดยมีจำนวนกลุ่มประชากรตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาของอาคารสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และหอพักชวนชมมีปริมาณเท่ากับ 46, 202 และ 300 คน รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาแสดงในตารางที่ 3.4 และรายละเอียดวิธีการคำนวณสามารถดูได้ในส่วนภาคผนวก ก ส่วนรายละเอียดของแบบสอบถามสามารถดูได้ในส่วนภาคผนวก ค

3.4 วิธีลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่งกิจกรรม

จากการทบทวนงานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าเป้าหมายในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของแต่ละมหาวิทยาลัยที่กำหนดไว้นั้นส่วนใหญ่มาจากเป้าหมายนโยบายของรัฐบาลแต่ละประเทศ โดยรัฐบาลไทยได้ตั้งเป้าหมายในการลดปริมาณลงร้อยละ 20 - 25 ภายในปี ค.ศ. 2030 เมื่อเทียบกับกรณีปกติ (business as usual, BAU) ของปีฐาน ค.ศ. 2005 จากการแสดงเจตจำนงในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยภายหลังปี 2020 หรือการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างมุ่งมั่นของประเทศ (Intended Nationally Determined Contributions, INDCs) ในความตกลงปารีส (Paris Agreement) จึงทำให้แนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารตัวอย่างมีเป้าหมายให้ปริมาณการปล่อยทั้งหมดลดลงอย่างน้อยร้อยละ 20 แต่เนื่องจากไม่เคยมีการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละอาคารมาก่อนจึงไม่มีปริมาณในปีฐานในการเปรียบเทียบ ส่งผลทำให้ต้องดำเนินการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเทียบกับปริมาณที่เกิดขึ้นในปีที่ทำการศึกษาครั้งนี้

แนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดนั้นใช้การลดจากแหล่งกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณหรือสัดส่วนสูงในการปล่อยจากปริมาณทั้งหมดไล่ลำดับลงไปครอบคลุมส่วนที่มีแนวโน้มที่จะสามารถทำให้เกิดการลดลงถึงร้อยละ 20 โดยการศึกษาเป็นการหาวิธีลดปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละแหล่งกิจกรรม ซึ่งการศึกษาวิธีในการลดและการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงของแต่ละวิธีนั้นประกอบด้วย การใช้เครื่องมือคำนวณจากเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ได้รับความนิยมสูง การใช้การดำเนินการของโครงการหรืองานวิจัยที่เกิดขึ้นจริงของมหาวิทยาลัย และการสอบถามหรือปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องถึงความเป็นไปได้ในการลดและความเหมาะสมกับมหาวิทยาลัย โดยการศึกษาในครั้งนี้ไม่ทำการศึกษาแนวทางการลดที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านพฤติกรรมเนื่องจากมีความซับซ้อนในการศึกษาและความยากลำบากในการติดตามผลลัพธ์จากการดำเนินการ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากงานวิจัยของแต่ละมหาวิทยาลัยที่ส่วนใหญ่ไม่มีการแสดงรายละเอียดในการศึกษาและผลลัพธ์จากการดำเนินโครงการที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านพฤติกรรมของนักศึกษาและบุคลากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 ส่วนปรับปรุงจากการเก็บข้อมูล

จากการศึกษาเก็บข้อมูลของแหล่งกิจกรรมที่มีการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามเกณฑ์ของ อบก. (อบก., 2559) สำหรับองค์กรประเภทสถาบันศึกษาที่ครอบคลุมกิจกรรม ขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 และเสริมเพิ่มเติมบางส่วนจากเกณฑ์มาตรฐาน GHG Protocol และ ISO 14064-1 โดยขอบเขตองค์กรที่ใช้ในการศึกษาเป็นอาคารตัวแทนจากแต่ละกลุ่มประเภทอาคารที่ประกอบด้วย อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์จากกลุ่มประเภทอาคารเรียน อาคารจามจุรี 5 จากกลุ่มประเภทอาคารสำนักงาน และหอพักชวนชมจากลุ่มประเภทอาคารที่พักอาศัย โดยใช้วิธีการคำนวณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยพบว่าแหล่งกิจกรรมที่ไม่มีการใช้งานหรือดำเนินการในทั้งสามอาคารได้แก่ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวล (biofuel) การใช้ปุ๋ยเคมี กระบวนการเคมีในการเรียนการสอน (การใช้สารเคมีโดยตรง) และการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการดักจับหรือแหล่งกักเก็บ อีกทั้งข้อมูลบางส่วนที่ต้องการตามเกณฑ์ของ อบก., ISO 14064-1 และ Greenhouse Gas Protocol ไม่มีการบันทึกไว้จึงต้องใช้การประมาณค่าปริมาณข้อมูลเท่าที่มีอยู่ควบคู่กับใช้ค่ามาตรฐานหรือค่าอ้างอิงจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการใช้สมการคำนวณปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกอื่นโดยอ้างอิงตามเกณฑ์การประเมินของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (TEI) แทน

ข้อมูลที่ไม่ได้มีการสำรวจและบันทึกไว้ทั้งสามอาคารคือข้อมูลคุณภาพน้ำเสียส่งผลทำให้ขาดข้อมูลค่าปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ (TOW) และค่าปริมาณกากตะกอนของแต่ละเดือนทำให้การคำนวณต้องเปลี่ยนรูปแบบสมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยอ้างอิงตามเกณฑ์การประเมินของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (TEI) แทน อีกทั้งขาดข้อมูลค่าความต้องการออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ของระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ ทำให้ต้องใช้ค่า BOD เฉลี่ยจากการใช้งานอาคารสถานศึกษาที่มาจากค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษซึ่งมีค่าเท่ากับ 520 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่า BOD ที่สถานศึกษาปล่อยออกไปสู่สาธารณะและเข้าบำบัดในโรงบำบัดน้ำเสียกรุงเทพมหานครนั้นใช้ค่าเท่ากับ 30 มิลลิกรัมต่อลิตรตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารสถานศึกษา

โดยรายละเอียดวิธีการคำนวณ ปริมาณกิจกรรมหรือการใช้สินค้าและบริการ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและค่ามาตรฐานอื่นที่ใช้ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของแต่ละแหล่งกิจกรรมนั้นแสดงอยู่ในส่วนภาคผนวก ก

4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการใช้งานอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เท่ากับ 884.23 t CO_2e โดยแบ่งสัดส่วนปริมาณการปล่อยออกเป็นร้อยละ 7 มาจากขอบเขตที่ 1 ร้อยละ 70 จากขอบเขตที่ 2 และร้อยละ 23 จากขอบเขตที่ 3 ซึ่งกิจกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยองค์กรภายนอกที่ซื้อมาใช้หรือขอบเขตที่ 2 นั้นเป็นแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดซึ่งเท่ากับ 617.46 t CO_2e รองลงมาเป็นการกำจัดขยะโดยองค์กรภายนอก การเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากร การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ การรั่วไหลของสารทำความเย็น และการผลิตกระดาษที่องค์กรใช้ในสำนักงาน สามารถดูรายละเอียดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่งกิจกรรมได้ในแผนภูมิที่ 4.1

4.2.1 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 1

แหล่งกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงในขอบเขตที่ 1 ได้แก่ การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการและการรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็นคิดเป็นร้อยละ 53 และ 41 ในขอบเขตนี้ตามลำดับ โดยปริมาณน้ำเสียนั้นเท่ากับปริมาณน้ำที่ใช้ตามเกณฑ์ของ อบก. ซึ่งเท่ากับ 12,329 ลบ.ม. ส่วนสารทำความเย็นส่วนมากใช้สารประเภท R-22 หรือ HCFC-22 ที่มีค่า GWP_{100} ที่สูงซึ่งส่งผลทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าที่สูงตาม โดยมีการรั่วไหลของสารทำความเย็นชนิด R-22 และ R-32 หรือ HFC-32 เท่ากับ 14.19 และ 0.48 กก.ต่อปีตามลำดับ ส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารทำความสะอาดคิดเป็นร้อยละ 4 ในขอบเขตนี้เป็นลำดับต่อมา

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงมีปริมาณที่น้อยเนื่องจากมีการใช้เชื้อเพลิงเพียงเครื่องปั๊มน้ำระบบอัคคีภัยจำนวน 1 เครื่องซึ่งใช้น้ำมันดีเซลอุ่นเครื่องเพียงอย่างเดียวจำนวนสัปดาห์ละครึ่งลิตร รถประจำตำแหน่งคณบดีจำนวน 1 คันที่ใช้น้ำมันเบนซินเฉลี่ยเดือนละ 32 ลิตร และอุปกรณ์ดับเพลิงสารคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีค่า GWP_{100} ที่ต่ำและไม่มีการใช้งาน มีเพียงปริมาณการรั่วไหลบางส่วนอยู่ที่ 0.66 กก.ต่อปี จึงทำให้มีค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมกันน้อยกว่าร้อยละ 3 ในขอบเขตนี้

ทางด้านการดูดกลับจากพื้นที่สีเขียวของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์นั้นมีต้นไม้ยืนต้นจำนวน 9 ต้น ซึ่งมีความสามารถในการดูดกลับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดต่อปีประมาณ 0.15 t CO_2e โดยเมื่อเทียบสัดส่วนกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดนั้นมีปริมาณที่น้อยกว่าร้อยละ 1 ซึ่งถือว่าน้อยมาก ส่วนกิจกรรมประเภทการผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้เอง การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวล การใช้ปุ๋ยเคมี และการเกิดกระบวนการเคมีในการเรียนการสอนไม่มีการดำเนินการหรือใช้งาน ทำให้ไม่เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนนี้

4.2.2 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 2

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 2 หรือการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) เป็นส่วนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด ซึ่งมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดปีเป็นจำนวน 1,013,400 kWh คิดเป็นปริมาณมากกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณการปล่อยทั้งหมด ปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนนี้เป็นจำนวนมากนั้นมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารทั้งจากการปรับอากาศ การใช้แสงสว่าง และอุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงานในการเรียนการสอน การทำงานและการจัดกิจกรรม

4.2.3 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 3

แหล่งกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงในขอบเขตที่ 3 ได้แก่ การกำจัดขยะขององค์กรโดยองค์กรภายนอกและการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากร คิดเป็นร้อยละ 62 และ 27 ในขอบเขตนี้ตามลำดับและคิดเป็นร้อยละ 14 และ 6 ของทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งรองลงมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมา

เนื่องจากขยะที่เกิดขึ้นจากการใช้งานในอาคารไม่มีการแยกประเภทจึงต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นค่ากลางที่เกิดจากการจัดการขยะของเสียแบบฝังกลบที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนในการคำนวณ ขยะที่มาจากการเรียนหรือกิจกรรมที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกระดาษแข็ง โฟม และไม้ซึ่งไม่มีการบันทึกข้อมูลน้ำหนัก จึงต้องใช้การประมาณจากปริมาตรรถบรรทุกขยะ จำนวนรถบรรทุก และความถี่ในการขนส่งขยะ ร่วมกับการประมาณอัตราส่วนปริมาตรขยะแต่ละประเภทจากการสำรวจภาคสนามเพื่อแปลงปริมาตรมาเป็นน้ำหนักของขยะ ด้วยการใช้ค่าความหนาแน่นของแต่ละวัสดุซึ่งมาจากรายงานเรื่องการจัดการขยะขององค์กร UNEP ด้วยปัจจัยที่ไม่มีการจัดการขยะเพื่อลดปริมาณขยะเหลือทิ้งหรือการนำกลับมาใช้ประโยชน์จึงส่งผลทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูง

การเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรซึ่งเป็นพนักงานประจำจำนวน 52 คน ได้ข้อมูลจากการแจกแบบสอบถาม มีบุคลากรที่ใช้การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนตัวมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 44 ของบุคลากรทั้งหมด รองลงมาเป็นการเดินเท้า การขึ้นรถประจำทาง การใช้รถไฟฟ้า (BTS และ MRT) และการใช้รถจักรยานยนต์ส่วนตัวกับรถตู้โดยสารประจำทางที่มีปริมาณการใช้ที่เท่ากัน โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละเท่ากับ 34, 32, 29 และ 20 ตามลำดับ ถึงแม้ว่าการเดินทางด้วยการเดินเท้าและการใช้รถไฟฟ้านั้นมีสัดส่วนการใช้สูงแต่กลับมีระยะทางที่สั้นเมื่อเทียบกับการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนตัว รถประจำทาง รถจักรยานยนต์ส่วนตัว และรถตู้โดยสารประจำทาง จึงทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูง

ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้กระดาษที่ซื้อมาใช้ในสำนักงาน การใช้น้ำประปา การเผาไหม้เชื้อเพลิงในการปรุงอาหารของร้านค้าที่มาเช่าพื้นที่ และการบำบัดน้ำเสียขององค์กรภายนอกมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมกันประมาณร้อยละ 11 ในขอบเขตนี้ ซึ่งปริมาณการปล่อยจากการใช้กระดาษมีปริมาณสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 4 ในขอบเขตนี้ โดยมีการใช้กระดาษขนาด A4 และ A3 เฉลี่ยเป็นจำนวน 1,582 และ 18 รีมต่อปีตามลำดับ หรือคิดเป็นน้ำหนักรวมกันเท่ากับ 4,045 กิโลกรัมต่อปี

4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารจามจุรี 5

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการใช้งานอาคารจามจุรี 5 เท่ากับ 1,505.64 t CO_2e โดยแบ่งสัดส่วนปริมาณการปล่อยออกเป็นร้อยละ 3 มาจากขอบเขตที่ 1 ร้อยละ 68 จากขอบเขตที่ 2 และร้อยละ 29 จากขอบเขตที่ 3 ซึ่งกิจกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยองค์กรภายนอกที่ซื้อมาใช้หรือขอบเขตที่ 2 นั้นเป็นแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดซึ่งเท่ากับ 1,027.89 t CO_2e รองลงมาเป็นการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากร การกำจัดขยะโดยองค์กรภายนอก การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ การรั่วไหลของสารทำความเย็น และการผลิตกระดาษที่องค์กรใช้ในสำนักงาน สามารถดูรายละเอียดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่งกิจกรรมได้ในแผนภูมิที่ 4.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.1 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 1

แหล่งกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงในขอบเขตที่ 1 ได้แก่ การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการและการรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็นคิดเป็นร้อยละ 49 และ 42 ในขอบเขตนี้

ตามลำดับ โดยปริมาณน้ำเสียมีปริมาณเท่ากับ 8,318 ลบ.ม. ส่วนสารทำความเย็นใช้เพียงแค่สารประเภท R-22 หรือ HCFC-22 เท่านั้นโดยมีปริมาณการรั่วไหลของสารทำความเย็นชนิดนี้เท่ากับ 11.27 กก.ต่อปี ส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่ของอุปกรณ์และเครื่องจักรคิดเป็นร้อยละ 6 ในขอบเขตนี้เป็นลำดับต่อมา ซึ่งมาจากการอุ่นเครื่องและใช้งานนอกเหนือกรณีปกติของปั๊มน้ำดับเพลิงและเครื่องปั่นไฟที่มีการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงดีเซลทั้งหมด 974 ลิตร

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารทำความสะอาดและการรั่วไหลจากอุปกรณ์ดับเพลิงมีปริมาณที่น้อย โดยอุปกรณ์ดับเพลิงเป็นประเภทผงเคมีแห้ง (dry chemical) สารเหลวระเหยชนิด B.C.F. halon 1211 และสารเหลวระเหยชนิด BF-2000 ซึ่งมีปริมาณการรั่วไหลเพียง 0.35, 0.13 และ 0.04 กก.ต่อปีตามลำดับ จึงทำให้มีค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมกันทั้งหมดน้อยกว่าร้อยละ 2 ในขอบเขตนี้

อาคารนี้มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้เองด้วยแผงผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ซึ่งไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต โดยสามารถผลิตได้เฉลี่ย 29,662.40 kWh ต่อปีหรือคิดเป็นร้อยละ 2 เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอก

4.3.2 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 2

การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) เป็นส่วนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด ซึ่งมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดปีเป็นจำนวน 1,687,000 kWh ปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนนี้เป็นจำนวนมากเนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารทั้งจากการปรับอากาศ การใช้แสงสว่าง และโดยเฉพาะเครื่องใช้สำนักงานจำนวนมากของแต่ละหน่วยงานที่มีอยู่หลายหน่วยงานในอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.3 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 3

แหล่งกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงในขอบเขตที่ 3 ได้แก่ การเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรและการกำจัดขยะขององค์กรโดยองค์กรภายนอก คิดเป็นร้อยละ 80 และ 14 ในขอบเขตนี้ตามลำดับและคิดเป็นร้อยละ 23 และ 4 ของทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งรองลงมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมา

การเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรนั้นทำการสำรวจพนักงานประจำจำนวน 319 คนจากทุกฝ่ายและหน่วยงานในอาคารด้วยวิธีการแจกแบบสอบถาม ซึ่งมีบุคลากรที่ใช้การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนตัวมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 44 ของบุคลากรทั้งหมด รองลงมาเป็นการใช้รถไฟฟ้า (BTS และ MRT) การขึ้นรถประจำทาง การเดินเท้า การใช้รถยนต์รับจ้างสาธารณะ และการขึ้นรถตู้โดยสารประจำทาง โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละเท่ากับ 33, 31, 27, 26 และ 20 ตามลำดับ แต่เนื่องจากการเดินทางด้วยการเดินเท้าและการใช้รถไฟฟ้ามีระยะที่ค่อนข้างสั้นเมื่อเทียบกับการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนตัวและรถตู้โดยสารประจำทางจึงทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่ค่อนข้างสูง และเนื่องอาคารมีการจัดการขยะโดยการแยกขยะจึงทำให้ปริมาณขยะที่เหลือมีปริมาณน้อยเช่นเดียวกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาเมื่อเทียบกับอีกสองอาคาร

ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้กระดาษที่ซื้อมาใช้ในสำนักงาน การใช้น้ำประปาและการบำบัดน้ำเสียขององค์กรภายนอกมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมกันประมาณร้อยละ 6 ในขอบเขตนี้ ซึ่งปริมาณที่ปล่อยจากการใช้กระดาษมีปริมาณสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 4 ในขอบเขตนี้ โดยมีการใช้กระดาษขนาด A4 และ A3 คิดเป็นน้ำหนักรวมกันเท่ากับ 8,028.75 กิโลกรัมต่อปี และอาคารนี้ไม่มีร้านอาหารทำให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการปรุงอาหารของร้านค้าที่มาเช่าพื้นที่

4.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารหอพักชวนชม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการใช้งานอาคารหอพักชวนชมเท่ากับ 5,748.43 t CO_2e โดยแบ่งสัดส่วนปริมาณการปล่อยออกเป็นร้อยละ 38 มาจากขอบเขตที่ 1 ร้อยละ 49 จากขอบเขตที่ 2 และร้อยละ 13 จากขอบเขตที่ 3 ซึ่งกิจกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยองค์กรภายนอกที่ซื้อมาใช้หรือขอบเขตที่ 2 นั้นเป็นแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดซึ่งเท่ากับ 2,834.68 t CO_2e รองลงมาเป็นการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ การผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้ การกำจัดขยะขององค์กรภายนอก และการบำบัดน้ำเสียขององค์กรภายนอก สามารถดูรายละเอียดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่งกิจกรรมได้ในแผนภูมิที่ 4.3

4.4.1 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 1

แหล่งกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงในขอบเขตที่ 1 คือการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการซึ่งคิดเป็นร้อยละ 98 ในขอบเขตนี้และคิดเป็นร้อยละ 37 ของทั้งหมด รองลงมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมา เนื่องมาจากการใช้น้ำของนิสิตและบุคลากรเป็นจำนวนมากในห้องพักที่มีการทำธุระ ชะล้างและอาบน้ำที่ต่างจากอาคารประเภทอื่น โดยปริมาณน้ำเสียทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ 816,762.67 ลบ.ม.

การรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็น การใช้สารทำความสะอาด การเผาไหม้เคลื่อนที่ของยานพาหนะขององค์กร การเผาไหม้ที่อยู่กับที่ของอุปกรณ์และเครื่องจักร และการใช้สารดับเพลิงมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมกันประมาณร้อยละ 2 ในขอบเขตนี้ ซึ่งปริมาณการปล่อยจากการรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็นมีปริมาณสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 1.6 ในขอบเขตนี้ เกิดจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นชนิด R-22 และ R-32 หรือ HFC-32 เท่ากับ 19.72 และ 0.68 กก.ต่อปี ตามลำดับ

4.4.2 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 2

การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) เป็นส่วนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด ซึ่งมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดปีเป็นจำนวน 4,652,357.17 kWh ปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนนี้เป็นจำนวนมากเนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารจากการปรับอากาศเป็นจำนวนมากในแต่ละห้องพัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4.3 การปล่อยจากแหล่งกิจกรรมขอบเขตที่ 3

แหล่งกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงในขอบเขตที่ 3 ได้แก่ การผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้ การกำจัดขยะขององค์กรโดยองค์กรภายนอก และการบำบัดน้ำเสียขององค์กรภายนอก คิดเป็นร้อยละ 57, 26 และ 17 ในขอบเขตนี้ตามลำดับและคิดเป็นร้อยละ 7, 3 และ 2 ของทั้งหมดตามลำดับ

ปริมาณขยะไม่มีการบันทึกข้อมูลน้ำหนักเอาไว้ จึงต้องใช้การประมาณจากปริมาตรถังบรรทุกขยะ และจำนวนถังร่วมกับการประมาณอัตราส่วนปริมาตรขยะแต่ละประเภทจากการสำรวจภาคสนามเพื่อแปลงปริมาตรมาเป็นน้ำหนักของขยะ ด้วยการใช้ค่าความหนาแน่นของแต่ละวัสดุซึ่งมาจากรายงานเรื่องการจัดการขยะขององค์กร UNEP และ WRAP โดยส่วนใหญ่เป็นขยะจำพวกกระดาษและกระดาษแข็ง (กล่องและถ้วยกระดาษ) และบางส่วนเป็นขยะจำพวกพลาสติก (ขวดน้ำดื่ม แก้วน้ำ

และถุง) ซึ่งมาจากการบริโภคอาหารหรือสินค้าและจากการเรียนที่ไม่ได้ใช้แล้วของแต่ละห้องทำให้เกิดขยะเป็นจำนวนมากและยังขาดการร่วมมือในการลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจึงส่งผลทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูง

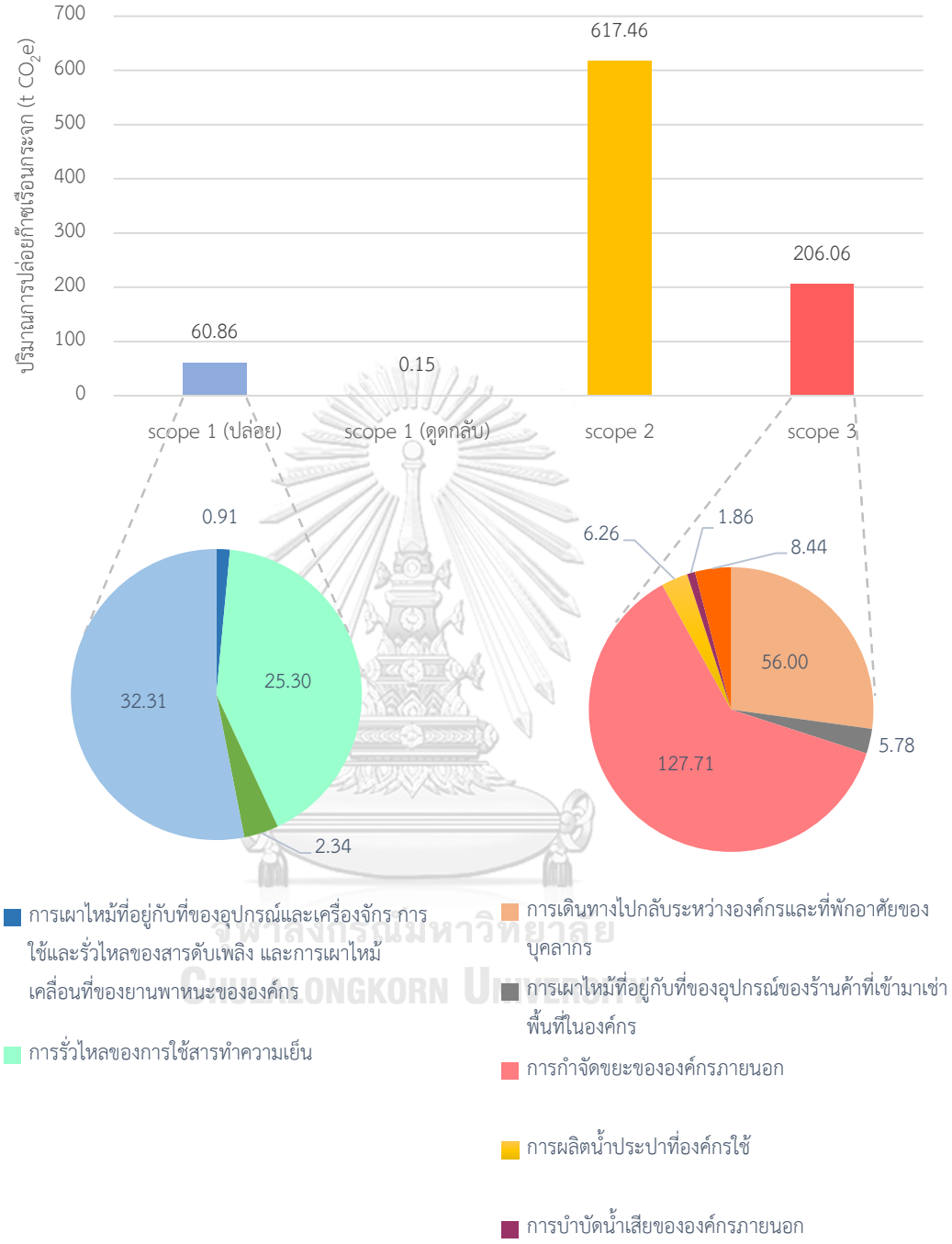
การเดินทางไปกลับระหว่างอาคารเรียนและหอพักของนิสิตนั้นทำการสำรวจนิสิตด้วยวิธีการแจกแบบสอบถามเป็นจำนวน 300 คน ซึ่งนิสิตมีการเดินทางด้วยการเดินเท้ามากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 89 ของนิสิตทั้งหมด รองลงมาเป็นการขึ้นรถปอ.พ. และการขึ้นรถจักรยานยนต์รับจ้างสาธารณะ โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 55 และ 23 ตามลำดับ เนื่องจากการเดินทางไปยังแต่ละอาคารเรียนนั้นมีระยะทางเฉลี่ยที่ไม่ไกลส่วนใหญ่จึงใช้การเดินเท้าเป็นหลัก และในบางกรณีที่มีระยะทางการเดินทางที่ไกลหรือไม่ต้องการเดินเท้าส่วนใหญ่นิยมใช้รถประจำทางของมหาวิทยาลัยหรือรถปอ.พ. ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อย ทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางมีปริมาณที่ค่อนข้างต่ำมากคิดเป็นร้อยละ 1 ในขอบเขตนี้

ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้กระดาษที่ซื้อมาใช้ในสำนักงานมีปริมาณที่น้อยมากเนื่องจากการเป็นสำนักงานขนาดเล็กและมีการปฏิบัติตามโครงการลดการใช้กระดาษของมหาวิทยาลัย (less- paper) โดยมีการใช้กระดาษเฉพาะขนาด A4 คิดเป็นน้ำหนักประมาณเพียง 60 กิโลกรัมต่อปีจึงคิดเป็นสัดส่วนน้อยกว่าร้อยละ 0.1 ในขอบเขตนี้

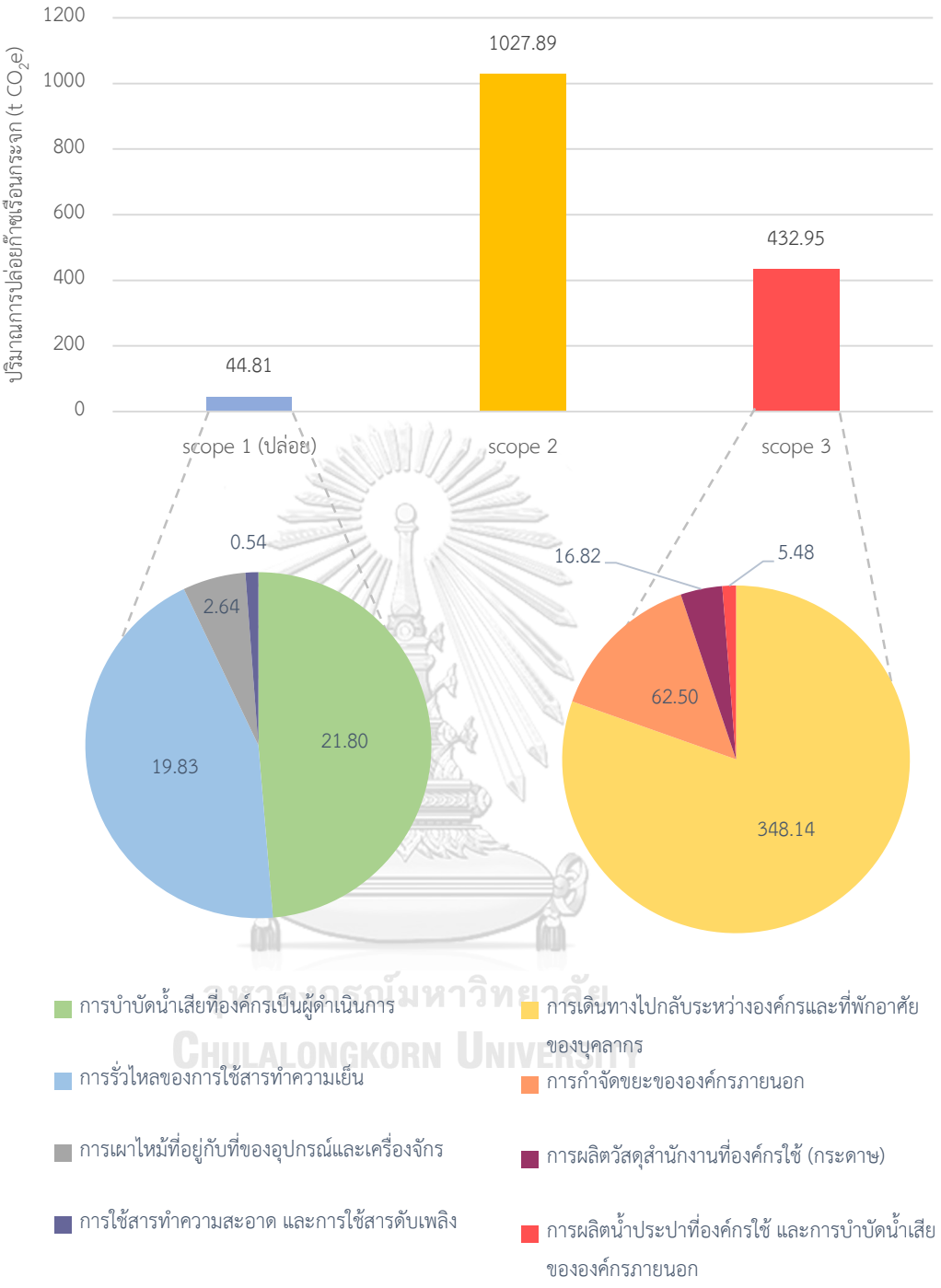
4.5 ผลรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารทั้งหมด

อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมซึ่งเป็นตัวแทนในการศึกษาของอาคารประเภทกลุ่มอาคารเรียน อาคารสำนักงาน อาคารพักอาศัย มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในปีพ.ศ.2559 เท่ากับ 884.23, 1,505.64 และ 5,748.43 t CO_2e ตามลำดับ โดยเกณฑ์ TGO, WRI & WBCSD และ ISO 14064 ได้บังคับให้รายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขอบเขตที่ 1 และ 2 ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 678.18, 1,072.70 และ 5,014.71 t CO_2e ตามลำดับ ส่วนขอบเขตที่ 3 มีปริมาตรเท่ากับ 206.06, 432.95 และ 733.72 t CO_2e ตามลำดับ รายละเอียดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละแหล่งกิจกรรมของอาคารตัวอย่างทั้งหมดสามารถดูได้ในตารางที่ 4.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

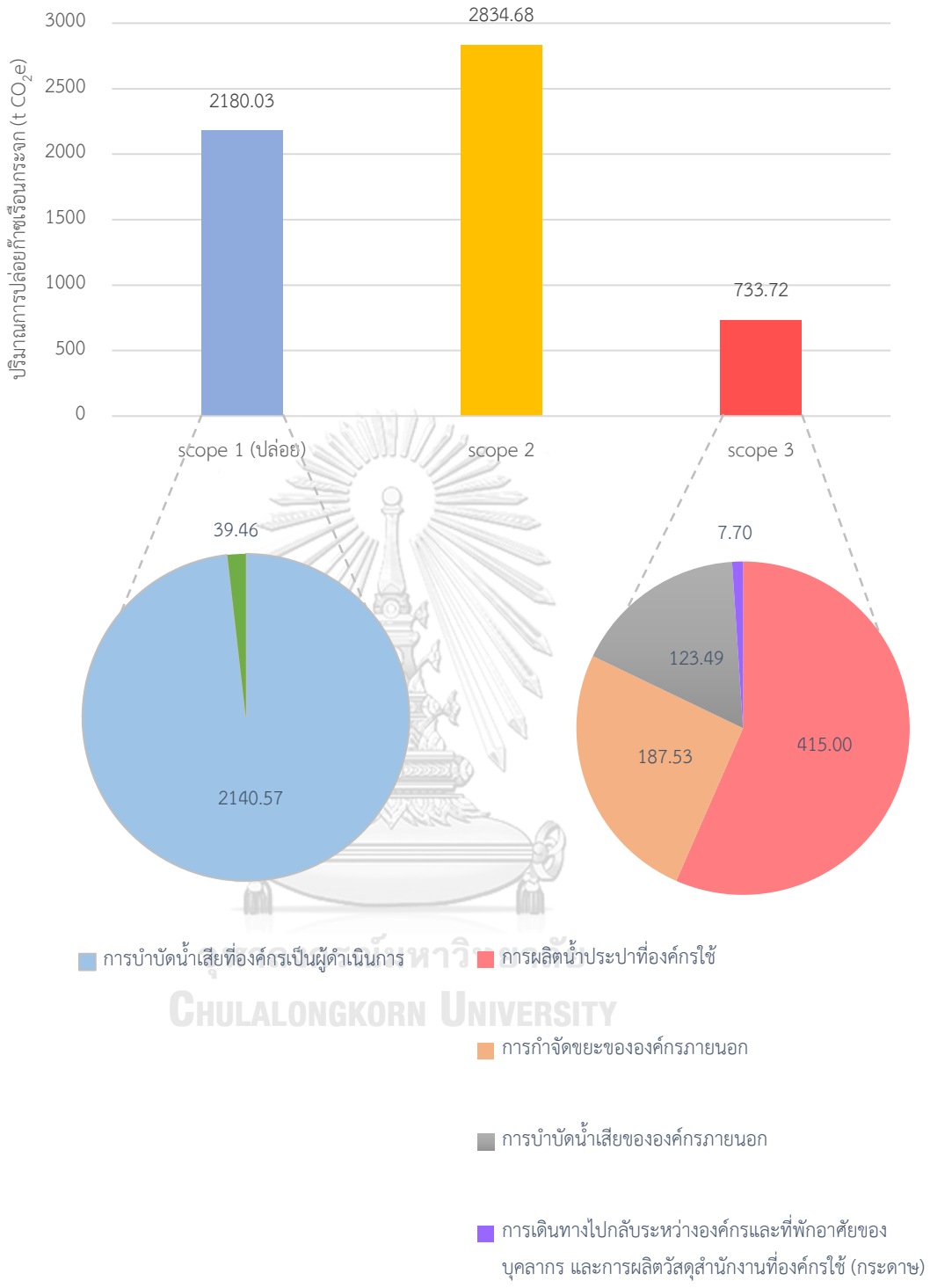


แผนภูมิที่ 4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่งกิจกรรมของอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิที่ 4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่งกิจกรรมของอาคารจามจุรี 5



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนภูมิที่ 4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่งกิจกรรมของอาคารหอพักชวนชม

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละแหล่งกิจกรรมของอาคารตัวอย่าง

แหล่งกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละอาคาร ($t CO_2e$)		
	อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
ขอบเขตที่ 1			
การเผาไหม้ที่อยู่กับที่ของอุปกรณ์และเครื่องจักร	0.06	2.64	0.99
การเผาไหม้เคลื่อนที่ของยานพาหนะขององค์กร	0.85	ไม่มี	1.13
การรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็น	25.30	19.83	35.18
การใช้และรั่วไหลของสารดับเพลิง	0.001	0.23	0.002
การใช้สารทำความสะอาด	2.34	0.31	2.16
การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ	32.31	21.80	2,140.57
การดูดกลับโดยตรงจากต้นไม้	-0.15	ไม่มี	ไม่มี
ขอบเขตที่ 2			
การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอก	617.46	1027.89	2,834.68
ขอบเขตที่ 3			
การเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากร	56.00	348.14	7.57
การเผาไหม้ของอุปกรณ์ร้านค้าที่เข้ามาเช่าพื้นที่	5.78	ไม่มี	ไม่มี
การกำจัดขยะขององค์กรภายนอก	127.71	62.50	187.53
การผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้	6.26	4.23	415.00
การบำบัดน้ำเสียขององค์กรภายนอก	1.86	1.26	123.49
การผลิตวัสดุสำนักงานที่องค์กรใช้ (กระดาษ)	8.44	16.82	0.13

4.6 ลำดับกิจกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง

จากผลลัพธ์การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละแหล่งกิจกรรมของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชม พบว่าแหล่งกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดคือการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอก รองลงมาเป็นการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ การเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากร การกำจัดขยะขององค์กรภายนอก การผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้ การรั่วไหลของการใช้สารทำความ

เย็น และการผลิตวัสดุสำนักงานที่องค์กรใช้ (กระดาษ) ทำให้แนวทางในการลดนั้นเป็นการศึกษาวิธีการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้เหลือน้อยที่สุดจากแหล่งกิจกรรมเหล่านี้ แต่ไม่นำกิจกรรมการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรมาศึกษาเนื่องจากเป็นกิจกรรมที่นอกเหนือจากการควบคุมขององค์กรซึ่งไม่สามารถบังคับได้ ส่วนแหล่งกิจกรรมอื่นที่เหลือนั้นมีสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อย (น้อยกว่าร้อยละ 1 จากปริมาณทั้งหมด) จึงไม่นำมาศึกษาเพราะแทบไม่ส่งผลต่อปริมาณการลดลงของปริมาณทั้งหมดให้ถึงตามเป้าหมายที่ต้องการลดลงร้อยละ 20 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

ในส่วนของรายละเอียดวิธีการคำนวณ การตั้งค่าในโปรแกรมเครื่องมือคำนวณ รายละเอียดการดำเนินโครงการ เกณฑ์ที่ใช้ในการปรับปรุง และข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละขั้นตอนของแต่ละกิจกรรมนั้นแสดงอยู่ในส่วน ภาคผนวก ข ส่วนปัจจัยด้านการลงทุนในการดำเนินการปรับปรุงแต่ละวิธีนั้นไม่นำมาศึกษาในงานนี้

4.7 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอก

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นได้แก่ ปริมาณไฟฟ้าที่ซื้อมา และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งปัจจัยที่สามารถทำการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นได้แก่ ปริมาณไฟฟ้าที่ซื้อมาโดยการปรับลดปริมาณให้น้อยลง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่สามารถปรับปรุงได้เนื่องจากแหล่งจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกมีแค่เพียงจากหน่วยงานรัฐหรือการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) เท่านั้น ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานขององค์กรเพียงรูปแบบเดียวเท่านั้น

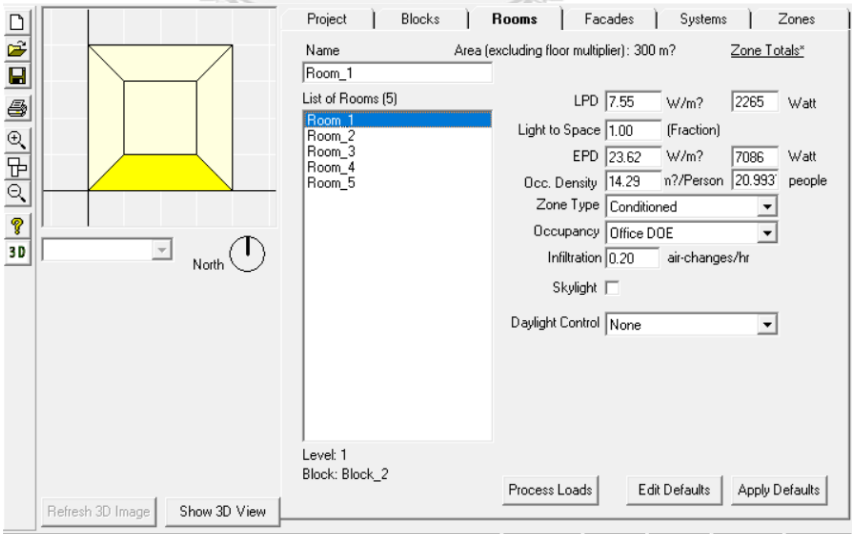
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.7.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานอาคาร

เนื่องจากการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานอาคารเป็นการปรับปรุงในอาคารที่มีการก่อสร้างและใช้งานอยู่แล้ว ทำให้การปรับปรุงบางวิธีหรือในบางส่วนของอาคารไม่สามารถดำเนินการได้ ตัวอย่างเช่น การปรับปรุงและการติดฉนวนกันความร้อนผนังและหลังคา การเปลี่ยนชนิดกระจกและการติดตั้งแผงกันแดด ซึ่งต้องมีการก่อสร้างหรือรื้อถอนเป็นจำนวนมากและใช้ระยะเวลานาน อีกทั้งส่งผลต่อการทำกิจกรรมของผู้ใช้อาคาร ทำให้วิธีการที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงได้แก่ การติดฟิล์มกันความร้อน การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศให้เป็นรุ่นที่มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น และการเปลี่ยน

หลอดไฟให้เป็นชนิดที่ใช้พลังงานต่ำ โดยวิธีเหล่านี้เป็นวิธีที่สะดวกในการดำเนินการและเป็นวิธีที่ใช้ในการปรับปรุงอาคารโดยทั่วไป

โดยในการคำนวณคาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงนั้นส่วนใหญ่แล้วนิยมใช้การจำลองอาคารตัวอย่างในโปรแกรมที่สามารถทำการปรับเปลี่ยนลักษณะของอาคารออกเป็นแต่ละกรณีเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้งานอาคารของแต่ละกรณีได้ ซึ่งโปรแกรมจำลองที่ได้รับความนิยมในการศึกษาได้แก่ โปรแกรม VisualDOE 4.0 ที่แบ่งส่วนประกอบของโปรแกรมออกได้เป็น ส่วนการกำหนดกายภาพของอาคาร ส่วนการกำหนดแต่ละระบบการทำงานอาคาร และส่วนการกำหนดลักษณะการใช้งานอาคาร เนื่องด้วยอาคารแต่ละประเภทในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีรูปร่างที่หลากหลายจึงควรใช้ค่าที่เป็นมาตรฐานของอาคารแต่ละประเภทในการคำนวณ ทำให้การจำลองอาคารตัวอย่างในโปรแกรมนั้นนำรายละเอียดมาจากงานวิจัยที่ออกแบบรูปร่างและขนาดอาคาร รวมถึงการกำหนดรายละเอียดแต่ละอย่างที่เป็นอาคารตัวแทนสำหรับการใช้จำลองของอาคารแต่ละประเภท ทำให้ผลลัพธ์ที่ออกมานั้นมีค่าเป็นปริมาณเฉลี่ยของอาคารแต่ละประเภท โดยรายละเอียดการใช้งานอาคารในบางส่วนตัวอย่างเช่น ค่า LPD, EQD, EER, ลักษณะระบบปรับอากาศและอื่นๆ นำมาดัดแปลงใส่รายเอียดของอาคารตัวอย่างที่ทำการศึกษาไปแทนเพื่อให้มีความสอดคล้องกับการใช้งานของมหาวิทยาลัยยิ่งขึ้น โดยลักษณะรูปลักษณ์ของโปรแกรม VisualDOE 4.0 ที่ใช้ในการศึกษาสามารถดูได้ในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ลักษณะรูปลักษณ์ของโปรแกรม VisualDOE 4.0 ที่ใช้ในการศึกษา

4.7.1.1 การปรับปรุงเปลือกอาคาร

วิธีที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงเปลือกอาคารให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นนั้นคือการติดฟิล์มกันความร้อนบนผนังกระจกของอาคารที่ใช้งานอยู่ โดยอาคารตัวอย่างทั้งสามอาคารนั้นใช้ผนังกระจกเป็นชนิดกระจกใสซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient, SC) ปริมาณสูงที่ทำให้รังสีความร้อนผ่านเข้ามาอาคารได้เป็นปริมาณสูง การติดฟิล์มกันความร้อนนั้นเป็นการปรับค่า SC ให้มีปริมาณที่ต่ำลงซึ่งช่วยลดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศของอาคารได้ จากการสำรวจพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดมีค่า SC เท่ากับ 0.41 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 14, 13 และ 9 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 10, 9 และ 5 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ

4.7.1.2 การปรับปรุงระบบปรับอากาศ

เนื่องจากเครื่องปรับอากาศที่ใช้อยู่ในอาคารตัวอย่างทั้งหมดเป็นรุ่นเก่า มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และส่วนมากใช้สารทำความเย็นชนิด R-22 ทำให้ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศของอาคารอยู่ในระดับที่ไม่ดีเท่าที่ควร จากการสำรวจพบว่าเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงของยี่ห้อ Daikin, Carrier และ Mitsubishi ซึ่งได้รับความนิยมสูงมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (Energy Efficiency Ratio, EER) เฉลี่ยเท่ากับ 13.24 ที่ใช้สารทำความเย็นประเภท R-32 โดยการปรับเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศให้เป็นรุ่นที่มีประสิทธิภาพสูงนั้นทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 9, 7 และ 6 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 6, 5 และ 3 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ

4.7.1.3 การปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารตัวอย่างทั้งหมดใช้หลอดไฟชนิดฟลูออเรสเซนต์เป็นส่วนใหญ่และฮาโลเจนเป็นบางส่วนซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือกำลังไฟฟ้าที่สูงเมื่อเทียบกับหลอดไฟชนิด LED ซึ่งการจากสำรวจประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดและจากงานวิจัย (วัศพล ธีรวนพันธุ์, 2558) พบว่าหลอดไฟชนิด LED มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยกว่าหลอด

ชนิดฟลูออเรสเซนต์และฮาโลเจนเฉลี่ยร้อยละ 35 ในระดับความเข้มแสงที่เท่ากัน จากการปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็น LED ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 11, 8 และ 10 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 8, 5 และ 5 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ

ในกรณีที่ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานอาคารทั้งหมดที่ประกอบด้วย การปรับปรุงเปลือกอาคารด้วยการติดฟิล์มกันความร้อนกระจก ระบบปรับอากาศด้วยการเปลี่ยนเครื่องที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูง และระบบไฟฟ้าแสงสว่างด้วยการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟชนิด LED ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 31, 26 และ 24 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 22, 17 และ 12 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ ซึ่งผลจากการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานอาคารทั้งหมดทั้ง 3 วิธีรวมกันนั้นมีปริมาณที่ลดลงไม่เท่ากับการนำผลจากการปรับปรุงแต่ละวิธีรวมกัน เนื่องจากเมื่อทำการปรับปรุงด้วยวิธีการติดฟิล์มกันความร้อนแล้วส่งผลทำให้การปรับเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงนั้นทำงานไม่ได้เต็มความสามารถทั้งหมด

4.7.2 การใช้แผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้มีการจัดทำโครงการประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยสถาบันวิจัยพลังงาน โดยทำการสำรวจพื้นที่หลังคาหรือดาดฟ้าของแต่ละอาคารภายในมหาวิทยาลัยที่ประเมินความเหมาะสมและศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแต่ละอาคาร พลังงานไฟฟ้าที่คาดว่าสามารถผลิตได้ทั้งปีของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณเท่ากับ 402,421, 81,615 และ 104,580 kWh ตามลำดับ ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 40, 5 และ 2 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 28, 3 และ 1 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ

โดยเมื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานอาคารร่วมกับการใช้แผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ส่งผลให้เกิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 71, 30 และ 26 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 49, 21 และ 13 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ ในส่วนของรายละเอียดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.2 และปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.3 ส่วนรายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมแสดงในแผนภูมิที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ และสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการใช้ไฟฟ้าของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมแสดงในแผนภูมิที่ 4.7, 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

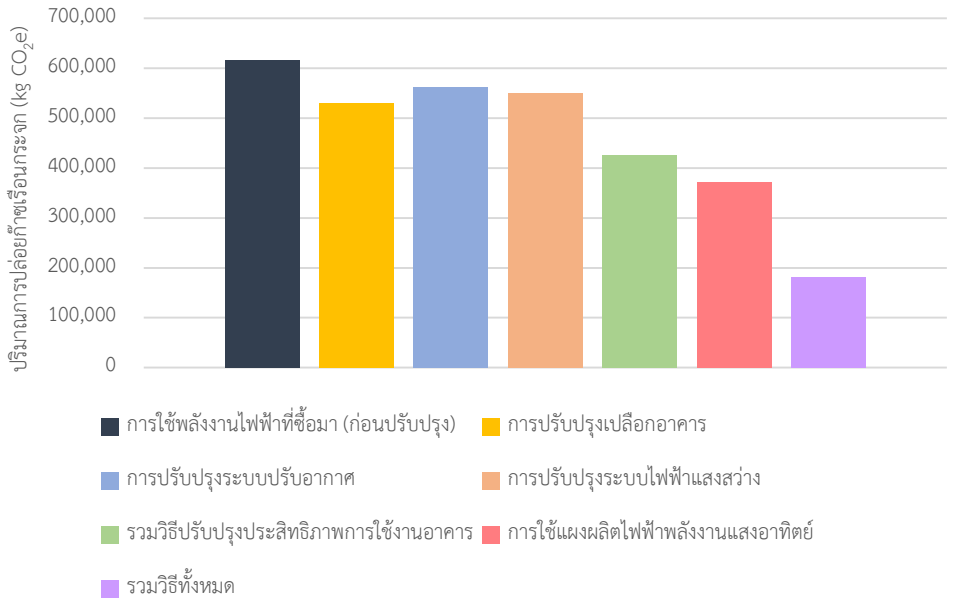
ตารางที่ 4.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของแต่ละอาคาร

รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง ($kg\ CO_2e$)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมา (ก่อนปรับปรุง)	617,464.62	1,027,889.10	2,834,681.22
หลังการปรับปรุง			
การปรับปรุงเปลือกอาคาร	530,814.13	897,796.53	2,575,640.22
การปรับปรุงระบบปรับอากาศ	562,912.30	951,615.33	2,660,911.43
การปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	550,820.45	945,970.57	2,551,477.27
รวมวิธีปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานอาคาร	426,996.96	764,699.83	2,150,988.02
การใช้แผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	372,269.50	978,161.08	2,770,960.63
ปรับปรุงรวมวิธีทั้งหมด	181,801.84	714,971.81	2,087,267.43

