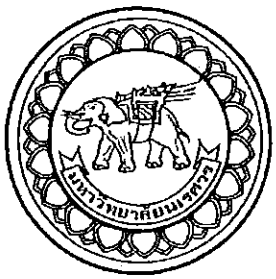
อภินันทนาการ



การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารโดยใช้โปรแกรม BEC

EVALUATION OF BUILDING ENERGY EFFICIENCY

BY USING BEC SOFTWARE

1719689

นายณัฐวุฒิ วงค์สลี รหัส 55363926

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 17 ต.ค. 2560
เลขทะเบียน.....
เลขเรียกหนังสือ.....

ว
ณ 361 ก
2559

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2558

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารโดยใช้โปรแกรม BEC

ผู้ดำเนินโครงงาน นายณัฐวุฒิ วงค์สลี รหัส 55363926

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2558

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ
(ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารโดยใช้โปรแกรม BEC
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายณัฐวุฒิ วงค์สลี รหัส 55363926
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2558

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการนำเอาโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร BEC V.1.0.6 มาใช้วิเคราะห์การใช้พลังงานภายในอาคารเรียนรวมในกลุ่มอาคารอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนเรศวร (2) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกผ่านผนัง (OTTV) และหลังคา (RTTV) ประสิทธิภาพการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ และประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง รวมถึงการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคารภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าการประเมินประสิทธิภาพของ OTTV ระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างผ่านเกณฑ์การประเมิน มีเพียงค่า RTTV ที่ไม่ผ่าน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารยังคงผ่านเกณฑ์การอนุรักษ์พลังงานในอาคารภายใต้พระราชบัญญัติดังกล่าว

Project title	Evaluation of Building Energy Efficiency by Using BEC Software
Name	Mr. Natthawut Wongsalee ID. 55363926
Project advisor	Asst. Prof. Niphat Jantharamin, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2015

Abstract

This thesis presents the using of BEC software for efficiency evaluation of the energy consumption in a study building of an Industrial Service Block in Naresuan University. Hereby, heat transfer through the walls (OTTV) and through the roofs (RTTV) from the outside, the performance of space cooling system, and energy efficiency of lighting system are inspected. In addition, overall efficiency of energy consumption in the building is evaluated according to the Act of Energy Conservation (No. 2), 2007. The evaluation results indicate that the OTTV, the space cooling system, and the lighting system pass the criterion while the RTTV fails. However, the overall energy efficiency passes according to the aforementioned Act.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน โดยคอยให้คำแนะนำและคำปรึกษาในการใช้โปรแกรม BEC เพื่อการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร การเลือกอาคารและระบบที่ต้องการประเมิน ตลอดจนอบรมสั่งสอนการเขียนปริญญานิพนธ์ด้วยความใส่ใจในรายละเอียดของผลงาน จึงทำให้การดำเนินโครงงานและการเขียนปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ผู้ดำเนินโครงงานจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนตลอดการศึกษาในระดับปริญญาตรี ทำให้สามารถนำความรู้และทักษะในหลายๆด้านมาประยุกต์ใช้กับการดำเนินโครงงาน โดยเฉพาะผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย และดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบโครงงานและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงงานนี้

ขอขอบคุณกองอาคารและสถานที่ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อนุเคราะห์และให้แบบแปลนโครงสร้างของอาคาร โครงการกลุ่มอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนเรศวร (2) อาคารเรียนรวม

ขอขอบคุณนายวรวุฒิ เกิดวงศ์หงส์ และนายธนบัตร เขียวสุวรรณ ที่ให้คำแนะนำและรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งภายในอาคาร

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ญาติ และมิตรสหาย ที่มอบความรัก ความเข้าใจ และคอยเป็นกำลังใจให้อยู่เสมอ จนทำให้ประสบกับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้

นายณัฐวุฒิ วงค์สลี

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร 4
2.1.1 การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (OTTV) 6
2.1.2 การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) 7
2.1.3 การลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคาร 8
2.2 ระบบปรับอากาศ 9
2.2.1 ระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว 9
2.2.2 ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลาง 10
2.2.3 ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ 11
2.2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ 13
2.3 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 14
2.3.1 พื้นฐานการส่องสว่าง 14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.2 กำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 16
2.3.3 การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อการประประหยัดพลังงาน 17
2.4 การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร 19
2.5 โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร 21
2.5.1 ฐานข้อมูล 22
2.5.2 การแบ่งเขตพื้นที่ภายในอาคาร 25
2.5.3 รายงานผลวิเคราะห์การใช้พลังงาน 25

บทที่ 3 การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร 27
3.1 การถ่ายเทความร้อนผ่านระบบกรอบอาคาร 27
3.2 การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ 31
3.3 การใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 32
3.4 บริเวณการใช้งานและรูปแบบของผนังในอาคารที่วิเคราะห์ 33
3.5 การใช้งานโปรแกรม BEC 35
3.5.1 การเข้าสู่โปรแกรม 36
3.5.2 การสร้างกรอบอาคาร 36
3.5.3 การสร้างข้อมูลอุปกรณ์ปรับอากาศ 39
3.5.4 การสร้างข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง 40
3.5.5 การสร้างแบบจำลองอาคาร 40
3.5.6 รายงายผลการประเมินการใช้พลังงานของอาคาร 41

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร 42
4.1 การวิเคราะห์ผลการประเมินระบบกรอบอาคาร 42
4.2 การวิเคราะห์ผลการประเมินระบบปรับอากาศ 43
4.3 การวิเคราะห์ผลการประเมินระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 44
4.4 การวิเคราะห์ผลการประเมินการใช้พลังงานรวมของอาคาร 44

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 45
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 45
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 46
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 46

เอกสารอ้างอิง 47

ภาคผนวก ก กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักการ และวิธีการ ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน 49
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้โปรแกรม BEC 56
ภาคผนวก ค ผลการประเมิน 92
ภาคผนวก ง คำอธิบายผลการประเมิน 102

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 108

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 การใช้พลังงานแยกตามประเภทของกิจกรรม (ส.อ.ท. กฟน. สงป.) 1

2.1 การเปรียบค่าความสว่างในอาคารตามมาตรฐาน CIE IES และ BS 18

3.1 วัสดุกรอบอาคารในส่วนของผนังทึบแสง 28

3.2 วัสดุกรอบอาคารในส่วนของผนังโปร่งแสง 28

3.3 วัสดุกรอบอาคารในส่วนของผนัง 29

3.4 การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ 32

3.5 การใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 32

3.6 การแบ่งบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ 34

3.7 การสร้างผนังตามแบบโครงสร้างของตัวอาคาร 34

4.1 ผลการประเมินกรอบอาคาร 42

4.2 ผลการประเมินระบบปรับอากาศ 43

4.3 ผลการประเมินระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 44

4.4 ผลการประเมินการใช้พลังงานรวม 44

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ทิศทางของแสงแดดในช่วงเดือนต่าง....4
2.2 ความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร....5
2.3 วงจรการถ่ายเทความร้อนในระบบทำความเย็น....11
2.4 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานรวมของอาคารจริงกับอาคารอ้างอิง....19
2.5 โปรแกรม BEC VERSION 1.0.6....22
2.6 ข้อมูลของวัสดุทึบแสงที่มีในฐานข้อมูล....22
2.7 ข้อมูลของกระจกที่มีในฐานข้อมูล....23
2.8 ส่วนประกอบของผนังทึบและผนังโปร่งแสง....23
2.9 กลุ่มโครงสร้างของผนัง....24
2.10 การวางตัวของผนัง....24
2.11 อุปกรณ์ระบบปรับอากาศ....24
2.12 อุปกรณ์ของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง....24
2.13 รายละเอียดเขตพื้นที่ภายในอาคาร....25
2.14 รายงานค่า OTTV/RTTV ของตัวอาคาร....25
2.15 รายงานประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศแบบรวมส่วน....26
2.16 รายงานประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง....26
2.17 รายงานประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของตัวอาคาร....26
3.1 อาคารโครงการกลุ่มอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนเรศวร (2) อาคารเรียนรวม....27
3.2 การกำหนดชื่ออาคาร....36
3.3 การเข้าใช้งานโปรแกรม....36
3.4 การสร้างส่วนประกอบของผนัง....37
3.5 การสร้างส่วนของผนัง....37
3.6 การสร้างผนัง....38
3.7 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบัง....39
3.8 การสร้างข้อมูลอุปกรณ์ปรับอากาศ....39
3.9 การสร้างข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง....40
3.10 การสร้างเขตพื้นที่ภายในอาคาร....41
3.11 รายงายผลการประเมินการใช้พลังงานของอาคาร....41

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

การอนุรักษ์พลังงานภายในอาคาร คือการใช้พลังงานอย่างประหยัดและใช้อย่างรู้คุณค่า รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานที่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยใช้พลังงานให้น้อยลงแต่ยังคงได้ประสิทธิภาพเท่าเดิม เช่น การใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างร่วมกันกับแสงธรรมชาติ สามารถลดการกำลังไฟฟ้าสำหรับกำเนิดแสงสว่าง ปิดระบบทำความเย็นก่อนเวลาเลิกงาน 15 - 30 นาทีเนื่องจากน้ำเย็นในระบบยังมีความเย็นเพียงพอ เป็นต้น ผลสำรวจการใช้พลังงานในอาคารโดยศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทยร่วมกับการไฟฟ้านครหลวงและสำนักงบประมาณ ปี พ.ศ. 2534 พบว่า การใช้พลังงานภายในอาคารของหน่วยงานราชการส่วนใหญ่ใช้ไปกับระบบทำความเย็นปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง [1] ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การใช้พลังงานแยกตามประเภทของกิจกรรม (ส.อ.ท. กฟน. สงป.) [1]

ประเภทอาคาร	ระบบทำความเย็น	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	อื่นๆ
สำนักงาน	63.0	25.0	12.0
สถานศึกษา	47.0	38.0	15.0
สถานพยาบาล	60.0	22.0	18.0

ดังนั้นการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคารจึงเป็นส่วนสำคัญในการเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงาน ลดต้นทุนในภาคการผลิตและบริการทางด้านพลังงานไฟฟ้า ตลอดจนลดการปล่อยมลพิษและก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของสภาวะโลกร้อน การที่จะใช้พลังงานให้ได้อย่างคุ้มค่านี้จะต้องมีการวางแผนและออกแบบโครงสร้างภายในอาคารเพื่อที่จะควบคุมและลดการสูญเสียการใช้พลังงานภายในอาคาร

ด้วยเหตุนี้กระทรวงพลังงาน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) จึงได้ดำเนินการออกกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 กำหนดให้อาคาร 9 ประเภทที่มีพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตร ได้แก่ (1) อาคารสำนักงาน (2) สถานศึกษา (3) โรงมหรสพ (4) ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า (5) อาคารชุมนุมคน (6) อาคาร

สถานพยาบาล (7) สถานพยาบาล (8) อาคารชุด และ (9) โรงแรม ที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลงต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน [2]

แต่หลักเกณฑ์การตรวจสอบและวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ให้เป็นไปตามประกาศกฎกระทรวงฯ มีรายละเอียดค่อนข้างมาก ดังนั้นกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) จึงได้พัฒนา โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร (Building energy code, BEC) ขึ้นเพื่อใช้สำหรับตรวจสอบความสอดคล้องของแบบอาคารต่อเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 โปรแกรมดังกล่าวสามารถประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (Overall thermal transfer value, OTTV) ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (Roof thermal transfer value, RTTV) ประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบเครื่องทำน้ำร้อน และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ รวมถึงประเมินพลังงานรวมของอาคาร ซึ่งเป็นประโยชน์ในการเสนอแนะแนวทางแก้ไขเพื่อดัดแปลงหรือก่อสร้างอาคารให้ใช้พลังงานภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อตรวจประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารโครงการกลุ่มอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนเรศวร (2) อาคารเรียนรวม ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ให้สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 โดยใช้โปรแกรม BEC V.1.0.6

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ตรวจประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารโครงการกลุ่มอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนเรศวร (2) อาคารเรียนรวม โดยใช้โปรแกรม BEC
2) ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร และหลังคาอาคาร
3) ประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
4) ประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของตัวอาคาร

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2558					พ.ศ. 2559			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1) ศึกษาวิธีการใช้งานโปรแกรม BEC V.1.0.6 และโครงสร้างภายในอาคาร									
2) รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในประเมินแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน									
3) ตรวจประเมินแบบอาคารโดยใช้งานโปรแกรม BEC V.1.0.6									
4) วิเคราะห์และสรุปผลการตรวจประเมินแบบอาคาร									
5) สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

โปรแกรม BEC V.1.0.6 จะช่วยให้สามารถตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร โครงการกลุ่มอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนเรศวร (2) อาคารเรียนรวม ตามเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 และยังช่วยในการเสนอแนะแนวทางแก้ไข การก่อสร้างหรือดัดแปลงการออกแบบการใช้พลังงานภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.6 งบประมาณ

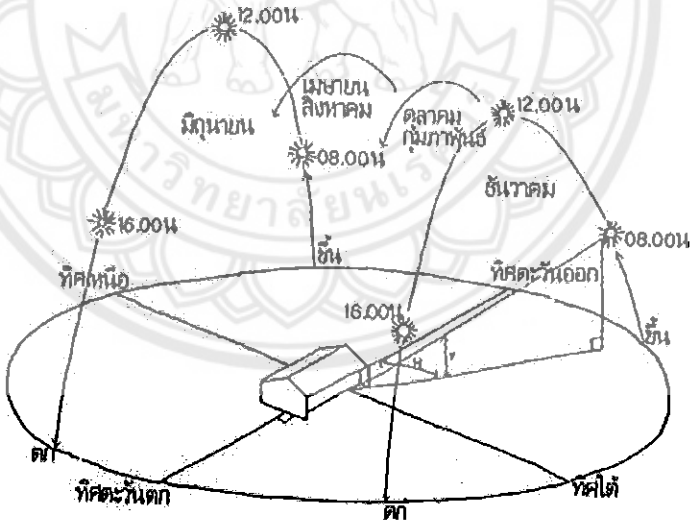
1) ค่าเอกสารแบบโครงสร้างของอาคารที่เลือกเป็นกรณีศึกษา	200 บาท
2) ค่าเอกสารคู่มือการใช้งานโปรแกรม	100 บาท
3) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญานิพนธ์	700 บาท
รวมเงินทั้งสิ้น(หนึ่งพันบาทถ้วน)	1,000 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร

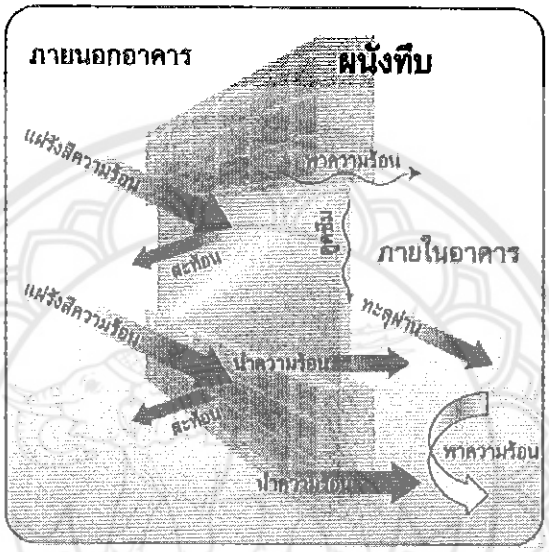
แสงแดดมีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนที่เข้ามายังตัวอาคารไม่ได้มีเฉพาะที่มาจากทิศตะวันออกและทิศตะวันตกเท่านั้น ในความเป็นจริงนั้นความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้รับอิทธิพลของแสงแดดที่ส่องมาจากทิศเหนือและทิศใต้ด้วย ในกรณีของประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรหรือค่อนมาทางซีกโลกเหนือ ซึ่งจะได้รับอิทธิพลของแสงแดดที่ส่องมาจากทางทิศใต้มากกว่าแสงแดดที่ส่องมาจากทิศเหนือเพราะแสงแดดจะทำมุมเฉียงมาจากทิศทางใต้มากกว่า ทั้งนี้แสงแดดที่ส่องมาจากทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก จะเป็นผลมาจากการที่โลกหมุนรอบตัวเองในแต่ละวัน ส่วนแสงแดดที่ส่องมาจากทางทิศเหนือและทิศใต้จะเป็นผลมาจากการที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ในแต่ละปี ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งในกรณีนี้ทิศทางของแสงแดดจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล



รูปที่ 2.1 ทิศทางของแสงแดดในช่วงเดือนต่าง [4]

ความร้อนที่เกิดจากแสงแดดเป็นผลโดยตรงกับการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร ดังนั้นอาคารในปัจจุบัน เช่น อาคารสำนักงาน สถานศึกษา สถานพยาบาล จึงต้องมีการออกแบบกรอบอาคาร การวางทิศทางอาคารและการใช้วัสดุที่ช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารโดยตรง เช่น ฉนวนกันความร้อน ช่องว่างอากาศในผนัง เป็นต้นเพื่อช่วยลดความร้อนจากภายนอก โดยการถ่ายเทความร้อน สามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

1) การนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังทึบ จากนั้นความร้อนผ่านจากผนังทึบเคลื่อนตัวผ่านไปยังอากาศภายในอาคารโดยการพาความร้อน
2) การแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังกระจก
3) การนำความร้อนจากผนังกระจก เนื่องจากอุณหภูมิแตกต่างระหว่างอากาศภายนอกและภายในอาคาร
4) การพาความร้อนเนื่องจากการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้าไปในอาคาร ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร

ที่มา: http://www.ameritechfilms.com

การคำนวณค่าความร้อนที่เข้ามาในอาคารนั้นมีหลายวิธี เช่น วิธีผลต่างของอุณหภูมิสมมูลรวม (Total equivalent temperature differential, TETD) วิธีผลต่างของอุณหภูมิโหลดทำความเย็น (Cooling load temperature differential, CLTD) และวิธีฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer function method) เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป แต่ตามการออกกฎกระทรวงฯ พ.ศ. 2552 ว่าด้วยการกำหนดมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคาร ได้กำหนดให้ใช้วิธีการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (OTTV) และการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) เป็นดัชนีในการแสดงปริมาณความร้อนเฉลี่ยเข้าสู่อาคาร เพื่อใช้ประเมินสมรรถนะของกรอบอาคารต่อการถ่ายเทความร้อน [2-5] โดยที่

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (OTTV) มีค่าไม่เกิน 50 W/m^2

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) มีค่าไม่เกิน 15 W/m^2

2.1.1 การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (OTTV)

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน ($OTTV_i$) [6] แสดงได้ดังนี้

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

โดยที่ $OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณามีหน่วยเป็น W/m^2

U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ มีหน่วยเป็น $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสง ต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

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

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง หรือกระจกมีหน่วยเป็น $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็น $^\circ C$

SHGC คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง และ/หรือผนังทึบ มีหน่วยเป็น W/m^2

การคำนวณค่าถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารทั้งหมด (OTTV) แสดงได้ดังนี้

$$\mathrm{OTTV} = \frac{(A_{W1})(\mathrm{OTTV_1}) + (A_{W2})(\mathrm{OTTV_2}) + \cdots + (A_{Wi})(\mathrm{OTTV_i})}{A_{W1} + A_{W2} + \cdots + A_{Wi}} \qquad (2.2)$$

โดยที่ A_{Wi} คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณาซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วย m^2

$\mathrm{OTTV_i}$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณามีหน่วยเป็น W/m^2

2.1.2 การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน ($\mathrm{RTTV_i}$) [6] แสดงได้ดังนี้

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

โดยที่ $\mathrm{RTTV_i}$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา มีหน่วยเป็น W/m^2

U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบ มีหน่วยเป็น $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

SRR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคา ส่วนที่พิจารณา

$\mathrm{TD_{eq}}$ คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิ ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ มีหน่วยเป็น °C

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง หรือกระจกมีหน่วยเป็น $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็น °C

SHGC คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง และผนังทึบ มีหน่วยเป็น W/m^2

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) แดงได้ดังนี้

$$RTTV = \frac{(A_{W1})(RTTV_1)+(A_{W2})(RTTV_2)+\cdots+(A_{Wi})(RTTV_i)}{A_{W1}+A_{W2}+\cdots+A_{Wi}} \quad (2.4)$$

โดยที่ A_{Wi} คือ พื้นที่ของหลังคาส่วนที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่หลังคาทึบและพื้นที่หลังคาโปร่งแสง มีหน่วย m^2

$RTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน มีหน่วยเป็น W/m^2

2.1.3 การลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคาร

การลดปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารแนวทางที่ดีที่สุด คือทำให้ความร้อนผ่านได้ช้าลง เพราะความร้อนที่ผ่านเข้ามาไม่สามารถหยุดการถ่ายเทได้แม้จะมีฉนวนมาเข้ากันก็ตาม ดังนั้น วิธีในการลดปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารมีดังนี้

1) รูปร่างและเส้นรอบรูปของกรอบอาคารควรมีเส้นรอบรูปที่น้อยในพื้นที่ใช้สอยที่เท่าๆกัน เช่น รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่เนื่องจากมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้อง เช่น ทิศทางแดดและลม ดังนั้น อาคารรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีสัดส่วนกว้างและยาวที่เหมาะสม จะช่วยลดปริมาณความร้อน

2) วางอาคารให้ด้านแคบหันไปทางทิศที่รับแดดช่วงบ่ายคือ ทิศตะวันตกหรือทิศตะวันตกเฉียงใต้

3) ทำให้กรอบอาคารได้รับร่มเงาไม่ว่าจะเป็นแผงบังแดด ส่วนอื่นของอาคารหรือจากต้นไม้ใหญ่

4) ใช้วัสดุที่ไม่สะสมความร้อนหรือวัสดุประเภทฉนวนกันความร้อน ระหว่างผนังและหลังคากับฝ้าเพดาน โดยใช้วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสงหรือผิวที่มีสีอ่อน

5) เพิ่มมวลหรือความหนาของวัสดุจะทำให้ความร้อนผ่านเข้าสู่ภายในได้ช้าลง และทำให้อุณหภูมิในที่เดียวกันแตกต่างกันได้

6) ลดปริมาณการใช้กระจกในด้านที่รับแดด ใช้แสงธรรมชาติช่วยส่องสว่าง จำกัดส่วนโปร่งใสของผนังและหลังคาให้แสงอาทิตย์ผ่านได้เท่าที่จำเป็น

7) ใช้ที่ว่างสำหรับให้อากาศเป็นตัวป้องกันความร้อนออกไป โดยอาจทำหลังคาหรือผนังสองชั้นที่มีช่องว่างตรงกลางให้อากาศช่วยดักความร้อน หรือให้อากาศระบายถ่ายเทออกได้โดยมีช่องเปิดทำให้ระบายอากาศรอบฝ้าชายคาด้วยการตีระแนงไม้โปร่งหรือทำช่องละบายอากาศออกทางหน้าจั่ว

8) หลีกเลี่ยงวัสดุปูพื้นที่เป็นพื้นแข็ง เช่น คอนกรีตบริเวณภายนอกอาคาร เนื่องจากสามารถเก็บความร้อนได้สูง ให้ใช้อิฐกระเบื้องดินเผาแทนเนื่องจากสามารถเก็บความร้อนได้ต่ำกว่า [7, 8]

2.2 ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศมักจะถูกออกแบบเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในช่วงความสบายของผู้ที่อยู่ในอาคาร (Comfort zone) คืออุณหภูมิที่อยู่ระหว่าง 22 - 27 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 20 - 75% โดยทั่วไประบบปรับอากาศที่นิยมใช้ในอาคารประกอบด้วย แบบหน่วยเดียว (Unitary) และแบบส่วนกลาง (Central)

2.2.1 ระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

ระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียวเป็นวิธีที่จัดทำระบบปรับอากาศเป็นชุดขนาดเล็ก แล้วติดตั้งไว้ในแต่ละห้องหรือติดตั้งแยกไว้ในพื้นที่ปรับอากาศเป้าหมายที่แยกเป็นห้องเล็กๆ แบ่งได้เป็น

1) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) เป็นระบบปรับอากาศขนาดเล็กโดยส่วนใหญ่ขนาดทำความเย็นจะไม่เกิน 40,000 Btu/h ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศจะแยกเป็น 2 ส่วนหลัก คือส่วนของขดลวดทำความเย็นที่เรียกว่า ขดลวดเย็น (Evaporator) และพัดลมจ่ายลมเย็นอยู่ภายในอาคาร ส่วนขดลวดทำความร้อนเรียกว่า ขดลวดร้อน (Condenser) และคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ซึ่งอยู่ภายนอกอาคาร ระหว่างชุดขดลวดเย็นและขดลวดร้อนจะมีท่อสารทำความเย็นทำหน้าที่เป็นตัวถ่ายเทความร้อนออกจากห้องปรับอากาศ

2) เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Windows type) เป็นระบบปรับอากาศขนาดเล็กที่ทำความเย็นระหว่าง 8,000 - 30,000 Btu/h โดยจะรวมทั้งขดลวดร้อนและขดลวดเย็นให้อยู่ในเครื่องเดียว ซึ่งเหมาะสำหรับห้องขนาดเล็กที่มีหน้าต่างหรือผนังติดกับอากาศโล่งภายนอก

3) เครื่องปรับอากาศแบบรวมส่วน (Package) เป็นระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคารขนาดเล็ก อาจมีจำนวนห้องที่จำเป็นต้องปรับอากาศหลายห้อง หลายส่วน หรือหลายชั้น ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศประกอบด้วย แผงขดลวดเย็น ขดลวดร้อน และเครื่องอัดสารทำความเย็นรวมอยู่ในชุดเดียวกัน โดยมีท่อส่งลมเย็นและท่อลมกลับซึ่งจะติดตั้งอยู่ด้านในแล้วต่อผ่านทะลุ

ออกมาตามผนังด้านนอกอาคารและต่อเชื่อมเข้ากับตัวเครื่องปรับอากาศรวมส่วน ซึ่งจะติดตั้งอยู่ด้านนอกอาคาร โดยที่ท่อส่งลมเย็น (Supply air duct) ทำหน้าที่จ่ายลมเย็นไปยังพื้นที่ปรับอากาศ และท่อลมกลับ (Return air duct) ทำหน้าที่นำลมเย็นที่ได้ ไปแลกเปลี่ยนความเย็นให้กับห้องปรับอากาศ กลับมายังแผงทำความเย็นอีกครั้ง นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายปริมาณลมเย็น (Variable air volume, VAV) เพื่อควบคุมให้ปริมาณลมเย็นเหมาะสมกับภาระการทำความเย็นที่ต้องการ โดยเฉพาะกรณีที่มีภาระลดลงโดยที่อุณหภูมิยังคงที่แต่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบรวมส่วนที่ใช้งานมีให้เลือกหลายประเภท ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียของแต่ละประเภทแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งาน แต่หากแบ่งตามลักษณะการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

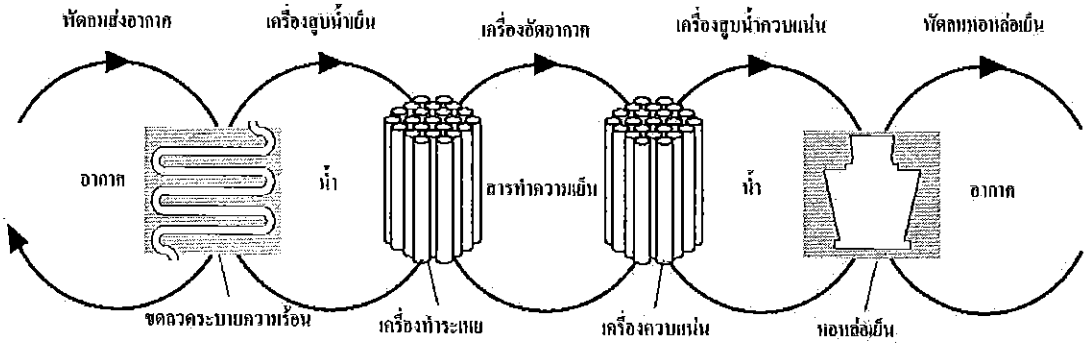
3.1) ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Packaged air-cooled air conditioner) โดยปกติขนาดการทำความเย็นไม่เกิน 30 TR (360,000 Btu) เหมาะสำหรับพื้นที่ปรับอากาศที่มีข้อจำกัดของพื้นที่ติดตั้งหรือระบบน้ำสำหรับระบายความร้อน ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบรวมส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศจะอยู่ระหว่าง 1.4 - 1.6 kW/t (12,000 Btu)

3.2) ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Packaged water-cooled air conditioner) ใช้สำหรับระบบที่ต้องการขนาดการทำความเย็นมาก ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบรวมส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำดีกว่าระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยจะอยู่ประมาณ 1.2 kW/t [9]

2.2.2 ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลาง

ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลาง (Central air-conditioning system) เป็นระบบปรับอากาศที่ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน โดยมีเครื่องสูบน้ำส่งจ่ายน้ำหมุนเวียนในระบบทั้งทางด้านน้ำเย็นและน้ำหล่อเย็น ในด้านน้ำเย็นจะมีเครื่องส่งลมเย็น (Air handling unit, AHU) หรือเครื่องเป่าลมเย็น (Fan coil unit, FCU) เป็นอุปกรณ์ส่งจ่ายลมเย็น ในด้านน้ำเย็น ความร้อนจะถูกระบายออกสู่ภายนอกโดยใช้น้ำผ่านหอผึ่งน้ำ หรือใช้อากาศผ่านพัดลมระบายความร้อน ดังรูปที่ 2.3

ระบบปรับอากาศส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ จะใช้พลังงานมากกว่าระบายความร้อนด้วยน้ำ แต่ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศมีขนาดเล็กกว่าจึงเหมาะสมกับอากาศที่มีพื้นที่ติดตั้งระบบปรับอากาศที่จำกัด [9]



รูปที่ 2.3 วงจรการถ่ายเทความร้อนในระบบทำความเย็น

ที่มา: Bureau of Energy Efficiency, 2004

2.2.3 ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

การประเมินสมรรถนะของระบบปรับอากาศ จำเป็นต้องทราบภาระการทำความเย็นและความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศหรือระบบปรับอากาศนั้นๆ โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of performance, COP) ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy efficiency ratio, EER) ของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กและระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ โดยแยกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก และระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

1) เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ คือ อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ หน่วยเป็น W กับพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็น W [6] แสดงได้ดังนี้

$$\mathrm{COP} = \frac{Q}{W} \tag{2.5}$$

โดยที่ Q คือ ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น W

W คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็น W

ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น คือ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นของระบบปรับอากาศ โดยกำหนดในรูปของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน คือ อัตราส่วนระหว่าง ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ หน่วยเป็น Btu/h กับพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็น W แสดงได้ดังนี้

$$EER = 3.412(COP) \tag{2.6}$$

โดยที่ EER คือ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน มีหน่วยเป็น Btu/h/W

2) ระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ คำนวณเช่นเดียวกันกับกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นหรือค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น(Chiller performance, CHP) คือ อัตราส่วนระหว่างพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็น kW กับขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องทำน้ำเย็น หน่วยเป็น ตันความเย็น (Refrigeration ton, RFT) แสดงได้ดังนี้

$$\text{CHP} = \frac{kW}{TON} \tag{2.7}$$

โดยที่ CHP คือ ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น มีหน่วยเป็น kW/RFT

kW คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็นที่ภาระเต็มพิกัด มีหน่วยเป็น kW ให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

TON คือ ขีดความสามารถการทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระเต็มพิกัด มีหน่วย RFT ให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นสำหรับส่วนประกอบอื่นของระบบปรับอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วย ระบบระบายความร้อน ระบบจ่ายน้ำเย็น และระบบส่งลมเย็น แสดงได้ดังนี้

$$MP = \frac{CW + PW + FW}{TON} \tag{2.8}$$

โดยที่ MP คือ ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของส่วนประกอบอื่นของระบบปรับอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า มีหน่วยเป็น kW/t

CW คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบระบายความร้อน มีหน่วยเป็น kW ให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

PW คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบจ่ายน้ำเย็น มีหน่วยเป็น kW ให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

FW คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบส่งลมเย็น มีหน่วยเป็น kW ให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรองโดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่ เชื่อถือได้

2.2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นทำได้โดยการปรับปรุงค่า COP และทำให้ค่า COP ดีที่สุดสำหรับการนำไปใช้งานในแต่ละประเภท โดยมีวิธีการลดการใช้พลังงานและลดการทำงานส่วนที่ไม่จำเป็นของระบบทำความเย็นลง คือ

1) การลดความดันด้านควบแน่น เพราะค่า COP ของระบบการทำความเย็นจะมีค่าสูงสุดเมื่ออัตราส่วนของการอัดมีค่าต่ำ ด้วยเหตุนี้จึงต้องทำให้ความดันขณะควบแน่นมีค่าต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือ การใช้เครื่องควบแน่นขนาดใหญ่ขึ้น แต่จะต้องพิจารณาในระหว่างขั้นตอนของการออกแบบระบบใหม่ เพราะการเพิ่มขนาดของเครื่องควบแน่นจะมีค่าการลงทุนเพิ่มด้วย

2) การเลือกเครื่องควบแน่นที่มีประสิทธิภาพที่สุด โดยการเลือกชนิดของเครื่องควบแน่นให้ถูกต้องตรงกับความต้องการที่จะนำไปใช้งาน และเหมาะสมกับปริมาณการใช้งานปกติ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น วิธีการเลือกขนาดของเครื่องมีหลากหลายวิธีที่สามารถนำมาใช้ได้ ซึ่งเครื่องควบแน่นส่วนใหญ่ที่ใช้กันอยู่ในระบบเครื่องทำความเย็นมีขนาดประมาณ 5 kW ขึ้นไป และมีอุปกรณ์ควบคุมสมรรถนะบางส่วนให้เลือกเพิ่มเติม [9]

2.3 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างจัดเป็นงานระบบไฟฟ้าที่มักจะได้รับการออกแบบเป็นอันดับแรกเสมอ เมื่อมีการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคาร และถ้าออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพก็จะสามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารได้ อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงประสิทธิภาพการทำงานเป็นหลัก เพราะหากการประหยัดแสงสว่างแล้วก่อให้ประสิทธิภาพของผู้ใช้งานอาคารลดลง เกิดอุบัติเหตุ หรือการสูญเสียต่าง ๆ จากสภาพที่ไม่ปลอดภัย เช่นนั้นแล้วก็ถือว่าไม่เหมาะสมและไม่ประหยัดค่าใช้จ่ายสุทธิที่แท้จริง ดังนั้น การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้ประหยัดพลังงานที่แท้จริง ควรมุ่งเน้นให้ระบบมีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ มีระดับการส่องสว่างที่เพียงพอ เหมาะสมต่อการใช้งาน และได้คุณภาพของแสงสว่างที่ดี ซึ่งสิ่งเหล่านี้คือสิ่งที่แสดงถึงคุณภาพของแสงสว่างที่ดี หากมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเป็นอย่างดี ย่อมสามารถออกแบบหรือเลือกใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 พื้นฐานการส่องสว่าง

ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous flux, ϕ) คืออัตราการแผ่พลังงานแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสง หน่วยเป็น ลูเมน (Lumen, lm)

ความเข้มการส่องสว่าง (Luminous intensity, I) หรือแรงเทียน (Candlepower) คือกำลังของแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็น แคนเดลา (Candela, cd)

ความเข้มแสง หรือความสว่าง (Illuminance, E) คือความหนาแน่นของฟลักซ์ส่องสว่างบนพื้นผิว มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือลักซ์ (lux, lx) หรือ ลูเมนต่อตารางฟุต หรือฟุตแคนเดิล (Foot candle, fc) โดยที่ 1 fc = 10.76 lx

ความส่องสว่าง (Luminance, L) คือปริมาณแสงสะท้อนออกมาจากพื้นผิวใดๆ ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งต่อพื้นที่ หรือเรียกว่า ความจ้า (Brightness) ซึ่งปริมาณแสงที่เท่ากัน เมื่อตกกระทบลงมาบนวัตถุที่มีสีต่างกัน จะมีปริมาณแสงสะท้อนกลับต่างกัน ทำให้เห็นวัตถุมีความสว่างต่างกัน มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต (Footlambert, fL) โดยที่ 1 fL = 1 lm/ft^2

อุณหภูมิสีของแสง (Color temperature) เป็นการระบุสีของแสงที่ปรากฏให้เห็น โดยเทียบกับสีที่เกิดจากการเปล่งสีของการเผาไหม้วัตถุดำอุดมคติ (Black body) ให้ร้อนที่อุณหภูมิที่กำหนด มีหน่วยเป็น เคลวิน (Kelvin) เช่น แสงจากหลอดไส้มีอุณหภูมิสี 2,700 K แสงที่ได้จะอยู่ในโทนสีร้อนนั่นคือสีแดง ส่วนแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาเที่ยงวันที่ให้แสงสีขาวนั้นมีอุณหภูมิสีประมาณ 5,500

K หรือแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดสีกลางวัน (Daylight) ที่มีอุณหภูมิสี 5,500 K สามารถเปล่งแสงออกมาเป็นสีขาว

ดัชนีความถูกต้องของสี (Color rendering index, CRI) เป็นค่าที่บอกว่าแสงที่ส่องไปถูกวัตถุ ทำให้เห็นสีของวัตถุได้ถูกต้องมากหรือน้อยเพียงใด ค่าดัชนีนี้ไม่มีหน่วย แต่มีค่าตั้งแต่ 0 – 100 โดยกำหนดแสงอาทิตย์ช่วงกลางวันเป็นดัชนีอ้างอิงเปรียบเทียบที่มีค่า CRI = 100 ดังนั้นหากหลอดไฟที่มีค่า CRI ต่ำจะทำให้สีของวัตถุเพี้ยนไปได้

ประสิทธิผลการส่องสว่าง (Luminous efficacy) คือปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างที่ออกมาต่อพลังงานไฟฟ้าที่หลอดใช้ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อวัตต์ (lm/W)

ความเสื่อมของหลอด (Lamp lumen depreciation, LLD) คืออัตราส่วนปริมาณแสงที่เหลืออยู่ เมื่อหลอดไฟครบอายุใช้งานเทียบกับค่าฟลักซ์การส่องสว่างเริ่มต้น เนื่องจากการเสื่อมสภาพของหลอดไฟแต่ละชนิด

ดัชนีคุณภาพของบัลลาสต์ (Quality index) คือค่าที่ใช้บอกประสิทธิภาพการใช้พลังงานของบัลลาสต์ ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าที่บัลลาสต์จ่ายให้หลอดหรือกำลังไฟฟ้าที่หลอด (Lamp power) กับกำลังไฟฟ้าสูญเสียในบัลลาสต์ (Ballast loss) เช่น ค่าดัชนีคุณภาพขั้นต่ำของบัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ (Low loss ballast) สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบหลอดตรง 36 W ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 6.0

บัลลาสต์แฟกเตอร์ (Ballast factor) คืออัตราส่วนปริมาณแสงสว่างของหลอดที่ใช้กับบัลลาสต์ต่อปริมาณแสงที่ได้จากหลอดที่ใช้บัลลาสต์อ้างอิง โดยควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.9 - 1.10

ค่าประสิทธิภาพของโคมไฟ (Luminaire efficiency) คือค่าที่ใช้บอกประสิทธิภาพการให้แสงของโคมไฟ ซึ่งมาจากค่าอัตราส่วนของแสงโดยรวมที่ออกจากโคม เมื่อเทียบกับแสงที่ออกจากหลอดที่ติดตั้ง เช่น โคมฟลูออเรสเซนต์ตะแกรงโดยทั่วไป อาจมีค่าประสิทธิภาพของโคมไฟประมาณ 60% แต่โคมฟลูออเรสเซนต์ตะแกรงแบบประสิทธิภาพสูง จะมีค่าประสิทธิภาพโคมไฟมาถึง 80% ซึ่งหมายความว่า หากหลอดเปล่งแสงออกจากหลอดคิดเป็น 100 % เมื่อนำหลอดประเภทนี้ไปติดตั้งในโคมไฟประสิทธิภาพสูงจะให้ออกจากดวงโคมมากถึง 80 %

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟฟ้า (Coefficient of utilization, CU) คือค่าประสิทธิภาพของโคมที่รวมผลของขนาดห้อง ลักษณะการกระจายแสง ประสิทธิภาพโคมและสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของผนังและเพดาน เพื่อให้ทราบถึงค่าแสงที่ตกลงบนพื้นที่ทำงานเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแสงที่ได้จากหลอดไฟ

แสงบาดตาของโคมไฟ (Glare) คือสภาพแสงที่เข้าตาแล้วทำให้มองเห็นวัตถุได้ยากหรือมองไม่เห็นเลย สามารถแบ่งแสงบาดตาออกเป็น 2 ลักษณะ คือ แสงบาดตาแบบไม่สามารถมองเห็น

ได้ (Disability glare) เป็นแสงบาดตาประเภทที่ไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้ เช่น แสงจ้าจากดวงอาทิตย์ และลักษณะที่สองคือ แสงบาดตาแบบไม่สบายตา (Discomfort glare) เป็นแสงบาดตาประเภทที่ยังมองเห็นวัตถุได้ แต่เป็นไปด้วยความยากลำบากและไม่สบายตา เพราะมีแสงย้อนเข้าตา เช่น แสงสะท้อนบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

UGR (Unified glare rating system) เป็นเกณฑ์ตามมาตรฐานในการประเมินแสงบาดตาของการให้แสงสว่างภายในอาคาร แทนการใช้กราฟแสงบาดตา (Luminance curve) [10, 11]

2.3.2 กำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

อาคารโดยทั่วไปหากพิจารณาถึงการใช้ระบบไฟฟ้าส่องสว่างอย่างเต็มประสิทธิภาพนั้น จะคำนึงถึงการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการลดการใช้งานหลอดไฟ รวมไฟถึงค่าการค่าการถ่ายเทความร้อน ซึ่งสอดคล้องกฎกระทรวงฯ พ.ศ. 2552 ที่ได้กำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคาร ให้ใช้กำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดไม่เกิน 14 W/m^2 ของพื้นที่ใช้งาน

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้งในพื้นที่ *i* คือค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของบริเวณพื้นที่ *i* [6] แสดงได้ดังนี้

$$\mathrm{LPD_i} = \frac{(LW_i + BW_i + NW_i)}{A_i} \tag{2.9}$$

โดยที่ $\mathrm{LPD_i}$ คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น W/m^2

LW_i คือ ผลรวมของค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าทั้งหมดที่ติดตั้งในพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น W

BW_i คือ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ทั้งหมดที่ติดตั้งในพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น W

NW_i คือ ผลรวมของค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ *i* ที่ถูกทดแทนด้วยแสงธรรมชาติภายใต้เงื่อนไขการใช้พลังงานหมุนเวียนในอาคารมีหน่วยเป็น W

A_i คือ พื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของบริเวณพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น m^2

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้งในอาคาร (LPD) คือค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคารโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ แสดงได้ดังนี้

$$\mathrm{LPD} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(A_i(\mathrm{LPD_i}))}{\sum_{i=1}^{n} A_i} \qquad (2.10)$$

โดยที่ A_i คือ พื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของบริเวณพื้นที่ i มีหน่วยเป็น m^2

$\mathrm{LPD_i}$ คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ i มีหน่วยเป็น W/m^2

2.3.3 การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อการประประหยัดพลังงาน

การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างโดยทั่วไปมุ่งเน้นให้แสงสว่างสม่ำเสมอในทุกพื้นที่ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในส่วนที่ไม่ได้ต้องการแสงสว่างมากนัก ดังนั้นการออกแบบแสงสว่างที่เน้นการให้แสงสว่างเฉพาะที่ จะช่วยประหยัดพลังงาน การให้แสงสว่าง วิธีนี้แบ่งออกเป็น 3 พื้นที่

1) แสงสว่างเฉพาะที่ (Task lighting) สำหรับบริเวณพื้นที่ทำงาน โดยทั่วไปประมาณ 4.5 m^2 ต่อ 1 พื้นที่ทำงาน โดยให้แสงสว่างในระดับที่ต้องการ

2) แสงสว่างทั่วไป (General lighting) สำหรับบริเวณรอบๆ พื้นที่ทำงาน โดยให้ความส่องสว่าง 1 ใน 3 ของแสงสว่างเฉพาะที่ แต่ไม่น้อยกว่า 100 lx

3) แสงสว่างรอบนอก (Non-critical lighting) สำหรับบริเวณที่ห่างออกไปจากพื้นที่ทำงานหรือบริเวณที่ไม่เน้นไฟฟ้าแสงสว่าง เช่น บริเวณรับแขก โดยให้ความสว่าง 1 ใน 3 ของแสงสว่างทั่วไป แต่ไม่น้อยกว่า 100 lx

การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างนอกจากที่ให้แสงสว่างเหมาะเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานแล้ว ยังต้องคำนึงถึงปริมาณการให้แสงสว่างต่อพื้นที่ หรือการกำหนดการให้แสงสว่างตามมาตรฐานต่างๆ เช่น

1) มาตรฐาน CIE (Commission international del'eclairage) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ก่อตั้งอยู่ในกรุงเวียนนา ประเทศออสเตรีย เพื่อกำหนดมาตรฐานของการส่องสว่างของแสงและสี โดยมีประเทศที่ใช้มาตรฐานของ CIE ถึง 40 ประเทศทั่วโลก

2) มาตรฐาน IES (Illumination engineering society) หรือ มาตรฐาน IESNA (The illuminating engineering society of north america) มีสมาชิกประมาณ 9,000 คนทั่วโลกส่วนใหญ่อยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา และ เม็กซิโก

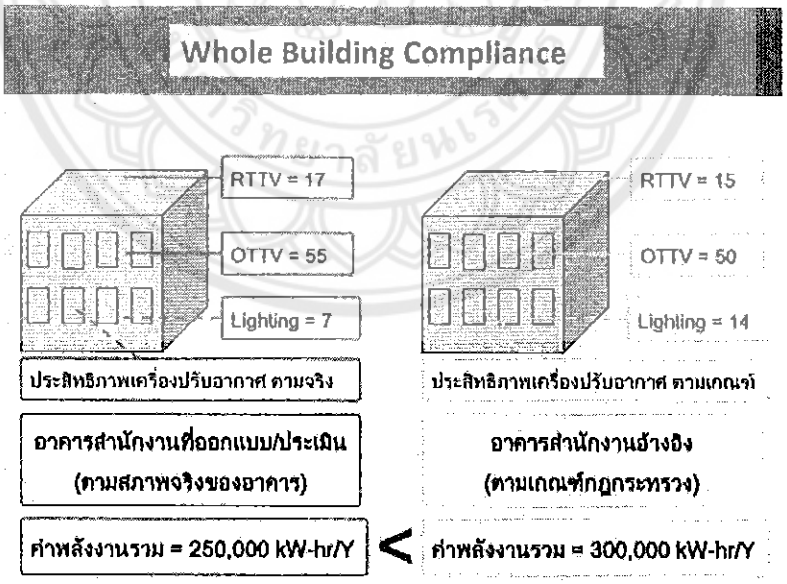
3) มาตรฐาน BS (British standards exposure index) มาตรฐานประจำชาติของประเทศอังกฤษ [8-9] ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปรียบค่าความสว่างในอาคารตามมาตรฐาน CIE IES และ BS [9]

พื้นที่ใช้งาน	ค่าความเข้มแสง (Lx)		
	CIE	IES	BS
ห้องประชุม	300 - 500 - 750	200 - 300 - 500	750
ห้องเขียนแบบ	500 - 750 - 1000	500 - 750 - 1000	750
ห้องทำงานทั่วไป	300 - 500 - 750	200 - 300 - 500	500
ห้องคอมพิวเตอร์	300 - 500 - 750	200 - 300 - 500	500
ห้องสมุด	300 - 500 - 750	200 - 300 - 500	500
ร้านค้าในอาคารพานิชย์	500 - 750	500 - 750 - 1000	500
เคาน์เตอร์	200 - 300 - 500	200 - 300 - 500	200
ห้องเก็บของ	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	150
ห้องล็อบบี้หรือบริเวณต้อนรับ	10 - 150 - 200	100 - 150 - 200	150
ห้องน้ำ	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	150
ทางเดิน	50 - 100 - 150	100 - 150 - 200	100
บันได	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	150
ลิฟท์	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	150

2.4 การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

การใช้พลังงานของอาคาร ประกอบด้วย การถ่ายเทความร้อนในอาคาร ระบบทำความเย็นปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และการใช้ไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์อื่นๆในอาคาร ซึ่งการตรวจสมรรถนะหรือประสิทธิภาพของส่วนหลักๆข้างต้นจะสามารถวิเคราะห์ประเมินการใช้พลังงานภายในอาคารได้ แต่ในอาคารบางแห่งไม่สามารถประเมินให้เป็นไปตามข้อกำหนดได้ทุกระบบ หากแต่มีการทดแทนการใช้พลังงานเพื่อชดเชยประสิทธิภาพของบางระบบได้ เช่น ระบบการทำความเย็นมีประสิทธิภาพสูง แต่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้นกลับมีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้นการที่จะทราบว่าประสิทธิภาพพลังงานในอาคารอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ มีหลักเกณฑ์ในการประเมินพิจารณาได้จาก 2 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1 ทุกระบบผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด ซึ่งประกอบด้วย ระบบกรอบอาคาร ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบผลิตน้ำร้อน ส่วนในการพิจารณาแนวทางที่ 2 คือการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคาร ต้องไม่เกินค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิง ดังรูปที่ 2.4 โดยที่อาคารอ้างอิงมีพื้นที่การใช้งาน ทิศทางและพื้นที่ของกรอบอาคารแต่ละด้านเป็นเช่นเดียวกับอาคารที่ประเมิน และมีค่าของระบบกรอบอาคาร ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบผลิตน้ำร้อน เป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละระบบ [9]



รูปที่ 2.4 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานรวมของอาคารจริงกับอาคารอ้างอิง

ที่มา: เอกสารประกอบการประชุม "Building Energy Labelling to Support the Uptake of Building Energy Code" วันที่ 18 มีนาคม พ.ศ. 2558

การคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานในอาคารจริง [6] แสดงได้ดังนี้

$$E_{pc} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{n} \left[\frac{A_{wi}(\mathrm{OTTV_i})}{\mathrm{COP_i}} + \frac{A_{ri}(\mathrm{RTTV_i})}{\mathrm{COP_i}} + A_i \left\{ \frac{C_l(\mathrm{LPD_i}) + C_e(\mathrm{EQD_i}) + 130C_o(\mathrm{OCCU_i}) + 24C_v(\mathrm{VENT_i})}{\mathrm{COP_i}} \right\} \right] n_h \qquad (2.11)$$

$$\sum_{i=1}^{n} A_i(\mathrm{LPD_i} + \mathrm{EQD_i}) n_h$$

การคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานในอาคารอ้างอิง แสดงได้ดังนี้

$$E_{pc} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{n} \left[\frac{A_{wi}(\mathrm{OTTV_c})}{\mathrm{COP_{ci}}} + \frac{A_{ri}(\mathrm{RTTV_c})}{\mathrm{COP_{ci}}} + A_i \left\{ \frac{C_l(\mathrm{LPD_c}) + C_e(\mathrm{EQD_c}) + 130C_o(\mathrm{OCCU_c}) + 24C_v(\mathrm{VENT_c})}{\mathrm{COP_{ci}}} \right\} \right] n_h \qquad (2.12)$$

$$\sum_{i=1}^{n} A_i(\mathrm{LPD_c} + \mathrm{EQD_i}) n_h$$

โดยที่ *Epa* คือ การใช้พลังงานรวมในอาคารจริง

Epc คือ การใช้พลังงานรวมในอาคารอ้างอิง

$\mathrm{LPD_i}$ คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น $\mathrm{W/m^2}$

$\mathrm{EQD_i}$ คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ต่อหน่วยพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น $\mathrm{W/m^2}$

$\mathrm{OCCU_i}$ คือ ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น $\mathrm{person/m^2}$

$\mathrm{VENT_i}$ คือ อัตราการระบายอากาศต่อพื้นที่ สำหรับพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็น l/s

$\mathrm{COP_i}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของระบบปรับอากาศขนาดเล็กหรือระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ที่ใช้งานสำหรับพื้นที่ *i*

A_i คือ พื้นที่ส่วนปรับอากาศ *i* (พื้นที่ *i*) มีหน่วยเป็น $\mathrm{m^2}$

PVE คือ ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่ผลิตโดยเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น kWh

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณามีหน่วยเป็น W/m^2

$RTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา มีหน่วยเป็น W/m^2

A_{wi} คือ พื้นที่ผนังด้านที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่าง หรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็น m^2

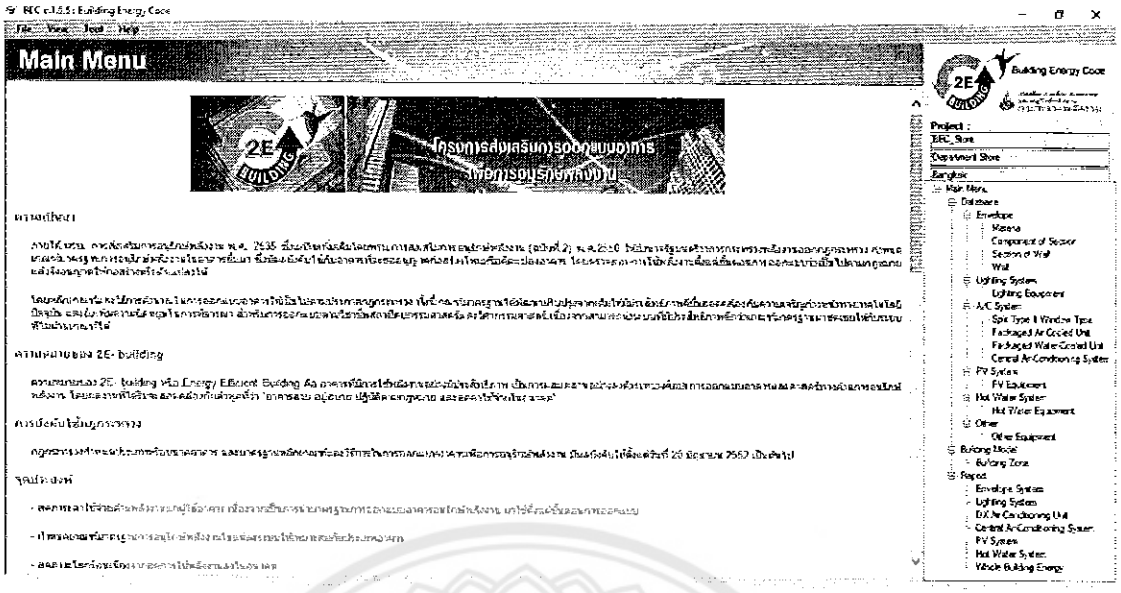
A_{ri} คือ พื้นที่ของหลังคาส่วนที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่หลังคาทึบและพื้นที่หลังคาโปร่งแสง มีหน่วยเป็น m^2

C_l, C_e, C_o, และ C_i คือ สัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศ จากไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ผู้ใช้อาคาร และการระบายอากาศ โดยมีค่าเท่ากับ 0.84, 0.85, 0.90, 0.90 ตามลำดับ

n_h คือ จำนวนชั่วโมงใช้งานสำหรับอาคาร มีค่าเท่ากับ 2,340 ชั่วโมง

2.5 โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

โปรแกรม BEC เป็นโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับตรวจสอบความสอดคล้องของแบบอาคารต่อเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ซึ่งมีส่วนช่วยในการตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพของอาคารก่อนการออกแบบก่อสร้างอาคารหรือปรับปรุงโครงสร้างของอาคารให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคาร โดยการทำงานของโปรแกรมจะต้องมีการป้อนค่าข้อมูลของอาคารเพื่อใช้ในการประมวลผล ได้แก่ วัสดุกรอบอาคารทั้งชนิดของวัสดุ ความหนาและพื้นที่ของผนัง อุปกรณ์ระบบปรับอากาศ อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนและอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร ทั้งนี้ผลการประเมินอาคารของโปรแกรมจะแบ่งการประเมินออกเป็น 2 แนวทาง คือประเมินประสิทธิภาพแต่ละระบบ ประกอบด้วยระบบกรอบอาคาร ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบเซลล์แสงอาทิตย์และระบบการผลิตน้ำร้อน และประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเพื่อเทียบกับการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิง [12] แสดงดังรูปที่ 2.5

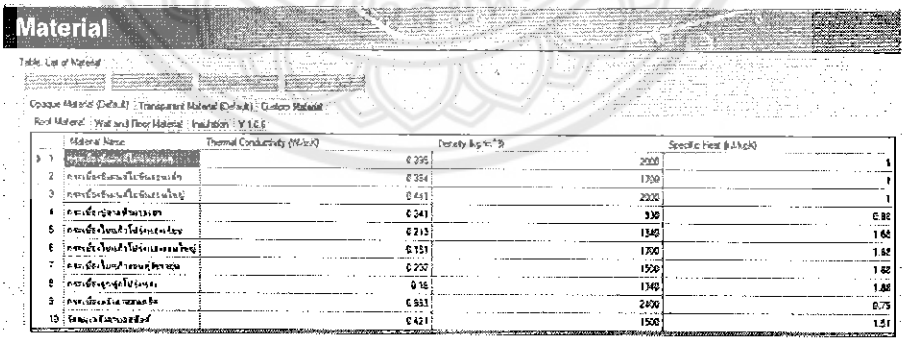


รูปที่ 2.5 โปรแกรม BEC Version 1.0.6

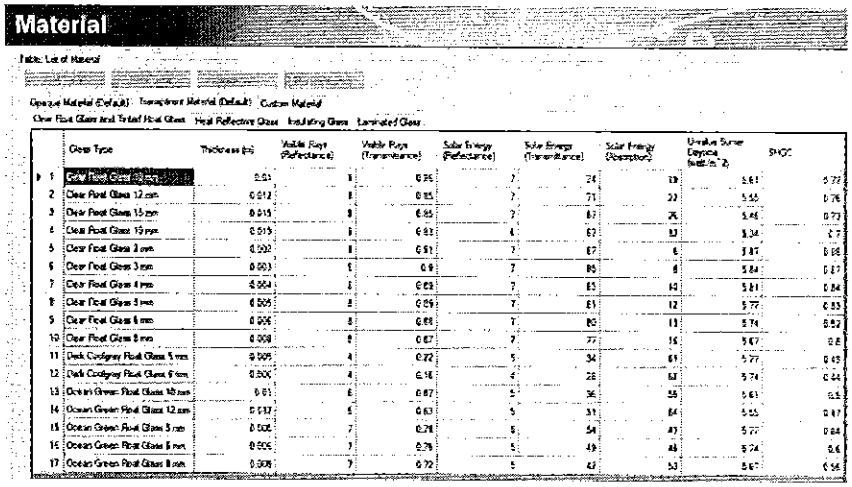
2.5.1 ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล (Database) แสดงคุณสมบัติของวัสดุกรอบอาคารในส่วนของผนังทึบและผนังโปร่งแสง การระบุส่วนประกอบและทิศของผนังตามโครงสร้างของกรอบอาคาร แบ่งเป็น

1) วัสดุกรอบอาคาร (Material) ประกอบด้วยข้อมูลของผนังทึบแสง (Opaque) และผนังกระจก (Transparent) และข้อมูลที่ป้อนโดยผู้ใช้ (Custom) ดังรูปที่ 2.6 - 2.7

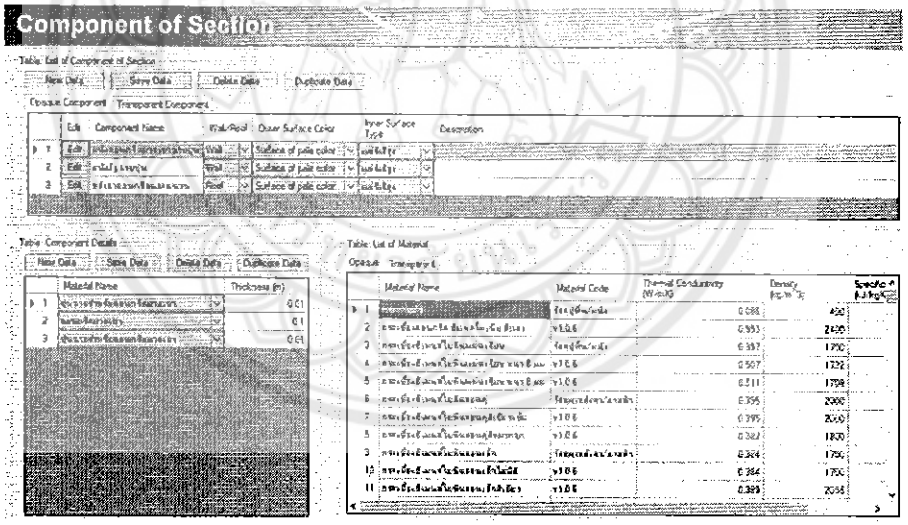


รูปที่ 2.6 ข้อมูลของวัสดุทึบแสงที่มีในฐานข้อมูล

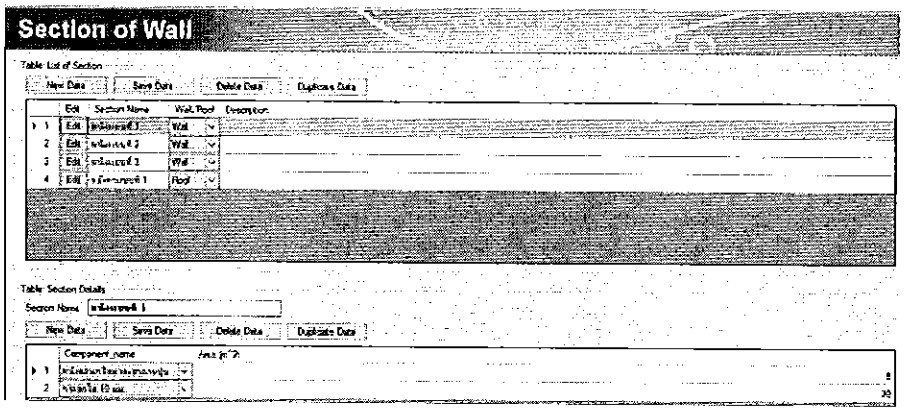


รูปที่ 2.7 ข้อมูลของกระจกที่มีในฐานข้อมูล

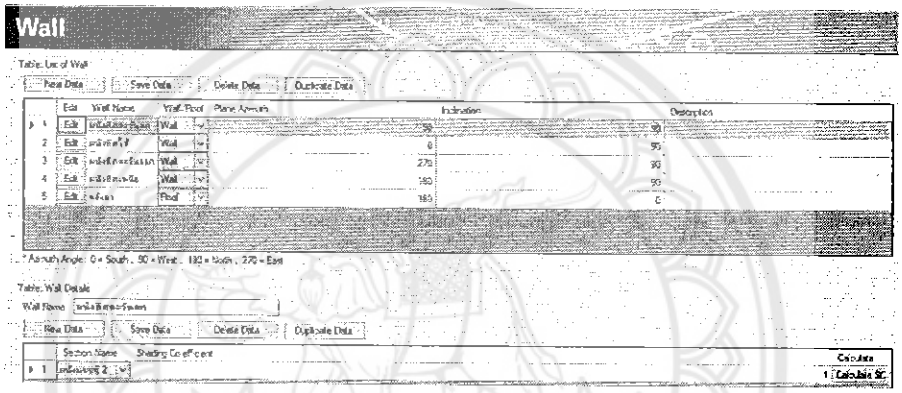
2) ส่วนของผนังอาคาร ประกอบด้วย รายละเอียดเกี่ยวกับส่วนประกอบของผนังทึบและผนังโปร่งแสง (Component of section) ประกอบกันเป็นกลุ่มของผนัง (Component of wall) และทิศทางของผนังในอาคาร (Wall) ดังรูปที่ 2.8 - 2.10



