การปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษาอาคารสถานศึกษาอาชีวศึกษา

โดย

นางสาวบุษกร ดวงแก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม แผน ก แบบ ก 2 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร(วิจัยสถาปัตยกรรม) ระดับ

ปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษาอาคารสถานศึกษาอาชีวศึกษา

โดย
นางสาวบุษกร ดวงแก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม แผน ก แบบ ก 2 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร(วิจัยสถาปัตยกรรม) ระดับ
ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาสถาปัตยกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

MODIFICATION OF BUILDING ENVELOPE MATERIALS TO REDUCE GREENHOUSE GAS EMISSIONS. : A CASE STUDY OF VOCATIONAL EDUCATION BUILDINGS.

By

MISS Busakorn DUANGKAEW

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Architecture (Architecture)

Department of Architecture

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2021

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษาอาคารสถานศึกษาอาชีวศึกษา
โดย	บุษกร ดวงแก้ว
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม แผน ก แบบ ก 2 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร (วิจัยสถาปัตยกรรม) ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	อาจารย์ ดร. สัทธา ปัญญาแก้ว

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาริณี รามสูต)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร.สัทธา ปัญญาแก้ว)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวลวรรณ ทวยเจริญ)

59054202 : สถาปัตยกรรม แผน ก แบบ ก 2 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร(วิจัยสถาปัตยกรรม) ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : วัสดุกรอบอาคาร, ก๊าซเรือนกระจก, อาคารสถานศึกษาอาชีวศึกษา

นางสาว บุษกร ดวงแก้ว: การปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษาอาคารสถานศึกษาอาชีวศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ ดร. สัทธา ปัญญาแก้ว

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก(Green House Emission) ของกรอบอาคารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) จากแบบมาตรฐาน เพื่อหาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคาร โดยการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา (Building energy code, BEC) คำนวณโดยใช้โปรแกรม BEC v.1.0.6 ประกอบด้วยส่วนของผนังทึบแสง(opaque) ผนังโปร่งแสง(transparent) และหลังคา(Roof) ในการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Green House Emission) จากวัสดุกรอบอาคาร ให้อยู่ในรูปของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) ด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ตรวจสอบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาคาร ในการวิจัยนี้ใช้โปรแกรม SimaPro 9.1.1 ด้วยวิธีการประเมิน (Method) ของ IPCC 2013 GWP 100a V1.03 มีขอบเขตการศึกษา คือ Cradle to gate ซึ่งพิจารณาตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมกระบวนการก่อสร้างอาคาร จากผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารวิทยบริการก่อนการปรับปรุง มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) ของกรอบอาคารวิทยบริการทั้งหมด 51,197.99 $kgCO_2eq$ ซึ่งผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น (O1) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด 17,139.14 $kgCO_2eq$ คิดเป็นร้อยละ 33.48 รองลงมามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ หลังคา (R1) 13,491.30 $kgCO_2eq$ คิดเป็นร้อยละ 26.35, เสา ค.ส.ล. (O2) 10,790.74 $kgCO_2eq$ คิดเป็นร้อยละ 21.08, คาน ค.ส.ล. (O3) 6,521.29 $kgCO_2eq$ คิดเป็นร้อยละ 12.74 และกระจกใส หนา 5 มม. (T1) 3,255.52 $kgCO_2eq$ คิดเป็นร้อยละ 6.36 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา (Building energy code, BEC) คือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) ไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. พบว่า ผนังทึบแสง(opaque) คือ ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด (O1-13), วัสดุผนังโปร่งแสง(transparent) คือ กระจก Dark Coolgray Float Glass 5 mm. (T4) และวัสดุหลังคา (Roof) คือ หลังคาที่มีการเพิ่มฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m^3 ความหนา 25 มม. (R4) ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด ซึ่งมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) หลังการปรับปรุง 34.471 W/m^2 ลดลงจากก่อนปรับปรุง 25.925 W/m^2 คิดเป็นร้อยละ 42.93 และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) หลังการปรับปรุง 13.276 W/m^2 ลดลงจากก่อนปรับปรุง 1.946 W/m^2 คิดเป็นร้อยละ 12.78 สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคารทั้งหมด หลังการปรับปรุงมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With

transport) ของกรอบอาคารวิทยบริการทั้งหมด 50,029.36 kgCO_2eq เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า กรอบอาคารหลังปรับปรุง (With transport) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงจากอาคารก่อนปรับปรุง (With transport) 1,168.63 kgCO_2eq ซึ่งหากคิดตามจำนวนสถานศึกษาในสังกัดอาชีวศึกษาทั่วประเทศไทยนั้น จะสามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ถึง 1,068,127.82 kgCO_2eq โดยวัสดุกรอบอาคารทางเลือกนอกจากจะต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา (Building energy code, BEC) และยังควรมีการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารประกอบการตัดสินใจเลือกวัสดุร่วมด้วยของสถาปนิกผู้ออกแบบอาคาร , ผู้ครอบครองอาคารและผู้ที่สนใจ ช่วยผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการสร้างความตระหนักการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

59054202 : Major (Architecture)
Keyword : BUILDING ENVELOPE MATERIALS, GREENHOUSE GAS EMISSIONS, VOCATIONAL EDUCATION BUILDINGS

MISS BUSAKORN DUANGKAEW : MODIFICATION OF BUILDING ENVELOPE MATERIALS TO REDUCE GREENHOUSE GAS EMISSIONS. : A CASE STUDY OF VOCATIONAL EDUCATION BUILDINGS. THESIS ADVISOR : SATTA PANYAKAEW, Ph.D.

This research studied the amount of greenhouse gas emissions concerning the building envelope of educational institutes under the Office of the Vocational Education Commission (VEC) from the standard model in order to find ways to reduce greenhouse gas emissions from building envelope materials, comparing the amount of greenhouse gas emissions by conducting building envelope material modification which meets the minimum energy efficiency criteria for office buildings and educational institutions (Building Energy Code (BEC)) calculated using BEC v.1.0.6 program consisting of opaque walls, transparent walls and roof which used to calculate the amount of greenhouse gas emissions from the building envelope materials to be in the unit of kilograms of carbon dioxide equivalent ($kgCO_2eq$) applying Life Cycle Assessment (LCA) which is the analyzing tool for environmental impact of a building. In this research, SimaPro 9.1.1 program was used by IPCC 2013 GWP 100a V1.03 assessment method The scope of the study was Cradle to gate, considering the acquisition of construction materials and also transport to the construction site. This excluded the building construction process. From the result of the study considering greenhouse gas emissions by Academic Resource Building envelope before the modification, the total greenhouse gas emissions as well as the transport to the construction site (With transport) in the entire Academic Resource Building envelope were 51,197.99 $kgCO_2eq$, of which half-panel brick (O1) walls accounted for the highest emissions at 17,139.14 $kgCO_2eq$ or 33.48%, followed by the amount of greenhouse gas emissions, including, the roof (R1) 13,491.30 $kgCO_2eq$, representing 26.35%, the *reinforced concrete* (R.C.) column (O2) 10,790.74 $kgCO_2eq$, representing 21.08%, the *reinforced concrete* (R.C.) beam.(O3) 6,521.29 $kgCO_2eq$, representing 12.74%, and Clear Float Glass 5 mm. (T1) 3,255.52 $kgCO_2eq$, representing 6.36%, respectively.

From the study of the amount of greenhouse gas emissions over modifying the building envelope materials to meet the minimum energy efficiency criteria for office buildings and educational institutions (Building energy code (BEC)), the Overall Thermal Transfer Value (OTTV) of the walls did not exceed 50 W/m^2, in addition, the Roof Thermal Transfer Value (RTTV) was not more than 15 W/m^2. It was found that the opaque wall was hollow concrete block + fiberglass insulation + gypsum board (O1-13). The transparent wall material is Dark Coolgray Float Glass 5 mm. (T4) and the roof material is the roof with the addition of fiberglass insulation,

density of 32 Kg/m^3, thickness of 25 mm. (R4) reduces greenhouse gas emissions as much as possible. The Overall Thermal Transfer Value (OTTV) of the walls after the modification was 34.471 W/m^2, as a decrease of 25.925 W/m^2 from before the modification, equivalent to 42.93%, and the Roof Thermal Transfer Value (RTTV) after the modification was 13.276 W/m^2, which decreased at 1.946 W/m^2 comparing with before the modification or 12.78%. The summary of the results concerning the comparison of greenhouse gas emissions of all building envelope materials found that after the modification, the total amount of greenhouse gas emissions as well as the transport to the construction site (With transport) of the Academic Resource Building Envelope was 50,029.36 kgCO_2eq. Comparing the amount of greenhouse gas emissions, it was found that the building envelope after improvement (With transport) There was a reduction in greenhouse gas emissions from buildings before the modification (With transport) for 1,168.63 kgCO_2eq. In case of considering the amount of greenhouse gas decrease by the number of vocational education institutions throughout Thailand. It will be able to reduce the amount of greenhouse gas emissions by up to 1,068,127.82 kgCO_2eq. The alternative building envelope materials, will need to meet the minimum energy efficiency criteria for office buildings and educational institutions (Building energy code (BEC), and should also take the study of the amount of greenhouse gas emissions in order to reduce the greenhouse gas emissions from the building envelope, involved the material selection together with architects who design the building, building owners and interested parties so as to achieve behavioral change and awareness towards energy conservation and environmental impact.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจากอาจารย์ ดร. สัทธา ปัญญาแก้ว ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้วิจัย รวมทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธาริณี รามสูต ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นวลวรรณ ทวยเจริญ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของทุกท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม วิชาเอกการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้ความรู้ ให้คำแนะนำและประสบการณ์อันมีค่าให้แก่ผู้วิจัย ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ในสาขาวิชาทุกคนที่ให้กำลังใจและคำแนะนำเสมอมา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาลัยศิลปากร ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอพระคุณนายปรเมษฐ์ ศรีบูรณ์ ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคโนโลยีหลวงปู่สรวงวัดไพรพัฒนา ที่สนับสนุนและช่วยประสานงานติดติดเจ้าหน้าที่กลุ่มมาตรฐานอาคารและสิ่งก่อสร้าง สำนักงานอำนวยการ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ และขอขอบพระคุณเจ้ากลุ่มงานอารคารฯ ทุกท่าน ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับแบบก่อสร้างอาคารศูนย์วิทยบริการเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร อาจารย์และเจ้าหน้าที่วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษทุกท่าน ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับอาคารกรณีศึกษาที่ทำการวิจัยเป็นอย่างดีและให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดชัยนาททุกท่าน ที่ให้ความรู้เกี่ยวกับงานก่อสร้างอาคารอันเป็นประโยชน์แก่การวิจัยและให้กำลังใจที่ดีเสมอมา

ประโยชน์และคุณค่าอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัย ขอน้อมมอบให้แด่พระคุณบิดามารดา ญาติพี่น้อง ครูอาจารย์ที่อบรมสั่งสอน แนะนำ ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจที่ดีเสมอมา

นางสาว บุษกร ดวงแก้ว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ซ

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญภาพ ..... ณ

บทที่ 1 บทนำ 1

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา 5

3. ขอบเขตการศึกษา 6

4. ขั้นตอนการศึกษา 6

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 8

1. แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ 8

2. ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) 13

3. การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) 16

3.1 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) 17

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประเมินวัฏจักรชีวิต 20

4. แนวทางการออกแบบระบบกรอบอาคารประหยัดพลังงาน 21

4.1 ผนังทึบแสง(Opaque) 22

4.2 ผนังโปร่งแสง(Transparent) 23

4.3 หลังคา (Roof) 23
4.4 อุปกรณ์บังแดดภายนอก (Shading coefficient; SC) 24
5. การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร 25
5.1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) 25
5.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) 26
5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร 26
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 34
1. รายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัย 34
2. การศึกษาข้อมูลอาคารกรณีศึกษา 35
2.1 ลักษณะของอาคาร 35
2.2 การใช้สอยพื้นที่ของอาคาร 37
2.3 ข้อมูลวัสดุของกรอบอาคาร 37
3. การประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารก่อนการปรับปรุง 38
3.1 การกำหนดโซนพื้นที่ใช้งานอาคารศูนย์วิทยบริการ 38
3.2 ส่วนประกอบของผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และหลังคา(Component of Section) 39
3.3 รายละเอียดส่วนของผนัง (Section of Wall) 41
3.4 ลักษณะการบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) 43
3.5 ผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารก่อนการปรับปรุง 45
4. การนำเสนอวัสดุกรอบอาคารเพื่อคำนวณให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน(BEC) 47
4.1 การปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque) 47
4.2 การปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) 48
4.3 การปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof) 49

5. ข้อมูลการขนส่งวัสดุกรอบอาคารไปยังสถานที่ก่อสร้าง 50
6. การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุกรอบอาคาร 52
6.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition) 53
6.2 การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Inventory Analysis) 53
6.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment) 55
บทที่ 4 ผลการวิจัย 57
1. การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการก่อนการปรับปรุง 57
2. การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการนำเสนอวัสดุกรอบอาคารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน(BEC) 58
2.1 การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง(Opaque) 59
2.2 การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง(Transparent) 60
2.3 การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา(Roof) 61
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ 63
1. สรุปผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารหลังปรับปรุง 63
1.1 การเปรียบเทียบส่วนประกอบของผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และหลังคา(Component of Section) ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง 63
1.2 สรุปส่วนประกอบของผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และหลังคา(Component of Section) ของกรอบอาคารหลังปรับปรุง 66
1.3 สรุปผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารหลังปรับปรุง 66
1.4 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารก่อนปรับปรุงกับอาคารหลังปรับปรุง 68
2. สรุปผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารหลังการปรับปรุง 69

2.1 สรุปผลการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง 69

2.2 สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคารรวมทั้งหมดของอาคารศูนย์วิทยบริการก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง 70

3. ข้อเสนอแนะ 71

3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ 71

3.2 ข้อเสนอแนะในการทาการศึกษาครั้งต่อไป 77

รายการอ้างอิง 78

ภาคผนวก 81

ภาคผนวก ก 82

ภาคผนวก ข 89

ประวัติผู้เขียน 106

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ลักษณะอาคารศูนย์วิทยบริการพร้อมครุภัณฑ์ แบบมาตรฐานเลขที่ 55*A01/55*..... 4

ตารางที่ 2 ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential : GWP) 14

ตารางที่ 3 ตัวอย่างค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor (EF))..... 15

ตารางที่ 4 อนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 ที่เกี่ยวข้องกับ LCA มี ทั้งหมด 7 ฉบับ ดังนี้ 17

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการประเมินประเมินวัฏจักรชีวิต 20

ตารางที่ 6 รายละเอียดวัสดุของกรอบอาคาร..... 37

ตารางที่ 7 แสดงการจัดโซนพื้นที่อาคารศูนย์วิทยบริการ 39

ตารางที่ 8 รายละเอียดส่วนประกอบของผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และหลังคา(Component of Section)..... 39

ตารางที่ 9 รายละเอียดส่วนของผนังอาคารศูนย์วิทยบริการของชั้นล่าง..... 42

ตารางที่ 10 รายละเอียดส่วนของผนังอาคารศูนย์วิทยบริการของชั้นบน..... 43

ตารางที่ 11 การแสดงผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารก่อนการปรับปรุง 46

ตารางที่ 12 สรุปพื้นที่ของกรอบอาคาร 46

ตารางที่ 13 แสดงผลการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)..... 47

ตารางที่ 14 แสดงการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)..... 48

ตารางที่ 15 แสดงผลการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof)..... 49

ตารางที่ 16 แสดงน้ำหนักบรรทุกของยานพาหนะชนิดรถเดี่ยว (Single Unit) 50

ตารางที่ 17 แสดงระยะทางการขนส่งวัสดุจากจังหวัดใกล้เคียงไปยังสถานที่ก่อสร้าง..... 52

ตารางที่ 18 การรวบรวมสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) จากปริมาณการใช้วัสดุ กรอบอาคารในการก่อสร้างอาคาร เป็นหน่วยที่ใช้ในโปรแกรม Simapro..... 53

ตารางที่ 19 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ ก่อนการปรับปรุง 57

ตารางที่ 20 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง(Opaque) 59

ตารางที่ 21 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)..... 60

ตารางที่ 22 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา*(Roof)*..... 61

ตารางที่ 23 รายละเอียดส่วนประกอบของผนังทึบแสง (Component of Section)..... 64

ตารางที่ 24 รายละเอียดส่วนประกอบของผนังโปร่งแสง (Component of Section)..... 64

ตารางที่ 25 รายละเอียดส่วนประกอบของหลังคา (Component of Section)..... 65

ตารางที่ 26 ส่วนประกอบของผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และหลังคา (Component of Section) ของกรอบอาคารหลังปรับปรุง..... 66

ตารางที่ 27 แสดงผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารหลังปรับปรุง 67

ตารางที่ 28 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร 68

ตารางที่ 29 สรุปผลการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคาร 69

ตารางที่ 30 สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคารทั้งหมด 70

ตารางที่ 31 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)..... 72

ตารางที่ 32 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)..... 73

ตารางที่ 33 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof) 75

ตารางที่ 34 รายการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการกรอบอาคารก่อนปรับปรุง..... 90

ตารางที่ 35 รายการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการกรอบอาคารโดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque) 95

ตารางที่ 36 รายการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการกรอบอาคารโดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง(Transparent)..... 99

ตารางที่ 37 รายการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการกรอบอาคารโดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof)..... 100

ตารางที่ 38 ฐานข้อมูลในโปรแกรม SimaPro 9.1.1 103

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผนที่แสดงดัชนีความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 1
ภาพที่ 2 คาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ในกรณี BAU 2
ภาพที่ 3 ผังแสดงที่ตั้งอาคารศูนย์วิทยบริการ 3
ภาพที่ 4 ลักษณะภายนอกของอาคารศูนย์วิทยบริการ (ด้านหน้าหันไปทางทิศเหนือ) 4
ภาพที่ 5 แผนที่แสดงดัชนีความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 9
ภาพที่ 6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของไทยรายสาขาปี พ.ศ. 2537, 2543, 2554 (ไม่รวมภาคป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน) 10
ภาพที่ 7 กิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสาขาพลังงาน ปี พ.ศ. 2555 10
ภาพที่ 8 คาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ในกรณี BAU 11
ภาพที่ 9 แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564 – 2573 12
ภาพที่ 10 ข้อเสนอศักยภาพและมาตรการการลดก๊าซเรือนกระจก 13
ภาพที่ 11 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ 15
ภาพที่ 12 การประเมินวัฏจักรชีวิต(Life Cycle Assessment, LCA) 16
ภาพที่ 13 หลักการและกรอบการดำเนินงาน (Principles and framework) 18
ภาพที่ 14 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope) 19
ภาพที่ 15 ภาพรวมของโปรแกรม SimaPro version 9 21
ภาพที่ 16 แสดงการแปลผลของโปรแกรม SimaPro version 9 21
ภาพที่ 17 แสดงวัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ 22
ภาพที่ 18 แนวทางการออกแบบผนังทึบ 23
ภาพที่ 19 คุณสมบัติของกระจก 23
ภาพที่ 20 การติดตั้งฉนวนกันความร้อน 24

ภาพที่ 21 แนวทางการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอก 24
ภาพที่ 22 หน้าหลักของโปรแกรม Building Energy Code version 1.0.6 (BEC v.1.0.6) 27
ภาพที่ 23 โครงสร้างหลักของโปรแกรม 27
ภาพที่ 24 รายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัย 35
ภาพที่ 25 อาคารศูนย์วิทยบริการ 36
ภาพที่ 26 ลักษณะภายนอกอาคารศูนย์วิทยบริการ 36
ภาพที่ 27 แสดงผังอาคารและการกำหนดโซนพื้นที่ชั้นล่าง 38
ภาพที่ 28 แสดงผังอาคารและการกำหนดโซนพื้นที่ชั้นบน 38
ภาพที่ 29 แสดงผังอาคารและการกำหนดรูปแบบส่วนของผนังของชั้นล่าง 41
ภาพที่ 30 แสดงผังอาคารและรูปแบบส่วนของผนังของชั้นบน 41
ภาพที่ 31 แสดงลักษณะและขนาดของแผงบังแดดคอนกรีตบริเวณชั้นล่างของหน้าต่าง น1 44
ภาพที่ 32 แสดงลักษณะและขนาดของแผงบังแดดคอนกรีตบริเวณชั้นล่างของหน้าต่าง น6 44
ภาพที่ 33 แสดงลักษณะแผงบังแดดจากแนวยื่นของหลังคาบริเวณชั้นบน 44
ภาพที่ 34 อุปกรณ์บังแดดของอาคารศูนย์วิทยบริการ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ 45
ภาพที่ 35 ผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารของโปรแกรม BEC 45
ภาพที่ 36 แสดงรถบรรทุก 2 เพลา 6 ล้อ และน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 51
ภาพที่ 37 แสดงเส้นทางการขนส่งวัสดุจากจังหวัดใกล้เคียงไปยังสถานที่ก่อสร้าง 52
ภาพที่ 38 แสดงขอบเขตการศึกษา 53
ภาพที่ 39 โปรแกรม SimaPro 9.1.1 56
ภาพที่ 40 แผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ ก่อนการปรับปรุง 58
ภาพที่ 41 แผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque) 59
ภาพที่ 42 แผนภูมิการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) 60

ภาพที่ 43 แผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof) 61

ภาพที่ 44 การแสดงผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารหลังปรับปรุงในโปรแกรม BEC 67

ภาพที่ 45 แผนภูมิสรุปผลการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร 68

ภาพที่ 46 แผนภูมิสรุปผลการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคาร 70

ภาพที่ 47 แผนภูมิสรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคารรวมทั้งหมด 71

ภาพที่ 48 แผนภูมิการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque) 72

ภาพที่ 49 แผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque) 73

ภาพที่ 50 แผนภูมิการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) 74

ภาพที่ 51 แผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) 74

ภาพที่ 52 แผนภูมิการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof) 75

ภาพที่ 53 แผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof) 76

ภาพที่ 54 แปลนพื้นอาคารศูนย์วิทยบริการ 83

ภาพที่ 55 แปลนหลังคาอาคารศูนย์วิทยบริการ 84

ภาพที่ 56 รูปตัด A อาคารศูนย์วิทยบริการ 85

ภาพที่ 57 รูปตัด B อาคารศูนย์วิทยบริการ 86

ภาพที่ 58 รูปด้านอาคารศูนย์วิทยบริการ 87

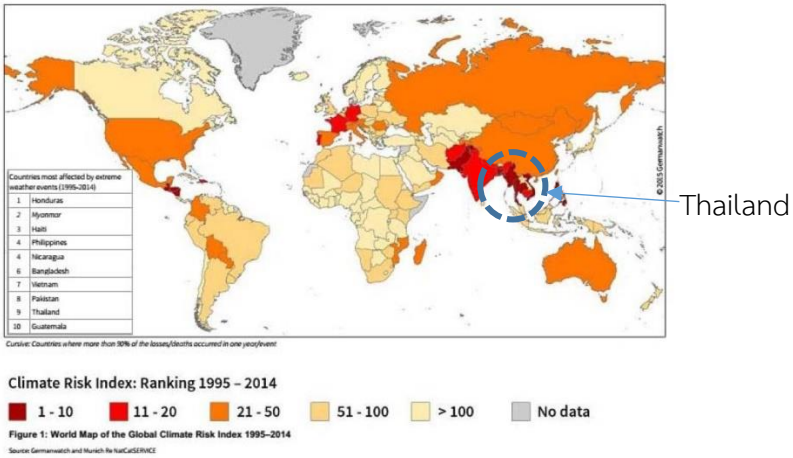
ภาพที่ 59 รายการประกอบแบบสถาปัตยกรรม 88

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

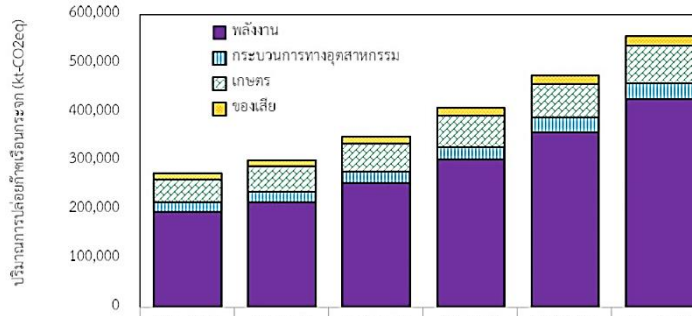
ภาวะโลกร้อน (Global Warming) ส่งผลให้เกิดภาวการณ์เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) ทำให้หลายประเทศเผชิญกับภัยธรรมชาติอย่างหนัก สาเหตุหลักของปัญหานี้มาจากก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ สำหรับประเทศไทยนั้นเข้าข่ายเป็นประเทศที่มีความเปราะบาง (vulnerable) และมีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบรุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดัง**ภาพที่ 1** จากรายงานของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ประเทศไทยจึงจัดทำแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศปี 2564-2573(สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560) ตามที่ประเทศไทยได้ยื่นสัตยาบันเข้าร่วมเป็นภาคีความตกลงปารีส(Paris Agreement) ซึ่งอยู่ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) มีเป้าหมายลดก๊าซเรือนกระจกมากกว่า 111 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ จะต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงให้ได้ร้อยละ 20-25



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงดัชนีความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ที่มา : (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560)

จากรายงานการคาดการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติ (Business As Usual: BAU) ของประเทศไทยจำแนกตามสาขาดัง**ภาพที่ 2** พบว่า สาขาที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ สาขาพลังงาน (รวมการผลิตและการใช้พลังงานในภาคส่วนต่างๆ) รองลงมา คือ สาขาเกษตร สาขาอุตสาหกรรม และสาขาของเสีย ซึ่งสาขาพลังงานมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณี BAU มาจากการผลิตไฟฟ้า การใช้พลังงานในครัวเรือน การใช้พลังงานในอาคารเชิงพาณิชย์ (รวมอาคารรัฐ) การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมการผลิต และการใช้พลังงานในการคมนาคมขนส่ง มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง



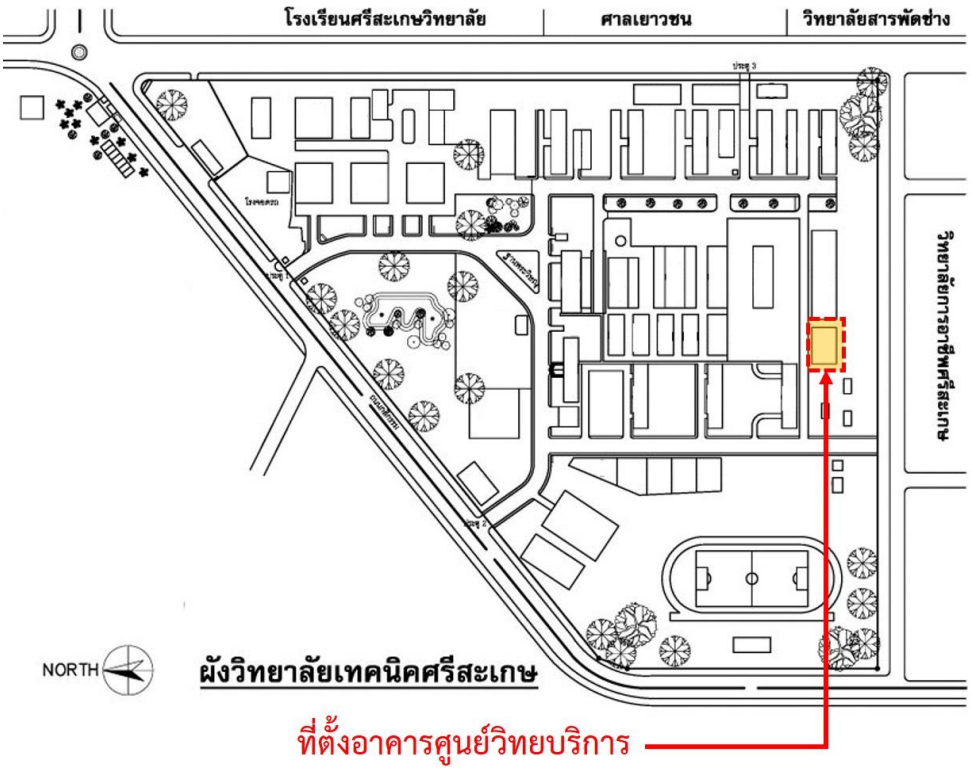
	พ.ศ. 2548 ค.ศ. 2005	พ.ศ. 2553 ค.ศ. 2010	พ.ศ. 2558 ค.ศ. 2015	พ.ศ. 2563 ค.ศ. 2020	พ.ศ. 2568 ค.ศ. 2025	พ.ศ. 2573 ค.ศ. 2030
ของเสีย	12,878	13,011	14,489	16,135	17,968	20,010
เกษตร	46,294	52,316	57,554	63,316	69,656	76,630
กระบวนการทางอุตสาหกรรม	19,565	21,408	23,737	26,304	29,148	32,360
พลังงาน	194,681	214,019	254,209	301,947	358,650	426,000

ภาพที่ 2 คาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ในกรณี BAU
ที่มา : (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560)

ในปัจจุบันนี้ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญเกี่ยวกับการออกแบบอาคารให้สามารถใช้พลังงานน้อยลง จะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานและการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สำหรับประเทศไทยแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปีของประเทศ (National Energy Efficiency Plan: EEP) ซึ่งเป็นแผนแม่บทในการอนุรักษ์ พลังงานที่มีเป้าหมายในการลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy Intensity; EI) ลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2579 (ค.ศ. 2036) เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 (ค.ศ. 2010)(กระทรวงพลังงาน, 2558) ได้มีการบังคับใช้กฎหมายการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำในอาคาร (Building energy code, BEC) ในกฎกระทรวง พ.ศ. 2552 ซึ่งในปัจจุบันนี้เป็นลักษณะของอาคารหน่วยงานราชการซึ่งเป็นภาคบังคับ ตั้งแต่ปี 2556 ตามมติคณะรัฐมนตรีเพื่อเป็นแบบตัวอย่างแก่หน่วยงานอื่นๆ มีเกณฑ์การประเมิน 5 ระบบ ได้แก่ ระบบกรอบอาคาร (OTTV, RTTV) ระบบปรับอากาศ(A/C)

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) ระบบอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน และการใช้พลังงานหมุนเวียน (RENEW) ซึ่งการออกแบบหรือการปรับปรุงระบบกรอบอาคาร (OTTV, RTTV) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมให้ผ่านเกณฑ์ BEC เป็นปัจจัยหลักที่จะช่วยทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ (ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2558) ซึ่งระบบกรอบอาคาร (OTTV, RTTV) นั้นเป็นส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับผู้ประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรมที่จะต้องคำนึงถึง

เนื่องจากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2555) กำหนดเป้าหมายการผลิตและพัฒนากำลังอาชีวศึกษาระยะ 15 ปี เกี่ยวกับโครงการพัฒนาศูนย์วิทยบริการ ให้เป็นแหล่งเรียนรู้ที่ทันสมัย ประหยัดพลังงาน ซึ่งสถานศึกษาในสังกัดอาชีวศึกษาทั่วประเทศไทยมีจำนวนมากถึง 914 แห่ง (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2559) งานวิจัยนี้จึงศึกษาอาคารศูนย์วิทยบริการพร้อมครุภัณฑ์ แบบมาตรฐานเลขที่ 55A01/55 ขนาดพื้นที่ไม่ต่ำกว่า 1,088 ตร.ม. ลักษณะการใช้สอยอาคารเป็นศูนย์การเรียนรู้ของสถานศึกษา งานวิจัยนี้เลือกศึกษาอาคารที่ตั้งภายในวิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ ดัง**ภาพที่ 3** เนื่องจากเป็นสถานศึกษาขนาดใหญ่ เป็นอาคารกรณีศึกษา



ภาพที่ 3 ผังแสดงที่ตั้งอาคารศูนย์วิทยบริการ

ที่มา : จัดทำผังโดย แผนกวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

ภาพที่ 4 ลักษณะภายนอกของอาคารศูนย์วิทยบริการ (ด้านหน้าหันไปทางทิศเหนือ)
(ถ่ายโดยผู้วิจัย ณ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ ถ่ายเมื่อ 16 มิถุนายน 2561)

ตารางที่ 1 ลักษณะอาคารศูนย์วิทยบริการพร้อมครุภัณฑ์ แบบมาตรฐานเลขที่ 55A01/55

ลักษณะอาคาร	ลักษณะพื้นที่ใช้สอย	ลักษณะกรอบอาคารของพื้นที่ปรับอากาศ
- คอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น - พื้นที่ไม่ต่ำกว่า 1,088 ตร.ม. - ขนาดพื้นที่ก่อสร้างอาคาร ไม่น้อยกว่า 27x33 เมตร	ชั้นล่าง ประกอบด้วย -ห้องบรรณารักษ์ -ห้องคอมพิวเตอร์และหนังสือ อ้างอิง -พื้นที่อ่านหนังสือ -ห้องน้ำ-ส้วม ชั้นบน ประกอบด้วย -ห้องสมุดเสียงและภาพ	-ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ ทาสี หน้าต่างกระจกโฟลตใส หนา 5 มม. -หลังคาเหล็กแผ่นชุปซิงค์ ติดตั้งฉนวนกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m^3 ความหนา 15 ม.ม. ฝ้ายิปซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม. ชนิดมีฟอยล์กันความร้อน -แผงบังแดด แนวนอนยื่น 1.50 ม.

จากการศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำของอาคาร (Building energy code, BEC) ในเบื้องต้นตามลักษณะรูปแบบอาคาร พื้นที่ใช้สอยและวัสดุกรอบอาคารในพื้นที่ปรับอากาศ ดัง**ตารางที่ 1** ด้านหน้าอาคารหันหน้าไปทางทิศเหนือ ดัง**ภาพที่ 4** พบว่า มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 60.396 วัตต์/ตร.ม. ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) เท่ากับ 15.222 วัตต์/ตร.ม. ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. จึงแสดงให้เห็นว่ากรอบอาคารไม่ผ่านประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำของอาคารประเภทอาคารสถานศึกษา การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบกรอบอาคาร โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน(BEC) คือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) ไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. ของอาคารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ตามแบบมาตรฐานกรมอาชีวะศึกษา เนื่องจากในการก่อสร้างที่อาคารนั้น ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกๆ ขั้นตอนตั้งแต่ การผลิตวัสดุ การก่อสร้าง การใช้งาน การปรับปรุง จนถึงการทำลายอาคาร โดยผู้วิจัยมีขอบเขตการศึกษา คือ Cradle to gate ซึ่งพิจารณาตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้างไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมกระบวนการก่อสร้างอาคาร ด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ตรวจสอบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาคาร ในการวิจัยนี้ใช้โปรแกรม SimaPro โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคาร เพื่อให้สถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด ให้เป็นไปตามแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปีของประเทศ(National Energy Efficiency Plan: EEP) ในการสนับสนุนการออกแบบอาคาร ใช้พลังงานเป็นศูนย์ในประเทศไทย และตามแผนการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศที่จะต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงให้ได้ร้อยละ 20 ผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการสร้างความตระหนักการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารสถานศึกษาสังกัด สอศ. จากแบบมาตรฐาน ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมกระบวนการก่อสร้างอาคาร, การใช้งานและการรื้อถอนอาคาร

2.2 เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงาน

และสถานศึกษา(เกณฑ์ BEC) กับวัสดุกรอบอาคารที่มีในแบบมาตรฐาน ของอาคารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)

2.3 เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3. ขอบเขตการศึกษา

3.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรอบอาคารของอาคารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ตามแบบมาตรฐานกรมอาชีวะศึกษา

3.2 วัสดุที่ใช้ในการปรับปรุงกรอบอาคารของอาคารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษาที่ใช้ในปัจจุบัน (เกณฑ์ BEC) ทำการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง(OTTV) หลังคาอาคาร(RTTV) ด้วยโปรแกรม Building Energy Code software version 1.0.6 (BEC v.1.0.6) โดยการใช้วัสดุกรอบอาคารในปัจจุบันและหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป และความชำนาญงานก่อสร้างของช่างในปัจจุบัน

3.3 การประเมินวัฏจักรชีวิต(Life Cycle Assessment, LCA) ของวัสดุกรอบอาคาร ครอบคลุมเพียง Cradle to gate ซึ่งพิจารณาตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมการก่อสร้างอาคาร ข้อมูลได้จากปริมาณการใช้วัสดุกรอบอาคาร คำนวณโดยใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro v 9.1.1

4. ขั้นตอนการศึกษา

4.1 เก็บรวบรวมข้อมูล ชนิดและปริมาณการใช้วัสดุกรอบอาคารจากแบบอาคารศูนย์วิทยบริการพร้อมครุภัณฑ์ แบบมาตรฐานเลขที่ 55A01/55 ของอาคารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)

4.2 ปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา โดยการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ให้มีค่า $\leq$50 W/m^2 และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) ให้มีค่า $\leq$15 W/m^2 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ BEC คำนวณโดยใช้ฐานข้อมูลของโปรแกรม BEC v.1.0.6

4.3 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา

(เกณฑ์ BEC) กับวัสดุกรอบอาคารที่มีในแบบมาตรฐาน ของอาคารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ด้วยโปรแกรม SimaPro 9.1.1

4.4 เสนอแนวทางในการปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

5.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุกรอบอาคารสถานศึกษาสังกัด สอศ. ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมการก่อสร้างอาคาร, การใช้งานและการรื้อถอนอาคาร

5.2 วัสดุกรอบอาคารที่มีความเหมาะสมและคำนวณผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษาที่ใช้ในปัจจุบัน (เกณฑ์ BEC) โดยการใช้วัสดุกรอบอาคารในปัจจุบัน

5.3 แนวทางในการปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษา เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2

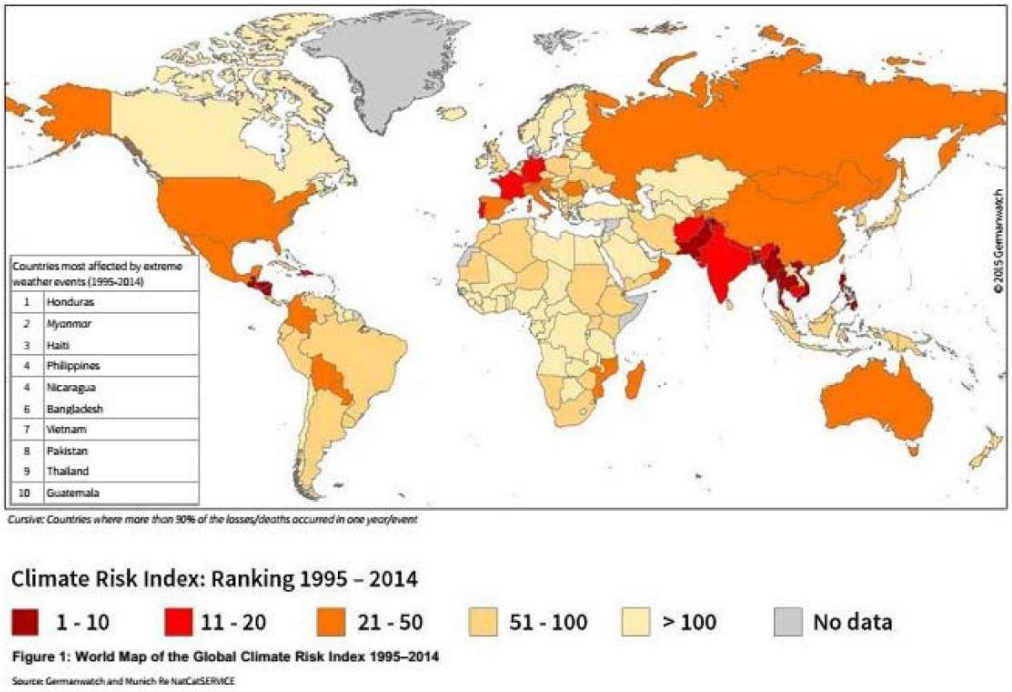
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ

แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564-2573 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560) สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีแนวโน้มรุนแรงขึ้นในทุกภูมิภาคของโลก อาทิ อุณหภูมิเฉลี่ยที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในฤดูน้ำหลากและน้อยลงในฤดูน้ำแล้ง จำนวนวันที่อากาศร้อนเพิ่มมากขึ้น และจำนวนวันที่อากาศเย็นลดลง โดยส่งผลให้เกิดภัยธรรมชาติที่รุนแรงและบ่อยครั้งขึ้น โดยประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากรายงานของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ได้ระบุให้ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นภูมิภาคที่มีความเปราะบางสูงต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทวีความรุนแรงส่งผลให้เกิดความร่วมมือของประชาคมโลกเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ได้แก่ ความตกลงปารีส (Paris Agreement) ซึ่งอยู่ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) กำหนดให้ทุกประเทศเสนอเป้าหมายและความก้าวหน้าของการดำเนินงานภายในประเทศเพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นระยะ

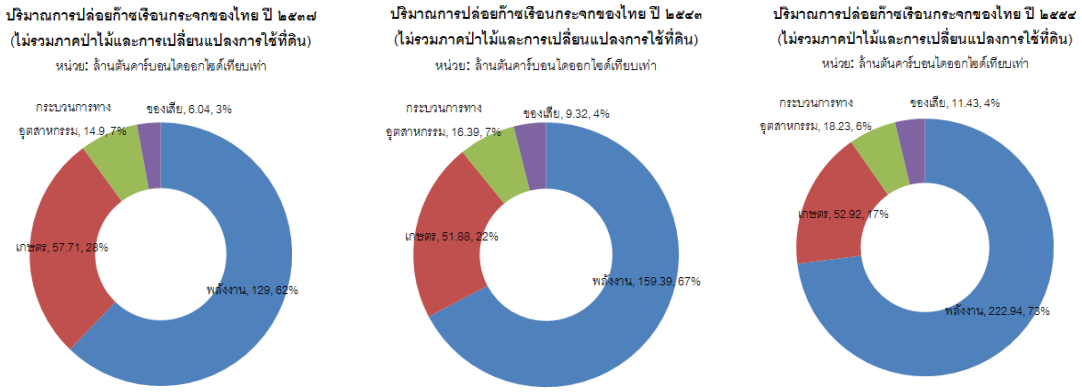
ประเทศไทยจึงจัดทำแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศปี 2564-2573 ตามที่ประเทศไทยได้ยื่นสัตยาบันเข้าร่วมเป็นภาคีความตกลงปารีส(Paris Agreement) ในสาขาที่มีความพร้อม ได้แก่ พลังงานและขนส่ง, สาขากระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ และสาขาการจัดการของเสีย เป็นสาขาที่เป็นแผนหลักของหน่วยงานมีความพร้อม และมีศักยภาพในการดำเนินงานที่สามารถสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจกได้ ประเทศไทยเป็นหนึ่งใน 174 ประเทศ ร่วมกับนานาประเทศ ในการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกให้ต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียล ซึ่งไทยมีอัตราปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับที่ 22 ของโลก และตั้งแต่ปี 2564 จะเป็นปีที่เริ่มดำเนินการ การมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด หรือ NDC (Nationally Determined Contribution) โดยมีเป้าหมายลดก๊าซเรือนกระจกมากกว่า 111 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ตั้งแต่ปี 2564-2573 ตามที่ได้ยื่นสัตยาบันสารเข้าร่วมเป็นภาคีความตกลงปารีสจะต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงให้ได้ร้อยละ 20-25

เนื่องจากปัจจุบันภาวะโลกร้อนส่งผลให้หลายประเทศเผชิญกับภัยธรรมชาติอย่างหนัก และสำหรับประเทศไทยเข้าข่ายเป็นประเทศที่มีความเปราะบาง (vulnerable) และมีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบรุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้ ประเทศไทยได้รับการจัดให้อยู่ในประเภทของประเทศที่มีความเสี่ยงสูงมาก (extreme risk) ลำดับที่ 12 ของโลก และเป็นหนึ่งในสิบประเทศที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว



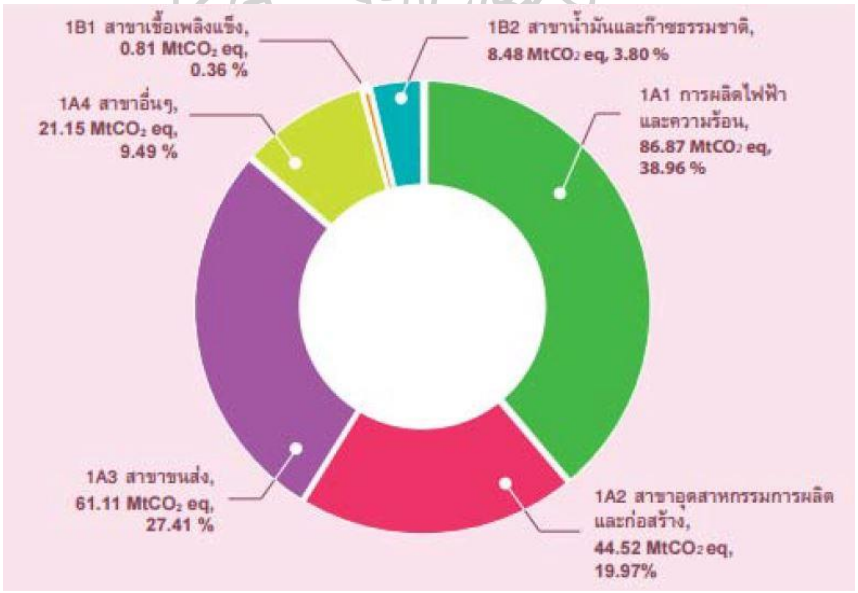
ภาพที่ 5 แผนที่แสดงดัชนีความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
ที่มา : (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560)

สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ประเทศไทยมีการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกมาอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วยก๊าซเรือนกระจกสำคัญ 6 ชนิดที่ต้องรายงานตามพันธกรณีของกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ได้แก่ **ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์** สาขาหลักที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงได้แก่ สาขาพลังงาน (รวมการผลิตและใช้พลังงานในภาคส่วนต่างๆ) รองลงมาได้แก่ สาขาเกษตร สำหรับสาขาอุตสาหกรรม มีกระบวนการผลิตที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมจากการใช้พลังงาน เช่น กระบวนการเผาเพื่อไล่น้ำ (calcination) ในการผลิตซีเมนต์ เป็นต้น และสาขาของเสีย ซึ่งปริมาณก๊าซเรือนกระจกของไทยในภาพรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของไทยรายสาขาปี พ.ศ. 2537, 2543, 2554 (ไม่รวมภาคป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน)

ที่มา : (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560)

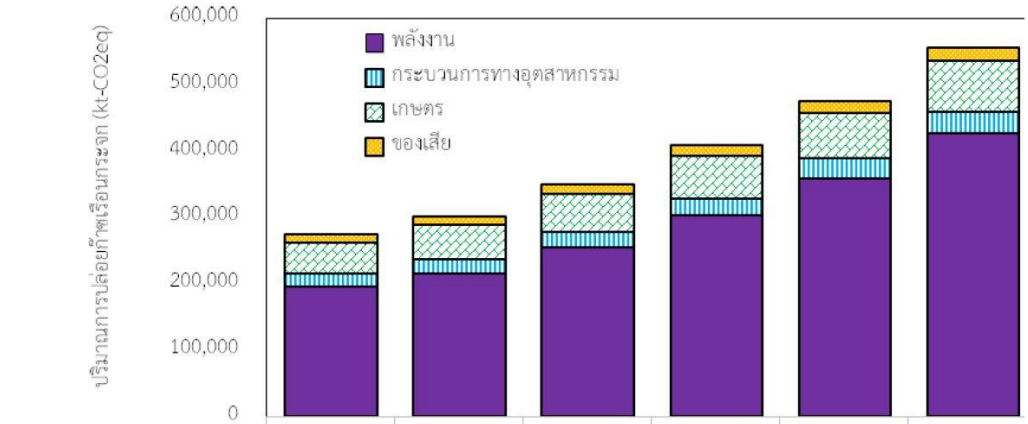


ภาพที่ 7 กิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสาขาพลังงาน ปี พ.ศ. 2555

ที่มา : (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560)

ในแผนภาพ หากพิจารณาในรายละเอียดของสาขาที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนที่สูง ในปี พ.ศ. 2554 ได้แก่ สาขาพลังงาน จะพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากกิจกรรมการผลิตไฟฟ้าและความร้อน (Public Electricity and Heat Production) คิดเป็นร้อยละ 36.96 รองลงมาได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากภาคขนส่ง คิดเป็น

ร้อยละ 27.41 การเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมและการก่อสร้าง คิดเป็นร้อยละ 19.97 การเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคส่วนอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 9.49 และการรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตน้ำมันก๊าซธรรมชาติ และเชื้อเพลิงอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 4.16 **การคาดการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกรณีปกติ (Business As Usual: BAU)** ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยเพิ่มขึ้นจาก 279,129 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kt-CO_2eq) ในปีพ.ศ. 2548 (ค.ศ. 2005) เป็น 554.649 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปี พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030) หรือคิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 2.8 ต่อปี ดังรายละเอียดใน**ภาพที่ 8**



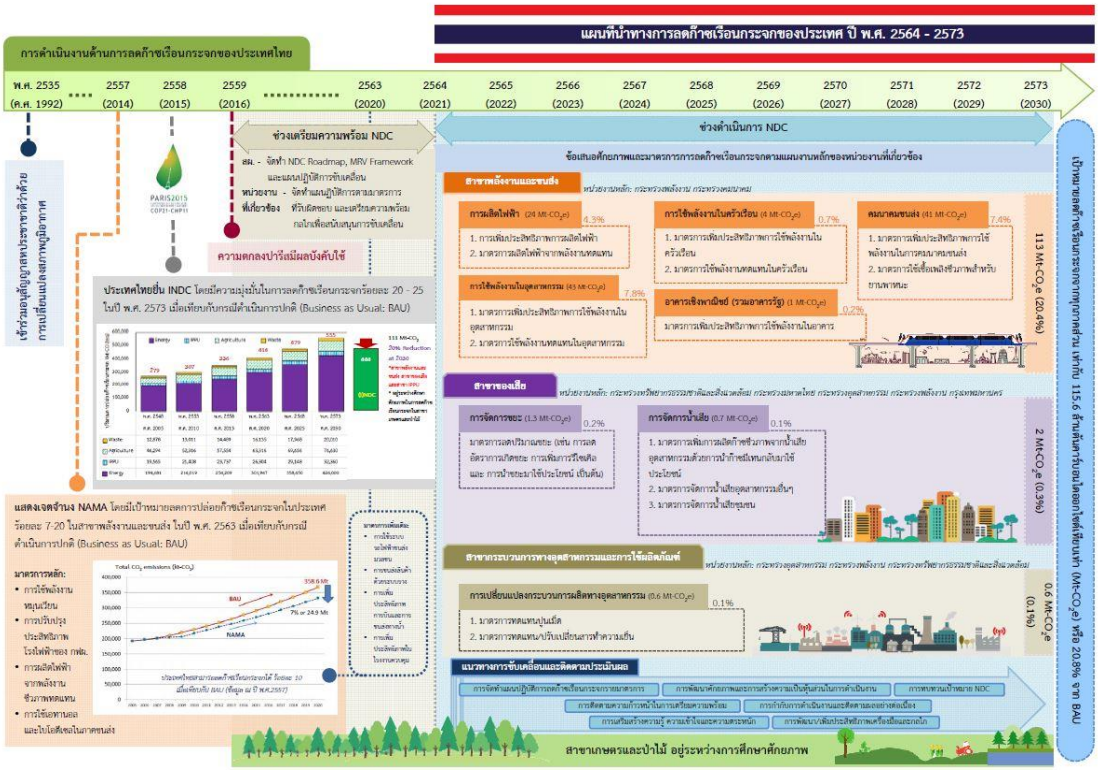
	พ.ศ. 2548 ค.ศ. 2005	พ.ศ. 2553 ค.ศ. 2010	พ.ศ. 2558 ค.ศ. 2015	พ.ศ. 2563 ค.ศ. 2020	พ.ศ. 2568 ค.ศ. 2025	พ.ศ. 2573 ค.ศ. 2030
ของเสีย	12,878	13,011	14,489	16,135	17,968	20,010
เกษตร	46,294	52,316	57,554	63,316	69,656	76,630
กระบวนการทางอุตสาหกรรม	19,565	21,408	23,737	26,304	29,148	32,360
พลังงาน	194,681	214,019	254,209	301,947	358,650	426,000

ภาพที่ 8 คาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ในกรณี BAU
ที่มา : (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560)

สาขาพลังงาน การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณี BAU มาจากการผลิตไฟฟ้า การใช้พลังงานในครัวเรือน การใช้พลังงานในอาคารเชิงพาณิชย์ (รวมอาคารรัฐ) การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมการผลิต และการใช้พลังงานในการคมนาคมขนส่ง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับความต้องการพลังงานขั้นสุดท้าย โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพิ่มขึ้นจาก 200,392 kt-CO_2eq ในปี พ.ศ. 2548 (ค.ศ. 2005) เป็น 525,649 kt-CO_2eq ในปี พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030) หรือ คิดเป็นร้อยละ 71.8 และ 76.7 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเทศไทยในปี พ.ศ. 2548 (ค.ศ. 2005) และ พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030) ตามลำดับ และคิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ย

ร้อยละ 3.1 สะท้อนให้เห็นว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาพลังงาน ในกรณี BAU มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564 – 2573 สาขาพลังงานและขนส่ง สาขากระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ และสาขาการจัดการของเสีย โดยมีการจัดประชุมคณะทำงานฯ ทั้งสิ้น 5 ครั้งและได้ข้อสรุปว่า สาขาพลังงานและขนส่ง สาขากระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ และสาขาการจัดการของเสีย เป็นสาขาที่แผนหลักของหน่วยงานมีความพร้อม และมีศักยภาพในการดำเนินงานที่สามารถสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจกได้ คิดเป็นศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก ณ ปี พ.ศ. 2573 รวมทั้งสิ้น 115.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกที่ 111 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าหรือร้อยละ 20 จากกรณีปกติ โดยมาตรการตามแผนงานที่จะส่งผลต่อการลดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ สาขาพลังงานและขนส่ง ซึ่งมีศักยภาพรวมในปี พ.ศ. 2573 เท่ากับ 113.0 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($Mt\text{-}CO_2eq$)

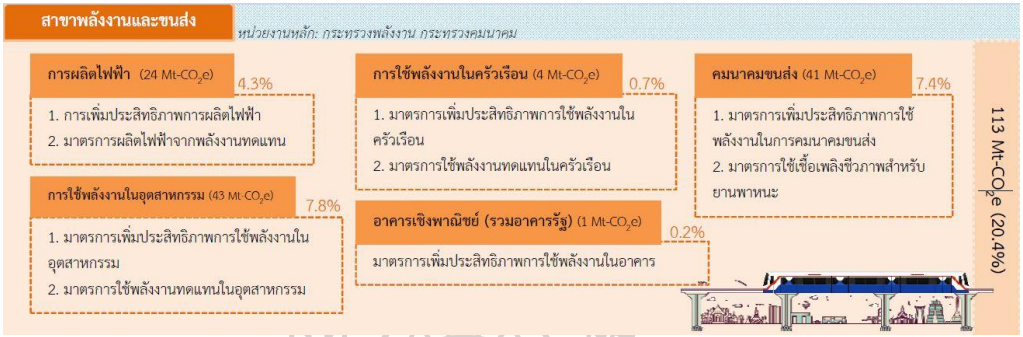


ภาพที่ 9 แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564 – 2573

ที่มา : (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560)

โดยมาตรการตามแผนงานที่จะส่งผลต่อการลดก๊าซเรือนกระจกนั้น การใช้พลังงานในครัวเรือน มีศักยภาพในการดำเนินงานตามแผนที่จะส่งผลต่อการลดก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 4 ล้าน

ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าและการใช้พลังงานในอาคารเชิงพาณิชย์ (รวมอาคารรัฐ) มีศักยภาพในการดำเนินงานตามแผนที่จะส่งผลต่อการลดก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 1 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า



ภาพที่ 10 ข้อเสนอศักยภาพและมาตรการการลดก๊าซเรือนกระจก

ที่มา : (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560)

2. ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas)

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนหรือรังสีอินฟราเรดได้ดี ช่วยรักษาอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศของโลกให้คงที่ หากโลกไม่มีก๊าซเรือนกระจก จะทำให้อากาศร้อนจัดในตอนกลางวัน และหนาวจัดในตอนกลางคืน ดังเช่นดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ ในระบบสุริยะ ซึ่งก๊าซเหล่านี้ดูดคลื่น รังสีความร้อนไว้ในเวลากลางวัน แล้วค่อยๆ แผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน

กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ก่อให้เกิดการเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจก การเผาไหม้ เชื้อเพลิงจากถ่านหิน น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ รวมทั้งการตัดไม้ทำลายป่า การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกนั้นส่งผลให้ชั้นบรรยากาศกักเก็บรังสีความร้อนได้มากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกนั้น ไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด ยังมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ที่แตกต่างกัน ก๊าซเรือนกระจกสำคัญ 6 ชนิดที่ต้องรายงานตามพันธกรณีของกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์

ทั้งนี้เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดมีศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential : GWP) ไม่เท่ากัน จึงได้กำหนดค่าการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของแต่ละสารให้เทียบกับศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (GWP) ดัง**ตารางที่ 2** โดย IPCC เท่ากับ 1 โดยเรียกค่านี้ว่า “คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า” เช่น มีเทน 1 หน่วย จะมีศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนเป็น 25 หน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เป็นต้น

ตารางที่ 2 ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential : GWP)

ก๊าซเรือนกระจก		GWP	อายุคงอยู่ในชั้นบรรยากาศ (ปี)
คาร์บอนไดออกไซด์	CO_2	1	5-200
มีเทน	CH_4	25	12
ไนตรัสออกไซด์	N_2O	298	114
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน	HFCs	124-14,800	1.4-270
เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน	PFCs	7,390-12,200	1,000-50,000
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์	SF_6	22,800	3,200

ที่มา: IPCC Forth Assessment Report – Climate Change 2007

หลักการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของแต่ละประเทศที่เข้าร่วมในภาคีอนุสัญญานั้น ซึ่งคณะกรรมาธิการระหว่างรัฐด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) ได้จัดทำคู่มือในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถนำมาปรับใช้ได้อย่างหลากหลาย เพื่อให้ประเทศในภาคีที่มีความแตกต่างกันทั้งในด้านที่มาของข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล รวมถึงความจำเพาะของข้อมูลสามารถใช้มาตรฐานเดียวกันในการคำนวณได้ วิธีการคำนวณจึงถูกพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของสมการดังนี้

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก= (Greenhouse gases)	ข้อมูลกิจกรรม x (activity data)	ค่าศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor (EF))

การหาค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) ให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่านั้น โดยการนำข้อมูลกิจกรรม (activity data) ไปคูณกับค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจก (emission factor (EF)) ซึ่งสามารถหาข้อมูลจาก Emission Factor Database จาก IPCC ได้

ซึ่งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ใช้รูปแบบของสมการดังกล่าวเป็นแนวทางการคำนวณคาร์บอนฟุตพรินท์ ดังตัวอย่างตาม**ตารางที่ 3**

ตารางที่ 3 ตัวอย่างค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor (EF))

รายการ	หน่วย	EF ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งข้อมูล	วันที่อัพเดท
พลังงานไฟฟ้า	kWh	0.5821	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2557 (2014)	Update_01January17
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.4246	Thai national database	Update_19 March 13
ปูนซีเมนต์	kg	0.49	IPCC 1996	
อิฐมวลเบา	kg	0.22	ICE Version 2	

ที่มา : ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นขององค์กร http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_11335ee08a.pdf

ตัวอย่างการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทราย การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นจะได้ผลลัพธ์ในหน่วยของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$)

ปริมาณเท่ากับ 1,000 kg

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

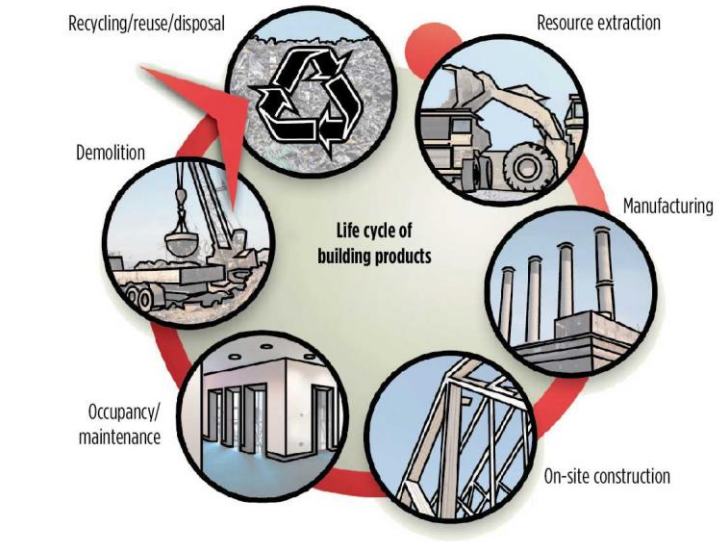
3.7 kgCO2e = 1,000 kg X 0.0037 KgCO2e/ kg

ภาพที่ 11 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

3. การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ, การผลิต, การขนส่งและการแจกจ่าย, การใช้งานผลิตภัณฑ์, การนำมาใช้ใหม่/แปรรูป และการกำจัดเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งานแล้ว โดยมีการระบุปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงปริมาณของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อหากระบวนการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด



ภาพที่ 12 การประเมินวัฏจักรชีวิต(Life Cycle Assessment, LCA)
ที่มา: http://www.sabmagazine.com/blog/2014/09/23/ceu-article/

การประเมินวัฏจักรชีวิต เป็นส่วนหนึ่งในอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 โดยมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับถูกบรรจุใน ISO 14040 เป็นการจัดการสิ่งแวดล้อม-การประเมินวัฏจักรชีวิต หลักการและกรอบการดำเนินงาน (Environmental management–Life cycle assessment–Principles and framework) เป็นหลักการพื้นฐานและขอบเขตของการประเมินผลวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ให้รายละเอียดที่ชัดเจนเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติ การนำไปใช้และข้อจำกัด

ตารางที่ 4 อนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 ที่เกี่ยวข้องกับ LCA มี ทั้งหมด 7 ฉบับ ดังนี้

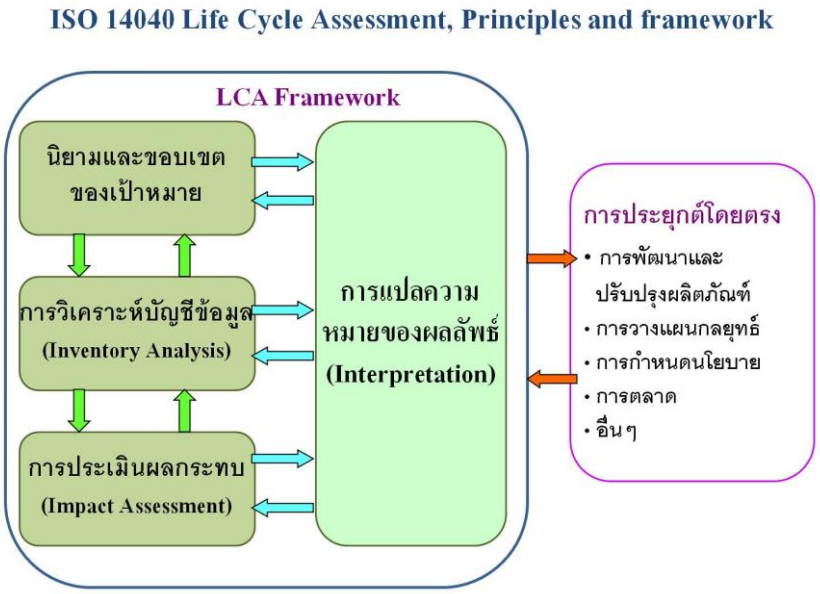
มาตรฐานเลขที่	หัวข้อ	หมายเหตุ
ISO 14040	Life cycle assessment - Principles and framework	หลักการ นิยามศัพท์ และกรอบการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
ISO 14041	Life cycle assessment - Goal and scope definition and Life cycle inventory analysis	การกำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขต การวิเคราะห์และจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์(LCI)
ISO 14042	Life cycle assessment - Life Cycle Impact Assessment (LCAI)	การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
ISO 14043	Life cycle assessment - Life Cycle Interpretation	การแปรผลข้อมูลที่ได้จากการทำ LCI และ LCIA
ISO/TR 14047	Life cycle assessment – Illustrative examples on how to apply ISO 14042 - Life cycle assessment	การแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14042 สำหรับวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
ISO/TR 14048	Life cycle assessment – LCA Data Documentation Fomat	เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างรูปแบบเอกสารของข้อมูลด้าน LCA
ISO/TR 14049	Life cycle assessment – Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis	เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14041 สำหรับจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

ที่มา : (ฝ่ายธุรการและสิ่งแวดล้อม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2546)
http://www.ebooktei.org/document/HTML/188_HBM-027.html

3.1 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA)

มีขั้นตอนหลักๆ 4 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition), การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Inventory Analysis),

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment) และการแปลผลการศึกษาและการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Interpretation)



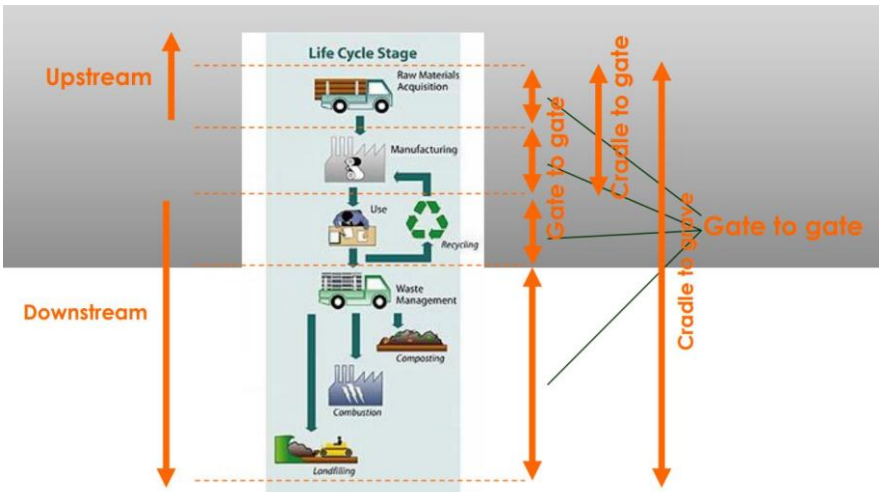
ภาพที่ 13 หลักการและกรอบการดำเนินงาน (Principles and framework) (International Standard ISO 14040, 1997)