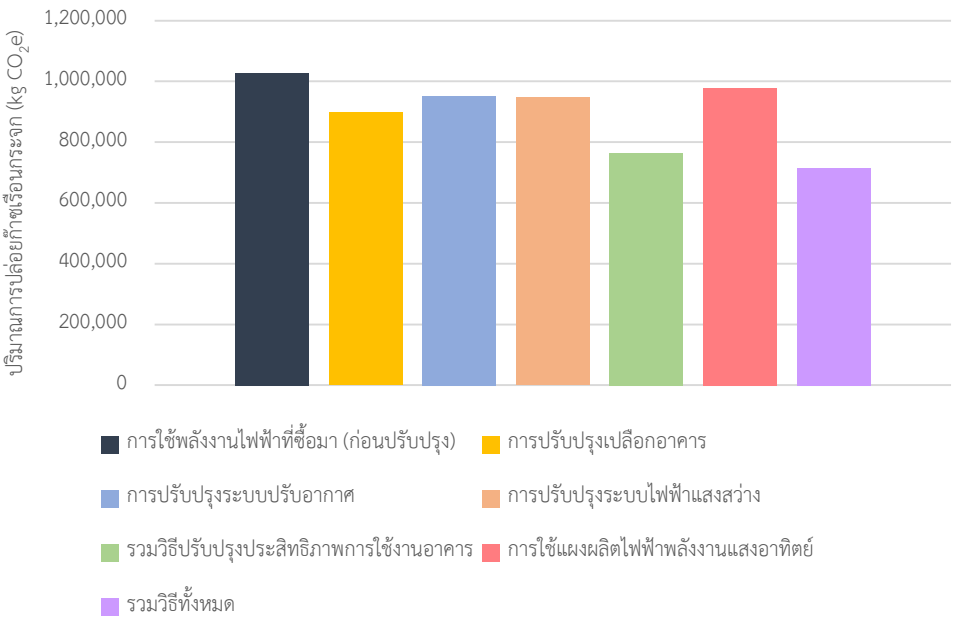
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของแต่ละอาคาร

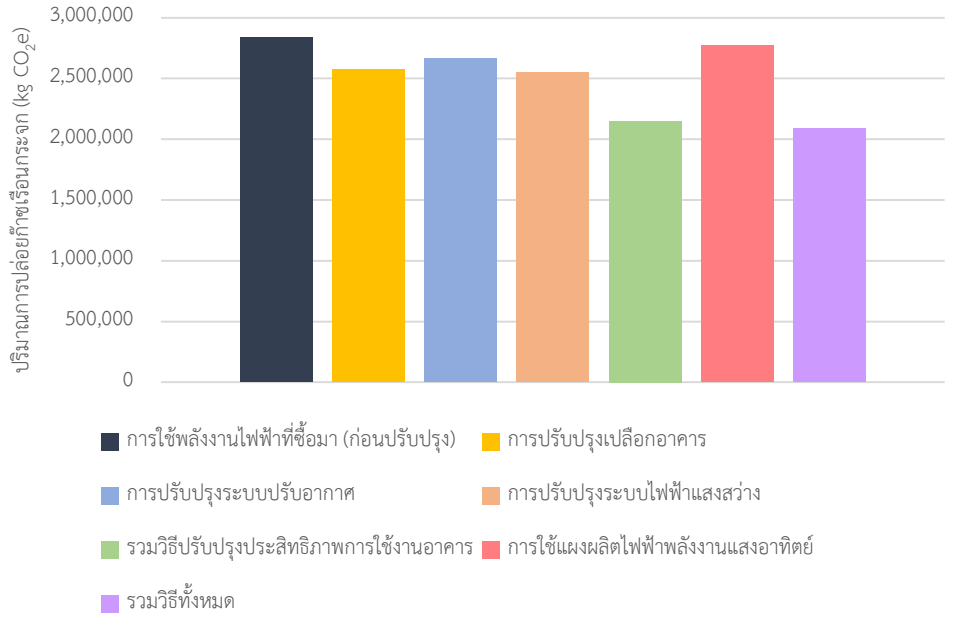
รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง ($kg\ CO_2e$)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การปล่อยก๊าซเรือนทั้งหมด (ก่อนปรับปรุง)	884,233.29	1,505,644.73	5,748,431.58
หลังการปรับปรุง			
การปรับปรุงเปลือกอาคาร	797,582.80	1,375,552.16	5,489,390.58
การปรับปรุงระบบปรับอากาศ	829,680.96	1,429,370.96	5,574,661.79
การปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	817,589.12	1,423,726.20	5,465,227.63
รวมวิธีปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานอาคาร	693,765.62	1,242,455.45	5,064,738.38
การใช้แผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	639,038.17	1,455,916.71	5,684,710.99
ปรับปรุงรวมวิธีทั้งหมด	448,570.51	1,192,727.43	5,001,017.79
เป้าหมายการลด	707,386.63	1,204,515.78	4,598,745.27



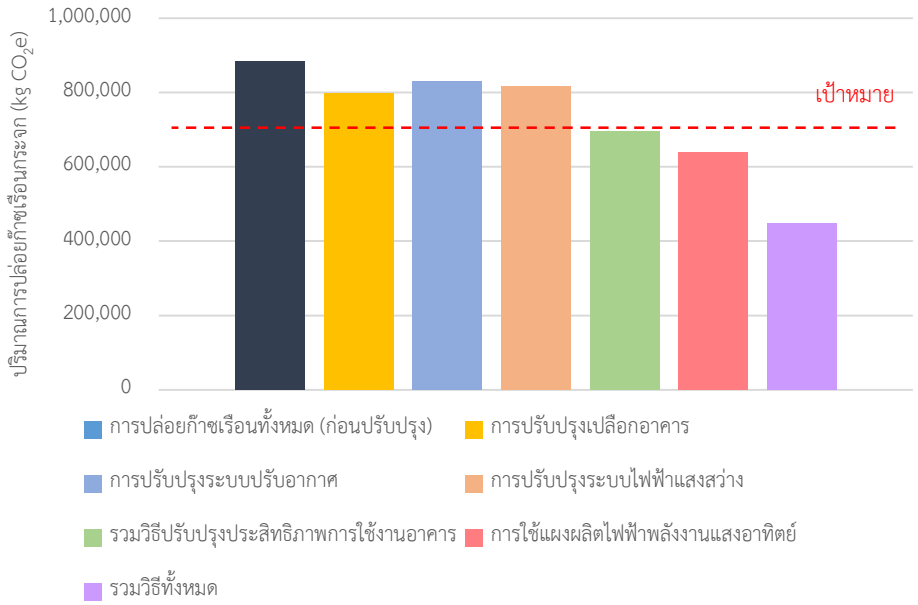
แผนภูมิที่ 4.4 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



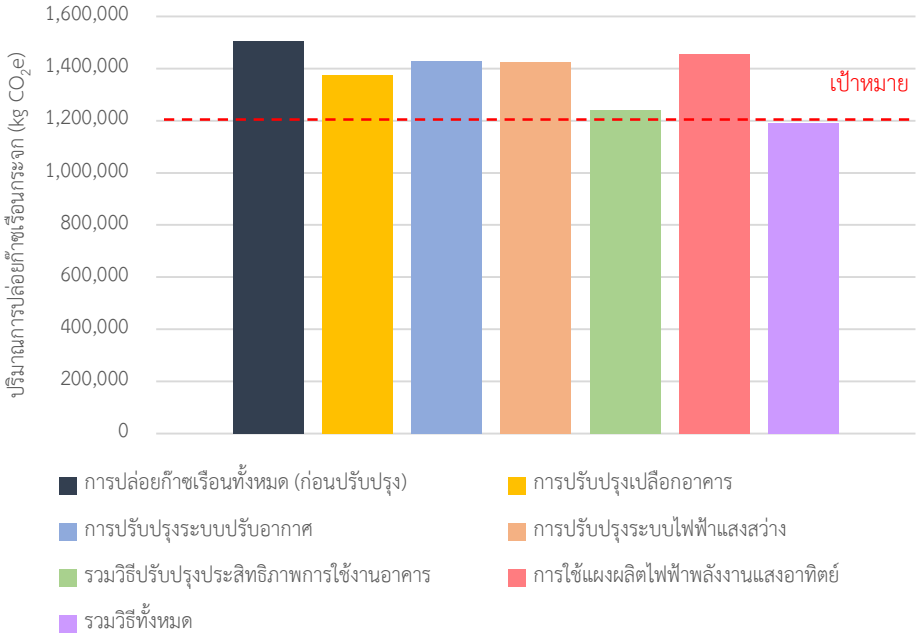
แผนภูมิที่ 4.5 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของอาคารจามจุรี 5



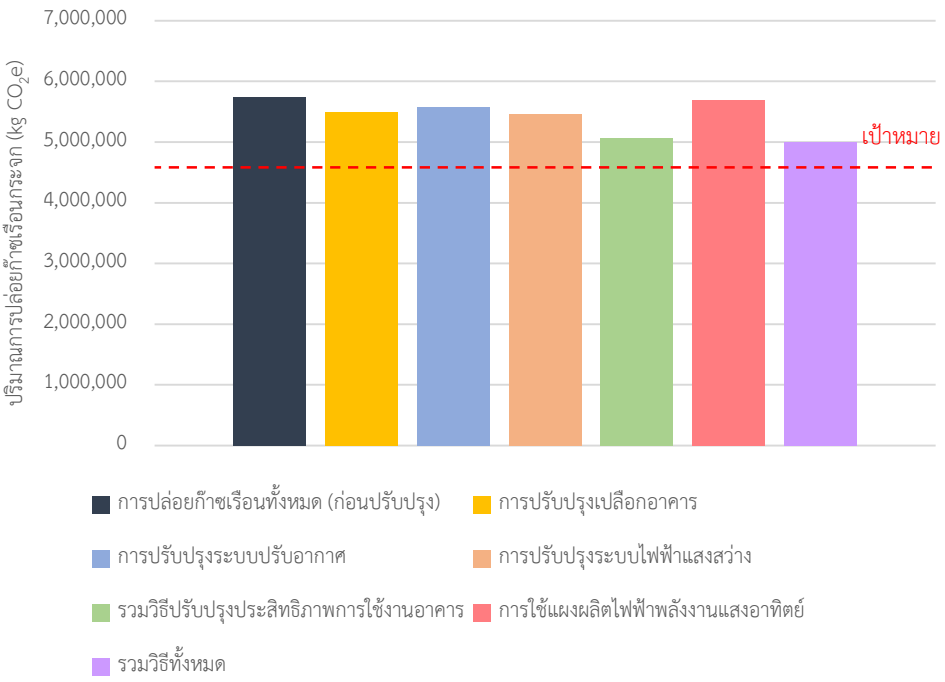
แผนภูมิที่ 4.6 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าของหอพักชวนชม



แผนภูมิที่ 4.7 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการใช้ไฟฟ้าของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



แผนภูมิที่ 4.8 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการใช้ไฟฟ้าของอาคารจามจุรี 5



แผนภูมิที่ 4.9 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการใช้ไฟฟ้าของหอพักชวนชม

4.8 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นได้แก่ ปริมาณน้ำเสีย ค่า BOD และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งปัจจัยที่สามารถทำการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นได้แก่ ปริมาณน้ำเสียโดยการปรับลดปริมาณให้น้อยลง และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบบำบัดให้ดีขึ้น ส่วนค่า BOD ไม่สามารถปรับปรุงได้เนื่องจากเป็นค่าที่เกี่ยวกับประเภทและปริมาณของกิจกรรมการใช้อาคารซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้

4.8.1 การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพระบบบำบัดน้ำเสีย

เนื่องจากการที่ระบบบำบัดน้ำเสียของทั้งสามอาคารไม่ได้มีการตรวจสอบมาตรฐานประสิทธิภาพการทำงานและจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญ (ชวลิต รัตนธรรมสกุล, 2018) จึงตั้งสมมติฐานให้ระบบบำบัดทำงานได้ไม่สมบูรณ์หรือระบบรับภาระงานมากเกินมาตรฐาน ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกการบำบัดน้ำเสียของอาคารมีปริมาณสูง วิธีการปรับปรุงนั้นสามารถทำได้โดยการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบซึ่งอาจมีประสิทธิภาพที่ดีกว่ากรณีที่ตั้งสมมติฐานไว้หรือตรงตามมาตรฐานหรือปรับปรุงประสิทธิภาพให้ได้ตามมาตรฐาน ที่ไม่ทำให้

ระบบบำบัดทำงานหนักเกินกำลังซึ่งจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีปริมาณที่น้อยลง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้นั้นลดลงคิดเป็นร้อยละ 83 ของปริมาณการปล่อยจากการบำบัดน้ำเสียในทุกอาคารและลดลงร้อยละ 3, 1 และ 31 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ

4.8.2 การเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำ

ด้วยการปรับเปลี่ยนสุขภัณฑ์ในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารหอพักชวนชมที่ใช้สุขภัณฑ์แบบทั่วไปอยู่ โดยเปลี่ยนเป็นแบบประหยัดการใช้น้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน watersense ของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐ (Environmental Protection Agency, EPA) ที่สามารถลดปริมาณน้ำที่ใช้เช่นเดียวกับปริมาณน้ำเสียให้เหลือน้อยลงได้ ซึ่งเป็นปริมาณจากการกำหนดเพดานสูงสุดของค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ โดยใช้เครื่องมือคำนวณจากเกณฑ์ที่ได้รับความน่าเชื่อถือโดยแสดงรายละเอียดในส่วนการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาและภาคผนวก ข ส่งผลทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 24 และ 20 ของปริมาณการปล่อยจากการบำบัดน้ำเสียในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 1 และ 7 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ

โดยเมื่อทำการปรับปรุงด้วยวิธีทั้งหมดนั้นสามารถทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 87, 83 และ 87 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 3, 1 และ 32 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ โดยการปรับปรุงรวมกันทุกวิธีมีผลปริมาณการลดที่ไม่เท่ากับผลจากการปรับปรุงของแต่ละวิธีรวมกัน เนื่องจากการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานระบบบำบัดนั้นเป็นการคำนวณกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น ดังนั้นเมื่อทำการปรับเปลี่ยนสุขภัณฑ์มาใช้แบบประหยัดน้ำที่ส่งผลทำให้ปริมาณน้ำเสียลดลงแล้วจึงทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบจึงเป็นการคำนวณปริมาณน้ำเสียในส่วนนี้ รายละเอียดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.4 และปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.5 ส่วนรายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แสดงในแผนภูมิที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ และสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมแสดงในแผนภูมิที่ 4.13, 4.14 และ 4.15 ตามลำดับ

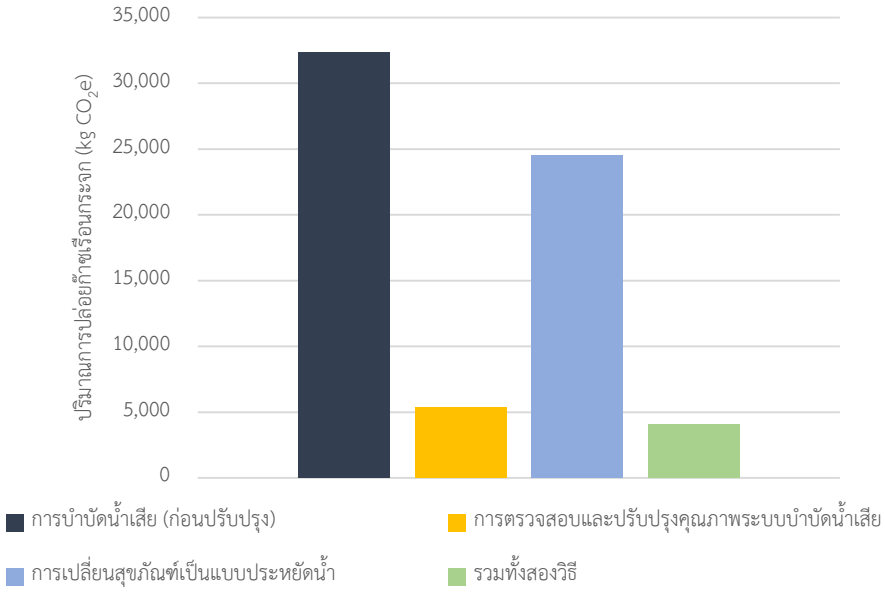
ตารางที่ 4.4 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียแต่ละอาคาร

รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง ($kg\ CO_2e$)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การบำบัดน้ำเสีย (ก่อนปรับปรุง)	32,311.84	21,799.81	2,140,571.61
หลังการปรับปรุง			
การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพระบบบำบัดน้ำเสีย	5,385.31	3,633.30	356,761.93
การเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำ	24,524.69	ดำเนินการแล้ว	1,709,800.06
รวมทั้งสองวิธี	4,087.45	3,633.30	284,966.68

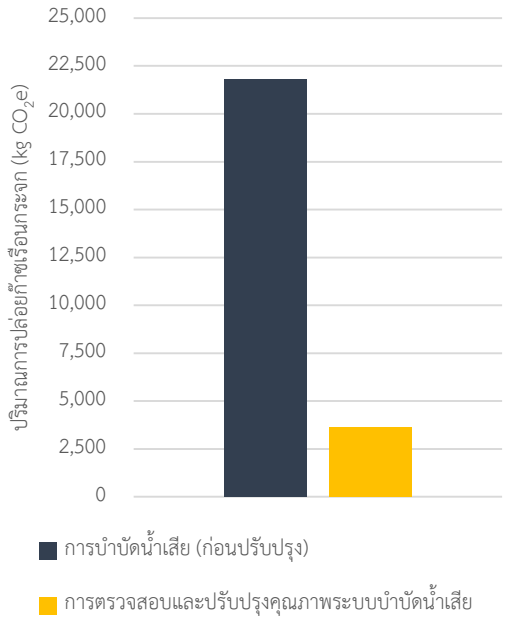
ตารางที่ 4.5 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียแต่ละอาคาร

รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง ($kg\ CO_2e$)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การปล่อยก๊าซเรือนทั้งหมด (ก่อนปรับปรุง)	884,233.29	1,505,644.73	5,748,431.58
หลังการปรับปรุง			
การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพระบบบำบัดน้ำเสีย	857,306.75	1,487,478.21	3,964,621.91
การเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำ	876,446.13	ดำเนินการแล้ว	5,317,660.04
รวมทั้งสองวิธี	856,008.89	1,487,478.21	3,892,826.66
เป้าหมายการลด	707,386.63	1,204,515.78	4,598,745.27

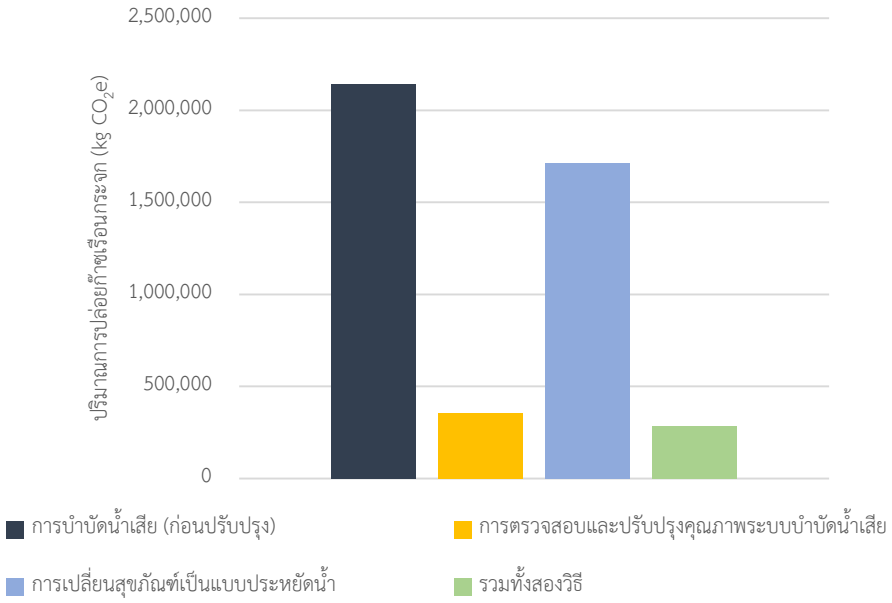
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



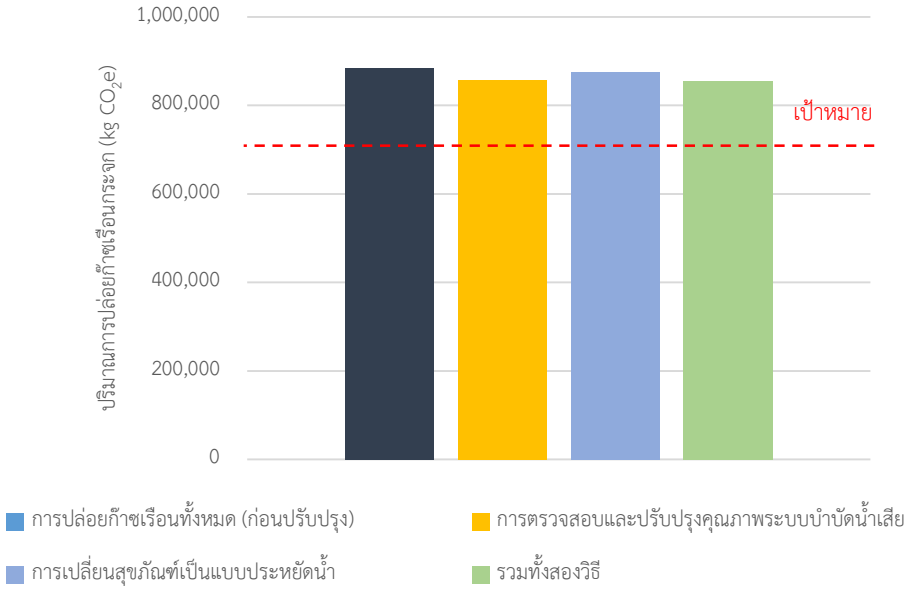
แผนภูมิที่ 4.10 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



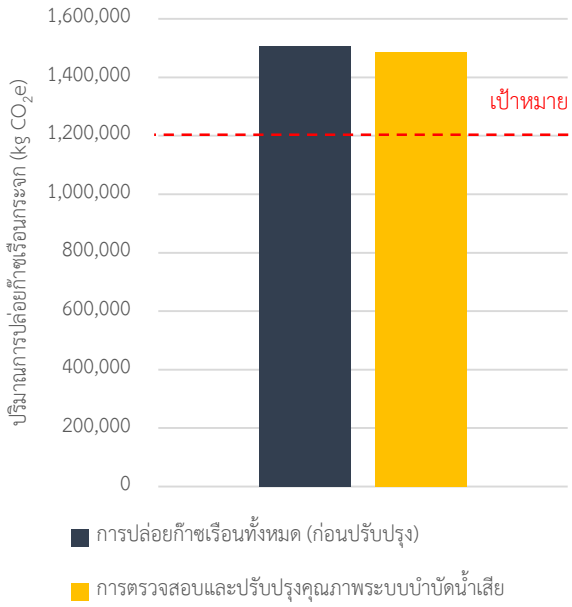
แผนภูมิที่ 4.11 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของอาคารจามจุรี 5



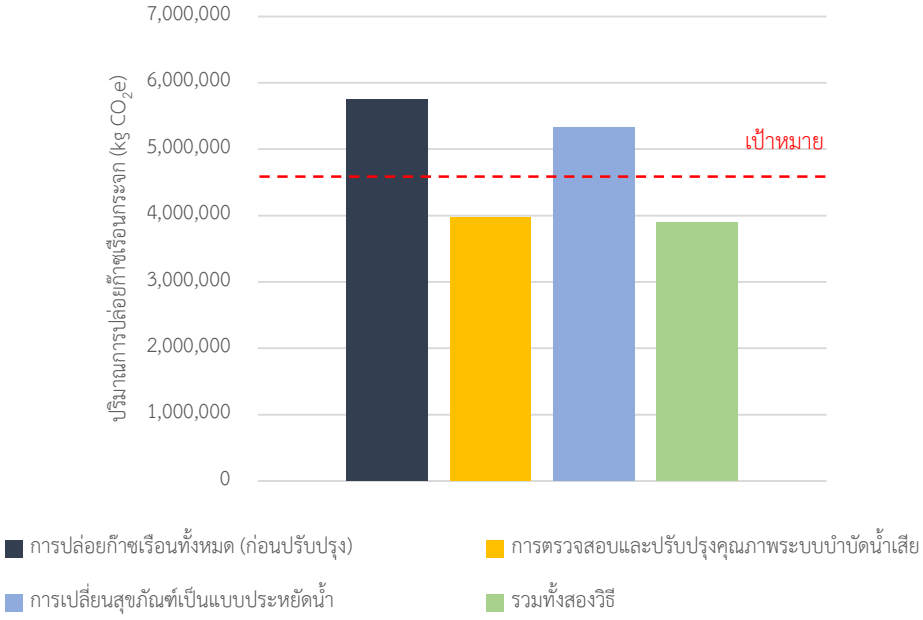
แผนภูมิที่ 4.12 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของหอพักชวนชม



แผนภูมิที่ 4.13 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



แผนภูมิที่ 4.14 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของอาคารจามจุรี 5



แผนภูมิที่ 4.15 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียของหอพักชวนชม

4.9 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะขององค์กรภายนอก

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นได้แก่ ปริมาณขยะเหลือทิ้ง ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก อัตรารีไซเคิล และการขนส่งขยะไปกำจัด ซึ่งปัจจัยที่สามารถทำการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นได้แก่ ปริมาณขยะเหลือทิ้งโดยการปรับลดปริมาณให้น้อยลง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก อัตรารีไซเคิล และการขนส่งขยะไปกำจัดไม่สามารถปรับปรุงได้เนื่องจากเป็นค่ามาตรฐานที่ถูกกำหนดจากเกณฑ์

4.9.1 การลดปริมาณขยะเหลือทิ้ง

เนื่องจากทางมหาวิทยาลัยมีโครงการ Chula Zero Waste ที่เกี่ยวกับการลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นโดยประกอบด้วยหลายโครงการย่อยซึ่งมีการดำเนินโครงการจริงแล้วและมีการบันทึกผลลัพธ์ของแต่ละโครงการ จึงนำวิธีการลดของแต่ละโครงการมาเป็นวิธีการในการลดปริมาณขยะของอาคารตัวอย่างเนื่องจากเป็นผลลัพธ์จากการดำเนินการจริงและอยู่ในบริบทของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แต่โครงการ My bottle ที่มีจุดประสงค์ในการลดปริมาณของขยะขวดน้ำพลาสติกนั้นไม่มีการบันทึกผลลัพธ์ของโครงการทำให้ไม่สามารถนำมาเป็นวิธีในการศึกษาการลดปริมาณขยะในการศึกษานี้ได้ โดยรายละเอียดการคำนวณของแต่ละโครงการสามารถดูได้ในภาคผนวก ข

4.9.2 โครงการแยกขยะก่อนทิ้ง

จากการดำเนินการโครงการแยกขยะก่อนทิ้งนั้นสามารถลดปริมาณขยะทั้งหมดได้ร้อยละ 67 ซึ่งทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 71 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะ และลดลงร้อยละ 2 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารหอพักชวนชม ส่วนอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารจามจุรี 5 ได้มีการดำเนินการโครงการนี้อยู่แล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.9.3 โครงการลด ละ เลิกการใช้ถุงพลาสติก

เนื่องจากโครงการนี้เป็นการปรับปรุงจากต้นทางการเกิดขยะนั้นคือส่วนร้านค้า ซึ่งอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เป็นอาคารเดียวในกลุ่มอาคารตัวอย่างทั้งหมดที่มีร้านค้าในอาคาร จึงเป็นอาคารเดียวที่สามารถทำการปรับปรุงด้วยโครงการนี้ โดยสามารถลดปริมาณขยะถุงพลาสติกได้ร้อยละ 89 ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 2 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน

กระจกจากการกำจัดขยะ และลดลงร้อยละ 0.3 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

4.9.4 โครงการ My Cup

โครงการ My Cup เป็นการลดการใช้แก้วจากร้านค้าโดยการนำแก้วที่สามารถใช้ซ้ำในการบรรจุเครื่องดื่มที่ทำการซื้อ ซึ่งสามารถลดปริมาณขยะประเภทแก้วน้ำพลาสติกได้ร้อยละ 6 ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 0.4 และ 0.02 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 0.1 และ 0.0006 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และหอพักชวนชมตามลำดับ

4.9.5 โครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหาร

โครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหารเป็นการนำขยะเศษอาหารที่มีการแยกจากขยะประเภทอื่นแล้วไปเข้ากระบวนการผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ ทำให้อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ซึ่งเป็นอาคารเดียวในอาคารตัวอย่างที่มีร้านอาหารในอาคารและมีการแยกขยะเศษอาหารออกมานั้นสามารถลดปริมาณขยะจากโครงการนี้ได้เพียงอาคารเดียวเท่านั้น โดยโครงการนี้สามารถลดปริมาณขยะประเภทเศษอาหารได้ 250 กก. / วัน หรือ 7,500 กก. / เดือน ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 14 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะ และลดลงร้อยละ 2 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.9.6 โครงการ Recycle Plus

โครงการนี้เป็นการนำขยะแห้งที่ทำความสะอาดแล้วส่งไปอัดทำเป็นเชื้อเพลิงแท่งในการเผาไหม้โดยองค์กรภายนอกซึ่งสามารถลดปริมาณขยะแห้งได้ร้อยละ 0.55 ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 0.5 และ 0.19 ของปริมาณการปล่อยจากการกำจัดขยะของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 0.1 และ 0.006 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และหอพักชวนชมตามลำดับ

4.9.7 โครงการ Less Paper

โครงการ Less Paper เป็นการลดปริมาณกระดาษที่ใช้ในสำนักงานโดยการใช้กระดาษอิเล็กทรอนิกส์แทนการพิมพ์กระดาษออกมา ที่สามารถลดปริมาณการใช้กระดาษและขยะประเภทกระดาษได้ร้อยละ 21 ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 9 ของปริมาณการปล่อยจากการกำจัดขยะของอาคารจามจุรี 5 และลดลงร้อยละ 0.4 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดของอาคารจามจุรี 5 เนื่องจากการที่อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ไม่มีแยกขยะประเภทกระดาษจากการใช้ในสำนักงานทำให้ไม่สามารถทำการศึกษาในอาคารนี้ได้ ส่วนอาคารหอพักชวนได้มีการดำเนินการโครงการนี้อยู่แล้ว

โดยเมื่อทำการปรับปรุงด้วยวิธีทั้งหมดนั้นสามารถทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 16, 9 และ 71 ของปริมาณการปล่อยจากการกำจัดขยะในอาคารคณะสถาปัตยกรรม-ศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 2, 0.4 และ 2 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ รายละเอียดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.6 และปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.7 ส่วนรายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมแสดงในแผนภูมิที่ 4.16, 4.17 และ 4.18 ตามลำดับ และสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมแสดงในแผนภูมิที่ 4.19, 4.20 และ 4.21 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

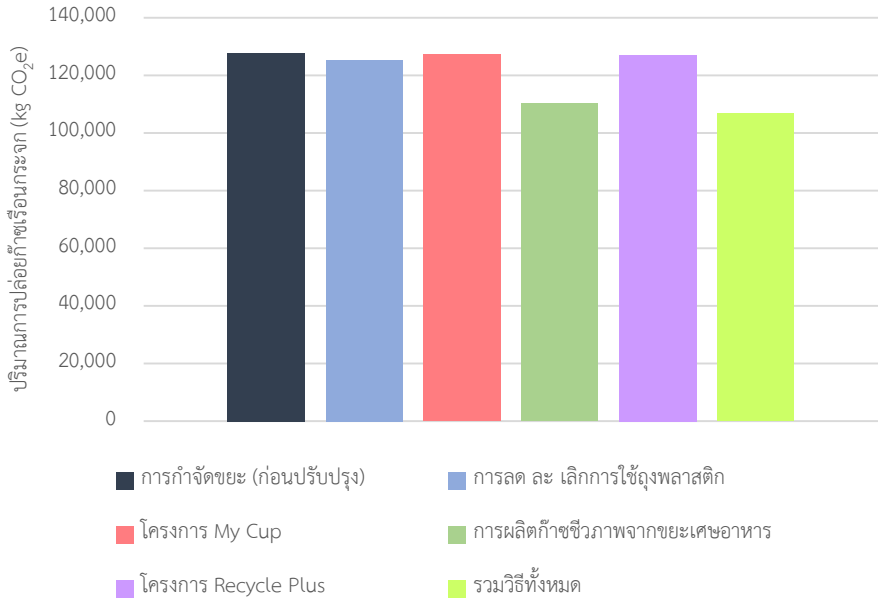
ตารางที่ 4.6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะที่ลดลงหลังปรับการจัดการขยะแต่ละอาคาร

รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง (kg CO_2e)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การกำจัดขยะ (ก่อนปรับปรุง)	127,705.60	62,498.62	187,531.54
หลังการปรับปรุง			
การแยกขยะก่อนทิ้ง	ดำเนินการแล้ว	ดำเนินการแล้ว	54,203.90
การลด ละ เลิกการใช้ถุงพลาสติก	125,323.00	ไม่สามารถทำได้	ไม่สามารถทำได้
โครงการ My Cup	127,142.07	ดำเนินการแล้ว	187,496.16
การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหาร	110,305.60	ไม่สามารถทำได้	ไม่สามารถทำได้
โครงการ Recycle Plus	127,127.60	ดำเนินการแล้ว	187,170.56
โครงการ Less Paper	ไม่สามารถทำได้	57,162.66	ดำเนินการแล้ว
รวมวิธีทั้งหมด	106,781.47	57,162.66	53,807.53

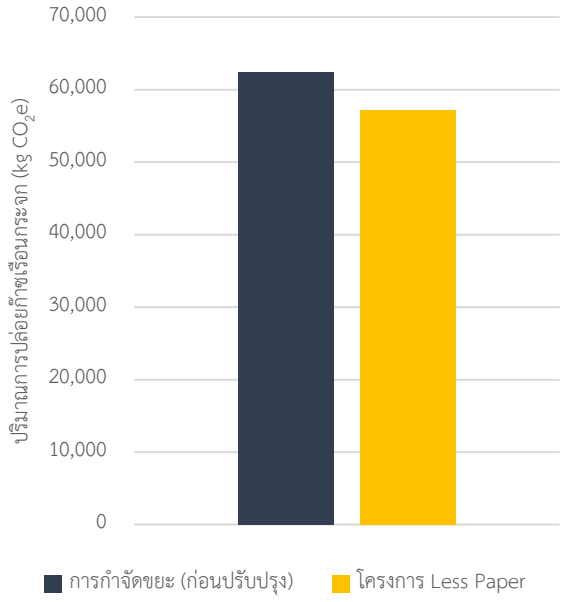
ตารางที่ 4.7 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงหลังปรับปรุงการจัดการขยะแต่ละอาคาร

รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง (kg CO_2e)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การปล่อยก๊าซเรือนทั้งหมด (ก่อนปรับปรุง)	884,233.29	1,505,644.73	5,748,431.58
หลังการปรับปรุง			
การแยกขยะก่อนทิ้ง	ดำเนินการแล้ว	ดำเนินการแล้ว	5,615,103.95
การลด ละ เลิกการใช้ถุงพลาสติก	881,850.69	ไม่สามารถทำได้	ไม่สามารถทำได้
โครงการ My Cup	883,669.76	ดำเนินการแล้ว	5,748,396.20
การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหาร	866,833.29	ไม่สามารถทำได้	ไม่สามารถทำได้
โครงการ Recycle Plus	883,655.28	ดำเนินการแล้ว	5,748,070.60
โครงการ Less Paper	ไม่สามารถทำได้	1,500,308.77	ดำเนินการแล้ว
รวมวิธีทั้งหมด	863,309.15	1,500,308.77	5,614,707.58
เป้าหมายการลดทั้งหมด	707,386.63	1,204,515.78	4,598,745.27

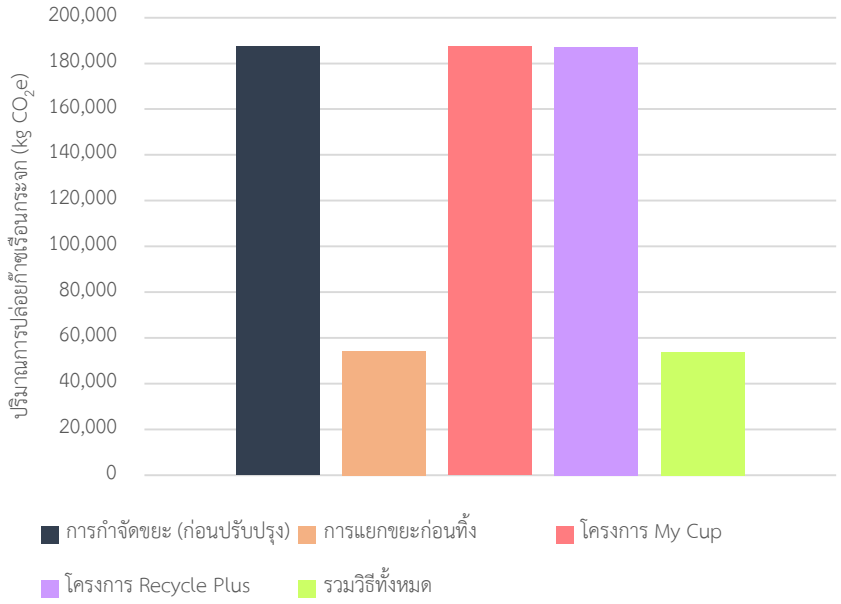
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



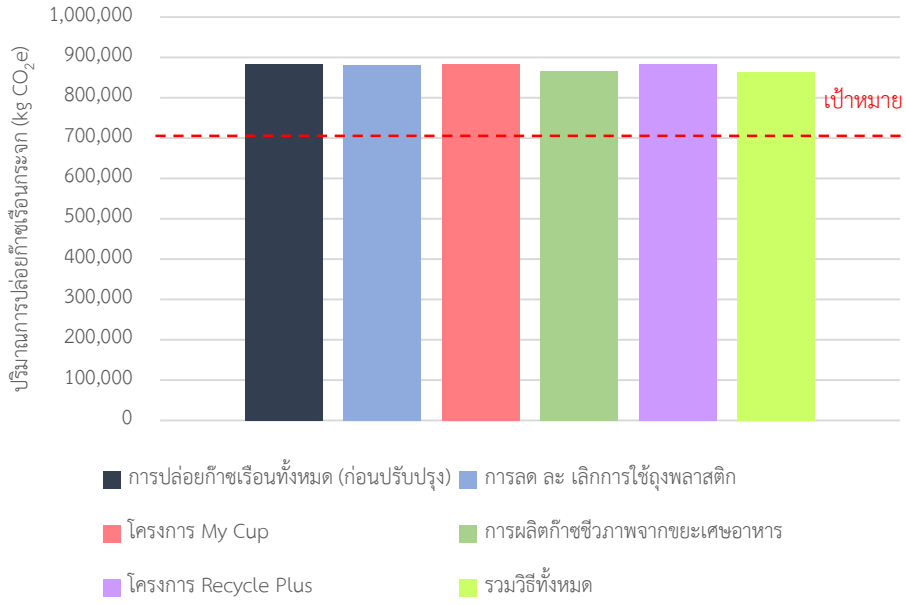
แผนภูมิที่ 4.16 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



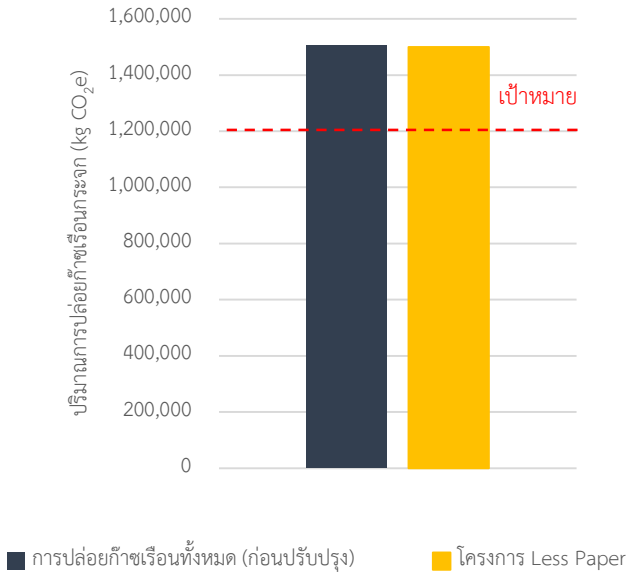
แผนภูมิที่ 4.17 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของอาคารจามจุรี 5



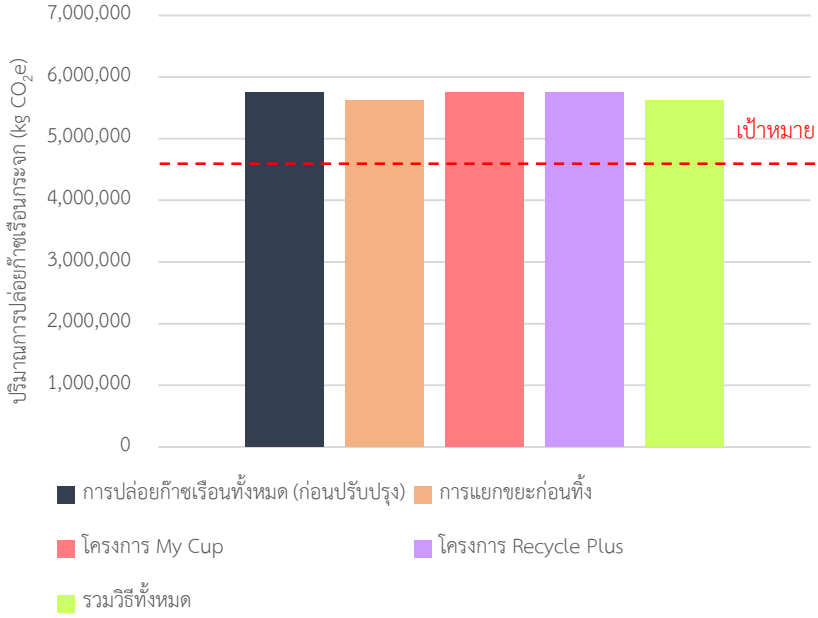
แผนภูมิที่ 4.18 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของหอพักชวนชม



แผนภูมิที่ 4.19 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



แผนภูมิที่ 4.20 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของอาคารจามจุรี 5



แผนภูมิที่ 4.21 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการจัดการขยะของหอพักชวนชม

4.10 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นได้แก่ ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งปัจจัยที่สามารถทำการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นได้แก่ ปริมาณน้ำประปาที่ใช้โดยการปรับลดปริมาณให้น้อยลง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นไม่สามารถปรับปรุงได้เนื่องจากแหล่งจำหน่ายน้ำประปามีแค่เพียงจากหน่วยงานรัฐหรือการประปานครหลวงเท่านั้นทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานขององค์กรมีเพียงรูปแบบเดียว

4.10.1 การเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำ

การเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดการใช้น้ำที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน watersense ของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐ (Environmental Protection Agency, EPA) นั้นสามารถลดปริมาณน้ำที่ซื้อมาได้ โดยกำหนดอัตราค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ในเครื่องมือโปรแกรม Water Use Reduction Calculator ของเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ในการคำนวณปริมาณการใช้น้ำที่ลดลงโดยการคำนวณด้วยโปรแกรมนี้เป็นวิธีการศึกษาที่ได้รับความนิยมและเป็นมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับในการศึกษา ตัวโปรแกรมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนการกำหนดลักษณะการใช้งานและส่วนกำหนดประสิทธิภาพการใช้น้ำของสุขภัณฑ์ ซึ่งอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารหอพักชวนชมที่ใช้สุขภัณฑ์แบบทั่วไปอยู่นั้นสามารถปรับปรุงด้วยวิธีการนี้ได้ ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 24 และ 20 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 0.2 และ 1.5 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ รายละเอียดรูปลักษณ์ของโปรแกรม Water Use Reduction Calculator ของเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว LEED สามารถดูได้ในภาพที่ 4.2

Occupancy Type	Employees (FTE)	Transients	Retail Customers	Students (K-12)	Residential	Other (specify)	Gender Ratio (%)
Total	52	1,139					100%
Male	26	570	0	0	0	0	50%
Female	26	569	0	0	0	0	50%

Determine the percent of males expected to use urinals (enter 100% if all male restrooms have urinals, 0% if the project contains no urinals, etc)

Percent of males expected to use restrooms with urinals	100%

Enter the number of days the project is accessible to employees or FTE.

Annual days of operation	180

Fixture Information			Flush Rate		
Fixture ID	Fixture Family	Fixture Type	Baseline Flush Rate (lpf)	Design Flush Rate (lpf)	Percent of Occupants (%)
	Toilet (male)	Conventional Water Closet	6.00	4.8	100
	Toilet (female)	Conventional Water Closet	6.00	4.8	100
	Urinal	Conventional Urinal	3.80	1.9	100

ภาพที่ 4.2 รูปลักษณ์ของโปรแกรม Water Use Reduction Calculator ของเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว LEED

4.10.2 การบำบัดน้ำกลับมาใช้ใหม่

จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญพบว่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีความสามารถในการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ให้โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำกลับมาใช้ได้ปริมาณเท่ากับ 100 ลบ.ม. / วันในแต่ละอาคาร โดยน้ำที่ทำการบำบัดนำมาทดแทนหรือลดทอนปริมาณน้ำประปาที่ซื้อมาใช้ในโถสุขภัณฑ์หรือการกดชักโครก ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 84, 80 และ 4 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 0.6, 0.2 และ 0.3 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ

โดยเมื่อทำการปรับปรุงด้วยวิธีทั้งหมดนั้นสามารถทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 85, 80 และ 25 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 0.6, 0.2 และ 1.8 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมตามลำดับ ซึ่งผลจากการปรับปรุงทุกวิธีรวมกันนั้นมีปริมาณที่ลดลงไม่เท่ากับการนำผลจากปรับปรุงแต่ละวิธีรวมกัน เนื่องจากเมื่อทำการปรับปรุงด้วยวิธีการบำบัดน้ำกลับมาใช้ใหม่นั้นทำให้ปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนชักโครกหายไป ทำให้เมื่อทำการเปลี่ยนมาใช้สุขภัณฑ์มาใช้แบบประหยัดน้ำจึงเป็นการลดในส่วนของปริมาณน้ำที่ใช้ในก๊อกน้ำเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายละเอียดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.8 และปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.9 ส่วนรายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมแสดงในแผนภูมิที่ 4.22, 4.23 และ 4.24 ตามลำดับ และสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมแสดงในแผนภูมิที่ 4.25, 4.26 และ 4.27 ตามลำดับ

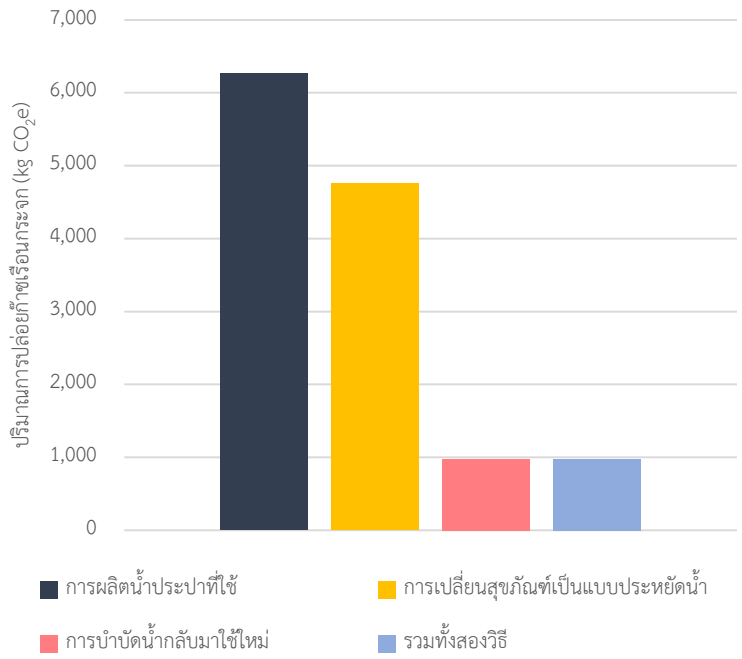
ตารางที่ 4.8 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของแต่ละอาคาร

รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง ($kg\ CO_2e$)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การผลิตน้ำประปาที่ใช้ (ก่อนปรับปรุง)	6,264.36	4,226.38	414,997.11
หลังการปรับปรุง			
การเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำ	4,754.65	ดำเนินการแล้ว	331,482.53
การบำบัดน้ำกลับมาใช้ใหม่	975.46	849.15	396,451.46
รวมทั้งสองวิธี	955.29	849.15	312,936.88

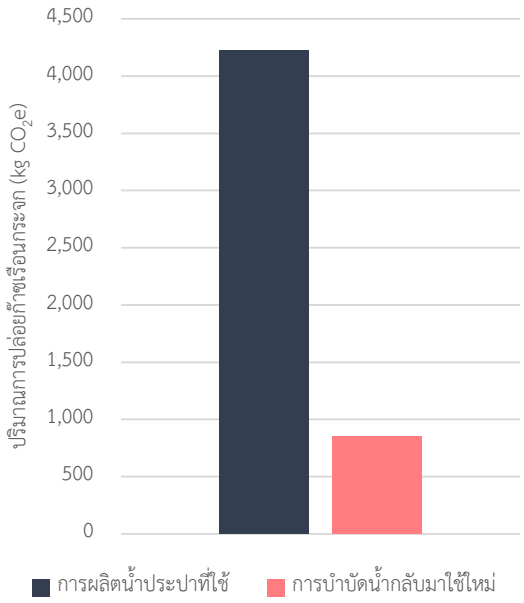
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.9 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของแต่ละอาคาร

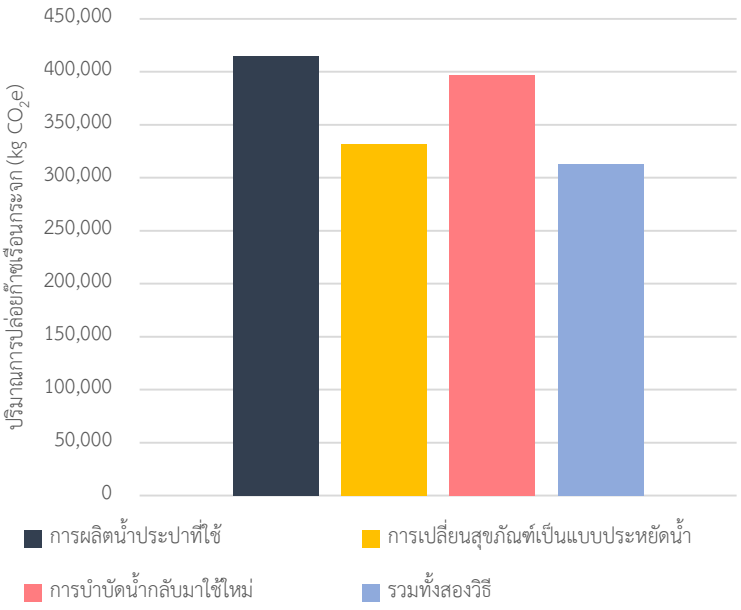
รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง (kg CO_2e)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การปล่อยก๊าซเรือนทั้งหมด (ก่อนปรับปรุง)	884,233.29	1,505,644.73	5,748,431.58
หลังการปรับปรุง			
การเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำ	882,723.57	ดำเนินการแล้ว	5,664,917.00
การบำบัดน้ำกลับมาใช้ใหม่	878,944.38	1,502,267.50	5,729,885.93
รวมทั้งสองวิธี	878,924.21	1,502,267.50	5,646,371.35
เป้าหมายการลดทั้งหมด	707,386.63	1,204,515.78	4,598,745.27



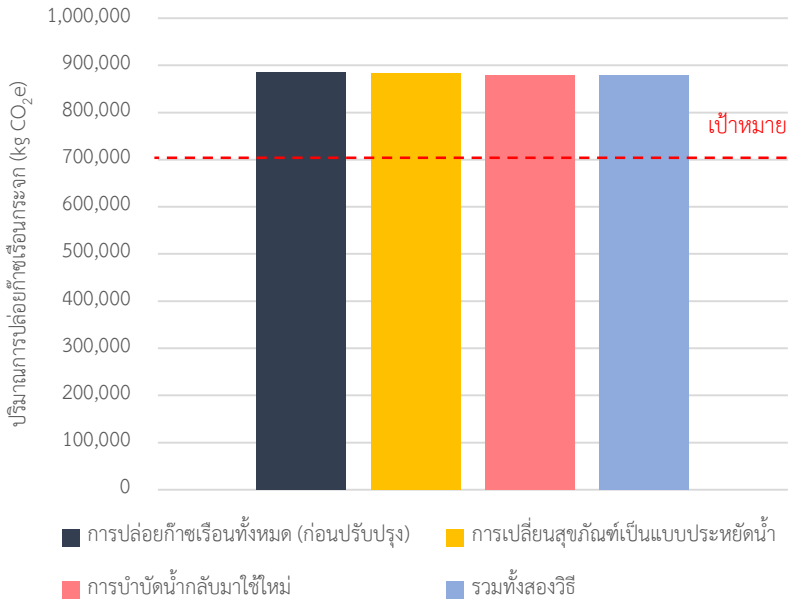
แผนภูมิที่ 4.22 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