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของผนังทึบและผนังโปร่งแสง

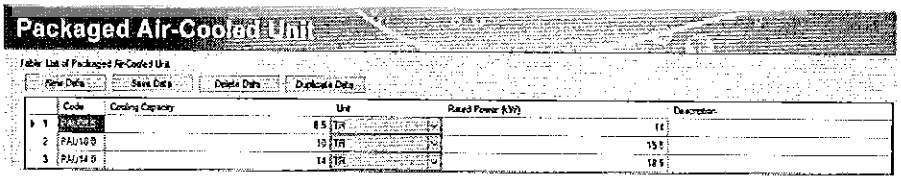


รูปที่ 2.9 กลุ่มโครงสร้างของผนัง

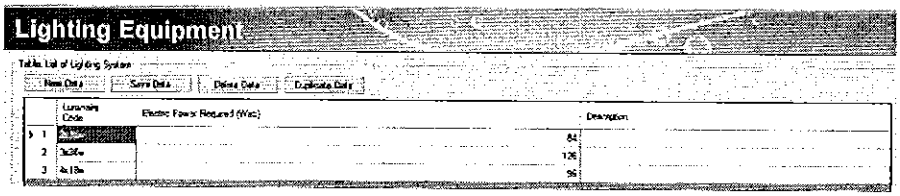


รูปที่ 2.10 การวางตัวของผนัง

3) อุปกรณ์ของระบบอาคาร เช่น ระบบปรับอากาศ (A/C system) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting equipment) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (PV system) และระบบผลิตน้ำร้อน (Hot water system) และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ดังรูปที่ 2.11 - 2.12



รูปที่ 2.11 อุปกรณ์ระบบปรับอากาศ

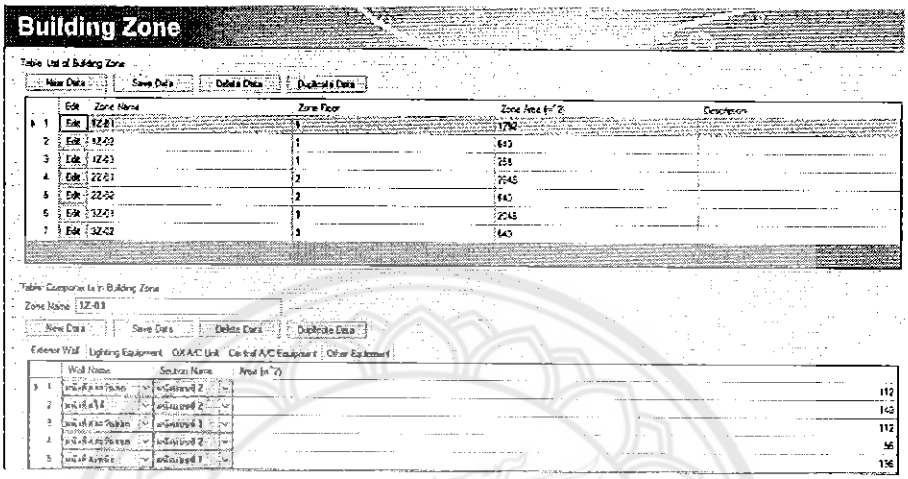


รูปที่ 2.12 อุปกรณ์ของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

เลขหมู่ ป ก38ก
2557
12 ต.ค. 2560
สำนักหอสมุด

2.5.2 การแบ่งเขตพื้นที่ภายในอาคาร

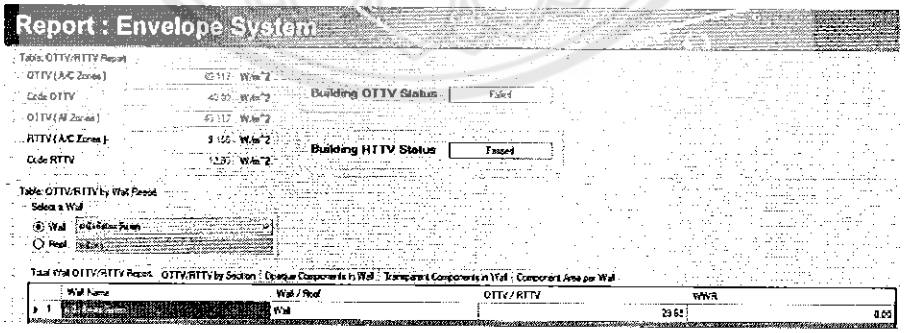
การแบ่งเขตพื้นที่ภายในอาคาร (Building zone) โดยการแบ่งชั้นของอาคาร แล้วระบุรายละเอียดของผนังอาคารแต่ละด้าน ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 รายละเอียดเขตพื้นที่ภายในอาคาร

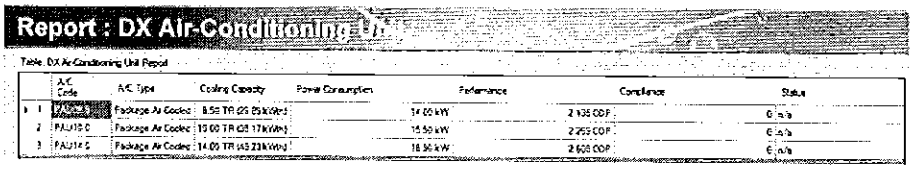
2.5.3 รายงานผลวิเคราะห์การใช้พลังงาน

1) ระบบกรอบอาคาร แสดงรายงานค่า OTTV/RTTV รวมทั้งอาคารและแบ่งตามชนิดของผนัง โดยผลการประเมินที่ผ่านเกณฑ์จะแสดง Passed แต่หากไม่ผ่านผลการประเมินจะแสดง Failed ดังรูปที่ 2.14



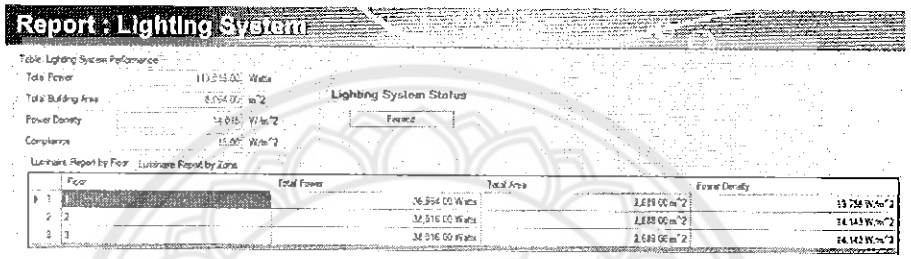
รูปที่ 2.14 รายงานค่า OTTV/RTTV ของตัวอาคาร

2) ระบบปรับอากาศ แสดงรายงายต่างๆ ของระบบปรับอากาศแบบรวมส่วน เช่น ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ เกณฑ์มาตรฐาน และระดับประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ ดังรูปที่ 2.15



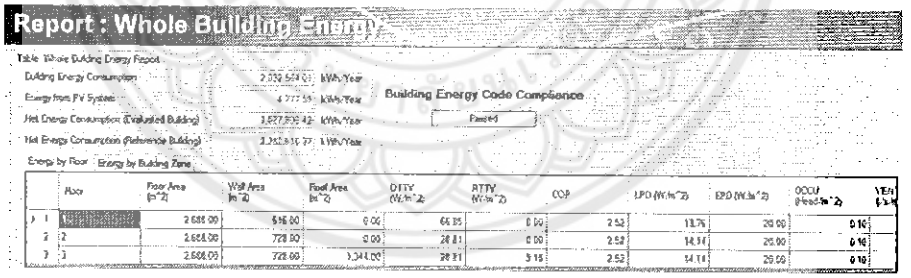
รูปที่ 2.15 รายงานประสิทธิภาพการใช้พลังงานระบบปรับอากาศแบบรวมส่วน

3) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง แสดงรายงานต่างๆของระบบแสงสว่าง โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแสดงข้อมูลรวม และตารางรายงานผลเฉพาะตามชั้นของอาคาร ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 รายงานประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

4) การใช้พลังงานรวมของทุกระบบ โดยแสดงรายงานประสิทธิภาพการใช้และผลประเมินพลังงานรวมของอาคาร ดังรูปที่ 2.17



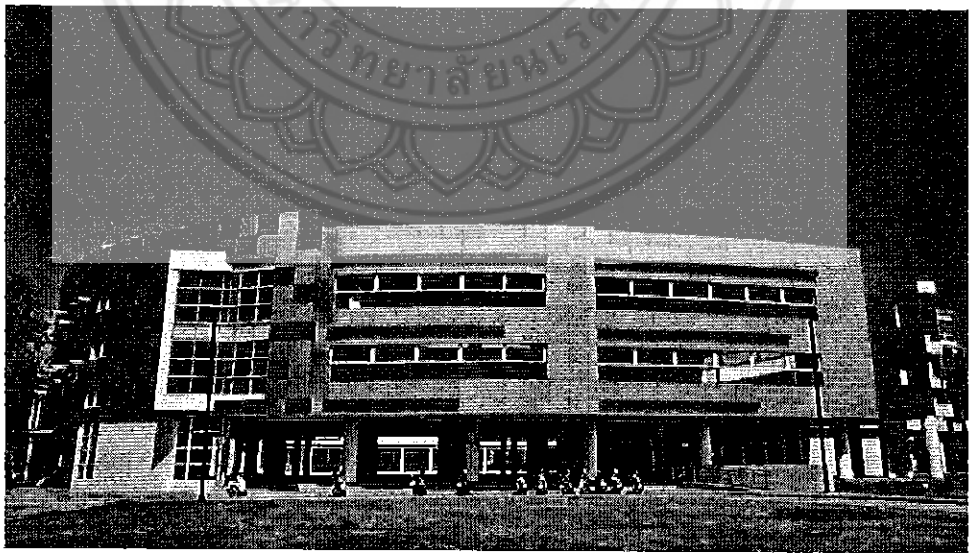
รูปที่ 2.17 รายงานประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของตัวอาคาร

บทที่ 3
การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

การใช้โปรแกรม BEC ประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร ต้องมีการแจกแจงรายละเอียดเกี่ยวกับอาคาร ประกอบด้วย วัสดุโครงสร้าง ขนาด ทิศทางการวางตัวของผนังและหลังคาด้านนอก บริเวณพื้นที่การใช้งานในตัวอาคาร การใช้พลังงานระบบปรับอากาศ และการใช้พลังงานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยมีการศึกษาค้นคว้าอย่างละเอียดรอบคอบเพื่อให้โปรแกรมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1 การถ่ายเทความร้อนผ่านระบบกรอบอาคาร

อาคารโครงการกลุ่มอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนเรศวร (2) อาคารเรียนรวม ดังรูปที่ 3.1 เป็นอาคาร 3 ชั้น 28 ห้องเรียน ตั้งอยู่ ณ. ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก ใช้งบประมาณในการก่อสร้างปี พ.ศ. 2555 ภายใต้แผนการดำเนินงานของคณะบริหารธุรกิจเศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร ซึ่งเปิดใช้งานในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 มีพื้นที่โดยรวมของอาคาร 10,038.40 m^2 แบ่งเป็นพื้นที่ใช้สอย 6,961.80 m^2 และพื้นที่ประกอบ 3,076.60 m^2 วัสดุกรอบอาคารในส่วนของผนังทึบ ผนังโปร่งแสง และผนังอาคาร แสดงดังตารางที่ 3.1 – 3.3



รูปที่ 3.1 อาคารโครงการกลุ่มอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนเรศวร (2) อาคารเรียนรวม

ตารางที่ 3.1 วัสดุกรอบอาคารในส่วนของผนังทึบแสง

รหัสผนัง	วัสดุผนัง	ส่วนประกอบ	ความหนา (cm)
W1	ผนังคอนกรีตมวลเบา	ปูนฉาบสำหรับคอนกรีต	1
		คอนกรีตมวลเบา	10
		ปูนฉาบสำหรับคอนกรีต	1
W5	ผนังอะลูมิเนียม	แผ่นอะลูมิเนียม	0.4
		ช่องอากาศ	10
		ปูนฉาบสำหรับคอนกรีต	1
		คอนกรีตมวลเบา	10
		ปูนฉาบสำหรับคอนกรีต	1
R1	หลังคาคอนกรีตและฉนวน	คอนกรีต	20
		ช่องอากาศ	10
		ฉนวนใยแก้ว	1
		แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.9
R2	หลังคาเมทัลชีท	เมทัลชีท	0.05
		ช่องอากาศหลังคา	250
		คอนกรีต	20
		ช่องอากาศ	10
		ฉนวนใยแก้ว	1
		แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.9

ตารางที่ 3.2 วัสดุกรอบอาคารในส่วนของผนังโปร่งแสง

รหัสกระจก	วัสดุ	ความหนา (cm)
A1	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A2	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A3	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A5	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A6	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A7	กระจกสะท้อนแสง	0.6

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) วัสดุกรอบอาคารในส่วนของผนังโปร่งแสง

รหัสกระจก	วัสดุ	ความหนา (cm)
A9	กระจกนิรภัยเทมเปอร์	0.8
A10	กระจกนิรภัยเทมเปอร์	0.8
A12	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A13	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A14	กระจกประกบ	1.04
A15	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A16	กระจกนิรภัยเทมเปอร์	0.8
A17	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A18	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A18a	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A18b	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A18c	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A19	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A20a	กระจกประกบ	1.04
A20b	กระจกประกบ	1.04
A20c	กระจกประกบ	1.04
A21	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A22	กระจกสะท้อนแสง	0.6
A23	กระจกสะท้อนแสง	0.6

ตารางที่ 3.3 วัสดุกรอบอาคารในส่วนของผนัง

รูปแบบของผนัง	วัสดุประกอบ	รหัสวัสดุ	พื้นที่ (m^2)
ผนังแบบที่ 1	ผนัง	W1	38.28
	กระจก	A1	3.20
ผนังแบบที่ 2	กระจก	A20a	16.25
ผนังแบบที่ 3	ผนัง	W5	14.62
ผนังแบบที่ 4	ผนัง	W5	50.37
	กระจก	A2	2.50

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) วัสดุกรอบอาคารในส่วนของผนัง

รูปแบบของผนัง	วัสดุประกอบ	รหัสวัสดุ	พื้นที่ (m^2)
ผนังแบบที่ 5	ผนัง	W1	166.58
	กระจก	A1	12.80
ผนังแบบที่ 6	ผนัง	W1	3.75
	กระจก	A13	2.31
ผนังแบบที่ 7	ผนัง	W1	109.78
	กระจก	A5	1.65
	กระจก	A6	1.35
ผนังแบบที่ 8	ผนัง	W1	109.09
	กระจก	A5	1.65
	กระจก	A6	1.35
	กระจก	A7	0.69
ผนังแบบที่ 9	ผนัง	W1	72.81
	กระจก	A5	1.65
ผนังแบบที่ 10	ผนัง	W1	29.63
ผนังแบบที่ 11	ผนัง	W5	213.60
	กระจก	A9	3.00
	กระจก	A10	3.60
ผนังแบบที่ 12	ผนัง	W1	5.88
	ผนัง	W5	60.84
	กระจก	A14	5.09
ผนังแบบที่ 13	กระจก	A20c	18.02
ผนังแบบที่ 14	ผนัง	W1	13.81
	ผนัง	W5	4.41
ผนังแบบที่ 15.1	ผนัง	W5	147.95
	กระจก	A17	0.60
	กระจก	A18	1.08
	กระจก	A18b	0.54
	กระจก	A19	0.54

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) วัสดุกรอบอาคารในส่วนของผนัง

รูปแบบของผนัง	วัสดุประกอบ	รหัสวัสดุ	พื้นที่ (m^2)
ผนังแบบที่ 15.2	ผนัง	W5	147.08
	กระจก	A17	1.20
	กระจก	A18	1.08
	กระจก	A18a	0.27
	กระจก	A18b	0.27
	กระจก	A18c	0.27
	กระจก	A19	0.54
ผนังแบบที่ 16	ผนัง	W1	45.46
	กระจก	A22	2.70
	กระจก	A23	3.39
ผนังแบบที่ 17	กระจก	A20b	4.82
ผนังแบบที่ 18	ผนัง	W5	31.46
ผนังแบบที่ 19	ผนัง	W5	29.73
	กระจก	A21	2.86
ผนังแบบที่ 20	ผนัง	W5	50.96
ผนังแบบที่ 21	ผนัง	W5	10.51
	กระจก	A3	0.35
หลังคา	คอนกรีต	R1	3,659.98
หลังคา 2	เมทัลชีท	R2	1,936.91

3.2 การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศมีการใช้งานในบริเวณชั้น 2 และชั้น 3 ของอาคาร โดยห้องเรียนขนาด 32 - 80 คนรวมถึงห้องพักวิทยากรและเจ้าหน้าที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบส่งจ่ายลม 4 ทิศทาง (Cassette type) สร้างขนาดความเย็นเท่ากับ 1.65 - 4.13 TR และเนื่องจากเครื่องปรับอากาศชนิดนี้เป็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก จึงพิจารณาการใช้งานเป็นแบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางขนาด 8.02 - 14 TR ควบคุมการจ่ายปริมาณลมเย็น ส่วนในห้องเรียนขนาด 120 คนใช้เครื่องปรับอากาศแบบรวมส่วนขนาด 22.90 TR ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ

ชั้น	ชนิด	ขนาดความเย็น (TR)	กำลังไฟฟ้า (kW)	จำนวน (เครื่อง)
2	Cassette type	1.65	0.05	1
	Cassette type	2.64	0.09	22
	Cassette type	3.30	0.19	12
	Cassette type	4.13	0.21	1
	Central air	8.02	7.90	1
	Central air	9.58	8.93	2
	Central air	11.42	12.40	1
	Central air	12.92	14.20	1
	Central air	14.00	16.40	1
3	Cassette type	2.64	0.09	16
	Cassette type	3.30	0.19	3
	Cassette type	4.13	0.21	2
	Central air	8.02	7.90	1
	Central air	9.58	8.93	2
	Central air	11.42	12.40	2
	Package Air-cooled	22.90	129.00	2

3.3 การใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างถูกใช้ในบริเวณภายในอาคารทั้ง 3 ชั้น โดยมีชนิดของหลอดไฟฟ้า ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 6 W มีขนาดกำลังไฟฟ้าของวงจร 28 - 62 W หลอดประหยัดพลังงานขนาด 20 - 40 W และหลอดเมทัลฮาไลด์ขนาด 150 W ซึ่งติดตั้งตามพื้นที่การใช้งาน ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 การใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ชั้น	ลักษณะดวงโคม	กำลังไฟฟ้าทั้งวงจร (W)	จำนวนหลอดไฟ (ดวงโคม)
1	1x28W	34	169
	2x28W	62	13
	20W	20	31

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) การใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคาร

ชั้น	ลักษณะดวงโคม	กำลังไฟฟ้าทั้งวงจร (W)	จำนวนหลอดไฟ (ดวงโคม)
2	1x28W	34	134
	1x36W	42	32
	2x15W	30	8
	2x28W	62	242
	20W	20	107
	150W	150	3
3	1x14W	20	1
	1x18W	24	3
	1x20W	26	59
	1x28W	34	61
	1x36W	42	165
	2x14W	34	6
	2x15W	30	16
	2x28W	62	244
	20W	20	44
	150W	150	8

3.4 บริเวณการใช้งานและรูปแบบของผนังในอาคารที่วิเคราะห์

พื้นที่บริเวณของอาคารทั้ง 3 ชั้นจะมีการแบ่งบริเวณการใช้งานตามการติดตั้งของระบบปรับอากาศ กล่าวคือแบ่งพื้นที่ของอาคารเป็น 2 บริเวณได้แก่ พื้นที่ปรับอากาศซึ่งใช้เป็นห้องเรียน ห้องพักอาจารย์ ห้องประชุมและห้องเจ้าหน้าที่เป็นต้น และพื้นที่ไม่ปรับอากาศใช้เป็นบริเวณทางเดิน ห้องน้ำและห้องโถงพักนิสิตเป็นต้น ดังตารางที่ 3.6 การแบ่งบริเวณการใช้งานนี้ จะมีการระบุทิศตามแนวการวางตัวของอาคาร และรูปแบบของผนังในแต่ละส่วน ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.6 การแบ่งบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ

ชั้น	บริเวณพื้นที่ปรับอากาศ (A)		บริเวณพื้นที่ไม่ปรับอากาศ (B)	
	การใช้งาน	พื้นที่ (m^2)	การใช้งาน	พื้นที่ (m^2)
1	-	-	โถงพักนักศึกษา	3,659.98
2	ห้องเรียน , ห้องพักอาจารย์	2,025.57	ทางเดิน, ห้องน้ำ	1,577.10
3	ห้องเรียน, ห้องประชุม	2,069.85	ทางเดิน, ห้องน้ำ	1,532.82

ตารางที่ 3.7 การสร้างผนังตามแบบโครงสร้างของตัวอาคาร

ชั้น	บริเวณ	ทิศของอาคาร	รูปแบบของผนัง	พื้นที่ (m^2)
1	B	N	ผนังแบบที่ 3	14.62
			ผนังแบบที่ 6	6.06
2	A	N	ผนังแบบที่ 4	52.87
			ผนังแบบที่ 5	179.38
	B	N	ผนังแบบที่ 2	16.25
			ผนังแบบที่ 3	14.62
			ผนังแบบที่ 6	6.06
		E	ผนังแบบที่ 7	112.78
		S	ผนังแบบที่ 9	74.46
			ผนังแบบที่ 10	29.63
			ผนังแบบที่ 11	220.20
			ผนังแบบที่ 12	71.80
			ผนังแบบที่ 13	18.02
		W	ผนังแบบที่ 14	18.22
			ผนังแบบที่ 15.2	150.71
			ผนังแบบที่ 17	4.82
			ผนังแบบที่ 18	31.46
			ผนังแบบที่ 19	32.59
			ผนังแบบที่ 20	50.96
			ผนังแบบที่ 21	10.86

ตารางที่ 3.7 (ต่อ) การสร้างผนังตามแบบโครงสร้างของตัวอาคาร

ชั้น	บริเวณ	ทิศของอาคาร	รูปแบบของผนัง	พื้นที่ (m^2)
3	A	N	ผนังแบบที่ 1	41.48
			ผนังแบบที่ 4	52.87
			ผนังแบบที่ 5	179.38
		หลังคา		132.94
		หลังคา 2		1,936.91
		N	ผนังแบบที่ 3	14.62
			ผนังแบบที่ 6	6.06
		W	ผนังแบบที่ 8	112.78
		S	ผนังแบบที่ 9	74.46
			ผนังแบบที่ 10	29.63
			ผนังแบบที่ 11	220.20
			ผนังแบบที่ 12	71.80
		W	ผนังแบบที่ 14	18.22
			ผนังแบบที่ 15.1	150.71
			ผนังแบบที่ 16	51.55
			ผนังแบบที่ 18	31.46
			ผนังแบบที่ 19	32.59
			ผนังแบบที่ 20	50.96
			ผนังแบบที่ 21	10.86
		หลังคา		1,532.82

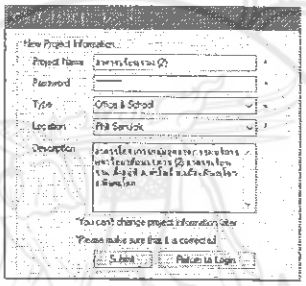
3.5 การใช้งานโปรแกรม BEC

โปรแกรม BEC เป็นโปรแกรมที่ใช้เพื่อคำนวณหาค่า OTTV RTTV ของระบบกรอบอาคาร ประสิทธิภาพการใช้งานของระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารโครงการกลุ่มอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนเรศวร (2) อาคารเรียนรวม จังหวัดพิษณุโลก โดยจะมีการสร้างข้อมูลเพื่อใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม (Database) ได้แก่ ระบบกรอบอาคาร (Envelop) ระบบปรับอากาศ (A/C system) และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting system) ซึ่งแต่ละระบบต้องมีการป้อนรายละเอียดตามการใช้งานภายในอาคาร เช่น วัสดุประกอบอาคาร พื้นที่ติดตั้ง

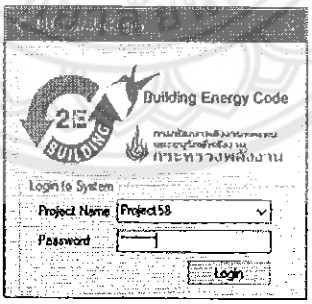
พิกัดกำลังไฟฟ้า เป็นต้น แล้วจึงมีการนำข้อมูลดังกล่าวมากำหนดในส่วนของแบบจำลองอาคาร (Building model) เพื่อให้โปรแกรมรายงานค่าผลการประเมินในส่วนลำดับถัดไป

3.5.1 การเข้าสู่โปรแกรม

การใช้งานโปรแกรมในลำดับแรกจะสร้างข้อมูลของอาคาร (Create new project) เพื่อกำหนดรายละเอียดของอาคารที่ใช้ในการประเมินด้วยโปรแกรม BEC โดยการกำหนดชื่อ (Projcct name) ของอาคารว่าอาคารเรียนรวม (2) ตั้งรหัสผ่าน (Password) คือ 2558 เลือกชนิดของอาคาร (Type) เป็นอาคารสถานศึกษา และเลือกสถานที่ตั้งของอาคาร (Location) อยู่ที่จังหวัดพิษณุโลก ดังรูปที่ 3.2 ส่วนการเข้าใช้งานโปรแกรมให้ไปที่หน้าโปรแกรมแล้วเลือกชื่อโครงการพร้อมใส่รหัสผ่านเพื่อเข้าใช้งาน ดังรูปที่ 3.3



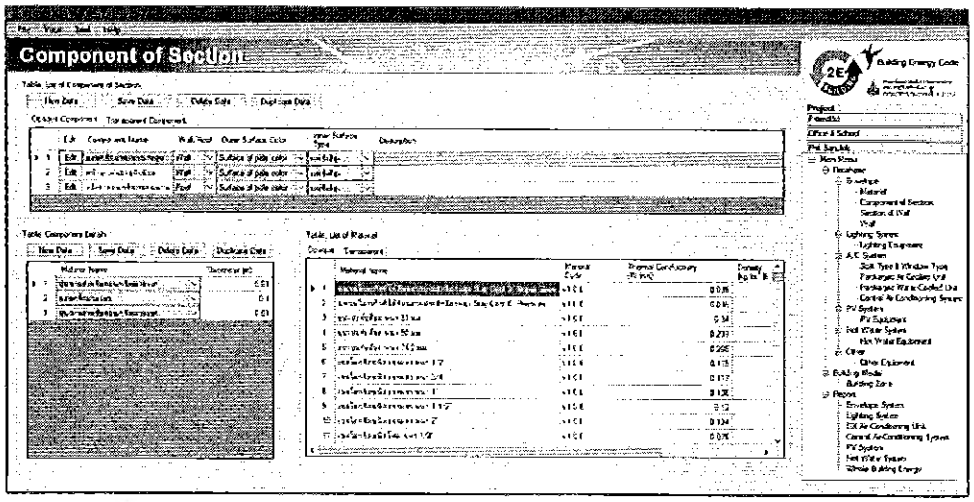
รูปที่ 3.2 การกำหนดชื่ออาคาร



รูปที่ 3.3 การเข้าใช้งานโปรแกรม

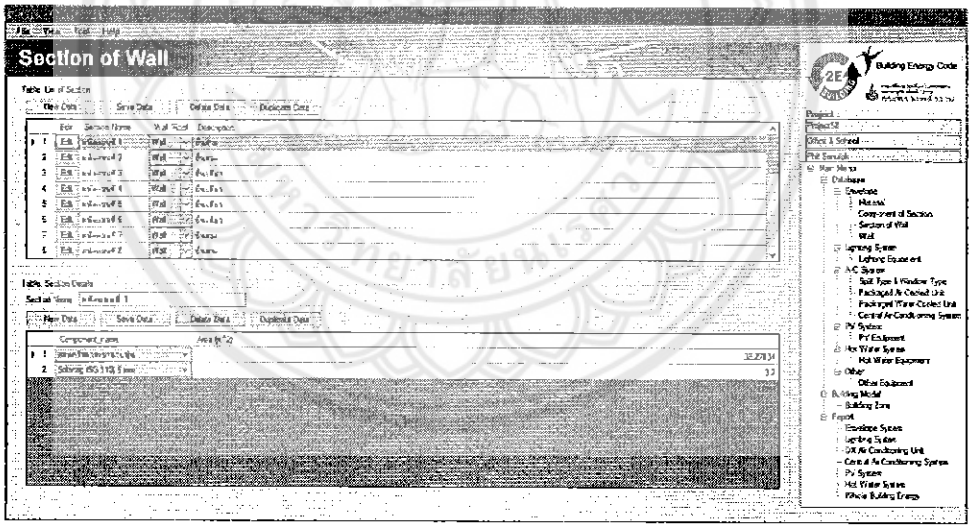
3.5.2 การสร้างกรอบอาคาร

1) การสร้างส่วนประกอบของผนัง จะเข้าไปในเมนูการสร้างส่วนประกอบของผนัง (Component of section) สร้างข้อมูลส่วนประกอบทึบแสง (Opaque) และโปร่งแสง (Transparent) โดยสร้างข้อมูลใหม่ (New data) เพื่อกำหนดชื่อและป้อนข้อมูลของวัสดุ ดังรูปที่ 3.4



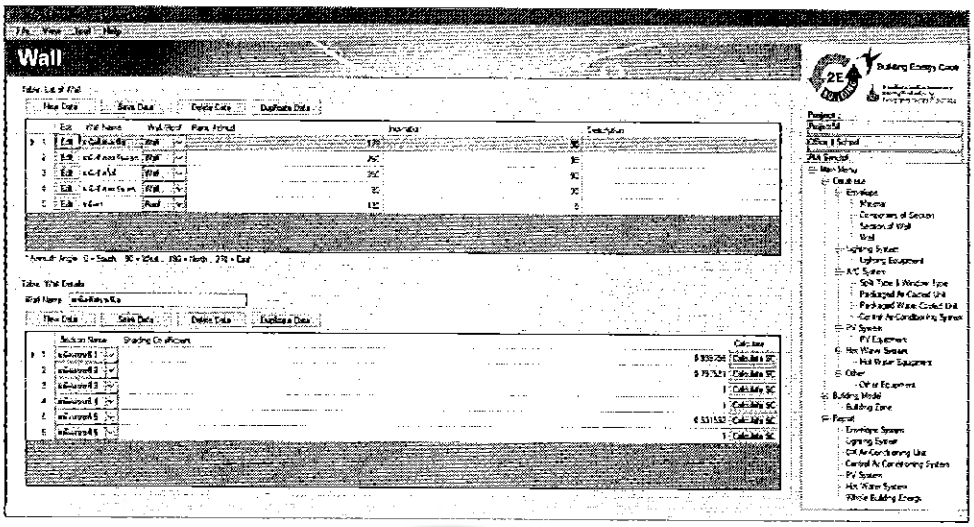
รูปที่ 3.4 การสร้างส่วนประกอบของผนัง

2) การสร้างส่วนของผนัง เข้าไปในเมนูส่วนของผนัง (Section of wall) สร้างข้อมูลขึ้นใหม่ เพื่อกำหนดชื่อแบบของผนังพร้อมทั้งระบุว่าเป็นผนัง (Wall) หรือหลังคา (Roof) และระบุข้อมูลส่วนของผนังทึบและกระจก ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การสร้างส่วนของผนัง

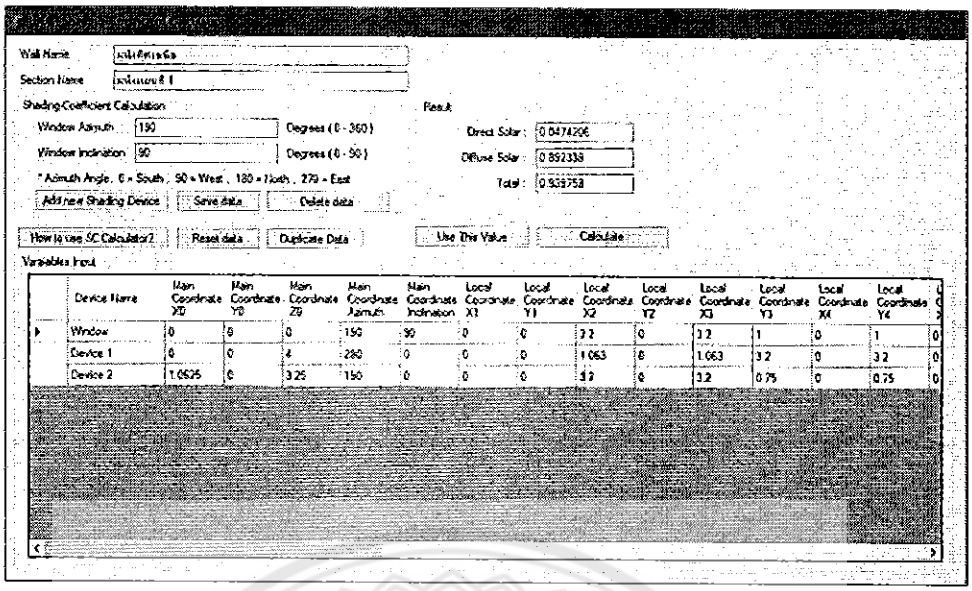
3) การสร้างผนัง เข้าไปในเมนูผนัง (Wall) โดยสร้างข้อมูล เพื่อระบุชื่อผนังและใส่ทิศของผนังตามมุมแอซิมัท พร้อมทั้งป้อนข้อมูลส่วนของผนังและค่า SC ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การสร้างผนัง

4) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด โดยการกดปุ่ม "Calculate SC" ดังรูปที่ 3.6 เพื่อใช้ประกอบการคำนวณหาค่า OTTV ซึ่งถูกลดทอนจากอุปกรณ์บังแดด กำหนดให้ หน้าต่างอยู่บนระนาบแกน Y และแกน Z มีมุมจุดเริ่มต้นบนแกนหลัก (Main coordinate) ที่พิกัด (0,0,0) และมุมแรกของหน้าต่างอยู่บนแกนรอง (Local coordinate) ที่จุดเริ่มต้นของแกนหลัก มีพิกัด (0,0) มุมที่สองของหน้าต่าง คือ ตำแหน่งมุมล่างถัดจากมุมจุดเริ่มต้น ที่ (3.2,0) และมุมถัดไปจะอยู่ที่พิกัด (3.2,1) และ (0,1) ตามลำดับ

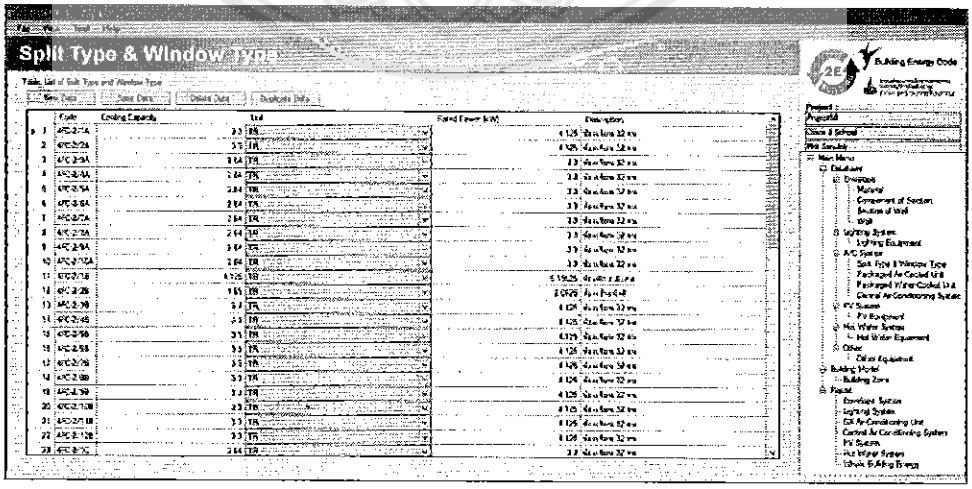
ตำแหน่งของแผงบังแดดจะอยู่บนพิกัดของแกนหลัก คือ ระยะจากจุดเริ่มต้นถึงตำแหน่งแผงบังแดด ที่พิกัด (0,0,4) มุมแอซิมัทของแผงบังแดดหาได้โดยการหมุนแผงรอบแกน X ไปยังทิศที่แกน Z ชี้ มุมที่ตั้งฉากกับระนาบแผงบังแดด คือทิศของมุมแอซิมัทซึ่งเท่ากับ 280° และมีมุมแรกบนแกนรองที่พิกัด (0,0) มุมถัดไปอยู่ที่พิกัด (1.063,0) (1.063,3.2) (0,3.2) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบัง

3.5.3 การสร้างข้อมูลอุปกรณ์ปรับอากาศ

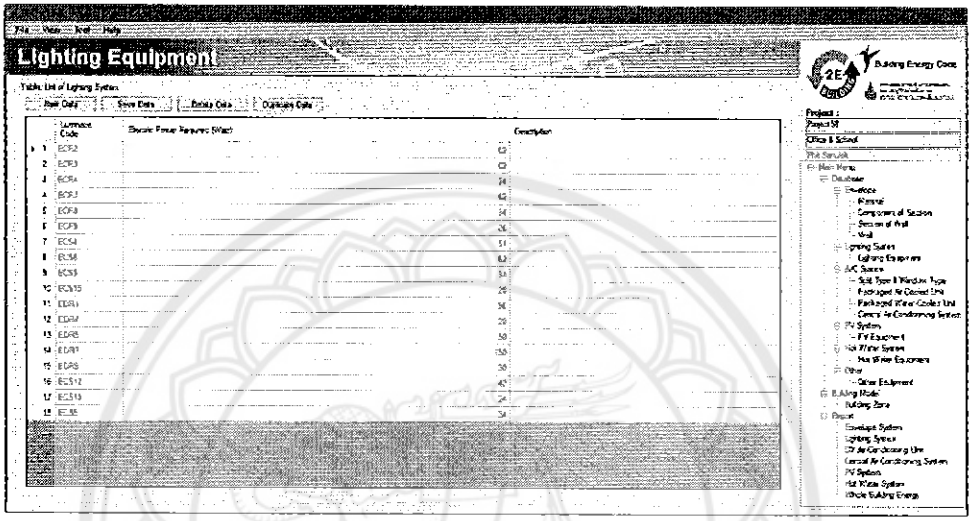
การสร้างข้อมูลของระบบปรับอากาศเป็นการระบุรายละเอียดการใช้อุปกรณ์ปรับอากาศภายในอาคารและพิจารณาชนิดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ โดยเข้าไปที่เมนูระบบปรับอากาศ เลือกชนิดของเครื่องปรับอากาศ ประกอบด้วย เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type & Window type) เครื่องปรับอากาศแบบรวมส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ (Packaged air-cooled unit) และเครื่องปรับอากาศแบบส่วนกลาง (Central air-conditioning system) แล้วจึงสร้างข้อมูล เพื่อกำหนดชื่อพร้อมทั้งป้อนค่าการทำความเย็นและพิกัดกำลังไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การสร้างข้อมูลอุปกรณ์ปรับอากาศ

3.5.4 การสร้างข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

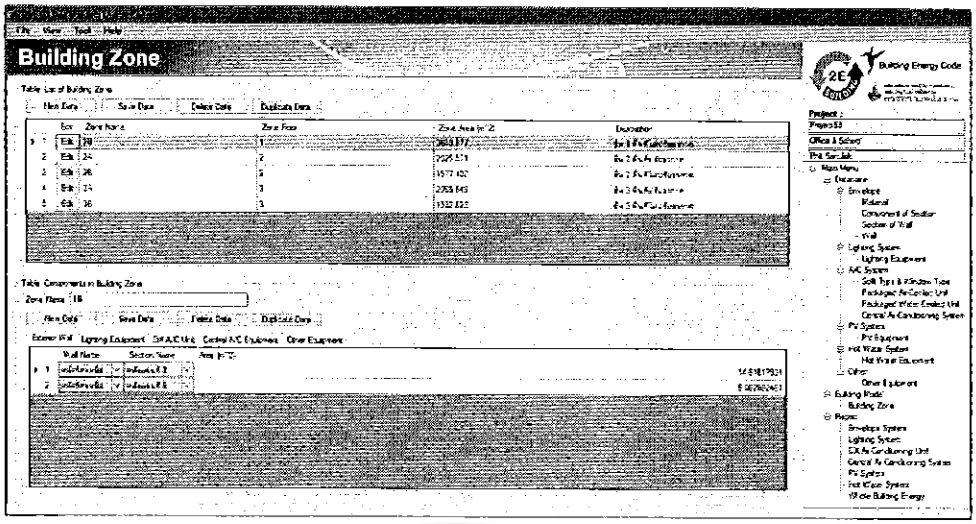
การสร้างข้อมูลของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นการระบุรายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่อยู่ภายในอาคาร ซึ่งพิจารณาจากการติดตั้งดวงโคมซึ่งประกอบด้วย หลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์ โดยการใช้งานโปรแกรมเข้าไปในเมนูระบบไฟฟ้าแสงสว่าง สร้างข้อมูล (New data) เพื่อกำหนดชื่อดวงโคมที่ติดตั้งและป้อนค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในวงจร ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การสร้างข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

3.5.5 การสร้างแบบจำลองอาคาร

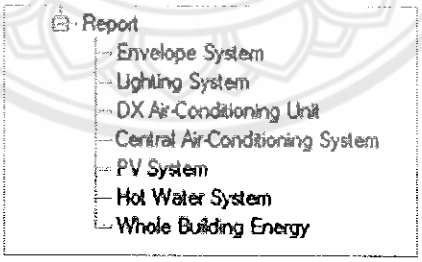
การสร้างแบบจำลองอาคาร เป็นการกำหนดรายละเอียดของอาคารบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ และพื้นที่ไม่ปรับอากาศ รวมถึงทิศการวางตัวของผนัง ลักษณะของผนัง อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง และอุปกรณ์ปรับอากาศ โดยเข้าไปที่เมนูแบบจำลองอาคาร สร้างข้อมูลขึ้นมาใหม่ กำหนดเขตพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ แล้วกำหนดผนังภายนอก (Exterior wall) อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting equipment) และระบบปรับอากาศ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การสร้างเขตพื้นที่ภายในอาคาร

3.5.6 รายงายผลการประเมินการใช้พลังงานของอาคาร

เมื่อระบุค่าที่โปรแกรมต้องใช้เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานครบแล้ว โปรแกรมสามารถรายงานผลการประเมินอาคารโดยจำแนกแต่ละระบบ ประกอบด้วย รายงานผลวิเคราะห์ระบบกรอบอาคาร รายงานผลวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง รายงานผลวิเคราะห์ระบบปรับอากาศ รายงานผลวิเคราะห์เซลล์แสงอาทิตย์ รายงานผลวิเคราะห์ระบบน้ำร้อน และรายงานผลวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวม ดังรูปที่ 3.11 และยังสามารถพิมพ์ออกมาในรูปแบบเอกสารได้ด้วย



รูปที่ 3.11 รายงายผลการประเมินการใช้พลังงานของอาคาร

บทที่ 4
การวิเคราะห์ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

การวิเคราะห์ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร เป็นการวิเคราะห์ผลการประเมินของโปรแกรม BEC ประกอบด้วย การวิเคราะห์ผลการประเมินระบบกรอบอาคาร การวิเคราะห์ผลการประเมินระบบปรับอากาศ การวิเคราะห์ผลการประเมินระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และการวิเคราะห์ผลการประเมินการใช้พลังงานรวมของอาคาร

4.1 การวิเคราะห์ผลการประเมินระบบกรอบอาคาร

ระบบกรอบผนังด้านนอกของอาคาร ถูกออกแบบด้วยโครงสร้างของวัสดุที่ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยผนังอาคารประกอบด้วย ผนังแบบที่ 1 ถึง 21 ซึ่งมีลักษณะเป็นผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน และผนังคอนกรีตมวลเบาบุด้วยแผ่นอะลูมิเนียม รวมกันกับกระจกสะท้อนแสง ทำให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม เท่ากับ 31.27 W/m^2 พบว่าเป็นค่าที่ไม่เกินค่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ 50 W/m^2 ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนของผนังด้านนอกอาคารทั้งหมดผ่านการประเมินของกฎกระทรวงฯ ดังตารางที่ 4.1 แต่ในส่วนของการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารกลับพบว่าไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ที่ 15 W/m^2

หลังคาอาคารมีการใช้งานเป็นดาดฟ้า เพื่อใช้วางอุปกรณ์ระบบทำความเย็น และรองรับการใช้งานต่างๆ ดังนั้นหลังคาอาคารจึงมีการคำนึงถึงโครงสร้างที่แข็งแรงและทนทาน มากกว่าการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านทางหลังคาอาคาร วัสดุที่นำมาสร้างหลังคาจึงเป็นวัสดุประเภทบุพื้น นั่นคือคอนกรีตเสริมเหล็ก และเนื่องด้วยคอนกรีต มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ที่ 1.442 W/mK ซึ่งเป็นค่าที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุบุพื้นชนิดอื่น เช่น คอนกรีตมวลเบามีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ 0.476 W/mK ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาอาคารมีค่าสูงกว่าเกณฑ์การประเมิน

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินกรอบอาคาร

ลำดับที่	บริเวณ	OTTV/RTTV (W/m^2)		ผลการประเมิน
		เกณฑ์มาตรฐาน	การประเมิน	
1	ผนังทั้งหมด	50	31.27	ผ่าน
2	หลังคา	15	18.44	ไม่ผ่าน

4.2 การวิเคราะห์ผลการประเมินระบบปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศที่ใช้ติดตั้งภายในอาคารเป็นเครื่องปรับอากาศแบบจ่ายลม 4 ทิศทางโดยใช้ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางและเครื่องปรับอากาศแบบรวมส่วน ในการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP ของเครื่องปรับอากาศผลลัพธ์ที่ได้พบว่าเครื่องปรับอากาศแบบ Cassette ค่า COP ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนระบบควบคุมการจ่ายลมแบบส่วนกลางค่า COP ก็ผ่านเกณฑ์เช่นกัน มีเพียงเครื่องปรับอากาศแบบรวมส่วนที่ค่า COP ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทำให้เครื่องปรับอากาศชนิดนี้ไม่ผ่านเกณฑ์การอนุรักษ์พลังงาน ดังตารางที่ 4.2 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากการใช้งานและราคาติดตั้งพบว่า ในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศพิจารณาตามการใช้งานและขนาดของห้องกล่าวคือห้องเรียนขนาด 32 - 80 คน จะใช้เครื่องปรับอากาศที่ให้ความเย็น 7.49 - 14.73 TR มีค่าติดตั้งอยู่ที่ 400,000 บาทต่อห้อง แต่ห้องขนาด 120 คนจะใช้เครื่องปรับอากาศที่ให้ความเย็น 22.9 TR มีค่าติดตั้ง 300,000 บาทต่อห้อง ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายในการติดตั้งถึงแม้เครื่องปรับอากาศแบบร่วมส่วนจะไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานแต่มีค่าราคาติดตั้งที่ถูกกว่า

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินระบบปรับอากาศ

ลำดับที่	ขนาดความเย็น (TR)	สมรรถนะ (COP)		ผลการประเมิน
		เกณฑ์มาตรฐาน	การประเมิน	
1	1.65	3.22	111.60	ผ่าน
2	2.64	3.22	99.83	ผ่าน
3	3.30	3.22	62.06	ผ่าน
4	4.13	3.22	69.41	ผ่าน
5	8.02	2.64	3.57	ผ่าน
6	9.58	2.64	3.77	ผ่าน
7	11.42	2.64	3.24	ผ่าน
8	12.92	2.64	3.20	ผ่าน
9	14.00	2.64	3.00	ผ่าน
10	22.90	3.22	0.62	ไม่ผ่าน

4.3 การวิเคราะห์ผลการประเมินระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร มีการใช้กำลังไฟฟ้ารวม 57,468 W ต่อพื้นที่รวมทั้งหมด 10,865.32 m^2 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เท่ากับ 5.29 W/m^2 ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งสอดคล้องเกณฑ์มาตรฐานที่ได้กำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคาร ให้ใช้กำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดไม่เกิน 14 W/m^2 ของพื้นที่ใช้งาน ดังนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารจึงผ่านการประเมิน และมีการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคาร

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง (W)	พื้นที่อาคาร (m^2)	กำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (W/m^2)		ผลการประเมิน
		เกณฑ์มาตรฐาน	การประเมิน	
57,468.00	10,865.32	14	5.29	ผ่าน

4.4 การวิเคราะห์ผลการประเมินการใช้พลังงานรวมของอาคาร

การใช้พลังงานรวมของอาคาร ประกอบด้วย การถ่ายเทความร้อนในอาคาร ระบบทำความเย็นปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ผลลัพท์ของการประเมินประสิทธิภาพพบว่า การใช้พลังงานระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและค่าการถ่ายเทความร้อน OTTV ผ่านเกณฑ์การประเมิน แต่ในส่วนค่าการถ่ายเทความร้อน RTTV ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน โปรแกรม BEC จึงวิเคราะห์ประเมินการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยการคำนวณหาค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารในรอบปี มีค่า 139,566.18 kWh เทียบกับค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิงในรอบปี เท่ากับ 410,909.14 kWh ซึ่งพบว่าค่าที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์อ้างอิง ดังตารางที่ 4.4 ดังนั้นอาคารที่ประเมินมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานที่สอดคล้องกับกฎกระทรวงฯ พ.ศ. 2552

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินการใช้พลังงานรวม

ประเภท	การใช้พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/year)		ผลการประเมิน
	อาคารอ้างอิง	การประเมิน	
อาคารโครงการกลุ่มอุตสาหกรรมบริการมหาวิทยาลัยนเรศวร (2) อาคารเรียนรวม	410,909.14	139,566.18	ผ่าน

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้ได้ใช้โปรแกรม BEC เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารโครงการกลุ่มอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนเรศวร (2) อาคารเรียนรวม โดยนำแบบก่อสร้างของกลุ่มอาคารดังกล่าวซึ่งประกอบด้วยแบบโครงสร้าง แบบสถาปัตยกรรม แบบระบบปรับอากาศ และแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มาจำแนกรายละเอียดเกี่ยวกับวัสดุประกอบอาคาร ความหนา และพื้นที่ของผนังและหลังคา รวมถึงทิศการวางตัวของอาคาร เพื่อนำไปป้อนในโปรแกรม BEC โดยมีการประเมิน 3 ระบบของอาคารดังกล่าวนั่นคือ 1) ระบบกรอบอาคาร ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารผ่านผนังและหลังคาอาคาร 2) ระบบปรับอากาศ โดยพิจารณาจากขีดการทำความเย็นสุทธิของระบบต่อพิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ และ 3) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง คือ การวิเคราะห์การใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่

การใช้พลังงานภายในอาคารที่ถูกประเมินประสิทธิภาพโดยโปรแกรม BEC พบว่าการประเมินที่พิจารณาแต่ละระบบ ระบบการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารที่ประกอบด้วยค่า OTTV และค่า RTTV นั้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบเพียงค่า OTTV ส่วนการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศซึ่งประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เครื่องปรับอากาศแบบรวมส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ และระบบปรับอากาศแบบส่วนกลาง ผลการประเมินโดยรวมพบว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน และในส่วนการใช้พลังงานระบบไฟฟ้าแสงสว่างมีผลการประเมินที่ผ่านเกณฑ์การออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรฐานของกระทรวงพลังงานฯ

เนื่องจากการพิจารณาตามแนวทีละระบบ มีค่าที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน คือ ค่า RTTV ของระบบการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารเกินค่ามาตรฐาน ดังนั้นจึงพิจารณาการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารในรอบปีมีค่าเท่ากับ 139,566.18 kWh ซึ่งไม่เกินค่าที่คำนวณได้สำหรับอาคารอ้างอิง (410,909.14 kWh) ดังนั้นอาคารโครงการกลุ่มอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนเรศวร (2) อาคารเรียนรวม จึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

1) การพิจารณาวัสดุโครงสร้างกรอบอาคาร มีรายละเอียดและส่วนประกอบนอกเหนือจากข้อมูลที่ถูกระบุไว้ภายในโปรแกรม BEC เช่น ช่องอากาศ จึงต้องมีการค้นคว้าข้อมูลเพื่อเพิ่มรายละเอียดของวัสดุกรอบอาคาร ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal conductivity) ค่าความหนาแน่น (Density) ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat) [13]

2) การใช้งานโปรแกรม BEC เกิดการผิดพลาดและปิดโปรแกรมด้วยตัวเองบ่อยครั้ง เนื่องจากการกรอกข้อมูลผิดขั้นตอน การคำนวณของโปรแกรมจึงเกิดข้อผิดพลาดขึ้น ดังนั้นในระหว่างการทำงาน ควรบันทึกข้อมูลทุกครั้งที่มีการระบุค่าลงในโปรแกรม ทำให้โปรแกรมเก็บค่าล่าสุดที่มีการบันทึกลงไป แม้ว่าโปรแกรมจะปิดตัวลงก็ตาม

3) โครงสร้างบางรูปแบบของอาคารที่ประเมินไม่สามารถป้อนค่าพื้นที่และทิศการวางตัวลงในโปรแกรมได้ทั้งหมด เช่น โครงสร้างผนังของอาคารที่มีลักษณะโค้ง การหาพื้นที่ของผนังจึงพิจารณาจากการมองผนังโค้งให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมแล้วใช้ค่าพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมนั้นแทน

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

ในส่วนของการใช้งานโปรแกรม BEC เพื่อหาพื้นที่ผนังโค้งและกำหนดทิศของผนังโค้งนี้ โปรแกรมยังไม่สามารถรองรับการป้อนค่าที่สอดคล้องได้โดยตรง อย่างไรก็ตามเราสามารถใช้โปรแกรม SketchUp สร้างแบบจำลอง 3 มิติ แล้วเขียนสคริปต์ (Script) เพื่อการควบคุมการทำงานผ่านปลั๊กอิน (Plug-in) ชื่อ SketchUp Ruby API โดยใช้พื้นฐานของภาษา Ruby และอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ วัสดุ และทิศทางในโปรแกรม BEC มาใช้ในการคำนวณเพื่อประกอบการพิจารณาประเมินผลที่ได้จากโปรแกรม BEC [14]

เอกสารอ้างอิง

[1] ธนิต จินดาวณิค. "การประหยัดพลังงานในอาคาร". สืบค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2558, จาก www.technologymedia.co.th.

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. "กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักการ และวิธีการ ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน", กรุงเทพฯ, 2552.

[3] Norbert Lechner. "Heating, cooling, lighting : sustainable design methods for architects", John Wiley & Sons, Inc., Fourth Edition, 2015.

[4] ตรึงใจ บูรณสมภพ. "การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน", อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ, 2539.

[5] Walter T. Grondzik., and Alison G. Kwok. "Mechanical and Electrical Equipment for Buildings", John Wiley & Sons, Inc., Twelfth Edition, 2015.

[6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. "หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร", กรุงเทพฯ, 2552.

[7] เว็บมาสเตอร์. "แนวทางการออกแบบกรอบอาคาร (BUILDING ENVELOPE DESIGN) " สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2558, จาก http://www.thaiengineering.com.

[8] วัชระ มั่งวิทิตกุล. "กระบวนการและเทคนิค การลดค่าใช้จ่ายพลังงาน สำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม", บริษัท เรียล ยู พาวเวอร์ จำกัด, กรุงเทพฯ, 2548.

[9] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. "ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน กฎหมายและการจัดการ ด้านไฟฟ้า, ปทุมธานี, 2554.

[10] นิพัทธ์ จันทรมินทร์. "วิศวกรรมส่องสว่าง",คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก, 2558.

[11] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. "คำศัพท์ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง" สืบค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2558, จาก http://www.2e-building.com.

[12] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. "คู่มือโปรแกรม Building Energy Code" สืบค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2558, จาก http://www.2e-building.com.

[13] Dennis J. Wessel. "ASHRAE HVAC 2001 Fundamentals Handbook".
สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2559, จาก http://systemssolution.net/cadtechno.

[14] ธารา จำเนียรดำรงการ. (2555). "การพัฒนาโปรแกรมประมาณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)", วิทยานิพนธ์ (ปริญญาโท) สาขาวิชาคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรม ภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2558, จาก http://www.thapra.lib.su.ac.th/thesis.

ภาคผนวก ก

กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักการ และวิธีการ ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

กฎกระทรวง

กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการ
ในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
พ.ศ. ๒๕๕๒

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๖ วรรคสอง และมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๕๐ อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๕ ประกอบกับมาตรา ๓๓ มาตรา ๔๑ และมาตรา ๔๓ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงานโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติออกกฎกระทรวงไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

หมวด ๑

ประเภทและขนาดของอาคาร

ข้อ ๒ การก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารดังต่อไปนี้ หากมีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ ๒,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎกระทรวงนี้

(๑) สถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล

(๒) สถานศึกษา

(๓) สำนักงาน

(๔) อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด

(๕) อาคารชุมนุมคนตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

(๖) อาคารโรงมหรสพตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

(๗) อาคารโรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม

(๘) อาคารสถานบริการตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ

(๙) อาคารห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า

หมวด ๒

มาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคาร

ส่วนที่ ๑

ระบบกรอบอาคาร

ข้อ ๓ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

(๑) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศในแต่ละประเภทของอาคารต้องมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

ประเภทอาคาร	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (วัตต์ต่อตารางเมตร)
(ก) สถานศึกษา สำนักงาน	๕๐
(ข) โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	๔๐
(ค) โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	๓๐

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ ให้คำนวณจากค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้านรวมกัน

(๒) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศในแต่ละประเภทของอาคารต้องมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

ประเภทอาคาร	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (วัตต์ต่อตารางเมตร)
(ก) สถานศึกษา สำนักงาน	๑๕
(ข) โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	๑๒
(ค) โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	๑๐

(๓) อาคารที่มีการใช้งานพื้นที่หลายลักษณะ พื้นที่แต่ละส่วนต้องใช้ข้อกำหนดของระบบกรอบอาคารตามลักษณะการใช้งานของพื้นที่แต่ละส่วนนั้น

ส่วนที่ ๒

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ข้อ ๔ การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถ

(๑) การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร ต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอ และเป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารหรือกฎหมายเฉพาะว่าด้วยการนั้นกำหนด

(๒) อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารต้องใช้กำลังไฟฟ้าในแต่ละประเภทของอาคารมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

ประเภทอาคาร	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (วัตต์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน)
(ก) สถานศึกษา สำนักงาน	๑๔
(ข) โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	๑๘
(ค) โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	๑๒

(๓) อาคารที่มีการใช้งานพื้นที่หลายลักษณะ พื้นที่แต่ละส่วนต้องใช้ค่าในตารางตามลักษณะการใช้งานของพื้นที่ส่วนนั้น

ส่วนที่ ๓

ระบบปรับอากาศ

ข้อ ๕ ระบบปรับอากาศ ประเภทและขนาดต่าง ๆ ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งภายในอาคาร ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น เป็นไปตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

ส่วนที่ ๔

อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน

ข้อ ๖ อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนที่ติดตั้งภายในอาคาร ต้องมีค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำและค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำดังต่อไปนี้

(๑) หม้อไอน้ำและหม้อต้มน้ำร้อน

ประเภท	ค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำ (ร้อยละ)
(ก) หม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (oil fired steam boiler)	๘๕
(ข) หม้อต้มน้ำร้อนที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (oil fired hot water boiler)	๘๐
(ค) หม้อไอน้ำที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (gas fired steam boiler)	๘๐
(ง) หม้อต้มน้ำร้อนที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (gas fired hot water boiler)	๘๐

(๒) เครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊มแบบใช้อากาศเป็นแหล่งพลังงาน (air-source heat pump water heater)

ลักษณะการออกแบบ	ภาวะพิกัด			ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ
	อุณหภูมิน้ำเข้า	อุณหภูมิน้ำออก	อุณหภูมิอากาศ	
	(องศาเซลเซียส)			
(ก) แบบที่ ๑	๓๐.๐	๕๐.๐	๓๐.๐	๓.๕
(ข) แบบที่ ๒	๓๐.๐	๖๐.๐	๓๐.๐	๓.๐

ส่วนที่ ๕
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

ข้อ ๗ การขออนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารตามข้อ ๒ ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในหมวด ๒ ส่วนที่ ๑ ส่วนที่ ๒ หรือส่วนที่ ๓ ให้พิจารณาตามเกณฑ์การพิจารณาการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

เกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารตามวรรคหนึ่ง ต้องมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารดังกล่าวต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิงที่มีพื้นที่การใช้งาน ทิศทาง และพื้นที่ของกรอบอาคารแต่ละด้านเป็นเช่นเดียวกับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง และมีค่าของระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ เป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละระบบ

ส่วนที่ ๖
การใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร

ข้อ ๘ เมื่อมีการใช้พลังงานหมุนเวียนในอาคาร ให้ยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าบางส่วนในอาคารในกรณีที่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่มีการออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่างภายในอาคารในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร ให้ถือเสมือนว่าไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคารนั้น โดยการออกแบบดังกล่าวต้องเป็นไปตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

(๑) ต้องแสดงอย่างชัดเจนว่า มีการออกแบบสวิตช์ที่สามารถเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้กับพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างต้องมีระยะห่างจากกรอบอาคารไม่เกิน ๑.๕ เท่าของความสูงของหน้าต่างในพื้นที่นั้น และ

(๒) กระจกหน้าต่างตามแนวกรอบอาคารตาม (๑) ต้องมีค่าประสิทธิผลของสัมประสิทธิ์การบังแดด (effective shading coefficient) ไม่น้อยกว่า ๐.๓ และอัตราส่วนการส่งผ่านแสงต่อความร้อน (light to solar gain) มากกว่า ๑.๐ และพื้นที่กระจกหน้าต่างตามแนวกรอบอาคารตาม (๑) ต้องไม่น้อยกว่าพื้นที่ผนังทึบ

ข้อ ๙ อาคารที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในอาคาร สามารถนำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปหักออกจากค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

หมวด ๓

หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคาร

ข้อ ๑๐ หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารตามหมวด ๒ ให้เป็นไปตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

บทเฉพาะกาล

ข้อ ๑๑ แบบของอาคารที่ได้ยื่นคำขออนุญาตหรือได้แจ้งการก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเปลี่ยนการใช้ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร หรือที่ได้รับอนุญาตตามกฎหมายเฉพาะว่าด้วยการนั้นก่อนวันที่กฎกระทรวงนี้ใช้บังคับ ให้ได้รับยกเว้นไม่ต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงนี้

ให้ไว้ ณ วันที่ ๕ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๕๒

วรรณรัตน์ ชาญนุกูล

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงาน

หมายเหตุ :- เหตุผลในการประกาศใช้กฎกระทรวงฉบับนี้ คือ โดยที่มาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๕๐ บัญญัติให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงานโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ มีอำนาจออกกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคารที่จะทำการก่อสร้างหรือดัดแปลงที่ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารตามประเภท หรือขนาดของอาคารดังกล่าวเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน จึงจำเป็นต้องออกกฎกระทรวงนี้

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้โปรแกรม BEC

คู่มือ
โปรแกรม Building Energy Code

การตรวจประเมินอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง
เพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย

บทนำ
คู่มือการใช้งานโปรแกรม BEC V.1.0.6

โปรแกรม BEC หรือ Building Energy Code เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับตรวจสอบความสอดคล้องของแบบอาคารต่อเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ตามเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคารซึ่งจัดทำขึ้นใหม่ภายใต้ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่กำลังจะมีผลบังคับใช้จริงในเดือน มิถุนายน 2551 นี้

โปรแกรมนี้ถือเป็นโปรแกรมปรับปรุง Version 1.0.6 ซึ่งหลังจากได้เปิดให้ใช้โปรแกรมมาช่วงระยะหนึ่ง มีผู้สนใจเข้าทดลองใช้โปรแกรม และได้ให้ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นเพื่อที่จะนำมาปรับปรุงโปรแกรมและคู่มือฯ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม หลักการและเนื้อหาด้านเทคนิคของโปรแกรมฯ ยังคงถูกต้องและสอดคล้องกับข้อกฎหมายที่ใช้ปฏิบัติจริง ดังนั้นจึงสามารถใช้สำหรับการศึกษาทำความเข้าใจในเบื้องต้นได้เป็นอย่างดี

ปัจจุบัน พพ. กำลังเร่งดำเนินการพัฒนาโปรแกรมฯ ให้สมบูรณ์และนำมาใช้ประกอบการปฏิบัติตามกฎหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คู่มือฉบับนี้เป็นคู่มือการใช้งานโปรแกรม BEC V.1.0.6 ซึ่งจะอธิบายรายละเอียด รวมทั้งการใช้งานโปรแกรมไว้อย่างชัดเจน ผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ง่าย เนื่องจากมีรูปภาพประกอบคำอธิบายไว้ในแต่ละส่วนประกอบของโปรแกรม

ผู้ใช้จำเป็นต้องกรอกข้อมูลต่างๆ ของอาคารและระบบต่างๆ ที่จำเป็นให้ครบถ้วน เพื่อที่โปรแกรมจะสามารถแสดงผลประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของอาคารและระบบต่างๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โปรแกรมสามารถแสดงผลได้ดีในหน้าจอขนาด 1024x768 Pixels ขึ้นไป

หากผู้ใช้พบเห็นข้อผิดพลาดต่างๆ ในคู่มือฉบับนี้ ทางคณะผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย และหวังว่าคู่มือฉบับนี้จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานโปรแกรม BEC ได้สะดวกมากขึ้น และคงจะเป็นประโยชน์ต่อการใช้งานไม่มากก็น้อย

ในโปรแกรมจะมีอาคารตัวอย่างให้ทั้งหมด 2 อาคาร คือ

Project Name	Password
BEC_Store	bec

การใช้โปรแกรม BEC V.1.0.6 เบื้องต้น

โปรแกรม BEC หรือ Building Energy Code ในเวอร์ชั่น 1.0.6 นี้ ได้มีการพัฒนาปรับปรุงโปรแกรมในหลายส่วน หากแต่ว่าการใช้งานเบื้องต้นของโปรแกรม ยังคงเหมือนเดิม และคล้ายคลึงกับโปรแกรม BEC ในเวอร์ชั่น 1.0.5 ซึ่งหากผู้ใช้ได้เคยใช้โปรแกรม BEC ในเวอร์ชั่น 1.0.5 ก็จะทำให้ใช้โปรแกรมในเวอร์ชั่นนี้ได้ง่ายขึ้น พร้อมทั้งยังมีฟังก์ชั่นใหม่ๆ เพิ่มขึ้นอีกด้วย

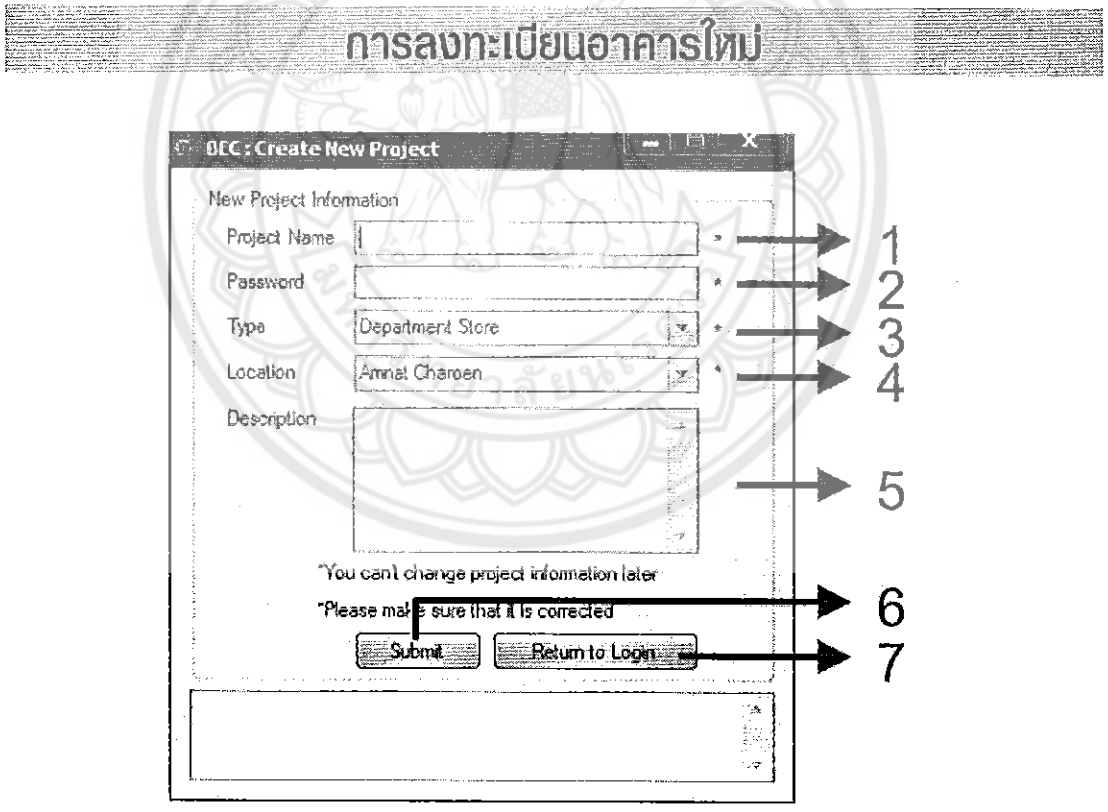
ในหน้า Login ของโปรแกรม BEC V.1.0.6 สิ่งที่เพิ่มเติมเข้ามาในเวอร์ชั่นนี้คือ ปุ่ม "Import Project" ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถจำไฟล์ .bec ที่เคยสร้างไว้ก่อนหน้าจากโปรแกรม BEC เวอร์ชั่นก่อนๆ เข้ามาในเวอร์ชั่นใหม่นี้ได้อย่างง่ายดาย

หลักการทำงานของปุ่ม "Import Project"

1. เมื่อผู้ใช้ทำการกดปุ่ม "Import Project" จะมีหน้าต่างแสดงขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้เลือกไฟล์ .bec ที่จะนำเข้ามาในโปรแกรมเวอร์ชั่น 1.0.6 นี้

2. หากโปรแกรมที่เลือกมา มีชื่อโปรเจคซ้ำกัน โปรแกรมจะไม่อนุญาตให้นำเข้าไฟล์ .bec นั้น โปรแกรมจะมีข้อความเตือนแสดงขึ้นมา ลูกค้าสามารถเลือกที่จะ update ไฟล์ .bec ที่มีอยู่เดิมได้ หรือจะยกเลิกการนำเข้าข้อมูลได้

3. เมื่อทำการ "Import Project" เสร็จสมบูรณ์ จะมีข้อความขึ้นมาให้ทราบว่า การนำเข้าข้อมูลเสร็จสมบูรณ์แล้ว ชื่อของไฟล์ .bec ที่นำเข้าไปใหม่ จะถูกแสดงอยู่ในรายการ Project Name ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกโปรเจคและ login เข้าสู่ระบบได้ตามปกติ



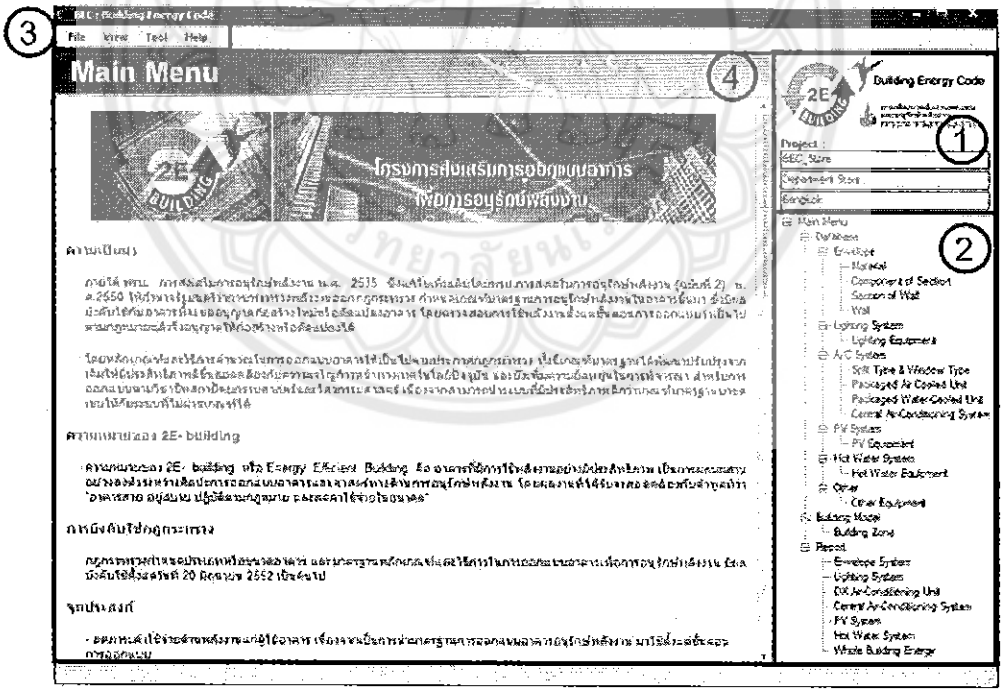
รูปที่ 2 หน้าการลงทะเบียนอาคารใหม่

เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Create New Project แล้ว โปรแกรมจะเปลี่ยนมาที่หน้าการลงทะเบียนอาคาร/โครงการใหม่ ผู้ใช้สามารถลงทะเบียนอาคาร/โครงการใหม่ โดยป้อนข้อมูลดังนี้

1. ชื่ออาคาร/โครงการ (Project Name)
2. รหัสผ่าน (Password)
3. ระบุประเภทของอาคาร หรือ โครงการ (Type)
4. ระบุที่ตั้งของอาคาร หรือ โครงการ (Location)
5. เขียนคำอธิบายโครงการ (Description)
6. กดปุ่ม Submit เมื่อป้อนข้อมูลครบถ้วน เพื่อทำการลงทะเบียน ซึ่งข้อมูลของอาคาร หรือโครงการ จะไปปรากฏอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม
7. กดปุ่ม Return to Login เพื่อกลับไปหน้าการเข้าสู่ระบบ (Login)

*หมายเหตุ – ดอกจันสีแดง หมายถึง ผู้ใช้จำเป็นต้องกรอกข้อมูลลงในช่องว่าง

หน้าหลักของโปรแกรม



รูปที่ 3 หน้าหลักของโปรแกรม

หลังจากที่ผู้ใช้เข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้จะเข้ามาในหน้าหลักของโปรแกรม ซึ่งสามารถแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ ได้ 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สถานะ

แสดงรายละเอียดของอาคาร/โครงการปัจจุบันที่กำลังดำเนินการอยู่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. Current Project: แสดงรายละเอียดของอาคาร หรือโครงการปัจจุบัน ประกอบด้วย
   1.1 ชื่ออาคาร/โครงการ
   1.2 ประเภทของอาคาร/โครงการ
   1.3 สถานที่ตั้งของอาคาร/โครงการ
2. Logout: ใช้เมื่อต้องการออกจากระบบ (จะแสดงเมื่อหน้าจอมีขนาดมากกว่า 1024x768 Pixels)

ส่วนที่ 2 เมนูหลัก

เมนูหลักแสดงหัวข้อต่างๆ ที่ใช้สำหรับป้อนข้อมูลอาคาร หรือโครงการ ดังนี้

1. Database – อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดของวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ
   1.1 Envelop – อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดของวัสดุ และส่วนประกอบต่างๆ ของกรอบอาคารที่ประกอบกันเป็นเขตพื้นที่
      1.1.1 Material: รายละเอียดของวัสดุที่จะประกอบเป็นส่วนของผนัง
      1.1.2 Component of Section: รายละเอียดของส่วนประกอบผนังทึบและผนังโปร่งแสงที่จะประกอบเป็น Section
      1.1.3 Section of Wall: รายละเอียดของ Section ที่จะประกอบเป็นด้านของผนัง
      1.1.4 Wall: รายละเอียดของด้านของผนัง
   1.2 Lighting System - อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดของชุดโคมไฟ
      1.2.1 Lighting Equipment: รายละเอียดของชุดโคมไฟ
   1.3 A/C System – อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดของชุดอุปกรณ์ปรับอากาศต่างๆ
      1.3.1 Split Type & Window Type: รายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Split Type และ Window Type
      1.3.2 Packaged Air-Cooled Unit: รายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Packaged Air-Cooled
      1.3.3 Packaged Water-Cooled Unit: รายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Packaged Water-Cooled
      1.3.4 Central Air-Conditioning System: รายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์
   1.4 PV System – อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์
      1.4.1 PV Equipment: รายละเอียดการใช้พลังงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์
   1.5 Hot Water System – อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดของระบบเครื่องทำน้ำร้อน
      1.5.1 Hot Water Equipment: รายละเอียดการใช้พลังงานของระบบเครื่องทำน้ำร้อน

1.6 Other – อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์อื่นๆ

1.6.1 Other Equipment: รายละเอียดของอุปกรณ์อื่นๆ

2. Building Model – อธิบายรายละเอียดของเขตพื้นที่ภายใน, การกำหนดส่วนประกอบของกรอบผนัง และการป้อนรายละเอียดของอุปกรณ์ที่อยู่ในแต่ละเขตพื้นที่

2.1 Building Zone: รายละเอียดของเขตพื้นที่ภายในอาคาร

3. Report – การแสดงผลการประเมินการใช้พลังงานของอาคาร โดยโปรแกรมสามารถแสดงผลการใช้พลังงานของแต่ละระบบ หรือแสดงผลค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาของอาคารแต่ละส่วน ในแต่ละเขตพื้นที่ หรือของทั้งอาคาร ตลอดจนแสดงผลประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารทั้งอาคาร เปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง

3.1 Envelope System: รายงานสมรรถนะด้านการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง และหลังคาโดยรวมของทั้งอาคาร และแบ่งตามด้านของผนัง รวมถึงผลการประเมินเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกรอบอาคาร (ค่า OTTV หรือ RTTV แบ่งตามด้านของผนังหรือหลังคา)

3.2 Lighting System: รายงานสมรรถนะด้านพลังงานและผลการประเมินเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

3.3 DX Air-Conditioning Unit: รายงานสมรรถนะด้านพลังงานและผลการประเมินเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุด

3.4 Central Air-Conditioning System: รายงานสมรรถนะด้านพลังงานและผลการประเมินเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

3.5 PV System Report: รายงานสมรรถนะด้านพลังงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

3.6 Hot Water System Report: รายงานสมรรถนะด้านพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำร้อน

3.7 Whole Building Energy: รายงานสมรรถนะด้านพลังงานและผลการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของทั้งอาคาร หรือโครงการ

ส่วนที่ 3 เมนูบาร์

เมนูบาร์จะแสดงหัวข้อต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย

1. File – แสดงการจัดการโปรแกรม

1.1 Save Project - บันทึกการเปลี่ยนแปลงข้อมูล

1.2 Backup Project – บันทึกการเปลี่ยนแปลงข้อมูลไปยังอาคาร/โครงการใหม่

** หมายเหตุ: เมื่อทำการ Save Project As แล้ว Password ของโครงการที่บันทึกใหม่จะเหมือนกับโครงการต้นฉบับ ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนรหัสผ่านได้ภายในโปรแกรม

1.3 Change Password – เปลี่ยนรหัสผ่าน

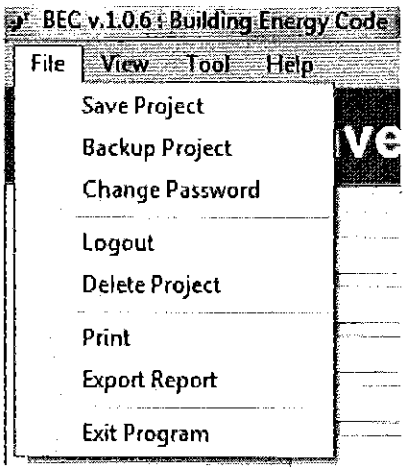
1.4 Logout – ออกจากระบบ เพื่อเข้าสู่อาคาร หรือโครงการใหม่

1.5 Delete Project – ลบอาคาร หรือโครงการ ที่ดำเนินการอยู่

1.6 Print – ทำการพิมพ์ข้อมูลของอาคาร

1.7 Export Report - ส่งออก Report

1.8 Exit Program – ออกจากโปรแกรม



รูปที่ 4 เมนู File ของโปรแกรม

2. View – แสดงตารางข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องภายในอาคาร ในหน้า View แต่ละหน้า ผู้ใช้สามารถทำการพิมพ์ข้อมูลและส่งออกข้อมูลไปยังโปรแกรม Excel ได้
3. Tool – แสดงเครื่องมือช่วยเหลือต่างๆ
   3.1 Shading Coefficient Calculation: เครื่องมือช่วยเหลือสำหรับการประเมินการใช้พลังงานของอาคาร โดยช่วยในการคำนวณหาค่า Shading Coefficient (SC)
4. Help – แสดงข้อมูลอื่นๆ เกี่ยวกับโปรแกรมและการใช้งาน

ส่วนที่ 4 แสดงผล

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่แสดงผล หลังจากที่มีการเลือกหัวข้อจากเมนูหลัก เพื่อใช้ในการป้อนข้อมูลหรือการแสดงผลต่างๆ

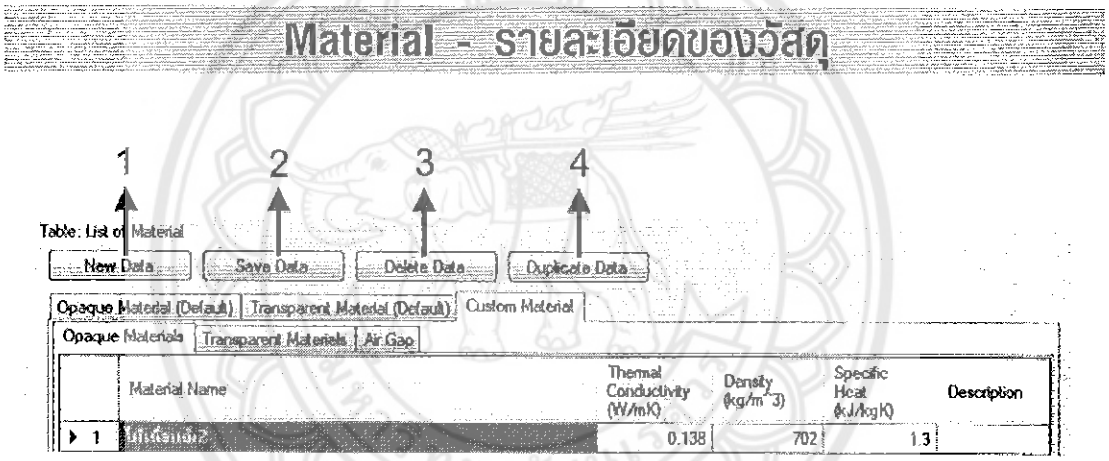
เมนู Database และ Building Model

ในส่วนของเมนู Database และ Building Model ในโปรแกรม BEC V.1.0.6 นี้ ได้มีฟังก์ชั่นหลักเพิ่มขึ้นมาคือ ปุ่ม "Duplicate Data" ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้สามารถกรอกข้อมูลในโปรแกรมได้ง่ายขึ้น หากกดปุ่ม "Duplicate Data" โปรแกรมจะทำการ duplicate ข้อมูลใน Row ที่เลือก หรือใน System ที่เลือก และแสดงข้อมูลใหม่ในชื่อที่เปลี่ยนไป (จะมีตัวเลขต่อด้านท้าย ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้รู้ว่า มีการทำซ้ำข้อมูลเกิดขึ้น)

ประโยชน์การใช้งานของฟังก์ชั่นนี้ คือ หากผู้ใช้มีข้อมูลจำนวนมากที่คล้ายคลึงกัน ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องกดปุ่ม "New Data" และกรอกข้อมูลใหม่หมดทุกครั้ง เพียงแต่กดปุ่ม "Duplicate Data" โปรแกรมก็จะทำการทำซ้ำข้อมูลให้เลย ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้กรอกรายละเอียดต่างๆ ในโปรแกรมได้รวดเร็วขึ้น

หลักการทำงานของปุ่ม "Duplicate Data"

1. เลือก Row ที่ต้องการทำซ้ำข้อมูล
2. กดปุ่ม "Duplicate Data"
3. โปรแกรมจะทำซ้ำข้อมูลที่เลือกเพิ่มขึ้นมาให้ โดยจะใส่ตัวเลขต่อท้าย เพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่า Row ที่เพิ่มขึ้นมาใหม่ ได้ถูกทำซ้ำกับ Row ใด ตัวอย่างเช่น หากต้องการทำซ้ำผนังที่ชื่อว่า "ผนังทิศใต้" เมื่อกดปุ่ม "Duplicate Data" โปรแกรมจะสร้าง Row ใหม่ในชื่อว่า ผนังทิศใต้_(1)" เพิ่มขึ้นมาให้ เป็นต้น



รูปที่ 5 หน้าต่างรายละเอียดวัสดุต่างๆ

ในหน้า Material จะปรากฏตาราง List of Material ซึ่งแสดงข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุต่างๆ แบ่งได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่

1. Opaque Material (Default) – ข้อมูลของวัสดุทึบแสงที่มีในฐานข้อมูล
2. Transparent Material (Default) – ข้อมูลของกระจกที่มีในฐานข้อมูล
3. Custom Material – ข้อมูลของวัสดุที่กรอกโดยผู้ใช้

ใน BEC V 1.0.6 นี้ได้มีการเพิ่ม Tab "V 1.0.6" เพิ่มขึ้นในส่วน "Opaque Material (Default)" ซึ่งเป็นข้อมูลของวัสดุใหม่ที่เพิ่มเข้ามาในโปรแกรมเวอร์ชั่นนี้

ใน Custom Materials มีการแบ่งประเภทของวัสดุออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. Opaque Materials ผู้ใช้สามารถระบุข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุทึบแสงได้โดย
   1.1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อวัสดุ รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังนี้
      - Material Name ระบุชื่อของวัสดุทึบแสง
      - Thermal Conductivity ระบุการสื่อความร้อนของวัสดุ มีหน่วยเป็น W/mK
      - Density ระบุความหนาแน่นของวัสดุ มีหน่วยเป็น kg/m3
      - Specific Heat ระบุความร้อนจำเพาะของวัสดุ มีหน่วยเป็น kJ/kgK
      - Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของวัสดุทึบแสง

   1.2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง

   1.3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล

   1.4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

2. Transparent Materials ผู้ใช้สามารถระบุข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุโปร่งแสงได้โดย
   2.1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อวัสดุ รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังนี้
      - Material Name ระบุชื่อของวัสดุโปร่งแสง
      - Thickness ระบุความหนาของวัสดุ มีหน่วยเป็น m
      - Visible Rays (Reflectance) ระบุรังสีที่มองเห็น (สะท้อน)
      - Visible Rays (Transmittance) ระบุรังสีที่มองเห็น (ส่งผ่าน)
      - Solar Energy (Reflectance) ระบุพลังงานแสงอาทิตย์ (สะท้อน)
      - Solar Energy (Transmittance) ระบุพลังงานแสงอาทิตย์ (ส่งผ่าน)
      - Solar Energy (Absorption) ระบุพลังงานแสงอาทิตย์ (ดูดซึม)
      - SHGC ระบุค่า SHGC
      - U-value Summer Daytime ระบุค่า U-value มีหน่วยเป็น watt/m2
      - Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของวัสดุทึบแสง

   2.2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง

   2.3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล

   2.4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

3. Air Gap ถูกแบ่งย่อยออกเป็น ช่องอากาศในผนัง (Wall) และช่องอากาศในหลังคา (Roof)
   3.1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อวัสดุ รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังนี้
      - Material Name ระบุชื่อของช่องอากาศ
      - Wall/Roof ระบุว่าเป็นส่วนของผนัง หรือหลังคา
      - Air Gap Type ระบุประเภทของช่องอากาศ

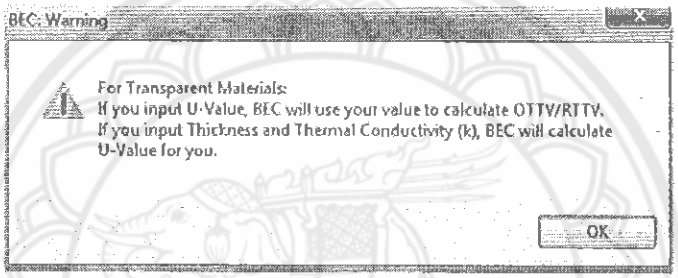
- Thickness ระบุความหนาของช่องอากาศ มีหน่วยเป็น m
- Degree ระบุองศาของช่องอากาศ (เฉพาะหลังคา)
- Air Gap Resistance ระบุความต้านทานของช่องอากาศ (คำนวณอัตโนมัติโดยโปรแกรม เมื่อทำการบันทึกข้อมูล (Save Data)

3.2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง

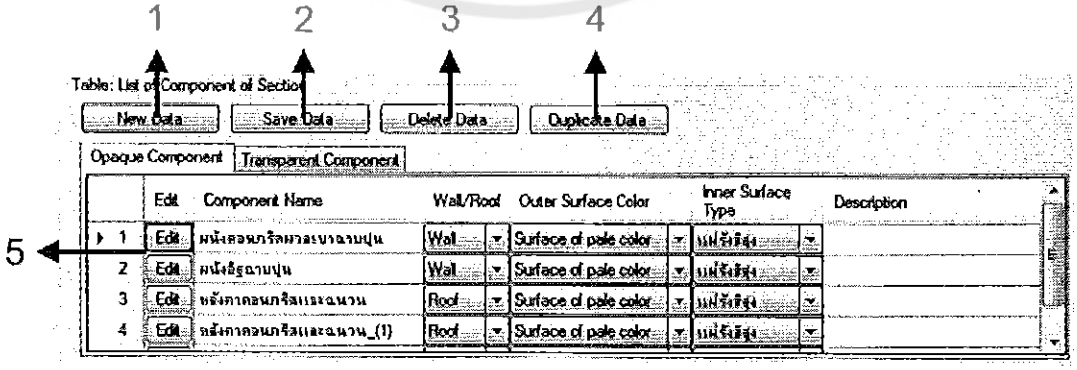
3.3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล

3.4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

ในการเพิ่มข้อมูลวัสดุประเภทโปร่งแสง หากผู้ใช้มีการใส่ค่า U-Value โปรแกรม BEC จะใช้ค่าที่ผู้ใช้กรอกในการคำนวณค่า OTTV/RTTV แต่ถ้าหากผู้ใช้มีการใส่ค่าความหนา (Thickness) และค่าการนำความร้อน (k) โปรแกรมจะนำค่าสองค่านี้มาใช้ในการคำนวณค่า U-Value ขึ้นมาใหม่



รูปที่ 6 หน้าต่างแสดงการคำเตือนในกรอกข้อมูลวัสดุโปร่งแสง



รูปที่ 7 หน้าต่างรายละเอียดส่วนประกอบผนังต่างๆ

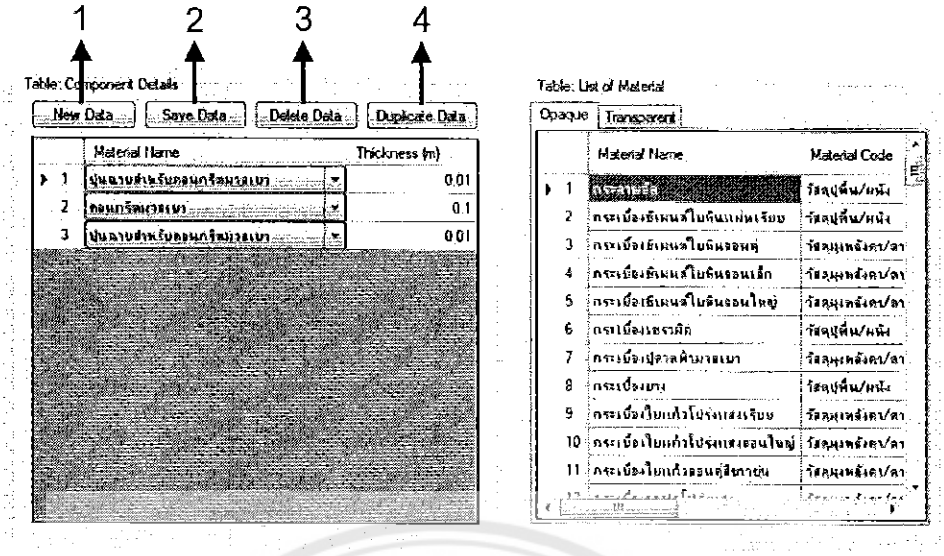
ในหน้า Component of Section จะมีตารางการแสดงข้อมูลของวัสดุอยู่ 2 ประเภทด้วยกัน คือ Opaque Component ซึ่งแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับส่วนประกอบของผนังทึบ และ Transparent Component ซึ่งแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับส่วนประกอบของผนังโปร่งแสง

ใน Opaque Component ผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของส่วนประกอบผนังดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อของส่วนประกอบผนัง รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Component Name ระบุชื่อของส่วนประกอบผนัง
   - Wall/Roof ระบุว่าเป็นส่วนของผนัง หรือหลังคา
   - Component Surface ระบุผิวหน้าของส่วนประกอบผนัง
   - Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของส่วนประกอบผนัง
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล
5. ปุ่ม Edit ที่อยู่ด้านหน้าของชื่อส่วนประกอบผนัง ใช้เพื่อเข้าไปยังส่วนของ Component Details ซึ่งระบุชั้นต่างๆ ของส่วนประกอบผนังว่าใช้วัสดุอะไรบ้าง

ใน Transparent Component ผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของส่วนประกอบผนังดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อของส่วนประกอบผนัง รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Component Name ระบุชื่อของส่วนประกอบผนัง
   - Wall/Roof ระบุว่าเป็นส่วนของผนัง หรือหลังคา
   - SHGC ค่า SHGC จะปรากฏขึ้นอัตโนมัติเมื่อกดปุ่ม Save Data
   - Transmittance ค่า Transmittance จะปรากฏขึ้นอัตโนมัติเมื่อกดปุ่ม Save Data
   - Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของส่วนประกอบผนัง
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล



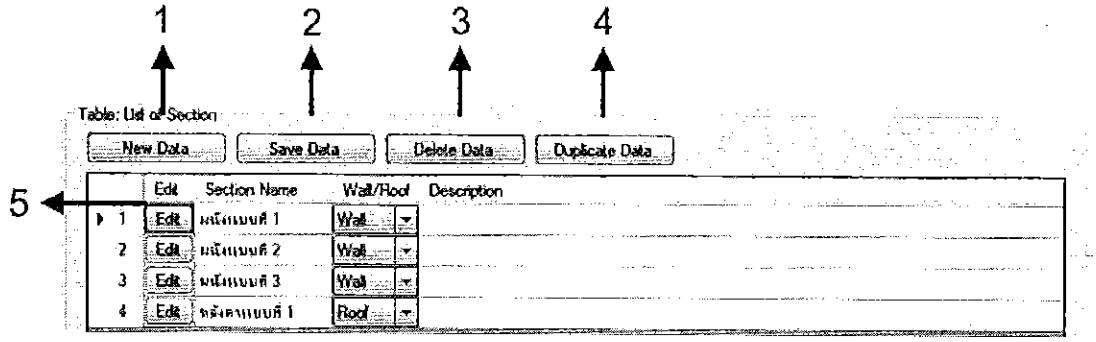
รูปที่ 8 หน้าต่างรายละเอียดของวัสดุที่ประกอบกันเป็นส่วนประกอบของผนัง

หลังจากผู้ใช้ กดปุ่ม Edit จะปรากฏหน้าของ Component Details และ List of Material ขึ้นมาให้ผู้ใช้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของวัสดุต่างๆ ได้ ผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของวัสดุที่ประกอบกันเป็นส่วนประกอบของผนังได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง รายละเอียดของวัสดุจะแสดงขึ้นมาในตาราง ซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Material Name ระบุชื่อของวัสดุ
   - Thickness ระบุความหนาของวัสดุ มีหน่วยเป็น m
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

ในส่วนของ List of Material ใน BEC V 1.0.6 นี้ ได้มีการแบ่งแยกประเภทของวัสดุทึบแสงและวัสดุโปร่งแสงให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

Section of Wall - กลุ่มของผนัง

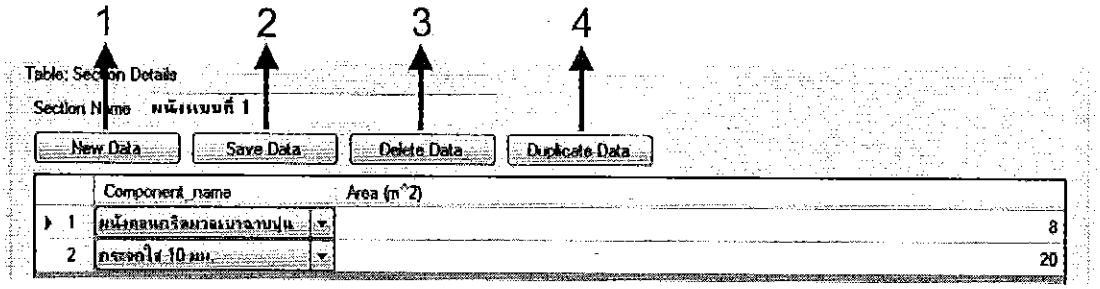


รูปที่ 9 หน้าต่างรายละเอียดของเซคชั่นต่างๆ

ในหน้า Section of Wall จะมีตารางการแสดงข้อมูลของส่วนประกอบผนังอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ List of Section ซึ่งแสดงรายละเอียดของเซคชั่นต่างๆ และ Section Details ซึ่งแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับส่วนประกอบของผนังที่ประกอบกันเป็นเซคชั่น

ใน List of Section ผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของเซคชั่น ได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อของเซคชั่น รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Section Name ระบุชื่อของเซคชั่น
   - Wall/Roof ระบุว่าเป็นส่วนของผนัง หรือหลังคา
   - Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของเซคชั่น
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล
5. ปุ่ม Edit ที่อยู่ด้านหน้าของชื่อเซคชั่น ใช้เพื่อเข้าไปยังส่วนของ Section Details

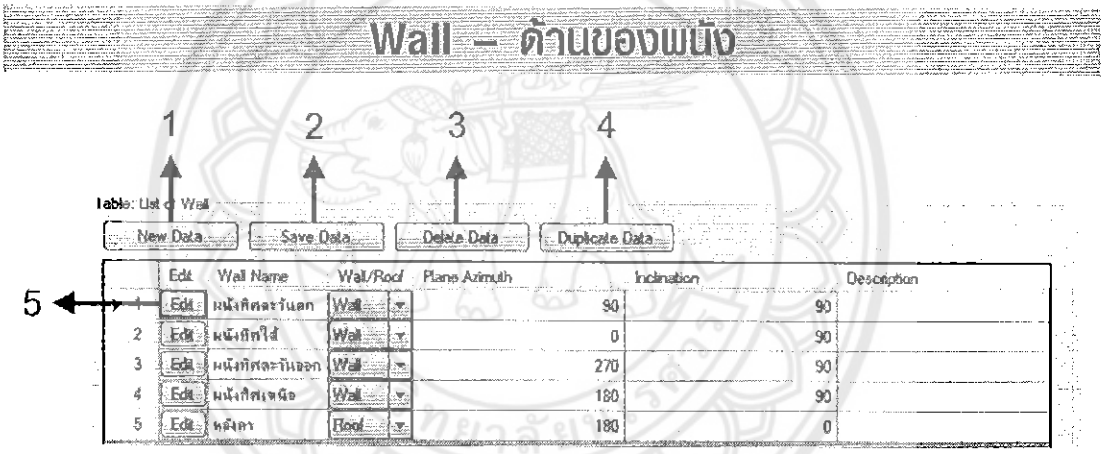


รูปที่ 10 หน้าต่างรายละเอียดของส่วนประกอบของผนังที่ประกอบกันเป็นเซคชั่น

หลังจากผู้ใช้ กดปุ่ม Edit จะปรากฏหน้าของ Section Details ขึ้นมา ในส่วนนี้ จะมี Section Name ระบุไว้ชัดเจน เพื่อให้ผู้ใช้ทราบได้ว่า ขณะนี้ ผู้ใช้กำลังกรอกข้อมูลของ section ส่วนไหนอยู่ ซึ่งในโปรแกรมเวอร์ชั่นนี้ ได้แสดงเป็นตัวหนา เพื่อให้ผู้ใช้ได้มองเห็นชัดเจนยิ่งขึ้น

ผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของส่วนประกอบของผนังที่ประกอบกันเป็นเซคชั่นได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง รายละเอียดของส่วนประกอบผนังจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Component Name ระบุชื่อของส่วนประกอบผนัง
   - Area ระบุพื้นที่ของส่วนประกอบผนัง มีหน่วยเป็น m^2
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล



รูปที่ 11 หน้าต่างรายละเอียดของผนังแบบต่างๆ

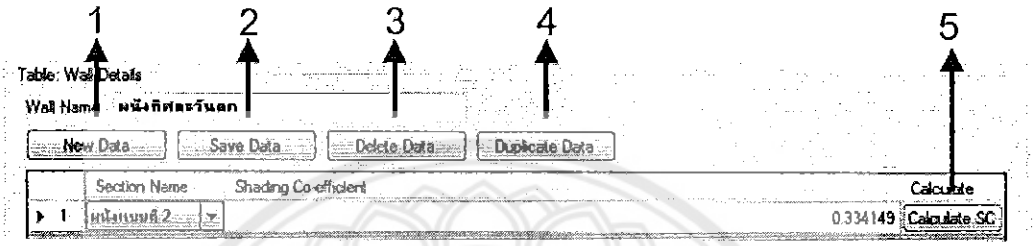
ในหน้า Wall จะมีตารางการแสดงข้อมูลของผนังอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ List of Wall ซึ่งแสดงรายละเอียดของผนังต่างๆ และ Wall Details ซึ่งแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับเซคชั่นต่างๆ ที่ประกอบกันเป็นผนัง

ใน List of Wall ผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของผนัง ได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อผนัง รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Wall Name ระบุชื่อของผนัง
   - Wall/Roof ระบุว่าเป็นส่วนของผนัง หรือหลังคา

- Plane Azimuth ระบุมุม Plane Azimuth
- Inclination ระบุมุม Inclination
- Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของผนัง

2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล
5. ปุ่ม Edit ที่อยู่ด้านหน้าของชื่อผนัง ใช้เพื่อเข้าไปยังส่วนของ Wall Information



รูปที่ 12 หน้าต่างรายละเอียดของเซคชั่นที่ประกอบกันเป็นผนังทิศต่างๆ

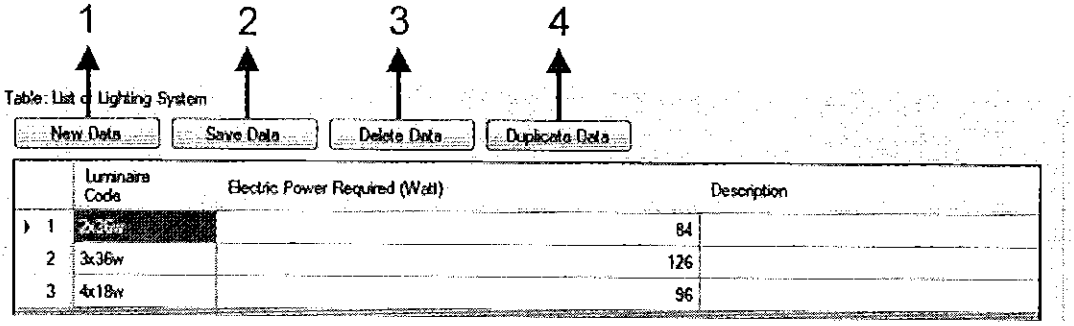
หลังจากผู้ใช้ กดปุ่ม Edit จะปรากฏหน้าของ Wall Details ขึ้นมา ในส่วนนี้ จะมี Wall Name ระบุไว้ใช้เจน เพื่อให้ผู้ใช้ทราบได้ว่า ขณะนี้ ผู้ใช้กำลังกรอกข้อมูลของผนังส่วนไหนอยู่ ซึ่งในโปรแกรมเวอร์ชั่นนี้ ได้แสดงเป็นตัวหนา เพื่อให้ผู้ใช้ได้มองเห็นชัดเจนยิ่งขึ้น

ผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของเซคชั่นที่ประกอบกันเป็นผนัง ได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง รายละเอียดของส่วนประกอบผนังจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Section Name ระบุชื่อของเซคชั่น
   - Shading Co-efficient ระบุค่า Shading Co-efficient
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล
5. ปุ่ม Calculate SC ใช้เพื่อคำนวณหาค่า Shading Co-efficient กด Save Data เพื่อแสดงผล SC

** หมายเหตุ: เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงใน Material, Component of Section, Section of Wall จะต้องมาทำการอัพเดทข้อมูลในส่วนของ Wall Detail ทุกวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทุกครั้ง เพื่อการคำนวณค่า TDeq ที่ถูกต้อง

Lighting Equipment – รายละเอียดของชุดโคมไฟ

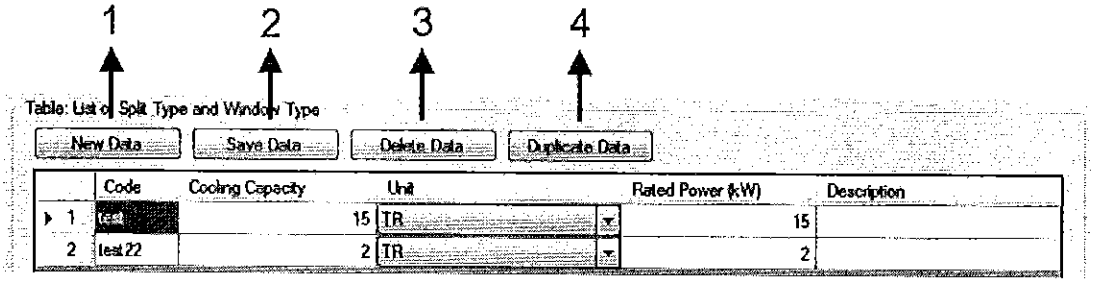


รูปที่ 13 หน้าต่างรายละเอียดของไฟฟ้าแสงสว่าง

ในหน้า Lighting Equipment จะมีตารางการแสดงข้อมูลเกี่ยวกับไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของโซน ได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อของไฟฟ้าแสงสว่าง รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Luminaire Code ระบุชื่อของไฟฟ้าแสงสว่าง
   - Electric Power Required ระบุความต้องการไฟฟ้า มีหน่วยเป็น watt
   - Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของไฟฟ้าแสงสว่าง
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

Split Type & Window Type – รายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Split Type และ Window Type

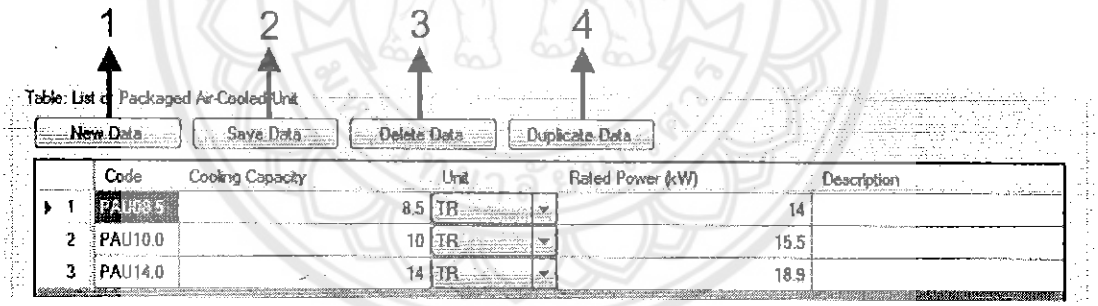


รูปที่ 14 หน้าต่างรายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบ
เป็นชุดประเภท Split Type & Window Type

ในหน้า Split Type & Window Type จะมีตารางการแสดงข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Split Type และ Window Type ซึ่งผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของระบบปรับอากาศ ได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อของระบบปรับอากาศ รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Code ระบุชื่อของระบบปรับอากาศ
   - Cooling Capacity ระบุขนาดของระบบปรับอากาศ
   - Unit ระบุหน่วยของขนาดของระบบปรับอากาศ
   - Rated Power ระบุกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น kW
   - Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของระบบปรับอากาศ
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

Packaged Air-Cooled Unit – รายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Packaged Air-Cooled

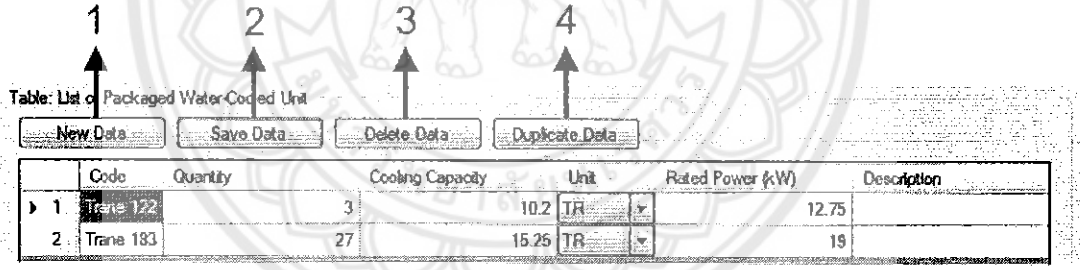


รูปที่ 15 หน้าต่างรายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Packaged Air-Cooled

ในหน้า Packaged Air-Cooled Unit จะมีตารางการแสดงข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Packaged Air-Cooled ซึ่งผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของระบบปรับอากาศได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อของระบบปรับอากาศ รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Code ระบุชื่อของระบบปรับอากาศ
   - Cooling Capacity ระบุขนาดของระบบปรับอากาศ
   - Unit ระบุหน่วยของขนาดของระบบปรับอากาศ
   - Rated Power ระบุกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น watt
   - Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของระบบปรับอากาศ
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

Packaged Water-Cooled Unit – รายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Packaged Water-Cooled

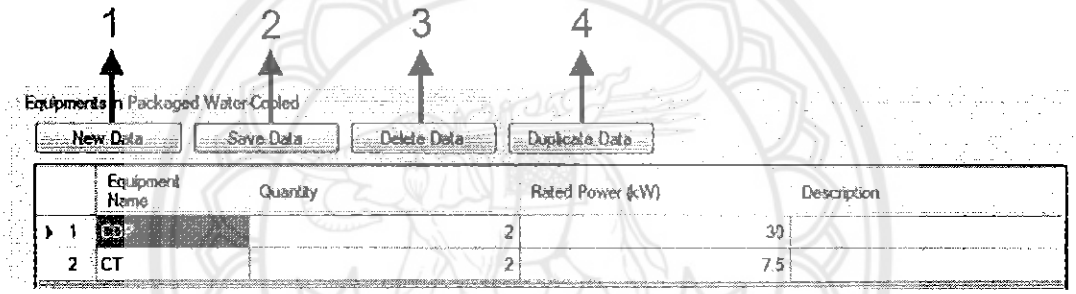


รูปที่ 16 หน้าต่างรายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Packaged Water-Cooled

ในหน้า Packaged Water-Cooled Unit จะมีตารางการแสดงข้อมูลอยู่ 2 ตารางด้วยกัน คือ ตาราง List of Packaged Water-Cooled Unit ซึ่งแสดงรายละเอียดข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Packaged Water-Cooled และ ตาราง Equipments in Packaged Water-Cooled ซึ่งแสดงข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ในระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Packaged Water-Cooled

ในตาราง List of Packaged Water-Cooled Unit ผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของระบบปรับอากาศได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อของระบบปรับอากาศ รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Code ระบุชื่อของระบบปรับอากาศ
   - Quantity ระบุจำนวนของระบบปรับอากาศ
   - Cooling Capacity ระบุขนาดของระบบปรับอากาศ
   - Unit ระบุหน่วยของขนาดของระบบปรับอากาศ
   - Rated Power ระบุกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น watt
   - Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของระบบปรับอากาศ
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

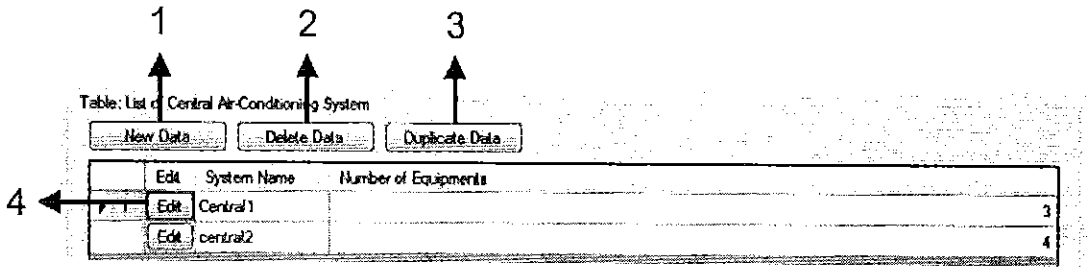


รูปที่ 17 หน้าต่างรายละเอียดของอุปการณ์ต่างๆ ใน Packaged Water-Cooled

ในตาราง Equipments in Packaged Water-Cooled ผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของระบบปรับอากาศได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อของอุปกรณ์ที่อยู่ในระบบปรับอากาศ รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Equipment Name ระบุชื่อของอุปกรณ์
   - Quantity ระบุจำนวนของอุปกรณ์
   - Rated Power ระบุกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ มีหน่วยเป็น watt
   - Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของอุปกรณ์
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

Central Air-Conditioning System – รายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

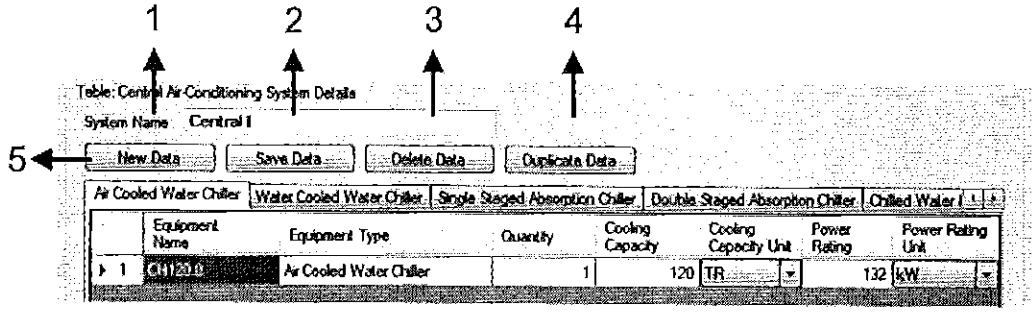


รูปที่ 18 หน้าต่างรายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

ในหน้า Central Air-Conditioning System จะมีตารางการแสดงข้อมูลอยู่ 2 ตารางด้วยกัน คือ ตาราง List of Central Air-Conditioning System ซึ่งแสดงรายละเอียดข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์และ ตาราง Central Air-Conditioning System Details ซึ่งแสดงข้อมูลของอุปกรณ์ปรับอากาศต่างๆ ที่อยู่ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

ในตาราง List of Central Air-Conditioning System ผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อของระบบปรับอากาศ รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - System Name ระบุชื่อของระบบปรับอากาศ
   - Number of Equipments แสดงจำนวนอุปกรณ์ปรับอากาศในระบบปรับอากาศ
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล
4. ปุ่ม Edit ที่อยู่ด้านหน้าของชื่อระบบปรับอากาศ ใช้เพื่อเข้าไปยังตาราง Central Air-Conditioning System Details ซึ่งระบุอุปกรณ์ปรับอากาศต่างๆ ที่อยู่ในระบบปรับอากาศนั้นๆ



รูปที่ 19 หน้าต่างรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์ปรับอากาศต่างๆ ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

หลังจากผู้ใช้ กดปุ่ม Edit เรียบร้อยแล้ว จะปรากฏหน้าของ Central Air-Conditioning System Details ขึ้นมา ในส่วนนี้จะมี System Name ระบุไว้ใช้เจนเพื่อให้ผู้ใช้ทราบได้ว่าขณะนี้ผู้ใช้กำลังกรอกข้อมูลของระบบส่วนไหนอยู่ ซึ่งในโปรแกรมเวอร์ชั่นนี้ ได้แสดงเป็นตัวหนาเพื่อให้ผู้ใช้ได้มองเห็นชัดเจนยิ่งขึ้น

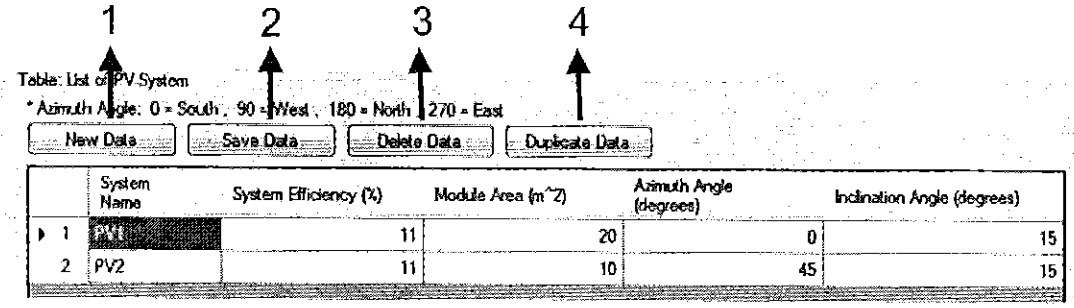
ในส่วนนี้จะแสดงอุปกรณ์ปรับอากาศต่างๆ ที่อยู่ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ โดยจะแบ่งอุปกรณ์ปรับอากาศเป็น 9 ประเภทด้วยกัน ได้แก่

1. Air Cooled Water Chiller
2. Water Cooled Water Chiller
3. Single Staged Absorption Chiller
4. Double Staged Absorption Chiller
5. Chilled Water Pump
6. Condenser Water Pump
7. Cooling Tower
8. Fan Coil Unit
9. Air Handling Unit

ในแต่ละอุปกรณ์ปรับอากาศของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของอุปกรณ์ปรับอากาศต่างๆ ภายในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อของอุปกรณ์ปรับอากาศ รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Equipment Name ระบุชื่อของอุปกรณ์ปรับอากาศ
   - Equipment Type ระบุชนิดของอุปกรณ์ปรับอากาศ
   - Quantity ระบุจำนวนของอุปกรณ์ปรับอากาศ
   - Cooling Capacity ระบุขนาดของอุปกรณ์ปรับอากาศ
   - Cooling Capacity Unit ระบุหน่วยของขนาดของอุปกรณ์ปรับอากาศ
   - Power Rating ระบุกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ปรับอากาศ
   - Power Rating Unit ระบุหน่วยของกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ปรับอากาศ
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล
5. ในแต่ละประเภทของอุปกรณ์ปรับอากาศอาจจะมีเขตข้อมูลที่แตกต่างกัน แต่จะไม่นอกเหนือไปจากเขตข้อมูลในที่กล่าวมาข้างต้น

PV Equipment – รายละเอียดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

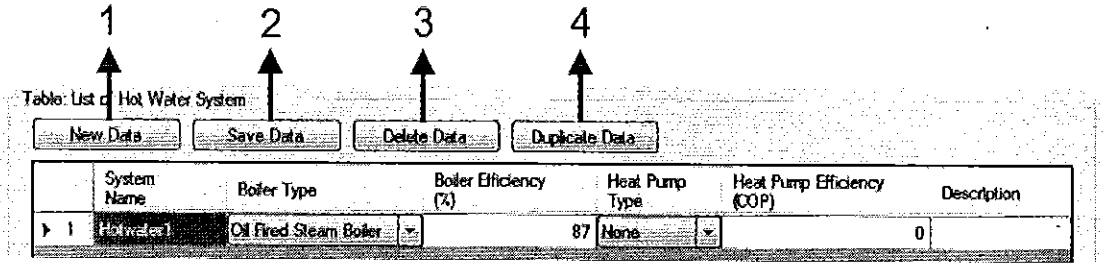


รูปที่ 20 หน้าต่างรายละเอียดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

ในหน้า PV Equipment จะมีตารางการแสดงข้อมูลเกี่ยวกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - System Name ระบุชื่อของระบบเซลล์แสงอาทิตย์
   - System Efficiency ระบุประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น %
   - Module Area ระบุขนาดพื้นที่ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น m^2
   - Azimuth Angle ระบุมุม Azimuth มีหน่วยเป็น degrees
   - Inclination Angle ระบุมุม Inclination มีหน่วยเป็น degrees
   - ESR ค่า ESR จะปรากฏขึ้นโดยอัตโนมัติเมื่อกดปุ่ม Save Data
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

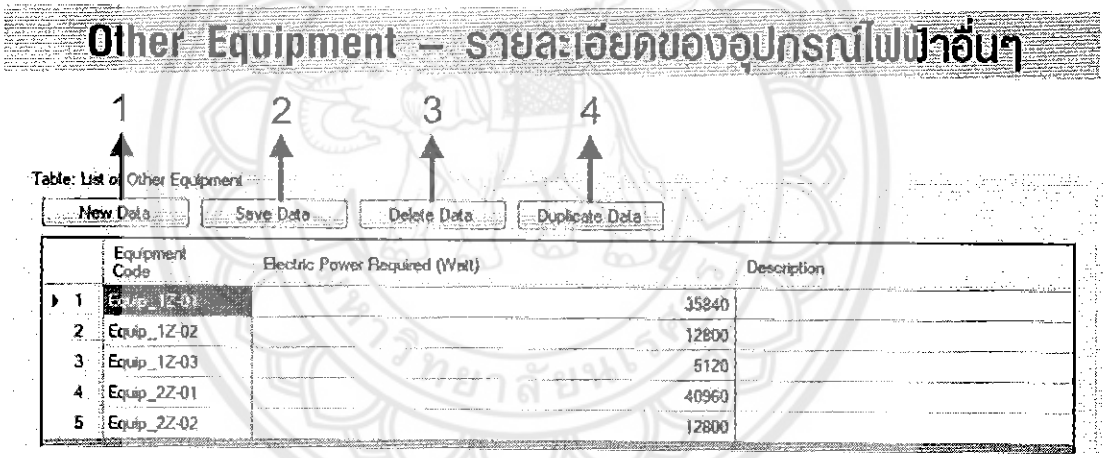
Hot Water Equipment – รายละเอียดของระบบเครื่องทำน้ำร้อน



รูปที่ 21 หน้าต่างรายละเอียดของระบบเครื่องทำน้ำร้อน

ในหน้า Hot Water Equipment จะมีตารางการแสดงข้อมูลเกี่ยวกับระบบเครื่องทำน้ำร้อน ซึ่งผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของระบบเครื่องทำน้ำร้อน ได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อของระบบเครื่องทำน้ำร้อน รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - System Name ระบุชื่อของระบบเครื่องทำน้ำร้อน
   - Boiler Type ระบุประเภทของหม้อน้ำ
   - Boiler Efficiency ระบุประสิทธิภาพของหม้อน้ำ มีหน่วยเป็น %
   - Heat Pump Type ระบุประเภทของปั๊มความร้อน
   - Heat Pump Efficiency ระบุประสิทธิภาพของปั๊มความร้อน มีหน่วยเป็น COP
   - Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของระบบเครื่องทำน้ำร้อน
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

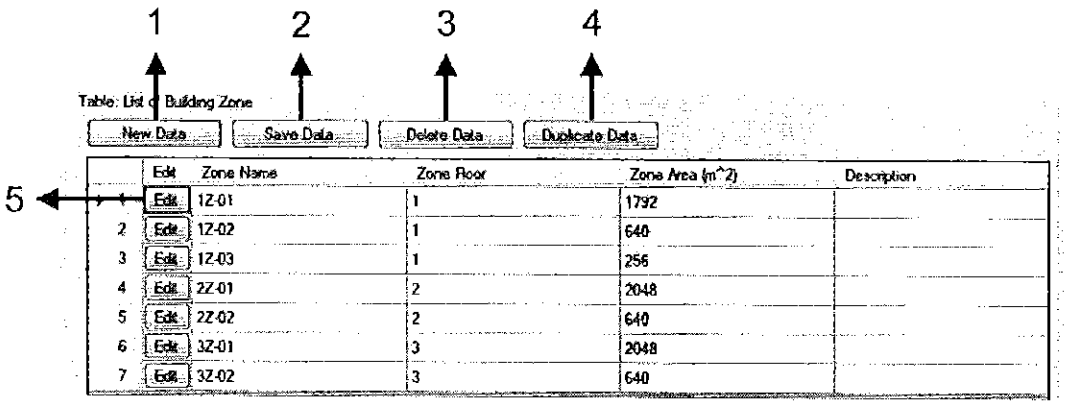


รูปที่ 22 หน้าต่างรายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

ในหน้า Other Equipment จะมีตารางการแสดงข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ซึ่งผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้า ได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อของอุปกรณ์ไฟฟ้า รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Equipment Code ระบุชื่อของอุปกรณ์ไฟฟ้า
   - Electric Power Required ระบุความต้องการไฟฟ้า มีหน่วยเป็น watt
   - Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของอุปกรณ์ไฟฟ้า
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

Building Zone – รายละเอียดของเขตพื้นที่ภายในอาคาร

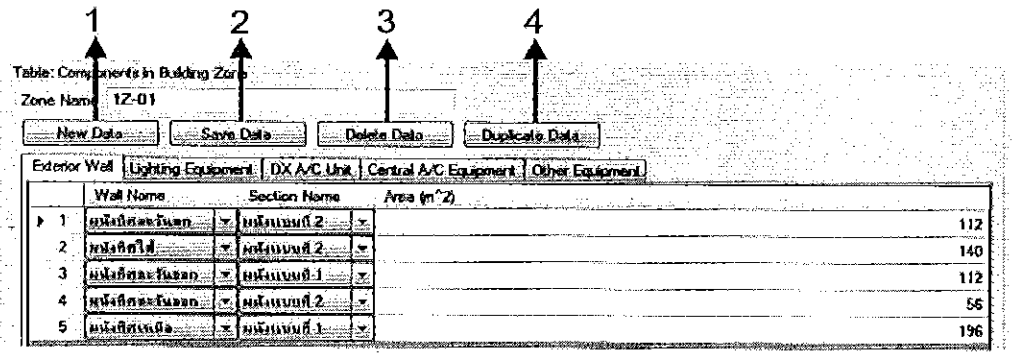


รูปที่ 23 หน้าต่างรายละเอียดเขตพื้นที่ภายในของอาคาร

ในหน้า Building Zone จะมีตารางการแสดงข้อมูลของโซนและอุปกรณ์ต่างๆ อยู่ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ List of Building Zone ซึ่งแสดงรายละเอียดต่างๆ ของโซน และ Components in Building Zone ซึ่งแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ

ในตาราง List of Building Zone ผู้ใช้สามารถจัดการและกรอกข้อมูลของผนัง ได้ดังนี้

1. ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขนาดเล็กขึ้นมาให้ผู้ใช้กรอกชื่อโซน รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเขตข้อมูลดังต่อไปนี้
   - Name ระบุชื่อโซน
   - Floor ระบุชั้นของโซน
   - Area ระบุขนาดพื้นที่ของโซน มีหน่วยเป็น m^2
   - Description ระบุรายละเอียดอื่นๆ ของโซน
2. ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
3. ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล
5. ปุ่ม Edit ที่อยู่ด้านหน้าของชื่อโซน ใช้เพื่อเข้าไปยังส่วนของ Components in Building Zone ซึ่งระบุอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ในโซนนั้นๆ ผู้ใช้สามารถเลือกโซนเพื่อทำการจัดการกับอุปกรณ์ในแต่ละโซนได้



รูปที่ 24 หน้าต่างรายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ในโซน

หลังจากผู้ใช้ กดปุ่ม Edit เลือกโซนเรียบร้อยแล้ว จะปรากฏหน้าของ Components in Building Zone ขึ้นมา ในส่วนนี้ จะมี Zone Name ระบุไว้ใช้เจน เพื่อให้ผู้ใช้ทราบได้ว่า ขณะนี้ ผู้ใช้กำลังกรอกข้อมูลของโซนส่วนไหนอยู่ ซึ่งในโปรแกรมเวอร์ชั่นนี้ได้แสดงเป็นตัวหนา เพื่อให้ผู้ใช้ได้มองเห็นชัดเจนยิ่งขึ้น

ผู้ใช้สามารถกรอกข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งมีแบ่ง ออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้

1. Exterior Wall ผู้ใช้สามารถระบุข้อมูลเกี่ยวกับผนังภายนอกของโซน
   1.1 ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเซตข้อมูลดังนี้
      - Wall Name ระบุชนิดของผนัง
      - Section Name ระบุชนิดของเซคชั่น
      - Area ระบุพื้นที่ของผนัง มีหน่วยเป็น m^2
   1.2 ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
   1.3 ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
   1.4 ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

2. Lighting Equipment ผู้ใช้สามารถระบุข้อมูลเกี่ยวกับไฟฟ้าแสงสว่าง
   2.1 ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเซตข้อมูลดังนี้
      - Luminaire Code ระบุชื่อของไฟฟ้าแสงสว่าง
      - Quantity ระบุจำนวนของไฟฟ้าแสงสว่าง
      - Quantity in Daylighted Zone ระบุจำนวนของไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในโซนแสงธรรมชาติ
   2.2 ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
   2.3 ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
   2.4 ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล
3. DX A/C Unit ผู้ใช้สามารถระบุข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศแบบเป็นชุด
   3.1 ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเซตข้อมูลดังนี้
      - DX A/C Name ระบุชื่อของระบบปรับอากาศ
      - Quantity ระบุจำนวนของระบบปรับอากาศ
   3.2 ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง
   3.3 ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
   3.4 ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล
4. Central A/C Equipment ผู้ใช้สามารถระบุข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

4.1 ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเซตข้อมูลดังนี้

- ChW A/C System Name ระบุชื่อของระบบปรับอากาศ
- ChW A/C Equipment Name ระบุอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ
- Quantity ระบุจำนวนของระบบปรับอากาศ

4.2 ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง

4.3 ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล

4.4 ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล

5. Other Equipments ผู้ใช้สามารถระบุข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

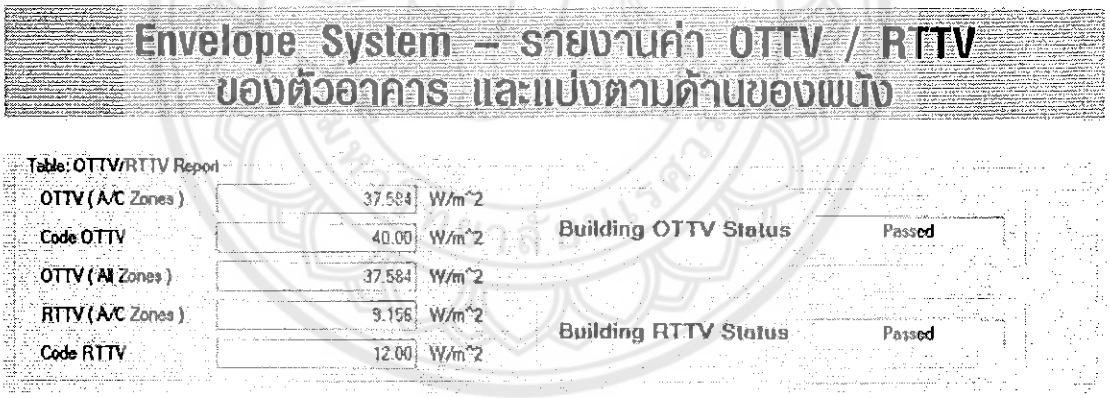
5.1 ปุ่ม New Data ใช้เพื่อเพิ่มข้อมูลลงในตาราง รายละเอียดจะแสดงขึ้นมาในตารางซึ่งมีเซตข้อมูลดังนี้

- Other Equipment Name ระบุชื่อของอุปกรณ์ไฟฟ้า
- Quantity ระบุจำนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้า

5.2 ปุ่ม Delete Data ใช้เพื่อลบข้อมูลในตาราง

5.3 ปุ่ม Save Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล

5.4 ปุ่ม Duplicate Data ใช้เพื่อการทำซ้ำข้อมูล



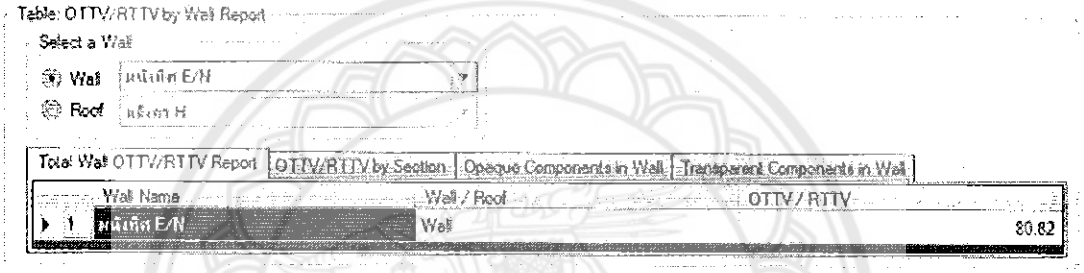
รูปที่ 25 หน้าต่างรายงานค่า OTTV/RTTV ของทั้งอาคาร

ในหน้า Envelope System จะมีตารางแสดงผลอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ OTTV/RTTV Report ซึ่งจะแสดงรายงานค่า OTTV/RTTV รวมของทั้งอาคารและ OTTV/RTTV by Wall Report เป็นหน้าแสดงรายงานค่า OTTV/RTTV แบ่งตามชนิดของผนัง

ใน BEC V 1.0.6 นี้ ได้มีการปรับการแสดงผลให้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยหากไม่ผ่านผลการประเมินจะแสดงเป็นสีแดง แต่ถ้าผลการประเมินผ่าน จะแสดงเป็นสีฟ้า เพื่อให้ผู้ใช้เห็นชัดเจนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีการปรับเปลี่ยนทศนิยมการแสดงผลเป็น ทศนิยม 3 ตำแหน่ง เพื่อให้เห็นข้อมูลที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ในกรณีที่ผลการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับเกณฑ์การประเมิน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะมีผลกับหน้า Report ทั้งหมด

ในหน้า OTTV/RTTV Report ผู้ใช้สามารถเลือกดูรายงานต่างๆ ได้ ซึ่งแบ่งรายงานเป็น 4 ประเภท ได้แก่

- OTTV (A/C Zones) แสดงค่า OTTV ในโซนที่มีอุปกรณ์ปรับอากาศ มีหน่วยเป็น W/m^2
- Code OTTV แสดงระดับมาตรฐาน OTTV มีหน่วยเป็น W/m^2
- OTTV (All Zones) แสดงค่า OTTV ในทุกโซน มีหน่วยเป็น W/m^2
- Building OTTV Status แสดงผลเกณฑ์มาตรฐานของค่า OTTV
- RTTV แสดงค่า RTTV มีหน่วยเป็น W/m^2
- Code RTTV แสดงระดับมาตรฐาน RTTV มีหน่วยเป็น W/m2
- Building RTTV Status แสดงผลเกณฑ์มาตรฐานของค่า RTTV



รูปที่ 26 หน้าต่างรายงานค่า OTTV/RTTV แบ่งตามชนิดของผนัง

ในหน้า OTTV/RTTV by Wall ผู้ใช้สามารถเลือกดูรายงานของผนังต่างๆ ได้ ซึ่งแบ่งรายงานเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. Total Wall OTTV/RTTV Report จะแสดงรายงานผลสรุปของค่า OTTV/RTTV ซึ่งมีเขตข้อมูลต่างๆ ดังนี้
   - Wall Name แสดงชื่อของผนัง
   - Wall/Roof แสดงว่าเป็นส่วนของผนัง หรือหลังคา
   - OTTV/RTTV แสดงค่า OTTV/RTTV
2. OTTV/RTTV by Section จะแสดงรายงานผลสรุปของค่า OTTV/RTTV แบ่งตามประเภทของเชคชั่น ซึ่งมีเขตข้อมูลต่างๆ ดังนี้
   - Wall Name แสดงชื่อของผนัง
   - Section Name แสดงชื่อของเชคชั่น
   - OTTV/RTTV แสดงค่า OTTV/RTTV
   - WWR แสดงค่า Window to Wall Ratio
3. Opaque Components in Wall จะแสดงรายการของส่วนประกอบผนังทึบในผนัง ซึ่งมีเขตข้อมูลต่างๆ ดังนี้
   - Section Name แสดงชื่อของเชคชั่น
   - Component Name แสดงชื่อของส่วนประกอบผนังทึบ

- Area แสดงพื้นที่ของผนัง มีหน่วยเป็น m^2
- Uw แสดงค่า Uw
- DSH แสดงค่า DSH มีหน่วยเป็น kJ/m^3
- Component Color แสดงสีพื้นผิวของส่วนประกอบผนัง
- Solar Absorbtance แสดงค่าการดูดซับรังสีอาทิตย์
- TDeq แสดงค่า TDeq
- Q แสดงค่า Q

4. Transparent Components in Wall จะแสดงรายการของส่วนประกอบผนังโปร่งแสงในผนัง ซึ่งมีเขตข้อมูลต่างๆ ดังนี้
   - Section Name แสดงชื่อของเซคชั่น
   - Component Name แสดงชื่อของส่วนประกอบผนังทึบ
   - Area แสดงพื้นที่ของผนัง มีหน่วยเป็น m^2
   - Ut แสดงค่า Ut
   - Dt แสดงค่า Dt
   - SHGC แสดงค่า SHGC
   - Shading Co-efficient แสดงค่า Shading Co-efficient
   - ESR แสดงค่า ESR
   - Q แสดงค่า Q

Lighting System - รายงานสมรรถนะด้านพลังงานของระบบแสงสว่าง

Table: Lighting System Performance

Total Power	113,016.00	Watts
Total Building Area	8,064.00	m^2
Power Density	14.015	W/m^2
Compliance	18.00	W/m^2

Lighting System Status: Passed

Luminaire Report by Floor | Luminaire Report by Zone

	Floor	Total Power	Total Area	Power Density
1	1	36,984.00 Watts	2,688.00 m^2	13.759 W/m^2
2	2	38,016.00 Watts	2,688.00 m^2	14.143 W/m^2
3	3	38,016.00 Watts	2,688.00 m^2	14.143 W/m^2

รูปที่ 27 หน้าต่างรายงานของระบบแสงสว่าง

ในหน้า Lighting System เป็นหน้าแสดงรายงานต่างๆ ของระบบแสงสว่าง ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกดูรายงานต่างๆ ได้ ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแสดงข้อมูลด้านบน และตารางรายงานผลที่อยู่ด้านล่าง

ในส่วนของข้อมูลแสดงผลด้านบน จะมีรายละเอียดต่างๆ แสดงดังนี้

- Total Power แสดงผลรวมพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีหน่วยเป็น watt
- Total Building Area แสดงผลรวมพื้นที่ของอาคาร มีหน่วยเป็น m^2
- Power Density แสดงผลรวมความหนาแน่นของพลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็น W/m^2
- Compliance แสดงระดับประสิทธิภาพของทั้งอาคาร มีหน่วยเป็น W/m^2
- Status แสดงระดับประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ในส่วนของตารางรายงานผลด้านล่าง แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. Luminaire Report by Floor จะแสดงรายงานผลรวมของระบบแสงสว่างแบ่งตามชั้นของอาคาร ซึ่งมีเขตข้อมูลต่างๆ ดังนี้
   - Floor แสดงชั้นของอาคาร
   - Total Power แสดงผลรวมพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีหน่วยเป็น watt
   - Total Building Area แสดงผลรวมพื้นที่ของอาคาร มีหน่วยเป็น m^2
   - Power Density แสดงผลรวมความหนาแน่นของพลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็น W/m^2
2. Luminaire Report by Zone จะแสดงรายงานผลรวมของระบบแสงสว่างแบ่งตามโซนของอาคาร ซึ่งมีเขตข้อมูลต่างๆ ดังนี้
   - Zone แสดงโซนของอาคาร
   - Floor แสดงชั้นของอาคาร
   - Area แสดงพื้นที่ของอาคาร มีหน่วยเป็น m^2
   - Power แสดงพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย มีหน่วยเป็น W/Unit
   - Quantity แสดงจำนวนของไฟฟ้าแสงสว่าง
   - Quantity in Daylighted Zone แสดงจำนวนของไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในโซนแสงธรรมชาติ
   - Total Power แสดงผลรวมพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีหน่วยเป็น watt
   - Power Density แสดงผลรวมความหนาแน่นของพลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็น W/m^2

DX Air-Conditioning Unit – รายงานสมรรถนะด้านพลังงานของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุด

Table: DX Air-Conditioning Unit Report

	A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption	Performance	Compliance	Status
1	PAU08.5	Package Air Cooled	8.50 TR (kWth)	14.50 kW	2.14 COP	2.56	Failed
2	PAU10.0	Package Air Cooled	10.00 TR (kWth)	15.50 kW	2.27 COP	2.56	Failed
3	PAU14.0	Package Air Cooled	14.00 TR (kWth)	18.90 kW	2.61 COP	2.56	Passed
4	PAU20.0	Package Air Cooled	20.00 TR (kWth)	30.00 kW	2.34 COP	2.56	Failed

รูปที่ 28 หน้าต่างรายงานของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุด

ในหน้า DX Air-Conditioning Unit เป็นหน้าแสดงรายงานต่างๆ ของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุด ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกดูรายงานต่างๆ ได้ ซึ่งแบ่งรายงานดังนี้

- A/C Name แสดงชื่อของระบบปรับอากาศ
- A/C Type แสดงประเภทของระบบปรับอากาศ
- Cooling Capacity แสดงขนาดของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น TR และ kWth
- Power Consumption แสดงพลังงานของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น kW
- Performance แสดงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น COP
- Compliance แสดงเกณฑ์มาตรฐาน
- Status แสดงระดับประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

Central Air-Conditioning System – รายงานสมรรถนะด้านพลังงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

Table: Central Air-Conditioning System Report

Select a Central A/C

Central1

Water Chiller Report | Other Equipment Report | Equipment List

	Chiller Name	Equipment Type	Quantity	Cooling Capacity	Power Consumption	Performance	Compliance	Status
1	CH120.0	Air Cooled Water Chiller	1	120 TR (422....	132 kW	3.197 COP	2.93 COP	Passed

รูปที่ 29 หน้าต่างรายงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

ในหน้า Central Air-Conditioning System เป็นหน้าแสดงรายงานต่างๆ ของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ผู้ใช้สามารถเลือกประเภทของระบบปรับอากาศได้ ซึ่งแบ่งรายงานออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. Water Chiller Report จะแสดงรายงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ประเภท Water Chiller ซึ่งมีเขตข้อมูลต่างๆ ดังนี้
   - Chiller Name แสดงชื่อของระบบปรับอากาศ
   - Equipment Type แสดงประเภทของระบบปรับอากาศ
   - Quantity แสดงจำนวนของระบบปรับอากาศ
   - Cooling Capacity แสดงขนาดของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น TR และ kWth
   - Power Consumption แสดงพลังงานของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น kW
   - Performance แสดงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น COP
   - Compliance แสดงเกณฑ์มาตรฐาน
   - Status แสดงระดับประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ
2. Other Equipment Report จะแสดงรายงานของอุปกรณ์อื่นๆ ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ซึ่งมีเขตข้อมูลต่างๆ ดังนี้
   - Chiller Capacity แสดงขนาดของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น kWth
   - Total Power แสดงพลังงานรวมของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น kW
   - Performance แสดงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น COP
   - Status แสดงระดับประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ
3. Equipment List จะแสดงรายการของอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ซึ่งมีเขตข้อมูลต่างๆ ดังนี้
   - Equipment Name แสดงชื่ออุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ
   - Equipment Type แสดงประเภทของระบบปรับอากาศ
   - Quantity แสดงจำนวนของระบบปรับอากาศ
   - Cooling Capacity แสดงขนาดของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น TR
   - Power Rating/Unit แสดงพลังงานของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น kW
   - Performance แสดงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ
   - Compliance แสดงระดับประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

PV System Report – รายงานค่าพลังงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

Table: PV System Report

	System Name	Efficiency (%)	Module Area (m^2)	Azimuth Angle (degrees)	Inclination Angle (degrees)	Total Energy (kWhr/year)
1	PV1	11	20	180	15	3191.609
2	PV2	11	10	225	15	1585.976

รูปที่ 30 หน้าต่างรายงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

ในหน้า PV System Report เป็นหน้าแสดงรายงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งผู้ใช้สามารถดูรายงานได้ ดังนี้

- System Name แสดงชื่อของระบบเซลล์แสงอาทิตย์
- Efficiency แสดงประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น %
- Module Area แสดงขนาดพื้นที่ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น m^2
- Azimuth Angle แสดงมุม Azimuth มีหน่วยเป็น degrees
- Inclination Angle แสดงมุม Inclination มีหน่วยเป็น degrees
- Total Energy แสดงพลังงานไฟฟ้าของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น kWhr/year

Hot Water System Report – รายงานค่าพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำร้อน

Table: Hot Water System Report

	System Name	Boiler Type	Boiler Efficiency (%)	Heat Pump Type	Heat Pump Efficiency (COP)	Boiler Compliance	Heat Pump Compliance
▶ 1	Hotwater1	Oil Fired Steam Boiler	87	None	---	Passed	---

รูปที่ 31 หน้าต่างรายงานของระบบเครื่องทำน้ำร้อน

ในหน้า Hot Water System Report เป็นหน้าแสดงรายงานของระบบเครื่องทำน้ำร้อน ซึ่งผู้ใช้สามารถดูรายงานได้ ดังนี้

- System Name แสดงชื่อของระบบเครื่องทำน้ำร้อน
- Boiler Type แสดงประเภทของหม้อน้ำ
- Boiler Efficiency แสดงประสิทธิภาพของหม้อน้ำ มีหน่วยเป็น %
- Heat Pump Type แสดงประเภทของปั๊มความร้อน
- Heat Pump Efficiency แสดงประสิทธิภาพของปั๊มความร้อน มีหน่วยเป็น COP
- Boiler Compliance แสดงระดับประสิทธิภาพของหม้อน้ำ
- Heat Pump Compliance แสดงระดับประสิทธิภาพของปั๊มความร้อน

Whole Building Energy – รายงานสมรรถนะด้านพลังงานและผลประเมินพลังงานรวมของตัวอาคาร

Table: Whole Building Energy Report

Building Energy Consumption	2,032,584.01	kWh/Year
Energy from PV System	4,777.59	kWh/Year
Net Energy Consumption (Evaluated Building)	2,027,806.42	kWh/Year
Net Energy Consumption (Reference Building)	2,282,616.37	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
▶ 1	1	2,688.00	616.00	0.00	66.85	0.00	
2	2	2,688.00	728.00	0.00	28.81	0.00	
3	3	2,688.00	728.00	1,344.00	28.81	9.16	

รูปที่ 32 หน้าต่างรายงานค่าพลังงานของทั้งอาคาร

ในหน้า Whole Building Energy Report เป็นหน้าแสดงรายงานต่างๆ ของพลังงานรวมทั้งอาคาร ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกดูรายงานต่างๆ ได้ ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแสดงข้อมูลด้านบน และตารางรายงานผลที่อยู่ด้านล่าง

ในส่วนของข้อมูลแสดงผลด้านบน จะมีรายละเอียดต่างๆ แสดงดังนี้

- Building Energy Consumption
  แสดงค่าพลังงานของทั้งอาคาร มีหน่วยเป็น kWh/Year
- Energy from PV System
  แสดงค่าพลังงานจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น kWh/Year
- Net Energy Consumption (Evaluated Building)
  แสดงค่าพลังงานรวมหลังจากหักลบกับค่าพลังงานจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของอาคารที่ทำการตรวจสอบ มีหน่วยเป็น kWh/Year
- Net Energy Consumption (Reference Building)
  แสดงค่าพลังงานรวมของอาคารอ้างอิง มีหน่วยเป็น kWh/Year
- Building Performance Rating
  แสดงระดับประสิทธิภาพของทั้งอาคาร

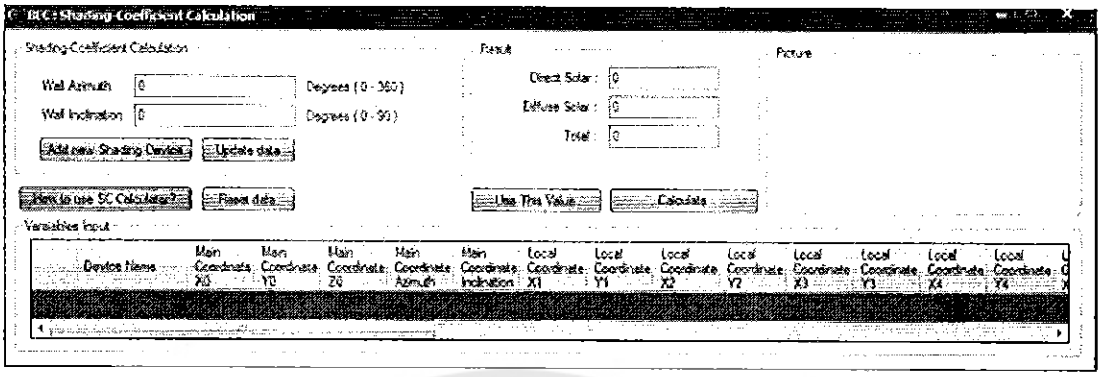
ในส่วนของตารางรายงานผลด้านล่าง แบ่งเป็น 5 ประเภท ได้แก่

1. Energy by Floor จะแสดงรายงานผลรวมของการใช้พลังงานแบ่งตามชั้นของอาคาร ซึ่งมีเขตข้อมูลต่างๆ ดังนี้
   - Floor แสดงชั้นของอาคาร
   - Floor Area แสดงพื้นที่ของอาคาร มีหน่วยเป็น m^2
   - Wall Area แสดงพื้นที่กำแพงของอาคาร มีหน่วยเป็น m^2
   - Roof Area แสดงพื้นที่หลังคาของอาคาร มีหน่วยเป็น m^2
   - OTTV แสดงค่า OTTV มีหน่วยเป็น W/m^2

- RTTV แสดงค่า RTTV มีหน่วยเป็น W/m^2
- COP แสดงค่า COP
- LPD แสดงค่า LPD มีหน่วยเป็น W/m^2
- EPD แสดงค่า EQD มีหน่วยเป็น W/m^2
- OCCU แสดงค่า OCCU มีหน่วยเป็น $Head/m^2$
- VENT แสดงค่า VENT มีหน่วยเป็น $l/s/m^2$
- Energy แสดงค่าพลังงาน มีหน่วยเป็น kWhr/Year

2. Energy by Building Zone จะแสดงรายงานผลรวมของการใช้พลังงานแบ่งตามโซนของอาคาร ซึ่งมีเซตข้อมูลต่างๆ ดังนี้
   - Zone Name แสดงโซนของอาคาร
   - Zone Floor แสดงชั้นของอาคาร
   - Zone Area แสดงพื้นที่ของอาคาร มีหน่วยเป็น m^2
   - Wall Area แสดงพื้นที่กำแพงของอาคาร มีหน่วยเป็น m^2
   - Roof Area แสดงพื้นที่หลังคาของอาคาร มีหน่วยเป็น m^2
   - OTTV แสดงค่า OTTV มีหน่วยเป็น W/m^2
   - RTTV แสดงค่า RTTV มีหน่วยเป็น W/m^2
   - COP แสดงค่า COP
   - LPD แสดงค่า LPD มีหน่วยเป็น W/m^2
   - EPD แสดงค่า EQD มีหน่วยเป็น W/m^2
   - OCCU แสดงค่า OCCU มีหน่วยเป็น $Head/m^2$
   - VENT แสดงค่า VENT มีหน่วยเป็น l/s/m2
   - Heat Gain Through Exterior Wall
     แสดงค่าความร้อนที่ส่งผ่านจากผนังด้านนอก มีหน่วยเป็น W
   - Heat Gain Through Roof
     แสดงค่าความร้อนที่ส่งผ่านจากหลังคา มีหน่วยเป็น W
   - Interior Heat Gain
     แสดงค่าความร้อนจากภายในอาคาร มีหน่วยเป็น W
   - Heat Gain From Internal Wall
     แสดงค่าความร้อนจากผนังภายใน มีหน่วยเป็น W
   - Energy Consumption of A/C System
     แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็น kWh
   - Energy Consumption of Lighting System
     แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีหน่วยเป็น kWh
   - Energy Consumption of Equipment
     แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์อื่นๆ มีหน่วยเป็น kWh
   - Total Energy Consumption
     แสดงค่าพลังงาน มีหน่วยเป็น kWhr/Year

Shading Coefficient – เครื่องมือช่วยในการหาค่า Shading Coefficient



รูปที่ 33 หน้าต่างรายละเอียดของ Shading Co-efficient Calculation

ในหน้า Shading Co-efficient Calculation จะมีตารางการแสดงข้อมูลเกี่ยวกับการคำนวณหาค่า Shading Co-efficient ซึ่งผู้ใช้สามารถทำการคำนวณได้ดังนี้

1. ผู้ใช้ทำการกรอกมุม Wall Azimuth และ Wall Inclination มีหน่วยเป็น Degrees
2. กดปุ่ม Add new Shading Device เพื่อทำการเพิ่มส่วนประกอบ การกดปุ่มนี้ครั้งแรกจะเป็นการสร้างหน้าต่างหลักขึ้นมา และครั้งต่อๆ ไปจะเป็นการเพิ่มส่วนประกอบอื่นๆ ที่ใช้เป็นส่วนกำบังแดด ซึ่งมีเขตข้อมูลต่างๆ ดังนี้
   - Device Name ระบุชื่อของส่วนประกอบต่างๆ
   - Main Coordination ระบุจุดเชื่อมต่อหลัก
   - Main Coordination Azimuth ระบุจุดเชื่อมต่อหลักมุม Azimuthมีหน่วยเป็น Degrees
   - Main Coordination Inclination ระบุจุดเชื่อมต่อหลักมุม Inclinationมีหน่วยเป็น Degrees
   - Local Coordination ระบุจุดเชื่อมต่อรองซึ่งมีจำนวนจุด X1,Y1 จนถึง X16,Y16 ซึ่งเลือกกรอกตามจำนวนจุดที่ผู้ใช้ต้องการ
3. กดปุ่ม Update Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล
4. กดปุ่ม Calculate Shading Co-efficient เพื่อทำการคำนวณ ซึ่งผลการคำนวณจะแสดงตรงกรอบ Result ด้านบน ค่าที่จะนำมาใช้กรอกข้อมูลได้ คือค่า Total
5. กดปุ่ม Use This Value เพื่อส่งค่า SC ที่คำนวณ ได้ ไปยัง ผนังด้านที่เลือกไว้

** หมายเหตุ: เมื่อส่งค่า SC กลับมายังหน้า Wall แล้ว ให้กดปุ่ม Save Date ใน Wall Details อีกครั้ง เพื่ออัพเดทข้อมูล SC

ภาคผนวก ค

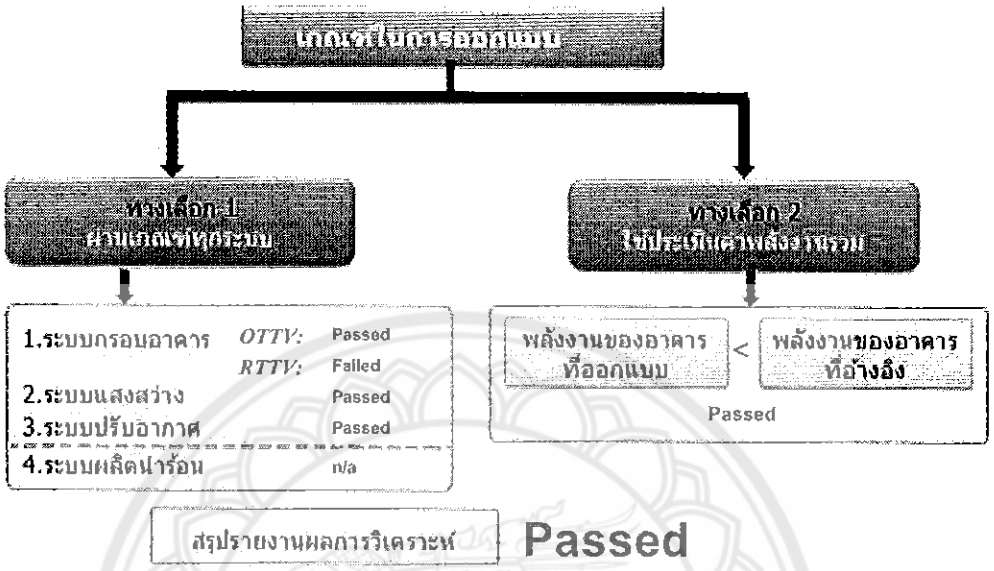
ผลการประเมิน

Building Information

Project Name : Project58

Building Type : Office & School

Location : Phit Sanulok



Building Energy Comsumption

Building Energy Comsumption :	139,566.18	kWh/Year
Energy from PV System :	0	kWh/Year
Net Energy Consumption (Evaluated Building) :	139,566.18	kWh/Year
Net Energy Consumption (Reference Building) :	410,909.14	kWh/Year
Building Energy Code Compliance :	Passed	

Building Envelope System

OTTV (All Zones) :	30.908	W/m^2
OTTV (A/C Zones) :	27.753	W/m^2
Code OTTV :	50.00	W/m^2
Building OTTV Status :	Passed	
RTTV (A/C Zones) :	18.438	W/m^2
Code RTTV :	15.00	W/m^2
Building RTTV Status :	Failed	

Building Lighting System

Total Power :	57,468.00	**Watts**
Total Building Area :	10,865.32	**m^2**
Power Density :	5.289	**W/m^2**
Compliance :	14.00	**W/m^2**
Lighting System Status :	Passed	

Building Energy by Floor

Zone Floor	Zone Area (m^2)	Wall Area (m^2)	Roof Area (m^2)	OTTV (W/m^2)	RTTV (W/m^2)	LPD (W/m^2)	COP	EPD (W/m^2)	OCCU (head/ m^2)	VENT (l/s/m^2)	Total Energy (kWh/y)
1	3,659.98	20.68	0.00	26.77	0.00	1.96	0.00	0.00	0.10	0.25	16,786.12
2	3,602.67	1,095.68	0.00	32.27	0.00	6.27	84.35	0.00	0.10	0.25	54,363.65
3	3,602.67	1,149.63	3,602.67	29.68	18.44	7.69	65.05	0.00	0.10	0.25	68,416.41

Building Energy by Zone

Zone Name	Zone 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)	Energy Lighting (kWh/y)	Energy Equipment (kWh/y)	Energy A/C (kWh/y)	Total Energy (kWh/y)
1B	3,659.98	20.68	0.00	26.77	0.00	0.00	1.96	0.00	0.10	0.25	16,786.12	0.00	0.00	16,786.12
2A	2,025.57	232.24	0.00	27.63	0.00	84.35	8.29	0.00	0.10	0.25	39,293.24	0.00	1,530.26	40,823.50
2B	1,577.10	863.44	0.00	33.52	0.00	0.00	3.67	0.00	0.10	0.25	13,540.15	0.00	0.00	13,540.15
3A	2,069.85	273.72	2,069.85	27.86	18.44	65.05	10.14	0.00	0.10	0.25	49,098.02	0.00	3,554.39	52,652.41
3B	1,532.82	875.91	1,532.82	30.25	18.44	0.00	4.40	0.00	0.10	0.25	15,764.00	0.00	0.00	15,764.00

OTTV by wall

Wall Name	Wall	OTTV (W/m^2)	WWR
ผนังทิศตะวันตก	Wall		0.00
ผนังทิศตะวันออก	Wall		0.00
ผนังทิศใต้	Wall		0.00
ผนังทิศเหนือ	Wall	27.75	0.07

RTTV by roof

Wall Name	Roof	RTTV (W/m^2)	WWR
หลังคา	Roof	18.44	0.00

Section OTTV

Wall Name	Section Name	OTTV (W/m^2)	WWR
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 14	29.016	0.00
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.1	25.065	0.02
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.2	25.338	0.02

ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 16	35.348	0.12
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 17	107.406	1.00
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 18	24.179	0.00
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 19	28.341	0.09
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 20	24.179	0.00
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 21	25.738	0.03
ผนังทิศตะวันออก	ผนังแบบที่ 7	35.368	0.03
ผนังทิศตะวันออก	ผนังแบบที่ 8	35.586	0.03
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 10	34.41	0.00
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 11	29.003	0.03
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 12	35.809	0.07
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 13	127.647	1.00
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 9	35.332	0.02
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 1	29.16	0.08
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 2	88.017	1.00
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 3	21.221	0.00
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 4	23.157	0.05
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 5	28.945	0.07
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 6	40.147	0.38

Section RTTV

Wall Name	Section Name	RTTV (W/m^2)	WWR
หลังคา	หลังคาแบบที่ 1	18.438	0.00

Opaque Components in Wall

Wall Name	Section Name	Component Name	Area (m^2)	Uw (W/m^2C)	DSH (kJ/m^3)	Component Color	Solar Absorbtance	TDeq (C)	Q
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 14	คอนกรีตมวลเบาฉาบปูน	13.811	2.294	127.68	Surface of pale color	.5	13.322	422.073
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 14	ผนังบุแผ่นอะลูมิเนียม	4.411	1.949	177.063	Surface of pale color	.5	12.406	106.655
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.1	ผนังบุแผ่นอะลูมิเนียม	147.945	1.949	177.063	Surface of pale color	.5	12.406	3577.206
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.2	ผนังบุแผ่นอะลูมิเนียม	147.945	1.949	177.063	Surface of pale color	.5	12.406	3577.206
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 16	คอนกรีตมวลเบาฉาบปูน	45.462	2.294	127.68	Surface of pale color	.5	13.322	1389.349
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 18	ผนังบุแผ่นอะลูมิเนียม	31.46	1.949	177.063	Surface of pale color	.5	12.406	760.681
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 19	ผนังบุแผ่นอะลูมิเนียม	29.73	1.949	177.063	Surface of pale color	.5	12.406	718.85
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 20	ผนังบุแผ่นอะลูมิเนียม	50.959	1.949	177.063	Surface of pale color	.5	12.406	1232.153

ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 21	ผนังบุแผ่นอะลูมิเนียม	10.51338	1.949	177.063	Surface of pale color	.5	12.406	254.206
ผนังทิศตะวันออก	ผนังแบบที่ 7	คอนกรีตมวลเบาฉาบปูน	109.782	2.294	127.68	Surface of pale color	.5	15.028	3784.65
ผนังทิศตะวันออก	ผนังแบบที่ 8	คอนกรีตมวลเบาฉาบปูน	109.094	2.294	127.68	Surface of pale color	.5	15.028	3760.932
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 10	คอนกรีตมวลเบาฉาบปูน	29.627	2.294	127.68	Surface of pale color	.5	15	1019.465
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 11	ผนังบุแผ่นอะลูมิเนียม	213.601	1.949	177.063	Surface of pale color	.5	14.093	5867.034
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 12	คอนกรีตมวลเบาฉาบปูน	5.878	2.294	127.68	Surface of pale color	.5	15	202.262
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 12	ผนังบุแผ่นอะลูมิเนียม	60.835	1.949	177.063	Surface of pale color	.5	14.093	1670.971
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 9	คอนกรีตมวลเบาฉาบปูน	72.814	2.294	127.68	Surface of pale color	.5	15	2505.53
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 1	คอนกรีตมวลเบาฉาบปูน	38.278	2.294	127.68	Surface of pale color	.5	11.594	1018.066
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 3	ผนังบุแผ่นอะลูมิเนียม	14.616	1.949	177.063	Surface of pale color	.5	10.888	310.162
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 4	ผนังบุแผ่นอะลูมิเนียม	50.366	1.949	177.063	Surface of pale color	.5	10.888	1068.802
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 5	คอนกรีตมวลเบาฉาบปูน	166.576	2.294	127.68	Surface of pale color	.5	11.594	4430.361
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 6	คอนกรีตมวลเบาฉาบปูน	3.753	2.294	127.68	Surface of pale color	.5	11.594	99.817
หลังคา	หลังคาแบบที่ 1	หลังคาคอนกรีตและฉนวน	3602.67	1.136	450.66	Surface of pale color	.5	16.231	66427.528

Transparent Components in Wall

Wall Name	Section Name	Component Name	Area (m^2)	Ut (W/m^2C)	Dt (C)	SHGC	SC	ESR (W/m^2)	Q
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 1	Solartag (SG 110) 6 mm	3.2	4.66	5	.21	.939758	185.063	191.431
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 11	Solartag (SG 110) 8 mm	3.6	4.62	5	.21	.989949	267.413	283.292
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 11	Solartag (SG 110) 8 mm	3	4.62	5	.21	.989949	267.413	236.077
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 12	Ocean Green 6 mm (6-0.38-	5.089	5.5	5	.41	1	267.413	697.902
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 13	Ocean Green 6 mm (6-0.38-	18.024	5.5	5	.41	.913426	267.413	2300.717
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.1	Solartag (SG 110) 6 mm	.6	4.66	5	.21	1	234.581	43.537
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.1	Solartag (SG 110) 6 mm	.54	4.66	5	.21	1	234.581	39.183
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.1	Solartag (SG 110) 6 mm	.54	4.66	5	.21	1	234.581	39.183
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.1	Solartag (SG 110) 6 mm	1.08	4.66	5	.21	1	234.581	78.367

ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.2	Solartag (SG 110) 6 mm	.27	4.66	5	.21	1	234.581	19.592
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.2	Solartag (SG 110) 6 mm	1.08	4.66	5	.21	1	234.581	78.367
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.2	Solartag (SG 110) 6 mm	.54	4.66	5	.21	1	234.581	39.183
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.2	Solartag (SG 110) 6 mm	.27	4.66	5	.21	1	234.581	19.592
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.2	Solartag (SG 110) 6 mm	.27	4.66	5	.21	1	234.581	19.592
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 15.2	Solartag (SG 110) 6 mm	1.2	4.66	5	.21	1	234.581	87.074
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 16	Solartag (SG 110) 6 mm	3.389	4.66	5	.21	.970223	234.581	240.941
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 16	Solartag (SG 110) 6 mm	2.7	4.66	5	.21	.970223	234.581	191.957
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 17	Ocean Green 6 mm (6-0.38-	4.818	5.5	5	.41	.830811	234.581	517.482
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 19	Solartag (SG 110) 6 mm	2.86	4.66	5	.21	.980543	234.581	204.786
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 2	Ocean Green 6 mm (6-0.38-	16.246	5.5	5	.41	.797581	185.063	1429.926
ผนังทิศตะวันตก	ผนังแบบที่ 21	Solartag (SG 110) 6 mm	.35	4.66	5	.21	1	234.581	25.397
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 4	Solartag (SG 110) 6 mm	2.5	4.66	5	.21	1	185.063	155.408
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 5	Solartag (SG 110) 6 mm	12.8	4.66	5	.21	.931592	185.063	761.66
ผนังทิศเหนือ	ผนังแบบที่ 6	Solartag (SG 110) 6 mm	2.31	4.66	5	.21	1	185.063	143.597
ผนังทิศตะวันออก	ผนังแบบที่ 7	Solartag (SG 110) 6 mm	1.35	4.66	5	.21	.871843	244.531	91.895
ผนังทิศตะวันออก	ผนังแบบที่ 7	Solartag (SG 110) 6 mm	1.65	4.66	5	.21	.871843	244.531	112.316
ผนังทิศตะวันออก	ผนังแบบที่ 8	Solartag (SG 110) 6 mm	1.35	4.66	5	.21	.879994	244.531	92.46
ผนังทิศตะวันออก	ผนังแบบที่ 8	Solartag (SG 110) 6 mm	.6875	4.66	5	.21	.879994	244.531	47.086
ผนังทิศตะวันออก	ผนังแบบที่ 8	Solartag (SG 110) 6 mm	1.65	4.66	5	.21	.879994	244.531	113.007
ผนังทิศใต้	ผนังแบบที่ 9	Solartag (SG 110) 6 mm	1.65	4.66	5	.21	.938415	267.413	125.397

Lighting System by Floor

Zone Floor	Total Power	Total Area	Power Density
1	7,172.00 Watts	3,659.98 m^2	1.960 W/m^2
2	22,578.00 Watts	3,602.67 m^2	6.267 W/m^2
3	27,718.00 Watts	3,602.67 m^2	7.694 W/m^2

Lighting System by Zone

Zone Name	Zone Floor	Zone Area (m^2)	Power (W/Unit)	Quantity	Quantity in Daylighted Zone	Total Power (W)	Power Density (W/m^2)
1B	1	3659.977	33.67	213	0	7,172.00	1.96
2A	2	2025.571	52.31	321	0	16,792.00	8.29
2B	2	1577.102	28.22	205	0	5,786.00	3.669
3A	3	2069.849	50.08	419	0	20,982.00	10.137
3B	3	1532.822	35.83	188	0	6,736.00	4.395

DX Air-Conditioning Unit

A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption	Performance	Compliance	Status
4FC-2/1A	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-2/2A	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-2/3A	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/4A	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/5A	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/6A	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/7A	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/8A	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/9A	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/10A	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/1B	Split Type	4.13 TR (14.51 kWth)	0.21 kW	69.407 COP	0	n/a
4FC-2/2B	Split Type	1.65 TR (5.80 kWth)	0.05 kW	111.596 COP	3.22	Passed
4FC-2/3B	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-2/4B	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-2/5B	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-2/6B	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-2/7B	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-2/8B	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-2/9B	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-2/10B	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed

4FC-2/11B	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-2/12B	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-2/1C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/2C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/3C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/4C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/5C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/6C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/7C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/8C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/9C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/10C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/11C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/12C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/13C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-2/14C	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/1D	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-3/2D	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-3/3D	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/4D	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/5D	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/6D	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/7D	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/8D	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/9D	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/10D	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed

4FC-3/1E	Split Type	4.13 TR (14.51 kWth)	0.21 kW	69.407 COP	0	n/a
4FC-3/2E	Split Type	4.13 TR (14.51 kWth)	0.21 kW	69.407 COP	0	n/a
4FC-3/3E	Split Type	3.30 TR (11.61 kWth)	0.19 kW	62.059 COP	3.22	Passed
4FC-3/4E	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/5E	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/6E	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/7E	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/1F	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/2F	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/3F	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4FC-3/4F	Split Type	2.64 TR (9.28 kWth)	0.09 kW	99.828 COP	3.22	Passed
4PAC-R/1	Package Air Cooled	22.90 TR (80.53 kWth)	129.00 kW	0.624 COP	0	n/a
4PAC-R/2	Package Air Cooled	22.90 TR (80.53 kWth)	129.00 kW	0.624 COP	0	n/a

Central Air-Conditioning System - Water Chiller Report

A/C System	Chiller Name	Equipment Type	Chiller Type	Quantity	Capacity	Power	Performance	Compliance	Status
RXQ10TY1S	4CF-R/3D,3	Air Cooled Water Chiller	All	1	96.2 kBtu/h (28.187 kWth)	7.9 kW	3.568 COP	2.64 COP	Passed

Central Air-Conditioning System - Other Equipment Report

A/C System	Chiller Name	Equipment Type	Chiller Type	Quantity	Capacity	Power	Performance	Compliance	Status
RXQ10TY1S	4CF-R/2A,3	Air Cooled Water Chiller	All	1	96.2 kBtu/h (28.187 kWth)	7.9 kW	3.568 COP	2.64 COP	Passed
RXQ12TY1S	4CF-R/2A,1	Air Cooled Water Chiller	All	1	115 kBtu/h (33.695 kWth)	8.93 kW	3.773 COP	2.64 COP	Passed
RXQ12TY1S	4CF-R/2A,2	Air Cooled Water Chiller	All	1	115 kBtu/h (33.695 kWth)	8.93 kW	3.773 COP	2.64 COP	Passed
RXQ12TY1S	4CF-R/3D,1	Air Cooled Water Chiller	All	1	115 kBtu/h (33.695 kWth)	8.93 kW	3.773 COP	2.64 COP	Passed
RXQ12TY1S	4CF-R/3D,2	Air Cooled Water Chiller	All	1	115 kBtu/h (33.695 kWth)	8.93 kW	3.773 COP	2.64 COP	Passed
RXQ14TY1S	4CF-R/2B,3	Air Cooled Water Chiller	All	1	137 kBtu/h (40.141 kWth)	12.4 kW	3.237 COP	2.64 COP	Passed
RXQ14TY1S	4CF-R/3E,1	Air Cooled Water Chiller	All	1	137 kBtu/h (40.141 kWth)	12.4 kW	3.237 COP	2.64 COP	Passed
RXQ14TY1S	4CF-R/3E,2	Air Cooled Water Chiller	All	1	137 kBtu/h (40.141 kWth)	12.4 kW	3.237 COP	2.64 COP	Passed

RXQ16TY1S	4CF-R/2B,2	Air Cooled Water Chiller	All	1	155 kBtu/h (45.415 kWth)	14.2 kW	3.198 COP	2.64 COP	Passed
RXQ18TY1S	4CF-R/2B,1	Air Cooled Water Chiller	All	1	168 kBtu/h (49.224 kWth)	16.4 kW	3.001 COP	2.64 COP	Passed

A/C System	Chiller Capacity (TR)	Total Power (kW)	Performance	Compliance	status

Central Air-Conditioning System - Equipment List

A/C System	Equipment Name	Equipment Type	Quantity	Capacity	Power	Performance	Absorption Compliance
RXQ10TY1S	4CF-R/2A,3	Air Cooled Water Chiller	1	96.2 kBtu/h	7.9 kW	---	n/a
RXQ10TY1S	4CF-R/3D,3	Air Cooled Water Chiller	1	96.2 kBtu/h	7.9 kW	---	n/a
RXQ12TY1S	4CF-R/2A,1	Air Cooled Water Chiller	1	115 kBtu/h	8.93 kW	---	n/a
RXQ12TY1S	4CF-R/2A,2	Air Cooled Water Chiller	1	115 kBtu/h	8.93 kW	---	n/a
RXQ12TY1S	4CF-R/3D,1	Air Cooled Water Chiller	1	115 kBtu/h	8.93 kW	---	n/a
RXQ12TY1S	4CF-R/3D,2	Air Cooled Water Chiller	1	115 kBtu/h	8.93 kW	---	n/a
RXQ14TY1S	4CF-R/2B,3	Air Cooled Water Chiller	1	137 kBtu/h	12.4 kW	---	n/a
RXQ14TY1S	4CF-R/3E,1	Air Cooled Water Chiller	1	137 kBtu/h	12.4 kW	---	n/a
RXQ14TY1S	4CF-R/3E,2	Air Cooled Water Chiller	1	137 kBtu/h	12.4 kW	---	n/a
RXQ16TY1S	4CF-R/2B,2	Air Cooled Water Chiller	1	155 kBtu/h	14.2 kW	---	n/a
RXQ18TY1S	4CF-R/2B,1	Air Cooled Water Chiller	1	168 kBtu/h	16.4 kW	---	n/a

PV System

System Name	Efficiency (%)	Module Area (m^2)	Azimuth Angle (degrees)	Inclination Angle (degrees)	Total Energy (kWh/y)

Hot Water System

System Name	Boiler Type	Boiler Efficiency (%)	Heat Pump Type	Heat Pump Efficiency (COP)	Boiler Compliance	Heat Pump Compliance

Definition

Name	Description

ภาคผนวก ง

คำอธิบายผลการประเมิน

ความหมายของคำต่าง ๆ ที่ใช้

คำที่ใช้	ความหมาย
1. Building Energy Consumption	การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)
1.1 Energy From PV System	พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)
1.2 Net Energy Consumption (Evaluated Building)	การใช้พลังงานไฟฟ้าสุทธิของอาคาร (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)
1.3 Net Energy Consumption (Reference Building)	การใช้พลังงานไฟฟ้าสุทธิของอาคารอ้างอิง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)
1.4 Building Energy Code Compliance	ผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคาร
1.5 Passed	ผ่านเกณฑ์
1.6 Failed	ไม่ผ่านเกณฑ์
2. Building Envelope System	ระบบกรอบอาคาร
2.1 OTTV (all zones)	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (ส่วนที่มีการปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ) (วัตต์/ตารางเมตร)
2.2 OTTV (A/C zones)	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (ส่วนที่มีการปรับอากาศ) (วัตต์/ตารางเมตร)
2.3 Code OTTV	เกณฑ์ข้อกำหนดของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง
2.4 Building OTTV Status	ผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง
2.5 RTTV (A/C zones)	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (ส่วนที่มีการปรับอากาศ) (วัตต์/ตารางเมตร)
2.6 Code RTTV	เกณฑ์ข้อกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา
2.7 Building RTTV Status	ผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา
3. Building Lighting System	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
3.1 Total Power	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)
3.2 Total Building Area	พื้นที่รวม (ตารางเมตร)
3.3 Power Density	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (วัตต์/ตารางเมตร)
3.4 Compliance	เกณฑ์มาตรฐาน
3.5 Lighting System Status	ผลการประเมินระบบไฟฟ้าส่องสว่าง
4. Building Energy by Floor	การใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละชั้น
4.1 Zone Floor	ชื่อชั้น (ชั้นที่)
4.2 Zone Area	พื้นที่แต่ละส่วน (ตารางเมตร)
4.3 Wall Area	พื้นที่ผนังของพื้นที่แต่ละส่วน (ตารางเมตร)
4.4 Roof Area	พื้นที่หลังคาของพื้นที่แต่ละส่วน (ตารางเมตร)
4.5 OTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (วัตต์/ตารางเมตร)
4.6 RTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (วัตต์/ตารางเมตร)

คำที่ใช้	ความหมาย
4.7 LPD	ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ส่องสว่างต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (วัตต์/ตารางเมตร)
4.8 COP	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (ไม่มีหน่วย)
4.9 EPD	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (วัตต์/ตารางเมตร)
4.10 OCCU	จำนวนผู้อยู่อาศัยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นคนต่อตารางเมตร
4.11 VENT	ปริมาณอากาศระบายและอากาศรั่ว (ลิตร/วินาที)
4.12 Total Energy	พลังงานไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
5. Building Energy by Zone	การใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละส่วน
5.1 Zone Name	ชื่อแต่ละส่วน
5.2 Zone Area	พื้นที่แต่ละส่วน (ตารางเมตร)
5.3 Wall Area	พื้นที่ผนัง (ตารางเมตร)
5.4 Roof Area	พื้นที่หลังคา (ตารางเมตร)
5.5 OTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (วัตต์/ตารางเมตร)
5.6 RTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (วัตต์/ตารางเมตร)
5.7 COP	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (ไม่มีหน่วย)
5.8 LPD	ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ส่องสว่างต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (วัตต์/ตารางเมตร)
5.9 EPD	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (วัตต์/ตารางเมตร)
5.10 OCCU	จำนวนผู้อยู่อาศัยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นคนต่อตารางเมตร
5.11 VENT	ปริมาณอากาศระบายและอากาศรั่ว (ลิตร/วินาที)
5.12 Energy Lighting	พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
5.13 Energy Equipment	พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
5.14 Energy A/C	พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
5.15 Total Energy	พลังงานไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
6. OTTV by Wall	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารแต่ละด้าน
6.1 Wall Name	ชื่อผนัง (ผนังทิศ)
6.2 Wall	กรอบอาคาร
6.3 OTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (วัตต์/ตารางเมตร)
6.4 WWR	สัดส่วนของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังรวมของกรอบอาคาร
7. RTTV by Roof	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (วัตต์/ตารางเมตร)
7.1 Wall Name	ชื่อผนัง (ผนังทิศ)
7.2 Roof	หลังคาอาคาร
7.3 RTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (วัตต์/ตารางเมตร)
7.4 WWR	สัดส่วนของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังรวมของหลังคา

คำที่ใช้	ความหมาย
8. Section OTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง แต่ละชนิด
8.1 Wall Name	ชื่อผนัง (ผนังทิศ)
8.2 Section Name	ชื่อผนังกรอบอาคารแต่ละส่วน
8.3 OTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังกรอบอาคารแต่ละส่วน (วัตต์/ตารางเมตร)
8.4 WWR	สัดส่วนของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังรวมของผนังกรอบอาคารแต่ละส่วน
9. Section RTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาแต่ละชนิด
9.1 Wall Name	ชื่อผนัง (ผนังทิศ)
9.2 Section Name	ชื่อผนังหลังคาอาคารแต่ละส่วน
9.3 RTTV (W/m^2)	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน (วัตต์/ตารางเมตร)
9.4 WWR	สัดส่วนของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังรวมของผนังหลังคาแต่ละส่วน
10. Opaque Components in Wall	ส่วนประกอบของผนังทึบ
10.1 Wall Name	ชื่อผนัง (ผนังทิศ)
10.2 Section Name	ชื่อผนังทึบแต่ละส่วน
10.3 Component Name	ส่วนประกอบของผนังทึบแต่ละส่วน
10.4 Area	พื้นที่ของผนังทึบแต่ละส่วน (ตารางเมตร)
10.5 Uw	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบแต่ละส่วน (วัตต์/ตารางเมตร/°C)
10.6 DSH	ผลคูณของความหนาแน่นและความร้อนจำเพาะของวัสดุผนังทึบแต่ละส่วน
10.7 Component Color	สีภายนอกของผนังทึบของผนังแต่ละส่วน
10.8 Solar Absorbtance	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบแต่ละส่วน
10.9 TDeq	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนังทึบแต่ละส่วน (°C)
10.10 Q	พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังทึบแต่ละส่วน (วัตต์)
11. Transparent Components in Wall	ส่วนประกอบของผนังโปร่งแสง
11.1 Wall Name	ชื่อผนัง (ผนังทิศ)
11.2 Section Name	ชื่อผนังโปร่งแสงแต่ละส่วน
11.3 Component Name	ส่วนประกอบของโปร่งแสงแต่ละส่วน
11.4 Area	พื้นที่ผนังโปร่งแสงแต่ละส่วน
11.5 Ut	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสงแต่ละส่วน (วัตต์/ตารางเมตร/°C)
11.6 Dt	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิ
11.7 SHGC	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงแต่ละส่วน
11.8 SC	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของผนังโปร่งแสงแต่ละส่วน
11.9 ESR	ค่ารังสีอาทิตย์ (วัตต์/ตารางเมตร)
11.10 Q	พลังงานความร้อนที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงแต่ละส่วน (วัตต์)

คำที่ใช้	ความหมาย
12. Lighting System by Floor	ระบบไฟฟ้าแสงสว่างแต่ละชั้น
12.1 Zone Floor	ชื่อชั้น (ชั้นที่)
12.2 Total Power	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
12.3 Total Area	พื้นที่แต่ละชั้น (ตารางเมตร)
12.4 Power Density	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (วัตต์/ตารางเมตร)
13. Lighting System by Zone	ระบบไฟฟ้าแสงสว่างแต่ละโซน
13.1 Zone Name	ชื่อแต่ละส่วน
13.2 Zone Floor	พื้นที่แต่ละส่วน (ตารางเมตร)
13.3 Zone Area	พื้นที่
13.4 Power	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
13.5 Quantity	จำนวน
13.6 Quantity in Daylighted Zone	จำนวน (กรณีใช้แสงธรรมชาติ)
13.7 Total Power	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)
13.8 Power Density	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (วัตต์/ตารางเมตร)
14. DX Air-Conditioning Unit	เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก
14.1 A/C Code	รหัส
14.2 A/C Type	ชนิด
14.3 Cooling Capacity	ขนาดทำความเย็น (ตันความเย็น หรือ บีทียู/ชั่วโมง)
14.4 Power Consumption	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
14.5 Performance	สมรรถนะ (ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ หรือ COP)
14.6 Compliance	เกณฑ์มาตรฐาน
14.7 Status	ผลการประเมิน
15. Central Air-Conditioning System-Water Chiller Report	เครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศส่วนกลาง
15.1 A/C System	ชนิดของระบบ
15.2 Chiller Name	ชื่อเครื่องทำน้ำเย็น
15.3 Equipment Type	ชนิดอุปกรณ์
15.4 Chiller Type	ชนิดเครื่องทำน้ำเย็น
15.5 Quantity	จำนวน
15.6 Capacity	ขนาดทำความเย็น (ตันความเย็น)
15.7 Power	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
15.8 Performance	สมรรถนะ (ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ หรือ COP)
15.9 Compliance	เกณฑ์มาตรฐาน
15.10 Status	ผลการประเมิน

คำที่ใช้	ความหมาย
16. Central Air-Conditioning System - Other Equipment Report	อุปกรณ์อื่นๆ ในระบบปรับอากาศส่วนกลาง
16.1 A/C System	ชนิดของระบบ
16.2 Chiller Capacity	ขนาดทำความเย็น (ตันความเย็น)
16.3 Total Power	กำลังไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์)
16.4 Performance	ค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)
16.5 Compliance	เกณฑ์มาตรฐาน
16.6 Status	ผลการประเมิน
17. Central Air-Conditioning System - Equipment List	รายการอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศส่วนกลาง
17.1 A/C System	ชนิดของระบบ
17.2 Equipment Name	ชื่ออุปกรณ์
17.3 Equipment Type	ชนิดของอุปกรณ์
17.4 Quantity	จำนวน
17.5 Capacity	ขนาดทำความเย็น (ตันความเย็น)
17.6 Power	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
17.7 Performance	สมรรถนะ (ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ หรือ COP)
17.8 Absorption Compliance	ผลการประเมิน (Absorption)
18. PV System	ระบบเซลล์แสงอาทิตย์
18.1 System Name	ชื่อระบบ
18.2 Efficiency	ประสิทธิภาพ (%)
18.3 Module Area	พื้นที่ (ตารางเมตร)
18.4 Azimuth Angle	ทิศของผนังแต่ละด้าน
18.5 Inclination Angle	มุมเอียง (องศา)
18.6 Total Energy	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
19. Hot Water System	ระบบผลิตน้ำร้อน
19.1 System Name	ชื่อระบบ
19.2 Boiler Type	ชนิดของหม้อไอน้ำ
19.3 Boiler Efficiency	ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (%)
19.4 Heat Pump Type	ชนิดฮีตปั๊ม
19.5 Heat Pump Efficiency (COP)	ประสิทธิภาพฮีตปั๊ม (ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ หรือ COP)
19.6 Boiler Compliance	ผลการประเมิน (อุปกรณ์ระบบผลผลิตน้ำร้อน)
19.7 Heat Pump Compliance	ผลการประเมิน (ฮีตปั๊ม)

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายณัฐวุฒิ วงค์สลี

ภูมิลำเนา 63 หมู่ 1 ต.สันสลี อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนุชนาถอนุสรณ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **natthawutwo55@email.nu.ac.th**