1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

ประกอบด้วย การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Product function) หน่วยการทำงาน (Functional unit) ขอบเขตระบบ (System boundary) และระบบผลิตภัณฑ์ (Product system) ขั้นตอนนี้มีอิทธิพลโดยตรงต่อทิศทางและความละเอียดในการศึกษา จึงนับว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพราะถ้าการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตไม่ครอบคลุมดีพอจะทำให้การประเมินสารที่เข้าและสารที่ออกจากระบบ หรือประโยชน์ที่จะได้รับจากการปรับปรุงระบบนั้นทำได้ยากและไม่ตรงประเด็น

- Gate to gate: Partial LCA โดยพิจารณาเฉพาะกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งจากทั้งสายโซ่การผลิต
- Cradle to gate: การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์มาแต่จะไม่รวมขั้นตอนการใช้งานหรือกำจัดซาก ซึ่งรูปแบบนี้เป็นแบบนิยมใช้ในการทำเอกสาร environmental product declaration (EPD)

- Cradle to grave: เป็น LCA เต็มรูปแบบที่ประเมินผลกระทบตั้งแต่การ ได้มาซึ่งวัตถุดิบมาผลิตสินค้า การผลิตสินค้า การนำไปใช้งาน ตลอดจนการกำจัดซากหลังหมดอายุการใช้งาน
- Cradle to cradle: เป็นรูปแบบพิเศษของ Cradle to grave ได้แก่กรณีที่ขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการรีไซเคิล ซึ่งทำให้ได้สินค้าเดิมออกมา



ภาพที่ 14 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope)

ที่มา : http://fic.nfi.or.th/waterfootprint/images/pdf/1seminar2_assetment4.pdf

2) การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory)

เป็นการเก็บรวบรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา ขั้นตอนนี้รวมถึงการสร้างผังของระบบผลิตภัณฑ์ การคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงทรัพยากรและพลังงานที่ใช้หรือการปล่อยของเสียออกสู่อากาศ น้ำ และดิน

3) การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment)

จัดเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เทคนิคในการจัดข้อมูลด้านคุณภาพ และปริมาณเพื่อนำมาจำแนกและประเมินผลของสภาวะทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากองค์ประกอบของบัญชีรายการ การประเมินผลกระทบนั้นมีขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอนที่ต้องดำเนินการ ประกอบการจำแนกข้อมูลเข้าไปในกลุ่มของผลกระทบ(Classification) และการกำหนดบทบาท(Characterization) และขั้นตอนที่เป็นทางเลือกให้ศึกษาเพิ่มเติม เช่น การเทียบหน่วย(Normalization) และการให้น้ำหนักตามความสำคัญ(Weighting)

4) การแปลผลการศึกษาและการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Interpretation)

เป็นการนำผลการศึกษามาวิเคราะห์เพื่อสรุปผล พิจารณาข้อจำกัด การให้ข้อเสนอแนะที่มาจากผลการทำการประเมินวัฏจักรชีวิต หรือการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม และทำรายงานสรุปการแปลผลการศึกษา ให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประเมินวัฏจักรชีวิต

การวิจัยนี้เป็นการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) ด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิต เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ตรวจสอบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาคาร ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งมีตัวอย่างโปรแกรมสำเร็จรูป ดัง**ตารางที่ 5**

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการประเมินประเมินวัฏจักรชีวิต

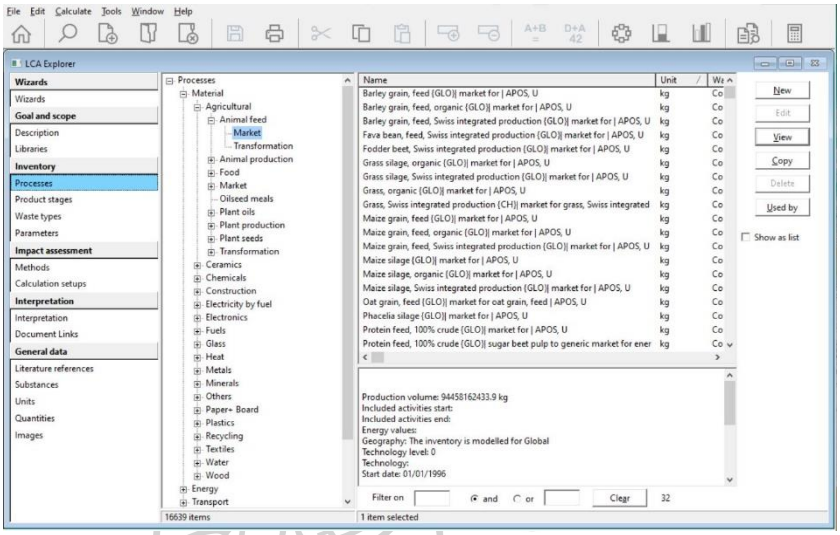
	Simapro	GABI	TEAM	Umberto
Functionality	-	++	+	++
Flexibility	O	O	+	++
database	+	+	++	-
User-friendliness	-	++	O	O
Software properties	O	O	-	-
service	O	++	++	+
cost	++	+	--	O

หมายเหตุ : -- หมายถึง แย่มาก - หมายถึง แย่
O หมายถึง ปานกลาง + หมายถึง ดี
++ หมายถึง ดีมาก

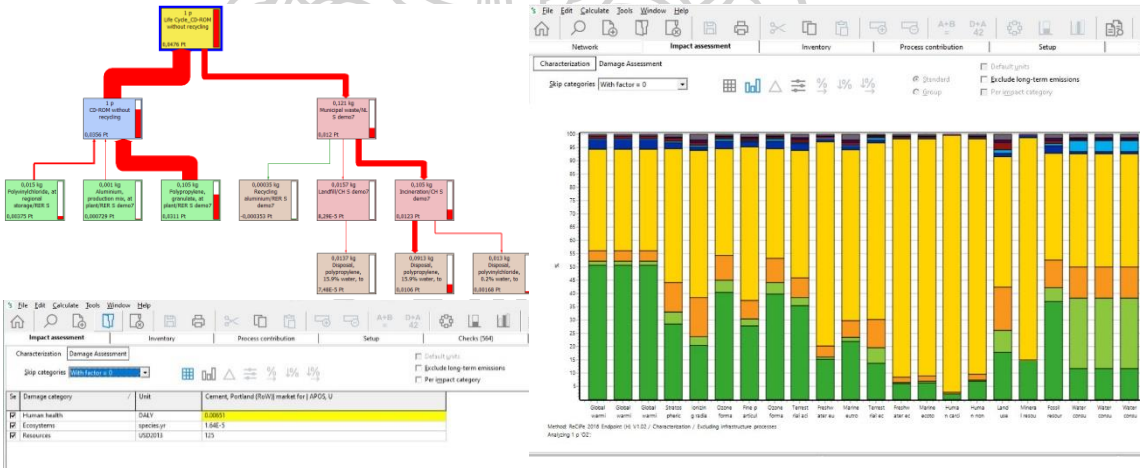
ที่มา : (ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2551)

งานวิจัยนี้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตโดยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro version 9 ของบริษัท PRé Sustainability ประกอบด้วยฐานข้อมูล ecoinvent version 3.4 โปรแกรมนี้ถูกใช้งานกันอย่างกว้างขวางทั้งภาคธุรกิจและสถาบันการศึกษามากกว่า 80 ประเทศ รวมทั้งประเทศไทย ใช้การอย่างแพร่หลายในด้านการวิจัยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ต่างๆ เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ความยืดหยุนและง่ายต่อการวิเคราะห์และเปรียบเทียบเป็นอย่างมาก เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยโปรแกรมนี้มีส่วนประกอบ 3 ส่วนหลักๆ ที่ต้องป้อนข้อมูลของผลิตภัณฑ์ คือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

การศึกษา (Goal and Scope), ข้อมูลการวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Inventory) และการเลือกวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment) ดัง**ภาพที่ 15** จึงจะสามารถแปลผลออกมาเป็นกราฟและตารางเปรียบเทียบได้ดัง**ภาพที่ 16** เพื่อวิเคราะห์ผลการศึกษาออกมานำไปสู่แนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงต่อไป



ภาพที่ 15 ภาพรวมของโปรแกรม SimaPro version 9



ภาพที่ 16 แสดงการแปลผลของโปรแกรม SimaPro version 9

4. แนวทางการออกแบบระบบกรอบอาคารประหยัดพลังงาน

ภาระการทำความเย็นของอาคารส่วนใหญ่มาจากปริมาณความร้อนที่ผ่านวัสดุกรอบอาคาร (building envelope) เข้ามาภายในอาคาร การลดปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารจึงเป็นปัจจัยหลักที่จะช่วยทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ โดยกรอบอาคารประกอบด้วยส่วนของผนังทึบแสง

(Opaque) ผนังโปร่งแสง(Transparent) หลังคาและอุปกรณ์บังแดดภายนอกของอาคาร (ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2558)

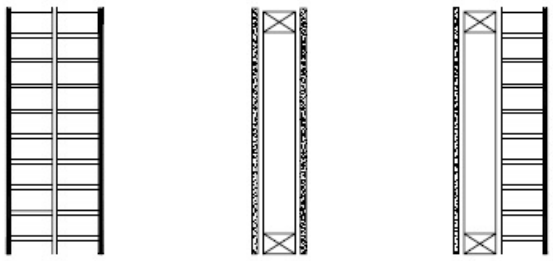
4.1 ผนังทึบแสง(Opaque)

ผนังทึบเป็นส่วนสำคัญในการช่วยให้อาคารมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน เนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่ในอาคารใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิในอาคารให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรมต่างๆ ของผู้ใช้อาคารการเลือกใช้ผนังทึบที่เหมาะสมจะเป็นส่วนสำคัญในการลดภาระการใช้พลังงานสำหรับระบบปรับอากาศภายในตัวอาคารลงได้ ซึ่งประเภทของผนังทึบแสงมี ดังนี้

1. ผนังที่เป็นมวลสาร (Mass Wall) หมายถึง ผนังที่มีมวลสารยึดติดกันทั่วทั้งผนังโดยการก่อหรือการหล่อเข้าด้วยกัน เช่น ผนังก่ออิฐ ผนังก่อคอนกรีตบล็อก ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นต้น

2. ผนังที่เป็นโครงเคร่า (Framing Wall) หมายถึง ผนังที่มีโครงเคร่าเป็นโครงสร้างของผนัง และบุวัสดุปิดผิวด้านนอกและด้านใน วัสดุที่ใช้เป็นโครงเคร่า เช่น เหล็ก เหล็กชุบสังกะสีอลูมิเนียมและไม้ เป็นต้น ส่วนวัสดุปิดผิวที่ใช้กันทั่วไปตามความเหมาะสมในการใช้งาน ได้แก่ แผ่นไม้สังเคราะห์ แผ่นยิปซั่มบอร์ด แผ่นกระเบื้องใยหิน และแผ่นไฟเบอร์บอร์ด

3. ผนังประกอบ (Composite Wall) หมายถึง ผนังที่ประกอบด้วยผนังมวลสารและผนังโครงเคร่าเข้าด้วยกัน อาจจะรวมถึงการบุด้วยฉนวนกันความร้อนชนิดต่างๆ



ภาพที่ 17 แสดงวัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ

แนวทางการออกแบบผนังทึบ

- เพิ่มความสามารถการต้านทานความร้อนให้สูง (R-value) หรือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมให้ต่ำ (U-value) ด้วยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังด้านนอกหรือใช้ผนัง 2 ชั้น ที่มีช่องว่างอากาศระหว่างชั้นเพื่อกันความร้อนจากภายนอก
- สีของผนังทึบภายนอก ควรเป็นสีโทนอ่อน เช่น สีขาว สีครีม สีโทนอ่อน เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์น้อยกว่าสีโทนเข้ม แต่ถ้าต้องการใช้สีโทนเข้มควรทาสีผนังทึบในตำแหน่งที่โดนแสงอาทิตย์น้อย หรือมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม

ภาพที่ 18 แนวทางการออกแบบผนังทึบ

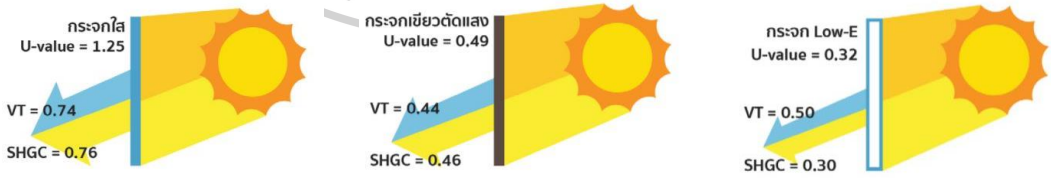
ที่มา : (ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2558)

4.2 ผนังโปร่งแสง(Transparent)

ผนังโปร่งแสงหรือกระจกเป็นส่วนประกอบหนึ่งของอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร เนื่องจากเป็นส่วนที่รับความร้อนและถ่ายเทความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่ในอาคารได้มากกว่าผนังทึบมากถึง 5 เท่า การเลือกชนิดกระจกและเทคนิคการติดตั้งจึงเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้

คุณสมบัติของกระจกที่เหมาะสม

- Visible Transmittance (VT) : ค่าการส่องผ่านของแสงไม่ควรน้อยกว่า 20% เพื่อ สามารถนำแสงธรรมชาติมาประโยชน์ในอาคารได้
- U-value : ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมควรน้อย เพื่อลดปริมาณความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อน จากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เช่น กระจกเขียวตัดแสง กระจก Low-E เป็นต้น
- Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) : SHGC คือผลรวมของรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกกับ ส่วนของรังสีที่ถูกดูดซับอยู่ภายในกระจก ซึ่งควรมีค่าน้อย เพื่อป้องกันรังสีอาทิตย์และเพื่อความสบายตาของผู้ใช้อาคาร



ภาพที่ 19 คุณสมบัติของกระจก

ที่มา : (ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2558)

4.3 หลังคา (Roof)

หลังคาอาคาร เป็นส่วนที่รองรับการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง ประเภทหลังคาที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้แก่ กระเบื้องซีเมนต์ กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องเซรามิค หลังคาแผ่นโลหะ และหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งควรมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน เพื่อทำให้ตัวอาคาร

มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีขึ้น เช่น ฉนวนใยแก้ว ฉนวนโฟม แผ่นยิปซั่มบอร์ด แผ่นสะท้อนความร้อน อลูมิเนียมฟอยล์เป็นต้น

ภาพที่ 20 การติดตั้งฉนวนกันความร้อน

ที่มา : (ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2558)

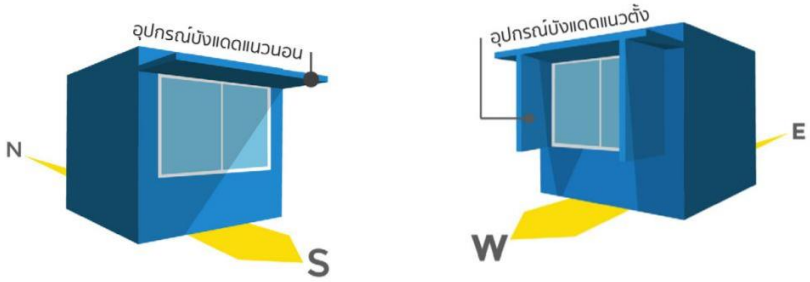
4.4 อุปกรณ์บังแดดภายนอก (Shading coefficient; SC)

อุปกรณ์บังแดดแบบภายนอกมีประสิทธิภาพ ในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร สำหรับการออกแบบอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารที่ดีควรคำนึงถึงหลายปัจจัยประกอบกัน เช่น การวางทิศทางตัวอาคาร ขนาดช่องเปิด และช่องว่างระหว่างอุปกรณ์บังแดดกับผนังอาคาร เป็นต้น

แนวทางการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอก

- อาคารด้านทิศใต้และทิศเหนือควรติดตั้งแบบแนวนอน
- อาคารด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกควรติดตั้งแบบแนวตั้ง

หมายเหตุ : การติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอก จะเป็นการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient, SC) ให้กับกระจก ทำให้สามารถลดปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ จะผ่านกระจกเข้าสู่ในอาคารได้



ภาพที่ 21 แนวทางการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอก

ที่มา : (ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2558)

5. การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร

กรอบอาคารมีลักษณะที่หลากหลายขึ้นกับการออกแบบ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกรอบอาคารยังขึ้นกับปัจจัยอื่นอีกจำนวนมาก ดังนั้น การที่จะตรวจวัดเพื่อให้ทราบปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารเหมือนระบบอื่นๆ เช่น ระบบไอน้ำ เตาอุตสาหกรรม ฯลฯ จึงเป็นสิ่งที่แทบจะเป็นไปไม่ได้ ดังนั้น ปกติเราจึงเลือกใช้วิธีการคำนวณเพื่อประเมินปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคาร รวมถึงวิเคราะห์ สมรรถนะของกรอบอาคารทดแทน วิธีการหนึ่งซึ่งเป็นที่ใช้กันมานานอย่างต่อเนื่องและเป็นที่รู้จักกันดีคือการคำนวณ OTTV และ RTTV ของกรอบอาคาร

5.1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน (OTTVi) ให้คำนวณจากสมการ ดังต่อไปนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1\text{-}WWR)(\ TD_{eq}) + (U_f\ )(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (1)$$

เมื่อ

OTTVi คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา (W/m^2)

U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ ($W/m^2.°C$)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (°C)

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งแสง/กระจก ($W/m^2.°C$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (°C)

SHGC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสงและ/หรือผนังทึบ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกโดยเฉลี่ยทั้งอาคาร (OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$) รวมกัน ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV = \frac{(A_{w1})(OTTV_1) + (A_{w2})(OTTV_2) + \ldots + (A_{wi})(OTTV_i)}{A_{w1} + A_{w2} + \ldots + A_{wi}} \quad (2)$$

เมื่อ

A_{wi} คือ พื้นที่ของผนังซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง (m^2)

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (1)

5.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) คำนวณเช่นเดียวกับค่า OTTV

5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร

ในการใช้งานโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารที่มีผู้ใช้ในประเทศไทย(ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2558) ได้แก่ VisualDOE, eQUEST, TRNSYS, Tas, Ecotect, EnergyPlus, และ Ener-Win ผลการสำรวจจากผู้ตอบแบบเก็บข้อมูลทั้ง 47 รายพบว่า โปรแกรม BEC เป็นโปรแกรมที่มีการใช้งานมากที่สุด โดยใช้เพื่อการประเมินอาคารตามกฎหมายพลังงานของไทย ใช้เพื่อการประเมินการใช้พลังงานในอาคารเพื่อขอประเมินอาคารเขียว และใช้ในการวิจัย

โปรแกรมตรวจประเมินประสิทธิภาพพลังงานในอาคาร หรือโปรแกรม Building Energy Code version 1.0.6 (BEC v.1.0.6) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบความสอดคล้องของแบบอาคาร ต่อเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ตามเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคารซึ่งจัดทำขึ้นภายใต้ พ.ร.บ. การส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน(ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ซึ่งจำเป็นจะต้องกรอกฐานข้อมูลต่างๆ ของอาคารและระบบต่างๆ ที่จำเป็นให้ครบถ้วน เพื่อที่โปรแกรมจะสามารถแสดงผลประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของอาคารและระบบต่างๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ(ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2551) ภายในเมนูหลักของโปรแกรมประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักที่ใช้สำหรับป้อนข้อมูลของอาคาร ดังนี้

ฐานข้อมูล(Database) ข้อมูลรายละเอียดวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ

–วัสดุกรอบอาคาร (ผนังทึบ, ผนังกระจก, หลังคา)

–ส่วนของผนังอาคาร

–อุปกรณ์ของระบบอาคาร (ไฟฟ้าแสงสว่าง, ปรับอากาศ, โซล่าเซลล์, น้ำร้อน และอื่นๆ)

แบบจำลองอาคาร(Building Model) อธิบายรายละเอียดของเขตพื้นที่ภายใน

–การสร้างแบบจำลองอาคาร (โซน)

–การป้อนข้อมูลอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับอาคาร

รายงานผลวิเคราะห์ (Report) การแสดงผลการประเมินการใช้พลังงานของอาคาร เปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง

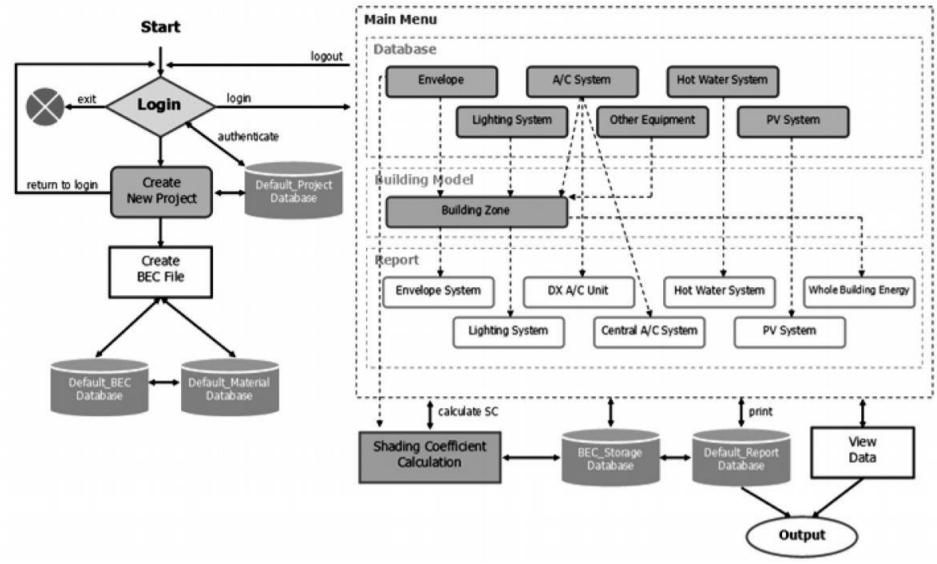
–กรอบอาคาร

–ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

–ระบบปรับอากาศ และอื่นๆ

-สมรรถนะด้านพลังงานและผลการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของทั้งอาคาร

ภาพที่ 22 หน้าหลักของโปรแกรม Building Energy Code version 1.0.6 (BEC v.1.0.6)



ภาพที่ 23 โครงสร้างหลักของโปรแกรม

ที่มา : (ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

ซึ่งการศึกษานี้ใช้เพื่อประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร เท่านั้นเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของระบบกรอบอาคาร

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2551) ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตเปรียบเทียบระหว่างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตในประเทศไทย ในอาคารบ้านพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว พื้นที่ใช้สอย 200 ตารางเมตร ตั้งอยู่ในเขต กทม. โดยทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตั้งแต่การผลิตวัสดุ, การก่อสร้าง, การใช้งาน, การปรับปรุง และไปจนถึงการรื้อถอนทำลายอาคาร (Candle to grave). มีอายุการใช้งานอาคาร 50 ปี ในระหว่างการใช้งานมีการปรับปรุงอาคาร 1 ครั้ง ซึ่งผู้วิจัยประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro 7 ด้วยวิธี Ecoindicator 99 ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบขั้นปลาย(End-point impact) พบว่าอาคารไม้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด แต่ในประเทศไทยเป็นโครงสร้างที่มีราคาแพงและมีการจัดการที่ไม่ดีพอ ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาคารพักอาศัยโครงสร้างคอนกรีตและโครงสร้างเหล็ก ซึ่งในปัจจุบันมีความนิยมมากกว่าโครงสร้างไม้ พบว่า โครงสร้างเหล็กเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าโครงสร้างคอนกรีตเล็กน้อย เนื่องจากโครงสร้างเหล็กสามารถลดปริมาณการใช้ซีเมนต์ ทราย หินและน้ำลงไปได้ 10% และช่วงการใช้งานอาคารจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด จึงควรเน้นการออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานในช่วงใช้งาน

(ณัฐกานต์ สมตัว, 2553)ได้ทำการศึกษาการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารที่พักอาศัยโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยทำการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ 4 ภาค จากการรวบรวมข้อมูลจากบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง (BOQ) ในขั้นตอนการก่อสร้าง การใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของบ้านพักอาศัย การใช้พลังงานในการซ่อมแซมบำรุงรักษาตลอดจนพลังงานที่ใช้และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการรื้อถอน(Candle to grave) โดยการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมนั้นได้ใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 อาศัยวิธี Eco-indicator 99 และวิธี BEES และโปรแกรม BEES 4.0 ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบ้านพักอาศัย ผลจากการตรวจสอบพบว่าฐานข้อมูลวัสดุก่อสร้างยังขาดแคลนอยู่อีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งการประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 เป็นวิธีการประเมินได้ง่าย รวดเร็ว สามารถสร้างขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ สำหรับวิธี BEES 4.0 เป็นวิธีที่สามารถเปรียบเทียบวัสดุที่แตกต่างกันและสามารถประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจได้ จากการประเมินพบว่า บ้านภาคกลางกรณีศึกษามีแนวโน้มความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าบ้านภาคอื่นๆ

(สุดตาภา ใจแสน, 2555)ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร โดยการศึกษาขั้นตอนต่างๆ ของการใช้พลังงาน รวมถึงวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร ในอาคารกรณีศึกษาที่ใช้เป็นอาคารอ้างอิงในการวิจัยคือ บ้านพักอาศัย ขนาดพื้นที่ใช้สอย 264 ตารางเมตร และอาคารสำนักงาน ขนาดพื้นที่ใช้สอย 11,375 ตารางเมตร ด้วยการสอบถามผู้รับเหมา

รื้อถอนอาคาร ถึงวิธีการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ ซึ่งผู้วิจัยประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro 7.3.3 ใช้วิธีการคำนวณก๊าซเรือนกระจกในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent, CO_2eq) พบว่า ขั้นตอนการรื้อถอนและการทำลายบ้านพักอาศัยมีการปล่อยคาร์บอนเพียงร้อยละ 0.60 ของการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตอาคาร และขั้นตอนการรื้อถอนและการทำลายอาคารสำนักงานมีการปล่อยคาร์บอนเพียงร้อยละ 0.12 ของการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตอาคาร ซึ่งแนวทางในการลดการปล่อยคาร์บอนควรคำนึงถึงแนวทางการเลือกใช้วิธีการและเครื่องมือในการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคารที่รวมถึงการจัดการเศษวัสดุที่ได้อาคารที่มีประสิทธิภาพ และการออกแบบอาคารที่เป็นมิตร. กับสิ่งแวดล้อมโดยการเลือกใช้วัสดุที่สามารถนากลับมาใช้ซ้ำได้ เช่น ไม้ จะสามารถลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนได้เช่นเดียวกัน

(วณิชญา ถนอมพลกรัง, 2557)ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเปรียบเทียบระหว่างการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์กับระบบไฟฟ้าโครงข่าย โดยทำการประเมินสิ่งแวดล้อมประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นแรกการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา(Goal and Scope definition) เริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตวัสดุก่อสร้าง การขนส่งวัสดุก่อสร้าง ไปจนถึงการใช้งานอาคารโดยใช้ไฟฟ้า(Cradle to Gate) ไม่ได้ครอบคลุมถึงการทำลาย ขั้นที่สอง การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life cycle inventory analysis: LCI) ขั้นที่สาม การประเมินผลกระทบ (Life cycle impact assessment: LCIA) และขั้นสุดท้ายการแปรผลการศึกษา (Life Cycle interpretation) ของอาคารโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลตามแบบมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขเลขที่ 8170/36 ขนาด 150 ตารางเมตร จำนวน 1 หลัง ตั้งอยู่ในตำบลท้องนายปาน อำเภอเกาะพะงัน ระยะเวลาการใช้งาน 20 ปี โดยผู้วิจัยทำการสำรวจอาคาร สำรวจการใช้ไฟฟ้าและใช้โปรแกรม SimaPro 8.01 ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม และการประเมินผลกระทบใช้การประเมินผลโดยวิธีการ Impact 2002+ ผู้วิจัยทำการศึกษาผลกระทบจากองค์ประกอบหลักของอาคารทั้งหมดพบว่า โครงสร้างอาคารมีผลกระทบมากที่สุด ซึ่งคอนกรีตส่งผลกระทบสิ่งแวดมากที่สุดของโครงสร้าง และเมื่อประเมินผลกระทบจากระบบของไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร พบว่า ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ส่งผลกระทบมากกว่าระบบโครงข่ายในด้านสุขภาพมนุษย์และระบบนิเวศน์ และเซลล์แสงอาทิตย์ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าระบบโครงข่ายในด้าน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และทรัพยากรธรรมชาติ และเมื่อมีการวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าการใช้แบตเตอรี่สำรองไฟฟ้าเดิมที่มีจำนวนมากจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และระบบนิเวศน์สูง ซึ่งเกิดจากส่วนประกอบของแบตเตอรี่เป็นหลัก เมื่อลดปริมาณแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งานไฟฟ้าในอาคารจะเห็นได้ว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลง

(อัจฉรียา ชัยยะสมุทร, 2551)ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุผนังทึบในอาคารบ้านพักอาศัย เพื่อเสนอแนวทางการใช้งานวัสดุผนังทึบของอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 98.64 ตารางเมตร โดยทำการรวบรวมข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดจากปริมาณการใช้พลังงานของวัฏจักรชีวิต 5 ขั้นตอนของวัสดุผนังทึบ ได้แก่ (1) การได้มาของวัตถุดิบ (2) การผลิตวัสดุ (3) การก่อสร้างอาคาร (4) การใช้งานอาคาร และ(5) การรื้อถอนอาคาร วัสดุผนังทึบที่ใช้ในการทดลองมี 5 ชนิด ได้แก่ ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน, ผนังซีเมนต์บล็อกฉาบปูน, ผนังคอนกรีตมวลเบา, ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต, และผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก ประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro 7.0 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น พบว่าผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด ในขั้นตอนการก่อสร้างอาคาร และขั้นตอนการใช้งานอาคาร และนำมาเปรียบเทียบเป็นพื้นที่ป่าปลูกเทียบเท่าทดแทนพบว่า ผนังโฟมคอนกรีตบล็อกและผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก มีปริมาณพื้นที่ป่าปลูกเทียบเท่าทดแทนน้อยที่สุด จึงสรุปได้ว่าวัสดุผนังทึบที่เหมาะสมในการนำมาใช้ออกแบบและก่อสร้างบ้านพักอาศัยมากที่สุด คือ ผนังโฟมคอนกรีตบล็อกและผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก เพราะช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

(กมลทิพย์ อรัญศิริ, 2553) ได้ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุและกระบวนการก่อสร้าง ด้วยวิธีการก่ออิฐ, วิธีก่อสร้างด้วยคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast construction) และการประกอบชิ้นส่วน (Knockdown) โดยการศึกษามีขอบเขตสองส่วน คือ ส่วนแรกพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตวัสดุก่อนนำเข้าสู่กระบวนการก่อสร้าง (Cradle to Gate) และส่วนที่สองพิจารณาเฉพาะกระบวนการก่อสร้าง (Gate to Gate) รวมไปถึงการวิเคราะห์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) ของ 3 วิธี ด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 ในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า นอกจากนี้ยังมีการศึกษาวัสดุผนังที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.0 ผลการศึกษาพบว่า วัสดุก่อสร้างที่ใช้ก่อสร้างจากกระบวนการก่อสร้างบ้านด้วยอิฐ, บ้านก่อสร้างด้วยคอนกรีตสำเร็จรูปและบ้านประกอบชิ้นส่วนนั้น ปริมาณก๊าซเรือนกระจกมีค่า 187 ± 5.08 $kgCO_2eq./m^2$, 110 ± 0.65 $kgCO_2eq./m^2$ และ 25 ± 4.19 $kgCO_2eq./m^2$ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาสัดส่วนก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุและกระบวนการการก่อสร้างบ้านก่ออิฐมีค่า 97% และ 3% บ้านก่อสร้างด้วยคอนกรีตสำเร็จรูปมีค่า 99% และ 1% และบ้านประกอบชิ้นส่วนมีค่า 86% และ 14%

(รณิดา ปานทอง, 2557) ได้ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้งานพลังงานในอาคารประเภทอาคารชุดพักอาศัย ในช่วงการก่อสร้างและพักอาศัยในประเทศไทย ที่สร้างด้วยวิธีและวัสดุที่แตกต่างกัน โดยทำการศึกษา 2 ขอบเขตคือ ขอบเขตแรกมีการพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือน

กระจกจากการผลิตวัสดุก่อสร้าง(Cradle to Gate) คำนวณโดยใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro 7.1 ขอบเขตที่สองมีการพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ใช้สอยเฉพาะกระบวนการก่อสร้าง (Gate to Gate) ในส่วนของการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิง อ้างอิงจากแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และนอกจากนี้ยังเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าและคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงอยู่อาศัย(Use Phase) ด้วยโปรแกรม EnergyPlus ผลการศึกษาพบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากวัสดุและกระบวนการก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัยที่มีวัสดุหลักเป็นแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป คอนกรีตมวลเบาและอิฐมอญ มีค่า 309.69 $\pm$ 20.08 $kgCO_2e/m^2$, 286.40 $\pm$ 16.09 $kgCO_2e/m^2$ และ 186.49 $\pm$ 26.91 $kgCO_2e/m^2$ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาร้อยละการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุและกระบวนการก่อสร้างพบว่า มากกว่าร้อยละ 95 มาจากส่วนของวัสดุก่อสร้าง และร้อยละ 5 มาจากส่วนกระบวนการก่อสร้าง

(ณัฏฐ์วิภา รุ่งเรืองธนาผล, 2559) ได้ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุและการใช้งานของอาคารพักอาศัยต้นแบบในโครงการบ้านประชารัฐ การเคหะแห่งชาติ ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลในการสำรวจและการศึกษารูปแบบการใช้พลังงานในโครงการบ้านเอื้ออาทรบึงกุ่ม พหลโยธิน 52 และหัวหมาก ใช้วิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากคู่มือ IPCC (2006) และหาค่าการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นประมวลผลด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.0 เพื่อสรุปทางเลือกในการปรับปรุงที่ดีที่สุด ผลการศึกษาพบว่า การปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคาร มีผลต่อการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคาร ซึ่งการปรับเปลี่ยนวัสดุนี้ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของอาคารอีกด้วย

(Kofoworola & Gheewala, 2008)Environmental life cycle assessment of a comm.ercial office building in Thailand ได้ทำการศึกษาวัฏจักรชีวิตของอาคารสำนักงานเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย ซึ่งอาคารสำนักงานในประเทศไทยมีลักษณะโครงสร้าง กรอบอาคารที่คล้ายกัน และใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายทุกอาคาร ดังนั้นผลการศึกษากรณีศึกษาเป็นกรณีศึกษาเฉพาะอาคารสำนักงานพาณิชย์ในประเทศไทย ซึ่งกรณีศึกษาเป็นอาคารสูง 38 ชั้น ขนาดพื้นที่ใช้สอย 60,000 ตารางเมตร ตั้งอยู่ในจุดศูนย์กลางธุรกิจของกรุงเทพฯ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมสารขาเข้า สารขาออก ที่เกี่ยวข้องตามมาตรฐานอนุกรมของ ISO 14040 การศึกษาครอบคลุมวัฏจักรชีวิตทั้งหมดตั้งแต่ การผลิตวัสดุ การก่อสร้าง การใช้งาน การปรับปรุงจนถึงการทำลายอาคาร(Candle to grave) ข้อมูลแต่ละรายการถูกจำลองใน LCA model และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับแต่ละขั้นตอนคำนวณ ผู้วิจัยประเมินสามผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential), ทำให้เกิดภาวะเกิดกรด (Acidification potential) และการทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโต้ออกซิเดชั่น (Photo-oxidant formation potential) ในระยะการใช้งานอาคาร 50 ปี พบว่าช่วงการใช้งานอาคารส่งผลต่อกระทบ

ต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเพราะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วนวัสดุพบว่าเหล็กเสริมและคอนกรีตเป็นวัสดุที่สำคัญในแง่ปริมาณและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในส่วนของขั้นตอนการผลิตวัสดุ ซึ่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมวัฏจักรชีวิตของอาคารสำนักงานก็คือช่วงการใช้งานอาคารมากที่สุด ดังนั้นสามารถลดผลกระทบได้ด้วยการลดใช้พลังงานช่วงการใช้งานอาคาร

(Thiel et al., 2013)A Materials Life Cycle Assessment of a Net-Zero Energy Building ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านวัสดุของอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ในศูนย์ภูมิทัศน์ยั่งยืน(The Center for Sustainable Landscapes) อาคารสูง 3 ชั้น ขนาดพื้นที่ใช้สอย 2,262 ตารางเมตร สำหรับการศึกษา วิจัยและเป็นสำนักงาน ตั้งอยู่ใน เมืองพิตส์เบิร์ก รัฐเพนซิลเวเนีย สหรัฐอเมริกา ผู้วิจัยศึกษารวมไปถึงการได้มาของวัตถุดิบ การแปรรูปและการผลิตวัสดุที่ใช้ในอาคาร, การขนส่งวัสดุก่อสร้างไปยังสถานที่ก่อสร้าง และขยะจากการก่อสร้าง(Cradle-to-Gate) ซึ่งวัสดุก่อสร้างมีความสำคัญมากเนื่องจากเป็นผลกระทบเกี่ยวข้องกับช่วงการใช้งานของอาคารทำให้พลังงานลดลง ผู้วิจัยประเมินพลังงานสะสมรวมของวัสดุด้วยวิธี Cumulative Energy Demand (CED) และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วย TRACI 2 v3.01 พบว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มากที่สุด มาจากการผลิตของวัสดุก่อสร้าง คือ คอนกรีต, เหล็กโครงสร้าง, แผงโซล่าเซลล์, อินเวอร์เตอร์ และกรวด ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนขึ้น 10% และเกือบเทียบเท่าพลังงานสะสมรวมต่อตารางฟุตเมื่อเทียบกับอาคารพาณิชย์มาตรฐาน ส่วนใหญ่เกิดจาก ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของอาคาร ในฐานะที่เป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในช่วงการใช้งานคาดกว่าจะต่ำกว่ามากเมื่อเทียบอาคารมาตรฐานทั่วไป ซึ่งการศึกษานี้ในอนาคตจะศึกษารวมทั้งขั้นตอนการก่อสร้างและใช้งานของอาคารหลังนี้ เพื่อให้ครอบคลุมถึงวัฏจักรชีวิตมากยิ่งขึ้น

(Paleari, Lavagna, & Campioli, 2013) Life Cycle Assessment and Zero Energy Residential Buildings ได้ทำการศึกษาวิจัยโดยมีเป้าหมายเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาผลกระทบโดยรวมที่เกิดขึ้นทั้งหมดของวัฏจักรชีวิตของอาคารที่อยู่อาศัยพลังงานสุทธิเกือบเป็นศูนย์ *(nZEB)* โดยมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 7,000 ตร.ม. ตั้งอยู่ในเมืองมิลาโน ภาคเหนือของประเทศอิตาลี เป็นอาคารที่จะถูกสร้างขึ้นในอีกไม่กี่ปีข้างหน้าเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบาย n. 2010/31/EU. เพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากสิ่งปลูกสร้าง ผู้วิจัยทำการประเมินสิ่งแวดล้อม LCA ตามมาตรฐาน ISO 14040, ISO 14044, EN 15643 และ EN 15978 จัดการข้อมูลเชิงปริมาณทั้งหมดผ่าน Excel ประเมินสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม SimaPro 7.3.2. ฐานข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมใน Ecoinvent คำนึงถึงขั้นตอนทั้งหมดของวัฏจักรชีวิตของอาคารเป็นระยะเวลา 100 ปี พบว่าช่วงระยะก่อนการใช้งาน(การผลิตวัสดุ, การขนส่ง และการก่อสร้าง) คิดเป็น 56% ของผลกระทบทั้งหมด และช่วงระยะการใช้งาน (การใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร) คิดเป็น 41% ยิ่งไปกว่านั้นผลกระทบในช่วง

การใช้งานของอาคารถูกจำกัดไว้ที่ 31% ของทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ขั้นตอนในช่วงการใช้งานอาคารนั้นประมาณ 1 ใน 3 ของผลกระทบ

(Tumminia et al., 2017) Life cycle energy performances of a Net Zero Energy prefabricated building in Sicily เป็นการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตสมรรถนะพลังงานของอาคารระบบ Prefab พื้นที่ใช้สอย 45 ตารางเมตร ภายในมี 2 ห้อง และผู้ใช้สอย 3 คน ตั้งอยู่ในเมสซีนา (อิตาลี) ที่สภาวิจัยแห่งชาติ ผู้วิจัยจำลองอาคารโดยโปรแกรม energy plus นำเสนอผลการประเมินสมรรถนะด้านพลังงานในมุมมองของวัฏจักรชีวิต ตามมาตรฐาน ISO 14040 และการควบคุม UNIEN 15978 ขอบเขตตั้งแต่ขั้นตอนผลิตภัณฑ์ไปจนถึงขั้นตอนสิ้นอายุการใช้งาน

การใช้พลังงานหลักตลอดวงจรชีวิตของอาคารคือ 1,242 GJ ขั้นตอนการผลิตวัสดุใช้พลังงานหลักมากที่สุด (680 GJ) ตามด้วยขั้นตอนการใช้ (484 GJ) ในขณะที่การก่อสร้างและอายุการใช้งานสิ้นสุดลงตามลำดับ 1.7% และ 4.6% ของพลังงานหลักทั้งหมด การศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีความบรรลุถึงเป้าหมาย Net Zero ซึ่งการบูรณาการวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตในทางเลือกในการออกแบบมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสนับสนุนการพัฒนาอาคารที่ยั่งยืน

จากการทบทวนวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคารและการประเมินชีวิตของอาคาร ยังไม่มีวิจัยใดทำการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดกรอบอาคารที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำในอาคาร (Building energy code, BEC) ซึ่งจะใช้เป็นกฎหมายอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทย

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษานี้มุ่งเน้นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบกรอบอาคาร โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน(BEC) ของอาคารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ตามแบบมาตรฐานกรมอาชีวะศึกษา โดยผู้วิจัยมีขอบเขตการศึกษา คือ Cradle to gate ซึ่งพิจารณาตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมการก่อสร้างอาคาร ด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ตรวจสอบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาคาร ในการวิจัยนี้ใช้โปรแกรม SimaPro โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคาร เพื่อให้สถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. รายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัย

1.1 ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารสถานศึกษาสังกัด สอศ. จากแบบมาตรฐาน ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมกระบวนการก่อสร้างอาคาร โดยการเก็บข้อมูล ชนิดและปริมาณการใช้วัสดุกรอบอาคารจากแบบอาคารศูนย์วิทยบริการพร้อมครุภัณฑ์ แบบมาตรฐานเลขที่ 55A01/55

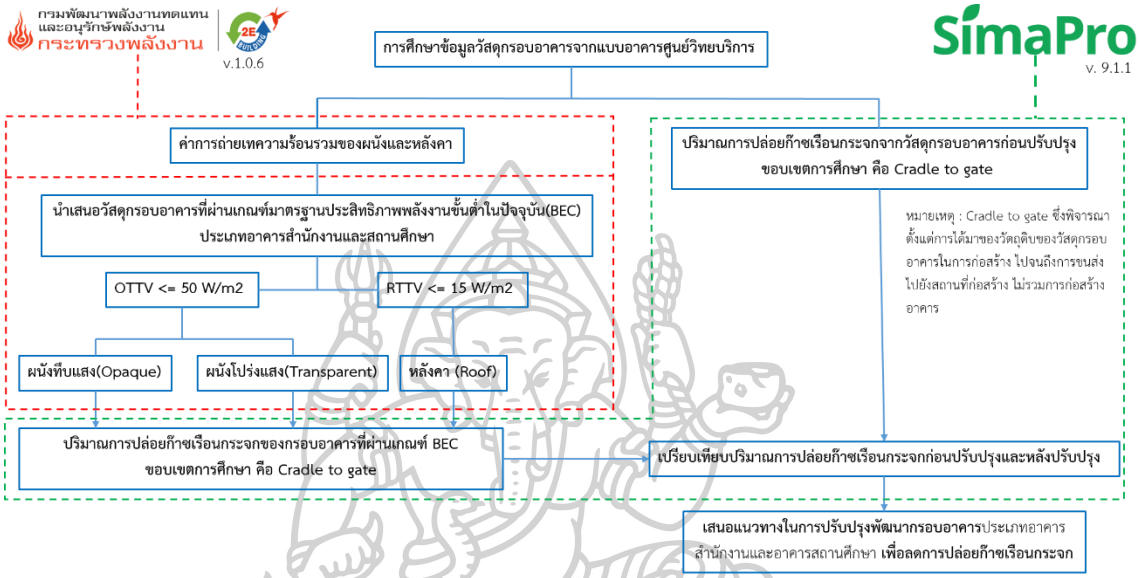
1.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษา (เกณฑ์ BEC) กับวัสดุกรอบอาคารที่มีในแบบมาตรฐาน ของอาคารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)

1.2.1 โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน(BEC) ประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา คือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) ไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. และจะต้องการทำการพิจารณาคือ

1.2.2 เลือกชนิดวัสดุของกรอบอาคาร ที่มีคุณสมบัติในการลดปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารประกอบด้วยส่วนของผนังทึบแสง (Opaque) ผนังโปร่งแสง (Transparent) และหลังคาของอาคาร โดยใช้ฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม BEC v.1.0.6

1.2.3 ไม่ปรับเปลี่ยนรูปแบบของอาคาร ทั้งในส่วนพื้นที่ใช้สอย สีของอาคาร พื้นที่วัสดุกรอบอาคาร และกำหนดให้ด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศเหนือ

1.3 เสนอแนวทางในการปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



ภาพที่ 24 รายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัย

2. การศึกษาข้อมูลอาคารกรณีศึกษา

2.1 ลักษณะของอาคาร

การศึกษานี้ได้เลือกอาคารกรณีศึกษา เป็นอาคารศูนย์วิทยบริการพร้อมครุภัณฑ์ แบบมาตรฐานเลขที่ 55A01/55 ขนาดพื้นที่ไม่ต่ำกว่า 1,088 ตร.ม. ของวิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ ขนาดพื้นที่ก่อสร้างอาคาร ไม่น้อยกว่า 27x33 เมตร อาคารมีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสูง 2 ชั้น โครงสร้างหลักเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังก่อด้วยอิฐมอญ ประตูและหน้าต่างเป็นกระจกใส หลังคาเหล็กแผ่นซุปซิงค์รูปทรงมนิลา (Gable Hip Roof) การหันด้านกว้างไปทางทิศเหนือ/ใต้ ซึ่งเป็นส่วนด้านหน้าและด้านหลังอาคาร ส่วนด้านแคบของอาคารหันไปทางทิศตะวันออก/ตะวันตก นอกจากนี้อาคารถูกออกแบบให้มีการบังแดดด้วยกันสาดรอบอาคารที่ยื่นออกมาจากโครงสร้างอาคารชั้นบนช่วยบังแดดให้กับตัวอาคารชั้นล่าง

ภาพที่ 25 อาคารศูนย์วิทยบริการ

(ถ่ายโดยผู้วิจัย ณ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ ถ่ายเมื่อ 16 มิถุนายน 2561)

แสดงลักษณะภายนอกทางด้านหน้า ด้านข้างและด้านหลังของอาคารศูนย์วิทยบริการ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ ดัง**ภาพที่ 26**

ด้านหน้าหันไปทางทิศเหนือ

ด้านข้างหันไปทางทิศตะวันออก

ด้านหลังหันไปทางทิศใต้

ด้านข้างหันไปทางทิศตะวันตก

ภาพที่ 26 ลักษณะภายนอกอาคารศูนย์วิทยบริการ

2.2 การใช้สอยพื้นที่ของอาคาร

อาคารถูกใช้งานในลักษณะของประเภทอาคารสถานศึกษา โดยแต่ละชั้นประกอบด้วย 2 ชั้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ชั้นล่าง

-ห้องบรรณารักษ์

-ห้องคอมพิวเตอร์และหนังสืออ้างอิง

-พื้นที่อ่านหนังสือ

-ห้องน้ำ-ส้วม

ชั้นบน

-ห้องสมุดเสียงและภาพ

2.3 ข้อมูลวัสดุของกรอบอาคาร

อาคารศูนย์วิทยบริการ มีโครงสร้างหลักเป็นแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก และกรอบอาคารมีรายละเอียดวัสดุดัง**ตารางที่ 6**

ตารางที่ 6 รายละเอียดวัสดุของกรอบอาคาร

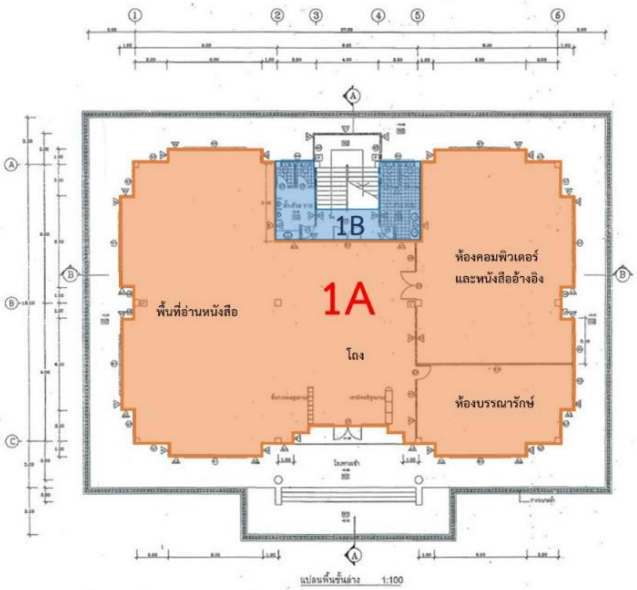
ส่วนประกอบกรอบอาคาร	**รายละเอียดวัสดุ**
ผนังทึบ	อิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ ทาสีขาว
	เสา ค.ส.ล. ขนาด 0.4 x 0.4 ม.
	คาน ค.ส.ล. หนาตัดขนาด 0.7 x 0.3 ม.
ผนังโปร่งแสง	กระจกใส หนา 5 มม.
หลังคาและฝ้า	- เหล็กแผ่นชุปซิงค์ เคลือบสีซุปเปอร์โพลีเอสเตอร์เรซิ่น ปั๊มขึ้นรูปลอนโมเนีย มีแป้นในตัว หนารวมชั้นเคลือบสี 0.57 มม. ยาว 6 ม./แผ่น
	- ติดตั้งฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m^3 ความหนา 15 ม.ม.
	- ฝ้ายิปซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม . ชนิดมีฟอยล์กันความร้อน
กันสาดชั้น 2	กันสาด ค.ส.ล.

3. การประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารก่อนการปรับปรุง

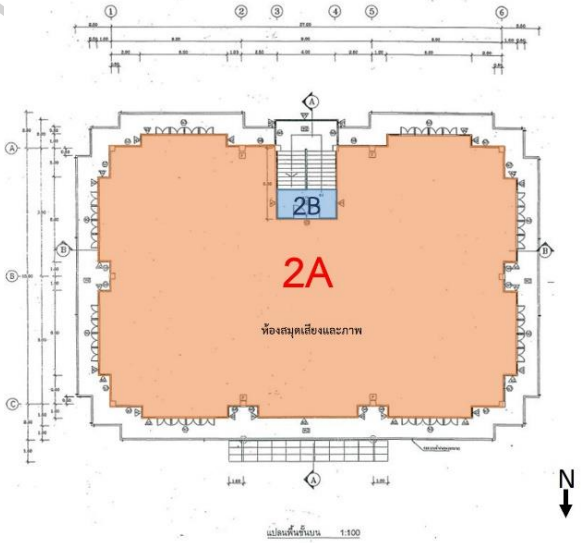
การประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารด้วยโปรแกรม BEC

3.1 การกำหนดโซนพื้นที่ใช้งานอาคารศูนย์วิทยบริการ

อาคารศูนย์วิทยบริการ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ เป็นอาคารสูง 2 ชั้น มีความสูงระหว่างพื้นชั้นล่าง ถึง พื้นชั้นบน (Floor-to-Floor) 3.70 ม. และพื้นชั้นบน ถึงหลังอะเสสูง 3.50 ม. จาก**ตารางที่ 7** การใช้พื้นที่ใช้สอยรวม 1,030.28 ตร.ม. ผังอาคารถูกแบ่งเป็น 2 โซนดัง**ภาพที่ 27** และ**ภาพที่ 28** คือ โซน A เป็นพื้นที่ปรับอากาศ มีขนาดพื้นที่ 989.86 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 96.08 และโซน B เป็นพื้นที่ไม่มีการปรับอากาศ มีขนาดพื้นที่ 40.42 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 3.92



ภาพที่ 27 แสดงผังอาคารและการกำหนดโซนพื้นที่ชั้นล่าง



ภาพที่ 28 แสดงผังอาคารและการกำหนดโซนพื้นที่ชั้นบน

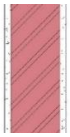
ตารางที่ 7 แสดงการจัดโซนพื้นที่อาคารศูนย์วิทยบริการ

ชั้นที่	โซน A (พื้นที่ปรับอากาศ)		โซน B (พื้นที่ไม่ปรับอากาศ)	
	การใช้สอย	พื้นที่(ตร.ม.)	การใช้สอย	พื้นที่ (ตร.ม.)
1 (บน)	โซน 1A	474.82	โซน 1B	32.42
	รายละเอียดโซน		รายละเอียดโซน	
	ห้องบรรณารักษ์	53.20	ห้องน้ำ-ส้วม	22.62
	ห้องคอมพิวเตอร์และหนังสืออ้างอิง	129.76	โถงบันได	9.80
	พื้นที่อ่านหนังสือ โถง	291.86		
2 (ล่าง)	โซน 2A	515.04	โซน 2B	8.00
	รายละเอียดโซน		รายละเอียดโซน	
	ห้องสมุดเสียงและภาพ	515.04	โถงบันได	8.00
รวมพื้นที่ใช้สอยรวม 1,030.28 ตร.ม.				

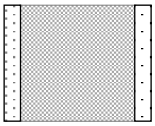
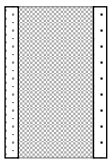
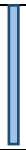
3.2 ส่วนประกอบของผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และหลังคา(Component of Section)

จากแบบก่อสร้างของอาคารศูนย์วิทยบริการ กรอบอาคารประกอบด้วยผนังทึบ, ผนังโปร่งแสง และหลังคาทั้งหมด 5 แบบ โดยผู้วิจัยกำหนดรหัสของผนังทึบ คือ O1, O2 และ O3 ในส่วนของผนังโปร่งแสง คือ T1 และส่วนหลังคา คือ R1 ซึ่งส่วนประกอบของผนัง (Component of Section) แต่ละแบบประกอบด้วยวัสดุ (Material) หลายชนิดเรียงซ้อนกันหรือมีเพียงชนิดเดียว และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (ค่า U-value) ของผนังทึบ, ผนังโปร่งแสง และหลังคา ดังรายละเอียดใน**ตารางที่ 8**

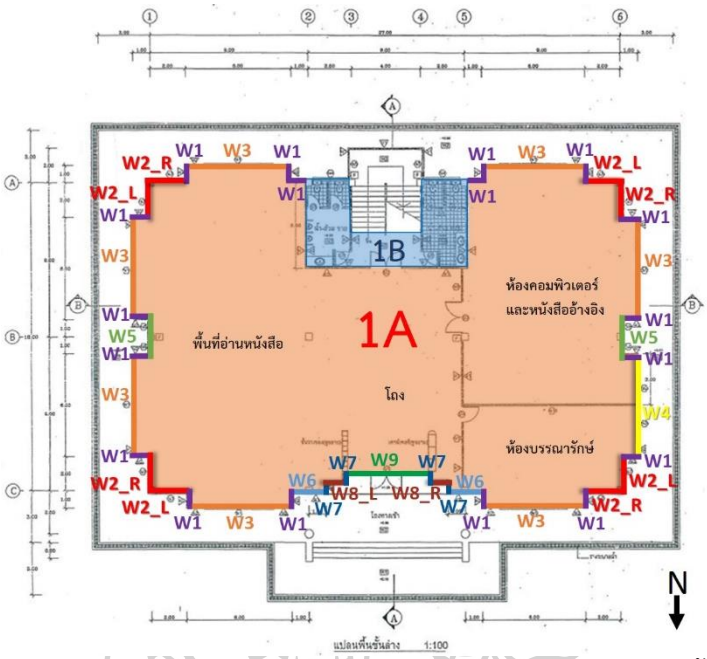
ตารางที่ 8 รายละเอียดส่วนประกอบของผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และหลังคา(Component of Section)

รหัสกรอบอาคาร	รูปตัดส่วนประกอบกรอบอาคาร	ลำดับชั้นของวัสดุ(Material)	ความหนา (ม.)	ค่า U-value ($W/m^2.°C$)
O1		- ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย) - อิฐมอญ - ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.015 0.065 0.015	2.967

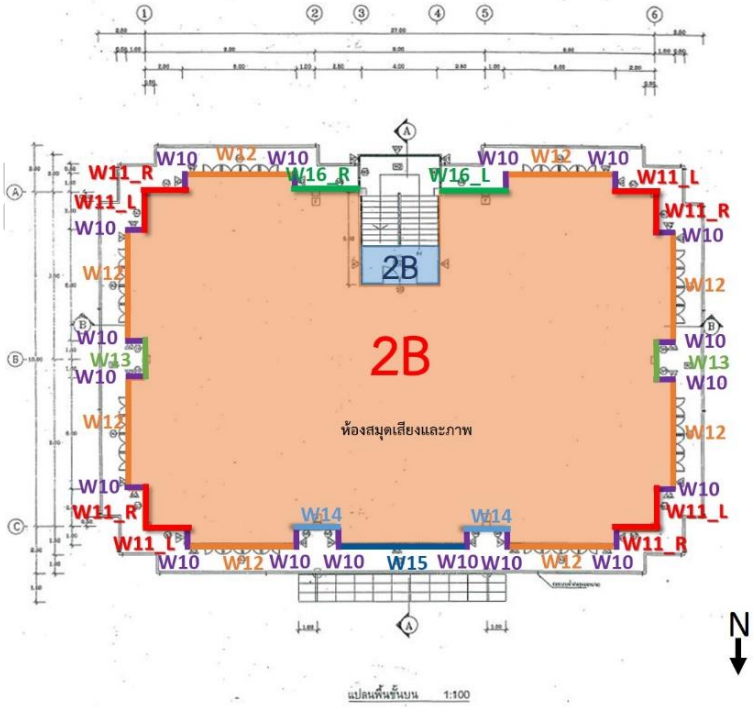
ตารางที่ 8 รายละเอียดส่วนประกอบของผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และหลังคา(Component of Section) (ต่อ)

รหัสกรอบอาคาร	รูปตัดส่วนประกอบกรอบอาคาร	ลำดับชั้นของวัสดุ(Material)	ความหนา (ม.)	ค่า U-value ($W/m^2.°C$)
O2		- ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย) - คอนกรีต - ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.02 0.40 0.02	2.012
O3		- ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย) - คอนกรีต - ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.02 0.30 0.02	2.336
T1		- กระจกใส 5 มม.	0.005	5.77
R1		- เหล็กแผ่นชุปซิงค์ - ระยะฝ้ากับหลังคาสูง 5.40 ม. - ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 32 Kg/m3 - แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.00057 5.40 0.015 0.009	0.486

3.3 รายละเอียดส่วนของผนัง (Section of Wall)



ภาพที่ 29 แสดงผังอาคารและการกำหนดรูปแบบส่วนของผนังของชั้นล่าง



ภาพที่ 30 แสดงผังอาคารและรูปแบบส่วนของผนังของชั้นบน

ตารางที่ 9 รายละเอียดส่วนของผนังอาคารศูนย์วิทยบริการของชั้นล่าง

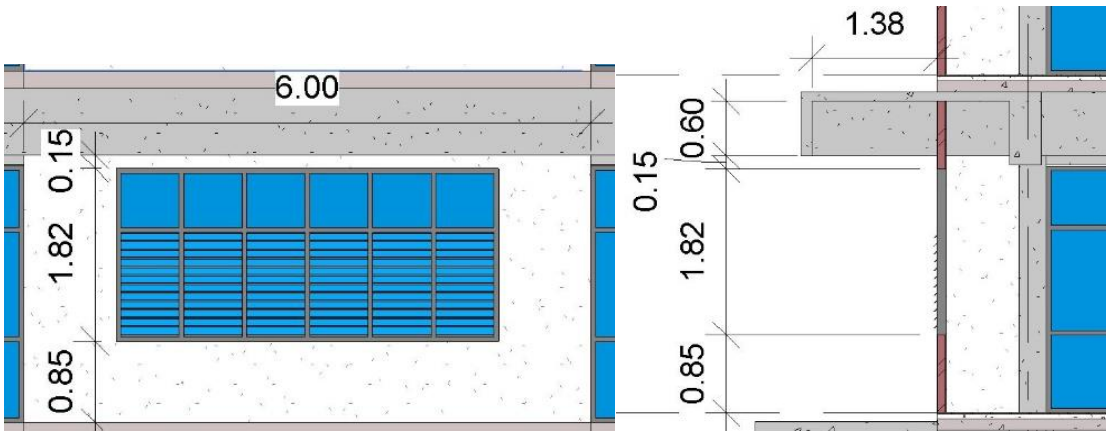
รหัสส่วนของผนัง (Section of Wall)	**รายละเอียด**		**รวมพื้นที่ส่วนของผนัง(ตร.ม.)**
	ส่วนประกอบของผนัง(Component of Section)	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	
W1	O1	2.73	2.73
W2_L W2_R	O2 O3 T1	1.48 1.44 4.86	7.78
W3	O1 T1	13.09 7.37	20.46
W4	O1 T1	13.36 7.10	20.46
W5	O2 O3 T1	1.48 1.60 2.16	5.24
W6	O1 O2 O3	4.33 1.48 1.68	7.49
W7	O1	1.71	1.71
W8_L W8_R	O1 T1	0.46 2.61	3.07
W9	O1 T1	2.45 13.92	16.37

ตารางที่ 10 รายละเอียดส่วนของผนังอาคารศูนย์วิทยบริการของชั้นบน

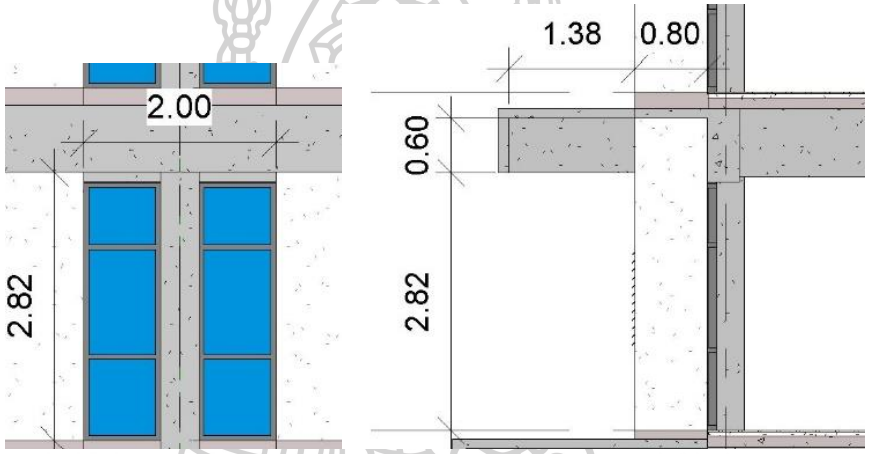
รหัสส่วนของผนัง (Section of Wall)	**รายละเอียด**		**รวมพื้นที่ส่วนของผนัง(ตร.ม.)**
	ส่วนประกอบของผนัง (Component of Section)	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	
W10	O1	2.48	2.48
W11_L W11_R	O2 O3 T1	1.40 0.72 5.40	7.52
W12	O1 T1	10.70 7.90	18.60
W13	O2 O3 T1	1.40 0.72 2.40	4.52
W14	O1 O2 O3	4.80 1.40 0.80	7.00
W15	O1	21.70	21.70
W16_L W16_R	O1 O2 O3 T1	2.48 1.40 1.32 6.30	11.50

3.4 ลักษณะการบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC)

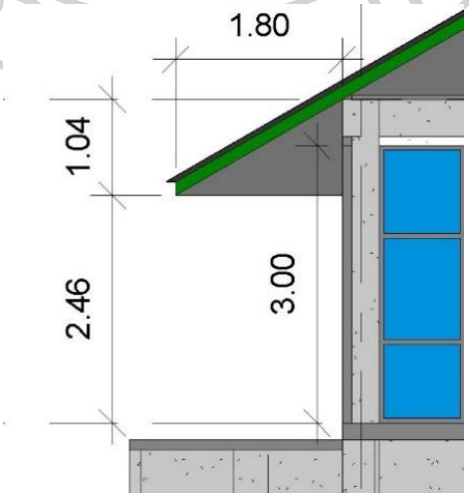
การบังแดดของอาคารศูนย์วิทยบริการ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ จะการบังแดดด้วยกันสาดรอบอาคารที่ยื่นออกมาจากโครงสร้างอาคารชั้นบนช่วยบังแดดให้กับตัวอาคารชั้นล่าง และหลังคาที่ยื่นออกมาบังแดดโดยรอบกรอบอาคารในส่วนชั้นบน ดัง**ภาพที่ 31**, **ภาพที่ 32**, **ภาพที่ 33** และ **ภาพที่ 34**



ภาพที่ 31 แสดงลักษณะและขนาดของแผงบังแดดคอนกรีตบริเวณชั้นล่างของหน้าต่าง น1



ภาพที่ 32 แสดงลักษณะและขนาดของแผงบังแดดคอนกรีตบริเวณชั้นล่างของหน้าต่าง น6

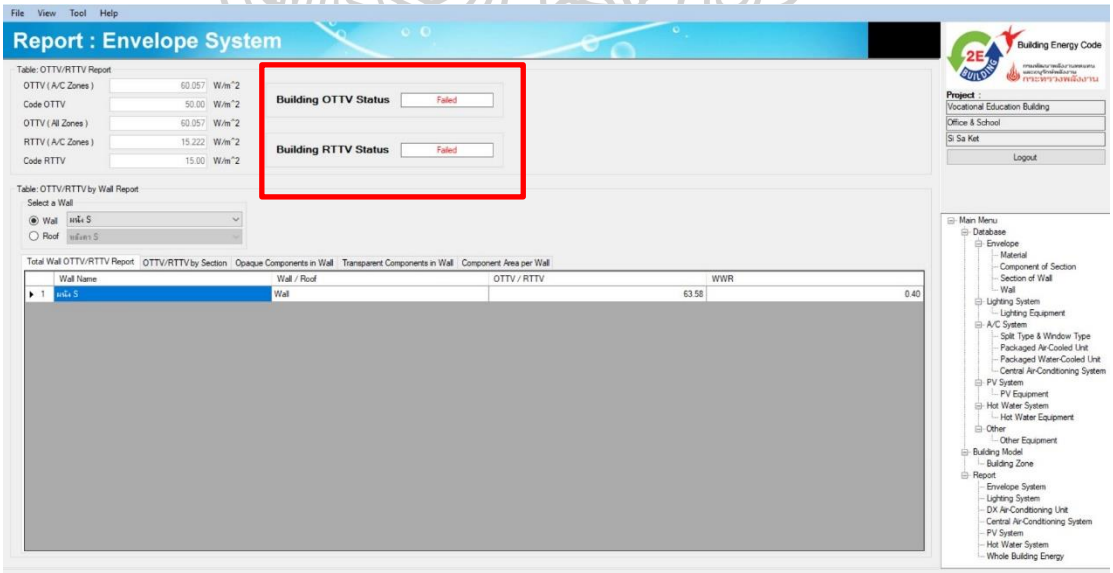


ภาพที่ 33 แสดงลักษณะแผงบังแดดจากแนวยื่นของหลังคาบริเวณชั้นบน

ภาพที่ 34 อุปกรณ์บังแดดของอาคารศูนย์วิทยบริการ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.5 ผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารก่อนการปรับปรุง

จากการศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำของอาคาร (Building energy code, BEC) ในเบื้องต้นตามลักษณะรูปแบบอาคาร พื้นที่ใช้สอยและวัสดุกรอบอาคารในพื้นที่ปรับอากาศ พบว่า มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 60.396 วัตต์/ตร.ม. ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) เท่ากับ 15.222 วัตต์/ตร.ม. ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. ดัง**ภาพที่ 35** และ**ตารางที่ 11** จึงแสดงให้เห็นว่ากรอบอาคารไม่ผ่านประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำของอาคารประเภทอาคารสถานศึกษา



ภาพที่ 35 ผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารของโปรแกรม BEC

ตารางที่ 11 การแสดงผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารก่อนการปรับปรุง

ผนัง Wall Name	พื้นที่(ตร.ม.)	WWR	OTTV (W/m^2)
ทิศตะวันออก(E)	145.21	0.38	64.63
ทิศเหนือ(N)	202.75	0.35	49.61
ทิศใต้(S)	158.05	0.40	63.93
ทิศตะวันตก(W)	145.21	0.38	67.38
ค่า OTTV (W/m^2) รวมของผนังอาคาร			**60.396**
ทิศตะวันออก(E)	137.55	1	15.65
ทิศเหนือ(N)	242.00	1	13.93
หลังคาทิศใต้(S)	242.00	1	16.11
หลังคาทิศตะวันตก(W)	137.55	1	15.51
ค่า RTTV (W/m^2) รวมหลังคา			**15.222**

ตารางที่ 12 สรุปพื้นที่ของกรอบอาคาร

ประเภทกรอบอาคาร	รหัสกรอบอาคาร	ความหมาย	พื้นที่(ตร.ม.)
ผนังทึบ	O1	อิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ ทาสีขาว	339.51
	O2	เสา ค.ส.ล. ขนาด 0.4 x 0.4 ม.	37.34
	O3	คาน ค.ส.ล. หน้าตัดขนาด 0.7 x 0.3 ม.	29.52
ผนังโปร่งแสง	T1	กระจกใส หนา 5 มม.	244.85
หลังคา	R1	- เหล็กแผ่นชุปซิงค์ เคลือบสีชุปเปอร์โพลีเอสเตอร์เรซิ่น ปั๊มขึ้นรูปลอนโมเนีย มีแป๊ในตัว หนารวมชั้นเคลือบสี 0.57 มม. ยาว 6 ม./แผ่น - ติดตั้งฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m3 ความหนา 15 ม.ม. - ฝ้ายิปซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม . ชนิดมีฟอยล์กันความร้อน	759.10

ผนังมีพื้นที่ทั้งหมด 651.22 ตร.ม. ประกอบไปด้วยผนังทึบ (O1, O2 และ O3) มีพื้นที่ 406.37 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 63 และผนังโปร่งแสง (T1) มีพื้นที่ 244.85 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 37 ส่วนหลังคา (R1) มีพื้นที่ทั้งหมด 759.10 ตร.ม.

4. การนำเสนอวัสดุกรอบอาคารเพื่อคำนวณให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน(BEC)

โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน(BEC) ประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา คือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) ไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. และจะต้องการทำการพิจารณาคือ 1) เลือกชนิดวัสดุของกรอบอาคาร ที่มีคุณสมบัติในการลดปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารประกอบด้วยส่วนของผนังทึบแสง (Opaque), ผนังโปร่งแสง (Transparent) และหลังคา (Roof) ของอาคาร โดยใช้ฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม BEC v.1.0.6 และ 2) ไม่ปรับเปลี่ยนรูปแบบของอาคาร ทั้งในส่วนพื้นที่ใช้สอย, สีของอาคาร, พื้นที่วัสดุกรอบอาคาร, โครงสร้างเสาและคาน และกำหนดให้ด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศเหนือ

4.1 การปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)

ตารางที่ 13 แสดงผลการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)

รูปแบบผนัง	**วัสดุ**	**OTTV (W/m^2)**	**หมายเหตุ**
O1 (ก่อนปรับปรุง)	**อิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ ทาสีขาว**	**60.396**	
	ผนังที่เป็นมวลสาร (Mass Wall)		
O1-1	คอนกรีตบล็อกกลวง	58.562	
O1-2	คอนกรีตมวลเบา	54.753	
	ผนังประกอบ (Composite Wall)		
O1-3	อิฐมอญ+ช่องว่างอากาศ+แผ่นยิปซั่มบอร์ด	55.634	
O1-4	คอนกรีตบล็อกกลวง+ช่องว่างอากาศ+แผ่นยิปซั่มบอร์ด	54.794	
O1-5	อิฐมวลเบา+ช่องว่างอากาศ+แผ่นยิปซั่มบอร์ด	52.876	
O1-6	อิฐมอญ+ช่องว่างอากาศ+แผ่นไฟเบอร์บอร์ด	52.840	
O1-7	คอนกรีตบล็อกกลวง+ช่องว่างอากาศ+แผ่นไฟเบอร์บอร์ด	52.218	
O1-8	อิฐมวลเบา+ช่องว่างอากาศ+แผ่นไฟเบอร์บอร์ด	51.397	

ตารางที่ 13 แสดงผลการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque) (ต่อ)

รูปแบบผนัง	วัสดุ	OTTV (W/m^2)	หมายเหตุ
O1-9	อิฐมอญ+ช่องว่างอากาศ+แผ่นยิปซั่มบอร์ดชนิดอลูมิเนียมฟอยล์	50.845	
O1-10	คอนกรีตบล็อกกลวง+ช่องว่างอากาศ+แผ่นยิปซั่มบอร์ดชนิดอลูมิเนียมฟอยล์	50.400	
O1-11	อิฐมวลเบา+ช่องว่างอากาศ+แผ่นยิปซั่มบอร์ดชนิดอลูมิเนียมฟอยล์	50.103	
O1-12	**อิฐมอญ+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด**	**48.087**	
O1-13	**คอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด**	**47.867**	
O1-14	**อิฐมวลเบา+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด**	**47.987**	

หมายเหตุ ผนังโปร่งแสง(Transparent) เป็นกระจกใส (Clear Float Glass) 5 มม.
ผนังประกอบมีช่องว่างอากาศ 50 มม. (ตามขนาดโครงเคร่า C 50)

จากการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque) เพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน(BEC) ประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา คือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งรูปแบบผนังทึบที่ผ่านเกณฑ์ได้แก่ อิฐมอญ+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด (O1-12), คอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด (O1-13) และอิฐมวลเบา+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด (O1-14)

4.2 การปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)

ตารางที่ 14 แสดงการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)

รูปแบบผนัง	วัสดุ	OTTV (W/m^2)	SHGC	VT
T1 (ก่อนปรับปรุง)	Clear Float Glass 5 mm.	**60.396**	0.83	0.89
	Tinted Float Glass			
T2	Ocean Green Float Glass 6 mm.	51.277	0.6	0.76
T3	**Ocean Green Float Glass 8 mm.**	**49.570**	**0.56**	**0.72**

ตารางที่ 14 แสดงการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) (ต่อ)

รูปแบบผนัง	วัสดุ	OTTV (W/m^2)	SHGC	VT
	Tinted Float Glass			
T4	**Dark Coolgray Float Glass 5 mm.**	**46.999**	**0.49**	**0.22**
	Heat Reflecting Glass			
T5	**Solartag (TS 230) 6 mm.**	**48.483**	**0.33**	**0.269**
T6	**Solartag (TS 120) 6 mm.**	**45.641**	**0.3**	**0.214**
	Insulating Glass			
T7	**Ocean Green 6 mm. (6-6-6) (Clear Float Glass and Tinted Float Glass For outer glass)**	**48.146**	**0.5**	**0.671**
T8	**SOLARTAG (TS 140) 6 mm. (6-6-6) (Heat Reflecting Glass coating on Clear Float Glass for outer glass)**	**44.488**	**0.37**	**0.357**

จากการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) เพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน(BEC) ประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา คือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งรูปแบบผนังโปร่งแสงที่ผ่านเกณฑ์ ได้แก่ Ocean Green Float Glass 8 mm. (T3), Dark Coolgray Float Glass 5 mm. (T4), Solartag (TS 230) 6 mm. (T5), Solartag (TS 120) 6 mm. (T6), Ocean Green 6 mm. (6-6-6) (T7) และ SOLARTAG (TS 140) 6 mm. (6-6-6) (T8)

4.3 การปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof)

ตารางที่ 15 แสดงผลการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof)

รูปแบบผนัง	วัสดุ	RTTV (W/m^2)	หมายเหตุ
ก่อนปรับปรุง	เหล็กแผ่นชุปซิงค์	15.222	
	ปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุหลังคา		
R1	กระเบื้องหลังคาคอนกรีต 0.22 ซม.	15.190	

ตารางที่ 15 แสดงผลการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof) (ต่อ)

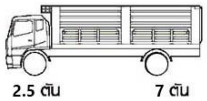
รูปแบบผนัง	วัสดุ	RTTV (W/m^2)	หมายเหตุ
	ปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุหลังคา		
R2	**กระเบื้องซีเมนต์ผสมใยหินลอนคู่(Fiber Cement Tile) หนา 0.55 ซม.**	**14.983**	
R3	**กระเบื้องเซรามิค(Ceramic Roof Tile) หนา 1 ซม.**	**14.762**	
	เพิ่มความหนาฉนวนใยแก้ว		
R4	**ฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m3 ความหนา 25 ม.ม.**	**13.276**	

จากการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof) เพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน(BEC) ประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา คือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (RTTV) ไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งรูปแบบหลังคาที่ผ่านเกณฑ์ ได้แก่ กระเบื้องซีเมนต์ผสมใยหินลอนคู่(Fiber Cement Tile) หนา 0.55 ซม. (R2), กระเบื้องเซรามิค(Ceramic Roof Tile) หนา 1 ซม. และการเพิ่มความหนาฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m3 ความหนา 25 ม.ม.(R4)

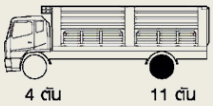
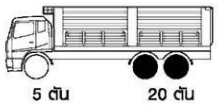
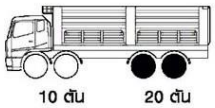
5. ข้อมูลการขนส่งวัสดุกรอบอาคารไปยังสถานที่ก่อสร้าง

ยานพาหนะในงานวิจัยนี้เป็นการขนส่งด้วยรถบรรทุก 2 เพลา 6 ล้อ เชื้อเพลิงแบบน้ำมันดีเซล ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิง 200 ลิตร น้ำหนักรถรวมน้ำหนักบรรทุก 15 ตัน สมรรถนะ (ที่น้ำหนักรถรวมน้ำหนักบรรทุก) ความเร็วสูงสุดบนทางราบ 116 กม./ชม. (บริษัท ตรีเพชรอีซูซุเซลส์ จำกัด, 2562)

ตารางที่ 16 แสดงน้ำหนักบรรทุกของยานพาหนะชนิดรถเดี่ยว (Single Unit)

ประเภทยานพาหนะ	ภาพประกอบ	น้ำหนักรวมสูงสุด	ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล
1. รถบรรทุก 2 เพลา 4 ล้อ		9.5 ตัน	80 ลิตร

ตารางที่ 16 แสดงน้ำหนักบรรทุกของยานพาหนะชนิดรถเดี่ยว (Single Unit) (ต่อ)

ประเภทยานพาหนะ	ภาพประกอบ	น้ำหนักรวมสูงสุด	ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล
2. รถบรรทุก 2 เพลา 6 ล้อ		15 ตัน	200 ลิตร
3. รถบรรทุก 3 เพลา 10 ล้อ		25 ตัน	390 ลิตร
4. รถบรรทุก 4 เพลา 12 ล้อ		30 ตัน	390 ลิตร

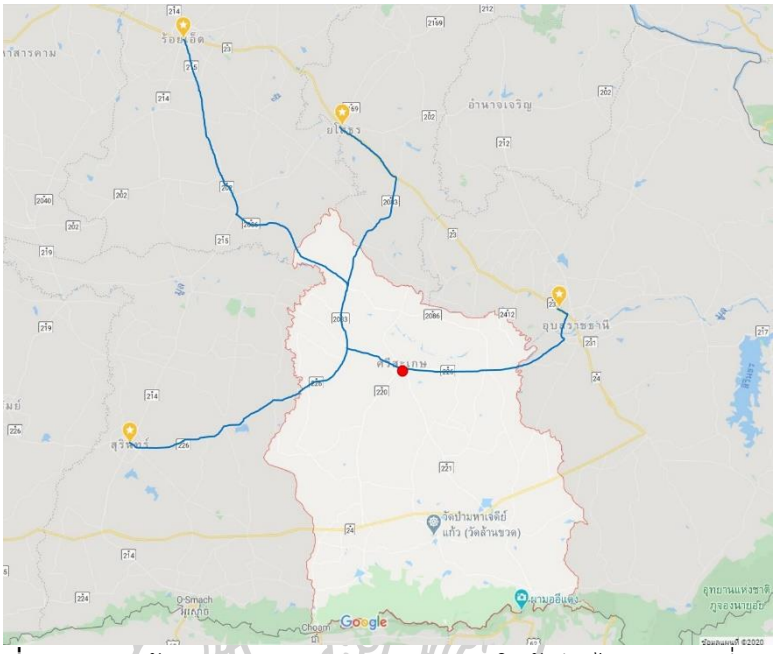
ที่มา : (ผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษ ผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดินและผู้อำนวยการทางหลวงสัมปทาน, 2548)

ภาพที่ 36 แสดงรถบรรทุก 2 เพลา 6 ล้อ และน้ำหนักบรรทุกสูงสุด

ที่มา : สยามเครนแอนด์ทรัค (Siam Crane and Truck) และ https://www.token-thailand.com/truckcrane/

หากวัสดุภายในจังหวัดไม่มีตามความต้องการ อาจจะต้องนำวัสดุที่ต้องการนั้นมาจากจังหวัดใกล้เคียง ซึ่งการคิดระยะทางการขนส่งวัสดุจากจังหวัดที่มีระยะทางใกล้สถานที่ก่อสร้างมากที่สุด โดยพิจารณาจากที่ตั้งของศาลากลางจังหวัดถึงสถานที่ก่อสร้างเป็นเกณฑ์พิจารณา ได้แก่

จังหวัดอุบลราชธานี, จังหวัดสุรินทร์, จังหวัดยโสธร และจังหวัดร้อยเอ็ด ไปยังจังหวัดศรีสะเกษ และใช้เส้นทางราบทางหลวงแผ่นดินซึ่งมีระยะทางการขนส่งเฉลี่ย 106.45 กม.



ภาพที่ 37 แสดงเส้นทางการขนส่งวัสดุจากจังหวัดใกล้เคียงไปยังสถานที่ก่อสร้าง
ที่มา : https://www.google.co.th/maps

ตารางที่ 17 แสดงระยะทางการขนส่งวัสดุจากจังหวัดใกล้เคียงไปยังสถานที่ก่อสร้าง

ระยะทางจากจังหวัดใกล้เคียงไปยังจังหวัดศรีสะเกษ		หมายเลขทางหลวงแผ่นดิน
จังหวัดอุบลราชธานี	70.8 กม.	226
จังหวัดสุรินทร์	105 กม.	226
จังหวัดยโสธร	104 กม.	2083, 23
จังหวัดร้อยเอ็ด	146 กม.	2083, 202, 215, 232
ระยะทางเฉลี่ย 106.45 กม.		

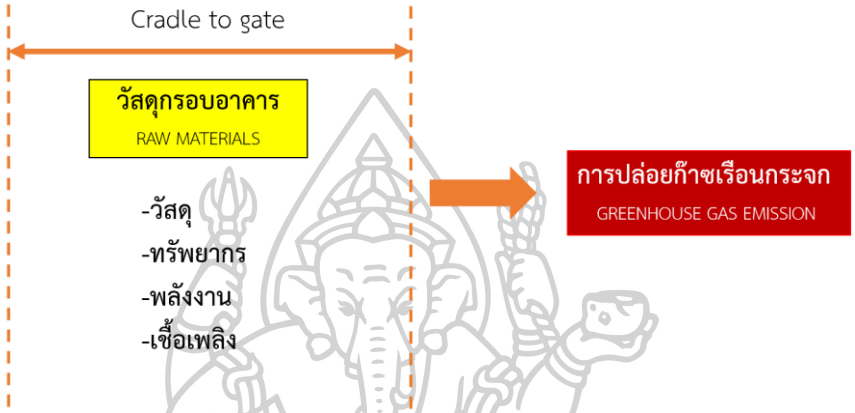
ที่มา : https://www.google.co.th/maps

6. การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุกรอบอาคาร

ทำการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก(Green House Emission) จากวัสดุกรอบอาคาร ให้อยู่ในรูปของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) ในการวิจัยนี้ใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro และเป็นโปรแกรมสำหรับประเมินผล โดยมีขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) ดังต่อไปนี้

6.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

การกำหนดขอบเขตการศึกษา คือ Cradle to gate ซึ่งพิจารณาตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบของวัสดุกรอบอาคารในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมการก่อสร้างอาคาร การศึกษานี้ได้เลือกอาคารกรณีศึกษา เป็นอาคารศูนย์วิทยบริการพร้อมครุภัณฑ์ แบบมาตรฐานเลขที่ 55A01/55 ขนาดพื้นที่ไม่ต่ำกว่า 1,088 ตร.ม. ของวิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ



ภาพที่ 38 แสดงขอบเขตการศึกษา

6.2 การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Inventory Analysis)

การรวบรวมสารขาเข้า(Input) และสารขาออก(Output) จากปริมาณการใช้วัสดุกรอบอาคารเป็นพื้นที่ปรับอากาศ ในการก่อสร้างอาคารศูนย์วิทยบริการใช้แทนการผลิตวัสดุ

ตารางที่ 18 การรวบรวมสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) จากปริมาณการใช้วัสดุกรอบอาคารในการก่อสร้างอาคาร เป็นหน่วยที่ใช้ในโปรแกรม Simapro

รหัสกรอบอาคาร	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
O1	ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น		
(ผนังทึบ)	1. วัสดุมวลรวมของผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น		
	1.1 อิฐสามัญ(อิฐมอญ)	20,370.60	กก.
	1.2. ปูนซีเมนต์	4,349.12	กก.
	1.3. ทรายละเอียด	15,277.95	กก.
	1.4. ปูนขาว	697.16	กก.
	2. วัสดุมวลรวมของการฉาบปูน		

ตารางที่ 18 การรวบรวมสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) จากปริมาณการใช้วัสดุกรอบอาคารในการก่อสร้างอาคาร เป็นหน่วยที่ใช้ในโปรแกรม Simapro (ต่อ)

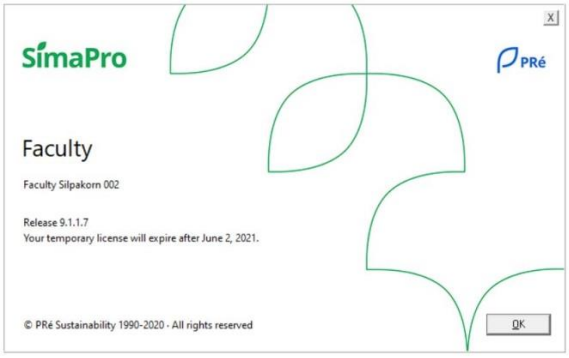
รหัสกรอบอาคาร	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
	2.1. ปูนซีเมนต์	2,559.91	กก.
	2.2 ทรายละเอียด	20,370.60	กก.
	2.3. ปูนขาว	1,045.75	กก.
	3. วัสดุทาสีภายในและภายนอก(ปูนใหม่)		
	3.1 สีโป๊ว	67.90	กก.
	3.2 ทาสีรองพื้นปูนใหม่	108.64	กก.
	3.3 สีทาภายนอกและภายในทาทับหน้า 2 เที่ยว	190.13	กก.
O2	เสา ค.ส.ล.		
(เสา ค.ส.ล.)	1. คอนกรีตโครงสร้าง (1:2:4)	14.94	ลบ.ม.
	2. เหล็กเสริมคอนกรีต	1,493.60	กก.
	3. วัสดุมวลรวมของการฉาบปูน		
	3.1 ปูนซีเมนต์	374.89	กก.
	3.2 ทรายละเอียด	2,240.40	กก.
	3.3 ปูนขาว	115.01	กก.
	4. วัสดุทาสีภายในและภายนอก(ปูนใหม่)		
	4.1 สีโป๊ว	7.47	กก.
	4.2 ทาสีรองพื้นปูนใหม่	11.95	กก.
	4.3 สีทาภายนอกทาทับหน้า 2 เที่ยว	20.91	กก.
O3	คาน ค.ส.ล.		
(คาน ค.ส.ล.)	1. คอนกรีตโครงสร้าง (1:2:4)	8.86	ลบ.ม.
	2. เหล็กเสริมคอนกรีต	885.60	กก.
	3. วัสดุมวลรวมของการฉาบปูน		
	3.1 ปูนซีเมนต์	296.38	กก.
	3.2 ทรายละเอียด	1,771.20	กก.
	3.3 ปูนขาว	90.93	กก.

ตารางที่ 18 การรวบรวมสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) จากปริมาณการใช้วัสดุกรอบอาคารในการก่อสร้างอาคาร เป็นหน่วยที่ใช้ในโปรแกรม Simapro (ต่อ)

รหัสกรอบอาคาร	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
O3	คาน ค.ส.ล.		
(คาน ค.ส.ล.)	4. วัสดุทาสีภายในและภายนอก(ปูนใหม่)		
	4.1 สีโป๊ว	5.90	กก.
	4.2 ทาสีรองพื้นปูนใหม่	9.45	กก.
	4.3 สีทาภายนอกทาทับหน้า 2 เที่ยว	16.53	กก.
T1	กระจก		
(ผนังโปร่งแสง)	กระจกใส หนา 5 มม.	2,828.02	กก
R1	หลังคา		
(หลังคาและฝ้าเพดาน)	1. น้ำหนักแผ่นหลังคาเหล็กโมเนีย หนา 0.57 มม.	3,643.68	กก.
	2. ฉนวนใยแก้วสีเขียวกันความร้อน หนา ≥ 15 มม. ความหนาแน่น 32 kg/m^3		
	2.1 ฉนวนใยแก้ว	360.00	กก.
	2.2 อลูมิเนียมฟอยล์	151.82	กก.
	3. ฝ้ายิปซั่มบอร์ด 9 มม. มีฟอยล์ฉาบรอยต่อเรียบ		
	3.1 แผ่นยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม.	4,175.05	
	3.2 อลูมิเนียมฟอยล์	75.91	กก.

6.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment)

งานวิจัยนี้ประมวลผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment) ด้วยโปรแกรม SimaPro 9.1.1 เนื่องจากงานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ให้อยู่ในรูปของ**กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO_2eq)** เป็นสาเหตุที่ทำให้การเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential : GWP) ซึ่งเป็นการศึกษาผลกระทบขั้นกลาง (Midpoint category) งานวิจัยนี้จึงประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม(Impact Assessment) ด้วยวิธีการประเมิน (Method) ของ IPCC 2013 GWP 100a V1.03



ภาพที่ 39 โปรแกรม SimaPro 9.1.1

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารสถานศึกษาสังกัด สอศ. ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมกระบวนการก่อสร้างอาคาร ให้อยู่ในรูปของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) เป็นสาเหตุที่ทำให้การเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential : GWP) และเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษา(เกณฑ์ BEC) กับวัสดุกรอบอาคารที่มีในแบบมาตรฐาน ของอาคารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)

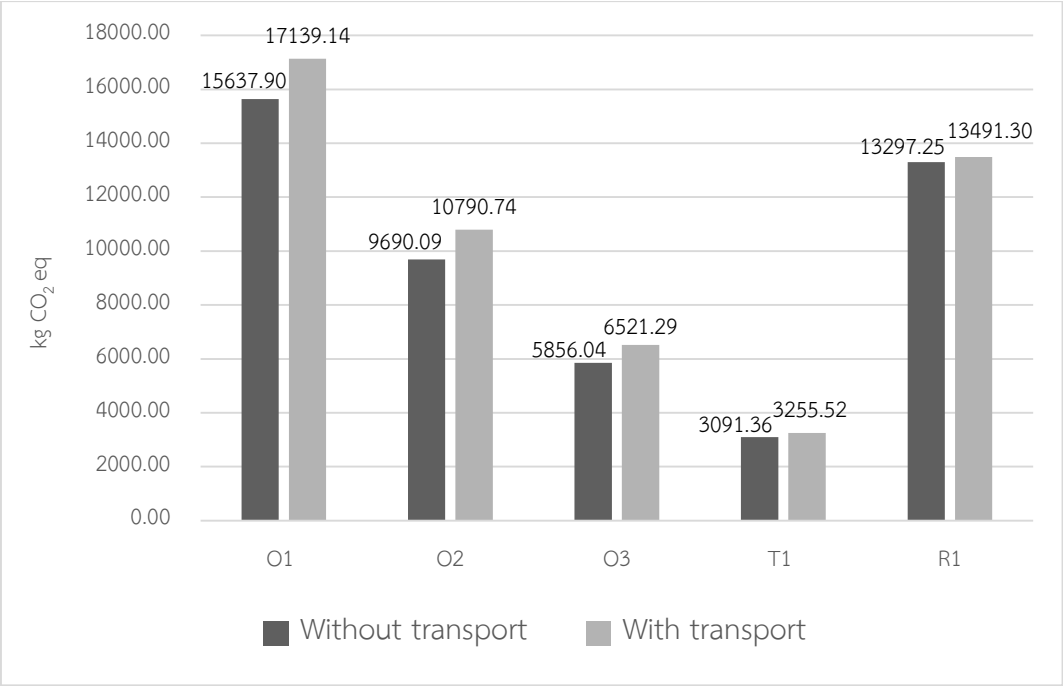
1. การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการก่อนการปรับปรุง

การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ จากแบบมาตรฐาน ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมกระบวนการก่อสร้างอาคาร ก่อนการปรับปรุง โดยผู้วิจัยกำหนดรหัสของผนังทึบ คือ ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น (O1), เสา ค.ส.ล. (O2) และ คาน ค.ส.ล. (O3) ในส่วนของผนังโปร่งแสง คือ กระจกใส หนา 5 มม. (T1) และส่วนหลังคา คือ หลังคาเหล็กแผ่นชุปซิงค์ (R1) ดัง**ตารางที่ 19** และ**ภาพที่ 40**

ตารางที่ 19 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ ก่อนการปรับปรุง

รหัสกรอบอาคาร	วัสดุกรอบอาคาร	Without transport	With transport
O1	ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น	15,637.90	17,139.14
O2	เสา ค.ส.ล.	9,690.09	10,790.74
O3	คาน ค.ส.ล.	5,856.04	6,521.29
T1	กระจกใส หนา 5 มม.	3,091.36	3,255.52
R1	หลังคาเหล็กแผ่นชุปซิงค์	13,297.25	13,491.30

หมายเหตุ หน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$)



ภาพที่ 40 แผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ ก่อนการปรับปรุง

ผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการก่อนการปรับปรุง มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) ของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการทั้งหมด 51,197.99 kgCO_2eq ซึ่งผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น (O1) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด 17,139.14 kgCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 33.48 รองลงมามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ หลังคา (R1) 13,491.30 kgCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 26.35, เสา ค.ส.ล. (O2) 10,790.74 kgCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 21.08, คาน ค.ส.ล. (O3) 6,521.29 kgCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 12.74 และกระจกใส หนา 5 มม. (T1) 3,255.52 kgCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 6.36 ตามลำดับ

2. การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการนำเสนอวัสดุกรอบอาคารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน(BEC)

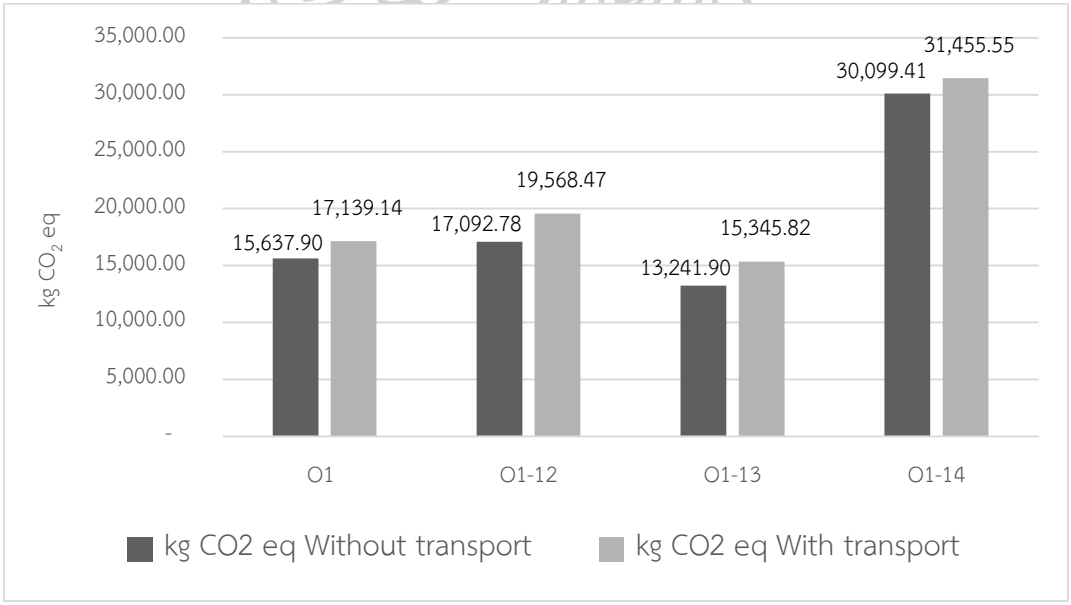
การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน(BEC) ประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา คือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) ไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. ของผนังทึบแสง(Opaque) ผนังโปร่งแสง(Transparent) และหลังคา(Roof) ของอาคาร ดังต่อไปนี้

2.1 การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง(Opaque)

ตารางที่ 20 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)

รหัสกรอบอาคาร	วัสดุกรอบอาคาร	Without transport	With transport
O1	ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น(ก่อนปรับปรุง)	15,637.90	17,139.14
O1-12	อิฐมอญ+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด	17,092.78	19,568.47
O1-13	คอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด	13,241.90	15,345.82
O1-14	อิฐมวลเบา+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด	30,099.41	31,455.55

หมายเหตุ หน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$)



ภาพที่ 41 แผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)

ผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง(Opaque) พบว่า ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด (O1-13) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport)

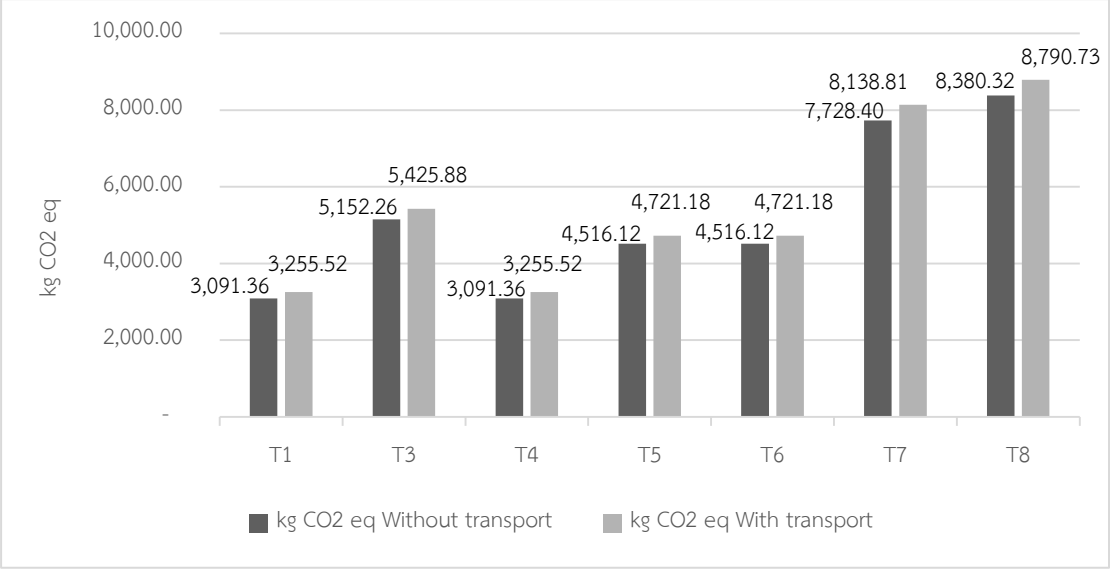
น้อยที่สุด 15,345.82 kgCO_2eq ลดลงจากผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น (O1) ซึ่งเป็นผนังทึบแสงก่อนปรับปรุง 1,793.32 kgCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 10.46 %

2.2 การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง(Transparent)

ตารางที่ 21 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)

รหัสกรอบอาคาร	วัสดุกรอบอาคาร	Without transport	With transport
T1	กระจกใส หนา 5 มม. (ก่อนปรับปรุง)	3,091.36	3,255.52
T3	Ocean Green Float Glass 8 mm.	5,152.26	5,425.88
T4	Dark Coolgray Float Glass 5 mm.	3,091.36	3,255.52
T5	Solartag (TS 230) 6 mm.	4,516.12	4,721.18
T6	Solartag (TS 120) 6 mm.	4,516.12	4,721.18
T7	Ocean Green 6 mm. (6-6-6)	7,728.40	8,138.81
T8	SOLARTAG (TS 140) 6 mm. (6-6-6)	8,380.32	8,790.73

หมายเหตุ หน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO_2eq)



ภาพที่ 42 แผนภูมิการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)

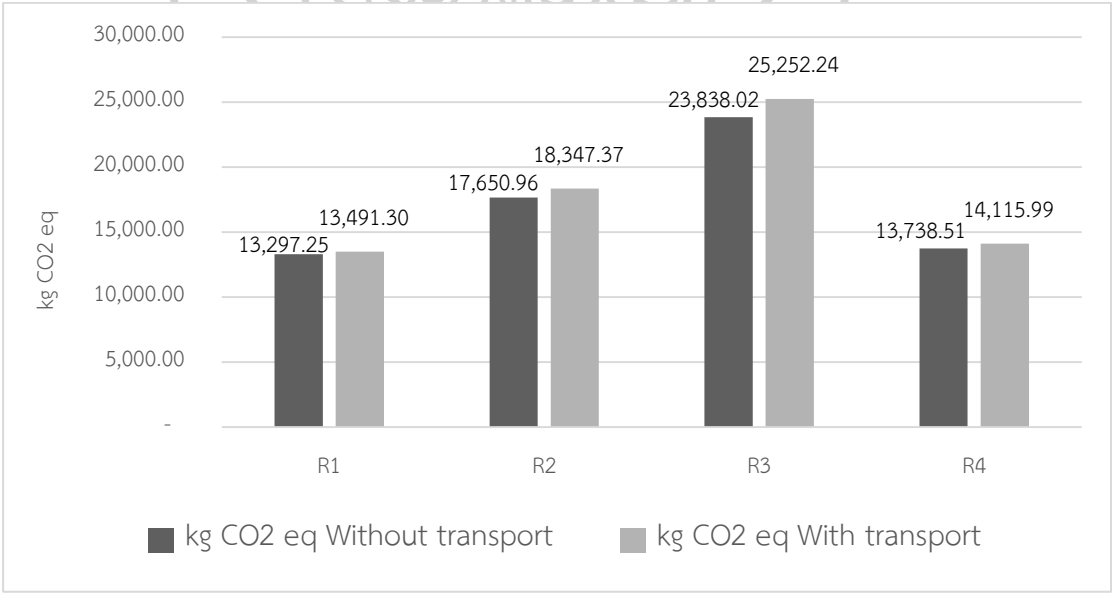
ผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) พบว่า **กระจก Dark Coolgray Float Glass 5 mm. (T4)** มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) น้อยที่สุด 4,721.18 $kgCO_2eq$ และเท่ากันกับกระจกใส หนา 5 มม. (T1) ซึ่งเป็นกระจกก่อนปรับปรุง

2.3 การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา(Roof)

ตารางที่ 22 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา*(Roof)*

รหัสกรอบอาคาร	วัสดุกรอบอาคาร	Without transport	With transport
R1	เหล็กแผ่นชุปซิงค์ (ก่อนปรับปรุง)	13,297.25	13,491.30
R2	กระเบื้องลอนคู่(Fiber Cement Tile) หนา 0.55 ซม.	17,650.96	18,347.37
R3	กระเบื้องเซรามิค หนา 1 ซม.	23,838.02	25,252.24
R4	ฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m3 ความหนา 25 มม.	13,738.51	14,115.99

หมายเหตุ หน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$)



ภาพที่ 43 แผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof)

ผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา(Roof) พบว่า หลังคาที่มีการเพิ่มฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m^3 ความหนา 25 มม. (R4) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) น้อยที่สุด 14,115.99 kgCO_2eq เพิ่มขึ้นจากหลังคาก่อนการปรับปรุง (R1) 624.69 kgCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 4.63

จากผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ โดยเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) ได้แก่ วัสดุผนังทึบแสง(Opaque), ผนังโปร่งแสง(Transparent) และหลังคา (Roof) ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษา(เกณฑ์ BEC) สามารถสรุปวัสดุทางเลือกที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด ได้แก่

- วัสดุผนังทึบแสง(Opaque) คือ ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด (O1-13) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงจากผนังทึบแสงก่อนปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 10.46 %

- วัสดุผนังโปร่งแสง(Transparent) คือ กระจก Dark Coolgray Float Glass 5 mm. (T4) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากันกับผนังโปร่งแสงก่อนการปรับปรุง

- วัสดุหลังคา (Roof) คือ หลังคาที่มีการเพิ่มฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m^3 ความหนา 25 มม. (R4) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นจากหลังคาก่อนการปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 4.63

ทั้งนี้การพิจารณาเลือกวัสดุทางเลือกที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด นำไปสู่การเสนอแนวทางในการปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษา เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

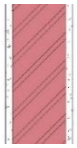
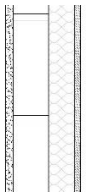
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารสถานศึกษาสังกัด สอศ. จากแบบมาตรฐาน ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมกระบวนการก่อสร้างอาคาร โดยจะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา(เกณฑ์ BEC) กับวัสดุกรอบอาคารที่มีในแบบมาตรฐาน ของอาคารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด และในขั้นตอนการสรุปผลนั้นจะนำผลการศึกษาที่ได้มาเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น นอกจากนี้ยังต้องสรุปผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารด้วย

1. สรุปผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารหลังปรับปรุง

1.1 การเปรียบเทียบส่วนประกอบของผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และหลังคา(Component of Section) ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

จากผลการศึกษาการปรับเปลี่ยนกรอบอาคารหลังปรับปรุงกรอบอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด ประกอบด้วย ผนังทึบ ผนังโปร่งแสงและหลังคา โดยวัสดุผนังทึบแสง (Opaque) คือ ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด (O1-13), วัสดุผนังโปร่งแสง(Transparent) คือ กระจก Dark Coolgray Float Glass 5 mm.. (T4) และวัสดุหลังคา (Roof) คือ หลังคาที่มีการเพิ่มฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m^3 ความหนา 25 มม. (R4) ซึ่งส่วนประกอบของผนัง (Component of Section) แต่ละแบบประกอบด้วยวัสดุ (Material) หลายชนิดเรียงซ้อนกันหรือมีเพียงชนิดเดียว และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (ค่า U-value) ของผนังทึบดังรายละเอียดใน**ตารางที่ 23**, ผนังโปร่งแสงดังรายละเอียดใน**ตารางที่ 24** และหลังคาดังรายละเอียดใน**ตารางที่ 25**

ตารางที่ 23 รายละเอียดส่วนประกอบของผนังทึบแสง (Component of Section)

รหัสกรอบอาคาร	รูปตัดส่วนประกอบกรอบอาคาร	ลำดับชั้นของวัสดุ(Material)	ความหนา (ม.)	ค่า U-value ($W/m^2.°C$)
O1 (ก่อนปรับปรุง)		- ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย) - อิฐมอญ - ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.015 0.065 0.015	2.967
O1-13 (หลังปรับปรุง)		- ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย) - คอนกรีตบล็อกกลวง ไม่ฉาบ - ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 32 กก./ลบ.ม. -แผ่นยิปซัมชนิดธรรมดา	0.015 0.07 0.05 0.012	0.536

สรุปผลการเปรียบเทียบกรอบอาคารในส่วนผนังทึบแสง หลังจากการปรับปรุงเป็นผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด (O1-13) มีความหนารวม 0.147 ม. ก่อนปรับปรุงอาคารศูนย์วิทยบริการเป็นผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น (O1) มีความหนารวม 0.095 ม. ซึ่งหลังการปรับปรุงมีความหนากว่าผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น (O1) 0.052 ม. ในส่วนค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) หลังจากการปรับปรุงผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด (O1-13) มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (ค่า U-value) 0.536 $W/m^2.°C$ ลดลงจากผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น (O1) ซึ่งเป็นผนังทึบแสงก่อนปรับปรุง 2.431 $W/m^2.°C$ คิดเป็นร้อยละ 81.93 %

ตารางที่ 24 รายละเอียดส่วนประกอบของผนังโปร่งแสง (Component of Section)

รหัสกรอบอาคาร	รูปตัดส่วนประกอบกรอบอาคาร	ลำดับชั้นของวัสดุ (Material)	ความหนา (ม.)	ค่า U-value ($W/m^2.°C$)
T1 (ก่อนปรับปรุง)		- กระจกใส 5 มม.	0.005	5.77
T4 (หลังปรับปรุง)		- Dark Coolgray Float Glass 5 mm..	0.005	5.77

สรุปผลการเปรียบเทียบของกรอบอาคารในส่วนผนังโปร่งแสง หลังการปรับปรุงเป็นกระจก Dark Coolgray Float Glass 5 mm.. (T4) มีความหนาและมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (ค่า U-value) เท่ากันกับผนังโปร่งแสงก่อนการปรับปรุงเป็นกระจกใส 5 มม. (T1) ซึ่งมีความหนา 0.005 ม. และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (ค่า U-value) 5.77 $W/m^2.℃$

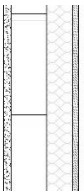
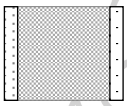
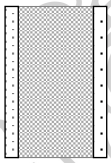
ตารางที่ 25 รายละเอียดส่วนประกอบของหลังคา (Component of Section)

รหัสกรอบอาคาร	ลำดับชั้นของวัสดุ(Material)	ความหนา(ม.)	ค่า U-value ($W/m^2.℃$)
R1 (ก่อนปรับปรุง)	- เหล็กแผ่นชุปซิงค์ - ระยะฝ้ากับหลังคาสูง 5.40 ม. - ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 32 Kg/m^3 - แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.00057 5.40 0.015 0.009	0.486
R4 (หลังปรับปรุง)	- เหล็กแผ่นชุปซิงค์ - ระยะฝ้ากับหลังคาสูง 5.40 ม. - ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 32 Kg/m^3 - แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.00057 5.40 0.025 0.009	0.424

สรุปผลการเปรียบเทียบกรอบอาคารในส่วนหลังคา หลังจากการปรับปรุงเป็นหลังคาที่มีการเพิ่มฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m^3 ความหนา 25 มม. (R4) ก่อนปรับปรุงอาคารเป็นหลังคาเหล็กแผ่นชุปซิงค์+ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 32 Kg/m^3 ความหนา 15 มม. + แผ่นยิปซัมบอร์ด (R1) ซึ่งหลังการปรับปรุงหลังคามีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (ค่า U-value) 0.424 $W/m^2.℃$ หลังคาก่อนการปรับปรุงมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (ค่า U-value) 0.486 $W/m^2.℃$ ลดลงจากหลังคาก่อนปรับปรุง 0.062 $W/m^2.℃$ คิดเป็นร้อยละ 12.73 %

1.2 สรุปส่วนประกอบของผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และหลังคา(Component of Section) ของกรอบอาคารหลังปรับปรุง

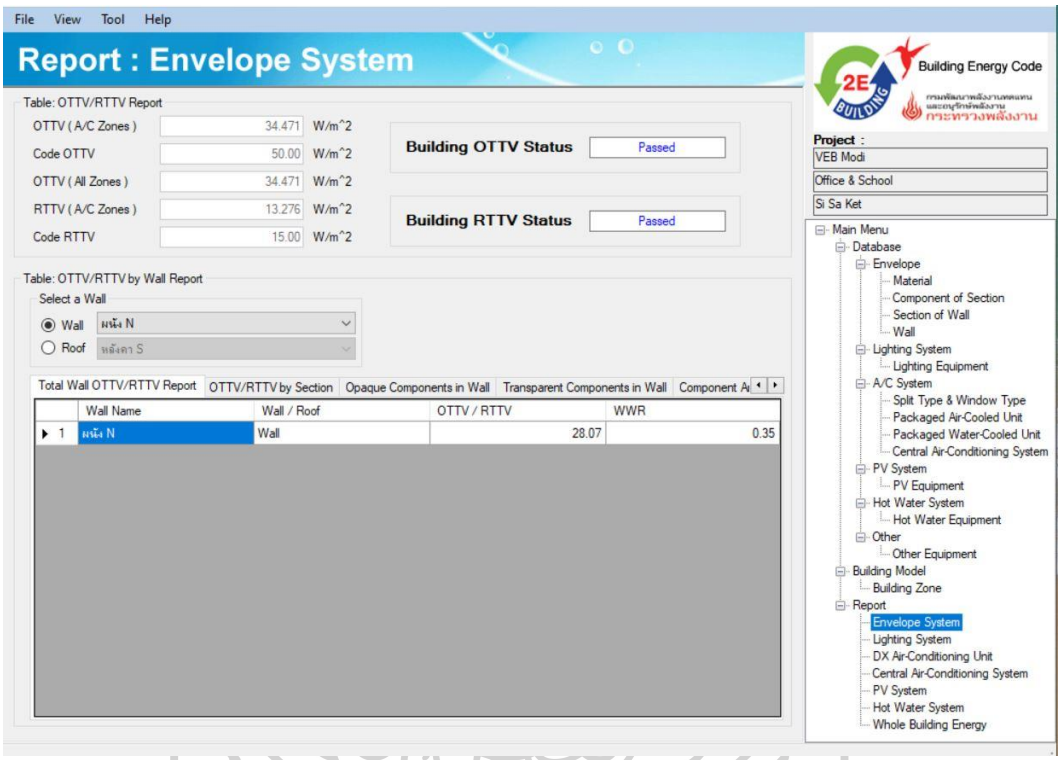
ตารางที่ 26 ส่วนประกอบของผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และหลังคา (Component of Section) ของกรอบอาคารหลังปรับปรุง

รหัสกรอบอาคาร	รูปตัดส่วนประกอบกรอบอาคาร	ลำดับชั้นของวัสดุ(Material)	ความหนา (ม.)	ค่า U-value ($W/m^2.℃$)
O1-13 (หลังปรับปรุง)		- ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย) - คอนกรีตบล็อกกลวง ไม่ฉาบ - ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 32 กก./ลบ.ม. -แผ่นยิปซัมชนิดธรรมดา	0.015 0.07 0.05 0.012	0.536
O2		- ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย) - คอนกรีต - ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.02 0.40 0.02	2.012
O3		- ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย) - คอนกรีต - ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.02 0.30 0.02	2.336
T4 (หลังปรับปรุง)		- Dark Coolgray Float Glass 5 mm..	0.005	5.77
R4 (หลังปรับปรุง)		- เหล็กแผ่นชุปซิงค์ - ระยะฝ้ากับหลังคาสูง 5.40 ม. - ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 32 Kg/m^3 - แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.00057 5.40 0.025 0.009	0.424

1.3 สรุปผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารหลังปรับปรุง

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำของอาคาร (Building energy code, BEC) ในเบื้องต้นตามลักษณะรูปแบบอาคาร พื้นที่ใช้สอยและวัสดุกรอบอาคารในพื้นที่ปรับอากาศ พบว่า

มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 34.471 วัตต์/ตร.ม. ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือ ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) เท่ากับ 13.276 วัตต์/ตร.ม. ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. ดัง**ภาพที่ 44** และ**ตารางที่ 27** จึงแสดงให้เห็นว่ากรอบอาคารหลังปรับปรุงผ่านประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำของอาคารประเภทอาคารสถานศึกษา



ภาพที่ 44 การแสดงผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารหลังปรับปรุงในโปรแกรม BEC

ตารางที่ 27 แสดงผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารหลังปรับปรุง

ผนัง Wall Name	พื้นที่(ตร.ม.)	WWR	OTTV (W/m^2)
ทิศตะวันออก(E)	145.21	0.38	36.70
ทิศเหนือ(N)	202.75	0.35	28.07
ทิศใต้(S)	158.05	0.40	36.64
ทิศตะวันตก(W)	145.21	0.38	38.82
ค่า OTTV (W/m^2) รวมของผนังอาคาร			**34.471**

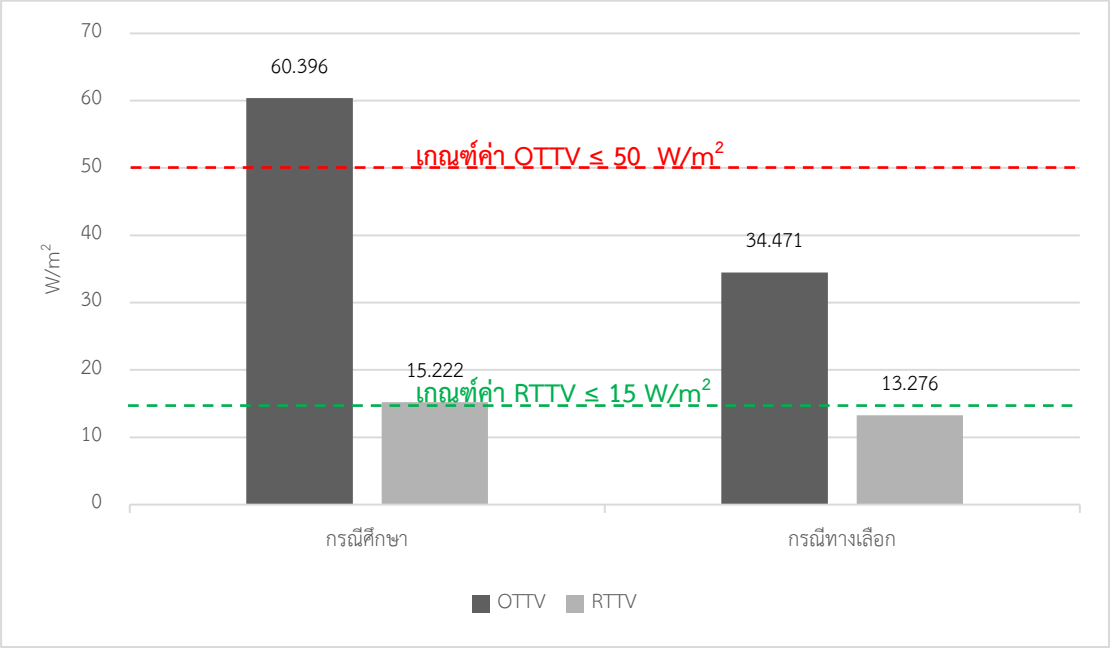
ตารางที่ 27 แสดงผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารหลังปรับปรุง (ต่อ)

หลังคา Wall Name	พื้นที่(ตร.ม.)	1-WWR	RTTV(W/m^2)
ทิศตะวันออก(E)	137.55	1	13.65
ทิศเหนือ(N)	242.00	1	12.15
หลังคาทิศใต้(S)	242.00	1	14.05
หลังคาทิศตะวันตก(W)	137.55	1	13.53
ค่า RTTV (W/m^2) รวมหลังคา			**13.276**

1.4 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารก่อนปรับปรุงกับอาคารหลังปรับปรุง

ตารางที่ 28 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร

กรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ	OTTV (W/m^2)	RTTV (W/m^2)
ก่อนปรับปรุง	60.396	15.222
หลังปรับปรุง	34.471	13.276



ภาพที่ 45 แผนภูมิสรุปผลการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร

ผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคาร พบว่า หลังการปรับปรุงกรอบอาคารมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) 34.471 W/m^2 ซึ่งลดลงจากก่อนปรับปรุง 25.925 W/m^2 คิดเป็นร้อยละ 42.93 และหลังการปรับปรุงมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) 13.276 W/m^2 ซึ่งลดลงจากก่อนปรับปรุง 1.946 W/m^2 คิดเป็นร้อยละ 12.78

2. สรุปผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารหลังการปรับปรุง

จากผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ โดยเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) ได้แก่ วัสดุผนังทึบแสง (Opaque), ผนังโปร่งแสง (Transparent) และหลังคา (Roof) ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษา (เกณฑ์ BEC) สามารถสรุปวัสดุทางเลือกที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด ได้แก่

- วัสดุผนังทึบแสง(Opaque) คือ ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด (O1-13)
- วัสดุผนังโปร่งแสง(Transparent) คือ กระจก Dark Coolgray Float Glass 5 mm. (T4)
- วัสดุหลังคา (Roof) คือ หลังคาที่มีการเพิ่มฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m3 ความหนา 25 มม. (R4)

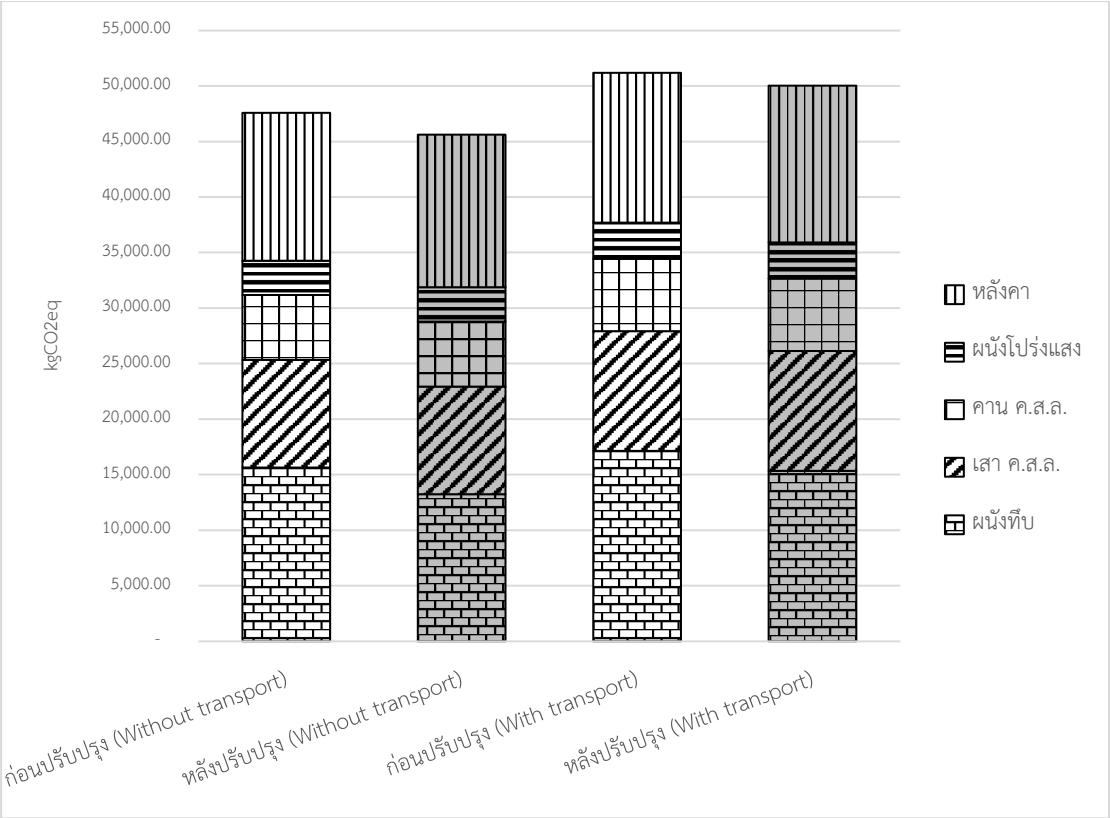
ทั้งนี้สามารถสรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคารดังต่อไปนี้

2.1 สรุปผลการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ตารางที่ 29 สรุปผลการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคาร

กรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ	ผนังทึบ	เสา ค.ส.ล.	คาน ค.ส.ล.	ผนังโปร่งแสง	หลังคา
ก่อนปรับปรุง (Without transport)	15,637.90	9,690.09	5,856.04	3,091.36	13,297.25
หลังปรับปรุง (Without transport)	13,241.90	9,690.09	5,856.04	3,091.36	13,738.51
ก่อนปรับปรุง (With transport)	17,139.14	10,790.74	6,521.29	3,255.52	13,491.30
หลังปรับปรุง (With transport)	15,345.82	10,790.74	6,521.29	3,255.52	14,115.99

หมายเหตุ หน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$)



ภาพที่ 46 แผนภูมิสรุปผลการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคาร

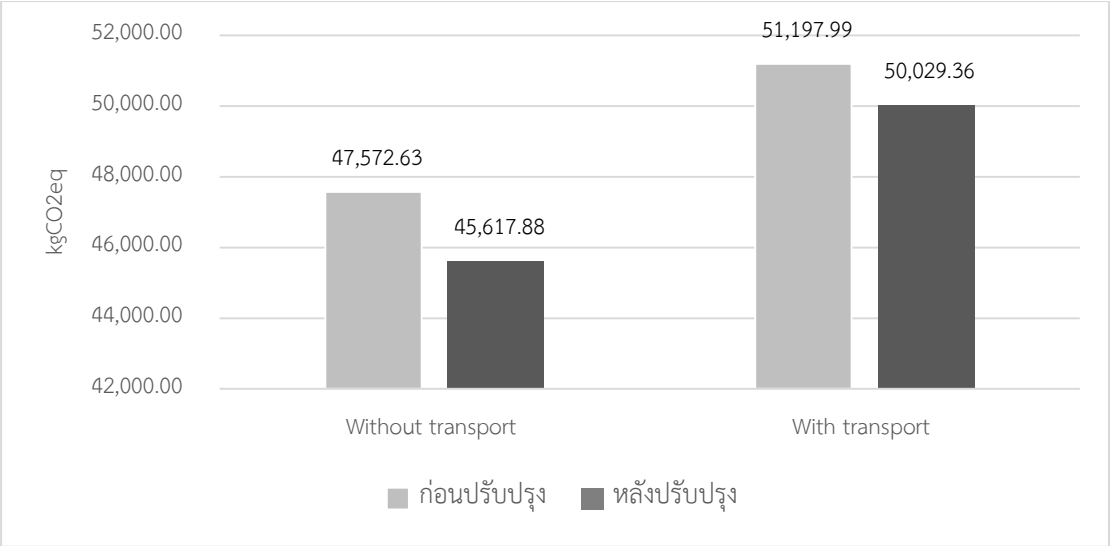
สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ หลังปรับปรุง มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) พบว่า มีเพียงวัสดุผนังทึบแสง (Opaque) คือ ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด (O1-13) ที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง ในส่วนวัสดุโปร่งแสง มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่าเดิม และวัสดุหลังคา (Roof) คือ หลังคาที่มีการเพิ่มฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m3 ความหนา 25 มม. (R4) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น

2.2 สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคารรวมทั้งหมดของอาคารศูนย์วิทยบริการก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ตารางที่ 30 สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคารทั้งหมด

กรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ	Without transport	With transport
ก่อนปรับปรุง	47,572.63	51,197.99
หลังปรับปรุง	45,617.88	50,029.36

หมายเหตุ หน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$)



ภาพที่ 47 แผนภูมิสรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคารรวมทั้งหมด

สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคารทั้งหมด ซึ่งก่อนการปรับปรุงมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) ของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการทั้งหมด 51,197.99 $kgCO_2eq$ และหลังการปรับปรุงมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) ของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการทั้งหมด 50,029.36 $kgCO_2eq$ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า กรอบอาคารหลังปรับปรุง (With transport) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงจากอาคารก่อนปรับปรุง (With transport) 1,168.63 $kgCO_2eq$ ซึ่งสถานศึกษาในสังกัดอาชีวศึกษาทั่วประเทศไทยมีจำนวน 914 แห่ง(สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2559) ประกอบด้วย สถานศึกษาอาชีวศึกษารัฐบาลจำนวน 428 แห่ง และสถานศึกษาอาชีวศึกษาเอกชน จำนวน 486 แห่ง ดังนั้นจะสามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง 1,068,127.82 $kgCO_2eq$

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

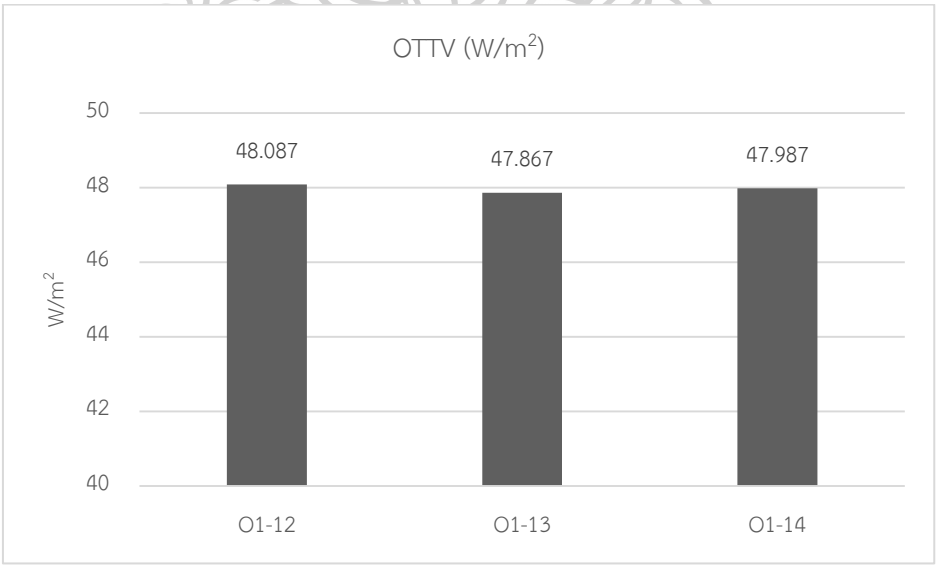
3.1.1 วัสดุกรอบอาคารทางเลือกนอกจากจะต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา (Building energy code, BEC) คือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) ไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. และยังควรมีการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารประกอบการตัดสินใจเลือกวัสดุร่วมด้วย

ของสถาปนิกผู้ออกแบบอาคาร, ผู้ครอบครองอาคารและผู้ที่สนใจ ช่วยผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและสร้างความตระหนักการอนุรักษ์พลังงานและการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งผู้วิจัยสามารถแยกทางเลือกของการปรับปรุงกรอบอาคารในส่วนวัสดุผนังทึบแสง (Opaque), ผนังโปร่งแสง (Transparent) และหลังคา (Roof) ได้ดังนี้

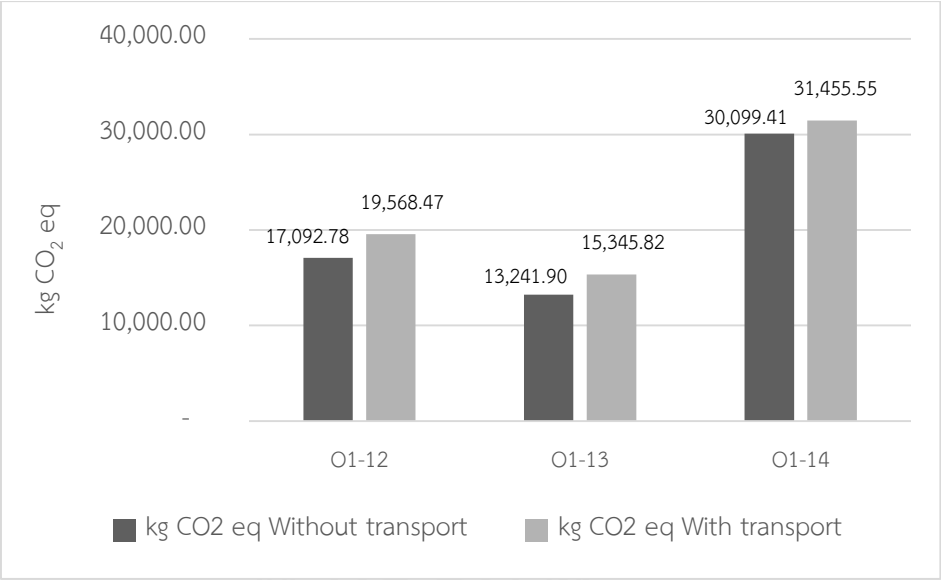
1) การปรับปรุงกรอบอาคารเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)

ตารางที่ 31 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)

รหัสกรอบอาคาร	**วัสดุกรอบอาคาร**	**OTTV (W/m^2)**	**Without transport ($kgCO_2eq$)**	**With transport ($kgCO_2eq$)**
O1-12	อิฐมอญ+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด	48.087	17,092.78	19,568.47
O1-13	**คอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด**	**47.867**	**13,241.90**	**15,345.82**
O1-14	อิฐมวลเบา+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด	47.987	30,099.41	31,455.55



ภาพที่ 48 แผนภูมิการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)



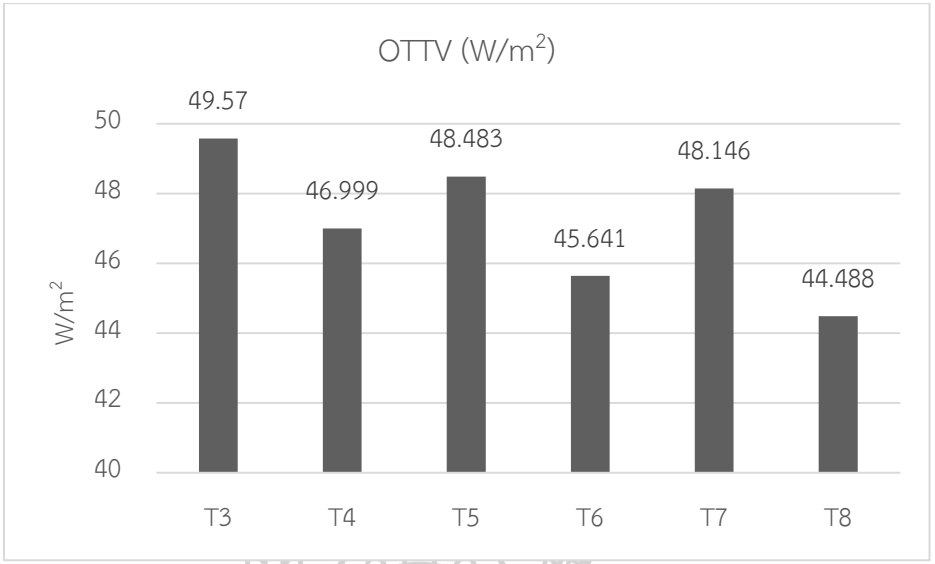
ภาพที่ 49 แผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)

ทางเลือกการใช้วัสดุผนังทึบแสง (Opaque) เพื่อนำไปปรับปรุงกรอบอาคารนั้น เมื่อเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ดัง**ภาพที่ 48** จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดดัง**ภาพที่ 49** ซึ่งพบว่า **ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด (O1-13)** มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) น้อยที่สุด

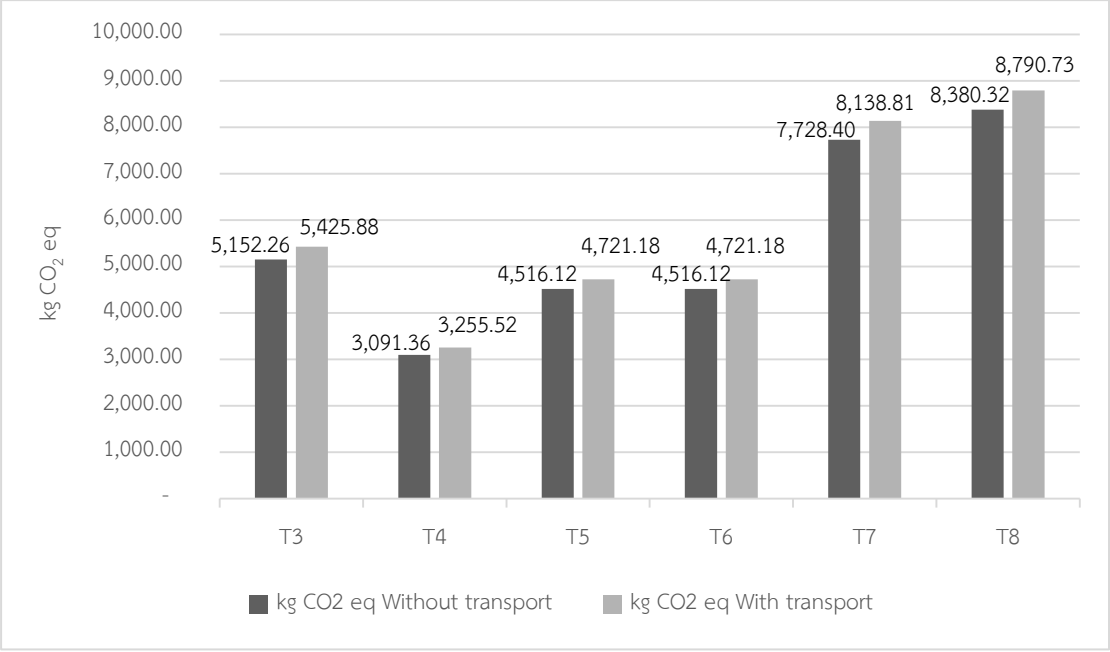
2) การปรับปรุงกรอบอาคารเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)

ตารางที่ 32 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)

รหัสกรอบอาคาร	**วัสดุกรอบอาคาร**	**OTTV (W/m^2)**	**Without transport ($kgCO_2eq$)**	**With transport ($kgCO_2eq$)**
T3	Ocean Green Float Glass 8 mm.	49.57	5,152.26	5,425.88
T4	**Dark Coolgray Float Glass 5 mm.**	46.999	3,091.36	**3,255.52**
T5	Solartag (TS 230) 6 mm.	48.483	4,516.12	4,721.18
T6	Solartag (TS 120) 6 mm.	45.641	4,516.12	4,721.18
T7	Ocean Green 6 mm. (6-6-6)	48.146	7,728.40	8,138.81
T8	**SOLARTAG (TS 140) 6 mm. (6-6-6)**	**44.488**	8,380.32	8,790.73



ภาพที่ 50 แผนภูมิการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)



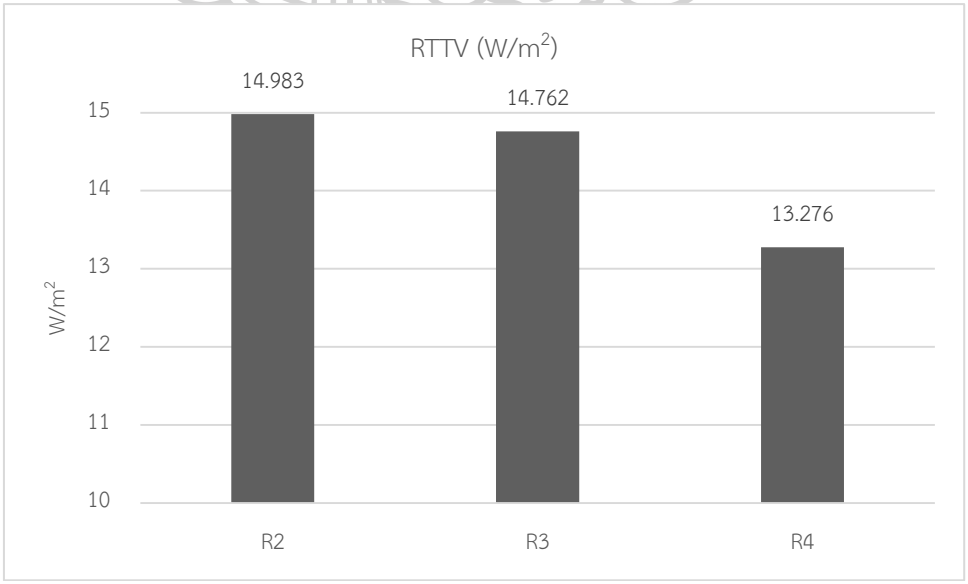
ภาพที่ 51 แผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)

ทางเลือกการใช้วัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) เพื่อนำไปปรับปรุงกรอบอาคารนั้น เมื่อเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ดัง**ภาพที่ 50** พบว่า **SOLARTAG (TS 140) 6 mm. (6-6-6) (T8)** มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสงน้อยที่สุด แต่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดัง**ภาพที่ 51** พบว่า **Dark Coolgray Float Glass 5 mm.** (T4) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) น้อยที่สุด

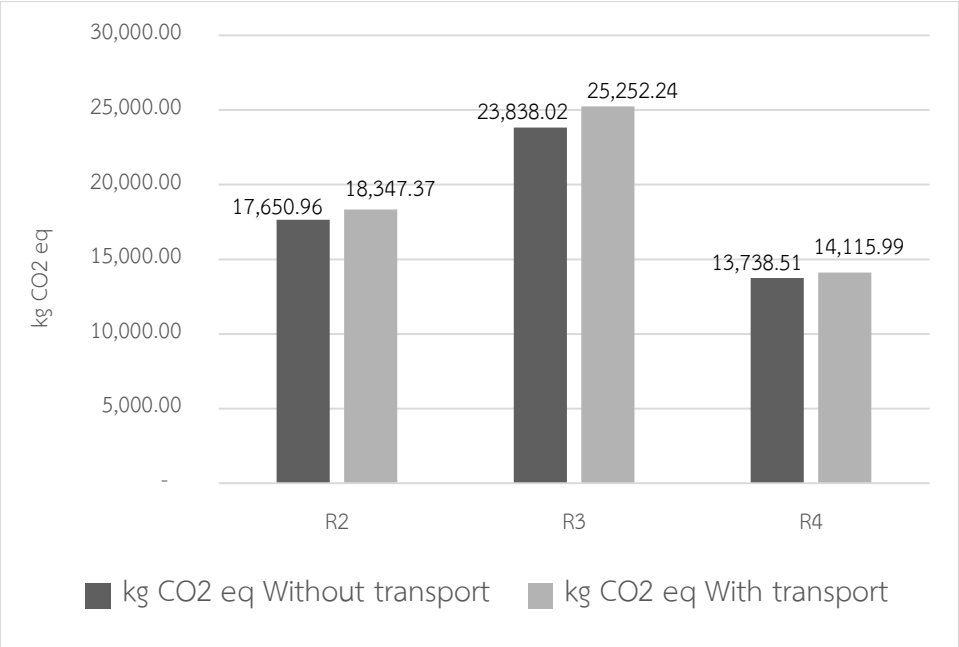
3) การนำไปปรับปรุงกรอบอาคารเฉพาะวัสดุหลังคา (Roof)

ตารางที่ 33 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof)

รหัสกรอบอาคาร	**วัสดุกรอบอาคาร**	**RTTV (W/m^2)**	**Without transport ($kgCO_2eq$)**	**With transport ($kgCO_2eq$)**
R2	กระเบื้องลอนคู่(Fiber Cement Tile) หนา 0.55 ซม.	14.983	17,650.96	18,347.37
R3	กระเบื้องเซรามิค หนา 1 ซม.	14.762	23,838.02	25,252.24
R4	**ฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m^3 ความหนา 25 มม.**	**13.276**	**13,738.51**	**14,115.99**



ภาพที่ 52 แผนภูมิการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof)



ภาพที่ 53 แผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof)

ทางเลือกการใช้วัสดุหลังคา (Roof) เพื่อนำไปปรับปรุงกรอบอาคารนั้น เมื่อเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (RTTV) ดัง**ภาพที่ 52** พบว่า **ฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m^3 ความหนา 25 มม.**(R4) มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาน้อยที่สุด และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดัง**ภาพที่ 53** พบว่า **ฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m^3 ความหนา 25 มม.**(R4) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) น้อยที่สุดเช่นกันกับค่าการถ่ายเทความร้อนรวม

3.1.2 การหาแนวทางในการปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษา เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน(BEC) ประเภทอาคารสำนักงานและสถานศึกษา คือ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) ไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. ดังนั้น สถาปนิกผู้ออกแบบอาคาร ผู้ครอบครองอาคารและผู้ที่สนใจ สามารถนำขั้นตอนการศึกษานี้ไปใช้ได้ทั้งในกระบวนการออกแบบและการปรับปรุงอาคารเพื่อลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารและลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคา โดยอาจจะต้องเปลี่ยนค่าตัวแปรให้เป็นไปตามจริงของอาคารนั้นๆ

3.2 ข้อเสนอแนะในการทาการศึกษาครั้งต่อไป

3.2.1 การปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น ไม่ได้มีการปรับเปลี่ยนผนังทึบในส่วนที่เป็นโครงสร้างอาคาร คือ เสา ค.ส.ล. และคาน ค.ส.ล. ควรมีการศึกษาการปรับเปลี่ยนโครงสร้างอาคารอื่นเพิ่มเติม เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกันในด้านโครงสร้างอาคาร

3.2.2 การขนส่งวัสดุกรอบอาคารในงานวิจัยนี้เป็นการขนส่งด้วยรถบรรทุก 2 เพลา 6 ล้อ ลิตร น้ำหนักรถรวมน้ำหนักบรรทุก 15 ตัน สมรรถนะ(ที่น้ำหนักรถรวมน้ำหนักบรรทุก) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับขนาดรถที่ใช้บรรทุกวัสดุเพิ่มเติมตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกันในด้านการขนส่งวัสดุ

3.2.3 การประมาณราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนที่ทำการปรับปรุงเพื่อศึกษาความคุ้มค่าด้านราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้างของการปรับปรุงวัสดุ เพราะวัสดุแต่ละชนิดมีราคาและค่าแรงที่แตกต่างกัน

3.2.4 การปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารที่มีความเหมาะสมและคำนวณผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษาที่ใช้ในปัจจุบัน (เกณฑ์ BEC) โดยการใช้วัสดุกรอบอาคารในปัจจุบันและหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป ซึ่งในอนาคตอาจมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารที่มีการพัฒนานวัตกรรมวัสดุในอนาคตที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจกและลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

Kofoworola, O., & Gheewala, S. (2008). *Environmental life cycle assessment of a commercial office building in Thailand* (Vol. 13).

Leatherbarrow, D., & Mostafavi, M. (2002). *Surface Architecture*. Cambridge, Mass: MIT Press.

Paleari, M., Lavagna, M., & Campioli, A. (2013). *Life cycle assessment and zero energy residential buildings*.

Thiel, C. L., Campion, N., Landis, A. E., Jones, A. K., Schaefer, L. A., & Bilec, M. M. (2013). A Materials Life Cycle Assessment of a Net-Zero Energy Building. *Energies (*19961073*),* 6(2), 1125-1141. doi:10.3390/en6021125

Tumminia, G., Guarino, F., Longo, S., Mistretta, M., Cellura, M., Aloisio, D., & Antonucci, V. (2017). Life cycle energy performances of a Net Zero Energy prefabricated building in Sicily. *Energy Procedia,* 140, 486-494. doi:10.1016/j.egypro.2017.11.160

กมลทิพย์ อรัญศิริ. (2553). การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุและกระบวนการก่อสร้าง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

กระทรวงพลังงาน. (2558). แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 - 2573).

กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). นโยบาย เป้าหมาย ยุทธศาสตร์การผลิตและพัฒนากำลังคนอาชีวศึกษาสู่สากล พ.ศ. ๒๕๕๕ - ๒๕๖๙. กรุงเทพฯ.

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. (2551). การประเมินวัฏจักรชีวิตเปรียบเทียบระหว่างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กและโครงสร้งคอนกรีตในประเทศไทย. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 4 14-16 พฤษภาคม 2551 โรงแรมการ์เด้น ริเวอร์ไซด์ สวนสามพราน จังหวัดนครปฐม,, 281-286.

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. (2558). แนวทางในการพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารสำหรับประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*,* 2558(64), 47-62.

ณัฏฐ์วิภา รุ่งเรืองธนาผล. (2559). การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุและการใช้งานของอาคารพักอาศัยต้นแบบในโครงการบ้านประชารัฐ การเคหะแห่งชาติ. (ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ณัฐกานต์ สมตัว. (2553). การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารที่พักอาศัยโดยการ

ประเมินวัฏจักรชีวิต. (ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี,

บริษัท ตรีเพชรอีซูซุเซลส์ จำกัด. (2562). ISUZU KING OF TRUCKS. In.

เรื่อง ห้ามใช้ยานพาหนะที่มีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุก หรือน้ำหนักลงเพลาเกินกว่าที่ได้กำหนด หรือโดยที่ยานพาหนะนั้นอาจทำให้ทางหลวงเสียหาย เดินบนทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงสัมปทาน, (2548).

ฝ่ายธุรการและสิ่งแวดล้อม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2546). คู่มือการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์. นนทบุรี: สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย.

รณิดา ปานทอง. (2557). การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้งานพลังงานในอาคารประเภทอาคารชุดพักอาศัย : ช่วงการก่อสร้างและพักอาศัย. (ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

วณิชญา ถนอมพลกรัง. (2557). การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเปรียบเทียบระหว่างการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์กับระบบไฟฟ้าโครงข่าย = *Life cycle assessment of district health promoting hospital, a comparison between photovoltaic and grid electricity system.* (ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศิลปากร,

ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. (2551). คู่มือการใช้งานโปรแกรม *BEC v.*1.0.6. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.

ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. (2558). แนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2560). แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. ๒๕๖๔ – ๒๕๗๓ (*Thailand's Nationally Determined Contribution Roadmap on Mitigation* 2021 -2030).

สุดตาภา ใจแสน. (2555). การวิเคราะห์การปล่อยคาร์บอนจากขั้นตอนการรื้อถอนอาคารและการทำลายอาคาร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, Retrieved from http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/42349

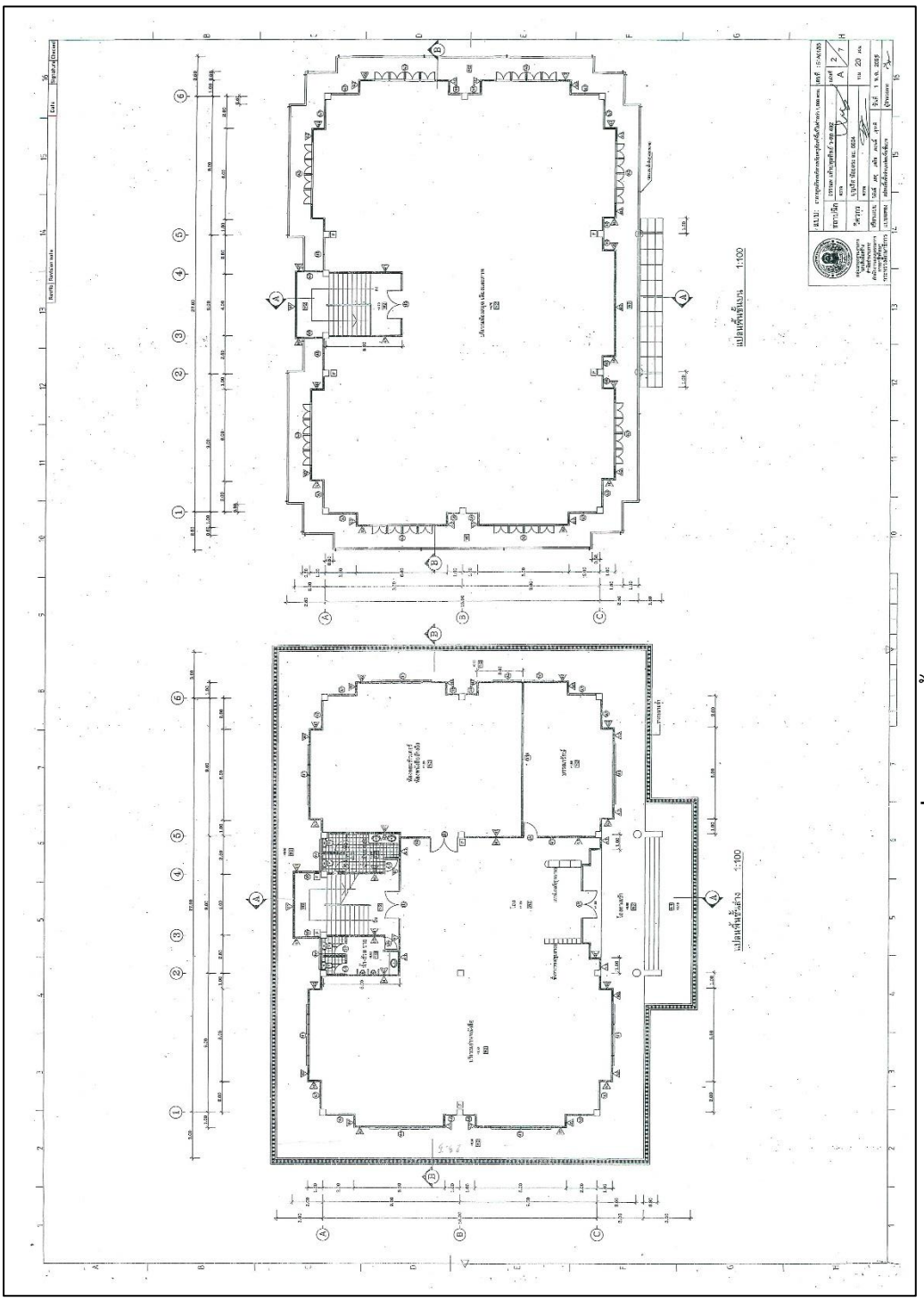
อัจฉรียา ชัยยะสมุทร. (2551). การประเมินวัฏจักรชีวิตและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของวัสดุผนังทึบในอาคารบ้านพักอาศัย. 2551., Retrieved from http://ezproxy.car.chula.ac.th/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat05085a&AN=chu.b1859483&site=eds-live

มหาวิทยาลัยศิลปากร

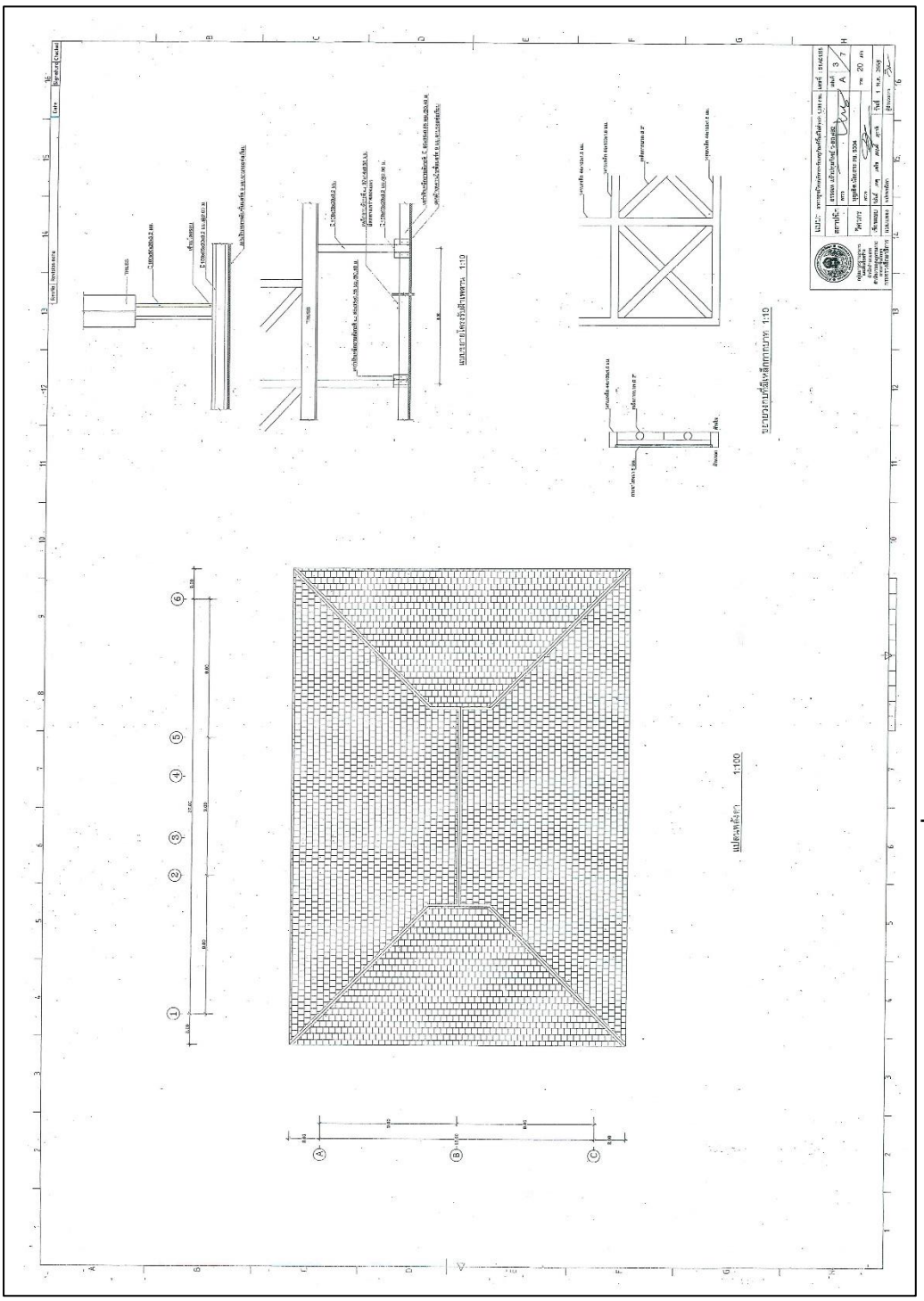
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

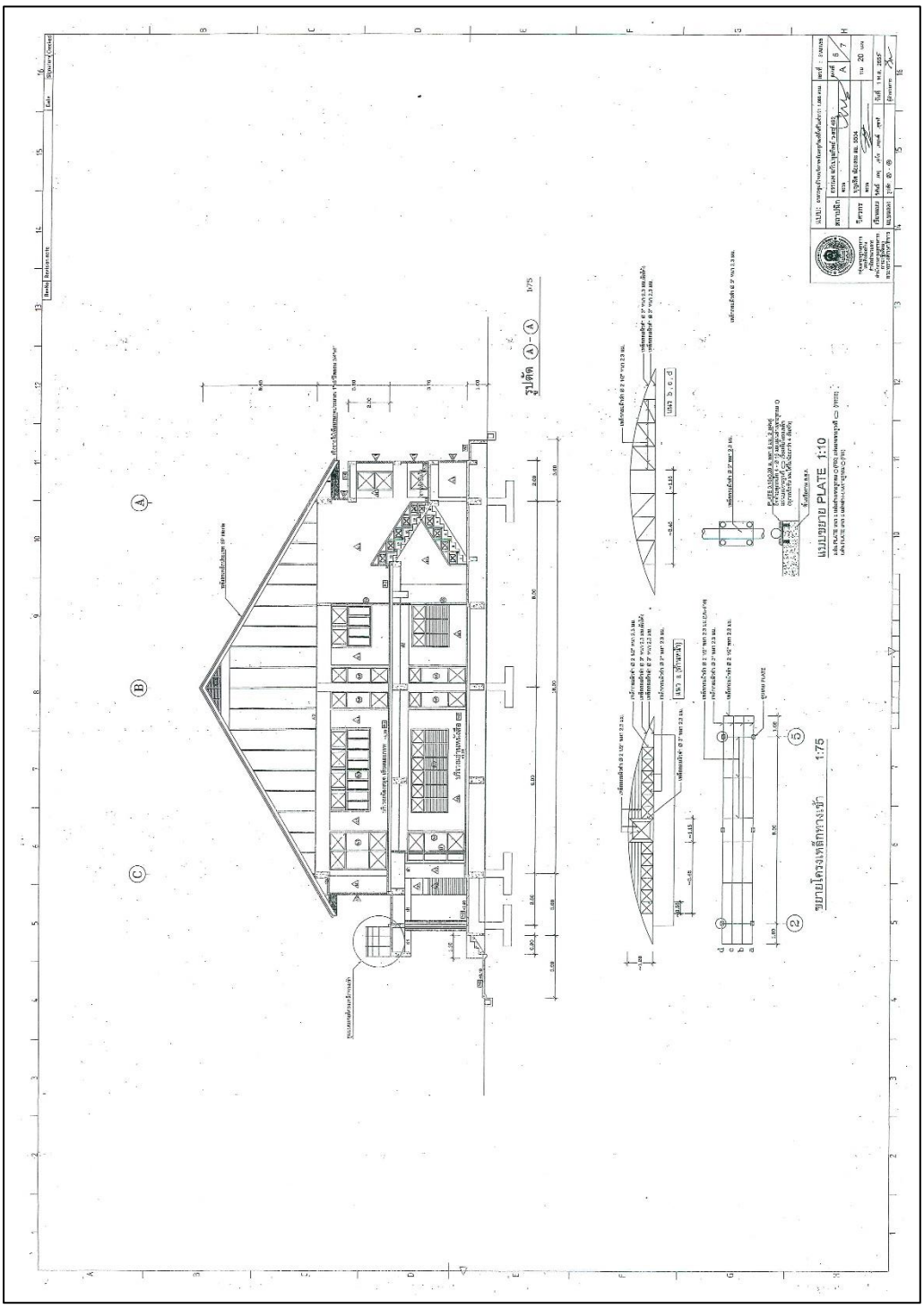
แบบอาคารศูนย์วิทยบริการพร้อมครุภัณฑ์ พื้นที่ไม่ต่ำกว่า 1,088 ตร.ม.



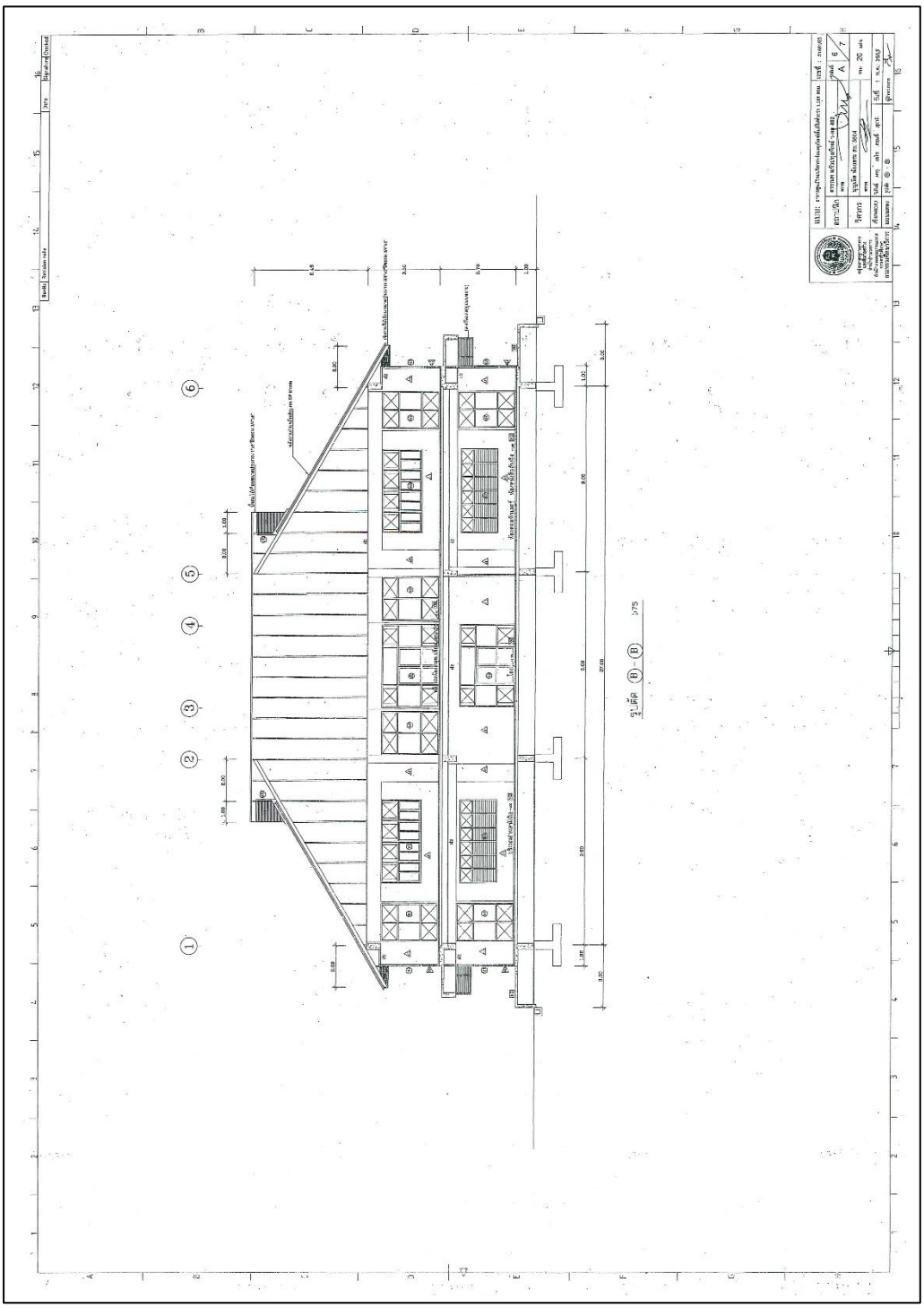
ภาพที่ 54 แปลนพื้นอาคารศูนย์วิทยบริการ



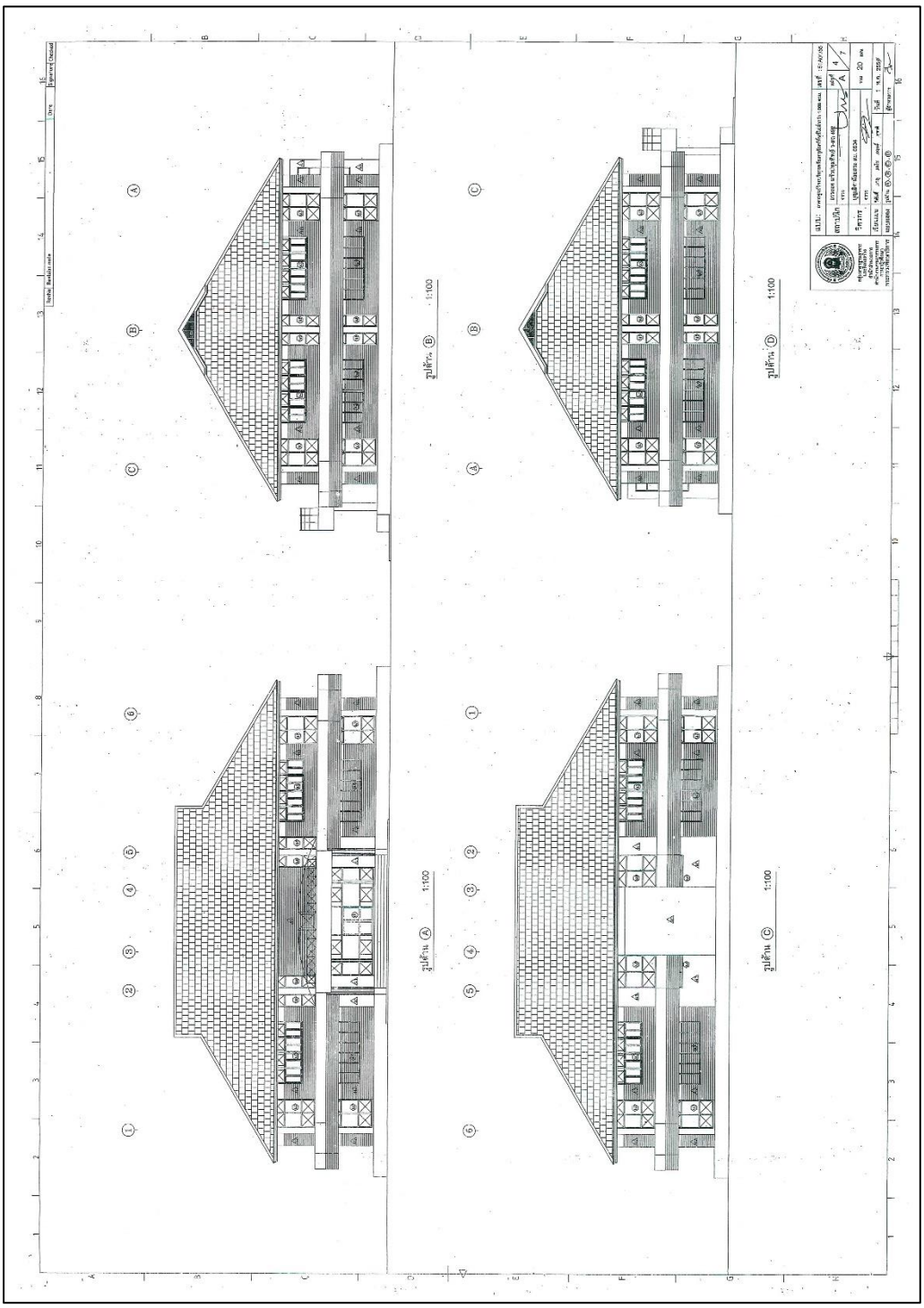
ภาพที่ 55 แปลนหลังคาอาคารศูนย์วิทยบริการ



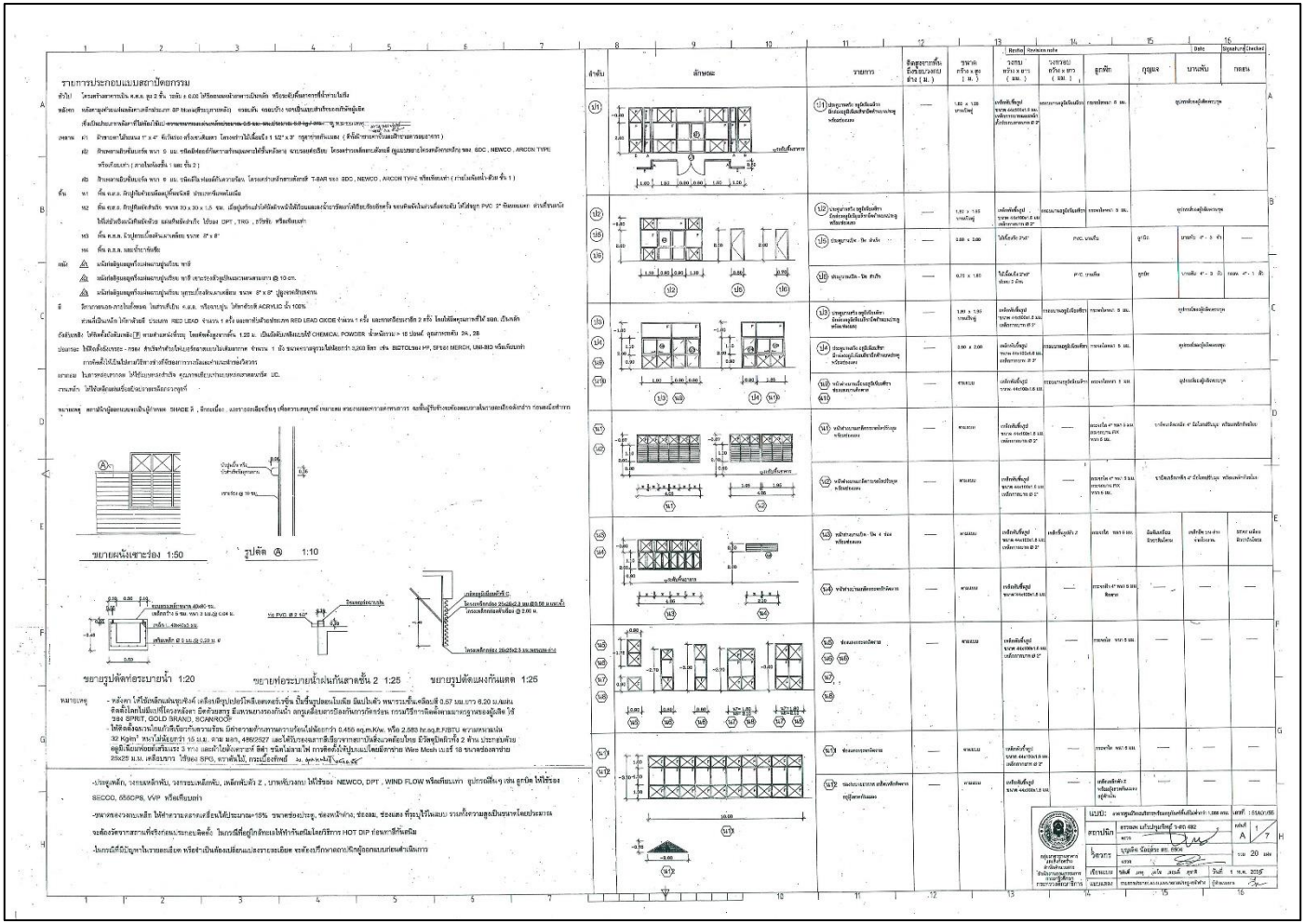
ภาพที่ 56 รูปตัด A อาคารศูนย์วิทยบริการ



ภาพที่ 57 รูปตัด B อาคารศูนย์วิทยบริการ



ภาพที่ 58 รูปด้านอาคารศูนย์วิทยบริการ



ภาพที่ 59 รายการประกอบแบบสถาปัตยกรรม

ภาคผนวก ข

การทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Inventory Analysis) เพื่อป้อนใน SimaPro และฐานข้อมูลใน SimaPro

รายการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ

1. คู่มือประมาณราคา (Cost Estimation Handbook) สำหรับงานก่อสร้าง โครงสร้าง สถาปัตยกรรม และอื่นๆ เป็นหนังสือที่เขียนโดย วิสูตร จิระดำเกิง

2. หลักเกณฑ์และตารางคำนวณค่าวัสดุมวลรวมต่อหน่วยในงานก่อสร้างอาคาร ในหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลาง งานก่อสร้างอาคาร จัดทำโดย คณะกรรมการราคากลางและขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการ กรมบัญชีกลาง

ตารางที่ 34 รายการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการกรอบอาคารก่อนปรับปรุง

รหัสกรอบอาคาร	รายการ	จำนวน	หน่วย	ปริมาณ	หน่วย	หมายเหตุ
O1	ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น	339.51	ตร.ม.			
(ผนังทึบ)	1. วัสดุมวลรวมของผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.					คู่มือประมาณราคา
	1.1 อิฐสามัญ(อิฐมอญ) ขนาด 4x6.5x14 ซม. (120 ก้อน)	60.00	กก.	20,370.60	กก.	(0.50 กก. /ก้อน)บริษัท อิฐเอเชีย จำกัด)
	1.2. ปูนซีเมนต์	12.81	กก.	4,349.12	กก.	คู่มือประมาณราคา
	1.3. ทรายละเอียด	0.03	ลบ.ม.	15,277.95	กก.	(1,500 กก./ลบ.ม.) http://www.thaicontractors.com/content/cmenu/1/26/53.html
	1.4. ปูนขาว	0.004	ลบ.ม.	697.16	กก.	(513.36 กก./ลบ.ม.) http://www.thaicontractors.com/content/cmenu/1/51/250.html
	2. วัสดุมวลรวมของการฉาบปูน(หนา 1.5 ซม.) ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	679.02	ตร.ม.			คู่มือประมาณราคา
	2.1. ปูนซีเมนต์	3.77	กก.	2,559.91	กก.	คู่มือประมาณราคา

	2.2 ทรายละเอียด	0.02	ลบ.ม.	20,370.60	กก.	(1,500 กก./ลบ.ม.) http://www.thaicontractors.com/content/cmenu/1/26/53.html
	2.3. ปูนขาว	0.003	ลบ.ม.	1,045.75	กก.	(513.36 กก./ลบ.ม.) http://www.thaicontractors.com/content/cmenu/1/51/250.html
	3. วัสดุทาสีภายในและภายนอก(ปูนใหม่) ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	679.02	ตร.ม.			หลักเกณฑ์และตารางคำนวณค่าวัสดุมวลรวมต่อหน่วยในงานก่อสร้างอาคาร
	3.1 สีโป๊ว	0.10	กก.	67.90	กก.	
	3.2 ทาสีรองพื้นปูนใหม่	0.04	GL.	108.64	กก.	
	3.3 สีทาภายนอกและภายในทาทับหน้า 2 เที่ยว	0.07	GL.	190.13	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด O1			65,037.76	กก.	
O2	เสา ค.ส.ล.	37.34	ตร.ม.			
(เสา ค.ส.ล.)	1. คอนกรีตโครงสร้าง (1:2:4) ต่อ 1 ลบ.ม.	14.94	ลบ.ม.			หลักเกณฑ์และตารางคำนวณค่าวัสดุมวลรวมต่อหน่วยในงานก่อสร้างอาคาร
	1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	342.00	กก.	5,108.11	กก.	
	1.2 ทรายหยาบ	0.62	ลบ.ม.	13,890.48	กก.	
	1.3 หินเบอร์ 1-2	1.09	ลบ.ม.	24,420.36	กก.	

	2. เหล็กเสริมคอนกรีต			1,493.60	กก.	(80-120 กก./ลบ.ม.) http://www.xn--l3cahhe4c8f2ab8l2b.com/2011/11/blog-post_11.html?m=1
	3. วัสดุมวลรวมของการฉาบปูนเรียบ(หนา 2 ซม.) ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	74.68	ตร.ม.			หลักเกณฑ์และตารางคำนวณค่าวัสดุมวลรวมต่อหน่วยในงานก่อสร้างอาคาร
	3.1 ปูนซีเมนต์	5.02	กก.	374.89	กก.	
	3.2 ทรายละเอียด	0.02	ลบ.ม.	2,240.40	กก.	
	3.3 ปูนขาว	0.003	ลบ.ม.	115.01	กก.	
	4. วัสดุทาสีภายในและภายนอก(ปูนใหม่) ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	74.68	ตร.ม.			หลักเกณฑ์และตารางคำนวณค่าวัสดุมวลรวมต่อหน่วยในงานก่อสร้างอาคาร
	4.1 สีโป๊ว	0.10	กก.	7.47	กก.	(4 กก./ GL.) https://www.onestockhome.com/th/products/40772303/toa-mandarin-duck-alkali-resisting-primer_paints_mandarin-duck_toa
	4.2 ทาสีรองพื้นปูนใหม่	0.04	GL.	11.95	กก.	
	4.3 สีทาภายนอกทาทับหน้า 2 เที่ยว	0.07	GL.	20.91	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด O2			47,683.19	กก.	

O3	คาน ค.ส.ล.	29.52	ตร.ม.			
(คาน ค.ส.ล.)	1. คอนกรีตโครงสร้าง (1:2:4) ต่อ 1 ลบ.ม.			8.86	ลบ.ม.	หลักเกณฑ์และตารางคำนวณค่าวัสดุมวลรวมต่อหน่วยในงานก่อสร้างอาคาร
	1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	342.00	กก.	3,028.75	กก.	
	1.2 ทรายหยาบ	0.62	ลบ.ม.	8,236.08	กก.	
	1.3 หินเบอร์ 1-2	1.09	ลบ.ม.	14,479.56	กก.	
	2. เหล็กเสริมคอนกรีต			885.60	กก.	
	3. วัสดุมวลรวมของการฉาบปูนเรียบ(หนา 2 ซม.) ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.					
	3.1 ปูนซีเมนต์	5.02	กก.	296.38	กก.	
	3.2 ทรายละเอียด	0.02	ลบ.ม.	1,771.20	กก.	
	3.3 ปูนขาว	0.003	ลบ.ม.	90.93	กก.	
	4. วัสดุทาสีภายในและภายนอก(ปูนใหม่) ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.					
	4.1 สีโป๊ว	0.10	กก.	5.90	กก.	
	4.2 ทาสีรองพื้นปูนใหม่	0.04	GL.	9.45	กก.	
	4.3 สีทาภายนอกทาทับหน้า 2 เที่ยว	0.07	GL.	16.53	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด R1			28,820.38	กก.	

T1	กระจกใส หนา 5 มม.	244.85	ตร.ม.			
(ผนังโปร่งแสง)	น้ำหนักกระจก 5 มม. ต่อตารางเมตร	12.00	กก.	2,828.02	กก	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด T1			2,938.20	กก.	
R1	หลังคา	759.10				
(หลังคาและฝ้าเพดาน)	1. น้ำหนักแผ่นหลังคาเหล็กโมเนีย หนา 0.57 มม. ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	4.80	กก.	3,643.68	กก.	
	2. ฉนวนใยแก้วสีเขียวกันความร้อน หนา $\geq$ 15 มม. ความหนาแน่น 32 kg/m^3	11.25	ลบ.ม.			
	2.1 ฉนวนใยแก้ว ต่อ 1 ลบ.ม.	32.00	กก.	360.00	กก.	
	2.2 อลูมิเนียมฟอยล์ ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	0.10	กก.	151.82	กก.	
	3. ฝ้ายิปซั่มบอร์ด 9 มม. มีฟอยล์ฉาบรอยต่อเรียบ					
	3.1 แผ่นยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม.	5.50	กก.	4,175.05		
	3.2 อลูมิเนียมฟอยล์	0.10	กก./ตร.ม.	75.91	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด R1			8,406.46	กก.	

ตารางที่ 35 รายการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการกรอบอาคารโดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)

รหัสกรอบอาคาร	รายการ	จำนวน	หน่วย	ปริมาณ	หน่วย	หมายเหตุ
O1-12	อิฐมอญ+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด	339.51	ตร.ม.			
	1. วัสดุมวลรวมของผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.					คู่มือประมาณราคา
	1.1 อิฐสามัญ(อิฐมอญ) ขนาด 4x6.5x14 ซม. (120 ก้อน)	60.00	กก.	20,370.60	กก.	(0.50 กก. /ก้อน)บริษัท อิฐเอเชีย จำกัด)
	1.2. ปูนซีเมนต์	12.81	กก.	4,349.12	กก.	คู่มือประมาณราคา
	1.3. ทรายละเอียด	0.03	ลบ.ม.	15,277.95	กก.	(1,500 กก./ลบ.ม.) http://www.thaicontractors.com/content/cmenu/1/26/53.html
	1.4. ปูนขาว	0.004	ลบ.ม.	697.16	กก.	(513.36 กก./ลบ.ม.) http://www.thaicontractors.com/content/cmenu/1/51/250.html
	2. วัสดุมวลรวมของการฉาบปูนผนังภายนอก(หนา 1.5 ซม.) ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	339.51	ตร.ม.			คู่มือประมาณราคา
	2.1. ปูนซีเมนต์	3.77	กก.	1,279.95	กก.	คู่มือประมาณราคา
	2.2 ทรายละเอียด (1,500 กก./ลบ.ม.)	0.02	ลบ.ม.	10,185.30	กก.	
	2.3 ปูนขาว (513.36 กก./ลบ.ม.)	0.003	ลบ.ม.	522.87	กก.	
	3. วัสดุทาสีภายในและภายนอก(ปูนใหม่) ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	679.02	ตร.ม.			

	3.1 สีโป๊ว	0.10	กก.	67.90	กก.	
	3.2 ทาสีรองพื้นปูนใหม่	0.04	GL.	54.32	กก.	
	3.3 สีทาภายนอกและภายในทาทับหน้า 2 เที่ยว	0.07	GL.	190.13	กก.	
	4. ฉนวนใยแก้วสีเขียวกันความร้อน หนา 50 มม. ความหนาแน่น 32 kg/m^3	339.51	ตร.ม.	37.50	ลบ.ม.	
	4.1 ฉนวนใยแก้ว	32.00	กก./ลบ.ม.	1,200.00	กก.	
	4.2 อลูมิเนียมฟอยล์	0.10	กก./ตร.ม.	67.90	กก.	
	5. ฝ้ายิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม.	339.51	ตร.ม.			
	5.1 น้ำหนักแผ่นยิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม. ต่อตารางเมตร	7.20	กก.	2,444.47	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด O1-12			56,707.68	กก.	
O1-13	คอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด	339.51	ตร.ม.			
	1. วัสดุมวลรวมของผนังก่อคอนกรีตบล็อคกลวง ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.					
	1.1 คอนกรีตบล็อคกลวง ขนาด 7x19x39 ซม. (13 ก้อน)	91.00	กก.	30,895.41	กก.	
	1.2 ปูนซีเมนต์	3.77	กก.	1,279.95	กก.	
	1.3 ทรายละเอียด (1,500 กก./ลบ.ม.)	0.01	ลบ.ม.	3.40	กก.	
	1.4 ปูนขาว (513.36 กก./ลบ.ม.)	0.001	ลบ.ม.	0.34	กก.	
	2. วัสดุมวลรวมของการฉาบปูนผนังภายนอก(หนา 1.5	339.51	ตร.ม.			

	ซม.) ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.					
	2.1. ปูนซีเมนต์	3.77	กก.	1,279.95	กก.	
	2.2 ทรายละเอียด (1,500 กก./ลบ.ม.)	0.02	ลบ.ม.	10,185.30	กก.	
	2.3 ปูนขาว (513.36 กก./ลบ.ม.)	0.003	ลบ.ม.	522.87	กก.	
	3. วัสดุทาสีภายในและภายนอก(ปูนใหม่) ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	679.02	ตร.ม.			
	3.1 สีโป๊ว	0.10	กก.	67.90	กก.	
	3.2 ทาสีรองพื้นปูนใหม่	0.04	GL.	54.32	กก.	
	3.3 สีทาภายนอกและภายในทาทับหน้า 2 เที่ยว	0.07	GL.	190.13	กก.	
	4. ฉนวนใยแก้วสีเขียวกันความร้อน หนา 50 มม. ความหนาแน่น 32 kg/m^3	339.51	ตร.ม.	37.50	ลบ.ม.	
	4.1 ฉนวนใยแก้ว	32.00	กก./ลบ.ม.	1,200.00	กก.	
	4.2 อลูมิเนียมฟอยล์	0.10	กก./ตร.ม.	67.90	กก.	
	5. ฝ้ายิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม.	339.51	ตร.ม.			
	5.1 น้ำหนักแผ่นยิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม. ต่อตารางเมตร	7.20	กก.	2,444.47	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด O1-13			48,191.95	กก.	
O1-14	อิฐมวลเบา+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด	339.51	ตร.ม.			
	1. วัสดุมวลรวมของผนังก่ออิฐมวลเบา ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.					

	1.1 อิฐมวลเบา ความหนาแน่น 700 กก./ลบ.ม. ขนาด7.5x20x60 ซม. (9 ก้อน)	0.08	ลบ.ม.	19,250.22	กก.	
	1.2 ปูนก่อสำเร็จรูป	3.84	กก.	1,303.72	กก.	
	2. วัสดุมวลรวมของการฉาบปูนเรียบผนังภายนอก(หนา 1.25 ซม.) ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	339.51	ตร.ม.			
	2.1 ปูนฉาบสำเร็จรูป	19.10	กก.	6,484.64	กก.	
	3. วัสดุทาสีภายในและภายนอก(ปูนใหม่) ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	679.02	ตร.ม.			
	3.1 สีโป๊ว	0.10	กก.	67.90	กก.	
	3.2 ทาสีรองพื้นปูนใหม่	0.04	GL.	54.32	กก.	
	3.3 สีทาภายนอกและภายในทาทับหน้า 2 เที่ยว	0.07	GL.	190.13	กก.	
	4. ฉนวนใยแก้วสีเขียวกันความร้อน หนา 50 มม. ความหนาแน่น 32 kg/m^3	339.51	ตร.ม.	37.50	ลบ.ม.	
	4.1 ฉนวนใยแก้ว	32.00	กก./ลบ.ม.	1,200.00	กก.	
	4.2 อลูมิเนียมฟอยล์	0.10	กก./ตร.ม.	67.90	กก.	
	5. ฝ้ายิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม.	339.51	ตร.ม.			
	5.1 น้ำหนักแผ่นยิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม. ต่อตารางเมตร	7.20	กก.	2,444.47	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด O1-14			31,063.30	กก.	

ตารางที่ 36 รายการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการกรอบอาคารโดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง(Transparent)

รหัสกรอบอาคาร	รายการ	จำนวน	หน่วย	ปริมาณ	หน่วย	หมายเหตุ
T3	Ocean Green Float Glass 8 mm.	244.85	ตร.ม.			
	Ocean Green Float Glass 8 mm. ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	20.00	กก.	4,897.00	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด T3			4,897.00	กก.	
T4	Dark Coolgray Float Glass 5 mm.	244.85	ตร.ม.			
	Dark Coolgray Float Glass 5 mm. ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	12.00	กก.	2,938.20	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด T4			2,938.20	กก.	
T5	Solartag (TS 230) 6 mm.	244.85	ตร.ม.			
	Solartag (TS 230) 6 mm.	15.00	กก.	3,672.75	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด T5			3,672.75	กก.	
T6	Solartag (TS 120) 6 mm.	244.85	ตร.ม.			
	Solartag (TS 120) 6 mm.	15.00	กก.	3,672.75	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด T6			3,672.75	กก.	
T7	Ocean Green 6 mm. (6-6-6) (Clear Float Glass and Tinted Float Glass For outer glass)	244.85	ตร.ม.			
	Clear Float Glass 6 mm.	15.00	กก.	3,672.75	กก.	
	Ocean Green Float Glass 6 mm.	15.00	กก.	3,672.75	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด T7			7,345.50		

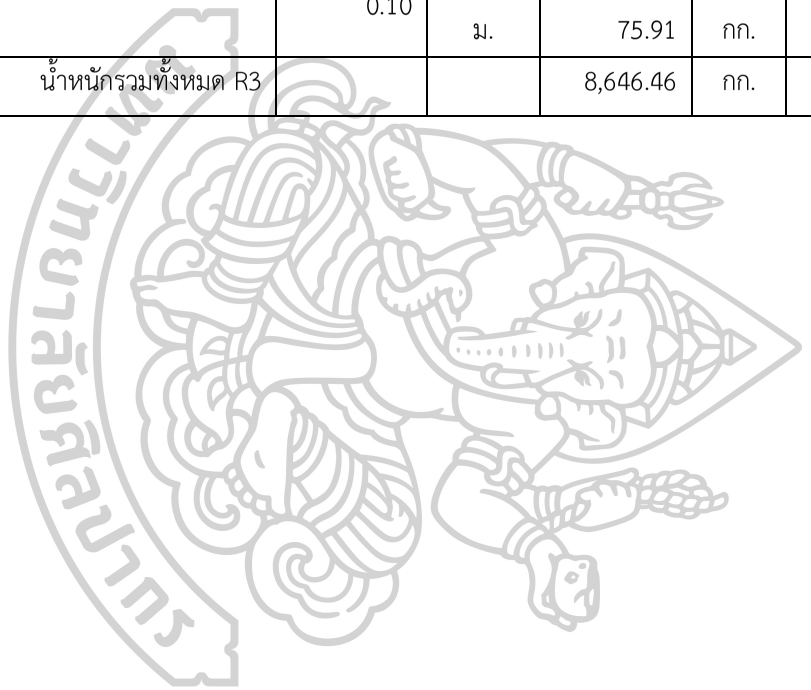
T8	SOLARTAG (TS 140) 6 mm. (6-6-6) (Heat Reflecting Glass coating on Clear Float Glass for outer glass)	244.85	ตร.ม.			
	Heat Reflecting Glass 6 mm.	15.00	กก.	3,672.75	กก.	
	Clear Float Glass 6 mm.	15.00	กก.	3,672.75	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด T8			7,345.50		

ตารางที่ 37 รายการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการกรอบอาคารโดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof)

รหัสกรอบอาคาร	รายการ	จำนวน	หน่วย	ปริมาณ	หน่วย	หมายเหตุ
R2	กระเบื้องลอนคู่(Fiber Cement Tile) หนา 0.55 ซม.	759.10	ตร.ม.			
	1. น้ำหนักกระเบื้องซีเมนต์ผสมใยหินลอนคู่(Fiber Cement Tile) หนา 0.55 ซม. ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	14.74	กก.	11,189.13	กก.	
	2. ฉนวนใยแก้วสีเขียวกันความร้อน หนา $\geq$ 15 มม. ความหนาแน่น 32 kg/m^3	11.25	ลบ.ม.			
	2.1 ฉนวนใยแก้ว ต่อ 1 ลบ.ม.	32.00	กก.	360.00	กก.	
	2.2 อลูมิเนียมฟอยล์ ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	0.10	กก.	151.82	กก.	
	3. ฝ้ายิปซั่มบอร์ด 9 มม. มีฟอยล์ฉาบรอยต่อเรียบ				กก.	
	3.1 แผ่นยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม.	5.50	กก.	4,175.05	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด R2			15,951.91	กก.	
R3	กระเบื้องเซรามิค หนา 1 ซม.	759.10	ตร.ม.			

	น้ำหนักกระเบื้องเซรามิค(Ceramic Roof Tile) หนา 1 ซม.ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	36.40	กก.	27,631.24	กก.	
	2. ฉนวนใยแก้วสีเขียวกันความร้อน หนา ≥ 15 มม. ความหนาแน่น 32 kg/m^3	11.25	ลบ.ม.			
	2.1 ฉนวนใยแก้ว ต่อ 1 ลบ.ม.	32.00	กก.	360.00	กก.	
	2.2 อลูมิเนียมฟอยล์ ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	0.10	กก.	151.82	กก.	
	3. ฝ้ายิปซั่มบอร์ด 9 มม. มีฟอยล์ฉาบรอยต่อเรียบ				กก.	
	3.1 แผ่นยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม.	5.50	กก.	4,175.05	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด R3			32,394.02	กก.	
R4	ฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m3 ความหนา 25 มม.	759.10	ตร.ม.			
(หลังคาและฝ้าเพดาน)	1. น้ำหนักแผ่นหลังคาเหล็กโมเนีย หนา 0.57 มม. ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	4.80	กก.	3,643.68	กก.	
	2. ฉนวนใยแก้วสีเขียวกันความร้อน หนา ≥ 25 มม. ความหนาแน่น 32 kg/m3	18.75	ลบ.ม.			
	2.1 ฉนวนใยแก้ว ต่อ 1 ลบ.ม.	32.00	กก./ลบ.ม.	600.00	กก.	
	2.2 อลูมิเนียมฟอยล์ ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	0.10	กก.	151.82	กก.	

	3. ฝ้ายิปซั่มบอร์ด 9 มม. มีฟอยล์ฉาบรอยต่อเรียบ					
	3.1 แผ่นยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม.	5.50	กก.	4,175.05		
	3.2 อลูมิเนียมฟอยล์	0.10	กก./ตร.ม.	75.91	กก.	
	น้ำหนักรวมทั้งหมด R3			8,646.46	กก.	



ตารางที่ 38 ฐานข้อมูลในโปรแกรม SimaPro 9.1.1

ลำดับที่	รายการ	Eco-invent 3.4	Last edited
1.	อิฐสามัญ(อิฐมอญ)	Clay brick {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:57:58 AM
2.	ปูนซีเมนต์	Cement, Portland (Leatherbarrow & Mostafavi)| market for | APOS, U	7/3/2012 11:03:46 PM
3.	ทรายละเอียด	Sand {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:56:56 AM
4.	ปูนขาว	Lime mortar {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:03 AM
5.	สีโป๊ว	Acrylic filler {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:02 AM
6.	สีรองพื้นปูนใหม่	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:42 AM
7.	สีทาภายนอกและภายใน	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:42 AM
8.	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	Cement, Portland (Leatherbarrow & Mostafavi)| market for | APOS, U	7/3/2012 11:03:46 PM
9.	ทรายหยาบ	Sand {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:56:56 AM
10.	หินเบอร์ 1-2	Gravel, crushed (Leatherbarrow & Mostafavi)| market for gravel, crushed | APOS, U	8/2/2011 9:57:55 AM
11.	กระจกใส หนา 5 มม.	Flat glass, uncoated {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:07 AM
12.	แผ่นหลังคาเหล็ก	Galvanized steel sheet, at plant/RNA	8/2/2011 9:58:21 AM
13.	ฉนวนใยแก้ว	Glass fibre {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:07 AM
14.	อลูมิเนียมฟอยล์	Aluminium, primary, cast alloy slab from continuous casting {GLO}| market for | APOS, U	4/14/2016 9:50:45 AM

ลำดับที่	รายการ	Eco-invent 3.4	Last edited
15.	แผ่นยิปซั่มบอร์ด	Gypsum plasterboard {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:01 AM
16.	คอนกรีตบล๊อคกลวง	Concrete block {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:57:59 AM
17.	อิฐมวลเบา	Lightweight concrete block, polystyrene (Leatherbarrow & Mostafavi)| market for lightweight concrete block, polystyrene | APOS, U	8/2/2011 9:58:00 AM
18.	Ocean Green Float Glass 8 mm.	Flat glass, uncoated {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:07 AM
19.	Dark Coolgray Float Glass 5 mm.	Flat glass, uncoated {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:07 AM
20.	Solartag (TS 230) 6 mm.	Flat glass, uncoated {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:07 AM
21.	Solartag (TS 120) 6 mm.	Flat glass, coated {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:07 AM
	Ocean Green 6 mm. (6-6-6) (Clear Float Glass and Tinted Float Glass For outer glass)		
22.	Clear Float Glass 6 mm.	Flat glass, uncoated {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:07 AM
23.	Ocean Green Float Glass 6 mm.	Flat glass, uncoated {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:07 AM
	SOLARTAG (TS 140) 6 mm. (6-6-6) (Heat Reflecting Glass coating on Clear Float Glass for outer glass)		
24.	Heat Reflecting Glass 6 mm.	Flat glass, coated {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:07 AM
25.	Clear Float Glass 6 mm.	Flat glass, uncoated {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:07 AM
26.	น้ำหนักกระเบื้องซีเมนต์ผสมใยหินลอนคู่(Fiber Cement Tile)	Fibre cement facing tile, small format {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 10:02:13 AM

ลำดับที่	รายการ	Eco-invent 3.4	Last edited
27.	กระเบื้องเซรามิค (Ceramic Roof Tile)	Ceramic tile {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 9:58:00 AM
28	รถบรรทุก 2 เพลา6 ล้อ	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO3 {GLO}| market for | APOS, U	8/2/2011 10:01:47 AM

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	บุษกร ดวงแก้ว
วัน เดือน ปี เกิด	13 ธันวาคม 2532
สถานที่เกิด	ศรีสะเกษ
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต (สถ.บ.) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 40 หมู่ 8 ตำบลไพร อำเภอขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ 33150

มหาวิทยาลัยศิลปากร