การศึกษาความเป็นไปได้ของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว

นายชินภัทร เคนดี

นายรัชชานนท์ ยอดแก้ว

นายภาคิน เพ็ชรประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2563

FEASIBILITY STUDY OF THE ENGINEERING LECTURE BUILDING OF NARESUAN UNIVERSITY TO COMPLY WITH THAI GREEN BUILDING STANDARDS

MR. CHINNAPHAT KANDEE

MR. RUTCHANON YODKAEW

MR. PAKIN PEDPASERT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING.

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2020

ปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน : การศึกษาความเป็นไปได้ของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายชินภัทร เคนดี รหัสนิสิต 60361057

นายรัชชานนท์ ยอดแก้ว รหัสนิสิต 60363952

นายภาคิน เพ็ชรประเสริฐ รหัสนิสิต 60363662

ที่ปรึกษาโครงงาน : ผศ. ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2563

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผศ. ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.อาวุธ ลภิรัตนากูล)

.....กรรมการ

(ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์)

หัวข้อโครงงาน : การศึกษาความเป็นไปได้ของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายชินภัทร เคนดี รหัสนิสิต 60361057
นายรัชชานนท์ ยอดแก้ว รหัสนิสิต 60363952
นายภาคิน เพ็ชรประเสริฐ รหัสนิสิต 60363662

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ. ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2563

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรในการปรับปรุงอาคารให้ผ่านตามมาตรฐานอาคารเขียวตามเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยสำหรับการก่อสร้างและการปรับปรุงโครงการใหม่ (TREE-NC) โดยศึกษาหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวในหัวข้อ การก่อสร้างและการปรับปรุงโครงการใหม่ (TREE–NC) ต่อมาเก็บข้อมูลอาคารเรียนรวมโดยการตรวจวัดกรอบอาคารเพื่อหาค่าการนำความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV) และหลังคา (RTTV), สัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (COP), ระบบอุปกรณ์ไฟฟ้า, ระบบแสงสว่างและระบบสุขาภิบาล รวมทั้งตรวจสอบการใช้พลังงานของโดยรวมของอาคาร จากนั้นประเมินตามหลักเกณฑ์ของ (TREE–NC) ทั้ง 4 ระดับได้แก่ Certified, Silver, Gold และPlatinum

ผลจากการประเมินอาคารเรียนรวม พบว่าไม่ผ่านตามมาตรฐานอาคารเขียว เพราะไม่ผ่านข้อบังคับในหัวข้อ การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียวและปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร แต่จากการศึกษาปรับปรุงอาคารเรียนรวมให้ผ่านใน 4 ระดับ พบว่าในส่วนของการปรับปรุงอาคารเรียนรวมให้ผ่านตามมาตรฐานอาคารเขียว การปรับปรุงในส่วนระดับ Gold มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด โดยมีคะแนนรวม 48 คะแนน สามารถลดพลังงานไปได้ 57,660.73 kWh/ปี ค่าใช้จ่ายในการลงทุน 692,265.48 บาท มีผลประหยัด 337,000 บาท/ปี มี NPV 841,976.80 บาท IRR ร้อยละ 109 ระยะเวลาคืนทุน 2.05 ปี และสามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ากับ 33,564.31 $kgCO_2eq$

Title : Feasibility Study of The Engineering Lecture Building of Naresuan University to Comply with Thai Green Building Standards

By : Chinnaphat Kandee Student code 60361057
Rutchanon Yodkaew Student code 60363952
Pakin Pedpasert Student code 60363662

Advisor : Asst. Sitphan Kanla

Degree : Bachelor of Engineering (Mechanical Engineering)

Academic Year : 2020

ABSTRACT

This thesis is purpose for feasibility study of the integrated lecture building Faculty of Engineering Naresuan University to improve the building to meet the Green Building Standard in accordance with the Thai Energy and Environmental Sustainability Assessment Criteria for Construction and Renovation of New Projects (TREE-NC) By studying the green building assessment criteria in the topic New construction and renovation (TREE - NC) Later collect information about the lecture building by measuring the building frame to find out OTTV, RTTV, COP, Electrical equipment system, Lighting and sanitation systems Including checking the overall energy consumption of the building Then assessed according to the 4 levels of (TREE-NC) criteria Certified, Silver, Gold and Platinum

The results of the assessment of the lecture building included Found that it does not pass the green building standard Because it does not pass the regulations on the topic Preparation of green building and the amount of ventilation in the building But from the study of improving the total lecture building to pass in 4 levels, it was found that the improvement of the total lecture building passed the green building standard The improvement in the Gold level is the most cost effective investment With a total score of 48 Can reduce energy 57,660.73 kWh/year Investments 692,265.48 has an energy saving 337,000 baht/year NPV 841,976.80 baht Internal Rate Return 109 percent Payback period 2.05 years And reduce CO_2 emissions 33,564.31 kgCO_2eq

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้โดยความกรุณาจาก ผศ. ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้ความช่วยเหลือให้คำเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนข้อผิดพลาดและการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ รวมทั้งช่วยให้คำปรึกษาด้านวิชาการและให้กำลังใจโดยตลอดมา ตลอดจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงสุด

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรม สั่งสอนให้ความรู้ ชี้แนะแนวทางและเสริมสร้างความสามารถแก่คณะผู้จัดทำ

ขอขอบพระคุณฝ่ายผู้ดูแลอาคารเรียน คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้อำนวยความสะดวกในการดำเนินการจัดเก็บข้อมูลของการจัดทำโครงงาน

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูและสั่งสอนให้ความรู้ความสามารถจนเติบโตมาถึงปัจจุบันและคอยเป็นกำลังใจที่ดีที่สุด

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ แด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ถ้าเกิดมีข้อผิดพลาดประการใดจากโครงงานนี้ผู้จัดจำโครงงานขอกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายชินภัทร เคนดี
นายรัชชานนท์ ยอดแก้ว
นายภาคิน เพ็ชรประเสริฐ

ลำดับสัญลักษณ์

OTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร
RTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร
$OTTV_i$	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา
$RTTV_i$	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน
U_w	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ
WWR	อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา
TD_{eq}	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (equivalent temperature difference) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ
U_f	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง หรือกระจก
T	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร
SHGC	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก
SC	สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด
ESR	ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสงหรือผนังทึบ
A_{wi}	พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณาซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง
U_r	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบ
SRR	อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

ลำดับสัญลักษณ์(ต่อ)

U_s	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาโปร่งแสง
LPD	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
LW	ผลรวมของกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าทั้งหมดที่ติดตั้งในพื้นที่
BW	ผลรวมของกำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ทั้งหมดที่ติดตั้งในพื้นที่
A	พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด
U	การคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม
R_T	ค่าความต้านทานความร้อนรวม
R_0	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอกอาคาร
R_i	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายในอาคาร
R	การคำนวณค่าความต้านทานความร้อน
x	ความหนาของวัสดุค่าความหนาของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นผนังอาคาร
K1, k2, k3, ..., kn	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นผนังอาคาร
k	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ
COP	สัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ
Q_l	ความสามารถในการทำความเย็น
W_c	พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ
PB	ระยะเวลาคืนทุน
I	ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก
S	ผลประหยัดเฉลี่ยต่อปี

ลำดับสัญลักษณ์(ต่อ)

NPV	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
P_S	มูลค่าปัจจุบันของผลประหยัดที่ได้รับตลอดอายุโครงการ
P_{BEC}	มูลค่าปัจจุบันของราคาวัสดุกรอบอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง
P_{AC}	มูลค่าปัจจุบันของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง
P_{EC}	มูลค่าปัจจุบันด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอดอายุโครงการ
P_A	มูลค่าปัจจุบันของผลประหยัดที่ได้รับตลอดอายุโครงการ
BoQ	เอกสารแสดงราคากลางวัสดุในการก่อสร้าง (Bill of Quantities) ใช้ในขั้นตอนการหาผู้รับเหมาก่อนที่จะทำการก่อสร้าง รายละเอียดด้านในจะเป็นรายการที่แสดงปริมาณงานและราคาวัสดุก่อสร้าง
A_S	ค่าผลประหยัดของโครงการที่ประหยัดได้
A_C	ราคาเครื่องปรับอากาศ
LC	ค่าแรงงานในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ
A_{EC}	ค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศต่อปี
n	จำนวนช่วงเวลาสำหรับการวิเคราะห์
i	อัตราดอกเบี้ย หรืออัตราผลตอบแทนต่อช่วงเวลา
IRR	อัตราดอกเบี้ย
MRR	อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ขั้นต่ำที่ธนาคารเรียกเก็บจากลูกค้ารายย่อยชั้นดี

สารบัญ

บทคัดย่อ ..... **ก**

ABSTRACT ..... **ข**

กิตติกรรมประกาศ ..... **ข**

ลำดับสัญลักษณ์ ..... **ง**

สารบัญ ..... **ช**

สารบัญตาราง ..... **ญ**

สารบัญรูปภาพ ..... **ฎ**

บทที่ 1 ..... **1**

บทนำ **1**

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 3

1.4 แผนและขั้นการดำเนินงาน 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

1.6 งบประมาณโครงงาน 6

บทที่ 2 ..... **7**

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **7**

2.1 ทฤษฎีและความเป็นมาเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย 7

2.2 หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของ TREE-EB 10

2.3 หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของ TREE - PRE NC 11

2.4 หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของ TREE-NC 13

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรม 15

2.6 การคำนวณสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ 20

2.7 โปรแกรม BUILDING ENERGY CODE SOFTWARE: BEC V.1.0.6 22

2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทางเศรษฐศาสตร์ 26

2.8 หลักเกณฑ์ทางพลังงานที่ใช้ร่วมในการประเมินเกณฑ์ TREE-NC 30

สารบัญ (ต่อ)

2.9 งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 35

บทที่ 3 36

วิธีการดำเนินงาน 36

3.1 การศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องและเครื่องมือ 38
3.2 การกำหนดรูปแบบการออกแบบ และอาคารอ้างอิง 41
3.3 ขั้นตอนการตรวจประเมินของเกณฑ์ TREES 43
3.4 การจำลองสถานการณ์ในอาคาร 44
3.5 การศึกษาความเป็นไปได้การลงทุน 44
3.6 การสรุปผลและนำเสนอ 45

บทที่ 4 46

ผลการดำเนินการและอภิปรายผล 46

4.1 ผลการใช้พลังงานรวมภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ 46
4.2 ผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ 47
4.3 ผลการประเมินอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ตามเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานทางสิ่งแวดล้อมไทยสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่ 53
4.4 แนวทางการพิจารณาให้อาคารผ่านเกณฑ์ระดับรางวัล CERTIFIED 75
4.5 แนวทางเบื้องต้นในการปรับปรุงเพื่อเลื่อนระดับรางวัล CERTIFIED สู่ระดับ SILVER 79
4.6 แนวทางเบื้องต้นในการปรับปรุงเพื่อเลื่อนระดับรางวัล SILVER สู่ระดับ GOLD 83
4.7 แนวทางเบื้องต้นในการปรับปรุงเพื่อเลื่อนระดับรางวัล GOLD สู่ระดับ PLATINUM 88

บทที่ 5 91

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 91

5.1 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ต่อการเป็นอาคารเขียว 92
5.2 ข้อเสนอแนะ 96

สารบัญ (ต่อ)

บรรณานุกรม.....97

ภาคผนวก ก.....101

ภาคผนวก ข.....113

ภาคผนวก ค.....119

ภาคผนวก ง.....146

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 การให้คะแนนของแต่ละหมวดและคะแนนขั้นต่ำ TREES-NC 2
ตารางที่ 1.2 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน 4
ตารางที่ 1.3 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน (ต่อ) 5
ตารางที่ 2.1 คะแนนในแต่ละหมวดของ TREE – PRE NC 12
ตารางที่ 2.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบกรอบอาคารประเภทสำนักงาน 30
ตารางที่ 2.3 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 30
ตารางที่ 2.4 เกณฑ์ความเข้มของแสงสว่าง 31
ตารางที่ 2.5 อัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบการปรับอากาศ 32
ตารางที่ 2.6 สัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ย 33
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของวัสดุกรอบอาคารส่วนผนังทึบ 50
ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของวัสดุกรอบอาคารส่วนผนังโปร่งแสง 50
ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติของวัสดุกรอบอาคารส่วนหลังคา 50
ตารางที่ 4.4 รายละเอียดการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคาร 51
ตารางที่ 4.5 การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 52
ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างค่าความส่องสว่างของอาคารชั้น 3 และ ชั้น 5 57
ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินตามเกณฑ์ข้อบังคับของเกณฑ์ TREE-NC 59
ตารางที่ 4.9 สัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ย 62
ตารางที่ 4.11 EA 1 T1 ผลคะแนนที่ได้ตามการลดการใช้พลังงาน 65
ตารางที่ 4.12 ผลรายงานการใช้พลังงานของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ 66
ตารางที่ 4.13 ผลการประเมินตามหัวข้อการวัดระดับคะแนน 73
ตารางที่ 4.14 ผลการประเมินตามหัวข้อการวัดระดับคะแนน (ต่อ) 74
ตารางที่ 4.15 ผลคะแนนของการปรับปรุงเพื่อให้ผ่านในระดับ CERTIFIED 78
ตารางที่ 4.16 ผลคะแนนของการปรับปรุงให้ผ่านในระดับ SILVER 81
ตารางที่ 4.17 ผลคะแนนของการปรับปรุงให้ผ่านในระดับ GOLD 87
ตารางที่ 4.18 ผลคะแนนของการปรับปรุงให้ผ่านในระดับ PLATINUM 90
ตารางที่ 5.1 สรุปความคุ้มค่าตามมาตรฐาน TREE-NC ในระดับ CERTIFIED, SILVER, GOLD และ PLATINUM 92

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปภาพที่ 1.1 เกณฑ์การประเมินของ TREES-NC 2
รูปภาพที่ 2.1 อาคาร WHIZDOM 101 8
รูปภาพที่ 2.2 อาคาร WHIZDOM AVENUE RATCHADA-LADPRAO 9
รูปภาพที่ 2.3 อาคาร WHIZDOM CONNECT 9
รูปภาพที่ 2.4 สัดส่วนคะแนนของ TREE – PRE NC 11
รูปภาพที่ 2.5 เกณฑ์การประเมิน TREE–NC 13
รูปภาพที่ 2.6 ระดับการรับรองคุณภาพของ TREES 14
รูปภาพที่ 2.7 สภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจาก N วัสดุ 19
รูปภาพที่ 2.8 แผนภาพไซโครเมตริก 20
รูปภาพที่ 2.9 อาคาร 9 ประเภทตามกฎกระทรวงพลังงาน 22
รูปภาพที่ 2.10 โครงสร้างโปรแกรม BEC 24
รูปภาพที่ 2.11 การแบ่งโซนพื้นที่และใส่ข้อมูลลงโซน 25
รูปภาพที่ 2.12 รายงานการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร 25
รูปภาพที่ 2.13 การเปลี่ยนแปลงดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อบ้าน MRR ประจำเดือน เมษายน 2563 29
รูปภาพที่ 2.14 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EMISSION FACTOR) 34
รูปภาพที่ 3.1 กรอบกระบวนการวิจัย (RESEARCH FRAMEWORK) 36
รูปภาพที่ 3.2 กรอบกระบวนการวิจัย (RESEARCH FRAMEWORK) (ต่อ) 37
รูปภาพที่ 3.3 การกำหนดรูปแบบอาคารอ้างอิงและอาคารทางเลือก 42
รูปภาพที่ 3.4 การตรวจประเมินของเกณฑ์ TREES 43
รูปภาพที่ 4.1 สัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุดรายปีของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ 46
รูปภาพที่ 4.2 ลักษณะที่ตั้งของอาคารเรียนรวมและขอบเขตของพื้นที่โครงการ 47
รูปภาพที่ 4.3 แบบจำลองโครงสร้างด้านหน้าของอาคาร 48
รูปภาพที่ 4.4 แบบจำลองโครงสร้างด้านหลังของอาคาร 48
รูปภาพที่ 4.5 แบบจำลองโครงสร้างด้านบนของอาคาร 49
รูปภาพที่ 4.6 แบบจำลองโครงสร้างด้านข้างของอาคาร 49
รูปภาพที่ 4.7 ผลการประเมินอาคารเรียนรวมตามเกณฑ์ TREE-NC 53
รูปภาพที่ 4.8 ลักษณะที่ตั้งของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ 55
รูปภาพที่ 4.9 การแยกขยะของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ 58
รูปภาพที่ 4.10 ลักษณะการปลูกต้นไม้โดยรอบอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ 63

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพที่ 4.11 การติดตั้งคอมเพรสเซอร์ของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ 71
รูปภาพที่ 4.12 แนวทางการปรับปรุงอาคารเรียนรวมเพื่อให้ผ่านในระดับ CERTIFIED..... 75
รูปภาพที่ 4.13 แนวทางการปรับปรุงอาคารเรียนรวมเพื่อให้ผ่านในระดับ SILVER..... 79
รูปภาพที่ 4.14 พื้นที่สำหรับจอดรถของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ 81
รูปภาพที่ 4.15 แนวทางการปรับปรุงอาคารเรียนรวมเพื่อให้ผ่านในระดับ GOLD..... 83
รูปภาพที่ 4.16 ระยะรัศมี 500 เมตรจากอาคารเรียนรวม..... 85
รูปภาพที่ 4.17 ผลิตภัณฑ์ที่มีการขึ้นฉลากคาร์บอน 86
รูปภาพที่ 4.18 แนวทางการปรับปรุงอาคารเรียนรวมให้ผ่านในระดับ PLATINUM..... 88

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันการใช้พลังงานของอาคารถือได้ว่าเป็นสาเหตุที่สำคัญของปัญหาทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากอาคารส่วนใหญ่มีแนวโน้มการใช้พลังงานที่สูงมากขึ้นทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน (Global Warming) หรือภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Climate Change) เป็นสถานการณ์ปัญหาของโลกในปัจจุบัน ทำให้หลายภาคส่วนหันมาให้ความสนใจกับสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานของอาคารที่มากขึ้น

จึงสอดคล้องการใช้พลังงานอาคารเรียนรวมวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering lecture building) ที่มีแนวโน้มการใช้พลังงานที่สูงมากขึ้นในอนาคตส่งผลทำให้เกิดการทำการศึกษาอาคารประหยัดพลังงาน โดยในแต่ละปีทางมหาลัยมีงบประมาณในการปรับปรุงอาคารแต่ในการปรับปรุงอาคารเรียน ในส่วนการปรับปรุงอาคารควรที่จะปรับปรุงอาคารที่มีมาตรฐาน โดยการปรับปรุงอาคารให้ผ่านตามมาตราฐานในหัวข้อ TREES-NC (New Construction and Major Renovation) อาคารที่มีการก่อสร้างใหม่หรือทำการปรับปรุงครั้งใหญ่ ซึ่งจะเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

อาคารเขียว (Green Building) คืออาคารที่ผ่านการประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES-NC) โดยสถาบันอาคารเขียวไทย (TGBI) หน่วยงานที่ให้การรับรองอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานอาคารเขียว ซึ่งจะเป็นหลักเกณฑ์สำหรับการก่อสร้างและการปรับปรุงโครงการใหม่ ที่มุ่งเน้นการประเมินโครงการอาคารสาธารณะที่จะสร้างขึ้นใหม่หรือมีการปรับปรุงครั้งใหญ่ โดยมีหลักเกณฑ์การประเมินด้วยเกณฑ์ 8 หัวข้อดังต่อนี้ โดยจะต้องผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของการประเมินที่ 22 คะแนนขึ้นไปและแต่ละหัวข้อจะมีคะแนนขั้นต่ำดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1.1 การให้คะแนนของแต่ละหมวดและคะแนนขั้นต่ำ TREES-NC

หมวด	คะแนนเต็ม	คะแนนขั้นต่ำที่ต้องได้
หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (BM)	3	บังคับ
หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (SL)	16	6
หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (WC)	6	2
หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (EA)	20	8
หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากร (MR)	13	-
หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (IE)	17	5
หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (EP)	5	1
หมวดที่ 8 นวัตกรรมการออกแบบ (GI)	5	-
รวม	85	22

หมายเหตุ เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม (เกณฑ์ TREES - PRE NC 1.1) โดยมีระดับคะแนนมากน้อยแตกต่างกันไปตามลำดับความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ และมีคะแนนรวมอยู่ที่ 85 คะแนน การประเมินในแต่ละหัวข้อคะแนนจะมีลักษณะอยู่ 2 ประเภท คือ หัวข้อที่บังคับ (Prerequisite) และหัวข้อที่วัดเป็นระดับคะแนน โดยจะต้องผ่านเกณฑ์หัวข้อบังคับทุกหัวข้อจึงจะสามารถประเมินระดับคะแนนได้ แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ Platinum Gold Silver และ Certified โดยที่ระดับ Platinum เป็นระดับสูงสุด (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2558)

รูปภาพที่ 1.1 เกณฑ์การประเมินของ TREES-NC

(ที่มา : สถาบันอาคารเขียวไทย, 2558)

การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์การใช้พลังงานภายในอาคารด้วยโปรแกรม Building Energy Code Software (BEC) V1.0.6 ซึ่งช่วยในการจำลองการใช้พลังงานภายในอาคารและได้รู้ถึงต้นทุนในการปรับปรุง เพื่อคำนึงถึงการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนจึงต้องมองถึงความคุ้มค่าในระยะยาวของการปรับปรุง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1) ศึกษาหลักเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES-NC)

2) ทำการประเมินอาคารเรียนรวมวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering lecture building) กับเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม (TREES-NC) โดยใช้โปรแกรม Building Energy Code Software (BEC) V 1.0.6

3) นำเสนอแนวทางการปรับปรุงจากแบบจำลองการใช้พลังงานที่ผ่านเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม (TREES-NC) ทั้ง 4 ระดับได้แก่ Certified, Silver, Gold และ Platinum และคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความยั่งยืนในการลงทุนปรับปรุงอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ให้ผ่านหลักเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม (TREES-NC)

2) ใช้โปรแกรม Building Energy Code Software (BEC) ในการจำลองการใช้พลังงานของอาคาร

3) สร้างแบบจำลองที่ผ่านหลักเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม (TREES-NC) โดยอ้างอิงค่าตัวแปรทางความร้อนจากประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552 ส่วนค่าความร้อนที่ไม่มีระบุไว้จะอ้างอิงจากผู้ผลิต

4) ศึกษาทางด้านการลงทุนในส่วนประกอบของอาคารโดยอาศัย มาตรฐานราคากลางหรือบัญชีราคามาตรฐานครุภัณฑ์งานก่อสร้างเป็นหลัก ส่วนวัสดุบางประเภทที่ไม่ระบุไว้จะอ้างอิงมาตราฐานราคาจากผู้ผลิต

1.4 แผนและขั้นการดำเนินงาน

แผนการที่วางไว้

แผนการที่ดำเนินการจริง

ตารางที่ 1.2 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2562								2563																			
	พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม				มิถุนายน			
	สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง																																
2.ศึกษาการใช้โปรแกรม Building Energy code software(BEC)																																

ตารางที่ 1.3 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน (ต่อ)

กิจกรรม	สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์				สัปดาห์			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
3.ทำการประเมินอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering lecture building)																																
4.เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์กับแบบอาคารเดิมเพื่อประเมินถึงความแตกต่างการใช้พลังงาน																																
5.เสนอแนวทางในการปรับปรุงอาคารให้เป็นไปตามเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม																																
6.สรุปผลที่ได้และจัดทำรายงาน																																

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เข้าใจหลักเข้าเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES-NC)

2) สามารถทราบถึงแนวทางในการปรับปรุงอาคารและการใช้พลังงานของอาคารที่ผ่านเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม (TREES-NC)

3) สามารถนำเสนอข้อมูลพื้นฐานและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขอาคารให้ผ่านเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม (TREES-NC) ใน 4 ระดับได้แก่ Certified, Silver, Gold และPlatinum ที่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

4) เป็นต้นแบบอาคารในมหาวิทยาลัยนเรศวรที่ผ่านหลักเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES-NC)

1.6 งบประมาณโครงงาน

1) กระดาษ	500	บาท
2) จัดทำรูปเล่มคู่มือการใช้โปรแกรมBEC	80	บาท
3) ค่าเอ็กซ์เทอนอล ฮาร์ดไดรฟ์	1,500	บาท
4) ค่าหมึกพิมพ์	980	บาท
รวมทั้งหมด	3,060	บาท

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยความคุ้มค่าการลงทุนในโครงการที่เข้าร่วมเกณฑ์ประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability: TREES) โดยเกณฑ์ของ TREES จะแบ่งประเภทของการรับรองอาคารและสิ่งก่อสร้างออกเป็นประเภทต่างๆ ได้แก่ 1. สำหรับอาคารสร้างใหม่หรือทำการปรับปรุงครั้งใหญ่ (New Construction and Major Renovation : TREE-NC) และ 2. สำหรับอาคารที่สร้างมาให้เช่า (สร้างเปลือกอาคารและส่วนกลางให้เช่า) (Core and Shell Building : TREES-CS) ซึ่งใน ณ ที่นี้ผู้จัดทำมุ่งเน้นศึกษาเกณฑ์ของ TREE-NC เนื่องจากมีความสอดคล้องกับอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ รวมทั้งศึกษาถึงปัจจัยที่ผลต่อความคุ้มค่าในการลงทุนโดยมีการมีการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นองค์ความรู้และออกแบบงานวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีและความเป็นมาของเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES)

2.2 หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของ TREE-EB

2.3 หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของ TREE-PRE-NC

2.4 หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของ TREE-NC

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรม

2.6 Building Energy Code Software: BEC V.1.0.6

2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทางเศรษศาสตร์

2.8 งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและความเป็นมาเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES)

อาคารประหยัดพลังงาน หรือ อาคารเขียว คืออาคารที่มีการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม รักษาและพัฒนาพื้นที่รอบข้าง การประหยัดน้ำ การเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และคำนึงถึงสภาวะอยู่สบายของผู้ใช้อาคาร ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาระบบการให้คะแนนอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนี้เรียกว่า ลีด (LEED : Leadership in Energy and Environmental Design) ซึ่งพัฒนาโดย United Stated Green Building Council (USGBC) ลีด ก่อตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1993 จนถึงปัจจุบัน มีสมาชิก

มากกว่า 180,000 ราย เกณฑ์นี้ได้ใช้ประเมินอาคารต่างๆ ทั้งในสหรัฐอเมริกาและประเทศอื่นๆ โดยลีดได้จัดทำเกณฑ์การประเมินให้สามารถประเมินอาคารได้หลากหลายรูปแบบ (DMMC, 2563) ในที่นี้จะกล่าวอ้างถึง LEED v.4 for Building Design and Construction (LEED BD+C) ซึ่งสามารถใช้งานกับอาคารสำนักงานและอาคารประเภทอื่นได้หลายประเภท สำหรับในประเทศไทยมี เกณฑ์ประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability : TREES) ซึ่งพัฒนามาจากเกณฑ์ของ LEED โดย สถาบันอาคารเขียวไทย ซึ่งจัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2552 ด้วยความร่วมมือระหว่างวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์และสมาคมสถาปนิกสยามในบรมราชูปถัมภ์ โดยสถาบันอาคารเขียวได้มีการเปิดอบรมผู้เชี่ยวชาญอาคารเขียวอย่างต่อเนื่อง และอาคารหลายแห่งใช้เกณฑ์ TREES โดยเฉพาะอาคารที่พักอาศัยในเครือ Whizdom ของ Magnolia Quality Development เช่น WHIZDOM 101 และ Whizdom Avenue Ratchada-Ladprao

2.1.1 ตัวอย่างอาคารที่ผ่านเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว

รูปภาพที่ 2.1 อาคาร Whizdom 101

(ที่มา : SCG Green Building, 2563)

รูปภาพที่ 2.2 อาคาร Whizdom avenue ratchada-ladprao

(ที่มา : SCG Green Building, 2563)

รูปภาพที่ 2.3 อาคาร Whizdom Connect

(ที่มา : SCG Green Building, 2563)

2.2 หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของ TREE-EB

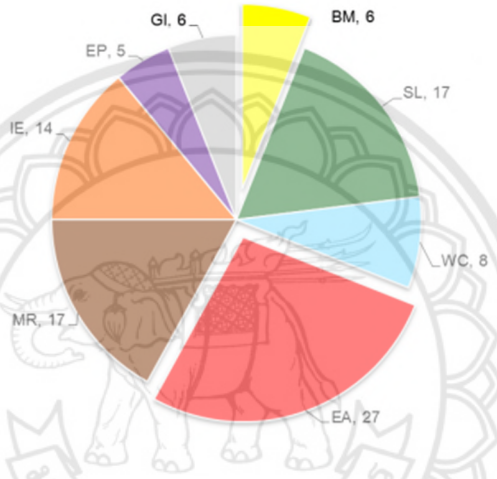
เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานทางสิ่งแวดล้อมไทย (TREES) ถูกออกแบบให้เหมาะกับลักษณะของ โครงการประเภทต่าง ๆ ทั้งอาคารใหม่และอาคารเก่า สำหรับเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานทางสิ่งแวดล้อม สำหรับอาคารระหว่างใช้งาน หรือ TREES-EB เป็นเกณฑ์ที่มุ่งเน้นสำหรับอาคารที่มีการใช้งานจริงแล้วเป็นหลัก ตัวอาคาร ควรมีการใช้งานที่คงที่และเสถียรแล้ว เนื่องจากต้องมีการใช้ข้อมูลจริงทั้งจากผู้ใช้อาคารและข้อมูลทางพลังงานและ สิ่งแวดล้อมที่วัดได้จริงจากโครงการที่เข้าร่วมโครงการ เกณฑ์ TREES-EB ไม่เหมาะกับอาคารที่ออกแบบและก่อสร้างใหม่ หรือมีการปรับปรุงอาคาร เนื่องจากเกณฑ์จะเน้นการเก็บข้อมูลจากอาคารจริง อย่างไรก็ดีอาจจำเป็นต้องมีการปรับปรุง อาคารบ้างเพื่อให้สามารถผ่านการทำคะแนนในข้อบังคับ และข้อคะแนนปรกติได้ (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2556)

ลักษณะการประเมินด้วยเกณฑ์ TREES จะเป็นการประเมินด้วยการทำคะแนนในแต่ละหัวข้อคะแนนซึ่งจะมี ลักษณะหัวข้อคะแนนอยู่ 2 จำพวก กลุ่มแรก คือ คะแนนหัวข้อบังคับ หรือ Prerequisite ซึ่งผู้เข้าร่วมประเมินต้องผ่านการ ประเมินทุกหัวข้อคะแนน ซึ่งใน TREES-EB นี้จะมีหัวข้อบังคับ 5 หัวข้อ โดยหากไม่ผ่านเกณฑ์คะแนนข้อใดข้อหนึ่งในกลุ่ม นี้จะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ TREES นี้เลย กลุ่มคะแนนหัวข้อบังคับจะต่างกับอีกกลุ่มที่มีการวัดด้วยระดับคะแนน ซึ่งมีคะแนน มากน้อยแตกต่างกันไปตามลำดับความสำคัญ ในกลุ่มนี้จะมีคะแนนรวมถึง 100 คะแนน เมื่อผ่านคะแนนข้อบังคับทั้ง 5 แล้ว การทำคะแนนได้มากน้อยจะเป็นตัวตัดสินระดับรางวัลที่จะได้รับ ใน TREES-EB ได้แบ่งระดับรางวัลออกเป็น 4 ระดับ ตามช่วงคะแนน ได้แก่ PLATINUM 75 คะแนน ขึ้นไป GOLD 55-74 คะแนน SILVER 45-54 คะแนน CERTIFIED 35-44 คะแนน ทุกระดับต้องผ่านคะแนนข้อบังคับ 5 ข้อ

PLATINUM	75	คะแนน ขึ้นไป
GOLD	55-74	คะแนน
SILVER	45-54	คะแนน
CERTIFIED	35-44	คะแนน
ทุกระดับต้องผ่านคะแนนข้อบังคับ	5	ข้อ

จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน และ 5 คะแนนข้อบังคับ ของ TREES-EB สามารถแบ่งเป็นหมวดหลัก 8 หมวด หลัก ได้แก่ 1) การบริหารจัดการอาคาร (BM) 2) ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (SL) 3) การประหยัดน้ำ (WC) 4) พลังงานและ บรรยากาศ (EA) 5) วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (MR) 6) คุณภาพของแวดล้อมภายในอาคาร (IE) 7) การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (EP) และ 8) นวัตกรรม (GI) ซึ่งในแต่ละหมวดสามารถแบ่งเป็นสัดส่วนคะแนนได้ดังรูปที่ 2.4

2.3 หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของ TREE - PRE NC



รูปภาพที่ 2.4 สัดส่วนคะแนนของ TREE – PRE NC

เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมสำหรับอาคารสร้างใหม่และอาคารปรับปรุงดัดแปลง : ช่วงการออกแบบประกอบไปด้วยหมวดการประเมินการออกแบบอาคารให้เป็นอาคารเขียวจำนวน 8 หมวดได้แก่

หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (Building Management หรือ BM)

หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape หรือ SL)

หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (Water Conservation หรือ WC)

หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere หรือ EA)

หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากร (Material and Resources หรือ MR) (ไม่มีการประเมินใน TREES PRE-NC)

หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality หรือ IE)

หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection หรือ EP)

หมวดที่ 8 นวัตกรรมการออกแบบ (Green Innovation in Design หรือ GI)

ในหมวดดังกล่าวนี้จะประกอบไปด้วยหัวข้อการประเมินย่อยที่มีข้อกำหนดต่างๆ ในการออกแบบ โดยแต่ละข้อจะมี คะแนนเป็นเลขจำนวนเต็ม บางข้อจะเป็นข้อบังคับที่จะต้องผ่าน หรือ Prerequisite และบางข้อจะเป็นเพียงตัวเลือกที่ ผู้ออกแบบจะเลือกทำคะแนน ทั้งหมดจะมีคะแนนเต็ม 62 คะแนน โดยมีข้อบังคับ 7 ข้อได้แก่

1. การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว
2. การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร
3. การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ
4. มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำและผ่านค่า OTTV/RTTV ตามกฎกระทรวง
5. มีปริมาณการระบายอากาศภายในอาคารผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
6. ผ่านเกณฑ์การออกแบบความส่องสว่างภายในอาคารขั้นต่ำ
7. มีการออกแบบเพื่อสามารถบริหารจัดการขยะ

นอกจากจะต้องผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำเบื้องต้นแล้ว ยังจะต้องได้คะแนนสะสมรวมในทุกหมวดไม่ต่ำกว่า 22 คะแนน และต้องได้คะแนนขั้นต่ำจากหมวดต่างๆ (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2556) ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 คะแนนในแต่ละหมวดของ TREE – PRE NC

หมวด	คะแนนเต็ม	คะแนนขั้นต่ำที่ต้องได้
หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (BM)	บังคับ	บังคับ
หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (SL)	16	6
หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (WC)	6	2
หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (EA)	19	8
หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากร (MR)	-	-
หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (IE)	13	5
หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (EP)	3	1
หมวดที่ 8 นวัตกรรมการออกแบบ (GI)	5	-
รวม	**62**	**22**

ระดับคะแนนของเกณฑ์ TREES - PRE NC แบ่งได้เป็น 4 ระดับดังนี้

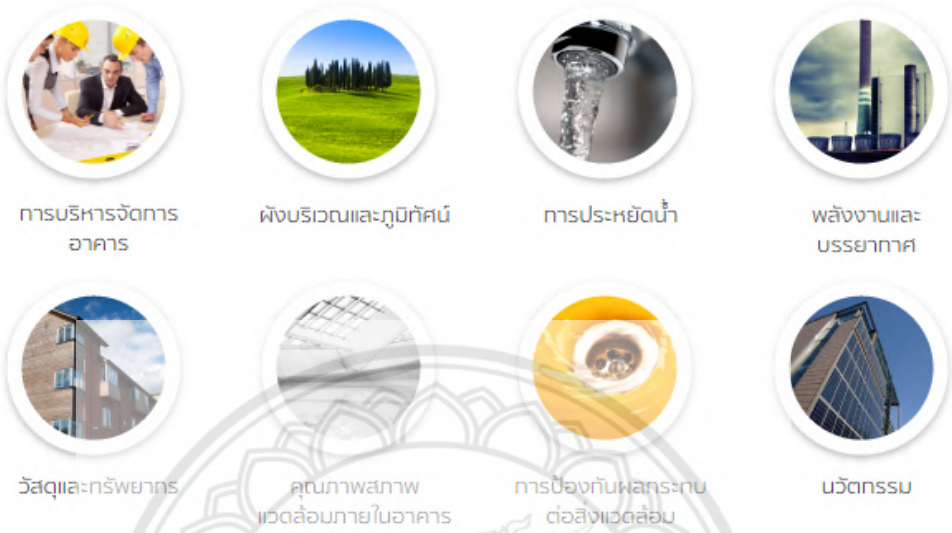
22 - 27 คะแนน ได้ระดับ 1

28 - 32 คะแนน ได้ระดับ 2

33 - 44 คะแนน ได้ระดับ 3

45 - 62 คะแนน ได้ระดับ 4

2.4 หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของ TREE-NC



รูปภาพที่ 2.5 เกณฑ์การประเมิน TREE–NC
(ที่มา : สถาบันอาคารเขียวไทย, 2556)

2.4.1 เกณฑ์การประเมิน TREE-NC แบ่งออกเป็น 8 หมวด ดังหัวข้อต่อไปนี้

(1) หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (Building Management: BM) เตรียมความพร้อมในการเป็นอาคารเขียว มีการออกแบบ ติดตามและประเมินผลการก่อสร้าง

(2) หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape: SL) หลีกเลี่ยงที่ตั้งไม่เหมาะสมกับอาคารและช่วยลดผลกระทบของพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ

(3) หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (Water Conservation: WC) อาคารมีการประหยัดน้ำและใช้สุขภัณฑ์ประหยัดน้ำช่วยลดการใช้น้ำ

(4) หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere: EA) มีการประกันคุณภาพอาคารและมีการใช้พลังงานรวมทั้งอาคารประหยัดมากกว่าอาคารมาตรฐาน 30%

(5) หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Materials and Resources: MR) โครงการมีการใช้วัสดุพื้นถิ่น 10 - 20% และใช้วัสดุที่มีฉลากเขียว

(6) หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environment Quality: IE) มีการควบคุมคุณภาพอากาศ 24 ชั่วโมงและการส่องสว่างภายในอาคารที่เพียงพอ

(7) หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environment Protection: EP) กระจกภายในอาคารมีค่าการสะท้อนแสงไม่เกิน 15%

(8) หมวดที่ 8 นวัตกรรม (Green Innovation: GI) มีเทคนิควิธีที่ไม่ระบุไว้ในแบบประเมิน เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับอาคารที่เข้าร่วมประเมินได้ (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2558)

โดยมีเกณฑ์การพิจารณาคะแนนดังนี้ TREES มีการรับรองคุณภาพ 4 ระดับ แบ่งเป็นระดับคะแนนดังภาพที่ 2.7

รูปภาพที่ 2.6 ระดับการรับรองคุณภาพของ TREES

(ที่มา : สถาบันอาคารเขียวไทย, 2558)

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรม

2.5.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) (นินนาท ราชประดิษฐ์, 2562)

(1) การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน ($OTTV_i$) ให้คำนวณ จากสมการดังนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1 - WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (2.1)$$

เมื่อ $OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส ($W/(m^2.\ ^\circ C)$)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (equivalent temperature difference) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^\circ C$)

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง หรือกระจก มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส ($W/(m^2.\ ^\circ C)$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคารมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^\circ C$)

SHGC คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสงหรือผนังทึบ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

(2) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$) รวมกัน ให้คำนวณจาก สมการดังนี้ (นินนาท ราชประดิษฐ์, 2562)

$$OTTV = \frac{(A_{w1})(OTTV_1) + (A_{w2})(OTTV_2) + \ldots + (A_{wi})(OTTV_i)}{A_{w1} + A_{w2} + \ldots + A_{wi}} \quad (2.2)$$

เมื่อ A_{wi} คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณาซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

2.5.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value, RTTV) (กระทรวงพลังงาน, 2552)

(1) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน ($RTTV_i$) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$RTTV_i = (U_r)(1\text{-}SRR)(TD_{eq}) + (U_s)(SRR)(\Delta T) + (SRR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (2.3)$$

เมื่อ $RTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณามีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส ($W/(m^2.^oC)$)

SRR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (equivalent temperature difference) ระหว่างภายนอกและภายในของหลังคาซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคา มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (^oC)

U_s คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาโปร่งแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส ($W/(m^2.^oC)$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกหลังคา มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)

SHGC คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านหลังคาโปร่งแสง

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาโปร่งแสงและหรือ หลังคาทึบแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

(2) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)

คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาแต่ละส่วน ($RTTV_i$) ให้คำนวณจากสมการดังนี้ (ASHRAE Handbook fundamental, 2528)

$$RTTV = \frac{(A_{w1})(RTTV_1) + (A_{w2})(RTTV_2) + \ldots + (A_{w1})(RTTV_i)}{A_{w1} + A_{W2} + \ldots + A_{wi}} \quad (2.4)$$

เมื่อ A_{wi} คือ พื้นที่ของหลังคาส่วนที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่หลังคาทึบและพื้นที่หลังคาโปร่งแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

$RTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วนมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

2.5.3 การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดในอาคาร (Lighting Power Density, LPD) (กระทรวงพลังงาน, 2552) สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$LPD = \frac{(LW + BW)}{A} \quad (2.5)$$

เมื่อ LPD คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

LW คือ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าทั้งหมดที่ติดตั้งในพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

BW คือ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ทั้งหมดที่ติดตั้งในพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

A คือ พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

2.5.4 การคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat transfer coefficient : U) สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) คือ ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวม ให้คำนวณจากสมการดังนี้ [12]

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (2.6)$$

เมื่อ R_T คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวม (total thermal resistance) มีหน่วยเป็นตารางเมตร - องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ((m^2. °C)/W)

2.5.5 การคำนวณค่าความต้านทานความร้อน (Thermal resistance : R) (STOECKER, 2514) สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$R = \frac{\Delta x}{k} \quad (2.7)$$

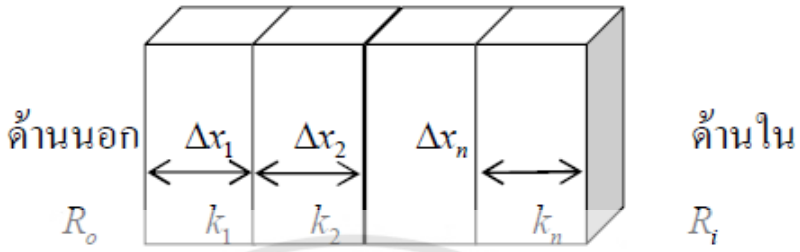
เมื่อ R คือ ค่าความต้านทานความร้อน มีหน่วยเป็นตารางเมตร - องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ((m^2. °C)/W)

Δx คือ ความหนาของวัสดุ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อเมตร - องศาเซลเซียส (W/(m. °C))

2.5.6 การคำนวณค่าความต้านทานความร้อนกรณีผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด

ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R_T) ของส่วนใด ๆ ของผนังอาคารซึ่งประกอบด้วยวัสดุ n ชนิดที่แตกต่างกัน (กระทรวงพลังงาน, 2552)



รูปภาพที่ 2.7 สภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจาก n วัสดุ

(ที่มา : กระทรวงพลังงาน, 2552)

สามารถคำนวณจากสมการดังนี้

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \ldots + \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i \qquad (2.8)$$

เมื่อ R_T คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร มีหน่วยเป็นตารางเมตร - องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2 \cdot {}^\circ C)/W$)

R_0 คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอกอาคารมีหน่วยเป็นตารางเมตร - องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2 \cdot {}^\circ C)/W$)

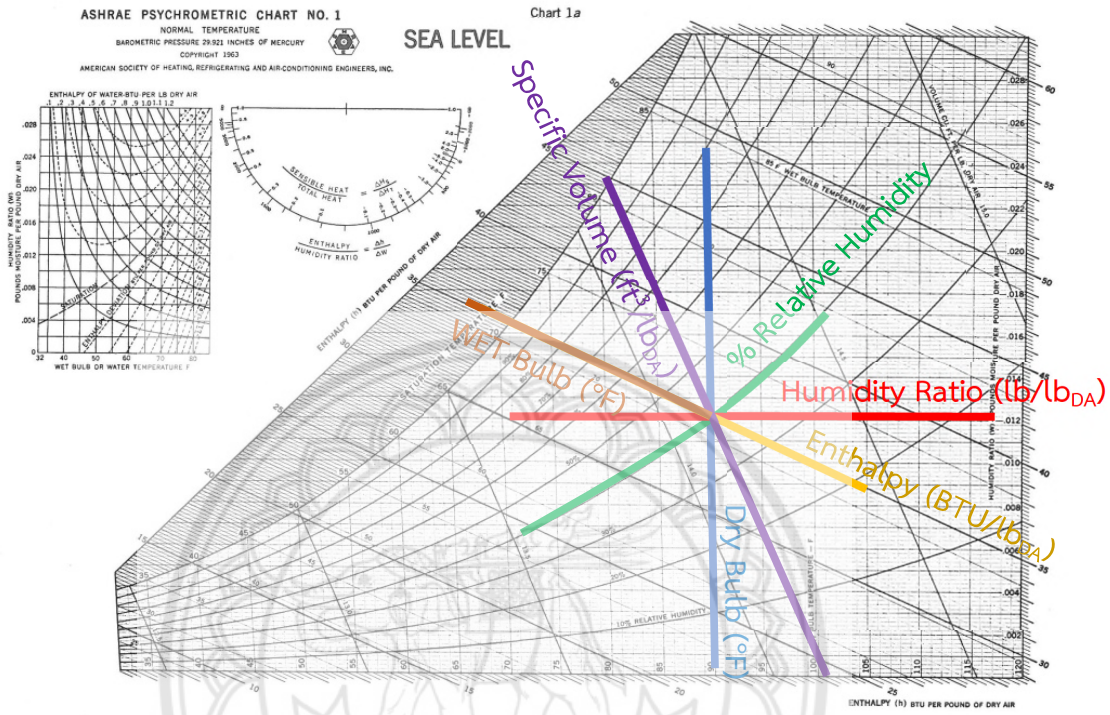
R_i คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายในอาคารมีหน่วยเป็นตารางเมตร - องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2 \cdot {}^\circ C)/W$)

$\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \ldots, \Delta x_n$ คือ ค่าความหนาของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นผนังอาคารมีหน่วยเป็นเมตร (m)

$K_1, k_2, k_3, \ldots, k_n$ คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นผนังอาคาร

2.6 การคำนวณสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

2.6.1 แผนภาพไซโครเมตริก



รูปภาพที่ 2.8 แผนภาพไซโครเมตริก

(ที่มา : ASHRAE Handbook fundamental, 2528)

เมื่อ Dry Bulb คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง มีหน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮต์ (°F)

Wet Bulb คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียก มีหน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮต์ (°F)

Specific Volume คือ ปริมาตรจำเพาะ มีหน่วยเป็นลูกบาศ์กฟุตต่อปอนด์อากาศแห้ง (ft^3/lb_{DA})

Enthalpy คือ เอนทาลปี มีหน่วยเป็นบีทียูต่อปอนด์อากาศแห้ง (BTU/ lb_{DA})

% Relative Humidity คือ ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์

Humidity Ratio คือ อัตราส่วนความชื้นจำเพาะ

2.6.2 การหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา, 2544) สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

จาก $$COP = \frac{Q_l}{W_c} \quad (2.9)$$

เมื่อ ความสามารถในการทำความเย็นหาจาก

$$Q_l = 4.5x\ CFM\ X\left(h_{R/A} - h_{S/A}\right) \quad (2.10)$$

และพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ หาจาก

สำหรับไฟฟ้า 1 เฟส $$W_c = IVCos\theta \quad (2.11)$$

สำหรับไฟฟ้า 3 เฟส $$W_c = \sqrt{3}IVCos\theta \quad (2.12)$$

เมื่อ COP คือ สัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

Q_l คือ ความสามารถในการทำความเย็น มีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง (BTU/hr)

W_c คือ พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

CFM คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร มีหน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (CFM)

$h_{R/A}$ คือ เอนทาลปีของด้านดูด (Return Air) มีหน่วยเป็นบีทียูต่อปอนด์อากาศแห้ง (BTU/ lb_{DA})

$h_{S/A}$ คือ เอนทาลปีของด้านจ่าย (Supply Air) มีหน่วยเป็นบีทียูต่อปอนด์อากาศแห้ง (BTU/ lb_{DA})

I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

V คือ แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

2.7 โปรแกรม Building Energy Code Software: BEC V.1.0.6

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนละอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2558) ได้อธิบายไว้ว่า BEC เป็นโปรแกรมที่อำนวยความสะดวกในการตรวจและประเมินการออกแบบอาคาร ว่าเป็นไปตามเกณฑ์การประเมินของ TREES-NC หรือไม่ รวมทั้งช่วยสถาปนิกและวิศวกร ในการกำหนดแบบอาคารให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อใช้ในการตรวจและประเมินอาคารที่ก่อสร้างใหม่หรือดัดแปลงมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป 9 ประเภทอาคาร (2e-building, 2563) ดังรูปที่ 2.9

รูปภาพที่ 2.9 อาคาร 9 ประเภทตามกฎกระทรวงพลังงาน

ในทำนองเดียวกันโปรแกรม BEC ยังเป็นโปรแกรมที่ตอบโจทย์ในด้านการประเมินเกณฑ์อาคารเขียว TREE-NC ในหมวดต่างๆ 4 หมวด ดังต่อไปนี้

(1) หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ

(2) หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง

(3) หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร

(4) หมวดที่ 8 นวัตกรรม

โดยโครงสร้างของโปรแกรม BEC สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.6.1 ฐานข้อมูล (Database) ประกอบด้วย

(1) กรอบอาคาร (Envelop)

(ก) วัสดุที่จะประกอบเป็นส่วนของผนัง (Material)

(ข) ส่วนประกอบผนังทึบและผนังโปร่งแสง (Component of Section)

(ค) ส่วนที่จะประกอบเป็นด้านของผนัง (Section of Wall)

(ง) ด้านของผนัง (Wall)

(2) อุปกรณ์งานระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง (Lighting System)

(3) อุปกรณ์งานระบบปรับอากาศ (A/C System)

(ก) ประเภท Split Type และ Window Type

(ข) ประเภท Packaged Air-Cooled

(ค) ประเภท Packaged Water-Cooled

(ง) ประเภท Central Air-Conditioning System

(4) อุปกรณ์เซลล์แสงอาทิตย์ (PV System)

(ก) การใช้พลังงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Equipment)

(5) ระบบเครื่องทำน้ำร้อน (Hot Water System)

(ก) การใช้พลังงานของระบบเครื่องทำน้ำร้อน (Hot Water Equipment)

(6) อุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ (Other)

(ก) รายละเอียดของอุปกรณ์อื่น ๆ (Other Equipment)

2.6.2 แบบจำลองอาคาร (Building Model)

เป็นการระบุรายละเอียดของเขตพื้นที่ภายใน, การกำหนดส่วนประกอบของกรอบผนัง และการป้อนรายละเอียดของอุปกรณ์ที่อยู่ในแต่ละเขตพื้นที่

(ก) รายละเอียดของเขตพื้นที่ภายในอาคาร (Building Zone)

2.6.3 รายงานผลการวิเคราะห์ (Report)

การแสดงผลการประเมินการใช้พลังงานของอาคาร โดยโปรแกรมสามารถแสดงผลการใช้พลังงานของแต่ละระบบ หรือแสดงผลค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาของอาคารแต่ละส่วนและในแต่ละเขตพื้นที่ หรือของทั้งอาคาร ตลอดจนแสดงผลประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารทั้งอาคารเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง

(1) รายงานสมรรถนะด้านการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคา (Envelope System) โดยรวมของทั้งอาคารและแบ่งตามด้านของผนัง รวมถึงผลการประเมินเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกรอบอาคาร (ค่า OTTV หรือ RTTV แบ่งตามด้านของผนังหรือหลังคา)

(2) รายงานสมรรถนะด้านพลังงานและผลการประเมินเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System Report)

(3) รายงานสมรรถนะด้านพลังงานและผลการประเมินเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุด (DX Air-Conditioning Unit Report)

(4) รายงานสมรรถนะด้านพลังงานและผลการประเมินเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central Air-Conditioning System Report)

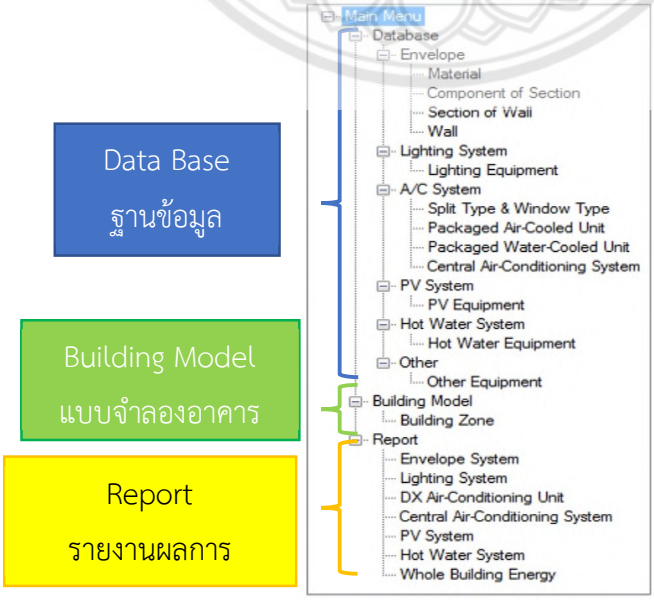
(5) รายงานสมรรถนะด้านพลังงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (PV System Report)

(6) รายงานสมรรถนะด้านพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำร้อน (Hot Water System Report)

(7) รายงานสมรรถนะด้านพลังงานและผลการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของทั้งอาคาร หรือโครงการ (Whole Building Energy Report)

2.6.4 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม BEC

(1) โครงสร้างโดยรวมของโปรแกรม BEC

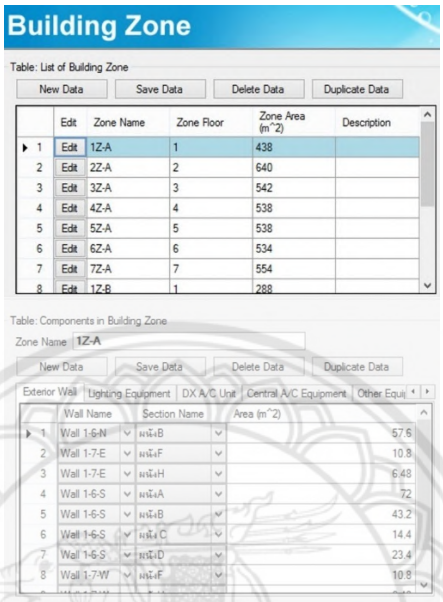


รูปภาพที่ 2.10 โครงสร้างโปรแกรม BEC

(ที่มา : 2e-building, 2563)

(2) หน้าต่างแบบจำลองอาคาร (Building Model)

ใช้สำหรับแบ่งพื้นที่อาคารเป็นโซน และนำข้อมูลจากฐานข้อมูลที่เตรียมไว้ ใส่ในแต่ละโซน

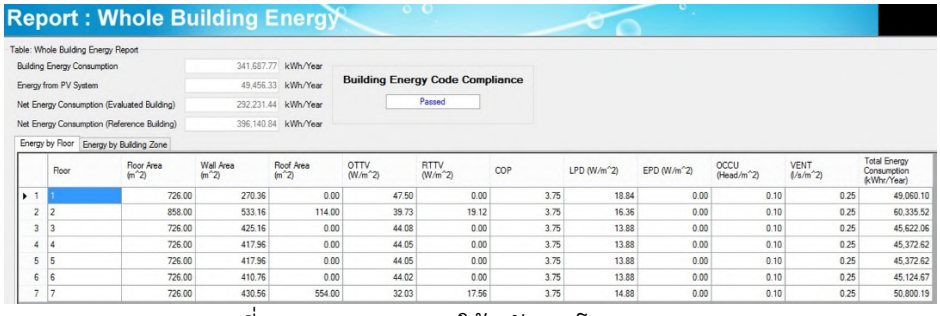


รูปภาพที่ 2.11 การแบ่งโซนพื้นที่และใส่ข้อมูลลงโซน

(ที่มา : 2e-building, 2563)

(3) หน้าต่างรายงานผลวิเคราะห์การใช้พลังงาน (Report)

โดยโปรแกรม BEC สามารถรายงานวิเคราะห์ผลการคำนวณการใช้พลังงานย่อยในแต่ละภาคส่วนของตัวอาคาร เช่น ระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง เป็นต้น รวมทั้งยังสามารถวิเคราะห์การใช้พลังงานทั้งหมดโดยรวมของตัวอาคาร



รูปภาพที่ 2.12 รายงานการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

(ที่มา : 2e-building, 2563)

2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์หลักการทางเศรษฐศาสตร์ เครื่องมือที่นำมาใช้งานจำเป็นต้องสอดคล้องกับเป้าหมายของโครงการ ซึ่งการที่โครงการแสดงให้เห็นถึง ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) , มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิ (Net present value, NPV) และอัตราการตอบแทนภายในจากการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR) ปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นล้วนมีผลสำคัญต่อการตัดสินใจเพื่อลงทุนในโครงการ (TERRABKK, 2560)

2.7.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB) ที่ใช้บ่งบอกถึงระยะเวลาที่จะได้ต้นทุนกลับคืนมาจากการลงทุนในโครงการ (วรวิช ปิ่นปิติ, 2559)

$$PB = \frac{I}{S} \qquad (2.13)$$

เมื่อ PB คือ ระยะเวลาคืนทุน (payback period) หน่วยปี

I คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก (Initial Investment) หน่วยบาท

S คือ ผลประหยัดเฉลี่ยต่อปี (Saving Cost) หน่วยบาทต่อปี

ข้อดีของเกณฑ์ระยะเวลาคืนทุน

- เข้าใจและคำนวณง่าย
- มีการคำนึงถึงความเสี่ยงในตัว (วิเคราะห์ได้ว่าระยะเวลายิ่งยาวนานยิ่งมีความเสี่ยง)

ข้อเสียของเกณฑ์ระยะเวลาคืนทุน

- เกณฑ์นี้ไม่พิจารณาผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นหลังระยะคืนทุน
- ไม่วัดความสามารถในการสร้างกำไรของโครงการ แต่ชี้ให้เห็นสภาพคล่องของโครงการเท่านั้น
- เกณฑ์นี้ไม่ให้ความสำคัญกับมูลค่าของเงิน ทั้งด้านค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นต่างเวลากัน

2.7.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value, NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value, NPV) เป็นการประเมินว่าการลงทุนในโครงการนี้สร้างผลกำไรได้หรือไม่ โดยมุ่งเน้นหาผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุโครงการที่หักล้างกับเงินลงทุนเริ่มแรก (กวิน แสงจินา และ คณะ, 2559) ซึ่งสามารถคำนวณค่า NPV ได้จาก สมการดังนี้

$$NPV = P_S - P_{BEC} - P_{AC} - P_{EC} \quad (2.14)$$

และสามารคำนวณมูลค่าปัจจุบันของการซ่อมแซมหรือการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตลอดอายุโครงการได้จากสมการดังนี้

จากสูตร

$$P_S = A_S \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right) \quad (2.15)$$

$$P_{BEC} = BoQ \quad (2.16)$$

$$P_{AC} = AC + LC \quad (2.17)$$

และ

$$P_{EC} = A_{EC} \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right) \quad (2.18)$$

เมื่อ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value, NPV) หน่วยบาท

P_S คือ มูลค่าปัจจุบันของผลประหยัดที่ได้รับตลอดอายุโครงการ (Present Value of Amount) หน่วยบาท

P_{BEC} คือ มูลค่าปัจจุบันของราคาวัสดุกรอบอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง (Present Value of Building Energy Code) หน่วยบาท

P_{AC} คือ มูลค่าปัจจุบันของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง (Present Value of Air Conditioning) หน่วยบาท

P_{EC} คือ มูลค่าปัจจุบันด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอดอายุโครงการ (Present Value of Electrical for Air Conditioning) หน่วยบาท

BoQ คือ เอกสารแสดงราคากลางวัสดุในการก่อสร้าง (Bill of Quantities) ใช้ในขั้นตอนการหาผู้รับเหมาก่อนที่จะทำการก่อสร้าง รายละเอียดด้านในจะเป็นรายการที่แสดงปริมาณงานและราคาวัสดุก่อสร้าง หน่วยบาท

A_S คือ ค่าผลประหยัดของโครงการที่ประหยัดได้ หน่วยบาทต่อปี (กำหนดให้มีค่าเท่ากัน)

AC คือ ราคาเครื่องปรับอากาศ (Air conditioning Cost) หน่วยบาท

LC คือ ค่าแรงงานในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ (Labor cost) หน่วยบาท

A_{EC} คือ ค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศต่อปี หน่วยบาทต่อปี (กำหนดให้มีค่าเท่ากัน)

n คือ จำนวนช่วงเวลาสำหรับการวิเคราะห์ หน่วย ปี เดือน หรือวัน

i คือ อัตราดอกเบี้ย หรืออัตราผลตอบแทนต่อช่วงเวลา หน่วย เปอร์เซ็นต่อปี เปอร์เซ็นต่อเดือนหรือเปอร์เซ็นต่อวัน

โดยที่ NPV < 0 ไม่ควรลงทุนโครงการ เนื่องจากขาดทุน

NPV = 0 เท่าทุน คุ้มทุน

NPV > 0 ควรลงทุนโครงการ เนื่องจากได้กำไร

2.7.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR)

การประเมินว่า "การลงทุนให้อัตราผลตอบแทนเท่าใด" คือ การคำนวณหาค่าอัตราดอกเบี้ย (Interest Rate) ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ กล่าวคือ ทำให้เงินสดสุทธิในอนาคตทอนมูลค่ากลับมาปัจจุบันแล้วมีค่าเท่ากับเงินลงทุนก้อนแรก (กวิน แสงจินา และ คณะ, 2559) ดังนั้น IRR ควรมีค่ามากกว่าต้นทุนทางการเงิน

จากสูตร

$$NPV = P_S - P_{BEC} - P_{AC} - P_{EC} = 0 \quad (2.19)$$

เมื่อ P_{BEC} คือ มูลค่าปัจจุบันของราคาวัสดุกรอบอาคารและค่าแรงในการก่อสร้าง

P_{AC} คือ มูลค่าปัจจุบันของราคาเครื่องปรับอากาศและค่าแรงในการติดตั้ง

P_{EC} คือ มูลค่าปัจจุบันด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอดอายุโครงการ

P_A คือ มูลค่าปัจจุบันของผลประหยัดที่ได้รับตลอดอายุโครงการ

โครงการที่มีค่า IRR > MRR+2 (ค่าอัตราดอกเบี้ยที่กำหนด) จะคุ้มค่าต่อการลงทุน
IRR = MRR+2 (ค่าอัตราดอกเบี้ยที่กำหนด) เท่าทุน
IRR < MRR+2 (ค่าอัตราดอกเบี้ยที่กำหนด) จะไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

ซึ่งค่า IRR หรือ อัตราดอกเบี้ย (Interest rate) ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์นั้น จำเป็นต้องมีค่ามากกว่า อัตราดอกเบี้ยที่ธนาคารพาณิชย์เรียกเก็บจาก “ลูกค้ารายย่อยชั้นดี” (Minimum Retail Rate: MRR) MRR + 2 (สำหรับโครงการเกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงาน) จึงจะมีความเหมาะสมในการลงทุน ดังข้อมูลดังตารางการเปลี่ยนแปลงดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อบ้าน MRR

ธนาคาร	MRR	% เปลี่ยนแปลง เทียบกับเดือนมีนาคม 2563
กรุงแทพ	6.500	คงที่
กรุงไทย	6.745	คงที่
กสิกรไทย	6.100	MRR เปลี่ยนแปลง -0.40%
ไทยพาณิชย์	6.345	คงที่
กรุงศรีอยุธยา	6.300	คงที่
ทหารไทย	7.030	MRR เปลี่ยนแปลง -0.12%
ยูโอบี	7.750	คงที่
ซีไอเอ็มบี ไทย	7.875	คงที่
ธนชาต	7.030	MRR เปลี่ยนแปลง -0.12%
ทิสโก้	12.750	คงที่
เกียรตินาคิน	7.150	คงที่
แลนด์ แอนด์ เฮ้าส์	7.750	คงที่
ไอซีบีซี (ไทย)	7.675	คงที่
แห่งประเทศจีน (ไทย)	7.750	คงที่
ธนาคารอาคารสงเคราะห์	6.275	คงที่
ธนาคารออมสิน	6.370	คงที่

รูปภาพที่ 2.13 การเปลี่ยนแปลงดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อบ้าน MRR ประจำเดือน เมษายน 2563

(ที่มา : TERRABKK, 2560)

2.8 หลักเกณฑ์ทางพลังงานที่ใช้ร่วมในการประเมินเกณฑ์ TREE-NC

2.8.1 เกณฑ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารและหลังคาอาคารโดยกระทรวงพลังงาน

โดยมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารและหลังคาอาคารของอาคารประเภทสำนักงาน ที่ผ่านเกณฑ์ของกฎกระทรวงฯ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบกรอบอาคารประเภทสำนักงาน ที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (กระทรวงพลังงาน, 2552)

เกณฑ์มาตรฐาน	ค่าที่กำหนด
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (OTTV)	≤ 50 W/m^2
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)	≤ 15 W/m^2

2.8.2 เกณฑ์ค่าความส่องสว่างและความเข้มแสง

โดยมีเกณฑ์ของค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารประเภทสำนักงานที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ (กระทรวงพลังงาน, 2552)

เกณฑ์มาตรฐาน	ค่าที่กำหนด
ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting power density, LPD)	≤ 14 W/m^2

และเกณฑ์ของความเข้มแสง แสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์ความเข้มของแสงสว่าง (สมาคมไฟฟ้าและแสงสว่างแห่งประเทศไทย, 2564)

ลำดับ	สถานที่ (ประเภทการใช้)	หน่วยความเข้มของแสงสว่าง ลักษ์ (LUX)
1	ที่จอดรถ	50
2	ช่องทางเดินภายในอาคารอยู่อาศัยรวม	100
3	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารอยู่อาศัยรวม	100
4	ห้องน้ำ ห้องส้วมของโรงงาน โรงเรียน โรงแรม สำนักงาน หรือ อาคารอยู่อาศัยรวม	100
5	ช่องทางเดินภายในโรงงาน โรงเรียน โรงแรม สำนักงาน หรือ สถานพยาบาล	200
6	สถานีขนส่งมวลชน (บริเวณที่พักผู้โดยสาร)	200
7	โรงงาน	200
8	ห้างสรรพสินค้า	200
9	ตลาด	200
10	ห้องน้ำ ห้องส้วมของโรงมหรสพ สถานพยาบาล สถานีขนส่งมวลชน ห้างสรรพสินค้า หรือตลาด	200
11	ห้องสมุด ห้องเรียน	300
12	ห้องประชุม	300
13	บริเวณที่ทำงานในสำนักงาน	300

2.8.3 เกณฑ์ปริมาณการระบายอากาศ

โดยมีเกณฑ์การระบายอากาศสำหรับกรณีที่มีระบบปรับอากาศ ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 อัตราการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบการปรับอากาศ (กระทรวงพลังงาน ฉบับที่ 39, 2552)

ลำดับ	สถานที่ (ประเภทการใช้งาน)	ลูกบาศ์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร
1	ห้างสรรพสินค้า (ทางเดินชมสินค้า)	2
2	โรงงาน	2
3	สำนักงาน	2
4	สถานอาบ อบ นวด	2
5	สถานที่สำหรับติดต่อธุรกิจในธนาคาร	2
6	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	2
7	ห้องปฏิบัติการ	2
8	ร้านตัดผม	3
9	สถานกีฬาในร่ม	4
10	โรงมหรสพ (บริเวณที่นั่งสำหรับคนดู)	4
11	ห้องเรียน	4
12	สถานบริหารร่างกาย	5
13	ร้านเสริมสวย	5
14	ห้องประชุม	6
15	ห้องน้ำ ห้องส้วม	10
16	สานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม (ห้องรับประทานอาหาร)	10
17	ไนท์คลับ บาร์ หรือสถานลีลาศ	10
18	ห้องครัว	30

2.8.4 สัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ย

โดยแบ่งค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามลักษณะของพื้นที่ ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 สัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ย (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2564)

ลักษณะใช้สอยของพื้นที่	ค่าสัมประสิทธิ์การไหล
1. เขตธุรกิจ	
1.1 หนาแน่น	0.70 - 0.95
1.2 รอบๆ บริเวณเขตธุรกิจ	0.70 - 0.85
2. เขตที่พักอาศัย	
2.1 ครอบครัวเดียว	0.30 - 0.50
2.2 หลายครอบครัว, แยกกัน	0.40 - 0.60
2.3 หลายครอบครัว, ติดกัน	0.60 - 0.75
3. เขตที่พักอาศัย (ชานเมือง)	0.25 - 0.40
4. เขตอพาร์ตเมนท์	0.50 - 0.70
5. เขตอุตสาหกรรม	
5.1 เบา	0.50 - 0.80
5.2 หนัก	0.60 - 0.90
6. สวนสาธารณะ/สนามหญ้า	0.10 - 0.25
7. สวนเด็กเล่น	0.20 - 0.35
8. สถานีรถไฟ ชุมทาง	0.20 - 0.35
9. ที่รกร้าง/ที่ดินว่างเปล่า	0.10 - 0.30
10. ที่จอดรถ คสล./สนามกีฬาผิวทึบน้ำ	0.85 - 0.95
11. ที่จัดรถลาดยาง/หินคลุก	0.70 - 0.85

2.8.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ที่	ชนิดเชื้อเพลิง/พลังงาน	ค่า Emission Factor	หน่วย
1.	**พลังงาน (การเผาไหม้แบบอยู่กับที่)**		
	น้ำมันดีเซล	2.7080	kg CO_2eq/liter
	น้ำมันเบนซิน	2.1951	kg CO_2eq/liter
	LPG	1.6812	kg CO_2eq/liter
	LPG	3.1133	kg CO_2eq/kg
ที่	**ชนิดเชื้อเพลิง/พลังงาน**	**ค่า Emission Factor**	**หน่วย**
2.	**พลังงาน (การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่)**		
	น้ำมันดีเซล	2.7446	kg CO_2eq/liter
	น้ำมันเบนซิน	2.2376	kg CO_2eq/liter
	LPG	1.7226	kg CO_2eq/liter
	LPG	3.1899	kg CO_2eq/kg
3.	**การใช้ไฟฟ้า**		
	การใช้พลังงานไฟฟ้า	0.5821	kg CO_2eq/kWh
4.	**น้ำยาแอร์**		
	R-22 (HCFC-22)	1,810	kg CO_2eq/kg
	R-134	1,100	kg CO_2eq/kg
	R-134a	1,430	kg CO_2eq/kg
5.	**อื่นๆ**		
	กระดาษขาว A4 (1 รีม = 2.49 กิโลกรัม)	2.0859	kg CO_2eq/kg
	น้ำประปา	0.7043	kg CO_2eq/m^3

รูปภาพที่ 2.14 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)

(ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2562)

Update : มกราคม 2560

2.9 งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 ปรัชญา ปัตถาวงศ์

ได้ทำการศึกษากรอบอาคารชุดและแนวทางการประหยัด พลังงาน โดยศึกษาประเภทอาคารชุด ในการศึกษาใช้การสำรวจตัวอย่างอาคารพาณิชย์ประเภทไม่เกิน 8 ชั้น จำนวน 5 อาคาร ด้วยโดยพื้นที่ใช้สอยมากกว่า 2,000 ตารางเมตร โดยใช้โปรแกรม Building Energy Code (BEC) v.1.0.5 แบ่งการปรับปรุงกรอบอาคารเป็น 2 ส่วน 1. ส่วนของผนัง(OTTV) 2. ส่วนหลังคา (RTTV) จากการศึกษาจะสรุปได้ว่าการประหยัดพลังงานแนวทาง ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเฉลี่ยเท่ากับ 77,563 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี (ปรัชญา ปัตถาวงศ์ และ วิทยา ยงเจริญ, 2557)

2.8.2 วรวิช ปิ่นปิติ

ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้างอาคารสำนักงานตัวอย่างที่มีพื้นที่ไม่เกิน 2000 ตารางเมตร จำนวน 5 อาคาร ให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว TREE-NC, LEED 2009 และ LEED v.4 โดยการกำหนดสมมติฐานที่เกี่ยวข้องเพื่อช่วยให้การประเมินเป็นไปตามข้อกำหนด และจัดลำดับมาตรการออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 การประเมินตามข้อบังคับและมาตรการที่ไม่มีการลงทุนผลประหยัด กลุ่มที่ 2 มาตรการที่ไม่มีการลงทุน ไม่มีผลประหยัด กลุ่มที่ 3 มาตรการที่มีการลงทุน มีผลประหยัด กลุ่มที่ 4 มาตรการที่มีการลงทุน ไม่มีผลประหยัด พบว่าอาคารสำนักงานตัวอย่างที่ทำตามมาตรฐาน TREE-NC จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนที่ระดับ Gold โดยจะต้องมีการลงทุนเพิ่มขึ้น 0.62 – 2.53% ของมูลค่าอาคาร มีผลประหยัด 17.80 -115.94% และมีความคุ้มค่าทางเศรษศาสตร์มากที่สุด โดยพิจารณาจาก NPV 515,112.64 – 3,314,990.79 บาท (วรวิช ปิ่นปิติ, 2559)

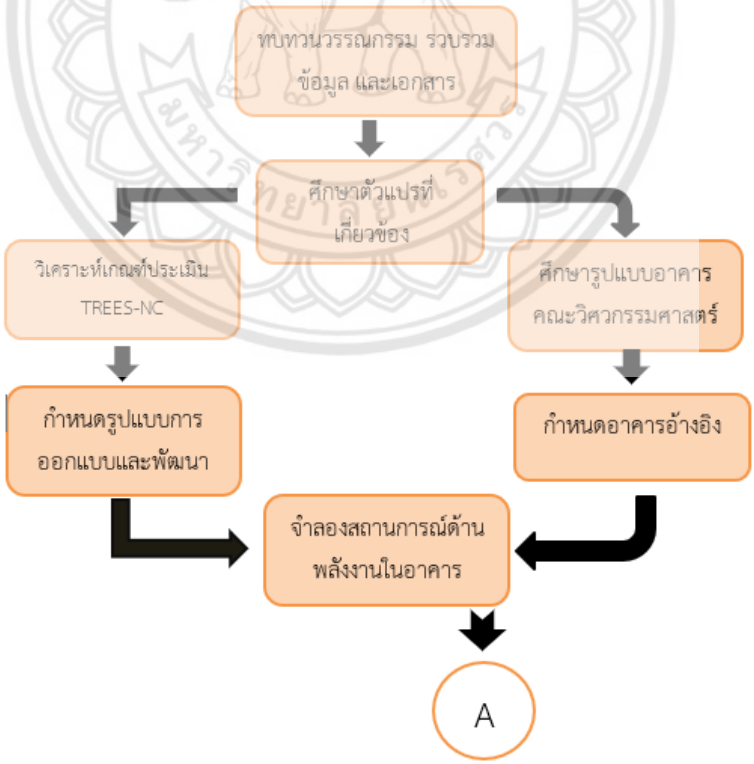
2.8.3 ปวเรศ ถาวรประเสริฐ

ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้การลงทุนอาคารเขียวตามเกณฑ์ประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบ ความแตกต่างด้านพลังงาน การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน และนำเสนอแนวทางการลงทุนอาคารสำนักงานที่เข้าร่วมเกณฑ์ประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES -NC) โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ในอาคารโดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (simulation) ด้วยโปรแกรม Building Energy Code Software (BEC) และ Energy Plus Version 8.0 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพลังงานที่ใช้ในอาคารกรณีศึกษา พบว่าในการพัฒนาโครงการที่เป็นอาคารเขียวควรลงทุนตาม แนวทางอาคารทางเลือก 4 ซึ่งมี IRR เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.92 และคืนทุนเร็วขึ้นที่ 2.92 ปีเนื่องพิจารณาจากพิจารณาอัตราผลตอบแทนการลงทุนพัฒนาโครงการแล้วมีความคุ้มค่าและอัตราผลตอบแทนที่ดีที่สุด (ปวเรศ ถาวรประเสริฐ, 2558)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

โครงงานนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ในอาคารโดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (simulation) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพลังงานที่ใช้ในอาคารกรณีศึกษา โดยยึดตัวแปรจากเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES-NC) และนำมาทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนโดยอ้างอิงการเพิ่มขึ้นของมูลค่าทางการตลาดจากเอกสาร จากนั้นจึงนำผลที่ได้มาประเมินผลและจัดทำข้อเสนอ เพื่อเสนอแนวทางการลงทุนในอาคารเขียวที่เข้าร่วมในเกณฑ์ประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย เป็นการส่งเสริมให้ผู้ลงทุนเลือกพิจารณาลงทุนในอาคารเขียวที่เหมาะสมและมีความเป็นไปได้มากที่สุดโดยมีกรอบกระบวนการวิจัย (Research Framework) ตามภาพที่ 3.1 ดังต่อไปนี้



รูปภาพที่ 3.1 กรอบกระบวนการวิจัย (Research Framework)

รูปภาพที่ 3.2 กรอบกระบวนการวิจัย (Research Framework) (ต่อ)

3.1 การศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องและเครื่องมือ

การศึกษานั้นเริ่มต้นด้วยการทบทวนวรรณกรรม ศึกษาจากงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับเกณฑ์ประเมิน TREES-NC การศึกษาความเป็นไปได้ และการศึกษาด้านอาคารอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้ทราบถึงแนวคิด เครื่องมือ และกระบวนการในการวิจัยแต่ละด้านเพื่อที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ โดยสามารถแบ่งได้ดังนี้

3.1.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเกณฑ์ประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability: TREES)
จากการทบทวนวรรณกรรมสามารถสรุปได้เบื้องต้นถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจเลือกหัวข้อในการทำคะแนนของเกณฑ์ประเมิน TREES-NC เพื่อให้สามารถทำคะแนนในแต่ละระดับขั้นของเกณฑ์ประเมิน

(1) ความแตกต่างของเงินลงทุนในส่วนเพิ่มเติม ทั้งในส่วนของการทำคะแนนในแต่ละหัวข้อ ส่วนของการจ้างที่ปรึกษาและผู้ประเมิน

(2) ความแตกต่างด้านพลังงานหรือความคุ้มค่าต่อเงินลงทุนในส่วนเพิ่มเติม เป็นปัจจัยในการตัดสินใจเลือกทำคะแนนว่าควรอยู่ที่ระดับขั้นใด

(3) ความสามารถของศักยภาพโครงการในการทำคะแนนในแต่ละหัวข้อ

โดยการศึกษาตัวแปรนี้จะทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงปัจจัยที่ส่งผลในแต่ละหัวข้อการทำคะแนน ประมาณการเพิ่มขึ้นของเงินลงทุนในส่วนเพิ่มเติม ประมาณการความแตกต่างด้านพลังงานความรับผิดชอบของผู้ดำเนินการ เพื่อที่ระบุให้ได้ถึงปัจจัยที่ส่งผลและนำมาวิเคราะห์เพื่อจัดทำเป็นแนวทางในการออกแบบในเกณฑ์ประเมิน TREES-NC ซึ่งจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 3.2

3.1.2 การศึกษารูปแบบอาคารสำนักงานในประเทศไทย

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการสร้างหรือเลือกใช้อาคารอ้างอิง (Baseline) ในการอนุรักษ์พลังงานอาจส่งผลให้งานวิจัยมีความคลาดเคลื่อนของผล ฉะนั้นการศึกษารูปแบบอาคารจะรวบรวมข้อมูลอาคารการใช้การโดยรวม เพื่อที่จะสามารถกำหนดอาคารอ้างอิง (Baseline) ที่มีต้นทุนค่าก่อสร้างขนาดพื้นที่ของแต่ละชั้น รูปแบบการดำเนินการ รวมถึงปริมาณการใช้พลังงานที่จะใช้เป็นอาคารอ้างอิงในงานวิจัยต่อไป (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2560) โดยมีข้อกำหนดในการพิจารณาอาคารดังนี้

(1) เปลือกอาคารมีพื้นที่กระจกมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่เปลือกอาคาร

(2) กำหนดการวางผังอาคารโดยอิงจากการวางผังอาคารในทิศทางที่ใช้พลังงานมากที่สุด

(3) กำหนดอาคารให้มีความสูงอาคาร 5 ชั้น

(4) กำหนดจำนวนคนที่ใช้อาคารตามมาตรฐานการออกแบบ

จากสูตร

$$IQR = Q_3 - Q_1 \quad (3.1)$$

$$\text{Low Value} = Q_1 - 1.5(IQR) \quad (3.2)$$

$$\text{High Value} = Q_3 - 1.5(IQR) \quad (3.3)$$

จากกระบวนการข้างต้นจะสามารถทราบของค่า Low Value และค่า High Value เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาค่าผิดปกติ โดยหากข้อมูลมีค่าที่น้อยกว่า Low Value และมีค่ามากกว่า High Value จะทำการตัดข้อมูลนั้นออกจากการพิจารณาเนื่องจากเป็นค่าผิดปกติ หลังจากได้ทำการตัดค่าผิดปกติข้อข้อมูลออกไปแล้วจะทำการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้เพื่อที่จะนำมาเป็นค่าในกำหนดข้อมูลของอาคารอ้างอิงของการศึกษาในลำดับต่อไป

3.1.3 การศึกษาด้านอาคารประหยัดพลังงาน

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาคารประหยัดพลังงานเพื่อที่ให้ทราบถึงแนวคิดกระบวนการ แนวทางการประหยัดพลังงานในอาคาร ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อพลังงานในอาคาร การสร้างอาคารอ้างอิงทางพลังงาน วัสดุที่ใช้ในอาคารประหยัดพลังงาน รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยต่าง ๆ เพื่อที่จะสามารถนำมาประยุกต์ ปรับใช้กับงานวิจัยชิ้นนี้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2560) และสามารถประมาณการค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานในอาคาร รวมถึงการเลือกเครื่องมือในการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพลังงานในอาคารซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) ข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน

กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการ ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

ข้อ 3 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

(1) ค่าการถ่ายเทเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ ในแต่ละประเภทของอาคารต้องมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

(2) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศในแต่ละประเภทของอาคารต้องมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

(3) อาคารที่มีการใช้งานพื้นที่หลายลักษณะ พื้นที่แต่ละส่วนต้องใช้ ข้อกำหนดของระบบ กรอบอาคารตามลักษณะการใช้ งานของพื้นที่แต่ละส่วนนั้น

ข้อ 4 การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถ

(1) การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคารต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอ และเป็นไปตามตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารหรือกฎหมายเฉพาะว่าด้วยการนั้นกำหนด

(2) อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารต้องใช้กำลังไฟฟ้าในแต่ละประเภทของอาคารมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้ ซึ่งจากข้อ 3 และข้อ 4 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ข้อ 8 เมื่อมีการใช้พลังงานหมุนเวียนในอาคารให้ยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าบางส่วน ในอาคารในกรณีที่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่มีการออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่าง ภายในอาคารในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร ให้ถือเสมือนว่าการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคารนั้น

3.1.4 การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุน

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวของกับการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุน โดยให้ทราบถึงแนวคิดในการศึกษา ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และค่าชี้วัดถึงความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุน เพื่อที่จะสามารถนำมาประยุกต์และปรับใช้ในงานวิจัย รวมถึงการเลือกตัวชี้วัดความคุ้มค่าทางการเงินที่ควรจะพิจารณา และกำหนดเงื่อนไขในการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาความเป็นไปได้

3.2 การกำหนดรูปแบบการออกแบบ และอาคารอ้างอิง

3.2.1 การกำหนดรูปแบบการออกแบบของเกณฑ์ TREES-NC ในแต่ละลำดับขั้น

หลังจากได้ผลจากการวิเคราะห์ ประมาณการ และเปรียบเทียบในแต่ละหัวข้อทำคะแนนของเกณฑ์ TREES-NC แล้วจะนำผลที่ได้มาจัดทำเป็นทางเลือกในการออกแบบโดยแบ่งตามระดับขั้นของเกณฑ์ประเมิน TREES-NC ตามลำดับ Certified 30 คะแนน Silver 38 คะแนน Gold 46 คะแนน Platinum 61 คะแนน และพิจารณาตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

(1) หัวข้อคะแนนที่บังคับ

(2) พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารไม่ลดลง

(3) สามารถอยู่ในข้อกำหนดของ TOR

(4) มีแนวโน้มการเพิ่มเติมเงินลงทุนที่ต่ำ

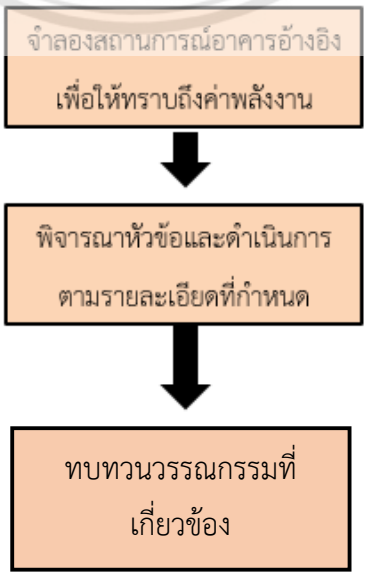
(5) ส่งผลต่อการทำคะแนนมากกว่า 1 หัวข้อ

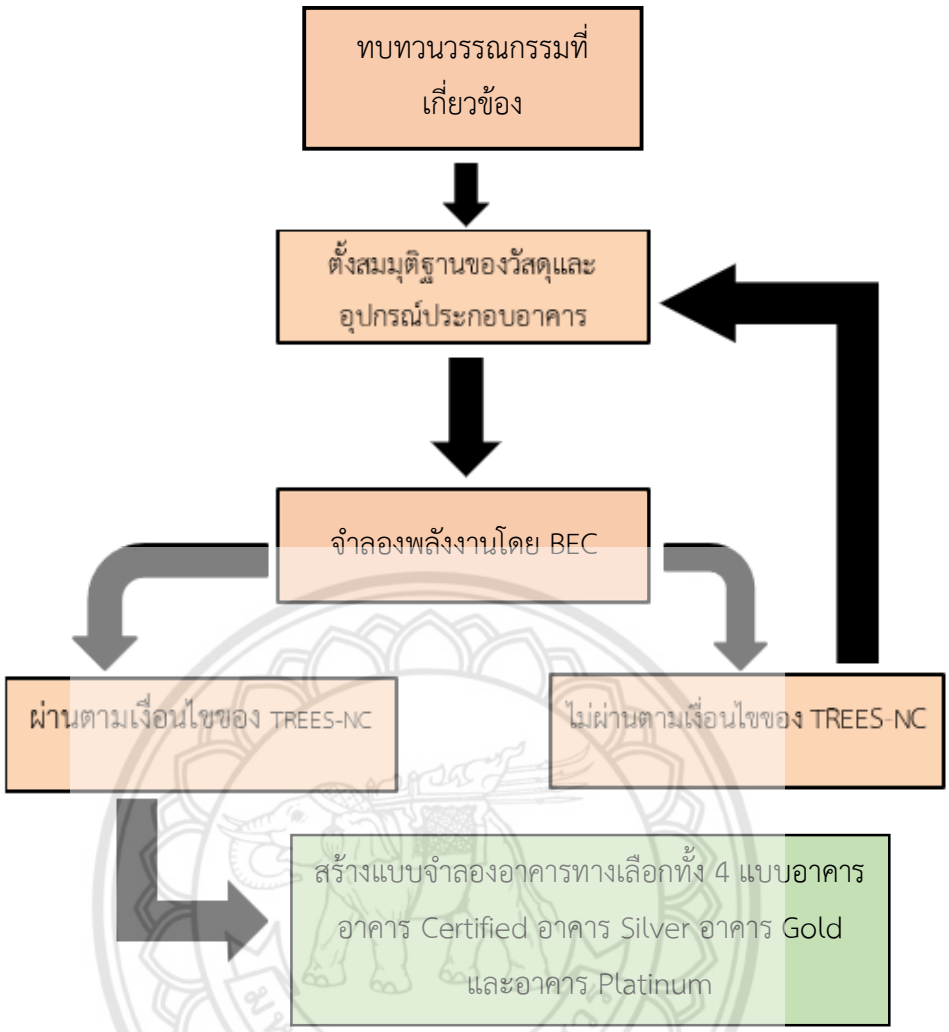
(6) เพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์ประกอบอาคาร

(7) เพิ่มประสิทธิภาพเปลือกอาคาร

3.2.2 การกำหนดรูปแบบอาคารอ้างอิงและอาคารทางเลือก

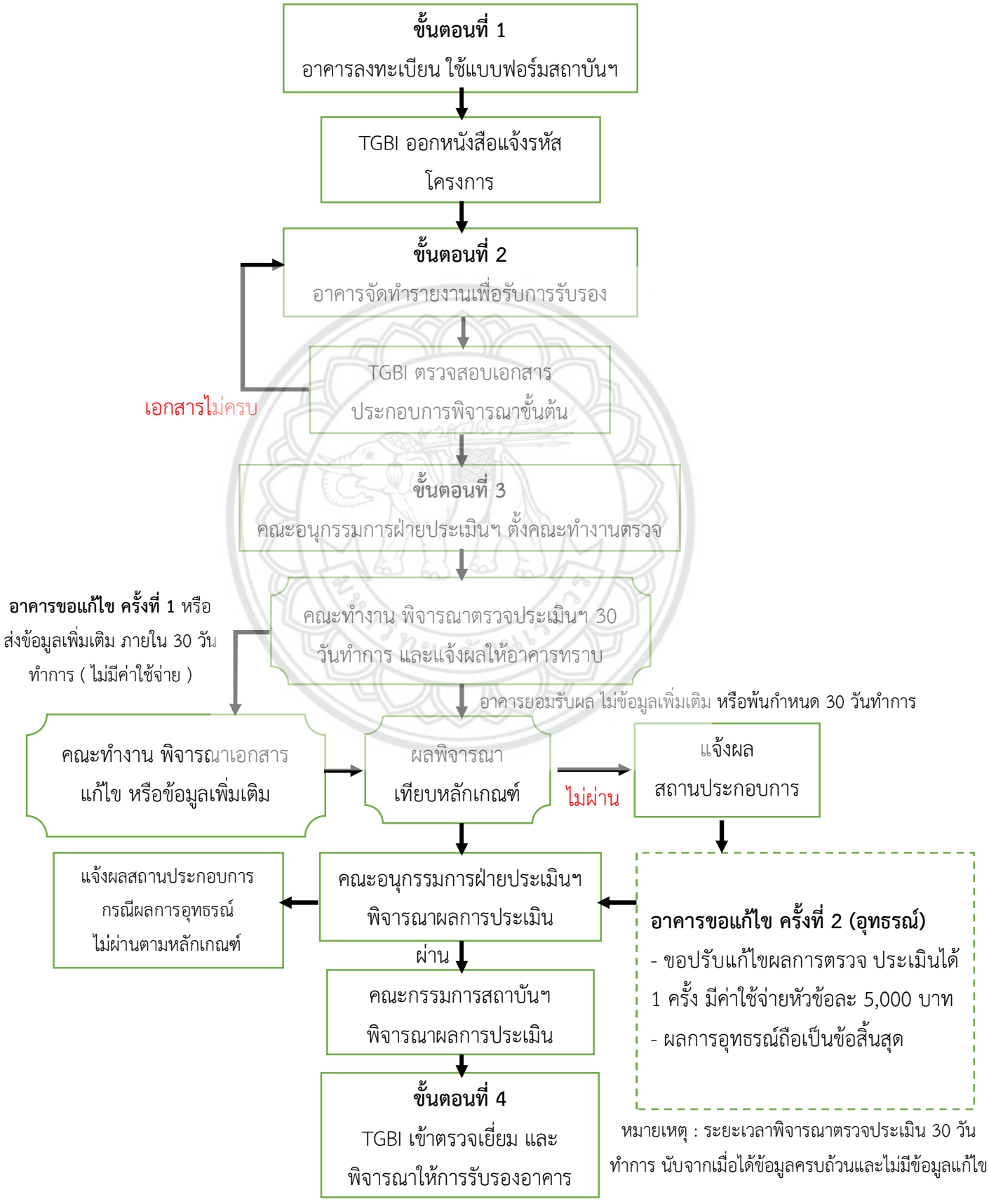
การกำหนดรูปแบบอาคารอ้างอิงจะทำการรวบรวมข้อมูลอาคารในตลาดเพื่อวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ อัตราค่าเช่าเฉลี่ย และรูปแบบของอาคารเพื่อจะกำหนดรูปแบบอาคารที่ใช้เป็นอาคารอ้างอิงแล้วทำการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยอ้างอิงราคาจากราคากลางวัสดุ ทำการรวบรวมข้อมูลค่าดำเนินการ เพื่อใช้ในงานวิจัยต่อไป โดยการกำหนดอาคารทางเลือกมีกระบวนการตามภาพที่ 3.3





รูปภาพที่ 3.3 การกำหนดรูปแบบอาคารอ้างอิงและอาคารทางเลือก

3.3 ขั้นตอนการตรวจประเมินของเกณฑ์ TREES



รูปภาพที่ 3.4 การตรวจประเมินของเกณฑ์ TREES

(ที่มา : สถาบันอาคารเขียวไทย, 2558)

3.4 การจำลองสถานการณ์ในอาคาร

หลังจากได้รูปแบบการออกแบบและอาคารอ้างอิงแล้วจะนำรูปแบบการออกแบบมาปรับใช้กับอาคารอ้างอิงแล้วทำการจำลองสถานการณ์ของพลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Building Energy Code Software (BEC) V1.0.6 โดยทำการจำลองพลังงานในอาคารอ้างอิง อาคาร Certified อาคาร Silver อาคาร Gold และอาคาร Platinum หาค่าความแตกต่างของพลังงานในอาคารแต่ละทางเลือก จึงนำมาวิเคราะห์หาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารอีกครั้งเพื่อนำไปคำนวณเป็นค่าการประหยัดพลังงานที่คาดว่าจะได้รับจากอาคารทางเลือกต่าง ๆ และนำไปใช้เพื่อการศึกษาความเป็นไปได้โครงการต่อไป

สถาบันอาคารเขียวไทย (2558) ได้มีประกาศระบุให้การคำนวณค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารที่จะนำมาประเมินตามเกณฑ์อาคารเขียวจะต้องมีการพิจารณาให้เพิ่มการใช้พลังงานในอาคารอ้างอิงและอาคารตามแบบในส่วนของพลังงาน Process ที่ 25% ของอาคารอ้างอิงในทั้ง 2 อาคาร ซึ่งจะถือเป็นพลังงานที่ไม่สามารถประหยัดได้ ตัวอย่างเช่น พลังงานอาคารอ้างอิงที่ 100 MWh/Year ต้องมีพลังงาน Process ที่ 25 MWh/Year โดยพลังงานรวมของอาคารอ้างอิงถือเป็น 125 MWh/Year โดยหากอาคารตามแบบมีการใช้พลังงานเดิม 60 MWh/Year ต้องนำพลังงาน 25 MWh/year ไปรวมด้วย ซึ่งพลังงานของอาคารตามแบบจะถือเป็น 85 MWh/year

3.5 การศึกษาความเป็นไปได้การลงทุน

จากการทบทวนวรรณกรรมมีค่าชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุนหลายค่าที่ใช้ในการพิจารณาการลงทุน ทางผู้จัดทำโครงงานจึงเลือกใช้ค่าชี้วัดที่นิยมใช้ในการพิจารณาโครงการอสังหาริมทรัพย์มาใช้โดยไม่ได้พิจารณาค่าทางบัญชีเพื่อชี้วัด หลังจากได้ผลจากการจำลองสถานการณ์พลังงานในอาคารแล้วจะนำค่าที่ได้มาเปลี่ยนเป็นค่าพลังงานที่สามารถประหยัดได้ของแต่ละทางเลือก และเงินลงทุนส่วนเพิ่มเติมจากแต่ละทางเลือก หลังจากนั้นจะนำศึกษาความเป็นไปได้โดยใช้กระแสเงินเงินเป็นหลักในการวิเคราะห์แล้วจึงใช้การคำนวณ ระยะเวลาคืนทุน (PB), มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ได้กล่าวมาในข้างต้น โดยค่าที่ได้จะสามารถนำไปเพื่อใช้ในการพิจารณานำเสนอข้อสรุปได้

3.6 การสรุปผลและนำเสนอ

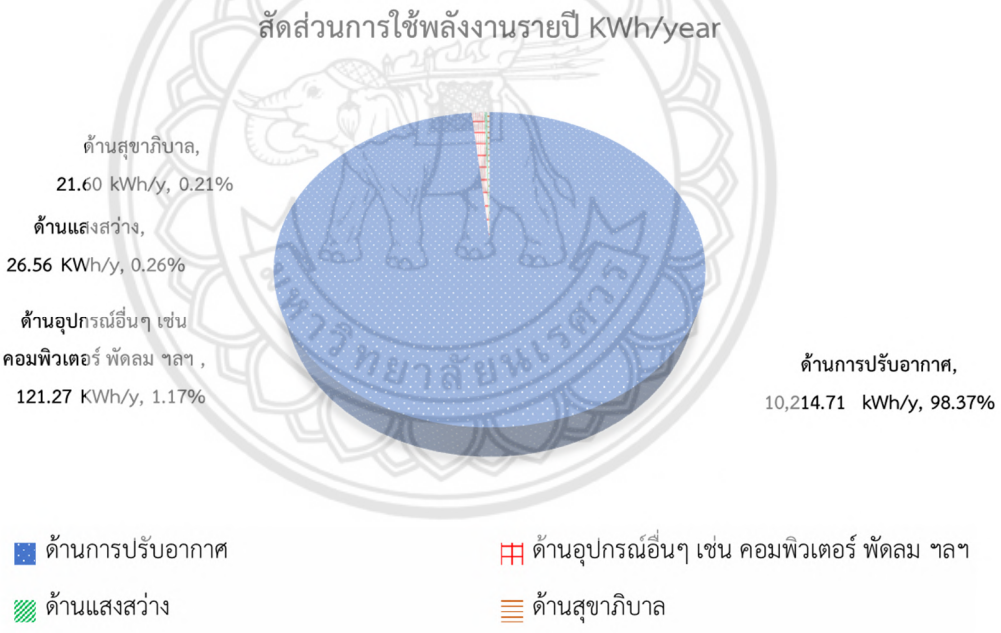
นำผลที่ได้จากการศึกษาความเป็นไปได้ และการจำลองสถานการณ์ของทางเลือกทุกกรณีมาทำการเลือกทางเลือกที่มีความเป็นไปได้ทางธุรกิจมากที่สุด โดยพิจารณาตามเงื่อนไขทางการเงินและพลังงานดังข้างต้นมาสรุปและเสนอแนวทางที่เหมาะสมในการลงทุนอาคารในเกณฑ์ TREES-NC เพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาโครงการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นและเป็นข้อมูลให้ผู้ที่สนใจ เจ้าของอาคาร ผู้ออกแบบ สามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจเพื่อที่จะพัฒนาโครงการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

บทที่ 4

ผลการดำเนินการและอภิปรายผล

4.1 ผลการใช้พลังงานรวมภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์เป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานในหลากหลายด้าน แบ่งเป็นสัดส่วนได้ อาทิ เช่น ด้านการปรับอากาศ ด้านแสงสว่าง ด้านอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และด้านสุขาภิบาล อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มีการใช้พลังงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน 180 วันต่อปี โดยมีอัตราค่ากระแสไฟฟ้าคิดที่ 3.77 บาทต่อหน่วย (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2560) โดยจะมีร้อยละการใช้พลังงานสูงสุดต่อปีของแต่ละส่วน ดังภาพที่ 4.1 ต่อไปนี้



รูปภาพที่ 4.1 สัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุดรายปีของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

จากรูปภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า สัดส่วนการใช้พลังงานในด้านการปรับอากาศใช้พลังงานต่อปีถึงร้อยละ 98.37 ด้วยเหตุนี้แนวคิดการปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศจึงมีความสำคัญและเห็นผลได้ดีที่สุด

4.2 ผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

ปัจจัยที่ทำให้กรอบอาคาร ได้แก่ ผนัง และหลังคาอาคาร มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร เนื่องจากวัสดุกรอบอาคารที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนสูง จะนำความร้อนเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศ ก่อให้เกิดภาระทำความเย็นปริมาณมาก (กระทรวงพลังงาน, 2557) ส่งผลให้ต้องมีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศที่สูงขึ้นตามมา

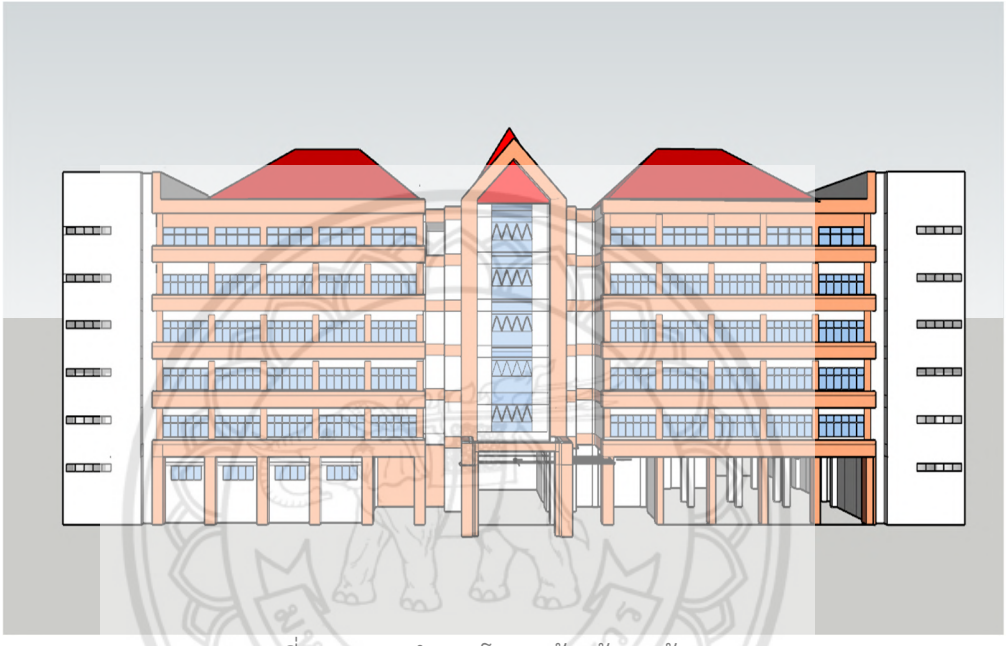
4.2.1 ลักษณะทางกายภาพของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มีพื้นที่โครงการทั้งสิ้น 8,000 m^2 โดยมีลักษณะที่ตั้งคือ ด้านหน้าของอาคารหันไปทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือ (North West) และด้านหลังของอาคารหันไปทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ (South East)

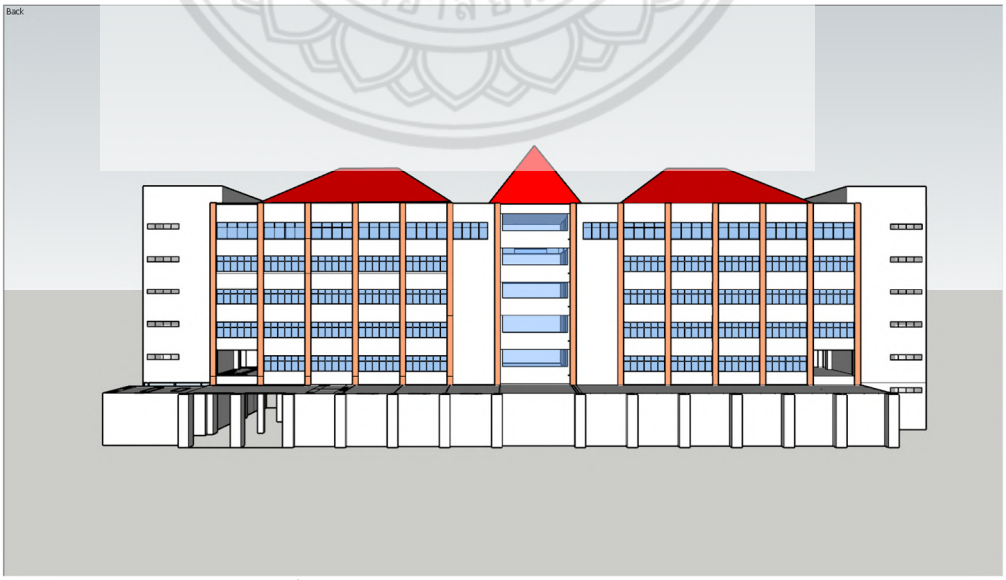
ภาพที่ 4.2

รูปภาพที่ 4.2 ลักษณะที่ตั้งของอาคารเรียนรวมและขอบเขตของพื้นที่โครงการ

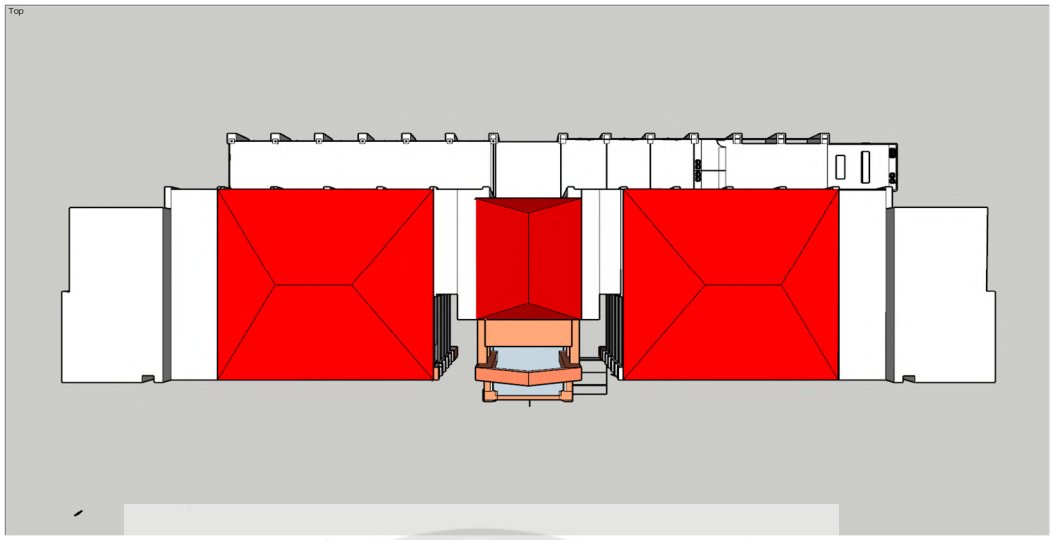
อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีลักษณะเป็นอาคารสูง 7 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยรวมประมาณ 14,280 m^2 แบ่งเป็นพื้นที่ปรับอากาศ 4,050 m^2 หรือคิดเป็นร้อยละ 28.36 ของพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด อัตราส่วนหน้าต่างต่อผนัง (Window to Wall Raito, WWR) คือ 0.59 ทั้งอาคารมีโครงสร้างแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ผนังแบบอิฐมอญก่อครึ่งแผ่นและมีการติดตั้งหลังคาด้วยแผ่นเมทัลชีท โดยมีโครงสร้างของอาคารดังภาพที่ 4.3 ถึง 4.6



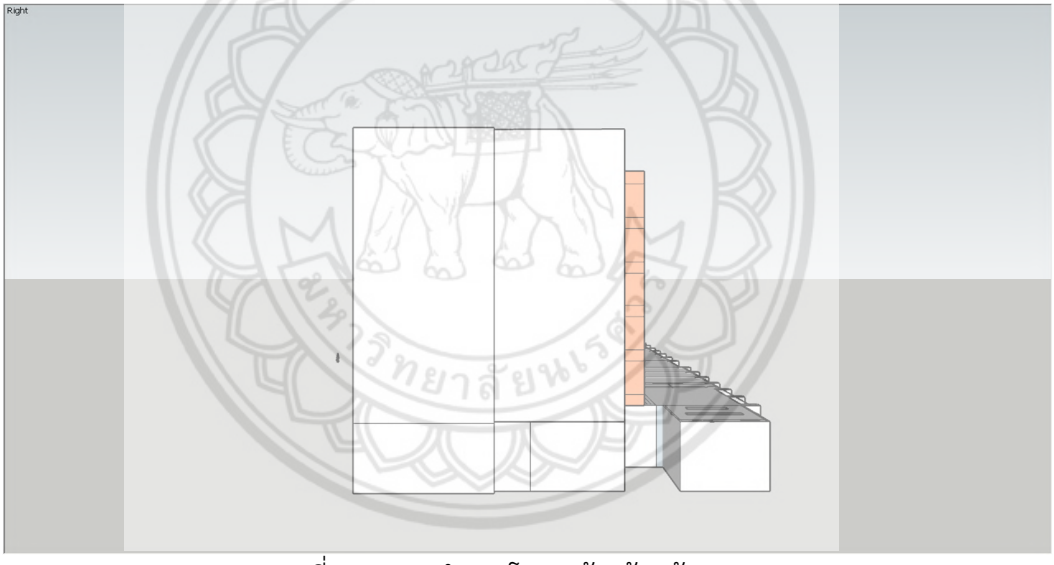
รูปภาพที่ 4.3 แบบจำลองโครงสร้างด้านหน้าของอาคาร



รูปภาพที่ 4.4 แบบจำลองโครงสร้างด้านหลังของอาคาร



รูปภาพที่ 4.5 แบบจำลองโครงสร้างด้านบนของอาคาร



รูปภาพที่ 4.6 แบบจำลองโครงสร้างด้านข้างของอาคาร

4.2.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร

วัสดุกรอบอาคารบริเวณพื้นที่ปรับอากาศของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ ผนังทึบ คือ อิฐมอญฉาบเรียบ หนา 9.5 cm. ภายนอกทาสีขาวอ่อน (ส่วนของผนัง) ต่อมาในส่วนของผนังโปร่งแสง คือ กระจกโฟลตใส หนา 6 mm. และหลังคา คือ แผ่นเมทัลชีทหนา 4.5 cm. ถัดมาเป็นเป็นช่องว่างอากาศกว้าง 100 cm. และฝ้าเพดานเป็นแผ่นยิปซัมหนา 9 mm. มีรายละเอียดคุณสมบัติของวัสดุ ดังตารางที่ 4.2 ถึงตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของวัสดุกรอบอาคารส่วนผนังทึบ

วัสดุผนังทึบ	Thickness (m)	K-Value (W/m-K)	Density (kg/m^3)	Specific Heat (kJ/kg K)
ปูนฉาบ	0.015	0.72	1860	0.84
อิฐมอญ	0.065	0.498	1615	0.79
ปูนฉาบ	0.015	0.72	1860	0.84

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของวัสดุกรอบอาคารส่วนผนังโปร่งแสง

วัสดุผนังโปร่งแสง	Thickness (m)	U-Value (W/m^2-K)	SHGC
กระจกโฟลตใส	0.006	5.74	0.83
กระจกดำ	0.006	5.74	0.44

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติของวัสดุกรอบอาคารส่วนหลังคา

วัสดุหลังคา	Thickness (m)	K-Value (W/m-K)	Density (kg/m^3)	Specific Heat (kJ/kg K)
แผ่นเมทัลชีท	0.045	190.024	2672	0.896
ฝ้าเพดานแผ่นยิปซัม	0.009	0.326	725	1.09
ช่องอากาศ	1	พื้นที่ผิวมีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง R-Value = 0.154 m^2°C/W		

เมื่อคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร ด้วยโปรแกรม BEC v.1.0.6 พบว่าส่วนของผนังอาคารมีค่า OTTV เท่ากับ 61.785 W/m^2 และหลังคามีค่า RTTV เท่ากับ 29.143 W/m^2 ดังรายละเอียดใน ตารางที่ 4.5 โดยมีค่าสูงกว่าที่กำหนดในกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.2

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคาร

ผนังภายนอก	U-Value ($W/m^2°C$)		WWR	SC	SHGC	TD_{eq} (°C)	$OTTV_i$ (W/m^2)
	ผนังทึบ	กระจก					
ทิศตะวันตกเฉียงใต้	2.967	5.74	0.00	0.00	0.00	14.208	42.155
ทิศตะวันออกเฉียงใต้	2.967	5.74	0.59	0.22	0.82	15.294	60.772
ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	2.967	5.74	0.00	0.00	0.00	13.823	41.013
ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	2.967	5.74	0.59	0.41	0.82	12.389	70.683
ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ชั้น 6)	2.967	5.74	0.59	0.51	0.44	15.294	67.337
ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (ชั้น 6)	2.967	5.74	0.59	0.51	0.44	12.389	57.065
						ค่า OTTV (W/m^2)	61.785
หลังคา	U-Value		1 - SSR		TD_{eq}		RTTV
หลังคาด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	1.481		1		20.061		29.71
หลังคาด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้	1.481		1		18.72		27.724
						ค่า RTTV (W/m^2)	29.143

4.2.3 การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จากกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ที่กำหนดให้มีค่า OTTV และRTTV ไม่เกิน 50 และ 15 W/m^2 แล้ว จำเป็นต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting power density, LPD) ไม่เกิน 14 W/m^2 ดังในตารางที่ 2.3 ซึ่งอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีค่า LPD อยู่ที่ 10.13 W/m^2 ซึ่งผ่านเกณฑ์ของกฎกระทรวงฯ ข้อมูลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (สมาคมไฟฟ้าและแสงสว่างแห่งประเทศไทย, 2564)

ชั้น	กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟและบัลลาสต์ (W)	พื้นที่ใช้สอย (m^2)	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (W/m^2)
2	6,360.00	760.00	8.37
3	10,560.00	880.00	12.00
4	10,560.00	880.00	12.00
5	9,120.00	880.00	10.36
6	5,160.00	650.00	7.94
ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่างเฉลี่ย (W/m^2)			10.13

4.3 ผลการประเมินอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ตามเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานทางสิ่งแวดล้อมไทยสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่ (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability for New Construction and Major Renovation Buildings :TREE-NC)

โดยจะเป็นการประเมินด้วยการทำคะแนนในแต่ละหัวข้อคะแนนซึ่งจะมีลักษณะหัวข้อคะแนนอยู่ 2 จำพวก กลุ่มแรกคือคะแนนหัวข้อบังคับ (Prerequisite) และกลุ่มที่สองคือการวัดด้วยระดับคะแนน โดยมีคะแนนเต็มอยู่ที่ 85 คะแนน อาคารเรียนได้ทำการประเมินโดยแสดงดังภาพที่ 4.3

รูปภาพที่ 4.7 ผลการประเมินอาคารเรียนรวมตามเกณฑ์ TREE-NC

4.3.1 ผลจากการประเมินตามหัวข้อบังคับของเกณฑ์ TREE-NC

จากหัวข้อบังคับของเกณฑ์ TREE-NC สมมติฐานให้อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์เป็นอาคารสร้างใหม่และประเมินตามหัวข้อบังคับของเกณฑ์ TREE-NC โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว (BM P1)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ **:** มีแผนการดำเนินงานและติดตามประเมินผลเพื่อให้มีการออกแบบก่อสร้าง วางแผน และบริหารจัดการเป็นไปตามหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว สิ่งที่ต้องดำเนินการเป็นเพียงแผนไม่ใช่ผลการดำเนินงาน ซึ่งแผนการดำเนินงานจะต้องประกอบด้วย

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มียังไม่มีแผนการเตรียมความพร้อมการเป็นอาคารเขียว

สรุป : ไม่ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ

(2) การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร (SL P1)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ไม่ก่อสร้างอาคารพื้นที่ดาดแข็งในงานภูมิทัศน์ ถนน หรือที่จอดรถบนที่ดินที่มีลักษณะบุกรุกพื้นที่สงวน

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากแผนผังที่ตั้งของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ไม่ได้เข้าข่ายตามเกณฑ์ข้อบังคับดังที่กล่าวมาข้างต้น ไม่ได้เป็นอาคารที่ตั้งในที่ที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร

สรุป : ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ

(3) การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ (SL P2)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ลดผลกระทบจากการพัฒนาในพื้นที่สีเขียว (Green Area) หรือพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ต่อระบบนิเวศ และพลิกฟื้นพื้นที่สีเขียวในโครงการที่มีการพัฒนาไปแล้วให้มีคุณค่าทางระบบนิเวศตลอดจนเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคารให้ดียิ่งขึ้น โดยมี 2 ทางเลือกให้เลือก

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : เลือกประเมินทางเลือกที่ 1 อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นพื้นที่ที่เคยมีการปรับระดับ และปรับแต่งสำหรับการใช้งานของมนุษย์ (พื้นที่ที่พัฒนาแล้ว) มีพื้นที่ตามข้อบังคับข้างต้น

รูปภาพที่ 4.8 ลักษณะที่ตั้งของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

สรุป : ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ

(4) การประกันคุณภาพอาคาร (EA P1)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : แต่งตั้งบุคคลที่สามเป็นผู้ทดสอบ และปรับแต่งระบบ (Commissioning Authorities) ทำหน้าที่จัดการ ทบทวน ควบคุมการทดสอบ และปรับแต่งระบบ อีกทั้งเจ้าของโครงการต้องมีเอกสารเป็นลายลักษณ์อักษรแสดงความต้องการของเจ้าของโครงการ

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ในช่วงการก่อสร้างอาคาร ทั้งนี้อาคารได้มีบุคคลที่ 3 คอยตรวจสอบระบบภายในอาคาร

สรุป : ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ

(5) ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ (EA P2)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ผู้ออกแบบอาคารต้องคำนึงถึงการออกแบบอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงในการใช้พลังงาน โดยมีการออกแบบและเลือกใช้ ระบบเปลือกอาคาร ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน และจำเป็นต้องได้คะแนนอย่างน้อย 4 คะแนนในหัวข้อ EA1

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : การคำนวณประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์จะใช้โปรแกรม Building Energy Code : BEC) มาร่วมในการประเมินการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยข้อมูลการใช้พลังงานภายในอาคารมาจากการเก็บข้อมูลจริงภายในตัวอาคาร ซึ่งข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ผ่านในหัวข้อ EA 1 ซึ่งได้คะแนนขั้นต่ำมา 6 คะแนน

สรุป : ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ

(6) ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร (IE P1)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : อัตราการระบายอากาศในพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดในกฎกระทรวง ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานการระบายอากาศ (Ventilation) เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ) ที่ยอมรับได้ วสท. (วสท. -3010) หรือ ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1-2007

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ในหัวข้อการประเมินนี้ ในส่วนของพื้นที่ปรับอากาศยังไม่มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ แต่มีหน้าต่างระบายอากาศในส่วนของพื้นที่ไม่ได้ปรับอากาศ

สรุป : ไม่ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ

(7) ความส่องสว่างภายในอาคาร (IE P2)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ (ไม่รวมแสงธรรมชาติ) ผ่านเกณฑ์ตามที่กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร และการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียงรวมถึงผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานที่ระบุโดยสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : เลือกทางเลือกที่ 1 การวัดความส่องสว่างภายในอาคารได้ทำการวัดค่าความส่องสว่างโดยใช้เครื่องมือ Lux Meter วัดในทุกระยะ 3 เมตร อย่างน้อย 4 จุดภายในหนึ่งห้อง ระยะความสูงจากพื้นห้องประมาณ 0.75 เมตร (โต๊ะแลคเชอร์) โดยข้อมูลที่ได้มาจะเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.4 ซึ่งผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานที่ระบุโดยสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย โดยมีข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างค่าความส่องสว่างของอาคารชั้น 3 และ ชั้น 5

ชั้น 3	ค่าที่วัดได้ (Lux)	ชั้น 5	ค่าที่วัดได้ (Lux)
EN 305	297.67	EN505	300.60
EN 307	309.40	EN507	311.80
EN 309	315.00	EN509	301.17
EN 310	316.77	EN510	290.20
EN 311	312.50	EN511	310.60
EN 312	281.00	EN512	299.60
EN 314	308.80	EN514	287.40
เฉลี่ย	305.88	EN516	309.40
		เฉลี่ย	301.35

ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงภายในตัวอาคารมีค่าประมาณเท่ากับ 300 Lux

สรุป : ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ

(8) การลดมลพิษจากการก่อสร้าง (EP P1)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : มีแผนดำเนินการป้องกันมลพิษและสิ่งรบกวนจากการก่อสร้าง (Construction Pollution Prevention plan) ได้แก่

- การกัดกร่อนของพื้นที่ดินเพื่อป้องกันการชะล้างและการตกตะกอนลงในแหล่งน้ำ
- มลภาวะทางน้ำ เช่น การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ
- มลภาวะทางอากาศ เช่น ฝุ่นละออง เขม่า ควัน

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมเป็นอาคารที่สร้างแล้วเสร็จมานานแล้ว ดังนั้นช่วงการสร้างอาคารต้องมีแนวทางการวางแผนการควบคุมการก่อสร้างอาคาร อาทิ เช่น การป้องการการกัดกร่อนของพื้นที่ดินจากการชะล้าง ป้องกันการตกตะกอนของดินลงในทางระบายน้ำและแหล่งน้ำใกล้เคียง ป้องกันมลภาวะทางอากาศ เช่น ฝุ่นละออง เขม่า ควัน เป็นต้น

สรุป : ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ

(9) การบริหารจัดการขยะ (EP P2)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : มีแผนการดำเนินการบริหารจัดการขยะของอาคาร

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีนโยบายการจัดการขยะภายในตัวอาคารโดย มีการแยกถังขยะเปียก ขยะอันตราย ขยะแห้ง ที่ระบุไว้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังมีนโยบายการงดนำอาหารขึ้นไปรับประทานบนตัวอาคาร มีจุดศูนย์รวมที่ทิ้งขยะที่เข้าถึงได้ง่าย

รูปภาพที่ 4.9 การแยกขยะของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

สรุป : ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ

จากผลการประเมินตามเกณฑ์ข้อบังคับของเกณฑ์ TREE-NC พบว่าในหัวข้อที่ (1) และ (6) ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับ จำเป็นต้องมีการปรับปรุงเพื่อให้ผ่านเกณฑ์ เพื่อที่จะได้ระดับการรับรองในระดับ Certified ต่อไป ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.7 ผลการประเมินตามเกณฑ์ข้อบังคับของเกณฑ์ TREE-NC

ลำดับ	รายการ	ผลที่ได้หลังการประเมิน
1	BM P1 การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว	ไม่ผ่าน
2	SL P1 การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร	ผ่าน
3	SL P2 การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ	ผ่าน
4	EA P1 การประกันคุณภาพอาคาร	ผ่าน
5	EA P2 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ	ผ่าน
6	IE P1 ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร	ไม่ผ่าน
7	IE P2 ความส่องสว่างภายในอาคาร	ผ่าน
8	EP P1 การลดมลพิษจากการก่อสร้าง	ผ่าน
9	EP P2 การบริหารจัดการขยะ	ผ่าน

4.3.2 ผลจากการประเมินตามหัวข้อการวัดระดับคะแนนของเกณฑ์ TREE-NC

จากหัวข้อการวัดระดับคะแนนของเกณฑ์ TREE-NC ทั้งหมด 8 หมวดหมู่ และประเมินตามหัวข้อระดับคะแนนของเกณฑ์ TREE-NC ผลที่ได้คือ อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีคะแนนอยู่ที่ 30 คะแนน โดยมีรายละเอียดการประเมินดังต่อไปนี้

(1) หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (Building Management : BM)

(ก) การประชาสัมพันธ์สู่สังคม (BM 1)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : วางแผนประชาสัมพันธ์ให้สังคมรับทราบ ผ่านสื่อต่างๆ รวมทั้งจัดให้มีป้ายประชาสัมพันธ์หน้าโครงการขณะกำลังก่อสร้าง

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : เนื่องจากอาคารเป็นอาคารสมมติให้เป็นอาคารสร้างใหม่และยังอยู่ในแนวทางการเริ่มต้นของอาคารเขียว ในส่วนนี้ยังไม่ได้มีการประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ข้อมูลการปรับปรุง

สรุป : คะแนนที่ได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(ข) คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร (BM 2)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : มีคู่มือและให้การอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาระบบต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับการเป็นอาคารที่ขอรับรองมาตรฐาน อาคารเขียวสำหรับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของอาคาร โดยคู่มือดังกล่าวจะต้องครอบคลุมระบบต่างๆ ที่มีใช้งานภายใน อาคาร อย่างน้อยดังนี้ (1) ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ (2) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (3) ระบบสุขาภิบาล (4) ระบบอำนวยความสะดวก

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินมีอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มีการจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร และรายละเอียดการใช้พลังงานในบางส่วน ยังไม่ครอบคลุมระบบต่างๆ อย่างน้อย 4 ระบบ ที่กล่าวมาข้างต้น

สรุป : คะแนนที่ได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(ค) การติดตามประเมินผลขณะออกแบบ ก่อสร้างและเมื่ออาคารแล้วเสร็จ (BM 3)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : การประเมินกิจกรรมต่าง ๆ ถึงความสำเร็จและข้อจำกัด ที่พบในช่วงออกแบบ ก่อสร้าง และเมื่ออาคารแล้วเสร็จ โดยระบุถึงสาเหตุ และข้อแนะนำ เพื่อให้คณะทำงานอาคารเขียว สามารถติดตามการทำงานอย่างมีประสิทธิ์ภาพและเกิดการเรียนรู้เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวอยางเป็นระบบ

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมิน อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ยังไม่มีในส่วนของการประเมินถึงความสำเร็จ, ระบุถึงสาเหตุ และข้อแนะนำให้คณะทำงานอาคารเขียว

สรุป : คะแนนที่ได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(2) หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape : SL)

(ก) การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่พัฒนาแล้ว (SL 1)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : กรณีที่เป็นพื้นที่ที่เคยพัฒนามาแล้ว (Previously Developed Area) หรือพื้นที่ที่คุณค่าทางระบบนิเวศต่ำ ต้องออกแบบ ให้มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ

(Ecological Open Space) ให้มีขนาดอย่างน้อย 10% ของพื้นที่ฐานอาคาร (Building Footprint) โดยพื้นที่ว่างเชิงนิเวศต้องมีพื้นที่สีเขียวอย่างน้อยร้อยละ 25 ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินอาคารทางเลือกที่ 1 ได้เข้าเกณฑ์ข้อกำหนดดังที่ได้กล่าวมาในทางเลือกที่ 1 โดยมีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศมากกว่า 10% และมีพื้นที่สีเขียวมากกว่าร้อยละ25

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(ข) การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว (SL 2)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : เลือกที่ตั้งโครงการและ จัดที่จอดรถภายในโครงการที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ระบบขนส่งมวลชนแบบราง เลือกที่ตั้งอาคารภายในระยะ 500 เมตร (วัดจากประตูทางเข้าอาคารหลัก) จากสถานีรถไฟ สถานีรถไฟฟ้า หรือสถานีรถไฟใต้ดิน อย่างน้อย 1 สถานี หรือ มีแผนบริการรถรับส่งไปยังสถานีโดย ต้องมีบริการรับส่งได้ร้อยละ 25 ของผู้ใช้อาคารต่อวัน โดยรถรับส่งต้องเป็นรถประเภท eco car CNG Hybrid E20+ ไฟฟ้า

2. ระบบขนส่งมวลชนทางถนน มีแผนบริการรถรับส่งไปยังสถานีโดยต้องมีบริการรับส่งได้ร้อยละ 25 ของผู้ใช้อาคารต่อวัน โดย รถรับส่งต้องเป็นรถประเภท Eco car CNG Hybrid E20+ ไฟฟ้า

3. ระบบที่จอดจักรยาน จัดที่จอดรถจักรยานเป็นจำนวนไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของผู้ใช้อาคารประจำและผู้ใช้อาคารชั่วคราวสูงสุดของวัน

4. ระบบที่จอดรถประสิทธิภาพสูง กำหนดที่จอดรถของอาคารให้เป็นที่จอดรถ Eco car CNG Hybrid E20+ไฟฟ้า หรือรถประเภทอื่นๆที่ลดการใช้น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ

5. ระบบขนส่งมวลชนประเภทอื่น ๆ เช่นทางน้ำ หรือ ระบบที่เป็นระบบขนส่งมวลชนที่ยั่งยืน

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินอาคารเรียนรวมเป็นโครงการที่อยู่ใกล้เคียงกับระบบส่งมวลชนทางถนน และมีการจัดที่จอดจักรยานในบริเวณอาคารซึ่งจะเข้าเกณฑ์ในหัวข้อ 2 และ 3

สรุป : คะแนนที่ได้ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

(ค) การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน (SL 3)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : มีการออกแบบให้มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ (Ecological Open Space) ให้มีพื้นที่ ไม่น้อยกว่า 25% ของพื้นที่ฐานอาคาร (Building Footprint) ต้องออกแบบให้มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ โดยพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศต้องมีพื้นที่สีเขียวอย่างน้อยร้อย ละ 40 ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ (นับรวมพื้นที่บ่อน้ำลักษณะธรรมชาติที่มีการจัดพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจโดยรอบ) และจะต้องไม่ใช้พื้นที่สำหรับรถยนต์หรือที่จอดรถยนต์ พื้นที่ดาดแข็งสามารถนับเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศได้ หากกิจกรรมบนพื้นที่ดาดแข็งเป็นไปเพื่อการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งาน อาทิเช่น ทางเดินเท้า ลานกิจกรรม เป็นต้น

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินมีการออกแบบการใช้อาคารอย่างเป็นสัดส่วนที่เกิดประโยชน์ต่อการใช้งานของผู้ที่ใช้อาคาร และรอบอาคารยังออกแบบให้มีพื้นที่สีขาวซึ่งจะช่วยในการลดความร้อนของตัวอาคารและเป็นประโยชน์ในประหยัดพลังงานที่เกิดจากภาระความร้อนของกรอบอาคาร

สรุป : คะแนนที่ได้ 3 คะแนน คะแนนเต็ม 3 คะแนน

(ง) การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม (SL 4)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : คำนวณสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ย (Area-Weighted Average Runoff Coefficient) ของพื้นที่ผิวทั้งโครงการ (ไม่รวมพื้นที่บ่อหน่วงน้ำ) นำค่าที่ได้เปรียบเทียบเป็นคะแนนได้จากตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 สัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ย (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2564)

สัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดินเฉลี่ย	คะแนน
มากกว่าหรือเท่ากับ 0.70	1
มากกว่าหรือเท่ากับ 0.60 แต่ไม่น้อยกว่า 0.70	2
มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แต่ไม่น้อยกว่า 0.60	3
น้อยกว่า 0.50	4

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินได้เลือกหัวข้อที่ 1 จะได้ว่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำบนผิวดินของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ พื้นที่รับน้ำส่วนใหญ่เป็นลานจอดรถคอนกรีตเสริมเหล็กและพื้นดิน โดยข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การไหลจะตรงกับหัวข้อที่ 9 และ 10 ของตารางที่ 2.6 มีค่าสัมประสิทธิ์การไหลมากกว่า 0.60 ผลคะแนนที่ได้มีค่า คือ 2

สรุป : คะแนนที่ได้ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

(จ) การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากการพัฒนาโครงการ (SL 5)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : จะต้องมีการจัดส่วนหลังคาแนวตั้งหรือแนวนอน โดยปลูกพืชพรรณบนหลังคาหรือผนังอาคาร หรือ มีพื้นที่ดาษแข็งรับรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งโครงการ หรือ มีการปลูกต้นไม้ที่มีการบังแสงด้านจากดวงอาทิตย์ด้านทิศใต้ตะวันออกและตะวันตกอย่างมีประสิทธิภาพ

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินพบว่าบริเวณอาคารมีการปลูกต้นไม้โดยรอบอาคารแต่ยังไม่สามารถบดบังแสงแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รูปภาพที่ 4.10 ลักษณะการปลูกต้นไม้โดยรอบอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

สรุป : คะแนนที่ได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

(3) หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (Water Conservation : WC)

(ก) การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (WC 1)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ลดปริมาณการใช้น้ำโดยการติดตั้งสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ และ/หรือ ก๊อกน้ำประหยัดน้ำหรือมีอุปกรณ์ควบคุมการเปิดปิดน้ำอัตโนมัติ รวมถึงการใช้เทคโนโลยีอื่นๆ อาทิ เช่น สุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ ตลอดจนติดตั้งมาตรวัดน้ำย่อย เพื่อการบริหารจัดการการใช้น้ำ และตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำบริเวณพื้นที่หลักและบริเวณโดยรอบอาคาร นอกจากนี้อาจพิจารณาการกักเก็บน้ำฝนเพื่อใช้งานและลดความต้องการน้ำประปาของโครงการ

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : เนื่องจากอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ยังไม่มีมาตรการและสุขภัณฑ์มาช่วยประหยัดน้ำ จึงไม่อยู่ในเกณฑ์ข้อนี้

สรุป : คะแนนที่ได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 6 คะแนน

(4) หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere : EA)

(ก) ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (EA 1)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : (ทางเลือกที่ 1) ใช้ Whole building simulation ตามรายละเอียดในกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552 เป็นเกณฑ์ โดยเทียบคะแนนได้จากตาราง EA1 T 1

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ :จากการประเมิน โดยใช้ กฎกระทรวง พ.ศ.2552 อาคารทำการปรับปรุง จะได้ค่าพลังงานที่ลดไปได้หลังทำการปรับปรุงคิดเป็นหน่วย kW/ปี จากข้อมูลในโปรแกรม Building Energy Code (BEC) จะได้ว่า ค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารอ้างอิง (Reference Building) ของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มีค่า 478,459.65 kWh/year ซึ่งเมื่อเทียบอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มีค่าการใช้งานพลังงานรวมทั้งอาคาร (Building Energy Consumption) มีค่า 446,720.87 kWh/year คำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของการใช้พลังงานรวมจะค่าเท่ากับ 6.63% หรือลดลงร้อยละ 6.63 ของอาคารอ้างอิง จึงได้คะแนนอยู่ในช่วง 6 คะแนนของตาราง EA 1 T 1

ตารางที่ 4.9 EA 1 T1 ผลคะแนนที่ได้ตามการลดการใช้พลังงาน (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2558)

คะแนน	กฎกระทรวง พ.ศ.2552 (ค่าพลังงาน)		ASHRAE 90.1-2007 Appendix G (ค่าใช้จ่ายพลังงาน)		คะแนนการประเมินอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อมหรืออาคารติดฉลาก (TEEAM)	
	อาคารปรับปรุง	อาคารใหม่	อาคารปรับปรุง	อาคารใหม่	อาคารปรับปรุง	อาคารใหม่
4	0-5	6-10	0-5	6-10	51-55	51-55
6	6-10	11-15	6-10	11-15	56-60	56-60
8	11-15	16-20	11-15	16-20	61-65	61-65
10	16-20	21-25	16-20	21-25	66-70	66-70
12	21-25	26-30	21-25	26-30	>=71	>=71
14	26-30	31-35	26-30	31-35		
16	31-35	36-40	31-35	36-40		

สรุป : คะแนนที่ได้ 6 คะแนน คะแนนเต็ม 16 คะแนน

(ข) การใช้พลังงานทดแทน (EA 2)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อผลิตพลังงานใช้ในโครงการ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ (เซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องทำน้ำร้อน) พลังงานลม พลังงานชีวมวล (Biofuel-based Energy) เป็นต้น ให้ได้เป็นมูลค่าร้อยละ 0.5-1.5 ของค่าใช้จ่าย พลังงานในอาคารต่อปี ที่อาจคำนวณได้จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์จากข้อ EA 1

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินอาคารไม่มีการใช้พลังงานหมุนเวียนในการผลิตกระแสไฟฟ้า

สรุป : คะแนนที่ได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน

(ค) การตรวจสอบและพิสูจน์ผลเพื่อยืนยันการประหยัดพลังงาน (EA 3)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ต้องจัดให้มีแผนการตรวจสอบและประเมินผลการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจริง พร้อมกับติดตั้งเครื่องวัดการใช้พลังงานอย่าง เพียงพอที่จะใช้ในการตรวจสอบ

ตามหลักการตรวจสอบและประเมินผลการใช้พลังงานวิธีการประเมินผลการใช้พลังงานจริงโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (ควรเป็นแบบจำลอง เดียวกับ EA 1) เพื่อเปรียบเทียบกับผลการใช้พลังงานจริง ทำการปรับแต่งแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ให้ค่าพลังงานมี ความสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการวัดจริง ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ไปใช้ในการวิเคราะห์ ทางเลือกในการประหยัดพลังงานของอาคาร

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ไม่ผ่านในการเป็นอาคารประหยัดพลังงาน เนื่องจากค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารยังไม่ผ่านเกณฑ์

ตารางที่ 4.10 ผลรายงานการใช้พลังงานของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (กระทรวงพลังงาน, 2552)

Table OTTV/RTTV Report			
ประเภท	การผ่านเกณฑ์	ผลที่ได้	สรุป
OTTV (All Zone)	50.00 W/m^2	61.785 W/m^2	ไม่ผ่าน
OTTV (A/C Zone)	50.00 W/m^2	61.736 W/m^2	ไม่ผ่าน
RTTV (A/C Zone)	15.00 W/m^2	29.143 W/m^2	ไม่ผ่าน

สรุป : คะแนนที่ได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(ง) สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ (EA 4)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ระบบปรับอากาศในอาคารต้องไม่ใช้สารทำความเย็นประเภท CFC และ HCFC-22 ที่ทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ในอาคารยังใช้สารทำความเย็นที่ทำลายชั้นบรรยากาศ (R - 22)

สรุป : คะแนนที่ได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(5) หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Materials and Resources : MR)

(ก) การใช้อาคารเดิม (MR 1)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ลดการใช้วัสดุ ทรัพยากร และ พลังงานที่ต้องใช้ในการก่อสร้างอาคารใหม่ และใช้ประโยชน์จากโครงสร้างอาคารเดิมที่มีอยู่แล้วให้เกิดประโยชน์สูงสุดรวมถึงต้องดำเนินการเก็บรักษาส่วนประกอบของอาคารเดิมให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 50

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินอาคารจะใช้อาคารเป็นอาคารเดิมในการปรับปรุงมากกว่า 75% ของอาคารทั้งหมดทำให้ช่วยลดในเรื่องการใช้วัสดุอุปกรณ์

สรุป : คะแนนที่ได้ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน

(ข) การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง (MR 2)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : เนื่องจากเป็นอาคารในการปรับปรุงให้ผ่านเข้าเกณฑ์การประเมินควรมีการจัดแยกขยะในการปรับปรุงอาคารขนาดก่อสร้างเป็นอย่างดี เพื่อจะได้นำขยะที่สามารถนำมารีไซเคิลใช้ใหม่

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : เนื่องจากอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์เป็นตัวอย่างของอาคารที่มีการปรับปรุงครั้งใหญ่ จึงต้องมีมาตรการการจัดการขยะเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน

(ค) การเลือกใช้วัสดุใช้แล้ว (MR 3)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ใช้วัสดุก่อสร้างที่มาจากการนำกลับมาใช้ใหม่อย่างน้อยร้อยละ 5-10 ของมูลค่ารวมของวัสดุ การคำนวณราคาให้ใช้ราคาของวัสดุอุปกรณ์จริงหรือวัสดุที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินพบว่าอาคารปรับปรุงสามารถเอาวัสดุบางส่วนนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยการซ่อมแซมหรือปรับบปรุงมาใช้ใหม่

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน

(ง) การเลือกใช้วัสดุรีไซเคิล (MR 4)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ตั้งเป้าหมายสำหรับการนำวัสดุที่มีศักยภาพสูงสุดที่มีองค์ประกอบของวัตถุรีไซเคิล และหาผู้แทนจำหน่ายวัสดุประเภทนั้นๆ ที่จำหน่ายวัสดุดังกล่าว ควรตรวจสอบให้แน่ใจว่าวัสดุที่นำมาใช้มีองค์ประกอบของวัสดุก่อสร้างที่ผ่านการรีไซเคิลใน ปริมาณที่ระบุ

ไว้จริง และให้พิจารณาถึงคุณลักษณะของวัสดุที่นำมาใช้ ในแง่ของสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ โดยเฉพาะ ราคาของวัสดุอุปกรณ์

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินอาคารสามรถใช้วัสดุรีไซเคิล หรือมีส่วนประกอบที่มาจากการรีไซเคิลให้ได้มากกว่าร้อยละ 10 ของมูลค่ารวมทั้งหมดของวัสดุที่ใช้ในโครงการ

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน

(จ) การใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ (MR 5)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ต้องใช้วัสดุก่อสร้างหรือสินค้าที่ ขุด ผลิต ประกอบ ในพื้นที่นั้นๆ โดยมีรัศมีไม่เกิน 500 กิโลเมตร

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินอาคารสามารถเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่อยู่ในประเทศได้

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน

(ฉ) วัสดุที่ผลิตหรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ (MR 6)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่รับฉลากเขียวคาร์บอนไทยที่มีกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินพบว่าอาคารได้มีการรีโนทเวท 1 ครั้ง ได้เลือกวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น แผ่นหินอ่อน ปูนฉาบ เป็นต้น

สรุป : คะแนนที่ได้ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 3 คะแนน

(6) หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality : IE)

(ก) การลดผลกระทบมลภาวะ (IE 1)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ศึกษาพื้นที่โดยรอบของอาคาร ทำการออกแบบช่องนำอากาศเข้า โดยจะต้องอยู่ห่างจากตำแหน่งที่มีความร้อนหรือมลพิษ สร้างห้องความดันลบเพื่อเก็บสารเคมีและสารทำความสะอาด ควบคุมแหล่งมลพิษจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร และแบ่งแยกที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศห่างไม่น้อยกว่า 10 เมตรจากนั้นจะต้องมีการกรองอากาศอย่างมีประสิทธิภาพผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินไม่มีช่องการนำอากาศเข้าสู่อาคารและไม่มีการแบ่งพื้นที่สูบบุหรี่อย่างแน่ชัด ในส่วนมลพิษมีการควบคุมไม่ให้นำเอาสิ่งที่อาจจะเป็นมลพิษหรือสารอันตรายเข้าสู่อาคาร

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 5 คะแนน

(ข) การเลือกใช้วัสดุที่ไม่ก่อมลพิษ (IE 2)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ลดการใช้วัสดุประสานและรองพื้นที่มีพิษในอาคาร ใช้สีและวัสดุเคลือบผิวที่มีสารพิษต่ำภายในอาคาร และส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ประกอบขึ้นจากไม้ที่มีสารพิษต่ำ

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินพบว่าอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มีการลดการนำสิ่งที่อาจก่อมลพิษเข้าอาคาร เช่น พื้นที่เป็นหินขัดซึ่งไม่ก่อให้เกิดมลพิษในอาคาร อาคารไม่มีการใช้ระบบพรม และไม่ได้มีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบขึ้นจากไม้ที่ก่อมลพิษ

สรุป : คะแนนที่ได้ 3 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

(ค) การควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร (IE 3)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : มีการจัดเตรียมระบบความสว่างให้แก่ผู้ใช้อาคาร โดยมีวงจรที่ไม่เกิน 250 ตารางเมตรต่อ 1 วงจร

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินมีการแยกวงจรการควบคุมแสงสว่างภายในห้องเรียนแบ่งเป็นโซน

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(ง) การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร (IE 4)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ใช้การจำลองสภาพด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณสัดส่วนระหว่างพื้นที่ที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight Factor: DF) ในสภาพฟ้าหลัว (Overcast sky) มากกว่า 2% เทียบกับพื้นที่ที่มีการใช้งานประจำทั้งหมด (วัดที่แนวราบ ความสูง 75 ซม.จากพื้น) โดยคะแนนจะคำนวณจากค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติต่ำสุดในห้องที่มากกว่า 2 % (เมื่อค่าต่ำสุดในห้องมากกว่า 2% ให้ถือว่าพื้นที่ของห้องทั้งห้องได้แสงธรรมชาติ)

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินเนื่องจากอาคารเรียนรวมเป็นอาคารที่ใช้ในการเรียนการสอนจึงไม่ได้นำแสงจากธรรมชาติมาใช้มาก เนื่องจากจะเพิ่มภาระความร้อนให้แก่ห้อง ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้า

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

(จ) สภาวะน่าสบาย (IE 5)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : การออกแบบอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศให้มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นไปตามมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ วสท. (วสท.-3003) หรือมาตรฐาน ASHRAE 55-2004

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินพบว่าในส่วนพื้นที่ปรับอากาศของอาคารไม่มีการระบายอากาศให้ผ่านตามเกณฑ์ข้างต้น

สรุป : คะแนนที่ได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 3 คะแนน

(7) หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection : EP)

(ก) ใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยในระบบดับเพลิง (EP 1)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ไม่ใช้สารฮาลอน (Halon) หรือ ซีเอฟซี (CFC) หรือ เอชซีเอฟซี (HCFC) ในระบบดับเพลิง

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินพบว่าอาคารเรียนรวมใช้ระบบน้ำในการดับเพลิง และไม่มีการใช้สารเคมีที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(ข) ตำแหน่งเครื่องระบายความร้อน (EP 2)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ไม่วางคอมเพรสเซอร์และเครื่องระบายความร้อนชนิดต่างๆ ติดกับที่ดินข้างเคียงน้อยกว่าระยะ 4 เมตร

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินพบว่าไม่มีการติดตั้งเครื่องระบายความร้อนไว้กับที่ดินข้างเคียง เป็นการวางเครื่องระบายความร้อนที่ริมระเบียงของอาคาร

รูปภาพที่ 4.11 การติดตั้งคอมเพรสเซอร์ของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(ค) การใช้กระจกภายนอกอาคาร (EP 3)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : กระจกที่ใช้ภายนอกอาคาร (เปลือกอาคาร) ทุกชนิด ต้องมีการระบุค่าประสิทธิภาพของกระจกอันได้แก่ ค่าสะท้อนแสง (Visible Light Reflectance : R_{vis}) โดยต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 15 เมื่อวัดในมุมตั้งฉาก โดยค่าสะท้อนแสงดังกล่าวต้อง ได้รับการตรวจสอบจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินพบว่าอาคารใช้กระจกใส่ ทำให้เกิดการส่งผ่านของความร้อนโดยตรงเข้ากับตัวอาคารและไม่มีการระบุค่าประสิทธิภาพไว้

สรุป : คะแนนที่ได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(ง) การควบคุมโรคที่เกี่ยวข้องกับอาคาร (EP 4)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ทำการออกแบบและก่อสร้างรวมทั้งจัดทำแผนการบำรุงรักษาหอระบายความร้อน ตามประกาศของกรมอนามัย เรื่องข้อ ปฏิบัติการควบคุมเชื้อลีจิโอเนลลา (Legionella) ในหอระบายความร้อนของอาคารในประเทศไทย (เฉพาะระบบปรับ อากาศที่มีการติดตั้งหอระบายความร้อน)

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ไม่ได้ใช้หอระบายความร้อน จึงไม่ได้เข้าร่วมเกณฑ์การประเมินในหัวข้อนี้

สรุป : คะแนนที่ได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(จ) ติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย (EP 5)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : ติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าที่ใช้วัดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะ

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : จากการประเมินพบว่าอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ไม่มีการบำบัดน้ำเสียที่ตัวอาคาร แต่ระบบการบำบัดน้ำเสียจะอยู่ในส่วนกลางของมหาวิทยาลัยนเรศวรให้ช่วยในการดูแลจัดการ ในหัวข้อนี้อาคารเรียนรวมจึงไม่เข้าเกณฑ์

สรุป : คะแนนที่ได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(8) หมวดที่ 8 นวัตกรรม (Green Innovation)

(ก) มีเทคนิควิธีที่ไม่ระบุไว้ในแบบประเมิน (GI 1-5)

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ต้องมีการนำเสนอหัวข้อคะแนนใหม่ที่เป็นประเด็นทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่ไม่ได้ระบุไว้ในเกณฑ์ฉบับนี้

ผลจากการประเมินตามเกณฑ์ : อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ยังไม่มีนวัตกรรมมาปรับใช้ภายในตัวอาคาร ในหัวข้อนี้จึงไม่อยู่ในเกณฑ์

สรุป : คะแนนที่ได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 5 คะแนน

จากผลการประเมินตามหัวข้อระดับคะแนนอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์จะมีระดับคะแนนรวมของแต่ละหมวดอยู่ที่ 30 คะแนน โดยมีผลคะแนนตามตารางที่ 4.14 และตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.11 ผลการประเมินตามหัวข้อการวัดระดับคะแนน

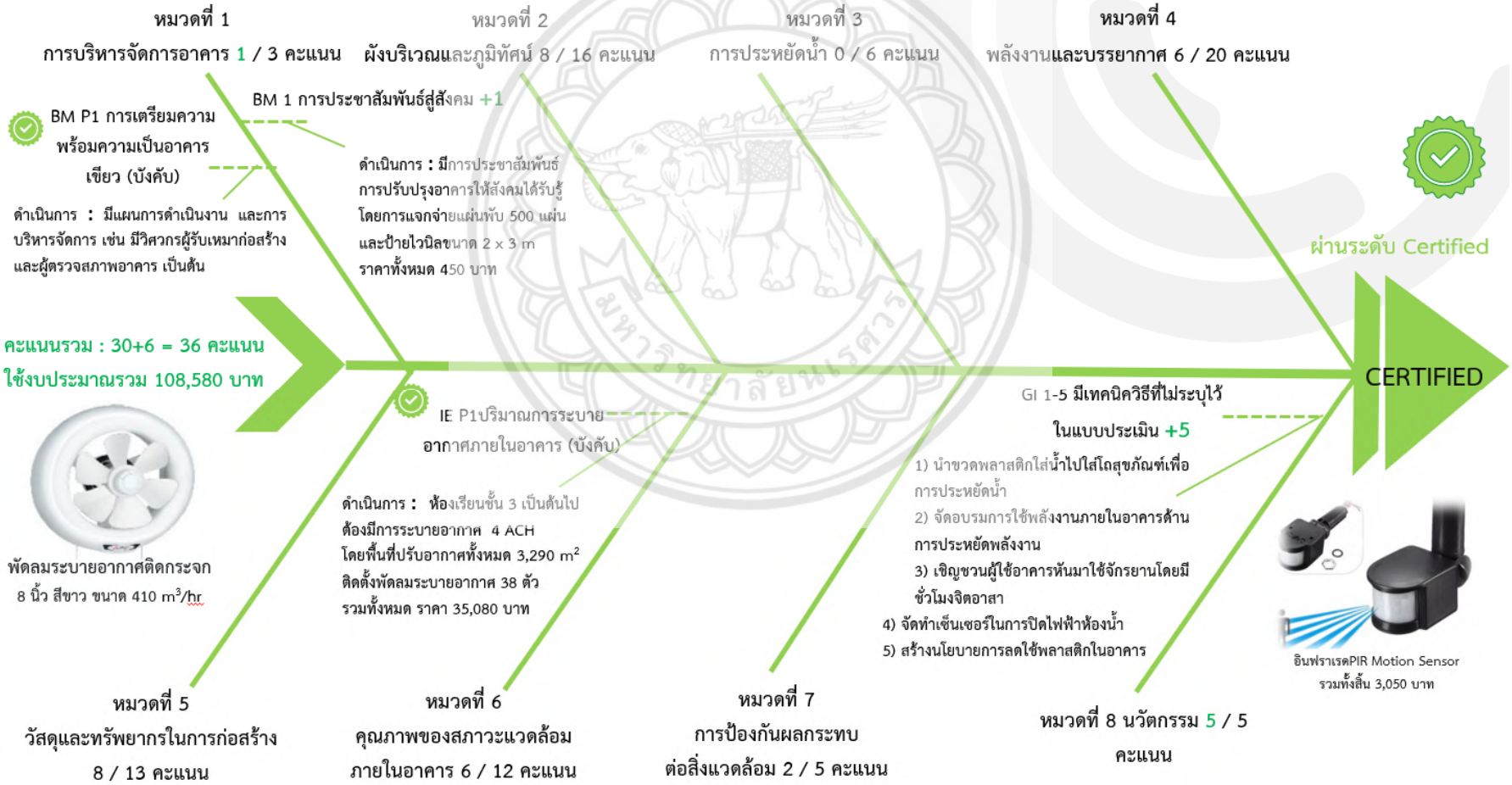
รายการ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้หลังการประเมิน	คะแนนรวมในแต่ละหมวด
BM 1	1	0	0
BM 2	1	0	
BM 3	1	0	
SL 1	1	1	8
SL 2	4	2	
SL 3.1	1	1	
SL 3.2	1	1	
SL 3.3	1	1	
SL 4	4	2	
SL 5.1	2	0	
SL 5.2	1	0	
SL 5.3	1	0	
WC 1	6	0	0
EA 1	16	6	6
EA 2	2	0	
EA 3	1	0	
EA 4	1	0	
MR 1	2	2	8
MR 2	2	1	
MR 3	2	1	
MR 4	2	1	
MR 5	2	1	
MR 6.1	2	1	
MR 6.2	1	1	

ตารางที่ 4.12 ผลการประเมินตามหัวข้อการวัดระดับคะแนน (ต่อ)

รายการ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้หลังการประเมิน	คะแนนรวมในแต่ละหมวด
IE 1.1	1	0	6
IE 1.2	1	0	
IE 1.3	1	1	
IE 1.4	1	0	
IE 1.5	1	0	
IE 2.1	1	0	
IE 2.2	1	1	
IE 2.3	1	1	
IE 2.4	1	1	
IE 3	1	1	
IE 4	4	1	
IE 5	3	0	
EP 1	1	1	2
EP 2	1	1	
EP 3	1	0	
EP 4	1	0	
EP 5	1	0	
GI 1	1	0	0
GI 2	1	0	
GI 3	1	0	
GI 4	1	0	
GI 5	1	0	
คะแนนรวมทั้งหมด		30	

4.4 แนวทางการพิจารณาให้อาคารผ่านเกณฑ์ระดับรางวัล Certified

จากการประเมินในเกณฑ์ของ TREE-NC อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ยังไม่ผ่านในเกณฑ์ข้อบังคับที่ 1 และ 6 และระดับคะแนนอยู่ที่ 30 คะแนนซึ่งยังไม่อยู่ในเกณฑ์ของระดับ Certified การที่จะผ่านระดับ Certified จะต้องผ่านเกณฑ์ข้อบังคับและมีระดับคะแนนอย่างน้อย 30 คะแนนขึ้นไป จำเป็นต้องมีแนวทางและมาตรการดังภาพที่ 4.8



รูปภาพที่ 4.12 แนวทางการปรับปรุงอาคารเรียนรวมเพื่อให้ผ่านในระดับ Certified

4.4.1 แนวทางการปรับปรุงให้ผ่านเกณฑ์ในหัวข้อบังคับ

จากตารางจะเห็นได้ว่าในหัวข้อบังคับลำดับที่ 1 และ 6 ยังไม่ผ่านเกณฑ์จำเป็นต้องมีมาตรการปรับปรุงแก้ไข ดังต่อไป

(1) การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว

สิ่งที่ต้องดำเนินการ : มีแผนการดำเนินงานและติดตามประเมินผลเพื่อให้การออกแบบก่อสร้าง วางแผน และบริหารจัดการเป็นไปตามหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว สิ่งที่ต้องดำเนินการเป็นเพียงแผนไม่ใช่ผลการดำเนินงาน ซึ่งแผนการดำเนินงานจะต้องประกอบด้วย รายชื่อคณะทำงานและหัวหน้าโครงการ (เจ้าของโครงการ สถาปนิกหรือวิศวกรออกแบบ สถาปนิกหรือวิศวกรควบคุมงาน สถาปนิกหรือวิศวกรผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ตรวจสภาพอาคาร ผู้บริหารอาคาร หรือที่ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้าน TREES เป็นต้น

แนวทางการดำเนินการ : อาคารต้องจัดตั้งคณะทำงานและจัดทำแผนการดำเนินงานที่สอดคล้องกับหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่ โดยต้องดำเนินการตั้งแต่ช่วงต้นของการกำหนดแนวคิดของโครงการ และมีผู้บริหารสูงสุดหรือตัวแทนที่ได้รับมอบหมายเป็นหัวหน้าโครงการ

(2) การปรับปรุงให้ผ่านเกณฑ์ในหัวข้อปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร

แนวทางการดำเนินการ : ต้องทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศในห้องปรับอากาศ ณ ห้องเรียนอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ เกณฑ์ขั้นต่ำ 4 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร (กระทรวงพลังงาน, 2552) ในห้องที่ทำการเรียนการสอนที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ด้วยเหตุนี้จำเป็นต้องมีการติดตั้งพัดลมระบบอากาศขนาด 8 นิ้ว (ไทวัสดุ, 2562) มีอัตราการระบายอากาศอยู่ที่ 410 ลบ.ม./ชม.
จำนวน 38 ตัว

งบประมาณ : ราคาตัวละ 710 บาท มูลค่า 26,980 บาท มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งร้อยละ 30 ของอุปกรณ์ มูลค่า 8,100 บาท รวมงบประมาณทั้งสิ้น 35,080 บาท

4.4.2 แนวทางการปรับปรุงให้ผ่านเกณฑ์ในหัวข้อระดับคะแนน

(1) การประชาสัมพันธ์สู่สังคม (BM 1)

แนวทางการดำเนินการ : จัดทำข้อมูลนำเสนอเกี่ยวกับอาคาร โดยเลือกหัวข้อการพิมพ์แจกจ่ายแผ่นพับ จะต้องพิมพ์โดยใช้กระดาษรีไซเคิล หรือวัสดุยั่งยืนอื่น ๆ อย่างน้อย 500

แผ่น และ การติดป้ายประชาพันธ์ตามจุดต่าง ๆ ภายในอาคาร เพื่อให้ความรู้กับผู้ใช้หรือเยี่ยมชมอาคาร

งบประมาณ : ค่าป้ายไวนิลขนาด 2 x 3 m มูลค่า 450 บาท

(2) มีเทคนิควิธีที่ไม่ระบุไว้ในแบบประเมิน (GI 1-5)

แนวทางการดำเนินการ :

1) นำขวดพลาสติกใส่น้ำไปใส่โถสุขภัณฑ์เพื่อการประหยัดน้ำจากเดิมลดลงไปอีก 1 ลิตร

2) จัดอบรมการใช้พลังงานภายในอาคารด้านการประหยัดพลังงานให้กับเจ้าหน้าที่และผู้ใช้อาคาร

3)เชิญชวนผู้ใช้อาคารหันมาใช้จักรยานโดยมีชั่วโมงจิตอาสาให้กับผู้กู้ทุน เช่น กยศ. และ กรอ.

4) จัดทำเซ็นเซอร์ในการปิดไฟฟ้าห้องน้ำ โดยใช้เป็นตัว Timer ตั้งเวลาตรวจจับก่อนเข้าห้องน้ำใช้เวลาประมาณ 15-20 นาทีในการเปิดไฟค้างไว้ก่อนจะปิดไฟ

5) สร้างนโยบายการงดใช้พลาสติกในอาคาร โดยงดการใช้ถุงพลาสติก, แก้วน้ำและหลอด ให้มีการใช้แก้วกระดาษและหลอดกระดาษแทน รวมถึงใช้กล่องกระดาษแทนกล่องโฟม

งบประมาณ : ราคาอินฟราเรด PIR Motion Sensor ตัวละ 105 บาท 10 ตัว รวมค่าติดตั้งจุดละ 200 บาท รวมทั้งสิ้น 3,050 บาท

โดยผลคะแนนการปรับปรุงเพื่อให้ผ่านในระดับ Certified แสดงคะแนนผลดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.13 ผลคะแนนของการปรับปรุงเพื่อให้ผ่านในระดับ Certified

ลำดับ	รายการ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้ก่อนการปรับปรุง	คะแนนที่ได้หลังการปรับปรุง
1	BM P1 การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว	-	ไม่ผ่าน	ผ่าน
2	IE P1 ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร	-	ไม่ผ่าน	ผ่าน
3	BM 1 การประชาสัมพันธ์สู่สังคม	1	0	1
4	GI 1 นำขวดพลาสติกใส่น้ำไปใส่โถสุขภัณฑ์เพื่อการประหยัดน้ำ	1	0	1
5	GI 2 จัดอบรมการใช้พลังงานภายในอาคารด้านการประหยัดพลังงาน	1	0	1
6	GI 3 เชิญชวนผู้ใช้อาคารหันมาใช้จักรยาน	1	0	1
7	GI 4 จัดทำเซ็นเซอร์ในการปิดไฟฟ้าห้องน้ำ	1	0	1
8	GI 5 สร้างนโยบายการงดใช้พลาสติกในอาคาร	1	0	1
	คะแนนรวมระดับ Certified	30 + 6 = 36 คะแนน		

จากการประเมินในหัวข้อที่ 4.4 เมื่อทำการปรับปรุงตามแนวทางเบื้องต้นกล่าวมาอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์จะผ่านเกณฑ์ TREE-NC ในระดับ Certified ซึ่งมีคะแนนรวมอยู่ที่ 36 คะแนน โดยมีงบประมาณค่าธรรมเนียมการเข้ารับตรวจประเมิน TREES-NC 70,000 บาท จากส่วนการระบายอากาศ 30,580 บาท จากการทำป้ายประชาสัมพันธ์ 450 บาทและจากการสร้างนโยบายอีก 3,050 บาท รวมเป็นงบประมาณทั้งสิ้น 108,580 บาท ในส่วนของระดับคะแนน Certified มีผลประหยัดตอบแทนกลับคืนมาอยู่ที่ 640 บาทต่อปีจากการประหยัดน้ำ (ไม่คิดผลของการประหยัดไฟของการจัดทำเซ็นเซอร์ในการปิดไฟฟ้าห้องน้ำ เนื่องจากสัดส่วนการใช้พลังงานน้อยมาก เมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศ)

4.5 แนวทางเบื้องต้นในการปรับปรุงเพื่อเลื่อนระดับรางวัล Certified สู่ระดับ Silver

ในการเลื่อนระดับรางวัลจำเป็นต้องมีการปรับปรุงอาคารเรียนรวมในหัวข้อต่างๆ โดยจะนำมาซึ่งการลงทุน ระดับรางวัลของ Certified สู่ระดับ Silver จะมีช่วงห่างของคะแนนอยู่ที่ 8 คะแนน ซึ่งแนวทางการทำคะแนนจะมุ่งเน้นไปที่หัวข้อหมวดหมู่ที่ลงทุนน้อยที่สุดและได้ผลคะแนนดีที่สุด ในระดับรางวัล Silver มีแนวทางการทำคะแนนในแต่ละหัวข้อดังภาพที่ 4.9

รูปภาพที่ 4.13 แนวทางการปรับปรุงอาคารเรียนรวมเพื่อให้ผ่านในระดับ Silver

โดยรายละเอียดแต่ละหัวข้อการประเมินมีดังต่อไปนี้

(1) คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร (BM 2)

แนวทางการดำเนินการ : จัดทำคู่มือการใช้งานและดำเนินการจัดฝึกอบรมสำหรับระบบที่มีความสำคัญต่างๆ เช่น ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ, ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และ ระบบสุขาภิบาล ของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ให้กับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับอาคาร

งบประมาณ : การจัดทำรูปเล่มคู่มือการใช้งานประมาณ 1,000 บาทและการจัดฝึกอบรมประมาณ 8,000 บาท รวมงบประมาณ 9,000 บาท

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(2) การติดตามประเมินผลขณะออกแบบ ก่อสร้างและเมื่ออาคารแล้วเสร็จ (BM 3)

แนวทางการดำเนินการ : ในช่วงระหว่างการปรับปรุงอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ต้องมีในการติดตามผลและประเมินผลกิจกรรมต่างๆ ตามหัวข้อ “การเตรียมความพร้อมเป็นอาคารเขียว” อย่างเป็นระบบ โดยมีการสรุปถึงความคืบหน้าในหัวข้อต่างๆ เป็นระยะ ๆ และมีการรวบรวมเอกสารจากการประชุมความคืบหน้าแต่ละครั้งของคณะทำงาน พร้อมทั้งสรุปหัวข้อคะแนนที่ประสบความสำเร็จและล้มเหลว เพื่อพัฒนาตนเองต่อไป

งบประมาณ : -

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(3) การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว (SL 2)

แนวทางการดำเนินการ : ทำการเพิ่มที่จอดรถสำหรับจักรยานให้เกินกว่าร้อยละ 5 ของผู้ใช้อาคาร และเพิ่มพื้นที่จอดรถสำหรับ Eco car CNG Hybrid E20+ ไฟฟ้าในพื้นที่ที่ใกล้ทางเข้าอาคารที่สุด อย่างน้อยร้อยละ 5 ของจำนวนที่จอดรถทั้งหมดของอาคาร (โดยพื้นที่ที่กล่าวมาข้างต้นจะทำการจัดสรรปันส่วนของพื้นที่ที่มีอยู่แต่เดิมแล้ว)

รูปภาพที่ 4.14 พื้นที่สำหรับจอดรถของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

งบประมาณ : จัดทำป้ายแสดงพื้นที่สำหรับจอดรถจักรยานและรถ Eco car 1,000 บาท สีทาขอบเขตขอบของพื้นที่จอดรถ 1,000 บาท และที่สำหรับจอดรถ Eco car ประมาณ 8,000 บาท รวมงบประมาณ 10,000 บาท

สรุป : คะแนนที่ได้ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

โดยผลคะแนนการปรับปรุงเพื่อให้ผ่านในระดับ Silver แสดงคะแนนผลดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.14 ผลคะแนนของการปรับปรุงให้ผ่านในระดับ Silver

ลำดับ	รายการ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้ก่อนการปรับปรุง	คะแนนที่ได้หลังการปรับปรุง
1	BM 2 คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร	1	0	1
2	BM 3 การติดตามประเมินผลขณะออกแบบ ก่อสร้างและเมื่ออาคารแล้วเสร็จ	1	0	1
3	SL 2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว	4	2	4**
	คะแนนรวมระดับ Silver	36 + 1 + 1 + 2 = 40 คะแนน		

**หมายเหตุในหัวข้อ SL 2 แต่เดิมมีคะแนนอยู่ 2 คะแนน จากผลการปรับปรุงจึงเพิ่มมา 2 คะแนน

จากผลรวมคะแนนของแนวทางการประเมินที่กล่าวมาข้างต้น การที่จะขึ้นในระดับรางวัล Silver จำเป็นต้องมีการลงทุนเพิ่มเติมจากระดับ Certified แบ่งเป็นงบประมาณจากการทำคู่มือและอบรม 9,000 บาทและงบประมาณจากการสร้างพื้นที่จอดรถ 10,000 บาท รวมงบประมาณการลงทุนจากระดับ Certified 108,580 และระดับ Silver 19,000 เป็นมูลค่า 127,580 บาท ซึ่งจะมีคะแนนรวมหลังจากปรับปรุงอยู่ที่ระดับ Silver 40 คะแนน ในส่วนของระดับคะแนน Silver ยังไม่มีผลประหยัดตอบแทนกลับคืนมา

4.6 แนวทางเบื้องต้นในการปรับปรุงเพื่อเลื่อนระดับรางวัล Silver สู่ระดับ Gold

เมื่อระดับรางวัล Silver สู่การเป็นระดับ Gold ความต่างของระดับคะแนน ทำให้เหลือทางเลือกหัวข้อที่ต้องทำคะแนนน้อยลง ส่งผลให้ต้องมีการลงทุนในบางหัวข้อเพิ่มขึ้น เพื่อที่จะสามารถทำคะแนนเพื่อไปสู่ระดับ Gold โดยมีแนวทางการดำเนินการดังภาพที่ 4.11

รูปภาพที่ 4.15 แนวทางการปรับปรุงอาคารเรียนรวมเพื่อให้ผ่านในระดับ Gold

โดยรายละเอียดแต่ละหัวข้อการประเมินมีดังต่อไปนี้

(1) ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (EA 1)

แนวทางการดำเนินการ : ดำเนินการปรับปรุงส่วนของหลังคาโดยเพิ่มฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว [29] และเปลี่ยนกระจกมาใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง (Solartag SS 114) [27] ทำให้ค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารอ้างอิง (Reference Building) ของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มีค่า 478,459.65 kWh/year ซึ่งเมื่อเทียบอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มีค่าการใช้งานพลังงานรวมทั้งอาคาร (Building Energy Consumption) มีค่า 420,798.92 kWh/year คำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของการใช้พลังงานรวมจะค่าเท่ากับ 12.05% หรือลดลงร้อยละ 12.05 ของอาคารอ้างอิง และสามารถช่วยลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 33,564.31 $kgCo_2eq$ จึงได้คะแนนอยู่ในช่วง 8 คะแนนของตาราง EA 1 T 1 เพิ่มขึ้นมา 2 คะแนน

งบประมาณ : การเพิ่มฉนวนใยแก้ว มูลค่า 146,685.48 บาท รวมค่าแรงในการติดตั้งรวมทั้งสิ้น 206,685.48 บาท และเปลี่ยนกระจกมูลค่า 255,000 บาทรวมค่าแรงในการติดตั้งรวมทั้งสิ้น 357,000 บาท โดยมีงบประมาณรวมทั้งสิ้น 563,685.48 บาท

สรุป : คะแนนที่ได้ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน

(2) การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง (MR 2)

แนวทางการดำเนินการ : ในการปรับปรุงอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์จำเป็นต้องมีการนำขยะที่มาจากการก่อสร้าง (ยกเว้นพืช, ดิน และ หิน) ไปใช้งานหรือรีไซเคิลไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำหนัก เช่น การขายขยะเพื่อนำไปรีไซเคิลต่อไป ณ ที่นี้ยกตัวอย่างกรอบหน้าต่างหลังติดตั้งกระจก

งบประมาณ : -

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(3) การเลือกใช้วัสดุใช้แล้ว (MR 3)

แนวทางการดำเนินการ : ใช้วัสดุก่อสร้างที่มาจากการนำกลับมาใช้ใหม่อย่างน้อยร้อยละ 10 ของมูลค่ารวมของวัสดุ เช่น กระจก กรอบหน้าต่าง เป็นต้น

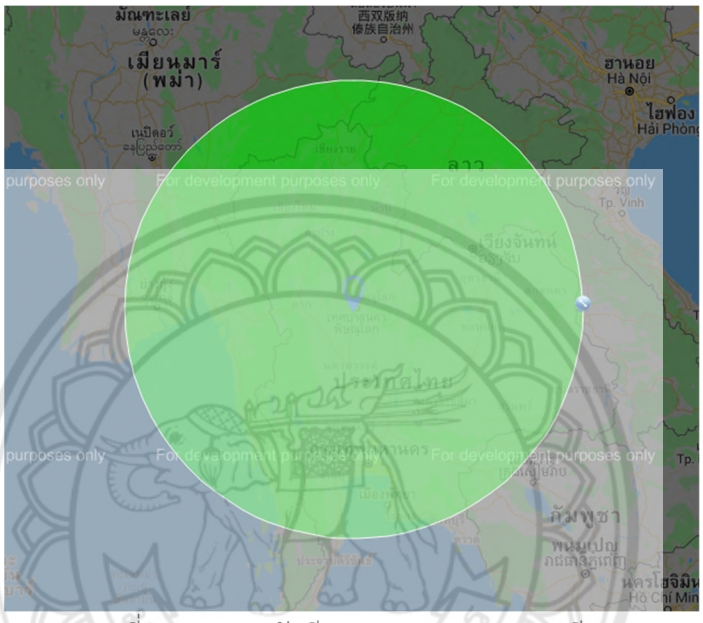
งบประมาณ : -

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(4) การใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ (MR 5)

แนวทางการดำเนินการ : อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ต้องใช้วัสดุก่อสร้างหรือสินค้าที่ขุด ผลิต และประกอบ ในท้องถิ่น เช่น กระจกสะท้อนแสง ฉนวนใยแก้ว โดยจะได้เพิ่มอีก 1 คะแนนเมื่อมูลค่าวัสดุพื้นถิ่นมีมูลค่ามากกว่าร้อยละ 20 โดยใช้เกณฑ์ดังนี้

1. แหล่งผลิต ขุด ประกอบไม่ไกลเกินกว่ารัศมี 500 กิโลเมตรจากที่ตั้งโครงการ
2. แหล่งผลิต ขุด ประกอบอยู่ในประเทศไทย



รูปภาพที่ 4.16 ระยะรัศมี 500 เมตรจากอาคารเรียนรวม

งบประมาณ : -

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(5) วัสดุที่ผลิตหรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ (MR 6)

แนวทางการดำเนินการ : การปรับปรุงอาคารต้องมีการใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ได้รับฉลากเขียวหรือฉลากคาร์บอน ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอย่างน้อยร้อยละ 20 ของมูลค่ารวมของวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด เช่น ฉนวนใยแก้ว เป็นต้น ดังภาพที่ 4.9

รูปภาพที่ 4.17 ผลิตภัณฑ์ที่มีการขึ้นฉลากคาร์บอน

(ที่มา : Carbon Lebel Project, 2563)

งบประมาณ : -

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

(6) การลดผลกระทบมลภาวะ (IE 1)

(1) IE 1.2 ความดันเป็นลบ (Negative pressure) สำหรับห้องพิมพ์งาน ถ่ายเอกสาร เก็บสารเคมีและห้องเก็บสารทำความสะอาด

แนวทางการดำเนินการ : อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ไม่มีห้องที่เข้าข่ายเป็นห้องเก็บสารพิษหรือสารเคมีอันตราย สามารถทำคะแนนในส่วนนี้ได้

(2) IE 1.4 พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร

แนวทางการดำเนินการ : จัดให้มีพื้นที่สูบบุหรี่ โดยให้ห่างจากช่องนำอากาศเข้ามากกว่า 10 เมตรจากตัวอาคาร

งบประมาณ : จัดทำป้ายสำหรับพื้นที่สูบบุหรี่ 1,000 บาท รวมงบประมาณทั้งสิ้น 1,000 บาท

สรุป : คะแนนที่ได้ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน

โดยผลคะแนนการปรับปรุงเพื่อให้ผ่านในระดับ Gold แสดงคะแนนผลดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.15 ผลคะแนนของการปรับปรุงให้ผ่านในระดับ Gold**

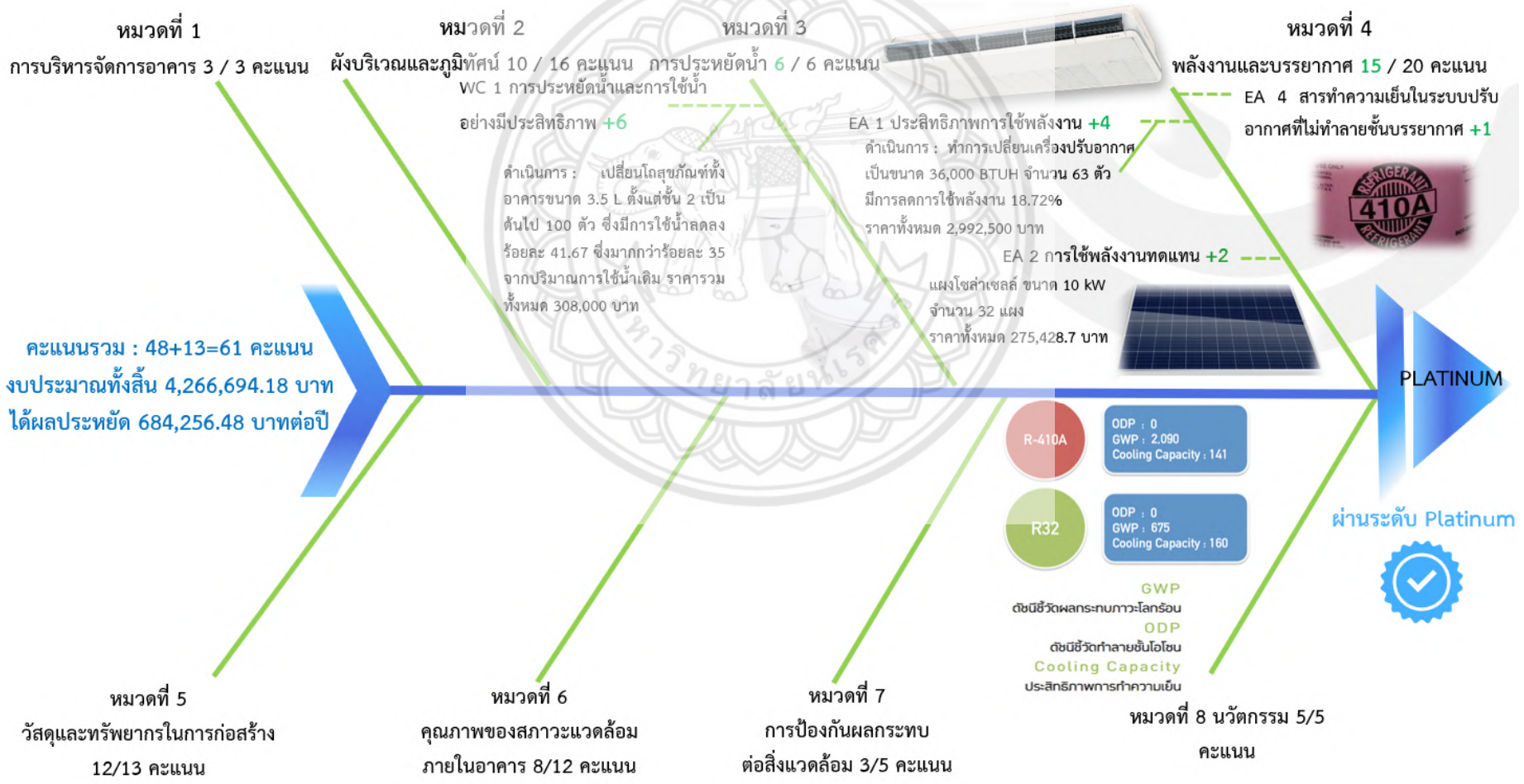
ลำดับ	รายการ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้ก่อนการปรับปรุง	คะแนนที่ได้หลังการปรับปรุง
1	EA 1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	16	6	8
2	MR 2 การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง	2	1	2
3	MR 3 การเลือกใช้วัสดุใช้แล้ว	2	1	2
4	MR 5 การใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ	2	1	2
5	MR 6.1 ใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ได้รับฉลากเขียวหรือฉลากคาร์บอน	2	1	2
6	IE 1.2 ความดันเป็นลบ (Negative pressure)	1	0	1
7	IE 1.4 พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างหรือช่องนำอากาศเข้าไม่น้อยกว่า 10 เมตร	1	0	1
	คะแนนรวมระดับ Gold	40 + 2 + 1 +1 +1 +1 + 1 + 1 = 48 คะแนน		

**หมายเหตุในแต่ละหัวข้อ จะนับเฉพาะผลคะแนนที่เพิ่มมาจากการปรับปรุงเท่านั้น

จากผลรวมคะแนนของแนวทางการประเมินที่กล่าวมาข้างต้น การที่จะขึ้นในระดับรางวัล Gold ต้องมีการลงทุนเพิ่มขึ้นมากจากเดิมในระดับ Silver มูลค่า 564,685.48 บาท ซึ่งงบประมาณการลงทุนรวมจากระดับ Silver และส่วนของการเพิ่มเป็นระดับ Gold รวมงบประมาณทั้งสิ้น 692,265.48 บาท โดยมีผลประหยัด 337,065.8บาทต่อปี ผลมาจากการลดการใช้พลังงานลงร้อยละ 12.05 ซึ่งจะมีคะแนนรวมหลังจากปรับปรุงอยู่ที่ระดับ Gold 48 คะแนน

4.7 แนวทางเบื้องต้นในการปรับปรุงเพื่อเลื่อนระดับรางวัล Gold สู่ระดับ Platinum

ระดับรางวัล Platinum เป็นระดับรางวัลที่สูงที่สุดของเกณฑ์ ความต่างของระดับคะแนนจากระดับ Gold จะมากถึง 13 คะแนน ทำให้ทางเลือกหัวข้อที่ต้องทำคะแนนมีทางเลือกที่น้อยลงเป็นอย่างมาก แต่ละแต้มของคะแนน ส่งผลให้ต้องมีการลงทุนในหัวข้อนั้นๆ เพิ่มขึ้นมากขึ้นตามไป เพื่อที่จะสามารถทำคะแนนเพื่อไปสู่ระดับ Platinum โดยมีแนวทางการดำเนินการดังภาพที่



รูปภาพที่ 4.18 แนวทางการปรับปรุงอาคารเรียนรวมให้ผ่านในระดับ Platinum

(1) การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (WC 1)

แนวทางการดำเนินการ : จากข้อมูลค่าใช้จ่ายด้านการใช้น้ำในอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ไม่เสียอัตราค่าบริการค่าน้ำของอาคาร ส่วนการประหยัดน้ำจากเดิมอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ใช้โถสุขภัณฑ์ที่มีการใช้น้ำ 6 ลิตรต่อการกด 1 ครั้ง และทั้งอาคารมีทั้งสิ้น 100 ตัว จะการเลือกในทางเลือกที่ 2 คือ การมีความต้องการใช้น้ำลดลงร้อยละ 35 จากปริมาณการใช้น้ำตามกรณีอ้างอิง ใน ณ ที่นี้คือเป็นต่อ 1 โถสุขภัณฑ์ โดยทำการเปลี่ยนเป็นโถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำที่มีการใช้น้ำ 3.5 ลิตรต่อการกด 1 ครั้ง (ไทวัสดุ, 2562) ซึ่งมีการใช้น้ำลดลงร้อยละ 41.67 ซึ่งมากกว่าร้อยละ 35 จากปริมาณการใช้น้ำเดิม (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2560)

งบประมาณ : โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ 100 ตัว ราคา 2,065 บาทต่อตัว มูลค่ารวม 206,500 บาท และค่าแรงในการติดตั้ง 1,000 บาทต่อตัว มูลค่ารวม 100,000 บาท รวมเป็น 308,000 บาท มีผลประหยัด 1,600 บาทต่อปี

สรุป : คะแนนที่ได้ 6 คะแนน คะแนนเต็ม 6 คะแนน

(2) ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (EA 1)

แนวทางการดำเนินการ : ทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเป็นขนาด 36,000 BTU [32] เพื่อลดการใช้พลังงาน เมื่อคำนวณสัดส่วนการลดการใช้พลังงานจากอาคารอ้างอิง โดยการพลังงานของส่วนการปรับอากาศลดลง 91,668.66 kWh/ปี และสามารถช่วยลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 53,360.33 $kgCo_2eq$ พบว่าการใช้พลังงานลดลงจากอาคารอ้างอิงร้อยละ 12.94 อยู่ในช่วง 8 คะแนน ของตาราง EA1 T 1

งบประมาณ : แอร์ 36,000 BTU/hr ราคาตัวละ 45,500 บาท จำนวน 63 ตัว รวมมูลค่า 2,866,500 บาท และค่าแรงในการติดตั้ง 2,000 บาทตัวตัว งบประมาณรวมทั้งสิ้น 2,992,500 บาท มีผลประหยัด 267,324.29 บาทต่อปี

สรุป : คะแนนที่ได้ 4 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

(3) การใช้พลังงานทดแทน (EA 2)

แนวทางการดำเนินการ : ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์จำนวน 32 แผง ขนาด 10 kW ซึ่งสามารถผลิตส่วนของพลังงานหมุนเวียนได้อยู่ที่ 20,760.36 kWh/ปี คิดเป็นร้อยละ 4.96 ของ 418,548.32 kWh/ปี เป็นพลังงานที่ใช้ในอาคารโดยรวม ซึ่งมากกว่าร้อยละ 1.5 ซึ่งการลดการใช้พลังงานนี้จะเชื่อมโยงไปยังหัวข้อ EA 1 สัดส่วนการลดการใช้พลังงานในอาคารอยู่ที่ร้อยละ 18.72 ทำให้อยู่ในช่วงคะแนนของตาราง EA 1 T1 อยู่ในช่วง 10 คะแนน

งบประมาณ : แผงโซล่าเซลล์จำนวน 32 แผงขนาด 10 กิโลวัตต์รวมอุปกรณ์เสริม งบประมาณรวมค่าแรงทั้งสิ้น 275,428.70 บาท มีผลประหยัดอยู่ที่ 78,266.55 บาทต่อปี

สรุป : คะแนนที่ได้ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 2 คะแนน

(4) สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ (EA 4)

แนวทางการดำเนินการ : เนื่องจากมีการเปลี่ยนแอร์ใหม่ สารทำความเย็นที่ใช้จึงเปลี่ยนเป็นสาร R-410a ซึ่งเป็นสาร HFC ไม่ทำลายโอโซน

งบประมาณ : -

สรุป : คะแนนที่ได้ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 1 คะแนน

โดยผลคะแนนการปรับปรุงเพื่อให้ผ่านในระดับ Platinum แสดงคะแนนผลดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.16 ผลคะแนนของการปรับปรุงให้ผ่านในระดับ Platinum**

ลำดับ	รายการ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้ก่อนการปรับปรุง	คะแนนที่ได้หลังการปรับปรุง
1	WC 1 การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	6	0	6
2	EA 1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	16	8	12
3	EA 2 การใช้พลังงานทดแทน	2	0	2
4	EA 4 สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ	1	0	1
	คะแนนรวมระดับ Platinum	48 +6 + 4 + 2 + 1 = 61 คะแนน		

**หมายเหตุในแต่ละหัวข้อ จะนับเฉพาะผลคะแนนที่เพิ่มมาจากการปรับปรุงเท่านั้น

จากผลรวมคะแนนของแนวทางการประเมินที่กล่าวมาข้างต้น การที่จะขึ้นในระดับรางวัล Platinum ต้องมีการลงทุนเพิ่มขึ้นมากจากเดิมค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับระดับที่ผ่านมาในระดับ Platinum มี มูลค่าการลงทุนทั้งสิ้น 4,266,694.18 บาท ซึ่งแบ่งเป็นงบประมาณเดิมจากการลงทุนรวมจากระดับเดิม Gold 692,265.48 บาทและจากการเพิ่มระดับเป็น Platinum 3,574,428.70 บาท มีผลประหยัด 684,256.64 บาทต่อปี ซึ่งจะมีคะแนนรวมหลังจากปรับปรุงอยู่ที่ระดับ Platinum 61 คะแนน

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียวของ TREE-NC โดยอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มีพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 14,280 ตารางเมตร แบ่งเป็นพื้นที่ปรับอากาศ 4,050 ตารางเมตร หรือร้อยละ 28.36 ของพื้นที่ทั้งหมด ในส่วนของกรอบอาคารที่มีการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารเข้ามา ซึ่งเป็นภาระให้แก่การทำความเย็น ในทำนองเดียวกันสัดส่วนการใช้พลังงานของการปรับอากาศมีสัดส่วนที่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของแสงสว่าง ด้านสุขาภิบาลและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร โดยมีการใช้อัตราค่าไฟฟ้า มีค่า 3.77 บาทต่อหน่วย การคำนวณการใช้พลังงานที่กล่าวมานี้ จะใช้โปรแกรม (Building Energy Code Software : BEC) เข้ามาร่วมช่วยในการวิเคราะห์ ต่อมาเป็นเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์จะใช้การวิเคราะห์ตามนี้ คือระยะเวลาคืนทุน, มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนภายใน โดยอัตราดอกเบี้ยที่นำมาใช้ในการคำนวณ คือ อัตราดอกเบี้ยของธนาคารแห่งประเทศไทย มีอัตราดอกเบี้ยส่วนของ MRR คือ 6.37% ซึ่งจากระยะเวลาคืนทุน ที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 5 ปี มูลค่าปัจจุบันต้องมีมากกว่า 0 และอัตราดอกเบี้ยนี้เมื่อคำนวณอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนแล้วจำเป็นต้องมีค่ามากกว่า อัตราดอกเบี้ยส่วนของ MRR +2 และจากผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจะมีค่าแฟกเตอร์ คือ 0.5821 $KgCO_2eq/kWh$ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2564) นำไปคิดกับหน่วยพลังงานไฟฟ้า

5.1 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ต่อการเป็นอาคารเขียว

จากการประเมินอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ให้ผ่านในระดับคะแนน Certified, Silver, Gold และ Platinum จะเห็นถึงความคุ้มค่าดังต่อไปนี้ โดยในระยะเวลาโครงการคือ 5 ปี

ตารางที่ 5.1 สรุปความคุ้มค่าตามมาตรฐาน TREE-NC ในระดับ Certified, Silver, Gold และ Platinum

มาตรฐาน	ระดับ	มาตรการ	คะแนนที่ได้รับ	คะแนนรวม	เงินลงทุน		ผลประหยัด			NPV		IRR		ระยะเวลาคืนทุนปี	การลดก๊าซเรือนกระจก
					(บาท)	รวมทั้งหมด (บาท)	(kWh/ปี)	(บาท/ปี)	รวมทั้งหมด (บาท/ปี)	(บาท)	รวมทั้งหมด (บาท)	(ร้อยละ)	รวมทั้งหมด (ร้อยละ)	(ปี)	($KgCO_2eq$)
TREES-NC	Base	-	-	30	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
	Certified	BM P1 การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว (บังคับ) - ค่าธรรมเนียมการเข้ารับตรวจประเมิน TREES-NC	-	36	70,000	108,580.00	-		640.00	-	-105,911.01	-	-60	169.66	-
		IE P1 ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร (บังคับ) - ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ	-		35,080.00		-			-		-			
		BM 1 การประชาสัมพันธ์สู่สังคม - ทำป้ายไวนิลขนาด 2 x 3 m	1		450.00		-			-		-			
		GI 1-5 มีเทคนิคหรือนวัตกรรม - ติดตั้งอินฟราเรด PIR Motion Senso	5		3,050.00		-	640.00		- 105,911.01		-60			
	Silver	BM 2 คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร	1	40	9,000.00	127,580.00	-		-	-	-	-	-	-	-
		BM 3 การติดตามประเมินผลขณะออกแบบก่อสร้างและเมื่ออาคารแล้วเสร็จ	1		-		-			-		-			
		SL 2 การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว - จัดทำป้ายแสดงพื้นที่สำหรับจอดรถจักรยานและรถ Eco car	2		10,000.00		-			-		-			

ตารางที่ 5.1 สรุปความคุ้มค่าตามมาตรฐาน TREE-NC ในระดับ Certified, Silver, Gold และ Platinum (ต่อ)

มาตรฐาน	ระดับ	มาตรการ	คะแนนที่ได้รับ	คะแนนรวม	เงินลงทุน		ผลประหยัด			NPV		IRR		ระยะเวลาคืนทุนปี	การลดก๊าซเรือนกระจก
					(บาท)	รวมทั้งหมด (บาท)	(kWh/ปี)	(บาท/ปี)	รวมทั้งหมด (บาท/ปี)	(บาท)	รวมทั้งหมด (บาท)	(ร้อยละ)	รวมทั้งหมด (ร้อยละ)	(ปี)	($KgCO_2eq$)
TREES-NC	Gold	EA 1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน - ปรับปรุงหลังคาโดยเพิ่มฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว - เปลี่ยนกระจกมาใช้เป็นกระจกสะท้อนแสง (Solartag SS 114)	2	48	206,685.48 357,000.00	692,265.48	57,660.73	141,072.80 195,993.51	337,065.80	381,627.13 460,349.67	841,976.80	62 47	109	2.05	33,564.31
		MR 6 วัสดุที่ผลิตหรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ	1		-		-	-		-		-			
		MR 2 การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้าง	1		-		-	-		-		-			
		MR 5 การใช้วัสดุพื้นถิ่นหรือในประเทศ	1		-		-	-		-		-			
		IE 1.2 ความดันเป็นลบ (Negative pressure)	1		-		-	-		-		-			
		IE 1.4 พื้นที่สูบบุหรี่ห่างจากประตูหน้าต่างไม่น้อยกว่า 10 เมตร	1		1,000		-	-		-		-			
	Platinum	WC 1 การประหยัดน้ำ - โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ 3.5 ลิตร	6	61	308,000	4,266,694.18	-	1,600	684,256.64	-301,328.00	- 2,128,039.10	-62	-71	6.24	53,360.33
		EA 1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน - เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศขนาด 36,000 BTUH	4		2,992,500		91,668.66	267,324.29		- 1,877,677.42		-22			
		EA 2 การใช้พลังงานทดแทน - ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ขนาด 10 kW	2		275,428.70		20,780.36	78,266.55		50,966.32		13			
		EA 4 สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ	1		-		-	-		-		-			

5.1.1 ความคุ้มค่าของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ตามมาตรฐาน TREES-NC ระดับ Certified

อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มีงบประมาณการลงทุนเพื่อที่จะได้ระดับรางวัลในระดับ Certified จำเป็นต้องมีการลงทุนเพิ่ม 108,580 บาท ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 169.66 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิคือ -105,911.01 บาท และอัตราผลตอบแทนอยู่ที่ -60% เนื่องมาจากผลประหยัด 640 บาทต่อปี

5.1.2 ความคุ้มค่าของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ตามมาตรฐาน TREES-NC ระดับ Silver

การในระดับ Silver จำเป็นต้องมีการลงทุนอยู่ที่ 127,580 บาท โดยทำคะแนนในส่วนมาตรการ BM 2 จัดฝึกอบรมแนะนำการใช้พลังงานและการบำรุงรักษาอาคาร BM3 การติดตามประเมินผลขณะออกแบบก่อสร้างเมื่ออาคารปรับปรุงแล้วเสร็จ และทำคะแนนในส่วน SL 2 การลดใช้รถยนต์ส่วนตัว โดยจะได้คะแนนเพิ่มขึ้นมาทั้งหมด 4 คะแนนจากเดิม 36 คะแนน เป็น 40 คะแนน

5.1.3 ความคุ้มค่าของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ตามมาตรฐาน TREES-NC ระดับ Gold

การลงทุนในระดับ Gold จำเป็นต้องมีการลงทุนที่สูงมากขึ้น โดยทำการปรับปรุงในส่วนของมาตราการ EA 1 ประสิทธิภาพการพลังงาน ทำการปรับปรุงในส่วนของหลังคาโดยใส่ฉนวนกันความร้อนขนาด 2 นิ้ว และทำการเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกสะท้อนแสง โดยวัสดุก่อสร้างจะเลือกวัสดุที่มีฉลากคาร์บอนในการปรับปรุงอาคาร และมีการบริหารการจัดการขยะขนาดก่อสร้าง มีห้องความดันลบเพื่อเก็บสารทำความสะอาดของแม่บ้านในอาคาร ทำพื้นที่สูบบุหรี่หากจากตัวกรอบอาคาร 10 เมตร โดยจะมีคะแนน 8 คะแนน จากเดิม 40 คะแนน รวมคะแนนทั้งหมด คือ 48 คะเนนน มีงบประมาณการลงทุนอยู่ที่ 692,265.48 บาท โดยมีผลประหยัดอยู่ที่ 337,065.8 บาทต่อปี ในระยะเวลาโครงการคือ 5 ปีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 2.05 ปี มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิอยู่ที่ 841,976.8 บาท และอัตราผลตอบแทนอยู่ 109% ซึ่งมากกว่า MRR +2 จากผลข้างต้น โครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุน อีกทั้งยังสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าไปได้ 33,564.31 $kgCo_2eq$

5.1.4 ความคุ้มค่าของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ตามมาตรฐาน TREES-NC ระดับ Platinum

การลงทุนในระดับ Platinum เป็นระดับรางวัลที่ต้องการหัวข้อคะแนนที่สูงคือ 61 คะแนนขึ้นไป ส่งผลทำให้ต้องลงทุนมากขึ้น โดยทำการปรับปรุงเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศของอาคารทั้งหมด โดยเครื่องปรับอากาศได้เลือกเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น R401A ที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ และทำการติดตั้งแผงPV ขนาด 10 kWh เพื่อลดการใช้พลังงาน จากนั้นทำการเปลี่ยนโถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำจากเดิม 6 ลิตรเป็น 3.5 ลิตร ทำให้ได้คะแนนเพิ่มทั้งหมด 13 คะแนนจากเดิม 48 คะเนน คะแนนทั้งหมดเป็น 61 คะแนน โดยมีการลงทุนอยู่ที่ 4,266,694.18 บาท โดยมีผลประหยัดอยู่ที่ 684,256.64 บาทต่อปี ระยะเวลาโครงการคือ 5 ปี จะได้ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 6.24 ปี มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิอยู่ที่ -2,128,039.10 บาท และอัตราผลตอบแทนอยู่ที่ -71% จากผลข้างต้นพบว่าการลงทุนในโครงการนี้ไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันเป็นลบและอัตราผลตอบแทนน้อยกว่า MRR+2 และสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าไปได้ 53,360.33 kgCo2

5.1.5 ความคุ้มค่าในการลงทุนของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในแต่ละระดับที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าการลงทุนสำหรับการเป็นมาตรฐานอาคารเขียวของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ การลงทุนในระดับ Gold มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด เนื่องจากให้ระยะเวลาคืนทุนที่สั้นที่สุด มูลค่าปัจจุบันที่มาก และอัตราผลตอบแทนที่มากที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การพิสูจน์ผลการจำลองพลังงานทางคอมพิวเตอร์กับการใช้พลังงานในสถานการณ์จริง ในที่นี้ใช้โปรแกรม (Building Energy Code Software : BEC) ในการจำลองการใช้พลังงานในคอมพิวเตอร์ หากแต่เกิดความคลาดเคลื่อนกับการคำนวณในโปรแกรม Microsoft Excel และการคำนวณด้วยมือ ทั้งนี้เนื่องจากการวัดข้อมูลแต่ตัวแปรบางประเภทมีค่าคลาดเคลื่อนกัน จึงควรพิจารณาข้อมูลให้ถี่ถ้วนและตรวจเช็คความถูกต้องให้ค่าที่คลาดเคลื่อนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

5.2.2 ในการลงทุนอาคารเขียวหากได้การรับสนับสนุนจากทางมหาวิทยาลัย หรือได้รับงบประมาณการลงทุนที่มีอัตราดอกเบี้ยที่น้อยกว่าดอกเบี้ยที่ได้ระบุไว้จะส่งผลให้อัตาผลการตอบแทนลงทุนภายในการลงทุนเพิ่มมากขึ้น ระยะเวลาคืนทุนมีค่ารวดเร็วมากขึ้นและมูลค่าปัจจุบันของโครงการมีค่าที่สูงมากขึ้น

5.2.3 การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร อาคารมีการใช้พลังงานส่วนใหญ่อยู่ในส่วนการปรับอากาศในการที่จะช่วยลดการใช้พลังงานในส่วนการปรับอากาศควรมีการตรวจสอบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ จะสามารถช่วยลดของการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารได้

5.2.4 ในการปรับปรุงอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ให้ผ่านเกณฑ์ตามมาตราฐานอาคารเขียว จะเป็นการนำแนวทางไปสู่การปรับปรุงอาคารให้ผ่านในส่วนของอาคารเขียวและส่งผลให้ในภาพลักษณะของมหาวิทยาลัยนเรศวรเป็นมหาวิยาลัยที่ให้ความสำคัญกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมและเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวในภายภาคหน้า

บรรณานุกรม

หนังสือและบทความในหนังสือ

1. นินนาท ราชประดิษฐ์. (2562). *ภาระการทำความเย็น, เอกสารประกอบการสอนวิศวกรรมการปรับอากาศและการระบายอากาศ Air-Conditioning and Ventilation Engineering*, (หน้า61-83)

2. STOECKER. (2514). *Chapter 3 Economics, Design of thermal system 3rd Edition*, (หน้า 32-35)

วิทยานิพนธ์

3. วรวิช ปิ่นปิติ, (2559). *การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการก่อสร้างอาคารประเภทอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียว.* วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

4. ปวเรศ ถาวรประเสริฐ, (2558). *การศึกษาความเป็นไปได้การลงทุนอาคารเขียวตามเกณฑ์ประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย*. วิทยานิพนธ์ สถ.ม., มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

5. กวิน แสงจินา, ชินกร พรหมศักด์, และสุชาดา พัดเย็นสุข (2559). *วัสดุผนังภายนอกอาคารสำหรับอาคารสานักงานเพื่อลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ วศ.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

6. ลินนา. (19 พฤษภาคม 2562). TREES คืออะไร ทำไมธุรกิจก่อสร้างต้องแคร์. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2563, จาก https://www.builk.com/th/trees-green-building/

7. SCG Green Building, (2561). Green Building Standard. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2563, จาก http://greenbuilding-material.com/green-standard/tree-criteria/#

8. สถาบันอาคารเขียวไทย. (10 กันยายน 2558). TREES rating system. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2563, จาก https://www.tgbi.or.th/uploads/trees/TREES-NC-CS%20V1.1%20- %20Small%20Manual-final%20draft%20%20(20160301).pdf

9. สถาบันอาคารเขียวไทย. (2556). *EB.* Thai Green Building Institute: สืบค้นเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2563 จาก https://www.tgbi.or.th/uploads/trees/2017_03_TREES-EB-Eng.pdf

10. สถาบันอาคารเขียวไทย. (2556). *PRE-NC.* Thai Green Building Institute: สืบค้นเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2563 จากhttps://www.tgbi.or.th/uploads/trees/141001_TREES%20PRE%20NC.pdf

11. ASHRAE Handbook fundamental, (2528). Chapter 26 .สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2563 จาก https://www.ashrae.org/
12. พิริยะ ผลพิรุฬห์, (28 พฤษภาคม, 2557). เศรษฐศาสตร์อาคารเขียว (Economics of Green Building). สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2563 จาก http://piriyapholphirul.blogspot.com/2014/05/economics-of-green-building_28.html?q=อาคารเขียว
13. ปรัชญา ปัตถาวงศ์ และวิทยา ยงเจริญ, (มิถุนายน 2557). การศึกษากรอบอาคารชุดและแนวทางการประหยัดพลังงาน. สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2564 จาก https://so02.tci-thaijo.org/index.php/energy-research/article/view/48915
14. กระทรวงพลังงาน, (28 สิงหาคม 2552). หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคารพ.ศ. ๒๕๕๒. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2563 จาก https://download.asa.or.th/03media/04law/eca/ma52-02.pdf
15. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (ธันวาคม 2560). แนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2563 จาก http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/guidelinrBEC2017.pdf
16. กระทรวงพลังงาน, (2552). กฎกระทรวง ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร. สืบค้นเมื่อวันที่ 31 มกราคม 2564 จาก https://download.asa.or.th/03media/04law/cba/mr/mr37-39.pdf
17. ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา, (2544). ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กกับการตัดสินใจเลือกซื้อ. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2563 จาก http://www.acat.or.th/download/acat_or_th/journal-7/07%20-%2013.pdf
18. สมาคมไฟฟ้าและแสงสว่างแห่งประเทศไทย. คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2564 จาก https://wiangpapaosubstation.weebly.com/uploads/1/0/6/2/106209553/คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร.pdf
19. กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบ, สืบค้นเมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2564 จาก http://www.dla.go.th/work/e_book/eb1/5_5.pdf
20. DMCC, (2563). What is LEED? สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2563 จาก https://www.dmcc.ae/green-building-education

21. Zero Energy, (23 เมษายน 2562). การใช้โปรแกรม BEC วิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2563 จาก https://www.zeroenergy.co.th/bec-program-article/

22. TERRABKK, (20 มกราคม 2560). Financial Ratio 3 : NPV, IRR ตรวจสอบก่อนลงทุนอสังหาฯ ว่า “กำไร” จริงไหม. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2563 จาก https://www.terrabkk.com/articles/17056

23. 2e-building, (2563). คู่มือการใช้โปรแกรม BEC 1.0.6. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2563 จาก http://new.2e-building.com/content/คู่มือการแนะนำการใช้โปรแกรม

24. DDproperty, (1 เมษายน 2563). อับเดตอัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อบ้าน MRR MLR MOR. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2563 จาก https://www.ddproperty.com/คู่มือซื้อขาย/อับเดตอัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อบ้าน-MRR-MLR-MOR-6217

25. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (23 มีนาคม 2550). เครื่องมือในการประเมินโครงการ. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2563 จาก http://www2.dede.go.th/webpage/tools.htm

26. มหาวิทยาลัยนเรศวร, (2560). สรุปค่ากระแสไฟฟ้ามหาวิทยาลัยนเรศวร, สืบค้นเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2563 จาก http://office.nu.ac.th/building/electricity/pdf/60.pdf?fbclid=IwAR19dgCH4jTz4PMDrYkaj-OJwZG8kX9-15tNy24CgrWDu_SXITOythWz1Ew

27. Sorpaiboon, (2548), รายละเอียดของกระจก, สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2564 จาก http://www.sorpaiboon.com

28. ไทวัสดุ, (2562). โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ, สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มีนาคม จาก https://www.thaiwatsadu.com/product/โถสุขภัณฑ์

29. Micro Fiber, ฉนวนใยแก้ว, สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2564 จากhttps://www.komfortflow.com/images/accessories.pdf

30. Carbon Lebel Project, ฉลากคาร์บอนฟุตปริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, (2563) สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2564. จาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=WVhKMGFXTnNaUT09&action=WkdWMFlXbHM&param=Tnc9PQ

31. ไทวัสดุ, (2562). ชุดพัดลมระบายอากาศติดกระจก, สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มีนาคม จาก https://www.thaiwatsadu.com/th/product/พัดลมระบายอากาศติดกระจก

32. Big Five Corporation, ชุดอุปกรณ์ติดตั้งระบบ on Grid, สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2564. จาก https://www.bigfive.co.th/สินค้าของเรา/59f80e34eade1a0001bc9e35?fbclid=IwAR1-amTz52tIfWC3Edimm_ggJOS0Ix-U4AH2YUIE9ilbhzzNDqHAhqMMRh4

33. Chonburielectric, แอร์ Daikin 36,000 BTU, สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2564. จาก https://www.chonburielectricair.com/product/45121-34320/แอร์-daikinรุ่น-fhnq36mv2s-ขนาด-36000-btu

34. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับองค์กรส่วนท้องถิ่น, สืบค้นเมื่อวันที่ 17 เมษายน 2564. จาก https://drive.google.com/file/d/1vVanAy8JMSieawYvC_lZJqZojodHQAj1/view

ภาคผนวก ก
ข้อมูลวัสดุและกรอบอาคาร

ตารางที่ ก.1 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังอาคาร

ชนิดของผิววัสดุที่ใช้ทำผนัง	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ($(m^2 . °C)/W$)	
	ที่ผิวผนังด้านใน (R_i)	ที่ผิวผนังด้านนอก (R_o)
กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	๐.๑๒๐	๐.๐๔๔
กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	๐.๒๕๕	-

ตารางที่ ก.2 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และค่าความร้อนจำเพาะ (c_p) ของวัสดุชนิดต่าง ๆ

ลำดับ	วัสดุ	k ($W/(m . °C)$)	ρ (kg/m^3)	c_p ($kJ/(kg. °C)$)
๑	วัสดุมุงหลังคา/ดาดฟ้า			
	(ก) กระเบื้องหลังคาลอนกรีต	๐.๕๕๓	๒๔๐๐	๐.๗๕
	(ข) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็ก	๐.๓๘๔	๑๗๐๐	๑.๐๐
	(ค) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนใหญ่	๐.๔๔๑	๒๐๐๐	๑.๐๐
	(ง) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	๐.๓๕๕	๒๐๐๐	๑.๐๐
	(จ) วัสดุหลังคาแอสฟัลต์	๐.๔๒๑	๑๕๐๐	๑.๕๑
	(ฉ) กระเบื้องปูลาดฟ้ามวลเบา	๐.๓๔๑	๕๓๐	๐.๘๘
	(ช) กระเบื้องใยแก้วโปร่งแสงเรียบ	๐.๒๑๓	๑๓๔๐	๑.๘๘
	(ซ) กระเบื้องใยแก้วโปร่งแสงลอนใหญ่	๐.๑๘๑	๑๗๐๐	๑.๘๘
	(ฌ) กระเบื้องลูกฟูกโปร่งแสง	๐.๑๖๐	๑๓๔๐	๑.๘๘
	(ญ) กระเบื้องใยแก้วลอนคู่สีขาวขุ่น	๐.๒๐๘	๑๕๐๐	๑.๘๘
๒	วัสดุปูพื้น/ผนัง			
	(ก) ไลโนเลียม (พรมน้ำมัน)	๐.๒๒๗	๑๒๐๐	๑.๒๖
	(ข) กระเบื้องยาง	๐.๕๗๓	๑๘๐๐	๑.๒๖
	(ค) กระเบื้องเซรามิค	๐.๓๓๘	๒๑๐๐	๐.๘๐
	(ง) หินอ่อน	๑.๒๕๐	๒๗๐๐	๐.๘๐
	(จ) หินแกรนิต	๑.๒๗๖	๒๖๐๐	๐.๗๕
	(ฉ) หินกาบ	๐.๒๕๐	๒๖๔๐	๐.๕๖
	(ช) หินทราย	๐.๗๒๑	๒๔๔๐	๐.๕๖
	(ซ) ไม้ปาร์เก้	๐.๑๖๗	๖๐๐	๐.๕๖

ตารางที่ ก.2 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และค่าความร้อนจำเพาะ (C_p) ของวัสดุชนิดต่าง ๆ (ต่อ)

๓	ผนังอิฐ/คอนกรีต			
	(ก) อิฐมอญไม่ฉาบ	๐.๔๗๓	๑๖๐๐	๐.๗๕
	(ข) อิฐมอญฉาบปูนสองหน้า	๑.๑๐๒	๑๗๐๐	๐.๗๕
	(ค) อิฐฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นไม้แสดหรือกระเบื้อง หน้าเดียว	๐.๘๐๗	๑๗๖๐	๐.๘๔
	(ง) คอนกรีตบล็อกกลวง ๘๐ มม. ไม่ฉาบ	๐.๕๔๖	๒๒๑๐	๐.๕๒

ลำดับ	วัสดุ	k (W/(m . °C))	ρ (kg/m^3)	C_p (kJ/(kg. °C))
	(จ) คอนกรีตสแลบ	๑.๔๔๒	๒๔๐๐	๐.๕๒
	(ฉ) ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	๐.๗๒	๑๘๖๐	๐.๘๔
๔	คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่นต่าง ๆ			
	(ก) ๖๒๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๑๘๐	๖๒๐	๐.๘๔
	(ข) ๗๐๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๒๑๐	๗๐๐	๐.๘๔
	(ค) ๘๖๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๓๐๓	๘๖๐	๐.๘๔
	(ง) ๑๑๒๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๓๔๖	๑๑๒๐	๐.๘๔
	(จ) ๑๒๘๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๔๗๖	๑๒๘๐	๐.๘๔
	(ฉ) ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบา	๐.๓๒๖	๑๒๐๐	๐.๘๔
๕	วัสดุทำฝ้าเพดาน/ผนัง			
	(ก) แผ่นยิปซั่ม	๐.๒๘๒	๘๐๐	๑.๐๘
	(ข) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ	๐.๓๘๗	๑๗๐๐	๑.๐๐
	(ค) ไม้อัด	๐.๒๑๓	๘๐๐	๑.๒๑
	(ง) แผ่นไฟเบอร์ (fiber board)	๐.๐๕๒	๒๖๔	๑.๓๐
	(จ) เซลโลกรีดชนิดธรรมดา	๐.๑๐๖	๕๐๐	๑.๓๐

ตารางที่ ก.2 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และค่าความร้อนจำเพาะ (c_p) ของวัสดุชนิดต่าง ๆ (ต่อ)

	(ฉ) เซลโลกรีตชนิดโฟม	๐.๐๖๘	๓๐๐	๑.๓๐
	(ช) แผ่นไฟเบอร์ชานอ้อย	๐.๐๕๒	๒๕๐	๑.๒๖
	(ซ) แผ่นไม้ก๊อก	๐.๐๔๒	๑๔๔	๒.๐๑
	(ฌ) พลาสเตอร์ฉาบยิปซั่ม	๐.๒๓๐	๗๒๐	๑.๐๕
๖	ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section)			
	(ก) ความหนาแน่น ๑๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๔๖	๑๐	๐.๕๖
	(ข) ความหนาแน่น ๑๒ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๔๒	๑๒	๐.๕๖
	(ค) ความหนาแน่น ๑๖ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๘	๑๖	๐.๕๖
	(ง) ความหนาแน่น ๒๔ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๕	๒๔	๐.๕๖
	(จ) ความหนาแน่น ๓๒ - ๔๘ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๓	๓๒ - ๔๘	๐.๕๖
	(ฉ) ความหนาแน่น ๕๖ - ๖๕ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๑	๕๖ - ๖๕	๐.๕๖
	(ฉ) เซลโลกรีตชนิดโฟม	๐.๐๖๘	๓๐๐	๑.๓๐
	(ช) แผ่นไฟเบอร์ชานอ้อย	๐.๐๕๒	๒๕๐	๑.๒๖
	(ซ) แผ่นไม้ก๊อก	๐.๐๔๒	๑๔๔	๒.๐๑
	(ฌ) พลาสเตอร์ฉาบยิปซั่ม	๐.๒๓๐	๗๒๐	๑.๐๕
๖	ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section)			
	(ก) ความหนาแน่น ๑๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๔๖	๑๐	๐.๕๖
	(ข) ความหนาแน่น ๑๒ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๔๒	๑๒	๐.๕๖
	(ค) ความหนาแน่น ๑๖ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๘	๑๖	๐.๕๖
	(ง) ความหนาแน่น ๒๔ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๕	๒๔	๐.๕๖
	(จ) ความหนาแน่น ๓๒ - ๔๘ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๓	๓๒ - ๔๘	๐.๕๖
	(ฉ) ความหนาแน่น ๕๖ - ๖๕ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๑	๕๖ - ๖๕	๐.๕๖

ตารางที่ ก.2 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และค่าความร้อนจำเพาะ (c_p) ของวัสดุชนิดต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	k (W/(m . °C))	ρ (kg/m^3)	c_p (kJ/(kg. °C))
๗	ฉนวนใยหินแบบม้วน (blanket) และแบบแผ่น (rigid board)			
	ความหนาแน่น ๖.๔ - ๓๒	๐.๐๓๕	๖.๔ - ๓๒	๐.๘
๘	ฉนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว			
	(ก) ความหนาแน่น ๘ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๔๗	๘	๑.๒๑
	(ข) ความหนาแน่น ๑๖ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๗	๑๖	๑.๒๑
	(ค) ความหนาแน่น ๒๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๖	๒๐	๑.๒๑
	(ง) ความหนาแน่น ๒๔ - ๓๒ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๕	๒๔ - ๓๒	๑.๒๑
๙	โฟมโพลีเอทิลีน	๐.๐๒๘	๔๕	๑.๒๑
๑๐	โฟมโพลียูรีเทน	๐.๐๒๓ - ๐.๐๒๖	๒๔ - ๔๐	๑.๕๘
๑๑	ไม้			
	(ก) ไม้เนื้อแข็ง	๐.๒๑๗	๘๐๐	๑.๓๐
	(ข) ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	๐.๑๗๖	๖๐๐	๑.๓๐
	(ค) ไม้เนื้ออ่อน	๐.๑๓๑	๕๐๐	๑.๓๐
	(ง) ไม้อัดชิพบอร์ด	๐.๑๔๔	๘๐๐	๑.๓๐
๑๒	กระดาษอัด	๐.๐๘๖	๔๐๐	๑.๓๘
๑๓	แผ่นกระจก			
	(ก) กระจกใส	๐.๙๖๐	๒๕๐๐	๐.๘๘
	(ข) กระจกสีชา	๐.๙๑๓	๒๕๐๐	๐.๘๘
	(ค) กระจกสะท้อนแสง	๐.๙๓๑	๒๕๐๐	๐.๘๘
	(ง) กระจกเงา	๐.๘๕๓	๒๕๐๐	๐.๘๘
๑๔	โลหะ			
	(ก) โลหะผสมของอลูมิเนียม แบบธรรมดา	๒๑๑	๒๖๗๒	๐.๘๙๖
	(ข) ทองแดง	๓๘๘	๘๗๘๔	๐.๓๙๐
	(ค) เหล็กกล้า	๔๗.๖	๗๘๔๐	๐.๕๐๐

ตารางที่ ก.3 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคารสำหรับอาคารแต่ละประเภท

ประเภทอาคาร	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร ΔT (°C)
สถานศึกษา สำนักงาน	๕
โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	๕
โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	๓

ตารางที่ ก.4 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) และค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (Visible transmittance, τ_{vis}) ของกระจกชนิดต่าง ๆ

ความหนาของกระจก (mm)	ชนิดของกระจก	ค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (τ_{vis})	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC)
	กระจกชั้นเดียว ไม่เคลือบผิว		
๖	กระจกใส	๐.๘๘	๐.๗๓
๖	กระจกสีบรอนซ์	๐.๕๔	๐.๕๔
๖	กระจกสีเขียว	๐.๗๖	๐.๕๔
๖	กระจกสีเทา	๐.๔๖	๐.๕๒
๖	กระจกสีฟ้าอมเขียว	๐.๗๕	๐.๕๕
	กระจกสะท้อนแสงชั้นเดียว		
๖	กระจกใสเคลือบโลหะสเตนเลส ๒๐%	๐.๒๐	๐.๒๘

ความหนาของกระจก (mm)	ชนิดของกระจก	ค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (τ_{vis})	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC)
๖	กระจกใสเคลือบไทเทเนียม ๒๐%	๐.๒๐	๐.๒๗
๖	กระจกใสเคลือบไทเทเนียม ๓๐%	๐.๓๐	๐.๓๕

ตารางที่ ก.4 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) และค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (Visible transmittance, τ_{vis}) ของกระจกชนิดต่างๆ (ต่อ)

	กระจกสองชั้น ไม่เคลือบผิว		
๖	กระจกใส - กระจกใส	๐.๗๘	๐.๖๐
๖	กระจกสีบรอนซ์ - กระจกใส	๐.๔๗	๐.๔๑
๖	กระจกสีเขียว - กระจกใส	๐.๖๘	๐.๔๑
๖	กระจกสีเทา - กระจกใส	๐.๔๑	๐.๓๘
๖	กระจกสีฟ้าอมเขียว - กระจกใส	๐.๖๗	๐.๔๓
๖	กระจกสีเขียวคุณภาพสูง - กระจกใส	๐.๕๘	๐.๓๓
	กระจกสะท้อนแสงสองชั้น		
๖	กระจกใสเคลือบไทเทเนียม ๓๐% และกระจกใส	๐.๒๗	๐.๒๕
	กระจกเคลือบสารที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำสองชั้น (สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีเท่ากับ ๐.๒)		
๖	กระจกเคลือบสารที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำและกระจกใส	๐.๗๓	๐.๕๓
	กระจกเคลือบสารที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำสองชั้น (สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีเท่ากับ ๐.๑)		
๖	กระจกเคลือบสารที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำและกระจกใส	๐.๗๒	๐.๔๔
๖	กระจกสีเขียวคุณภาพสูง - กระจกเคลือบสารที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	๐.๕๗	๐.๒๗

ตารางที่ ก.5 ค่า CLTD ของผนังในแต่ละหมู่

TABLE 2 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Walls

North latitude wall facing	Solar time, h																							Max. CLTD, h	Min. CLTD	Max. CLTD	Difference CLTD
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400				
Group A Walls																												
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	24	6
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7
Group B Walls																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	8	9	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11	
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	9
Group C Walls																												
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	22	21	21	20	10	23	13	
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	22	10	27	17
Group D Walls																												
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	28	16	21	6	19	13
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25

ตารางที่ ก.5 ค่า CLTD ของผนังในแต่ละหมู่ (ต่อ)

TABLE 2 (Continued)

North latitude wall facing	Solar time, h																							Max. CLTD, h	Min. CLTD	Max. CLTD	Difference CLTD
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400				
Group E Walls																												
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40
W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33
Group F Walls																												
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	23	21
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	44
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	46	37	28	33	18	18	2	53	48
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	48	43	35	28	22	18	19	2	46	44
Group G Walls																												
N	3	2	1	0	−1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	−1	26	27
NE	3	2	1	0	−1	9	27	35	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	−1	39	40
E	4	2	1	0	−1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	−1	55	56
SE	4	2	1	0	−1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	−1	51	52
S	4	2	1	0	−1	0	1	5	12	22	31	38	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	−1	46	47
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55

ตารางที่ ก.6 ค่า Latitude-month ของในแต่ละทิศ

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
8	Dec	−4	−6	−6	−6	−3	0	4	8	12	−3
	Jan/Nov	−3	−5	−6	−5	−2	0	3	6	10	−4
	Feb/Oct	−3	−4	−3	−3	−1	−1	1	2	4	−1
	Mar/Sept	−3	−2	−1	−1	−1	−2	−2	−3	−4	0
	Apr/Aug	2	2	2	0	−1	−4	−5	−7	−7	−1
	May/Jul	7	5	4	0	−2	−5	−7	−9	−7	−2
	Jun	9	6	4	0	−2	−6	−8	−9	−7	−2
16	Dec	−4	−6	−8	−8	−4	−1	4	9	13	−9
	Jan/Nov	−4	−6	−7	−7	−4	−1	4	8	12	−7
	Feb/Oct	−3	−5	−5	−4	−2	0	2	5	7	−4
	Mar/Sept	−3	−3	−2	−2	−1	−1	0	0	0	−1
	Apr/Aug	−1	0	−1	−1	−1	−3	−3	−5	−6	0
	May/Jul	4	3	3	0	−1	−4	−5	−7	−7	0
	Jun	6	4	4	1	−1	−4	−6	−8	−7	0
24	Dec	−5	−7	−9	−10	−7	−3	3	9	13	−13
	Jan/Nov	−4	−6	−8	−9	−6	−3	3	9	13	−11
	Feb/Oct	−4	−5	−6	−6	−3	−1	3	7	10	−7
	Mar/Sept	−3	−4	−3	−3	−1	−1	1	2	4	−3
	Apr/Aug	−2	−1	0	−1	−1	−2	−1	−2	−3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	−3	−3	−5	−6	1
	Jun	3	3	3	1	0	−3	−4	−6	−6	1
32	Dec	−5	−7	−10	−11	−8	−5	2	9	12	−17
	Jan/Nov	−5	−7	−9	−11	−8	−4	2	9	12	−15
	Feb/Oct	−4	−6	−7	−8	−4	−2	4	8	11	−10
	Mar/Sept	−3	−4	−4	−4	−2	−1	3	5	7	−5
	Apr/Aug	−2	−2	−1	−2	0	−1	0	1	1	−1
	May/Jul	1	1	1	0	0	−1	−1	−3	−3	1
	Jun	1	2	2	1	0	−2	−2	−4	−4	2
40	Dec	−6	−8	−10	−13	−10	−7	0	7	10	−21
	Jan/Nov	−5	−7	−10	−12	−9	−6	1	8	11	−19
	Feb/Oct	−5	−7	−8	−9	−6	−3	3	8	12	−14
	Mar/Sept	−4	−5	−5	−6	−3	−1	4	7	10	−8
	Apr/Aug	−2	−3	−2	−2	0	0	2	3	4	−3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	−1	−1	2
48	Dec	−6	−8	−11	−14	−13	−10	−3	2	6	−25
	Jan/Nov	−6	−8	−11	−13	−11	−8	−1	5	8	−24
	Feb/Oct	−5	−7	−10	−11	−8	−5	1	5	11	−18
	Mar/Sept	−4	−6	−6	−7	−4	−1	4	8	11	−11
	Apr/Aug	−3	−3	−3	−3	−1	0	4	6	7	−5
	May/Jul	0	−1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
56	Dec	−7	−9	−12	−16	−16	−14	−9	−5	−3	−28
	Jan/Nov	−6	−8	−11	−15	−14	−12	−6	−1	2	−27
	Feb/Oct	−6	−8	−10	−12	−10	−7	0	6	9	−22
	Mar/Sept	−5	−6	−7	−8	−5	−2	4	8	12	−15
	Apr/Aug	−3	−4	−4	−4	−1	1	5	7	9	−8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	−2
	Jun	2	1	2	1	3	3	4	5	6	1

ตารางที่ ก.7 ค่า CLTD ของกระจก

Solar time, h	CLTD °F	Solar time, h	CLTD °F
0100	1	1300	12
0200	0	1400	13
0300	−1	1500	14
0400	−2	1600	14
0500	−2	1700	13
0600	−2	1800	12
0700	−2	1900	10
0800	0	2000	8
0900	2	2100	6
1000	4	2200	4
1100	7	2300	3
1200	9	2400	2

ตารางที่ ก.8 ค่า Cooling Load Factors ของกระจก โดยพื้นไม่มีการปูพรม

Fenestration facing	Room construction	Solar time, h																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N (Shaded)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.75	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
	H	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.19	0.32	0.43	0.50	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
SSE	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	0.29	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08
	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12
	H	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.12	0.19	0.29	0.40	0.49	0.54	0.55	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SSW	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.55	0.49	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.26	0.40	0.52	0.62	0.66	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	0.55	0.42	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.26	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.38	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16
WNW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.63	0.62	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.47	0.55	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.25	0.36	0.46	0.53	0.52	0.38	0.30	0.24	0.20	0.18	0.16
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.42	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14

Fenestration facing	Room construction	Solar time, h																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
NNW	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.51	0.56	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.26	0.28	0.28	0.31	0.38	0.49	0.53	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16
HOR	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.15	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.56	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.28	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

L = Light construction: frame exterior wall, 2-in concrete floor slab, approximately 30 lb of material/ft² of floor area.
M = Medium construction: 4-in concrete exterior wall, 4-in concrete floor slab, approximately 70 lb of building material/ft² of floor area.
H = Heavy construction: 6-in concrete exterior wall, 6-in concrete floor slab, approximately 130 lb of building materials/ft² of floor area.

ตารางที่ ก.9 ค่า Cooling Load Factors ของกระจก โดยพื้นมีการปูพรม

Fenestration facing	Solar time, h																						
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
N	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10
NNE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.64	0.77	0.62	0.42	0.37	0.37	0.37	0.36	0.35	0.32	0.28	0.23	0.17	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
NE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
ENE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.52	0.76	0.80	0.71	0.52	0.31	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
E	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
ESE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.41	0.67	0.79	0.80	0.72	0.54	0.34	0.27	0.24	0.21	0.19	0.15	0.12	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03
SE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
SSE	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.12	0.31	0.54	0.72	0.81	0.81	0.71	0.54	0.38	0.32	0.27	0.22	0.16	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
S	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.23	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
SSW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.09	0.14	0.18	0.22	0.27	0.43	0.63	0.78	0.84	0.80	0.66	0.46	0.25	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
SW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
WSW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.23	0.44	0.64	0.78	0.84	0.78	0.55	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
W	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
WNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.22	0.43	0.65	0.80	0.84	0.66	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.11	0.17	0.22	0.26	0.30	0.32	0.33	0.34	0.34	0.39	0.61	0.82	0.76	0.17	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
HOR	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

ตารางที่ ก.10 ค่า Sensible Heat ของมนุษย์ต่อรายชั่วโมง

Total hours in space	Hours after each entry into space																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21

ตารางที่ ก.11 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับหลังคาอาคาร

ชนิดของผิววัสดุที่ทำหลังคา	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ $((m^2.^\circ C)/W)$				
	ที่ผิวหลังคาด้านใน (R_i) ที่มุมเอียงต่าง ๆ กันจากแนวระนาบ				ที่ผิวหลังคาด้านนอก (R_o) ที่มุมเอียงใด ๆ
	๐ องศา	๒๒.๕ องศา	๔๕ องศา	๖๐ องศา	
กรณีที่พื้นผิวหลังคามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	๐.๑๖๒	๐.๑๔๘	๐.๑๓๓	๐.๑๒๖	๐.๐๕๕
กรณีที่พื้นผิวหลังคามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	๐.๘๐๑	๐.๕๕๕	๐.๓๕๑	๐.๒๔๕	

ตารางที่ ก.12 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในหลังคาอาคาร

ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผิวหลังคาด้านนอก		ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ตามความหนาของช่องว่างอากาศ ($(m^2.°C)/W$)		
		๕ มิลลิเมตร	๒๐ มิลลิเมตร	๑๐๐ มิลลิเมตร
กรณีที่พื้นผิวหลังคามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง				
ความลาดเอียงจากพื้นผิวแนวระนาบ	๐ องศา	๐.๑๑	๐.๑๔๘	๐.๑๗๔
	๒๒.๕ องศา	๐.๑๑	๐.๑๔๘	๐.๑๖๕
	๔๕ องศา	๐.๑๑	๐.๑๔๘	๐.๑๕๘
กรณีที่พื้นผิวหลังคามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ				
ความลาดเอียงจากพื้นผิวแนวระนาบ	๐ องศา	๐.๒๕	๐.๕๗๒	๑.๔๒๓
	๒๒.๕ องศา	๐.๒๕	๐.๕๗๑	๑.๐๘๕
	๔๕ องศา	๐.๒๕	๐.๕๗๐	๐.๗๖๘

ตารางที่ ก.13 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศระหว่างหลังคาและเพดาน

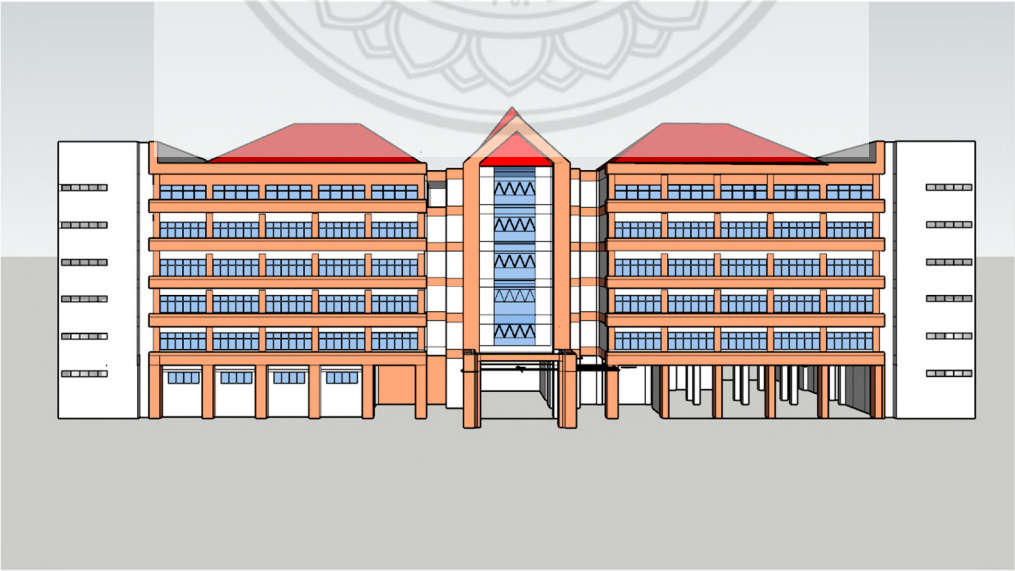
ชนิดของผิววัสดุที่ใช้ทำเพดาน	ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ($(m^2.°C)/W$)
กรณีที่พื้นผิวหลังคามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	๐.๔๕๘
กรณีที่พื้นผิวหลังคามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	๑.๓๕๖

ภาคผนวก ข.
ผนังบริเวณอาคารโดยรอบอาคาร

ข.1.อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

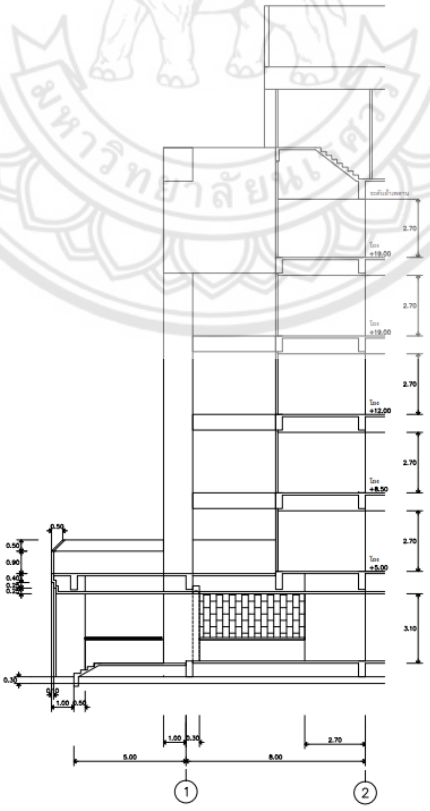
ข.1.1 ตำแหน่งที่ตั้งอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

รูปที่ ข.1 ตำแหน่งที่ตั้งอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์

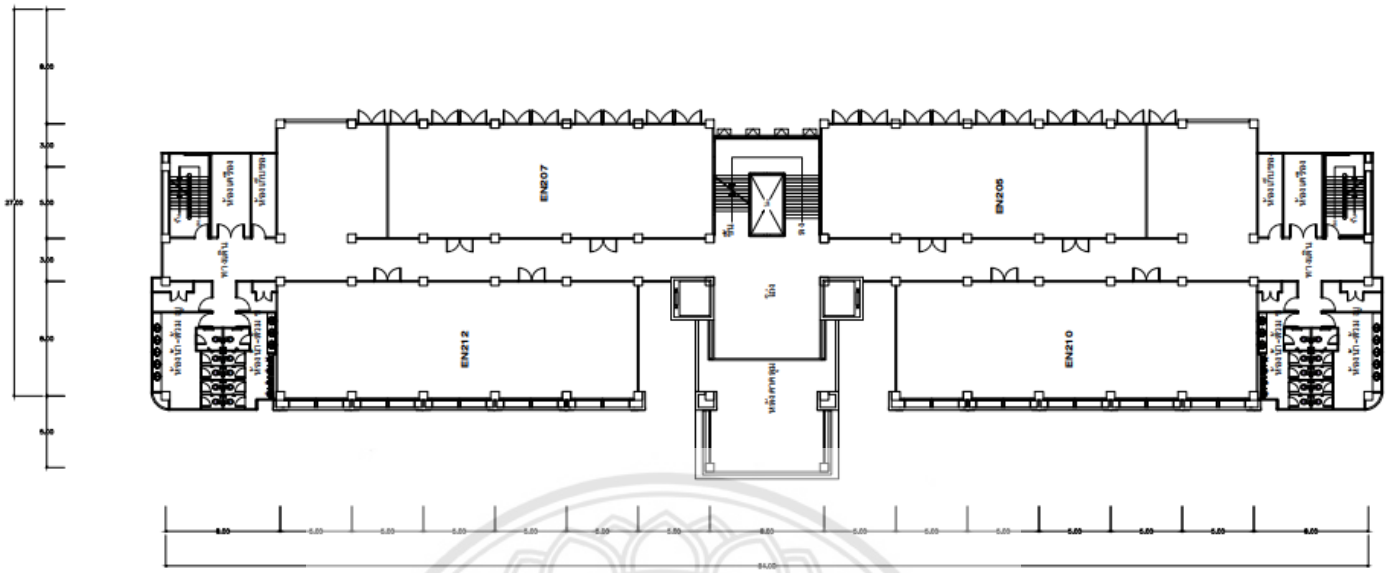


รูปที่ ข.2 โมเดลอาคารเรียนรวม

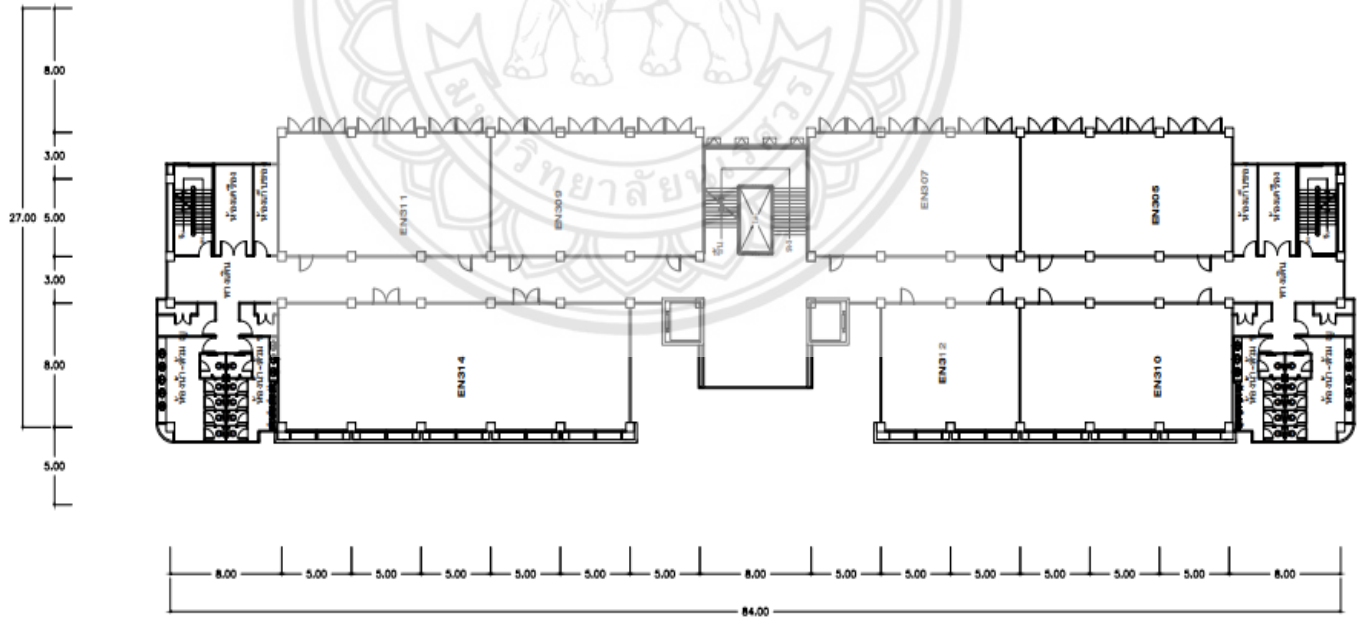
รูปที่ ข.3 แปลนหน้าอาคาร



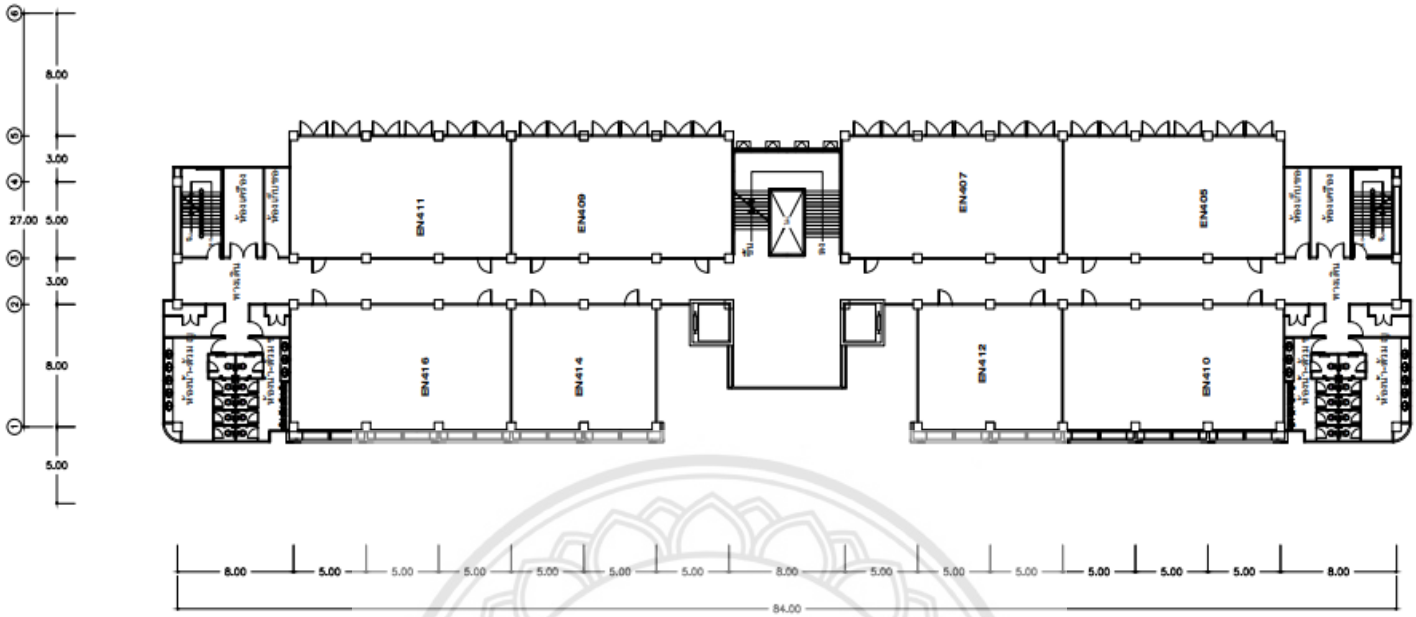
รูปที่ ข.4 แบบแปลนข้างอาคาร



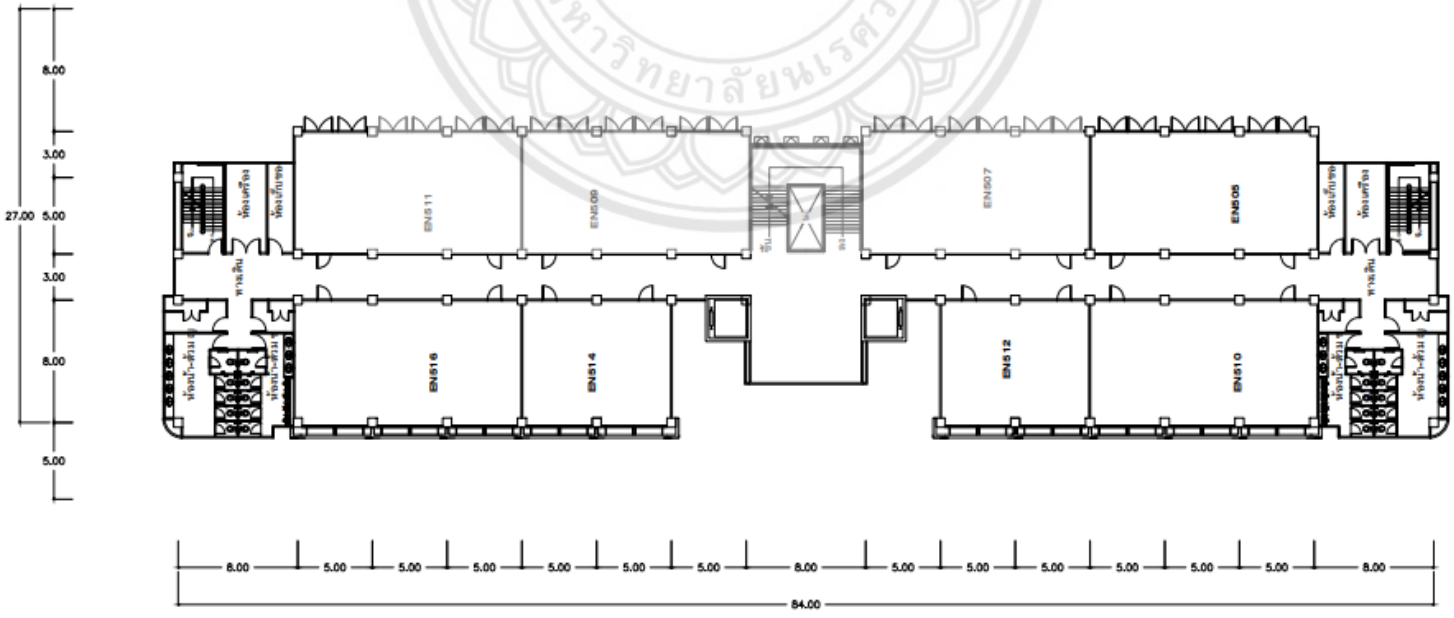
รูปที่ ข.5 แบบแปลนพื้นที่ชั้นที่ 2



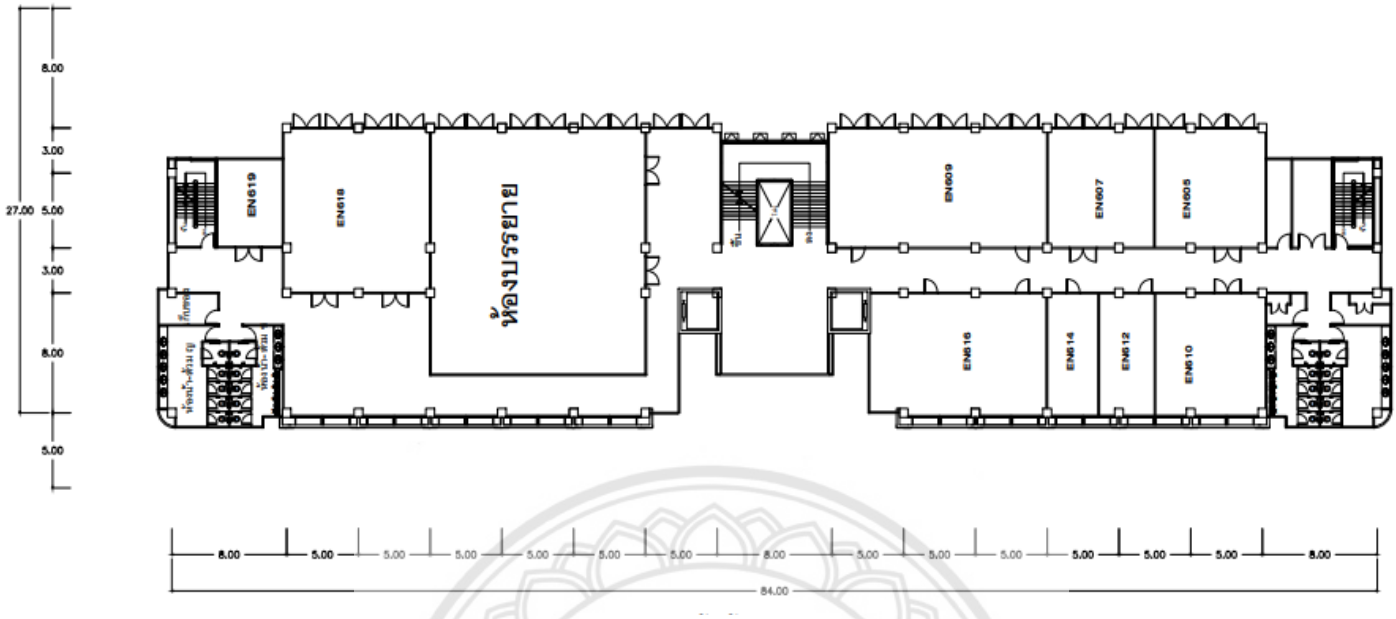
รูปที่ ข.6 แบบแปลนพื้นที่ชั้นที่ 3



รูปที่ ข.7 แบบแปลนพื้นที่ชั้นที่ 4



รูปที่ ข.8 แบบแปลนพื้นที่ชั้นที่ 5



รูปที่ ข.9 แบบแปลนพื้นที่ชั้นที่ 6

รูปที่ ข.10 ขอบเขตในการศึกษาอาคาร

ภาคผนวก ค.
การใช้พลังงานของอาคาร

ค.1 รายละเอียดการติดตั้งเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร

ค.1.1 ตารางการติดตั้งเครื่องปรับอากาศชั้นที่ 2

ชั้นที่	ชื่อห้อง	หมายเลขครุภัณฑ์	ยี่ห้อ (Brand)	รุ่น (Model)	ขนาด (BTU/hr)	กำลังไฟฟ้า (kW)	ปีที่ติดตั้ง	อายุการใช้งาน (ปี)
2	EN205	1806HF01358	YORK	YLKFYC033BAETA/YI	36000		2561	1
2	EN205	1806HF01345	YORK	YLKFYC033BAETA/YI	36,000		2561	1
2	EN205	1806HF01357	YORK	YLKFYC033BAETA/YI	36,000		2561	1
2	EN205	1806HF01353	YORK	YLKFYC033BAETA/YI	36,000		2561	1
2	EN207	4120-001-861	TRANE	-	42,000		2541	21
2	EN207	4120-001-864	TRANE	-	42,000		2541	21
2	EN207	4120-001-865	TRANE	-	42,000		2541	21
2	EN207	4120-001-866	TRANE	-	42,000		2541	21
2	EN207	4120-001-867	TRANE	-	42,000		2541	21
2	EN207	4120-001-868	TRANE	-	42,000		2541	21
2	EN210	4120-001-869	TRANE	-	42,000		2541	21
2	EN210	4120-001-870	TRANE	-	42,000		2541	21
2	EN210	4120-001-871	TRANE	-	42,000		2541	21
2	EN212	4120-001-872	TRANE	-	42,000		2541	21
2	EN212	4120-001-873	TRANE	-	42,000		2541	21
2	EN212	4120-001-874	TRANE	-	42,000		2541	21
2	EN212	4120-001-875	TRANE	-	42,000		2541	21

ค.1.2 ตารางการติดตั้งเครื่องปรับอากาศชั้นที่ 3

ชั้นที่	ชื่อห้อง	หมายเลขครุภัณฑ์	ยี่ห้อ (Brand)	รุ่น (Model)	ขนาด (BTU/hr)	กำลังไฟฟ้า (kW)	ปีที่ติดตั้ง	อายุการใช้งาน (ปี)
3	EN305	4120-001-3751	York	YCM45/FCT45	45,000		2547	15
3	EN305	4120-001-3752	York	YCM45/FCT46	45,000		2547	15
3	EN305	4120-001-3753	York	YCM45/FCT47	45,000		2547	15
3	EN307	4120-001-3754	York	YCM45/FCT48	45,000		2547	15
3	EN307	4120-001-3755	York	YCM45/FCT49	45,000		2547	15
3	EN307	4120-001-3756	York	YCM45/FCT50	45,000		2547	15
3	EN309	4120-001-3757	York	YCM45/FCT51	45,000		2547	15
3	EN309	4120-001-3758	York	YCM45/FCT52	45,000		2547	15
3	EN309	4120-001-3759	York	YCM45/FCT53	45,000		2547	15
3	EN310	4120-001-3760	York	YCM45/FCT54	45,000		2547	15
3	EN310	4120-001-3761	York	YCM45/FCT55	45,000		2547	15
3	EN310	4120-001-3762	York	YCM45/FCT56	45,000		2547	15
3	EN311	4120-001-3763	York	YCM45/FCT57	45,000		2547	15
3	EN311	4120-001-3764	York	YCM45/FCT58	45,000		2547	15
3	EN311	4120-001-3765	York	YCM45/FCT59	45,000		2547	15
3	EN312	4120-001-3766	York	YCM45/FCT60	45,000		2547	15
3	EN312	4120-001-3767	York	YCM45/FCT61	45,000		2547	15
3	EN314	4120-001-3768	York	YCM45/FCT62	45,000		2547	15
3	EN314	4120-001-3769	York	YCM45/FCT63	45,000		2547	15
3	EN314	4120-001-3770	York	YCM45/FCT64	45,000		2547	15
3	EN314	4120-001-3771	York	YCM45/FCT65	45,000		2547	15
3	EN314	4120-001-3772	York	YCM45/FCT66	45,000		2547	15

ค.1.3 ตารางการติดตั้งเครื่องปรับอากาศชั้นที่ 5

ชั้นที่	ชื่อห้อง	หมายเลขครุภัณฑ์	ยี่ห้อ (Brand)	รุ่น (Model)	ขนาด (BTU/hr)	กำลังไฟฟ้า (kW)	ปีที่ติดตั้ง	อายุการใช้งาน (ปี)
5	EN505	4120-001-1787	York	fct36/ycm36	36,000		2543	19
5	EN505	4120-001-1788	York	fct36/ycm36	36,000		2543	19
5	EN505	4120-001-1789	York	fct36/ycm36	36,000		2543	19
5	EN507	4120-001-1790	York	fct36/ycm36	36,000		2543	19
5	EN507	4120-001-1791	York	fct36/ycm36	36,000		2543	19
5	EN507	4120-001-1792	York	fct36/ycm36	36,000		2543	19
5	EN509	4120-001-2930	York	fct36/ycm36	36,000		2545	17
5	EN509	4120-001-2931	York	fct36/ycm36	36,000		2545	17
5	EN509	4120-001-2932	York	fct36/ycm36	36,000		2545	17
5	EN510	4120-001-3183	York	fct36/ycm36	36,000		2546	16
5	EN510	4120-001-3184	York	fct36/ycm36	36,000		2546	16
5	EN510	4120-001-3182	York	fct36/ycm36	36,000		2546	16
5	EN511	4120-001-2927	York	fct36/ycm36	36,000		2545	17
5	EN511	4120-001-2928	York	fct36/ycm36	36,000		2545	17
5	EN511	4120-001-2929	York	fct36/ycm36	36,000		2545	17
5	EN512	4120-001-2933	York	fct36/ycm36	36,000		2545	17
5	EN512	4120-001-2934	York	fct36/ycm36	36,000		2545	17
5	EN514	4120-001-1089	Mitsubishi	CTE-1200+RS-38	38,000		2542	20
5	EN514	4120-001-1092	Mitsubishi	CTE-1600+RS-44	44,000		2542	20
5	EN516	4120-001-1090	Mitsubishi	CTE-1200+RS-38	38,000		2542	20
5	EN516	4120-001-1091	Mitsubishi	CTE-1200+RS-38	38,000		2542	20
5	EN516	4120-001-1093	Mitsubishi	CTE-1200+RS-38	38,000		2542	20

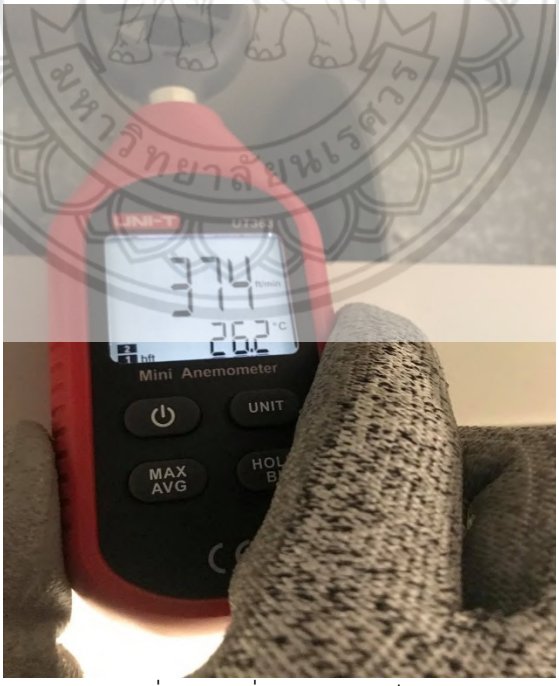
ค.1.4 ตารางการติดตั้งเครื่องปรับอากาศชั้นที่ 6

ชั้นที่	ชื่อห้อง	หมายเลขครุภัณฑ์	ยี่ห้อ (Brand)	รุ่น (Model)	ขนาด (BTU/hr)	กำลังไฟฟ้า (kW)	ปีที่ติดตั้ง	อายุการใช้งาน (ปี)
6	EN605	4120-001-842	Air cooled	systemConcealed C	38,000		2540	22
6	EN605	4120-001-843	Air cooled	systemConcealed C	38,000		2540	22
6	EN610	4120-001-840	Air cooled	systemConcealed C	38,000		2540	22
6	EN610	4120-001-841	Air cooled	systemConcealed C	38,000		2540	22
6	EN612	4120-001-844	Air cooled	Concealed Cap	60,000		2540	22
6	EN614	4120-001-2745	เอ็นจิเนีย	EC18/FS18	19,016		2544	18
6	EN614	4120-001-8442	SAIJO Denki	Super SSU R32-25	31,000		2560	2
6	EN617	4120-001-835	Air cooled	systemCeiling Mour	27,000		2540	22
6	EN617	4120-001-836	Air cooled	systemCeiling Mour	27,000		2540	22
6	EN617	4120-001-837	Air cooled	systemCeiling Mour	27,000		2540	22
6	EN618	4120-001-838	Air cooled	systemConcealed C	38,000		2540	22
6	EN618	4120-001-839	Air cooled	systemConcealed C	38,000		2540	22
6	EN609	4120-001-834	Air cooled	systemCeiling Mour	27,000		2540	22
6	EN609	4120-001-845	Air cooled	Concealed Cap	60,000		2540	22
6	EN609	7110-048-8530	Engineer	EF25	32,000		2541	21
6	EN609	7110-048-8498	Engineer	EF35	32,000		2541	21
6	EN609	7110-048-8529	Engineer	EF25	32,000		2541	21
6	EN616	7110-048-8499	Engineer	EF35	32,000		2541	21
6	EN616	7110-048-8531	Engineer	EF25	32,000		2541	21
6	EN616	7110-048-8528	Engineer	EF25	32,000		2541	21

ค.2 การตรวจวัดเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

ค.2.1 อุปกรณ์ในการตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

รูปที่ ค.1 เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิ



รูปที่ ค.2 เครื่องวัดความเร็วลม

รูปที่ ค.3 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า

ในการวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศจะมีขั้นตอนในการ ตรวจสอบดังต่อไปนี้

1. พื้นที่หน้าตัดช่องลมออกจากคอยล์เย็น
2. ความเร็วลมที่ออกจากช่องลมคอยล์เย็น
3. อุณหภูมิ/ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเข้าคอยล์เย็น
4. อุณหภูมิ/ความชื้นสัมพัทธ์อากาศออกคอยล์เย็น
5. อุณหภูมิอากาศเข้าคอยล์ร้อน
6. กำลังไฟฟ้าเข้าเครื่องปรับอากาศ

จากนั้นบันทึกผลและนำมาคำนวน ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศนั้นๆ

ค.2.2 การตรวจวัดในส่วนต่างๆของเครื่องปรับอากาศ

รูปที่ ค.4 การวัดกระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

รูปที่ ค.5 การวัดอุณหภูมิขาออกของเครื่องปรับอากาศและอัตราส่วนความชื้น

รูปที่ ค.6 การวัดความเร็วลมขาเข้าเครื่องปรับอากาศ

จากการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศในแต่ละเครื่อง จะสรุปผลค่าทางประสิทธิภาพทางพลังงานได้ดังตารางดังต่อไปนี้

ค.3 ค่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศจากการตรวจวัดจริง

ค.3.1 ตารางการตรวจวัดเครื่องปรับอาอากาศ

ชั้น	2	ห้อง	EN 205	เวลา	12.00	Out side temp									
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA				EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ	
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			14.78	406.33	20.3	65%	26.99	12.6	74%	20.39	1.808	1	12.90	
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			14.93	390.00	20.5	67%	27.54	18.9	66%	25.63	1.808	1	2.17	
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3			14.30	398.33	20.9	71%	28.68	15.5	72%	22.95	1.808	1	6.94	
4	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 4			14.00	334.33	22.5	68%	30.08	14.8	82%	23.41	1.808	1	6.93	

ชั้น	2	ห้อง	EN 207	เวลา	12.00	Out side temp									
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA				EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ	
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			6.68	326.33	24.2	60%	30.54	19	92%	29.70	1.808	3	0.60	
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			7.86	422.33	24.2	59%	30.33	14.8	88%	24.11	1.808	3	4.86	
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3			7.03	310.33	24	57%	29.68	8.5	90%	18.05	1.808	3	7.47	
4	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 4			6.80	319.67	25.1	52%	29.86	13.6	87%	22.71	1.808	3	4.89	

ชั้น	2	ห้อง	212	เวลา	12.00	Out side temp									
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA				EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ	
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			7.19	358.00	25.4	56%	31.10	12.8	86%	21.79	1.808	3	6.74	
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			8.18	469.33	24.8	56%	30.39	12.7	87%	21.79	1.808	3	7.18	
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3			7.47	493.67	27	62%	34.57	13.7	90%	23.14	1.808	3	10.99	
4	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 4			6.17	461.33	26.6	63%	34.28	16.2	85%	25.30	1.808	3	9.76	

ชั้น	2	ห้อง	EN210	เวลา	12.00	Out side temp								
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			7.35	375.00	26.7	67%	35.40	17.8	92%	28.15	1.808	3	5.38
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			7.59	412.00	26.4	69%	35.46	16.7	91%	26.66	1.808	3	6.95
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3			8.91	430.00	26.2	67%	34.70	17.7	91%	27.88	1.808	3	4.79

ชั้น	3	ห้อง	EN 305	เวลา	12.00	Out side temp								
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			7.57	477.33	20.3	49%	24.36	7.1	81%	16.21	1.804	3	7.46
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			7.06	479.00	20.6	51%	24.98	5.6	83%	15.14	1.804	3	9.69
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3			7.04	430.00	20.7	48%	24.57	7.4	81%	16.46	1.804	3	7.19

ชั้น	3	ห้อง	EN 307	เวลา	12.00	Out side temp								
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			8.98	294.67	20.3	52%	24.85	7.5	86%	16.89	1.804	3	3.79
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			6.50	318.33	19.4	54%	24.31	8.4	84%	17.52	1.804	3	4.83
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3			10.30	350.33	19.2	54%	24.12	8.1	82%	17.11	1.804	3	3.46

ชั้น	3	ห้อง	EN 309	เวลา	12.00	Out side temp								
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์		กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ	
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1		7.38	533.00	24.6	48%	28.44	9.1	81%	17.89	1.804	3	11.06	
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2		6.74	477.67	21.3	53%	26.01	11.5	75%	19.49	1.804	3	6.71	
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3		6.82	446.33	22.5	48%	26.30	8.1	84%	17.26	1.804	3	8.58	

ชั้น	3	ห้อง	EN 310	เวลา	12.00	Out side temp								
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์		กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ	
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1		7.73	437.67	23.9	50%	28.12	10.7	74%	18.70	1.804	3	7.74	
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2		8.68	454.33	23	51%	27.38	7.3	85%	16.65	1.804	3	8.15	
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3		8.64	557.33	22.3	51%	26.66	8	82%	17.03	1.804	3	9.01	

ชั้น	3	ห้อง	EN 311	เวลา	12.00	Out side temp								
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์		กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ	
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1		7.90	446.33	20.2	53%	24.92	5.5	87%	15.31	1.804	3	7.88	
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2		8.30	430.67	20.9	52%	25.44	6.2	81%	15.49	1.804	3	7.49	
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3		8.12	517.33	17.4	52%	22.18	5.5	82%	15.00	1.804	3	6.64	

ชั้น	3	ห้อง	EN 312	เวลา	12.00	Out side temp								
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			6.52	517.33	23.2	56%	28.57	11.4	84%	20.23	1.804	3	9.61
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			8.05	629.00	23.7	58%	29.54	9.1	85%	18.20	1.804	3	12.87

ชั้น	3	ห้อง	EN 314	เวลา	12.00	Out side temp								
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			5.92	407.00	23.3	64%	30.27	14.3	98%	24.69	1.804	3	5.57
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			7.35	382.33	23.9	60%	30.18	12.4	73%	20.11	1.804	3	7.60
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3			6.35	407.00	22.8	59%	28.71	8	83%	17.10	1.804	3	10.80
4	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 4			7.02	422.00	23.4	59%	29.39	12	82%	20.61	1.804	3	7.66
5	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 5			6.40	504.00	22.6	61%	28.86	14.6	75%	22.41	1.804	3	7.37

ชั้น	5	ห้อง	EN 507	เวลา	13.00	Out side temp	34.8 C							
วันที่	25/9/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			14.38	446.33	22.6	58%	28.29	9.9	88%	19.17	1.944	1	13.24
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			15.73	350.00	22.4	54%	27.32	8.7	85%	17.85	1.944	1	9.86
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3			16.44	430.00	20.3	54%	25.18	7.2	88%	16.78	1.944	1	10.28

ชั้น	5	ห้อง	EN 505	เวลา	15.00	Out side temp	34.8	C						
วันที่	25/9/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์		กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ	
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1		18.00	342.67	26.2	60%	33.02	13.7	87%	22.82	1.944	1	9.08	
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2													
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3		15.73	382.00	24	57%	29.68	16.6	92%	26.67	1.944	1	3.42	

ชั้น	5	ห้อง	EN 511	เวลา	13.00	Out side temp	32	C						
วันที่	23/9/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์		กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ	
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1		14.16	279.00	22	57%	27.45	7.5	87%	16.96	1.944	1	9.67	
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2		15.61	366.33	22.1	55%	27.19	13.7	77%	21.75	1.944	1	5.97	
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3		14.01	374.33	24.3	50%	28.55	12	80%	20.42	1.944	1	10.16	

ชั้น	5	ห้อง	EN 509	เวลา	13.00	Out side temp	33.8							
วันที่	23/9/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์		กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ	
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1		16.65	414.33	22.6	63%	29.24	16.6	89%	26.28	1.944	1	3.45	
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2		14.10	404.33	23.2	59%	29.16	16.6	89%	26.28	1.944	1	3.86	
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3		14.65	414.33	22.9	55%	28.05	9.9	85%	18.92	1.944	1	12.08	

ชั้น	5	ห้อง	EN 510	เวลา	14.30	Out side temp								
วันที่	21/9/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			15.35	470.00	21.3	60%	27.23	15.4	71%	22.73	1.944	1	6.45
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			14.42	454.33	22.1	62%	28.48	8.3	88%	17.73	1.944	1	15.84
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3			13.00	493.67	22	58%	27.63	10.7	85%	19.92	1.944	1	13.70

ชั้น	5	ห้อง	EN 512	เวลา	15.00	Out side temp	35.8 C							
วันที่	25/9/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			15.35	414.33	23.4	65%	30.60	12.2	88%	21.39	1.944	1	11.63
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			15.77	382.33	25.6	61%	32.49	13.8	84%	22.60	1.944	1	11.22

ชั้น	5	ห้อง	EN 516	เวลา	14.00	Out side temp	28.5 C							
วันที่	21/9/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			15.68	326.33	23.5	50%	27.70	10.7	80%	19.22	3.261	1	13.85
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			6.19	326.33	22	55%	27.09	15	88%	24.33	3.261	1	11.42
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3			17.12	310.67	21.6	55%	26.67	10.2	86%	19.28	3.261	1	10.52

ชั้น	5	ห้อง	EN 514	เวลา	14.00	Out side temp	34 C							
วันที่	23/9/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			6.62	310.67	25.7	64%	33.31	16.6	87%	26.02	3.261	3	8.97
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2				358.00	27.7	60%	35.01	26.8	62%	34.30	3.261	1	9

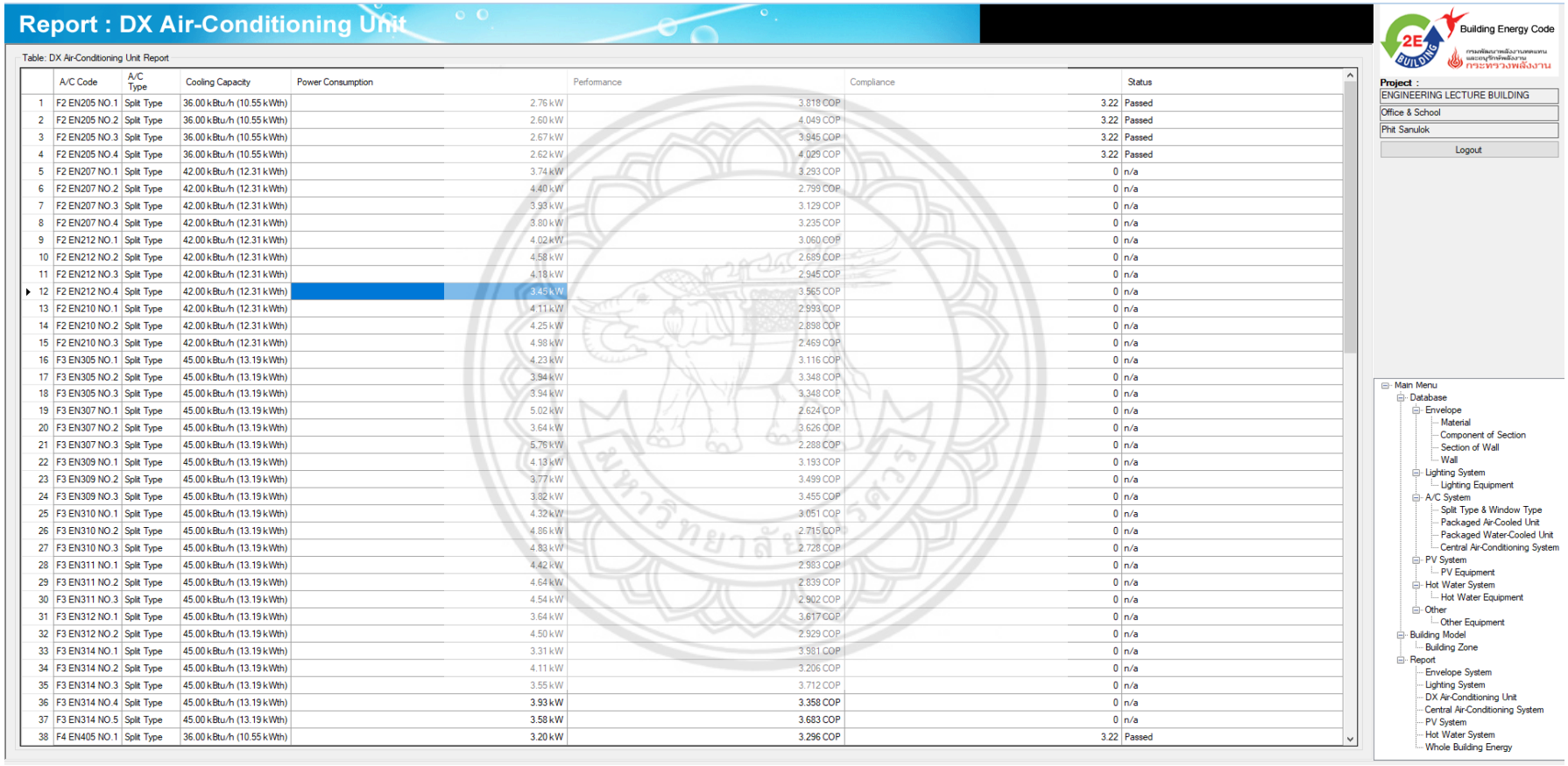
ชั้น	6	ห้อง	EN 609	เวลา	12.00	Out side temp								
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			13.05	279.00	24.6	45%	27.80	10.2	68%	17.76	2.60013	1	13.43
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			13.51	303.00	24	44%	26.99	10.6	72%	18.44	2.60013	1	12.00
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3			14.58	279.00	29.9	49%	34.85	16	61%	22.08	2.60013	1	15.30

ชั้น	6	ห้อง	EN617	เวลา	12.00	Out side temp								
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			11.17	390.00	24.2	81%	34.99	14.9	92%	24.68		1	7.00
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			9.13	436.00	25.1	56%	30.75	22	91%	33.73		1	7.53
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3			10.50	438.00	23.2	83%	33.94	14	91%	23.57		1	7.33

ชั้น	6	ห้อง	EN 616	เวลา	12.00	Out side temp								
วันที่	14/10/2563							Btu/lbDA			Btu/lbDA			EER = QL/Wc (Btu/hr)
ลำดับ	อุปกรณ์			กระแสไฟ (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย (FPM)	อุณหภูมิ (R/A)	ความชื้น %RH (R/A)	h(R/A)	อุณหภูมิ (S/A)	ความชื้น %RH (S/A)	h(S/A)	พื้นที่ครีบ (ft^2)	เฟส	สัมประสิทธิสมรรถนะ
1	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 1			13.33	279.00	22.7	54%	27.64	14.2	71%	21.57	2.60013	1	7.95
2	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 2			11.97	296.00	23.4	54%	28.39	11.4	79%	19.77	2.60013	1	13.34
3	เครื่องปรับอากาศหมายเลข 3			15.78	310.67	23.4	56%	28.79	16	84%	24.95	2.60013	1	4.73

ค.3.2 ตารางการตรวจวัดเครื่องปรับอาอากาศโดยใช้โปรแกรม BEC

การตรวจวัดโดยใช้โปรแกรม BEC โดยโปรแกรมจะไม่สามารถคำนวณเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดทำความเย็นมากกว่า 40,000 BTU/hr ได้เนื่องจากอยู่นอกเหนือจากมาตราฐานในการปรับอากาศ แต่ถ้าขนาดต่ำกว่า 40,000 BTU/hr จะสามารถคำนวนได้ตามปรกติ



Report : DX Air-Conditioning Unit

Table: DX Air-Conditioning Unit Report

	A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption		Performance	Compliance		Status
1	F2 EN205 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)		2.76 kW	3.818 COP		3.22	Passed
2	F2 EN205 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)		2.60 kW	4.049 COP		3.22	Passed
3	F2 EN205 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)		2.67 kW	3.945 COP		3.22	Passed
4	F2 EN205 NO.4	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)		2.62 kW	4.029 COP		3.22	Passed
5	F2 EN207 NO.1	Split Type	42.00 kBtu/h (12.31 kWth)		3.74 kW	3.293 COP		0	n/a
6	F2 EN207 NO.2	Split Type	42.00 kBtu/h (12.31 kWth)		4.40 kW	2.799 COP		0	n/a
7	F2 EN207 NO.3	Split Type	42.00 kBtu/h (12.31 kWth)		3.93 kW	3.129 COP		0	n/a
8	F2 EN207 NO.4	Split Type	42.00 kBtu/h (12.31 kWth)		3.80 kW	3.235 COP		0	n/a
9	F2 EN212 NO.1	Split Type	42.00 kBtu/h (12.31 kWth)		4.02 kW	3.060 COP		0	n/a
10	F2 EN212 NO.2	Split Type	42.00 kBtu/h (12.31 kWth)		4.58 kW	2.689 COP		0	n/a
11	F2 EN212 NO.3	Split Type	42.00 kBtu/h (12.31 kWth)		4.18 kW	2.945 COP		0	n/a
12	F2 EN212 NO.4	Split Type	42.00 kBtu/h (12.31 kWth)		3.45 kW	3.565 COP		0	n/a
13	F2 EN210 NO.1	Split Type	42.00 kBtu/h (12.31 kWth)		4.11 kW	2.993 COP		0	n/a
14	F2 EN210 NO.2	Split Type	42.00 kBtu/h (12.31 kWth)		4.25 kW	2.898 COP		0	n/a
15	F2 EN210 NO.3	Split Type	42.00 kBtu/h (12.31 kWth)		4.98 kW	2.469 COP		0	n/a
16	F3 EN305 NO.1	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		4.23 kW	3.116 COP		0	n/a
17	F3 EN305 NO.2	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		3.94 kW	3.348 COP		0	n/a
18	F3 EN305 NO.3	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		3.94 kW	3.348 COP		0	n/a
19	F3 EN307 NO.1	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		5.02 kW	2.624 COP		0	n/a
20	F3 EN307 NO.2	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		3.64 kW	3.626 COP		0	n/a
21	F3 EN307 NO.3	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		5.76 kW	2.288 COP		0	n/a
22	F3 EN309 NO.1	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		4.13 kW	3.193 COP		0	n/a
23	F3 EN309 NO.2	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		3.77 kW	3.499 COP		0	n/a
24	F3 EN309 NO.3	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		3.82 kW	3.455 COP		0	n/a
25	F3 EN310 NO.1	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		4.32 kW	3.051 COP		0	n/a
26	F3 EN310 NO.2	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		4.86 kW	2.715 COP		0	n/a
27	F3 EN310 NO.3	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		4.83 kW	2.728 COP		0	n/a
28	F3 EN311 NO.1	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		4.42 kW	2.983 COP		0	n/a
29	F3 EN311 NO.2	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		4.64 kW	2.839 COP		0	n/a
30	F3 EN311 NO.3	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		4.54 kW	2.902 COP		0	n/a
31	F3 EN312 NO.1	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		3.64 kW	3.617 COP		0	n/a
32	F3 EN312 NO.2	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		4.50 kW	2.929 COP		0	n/a
33	F3 EN314 NO.1	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		3.31 kW	3.981 COP		0	n/a
34	F3 EN314 NO.2	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		4.11 kW	3.206 COP		0	n/a
35	F3 EN314 NO.3	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		3.55 kW	3.712 COP		0	n/a
36	F3 EN314 NO.4	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		3.93 kW	3.358 COP		0	n/a
37	F3 EN314 NO.5	Split Type	45.00 kBtu/h (13.19 kWth)		3.58 kW	3.683 COP		0	n/a
38	F4 EN405 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)		3.20 kW	3.296 COP		3.22	Passed

Building Energy Code

Project :

ENGINEERING LECTURE BUILDING

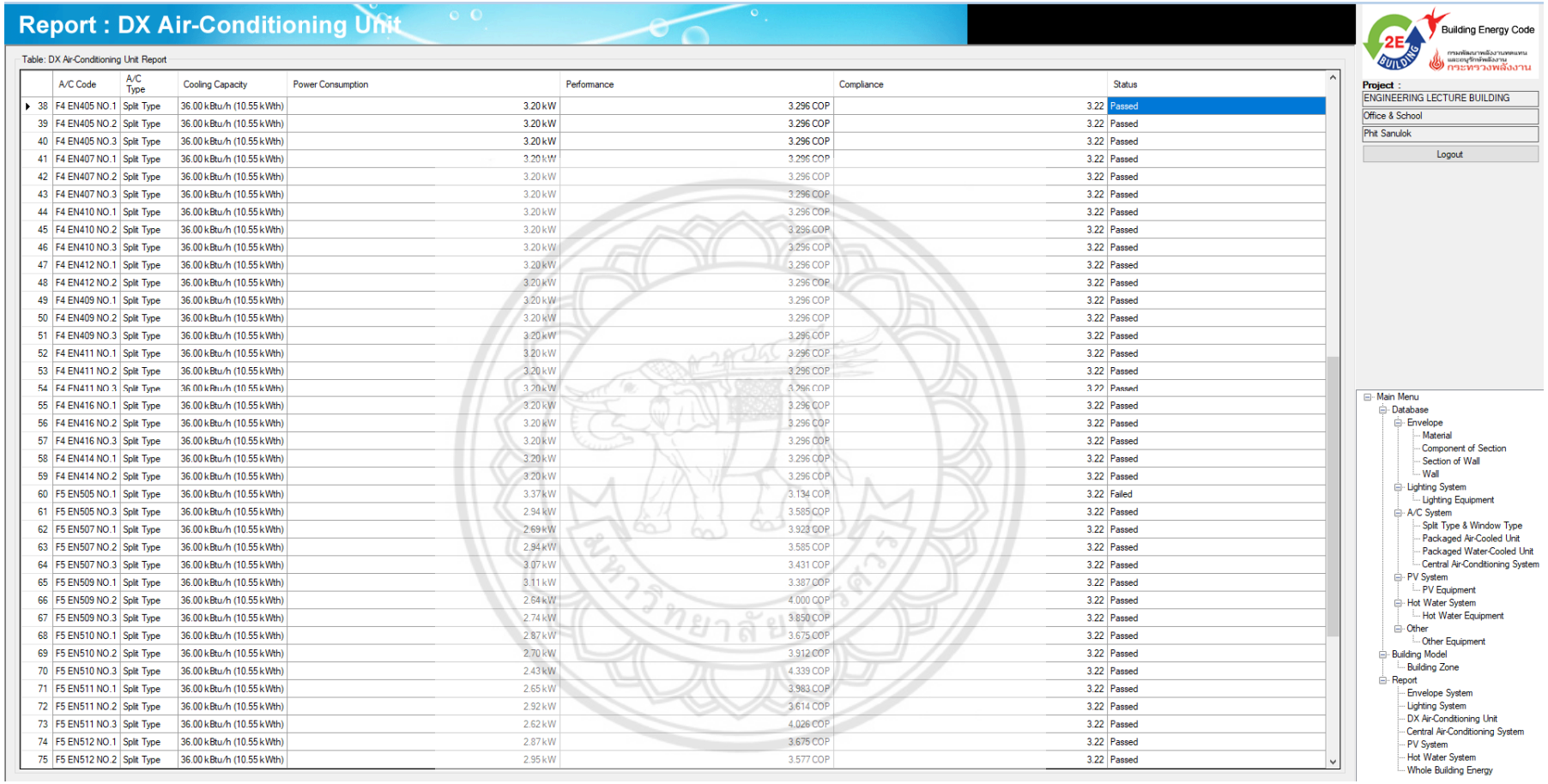
Office & School

Phit Sanulok

Logout

- Main Menu
  - Database
    - Envelope
      - Material
      - Component of Section
      - Section of Wall
      - Wall
    - Lighting System
      - Lighting Equipment
    - A/C System
      - Split Type & Window Type
      - Packaged Air-Cooled Unit
      - Packaged Water-Cooled Unit
      - Central Air-Conditioning System
    - PV System
      - PV Equipment
    - Hot Water System
      - Hot Water Equipment
    - Other
      - Other Equipment
  - Building Model
    - Building Zone
  - Report
    - Envelope System
    - Lighting System
    - DX Air-Conditioning Unit
    - Central Air-Conditioning System
    - PV System
    - Hot Water System
    - Whole Building Energy

ค.3.2 ตารางการตรวจวัดเครื่องปรับอาอากาศโดยใช้โปรแกรม BEC (ต่อ)



Report : DX Air-Conditioning Unit

Table: DX Air-Conditioning Unit Report

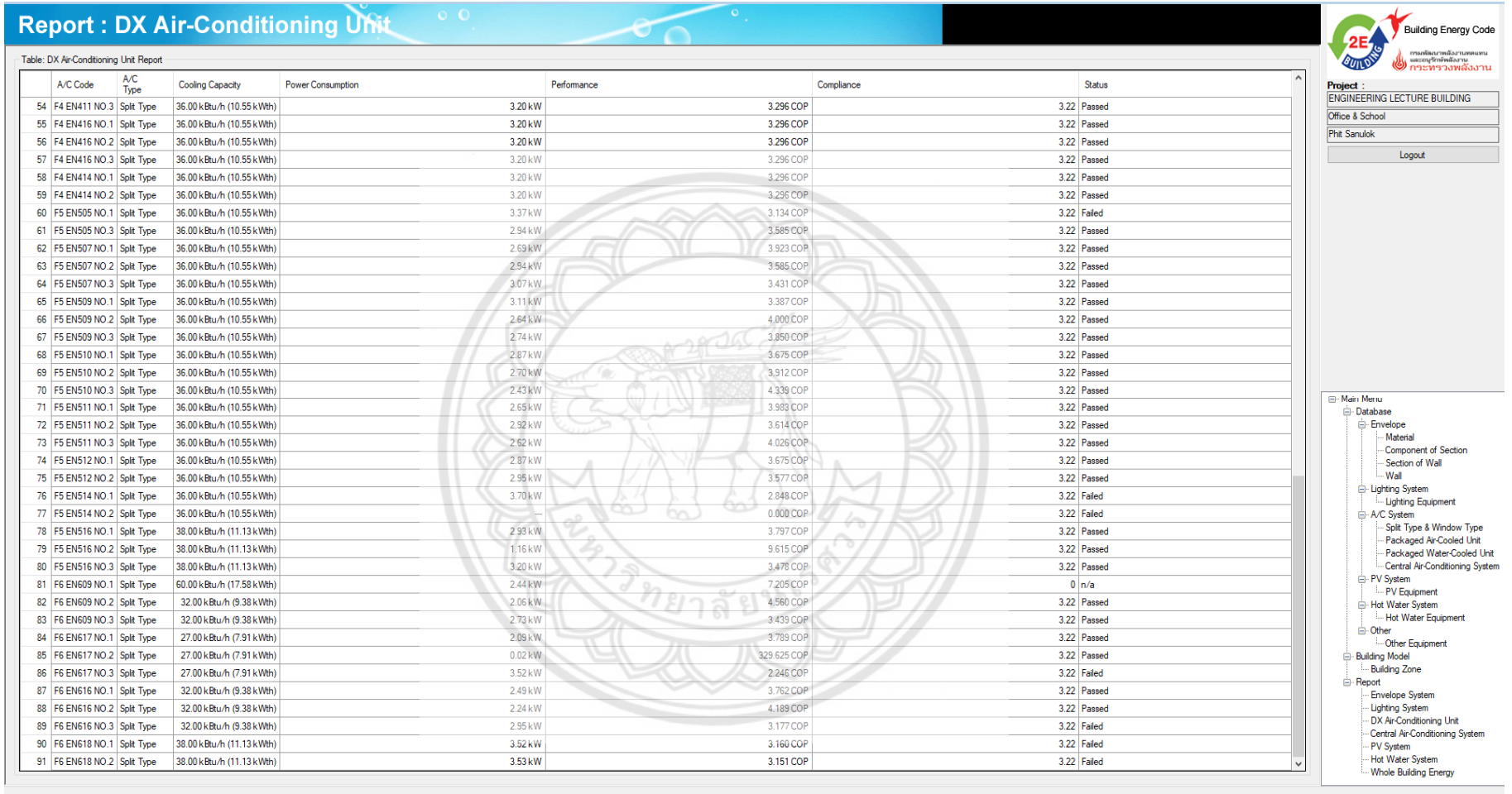
	A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption	Performance	Compliance	Status
38	F4 EN405 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
39	F4 EN405 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
40	F4 EN405 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
41	F4 EN407 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
42	F4 EN407 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
43	F4 EN407 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
44	F4 EN410 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
45	F4 EN410 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
46	F4 EN410 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
47	F4 EN412 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
48	F4 EN412 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
49	F4 EN409 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
50	F4 EN409 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
51	F4 EN409 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
52	F4 EN411 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
53	F4 EN411 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
54	F4 EN411 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
55	F4 EN416 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
56	F4 EN416 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
57	F4 EN416 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
58	F4 EN414 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
59	F4 EN414 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
60	F5 EN505 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.37 kW	3.134 COP	3.22	Failed
61	F5 EN505 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.94 kW	3.585 COP	3.22	Passed
62	F5 EN507 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.69 kW	3.923 COP	3.22	Passed
63	F5 EN507 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.94 kW	3.585 COP	3.22	Passed
64	F5 EN507 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.07 kW	3.431 COP	3.22	Passed
65	F5 EN509 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.11 kW	3.387 COP	3.22	Passed
66	F5 EN509 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.64 kW	4.000 COP	3.22	Passed
67	F5 EN509 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.74 kW	3.850 COP	3.22	Passed
68	F5 EN510 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.87 kW	3.675 COP	3.22	Passed
69	F5 EN510 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.70 kW	3.912 COP	3.22	Passed
70	F5 EN510 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.43 kW	4.339 COP	3.22	Passed
71	F5 EN511 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.65 kW	3.983 COP	3.22	Passed
72	F5 EN511 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.92 kW	3.614 COP	3.22	Passed
73	F5 EN511 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.62 kW	4.026 COP	3.22	Passed
74	F5 EN512 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.87 kW	3.675 COP	3.22	Passed
75	F5 EN512 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.95 kW	3.577 COP	3.22	Passed

Building Energy Code

Project :
ENGINEERING LECTURE BUILDING
Office & School
Phit Sanulok
Logout

- Main Menu
  - Database
    - Envelope
      - Material
      - Component of Section
      - Section of Wall
      - Wall
    - Lighting System
      - Lighting Equipment
    - A/C System
      - Split Type & Window Type
      - Packaged Air-Cooled Unit
      - Packaged Water-Cooled Unit
      - Central Air-Conditioning System
    - PV System
      - PV Equipment
    - Hot Water System
      - Hot Water Equipment
    - Other
      - Other Equipment
  - Building Model
    - Building Zone
  - Report
    - Envelope System
    - Lighting System
    - DX Air-Conditioning Unit
    - Central Air-Conditioning System
    - PV System
    - Hot Water System
    - Whole Building Energy

ค.3.2 ตารางการตรวจวัดเครื่องปรับอาอากาศโดยใช้โปรแกรม BEC (ต่อ)



Report : DX Air-Conditioning Unit

Table: DX Air-Conditioning Unit Report

	A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption	Performance	Compliance	Status
54	F4 EN411 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
55	F4 EN416 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
56	F4 EN416 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
57	F4 EN416 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
58	F4 EN414 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
59	F4 EN414 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.20 kW	3.296 COP	3.22	Passed
60	F5 EN505 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.37 kW	3.134 COP	3.22	Failed
61	F5 EN505 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.94 kW	3.585 COP	3.22	Passed
62	F5 EN507 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.69 kW	3.923 COP	3.22	Passed
63	F5 EN507 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.94 kW	3.585 COP	3.22	Passed
64	F5 EN507 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.07 kW	3.431 COP	3.22	Passed
65	F5 EN509 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.11 kW	3.387 COP	3.22	Passed
66	F5 EN509 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.64 kW	4.000 COP	3.22	Passed
67	F5 EN509 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.74 kW	3.850 COP	3.22	Passed
68	F5 EN510 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.87 kW	3.675 COP	3.22	Passed
69	F5 EN510 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.70 kW	3.912 COP	3.22	Passed
70	F5 EN510 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.43 kW	4.339 COP	3.22	Passed
71	F5 EN511 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.65 kW	3.983 COP	3.22	Passed
72	F5 EN511 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.92 kW	3.614 COP	3.22	Passed
73	F5 EN511 NO.3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.62 kW	4.026 COP	3.22	Passed
74	F5 EN512 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.87 kW	3.675 COP	3.22	Passed
75	F5 EN512 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	2.95 kW	3.577 COP	3.22	Passed
76	F5 EN514 NO.1	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.70 kW	2.848 COP	3.22	Failed
77	F5 EN514 NO.2	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	--	0.000 COP	3.22	Failed
78	F5 EN516 NO.1	Split Type	38.00 kBtu/h (11.13 kWth)	2.93 kW	3.797 COP	3.22	Passed
79	F5 EN516 NO.2	Split Type	38.00 kBtu/h (11.13 kWth)	1.16 kW	9.615 COP	3.22	Passed
80	F5 EN516 NO.3	Split Type	38.00 kBtu/h (11.13 kWth)	3.20 kW	3.478 COP	3.22	Passed
81	F6 EN609 NO.1	Split Type	60.00 kBtu/h (17.58 kWth)	2.44 kW	7.205 COP	0	n/a
82	F6 EN609 NO.2	Split Type	32.00 kBtu/h (9.38 kWth)	2.06 kW	4.560 COP	3.22	Passed
83	F6 EN609 NO.3	Split Type	32.00 kBtu/h (9.38 kWth)	2.73 kW	3.439 COP	3.22	Passed
84	F6 EN617 NO.1	Split Type	27.00 kBtu/h (7.91 kWth)	2.09 kW	3.789 COP	3.22	Passed
85	F6 EN617 NO.2	Split Type	27.00 kBtu/h (7.91 kWth)	0.02 kW	329.625 COP	3.22	Passed
86	F6 EN617 NO.3	Split Type	27.00 kBtu/h (7.91 kWth)	3.52 kW	2.246 COP	3.22	Failed
87	F6 EN616 NO.1	Split Type	32.00 kBtu/h (9.38 kWth)	2.49 kW	3.762 COP	3.22	Passed
88	F6 EN616 NO.2	Split Type	32.00 kBtu/h (9.38 kWth)	2.24 kW	4.189 COP	3.22	Passed
89	F6 EN616 NO.3	Split Type	32.00 kBtu/h (9.38 kWth)	2.95 kW	3.177 COP	3.22	Failed
90	F6 EN618 NO.1	Split Type	38.00 kBtu/h (11.13 kWth)	3.52 kW	3.160 COP	3.22	Failed
91	F6 EN618 NO.2	Split Type	38.00 kBtu/h (11.13 kWth)	3.53 kW	3.151 COP	3.22	Failed

Building Energy Code

Project :
ENGINEERING LECTURE BUILDING
Office & School
Phit Sanulok
Logout

- Main Menu
  - Database
    - Envelope
      - Material
      - Component of Section
      - Section of Wall
      - Wall
    - Lighting System
      - Lighting Equipment
    - A/C System
      - Split Type & Window Type
      - Packaged Air-Cooled Unit
      - Packaged Water-Cooled Unit
      - Central Air-Conditioning System
    - PV System
      - PV Equipment
    - Hot Water System
      - Hot Water Equipment
    - Other
      - Other Equipment
  - Building Model
    - Building Zone
  - Report
    - Envelope System
    - Lighting System
    - DX Air-Conditioning Unit
    - Central Air-Conditioning System
    - PV System
    - Hot Water System
    - Whole Building Energy

ค.3.3 การตรวจวัดค่าความสว่างต่อพื้นที่ภายในอาคาร

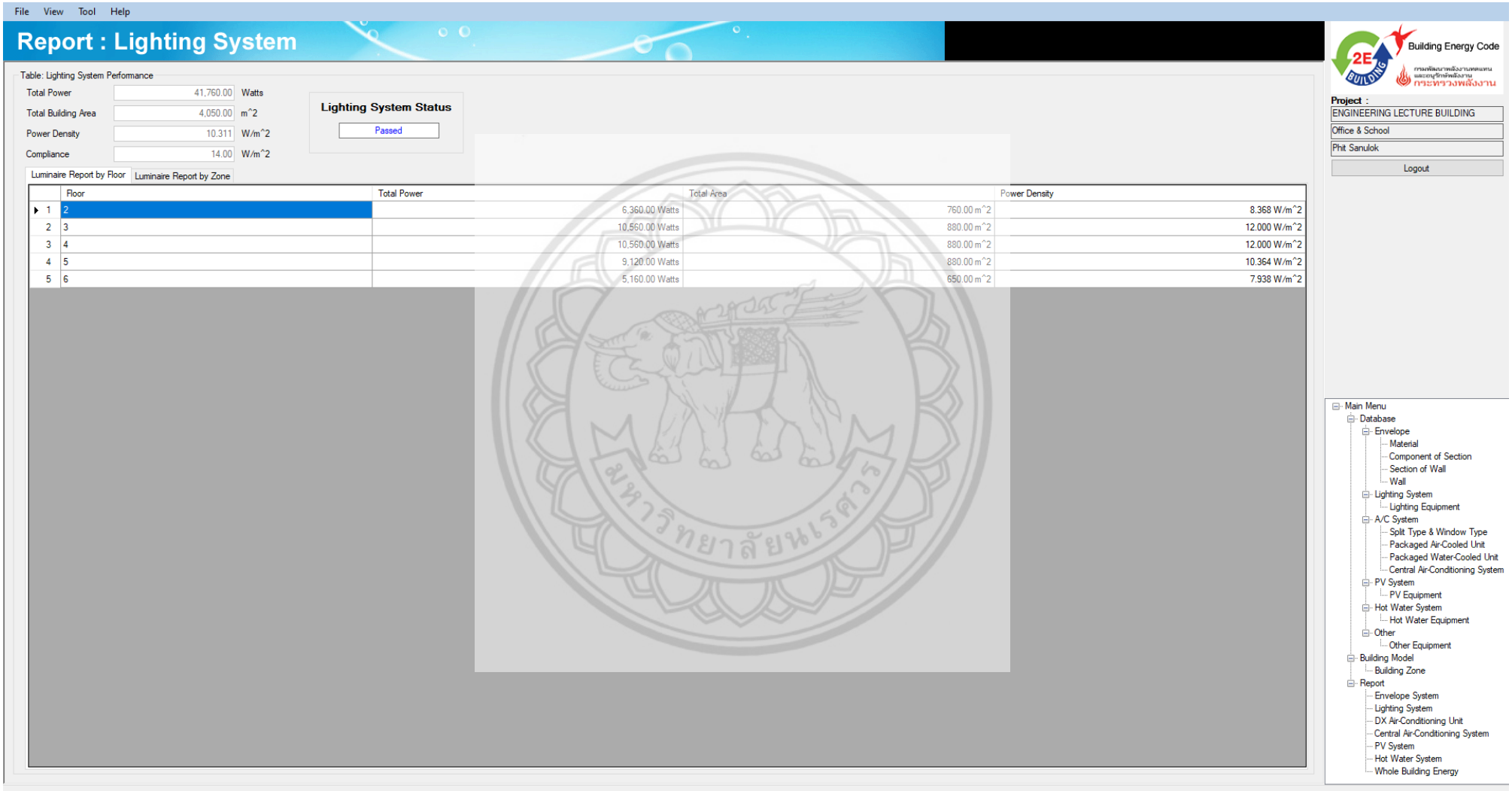
ในส่วนของค่าความสว่างภายในอาคารจะทำการตรวจวัดโดยดูที่ค่า LUX โดยค่าความส่องสว่างในอาคารสำนักงานหรืออาคารเรียน ควรมากกว่า 300 LUX และจะดูค่า LPD โดยที่ค่า LPD ในอาคารไม่ควรเกิน 14 W/m^2

รูปที่ ค.8 อุปกรณ์วัดค่าส่องสว่าง Lux Meter

รูปที่ ค.9 การวัดค่าส่องสว่าง

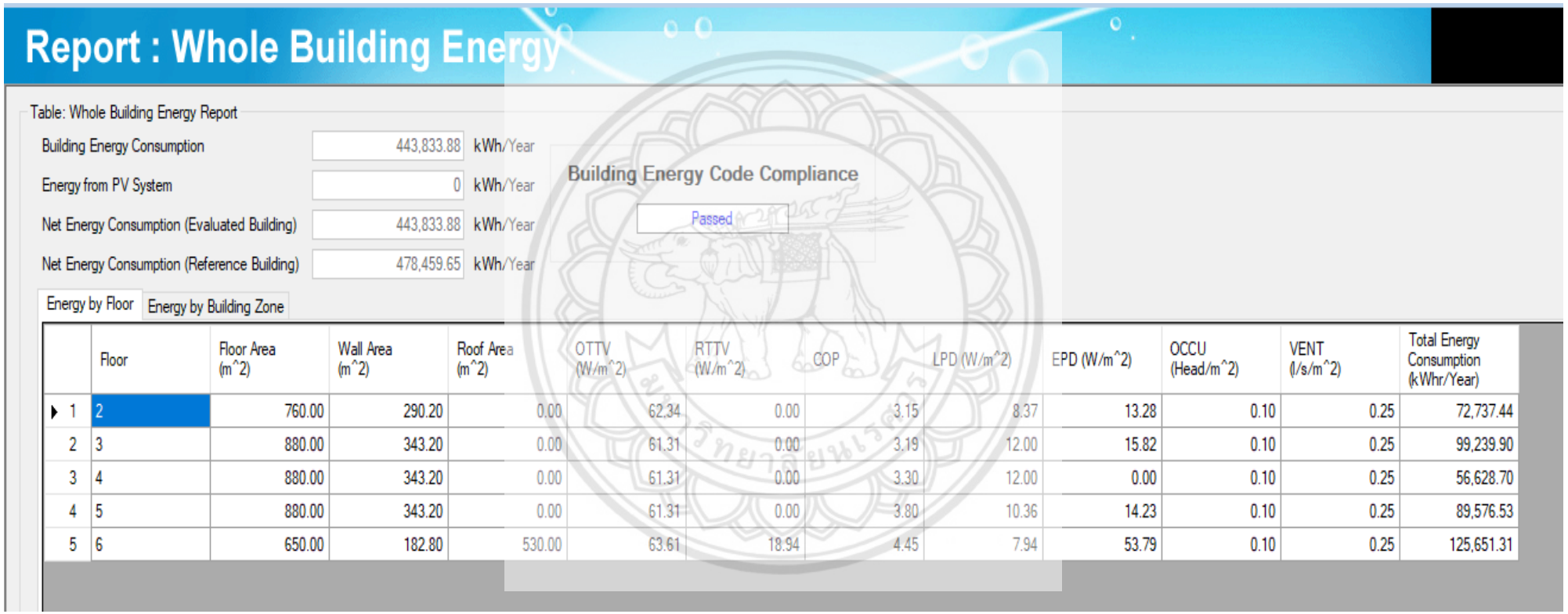
การวัดค่าส่องสว่างจะทำการวัดจากระนาบพื้นที่ตกกระทบกับสายตา หรือจะวัดความสูงจากพื้น 75 cm. โดยจะทำการวัดโดยรอบห้องทำการเรียนการสอน จากนั้นนำค่าที่ได้จากการวัดมาเฉลี่ย และไปเปรียบเทียบกับเปรียบเทียบกับมาตรฐานกฎกระทรวงแรงงาน เรื่องาหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย พ.ศ.2549

ค.3.4 ตารางค่า LPD ของอาคารเรียนรวมผ่านโปรแกรม BEC



ค.3.5 การใช้พลังงานของอาคารโดยรวม

จะเป็นการคำนวณโดยโปรแกรม BEC ที่คิดพลังงานทั้งหมดของอาคารโดยจะจำนวนเป็นการใช้พลังงานโดยรวมก่อนการปรับปรุงของอาคารและการใช้พลังงานรวมของอาคารที่ปรับปรุงแล้ว ดังต่อไปนี้



Report : Whole Building Energy

Table: Whole Building Energy Report

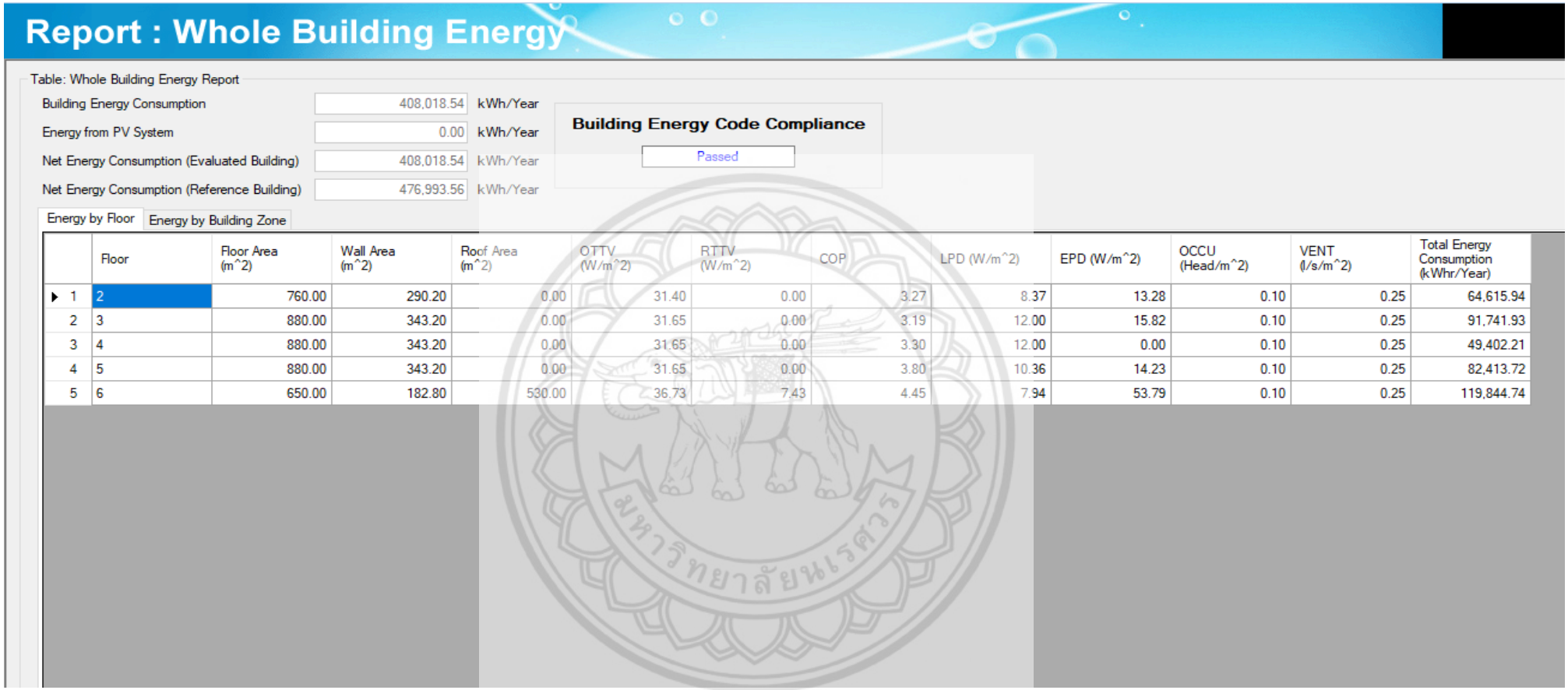
Building Energy Consumption	443,833.88	kWh/Year
Energy from PV System	0	kWh/Year
Net Energy Consumption (Evaluated Building)	443,833.88	kWh/Year
Net Energy Consumption (Reference Building)	478,459.65	kWh/Year

Building Energy Code Compliance: Passed

Energy by Floor | Energy by Building Zone

	Floor	Floor Area (m^2)	Wall Area (m^2)	Roof Area (m^2)	OTTV (W/m^2)	RTTV (W/m^2)	COP	LPD (W/m^2)	EPD (W/m^2)	OCCU (Head/m^2)	VENT (l/s/m^2)	Total Energy Consumption (kWhr/Year)
1	2	760.00	290.20	0.00	62.34	0.00	3.15	8.37	13.28	0.10	0.25	72,737.44
2	3	880.00	343.20	0.00	61.31	0.00	3.19	12.00	15.82	0.10	0.25	99,239.90
3	4	880.00	343.20	0.00	61.31	0.00	3.30	12.00	0.00	0.10	0.25	56,628.70
4	5	880.00	343.20	0.00	61.31	0.00	3.80	10.36	14.23	0.10	0.25	89,576.53
5	6	650.00	182.80	530.00	63.61	18.94	4.45	7.94	53.79	0.10	0.25	125,651.31

รูปที่ ค.10 การใช้พลังงานของอาคารเดิม



Report : Whole Building Energy

Table: Whole Building Energy Report

Building Energy Consumption	408,018.54	kWh/Year
Energy from PV System	0.00	kWh/Year
Net Energy Consumption (Evaluated Building)	408,018.54	kWh/Year
Net Energy Consumption (Reference Building)	476,993.56	kWh/Year

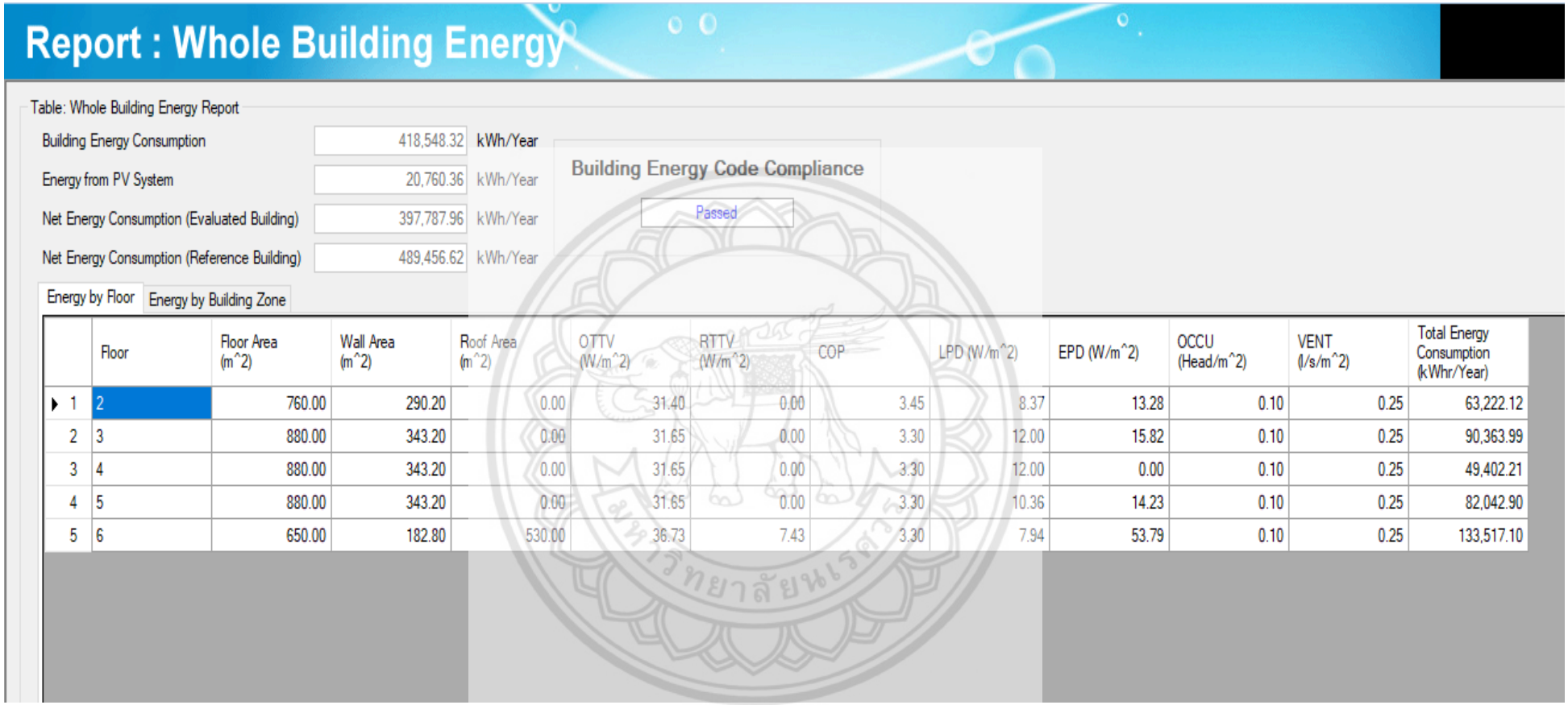
Building Energy Code Compliance

Passed

Energy by Floor | Energy by Building Zone

	Floor	Floor Area (m^2)	Wall Area (m^2)	Roof Area (m^2)	OTTV (W/m^2)	RTTV (W/m^2)	COP	LPD (W/m^2)	EPD (W/m^2)	OCCU (Head/m^2)	VENT (l/s/m^2)	Total Energy Consumption (kWhr/Year)
▶ 1	2	760.00	290.20	0.00	31.40	0.00	3.27	8.37	13.28	0.10	0.25	64,615.94
2	3	880.00	343.20	0.00	31.65	0.00	3.19	12.00	15.82	0.10	0.25	91,741.93
3	4	880.00	343.20	0.00	31.65	0.00	3.30	12.00	0.00	0.10	0.25	49,402.21
4	5	880.00	343.20	0.00	31.65	0.00	3.80	10.36	14.23	0.10	0.25	82,413.72
5	6	650.00	182.80	530.00	36.73	7.43	4.45	7.94	53.79	0.10	0.25	119,844.74

รูปที่ ค.11 การใช้พลังงานของอาคารหลังการปรับปรุงผ่านเกณฑ์ ในระดับ GOLD



Report : Whole Building Energy

Table: Whole Building Energy Report

Building Energy Consumption	418,548.32	kWh/Year
Energy from PV System	20,760.36	kWh/Year
Net Energy Consumption (Evaluated Building)	397,787.96	kWh/Year
Net Energy Consumption (Reference Building)	489,456.62	kWh/Year

Building Energy Code Compliance

Passed

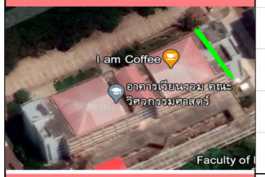
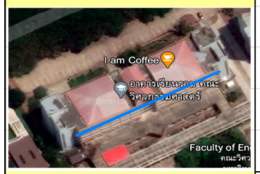
Energy by Floor | Energy by Building Zone

	Floor	Floor Area (m^2)	Wall Area (m^2)	Roof Area (m^2)	OTTV (W/m^2)	RTTV (W/m^2)	COP	LPD (W/m^2)	EPD (W/m^2)	OCCU (Head/m^2)	VENT (l/s/m^2)	Total Energy Consumption (kWhr/Year)
1	2	760.00	290.20	0.00	31.40	0.00	3.45	8.37	13.28	0.10	0.25	63,222.12
2	3	880.00	343.20	0.00	31.65	0.00	3.30	12.00	15.82	0.10	0.25	90,363.99
3	4	880.00	343.20	0.00	31.65	0.00	3.30	12.00	0.00	0.10	0.25	49,402.21
4	5	880.00	343.20	0.00	31.65	0.00	3.30	10.36	14.23	0.10	0.25	82,042.90
5	6	650.00	182.80	530.00	36.73	7.43	3.30	7.94	53.79	0.10	0.25	133,517.10

รูปที่ ค.12 การใช้พลังงานของอาคารหลังการปรับปรุงผ่านเกณฑ์ ในระดับ Platinum

ค 3.6 การคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารผ่านโปรแกรม Microsoft Excel

- การคำนวณในส่วนของ OTTV ในแต่ละทิศ

ทิศและ มุมเบี่ยง	แบบผนัง	พื้นที่ผนังโปร่งแสง (m^2) / พื้นที่ผนังทั้งหมด (m^2)	WWR	Uw ($W/m^2 \cdot ^oC$)	Uf ($W/m^2 \cdot ^oC$)	TDeq ΔT	SHGC	SC	ESR (W/m^2)	Q (W)	ค่า OTTVi (W/m^2)	
ทิศ	**Name**	Area	WWR	Uw	Uf	TDeq	SHGC	SC	ESR	**Qcal**		
ตะวันออกเฉียงเหนือ		0	0.00	2.915	0	13.86455	0	0	215.84		40.41	ผนัง
		27.8		1.704		5					23.62	เสา
NE											64.03	รวม
ทิศ	**Name**	Area	WWR	Uw	Uf	TDeq	SHGC	SC	ESR	**Qcal**		
ตะวันออกเฉียงใต้		79	0.59	2.91470932	4.78	7.82903	0.82	0.41	263.14		61.24	
		135		1.703509087		5						
SE												

รูปที่ ค.13 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารในแต่ละทิศ

- การคำนวณในส่วนของ OTTV ในแต่ละทิศและผลรวมรวมของ OTTV ในแต่ละทิศ

ทิศและ มุมเบี่ยง	แบบผนัง	พื้นที่ผนังโปร่งแสง (m^2) / พื้นที่ผนังทั้งหมด (m^2)	WWR	Uw ($W/m^2.°C$)	Uf ($W/m^2.°C$)	TDeq ΔT	SHGC	SC	ESR (W/m^2)	Q (W)	ค่า OTTVi (W/m^2)
ทิศ	**Name**	Area	WWR	Uw	Uf	TDeq	SHGC	SC	ESR	**Qcal**	
ตะวันตกเฉียงเหนือ		79	0.59	2.91470932	4.78	6.82903	0.82	0.41	207.62		63.09
		135				5					
NW											
ทิศ	**Name**	Area	WWR	Uw	Uf	TDeq	SHGC	SC	ESR	**Qcal**	
ตะวันตกเฉียงใต้		0	0.00	2.91470932	0	7.72903	0	**0**	256.82		22.53
		27.8				5					
SW											
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ของผนังด้านนอกของอาคาร	OTTV รวม =	62.16	W/m^2								

รูปที่ ค.14 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารในแต่ละทิศและผลรวมของ OTTV

- การคำนวณในส่วนของ RTTV ในแต่ละทิศและผลรวมของ RTTV รวม

ทิศและ มุมเบี่ยง	แบบผนัง	พื้นที่หลังคาโปร่งแสง (m^2) / พื้นที่หลังคาทั้งหมด (m^2)	SSR	Ur ($W/m^2.°C$)	Us ($W/m^2.°C$)	TDeq ΔT	SHGC	SC	ESR (W/m^2)	Q (W)	ค่า RTTVi (W/m^2)
ทิศ	**Name**	Area	SSR	Ur	Us	TDeq	SHGC	SC	ESR	**Qeal**	
ตะวันออกเฉียงใต้		0	0	1.481	0	18.72	0	0	263.14		27.72
		395				5					
SE											
ทิศ	**Name**	Area	SSR	Ur	Us	TDeq	SHGC	SC	ESR	**Qeal**	
ตะวันตกเฉียงเหนือ		0	0	1.481	0	20.06	0	0	207.62		29.71
		250				5					
NW											
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร	RTTV รวม =	28.49	W/m^2								

รูปที่ ค.15 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาของอาคารในแต่ละทิศและผลรวมของ RTTV

ภาคผนวก ง.
ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่เลือกใช้ในงานวิจัย

ง.1 ข้อมูลเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการปรับปรุง

DAIKIN

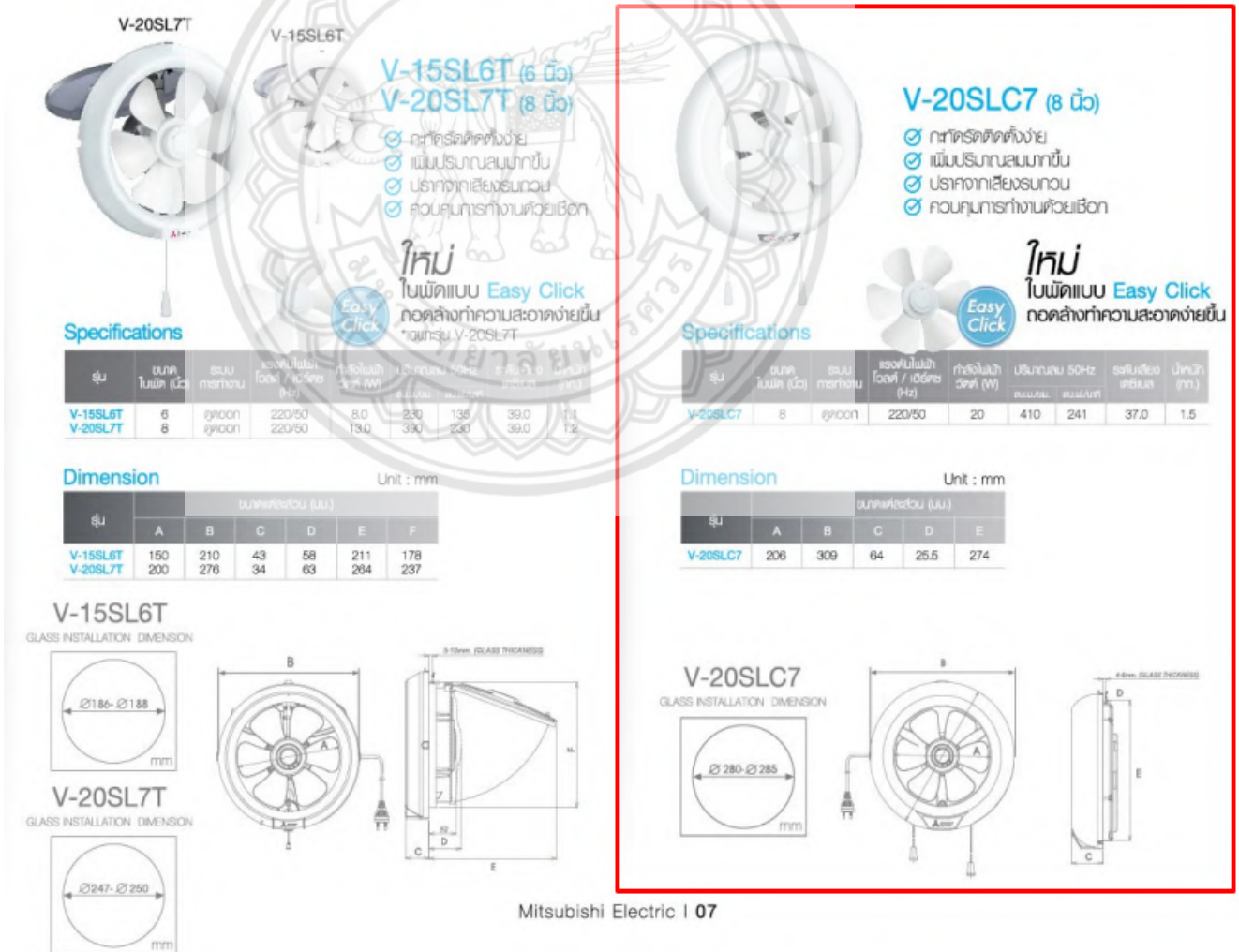
Ceiling Suspended Type
เครื่องปรับอากาศแบบแขวนใต้ฝ้า

FHNQ-MV2S FHRN55CXV1S

R410A

Models (รุ่น)	Indoor Unit (ชุดภายใน) / Outdoor Unit (ชุดภายนอก)		FHNQ24MV2S / RNQ24MV2S	FHNQ30MV2S / RNQ30MV2S1	FHNQ30MV2S / RNQ30MY2S1	FHNQ36MV2S / RNQ36MV2S1	FHNQ36MV2S / RNQ36MY2S1	FHNQ42MV2S / RNQ42MY2S	FHNQ48MV2S / RNQ48MY2S	FHRN55CXV1S / RR55DXY1S
Cooling Capacity (ขนาดการทำความเย็น)		kW	7.0	8.8		10		12.3	14.1	16.1
		BTU/hr	24,000	30,000		34,100		42,000	48,000	55,000
Power Consumption (กำลังไฟฟ้าที่ใช้)		kW	2.33	3.07		3.50		4.51	5.51	6.41
Power Source (แหล่งจ่ายไฟ)		V/Ph/Hz	220 V / 1 Phase / 50Hz	220 V / 1 Phase / 50Hz	380 V / 3 Phase / 50 Hz	220 V / 1 Phase / 50Hz		380 V / 3 Phase / 50 Hz		
SEER (อัตราส่วนประสิทธิภาพของพลังงานตามมาตรฐาน)			-			-				
ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5			-			-				
Indoor Unit (ชุดภายใน)			**FHNQ24MV2S**	**FHNQ30MV2S**		**FHNQ36MV2S**		**FHNQ42MV2S**	**FHNQ48MV2S**	**FHRN55CXV1S**
Colour (สีชุดภายใน)			White (สีขาว)							Light Grey (เทาอ่อน)
Dimension (HxWxD) (ขนาด (สูงxกว้างxลึก))		mm	195 x 1,400 x 680			195 x 1,400 x 680				285 x 1,903 x 680
Air Flow Rate (อัตราการหมุนเวียนอากาศ)	H/L	m³/min	26/22	26-27/22-23		38-40/28-25			42-44/24-26	44/37/28
	H/L	cfm	918/777	918-953/777-812		1,341-1,412/812-847			1,483-1,553/847-918	1,550/1,320/1,000
Sound Level (ระดับเสียง)	H/L	dB(A)	45/40			48/42			49/43	56/53/46
Air Filter (แผ่นกรองอากาศ)			Resin net (with mould resistance)							SARANET
Weight (น้ำหนัก)		kg	32			35				70
Piping Connecting Size (ขนาดท่อ)	Drain	mm	I.D.Ø20 x O.D.Ø26							19.1
Outdoor Unit (ชุดภายนอก)			**RNQ24MV2S**	**RNQ30MV2S1**	**RNQ30MY2S1**	**RNQ36MV2S1**	**RNQ36MY2S1**	**RNQ42MY2S**	**RNQ48MY2S**	**RR55DXY1S**
Colour (สีชุดภายนอก)			Ivory White (สีงาช้าง)							
Dimension (HxWxD) (ขนาด (สูงxกว้างxลึก))		mm	735 x 825 x 300	990 x 940 x 320		1,430 x 940 x 320		1,345 x 900 x 320		852 x 1,030 x 400
Coil (ชนิดของแผงคอยล์ร้อน)			Cross Fin Coil	Anti-corrosion Alloy Condenser				Cross Fin Coil		
Compressor Type (คอมเพรสเซอร์)			Hermetically sealed rotary type					Hermetically sealed scroll type		Scroll type
Compresser Motor Output (ขนาดมอเตอร์คอมเพรสเซอร์)		kW	1.9	2.2		2.7		3.75	4.5	5.6
Sound Level (ระดับเสียง)		dB(A)	54	55		57		56	58	65
Weight (น้ำหนัก)		kg	57	77	74	97		107	111	105
Piping Connecting Size (ขนาดท่อ)	Liquid	inch	Ø 1/4 (Flare)			Ø 3/8 (Flare)				
	Gas	inch				Ø 5/8 (Flare)				Ø 3/4 (Flare)
	Drain	mm	Ø 18.0 (Hole)			Ø 26.0 (Hole)				Ø 19.1 (Hole)
Max. Interunit Piping Length (ความยาวการเดินท่อสูงสุด)		m	30			50 (Equivalent length 70)				35
Max. Interunit Height Difference (ความต่างระดับสูงสุด)		m	15			30				15
Refrigerant (น้ำยา)			R410A							
Refrigerant Charge (ปริมาณน้ำยา)		kg	1.9	1.9		3.4		2.7	3.2	3.2
Chargeless (เดินท่อได้ไกลสูงสุดโดยไม่ต้องเติมน้ำยา)		m	10			15				7.6

ง.2 ข้อมูลเครื่องระบายอากาศที่ใช้ในการปรับปรุง



ง.3 ข้อมูลฉนวนที่ใช้ในการปรับปรุงในส่วนหลังคา

MicroFiber สำหรับงานหลังคา 5

MicroRoof ฉนวนใยแก้วที่ผลิตตามมาตรฐาน มอก. 486, มอก.487 และมาตรฐานสากล ASTM ขึ้นรูปเป็นแบบม้วน มีความหนาแน่นสม่ำเสมอยืดหยุ่นและคืนตัวได้ดี ปิดผิวหน้าด้วยแผ่นสะท้อนความร้อน อลูมิเนียมฟอยล์ และป้องกันความชื้นชนิดเสริมแรง 1 ด้าน จากโรงงาน

การใช้งาน Micro Roof เป็นฉนวนที่ออกแบบสำหรับ งานหลังคา และผนังของอาคาร สำนักงาน ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า ร้านค้าส่งร้านค้าปลีก ซุปเปอร์มาร์เกต โรงงาน โกดังเก็บสินค้า และบ้านพักอาศัยทั้งเก่า และใหม่ ใช้ได้กับ หลังคาเหล็กรีด หลังคากระเบื้อง หลังคาคอนกรีด ฯลฯ เพื่อการป้องกันความร้อน ความชื้น และ ดูดซับเสียงที่ดีและมีประสิทธิภาพให้แก่อาคาร

วัสดุปิดผิว Micro Roof เลือกใช้วัสดุปิดผิวที่มีคุณภาพสูง มีคุณสมบัติได้ตามมาตรฐานสากล เช่น ASTM, UL และ BS
ติดวัสดุปิดผิวด้วยเครื่องจักรทันสมัยจาก โรงงาน จึงติดแน่นกับเนื้อฉนวน ไม่เลื่อนหลุดง่าย คงทน ติดตั้งได้สะดวก สวยงาม และวัสดุปิดผิวมีให้เลือกหลายชนิด ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ออกแบบ

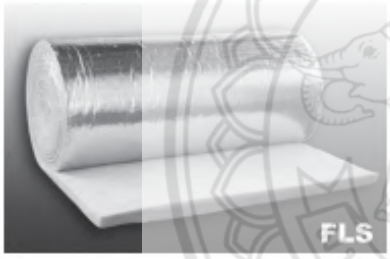
ต้านทานความร้อนสูง เป็นฉนวนที่มีค่าการนำความร้อนต่ำจึงมีประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนสูงทำให้สามารถ ลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้มาก ในบริเวณที่มีการติดตั้งฉนวน

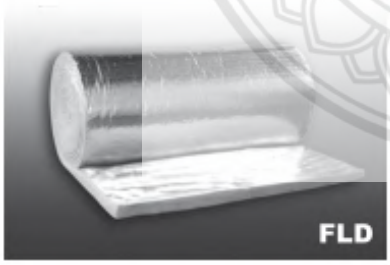
ป้องกันเสียงรบกวน มีคุณสมบัติในการกันเสียงรบกวนจากภายนอก เช่น เวลาฝนตกกระทบหลังคาและเสียงที่เกิดในอาคาร ไม่ให้รบกวนคนภายนอก

ไม่ลุกติดไฟ Micro Roof เป็นฉนวนที่ผลิตจากวัสดุอนินทรีย์ที่ไม่ติดไฟ จึงไม่เป็นฉนวนก่อให้เกิดอัคคีภัย

อายุการใช้งานยาวนาน เป็นฉนวนที่ผลิตจาก เส้นใยแก้ว เป็นวัสดุที่ไม่เสื่อมสภาพ ไม่เป็นอาหารของสัตว์ แมลงและเชื้อรา จึงคงความเป็นฉนวนได้ยาวนาน

INSULATION FOR ROOF - ฉนวนสำหรับงานหลังคา





รหัสสินค้า	หน่วย	ขนาด	THK - DENSITY	TYPE : FLS ฟอยล์ 1 ด้าน	TYPE : FLD ฟอยล์ 2 ด้าน
1250	ม้วน	1.22 x 16.50 M.	2" - R-7	2,600.-	3,250.-
1275	ม้วน	1.22 x 11.50 M.	3" - R-10	2,520.-	2,985.-
1625	ม้วน	1.22 x 30.50 M.	1" - 16 kg/m³	3,500.-	4,700.-
1650	ม้วน	1.22 x 15.25 M.	2" - 16 kg/m³	2,850.-	3,500.-
2425	ม้วน	1.22 x 30.50 M.	1" - 24 kg/m³	4,520.-	5,730.-
2450	ม้วน	1.22 x 15.25 M.	2" - 24 kg/m³	3,870.-	4,500.-
3225	ม้วน	1.22 x 15.25 M.	1" - 32 kg/m³	2,750.-	3,350.-
3250	ม้วน	1.22 x 15.25 M.	2" - 32 kg/m³	4,800.-	5,400.-
3225	แผ่น	1.22 x 2.44 M.	1" - 32 kg/m³	470.-	600.-
3250	แผ่น	1.22 x 2.44 M.	2" - 32 kg/m³	810.-	940.-
4825	แผ่น	1.22 x 2.44 M.	1" - 48 kg/m³	630.-	760.-
4850	แผ่น	1.22 x 2.44 M.	2" - 48 kg/m³	1,110.-	1,240.-

** บริษัทฯ ขอสงวนสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงราคาและจำนวน โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า (ราคาที่เสนอนี้ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%) **

ตารางคุณสมบัติ

PROPERTY OF FIBER GLASS	TEST METHOD	SPECIFICATION			
Thermal Conductivity	ASTM C 518	16 kg/m³	24 kg/m³	32 kg/m³	48 kg/m³
Btu. in/ft²h°F at 75°F		0.25	0.24	0.23	0.22
W/m.K at 24°C		0.036	0.035	0.033	0.031
Service Temperature	ASTM C 411	232°C Maximum			
Moisture Absorption	ASTM C 1104	<1.0% at 49 C, 95% RH			
Vapour Permeability	ASTM E 96	0.02 perm			
Corrosivity	ASTM C 665	Does not accelerate			
Mold Resistance	ASTM C 665	No Growth			
Surface Burning Characteristics	ASTM E 84	Flame spread 25 Smoke Developed 50			

ง.4 ข้อมูลกระจกที่ใช้ในการปรับปรุง

กระจกสะท้อนแสง โซลาร์แทค เอชที

สะท้อนสีสัน สร้างสรรค์ดุลยภาพของแสงและพลังงาน SOLARTAG HT

กระจกสะท้องแสง โซลาร์แทค เอชที

กระจกสะท้องแสง โซลาร์แทค เอชที คุณภาพเยี่ยมของ บริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน)ผลิตโดยกรรมวิธี Sputtering ที่ทันสมัย สามารถเคลือบกระจกได้คงทนและบางมากจนมองผ่านได้จึงทำให้ได้กระจกสะท้อนแสงที่มีคุณภาพสูงทั้งด้านการสะท้อนแสง และความคงทนถาวรของชั้นฟิวโลหะที่เคลือบ

โซลาร์แทค เอชที เปิดโอกาสให้สถาปนิกสามารถออกแบบอาคารได้อย่างอิสระ สามารถเลือกปริมาณแสงความร้อนที่สะท้อน และส่องผ่านได้ตามต้องการอย่างไม่มีข้อจำกัด

คุณสมบัติ สีของกระจก

โซลาร์แทค เอชที มีให้เลือกหลากหลายเฉดสี และอัตราส่วนของแสงที่ส่องผ่าน ทำให้สถาปนิกมีทางเลือกในการออกแบบมากตามที่ต้องการ

การใช้งาน

- ใช้กับอาคารสูงระฟ้า อาคารสำนักงาน และอาคารพาณิชย์ทั่วไป เช่น สำนักงาน ศูนย์กลางแสดงสินค้าและโรงแรม
- ใช้กับสถานบริการของชุมชน เช่น ห้องสมุด พิพิธภัณฑ์ ศูนย์วัฒนธรรมรวมทั้ง โรงละคร โรงภาพยนตร์
- ใช้ในสถานที่ต่าง ๆ ที่ต้องการประหยัดพลังงาน และลดความสว่างจ้าของแสงจาก ดวงอาทิตย์

คำแนะนำสำหรับการติดตั้งกระจกสะท้อนแสง

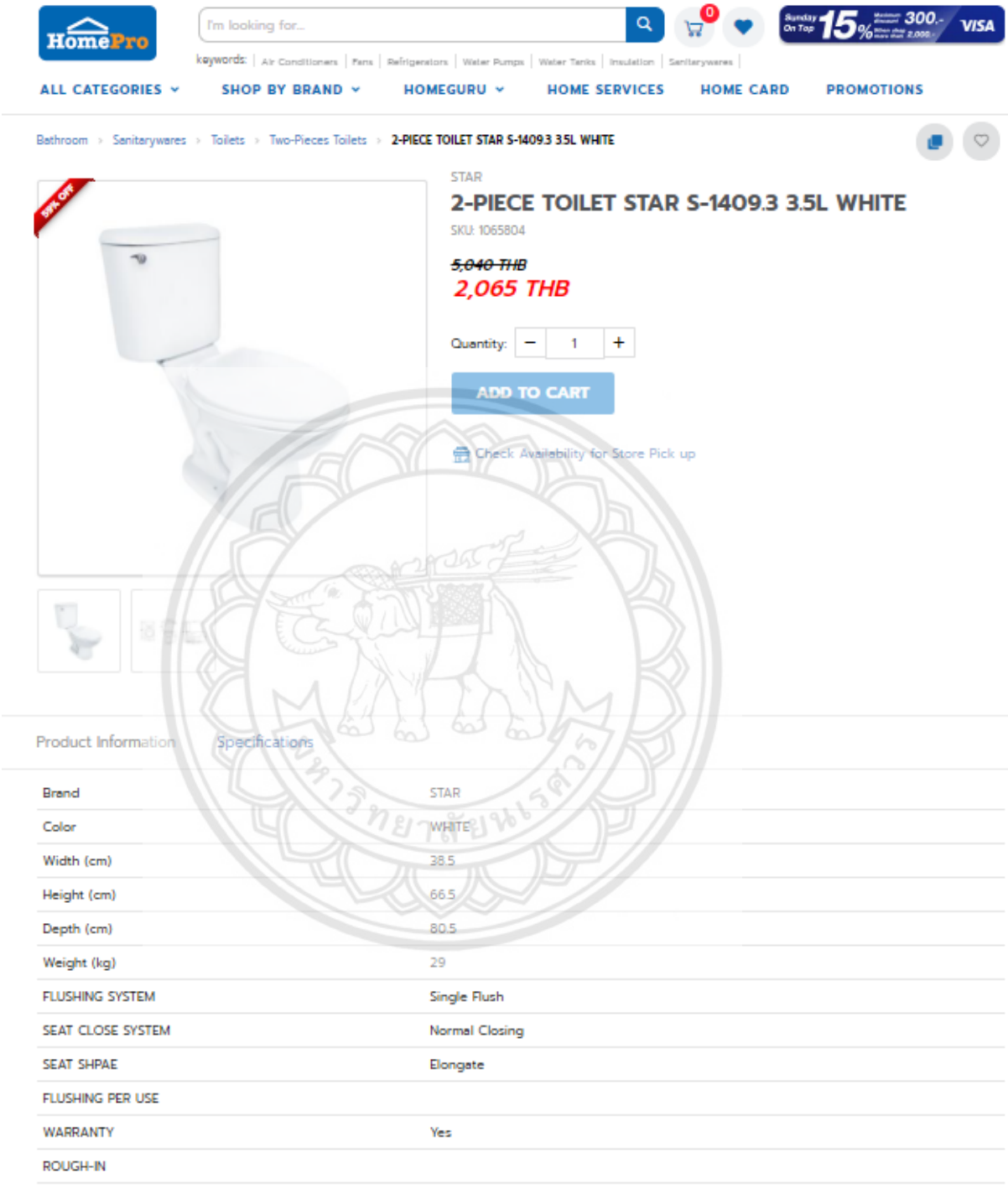
- วัสดุยาแนวที่ใช้ควรเป็นวัสดุยืดหยุ่นที่มีคุณภาพสูง เช่น โพลีซัลไฟด์ หรือ ซิลิโคน
- วัสดุที่ใช้รองรับวัสดุยาแนว ควรจะเป็นโฟมอ่อน เช่น โพลียูรีเธน ไม่ควรใช้ยางแข็ง เพราะจะทำให้ภาพสะท้อนเกิดความบิดเบี้ยวได้
- ควรใช้ยางความแข็ง 90 ดีกรี หรือมากกว่าเป็นวัสดุรองกระจกและควรแยกเป็น 2 จุดเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้เท่ากัน
- การตัดกระจกสะท้อนแสง ให้ตัดจากทางด้านที่เคลือบเสมอ โดยให้ด้านที่ไม่เคลือบอยู่ติดกับโต๊ะตัดกระจก เพื่อป้องกันการเกิดรอยขีดข่วนบนผิวกระจกด้านที่เคลือบสาร

ชนิดและข้อมูลผลิตภัณฑ์

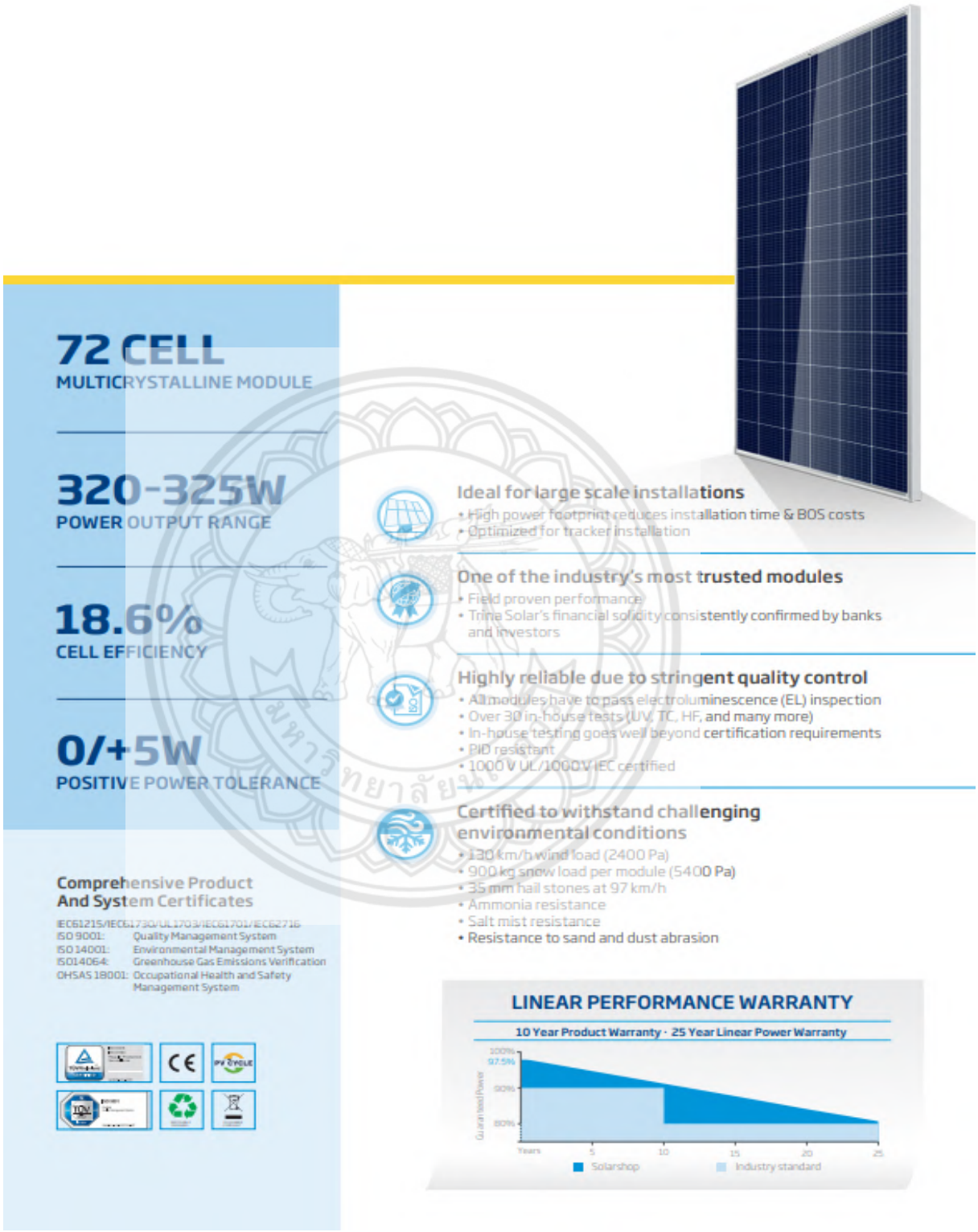
ชนิด	ความหนา (มิลลิเมตร)	ขนาดใหญ่สุด มิลลิเมตร	ขนาดใหญ่สุด นิ้ว	น้ำหนักเฉลี่ยต่อหน่วย (กก./ตารางเมตร)
โซลาร์แทค เอชที เคลือบบนกระจกโฟลตใส กระจกโฟลตสีเขียวเข้ม ชนิดธรรมดา	6.0	3658 x 2438	144 x 96	15
	8.0	3658 x 2438	144 x 96	20
	10.0	3658 x 2438	144 x 96	25
	12.0	3658 x 2438	144 x 96	30
โซลาร์แทค เอชที เคลือบบนกระจกโฟลตใส กระจกโฟลตสีเขียวเข้ม ชนิดเทมเปอร์	6.0	3600 x 2410	141 x 95	15
	8.0	3658 x 2410	144 x 95	20
	10.0	3658 x 2410	144 x 95	25
	12.0	3658 x 2410	144 x 95	30
โซลาร์แทค เอชที เคลือบบนกระจกโฟลตใส กระจกโฟลตสีเขียวเข้ม ชนิดฮีตสเตร็งเทน	6.0	3600 x 2410	141 x 95	15
	8.0	3658 x 2410	144 x 95	20
	10.0	3658 x 2410	144 x 95	25
	12.0	3658 x 2410	144 x 95	30
โซลาร์แทค เอชที เคลือบบนกระจกโฟลตสีบลูกรีน ชนิดธรรมดา	6.0	3200 x 2134	126 x 84	15
โซลาร์แทค เอชที เคลือบบนกระจกโฟลตสีบลูกรีน ชนิดเทมเปอร์	6.0	3200 x 2134	126 x 84	15
โซลาร์แทค เอชที เคลือบบนกระจกโฟลตสีบลูกรีน ชนิดฮีตสเตร็งเทน	6.0	3200 x 2134	126 x 84	15

หมายเหตุ : ข้อมูลในตารางอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ กรุณาสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมจากเจ้าหน้าที่บริษัทฯก่อนการสั่งซื้อ

ง.5 ข้อมูลโถสุขภัณฑ์ในการปรับปรุง



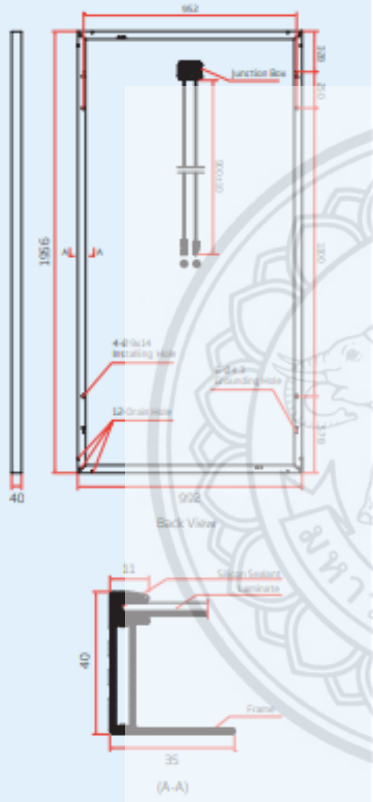
ง.6 ข้อมูลผลิตภัณฑ์แผงโซล่าเซลล์ท ที่ใช้ในมาตรการประหยัดพลังงาน การใช้เซลล์ แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานใช้ในอาคาร



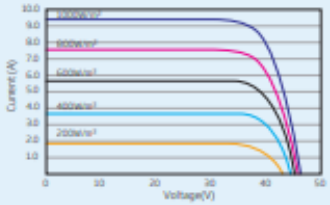
ง.6 ข้อมูลผลิตภัณฑ์แผงโซล่าเซลล์ท ที่ใช้ในมาตรการประหยัดพลังงาน การใช้เซลล์ แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานใช้ในอาคาร (ต่อ)

FRAMED 72-CELL MODULE

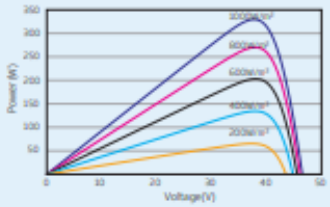
DIMENSIONS OF PV MODULE
(unit: mm)



I-V CURVES OF PV MODULE



P-V CURVES OF PV MODULE



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-P_{MAX} (Wp)*	320	325
Power Output Tolerance-P_{MAX} (W)	0/+5	0/+5
Maximum Power Voltage-V_{MP} (V)	36.7	36.8
Maximum Power Current-I_{MP} (A)	8.72	8.84
Open Circuit Voltage-V_{OC} (V)	46.0	46.1
Short Circuit Current-I_{SC} (A)	9.21	9.33
Module Efficiency η_m (%)	16.5	16.7

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25 °C, Air Mass AM1.5
* Measuring tolerance: ±3%

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Multicrystalline 156.75 × 156.75 mm
Cell Orientation	72 cells (6 x 12)
Module Dimensions	1956 × 992 × 40 mm
Weight	22.8 kg
Glass	3.2 mm, high transparency, AR coated and heat tempered solar glass
Backsheet	White
Frame	Silver Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP67 or IP68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm², 900 mm
Connector	EU Countries: 28 MC4 / UTX / TS4, Non-EU Countries: 28 QC4 / TS4

TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	44°C (±2K)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	- 0.41%/K
Temperature Coefficient of V_{OC}	- 0.32%/K
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.05%/K

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 to +85°C
Maximum System Voltage	1000VDC (IEC) 1000VDC (UL)
Max Series Fuse Rating*	15 A
Mechanical Load	5400Pa
Wind Load	2400Pa

* DO NOT connect fuse in combiner box with two or more strings in parallel connection

WARRANTY

10 year Product Workmanship Warranty
25 year Linear Performance Warranty

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box:	26 pieces
Modules per 40' container:	616 pieces

ง.7 ข้อมูลอินเวอร์เตอร์แปลงไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์

iMars Series Solar Inverter Catalog

iMars MG

Single Phase Grid-tied Solar Inverter

MG750TL / 1KTL / 1K5TL / 2KTL / 3KTL

Efficient

- The core technologies are from Germany.
- Wider voltage range, lower starting voltage and higher conversion efficiency (Max efficiency can reach to 97.8%).
- Adap to the complex conditions of roof, improve power generation.

Smart

- Smart grid adaptive to meet the requirements of various power grid access.
- Variety of monitoring modes: APP (one-button registration), large screen data monitoring center, cloud monitoring platform.
- Support RS485,GPRS,WIFI, GPRS200.

Reliable

- Aluminum casing, natural cooling, IP65 protection level.
- Adopt internationally famous brand components to ensure the stable operation of inverter.
- Insured by well-known international property insurance company (AIG) for Products /Completed Operations Liability Insurance

Simple

- Home appliance design, easy to operation.
- Small in size, light in weight, easy to install.

Monitoring solution:

Handheld HMI

WiFi 200
GPRS 200

PhoneExpert
InfoExpert
Monitoring Center

SysExpert

ง.7 ข้อมูลอินเวอร์เตอร์แปลงไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ (ต่อ)

Specification

	MG750TL	MG1KTL	MG1K5TL	MG2KTL	MG3KTL
Input (DC)					
Max. DC input power (W)	900	1200	1700	2200	3300
Max. DC input voltage (V)	400	450			500
Starting voltage (V) / Min. operation voltage (V)	60/50	80/60			
MPPT Range(V) / Rated input voltage(V)	50-400/300	60-400/300	80-410/300	100-410/300	120-450/360
Number of MPPT / String per MPPT	1/1				
Max. DC current (A) Per MPPT x Number of MPPT	8x1	9x1	10x1	12x1	15x1
DC switch	Optional				
Output (AC)					
Rated output power (W)	750	1000	1500	2000	3000
Max. AC output current (A)	3.6	4.5	6.5	9	13
Grid voltage range	230(180~276V)				
Grid frequency range	50Hz(44~55Hz) / 60Hz(54~65Hz)				
Power factor	>0.99 (at rated power)				
THDi	< 3% (at rated power)				
AC output	Single-phase (L、N、PE)				
System					
Cooling method	Natural cooling				
Max. efficiency	96.80%	96.90%	97.20%	97.20%	97.30%
Euro-efficiency	95.95%	96.00%	96.10%	96.10%	96.50%
MPPT efficiency	99.90%				
Protection degree	IP65				
Self-consumption (at night)	<1 W				
Topology	Transformerless				
Operating temperature range	-25℃~+60℃ (derate after 45℃)				
Relative humidity	0~95%, no condensation				
Protection	PV array insulation protection, PV array leakage current protection, Ground fault monitoring,Grid monitoring, island protection, DC monitoring, Short current protection etc.				
Display and communication					
Display	LCD (standard) / LED (optional)				
LCD language	English, Chinese, German, Dutch				
Communication interface	RS485 (standard)； WiFi、GPRS200 (optional)				
Mechanical parameters					
Dimension (H x W x D mm)	280x300x138				
Weight (kg)	≤9.5				
Installation	Wall mounting				
Others					
DC terminal	Waterproof terminals				
Grid qualification	DIN VDE 0126-1-1：2013，VDE-AR-N 4105：2011，DIN VDE V 0124-100：2012，EN 50438：2013，G83-2 :2012, IEC 61727(IEC82116)，AS/NZS 4777.2:2015, NB/T32004-2013, IEC 60068-2-1:2007, IEC 60068-2-2:2007, IEC 60068-2-14:2009, IEC 60068-2-30:2005, IEC 61683: 999, C10/11, TF3.2.1				
Safe certificates / EMC certificates	IEC 62109-1:2010, IEC 62109-2:2011, EN 61000-6-2:2005, EN 61000-6-3:2007/A1:2011				
Factory warranty	5 years (standard)				

ง.8 ข้อมูลค่าแรงในการติดตั้งโซล่าเซลล์

บริษัท บิ๊กไฟว์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด

778/170 หมู่บ้านประภาทรัพย์ 4 ถนนเจริญพัฒนา แขวงบางขัน เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ

Tel. 0-2005-9896 www.bigfive.co.th email: ,bigfive5956@gmail.com , bigfive5956@hotmail.com

ใบเสนอราคา

QUOTATION

ชื่อลูกค้า :	ผู้บริหารทุกท่าน	**เลขที่ใบเสนอราคา :**	QT6210K
ที่อยู่ :		**วันที่เสนอราคา :**	
		กำหนดยืนราคา :	30วัน
Tel :		**เงื่อนไขการชำระเงิน :**	เงินสด
Fax :		**พนักงานขาย :**	สรนาท เนาว์ประดิษฐ์
Email :		**ผู้ติดต่อ :**	

มีความยินดีที่จะเสนอราคาสินค้าดังต่อไปนี้ Please to quote the following items

ลำดับ No.	รหัสสินค้า Code	รายละเอียดสินค้า Description	จำนวน Quantity	หน่วย Unit	ราคาต่อหน่วย Unit price	จำนวนเงิน Amount
		Solar Rooftop 10 K				-
1	BIG001	Polycrystalline PV Module PPM 320 W	32	pcs	3,460.00	110,720.00
2	BIG002	Inverter INVT 10K 3Phase	1	pcs	46,900.00	46,900.00
3	BIG003	invt Smart WIFI	1	pcs	7,900.00	7,900.00
4	BIG004	Rail Aluminium 4.2 M	20	pcs	460.00	9,200.00
5	BIG005	L-feet	40	pcs	45.00	1,800.00
6	BIG006	Mid Clamp	72	pcs	30.00	2,160.00
7	BIG007	End Clamp	24	pcs	30.00	720.00
8	BIG008	Cable PV XLR-R 0.6/1Kv 6 Sq.mm. Black	100	m	45.00	4,500.00
9	BIG009	Cable PV XLR-R 0.6/1Kv 6 Sq.mm. Red	100	m	45.00	4,500.00
10	BIG010	DC breaker 16A	2	pcs	720.00	1,440.00
11	BIG011	DC Surge 3P 1000V	2	pcs	1,300.00	2,600.00
12	BIG012	AC breaker 3P 32A	1	pcs	570.00	570.00
13	BIG013	AC Surge 4P 3 phase	1	pcs	1,650.00	1,650.00
14	BIG014	AC / DC Box ปะกัน 12ปี	1	pcs	2,500.00	2,500.00
15	BIG015	Cable AC THW 16 sq.mm.	50	m	45.00	2,250.00
16	BIG016	ค่าแรงลดิ ตั้งระบบไฟฟ้า+แผงโซลาร์เซลล์	1	pcs	40,000.00	40,000.00
18	BIG018	Accessories	1	pcs	18,000.00	18,000.00

หมายเหตุ (Remark) :	**รวมเงิน**	257,410.00
แผงโซล่าเซลล์รับประกันสินค้า 20 ปี,ประกันอินเวอร์เตอร์ 5 ปี,ประกันระบบติดตั้ง 1 ปี	**มูลค่าสินค้าบริการ**	257,410.00
*ไม่รวมขออนุญาติการไฟฟ้า	**จำนวนภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%**	18,018.70
*ไม่รวมค่าที่พัก+ ค่าเดินทาง	**ค่าขนส่ง**	
ลดค่าไฟได้ 6000-7000 บาท จุดคุ้มทุน 3ปี	**รวมเงินทั้งสิ้น**	275,428.70
จ่ายงวดแรก มัดจำ 80% ติดตั้งเดินระบบ 20%		

ขอแสดงความนับถือ
Best Regards

สรนาท เนาว์ประดิษฐ์
Sales Executive
064-595-9594,064-559-4956

ตกลงตามรายการข้างต้น
Confirmation

ตำแหน่ง .....