การประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร
กรณีศึกษา อาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ จังหวัดนครราชสีมา

นางสาววราภรณ์ บุตรจันทร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CARBON DIOXIDE BALANCE ASSESSMENT IN LIFE-CYCLE OF BUILDING
CASE STUDY : ENCYCOPEDIA LIBRARY INFORMATION,
NAKHONRATCHASIMA PROVINCE

Miss Waraporn Boothchan

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร กรณีศึกษา อาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ จังหวัดนครราชสีมา
โดย	นางสาววราภรณ์ บุตรจันทร์
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาลัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐานิศวร์ เจริญพงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

..... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. สุธีวัน โลห์สุวรรณ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วราภรณ์ บุตรจันทร์ : การประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร กรณีศึกษา อาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ จังหวัดนครราชสีมา. (CARBONDIOXIDE BALANCE ASSESSMENT IN LIFE-CYCLE OF BUILDING CASE STUDY: ENCYCOPEDIA LIBRARY INFORMATION, NAKHONRATCHASIMA PROVINCE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, 157 หน้า.

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบอาคารและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการก่อสร้างอาคารในปัจจุบัน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบหลักของก๊าซเรือนกระจกซึ่งเกิดจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล การศึกษาเริ่มต้นจากการศึกษาวัฏจักรชีวิตของอาคาร เริ่มตั้งแต่การผลิตวัสดุ การขนส่ง การก่อสร้าง การใช้งานและการรื้อถอนอาคาร โดยใช้แนวความคิดในการสมดุลคาร์บอน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในรูปแบบการก่อสร้างอาคาร โดยเริ่มดำเนินการศึกษาตั้งแต่เริ่มต้นจนรื้อถอนอาคารของอาคารกรณีศึกษา คืออาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ เปรียบเทียบอาคารทั่วไป จากการดำเนินการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแนวทางการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้และพื้นที่สีเขียว

จากการศึกษาอาคารพื้นที่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน พบว่าในช่วงการใช้งานอาคาร อาคารที่ก่อสร้างด้วยวัสดุทั่วไปต้องใช้พลังงานเท่ากับ 264.16-499.64 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี หรือเท่ากับ 64,613.61-12,2211.98 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่ออาคารต่อปี ห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ ใช้เพียง 49.85 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี หรือเท่ากับ 12,192.38 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่ออาคารต่อปี การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในช่วงการก่อสร้างอาคารทั่วไปปลดปล่อย 67.64-105.83 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบปลดปล่อย 28.10 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ในช่วงการใช้งานอาคาร พบว่าอาคารทั่วไปปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 145.55-275.30 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อปี ในขณะที่ห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียง 27.47 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ต่อปี จากข้อมูลความสารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ศึกษา พื้นที่สีเขียวสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 0.60-6.51 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อปี

สรุปพื้นที่สีเขียวในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากข้อมูลที่ศึกษา ในช่วงการใช้งานอาคาร อาคารทั่วไป 1 ตารางเมตรต้องใช้พื้นที่สีเขียวเท่ากับ 55.13-104.28 ตารางเมตร ในขณะที่ห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ 1 ตารางเมตรต้องใช้พื้นที่สีเขียวเพียง 10.40 ตารางเมตร สำหรับการในช่วงการก่อสร้างอาคาร อาคารทั่วไปต้องใช้พื้นที่สีเขียว 25.62-40.09 ตารางเมตร ต่อ 1 ตารางเมตรของการก่อสร้างและห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ 1 ตารางเมตร ต้องใช้พื้นที่สีเขียวเพียง 10.65 ตารางเมตร การสร้างความสมดุลนี้ส่งผลต่อแต่ละอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างที่ต้องการพื้นที่สีเขียวเพื่อให้สมดุลคาร์บอนส่งผลต่อบริษัทรับเหมาก่อสร้าง ซึ่งเป็นความความต้องการของตัวเองในการสมดุลคาร์บอนด้วยพื้นที่สีเขียวสำหรับค่าใช้จ่ายต่อตารางเมตรของป่าไม้ในแต่ละปี เพื่อเป็นการแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต วราภรณ์ บุตรจันทร์

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2553

5274139425 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORDS: CARBON DIOXIDE BALANCE ASSESSMENT / LIFE-CYCLE OF BUILDING

WARAPORN BOOTHCHAN: CARBON DIOXIDE BALANCE ASSESSMENT IN LIFE-CYCLE OF BUILDING. CASE STUDY: ENCYCOPEDIA LYBRARY INFORMATION, NAKHONRATCHASIMA PROVINCE. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. VORASUN BURANAKARN, Ph.D., 157 pp.

Climate change is a major concern for building design and construction industry today. Carbon dioxide is a large portion of greenhouse gas since every activity process relates to fossil fuel energy source. The study started with life cycle processes as material manufacture and its transportation, construction period, and using stage. The carbon balance idea in building industry has been developed to find out how and economic ways to apply. The conventional buildings were evaluated from cradle to grave, then, the new design of Encyclopedia library was conducted. Meanwhile, the carbon dioxide reduction alternatives were explored. Therefore, tree and green area were introduced as carbon sink.

The same building area is a fixed variable. Building material of conventional building requires 264.16-499.64 kWh/sq.m./year or 64,613.61-12,2211.98 kWh/year as total comsumption. Encyclopedia library requires only requires 49.85 kWh/sq.m./year or 12,192.38 kWh/year as total comsumption. The carbon dioxide emissions during construction of conventional building is 67.64-105.83 kg. of CO_2 per sq.m. and the library is 28.10 kg. of CO_2 per sq.m. Conventional building has 145.55-275.30 kg. of CO_2 per sq.m. per year during using stage while the Encyclopedia library has only 27.47 kg. of CO_2 per sq.m. per year. From literatures, green area could absorb CO_2 from 0.6-6.51 kg./sq.m./yr.

Finally, based on average CO_2 sink data, conventional building requires 55.13-104.28 sq.m. of green area for each square meter of usable area while Encyclopedia library building requires only 10.40 sq.m. during using stage. For construction process, conventional building needs 25.62-40.09 sq.m. of green area per each square meter of construction. The Encyclopedia library requires only 10.65 sq.m. of green area per each square meter of construction. Along with this approach, each building material industry required its own green area to make carbon balance. The construction company is also similar. It needs its own carbon sink green area as capital cost for each square meter of building construction annually, global warming is occurring currently.

Department: Architecture Student's Signature วราวรณ์ บุตรชัตร์
Field of Study: Architecture Advisor Signature
Academic Year: 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลือของ รศ.ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวทางการทำงานตลอดจนแนวความคิดต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงขอขอบคุณพี่ๆ ชั้น 11 ทุกคน ตลอดจนผู้จัดทำรายงานการวิจัย เอกสารอ้างอิง ที่กล่าวถึงในการวิจัยชิ้นนี้เนื่องจากเป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่สำคัญของแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้จะไม่อาจสำเร็จได้หากปราศจากการสนับสนุนจากบิดา มารดา พี่สาวและน้องชาย ที่ได้ให้ความสนับสนุน ความห่วงใย ความเข้าใจและคอยเป็นกำลังใจในการทำการวิจัย ขอขอบคุณเพื่อนที่ให้กำลังใจ และขอขอบคุณทุกๆ คนที่มีส่วนร่วมในการวิจัยและที่ผ่านเข้ามาในงานวิจัยชิ้นนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ญ

สารบัญภาพ.....ฎ

สารบัญแผนภูมิ.....ฐ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....3

1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....3

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา.....4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....5

1.6 นิยามและคำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....6

2.1 ความหมายของการประเมินวัฏรจักรชีวิต.....6

2.1.1 ที่มาของการประเมินวัฏจักรชีวิต.....6

2.1.2 วัฏจักรชีวิตของอาคาร.....7

2.2 ความหมายของการประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร.....8

2.2.1 ที่มาของการประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร.....9

2.2.2 การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร.....9

2.2.3 ค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการผลิตวัสดุก่อสร้างชนิดชนิดต่างๆ11

2.2.4 แนวทางเพื่อนำไปสู่การสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์..... 11

2.3 การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานฟ้าจากภาระทำความเย็น.....14

2.3.1 ค่าความร้อนจากแหล่งความร้อนภายนอกอาคาร (External Load).....14

2.3.2 ค่าความร้อนจากแหล่งความร้อนภายในอาคาร (Internal Load) 20

2.3.3 กลุ่มตัวแปรประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (Air condition) 23

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....24
3.1 รายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัย....24
3.2 วิธีการศึกษาวิจัย....25
3.3 รูปแบบกรณีศึกษาในการวิจัย....26
3.3.1 แบบอาคารกรณีศึกษาที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์....27
3.3.2 พื้นที่เปลือกอาคารของอาคารกรณีศึกษา....33
3.3.3 พื้นที่เปลือกอาคารของอาคารทั่วไป....37
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละขั้นตอนในวัฏจักรชีวิตของอาคาร....41
3.4.1 ขั้นตอนการผลิตวัสดุ....41
3.4.2 ขั้นตอนการขนส่ง....41
3.4.3 ขั้นตอนการก่อสร้าง....42
3.4.4 ขั้นตอนการใช้อาคาร....42
3.4.5 ขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร....45
3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....45
3.5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล....45
3.5.2 การแปลงค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าให้เป็นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์....46
3.5.3 การสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์เป็นพื้นที่ป่าไม้....47
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....48
4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์....50
4.1.1 ผลการวิเคราะห์รูปแบบอาคารที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์....50
4.1.2 ผลการวิเคราะห์วัสดุเปลือกอาคารของอาคารห้องสมุด....51
4.1.3 การวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตอาคาร....55
4.1.4 ผลการศึกษาความสามารถในการดดซบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้....66
4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์....67
4.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์....68

หน้า

4.2.2 ผลการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร.....84
4.2.3 ผลการวิเคราะห์สมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร.....88
4.3 ผลการวิเคราะห์แนวทางเพื่อสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร..... 92
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....95
5.1 อภิปรายผล.....95
5.2 สรุปผลการวิจัย.....117
5.3 ข้อเสนอแนะ.....121
รายการอ้างอิง.....123
ภาคผนวก.....126
ภาคผนวก ก.....127
ภาคผนวก ข.....151
ประวัติผู้เขียน.....157

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 แสดงค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตวัสดุก่อสร้างชนิดต่างๆ...11
ตารางที่ 2-2 แสดงค่า Rate of Heat Gain form Occupants of Conditioned Space.....22
ตารางที่ 2-3 แสดงระดับประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ.....23
ตารางที่ 3-1 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในแต่ละด้านตามทิศทางของตัวอาคารห้องสมุดหลัก.....26
ตารางที่ 3-2 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในแต่ละด้านตามทิศทางของตัวอาคารห้องน้ำหญิง.....34
ตารางที่ 3-3 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในแต่ละด้านตามทิศทางของตัวอาคารห้องน้ำชา.....36
ตารางที่ 3-4 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้งานในอาคาร.....36
ตารางที่ 3-5 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในแต่ละด้านตามทิศทางของตัวอาคารห้องสมุดหลัก....38
ตารางที่ 3-6 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในแต่ละด้านตามทิศทางของตัวอาคารห้องน้ำหญิง.....40
ตารางที่ 3-7 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในแต่ละด้านตามทิศทางของตัวอาคารห้องน้ำชาย.....40
ตารางที่ 3-8 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้งานในอาคาร.....43
ตารางที่ 3-9 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....44
ตารางที่ 3-10 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....46
ตารางที่ 4-1 แสดงรายละเอียดวัสดุเปลือกอาคารและรูปลักษณ์อาคาร 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรของชีวิต.....49
ตารางที่ 4-2 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยในอาคารของอาคารกรณีศึกษาและอาคารที่ใช้วัสดุทั่วไปทั่วไป กรณีที่ 1(รูปแบบอาคารเหมือนกรณีศึกษา) 50
ตารางที่ 4-3 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยในอาคารที่ใช้วัสดุทั่วไป กรณีที่ 2 (รูปแบบอาคารเหมือนกรณีศึกษา) 51
ตารางที่ 4-4 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....51
ตารางที่ 4-5 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....52
ตารางที่ 4-6 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....52
ตารางที่ 4-7 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....52
ตารางที่ 4-8 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....53
ตารางที่ 4-9 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....53
ตารางที่ 4-10 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....53

หน้า

ตารางที่ 4-11 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....54
ตารางที่ 4-12 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....54
ตารางที่ 4-13 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....54
ตารางที่ 4-14 แสดงรูปแบบการก่อสร้างและเครื่องจักร-อุปกรณ์ก่อสร้างที่ใช้เกี่ยวกับการก่อสร้าง.....60
ตารางที่ 4-15 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์และพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้าง.....61
ตารางที่ 4-16 แสดง Roof Construction Group Description.....63
ตารางที่ 4-17 แสดงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการคำนวณ.....64
ตารางที่ 4-18 แสดงกำลังวัตต์ของหลอดไฟต่อตารางเมตรที่ใช้ในการคำนวณ.....64
ตารางที่ 4-19 แสดงค่า COP ที่ใช้ในการคำนวณ.....65
ตารางที่ 5-1 ผลการวิเคราะห์รายจ่ายจากคาร์บอนเครดิตของอาคารทั่วไปเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษา และใช้กรณีศึกษาเป็นอาคารอ้างอิง.....97
ตารางที่ 5-2 สรุปค่าใช้จ่ายในเรื่องพลังงานที่ใช้ในอาคารใน 1 ปี 98
ตารางที่ 5-3 สรุปผลการวิเคราะห์พื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของอาคารทั่วไปและอาคาร.....100
ตารางที่ 5-4 สรุปผลการวิจัยในการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกรณีที่อาคารทั่วไปและอาคารกรณีศึกษามีการใช้พลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพ.....116
ตารางที่ 5-5 สรุปผลการวิจัยในการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กรณีที่อาคารทั่วไปไม่มีการใช้พลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพ.....114

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 แสดงวัฏของจักรชีวิตอาคาร……..……..……7
ภาพที่ 2-2 แสดงขั้นตอนในแต่ละช่วงอายุอาคารของวัฏจักรชีวิตอาคาร……..……8
ภาพที่ 2-3 แสดงแสดงการใช้พลังงาน ทั้ง 5 ขั้นตอนในแต่ละช่วงอายุอาคารของวัฏจักรชีวิตอาคาร……..……..10
ภาพที่ 3-1 แสดงทัศนียภาพภายนอกของอาคารกรณีที่ใช้ในการวิเคราะห์…….……..…27
ภาพที่ 3-2 แสดงผังพื้นชั้นล่างของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์……..……..28
ภาพที่ 3-3 แสดงผังพื้นชั้นบนของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์…….……...28
ภาพที่ 3-4 แสดงผังหลังคาของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์…….……...29
ภาพที่ 3-5 แสดงรูปตัดของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์……..……..……....29
ภาพที่ 3-6 แสดงรูปตัดของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์……..……..…30
ภาพที่ 3-7 แสดงรูปตัดของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์……..……..…30
ภาพที่ 3-8 แสดงรูปด้านด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์…….……....31
ภาพที่ 3-9 แสดงรูปด้านด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์..……31
ภาพที่ 3-10 แสดงรูปด้านด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์……..…32
ภาพที่ 3-11 แสดงรูปด้านด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์…….....32
ภาพที่ 3-12 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนพื้นและหลังคาของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์.....33
ภาพที่ 3-13 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนผนังทึบและกระจกของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์..34
ภาพที่ 3-14 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนพื้นและหลังคาของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์…....35
ภาพที่ 3-15 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนผนังทึบและกระจกของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์..36
ภาพที่ 3-16 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนพื้นและหลังคาของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์…....37
ภาพที่ 3-17 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนผนังทึบและกระจกของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์..38
ภาพที่ 3-18 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนพื้นและหลังคาของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์…....39
ภาพที่ 3-19 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนผนังทึบและกระจกของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์..40
ภาพที่ 4-1 แสดงผังภาพรวมปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน.....67

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1-1 แสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณการใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ ใน ประเทศไทย…….....1
แผนภูมิที่ 4-1 แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ ในการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรของอาคารแต่ละส่วน ในขั้นตอนการผลิต วัสดุ……..68
แผนภูมิที่ 4-2 แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ ในการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรของอาคารแต่ละส่วน ในขั้นตอนการผลิต วัสดุ……...69
แผนภูมิที่ 4-3 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ ในการ วิเคราะห์ ต่ออาคาร ในขั้นตอนการผลิตวัสดุ……..……70
แผนภูมิที่ 4-4 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการ วิเคราะห์ขนาด พื้นที่ 1 ตารางเมตรของอาคาร ในขั้นตอนการขนส่ง…...……71
แผนภูมิที่ 4-5 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการ วิเคราะห์ ของอาคารแต่ละส่วนต่ออาคาร ในขั้นตอนการขนส่ง…..……..71
แผนภูมิที่ 4-6 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการ วิเคราะห์ ต่อ อาคาร ในขั้นตอนการขนส่ง……..……72
แผนภูมิที่ 4-7 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการ วิเคราะห์ขนาด พื้นที่ 1 ตารางเมตรของวัสดุเปลือกอาคาร ในขั้นตอนการก่อสร้าง.73
แผนภูมิที่ 4-8 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการ วิเคราะห์ ของวัสดุเปลือกอาคารแต่ละส่วน ต่ออาคารจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและ กำลังเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกิดจากปริมาณงานในขั้นตอนการก่อสร้าง ……..…....74
แผนภูมิที่ 4-9 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการ วิเคราะห์ ของ วัสดุเปลือกอาคาร ต่ออาคารจากการใช้พลังงานจากคนงานก่อสร้าง ใน ขั้นตอนการก่อสร้าง……..……74

หน้า

แผนภูมิที่ 4-10 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์วัสดุ ต่ออาคารจากการใช้พลังงานจากคนงานก่อสร้าง และจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของกาลัง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกิดจากปริมาณงานในขั้นตอนการ
ก่อสร้าง……..75
แผนภูมิที่ 4-11 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ของวัสดุเปลือกอาคาร ต่ออาคาร ในขั้นตอนการ
ก่อสร้าง……..……..……75
แผนภูมิที่ 4-12 ปริมาณการใช้พลังงานจากภาระการทา ความเย็นของอาคารเปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการ วิเคราะห์ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรของพื้นที่สอยอาคารในขั้นตอน การใช้งานอาคาร 1 ปี (คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)……...78
แผนภูมิที่ 4-13 ปริมาณการใช้พลังงานจากภาระการทา ความเย็นของอาคารเปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการ วิ เคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร 1 ปี (คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี) ……79
แผนภูมิที่ 4-14 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารเปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอยอาคารในขั้นตอนการใช้งานอาคาร 1 ปี (คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487 ชั่วโมงต่อปี) 80
แผนภูมิที่ 4-15 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารเปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร 1 ปี (คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487 ชั่วโมงต่อปี) 81
แผนภูมิที่ 4-16 ปริมาณการใช้พลังงานจากไฟฟ้าแสงสว่าง เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการก่อสร้าง.....82
แผนภูมิที่ 4-17 ปริมาณการใช้พลังงานจากอุปกรณ์ไฟฟ้า เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการก่อสร้าง.....82
แผนภูมิที่ 4-18 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการก่อสร้าง.....83

หน้า

แผนภูมิที่ 4-19 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ของ วัสดุเปลือกอาคาร ต่ออาคาร ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร....83
แผนภูมิที่ 4-20 การเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารต้นแบบต่อการใช้งาน อาคาร 1 ปี.....85
แผนภูมิที่ 4-21 การเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารกรณีศึกษาต่อการใช้งานอาคาร 1 ปี โดยแบ่งตามช่วงอายุของอาคาร.....87
แผนภูมิที่ 4-22 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารกรณีศึกษาต่อการใช้งานอาคาร 50 ปี โดยแบ่งตามช่วงอายุของอาคาร.....88
แผนภูมิที่ 4-23 สรุปผลการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และพื้นที่ป่าไม้ในการ ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ต่อการใช้งานอาคาร 50 ปี.....89
แผนภูมิที่ 4-24 ความสามารถของพื้นที่ป่าไม้แต่ละประเภทในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.....90
แผนภูมิที่ 4-25 สรุปผลการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้จากความสามารถของพื้นที่ป่าไม้แต่ละประเภทในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ต่อการใช้งานอาคาร 50 ปี.....90
แผนภูมิที่ 4-26 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารกรณีศึกษาต่อการใช้งานอาคาร 1 ปี โดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน.....92
แผนภูมิที่ 5-1 แผนภูมิสรุปผลการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของวัสดุเปลือกอาคารในวัฏจักรชีวิตของ อาคารต่อการใช้งานอาคาร 1, 15 และ 30ปี.....96

หน้า

แผนภูมิที่ 5-2 สรุปผลการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ในวัฏจักรชีวิตของอาคารต่อการ ใช้งานอาคาร 30 ปี.....99
แผนภูมิที่ 5-3 พื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลคาร์บอนของขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิดต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร.....103
แผนภูมิที่ 5-4 แสดงพื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการขนส่งและก่อสร้าง แต่ละชนิดต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร.....104
แผนภูมิที่ 5-5 พื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการใช้งานอาคารต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร.....105
แผนภูมิที่ 5-6 พื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการรื้อถอนอาคารต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร.....106
แผนภูมิที่ 5-7 พื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนในวัฏจักรชีวิตของอาคารต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร.....107

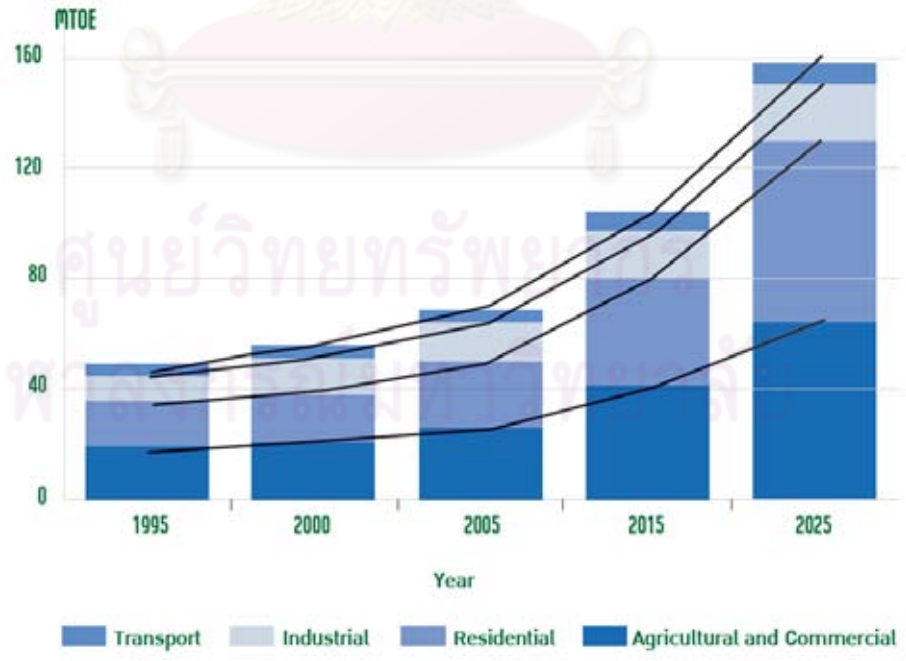
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาภาวะโลกร้อนได้กลายเป็นปัญหาที่ประเทศต่างๆ ทั่วโลกได้ให้ความสำคัญ จากผลกระทบของปัญหาภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงและขยายผลกระทบเป็นวงกว้างขึ้น สาเหตุหลักของโลกร้อนคือการสะสมของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ 84.63 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด) และมีเทน (ร้อยละ 8.32) ในชั้นบรรยากาศโลก (UNFCCC, 2008) ซึ่งกักแสงอาทิตย์ไว้ ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้น ซึ่งการสะสมของก๊าซเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นผลพวงจากกิจกรรมของมนุษย์

การเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากกิจกรรมทางอุตสาหกรรม (การเผาผลาญเชื้อ-เพลิงฟอสซิล) มีปริมาณเพิ่มขึ้น รวมทั้งกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ จากข้อมูลการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2548 (ค.ศ. 2005) กระทรวงพลังงานระบุว่ากิจกรรมการใช้พลังงานของผู้ใช้พลังงานรวม มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึงร้อยละ 56 ของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งหมดในปี พ.ศ. 2546 (ค.ศ. 2003)



แผนภูมิที่ 1-1 แสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณการใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจในประเทศไทย (Energy Policy and Planning office, 2006)

พลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในประเทศไทยถูกใช้เพื่อการขนส่งมากเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือ ภาคอุตสาหกรรม ภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจการค้าและเกษตรกรรมตามลำดับ จากแผนภูมิที่ 1 ซึ่งปริมาณการใช้ในปี พ.ศ. 2568 (ค.ศ. 2025) คาดว่าความต้องการพลังงาน เพิ่มขึ้นเกือบ 2.5 เท่าของปริมาณการใช้ในปี พ.ศ. 2538 (ค.ศ. 1995)

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากกิจกรรมในการดำรงชีวิตของมนุษย์ รวมถึงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับตัวอาคาร ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง การใช้งานอาคาร จนถึงการรื้อถอนอาคาร และเกิดขึ้นในทุกช่วงของการใช้งานอาคาร ซึ่งเริ่มจากช่วงเริ่มต้นก่อสร้างตัวอาคาร ได้แก่ การผลิตวัสดุก่อสร้างที่นำมาก่อสร้างตัวอาคารจากผู้ผลิต การขนส่งวัสดุมายังสถานที่ก่อสร้างอาคาร การก่อสร้างตัวอาคาร จนถึงการใช้งานของตัวอาคาร รวมไปถึงช่วงสุดท้ายของตัวอาคารในการรื้อถอนอาคาร ซึ่งหากมีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้ามาพิจารณาร่วมในการออกแบบก่อสร้างอาคาร เพื่อเป็นการทราบถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อหาแนวทางการชดเชยผลกระทบที่เกิดขึ้น จึงเป็นส่วนหนึ่งในการลดปัญหาสภาวะโลกร้อน

อาคารมีช่วงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทุกช่วงวัฏจักรชีวิตของอาคาร ดังนั้นหากมีการประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ซึ่งเป็นการประเมินเปรียบเทียบการชดเชยผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบประมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานโดยรวมในวัฏจักรของชีวิตอาคาร กับปริมาณความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้ ย่อมจะส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการใช้พลังงานในปัจจุบันได้ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้อาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ จ.นครราชสีมา เป็นอาคารกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นอาคารที่ได้รับการออกแบบโดยคำนึงการลดการใช้พลังงานโดยรวม จึงใช้อาคารกรณีศึกษานี้เป็นอาคารกรณีศึกษาเพื่อใช้เป็นอาคารตัวอย่างในการศึกษาวิจัย และศึกษาเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไป การวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นมาเป็นแนวทางเพื่อสร้างสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคาร ซึ่งจะเป็นแนวทางการลดสภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตของอาคาร ได้แก่ ขั้นตอนการผลิตวัสดุ การขนส่ง การก่อสร้าง การใช้อาคาร และการรื้อถอนอาคาร และความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักชีวิตอาคาร และวิเคราะห์ความสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้ เปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไป

1.2.3 เพื่อเสนอแนวทางในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคาร

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ในการศึกษาจะต้องดำเนินการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในวัฏจักรชีวิตของอาคารด้วยวิธีการคำนวณและศึกษาศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของพื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากตัวแปรต่างๆ และเสนอแนวทางเพื่อสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตของการศึกษาไว้ดังนี้

1.3.1 ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ใช้อาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทย ต้นแบบ จ. นครราชสีมา ขนาดพื้นที่ใช้สอยประมาณ 244.6 ตารางเมตร สถานที่ตั้ง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากเป็นอาคารที่ได้รับการออกแบบแลก่อสร้างโดยคำนึงถึงการลดการใช้พลังงานโดยรวมเป็นอาคารกรณีศึกษาและเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไป เพื่อต้องการศึกษาเปรียบเทียบในเรื่องของวัสดุก่อสร้างและรูปแบบอาคารทั่วไป โดยที่อาคารที่นำมาเปรียบเทียบมีพื้นที่ใช้สอยและการใช้งานอาคารเหมือนกัน

1.3.2 การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เน้นความสำคัญในช่วงการใช้งานอาคาร ศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการใช้พลังงานจากภาระการทำความเย็นของอาคาร ไฟฟ้าแสงสว่าง และอุปกรณ์ที่ใช้ในอาคาร เปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไปโดยกำหนดให้มีระยะเวลาในการใช้งานเท่ากัน

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา

1.4.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความวสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรของอาคาร ได้แก่

1.4.1.1 ขั้นตอนการผลิตวัสดุ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตวัสดุจากผู้ผลิต โดยอ้างอิงจากข้อมูลขั้นตอนของการก่อสร้าง เพื่อทราบถึงชนิดและปริมาณของวัสดุที่ต้องใช้และนำมาพิจารณาหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนของการผลิตจากวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิด

1.4.1.2 ขั้นตอนการขนส่ง ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลของระยะทางในการขนส่งวัสดุในการก่อสร้างอาคาร และคำนวณหาปริมาณของวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้ในการก่อสร้าง ในการขนส่งวัสดุเข้าสถานที่ก่อสร้าง เพื่อคำนวณหาจำนวนเที่ยวในการขนส่งวัสดุ เพื่อหาปริมาณการใช้น้ำมันและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนของการขนส่ง

1.4.1.3 ขั้นตอนการก่อสร้าง ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากขั้นตอนการก่อสร้างอาคาร และคำนวณหาปริมาณงาน จำนวนวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้ในการก่อสร้าง ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง เพื่อคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการก่อสร้างจากแรงงานคนที่ใช้ในการก่อสร้าง

1.4.1.4 ขั้นตอนการใช้อาคาร ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานตามทฤษฎีที่เหมาะสม และคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานอาคาร

1.4.1.5 ขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร ดำเนินการศึกษาข้อมูลขั้นตอนการรื้อถอนอาคารจากการทุบทำลายวัสดุ เพื่อนำมาพิจารณาและคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร

1.4.2 วิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของแต่ละขั้นตอนที่เกิดขึ้นของอาคารกรณีศึกษา เปรียบเทียบกับอาคารทั่วไป และศึกษาวิธีการเพื่อสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารโดยศึกษาจากความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้ คำนวณและวิเคราะห์ความสมดุลระหว่างปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับพื้นที่ป่าไม้

1.4.3 เสนอแนวทางเพื่อสร้างสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบ

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 ทราบตัวแปรที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้ และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละขั้นตอน ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ได้แก่ ขั้นตอนการผลิตวัสดุ การขนส่ง การก่อสร้าง การใช้อาคาร และการรื้อถอนอาคาร

1.5.2 สามารถเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไปจากการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร และเปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสร้างความสมดุลได้

1.5.3 เป็นแนวทางเพื่อสร้างสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร และสามารถนำไปใช้ในการออกแบบก่อสร้างอาคาร เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร

1.6 นิยามและคำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน (สำนักงานกระทรวงธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554)

สมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide Balance) หมายถึง ความเท่ากันของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ต้นไม้

อาคารกรณีศึกษา หมายถึง อาคารที่ออกแบบและก่อสร้างโดยให้ความสำคัญในเรื่องของการประหยัดพลังงานโดยรวม และมีประสิทธิผลในการประหยัดพลังงาน

อาคารทั่วไป ในวิทยานิพนธ์นี้หมายถึง อาคารที่ออกแบบและก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างโดยทั่วไปและขาดประสิทธิผลในการประหยัดพลังงาน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของการประเมินวัฏรจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบ การจัดหาและสกัดวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต การจำหน่าย การใช้งาน จนกระทั่งถึงการทำลายและนำไปกำจัดหรือนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นการประเมินตั้งแต่เกิดจนตาย(Cradle to grave) และเป็นการประเมินที่เป็นเชิงปริมาณออกมาเป็นตัวเลข โดยศึกษาถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมทั้งทางน้ำ อากาศ และดิน โดยพิจารณาถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านระบบนิเวศน์ สุขอนามัย และปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลก เช่น การเกิดภาวะโลกร้อน (global warming) เป็นต้น

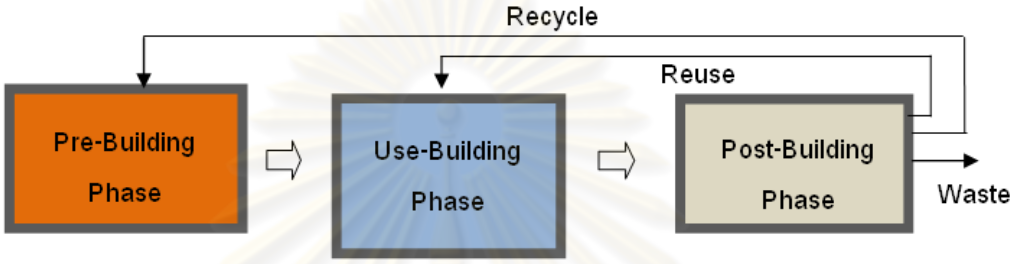
2.1.1 ที่มาของการประเมินวัฏจักรชีวิต

จากวิกฤตการณ์พลังงานในช่วงปี ค.ศ. 1970 ทำให้ประเทศต่างๆ มีนโยบายการประหยัดพลังงานซึ่งส่งผลต่อการปลูกจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตจึงถูกพัฒนาขึ้นและขยายรวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบจากการแพร่มลพิษและของเสียที่เกิดขึ้น ทำให้ภาครัฐของประเทศต่างๆได้ให้ความสนใจในเรื่องนี้มากขึ้น ทำให้มีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณผลกระทบของผลิตภัณฑ์ สำหรับเปรียบเทียบความรุนแรงของปัญหาที่ต่างประเภทกัน เช่น การทำให้โลกร้อนขึ้นและการลดลงของทรัพยากร เป็นต้น

การประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร หมายถึงกระบวนในการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของของอาคารที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของอาคาร ตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้น จนกระทั่งถึงการทำลายและนำไปกำจัดหรือนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการพิจารณาช่วงชีวิตของอาคารตั้งแต่เริ่มต้นอาคารจนถึงช่วงสุดท้ายของอาคาร โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงปริมาณของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะหาแนวทางในการทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดจากการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร

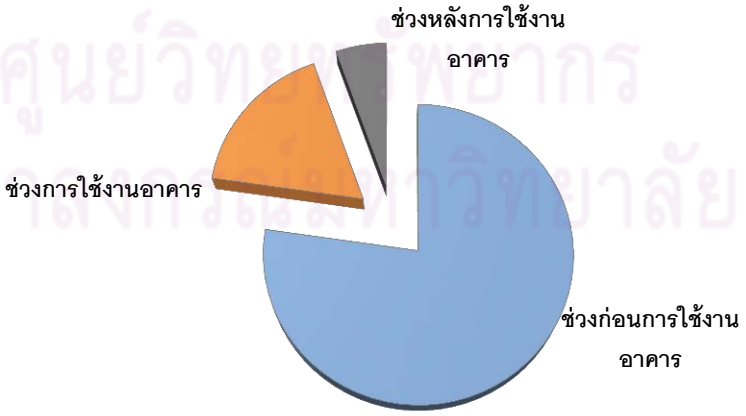
2.1.2 วัฏจักรชีวิตของอาคาร

การเกิดสถาปัตยกรรมชิ้นหนึ่งๆนั้น ประกอบด้วยหลายขั้นตอนเริ่มตั้งแต่ การออกแบบเบื้องต้น การก่อสร้าง การบำรุงรักษาการใช้งานอาคาร จนถึงการรื้อถอน ซึ่งผู้ออกแบบทุกฝ่ายจำเป็นจะต้องคำนึงถึงการออกแบบและผลกระทบตลอดช่วงชีวิตของอาคารด้วย(กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2552) ในการออกแบบอาคารนั้นรวมไปถึงการเลือกวัสดุเปลือกอาคารในการก่อสร้างอาคาร



ภาพที่ 2-1 แสดงวัฏของจักรชีวิตอาคาร (อมรรัตน์ พงศ์พิศิษฏ์สกุล, 2547)

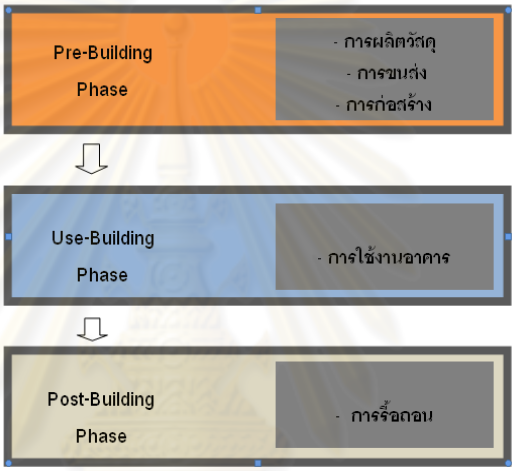
การประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร เป็นกระบวนการวิเคราะห์ถึงผลกระทบของของอาคารที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของอาคาร จากการพิจารณาช่วงชีวิตของอาคารตั้งแต่เริ่มต้นอาคารจนถึงช่วงสุดท้ายของอาคาร สามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงก่อนการใช้งาน การใช้งานอาคารและหลังการใช้งานอาคาร จากสัดส่วนระยะเวลาในการใช้งานอาคาร ช่วงการใช้งานจะเป็นช่วงระยะเวลาที่นานสุด



แผนภูมิที่ 2-1 แสดงสัดส่วนระยะเวลาในแต่ละช่วงของวัฏจักรชีวิตอาคาร

วัฏจักรชีวิตอาคารสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนในแต่ละช่วงอายุอาคารของวัฏจักรชีวิตอาคาร เริ่มการผลิตวัสดุก่อสร้างที่นำมาใช้ในการก่อสร้างอาคาร การขนส่งวัสดุก่อสร้างจากสถานที่ผลิตมาถึงที่ตั้งโครงการ การก่อสร้างอาคาร การใช้งานอาคาร จนกระทั่งถึงการรื้อถอนทำลายและนำไปกำจัดหรือนำกลับมาใช้ใหม่

การประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตอาคารของอาคารครั้งนี้เริ่มประเมินจากขั้นตอนในผลิตวัสดุ การขนส่ง การก่อสร้าง การใช้งานอาคารและการรื้อถอน



ภาพที่ 2-2 แสดงขั้นตอนในแต่ละช่วงอายุอาคารของวัฏจักรชีวิตอาคาร

โดยทั่วไปอาคารหนึ่งที่ก่อสร้างขึ้นมีช่วงอายุการใช้งานประมาณ 30-50 ปี อายุการใช้งานขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างอาคาร การใช้งาน และการบำรุงรักษา การประเมินการใช้งานอาคารจึงประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นในช่วงการใช้งานอาคารในช่วงการใช้งานอาคาร 30 ปี

2.2 ความหมายของการประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร

การประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตอาคาร เป็นแนวความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ต้องมีการพิจารณาถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการชดเชยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตอาคาร ตั้งแต่เริ่มโครงการ การออกแบบอาคาร การเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารอาคาร การก่อสร้าง การใช้อาคาร รวมถึงการรื้อถอนอาคาร ที่ให้ความสำคัญถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตอาคาร

2.2.1 ที่มาของการประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร

เมื่อปัญหาโลกร้อนเริ่มรุนแรงมากขึ้นทำให้เกิดแนวคิดในการสร้างอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมขึ้น และเป็นการชดเชยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตอาคาร เนื่องจากกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับตัวอาคารทั้งวัฏจักรชีวิตของอาคาร ล้วนมีการใช้พลังงานและมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มากขึ้นเรื่อยๆ การประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์จึงเป็นแนวความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่จะต้องมีการพิจารณาถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการชดเชยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตอาคาร ตั้งแต่เริ่มโครงการ การออกแบบอาคาร การเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารอาคารซึ่งต้องคำนึงในเรื่องประสิทธิภาพของวัสดุเปลือกอาคาร การขนส่ง การก่อสร้าง การใช้อาคาร รวมถึงการรื้อถอนอาคาร ที่ให้ความสำคัญถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั้งทั้งวัฏจักรชีวิตอาคาร จะสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

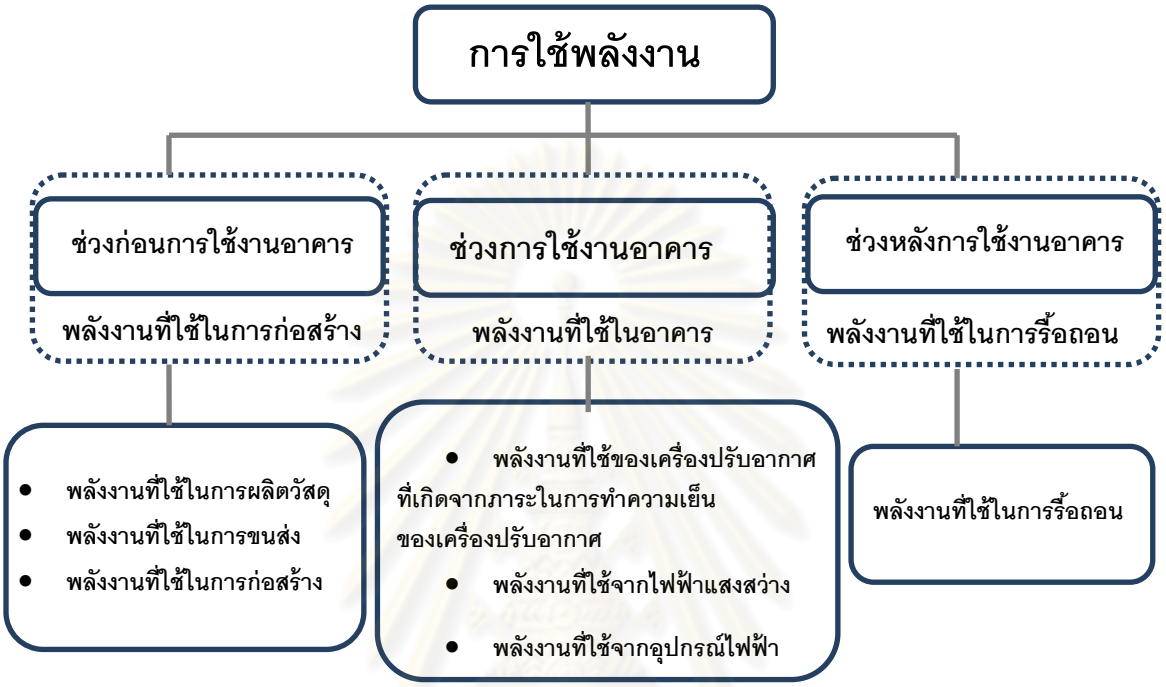
2.2.2 การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อนำมาเป็นพลังงานจากการการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในวัฏจักรชีวิตของอาคารมีทั้งการปลดปล่อยโดยตรงและการปลดปล่อยโดยอ้อม

- การปลดปล่อยโดยตรง เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง การคมนาคมขนส่ง เช่นการขนส่งวัสดุก่อสร้างเพื่อนำไปใช้ในการก่อสร้าง การก่อสร้างอาคารจากเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นรถผสมคอนกรีต เครื่องผสมคอนกรีต อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้างที่ต้องใช้ไฟฟ้า น้ำ และน้ำมัน รวมถึงการใช้ไฟฟ้าในอาคาร เป็นต้น
- การปลดปล่อยโดยอ้อม จากสินค้าและบริการที่ใช้ เกิดจากการใช้วัสดุการก่อสร้าง เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การใช้พลังงานในแต่ละช่วงอายุอาคารของวัฏจักรชีวิตอาคาร ซึ่งแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงก่อนการใช้งานอาคาร การใช้งานอาคาร และหลังการใช้งานอาคาร ดังนี้



ภาพที่ 2-3 แสดงการใช้พลังงาน ทั้ง 5 ขั้นตอนในแต่ละช่วงอายุอาคารของวัฏจักรชีวิตอาคาร

ค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ (IPCC, 2006)

น้ำมันดีเซล	=	0.0747	Kg/MJ
น้ำมันเบนซิน	=	0.0747	Kg/MJ
น้ำมันก๊าด	=	0.0747	Kg/MJ
น้ำมันเตา	=	0.0780	Kg/MJ
แก๊สหุงต้ม (LPG)	=	0.0631	Kg/MJ
แก๊สธรรมชาติ (Natural Gas)	=	0.0564	Kg/MJ
ถ่านหิน (Coal)	=	0.0955	Kg/MJ
ลิกไนท์ (Lignite)	=	0.1010	Kg/MJ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.3 ค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการผลิตวัสดุก่อสร้างชนิดชนิดต่าง ๆ (IPCC, 2007)

ตารางที่ 2-1 แสดงค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการผลิตวัสดุก่อสร้างชนิดชนิดต่างๆ

วัสดุ	การปลดปล่อยCO_2
	Kg-co/kg
ceramic tiles	0.78
concrete roof tile	0.21
glass	1.06
concrete	0.14
lightweight concrete block	0.48
brick	0.24
cement	0.76
Portland cement	0.82
polystyrene foam, 100% recycled	0.65
polystyrene foam, 45% recycled	2.59
polystyrene foam	4.21
steel	1.76
glass fibre reinforced plastic, polyester resin(fiberglass Mesh)	4.88

2.2.4 แนวทางเพื่อนำไปสู่การสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์

แนวทางเพื่อนำไปสู่สมดุลคาร์บอนดออกไซด์นั้น จะเป็นแนวทางในการออกแบบอาคารที่จะต้องมีการพิจารณาไปถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม เป็นการวิเคราะห์ประเมินถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในวัฏจักรชีวิตของอาคาร และรวมถึงแนวทางการชดเชยผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และพื้นที่ต้นไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1) **แนวทางเพื่อลดการใช้พลังงานในอาคาร**

การใช้พลังงานในอาคารส่งผลโดยตรงต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้นการออกแบบอาคารที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นลำดับแรกๆ ที่ควรให้ความสำคัญ อาคารที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสามารถช่วยลดค่าใช้จ่าย ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสร้างความสบายให้กับผู้ใช้อาคารรวมถึงลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งในการออกแบบอาคารที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพต้องเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระบบของอาคารต่างๆ ซึ่งระบบเหล่านี้ได้รับผลโดยตรงกับความเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศและความสบายของผู้ใช้อาคาร

2) **ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร**

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ และสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานและมีความสัมพันธ์กัน สามารถแบ่งตัวแปรดังกล่าวได้ ดังนี้

- **กลุ่มตัวแปรด้านที่ตั้งอาคารและสภาพภูมิอากาศ**

กลุ่มตัวแปรด้านที่ตั้งอาคารและสภาพภูมิอากาศ เป็นกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของอาคาร ได้แก่ สภาพภูมิอากาศของประเทศ ซึ่งสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น ตัวแปรในกลุ่มนี้จะมีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลต่อการออกแบบอาคาร รวมถึงสภาพภูมิอากาศบริเวณที่ตั้งอาคาร ในการออกแบบเพื่อลดการใช้พลังงานนั้น สามารถหาแนวทางในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคารให้มีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการนำเอาอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเป็นปัจจัยในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานได้

- **กลุ่มตัวแปรด้านตัวอาคารและระบบของอาคาร**

กลุ่มตัวแปรด้านตัวอาคารและระบบของอาคาร เป็นกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับรูปแบบอาคารและระบบของอาคารได้แก่ วัสดุเปลือกอาคาร รูปลักษณ์อาคาร งานระบบปรับอากาศในอาคาร เป็นต้น ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานจำเป็นจะต้องวิเคราะห์รูปแบบของอาคารและงานระบบต่างๆ ให้มีความสอดคล้องกัน เพื่อทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด เช่น ในออกแบบอาคารที่มีการปรับอากาศหากต้องการให้อาคารมีประสิทธิภาพรูปแบบของอาคารของจะต้องมีระบบเปลือกอาคารที่เป็นฉนวนที่มีประสิทธิภาพควบคู่ไปกับระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพด้วยเช่นกัน

- **กลุ่มตัวแปรด้านผู้ใช้อาคารและการใช้งาน**

กลุ่มตัวแปรด้านผู้ใช้อาคารและการใช้งาน เป็นกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับผู้ใช้อาคาร ได้แก่ ประเภทของผู้ใช้อาคาร รูปแบบการใช้งานภายในอาคารหรือลักษณะของกิจกรรมต่างๆ ที่ใช้อาคาร ตลอดจนตารางการใช้งานและการควบคุมงานระบบต่างๆ ภายในอาคาร หากผู้ใช้อาคารใช้งานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับระบบต่างๆภายในอาคารแล้ว ตัวแปรในกลุ่มนี้ผลต่อการใช้พลังงานได้

3) แนวทางเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การสังเคราะห์แสงของต้นไม้สามารถการเก็บคาร์บอนในรูปน้ำตาล ($C_6H_{12}O_6$) ซึ่งเป็นการหมุนเวียนของคาร์บอนในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังสมการ

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

ข้อมูลจากโครงการ Billion Tree campaign ของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ ที่ว่าด้วยการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กล่าวว่า พื้นที่ป่าไม้ 1 เฮกตาร์ (hectare)หรือเท่ากับ 10,000 ตารางเมตร จะสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ได้เท่ากับ 6 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อปี (UNEP, 2010) หรือเท่ากับพื้นที่ป่าไม้ 1 ไร่จะสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้เท่ากับ 0.96 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือเทียบเท่า พื้นที่ป่าไม้ 1 ตารางเมตรจะสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ได้เท่ากับ 0.6 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

ข้อมูลจากโครงการศึกษาลักษณะของพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและขนาดพื้นที่ที่เหมาะสม สำหรับโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้ในประเทศไทย พบว่า ป่าไม้สัก ,ไม้ยูคาลิปตัส ,ไม้ยางพารา ,ไม้อะคาเซีย ,ไม้ที่เจริญเติบโตช้า และไม้ที่เจริญเติบโตเร็วอื่นๆ สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 2.16, 5.61, 4.06, 6.51, 0.97 และ 3.02 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลาดับ (คณะวนศาสตร์, 2553) หรือเทียบเท่า พื้นที่ ป่าไม้สัก ,ไม้ยูคาลิปตัส ,ไม้ยางพารา ,ไม้อะคาเซีย ,ไม้ที่เจริญเติบโตช้า และไม้ที่เจริญเติบโตเร็วอื่นๆ ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรจะสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ได้เท่ากับ 1.35, 3.51, 2.54, 6.51, 0.97 และ 3.02 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ตามลำดับ

4) **แหล่งพลังงานทดแทน**

เพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบัน ดังนั้นการใช้พลังงานทดแทนในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในอาคารจึงเป็นแนวทางในการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้

- **การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์**

ศึกษาพลังงานทดแทนโดยศึกษา จากการเกิดก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของอุจจาระจากส้วม จากข้อมูล อุจจาระ 1 กิโลกรัม หากหมักในสภาวะไร้ออกซิเจนจะเกิดก๊าซ มีเทน 0.20 ลูกบาศก์เมตร (ภัทรา สินธุรันต์, 2553) หรือ 0.020-0.028 ลูกบาศก์เมตร และก๊าซมีเทนมีค่าความร้อน 39.4 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร สามารถใช้แทนน้ำมันเตาได้ 0.67 ลิตร ซึ่งเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า 9.7 กิโลวัตต์ ชั่วโมง (สำนักอานามัยและสิ่งแวดล้อม, 2553)

2.3 การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานฟ้าจากภาระทำความเย็น

ค่าภาระการทำความเย็นคือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ต้องนำออกจากพื้นที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา เพื่อควบคุมค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศในพื้นที่นั้นมีค่าคงที่ ซึ่งค่าภาระการทำความเย็นในการคำนวณค่าความร้อน ในการคำนวณจะคำนวณค่าความร้อน ที่เกิดขึ้นจาก 2 ประเภท ได้แก่ ค่าความร้อนจากแหล่งความร้อนภายนอกอาคาร (External Load) และค่าความร้อนจากแหล่งความร้อนภายในอาคาร (Internal Load)

การใช้พลังงานในการปรับอากาศเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลเป็นอย่างยิ่งต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร การคำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ โดยจะนำผลที่ออกมาเป็นค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงการใช้งานอาคาร ซึ่งค่าความร้อนที่มีในการคำนวณจะเกิดขึ้นจาก 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ

2.3.1 ค่าความร้อนจากแหล่งความร้อนภายนอกอาคาร (External Load)

2.3.1.1 กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับเปลือกอาคาร (Building Envelope)

เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศเป็นอย่างมาก เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการใช้พลังงานในการปรับอากาศจะพบว่าปริมาณการใช้พลังงานจะแปรผันตรงกับพื้นที่ของเปลือกอาคาร

การวิเคราะห์อัตราการใช้พลังงานด้วยวิธี CLTD เป็นวิธีการประมาณค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศด้วยการคำนวณ ในการคำนวณภาระทำความเย็น

(Q) ก่อนแล้วจึงนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่า CLTD, SCL และCLF สำหรับการคำนวณโดยวิธีนี้เกี่ยวข้องกับลักษณะการถ่ายเทความร้อน 3 แบบ คือ การนำความร้อนผ่านผนัง หลังคา และกระจก การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ผ่านกระจก และความร้อนที่ได้รับจากภายในห้อง (ไฟฟ้าแสงสว่าง ผู้อยู่อาศัย และอุปกรณ์ไฟฟ้า) รวมทั้งภาระความร้อนจากการรั่วซึมของอากาศ

CLTD – Cooling Load Temperature Difference

SCL – Solar cooling Load

CLF – Cooling Load Factor

โดยวิธีการ CLTD, SCL และCLF จะใช้ค่า CLTD ในกรณีของการนำความร้อนผ่านผนังภายนอก ค่า CLTD ได้มาจากค่าภาระการทำความเย็นด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) และพื้นที่ผิวของผนัง (A) ถ้านำวิธี CLTD, SCL และCLF ไปใช้ ก็จะได้ค่าภาระการทำความเย็นสำหรับแต่ละชั่วโมงภายใน 1 วันออกมา

การวิเคราะห์ถึงอัตราการใช้พลังงานในส่วนของเปลือกอาคารต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้างเปลือกอาคาร ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มตัวแปรของเปลือกอาคารออกได้เป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย

2.3.1.2 **ส่วนผนังอาคาร** (Opaque wall)

อาคารในปัจจุบันนี้มีการก่อสร้างผนังหลากหลายรูปแบบมากขึ้น ตัวแปรด้านผนังของอาคารนี้จึงรวมถึงผนังทึบ (Opaque wall) ซึ่งคุณสมบัติของตัวแปรนี้มีอิทธิพลต่ออัตราการทำความเย็นก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง (U) เป็นตัวบ่งชี้ถึงภาระการทำความเย็นในส่วนของผนังอาคาร โดยสามารถเปรียบเทียบและคำนวณหาอัตราความร้อนที่มีการถ่ายเทผ่านระบบผนัง โดยการใช้สมการดังนี้ (ASHRAE, 1989)

$$q_{wall} = UA(CLTD_{wall})$$

เมื่อ q_{wall} = ภาระในการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, มีหน่วยเป็น $Btu/h.ft^{2}.{}^{O}F$ ในระบบ I-P

A = พื้นที่ผิวของผนังภายนอก, มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P

$CLTD_{wall}$ = ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Cooling Load Temperature Difference) , มีหน่วยเป็น ^{O}F ในระบบ I-P

โดยที่ค่า $CLTD_{wall}$ สามารถคำนวณได้จากสมการ (ASHRAE, 1989)

$$CLTD_{wall} = (CLTD + LM)K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

CLTD = ค่าจากตาราง CLTD ของผนัง (ASHRAE, 1989)

LM = ค่าการปรับละติจูดและเดือนของที่ตั้งอาคาร

K = ค่าลักษณะสีของผนังอาคาร

โดยที่ค่า K = 1.00 เมื่อ ผนังมีสีเข้ม หรือ ผนังสีอ่อนในอาคารอุตสาหกรรม

K = 0.83 เมื่อ ผนังมีสีปานกลาง

K = 0.65 เมื่อ ผนังมีสีอ่อน

t_R = อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศ, มีหน่วยเป็น ^{O}F ในระบบ I-P

t_O = อุณหภูมิภายนอกอาคารปรับอากาศ, มีหน่วยเป็น ^{O}F ในระบบ I-P

2.3.1.3 **ส่วนกระจกของอาคาร (Glass)**

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของกระจก การพิจารณาถึงคุณสมบัติของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดโดย รวมของช่องเปิด (SC) ที่เป็นกระจก (Glass) และผนังโปร่งแสง (Transparent Wall) ซึ่งสามารถคำนวณหาสัมประสิทธิ์การบังแดดในแต่ละส่วนของช่องเปิดมาเป็นตัวบ่งชี้ถึงภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากตัวแปรนี้ได้ โดยการใช้สมการ (ASHRAE, 1989)

$$q_{glass\text{-}solar} = A(SC)(SHGF)(CLF)$$

เมื่อ q_{glass} = ภาระการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

A = พื้นที่ผิวของผนังภายนอก, มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P

SC = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient)

SHGF = Solar Heat Gain Factor, มีหน่วยเป็น Btu / h. ft^2 ในระบบ I-P Load Factor (ASHRAE, 1989)

ในส่วนของกระจกนอกจากค่าภาระทำความเย็นที่เกิดจากรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ยังมีความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุกระจก ซึ่งตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่ากาถ่ายเทความร้อนก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U) เป็นตัวบ่งชี้ถึงประ สิทธิภาพของภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนของกระจก สมการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของกระจก (ASHRAE, 1989)

$$q_{glass\text{-}cond} = UA(CLTD_{glass})$$

เมื่อ $q_{glass\text{-}cond}$ = ภาระการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก, มีหน่วยเป็น Btu / h. $ft^2.{}^{O}F$ ในระบบ I-P

A = พื้นที่ผิวกระจก, มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P

CLTD = ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Cooling Load Temperature Difference), มีหน่วยเป็น ${}^{O}F$ ในระบบ I-P

2.3.1.4 **ส่วนหลังคาของอาคาร** (Roof)

เป็นส่วนพื้นที่ของเปลือกอาคารที่ได้รับอิทธิพลความร้อนจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันจึงทำให้ตัวแปรนี้มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นให้กับอาคารปรับอากาศค่อนข้างสูง ซึ่งคุณสมบัติของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออัตราภาระการทำความเย็นก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคา (U) เป็นตัวบ่งชี้ถึงภาระการทำความเย็นให้อาคารปรับอากาศ โดยสามารถคำนวณหาอัตราความร้อนที่มีการถ่ายเทผ่านระบบผนัง โดยการใช้สมการดังนี้ (ASHRAE, 1989)

$$q_{roof} = UA(CLTD\ roof)$$

เมื่อ q_{roof} = ภาระในการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, มีหน่วยเป็น $Btu/h.ft^2.{}^{O}F$ ในะบบ I-P

A = พื้นที่ผิวของหลังคาภายนอก, มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P

$CLTD_{roof}$ =ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า(Cooling Load Temperature Difference), มีหน่วยเป็น ^{O}F ในระบบ I-P

โดยที่ ค่า $CLTD_{roof}$ สามารถคำนวณได้จากสมการ (ASHRAE, 1989)

$$CLTD_{roof} = (CLTD + LM)K + (78 - t_R) + (t_O - 85)\,f$$

CLTD = ค่าจากตารางในการคำนวณหลังคา

LM = ค่าการปรับละติจูดและเดือนของที่ตั้งอาคาร

K = ค่าลักษณะสีของหลังคาอาคาร

โดยที่ค่า K = 1.00 เมื่อหลังคามีสีเข้มหรือผนังสีอ่อนในอาคารอุตสาหกรรม

K = 0.50 เมื่อหลังคามีสีอ่อน

t_R = อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศ, มีหน่วยเป็น ^{O}F ในระบบ I-P

t_O = อุณหภูมิภายนอกอาคารปรับอากาศ, มีหน่วยเป็น ^{O}F ในระบบ I-P

f = ค่าการระบายอากาศของหลังคา

โดยที่ค่า f = 1.00 เมื่อ ไม่มีการระบายอากาศของหลังคา

f = 0.75 เมื่อ มีการระบายอากาศภายใต้หลังคา

2.3.1.5 **ส่วนพื้นของอาคาร** (Floor)

ส่วนพื้นอาคารเป็นส่วนที่มีความสำคัญในการลดความร้อนและนำความเย็นมาใช้ พื้นของอาคารมีทั้งส่วนที่สัมผัสดินในชั้นล่างและพื้นที่เป็นชั้นลอยของอาคาร ในส่วนของพื้นชั้นล่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะคิดจากค่าส่วนกลับของความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน และส่วนพื้นชั้นลอยจะคิดค่าผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของชั้นวัสดุทั่วไป ในการพิจารณาเพื่อการบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของพื้นนั้นสามารถพิจารณาได้จากสมการ (ASHRAE, 1989)

$$q_{floor} = UA(t_0 - t_i)$$

เมื่อ q_{floor} = ภาระในการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, มีหน่วยเป็น Btu / h. ft^2 .^{O}F ในระบบ I-P

A = พื้นที่ผิวของพื้นภายใน, มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P

t_0 = อุณหภูมิผิวพื้นภายนอก, มีหน่วยเป็น มีหน่วยเป็น ^{O}F ในระบบ I-P

t_i = อุณหภูมิอากาศภายใน, มีหน่วยเป็น ^{O}F ในระบบ I-P

$$Q = mc\Delta t$$

เมื่อ Q = ปริมาณความร้อน, มีหน่วยเป็น Btu ในระบบ I-P

m = มวลของวัสดุ, มีหน่วยเป็น lb ในระบบ I-P

c = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ, มีหน่วยเป็น Btu/lb-^{o}F

Δt = ความแตกต่างของอุณหภูมิดิน, มีหน่วยเป็น ^{o}F ในระบบ I-P

2.3.1.6 ค่าความร้อนจากการรั่วซึมของอากาศ (Infiltration)

ตัวแปรนี้มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของอาคารเป็นอย่างมาก อากาศจากภายนอกอาคารที่มีความร้อนและความชื้นที่สูงถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร ส่งผลให้ภาระการทำงานของระบบปรับอากาศต้องทำงานเพิ่มมากขึ้นเพื่อที่จะรักษาสภาวะภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่ต้องการตลอดเวลา ซึ่งการรั่วซึมของอากาศมี 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

การรั่วซึมเข้าสู่ภายใน (Infiltration) คือ เป็นการแทรกซึมจากอากาศภายนอกเข้าสู่ภายใน เกิดการนำความร้อนและความชื้นที่สูงกว่าเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเป็นอย่างมาก

สรุปการคำนวณหา Heat Gain from Infiltration ได้สมการดังนี้

$$q_{total} = 4.5 \times cfm \times (H_0 - H_i)$$

เมื่อ q_{total} = ภาระในการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

cfm = ปริมาณการระบายอากาศ

H_0 = เอนทัลปีภายนอก, มีหน่วยเป็น Btu/lb of dry airในระบบ I-P

H_i = เอนทัลปีภายใน, มีหน่วยเป็น Btu/lb of dry airในระบบ I-P

2.3.2 ค่าความร้อนจากแหล่งความร้อนภายในอาคาร (Internal Load)

1) ค่าความร้อนจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า (Appliance)
2) ค่าความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่าง (Artificial Lighting)
3) ค่าความร้อนจากผู้ใช้อาคาร (Occupants)

2.3.2.1 ค่าความร้อนจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า (Appliance)

ตัวแปรที่เกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารระบบปรับอากาศมีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีวิต เครื่องใช้ไฟฟ้าในปัจจุบันมีหลากหลายชนิดและมีความแตกต่างในการใช้งานมาก เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ ตามความต้องการ ในการเปลี่ยนรูปแบบของพลังงานเหล่านี้มักจะเกิดความร้อนขึ้นกับเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงกับการเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ดังสมการนี้ (Bobenhausen, 1994)

$$q_{eq} = EQ_{wsf} \times A \times 3.413 \times (CLF_{eq})$$

เมื่อ q_{eq} = ภาระในการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

EQ_{wsf} = ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าจากอุปกรณ์, มีหน่วยเป็น W / ft^2

A = พื้นที่ผิวของหลังคาภายนอก, มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P

CLF_{eq} = Appliance Cooling Load Factor for equipment

(ASHRAE, 1989)

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นอันเนื่องจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า ค่าความร้อนที่เกิดจากการใช้งาน (EQ_{wsf}) โดยที่เป็นค่าความร้อนที่เกิดขึ้นต่อพื้นที่การใช้งาน (ft^2)

2.3.2.2 **ค่าความร้อนไฟฟ้าแสงสว่าง** (Artificial Lighting)

หลอดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่างภายในอาคาร มีอิทธิพลต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งหลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงจะมีอัตราการใช้พลังงานที่น้อยแต่สามารถที่จะให้ความสว่างได้มาก ในการเลือกใช้ชนิดของหลอดไฟภายในอาคาร นอก-จากแสงสว่างที่ได้รับโดยตรงแล้ว ความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่างนั้นยังส่งผลทางอ้อมที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศภายในอาคารอีกด้วยดังสมการนี้ (Stein, Benjamin and Reynolds, 1992)

$$q_{lgt} = \text{Input} \times CLF$$

เมื่อ q_{lgt} = ภาระในการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

Input = กำลังไฟฟ้าจากหลอดไฟฟ้า,มีหน่วยเป็น Btu / ft2

CLF_{eq} = Cooling Load Factor for lighting (ASHRAE, 1989)

2.3.2.3 **กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับผู้ใช้อาคาร** (Occupants)

ผู้ใช้งานในอาคารที่มีลักษณะในการทำกิจกรรม แต่ละกิจกรรมนั้นจะมีความร้อนจากการเผาผลาญพลังงานของมนุษย์ออกมา ซึ่งสร้างภาระเพิ่มขึ้นให้กับระบบปรับอากาศอีกส่วนหนึ่ง ความร้อนที่เกิดจากผู้ใช้งานนั้นมี 2 รูปแบบ คือ ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และความร้อนแฝง (Latent Heat) (Stein, Benjamin and Reynolds, 1992)

1. สมการคำนวณหาความร้อนสัมผัสจากคน (Sensible Heat)

$$\text{Sensible } q_{p\text{-}sen} = \text{No.xSens.H.G.x } CLF$$

เมื่อ $q_{p\text{-}sen}$ = ภาระการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

N = จำนวนคน (คน)

Sens.H.G. = ความร้อนสัมผัสจากคน, มีหน่วยเป็น Btu/h ต่อคน

CLF = Cooling Load Factor ของคน (ASHRAE, 1989: 26.44)

2. สมการคำนวณหาความร้อนแฝงจากคน (Latent Heat)

$$\text{Latent } q_{p\text{-}lat} = \text{No.xLat.H.G.}$$

เมื่อ $q_{p\text{-}lat}$ = ภาระการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

N = จำนวนคน (คน)

Lat.H.G.= ค่าความร้อนแฝงจากคน, มีหน่วยเป็น Btu/h ต่อคน

ตารางที่ 2-2 แสดงค่า Rate of Heat Gain form Occupants of Conditioned Space (Stein and others, 1992)

Degree of Activity	Typical Application	Total Heat Adults, male		Total Heat Adjusted		Sensible Heat		Latent Heat	
		w	Btu/h	w	Btu/h	w	Btu/h	w	Btu/h
Seated at rest	Theater, movie	115	400	100	350	60	210	40	140
Seated, very light	Offices, hotels								
Work writing	Apts.	140	480	120	420	65	230	55	190
Seated, eating	Restaurant	150	520	170	580	75	255	95	325
Seated, Light	Otices, hotels								
Work, typing	Apts.	185	640	150	510	75	255	75	255
Standing, light	Retail store								
work or	Bank								
walking slowly		235	800	185	640	90	315	95	325
Light bench work	Factory	255	880	230	780	100	345	130	435
Walking. 1.3 m/s	Factory								
(3 mph), light									
machine work		305	1040	305	1040	100	345	205	695
Bowling	Bowling aley	350	1200	280	960	100	345	180	615
Moderate	Dace hail								
dancing		400	1360	375	1280	120	405	255	875
Heavy work,	Factory								
Heavy machine									
Work, sitting		470	1600	470	1600	165	565	300	1035
Heavy work,	Gymnasium								
Athletics		585	2000	525	1800	185	635	340	1165

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.3 **กลุ่มตัวแปรประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ** (Air conditioner)

เครื่องปรับอากาศเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรง เพราะเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงจะมีอัตราการใช้พลังงานน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งในปัจจุบันสามารถที่จะพิจารณาได้จากตัวเครื่องปรับอากาศว่ามีเบอร์ประหยัดไฟฟ้าเท่าไหร่ ค่าของเบอร์ประหยัดไฟฟ้ายิ่งมากยิ่งมีประสิทธิภาพดี ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศจะวัดจากอัตราส่วนของพลังงานความเย็นที่ได้จากเครื่องปรับอากาศต่อพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศ ประสิทธิภาพนี้จะเป็นตัวที่จะบ่งชี้ถึงความสามารถในการทำงานว่าคุ่มค่ากับพลังงานที่ต้องสูญเสียไปในการทำความเย็นหรือไม่ ซึ่งในหลักการประหยัดพลังงานนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมากที่ต้องคำนึงถึง สามารถคำนวณได้จากสมการนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{พลังงานความเย็นที่ได้จากเครื่องปรับอากาศ}}{\text{พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศ}}$$

ตารางที่ 2-3 **แสดงระดับประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ** (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

ระดับประสิทธิภาพ	**กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น**	**กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)**	COP	EER
เบอร์ 5	1.13	2.26	3.10 ขึ้นไป	10.6 ขึ้นไป
เบอร์ 4	1.25	2.5	ตั้งแต่ 2.80 แต่ไม่ถึง 3.10	ตั้งแต่ 9.6 แต่ไม่ถึง 10.6
เบอร์ 3	1.4	2.79	ตั้งแต่ 2.50 แต่ไม่ถึง 2.80	ตั้งแต่ 8.6 แต่ไม่ถึง 9.6
เบอร์ 2	1.58	3.16	ตั้งแต่ 2.20 แต่ไม่ถึง 2.50	ตั้งแต่ 7.6 แต่ไม่ถึง 8.6
เบอร์ 1	1.82	3.64	ต่ำกว่า 2.20	ต่ำกว่า 7.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

จุดประสงค์ในการศึกษางานวิจัยชิ้นนี้เป็นการประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร เพื่อนำมาเป็นแนวทางการสร้างสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคาร ซึ่งจะเป็นแนวทางการลดสภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการวิจัยต่างๆ ดังนี้

3.1 รายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัย

3.1.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรของอาคาร ได้แก่

1) ช่วงก่อนการใช้งานอาคาร

- **ขั้นตอนการผลิตวัสดุ** ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตวัสดุแต่ละชนิดจากการผลิต โดยอ้างอิงจากข้อมูลขั้นตอนของการก่อสร้าง เพื่อทราบถึงชนิดและปริมาณของวัสดุที่ต้องใช้และนำมาพิจารณาหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนของการผลิตจากวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิด
- **ขั้นตอนการขนส่ง** ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลของระยะทางในการขนส่งวัสดุในการก่อสร้างอาคาร และคำนวณหาปริมาณของวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้ในการก่อสร้าง ในการขนส่งวัสดุเข้าสถานที่ก่อสร้าง เพื่อคำนวณหาจำนวนเที่ยวในการขนส่งวัสดุเพื่อหาปริมาณการใช้น้ำมันและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนของการขนส่ง
- **ขั้นตอนการก่อสร้าง** ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากขั้นตอนการก่อสร้างอาคาร และคำนวณหาปริมาณงาน จำนวนวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้ในการก่อสร้าง ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง เพื่อคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการก่อสร้างจากแรงงานคนที่ใช้ในการก่อสร้าง

2) ช่วงการใช้งานอาคาร

- **ขั้นตอนการใช้งานอาคาร** ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานตามทฤษฎีที่เหมาะสม และคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานอาคาร

3) ช่วงหลังการใช้งานอาคาร

- **ขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร** ดำเนินการศึกษาข้อมูลขั้นตอนการรื้อถอนอาคารจากการทบทำลายวัสดุ เพื่อนำมาพิจารณาและคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร

3.1.2 วิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละขั้นตอน เพื่อสร้างความสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารและความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้ และศึกษาเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไปเสนอแนวทางการออกแบบเพื่อสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบ

3.1.3 เสนอแนวทางเพื่อสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารกรณีศึกษา

3.2 วิธีการศึกษาวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ต้องการศึกษาการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร โดยวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแต่ละขั้นตอน จากการคำนวณจากสูตรต่างที่เกี่ยวข้อง เพื่อทราบอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ จากการคำนวณ โดยใช้อาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ จ.นครราชสีมา เป็นอาคารกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นอาคารที่ได้รับการออกแบบโดยคำนึงการลดการใช้พลังงานโดยรวม จึงใช้อาคารกรณีศึกษานี้เป็นอาคารกรณีศึกษา และศึกษาเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไป โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

3.2.1 วิเคราะห์รูปแบบอาคารกรณีศึกษา และแนวคิดในการออกแบบก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาและอาคารทั่วไป โดยต้องการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่เกิดจากรูปทรงของอาคารและวัสดุเปลือกอาคาร

1) ศึกษาการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตอาคาร คำนวนการใช้พลังงานเพื่อแปลงเป็นค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการคำนวณ

2) ศึกษาความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2.2 วิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละขั้นตอน และความสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้

3.2.3 ศึกษาแนวทางในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตอาคาร

3.3 รูปแบบกรณีศึกษาในการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ต้องการเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาและอาคารสาธารณะทั่วไป โดยแบบอาคารกรณีศึกษา นำมาเปรียบเทียบในด้านต่างๆ เช่น การใช้พลังงาน ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ในการศึกษาต้องการศึกษาเปรียบเทียบทั้งในเรื่องความแตกต่างที่เกิดจากรูปแบบของอาคาร และความแตกต่างในเรื่องของวัสดุอาคาร เพื่อทราบปริมาณความสมดุลที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบ 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 อาคารทั่วไปกำหนดให้ลักษณะรูปแบบอาคารเหมือนกันต่างกันที่วัสดุเปลือกอาคารและกรณีที่ 2 อาคารทั่วไปกำหนดให้ลักษณะรูปแบบอาคารและวัสดุต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่พื้นที่ใช้สอยเท่ากันและการใช้อาคารเหมือนกัน

ตารางที่ 3-1 แสดงวัตถุประสงค์ในการศึกษา จากการเลือกรูปแบบอาคารกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไป

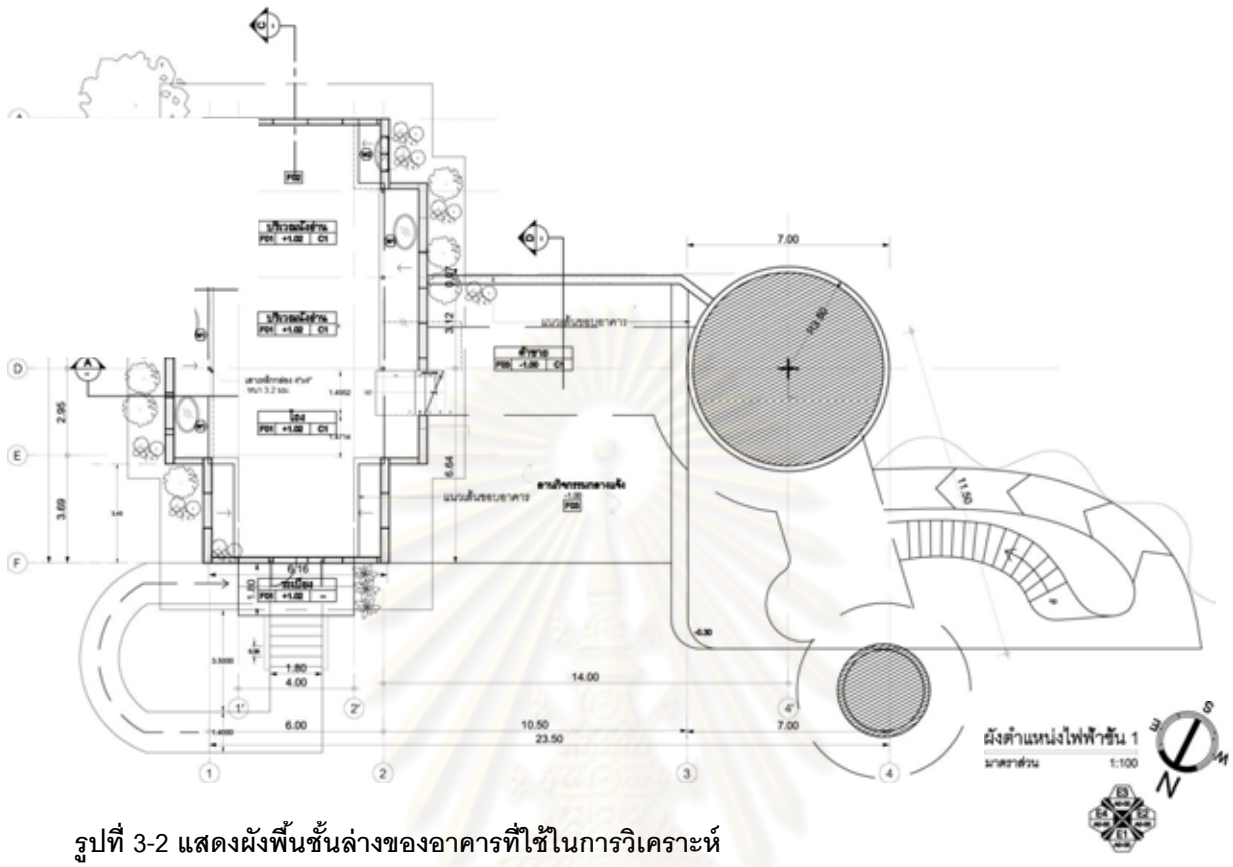
รูปแบบอาคาร	วัตถุประสงค์ในการศึกษา
อาคารกรณีศึกษา อาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทย (1)	เพื่อประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในวัฏจักรชีวิตของอาคารกรณีศึกษา
กรณีที่ 1 ลักษณะรูปแบบอาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษาเปลี่ยนวัสดุเปลือกอาคาร **อาคารทั่วไป(ก่ออิฐมอญฉาบปูน)** (2) **อาคารทั่วไป(ก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน)** (3)	เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่เกิดจากความแตกต่างของวัสดุเปลือกอาคารและประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในวัฏจักรชีวิตเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษา
กรณีที่ 2 ลักษณะรูปแบบอาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษา **อาคารทั่วไป(ก่ออิฐมอญฉาบปูน)** (4) **อาคารทั่วไป(ก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน)** (5)	เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่เกิดจากรูปทรงของอาคารและวัสดุเปลือกอาคารและประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในวัฏจักรชีวิตเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษา

3.3.1 แบบอาคารกรณีศึกษาที่นำมาใช้ในการวิเคาระห์

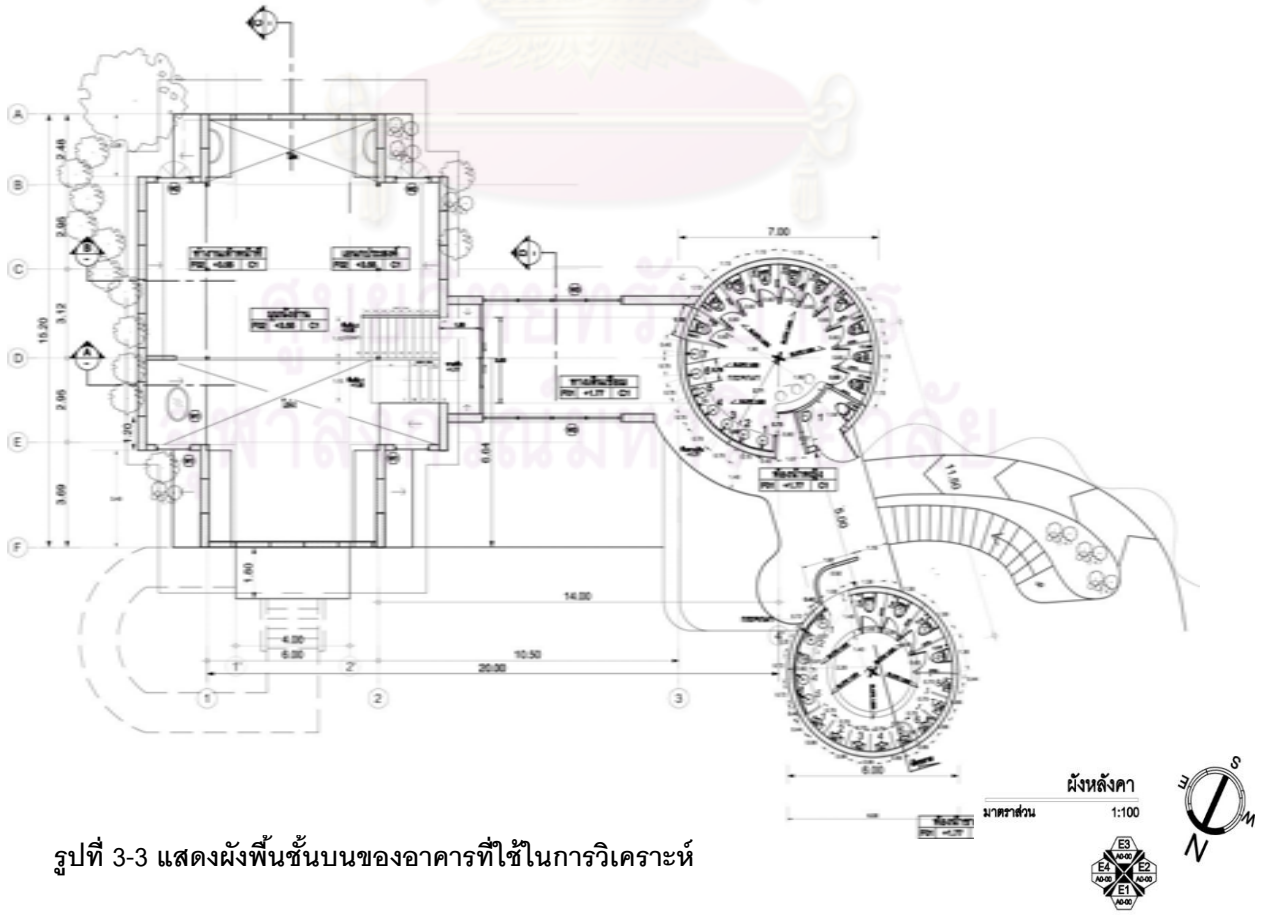
ลักษณะแบบอาคารห้องสมุดต้นแบบ 2 ชั้น ขนาดประมาณ 250 ตารางเมตร องค์ประกอบของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วยตัวอาคารหลักที่เป็นห้องสมุด อาคารห้องน้ำสาธารณะซึ่งแยกออกเป็นอาคารห้องน้ำหญิงและอาคารห้องน้ำชาย มีห้องส้วมที่ให้บริการทั้งหมด 12 ห้อง กำหนดให้อาคารมีการปรับอากาศทั้ง 3 ส่วนการใช้งานของอาคาร

รูปที่ 3-1 แสดงทัศนียภาพภายนอกของอาคารกรณีที่ใช้ในการวิเคราะห์

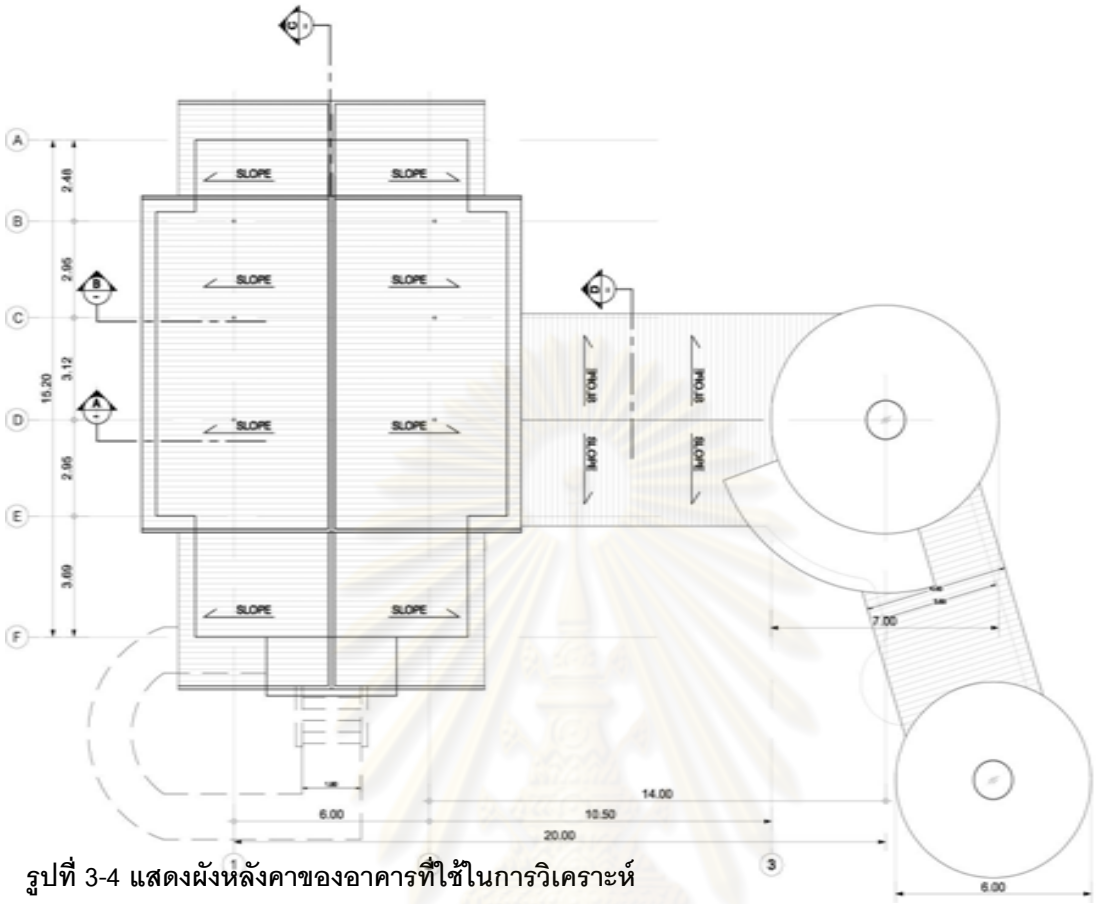
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



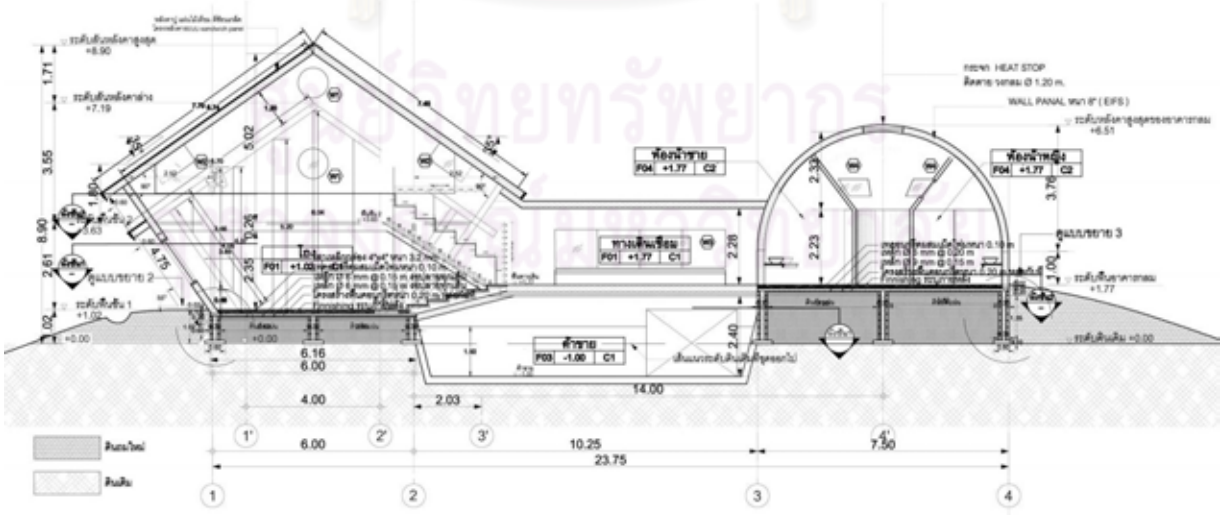
รูปที่ 3-2 แสดงผังพื้นชั้นล่างของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์



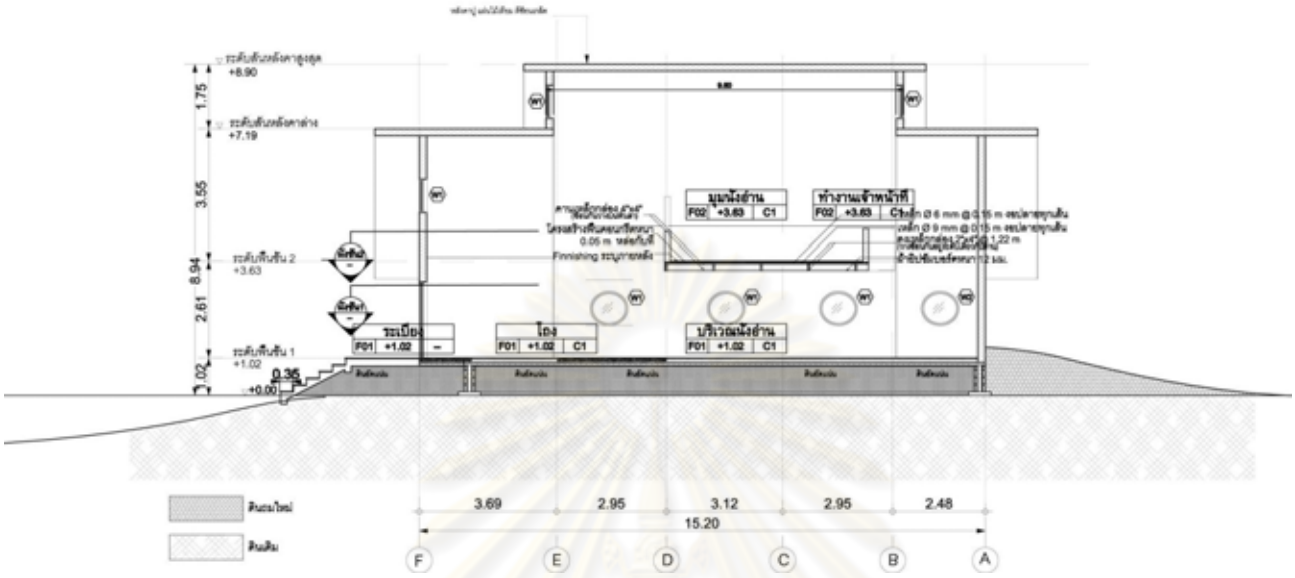
รูปที่ 3-3 แสดงผังพื้นชั้นบนของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์



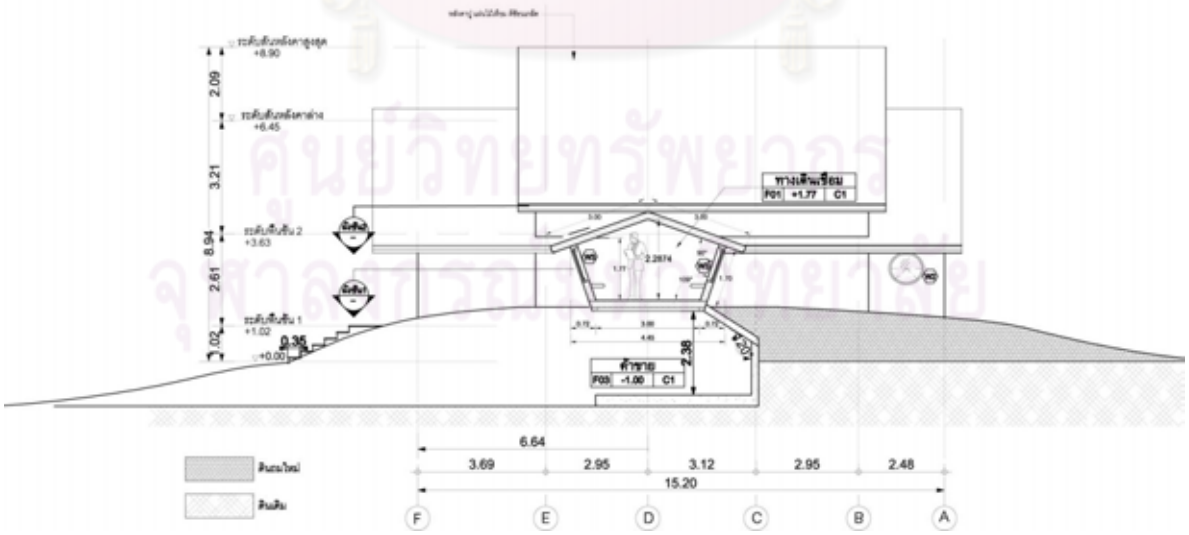
รูปที่ 3-4 แสดงผังหลังคาของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์



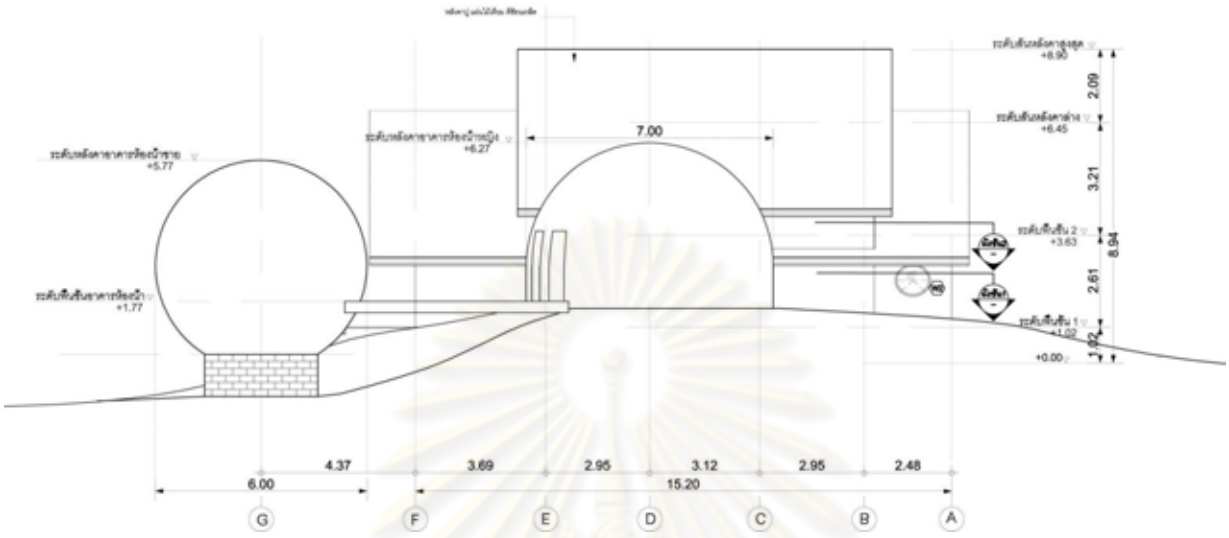
รูปที่ 3-5 แสดงรูปตัดของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์



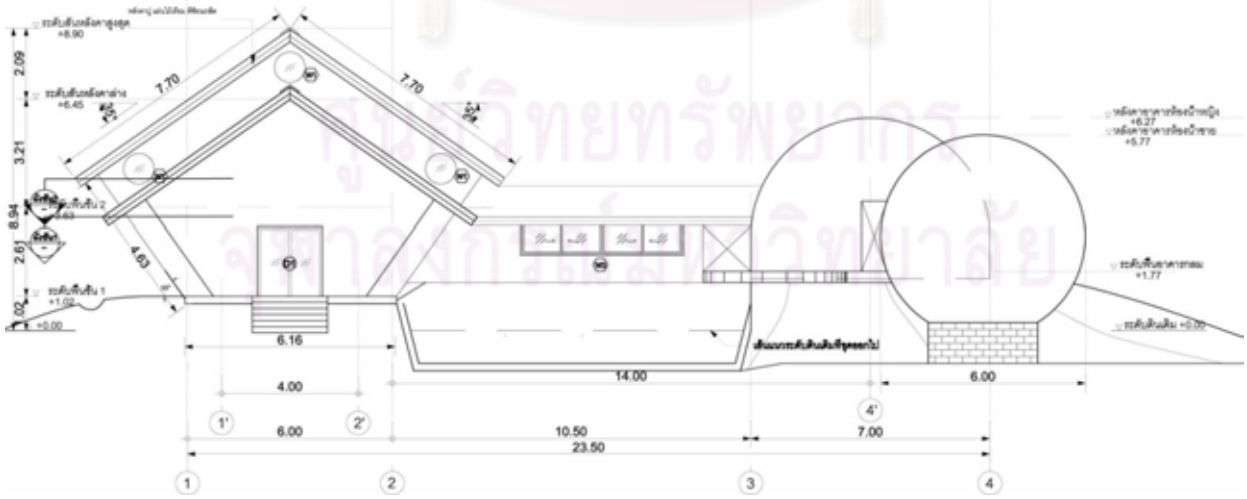
รูปที่ 3-6 แสดงรูปตัดของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์



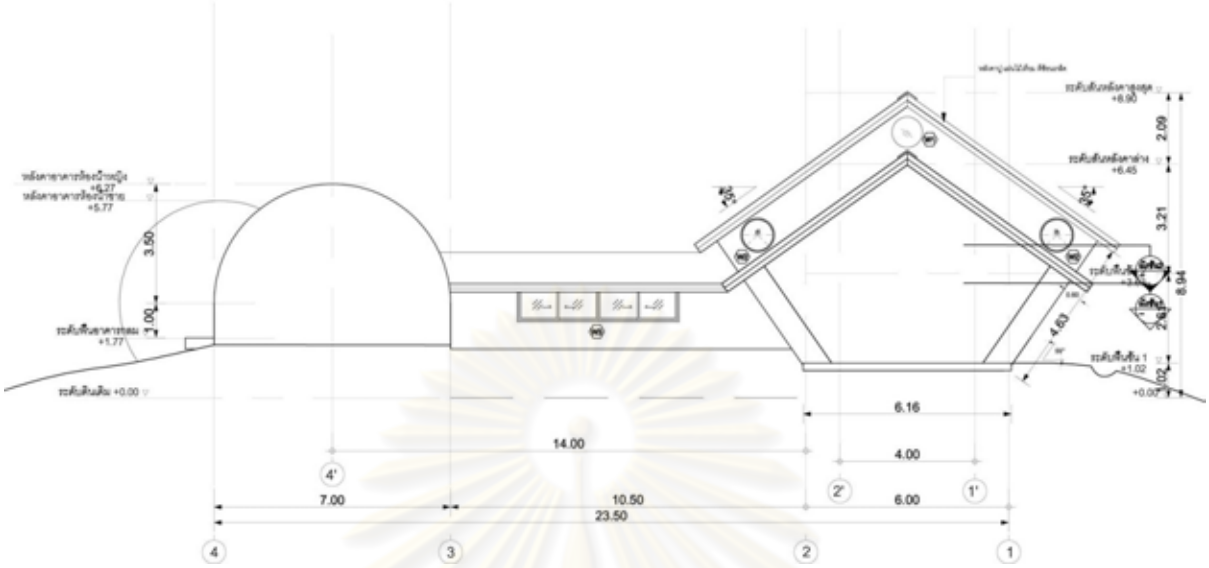
รูปที่ 3-7 แสดงรูปตัดของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์



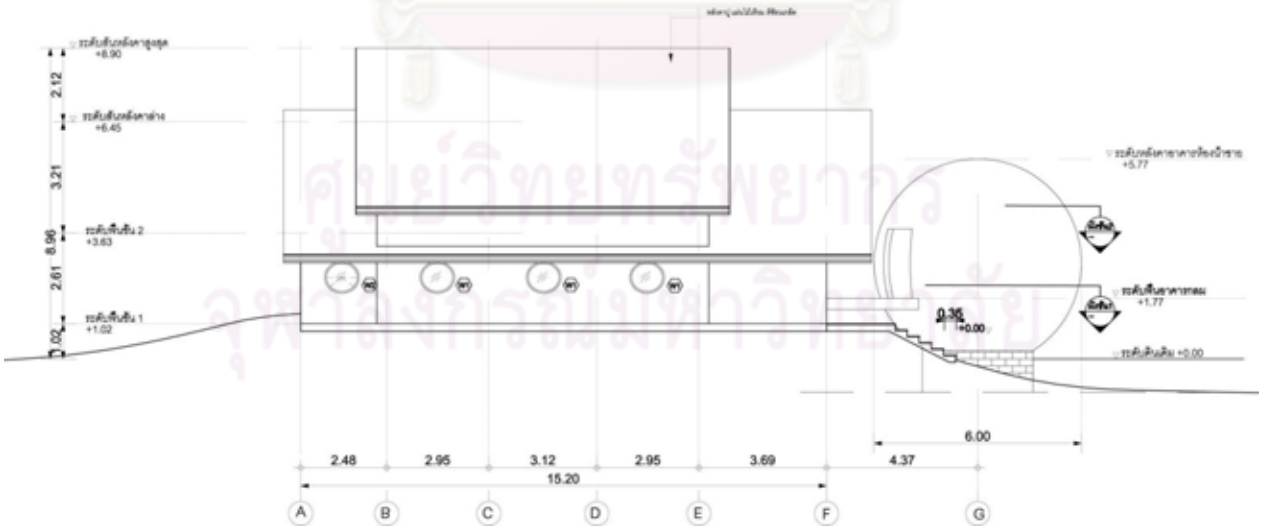
รูปที่ 3-8 แสดงรูปด้านด้านทิศตะวันตกฉียงใต้ของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์



รูปที่ 3-9 แสดงรูปด้านด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์



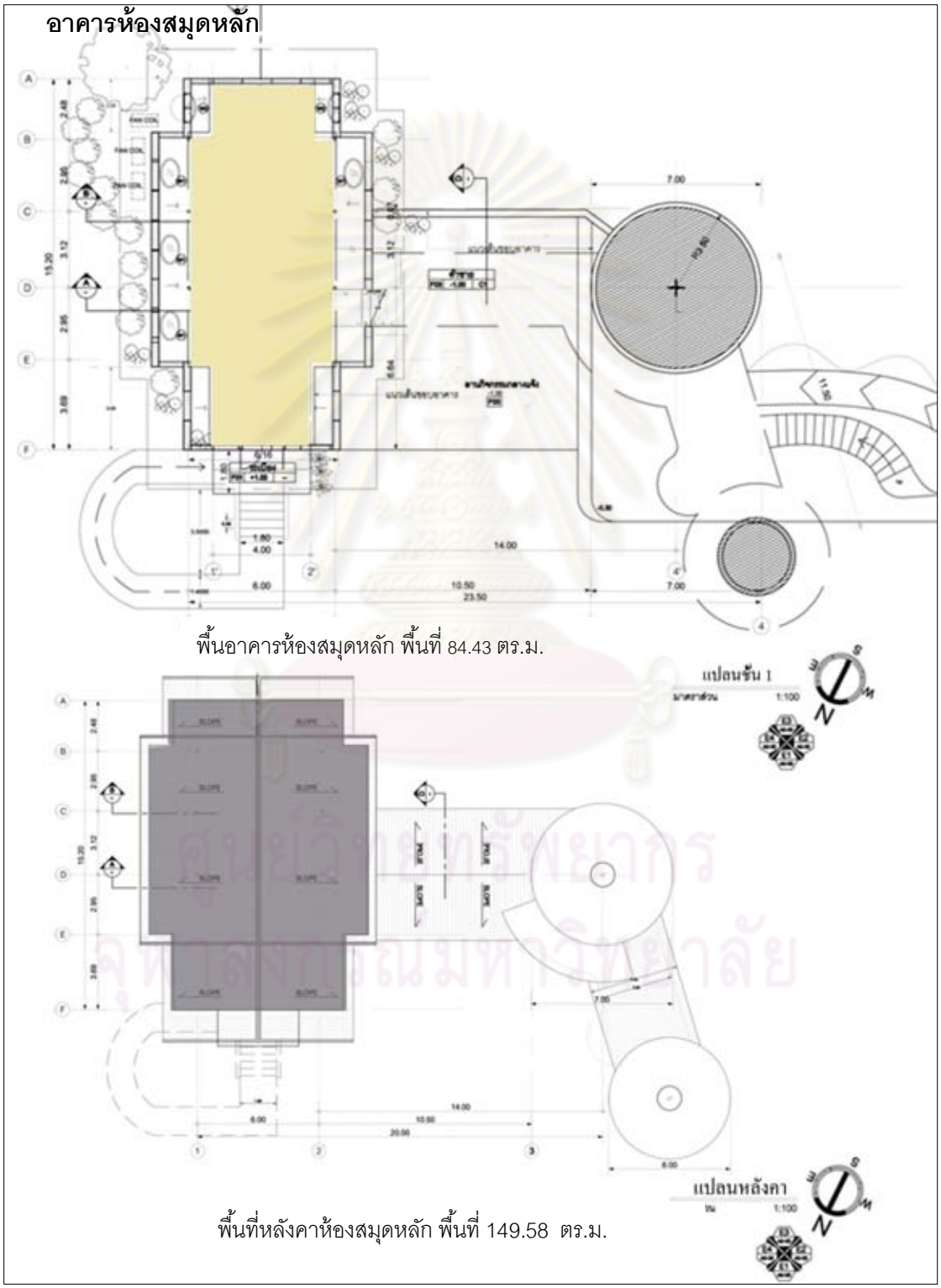
รูปที่ 3-10 แสดงรูปด้านด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์



รูปที่ 3-11 แสดงรูปด้านด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.3.2 พื้นที่เปลือกอาคารของอาคารกรณีศึกษา

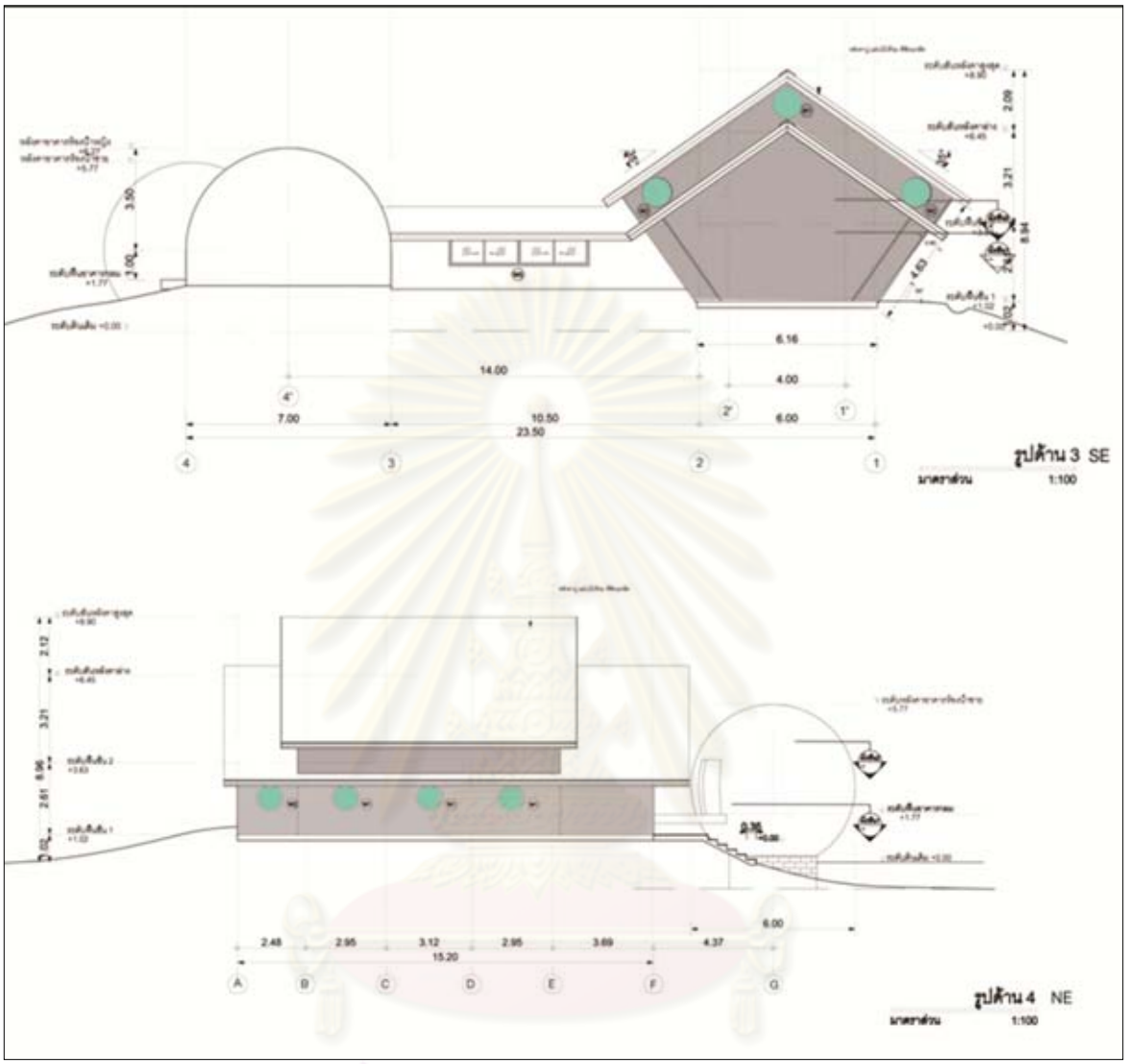
พื้นที่เปลือกอาคารในการคำนวณ CLTD ของอาคารกรณีศึกษาและอาคารที่ใช้วัสดุทั่วไปกรณที่ 1 ที่มีรูปแบบอาคารเหมือนกัน



พื้นอาคารห้องสมุดหลัก พื้นที่ 84.43 ตร.ม.

พื้นที่หลังคาห้องสมุดหลัก พื้นที่ 149.58 ตร.ม.

รูปที่ 3-12 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนพื้นและหลังคารของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์

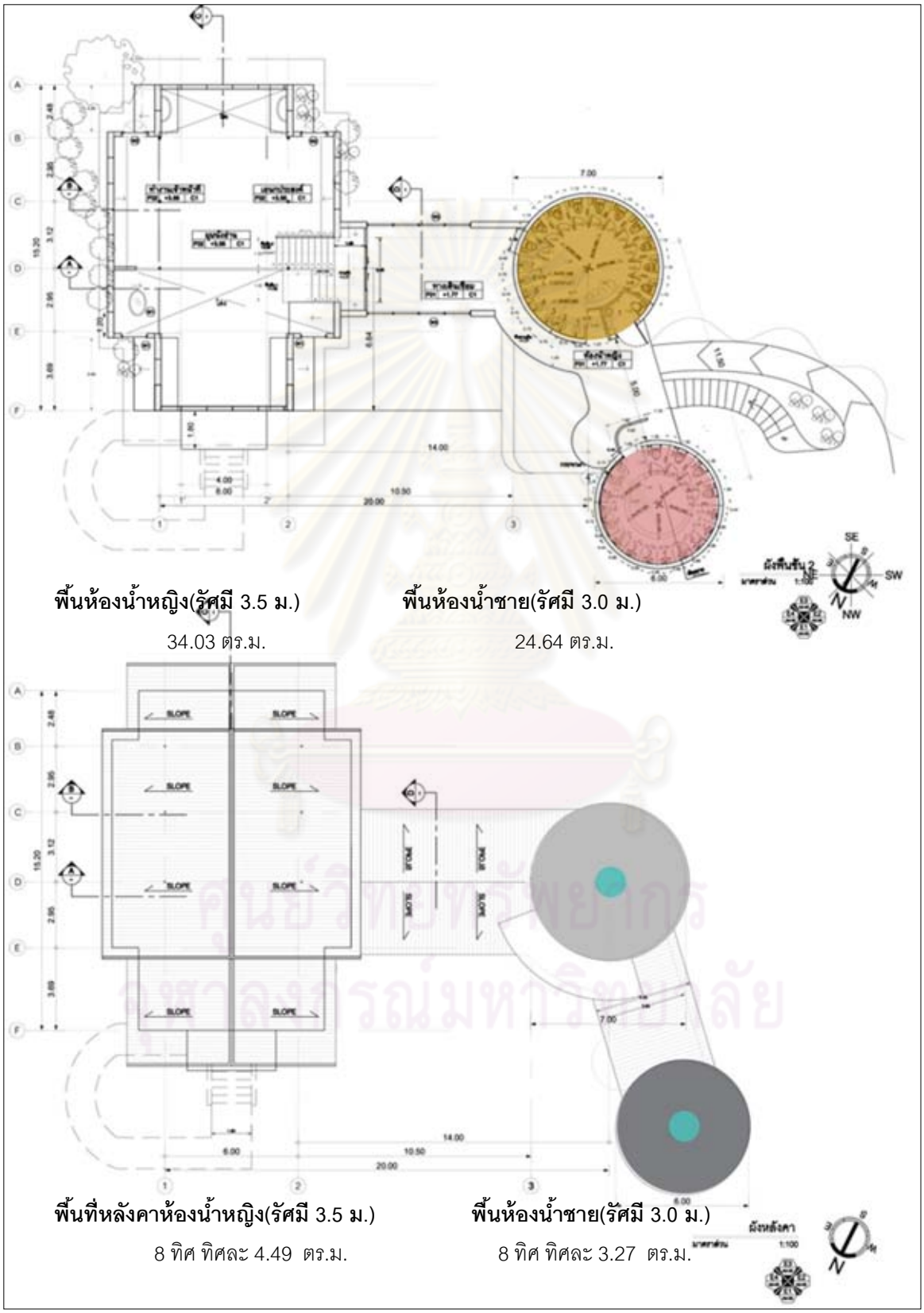


รูปที่ 3-13 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนผนังทึบและกระจกของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์

ตารางที่ 3-2 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในแต่ละด้านตามทิศทางของตัวอาคารห้องสมุดหลัก

พื้นที่เปลือกอาคาร	NE (ตร.ม.)	SW (ตร.ม.)	NW (ตร.ม.)	SE (ตร.ม.)	HOR (ตร.ม.)
ผนังทึบ	58.04	50.65	47.7	51.6	
หลังคา	74.79	74.79			
พื้น					84.43
กระจก	4.52	2.6	5.97	1.89	

อาคารห้องน้ำหญิงและห้องน้ำชาย



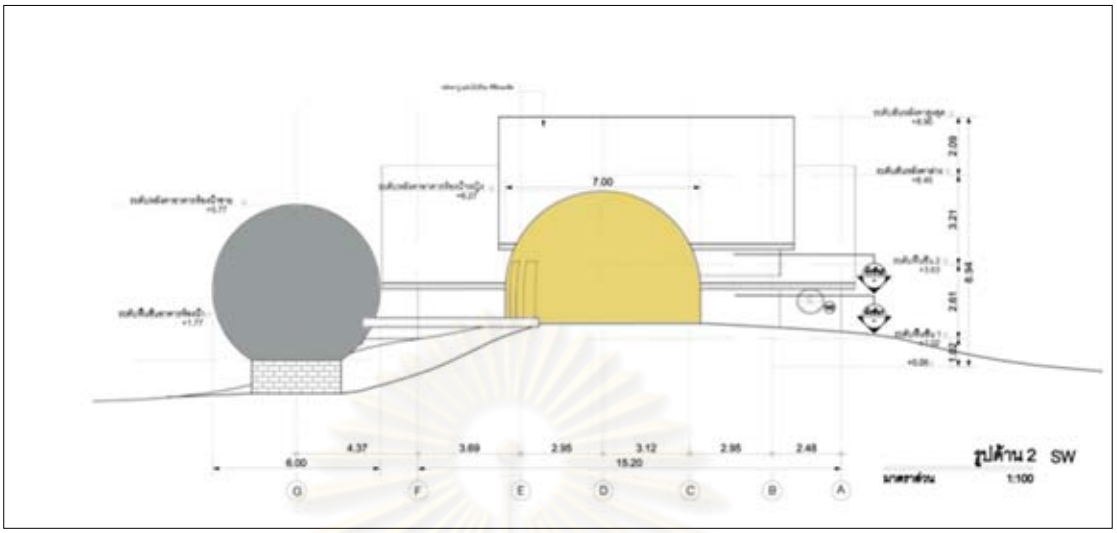
พื้นห้องน้ำหญิง(รัศมี 3.5 ม.) 34.03 ตร.ม.

พื้นห้องน้ำชาย(รัศมี 3.0 ม.) 24.64 ตร.ม.

พื้นที่หลังคาห้องน้ำหญิง(รัศมี 3.5 ม.) 8 ทิศ ทิศละ 4.49 ตร.ม.

พื้นห้องน้ำชาย(รัศมี 3.0 ม.) 8 ทิศ ทิศละ 3.27 ตร.ม.

รูปที่ 3-14 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนพื้นและหลังคาของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์



รูปที่ 3-15 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนผนังทึบและกระจกของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์

อาคารห้องน้ำหญิง รัศมี 3.50 ม.

ตารางที่ 3-3 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในแต่ละด้านตามทิศทางของตัวอาคารห้องน้ำหญิง

พื้นที่เปลือกอาคาร	NE (ตร.ม.)	SW (ตร.ม.)	NW (ตร.ม.)	SE (ตร.ม.)	N (ตร.ม.)	E (ตร.ม.)	S (ตร.ม.)	W (ตร.ม.)	HOR (ตร.ม.)
ผนังทึบ	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	
หลังคา	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	
พื้น									38.5
กระจก									1.13

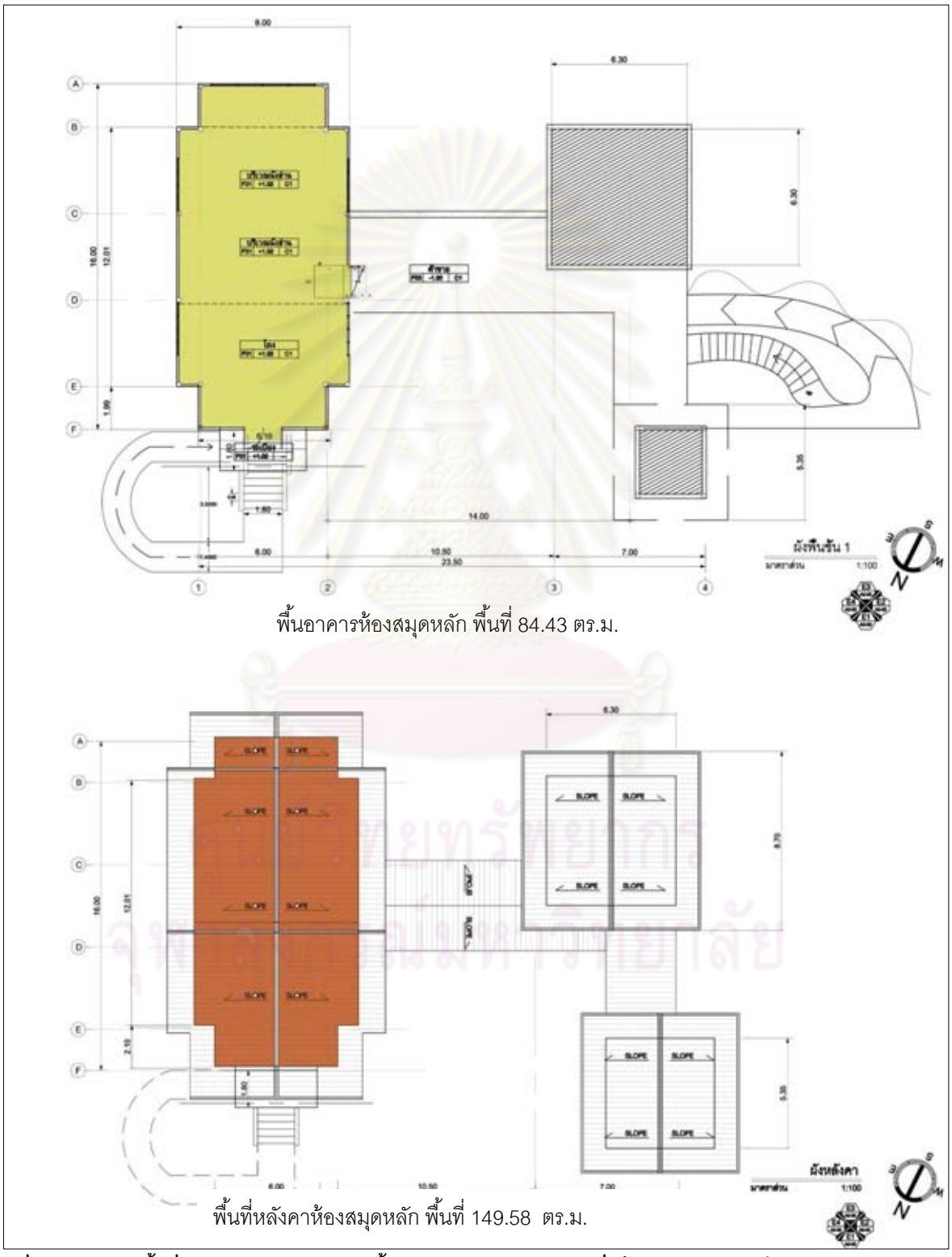
อาคารห้องน้ำชาย รัศมี 3.00 ม.

ตารางที่ 3-4 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในแต่ละด้านตามทิศทางของตัวอาคารห้องน้ำชาย

พื้นที่เปลือกอาคาร	NE (ตร.ม.)	SW (ตร.ม.)	NW (ตร.ม.)	SE (ตร.ม.)	N (ตร.ม.)	E (ตร.ม.)	S (ตร.ม.)	W (ตร.ม.)	HOR (ตร.ม.)
ผนังทึบ	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	5.77	
หลังคา	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	
พื้น									28.26
กระจก									1.13

3.3.3 พื้นที่เปลือกอาคารของอาคารทั่วไป

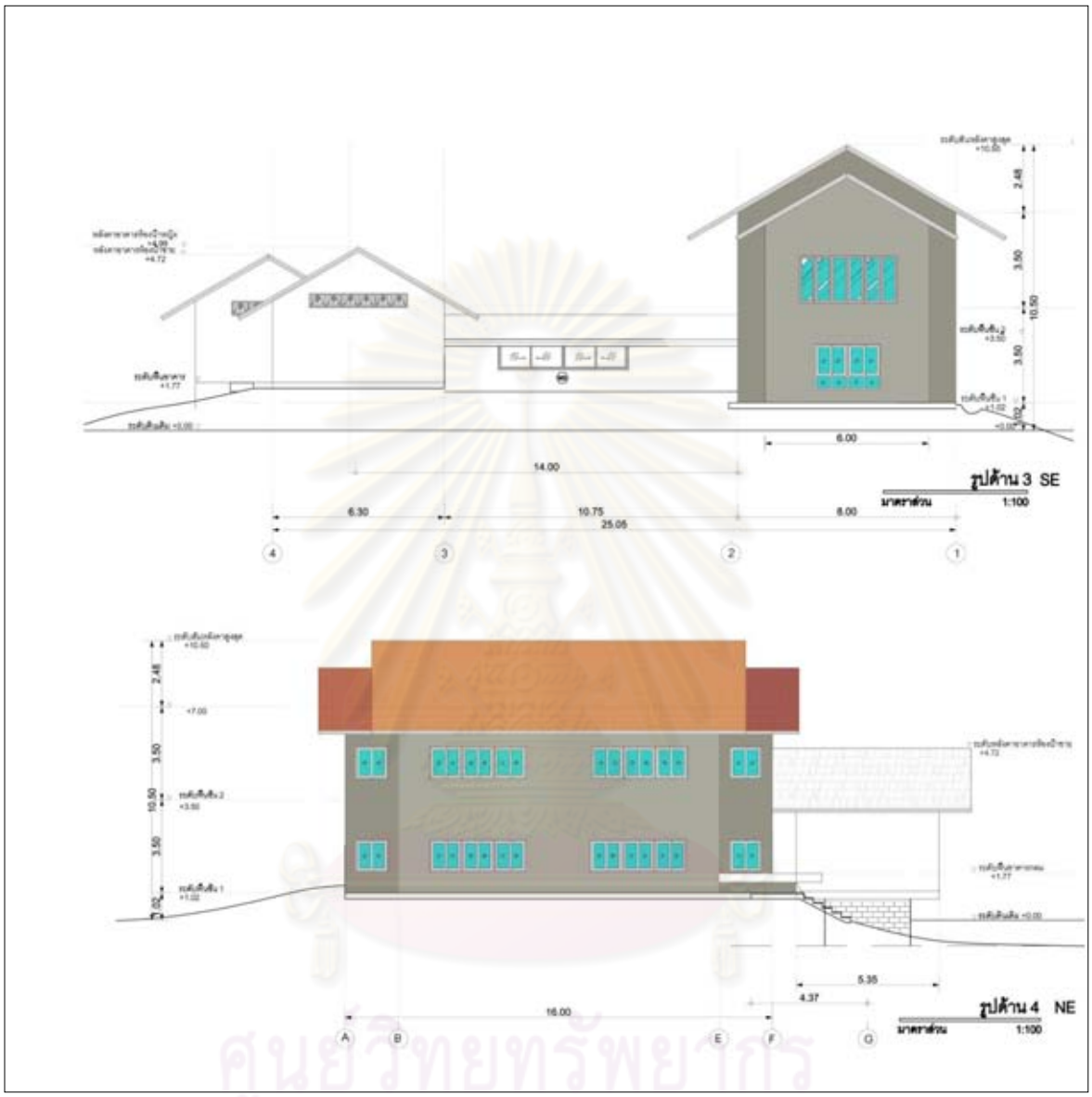
พื้นที่เปลือกอาคารในการคำนวณ ของอาคารทั่วไปกรณที่ 2 ที่มีรูปแบบอาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษา



พื้นอาคารห้องสมุดหลัก พื้นที่ 84.43 ตร.ม.

พื้นที่หลังคาห้องสมุดหลัก พื้นที่ 149.58 ตร.ม.

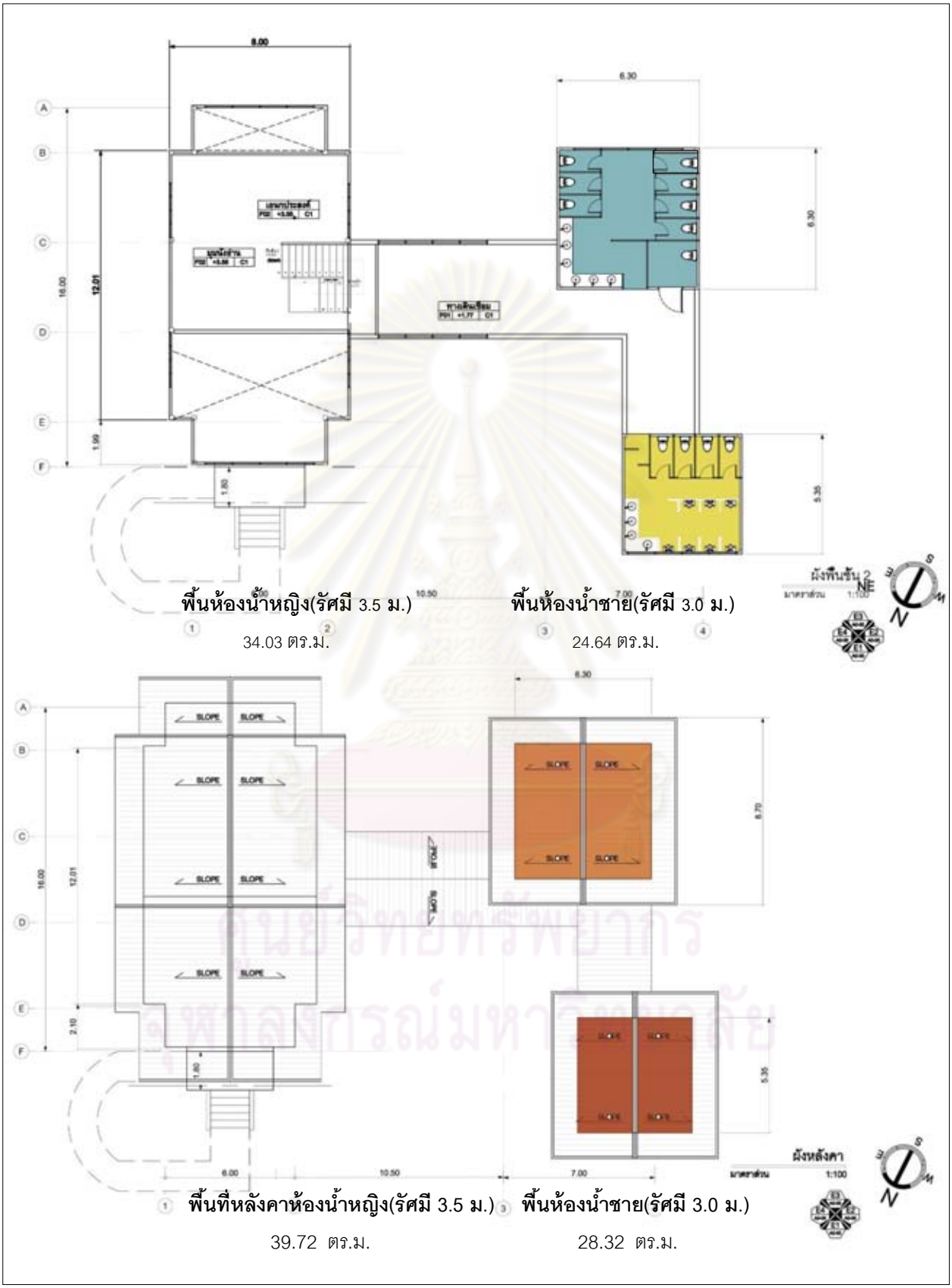
รูปที่ 3-16 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนพื้นและหลังคาของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์



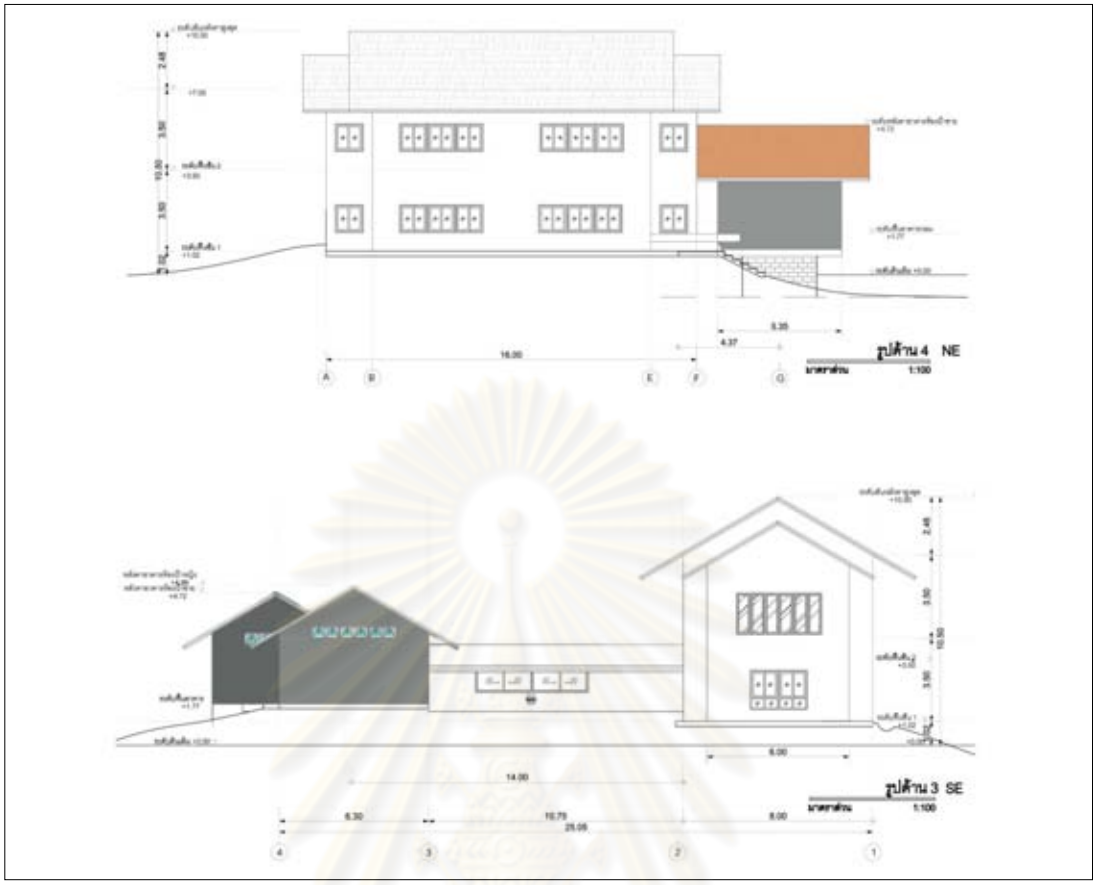
รูปที่ 3-17 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนผนังทึบและกระจกของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์

ตารางที่ 3-5 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในแต่ละด้านตามทิศทางของตัวอาคารห้องสมุดหลัก

พื้นที่เปลือกอาคาร	NE (ตร.ม.)	SW (ตร.ม.)	NW (ตร.ม.)	SE (ตร.ม.)	HOR (ตร.ม.)
ผนังทึบ	88.96	88.96	56.81	56.74	
หลังคา	60	60			
พื้น					120
กระจก	23.04	23.04	10.19	10.19	



รูปที่ 3-18 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนพื้นและหลังคาของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์



รูปที่ 3-19 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในส่วนผนังทึบและกระจกของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์

อาคารห้องน้ำหญิง

ตารางที่ 3-6 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในแต่ละด้านตามทิศทางของตัวอาคารห้องน้ำหญิง

พื้นที่เปลือกอาคาร	NE (ตร.ม.)	SW (ตร.ม.)	NW (ตร.ม.)	SE (ตร.ม.)	HOR (ตร.ม.)
ผนังทึบ	19.45	18.45	24.12	24.12	
หลังคา	19.86	19.86			
พื้น					38.69
กระจก			1.8	1.8	

อาคารห้องน้ำชาย

ตารางที่ 3-7 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารในแต่ละด้านตามทิศทางของตัวอาคารห้องน้ำชาย

พื้นที่เปลือกอาคาร	NE (ตร.ม.)	SW (ตร.ม.)	NW (ตร.ม.)	SE (ตร.ม.)	HOR (ตร.ม.)
ผนังทึบ	16.62	16.62	21.86	21.86	
หลังคา	14.16	14.16			
พื้น					26.5
กระจก			1.8	1.8	

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละขั้นตอนในวัฏจักรชีวิตของอาคาร

เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาปริมาณวัสดุและปริมาณงานของวัฏจักรชีวิตในอาคาร ที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคาร โดยการเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างอาคาร 5 หลัง เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบและประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ซึ่งจะดำเนินการประเมินในทุกขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตอาคาร ดังนี้

3.4.1 ขั้นตอนการผลิตวัสดุ

รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ในขั้นตอนการผลิตวัสดุเปลือกอาคารที่นำมาใช้ในวัสดุก่อสร้างอาคารนำมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งรวบรวมจากฐานข้อมูลของผู้ผลิตวัสดุชนิดต่างๆและนำมาเปรียบเทียบเป็นค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการผลิตวัสดุเปลือกอาคารในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาต้นแบบ และประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น

โดยการคำนวณ ดังนี้ ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการผลิต(kg.-CO_2) เท่ากับ ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตวัสดุเปลือกอาคาร (kg-CO_2/kg.) (IPCC, 2007) คูณกับ น้ำหนักของวัสดุเปลือกอาคารที่ใช้(kg.)

3.4.2 ขั้นตอนการขนส่ง

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลของระยะทาง ในการขนส่งวัสดุในการก่อสร้างอาคาร และคำนวณหาปริมาณของวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้ในการก่อสร้าง ในการขนส่งวัสดุเข้าสถานที่ก่อสร้าง เพื่อคำนวณหาปริมาณพลังงานที่ใช้ในการขนส่งวัสดุและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนของการขนส่ง ในการวิจัยนี้กำหนดระยะทางในการขนส่งเท่ากับ 50 กิโลเมตร และคำนวณหาปริมาณของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างทราบจำนวนเที่ยวในการขนส่งวัสดุ โดยจำนวนเที่ยวแปรผันตามชนิดวัสดุ เพื่อหาปริมาณน้ำมันดีเซลที่ในการขนส่งจากระยะการขนส่งรวมทั้งหมดหารด้วยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก (วัชรินทร์ ดงบัง และสุพจน์ ศิริเสนาพันธ์, 2550) และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนของการขนส่งวัสดุก่อสร้างของอาคารกรณีศึกษาและอาคารทั่วไป

โดยการคำนวณดังนี้ ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการขนส่ง(kg.-CO_2) เท่ากับปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้(l.) คูณกับ ค่าความจุความร้อนของน้ำในดีเซล (MJ/l.) (สุนทร บุญญาธิการและคน, 2545) คูณกับค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากน้ำมันดีเซล (kg.-CO_2/MJ) (IPCC, 2006)

3.4.3 ขั้นตอนการก่อสร้าง

รวบรวมข้อมูลขั้นตอนต่างๆ ในการก่อสร้างอาคาร และเรียบเรียงประเภทของวัสดุเปลือกอาคารในการก่อสร้างอาคารที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์คำนวณหาปริมาณงาน และระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้าง คำนวณจากการประเมินปริมาณงานที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารจากขั้นตอนการก่อสร้างอาคาร วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับพลังงานในการดำเนินการก่อสร้าง และพลังงานที่ใช้ที่เกินจากการจากจำนวณคนงานในการก่อสร้าง

โดยการคำนวณดังนี้ ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (kg.-CO_2) เท่ากับปริมาณพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้าง คูณกับ ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากพลังงานที่ใช้ (kg.-CO_2)

3.4.4 ขั้นตอนการใช้อาคาร

รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดภายในอาคาร โดยคิดจากภาระการทำความเย็นของอาคารตามทฤษฎีที่เหมาะสม แล้วนำปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้มาแปลงเป็นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานอาคาร

ข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิดิน อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2553 ของกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อนำมาคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่เกิดจาดภาระการทำความเย็นภายในอาคาร เพื่อนำมาคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและแปลงเป็นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเพื่อประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-8 แสดงข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพอากาศเฉลี่ยรายชั่วโมงในแต่ละเดือน ปี พ.ศ.2553

เดือน	ตรวจวัด	เวลาทำการตรวจวัด							
		01:00	04:00	07:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00
มกราคม	T(°C)	21.56	20.13	20.27	25.15	27.92	28.25	24.77	22.89
	RH(%)	86.90	90.19	87.52	69.71	57.52	55.68	71.48	79.77
กุมภาพันธ์	T(°C)	23.44	21.88	21.79	28.27	31.31	31.90	28.20	25.18
	RH(%)	84.46	89.86	90.64	65.04	51.07	50.25	66.39	77.29
มีนาคม	T(°C)	24.51	23.19	22.34	29.79	32.97	32.59	29.28	26.61
	RH(%)	68.32	74.58	77.84	49.52	39.65	43.00	54.10	60.97
เมษายน	T(°C)	25.65	24.20	24.75	31.72	33.87	32.31	29.63	27.87
	RH(%)	80.07	86.07	84.00	55.00	49.53	54.27	66.13	71.40
พฤษภาคม	T(°C)	26.25	25.55	25.87	30.82	32.46	31.72	29.45	27.43
	RH(%)	82.87	85.58	84.61	64.26	57.23	60.68	69.94	77.19
มิถุนายน	T(°C)	26.04	25.46	26.05	30.49	32.51	31.76	29.24	27.23
	RH(%)	83.23	85.50	83.67	61.37	54.37	58.90	69.30	77.83
กรกฎาคม	T(°C)	25.07	24.40	24.71	29.09	30.28	29.39	27.58	25.87
	RH(%)	86.55	88.97	88.77	68.10	63.35	68.29	76.03	83.42
สิงหาคม	T(°C)	24.16	23.83	23.78	27.56	28.85	28.13	26.05	24.81
	RH(%)	90.32	90.81	91.90	75.48	70.71	73.55	83.10	87.90
กันยายน	T(°C)	23.64	23.14	23.34	28.08	29.16	27.96	25.60	24.22
	RH(%)	93.50	94.90	94.93	75.77	71.17	76.57	88.43	92.70
ตุลาคม	T(°C)	23.22	22.64	22.71	26.26	27.72	26.66	24.55	23.63
	RH(%)	91.52	92.84	91.26	75.13	71.10	76.39	85.87	89.16
พฤศจิกายน	T(°C)	22.54	21.75	21.40	25.23	27.84	27.85	24.28	23.20
	RH(%)	73.27	75.07	75.13	59.70	52.27	52.83	68.30	72.47
ธันวาคม	T(°C)	21.15	20.24	19.88	24.65	28.15	27.98	24.20	22.06
	RH(%)	78.74	79.87	79.32	62.10	49.90	51.23	67.71	76.13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-9 แสดงข้อมูลอุณหภูมิดินลึก 0.50-1.00 ม. เฉลี่ยรายชั่วโมงในแต่ละเดือน ปี พ.ศ.2553

เดือน	เวลาทำการตรวจวัด							
	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00
มกราคม	27.98	27.92	27.89	28.03	28.10	28.07	28.01	28.02
กุมภาพันธ์	28.68	28.68	28.71	28.82	28.8	28.72	28.69	28.71
มีนาคม	29.06	29.04	29.03	29.09	29.17	29.24	29.10	29.07
เมษายน	29.57	29.73	29.80	29.90	29.85	29.91	29.75	29.57
พฤษภาคม	31.06	31.04	31.17	31.19	31.12	31.02	31.06	31.16
มิถุนายน	31.91	31.92	31.95	31.94	31.88	31.84	31.81	31.87
กรกฎาคม	30.44	30.35	30.42	30.43	30.37	30.33	30.31	30.37
สิงหาคม	29.32	29.3	29.15	29.21	29.16	29.18	29.06	29.17
กันยายน	28.43	28.48	28.47	28.51	28.49	28.43	28.36	28.24
ตุลาคม	26.81	26.84	26.9	26.95	26.98	26.9	26.83	26.82
พฤศจิกายน	27.11	27.1	27.11	27.12	27.12	27.04	27	27.06
ธันวาคม	26.92	26.94	26.92	26.89	26.92	26.85	26.75	26.81

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ เกิดจากประสิทธิภาพของวัสดุเปลือกอาคาร ได้แก่ ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ (Resistance; R-value) ของวัสดุเปลือกอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value)) ของวัสดุเปลือกอาคาร และค่าสัมประสิทธ์การบังแดดของกระจก (SC) ของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์

โดยการคำนวณดังนี้ ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร(kg-CO_2) เท่ากับ ปริมาณพลังงานไฟฟ้า(kWh) คูณกับ ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย(kg-CO_2 /kWh) (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2553)

3.4.5 ขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร

ศึกษาขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร โดยวิธีการทุบทำลายวัสดุ เพื่อรวบรวมปริมาณ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยในการศึกษาครั้งนี้ศึกษา การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานของน้ำมันดีเซลในการใช้การขับเคลื่อนเครื่องยนต์ในการรื้อถอน

โดยการคำนวณดังนี้ ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการขนส่ง(kg-CO_2) เท่ากับปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้(l.) คูณกับ ค่าความจุความร้อนของน้ำในดีเซล (MJ/l.) (สุนทร บุญญาธิการและคนอื่นๆ, 2545) คูณกับค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากน้ำมันดีเซล (kg-CO_2/MJ) (IPCC, 2006)

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลในขั้นตอนต่างๆ ของอาคารกรณีศึกษาและอาคารทั่วไปที่ใช้ในการวิเคราห์ ดังนี้ ได้แก่ ขั้นตอนการผลิตวัสดุ การขนส่ง การก่อสร้าง การใช้อาคาร และการรื้อถอนอาคาร

1) **การคำนวณภาระการทำความเย็นด้วยวิธี** CLTD (Cooling Load Temperature Differential)

การคำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ โดยจะนำผลที่ออกมาเป็นค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงการใช้งานอาคาร ซึ่งค่าความร้อนที่มีในการคำนวณจะเกิดขึ้นจาก 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ

- **ค่าความร้อนจากแหล่งความร้อนภายนอกอาคาร**
  1) ค่าความร้อนจากแสงแดดกระทบผ่านเปลือกอาคารในส่วนของผนัง
  2) ค่าความร้อนจากแสงแดดกระทบผ่านเปลือกอาคารในส่วนของหลังคา
  3) ค่าความร้อนจากแสงแดดที่ทะลุผ่านกระจก
  4) ค่าความร้อนจากแสงแดดกระทบผ่านเปลือกอาคารในส่วนของพื้น
- **ค่าความร้อนจากแหล่งความร้อนภายในอาคาร**
  1) ค่าความร้อนจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า (Appliance)
  2) ค่าความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่าง (Artificial Lighting)
  3) ค่าความร้อนจากการรั่วซึมของอากาศ (Infiltration)

4) ค่าความร้อนจากผู้ใช้อาคาร (Occupants)

3.5.2 หน่วยการแปลงค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าให้เป็นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ตารางที่ 3-10 แสดงรายงานการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

Year CO2	Emission in Power	Generation (kg) Power generation (kWh)	CO2 Emission per kWh (kg-CO2/kWh)
1985	13,142,890,000	23,761,620,000	0.553
1986	12,476,350,000	25,428,190,000	0.491
1987	16,491,590,000	28,989,060,000	0.569
1988	18,380,010,000	32,843,020,000	0.560
1989	20,770,790,000	37,996,530,000	0.547
1990	28,149,070,000	44,764,830,000	0.629
1991	34,750,070,000	50,713,500,000	0.685
1992	37,798,500,000	57,508,050,000	0.657
1993	40,966,510,000	63,981,850,000	0.640
1994	45,558,760,000	71,973,250,000	0.633
1995	49,014,060,000	80,436,330,000	0.609
1996	56,887,380,000	87,797,240,000	0.648
1997	61,241,880,000	93,406,910,000	0.656
1998	57,973,970,000	91,155,720,000	0.636
1999	59,658,570,000	92,470,950,000	0.645
2000	62,405,280,000	98,487,520,000	0.634
2001	62,748,580,000	103,868,900,000	0.604
2002	65,265,270,000	111,253,870,000	0.587
2003	67,884,030,000	118,408,030,000	0.573
2004	74,098,520,000	127,510,510,000	0.581
2005	76,893,120,000	134,798,200,000	0.570
2006	81,028,450,000	141,918,570,000	0.571
2007	84,080,420,000	147,025,890,000	0.572
2008	85,226,000,000	148,220,930,000	0.575
2009	84,007,920,000	148,363,680,000)	0.566
2010(June)	45,554,070,000	82,671,400,000	0.551

ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตปีล่าสุด พ.ศ.2553 มีค่าเฉลี่ยจากทุกแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยเท่ากับ 0.551 กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลวัตตชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง = 551 กรัม คาร์บอนไดออกไซด์
หรือ = 0.551 กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์

3.5.3 การสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยพื้นที่ป่าไม้

ข้อมูลจากโครงการ Billion Tree Campaign ของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP: United Nations Environment Program, 2008) ที่ว่าด้วยการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กล่าวว่า พื้นที่ป่าไม้ 1 เฮกตาร์ (hectare) หรือเท่ากับ 10,000 ตารางเมตร จะสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ได้เท่ากับ 6 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อปี

หรือ 1 ไร่ = 960 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อปี
หรือ 1 ตารางเมตร = 0.6 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อปี

ข้อมูลจากโครงการศึกษาลักษณะของพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและขนาดพื้นที่ที่เหมาะสม สำหรับโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้ในประเทศไทย พบว่า ป่าไม้สัก, ไม้ยูคาลิปตัส, ไม้ยางพารา, ไม้อะคาเซีย, ไม้เจริญเติบโตช้า และไม้เจริญเติบโตเร็วอื่นๆ สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 2.16, 5.61, 4.06, 6.51, 0.97 และ 3.02 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลาดับ (คณะวนศาสตร์, 2553)

ป่าไม้สัก พื้นที่ 1 ตารางเมตร = 1.35 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี
ป่าไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ 1 ตารางเมตร = 3.51 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี
ป่าไม้ยางพารา พื้นที่ 1 ตารางเมตร = 2.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี
ป่าไม้อะคาเซีย พื้นที่ 1 ตารางเมตร = 6.51 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี
ป่าไม้เจริญเติบโตช้า พื้นที่ 1 ตารางเมตร = 0.97 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี
ป่าไม้เจริญเติบโตเร็วอื่นๆ พื้นที่ 1 ตารางเมตร =3.02 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเพื่อการประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร เป็นการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร เป็นการศึกษาเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษา อาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน)และอาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน)นั้น ซึ่งแบ่งการศึกษาข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารออกเป็น 5 ขั้นตอน ในช่วงอายุอาคาร 3 ช่วง ได้แก่ ขั้นตอนการผลิตวัสดุ ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการก่อสร้าง ขั้นตอนการใช้อาคารและขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร ซึ่งแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตอาคารนั้นจะมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เท่ากัน จากผลการวิเคราะห์ในช่วงขั้นตอนของการใช้งานอาคารนั้นจะมีการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด เนื่องจากช่วงระยะเวลาในการใช้งานอาคารเป็นช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน ดังนั้นผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเพื่อประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารนั้นจะเน้นความสำคัญในเรื่องของการใช้งานอาคาร

การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ ศึกษาเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษาที่เป็นอาคารกรณีศึกษา เปรียบเทียบกับอาคารทั่วไปที่ก่อสร้างด้วยผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนและผนังก่ออิฐมวลเบา โดยศึกษาเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไปเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารทั่วไปที่มีรูปลักษณ์อาคารและการใช้งานอาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา และ กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารทั่วไปที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน แบ่งเป็น 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังตารางสรุปอาคาร ที่ใช้ในการศึกษา เปรียบเทียบ ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-1 แสดงรายละเอียดวัสดุเปลือกอาคารและรูปลักษณ์อาคาร 5 อาคาร ที่ใช้ใน การวิเคราะห์เปรียบเทียบการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของ

อาคาร กรณีศึกษา (1)	**วัสดุเปลือกอาคารทั่วไป**			
	กรณีที่ 1(2) รูปแบบอาคารเหมือนอาคารกรณีศึกษา **(ผนังก่ออิฐมอญ)**	**กรณีที่** 2(3) รูปแบบอาคารเหมือนอาคารกรณีศึกษา **(ผนังก่ออิฐมอญ)**	**กรณีที่** 1(4) รูปแบบอาคารเหมือนอาคารกรณีศึกษา **(ผนังก่ออิฐมวลเบา)**	**กรณีที่** 2(1) รูปแบบอาคารเหมือนอาคารกรณีศึกษา **(ผนังก่ออิฐมวลเบา)**
อาคารห้องสมุดหลัก				
ผนังทึบ Sandwich Panel หนา0.20ม. **หลังคา** Sandwich Panel หนา0.20ม. **พื้น** โฟมคอนกรีต **กระจก** Heat stop	**ผนังทึบ** ก่ออิฐมอญ หนา 0.10 ม. **หลังคา** กระเบื้องลอนคู่ **พื้น** คอนกรีต **กระจก** กระจกใสหนา 6 มม.	**ผนังทึบ** ก่ออิฐมอญ หนา 0.10 ม. **หลังคา** กระเบื้องลอนคู่ **พื้น** คอนกรีต **กระจก** กระจกใสหนา 6มม.	**ผนังทึบ** ก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 ม. **หลังคา** กระเบื้องคอนกรีต **พื้น** คอนกรีต **กระจก** กระจกสีเขียวหนา6มม.	**ผนังทึบ** ก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 ม. **หลังคา** กระเบื้องคอนกรีต **พื้น** คอนกรีต **กระจก** กระจกสีเขียวหนา6มม.
อาคารห้องน้ำหญิงและห้องน้ำชาย				
ผนังทึบ ฉนวนโฟม EPS หนา 0.20 ม. **หลังคา** ฉนวนโฟม EPS หนา 0.20 ม. **พื้น** โฟมคอนกรีต **กระจก** Heat stop	**ผนังทึบ** ก่ออิฐมอญ หนา 0.10 ม. **หลังคา** ก่ออิฐมอญ หนา0.10ม. **พื้น** คอนกรีต **กระจก** กระจกใสหนา 6 มม.	**ผนังทึบ** ก่ออิฐมอญ หนา 0.10 ม. **หลังคา** กระเบื้องลอนคู่ **พื้น** คอนกรีต **กระจก** กระจกใสหนา 6 มม.	**ผนังทึบ** ก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 ม. **หลังคา** ก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 ม. **พื้น** คอนกรีต **กระจก** กระจกสีเขียวหนา6มม.	**ผนังทึบ** ก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 ม. **หลังคา** กระเบื้องคอนกรีต **พื้น** คอนกรีต **กระจก** กระจกสีเขียวหนา6มม.

การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการผลิตพลังงานและการขนส่งเป็นหลัก และในวัฏจักรของอาคารส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในทุกขั้นตอน ทั้ง 5 ขั้นตอนของอายุอาคารทั้ง 3 ช่วงและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละขั้นตอนของอาคารที่มีวัสดุเปลือกอาคารและรูปลักษณ์อาคารต่างกันมีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตอาคาร

4.1 การวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

4.1.1 ผลการวิเคราะห์รูปแบบอาคารที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์

การศึกษารูปแบบอาคารเพื่อทราบสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคาร

ตารางที่ 4-2 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยในอาคารของอาคารกรณีศึกษาและอาคารที่ใช้วัสดุทั่วไปทั่วไปกรณีที่ 1 (รูปแบบอาคารเหมือนกรณีศึกษา)

เปลือกอาคาร	อาคารห้องสมุดหลัก (ตร.ม.)	อาคารห้องน้ำหญิง รัศมี 3.50 ม. (ตร.ม.)	อาคารห้องน้ำชาย รัศมี 3.00 ม. (ตร.ม.)	พื้นที่เปลือกอาคารรวม (ตร.ม.)
ผนังทึบ	207.99	59.32	46.16	313.47
หลังคา	289.24	35.92	26.26	351.42
พื้น	84.43	38.5	28.5	151.43
กระจก	14.8	1.13	1.13	17.06
พื้นที่เปลือกอาคาร(S)	596.46	134.87	102.05	833.38
พื้นที่ใช้สอยในอาคาร(A)	177.6	38.5	28.5	244.6
S/A	3.36	3.50	3.58	3.41

ตารางที่ 4-3 แสดงพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยในอาคารที่ใช้วัสดุทั่วไปกรณีที่ 2 (รูปแบบอาคารเหมือนกรณีศึกษา)

เปลือกอาคาร	อาคารห้องสมุดหลัก (ตร.ม.)	อาคารห้องน้ำหญิง รัศมี 3.50 ม. (ตร.ม.)	อาคารห้องน้ำชาย รัศมี 3.00 ม. (ตร.ม.)	พื้นที่เปลือกอาคารรวม (ตร.ม.)
ผนังทึบ	291.47	86.14	79.96	457.57
หลังคา	245.52	89.12	70.68	405.32
พื้น	120	38.69	26.5	185.19
กระจก	66.45	3.6	3.6	73.65
พื้นที่เปลือกอาคาร(S)	723.44	217.55	180.74	1121.73
พื้นที่ใช้สอยในอาคาร(A)	179.5	38.6	26.5	244.6
S/A	4.03	5.64	6.82	4.59

4.1.2 ผลการวิเคราะห์วัสดุเปลือกอาคารของอาคารห้องสมุด

4.1.2.1 อาคารกรณีศึกษา

อาคารห้องสมุดหลัก

ตารางที่ 4-4 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

เปลือกอาคาร	พื้นที่ (ตร.ม.)	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($h.ft^2.F/Btu$)
ผนังทึบ	204.99	Sandwich Panel หนา 0.20 ม.	0.03
หลังคา	289.24	Sandwich Panel หนา0.20 ม.	0.03
พื้น	84.43	โฟมคอนกรีต	0.13
กระจก	24.64	Heat stop	0.27
			ค่า SC= 0.21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาคารห้องน้ำหญิงและห้องน้ำชาย

ตารางที่ 4-5 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

เปลือกอาคาร	พื้นที่ (ตร.ม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($h.ft^2.F/Btu$)
ผนังทึบ	59.22	46.16	ฉนวนโฟม EPS หนา 0.20ม.	0.03
หลังคา	35.93	26.26	ฉนวนโฟม EPS หนา 0.20ม.	0.03
พื้น	34.03	28.5	โฟมคอนกรีต	0.13
กระจก	1.13	1.13	Heat stop	0.27
				ค่า SC= 0.21

4.1.2.2 อาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน)

กรณีที่ 1 อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

อาคารห้องสมุดหลัก

ตารางที่ 4-6 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

เปลือกอาคาร	พื้นที่ (ตร.ม.)	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($h.ft^2.F/Btu$)
ผนังทึบ	59.22	ก่ออิฐมอญ หนา 0.10 ม.	0.66
หลังคา	35.93	กระเบื้องลอนคู่	0.45
พื้น	34.03	คอนกรีต	0.71
กระจก	1.13	กระจกใสหนา 6 มม.	1.06
			ค่า SC=0.96

อาคารห้องน้ำหญิงและห้องน้ำชาย

ตารางที่ 4-7 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

เปลือกอาคาร	พื้นที่ (ตร.ม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($h.ft^2.F/Btu$)
ผนังทึบ	59.22	46.16	ก่ออิฐมอญ หนา 0.10 ม.	0.63
หลังคา	35.93	26.26	ก่ออิฐมอญ หนา 0.10 ม.	0.55
พื้น	34.03	28.5	คอนกรีต	0.71
กระจก	1.13	1.13	กระจกใสหนา 6 มม.	1.06
				ค่า SC= 0.96

กรณีที่ 2 อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

อาคารห้องสมุดหลัก

ตารางที่ 4-8 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

เปลือกอาคาร	พื้นที่ (ตร.ม.)	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($h.ft^2.F/Btu$)
ผนังทึบ	291.47	ก่ออิฐมอญ หนา 0.10 ม.	0.66
หลังคา	245.52	กระเบื้องลอนคู่	0.45
พื้น	120	คอนกรีต	0.71
กระจก	66.45	กระจกใสหนา 6 มม.	1.06
			ค่า SC=0.96

อาคารห้องน้ำหญิงและห้องน้ำชาย

ตารางที่ 4-9 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

เปลือกอาคาร	พื้นที่ (ตร.ม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($h.ft^2.F/Btu$)
ผนังทึบ	86.14	79.96	ก่ออิฐมอญ หนา 0.10 ม.	0.66
หลังคา	89.12	70.68	กระเบื้องลอนคู่	0.45
พื้น	38.69	26.5	คอนกรีต	0.71
กระจก	3.6	3.6	กระจกใสหนา 6 มม.	1.06
				ค่า SC=0.96

4.1.2.3 อาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน)

กรณีที่ 1 อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

อาคารห้องสมุดหลัก

ตารางที่ 4-10 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

เปลือกอาคาร	พื้นที่ (ตร.ม.)	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน($h.ft^2.F/Btu$)
ผนังทึบ	59.22	ก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 ม.	0.51
หลังคา	35.93	กระเบื้องคอนกรีต	0.43
พื้น	34.03	คอนกรีต	0.71
กระจก	1.13	กระจกสีเขียวหนา 6 มม.	1.06
			ค่า SC= 0.32

อาคารห้องน้ำหญิงและห้องน้ำชาย

ตารางที่ 4-11 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

เปลือกอาคาร	พื้นที่ (ตร.ม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน($h.ft^2.F/Btu$)
ผนังทึบ	86.14	79.96	ก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 ม.	0.49
หลังคา	89.12	70.68	ก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 ม.	0.44
พื้น	38.69	26.5	คอนกรีต	0.71
กระจก	3.6	3.6	กระจกสีเขียวหนา 6 มม.	1.06
				ค่า SC= 0.32

กรณีที่ 2 อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

อาคารห้องสมุดหลัก

ตารางที่ 4-12 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

เปลือกอาคาร	พื้นที่ (ตร.ม.)	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน($h.ft^2.F/Btu$)
ผนังทึบ	291.47	ก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 ม.	0.51
หลังคา	245.52	กระเบื้องคอนกรีต	0.43
พื้น	120	คอนกรีต	0.71
กระจก	66.45	กระจกสีเขียวหนา 6 มม.	1.06
			ค่า SC= 0.32

อาคารห้องน้ำหญิงและห้องน้ำชาย

ตารางที่ 4-13 แสดงวัสดุเปลือกอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

เปลือกอาคาร	พื้นที่ (ตร.ม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน($h.ft^2.F/Btu$)
ผนังทึบ	86.14	79.96	ก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 ม.	0.51
หลังคา	89.12	70.68	กระเบื้องคอนกรีต	0.43
พื้น	38.69	26.5	คอนกรีต	0.71
กระจก	3.6	3.6	กระจกสีเขียวหนา 6 มม.	1.06
				ค่า SC= 0.32

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3 การวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตอาคาร

4.1.3.1 ขั้นตอนการผลิตวัสดุ

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากการใช้พลังงานในการผลิตวัสดุแต่ละชนิด ซึ่งมีการใช้พลังงานในรูปแบบและปริมาณที่แตกต่างกัน ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ฐานข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) เป็นฐานข้อมูลในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตวัสดุแต่ละชนิด (kg-CO_2)ต่อจำนวนวัสดุ(kg.)ในการผลิต ดังนั้นตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการผลิต คือ

- ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง จากสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคาร ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของรูปแบบอาคาร
- ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับชนิดของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของวัสดุก่อสร้าง

โดยการคำนวณ ดังนี้ ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการผลิต(kg-CO_2) เท่ากับ ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตวัสดุก่อสร้าง(kg-CO_2/kg) (IPCC, 2007) คูณกับ น้ำหนักของวัสดุเปลือกอาคารที่ใช้(kg.)

1) อาคารกรณีศึกษา

ส่วนผนังอาคาร (Opaque)

Sandwich Panel หนา 8 นิ้ว พื้นที่ 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยวัสดุดังนี้

- EPS Foam 8 หนา 0.20 ม. จำนวน 3.2 กิโลกรัม
- Metal Sheet จำนวน 8.4 กิโลกรัม
- วัสดุเชื่อม จำนวน 1 กิโลกรัม

ผนังโฟมหนา 8 นิ้ว พื้นที่ 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยวัสดุดังนี้

- EPS Foam 8 หนา 0.20 ม. จำนวน 3.2 กิโลกรัม
- Fiberglass mesh จำนวน0.32 กิโลกรัม

- วัสดุเคลือบผิวชั้นนอกสุด จำนวน 6 กิโลกรัม
- Portland cement จำนวน4.32 กิโลกรัม

ส่วนกระจกของอาคาร (Glass)

กระจก Heat stop พื้นที่ 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยวัสดุดังนี้

- กระจก จำนวน 30.14 กิโลกรัม

ส่วนหลังคาของอาคาร (Roof)

Sandwich Panel หนา 8 นิ้ว พื้นที่ 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยวัสดุดังนี้

- EPS Foam 8 หนา 0.20 ม. จำนวน 3.2 กิโลกรัม
- Metal Sheet จำนวน 8.4 กิโลกรัม
- วัสดุเชื่อม จำนวน 1 กิโลกรัม

ส่วนพื้นของอาคาร (Floor)

Foam Concrete หนา 4 นิ้ว พื้นที่ 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยวัสดุดังนี้

- เม็ดโฟม จำนวน 4 กิโลกรัม
- ซีเมนต์ จำนวน 50 กิโลกรัม

คอนกรีต หนา 4 นิ้ว พื้นที่ 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยวัสดุดังนี้

- Portland cement จำนวน 40 กิโลกรัม
- ทรายหยาบ จำนวน 71 กิโลกรัม
- หิน จำนวน 99 กิโลกรัม
- กระเบื้องเคลือบ จำนวน 12.9 กิโลกรัม

2) **อาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน)**

ส่วนผนังอาคาร (Opaque)

ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น พื้นที่ 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยวัสดุดังนี้

- อิฐมอญ 138 แผ่น จำนวน 180 กิโลกรัม
- ปูนซีเมนต์ จำนวน 16 กิโลกรัม
- ทรายหยาบ จำนวน 8.25 กิโลกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนกระจกของอาคาร (Glass)

กระจก สีชา พื้นที่ 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยวัสดุดังนี้

- กระจก จำนวน 15.07 กิโลกรัม

ส่วนหลังคาของอาคาร (Roof)

กระเบื้องลอนคู่ พื้นที่ 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยวัสดุดังนี้

- กระเบื้องลอนคู่ จำนวน 13.6 กิโลกรัม
- เหล็กจันทัน(ตัวซี100x50x20x3.2) จำนวน 5.2 กิโลกรัม
- เหล็กแป(ตัวซี75x45x15x2.5) จำนวน 3.88กิโลกรัม

ส่วนพื้นของอาคาร (Floor)

คอนกรีต หนา 8 นิ้ว พื้นที่ 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยวัสดุดังนี้

- Portland cement จำนวน 80 กิโลกรัม
- ทรายหยาบ จำนวน 142 กิโลกรัม
- หิน จำนวน 198 กิโลกรัม
- กระเบื้องเคลือบ จำนวน 12.9 กิโลกรัม

3) **อาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน)**

ส่วนผนังอาคาร (Opaque)

ผนังคอนกรีตมวลเบา ขนาด 0.7x0.20x0.60 เมตร

- คอนกรีตมวลเบา จำนวน 63. 2 กิโลกรัม
- ปูนซีเมนต์ก่อ จำนวน 2.26 กิโลกรัม
- ปูนซีเมนต์ฉาบ จำนวน 8.86 กิโลกรัม

ส่วนกระจกของอาคาร (Glass)

กระจก ใส พื้นที่ 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยวัสดุดังนี้

- กระจก จำนวน 15.07 กิโลกรัม

ส่วนหลังคาของอาคาร (Roof)

หลังคากระเบื้องคอนกรีตพื้นที่ 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยวัสดุดังนี้

- กระเบื้องคอนกรีต จำนวน 44.9 กิโลกรัม
- จันทัน(ตัวซี100x50x20x3.2) จำนวน 7.79กิโลกรัม
- เหล็กแป(ตัวซี75x45x15x2.5) จำนวน 3.12 กิโลกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนพื้นของอาคาร (Floor)

คอนกรีต หนา 8 นิ้ว พื้นที่ 1 ตารางเมตร ประกอบด้วยวัสดุดังนี้

- Portland cement จำนวน 80 กิโลกรัม
- ทรายหยาบ จำนวน 142 กิโลกรัม
- หิน จำนวน 198 กิโลกรัม
- กระเบื้องเคลือบ จำนวน 12.9 กิโลกรัม

4.1.3.2 **ขั้นตอนการขนส่ง**

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการขนส่ง เกิดจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมันดีเซลในการขนส่ง ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ฐานข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) เป็นฐานข้อมูลในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการขนส่ง คือ

- ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง จากสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคาร ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของรูปแบบอาคาร
- ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับชนิดของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของวัสดุเปลือกอาคารในการขนส่ง ในการขนส่งวัสดุจากการวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงการขนส่งนั้นขึ้นอยู่กับ น้ำหนักและปริมาตรในการขนส่ง

โดยการคำนวณดังนี้ ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการขนส่ง($kg\text{-}CO_2$) เท่ากับ ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้(l.) คูณกับ ค่าความจุความร้อนของน้ำในดีเซล(MJ/l.) (สุนทร บุญญาธิการและคนอื่นๆ, 2545) คูณกับค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากน้ำมันดีเซล ($kg\text{-}CO_2/MJ$) (IPCC, 2006)

4.1.3.3 การก่อสร้าง

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการก่อสร้างเกิดจากการใช้พลังงานการดำเนินการงานในการก่อสร้างของอาคาร แต่ละอาคารขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารซึ่งระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณงานในการก่อสร้างที่เกิดจากวัสดุแต่ละประเภทที่ก่อสร้างได้ต่อวัน และพลังงานที่ใช้ในการดำเนินการก่อสร้างอาคารนั้นหมายถึงปริมาณการใช้การ ไฟฟ้า และปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการดำเนินการก่อสร้างที่เกิดจากปริมาณงานในการก่อสร้าง และ จำนวนคนงานในการก่อสร้าง ซึ่งการใช้พลังงานในส่วนการดำเนินการก่อสร้างอาคารส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการผลิต คือ

- ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวิธีการและระยะเวลาในการก่อสร้างก่อสร้างอาคาร
- ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับชนิดของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

1) การคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการก่อสร้างอาคาร

- คำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการก่อสร้างคิดกำลังไฟฟ้าของเครื่องมือในการก่อสร้าง ปริมาณงานในการก่อสร้างและระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง
- คำนวณจากปริมาณน้ำมันที่ใช้ของรถผสมคอนกรีตในการเทพื้น
- ปริมาณการใช้น้ำในการก่อสร้าง

2) การคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการดำเนินงานก่อสร้างอาคาร

- คำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของคนงานในช่วงระยะเวลาการก่อสร้าง
- คำนวณจากปริมาณการใช้น้ำต่อคนงานก่อสร้างต่อคนต่อวันในช่วงระยะเวลาการก่อสร้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-14 แสดงรูปแบบการก่อสร้างและเครื่องจักร-อุปกรณ์ก่อสร้างที่ใช้เกี่ยวกับการก่อสร้าง

อาคารกรณีศึกษา	อาคารทั่วไป
พื้นอาคาร เทพื้นคอนกรีต เครื่องมือที่ใช้รถผสมคอนกรีต ปูพื้น เครื่องผสมคอนกรีต	**พื้นอาคาร** เทพื้นคอนกรีต เครื่องมือที่ใช้รถผสมคอนกรีต ปูพื้น เครื่องผสมคอนกรีต
ผนังอาคาร Sandwich panel ประกอบชิ้นส่วนวัสดุก่อสร้าง ผนังโฟม ประกอบชิ้นส่วน เครื่องมือที่ใช้เครื่องตัดโฟม การฉาบผนัง เครื่องผสมคอนกรีต	**ผนังอาคาร** การก่อผนังโดยการนำอิฐเรียงกันเป็นผนังก่ออิฐด้วยปูนก่อ เครื่องมือที่ใช้ เครื่องผสมคอนกรีต การฉาบผนัง เครื่องผสมคอนกรีต
หลังคา ประกอบชิ้นส่วนวัสดุก่อสร้าง	**หลังคา** ประกอบโครงสร้างหลังคา มุงด้วยวัสดุมุงหลังคา เครื่องมือที่ใช้เครื่องเชื่อมเหล็ก เครื่องดัดเหล็ก-เครื่องตัดเหล็ก
กระจก เครื่องมือช่างในการติดตั้งกระจก	**กระจก** เครื่องมือช่าง ในการติดตั้งกระจก
โครงสร้างและฐานราก โครงสร้างเหล็ก เครื่องมือที่ใช้เครื่องเชื่อมเหล็ก เครื่องดัดเหล็ก-เครื่องตัดเหล็ก ใช้ดินรับน้ำหนักอาคารไม่มีเสาเข็ม	**โครงสร้างและฐานราก** โครงสร้างเหล็ก เครื่องมือที่ใช้เครื่องเชื่อมเหล็ก เครื่องดัดเหล็ก-เครื่องตัดเหล็ก เครื่องตอกเสาเข็ม

การวิเคราะห์การใช้พลังงานเกี่ยวกับการดำเนินงานและแรงงานในการก่อสร้าง

วิเคราะห์เครื่องมือในการก่อสร้างที่มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าเพื่อคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปริมาณงานในการก่อสร้างอาคารทั่วไปและอาคารกรณีศึกษา

ตารางที่ 4-15 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์และพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้าง

เครื่องมือและอุปกรณ์	ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้าง
รถผสมคอนกรีต	 รถผสมคอนกรีต พลังงานที่ใช้ในการผสมและเทคอนกรีต จากการคำนวณจากราคาคอนกกรีต การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ในช่วง 0.9-1.00 ลิตรต่อ1ลูกบาศก์เมตร
เครื่องผสมคอนกรีต	 เครื่องผสมปูนเซงเกอร์ รุ่น HM 24 กำลังไฟฟ้า 3 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ประสิทธิภาพ ใช้เวลา 3-5 นาทีในการผสม
เครื่องเชื่อมเหล็ก	 เครื่องตัดเหล็ก รุ่น HIGH CLASS TIG-200S กำลังไฟฟ้าขณะไร้ภาระงาน 40 วัตต์ กำลังไฟขณะเชื่อม 3.6 กิโลวัตต์-ชั่วโมง
เครื่องดัดเหล็ก-เครื่องตัดเหล็ก	 เครื่องตัดเหล็ก รุ่น KOB-25 กำลังไฟฟ้า 1.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง
เครื่องมือในการตอกเสาเข็ม	 พลังงานที่ใช้ในการตอกเสาเข็ม จากการคำนวณจากราคาในการตอกเสาเข็ม การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 12 ลิตรต่อเสาเข็ม 1 ต้น

4.1.3.4 การใช้งานอาคาร

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการใช้งานอาคาร เกิดจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าฟ้าภายในอาคาร ซึ่งเกิดจากการภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ จากการวิเคราะห์อัตราการใช้พลังงานด้วยวิธี CLTD เป็นวิธีการประมาณค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศด้วยการคำนวณ การคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ฐานข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การผลิตไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเป็นฐานข้อมูลในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า(kg-CO_2)ต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า(kWh) ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าในอาคารจึงส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร คือ

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร
- สัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยอาคาร
- ความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกกับภายในอาคาร
- ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

โดยการคำนวณดังนี้ ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร(kg-CO_2) เท่ากับ ปริมาณพลังงานไฟฟ้า(kWh) คูณกับ ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย(kg-CO_2 /kWh) (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2553)

ในการคำนวณช่วงการใช้งานของอาคารกรณีศึกษาและอาคารทั่วไปในระยะเวลาเท่ากัน ระยะเวลาการใช้งานกำหนดให้มีการใช้งานวันละ 11 ชั่วโมง เวลา 8.00-18.00น. ใช้งานตลอดทั้งปีเท่ากับ 3,487 ชั่วโมง กำหนดให้จำนวนผู้เข้าใช้อาคารในหนึ่งชั่วโมงเท่ากับ 25 คน ซึ่งมีรายละเอียดในการคำนวณ ดังนี้

1) ค่าความร้อนจากแหล่งความร้อนภายนอกอาคาร (External Load)

คำนวณ CLTD (Wall) $q_{wall} = UA(CLTD_{wall})$

เมื่อ $CLTD_{wall} = (CLTD + LM)K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$

Wall Construction Group Description

อาคารกรณีศึกษา	Group G Wall
อาคารทั่วไป(ก่ออิฐฉาบปูน)	Group E Wall

อาคารทั่วไป(ก่ออิฐมวลเบา) Group E Wall

ค่า LM ใช้ละติจูดที่ 16 องศาเหนือ

ค่า K ใช้ 0.65 เมื่อ ผนังมีสีอ่อน

คำนวณ CLTD (Roof) $q_{roof} = UA(CLTD\ roof)$

เมื่อ $CLTD_{roof} = (CLTD + LM)K + (78 - t_R) + (t_O - 85)\ f$

Roof Construction Group Description

ตารางที่ 4-16 แสดง Roof Construction Group Description

อาคารห้องสมุดหลัก		**ห้องน้ำชายและห้องน้ำหญิง**	
อาคารกรณีศึกษา	Roof No. 1 (Without Suspended Ceiling)	อาคาร กรณีศึกษา	Roof No. 1 (Without Suspended Ceiling)
อาคารทั่วไป (ก่ออิฐมอญฉาบปูน)	Roof No. 2 (With Suspended Ceiling)	อาคารทั่วไป (ก่ออิฐฉาบปูน)	**กรณีที่ 1** Roof No. 3 (Without Suspended Ceiling) **กรณีที่ 2** Roof No. 2 (With Suspended Ceiling)
อาคารทั่วไป (ก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน)	Roof No. 2 (With Suspended Ceiling)	อาคารทั่วไป (ก่ออิฐมวลเบา)	**กรณีที่ 1** Roof No. 9 (Without Suspended Ceiling) **กรณีที่ 2** Roof No. 2 (With Suspended Ceiling)

ค่า LM ใช้ละติจูดที่ 16 องศาเหนือ

ค่า K ใช้ เท่ากับ 0.5 เมื่อ หลังคามีสีอ่อน และใช้ ค่า K เท่ากับ 1 เมื่อ หลังคามีสีอ่อน

ค่า f ใช้ เท่ากับ 1 เมื่อ ไม่มีการระบายอากาศของหลังคา

คำนวณ CLTD (Floor) $q_{floor} = UA(t_0 - t_i)$

$q_{floor} = mc(t_0 - t_i)$

คำนวณ CLTD (Glass) $q_{glass\text{-}solar} = A(SC)(SHGF)(CLF)$

$q_{glass\text{-}cond} = UA(CLTD_{glass})$

2) ค่าความร้อนจากแหล่งความร้อนภายในอาคาร (Internal Load)

คำนวณค่าความร้อนจากการรั่วซึมของอากาศ (Infiltration)

$$Q_{total} = 4.5 \times cfm \times (H_0 - H_i)$$

กำหนดให้ ใน 1 ชั่วโมงมีผู้เข้าใช้ 25 คน

ห้องสมุด คิด 5 cfm ต่อ ผู้ใช้ 1คน (Stein and other, 1992)

ห้องน้ำคิด 50 cfm ต่อ 1 ห้อง (Stein and other, 1992)

ค่าความร้อนจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า (Appliance)

q_s=Heat Gain x CLF

ตารางที่ 4-17 แสดงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการคำนวณ

อาคารกรณีศึกษา	อาคารทั่วไป
คอมพิวเตอร์โน๊ตบุค 20 เครื่อง เครื่องละ 65 วัตต์	คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะพร้อมจอ 20 เครื่อง เครื่องละ 340 วัตต์
เครื่องปริ้นเตอร์ 2 เครื่อง เครื่องละ 18 วัตต์	เครื่องปริ้นเตอร์ 2 เครื่อง เครื่องละ 18 วัตต์
เครื่องถ่ายเอกสาร 1 เครื่อง เครื่องละ 494 วัตต์	เครื่องถ่ายเอกสาร 1 เครื่อง เครื่องละ 494วัตต์

ค่าความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่าง (Artificial Lighting) q_l = Input x CLF

CLF = 1

ตารางที่ 4-18 แสดงกำลังวัตต์ของหลอดไฟต่อตารางเมตรที่ใช้ในการคำนวณ

อาคารกรณีศึกษา	อาคารทั่วไป
คิดตามจำนวน หลอดที่ใช้ (1.6 วัตต์/ตารางเมตร) หลอดไฟขนาด 36 วัตต์ จำนวน 8 หลอด เท่ากับ 288 วัตต์ หลอดไฟขนาด 32 วัตต์ จำนวน 3 หลอด เท่ากับ 96 วัตต์	คิดตามกฎหมาย 14 วัตต์/ตารางเมตร 14 x 244.60 = 3424.4 วัตต์

ค่าความร้อนจากผู้ใช้อาคาร (Occupants)

Sensible $q_{p\text{-}sen}$ = No.xSens.H.G.x CLF

Latent $q_{p\text{-}lat}$ = No.xLat.H.G.

กำหนดให้ No. = 25

Sens.H.G.C และ Lat.H.G. = 255 Btu/h(Stein, Benjamin and Reynolds, 1992)

CLF = 1

3) **ค่า COP**

ตารางที่ 4-19 แสดงค่า COP ที่ใช้ในการคำนวณ

อาคารกรณีศึกษา	อาคารทั่วไป
ค่า COP เท่ากับ 4.00	ค่า COP เท่ากับ 2.80

การใช้งานอาคารนอกจากจะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้งานอาคารยังมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่นด้วย อาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ มีพื้นที่ใช้สอย 3 ส่วนหลักในการใช้งานคือ ในส่วนของห้องสมุด ห้องน้ำชายและห้องน้ำหญิง ห้องน้ำมีส่วนสำคัญในต่อปัญหาสภาวะโลกร้อน การเกิดก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของอุจจาระจากส้วม การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ที่เกิดจากการใช้งานอาคารตลอดระยะเวลาการใช้งานอาคารตลอดระยะเวลาการใช้งานอาคาร 30 ปี ห้องน้ำสาธารณะจากรูปแบบอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ มีทั้งหมด 12 ห้อง กำหนดให้มีการใช้งานร้อยละ 25 ห้องน้ำ การใช้งานครั้งละ 6 นาทีต่อคน ใน 1 ชั่วโมง มีคนเข้าใช้เท่ากับ 30 คน คิดคนเข้าใช้ในการอุจจาระเป็น ร้อยละ 30 จากจำนวนผู้เข้าใช้ ใน 1 วันจะได้ จำนวนคนที่อุจจาระเท่ากับ 99 คน และได้อุจจาระเท่ากับ 39.6 kg (สำนักอานามัยและสิ่งแวดล้อม, 2554)

4.1.3.5 การรื้อถอน

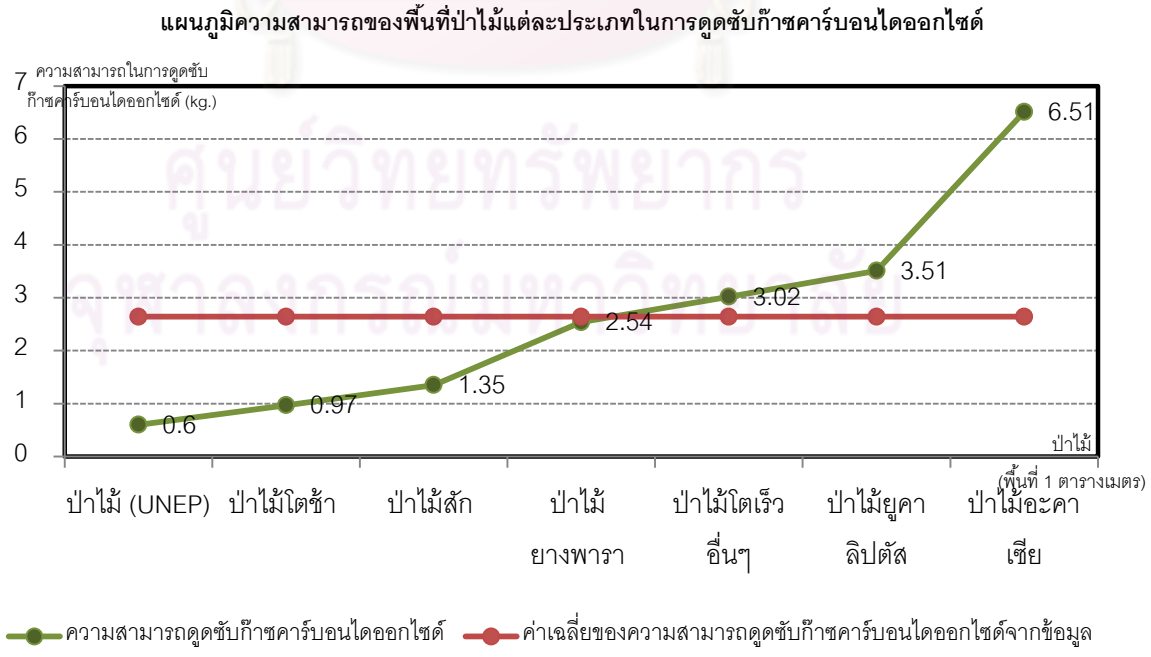
ปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คิดตามพลังงานที่ใช้ในการรื้อถอน โดยศึกษาพลังงานที่ใช้ในการรื้อถอนโดยใช้เครื่องจักรกลเท่านั้น เพื่อรวบรวมปริมาณการใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้และนำมาคำนวณเป็นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในการรื้อถอนอาคารซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้ซึ่งเกิดจากการประมาณการของบริษัทรื้อถอนอาคารเท่านั้น พบว่าขั้นตอนการรื้อถอนของอาคารทั่วไปนั้นมีการใช้พลังงานเท่ากัน พลังงานที่ใช้ขึ้นอยู่กับขนาดและลักษณะของอาคาร ส่วนการรื้อถอนอาคารกรณีศึกษา

วัสดุก่อสร้างอาคารเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา สามารถรื้อถอนได้โดยใช้แรงงานคน พลังงานที่ใช้ในส่วนของเครื่องจักรกลในการรื้อถอนจึงน้อยกว่าอาคารทั่วไป และวัสดุที่ใช้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถลดลงได้

4.1.4 ผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้

ข้อมูลจากโครงการ Billion Tree Campaign ของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ ที่ว่าด้วยการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กล่าวว่า พื้นที่ป่าไม้ 1 เฮกเตอร์จะสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ได้เท่ากับ 6 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี(UNEP, 2011) ซึ่งในการหาพื้นที่ป่าไม้เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นนั้นจะใช้หน่วยพื้นที่ป่าไม้เป็น 1 ตารางเมตร จะสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.6 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อปี

ข้อมูลจากโครงการศึกษาลักษณะของพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและขนาดพื้นที่ที่เหมาะสม สำหรับโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้ในประเทศไทย พบว่า ป่าไม้สัก ,ไม้ยูคาลิปตัส ,ไม้ยางพารา ,ไม้อะคาเซีย ,ไม้โตช้า และไม้โตเร็วอื่นๆ สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 2.16 ,5.61 ,4.06 ,6.51 ,0.97 และ 3.02 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลาดับ(คณะวนศาสตร์, 2553)

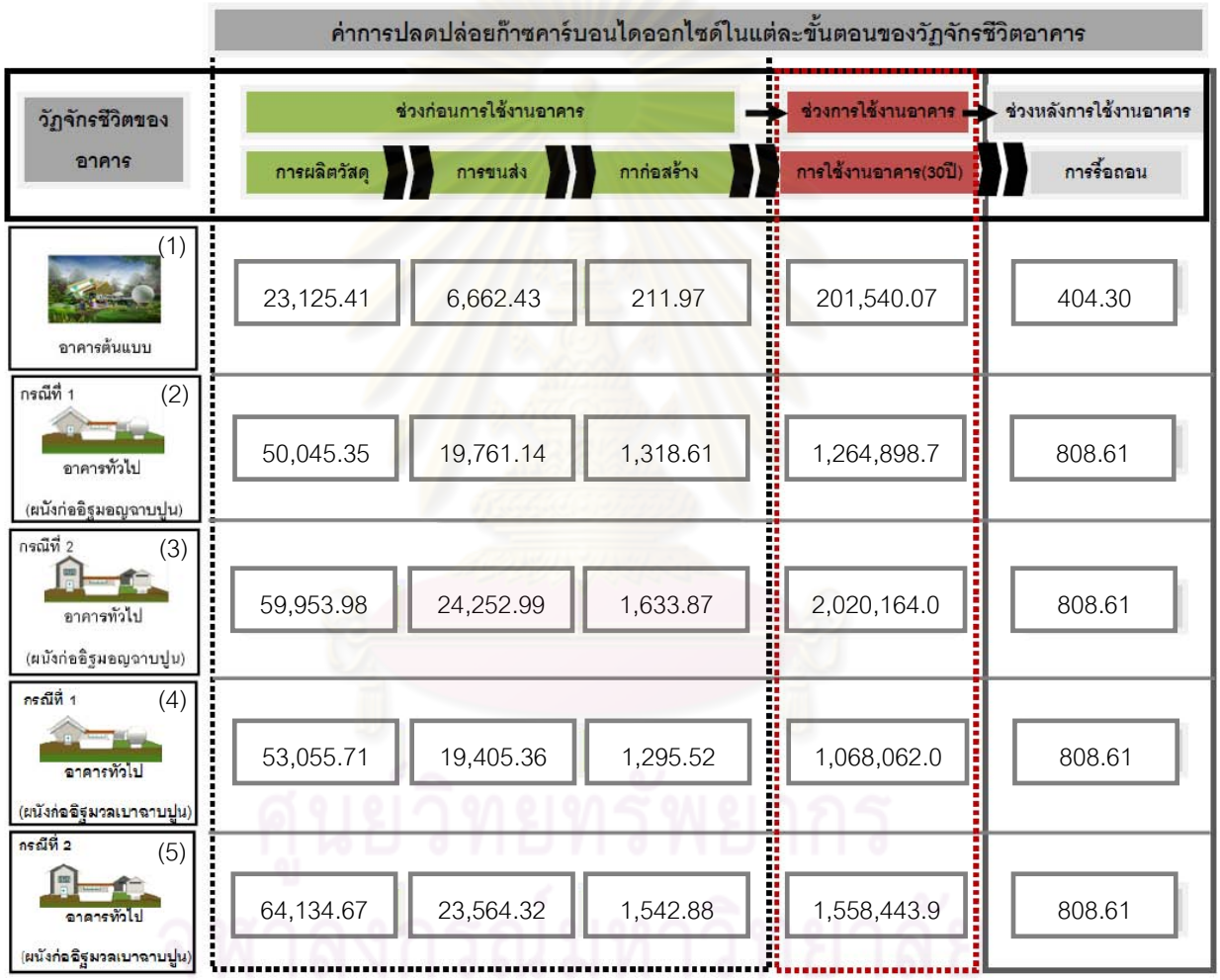


แผนภูมิที่ 4-1 แผนภูมิความสามารถของพื้นที่ป่าไม้แต่ละประเภทในการดูดซับก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์

ความสมารถในการดูดซับของป่าไม้แต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะพืชพรรณและตัวแปรอื่นๆ เช่น ตำแหน่งที่ตั้งลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และอื่น และความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากข้อมูลที่ศึกษาของป่าไม้แต่ละของแต่ละชนิดจากแหล่งข้อมูล ค่าของช่วงความสามารถในการดูดซับของพื้นที่ป่าไม้มีความแตกต่างกันมาก

4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



รูปที่ 4-1 แสดงผังภาพรวมปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน

ผลการศึกษาเพื่อประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารนั้นจะมาจากการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขั้นตอนต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยและความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งเป็นการศึกษาเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษา อาคารทั่วไป

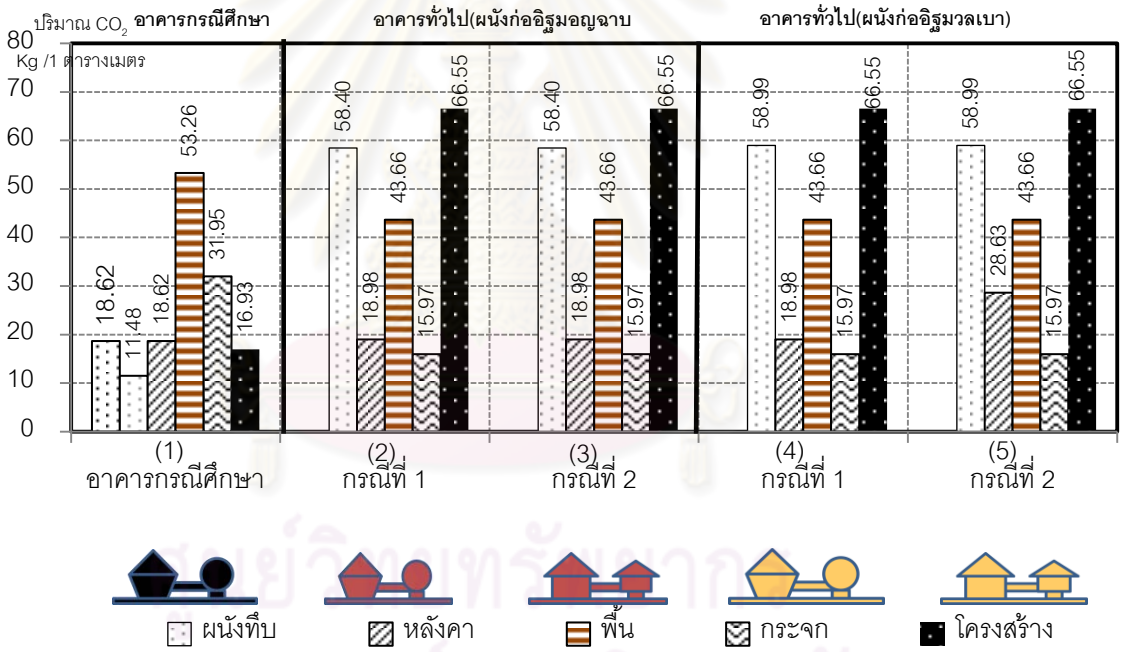
(ผนังก่ออิฐมอญ) และอาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมวลเบา) โดยสามารถนำเสนอค่าที่เกิดขึ้นได้ดังแผนภูมิดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

4.2.1.1 ขั้นตอนของการผลิตวัสดุ

นำข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนของการผลิตวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตวัสดุก่อสร้าง โดยใช้ฐานข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตวัสดุแต่ละชนิดในการคำนวณ และเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

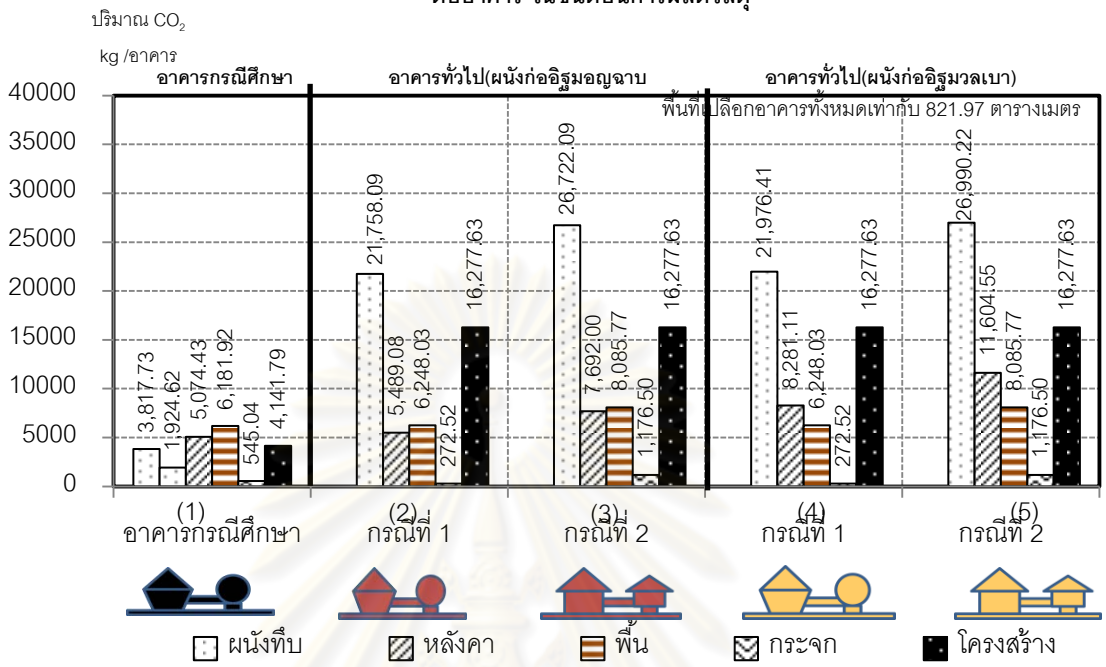
แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรของอาคารแต่ละส่วน ในขั้นตอนการผลิตวัสดุ



กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา
กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-1 แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรของอาคารแต่ละส่วน ในขั้นตอนการผลิตวัสดุ

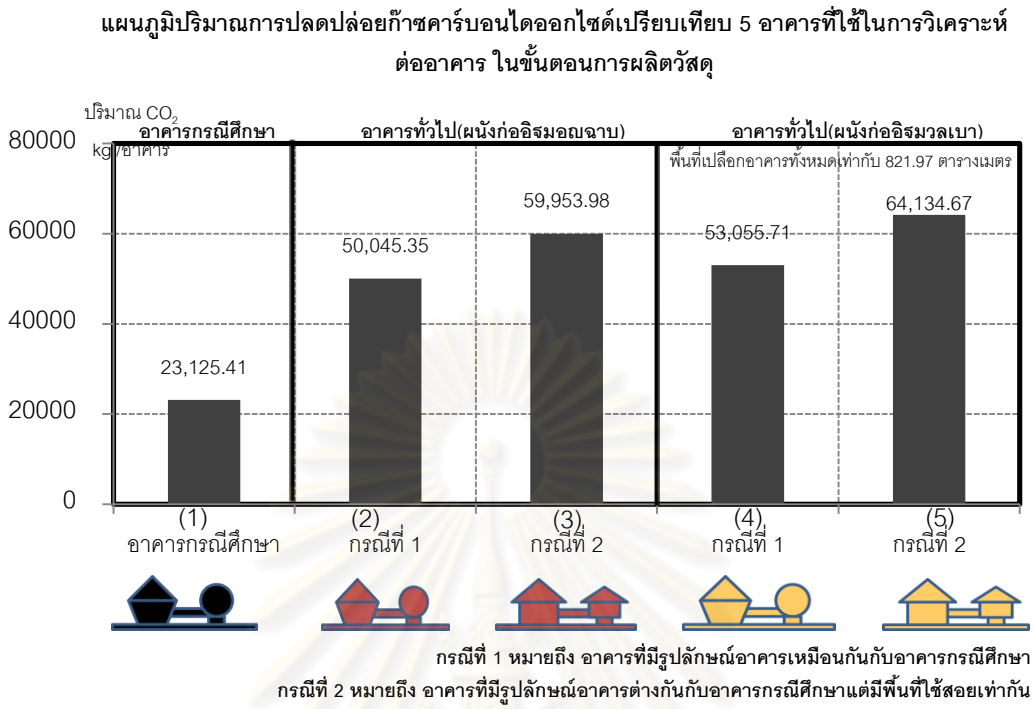
แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ของอาคารแต่ละส่วน ต่ออาคาร ในขั้นตอนการผลิตวัสดุ



กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา
กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ของอาคารแต่ละส่วน ต่ออาคาร ในขั้นตอนการผลิตวัสดุ

จากแผนภูมิ สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขั้นตอนของการผลิต พบว่า วัสดุเปลือกอาคารในส่วนของผนังทึบ และหลังคา ของอาคารทั่วไป (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) มีปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มากสุด รองลงมาคือ อาคารทั่วไป (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) และน้อยที่สุดคืออาคารกรณีศึกษา วัสดุเปลือกอาคารในส่วนของพื้นของอาคารทั่วไป ซึ่งเป็นวัสดุพื้นคอนกรีตมีปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มากกว่า พื้นของอาคารกรณีศึกษา วัสดุเปลือกอาคารในส่วนของกระจกของอาคารกรณีศึกษามีปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มากกว่าอาคารทั่วไป



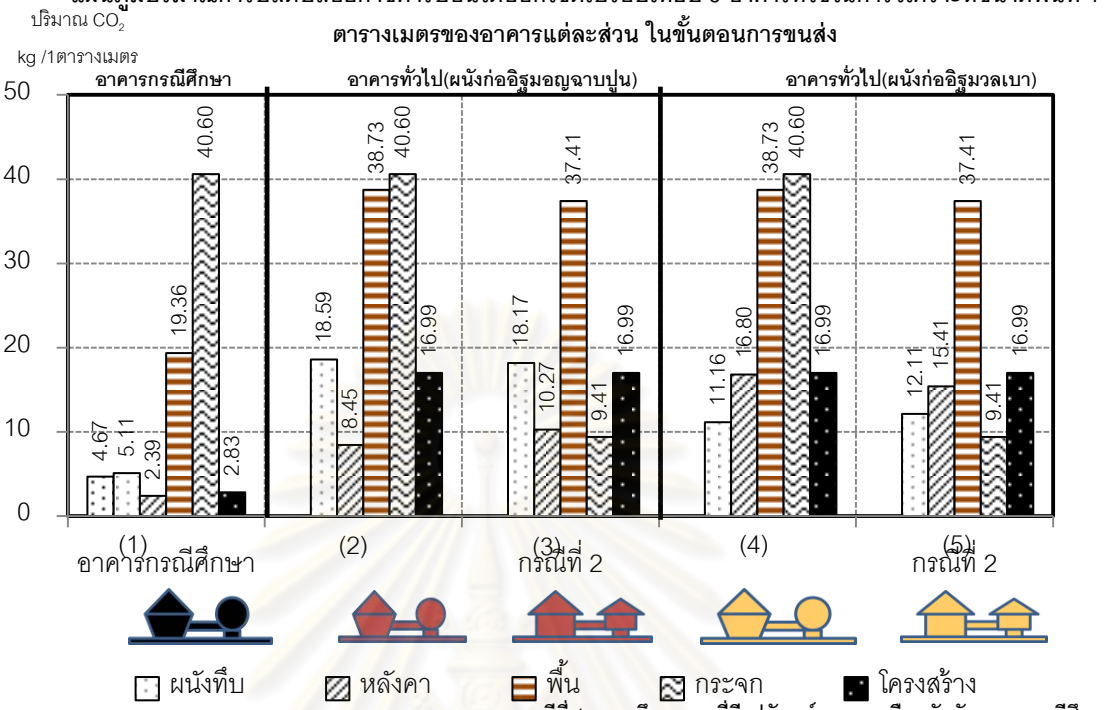
แผนภูมิที่ 4-3 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ ในการวิเคราะห์ ต่ออาคาร ในขั้นตอนการผลิตวัสดุ

ปริมาณการปลดปล่อยมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับกระบวนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตวัสดุต่อน้ำหนักของวัสดุแต่ละชนิด และในการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารนั้นๆ ขึ้นอยู่กับปริมาณของวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้

4.2.1.2 ขั้นตอนการขนส่ง

ข้อมูลของระยะทางในการขนส่งวัสดุในการก่อสร้างอาคาร และคำนวณหาปริมาณของวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้ในการก่อสร้าง ในการขนส่งวัสดุเข้าสถานที่ก่อสร้างเพื่อคำนวณหาปริมาณพลังงานและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนของการขนส่ง

แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรของอาคารแต่ละส่วน ในขั้นตอนการขนส่ง

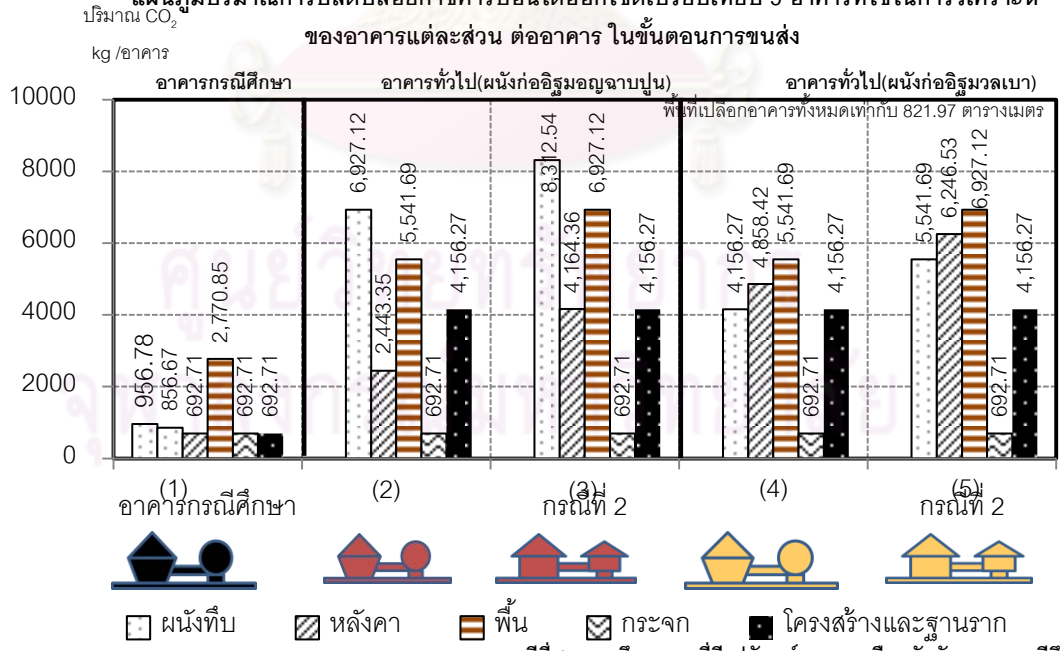


กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-4 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาด พื้นที่ 1 ตารางเมตรของอาคาร ในขั้นตอนการขนส่ง

แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ของอาคารแต่ละส่วน ต่ออาคาร ในขั้นตอนการขนส่ง



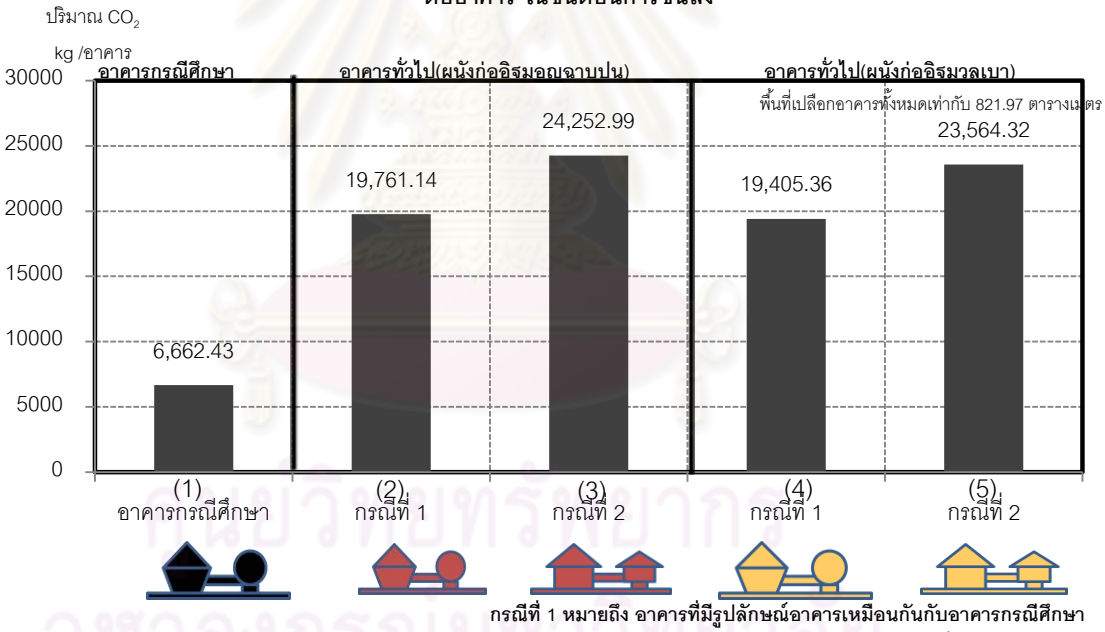
กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-5 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ของอาคารแต่ละส่วนต่ออาคาร ในขั้นตอนการขนส่ง

จากแผนภูมิ สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขั้นตอนของการขนส่งพบว่า วัสดุเปลือกอาคารในส่วนของผนังทึบของอาคารทั่วไป (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) มีปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มากสุด รองลงมาคือ อาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) และน้อยที่สุดคืออาคารกรณีศึกษา วัสดุเปลือกอาคารในส่วนของหลังคาของอาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) มีปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มากสุด รองลงมาคือ อาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) และน้อยที่สุดคืออาคารกรณีศึกษา วัสดุเปลือกอาคารในส่วนของพื้นของอาคารทั่วไป ซึ่งเป็นวัสดุพื้นคอนกรีตมีปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มากกว่า พื้นของอาคารกรณีศึกษา และวัสดุเปลือกอาคารในส่วนของกระจกของทั้ง 3 อาคารมีปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากัน

แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการขนส่ง



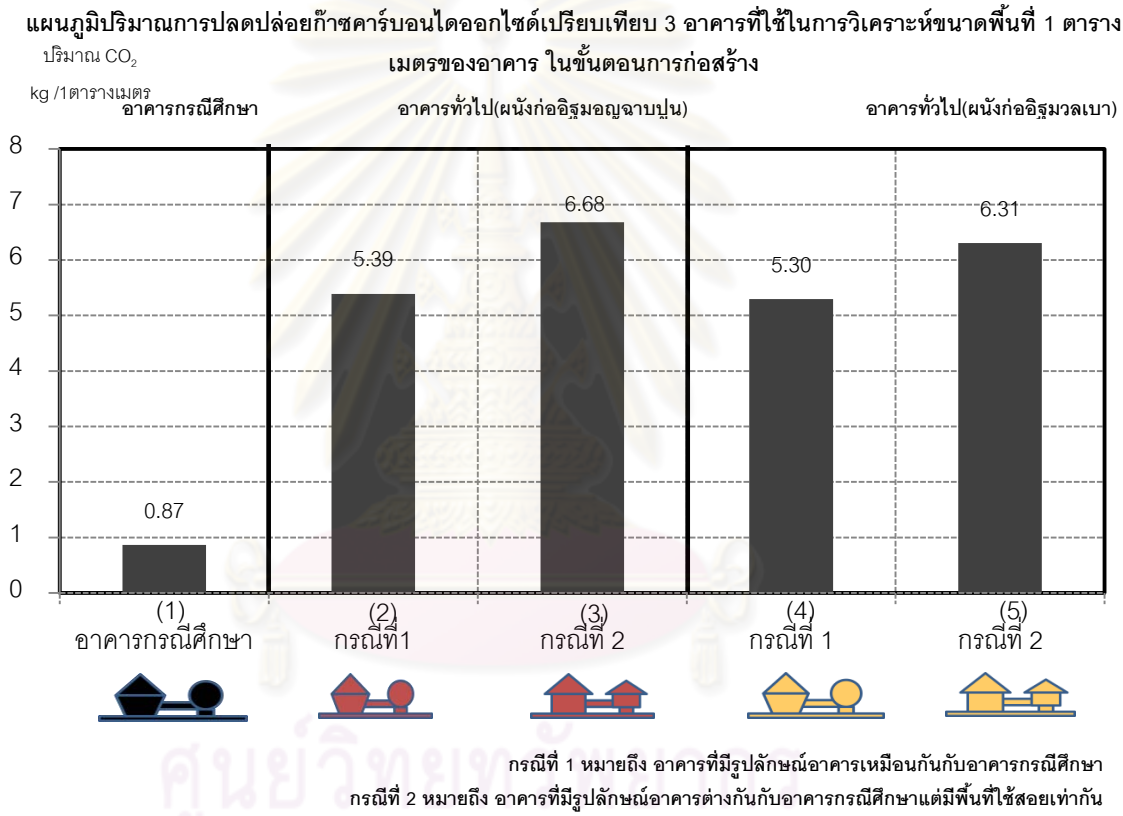
กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา
กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-6 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ต่ออาคาร ในขั้นตอนการขนส่ง

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในส่วนของการขนส่งขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานที่ใช้ในการขนส่งซึ่งเกี่ยวข้องกับ น้ำหนักของวัสดุ จำนวนเที่ยวที่ใช้ในการขนส่งวัสดุก่อสร้างของอาคาร และระยะทาง

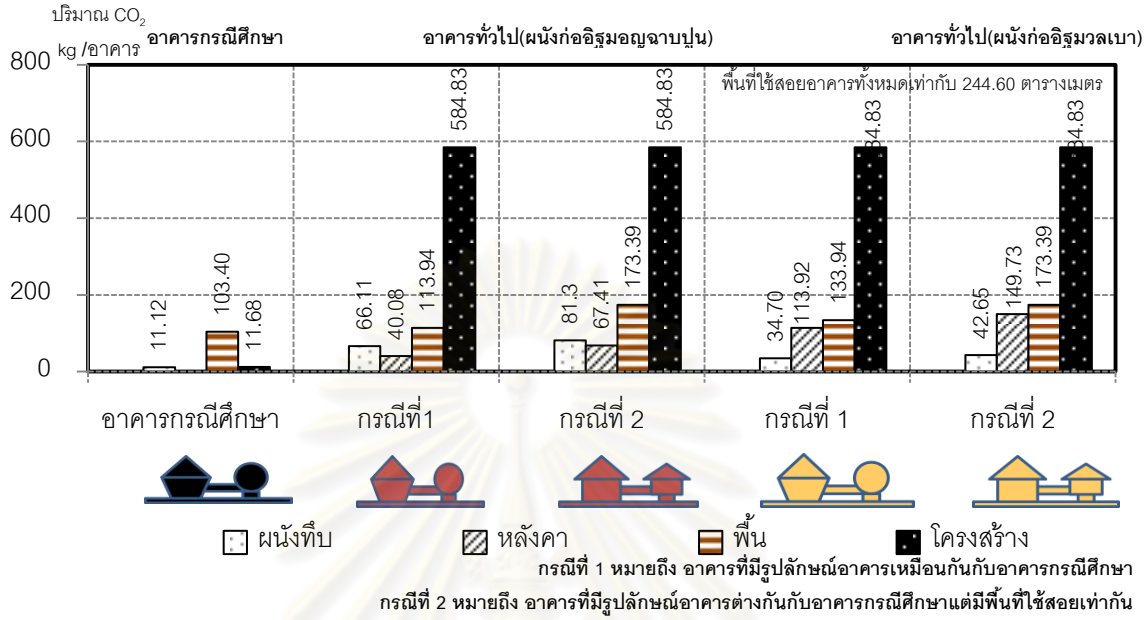
4.2.1.3 ขั้นตอนการก่อสร้าง

รวบรวมข้อมูลขั้นตอนต่างๆ ในการก่อสร้างอาคาร และเรียบเรียงประเภทของวัสดุเปลือกอาคารในการก่อสร้างอาคารที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์คำนวณหาปริมาณงาน จำนวนวัสดุแต่ละชนิด และระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง เพื่อนำมาหาปริมาณพลังงานที่ใช้และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น



แผนภูมิที่ 4-7 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรของวัสดุเปลือกอาคาร ในขั้นตอนการก่อสร้าง

แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ของวัสดุเปลือกอาคารแต่ละส่วน ต่ออาคารจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากกำลังเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกิดจากปริมาณงาน ในขั้นตอนการก่อสร้าง

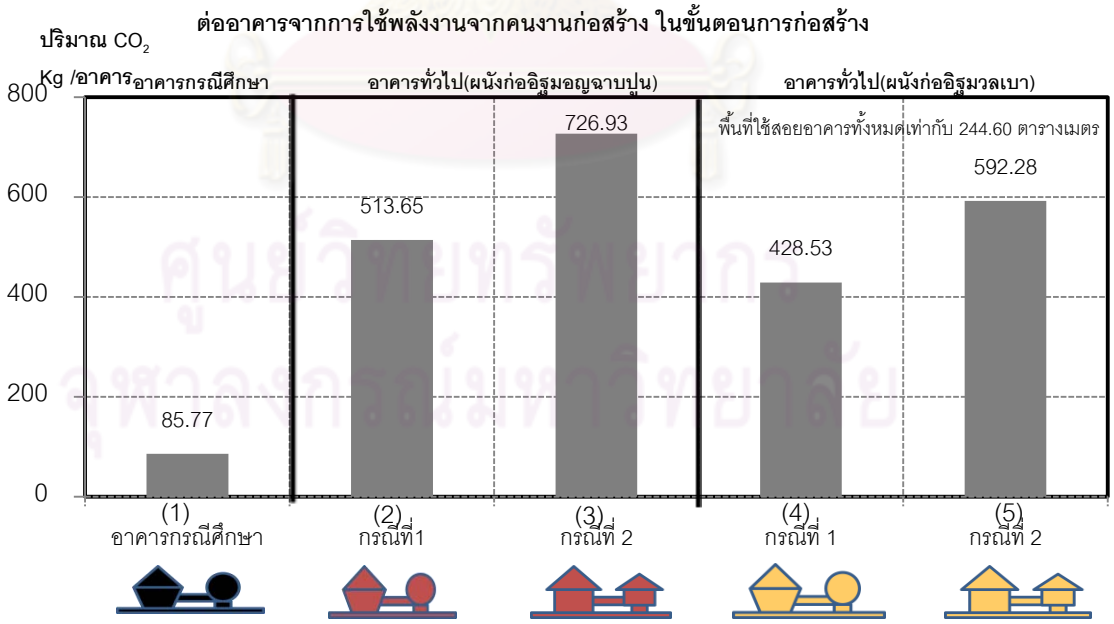


กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-8 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ของวัสดุเปลือกอาคารแต่ละส่วน ต่ออาคารจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและกำลังเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกิดจากปริมาณงานในขั้นตอนการก่อสร้าง

แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ต่ออาคารจากการใช้พลังงานจากคนงานก่อสร้าง ในขั้นตอนการก่อสร้าง

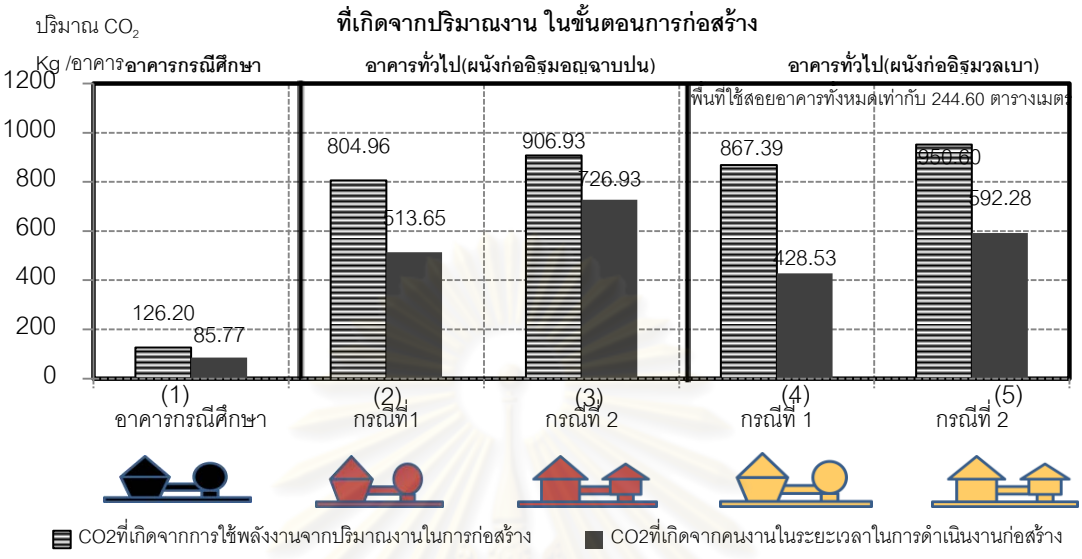


กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-9 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ต่ออาคารจากการใช้พลังงานจากคนงานก่อสร้าง ในขั้นตอนการก่อสร้าง

แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ต่ออาคารจากการใช้พลังงานจากคนงานก่อสร้างและจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของกำลังเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกิดจากปริมาณงาน ในขั้นตอนการก่อสร้าง

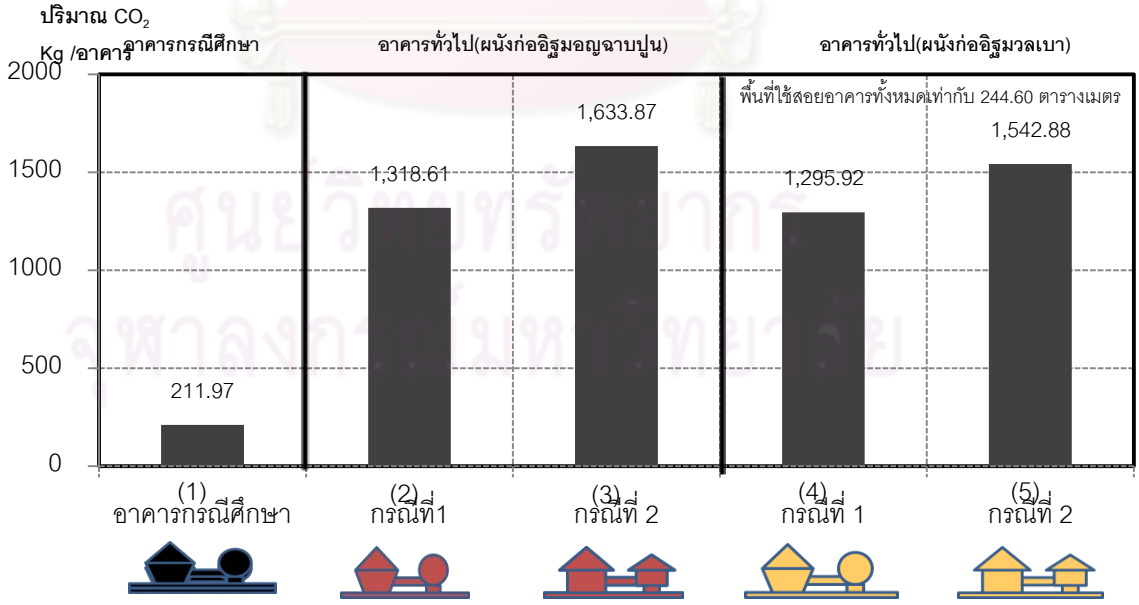


กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-10 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์วัสดุต่ออาคารจากการใช้พลังงานจากคนงานก่อสร้างและจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของกำลังเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกิดจากปริมาณงาน ในขั้นตอนการก่อสร้าง

แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ต่ออาคาร ในขั้นตอนการก่อสร้าง



กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-11 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ต่ออาคาร ในขั้นตอนการก่อสร้าง

จากแผนภูมิ สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขั้นตอนของการก่อสร้างอาคาร พบว่า การก่อสร้างอาคารด้วยวัสดุเปลือกอาคารในส่วนของผนังทึบของอาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน)มีปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มากสุด รองลงมาคือ อาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) และน้อยที่สุดคืออาคารกรณีศึกษา วัสดุเปลือกอาคารในส่วนของหลังคาของอาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) มีปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มากสุด รองลงมาคือ อาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) และน้อยที่สุดคืออาคารกรณีศึกษา วัสดุเปลือกอาคารในส่วนของพื้นของอาคารทั่วไป ซึ่งเป็นวัสดุพื้นคอนกรีตมีปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร มากกว่า พื้นของอาคารกรณีศึกษา และวัสดุเปลือกอาคารในส่วนของกระจกของทั้ง 5 อาคารมีปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากัน

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในส่วนของการก่อสร้างขึ้นอยู่กับปริมาณระยะเวลาในการก่อสร้างซึ่งวัสดุเปลือกอาคารและรูปลักษณ์อาคารที่แตกต่างกันส่งผลปริมาณงานที่ทำได้ต่อระยะเวลาในการก่อสร้างอาคาร

4.2.1.4 ขั้นตอนการใช้งานอาคาร

คำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาระการทำความเย็นของอาคารโดยคิดจากภาระการทำความเย็นของอาคารจากการวิเคราะห์อัตราการใช้พลังงานด้วยวิธี CLTD เป็นวิธีการประมาณค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศด้วยการคำนวณคำนวณการพลังงานในการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร เพื่อทราบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่เกิดขึ้น แล้วนำปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้มาแปลงเป็นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานอาคาร

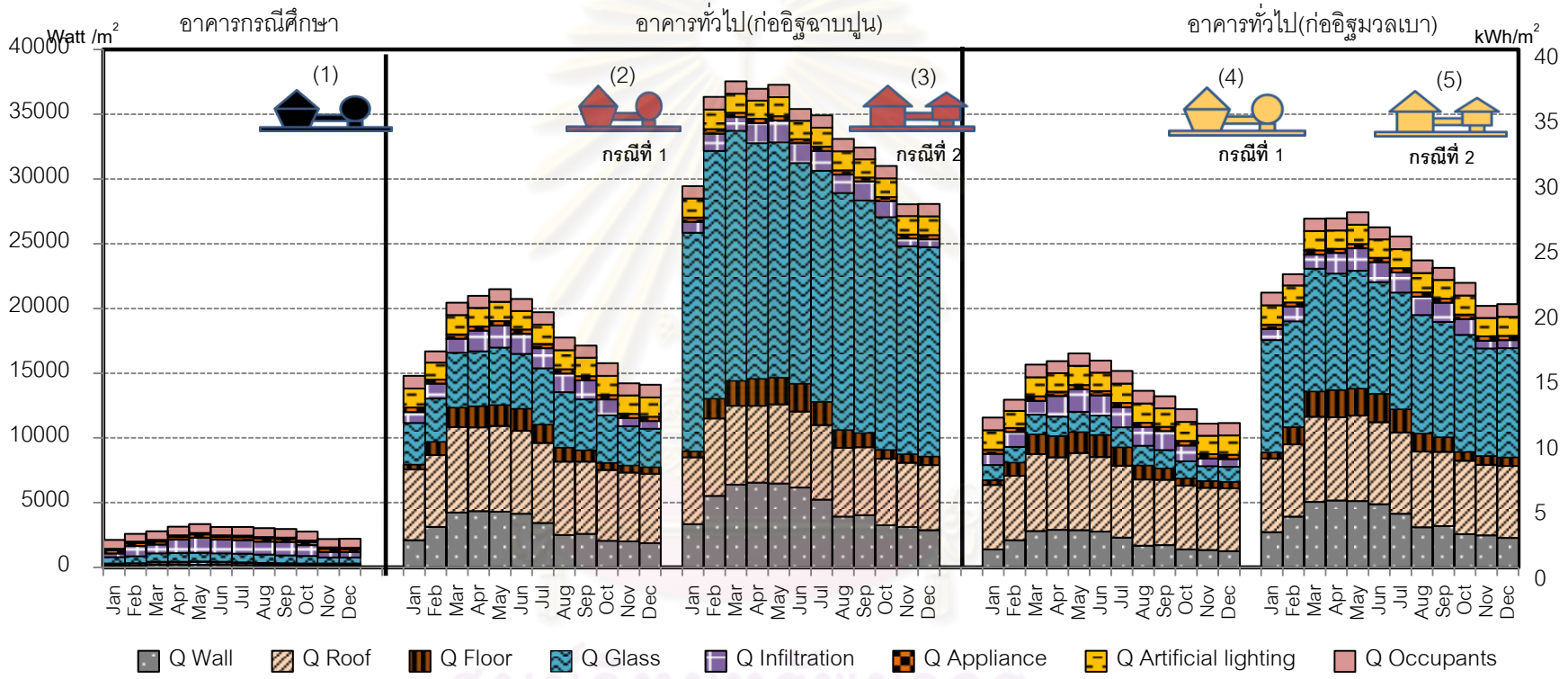
การคำนวณการใช้งานอาคารคำนวณ การใช้งาน 11 ชั่วโมงต่อวัน โดยกำหนดให้โครงการมีการใช้งานสัปดาห์ละ 6 วัน ตั้งแต่วันอังคาร-อาทิตย์ เปิดบริการ 08.00-18.00 น. และประเมินการใช้งานอาคารตลอดทั้งปี ชั่วโมงในการใช้งานตลอดทั้งปี เท่ากับ 3,487 ชั่วโมง

4.1.4.1 **พลังงานที่ใช้จากระบบปรับอากาศ**

พลังงานที่ใช้จากระบบปรับอากาศ จากการคำนวณภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศโดยแยกตามส่วนประกอบต่างๆ ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันในแต่ละเดือนตลอดทั้งปี และในการประเมินการใช้พลังงานที่เกิดจากภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศของอาคารกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไป คำนวณชั่วโมงในการใช้งานตลอดทั้งปี เท่ากับ 3,487 ชั่วโมง เพื่อนำไปคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าฟ้าที่ใช้จากปริมาณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่เกิดขึ้นจากการคำนวณ ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิปริมาณการใช้พลังงานจากภาระการทำความเย็นรายเดือนของอาคารเปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรของพื้นที่สอยอาคาร ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร 1 ปี (คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)

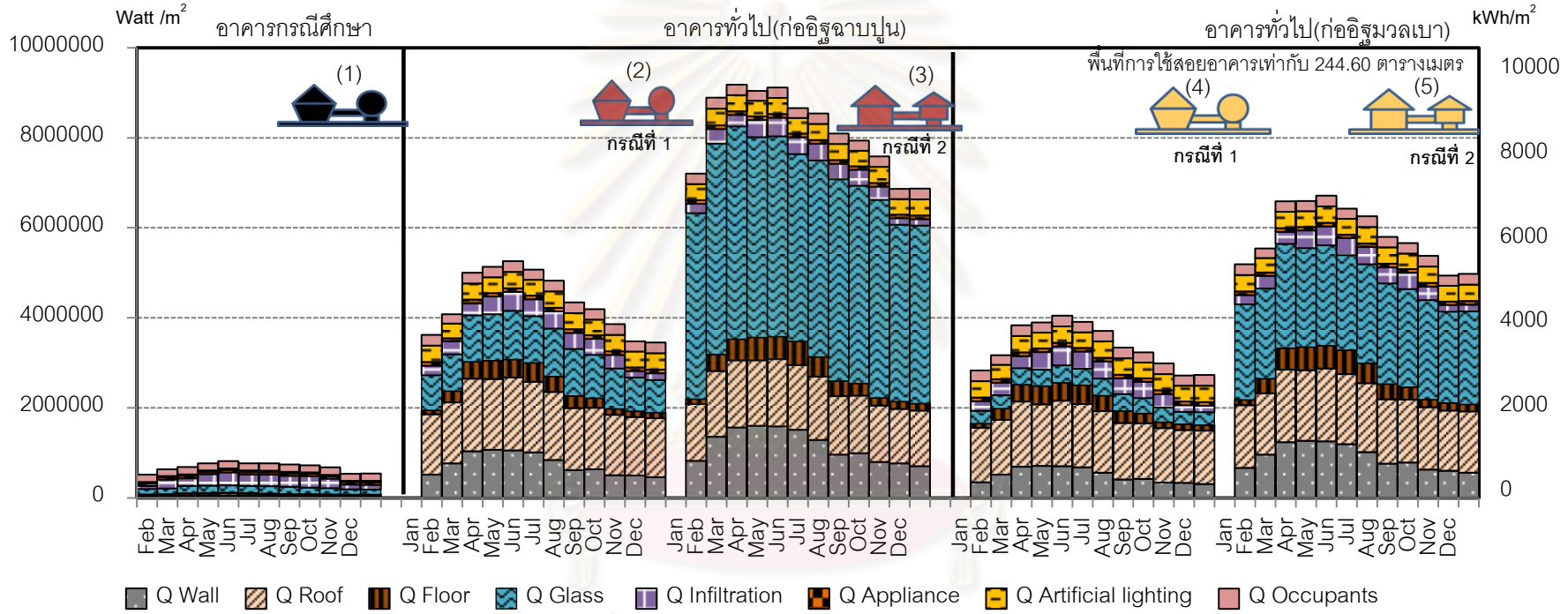


กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-12 ปริมาณการใช้พลังงานจากภาระการทำความเย็นของอาคารเปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการ วิเคราะห์ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอยอาคารในขั้นตอน การใช้งานอาคาร 1 ปี (คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)

แผนภูมิปริมาณการใช้พลังงานจากภาระการทำความเย็นรายเดือนของอาคารเปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ต่ออาคาร ไนขันตอนการไช้งาน อาคาร 1 ปี (คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)



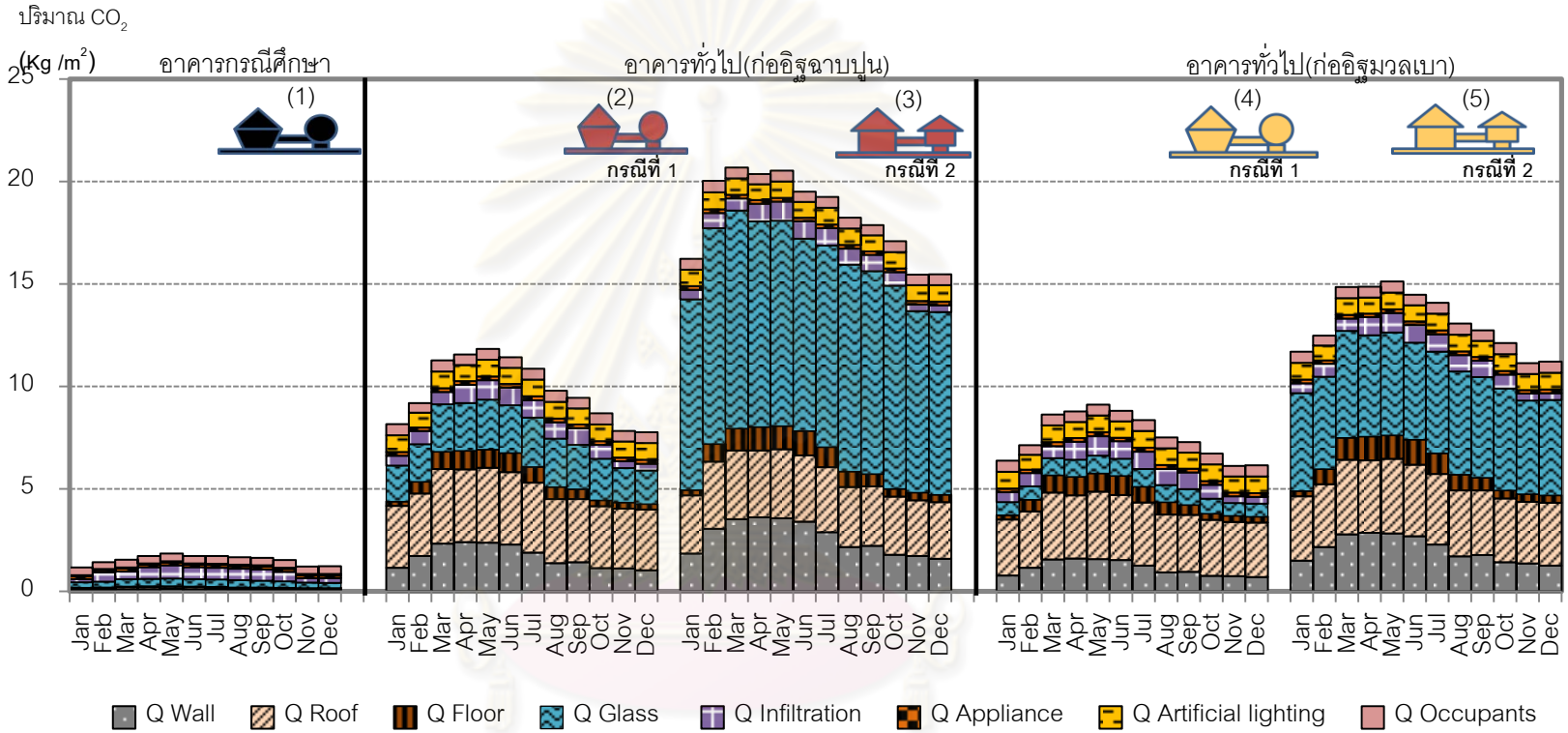
กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-13 ปริมาณการใช้พลังงานจากภาระการทำความเย็นของอาคารเปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการ วิเคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร 1 ปี (คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละเดือนของอาคารเปรียบเทียบ 5 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรของพนทสอยอาคาร ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร 1 ปี (คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)



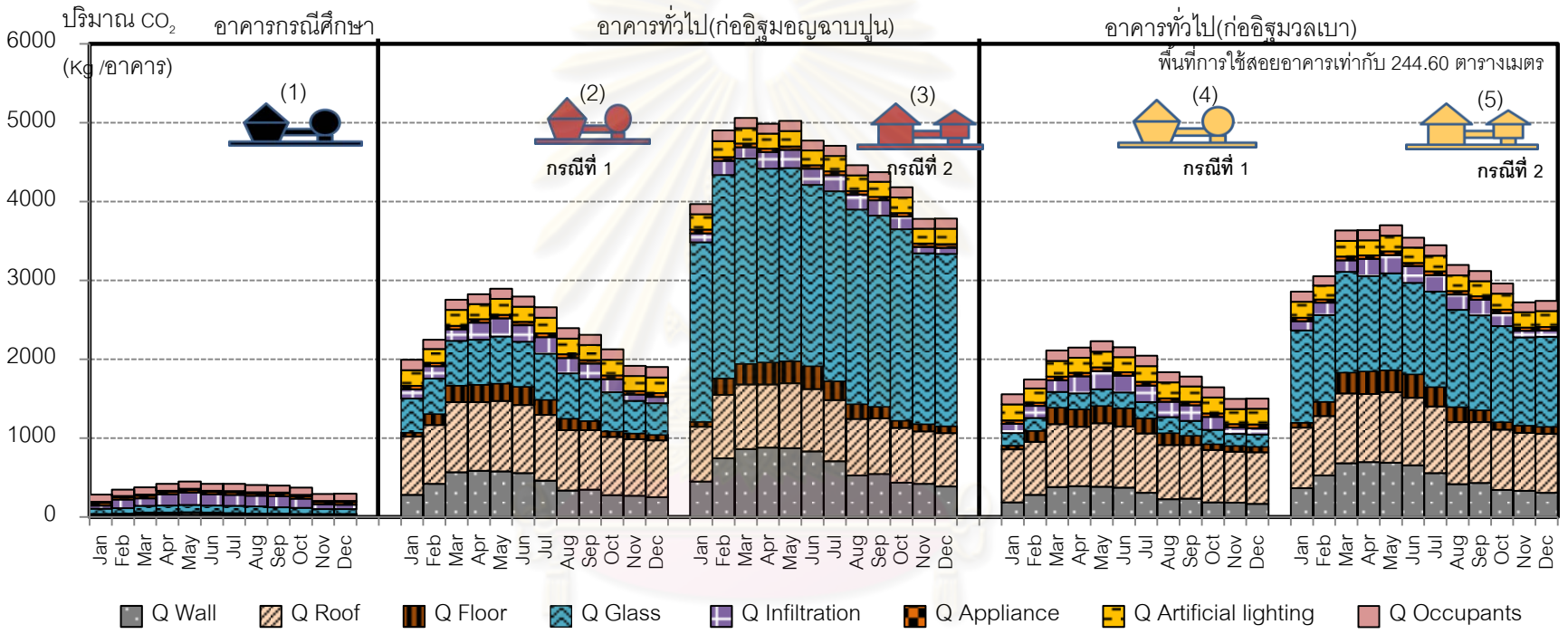
กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-14 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารเปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอยอาคารในขั้นตอนการใช้งานอาคาร 1 ปี (คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละเดือนของอาคารเปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่ออาคาร
ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร 1 ปี (คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)



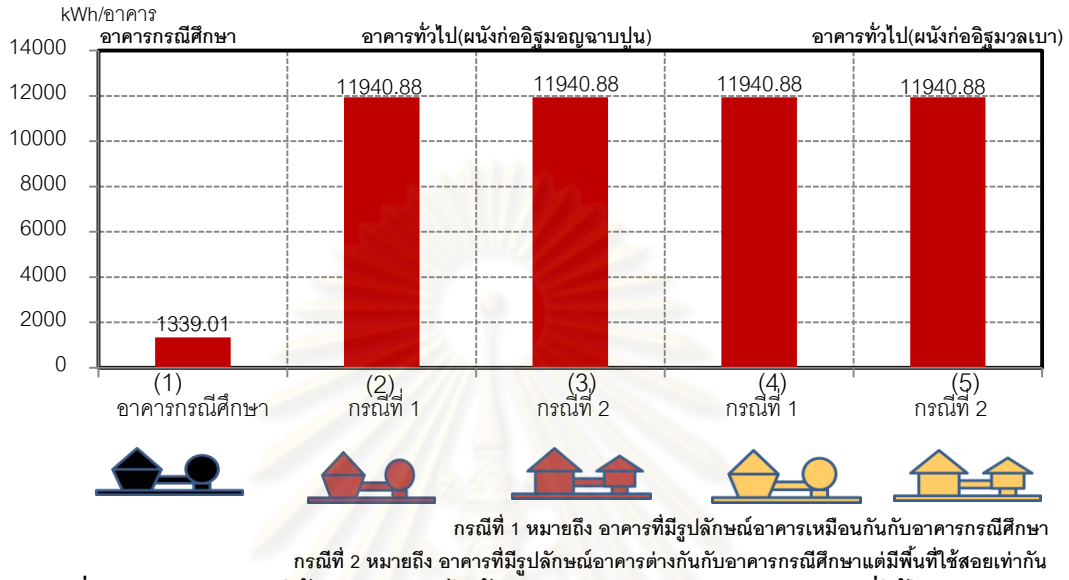
กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา
กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-15 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารเปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร 1 ปี (คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487 ชั่วโมงต่อปี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.4.2 พลังงานที่ใช้จากไฟฟ้าแสงสว่าง

แผนภูมิปริมาณการใช้พลังงานจากไฟฟ้าแสงสว่าง เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการก่อสร้าง(คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)

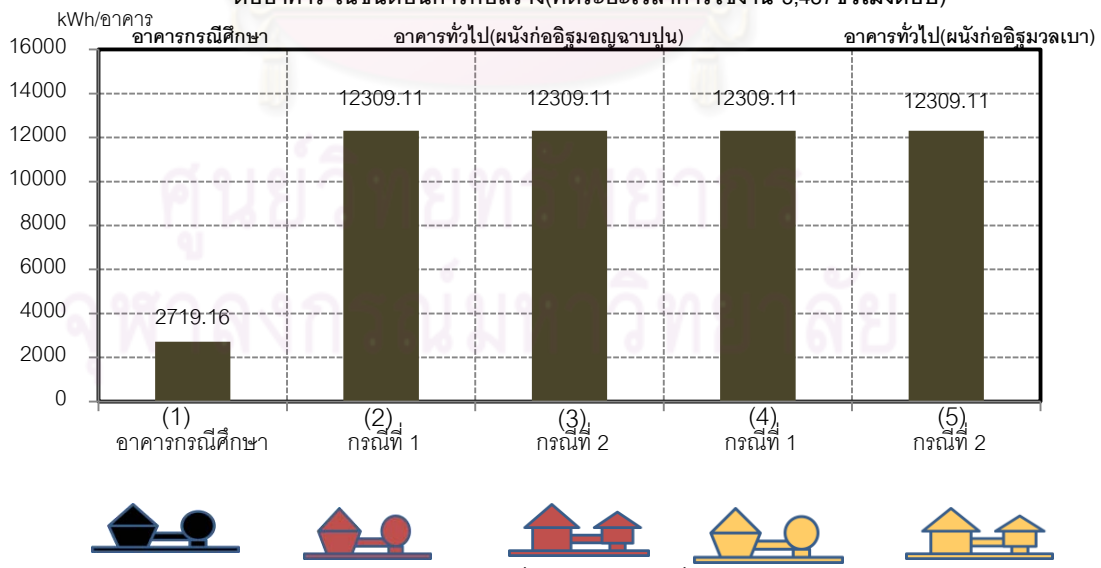


กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา
กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-16 ปริมาณการใช้พลังงานจากไฟฟ้าแสงสว่าง เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการก่อสร้าง

4.1.4.3 พลังงานที่ใช้จากอุปกรณ์ไฟฟ้า

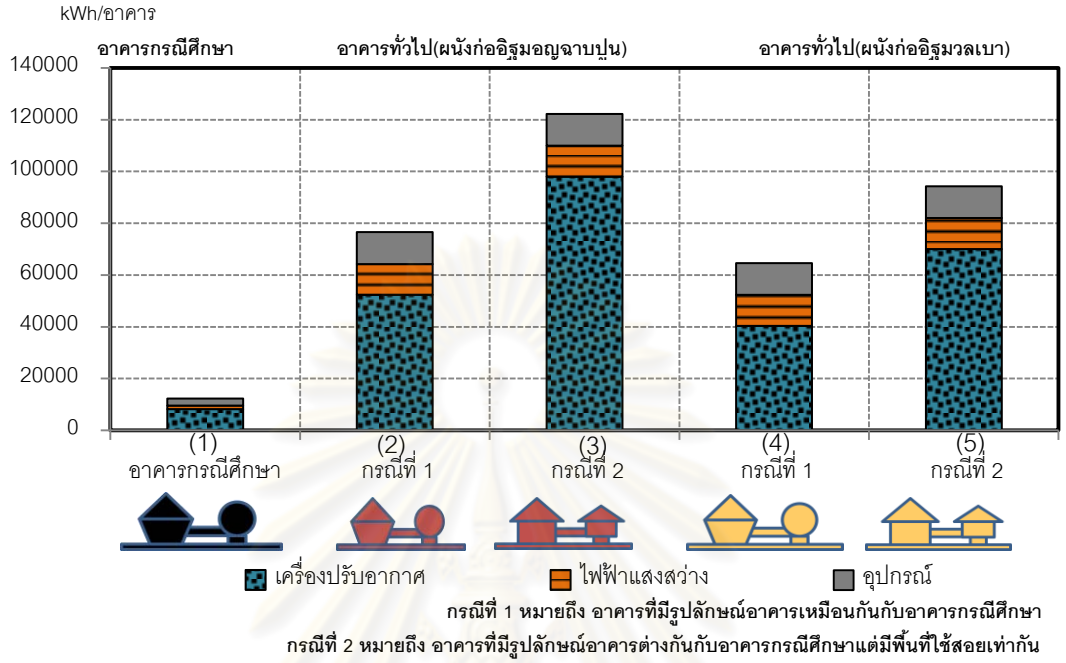
แผนภูมิปริมาณการใช้พลังงานจากอุปกรณ์ไฟฟ้า เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการก่อสร้าง(คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)



กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา
กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-17 ปริมาณการใช้พลังงานจากอุปกรณ์ไฟฟ้า เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการก่อสร้าง

แผนภูมิปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการก่อสร้าง(คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)

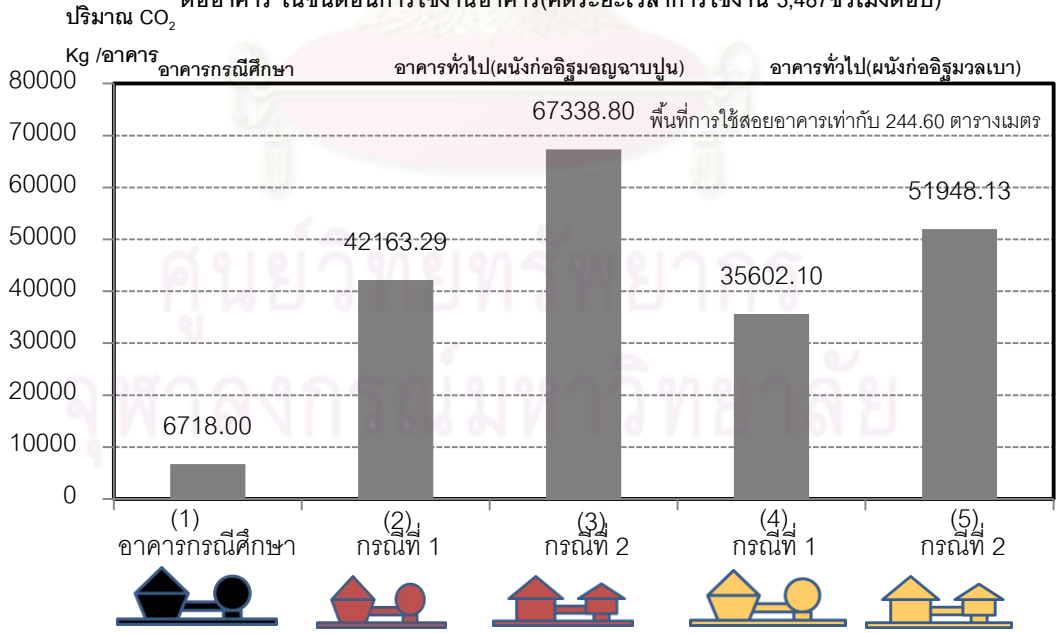


กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-18 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่ออาคาร ในขั้นตอนการก่อสร้าง

แผนภูมิปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ต่ออาคาร ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร(คิดระยะเวลาการใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)



กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-19 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบ 5 อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ของวัสดุเปลือกอาคาร ต่ออาคาร ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร

จากแผนภูมิ สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร ระยะเวลาการใช้งานอาคาร 1 ปี พบว่าอาคารทั่วไป (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มากที่สุด รองลงมาคือ อาคารทั่วไป (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) และน้อยที่สุดคืออาคารกรณีศึกษา

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในส่วนของการใช้งานอาคารขึ้นอยู่กับรูปลักษณ์อาคารที่แตกต่างกัน(สัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยอาคาร)รวมถึงระบบของอาคารและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้

4.2.1.5 ขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร

ขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร โดยศึกษาพลังงานที่ใช้ในการรื้อถอนโดยใช้เครื่องจักรกลเท่านั้น เพื่อรวบรวมปริมาณการใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้และนำมาคำนวณเป็นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในการรื้อถอนอาคาร

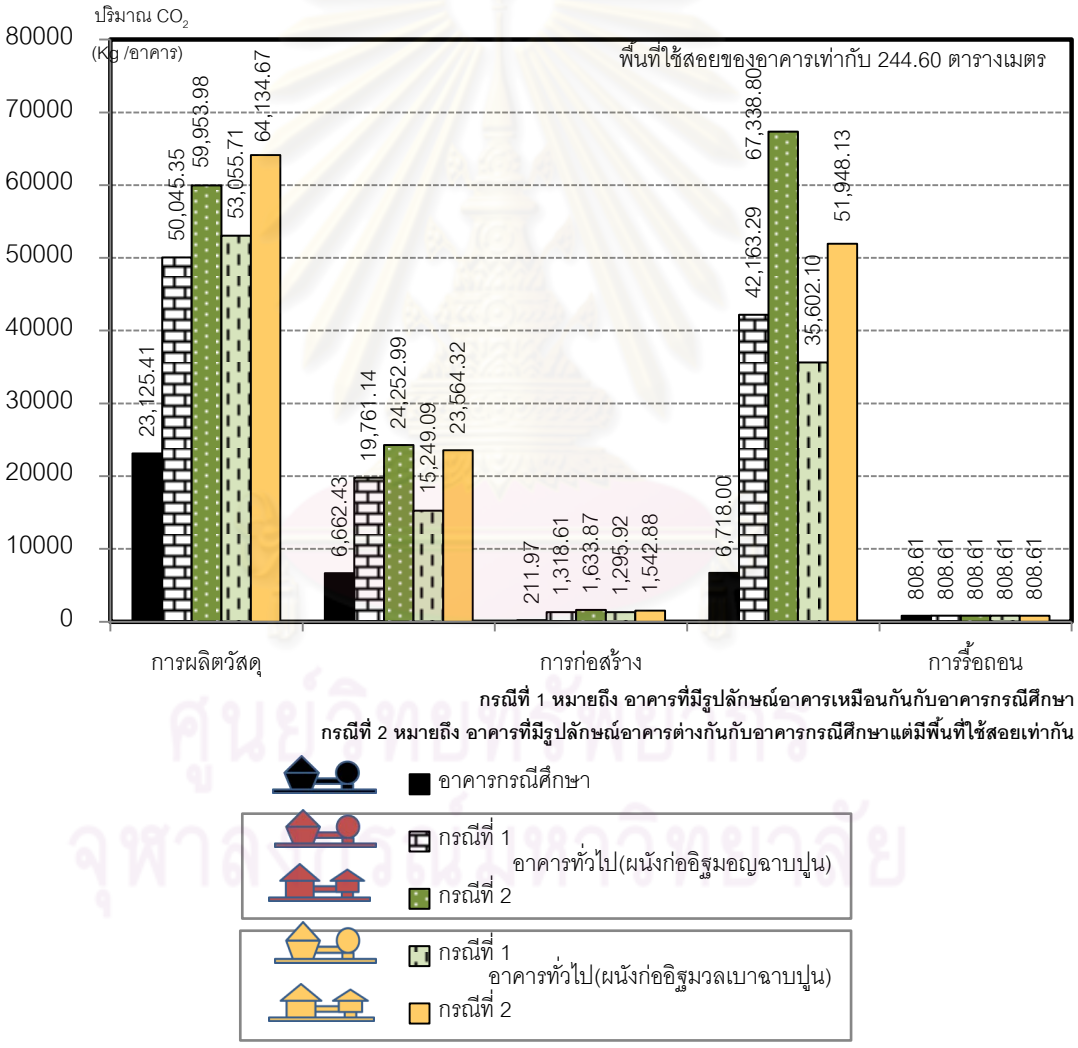
จากผลการเปรียบเทียบปริมาณการการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คิดตามพลังงานที่ใช้ในการรื้อถอนเท่านั้นซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้ซึ่งเกิดจากการประมาณการของบริษัทรื้อถอนอาคารเท่านั้น พบว่าขั้นตอนการรื้อถอนของอาคารทั่วไปนั้นมีการใช้พลังงานเท่ากัน พลังงานที่ใช้ขึ้นอยู่กับขนาดและลักษณะของอาคาร ส่วนการรื้อถอนอาคารกรณีศึกษาวัสดุก่อสร้างอาคารเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา สามารถรื้อถอนได้โดยใช้แรงงานคน พลังงานที่ใช้ในส่วนของเครื่องจักรกลในการรื้อถอนจึงน้อยกว่าอาคารทั่วไป และวัสดุที่ใช้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถลดลงได้ จากการศึกษาพบว่าอาคารทั่วไปมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการรื้อถอน เท่ากับ 808.61 Kg-CO_2 ต่ออาคาร หรือเท่ากับ 3.31 Kg-CO_2 ต่อตารางเมตร อาคารกรณีศึกษามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการรื้อถอนน้อยกว่าอาคารทั่วไปอย่างน้อย 1 เท่าจากการวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ ซึ่งเท่ากับ 404.30 Kg-CO_2 ต่ออาคาร หรือเท่ากับ 1.65 Kg-CO_2 ต่อตารางเมตร

4.2.2 ผลการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัฏจักรชีวิตอาคารมีผลต่อจำนวนพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ อาคารมีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในทุกขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตอาคาร และการใช้พลังงานมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณ

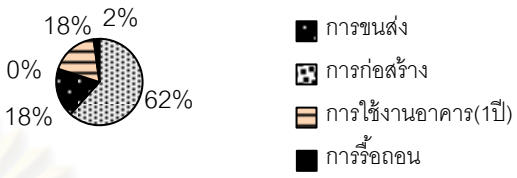
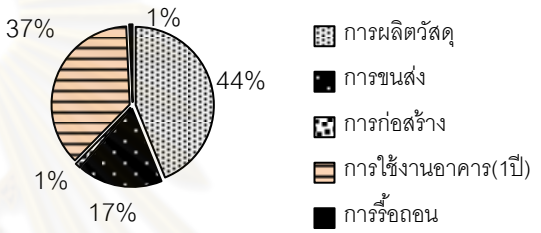
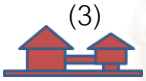
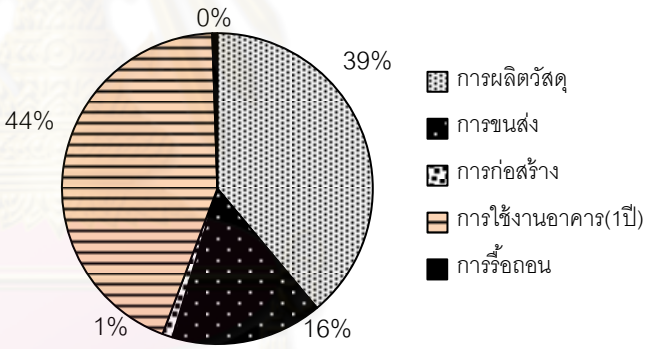
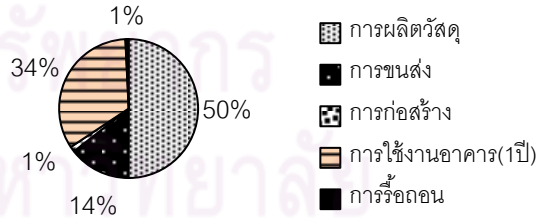
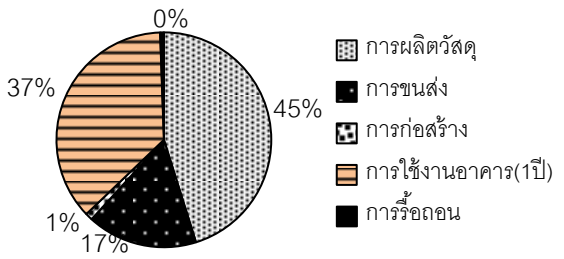
การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทำให้การผลิตไฟฟ้าซึ่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์จากปริมาณการใช้พลังงานในวัฏจักชีวิตของอาคารพบว่า อาคารที่มีการใช้พลังงานและมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในทุกช่วงชีวิตของอาคาร และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารที่มีวัสดุเปลือกอาคารที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารกรณีศึกษาต่อการใช้งานอาคาร 1 ปี

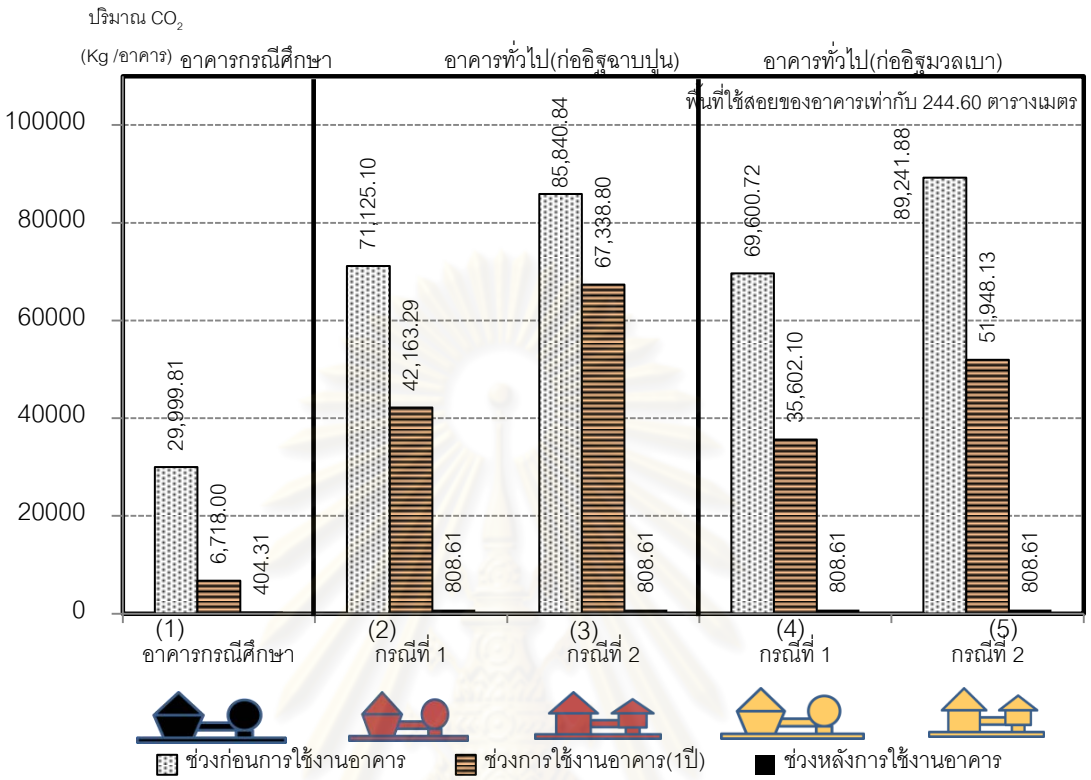


แผนภูมิที่ 4-20 การเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารกรณีศึกษาต่อการใช้งานอาคาร 1 ปี

ตารางที่ 4-20 แสดงสัดส่วนสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารกรณีศึกษา ต่อการใช้งานอาคาร 1 ปี โดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน

อาคารกรณีศึกษา (1) 	
กรณีที่ 1 วัสดุเปลือกอาคารทั่วไป รูปแบบอาคารเหมือนกรณีศึกษา (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) (2) 	
กรณีที่ 2 อาคารทั่วไป รูปแบบอาคารต่างกันกับกรณีศึกษา (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) (3) 	
กรณีที่ 1 อาคารทั่วไป รูปแบบอาคารเหมือนกรณีศึกษา (ก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) (4) 	
กรณีที่ 2 อาคารทั่วไป รูปแบบอาคารต่างกันกับกรณีศึกษา (ก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน (5) 	

แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารกรณีศึกษา ต่อการใช้งานอาคาร 1 ปี โดยแบ่งตามช่วงอายุของอาคาร



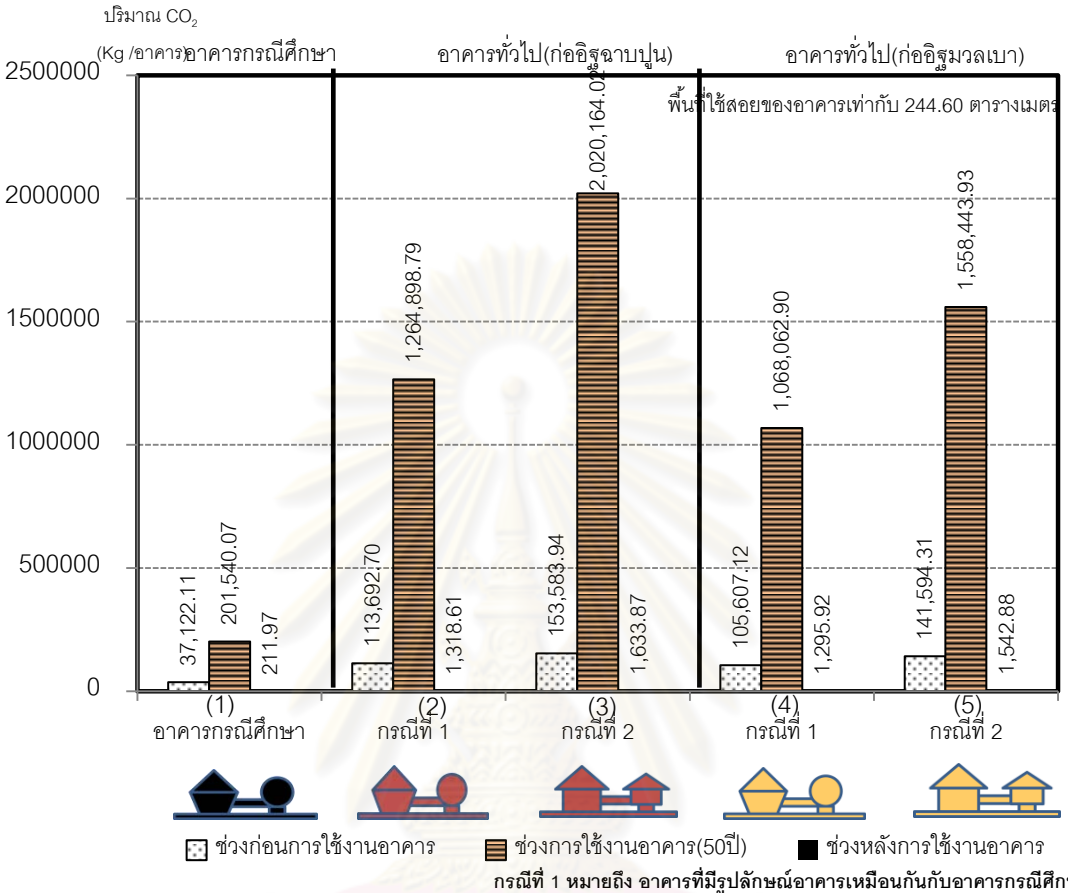
กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-21 การเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารกรณีศึกษา ต่อการใช้งานอาคาร 1 ปี โดยแบ่งตามช่วงอายุของอาคาร

จากแผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารกรณีศึกษา ต่อการใช้งานอาคาร 1 ปี โดยแบ่งตามช่วงอายุของอาคารนั้น จากการวิเคราะห์พบว่า ในช่วงของการใช้งานอาคารนั้นจะเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาของอาคาร ซึ่งหากประเมินอายุการใช้งานในช่วง 50 ปี ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการใช้งานอาคาร

แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารกรณีศึกษา ต่อการใช้งานอาคาร 50 ปี โดยแบ่งตามช่วงอายุของอาคาร



กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

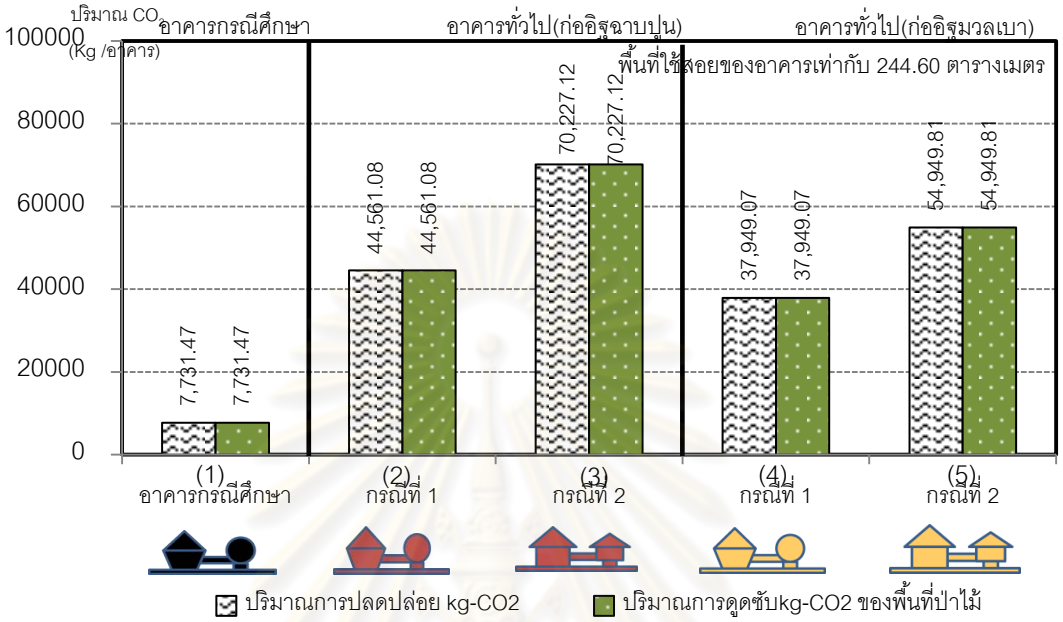
กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-22 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารกรณีศึกษา ต่อการใช้งานอาคาร 50 ปี โดยแบ่งตามช่วงอายุของอาคาร

4.2.3 ผลการวิเคราะห์สมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร

การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นโดยการประเมินการสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเป็นการชดเชยผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานในวัฏจักรชีวิตทุกช่วงอายุการใช้งานของอาคารกับจำนวนพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้สมดุลกัน เมื่อวิเคราะห์จากปริมาณการใช้พลังงานในวัฏจักรชีวิตของอาคารระยะเวลา 30 ปี โดยการเปรียบเทียบความสมดุลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในช่วงก่อนการใช้งานอาคาร และหลังการใช้งานอาคารคิดเฉลี่ยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องดูดซับในแต่ละปีตลอดอายุการใช้งานของอาคาร รวมกับช่วงการใช้งานอาคาร1ปี

แผนภูมิสรุปผลการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุเปลือกอาคาร ในวัฏจักรชีวิตของอาคารต่อการใช้งานอาคาร 30 ปี



กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-23 สรุปผลการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ในวัฏจักรชีวิตของอาคารต่อการใช้งานอาคาร 50 ปี

ข้อมูลจากโครงการ Billion Tree campaign ของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ ที่ว่าด้วยการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กล่าวว่า พื้นที่ป่าไม้ 1 เฮกเตอร์จะสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ได้เท่ากับ 6 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อปี (UNEP, 2011) ซึ่งในการหาพื้นที่ป่าไม้เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นนั้นจะใช้หน่วยพื้นที่ป่าไม้เป็น 1 ตารางเมตร จะสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.6 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อปี

ข้อมูลจากโครงการศึกษาลักษณะของพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและขนาดพื้นที่ที่เหมาะสม สำหรับโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้ในประเทศไทย พบว่า ป่าไม้สัก ,ไม้ยูคาลิปตัส ,ไม้ยางพารา ,ไม้อะคาเซีย ,ไม้โตช้า และไม้โตเร็วอื่นๆ สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 2.16 ,5.61 ,4.06 ,6.51 ,0.97 และ 3.02 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลาดับ(คณะวนศาสตร์, 2553) หรือเท่ากับ

ป่าไม้สัก พื้นที่ 1 ตารางเมตร = 1.35 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

ป่าไม้ยูคาลิปตัส พื้นที่ 1 ตารางเมตร = 3.51 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

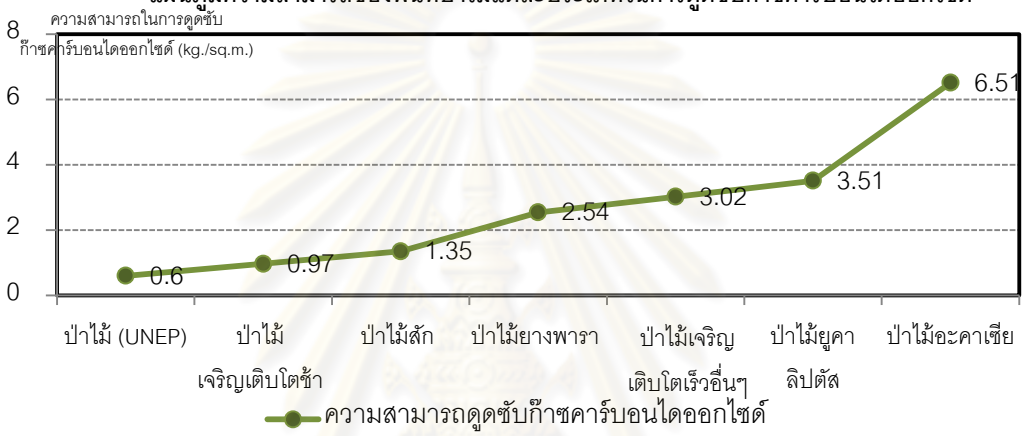
ป่าไม้ยางพารา พื้นที่ 1 ตารางเมตร = 2.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

ป่าไม้อะคาเซีย พื้นที่ 1 ตารางเมตร = 6.51 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

ป่าไม้โตช้า พื้นที่ 1 ตารางเมตร =0.97 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

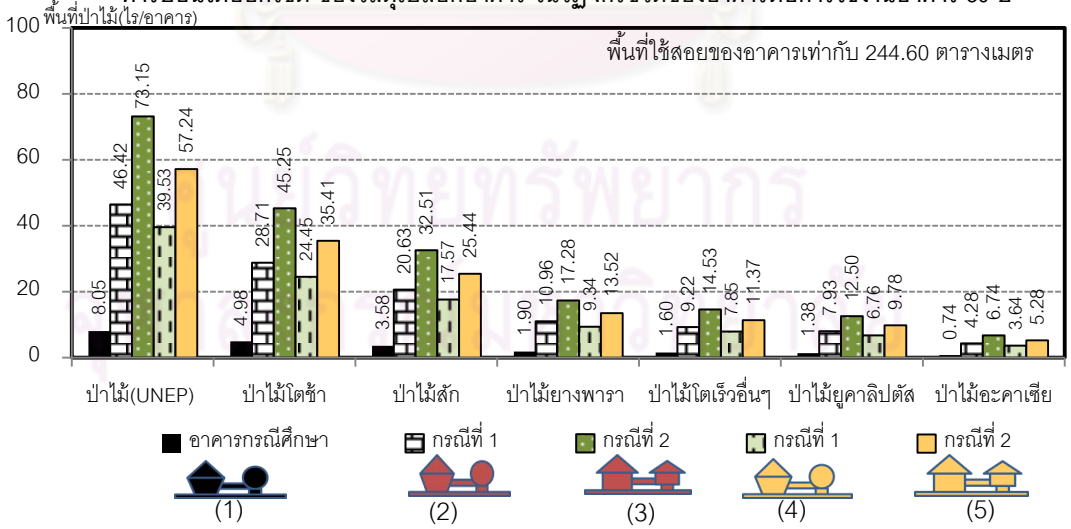
ป่าไม้โตเร็วอื่นๆ พื้นที่ 1 ตารางเมตร =3.02 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

แผนภูมิความสามารถของพื้นที่ป่าไม้แต่ละประเภทในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



แผนภูมิที่ 4-24 ความสามารถของพื้นที่ป่าไม้แต่ละประเภทในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

แผนภูมิสรุปผลการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้จากความสามารถของพื้นที่ป่าไม้แต่ละประเภทในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ในวัฏจักรชีวิตของอาคารต่อการใช้งานอาคาร 30 ปี



กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

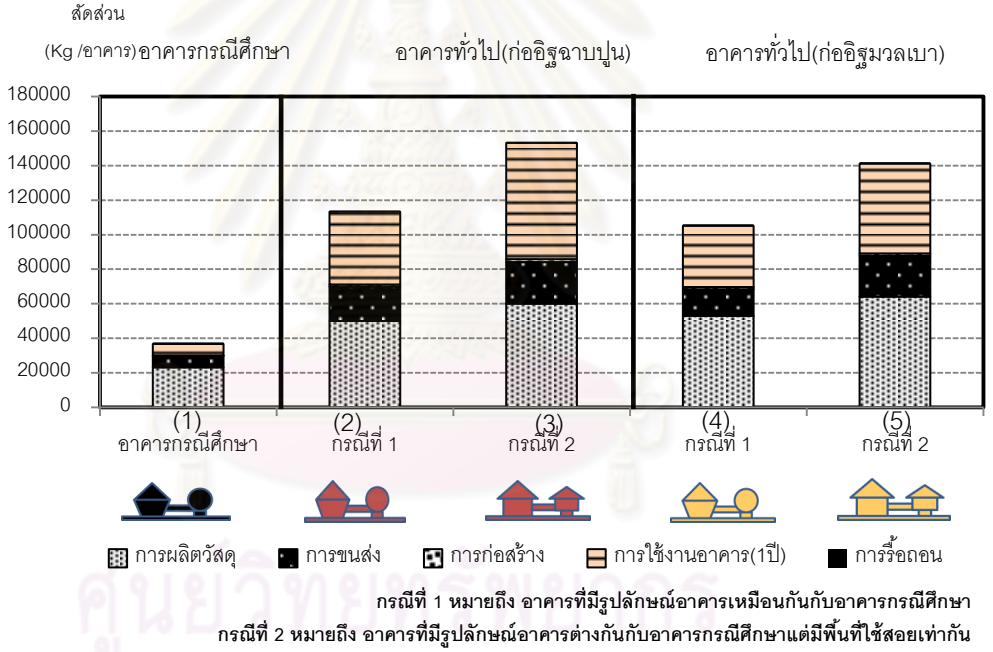
แผนภูมิที่ 4-25 สรุปผลการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้จากความสามารถของพื้นที่ป่าไม้แต่ละประเภทในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ในวัฏจักรชีวิตของอาคารต่อการใช้งานอาคาร 50 ปี

จากการวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร พบว่าหากต้องการสร้างอาคารโดยคำนึงถึงการสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์นั้นของแต่ละอาคาร ต้องใช้พื้นที่ป่าไม้จำนวนมากขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจากช่วงการใช้งานอาคาร 1 ปี รวมกับปริมาณการปลดปล่อยในช่วงก่อนการใช้งานอาคารและหลังการใช้งานอาคารเพื่อเฉลี่ยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องดูดซับในแต่ละปีตลอดอายุการใช้งานของอาคาร จากการวิเคราะห์การใช้งานอาคาร 30 ปี เมื่อเทียบกับพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในหน่วยของโครงการ Billion Tree Campaign ของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ พื้นที่ป่าไม้ 1 เฮกเตอร์ จะสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ได้เท่ากับ 6 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อปี (UNEP, 2011) ซึ่งในการหาพื้นที่ป่าไม้เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นนั้นจะใช้หน่วยพื้นที่ป่าไม้เป็น 1 ตารางเมตร จะสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.6 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี อาคารกรณีศึกษาต้องใช้พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 8 ไร่ อาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) กรณีที่ 1 ที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกับอาคารกรณีศึกษาต้องใช้พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 46.42 ไร่ อาคารทั่วไป (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) กรณีที่ 2 ที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารกันต้องใช้พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 73.15 ไร่ และอาคารทั่วไป(ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) กรณีที่ 1 ที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกับอาคารกรณีศึกษาต้องใช้พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 39.63 ไร่ อาคารทั่วไป (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) กรณีที่ 2 ที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารกันต้องใช้พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 57.24 ไร่ ซึ่งมากกว่าอาคารกรณีศึกษาประมาณ 5-9 เท่า หรือหากเทียบกับพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในหน่วยของโครงการศึกษาลักษณะของพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและขนาดพื้นที่ที่เหมาะสม สำหรับโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้ในประเทศไทย (คณะวนศาสตร์, 2553) พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะขึ้นอยู่กับประเภทของป่าไม้และความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเภทป่าไม้นั้นๆ

4.3 ผลการวิเคราะห์แนวทางเพื่อสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร

ปริมาณสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ของอาคารที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับพื้นที่ป่าไม้ที่ต้องใช้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่า ในการสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์นั้นต้องใช้พื้นที่ป่าไม้จำนวนมากและเมื่อเทียบกับสัดส่วนของแต่ละขั้นตอน ทั้ง 5 ขั้นตอน พบว่าสัดส่วนของการใช้งานอาคารมีผลต่อจำนวนพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อสัดส่วนการใช้งานอาคารน้อยส่งผลต่อพื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ที่น้อยด้วย

แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารกรณีศึกษา ต่อการใช้งานอาคาร 1 ปี โดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน



กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา
กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 4-26 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร ที่เกิดจากวัสดุเปลือกอาคารของอาคารทั่วไปกับอาคารกรณีศึกษา ต่อการใช้งานอาคาร 1 ปี โดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารในการศึกษานั้น พบว่าเมื่อมีปริมาณการใช้พลังงานในปริมาณที่สูง ส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมากขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์ความสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร อาคารที่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากส่งผลต่อพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากด้วย จากการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารกรณีศึกษาและอาคารทั่วไป การประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในช่วงการใช้งานคิดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ส่วนในช่วงของก่อนการใช้งานอาคารและหลังการใช้งานอาคารสามารถคิดสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้และการคิดพื้นที่สมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นอยู่กับอายุของการใช้งานอาคาร โดยการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงก่อนและหลังการใช้งานอาคาร และคิดเฉลี่ยกับอายุการใช้งานตลอดช่วงอายุอาคาร การศึกษาครั้งนี้ประเมินอาคารทั้ง 5 อาคารโดยกำหนดให้อายุของอาคารเป็น 30 ปี เพื่อคำนวณหาค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องดูดซับด้วยพื้นที่ป่าไม้ต่อปี อาคารที่มีพื้นที่ใช้สอย 244.6 ตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไป พบว่าอาคารทั่วไปต้องใช้ปริมาณพื้นที่ป่าไมมากกว่าอาคารกรณีศึกษาประมาณ 5-9 เท่า ซึ่งปริมาณพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้

ปริมาณการปล่อยปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีการปลดปล่อยมากสุด คือ ช่วงการใช้งานอาคาร แนวทางการออกแบบเพื่อสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในการออกแบบอาคารเพื่อสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้น สามารถออกแบบอาคารใช้มีการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนี้

ช่วงของการใช้งานอาคารสามารถออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานได้ ซึ่งจากแนวทางของการออกแบบอาคารกรณีศึกษา มีการออกแบบโดยคำนึงถึง 4 ตัวแปร

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร

สัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยอาคาร

ความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกกับภายในอาคาร

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ช่วงของการใช้งานอาคารสามารถใช้พลังงานทดแทนเข้ามาใช้ในอาคารแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเป็นการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งในช่วงการใช้งานอาคารนี้หากสามารถออกแบบให้มีการใช้พลังงานทดแทนโดยที่ปริมาณพลังงานทดแทนเท่ากับปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคารก็สามารถสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในส่วนการใช้งานนี้ได้

ส่วนในช่วงก่อนและการใช้งานอาคารขึ้นอยู่กับการออกแบบอาคาร ซึ่งมีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือ สัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยอาคาร และประสิทธิภาพของวัสดุเปลือกอาคารแต่ละชนิด ดังนั้นแนวทางการออกแบบเพื่อสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรอาคารนี้ หากมีการนำเอาพลังงานทดแทนเข้ามาใช้ในช่วงของการใช้งานอาคาร สามารถลดพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้สมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารลงได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผล

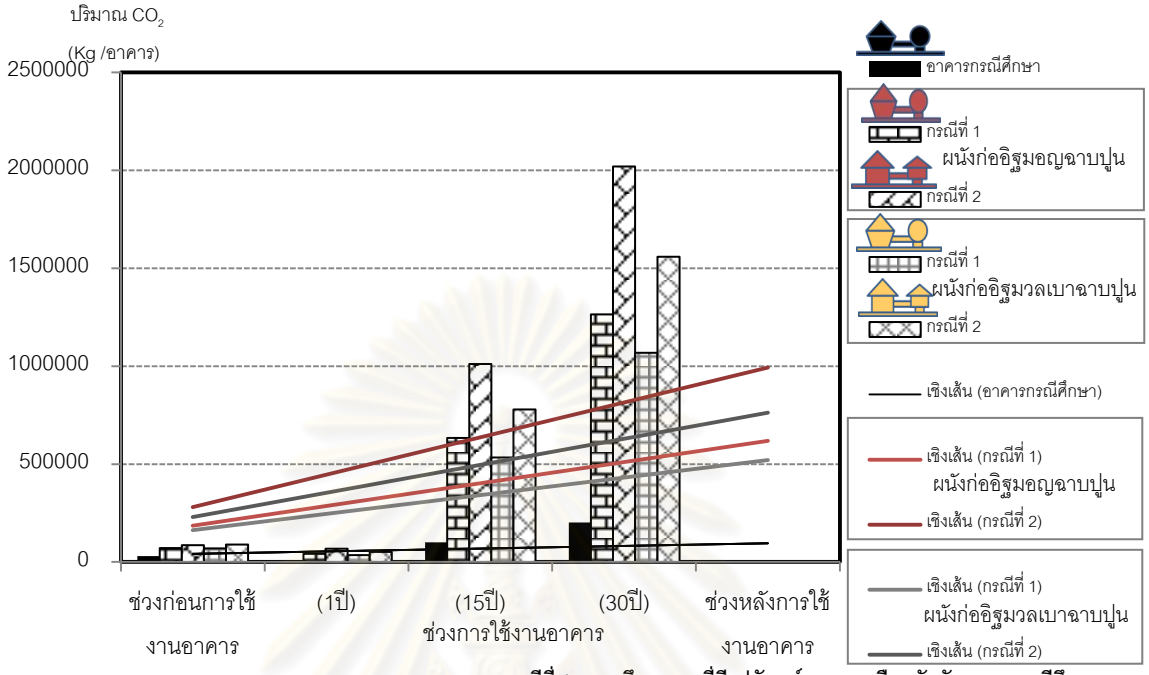
5.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารกรณีศึกษาและอาคารทั่วไป

การศึกษาวิจัยในหัวข้อการประเมินสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร เป็นการประเมินเปรียบเทียบการชดเชยผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบประมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานโดยรวมในวัฏจักรของชีวิตอาคาร กับปริมาณความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้ ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไป (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) และอาคารทั่วไป (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน)

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในทุกช่วงของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับตัวอาคาร ซึ่งเริ่มจากช่วงเริ่มต้นก่อตั้งตัวอาคาร ได้แก่ การผลิตวัสดุก่อสร้างที่นำมาก่อสร้างตัวอาคารจากผู้ผลิต การขนส่งวัสดุมายังสถานที่ก่อสร้างอาคาร การก่อสร้างตัวอาคาร จนถึงการใช้งานของตัวอาคาร รวมไปถึงช่วงสุดท้ายของตัวอาคารในการรื้อถอนอาคาร ซึ่งในแต่ละช่วงการปลดปล่อยมีปริมาณในการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่แตกต่างกันเนื่องจากปริมาณการใช้พลังงานที่ต่างกัน และในช่วงการใช้งานอาคารปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดหากเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการช่วงของอายุของอาคารทั้งวัฏจักรของอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิสรุปผลการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุเปลือกอาคาร ในวัฏจักรชีวิตของอาคารต่อการใช้งานอาคาร 1, 15 และ30 ปี



กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา
กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 5-1 แผนภูมิสรุปผลการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแนวโน้มการ ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ในวัฏจักรชีวิตของ อาคารต่อการใช้งานอาคาร 1, 15 และ30ปี

จากการแสดงแนวโน้มปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อประเมินการปลดปล่อย ในช่วงอายุอาคาร 1, 15 และ 30 ปี พบว่าแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งหากไม่มีการชดเชยผลกระทบที่เกิดขึ้น การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น

5.1.2 ผลจากการวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร

การวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร โดยใช้กรณีศึกษาอาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ จังหวัดนครราชสีมา อาคารมีพื้นที่ใช้สอย 244.6 ตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไป พบว่า ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารทั่วไป มากกว่าอาคารกรณีศึกษาถึง 5-10 เท่า และช่วงของการใช้งานอาคารมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ซึ่งหากไม่มีการชดเชยผลกระทบที่เกิดขึ้น การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของ

อาคารก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อคิดเป็นราคาคาร์บอนเครดิตจากการประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในวัฏจักรชีวิตอาคาร โดยสรุปในตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 5-1 ผลการวิเคราะห์รายจ่ายจากคาร์บอนเครดิตของอาคารทั่วไปเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษาและใช้กรณีศึกษาเป็นอาคารอ้างอิง

รายการ	อาคารกรณีศึกษา	อาคารทั่วไป (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน)		อาคารทั่วไป (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน)	
		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
ปริมาณการปลดปล่อย CO_2(tCO_2/ปี)	7.73	44.56	70.22	38.08	53.75
คาร์บอนเครดิตที่ไม่สามารถลดได้เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษา(tCO_2/ปี)	0.00	36.83	62.48	30.35	46.02
รายจ่ายที่เกิดขึ้นจากคาร์บอนเครดิต(บาท/1ปี)	0.00	22,620.01	38,376.95	18,637.51	28,263.13
รายจ่ายที่เกิดขึ้นจากคาร์บอนเครดิต(บาท/30ปี)	0.00	678,600.31	1,151,308.53	559,125.40	847,893.91

หมายเหตุ 1ยูโร = 43.87 บาท (กระทรวงการคลัง, 2554)

Carbon credit 1 ตัน=14 ยูโร (กระทรวงพลังงาน, 2554)

จากตารางเป็นรายจ่ายที่เกิดขึ้นจากคาร์บอนเครดิต เป็นรายจ่ายที่เกิดจากอาคารทั่วไปที่ไม่สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษา ซึ่งในแต่ละปีอาคารทั่วไปต้องจ่ายเงินเพื่อชดเชยสำหรับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปถึงปีละ11,303.44-30,960.80 บาท

ผลการวิเคราะห์รายจ่ายที่เกิดขึ้นในเรื่องของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในช่วงของการใช้งานอาคาร เมื่อเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไป พบว่าค่าใช้จ่ายในเรื่องของพลังงานใน 1 ปีของอาคารทั่วไป มากกว่าอาคารกรณีศึกษาถึง 189,764.83-398,270.95 บาทต่อปี ดังตารางสรุปค่าใช้จ่ายในเรื่องพลังงาน ดังนี้

ตารางที่ 5-2 สรุปค่าใช้จ่ายในเรื่องพลังงานที่ใช้ในอาคารใน 1 ปี

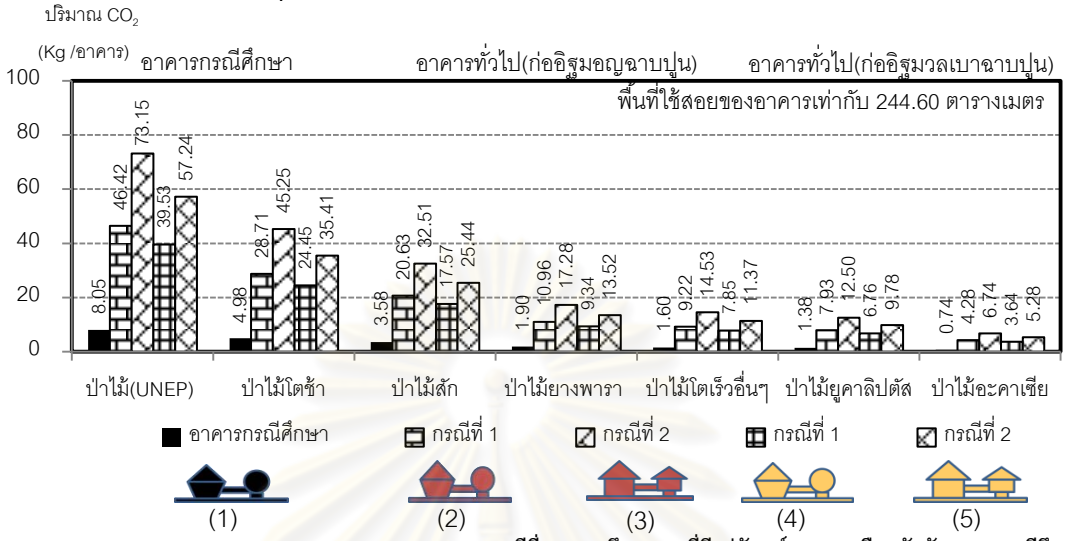
รายการ	อาคารกรณีศึกษา	อาคารทั่วไป (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน)		อาคารทั่วไป (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน)	
		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
พลังงานที่ใช้ในจากระบบปรับอากาศ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	8,134.21	52,271.41	97,961.99	40,363.61	70,029.74
พลังงานที่ใช้จากไฟฟ้าแสงสว่าง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	1,339.01	11,940.88	11,940.88	11,940.88	11,940.88
พลังงานที่ใช้จากอุปกรณ์ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	2,719.16	12,309.11	12,309.11	12,309.11	12,309.11
พลังงานที่ใช้ทั้งอาคารทั้งหมด (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	12,192.38	76,521.40	122,211.98	64,613.61	94,279.73
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้(บาท/ปี)	44,136.42	277,007.48	442,407.37	233,901.25	341,292.62
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้เมื่อใช้กรณีศึกษาเป็นอาคารอ้างอิง					
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้ (บาท/1ปี)	0	232,871.06	398,270.95	189,764.83	297,156.20
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถลดได้ (บาท/50ปี)	0	6,986,131.85	11,948,128.44	5,692,945.01	8,914,686.13

หมายเหตุ อาคารกรณีศึกษา หมายถึง อาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ

5.1.2.1 ผลจากการวิเคราะห์สมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารกรณีศึกษาและอาคารทั่วไป

การประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในจักรชีวิตของอาคารกรณีศึกษาและอาคารทั่วไป จากการวิเคราะห์การใช้งานอาคาร 30 ปี เพื่อคำนวณหาค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องดูดซับด้วยพื้นที่ป่าไม้ต่อปี ซึ่งปริมาณพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้ เพื่อเป็นการชดเชยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น

แผนภูมิสรุปผลการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุเปลือกอาคาร ในวัฏจักรชีวิตของอาคารต่อการใช้งานอาคาร 30 ปี



กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา

กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน

แผนภูมิที่ 5-2 สรุปผลการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของวัสดุเปลือกอาคาร ในวัฏจักรชีวิตของอาคารต่อการใช้งานอาคาร 30 ปี

ปริมาณพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งป่าไม้แต่ละประเภทมีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน จากการประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลของการประเมินที่ได้จากการประเมินอาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ จังหวัดนครราชสีมาเป็นอาคารกรณีศึกษา อาคารมีพื้นที่ใช้สอย 244.6 ตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไป พบว่าอาคารทั่วไปต้องใช้ปริมาณพื้นที่ป่าไม้มากกว่าอาคารกรณีศึกษาประมาณ 5-10 เท่า สามารถสรุปตัวเลขจากการประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดังแผนภูมิที่ 5-2 จากตารางสรุปผลการวิจัยในการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของอาคารทั่วไปและอาคารกรณีศึกษา ใช้ฐานข้อมูลความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้จากโครงการ Billion Tree Campaign ของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ เป็นตัวอย่างในตารางสรุปผล หากวิเคราะห์ความสมดุลกับป่าไม้ประเภทต่างๆ ตามโครงการศึกษาลักษณะของพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและขนาดพื้นที่ที่เหมาะสม สำหรับโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้ในประเทศไทย พื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลก็จะเปลี่ยนไปตามประเภทป่าไม้

ตารางที่ 5-3 สรุปผลการวิเคราะห์พื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของอาคารทั่วไปและอาคาร

วัฏจักรชีวิตอาคาร		ช่วงก่อนการใช้งานอาคาร			ช่วงการใช้งานอาคาร	ช่วงหลังการใช้งานอาคาร
		ผลิต	ขนส่ง	ก่อสร้าง	ใช้งาน	รื้อถอน
อาคารกรณีศึกษา	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	23,125.41	6,662.43	211.97	6,718.00	404.3
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 30 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	23,125.41	6,662.43	211.97	201,540.07	404.3
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)(30ปี)	999.99			6,718.00	13.48
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ป่าไม้ 8.05 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1m^2	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ป่าไม้ 52.68 ตารางเมตร				
อาคารทั่วไป (กรณีที่ 1) ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	50,045.35	19,761.14	1,318.61	42,163.29	808.6
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 30 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	50,045.35	19,761.14	1,318.61	1,264,898.79	808.60
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)(30ปี)	2,370.84			42,163.29	26.95
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ป่าไม้ 46.41ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1m^2(m^2)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ป่าไม้ 303.63 ตารางเมตร				
อาคารทั่วไป (กรณีที่ 2) ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	59,953.98	24,252.99	1,633.87	67,338.80	808.6
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 30 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	59,953.98	24,252.99	1,633.87	3,366,940.04	808.60
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)(30ปี)	2,861.36			67,338.80	16.17
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ป่าไม้ 73.14 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1m^2	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ป่าไม้ 478.44 ตารางเมตร				

ตารางที่ 5-3 สรุปผลการวิเคราะห์พื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของอาคารทั่วไปและอาคาร (ต่อ)

วัฏจักรชีวิตอาคาร		ช่วงก่อนการใช้งานอาคาร			ช่วงการใช้งานอาคาร	ช่วงหลังการใช้งานอาคาร
		ผลิต	ขนส่ง	ก่อสร้าง	ใช้งาน	รื้อถอน
อาคารทั่วไป (กรณีที่ 1) ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	53,055.71	19,405.36	1,295.92	35,602.10	808.60
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 30 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	53,055.71	19,405.36	1,295.92	1,780,104.83	808.60
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)	2,458.57			35,602.10	16.17
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ป่าไม้ 39.66 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1m^2	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ป่าไม้ 259.45 ตารางเมตร				
อาคารทั่วไป (กรณีที่ 2) ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	64,134.67	23,564.32	1,542.88	51,948.13	808.60
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 30 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	64,134.67	23,564.32	1,542.88	2,597,406.56	808.60
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)	1,784.84			51,948.13	16.17
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ป่าไม้ 55.99 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1m^2	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ป่าไม้ 366.24 ตารางเมตร				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.2.2 ผลจากการวิเคราะห์สมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตอาคาร

วัฏจักรชีวิตของอาคารนั้น สามารถแบ่งได้ 3 ช่วง คือ ช่วงก่อนการใช้งานอาคาร ช่วงการใช้งานอาคาร และหลังการใช้งานอาคาร และได้แบ่งกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับตัวอาคารเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ การผลิตวัสดุ การขนส่ง การก่อสร้าง การใช้อาคาร และการรื้อถอนอาคาร เพื่อวิเคราะห์กาสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตอาคาร

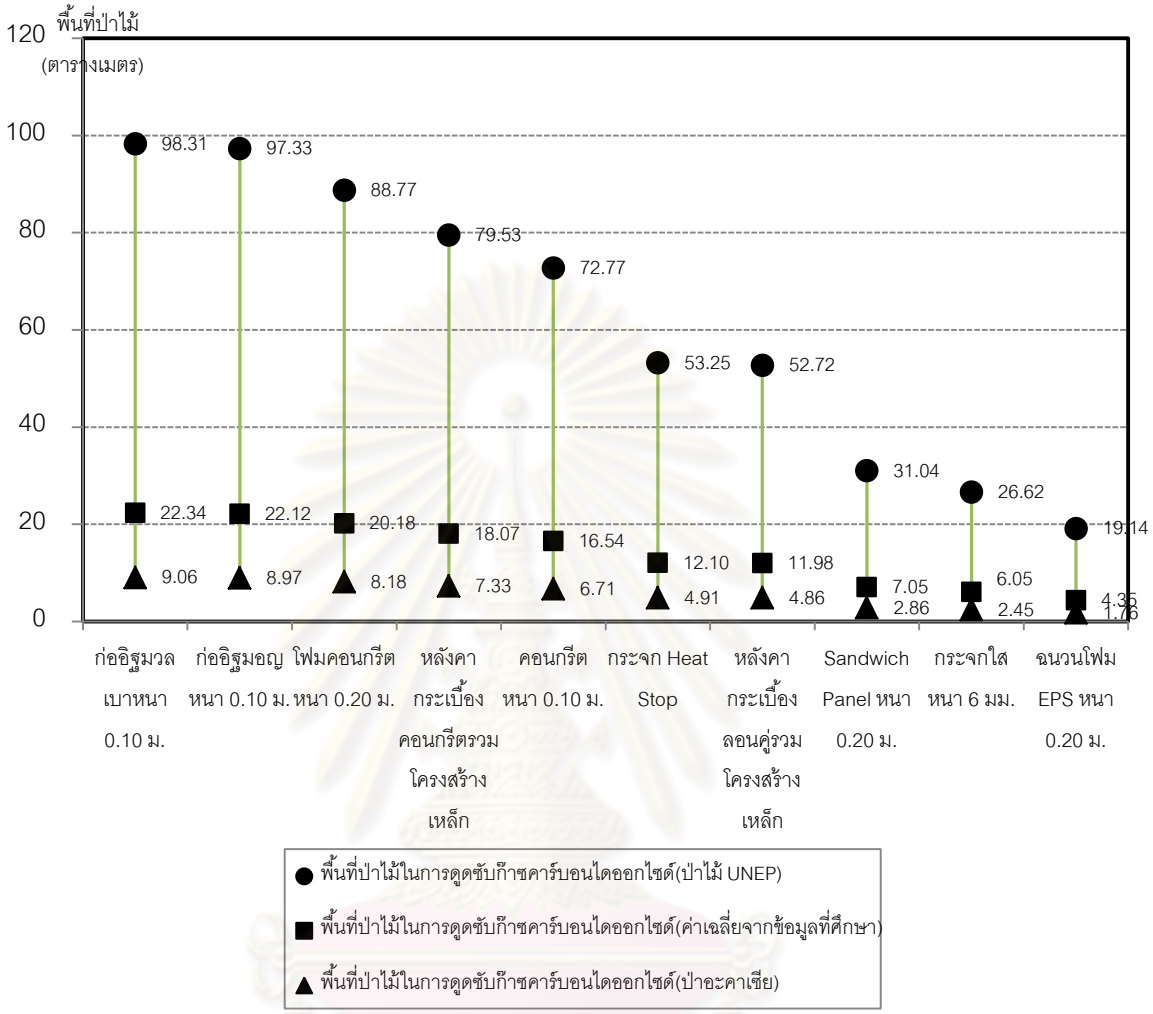
แนวทางสร้างการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลถึงผู้ที่เกี่ยวข้องในการรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น จากปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละช่วงของวัฏจักรชีวิตอาคาร โดยการสร้างสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากความสารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย และใช้ค่าน้อยสุด ค่าเฉลี่ย และค่ามากสุดจากฐานข้อมูลที่ศึกษา ในการสร้าสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์นั้นสามารถแบ่งได้ 2 กรณี คือ กรณีที่ผู้ที่เกี่ยวข้องมีส่วนในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และกรณีที่เจ้าของอาคารต้องรับผิดชอบตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของอาคารในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1) กรณีที่ผู้ที่เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ช่วงก่อนการใช้งานอาคาร

1.1) **ขั้นตอนการผลิตวัสดุ** ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการผลิต ส่งผลต่อหน้าที่ ที่ต้องรับผิดชอบในส่วนของอุตสากรรมการผลิต ซึ่งบริษัทผู้ผลิตวัสดุก่อสร้าง จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุก่อสร้าง จากข้อมูลที่ศึกษาโดยเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ส่งผลต่ออุตสาหกรรมการผลิต หรือบริษัทผู้ผลิตวัสดุก่อสร้างต้องรับผิดต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยการสร้างสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากความสามารถในการดูดซับของพื้นที่ป่าไม้ต่อตารางเมตร เรียงลำดับจากจากไปน้อยตามลำดับในแผนภูมิที่ 5-3 แสดงพื้นที่ป่าไม้ (ตารางเมตร) ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิดต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

แผนภูมิแสดงพื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิด ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

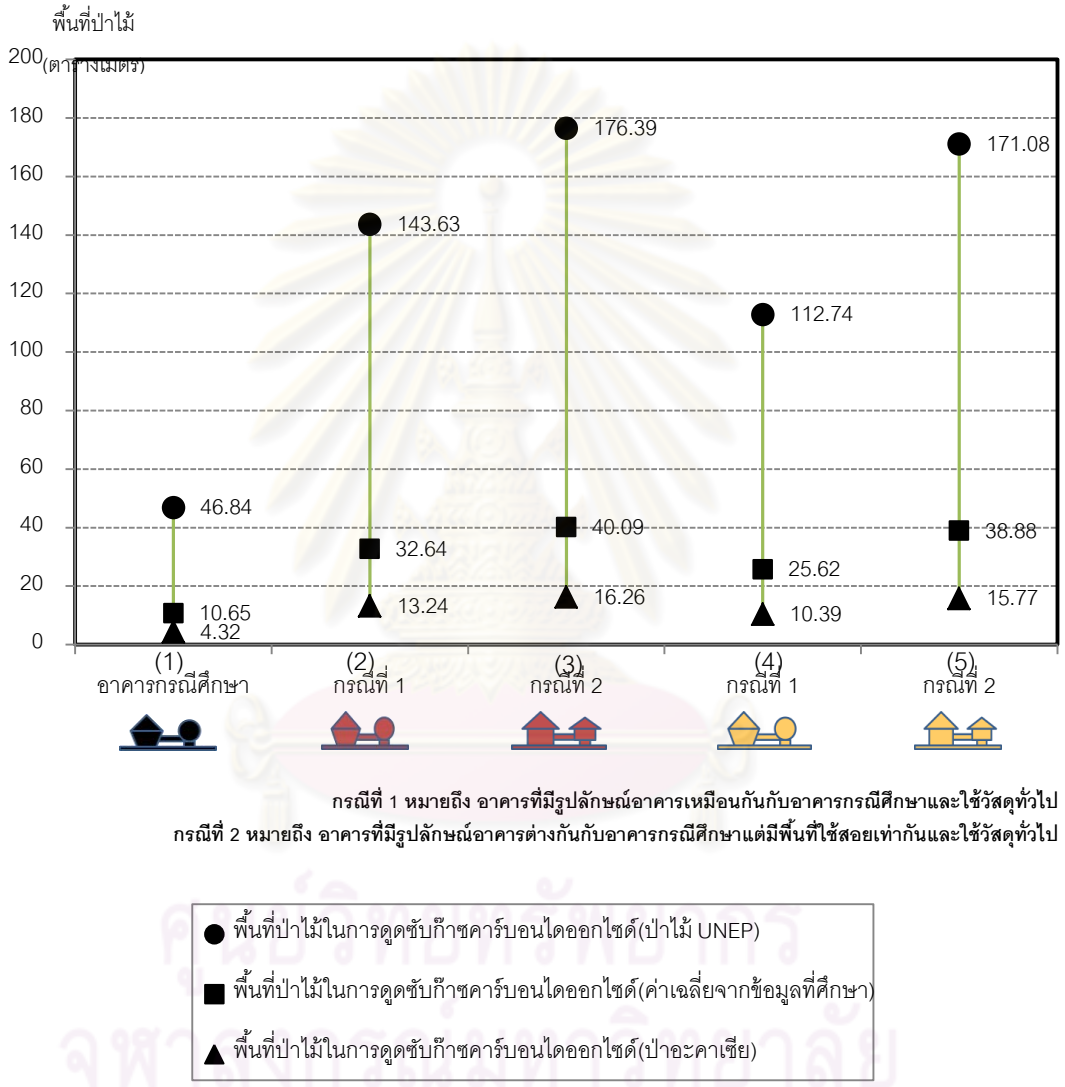


แผนภูมิที่ 5-2 พื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลคาร์บอนของขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิด ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

1.2) **ขั้นตอนการขนส่ง และการก่อสร้างอาคาร**ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการขนส่ง และก่อสร้างอาคาร ส่งผลต่อหน้าที่ ที่ต้องรับผิดชอบในส่วนของบริษัทรับเหมาก่อสร้างในการขนส่งวัสดุก่อสร้างไปยังสถานที่ก่อสร้าง เนื่องจากการขนส่งวัสดุอาคารเป็นช่วงที่เกิดขึ้นในการดำเนินการก่อสร้างอาคาร จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการก่อสร้าง และการขนส่ง จากข้อมูลที่ศึกษาโดยเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ส่งผลต่อบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างต้องรับผิดต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยการสร้างสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากความสามารถในการดูดซับของพื้นที่ป่า

ไม้ต่อตารางเมตร ในแผนภูมิที่ 5-4 แสดงพื้นที่ป่าไม้ (ตารางเมตร) ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการขนส่งและก่อสร้างอาคารต่ออาคารกรณีศึกษาและอาคารทั่วไปต่อพื้นที่อาคาร 1 ตารางเมตร

แผนภูมิแสดงพื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการขนส่งและก่อสร้างแต่ละชนิดต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร



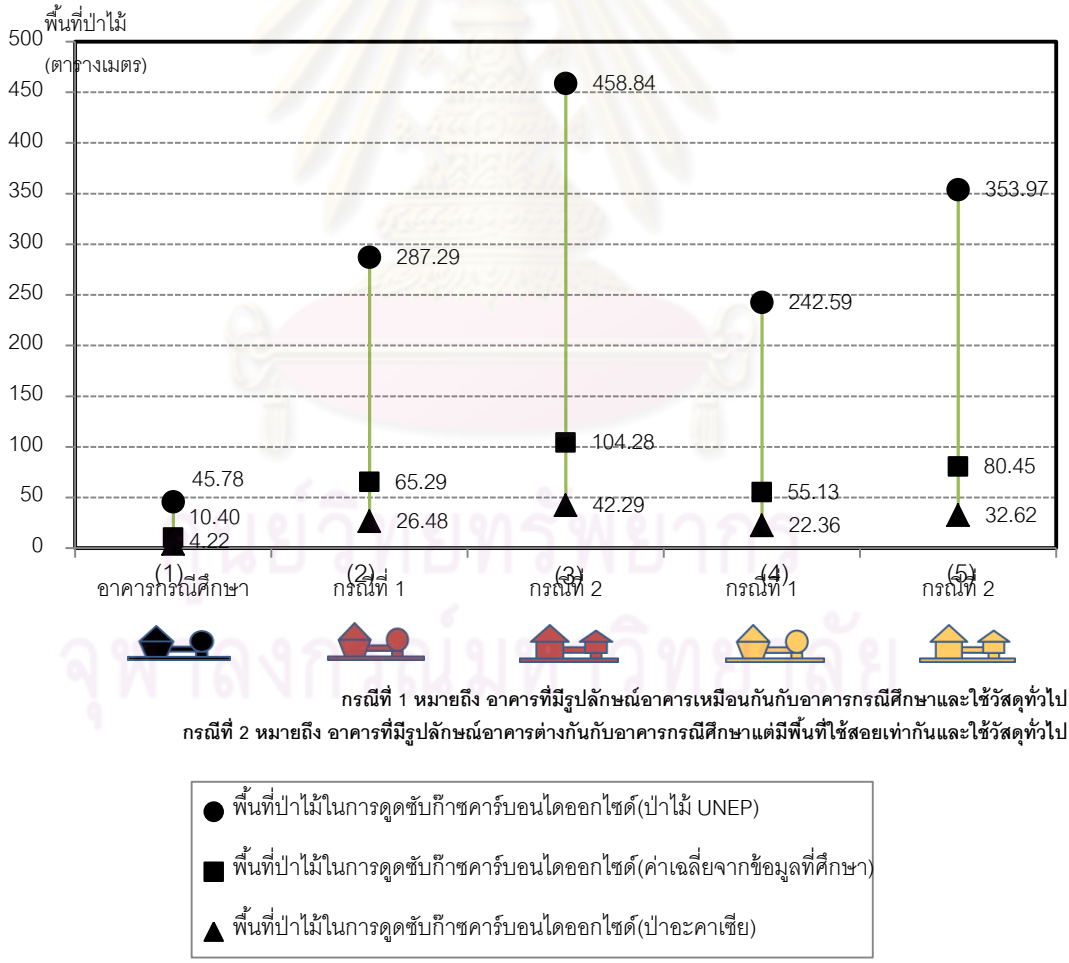
กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษาและใช้วัสดุทั่วไป
กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากันและใช้วัสดุทั่วไป

แผนภูมิที่ 5-3 แสดงพื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการขนส่งและก่อสร้างแต่ละชนิดต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

ช่วงการใช้งานอาคาร

1.1) **การใช้งานอาคาร** ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการใช้งานอาคาร ส่งผลต่อหน้าที่ ที่ต้องรับผิดชอบในส่วนของเจ้าของโครงการจากผลการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการใช้งานอาคารตลอดระยะเวลา 1 ปี จากการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ส่งผลต่อ เจ้าของโครงการที่ต้องรับผิดต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยการสร้างสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากความสามารถในการดูดซับของพื้นที่ป่าไม้ต่อตารางเมตร ในแผนภูมิที่ 5-5 แสดงพื้นที่ป่าไม้ (ตารางเมตร) ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการใช้งานอาคารต่ออาคารกรณีศึกษาและอาคารทั่วไปต่อพื้นที่อาคาร 1 ตารางเมตร

แผนภูมิแสดงพื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการใช้งานอาคาร ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร



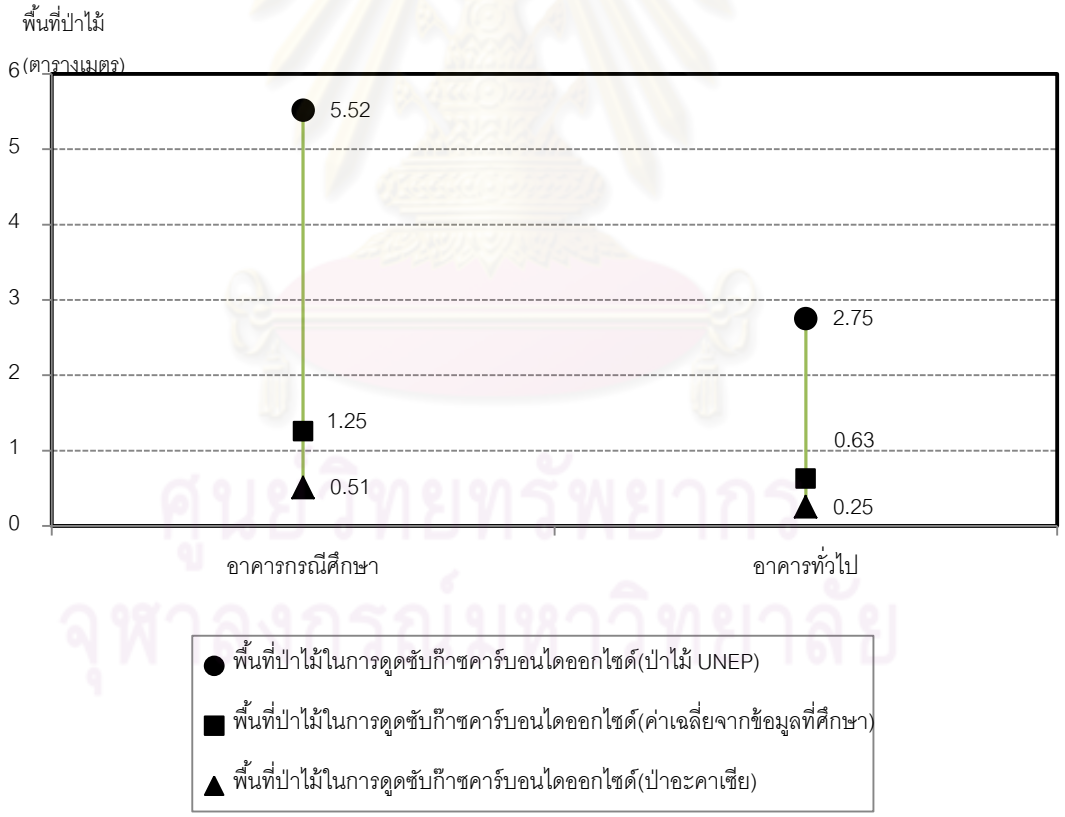
กรณีที่ 1 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษาและใช้วัสดุทั่วไป
กรณีที่ 2 หมายถึง อาคารที่มีรูปลักษณ์อาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษาแต่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากันและใช้วัสดุทั่วไป

แผนภูมิที่ 5-4 พื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการใช้งานอาคารต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

ช่วงหลังการใช้งานอาคาร

1.1) **การรื้อถอน** ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในช่วงของการรื้อถอน ส่งผลต่อหน้าที่ ที่ต้องรับผิดชอบในส่วนของบริษัทรับรื้อถอนอาคาร ในการรื้อถอนอาคารในส่วนของอาคารที่มีการใช้วัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หรือใช้ซ้ำนั้นอาจส่งผลต่อการลดลงของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตได้ จากข้อมูลที่ศึกษาจากการประมาณการใช้พลังงาน โดยเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ส่งผลต่อบริษัทรื้อถอนที่ต้องรับผิดต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยการสร้างสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากความสามารถในการดูดซับของพื้นที่ป่าไม้ต่อตารางเมตร เรียงลำดับจากจากไปน้อยตามลำดับในแผนภูมิที่ 5-6 แสดงพื้นที่ป่าไม้ (ตารางเมตร) ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการรื้อถอนอาคารต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

แผนภูมิแสดงพื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

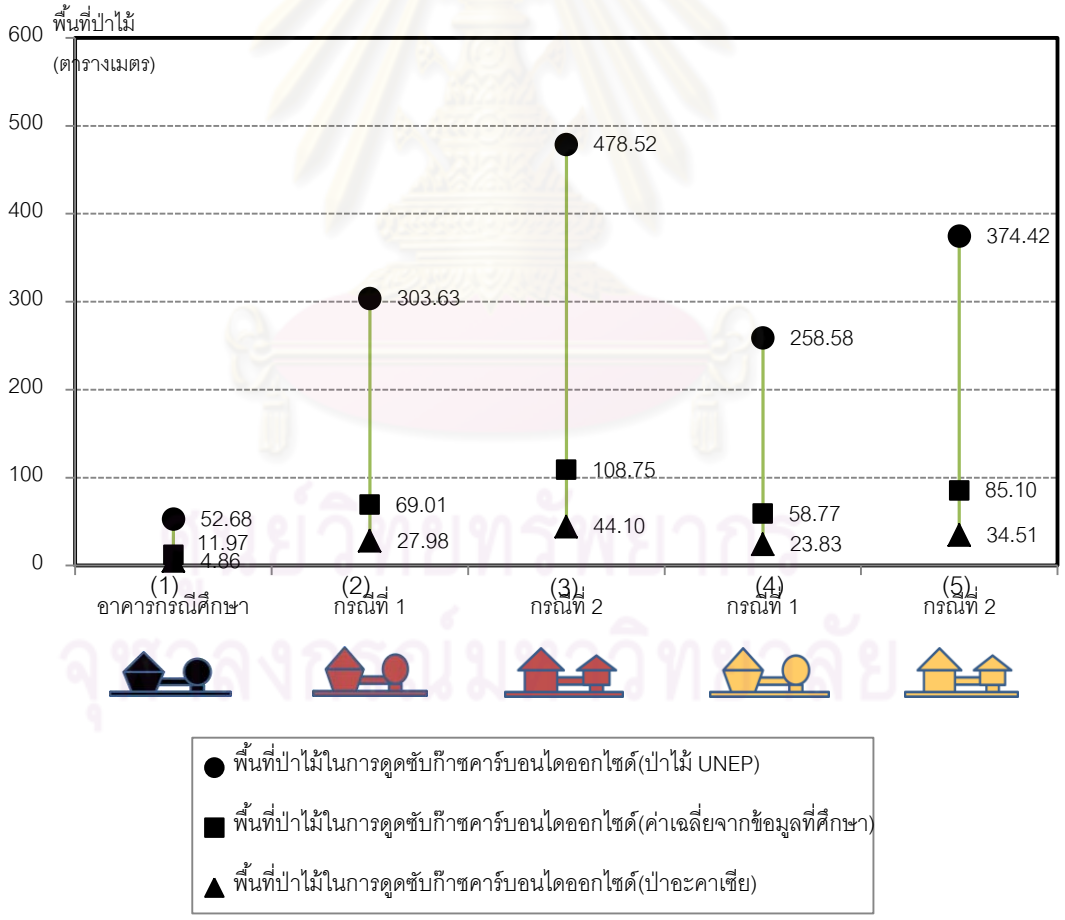


แผนภูมิที่ 5-5 พื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของขั้นตอนการรื้อถอนอาคารต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

2) กรณีที่เจ้าของอาคารต้องรับผิดชอบตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของอาคารในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในวัฏจักรชีวิตอาคาร จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุก่อสร้าง จากข้อมูลที่ศึกษาโดยเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ส่งผลต่ออุตสาหกรรมการผลิต หรือบริษัทผู้ผลิตวัสดุก่อสร้างต้องรับผิดต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยการสร้างสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากความสามารถในการดูดซับของพื้นที่ป่าไม้ต่อตารางเมตร เรียงลำดับจากจากไปน้อยตามลำดับในแผนภูมิที่ 5-3 แสดงพื้นที่ป่าไม้ (ตารางเมตร) ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนของวัฏจักรชีวิตอาคารต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

แผนภูมิแสดงพื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนในวัฏจักรชีวิตของอาคารต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร



แผนภูมิที่ 5-6 พื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนในวัฏจักรชีวิตของอาคารต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

5.1.2.3 ผลจากการวิเคราะห์แนวทางเพื่อสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารกรณีศึกษาและอาคารทั่วไป

ผลการวิจัยนำไปสู่แนวทางการออกแบบอาคารโดย ในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้น หากมีแนวทางการออกแบบอาคารที่คำนึงถึงการใช้พลังงานในช่วงการใช้งานอาคาร ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่ยาวนานส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดนั้น การใช้งานอาคารนอกจากจะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้น ยังมีการการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอื่นๆด้วย เช่น ก๊าซมีเทน ซึ่งเกิดจากการใช้ห้องส้วมของอาคาร และก๊าซมีเทนมีศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 21 เท่า การออกแบบอาคารโดยนำประโยชน์จากก๊าซชีวภาพที่ได้จากห้องส้วมนั้น จึงมีส่วนสำคัญมากที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบ การประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารและนำพลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพที่เกิดการใช้งานในอาคารมาใช้

- **การสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการใช้พลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพ**

การใช้งานอาคารมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดจากการใช้งานอาคารจากห้องส้วมตลอดระยะเวลาการใช้งานอาคารตลอดระยะเวลาการใช้งานอาคาร 30 ปี ในการคำนวณช่วงการใช้งานของอาคารกรณีศึกษาและอาคารทั่วไปเท่ากัน ระยะเวลาการใช้งานกำหนดให้มีการใช้งานวันละ 11 ชั่วโมง เวลา 8.00-18.00 น. ใช้งานตลอดทั้งปีเท่ากับ 3,487 ชั่วโมง

ห้องน้ำสาธารณะจากรูปแบบอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์ มีทั้งหมด 12 ห้อง กำหนดให้มีการใช้งานร้อยละ 25 ห้องน้ำ การใช้งานครั้งละ 6 นาทีต่อคน ใน 1 ชั่วโมง มีคนเข้าใช้เท่ากับ 30 คน คิดคนเข้าใช้ในการอุจจาระเป็น ร้อยละ 30 จากจำนวนผู้เข้าใช้ ใน 1 วัน จะได้ จำนวนคนที่อุจจาระเท่ากับ 99 คน และได้อุจจาระเท่ากับ 36.9 กิโลกรัม การเกิดก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของอุจจาระจากส้วม จากข้อมูล อุจจาระ 1 กิโลกรัมหากหมักในสภาวะไร้ออกซิเจนจะเกิดก๊าซมีเทน 0.020-0.028 ลูกบาศก์เมตร (สำนักอานามัยและสิ่งแวดล้อม. 2554) หรือเท่ากับ 0.20 ลูกบาศก์เมตร (ภัทรา สินธุรันต์, 2553) และก๊าซมีเทนมีค่าความร้อน 39.4 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร สามารถใช้แทนน้ำมันเตาได้ 0.67 ลิตร ซึ่งเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า 9.7 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

จากการใช้งานอาคารใน 1 ปี มีก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากอุจจาระในการใช้ห้องส้วมจากการใช้งานอาคาร 1 ปี เท่ากับ 1,255.32 ลูกบาศก์เมตรโดยคำนวณจาก

ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลที่ศึกษา อาคารกรณีศึกษาที่มีการใช้ประโยชน์จากก๊าซมีเทน โดยการใช้พลังงานทดแทนที่เกิดจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากก๊าซมีเทนจากการย่อยสสารสารอินทรีย์ (อุจจาระ) แบบไร้อ๊อกซิเจน โดยใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานกลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การใช้งานอาคารใน 1 ปี จากการคำนวณจากคุณสมบัติของก๊าซมีเทนข้างต้น สามารถผลิตผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 12,176.60 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 6,709.31 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากข้อมูลของการผลิตไฟฟ้าแห่งประเทศไทยปี 2553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5-4 สรุปผลการวิจัยในการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในกรณีที่อาคารทั่วไปและอาคารกรณีศึกษามีการใช้พลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพ

วัฏจักรชีวิตอาคาร		ช่วงก่อนการใช้งานอาคาร			ช่วงการใช้งานอาคาร	ช่วงหลังการใช้งานอาคาร
		ผลิต	ขนส่ง	ก่อสร้าง	ใช้งาน	รื้อถอน
อาคารกรณีศึกษา	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	23,125.41	6,662.43	211.97	6,718.00	404.3
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 50 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	23,125.41	6,662.43	211.97	201,540.07	404.3
	CH_4ที่เกิดขึ้นจากอุจจาระในใช้ห้องส้วมจากการใช้งานอาคาร 1 ปี(m^3)	-	-	-	1,255.32	-
	พลังงานทดแทนแก๊สชีวภาพ)ที่ผลิตได้ ต่อ ปี(kWh)	-	-	-	12,176.60	-
	การปลดปล่อยCO_2 เทียบเท่า CH_4ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร(1ปี)	-	-	-	6,709.31	-
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)	999.99			8.69	13.48
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 1.07 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร $1m^2$	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 6.96 ตารางเมตร				
อาคารทั่วไป (กรณีที่ 1) ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	50,045.35	19,761.14	1,318.61	42,163.29	808.60
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 50 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	50,045.35	19,761.14	1,318.61	1,264,898.79	808.60
	CH_4ที่เกิดขึ้นจากอุจจาระในใช้ห้องส้วมจากการใช้งานอาคาร 1 ปี(m^3)	-	-	-	1,255.32	-
	พลังงานทดแทน(แก๊สชีวภาพ)ที่ผลิตได้ ต่อ ปี(kWh)	-	-	-	12,176.60	-
	การปลดปล่อยCO_2 เทียบเท่า CH_4ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร(1ปี)	-	-	-	6,709.31	-
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)	2,370.84			35,453.98	26.95
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 39.42 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร $1m^2$	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 257.92 ตารางเมตร				

ตารางที่ 5-4 สรุปผลการวิจัยในการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในกรณีที่อาคารทั่วไปและอาคารกรณีศึกษามีการใช้พลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพ(ต่อ)

วัฏจักรชีวิตอาคาร		ช่วงก่อนการใช้งานอาคาร			ช่วงการใช้งานอาคาร	ช่วงหลังการใช้งานอาคาร
		ผลิต	ขนส่ง	ก่อสร้าง	ใช้งาน	รื้อถอน
อาคารทั่วไป (กรณีที่ 2) ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	59,953.98	24,252.99	1,633.87	67,338.80	808.60
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 50 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	59,953.98	24,252.99	1,633.87	2,020,164.02	808.60
	CH_4ที่เกิดขึ้นจากอุจจาระในใช้ห้องส้วมจากการใช้งานอาคาร 1 ปี(m^3)	-	-	-	1,255.32	-
	พลังงานทดแทน(แก๊สชีวภาพ)ที่ผลิตได้ ต่อ ปี(kWh)	-	-	-	12,176.60	-
	การปลดปล่อยCO_2 เทียบเท่า CH_4ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร(1ปี)	-	-	-	6,709.31	-
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)	2,861.36			60,629.49	26.95
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 66.17 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1m^2	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 432.80 ตารางเมตร				
อาคารทั่วไป (กรณีที่ 1) ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	53,055.71	19,405.36	1,295.92	35,602.10	808.60
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 50 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	53,055.71	19,405.36	1,295.92	1,068,062.90	808.60
	CH_4ที่เกิดขึ้นจากอุจจาระในใช้ห้องส้วมจากการใช้งานอาคาร 1 ปี(m^3)	-	-	-	1,255.32	-
	พลังงานทดแทน(แก๊สชีวภาพ)ที่ผลิตได้ ต่อ ปี(kWh)	-	-	-	12,176.60	-
	การปลดปล่อยCO_2 เทียบเท่า CH_4ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร(1ปี)	-	-	-	6,709.31	-
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)	2,458.57			28,892.79	26.95
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 32.69 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1m^2	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 213.82 ตารางเมตร				

ตารางที่ 5-4 สรุปผลการวิจัยในการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในกรณีที่อาคารทั่วไปและอาคารกรณีศึกษามีการใช้พลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพ (ต่อ)

วัฏจักรชีวิตอาคาร		ช่วงก่อนการใช้งานอาคาร			ช่วงการใช้งานอาคาร	ช่วงหลังการใช้งานอาคาร
		ผลิต	ขนส่ง	ก่อสร้าง	ใช้งาน	รื้อถอน
อาคารทั่วไป (กรณีที่ 2) ผนังก่ออิฐมวลฉาบปูน	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	64,134.67	23,564.32	1,542.88	51,948.13	808.60
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 50 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	64,134.67	23,564.32	1,542.88	1,558,443.93	808.60
	CH_4ที่เกิดขึ้นจากอุจจาระในใช้ห้องส้วมจากการใช้งานอาคาร 1 ปี(m^3)	-	-	-	1,255.32	-
	พลังงานทดแทน(แก๊สชีวภาพ)ที่ผลิตได้ ต่อ ปี(kWh)	-	-	-	12,176.60	-
	การปลดปล่อยCO_2 เทียบเท่า CH_4ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร(1ปี)	-	-	-	6,709.31	-
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)	2,974.73			45,238.82	26.95
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 50.25 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1m^2	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 328.70 ตารางเมตร				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารและนำพลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพที่เกิดการใช้งานในอาคารมาใช้ จากการนำปริมาณก๊าซมีเทนที่ปลดปล่อยมาใช้ก๊าซชีวภาพที่ได้ในขั้นตอนการใช้งานของอาคารกรณีศึกษา เมื่อเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับการใช้อาคารทั่วไปที่ไม่มีการการประโยชน์จากก๊าซมีเทน จากการวิเคราะห์ความสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแนวทางการออกแบบโดยใช้พลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพในการสร้างอาคารที่มีการชดเชยผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม อาคารกรณีศึกษาต้องใช้พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับในการก่อสร้างอาคารพื้นที่ 244.6 ตารางเมตร เพียง 1.06 ไร่ ซึ่งหากก่อสร้างอาคารด้วยการออกแบบทั่วไปต้องใช้พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับมากกว่า 32.69-66.16 ไร่ หรือหากเปรียบเทียบต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางเมตร อาคารกรณีศึกษาต้องใช้พื้นที่ปลูกต้นไม้ เพียง 6.9 ตารางเมตร แต่หากเป็นการก่อสร้างอาคารทั่วไปต้องใช้พื้นที่ปลูกต้นไม้มากกว่า 213.80-432.80 ตารางเมตร การออกแบบอาคารมีส่วนสำคัญในการลดปัญหาสภาวะโลกร้อนได้ ด้วยการออกแบบอาคารโดยคำนึงถึงการสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์นี้จึงส่งผลต่อการลดปัญหาสภาวะโลกร้อนที่กำลังทวีความรุนแรงขึ้นในปัจจุบันได้หากมีการนำปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในการใช้ห้องส้วมของอาคารในช่วงของการใช้งานอาคาร ซึ่งก๊าซมีเทนมีศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 21 เท่า (Paulo Artaxo, Terje Berntsen, Richard Betts and others, 2011) มาวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตอาคาร อาคารกรณีศึกษาที่มีการใช้พลังงานจากก๊าซชีวภาพที่ได้จากการปลดปล่อยก๊าซมีเทนเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไปที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์จากก๊าซมีเทน สามารถสรุปผลได้ ดังตารางที่ 5-5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5-5 สรุปผลการวิจัยในการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรณีที่อาคารทั่วไปไม่มีการใช้พลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพ

วัฏจักรชีวิตอาคาร		ก่อนการใช้งานอาคาร			การใช้งานอาคาร	หลังการใช้งานอาคาร
		ผลิต	ขนส่ง	ก่อสร้าง	ใช้งาน	รื้อถอน
อาคารกรณีศึกษา	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	23,125.41	6,662.43	211.97	6,718.00	404.3
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 30 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	23,125.41	6,662.43	211.97	201,540.07	404.3
	CH_4ที่เกิดขึ้นจากอุจจาระในใช้ห้องส้วมจากการใช้งานอาคาร 1 ปี(m^3)	-	-	-		-
	พลังงานทดแทน(ก๊าซชีวภาพ)ที่ผลิตได้ ต่อ ปี(kWh)	-	-	-		-
	การปลดปล่อยCO_2 เทียบเท่า CH_4ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร(1ปี)	-	-	-		-
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)	999.99			8.69	13.48
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ป่าไม้ 1.26 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1m^2	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ป่าไม้ 8.24 ตารางเมตร				
อาคารทั่วไป (กรณีที่ 1) ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	50,045.35	19,761.14	1,318.61	42,163.29	50,045.35
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 30 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	50,045.35	19,761.14	1,318.61	1,264,898.79	50,045.35
	CH_4ที่เกิดขึ้นจากอุจจาระในใช้ห้องส้วมจากการใช้งานอาคาร 1 ปี(m^3)	-	-	-	1,255.32	-
	พลังงานทดแทน(ก๊าซชีวภาพ)ที่ผลิตได้ ต่อ ปี(kWh)	-	-	-	-	-
	การปลดปล่อยCO_2 เทียบเท่า CH_4ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร(1ปี)	-	-	-	18,901.35	-
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)	2,370.84			61,064.65	26.95
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 66.15 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1m^2	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 423.42 ตารางเมตร				

ตารางที่ 5-5 สรุปผลการวิจัยในการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรณีที่อาคารทั่วไปไม่มีการใช้พลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพ (ต่อ)

วัฏจักรชีวิตอาคาร		ก่อนการใช้งานอาคาร			การใช้งานอาคาร	หลังการใช้งานอาคาร
		ผลิต	ขนส่ง	ก่อสร้าง	ใช้งาน	รื้อถอน
อาคารทั่วไป (กรณีที่ 2) ผนังก่ออิฐมวลฉาบปูน	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	59,953.98	24,252.99	1,633.87	67,338.80	59,953.98
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 30 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	59,953.98	24,252.99	1,633.87	2,020,164.02	59,953.98
	CH_4ที่เกิดขึ้นจากอุจจาระในใช้ห้องส้วมจากการใช้งานอาคาร 1 ปี(m^3)	-	-	-	1,255.32	-
	พลังงานทดแทน(ก๊าซชีวภาพ)ที่ผลิตได้ ต่อ ปี(kWh)	-	-	-	-	-
	การปลดปล่อยCO_2 เทียบเท่า CH_4ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร(1ปี)	-	-	-	18,901.35	-
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)	2,861.36			86,240.15	26.95
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 64.73 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1m^2	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 423.4 ตารางเมตร				
อาคารทั่วไป (กรณีที่ 1) ผนังก่ออิฐมวลฉาบปูน	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	53,055.71	19,405.36	1,295.92	35,602.10	808.60
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 30 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	53,055.71	19,405.36	1,295.92	1,068,062.90	808.60
	CH_4ที่เกิดขึ้นจากอุจจาระในใช้ห้องส้วมจากการใช้งานอาคาร 1 ปี(m^3)	-	-	-	1,255.32	-
	พลังงานทดแทน(ก๊าซชีวภาพ)ที่ผลิตได้ ต่อ ปี(kWh)	-	-	-	-	-
	การปลดปล่อยCO_2 เทียบเท่า CH_4ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร(1ปี)	-	-	-	18,901.35	-
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)	2,458.57			54,503.45	26.95
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 32.03 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1m^2	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 209.52 ตารางเมตร				

ตารางที่ 5-5 สรุปผลการวิจัยในการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้ในการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรณีที่อาคารทั่วไปไม่มีการใช้พลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพ (ต่อ)

วัฏจักรชีวิตอาคาร		ก่อนการใช้งานอาคาร			การใช้งานอาคาร	หลังการใช้งานอาคาร
		ผลิต	ขนส่ง	ก่อสร้าง	ใช้งาน	รื้อถอน
อาคารทั่วไป (กรณีที่ 2) ผนังก่ออิฐมวลฉาบปูน	การปลดปล่อยCO_2ต่อปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	64,134.67	23,564.32	1,542.88	51,948.13	808.60
	การปลดปล่อยCO_2ต่อ 30 ปีต่ออาคาร(kg-CO_2)	64,134.67	23,564.32	1,542.88	1,558,443.93	808.60
	CH_4ที่เกิดขึ้นจากอุจจาระในใช้ห้องส้วมจากการใช้งานอาคาร 1 ปี(m^3)	-	-	-	1,255.32	-
	พลังงานทดแทน(ก๊าซชีวภาพ)ที่ผลิตได้ ต่อ ปี(kWh)	-	-	-	-	-
	การปลดปล่อยCO_2 เทียบเท่า CH_4ในขั้นตอนการใช้งานอาคาร(1ปี)	-	-	-	18,901.35	-
	การปลดปล่อยCO_2 สุทธิเพื่อประเมินสมดุล CO_2 ต่ออาคาร(kg-CO_2)	2,974.73			70,849.48	26.95
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่ออาคาร (ไร่)	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 244.60 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 47.87 ไร่				
	พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับ CO_2 ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1m^2	พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1 ตารางเมตร ต่อ พื้นที่ต้นไม้ 313.13 ตารางเมตร				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 สรุปผลการวิจัย

จากการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร โดยวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแต่ละขั้นตอน ด้วยวิธีการคำนวณ ทำให้ทราบอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ จากการคำนวณ จากการวิเคราะห์โดยใช้อาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทยต้นแบบ จ. นครราชสีมา เป็นอาคารกรณีศึกษา ซึ่งเป็นอาคารที่ได้รับการออกแบบโดยคำนึงการลดการใช้พลังงานโดยรวม และศึกษาเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารทั่วไป

5.2.1 สรุปตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ช่วงชีวิตอาคารในแต่ละขั้นตอนในวัฏจักรชีวิตของอาคาร

ตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตอาคารนั้น ขึ้นเริ่มจากแนวทางในการออกแบบอาคารที่ดีทั้งในเรื่องของแนวความคิดในการออกแบบรูปทรงอาคาร แนวความคิดในเรื่องของวัสดุเปลือกอาคาร ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยที่เกิดขึ้นทั้งในช่วงก่อการใช้งานอาคาร เริ่มตั้งแต่การผลิตวัสดุ การขนส่งไปจนถึงการก่อสร้างอาคาร และในช่วงของการใช้งานและการรื้อถอนอาคาร ซึ่งหากมีแนวทางการออกแบบที่คำนึงการใช้พลังงานโดยรวมก็จะส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตอาคารได้

5.2.1.1 ตัวแปรในขั้นตอนการผลิตวัสดุ

ตัวแปรในเรื่องของปริมาณวัสดุซึ่งเกิดจากการรูปทรงของอาคารจากการออกแบบจากการประเมินอาคารกรณีศึกษา กับอาคารทั่วไปที่มีพื้นที่ใช้งานเท่ากัน อาคารการณีศึกษา มีพื้นที่เปลือกอาคารต่างกันถึง 288.85 ตารางเมตร ซึ่งส่งผลต่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องเพิ่มมากขึ้นในการผลิตวัสดุเปลือกอาคาร

ตัวแปรในเรื่องของชนิดของวัสดุก่อสร้างอาคารที่เกิดจากการเลือกวัสดุในการออกแบบก่อสร้างอาคาร ในการผลิตวัสดุแต่ละชนิดมีประมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปพลังงานที่ใช้ในการผลิตวัสดุนั้นๆ

5.2.1.2 ตัวแปรในขั้นตอนการขนส่งวัสดุ

ตัวแปรในเรื่องของปริมาณวัสดุซึ่งเกิดจากการรูปทรงของอาคารจากการออกแบบจากการประเมินอาคารกรณีศึกษา กับอาคารทั่วไปที่มีพื้นที่ใช้งานเท่ากัน อาคารกรณีศึกษา มีพื้นที่เปลือกอาคารต่างกันถึง 288.85 ตารางเมตร ซึ่งส่งผลต่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องเพิ่มมากขึ้นในการขนส่งวัสดุก่อสร้างอาคาร แต่ในการขนส่งวัสดุก่อสร้างนั้นขึ้นกับชนิดของวัสดุก่อสร้างด้วย เพราะพลังงานที่ใช้ในการขนส่งนั้นขึ้นอยู่กับน้ำหนักและปริมาตรของวัสดุที่ในการขนส่งด้วย

ตัวแปรในเรื่องของชนิดของวัสดุก่อสร้างอาคารที่เกิดจากการเลือกวัสดุในการออกแบบก่อสร้างอาคาร ในการขนส่งวัสดุแต่ละชนิดมีประมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการขนส่งที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับน้ำหนักและปริมาตรของวัสดุนั้นๆ วัสดุที่มีน้ำหนักเบา เช่น วัสดุเปลือกอาคารในส่วนของผนังและหลังคาของอาคารกรณีศึกษานั้น สามารถขนส่งสามารถขนส่งได้น้อยเทียบในเรื่องของปริมาตรในการขนส่งต่อเที่ยว แต่เนื่องจากมีน้ำหนักที่เบา ในการขนส่งสารถพ่วงรถบรรทุกเพื่อใช้ในการขนส่งต่อเที่ยวได้มากขึ้นได้ ซึ่งผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนหนักกว่า มากกว่า 10 เท่า ซึ่งวัสดุเปลือกอาคารน้ำหนักเบานี้ สามารถลดน้ำหนักของตัวอาคารลงได้มากและสามารถใช้ดินรับน้ำหนักตัวอาคารแทนเสาเข็มได้ ส่งผลต่อการลดพลังงานในการขนส่งวัสดุในส่วนเสาเข็มและฐานรากของอาคารกรณีศึกษา ทำให้พลังงานในส่วนการขนส่งอาคารกรณีศึกษาน้อยกว่าอาคารทั่วไปและสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 3-4 เท่า เมื่อเทียบกับอาคารทั่วไปที่นำมาเปรียบเทียบ

5.2.1.3 ตัวแปรในขั้นตอนการก่อสร้าง

ตัวแปรในเรื่องของพื้นที่เปลือกอาคารเกิดจากการรูปทรงของอาคารจากการออกแบบจากการประเมินอาคารกรณีศึกษา กับอาคารทั่วไปที่มีพื้นที่ใช้งานเท่ากัน อาคารกรณีศึกษา มีพื้นที่เปลือกอาคารต่างกันถึง 288.85 ตารางเมตร ซึ่งส่งผลต่อปริมาณงานในการก่อสร้างที่ต้องเพิ่มมากขึ้นในก่อสร้างอาคาร แต่ในการก่อสร้างนั้นขึ้นกับชนิดของวัสดุที่ส่งผลต่อเทคนิคและวิธีในการก่อสร้างด้วย

ตัวแปรในเรื่องของชนิดของวัสดุก่อสร้าง ลักษณะโครงสร้างอาคารที่เกิดจากการเลือกวัสดุในการออกแบบก่อสร้างอาคาร วัสดุอาคารที่ก่อสร้างง่ายลดระยะเวลาในการก่อสร้างและพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้างได้ รวมถึงการลดพลังงานที่ใช้ในการตอกเสาเข็มรวมถึงการก่อสร้างอาคารและสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 6-7 เท่า

5.2.1.4 ตัวแปรในขั้นตอนการใช้งานอาคาร

ตัวแปรในเรื่องของพื้นที่เปลือกอาคารเกิดจากการรูปทรงของอาคาร จากการออกแบบจากการประเมินอาคารกรณีศึกษา กับอาคารทั่วไปที่มีพื้นที่ใช้งานเท่ากัน อาคารกรณีศึกษา มีพื้นที่เปลือกอาคารต่างกันถึง 288.85 ตารางเมตร ซึ่งส่งผลต่อภาระในการทำความเย็นของอาคาร แต่ภาระในการทำความเย็นของอาคารนั้นขึ้นกับตัวแปรอื่นร่วมด้วยและพลังงานที่ใช้จากภาระในการทำความเย็นขึ้นอยู่กับตัวแปร ดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร
- สัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยอาคาร
- ความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกกับภายในอาคาร
- ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ตัวแปรในเรื่องของชนิดของวัสดุเปลือกอาคาร เกี่ยวข้องในค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร ดังตัวแปรข้างต้น จากการประเมินการใช้พลังงานในอาคารของอาคารกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไปสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 5-12 เท่า

5.2.1.5 ตัวแปรในขั้นตอนการรื้อถอน

ตัวแปรในเรื่องของชนิดของวัสดุก่อสร้าง หากวัสดุสามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือนำไปรีไซเคิลได้ สามารลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดลงได้ จากการศึกษาพลังงานที่ใช้ในการรื้อถอน จากวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไป สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้และจากการศึกษาในงานวิจัยนี้ สามารถลดลงได้ 2 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไป

5.2.2 สรุปการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตอาคาร

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในทุกช่วงของวัฏจักรชีวิตอาคาร และช่วงที่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด คือ ช่วงการใช้งานอาคารเนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ยาวนานที่สุดในวัฏจักรชีวิตของอาคาร เมื่อประเมินทั้งวัฏจักรชีวิตอาคารตลอดระยะเวลาการใช้งาน 30 ปี พบว่าอาคารทั่วไปมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1,068,062.90-2,020,164.02 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออาคาร หรือเท่ากับ 35,602.10-67,338.80 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรของอาคาร และอาคารกรณีศึกษา คือ อาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทย มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ

201,540.07 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ หรือเท่ากับ 6,718.00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรของอาคาร ซึ่งน้อยกว่าอาคารทั่วไปถึง 5-10 เท่า

5.2.2.1 **สรุปการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตอาคาร**

การสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตอาคารด้วยพื้นที่ป่าไม้นั้น พื้นที่ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ป่าไม้และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัฏจักรชีวิตอาคาร จากการประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไป โดยสมดุลด้วยพื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และใช้ค่าน้อยสุดของความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากฐานข้อมูลที่ศึกษา คือ พื้นที่ป่าไม้ 1 ตารางเมตรสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 0.6 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ มาเปรียบเทียบ พบว่าอาคารทั่วไปต้องใช้พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตอาคารถึง 39.66-73.14 ไร่ หรือเท่ากับ 259.45-478.44 ตารางเมตรต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรของอาคาร และอาคารกรณีศึกษา คือ อาคารห้องสมุดสารนิเทศสารานุกรมไทย ต้องใช้พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตอาคารเท่ากับ 8.05 ไร่ หรือเท่ากับ 52.68 ตารางเมตรต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรของอาคาร ซึ่งน้อยกว่าอาคารทั่วไปถึง 5-10 เท่า

5.2.3 **สรุปแนวทางการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตอาคาร**

แนวทางในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตอาคาร โดยนำพลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพที่เกิดการใช้งานในอาคารมาใช้ จากการนำปริมาณก๊าซมีเทนที่ปลดปล่อยมาใช้ก๊าซชีวภาพที่ได้ในขั้นตอนการใช้งานของอาคารกรณีศึกษา จากการวิเคราะห์ความสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแนวทางการออกแบบโดยใช้พลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพ ในการสร้างอาคารที่มีการชดเชยผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาอาคารที่มีการปรับอาคารขนาดพื้นที่ใช้สอย 244.6 ตารางเมตร อาคารกรณีศึกษาต้องใช้พื้นที่ป่าไม้ เพียง 1.06 ไร่ อาคารทั่วไปต้องใช้พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับมากกว่า 32.69-66.16 ไร่ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออาคาร หรือหากเปรียบเทียบต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางเมตร อาคารกรณีศึกษาต้องใช้พื้นที่ปลูกต้นไม้ เพียง 6.9 ตารางเมตร แต่หากเป็นการก่อสร้างอาคารทั่วไปต้องใช้พื้นที่ป่าไม้มากกว่า 213.80-432.80 ตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับการสร้างสมดุลก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์กับพื้นที่ป่าไม้โดยไม่มีการใช้พลังงานทดแทนนั้น อาคารกรณีศึกษาสามารถลดพื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลลงจาก 8.05 ไร่เหลือเพียง 1.06 ไร่ หรือสามารถลดลงได้ได้ 7.7 เท่า และอาคารทั่วไปสามารถลดพื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลลงได้เพียง 1.1-1.2 เท่า เนื่องจากอาคารกรณีศึกษามีการการใช้พลังงานในช่วงการใช้งานน้อยส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อย การใช้พลังงานทดแทนจากการใช้ประโยชน์จากด้วยการนำก๊าซมีเทนที่ปลดปล่อยจากช่วงการใช้งานอาคารจึงสามารถเป็นแนวทางในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารได้

เมื่อเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษาที่มีการใช้พลังงานทดแทนที่ได้จากก๊าซมีเทนที่ปลดปล่อยจากช่วงการใช้งานอาคารกับอาคารทั่วไปที่ไม่มีการการประโยชน์จากก๊าซมีเทน ซึ่งก๊าซมีเทนมีศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ปประมาณ 21 เท่า (Paulo Artaxo, Terje Berntsen, Richard Betts and others, 2011) มาวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตอาคาร อาคารกรณีศึกษาที่มีการใช้พลังงานจากก๊าซชีวภาพที่ได้จากการปลดปล่อยก๊าซมีเทนเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไปที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์จากก๊าซมีเทน อาคารกรณีศึกษาต้องใช้พื้นที่ป่าไม้ เพียง 1.06 ไร่ และอาคารทั่วไปต้องใช้พื้นที่ป่าไม้ในการดูดซับมากกว่า 59.36-92.84 ไร่ ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออาคาร หรือหากเปรียบเทียบต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางเมตร อาคารกรณีศึกษาต้องใช้พื้นที่ปลูกต้นไม้ เพียง 6.9 ตารางเมตร แต่หากเป็นการก่อสร้างอาคารทั่วไปต้องใช้พื้นที่ป่าไม้มากกว่า 388.31-607.31 ตารางเมตร ซึ่งอาคารทั่วไปต้องเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ในการสร้างสมดุลขึ้น 1.3-1.5 เท่า

5.3 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยในหัวข้อการประเมินสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร และได้มีการเสนอแนวทางในการสมดุลคาร์บอนไดออกไซด์ จากการใช้พลังงานทดแทนที่เกิดจากการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในการใช้งานห้องส้วมอาคารสาธารณะเพื่อเป็นการสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวิธีการคำนวณจากปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากแหล่งข้อมูลทั่วไปเท่านั้น ดังนั้น ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นอาจมีปริมาณมากขึ้นหรือน้อยลงขึ้นอยู่กับวิธีการหมักและสารอินทรีย์ที่นำมาหมัก ในการการทำวิจัยครั้งต่อควรค้นคว้าเพิ่มเติมถึงปริมาณพลังงานทดแทนอื่นๆ เพิ่มด้วยเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อื่นเพิ่มเติม และแนวทางในการวิเคราะห์ความสมดุลคิดจากปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากพื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลความสมารถ

ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากโครงการ Billion Tree Campaign ของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ และโครงการศึกษาลักษณะของพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและขนาดพื้นที่ที่เหมาะสม สำหรับโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้ในประเทศไทยเท่านั้น หากมีการทำวิจัยครั้งต่อไปมีการศึกษาประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคารร่วมกับการวิเคราะห์ประเมินความสารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้แต่ละชนิดที่จะปลูกในโครงการเพื่อเป็นการสร้างความสมดุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การคลัง, กระทรวง. **อัตราการแลกเปลี่ยนเงิน**(ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.mof.go.th (2554, เมษายน 18)

กัมปนาท กระภูชัย. **แนวทางการสร้างแบบประเมินอาคารปรับอากาศเพื่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ฐิติมา โอฬาริกบุตร. **การปรับปรุงอาคารสำนักงานโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

นโยบายและแผนพลังงาน, สำนักงาน. **การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานของไทย**(ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.eppo.go.th/info/9emissistat.htm (2553, กันยายน 1)

นิรมล สุธรรมกิจ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล. **พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol)**(ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://jettanadee.net/Global_Warming/documents/Kyoto_Protocol.pdf (2553, 1 กันยายน)

พลังงาน, กระทรวง. **นโยบายพลังงานของประเทศ**(ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.eppo.go. th/doc/policy-poonpirom-27feb2551.html (2554, 18 เมษายน)

ภัทรา สินธุรันต์. **การจัดการของเสียอินทรีย์สำหรับบ้านพักอาศัยโดยวิธีการแบบไร้อากาศ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. **การปฏิวัติแกนความคิดทางสถาปัตยกรรม** Paradigm Shift in Architecture, วารสารอาษา สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2551.

วัชรินทร์ ดงบัง และสุพจน์ ศิริเสนาพันธ์. **การศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุกหนัก**. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2550.

สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งวิมล. **การใช้ฉนวน**. เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม.กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2543.

สุนทร บุญญาธิการและคณะ. **พลังงานใกล้ตัว**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เฟริ์ส ออฟเซท, 2545.

สุนทร บุญญาธิการ. **เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โอเอส พริ้นติ้งเฮ้าส์, 2545.

สุนทร บุญญาธิการ. **เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุรชัย, วิศวกรรมโยธา. **สัมภาษณ์**, 24 มกราคม 2554.

สำนักอานามัยและสิ่งแวดล้อม. **สถานการณ์และประเด็นปัญหาสำคัญด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม**(ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://env.anamai.moph.go.th (30 มีนาคม 2554).

อมรรัตน์ พงศ์พิศิษฏ์สกุล. **การออกแบบบ้านพักอาศัยเพื่อการประหยัดพลังงานด้วยแนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

อุตุนิยมวิทยา, กรม. **รายงานภูมิอากาศประเทศไทย**(ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www. tmd. go.th/climate/climate.php (2553, กันยายน30)

อัจฉรียา ชัยยะสมุทร. **การประเมินวัฏจักรชีวิตและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุผนังทึบในอาคารบ้านพักอาศัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

ภาษาอังกฤษ

America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. **ASHRAE Applications Handbook**. I-P Edition. Atlanta Geogia : (n.p.), 2001.

Buranakarn, Vorasun. **Evaluaion of Recycling and Reuse of Building Materials using the Emergy Analysis Method**. Doctoral Dissertation, Department of Architecture, University of Florida, 1998.

Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC emission factors tool Carbon Metrics**[Online]. Available from : www.carbonmetrics.com/ipcc-emission-factors-tool [2011, March 14]

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2008. **IPCC NGGIP emission factors database** [Online]. Available from www.Ipcc nggip.iges.or.jp/EFDB /find_ef_ft.php [2011, March 14]

Paulo Artaxo, Terje Berntsen, Richard Betts and others. **Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing** [Online]. Available from : http://www.ipcc ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf [2011, January 12]

Stein, Benjamin and Reynolds. **Mechanical and Electrical Equipment for Buildings**. 7th ed. NewYork : John Wiley & Sons, 1992.

The Engineering ToolBox. **The carbon dioxide emission from persons and their Activity**[Online]. Available from : http://www.engineeringtoolbox.com/co2-persons-d_691.html [2011, March 10]

Universal Industrial Gases, Inc. **Carbon Dioxide (CO_2) Properties, Uses, Applications CO_2 Gas and Liquid Carbon Dioxide** [Online]. Available from : http://www.uigi. com/carbondioxide.html [March 10, 2011]

United Nations Environment Programme. **Billion Tree Campaign** [Online]. Available from : http://www.unep.org/billiontreecampaign/FactsFigures/FastFacts/index. asp [2011, March 14]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก แสดงค่าที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ภาคผนวก ก-1 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุที่ใช้ในการคำนวณ

วัสดุ	การปลดปล่อยCO_2	หมายเหตุ
	kg-co^2/kg	Reference
ceramic tiles	0.78	(IPCC, 2007)
concrete roof tile	0.21	(IPCC, 2007)
Glass	1.06	(IPCC, 2007)
Concrete	0.14	(IPCC, 2007)
lightweight concrete block	0.48	(IPCC, 2007)
Brick	0.24	(IPCC, 2007)
Cement	0.76	(IPCC, 2007)
Portland cement	0.82	(IPCC, 2007)
polystyrene foam slab, 100% recycled	0.65	(IPCC, 2007)
polystyrene foam slab, 45% recycled	2.59	(IPCC, 2007)
polystyrene foam slab	4.21	(IPCC, 2007)
Steel	1.76	(IPCC, 2007)
glass fibre reinforced plastic, polyester resin(fiberglass Mesh)	4.88	(IPCC, 2007)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-2 ตารางแสดงการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารกรณีศึกษาในขั้นตอนการผลิต

เปลือกอาคาร	วัสดุ	พื้นที่	น้ำหนักวัสดุต่อตารางเมตร	น้ำหนักโดยรวมต่ออาคาร	วัสดุประกอบรายการ	น้ำหนักวัสดุประกอบรายการต่อตารางเมตร	น้ำหนักวัสดุประกอบรายการต่ออาคาร	การปลดปล่อย CO_2	การปลดปล่อย CO_2
		ตารางเมตร	กิโลกรัม	กิโลกรัม		กิโลกรัม	กิโลกรัม	kg-CO_2/ตารางเมตร	kg-CO_2/อาคาร
ผนังทึบ	Sandwich Panel หนา 0.20ม.	204.99	12.60	2,582.87	EPS Foam 8" หนา 0.20	3.20	655.97	2.08	426.38
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม EPS Foam 8" (หนา 0.20) 25% : Metal sheet+welding 75%				Metal sheet+welding	9.40	1,926.91	16.54	3,391.35
	ผนังโฟม	167.58	13.84	2,319.31	EPS Foam 8" หนา 0.20	3.20	536.26	2.08	348.57
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม EPS Foam 8" (หนา 0.20) 23% : fiberglass mesh 2% : cement 75%				Fiberglass mesh	0.32	53.63	1.56	261.69
					Cement	10.32	1,729.43	7.84	1,314.36
หลังคา	Sandwich Panel หนา0.20ม.	289.24	12.60	3,644.42	EPS Foam 8" หนา 0.20	3.20	925.57	2.08	289.24
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม EPS Foam 8" หนา (0.20) 25% : Metal sheet+welding 75%				Metal sheet+welding	9.40	2,718.86	16.54	4,785.19
พื้น	Foam Concrete	143.10	54.00	7,727.40	Recycle foam	4.00	572.40	2.60	372.06
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม recycle foam 8% : concrete 92%				Concrete	50.00	7,155.00	7.00	1,001.70
	Concrete	143.10	240.00	34,344.00	Concrete	240.00	34,344.00	33.60	4,808.16
	Ceramic tiles	143.10	12.90	1,845.99	Ceramic tiles	12.90	1,845.99	10.06	1,439.87
กระจก	Heate stop	17.06	30.14	514.19	Glass	30.14	514.19	31.95	545.04
โครงสร้าง	โครงสร้างเหล็ก(ใช้ดินรับน้ำหนักอาคาร)		9.62	2,353.29	Steel	9.62	2,353.29	16.93	4,141.79
			รวมน้ำหนักต่ออาคาร	55,331.47	รวม	385.70	55,331.47	150.88	23,125.41

ภาคผนวก ก-3 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารทั่วไป กรณีที่ 1 (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน)ในขั้นตอนการผลิต

เปลือกอาคาร	วัสดุ	พื้นที่	น้ำหนักวัสดุต่อตารางเมตร	น้ำหนักโดยรวมต่ออาคาร	วัสดุประกอบรายการ	น้ำหนักวัสดุประกอบรายการต่อตารางเมตร	น้ำหนักวัสดุประกอบรายการต่ออาคาร	การปลดปล่อย CO_2	การปลดปล่อย CO_2
		ตารางเมตร	กิโลกรัม	กิโลกรัม		กิโลกรัม	กิโลกรัม	kg-CO_2/ตารางเมตร	kg-CO_2/อาคาร
ผนังทึบ	ก่ออิฐมอญ หนา 0.10 ม.	372.57	200.00	74,514.00	อิฐมอญ	180.00	67,062.60	43.20	16,095.02
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม อิฐมอญ90% : cement 10%				Cement	20.00	7,451.40	15.20	5,663.06
หลังคา	กระเบื้องลอนคู่	289.24	22.76	6,583.10	Concrete roof tile	13.60	3,933.66	2.86	826.07
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม กระเบื้อง 60% : เหล็กจันทันและแป 40%				เหล็กจันทันและแป	9.16	2,649.44	16.12	4,663.01
พื้น	Concrete	143.10	240.00	34,344.00	Concrete	240.00	34,344.00	33.60	4,808.16
	Ceramic tiles	143.10	12.90	1,845.99	Ceramic tiles	12.90	1,845.99	10.06	1,439.87
กระจก	กระจกสีเขียว	17.06	15.07	257.09	Glass	15.07	257.09	15.97	272.52
โครงสร้าง	คอนกรีตเสริมเหล็ก		306.29	74,917.52	Steel	14.61	3,573.57	25.71	6,289.48
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม คอนกรีต 95.23% : เหล็ก 4.77%				Concrete	291.68	71,343.95	40.83	9,988.15
			รวมน้ำหนักต่ออาคาร	192,461.70	รวม	797.02	192,461.71	203.56	50,045.35

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-4 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารทั่วไป กรณีที่ 2 (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน)ในขั้นตอนการผลิต

เปลือกอาคาร	วัสดุ	พื้นที่	น้ำหนักวัสดุต่อตารางเมตร	น้ำหนักโดยรวมต่ออาคาร	วัสดุประกอบรายการ	น้ำหนักวัสดุประกอบรายการต่อตารางเมตร	น้ำหนักวัสดุประกอบรายการต่ออาคาร	การปลดปล่อย CO_2	การปลดปล่อย CO_2
		ตารางเมตร	กิโลกรัม	กิโลกรัม		กิโลกรัม	กิโลกรัม	kg-CO_2/ตารางเมตร	kg-CO_2/อาคาร
ผนังทึบ	ก่ออิฐมอญ หนา 0.10 ม.	457.57	200.00	91,514.00	อิฐมอญ	180.00	1,647,252.00	43.20	19,767.02
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม อิฐมอญ 90% : cement 10%				Cement	20.00	9,151.40	15.20	6,955.06
หลังคา	กระเบื้องลอนคู่	405.32	22.76	6,583.10	Concrete roof tile	13.60	5,512.35	2.86	1,157.59
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม กระเบื้อง 60% : เหล็กจันทันและแป 40%				เหล็กจันทันและแป	9.16	3,712.73	16.12	6,534.41
พื้น	Concrete	185.19	240.00	44,445.60	Concrete	240.00	44,445.60	33.60	6,222.38
	Ceramic tiles	185.19	12.90	2,388.95	Ceramic tiles	12.90	2,388.95	10.06	1,863.38
กระจก	กระจกสีชา	73.65	15.07	1,109.91	Glass	15.07	1,109.91	15.97	1,176.50
โครงสร้าง	คอนกรีตเสริมเหล็ก		306.29	74,917.52	Steel	14.61	3,573.57	25.71	6,289.48
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม คอนกรีต 95.23% : เหล็ก 4.77%				Concrete	291.68	71,343.95	40.83	9,988.15
			รวมน้ำหนักต่ออาคาร	220,959.08	รวม	797.02	1,788,490.46	203.56	59,953.98

ภาคผนวก ก-5 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารทั่วไป กรณีที่ 1 (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน)ในขั้นตอนการผลิต

เปลือกอาคาร	วัสดุ	พื้นที่	น้ำหนักโดยรวมต่อตารางเมตร	น้ำหนักต่ออาคาร	วัสดุประกอบรายการ	น้ำหนักวัสดุประกอบรายการต่อตารางเมตร	น้ำหนักวัสดุประกอบรายการต่ออาคาร	การปลดปล่อย CO_2	การปลดปล่อย CO_2
		ตารางเมตร	กิโลกรัม	กิโลกรัม		กิโลกรัม	กิโลกรัม	kg-CO_2/ตารางเมตร	kg-CO_2/อาคาร
ผนังทึบ	ก่ออิฐมวลเบา หนา 0.10 ม.	372.57	113.00	42,100.41	lightweight concrete block	96.05	35,785.35	46.10	17,176.97
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม อิฐมวลเบา 85% : cement 15%				Cement	16.95	6,315.06	12.88	4,799.45
หลังคา	กระเบื้องคอนกรีต	289.24	22.76	6,583.10	Concrete roof tile	44.90	3,949.86	9.43	2,727.24
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม กระเบื้อง 60% : เหล็กจันทันและแป 40%				เหล็กจันทันและแป	10.91	2,633.24	19.20	5,553.87
พื้น	Concrete	143.10	240.00	34,344.00	Concrete	240.00	34,344.00	33.60	4,808.16
	Ceramic tiles	143.10	12.90	1,845.99	Ceramic tiles	12.90	1,845.99	10.06	1,439.87
กระจก	กระจกสีเขียว	17.06	15.07	257.09	Glass	15.07	257.09	15.97	272.52
โครงสร้าง	คอนกรีตเสริมเหล็ก		306.29	74,917.52	Steel	14.61	3,573.57	25.71	6,289.48
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม คอนกรีต 95.23% : เหล็ก 4.77%				Concrete	291.68	71,343.95	40.83	9,988.15
			รวมน้ำหนักต่ออาคาร	160,048.11	รวม	743.07	160,048.11	213.80	53,055.71

ภาคผนวก ก-6 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารทั่วไป กรณีที่ 2 (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน)ในขั้นตอนการผลิต

เปลือกอาคาร	วัสดุ	พื้นที่	น้ำหนักโดยรวมต่อตารางเมตร	น้ำหนักต่ออาคาร	วัสดุประกอบรายการ	น้ำหนักวัสดุประกอบรายการต่อตารางเมตร	น้ำหนักวัสดุประกอบรายการต่ออาคาร	การปลดปล่อยCO_2	การปลดปล่อย CO_2
		ตารางเมตร	กิโลกรัม	กิโลกรัม		กิโลกรัม	กิโลกรัม	kg-CO_2/ตารางเมตร	kg-CO2/อาคาร
ผนังทึบ	ก่ออิฐมวลเบา หนา 0.10 ม.	457.57	113.00	51,705.41	lightweight concrete block	96.05	43,949.60	46.10	21,095.81
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม อิฐมวลเบา 85% : cement 15%				Cement	16.95	7,755.81	12.88	5,894.42
หลังคา	กระเบื้องคอนกรีต	405.32	22.76	6,583.10	Concrete roof tile	44.90	3,949.86	9.43	3,821.76
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม กระเบื้อง 60% : เหล็กจันทันและแป 40%				เหล็กจันทันและแป	10.91	2,633.24	19.20	7,782.79
พื้น	Concrete	185.19	240.00	44,445.60	Concrete	240.00	44,445.60	33.60	6,222.38
	Ceramic tiles	185.19	12.90	2,388.95	Ceramic tiles	12.90	2,388.95	10.06	1,863.38
กระจก	กระจกสีชา	73.65	15.07	1,109.91	Glass	15.07	1,109.91	15.97	1,176.50
โครงสร้าง	คอนกรีตเสริมเหล็ก		306.29	74,917.52	Steel	14.61	3,573.57	25.71	6,289.48
	อัตราส่วนต่อน้ำหนักรวม คอนกรีต 95.23% : เหล็ก 4.77%				Concrete	291.68	71,343.95	40.83	9,988.15
			รวมน้ำหนักต่ออาคาร	181,150.49	รวม	743.07	181,150.49	213.80	64,134.67

ภาคผนวก ก-7 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารกรณีศึกษา ในขั้นตอนการขนส่ง

	อาคาร กรณีศึกษา	พื้นที่	น้ำหนักโดยรวมต่อตารางเมตร	น้ำหนักต่ออาคาร	ระยะทางในการขนส่****	ขนส่ง	อัตราการสิ้นเปลือง*	น้ำมันที่ใช้	ค่าความจุพลังงานของน้ำมันดีเซล**	เมกะจูล	ค่าการปลดปล่อย CO_2ของน้ำมันดีเซล***	ค่าการปลดปล่อย CO_2 ต่อตารางเมตร	ค่าการปลดปล่อย CO_2ต่ออาคาร
เปลือกอาคาร	วัสดุ	ตารางเมตร	กิโลกรัม	กิโลกรัม	กิโลเมตร	(เที่ยว)	(5.14กิโลเมตร/ลิตร)	ลิตร	(เมกะจูล/ลิตร)		(kg-CO_2/MJ)	(kg-CO_2)	(kg-CO_2)
ผนังทึบ	Sandwich Panel หนา 0.20ม.	204.99	12.60	2,582.87	50.00	1	5.14	354.97	36.42	12,929.52	0.07	4.67	956.78
	ผนังโฟม	167.58	13.80	2,312.60	50.00	1	5.14	317.83	36.42	11,576.58	0.07	5.11	856.67
หลังคา	Sandwich Panel หนา0.20ม.	289.24	12.60	3,644.42	50.00	1	5.14	257.00	36.42	9,360.97	0.07	2.39	692.71
พื้น	Foam Concrete	143.1	306.90	43,917.39	50.00	4	5.14	1,028.00	36.42	37,443.87	0.07	19.36	2,770.85
กระจก	Heate stop	17.06	30.14	514.19	50.00	1	5.14	257.00	36.42	9,360.97	0.07	40.60	692.71
โครงสร้าง	โครงสร้างเหล็ก	244.6	9.62	2,353.29	50.00	1	5.14	257.00	36.42	9,360.97	0.07	2.83	692.71
										รวม		72.14	6,662.43

* (วัชรินทร์ ดงบัง และ สุพจน์ ศิริเสนาพันธ์, 2550)

** (สุนทร บุญญาธิการและคณะ, 2007)

***(IPCC, 2006)

หมายเหตุ กำหนดให้ระยะทางในการขนส่งเท่ากันคือ 50 กิโลเมตร และจำนวนเที่ยวในการขนส่งแปรผันตามชนิดวัสดุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-8 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารทั่วไป กรณีที่ 1 (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) ในขั้นตอนการขนส่ง

	อาคารทั่วไป(ก่ออิฐฉาบปูน)	พื้นที่	น้ำหนักโดยรวมต่อตารางเมตร	น้ำหนักต่ออาคาร	ระยะทางในการขนส่****	ขนส่ง	อัตราการสิ้นเปลือง*	น้ำมันที่ใช้	ค่าความจุพลังงานของน้ำมันดีเซล**	เมกะจูล	ค่าการปลดปล่อย CO_2 ของน้ำมันดีเซล***	ค่าการปลดปล่อย CO_2 ต่อตารางเมตร	ค่าการปลดปล่อย CO_2 ต่ออาคาร
เปลือกอาคาร	**วัสดุ**	**ตารางเมตร**	**กิโลกรัม**	**กิโลกรัม**	**กิโลเมตร**	**(เที่ยว)**	**(5.14กิโลเมตร/ลิตร)**	**ลิตร**	**(เมกะจูล/ลิตร)**		**(kg-CO_2/MJ)**	**(kg-CO_2)**	**(kg-CO_2)**
ผนังทึบ	ก่ออิฐมอญ หนา 0.10 ม.	372.57	200	74,514.00	50.00	10	5.14	2,570.00	36.42	93,609.68	0.07	18.59	6,927.12
หลังคา	กระเบื้องลอนคู่	289.24	22.76	6,583.10	50.00	4	5.15	906.50	36.42	33,018.24	0.07	8.45	2,443.35
พื้น	Concrete	143.1	252.90	36,189.99	50.00	8	5.14	2,056.00	36.42	74,887.74	0.07	38.73	5,541.69
กระจก	กระจกสีชา	17.06	15.07	257.09	50.00	1	5.14	257.00	36.42	9,360.97	0.07	40.60	692.71
โครงสร้าง	โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	244.6	306.29	74917.52	50.00	6	5.14	1,542.00	36.42	56,165.81	0.07	16.99	4,156.27
									รวม			123.36	19,761.14

* (วัชรินทร์ ดงบัง และ สุพจน์ ศิริเสนาพันธ์, 2550)

** (สุนทร บุญญาธิการและคณะ, 2007)

***(IPCC, 2006)

หมายเหตุ กำหนดให้ระยะทางในการขนส่งเท่ากันคือ 50 กิโลเมตร และจำนวนเที่ยวในการขนส่งแปรผันตามชนิดวัสดุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-9 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารทั่วไป กรณีที่ 2 (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) ในขั้นตอนการขนส่ง

	อาคารทั่วไป(ก่ออิฐมวลเบา)	พื้นที่	น้ำหนักโดยรวมต่อตารางเมตร	น้ำหนักต่ออาคาร	ระยะทางในการขนส่ง***	ขนส่ง	อัตราการสิ้นเปลือง*	น้ำมันที่ใช้	ค่าความจุพลังงานของน้ำมันดีเซล**	เมกะจูล	ค่าการปลดปล่อย CO_2ของน้ำมันดีเซล***	ค่าการปลดปล่อย CO_2ต่อตารางเมตร	ค่าการปลดปล่อย CO_2ต่ออาคาร
เปลือกอาคาร	วัสดุ	ตารางเมตร	กิโลกรัม	กิโลกรัม	กิโลเมตร	(เที่ยว)	(5.14กิลเมตร/ลิตร)	ลิตร	(เมกะจูล/ลิตร)		(kg-CO_2/MJ)	(kg-CO_2)	(kg-CO_2)
ผนังทึบ	ก่ออิฐมวลเบา หนา 0.10 ม.	372.57	113	42,100.41	50.00	6	5.14	1,542.00	36.42	56,165.81	0.07	11.16	4,156.27
หลังคา	กระเบื้องคอนกรีต	289.24	55.81	16,142.48	50.00	7	5.15	1,802.50	36.42	65,654.26	0.07	16.80	4,858.42
พื้น	Concrete	143.1	252.90	36,189.99	50.00	8	5.14	2,056.00	36.42	74,887.74	0.07	38.73	5,541.69
กระจก	กระจกใส	17.06	15.07	257.09	50.00	1	5.14	257.00	36.42	9,360.97	0.07	40.60	692.71
โครงสร้าง	โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	244.6	306.29	74917.52	50.00	6	5.14	1,542.00	36.42	56,165.81	0.07	16.99	4,156.27
										รวม		107.28	15,249.09

* (วัชรินทร์ ดงบัง และ สุพจน์ ศิริเสนาพันธ์, 2550)

** (สุนทร บุญญาธิการและคณะ, 2007)

***(IPCC, 2006)

หมายเหตุ กำหนดให้ระยะทางในการขนส่งเท่ากันคือ 50 กิโลเมตร และจำนวนเที่ยวในการขนส่งแปรผันตามชนิดวัสดุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-10 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารทั่วไป กรณีที่ 1 (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) ในขั้นตอนการขนส่ง

	อาคารทั่วไป(ก่ออิฐฉาบปูน)	พื้นที่	น้ำหนักโดยรวมต่อตารางเมตร	น้ำหนักต่ออาคาร	ระยะทางในการขนส่ง***	ขนส่ง	อัตราการสิ้นเปลือง*	น้ำมันที่ใช้	ค่าความจุพลังงานของน้ำมันดีเซล**	เมกะจูล	ค่าการปลดปล่อย CO_2ของน้ำมันดีเซล***	ค่าการปลดปล่อย CO_2ต่อตารางเมตร	ค่าการปลดปล่อย CO_2ต่ออาคาร
เปลือกอาคาร	วัสดุ	ตารางเมตร	กิโลกรัม	กิโลกรัม	กิโลเมตร	(เที่ยว)	(5.14กิโลเมตร/ลิตร)	ลิตร	(เมกะจูล/ลิตร)		(kg-CO_2/MJ)	(kg-CO_2)	(kg-CO_2)
ผนังทึบ	ก่ออิฐมอญหนา 0.10 ม.	457.57	200	91,514.00	50.00	12	5.14	3,084.00	36.42	112,331.62	0.07	18.17	8,312.54
หลังคา	กระเบื้องลอนคู่	405.32	22.76	9,225.08	50.00	6	5.15	1,545.00	36.42	56,275.08	0.07	10.27	4,164.36
พื้น	Concrete	185.19	492.90	91,280.15	50.00	10	5.14	2,570.00	36.42	93,609.68	0.07	37.41	6,927.12
กระจก	กระจกสีชา	73.65	15.07	1,109.91	50.00	1	5.14	257.00	36.42	9,360.97	0.07	9.41	692.71
โครงสร้าง	โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	244.6	306.29	74917.52	50.00	6	5.14	1,542.00	36.42	56,165.81	0.07	16.99	4,156.27
										รวม		75.25	20,096.72

* (วัชรินทร์ ดงบัง และ สุพจน์ ศิริเสนาพันธ์, 2550)

** (สุนทร บุญญาธิการและคณะ, 2007)

***(IPCC, 2006)

หมายเหตุ กำหนดให้ระยะทางในการขนส่งเท่ากันคือ 50 กิโลเมตร และจำนวนเที่ยวในการขนส่งแปรผันตามชนิดวัสดุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-11 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารทั่วไป กรณีที่ 2 (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) ในขั้นตอนการขนส่ง

	อาคารทั่วไป(ก่ออิฐมวลเบา)	พื้นที่	น้ำหนักโดยรวมต่อตารางเมตร	น้ำหนักต่ออาคาร	ระยะทางในการขนส่ง*** *	ขนส่ง	อัตราการสิ้นเปลือง*	น้ำมันที่ใช้	ค่าความจุพลังงานของน้ำมันดีเซล**	เมกะจูล	ค่าการปลดปล่อย CO_2ของน้ำมันดีเซล***	ค่าการปลดปล่อย CO_2ต่อตารางเมตร	ค่าการปลดปล่อย CO_2ต่ออาคาร
เปลือกอาคาร	วัสดุ	ตารางเมตร	กิโลกรัม	กิโลกรัม	กิโลเมตร	(เที่ยว)	(5.14กิโลเมตร/ลิตร)	ลิตร	(เมกะจูล/ลิตร)		(kg-CO_2/MJ)	(kg-CO_2)	(kg-CO_2)
ผนังทึบ	ก่ออิฐมวลเบา หนา 0.10 ม.	457.57	113	51,705.41	50.00	8	5.14	2,056.00	36.42	74,887.74	0.07	12.11	5,541.69
หลังคา	กระเบื้องคอนกรีต	405.32	55.81	22,620.91	50.00	9	5.15	2,317.50	36.42	84,412.62	0.07	15.41	6,246.53
พื้น	Concrete	185.19	492.90	91,280.15	50.00	10	5.14	2,570.00	36.42	93,609.68	0.07	37.41	6,927.12
กระจก	กระจกใส	73.65	15.07	1,109.91	50.00	1	5.14	257.00	36.42	9,360.97	0.07	9.41	692.71
โครงสร้าง	โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	244.6	306.29	74917.52	50.00	6	5.14	1,542.00	36.42	56,165.81	0.07	16.99	4,156.27
										รวม		74.33	19,408.05

* (วัชรินทร์ ดงบัง และ สุพจน์ ศิริเสนาพันธ์, 2550)

** (สุนทร บุญญาธิการและคณะ, 2007)

***(IPCC, 2006)

หมายเหตุ กำหนดให้ระยะทางในการขนส่งเท่ากันคือ 50 กิโลเมตร และจำนวนเที่ยวในการขนส่งแปรผันตามชนิดวัสดุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-12 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้างของอาคารกรณีศึกษา ในขั้นตอนการก่อสร้าง

วัสดุเปลือกอาคาร	แรงงานชาย	พื้นที่	ก่อสร้างได้*	ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	ไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณงานในการก่อสร้าง**	การปลดปล่อย CO_2ต่อkWh**	ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการก่อสร้าง**	การปลดปล่อย CO_2ต่อน้ำมันดีเซล	ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ในการก่อสร้าง	การปลดปล่อย CO_2ต่อน้ำประปาที่ใช้
	(คน)	ตารางเมตร	(ตร.ม/8 ชม.)	(วัน)	kWh/ปริมาณงาน	(kg-CO_2/อาคาร)	ลิตร	(kg-CO_2/อาคาร)	ลิตร	(kg-CO_2/อาคาร)
โครงสร้าง										
โครงสร้างเหล็ก	2	244.6	80	3.1	21.2	11.68				
ผนังทึบแสง										
Sandwich panel	2	204.99	70	2.9						
ผนังโฟม	2	167.58	60	2.8						
ฉาบ	2	167.58	16	10.5	20.11	11.08			502.74	0.04
รวม				16.2						11.12
หลังคา										
Sandwich panel	2	289.24	145	2.0						
พื้น										
Foam Concrete	2	143.1	40	3.6			17.29	46.60		
ปูพื้น	2	143.1	20	7.2	102.96	56.73			858.60	0.07
รวม				10.7						103.40
ผนังโปร่งแสง										
กระจก	2	17.06	6	2.8						
รวม				34.8		79.49		46.60		0.12
					การปลดปล่อยCO_2ในการก่อสร้างอาคารจากปริมาณงาน(kg-CO_2/อาคาร)					126.21

ภาคผนวก ก-13 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการดำเนินการก่อสร้างของอาคารกรณีศึกษา ในขั้นตอนการก่อสร้าง

วัสดุเปลือกอาคาร	แรงงานชาย	พื้นที่	ก่อสร้างได้*	ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของที่พักคนงาน	การปลดปล่อยCO_2ต่อไฟฟ้าที่ใช้ของที่พักคนงาน	ปริมาณน้ำคนงานที่ใช้ต่อคนต่อวัน (คนงาน 2 คน)	การปลดปล่อยCO_2ต่อน้ำประปาที่ใช้
	(คน)	ตารางเมตร	(ตร.ม/8ชม.)	(วัน)	kWh/วัน	kg-CO_2/วัน	ลิตร	(kg-CO_2/วัน)
ผนังทึบแสง					**หลอดไฟ 36 W 2 หลอด เท่ากับ 72 W** ใช้วันละ 6 ชั่วโมง เท่ากับ 342 W **พัดลม 75 W** ใช้วันละ 10 ชั่วโมง เท่ากับ 750 W **หม้อหุงข้าว 600 W** ใช้วันละ 0.5 ชั่วโมง เท่ากับ 300 W **โทรทัศน์ 21 นิ้ว 110 W** ใช้วันละ 6 ชั่วโมง เท่ากับ 660 W **ตู้เย็น 4-6 ประมาณ 75 W** ใช้วันละ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 1800 W		**ปริมาณการใช้น้ำ200 ลิตรต่อคนต่อวัน** หรือเท่ากับ 400 ลิตรคนต่อวัน	
Sandwich panel	2	204.99	70	2.9				
ผนังโฟม	2	167.58	60	2.8				
ฉาบ	2	167.58	16	10.5				
รวม				16.2				
หลังคา								
Sandwich panel	2	289.24	145	2.0				
พื้น								
Foam Concrete	2	143.1	40	3.6				
ปูพื้น	2	143.1	20	7.2				
รวม				10.7				
ผนังโปร่งแสง								
กระจก	2	17.06	6	2.8				
รวม				34.8	3.85	2.12	400.00	0.34
					การปลดปล่อยCO_2ในการดำเนินงาน(kg-CO_2/อาคาร)			85.77

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-14 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้างของอาคารทั่วไป กรณีที่ 1 (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) ในขั้นตอนการก่อสร้าง

วัสดุเปลือกอาคาร	แรงงานชาย	พื้นที่	ก่อสร้างได้	ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	ไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณงานในการก่อสร้าง**	การปลดปล่อย CO_2 ต่อ kWh**	ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการก่อสร้าง**	การปลดปล่อย CO_2 ต่อน้ำมันดีเซล	ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ในการก่อสร้าง	การปลดปล่อย CO_2 ต่อน้ำประปาที่ใช้
	(คน)	ตารางเมตร	(ตร.ม/8 ชม.)	(วัน)	kWh/ปริมาณงาน	(kg-CO_2/อาคาร)	ลิตร	(kg-CO_2/อาคาร)	ลิตร	(kg-CO_2/อาคาร)
โครงสร้าง										
โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	2	244.6	15	16.4			217	584.83		
ผนังทึบแสง										
ก่ออิฐมอญ	2	372.57	6	62.1	29.77	16.40			3,725.70	0.32
ฉาบ	2	372.57	8	46.6	89.28	49.19			2,235.42	0.19
รวม				108.7						66.11
หลังคา										
ทำโครงหลังคากระเบื้อง	2	289.24	6	48.2	72.74	40.08				
มุงกระเบื้องลอนคู่	2	289.24	16	18.1						
รวม				66.3						40.08
พื้น										
Concrete	2	143.1	20	7.2			28.62	77.13		
ปูพื้น	2	143.1	6	23.9	102.96	56.73			858.60	0.07
รวม				31.0						133.94
ผนังโปร่งแสง										
กระจก	2	17.06	6	2.8						
รวม				225.2		162.41		661.97		0.58
						การปลดปล่อย CO_2 ในการก่อสร้างอาคารจากปริมาณงาน (kg-CO_2/อาคาร)				824.96

ภาคผนวก ก-15 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการดำเนินการก่อสร้างของอาคารทั่วไป กรณีที่ 1 (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน)ในขั้นตอนการก่อสร้าง

วัสดุเปลือกอาคาร	แรงงานชาย	พื้นที่	ก่อสร้างได้	ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของที่พักคนงาน	การปลดปล่อย CO_2ต่อไฟฟ้าที่ใช้ของที่พักคนงาน	ปริมาณน้ำคนงานที่ใช้ต่อคนต่อวัน (คนงาน 2 คน)	การปลดปล่อย CO_2ต่อน้ำประปาที่ใช้
	(คน)	ตารางเมตร	(ตร.ม/8ชม.)	(วัน)	kWh/วัน	kg-CO_2/วัน	ลิตร	(kg-CO_2/วัน)
ผนังทึบแสง					**หลอดไฟ** 36 W 2 หลอด เท่ากับ 72 W		**ปริมาณการใช้น้ำ**	
ก่ออิฐมอญ	2	372.57	6	62.1	ใช้วันละ 6 ชั่วโมง เท่ากับ 342 W		**200 ลิตรต่อคนต่อวัน**	
ฉาบ	2	372.57	8	46.6	**พัดลม** 75 W		หรือเท่ากับ 400	
รวม				108.7	ใช้วันละ 10 ชั่วโมง เท่ากับ 750 W		ลิตร ต่อวัน	
หลังคา					**หม้อหุงข้าว** 600 W			
ทำโครงหลังคากระเบื้อง	2	289.24	6	48.2	ใช้วันละ 0.5 ชั่วโมง เท่ากับ 300 W			
มุงกระเบื้องลอนคู่	2	289.24	16	18.1	**โทรทัศน์** 21 นิ้ว 110 W			
รวม				66.3	ใช้วันละ 6 ชั่วโมง เท่ากับ 660 W			
พื้น					**ตู้เย็น** 4-6 ประมาณ 75 W			
Concrete	2	143.1	20	7.2	ใช้วันละ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 1800 W			
ปูพื้น	2	143.1	6	23.9				
รวม				31.0				
ผนังโปร่งแสง								
กระจก	2	17.06	6	2.8				
รวม				225.2	3.85	2.12	400.00	0.34
					การปลดปล่อยCO_2ในการดำเนินงาน(kg-CO_2/อาคาร)			554.66

ภาคผนวก ก-16 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้างของอาคารทั่วไป กรณีที่ 2 (ผนัง ก่ออิฐมอญฉาบปูน)ในขั้นตอนการก่อสร้าง

วัสดุเปลือกอาคาร	แรงงานชาย (คน)	พื้นที่ ตารางเมตร	ก่อสร้างได้ (ตร.ม/8ชม.)	ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง (วัน)	ไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณงานในการก่อสร้าง** kWh/ปริมาณงาน	การปลดปล่อย CO_2ต่อ kWh** (kg-CO_2/อาคาร)	ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการก่อสร้าง** ลิตร	การปลดปล่อย CO_2ต่อน้ำมันดีเซล (kg-CO_2/อาคาร)	ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ในการก่อสร้าง ลิตร	การปลดปล่อยCO_2ต่อน้ำประปาที่ใช้ (kg-CO_2/อาคาร)
โครงสร้าง										
โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	2	244.6	15	16.4			217	584.83		
ผนังทึบแสง										
ก่ออิฐมอญ	2	457.57	6	76.3	36.60	20.17			4,575.70	0.39
ฉาบ	2	457.57	8	57.2	109.82	60.51			2,745.42	0.23
รวม				133.5						81.30
หลังคา										
ทำโครงหลังคากระเบื้อง	2	405.32	6	67.6	122.35	67.41				
มุงกระเบื้องลอนคู่	2	405.32	16	25.3						
รวม				92.9						67.41
พื้น										
Concrete	2	185.19	20	9.3			37.04	99.83		
ปูพื้น	2	185.19	6	30.9	133.34	73.47			1,111.14	0.09
รวม				40.1						173.39
ผนังโปร่งแสง										
กระจก	2	73.65	6	12.3						
รวม				295.1		221.56		684.66		295.1
						การปลดปล่อยCO_2ในการก่อสร้างอาคารจากปริมาณงาน				554.66

ภาคผนวก ก-17 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการดำเนินการก่อสร้างของอาคารทั่วไป กรณีที่ 2 (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน)ในขั้นตอนการก่อสร้าง

วัสดุเปลือกอาคาร	แรงงานชาย	พื้นที่	ก่อสร้างได้	ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของที่พักคนงาน	การปลดปล่อย CO_2ต่อไฟฟ้าที่ใช้ของที่พักคนงาน	ปริมาณน้ำคนงานที่ใช้ต่อคนต่อวัน(คนงาน 2 คน)	การปลดปล่อย CO_2ต่อน้ำประปาที่ใช้
	(คน)	ตารางเมตร	(ตร.ม/8 ชม.)	(วัน)	kWh/วัน	kg-CO_2/วัน	ลิตร	(kg-CO_2/คนงานก่อสร้าง)
ผนังทึบแสง					**หลอดไฟ 36 W 2 หลอด เท่ากับ 72 W**		**ปริมาณการใช้น้ำ**	
ก่ออิฐมอญ	2	457.57	6	76.3	ใช้วันละ 6 ชั่วโมง เท่ากับ 342 W		**200 ลิตร ต่อคนต่อวัน**	
ฉาบ	2	457.57	8	57.2	**พัดลม 75 W**		หรือเท่ากับ 400 ลิตรต่อวัน	
รวม				133.5	ใช้วันละ 10 ชั่วโมง เท่ากับ 750 W			
หลังคา					**หม้อหุงข้าว 600 W**			
ทำโครงหลังคากระเบื้อง	2	405.32	6	67.6	ใช้วันละ 0.5 ชั่วโมง เท่ากับ 300 W			
มุงกระเบื้องลอนคู่	2	405.32	16	25.3	**โทรทัศน์ 21 นิ้ว 110 W**			
รวม				92.9	ใช้วันละ 6 ชั่วโมง เท่ากับ 660 W			
พื้น					**ตู้เย็น 4-6 ประมาณ 75 W**			
Concrete	2	185.19	20	9.3	ใช้วันละ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 1800 W			
ปูพื้น	2	185.19	6	30.9				
รวม				40.1				
ผนังโปร่งแสง								
กระจก	2	73.65	6	12.3				
รวม				295.1	3.85	2.12	400.00	0.34
					การปลดปล่อยCO_2ในการดำเนินงาน(kg-CO_2/อาคาร)			726.93

ภาคผนวก ก-18 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้างของอาคารทั่วไป กรณีที่ 1 (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน)ในขั้นตอนการก่อสร้าง

วัสดุเปลือกอาคาร	แรงงานชาย	พื้นที่	ก่อสร้างได้	ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	ไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณงานในการก่อสร้าง**	การปลดปล่อย CO_2 ต่อ kWh**	ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการก่อสร้าง**	การปลดปล่อย CO_2 ต่อน้ำมันดีเซล	ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ในการก่อสร้าง	การปลดปล่อย CO_2 ต่อน้ำประปาที่ใช้
	(คน)	ตารางเมตร	(ตร.ม/8ชม.)	(วัน)	kWh/ปริมาณงาน	(kg-CO_2/อาคาร)	ลิตร	(kg-CO_2/อาคาร)	ลิตร	(kg-CO_2/อาคาร)
โครงสร้าง										
โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	2	244.6	15	16.4			217	584.83		
ผนังทึบแสง										
ก่อคอนกรีตมวลเบา	2	372.57	18	20.7	17.9	9.85			1,862.85	0.16
ฉาบ	2	372.57	8	46.6	44.6	24.60			1,117.71	0.10
รวม				67.3						34.70
หลังคา										
ทำโครงหลังคากระเบื้อง	2	289.24	6	48.2	206.75	113.92				
มุงกระเบื้องคอนกรีต	2	289.24	12	24.1						
รวม				72.3						113.92
พื้น										
Concrete	2	143.1	20	7.2			28.62	77.13		
ปูพื้น	2	143.1	6	23.9	102.96	56.73			858.60	0.07
รวม				31.0						133.94
ผนังโปร่งแสง										
กระจก	2	17.06	6	2.8						
รวม				190.6		205.10		661.97		0.33
						การปลดปล่อย CO_2 ในการก่อสร้างอาคารจากปริมาณงาน(kg-				282.56

ภาคผนวก ก-19 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการดำเนินการก่อสร้างของอาคารทั่วไป กรณีที่ 1 (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน)ในขั้นตอนการก่อสร้าง

วัสดุเปลือกอาคาร	แรงงานชาย	พื้นที่	ก่อสร้างได้	ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	ไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณงานในการก่อสร้าง**	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของที่พักคนงาน	การปลดปล่อย CO_2ต่อไฟฟ้าที่ใช้ของที่พักคนงาน	ปริมาณน้ำคนงานที่ใช้ต่อคนต่อวัน (คนงาน 2 คน)	การปลดปล่อยCO_2ต่อน้ำประปาที่ใช้
	(คน)	ตารางเมตร	(ตร.ม/8ชม.)	(วัน)	kWh/ปริมาณงาน	kWh/วัน	kg-CO_2/วัน	ลิตร	(kg-CO_2/คนงานก่อสร้าง)
ผนังทึบแสง						**หลอดไฟ 36 W 2 หลอด เท่ากับ 72 W**		**ปริมาณการใช้น้ำ 200 ลิตรต่อคนต่อวัน** หรือเท่ากับ 400 ลิตรต่อวัน	
ก่อคอนกรีตมวลเบา	2	372.57	18	20.7	17.9	ใช้วันละ 6 ชั่วโมง เท่ากับ 342 W			
ฉาบ	2	372.57	8	46.6	44.6	**พัดลม 75 W**			
รวม				67.3		ใช้วันละ 10 ชั่วโมง เท่ากับ 750 W			
หลังคา						**หม้อหุงข้าว 600 W**			
ทำโครงหลังคา	2	289.24	6	48.2	206.75	ใช้วันละ 0.5 ชั่วโมง เท่ากับ 300 W			
กระเบื้องคอนกรีต	2	289.24	12	24.1		**โทรทัศน์ 21 นิ้ว 110 W**			
รวม				72.3		ใช้วันละ 6 ชั่วโมง เท่ากับ 660 W			
พื้น						**ตู้เย็น 4-6 ประมาณ 75 W**			
Concrete	2	143.1	20	7.2		ใช้วันละ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 1800 W			
ปูพื้น	2	143.1	6	23.9	102.96				
รวม				31.0					
ผนังโปร่งแสง									
กระจก	2	17.06	6	2.8					
รวม				174.2		3.85	2.12	400.00	0.34
						การปลดปล่อยCO2ในการดำเนินงาน(kg-CO2/อาคาร)			469.35

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-20 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการก่อสร้างของอาคารทั่วไป กรณีที่ 2 (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) ในขั้นตอนการก่อสร้าง

วัสดุเปลือกอาคาร	แรงงานชาย	พื้นที่	ก่อสร้างได้	ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	ไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณงานในการก่อสร้าง**	การปลดปล่อย CO_2ต่อkWh**	ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการก่อสร้าง**	การปลดปล่อย CO_2ต่อน้ำมันดีเซล	ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ในการก่อสร้าง	การปลดปล่อยCO_2ต่อน้ำประปาที่ใช้
	(คน)	ตารางเมตร	(ตร.ม/8ชม.)	(วัน)	kWh/ปริมาณงาน	(kg-CO_2/อาคาร)	ลิตร	(kg-CO_2/อาคาร)	ลิตร	(kg-CO_2/อาคาร)
โครงสร้าง										
คอนกรีตเสริมเหล็ก	2	244.6	15	16.4			217	584.83		
ผนังทึบแสง										
ก่อคอนกรีตมวลเบา	2	457.57	18	25.4	22.0	12.10			2,287.86	0.20
ฉาบ	2	457.57	8	57.2	54.9	30.26			1,117.71	0.10
รวม				82.6						42.65
หลังคา										
ทำโครงหลังคา	2	405.32	6	67.6	271.75	149.73				
มุงกระเบื้องคอนกรีต	2	405.32	12	33.8						
รวม				101.3						149.73
พื้น										
Concrete	2	185.19	20	9.3			37.04	99.83		
ปูพื้น	2	185.19	6	30.9	133.34	73.47			1,111.14	0.09
รวม				40.1						173.39
ผนังโปร่งแสง										
กระจก	2	73.65	6	12.3						
รวม				240.5		265.56		684.66		0.39
						การปลดปล่อยCO2ในการก่อสร้างอาคารจากปริมาณงาน(kg-CO_2/อาคาร)				365.77

ภาคผนวก ก-21 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการดำเนินการก่อสร้างของอาคารทั่วไป กรณีที่ 2 (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน)ในขั้นตอนการก่อสร้าง

วัสดุเปลือกอาคาร	แรงงานชาย (คน)	พื้นที่ ตารางเมตร	ก่อสร้างได้ (ตร.ม./8ชม.)	ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง (วัน)	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของที่พักคนงาน kWh/วัน	การปลดปล่อยCO_2ต่อไฟฟ้าที่ใช้ของที่พักคนงาน kg-CO_2/วัน	ปริมาณน้ำคนงานที่ใช้ต่อคนต่อวัน (คนงาน 2 คน) ลิตร	การปลดปล่อยCO_2ต่อน้ำประปาที่ใช้ (kg-CO_2/คนงานก่อสร้าง)
ผนังทึบแสง					**หลอดไฟ 36 W 2 หลอด เท่ากับ 72 W**		**ปริมาณการใช้**	
ก่อคอนกรีตมวลเบา	2	457.57	18	25.4	ใช้วันละ 6 ชั่วโมง เท่ากับ 342 W		**น้ำ200 ลิตรต่อ**	
ฉาบ	2	457.57	8	57.2	**พัดลม 75 W**		**คนต่อวัน**	
รวม				82.6	ใช้วันละ 10 ชั่วโมง เท่ากับ 750 W		เท่ากับ 400 ลิตร	
หลังคา					**หม้อหุงข้าว 600 W**		ต่อคนต่อวัน	
ทำโครงหลังคากระเบื้อง	2	405.32	6	67.6	ใช้วันละ 0.5 ชั่วโมง เท่ากับ 300 W			
มุงกระเบื้องคอนกรีต	2	405.32	12	33.8	**โทรทัศน์ 21 นิ้ว 110 W**			
รวม				101.3	ใช้วันละ 6 ชั่วโมง เท่ากับ 660 W			
พื้น					**ตู้เย็น 4-6 ประมาณ 75 W**			
Concrete	2	185.19	20	9.3	ใช้วันละ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 1800 W			
ปูพื้น	2	185.19	6	30.9				
รวม				40.1				
ผนังโปร่งแสง								
กระจก	2	73.65	6	12.3				
รวม				224.1	3.85	2.12	400.00	0.34
				การปลดปล่อยCO2ในการดำเนินงาน(kg-CO_2/อาคาร)				592.28

ภาคผนวก ก-21 ตารางแสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารทั่วไปและอาคารกรณีศึกษาในขั้นตอนการรื้อถอน

รื้อถอน	ระยะเวลา*	ปริมาณน้ำมันที่ใช้	ค่าความจุพลังงานของน้ำมันดีเซล**	เมกะจูล	ค่าการปลดปล่อย Co_2ของน้ำมันดีเซล***	ค่าการปลดปล่อย Co_2ต่อตารางเมตร	ค่าการปลดปล่อย Co_2ต่ออาคาร
	(วัน)	(ลิตร)	(เมกะจูล/ลิตร)		(kg-co_2/MJ)	(kg-co_2)	(kg-co_2)
อาคารทั่วไป เกิน 4 ชั้น	3	300	36.42	10,927.20	0.074	3.31	808.61

* (สุรชัย, 2554.)

** (สุนทร บุญญาธิการและคณะ, 2007)

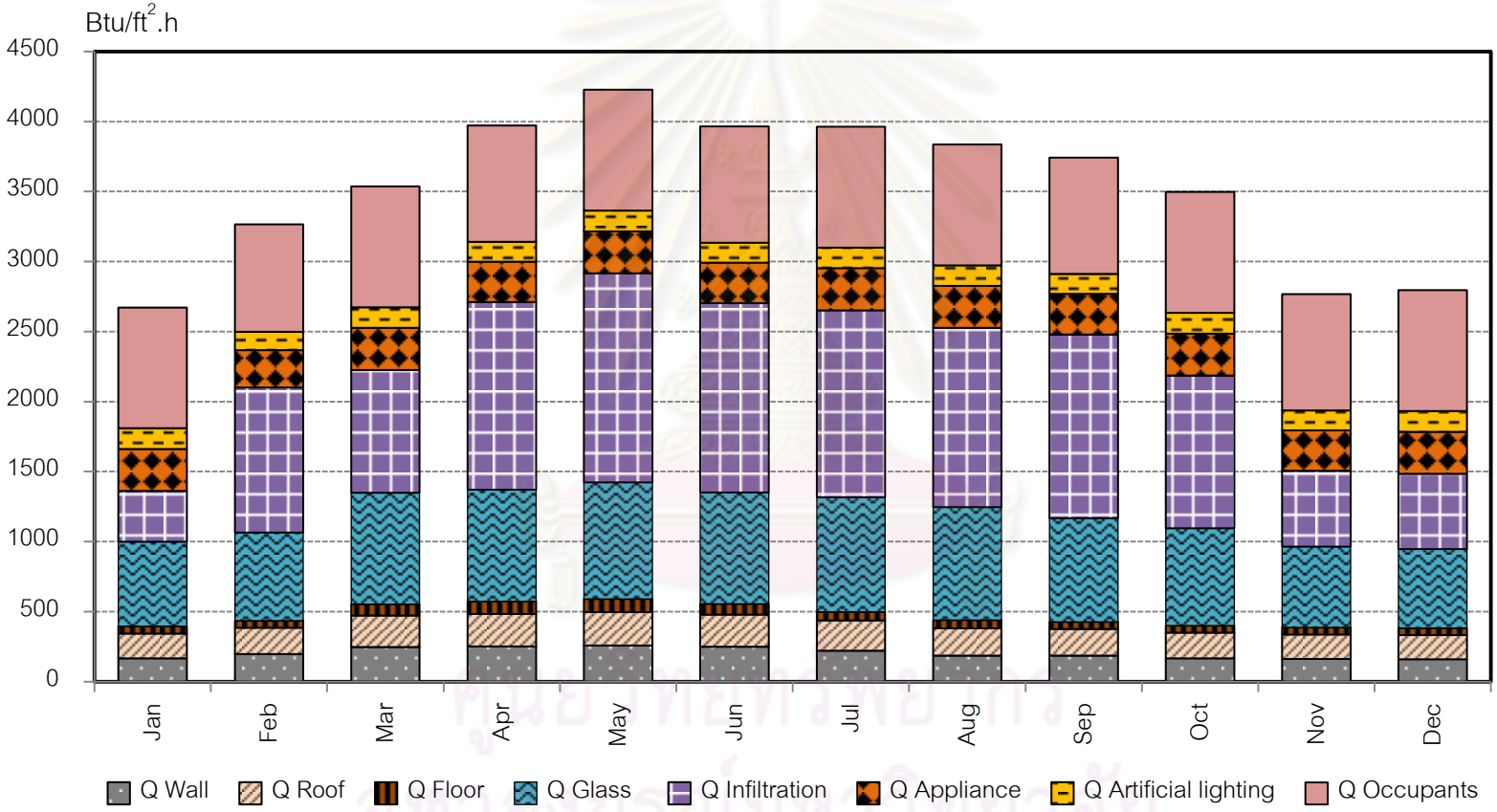
***(IPCC, 2006)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

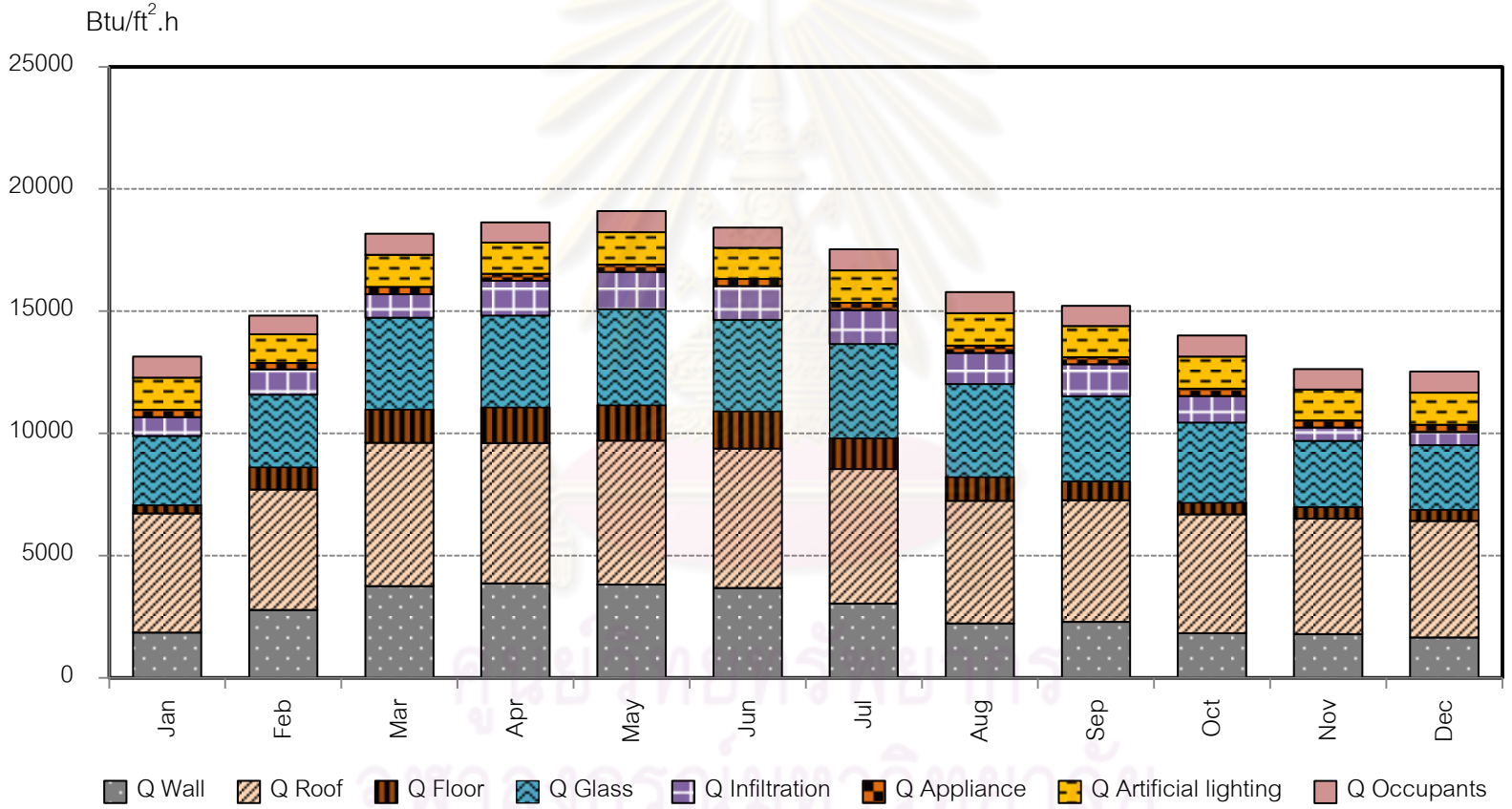
ภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

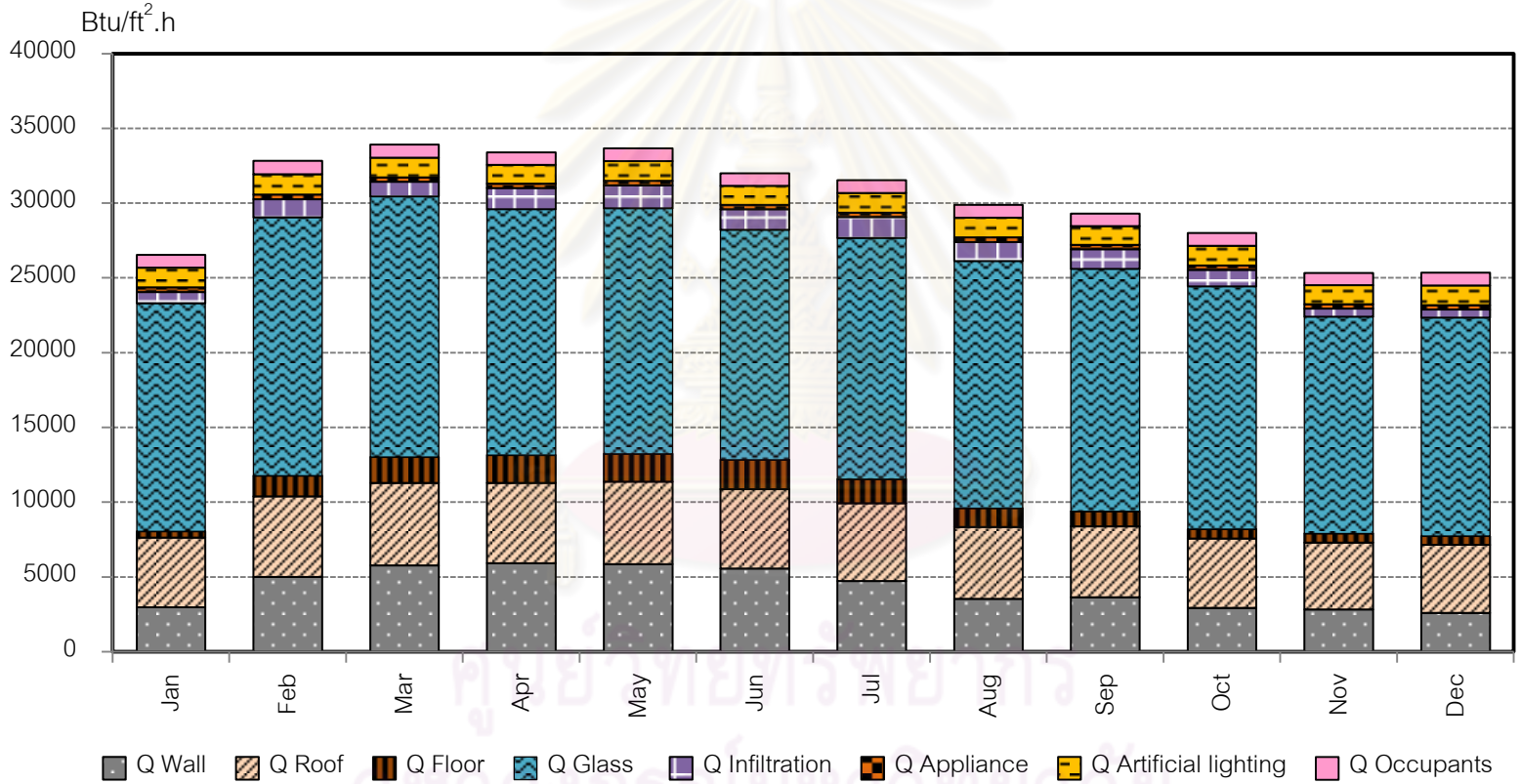
ภาคผนวก ข แสดงภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศโดยแยกตามส่วนต่าง ๆ



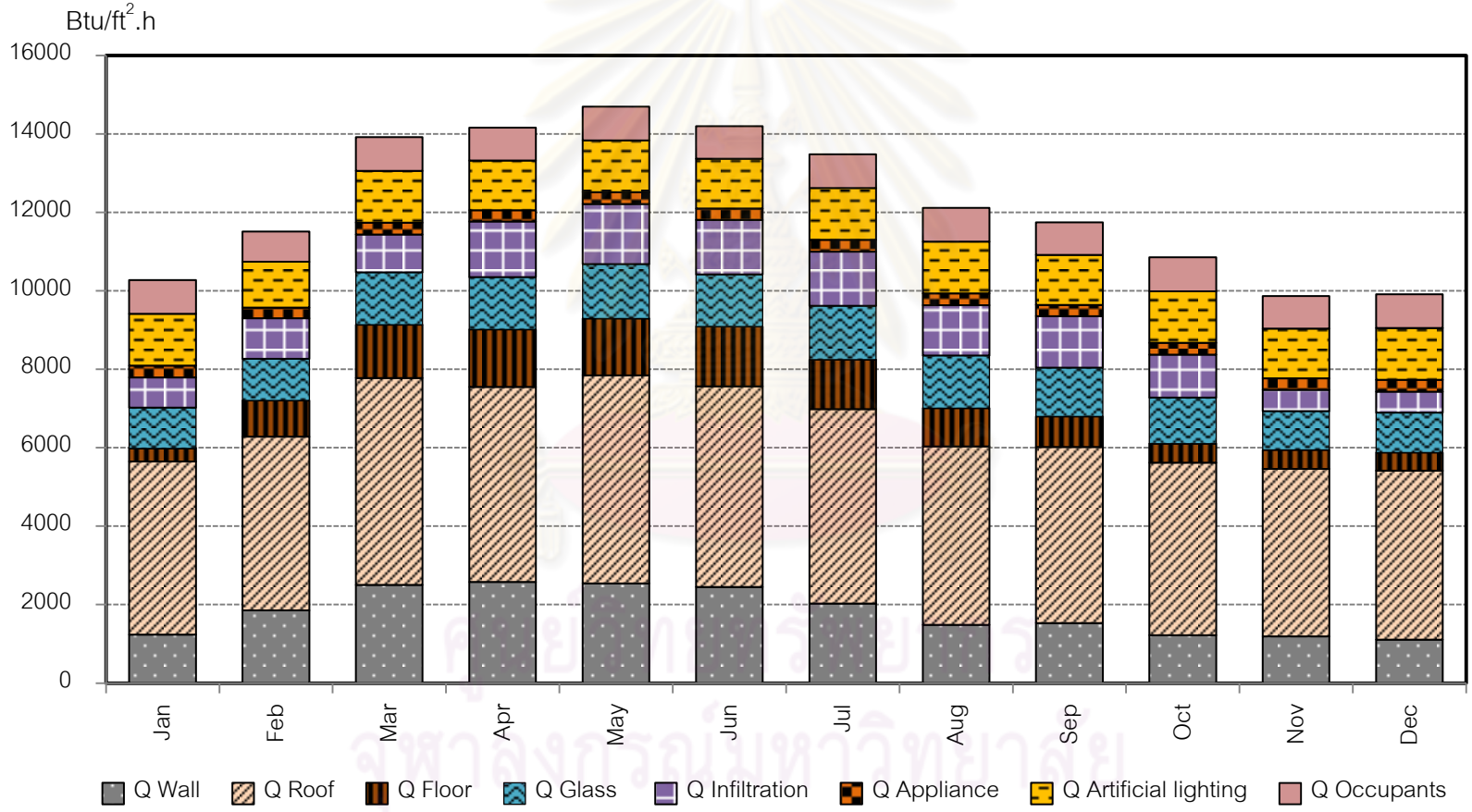
ภาคผนวก ข-1 แผนภูมิแสดงสัดส่วนภาระในการทำความเย็นตลอดทั้งปีรายเดือนของอาคารกรณีศึกษาต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางฟุต (การใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)



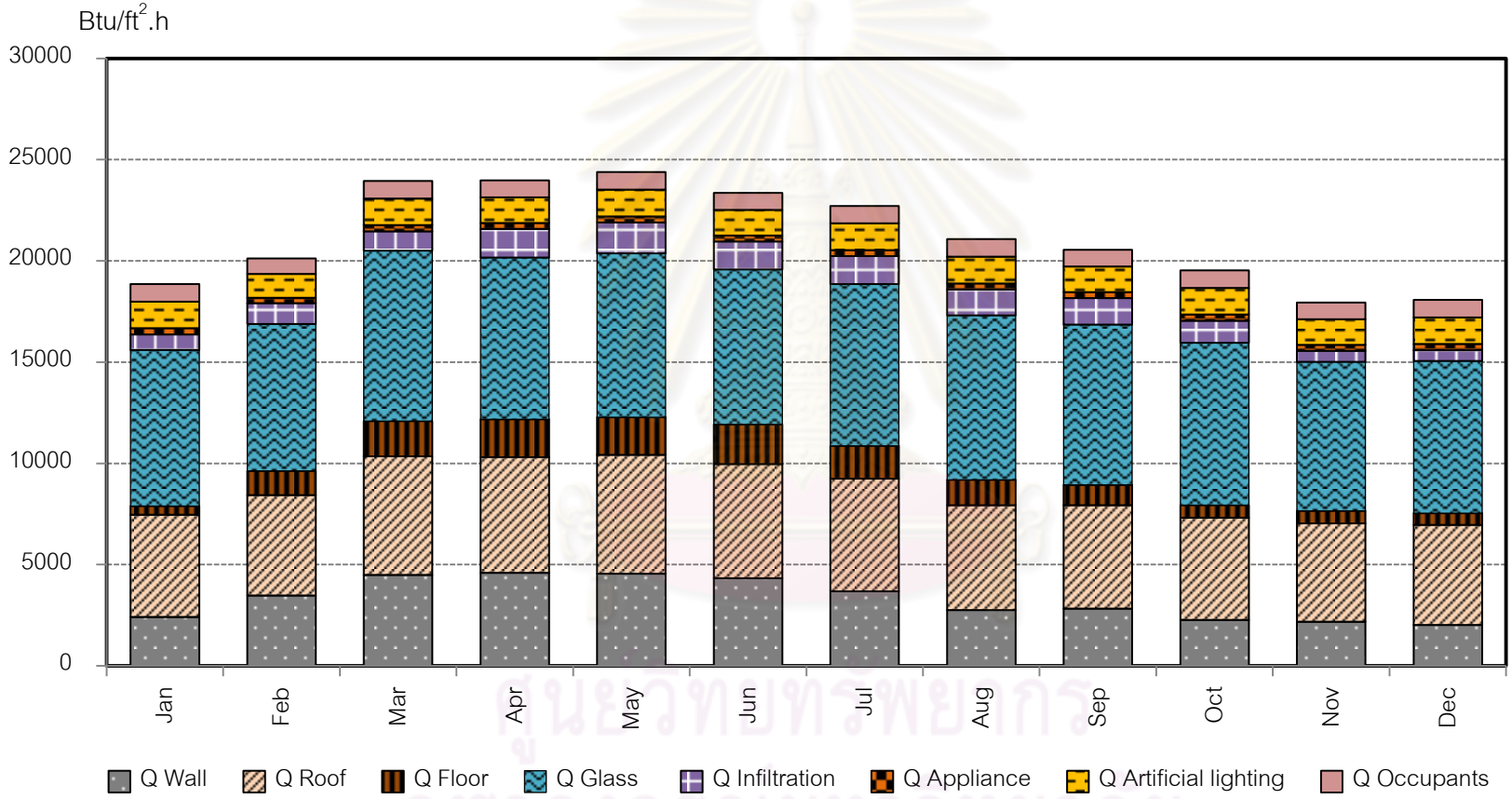
ภาคผนวก ข-2 แผนภูมิแสดงสัดส่วนภาระในการทำความเย็นตลอดทั้งปีรายเดือนของอาคารทั่วไป กรณีที่ 1 รูปแบบอาคาร เหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) ต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางฟุต (การใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)



ภาคผนวก ข-3 แผนภูมิแสดงสัดส่วนภาระในการทำความเย็นตลอดทั้งปีรายเดือนของอาคารทั่วไป กรณีที่ 2 รูปแบบอาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษา (ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน) ต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางฟุต (การใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)


Btu/ft2.h
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Q Wall
Q Roof
Q Floor
Q Glass
Q Infiltration
Q Appliance
Q Artificial lighting
Q Occupants

ภาคผนวก ข-4 แผนภูมิแสดงสัดส่วนภาระในการทำความเย็นตลอดทั้งปีรายเดือนของอาคารทั่วไป กรณีที่ 1 รูปแบบอาคารเหมือนกันกับอาคารกรณีศึกษา (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) ต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางฟุต (การใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)



ภาคผนวก ข-5 แผนภูมิแสดงสัดส่วนภาระในการทำความเย็นตลอดทั้งปีรายเดือนของอาคารทั่วไป กรณีที่ 2 รูปแบบอาคารต่างกันกับอาคารกรณีศึกษา (ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูน) ต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางฟุต (การใช้งาน 3,487ชั่วโมงต่อปี)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววราภรณ์ บุตรจันทร์ เกิดวันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ. 2528 สถานที่เกิดจังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาปริญญาสถาปัตยกรรมบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ในปีการศึกษา 2552

เข้าศึกษาต่อปริญญาสถาปัตยกรรมมหาบัณฑิต กลุ่มวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย