การวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

นายสุดตาภา ใจแสน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ANALYSIS OF CARBON EMISSION FROM THE PROCESS OF BUILDING DEMOLITION

Mr. Suttapa Jaisan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the requirements

for the Degree of Master of Science Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร
โดย	นายสุดตาภา ใจแสน
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

---------- คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ศักดิ์ วัฒนสินธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

---------- กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

---------- กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พร วิรุฬห์รักษ์)

---------- กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. ณรงค์วิทย์ อารีมิตร)

สุดตาภา ใจแสน: การวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร (Analysis of carbon emission from the process of building demolition) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร, 140 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขั้นตอนต่างๆ การใช้พลังงาน รวมถึงวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนที่ใช้ในกระบวนการการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารโดยใช้วิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent, CO_2e) ซึ่งอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) และจากโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.3.3 โดยทำการวิจัยโดยการสอบถามผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร ถึงวิธีการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ รวมถึงแนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร โดยมีอาคารกรณีศึกษาที่ใช้เป็นอาคารอ้างอิงในการวิจัยคือ บ้านพักอาศัย ขนาดพื้นที่ใช้สอย 264 m^2 และประเภทอาคารสำนักงาน ซึ่งมีขนาดพื้นที่ใช้สอย 11,375 m^2

ผลการวิจัยพบว่า ในการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยมีการใช้พลังงานเฉลี่ยทั้งสิ้น 51,497.25 MJ และมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 3,877.87 $KgCO_2e$ และเมื่อเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 14.69 $kgCO_2e/m^2$ และอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานในการรื้อถอนและทำลายอาคารเฉลี่ยทั้งสิ้น 590,644.47 MJ และมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 44,469.04 $KgCO_2e$ และเมื่อเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 3.91$kgCO_2e/m^2$

เมื่อทำเปรียบเทียบทั้งวัฏจักรชีวิตอาคารกรณีศึกษาที่ใช้เป็นอาคารอ้างอิงพบว่า ขั้นตอนการรื้อถอนและการทำลายบ้านพักอาศัยมีการปล่อยคาร์บอนเพียงร้อยละ 0.60 ของการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตอาคาร และขั้นตอนการรื้อถอนและการทำลายอาคารสำนักงานมีการปล่อยคาร์บอนเพียงร้อยละ 0.12 ของการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตอาคาร

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าวัสดุประเภทที่เป็นโลหะและอโลหะ รวมถึงอิฐมอญ และคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีผลทำให้เกิดการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศมากที่สุด ดังนั้นแนวทางในการลดการปล่อยคาร์บอนควรคำนึงถึงแนวทางการเลือกใช้วิธีการและเครื่องมือในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารที่รวมถึงการจัดการเศษวัสดุที่ได้อาคารที่มีประสิทธิภาพ และนอกจากนี้การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพ โดยการเลือกใช้วัสดุในอาคารที่ลดการเกิดของเสีย เช่น การออกแบบอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยการเลือกใช้วัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ เช่น ไม้ จะสามารถลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนได้เช่นเดียวกัน

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2555

5374200025 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORD: Greenhouse Gas Emission / Carbon Emission / Building Demolition

SUTTAPA JAISAN: ANALYSIS OF CARBON EMISSION FROM THE PROCESS OF BUILDING DEMOLITION. ADVISOR: ASST. PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 140 pp.

This research aimed to study the process of building demolition especially in terms of energy consumption and carbon emissions in the process of building demolition. The greenhouse gas emissions in a unit of Carbon Dioxide equivalent, CO_2e and the factors for greenhouse gas emissions were based on Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO) data and the software SimaPro 7.3.3. This research collected data using a questionnaire for 3 contractors on how they demolished buildings, the tools and equipment used, and waste management practices. The residential building which was used as the reference case in this study had 264 m² of floor space while the case study office building had 11,375 m² of floor space.

The results indicated that the process of house demolition consumed energy equal to 51,497.25 MJ, while the carbon emissions were equal to 3,877.87 $KgCO_2e$ or 14.69 $kgCO_2e/m^2$. The process of building demolition for the office building had a total average energy consumption of 590,644.47 MJ, while the carbon emissions were 44,469.04 $KgCO_2e$ or 3.91$kgCO_2e/m^2$

When compared with the life cycle of the case study buildings it was found that the process of building demolition for house and office emitted only 0.60 % and 0.12 %, respectively, of the carbon emitted throughout the life of the buildings.

It can be summarized that metal and non-metal materials, concrete, and brick are most the source of most of the carbon emissions in the process of building demolition. Therefore, to reduce carbon emissions, consideration should be given to efficient use of demolition methods and tools for demolition, efficient waste management, and low-carbon building design by selection of materials to reduce waste. A Building that is designed to be environmentally-friendly that is friendly should be built with recycled materials such as wood etc.,that can be reused or recycled.

Department : Architecture Student Signature : .....

Field of Study : Architecture Advisor Signature : .....

Academic Year : 2012 .

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ความช่วยเหลืออย่างยิ่งจากอาจารย์และผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่าน ผศ. ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และได้คอยสั่งสอนให้ความรู้เขี้ยวเข็นตั้งแต่เข้ามหาวิทยาลัยจวบจนกระทั่งจบการศึกษา รวมถึงรศ. ธนิต จินดาวณิค ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ท่านอื่น ได้แก่ ผศ. ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ อาจารย์ ดร.พร วิรุฬหรักษ์ และดร. ณรงค์วิทย์ อารีมิตร ที่สละเวลาและให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการทำการวิจัย รวมถึงผศ.ดร.จิรวรรณ เตียรถ์สุวรรณ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าธนบุรี ที่ใจดีและได้เอื้อเฟื้อโปรแกรม SimaPro 7.3.3 ในการทำวิจัยนี้ รวมทั้งพี่จิตรลดา เจริญวุฒิเสถียร ที่คอยให้การดูแลตลอดระยะเวลาในการเข้าใช้โปรแกรมที่บางมด และขอขอบคุณ นลินี อเนกเสน และกมลทิพย์ อรัญศิริ ที่ให้ความช่วยเหลือในการสอนโปรแกรม SimaPro 7.3.3 และผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 รายที่คอยชี้แนะ และให้ข้อมูลการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร

สุดท้ายนี้งานวิจัยฉบับนี้จะไม่อาจสำเร็จเสร็จสิ้นลงได้หากปราศจากการสนับสนุนจากบิดา มารดา และเพื่อนทุกๆคนที่คอยให้การสนับสนุน ความห่วงใย และความเข้าใจ อีกทั้งผู้มีส่วนร่วมทุกๆ คนที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ที่ร่วมกันสร้างงานวิจัยชิ้นนี้จนเป็นรูปเป็นร่างขึ้นมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ

กิตติกรรมประกาศ ฉ

สารบัญ ช

สารบัญตาราง ญ

สารบัญภาพ ฏ

สารบัญแผนภูมิ ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น 3

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย 3

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 4

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.8 วิธีการดำเนินการวิจัย 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 การรื้อถอนและการทำลายอาคาร 6

2.2 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร 9

2.3 ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร 12

2.3.1 จากสถานที่ที่มีการก่อสร้างสร้างอาคาร 12

2.3.2 จากสถานที่มีการรื้อถอน ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือซ่อมแซมอาคาร สิ่งปลูกสร้างต่างๆ 13

2.3.3 จากโรงงานผลิตวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูป 13

2.3.4 จากการก่อสร้าง ซ่อมแซม รื้อถอนสะพาน หรือทางด่วน 13

2.4 การประเมินปริมาณของเสียและเศษวัสดุที่ได้จากการก่อสร้างและการรื้อถอนอาคาร 18

2.5 การจัดการเศษวัสดุจากอาคาร 20

2.5.1 ข้อดีของการจัดการเศษวัสดุจากอาคาร 23

2.6 การปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศ 23

หน้า

2.6.1.วิธีการวิเคราะห์คาร์บอนตามแนวทางของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 24
2.6.2.วิธีการคำนวณตามมาตรฐานการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร 25
2.6.3.การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) 26
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 34
3.1 รายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัย 34
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 35
3.2.1 แบบสอบถาม 36
3.2.2 เกณฑ์การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 36
3.2.3 โปรแกรมประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม SimaPro 7.3.3 37
3.3 รูปแบบอาคารกรณีศึกษา 37
3.3.1 กรณีศึกษาอาคารประเภทบ้านพักอาศัย 37
3.3.2 กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน 39
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร 41
4.1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล 41
4.1.1 ขั้นตอนสำรวจอาคารก่อนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร 41
4.1.2 ขั้นตอนการเตรียมการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร 42
4.1.3.ขั้นตอนการปฏิบัติการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร 43
4.1.3.1 การรื้อถอนและการทำลายบ้านพักอาศัย 48
4.1.3.2 การรื้อถอนและการทำลายอาคารสำนักงาน 54
4.1.4 ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคาร 63
4.2 การปล่อยคาร์บอนจากวัสดุของอาคาร 75
4.2.1 บ้านพักอาศัย 75
4.2.2 อาคารสำนักงาน 76
4.3 การสรุปผลการวิจัย 78
4.3.1 บ้านพักอาศัย 78
4.3.2 อาคารสำนักงาน 84
4.4 การเปรียบเทียบข้อมูลการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร ระหว่างบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน 90

หน้า

4.5 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตอาคาร 94
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 96
5.1 สรุปผลการวิจัย 96
5.2 การเสนอแนะ 100
รายการอ้างอิง 103
ภาคผนวก 106
ภาคผนวก ก 107
ภาคผนวก ข 125
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 140

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แหล่งกำเนิดของเสียและเศษวัสดุจากการก่อสร้างและการรื้อถอนในประเทศไทย 14
ตารางที่ 2.2 การคำนวณการปล่อยคาร์บอนตามแนวทางของ IPCC ตามระดับต่างๆ 25
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในบ้านพักอาศัยขนาด 264 ตารางเมตร 39
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในอาคารสำนักงานขนาด 11,375 ตารางเมตร 40
ตารางที่ 4.1 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย ของผู้รับเหมา A 50
ตารางที่ 4.2 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย ของผู้รับเหมา B 52
ตารางที่ 4.3 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย ของผู้รับเหมา C 54
ตารางที่ 4.4 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน ของผู้รับเหมา A 57
ตารางที่ 4.5 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน ของผู้รับเหมา B 60
ตารางที่ 4.6 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน ของผู้รับเหมา C 63
ตารางที่ 4.7 แนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากบ้านพักอาศัยขนาด 264 ตารางเมตร 65
ตารางที่ 4.8 แนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารสำนักงานขนาด 11,375 ตารางเมตร 66
ตารางที่ 4.9 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคาร ของผู้รับเหมา A 69
ตารางที่ 4.10 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารของ ผู้รับเหมา B 71
ตารางที่ 4.11 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารของ ผู้รับเหมา C 73
ตารางที่ 4.12 สรุปการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร 74

หน้า

ตารางที่ 4.16 สรุปการปล่อยคาร์บอนในกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย ---------- 83

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารโดยใช้แรงงานคน 7
รูปที่ 2.2 การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารโดยใช้วิธีการใช้ Hydraulic Crusher with Long Boom Arm 8
รูปที่ 2.3 การการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารโดยใช้วิธีการใช้ลูกตุ้มบอล (Wrecking Ball) 8
รูปที่ 2.4 คอนกรีตเสริมเหล็ก 15
รูปที่ 2.5 คอนกรีตไม่เสริมเหล็ก 16
รูปที่ 2.6 วัสดุก่อ 16
รูปที่ 2.7 ของเสียและเศษวัสดุผสม 17
รูปที่ 2.8 โมเดลการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ 22
รูปที่ 2.9 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition) 27
รูปที่ 2.10 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิต 29
รูปที่ 3.1 คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 36
รูปที่ 3.2 คู่โปรแกรม SimaPro 37
รูปที่ 3.3 ด้านหน้าและด้านข้างของบ้านพักอาศัย 38
รูปที่ 3.4 แปลนพื้นชั้นล่างและชั้นบนของบ้านพักอาศัย 38
รูปที่ 3.5 คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 40
รูปที่ 3.6 ลักกษณะโครงสร้างอาคารสำนักงานที่ใช้เป็นอาคารกรณีศึกษา 40
รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการเตรียมการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร 43
รูปที่ 4.2 รถแบคโฮ PC30 44
รูปที่ 4.3 รถแบคโฮ PC120 44
รูปที่ 4.4 รถแบคโฮ PC200 45
รูปที่ 4.5 รถบรรทุก 6 ล้อ 45
รูปที่ 4.6 รถบรรทุก 10 ล้อ 46
รูปที่ 4.7 เครื่องตัดแก๊ส 46
รูปที่ 4.8 ค้อนปอนด์ 47
รูปที่ 4.9 รถเคน 47

หน้า

รูปที่ 4.10 สรุปขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา A 49
รูปที่ 4.11 สรุปขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา B 51
รูปที่ 4.12 สรุปขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา C 53
รูปที่ 4.13 สรุปขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา A 56
รูปที่ 4.14 สรุปขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา B 59
รูปที่ 4.15 สรุปขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา C 62
รูปที่ 4.16 ระยะทางจำลองจากอาคารกรณีศึกษาไปยังสถานที่ต่างๆ 64
รูปที่ 4.17 การจำแนกประเภทการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคาร 67
รูปที่ 4.18 แนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารของผู้รับเหมา A 68
รูปที่ 4.19 แนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารของผู้รับเหมา B 70
รูปที่ 4.20 แนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารของผู้รับเหมา C 72

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 3.1 แบบแผนลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 35
แผนภูมิที่ 4.1 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุของบ้านพักอาศัย 76
แผนภูมิที่ 4.2 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุของอาคารสำนักงาน 77
แผนภูมิที่ 4.3 การใช้พลังงานจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา
รื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย 78
แผนภูมิที่ 4.4 การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา
รื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย 79
แผนภูมิที่ 4.5 การใช้พลังงานจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา
รื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย 80
แผนภูมิที่ 4.6 การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา
รื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย 80
แผนภูมิที่ 4.7 สรุปผลการใช้พลังงานบ้านพักอาศัย 81
แผนภูมิที่ 4.8 สรุปผลการปล่อยคาร์บอนจากบ้านพักอาศัย 81
แผนภูมิที่ 4.9 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอน
และทำลายบ้านพักอาศัย 82
แผนภูมิที่ 4.10 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอน
และทำลายบ้านพักอาศัย 82
แผนภูมิที่ 4.11 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอน
และทำลายบ้านพักอาศัย 83
แผนภูมิที่ 4.12 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยต่อพื้นที่ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอน
และทำลายบ้านพักอาศัย 83
แผนภูมิที่ 4.13 การใช้พลังงานจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมารื้อถอน
อาคารทั้ง 3 ราย 84
แผนภูมิที่ 4.14 การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานองผู้รับเหมา
รื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย 85

หน้า

แผนภูมิที่ 4.15 การใช้พลังงานในขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา
รื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย 86
แผนภูมิที่ 4.16 การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารสำนักงาน
ของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย 86
แผนภูมิที่ 4.17 สรุปผลการใช้พลังงานจากอาคารสำนักงาน 87
แผนภูมิที่ 4.18 สรุปผลการปล่อยคาร์บอนจากอาคารสำนักงาน 87
แผนภูมิที่ 4.19 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอน
และทำลายอาคารสำนักงาน 88
แผนภูมิที่ 4.20 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอน
และทำลายอาคารสำนักงาน 88
แผนภูมิที่ 4.21 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ
รื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน 89
แผนภูมิที่ 4.22 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยต่อพื้นที่ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอน
และทำลายอาคารสำนักงาน 89
แผนภูมิที่ 4.23 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน 91
แผนภูมิที่ 4.24 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนระหว่างบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน 92
แผนภูมิที่ 4.25 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยระหว่างบ้านพักอาศัย
และอาคารสำนักงาน 93
แผนภูมิที่ 4.26 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยระหว่างบ้านพักอาศัย
และอาคารสำนักงาน 94
แผนภูมิที่ 4.27 การเปรียบเทียบการการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย 107
แผนภูมิที่ 4.28 การเปรียบเทียบการการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตอาคารสำนักงาน 107

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันนี้สภาวะโลกร้อน (Global warming) กำลังเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศของโลกทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยศักยภาพที่มีผลทำให้โลกร้อนนั้น สามารถประเมินได้จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ได้แก่ การคมนาคมขนส่ง การใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานเชื้อเพลิง และการเผาไหม้เป็นต้น โดยที่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นนั้นจะอยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent, CO_2e) ซึ่งมีศักยภาพในการทำให้โลกร้อน ยกตัวอย่างเช่น ก๊าซมีเทน (CH_4) มีค่า GWP100 เท่ากับ 25 หมายความว่าก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัมมีศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 25 กิโลกรัม ดังนั้นการปล่อยก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม คิดเป็นศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับ 25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($KgCO_2e$) เป็นต้น [1]

ในทำนองเดียวกันกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร(Process of building demolition) นั้นต้องอาศัยทั้งพลังงานจากเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในกระบวนการขนส่งและกระบวนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ในการทำงาน รวมทั้งพลังงานจากเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการปฏิบัติงานเป็นต้น โดยที่การใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนของการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น ย่อมนำมาซึ่งการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศซึ่งมีผลต่อการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน

อีกทั้งปัจจุบันนี้การประเมินการปล่อยคาร์บอนที่เกิดจากกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น ได้ทำการประเมินโดยใช้วิธีการฝังกลบ (Landfill) โดยคำนวณค่าการปล่อยคาร์บอนเฉพาะขั้นตอนการนำวัสดุที่ได้จากอาคารทั้งหมดไปทำการถมที่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ไม่รวมถึงขั้นตอนวิธีการจริงที่ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารเลือกใช้ เช่น การรื้อถอนวัสดุอาคาร (Building assembly) การทำลายอาคาร (Building demolition) และขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคาร (West management) เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากขั้นตอนเหล่านี้มีความหลากหลาย และมีความไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้รับเหมารื้อถอน อีกทั้งปัจจุบันนี้ประเทศไทยยังไม่มีแนวทางปฏิบัติสำหรับการรื้อถอนและทำลายอาคารในประเทศไทยที่ชัดเจน ทำให้วิธีการและขั้นตอนในการปฏิบัติการมีความแตกต่างกัน

---

[1] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, (กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2553), หน้า 37.

ดังนั้นการวิจัยนี้ จึงได้ทำการศึกษาถึงแนวทางการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารในประเทศไทย โดยวิเคราะห์การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนตั้งแต่ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุอาคาร การทำลายอาคารจนกระทั่งขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากอาคาร เนื่องจากในทุกขั้นตอนมีการใช้พลังงานในการปฏิบัติงานและยังส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศด้วยเช่นกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนี้ ได้มุ่งเน้นศึกษาถึงแนวทางการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารที่ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารในประเทศไทยเลือกใช้จริง รวมถึงเลือกการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ถึงปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1.2.1 ศึกษาขั้นตอนต่างๆและวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในกระบวนการการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

1.2.2 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร โดยใช้วิธีการคำนวณเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยคาร์บอน ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent, CO_2e ซึ่งอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอนจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) และจากโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.3.3

1.2.3 เสนอแนะแนวทางการลดการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร โดยการเสนอแนะแนวทางการออกแบบอาคารและการเลือกใช้วัสดุอาคาร รวมทั้งแนวทางการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารที่สามารถลดการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการเก็บข้อมูลการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารจากการใช้แบบสอบถาม เพื่อทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการปฏิบัติงาน เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน รวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน โดยได้เลือกอาคารกรณีศึกษา 2 ประเภทคือ ประเภทบ้านพักอาศัย และอาคารประเภทสำนักงาน โดยมีขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1.3.1 เลือกทำการสำรวจเก็บข้อมูลเฉพาะผู้รับเหมารื้อถอนอาคารและทำลายอาคารที่เป็นวิศวกรคุมงานและประกอบกิจการภายในเขตกรุงเทพมหานครเท่านั้น

1.3.2 ศึกษาเฉพาะรูปแบบขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารในส่วนของงานสถาปัตยกรรม เช่น ประตู หน้าต่าง วัสดุมุงหลังคา เป็นต้น และส่วนที่เป็นโครงสร้างอาคารเช่น คาน เสา พื้น

ผนัง เป็นต้น ไม่รวมการปรับปรุง ซ่อมแซม การรื้อถอนถนนรอบอาคาร การรื้อถอนเฟอร์นิเจอร์ภายในอาคาร การรื้อถอนระบบต่างๆ ภายในอาคาร

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับการปล่อยคาร์บอนที่เกิดจากกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารด้วยวิธีการใช้แบบสอบถามจำลองสถานการณ์และสร้างอาคารกรณีศึกษาที่อ้างอิงจากอาคารที่พบเห็นทั่วไปในปัจจุบัน เช่น อาคารกรณีศึกษาที่เป็นบ้านพักอาศัยที่มีลักษณะที่เป็นตัวแทนของบ้านพักอาศัยทั่วไปที่พบเห็นได้ในประเทศไทย และอาคารสำนักงานคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่มีความสูงประมาณ 7 ชั้น[2] โดยทำการสอบถามผู้รับเหมารื้อถอนอาคารที่เป็นวิศวกรคุมงาน จำนวน 3 ราย โดยครอบคลุมถึงแนวทาง เครื่องมืออุปกรณ์ ระยะเวลาการทำงาน เป็นต้น จากนั้นจึงนำผลการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ถึงการใช้พลังงานและปริมาณการปล่อยคาร์บอนที่เกิดขึ้นจริง ไม่ได้ทำการวิจัยจากการดำเนินงานจริง

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้อาศัยคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้การอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ TGO และจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ หรือ MTEC สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารนี้ มีคำศัพท์ที่พบในการวิจัยนี้จำนวนมาก ซึ่งก่อนจะทำการวิจัยผู้วิจัยขอทำความเข้าใจถึงคำศัพท์ต่างๆ ที่พบในการวิจัยนี้โดยการอธิบายเป็นคำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย ดังต่อไปนี้

1.6.1 “การรื้อถอนอาคาร” หมายถึง การถอดชิ้นส่วนวัสดุอาคารหรือการรื้อวัสดุประกอบอาคารออกจากตัวอาคารเช่น การรื้อถอนประตู หน้าต่าง เป็นต้น ซึ่งไม่รวมการรื้อถอนงานระบบของอาคาร

1.6.2 “การทำลายอาคาร” หมายถึง กระบวนการทุบทำลายโครงสร้างของอาคาร

---

[2] อรรจน์ เศรษฐบุตร, “การจัดทำมาตรฐานค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้อาคารสำหรับอาคารในประเทศไทยด้วยวิธี Life Cycle Assessment (LCA) โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์” (โครงการส่งเสริมการทำงานวิจัยเชิงลึกในสาขาวิชาที่มีศักยภาพสูง กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช, 2552), หน้า 16-31

1.6.3 “การจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคาร” หมายถึง กระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากการรื้อถอนและการทำลายอาคาร เช่นการแยกประเภทของวัสดุ และการขนส่งเศษวัสดุจากสถานที่ที่มีการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารไปยังร้านรับซื้อของเก่า หรือโรงงานเพื่อนำไปใช้ซ้ำ หรือนำไปรีไซเคิล หรือนำไปถมที่

1.6.4 “ของเสียที่ได้จากอาคาร” หมายถึง เศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารแล้วที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่นของเสียที่เป็นอันตราย ที่มีส่วนประกอบของแอสเบสตอส เป็นต้น

1.6.5 “เศษวัสดุที่ได้จากอาคาร” หมายถึง เศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารแล้วสามารถที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง โดยวิธีการใช้ซ้ำ รีไซเคิล หรือนำกลับไปถมที่ เช่น ไม้ สามารถกลับมาใช้ซ้ำได้อีกครั้ง เหล็กที่สามารถนำกลับเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล และคอนกรีตสามารถนำไปถมที่ได้

1.6.6 “คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide Equivalent: $kgCO_2e$)” หมายถึง หน่วยแสดงความสามารถในการทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบในรูปปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เนื่องจากปัจจุบันนี้การประเมินการปล่อยคาร์บอนจากอาคาร หรือการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร (Building life cycle assessment) ในส่วนของระยะการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร (Process of building demolition) นั้นได้ประเมินค่าจากขั้นตอนการฝังกลบ (Landfill) เพียงอย่างเดียว ไม่ครอบคลุมขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารตั้งแต่กระบวนการแรกจนกระบวนการสุดท้าย ทำให้ค่าที่ได้เป็นค่าที่ประมาณจากการทำลายโดยวิธีการฝังกลบเพียงอย่างเดียว ดังนั้นการวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขึ้นตอนการปฏิบัติงานของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารในประเทศไทย เพื่อเป็นแนวทางและเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจศึกษาค้นคว้าในเรื่องการปล่อยคาร์บอนจากอาคาร ซึ่งครอบคลุมประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย ดังต่อไปนี้

1.7.1 ทราบถึงขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการต่างๆ รวมถึงการใช้พลังงานในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

1.7.2 ทราบถึงปริมาณการปล่อยคาร์บอนในขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

1.7.3 เพื่อเป็นแนวทางในการลดการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

1.8 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1.8.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

1.8.2 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้วิธีการสอบถามและสัมภาษณ์ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารที่เป็นวิศวกรคุมงาน โดยใช้อาคารอ้างอิงเป็นอาคารกรณีศึกษาที่เป็นบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน ซึ่งมีรูปแบบการใช้งานและมีการใช้วัสดุประกอบอาคารที่แตกต่างกัน เพื่อนำมาวิเคราะห์เกี่ยวกับรูปแบบขั้นตอนจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร โดยครอบคลุมข้อมูลดังนี้

1.8.2.1 ขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

1.8.2.2 เครื่องมือที่ใช้การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

1.8.2.3 แนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคาร

1.8.2.4 เครื่องมือและยานพาหนะที่ใช้ในขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากการอาคาร

1.8.3 จากนั้นนำข้อมูลข้างต้นที่ได้มาทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานในขั้นตอนต่างๆในกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

1.8.4 นำผลการใช้พลังงานที่ได้จากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารของผู้รับเหมาไปคำนวณเปรียบเทียบหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent, CO_2e)

1.8.5 จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยคาร์บอนของวัสดุจากอาคารกรณีศึกษาโดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.3.3

1.8.6 สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะแนวทางการลดการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารโดยการเสนอแนะแนวทางการออกแบบอาคารและการเลือกใช้วัสดุอาคาร รวมทั้งแนวทางการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารที่ลดการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น เป็นการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร ซึ่งได้ทำการศึกษาจากข้อมูลวิธีการรื้อถอนที่ใช้จริงในประเทศไทย โดยทำการวิเคราะห์การรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน โดยที่ในการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากเอกสาร งานวิจัยที่ผ่านมา บทความวิชาการทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยสามารถสรุป ได้ดังนี้

2.1 การรื้อถอนและการทำลายอาคาร

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522[1] ได้กล่าวถึงการรื้อถอนว่าหมายความว่า เป็นการแยกออก ถอดออก จากสิ่งที่ทำเป็นรูปแล้วให้สูญเสียความเป็นกลุ่มเป็นก้อนของรูปแบบเดิมนั้นออกไป และในส่วนของการรื้อถอนอาคารนั้น หมายความว่า เป็นกระบวนการรื้อส่วนอันเป็นโครงสร้างของอาคาร เช่น เสา คาน ตง หรือส่วนโครงสร้างอื่นที่กฎกระทรวงได้กำหนดไว้ เช่น ผนัง พื้น กันสาดคอนกรีต เป็นต้น

ส่วนในมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.)[2] นั้นแบ่งความหมายของคำว่า "Demolition" ออกเป็น 2 ชนิดคือ การรื้อถอน และการทำลาย ในส่วนการรื้อถอนนั้นหมายถึง การกระทำการรื้อหรือเคลื่อนย้ายโดยปราศจากการก่อให้เกิดความเสียหายใดๆ แก่สิ่งที่ถูกรื้อ การเคลื่อนย้ายนั้นต้องกระทำด้วยมือและต้องไม่โยนลงมายังพื้น ถ้าหากวัสดุที่จะทำการรื้อถอนนั้นถูกยึดด้วยตะปูสลักเกลียวหรืออุปกรณ์อื่นๆ ต้องใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมในการถอดสลักนั้น ห้ามงัดหรือฉีกออก ส่วนการทำลายนั้น หมายถึงการรื้อถอนหรือทำลายโดยวิธีใดๆก็ตาม ไม่ต้องคำนึงถึงความเสียหายที่เกิดจากการทำลายนั้น ดังนั้นคำว่าการรื้อถอนและการทำลายในการวิจัยนี้จึงมีความหมายดังนี้

"การรื้อถอนอาคาร" หมายถึง การรื้อถอนวัสดุต่างๆ ออกจากอาคาร ซึ่งจะกระทำรื้อถอนด้วยแรงงานคนและดำเนินการด้วยความระมัดระวัง เช่นการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคารที่เป็นประตู หน้าต่าง เป็นต้น

---

[1]สำนักกฎหมาย สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย, พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 [ออนไลน์], 16 กันยายน 2555. แหล่งที่มา http://www.law.moi.go.th/.

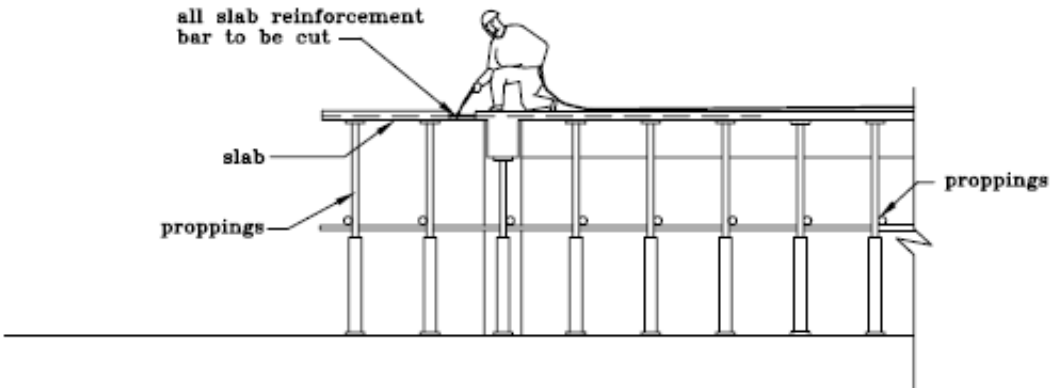
[2]คณะอนุกรรมการวิชาสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, "การรื้อถอนและการทำลาย," ใน แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคาร ในส่วนงานของโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม, (กรุงเทพฯ: ม.ป.ท., 2554).

“การทำลายอาคาร” หมายถึง การรื้อถอนและทำลายส่วนต่างๆของอาคารโดยไม่คำนึงถึงความเสียหายของส่วนนั้นๆ เช่น การทำลายโครงสร้างเสา คาน พื้นของอาคาร เป็นต้น

โดยทั่วไปแล้ววิธีการดำเนินการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารที่ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารและทำลายอาคารทั่วไปทั้งในประเทศไทยและในต่างประเทศไทยเลือกใช้นั้นมีวิธีที่คล้ายกัน[3] โดยที่การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารส่วนใหญ่จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

(1) การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารโดยใช้แรงงานคน เป็นการรื้อถอนที่มีลักษณะของงานที่มีขนาดไม่ใหญ่และไม่ซับซ้อน ได้แก่ การย่อยชิ้นส่วน เช่นการใช้แรงงานคนทุบทำลายผนังของอาคารโดยอาศัยเครื่องมือคือ ค้อนปอนด์ขนาดใหญ่ ซึ่งต้องกระทำด้วยความชำนาญและมีการระวังและรักษาความปลอดภัยที่ดี

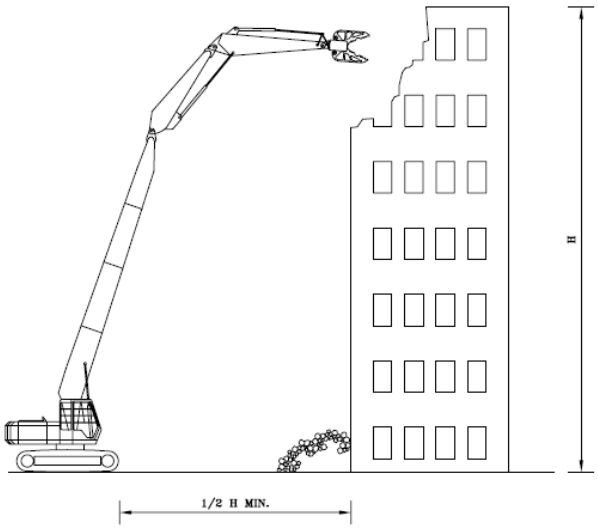
(2) การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารโดยใช้เครื่องจักรกลทั่วไป เป็นการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารที่อาศัยความชำนาญของผู้รื้อถอนค่อนข้างสูง เนื่องจากวัสดุหรือโครงสร้างอาคารที่ถูกรื้อถอนและทำลายนั้นมีขนาดใหญ่ อาจเกิดอันตรายได้หากขาดความระมัดระวังในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร เช่นการใช้รถแบคโฮทำลายเสา คาน ของตัวอาคาร เป็นต้น รูปที่ 2.1-2.3 นี้เป็นตัวอย่างของการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารโดยทั่วไป ดังนี้



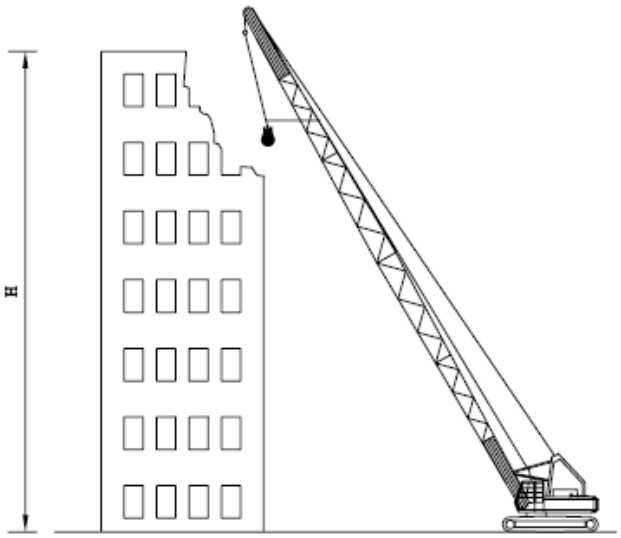
รูปที่ 2.1 การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารโดยใช้แรงงานคน[4]

[3]บริษัทไทยดีโมลิชั่น จำกัด, ประเภทการรื้อถอน [ออนไลน์], 11 กรกฎาคม 2555. แหล่งที่มา http://thaidemolition.com/typeofdemolition.html

[4]Building Department Hong Kong, in Code of Practice for Demolition of Building: Year 2004, p. 69.



รูปที่ 2.2 การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารโดยใช้วิธีการใช้ Hydraulic Crusher with Long Boom Arm[5]



รูปที่ 2.3 การการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารโดยใช้วิธีการใช้ลูกตุ้มบอล หรือ Wrecking Ball[6]

วิธีการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารในประเทศไทยบางกรณีไม่นิยมใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากปัญหาด้านต่างๆ เช่น ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ฝุ่น เป็นต้น, ปัญหาด้านมลพิษทางเสียง, และปัญหาด้านความปลอดภัย ดังนี้

[5]Ibid., p. 77.

[6]Ibid., p. 79.

(1) การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารโดยการใช้สลิงดึงร่วมกับรถเครน เนื่องจากเป็นการกระทำที่ต้องอาศัยด้วยความระมัดระวังเป็นอย่างสูงเนื่องจากต้องแน่ใจว่ารถเครนที่ใช้ดึงอยู่ในระยะที่ปลอดภัยที่อาคารจะถล่มลงมา และลวดสลิงที่ใช้ได้มาตรฐานมีขนาดเหมาะสมกับงานนั้นๆ แต่วิธีการนี้ยังมีการใช้งานในปัจจุบันแต่ไม่มาก ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่จะทำการรื้อถอน

(2) การใช้ลูกตุ้มเหล็ก กระทำการโดยการแขวนลูกตุ้มเหล็กไว้กับแขนของรถเครน กรณีนี้ต้องระวังการร่วงหล่นลงมาของลูกตุ้มและรถเครนต้องอยู่บนพื้นระนาบที่มีความมั่นคงเพียงพอ ซึ่งอาจเกิดอันตรายได้ถ้าบังคับทิศทางการแกว่งของลูกตุ้มเหล็กไม่ดี

(3) การใช้ระเบิด เป็นวิธีการที่รวดเร็วและประหยัดเวลาเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารสูง แต่ปัจจุบันวิธีนี้ไม่นิยมใช้ในเขตกรุงเทพมหานคร เนื่องจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารในพื้นที่กรุงเทพมหานครนั้นไม่มีความสะดวกในใช้วิธีนี้ สาเหตุเพราะว่าแรงของระเบิด, ฝุ่นและเสียงที่อาจเกิดขึ้นจากการพังทลายของอาคารจะส่งผลต่อผู้พักอาศัยในบริเวณข้างเคียง เป็นต้น[7]

นอกจากในเรื่องสภาพของพื้นที่รอบๆอาคารที่จะทำการรื้อถอนที่มีความสัมพันธ์กับการเลือกใช้วิธีการในการดำเนินงานแล้วนั้น ยังต้องคำนึงถึงกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ ที่ใช้ในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารอีกด้วย

2.2 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

ปัจจุบันนี้ ได้มีการร่างพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับที่ 4 ปี พ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นกฎหมายที่มีความเกี่ยวข้องกับการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารมากที่สุด โดยมีผลบังคับใช้ในปัจจุบัน[8] โดยได้ยกเลิกมาตรา 23 และมาตรา 24 ในหมวด 3 ของฉบับเดิมทิ้งไป โดยในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับที่ 4 ปี พ.ศ. 2550 นี้จะกล่าวรวมไปถึง การก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้ายและใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร โดยสรุปได้ดังต่อไปนี้

---

[7]มหาดไทย ชัยเกษม, “การรื้อถอนอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้แรงงานคนเป็นหลักในประเทศไทย: ปัญหาและแนวทางปฏิบัติ,” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549) หน้า 8.

[8]สำนักกฎหมาย สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย, พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 [ออนไลน์], 16 ตุลาคม 2550. แหล่งที่มาhttp://app-thca.krisdika.go.th/Naturesig/CheckSig?whichLaw=law2&folderName=%A404&lawPath=%A404-20-9999-UPDATE

ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารและทำลายอาคารที่จะทำดำเนินการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร ที่มีความสูงเกิน 15 เมตร หรือเป็นอาคารที่อยู่ห่างจากอาคารอื่นน้อยกว่า 2 เมตร มีจำเป็นต้องได้รับใบอนุญาตการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น และก่อนการดำเนินงาน และผู้รับเหมารื้อถอนอาคารและทำลายอาคารต้องตรวจสอบและหาวิธีการป้องกัน สิ่งบริการสาธารณะ เช่น ไฟฟ้า โทรศัพท์ ประปา หรือท่อก๊าซ และส่วนต่างๆ ของอาคารที่อาจตกหล่น เพื่อมิให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ชีวิต ร่างกาย หรือทรัพย์สินในขณะที่มีการดำเนินงาน และในระหว่างการดำเนินงาน ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารและทำลายอาคารต้องติดตั้งป้ายเตือนอันตราย และต้องแสดงขอบเขตการดำเนินงาน ไว้รอบบริเวณที่จะรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร เพื่อเตือนมิให้บุคคลอื่น ซึ่งไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเข้าไปในบริเวณนั้น และต้องจัดให้มีพนักงานไว้สำหรับห้ามบุคคลซึ่งไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเข้าไปในบริเวณดังกล่าวด้วย รวมทั้งดูแลความเรียบร้อยของป้ายเตือนอันตรายเพื่อป้องกันการชำรุดขณะดำเนินงานด้วย

ในช่วงการดำเนินการนั้น ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารและทำลายอาคารจะกระทำได้เฉพาะในเวลาระหว่างพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตกดินเท่านั้น ถ้ามีความจำเป็นต้องกระทำในเวลาระหว่างที่พระอาทิตย์ตกดินจนถึงเวลาพระอาทิตย์ขึ้น ต้องได้รับอนุญาตเป็นหนังสือจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น และในการดำเนินงานในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นต้องจัดให้มีแสงสว่างที่เพียงพอด้วย

ในส่วนของการรื้อถอนผนังอาคารด้านนอกที่สูงจากพื้นดินเกิน 8 เมตร และอยู่ห่างจากอาคารอื่น ทางสัญจร หรือที่สาธารณะ ตามแนวราบน้อยกว่าความสูงของอาคาร ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารและทำลายอาคารต้องจัดให้มีแผงรับวัสดุที่อาจร่วงหล่นจากการดำเนินงานตลอดแนวด้านนอกของผนังอาคารนั้น โดยแผงรับวัสดุดังกล่าวต้องมีความมั่นคงแข็งแรงและขนาดใหญ่เพียงพอที่จะป้องกันเศษวัสดุที่อาจร่วงหล่นได้ และต้องติดตั้งให้เอียงลาดเพื่อป้องกันวัสดุที่ร่วงหล่นกระเด็นออกมานอกแผงหรือกองค้างอยู่ในแผงรับนั้น

ส่วนการขนถ่ายวัสดุที่รื้อถอนลงจากที่สูงมาสู่ที่ต่ำนั้น ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารและทำลายอาคารต้องกระทำโดยใช้รางหรือสายพานเลื่อนที่มีความลาดชันเหมาะสมและปลอดภัยจากการตกหล่น สำหรับการขนถ่ายเศษวัสดุโดยลิฟต์ส่งของ หรือปั้นจั่น หรือการโยน หรือการทิ้งนั้น ผู้ที่มีหน้าที่ดำเนินงานนั้นจะกระทำได้ต่อเมื่อมีการจัดให้มีการป้องกันเป็นภยันตรายต่อสุขภาพ ชีวิต ร่างกาย หรือทรัพย์สินแล้ว และผู้ที่มีหน้าที่ดำเนินงานนั้นกองเศษวัสดุที่รื้อถอนไว้บนพื้น

ในส่วนของบทลงโทษสำหรับผู้รับเหมารื้อถอนอาคารและทำลายอาคารที่ฝ่าฝืนบทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัติ กฎกระทรวง หรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามพระราชบัญญัติ หรือกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจดำเนินการระงับการกระทำดังกล่าวได้ทันที ส่วนเศษวัสดุจากอาคารที่ถูกรื้อถอนและสิ่งของที่ขนออกจากอาคารส่วนที่มีการรื้อถอน ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจยึดและเก็บรักษาไว้ หรือขายและถือเงินไว้แทนได้ ทั้งนี้ ตามหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวง

ถ้าเจ้าของมิได้เรียกเอาทรัพย์สินหรือเงินนั้นคืนภายใน 30 วันนับตั้งแต่วันที่มีการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร ให้ทรัพย์สินหรือเงินนั้นตกเป็นของราชการส่วนท้องถิ่นนั้นเพื่อนำมาเป็นค่าใช้จ่ายในการรื้อถอนอาคารตามพระราชบัญญัตินี้กำหนด

นอกจากจากพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับที่ 4 ปี พ.ศ. 2550 ที่ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารต้องคำนึงถึงในการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารแล้ว ในทางปฏิบัติจริงจำเป็นต้องศึกษาข้อบังคับท้องถิ่นร่วมด้วย ในที่นี้ผู้วิจัยเลือกทำการศึกษาการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารเฉพาะเขตกรุงเทพมหานคร จึงจำเป็นต้องทบทวนข้อบังคับของกรุงเทพมหานครว่าด้วยเรื่องควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544 หมวด 11 ว่าด้วยเรื่องการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอนและเคลื่อนย้ายอาคาร[9] เข้ามาพิจารณาร่วมด้วย ซึ่งสองคล้องกับพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับที่ 4 ปี พ.ศ. 2550 และมีความแตกต่างกับพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ดังนี้

(1) การกำหนดระดับความดังของเสียงที่อนุญาตให้ใช้ในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารที่ระดับ 70 เดซิเบล (เอ) ที่ระยะห่าง 30 เมตรจากอาคารที่ทำการรื้อถอน

(2) ช่วงเวลาในการดำเนินงานที่แตกต่าง คือระหว่างเวลา 22.00 น. ถึง 06.00 น. ห้ามกระทำการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารเว้นแต่ได้รับอนุญาตจากผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร

จากพระราชบัญญัติ กฎกระทรวง ข้อบังคับ ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้ ล้วนเกี่ยวข้องกับการรื้อถอนและการทำลายอาคารโดยตรง โดยมีผลบังคับใช้ต่อผู้รับเหมารื้อถอนอาคารและทำลายอาคารในประเทศไทยและในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งกฎหมายเหล่านี้ได้ร่างขึ้นเพื่อความเป็นระเบียบเรียบร้อย และเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน รวมถึงการป้องกันกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชน และประชาชนโดยรอบ เป็นต้น

นอกจากกฎหมายที่มีผลต่อการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารแล้วนั้น ของเสียและเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร ต่างก็มีความสำคัญเช่นกัน เนื่องจากในกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น ส่งผลทำให้เกิดของเสียและเศษวัสดุจากอาคารจำนวนมาก ทั้งคอนกรีต อิฐมอญ ไม้ โลหะ เป็นต้น ถ้าหากขาดการจัดการที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพจะทำให้เกิดของเสียจำนวนมากซึ่งจะเป็นภาระของเจ้าหน้าที่ในการทำลายเศษวัสดุเหล่านี้ และในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารนั้น เศษวัสดุที่ได้จะมีความหลากหลายและแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับประเภทของการดำเนินงาน เช่น จากเศษวัสดุที่ได้จากอาคารที่มีการดำเนินการก่อสร้าง ก็จะพบเศษวัสดุอีกประเภทหนึ่ง ในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น ก็จะพบเศษวัสดุอีกประเภทหนึ่ง และในขั้นตอนการดัดแปลงส่วนต่างๆ ของอาคาร ก็มีวัสดุที่มีความหลากหลายแตกต่างกันออกไป ดังนี้

---

[9]สำนักพัฒนาแหล่งน้ำ, ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544 [ออนไลน์], 7 สิงหาคม 2555. แหล่งที่มาhttp://intranet.dwr.go.th/bwrd/060-miscellaneous/ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร_เรื่อง_ควบคุมอาคาร_พ.ศ.2544.pdf

2.3 ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดขึ้นจากกระบวนก่อสร้างและการรื้อถอนอาคาร (C&D Waste) นั้นมีความแตกต่างกัน โดยที่ถ้ากล่าวถึง “ของเสีย” จะหมายถึงเศษวัสดุจากอาคารที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ แต่เศษวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง เช่นนำไปใช้ซ้ำ นำไปรีไซเคิล หรือนำไปถมที่ ผู้วิจัยจะไม่ใช้คำว่าของเสียแต่จะใช้คำว่า “เศษวัสดุที่ได้จากอาคาร”แทน โดยที่กรมควบคุมมลพิษ, มหาวิทยาลัยมหิดล และ German Technical Cooperation[10] ได้ให้นิยามถึงของเสียที่เกิดขึ้นจากการกระบวนการก่อสร้างและการรื้อถอนอาคาร (C&D Waste) ว่าสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท โดยของเสียแต่ละประเภทนั้นมีลักษณะที่แตกต่างกันและเป็นของเสียที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง ต้องนำไปกำจัดเพียงอย่างเดียว คือ

(1) ของเสียประเภทที่ 1 คือ ของเสียที่ได้จากการก่อสร้าง เช่น ของเสียที่เกิดจากบรรจุภัณฑ์และจากวัสดุที่ใช้แล้ว

(2) ของเสียประเภทที่ 2 คือ ของเสียจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร เช่น ของเสียที่เป็นอันตราย เช่น แอสเบสตอส เป็นต้น

(3) ของเสียประเภทที่ 3 คือ ของเสียจากการซ่อมบำรุงถนน เช่น ของเสียที่ปนเปื้อนด้วยสารประกอบโพลีอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAH) เป็นต้น

โดยที่แหล่งกำเนินของเสียและเศษวัสดุที่เกิดจากกำดำเนินการต่างๆ ย่อมส่งผลให้เกิดของเสียและเศษวัสดุที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 จากสถานที่ที่มีการก่อสร้างอาคาร

ในที่นี้รวมถึงสถานที่ก่อสร้างใหม่จากพื้นที่ว่างเปล่า ไม่เคยมีสิ่งปลูกสร้างใดๆมาก่อน และสถานที่ที่เคยมีสิ่งก่อสร้างที่เคยปลูกสร้างและได้ทำการรื้อถอนออกไปก่อนหน้านี้ ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเกิดจากการปรับปรุงพื้นที่ เช่น การโค่นต้นไม้ การขุดดินเพื่อสร้างฐานรากของอาคาร และของเสียจากส่วนที่เสียหายระหว่างการดำเนินการ ของเสียจากบรรจุภัณฑ์ รวมถึงวัสดุที่ใช้แล้วต่างๆ

---

[10]กรมควบคุมมลพิษ, มหาวิทยาลัยมหิดล และGerman Technical Cooperation, รายงานการศึกษาแนวทางการจัดการเศษสิ่งก่อสร้างสำหรับประเทศไทย (กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรและส่งแวดล้อม, 2550). หน้า 2-2 - 2-3.

2.3.2 จากสถานที่มีการรื้อถอน ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือซ่อมแซมอาคาร สิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ

ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดประเภทนี้ จะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับลักษณะของการปรับปรุง การรื้อถอนอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง เช่น การปรับปรุงอาคาร การตกแต่งภายใน ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นเฟอร์นิเจอร์เก่าใช้แล้ว และของเสียจากบรรจุภัณฑ์ สำหรับการรื้อถอนอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างทั้งหลัง ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดขึ้นจะมีทุกประเภท เช่น เศษคอนกรีต เศษเหล็กในคอนกรีต กระเบื้อง ไม้ อิฐ ซึ่งส่วนใหญ่จะปะปนกัน

2.3.3 จากโรงงานผลิตวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูป

ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะที่ค่อนข้างไม่มีการปะปนกันของวัสดุแต่ละประเภท จำแนกได้เป็นของเสียและเศษวัสดุที่เกิดจากของเหลือทิ้งจากวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต ของเสียจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน และแตกหักเสียหาย ในระหว่างการบรรจุ การเก็บในคลังสินค้าและการขนส่ง เป็นต้น

2.3.4 จากการก่อสร้าง ซ่อมแซม รื้อถอนสะพาน หรือทางด่วน

ของเสียและเศษวัสดุจากแหล่งกำเนิดประเภทนี้ค่อนข้างคงที่เนื่องจากเป็นของเสียและเศษวัสดุที่ได้จากการดำเนินงาน เช่น หิน กรวด แอสฟัลต์ หินคลุก ดินและเศษคอนกรีต เป็นต้น

แหล่งกำเนิดของเสียและเศษวัสดุที่ได้จากการดำเนินการต่างๆ นั้นสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แหล่งกำเนิดของเสียและเศษวัสดุจากการก่อสร้างและการรื้อถอนในประเทศไทย

แหล่งกำเนิดของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอนในประเทศไทย	
แหล่งกำเนิด	ประเภทของเสียและเศษวัสดุที่พบ
1. ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดจากสถานที่ก่อสร้างและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ	- ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดจากการปรับปรุงพื้นที่ ได้แก่ ของเสียและเศษวัสดุที่มาจากการโค่นต้นไม้ในพื้นที่เดิม การขุดดินในพื้นที่เพื่อสร้างฐานราก - ของเสียและเศษวัสดุจากบรรจุภัณฑ์ - ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดในระหว่างก่อสร้าง เช่น วัสดุที่เหลือใช้จากการก่อสร้าง หรือส่วนที่เสียหายในระหว่างการดำเนินการ
2. ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดจากสถานที่ที่มีการรื้อถอน ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือซ่อมแซมอาคาร	
2.1 กรณีการปรับปรุงอาคาร	- กรณีการปรับปรุงอาคารได้แก่ เฟอร์นิเจอร์เก่า และบรรจุภัณฑ์ของวัสดุที่นำเข้ามาใหม่
2.2 กรณีการปรับปรุงลักษณะการใช้งาน หรือปรับปรุงระบบในอาคาร	- กรณีการปรับปรุงลักษณะการใช้งาน หรือปรับปรุงระบบในอาคารของเสียที่เกิดขึ้นอยู่กับระบบที่ปรับปรุง
3. ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดจากโรงงานผลิตวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูป	- ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดจากของเหลือทิ้งจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต - ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน - ของเสียและเศษวัสดุจากการผลิตเสร็จแล้วแต่เกิดความเสียหายในกระบวนการต่างๆ
4. ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดจากการปรับปรุงซ่อมแซม และรื้อถอนสะพาน ถนน ทางด่วน	- ของเสียและเศษวัสดุส่วนใหญ่มีองค์ประกอบค่อนข้างคงที่ เช่น หิน กรวด หินคลุก ดิน และเศษคอนกรีต

องค์ประกอบของเสียและเศษวัสดุที่ได้จากกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้นมีปริมาณมาก ซึ่งจะขึ้นอยู่กับว่าเป็นอาคารประเภทใด เช่น บ้านที่อยู่อาศัย อาคารสำนักงาน โรงพยาบาล หรือโรงงาน เป็นต้น โดยที่องค์ประกอบของเสียและเศษวัสดุเหล่านี้สามารถแบ่งตามประเภทของวัสดุได้ดังนี้

(1) คอนกรีต

เนื่องจากโครงสร้างส่วนใหญ่ของอาคารในประเทศไทยใช้คอนกรีตเป็นหลัก ดังนั้นเศษวัสดุจากก่อสร้างและจากการรื้อถอนทำลายอาคารจะพบคอนกรีตเป็นปริมาณมาก โดยที่คอนกรีตเป็นวัสดุที่มีลักษณะสมบัติที่ดีมาก เหมาะแก่การนำไปทำมวลรวม (Aggregate, วัสดุที่ใช้สำหรับผสมกับซีเมนต์เพสต์ ทำให้ผลผลิตที่ได้ออกมาเป็นคอนกรีต)[11] เพื่อใช้ทดแทนมวลรวมจากธรรมชาติ โดยทั่วไปคอนกรีตจะอยู่ใน 2 รูปแบบ คือ

(1) คอนกรีตเสริมเหล็ก ได้จากส่วนประกอบของโครงสร้าง เช่น เสา คาน และพื้น เป็นต้น รวมถึงงานถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก และทางเท้า

รูปที่ 2.4 คอนกรีตเสริมเหล็ก[12]

(2) คอนกรีตไม่เสริมเหล็กได้จากงานคอนกรีตหลา (Mass concrete) งานฐานราก หรือจากการทุบคอนกรีตที่เหลือทิ้งจากคอนกรีตผสมเสร็จ

---

[11]บริษัททีพีไอ คอนกรีต จำกัด, คอนกรีตเทคโนโลยี (กรุงเทพมหานคร: ม.ป.ท., 2551) หน้า 17.

[12]Idiamart, Strong Concrete Material, Strong Concrete Material [ออนไลน์], 15 มีนาคม 2556. แหล่งที่มาhttp://www.indiamart.com/ melvin-polymer/strong-concrete-material.html

รูปที่ 2.5 คอนกรีตไม่เสริมเหล็ก[13]

(2) **วัสดุก่อ**

เนื่องจากผนังอาคารส่วนใหญ่จะใช้วัสดุก่อ อาทิเช่น อิฐมอญ และคอนกรีตบล็อก เป็นต้น ดังนั้นเศษวัสดุที่มาจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารจะมีวัสดุก่อเป็นองค์ประกอบเป็นส่วนใหญ่ โดยที่อิฐมอญและคอนกรีตบล็อกจะติดกับมอร์ตาร์และซีเมนต์ และมีส่วนของคอนกรีตติดมาด้วย เช่น ทับหลัง และเสาเอ็น เป็นต้น ปัจจุบันนี้มีการก่อสร้างด้วยคอนกรีตมวลเบามากขึ้นทำให้เศษของเสียที่ได้จะพบคอนกรีตมวลเบาเป็นองค์ประกอบด้วย โดยเฉพาะงานปรับปรุงสภาพและงานก่อสร้างใหม่

รูปที่ 2.6 วัสดุก่อ[14]

---

[13]สำนักโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดกระบี่, ทดสอบกำลังอัดคอนกรีต Compressive Strength test [ออนไลน์], 15 มีนาคม 2556. แหล่งที่มาhttp://www.dpt.go.th/krabi/main/index.php?option= com_content&view=article&id=12&Itemid=20

[14]ศูนย์เทคโนโลยีเหมาะสมคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, อิฐบล็อกประสาน [ออนไลน์], 15 มีนาคม 2556.แหล่งที่มาhttp://atc.snru.ac.th/components/contents/view.php?id

(3) **ของเสียและเศษวัสดุผสม**

จัดเป็นของเสียและเศษวัสดุที่ได้จากอาคารที่พบมากที่สุด เนื่องจากระบบการจัดการของกองเก็บ และกระบวนการจัดการระหว่างการก่อสร้างหรือการรื้อถอนทำลายอาคาร ซึ่งอาจเกิดการจงใจหรือไม่จงใจทำให้เกิดของเสียประเภทนี้ โดยที่ของเสียและเศษวัสดุผสมจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารประกอบด้วยของเสียจำพวกดิน คอนกรีต และวัสดุก่อ ผสมร่วมกับวัสดุจำพวก ไม้ เหล็ก เศษกระเบื้อง เศษอิฐ เศษปูนและขยะต่างๆ เป็นต้น โดยวัสดุพวกนี้จะพบมากในกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารที่ไม่มีการจัดการที่ดีพอ

รูปที่ 2.7 ของเสียและเศษวัสดุผสม[15]

(4) **วัสดุอื่น ๆ**

เศษวัสดุประเภทอื่นๆ อาทิเช่น เหล็ก จะถูกนำกลับไปถลุงและนำกลับมาใช้ใหม่ ขณะที่วงกบไม้ กระเบื้องหลังคา กระจก แผ่นยิปซัม ส่วนตกแต่งภายใน และงานตกแต่งสถาปัตยกรรมภายนอก จะนำกลับมาใช้ซ้ำอีกครั้ง เป็นต้น

เนื่องจากองค์ประกอบของเศษวัสดุที่เกิดขึ้นหลังจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้นมีจำนวนมาก ดังนั้นเราจึงต้องมีการคำนวณหาปริมาณของเศษวัสดุที่ได้จากกระบวนการต่างๆ โดยเลือกใช้วิธีการต่างๆ ที่ขึ้นอยู่กับลักษณะของการดำเนินงาน ดังหัวข้อที่ 2.6 ดังต่อไปนี้

---

[15]The Constructor Complete Civil Engineering Website, Construction.Waste.Recycling [ออนไลน์], 15.มีนาคม 2556. แหล่งที่มาhttp://theconstructor.org/concrete/construction-waste-recycling/1088/

2.4 การประเมินปริมาณของเสียและเศษวัสดุที่ได้จากการก่อสร้างและการรื้อถอนอาคาร

การประเมินปริมาณของเสียและเศษวัสดุที่ได้จากก่อสร้างและการรื้อถอนทำลายอาคารนั้นเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากหากไม่มีการประเมินปริมาณขององค์ประกอบของของเสียแล้ว จะทำให้เกิดของเสียจากขั้นตอนดังกล่าวนี้เป็นจำนวนมาก โดยการประเมินองค์ประกอบของของเสียจะเป็นแนวทางในการวางแผนการนำวัสดุที่ได้จากกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

Cocharn และคณะ[16] ได้สรุปการใช้สูตรในการประเมินของเสียและเศษวัสดุจากก่อสร้างและการรื้อถอนทำลายอาคารในรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา จากแต่ละกิจกรรมต่างๆดังต่อไปนี้

จากการก่อสร้าง

$$C = \frac{a_c}{b} \sum_{n=1}^{i} (C_n \times \beta_n)$$

เมื่อ

C = ปริมาณของเสียและเศษวัสดุจากการก่อสร้าง, ตันต่อปี

a_c = ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทั้งหมด, เหรียญสหรัฐต่อปี

b = ค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ก่อสร้าง, เหรียญสหรัฐต่อปี

C_n = น้ำหนักของของเสียและเศษวัสดุต่อพื้นที่การก่อสร้างอาคารตามประเภทของโครงสร้างอาคาร เช่น โครงสร้างคอนกรีต โครงสร้างไม้ เป็นต้น

β_n = เปอร์เซ็นต์ของการก่อสร้างทั้งหมดที่ใช้ประเภทโครงอาคาร n โดยมีประเภทโครงของอาคาร, n ตั้งแต่ 1 ถึง i

จากการรื้อถอนและทำลายอาคาร

$$C = \frac{(a_d \times \alpha)}{g} \sum_{n=1}^{i} (f_n \times \emptyset_n)$$

เมื่อ

D = ปริมาณของเสียและเศษวัสดุจากการรื้อถอน, ตันต่อปี

---

[16]อุษณีย์ อูยะเสถียร, อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย และธัชวีร์ ลีละวัฒน์. การประเมินปริมาณและองค์ประกอบของของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอนในกรุงเทพมหานคร. Environment and Natural Resources Journal 5 (ธันวาคม 2550): หน้า133-140.

a_d = ค่าใช้จ่ายในการรื้อถอนทั้งหมด, เหรียญสหรัฐต่อปี

g = ค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่รื้อถอนเหรียญสหรัฐต่อปี

α = เปอร์เซ็นต์ของการรื้อถอนที่เป็นที่อยู่อาศัยหรือไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

f_n = น้ำหนักของของเสียและเศษวัสดุต่อพื้นที่ที่รื้อถอนอาคารตามประเภทของอาคาร เช่น บ้านชั้นเดียวที่มีชั้นใต้ดิน บ้านชั้นเดียวที่ใช้คอนกรีตและโครงไม้ บ้านเดี่ยวที่ใช้แผ่นคอนกรีตและโครงบล็อกคอนกรีต เป็นต้น

$\emptyset_n$ = เปอร์เซ็นต์ของอาคารในแต่ละรูปแบบโดยมีประเภทโครงของอาคาร, nตั้งแต่ 1 ถึง i

การต่อเติม

$$M = q \times \sum_{n=1}^{i} (C_n \times \beta_n)$$

เมื่อ

M = ปริมาณของเสียและเศษวัสดุที่ได้จากการต่อเติม, ตร.ม.

q = พื้นที่ของการต่อเติม, ตร.ม.

C_n = ปริมาณของเสียและเศษวัสดุที่เกิดขึ้นต่อหน่วยพื้นที่ตามประเภทของโครงอาคาร, กก./ ตร.ม.

β_n = เปอร์เซ็นต์ของการต่อเติมที่ใช้ในโครงของอาคาร, n ตั้งแต่ 1 ถึง i

จากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ของอาคาร

$$N = s \times t$$

เมื่อ

N = ปริมาณของเสียและเศษวัสดุที่ได้จากการเปลี่ยนแปลง, ตร.ม.

s = ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ ที่มีการเปลี่ยนแปลง, ตร.ม.

t = ค่าเฉลี่ยของของเสียและเศษวัสดุที่เกิดขึ้นต่อหน่วยพื้นที่, กก./ ตร.ม.

การเปลี่ยนแปลงหลังคา

$$O = v \times \sum_{n=1}^{i} (w_n \times \omega_n)$$

เมื่อ

O = ปริมาณของเสียและเศษวัสดุที่ได้จากการเปลี่ยนหลังคา, ตร.ม.

v = พื้นที่ของหลังคาที่เปลี่ยนต่อปี, ตร.ม./ปี

w_n = น้ำหนักของเสียและเศษวัสดุที่เกิดขึ้นต่อหน่วยพื้นที่หลังคา, กก./ ตร.ม.

ω_n = เปอร์เซ็นต์ของประเภทหลังคา โดยมีประเภท, n ตั้งแต่ 1 ถึง i

การเปลี่ยนแปลงทางในบริเวณบ้าน

$$P = y \times z$$

เมื่อ

P = ปริมาณของเสียและเศษวัสดุที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงทางเดินในบริเวณบ้าน, ตร.ม.

y = จำนวนของการเปลี่ยนทางในรอบปี, ครั้ง/ปี

z = ปริมาณของ ของเสียและเศษวัสดุประเภทคอนกรีตที่เกิดขึ้นเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนทาง 1 ครั้ง, ตัน/ ครั้ง

2.5 การจัดการเศษวัสดุจากอาคาร

การจัดการเศษวัสดุที่เกิดจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น เป็นกระบวนการสำคัญ เนื่องจากหากไม่มีการจัดการที่มีคุณภาพแล้ว จะเกิดของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอนทำลายอาคารจำนวนมาก ซึ่งในปัจจุบันนี้ของเสียและเศษวัสดุจากอาคารบางส่วนได้ถูกนำไปทิ้งอย่างผิดกฎหมาย เช่นในสวนสาธารณะ ป่าไม้ และที่ลุ่ม ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรง โดยที่แนวทางการจัดการเศษวัสดุจากอาคารนั้น โดยทั่วไปจะจำแนกออกตามประเภทของวัสดุที่สามารถนำไปใช้ซ้ำหรือนำกลับมารีไซเคิลใหม่ได้ โดยที่ราชบัณฑิตยสถาน[17] ได้บัญญัติคำว่าการรีไซเคิล (Recycle) เป็นภาษาไทยว่าเป็น *"การแปรใช้ใหม่"* ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการเปลี่ยนรูปไปจากเดิม เช่น นำเศษแก้วและขวดที่ไม่ต้องการไปหลอมและผ่านกระบวนการเป็นขั้นตอนๆ แล้วผลิตออกมาเป็นภาชนะแก้วขึ้นใหม่ที่อาจไม่ได้อยู่ในรูปลักษณ์เดิมก็ได้ หรือนำกระดาษที่ไม่ต้องการ ไป recycle กลับมาเป็นกระดาษสะอาดว่างเปล่า พร้อมที่จะพิมพ์หรือเขียนลงไปได้อีก ซึ่งในการนี้คงจะต้องผ่านกระบวนการต่าง ๆ หลายขั้นตอน ด้วยเหตุนี้จึงนำคำว่า แปรใช้ใหม่ มาใช้ในความหมายของ recycle ส่วนคำว่า reuse คือ การใช้ซ้ำมากกว่า เช่น นำขวดน้ำปลาที่ไม่มีน้ำปลาแล้วมาล้างให้สะอาดแล้วบรรจุน้ำปลาใหม่

[17]ราชบัณฑิตยสถาน, แปรใช้ใหม่ (recycle) [ออนไลน์], 16 มิถุนายน 2555. แหล่งที่มาhttp://www.royin.go.th/th/knowledge/detail.php?ID=901

นอกจากนี้กรมควบคุมมลพิษ และสำนักงานความร่วมมือทางวิชาการของประเทศเยอรมนี[18] ได้กล่าวถึง “การใช้ซ้ำ (Reuse)” ในกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารว่าหมายถึง การแยกชิ้นส่วนที่ยังมีค่าและนำไปขายได้ เช่น แผ่นไม้ ประตู กระจก กระเบื้องหลังคาและอื่นๆ ออกจากตัวอาคารก่อนที่จะทุบอาคารทิ้ง ส่วน “การรีไซเคิล (Recycle)” ในกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้นคือ การนำส่วนต่างๆ เช่น เศษวัสดุจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารกลับไปใช้เป็นวัสดุใหม่ ซึ่งอาจใช้เป็นวัสดุก่อสร้างทุติยภูมิ เช่น มวลรวมคอนกรีตรีไซเคิล หรือเหล็กเสริมจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเหล็กเป็นต้น

กล่าวคือ การรีไซเคิลในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร มีความหมายว่า เป็นการนำวัสดุเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ซ้ำอีกครั้ง เช่นการแปรรูปเหล็กที่ได้จากอาคาร เป็นต้น ส่วนการใช้ซ้ำมีความหมายว่า การนำวัสดุมาทำความสะอาด แล้วนำกลับมาใช้ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง เช่น การนำประตูบ้านมาใช้ซ้ำ ซึ่งจะเห็นได้ว่าขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากอาคารนั้นหากมีการจัดการที่มีประสิทธิภาพแล้วจะทำให้เกิดปริมาณของของเสียในปริมาณที่ลดน้อยลง

ในเรื่องของการจัดการของเสียและเศษวัสดุที่มีประสิทธิภาพนั้น มีความจำเป็นและมีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยการจัดการของเสียและเศษวัสดุที่มีประสิทธิภาพนั้น คือการพยายามทำให้ของเสียและเศษวัสดุที่เกิดขึ้นนั้นมีปริมาณที่น้อยลง โดยใช้ Clean Technology ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการของเสียและเศษวัสดุที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และเป็นการป้องกันการเกิดมลพิษ (Pollution prevention) โดยทำการประยุกต์และผสมผสานกลยุทธ์ต่างๆ เพื่อให้การดำเนินกิจกรรมของภาคการผลิตมีการลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุดซึ่งเรียกว่า Waste Minimization ซึ่งประกอบด้วยการลดอันตรายจากกระบวนการผลิต รวมทั้งการลดปริมาณขององค์ประกอบของเสียของเสียและเศษวัสดุจากกระบวนการดังกล่าวด้วยการนำไปใช้ซ้ำ (Reuse) หรือการนำกลับไปใช้ใหม่ (Recycle) และของเสียและเศษวัสดุบางส่วนที่ไม่สามารถนำไปใช้ซ้ำหรือการนำกลับไปใช้ใหม่ได้ก็จะถูกนำไปบำบัดให้ถูกต้องตามหลักวิชาการต่อไปตามหลักการเทคโนโลยีสะอาด และแปรเปลี่ยนเป็นพลังงาน โดยนำมาเผาทำลายในเตาเผาอุณหภูมิสูง ที่มีระบบกำจัดมลพิษจากการเผาไหม้อย่างครบถ้วน และในขั้นตอนสุดท้ายถ้าไม่สามารถจัดการโดยใช้วิธีอื่นได้ ควรทำการฝังกลบให้ถูกต้องตามวิธีปฏิบัติที่ถูกต้องตามระเบียบวิธีฝังกลบ

ในส่วนของการใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพนั้น (resource efficiency model) การฝังกลบ (landfill) ถือว่าเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด รองลงมาคือ การแปรใช้ใหม่หรือรีไซเคิล (recycle) ส่วน

---

[18]กรมควบคุมมลพิษ, สำนักงานความร่วมมือทางวิชาการของเยอรมัน, “แนวทางปฏิบัติในการจัดการของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอน. (กรุงเทพ, 2550), หน้า ข.

การใช้ซ้ำ (reuse) นั้นถ้าเป็นการใช้ซ้ำที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปแบบ ถือว่าเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งมากกว่าการใช้ซ้ำที่มีการเปลี่ยนรูปแบบอื่น ตัวอย่างเช่น การนำไม้ ไปใช้ซ้ำในรูปแบบอื่น ซึ่งสรุปได้ดังนี้

สรุปลำดับขั้นตอนการจัดการของเสียและเศษวัสดุ (Waste management hierarchy) ที่มีประสิทธิภาพ มีขั้นตอนดังนี้

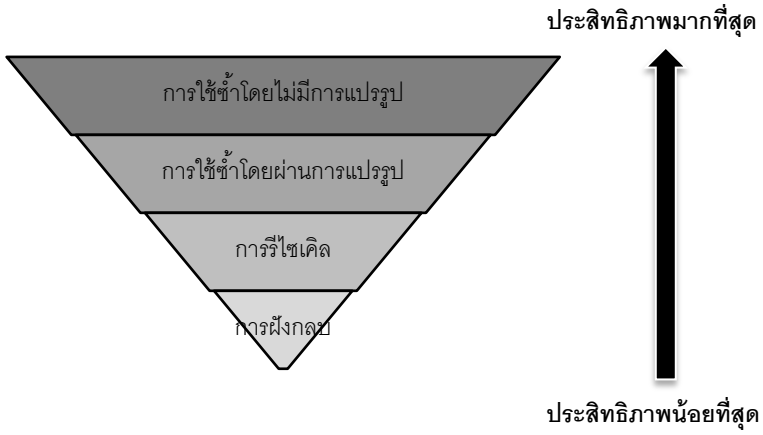
(1) การป้องกันการเกิดขยะหรือของเสีย (prevention)

(2) การใช้ซ้ำ (reuse)

(3) การรีไซเคิล (recycling of materials) หรือการนำวัสดุกลับคืน (recovery of materials)

(4) การนำพลังงานกลับคืน (energy recovery)

(5) การกำจัดของเสียและเศษวัสดุที่ไม่สามารถใช้ซ้ำหรือรีไซเคิลได้โดยวิธีที่ปลอดภัย[19]



รูปที่ 2.8 โมเดลการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.1 **ข้อดีของการจัดการเศษวัสดุจากอาคาร**

การนำเศษวัสดุที่ได้จากอาคารไปใช้ซ้ำ (Reuse) หรือนำไปรีไซเคิล (Recycle) นั้นมีข้อดีทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม ด้านธุรกิจ ด้านสังคม ดังนี้

(1) เป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากการนำวัสดุที่ใช้แล้วไปใช้ซ้ำหรือรีไซเคิลนั้นจะเป็นการช่วยลดการนำทรัพยากรธรรมชาติมาผลิตเป็นวัสดุใหม่ ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

---

[19]กรมควบคุมมลพิษ, สำนักงานความร่วมมือทางวิชาการของเยอรมัน, “แนวทางปฏิบัติในการจัดการของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอน. หน้า 1.

(2) ลดการเสื่อมโทรมทางสิ่งแวดล้อม เพราะว่าการนำวัสดุที่ใช้แล้วไปใช้ซ้ำหรือนำไปรีไซเคิล นั้นจะเป็นการลดของเสียที่ต้องกำจัด จึงเป็นการลดความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ

(3) เป็นการเพิ่มธุรกิจการค้าและเป็นการส่งเสริมรายได้สำหรับผู้มีรายได้น้อย ทำให้เกิดการสร้างอาชีพให้กับผู้มีรายได้น้อย ในการนำเศษวัสดุจากอาคารไปขายต่อเพื่อการนำไปใช้ซ้ำและการนำไปรีไซเคิล

(4) ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากการนำเศษวัสดุจากอาคารไปใช้ซ้ำหรือนำไปรีไซเคิลนั้น สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เนื่องจากวัสดุที่ได้จากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารมีขนาดชิ้นที่เล็กกว่าวัสดุทั่วไปในประเภทวัสดุชนิดเดียวกัน เมื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นวัสดุทุติยภูมิ จะทำให้ใช้พลังงานน้อยกว่าการผลิตวัสดุปฐมภูมิ

2.6 การปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศ

กระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น มีการใช้พลังงานทั้งจากการใช้พลังงานในขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุหลังจากการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารล้วนมีส่วนที่ทำให้เกิดการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศจำนวนมาก โดยที่การคำนวณปริมาณการปล่อยคาร์บอนจะกระทำโดยการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า(Carbon dioxide equivalent, CO_2e) ซึ่งเป็นค่าที่เทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน โดยจัดอยู่ใน 1 จากก๊าซทั้งหมด 6 ชนิด ของก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพในการทำให้โลกร้อน ประกอบด้วยก๊าซต่างๆ ดังนี้

(1) ก๊าซมีเทน (CH_4)

(2) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

(3) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)

(4) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)

(5 ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

(6) และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ในส่วนค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) เป็นค่าที่ประเมินได้จากการวัดหรือการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศ และแปลงค่าเหล่านั้นให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent, CO_2e) โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนในรอบ 100 ปี ของ IPCC (GWP100) ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์ ตัวอย่างเช่น ก๊าซมีเทนมีค่า GWP100 เท่ากับ 25 หมายความว่า ก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัมมีศักยภาพทำให้โลกร้อนเท่ากับคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัม ดังนั้นก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัมมีศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนเท่ากับ 25 กิโลกรัม

คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า[20] โดยที่แหล่งกำเนิดของกิจกรรมต่างๆ ที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกนั้น เกิดขึ้นได้จากกระบวนการต่างๆ ดังนี้

(1) กระบวนการผลิตวัตถุดิบที่ใช้ทุกประเภท

(2) การผลิตพลังงานที่ใช้ทุกประเภท

(3) กระบวนการเผาไหม้

(4) ปฏิกิริยาทางเคมี

(5) การสูญเสียน้ำยาทำความเย็นและการรั่วไหลของก๊าซ

(6) การปฏิบัติงาน

(7) กระบวนการขนส่งทุกประเภทที่เกี่ยวข้อง

(8) การทำปศุสัตว์และกระบวนการผลิตทางการเกษตรอื่นๆ

(9) ของเสียและการกำจัดของเสีย

จากกิจกรรมต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น มีวิธีการคำนวณการปล่อยคาร์บอนมีหลากหลายวิธี เช่น ระบบขั้นตอนของ IPCC ระบบมาตรฐานการประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับองค์กร (International Organization for Standardization: ISO) และการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) โดยมีรายละเอียดการคำนวณ ดังนี้

2.6.1 วิธีการวิเคราะห์คาร์บอนตามแนวทางของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

โดยที่วิธีการวิเคราะห์คาร์บอนตามแนวทางของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) นั้นมีวิธีการคำนวณที่แบ่งออกเป็น.3 ระดับ ได้แก่ เทียร์ 1 (Tier 1) เทียร์ 2 (Tier 2) เทียร์ 3 (Tier 3)[21] โดยมีรายละเอียดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับของข้อมูลดังนี้

การวิเคราะห์คาร์บอนโดยการใช้แนวทางตามเทียร์ 1 (Tie 1) มีความเหมาะสมในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลได้ โดยนำค่าสัมประสิทธิ์กลาง (Default Value) มาคูณกับข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) และ

---

[20]องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. "แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์". กรุงเทพมหานคร: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2553.

[21]บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย [ออนไลน์], 9 กันยายน 2555. แหล่งที่มาhttp://dbccc.onep.go.th/climate/attachments/article/124/NC%20GHG%20Inventory%20bboo.pdf

ค่าการสัมประสิทธิ์ปล่อยคาร์บอน (Emission Factor) โดยที่ค่าเหล่านี้ได้มาจากการอ้างอิงผลงานทางวิชาการและงานวิจัยของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านเป็นหลัก

การวิเคราะห์คาร์บอนโดยการใช้แนวทางเทียร์ 2 (Tier 2) ใช้การคำนวณเหมือนกับเทียร์ 1 (Tier 1) แต่ต่างกันตรงที่เทียร์ 2 (Tier 2) ใช้ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) และค่าการสัมประสิทธิ์ปล่อยคาร์บอน (Emission Factor) ของแต่ละประเทศโดยเฉพาะ ซึ่งโดยทั่วไปนั้นเทียร์ 2 (Tier 2) มีการคำนวณที่แม่นยำกว่าเทียร์ 1 (Tier 1) มาก

การวิเคราะห์คาร์บอนโดยการใช้แนวทางเทียร์ 3 (Tier 3) เหมาะสำหรับประเทศที่มีความพร้อมและมีการคำนวณที่เป็นเอกลักษณ์ มีความโปร่งใส มีการตีพิมพ์ พร้อมทั้งมีข้อมูลที่ชัดเจน โดยจะแตกต่างกับระดับอื่นตรงที่ ค่าการสัมประสิทธิ์ปล่อยคาร์บอน (Emission Factor) จะใช้ตามรายละเอียดของเครื่องมือหรือเทคโนโลยีที่ใช้

ตารางที่ 2.2 การคำนวณการปล่อยคาร์บอนตามแนวทางของ IPCC ตามระดับต่างๆ[22]

Data Required	Tier 1	Tier 2	Tier 3
Activity Data	Production	- Production - Raw material	- Production - Raw material
Emission Factor	IPCC Default Value	Country Specific Value	Plant Specific Value
Carbon Content	IPCC Default Value	Country Specific Value	Plant Specific Value

2.6.2 วิธีการคำนวณตามมาตรฐานการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

เป็นวิธีการที่ยอมรับในระดับสากล โดยเป็นมาตรการหนึ่งที่จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการลดประมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศโลก เพื่อให้องค์กรต่างๆ สามารถจัดทำบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศได้อย่างยั่งยืน เกิดขึ้นจากองค์กรสภานักธุรกิจโลกเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน (The World Business for Sustainable Development: WBCSD) ร่วมกับ (The World Resource Institute: WRI) จัดทำแนวทางสำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ชื่อว่า The Greenhouse Gas Protocol

อีกทั้ง The International Organization for Standardization (ISO) ได้กำหนดมาตรฐานนานาชาติ ISO 14064 ว่าด้วยเรื่องการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยแบ่งออกเป็น 3 มาตรฐาน ดังนี้

---

[22]พิชญ รัชฎาวงศ์, พื้นฐานการคำนวณการปล่อย GHGs ตามแนวทางของ IPCC ของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย [ออนไลน์], 17 กันยายน 2555. แหล่งที่มาhttp://www.isit.or.th/uploads/Presenta-tion /13-file.pdf

(1) ISO 14064-1:2006 ก๊าซเรือนกระจกส่วนที่ 1: ข้อจำกัดเกี่ยวกับข้อแนะนำสำหรับองค์กรในเรื่องของปริมาณและการปล่อยก๊าซรวมถึงการกำจัด GHGs ในระดับองค์กรหรือระดับบริษัท ตั้งแต่การกำหนดขอบเขต การคำนวณ การรายงานผล เป็นต้น

(2) ISO 14064-2:2006 ก๊าซเรือนกระจกส่วนที่ 2: ข้อจำกัดเกี่ยวกับข้อแนะนำสำหรับโครงการในเรื่องของปริมาณ การติดตาม การรายงานผลการลดและการกำจัด GHGs ในระดับโครงการ

(3) ISO 14064-3:2006 ก๊าซเรือนกระจกส่วนที่ 3: ข้อจำกัดเกี่ยวกับข้อแนะนำสำหรับการตรวจสอบของการยืนยัน GHGs ได้แก่ การตรวจสอบวิธีการประเมิน และขั้นตอนการเตรียมความพร้อมสำหรับการตรวจสอบเอกสาร และการยืนยันผลปริมาณ GHGs[23]

นอกจากนี้ยังมีแนวทางการวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนตามแนวทางของ Publicly Available Specification 2050: PAS 2050 ซึ่งพัฒนามาตรฐานโดยความร่วมมือระหว่างสถาบันมาตรฐานแห่งประเทศอังกฤษ (British Standard Institution: BSI) องค์กรคาร์บอนทรัสต์ (Carbon Trust) และกระทรวงสิ่งแวดล้อม อาหารและกิจการชนบทแห่งประเทศอังกฤษ (Department of Environment Food and Rural Affair: DEFRA) เมื่อปี 2551 ซึ่งมีจุดเริ่มต้นจาก ISO14040/44 โดยแตกต่างกันตรงที่ PAS 2050 มุ่งไปที่การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยเน้นการปันส่วนระหว่างคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระหว่างผลิตภัณฑ์ร่วม (Co- Product)

ยิ่งไปกว่านี้ PAS 2050 ยังมีการใช้เทคนิคเพิ่มเติมสำหรับการวิเคราะห์ คือ การวิเคราะห์โดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use change) ผลการกักเก็บคาร์บอน (Carbon storage) และประเดนการนับซ้ำ (Double counting) ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้าหมุนเวียนแต่ PAS 2050 ก็ยังมีประเดนที่คลุมเครือในเรื่องของการรีไซเคิลแบบปลายเปิด (Open loop) กันปันส่วน (Allocation) และความไม่แน่นอน (Uncertainty) เป็นต้น[24]

2.6.3 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) เป็นการประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มตั้งแต่ การสกัดหรือการได้มาของ

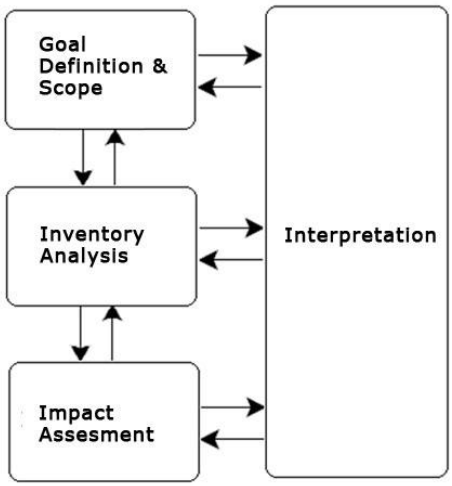
---

[23]สถาบัน ISO สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, มาตรฐาน ISO 14064 [ออนไลน์], 9 กันยายน 2555. แหล่งที่มาhttp://iiu.oie.go.th/ISO/ISO%20Document%20Library/%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7/11.pdf

[24]สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, “Publicly Available Specification 2050: PAS 2050,” จดหมายข่าวสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม 41 (สิงหาคม 2554): 3

วัตถุดิบ กระบวนการผลิตวัตถุดิบ กระบวนการขนส่ง กระบวนการใช้งานผลิตภัณฑ์ ตลอดจนกระบวนการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งาน

ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) นั้นมีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน คือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope) การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory) การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment) และการแปรผล (Interpretation)[25] โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.9 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)[26]

(1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and.Scope Definition) ประกอบด้วยการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (Product function) หน่วยการทำงาน (Functional unit) ขอบเขตระบบ (System boundary) และระบบผลิตภัณฑ์ (Product System) โดยที่ขั้นตอนนี้มีอิทธิพลโดยตรงต่อทิศทางและความละเอียดในการศึกษา จึงนับว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพราะถ้าการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตไม่มีความครอบคลุมดีพอ จะทำให้การประเมินสารเข้าและสารออกจากระบบ หรือประโยชน์ที่จะได้รับจากการปรับปรุงระบบนั้นทำได้ยากและไม่ตรงประเด็น

(2) การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory) เป็นการเก็บรวบรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต ขั้นตอนนี้รวมถึงการสร้างผังของระบบผลิตภัณฑ์การคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบ

---

[25]กรีนเนท, Life Cycle Assessment - LCA [การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์] [ออนไลน์], 10 กันยายน 2555. แหล่งที่มาhttp://www.greennet.or.th/node/1265

[26]National Ready Mixed Concrete Association, What is Life Cycle Assessment? [ออนไลน์], 10 กันยายน 2555. แหล่งที่มาhttp://www.greenconcrete.info/mit/lca.html

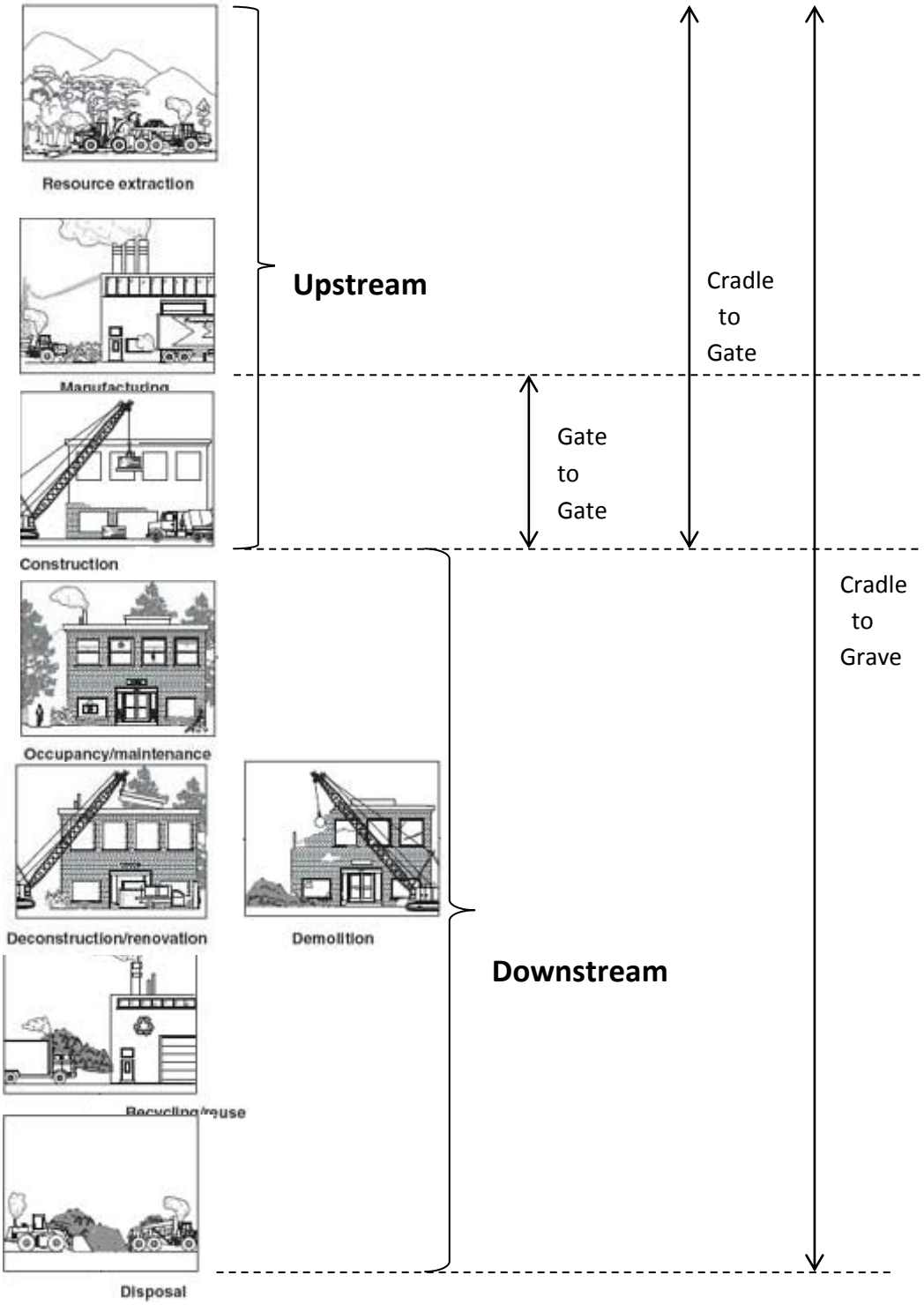
ผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงทรัพยากรและพลังงานที่ใช้หรือการปล่อยของเสียออกสู่ชั้นบรรยากาศ และสิ่งแวดล้อม

(3) การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment) เป็นการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการปล่อยของเสียหรือสารขาเข้าและขาออกที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินผลกระทบเกี่ยวข้องกับประเด็นหลักๆ คือ การนิยามประเภท (Category Definition) การจำแนกประเภท (Classification) การกำหนดบทบาท (Characterization) และการให้น้ำหนักแก่แต่ละประเภท (Weighting)

(4) การแปลผล (Interpretation) เป็นการนำผลการศึกษามาวิเคราะห์เพื่อสรุปผล พิจารณาข้อจำกัดการให้ข้อเสนอแนะที่มาจากผลการทำประเมินวัฏจักรชีวิตหรือการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมและทำรายงานสรุปการแปลผลการศึกษาให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา ซึ่งขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิตมีขอบเขตการประเมินซึ่งแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

(1) Gate to Gate	เป็นการพิจารณากระบวนการใดกระบวนการหนึ่งในสายโซ่การผลิต
(2) Cradle to Gate	เป็นการพิจารณาที่ไม่รวมกระบวนการใช้งาน และกระบวนการกำจัดซากของเสีย นิยมใช้ในการทำเอกสาร environmental product declaration (EPD)
(3) Cradle to grave	เป็นการประเมินวัฏจักรชีวิต หรือ LCA ที่เต็มรูปแบบที่ประเมินผลกระทบตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการนำไปใช้ ตลอดจนกระบวนการกำจัดซากหลังหมดอายุการใช้งาน

โดยสรุปกระบวนการในการพิจารณาการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment: LCA) ได้ดังรูปที่ 2.10 ดังนี้



รูปที่ 2.10 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิต

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร จำเป็นต้องศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเพื่อใช้เป็นแนวทางในศึกษาวิจัยต่อไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) **พิมลมาศ วรรณคณาพล** (2544)[27] ได้ทำการศึกษาดัชนีพลังงานสะสมรวมของอาคารและวัสดุก่อสร้างในช่วงการก่อสร้างและการรื้อถอน โดยรวบรวมแบบประเมินราคาของสิ่งก่อสร้างในอาคาร 4 แบบ คือ บ้านพักอาศัย สถานศึกษา อาคารสำนักงาน และโรงพยาบาล และทำการเปรียบเทียบวัสดุก่อสร้างอาคารและวัสดุที่ได้จากการรื้อถอนอาคารในรูปดัชนีพลังงานสะสมรวมและดัชนีที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมพบว่า วัสดุโครงสร้างของอาคารมีผลต่อพลังงานสะสมรวมของอาคารประเภทบ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน และอาคารสถานศึกษา ส่วนวัสดุตกแต่งอาคารมีผลต่อพลังงานสะสมรวมของโรงพยาบาล

จากการทบทวนการวิจัยของพิมลมาศ วรรณคณาพลพบว่า ในส่วนของขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น เป็นการถอดแบบจากปริมาณวัสดุของอาคารประเภทต่างๆ จากนั้นจึงนำไปคำนวณค่าการใช้พลังงานสะสมรวม แต่ยังขาดขั้นตอนการดำเนินการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารของผู้รับเหมาอาคาร

(2) **มหาดไทย ชัยเกษม** (2549)[28] ได้ทำการศึกษาเพื่อเสนอแนวทางการรื้อถอนอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้แรงคนในประเทศไทยเป็นหลักโดยทำการศึกษาวิธีการรื้อถอนพื้น คาน เสา บันได ผนัง โครงหลังคา และวัสดุมุงหลังคา โดยการทำแบบสอบถามถึงปัญหาที่เกิดขึ้น รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจในการปฏิบัติงาน ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยด้านความรุนแรงของการเกิดอันตรายจากการรื้อถอน ผลกระทบต่อสิ่งรอบข้าง ความสะดวกในการรื้อถอน เป็นปัจจัยที่ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารให้ความสำคัญมากที่สุด

จากการทบทวนการวิจัยของมหาดไทย ชัยเกษมพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจในการปฏิบัติงานของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารนี้มีความจำเป็นต่อการศึกษาสำหรับการใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ถึงการใช้พลังงานในขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้นำไปสู่การเลือกใช้วิธีการและเครื่องมือในการดำเนินงานรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร

---

[27]พิมลมาศ วรรณคณาพล, “ดัชนีพลังงานสะสมรวมของอาคารและวัสดุก่อสร้างในช่วงการก่อสร้างและการรื้อถอน,” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544).

[28]มหาดไทย ชัยเกษม, “การรื้อถอนอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้แรงงานคนเป็นหลักในประเทศไทย: ปัญหาและแนวทางปฏิบัติ” (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549).

(3) **ธัชชัย จันทร์รัชชกูล** (2550)[29] ได้ทำการศึกษาแนวทางในการจัดการวัสดุที่เกิดจากการรื้อถอนสิ่งก่อสร้างในประเทศไทยโดยทำการเปรียบเทียบระหว่างแนวทางการจัดการในประเทศไทยและต่างประเทศ จากนั้นจึงนำผลไปทดลองใช้ในการจัดการวัสดุในประเทศไทย โดยศึกษาวัสดุประเภท คอนกรีต ไม้ เหล็ก ประตูหน้าต่าง และวัสดุมุงหลังคา ผลการศึกษาพบว่า ประเทศยังขาดการนำเศษคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารมาทำเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ ซึ่งเมื่อทดลองทำในประเทศไทยพบว่ามีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก เนื่องจากผลผลิตต่ำเมื่อเทียบกับหินก่อสร้างสำหรับผสมคอนกรีต และการนำไม้กลับมาใช้ใหม่พบว่ามีต้นทุนที่ต่ำกว่าไม้ก่อสร้างใหม่

จากการทบทวนการวิจัยของธัชชัย จันทร์รัชชกูลพบว่า แนวทางการจัดการเศษวัสดุของไทยและต่างประเทศมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากปัจจัยทางด้านความคุ้มทุนเป็นปัจจัยหลักในการเลือกใช้แนวทางในการจัดการเศษวัสดุจากอาคาร

(4) **อัจฉรียา ชัยยะสมุทร** (2551)[30] ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุผนังทึบในอาคารบ้านพักอาศัย โดยทำการรวบรวมข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากปริมาณการใช้พลังงานงานของวัฏจักรชีวิต 5 ขั้นตอนของวัสดุผนังทึบได้แก่ ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุ การผลิตวัสดุ การก่อสร้างอาคาร การใช้งานอาคาร และการรื้อถอนอาคาร โดยวัสดุผนังทึบที่ใช้ในการวิจัยคือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังซีเมนต์บล็อกฉาบปูน ผนังคอนกรีตมวลเบา ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต และผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก ผลการวิจัยพบว่า ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดในขั้นตอนการก่อสร้าง การใช้งานอาคาร โดยในขั้นตอนการรื้อถอนอาคารนั้นผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบเป็นพื้นที่ปลูกป่าเทียบเท่าทดแทน ทำให้พบว่า ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีปริมาณป่าปลูกทดแทนเทียบเท่ามากที่สุด ส่วนผนังเม็ดโฟมคอนกรีตและผนังฉนวนกันความร้อนภายนอกมีปริมาณป่าปลูกทดแทนเทียบเท่าน้อยที่สุด

จากการทบทวนการวิจัยของอัจฉรียา ชัยยะสมุทรพบว่า ในขั้นตอนการรื้อถอนอาคารนั้นเป็นการประเมินการปล่อยคาร์บอนด้วยวิธีการทุบทำลายโดยใช้แรงงานคน และนำไปเศษวัสดุขนส่งไปยังทำลาย ซึ่งการวิจัยนี้ยังขาดวัสดุประเภทอื่นๆที่ใช้ในอาคาร เช่น เหล็ก ไม้ วัสดุประกอบหลังคา ประตูหน้าต่าง เป็นต้น

---

[29]ธัชชัย จันทร์รัชชกูล, “การศึกษาแนวทางในการจัดการวัสดุที่เกิดจากการรื้อถอนสิ่งก่อสร้างในประเทศไทย” (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550).

[30]อัจฉรียา ชัยยะสมุทร, “การประเมินวัฏจักรชีวิตและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุผนังทึบในอาคารบ้านพักอาศัย,” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551).

(5) **อรรจน์ เศรษฐบุตร** (2552)[31] ได้ทำการเก็บข้อมูลอาคาร 3 ชนิด เพื่อนำมาสร้างเป็นอาคารอ้างอิง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการก่อสร้าง และการใช้งานอาคารทั้งที่เป็นอาคารพักอาศัยเดี่ยว อาคารคอนโดมีเนียมพักอาศัย อาคารสำนักงาน หลังจากนั้นจึงจำลองการใช้พลังงานในอาคารทั้ง 3 ชนิด ด้วยโปรแกรม DOE-2.1E เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้เป็นค่ามาตรฐานการใช้พลังงานรายปีของอาคารอ้างอิง ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการใช้งานอาคาร (Operation CO_2) ผลการศึกษาพบว่าช่วงการก่อสร้างอาคารประเภทคอนโดมีเนียมพักอาศัยมีปริมาณEmbodies Carbon มากที่สุดรองลงมาคือ อาคารสำนักงาน และบ้านพักอาศัย และเมื่อศึกษาผลการปล่อยคาร์บอนต่อหัวพบว่า บ้านพักอาศัย มีการปล่อยคาร์บอนมากที่สุด รองลงมาคืออาคารสำนักงาน และคอนโดมีเนียมพักอาศัยและเมื่อพิจารณาตามพื้นที่ใช้สอยในอาคารพบว่าบ้านพักอาศัยมีการปล่อยคาร์บอนมากที่สุดตามด้วยคอนโดมีเนียมพักอาศัยและอาคารสำนักงาน เมื่อศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคารพบว่า อาคารสำนักงานมีการปล่อยคาร์บอนมากที่สุดรองลงมาคือ คอนโดมีเนียมและบ้านพักอาศัย

จากการทบทวนการวิจัยของอรรจน์ เศรษฐบุตรพบว่า ยังขาดการคำนวณการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร (Demolition) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกที่จะทำการศึกษาเพื่อนำผลการศึกษาที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกระบวนการต่างๆ ในวัฏจักรชีวิตของอาคาร (Building Life Cycle) โดยอาศัยอาคารอ้างอิงที่เป็นบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงานจากการวิจัยนี้เนื่องจากอาคารกรณีศึกษาดังกล่าวเป็นอาคารที่พบเห็นได้ทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งมีความเหมาะสมในการเป็นตัวแทนของอาคารในประเทศไทยที่จะนำมาวิเคราะห์ถึงปริมาณการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศ โดยรายละเอียดของอาคารกรณีศึกษานั้นจะอยู่ในบทต่อไป

(6) **นลินี อเนกแสน** (2554)[32] ได้ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงานเริ่มตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบใน การก่อสร้าง (Cradle-to -Gate1) และกระบวนการก่อสร้าง (Gate1-to-Gate2) โดยอ้างอิงข้อมูลการคำนวณจากข้อมูลของประเทศไทย และการใช้พลังงานในช่วงอยู่อาศัย (Use phase) คำนวณโดยใช้โปรแกรม Energyplus ในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมีรูปแบบบ้านกรณีศึกษาที่มีพื้นที่ใช้สอย และวัสดุในการก่อสร้างที่แตกต่าง กัน ได้แก่ บ้านก่ออิฐมอญ บ้านคอนกรีตมวลเบา บ้านชิ้นส่วน

---

[31]อรรจน์ เศรษฐบุตร, “การจัดทำมาตรฐานค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้อาคารสำหรับอาคารในประเทศไทย ด้วยวิธี Life Cycle Assessment (LCA) โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์,” (โครงการส่งเสริมการวิจัยเชิงลึกในสาขาวิชาที่มีศักยภาพสูง กองทุนรัชดาภิเษกสมโภชน์, 2552).

[32]นลินี อเนกแสน, “ค่าคาร์บอนอินเทนซิตี้ของบ้านพักอาศัยในประเทศไทย,” (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 2554).

คอนกรีตสำเร็จรูป (Precast) และบ้าน ครึ่งไม้ครึ่งปูน โดยแบ่งขนาดตามพื้นที่ใช้สอยได้เป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (120-180 m^2) ขนาดกลาง (181-350 m^2) และขนาดใหญ่ (351-500 m^2) และสามารถแบ่งแบบบ้านออกเป็น 3 รูปแบบ คือ บ้านร่วมสมัย บ้านสมัยนิยม และบ้านไทยประยุกต์ ผลการศึกษาพบว่า บ้าน Precast มีปริมาณ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด รองลงมาคือ บ้านก่ออิฐมอญ บ้านคอนกรีตมวลเบา และบ้านครึ่งไม้ครึ่งปูนตามลำดับและเมื่อพิจารณาขนาดของบ้านพักอาศัย พบว่าบ้านขนาดใหญ่มีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าบ้านขนาดกลางและขนาดเล็ก เมื่อพิจารณารูปแบบบ้านพบว่า บ้านไทยประยุกต์มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดรองลงมาคือบ้านสมัยนิยมและบ้านร่วมสมัย และเมื่อพิจารณาร้อยละการปล่อยก๊าซเรือน กระจกจากวัสดุและกระบวนการก่อสร้างพบว่า ร้อยละ 98 มาจากส่วนของ วัสดุก่อสร้างและร้อยละ 2 มาจากส่วนกระบวนการก่อสร้าง

จากการทบทวนการวิจัยของนลินี อเนกแสนพบว่า มีการดำเนินงานที่คล้ายกับการวิจัยนี้ กล่าวคือ การวิจัยนี้เป็นการดำเนินการวิจัยในส่วนของการได้มาซึ่งวัสดุก่อสร้าง และการก่อสร้างอาคาร แต่ในการวิจัยนี้เป็นการวิจัยในส่วนขอองการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร จนกระทั่งขั้นตอนการนำวัสดุไปจัดการเพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการผลิตเป็นวัสดุปฐมภูมิ อีกทั้งยังมีการนำโปรแกรม SimaPro 7.3.3 มาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุก่อสร้างของอาคารกรณีศึกษาเช่นเดียวกัน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนี้ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาศึกษาถึงรูปแบบขั้นตอนต่างๆ และการใช้พลังงานในจากกระบวนการการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร พร้อมทั้งวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการดังกล่าว รวมถึงจากปริมาณของวัสดุที่ได้จากอาคาร ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการลดการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารในอนาคต โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 รายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

3.1.2 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้วิธีการสอบถามและสัมภาษณ์ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารที่เป็นวิศวกรคุมงาน โดยใช้อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารอ้างอิงเพื่อนำมาวิเคราะห์เกี่ยวกับรูปแบบขั้นตอนจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร โดยครอบคลุมข้อมูลดังนี้

3.1.2.1 ขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

3.1.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

3.1.2.3 แนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

3.1.2.4 เครื่องมือและพาหนะที่ใช้ในการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

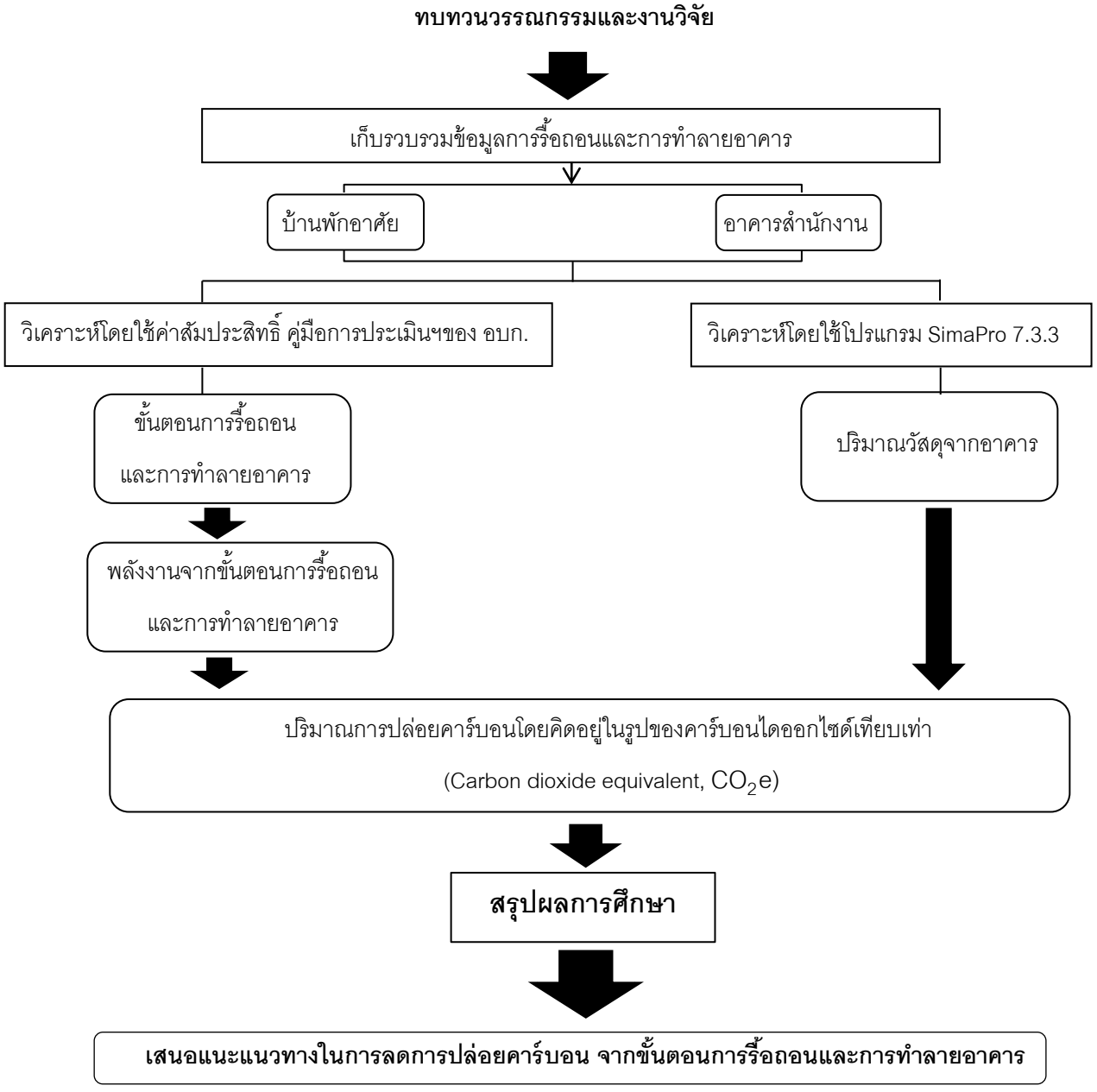
3.1.3 นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานในขั้นตอนต่างๆในกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

3.1.4 นำผลการใช้พลังงานทั้งหมดไปคำนวณเปรียบเทียบหาปริมาณการปล่อยคาร์บอนในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent, CO_2e)

3.1.6 สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะแนวทางการลดการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารโดยการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร ถึงแนวทางในการลดการใช้พลังงานในกระบวนการดังกล่าว อีกทั้งนำผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยมาวิเคราะห์หาแนวทางในการลดการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศ

ซึ่งได้สรุปแนวทางการดำเนินการวิจัยไว้ในแผนภูมิที่ 3.1 ดังนี้

แผนภูมิที่ 3.1 แบบแผนลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนี้ มีเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.2.1 แบบสอบถาม

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย (อยู่ในภาคผนวก) โดยผู้วิจัยเลือกใช้เพื่อนำไปสอบถามข้อมูลการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารจากผู้รับเหมารื้อถอนอาคารที่เป็นวิศวกรคุมงานนั้น แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับบริษัทของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

ส่วนที่ 3 อาคารกรณีศึกษาที่ใช้ในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

ส่วนที่ 4 การลดปริมาณของเสียจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

3.2.2 เกณฑ์การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การวิจัยนี้เลือกใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ของ องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนเนื่องจากมีการระบุค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก(Emission Factor) ของประเทศไทยเป็นหลัก

รูปที่ 3.1 คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

3.2.3 โปรแกรมประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม SimaPro 7.3.3

เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะนำโปรแกรม SimaPro 7.3.3 มาใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากปริมาณวัสดุของอาคารทั้ง 2 ประเภท คือ บ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน

รูปที่ 3.2 โปรแกรม SimaPro[1]

3.3 รูปแบบอาคารกรณีศึกษา

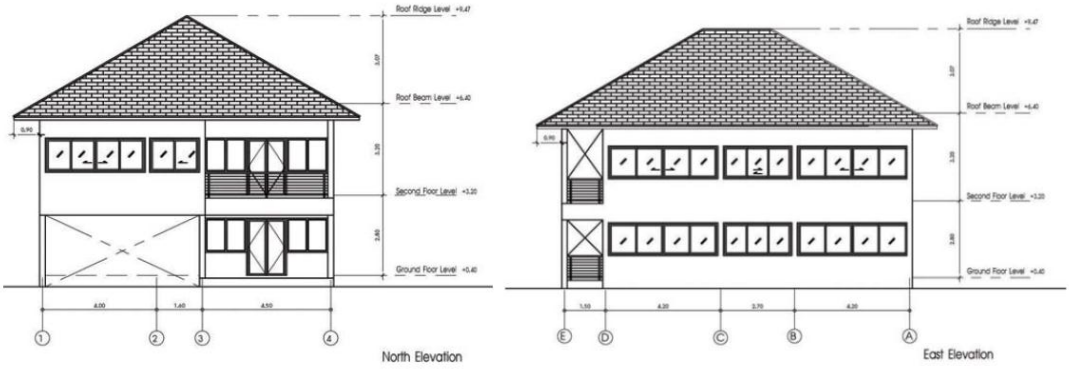
การวิจัยนี้เลือกใช้อาคารที่มีประเภทการใช้งานที่แตกต่างกัน 2 ประเภท คือ อาคารที่อยู่อาศัยทั่วไป ที่เป็นบ้านพักอาศัย 2 ชั้น และอาคารสำนักงานที่มีความสูง 7 ชั้น ตามรูปแบบอาคารที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทย โดยมีรายละเอียดของอาคารกรณีศึกษา ดังนี้

3.3.1 กรณีศึกษาอาคารประเภทบ้านพักอาศัย

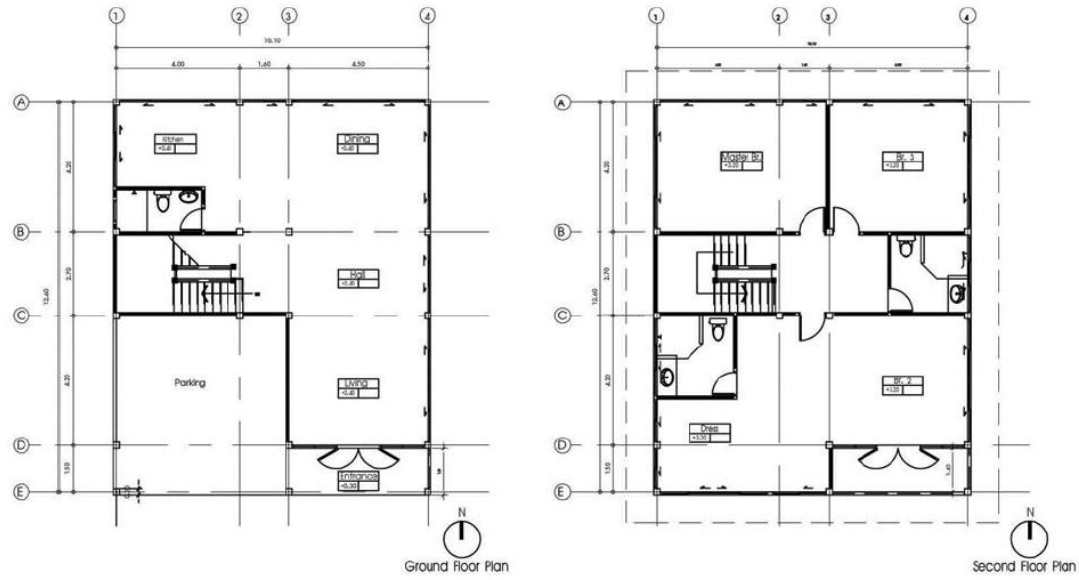
บ้านพักอาศัยที่ใช้เป็นอาคารกรณีศึกษาในการวิจัยนี้เป็นบ้านจัดสรรทั่วไป ที่มีลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชั้นล่างเป็นที่สำหรับการจอดรถ มีระเบียงชั้นบน ซึ่งมีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 264 ตารางเมตร

---

[1]GHG Reduction Services Carbonoffset, SimaPro LCAソフトウエア [online], 20 March 2013. Sourcehttp://tco2.com/app/com/page/SimaProTop.action



รูปที่ 3.3 ด้านหน้าและด้านข้างของบ้านพักอาศัย[2]



รูปที่ 3.4 แปลนพื้นชั้นล่างและชั้นบนของบ้านพักอาศัย[3]

[2]อรรจน์ เศรษฐบุตร, "การจัดทำมาตรฐานค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้อาคารสำหรับอาคารในประเทศไทย ด้วยวิธี Life Cycle Assessment (LCA) โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์," (โครงการส่งเสริมการวิจัยเชิงลึกในสาขาวิชาที่มีศักยภาพสูง กองทุนรัชดาภิเษกสมโภชน์, 2552) หน้า 18.

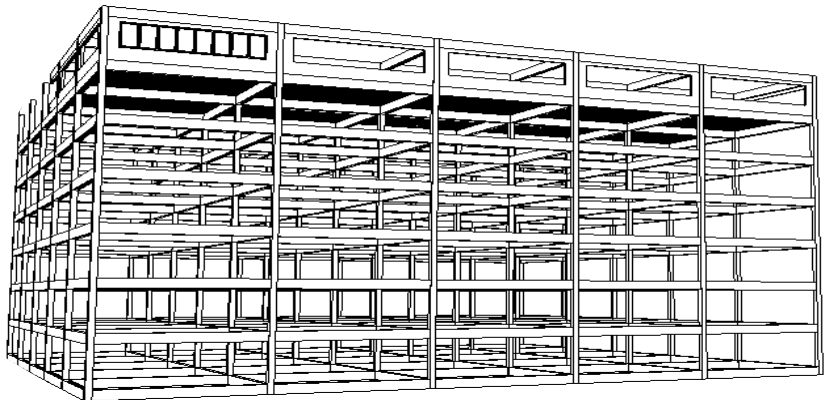
[3]เรื่องเดียวกัน, หน้า 17.

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในบ้านพักอาศัยขนาด 264 ตารางเมตร

วัสดุ	ปริมาณ	หน่วย	น้ำหนัก (กก.)	%
คอนกรีต	88.53	ลูกบาศก์เมตร	212,478.25	57.73
เหล็ก RB6	2155.80	เมตร	474.28	0.13
เหล็ก DB12	2477.20	เมตร	6,118.68	1.66
อิฐมอญ	239.36	ตารางเมตร	86,189.60	23.42
ปูนฉาบ	4.79	ลูกบาศก์เมตร	11,503.64	3.13
เหล็กโครงหลังคา (1x2)	557.90	เมตร	2,880.80	0.78
เหล็กโครงหลังคา (2x4)	185.30	เมตร	3,539.23	0.96
เหล็กโครงหลังคา (2x6)	110.80	เมตร	5,634.79	1.53
กระเบื้องหลังคาซีแพคโมเนีย	204.38	ตารางเมตร	16,708.47	4.54
ฝ้ายิปซั่มบอร์ด	218.49	ตารางเมตร	1,365.56	0.37
ฝ้าซีเมนต์แผ่นเรียบ	0.18	ลูกบาศก์เมตร	227.35	0.06
เคร่าฝ้า (อลูมิเนียม)	239.50	เมตร	1,647.50	0.45
พื้นไม้	94.39	ตารางเมตร	1,321.46	0.36
พื้นกระเบื้องเซรามิค	124.10	ตารางเมตร	239.51	0.07
วงกบและบานกรอบอลูมิเนียม แบบ Powder coat	474.90	เมตร	76.93	0.02
ลูกฟักกระจกใส	52.08	ตารางเมตร	760.37	0.21
วงกบประตูไม้	29.60	ลูกบาศก์เมตร	15,096.00	4.10
ประตูไม้	4.08	ตารางเมตร	1,664.64	0.45
ประตู MDF	0.18	ตารางเมตร	165.24	0.05
รวม			**368,092.32**	**100.00**
ปริมาณวัสดุต่อพื้นที่ใช้สอย			**1,449.48**	**(kg/m²)**

3.3.2 กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน

เนื่องจากอาคารสำนักงานส่วนใหญ่มีความสูงไม่เกิน 23 เมตร หรือ 7 ชั้น และส่วนใหญ่มีลักษณะของอาคารที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อการใช้ประโยชน์ภายในอาคารได้อย่างเต็มที่ และมีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 10,000 ตารางเมตร ดังนั้นการวิจัยนี้จึงเลือกใช้อาคารสำนักงานที่มีความสูง 7 ชั้น และมีพื้นที่ใช้สอย 11,375 ตารางเมตร ซึ่งมีรายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในอาคารสำนักงานดังตารางที่ 3.2และรูปที่ 3.3 ดังนี้



รูปที่ 3.5 ลักษณะโครงสร้างอาคารสำนักงานที่ใช้เป็นอาคารกรณีศึกษา[4]

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในอาคารสำนักงานขนาด 11,375 ตารางเมตร

วัสดุ	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**น้ำหนัก (กก.)**	**%**
คอนกรีต	3,053.84	ลูกบาศก์เมตร	7,329,222.00	61.20
เหล็ก RB6	88,256.33	เมตร	19,416.39	0.16
เหล็ก DB12	14,208.00	เมตร	35,093.76	0.29
อิฐมอญ	11,628.96	ตารางเมตร	4,186,425.60	34.96
ปูนฉาบ	74.44	ลูกบาศก์เมตร	178,867.79	1.49
ฝ้ายิปซั่มบอร์ด	10,375.75	ตารางเมตร	64,848.44	0.54
เคร่าฝ้า T- bar	34,585.83	เมตร	121,050.42	1.01
พื้นกระเบื้องยางไวนิล	10,375.75	ตารางเมตร	20,025.20	0.17
วงกบและบานกรอบอลูมิเนียม	10,949.75	เมตร	1,773.86	0.02
ลูกฟักกระจกใส	1,288.00	ตารางเมตร	18,804.80	0.16
ประตูบานกระจก	28.00	ตารางเมตร	408.80	0.003
รวม			11,975,937.050	100.000
ปริมาณวัสดุต่อพื้นที่ใช้สอย			1,052.830	(kg/m²)

[4]อรรจน์ เศรษฐบุตร, หน้า 27.

บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูลการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาถึงขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารในประเทศไทยเพื่อนำผลการศึกษาไปวิเคราะห์ถึงพลังงานที่ใช้และปริมาณการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศ โดยที่การเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถาม เพื่อนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลในการดำเนินการจากผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร โดยใช้อาคารกรณีศึกษาที่เป็นบ้านพักอาศัยขนาด 2 ชั้น ที่มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 264 ตารางเมตร และอาคารสำนักงาน 7 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 10,000 ตารางเมตร ซึ่งอาคารกรณีศึกษาทั้ง 2 ประเภทนี้จัดเป็นอาคารที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทยที่มีอายุการใช้งานประมาณ 30 ปี พร้อมทั้งสอบถามถึงอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร วิธีการที่ใช้ รวมถึงการจัดการเศษวัสดุจากอาคาร โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล

การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารและการทำลายอาคารในประเทศไทยส่วนใหญ่พบว่า เป็นการรื้อถอนแบบผสมทั้งจากแรงงานคนและเครื่องจักรกล ถ้าเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก จะใช้วิธีการ 2 วิธี ได้แก่ การล้มอาคารและการทุบอาคาร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชำนาญงานของผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร ซึ่งลำดับขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ

4.1.1 ขั้นตอนสำรวจอาคารก่อนการดำเนินงาน

4.1.2 ขั้นตอนเตรียมการและขั้นตอนการปฏิบัติการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

4.1.3 ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคาร

โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ขั้นตอนสำรวจอาคารก่อนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

ขั้นตอนนี้ผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร มีความจำเป็นต้องทำการสำรวจสถานที่ เนื่องจากผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร ต้องทำการเสนอราคา และทำการสำรวจโครงสร้างของอาคาร อายุการใช้งานของอาคารซึ่งจะทำให้ผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร ทราบถึงระดับความยากง่ายของการดำเนินงาน โดยที่อาคารที่มีอายุการใช้งานที่มาก การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารจะกระทำได้ง่ายกว่าอาคารที่มีอายุการใช้งานน้อย นอกจากนี้ขนาดของอาคารก็มีส่วนในการตัดสินใจเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อใช้ในกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร เพราะอาคารที่มีขนาดใหญ่เฉพาะแค่แรงงานคน ซึ่งอาจจะไม่เพียงพอต้องอาศัย

เครื่องจักรเข้ามาช่วยซึ่งมีผลต่อจำนวนค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมรอบๆตัวอาคาร เช่น อาคารข้างเคียง ต้นไม้ ถนน รวมทั้งระบบสาธารณูปโภค เป็นต้น ซึ่งสรุปได้ ดังนี้

สิ่งที่ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารต้องกระทำในขั้นตอนการเตรียมการ มีดังนี้

(1) ต้องทำการสำรวจสถานที่

(2) ต้องทำการเสนอราคา

(3) ต้องทำข้อตกลงสัญญาการซื้อขายเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร

4.1.2 ขั้นตอนการเตรียมการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารในประเทศไทยโดยทั่วไปนั้น มีขั้นตอนการเตรียมดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

4.1.2.1 ผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร จะทำการล้อมรั้วโดยรอบบริเวณพื้นที่ดำเนินการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร เพื่อเป็นการกำหนดแนวเขตอันตรายหรือแนวเขตการรื้อถอนอาคาร และการทำลายอาคาร รวมทั้งจัดทำป้ายเพื่อบ่งบอกถึงการการดำเนินงาน

4.1.2.2 ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทำการติดตั้งแผงกันวัสดุหล่น

4.1.2.3 ทำการคลุมอาคารเพื่อป้องกันเศษวัสดุและฝุ่นละอองจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร โดยใช้ตาข่ายที่มีความทนทานต่อสารเคมีและการฉีกขาด โดยทำการคลุมตั้งแต่ชั้นบนลงล่าง

4.1.2.4 ทำการยกเลิกระบบต่างๆ ภายในเขตอาคารที่จะทำการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร พร้อมทั้งติดตั้งระบบไฟฟ้าและระบบประปาชั่วคราว เพื่อใช้ในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร และการฉีดดับฝุ่นโดยเฉพาะ

4.1.2.5 กำหนดเส้นทางเข้าออกที่ชัดเจนของผู้ปฏิบัติการและยานพาหนะที่ใช้ เพื่อป้องกันการเกิดอันตราย

4.1.2.6 ทำการตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร[1]

โดยสรุปเป็นแผนภูมิได้ดังรูปที่ 4.1 ดังนี้

---

[1] กรมช่างโยธาทหารอากาศ, กฎกระทรวงฉบับที่ 4 การรื้อถอนอาคาร [ออนไลน์], 25 สิงหาคม 2555. แหล่งที่มาhttp://civil.rtaf.mi.th/CivilInternetApp/Code/index.php?page=05Knowledge/03RegulationLaw&subpage=05Knowledge/03RegulationLaw/%A1%AE%CB%C1%D2%C2%CD%D2%A4%D2%C3

1.	ทำการล้อมรั้วพร้อมทั้งจัดทำป้ายโดยรอบบริเวณพื้นที่ดำเนินพร้อมทั้งจัดทำป้ายเพื่อบ่งบอกถึงการรื้อถอนอาคารและการทำลาย
2.	ทำการติดตั้งแผงกันวัสดุหล่น
3.	ทำการคลุมอาคารโดยใช้ตาข่ายพลาสติกที่มีความทนทานต่อสารเคมีและการฉีกขาด โดยทำการคลุมตั้งแต่ชั้นบนลงล่าง
4.	ทำการยกเลิกระบบสาธารณูปโภคภายในเขตอาคาร พร้อมทั้งติดตั้งระบบไฟฟ้าและระบบประปาชั่วคราว
5.	กำหนดเส้นทางเข้าออกที่ชัดเจนของผู้ปฏิบัติการและยานพาหนะที่ใช้
6.	ทำการตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน
7.	พร้อมดำเนินการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร

รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการเตรียมการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

4.1.3 ขั้นตอนการปฏิบัติการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

ขั้นตอนนี้จะมีวิธีการปฏิบัติที่แตกต่างกันออกไป ตามลักษณะของอาคาร ประเภทของอาคาร อายุของอาคาร รวมถึงวิธีการและการเลือกใช้เครื่องมือของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารแต่ละเจ้านั้นส่งผลต่อการใช้พลังงานงาน รวมถึงปริมาณการปล่อยคาร์บอนที่แตกต่างกัน จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสอบถามผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร 3 ราย ซึ่งเป็นวิศวกรคุมงานโดยที่ผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร A,B และC (นามสมมติ) ต่างเป็นบริษัทรับเหมารื้อถอนที่ดำเนินการมาอย่างต่ำ 10 ปี ซึ่งจดทะเบียนเป็นบริษัทจำกัด โดยมีผู้รับเหมารื้อถอนอาคารที่ทำการคุมงานเป็นวิศวกรโยธา และมีจำนวนแรงงานในบริษัทไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับประเภทงานที่ปฏิบัติการ และมีอุปกรณ์และเครื่องมือในการดำเนินการที่เพียงพอต่อการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร ซึ่งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารมีดังต่อไปนี้

(1) รถแบคโฮ

รูปที่ 4.2 รถแบคโฮ PC30[2]

รูปที่ 4.3 รถแบคโฮ PC120[3]

[2]Hiroshi Yamamoto, Katsumi Yokoo, "Introduction of PC27/30/35MR-3," KOMATSU TECHNICAL REPORT 53,160 (2007):1.

[3]ATS equipment, Komatsu PC120-6 [online], 21 March 2013. Source www.atsequipment

รูปที่ 4.4 รถแบคโฮ PC200[4]

(2) รถบรรทุก

รูปที่ 4.5 รถบรรทุก 6 ล้อ[5]

[4]KOMATSU, “PC200-8 PC200LC-8,” Hydraulic Excavator (2009):1

[5]บริษัท ดาวรุ่งเจริญออโต้พาร์ท จำกัด, รถบรรทุก 6 ล้อ ISUZU NPR 135 HP + ดั้มพ์ [ออนไลน์], 21 มีนาคม 2556. แหล่งที่มาhttp://daorungkantruck.blogspot.com/2011/10/6-isuzu-npr-135-hp.html

รูปที่ 4.6 รถบรรทุก 10 ล้อ[6]

(3) เครื่องตัดแก๊ส

รูปที่ 4.7 เครื่องตัดแก๊ส[7]

[6]VelaMall, รถบรรทุก10ล้อISUZU DECA ยูโรทู ปี 2546 สภาพใหม่ทั้งคัน [ออนไลน์], 21 มีนาคม 2556. แหล่งที่มาhttp://www.velamall.com/classifieds/view.php?id=264982

[7]Chiangrai focus, ขายชุดตัดเหล็กลม-แก๊ส [ออนไลน์], 21 มีนาคม 2556. แหล่งที่มาhttp://www.chiangraifocus.com/forums/index.php?topic=67849.0

(4) **ค้อนปอนด์**

รูปที่ 4.8 ค้อนปอนด์[8]

(5) **รถเคน**

รูปที่ 4.9 รถเคน[9]

[8]A.K. TRADING AND ENGINEERING CO., LTD, ค้อนปอนด์ 15—13/16'4 ปอนด์ [ออนไลน์], 21 มีนาคม 2556. แหล่งที่มาhttp://www.akteequipment.com/product-detail.php?pId=610

[9]Truck.in.th, ขายรถเครน KATO KR20H [ออนไลน์], 21 มีนาคม 2556. แหล่งที่มาhttp://www.truck.in.th/mbdetail.php?id=F080235664

วิธีการดำเนินการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร ของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย มีรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ การเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ การใช้พลังงาน รวมถึงการปล่อยคาร์บอน ดังนี้

4.1.3.1 การรื้อถอนและการทำลายบ้านพักอาศัย

การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารของอาคารบ้านพักอาศัยขนาด 264 ตารางเมตรนี้ มีวิธีการปฏิบัติการของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย ได้แก่

(1) ผู้รับเหมรื้อถอน A

(2) ผู้รับเหมา B

(3) ผู้รับเหมา C

โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานของแต่ละผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร ดังนี้

(1) ผู้รับเหมา A (นามสมมติ)

มีวิธีการปฏิบัติการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย โดยแบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

(1) **ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบหลังคาและวัสดุประกอบอาคาร** ผู้รับเหมา A เลือกใช้แรงงานคนจำนวน 3 คนเป็นหลักในการถอดชิ้นส่วนของวัสดุประกอบหลังคาที่เป็นกระเบื้องหลังคา ฝ้าเพดาน เคร่าฝ้าเพดาน ฯลฯ และวัสดุประกอบอาคารที่เป็น ประตู หน้าต่าง กระจก ฯลฯ ออก เพื่อความสะดวกในการคัดแยกเพื่อนำไปส่งให้ร้านรับซื้อของเก่าหรือนำไปถมที่

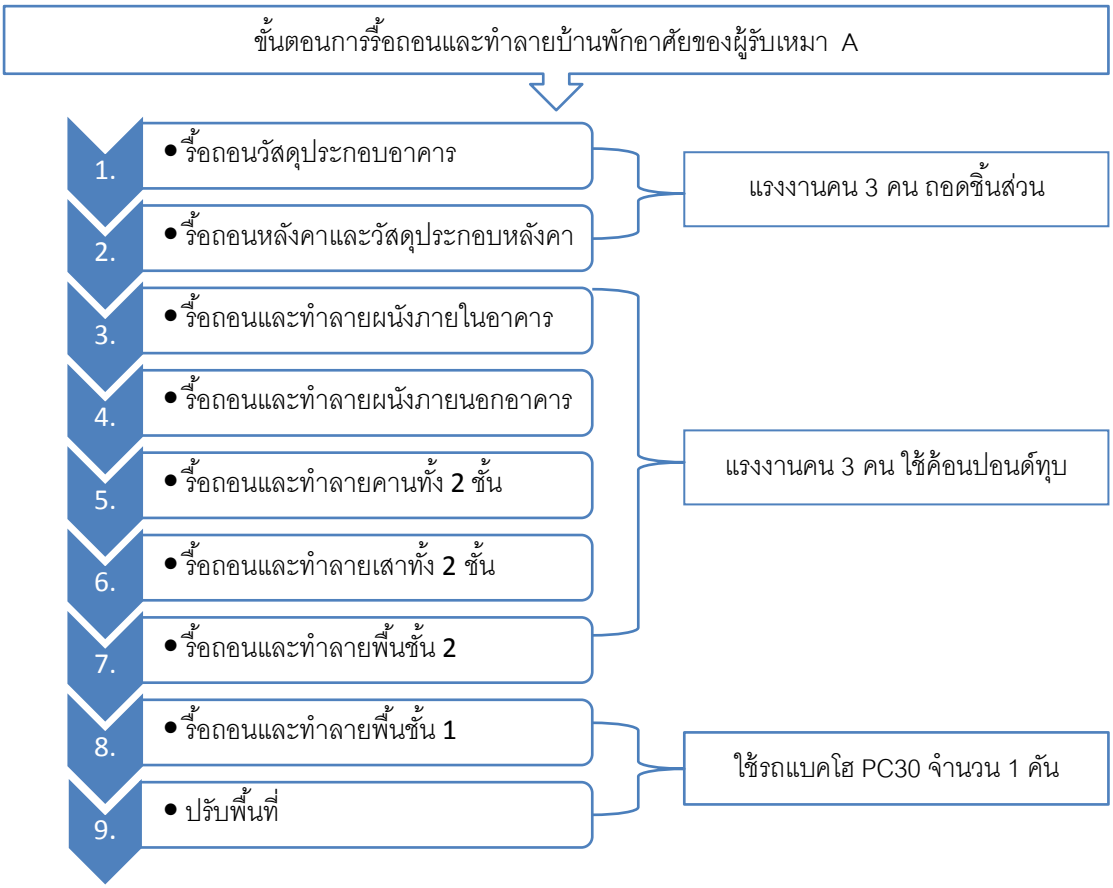
(2) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนัง** ผู้รับเหมา A ใช้แรงงานคนจำนวน 3 คนเป็นหลัก ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายทั้งผนังภายในและผนังภายนอกของบ้านพักอาศัยทั้ง 2 ชั้น

(3) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสาและคาน** ผู้รับเหมา A ใช้แรงงานคนจำนวน 3 คนเป็นหลัก ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายทั้งเสาทั้ง 2 ชั้นและคานของบ้านพักอาศัยทั้ง 2 ชั้น

(4) **ขั้นตอนการรื้อถอนพื้น** ผู้รับเหมา A ใช้แรงงานคนจำนวน 3 คนเป็นหลัก ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายพื้นของบ้านพักอาศัยชั้น 2 ส่วนพื้นชั้น 1 นั้นผู้รับเหมาจะทำลายด้วยรถแบคโฮ PC30 จำนวน 1 คัน โดยจะทำลายพร้อมกันทีเดียวกับการปรับพื้นที่

(5) **ขั้นตอนการปรับพื้นที่หลังการรื้อถอนและทำลายเสร็จสิ้น** ผู้รับเหมา A จะใช้รถแบคโฮ PC30 จำนวน 1 คัน เข้าทำการปรับพื้นที่หลังจากกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยเสร็จสิ้นลง โดยเศษวัสดุ

ที่ได้จากการรื้อถอนและทำลายนี้ผู้รับเหมา A จะใช้รถแบคโฮช่วยตักใส่รถบรรทุกที่เตรียมไว้ เพื่อนำไปจัดการต่อไป



รูปที่ 4.10 สรุปขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา A

ในด้านการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนในการปฏิบัติงานของขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา A นั้น พลังงานและการปล่อยคาร์บอนส่วนใหญ่จะเกิดจากการใช้รถแบคโฮ PC30 จำนวน 1 คัน เข้าทำการรื้อถอนและทำลายพื้นชั้น 1 ร่วมกับการปรับพื้นที่หลังจากการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย และการใช้แก๊สตัดเหล็กจากคอนกรีต โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา A

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะเวลา (ช.ม.)	วิธีการที่ใช้	พลังงาน (MJ)	การปล่อยคาร์บอน ($kgCO_2e$)
ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย					
1	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคาร	56	แรงงานคน 3 คน	-	-
2	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบหลังคา	56	แรงงานคน 3 คน	-	-
3	3.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น 2	112	แรงงานคน 3 คน	-	-
	3.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น 1				
4	4.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 2				
	4.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคาน ชั้น 1				
5	5.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 2				
	5.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 1				
6	6.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้น ชั้น 2				
	6.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้น ชั้น 1	24	PC30 1 คัน	1,354.82	102.17
7	ขั้นตอนการปรับพื้นที่	16	PC30 1 คัน	903.22	68.12
8	ขั้นตอนการตัดเหล็ก	-	LPG 2 ถัง	1,477.41	95.68
รวม				3,735.45	265.97

หมายเหตุ: การคำนวณอยู่ในภาคผนวก ตารางที่ ข.1

(2) ผู้รับเหมา B (นามสมมติ)

มีวิธีการปฏิบัติการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย โดยแบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

(1) **ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบหลังคาและวัสดุประกอบอาคาร** ผู้รับเหมา B เลือกใช้แรงงานคนจำนวน 4-5 คนเป็นหลักในการถอดชิ้นส่วนของวัสดุประกอบหลังคาที่เป็นกระเบื้องหลังคา ฝ้าเพดาน เคร่าฝ้าเพดาน ฯลฯ และวัสดุประกอบอาคารที่เป็น ประตู หน้าต่าง กระจก ฯลฯ ออก เพื่อความสะดวกในการคัดแยกเพื่อนำไปส่งให้ร้านรับซื้อของเก่าหรือนำไปถมที่

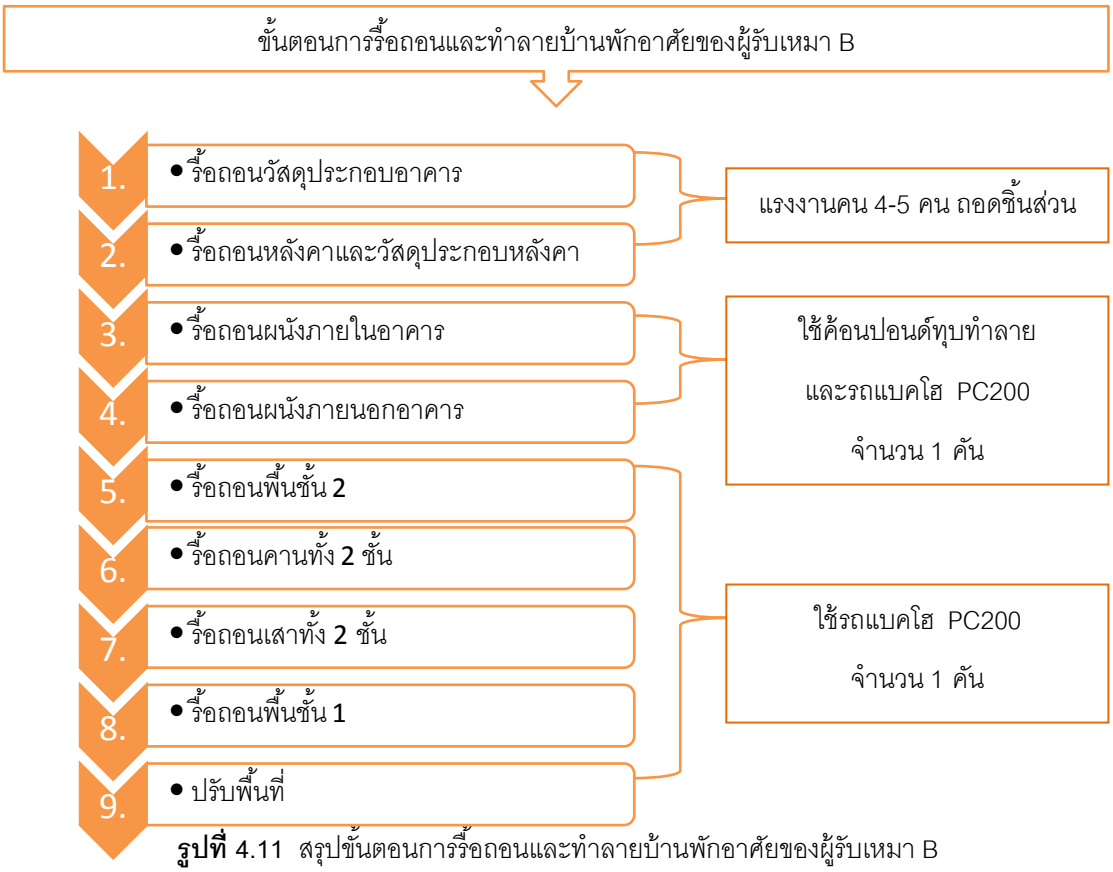
2) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนัง** ผู้รับเหมา B ใช้แรงงานคนจำนวน 4-5 คน ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายทั้งผนังภายในและผนังภายนอกร่วมกับการใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 1 คันเข้าช่วยในการทำงาน

3) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสาและคาน** ผู้รับเหมา B ใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 1 คันเข้าช่วยในการทำงานโดยทุบคานและเสาตั้งแต่ชั้น 2 ลงมาจนกระทั้งถึงชั้นที่ 1 ของบ้านพักอาศัย

4) **ขั้นตอนการรื้อถอนพื้น** ผู้รับเหมา B ใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 1 คันเข้าช่วยในการทำงานเช่นเดียวกับการทุบคานและเสา โดยจะทุบพื้นของบ้านพักอาศัยตั้งแต่ชั้น 2 ลงมาจนกระทั้งถึงชั้นที่ 1

5) **ขั้นตอนการปรับพื้นที่หลังการรื้อถอนและทำลายเสร็จสิ้น** ผู้รับเหมา B จะใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 1 คัน เข้าทำการปรับพื้นที่หลังจากกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยเสร็จสิ้นลง โดยเศษวัสดุที่ได้จากการรื้อถอนและทำลายนี้ผู้รับเหมา B จะใช้รถแบคโฮช่วยตักใส่รถบรรทุกที่เตรียมไว้ เพื่อนำไปจัดการต่อไป

ในส่วนการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและการทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา B นั้นพลังงานส่วนใหญ่จะเกิดจากการใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 1 คันเข้าทำการรื้อถอนและทำลายตั้งแต่ชั้น 2 จนถึงชั้น 1 ร่วมกับแรงงานคน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2 ดังนี้ และรูปที่ 4.11 ดังนี้



รูปที่ 4.11 สรุปขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา B

ตารางที่ 4.2 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา B

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะเวลา (ชม.)	วิธีการที่ใช้	พลังงาน (MJ)	การปล่อยคาร์บอน ($kgCO_2e$)
ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย					
1	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคาร	56	แรงงานคน 4-5 คน	-	-
2	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบหลังคา				
3	3.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น 2	160	แรงงานคน 4-5 คน และ PC200 1 คัน	43,995.36	3,315.48
	3.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น 1				
4	4.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 2				
	4.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคาน ชั้น 1				
5	5.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 2				
	5.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 1				
6	6.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้น ชั้น 2				
	6.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลาย ชั้น 1				
7	ขั้นตอนการปรับพื้นที่	16	PC200 1 คัน	4,399.54	331.55
8	ขั้นตอนการตัดเหล็ก	-	LPG 2 ถัง	1,477.41	95.68
รวม				**49,872.31**	**3,742.71**

หมายเหตุ: การคำนวณอยู่ในภาคผนวก ตารางที่ ข.3

(3) ผู้รับเหมา C (นามสมมติ)

มีการปฏิบัติการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยโดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนได้ ดังนี้

(1) **ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบหลังคาและวัสดุประกอบอาคาร** ผู้รับเหมา C เลือกใช้แรงงานคนจำนวน 5 คนเป็นหลัก ในการถอดชิ้นส่วนของวัสดุประกอบหลังคาในส่วนของกระเบื้องหลังคา ฝ้าเพดาน เคร่าฝ้าเพดาน ฯลฯ และวัสดุประกอบอาคารที่เป็น ประตู หน้าต่าง กระจก ฯลฯ ออก

(2) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนัง** ผู้รับเหมา C ใช้แรงงานคนจำนวน 5 คน ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายทั้งผนังภายในและผนังภายนอกร่วมกับการใช้รถแบคโฮ PC120 จำนวน 1 คันเข้าช่วยในการทำงาน

(3) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสาและคาน** ผู้รับเหมา C ใช้รถแบคโฮ PC120 จำนวน 1 คันเข้าช่วยในการทำงานโดยทุบคานและเสาตั้งแต่ชั้น 2 ลงมาจนกระทั่งถึงชั้นที่ 1 ของบ้านพักอาศัย

(4) **ขั้นตอนการรื้อถอนพื้น** ผู้รับเหมา C ใช้รถแบคโฮ PC2120 จำนวน 1 คันเข้าช่วยในการทำงานเช่นเดียวกับการทุบคานและเสา โดยจะทุบพื้นของบ้านพักอาศัยตั้งแต่ชั้น 2 ลงมาจนถึงชั้นที่ 1

(5).**ขั้นตอนการปรับพื้นที่หลังการรื้อถอนและทำลายเสร็จสิ้น** ผู้รับเหมา C จะใช้รถแบคโฮ PC120 จำนวน 1 คัน เข้าทำการปรับพื้นที่หลังจากกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยเสร็จสิ้นลง โดยเศษวัสดุที่ได้จากการรื้อถอนและทำลายนี้ผู้รับเหมาจะใช้รถแบคโฮช่วยตักใส่รถบรรทุกที่เตรียมไว้ เพื่อนำไปจัดการต่อไป

ซึ่งในการดำเนินงานของผู้รับเหมา C นั้นพลังงานและการปล่อยคาร์บอนส่วนใหญ่จะเกิดจากการใช้รถแบคโฮ PC120 ในการดำเนินงานซึ่งเป็นการดำเนินงานที่เริ่มตั้งแต่การทำลายผนังจนกระทั่งการปรับพื้นที่หลังการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย โดยสามารถสรุปการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและการทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา C ได้ดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.12 ดังนี้

รูปที่ 4.12 สรุปขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา C

ตารางที่ 4.3 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา C

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	วิธีการที่ใช้	พลังงาน (MJ)	การปล่อยคาร์บอน ($kgCO_2e$)
ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย					
1	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคาร	80	แรงงานคน 5 คน	-	-
2	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบหลังคา				
3	3.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น 2	240	แรงงานคน 5 คน และ PC120 1 คัน	43,704.00	3,293.52
	3.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น 1				
4	4.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 2				
	4.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคาน ชั้น 1				
5	5.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 2				
	5.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 1				
6	6.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้น ชั้น 2				
	6.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลาย พื้นชั้น 1				
7	ขั้นตอนการปรับพื้นที่	32	PC120 1 คัน	5,827.20	439.14
8	ขั้นตอนการตัดเหล็ก	-	LPG 2 ถัง	1,477.41	95.68
รวม				**51,008.61**	**3,828.34**

หมายเหตุ: การคำนวณอยู่ในภาคผนวก ตารางที่ ข.5

4.1.3.2 การรื้อถอนและการทำลายอาคารสำนักงาน

การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารสำนักงานที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 11,375 ตารางเมตรนี้ มีวิธีการปฏิบัติการของผู้รับเหมาทั้ง 3 ราย ดังนี้

(1) ผู้รับเหมา A

(2) ผู้รับเหมา B

(3) ผู้รับเหมา C

โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานของแต่ละผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร ดังนี้

(1) ผู้รับเหมา A (นามสมมติ)

มีขั้นตอนการปฏิบัติการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน ซึ่งแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ได้ดังนี้

(1) **ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคาร** ผู้รับเหมา A เลือกใช้แรงงานคนจำนวน 10 คนเป็นหลักในการถอดชิ้นส่วนของ ฝ้าเพดาน เคร่าฝ้า ประตู หน้าต่าง กระจก ฯลฯ ออก เพื่อความสะดวกในการคัดแยกเพื่อนำไปส่งให้ร้านรับซื้อของเก่าหรือนำไปถมที่

(2) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายดาดฟ้าของอาคาร** ผู้รับเหมา A ใช้แรงงานคนจำนวน 10 คนเป็นหลัก ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายดาดฟ้าของอาคารที่มีพื้นที่ขนาด 1,482.25 ตร.ม.

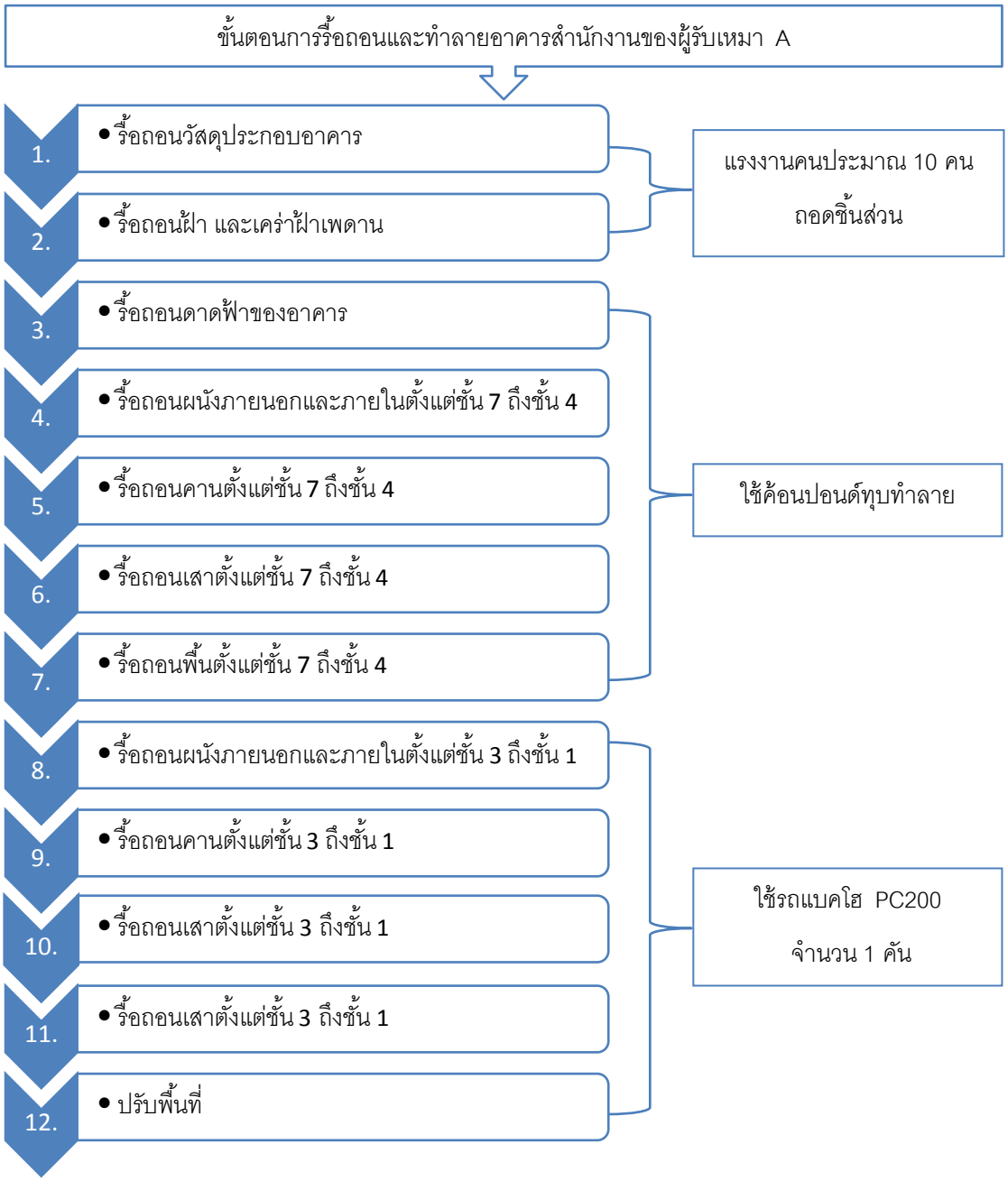
(3) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนัง** ผู้รับเหมา A ใช้แรงงานคนจำนวน 10 คนเป็นหลัก ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายทั้งผนังภายในและผนังภายนอกของอาคารตั้งแต่ชั้น 7 ลงมาจนถึงชั้น 4 ของอาคาร ส่วนชั้น 3 ถึงชั้น 1 จะใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 1 คัน เข้าทำลายพร้อมแรงงานคน

(4) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสาและคาน** ผู้รับเหมา A ใช้แรงงานคนจำนวน 10 คนเป็นหลัก ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายทั้งเสาและคานของอาคารสำนักงานตั้งแต่ชั้น 7 ลงมาจนถึงชั้น 4 ส่วนชั้น 3 ถึงชั้น 1 จะใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 1 คัน เข้าทำลายพร้อมแรงงานคน

(5) **ขั้นตอนการรื้อถอนพื้น** ผู้รับเหมา A ใช้แรงงานคนจำนวน 10 คนเป็นหลัก ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายทั้งพื้นของอาคารสำนักงานตั้งแต่ชั้น 7 ลงมาจนถึงชั้น 4 ส่วนชั้น 3 ถึงชั้น 1 จะใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 1 คัน เข้าทำลายพร้อมแรงงานคน

(6) **ขั้นตอนการปรับพื้นที่หลังการรื้อถอนและทำลายเสร็จสิ้น** ผู้รับเหมา A จะใช้รถแบคโฮ PC200 1 คัน เข้าทำการปรับพื้นที่หลังจากกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานเสร็จสิ้นลง โดยเศษวัสดุที่ได้จากการรื้อถอนและทำลายนี้ผู้รับเหมาจะใช้รถแบคโฮ ช่วยตักใส่รถบรรทุกที่เตรียมไว้ เพื่อนำไปจัดการต่อไป

ในส่วนของการวิเคราะห์การใช้พลังงานในขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา A นั้นพบว่า พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจะเกิดจากการใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 1 คันเข้าดำเนินการตั้งแต่ชั้น 3 ลงมาจนถึงชั้น 1 และรวมถึงการปรับพื้นที่ด้วยเช่นกัน โดยสามารถสรุปขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา A ได้ ดังรูปที่ 4.13 และตารางที่ 4.4 ดังนี้



รูปที่ 4.13 สรุปขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา A

ตารางที่ 4.4 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา A

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะเวลา (ช.ม.)	วิธีการที่ใช้	พลังงาน (MJ)	การปล่อยคาร์บอน ($kgCO_2e$)
ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน					
1	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคารทั้งอาคาร ขั้นตอนการรื้อถอนฝ้าและเคร่าฝ้าเพดานทุกชั้น	80	แรงงานคน 10 คน	-	-
2	2.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายดาดฟ้าอาคาร 2.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังทั้งหมดของชั้น 7-4 2.3 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 7-4 2.4 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสาชั้น 7-4 2.5 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้นชั้น 7-4	224	แรงงานคน 10 คน	-	-
3	3.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังทั้งหมดของชั้น 3-1 3.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 3-1 3.3 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 3-1 3.4 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้น ชั้น 3-1	112	PC200 1 คัน และแรงงานคน 10 คน	30,796.60	2,320.83
4	ขั้นตอนการปรับพื้นที่	40	PC200 1 คัน	10,998.84	828.87
5	ขั้นตอนการตัดเหล็ก	-	LPG 6 ถัง	4,432.23	287.05
รวม				**46,227.82**	**3,436.75**

หมายเหตุ: การคำนวณอยู่ในภาคผนวก ตารางที่ ข.7

(2) ผู้รับเหมา B (นามสมมติ)

มีขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน ดังนี้

(1) **ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบหลังคาและวัสดุประกอบอาคาร** ผู้รับเหมา B เลือกใช้แรงงานคนจำนวน 10-15 คนเป็นหลักในการถอดชิ้นส่วนของ ฝ้าเพดาน เคร่าฝ้า ประตู หน้าต่าง กระจก ฯลฯ ออกตั้งแต่ชั้น 7-1 เพื่อความสะดวกในการคัดแยกเพื่อนำไปส่งให้ร้านรับซื้อของเก่าหรือนำไปถมที่

(2) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายดาดฟ้าของอาคาร** ผู้รับเหมา B ใช้แรงงานคนจำนวน 10-15 คนเป็นหลัก ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายดาดฟ้าของอาคารที่มีพื้นที่ขนาด 1,482.25 ตร.ม.

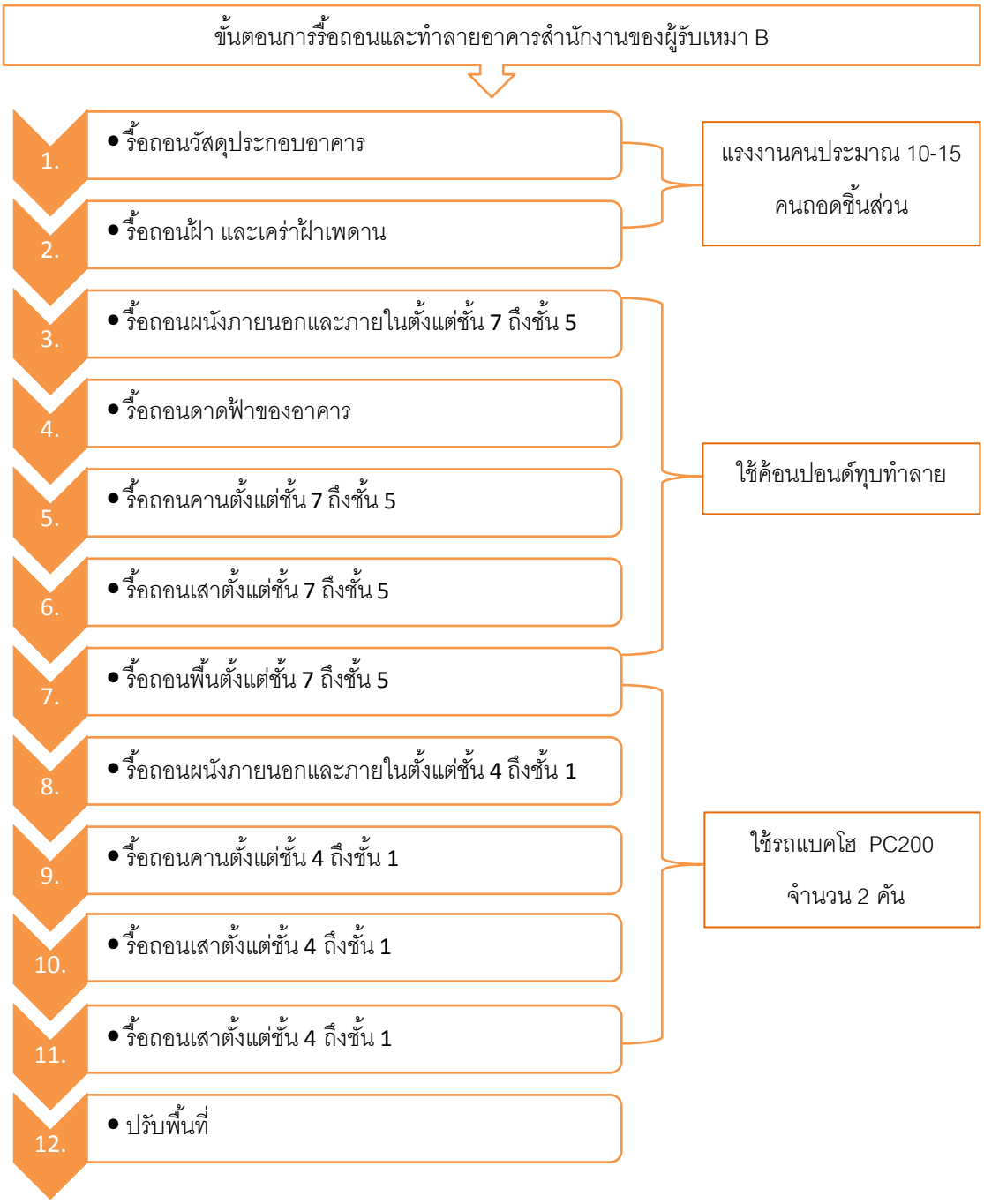
(3) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนัง** ผู้รับเหมา B ใช้แรงงานคนจำนวน 10-15 คนเป็นหลัก ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายทั้งผนังภายในและผนังภายนอกของอาคารตั้งแต่ชั้น 7 ลงมาจนถึงชั้น 5 ของอาคาร ส่วนชั้น 4 ถึงชั้น 1 จะใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 2 คัน เข้าทำลายพร้อมแรงงานคน

(4) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสาและคาน** ผู้รับเหมา B ใช้แรงงานคนจำนวน 10-15 คนเป็นหลัก เป็นหลัก ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายทั้งเสาและคานของอาคารสำนักงานตั้งแต่ชั้น 7 ลงมาจนถึงชั้น 5 ส่วนชั้น 4 ถึงชั้น 1 จะใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 2 คัน เข้าทำลายพร้อมแรงงานคน

(5) **ขั้นตอนการรื้อถอนพื้น** ผู้รับเหมา B ใช้แรงงานคนจำนวน 10-15 คนเป็นหลัก ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายทั้งพื้นของอาคารสำนักงานตั้งแต่ชั้น 7 ลงมาจนถึงชั้น 5 ส่วนชั้น 4 ถึงชั้น 1 จะใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 2 คัน เข้าทำลายพร้อมแรงงานคน

(6) **ขั้นตอนการปรับพื้นที่หลังการรื้อถอนและทำลายเสร็จสิ้น** ผู้รับเหมา B จะใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 2 คัน เข้าทำการปรับพื้นที่หลังจากกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานเสร็จสิ้นลง

ในส่วนการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนของขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมาร B พบว่า ดำเนินการรื้อถอนและทำลายโดยใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 2 คัน เข้าทำลายอาคารตั้งแต่ชั้น 4 ลงมาจนถึงชั้น 1 รวมถึงการปรับพื้นที่หลังการดำเนินงาน อีกทั้งการตัดเหล็กจากอาคารก็ส่งผลต่อการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนเช่นกัน โดยสามารถสรุปการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและการทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา B ได้ดังรูปที่ 4.14 และตารางที่ 4.5 ดังนี้



รูปที่ 4.14 สรุปขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา B

ตารางที่ 4.5 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา B

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะเวลา (ช.ม.)	วิธีการที่ใช้	พลังงาน (MJ)	การปล่อยคาร์บอน ($kgCO_2e$)
ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน					
1	1.1 ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคารทั้งอาคาร 1.2 ขั้นตอนการรื้อถอนฝ้าและเคร่าฝ้าเพดาน ชั้น 7-1	56	แรงงานคน 10-15 คน	-	-
2	2.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายดาดฟ้าอาคาร 2.3 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังทั้งหมดของชั้น 7-5 2.4 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 7-5 2.4 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสาชั้น 7-5 2.5 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้นชั้น 7-5	240	แรงงานคน 10-15 คน	-	-
3	3.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังทั้งหมดของชั้น 4-1 3.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 4-1 3.3 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 4-1 3.4 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้น ชั้น 4-1	160	PC200 2 คัน แรงงานคน 10-15 คน	87,990.72	6,630.95
4	ขั้นตอนการปรับพื้นที่	24	PC200 2 คัน	13,198.61	994.64
5	ขั้นตอนการตัดเหล็ก	-	LPG 6 ถัง	4,432.23	287.05
รวม				**105,621.56**	**7,912.64**

หมายเหตุ: การคำนวณอยู่ในภาคผนวก ตารางที่ ข.9

(2) ผู้รับเหมา C (นามสมมติ)

มีขั้นตอนการปฏิบัติการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน ดังนี้

(1) **ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบหลังคาและวัสดุประกอบอาคาร** ผู้รับเหมา C เลือกใช้แรงงานคนจำนวน 8-10 คนเป็นหลักในการถอดชิ้นส่วนของ ฝ้าเพดาน เคร่าฝ้า ประตู หน้าต่าง กระจก ฯลฯ ออกตั้งแต่ชั้น 7-1 เพื่อความสะดวกในการคัดแยกเพื่อนำไปส่งให้ร้านรับซื้อของเก่าหรือนำไปถมที่

(2) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายดาดฟ้าของอาคาร** ผู้รับเหมา C ใช้แรงงานคนจำนวน 8-10 คน ในการใช้ค้อนปอนด์เข้าปฏิบัติการร่วมกับการใช้รถเครนยกรถแบคโฮ PC120 จำนวน 2 คัน เพื่อทำลายดาดฟ้าของอาคาร

(3) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนัง** ผู้รับเหมา C ใช้แรงงานคนจำนวน 8-10 คนในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายร่วมกับการใช้รถแบคโฮ PC120 จำนวน 2 คันเข้าร่วมทุบทำลายทั้งผนังภายในและผนังภายนอกของอาคารตั้งแต่ชั้น 7 ลงมาจนถึงชั้น 1 ของอาคาร

(4) **ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสาและคาน** ผู้รับเหมา C ใช้แรงงานคนจำนวน 8-10 คนในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายร่วมกับการใช้รถแบคโฮ PC120 จำนวน 2 คันเข้าร่วมทุบทำลายทั้งเสาและคานของอาคารสำนักงานตั้งแต่ชั้น 7 ถึงชั้น 1

(5) **ขั้นตอนการรื้อถอนพื้น** ผู้รับเหมา C ใช้แรงงานคนจำนวน 8-10 คนในการใช้ค้อนปอนด์เข้าทุบทำลายร่วมกับการใช้รถแบคโฮ PC120 จำนวน 2 คันเข้าร่วมทุบทำลายพื้นของอาคารสำนักงานตั้งแต่ชั้น 7 ลงมาจนถึงชั้น 1

(6) **ขั้นตอนการปรับพื้นที่หลังการรื้อถอนและทำลายเสร็จสิ้น** ผู้รับเหมา C จะใช้รถแบคโฮ PC120 จำนวน 2 คันเข้าทำการปรับพื้นที่หลังจากกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานเสร็จสิ้นลง

ในส่วนการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนของขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา C พบว่าดำเนินการรื้อถอนและทำลายโดยใช้รถแบคโฮ PC120 จำนวน 2 คัน เข้าทำลายอาคารทุกชั้นตั้งแต่ชั้น 7 ลงมาจนถึงชั้น 1 โดยมีการนำรถเครนเข้ามาทำการยกรถแบคโฮ PC120 จำนวน 2 คัน ขึ้นไปดำเนินงาน รวมถึงการปรับพื้นที่หลังการดำเนินงาน อีกทั้งการตัดเหล็กจากอาคารก็ส่งผลต่อการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนเช่นกัน โดยสามารถสรุปการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและการทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา C ได้ดังรูปที่ 4.15 และตารางที่ 4.6 ดังนี้

รูปที่ 4.15 สรุปขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา C

ตารางที่ 4.6 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา C

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะเวลา (ช.ม.)	วิธีการที่ใช้	พลังงาน (MJ)	การปล่อยคาร์บอน ($kgCO_2e$)
ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน					
1	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคาร	160	แรงงานจำนวน 8-10 คน	-	-
2	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบหลังคา				
3	ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้นดาดฟ้า	240	แรงงานจำนวน 8-10 คน และใช้รถเครนยกรถแบคโฮ PC120 จำนวน 2 คัน	88,864.80	6,696.82
4	ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น 7-1				
5	ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 7-1				
6	ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสาชั้น 7-1				
7	ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้น ชั้น 7-1				
8	ขั้นตอนการปรับพื้นที่	24	PC120 2 คัน	8,740.80	658.70
9	ขั้นตอนการตัดเหล็ก	-	LPG 4 ถัง	2,954.82	191.36
รวม				**100,560.42**	**7,546.89**

หมายเหตุ: การคำนวณอยู่ในภาคผนวก ตารางที่ ข.11

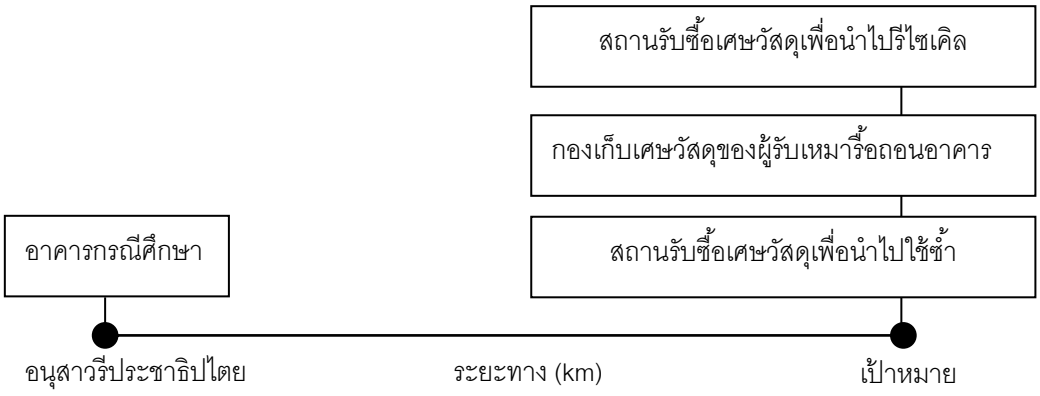
4.1.4 ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

ในขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น ส่งผลให้เกิดปริมาณของของเสียและเศษวัสดุจากอาคารจำนวนมาก ดังนั้นผู้รับเหมารื้อถอนอาคารจึงต้องมีการทำการคัดแยกของเสียและเศษวัสดุต่างๆ เพื่อนำไปส่งต่อยังผู้รับซื้อทั้งจากร้านที่รับซื้อของเก่า หรือนำไปเก็บรวบรวมยังกองเก็บหรือแหล่งที่พักวัสดุของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารเพื่อรอการนำไปจัดการอีกครั้ง อีกทั้งนำส่วนที่เป็นของเสียจากอาคารไปทิ้งในสถานที่ที่ทางราชการจัดไว้ เพื่อรอการนำไปกำจัด ซึ่งในกระบวนการนี้จะมีการใช้พลังงานจากการขนส่งเป็นหลัก โดยอัตราการใช้พลังงานจะขึ้นอยู่กับระยะทางที่ใช้ในการขนส่งเศษวัสดุ รวมถึงยานพาหนะที่ใช้ในการบรรทุกเศษวัสดุ ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศด้วยเช่นกัน

ข้อตกลงเบื้องต้น

เนื่องจากการวิจัยนี้ได้ใช้อาคารอ้างอิงซึ่งเป็นอาคารกรณีศึกษาที่สมมติให้อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารที่จะกระทำการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร ซึ่งเป็นอาคารที่ไม่มีการรื้อถอนและทำลายจริง ดังนั้นในการคำนวณหาระยะที่ได้จากกระบวนการขนส่งเศษวัสดุจากสถานที่รื้อถอนอาคารและทำลายอาคารไปยังสถานที่รับซื้อของเก่าของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารแต่ละรายนั้น ผู้วิจัยจะทำการสมมติสถานที่ที่ทำการรื้อถอนและทำลายอาคารทั้งที่เป็นบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน โดยอยู่บริเวณใจกลางของกรุงเทพมหานคร อ้างอิงจากจุดถนนพหลโยธิน กม.ที่ 0 บริเวณอนุสาวรีย์ประชาธิปไตย ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการคำนวณหาระยะทางจากสถานที่รื้อถอนอาคารและทำลายอาคารไปยังสถานที่ต่างๆ ที่รับซื้อของเก่า รวมถึงระยะทางที่ใช้ไปยังกองเก็บเศษวัสดุของผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร

ส่วนในขั้นตอนการนำเศษวัสดุไปถมที่นั้นพบว่า ผู้รับเหมาไม่สามารถให้ข้อมูลได้เนื่องจากเศษวัสดุจำพวกคอนกรีต อิฐ ที่สามารถนำมาถมที่ได้นั้นจะมีผู้รับซื้อมารับซื้อจากสถานที่รื้อถอนอาคารและทำลายอาคารเอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าสถานที่ที่ทำการรื้อถอนและทำลายอาคารนั้นอยู่ที่ไหน ผู้รับเหมาจะเลือกใช้บริการจากร้านรับซื้อที่ใกล้กับจุดที่มีการรื้อถอนและทำลายอาคารนั้น เนื่องจากสาเหตุที่ว่าเศษวัสดุที่จะนำไปถมที่นั้นมีปริมาณมากและบางทีผู้รับเหมาก็ขนส่งกลับไปยังกองเก็บของตนเอง และในบางครั้งถ้ามีการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร เศษวัสดุเหล่านี้จะนำมาเพื่อถมที่ในบริเวณที่ดินนั้นเอง ดังนั้นในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจึงใช้เหตุการณ์จำลองให้ผู้รับเหมาทุกรายขนส่งเศษวัสดุทั้งหมดกลับไปยังกองเก็บของบริษัทผู้รับเหมานั้นทั้งหมด โดยสรุปตามรูปภาพที่ 4.16 ดังนี้



รูปที่ 4.16 ระยะทางจำลองจากอาคารกรณีศึกษาไปยังสถานที่ต่างๆ

ซึ่งปริมาณเศษวัสดุที่ได้จากอาคารนั้น เมื่อถอดแบบวัสดุก่อสร้างของอาคารกรณีศึกษา ทั้งที่เป็นบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงานจะสามารถจำแนกประเภทตามแนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคาร โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) ประเภทวัสดุที่สามารถนำไปใช้ซ้ำได้ (Reusable materials)

(2) ประเภทวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ (Recyclable materials)

(3) ประเภทวัสดุที่นำกลับไปถมที่ (Landfill)

โดยแสดงไว้ในตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8 ดังนี้

- **บ้านพักอาศัย**

ตารางที่ 4.7 แนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากบ้านพักอาศัยขนาด 264 ตารางเมตร

วัสดุ	**ปริมาณวัสดุ**	**หน่วย**	**น้ำหนัก** (kg.)	%	**วิธีการจัดการเศษวัสดุ**
คอนกรีต	88.53	m^3	212,478.25	57.72	3
เหล็ก RB6	2,155.80	m	474.28	0.13	2
เหล็ก DB12	2,477.20	m	6,118.68	1.66	2
อิฐมอญ	239.36	m^2	86,189.60	23.42	3
ปูนฉาบ	4.79	m^3	11,503.64	3.16	3
เหล็กโครงหลังคา (1x2)	557.90	m	2,880.80	0.78	2
เหล็กโครงหลังคา (2x4)	185.30	m	3,539.23	0.96	2
เหล็กโครงหลังคา (2x6)	110.80	m	5,634.79	1.53	2
กระเบื้องหลังคาซีแพคโมเนีย	204.38	m^2	16,708.47	4.54	1,3
ฝ้ายิปซั่มบอร์ด	218.49	m^2	1,365.56	0.37	3
ฝ้าซีเมนต์แผ่นเรียบ	0.18	m^3	227.35	0.06	3
เคร่าฝ้า (อลูมิเนียม)	239.50	m	1,647.50	0.45	2
พื้นไม้	94.39	m^2	1,321.46	0.36	1
พื้นกระเบื้องเซรามิค	124.10	m^2	239.51	0.07	3
วงกบและบานกรอบอลูมิเนียมแบบ Powder coat	474.90	m	76.93	0.02	2
ลูกฟักกระจกใส	52.08	m^2	760.37	0.21	2
วงกบประตูไม้	29.60	m^3	15,096.00	4.10	1
ประตูไม้	4.08	m^2	1,664.64	0.45	1
ประตู MDF	0.18	m^2	165.24	0.05	1
		รวม	368,092.32	100.00	
		ปริมาณวัสดุต่อพื้นที่ใช้สอย	1,449.48	(kg/m^2)	

หมายเหตุ: หมายเลข 1 คือ การนำเศษวัสดุไปใช้ซ้ำ, หมายเลข 2 คือ การนำเศษวัสดุไปรีไซเคิล, หมายเลข 3 คือ การนำเศษวัสดุไปถมที่

- **อาคารสำนักงาน**

ตารางที่ 4.8 แนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารสำนักงานขนาด 11,375 ตารางเมตร

วัสดุ	**ปริมาณวัสดุ**	**หน่วย**	**น้ำหนัก** (kg.)	%	**วิธีการจัดการเศษวัสดุ**
คอนกรีต	3,053.84	m^3	7,329,222.00	61.20	3
เหล็ก RB6	88,256.33	m	19,416.39	0.16	2
เหล็ก DB12	14,208.00	m	35,093.76	0.29	2
อิฐมอญ	11,628.96	m^2	4,186,425.60	34.96	3
ปูนฉาบ	74.44	m^3	178,867.79	1.49	3
ฝ้ายิปซั่มบอร์ด	10,375.75	m^2	64,848.44	0.54	3
เคร่าฝ้า T- bar	34,585.83	m	121,050.42	1.01	2
พื้นกระเบื้องยางไวนิล	10,375.75	m^2	20,025.20	0.17	3
วงกบและบานกรอบอลูมิเนียม	10,949.75	m	1,773.86	0.02	2
ลูกฟักกระจกใส	1,288.00	m^2	18,804.80	0.16	2
ประตูบานกระจก	28.00	m^2	408.80	0.003	1
		รวม	11,975,937.05	100.00	
		ปริมาณวัสดุต่อพื้นที่ใช้สอย	1,052.83	(kg/m²)	

หมายเหตุ: หมายเลข 1 คือ การนำเศษวัสดุไปใช้ซ้ำ, หมายเลข 2 คือ การนำเศษวัสดุไปรีไซเคิล, หมายเลข 3 คือ การนำเศษวัสดุไปถมที่

จากตารางที่ 4.7 และ 4.8 สามารถสรุปการจำแนกประเภทการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคาร ได้ดังต่อไปนี้

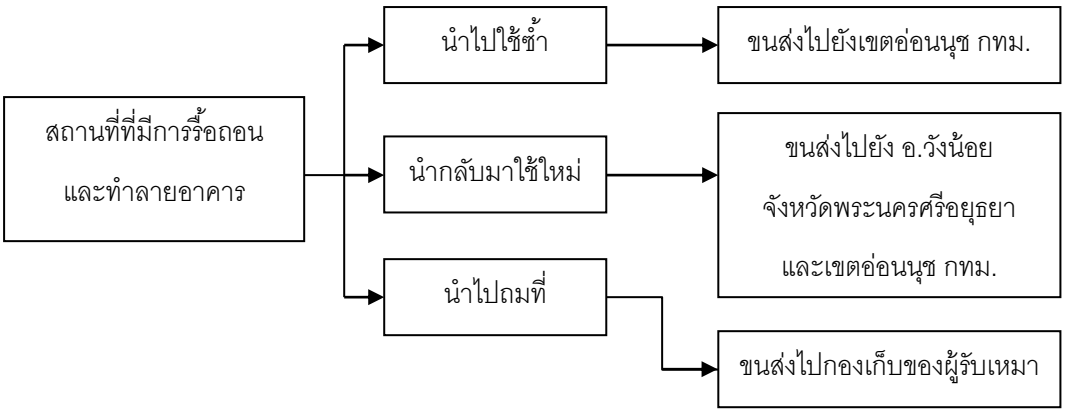
รูปที่ 4.17 การจำแนกประเภทการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคาร

*หมายเหตุ: วัสดุประเภทเหล่านี้ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้รับเหมาและสภาพของวัสดุนั้นๆ และถ้าเป็นการรื้อถอนเพื่อก่อสร้างใหม่วัสดุพวกนี้จะถูกนำกลับมาให้ซ้ำอีกครั้ง แต่ในการวิจัยนี้เลือกใช้วิธีดังกล่าวนี้

เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยที่อ้างอิงอาคารกรณีศึกษาไม่ใช่อาคารที่มีการรื้อถอนและทำลายจริง ดังนั้นแนวทางในการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและการทำลายอาคารของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารจึงมีความเหมือนกันทั้งที่เป็นบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ผู้รับเหมา A (นามสมมติ)

ในขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น ผู้รับเหมา A เลือกที่จะจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารคือ แยกชิ้นส่วนที่สามารถนำไปใช้ซ้ำได้และวัสดุที่นำไปรีไซเคิลได้ เช่น บานประตู หน้าต่าง วงกบประตูและหน้าต่าง แผ่นไม้ และวัสดุจำพวกเหล็ก โดยจะนำไปส่งให้กับร้านรับซื้อในเขตอ่อนนุชซึ่งเป็นร้านที่รู้จักเป็นการส่วนตัว และแยกวัสดุที่เป็นกระจก โดยจะนำไปส่งขายให้ร้านแถบอำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สาเหตุที่เลือกแยกไปส่งที่อำเภอวังน้อย เพราะมีการให้ราคาที่คุ้มกับการนำไปขายต่อ ส่วนวัสดุประเภทคอนกรีต อิฐ ฝ้า วัสดุพวกนี้ผู้รับเหมา A จะทำการบดย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ โดยการทุบทำลายทั้งจากแรงงานคนและรถแบคโฮ เพื่อรอการขนส่งไปถมที่ ซึ่งในกรณีนี้ผู้วิจัยทำการสมมติระยะทางทั้งหมดที่ใช้ในการขนส่งเศษวัสดุเพื่อนำไปถมที่ โดยเริ่มจากสถานที่รื้อถอนที่สมมติขึ้น ไปยังบริษัทของผู้รับเหมา A นั่นคือแถวรามอินทรา เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร โดยสามารถสรุปขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุทั้งจากบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงานได้ดังรูปภาพที่ 4.18 และตารางที่ 4.9 ดังนี้



รูปที่ 4.18 แนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารของผู้รับเหมา A

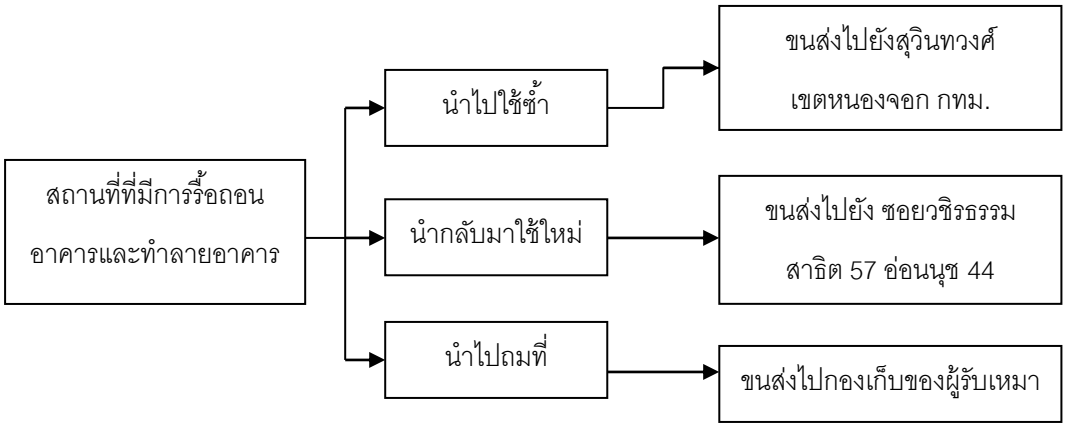
ตารางที่ 4.9 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารของผู้รับเหมา A

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะทาง (km/เที่ยว)	จำนวนรอบ	วิธีการที่ใช้	พลังงานที่ใช้ (MJ)	การปล่อยคาร์บอน ($kgCO_2e$)
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากบ้านพักอาศัย						
1	การนำวัสดุไปใช้ซ้ำ	ไป 27.30 กลับ27.30	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปอ่อนนุช กทม.	970.59	36.57
2	การนำเศษวัสดุไปรีไซเคิล	ไป 81.10 กลับ 81.10	ไป 1 กลับ 1	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปวังน้อย อยุธยา	1,394.79	105.11
		ไป 27.30 กลับ 27.30	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปอ่อนนุช กทม.	939.03	54.11
3	การนำเศษวัสดุไปถมที่	ไป 27.00 กลับ 27.00	ไป 29 กลับ 29	รถบรรทุก 6 ล้อ ขนาด 8.5 ตัน ขนส่งไปกองเก็บของผู้รับเหมา	13,466.30	1,014.82
รวม					**16,770.70**	**1,247.19**
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารสำนักงาน						
1	การนำวัสดุไปใช้ซ้ำ	ไป 27.30 กลับ27.30	ไป 1 กลับ 1	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปอ่อนนุช กทม.	469.52	35.38
2	การนำเศษวัสดุไปรีไซเคิล	ไป 81.10 กลับ 81.10	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปวังน้อย อยุธยา	2,789.57	210.22
		ไป 27.30 กลับ 27.30	ไป 16 กลับ 16	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปอ่อนนุช กทม.	7,512.23	566.12
3	การนำเศษวัสดุไปถมที่	ไป 27.00 กลับ 27.00	ไป 1,072 กลับ 1,072	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปกองเก็บของผู้รับเหมา	497,788.56	37,513.19
รวม					**508,559.88**	**38,501.83**

หมายเหตุ: การคำนวณอยู่ในภาคผนวก ตารางที่ ข.2

(2) ผู้รับเหมา B (นามสมมติ)

ในกระบวนขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายอาคารของผู้รับเหมา B นั้น มีแนวทางการจัดการที่สอดคล้องกับผู้รับเหมา A โดยที่จะแตกต่างกันที่ระยะทางจากสถานที่ที่มีการรื้อถอนและทำลายอาคารไปยังสถานที่รับซื้อของเก่า โดยผู้รับเหมา B จะเลือกใช้บริการร้านรับซื้อของเก่าที่คุ้ยเคยและเคยใช้บริการกันมานาน เช่น เศษวัสดุที่สามารถนำไปใช้ซ้ำได้ เช่น กระเบื้องหลังคา บานประตู หน้าต่าง วงกบประตู ,หน้าต่าง และแผ่นไม้ ผู้รับเหมา B จะนำไปส่งให้กับร้านรับซื้อในย่านสุวินทวงศ์ เขตหนองจอก ของกรุงเทพมหานคร และวัสดุที่สามารถรีไซเคิลได้ เช่น กระจก เหล็ก จะนำไปส่งขายให้ร้านแถบ ซอยวชิรธรรมสาธิต 57 อ่อนนุช 44 ของกรุงเทพมหานคร ส่วนวัสดุประเภทคอนกรีต อิฐ วัสดุพวกนี้ผู้รับเหมา B จะทำการบดย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ โดยการทุบทำลายทั้งจากแรงงานคนและรถแบคโฮ จากนั้นจะติดต่อให้รถมารับซื้อ เพื่อนำไปถมที่ต่อไป ซึ่งในกรณีนี้ผู้วิจัยไม่สามารถเก็บข้อมูลการนำวัสดุไปถมที่จริงได้เนื่องจากไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าผู้รับซื้อจะนำวัสดุไปทำการถมที่ต่อ ณ ที่ใด อีกทั้งยังไม่ทราบถึงยานพาหนะในการขนส่งเศษวัสดุ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการสมมติระยะทางทั้งหมดที่ใช้ในการขนส่งเศษวัสดุเพื่อนำไปถมที่ โดยเริ่มจากสถานที่รื้อถอนที่รื้อถอนที่สมมติขึ้น ไปยังกองเก็บเศษวัสดุหรือที่บริษัทของผู้รับเหมา B นั่นคือแถวเขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร โดยสรุปแนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารดังรูปภาพที่ 4.11 และตารางที่ 4.10 ดังนี้



รูปที่ 4.19 แนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารของผู้รับเหมา B

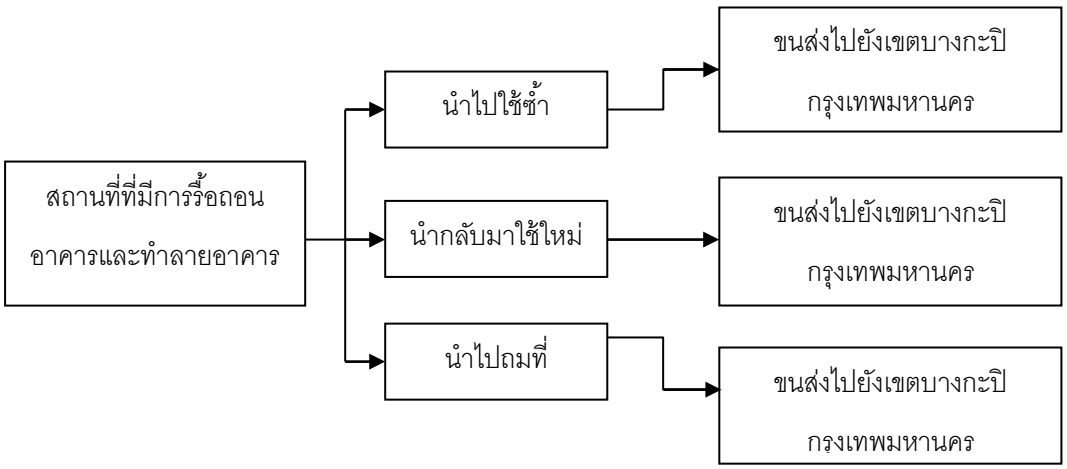
ตารางที่ 4.10 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารของผู้รับเหมา B

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะทาง (km/เที่ยว)	จำนวนรอบ	วิธีการที่ใช้	พลังงานที่ใช้ (MJ)	การปล่อยคาร์บอน ($kgCO_2e$)
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากบ้านพักอาศัย						
1	การนำวัสดุไปใช้ซ้ำ	ไป 55.40 กลับ 55.40	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปสุวินทวงศ์ หนองจอก กทม	1,905.58	143.60
2	การนำเศษวัสดุไปรีไซเคิล	ไป 18.90 กลับ 18.90	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปซอยวชิรธรรมสาธิต 57 อ่อนนุช 44	650.10	54.11
3	การนำเศษวัสดุไปถมที่	ไป 24.70 กลับ 24.70	ไป 29 กลับ 29	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปกองเก็บของผู้รับเหมา	12,319.17	982.98
รวม					**14,874.84**	**1,175.57**
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารสำนักงาน						
1	การนำวัสดุไปใช้ซ้ำ	ไป 55.40 กลับ 55.40	ไป 1 กลับ 1	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปสุวินทวงศ์ หนองจอก กทม	952.79	71.80
2	การนำเศษวัสดุไปรีไซเคิล	ไป 18.90 กลับ 18.90	ไป 18 กลับ 18	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปซอยวชิรธรรมสาธิต 57 อ่อนนุช 44	5,850.84	440.92
3	การนำเศษวัสดุไปถมที่	ไป 24.70 กลับ 24.70	ไป 1,072 กลับ 1,072	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปกองเก็บของผู้รับเหมา	455,384.35	34,317.63
รวม					**462,188.01**	**34,830.35**

หมายเหตุ: การคำนวณอยู่ในภาคผนวก ตารางที่ ข.4

(3) ผู้รับเหมา C (นามสมมติ)

ในขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและการทำลายอาคารของผู้รับเหมา C นั้นมีแนวทางการจัดการที่สอดคล้องกับผู้รับเหมาทั้ง A และ B โดยที่จะแตกต่างกันที่ระยะทางจากสถานที่ที่มีการรื้อถอนและทำลายอาคารไปยังสถานที่รับซื้อของเก่าและยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง โดยผู้รับเหมา C จะเลือกใช้รถบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน และเลือกใช้บริการร้านรับซื้อของเก่าที่ใกล้กับกองเก็บของผู้รับเหมา C โดยทำการแยกเศษวัสดุที่สามารถนำไปใช้ซ้ำได้ เช่น บานประตู หน้าต่าง วงกบประตูและหน้าต่าง แผ่นไม้ เป็นต้น และเศษวัสดุที่สามารถรีไซเคิลได้ เช่น กระจก และเหล็กนั้น ผู้รับเหมา C จะนำไปส่งให้กับร้านรับซื้อในย่านบางกะปิในกรุงเทพมหานคร ส่วนวัสดุประเภทคอนกรีต อิฐ ฝ้า วัสดุพวกนี้ผู้รับเหมา C จะทำการบดย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ โดยการทุบทำลายทั้งจากแรงงานคนและรถแบคโฮ จากนั้นจะติดต่อให้รถมารับซื้อ ซึ่งผู้วิจัยจึงทำการสมมติระยะทางทั้งหมดที่ใช้ในการขนส่งเศษวัสดุเพื่อนำไปถมที่ โดยเริ่มจากสถานที่รื้อถอนที่ทำการสมมติขึ้น ไปยังบริษัทของผู้รับเหมา C นั่นคือแถวเขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร โดยสรุปแนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารได้ดังรูปที่ 4.20 และตารางที่ 4.11 ดังนี้



รูปที่ 4.20 แนวทางการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารของผู้รับเหมา C

ตารางที่ 4.11 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารของผู้รับเหมา C

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะทาง (km/เที่ยว)	จำนวนรอบ	วิธีการที่ใช้	พลังงานที่ใช้ (MJ)	การปล่อยคาร์บอน ($kgCO_2e$)
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากบ้านพักอาศัย						
1	การนำวัสดุไปใช้ซ้ำ	ไป 20.00 กลับ 20.00	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน ขนส่งไปบางกะปิ กทม.	1,118.99	84.33
2	การนำเศษวัสดุไปรีไซเคิล	ไป 20.00 กลับ 20.00	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน ขนส่งไปบางกะปิ กทม.	1,118.99	84.33
3	การนำเศษวัสดุไปถมที่	ไป 26.3 กลับ 26.3	ไป 20 กลับ 20	รถบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน ขนส่งไปกองเก็บของผู้รับเหมา	15,991.86	1,205.14
รวม					**18,229.85**	**1,373.80**
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารสำนักงาน						
1	การนำวัสดุไปใช้ซ้ำ	ไป 20.00 กลับ 20.00	ไป 1 กลับ 1	รถบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน ขนส่งไปบางกะปิ กทม.	559.50	42.16
2	การนำเศษวัสดุไปรีไซเคิล	ไป 20.00 กลับ 20.00	ไป 12 กลับ 12	รถบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน ขนส่งไปบางกะปิ กทม.	1,118.99	84.33
3	การนำเศษวัสดุไปถมที่	ไป 26.3 กลับ 26.3	ไป 736 กลับ 736	รถบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน ขนส่งไปกองเก็บของผู้รับเหมา	541,502.27	40,807.45
รวม					**548,775.72**	**41,355.57**

หมายเหตุ: การคำนวณอยู่ในภาคผนวก ตารางที่ ข.6

จากผลการวิจัยการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารของผู้รับเหมาทั้ง 3 ราย สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 4.12 ดังนี้

ตารางที่ 4.12 สรุปการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล						
	พลังงานที่ใช้ (MJ)			การปล่อยคาร์บอน (kg CO_2e)		
	ขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร	ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนฯ	รวม	ขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร	ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนฯ	รวม
บ้านพักอาศัย						
ผู้รับเหมา A	3,735.45	16,770.70	20,506.15	265.97	1,247.19	1,513.16
ผู้รับเหมา B	49,872.31	14,874.84	64,747.14	3,742.71	1,175.57	4,918.28
ผู้รับเหมา C	51,008.61	18,229.85	69,238.46	3,828.34	1,373.80	5,202.13
รวม	104,616.37	49,875.38	154,491.75	7,837.02	3,796.55	11,633.57
เฉลี่ย	34,872.12	16,625.13	51,497.25	2,612.34	1,265.52	3,877.86
เฉลี่ยต่อ m²	132.09	62.97	195.07	9.90	4.79	14.69
% เฉลี่ย	67.72	32.28	100.00	67.37	32.63	100.00
อาคารสำนักงาน						
ผู้รับเหมา A	46,227.82	508,559.88	554,787.70	3,436.75	38,324.92	41,761.66
ผู้รับเหมา B	105,621.56	462,188.01	567,809.57	7,912.64	34,830.35	42,742.99
ผู้รับเหมา C	100,560.42	548,775.72	649,336.14	7,546.89	41,355.57	48,902.46
รวม	252,409.80	1,519,523.60	1,771,933.40	18,896.28	114,510.83	133,407.12
เฉลี่ย	84,136.60	506,507.87	590,644.47	6,298.76	38,170.28	44,469.04
เฉลี่ยต่อ m²	7.40	44.53	51.93	0.55	3.36	3.91
% เฉลี่ย	14.25	85.76	100.00	14.16	85.84	100.00

4.2 การปล่อยคาร์บอนจากวัสดุของอาคาร

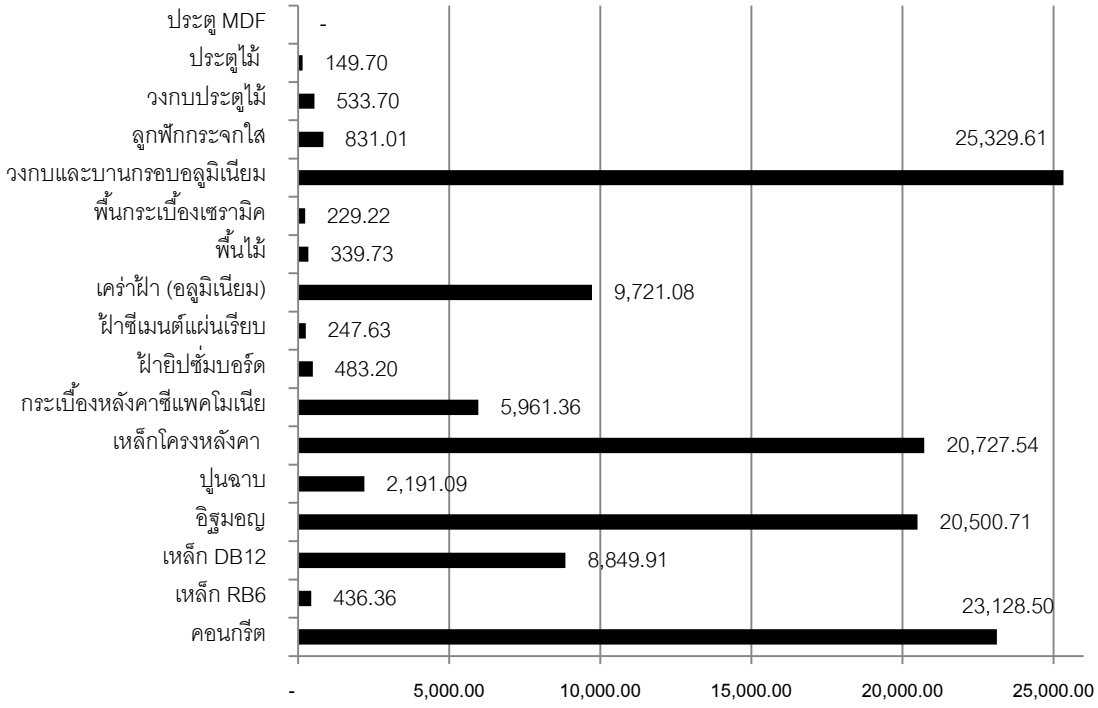
ในการวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.3.3 เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุของทั้งบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน เนื่องจากในการวิเคราะห์ผลการปล่อยคาร์บอนจากการดำเนินงานของผู้รับเหมาในการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารนั้น ไม่สามารถหาปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุที่ได้จากอาคารได้ เพราะเป็นการคำนวณจากค่าการใช้พลังงานในการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆที่ใช้ในการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกโปรแกรม SimaPro 7.3.3 มาใช้ในการวิเคราะห์ในส่วนของการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุที่ได้จากอาคาร โดยแบ่งตามประเภทของอาคาร ดังนี้

4.2.1 การปล่อยคาร์บอนจากวัสดุของบ้านพักอาศัย

เมื่อพิจารณาตามประเภทวัสดุของบ้านพักอาศัยพบว่า วัสดุที่เป็นวงกบและบานกรอบอลูมีเนียมมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนมากที่สุดในบรรดาวัสดุจากบ้านพักอาศัยทั้งหมดเท่ากับ 25,329.61 $kgCO_2e$ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20.80 ของปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุทั้งหมดทั้งนี้เนื่องจากโปรแกรม SimaPro 7.3.3 นั้นได้รวมวิธีการ ขนส่งอลูมีเนียม และการนำไปรีไซเคิลเพื่อเตรียมที่จะเป็นวัสดุทุติยภูมิ โดยในขั้นตอนนี้ได้วิเคราะห์ถึงการปล่อยคาร์บอนจากการหลอมและอัดเพื่อทำการขึ้นรูปอลูมีเนียม พลังงานความร้อน รวมถึงการกำจัดเศษอลูมีเนียมที่เหลือ เป็นต้น ซึ่งในโปรแกรมนี้ได้อ้างอิงกระบวนการผลิตวัสดุทุติยภูมิประเภทอลูมีเนียมของประเทศสวิสเซอร์แลนด์และประเทศเยอรมนี

รองลงมาคือคอนกรีต ที่มีปริมาณการปล่อยคาร์บอนที่มีค่าใกล้เคียงกับวัสดุประเภทวงกบและบานกรอบอลูมีเนียมที่มีค่าการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 23,128.50 $kgCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 19.00 ของปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุทั้งหมด ส่วนวัสดุที่เป็นเหล็กโครงหลังคา และอิฐมอญต่างก็เป็นวัสดุที่มีปริมาณการปล่อยคาร์บอนในอันดับถัดมาและมีค่าใกล้เคียงกันคือเหล็กโครงหลังคาที่มีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 20,727.54 $kgCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 17.02 และอิฐมอญที่มีค่าการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 20,500.71 $kgCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 16.84 ของปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีปริมาณมาก อีกทั้งโปรแกรม SimaPro 7.3.3 เลือกใช้กระบวนการรีไซเคิลวัสดุประเภทเหล่านี้เป็นส่วนใหญ่ จึงส่งผลทำให้มีค่าการปล่อยคาร์บอนจำนวนมาก

โดยแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากวัสดุของบ้านพักอาศัย ดังแผนภูมิที่ 4.1 ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.1 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุของบ้านพักอาศัย

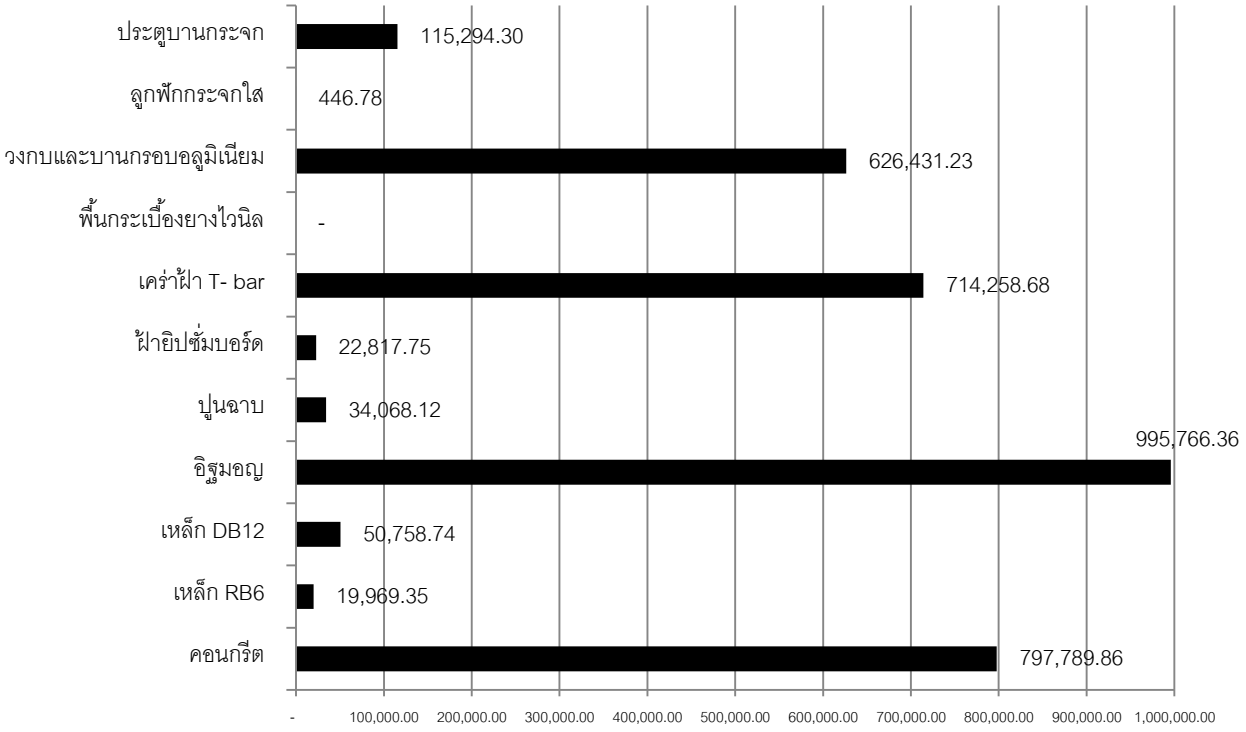
4.2.2 การปล่อยคาร์บอนจากวัสดุของอาคารสำนักงาน

เมื่อพิจารณาถึงวัสดุที่มีการปล่อยคาร์บอนมากที่สุดจากอาคารสำนักงานพบว่า วัสดุประเภทอิฐมอญ คอนกรีต เคร่าฝ้าT-bar ชนิดที่เป็นอลูมีเนียม รวมถึงวงกบและบานกรอบอลูมิเนียมมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนมากที่สุดตามลำดับ โดยที่วัสดุประเภทอิฐ และคอนกรีตมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนมากที่สุด เนื่องจากอาคารสำนักงานมีการใช้วัสดุทั้ง 2 ประเภทในปริมาณที่มาก ดังนั้นเมื่อเข้าสู่กระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารจึงพบว่ามีปริมาณการปล่อยคาร์บอนที่มากตามไปโดยมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 995,766.36 $kgCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ29.38 และ797,789.86 $kgCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 23.54 ของการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุทั้งหมดตามลำดับ

ส่วนวัสดุประเภทอลูมีเนียมนั้นในโปรแกรม SimaPro 7.3.3 นั้นได้รวมวิธีการ ขนส่งอลูมีเนียมและการนำไปรีไซเคิลเพื่อเตรียมที่จะเป็นวัสดุทุติยภูมิ โดยในขั้นตอนนี้ได้วิเคราะห์ถึงการปล่อยคาร์บอนจากการหลอมและอัดเพื่อทำการขึ้นรูปอลูมีเนียม พลังงานความร้อน รวมถึงการกำจัดเศษอลูมีเนียมที่เหลือ เป็นต้น ซึ่งในโปรแกรมนี้ได้อ้างอิงกระบวนการผลิตวัสดุทุติยภูมิประเภทอลูมีเนียมของประเทศสวิสเซอร์แลนด์ และประเทศเยอรมีจึงส่งผลให้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุที่เป็นเคร่าฝ้าT-bar ชนิดที่เป็นอลูมีเนียมและวงกบและบานกรอบ

อลูมิเนียมมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนมากรองลงมาตามลำดับ โดยมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 714,258.68 $kgCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 21.07 และ 626,431.23 $kgCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 18.48 ของการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุทั้งหมดตามลำดับ

โดยแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากวัสดุของอาคารสำนักงาน ดังแผนภูมิที่ 4.2 ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.2 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุของอาคารสำนักงาน

4.3 การสรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยสามารถสรุปผลการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร คือ

(1) ขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร

(2) ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร

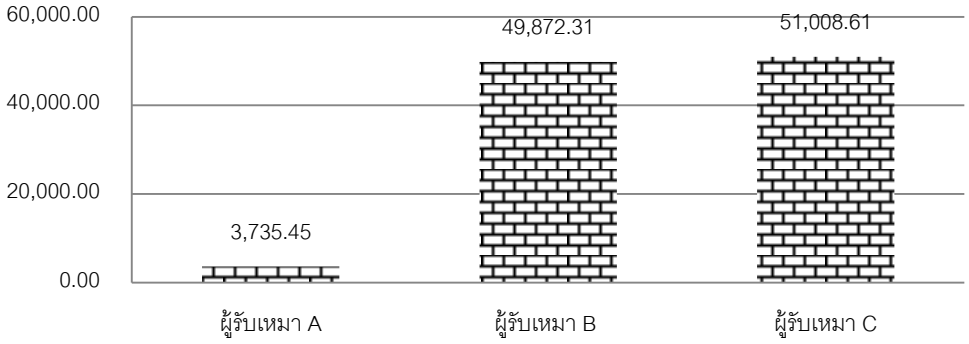
โดยแบ่งตามประเภทของอาคาร ได้ดังนี้

4.3.1 บ้านพักอาศัย

(1) ขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและทำลายบ้านพักอาศัย

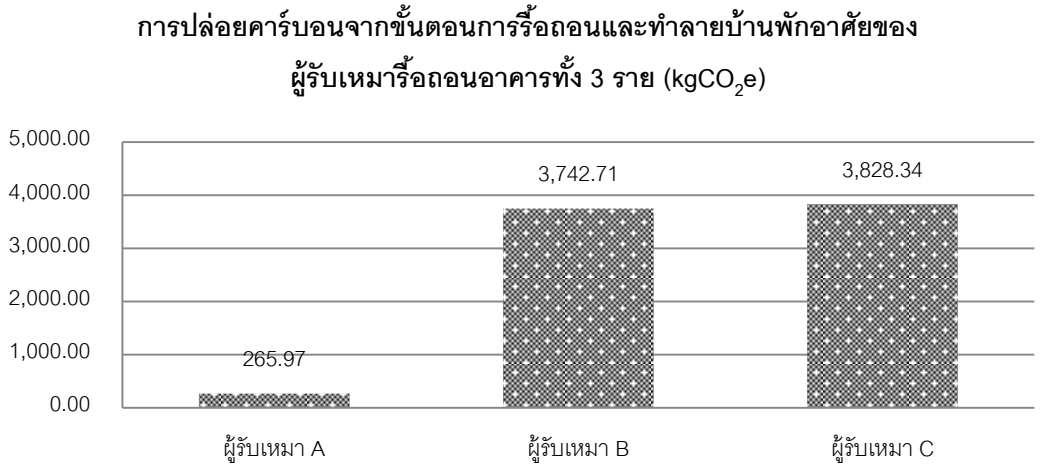
จากกระบวนการ การรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารที่เป็นบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา A ผู้รับเหมา B และผู้รับเหม C พบว่าในขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยนั้น ผู้รับเหมา A มีการใช้พลังงานในการปฏิบัติการน้อยที่สุด คือ 3,735.45 MJ รองลงมาคือผู้รับเหมา B และผู้รับเหมา C ซึ่งใช้พลังงานในขั้นตอนนี้ทั้งสิ้น 49,872.31 และ 51,008.61 MJ ทั้งนี้เพราะว่าผู้รับเหมา A เลือกใช้รถแบคโฮ PC30 และแรงงานคนเข้าทำการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย จึงทำให้ปริมาณการใช้พลังงานมีค่าที่น้อยกว่าผู้รับเหมารื้อถอนอาคารรายอื่นๆ ที่ใช้รถแบคโฮที่มีขนาดใหญ่กว่า เช่น รถแบคโฮ PC120 และPC200 เป็นต้น โดยแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังแผนภูมิที่ 4.3 ดังนี้

การใช้พลังงานจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย (MJ)



แผนภูมิที่ 4.3 การใช้พลังงานจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย

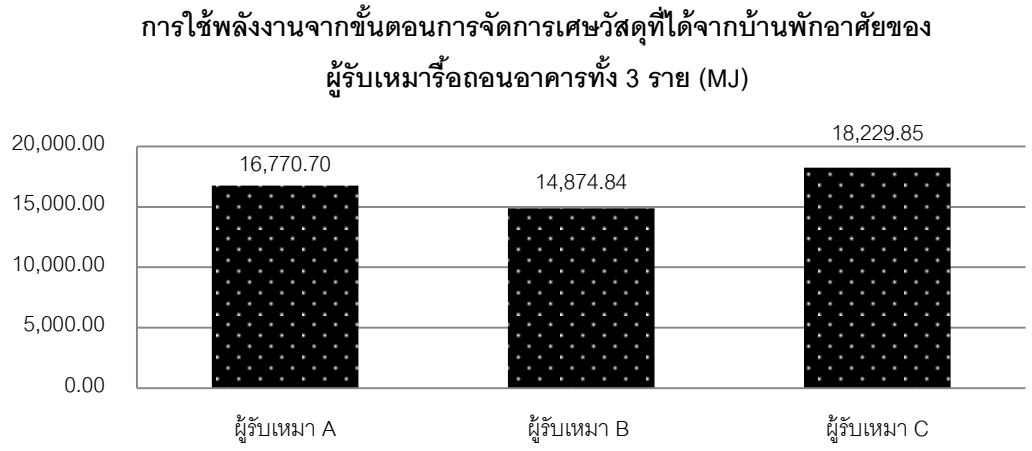
เมื่อทำการวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยนั้นพบว่ามีสัดส่วนแปรผันตรงตามปริมาณพลังงานที่ใช้คือ ผู้รับเหมา A มีการใช้พลังงานน้อยที่สุดตามด้วยผู้รับเหมา B และ C ดังนั้นจึงทำให้ผู้รับเหมา A มีปริมาณการปล่อยคาร์บอนที่มีค่าน้อยที่สุดตามไปด้วย คือ 265.97 kg CO_2e และรองลงมาคือผู้รับเหมา B และผู้รับเหมา C ซึ่งมีค่าการปล่อยคาร์บอนดังนี้คือ 3,742.71 kg CO_2e และ 3,828.34 kg CO_2e ตามลำดับ โดยแสดงผลการวิเคราะห์ การปล่อยคาร์บอนจากการดำเนินการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย ได้ดังแผนภูมิที่ 4.4 ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.4 การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย

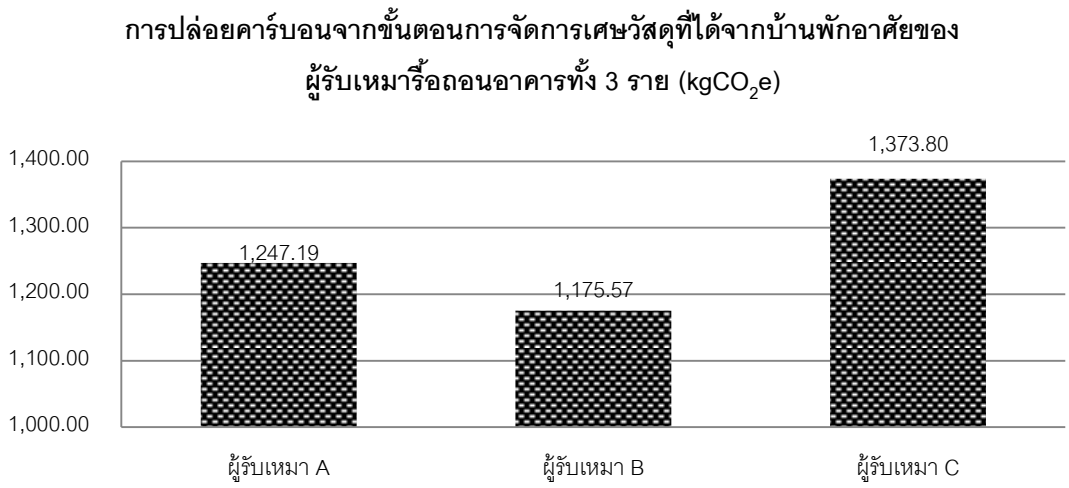
(2) **ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากบ้านพักอาศัย**

ในส่วนของขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยนั้น พบว่า การใช้พลังงานของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 รายในขั้นตอนนี้มีความใกล้เคียงกัน โดยที่การเลือกใช้ยานพาหนะในการขนส่งเศษวัสดุที่พอเหมาะกับลักษณะของงานนั้น มีผลต่อการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอน กล่าวคือ ผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร B เลือกใช้รถบรรทุก 6 ล้อขนาดบรรทุก 8.5 ตัน ในการขนส่งเศษวัสดุจากอาคาร และเลือกใช้บริการร้านรับซื้อเศษของเก่าจากแหล่งที่ใกล้กับสถานที่รื้อถอนจึงส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานในขั้นตอนนี้ของผู้รับเหมา B มีปริมาณน้อยที่สุด คือ 14,874.84 MJ รองลงมาคือ ผู้รับเหมา A คือ 16,770.70 MJ ส่วนผู้รับเหมา C นั้นมีการใช้พลังงานในขั้นตอนนี้มากที่สุด เนื่องจากใช้ยานพาหนะที่เป็นรถบรรทุก 10 ล้อ ขนาดบรรทุก 16 ตันจึงทำให้มีประมาณการใช้พลังงานมากที่สุดคือ 18,229.85 MJ โดยแสดงผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย ได้ดังแผนภูมิที่ 4.5 ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.5 การใช้พลังงานจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย

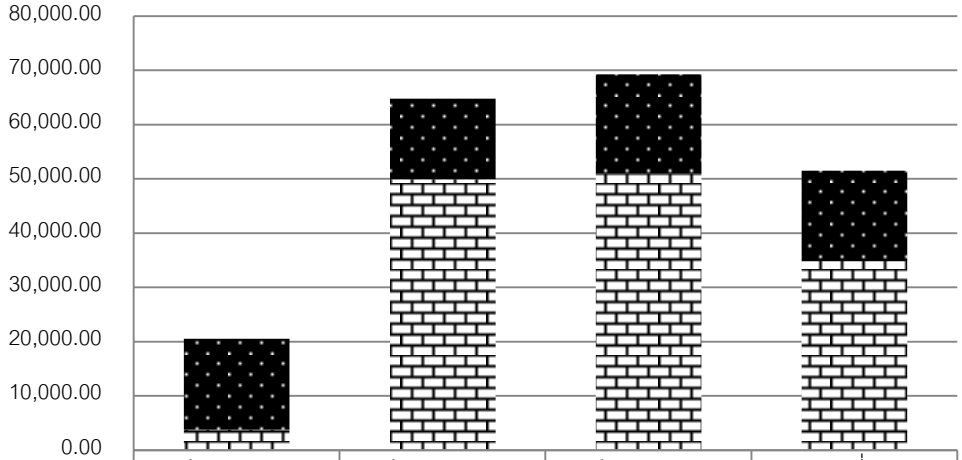
ในทำนองเดียวกันการปล่อยคาร์บอนนั้นก็มีสัดส่วนแปรผันตรงตามปริมาณพลังงานที่ใช้ในการดำเนินงาน ซึ่งพบว่า ในขั้นตอนนี้ ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 รายมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนที่ใกล้เคียงกันโดยมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยที่ผู้รับเหมา B มีการปล่อยคาร์บอนน้อยที่สุด คือ 1,175.57 $kgCO_2e$ และรองลงมาคือ ผู้รับเหมา A และผู้รับเหมา C ซึ่งมีค่าการปล่อยคาร์บอนดังนี้คือ 1,247.19 kg CO_2e และ1,373.80 $kgCO_2e$ ตามลำดับ โดยแสดงผลการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากการอาคารของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย ได้ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.6 การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย

จากการวิจัยสามารถสรุปผลการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากทั้งหมดในกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย ได้ดังนี้

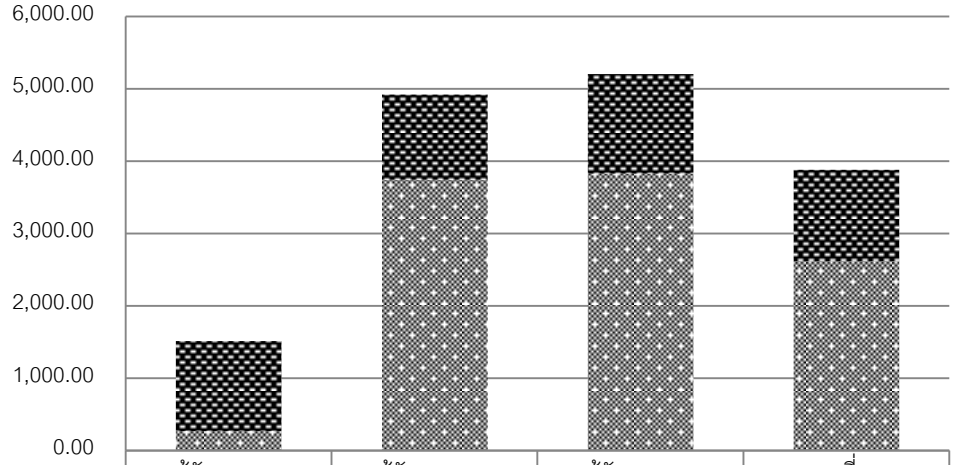
สรุปผลการใช้พลังงานจากบ้านพักอาศัย (MJ)



	ผู้รับเหมา A	ผู้รับเหมา B	ผู้รับเหมา C	เฉลี่ย
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุฯ	16,770.70	14,874.84	18,229.85	16,625.13
ขั้นตอนการรื้อถอนอาคารฯ	3,735.45	49,872.31	51,008.61	34,872.12

แผนภูมิที่ 4.7 สรุปผลการใช้พลังงานบ้านพักอาศัย

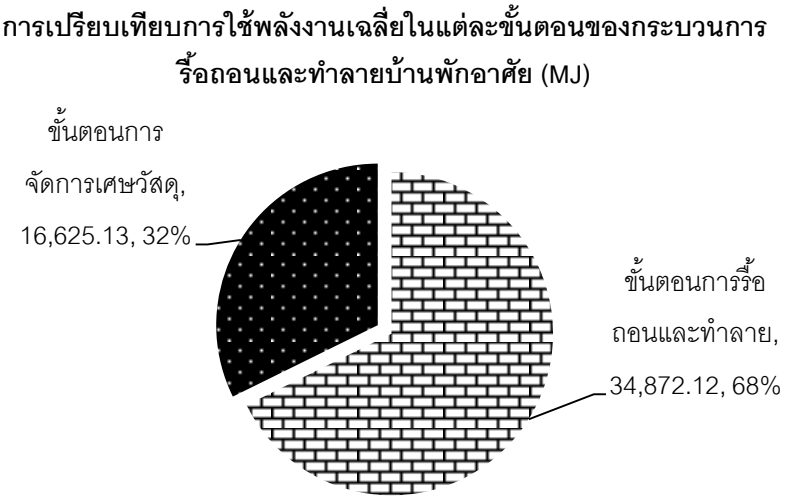
สรุปผลการปล่อยคาร์บอนจากบ้านพักอาศัย ($kgCO_2e$)



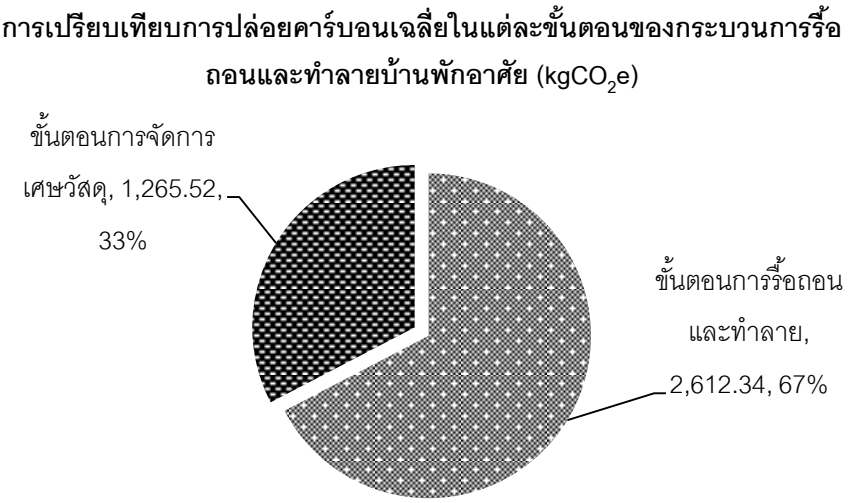
	ผู้รับเหมา A	ผู้รับเหมา B	ผู้รับเหมา C	เฉลี่ย
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุฯ	1,247.19	1,175.57	1,373.80	1,265.52
ขั้นตอนการรื้อถอนอาคารฯ	265.97	3,742.71	3,828.34	2,612.34

แผนภูมิที่ 4.8 สรุปผลการปล่อยคาร์บอนจากบ้านพักอาศัย

เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานเฉลี่ยและการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยจากทั้งหมดพบว่า กระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยมีการใช้พลังงานทั้งสิ้น 51,497.25 MJ และมีการปล่อยคาร์บอนทั้งสิ้น 3,877.86 $kgCO_2e$ โดยที่ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยมีการใช้พลังเฉลี่ย 34,872.12 MJ และมีการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 2,612.34 $kgCO_2e$ ซึ่งมากกว่าการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยโดยเฉลี่ยซึ่งมีค่าเท่ากับ 16,625.13 MJ และ 1,265.52 $kgCO_2e$ โดยแสดงการเปรียบเทียบได้ดัง แผนภูมิที่ 4.9 และ 4.10 ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.9 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย

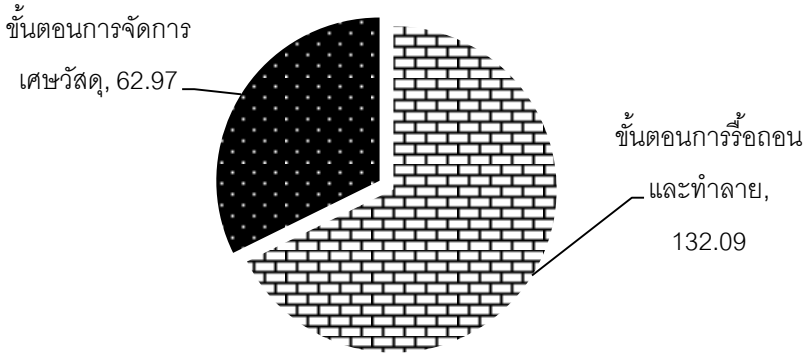


แผนภูมิที่ 4.10 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย

ในทำนองเดียวกัน เมื่อทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานเฉลี่ยต่อพื้นที่และการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยต่อพื้นที่ของบ้านพักอาศัยพบว่า ในกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยมีการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อพื้นที่ทั้งสิ้น 195.07 MJ/m^2 มีการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยต่อพื้นที่ทั้งสิ้น 14.69 $kgCO_2e/m^2$

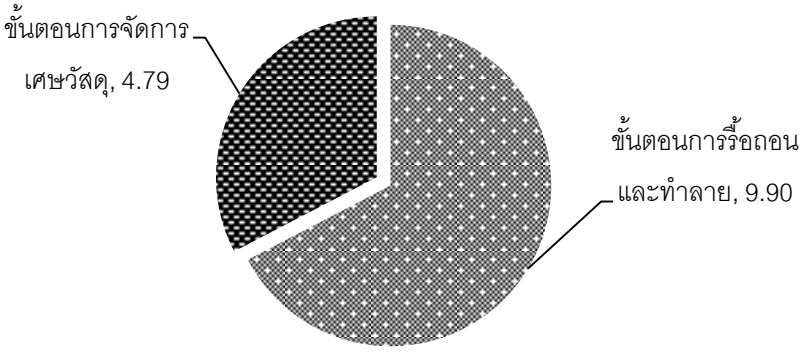
โดยขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยมีการใช้พลังเฉลี่ยต่อพื้นที่เท่ากับ132.09 MJ/m^2 และมีการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 9.90 $kgCO_2e/m^2$ ซึ่งมากกว่าการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยโดยเฉลี่ยต่อพื้นที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 62.97 MJ/m^2 และ 4.790 $kgCO_2e/m^2$ โดยแสดงการเปรียบเทียบได้ดัง แผนภูมิที่ 4.11 และ 4.12 ดังนี้

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย (MJ/m^2)



แผนภูมิที่ 4.11 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย

การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย ($kgCO_2e/m^2$)

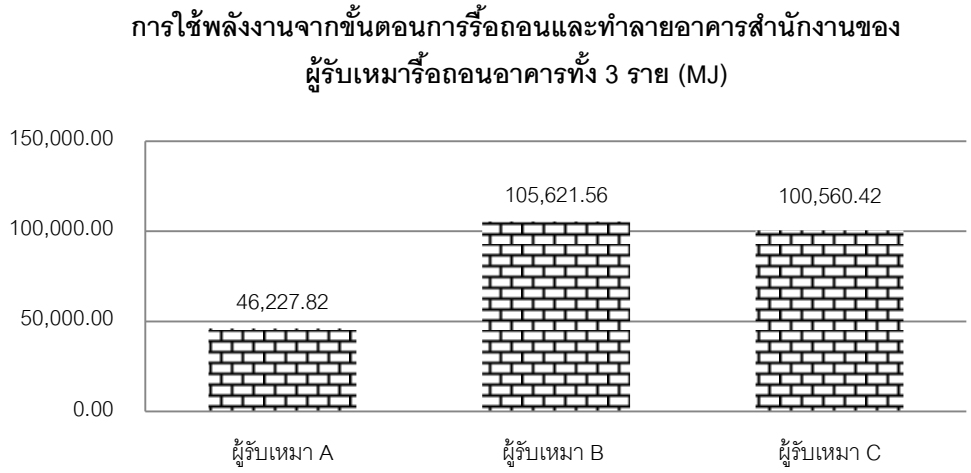


แผนภูมิที่ 4.12 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยต่อพื้นที่ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย

4.3.2 อาคารสำนักงาน

(1) ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน

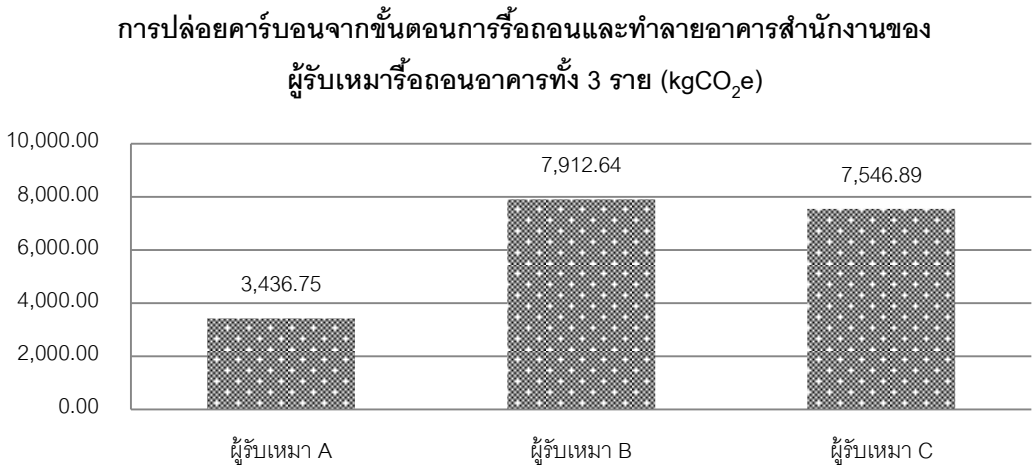
เนื่องจากอาคารสำนักงานมีขนาดใหญ่ทำให้การรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานนั้นมีปริมาณการใช้พลังงานมีค่ามากกว่าบ้านพักอาศัย และเนื่องด้วยสาเหตุที่ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารเลือกใช้วิธีการและเครื่องมือในการดำเนินการที่แตกต่างกันส่งผลทำให้ปริมาณการใช้พลังงานมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด เช่น ผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร A ใช้พลังงานจากการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานที่น้อยที่สุดคือ 46,227.82 MJ เนื่องจากผู้ผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร A เลือกใช้รถแบคโฮ PC200 จำนวน 1 คันเข้าดำเนินการพร้อมกับแรงงานคนเป็นส่วนใหญ่ในการดำเนินงาน จึงทำให้ผลการใช้พลังงานมีปริมาณที่น้อยกว่าผู้รับเหมารายอื่นๆ รองลงมาคือ ผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร C นั้นเลือกความสะดวกและความรวดเร็วในการทำงาน โดยเลือกใช้รถเครนยกรถแบคโฮคันเล็กขึ้นไปดำเนินการบนตัวอาคารสำนักงานทำให้มีการใช้พลังงานมากกว่าผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร A คือ 100,560.42 MJ แต่ใช้พลังงานน้อยกว่าผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร B ซึ่งเลือกใช้วิธีการและเครื่องมือชนิดเดียวกับ ผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร A แต่มีจำนวนของรถแบคโฮมากกว่า จึงทำให้ใช้พลังงานมากกว่า ผู้รับเหมา A และมากกว่าผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร C คือ 105,621.56 MJ โดยแสดงผลการใช้พลังงานในขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน ได้ดังแผนภูมิที่ 4.13 ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.13 การใช้พลังงานจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย

เมื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมาทั้ง 3 รายนั้นพบว่ามีสัดส่วนที่แปรผันตรงกับการใช้พลังงานในการรื้อถอนและทำลายอาคาร

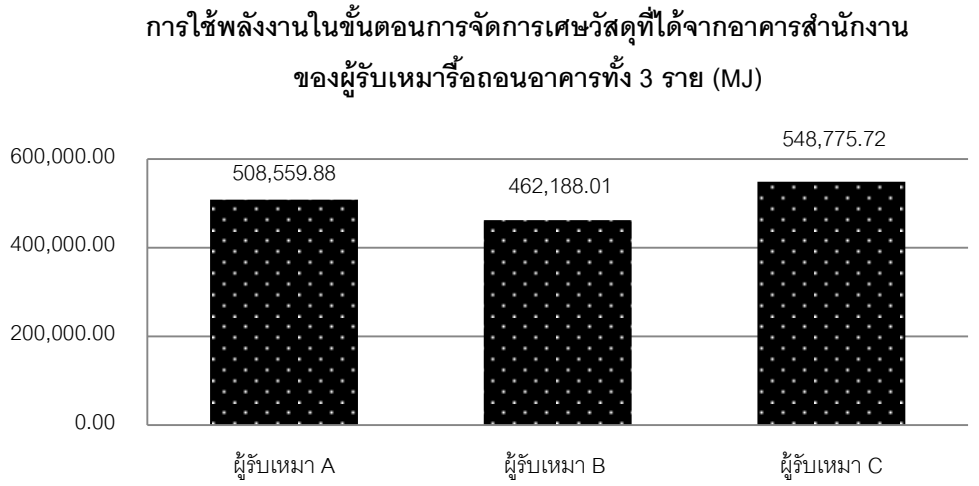
สำนักงาน นั่นคือ ผู้รับเหมา A มีปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนนี้น้อยสุด รองลงมาคือผู้รับเหมา C และผู้รับเหมา B ซึ่งมีค่าดังนี้ 3,436.75 kg CO_2e, 7,546.89 kg CO_2e และ 7,912.64 kg CO_2e ตามลำดับ โดยแสดงผลการปล่อยคาร์บอนในขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน ได้ดังแผนภูมิที่ 4.12 ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.14 การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานองผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย

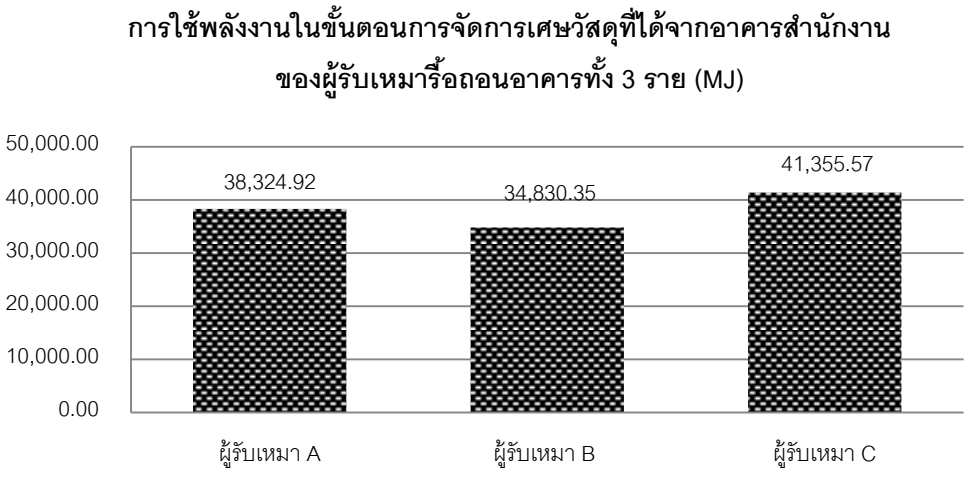
(2) ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารสำนักงาน

ในส่วนขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานนั้น พบว่าเมื่อพิจารณาภาพรวมจะพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันมาก และเนื่องจากปริมาณของเสียและเศษวัสดุจากอาคารมีปริมาณมากดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงมีการใช้พลังงานจำนวนมากเช่นกัน และพลังงานส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการขนส่งเศษวัสดุไปยังสถานที่ต่างๆ ที่รับซื้อเศษวัสดุจากอาคารเพื่อนำไปรีไซเคิลหรือนำไปขายเป็นวัสดุมือสอง ในขั้นตอนนี้ผู้รับเหมา A และผู้รับเหมา B มีการใช้ยานพาหนะในการขนส่งวัสดุประเภทเดียวกัน นั่นคือ รถบรรทุก 6 ล้อ ขนาดบรรทุก 8.5 ตัน อีกทั้งการนำวัสดุไปส่งต่อให้ผู้รับซื้อของเก่ายังเป็นร้านในละแวกใกล้เคียงกัน แต่ผู้รับเหมา A เลือกนำวัสดุที่ได้จากอาคารที่เป็นกระจกนั้น นำไปส่งยังจังหวัดอยุธยา ซึ่งเป็นแหล่งรับซื้อกระจกที่ใหญ่และให้ราคาที่ดีกว่าในแถบกรุงเทพมหานคร จึงทำให้ผู้รับเหมา A ใช้พลังงานที่มากกว่า ผู้รับเหมา B โดยที่ผู้รับเหมา A ใช้พลังงานในขั้นตอนนี้เท่ากับ 508,559.88 MJ และผู้รับเหมา B ใช้พลังงานเท่ากับ 462,188.01 MJ ส่วนผู้รับเหมา C นั้นใช้พลังงานในขั้นตอนนี้มากที่สุดเนื่องจากใช้รถบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน ทำให้มีการใช้พลังงานทั้งสิ้น 548,775.72 MJ โดยแสดงผลการใช้พลังงานในขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารสำนักงานของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย ได้ดังแผนภูมิที่ 4.15 ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.15 การใช้พลังงานในขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารสำนักงานของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย

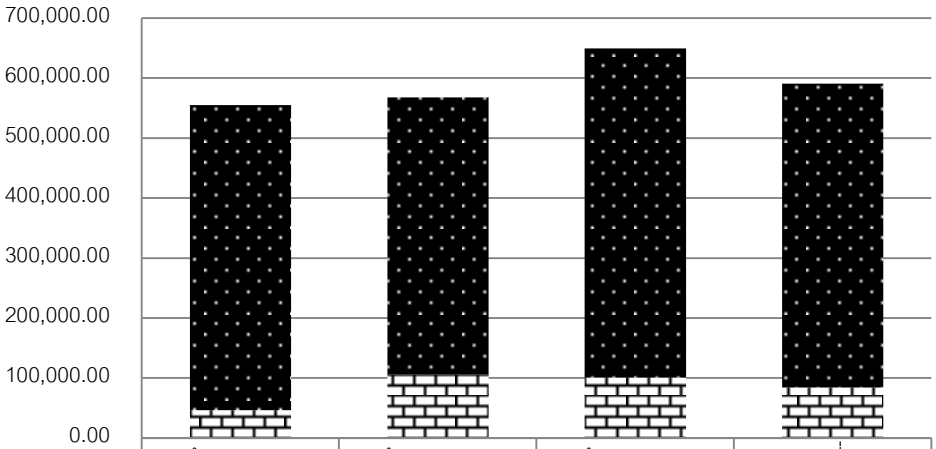
ในทำนองเดียวกันการปล่อยคาร์บอนในขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารสำนักงานนั้น พบว่า ผู้รับเหมา B มีการใช้พลังงานในขั้นตอนนี้น้อยที่สุดจึงทำให้มีปริมาณการปล่อยคาร์บอนน้อยที่สุด คือ 34,830.35 kg CO_2e รองลงมาคือ ผู้รับเหมา A เท่ากับ 38,324.92 kg CO_2e และ ผู้รับเหมา C เท่ากับ 41,355.57 kg CO_2e ตามลำดับ โดยแสดงผลการปล่อยคาร์บอนในขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารสำนักงานของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย ได้ดังแผนภูมิที่ 4.16 ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.16 การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากอาคารสำนักงานของผู้รับเหมารื้อถอนอาคารทั้ง 3 ราย

จากการวิจัยสามารถสรุปผลการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากทั้งหมดในกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน ได้ดังแผนภูมิที่ 4.17 และแผนภูมิที่ 4.18 ดังนี้

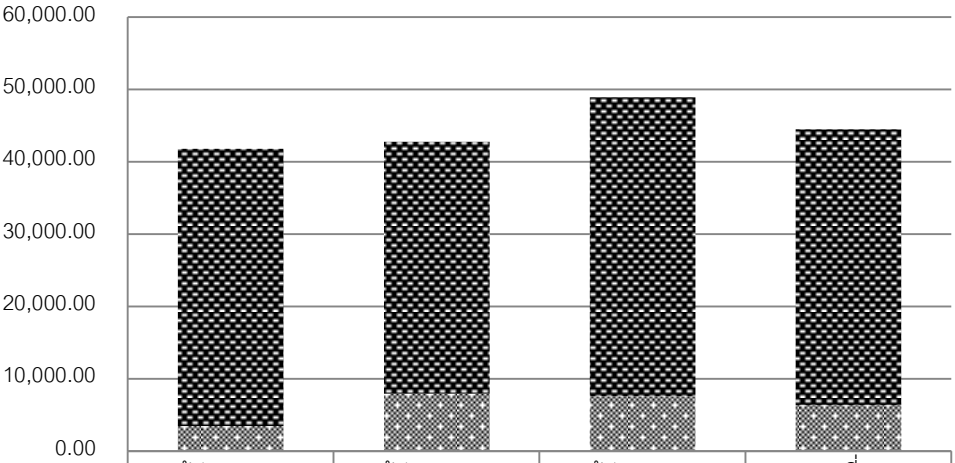
สรุปผลการใช้พลังงานจากอาคารสำนักงาน (MJ)



	ผู้รับเหมา A	ผู้รับเหมา B	ผู้รับเหมา C	เฉลี่ย
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุฯ	508,559.88	462,188.01	548,775.72	506,507.87
ขั้นตอนการรื้อถอนอาคารฯ	46,227.82	105,621.56	100,560.42	84,136.60

แผนภูมิที่ 4.17 สรุปผลการใช้พลังงานจากอาคารสำนักงาน

สรุปผลการปล่อยคาร์บอนจากอาคารสำนักงาน ($kgCO_2e$)

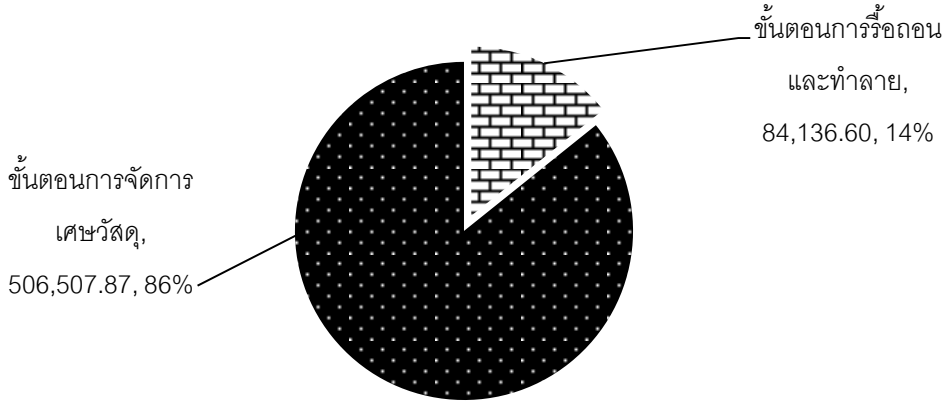


	ผู้รับเหมา A	ผู้รับเหมา B	ผู้รับเหมา C	เฉลี่ย
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุฯ	38,324.92	34,830.35	41,355.57	38,170.28
ขั้นตอนการรื้อถอนอาคารฯ	3,436.75	7,912.64	7,546.89	6,298.76

แผนภูมิที่ 4.18 สรุปผลการปล่อยคาร์บอนจากอาคารสำนักงาน

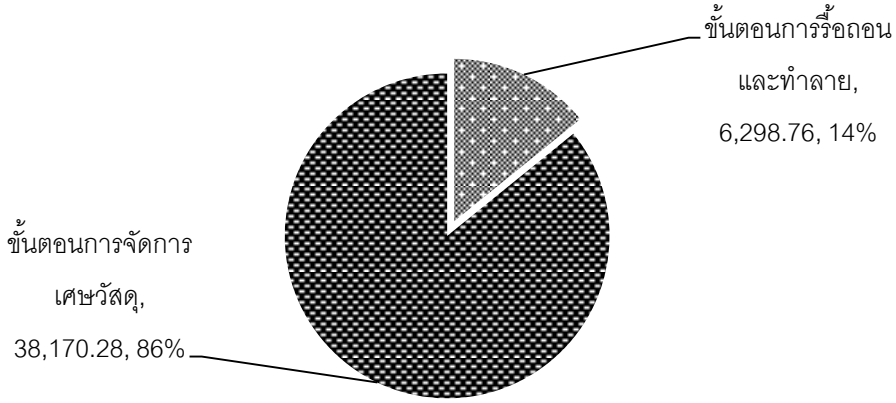
เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานเฉลี่ยและการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยพบว่า กระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานทั้งสิ้น 590,644.47 MJ และมีการปล่อยคาร์บอนทั้งสิ้น 44,469.04 $kgCO_2e$ โดยที่ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานมีการใช้พลังเฉลี่ย 84,136.60 MJ และมีการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 6,298.76 $kgCO_2e$ ซึ่งน้อยกว่าการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยโดยเฉลี่ยซึ่งมีค่าเท่ากับ 506,507.87 MJ และ 38,170.28 $kgCO_2e$ โดยแสดงการเปรียบเทียบได้ดัง แผนภูมิที่ 4.19 และ 4.20 ดังนี้

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน (MJ)



แผนภูมิที่ 4.19 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน

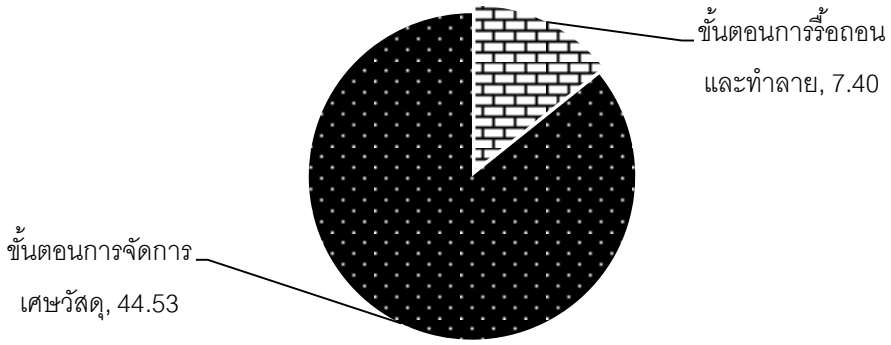
การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน ($kgCO_2e$)



แผนภูมิที่ 4.20 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน

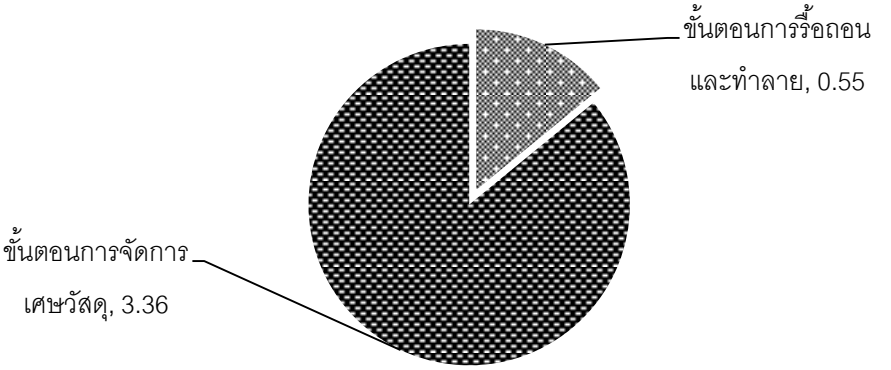
ในทำนองเดียวกัน เมื่อทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยและการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยต่อพื้นที่ของอาคารสำนักงานพบว่า ในกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยทั้งสิ้น 51.93 MJ/m² มีการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยทั้งสิ้น 3.91 $kgCO_2e/m^2$ โดยขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานมีการใช้พลังเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 7.40 MJ/m² และมีการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 0.55 $kgCO_2e/m^2$ ซึ่งน้อยกว่าการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยโดยเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยซึ่งมีค่าเท่ากับ 44.53 MJ/m² และ 3.36 $kgCO_2e/m^2$ โดยแสดงการเปรียบเทียบได้ดังนี้

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน (MJ/m^2)



แผนภูมิที่ 4.21 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน

การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน ($kgCO_2e/m^2$)



แผนภูมิที่ 4.22 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยต่อพื้นที่ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน

4.4 การเปรียบเทียบข้อมูลการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารระหว่างบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน

การเปรียบเทียบข้อมูลการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารระหว่างบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงานนั้นเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานในการปฏิบัติงานและการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศ ทั้งนี้เพราะอาคารทั้ง 2 ประเภท เป็นอาคารที่เมื่อทำการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารจะเกิดปริมาณวัสดุหรือของเสียจำนวนมาก อีกทั้งรูปแบบการรื้อถอน, เครื่องมือที่ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารเลือกใช้, วิธีการดำเนินงาน, รวมถึงระยะเวลาในการดำเนินดำเนินงาน ของทั้งสองอาคารมีความแตกต่างกัน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ดังนี้

เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนในกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารทั้งบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงานพบว่า อาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนมากกว่าบ้านพักอาศัยโดยมีค่าการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้นเท่ากับ 539,147.217 MJ และมีการปล่อยคาร์บอนรวมทั้งสิ้นเท่ากับ 44,469.04 $kgCO_2e$ โดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานที่มีการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 84,136.60 MJ และ 6,298.76 $kgCO_2e$ และขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานมีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 506,507.87 MJ และมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 38,170.28 $kgCO_2e$ และเมื่อพิจารณาบ้านพักอาศัยมีขนาดที่เล็กกว่าอาคารสำนักงานจึงทำให้ค่าการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนในกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย มีค่าที่น้อยกว่าอาคารสำนักงาน โดยมีค่าการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 51,497.25 MJ และมีการปล่อยคาร์บอนรวมทั้งสิ้นเท่ากับ 3,877.86 $kgCO_2e$ ซึ่งขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยนั้นมีการใช้พลังงานเท่ากับ 34,872.12 MJ และมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 2,612.34 $kgCO_2e$ และขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยมีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 16,625.13 MJ และมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ1,265.52 $kgCO_2e$

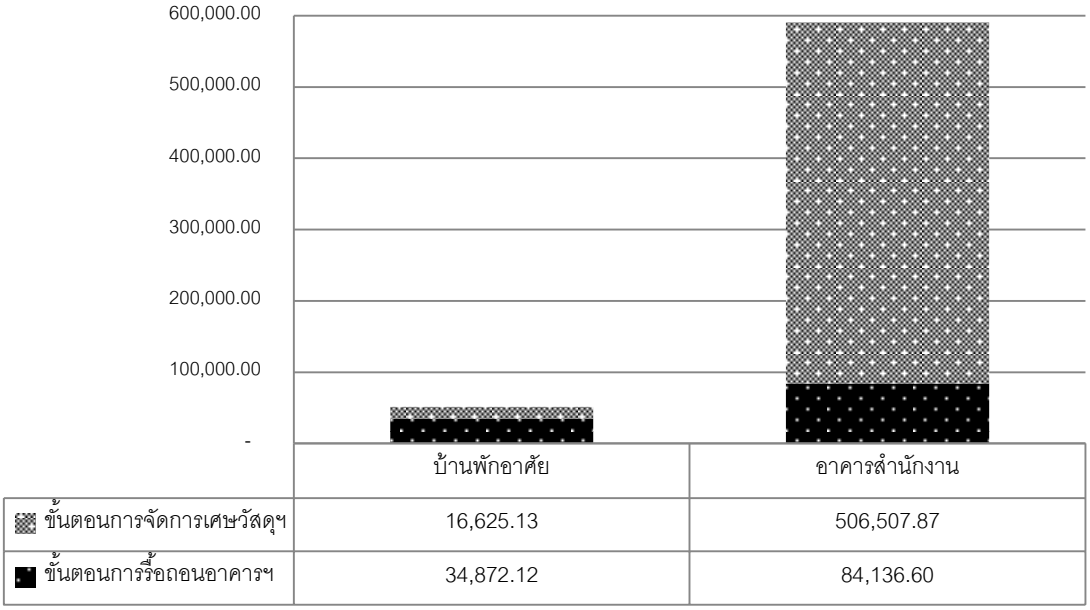
เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนของอาคารทั้ง 2 ประเภท พบว่า อาคารสำนักมีการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการรื้อถอนและการทำลายอาคารที่มากกว่าบ้านพักอาศัยประมาณ 11.47 เท่าของการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนรวมของบ้านพักอาศัย

อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารนั้น จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายสำนักงานมีการใช้พลังงานมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการใช้พลังงานส่วนใหญ่เกิดจากการขนส่งเศษวัสดุไปยังสถานที่ต่างๆ และอาคารสำนักงานนั้นมีปริมาณของเศษวัสดุที่ใช้ในอาคารจำนวนมาก จึงส่งผลให้มีการใช้พลังงานจากกระบวนการขนส่งในปริมาณที่มากเช่นกัน ในทางกลับกันขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยนั้นกลับมีการใช้พลังงานที่มากกว่าขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย ทั้งนี้เพราะว่าจำนวนเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยนั้นมีปริมาณที่น้อยกว่าอาคารสำนักงาน จึงทำให้การใช้พลังงานในการขนส่งเศษวัสดุไปยังสถานที่

ต่างๆ นั้นมีปริมาณที่น้อยกว่าการใช้พลังงานจากเครื่องมือและเครื่องจักรกลในขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย

โดยสรุปผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารของบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงานได้ดังแผนภูมิที่ 4.23 และ 4.24 ดังนี้

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน (MJ)

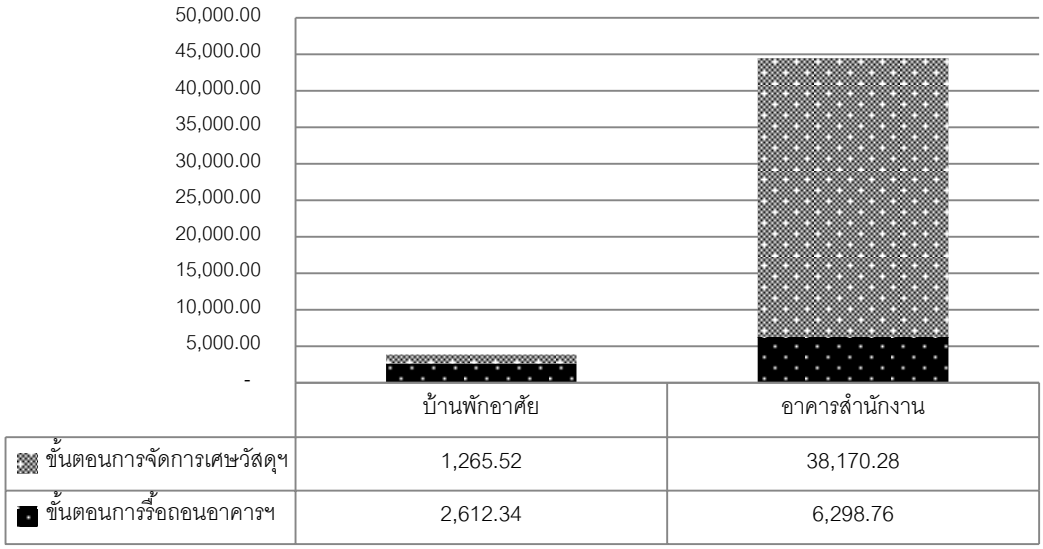


	บ้านพักอาศัย	อาคารสำนักงาน
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุฯ	16,625.13	506,507.87
ขั้นตอนการรื้อถอนอาคารฯ	34,872.12	84,136.60

แผนภูมิที่ 4.23 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน

การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนระหว่างบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน

($kgCO_2e$)



	บ้านพักอาศัย	อาคารสำนักงาน
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุฯ	1,265.52	38,170.28
ขั้นตอนการรื้อถอนอาคารฯ	2,612.34	6,298.76

แผนภูมิที่ 4.24 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนระหว่างบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน

เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยในหน่วยตารางเมตร (m^2) พบว่า บ้านพักอาศัยกลับมีการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนในปริมาณที่มากว่าอาคารสำนักงาน โดยมีค่าเท่ากับ 195.07 MJ/m^2 และ14.69 $kgCO_2e/m^2$ ส่วนอาคารสำนักงานนั้นมีค่าการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยเพียง 51.93 MJ/m^2 และมีค่าการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ3.91 $kgCO_2e/m^2$

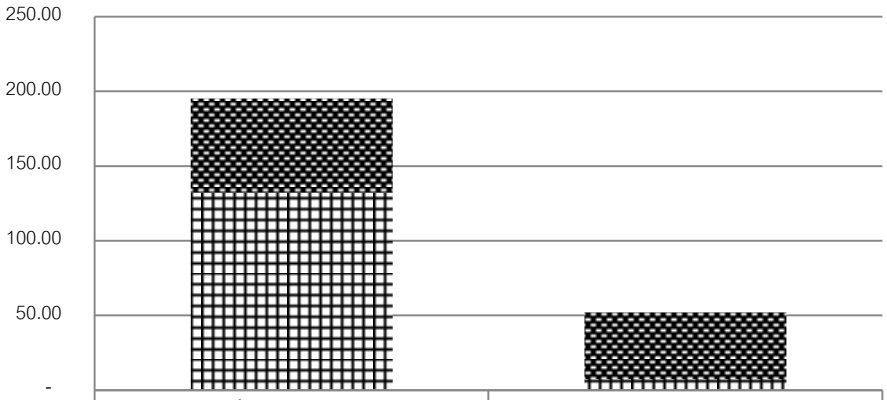
เมื่อพิจารณาในแต่ละขั้นตอนต่างๆ พบว่า ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยมีค่าการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 132.09 MJ/m^2 และมีค่าการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยคือ 9.90 $kgCO_2e/m^2$ และในส่วนของขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยนั้นมีค่ามีค่าการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 62.97 MJ/m^2 และมีค่าการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยคือ 4.79 $kgCO_2e/m^2$ ส่วนขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานนั้นมีค่าการใช้พลังงานและมีค่าการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยเพียง 7.40 MJ/m^2และ 0.55 $kgCO_2e/m^2$และในส่วนของขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุที่ได้หลังจากการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยนั้นมีค่ามีค่าการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 44.53 MJ/m^2 และมีค่าการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยคือ 3.36 $kgCO_2e/m^2$

เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนของอาคารทั้ง 2 ประเภท พบว่า บ้านพักอาศัยมีการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยที่มากกว่าอาคารสำนักงานประมาณ 3.76 เท่าของการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนรวมของอาคารสำนักงาน

สาเหตุที่อาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานและมีการปล่อยคาร์บอนที่น้อยว่าบ้านพักอาศัย ทั้งนี้เนื่องจากการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ของอาคารนั้น เป็นการวิเคราะห์จากปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร อีกทั้งอาคารสำนักงานนั้นมีพื้นที่ใช้สอยที่มากกว่า และปริมาณวัสดุของอาคารสำนักงานนั้นส่วนใหญ่เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กและผนังก่ออิฐฉาบปูนธรรมดา จึงมีความสะดวกต่อการปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลที่ใช้ในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร จึงทำให้ค่าการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยมีค่าที่น้อยกว่าค่าการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยของบ้านพักอาศัย

โดยสรุปการเปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยของบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงานได้ดังแผนภูมิที่ 4.25 และ 4.26 ดังนี้

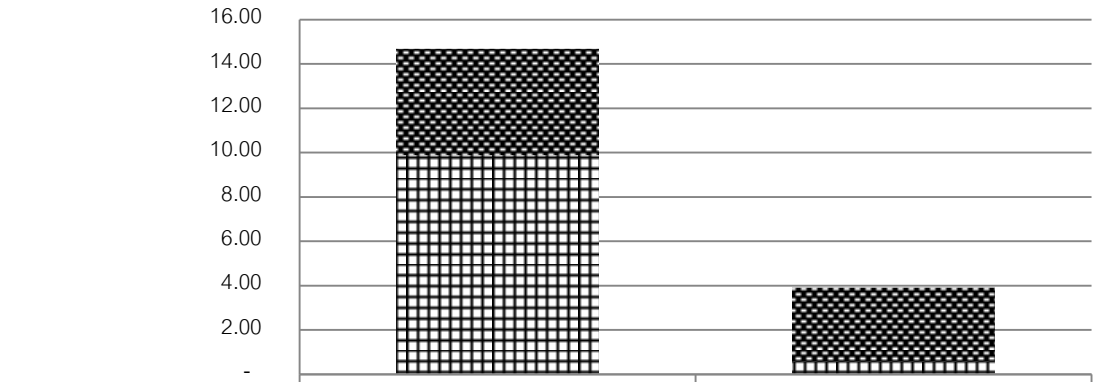
การเปรียบเทียบการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยระหว่างบ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน (MJ/m²)



	บ้านพักอาศัย	อาคารสำนักงาน
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุ ฯ	62.97	44.53
ขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร ฯ	132.09	7.40

แผนภูมิที่ 4.25 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยระหว่างบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน

การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยระหว่างงบ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน ($kgCO_2e/m^2$)



	บ้านพักอาศัย	อาคารสำนักงาน
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุ ฯ	4.79	3.36
ขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร ฯ	9.90	0.55

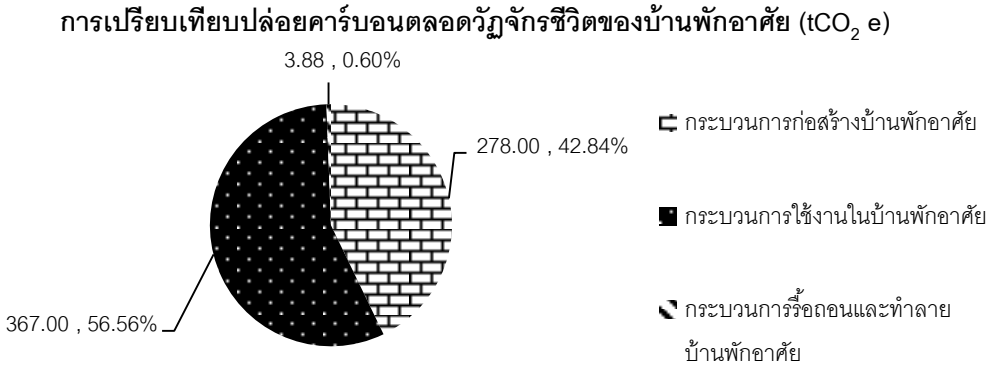
แผนภูมิที่ 4.26 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยระหว่างบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน

4.5 การเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตอาคาร

จากการวิจัยเรื่องการจัดทำมาตรฐานค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้อาคารสำหรับอาคารในประเทศไทย ด้วยวิธี Life Cycle Assessment (LCA) โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์[10]นั้นได้ทำการเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนจากอาคารทั้งที่เป็นบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน ซึ่งได้ใช้อาคารกรณีศึกษาเดียวกันกับการวิจัยนี้ แต่ในการวิจัยนั้น ยังขาดการวิเคราะห์ถึงปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร ซึ่งเป็นกระบวนการสุดท้ายของวัฏจักรชีวิตอาคาร โดยที่การวิจัยนี้พบว่า ในกรณีของบ้านพักอาศัยนั้นกระบวนการก่อสร้างบ้านพักอาศัยมีการปล่อยคาร์บอนทั้งสิ้น 278.00 tCO_2e และกระบวนการใช้งานของบ้านพักอาศัยมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 367.00 tCO_2e และเมื่อนำผลการวิจัยที่ได้จากการศึกษากระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยพบว่ามีการปล่อยคาร์บอนน้อยกว่ากระบวนการอื่นๆ ของทั้งวัฏจักรชีวิตอาคาร โดยมีค่าการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 3.88 tCO_2e โดยเมื่อเปรียบเทียบในอัตราส่วนร้อยละแล้วพบว่ากระบวนการใช้งานในบ้านพักอาศัยมีการปล่อยคาร์บอนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 56.5 ของการปล่อยคาร์บอนทั้ง

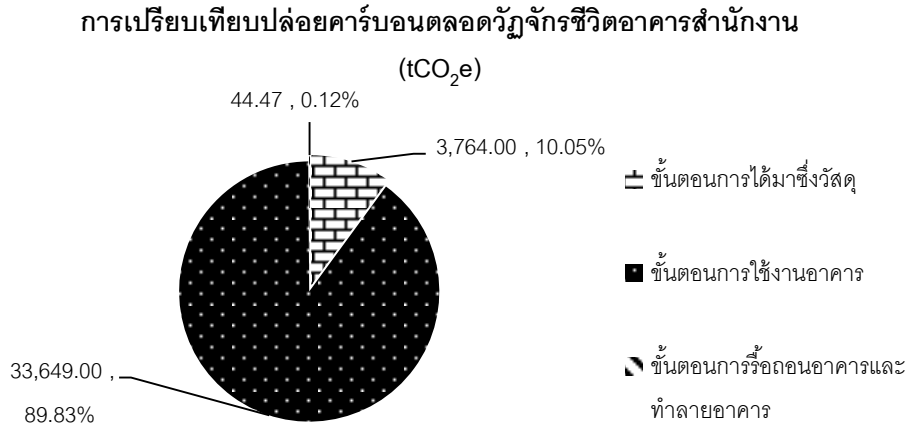
[10]อรรจน์ เศรษฐบุตร, “การจัดทำมาตรฐานค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้อาคารสำหรับอาคารในประเทศไทย ด้วยวิธี Life Cycle Assessment (LCA) โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์,” (โครงการส่งเสริมการวิจัยเชิงลึกในสาขาวิชาที่มีศักยภาพสูง กองทุนรัชดาภิเษกสมโภชน์, 2552).

วัฏจักรชีวิตอาคาร รองลงมาคือกระบวนการก่อสร้างบ้านพักอาศัยมีการปล่อยคาร์บอนคิดเป็นร้อยละ 42.84 ของการปล่อยคาร์บอนทั้งวัฏจักรชีวิตอาคาร และกระบวนการใช้งานในบ้านพักอาศัยมีการปล่อยคาร์บอนคิดเป็นร้อยละ 56.56 ของการปล่อยคาร์บอนทั้งวัฏจักรชีวิตอาคาร และกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารมีการปล่อยคาร์บอนเพียง 0.60 ของการปล่อยคาร์บอนทั้งวัฏจักรชีวิตอาคาร โดยสรุปได้ดังแผนภูมิที่ 4.27 ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.27 การเปรียบเทียบการการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย

เมื่อวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากอาคารสำนักงานพบว่า กระบวนการก่อสร้างอาคารสำนักงานมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 3,764.00 tCO_2e คิดเป็นร้อยละ 10.05 ของการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตอาคารสำนักงาน และขั้นตอนการใช้งานในบ้านพักอาศัยมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 33,649.00 $kgCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 89.83 ของการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตอาคารสำนักงาน และในส่วนการวิจัยการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน พบว่ามีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 44.47 tCO_2e ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.12 ของการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตอาคารสำนักงาน โดยสรุปได้ดังแผนภูมิที่ 4.28 ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.28 การเปรียบเทียบการการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตอาคารสำนักงาน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาถึงปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร โดยทำการวิจัยโดยการใช้แบบสอบถามจำลองสถานการณ์และสร้างอาคารกรณีศึกษาที่อ้างอิงจากอาคารที่พบเห็นทั่วไปในปัจจุบันคือ บ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน โดยทำการสอบถามผู้รับเหมารื้อถอนอาคารที่เป็นวิศวกรคุมงาน จำนวน 3 ราย ซึ่งครอบคลุมถึงแนวทางการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ วิธีการดำเนินงาน รวมถึงระยะเวลาในการปฏิบัติงาน จากนั้นจึงนำผลการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ถึงการใช้พลังงานและปริมาณการปล่อยคาร์บอนที่เกิดขึ้นจริง โดยใช้วิธีการคำนวณเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยคาร์บอนในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent, CO_2e) ซึ่งอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอนจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุของอาคารโดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.3.3 เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการหคำนวณหาปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุ พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการลดการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการดังกล่าว

โดยที่ผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่า แนวทางการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารในประเทศไทยยังไม่มีการจัดการที่เป็นไปในทางเดียวกัน หรือมีรูปแบบมาตรฐานที่แน่นอน การดำเนินการส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับวิธีการของผู้รับเหมาแต่ละรายที่จะเลือกใช้วิธีการที่ตนเองเห็นว่าเหมาะสม อีกทั้งการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารส่วนใหญ่ยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งอาจมีการใช้เครื่องจักรกลเข้าร่วมในการปฏิบัติงานด้วย เมื่อผู้รับเหมาเห็นว่าเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวย่อมส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานในการดำเนินงานแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับว่าเป็นอาคารประเภทใด เช่น บ้านพักอาศัยจะมีการปล่อยคาร์บอนที่น้อยกว่าอาคารสำนักงานเนื่องจากเป็นอาคารที่มีขนาดเล็กกว่า อีกทั้งการดำเนินการรื้อถอนจะใช้เครื่องจักรกลที่มีขนาดเล็ก ซึ่งในบางครั้งผู้รับเหมารื้อถอนอาคารจะใช้แค่แรงงานคนเพียงเท่านั้นในการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย โดยทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของบ้านพักอาศัยที่จะทำการรื้อถอนและทำลาย ซึ่งในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารนั้นนอกจากจะมีการใช้พลังงานแล้วยังส่งผลต่อปริมาณการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศอีกด้วย

ในส่วนของการเปรียบเทียบผลการปล่อยคาร์บอนจากอาคารสำนักงานและบ้านพักอาศัย พบว่าปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารนั้นมีลักษณะที่แปรผันตรงกับการ

ใช้พลังงานในการดำเนินการ และอาคารที่มีขนาดใหญ่กว่าเช่น อาคารสำนักงาน จะมีการปล่อยคาร์บอนที่มากกว่าอาคารขนาดเล็กที่เป็นบ้านพักอาศัย กล่าวคือ

- **บ้านพักอาศัยขนาด** 264 m^2

  การใช้พลังงาน

  - มีการใช้พลังงานทั้งสิ้น 51,497.25 MJ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ
    - ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยมีการใช้พลังงานเท่ากับ 34,872.12 MJ
    - ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากบ้านพักอาศัยมีการใช้พลังงานเท่ากับ 34,872.12 MJ

  การปล่อยคาร์บอน

  - มีการปล่อยคาร์บอนทั้งสิ้น 3,877.86 $kgCO_2e$ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ
    - ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยมีการใช้พลังงานเท่ากับ 2,612.34 $kgCO_2e$
    - ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากบ้านพักอาศัยมีการใช้พลังงานเท่ากับ 1,265.52 $kgCO_2e$

- **อาคารสำนักงานขนาด** 11,375 m^2

  การใช้พลังงาน

  - มีการใช้พลังงานทั้งสิ้น 590,644.47 MJ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ
    - ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานเท่ากับ 84,136.60 MJ
    - ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานเท่ากับ 506,507.87 MJ

  การปล่อยคาร์บอน

  - มีการปล่อยคาร์บอนทั้งสิ้น 44,469.04 $kgCO_2e$ ซึ่งมีการดำเนินการที่แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ
    - ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 6,298.76 $kgCO_2e$
    - ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากอาคารสำนักงานมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 38,170.28 $kgCO_2e$

แต่เมื่อเปรียบเทียบต่อพื้นที่ใช้สอยในอาคารแล้วกลับพบว่า ในกระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยนั้นมีการปล่อยคาร์บอนต่อตารางเมตรในปริมาณที่มากกว่าในกระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน ทั้งนี้เนื่องจากอาคารสำนักงานมีวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารที่ไม่ซับซ้อน ส่วนใหญ่เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ส่วนผนังก่ออิฐฉาบปูน ดังนั้นจึงง่ายต่อการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร อีกทั้งยังประหยัดเวลาในการดำเนินงาน จึงทำให้บ้านพักอาศัยมีปริมาณการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยในอาคารมากกว่าอาคารสำนักงาน กล่าวคือ

- **บ้านพักอาศัยขนาด** 264 m^2

  การใช้พลังงาน

  - มีการใช้พลังงานทั้งสิ้น 195.07 MJ/m^2 ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ
    - ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยมีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ132.09 MJ/m^2
    - ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากบ้านพักอาศัยมีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ62.97 MJ/m^2

  การปล่อยคาร์บอน

  - มีการปล่อยคาร์บอนทั้งสิ้น 14.69 $kgCO_2e/m^2$ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ
    - ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยมีการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 9.90 $kgCO_2e/m^2$
    - ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากบ้านพักอาศัยมีการปล่อยคาร์บอนต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ4.790 $kgCO_2e/m^2$

- **อาคารสำนักงานขนาด** 11,375 m^2

  การใช้พลังงาน

  - มีการใช้พลังงานทั้งสิ้น 51.93 MJ/m^2 ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ
    - ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 7.40 MJ/m^2
    - ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 44.53 MJ/m^2

  การปล่อยคาร์บอน

  - มีการปล่อยคาร์บอนทั้งสิ้น 3.91 $kgCO_2e/m^2$ ซึ่งมีการดำเนินการที่แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

- ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 0.55 $kgCO_2e/m^2$
- ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ3.36 $kgCO_2e/m^2$

แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงแต่ละขั้นตอนของกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร พบว่า ในขั้นตอนการจัดการของเสียและเศษวัสดุจากอาคารนั้นมีอัตราการปล่อยคาร์บอนในปริมาณมาก โดยปริมาณการปล่อยคาร์บอนในขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณวัสดุของอาคาร เช่นอาคารสำนักงานมีปริมาณวัสดุในปริมาณมาก ส่วนใหญ่เป็นคอนกรีต อิฐ รวมทั้งวัสดุพวกโลหะและอโลหะ ดังนั้นในการขนส่งเศษวัสดุดังกล่าวเพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการแปรรูปวัสดุเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่หรือนำไปขายเป็นวัสดุมือสองนั้นจึงมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงในการขนส่งจำนวนมาก ซึ่งส่งผลต่อปริมาณคาร์บอนจำนวนมากเช่นกัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนจากวัสดุของอาคาร ซึ่งวิเคราะห์โดยโปรแกรม SimaPro 7.3.3 ที่พบว่าวัสดุประเภทโลหะและอโลหะ รวมถึงคอนกรีต และอิฐมอญ เป็นวัสดุที่มีการปล่อยคาร์บอนในปริมาณมากที่สุดจากประเภทของวัสดุประกอบอาคารทั้งหมดทั้งจากบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน ดังนี้

- **บ้านพักอาศัยขนาด** 264 m^2
    - วงกบและบานกรอบอลูมิเนียม มีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 25,329.61 $kgCO_2e$
    - คอนกรีตมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 23,128.50 $kgCO_2e$
    - เหล็กโครงหลังคามีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 20,727.54 $kgCO_2e$
    - อิฐมอญมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 20,500.71 $kgCO_2e$
- **อาคารสำนักงานขนาด** 11,375 m^2
    - อิฐมอญมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 995,766.36 $kgCO_2e$
    - คอนกรีตมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 797,789.86 $kgCO_2e$
    - เคร่าฝ้า (T-Bar) มีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 714,258.68 $kgCO_2e$
    - วงกบและบานกรอบอลูมิเนียม มีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 626,431.23 $kgCO_2e$

และเมื่อทำการเปรียบเทียบทั้งวัฏจักรของอาคารทั้งที่เป็น กระบวนการได้มาของวัสดุเพื่อนำมาก่อสร้างอาคาร ขั้นตอนการใช้งานอาคาร รวมถึงกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร พบว่า กระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารมีการปล่อยคาร์บอนน้อยที่สุด ซึ่งทั้งบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน ล้วนมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนไม่ถึง 1% ของกระบวนการทั้งหมดในวัฏจักรอาคาร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารในประเทศไทยนั้นมีการปล่อยคาร์บอนในปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับกระบวนการอื่นตลอดวัฏจักรอาคาร กล่าวคือ

- **บ้านพักอาศัยขนาด** 264 m^2
    - กระบวนการก่อสร้างบ้านพักอาศัย มีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 278.00 tCO_2e
    - กระบวนการใช้งานในบ้านพักอาศัยมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 367.00 tCO_2e
    - กระบวนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ3.88 tCO_2e
- **อาคารสำนักงานขนาด** 11,375 m^2
    - กระบวนการก่อสร้างอาคารสำนักงาน มีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ3,764.00 tCO_2e
    - กระบวนการใช้งานในอาคารสำนักงานมีการปล่อยคาร์บอนคือ 33,649.00 tCO_2e
    - กระบวนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานมีการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 44,47 tCO_2e

5.2 การเสนอแนะ

เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยในลักษณะของการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารในประเทศไทย โดยอาศัยอาคารอ้างอิงซึ่งไม่ได้เป็นอาคารที่มีการรื้อถอนและทำลายอาคารที่เกิดขึ้นจริง จึงทำให้ข้อมูลการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารไม่สมบูรณ์หรือครบถ้วน อีกทั้งในปัจจุบันนี้อาคารส่วนใหญ่มีการติดฉนวนการกันความร้อน และมีการใช้เฟอร์นิเจอร์ที่ติดกับผนังอาคาร ดังนั้นวัสดุดังกล่าวเมื่อมีการรื้อถอนและทำลายอาคารวัสดุเหล่านี้จะถูกจัดว่าเป็นของเสีย เนื่องจากไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำหรือนำกลับไปรีไซเคิลได้ จึงส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนในกระบวนการเผาทำลาย หรือทำการฝังกลบ

และแนวทางในการลดการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารนั้นคือ

(1) การเลือกใช้วิธีการและเครื่องมือในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารที่เหมาสมกับรูปแบบของอาคาร เพราะจากการวิจัยพบว่า อาคารประเภทเดียวกัน แนวทางในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่แตกต่างกันของผู้รับเหมา ส่งผลต่อการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศ

(2) การจัดทำแนวทางประมวลปฏิบัติสำหรับการรื้อถอนในประเทศไทย (Code of Practice for Demolition of Building ทั้งนี้เนื่องจากในหลายประเทศ เช่น ฮ่องกง นิวซีแลนด์ ได้มีการจัดทำแนวทางการดำเนินกานรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารเพื่อเป็นแบบอย่างในการปฏิบัติงานของผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร เพราะเมื่อมีการปฏิบัติงานที่เป็นระเบียบแบบแผนแล้ว ย่อมลดการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศได้

เมื่อพิจารณาถึงวัสดุที่ใช้ในอาคารพบว่า วัสดุพวกคอนกรีต อลูมีเนียม เป็นวัสดุที่มีการปล่อยคาร์บอนมากที่สุด ดังนั้นแนวทางการลดการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารนั้นคือการ

วางแผนการจัดการเศษวัสดุที่ได้จากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารที่มีประสิทธิภาพ โดยมีแนวทางดังนี้

(1) จัดการอบรมวางแผนแก่ผู้รับเหมารื้อถอนอาคารและผู้เกี่ยวข้องในเรื่องการป้องกันการเกิดและการลดของเสียจากการรื้อถอนอาคารละทำลายอาคาร เพื่อที่ว่าผู้รับเหมารื้อถอนอาคารและผู้ที่เกี่ยวข้องจะได้มีแนวทางในการจัดการของเสียและเศษวัสดุที่ถูกวิธี และสามารถลดปริมาณของเสียในกองเก็บขยะได้

(2) การเลือกใช้ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งเศษวัสดุจากอาคาร เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านกฎหมายหรือความกว้างของถนน ทำให้มีผลต่อปัจจัยการเลือกใช้ยานพาหนะในการขนส่งเศษวัสดุ เพราะยานพาหนะที่ต่างประเภทกันส่งผลต่อการใช้พลังงานแตกต่างกัน

(3) การคำนึงถึงระยะทางที่ใช้ในการขนส่งเศษวัสดุจากสถานที่รื้อถอนไปยังโรงงาน หรือสถานที่รับซื้อเศษวัสดุมือสอง โดยที่ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกขนส่งเศษวัสดุไปยังสถานที่ต่างๆนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

- ปัจจัยทางด้านราคา เนื่องจากผู้รับส่วนใหญ่เลือกใช้บริการผู้รับซื้อเศษวัสดุที่ให้ราคาที่ยอมรับได้
- ปัจจัยทางด้านความสัมพันธ์ที่คุ้นเคยกับผู้รับเหมารื้อถอนอาคาร ทั้งนี้เนื่องจากหลายครั้งที่ผู้รับเหมาอาคารใช้บริการจากผู้รับซื้อเศษวัสดุที่เคยใช้บริการกันมาก่อน พอเสร็จสิ้นจากการดำเนินงาน ผู้รับเหมาจะติดต่อผู้รับซื้อเศษวัสดุที่เคยใช้บริการกันมาก่อนให้มารับเศษวัสดุจากสถานที่รื้อถอนและทำลายอาคาร
- ปัจจัยทางด้านระยะทาง หากสถานที่รื้อถอนและทำลายอาคารอยู่ใกล้กับสถานที่รับซื้อเศษวัสดุจากอาคาร ผู้รับเหมาจะเลือกใช้บริการจากผู้ที่รับซื้อเศษวัสดุรายนั้น

โดยที่ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลอย่างมากต่อการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอน ทั้งนี้เพราะว่าในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารนั้นมีเศษวัสดุที่ได้หลังจากการดำเนินการจำนวนมาก โดยเฉพาะการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานที่เฉลี่ยแล้วมีปริมาณวัสดุประมาณ 10,000 ตัน หากเลือกใช้ยานพาหนะที่เล็กจนเกินไปและระยะทางการขนส่งที่มาก จะทำให้มีจำนวนเที่ยวในการขนส่งจำนวนมากส่งผลต่อการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการเลือกใช้ยานพาหนะและการคำนึงถึงระยะทางที่ใช้ในการขนส่งที่เหมาะสม ย่อมส่งผลต่อการลดการปล่อยคาร์บอนออกสู่ชั้นบรรยากาศเช่นกัน

(4) ภาครัฐควรให้การสนับสนุนการลดปัญหาการจัดการเศษวัสดุจากอาคารและการลดของเสียโดยการเพิ่มจำนวนร้านรับซื้อของเก่าที่กระจายออกไปตามจุดต่างๆ ทั่วเขตกรุงเทพมหานคร หรือทั่วประเทศไทย พร้อมทั้งจัดทำราคากลางสำหรับการซื้อขายเศษวัสดุจากอาคาร เพื่อลดการเลือกใช้บริการรับซื้อเศษวัสดุ

จากอาคารที่มีราคารับซื้อขายที่ถูกกว่าแต่อยู่ไกลจากสถานที่รื้อถอนอาคาร อีกทั้งเพื่อความสะดวกในการขนส่งเศษวัสดุ

เมื่อพิจารณาถึงแนวทางการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพ โดยการเลือกใช้วัสดุในอาคารที่ลดการเกิดของเสีย เช่น การออกแบบอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยการเลือกใช้วัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ เช่น ไม้ กระจก เป็นต้น เพราะวัสดุเหล่านี้ในทางการลดของเสียถือว่าเป็นวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้อีกครั้ง หรือนำกลับไปรีไซเคิลเป็นวัสดุทุติยภูมิได้โดยใช้พลังงานในกระบวนการน้อยกว่าวัสดุปฐมภูมิ

อีกทั้งการดำเนินการรื้อถอนและทำลายอาคารตามแนวทางคาร์บอนเครดิต สามารถลดการปล่อยคาร์บอนในระยะยาวได้เช่นกัน

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กฤษณา ชุติมา. แปรใช้ใหม่ (recycle). [ออนไลน์]. 2540. [แหล่งที่มา: http://www.royin.go.th/th/knowledge/detail.php?ID=901 [5 กันยายน 2555]

กรีนเนท. Life Cycle Assessment - LCA [การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์]. [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา: http://www.greennet.or.th/node/1265 [10 กันยายน 2555]

คณะอนุกรรมการวิชาสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคาร ในส่วนงานของโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม. กรุงเทพมหานคร : ม.ป.ท, 2554.

ควบคุมมลพิษ, กรม. รายงานการศึกษาแนวทางการจัดการเศษสิ่งก่อสร้างสำหรับประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรและส่งแวดล้อม, 2550. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

ควบคุมมลพิษ, กรม. แนวทางปฏิบัติในการจัดการของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอน. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ.กระทรวงทรัพยากรและส่งแวดล้อม, 2550. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

ทีพีไอ คอนกรีต จำกัด, บริษัท. คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: ม.ป.ท., 2551. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

ไทยดีโมลิชั่น จำกัด, บริษัท. ประเภทการรื้อถอน. [ออนไลน์]. [ม.ป.ป.]. แหล่งที่มา: http://thaidemolition.com/typeofdemolition.html [11 กรกฎาคม 2555]

ธัชชัย จันทร์รัชชกูล. การศึกษาแนวทางในการจัดการวัสดุที่เกิดจากการรื้อถอนสิ่งก่อสร้างในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

นลินี อเนกแสน. ค่าคาร์บอนอินเทนซิตี้ของบ้านพักอาศัยในประเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนุรี, 2554.

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย. [ออนไลน์]. [ม.ป.ป.]. แหล่งที่มา: http://dbccc.onep.go.th/climate attachments/article/124/NC%20GHG%20Inventory%20bboo.pdf [9 กันยายน 2555]

บริหารก๊าซเรือนกระจก, องค์การ. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. กรุงเทพมหานคร : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2553.

ปลัดกระทรวงมหาดไทย, สำนักงาน. พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522. [ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา: http:// www.law.moi.go.th/ [16 กันยายน 2555]

พัฒนาแหล่งน้ำ, สำนัก. ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่องควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544. [ออนไลน์]. [ม.ป.ป.]. แหล่งที่มา: http://intranet.dwr.go.th/bwrd/060-miscellaneous/ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร_เรื่อง_ควบคุมอาคาร_พ.ศ.2544.pdf [7 สิงหาคม 2555]

พิมลมาศ วรรณคนาพล. ดัชนีพลังงานสะสมรวมของอาคารและวัสดุก่อสร้างอาคารในช่วงการก่อสร้างและการรื้อถอน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

พิชญ รัชฎาวงศ์. พื้นฐานการคำนวณการปล่อย GHGs ตามแนวทางของ IPCC ของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. [ออนไลน์]. [ม.ป.ป.]. แหล่งที่มา: http://www.isit.or.th/uploads/Presentation/13-file.pdf [17 กันยายน 2555]

มหาดไทย ชัยเกษม, การรื้อถอนอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้แรงงานคนเป็นหลักในประเทศไทย: ปัญหาและแนวทางปฏิบัติ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

โยธาธิการและผังเมืองจังหวัดกระบี่, สำนัก. ทดสอบกำลังอัดคอนกรีต Compressive Strength test. [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา: http://www.dpt.go.th/krabi/main/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=20 [15 มีนาคม 2556]

รังสรรค์ ปิ่นทอง. แนวทางการจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทย. [ออนไลน์]. [ม.ป.ป.]. แหล่งที่มา: http://portal.bangkok.go.th/public_files/news/cms_detail/0108207.pdf [20 กุมภาพันธ์ 2555]

ราชภัฏสกลนคร, มหาวิทยาลัย. อิฐบล็อกประสาน. [ออนไลน์]. 2554. [แหล่งที่มา: http://atc.snru.ac.th/components/contents/view.php?id=71 [15 มีนาคม 2556]

รีไซเคิลเอ็นจิเนียริ่ง. ลำดับความถูกต้องในการจัดการของเสีย. [ออนไลน์]. 2550. แหล่งที่มา: http://www.recycleengineering.com/main.php?module=recycle_step.php [19 เมษายน 2555]

สิ่งแวดล้อม, สำนัก. (ร่าง) แผนแม่บทการกำจัดขยะมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://portal.bangkok.go.th/public_files/news/cms_detail/0107524.pdf [20 กุมภาพันธ์ 2555]

สิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม, สถาบัน. จดหมายข่าวสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม 4, 1 สิงหาคม 2554.

เศรษฐกิจอุตสาหกรรม, สำนักงาน. มาตรฐานISO14064. [ออนไลน์]. [ม.ป.ป.]. แหล่งที่มา: http://iiu.oie.go.th/ISO/ISO%20Document%20Library/%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7/11.pdf [9 กันยายน 2555]

อนามัยสิ่งแวดล้อม, สำนัก. การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ Carbon footprint. กรุงเทพมหานคร : สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2550. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

อรรจน์ เศรษฐบุตร. การจัดทำมาตรฐานค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัวของผู้ใช้อาคารสำหรับอาคารในประเทศไทย ด้วยวิธี Life Cycle Assessment (LCA) โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์. โครงการส่งเสริมการวิจัยเชิงลึกในสาขาวิชาที่มีศักยภาพสูง กองทุนรัชดาภิเษกสมโภชน์, 2552.

อัจฉรียา ชัยยะสมุทร. การประเมินวัฏจักรชีวิตและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุผนังทึบในอาคารบ้านพักอาศัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตย-กรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

อุษณีย์ อูยะเสถียร, อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย และธัชวีร์ ลีละวัฒน์. การประเมินปริมาณและองค์ประกอบของของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอนในกรุงเทพมหานคร. Environment and Natural Resources Journal 5 (ธันวาคม 2550): 133-140.

ภาษาอังกฤษ

Building Hong Kong, Department. Code of Practice for Demolition of Building: Year 2004, Hong Kong : Department of Building, 2004.

Idiamart, Strong Concrete Material, Strong Concrete Material [online]. 2010.Source: http://www. indiamart. com/melvin-polymer/strong-concrete-material.html. [5 March 2013]

National Ready Mixed Concrete Association, What is Life Cycle Assessment?. [online]. 2011. Source: http://www.greenconcrete.info/mit/lca.html [10 September 2012]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย

วันที่.....

แบบสอบถามข้อมูลการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิจัยในหัวข้อวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรื่องการวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาขั้นตอนต่างๆและวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในกระบวนการการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

2. วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

3. เสนอแนะแนวทางการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร โดยการวิเคราะห์จากขั้นตอนที่ใช้ในกระบวนการการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร รวมถึงการจัดการของเสีย เพื่อหาแนวทางลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับบริษัทของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

ส่วนที่ 3 อาคารกรณีศึกษา การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

ส่วนที่ 4 การลดปริมาณของเสียจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

ส่วนที่ 5 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น

วิธีการตอบแบบสอบถามนั้น ทำโดยการใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่อง ( ) หน้าข้อความที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดหรือกรอกข้อความลงในช่องว่างหรือพื้นที่ว่างที่เว้นไว้.....ให้ได้ใจความ

** ข้อมูลที่ได้รับจากแบบสอบถามจะไม่มีผลใดๆ ทั้งสิ้นต่อการประกอบธุรกิจ โดยผลที่ได้จะนำไปใช้สำหรับการศึกษาวิจัย เรื่องการวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารเท่านั้น

ผู้วิจัย

สุดตาภา ใจแสน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับบริษัทของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. ประเภทของบริษัท

( ) ห้างหุ้นส่วน ( ) บริษัทจำกัด ( ) บริษัทมหาชน จำกัด

( ) กิจการเจ้าของคนเดียว ( ) อื่นๆ .....

2. ระยะเวลาในการเปิดดำเนินการของบริษัท

( ) น้อยกว่า 2 ปี ( ) ตั้งแต่ 2 – 5 ปี ( ) ตั้งแต่ 5 – 10 ปี

( ) มากกว่า 10 ปี ขึ้นไป

3. จำนวนแรงงานภายในบริษัท

( ) น้อยกว่า 10 คน ( ) ตั้งแต่ 10 – 20 คน ( ) ตั้งแต่ 21 – 30 คน

( ) มากกว่า 30 คน ขึ้นไป

4. จำนวนอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในบริษัท

( ) น้อยกว่า 10 ชนิด ( ) ตั้งแต่ 10 – 20 ชนิด ( ) ตั้งแต่ 21 – 30 ชนิด

( ) มากกว่า 30 ชนิด ขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

5. อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร (สามารถเลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) รถแบคโฮ (Backhoe)

( ) รถแทรคเตอร์ตีนตะขาบ

( ) ใบตัดเพชร (Diamond Saw) สำหรับตัดคอนกรีตหนา 10-50 เซนติเมตร

( ) เครื่องกระแทกคอนกรีต (Hydraulic Hammer)

( ) รถบรรทุก

( ) Balanced pavement saw

( ) เครื่องตัดเหล็ก

( ) เครื่องตัดแก๊ส

( ) ค้อนปอน

( ) เครื่องมืออื่นๆ .....

6. วิธีการทั่วไปที่ใช้ในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร

( ) แบบ Top Down โดยใช้แรงงานคน

( ) แบบ Top Down โดยใช้เครื่องจักรกล

( ) วิธี Hydraulic Crusher โดยใช้วิธี Long Boom Arm

( ) วิธี Wrecking Ball

( ) การระเบิด (Implosion)

( ) อื่นๆ.....

5. การดำเนินการรื้อถอนแบบคัดแยกวัสดุ

( ) มีการคัดแยกวัสดุเพื่อนำไปรีไซเคิล และใช้ซ้ำ

( ) ไม่มีการคัดแยกวัสดุ

6. พาหนะที่ใช้ในการบรรทุกวัสดุที่ได้จากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารไปยังแหล่งกำจัดของเสีย หรือสถานที่รับซื้อวัสดุใช้แล้ว

( ) รถกระบะ 4 ล้อ ขนาด.....ตัน

( ) รถกระบะ 6 ล้อ ขนาด.....ตัน

( ) รถกระบะ10 ล้อ ขนาด.....ตัน

( ) รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ ขนาด.....ตัน

( ) รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 20 ล้อ ขนาด.....ตัน

( ) รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 22 ล้อ ขนาด.....ตัน

( ) รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาด.....ตัน

( ) รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาด.....ตัน

( ) รถตู้บรรทุก 10 ล้อ ขนาด.....ตัน

( ) รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ ขนาด.....ตัน

( ) รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ ขนาด.....ตัน

( ) รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ ขนาด.....ตัน

( ) รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อ ขนาด.....ตัน

( ) รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ ขนาด.....ตัน

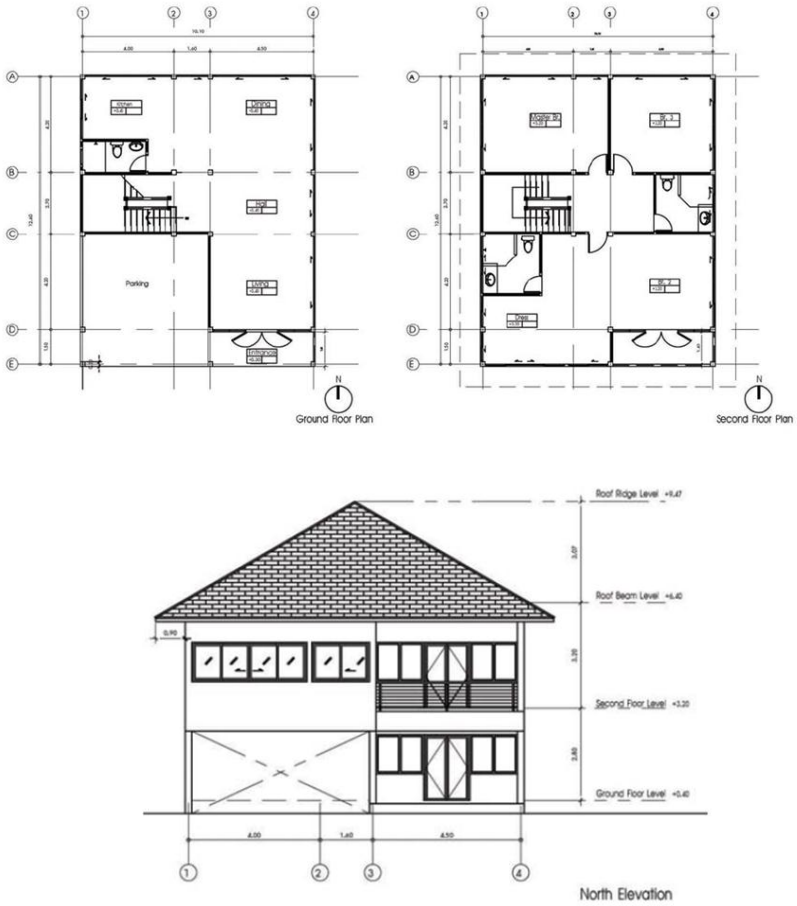
( ) อื่นๆ .....

ส่วนที่ 3 อาคารกรณีศึกษา การรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

ในการวิจัยครั้งนี้ได้มีการใช้อาคารตัวอย่างทั้งที่เป็นอาคารที่อยู่อาศัยและอาคารสำนักงาน เพื่อนำมาใช้เป็นกรณีศึกษาเกี่ยวกับการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร โดยแบบสอบถามนี้ได้นำอาคารตัวอย่างเพื่อนำมาสอบถามถึงวิธีการดำเนินการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร การใช้เครื่องมือในการรื้อถอนฯ การจัดการเศษของเสียที่เกิดขึ้นจากการรื้อถอนฯ ซึ่งมีข้อมูลดังต่อไปนี้

- **กรณีศึกษา การรื้อถอนอาคารที่อยู่อาศัย**

  ในการวิจัยนี้เลือกใช้บ้านพักอาศัย2 ชั้นทั่วไป ที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอยประมาณ 300 ตารางเมตร



รูปที่ 1 แบบของบ้านพักอาศัยที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

ตารางที่ 1 รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในบ้านพักอาศัยขนาด 264 ตารางเมตร

วัสดุ	ปริมาณที่ใช้ในอาคาร	หน่วย	น้ำหนัก (กก.)	%
คอนกรีต	88.533	ลูกบาศก์เมตร	212,478.250	57.724
เหล็ก RB6	2155.800	เมตร	474.276	0.129
เหล็ก DB12	2477.	เมตร	6,118.684	1.662
อิฐมอญ	239.360	ตารางเมตร	86,189.600	23.415
ปูนฉาบ	4.787	ลูกบาศก์เมตร	11,503.642	3.125
เหล็กโครงหลังคา (1x2)	557.900	เมตร	2,880.800	0.783
เหล็กโครงหลังคา (2x4)	185.300	เมตร	3,539.230	0.962
เหล็กโครงหลังคา (2x6)	110.800	เมตร	5,634.790	1.531
กระเบื้องหลังคาซีแพคโมเนีย	204.380	ตารางเมตร	16,708.474	4.539
ฝ้ายิปซั่มบอร์ด	218.490	ตารางเมตร	1,365.563	0.371
ฝ้าซีเมนต์แผ่นเรียบ	0.180	ลูกบาศก์เมตร	227.354	0.062
เคร่าฝ้า (อลูมิเนียม)	239.500	เมตร	1,647.500	0.448
พื้นไม้	94.390	ตารางเมตร	1,321.460	0.359
พื้นกระเบื้องเซรามิค	124.100	ตารางเมตร	239.513	0.065
วงกบและบานกรอบอลูมิเนียมแบบ Powder coated	474.900	เมตร	76.934	0.021
ลูกฟักกระจกใส	52.080	ตารางเมตร	760.368	0.207
วงกบประตูไม้	29.600	ลูกบาศก์เมตร	15,096.000	4.101
ประตูไม้	4.080	ตารางเมตร	1,664.640	0.452
ประตู MDF	0.184	ตารางเมตร	165.240	0.045
รวม			368,092.318	100.000
ปริมาณวัสดุต่อพื้นที่ใช้สอย			1,449.482	(kg/m²)

7. กรณีรื้อถอนหลังคา ชนิดที่เป็นกระเบื้องหลังคาซีแพคโมเนีย มีพื้นที่ 204.38 ตารางเมตร

7.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

7.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

7.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

8. กรณีรื้อถอนเหล็กโครงหลังคา มีพื้นที่ 204.38 ตารางเมตร

8.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

8.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

8.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

9. กรณีรื้อถอนฝ้าเพดานหลังคาที่เป็นฝ้ายิปซั่มบอร์ด ขนาดพื้นที่ 218.49 ตารางเมตร

9.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

9.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

9.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

10. กรณีรื้อถอนฝ้าชายคาบ้านที่เป็นฝ้าซีเมนต์แผ่นเรียบ ขนาดพื้นที่ 45.11 ตารางเมตร

10.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

10.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

10.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

11. กรณีรื้อถอนโครงเคร่าฝ้าเพดานชนิดที่เป็นโลหะ ขนาดพื้นที่ 218.49 ตารางเมตร

11.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

11.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

11.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

12. กรณีการรื้อถอนผนังอาคารที่เป็นผนังอิฐมอญฉาบปูนหนา 0.10 เมตร และมีพื้นที่ 239.36 ตารางเมตร

12.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

12.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

12.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

13. กรณีรื้อถอนวัสดุประกอบอาคารที่เป็นประตูไม้ภายนอก 1 บาน พร้อมทั้งวงกบ ขนาด 4.08 ตารางเมตร และประตูภายในที่เป็น MDF 1 บาน

13.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

13.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

13.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

14. กรณีรื้อถอนวัสดุประกอบอาคารที่เป็น หน้าต่างลูกฟักกระจกใส มีพื้นที่ 52.08 ตารางเมตร พร้อมทั้งวงกบและบานกรอบที่เป็นอะลูมิเนียม

14.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

14.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

14.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

15. กรณีการรื้อถอนวัสดุปูพื้น ชนิดที่เป็นกระเบื้องเซรามิค ที่มีพื้นที่ 124.10 ตารางเมตร

15.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

15.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

15.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

16. กรณีการรื้อถอนวัสดุปูพื้นชนิดที่เป็นไม้เนื้อแข็ง ที่มีพื้นที่ 94.39 ตารางเมตร

16.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

16.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

16.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

17. กรณีรื้อถอนคานหลังคา ขนาด 0.2x0.4 เมตร ความยาว 89.40 เมตร

17.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

17.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

17.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

18. กรณีรื้อถอนเสา จำนวน 18 ต้น ขนาด 0.2x0.2 เมตร และมีความสูงจากพื้น 6.40 เมตร

18.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

18.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

18.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

19. กรณีรื้อถอนคานพื้น ขนาด 0.2x0.4 เมตร ยาว 193.10เมตร

19.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

19.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

19.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

20. กรณีการรื้อถอนพื้นคอนกรีตชั้น2 หนา 0.15 เมตร มีขนาดพื้นที่ 106.14 ตารางเมตร มีปริมาณวัสดุทั้งหมด 15.92 ลูกบาศก์เมตร/ ชั้น

20.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

20.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

20.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

21. กรณีการรื้อถอนพื้นคอนกรีตชั้น1 มีขนาดพื้นที่ 112.35 ตารางเมตร/ ชั้น หนา 0.15 เมตร/ ชั้น มีปริมาณวัสดุทั้งหมด 16.85 ลูกบาศก์เมตร/ ชั้น

21.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

21.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

21.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

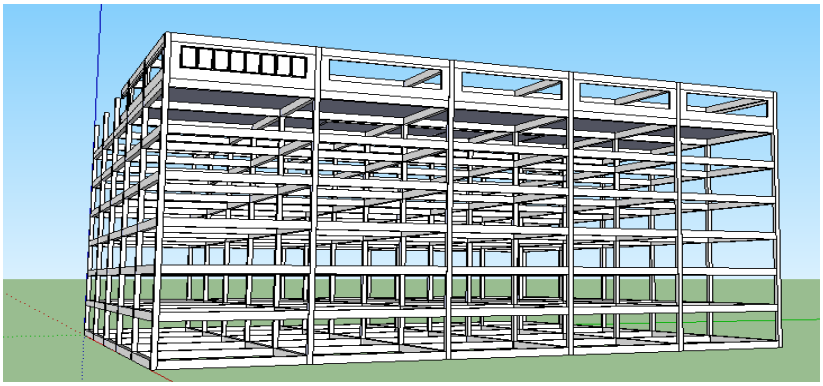
พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

- **กรณีศึกษา การรื้อถอนอาคารสำนักงาน**

ในการวิจัยครั้งนี้เลือกอาคารสำนักงานที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอยประมาณ 10,000 ตารางเมตร เป็นอาคารสูง 7ชั้น



รูปที่ 2 อาคารสำนักงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

ตารางที่ 2 รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในอาคารสำนักงานขนาด 11,375 ตารางเมตร

วัสดุ	ปริมาณที่ใช้ในอาคาร	หน่วย	น้ำหนัก (กก.)	%
คอนกรีต	3,053.84	ลูกบาศก์เมตร	7,329,222.00	61.200
เหล็ก RB6	88,256.33	เมตร	19,416.39	0.162
เหล็ก DB12	14,208.00	เมตร	35,093.76	0.293
อิฐมอญ	11,628.96	ตารางเมตร	4,186,425.60	34.957
ปูนฉาบ	74.44	ลูกบาศก์เมตร	178,867.79	1.494
ฝ้ายิปซั่มบอร์ด	10,375.75	ตารางเมตร	64,848.44	0.541
เคร่าฝ้า T- bar	34,585.83	เมตร	121,050.42	1.011
พื้นกระเบื้องยางไวนิล	10,375.75	ตารางเมตร	20,025.20	0.167
วงกบและบานกรอบอลูมิเนียม	10,949.75	เมตร	1,773.86	0.015

วัสดุ	ปริมาณที่ใช้ในอาคาร	หน่วย	น้ำหนัก (กก.)	%
ลูกฟักกระจกใส	1,288.00	ตารางเมตร	18,804.80	0.157
ประตูบานกระจก	28.00	ตารางเมตร	408.80	0.003
		รวม	11,975,937.050	100.000
		ปริมาณวัสดุต่อพื้นที่ใช้สอย	1,052.830	(kg/m²)

22. กรณีรื้อถอนหลังคา คอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 1,482.25 ตารางเมตร/ ชั้น มีความหนา 0.15 เมตร/ ชั้น โดยมีปริมาณของคอนกรีต 222.34 ลูกบาศก์เมตร/ ชั้น

22.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

22.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

22.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

23. กรณีรื้อถอนเหล็กเสริมหลังคาคอนกรีตDB6 มีพื้นที่ 1,482.25 ตารางเมตร ปริมาณ 227.92 ลบ.ม.

23.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

23.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

23.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

24. กรณีรื้อถอนฝ้าเพดาน ที่เป็นฝ้ายิปซั่มบอร์ดขนาด 1,482.25 ตารางเมตร

24.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

24.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

24.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

25. กรณีรื้อถอนโครงเคร่าฝ้าเพดาน ชนิดที่เป็นโลหะ ขนาด 1,482.25 ตารางเมตร มีปริมาณวัสดุที่ใช้ทั้งหมด 2,470.42 เมตร

25.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

25.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

25.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

26. กรณีรื้อถอนวัสดุประกอบอาคารที่เป็น ประตูกระจก 1 บาน/ ชั้น พร้อมทั้งวงกบอะลูมิเนียม ขนาด 4.00 ตารางเมตร/ ชั้น

26.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

26.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

26.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

27. กรณีรื้อถอนวัสดุประกอบอาคารที่เป็น หน้าต่างลูกฟักกระจกใส มีพื้นที่ 184.00 ตารางเมตร/ ชั้น พร้อมทั้งวงกบและบานกรอบที่เป็นอะลูมิเนียม มีปริมาณวัสดุที่ใช้ 1,552.25 เมตร/ ชั้น

27.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

27.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

27.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

28. กรณีการรื้อถอนผนังอาคารที่เป็นผนังอิฐมอญฉาบปูนหนา 0.15 เมตร/ ชั้น มีพื้นที่ 241 ตารางเมตร/ ชั้น

28.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

28.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

28.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

29. กรณีการรื้อถอนวัสดุปูพื้น ชนิดที่เป็นพื้นกระเบื้องไวนิลที่มีขนาด 1482.25 ตารางเมตร/ ชั้น

29.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

29.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

29.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

30. กรณีรื้อถอนคานหลังคา ขนาด 0.3x0.6 เมตร ความยาว 192.50 เมตร/ ชั้น

30.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

30.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

30.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

31. กรณีรื้อถอนคานพื้น ขนาด 0.3x0.6 เมตร ความยาว 192.50 เมตร/ ชั้น

31.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

31.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

31.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

32. กรณีการรื้อถอนพื้นคอนกรีต หนา 0.15 เมตร/ ชั้น มีพื้นที่ 1482.25 ตารางเมตร/ ชั้น และมีปริมาณ 222.34 ลูกบาศก์เมตร/ ชั้น

32.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรื้อถอน.....

32.2 จำนวนเครื่องมือที่ใช้.....

32.3 การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น

( ) นำไปใช้ซ้ำ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปรีไซเคิลได้ โดยนำไปส่งต่อที่.....

พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปถมที่ พาหนะที่ใช้.....

( ) นำไปกำจัด พาหนะที่ใช้.....

ส่วนที่ 4 การลดปริมาณของเสียจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร

ในกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารมีของเสียเกิดขึ้นจำนวนมาก ท่านคิดว่าจะมีแนวทางใดที่ช่วยในการลดปริมาณขงเสียที่เกิดขึ้น

ค่าคะแนน (มากที่สุด=5, มาก=4, ปานกลาง=3, น้อย=2, น้อยที่สุด=1)

แนวทางที่สามารถลดของเสียที่เกิดขึ้น	**ระดับความเห็น**				
	5	4	3	2	1
1. สถาปนิกควรคำนึงถึงการออกแบบอาคารให้มีของเสียที่เกิดขึ้นน้อยที่สุด					
2. เลือกใช้วัสดุที่ผลิตมาจากวัสดุรีไซเคิลในการก่อสร้างอาคาร					
3. รัฐบาลควรให้การสนับสนุนการนำวัสดุกลับมาใช้ซ้ำหรือการนำวัสดุไปรีไซเคิล					
4. การคัดแยกของเสียในกระบวนการรื้อถอนอาคารสามารถช่วยลดปริมาณของเสียได้					
5. การทำประมวลปฏิบัติ ในเรื่องการรื้อถอน (Code of Practice for Demolition of Building)					
6. การอบรมเกี่ยวกับการป้องกันการเกิด และการลดของเสียจากการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร					
7. การเลือกใช้เครื่องมือในการรื้อถอนอาคารฯ มีผลต่อปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น					
8. สถานที่ตั้งของศูนย์รับซื้อของเก่าและของรีไซเคิลมีผลต่อการตัดสินใจในการจัดการของเสีย					
9. การจัดการของเสียที่ถูกวิธีสามารถลดปริมาณของเสียในกองเก็บขยะ					

ส่วนที่ 5 **ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น**

ขอบคุณค่ะที่สละเวลาในการตอบแบบสอบถามค่ะ

สุดตาภา ใจแสน

ภาคผนวก ข

รายละเอียดการคำนวณ

ข.1 ค่าที่ใช้ในการคำนวณการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคาร

ในกระบวนการรื้อถอนอาคารและทำลายอาคารนั้น อ้างอิงค่าต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

ข.1.1 ค่าการใช้พลังงาน

(1) น้ำมันดีเซล = 36.42 MJ/ลิตร อ้างอิงค่าความร้อนเฉลี่ยตามที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

(2) LPG = 26.62 MJ/ลิตร อ้างอิงค่าความร้อนเฉลี่ยตามบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) และ LPG 1.85 ลิตร/กิโลกรัม ซึ่ง LPG 1 ถังจะมีน้ำหนัก 15 กิโลกรัม อ้างอิงตามสำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

(3) อัตราการใช้น้ำมันของรถแบคโฮ ในการวิจัยนี้มีรถแบคโฮที่ใช้ทั้งสิ้น 3 ชนิด โดยแบ่งตามรูปแบบประเภทการใช้งาน ดังนี้

- รูปแบบการใช้งานต่ำ ต่ำ คือ ประสิทธิภาพการทำงานที่ต่ำกว่า 65% เช่น งานขุดที่ง่าย
- รูปแบบการใช้งานปานกลาง คือ ประสิทธิภาพการทำงานอยู่ระหว่าง 65 – 80% เช่น งานขุดที่ค่อนข้างยาก
- รูปแบบการใช้งานสูง คือ ประสิทธิภาพการทำงานที่มากกว่า 80% เช่น งานขุดที่มีความยาก ซึ่งพบในบางครั้งเท่านั้น อ้างอิงจาก Handbook Komatsu Edition 27

ซึ่งในการวิจัยนี้ เลือกใช้รูปแบบการใช้งานต่ำ เนื่องจากในกระบวนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารนั้น รถแบคโฮจำทำหน้าที่ทุบทำลายคอนกรีต ปรับพื้นที่ รวมทั้งการตักเศษวัสดุใส่รถบรรทุกเท่านั้น และคำนวณโดยทำการเฉลี่ยค่าอัตราการใช้น้ำมัน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

- รถแบคโฮ PC30 ชนิด Hydraulic excavator:
  - รูปแบบการใช้งานต่ำ 1.3 - 1.8 ลิตร/ ชั่วโมง
  - รูปแบบการใช้งานปานกลาง 1.8 - 2.8 ลิตร/ ชั่วโมง
  - รูปแบบการใช้งานสูง 2.8 - 4.6 ลิตร/ ชั่วโมง
- รถแบคโฮ PC120 ชนิด Hydraulic excavator:
  - รูปแบบการใช้งานต่ำ 4.1 – 5.9 ลิตร/ ชั่วโมง
  - รูปแบบการใช้งานปานกลาง 5.9 - 8.8 ลิตร/ ชั่วโมง
  - รูปแบบการใช้งานสูง 8.8 – 14.6 ลิตร/ชั่วโมง

- รถแบคโฮ PC200 LC-7 ชนิด Hydraulic excavator:
  - รูปแบบการใช้งานต่ำ 6.2 – 8.9 ลิตร/ชั่วโมง
  - รูปแบบการใช้งานปานกลาง 8.9 – 13.4 ลิตร/ชั่วโมง
  - รูปแบบการใช้งานสูง 13.4 – 22.3 ลิตร/ชั่วโมง

ข.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอน (Emission factor)

อ้างอิงจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย (องค์การมหาชน) ได้แก่

(1) Emission factor ของน้ำมันดีเซล (การเผาไหม้) = 2.7446 kg CO_2e/MJ

(2) Emission factor ของก๊าซหุงต้ม (LPG) = 3.1894 kg CO_2e/kg

ข.2 วิธีการคำนวณการปล่อยคาร์บอน

การปล่อยคาร์บอน (kgCO_2e/ หน่วย)	=	กิจกรรมที่ทำ X ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอน

ตารางที่ ข.1 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา A

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะเวลา (ช.ม.)	วิธีการที่ใช้	การสรุปผล	
				พลังงาน (MJ)	การปล่อยคาร์บอน (kg CO_2e)
ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย					
1	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคาร	56	แรงงานคน 3 คน	-	-
2	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบหลังคา	56	แรงงานคน 3 คน	-	-
3	3.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น 2	112	แรงงานคน 3 คน	-	-
	3.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น 1				
4	4.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 2				
	4.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคาน ชั้น 1				
5	5.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 2				
	5.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 1				
6	6.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้น ชั้น 2				
	6.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้นชั้น 1	24	PC30 1 คัน	(24 X 1.55) X 36.42 = 1,354.824	(24 X 1.55) X 2.7080 = 102.174
7	ขั้นตอนการปรับพื้นที่	16	PC30 1 คัน	(16 X 1.55) X 36.42 = 903.216	(16 X 1.55) X 2.7080 = 68.116
8	ขั้นตอนการตัดเหล็ก	-	LPG 2 ถัง	(1.85 X 15 X2) X 26.62 = 1,477.410	(15 X 2) X 3.1854 = 95.682
รวม				3,735.450	265.971

ตารางที่ ข.2 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา A

ขั้นตอน	ระยะทาง (km)	จำนวนรอบ	วิธีการที่ใช้	การสรุปผล	
				พลังงานที่ใช้ (MJ)	การปล่อยคาร์บอน (kg CO_2e)
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากบ้านพักอาศัย					
การนำวัสดุไปใช้ซ้ำ	ไป 27.30 กลับ 27.30	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปอ่อนนุช กทม.	((27.3/4)x 2 x 36.42) + ((27.3/4.2) x 2 x 3.42) = 970.590	((27.3/4) x 2 x 2.7446) + ((27.3/4.2) x 2 x 2.7446) = 36.572
การนำเศษวัสดุไปรีไซเคิล	ไป 81.10 กลับ 81.10	ไป 1 กลับ 1	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปวังน้อย อยุธยา	((81.1/4) x 36.42) + ((81.1/4.5) x 36.42) = 1,394.785	((81.1/4) x 2.7446) + ((81.1/4.5) x 2.7446) = 105.111
	ไป 27.30 กลับ 27.30	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปอ่อนนุช กทม.	((27.3/4) x 2 x 36.42) + ((27.3/4.5) x 2 x 36.42) = 939.029	((27.3/4) x 2 x 2.7446) + ((27.3/4.5) x 2 x 2.7446) = 54.114
การนำเศษวัสดุไปถมที่	ไป 27.00 กลับ 27.00	ไป 29 กลับ 29	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปกองเก็บของผู้รับเหมา	((27/4) x 29 x 36.42) + ((27/4.5) x 29 x 36.42) = 13,466.295	((27/4) x 29 x 2.7446) + ((27/4.5) x 29 x 2.7446) = 1,014.816
รวม				16,770.699	1,247.185

ตารางที่ ข.3 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา B

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะเวลา (ชม.)	วิธีการที่ใช้	การสรุปผล	
				พลังงาน (MJ)	การปล่อยคาร์บอน (kg CO_2e)
ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย					
1	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคาร	56	แรงงานคน 4-5 คน	-	-
2	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบหลังคา				
3	3.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น 2	160	แรงงานคน 4-5 คน และ PC200 1 คัน	(160 x 7.55) x 36.42 = **43,995.360**	(160 x 7.55) x 2.7446 = **3,315.477**
	3.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น 1				
4	4.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 2				
	4.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคาน ชั้น 1				
5	5.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 2				
	5.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 1				
6	6.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้น ชั้น 2				
	6.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลาย ชั้น 1				
7	ขั้นตอนการปรับพื้นที่	16	PC200 1 คัน	(16 x 7.55) x 36.42 = **4,399.536**	(16 x 7.55) x 2.7446 = **331.548**
8	ขั้นตอนการตัดเหล็ก	-	LPG 2 ถัง	(1.85 x 15 x 2) x 26.62 = **1,477.410**	(15 x 2) x 3.1894 = **95.682**
รวม				**49,872.306**	**3,742.706**

ตารางที่ ข.4 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา B

ขั้นตอน	ระยะทาง (km)	จำนวนรอบ	วิธีการที่ใช้	การสรุปผล	
				พลังงานที่ใช้ (MJ)	การปล่อยคาร์บอน (kg CO_2e)
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากบ้านพักอาศัย					
การนำวัสดุไปใช้ซ้ำ	ไป 55.40 กลับ 55.40	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปสุวินทวงศ์ หนองจอก กทม	((55.4/4)x 2 x 36.42) + ((55.4/4.5) x 2 x 36.42) = 1,905.575	((55.4/4) x 2 x 2.7446) + ((55.4/4.5) x 2 x 2.7446) = 143.604
การนำเศษวัสดุไปรีไซเคิล	ไป 18.90 กลับ 18.90	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปซอยวชิรธรรมสาธิต 57 อ่อนนุช 44	((18.9/4) x 2 x 36.42) + ((18.9/4.5) x 36.42 x 2) = 650.097	((18.9/4) x 2 x 2.7446) + (18.9/4.5) x 2 x 2.7446) = 54.114
การนำเศษวัสดุไปถมที่	ไป 24.70 กลับ 24.70	ไป 29 กลับ 29	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปกองเก็บของผู้รับเหมา	((24.7/4) x 29 x 36.42) + ((24.7/4.5) x 29 x 36.42) = 1,2319.166	((27/4) x 29 x 2.7446) + ((27/4.5) x 29 x 2.7446) = 982.978
รวม	198.00	64.00		14,874.84	1,175.57

ตารางที่ ข.5 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา C

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	วิธีการที่ใช้	การสรุปผล	
				พลังงาน (MJ)	การปล่อยคาร์บอน (kg CO_2e)
ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายบ้านพักอาศัย					
1	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคาร	80	แรงงานคน 5 คน	-	-
2	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบหลังคา				
3	3.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น 2	240	แรงงานคน 5 คน และ PC120 1 คัน	(240 x 5) x 36.42 = **43,704.000**	(240 x 5) x 2.7446 = **3,293.520**
	3.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น 1				
4	4.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 2				
	4.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคาน ชั้น 1				
5	5.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 2				
	5.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 1				
6	6.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้น ชั้น 2				
	6.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้นชั้น 1				
7	ขั้นตอนการปรับพื้นที่	32	PC120 1 คัน	(32 x 5) x 36.42 = **5,827.200**	(32 x 5) x 2.7446 = **439.136**
8	ขั้นตอนการตัดเหล็ก	-	LPG 2 ถัง	(1.85 x 15 x 2) x 26.62 = **1,477.410**	(15 x 2) x 3.1894 = **95.682**
รวม				**51,008.610**	**3,828.338**

ตารางที่ ข.6 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากบ้านพักอาศัยของผู้รับเหมา C

ขั้นตอน	ระยะทาง (km)	จำนวนรอบ	วิธีการที่ใช้	การสรุปผล	
				พลังงานที่ใช้ (MJ)	การปล่อยคาร์บอน (kg CO_2e)
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากบ้านพักอาศัย					
การนำวัสดุไปใช้ซ้ำ	ไป 20.00 กลับ 20.00	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน ขนส่งไปบางกะปิ กทม.	((20/2.3) x 2 x 36.42) + ((20/3) x 2 x 36.42) = 1,118.991	((20/2.3) x 2 x 2.7446) + (((20/3) x 2 x 2.7446) = 84.327
การนำเศษวัสดุไปรีไซเคิล	ไป 20.00 กลับ 20.00	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 6 ล้อ 11 ตัน ขนส่งไปบางกะปิ กทม.	((20/2.3) x 2 x 36.42) + ((20/3) x 2 x 36.42) = 1,118.991	((27.3/4) x 2 x 2.7446) + (27.3/4.5) x 2 x 2.7446) = 84.327
การนำเศษวัสดุไปถมที่	ไป 26.3 กลับ 26.3	ไป 20 กลับ 20	รถบรรทุก 6 ล้อ 11 ตัน ขนส่งไปกองเก็บของผู้รับเหมา	((26.3/2.5) x 20 x 36.42) + ((26.3/2.3) x 20 x 36.42) = 15,991.864	((26.3/2.5) x 20 x 2.7446) + ((26.3/2.3) x 20 x 2.7446) = 1,205.142
รวม				18,229.846	1,373.796

ตารางที่ ข.7 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา A

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะเวลา (ชม.)	วิธีการที่ใช้	การสรุปผล	
				พลังงาน (MJ)	การปล่อยคาร์บอน (kg CO_2e)
ขั้นตอนการรื้อถอนและการทำลายอาคารสำนักงาน					
1	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคารทั้งอาคาร ขั้นตอนการรื้อถอนฝ้าและเคร่าฝ้าเพดานทุกชั้น	80	แรงงานคน 10 คน	-	-
2	2.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายดาดฟ้าอาคาร 2.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังทั้งหมดของชั้น 7-4 2.3 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 7-4 2.4 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสาชั้น 7-4 2.5 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้นชั้น 7-4	224	แรงงานคน 10 คน	-	-
3	3.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังทั้งหมดของชั้น 3-1 3.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 3-1 3.3 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 3-1 3.4 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้น ชั้น 3-1	112	PC200 1 คัน และแรงงานคน จำนวน 10 คน	(112 x 7.55) x 36.42 = **30,796.572**	(112 x 7.55) x 2.744 = **2,320.834**
4	ขั้นตอนการปรับพื้นที่	40	PC200 1 คัน	(40 x 7.55) x 36.42 = **10,998.840**	(40 x 7.55) x 2.7446 = **828.869**
5	ขั้นตอนการตัดเหล็ก	-	LPG 6 ถัง	(1.85 x 15 x 6) x 26.62 = **4,432.230**	(15 x 6) x 3.1894 = **287.046**
รวม				**46,227.822**	**3,436.749**

ตารางที่ ข.8 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการของเสียและเศษวัสดุจากอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา A

ขั้นตอน	ระยะทาง (km)	จำนวนรอบ	วิธีการที่ใช้	การสรุปผล	
				พลังงานที่ใช้ (MJ)	การปล่อยคาร์บอน (kg CO_2e)
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากอาคารสำนักงาน					
การนำวัสดุไปใช้ซ้ำ	ไป 27.30 กลับ 27.30	ไป 1 กลับ 1	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปอ่อนนุช กทม.	((27.3/4) x 36.42) + ((27.3/4.5) x 36.42) = 469.515	((27.3/4) x 2.7446) + ((27.3/4.2) x 2.7446) = 35.382
การนำเศษวัสดุไปรีไซเคิล	ไป 81.10 กลับ 81.10	ไป 2 กลับ 2	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปวังน้อย อยุธยา	((81.1/4) x 2 x 36.42) + ((81.1/4.5) x 2 x 36.42) = 2,789.570	((81.1/4) x 2 x 2.7446) + ((81.1/4.5) x 2 x 2.7446) = 210.221
	ไป 27.30 กลับ 27.30	ไป 16 กลับ 16	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปอ่อนนุช กทม.	((27.3/4) x 16 x 36.42) + ((27.3/4.5) x 16 x 36.42) = 7,512.232	((27.3/4) x 16 x 2.7446) + ((27.3/4.5) x 16 x 2.7446) = 566.119
การนำเศษวัสดุไปถมที่	ไป 27.00 กลับ 27.00	ไป 1,072 กลับ 1,072	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปกองเก็บของผู้รับเหมา	((27/4) x 1,072 x 36.42) + ((27/4.5) x 1,072 x 36.42) = 497,788.560	((27/4) x 1,072 x 2.7446) + ((27/4.5) x 2.7446 x 1,072) = 37,513.193
รวม				508,559.876	38,501.828

ตารางที่ ข.9 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา B

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะเวลา (ชม.)	วิธีการที่ใช้	การสรุปผล	
				พลังงาน (MJ)	การปล่อยคาร์บอน (kg CO_2e)
ขั้นตอนการรื้อถอนและการทำลายอาคารสำนักงาน					
1	1.1 ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคารทั้งอาคาร 1.2 ขั้นตอนการรื้อถอนฝ้าและเคร่าฝ้าเพดานชั้น 7-1	56	แรงงานคน 10-15 คน	-	-
2	2.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายดาดฟ้าอาคาร 2.3 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังทั้งหมดของชั้น 7-5 2.4 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 7-5 2.4 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสาชั้น 7-5 2.5 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้นชั้น 7-5	240	แรงงานคน 10-15 คน	-	-
3	3.1 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังทั้งหมดของชั้น 4-1 3.2 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 4-1 3.3 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสา ชั้น 4-1 3.4 ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้น ชั้น 4-1	160	PC200 2 คัน และแรงงานคน 10-15 คน	(160 x 7.55 x 2)x36.42 = 87,990.720	(160 x 7.55 x 2) x 2.7446 = 6,630.954
4	ขั้นตอนการปรับพื้นที่	24	PC200 1 คัน	(24 x 7.55 x 2) x 36.42 = 13,198.608	(24 x 7.55 x 2) x 2.7446 = 994.643
5	ขั้นตอนการตัดเหล็ก	-	LPG 6 ถัง	(1.85 x 15 x 6) x 26.62 = 4,432.230	15 x 6 x 3.1894 = 287.046
รวม				105,621.558	7,912.643

ตารางที่ ข.10 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา B

ขั้นตอน	ระยะทาง (km)	จำนวนรอบ	วิธีการที่ใช้	การสรุปผล	
				พลังงานที่ใช้ (MJ)	การปล่อยคาร์บอน (kg CO_2e)
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากอาคารสำนักงาน					
การนำวัสดุไปใช้ซ้ำ	ไป 55.40 กลับ 55.40	ไป 1 กลับ 1	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปสุวินทวงศ์ หนองจอก กทม	((55.4/4) x 36.42) + ((55.4/4.5) x 36.42) = 952.788	((55.4/4)x2.7446)+((55.4/4.5)x2.7446) = 71.802
การนำเศษวัสดุไปรีไซเคิล	ไป 18.90 กลับ 18.90	ไป 18 กลับ 18	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปซอยวชิรธรรม -สาธิต 57 อ่อนนุช 44	((18.9/4) x 18 x 36.42) + ((18.9/4.5) x 18 x 36.42) = 650.097	((18.9/4) x 18 x 2.7446) + ((18.9/4.5) x 18 x 2.7446) = 54.114
การนำเศษวัสดุไปถมที่	ไป 24.70 กลับ 24.70	ไป 1,072 กลับ 1,072	รถบรรทุก 6 ล้อ 8.5 ตัน ขนส่งไปกองเก็บของผู้รับเหมา	((24.7/4)x 1,072 x 36.42) + ((24.7/4.5) x 1,072 x 36.42) = 455,384.349	((24.7/4) x 1,072 x 2.7446) + ((24.7/4.5) x 1,072 x 2.7446) = 34,317.625
รวม				462,188.010	34,830.346

ตารางที่ ข.11 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา C

ลำดับ	ขั้นตอน	ระยะเวลา (ชม.)	วิธีการที่ใช้	การสรุปผล	
				พลังงาน (MJ)	การปล่อยคาร์บอน (kg CO_2e)
ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายอาคารสำนักงาน					
1	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบอาคาร	160	แรงงาน 8-10 คน	-	-
2	ขั้นตอนการรื้อถอนวัสดุประกอบหลังคา				
3	ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายพื้นดาดฟ้า	240	แรงงาน 8-10 คน และใช้รถเครนยกรถแบคโฮ PC120 จำนวน 2 คัน	(36.42 x 40*) + ((240x5) x 2 x 36.42) = 88,864.800	(40* x 2.7446) + (2 x 240 x 5 x 2.7446) = 6,696.824
4	ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายผนังชั้น7-1				
5	ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายคานชั้น 7-1				
6	ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายเสาชั้น 7-1				
7	ขั้นตอนการรื้อถอนและทำลายrพื้น ชั้น 7-1				
8	ขั้นตอนการปรับพื้นที่	24	PC120 1 คัน	(24 x 5 x 2) x 36.42 = 8,740.800	(24 x 5 x 2) x 2.7446 = 658.704
9	ขั้นตอนการตัดเหล็ก	-	LPG 4 ถัง	(1.85 x 15 x 4) x 26.62 = 2,954.820	15 x 4 x 3.1894 = 191.364
รวม				100,560.420	7,546.892

หมายเหตุ: *ค่าการใช้พลังงานของรถเครน

ตารางที่ ข.12 การใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากอาคารสำนักงานของผู้รับเหมา C

ขั้นตอน	ระยะทาง (km)	จำนวนรอบ	วิธีการที่ใช้	การสรุปผล	
				พลังงานที่ใช้ (MJ)	การปล่อยคาร์บอน (kg CO_2e)
ขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุจากอาคารสำนักงาน					
การนำวัสดุไปใช้ซ้ำ	ไป 20.00 กลับ 20.00	ไป 1 กลับ 1	รถบรรทุก 6 ล้อ ขนาด 11 ตัน ขนส่งไปบางกะปิ กทม.	((20/2.3) x 36.42) + ((20/3) x 36.42) = 559.496	((20/2.3) x 2.7446) + ((20/3) x 2.7446) = 42.163
การนำเศษวัสดุไป รีไซเคิล	ไป 20.00 กลับ 20.00	ไป 12 กลับ 12	รถบรรทุก 6 ล้อ ขนาด 11 ตัน ขนส่งไปบางกะปิ กทม.	((20/2.3) x 12 x 36.42) + ((20/3) x 12 x 36.42) = 1,118.991	((20/2.3) x 12 x 2.7446)) + ((20/3) x 12 x 2.7446) = 84.327
การนำเศษวัสดุไป ถมที่	ไป 26.3 กลับ 26.3	ไป 736 กลับ736	รถบรรทุก 6 ล้อ ขนาด 11 ตัน ขนส่งไปกองเก็บของผู้รับเหมา	((26.3/2.3) x 736 x 36.42) + ((36.3/3) x 736 x 36.42) = 541,502.272	((26.3/2.3) x 736 x 2.7446) + ((36.3/3) x 736 x2.7446) = 40,807.445
รวม	132.600	1,498.000		548,775.715	41,355.569

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุดตาภา ใจแสน เกิดวันที่ 2 พฤศจิกายน 2528 สถานที่เกิดจังหวัดสิงห์บุรี สำเร็จปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ จากคณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2552

เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต กลุ่มวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553