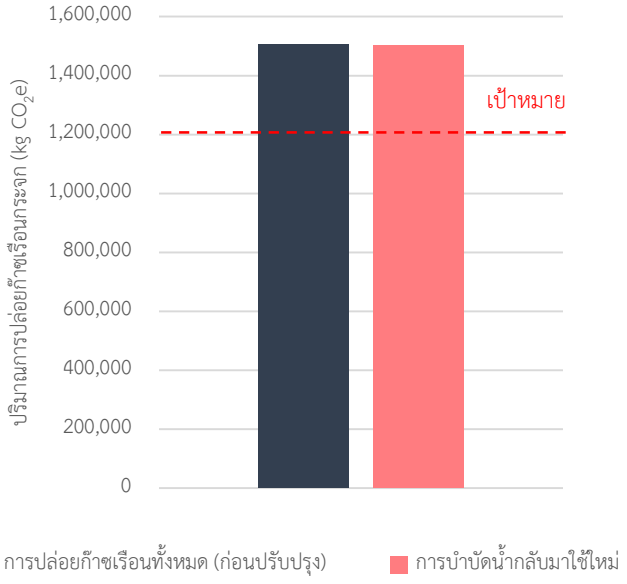
แผนภูมิที่ 4.23 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของอาคารจามจุรี 5



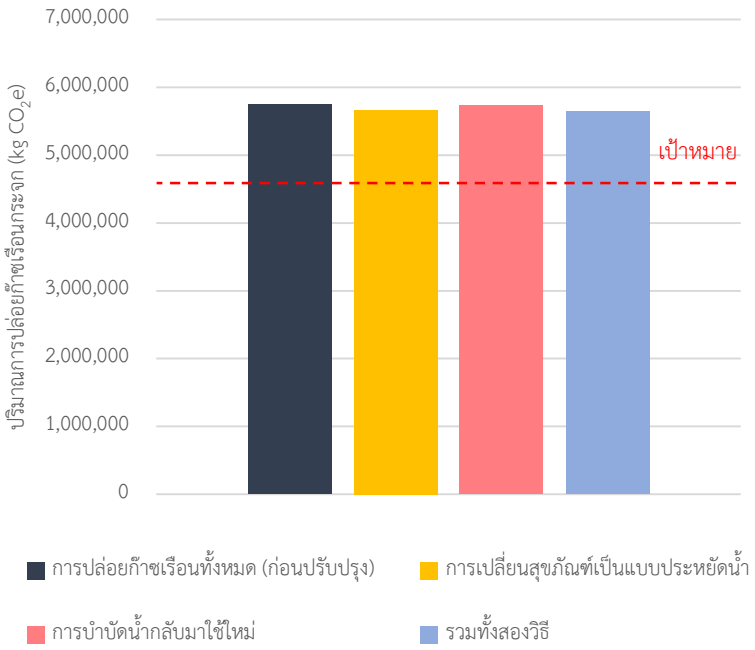
แผนภูมิที่ 4.24 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของหอพักชวนชม



แผนภูมิที่ 4.25 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



แผนภูมิที่ 4.26 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของอาคารจามจุรี 5



แผนภูมิที่ 4.27 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้น้ำประปาของหอพักชวนชม

4.11 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็น

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นได้แก่ ปริมาณบรรจุน้ำยาสารทำความเย็น และค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งปัจจัยที่สามารถทำการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นได้แก่ ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของสารทำความเย็นที่ใช้โดยการปรับเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นให้มีค่าที่น้อยลง ส่วนปริมาณบรรจุน้ำยาสารทำความเย็นของอุปกรณ์นั้นไม่ทำการปรับปรุง เนื่องจากปริมาณบรรจุนั้นมีปริมาณที่แตกต่างกันน้อยระหว่างอุปกรณ์ในระดับประสิทธิภาพการทำความเย็นที่เท่ากัน ซึ่งมีปริมาณโดยประมาณเท่ากับ 1,200 กรัมต่อ 12,000 BTU ทำให้ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นน้อย

โดยการปรับเปลี่ยนการเลือกใช้สารทำความเย็นนั้นทำการดำเนินการตามงานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Goetzler, Guernsey, Young, Fuhrman, & Abdelaziz, 2016 และ Calm, J.M., 2008) ที่ได้ศึกษาพัฒนาการในการเลือกใช้สารทำความเย็นและแนวโน้มการเลือกใช้สารทำความเย็นในอนาคต จึงทำให้การปรับเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการรั่วไหลในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้สารทำความเย็นชนิด R-32 และ R-1234yf

4.11.1 การเปลี่ยนมาใช้สารทำความเย็นชนิด R-32 (HFC-32)

สารทำความเย็นชนิด R-32 เป็นสารประเภท HFC ที่มีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนต่ำซึ่งต่างจากสารอื่นในกลุ่มนี้ที่ใช้ในอดีต จึงได้รับความนิยมในอุปกรณ์ระบบปรับอากาศในปัจจุบัน ซึ่งการปรับเปลี่ยนมาใช้สารทำความเย็นชนิดนี้ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 61, 62 และ 61 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 2, 1 และ 0.4 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และหอพักชวนชมตามลำดับ

4.11.2 การเปลี่ยนมาใช้สารทำความเย็นชนิด R-1234yf (HFO-1234yf)

สารทำความเย็นชนิด R-1234yf มีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนที่ต่ำมากรวมถึงคุณสมบัติที่ดีกว่าสารชนิดอื่นในปัจจุบันแต่ยังคงได้รับความนิยมในการใช้ที่น้อยอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งการปรับเปลี่ยนมาใช้สารทำความเย็นชนิดนี้ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 99.8 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นในทุกอาคาร และลดลงร้อยละ 3, 1 และ 0.6 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์อาคารจามจุรี 5 และหอพักชวนชมตามลำดับ

รายละเอียดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.10 และปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.11 ส่วนรายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมแสดงในแผนภูมิที่ 4.28, 4.29 และ 4.30 ตามลำดับ และสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมแสดงในแผนภูมิที่ 4.31, 4.32 และ 4.33 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

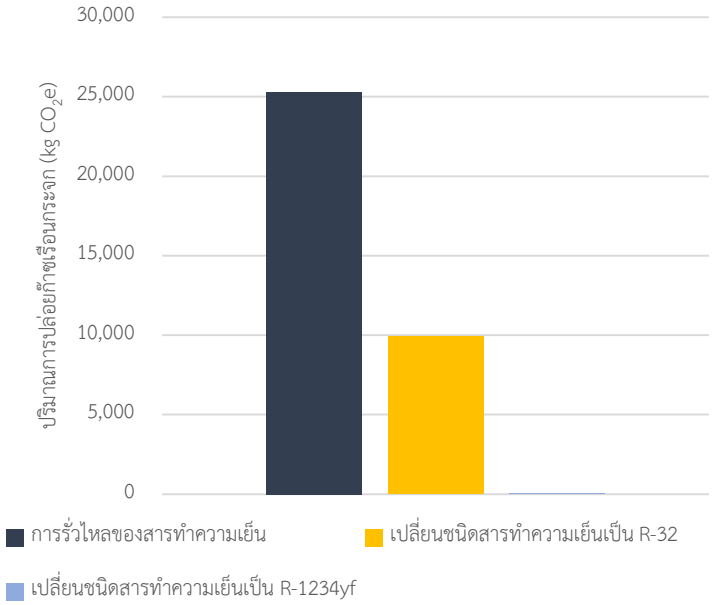
ตารางที่ 4.10 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของแต่ละอาคาร

รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง (kg CO_2e)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การรั่วไหลของสารทำความเย็น (ก่อนปรับปรุง)	25,299.36	19,831.68	35,175.73
หลังการปรับปรุง			
เปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นเป็น R-32	9,930.49	7,628.436	13,815.41
เปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นเป็น R-1234yf	58.67	45.07	81.63

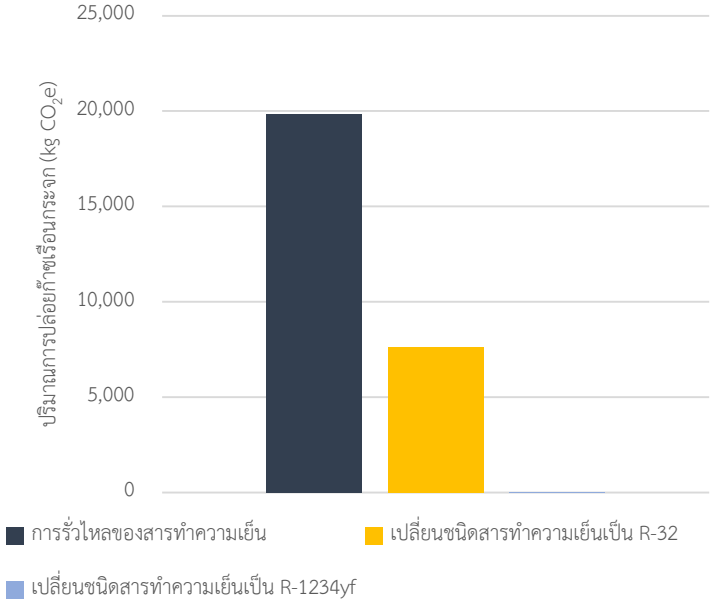
ตารางที่ 4.11 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของแต่ละอาคาร

รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง (kg CO_2e)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การปล่อยก๊าซเรือนทั้งหมด (ก่อนปรับปรุง)	884,233.29	1,505,644.73	5,748,431.58
หลังการปรับปรุง			
เปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นเป็น R-32	868,864.42	1,493,441.48	5,727,071.27
เปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นเป็น R-1234yf	858,992.60	1,485,858.12	5,713,337.49
เป้าหมายการลดทั้งหมด	707,386.63	1,204,515.78	4,598,745.27

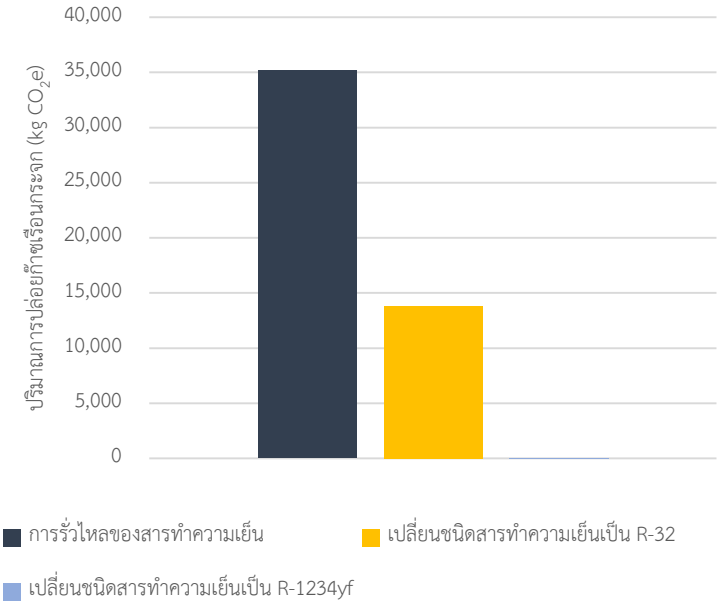
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



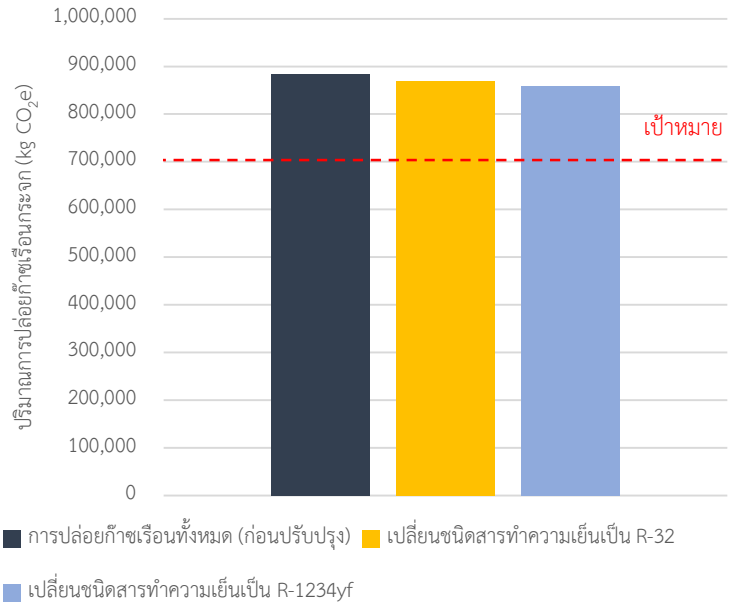
แผนภูมิที่ 4.28 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



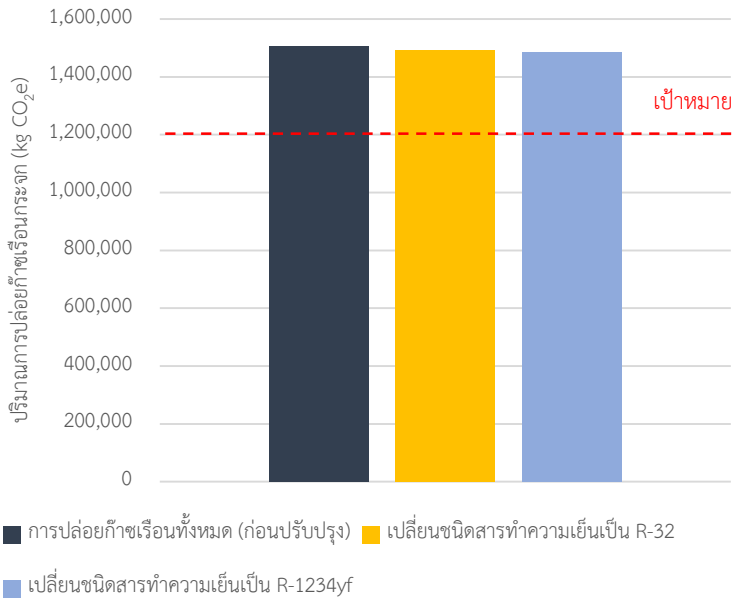
แผนภูมิที่ 4.29 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของอาคารจามจุรี 5



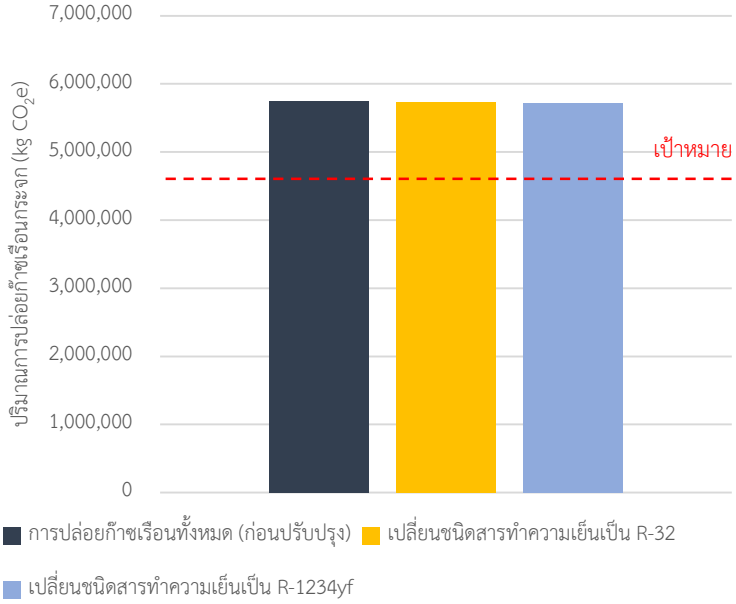
แผนภูมิที่ 4.30 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของหอพักชวนชม



แผนภูมิที่ 4.31 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



แผนภูมิที่ 4.32 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของอาคารจามจุรี 5



แผนภูมิที่ 4.33 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นของหอพักชวนชม

4.12 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงาน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นได้แก่ ปริมาณกระดาษที่ใช้ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการขนส่งผลิตภัณฑ์ ซึ่งปัจจัยที่สามารถทำการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นได้แก่ ปริมาณกระดาษที่ใช้โดยการให้มีปริมาณที่น้อยลง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่สามารถปรับปรุงได้เนื่องจากไม่สามารถปรับเปลี่ยนกระดาษในการใช้งานได้ร่วมไปถึงกระดาษที่ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ฉลากเขียวอยู่แล้ว ส่วนการขนส่งผลิตภัณฑ์นั้นไม่ทำการปรับปรุงเนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งมีปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับการผลิต อีกทั้งไม่สามารถทำการปรับปรุงชนิดพาหนะขนส่งได้เนื่องจากอยู่นอกเหนือการควบคุมขององค์กร

ในการลดปริมาณกระดาษที่ใช้สำนักงานนั้นใช้การดำเนินการของโครงการ Less Paper โดยการใช้กระดาษอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งเป็นไฟล์ข้อมูลผ่านระบบออนไลน์หรือการถ่ายโอนข้อมูลแบบอื่นและทำการเปิดใช้งานในคอมพิวเตอร์แทนการพิมพ์กระดาษออกมา ซึ่งทำให้เกิดการลดการใช้กระดาษและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 21 และ 26 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้กระดาษในสำนักงานของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และหอพักชวนชมตามลำดับ และลดลงร้อยละ 0.2 และ 0.3 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และหอพักชวนชมตามลำดับ

รายละเอียดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงานที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.12 และปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.13 ส่วนรายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงานที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารจามจุรี 5 แสดงในแผนภูมิที่ 4.34 และ 4.35 ตามลำดับ และสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารจามจุรี 5 แสดงในแผนภูมิที่ 4.36 และ 4.37 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

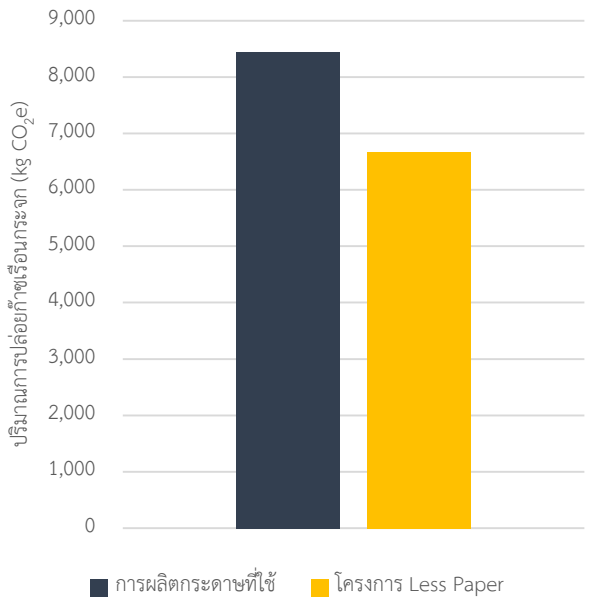
ตารางที่ 4.12 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงานที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของแต่ละอาคาร

รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง (kg CO_2e)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การผลิตกระดาษที่ใช้ (ก่อนปรับปรุง)	8,442.52	16,824.64	128.56
โครงการ Less Paper (หลังปรับปรุง)	6,671.01	12,472.16	ดำเนินการแล้ว

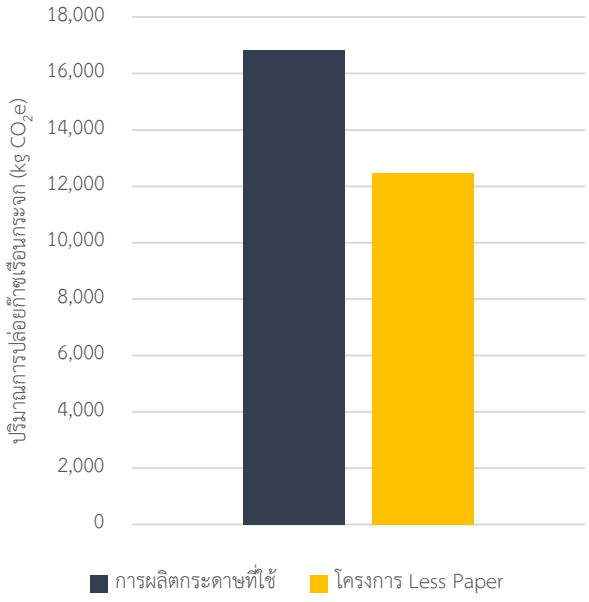
ตารางที่ 4.13 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของแต่ละอาคาร

รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง (kg CO_2e)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การปล่อยก๊าซเรือนทั้งหมด (ก่อนปรับปรุง)	884,233.29	1,505,644.73	5,748,431.58
หลังการปรับปรุง			
โครงการ Less Paper	882,461.77	1,501,292.26	ดำเนินการแล้ว
เป้าหมายการลดทั้งหมด	707,386.63	1,204,515.78	4,598,745.27

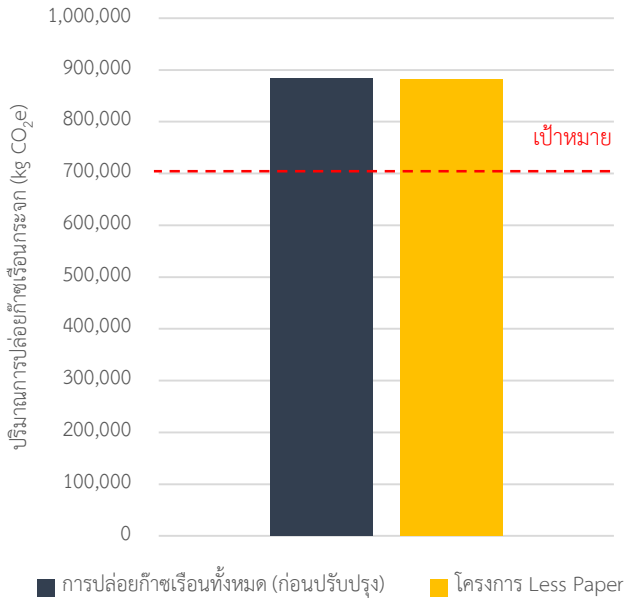
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



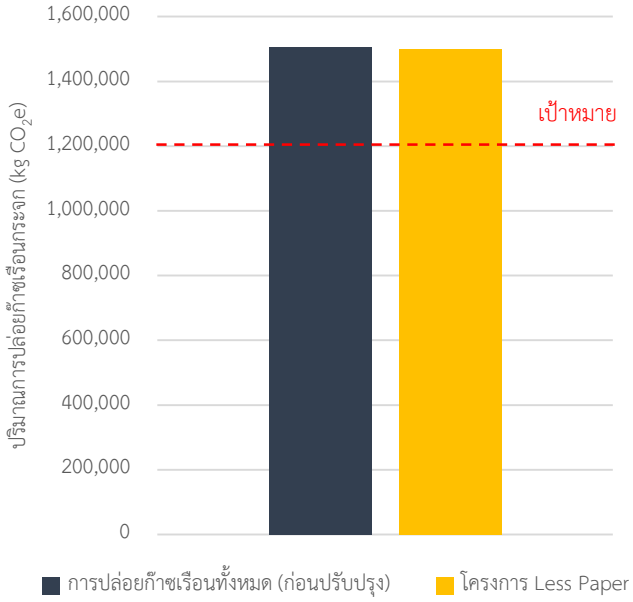
แผนภูมิที่ 4.34 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงานที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



แผนภูมิที่ 4.35 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงานที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของอาคารจามจุรี 5



แผนภูมิที่ 4.36 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



แผนภูมิที่ 4.37 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงการใช้กระดาษของอาคารจามจุรี 5

4.13 ผลรวมการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

วิธีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ทำการศึกษาโดยมีเป้าหมายในการลดให้เกินร้อยละ 20 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดประกอบด้วย การปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้า การบำบัดน้ำเสีย การกำจัดขยะ การใช้น้ำประปา การใช้สารทำความเย็น และการใช้กระดาษในสำนักงาน ซึ่งอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์สามารถลดได้เป็นปริมาณร้อยละ 49.3, 3.2, 2.4, 0.6, 0.9 และ 1.5 ของการปล่อยทั้งหมดตามลำดับ ส่วนอาคารจามจุรี 5 สามารถลดได้เป็นปริมาณร้อยละ 20.8, 1.2, 0.4, 0.2, 1.3 และ 0.3 ของการปล่อยทั้งหมดตามลำดับ หอพักชวนชมไม่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงานได้ โดยมีปริมาณการลดในขอบเขตอื่นที่เหลือคิดเป็นร้อยละ 13.0, 32.3, 2.3, 1.8 และ 0.6 ของการปล่อยทั้งหมดตามลำดับ การปรับปรุงด้วยวิธีการอื่นนอกเหนือจากวิธีที่ลดเยอะที่สุดรวมกันทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากเดิมเป็นจำนวนร้อยละ 9.2, 3.4 และ 17.7 ของปริมาณทั้งหมดในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และหอพักชวนชมตามลำดับ ส่วนกรณีที่ทำการปรับปรุงทุกวิธีรวมกันทั้งหมดทำให้เกิดปริมาณที่ลดลงร้อยละ 58.5, 24.2 และ 50.0 ของปริมาณทั้งหมดในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และหอพักชวนชมตามลำดับ

รายละเอียดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงแต่ละวิธีของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.14 และปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงด้วยวิธีที่มีปริมาณที่ลดสูงสุด วิธีอื่นรวมกัน และรวมวิธีทั้งหมดของแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 4.15 ส่วนรายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงแต่ละวิธีของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และหอพักชวนชมแสดงในแผนภูมิที่ 4.38, 4.39 และ 4.40 ตามลำดับ และสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงด้วยวิธีที่มีปริมาณที่ลดสูงสุด วิธีอื่นรวมกัน และรวมวิธีทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และหอพักชวนชมแสดงในแผนภูมิที่ 4.41, 4.42 และ 4.43 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

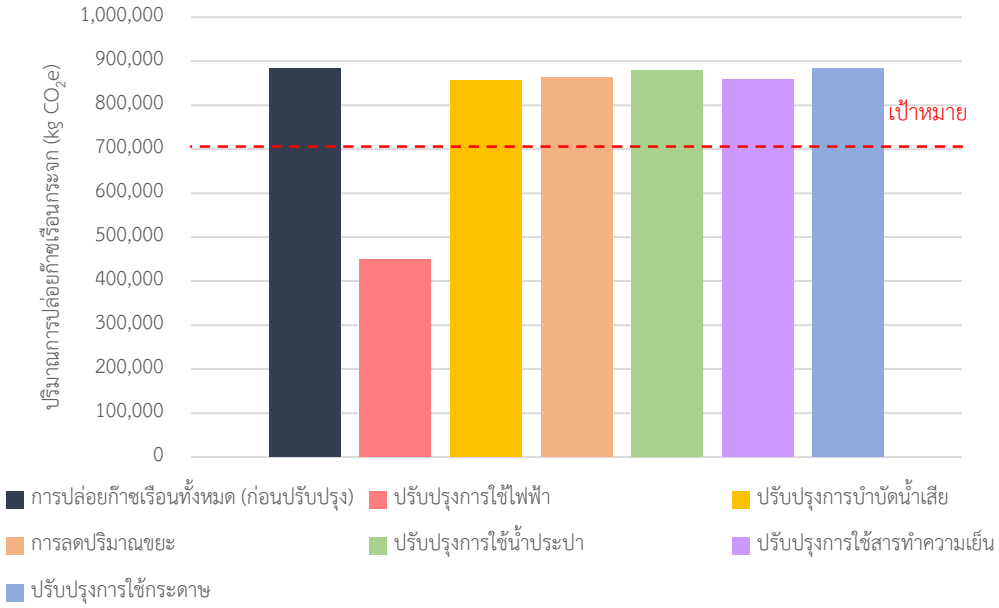
ตารางที่ 4.14 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงแต่ละวิธีของแต่ละอาคาร

รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง ($kg\ CO_2e$)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การปล่อยก๊าซเรือนทั้งหมด (ก่อนปรับปรุง)	884,233.29	1,505,644.73	5,748,431.58
หลังการปรับปรุง			
ปรับปรุงการใช้ไฟฟ้า	448,570.51	1,192,727.43	5,001,017.79
ปรับปรุงการบำบัดน้ำเสีย	856,008.89	1,487,478.21	3,892,826.66
การลดปริมาณขยะ	863,309.15	1,500,308.77	5,614,707.58
ปรับปรุงการใช้น้ำประปา	878,924.21	1,502,267.50	5,646,371.35
ปรับปรุงการใช้สารทำความเย็น	858,992.60	1,485,858.12	5,713,337.49
ปรับปรุงการใช้กระดาษ	870,616.67	1,501,278.55	ดำเนินการแล้ว
เป้าหมายการลดทั้งหมด	707,386.63	1,204,515.78	4,598,745.27

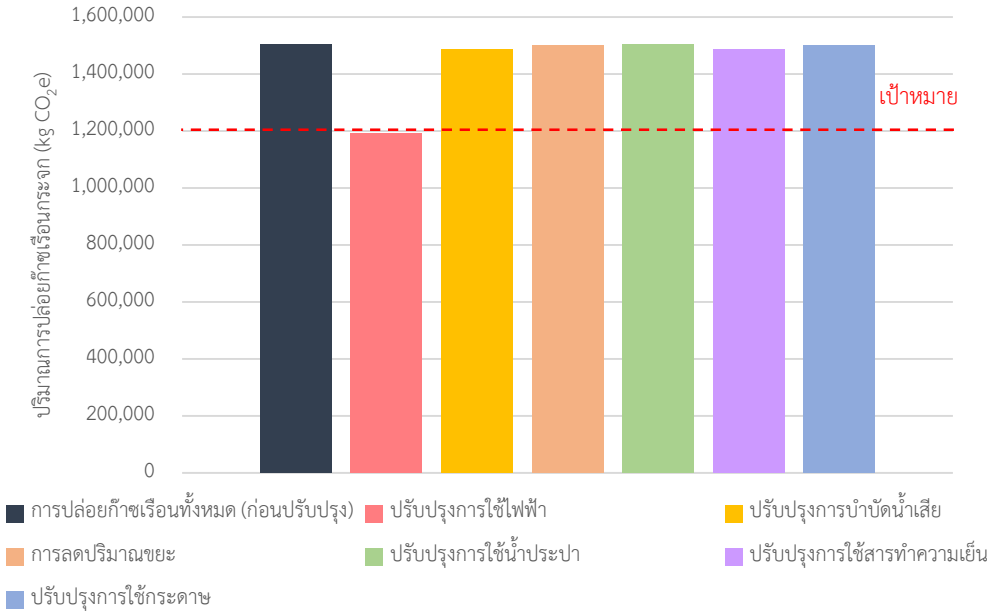
ตารางที่ 4.15 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงด้วยวิธีที่มีปริมาณที่ลดเยอะที่สุด วิธีอื่นรวมกัน และรวมวิธีทั้งหมดของแต่ละอาคาร

รายละเอียดกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังการปรับปรุง ($kg\ CO_2e$)		
	อาคารคณะสถาปัตย์ฯ	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
การปล่อยก๊าซเรือนทั้งหมด (ก่อนปรับปรุง)	884,233.29	1,505,644.73	5,748,431.58
หลังการปรับปรุง			
ปรับปรุงการใช้ไฟฟ้า (ลดสูงสุด)	448,570.51	1,192,727.43	-
ปรับปรุงการบำบัดน้ำเสีย (ลดสูงสุด)	-	-	3,892,826.66
ปรับปรุงด้วยวิธีอื่นรวมกัน	790,918.38	1,454,625.95	4,730,139.45
ปรับปรุงด้วยวิธีทั้งหมด	355,255.60	1,141,708.66	2,874,534.52
เป้าหมายการลดทั้งหมด	707,386.63	1,204,515.78	4,598,745.27

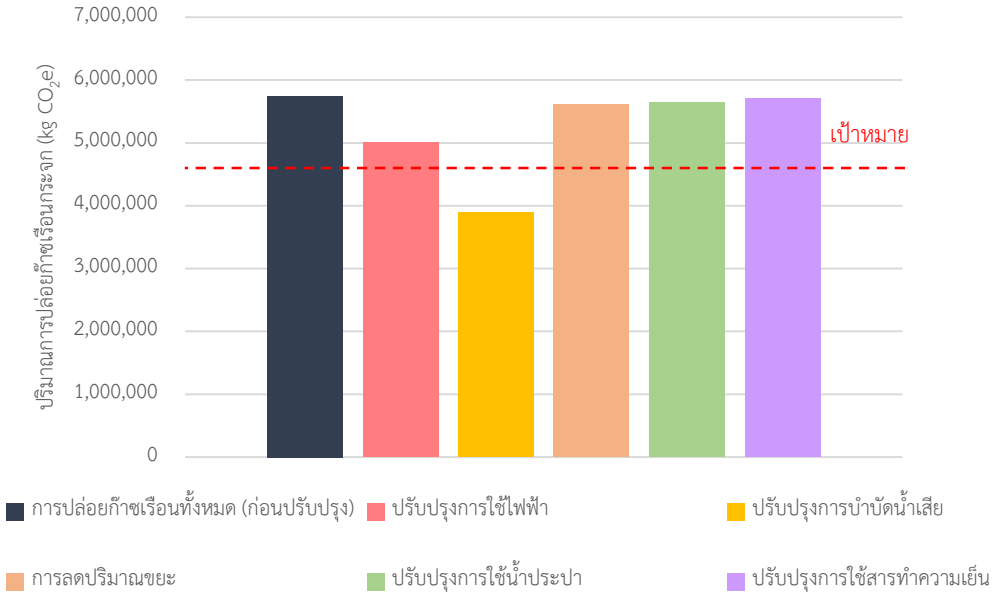
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



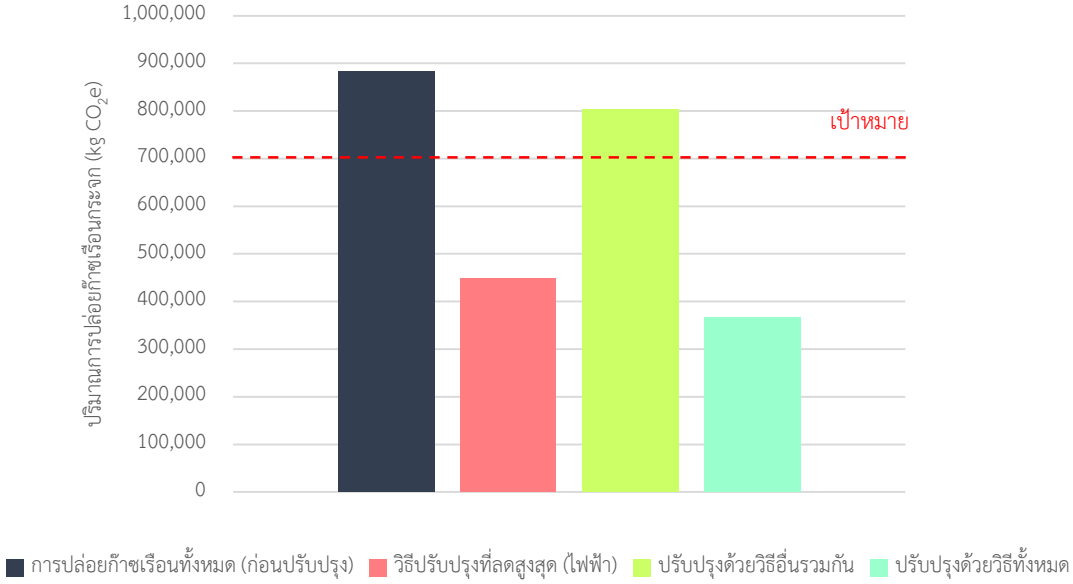
แผนภูมิที่ 4.38 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงแต่ละวิธีของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



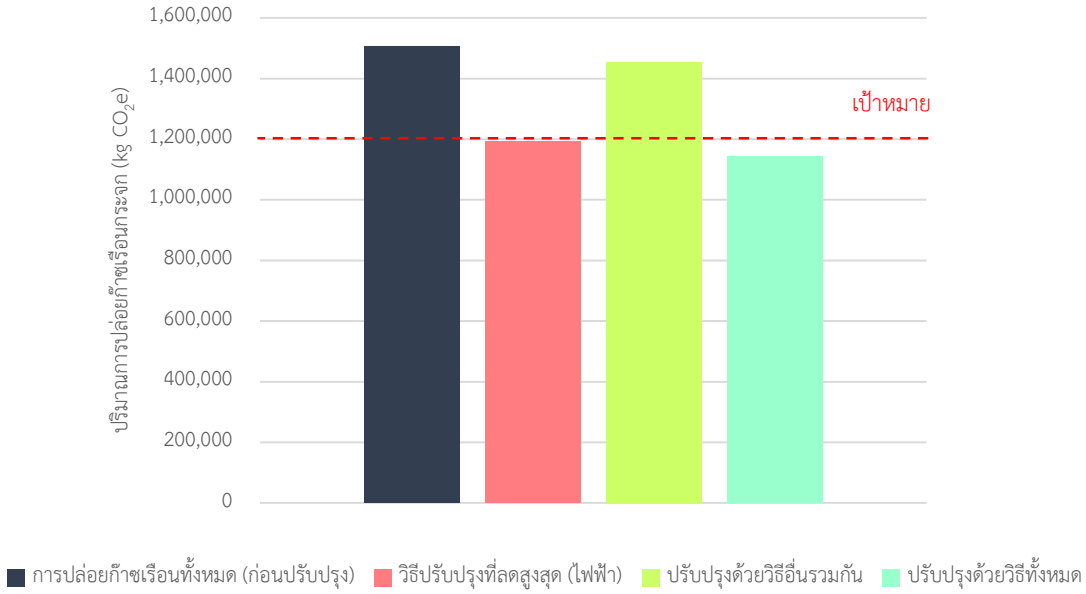
แผนภูมิที่ 4.39 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงแต่ละวิธีของอาคารจามจุรี 5



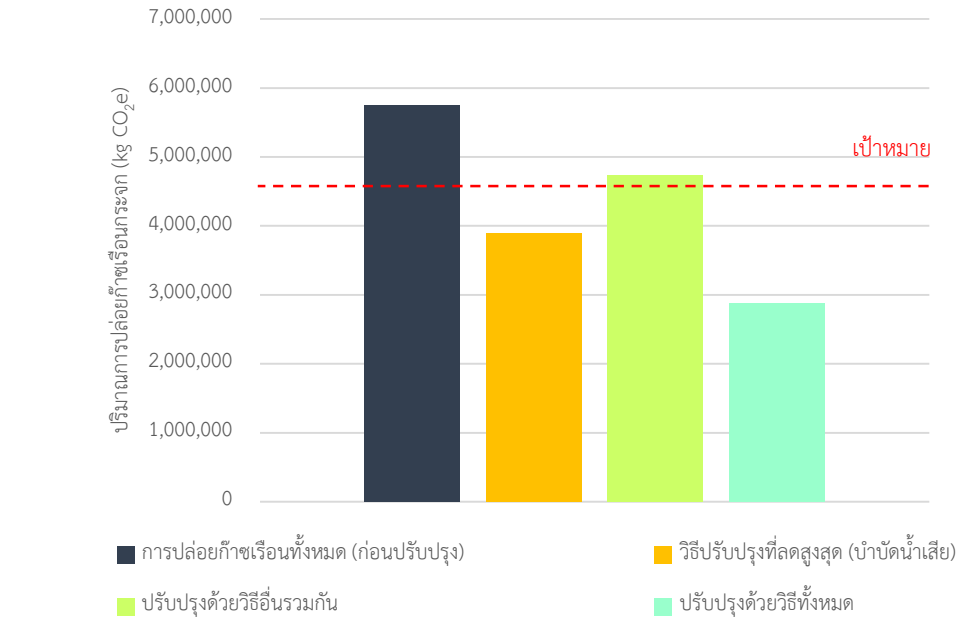
แผนภูมิที่ 4.40 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงแต่ละวิธีของหอพักชวนชม



แผนภูมิที่ 4.41 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงด้วยวิธีที่มีปริมาณที่ลดสูงสุด วิธีอื่นรวมกัน และรวมวิธีทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



แผนภูมิที่ 4.42 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงด้วยวิธีที่มีปริมาณที่ลดสูงสุด วิธีอื่นรวมกัน และรวมวิธีทั้งหมดของอาคารจามจุรี 5



แผนภูมิที่ 4.43 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากการปรับปรุงด้วยวิธีที่มีปริมาณที่ลดสูงสุด วิธีอื่นรวมกัน และรวมวิธีทั้งหมดของหอพักชวนชม

บทที่ 5
การเปรียบเทียบและอภิปรายผล

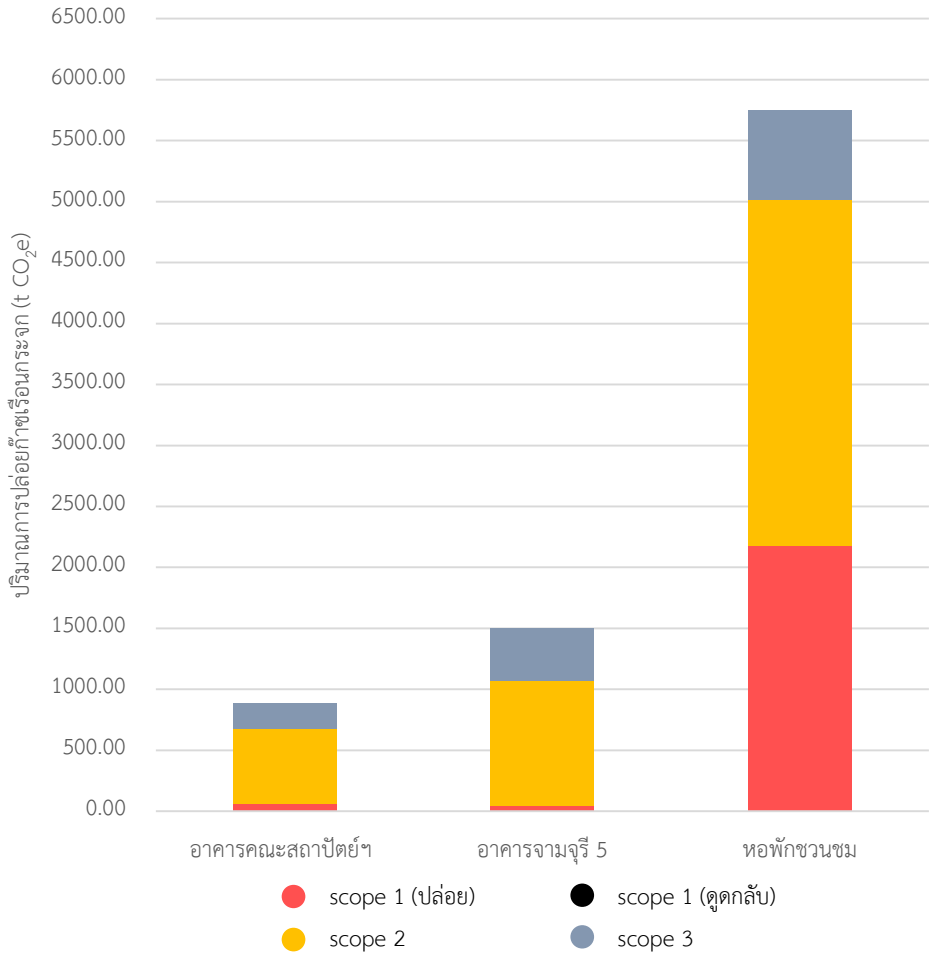
5.1 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละอาคาร

5.1.1 ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละอาคาร

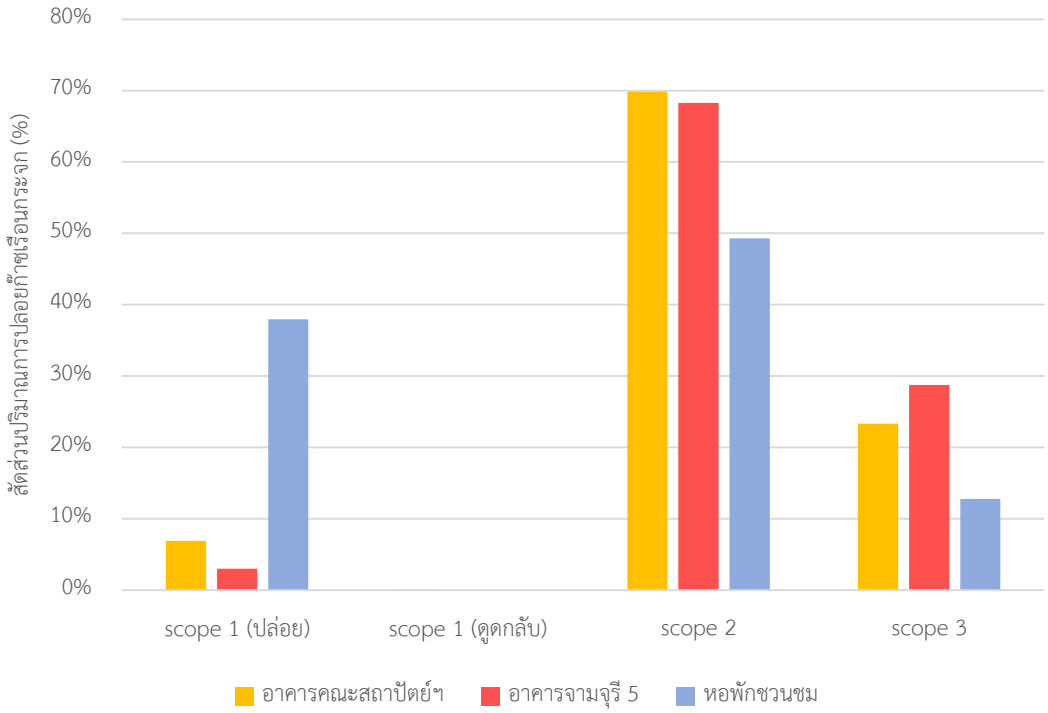
อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมซึ่งเป็นตัวแทนในการศึกษาของอาคารประเภทกลุ่มอาคารเรียน อาคารสำนักงาน อาคารพักอาศัย มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในปีพ.ศ.2559 เท่ากับ 884.23, 1,505.64 และ 5,748.43 t CO_2e ตามลำดับ โดยอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดสูงที่สุดซึ่งมากกว่าอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ประมาณ 6.5 เท่า เป็นผลมาจากการที่อาคารหอพักชวนชมเป็นอาคารประเภทที่พักอาศัยซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าและการใช้น้ำของผู้พักอาศัยเป็นจำนวนมากและเป็นระยะเวลายาวนานต่างจากอาคารประเภทอื่น รองลงมาเป็นอาคารจามจุรี 5 ที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดสูงกว่าอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ประมาณ 1.7 เท่า เช่นเดียวกันกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาที่อาคารหอพักชวนชมมีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาเป็นอาคารจามจุรี 5 และอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ตามลำดับ โดยมีปริมาณเท่ากับ 2,834.68, 1,027.89 และ 617.46 t CO_2e ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันนั้นอาคารหอพักชวนชมและอาคารจามจุรี 5 มีปริมาณที่สูงกว่าอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ประมาณ 4.6 และ 1.7 เท่า โดยเมื่อเทียบกับกรณีปริมาณการปล่อยทั้งหมดนั้นอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณที่แตกต่างกันประมาณ 1.5 เท่า ซึ่งต่างจากอาคารจามจุรี 5 ที่มีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเปรียบเทียบกันแต่ละอาคารแสดงในแผนภูมิที่ 5.1

จากการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแต่ละขอบเขตกิจกรรมของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชม มีสัดส่วนปริมาณการปล่อยจากขอบเขตที่ 1 เท่ากับร้อยละ 7, 3 และ 38 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดในแต่ละอาคารตามลำดับ ส่วนขอบเขตที่ 2 มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 70, 68 และ 49 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดในแต่ละอาคารตามลำดับ และขอบเขตที่ 3 มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 23, 29 และ 13 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดในแต่ละอาคารตามลำดับ ซึ่งอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เป็นอาคารเดียวที่มีการดูดกลับของก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 ซึ่งมาจากการดูดซับก๊าซเรือนกระจกของต้นไม้ในพื้นที่อาคาร โดยคิดเป็นสัดส่วนน้อยกว่าร้อยละ 1 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมด สาเหตุที่ทำให้อาคาร

หอพักชวนชมสัดส่วนปริมาณการปล่อยในขอบเขตที่ 1 สูงที่สุดนั้นเนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียในปริมาณสูงที่ส่งผลมาจากปริมาณการใช้น้ำในอาคารสูง ส่วนขอบเขตที่ 2 หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมานั้นอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มีสัดส่วนปริมาณการปล่อยสูงที่สุด เป็นผลจากการที่กิจกรรมการใช้งานอาคารแหล่งอื่นมีปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับการใช้ไฟฟ้า และอาคารจามจุรี 5 มีสัดส่วนปริมาณการปล่อยในขอบเขตที่ 3 สูงที่สุด ซึ่งมาจากกิจกรรมการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรที่มีปริมาณการปล่อยจากกิจกรรมนี้สูงที่สุดในอาคารตัวอย่างทั้งหมด สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขอบเขตเปรียบเทียบกันแต่ละอาคารแสดงในแผนภูมิที่ 5.2



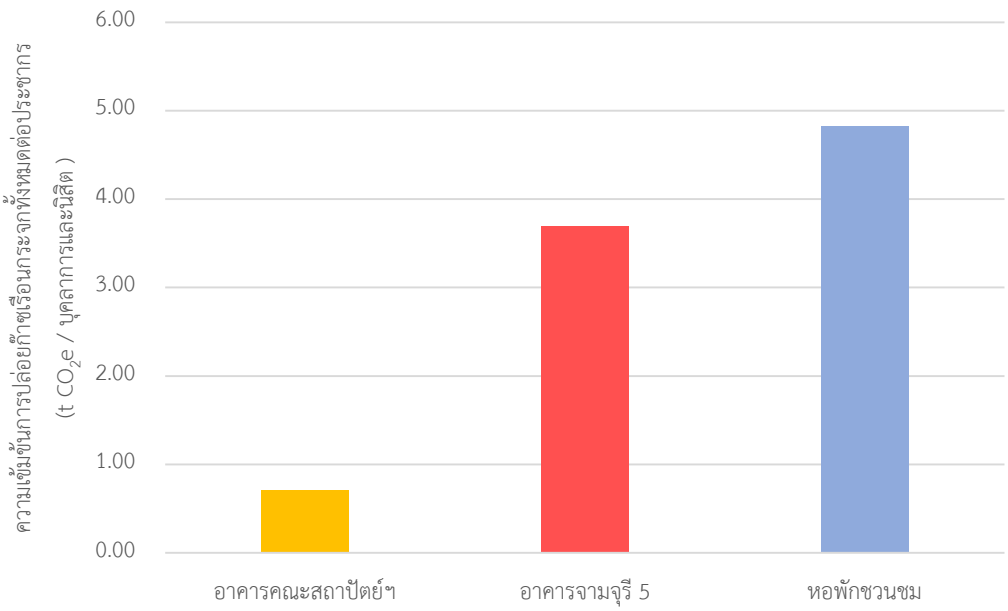
แผนภูมิที่ 5.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร



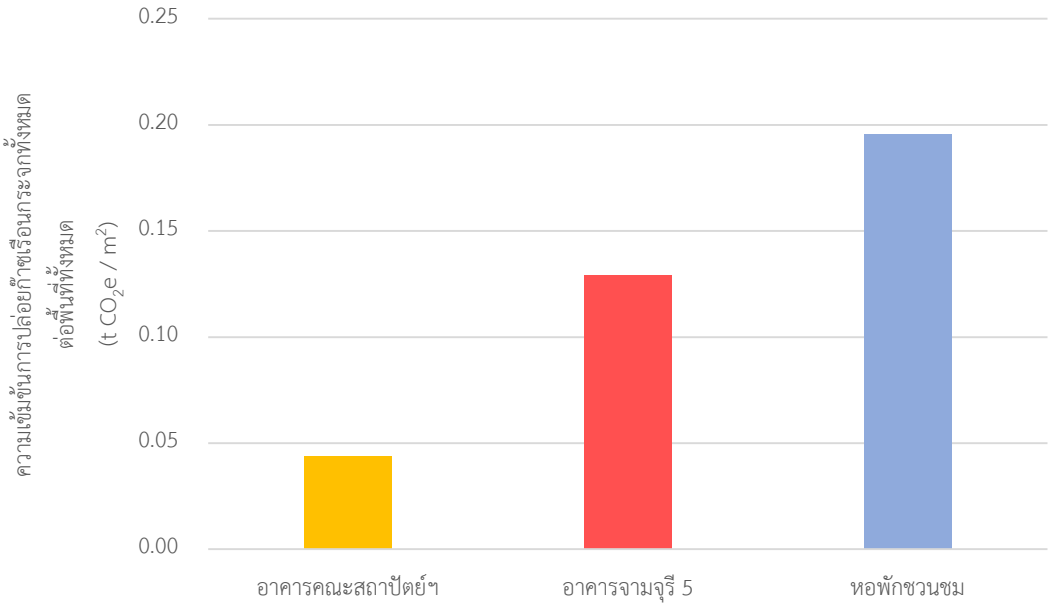
แผนภูมิที่ 5.2 สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขอบเขต เปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร

ความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อประชากร (บุคลากรและนิสิต) นั้นอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาเป็นอาคารจามจุรี 5 และอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ตามลำดับเช่นเดียวกันกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยมีปริมาณเท่ากับ 4.82, 3.69 และ 0.70 t CO_2e / คนตามลำดับ จากจำนวนประชากรเท่ากับ 1,193 (เจ้าหน้าที่: 5, ผู้พักอาศัย: 1,188), 408 และ 1191 (บุคลากร: 121, นิสิต: 1,139) คนตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อประชากร (บุคลากรและนิสิต) เปรียบเทียบกันแต่ละอาคารแสดงในแผนภูมิที่ 5.3 และส่วนปริมาณความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อพื้นที่อาคารทั้งหมดนั้นอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาเป็นอาคารจามจุรี 5 และอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่เหมือนกันกับกรณีที่เปรียบเทียบกับจำนวนประชากรโดยมีปริมาณเท่ากับ 0.20, 0.13 และ 0.04 t CO_2e / m^2 ตามลำดับ จากพื้นที่อาคารทั้งหมดเท่ากับ 29,382.92, 11,685.45 และ 20,240 ตร.ม. ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบกันในแต่ละอาคารในแผนภูมิที่ 5.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภูมิที่ 5.3 ความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อประชากร (บุคลากรและนิสิต) เปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร



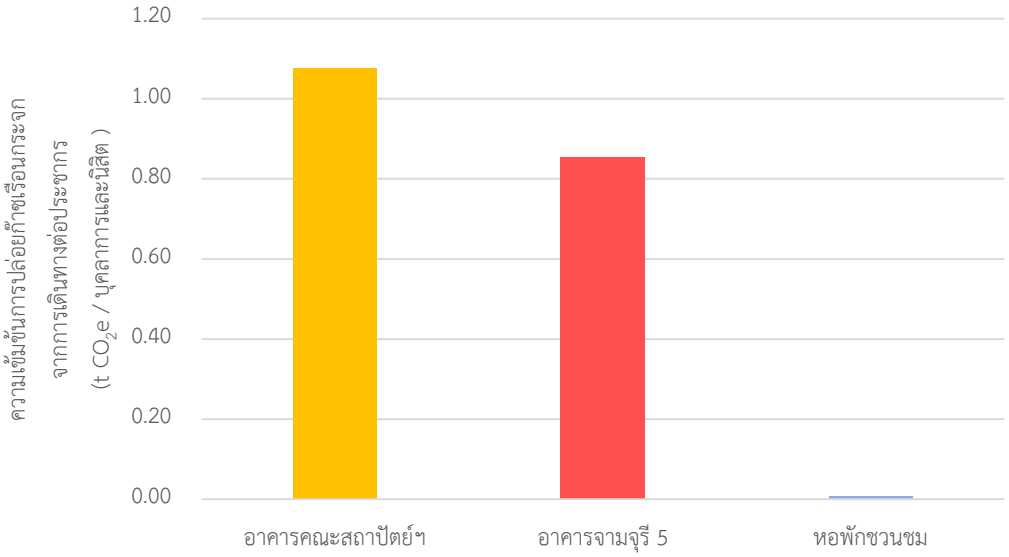
แผนภูมิที่ 5.4 ความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อประชากร (บุคลากรและนิสิต) เปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร

5.1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรของแต่ละอาคาร

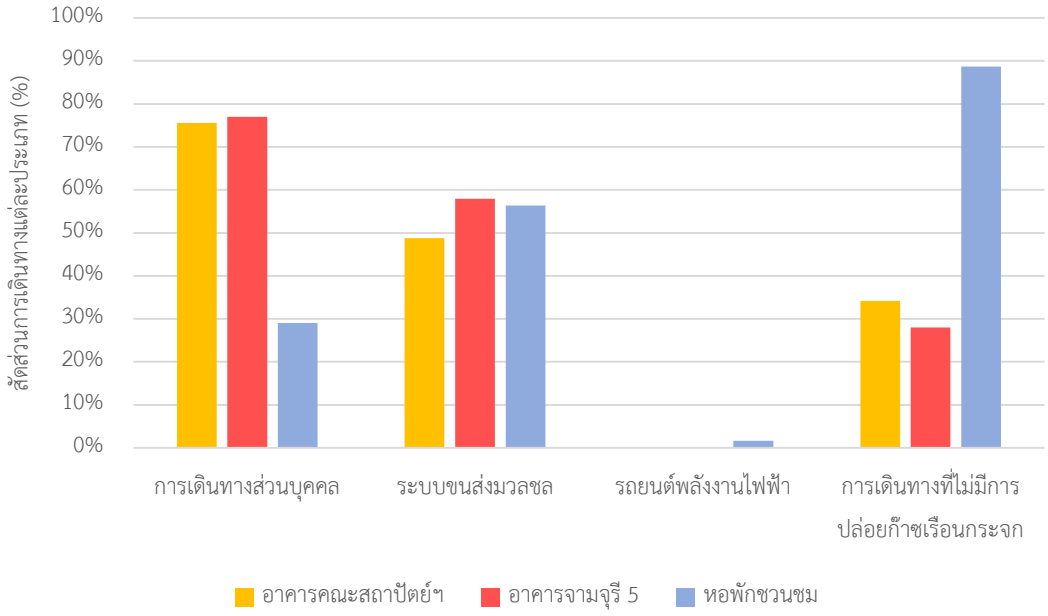
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณเท่ากับ 56.00, 348.14 และ 7.57 t CO_2e ตามลำดับ โดยเมื่อคิดเป็นความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อประชากร (บุคลากรและนิสิต) มีปริมาณเท่ากับ 1.08, 0.85 และ 0.01 t CO_2e / คน ตามลำดับ ซึ่งตรงข้ามกันกับปริมาณความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อประชากรที่อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มีปริมาณต่ำที่สุดและอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณสูงที่สุด สาเหตุมาจากการเดินทางของบุคลากรอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่มีการเดินทางแบบส่วนบุคคลในสัดส่วนปริมาณของผู้เดินทางและระยะทางเฉลี่ยที่สูง และถึงแม้มีการเดินทางด้วยระบบขนส่งมวลชลสาธารณะในสัดส่วนปริมาณของผู้เดินทางสูงแต่ระยะทางเฉลี่ยในการเดินทางมีระยะทางที่น้อยกว่าการเดินทางแบบส่วนบุคคลซึ่งตรงข้ามกับอาคารจามจุรี 5 ที่มีระยะทางมากกว่าจากการเดินทางด้วยระบบขนส่งมวลชลสาธารณะเทียบกับการเดินทางแบบส่วนบุคคล

ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางของบุคลากรอาคารหอพักชวนชมนั้นมาจากการเดินทางของนิสิตระหว่างอาคารเรียนและอาคารหอพักเนื่องจากเจ้าหน้าที่ที่ทำงานในอาคารพักอาศัยอยู่ที่หอพักนั้นจึงทำให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไปทำงาน โดยส่วนใหญ่การเดินทางใช้การเดินเท้าซึ่งไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและรองลงมาเป็นการใช้ระบบขนส่งมวลชลสาธารณะซึ่งส่วนมากเป็นรถปอ.พ. ซึ่งการเดินเท้าและการใช้ระบบขนส่งมวลชลสาธารณะมีสัดส่วนปริมาณของผู้ใช้การเดินทางรูปแบบนี้สูงกว่าการเดินทางส่วนบุคคลมากกว่าประมาณ 2 เท่า และเนื่องจากการเดินทางของนิสิตเป็นการเดินทางไปอาคารเรียนทำให้มีระยะทางการเดินทางที่สั้นทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางของบุคลากร อาคารหอพักชวนชมจึงมีปริมาณที่ต่ำมาก โดยปริมาณความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรต่อประชากร (บุคลากรและนิสิต) เปรียบเทียบกันแต่ละอาคารแสดงในแผนภูมิที่ 5.5 ส่วนรายละเอียดปริมาณสัดส่วนผู้ใช้งานการเดินทางและระยะทางเฉลี่ยการเดินทางแต่ละประเภทเปรียบเทียบกันแต่ละอาคารแสดงในแผนภูมิที่ 5.6 และ 5.7 ตามลำดับ

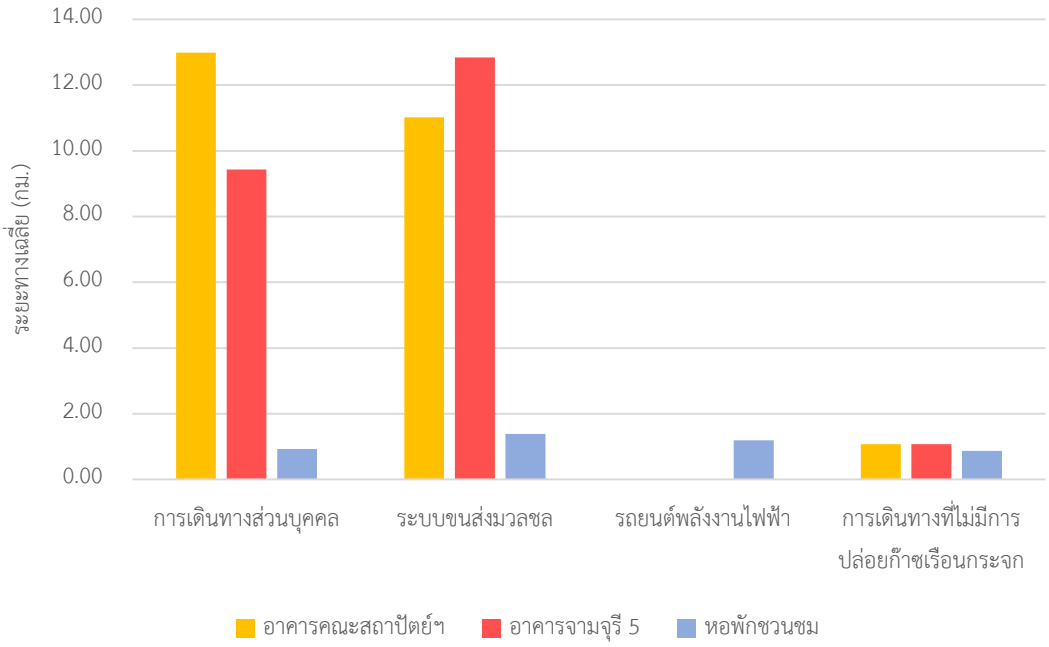
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



แผนภูมิที่ 5.5 ความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรต่อประชากร (บุคลากรและนิสิต) เปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร



แผนภูมิที่ 5.6 ปริมาณสัดส่วนผู้ใช้งานการเดินทางและระยะทางเฉลี่ยการเดินทางแต่ละประเภทเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร



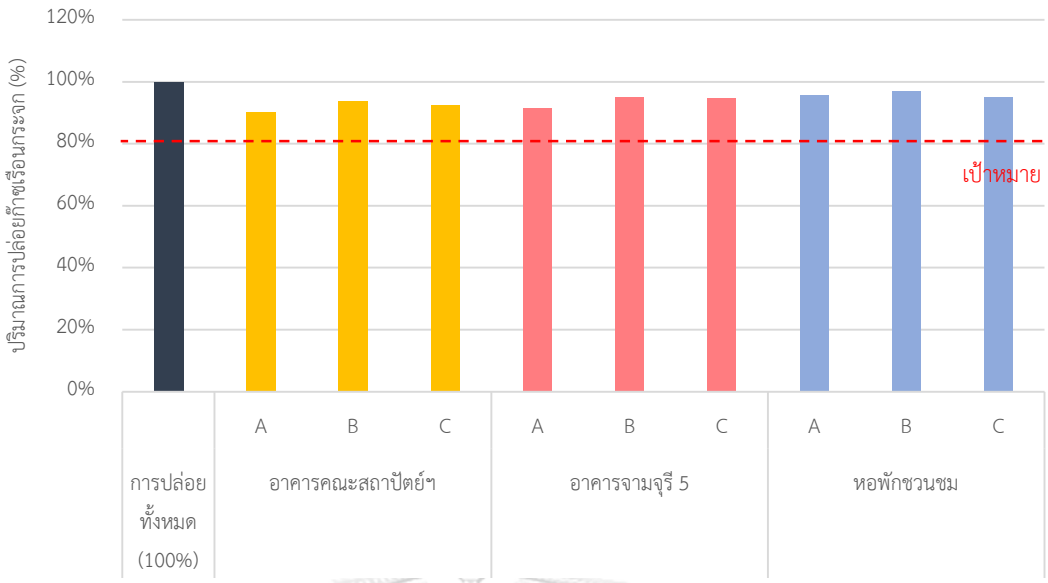
แผนภูมิที่ 5.7 ระยะทางเฉลี่ยการเดินทางแต่ละประเภทเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร

5.2 การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปรับปรุงในแต่ละอาคาร

5.2.1 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมา

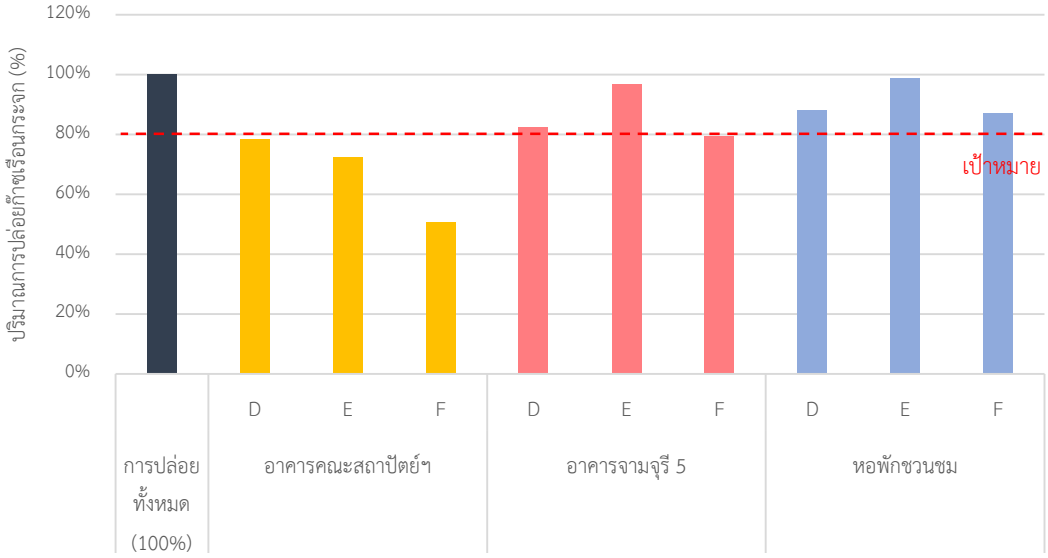
สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดโดยการใช้แผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มีปริมาณสูงที่สุดจากวิธีปรับปรุงทั้งหมดในทุกอาคาร เนื่องจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้นั้นมีปริมาณที่สูงซึ่งมาจากพื้นที่หลังคาของอาคารที่มีปริมาณมากสำหรับการติดแผงผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ ซึ่งการปรับปรุงด้วยวิธีนี้เพียงอย่างนั้นสามารถทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เหลือหลังการปรับปรุงทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์นั้นผ่านเป้าหมายในการลด (ลดลงร้อยละ 20 จากปริมาณทั้งหมด) ส่วนการปรับปรุงด้วยวิธีอื่นนั้นมีสัดส่วนปริมาณที่ลดลงใกล้เคียงกันในแต่ละอาคาร ส่วนอาคารจามจุรี 5 สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดให้ผ่านเป้าหมายด้วยการปรับปรุงทุกวิธีได้เพียงกรณีเดียว ส่วนอาคารหอพักชวนชมไม่สามารถลดปริมาณทั้งหมดลงผ่านเป้าหมายได้ถึงแม้ทำการปรับปรุงทุกวิธีก็ตาม รายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคารแสดงในแผนภูมิที่ 5.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



A : การปรับปรุงเปลือกอาคาร B : การปรับปรุงระบบปรับอากาศ C : การปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

แผนภูมิที่ 5.8 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร

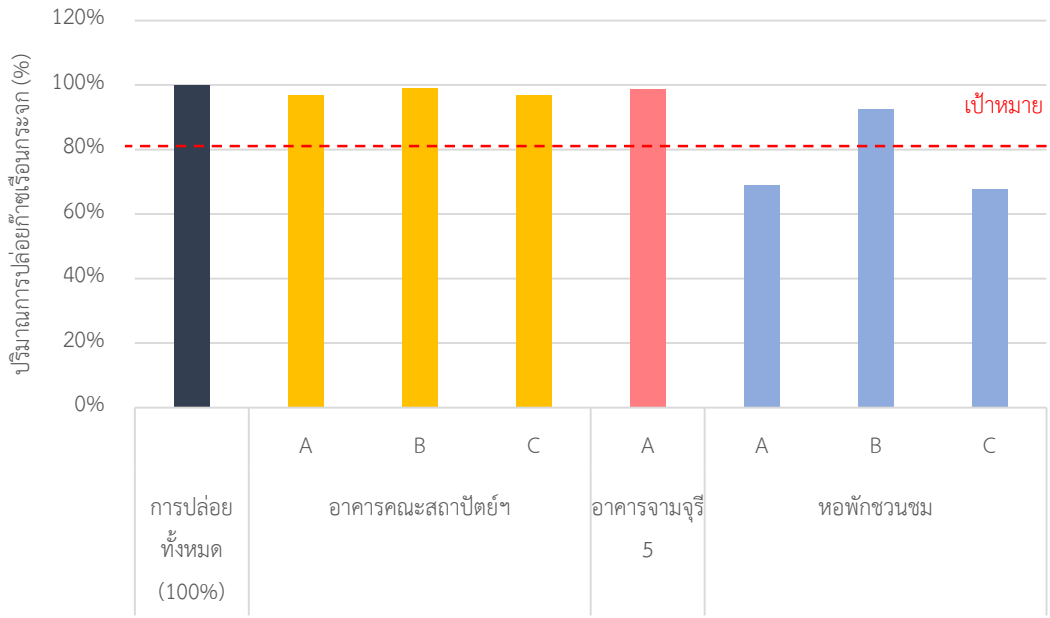


D : รวมวิธีปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานอาคาร E : การใช้แผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ F : รวมวิธีทั้งหมด

แผนภูมิที่ 5.8 (ต่อ) สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร

5.2.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการบำบัดน้ำเสียโดยองค์กร

วิธีการปรับปรุงด้วยการตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพระบบบำบัดน้ำเสียทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่ลดลงมากกว่าการเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำโดยเฉลี่ยเกือบ 4 เท่า แต่กลับส่งผลน้อยมากต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงของอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารจามจุรี 5 ส่วนอาคารหอพักชวนชมนั้นส่งผลทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงเป็นจำนวนมากผ่านเป้าหมายในการลดที่ตั้งไว้เนื่องจากสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณสูงเทียบกับปริมาณทั้งหมดของอาคาร รายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคารแสดงในแผนภูมิที่ 5.9

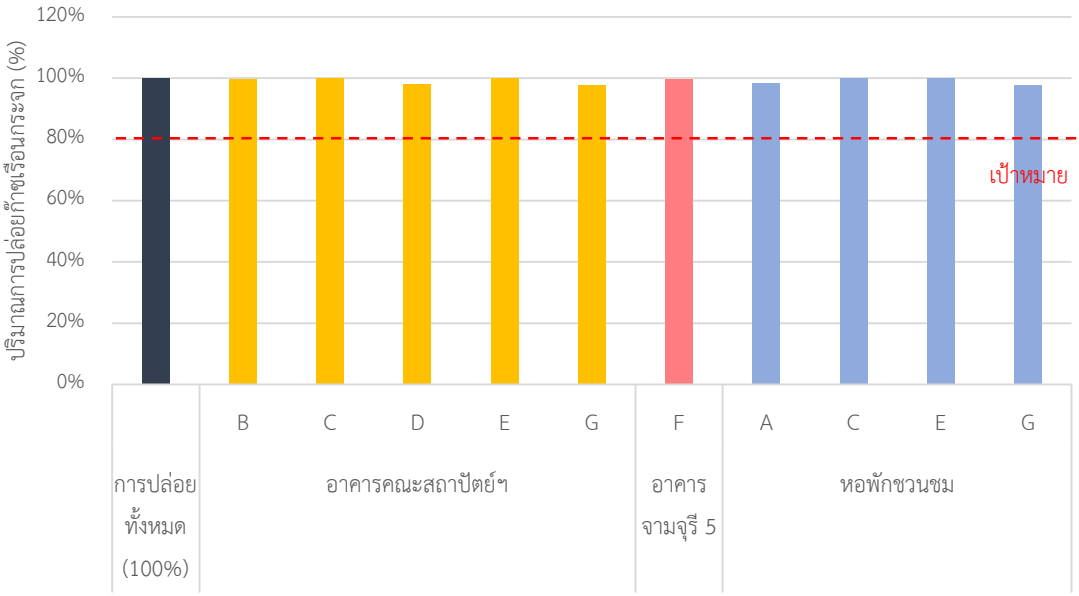


A : การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพระบบบำบัดน้ำเสีย B : การเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำ C : รวมทั้งสองวิธี

แผนภูมิที่ 5.9 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร

5.2.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการกำจัดขยะขององค์กรภายนอก

วิธีการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะของแต่ละอาคารนั้นมีวิธีการที่แตกต่างกันในแต่ละอาคาร ซึ่งปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะที่ลดลงด้วยการทำโครงการแยกขยะในอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณสูงที่สุดเนื่องจากเป็นการลดปริมาณขยะรวมทุกประเภทและมีประสิทธิภาพในการลดสูง รองลงมาเป็นการทำโครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหารในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่สามารถลดปริมาณขยะเศษอาหารที่คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 30.25 ของปริมาณน้ำหนักขยะทั้งหมดได้เกือบทั้งหมด ส่วนในภาพรวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ลดลงจากปรับปรุงทุกวิธีนั้นแทบไม่ส่งผลต่อปริมาณต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของทุกอาคาร รายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการจัดการขยะแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคารแสดงในแผนภูมิที่ 5.10

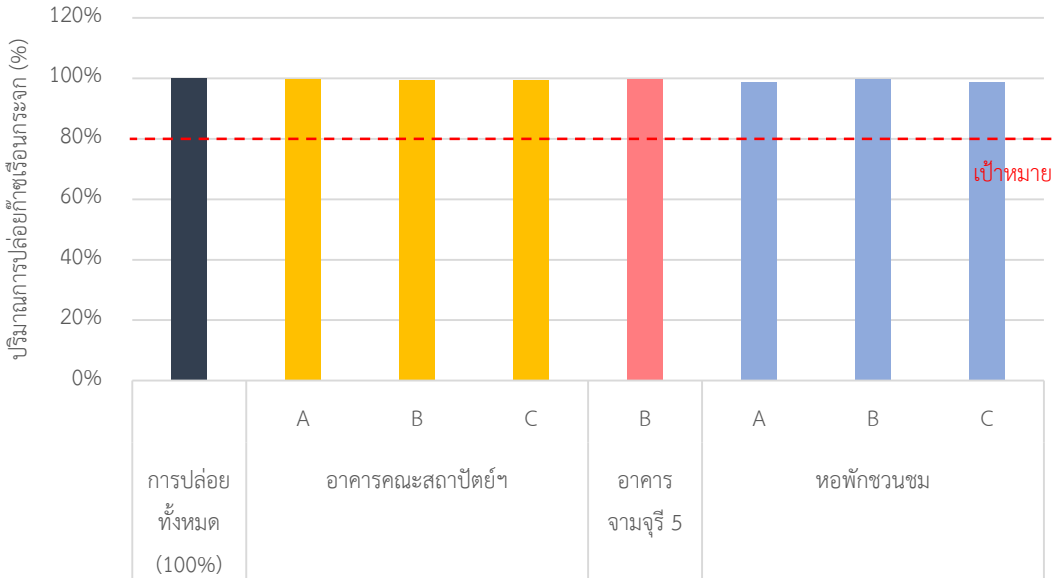


A : การแยกขยะก่อนทิ้ง
B : การลด ละ เลิกการใช้ถุงพลาสติก
C : โครงการ My Cup
D : การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหาร
E : โครงการ Recycle Plus
F : โครงการ Less Paper
G : รวมวิธีทั้งหมด

แผนภูมิที่ 5.10 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการจัดการขยะแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร

5.2.4 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้

สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้ที่ลดลงมีรูปแบบการลดที่แตกต่างระหว่างอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์กับอาคารหอพักชวนชม โดยที่อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มีสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้ที่ลดลงจากการบำบัดน้ำกลับมาใช้ใหม่สูงกว่าการเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำ เนื่องจากมีสัดส่วนปริมาณการใช้น้ำประปาในชักโครกที่สูงในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ซึ่งปริมาณน้ำจากการบำบัดน้ำกลับมาใช้ใหม่สามารถทดแทนได้หมด ทำให้เหลือปริมาณน้ำประปาที่ต้องซื้อมาใช้น้อยมาก เช่นเดียวกันกับอาคารจามจุรี 5 ที่มีการมีการใช้สุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำอยู่แล้ว ส่วนอาคารหอพักชวนชมนั้นเนื่องจากมีสัดส่วนการใช้น้ำประปาของก๊อกน้ำสูงกว่าการใช้น้ำของโถสุขภัณฑ์ ซึ่งทำให้ปริมาณน้ำจากการบำบัดน้ำกลับมาใช้ใหม่ไม่สามารถทดแทนได้หมดจึงทำให้การเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้ได้มากกว่า แต่การปรับปรุงทั้งสองวิธีนั้นแทบไม่ส่งผลต่อการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของแต่ละอาคาร รายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการใช้น้ำประปาแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคารแสดงในแผนภูมิที่ 5.11

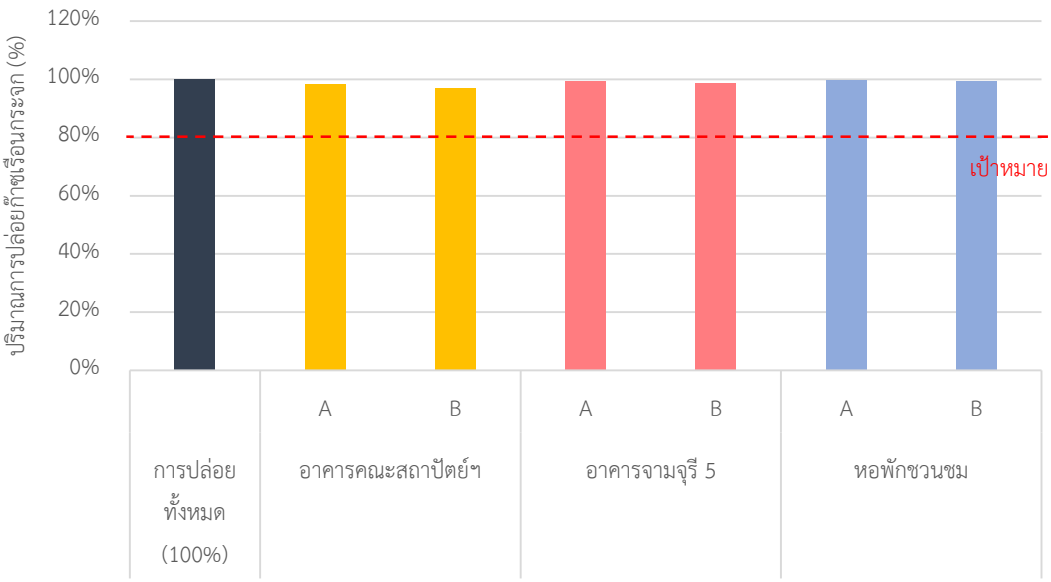


A : การเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำ B : การบำบัดน้ำกลับมาใช้ใหม่ C : รวมทั้งสองวิธี

แผนภูมิที่ 5.11 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการใช้น้ำประปาแต่ละวิธีเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร

5.2.5 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็น

ด้วยการปรับเปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นนั้นสามารถทำให้การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็นได้เป็นจำนวนมากในทุกอาคาร โดยการเปลี่ยนมาใช้สารชนิด R-32 ทำให้เกิดการลดลงเกินครึ่งและแทบไม่เหลือปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็นเลยจากการเปลี่ยนมาใช้สารชนิด R-1234yf เนื่องจากค่า GWP ของสารทำความเย็นที่ใช้ปรับปรุงมีปริมาณที่น้อยกว่าสารที่ใช้อยู่ประมาณ 2.5 และ 440 เท่าตามลำดับ แต่ถึงกระนั้นก็ไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของแต่ละอาคารมาก รายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการเปลี่ยนสารทำความเย็นแต่ละชนิดเปรียบเทียบกันแต่ละอาคารแสดงในแผนภูมิที่ 5.12



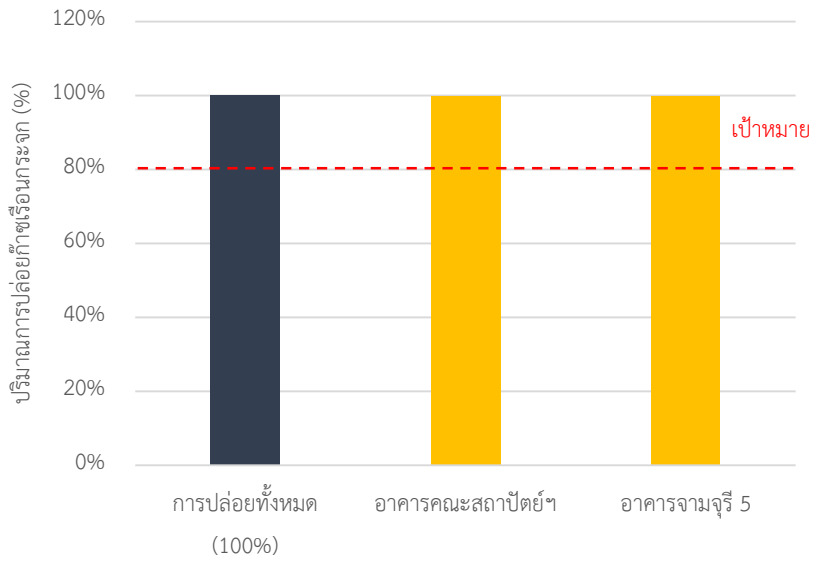
A : เปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นเป็น R-32 B : เปลี่ยนชนิดสารทำความเย็นเป็น R-1234yf

แผนภูมิที่ 5.12 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการเปลี่ยนสารทำความเย็นแต่ละชนิดเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร

5.2.6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงาน

ถึงแม้การทำโครงการ Less Paper สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงานได้ถึงร้อยละ 21 ในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารจามจุรี 5 ที่ยังไม่ได้มีการดำเนินการ แต่แทบไม่ได้ส่งผลแต่การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของแต่ละอาคารเลย

รายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการใช้กระดาษเปรียบเทียบกันแต่ละอาคารแสดงในแผนภูมิที่ 5.13



แผนภูมิที่ 5.13 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงการใช้กระดาษเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร

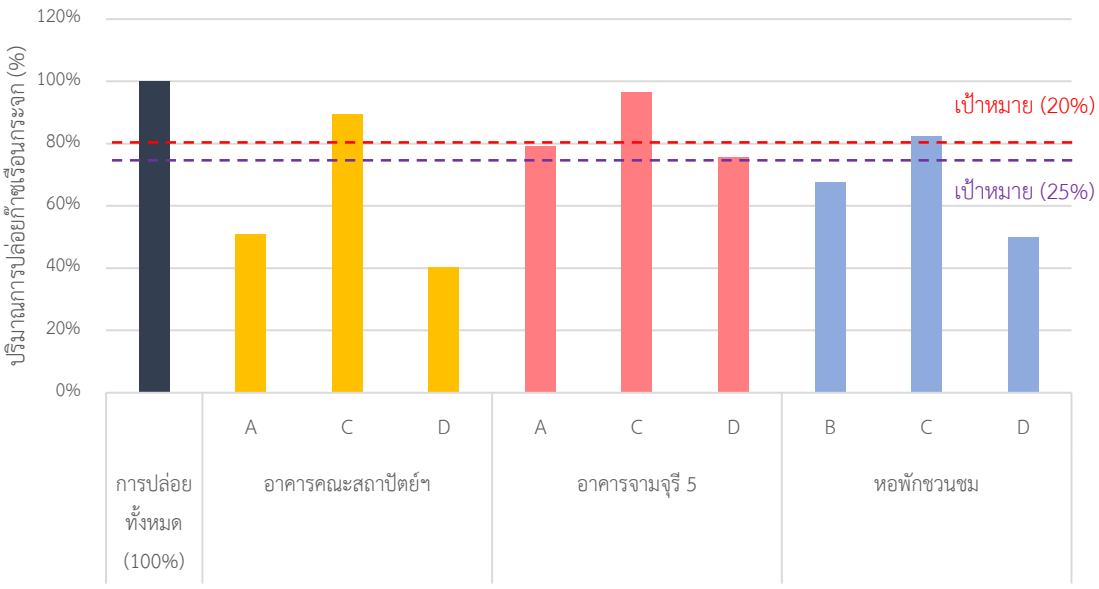
5.2.7 ผลรวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงของแต่ละอาคาร

จากวิธีการปรับปรุงแหล่งกิจกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงทั้งหมด พบว่าการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละอาคารทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงสูงในทุกอาคาร โดยเป็นวิธีการที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงสูงที่สุดในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารจามจุรี 5 ที่ทำให้ผ่านเป้าหมายการลดที่ตั้งไว้ (ลดลงร้อยละ 20 จากปริมาณทั้งหมด) ส่วนอาคารหอพักชวนชมนั้นการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียเป็นวิธีการที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงสูงที่สุดซึ่งผ่านเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยถ้าทำการปรับปรุงแหล่งกิจกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงทั้งหมดนั้นสามารถทำให้อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารหอพักชวนชมมีประสิทธิภาพที่เพียงพอในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดให้ลดลงเกินร้อยละ 25 ของปริมาณทั้งหมด ซึ่งเป็นเพดานสูงสุดที่ตั้งเป้าหมายในการลดของนโยบายของรัฐบาลไทยตามความตกลงปารีส (Paris Agreement) รายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทั้งหมดหลังการปรับปรุงด้วยวิธีที่มีปริมาณที่ลดสูงสุด วิธีอื่นรวมกัน และรวมวิธีทั้งหมดเปรียบเทียบกันแต่ละอาคารแสดงในแผนภูมิที่ 5.14

ในกรณีที่ไม่ต้องการปรับปรุงด้วยวิธีที่ทำให้เกิดปริมาณการลดสูงที่สุด โดยการปรับปรุงด้วยวิธีอื่นรวมกันนั้นไม่มีอาคารใดที่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดได้เกินเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งในกรณีนี้ที่ต้องการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดให้ได้เกินเป้าหมายนั้น อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ต้องปรับปรุงการดำเนินโครงการลดปริมาณขยะให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นโดยต้องลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกิจกรรมให้เกินร้อยละ 85 ส่วนอาคารจามจุรี 5 ต้องทำการปรับปรุงการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรเท่านั้น ซึ่งมีความเป็นไปได้น้อยในการปรับปรุงการเดินทางของบุคลากร และอาคารหอพักชวนชมนั้นต้องเปลี่ยนสุขภัณฑ์ให้ประหยัดน้ำมากยิ่งขึ้นโดยต้องลดการใช้น้ำประปาลงเกินร้อยละ 50 ของปริมาณที่ใช้อยู่ทั้งหมด



A : วิธีปรับปรุงที่ลดสูงสุด (ไฟฟ้า)

B : วิธีปรับปรุงที่ลดสูงสุด (บำบัดน้ำเสีย)

C : ปรับปรุงด้วยวิธีอื่นรวมกัน

D : ปรับปรุงด้วยวิธีทั้งหมด

แผนภูมิที่ 5.14 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปริมาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงด้วยวิธีที่มีปริมาณที่ลดสูงสุด วิธีอื่นรวมกัน และรวมวิธีทั้งหมดเปรียบเทียบกันแต่ละอาคาร

5.3 การเปรียบเทียบผลการศึกษากับแต่ละสถานศึกษา

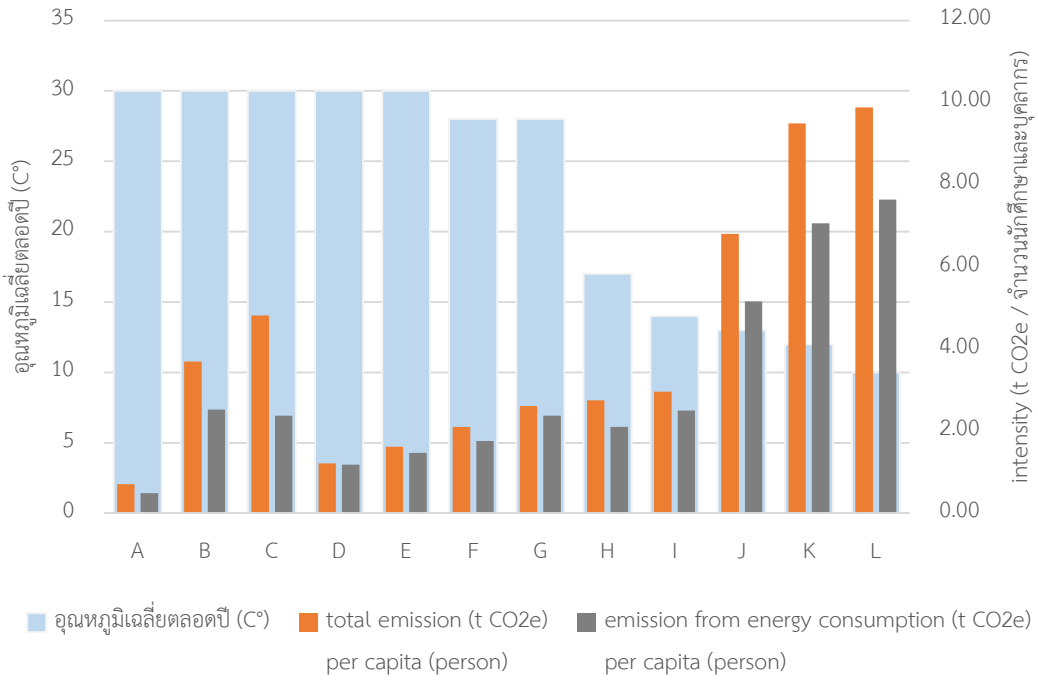
5.3.1 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสถานศึกษา

ความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อประชากร (บุคลากรและนิสิต) ของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณเท่ากับ 0.70, 3.69 และ 4.82t CO_2e / คนตามลำดับ ส่วนปริมาณความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อพื้นที่อาคารทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ 0.04, 0.13 และ 0.20 t CO_2e / m^2 ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดและจากการใช้พลังงานต่อจำนวนนิสิตและบุคลากรกับจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2558 ที่มีปริมาณเท่ากับ 1.21 t CO_2e / คน (ณฐพล รำพึงกิจ, 2559) และสถานศึกษาแห่งอื่นโดยมีขอบเขตการศึกษาและการคำนวณที่แตกต่างกันในบางส่วน ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดและจากการใช้พลังงานของสถานศึกษาแต่ละแห่งนั้นมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีของพื้นที่ตั้งสถานศึกษาแต่ละแห่งมีระดับอุณหภูมิที่ต่ำลง ซึ่งเกิดจากประเทศเมืองหนาวมีความต้องการเชื้อเพลิงและพลังงานที่สูงขึ้นจากการใช้อุปกรณ์ทำความร้อน (heater) ในช่วงฤดูหนาวเพื่อปรับสภาพอากาศให้อบอุ่นขึ้น จึงทำให้เกิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าประเทศเมืองร้อน โดยพบว่าอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มีปริมาณที่ต่ำกว่าของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและสถานศึกษาแห่งอื่น แต่อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงกว่าทั้งปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดและจากการใช้พลังงานของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและสถานศึกษาแห่งอื่นในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีใกล้เคียงกัน สามารถดูรายละเอียดปริมาณความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อจำนวนประชากร (บุคลากรและนิสิต) เปรียบเทียบกันแต่ละอาคารและสถานศึกษาได้ในแผนภูมิที่ 5.15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนกรณีที่ทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดและจากการใช้พลังงานต่อพื้นที่ก่อสร้างทั้งหมด (gross floor area) ของอาคารตัวแทนจากการศึกษาในครั้งนี้กับสถานศึกษาแห่งอื่น พบว่ามีผลลัพธ์ที่เหมือนกันกับกรณีที่เปรียบเทียบกับจำนวนประชากร โดยที่อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มีปริมาณความเข้มข้นในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ต่ำกว่าของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและสถานศึกษาแห่งอื่น ส่วนอาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณความเข้มข้นในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงกว่าของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและสถานศึกษาแห่งอื่นในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีใกล้เคียงกัน ซึ่งมีแนวโน้มปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมือนกันกับกรณีที่เปรียบเทียบกับจำนวนประชากรที่ปริมาณความเข้มข้นมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีของพื้นที่ตั้งสถานศึกษาแต่ละแห่งมีระดับอุณหภูมิที่ต่ำลง ถึงแม้ว่าในบางกรณีที่สถานศึกษาบางแห่งมีความแตกต่างจากการแนวโน้มของปริมาณความเข้มข้น

ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมทั้งหมดเล็กน้อย รายละเอียดการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ก่อสร้างทั้งหมดของแต่ละอาคารและสถานศึกษาแสดงในแผนภูมิที่ 5.16



A : Faculty of Architecture, CU (2016)

B : Chamchuri 5 Office Building, CU (2016)

C : Chounchom Dormitory, CU (2016)

D : Chualalongkorn University (2016)

E : Thammasat University (2010) * เฉพาะนักศึกษา

F : University Technology Malaysia (UTM, 2011)

G : Nanyang Technological University (2016)

H : University of Capetown (2013)

I : Monash University (2011)

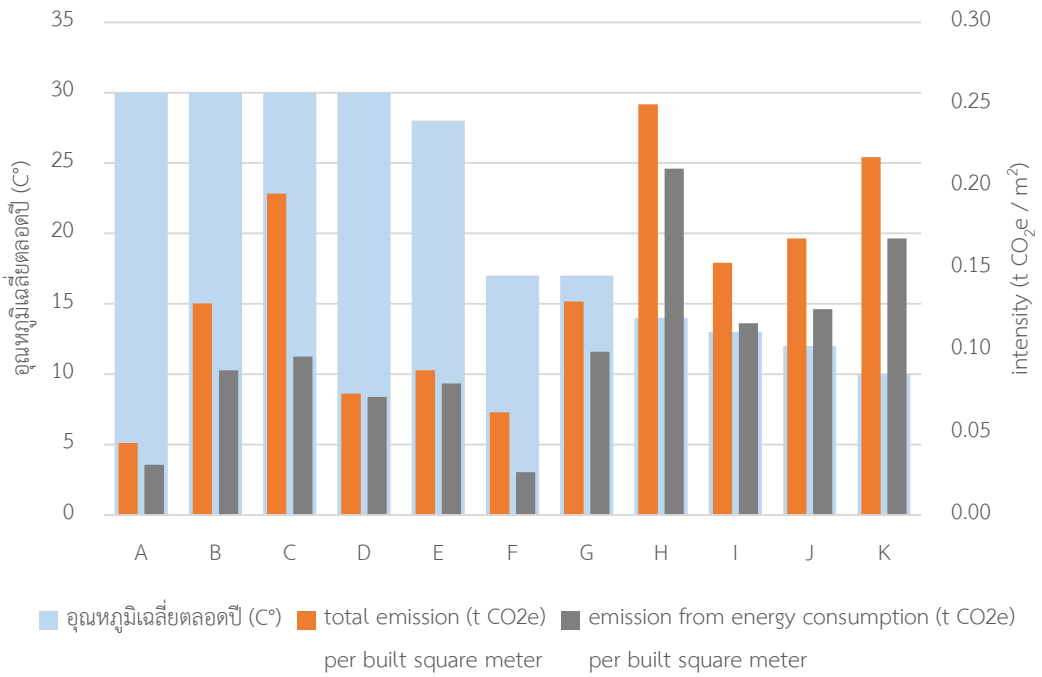
J : Cornell University (2016)

K : Yale University (2016)

L : Northwestern University (2016)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิที่ 5.15 ปริมาณความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อจำนวนประชากร (บุคลากรและนิสิต) เปรียบเทียบกันแต่ละอาคารและสถานศึกษา



A : Faculty of Architecture, CU (2016)

B : Chamchuri 5 Office Building, CU (2016)

C : Chounchom Dormitory, CU (2016)

D : Chualalongkorn University (2016)

E : Nanyang Technological University (2016)

F : Universidad Nacional Autónoma de México (2010)

G : University of Capetown (2013)

H : Monash University (2011)

I : Cornell University (2016)

J : Yale University (2016)

K : northwestern University (2016)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิที่ 5.16 ปริมาณความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ก่อสร้างทั้งหมด (gross floor area) เปรียบเทียบกันแต่ละอาคารและสถานศึกษา

แหล่งที่มาข้อมูลของแต่ละสถานศึกษา

Chualalongkorn University (2016)	:	ณฐพล รำพึงกิจ. (2559). การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Thammasat University (2010) : ไพรัช อุศุภรัตน์ และหาญพล พึ่งรัศมี. (2557). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 22(1), 1-12.

University Technology Malaysia (UTM, 2011) : Yazdani, Z., Talkhestan, G. A., & Kamsah, M. (2013). Assessment of Carbon Footprint at University Technology Malaysia (UTM). Paper presented at the Applied Mechanics and Materials.

Nanyang Technological University (2016) : Nanyang Technological University. (2017). Nanyang Technological University Sustainability Report FY16 (online). Retrieved 2018, June 26 http://www.ntu.edu.sg/AboutNTU/UniversityPublications/Documents/NTU%20Sustainability%20Report%20FY16.pdf

Universidad Nacional Autónoma de México (2010) : Güereca, L. P., Torres, N., & Noyola, A. (2013). Carbon Footprint as a basis for a cleaner research institute in Mexico. Journal of cleaner production, 47, 396-403.

University of Capetown (2013) : Rippon, S. (2014). University of Cape Town Carbon Footprint Report 2013 (online). Retrieved 2018, June 26 http://www.uct.ac.za/sites/default/files/image_tool/images/328/explore/sustainability/reports/UCT_Carbon_Footprint_Report_2013.pdf

Monash University (2011) : Environmental Sustainability, F. a. S. (2012). 2011 Carbon Footprint Greenhouse Gas Inventory (online). Retrieved 2018, June 26 https://www.monash.edu/__data/assets/pdf_file/0019/127027/ghginventory2011.pdf

Cornell University (2016) : Cornell University: Campus Sustainability Office. (2017, December 13). Cornell Greenhouse Gas Emissions: Measuring our progress towards carbon neutrality by 2035. Retrieved from https://www.sustainablecampus.cornell.edu/initiatives/greenhouse-gas-emissions-inventory
Gross area : Available at: https://masterplan.cornell.edu/doc/CMP_PART_1/context.pdf

Yale University (2016) : Yale Office of Sustainability. (2016). Yale University: Greenhouse Gas Emissions Reduction Progress 2016 (online). Retrieved 2018, June 26 https://sustainability.yale.edu/sites/default/files/2016_greenhouse_gas_reduction_report.pdf

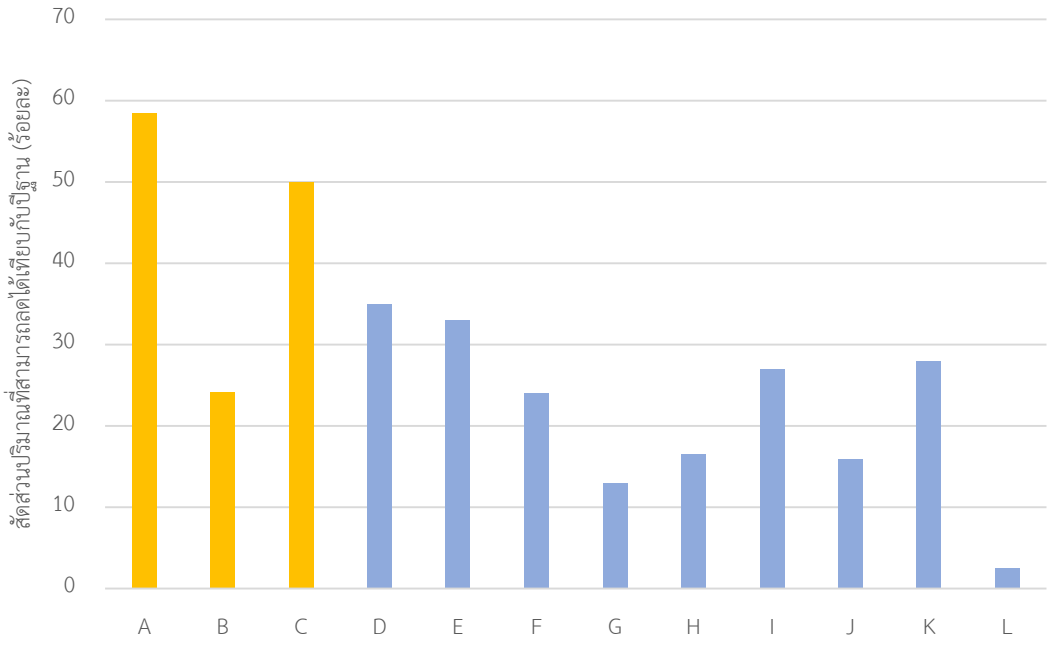
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Northwestern University (2016) : SustainNU. (2017, August 31). Understanding Northwestern's Carbon Footprint. Retrieved from https://www.northwestern.edu/sustainability/news/2017/2017-08-ghg-inventory.html
Gross area : Available at: https://www.northwestern.edu/fm/campus/docs/CampusFrameworkPlanJuly2009.pdf

5.3.2 การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้ในแต่ละสถานศึกษา

จากการปรับปรุงด้วยวิธีทั้งหมดรวมกันนั้นอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมนั้นสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดได้เท่ากับร้อยละ 58.5, 24.2 และ 50.0 ของปริมาณทั้งหมดของแต่ละอาคารตามลำดับ โดยที่เป็นการศึกษาปริมาณที่ลดลงเทียบกับข้อมูลปีเดียวกันเนื่องจากไม่เคยมีการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาก่อนหน้านี้ที่ในความเป็นจริงแล้วต้องทำการเปรียบเทียบกับปีที่เริ่มศึกษาก่อนหน้าหรือปีฐานดั่งในการศึกษาอื่น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากปีฐานของสถานศึกษาแห่งอื่นพบว่าอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารหอพักชวนชมมีสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้มากกว่าสถานศึกษาแหล่งอื่น ส่วนอาคารจามจุรี 5 มีสัดส่วนที่ลดได้ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของสถานแห่งอื่นที่มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 21.7 จากปีฐาน แต่ด้วยขอบเขตในการศึกษาที่มีความแตกต่างระหว่างสถานศึกษาแห่งอื่นกับการศึกษาในครั้งนี้ในบางส่วนและวิธีการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงของสถานศึกษาแห่งอื่นเป็นการดำเนินโครงการจริงที่แตกต่างกับการศึกษาในครั้งนี้ ทำให้ไม่สามารถทำการเปรียบเทียบผลได้อย่างชัดเจนมากนัก รายละเอียดสัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้เปรียบเทียบกันแต่ละอาคารและสถานศึกษาแสดงในแผนภูมิที่ 5.17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



A :	Faculty of Architecture, CU (2016)	ปีฐาน :	2016
B :	Chamchuri 5 Office Building, CU (2016)	ปีฐาน :	2016
C :	Chounchom Dormitory, CU (2016)	ปีฐาน :	2016
D :	University of Reading (2017)	ปีฐาน :	2008
E :	Cornell University (2016)	ปีฐาน :	2008
F :	Yale University (2016)	ปีฐาน :	2005
G :	Northwestern University (2016)	ปีฐาน :	2012
H :	University of Brighton (2015)	ปีฐาน :	2005
I :	University of Maryland (2015)	ปีฐาน :	2005
J :	University of Nottingham (2014)	ปีฐาน :	2009
K :	Lancaster University (2013)	ปีฐาน :	2005
L :	De Monfort University (2008)	ปีฐาน :	2008

แผนภูมิที่ 5.17 สัดส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้เปรียบเทียบกันแต่ละอาคารและสถานศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แหล่งที่มาข้อมูลของแต่ละสถานศึกษา

Cornell University (2016)	:	Cornell University: Campus Sustainability Office. (2017, December 13). Cornell Greenhouse Gas Emissions: Measuring our progress towards carbon neutrality by 2035. Retrieved from https://www.sustainablecampus.cornell.edu/initiatives/greenhouse-gas-emissions-inventory
Yale University (2016)	:	Yale Office of Sustainability. (2016). Yale University: Greenhouse Gas Emissions Reduction Progress 2016 (online). Retrieved 2018, June 26 https://sustainability.yale.edu/sites/default/files/2016_greenhouse_gas_reduction_report.pdf
Northwestern University (2016)	:	SustainNU. (2017, August 31). Understanding Northwestern's Carbon Footprint. Retrieved from https://www.northwestern.edu/sustainability/news/2017/2017-08-ghg-inventory.html
University of Reading (2017)	:	The University of Reading. (2017, February 8). UNIVERSITY REDUCES CARBON EMISSIONS BY 35% TO SAVE £17 MILLION. Retrieved from http://www.reading.ac.uk/news-and-events/releases/PR711486.aspx
University of Brighton (2015)	:	Dombey, A. (2017). University of Brighton Carbon Management Plan 2017-2020 (online). Retrieved 2018, July 3 https://staff.brighton.ac.uk/efm/Public_Docs/Environment%20Team/Policies%20and%20Strategies/CMP%20Uni%20of%20Brighton%202017.pdf
University of Maryland (2015)	:	The University of Maryland: the Office of Sustainability. (2018, June 22). University of Maryland Climate Action Plan 2.0. Retrieved from https://sustainability.umd.edu/progress/climate-action-plan-20 Group, U. o. M. C. A. P. W. (2009). University of Maryland Climate Action Plan (online). Retrieved 2018, June 22 https://sustainability.umd.edu/sites/sustainability.umd.edu/files/climate_action_plan.pdf
University of Nottingham (2014)	:	University of Nottingham: Sustainability and Environment committee. (2016). Carbon Management Plan 2010-2020 (online). Retrieved 2018, June 22 https://www.nottingham.ac.uk/sustainability/documents/carbonmanagementplan.pdf

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Lancaster University (2013) : Mills, J. (2015). Lancaster University: Carbon Management Plan 2015 (online). Retrieved 2018, June 22 http://www.lancaster.ac.uk /media/lancaster-university/content-assets/images/sustainability/FinalCarbonManagementPlan2015.pdf

De Monfort University (2008) : Ozawa-Meida, L., Brockway, P., Letten, K., Davies, J., & Fleming, P. (2013). Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study. Journal of cleaner production, 56, 185-198.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษา ข้อเสนอแนะ และแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก

6.1 สรุปผลการสำรวจและเก็บข้อมูลอาคารตัวอย่าง

อาคารตัวอย่างที่เลือกทำการศึกษาประกอบด้วยอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ (อาคารนารถ โพธิประสาท อาคารสถาปัตยกรรม 1 และอาคารสถาปัตยกรรม 2) อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชม ซึ่งเป็นตัวแทนอาคารประเภทกลุ่มอาคารเรียน อาคารสำนักงาน และอาคารพักอาศัย ตามลำดับ โดยเกณฑ์การคัดเลือกอาคารตัวอย่างขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้งานอาคารและผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณสูง ข้อมูลไม่มีความซับซ้อนเกินความสามารถในการเข้าถึงข้อมูล และมีข้อมูลที่ครบถ้วนเพียงพอในการประเมินและเป็นต้นแบบในการศึกษาอาคารอื่น ส่วนการเก็บข้อมูลในแต่ละอาคารนั้นทำการเก็บข้อมูลปริมาณกิจกรรมหรือการใช้งานตามข้อกำหนดของเกณฑ์ อบก. ที่มีกิจกรรมขอบเขตที่ 1, 2 และ 3

ข้อมูลที่ทำการเก็บสำรวจในบางส่วนไม่ได้มีการบันทึกข้อมูลเอาไว้ ทำให้ต้องใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับค่ามาตรฐานหรือค่าอ้างอิงจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการประมาณค่าปริมาณข้อมูล ซึ่งได้แก่ ข้อมูลปริมาณขยะของอาคารหอพักชวนชมและอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ในบางส่วนที่ไม่มีการบันทึกข้อมูลเอาไว้ ทำให้ต้องใช้การสำรวจภาคสนามในการหาสัดส่วนโดยประมาณของปริมาณขยะแต่ละประเภทและปริมาตรบรรจุพื้นที่ทิ้งขยะ คำนวณควบคู่กับค่าความหนาแน่นโดยประมาณ (rules of thumb) และความหนาแน่นรวม (bulk density) ของขยะแต่ละประเภทเพื่อหาปริมาณน้ำหนักของขยะทั้งหมดที่เกิดขึ้นในแต่ละอาคาร และข้อมูลคุณภาพน้ำเสียและประสิทธิภาพของระบบน้ำเสียที่ได้ไม่ได้มีการตรวจสอบ ทำให้ต้องใช้ค่า BOD เฉลี่ยจากการใช้งานอาคารสถานศึกษาที่มาจากค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษซึ่งมีค่าเท่ากับ 520 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่า BOD ที่สถานศึกษาปล่อยออกไปสู่สาธารณะและเข้าบำบัดในโรงบำบัดน้ำเสียกรุงเทพมหานครนั้นใช้ค่าเท่ากับ 30 มิลลิกรัมต่อลิตรตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารสถานศึกษา ส่วนข้อมูลรูปแบบการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยไม่เคยมีการศึกษามาก่อนทำให้ต้องใช้การเก็บข้อมูลจากการแจกแบบสอบถามโดยจำนวนกลุ่มตัวอย่างคำนวณด้วยสูตรของ Taro Yamane (Yamane, 1967)

6.2 สรุปการคำนวณและผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เนื่องจากข้อมูลบางอย่างไม่ได้มีการบันทึกหรือการจัดการที่ตรงกับความต้องการของรูปแบบการคำนวณของอบก. ซึ่งได้แก่ ขยะที่เกิดขึ้นในอาคารไม่ได้มีการแยกประเภทขยะจึงต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นค่ากลางที่เกิดจากการจัดการขยะของเสียแบบฝังกลบที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนในการคำนวณ และคุณภาพน้ำเสียไม่ได้มีการสำรวจและบันทึกข้อมูลที่ทำให้ต้องเปลี่ยนรูปแบบสมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยอ้างอิงตามเกณฑ์การประเมินของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (TEI) แทนและใช้ BOD ตามค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ รวมถึงระดับประสิทธิภาพของระบบบำบัดที่ไม่มีการตรวจวัด จึงตั้งสมมติฐานโดยถือว่ามีการจัดการและดูแลระบบบำบัดที่ไม่สมบูรณ์แบบ (not well managed) จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญ

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการใช้งานอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมปีพ.ศ. 2559 มีปริมาณเท่ากับ 884.23, 1,505.64 และ 5,748.43 t CO_2e ตามลำดับ โดยแบ่งเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขอบเขตที่ 1 เท่ากับ 60.71, 44.81 และ 2,180.03 t CO_2e ตามลำดับ จากขอบเขตที่ 2 เท่ากับ 617.46, 1,027.89 และ 2,834.68 t CO_2e ตามลำดับ และจากขอบเขตที่ 3 เท่ากับ 206.06, 432.95 และ 733.72 t CO_2e ตามลำดับ ซึ่งแหล่งกิจกรรมที่มีสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดในทั้งสามอาคารคือการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอก รองลงมาเป็นการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการและการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากร โดยรายละเอียดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละอาคารแสดงในตารางที่ 6.1

ปริมาณความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อประชากร (บุคลากรและนิสิต) นั้น หอพักชวนชมมีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาเป็นอาคารจามจุรี 5 และอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ตามลำดับเช่นเดียวกันกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยมีปริมาณเท่ากับ 4.89, 3.69 และ 0.74 t CO_2e / คน ตามลำดับ ซึ่งกลับกันกับปริมาณความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรต่อประชากร ที่อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มีปริมาณสูงที่สุดและอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณต่ำที่สุด โดยมีปริมาณเท่ากับ 1.08, 0.85 และ 0.01 t CO_2e / คน ตามลำดับ เนื่องจากการที่นิสิตหอพักชวนชมมีการเดินทางในระยะทางที่สั้นและใช้การเดินเท้าเป็นหลักต่างกับอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่บุคลากรเดินทางในระยะไกลและใช้การเดินทางแบบส่วนตัวเป็นส่วนมาก

ตารางที่ 6.1 สรุปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละอาคาร

ขอบเขตที่ศึกษา	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละอาคาร (t CO_2e)		
	อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
ปริมาณทั้งหมด	884.23	1505.64	5748.43
ขอบเขตที่ 1	60.71	44.81	2180.03
ขอบเขตที่ 2	617.46	1027.89	2834.68
ขอบเขตที่ 3	206.06	432.95	733.72

6.3 สรุปผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง

การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงนั้นเป็นการปรับปรุงแหล่งกิจกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีสัดส่วนปริมาณสูงจากปริมาณที่เกิดขึ้นทั้งหมดและมีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงซึ่งได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอกที่มีปริมาณการปล่อยที่สูงที่สุดเฉลี่ยทุกอาคารคิดเป็นร้อยละ 62 ของปริมาณทั้งหมด รองลงมาเป็นการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ การกำจัดขยะขององค์กรภายนอก การผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้ การรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็น และการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงาน โดยมีเป้าหมายในการลดให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดลดลงร้อยละ 20 ตามการตั้งเป้าหมายของนโยบายรัฐบาลตามความตกลงปารีส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการปรับปรุงแต่ละวิธีนั้นแบ่งออกเป็น การใช้เครื่องมือโปรแกรมในการคำนวณ ได้แก่ การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าโดยใช้โปแกรมจำลองอาคาร Visual DOE 4.1 และการปรับปรุงการใช้น้ำประปาโดยเครื่องมือคำนวณจากเกณฑ์ LEED และการใช้การดำเนินการตามงานวิจัยหรือโครงการที่เกิดขึ้นจริงหรืองานศึกษาอื่น ได้แก่ การปรับปรุงปริมาณขยะที่เกิดขึ้นและการลดปริมาณกระดาษที่ใช้จากการดำเนินโครงการของมหาวิทยาลัย การปรับปรุงการใช้สารทำความเย็นและการบำบัดน้ำเสียโดยศึกษาตามแนวทางจากงานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลบางส่วนใช้การสอบถามผู้เชี่ยวชาญเพิ่มเติม รายละเอียดวิธีการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกในแต่ละแหล่งกิจกรรมแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 วิธีการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกในแต่ละแหล่งกิจกรรม

ลักษณะการปรับปรุง	วิธีการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง
ปรับปรุงการใช้ไฟฟ้า	โปรแกรม VisualDOE 4.0
ปรับปรุงการบำบัดน้ำเสีย	เกณฑ์ที่เกี่ยวข้องและการสอบถามผู้เชี่ยวชาญ
การลดปริมาณขยะ	โครงการ Chula Zero Waste
ปรับปรุงการใช้น้ำประปา	โปรแกรม Water Use Reduction Calculator ของเกณฑ์ LEED
ปรับปรุงการใช้สารทำความเย็น	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (W. Goetzter, et al., 2016 และ Calm, J.M., 2008)
ปรับปรุงการใช้กระดาษ	โครงการ Chula Less Paper

การปรับปรุงที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกลดสูงที่สุดในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารจามจุรี 5 คือการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าโดยการใช้แผงผลิตพลังไฟฟ้าแสงอาทิตย์และการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้ามาใช้ชนิด LED ส่วนอาคารหอพักชวนชมนั้นการปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียทำให้มีปริมาณที่ลดลงสูงที่สุด ซึ่งวิธีปรับปรุงที่ทำให้เกิดปริมาณที่ลดลงสูงที่สุดของแต่ละอาคารเพียงวิธีเดียวสามารถทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เหลือผ่านเป้าหมายที่ตั้งไว้ทุกอาคาร ในกรณีที่ไม่ปรับปรุงด้วยวิธีนี้แล้วนั้นไม่มีสามารถทำการลดให้ผ่านเป้าหมายได้ด้วยวิธีใดหรือรวมวิธีอื่นทั้งหมดก็ตาม ส่วนกรณีที่ทำการปรับปรุงรวมกันทั้งหมดอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารหอพักชวนชมสามารถลดเกินร้อยละ 25 ของปริมาณทั้งหมดได้ ซึ่งเป็นเพดานสูงสุดที่ตั้งเป้าหมายในการลดของนโยบายของรัฐบาลไทยตามความตกลงปารีส (Paris Agreement)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.4 ข้อเสนอแนะ

6.4.1 ข้อเสนอแนะการบันทึกข้อมูล

จากการสำรวจและเก็บบันทึกข้อมูลพบว่าข้อมูลบางส่วนที่เป็นข้อมูลเดียวกันเช่น ปริมาณพลังงานไฟฟ้าและน้ำที่ใช้นั้นทำการเก็บแยกหน่วยงานกัน หรือปริมาณการใช้กระดาษในสำนักงานของอาคารจามจุรี 5 ที่บันทึกแยกตามแต่ละหน่วยงาน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้และข้อมูลจากกิจกรรมอื่นควรมีการบันทึก แบ่งปั่น และเก็บรวมรวบไว้ในแหล่งเดียวที่สามารถนำข้อมูลไปการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกหรือการศึกษาวิจัยอื่นได้อย่างสะดวกและประหยัดเวลา

ข้อมูลบางแหล่งกิจกรรมนั้นไม่มีการตรวจสอบและการบันทึกข้อมูลไว้ ได้แก่ ปริมาณขยะทั้งหมดและแยกประเภทที่เกิดขึ้นในแต่ละอาคารและคุณภาพน้ำเสียกับระบบบำบัดของแต่ละอาคาร

ซึ่งควรมีการเริ่มสำรวจข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามีความถูกต้องมากขึ้นและสามารถเป็นข้อมูลประโยชน์ต่อการจัดการในภาพรวมได้

6.4.2 ข้อเสนอแนะการศึกษาในอนาคต

การศึกษาในอนาคตควรใช้แนวทางการศึกษานี้ในการศึกษาอาคารอื่นที่ครอบคลุมเป็นพื้นที่กว้างเพื่อให้เห็นผลในภาพรวมและค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มประเภทอาคาร ที่สามารถนำมาเปรียบเทียบให้เห็นผลของอาคารแต่ละประเภทที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น หรือทำการศึกษากลุ่มอาคารประเภทอื่นที่นอกเหนือจากขอบเขตในการศึกษานี้เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างหรือเหมือนกันของกลุ่มอาคารแต่ละประเภท อีกทั้งควรเพิ่มการศึกษาของแหล่งกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 3 ให้มีจำนวนและรายละเอียดมากยิ่งขึ้น ซึ่งการศึกษาของมหาวิทยาลัยต่างประเทศส่วนใหญ่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขอบเขตที่ 3 สูงที่สุด หรือเพิ่มการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนปรับปรุงแต่ละวิธีเพื่อเสนอเป็นปัจจัยในการตัดสินใจ

6.5 แนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของแต่ละอาคาร

ถึงแม้ว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอกมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเฉลี่ยทุกอาคารคิดเป็นร้อยละ 62 ของปริมาณทั้งหมด แต่การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียควรดำเนินการเป็นอย่างแรกเนื่องจากเป็นวิธีที่มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงสูงในขณะที่ใช้การลดทุนในการปรับปรุงที่น้อยเพียงทำการตรวจสอบและปรับปรุงระบบให้ทำงานได้ตามมาตรฐานเท่านั้น และทำการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นลำดับต่อมาเนื่องด้วยปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจำนวนมากในทุกอาคาร

6.5.1 แนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

- การปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีปริมาณที่ลดลงส่งผลทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเยอะที่สุดซึ่งทำให้ผ่านเป้าหมายลดลงร้อยละ 20 ของปริมาณทั้งหมดได้ โดยวิธีการผลิตไฟฟ้าเองด้วยการติดตั้งแผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นวิธีที่ลดเยอะที่สุดจากวิธีการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด เนื่องจากอาคารมีพื้นที่หลังคาเป็นจำนวนมากที่สามารถทำการติดแผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้เยอะต่างจากอาคารประเภทอื่น

● การปรับปรุงลำดับต่อมาที่ควรทำโดยเรียงตามลำดับได้แก่ การปรับปรุงการบำบัดน้ำเสียด้วยการตรวจสอบและปรับประสิทธิภาพการทำงานให้ได้ตามมาตรฐานหรือไม่ให้มีกากตะกอนของเสียเกินมาตรฐานการทำงานของระบบ และการปรับปรุงการใช้สารทำเย็นโดยการเปลี่ยนมาใช้สารชนิด R-1234yf แทนสารทำความเย็นที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

● ต้องทำการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงกรณีเดียวเท่านั้นจึงสามารถทำการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพื่อผ่านเป้าหมายที่ตั้งเอาไว้ได้ ถึงแม้ทำการปรับปรุงวิธีอื่นด้วยศักยภาพการลดของแต่ละวิธีในปัจจุบันนอกเหนือการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้ารวมกันทั้งหมดนั้นก็ยังไม่สามารถทำให้ผ่านเป้าหมายได้

● กรณีที่ไม่ปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ต้องการทำให้ผ่านเป้าหมายที่ตั้งไว้นั้นต้องทำการเพิ่มศักยภาพในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะจากที่เป็นอยู่ในปัจจุบันให้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากการกำจัดขยะเป็นกิจกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงแต่สามารถทำการลดได้ในปริมาณที่น้อย ทำให้มีศักยภาพในการพัฒนาประสิทธิภาพการลดให้ดียิ่งซึ่งต้องทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะที่ลดลงร้อยละ 85 ของปริมาณที่ลดแล้วในปัจจุบัน โดยการพัฒนาประสิทธิภาพโครงการ Recycle Plus และการจัดการขยะในส่วนของผลงานนิสิตสามารถนำไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้ในการพัฒนาศักยภาพการลดได้

● อาคารนี้มีศักยภาพในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกเกินร้อยละ 25 ของปริมาณทั้งหมดซึ่งเป็นเพดานสูงสุดของนโยบายรัฐบาลโดยการปรับปรุงด้วยวิธีทั้งหมดรวมกันที่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้เกินร้อยละ 55 ของปริมาณทั้งหมด หรือแค่ทำการปรับปรุงการพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวนั้นสามารถทำให้ผ่านเป้าหมายได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.5.2 แนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของอาคารจามจุรี 5

● การปรับปรุงที่ทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงมากที่สุดคือการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เหลือน้อยลงจากเดิม โดยที่ต้องใช้วิธีการปรับปรุงที่ประกอบด้วย การติดฟิล์มกระจกที่มีค่า SC เท่ากับ 0.41 การเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER เท่ากับ 13.24 การเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟชนิด LED และการใช้แผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์รวมกันทั้งหมดเท่านั้นถึงสามารถทำการลดผ่านเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ ซึ่งวิธีการการติดฟิล์มกันความร้อนกระจกเป็นวิธีที่ลดเยอะที่สุดจากวิธีการทั้งหมดในการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้า

● การปรับปรุงที่ทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเป็นจำนวนมากรองลงมาจากการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้แก่ การเปลี่ยนมาใช้สารชนิด R-1234yf แทนสารทำความเย็นชนิด R-22 ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และการปรับปรุงพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียให้ทำงานได้ตามมาตรฐาน

● การปรับปรุงด้วยวิธีอื่นนอกเหนือการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมกันทั้งหมดนั้นไม่สามารถทำให้ผ่านเป้าหมายในการลดที่ตั้งเอาไว้ได้ในกรณีที่มีประสิทธิภาพการลดของแต่ละวิธีที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน แต่กรณีที่ต้องการให้ผ่านเป้าหมายได้นั้นต้องทำการปรับปรุงการเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากรเท่านั้น ซึ่งมีความเป็นไปได้น้อยในการปรับปรุงการเดินทางของบุคลากรเนื่องจากอยู่นอกการควบคุม

6.5.3 แนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของอาคารหอพักชวนชม

● การปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียให้ทำงานได้ตามมาตรฐานเป็นวิธีที่ทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงมากที่สุด ซึ่งเป็นวิธีเดียวที่สามารถทำให้เกิดการลดผ่านเป้าหมายที่ตั้งเอาไว้ได้ สาเหตุมาจากปริมาณน้ำประปาที่ใช้เป็นจำนวนมากที่ส่งผลทำให้ประมาณน้ำเสียมีปริมาณมากเช่นกัน ที่ทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียมีสัดส่วนที่สูงจากปริมาณทั้งหมด บวกกับประสิทธิภาพในการลดสูงจากการปรับปรุงระบบจึงทำให้วิธีนี้เป็นวิธีที่ทำให้เกิดการลดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด

● การปรับปรุงที่ทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงรองลงมาจากการปรับปรุงการทำงานระบบบำบัดน้ำเสียได้แก่ การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ซึ่งวิธีการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟชนิด LED เป็นวิธีการที่ทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงมากที่สุด แต่ถึงแม้ทำการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าทุกวิธีรวมกันก็ไม่สามารถทำให้ผ่านเป้าหมายได้เหมือนกับอาคารอื่น เนื่องจากสัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่มาจากการใช้ไฟฟ้าที่มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับอาคารอื่น และต่อมาเป็นการลดปริมาณขยะเหลือทิ้งโดยการดำเนินโครงการแยกขยะก่อนทิ้งทำให้เกิดปริมาณที่ลดลงมากที่สุด

● การปรับปรุงด้วยวิธีอื่นนอกเหนือการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียให้ทำงานได้ตามมาตรฐานรวมกันทั้งหมดนั้นไม่สามารถทำให้ผ่านเป้าหมายในการลดที่ตั้งเอาไว้ได้ แต่ในกรณีที่ต้องการทำให้ผ่านเป้าหมายนั้นต้องทำการปรับปรุงที่ได้แก่ การลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าให้เหลือน้อยลงอีกจากการใช้ฟิล์มกันความร้อนที่มีค่า SC ที่มากขึ้นแต่ก็จะส่งผลต่อระดับความสามารถในการมองเห็นผ่านกระจกด้วย หรือทำการเปลี่ยนสุขภัณฑ์ให้ประหยัดน้ำมากขึ้นจากประสิทธิภาพที่

สามารถลดได้ในปัจจุบัน โดยต้องลดปริมาณน้ำประปาที่ใช้ลงเกินร้อยละ 50 ของปริมาณที่ใช้อยู่ทั้งหมด หรือทำการปรับปรุงควบคู่กันทั้งสองวิธี

● อาคารนี้เป็นอีกอาคารที่มีศักยภาพในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกเกินเป้าหมายร้อยละ 25 ของปริมาณทั้งหมด ด้วยการปรับปรุงด้วยวิธีทั้งหมดรวมกันที่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณร้อยละ 50 ของปริมาณทั้งหมด หรือแค่ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียให้ทำงานได้ตามมาตรฐานก็เพียงพอแล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ไพรัช อุศุภรัตน์ และหาญพล พึ่งรัศมี. (2557). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*, 22*(1), 1-12.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2558). คู่มือการจัดการน้ำเสียจากอาคารประเภทสถานศึกษา (ออนไลน์). Retrieved 28 พฤศจิกายน 2560 http://reo16.mnre.go.th/reo16/files/com_download/2015-07/20150723_ddxjvrtt.pdf

คณะวนศาสตร์. (2554). คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้. กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์.

ชวลิต รัตนธรรมสกุล. (2018, April 3) สัมภาษณ์. อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณฐพล รำพึงกิจ. (2559). การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัศพล ธีรวนพันธุ์. (2558). แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเรียน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์บริหารกลาง. (2561). ผลการดำเนินโครงการระบบงานสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ระหว่างปีงบประมาณ *2559* และ *2560*. ไฟล์ข้อมูล. ศูนย์บริหารกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม สำนักบริหารระบบกายภาพ. (2560). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาต้นแบบการจัดการขยะมูลฝอยและขยะอันตรายในพื้นที่เมือง (จุฬาฯ *zero waste)*. ไฟล์ข้อมูล. สำนักบริหารระบบกายภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรญา กังวาล. (2557). การเทียบสมรรถนะด้านการใช้พลังงานในอาคารของมหาวิทยาลัย : กรณีศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2555). ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับยื่นขอการรับรองฉลากคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ในปี 2555 (ออนไลน์). Retrieved 29 มกราคม 2561 http://thaicfpro.in.th/ghgs_db_info

สำนักบริหารยุทธศาสตร์และการขับเคลื่อน. (2561). ข้อมูลปริมาณขยะเหลือทิ้งของส่วนงานปีงบประมาณ *2560*. ไฟล์ข้อมูล. สำนักบริหารระบบกายภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักบริหารระบบกายภาพ. (2560). ข้อมูลองค์ประกอบขยะในมหาวิทยาลัยช่วงระยะเวลาที่ดำเนินการเก็บข้อมูลปิดภาคเรียน ภาคการศึกษาปลาย (ปีการศึกษา *2558)* - เปิดภาคเรียนภาคการศึกษาปลาย (ปีการศึกษา *2559)*. ไฟล์ข้อมูล. สำนักบริหารระบบกายภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) : อบก. (2559a). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ *3)* (5 ed.). ม.ป.ท.: บริษัท พีทู ดีไซน์ แอนด์ พริ้นท์ จำกัด.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) : อบก. (2559b). ค่า Emission Factor โดยแบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม (ออนไลน์). Retrieved 17 ธันวาคม 2560 http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_822ebb1ed5.pdf

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) : อบก. (2560). ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (online). Retrieved 2017, November 15 http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_11335ee08a.pdf

อภิญญา บุญมา. (2555). ผลกระทบจากการกำหนดค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารตามกฎหมายที่มีต่อการออกแบบคอนโดมิเนียม. (วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Alvarez, S., Blanquer, M., & Rubio, A. (2014). Carbon footprint using the compound method based on financial accounts. The case of the School of Forestry Engineering, Technical University of Madrid. *Journal of cleaner production, 66*, 224-232.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Aroonsrimorakot, S., Yuwaree, C., Arunlertaree, C., Hutajareorn, R., & Buadit, T. (2013). Carbon footprint of faculty of environment and resource studies, Mahidol University, Salaya campus, Thailand. *APCBEE procedia, 5*, 175-180.

Calm, J. M. (2008). The next generation of refrigerants–Historical review, considerations, and outlook. *international Journal of Refrigeration, 31*(7), 1123-1133.

Chirarattananon, S., & Taveekun, J. (2004). An OTTV-based energy estimation model for commercial buildings in Thailand. *Energy and Buildings, 36*(7), 680-689.

Chirarattananon, S., & Taweekun, J. (2003). A technical review of energy conservation programs for commercial and government buildings in Thailand. *Energy Conversion and Management, 44*(5), 743-762.

City of Winnipeg. (2012). Emission factors in kg CO2-equivalent per unit (online). Retrieved 2017, December 9 http://www.winnipeg.ca/finance/findata/matmgt/documents/2012/682-2012/682-2012_Appendix_H-WSTP_South_End_Plant_Process_Selection_Report/Appendix%207.pdf

Confires Fire Protection Service. (2011, January 18). When Does a Fire Extinguisher Expire. Retrieved from https://www.confires.com/blog/when-does-a-fire-extinguisher-expire/

Cornell University: Campus Sustainability Office. (2017, December 13). Cornell Greenhouse Gas Emissions: Measuring our progress towards carbon neutrality by 2035. Retrieved from https://www.sustainablecampus.cornell.edu/initiatives/greenhouse-gas-emissions-inventory

Dagilių tė, R., & Liobikienė, G. (2015). University contributions to environmental sustainability: challenges and opportunities from the Lithuanian case. *Journal of cleaner production, 108*, 891-899.

Dombey, A. (2017). University of Brighton Carbon Management Plan 2017-2020 (online). Retrieved 2018, July 3 https://staff.brighton.ac.uk/efm/Public_Docs/Environment%20Team/Policies%20and%20Strategies/CMP%20Uni%20of%20Brighton%202017.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2010). Transitioning to low-GWP: alternatives in unitary air conditioning (online). Retrieved 2018, April 8 https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/epa_hfc_uac_0.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2014). Greenhouse Gas Inventory Guidance: Direct Fugitive Emissions from Refrigeration, Air Conditioning, Fire Suppression, and Industrial Gases (online). Retrieved 2017, December 16 https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/fugitiveemissions.pdf

Environmental Sustainability, F. a. S. (2012). 2011 Carbon Footprint Greenhouse Gas Inventory (online). Retrieved 2018, June 26 https://www.monash.edu/__data/assets/pdf_file/0019/127027/ghginventory2011.pdf

EPA Victoria. (2011). *EPA Victoria's greenhouse GAS inventory management plan: 2009–10 update* Retrieved from https://www.epa.vic.gov.au/~/media/Publications/1562.pdf

Geng, Y., Liu, K., Xue, B., & Fujita, T. (2013). Creating a "green university" in China: a case of Shenyang University. *Journal of cleaner production, 61*, 13-19.

Goetzler, W., Guernsey, M., Young, J., Fuhrman, J., & Abdelaziz, O. (2016). *The Future of Air Conditioning for Buildings*: US Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy, Building Technologies Office.

Group, U. o. M. C. A. P. W. (2009). University of Maryland Climate Action Plan (online). Retrieved 2018, June 22 https://sustainability.umd.edu/sites/sustainability.umd.edu/files/climate_action_plan.pdf

Güereca, L. P., Torres, N., & Noyola, A. (2013). Carbon Footprint as a basis for a cleaner research institute in Mexico. *Journal of cleaner production, 47*, 396-403.

Ibn-Mohammed, T., Greenough, R., Taylor, S., Ozawa-Meida, L., & Acquaye, A. (2013). Operational vs. embodied emissions in buildings—A review of current trends. *Energy and Buildings, 66*, 232-245.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *The 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). IPCC fifth assessment report (AR5) (online). Retrieved 2017, December 17 https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

International Organization for Standardization (ISO). (2006). *International Standard Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*

James, C. (2010, Mar 12). NYU Releases Plan to Reduce Carbon Footprint. Retrieved from https://www.nyu.edu/about/news-publications/news/2010/march/nyu_releases_climate.html

Klein-Banai, C., & Theis, T. L. (2013). Quantitative analysis of factors affecting greenhouse gas emissions at institutions of higher education. *Journal of cleaner production, 48*, 29-38.

Kofoworola, O. F., & Gheewala, S. H. (2008). Environmental life cycle assessment of a commercial office building in Thailand. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 13*(6), 498.

Larsen, H. N., Pettersen, J., Solli, C., & Hertwich, E. G. (2013). Investigating the Carbon Footprint of a University-The case of NTNU. *Journal of cleaner production, 48*, 39-47.

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). (2014a). The LEED v4 Reference Guide for Building Design and Construction (online). Retrieved 2017, July 16 https://www.usgbc.org/resources/leed-v4-building-design-and-construction-current-version

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). (2014b). LEED v2009 Water Use Reduction Calculator [Computer software]. Retrieved from https://www.usgbc.org/resources/2009-water-use-reduction-calculator

Letete, T., Mungwe, N. W., Guma, M., & Marquard, A. (2011). Carbon footprint of the University of Cape Town. *Journal of Energy in Southern Africa, 22*(2), 2-12.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Li, D., Chen, H., Hui, E. C., Zhang, J., & Li, Q. (2013). A methodology for estimating the life-cycle carbon efficiency of a residential building. *Building and environment, 59*, 448-455.

Li, X., Tan, H., & Rackes, A. (2015). Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China. *Journal of cleaner production, 106*, 97-108.

Mills, J. (2015). Lancaster University: Carbon Management Plan 2015 (online). Retrieved 2018, June 22 http://www.lancaster.ac.uk/media/lancaster-university/content-assets/images/sustainability/FinalCarbonManagementPlan2015.pdf

Nanyang Technological University. (2017). Nanyang Technological University Sustainability Report FY16 (online). Retrieved 2018, June 26 http://www.ntu.edu.sg/AboutNTU/UniversityPublications/Documents/NTU%20Sustainability%20Report%20FY16.pdf

Ozawa-Meida, L., Brockway, P., Letten, K., Davies, J., & Fleming, P. (2013). Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study. *Journal of cleaner production, 56*, 185-198.

Pornkrisadanuphan, S., & Chaiwiwatworakul, P. (2011). *A genetic algorithm-based approach design for energy-efficient building in Thailand.* Paper presented at the Proc. of the International Conf. on Environment Science and Engineering (IPCBEE), Singapore.

Ramesh, T., Prakash, R., & Shukla, K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and Buildings, 42*(10), 1592-1600.

Rippon, S. (2014). University of Cape Town Carbon Footprint Report 2013 (online). Retrieved 2018, June 26 http://www.uct.ac.za/sites/default/files/image_tool/images/328/explore/sustainability/reports/UCT_Carbon_Footprint_Report_2013.pdf

Song, G., Che, L., & Zhang, S. (2016). Carbon footprint of a scientific publication: A case study at Dalian University of Technology, China. *Ecological indicators, 60*, 275-282.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

SustainNU. (2017, August 31). Understanding Northwestern's Carbon Footprint. Retrieved from https://www.northwestern.edu/sustainability/news/2017/2017-08-ghg-inventory.html

Suzuki, M., & Oka, T. (1998). Estimation of life cycle energy consumption and CO2 emission of office buildings in Japan. *Energy and Buildings, 28*(1), 33-41.

The University of Maryland: the Office of Sustainability. (2018, June 22). University of Maryland Climate Action Plan 2.0. Retrieved from https://sustainability.umd.edu/progress/climate-action-plan-20

The University of Reading. (2017, February 8). UNIVERSITY REDUCES CARBON EMISSIONS BY 35% TO SAVE £17 MILLION. Retrieved from http://www.reading.ac.uk/news-and-events/releases/PR711486.aspx

The Waste and Resources Action Programme (WRAP). (2010). Summary Report: Material bulk densities (online). Retrieved 2017, February 24 http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Bulk%20Density%20Summary%20Report%20-%20Jan2010.pdf

U.S. Department of Energy. (2017, April 12). Central Air Conditioning; Energy Saver. Retrieved from https://www.energy.gov/energysaver/central-air-conditioning

United Nations Environment Programme (UNEP). (2009). *DEVELOPING INTEGRATED SOLID WASTE MANAGEMENT PLAN Volume 1: Waste Characterization and Quantification with Projections for Future. United Nations Environment Programme*

University of Nottingham: Sustainability and Environment committee. (2016). Carbon Management Plan 2010-2020 (online). Retrieved 2018, June 22 https://www.nottingham.ac.uk/sustainability/documents/carbonmanagementplan.pdf

World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development (WRI/WBCSD). (2004). the greenhouse gas protocol a corporate accounting and reporting standard (revised edition).

World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development (WRI/WBCSD). (2015). Greenhouse Gas Protocol: Global Warming Potential Values (online). Retrieved 2018, May 27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

http://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf

Yale Office of Sustainability. (2016). Yale University: Greenhouse Gas Emissions Reduction Progress 2016 (online). Retrieved 2018, June 26 https://sustainability.yale.edu/sites/default/files/2016_greenhouse_gas_reduction_report.pdf

Yamane, T. (1973). Statistics: An introductory analysis.

Yazdani, Z., Talkhestan, G. A., & Kamsah, M. (2013). *Assessment of Carbon Footprint at University Technology Malaysia (UTM).* Paper presented at the Applied Mechanics and Materials.

You, F., Hu, D., Zhang, H., Guo, Z., Zhao, Y., Wang, B., & Yuan, Y. (2011). Carbon emissions in the life cycle of urban building system in China—A case study of residential buildings. *Ecological Complexity, 8*(2), 201-212.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละแหล่งกิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. การเผาไหม้ที่อยู่กับที่ของอุปกรณ์และเครื่องจักร

อาคารตัวอย่างทั้งสามอาคารมีอุปกรณ์และเครื่องจักรขององค์กรที่ใช้งานได้แก่ ปั๊มน้ำดับเพลิงและเครื่องปั่นไฟ โดยมีการอุ่นเครื่องและการทดสอบท้ายปีที่ทำเป็นประจำกรณีปกติและใช้งานนอกเหนือกรณีปกติซึ่งรายละเอียดการใช้งานแสดงอยู่ในตารางที่ ก-1 ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักรเป็นน้ำมันดีเซลทั้งหมดซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (เผาไหม้อยู่กับที่) เท่ากับ 2.7080 kg CO_2e / ลิตร ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณกับปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมที่มีปริมาณ 24, 974 และ 367.4 ลิตรตามลำดับ จึงทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 64.99, 2,637.59 และ 994.42 kg CO_2e

ตารางที่ ก-1 ปริมาณการใช้งานและเชื้อเพลิงของเครื่องจักรในแต่ละอาคาร

รายละเอียดอุปกรณ์		รายละเอียดเชื้อเพลิง		
ประเภทอุปกรณ์	จำนวน (เครื่อง)	รูปแบบการใช้งาน	ปริมาณที่ใช้ต่อครั้ง (ลิตร)	ความถี่
อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์				
ปั๊มน้ำดับเพลิง	1	อุ่นเครื่อง	0.5	1 ครั้ง / สัปดาห์
อาคารจามจุรี 5				
ปั๊มน้ำดับเพลิง	1	อุ่นเครื่อง	3	1 ครั้ง / สัปดาห์
เครื่องปั่นไฟ	1	อุ่นเครื่อง	5	2 ครั้ง / สัปดาห์
		ใช้งานกรณีฉุกเฉิน	590	1 ครั้ง
หอพักชวนชม				
ปั๊มน้ำดับเพลิง	1	อุ่นเครื่อง	2	1 ครั้ง / สัปดาห์
		ทดสอบท้ายปี	39	1 ครั้ง / ปี
เครื่องปั่นไฟ	1	อุ่นเครื่อง	2	1 ครั้ง / สัปดาห์
		ทดสอบท้ายปี	136.4	1 ครั้ง / ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. การเผาไหม้เคลื่อนที่ของยานพาหนะขององค์กร

เนื่องจากอาคารจามจุรี 5 ไม่มียานพาหนะเป็นของตัวเองทำให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เคลื่อนที่ของยานพาหนะขององค์กร ส่วนอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มีการใช้ยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของควบคุมอยู่เพียงอย่างคันเดียวคือรถประจำตำแหน่งคณบดีที่เป็นรถยนต์ 4 ล้อขนาดเล็ก โดยมีการเติมเชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเบนซินหรือแก๊ซโซฮอลซ์ 91 เดือนละหนึ่งครั้ง ครั้งละ 800-1,000 บาท ซึ่งน้ำมันเบนซิน 91 มีราคาเท่ากับลิตรละ 27.98 บาท (วันที่ 23 พ.ย. 60) ทำให้ตลอดปีมีการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเบนซิน 91 เฉลี่ย 385.99 ลิตร

หอพักชวนชมมียานพาหนะขององค์กรได้แก่ รถจักรยานยนต์ 2 คันและรถกระบะ 1 คัน ซึ่งใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเบนซินและดีเซลตามลำดับ โดยมีการเติมน้ำมัน 2 ครั้งต่อเดือนต่อคันและ 2 เดือนต่อครั้งเป็นปริมาณ 3 ลิตรต่อคันและ 1,300 บาทหรือเท่ากับ 49.64 ลิตรเมื่อเทียบกับราคาน้ำมันดีเซลลิตรละ 26.19 บาท (วันที่ 22 ก.พ. 61) ตามลำดับ ให้ตลอดปีมีการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเบนซินและดีเซลเฉลี่ย 144 และ 297.84 ลิตร

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (ที่มีการเคลื่อนที่) ประเภทน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลมีค่าเท่ากับ 2.1896 และ 2.7446 kg CO_2e / ลิตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณกับปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และหอพักชวนชมจึงทำให้เกิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 845.16 และ 1,132.75 kg CO_2e ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. การรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็น

การคำนวณปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วไหลนั้นต้องคำนวณการรั่วไหลในทุกขั้นตอนประกอบด้วย ขั้นตอนการติดตั้ง การใช้งานและและการกำจัด โดยปริมาณการรั่วไหลในแต่ละขั้นตอนนั้นคำนวณโดยการใช้ข้อมูลขนาดบรรจุสารทำความเย็น และอัตรารั่วไหลเป็นค่าร้อยละของขนาดบรรจุและร้อยละของที่เหลืออยู่จากเกณฑ์ของ อบก. ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของอุปกรณ์ระบบปรับอากาศที่ใช้ ซึ่งทั้งสามอาคารนั้นมีการใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกเดี่ยว (split type) เพียงอย่างเดียว ทำให้ใช้อัตรารั่วไหลเป็นค่าอัตราร้อยละของขนาดบรรจุในแต่ละขั้นตอนและร้อยละของที่เหลืออยู่จากเกณฑ์ของ อบก. มีรายละเอียดดังในตารางที่ ก-2

ตารางที่ ก-2 อัตรารั่วไหลเป็นร้อยละของขนาดบรรจุในแต่ละขั้นตอนและร้อยละของที่เหลืออยู่ของระบบปรับอากาศที่ใช้ศึกษาตามเกณฑ์ของ อบก.

ประเภทอุปกรณ์	ค่าการปล่อยช่วงการติดตั้งอุปกรณ์ (ร้อยละของขนาดบรรจุ)	ค่าการปล่อยช่วงการใช้งานอุปกรณ์ (ร้อยละของขนาดบรรจุ)	อัตราสารทำความเย็นที่เหลืออยู่ช่วงของการกำจัดอุปกรณ์ (ร้อยละของขนาดบรรจุ)	อัตราส่วนสารทำความเย็นที่นำกลับมาใช้ใหม่ (ร้อยละของที่เหลืออยู่)
ระบบปรับอากาศและระบบปั๊มความร้อนที่ใช้สำหรับครัวเรือนและในเชิงพาณิชย์	1	10	80	80

จากการคำนวณค่าการปล่อยหรือรั่วไหลของสารทำความเย็นรวมทั้งหมดจากแต่ละขั้นตอน พบว่ามีค่าการรั่วไหลของสารทำความเย็นเท่ากับร้อยละ 27 ของปริมาณบรรจุจากการใช้อุปกรณ์ระบบปรับอากาศแบบแยกเดี่ยวหนึ่งเครื่องตลอดอายุการใช้งาน เพื่อที่จะหาปริมาณการรั่วไหลเฉลี่ยของสารทำความเย็นต่อปีต้องนำไปคำนวณกับอายุการใช้งานของอุปกรณ์ระบบปรับอากาศซึ่งมีค่าเฉลี่ยอายุการใช้งานอยู่ที่ 15 ปีตามเกณฑ์ของกระทรวงพลังงานสหรัฐ (The United States Department of Energy, DOE) โดยปริมาณสารทำความเย็นที่บรรจุทั้งหมด ปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วไหลทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานและปริมาณที่รั่วไหลต่อปีของแต่ละอาคารสามารถดูได้ในตารางที่ ก-3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ก-3 ปริมาณสารทำความเย็นที่บรรจุทั้งหมด ปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วไหลทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานและปริมาณที่รั่วไหลต่อปีของแต่ละอาคาร

ชนิดสารทำความเย็น	ขนาดบรรจุทั้งหมด (กก.)	ปริมาณการรั่วไหลตลอดอายุการใช้งาน (กก.)	ปริมาณการรั่วไหลต่อปี (กก.)
อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์			
R-22	788.51	212.90	14.19
R-32	26.4	7.13	0.48
อาคารจามจุรี 5			
R-22	626.00	169.02	11.27

ตารางที่ ก-3 (ต่อ) ปริมาณสารทำความเย็นที่บรรจุทั้งหมด ปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วไหลทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานและปริมาณที่รั่วไหลต่อปีของแต่ละอาคาร

ชนิดสารทำความเย็น	ขนาดบรรจุทั้งหมด (กก.)	ปริมาณการรั่วไหลตลอดอายุการใช้งาน (กก.)	ปริมาณการรั่วไหลต่อปี (กก.)
หอพักชวนชม			
R-22	1095.74	295.85	19.72
R-32	37.97	10.25	0.68

การเปลี่ยนปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วไหลออกมาให้เป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่านั้นต้องนำไปคำนวณด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในช่วงระยะเวลา 100 ปี (GWP_{100}) ซึ่งสารทำความเย็นชนิด R-22 หรือ HCFC-22 มีค่า GWP_{100} เท่ากับ 1,760 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสารทำความเย็นชนิด R-32 หรือ HFC-32 มีค่า GWP_{100} เท่ากับ 677 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นชนิด R-22 ของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมเท่ากับ 24,974.40, 19,831.68 และ 34,712.98 kg CO_2e ตามลำดับ และชนิด R-32 อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารหอพักชวนชมเท่ากับ 324.96 และ 462.75 kg CO_2e ตามลำดับ และรวมเป็นปริมาณการปล่อยทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมเท่ากับ 25,299.36, 19,831.68 และ 35,175.73 kg CO_2e ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 การรั่วไหลของการใช้สารดับเพลิง

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของการใช้สารดับเพลิงคำนวณด้วยค่าอัตราส่วนร้อยละการรั่วไหลจากแนวทางการทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐ (Environmental Protection Agency, EPA) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.5 ของปริมาณบรรจุตลอดการใช้งาน เพื่อที่จะหาปริมาณการรั่วไหลเฉลี่ยของสารทำความเย็นต่อปีต้องนำไปคำนวณกับอายุการใช้งานของอุปกรณ์ระบบปรับอากาศซึ่งมีค่าเฉลี่ยอายุการใช้งานอยู่ที่ 12 ปีตามเกณฑ์ขององค์กร Confires ที่สนับสนุนโดยสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Fire Protection Association, NFPA) โดยรายละเอียดจำนวนอุปกรณ์ดับเพลิง ขนาดสารเคมีที่บรรจุ และปริมาณสารดับเพลิงที่การรั่วไหลตลอดการใช้งานและต่อปีสามารถดูได้ในตารางที่ ก-4

ตารางที่ ก-4 จำนวนอุปกรณ์ดับเพลิง ขนาดสารเคมีที่บรรจุ และปริมาณสารดับเพลิงที่การรั่วไหลตลอดการใช้งานและต่อปี

ชนิดอุปกรณ์ดับเพลิง	จำนวนอุปกรณ์ (ถัง)	น้ำหนักเคมี (weight of agent, kg)	ปริมาณการรั่วไหลตลอดอายุการใช้งาน (กก.)	ปริมาณการรั่วไหลต่อปี (กก.)
อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์				
คาร์บอนไดออกไซด์ (10 lbs)	50	4.50	7.88	0.66
อาคารจามจุรี 5				
dry chemical (10 lbs)	26	4.55	4.14	0.35
B.C.F. Halon 1211 (15 lbs)	7	6.50	1.59	0.13
BF-2000 (15 lbs)	2	6.50	0.46	0.04
หอพักชวนชม				
dry chemical (15 lbs)	85	4.55	13.54	1.13
คาร์บอนไดออกไซด์ (20 lbs)	17	9.00	5.36	0.45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของสารที่รั่วไหลนั้นต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของสารเคมีที่เป็นส่วนประกอบในอุปกรณ์ ซึ่งถังชนิดผงเคมีแห้ง (dry chemical) ประกอบด้วยสาร Mono Ammonium Phosphate และ Ammonium Sulfate เป็นสัดส่วนร้อยละ 90 และ 10 ตามลำดับซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.03 และ 2.66 kg CO_2e / กก. ตามลำดับ ส่วนถังชนิด B.C.F. Halon 1211 ประกอบด้วยสาร Halon 1211 ซึ่งมีค่า GWP เท่ากับ 1750 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และถังชนิด BF-2000 มีค่า GWP เท่ากับ 0.018 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อนำมาคำนวณกับปริมาณสารที่รั่วไหลต่อปีของแต่ละอาคารทำให้อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.66 kg CO_2e อาคารจามจุรี 5 มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของถังชนิด dry chemical, B.C.F. Halon 1211 และ BF-2000 เท่ากับ 0.41, 232.24 และ 0.001 kg CO_2e

ตามลำดับโดยรวมเป็น 232.65 kg CO_2e และอาคารหอพักชวนชมมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของถังชนิด dry chemical และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1.35 และ 0.23 kg CO_2e ตามลำดับโดยรวมเป็น 1.57 kg CO_2e

1.4 การใช้สารทำความสะอาด

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารทำความสะอาดนั้นคำนวณจากปริมาณของสารเคมีที่ใช้แต่ละชนิดที่มีสารประกอบหลายชนิดซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน รายละเอียดจำนวนผลิตภัณฑ์สารทำความสะอาดที่ใช้ในแต่ละอาคารสามารถดูได้ในตารางที่ ก-5 ข้อมูลชื่อสารส่วนประกอบ อัตราส่วนร้อยละปริมาณแต่ละสารประกอบ และประเภทของสารประกอบในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถดูได้ในตารางที่ ก-6 ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทสารเคมีสามารถดูได้ในตารางที่ ก-7 และข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดแต่ละอาคารสามารถดูได้ในตารางที่ ก-8

ตารางที่ ก-5 จำนวนผลิตภัณฑ์สารทำความสะอาดที่ใช้ในแต่ละอาคาร

ชนิดสารทำความสะอาด	ปริมาณที่ใช้ตามบรรจุภัณฑ์		
	อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
	gallon (gal) หรือ 3.8 ลิตร		
น้ำยาทำความสะอาดสุขภัณฑ์	70	24	ไม่มี
น้ำยาทำความสะอาดกระจก	70	6	28
น้ำยาถูพื้น	50	12	204
น้ำยากำจัดสนิม	40	6	36
น้ำยาดับกลิ่น	80	12	12
น้ำยาล้างจาน	50	6	ไม่มี
น้ำยาทำความสะอาดพรม	15	ไม่มี	ไม่มี
น้ำยากำจัดฝุ่น	50	6	6
น้ำยาเคลือบหนัง	40	ไม่มี	ไม่มี
ครีมทำความสะอาด	2	ไม่มี	ไม่มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-5 (ต่อ) จำนวนผลิตภัณฑ์สารทำความสะอาดที่ใช้ในแต่ละอาคาร

ชนิดสารทำความสะอาด	ปริมาณที่ใช้ตามบรรจุภัณฑ์		
	อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
	gallon (gal) หรือ 3.8 ลิตร		
สบู่เหลว	50	3	12
น้ำยาลงแว็กซ์ (wax) พื้น	90	24	180
น้ำยาล้างลอกแว็กซ์	120	12	240
น้ำปั่นเงา	ไม่มี	ไม่มี	24
น้ำยาทำความสะอาดแสตนเลส	ไม่มี	ไม่มี	6
	ลัง (25 กก.)		
ผงซักฟอก	12	ไม่มี	ไม่มี
	ถุง (3 กก.)		
ผงซักฟอก	ไม่มี	12	36
	กระป๋อง (100 มล.)		
น้ำยาทำความสะอาดทองเหลือง	8	ไม่มี	ไม่มี
	ขวด (450 มล.)		
สเปรย์ดับกลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	36
	ก้อน (80 กรัม)		
ก้อนดับกลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	48

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ก-6 ชื่อสารส่วนประกอบ อัตราส่วนร้อยละปริมาณแต่ละสารประกอบ และประเภทของสารประกอบในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ชนิดสารทำความสะอาด	ชื่อสารส่วนประกอบ	อัตราส่วนร้อยละ	ประเภทของสารเคมีในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	(gallon, gal)		
น้ำยาทำความสะอาดสุขภัณฑ์	sodium lauryl ether sulfate	4.80	Sodium sulphate
	linear alkylbenzene sulfonate, sodium salt	9.00	alkylbenzene sulfonate / bezene
น้ำยาทำความสะอาดกระจก	ethoxylated alcohol	0.53	ethoxylated alcohol / alcohol
	sodium lauryl ether sulfate	0.36	Sodium sulphate
	isopropyl alcohol	4.00	isopropanol
	butyl cellosolve	2.50	butyl cellosolve
น้ำยาถูพื้น	ethoxylated alcohol	1.60	ethoxylated alcohol / alcohol
	alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride	1.20	ammonium chloride
น้ำยากำจัดสนิม	Tannic acid	10.00	phenol
	2-Butoxyethanol (ethylene glycol monobutyl ether, trade name butyl cellosolve)	5.00	butyl cellosolve
	phosphoric acid	40.00	phosphoric acid
	ethylic acid	10.00	acetic acid
น้ำยาดับกลิ่น	sodium lauryl ether sulfate	3.24	Sodium sulphate
	linear alkylbenzene sulfonate, sodium salt	1.13	alkylbenzene sulfonate / bezene
น้ำยาล้างจาน	linear alkylbenzene sulfonate, sodium salt	8.00	alkylbenzene sulfonate / bezene
	sodium lauryl ether sulfate	8.00	Sodium sulphate
	coconut fatty acid diethanolamine	1.50	other / palm oil

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-6 (ต่อ) ชื่อสารส่วนประกอบ อัตราส่วนร้อยละปริมาณแต่ละสารประกอบ และประเภทของสารประกอบในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ชนิดสารทำความสะอาด	ชื่อสารส่วนประกอบ	อัตราส่วนร้อยละ	ประเภทของสารเคมีในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	(gallon, gal)		
น้ำยาทำความสะอาดพรม	Alkane Sulphonate Sodium salt	13.00	alkylbenzene sulfonate / bezene
	Buthyl Cellosolve	5.00	butyl cellosolve
น้ำยากำจัดฝุ่น	Propanol	5.00	Propanol
	butoxyethoxy (ethanol)	10.00	butyl cellosolve
	ethoxyethoxy (ethanol)	5.00	ethoxylated alcohol
น้ำยาเคลือบหนัง	Poly(Dimethylsiloxane)	30.00	Silicone emulsion / polymer
	Poly(Oxy-1,2-Ethanediyl), .Alpha.-(2-Propylheptyl)	2.50	alcohol / alcohol
ครีมทำความสะอาด	calcium carbonate	45.00	calcium carbonate
	linear alkyl benzene sulfonate, triethanolamine salt	4.89	alkylbenzene sulfonate / bezene
	ethoxylated alcohol	2.00	ethoxylated alcohol / alcohol
	triethanolamine	1.45	ammonia + Ethylene oxide
สบู่เหลว	soaping agent	33.00	soaping agent
	ammonium lauryl sulfate	3.00	Ammonium sulphate
	sodium chloride	3.00	sodium chloride
	glycerine	3.00	alcohol
น้ำยาลงแว็กซ์ (wax) พื้น	emulsified acrylic polymer	30.00	polymer
	emulsified wax polymer	10.00	polymer
น้ำยาล้างลอกแว็กซ์	sodium hydroxide	5.00	sodium hydroxide

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-6 (ต่อ) ชื่อสารส่วนประกอบ อัตราส่วนร้อยละปริมาณแต่ละสารประกอบ และประเภทของสารประกอบในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ชนิดสารทำความสะอาด	ชื่อสารส่วนประกอบ	อัตราส่วนร้อยละ	ประเภทของสารเคมีในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	(gallon, gal)		
น้ำยาล้างลอกแว็กซ์	dipropylene glycol methyl ether	9.00	propylene glycol
	ethylene glycol n-butyl ehter	3.50	butyl cellosolve
	monoethanolamine	3.00	ammonia + Ethylene oxide
น้ำปั่นเงา (floor polish)	Diethylene glycol monoethyl ether	5.00	butyl cellosolve
น้ำยาทำความสะอาดสแตนเลส	Distillates Petroleum	30.00	
	Isobutane	13.00	isobutane
	ethanolamine	1.00	ammonia + Ethylene oxide
	propane	5.00	propane
	acetone	10.00	acetone
	methyl acetate	10.00	Acetic acid
	polydimethylsiloxane	5.00	Silicone emulsion / polymer
	ลัง		
ผงซักฟอก	alkylbenzene sulphonate : sodium alkyl aryl sulphonate, cetyl trimethyl ammonium bronide, ethylene oxide condensate of alkylfatty alcohols	30.00	alkylbenzene sulfonate / bezene

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-6 (ต่อ) ชื่อสารส่วนประกอบ อัตราส่วนร้อยละปริมาณแต่ละสารประกอบ และประเภทของสารประกอบในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ชนิดสารทำความสะอาด	ชื่อสารส่วนประกอบ	อัตราส่วนร้อยละ	ประเภทของสารเคมีในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	ลัง		
ผงซักฟอก	sodium tripolyphosphare (STPP), sodium pyrophosphate, nitrilotriacetic acid (NTA), ethylenediamine tetracctic acid (EDTA), citric acid	50.00	sodium tripolyphosphare
	กระป๋อง		
น้ำยาทำความสะอาดทองเหลือง	hydrated aluminium silicate	27.15	aluminium oxide + silica
	ammonium oleate	7.62	ammonium chloride & ammonium nitrate
	ขวด		
สเปรย์ดับกลิ่น	1,1-Difluoroethane	15.00	HFC 152a
	acetone	30.00	acetone
	Isobutane	20.00	Isobutane
	propane	10.00	propane
	Diethylene Glycol Monoethyl Ether	25.00	2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol >> glycol ether >> butyl cellosolve
	Distillates Petroleum	5.00	
	ก้อน		
ก้อนดับกลิ่น	p-dichlorobenzene	100.00	p-dichlorobenzene

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-7 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทสารเคมี

ประเภทของสารเคมีในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทสารเคมี (kg CO_2e / kg)
acetic acid	0.93
acetone	2.19
alcohol / alcohol	1.26
alkylbenzene sulfonate / bezene	1.67
aluminium oxide + silica	0.63
ammonia + Ethylene oxide	0.54
ammonium chloride	1.18
ammonium chloride & ammonium nitrate	2.64
Ammonium sulphate	2.66
butyl cellosolve	3.08
calcium carbonate	2.32
Distillates Petroleum	2.75
ethoxylated alcohol / alcohol	2.40
ethoxylated alcohol / alcohol	2.40
isobutane	1.69
isopropanol	1.85
other / palm oil	3.00
p-dichlorobenzene	12.20
phenol	0.98
phosphoric acid	1.45
polymer	2.20
propane	1.51
Propanol	3.32
propylene glycol	4.14
Silicone emulsion / polymer	2.65
soaping agent	2.39
sodium chloride	0.20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-7 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทสารเคมี

ประเภทของสารเคมีในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทสารเคมี (kg CO_2e / kg)
sodium hydroxide	1.04
Sodium sulphate	0.47
sodium tripolyphosphare	6.04
	GWP
1,1-Difluoroethane	124

ตารางที่ ก-8 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดแต่ละอาคาร

ชนิดสารทำความสะอาด	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO_2e)		
	อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
น้ำยาทำความสะอาดสุขภัณฑ์	45.98	15.76	ไม่มี
น้ำยาทำความสะอาดกระจก	43.99	3.77	17.59
น้ำยาถูพื้น	9.99	2.40	40.74
น้ำยากำจัดสนิม	140.60	21.09	126.54
น้ำยาดับกลิ่น	10.34	1.55	1.55
น้ำยาล้างจาน	41.08	4.93	ไม่มี
น้ำยาทำความสะอาดพรม	21.15	ไม่มี	ไม่มี
น้ำยากำจัดฝุ่น	112.86	13.54	13.54
น้ำยาเคลือบหนัง	125.63	ไม่มี	ไม่มี
ครีมทำความสะอาด	8.98	ไม่มี	ไม่มี
สบู่เหลว	173.34	10.40	41.60
น้ำยาลงแว็กซ์ (wax) พื้น	300.96	80.26	601.92
น้ำยาล้างลอกแว็กซ์	250.20	25.02	500.41
น้ำปั่นเงา	ไม่มี	ไม่มี	14.04
น้ำยาทำความสะอาดแสตนเลส	ไม่มี	ไม่มี	35.80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-8 (ต่อ) ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดแต่ละอาคาร

ชนิดสารทำความสะอาด	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO_2e)		
	อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
ผงซักฟอก	1056.30	126.76	380.27
น้ำยาทำความสะอาดทองเหลือง	0.30	ไม่มี	ไม่มี
สเปรย์ดับกลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	334.59
ก้อนดับกลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	46.85
รวมทั้งหมด	2341.69	305.48	2155.45

1.5 การบำบัดน้ำเสีย

เนื่องจากการที่ไม่มีการสำรวจและบันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำเสียและประสิทธิภาพทำให้ต้องเปลี่ยนรูปแบบสมการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยอ้างอิงตามเกณฑ์การประเมินของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (TEI) แทน และใช้ค่าความต้องการออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ของระบบบำบัดน้ำเสียตามค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษซึ่งมีค่า BOD ที่เข้าระบบบำบัดเท่ากับ 520 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่า BOD ที่ปล่อยออกไปสู่สาธารณะและเข้าบำบัดในโรงบำบัดน้ำเสียกรุงเทพมหานครนั้นใช้ค่าเท่ากับ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ประเภทระบบบำบัดน้ำเสียของอาคารตัวอย่างและโรงควบคุมน้ำดินแดงซึ่งเป็นโรงการบำบัดน้ำเสียของส่วนกลางหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นของกรุงเทพมหานครที่มีการดำเนินการบำบัดน้ำเสียควบคุมบริเวณของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยใช้รูปแบบการบำบัดประเภทแบบเติมอากาศ และตั้งสมมติฐานโดยถือว่ามีการจัดการและดูแลระบบบำบัดที่ไม่สมบูรณ์แบบ (not well managed) ซึ่งได้จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญทำให้มีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมือนกันซึ่งเท่ากับ 0.18 kg CH_4 / kg BOD

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมการบำบัดน้ำเสียนั้นคือก๊าซมีเทน (CH_4) ในการเปลี่ยนปริมาณก๊าซมีเทนให้เป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่านั้นต้องนำไปคำนวณด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในช่วงระยะเวลา 100 ปี (GWP_{100}) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 28 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยรูปแบบสมการที่ใช้ในการคำนวณสามารถดูในสมการ (2)

ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO_2e) = ปริมาณน้ำเสีย * BOD * emission factor * 28 (2)

จากการที่ไม่ได้มีการบันทึกปริมาณน้ำเสียและไม่มีการนำน้ำเสียไปของทางอาคารใช้ประโยชน์ ทำให้จึงกำหนดให้ปริมาณน้ำเสียมีค่าเท่ากับปริมาณน้ำที่ใช้ตามเกณฑ์ของ อบก. โดยอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณน้ำเสียเท่ากับ 12,329, 8,318 และ 816,762.67 ลบ.ม. ตามลำดับ ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการเท่ากับ 32,311.84, 21,799.81 และ 4,652,357.17 kg CO_2e ตามลำดับ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียโดยองค์กรภายนอกมีปริมาณเท่ากับ 1,864.14, 1,257.68 และ 123,494.52 kg CO_2e ตามลำดับ

1.6 การดูดกลับโดยตรงจากต้นไม้

เนื่องจากอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เป็นเพียงอาคารเดียวจากกลุ่มอาคารตัวอย่างที่มีต้นไม้ที่ทางอาคารเป็นผู้รับผิดชอบจึงทำให้เป็นอาคารเดียวที่มีการดูดกลับโดยตรงจากต้นไม้ ซึ่งคำนวณโดยใช้ค่าความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามประเภทของต้นไม้ตามคู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้ โดยความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้โตช้าและพรรณไม้อื่นมีค่าเท่ากับ 14.70 กก./ต้น/ปี และ 24.20 กก./ต้น/ปี ตามลำดับ รายละเอียดข้อมูลชื่อพรรณต้นไม้และจำนวนต้นไม้ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ค่าความสามารถในการดูดซับ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากการดูดกลับของพรรณไม้แต่ละชนิดสามารถดูได้ในตารางที่ ก-9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-9 ชื่อพรรณต้นไม้และจำนวนต้นไม้ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ค่าความสามารถในการดูดซับและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากการดูดกลับของพรรณไม้แต่ละชนิด

ชื่อพรรณต้นไม้	จำนวน (ต้น)	ค่าความสามารถในการดูดซับ CO2 (kg CO_2e/ต้น/ปี)	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากการดูดซับของต้นไม้ (kg CO_2e)
ต้นพะยอม	3	14.70	44.10
ต้นตะเคียน	1	14.70	14.70
ต้นยางนา	3	14.70	44.10
ต้นข่อย	2	24.20	48.40
รวม			151.30

1.7 การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอก

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกคำนวณจากพลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าในระบบ Grid mix ของประเทศไทย ที่มีค่าเท่ากับ 0.6093 kg CO_2e / kWh โดยอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1,013,400, 1,687,000 และ 4,652,357.17 kWh ตามลำดับ และทำให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 617,464.62, 1,027,889.10 และ 2,834,681.22 kg CO_2e ตามลำดับ โดยข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าแต่ละเดือนของปีพ.ศ. 2559 แสดงอยู่ในตารางที่ ก-10

ตารางที่ ก-10 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าแต่ละเดือนปีพ.ศ. 2559 ของแต่ละอาคาร

ช่วงเวลา	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)		
	อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
ม.ค.-59	75,700	128,000	338,383.37
ก.พ.-59	77,100	122,000	363,562.44
มี.ค.-59	106,800	149,000	484,970.33
เม.ย.-59	91,100	139,000	468,817.47
พ.ค.-59	87,600	140,000	471,416.19
มิ.ย.-59	72,200	153,000	322,802.33
ก.ค.-59	70,200	141,000	289,749.98
ส.ค.-59	90,900	151,000	445,237.97
ก.ย.-59	107,700	127,000	470,150.09
ต.ค.-59	88,000	159,000	378,451.07
พ.ย.-59	91,400	143,000	387,600.83
ธ.ค.-59	54,700	135,000	231,215.10
รวมทั้งหมด	1,013,400	1,687,000	4,652,357.17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.8 การเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักอาศัยของบุคลากร

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักอาศัยกับที่ทำงานของบุคลากรนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนบุคลากร ระยะทางที่ใช้เดินทาง ประเภทพาหนะที่ใช้ในการเดินทาง และความถี่การเดินทางแต่ละรูปแบบ โดยข้อมูลเหล่านี้ไม่มีการสำรวจไว้ก่อนหน้านี้จึงตั้งสมมติฐานให้การเดินทางของบุคลากรไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากอดีตและทำการสำรวจแจกแบบสอบถามแก่บุคลากรในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และหอพักชวนชมที่เป็นพนักงานประจำ โดยไม่ทำการศึกษาในส่วนของคณาจารย์เนื่องจากมีพฤติกรรมการเดินทางที่ไม่แน่นอนและมีความซับซ้อนทำให้ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้เกินความสามารถในการศึกษา และในส่วนหอพักชวนชมนั้นเพิ่มเติมการสำรวจการเดินทางไปกลับระหว่างหอพักกับอาคารเรียนของนิสิตเนื่องจากนิสิตเป็นกลุ่มผู้ใช้งานประจำหลักสำหรับอาคารประเภทที่พักอาศัย จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นได้มาจากการใช้สูตรคำนวณกลุ่มประชากรตัวอย่างของ Taro Yamane (Yamane, 1967) โดยกำหนดให้มีระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% และระดับความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5% ตามมาตรฐานทั่วไป ทำให้มีจำนวนกลุ่มประชากรตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาของอาคารสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และหอพักชวนชมมีปริมาณเท่ากับ 46, 202 และ 300 คน ในการสำรวจการเดินทางของบุคลากรนั้นทำการสอบถามในเรื่องระยะทางการเดินทางของแต่ละยานพาหนะและจำนวนรูปแบบการเดินทาง แต่ไม่ได้สอบถามความถี่ในการเดินทางของแต่รูปแบบเนื่องจากส่วนใหญ่การเดินทางในหนึ่งรูปแบบมีการเปลี่ยนยาพาหนะหลายครั้งซึ่งการสอบถามความถี่เพิ่มเติมทำให้เกิดความซับซ้อนอาจนำไปสู่ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลได้ จึงตั้งสมมุติฐานให้การเดินทางแต่ละรูปแบบมีปริมาณความถี่ที่เท่ากัน ส่วนการสำรวจการเดินทางของนิสิตทำการสอบถามข้อมูลระยะทาง รูปแบบการเดินทาง รวมไปถึงความถี่การเดินทางแต่ละรูปแบบต่อเดือนเพราะไม่มีข้อมูลการเดินทางที่ซับซ้อนโดยรายละเอียดแบบสอบถามแต่ละรูปแบบแสดงในภาคผนวก ค

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางแต่ละประเภทยานพาหนะใช้การคำนวณจากข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ และปริมาณบรรจุผู้โดยสารของยานพาหนะแต่ละประเภท โดยใช้ข้อมูลจากเกณฑ์มาตรฐาน กฎหมาย และข้อมูลจากการสำรวจให้ตรงหรือมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดกับรุ่น ยี่ห้อ ขนาด และเครื่องยนต์ของยานพาหนะที่ใช้จริง โดยรายละเอียดข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ ปริมาณบรรจุผู้โดยสาร และอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของยานพาหนะแต่ละประเภทสามารถดูได้ในตารางที่ ก-11

ตารางที่ ก-11 ข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ ปริมาณบรรจุผู้โดยสาร และอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของยานพาหนะแต่ละประเภท

ประเภทยานพาหนะ	อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม./ ลิตร)	ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้	ปริมาณบรรจุผู้โดยสาร (คน)	อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2e / กม./ คน)
การเดินทางส่วนบุคคล				
รถยนต์ส่วนตัว	14.76	เบนซิน	1	0.148
รถจักรยานยนต์ส่วนตัว	37.64	เบนซิน	1	0.058
รถยนต์รับจ้างสาธารณะ (taxi)	11.91	NGV	1	0.189
รถจักรยานยนต์รับจ้างสาธารณะ	37.64	เบนซิน	1	0.058
รถสามล้อเครื่องรับจ้างสาธารณะ	15.00	เบนซินหรือ LGV	1	0.130
ระบบขนส่งมวลชล				
รถตู้โดยสารประจำทาง	10.20	ดีเซล	13	0.021
รถโดยสารประจำทาง	0.96	ดีเซล	34	0.028
เรือโดยสารประจำทาง	6.38	เบนซินผสม LNG	80	0.003
รถสองแถวประจำทาง	6.37	ดีเซล	12	0.036
รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (BRT)	2.27	NGV	20	0.049
รถปอ.พ. (CU POP Bus)	0.96	ดีเซล	40	0.024
รถไฟดีเซลราง	0.72	ดีเซล	222	0.017
รถพลังงานไฟฟ้า				
ประเภทยานพาหนะ	อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Wh/ กม.)	ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้	ปริมาณบรรจุผู้โดยสาร (คน)	อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2e / กม./ คน)
รถยนต์ไฟฟ้า Ha:mo	89.80	ไฟฟ้า	1	0.055

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถไฟฟ้า (BTS, MRT และ ARL) นั้นมีค่าเท่ากับ 0.09 kWh / tkm ซึ่งมีการคิดเป็นปริมาณต่อหนึ่งคนแล้ว โดยน้ำหนักเฉลี่ยของคนไทยหนึ่งคนมีปริมาณเท่ากับ 63.12 กก. ทำให้อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.0035 kg CO_2e /กม. /คน

1.9 การเผาไหม้ที่อยู่กับที่ของอุปกรณ์ร้านค้าที่เข้ามาเช่าพื้นที่ในองค์กร

เนื่องจากอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เป็นเพียงอาคารเดียวจากกลุ่มอาคารตัวอย่างที่มีร้านอาคารเข้ามาเช่าพื้นที่ในอาคารจึงทำให้เป็นอาคารเดียวที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่ของอุปกรณ์ร้านค้าที่เข้ามาเช่าพื้นที่ โดยร้านค้าที่เข้ามาเช่าพื้นที่ในอาคารทั้งหมด 3 ร้านมีการใช้ผลิตภัณฑ์ในการปรุงอาหารซึ่งเป็นถังก๊าซหุงต้ม LPG สีเขียวขนาดบรรจุ 15 kg โดยมีจำนวนการใช้สัปดาห์ละ 3 ถังในช่วงเปิดเทอมและสัปดาห์ละ 1 ถังในช่วงปิดเทอม ทำให้มีปริมาณการใช้ก๊าซหุงต้ม LPG ทั้งหมด 1,860 kg ต่อปี

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (เผาไม้อยู่กับที่) ประเภทก๊าซหุงต้ม (LPG) มีค่าเท่ากับ 3.1100 kg CO_2e / kg เมื่อนำมาคำนวณด้วยสมการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหัวข้อพลังงานไฟฟ้าในตารางที่ 3 พร้อมกับปริมาณการใช้ก๊าซหุงต้มทั้งหมดต่อปีทำให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นจำนวน 5,784.60 kg CO_2e

1.10 การกำจัดขยะขององค์กรภายนอก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื่องจากแต่ละอาคารไม่มีการบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำขยะที่เพียงพอทำให้ข้อมูลปริมาณขยะเหลือทิ้งทั้งหมดของแต่ละอาคารต้องใช้การประมาณจากปริมาตรของพื้นที่บรรจุ ร่วมกับการประมาณอัตราส่วนปริมาตรขยะแต่ละประเภทจากการสำรวจภาคสนามเพื่อแปลงปริมาตรมาเป็นน้ำหนักของขยะ ด้วยการใช้ค่าความหนาแน่นของแต่ละวัสดุซึ่งมาจากรายงานเรื่องการจัดการขยะขององค์กร UNEP

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มีขยะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ ขยะกลุ่มที่ 1 ขยะทั่วไป (ขยะเปียก แห้ง และเศษอาหาร) ซึ่งมีเป็นปริมาณขยะจากฝ่ายกายภาพของอาคารปีงบประมาณ 2560 มีปริมาณเท่ากับ 27,938 กก. และข้อมูลปริมาณขยะจากสำนักบริหารยุทธศาสตร์และการขับเคลื่อนปีงบประมาณ 2559 เท่ากับ 27,797 กก. เพื่อให้ได้ปริมาณขยะในปีพ.ศ. 2559 จึงใช้การเฉลี่ยปริมาณระหว่างทั้งสองปีงบประมาณซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 27,867.50 กก. ขยะกลุ่มที่ 2 ขยะจากการเรียนหรือกิจกรรมที่ส่วนใหญ่ (กระดาษแข็ง โฟม และไม้) ซึ่งไม่มีการบันทึกข้อมูลน้ำหนัก โดย

ความถี่การรับขนขยะของทางหน่วยงานราชการของทางกรุงเทพมหานครนั้นมารับสามเดือนต่อครั้ง และประเภทของยานพาหนะที่ใช้ขนซึ่งก็คือรถหกล้อจำนวน 4 คันโดยบรรทุกขยะเต็มกระบะทุกคัน โดยตั้งสมมุติฐานให้ปริมาณขยะเต็มปริมาตรบรรจุของกระบะของรถหกล้อ จากการสำรวจขนาดของรถหกล้อของยี่ห้อที่มีความนิยมในใช้งาน ได้แก่ isuzu, hino และ tata ซึ่งมีกระบะขนาด 7.25 x 2.40 x 2.50 ม. คิดเป็นปริมาตรเท่ากับ 43.5 ลบ.ม. และใช้ข้อมูลอัตราส่วนปริมาตรขยะแต่ละประเภทจากการสำรวจภาคสนามเพื่อแบ่งสัดส่วนของขยะแต่ละประเภทในปริมาตรขยะทั้งหมด ซึ่งสัดส่วนปริมาตรขยะประเภทกระดาษแข็ง โฟม และไม้ในขยะกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 30, 60 และ 10 ตามลำดับ แล้วจึงใช้ค่าความหนาแน่นของขยะแต่ละประเภทจากรายงานเรื่องการจัดการขยะขององค์กร UNEP ในการแปลงปริมาตรขยะเป็นน้ำหนัก จึงทำให้ขยะกลุ่มนี้มีปริมาณน้ำหนักเท่ากับ 27,128.96 กก. และปริมาณขยะทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เท่ากับ 54,996.46 กก.

อาคารจามจุรี 5 ไม่มีบันทึกข้อมูลปริมาณขยะในปีพ.ศ.2559 แต่เนื่องจากอาคารจามจุรี 5 เป็นอาคารสำนักงานที่มีกิจกรรมการใช้งานที่เหมือนเดิมในแต่ละเดือนและไม่มีช่วงเวลาปิดเทอมจึงตั้งสมมติฐานให้ปริมาณขยะแต่ละเดือนมีปริมาณที่ใกล้เคียง การประมาณปริมาณขยะนั้นใช้ข้อมูลขยะที่มีการบันทึกซึ่งเป็นข้อมูลภายหลังปีพ.ศ.2559 ซึ่งมีเพียงข้อมูลขยะ 2 เดือนก่อนมีการเริ่มโครงการลดขยะในสำนักงานในเดือนพฤษภาคมปีพ.ศ.2560 ได้แก่ เดือนมีนาคมและเมษายนปีพ.ศ.2560 ในการหาปริมาณขยะเฉลี่ยแต่ละเดือนและปริมาณเฉลี่ยตลอดทั้งปีซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 2,349.64 และ 28,195.71 กก. โดยอาคารจามจุรี 5 มีการดำเนินการแยกเส้นทางกำจัดขยะซึ่งมีปริมาณขยะเหลือทิ้งและขยะแยกทิ้งเท่ากับร้อยละ 59 และ 41 ตามลำดับ ขยะแยกทิ้งนั้นประกอบด้วย กระดาษ ขวดพลาสติกและแผ่นซีดีคิดเป็นร้อยละ 95.2, 4.4 และ 0.4 จากขยะส่วนนี้ตามลำดับ ซึ่งขยะประเภทกระดาษและขวดน้ำมีอัตรารีไซเคิลที่เท่ากันคือร้อยละ 29 ขยะประเภทกระดาษและประเภทอื่นมีปริมาณค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดแบบฝังกลบเท่ากับ 2.93 และ 2.32 kg CO_2e / kg ตามลำดับ

ส่วนหอพักชวนชมไม่มีบันทึกข้อมูลปริมาณขยะเลยจึงต้องใช้การประมาณจากการสำรวจภาคสนาม โดยขยะแยกได้ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ขยะกลุ่มที่ 1 เป็นขยะบรรจุในถังขยะขนาด 120 ลิตรหรือขนาด 44 X 50.5 X 99 ซ.ม. จำนวน 10 ถัง ซึ่งมีปริมาตรบรรจุถังละประมาณ 0.22 ลบ.ม. โดยประกอบด้วยขยะประเภทขวดและแก้วน้ำพลาสติก กล่องและถ้วยกระดาษ และถุงพลาสติกเป็นสัดส่วนปริมาตรร้อยละ 10, 85 และ 5 ของขยะกลุ่มนี้ตามลำดับ ส่วนขยะกลุ่มที่ 2 เป็นขยะบรรจุอยู่ในถุงขยะขนาด 36” X 45” ซึ่งเป็นถุงที่ใช้กับถังขยะกลุ่มที่ 1 จึงทำให้มีปริมาณบรรจุที่ใกล้เคียงกัน แบ่งเป็นขยะขวดน้ำพลาสติกมีปริมาณเท่ากับ 11 ถุงและกระดาษแข็งมีปริมาณเท่ากับ 1 ถุงโดยขยะกลุ่มนี้มีการนำไปทิ้งแยก จึงใช้ค่าความหนาแน่นของขยะแต่ละประเภทจาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายงานเรื่องการจัดการขยะขององค์กร UNEP และรายงานสรุปความหนาแน่นขยะรวมขององค์กร WRAP ในการแปลงปริมาตรขยะเป็นน้ำหนัก จึงทำให้ในหนึ่งวันมีปริมาณขยะกลุ่มที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 215.51 กก. และขยะกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 56.79 กก. ทำให้ปริมาณขยะทั้งหมดในหนึ่งวันมีปริมาณเท่ากับ 272.30 กก. จากการสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องนั้นในช่วงเวลาปิดเทอมขยะมีปริมาณลดลงเหลือครึ่งเดียวส่งผลให้ปริมาณขยะทั้งหมดตลอดปีของหอพักชวนชมเท่ากับ 85,774.34 กก. ในส่วนของรายละเอียดความหนาแน่นโดยประมาณ (rules of thumb) และความหนาแน่นรวม (bulk density) ของขยะแต่ละประเภทสามารถดูได้ในตารางที่ ก-12

ตารางที่ ก-12 ความหนาแน่นโดยประมาณ (rules of thumb) และความหนาแน่นรวม (bulk density) ของขยะแต่ละประเภท

ประเภทขยะ	ความหนาแน่น (kg / m^3)
กระดาษแข็ง (cardboard)	29.66
โฟม (expanded polystyrene)	13.05
ไม้ (wood by product)	222.48
ขวดน้ำพลาสติก (PET bottle)	20.77
ถุงพลาสติก (bags)	112.00

(ที่มา Developing Integrated Solid Waste Management Plan, UNEP, 2009 และ summary report, WRAP, 2010)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะขององค์กรภายนอกนั้นนอกจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการกำจัดแล้วยังต้องรวมถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะตามเกณฑ์ของ อบก. กำหนดให้ยานพาหนะในการขนส่งเป็นรถ 10 ล้อ ขนาดบรรทุกสูงสุด 16 ตัน โดยกำหนดให้ขาไปบรรทุกเต็มกระบะ (100% loading) และขากลับใช้ระยะทางเดินทาง 40 กม.และเป็นรถเปล่า (0% loading) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการขนส่งเท่ากับ 0.0530 tkm / kg CO_2e และ 0.5863 km / kg CO_2e ตามลำดับ ขยะในเขตปทุมวันถูกส่งไปยังสถานีขนถ่ายมูลฝอยสายไหมและสถานีขนถ่ายมูลฝอยหนองแขมซึ่งมีระยะทางจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเท่ากับ 31.9 กม.และ 30.1 กม.ตามลำดับเฉลี่ยแล้วมีระยะทางเท่ากับ 31 กม. ทำให้ผลรวมปริมาณการปล่อยเรือนกระจกจากการกำจัดขยะทั้งหมดของอาคารคณะ

สถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมที่มีปริมาณเท่ากับ 127,591.79, 62,447.76 และ 187,367.16 kg CO_2e ตามลำดับ กับปริมาณการปล่อยเรือนกระจกจากการขนส่งที่มีปริมาณเท่ากับ 113.81, 50.87 และ 164.38 kg CO_2e ตามลำดับ รวมกันเป็น 127,705.60, 62,498.62 และ 187,531.54 kg CO_2e ตามลำดับ

1.11 การผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกคำนวณจากปริมาณน้ำที่ซื้อมาและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของของการผลิตของการประปานครหลวงที่มีค่าเท่ากับ 0.5081 kg CO_2e / ลบ.ม. โดยอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณการใช้น้ำประปาเท่ากับ 12,329, 8,318 และ 816,762.67 ลบ.ม. ตามลำดับ และทำให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 6,264.36, 4,226.38 และ 414,997.11 kg CO_2e ตามลำดับ โดยข้อมูลปริมาณการใช้น้ำประปาแต่ละเดือนของปีพ.ศ.2559 แสดงอยู่ในตารางที่ ก-13

ตารางที่ ก-13 ปริมาณการใช้น้ำประปาแต่ละเดือนปีพ.ศ. 2559 ของแต่ละอาคาร

ช่วงเวลา	ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ (ลบ.ม.)		
	อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
ม.ค.-59	684	633	37,577.22
ก.พ.-59	1,116	713	73,070.41
มี.ค.-59	971	753	78,272.53
เม.ย.-59	1,056	756	82,146.79
พ.ค.-59	669	553	69,055.55
มิ.ย.-59	908	727	48,450.14
ก.ค.-59	829	671	44,997.67
ส.ค.-59	1,139	707	45,200.76
ก.ย.-59	1,648	783	86,770.90
ต.ค.-59	1,128	613	83,943.32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ก-13 (ต่อ) ปริมาณการใช้น้ำประปาแต่ละเดือนปีพ.ศ. 2559 ของแต่ละอาคาร

ช่วงเวลา	ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ (ลบ.ม.)		
	อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	อาคารจามจุรี 5	หอพักชวนชม
พ.ย.-59	1,081	691	86,130.40
ธ.ค.-59	1,100	718	81,146.98
รวมทั้งหมด	12,329	8,318	816,762.67

1.12 การผลิตวัสดุสำนักงานที่องค์กรใช้ (กระดาษ)

ข้อมูลปริมาณกระดาษที่ใช้ในสำนักงานมีข้อมูลอยู่ 2 แบบได้แก่ จำนวนปริมาณการใช้รวมทั้งปีจากการสั่งซื้อประจำปีงบประมาณของแต่ละปี เพื่อต้องการให้ได้เป็นปริมาณการใช้กระดาษต่อระยะเวลาหนึ่งปีตามขอบเขตของการศึกษาครั้งนี้จึงใช้การเฉลี่ยปริมาณกระดาษของข้อมูลแต่ละปีงบประมาณ และข้อมูลปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละครั้งพร้อมความถี่ในการสั่งซื้อในปีพ.ศ.2559 ซึ่งปริมาณกระดาษที่ใช้ในสำนักงานนั้นตั้งสมมติฐานให้มีปริมาณเท่ากับปริมาณที่สั่งซื้อ

กระดาษที่สั่งซื้อประกอบด้วยกระดาษ 80 แกรมขนาด A4 และ A3 โดยสั่งซื้อปริมาณหน่วยเป็นรีมซึ่งบรรจุกระดาษรีมละ 500 แผ่น ตามมาตรฐานสากลกระดาษ 80 แกรมขนาด A0 มีน้ำหนัก 80 กรัมต่อแผ่นทำให้กระดาษ A4 และ A3 ที่มีขนาดเล็กกว่ากระดาษ A0 เท่ากับ 16 เท่าและ 8 เท่าตามลำดับ ซึ่งทำให้มีน้ำหนักต่อแผ่นเท่ากับ 5 กรัมและ 10 กรัมตามลำดับ กระดาษประเภทที่ใช้นี้จัดอยู่ในประเภทกระดาษพิมพ์เขียนแบบไม่เคลือบผิวในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งครอบคลุมการผลิตตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมน้ำเยื่อ การทำแผ่นกระดาษ การแปรรูป จนถึงขั้นตอนการบรรจุหีบห่อซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตเท่ากับ 2.0859 kg CO_2e / กก. รายละเอียดปริมาณการใช้และความถี่ในการสั่งซื้อกระดาษของแต่อาคารและหน่วยงานตามประเภทกระดาษแสดงในตารางที่ ก-14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ก-14 ปริมาณการใช้และความถี่ในการสั่งซื้อกระดาษของแต่อาคารและหน่วยงาน ตามประเภทกระดาษ

หน่วยงาน	ข้อมูลการใช้กระดาษ		
	ประเภทกระดาษ	ปริมาณที่ใช้ต่อครั้ง (รีม)	ความถี่ (ครั้ง หรือ วันที่ หรือ เฉลี่ยต่อปี)
อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์			
ทั้งหมด	A4	1582	(เฉลี่ย 58 - 59 - 60)
ทั้งหมด	A3	18	(เฉลี่ย 58 - 59 - 60)
อาคารจามจุรี 5			
สำนักงานการทะเบียนและประมวลผล	A4	100	2 ครั้ง / ปี
สำนักบริหารการเงิน การบัญชีและการพัสดุ	A4	190	3/8/2559
	A4	225	6/23/2559
	A4	100	8/16/2559
	A4	50	8/22/2559
	A4	100	11/25/2559
	A4	175	12/20/2559
ศูนย์การจัดการทรัพยากรของมหาวิทยาลัย	A4	34	(เฉลี่ย 58 - 59)
สำนักบริหารแผนและการงบประมาณ	A4	200	(เฉลี่ย 58 - 59 - 60)
สำนักบริหารระบบกายภาพ	A4 (ใช้ในเครื่ององค์กร)	50	2 ครั้ง / ปี
	A4 (ใช้ในเครื่องที่เช่ามา)	50	2 ครั้ง / ปี
	A3	10	3 ครั้ง / ปี
สำนักบริหารทรัพยากรมนุษย์	A4	541	(เฉลี่ย 58 - 59 - 60)
สำนักบริหารวิชาการ	A4	50	1 ครั้ง / 2 เดือน
สำนักบริหารยุทธศาสตร์	A4	100	1 ครั้ง / 3 เดือน
สำนักบริหารวิจัย	A4	100	1 ครั้ง / 4 เดือน
ศูนย์กฎหมายและนิติการ	A4	136.5	(เฉลี่ย 58 - 59)
หอพักชวนชม			
ทั้งหมด	A4	2	12 ครั้ง / ปี (ต่อเดือน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระดาษที่องค์กรใช้นอกจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตแล้วยังต้องรวมถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งผลิตภัณฑ์ โดยต้องทราบถึงระยะทางในการขนส่งจากแหล่งแจกจ่ายสินค้ามายังองค์กรและประเภทยานพาหนะและรูปแบบการบรรทุกสินค้าในการขนส่งผลิตภัณฑ์ที่ถูกต้อง แต่ด้วยข้อจำกัดในการเข้าถึงข้อมูลและความสะดวกในการศึกษาที่นำไปใช้ร่วมกันกับการศึกษาอาคารอื่นในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงใช้การตั้งสมมติฐานโดยใช้สถานที่แจกจ่ายสินค่าของผลิตภัณฑ์กระดาษที่องค์กรซื้อยึดเอาสถานที่ของบริษัทที่ระบุในใบเสร็จรับเงินที่สั่งซื้อสินค้า โดยเป็นการขนส่งสินค้าที่ขนส่งเฉพาะที่องค์กรโดยไม่ได้ส่งสินค้าที่อื่นก่อนหน้าหรือภายหลัง และตั้งสมมติฐานให้ใช้ยานพาหนะขนส่งเป็นประเภทรถตู้บรรทุก 4 ล้อซึ่งมีความนิยมใช้ในการขนส่งสินค้าประเภทนี้ วิ่งแบบปกติ มีน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตันที่มีตู้บรรทุกขนาดทั่วไปเท่ากับ 1.69 x 2.80 x 1.76 ม. และใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันดีเซล

การขนส่งคำนวณให้ปริมาณกระดาษที่ขนส่ง จำนวนครั้งในการขนส่งและรูปแบบการบรรทุกสินค้าขึ้นอยู่ตามปริมาณที่ทำการสั่งซื้อตามความถี่ของแต่ละหน่วยงาน โดยรูปแบบการขนส่งนั้นขึ้นอยู่กับปริมาตรของสินค้าและปริมาตรบรรทุกของยานพาหนะซึ่งผลิตภัณฑ์กระดาษขนาด 1 รีมมีขนาดเท่ากับ 29.7 X 21.0 X 5.5 ซม. หรือเท่ากับ 0.0034 ลบ.ม. ส่วนปริมาตรบรรทุกของรถเท่ากับ 8.33 ลบ.ม. ทำให้รูปแบบการขนส่งของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เป็นแบบ 75% loading ส่วนหน่วยงานทั้งหมดในอาคารจามจุรี 5 และหอพักชวนชมมีรูปแบบการขนส่งเป็น 50% loading ในการเดินทางบรรทุกมา ซึ่งมีปริมาณค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.2390 และ 0.3380 kg CO_2e / tkm ตามลำดับ ส่วนการเดินทางกลับเป็นการขนส่งแบบ 0% loading ทั้งหมดมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.3324 kg CO_2e / km

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากข้อมูลปริมาณการใช้กระดาษและความถี่ในการสั่งซื้อของแต่ละอาคารทำให้อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อาคารจามจุรี 5 และอาคารหอพักชวนชมมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระดาษที่ใช้ในสำนักงานเท่ากับ 8,437.47, 16,747.17 และ 125.15 kg CO_2e ตามลำดับ และปริมาณการปล่อยจากการขนส่งเท่ากับ 5.06, 77.47 และ 3.41 kg CO_2e ตามลำดับ จึงมีผลรวมการปล่อยทั้งหมดเท่ากับ 8,442.52, 16,824.64 และ 128.56 kg CO_2e ตามลำดับ

ภาคผนวก ข
วิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการปรับปรุงแต่ละวิธี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอก

ในการหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการปรับปรุงอาคารในส่วนประสิทธิภาพการใช้งานอาคารนั้นใช้การคำนวณด้วยโปรแกรมจำลองอาคาร VisualDOE 4.0 โดยใช้ต้นแบบอาคารจำลองจากงานวิจัยที่กำหนดรูปร่างและขนาดอาคาร รวมถึงรายละเอียดแต่ละอย่างเพื่อเป็นอาคารตัวแทนที่มีลักษณะอาคารที่ใช้ทั่วไปสำหรับการใช้จำลองของอาคารแต่ละประเภทที่มีรูปร่างแตกต่างกันไปเล็กน้อย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นค่าปริมาณเฉลี่ยในแต่ละประเภทซึ่งเหมาะสมในการใช้ศึกษา เนื่องจากอาคารแต่ละประเภทในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีรูปร่างหรือทิศทางที่หลากหลาย โดยรายละเอียดประสิทธิภาพอาคารแต่ละระบบหรือลักษณะการใช้งานอาคารในบางส่วนนั้นทำการดัดแปลงใส่รายเอียดของอาคารตัวอย่างที่ทำการศึกษาไปแทนเพื่อให้มีความสอดคล้องกับบริบทของมหาวิทยาลัย

1.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เป็นอาคารตัวแทนในประเภทกลุ่มอาคารเรียนในการศึกษาวิจัยนี้ ซึ่งต้นแบบอาคารจำลองและรายละเอียดแต่ละอย่างนั้นนำมาจากงาน A Genetic Algorithm-Based Approach Design for Energy-Efficient Building in Thailand (Supatcharawadee Pornkrisadanuphan and Pipat Chaiwiwatworakul, 2011) เป็นหลักและเสริมข้อมูลบางส่วนเพิ่มเติมจากงาน technical review of energy conservation programs for commercial and government buildings in Thailand (Surapong Chirarattananon and Juntakan Taweekun, 2003) และใช้ข้อมูลของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่มาจากงานวิจัยแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเรียน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (นายวัศพล ธีรวนพันธุ์, 2558) ปรับปรุงในบางส่วน โดยข้อมูลที่ใช้ในการจำลองที่มาจากแต่ละงานมีรายละเอียดดังนี้ และเพิ่มกรณีอาคารจำลองที่หมุนทำมุม 90 องศาในกรณีที่อาคารมีความยาวด้านสั้นและยาวที่ไม่เท่ากันเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยที่เป็นกลางมากที่สุด ส่วนรูปทรงอาคารที่ใช้ในการจำลองแสดงในภาพที่ ข-1 ซึ่งรายละเอียดการตั้งค่าในโปรแกรมแสดงในภาพที่ ข-2 ถึง ข-7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

31.62 x 31.62 m | 22.36 x 44.72 m (เพิ่มเติม:หมุน 90°) | 18.26 x 54.77 m (เพิ่มเติม:หมุน 90°) | 15.81 x 63.25 m (เพิ่มเติม:หมุน 90°)

ภาพที่ ข-1 รูปทรงอาคารที่ใช้ในการจำลองตัวแทนอาคารเรียน
(ที่มา : Pornkrisadanuphan, S.,Chaiwiwatworakul, P., 2011)

- ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองจากงาน A Genetic Algorithm-Based Approach Design for Energy-Efficient Building in Thailand

1. จำนวนชั้น	:	20	ชั้น
2. ความสูง floor-to-floor	:	3.5	ม.
2. Ratio of window area to wall area, WWR	:	0.35	

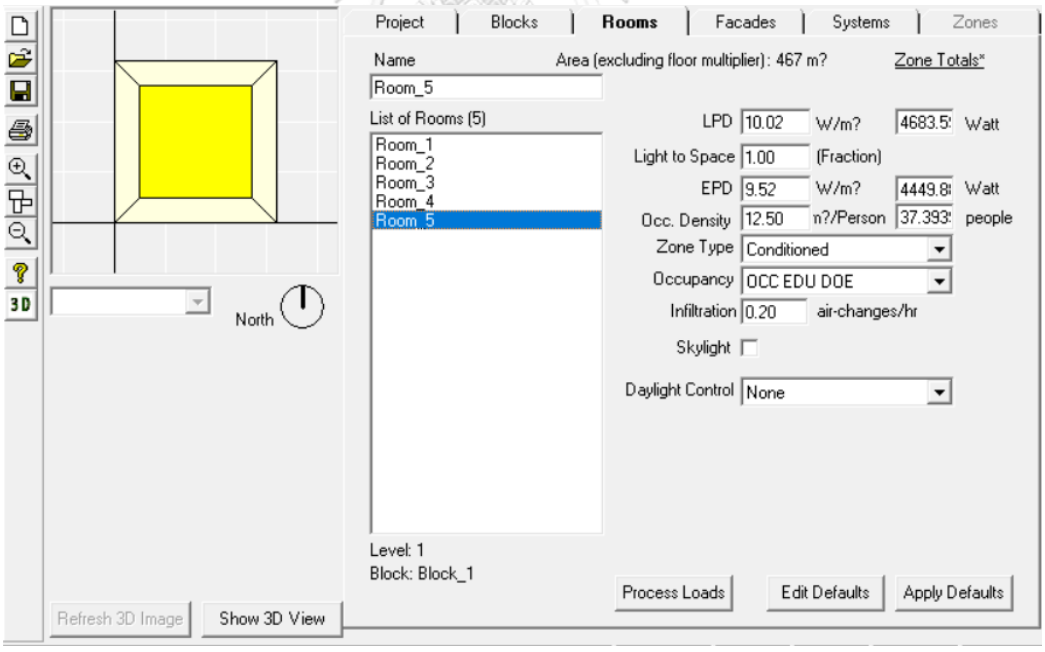
- ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองจากงาน technical review of energy conservation programs for commercial and government buildings in Thailand

1. Overall coefficient of heat transfer for wall, U_w	:	3.326	$Wm^{-2}\ K^{-1}$
2. Solar absorptance of wall and roof surfaces	:	0.4	
3. Interior temperature	:	25	°C
4. จำนวนคนใช้งานต่อ 100 ตร.ม.	:	8	คน
5. จำนวนวันที่ใช้งานต่อสัปดาห์	:	5	วัน
6. เวลาชั่วโมงใช้งาน	:	8:30 – 16:30	

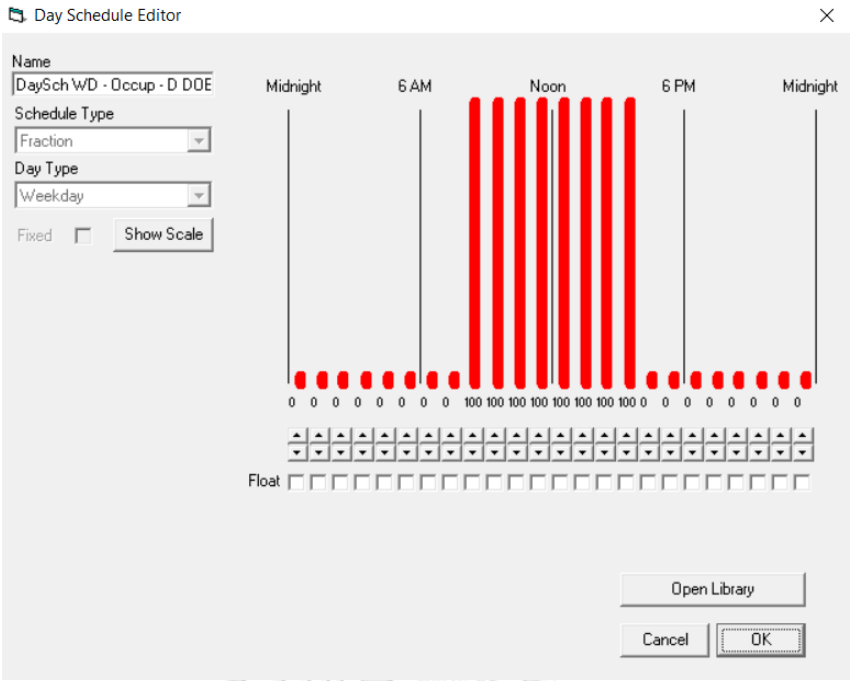
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองจากงานวิจัยแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารเรียน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

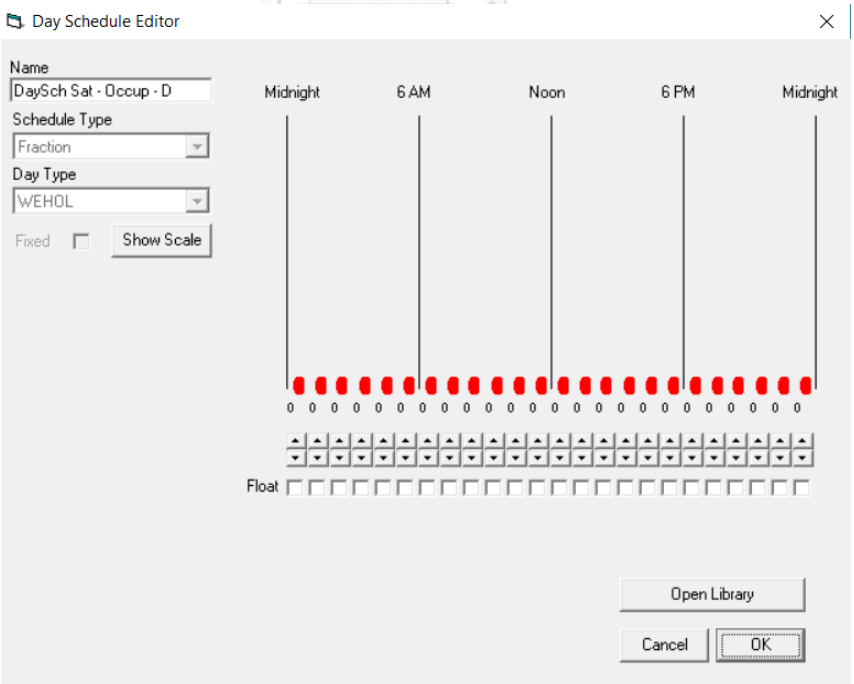
1. Solar Heat Gain Coefficient, SHGC	:	0.82	
2. Overall coefficient of heat transfer for roof, U_r	:	1.41	$Wm^{-2} K^{-1}$
3. Lighting power density, LPD	:	10.02	Wm^{-2}
4. Equipment power density, EPD	:	9.52	Wm^{-2}
5. ชนิดระบบปรับอากาศ	:	split type	
6. Energy Efficiency Ratio, EER	:	10.31	



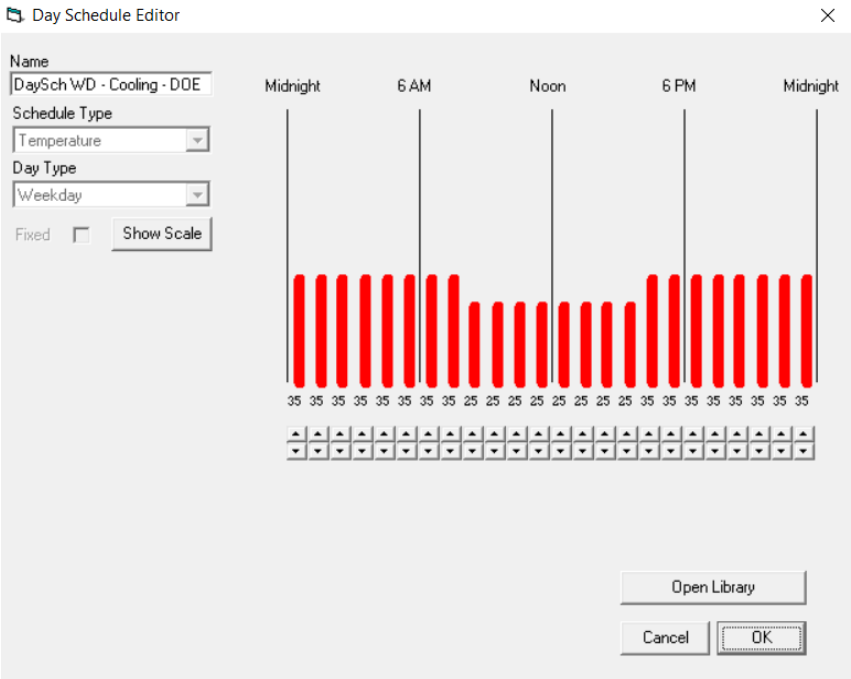
ภาพที่ ข-2 รายละเอียดการกำหนดค่า LPD, EPD, Occ. Density, Zone type และประเภท Occupacy



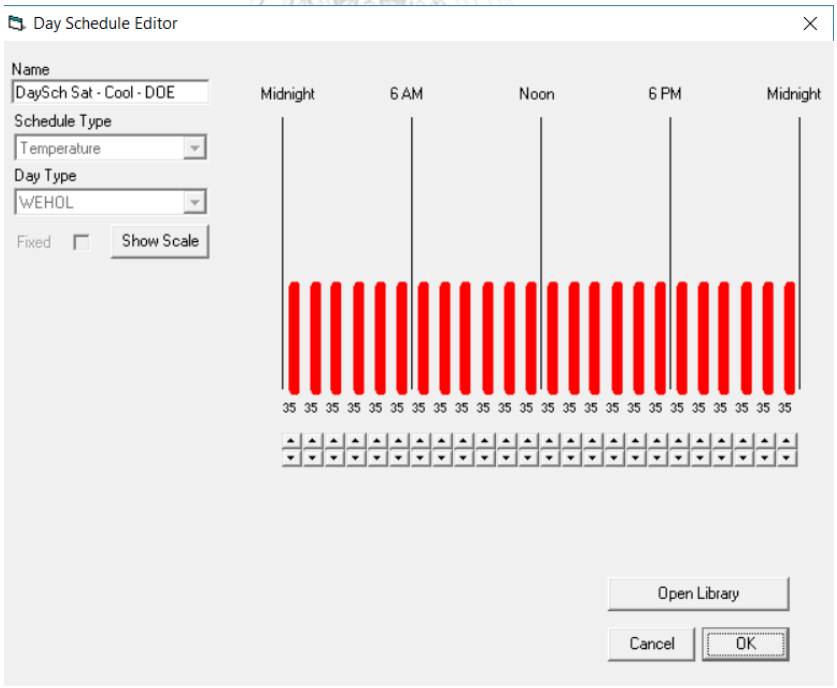
ภาพที่ ข-3 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานของคนและระบบ lights, equipment และ fan ในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์



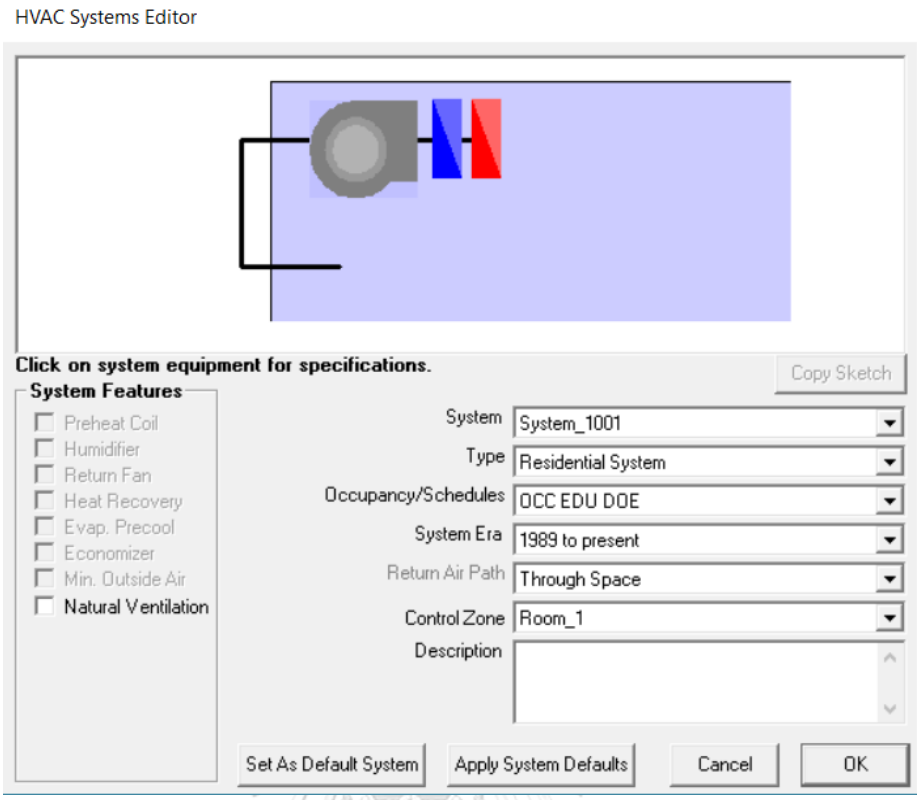
ภาพที่ ข-4 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานของคนและระบบ lights, equipment และ fan ในช่วงสุดสัปดาห์และวันหยุด

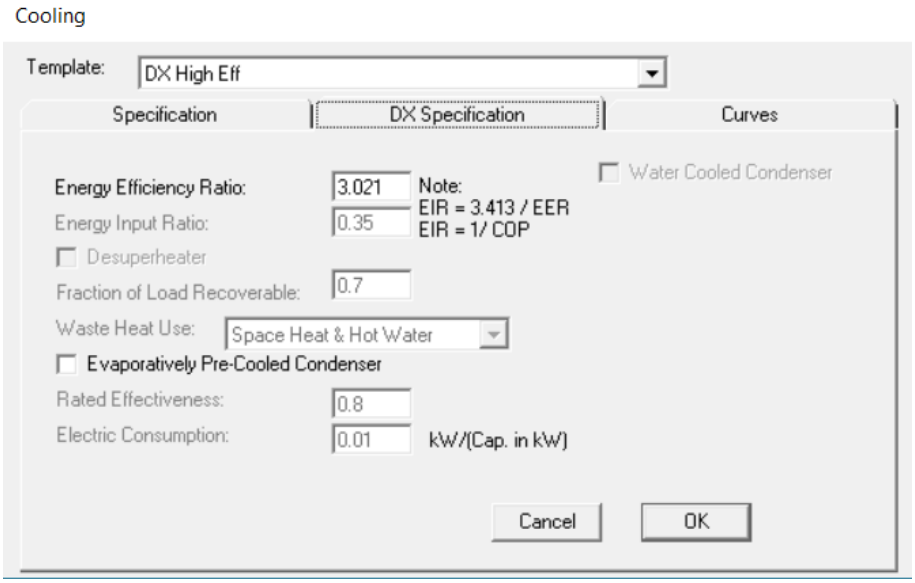


ภาพที่ ข-5 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานระบบ cooling ในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์



ภาพที่ ข-6 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานระบบ cooling ในช่วงสุดสัปดาห์และวันหยุด

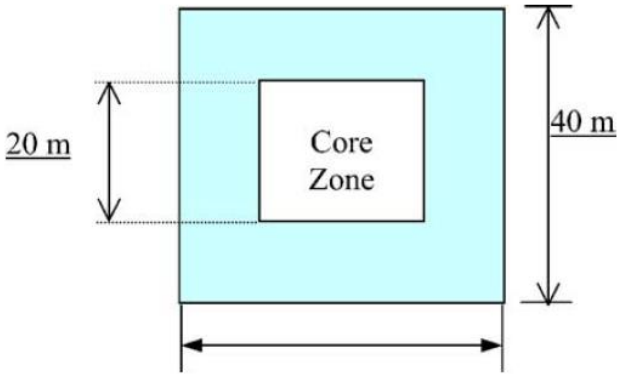




ภาพที่ ข-7 การแสดงรายละเอียดการกำหนดประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ

1.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานอาคารจามจุรี 5

ส่วนอาคารจามจุรี 5 นั้นเป็นอาคารตัวแทนในประเภทกลุ่มอาคารสำนักงาน โดยต้นแบบอาคารจำลองและรายละเอียดแต่ละอย่างนั้นนำมาจากงาน An OTTV-based energy estimation model for commercial buildings in Thailand (Surapong Chirarattananon and Juntakan Taveekun, 2004) และข้อมูลบางส่วนเพิ่มเติมจากงาน A Genetic Algorithm-Based Approach Design for Energy-Efficient Building in Thailand (Supatcharawadee Pornkrisadanuphan and Pipat Chaiwiwatworakul, 2011) และใช้ข้อมูลอาคารจามจุรี 5 ที่มาจากการเก็บข้อมูลภาคสนามและการสอบถามผู้เกี่ยวข้อง โดยข้อมูลที่ใช้ในการจำลองที่มาจากแต่ละงานมีรายละเอียดดังนี้ ส่วนรูปทรงอาคารที่ใช้ในการจำลองแสดงในภาพที่ ข-8 ซึ่งรายละเอียดการตั้งค่าในโปรแกรมแสดงในภาพที่ ข-9 ถึง ข-13



ภาพที่ ข-8 รูปทรงอาคารที่ใช้ในการจำลองตัวแทนอาคารสำนักงาน
(ที่มา : Chirarattananon, S.,and Taveekun, J., 2004)

- ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองจากงาน An OTTV-based energy estimation model for commercial buildings in Thailand

1. จำนวนชั้น	:	12	ชั้น
2. Ratio of window area to wall area, WWR	:	0.44	
3. Overall coefficient of heat transfer for wall, U_w	:	2.957	$Wm^{-2} K^{-1}$
4. Overall coefficient of heat transfer for roof, U_r	:	0.676	$Wm^{-2} K^{-1}$
5. Solar absorptance of wall surfaces	:	0.5	

6. Solar absorptance of roof surfaces	:	0.005	
7. Interior temperature	:	25	^{o}C
8. จำนวนคนใช้งานต่อ 100 ตร.ม.	:	7	คน
9. จำนวนวันที่ใช้งานต่อสัปดาห์	:	5	วัน
10. จำนวนของการแบ่งส่วนพื้นที่	:	2	ส่วน

(ส่วน 1 มีการใช้งานพื้นที่ และส่วนที่ 2 (แกนอาคาร) ไม่มีการปรับอากาศ การใช้งานระบบแสงสว่าง อุปกรณ์ และการใช้งานจากคน)

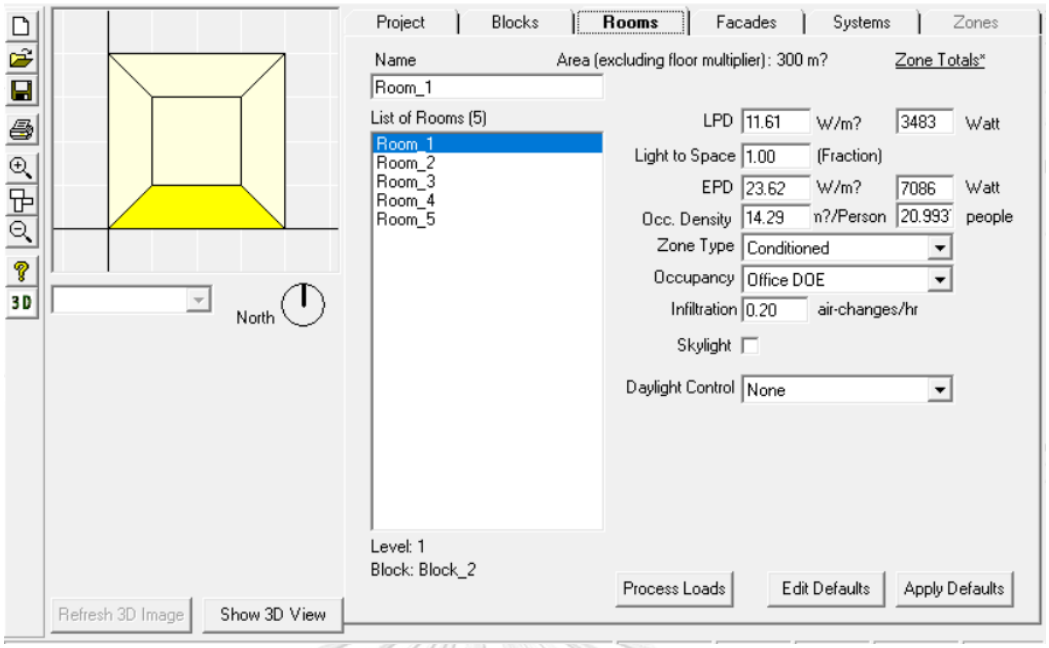
- ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองจากงาน A Genetic Algorithm-Based Approach Design for Energy-Efficient Building in Thailand

1. ความสูง floor-to-floor	:	3.5	ม.

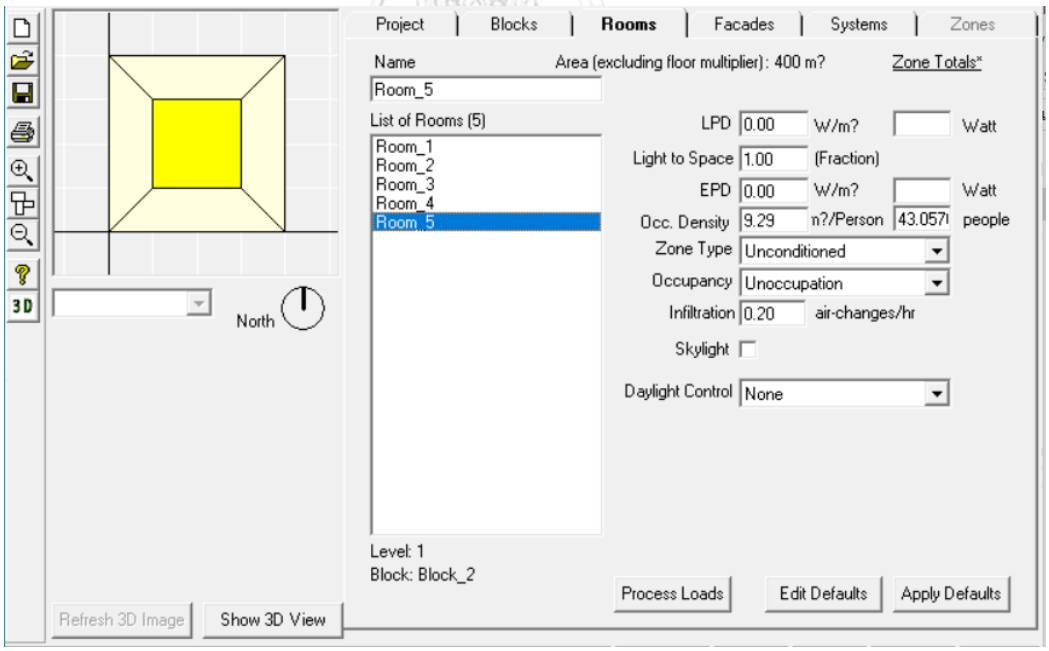
- ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองจากการเก็บข้อมูลภาคสนามและสอบถามผู้เกี่ยวข้อง

1. Solar Heat Gain Coefficient, SHGC	:	0.82	
2. Lighting power density, LPD	:	11.61	Wm^{-2}
3. Equipment power density, EPD	:	23.62	Wm^{-2}
4. ชนิดระบบปรับอากาศ	:	split type	
5. Energy Efficiency Ratio, EER	:	10.35	
6. เวลาชั่วโมงใช้งาน	:	8:00 – 17:00	

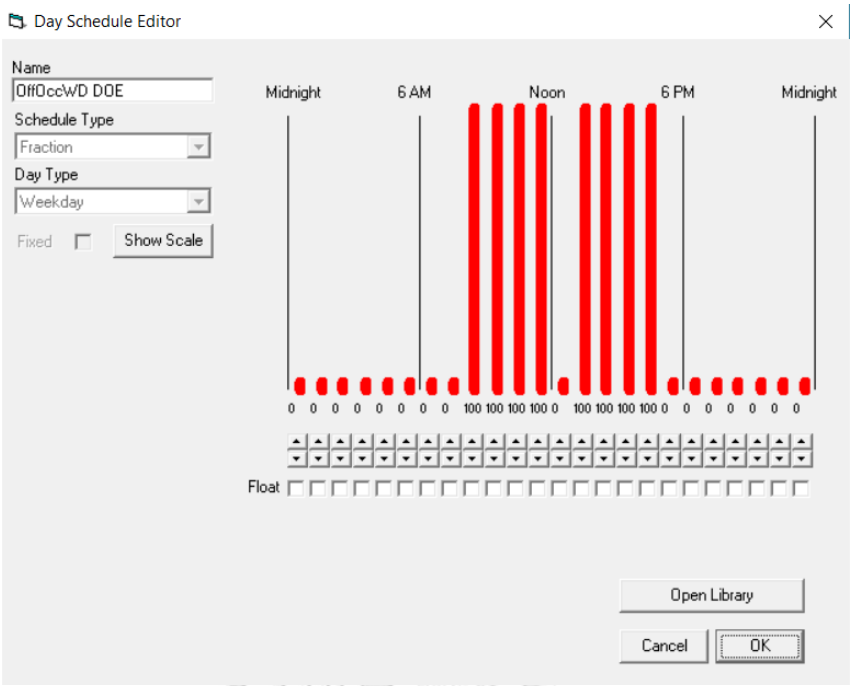
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



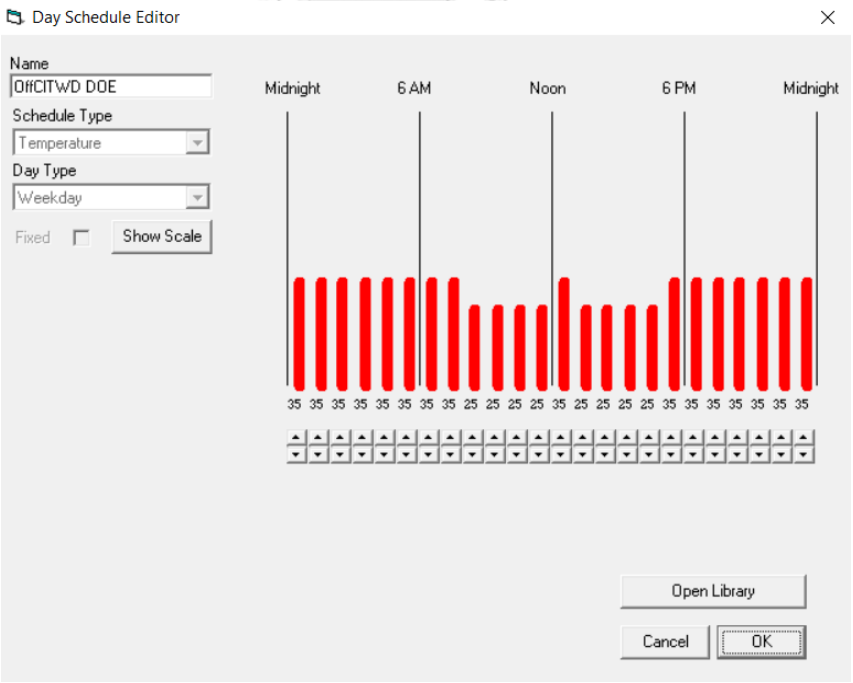
ภาพที่ ข-9 รายละเอียดการกำหนดค่า LPD, EPD, Occ. Density, Zone type และประเภท Occupacy ของพื้นที่ส่วนที่ 1 (ปรับอากาศ)



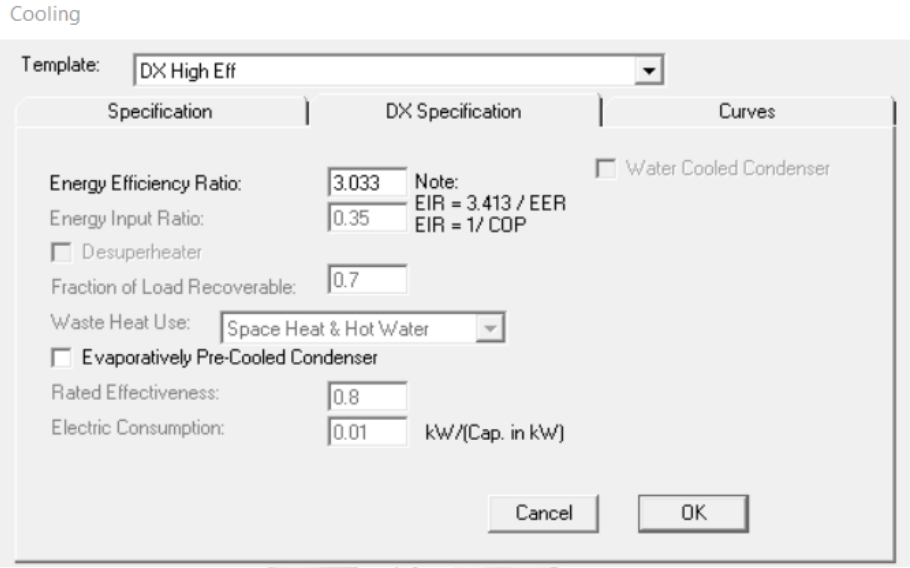
ภาพที่ ข-10 รายละเอียดการกำหนดค่า LPD, EPD, Occ. Density, Zone type และประเภท Occupacy ของพื้นที่ส่วนที่ 2 (ไม่ปรับอากาศ)



ภาพที่ ข-11 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานของคนและระบบ lights, equipment และ fan ในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์



ภาพที่ ข-12 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานระบบ cooling ในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์

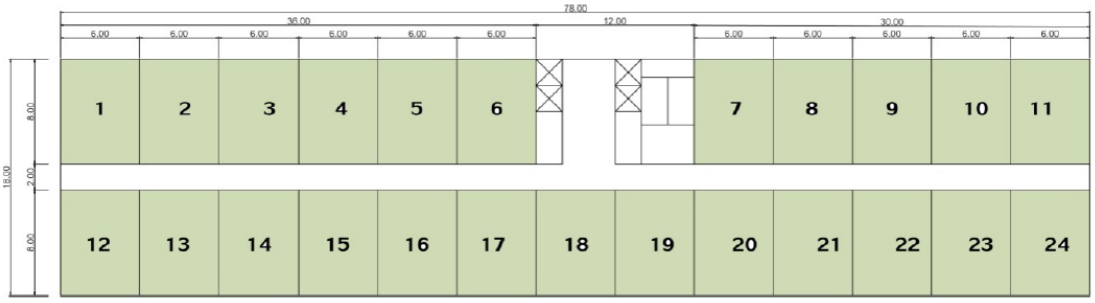


ภาพที่ ข-13 รายละเอียดการกำหนดประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ

1.3 การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานอาคารหอพักชวนชม

หอพักชวนชมนั้นเป็นอาคารตัวแทนในประเภทกลุ่มอาคารพักอาศัย โดยต้นแบบอาคารจำลองและรายละเอียดแต่ละอย่างนั้นนำมาจากงานวิจัยผลกระทบจากการกำหนดค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารตามกฎหมายที่มีต่อการออกแบบคอนโดมิเนียม (อภิญญา บุญมา, 2555) และทำการเสริมข้อมูลบางส่วนเพิ่มเติมจากงาน technical review of energy conservation programs for commercial and government buildings in Thailand (Surapong Chirarattananon and Juntakan Taweekun, 2003) และใช้ข้อมูลอาคารหอพักชวนชมที่มาจากการเก็บข้อมูลภาคสนามและการสอบถามผู้เกี่ยวข้อง การทำการวิเคราะห์นั้นทำการแบ่งเป็นกรณีที่อาคารวางตัวทำมุม 0, 90, 180 และ 270 องศากับทางทิศเหนือ และในการจำลองนั้นกำหนดตาราง people, lights, equipment, cooling และ fan ตามงานวิจัยของนางสาวอภิญญาทั้งหมด โดยข้อมูลที่ใช้ในการจำลองที่มาจากแต่ละงานมีรายละเอียดดังนี้ ส่วนรูปทรงอาคารที่ใช้ในการจำลองแสดงในภาพที่ ข-14 ซึ่งรายละเอียดการตั้งค่าในโปรแกรมแสดงในภาพที่ ข-15 ถึง ข-26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ ข-14 รูปทรงอาคารที่ใช้ในการจำลองตัวแทนอาคารพักอาศัย

- ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองจากงาน An OTTV-based energy estimation model for commercial buildings in Thailand

1. จำนวนชั้น	:	29	ชั้น
2. จำนวนห้องพักอาศัยใน 1 ชั้น	:	24	ห้อง
3. ความสูง floor-to-floor	:	3.5	ม.
4. Ratio of window area to wall area, WWR	:	0.16	
5. Overall coefficient of heat transfer for wall, U_w	:	3.01	$Wm^{-2} K^{-1}$
6. Overall coefficient of heat transfer for roof, U_r	:	1.13	$Wm^{-2} K^{-1}$
7. Lighting power density, LPD	:	8.13	Wm^{-2}
8. Interior temperature	:	25	^{o}C
9. ความหนาแน่นของผู้อยู่อาศัย	:	0.034	คน / ตร.ม.

- ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองจากงาน An OTTV-based energy estimation model for commercial buildings in Thailand

1. Solar absorptance of wall and roof surfaces	:	0.4	

- ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองจากการเก็บข้อมูลภาคสนามและสอบถามผู้เกี่ยวข้อง

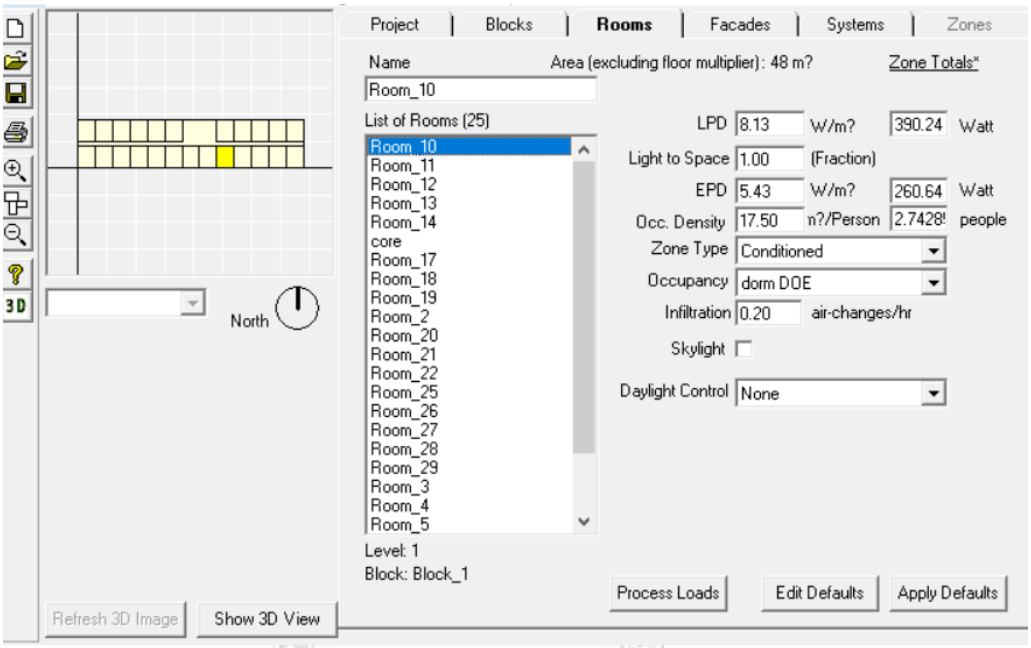
1. Solar Heat Gain Coefficient, SHGC	:	0.82	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. Equipment power density, EPD : 5.43 Wm^{-2}

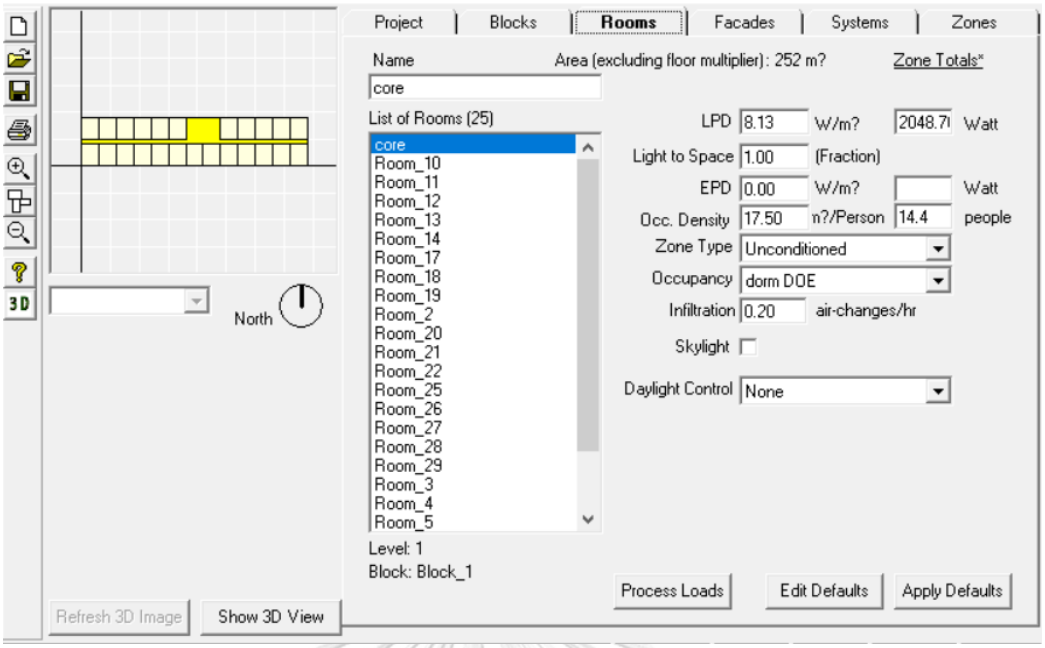
3. ชนิดระบบปรับอากาศ : split type

4. Energy Efficiency Ratio, EER : 11.36

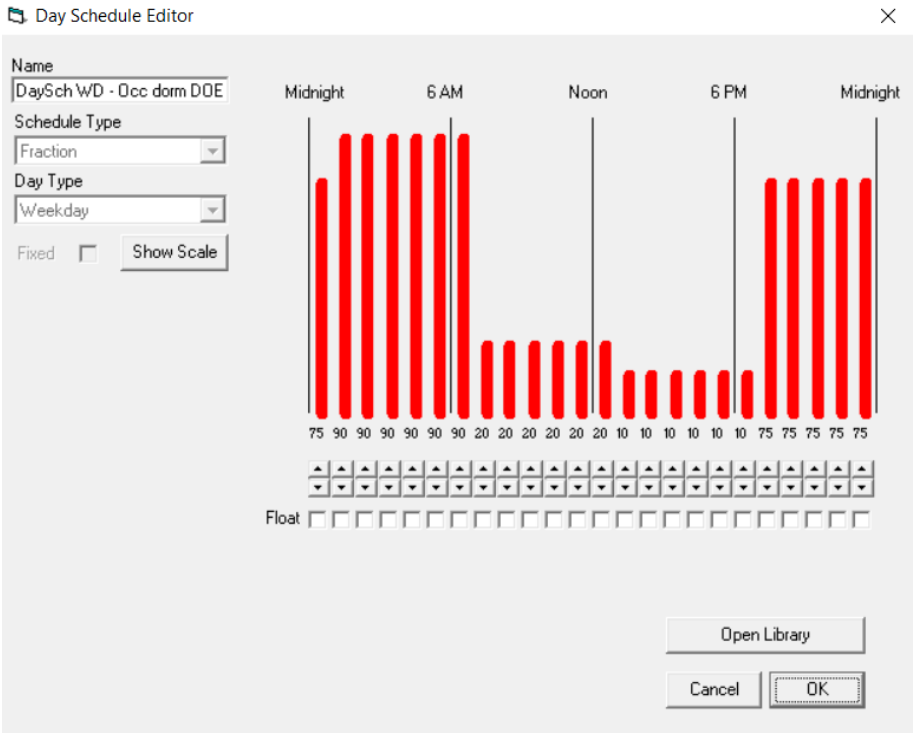


ภาพที่ ข-15 รายละเอียดการกำหนดค่า LPD, EPD, Occ. Density, Zone type และประเภท Occupacy ของพื้นที่ส่วนห้องพัก (ปรับอากาศ)

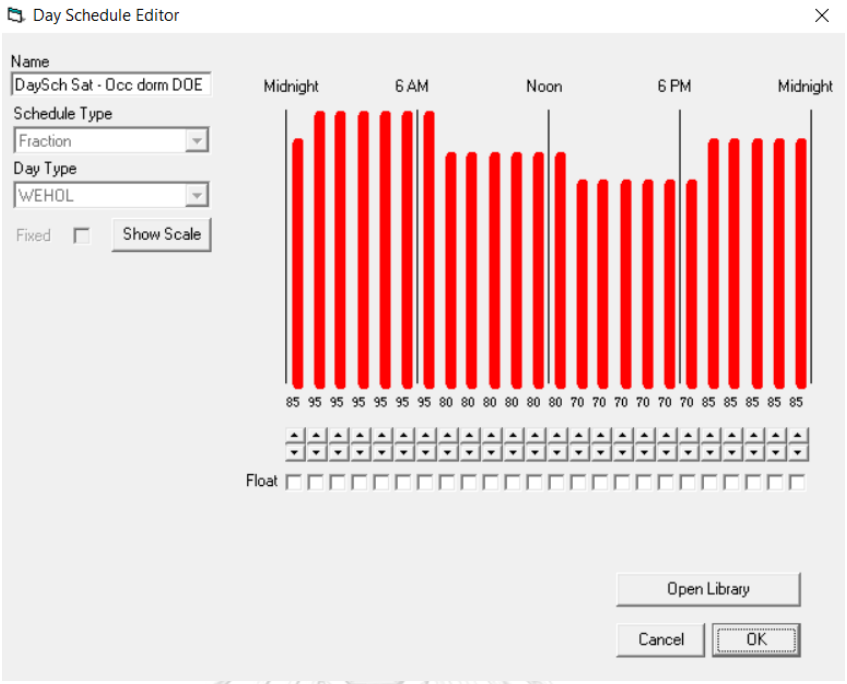
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



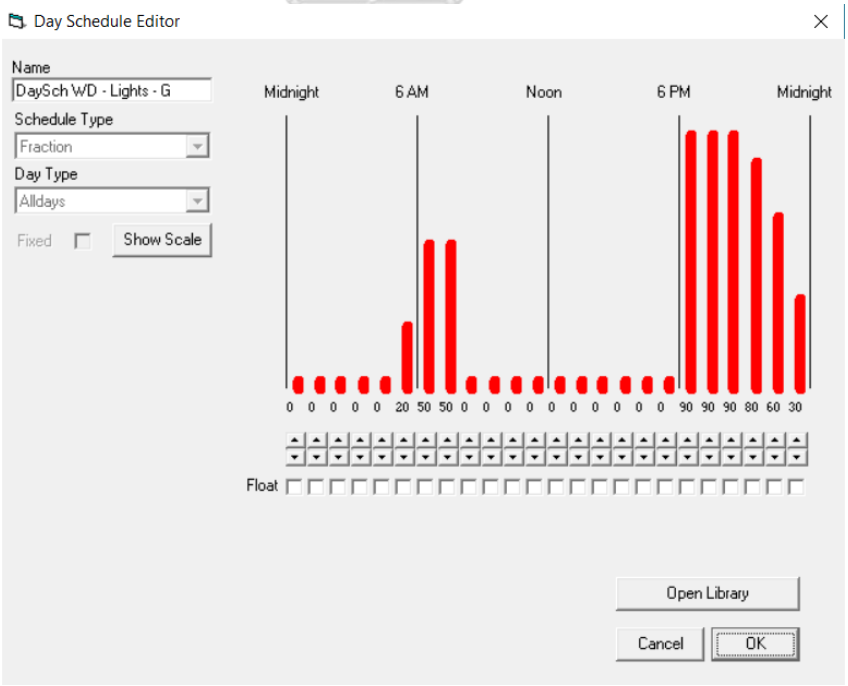
ภาพที่ ข-16 รายละเอียดการกำหนดค่า LPD, EPD, Occ. Density, Zone type และประเภท Occupacy ของพื้นที่ส่วนโถงทางเดิน (ไม่ปรับอากาศ)



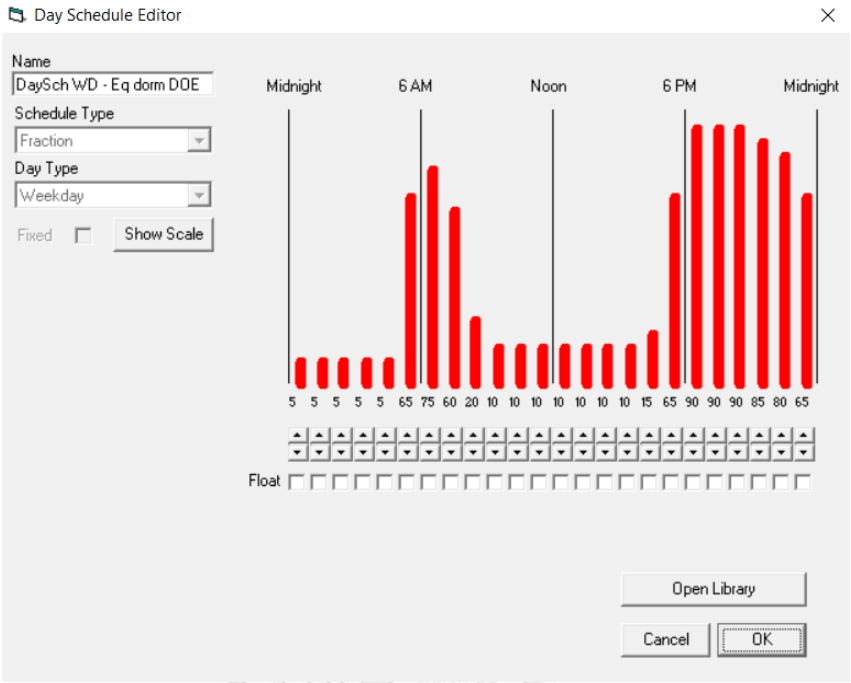
ภาพที่ ข-17 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานของคนในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์



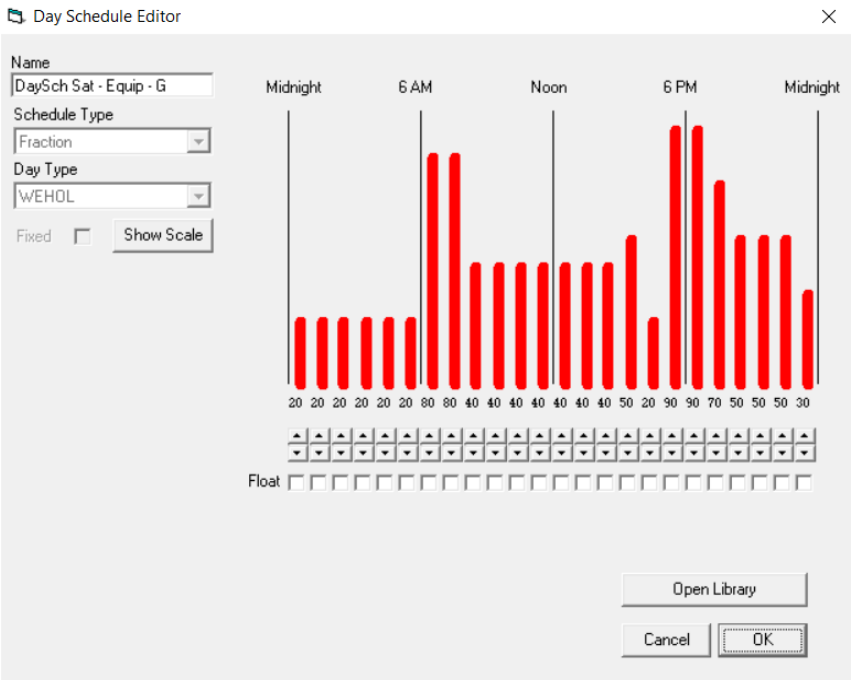
ภาพที่ ข-18 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานของคนในช่วงสุดสัปดาห์และวันหยุด



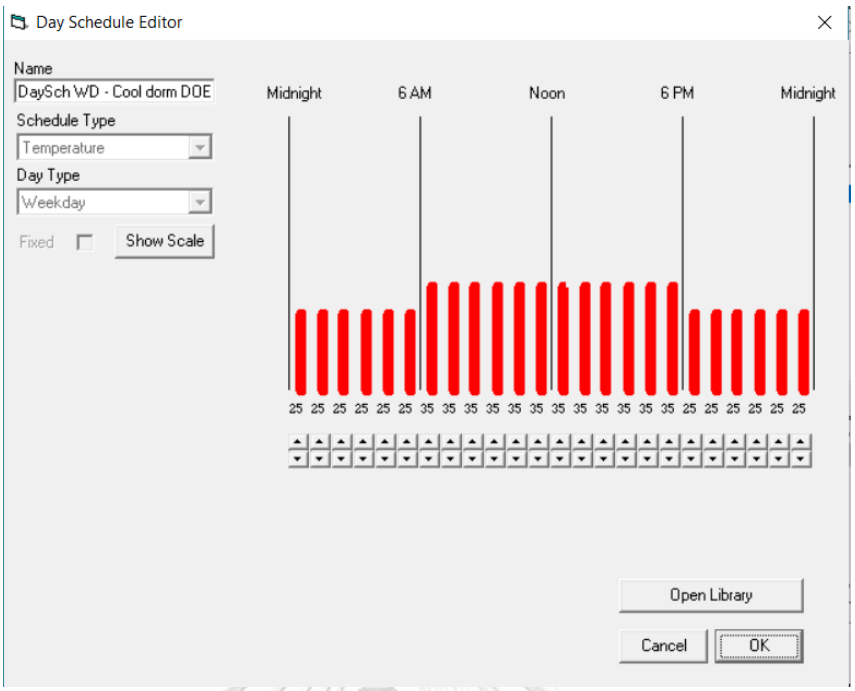
ภาพที่ ข-19 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานระบบ lights ทุกวัน



ภาพที่ ข-20 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานระบบ equipment ในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์

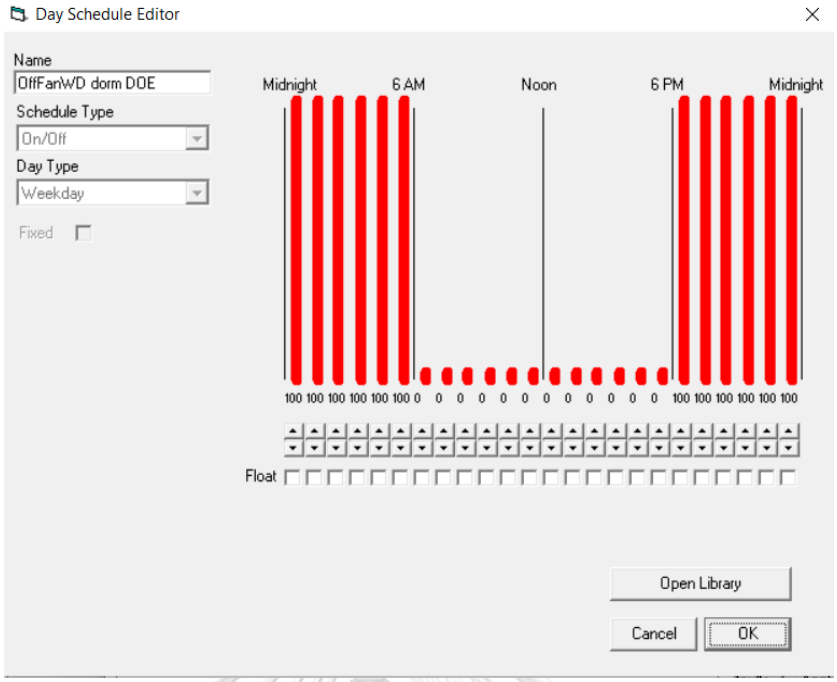


ภาพที่ ข-21 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานระบบ equipment ในช่วงสุดสัปดาห์และวันหยุด

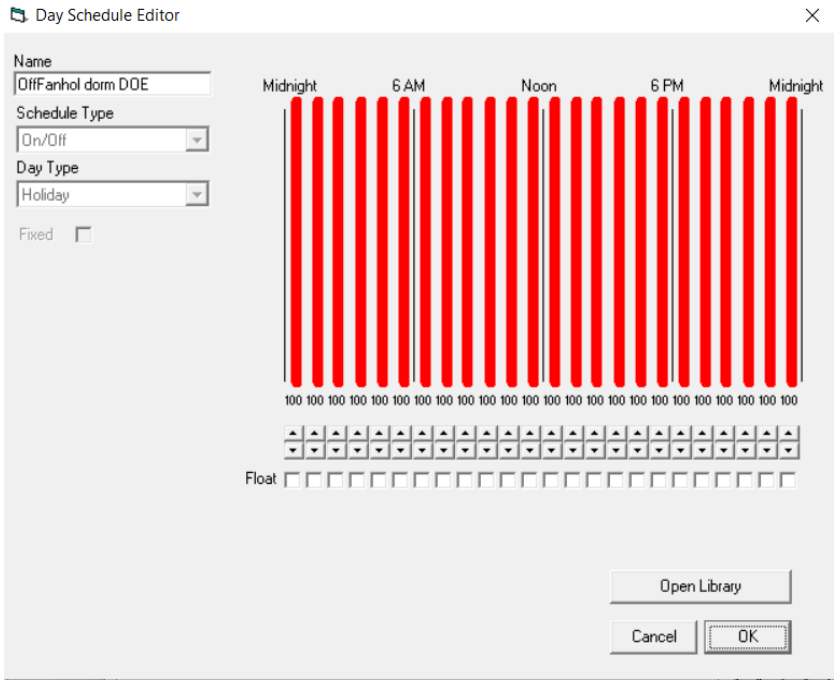


ภาพที่ ข-22 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานระบบ cooling ในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์และสุดสัปดาห์

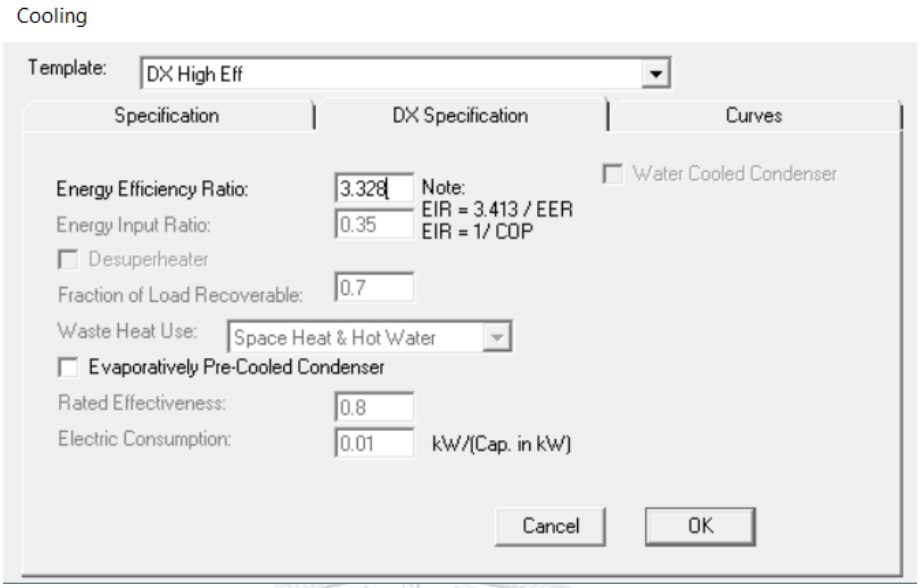
ภาพที่ ข-23 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานระบบ cooling ในช่วงวันหยุด



ภาพที่ ข-24 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานระบบ fan ในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์และสุดสัปดาห์



ภาพที่ ข-25 รายละเอียดการกำหนดตารางการใช้งานระบบ fan ในช่วงวันหยุด



ภาพที่ ข-26 รายละเอียดการกำหนดประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ

การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานอาคารนั้นแบ่งการปรับปรุงออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ การปรับปรุงเปลือกอาคารด้วยการติดฟิล์มกันความร้อนกระจก ระบบปรับอากาศด้วยการเปลี่ยนเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูง และระบบไฟฟ้าแสงสว่างด้วยการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟชนิด LED ซึ่งค่าประสิทธิภาพที่ใช้ปรับปรุงเปลือกอาคารและระบบปรับอากาศในการจำลองนั้นนำมาจากการสำรวจผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพสูงของยี่ห้อที่ได้รับความนิยมในการใช้งาน โดยในการสำรวจผลิตภัณฑ์ฟิล์มกันความร้อนกระจกนั้นมีข้อกำหนดไม่ให้ค่าแสงสว่างส่องผ่าน (Visible Light Transmission, VLT) ลดลงเกินครึ่งหนึ่งของกระจกที่ใช้อยู่ซึ่งคือกระจกใสหนา 6 มม.ที่มีค่า VLT เฉลี่ยประมาณ 0.88 ส่วนระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้นนำข้อมูลจากงานของนายวัศพล ธีรวนพันธุ์ที่มีการรวบรวมข้อมูลและศึกษามาก่อนหน้านี้แล้ว โดยรายละเอียดข้อมูลประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ฟิล์มกันความร้อนกระจกและเครื่องปรับอากาศจากการสำรวจข้อมูลในการใช้ปรับปรุงอาคารสามารถดูได้ในตารางที่ ข-1 และ ข-2 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-1 การแสดงข้อมูลประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ฟิล์มกันความร้อนกระจกจากการสำรวจข้อมูลในการใช้ปรับปรุงอาคาร

รุ่นผลิตภัณฑ์ฟิล์มติดกระจก	VT	SC
iQUE (v-cool)		
43FG	44	0.41
Maxxma Nano Carbon Ceramic Film		
MX-1935	40	0.60
3M		
FX HP-50	49	0.69
RE50NERAL	51	0.66
PR 50	50	0.51
Lamina		
XR50SISRPS	47	0.53

ตารางที่ ข-2 การแสดงข้อมูลประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศจากการสำรวจข้อมูลในการใช้ปรับปรุงอาคาร

ยี่ห้อผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศ	EER
Carrier	13.51
	14.18
Daikin	13.38
	13.22
	13.04
	13.04
	12.33
	13.22
Mitsubishi	13.18
	13.35
	13.36
	13.06

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ

ในการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียนั้นใช้ตามเกณฑ์ขององค์กร IPCC ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกการบำบัดน้ำเสียของอาคารนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยค่าความสามารถในการผลิตมีเทนสูงสุด (Maximum Methane Producing Capacity, B_o) ซึ่งมีค่าที่เป็นมาตรฐานเท่ากับ 0.6 kg CH4/kg BOD และค่าสัมประสิทธิ์การเกิดก๊าซมีเทน (Methane Correction Factor, MCF) ที่ขึ้นอยู่กับประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยที่อาคารตัวอย่างและอาคารส่วนใหญ่ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยใช้ระบบประเภทแบบเติมอากาศ (anaerobic treatment plant) ที่แบ่งออกเป็นแบบระบบที่มีการจัดการที่ไม่สมบูรณ์ (not well managed) ซึ่งอาคารในมหาวิทยาลัยทั้งหมดรวมถึงอาคารตัวอย่างไม่ได้มีการตรวจสอบมาตรฐานประสิทธิภาพการทำงาน ทำให้จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญ (ชวลิต รัตนธรรมสกุล, 2018) จึงตั้งสมมติฐานให้ระบบบำบัดทำงานได้ไม่สมบูรณ์ที่มีค่า MCF เฉลี่ยแต่ละแบบเท่ากับ 0.3 และแบบระบบที่มีการจัดการคุณภาพที่ดี (well managed) ที่มีการรั่วไหลของก๊าซมีเทนในบางส่วนโดยมีค่า MCF เฉลี่ยของแบบนี้เท่ากับ 0.05 ทำให้เมื่อมีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบซึ่งอาจมีประสิทธิภาพที่ดีกว่ากรณีที่ตั้งสมมติฐานไว้หรือตรงตามมาตรฐานหรือปรับปรุงประสิทธิภาพให้ได้ตามมาตรฐาน ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกการบำบัดน้ำเสียมีปริมาณที่ลดลง โดยสมการ (2) แสดงรูปแบบการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกการบำบัดน้ำเสีย

$$\text{emission factor} = B_o * MCF \quad (2)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การกำจัดขยะขององค์กรภายนอก

3.1 โครงการแยกขยะก่อนทิ้ง

โครงการนี้เป็นการแยกประเภทถังขยะสำหรับขยะแต่ละประเภทจำนวนสองและสามถังซึ่งมีป้ายและรูปภาพชี้แจงประเภทขยะประกอบ โดยประเภทของถังขยะได้แก่ ถังขยะทั่วไป (สีน้ำเงิน) ขยะรีไซเคิล (สีเหลือง) และขยะเศษอาหาร (สีเขียว) จากการดำเนินการโครงการแยกขยะในภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์พบว่ามีปริมาณขยะเหลือทิ้งทั้งหมดลดลงเฉลี่ยร้อยละ 67 จึงนำผลลัพธ์นี้ในการคำนวณปริมาณขยะที่มีความสามารถในการลดได้จากการทำโครงการนี้ เมื่อดำเนินการโครงการในอาคารหอพักชวนชมซึ่งเป็นอาคารเดียวในกลุ่มอาคารตัวอย่างที่ยังไม่ได้ดำเนินโครงการนี้ส่งผลทำให้เกิดการลดปริมาณขยะจากเดิมที่มีอยู่ 85,774.34 กก. ลดลงปริมาณเท่ากับ 57,468.81 กก เหลือเป็นจำนวน 28,305.53 กก.

3.2 โครงการลด ละ เลิกการใช้ถุงพลาสติก

โครงการนี้เป็นการร่วมมือกันรณรงค์กับร้านสหกรณ์ฯ 5 สาขา ศูนย์หนังสือ 4 สาขา และบูธเซเว่นอีเลฟเว่น 6 สาขาในการลดการใช้ถุงพลาสติกระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2559 ถึงเดือนมกราคม 2560 และงดแจกถุงพลาสติกฟรีโดยทำการขายถุงพลาสติกย่อยสลายได้ 2 บาท หรือบริการถุงยืมแทน ส่งผลทำให้เกิดการลดการใช้ถุงพลาสติกและการลดขยะประเภทถุงพลาสติกจากแหล่งกำเนิดต้นทางในช่วงหลังการงดแจกถุงฟรีเป็นปริมาณเฉลี่ยร้อยละ 89 ซึ่งอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เป็นอาคารเดียวจากกลุ่มอาคารตัวอย่างที่มีร้านค้าที่เข้ามาเช่าพื้นที่ในอาคาร ทำให้อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์จึงเป็นอาคารเดียวที่สามารถดำเนินการลดขยะจากโครงการนี้ได้

จากข้อมูลสำรวจอัตราส่วนน้ำหนักตามประเภทขยะของแต่ละคณะและหน่วยงานในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (สำนักบริหารระบบกายภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2559) อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มีขยะประเภทพลาสติกในขยะกลุ่มที่ 1 ขยะทั่วไป (ขยะเปียก แห้ง และเศษอาหาร) เป็นสัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนักเท่ากับ 25.4 ของน้ำหนักทั้งหมดในขยะกลุ่มนี้ แต่ไม่มีข้อมูลแยกประเภทขยะพลาสติกแต่ละชนิดจึงทำการสำรวจข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ส่วนกลางที่มีปริมาณการใช้งานสูง พบว่าขยะประเภทถุงพลาสติกมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 24 ของปริมาตรขยะพลาสติกทั้งหมด และคิดเป็นปริมาณร้อยละ 16 ของน้ำหนักขยะพลาสติกทั้งหมดที่มาจากการคำนวณด้วยข้อมูลความหนาแน่นของพลาสติกแต่ละชนิดจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ตามผลิตภัณฑ์ที่ต่างกัน รายละเอียดชนิดพลาสติก สัดส่วนปริมาตร และสัดส่วนน้ำหนักของขยะพลาสติกแต่ละประเภทในขยะกลุ่มที่ 1 อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์แสดงในตารางที่ ข-3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข-3 ชนิดพลาสติก ความหนาแน่นของพลาสติกแต่ละชนิด สัดส่วนปริมาตร และสัดส่วนน้ำหนักของขยะพลาสติกแต่ละประเภทในขยะกลุ่มที่ 1 อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

ประเภทขยะ	ชนิดพลาสติก	หนาแน่นของวัสดุ (g/cm^3)	สัดส่วนปริมาตรขยะ	สัดส่วนน้ำหนักขยะ
ขวดน้ำ	PET	1.55	18%	20%
ตัวแก้วและฝาแก้วน้ำ	PET	1.55	53%	60%
ถุงขนม	OPP/LLDPE	0.91	6%	4%
ถุงพลาสติกใส่ของ	HDPE	0.95	24%	16%

ในการดำเนินโครงการลด ละ เลิกการใช้ถุงพลาสติกในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์นั้น สามารถทำให้เกิดการลดปริมาณขยะถุงพลาสติกเป็นปริมาณเท่ากับ 1,026.98 กก. จากปริมาณขยะถุงพลาสติกทั้งหมด 1,153.91 กก. และทำให้เหลือขยะพลาสติกในขยะกลุ่มที่ 1 เป็นปริมาณ 6,051.36 กก. จากเดิมมีปริมาณเท่ากับ 7,078.35 กก. และส่งผลทำให้ขยะทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เหลือปริมาณเท่ากับ 53,969.48 กก.

3.3 โครงการ My Cup

มีการดำเนินโครงการโดยการให้ใช้แก้วน้ำส่วนตัวในการซื้อเครื่องดื่มจากร้านค้าเพื่อลดปริมาณขยะแก้วน้ำพลาสติกโดยให้ส่วนลดแก่ผู้ร่วมโครงการ จากการร่วมมือกับผู้ประกอบการร้านกาแฟ ได้แก่ อเมซอน, อินทนิล, ทรูคอฟฟี่ และผู้ประกอบการรายย่อยรวมเป็นจำนวน 17 ร้านโดยมีผู้ที่ใช้สิทธิเฉลี่ย 4796 แก้ว / เดือน จากการสำรวจข้อมูลของร้านอเมซอน, อินทนิล และทรูคอฟฟี่ พบว่ามีปริมาณยอดขายเฉลี่ยสาขาละ 192, 100 และ 200 แก้ว / วัน ทำให้คิดเป็นปริมาณเฉลี่ยต่อหนึ่งร้านเท่ากับ 164 แก้ว / วัน และยอดขายรวมทั้ง 17 ร้านมีปริมาณเท่ากับ 83,640 แก้ว / เดือน ดังนั้นโครงการ My Cup จึงสามารถลดปริมาณการใช้แก้วพลาสติกเป็นปริมาณร้อยละ 6 ของปริมาณการใช้แก้วทั้งหมด

จากข้อมูลการสำรวจนั้นอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์พบว่าขยะประเภทแก้วน้ำพลาสติกมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 60 ของน้ำหนักขยะพลาสติกในขยะกลุ่มที่ 1 ทั้งหมด หรือคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 4,236.08 กก. ซึ่งเมื่อดำเนินการโครงนี้แล้วนั้นทำให้เกิดการลดลงของขยะประเภทแก้วน้ำพลาสติกปริมาณ 242.90 กก. ทำให้เหลือขยะพลาสติกในขยะกลุ่มที่ 1 เป็นปริมาณ 6,835.44 กก. และขยะทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เหลือปริมาณเท่ากับ 54,753.56 กก.

ส่วนข้อมูลขยะจากการสำรวจของหอพักชวนชมมีปริมาณขยะประเภทพลาสติกร้อยละ 21 ของปริมาณน้ำหนักขยะทั้งหมดหรือคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 17,745.30 กก. และแก้วน้ำพลาสติกมีสัดส่วนเป็นปริมาณเท่ากับร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำหนักขยะพลาสติกหรือคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 806.04 กก. ซึ่งการดำเนินโครงการสามารถให้เกิดการลดลงของขยะประเภทแก้วน้ำพลาสติกปริมาณ 46.22 กก. ทำให้เหลือขยะพลาสติกปริมาณ 17,699.09 กก. และขยะทั้งหมดของหอพักชวนชมเหลือปริมาณเท่ากับ 85,728.12 กก. จากเดิมปริมาณเท่ากับ 85,774.34 กก. ส่วนกรณีที่มีการดำเนินโครงการแยกขยะนั้นทำให้ปริมาณขยะแก้วน้ำพลาสติกลดลงเป็นปริมาณ 15.25 กก. จากปริมาณขยะแก้วน้ำทั้งหมด 265.99 กก. เหลือขยะพลาสติกปริมาณ 5,840.70 จากเดิมปริมาณทั้งหมดเท่ากับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5,855.95 กก. และขยะทั้งหมดของหอพักชวนชมเหลือปริมาณเท่ากับ 28,290.28 กก. จากเดิมปริมาณทั้งหมดเท่ากับ 28,305.53 กก.

3.4 โครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหาร

เป็นโครงการที่นำเอาขยะเศษอาหารที่มีการแยกจากขยะประเภทอื่นในโรงอาหารที่มีการแยกขยะประเภทนี้อยู่แล้วไปเข้ากระบวนการผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ ส่วนกากที่เหลือจากกระบวนการผลิตก๊าซนั้นนำไปเป็นปุ๋ยแก่ต้นไม้ในบริเวณมหาวิทยาลัย โดยเครื่องที่มีการใช้งานอยู่เป็นขนาดระบบ (ปริมาณขยะที่ใช้ในการผลิต) 250 กก. / วัน ที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพปริมาณเท่ากับถังก๊าซขนาด 15 กก. จำนวน 2 ถัง / วัน จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีโอกาสที่มหาวิทยาลัยจะทำการขยายโครงการโดยเพิ่มจำนวนเครื่องผลิตขนาดระบบเดียวกันกับที่ใช้อยู่

เนื่องจากอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เป็นอาคารเดียวในอาคารตัวอย่างที่มีร้านอาหารในอาคารและมีการแยกขยะเศษอาหารออกมาจึงเป็นอาคารเดียวที่สามารถดำเนินโครงการนี้ได้ ซึ่งทำให้ขยะประเภทเศษอาหารที่มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 30.25 ของน้ำหนักขยะกลุ่มที่ 1 ทั้งหมด หรือคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 8,428.53 กก. เหลือเป็นปริมาณเท่ากับ 928.53 กก. และขยะทั้งหมดของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เหลือปริมาณเท่ากับ 47,496.46 กก.

3.5 โครงการ Recycle Plus

โครงการนี้ได้มีการนำขยะปริมาณ 1,350 กก. ซึ่งเป็นขยะแห้งที่ทำความสะอาดแล้วจากส่วนกลางที่มีปริมาณเท่ากับ 245,612 กก. (สำนักบริหารยุทธศาสตร์และการขับเคลื่อน, 2560) ส่งไปอัดทำเป็นเชื้อเพลิงแท่งในการเผาไหม้โดยองค์กรภายนอกในปีพ.ศ. 2560 ซึ่งกรณีที่อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และหอพักชวนชมดำเนินโครงการนี้ในระดับประสิทธิภาพและสัดส่วนปริมาณขยะที่ใช้เท่ากันกับการดำเนินงานของส่วนกลาง สามารถทำให้ขยะทั้งหมดลดลงปริมาณเท่ากับ 256.12 และ 471.76 กก. ตามลำดับ และเหลือปริมาณขยะทั้งหมดเท่ากับ 54,740.34 และ 85,302.58 กก. ตามลำดับ ส่วนกรณีที่อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มีการดำเนินการโครงการ My Cup นั้นทำให้ปริมาณขยะทั้งหมดที่ลดลงมีปริมาณเท่ากับ 249.14 กก. และเหลือเป็นปริมาณเท่ากับ 53,726.58 กก. และกรณีที่อาคารหอพักชวนชมดำเนินโครงการแยกขยะและ My Cup ประกอบด้วยนั้นทำให้ปริมาณขยะทั้งหมดที่ลดลงมีปริมาณเท่ากับ 155.60 กก. และเหลือเป็นปริมาณเท่ากับ 28,134.68 กก.

3.6 โครงการ Less Paper

จากผลรายงานโครงการที่สามารถลดปริมาณการใช้กระดาษของปีงบประมาณ 2559 และ 2560 ได้ร้อยละ 21 ของปริมาณการใช้กระดาษก่อนเริ่มโครงการ โดยการใช้กระดาษอิเล็กทรอนิกส์แทนการพิมพ์กระดาษออกมา จึงทำให้ขยะประเภทกระดาษจากสำนักงานลดลงในปริมาณเดียวกัน ทำให้ขยะประเภทกระดาษในอาคารจามจุรี 5 ที่มีปริมาณทั้งหมดเท่ากับ 10,952.30 กก. ลดลงเหลือ 8,652.32 กก. และขยะทั้งหมดของอาคารจามจุรี 5 เหลือปริมาณเท่ากับ 14,386.87 กก.

4. การผลิตน้ำประปาที่องค์กรใช้

4.1 การเปลี่ยนสุขภัณฑ์เป็นแบบประหยัดน้ำ

ด้วยการที่อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารหอพักชวนชมที่ใช้สุขภัณฑ์แบบทั่วไปอยู่ทำให้สามารถปรับปรุงด้วยวิธีการนี้ได้ โดยประสิทธิภาพการทำงานของสุขภัณฑ์ที่ใช้ในการปรับปรุงนั้นยึดตามมาตรฐาน watersense ของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐ (Environmental Protection Agency, EPA) ซึ่งกำหนดค่ามาตรฐานของอัตราการไหล flow rate และอัตราการชะล้าง flush rate ของสุขภัณฑ์ไว้ และในการคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ลดลงจากการเปลี่ยนสุขภัณฑ์นั้นใช้เครื่องมือโปรแกรม Water Use Reduction Calculator ของเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ซึ่งพัฒนาโดยสภาอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกา (United States Green Building Council, USGBC) โดยรายละเอียดที่ต้องกำหนดในโปรแกรมได้แก่ 1. กลุ่มลักษณะการใช้สุขภัณฑ์ (มีหรือไม่มีโถปัสสาวะชาย หรือมีก๊อกน้ำอย่างเดียว) 2. จำนวนคนที่ใช้งานสุขภัณฑ์ซึ่งแบ่งตามประเภทการใช้งาน (employees, transients, retail coustomers, students (K-12), residentail และ other) 3. จำนวนวันที่ใช้งานในหนึ่งปี 4. ปริมาณค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ที่ออกแบบหรือปรับปรุง ซึ่งทางโปรแกรมหรือเกณฑ์นั้นได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานขั้นต่ำของสุขภัณฑ์แบบทั่วไปไว้ จึงกำหนดให้ค่ามาตรฐานนี้เป็นประสิทธิภาพของสุขภัณฑ์ของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และอาคารหอพักชวนชมที่ใช้อยู่ในส่วนที่ไม่ได้มีการบันทึกข้อมูลเหล่านี้หรือรุ่นของสุขภัณฑ์ไว้ รายละเอียดปริมาณค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ตามมาตรฐาน watersense แสดงในตารางที่ ข-4 ส่วนค่ามาตรฐานขั้นต่ำของสุขภัณฑ์เกณฑ์ LEED แสดงในภาพที่ ข-27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ข-4 ปริมาณค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ตามมาตรฐาน watersense

ประเภทสุขภัณฑ์	Flush Rate (lpf)	ระดับความดัน (PSI)
toilet	4.8	ไม่มี
toilet (residential)	4.8	ไม่มี
urinal	1.9	ไม่มี

ตารางที่ ข-4 (ต่อ) ปริมาณค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ตามมาตรฐาน watersense

ประเภทสุขภัณฑ์	Flow Rate (lpm)	ระดับความดัน (PSI)
faucet (residential)	5.7	60
faucet (non-residential)	1.9	60
shower	7.6	80

TABLE 1. Baseline water consumption of fixtures and fittings

Fixture or fitting	Baseline (IP units)	Baseline (SI units)
Toilet (water closet)*	1.6 gpf	6 lpf
Urinal*	1.0 gpf	3.8 lpf
Public lavatory (restroom) faucet	0.5 gpm at 60 psi all others except private applications	1.9 lpm at 415 kPa, all others except private applications
Private lavatory faucets	2.2 gpm at 60 psi	8.3 lpm at 415 kPa
Kitchen faucet (excluding faucets used exclusively for filling operations)	2.2 gpm at 60 psi	8.3 lpm at 415 kPa
Showerhead*	2.5 gpm at 80 psi per shower stall	9.5 lpm at 550 kPa per shower stall

*WaterSense label available for this product type
gpf = gallons per flush gpm = gallons per minute psi = pounds per square inch
lpf = liters per flush lpm = liters per minute kPa = kilopascals

ภาพที่ ข-27 ค่ามาตรฐานขั้นต่ำของสุขภัณฑ์เกณฑ์ LEED

(ที่มา : The LEED Reference Guide for Building Design and Construction, 2014)

4.1.1 การปรับเปลี่ยนสุขภัณฑ์ของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ประกอบด้วยกลุ่มลักษณะการใช้สุขภัณฑ์เพียงแบบเดียวคือแบบมีโถปัสสาวะชายซึ่งอยู่ในบริเวณติดโถงลิฟท์โดยสารซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ ซึ่งรายละเอียดการตั้งค่าในโปรแกรมแสดงในภาพที่ ข-28 และ ข-29

- พื้นที่บริเวณติดโถงลิฟท์โดยสาร

1. ลักษณะการใช้สุขภัณฑ์ : แบบมีโถปัสสาวะชาย

2. จำนวนคนที่ใช้งานสุขภัณฑ์

Employees (FTE) : 52 คน

Transients : 1,139 คน

3. จำนวนวันที่ใช้งานในหนึ่งปี : 180 วัน

4. ปริมาณค่า flow rate และ flush rate : ไม่มีบันทึกไว้ (ใช้ตามเกณฑ์)

Occupancy Type	Employees (FTE)	Transients	Retail Customers	Students (K-12)	Residential	Other *(specify)*	Gender Ratio (%)
Total	52	1,139					100%
Male	26	570	0	0	0	0	50%
Female	26	569	0	0	0	0	50%

ภาพที่ ข-28 รายละเอียดการกำหนดจำนวนคนที่ใช้งานสุขภัณฑ์ในโปรแกรม

Fixture Information			**Flush Rate**		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Family	Fixture Type	Baseline Flush Rate (lpf)	Design Flush Rate (lpf)	
	Toilet (male)	Conventional Water Closet	6.00	4.8	100
	Toilet (female)	Conventional Water Closet	6.00	4.8	100
	Urinal	Conventional Urinal	3.80	1.9	100

Fixture Information		**Duration**		**Flow Rate**		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Type	Default (sec)	Non-default (sec) (Optional)	Baseline Flow Rate (lpm/lpc)	Design Flow Rate (lpm/lpc)	
	Public lavatory (restroom) faucet	30		1.90	1.9	100

ภาพที่ ข-29 รายละเอียดการกำหนดค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์

จากการคำนวณในโปรแกรมนั้นทำให้มีปริมาณการใช้น้ำที่ลดลงร้อยละ 24.10 ซึ่งทำให้ปริมาณน้ำประปาที่ใช้จากเดิมปริมาณเท่ากับ 12,329 ลบ.ม. หรือ 12,329,000 ลิตร ลดลงมาเป็นปริมาณเท่ากับ 2,971,289 ลิตร จึงเหลือปริมาณการใช้น้ำประปาในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์เป็นปริมาณเท่ากับ 9,357,711 ลิตรหลังการปรับปรุง

4.1.2 การปรับเปลี่ยนสุขภัณฑ์ของอาคารหอพักชวนชม

ส่วนอาคารหอพักชวนชมนั้นมีการบันทึกข้อมูลรุ่นของสุขภัณฑ์ที่ใช้ทำให้สามารถค้นหาปริมาณค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ในบางส่วนได้ แต่บางส่วนนั้นไม่สามารถค้นหาข้อมูลได้พบจึงใช้ค่ามาตรฐานของสุขภัณฑ์จากเกณฑ์ในการคำนวณ ซึ่งสามารถทำการแบ่งกลุ่มลักษณะการใช้สุขภัณฑ์ได้เป็น 5 กลุ่มโดยมีรายละเอียดดั่งในตารางที่ ข-5 โดยที่จำนวนคนประเภทผู้พักอาศัยทั้งนิสิตและบุคลากรที่ใช้งานสุขภัณฑ์ในบางกลุ่มลักษณะการใช้สุขภัณฑ์ไม่มีปริมาณกำหนดจึงคิดจากสัดส่วนผู้พักอาศัยที่ใช้ตามสัดส่วนจำนวนโถสุขภัณฑ์ของกลุ่มนั้นจากปริมาณทั้งหมด รายละเอียดจำนวนผู้ใช้งานแต่ละประเภทของหอพักชวนชมแสดงในตารางที่ ข-6

ตารางที่ ข-5 การแบ่งกลุ่มลักษณะการใช้สุขภัณฑ์และจำนวนโถสุภัณฑ์ของแต่ละกลุ่ม

ลักษณะพื้นที่ใช้งาน	ประเภทกลุ่มลักษณะการใช้สุขภัณฑ์	จำนวนโถสุขภัณฑ์ (ชิ้น)
ชั้น1		
ห้องน้ำ ช/ญ	มีโถปัสสาวะชาย	8
พื้นที่ซักล้าง	มีก๊อกน้ำอย่างเดียว	ไม่มี
ห้องน้ำคนพิการ	ไม่มีโถปัสสาวะชาย	1
ชั้น 2-17		
ห้องพัก	ไม่มีโถปัสสาวะชาย	607
ห้องครัว	มีก๊อกน้ำอย่างเดียว	ไม่มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ข-6 จำนวนผู้ใช้งานแต่ละประเภทของหอพักชวนชม

ประเภทผู้ใช้งาน	จำนวน (คน)
ผู้พักอาศัย (นิสิต)	1172
ผู้พักอาศัย (บุคลากร)	16
พนักงานสำนักงาน	3
แม่บ้าน	2

- พื้นที่ห้องน้ำ ช/ญ (ชั้น 1)

1. ลักษณะการใช้สุขภัณฑ์ : แบบมีโถปัสสาวะชาย

2. จำนวนคนที่ใช้งานสุขภัณฑ์

Employees (FTE) : 5 คน (แม่บ้านและพนักงาน)

Transients : 15 คน (ตามการคำนวณสุขภัณฑ์)

3. จำนวนวันที่ใช้งานในหนึ่งปี : 365 วัน

4. ปริมาณค่า flow rate และ flush rate

TS404NS : 6 lpf

TS401DUF : 8 lpf

CT1034A : 1.36 lpm @ 4.1bar (60 PSI)

Occupancy Type	Employees (FTE)	Transients	Retail Customers	Students (K-12)	Residential	Other *(specify)*	Gender Ratio (%)
Total	5	15					100%
Male	3	8	0	0	0	0	55%
Female	2	7	0	0	0	0	45%

ภาพที่ ข-30 รายละเอียดการกำหนดจำนวนคนที่ใช้งานสุขภัณฑ์ในพื้นที่ห้องน้ำ ช/ญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Fixture Information			Flush Rate		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Family	Fixture Type	Baseline Flush Rate (lpf)	Design Flush Rate (lpf)	
TS404NS	Toilet (male)	Conventional Water Closet	6.00	6	100
TS404NS	Toilet (female)	Conventional Water Closet	6.00	6	100
TS401DUF	Urinal	Conventional Urinal	3.80	8	100

Fixture Information		Duration		Flow Rate		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Type	Default (sec)	Non-default (sec) (Optional)	Baseline Flow Rate (lpm/lpc)	Design Flow Rate (lpm/lpc)	
CT1034A	Public lavatory (restroom) faucet	30		1.90	1.36	100

ภาพที่ ข-31 รายละเอียดการกำหนดค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์
กรณีก่อนการปรับปรุงในพื้นที่ห้องน้ำ ช/ญ

Fixture Information			Flush Rate		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Family	Fixture Type	Baseline Flush Rate (lpf)	Design Flush Rate (lpf)	
TS404NS	Toilet (male)	Conventional Water Closet	6.00	4.8	100
TS404NS	Toilet (female)	Conventional Water Closet	6.00	4.8	100
TS401DUF	Urinal	Conventional Urinal	3.80	1.9	100

Fixture Information		Duration		Flow Rate		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Type	Default (sec)	Non-default (sec) (Optional)	Baseline Flow Rate (lpm/lpc)	Design Flow Rate (lpm/lpc)	
CT1034A	Public lavatory (restroom) faucet	30		1.90	1.36	100

ภาพที่ ข-32 รายละเอียดการกำหนดค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ กรณีหลังการปรับปรุงในพื้นที่ห้องน้ำ ช/ญ

- พื้นที่ซักล้าง (ชั้น 1)

1. ลักษณะการใช้สุขภัณฑ์ : แบบมีก๊อกน้ำอย่างเดียว
2. จำนวนคนที่ใช้งานสุขภัณฑ์

Employees (FTE) : 2 คน (แม่บ้าน)

3. จำนวนวันที่ใช้งานในหนึ่งปี : 365 วัน
4. ปริมาณค่า flow rate และ flush rate

TS114B14 : ไม่มีบันทึกไว้ (ใช้ตามเกณฑ์)

Occupancy Type	Employees (FTE)	Transients	Retail Customers	Students (K-12)	Residential	Other *(specify)*	Gender Ratio (%)
Total	2						100%
Male	1	0	0	0	0	0	50%
Female	1	0	0	0	0	0	50%

ภาพที่ ข-33 รายละเอียดการกำหนดจำนวนคนที่ใช้งานสุขภัณฑ์ในพื้นที่ซักล้าง

Fixture Information		Duration		Flow Rate		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Type	Default (sec)	Non-default (sec) (Optional)	Baseline Flow Rate (lpm/lpc)	Design Flow Rate (lpm/lpc)	
TS114B14	Kitchen faucet	15		8.30	8.3	100

ภาพที่ ข-34 รายละเอียดการกำหนดค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ กรณีก่อนการปรับปรุงในพื้นที่ซักล้าง

Fixture Information		Duration		Flow Rate		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Type	Default (sec)	Non-default (sec) (Optional)	Baseline Flow Rate (lpm/lpc)	Design Flow Rate (lpm/lpc)	
TS114B14	Kitchen faucet	15		8.30	5.7	100

ภาพที่ ข-35 รายละเอียดการกำหนดค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ กรณีหลังการปรับปรุงในพื้นที่ซักล้าง

- พื้นที่ห้องน้ำคนพิการ (ชั้น 1)

1. ลักษณะการใช้สุขภัณฑ์ : แบบไม่มีโถปัสสาวะชาย

2. จำนวนคนที่ใช้งานสุขภัณฑ์

Transients : 2 คน (ตามการคำนวณสุขภัณฑ์)

3. จำนวนวันที่ใช้งานในหนึ่งปี : 365 วัน

4. ปริมาณค่า flow rate และ flush rate

CT480(AC) : 3.3 lpf

CT1034A : 1.36 lpm @ 4.1bar (60 PSI)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Occupancy Type	Employees (FTE)	Transients	Retail Customers	Students (K-12)	Residential	Other *(specify)*	Gender Ratio (%)
Total		2					100%
Male	0	1	0	0	0	0	50%
Female	0	1	0	0	0	0	50%

ภาพที่ ข-36 รายละเอียดการกำหนดจำนวนคนที่ใช้งานสุขภัณฑ์ในพื้นที่ห้องน้ำคนพิการ

Fixture Information			Flush Rate		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Family	Fixture Type	Baseline Flush Rate (lpf)	Design Flush Rate (lpf)	
CT480(AC)	Toilet (male)	Conventional Water Closet	6.00	3.3	100
CT480(AC)	Toilet (female)	Conventional Water Closet	6.00	3.3	100

Fixture Information		Duration		Flow Rate		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Type	Default (sec)	Non-default (sec) (Optional)	Baseline Flow Rate (lpm/lpc)	Design Flow Rate (lpm/lpc)	
CT1034A	Public lavatory (restroom) faucet	30		1.90	1.36	100

ภาพที่ ข-37 รายละเอียดการกำหนดค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ กรณีก่อนและหลังการปรับปรุงในพื้นที่ห้องน้ำคนพิการ

- พื้นที่ห้องพัก (ชั้น 2-17)

1. ลักษณะการใช้สุขภัณฑ์ : แบบไม่มีโถปัสสาวะชาย

2. จำนวนคนที่ใช้งานสุขภัณฑ์

Residential : 1,188 คน (ผู้พักอาศัย)

3. จำนวนวันที่ใช้งานในหนึ่งปี : 365 วัน

4. ปริมาณค่า flow rate และ flush rate

C1444 : 7 lpf

CT167D : 3.92 lpm @ 4.1bar (60 PSI)

CT370C8NS17 : ไม่มีบันทึกไว้ (ใช้ตามเกณฑ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Occupancy Type	Employees (FTE)	Transients	Retail Customers	Students (K-12)	Residential	Other *(specify)*	Gender Ratio (%)
Total					1,188		100%
Male	0	0	0	0	594	0	50%
Female	0	0	0	0	594	0	50%

ภาพที่ ข-38 รายละเอียดการกำหนดจำนวนคนที่ใช้งานสุขภัณฑ์ในพื้นที่ห้องพัก

Fixture Information			Flush Rate		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Family	Fixture Type	Baseline Flush Rate (lpf)	Design Flush Rate (lpf)	
C1444	Toilet (male)	Conventional Water Closet	6.00	7	100
C1444	Toilet (female)	Conventional Water Closet	6.00	7	100

Fixture Information		Duration		Flow Rate		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Type	Default (sec)	Non-default (sec) (Optional)	Baseline Flow Rate (lpm/lpc)	Design Flow Rate (lpm/lpc)	
CT167D	Private (residential) lavatory faucet	60		8.30	3.92	100
CT370C8NS17	Residential showerhead	480		9.50	9.5	100

ภาพที่ ข-39 รายละเอียดการกำหนดค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ กรณีก่อนการปรับปรุงในพื้นที่ห้องพัก

Fixture Information			Flush Rate		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Family	Fixture Type	Baseline Flush Rate (lpf)	Design Flush Rate (lpf)	
C1444	Toilet (male)	Conventional Water Closet	6.00	4.8	100
C1444	Toilet (female)	Conventional Water Closet	6.00	4.8	100

Fixture Information		Duration		Flow Rate		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Type	Default (sec)	Non-default (sec) (Optional)	Baseline Flow Rate (lpm/lpc)	Design Flow Rate (lpm/lpc)	
CT167D	Private (residential) lavatory faucet	60		8.30	3.92	100
CT370C8NS17	Residential showerhead	480		9.50	7.6	100

ภาพที่ ข-40 รายละเอียดการกำหนดค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ กรณีหลังการปรับปรุงในพื้นที่ห้องพัก

- พื้นที่ห้องครัว (ชั้น 2-17)

1. ลักษณะการใช้สุขภัณฑ์ : แบบมีก๊อกน้ำอย่างเดียว

2. จำนวนคนที่ใช้งานสุขภัณฑ์

Residential : 16 คน (บุคลากรผู้พักอาศัย)

3. จำนวนวันที่ใช้งานในหนึ่งปี : 365 วัน

4. ปริมาณค่า flow rate และ flush rate

CT175C11 : ไม่มีบันทึกไว้ (ใช้ตามเกณฑ์)

Occupancy Type	Employees (FTE)	Transients	Retail Customers	Students (K-12)	Residential	Other *(specify)*	Gender Ratio (%)
Total					16		100%
Male	0	0	0	0	8	0	50%
Female	0	0	0	0	8	0	50%

ภาพที่ ข-41 รายละเอียดการกำหนดจำนวนคนที่ใช้งานสุขภัณฑ์ในพื้นที่ห้องครัว

Fixture Information		**Duration**		**Flow Rate**		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Type	Default (sec)	Non-default (sec) (Optional)	Baseline Flow Rate (lpm/lpc)	Design Flow Rate (lpm/lpc)	
CT175C11	Residential kitchen faucet	60		8.30	8.3	100

ภาพที่ ข-42 รายละเอียดการกำหนดค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ กรณีก่อนการปรับปรุงในพื้นที่ห้องครัว

Fixture Information		**Duration**		**Flow Rate**		Percent of Occupants (%)
Fixture ID	Fixture Type	Default (sec)	Non-default (sec) (Optional)	Baseline Flow Rate (lpm/lpc)	Design Flow Rate (lpm/lpc)	
CT175C11	Residential kitchen faucet	60		8.30	5.7	100

ภาพที่ ข-43 รายละเอียดการกำหนดค่า flow rate และ flush rate ของสุขภัณฑ์ กรณีหลังการปรับปรุงในพื้นที่ห้องครัว

จากการคำนวณในโปรแกรมนั้นทำให้มีปริมาณการใช้น้ำที่ลดลงร้อยละ 20.12 ซึ่งทำให้ปริมาณน้ำประปาที่ใช้จากเดิมปริมาณเท่ากับ 816,762.67 ลบ.ม. หรือ 816,762,670 ลิตร ลดลงมาเป็นปริมาณเท่ากับ 164,366,431.76 ลิตร จึงเหลือปริมาณการใช้น้ำประปาในอาคารหอพักชวนชมเป็นปริมาณเท่ากับ 652,396,238.24 ลิตรหลังการปรับปรุง

4.2 การบำบัดน้ำกลับมาใช้ใหม่

ในการบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่นั้นเป็นการนำมาทดแทนน้ำประปาที่ใช้ในโถสุขภัณฑ์หรือการกดชักโครกเนื่องจากเป็นส่วนที่ไม่ได้มีการสัมผัสโดยตรงต่อร่างกายจึงไม่ได้มีความต้องการระบบการบำบัดที่คุณภาพเทียบเท่ากับน้ำบริโภค การบำบัดส่วนใหญ่จึงเป็นปรับคุณภาพน้ำไม่ให้มีแบคทีเรียและปลอดภัยแก่การสัมผัสจากการกรองด้วยระบบเมมเบรน (Membrane) โดยจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญพบว่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีความสามารถในการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ให้โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดนำกลับมาใช้ได้ปริมาณเท่ากับ 100 ลบ.ม. / วัน ในแต่ละอาคาร และสามารถบำบัดนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้เป็นจำนวน 36,500 ลบ.ม. หรือเป็นปริมาณเท่ากับ 36,500,000 ลิตร / ปี ในกรณีที่ดำเนินการในทุกวัน

อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มีสัดส่วนการใช้น้ำในโถสุขภัณฑ์หรือการกดชักโครกคิดเป็นร้อยละ 84 ของการใช้น้ำทั้งหมดหรือมีปริมาณเท่ากับ 10,409,190.89 ลิตร ซึ่งเมื่อทำการนำน้ำจากการบำบัดกลับมาใช้สามารถทำให้ไม่ต้องใช้น้ำประปาในส่วนนี้ได้ทั้งหมด ส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำประปาที่เหลือมีปริมาณเท่ากับ 1,919,809.11 ลิตร ส่วนในกรณีที่มีการเปลี่ยนสุขภัณฑ์มาเป็นแบบประหยัดน้ำนั้นทำให้ปริมาณน้ำที่เหลือมีปริมาณเท่ากับ 1,880,129.41 ลิตร เช่นเดียวกันกับอาคารจามจุรี 5 ที่ปริมาณน้ำจากการบำบัดกลับมาใช้สามารถทดแทนน้ำประปาในส่วนโถสุขภัณฑ์ ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 6,646,747 ลิตรหรือคิดเป็นร้อยละ 80 ของการใช้น้ำประปาทั้งหมด ทำให้เหลือปริมาณการใช้น้ำประปาเท่ากับ 593,289.25 ลิตร

ส่วนอาคารหอพักชวนชมนั้นมีการใช้น้ำในปริมาณที่สูงกว่าทั้งสองอาคารแต่มีสัดส่วนการใช้น้ำในโถสุขภัณฑ์หรือการกดชักโครกน้อยกว่า ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 27 ของการใช้น้ำทั้งหมดหรือมีปริมาณเท่ากับ 218,709,146.48 ลิตร ทำให้ถึงแม้มีการนำน้ำจากการบำบัดกลับมาใช้นั้นยังไม่สามารถทดแทนการใช้น้ำประปาในส่วนนี้ได้ทั้งหมด โดยมีปริมาณน้ำที่เหลือในส่วนนี้เท่ากับ 182,209,146.48 ลิตรและปริมาณน้ำประปาที่ต้องใช้ทั้งหมดเหลือเท่ากับ 780,260,670 ลิตร และในกรณีที่มีการเปลี่ยนสุขภัณฑ์มาเป็นแบบประหยัดน้ำนั้นทำให้ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ในโถสุขภัณฑ์หรือการกดชักโครกเหลือปริมาณเท่ากับ 113,350,166.84 ลิตรและปริมาณน้ำประปาที่ต้องใช้ทั้งหมดเหลือเท่ากับ 615,896,238.24 ลิตร

5. การรั่วไหลของการใช้สารทำความเย็น

จากเอกสารเรื่อง The Future of Air Conditioning for Buildings (W. Goetzter, et al., 2016) ที่จัดทำสำหรับกระทรวงพลังงานสหรัฐ (The United States Department of Energy, DOE) ได้กล่าวถึงประวัติความเป็นมาของการเลือกใช้สารทำความเย็นที่อ้างอิงจากเอกสาร The Next Generation of Refrigerants - Historical Review, Considerations, and Outlook (Calm, J.M., 2008) ดั่งที่แสดงในภาพที่ ข-44 ซึ่งอาคารตัวอย่างทั้งหมดมีการใช้สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศเป็นสารชนิด R-22 หรือ HCFC-22 เกือบทั้งหมด โดยเป็นสารที่มีการใช้ในช่วงก่อนประมาณมากกว่า 20 ปีที่ผ่านมาซึ่งมีค่า GWP ปริมาณที่สูงมากและยังมีปริมาณค่าระดับการทำลายโอโซน (ozone depletion potential, ODP) อยู่ถึงแม้เป็นในปริมาณที่ต่ำมากก็ตาม ทำให้ปัจจุบันจึงมีความนิยมในการใช้สารทำความเย็นชนิด R-32 หรือ HFC-32 ที่มีค่า ODP เท่ากับ 0 และมีค่า GWP ที่น้อยเท่ากับ 677 ซึ่งจากเกณฑ์ LEED นั้นกำหนดให้สารทำความเย็นที่ใช้ต้องมีค่า ODP เท่ากับ 0 และค่า GWP น้อยกว่า 50 จึงทำให้สารทำความเย็นประเภท Hydrofluoroolefin (HFO) ที่มีค่า ODP เท่ากับ 0 และมีค่า GWP ที่น้อยมากนั้นมีการถูกนำมาใช้บ้างในปัจจุบันและอนาคตตามการอ้างอิงของเอกสารข้างต้น ซึ่งสารประเภทนี้ที่เริ่มมีการนำมาใช้คือ R-1234yf (HFO-1234yf) ที่มีค่า GWP ปริมาณเพียงแค่ 4 เท่านั้น อีกทั้งมีประสิทธิภาพในการทำงานและคุณสมบัติอื่นที่ดีด้วย รายละเอียดค่า ODP และ GWP ของสารความเย็นแต่ละชนิดแสดงในตารางที่ ข-7

Table 4-1: Refrigerant Changes Over Time

Refrigerant Category	Timeline	Example Refrigerants
1st Generation "Whatever Worked"	1830-1930	HCs, NH_3, CO_2
2nd Generation "Safety and Durability"	1931-1990	CFCs, HCFCs (e.g., R-12, R-22)
3rd Generation "Ozone Protection"	1990-2010s	HFCs (e.g., R-410A, R-134a)
4th Generation "Global Warming"	2010-future	Low-GWP HFCs (e.g., R-32), HFOs (e.g., R-1234yf), HCs, others

ภาพที่ ข-44 ประวัติความเป็นมาของการเลือกใช้สารทำความเย็น

(ที่มา : Calm, J.M., 2008, The next generation of refrigerants–Historical review, considerations, and outlook, 1123-33.)

ตารางที่ ข-7 ค่า ODP และ GWP ของสารความเย็นแต่ละชนิด

ชนิดสารทำความเย็น	ค่า ODP	ค่า GWP
R-22	0.055	1760
R-32	0	677
R-1234yf	0	4

(ที่มา : IPCC, 2014, The next generation of refrigerants–Historical review, considerations, and outlook และ EPA, 2010, Transitioning to low-GWP: alternatives in unitary air conditioning)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค
แบบสอบถามการเดินทาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบถามข้อมูลการเดินทางไปกลับระหว่างสถานที่ทำงานและที่พักของบุคลากรภายในองค์กร

วัตถุประสงค์ของการจัดทำแบบสอบถามฉบับนี้เพื่อสอบถามวิธีการเดินทางและระยะทางในการเดินทางไปกลับระหว่างสถานที่ทำงานและที่พัก เพื่อใช้เป็นข้อมูลขององค์กรในการหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเดินทางของบุคลากร ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาเรื่องรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารแต่ละประเภทภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน [ ] หรือ เขียนระบุลงใน ..... ตามรายละเอียดข้อมูลของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ [ ] ชาย [ ] หญิง

2. อายุ ..... ปี

3. สถานที่พักอาศัย แขวง / ตำบล ..... เขต / อำเภอ ..... จังหวัด .....

รหัสไปรษณีย์ .....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานการทำงาน

1. ฝ่าย ..... ชั้น .....

2. ระยะเวลาทำงาน เริ่มทำงานตั้งแต่เวลา ..... น. ถึง ..... น

เป็นจำนวน ..... วันต่อสัปดาห์ ..... เดือนต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการเดินทางไปกลับระหว่างสถานที่ทำงานและที่พักอาศัย

1. รูปแบบและระยะทางการเดินทาง

หมายเหตุ 1. กรุณาเลือกรูปแบบการเดินทางที่ใช้เป็นหลัก หรือสามารถเลือกได้มากกว่าหนึ่งหัวข้อในกรณีที่มีการเดินทางหลายรูปแบบ

2. กรุณาระบุชื่อสถานที่สำคัญในเส้นทางการเดินทาง (จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด) เพื่อที่จะสามารถคำนวณหาระยะทางได้อย่างถูกต้อง

ตัวอย่าง [✓] รถไฟฟ้าบีทีเอส (BTS Skytrain) จากสถานี อารีย์ ถึง สยาม

[✓] รถยนต์รับจ้างสาธารณะ (taxi) จาก สยามสแควร์วัน ถึง คณะสถาปัตย์ จุฬาฯ

[ ] รถยนต์ส่วนตัว จาก ..... ถึง .....

[ ] รถจักรยานยนต์ส่วนตัว จาก ..... ถึง .....

[ ] รถยนต์รับจ้างสาธารณะ (taxi) จาก ..... ถึง .....

[ ] รถจักรยานยนต์รับจ้างสาธารณะ จาก ..... ถึง .....

[ ] รถสามล้อเครื่องรับจ้างสาธารณะ จาก ..... ถึง .....

[ ] รถตู้โดยสารประจำทาง จาก ..... ถึง .....

[ ] รถเมล์โดยสารประจำทาง จาก ..... ถึง .....

[ ] เรือโดยสารประจำทาง จาก ..... ถึง .....

[ ] รถไฟฟ้าบีทีเอส (BTS Skytrain) จากสถานี ..... ถึงสถานี .....

[ ] รถไฟฟ้ามหานคร (MRT) จากสถานี ..... ถึงสถานี .....

[ ] รถจักรยาน จาก ..... ถึง .....

[ ] เดินเท้า จาก ..... ถึง .....

[ ] อื่นๆ จาก ..... ถึง .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง จากที่พักมาสถานที่ทำงาน ..... ชั่วโมง ..... นาที

จากสถานที่ทำงานกลับที่พัก ..... ชั่วโมง ..... นาที

แบบสอบถามข้อมูลการเดินทางไปกลับระหว่างสถานที่ทำงานและที่พักของบุคลากรในหอพักชวนชม

วัตถุประสงค์ของการจัดทำแบบสอบถามฉบับนี้เพื่อสอบถามวิธีการเดินทางและระยะทางในการเดินทางไปกลับระหว่างสถานที่ทำงานและที่พัก เพื่อใช้เป็นข้อมูลขององค์กรในการหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเดินทางของบุคลากร ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาเรื่อง รูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารแต่ละประเภทภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน [ ] หรือ เขียนระบุลงใน ..... ตามรายละเอียดข้อมูลของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ [ ] ชาย [ ] หญิง

2. อายุ ..... ปี

3. ที่พักอาศัย หมายเหตุ ถ้าเลือกอยู่ที่หอพัก ไม่ต้องทำส่วนที่ 3

[ ] อาศัยอยู่ที่หอพัก (ไม่มีบ้านอยู่ในกรุงเทพฯหรือปริมณฑล หรือเดินทางกลับบ้านน้อยกว่า 4 ครั้งต่อเดือน)

[ ] อาศัยอยู่บ้านส่วนตัว แขวง / ตำบล ..... เขต / อำเภอ ..... จังหวัด .....
รหัสไปรษณีย์ .....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานการทำงาน

1. ฝ่าย ..... อาคาร .....

2. ระยะเวลาทำงาน เริ่มทำงานตั้งแต่เวลา ..... น. ถึง ..... น
เป็นจำนวน ..... วันต่อสัปดาห์ ..... เดือนต่อปี

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการเดินทางไปกลับระหว่างสถานที่ทำงานและที่พักอาศัย

1. รูปแบบและระยะทางการเดินทาง

หมายเหตุ 1. กรุณาเลือกรูปแบบการเดินทางที่ใช้เป็นหลัก หรือสามารถเลือกได้มากกว่าหนึ่งหัวข้อในกรณีที่มีการเดินทางหลายรูปแบบ

2. กรุณาระบุชื่อสถานที่สำคัญในเส้นทางการเดินทาง (จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด) เพื่อที่จะสามารถคำนวณหาระยะทางได้อย่างถูกต้อง รวมถึงความถี่ของการเดินทางแต่ละรูปแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่าง [✓] รถไฟฟ้าบีทีเอส (BTS Skytrain) จาก สถานีอารีย์ ถึง สถานีสยาม

[✓] รถยนต์รับจ้างสาธารณะ (taxi) จาก สยามสแควร์วัน ถึง คณะสถาปัตย์ จุฬาฯ

[ ] รถยนต์ส่วนตัว จาก ..... ถึง ..... จำนวน ..... วัน / เดือน

[ ] รถมอเตอร์ไซค์ส่วนตัว จาก ..... ถึง ..... จำนวน ..... วัน / เดือน

[ ] รถ taxi จาก ..... ถึง ..... จำนวน ..... วัน / เดือน

[ ] รถวินมอเตอร์ไซค์ จาก ..... ถึง ..... จำนวน ..... วัน / เดือน

[ ] รถตุ๊กๆ จาก ..... ถึง ..... จำนวน ..... วัน / เดือน

[ ] รถตู้ จาก ..... ถึง ..... จำนวน ..... วัน / เดือน

[ ] รถเมล์ จาก ..... ถึง ..... จำนวน ..... วัน / เดือน

[ ] เรือ จาก ..... ถึง ..... จำนวน ..... วัน / เดือน

[ ] รถไฟฟ้าบีทีเอส จาก ..... ถึง ..... จำนวน ..... วัน / เดือน

[ ] รถ MRT จาก ..... ถึง ..... จำนวน ..... วัน / เดือน

[ ] รถจักรยาน จาก ..... ถึง ..... จำนวน ..... วัน / เดือน

[ ] เดินเท้า จาก ..... ถึง ..... จำนวน ..... วัน / เดือน

[ ] อื่นๆ จาก ..... ถึง ..... จำนวน ..... วัน / เดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง จากที่พักมาสถานที่ทำงาน ..... ชั่วโมง ..... นาที

จากสถานที่ทำงานกลับที่พัก ..... ชั่วโมง ..... นาที

แบบสอบถามข้อมูลการเดินทางไปกลับระหว่างอาคารเรียนและที่พักของนิสิตหอพัก

วัตถุประสงค์ของการจัดทำแบบสอบถามฉบับนี้เพื่อสอบถามวิธีการเดินทางและระยะทางในการเดินทางไปกลับระหว่างอาคารเรียนและที่พัก เพื่อใช้เป็นข้อมูลขององค์กรในการหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเดินทางของนิสิต ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาเรื่อง รูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารแต่ละประเภทภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน [ ] หรือ เขียนระบุลงใน ..... ตามรายละเอียดข้อมูลของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ [ ] ชาย [ ] หญิง

2. อายุ ..... ปี

ส่วนที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานการศึกษา

1. สถานะศึกษา คณะ ..... ชั้นปีการศึกษาที่ .....

2. ช่วงเวลาเรียน วันจันทร์ ตั้งแต่เวลา ..... น. ถึง ..... น

วันอังคาร ตั้งแต่เวลา ..... น. ถึง ..... น

วันพุธ ตั้งแต่เวลา ..... น. ถึง ..... น

วันพฤหัสบดี ตั้งแต่เวลา ..... น. ถึง ..... น

วันศุกร์ ตั้งแต่เวลา ..... น. ถึง ..... น

วันเสา-อาทิตย์ ตั้งแต่เวลา ..... น. ถึง ..... น

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการเดินทางไปกลับระหว่างสถานที่ทำงานและที่พักอาศัย

หมายเหตุ 1. กรุณาเลือกรูปแบบการเดินทางที่ใช้เป็นหลัก หรือสามารถเลือกได้มากกว่าหนึ่งหัวข้อในกรณีที่มีการเดินทางหลายรูปแบบในแต่ละวัน

2. ระบุความถี่ของแต่ละรูปแบบการเดินทางที่ต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่าง [A] รถขนส่ง ปอ.พ. จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ ..... วันต่อเดือน

[B] รถยนต์รับจ้าง (taxi) จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ 2 วันต่อเดือน

[ ] รถยนต์ส่วนตัว จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ ..... วัน ต่อ เดือน

[ ] รถจักรยานยนต์ส่วนตัว จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ ..... วัน ต่อ เดือน

[ ] รถยนต์รับจ้างสาธารณะ (taxi) จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ ..... วัน ต่อ เดือน

[ ] รถจักรยานยนต์รับจ้างสาธารณะ จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ ..... วัน ต่อ เดือน

[ ] รถสามล้อเครื่องรับจ้างสาธารณะ จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ ..... วัน ต่อ เดือน

[ ] รถตู้โดยสารประจำทาง จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ ..... วัน ต่อ เดือน

[ ] รถเมล์โดยสารประจำทาง จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ ..... วัน ต่อ เดือน

[ ] รถจักรยาน จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ ..... วัน ต่อ เดือน

[ ] รถขนส่ง ปอ.พ. (CU POP Bus) จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ ..... วัน ต่อ เดือน

[ ] รถยนต์ไฟฟ้า Ha:mo จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ ..... วัน ต่อ เดือน

[ ] เดินเท้า จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ ..... วัน ต่อ เดือน

[ ] อื่นๆ ..... จ. / อ. / พ. / พฤ. / ศ. / ส.-อา. หรือ ..... วัน ต่อ เดือน

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาการเดินทางของนิสิตที่เป็นประโยชน์ต่อนิสิตและสิ่งแวดล้อม

[ ] เพิ่มจำนวนรถและความถี่ของรถ ปอ.พ. (CU POP Bus) ในชั่วโมงเร่งด่วน

[ ] เพิ่มจำนวนรถจักรยานของมหาวิทยาลัย (CU BIKE) ในบริเวณสถานีจอดหอพักให้มีมากขึ้น

[ ] มีสถานีและรถยนต์ไฟฟ้า Ha:mo ให้บริการใกล้บริเวณหอพัก

[ ] ทำเดินเท้า สะพานลอย อุโมงค์ และหลังคาทางเดินที่ให้ความสะดวกในการเดินเท้ามากขึ้น

[ ] อื่นๆ

.....

.....

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุรชาติ ยาวิราช เกิดเมื่อวันที่ 19 กันยายน พ.ศ. 2535 จบการศึกษาระดับประถมและมัธยมศึกษาจากโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย และสำเร็จการศึกษาปริญญาบัณฑิตสาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีพ.ศ. 2560 และได้ดำเนินการศึกษาในหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิตต่อเนื่องหลังจากสำเร็จการศึกษาปริญญาบัณฑิตในปีเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY