ผลกระทบของการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีการติดตั้งฉนวนชนิดต่างๆ

นางสาวนุศรา มานะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

IMPACT OF COOLING SET- POINT
ON ENERGY USE OF BUILDINGS WITH VARIOUS INSULATIONS

Miss Nussara Mana

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคาร ที่มีการติดตั้งฉนวนชนิดต่างๆ
โดย	นางสาวนุศรา มานะ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ศักดิ์ วัฒนสินธ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

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

.....กรรมการ
(ดร. พร วิรุฬห์รักษ์)

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

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

นุศรา มานะ : ผลกระทบของการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่อการใช้พลังงาน การทำความเย็นในอาคารที่มีการติดตั้งฉนวนชนิดต่างๆ. (IMPACT OF COOLING SET- POINT ON ENERGY USE OF BUILDINGS WITH VARIOUS INSULATIONS)
อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร, 148 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัย ที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร การวิจัยทำโดยการสำรวจข้อมูลในท้องตลาด เพื่อนำมาสร้างเป็นผังอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยอ้างอิง(reference building) แล้วคำนวณพลังงานการทำความเย็นผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE- 4.1 เพื่อสร้างเป็นฐานข้อมูล (baseline) สำหรับเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานการทำความเย็นกับกรณีศึกษาอื่นๆ โดยมีตัวแปรในการศึกษาคือ 1. รูปแบบ ชนิดของวัสดุเปลือกอาคารและวัสดุฉนวน 2. สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร(WWR) 3. ช่วงเวลาการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ 4. การตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ(cooling set- point) และ 5. ปัจจัยทางความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร (internal heat gain) จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มค่าความเป็นฉนวนให้กับวัสดุเปลือกอาคาร เพิ่มอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ และการลดพื้นที่ช่องเปิดให้กับอาคาร สามารถลดการใช้พลังงานการทำความเย็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการสร้างกรณีศึกษาเพิ่มเติม โดยเพิ่มสภาพความเป็นฉนวนให้กับเปลือกอาคารทั้งในส่วนผนังทึบ ผนังโปร่งใส และเพิ่มค่าปัจจัยทางความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ผลที่ได้พบว่าการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ และ WWR ไม่มีนัยยะสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานการทำความเย็นในอาคาร กล่าวคือ พลังงานค่อนข้างคงที่ แม้จะมีการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ และ WWR ก็ตาม นอกจากนี้ยังมีข้อสังเกตว่าในอาคารสำนักงานกรณีศึกษาเพิ่มเติมที่มีช่องเปิดสูง เมื่อปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 22 หรือ 27 องศาเซลเซียส ส่งผลให้มีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นต่ำที่สุด ส่วนในอาคารสำนักงานที่มีช่องเปิดต่ำ การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 23 หรือ 27 องศาเซลเซียส ก็ส่งผลให้มีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นต่ำที่สุดเช่นเดียวกัน และในอาคารพักอาศัย ระดับของการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานการทำความเย็นสูงสุดในทุก WWR ยังคงเป็น 27 องศาเซลเซียส

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรม..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์..... ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา...2555.....

5374194025 ; MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: ENERGY SIMULATION /COOLING SET-POINT/ INSULATIONS

NUSSARA MANA: IMPACT OF COOLING SET- POINT ON ENERGY USE OF BUILDINGS WITH VARIOUS INSULATIONS. ADVISOR : ASST.PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 148 pp.

The objective of this research was to study the effects of a cooling set-point on energy use(cooling energy) in office and residential buildings located in Bangkok, Thailand. This research was conducted by developing reference buildings(office and residential) based on information from a survey of space planning. The cooling of buildings was simulated with VISUAL DOE 4.1 software in order to learn the baseline energy use index for each buliding, Once this was done the cooling energy of the buildings was simulated under the variation of an envelope system, using the overall heat transfer coefficent of insulation(U-value) and insulation materials, window to wall ratio (WWR), the number of operating hours of air conditioners, cooling set-point and internal heat gain and it was compared with the baseline energy use index. From this calculation, it was found that the cooling energy for both of the buldings decreased when increasing the cooling set-point, and it also decreased with the WWR and U-value. In addition, various extream conditions were investigated, namely the U-value was lowered significantly, while the internal heat gain was increased to a high point. The simulation results revealed that cooling energy was not significantly affected by the WWR and cooling set-point for these extreme conditions. Moreover, for the residential building studied the cooling set-point of 27 °C was found to be the most effective for reducing the cooling energy in all WWR cases. For the high-WWR official building, the cooling set-point of 22 or 27 °C provided the highest energy-saving potential, while the cooling set point of 23 or 27 °C must be applied for the low-WWR office building in order to obtain maximum energy-saving potential.

Department : .....Architecture..... Student's Signature.....

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

Academic Year : ..2012.....

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ สำเร็จได้ ด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่ง จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้ความรู้ แนวความคิด คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตั้งแต่เริ่มต้นเข้าศึกษา จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ศักดิ์ วัฒนสินธ์ คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ ดร. พร วิรุฬห์รักษ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.ณรงค์วิทย์ อารีมิตร กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำที่ดี ทั้งยังสละเวลาร่วมเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจเสมอมา รวมทั้งขอขอบพระคุณ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการช่วยเหลือ แนะนำ ให้คำปรึกษา อำนวยความสะดวก และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน มา ณ ที่นี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ

กิตติกรรมประกาศ ฉ

สารบัญ ช

สารบัญตาราง ฎ

สารบัญภาพ ฒ

สารบัญแผนภูมิ ต

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 5

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 5

1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย 6

1.5 วิธีดำเนินการศึกษา 6

1.6 สมมติฐานของการวิจัย 7

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

1.8 กรอบแนวคิดในงานวิจัย 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร 11

2.1.1 ที่มาของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร 11

2.1.2 อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ 12

2.1.3 คุณสมบัติความเป็นฉนวน 14

2.2 ภาระความร้อน (Heat Load) และระบบปรับอากาศ 19

2.2.1 ภาระความร้อนห้อง (Room Heat Load) 19

2.2.2 ภาระความร้อนอุปกรณ์ 19

2.3 การป้องกันความร้อนให้กับอาคาร 20

หน้า

2.4 ระบบของวัสดุกรอบอาคาร 20
2.5 ระบบปรับอากาศ 21
2.5.1 หลักการของเทคโนโลยี 21
2.5.2 การควบคุมคุณภาพอากาศ 22
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 24
2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจุด “Point of thermal inflexion” 24
2.6.2 เอกสารอื่นๆที่เกี่ยวข้อง 26

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 28
3.1 การดำเนินการวิจัย 28
3.2 การกำหนดค่าการจำลองสภาพอาคารลงในโปรแกรม Visual DOE 4.1 40
3.2.1 การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียง 40
3.2.2 การนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม 40
3.2.2.1 การสร้างอาคารสำนักงานอ้างอิง (Baseline) 41
3.2.2.2 การสร้างอาคารพักอาศัยอ้างอิง (Baseline) 47

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล 69
4.1 ผลการวิจัยโดยวิธีการจำลองอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 69
4.1.1 ผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานอ้างอิง 69
4.1.2 ผลการจำลองอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอื่นๆ 71
4.1.2.1 ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนกรุด้วยกระจกใส 71
4.1.2.2 ผนังก่ออิฐมอญ- กระจกเขียว 73
4.1.2.3 ผนังก่ออิฐมอญเว้นช่องว่างอากาศ- กระจกใส 75
4.1.2.4 ผนังก่ออิฐมอญเว้นช่องว่างอากาศ- กระจกเขียว 77
4.1.2.5 ผนังก่ออิฐมอญ2ชั้นใส่ฉนวนเยื่อ- กระจกใส 79
4.1.2.6 ผนังก่ออิฐมอญ2 ชั้นฉนวนเยื่อกระดาษ- กระจกเขียว 82
4.1.2.7 ผนังคอนกรีตมวลเบา- กระจกใส 84
4.1.2.8 ผนังคอนกรีตมวลเบา- กระจกเขียว 86

หน้า

4.1.2.9 ผนังสำเร็จรูป- กระจกใส 88
4.1.2.10 ผนังสำเร็จรูป- กระจกเขียว 90
4.1.3 การจำลองอาคารสำนักงานกรณีสมมติของอาคารสำนักงาน 91
4.2 ผลการวิจัยโดยการจำลองอาคารพักอาศัยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 92
4.2.1 ผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยอ้างอิง 92
4.2.2 ผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยกรณีศึกษาอื่นๆ 94
4.2.2.1 ผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้น- กระจกสีเขียว 94
4.2.2.2 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น- กระจกใส 95
4.2.2.3 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น - กระจกสีเขียว 97
4.2.2.4 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศกระจกใส 99
4.2.2.5 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น
เว้นช่องอากาศ- กระจกเขียว 101
4.2.2.6 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น
ฉนวนเยื่อกระดาษ- กระจกใส 103
4.2.2.7 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น
ฉนวนเยื่อกระดาษ- กระจกเขียว 105
4.2.2.8 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น
ฉนวนใยแก้วบนฝ้าเพดาน- กระจกใส 107
4.2.2.9 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น
ฉนวนใยแก้วบนฝ้าเพดาน- กระจกเขียว 109
4.2.2.10 ผนังคอนกรีตมวลเบา- กระจกใส 111
4.2.2.11 ผนังคอนกรีตมวลเบา- กระจกเขียว 113
4.2.2.12 ผนังสำเร็จรูป- กระจกใส 115
4.2.2.13 ผนังสำเร็จรูป- กระจกสีเขียว 117
4.2.2.14 ผนังไม้เนื้อแข็ง- กระจกใส 119
4.2.2.15 ผนังไม้เนื้อแข็ง กรุด้วยกระจกสีเขียว 121
4.2.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคาร 123
4.2.3.1 อาคารสำนักงาน 123

หน้า

4.2.3.2 อาคารพักอาศัย 124
4.2.4 การสร้างกรณีศึกษาเพิ่มเติมของอาคารสำนักงาน 126
4.2.4.1 ผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็น
ของสำนักงานอ้างอิง (ก่ออิฐฉาบปูน- กระจกใส) 126
4.2.4.2 ผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็น
ของสำนักงานกรณีศึกษา (เปลือกอาคารสภาพฉนวนสูง) 128
4.2.4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน
ของอาคารสำนักงานอ้างอิงกับสำนักงานกรณีศึกษา 129
4.2.5 การสร้างกรณีศึกษาเพิ่มเติมของอาคารพักอาศัย 130
4.2.5.1 ผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็น
อาคารพักอาศัยอ้างอิง(ก่ออิฐฉาบปูน- กระจกใส) 130
4.2.5.2 ผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็น
อาคารพักอาศัยกรณีศึกษา(เปลือกอาคารสภาพฉนวนสูง) 131
4.2.5.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน
ของอาคารพักอาศัยอ้างอิงกับอาคารพักอาศัยกรณีศึกษา 133

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 134
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารสำนักงาน 134
5.2 สรุปผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัย 136
5.3 สรุปผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานการทำความเย็นของสำนักงานกรณีสมมติ 138
5.4 สรุปผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานทำความเย็นของอาคารพักอาศัยกรณีสมมติ 142
5.5 สรุปผลจากสมมติฐานงานวิจัย 144
5.6 ข้อเสนอแนะ 145
รายการอ้างอิง 146
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 148

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลในการป้อนค่าในโปรแกรมการจำลอง
การใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน 32
ตารางที่ 3.2 แสดงรายการการจำลองอาคารสำนักงานอ้างอิง
ในโปรแกรม Visual DOE - 4.1 33
ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลในการป้อนค่าลงในโปรแกรมการจำลอง
การใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยอ้างอิง 34
ตารางที่ 3.4 แสดงช่วงเวลาการใช้พื้นที่ปรับอากาศของห้องต่างๆ
ในอาคารพักอาศัยอ้างอิง 35
ตารางที่ 3.5 แสดงรายการการจำลองอาคารพักอาศัยอ้างอิง
ในโปรแกรม Visual DOE- 4.1 36
ตารางที่ 3.6 แสดงค่าสำหรับการป้อนในโปรแกรม Visual DOE- 4.1
ของอาคารกรณีสมมติ 37
ตารางที่ 3.7 แสดงการสรุปชนิดของวัสดุประกอบอาคาร 37
ตารางที่ 3.8 แสดงการสรุปรายการที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง 38
ตารางที่ 3.9 แสดงคุณสมบัติของวัสดุผนัง 38
ตารางที่ 3.10 แสดงคุณสมบัติของวัสดุฉนวน 38
ตารางที่ 3.11 แสดงช่วงเวลาการใช้พื้นที่ปรับอากาศของอาคารพักอาศัยอ้างอิง 65
ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองอาคารสำนักงานอ้างอิงในโปรแกรม VISUAL DOE - 4.1 70
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน
ผนังก่ออิฐมอญกรุด้วยกระจกใส ภายใต้อุณหภูมิ 22 ถึง 27
องศาเซลเซียส และ WWR อยู่ในช่วงระหว่าง 0.1 ถึง 0.9 71
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน
ผนังก่ออิฐมอญกรุด้วยกระจกเขียว อุณหภูมิ 22 ถึง 27
องศาเซลเซียส และมี WWR อยู่ในช่วง 0.1 ถึง 0.9 73
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน
ผนังก่ออิฐ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศ 5 ซ.ม.กรุกระจกใส ปรับอุณหภูมิ
22 ถึง 27 องศาเซลเซียส มีWWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 76

หน้า

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่ต่อปีของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนัง
ก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องว่างอากาศกรุด้วยกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิ
22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และมี WWR ระหว่าง 0.1 ถึง 0.9 78
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนัง
ก่ออิฐมอญ2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิ
22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และมี WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 80
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนัง
ก่ออิฐมอญ2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกเขียว
อุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 82
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนัง
คอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส เมื่อปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27
องศาเซลเซียสและปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 84
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนัง
คอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกเขียว เมื่อปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27
องศาเซลเซียสและปรับWWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 86
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนัง
สำเร็จรูป กรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 88
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่ต่อปีของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนัง
สำเร็จรูกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 91
ตารางที่ 4.12 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยอ้างอิง
เมื่อปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 93
ตารางที่ 4.13 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนัง
ก่ออิฐมอญ1ชั้น กรุด้วยกระจกสีเขียว เมื่อปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27
องศาเซลเซียส ปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 94

หน้า

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนัง
ก่ออิฐมอญ 2 ชั้นกรุกระจกใส เมื่อปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27
องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 96
ตารางที่ 4.15 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ
2 ชั้นกรุด้วยกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 98
ตารางที่ 4.16 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยที่มีผนัง
ก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุกระจกใส ปรับอุณหภูมิ
22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 100
ตารางที่ 4.17 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยที่มีผนัง
ก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิ
22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 102
ตารางที่ 4.18 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยที่มีผนัง
ก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกใส
ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 104
ตารางที่ 4.19 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยที่มีผนัง
ก่ออิฐมอญ 2 ชั้น ใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง กรุด้วยกระจกเขียว
ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 106
ตารางที่ 4.20 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ที่มีผนัง
ก่ออิฐมอญ1 ชั้น ใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดาน กรุด้วยกระจกใส
ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 108
ตารางที่ 4.21 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยที่มีผนัง
ก่ออิฐมอญ 1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดานกรุด้วยกระจกเขียว
ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 110
ตารางที่ 4.22 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยที่มีผนัง
คอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ
22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 112

หน้า

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยที่มีผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 114
ตารางที่ 4.24 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 116
ตารางที่ 4.25 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกสีเขียวปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียสปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 118
ตารางที่ 4.26 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยที่มีผนังไม้เนื้อแข็ง กรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 120
ตารางที่ 4.27 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยที่มีผนังไม้เนื้อแข็ง กรุด้วยกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 121
ตารางที่ 4.28 แสดงข้อมูลสำหรับป้อนในโปรแกรม Visual DOE 4.1 ของอาคารสำนักงานอ้างอิงและอาคารสำนักงานกรณีศึกษา 126
ตารางที่ 4.29 แสดงข้อมูลสำหรับป้อนในโปรแกรม Visual DOE 4.1 ของอาคารพักอาศัยอ้างอิงและอาคารพักอาศัยกรณีศึกษา 130

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 แสดงปัจจัยที่ทำให้เกิดความร้อนภายในอาคาร 12
ภาพที่ 2.2 แสดงระบบปริมาณลมจ่ายคงที่ (Constant Air Volume) 23
ภาพที่ 2.3 แสดงระบบปริมาณลมจ่ายแปรเปลี่ยน (Variable Air Volume) 24
ภาพที่ 3.1 แสดงวัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ 29
ภาพที่ 3.2 แสดงรูปแบบการติดตั้งระบบผนังก่ออิฐมอญชั้นเดียว อิฐมอญสองชั้น ผนังอิฐมอญสองชั้นแบบเว้นช่องอากาศ และผนังอิฐมอญสองชั้น ใส่ฉนวนตรงกลาง 30
ภาพที่ 3.3 แสดงผังของอาคารสำนักงานอ้างอิง 12 ชั้น ที่ใช้ในการสร้าง แบบจำลองในโปรแกรม Visual DOE - 4.1 32
ภาพที่ 3.4 แสดงผังและรูปด้านของอาคารพักอาศัยอ้างอิงที่ใช้ในการสร้าง แบบจำลองทางโปรแกรม Visual DOE- 4.1 35
ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะผังพื้นและรูปสามมิติแสดงอาคารสำนักงานอ้างอิง 40
ภาพที่ 3.6 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Project ของอาคารสำนักงาน 41
ภาพที่ 3.7 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Block ของอาคารสำนักงาน 42
ภาพที่ 3.8 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Room ของอาคารสำนักงาน 42
ภาพที่ 3.9 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Room ของอาคารสำนักงาน 43
ภาพที่ 3.10 แสดงการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Façade ของอาคารสำนักงาน 43
ภาพที่ 3.11แสดงการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง System ของอาคารสำนักงาน 44
ภาพที่ 3.12 แสดงลักษณะ System ของระบบปรับอากาศ CAV ในอาคารสำนักงาน 44
ภาพที่ 3.13 แสดงลักษณะ System ของระบบปรับอากาศ CAV ในอาคารสำนักงาน 45
ภาพที่ 3.14 แสดงการกำหนดลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศของอาคารสำนักงาน 45

หน้า

ภาพที่ 3.15 แสดงการกำหนด Schedule editor เครื่องปรับอากาศในอาคารสำนักงาน 45
ภาพที่ 3.16 แสดงการกำหนด Schedule editor เครื่องปรับอากาศในอาคารสำนักงาน 45
ภาพที่ 3.17 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Zone ของอาคารสำนักงาน 47
ภาพที่ 3.18 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Project ของอาคารสำนักงาน 48
ภาพที่ 3.19 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Blocks ของอาคารสำนักงานชั้นที่ 1 48
ภาพที่ 3.20 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Blocks ของอาคารสำนักงานชั้นที่ 2 49
ภาพที่ 3.21 แสดงระยะเวลาในการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละหน่วยที่พักอาศัย 51
ภาพที่ 3.22 แสดงระยะเวลาในการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละหน่วยที่พักอาศัย ของวันธรรมดา วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุด 51
ภาพที่ 3.23 แสดงระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัย 52
ภาพที่ 3.24 แสดงระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วย ที่พักอาศัยของวันธรรมดา 52
ภาพที่ 3.25 แสดงระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วย ที่พักอาศัยของวันธรรมดา 53
ภาพที่ 3.26 แสดงระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วย ที่พักอาศัยของวันอาทิตย์ 53
ภาพที่ 3.27 แสดงระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วย ที่พักอาศัยของวันหยุด 54
ภาพที่ 3.28 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Rooms (ห้องรับแขก โถงทางเดิน ห้องครัวและห้องรับประทานอาหาร) 55
ภาพที่ 3.29 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Rooms (ห้องน้ำชั้นล่าง) 56
ภาพที่ 3.30 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในคำสั่ง Rooms (ห้องนอน1) 57
ภาพที่ 3.31 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในคำสั่ง Rooms (ห้องนอน2) 58

หน้า

ภาพที่ 3.32 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในคำสั่ง Room(ห้องน้ำ2) 59
ภาพที่ 3.33 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในคำสั่ง Rooms (ห้องน้ำ3) 60
ภาพที่ 3.34 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในคำสั่ง Rooms (ห้องนอน3) 61
ภาพที่ 3.35 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในคำสั่ง Rooms (โถงทางเดิน) 62
ภาพที่ 3.36 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในคำสั่ง Facade ของบ้านพักอาศัย 63
ภาพที่ 3.37 แสดงการสร้างวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูนในคำสั่ง Constructions ของบ้านพักอาศัย 63
ภาพที่ 3.38 แสดงการสร้างวัสดุผนังของอาคารพักอาศัยในคำสั่ง Constructions Editor 64
ภาพที่ 3.39 แสดงการสร้างวัสดุผนังกระจกใสของอาคารพักอาศัยในคำสั่ง Glazing 64
ภาพที่ 3.40 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมของคำสั่ง System ของบ้านพักอาศัย 65
ภาพที่ 3.41 แสดงการกำหนดค่า Schedule ของระบบปรับอากาศ
สำหรับห้องนอนชั้นบนของอาคารพักอาศัยในวันธรรมดา 66
ภาพที่ 3.42 แสดงการกำหนดค่า Schedule ของระบบปรับอากาศสำหรับ
ห้องนอนชั้นบนของอาคารพักอาศัยในวันเสาร์อาทิตย์ 66
ภาพที่ 3.43 แสดงการกำหนดค่า Schedule ของระบบปรับอากาศ
สำหรับห้องรับแขกชั้นล่างของอาคารพักอาศัยในวันธรรมดา 67
ภาพที่ 3.44 แสดงการกำหนดค่า Schedule ของระบบปรับอากาศสำหรับ
ห้องรับแขกชั้นล่างของอาคารพักอาศัยในวันเสาร์อาทิตย์ 67
ภาพที่ 3.45 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมของคำสั่ง Zone ของบ้านพักอาศัย 68

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่1.1 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดจากระบบปรับอากาศ
ต่อพื้นที่ปรับอากาศ 1
แผนภูมิที่ 1.2 แสดงค่าเฉลี่ยของสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน 2
แผนภูมิที่ 1.3 แสดงจุด Point of thermal inflexion ที่จุด 25.72 องศาเซลเซียส 4
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคารสำนักงาน 70
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานที่มีผนัง
ก่ออิฐมอญกรุด้วยกระจกใส (อาคารอ้างอิง) ปรับอุณหภูมิ 25
องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7
และ 0.9 ที่ได้จากโปรแกรม Visual DOE - 4.1 72
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน
ก่ออิฐมอญ- กระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27
องศาเซลเซียส WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 72
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานก่ออิฐมอญ
กระจกเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR
เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 74
แผนภูมิที่ 4.5 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานของอาคารสำนักงานก่ออิฐมอญ
กระจกเขียวเปรียบเทียบกระจกใสปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27
องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1ถึง 0.9 74
แผนภูมิที่ 4.6 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน
ก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศ 5 ซม.กรุด้วยกระจกใส
ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส WWR 0.1 ถึง 0.9 76
แผนภูมิที่ 4.7 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานของอาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น
เว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกใสเปรียบเทียบกับกรณีอาคารสำนักงานอ้างอิง
ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 77
แผนภูมิที่ 4.8 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน
ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิ 22
ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 78

หน้า

แผนภูมิที่ 4.9 แสดงค่าร้อยละการประหยัดพลังงานของอาคารสำนักงานที่มีผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกเขียวเปรียบเทียบกับกระจกใสปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส 79
แผนภูมิที่ 4.10 แสดงการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 80
แผนภูมิที่ 4.11แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานของอาคารสำนักงานที่มีผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกใส เทียบกับอาคารสำนักงานอ้างอิง ปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส 81
แผนภูมิที่ 4.12 แสดงการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 83
แผนภูมิที่ 4.13 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกเขียวเปรียบเทียบกระจกใส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส 83
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 85
แผนภูมิที่ 4.15 แสดงค่าร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่มีผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใสเปรียบเทียบกับอาคารสำนักงานอ้างอิง ปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส 85

หน้า

แผนภูมิที่ 4.16 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน ผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกเขียวปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 87
แผนภูมิที่ 4.17 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน ผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกเขียวเปรียบเทียบกับกระจกใสปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส 87
แผนภูมิที่ 4.18 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน ผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 89
แผนภูมิที่ 4.19 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน ผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใสเปรียบเทียบกับอาคารสำนักงานอ้างอิง ปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 อุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส 90
แผนภูมิที่ 4.20 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน ผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 91
แผนภูมิที่ 4.21 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน ผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกเขียวเปรียบเทียบกับผนังสำเร็จรูป-กระจกใส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส 92
แผนภูมิที่ 4.22 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย อ้างอิง(ก่ออิฐฉาบปูน- กระจกใส) ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 93
แผนภูมิที่ 4.23 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน- กระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 95
แผนภูมิที่ 4.24 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคาร พักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น- กระจกใส อุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 96

หน้า

แผนภูมิที่ 4.25 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ก่ออิฐมอญ 2 ชั้น- กระจกใสเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 อุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส 97
แผนภูมิที่ 4.26 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น- กระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 98
แผนภูมิที่ 4.27 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น- กระจกเขียวเปรียบเทียบกับผนังอิฐมอญ 2 ชั้นกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 99
แผนภูมิที่ 4.28 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 100
แผนภูมิที่ 4.29 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็น ของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศ-กระจกใสเทียบอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 101
แผนภูมิที่ 4.30 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียสปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 102
แผนภูมิที่ 4.31 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกเขียวเปรียบเทียบกับ กระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 103
แผนภูมิที่ 4.32 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง- กระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 104

หน้า

แผนภูมิที่ 4.33 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง- กระจกใสเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 105
แผนภูมิที่ 4.34 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษ-กระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 106
แผนภูมิที่ 4.35 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง- กระจกสีเขียว เปรียบเทียบกับกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 107
แผนภูมิที่ 4.36 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดาน- กระจกใส ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 108
แผนภูมิที่ 4.37 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดาน- กระจกใส เปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 109
แผนภูมิที่ 4.38 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดาน- กระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 110
แผนภูมิที่ 4.39 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดาน- กระจกเขียว เปรียบเทียบกับกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 111

หน้า

แผนภูมิที่ 4.40 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังคอนกรีตมวลเบา- กระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 112
แผนภูมิที่ 4.41 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังคอนกรีตมวลเบา- กระจกใส เปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 113
แผนภูมิที่ 4.42 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังคอนกรีตมวลเบา- กระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 114
แผนภูมิที่ 4.43 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังคอนกรีตมวลเบา- กระจกเขียว เปรียบเทียบกับ ผนังคอนกรีตมวลเบา กระจกใส อุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1ถึง 0.9 115
แผนภูมิที่ 4.44 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังสำเร็จรูป- กระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 116
แผนภูมิที่ 4.45 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังสำเร็จรูป- กระจกใสเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 117
แผนภูมิที่ 4.46 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังสำเร็จรูป- กระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 118
แผนภูมิที่ 4.47 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังสำเร็จรูป- กระจกเขียวเปรียบเทียบกับกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 25 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 119

หน้า

แผนภูมิที่ 4.48 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังไม้เนื้อแข็ง- กระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 120
แผนภูมิที่ 4.49 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังไม้เนื้อแข็ง- กระจกใสเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 121
แผนภูมิที่ 4.50 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังไม้เนื้อแข็ง- กระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 122
แผนภูมิที่ 4.51 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ผนังไม้เนื้อแข็ง- กระจกเขียวเปรียบเทียบกับกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 25 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 122
แผนภูมิที่ 4.52 แสดงผลการใช้พลังงานการทำความเย็นอาคารสำนักงานของวัสดุผนัง 5 ชนิดกรุด้วยกระจกใสและกระจกเขียว ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 124
แผนภูมิที่ 4.53 แสดงผลการใช้พลังงานการทำความเย็นอาคารพักอาศัยของวัสดุเปลือกอาคาร 8 ชนิดกรุด้วยกระจกใส ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 125
แผนภูมิที่ 4.54 แสดงผลการใช้พลังงานการทำความเย็นอาคารพักอาศัยของวัสดุเปลือกอาคาร 8 ชนิดกรุด้วยกระจกเขียว ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 125
แผนภูมิที่ 4.55 แสดงพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานอ้างอิง ผนังก่ออิฐมอญ กรุด้วยกระจกใส 127
แผนภูมิที่ 4.56 แผนภูมิขยายแสดงพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานอ้างอิงที่มีค่า LPD เท่ากับ 24 วัตต์ต่อตารางเมตร และ EPD เท่ากับ 20 วัตต์ต่อตารางเมตร 127

หน้า

แผนภูมิที่ 4.57 แสดงพลังงานการทำความเย็นในสำนักงาน
(เปลือกอาคารสภาพความเป็นฉนวนสูง) 128
แผนภูมิที่ 4.58 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นในอาคาร
สำนักงานอ้างอิงเปรียบเทียบกับสำนักงานกรณีศึกษา
(เปลือกอาคารสภาพความเป็นฉนวนสูง) 129
แผนภูมิที่ 4.59 แสดงพลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยอ้างอิง
(อิฐมอญฉาบปูน กรุด้วยกระจกใส) 131
แผนภูมิที่ 4.60 แสดงพลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยกรณีศึกษา
(เปลือกอาคารมีสภาพความเป็นฉนวนสูง) 132
แผนภูมิที่ 4.61 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นในอาคาร
พักอาศัยอ้างอิง เปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยกรณีศึกษา
(เปลือกอาคารสภาพความเป็นฉนวนสูง) 133

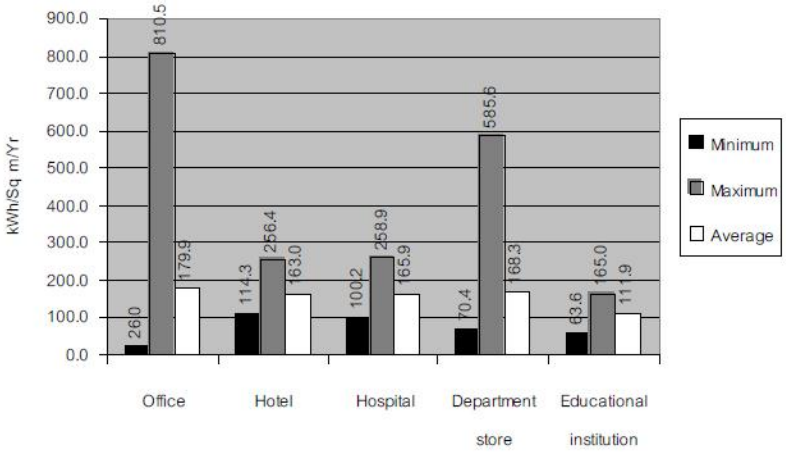
-

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสภาพการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก ส่งผลให้ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงมากขึ้น ประชากรส่วนใหญ่ใช้วิธีการสร้างสภาวะน่าสบายด้วยการติดตั้งระบบปรับอากาศภายในอาคาร ทำให้ในแต่ละปีต้องสูญเสียพลังงานจากการใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมหาศาล พลังงานส่วนใหญ่ในอาคารจะสูญเสียไปกับภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งผลที่ตามมา นอกจากจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานแล้ว ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานก็สูงขึ้นตามมาด้วย



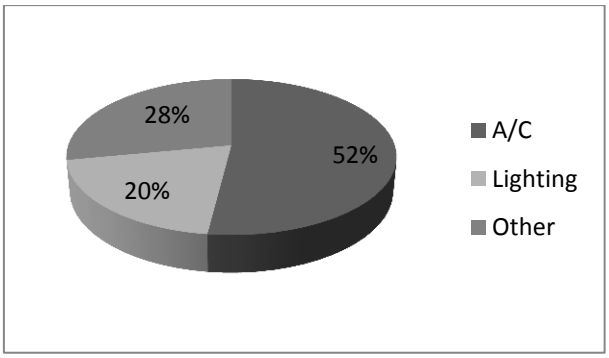
แผนภูมิที่1.1 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดจากระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศของอาคาร
ที่มา : เอกสารเผยแพร่ การศึกษาทบทวนแนวทางออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นทั้งในและต่างประเทศ. สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, 2547.

สำหรับการแจกแจงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอาคารสำนักงานนั้น สัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และอุปกรณ์อื่นๆ ที่รวบรวมได้จากรายงานการตรวจสอบการใช้พลังงานของอาคารประเภทต่างๆ[1] ในรูปที่ 2. แสดงให้เห็นว่าระบบปรับอากาศเป็นสัดส่วนการใช้พลังงานที่มีค่าสูงสุดของอาคาร ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการ

---

[1]เทคโนโลยีแห่งเอเชีย, สถาบัน. การศึกษาทบทวนแนวทางออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นทั้งในและต่างประเทศ. [ออนไลน์]. 19 ธันวาคม 2555. แหล่งที่มา https://docs.com/KDHF.

ประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ จะเป็นการประหยัดพลังงานในภาพรวมของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด



แผนภูมิที่ 1.2 ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน

ที่มา : เอกสารเผยแพร่ การศึกษาทบทวนแนวทางออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นทั้งในและต่างประเทศ. สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, 2547.

สำหรับวิธีในการลดพลังงานในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพื่อลดการใช้พลังงานรวมในอาคารนั้น ทำได้โดยการป้องกันความร้อนจากภายนอกไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งก็มีด้วยกันหลายวิธีเช่น การใช้อุปกรณ์บังแดด การยื่นชายคา การควบคุมการรั่วซึมของอากาศ การเลือกใช้วัสดุกรอบอาคารที่มีค่าความเป็นฉนวนสูง[2] เป็นต้น ซึ่งการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าความเป็นฉนวนสูงให้กับอาคาร เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่จะช่วยป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าสู่อาคารได้ แต่วัสดุฉนวนที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดนั้น มีด้วยกันหลากหลายชนิด การศึกษานี้จึงเป็นประโยชน์ประกอบกับเป็นแนวทางในการเลือกวัสดุเปลือกอาคารให้กับเจ้าของอาคารได้ และเพื่อศึกษาถึงระดับการตั้งค่าอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศที่เหมาะสม จากนโยบายการรณรงค์ของภาครัฐด้วยการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 25 องศาเซลเซียสนั้น การศึกษานี้จึงเป็นตรวจสอบว่าการปรับอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศ ระดับต่างๆไม่ว่าจะเป็น 25 องศาเซลเซียส หรือตั้งแต่อุณหภูมิ 22 ไปจนถึง 27 องศาเซลเซียส จะส่งผลกระทบมากน้อยเพียงใดต่อพลังงานการทำความเย็นภายในอาคารปรับอากาศ

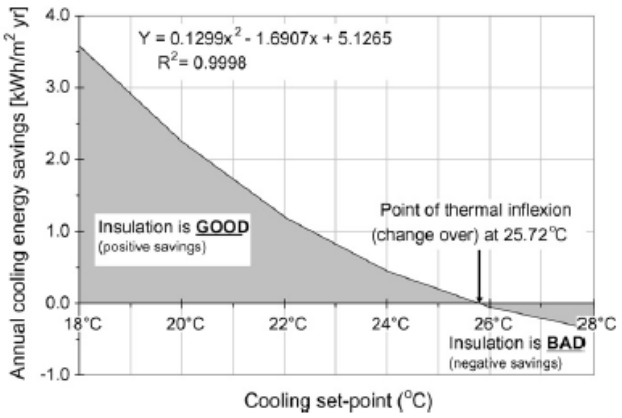
---

[2]ตรึงใจ บูรณสมภพ, แนวทางการออกแบบกรอบอาคาร. [ออนไลน์]. 20 มกราคม 2556 แหล่งที่มา: http://www.thaiengineering.com/index.php?option=com_content&view=article&id=343:-building-design&catid=509:construction-knowledge&Itemid=117.

เป็นที่ทราบกันดีว่าการติดตั้งวัสดุฉนวนให้กับอาคารนั้น จะช่วยป้องกันความร้อนจากภายนอกไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคารได้ ซึ่งจะช่วยให้การใช้พลังงานในการทำความเย็นในระบบปรับอากาศจะมีค่าลดลงนั่นเอง จากการศึกษาและทบทวนงานวิจัยในต่างประเทศ ทำให้พบว่าการติดตั้งฉนวนให้กับอาคารนั้นไม่ได้ช่วยลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นในระบบปรับอากาศได้เสมอไป ดังเช่นงานวิจัยในประเทศบอตสวานา ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนแห้งแล้ง ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของฉนวน โดยการติดตั้งฉนวนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U-Value) ต่างๆ ให้กับอาคารสำนักงาน[3] แล้วทำการสร้างแบบจำลองอาคารอ้างอิงผ่านโปรแกรม EnergyPlus เพื่อคำนวณหาปริมาณพลังงานการทำความเย็น และปริมาณพลังงานการทำความร้อนประจำปี ปรับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของฉนวน ความหนาของฉนวน ในระดับต่างๆ ตั้งสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร(Window to wall ratio: WWR)ให้มีค่าคงที่ จากนั้นทำการปรับค่าอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศตั้งแต่ 22 องศาเซลเซียสไปจนถึง 26.5 องศาเซลเซียส ซึ่งผลการทดลองพิสูจน์ว่า การติดตั้งฉนวนนั้นจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานหรือลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นได้(Positive saving) แต่เมื่อมีการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศถึงจุดๆหนึ่ง การติดตั้งฉนวนจะมีประสิทธิภาพในการช่วยประหยัดพลังงานได้เท่ากับศูนย์ ซึ่งหมายความว่าไม่ว่าจะมีการติดตั้งหรือไม่มีการติดตั้งฉนวนก็จะมีปริมาณการใช้พลังงานการทำความเย็นที่เท่ากัน การติดตั้งฉนวนให้กับอาคารนั้นจึงไม่ได้ก่อให้เกิดประโยชน์ใดๆต่อการประหยัดพลังงานเลย ผู้ทำวิจัยในต่างประเทศได้นิยามและเรียกจุดๆนี้ว่า Point of thermal inflexion ซึ่งเป็นจุดของการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 25.72 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 3 เมื่อผ่านจุด Point of thermal inflexion ไปแล้ว ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของอาคารที่มีการติดฉนวน กลับกลายเป็นทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน(Negative saving) กล่าวคือ ก่อนถึงจุด Point of thermal inflexion ฉนวนที่มีค่าการถ่ายเทความร้อน(U-Value)ต่ำ จะมีประสิทธิภาพในการช่วยลดพลังงานได้ดีซึ่งช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงาน ในแต่เมื่อผ่านจุด Point of thermal inflexion หรือจุดที่มีการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 25.75 องศาเซลเซียสขึ้นไป แม้ว่าจะติดตั้งฉนวนที่มีประสิทธิภาพสูงมากเพียงใดให้กับอาคาร ก็ไม่ได้มีผลช่วยในการประหยัดพลังงานในอาคารได้เลย

---

[3]Masoso, O.T, Frobler, L.J. A new and innovative look at anti-insulation behavior in building energy consumption, Energy and Building 40 (2008) 1889-1894.



แผนภูมิที่ 1.3 แสดงจุด Point of thermal inflexion ที่จุด 25.72 องศาเซลเซียส

ที่มา : Masoso, O.T, Frobler, L.J. A new and innovative look at anti- insulation behavior in building energy Consumption, Energy and Building 40(2008) 1889-1894.

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของฉนวน หรือจุดที่เรียกว่า''Point of thermal inflexion'' นี้แม้จะมีความแตกต่างกันที่เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย แต่ผลที่ได้จากการจำลองก็มีการยืนยันแล้วว่าไม่ได้มีสาเหตุจากการผิดพลาดของโปรแกรมจำลองผล สาเหตุที่นักวิจัยหลายๆท่านไม่สามารถตอบคำถามเกี่ยวกับสาเหตุของ ''Point of thermal inflexion'' นี้ได้ อาจเกิดจากการศึกษาเฉพาะการทำความเย็นในช่วงฤดูร้อนเพียงกรณีเดียวเท่านั้น ทั้งยังมีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้เฉพาะแต่ในประเทศแถบยุโรป และอเมริกาเหนือเท่านั้น จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาวิจัยอย่างละเอียดมากขึ้นในเขตภูมิอากาศอื่นด้วย เช่น เขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย

การวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลกระทบของการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่มีผลต่อการใช้พลังงานการทำความเย็น(Cooling energy) ในอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยที่มีการติดตั้งฉนวนชนิดต่างๆ เพื่อหาข้อสรุปและสาเหตุของการเกิดจุดดังกล่าว เพื่อจะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางที่เหมาะสมแก่ผู้ใช้สอยอาคารปรับอากาศต่อไป อันจะก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานภายในอาคารได้อย่างสูงสุดนั่นเอง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1. เพื่อศึกษารูปแบบและทางเลือกในการใช้วัสดุผนัง วัสดุฉนวน และวัสดุกระจกที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขของสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร ช่วงเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศ และการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ว่ามีผลกระทบอย่างไรต่อการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัย

1.2.2. เพื่อศึกษาหาจุด Point of thermal inflexion หรือจุดที่ปริมาณการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารมากขึ้นเมื่อมีการใส่ฉนวน (การใส่ฉนวนไม่ได้ช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงาน) ของอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยที่ตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาพฤติกรรมในการป้องกันความร้อนของวัสดุผนัง วัสดุฉนวน และวัสดุกระจก ในอาคารปรับอากาศสองประเภทคือ สำนักงาน และอาคารพักอาศัย ที่ตั้งอยู่ในประเทศไทยซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยมีตัวแปรในการศึกษาคือ

1.3.1 รูปแบบและชนิดของวัสดุผนัง วัสดุฉนวน และวัสดุกระจก (ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุฉนวนอาคารและสัมประสิทธิ์การบังแดดของผนังกระจก)

1.3.2 สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (Window to wall ratio: WWR)

1.3.3 ช่วงเวลาการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ (Operating hour)

1.3.4 ปัจจัยด้านความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร เช่น พลังงานแสงสว่าง พลังงานอุปกรณ์ไฟฟ้า พลังงานจากประชากรภายในอาคาร เป็นต้น

1.3.5 การตั้งค่าอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ (Cooling set-point)

ว่ามีผลต่อตัวแปรตาม คือ ปริมาณการใช้พลังงานจากภาระการทำความเย็นในอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยปรับอากาศอย่างไร โดยการสร้างแบบจำลองอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยอ้างอิง(Base case) เปรียบเทียบกับแบบจำลองที่มีการใช้วัสดุผนัง และวัสดุฉนวนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในระดับต่างๆกัน ที่ส่วนต่างๆของอาคาร เช่น ฝ้า ผนังทึบและผนังกระจก แล้วทำการควบคุมอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศ ตั้งแต่ 22- 27 องศาเซลเซียส จากนั้นนำค่าพลังงานการทำความเย็น ที่ได้จากการจำลองมาทำการวิเคราะห์ และหาปัจจัยที่สัมพันธ์ต่อการเกิด Point of Thermal Inflexion ที่อาจเกิดกับอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยที่ตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย

1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการจำลองค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศของอาคารพักอาศัยและอาคารสำนักงาน ซึ่งอ้างอิงเป็นเกณฑ์อาคารขนาดมาตรฐานสำหรับใช้เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยและอาคารสำนักงานจริง โดยการจำลองค่าการใช้พลังงานดังกล่าวได้ทำการจำลองผ่านโปรแกรมคำนวณ Visual DOE- 4.1 โดยการป้อนค่าหรือตัวแปรต่างๆต้องอาศัยความละเอียด ถูกต้องและแม่นยำเป็นอย่างมาก การศึกษาการใช้งานมีความซับซ้อน เป็นโปรแกรมที่ให้ผลลัพธ์ที่จำเป็นต้องมีการตีความและศึกษาวิเคราะห์อย่างละเอียด

1.5 วิธีดำเนินการศึกษา

สำหรับการศึกษาเพื่อหาค่าการใช้พลังงานการทำความเย็น ของอาคารปรับอากาศนั้นสามารถทำได้โดยการใช้ซอฟแวร์ทางคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการศึกษา ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถจำลองและสร้างกลุ่มตัวอย่างได้หลายกรณีศึกษา มีความสะดวกรวดเร็ว และช่วยประหยัดงบประมาณในการศึกษา เมื่อเปรียบเทียบกับการสร้างกล่องทดลองซึ่งต้องใช้งบประมาณจำนวนมากและอาจต้องทำการสุ่มเพื่อเลือกเฉพาะกรณีตัวอย่างมาสร้างเป็นกล่องทดลอง เพื่อลดภาระค่าใช้จ่าย ซึ่งผลที่ได้อาจไม่ครอบคลุมเพียงพอ จากการศึกษาได้เลือกอาคารเพื่อนำมาทำการจำลองเป็นอาคารอ้างอิงเพื่อใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องของ ''Point of thermal inflexion'' คืออาคารสำนักงาน และอาคารพักอาศัย เพื่อนำมาจำลองลักษณะกายภาพของอาคารแล้ววิเคราะห์ผลในส่วนของการใช้พลังงานในการทำความเย็นผ่านโปรแกรม Visual DOE- 4.1 ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารแต่ละชั่วโมง เพื่อคำนวณการใช้พลังงานและต้นทุนการใช้งานตลอดอายุการใช้งาน ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานของอาคารได้ สำหรับขั้นตอนในการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1.5.1.ศึกษารูปแบบของวัสดุประกอบอาคารที่ใช้กันในปัจจุบัน ตั้งแต่ ชนิดของผนัง วัสดุฝ้า และวัสดุฉนวน ที่ใช้กันในปัจจุบันมากที่สุด ในการทำวิจัยฉบับนี้นำเสนอเฉพาะวัสดุที่มีการใช้งานแพร่หลายในประเทศ หรือวัสดุที่มีความเกี่ยวข้องกับการลดการใช้พลังงานซึ่งมีความเหมาะสมกับการใช้งานทั่วไป และเป็นประโยชน์กับคนส่วนใหญ่ที่จะสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง และมีความเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยจะแยกเป็น 2 กลุ่มหลักตามคุณสมบัติของวัสดุ ดังนี้

- กลุ่มวัสดุผนัง ประกอบด้วย
  อิฐมอญ คอนกรีตมวลเบา ไม้จริง กระจกใส และกระจกสี

- กลุ่มวัสดุฉนวน ประกอบด้วย
  ฉนวนใยแก้ว และฉนวนเยื่อกระดาษ

1.5.2.กำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานปรับอากาศ และอาคารพักอาศัยปรับอากาศ

1.5.3.ประมวลผลในโปรแกรม Visual DOE- 4.1 เพื่อหาค่าตัวแปรตาม คือ ค่าพลังงานในการทำความเย็น ตามรายการที่ระบุในตารางที่ 7 โดยทำการปรับเปลี่ยนวัสดุผนัง วัสดุกระจก และวัสดุฉนวน ภายใต้เงื่อนไข WWR ที่ปรับเปลี่ยนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 ช่วงเวลาการเปิดเครื่องปรับอากาศภายใต้ 3 เงื่อนไข โดยอาคารสำนักงานมีช่วงเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ 1 เงื่อนไข ส่วนอาคารพักอาศัย 2 เงื่อนไข และปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 22-27 องศาเซลเซียส ซึ่งจะต้องทำการศึกษาโดยการสร้างแบบจำลองและประมวลผลการใช้พลังงานการทำความเย็นทั้งหมด 840 กรณีศึกษา

1.5.4. วิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขการจำลอง

1.5.5. สรุปผลการจำลอง

รูปแบบวัสดุประกอบอาคาร และระดับในการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมที่สามารถช่วยลดค่าภาระการทำความเย็นในอาคารได้

ผลกระทบของการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่างๆต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีการติดตั้งฉนวนชนิดต่างๆ

1.6. สมมติฐานของการวิจัย

ปัจจัยด้านความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร สภาพความเป็นฉนวนของเปลือกอาคาร ช่วงเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศ และ การตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ น่าจะเป็นปัจจัยที่สัมพันธ์กันที่ก่อให้เกิดจุด ''Point of thermal inflexion'' ได้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

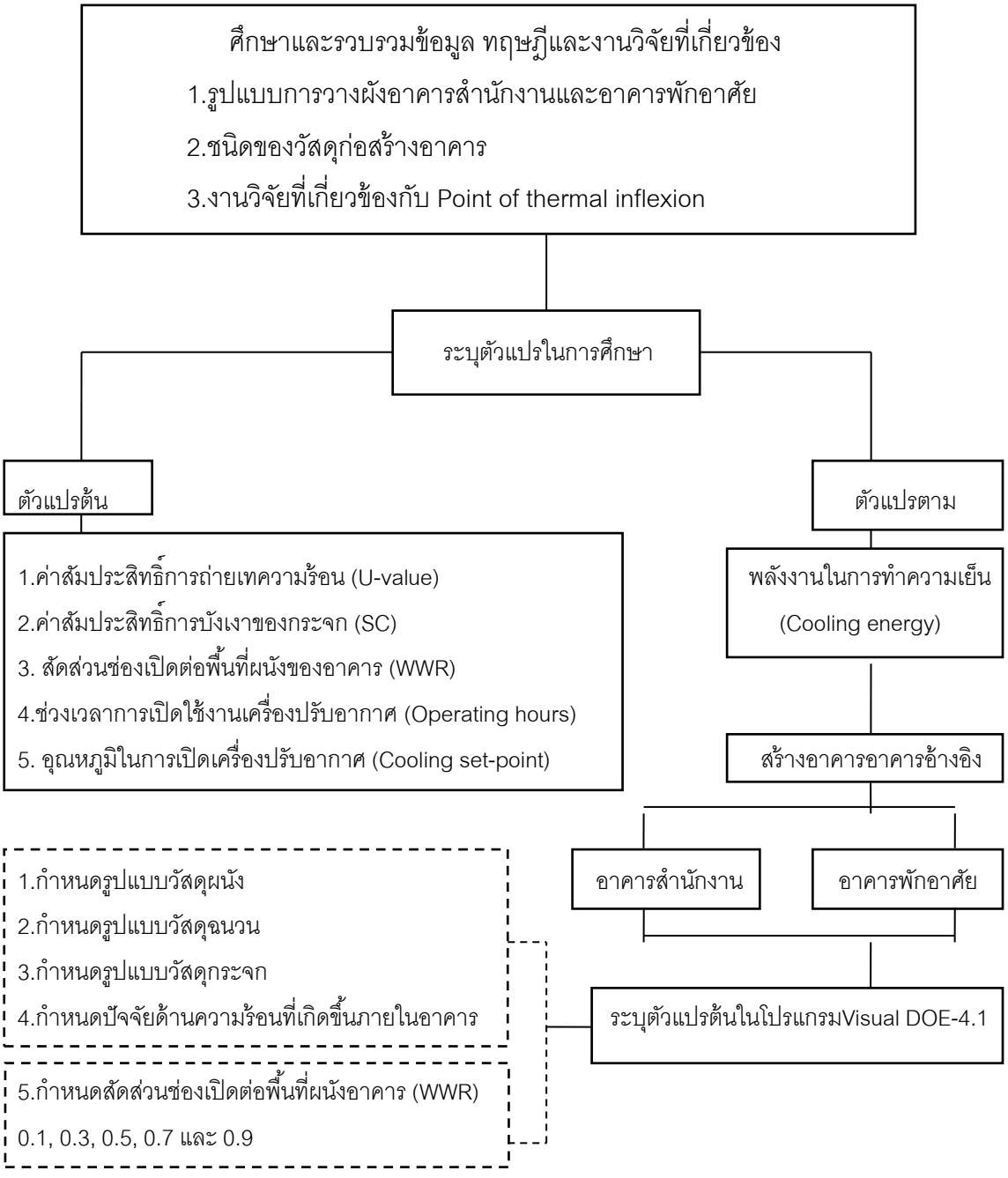
1.7.1. เข้าใจรูปแบบและทางเลือกในการใช้วัสดุผนัง วัสดุฉนวน และวัสดุกระจกที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขของ อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง ช่วงเวลาการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ และการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ อันจะก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานจากการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ

1.7.2.ทราบจุด ''Point of thermal inflexion'' ซึ่งก็คือ จุดที่ค่าในการประหยัดพลังงานเท่ากับศูนย์ หรือจุดที่ก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน หรือ จุดที่ทำให้การใส่วัสดุที่มีค่าความเป็นฉนวน

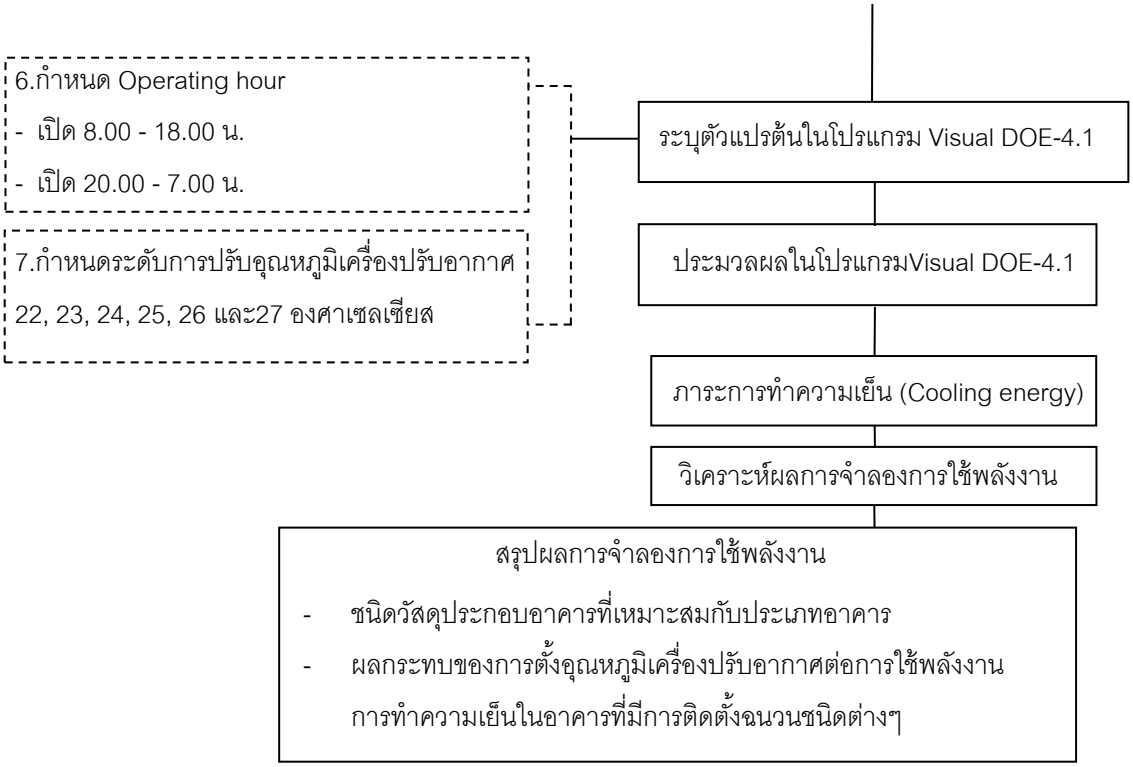
ให้กับอาคารแล้วไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ในการประหยัดพลังงาน เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการเปิดอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ณ จุดดังกล่าว อันจะส่งผลกระทบและก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานในอาคารมากขึ้น

1.9 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

จากการศึกษาวิจัย และขั้นตอนในการวิจัย สามารถสรุปได้ดังนี้



(ต่อ)


6.กำหนด Operating hour
- เปิด 8.00 - 18.00 น.
- เปิด 20.00 - 7.00 น.
7.กำหนดระดับการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ
22, 23, 24, 25, 26 และ27 องศาเซลเซียส
ระบุตัวแปรต้นในโปรแกรม Visual DOE-4.1
ประมวลผลในโปรแกรมVisual DOE-4.1
ภาระการทำความเย็น (Cooling energy)
วิเคราะห์ผลการจำลองการใช้พลังงาน
สรุปผลการจำลองการใช้พลังงาน
- ชนิดวัสดุประกอบอาคารที่เหมาะสมกับประเภทอาคาร
- ผลกระทบของการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่อการใช้พลังงาน
การทำความเย็นในอาคารที่มีการติดตั้งฉนวนชนิดต่างๆ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาสัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และอุปกรณ์อื่นๆ ที่รวบรวมได้จากรายงานการตรวจสอบการใช้พลังงานของอาคารประเภทต่างๆ ในบทที่1 นั้นทำให้ทราบได้ว่า สัดส่วนของปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศมีค่าสูงที่สุดกว่าการใช้พลังงานในระบบอื่น และการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศนี้จะมีปริมาณมากในเขตกรุงเทพและปริมณฑล จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาถึงวิธีการที่จะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศให้เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะไม่มีการใช้เครื่องปรับอากาศเป็นตัวช่วยสร้างสภาวะน่าสบายแก่ผู้ใช้สอยภายในอาคาร แนวทางที่จะช่วยลดค่าการใช้พลังงานในส่วนนี้ได้กล่าวไปแล้ว อาทิเช่น การป้องกันความร้อนจากภายนอกไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งก็มีด้วยกันหลายวิธีเช่น การใช้อุปกรณ์บังแดด การยื่นชายคา การควบคุมการรั่วซึมของอากาศ การเลือกใช้วัสดุกรอบอาคารที่มีค่าความเป็นฉนวนสูง[1] ตลอดจนการสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นการขุดสระน้ำ ปลูกต้นไม้ ใช้ความเย็นจากดิน และการระบายอากาศภายในอาคารอย่างเหมาะสม เป็นต้น ในที่นี้ทางผู้วิจัยจะมุ่งเน้นและให้ความสำคัญกับการป้องกันความร้อนให้กับเปลือกอาคาร โดยจะศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างต่างๆที่ใช้เป็นวัสดุเปลือกอาคาร ไม่ว่าจะเป็นผนัง ฉนวน และฝ้า ทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่นำมาใช้ประกอบอาคารในระดับหนึ่ง เพื่อใช้ประกอบในการพิจารณาได้อย่างเหมาะสม และก่อนที่จะกล่าวถึงคุณสมบัติและการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างนั้น พื้นฐานที่จำเป็นต่อการทำความเข้าใจคือความรู้ทางด้านทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความร้อน และพลังงานที่เกิดขึ้นกับวัสดุก่อสร้าง อันจะเป็นประโยชน์ต่อการทำความเข้าใจในเรื่องคุณสมบัติของวัสดุต่อไป

---

[1]ตรึงใจ บูรณสมภพ, แนวทางการออกแบบกรอบอาคาร. [ออนไลน์]. 20 มกราคม 2556 แหล่งที่มา http://www.thaiengineering.com/index.php?option=com_content&view=article&id=343:-building-design&catid=509:construction-knowledge&Itemid=117.

2.1. ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร

ความร้อนที่มีภายในอาคาร มีที่ มาจากแหล่งกำเนิดความร้อน 2 ส่วน ได้แก่ ความร้อนจากภายนอก และความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารเอง โดยส่วนมากความร้อนรวมในอาคารจะมาจากภายนอกมากกว่าและเป็นความร้อนที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ โดยการส่งผ่านความร้อนจะมาจากตัวกลางหลายชนิดมาสู่อาคาร และความร้อนเหล่านั้นก็จะส่งผ่านทางเปลือกอาคารสู่ภายในอีกขั้นหนึ่ง ซึ่งในเรื่องของการถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร จะมีการกล่าวถึงประเด็นหัวข้อที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1.1 ที่มาของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร

2.1.2 อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์

2.1.3 คุณสมบัติความเป็นฉนวน

2.1.4 การถ่ายเทความร้อน

2.1.5 การเลือกใช้วัสดุต่างๆเพื่อประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน

2.1.6 ภาระความร้อนและระบบปรับอากาศ

2.1.1 ที่มาของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร [2]

2.1.1.1 ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในอาคาร (Internal Heat Gain: Qi) เป็นความร้อนที่อาจเกิดจาก มนุษย์เอง หรือมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ภายในอาคาร เช่น ความร้อนจาก หลอดไฟฟ้า โคมไฟ ตู้เย็น โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

2.1.1.2 ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายนอกอาคาร (External Heat Gain) เป็นความร้อนที่มาจาก อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ อันประกอบด้วยที่มาดังนี้

- การนำความร้อน (Conduction Heat Gain / Loss: Qc) อาจเกิดได้ทั้งการนำความร้อนเข้ามาภายในอาคารหรือการสูญเสียความร้อนสู่ภายนอกโดยตัวนำความร้อน และขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร โดยหลักการคือ ความร้อนจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ

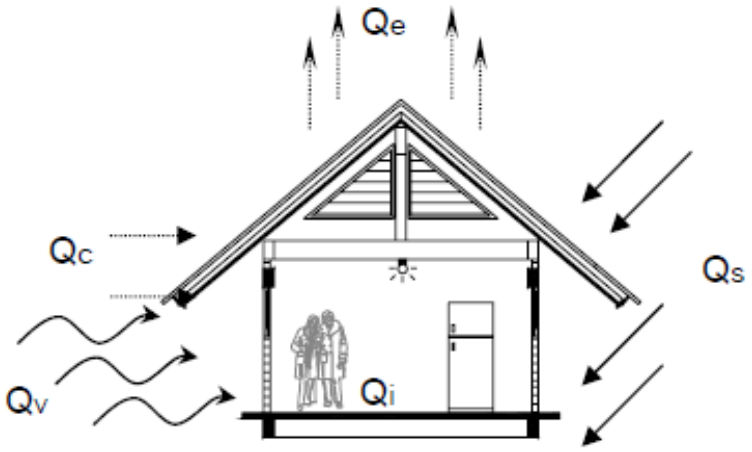
- การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation: Qs)ในกรณีของประเทศไทยที่

---

[2]พันธุดา พุฒิไพโรจน์. 2544. ปัจจัยที่ทำให้เกิดความร้อนภายในอาคาร. เอกสารประกอบวิชา การออกแบบโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน 1 สาขาวิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจะได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์เป็นอย่างมาก

- ความร้อนที่มาจากการระบายอากาศ (Ventilation Heat Gain / Loss: Qv) จะมีลักษณะคล้ายกับการนำความร้อนแต่จะมีตัวกลางในการพาความร้อนมาโดยอากาศ ซึ่งจะมีความเกี่ยวข้องกับทิศทางและความเร็วของกระแสลมด้วย
- การระเหยหรือความร้อนที่กลายเป็นไอ (Evaporative Heat Loss: Qe) ในขณะที่เกิดการระเหยจำเป็นจะต้องใช้พลังงาน (ความร้อน) ในการเปลี่ยนสถานะ ทำให้สามารถช่วยลดความร้อนในบริเวณนั้นได้



ภาพที่ 2.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดความร้อนภายในอาคาร

ที่มา : พันธุดา พุฒิไพโรจน์. 2544. ปัจจัยที่ทำให้เกิดความร้อนภายในอาคาร. เอกสารประกอบวิชาการออกแบบโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน 1 สาขาวิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

2.1.2 อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์

ปัจจัยในอากาศเป็นส่วนร่วมของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นการยากที่จะแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวเนื่องกันเพียงแค่อุณหภูมิของอากาศได้ การออกแบบให้สภาวะภายในอาคารมีความสมดุลทางบรรยากาศ จึงต้องวิเคราะห์ถึงความสำคัญที่เกี่ยวเนื่องกันของปัจจัยทั้งหมดในอากาศ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีส่วนร่วมในสภาวะน่าสบายดังกล่าว คือ อุณหภูมิอากาศ การแผ่รังสีความร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ และกระแสลมการเปลี่ยนแปลงความแตกต่างของอุณหภูมิประจำปี รวมทั้งการเหนี่ยวนำให้เกิดการพัดของกระแสลม ขึ้นอยู่กับปริมาณการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเกิดเนื่องจากการโคจรผ่านโลกแตกต่างกันไปตามฤดูกาล

ดังนั้นข้อมูลที่เกี่ยวกับอุณหภูมิ การแผ่รังสี การโคจรของดวงอาทิตย์ และกระแสลม จึงเป็นส่วนสำคัญในการวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบอุณหภูมิอากาศความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรายวัน ขึ้นอยู่กับสภาพของท้องฟ้า ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสรังสีความร้อนสามารถผ่านชั้นบรรยากาศได้สะดวกกว่าวันที่ฟ้าครึ้ม ทำให้วันที่ฟ้าใสจะร้อนกว่าโดยเฉพาะในฤดูร้อนจะทำให้อุณหภูมิสูงกว่าปกติ แต่วันฟ้าโปร่งในฤดูหนาวจะหนาวไม่มากนักเนื่องจากดวงอาทิตย์โคจรห่างออกไปการแผ่รังสีความร้อน ดวงอาทิตย์แผ่รังสีความร้อนและแสงสว่างให้กับโลก ซึ่งรังสีความร้อนเข้ามาถึงผิวโลกประมาณ 420 บีทียูต่อตารางฟุต โลกได้รับรังสีความร้อนน้อยกว่าที่ควรจะเป็นมาก เนื่องจากมีบรรยากาศโลกห่อหุ้มไว้ ส่วนหนึ่งของรังสีถูกดูดซึมไว้ในบรรยากาศ บางส่วนกระจายออกเพราะกระทบกับโมเลกุลของบรรยากาศ ส่วนหนึ่งพื้นดินจะรับไว้ และเก็บในรูปของความร้อนและค่อยๆ คายออกมาสู่อากาศผิวดิน ยิ่งผิวโลกที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลมากเท่าไรรังสีความร้อนที่ได้รับก็จะเพิ่มขึ้นตามความสูงการถ่ายเทรังสีความร้อนการถ่ายเทรังสีความร้อนมีอยู่หลายลักษณะ ตามชนิดของต้นกำเนิดและลักษณะการถ่ายเท คือ

- คลื่นรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์
- คลื่นรังสีสั้นแผ่กระจาย
- คลื่นรังสีสั้นสะท้อนจากพื้นดิน และสิ่งใกล้เคียง
- คลื่นรังสียาวจากพื้นดิน หรือสิ่งใกล้เคียงที่ร้อน
- คลื่นรังสียาวที่อาคารแผ่กลับให้บรรยากาศ

คลื่นรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์กับคลื่นรังสีแผ่กระจาย รวมกันเรียกว่าคลื่นรังสีรวม หรือการแผ่รังสีรวม (Total Radiation) ซึ่งมีความสำคัญในการพิจารณาเรื่องการได้รับความร้อนทางด้านต่างๆของอาคาร วิเคราะห์ในเรื่องทิศทางการวางอาคาร รูปร่างสัดส่วนของอาคารในเขตร้อน การควบคุมอุณหภูมิของอาคาร เทคนิคการก่อสร้างอาคารในเขตร้อน เป็นต้น การแผ่รังสีสะท้อนจากสิ่งที่อยู่ใกล้เคียง ปกติพื้นที่แนวนอนได้รับรังสีเป็น 2 เท่าของพื้นที่แนวตั้ง ในช่วงเวลาที่เกิดความร้อนวิกฤต(Overheated Period) เช่นช่วง 14.00 – 16.00 น. ฉะนั้นอาคารข้างเคียง ส่วนของอาคาร หรือระดับพื้นแนวนอนที่มีผิววัสดุบางอย่างที่จะสะท้อนความร้อนจำนวนมากที่เข้ามาในอาคารโดยง่าย การออกแบบอาคารโดยมีดาดฟ้าคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดใหญ่จะสะท้อนแสงและส่งผ่านความร้อนเข้าในห้องชั้นบน จึงควรหลีกเลี่ยงให้มาก และควรมีการวิเคราะห์ที่ตั้ง

โครงการให้สัมพันธ์กับทิศทางแดดลม ซึ่งจะสัมพันธ์ไปถึงการวางตำแหน่งห้องต่างๆของอาคาร และรวมไปถึงการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ประกอบอาคารด้วย[3]

2.1.3 คุณสมบัติความเป็นฉนวน

2.1.3.1 คำจำกัดความของฉนวน

ฉนวนกันความร้อน (Thermal Insulation) ฉนวนเป็นวัสดุที่ช่วยสกัดกั้นการถ่ายเทความร้อนทั้งจากการนำความร้อน พาความร้อน และการแผ่รังสี ฉนวนถูกนำมาใช้เป็นวัสดุประกอบอาคารเพื่อประโยชน์ในการประหยัดพลังงาน ซึ่งในแง่ของการใช้งานแล้ว ฉนวนอาจใช้ได้ทั้งการป้องกันความร้อนและเก็บกักความเย็น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของฉนวนและลักษณะของการใช้งานของฉนวนนั้นๆ เช่น ฉนวนกันความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง ห้องเย็น ฉนวนกันความร้อนในเครื่องบินโดยสารเพื่อการรักษาอุณหภูมิภายในห้องผู้โดยสาร และฉนวนกันความร้อนที่ใช้กับอาคารทั่วไป ดังนั้น ฉนวนจึงเป็นวัสดุที่ใช้เพื่อป้องกันความร้อนและรักษาความเย็นไม่ให้สูญเสียในระบบทำงานและสามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนในอาคารได้ ปัจจุบันมีการผลิตฉนวนกันความร้อนหลายรูปแบบเพื่อให้เหมาะสมหรือตอบสนองต่อการใช้งานหลากหลายรูปแบบ[4]

2.1.3.2 ชนิดของฉนวน

ฉนวนที่มักนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันมีดังต่อไปนี้

- ฉนวนโฟม (Polyurethane Foam)
- ฉนวนเซรามิคโค้ตติ้ง เป็นของเหลวใช้ทาหรือพ่นสำหรับสะท้อนความร้อน
- ฉนวนกันความร้อนใยแก้ว (Fiber Glass) ทำมาจากแก้วหรือเศษแก้วที่นำมาหลอมและปั่นเป็นเส้นใยละเอียด
- ฉนวนกันความร้อนฟอยด์ (Foil)
- ฉนวนกันความร้อนเวอร์มิคูไลน์ (Vermiculite)
- ฉนวนกันความร้อนแคลเซี่ยมซิลิเกต (Calcium Silicate)

---

[3]พลังงาน, กระทรวง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน [ออนไลน์], 2 มีนาคม 2556. แหล่งที่มา http://civil4country.blogspot.com/

[4]เรื่องเดียวกัน, หน้า 5.

- ฉนวนกันความร้อนใยเซลลูโลส (Cellulose)
- ฉนวนกันความร้อนใยแร่ (Mineral Fiber)
- ฉนวนกันความร้อนโฟมชนิดยืดหยุ่น (Elastomeric Foam)
- ฉนวนกันความร้อนโฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene Foam)

การใช้งานของฉนวนกันความร้อนภายในอาคารหรือสิ่งก่อสร้างอาจทำได้หลายหน้าที่ เช่น เป็นตัวป้องกันความร้อน ป้องกันเสียง ป้องกันไฟ ฯลฯ อาคารในประเทศที่มีภูมิอากาศแบบหนาวเย็นต้องใช้เครื่องทำความร้อน(Heater) และใช้ฉนวนเพื่อการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อบอุ่น แต่สำหรับประเทศไทยซึ่งมีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นนั้น จึงใช้เพื่อการป้องกันความร้อนจากภายนอกไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคาร ดังนั้นเพื่อให้ภายในอาคารมีสภาพที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยและเกิดสภาวะน่าสบาย จึงจำเป็นต้องมีการใช้ฉนวนเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) จากภายนอกไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคาร ฉนวนจึงมีบทบาทสำคัญที่สุดในแง่ของการป้องกันความร้อนนั่นเอง เมื่อกล่าวถึงคุณสมบัติความเป็นฉนวน หรือวัสดุที่ถือว่ามีความเป็นฉนวนที่ดีนั้น ระดับของความเป็นฉนวนจะต้องพิจารณาจากคุณสมบัติในทางทฤษฎี 3 ข้อหลักดังนี้

1) ความสามารถในการต้านทานความร้อน (Resistivity)
2) ความสามารถในการนำความร้อน (Conductivity)
3) ความจุความร้อน (Thermal Capacity)

2.1.3.3 **ความสามารถในการต้านทานความร้อน** (Resistivity)[5]

ค่าการต้านทานความร้อน หรือ ค่า “R-Value” จะเป็นค่าที่บอกถึงอัตราส่วนระหว่างความหนาของวัสดุตามแนวที่ความร้อนไหลผ่านกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ กรณีที่วัตถุซ้อนกันหลายชั้น ค่าความต้านทานความร้อนรวมจะเท่ากับผลบวกของค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุที่กำหนดแต่ละชั้นรวมกัน และค่าการต้านทานความร้อนจะมีความสัมพันธ์กับค่าการนำความร้อนแบบเป็นส่วนกลับกัน คือ ถ้าค่าการต้านทานความร้อนสูง วัสดุนั้นก็จะมีค่านำความร้อนต่ำ สามารถหาคำนวณได้จาก

---

[5]เรื่องเดียวกัน, หน้า 6.

$$R = 1 / C$$

เมื่อ R คือ ค่าการต้านทานความร้อน (Resistivity: m^2K /W)

C คือ ค่าความจุความร้อน (Thermal Capacity: W / m^2K or J / kg.K)

และค่าความต้านทานความร้อนหรือ R Value ของวัตถุนี้จะแปรผันตามมวลความหนาและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัตถุ สิ่งสำคัญคือค่าความต้านทานความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามมวลความหนาของวัตถุ แต่ค่าสัมประสิทธิ์ยังคงเดิม ค่าความต้านทานความร้อนมีหน่วยเป็น m^2 K/W.

$$R = d / k$$

เมื่อ R คือ ค่าความต้านทานความร้อน (m^2 K/W.)

d คือ ค่าความหนาของวัตถุ (m)

k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/m-K)

ค่าความต้านทานความร้อน หรือ ค่า R ของวัสดุก่อสร้างย่อมส่งผลต่อลักษณะของโครงหลังคาและตัวอาคาร อย่างไรก็ดี วัสดุต่างๆ เช่น อิฐบล็อก คอนกรีต กระเบื้อง ไม้ และเหล็ก มักจะไม่ค่อยมีความต้านทานความร้อนมากนักในทางตรงกันข้ามการใช้วัสดุเฉพาะที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนเช่น ฉนวน โดยจะสามารถป้องกันความร้อนได้มากกว่าอิฐบล็อก 20 เท่า (ในขนาดที่เท่ากัน) และมากกว่าคอนกรีตถึง 40 เท่า นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าการติดตั้งฉนวนกันความร้อนในอาคารเป็นวิธีที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการปรับใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพ

2.1.3.4 **ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน** (U-Value)

ค่า U- value ของสิ่งก่อสร้างคือปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านเข้ามาในส่วนหนึ่งของอาคารคงที่โดยที่อุณหภูมิอากาศของทั้งสองด้านแตกต่างกัน มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน

$$U = 1 / Rt$$

Rt เป็นค่าความต้านทานความร้อนทั้งหมด ดังนี้:

Rt เท่ากับ Ro + d1 / k1 + d2 / k2 +..... dn / kn + Ri

Ro คือ อัตราการต้านทานของชั้นอากาศภายนอก (m^2K/W)

Ri คือ อัตราการต้านทานของชั้นอากาศภายใน (m^2K/W)

k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/mK)

d คือ ความหนาของวัตถุ (m)

กฎของ A general rule of thumb แสดงว่ายิ่งค่า U value ของสิ่งก่อสร้างน้อยเท่าไหร่ ความสามารถในการทนความร้อนก็ดีมากขึ้นเท่านั้น

2.1.3.5 **ค่าความต้านทานของพื้นผิวชั้นอากาศ**

การไหลของความร้อนที่เข้าและออกจากตัวอาคารผ่านทางอากาศจะถูกเหนี่ยวนำด้วยพื้นผิวของชั้นอากาศบางๆ ก่อให้เกิดความต้านทานในการไหลของความร้อนจึงทำให้อุณหภูมิลดลงในชั้นอากาศนั่นเอง ความต้านทานของชั้นอากาศเป็นผลมาจากอัตราความเร็วลม ดังนั้นเราจึงแสดงค่าความต้านทานระหว่างชั้นอากาศภายนอกและภายในได้ดังนี้

Ro คือ ค่าความต้านทานพื้นผิวอากาศภายนอก (moving air)

Ri คือ ค่าความต้านทานพื้นผิวอากาศภายใน (still air)

2.1.3.6 **การนำความร้อน** (Conductivity)

การนำความร้อน (K–Value) สามารถบอกถึงความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุเพียงชนิดเดียว โดยวัดค่าในรูปของอัตราปริมาณความร้อนไหลต่อหน่วยเวลาจากจุดระยะทางหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดที่ไหลผ่านและหน่วยวัดอุณหภูมิวัดเป็น Wm/m^2K = W/m.K (หรือ W/m^0C) โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ในการนำความร้อน(K – Value) ของวัสดุแต่ละชนิดจะแตกต่างกันมาก เช่น ฉนวนใยแก้วมีค่า 0.03 W/m.K ของทองแดงมีค่า 384 W/m.K แต่ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารจริง การคิดค่าการนำความร้อนของเปลือกอาคารย่อมแตกต่างกันไปตามความหนา และกลุ่มวัสดุที่ประกอบเข้ามาเป็นผนังแต่ละชั้น รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฟิล์มอากาศทั้งภายนอกและภายในอาคารด้วย ในการศึกษาค่าการนำความร้อนรวมของวัสดุเปลือกอาคารจึงจำเป็นต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม หรือ ค่า U เข้ามาใช้ในการคำนวณ

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_0} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \cdots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{h_i}}$$

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวมสามารถคำนวณย้อนกลับจากค่า k ได้ดังต่อไปนี้

เมื่อ U = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม มีหน่วยเป็น Btu/h-ft^{2}-^{0}F (W/m^{2}-K)

h_0 = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศภายนอก มีหน่วยเป็น Btu/h-ft^{2}-^{0}F หรือ (W/m^{2}-K)

h_1 = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศภายใน มีหน่วยเป็น Btu/h-ft^{2}-^{0}F หรือ (W/m^{2}-K)

X_n = ความหนาของวัสดุในชั้นที่ n มีหน่วยเป็น นิ้ว หรือ (เมตร)

K_n = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชั้นที่ n มีหน่วยเป็น Btu-in/h-ft^{2}-^{0}F (W/m-K)

2.1.3.7 **ความจุความร้อน** (Thermal Capacity)

ความจุความร้อนของสสาร จะเท่ากับผลคูณของมวลสารกับ ความจุ-ความร้อนจำเพาะ ซึ่งความจุความร้อนจำเพาะของสสาร(Specific Heat Capacity) เป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและอุณหภูมิ เนื่องจากความจุความร้อนจำเพาะของสสารเป็นปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สสารที่มีมวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศา โดยมีหน่วยวัดเป็น Cal/g-^{0}Cหรือ J/kg.K หรือบางกรณีใช้เป็น Wh/kg.K ตัวอย่างค่าความจุความร้อนของวัสดุจำพวกอิฐคอนกรีต มีค่าเท่ากับ 800 – 1000 J/kg.K น้ำมีค่าเท่ากับ 4176 J/kg.K และอากาศแห้งมีค่าเท่ากับ 1005 J/kg.K เป็นต้น ค่าความจุความร้อนของวัสดุ จะไม่สามารถบอกได้โดยตรงว่าควรจะมีค่ามากหรือน้อย จึงจะดี เพราะถ้าความจุความร้อนน้อยการส่งผ่านความร้อนสู่ภายในจะมากและส่งผ่านได้เร็ว ซึ่งจะเหมาะกับส่วนที่มีการใช้งานเฉพาะกลางคืน แต่ในทางกลับกันการที่สามารถเก็บความร้อนไว้ในตัวเองได้มาก ความร้อนที่ถูกส่งผ่านต่อมายังในอาคารก็จะน้อยลงหรือส่งผ่านได้ช้าลง(Time Lag) ซึ่งเหมาะกับบริเวณที่ใช้งานเฉพาะกลางวัน จะเห็นว่าการส่งผ่านความร้อนเนื่องจากค่าความจุความร้อนของวัสดุมีความเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาที่จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม

2.1.3.8 **ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม** (Thermal Transfer)

เป็นค่าที่ใช้แสดงความร้อนทั้งหมดที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร ซึ่งอาจเรียกอีกอย่าง ว่าค่า "Q" สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, พื้นที่ทั้งหมดที่มีการรับแสงแดด และ ค่าความต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร

$$Q = U.A.\ \Delta T$$

เมื่อ Q = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ($W / m^2\ ^oC$)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

A = พื้นที่ทั้งหมดที่มีการรับแสงแดด (m^2)

ΔT = ค่าความต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (^oC)

การคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร สามารถแบ่งการคำนวณออกเป็น2 ส่วน เพื่อให้สะดวกต่อการกำหนดค่า คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง(OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา(RTTV) และเมื่อนำทั้งสองส่วนมารวมกันก็จะได้เป็นค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารทั้งหมดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง(OTTV) การคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง จะมีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือ ส่วนของผนังอาคารทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นผนังทึบหรือผนังโปร่งแสง เช่น ช่องประตู หรือหน้าต่าง ซึ่งในปัจจุบันมีข้อกำหนดให้อาคารที่สร้างใหม่จะต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังไม่มากกว่า45 วัตต์ต่อตารางเมตร สำหรับการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคานั้น ผู้วิจัยต้องขออนุญาตละไว้เนื่องจากเนื้อหาของการศึกษาไม่ได้มุ่งประเด็นไปในส่วนนี้

2.2 ภาระความร้อน (Heat Load) และระบบปรับอากาศ[6]

ภาระความร้อนแบ่งตามสถานที่ที่ได้รับความร้อน ได้แก่ ภาระความร้อนห้อง (Room Heat Load) ภาระความร้อนอุปกรณ์ (Apparatus Heat Load)

2.2.1 ภาระความร้อนห้อง (Room Heat Load)

เช่น ความร้อนสัมผัส (H_S)และความร้อนแฝง (H_L) เป็นปริมาณความร้อนที่อากาศจากเครื่องปรับอากาศได้รับ เพื่อที่จะทำให้อุณหภูมิภายในห้องเป็นไปตามที่ต้องการ ที่มาของภาระความร้อนห้องที่เกิดขึ้นนี้มาจาก ความร้อนที่ผลิตขึ้นเองภายในห้อง และความร้อนจากภายนอกที่เข้าสู่ภายใน

2.2.2 ภาระความร้อนอุปกรณ์

ภาระความร้อนอุปกรณ์ คือ ปริมาณความร้อนที่เครื่องปรับอากาศได้รับ เพื่อที่จะ

---

[6]เรื่องเดียวกัน, หน้า 11.

ทำให้อากาศภายในห้องมีอุณหภูมิและความชื้นตามที่ต้องการ ซึ่งภาระความร้อนอุปกรณ์นี้ มาจากภายในห้องเอง จากอากาศใหม่ จากกำลังในการขับพัดลม และจากการรั่วไหลของท่อลม และอื่นๆ

2.3 การป้องกันความร้อนให้กับอาคาร

2.3.1 การป้องกันความร้อนทางหลังคา

ทราบกันดีว่าหลังคาเป็นส่วนบนสุดของอาคารที่ทำหน้าที่ในการป้องกันแสงแดดจากดวงอาทิตย์ หลังคาจึงเป็นส่วนที่มีการสะสมของความร้อนมากกว่าส่วนประกอบอื่นๆ ของอาคาร สำหรับการป้องกันความร้อนให้ที่เข้ามาทางหลังคานั้นสามารถทำได้โดย การติดตั้งฉนวนที่มีความสามารถสูงในด้านการป้องกันความร้อน ประกอบกับการติดตั้งระบบฝ้าเพดานที่มีการรั่วซึมน้อยที่สุด เพื่อลดการรั่วซึมของอากาศร้อนภายใต้หลังคาอันจะเป็นการเพิ่มความร้อนภายในอาคารให้สูงมากขึ้นได้ ส่วนการระบายความร้อนภายใต้หลังคานั้น ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดความร้อนที่สะสมภายใต้หลังคาได้

2.3.2 การป้องกันความร้อนให้กับผนัง

สำหรับอาคารปรับอากาศ สามารถทำได้โดยการสร้างร่มเงาให้กับผนัง หรือการติดตั้งฉนวนให้กับผนังตลอดจนลักษณะการติดตั้งผนังต่างๆ ซึ่งจะกล่าวต่อไป

2.4 ระบบของวัสดุกรอบอาคาร[7]

2.4.1 วัสดุผนัง นั้นแบ่งออกได้ดังนี้

2.4.1.1 ผนังที่เป็นมวลสาร (Mass Wall) คือ ผนังที่มีมวลสารยึดติดกันทั่วทั้งผนังโดยการก่อหรือการหลอมเข้าด้วยกัน เช่น ผนังก่ออิฐมอญ ผนังสำเร็จรูป ผนังก่อคอนกรีตบล็อก ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา เป็นต้น

2.4.1.2 ผนังที่เป็นโครงเคร่า (Framing Wall) คือผนังที่โครงสร้างเป็นโครงเคร่าแล้วบุด้วยวัสดุปิดผิวสองด้าน วัสดุที่ใช้ทำโครงคร่าวนั้นจะเป็นเหล็ก เหล็กชุดสังกะสี ไม้ อลูมิเนียม เป็นต้น ส่วนวัสดุปิดผิว จำพวก ยิปซั่มบอร์ด ไม้เทียม ไม้สังเคราะห์ ไฟเบอร์บอร์ด เป็นต้น

---

[7]ตรึงใจ บูรณสมภพ, แนวทางการออกแบบกรอบอาคาร. [ออนไลน์]. 20 มกราคม 2556 แหล่งที่มา http://www.thaiengineering.com/index.php?option=com_content&view=article&id=343:-building-design&catid=509:construction-knowledge&Itemid=117.

2.4.1.3 ผนังประกอบ (Composite Wall) คือ ผนังที่ประกอบด้วยผนังมวลสารและผนังโครงเคร่าเข้าด้วยกัน หมายรวมถึงการบุฉนวนกันความร้อนไว้กับโครงเคร่าด้วย

2.4.2 วัสดุหลังคา

2.4.2.1 วัสดุมุงหลังคา หมายถึง วัสดุที่ใช้มุงหลังคาอาคาร ประเภทของวัสดุมุงหลังคาที่ใช้กันทั่วไป เช่น กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องเซรามิค กระเบื้องดินเผา แผ่นโลหะ และแผ่นหลังคาแอสฟัลท์

2.4.2.2 ฉนวนกันความร้อน โดยทั่วไปแบ่งเป็นสองประเภท คือ ฉนวนแบบมีมวล และฉนวนแบบสะท้อนความร้อน

- ฉนวนกันความร้อนแบบมีมวล (Mass Insulation) หมายถึง วัสดุที่ป้องกันความร้อนโดยการอาศัยหลักการการต้านทานความร้อนของตัววัสดุ ส่วนใหญ่เป็นเส้นใย มีโพลง มีช่องอากาศ เช่น ฉนวนใยแก้ว ฉนวนใยหิน ฉนวนใยเซลลูโลส โฟมโพลียูริเทน โฟมโพลีเอทธีลีน และโฟมโพลีสไตรีน

- ฉนวนแบบสะท้อนความร้อน (Reflective Sheet) หมายถึงวัสดุที่ป้องกันความร้อนโดยอาศัยหลักการการสะท้อนความร้อนของวัสดุ เพื่อที่จะลดค่าพลังงานความร้อนไม่ให้ถูกดูดซับหรือทะลุผ่านวัสดุไปได้ มีลักษณะเป็นแผ่นบาง มีการสะท้อนสูง เช่น แผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ เซรามิคโค้ทติ้ง เป็นต้น

2.5 ระบบปรับอากาศ[8]

2.5.1 หลักการของเทคโนโลยี

ในระบบปรับอากาศส่วนสำคัญที่จะทำให้การควบคุมอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพคือ ระบบการหมุนเวียนอากาศ โดยทั่วไประบบหมุนเวียนของอากาศมีอยู่ 2 ระบบ คือ

2.5.1.1 ระบบหมุนเวียนอากาศภายในห้องสำหรับระบบปรับอากาศแบบไม่มีท่อส่งลม ระบบนี้จะเป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนหรือตู้ตั้งในพื้นที่ปรับอากาศ โดยอากาศภายในพื้นที่จะถูกพัดลมดูดหมุนเวียนมายังแผงคอยล์เย็น แล้วส่งกลับไปยังห้องปรับ

---

[8]พลังงาน, กระทรวง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning) ชุดการจัดแสดงที่ 40 [ออนไลน์], 20 มกราคม 2556. แหล่งที่มาhttp://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display /websemple/ Commercial% 28PDF%29/Bay40%20Ventilation_Rev1.pdf.

อากาศอีกครั้ง ส่วนการระบายอากาศเพื่อเพิ่มคุณภาพอากาศภายในพื้นที่ปรับอากาศจะใช้พัดลมดูดระบายอากาศออกไปทิ้งยังนอกห้อง และมีการเติมอากาศใหม่โดยอาศัยการแทรกซึมของอากาศตามจุดต่างๆ เช่นขอบประตู หน้าต่าง หรือการเปิด-ปิดประตู

2.5.1.2 ระบบหมุนเวียนอากาศภายในห้องสำหรับระบบปรับอากาศแบบมีท่อส่งลม ระบบนี้จะใช้กับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ ที่ใช้เครื่องส่งลมเย็นและระบบท่อส่งลมเย็น โดยอากาศภายในพื้นที่ปรับอากาศจะถูกพัดลมดูดหมุนเวียนมายังแผงคอยล์เย็นของเครื่องส่งลมเย็นผ่านทางท่อลม ในขณะเดียวกันอากาศหมุนเวียนจะมีการเติมอากาศใหม่จากภายนอกผสมเข้าไปบางส่วนเพื่อเพิ่มคุณภาพอากาศ แล้วส่งกลับไปยังห้องปรับอากาศ

2.5.2 การควบคุมคุณภาพอากาศ

ปริมาณลมที่หมุนเวียนในระบบปรับอากาศโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 12-15 เท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมงและปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่เข้ามาผสมจะอยู่ในช่วงร้อยละ 10-15 ของปริมาณลมหมุนเวียนนี้ ขึ้นกับลักษณะ การใช้งาน เช่นความหนาแน่นของคน และหากเป็นร้านอาหาร หรือห้องประชุมก็จะมากขึ้นนอกจากการนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามาที่ว่านี้แล้ว ยังมีการระบายอากาศเสียทิ้ง(Exhaust Air) จากห้องน้ำ ห้องครัว ห้องที่มีการสูบบุหรี่ Pantry ห้องเก็บของ เพื่อป้องกันกลิ่นรบกวนปริมาณอากาศเสียจะน้อยกว่าปริมาณอากาศบริสุทธิ์อยู่บ้าง ทั้งนี้เพราะโดยทั่วไปห้องปรับอากาศจะพยายามรักษาความดันให้ภายในห้องสูงกว่านอกห้อง เป็นการป้องกันไม่ให้ฝุ่นและความชื้นเข้าไปได้โดยง่ายในการควบคุมคุณภาพอากาศในอาคาร (Indoor Air Quality) นอกจากการนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามาผสมดังกล่าวแล้ว ยังมีการกรองอากาศโดยใช้แผงกรองอากาศ (Air Filter) ซึ่งตามเครื่องปรับอากาศทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นเครื่องแบบหน้าต่าง แบบแยกส่วน ก็มีทั้งนั้น ในระบบปรับอากาศแผงกรองอากาศนี้จะอยู่ที่ แผงคอยล์เย็น(FCU) หรือ เครื่องส่งลมเย็น(AHU) หรือ ในระบบท่อลมกลับ เพื่อทำหน้าที่กรองฝุ่นละอองในอากาศเมื่อฝุ่นมาจับที่แผงกรองอากาศแล้ว ก็จะต้องเปลี่ยนหรือถอดออกมาล้าง แล้วแต่ว่าจะใช้แผงกรองอากาศชนิดใด

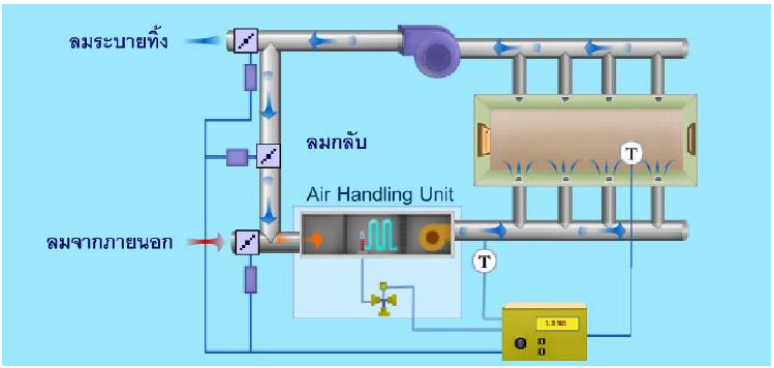
2.5.3 ระบบการควบคุมปริมาณการจ่ายลมเย็น

ระบบการควบคุมปริมาณการจ่ายลมเย็นของระบบปรับอากาศที่ใช้งานกันส่วนใหญ่จะมีอยู่ 2 ระบบคือ

2.5.3.1 ระบบปรับอากาศชนิดปริมาตรอากาศคงที่

หรือเรียกว่า(Constant Air Volume System; CAV) โดยปริมาณลมเย็นที่ส่งออกจากชุดส่งลมเย็น (Air Handling Unit) เข้าสู่บริเวณปรับอากาศโซนต่าง ๆ มีปริมาณลมเย็นจ่ายคงที่ ไม่แปรเปลี่ยนตามภาระความร้อนที่เกิดขึ้นในบริเวณปรับอากาศนั้น ๆ เพียงแต่จะปรับเปลี่ยน

อุณหภูมิลมเย็นส่งออกเพื่อคงสภาวะอุณหภูมิห้องให้เหมาะตามที่ต้องการ ทั้งนี้โดยอาศัยเทอร์โมสตัทเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิภายในบริเวณปรับอากาศ

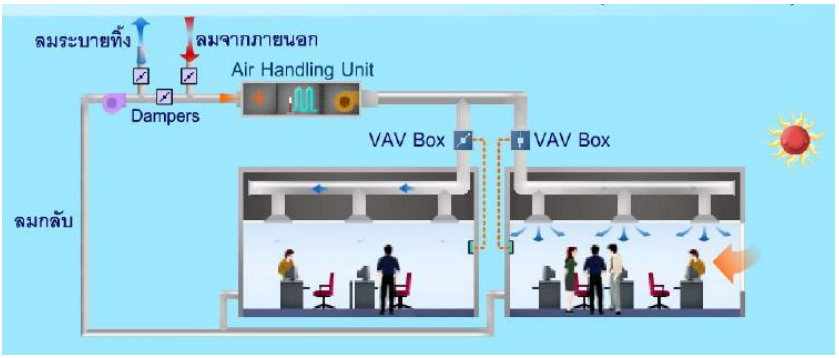


ภาพที่ 2.2 ระบบปริมาณลมจ่ายคงที่ (Constant Air Volume)

ที่มา:เอกสารเผยแพร่ ภาคอาคารธุรกิจหมวดที่ 2 ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning)

2.5.3.2 ระบบปรับอากาศชนิดปริมาตรอากาศแปรเปลี่ยน

(Variable Air Volume System; VAV)โดยปริมาณลมเย็นที่ส่งออกจากชุดส่งลมเย็นเข้าสู่บริเวณปรับอากาศโซนต่าง ๆ สามารถแปรเปลี่ยนได้ตามภาระความร้อนที่เกิดขึ้นในบริเวณปรับอากาศโซนนั้น ๆ ส่วนอุณหภูมิภายในบริเวณปรับอากาศแต่ละโซนควบคุมให้คงที่ เมื่อภาระการทำความเย็นสูงขึ้น อุณหภูมิของห้องจะสูงขึ้นกว่าค่าที่ตั้งไว้ที่เทอร์โมสตัท เทอร์โมสตัทจะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมกล่องปรับปริมาณลม(VAV Box) ให้เปิดวาล์วปรับปริมาณลม(Damper) เพื่อปรับปริมาณลมให้มากขึ้น เป็นผลทำให้ความดันสถิตในท่อลมลดต่ำกว่าค่าที่กำหนด อุปกรณ์ควบคุมจะส่งสัญญาณไปสั่งให้ชุดปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive, VSD)เพื่อทำการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลมให้สูงขึ้นจนค่าความดันสถิตกลับมาที่ค่าเดิม ในทางตรงกันข้ามหากภาระการทำความเย็นลดลงกล่องปรับปริมาณลม(VAV Box) ให้ปิดวาล์วปรับปริมาณลม(Damper) เพื่อปรับปริมาณลมให้น้อยลง เป็นผลทำให้ความดันสถิตในท่อลมเพิ่มสูงกว่าค่าที่กำหนด อุปกรณ์ควบคุมจะส่งสัญญาณไปสั่งให้ชุดปรับความเร็วรอบมอเตอร์(Variable Speed Drive, VSD) ทำการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลมให้ลดลงจนค่าความดันสถิตกลับมาที่ค่าเดิม



ภาพที่ 2.3 ระบบปริมาณลมจ่ายแปรเปลี่ยน (Variable Air Volume)
ที่มา:เอกสารเผยแพร่ ภาคอาคารธุรกิจหมวดที่ 2 ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning)
ชุดการจัดแสดงที่ 40 : ระบบการส่งจ่ายลมเย็นของระบบปรับอากาศ (Ventilation)

บ้านพักอาศัยหรือห้องปรับอากาศขนาดเล็ก ที่มีพื้นที่ติดตั้ง Condensing Unit การใช้งานเครื่องปรับอากาศจะไม่เป็นเวลาที่แน่นอน การปิดเปิดเครื่องจะขึ้นอยู่กับผู้ที่อาศัยภายในห้องปรับอากาศแต่ละห้อง สภาวะของอากาศที่ควบคุมจะไม่เข้มงวดเท่าใดนัก การถ่ายเทอากาศจะเป็นไปโดยธรรมชาตินิยมใช้การปรับอากาศแบบ Unitary System โดยใช้ Room Air Conditioner หรือ Package Air Conditioner ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ

สำหรับอาคารสำนักงานการใช้งานปิด เปิดเครื่องจะเป็นเวลาที่แน่นอน สภาวะอากาศภายในห้องปรับอากาศมีการควบคุมที่เข้มงวดระดับหนึ่ง พื้นที่ในการปรับอากาศมาก จำเป็นต้องใช้การปรับอากาศโดยมีเครื่องส่วนกลางทำความเย็นเพื่อการบำรุงรักษาที่ง่าย โดยทั่วไปจะใช้ระบบ All Air System เป็นแบบ Constant Air Volume

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจุด “Point of thermal inflexion”

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาจุด Point of thermal inflexion อื่นๆอีก ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงทางประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของฉนวน โดยศึกษาการใช้พลังงานรวมของผนังกระจกสองชั้น เปรียบเทียบกับผนังกระจกชั้นเดียว[9]จากงานวิจัยพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนจากระบบผนังชั้นเดียวเป็นผนังกระจกสองชั้น(ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวน) กลับทำ

[9]Gratia E., A. De H, Are energy consumptions decreased with the addition of a double-skin? Energy and Buildings 39 (2007) 605-619.

ให้พลังงานในการทำความเย็นเพิ่มมากขึ้น สมมติฐานเกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นนี้ได้กล่าวว่าประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของฉนวนที่เปลี่ยนไป อาจมีสาเหตุสำคัญมาจาก2 ตัวแปร คือ 1.รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และ2.ความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างช่องอากาศตรงกลางระหว่างกระจกทั้งสอง แต่สิ่งที่มีอิทธิพลมากกว่าน่าจะเป็นตัวแปรที่สอง แต่สมมติฐานดังกล่าวเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของ Cooling Energy นี้ก็ไม่มีน้ำหนักมากพอสำหรับการเชื่อถือได้ อาจเป็นไปได้ว่าสาเหตุที่ทำให้ Cooling Energy เพิ่มขึ้นนั้น มาจากความร้อนที่เกิดภายในพื้นที่ปรับอากาศอันเนื่องมาจากการที่เปลือกอาคารไม่สามารถเกิดการถ่ายเทความร้อนออกสู่ภายนอกอาคารได้ ทำให้ความร้อนถูกขังและสะสมไว้ภายในอาคาร ซึ่งอากาศร้อนภายในพื้นที่ปรับอากาศนี้เอง ที่อาจเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้น แต่การศึกษาทั้งสองตัวแปรข้างต้นพร้อมๆกันเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก นักวิจัยจึงไม่สามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของฉนวนที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน แม้ในลำดับต่อมาจะมีผู้ที่ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับหัวข้อนี้ แต่ผลที่ได้ก็ทราบเพียงแต่ว่าการใช้ผนังกระจกสองชั้นทำให้ภาระการทำความเย็นเพิ่มขึ้นถึง 28 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น[10] ยังไม่มีการอธิบายถึงสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจนนอกจากนี้แล้ว ยังมีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างผนังกันความร้อน(Thermal mass) กับผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติที่ใช้กันโดยทั่วไป อาคารปรับอากาศในประเทศไซปรัส[11] ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองและประมวลผลผ่านทางโปรแกรม TRNSYS การสร้างแบบจำลองกำหนดให้ด้านทิศใต้เป็นผนังกันความร้อน ผลที่ได้พบว่าสามารถช่วยลดภาระความร้อนได้ถึงร้อยละ 47 เมื่อเทียบกับผนังปกติทั่วไป แต่กลับเพิ่มภาระการทำความเย็น แต่ก็ไม่ได้มีการกล่าวสรุปถึงสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของฉนวนที่เกิดขึ้นนี้ได้อย่างชัดเจนเช่นกัน

สำหรับประเทศไทยมีการศึกษาเกี่ยวกับการใส่วัสดุฉนวนให้กับอาคารทาวน์เฮาส์ เช่นการใส่แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ใต้แผ่นหลังคา การใส่ฉนวนใยแก้วเหนือฝ้า การใช้ผนังสองชั้นและฉนวนตรงกลาง เป็นต้น แล้วทำการปรับเปลี่ยนสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคารตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.8 ภายใต้สภาวะปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส พบว่าการใส่ฉนวนให้กับอาคารในเกือบทุกกรณีสามารถช่วยลดภาระการทำความเย็นได้ ในระดับที่แตกต่างกัน ยกเว้นกรณีการติดตั้งฉนวนใยแก้ว

---

[10]Hama N. Double versus single skin facades in hot arid areas, Energy and Building 40(2008) 240-248.

[11]Kalogirou S.A. et al, Energy analysis of buildings employing thermal mass in Cyprus, Renewable Energy 27 (2002) 353-368.

บริเวณเหนือฝ้าเพดาน ที่กลับเพิ่มค่าการใช้พลังงานให้กับอาคารในทุก WWR [12] แต่สำหรับอาคารพักอาศัยซึ่งมีช่วงเวลาการใช้เปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ในเวลากลางคืน ผลการทดลองพบว่าการติดตั้งฉนวนใยแก้วเหนือฝ้าเพดานยังสามารถช่วยประหยัดได้ในระดับเพียงเล็กน้อยเท่านั้นกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดสูงตั้งแต่ WWR 0.6 ถึง WWR 0.8 แต่กลับเพิ่มค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารที่มี WWR ต่ำได้แก่ WWR 0.3 - WWR 0.5 [13]

2.6.2 เอกสารอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

2.6.2.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองผล Visual DOE 4.1

Visual DOE4.1 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร โดยการประมวลผลในแต่ละชั่วโมงเพื่อการคำนวณการใช้พลังงาน และต้นทุนการใช้งานตลอดอายุการใช้งาน ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของพลังงานอาคารที่มีการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ใช้จัดการโครงการที่มีความต้องการใช้พลังงานเพื่อการประหยัดพลังงาน ข้อดีและข้อเสียของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE4.1 มีรายละเอียดดังนี้

ข้อดี

2.6.3.1.1 เป็นโปรแกรมที่มีความละเอียด สามารถจำลองลักษณะอาคารได้ทุกรูปแบบ

2.6.3.1.2 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในอเมริกาเหนือและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพื่อการพัฒนาข้อกำหนดการใช้พลังงานและการออกแบบรวมทั้งวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร

2.6.3.1.3 เป็นโปรแกรมที่ถูกใช้เพื่ออ้างอิงในสหรัฐอเมริกาและถูกใช้ประเมินมาตรฐาน ASHRAE 90.1 และ 90.2

2.6.3.1.4 เป็นโปรแกรมที่มีการเปิดเผย source code ต่อสาธารณชนเพื่อให้สามารถตรวจสอบได้

2.6.3.1.5 เป็นโปรแกรมที่ให้ผลเป็นที่ยอมรับเทียบกับผลการตรวจวัดอาคารจริงแล้วทำการคำนวณ

---

[12]อรรจน์ เศรษฐบุตร. 2550ก. การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารทาวน์เฮ้าส์. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[13]อรรจน์ เศรษฐบุตร. 2550ข. การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ข้อเสีย

2.6.3.1.6 การศึกษาการใช้งานโปรแกรมมีความซับซ้อนต้องใช้เวลามาก และต้องได้รับการฝึกอบรมทั้งขึ้นพื้นฐานและระดับที่สูงกว่า

2.6.3.1.7 เป็นโปรแกรมที่ให้ผลลัพธ์ที่ต้องมีการตีความและศึกษาวิเคราะห์อย่างละเอียด

2.6.3.1.8 เป็นโปรแกรมที่ต้องการข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการป้อนค่าที่มีรายละเอียดมาก

แม้ว่าโปรแกรม Visual DOE4.1 จะเป็นโปรแกรมที่มีความสามารถสูงในการศึกษาการคำนวณหรือจัดการการใช้พลังงานในอาคารก็ตาม แต่ก็การใช้โปรแกรมนี้ก็จำเป็นต้องอาศัยทักษะในการตัดสินใจเพื่อใช้ข้อมูลที่เหมาะสมกับอาคาร สมมติฐานการจำลองอาคาร และการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การดำเนินการวิจัย

สำหรับการศึกษาเพื่อหาค่าการใช้พลังงานการทำความเย็น ของอาคารปรับอากาศ นั้นสามารถทำได้โดยการใช้ซอฟแวร์ทางคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการศึกษา ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถจำลองและสร้างกลุ่มตัวอย่างได้หลายกรณีศึกษา มีความสะดวกรวดเร็ว และช่วยประหยัดงบประมาณในการศึกษา เมื่อเปรียบเทียบกับการสร้างกล่องทดลองซึ่งต้องใช้งบประมาณจำนวนมากและอาจต้องทำการสุ่มเพื่อเลือกเฉพาะกรณีตัวอย่างมาสร้างเป็นกล่องทดลอง เพื่อลดภาระค่าใช้จ่าย ซึ่งผลที่ได้อาจไม่ครอบคลุมเพียงพอ จากการศึกษาได้เลือกอาคารเพื่อนำมาทำการจำลองเป็นอาคารอ้างอิงเพื่อใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องของ ''Point of thermal inflexion''คือ อาคารสำนักงาน และอาคารพักอาศัย เพื่อนำมาจำลองลักษณะกายภาพของอาคารแล้ววิเคราะห์ผลในส่วนของการใช้พลังงานในการทำความเย็น ผ่านโปรแกรม Visual DOE- 4.1 ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารแต่ละชั่วโมงเพื่อคำนวณการใช้พลังงานและต้นทุนการใช้งานตลอดอายุการใช้งาน ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานของอาคารได้ สำหรับขั้นตอนในการวิจัยมีดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษารูปแบบของวัสดุประกอบอาคารที่ใช้กันในปัจจุบันจากเอกสารและงานวิจัยที่มีในประเทศไทย ตั้งแต่ ชนิดของวัสดุหลังคา วัสดุผนัง และวัสดุฉนวน ที่ใช้กันในปัจจุบันมากที่สุด ซึ่งจากการศึกษาได้ข้อมูลดังต่อไปนี้[1]

3.1.1.1 วัสดุผนังจากการศึกษาพบว่าวัสดุผนังโดยทั่วไปนั้นแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

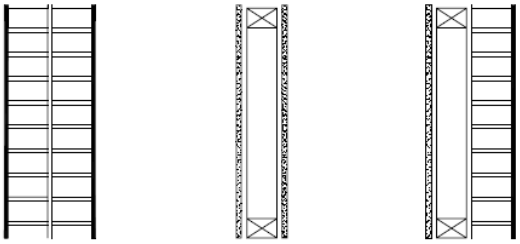
- ผนังที่เป็นมวลสาร (Mass Wall) เช่น ผนังก่ออิฐมอญ ผนังก่อคอนกรีตบล็อก ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา และผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นต้น
- ผนังที่เป็นโครงเคร่า (Framing Wall) หมายถึง ผนังที่มีโครงเคร่าเป็น

---

[1]พลังงาน, กระทรวง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน [ออนไลน์], 2 มีนาคม 2556. แหล่งที่มา http://civil4country.blogspot.com/

โครงสร้างของผนัง และบุแผ่นวัสดุปิดผิวด้านนอกและด้านใน วัสดุที่ใช้เป็นโครงเคร่า เช่น เหล็ก เหล็กชุบสังกะสีอลูมิเนียมและไม้ เป็นต้น ส่วนวัสดุปิดผิวที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ ไม้สังเคราะห์ ยิปซั่มบอร์ด กระเบื้องใยหิน และไฟเบอร์บอร์ด

- ผนังประกอบ(Composite Wall) หมายถึง ผนังที่ประกอบด้วยผนังมวลสาร และผนังโครงเคร่าเข้าด้วยกัน อาจจะรวมถึงการบุด้วยฉนวนกันความร้อนชนิดต่างๆ ระหว่างโครงเคร่าด้วย



ภาพที่ 3.1 วัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ ตามลำดับ

3.1.1.2 วัสดุหลังคา(roofing) ประเภทวัสดุมุงหลังคาที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้แก่ กระเบื้อง ซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องเซรามิค กระเบื้องดินเผา แผ่นหลังคาแอสฟัลท์ และหลังคาแผ่นโลหะ

3.1.1.3 ฉนวนกันความร้อน(insulation) โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- ฉนวนแบบมีมวล(Mass Insulation) เช่น ฉนวนใยแก้ว (Fiber Glass) ฉนวนใยหิน(Rock Fiber) ฉนวนใยเซลลูโลส(Cellulose Fiber) โฟมโพลีสไตรีน(Polystyrene Foam/PS) โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane Foam/PU) และโฟมโพลีเอทธีลีน (Polyethelene Foam/PE)

- ฉนวนแบบสะท้อนความร้อน (Reflective Sheet) เช่น อลูมินั่มฟอยล์ (Aluminium Foil Sheet) เซรามิคโค้ทติ้ง (Ceramic Coating) เป็นต้น

ในการทำวิจัยฉบับนี้จึงนำเสนอเฉพาะวัสดุที่มีการใช้งานแพร่หลายในประเทศ หรือวัสดุที่มีความเกี่ยวข้องกับการลดการใช้พลังงานซึ่งมีความเหมาะสมกับการใช้งานทั่วไป และเป็นประโยชน์กับคนส่วนใหญ่ที่จะสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกใช้ได้อย่างถูกต้องและมีความเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยจะแยกเป็น 2 กลุ่มหลักตามคุณสมบัติของวัสดุ ดังนี้

- วัสดุผนัง ประกอบด้วย

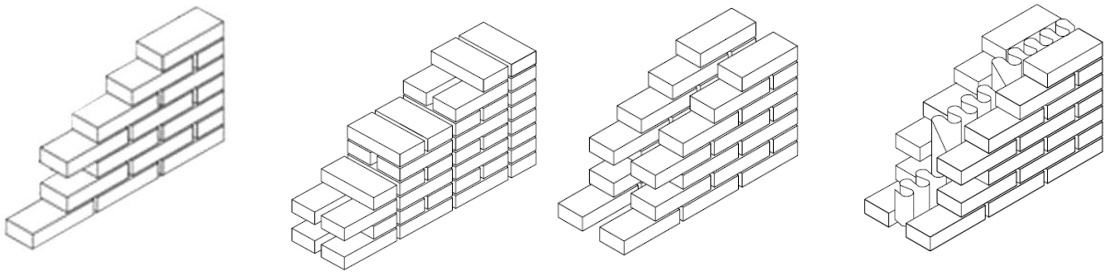
อิฐมอญ คอนกรีตมวลเบา กระจกสี ไม้จริง ผนังสำเร็จรูป

- วัสดุฉนวน ประกอบด้วย
  ฉนวนใยแก้ว

3.1.2 ศึกษารูปแบบการติดตั้งของระบบผนัง

1) กลุ่มวัสดุผนังในส่วนผนังทึบ

1.1) อิฐมอญ (Brick) ใช้การติดตั้ง 4 แบบ คือ 1.ก่ออิฐมอญหนึ่งชั้น 2. ผนังก่ออิฐมอญสองชั้นฉาบปูนแบบติดชน 3. ผนังก่ออิฐมอญสองชั้นเว้นช่องตรงกลาง 4. ผนังก่ออิฐมอญสองชั้นแบบใส่ฉนวนตรงกลาง



ภาพที่ 3.2 รูปแบบการติดตั้งระบบผนังก่ออิฐมอญชั้นเดียว อิฐมอญสองชั้น ผนังอิฐมอญสองชั้นแบบเว้นช่องอากาศ และผนังอิฐมอญสองชั้นใส่ฉนวนตรงกลาง ตามลำดับ

1.2) คอนกรีตมวลเบา(Autoclaved Aerated Concrete – AAC)

1.3) ยิปซั่มบอร์ด (Gypsum Board) ใช้กับงานภายในและฝ้าเพดาน

2) วัสดุผนังในส่วนผนังโปร่งใส

ในส่วนของผนังกระจกชนิดที่นิยมใช้กันในปัจจุบันอาทิเช่น 1.กระจกใส (Clear Glass) 2.กระจกสี (Color Glass) 3.กระจกสีตัดแสง (Heat Absorbing Glass) 4.กระจกเคลือบผิวสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass) 5.กระจกฉนวนกันความร้อน (Insulating Glass) ในที่นี้จะเลือกใช้กระจกสี (เขียว) ซึ่งเป็นกระจกที่ได้รับความนิยมมากที่สุด

3) วัสดุฉนวน

3.1) ใยแก้ว (Fiber Glass) ใช้ติดตั้งบริเวณเหนือฝ้าเพดาน

3.2) ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose Fiber)

3.1.3 กำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานปรับอากาศ และอาคารพักอาศัยปรับอากาศ มีดังนี้

3.1.3.1 ค่าการเป็นฉนวนกันความร้อนของผนังทึบและผนังโปร่งแสง เช่น R-value(m^2/K- ^{o}C), U-value(W/m^2-^{o}C), SC, SHGC ภายใต้เงื่อนไขการรวมกันเป็นวัสดุประกอบอาคารภายใต้ทางเลือกต่างๆ

3.1.3.2 อัตราส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (Window to Wall Ratio: WWR) กำหนดให้มีค่าตั้งแต่ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

3.1.3.3เวลาการใช้งานของอาคารปรับอากาศ มีด้วยกัน 2 กรณีคือ

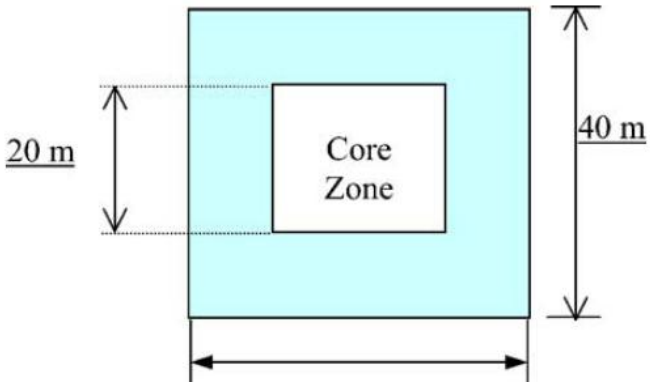
- กรณีเปิดเครื่องปรับอากาศช่วงกลางวัน เป็นลักษณะการใช้งานของอาคารสำนักงาน
- กรณีเปิดเครื่องปรับอากาศช่วงกลางคืน เป็นลักษณะการใช้งานของอาคารพักอาศัย

3.1.3.4. ปัจจัยทางด้านความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในอาคาร (Internal Heat Gain) โดยกำหนด 2 เงื่อนไขของอาคารสองประเภทที่มีการใช้งานต่างกัน คือ

1) อาคารสำนักงาน กำหนดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลในการป้อนค่าในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของอาคารสำนักงาน[2]

ประเภทอาคาร	สำนักงาน
กิจกรรม - จำนวนผู้อยู่อาศัย ต่อ 100 ตารางเมตร - ช่วงเวลาการใช้งาน - การตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ - การใช้พลังงานจากอุปกรณ์ไฟฟ้า	 0.7 คน Office hours 25 องศาเซลเซียส 12.88 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
แสงสว่าง - ประเภท - การใช้พลังงานแสงสว่าง	 ฟลูออเรสเซนต์ 13.18 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ระบบปรับอากาศ - ประเภท - ช่วงเวลาการใช้งาน - ข้อมูลการจำลองสภาพอากาศ	 Constant Air Volume; CAV จันทร์- ศุกร์ 8.00 - 18.00 น. TMY file [2]
ขนาดอาคาร กว้าง x ยาว x สูง	40 ม. x 40 ม. x 12 ชั้น



ภาพที่ 3.3 ผังของอาคารสำนักงานอ้างอิง 12 ชั้น ที่ใช้ในการสร้าง
แบบจำลองในโปรแกรม Visual DOE - 4.1

[2]Chirarattananon, S. Energy Conversion and Management . Energy and Buildings 44 (2003) 743-762.

โดยข้อมูลที่ใช้ในการป้อนค่าสำหรับอาคารสำนักงาน ในโปรแกรม Visual DOE- 4.1 เป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจอาคารสำนักงานในประเทศไทยแล้วนำมาสร้างเป็นอาคารสำนักงานอ้างอิงสำหรับเป็นมาตรฐานของอาคารสำนักงานทั่วไปในปัจจุบัน

ตารางที่ 3.2 แสดงรายการการจำลองอาคารสำนักงานอ้างอิงในโปรแกรม Visual DOE - 4.1

เปลือกอาคาร	สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง	อุณหภูมิเปิดเครื่องปรับอากาศ
1.อิฐมอญ+กระจกใส	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	22 – 27 องศาเซลเซียส
2.อิฐมอญ2ชั้น+กระจกใส (เว้นช่องอากาศ)	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	22 – 27 องศาเซลเซียส
3.อิฐมอญ2ชั้น+ฉนวนตรงกลาง (ฉนวนเยื่อกระดาษ)+กระจกใส	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	22 – 27 องศาเซลเซียส
4.คอนกรีตมวลเบา+กระจกใส	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	22 – 27 องศาเซลเซียส
5. ผนังสำเร็จรูป+กระจกใส	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	22 – 27 องศาเซลเซียส
6.อิฐมอญ+กระจกสีเขียว1ชั้น	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	22 – 27 องศาเซลเซียส
7.อิฐมอญ2ชั้น(เว้นช่องอากาศ) + กระจกสีเขียว1ชั้น	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	22 – 27 องศาเซลเซียส
8.อิฐมอญ2ชั้น+ฉนวนเยื่อกระดาษ + กระจกสีเขียว 1 ชั้น	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	22 – 27 องศาเซลเซียส
9.คอนกรีตมวลเบา+กระจกสีเขียว1ชั้น	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	22 – 27 องศาเซลเซียส
10. ผนังสำเร็จรูป+กระจกเขียว	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9	22 – 27 องศาเซลเซียส

สำหรับอาคารสำนักงานอ้างอิงนั้นมีรายการในการประมวลผลในโปรแกรมทั้งหมด 330 กรณีศึกษาภายใต้เงื่อนไขต่างๆข้างต้น โดยทำการปรับเปลี่ยนวัสดุผนัง วัสดุกระจก วัสดุฉนวน WWR และอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศ

2) อาคารพักอาศัย (บ้านเดี่ยวสองชั้น)[3] กำหนดดังตาราง

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลในการป้อนค่าลงในโปรแกรมการจำลองการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยอ้างอิง

ประเภทอาคาร	พักอาศัย
กิจกรรม	
- จำนวนผู้อยู่อาศัย	4 คน
- การตั้งอุณหภูมิปรับอากาศภายใน	25 องศาเซลเซียส
- การใช้พลังงานจากอุปกรณ์ไฟฟ้า	8.61 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
แสงสว่าง	
- ประเภท	ฟลูออเรสเซนต์
- การใช้พลังงานแสงสว่าง	7.53 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
ระบบปรับอากาศ	
- ช่วงเวลาการใช้งาน	จันทร์ – ศุกร์ เปิด 22.00-6.00 เสาร์-อาทิตย์ เปิด 21.00-7.00

3.1.4 กำหนดค่าในการตั้งอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศ (Cooling set-point) กำหนดให้อยู่ในช่วงที่มีการใช้งานที่คนส่วนใหญ่ในประเทศไทยใช้กันตั้งแต่ 22, 23, 24, 25, 26 และ 27 องศาเซลเซียส

[3]อรรจน์ เศรษฐบุตร. 2550ข. การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาพที่ 3.4 ผังและรูปด้านของอาคารพักอาศัยอ้างอิงที่ใช้ในการสร้าง
แบบจำลองทางโปรแกรม Visual DOE- 4.1

ข้อมูลที่ใช้สำหรับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ได้จากการสำรวจเก็บข้อมูลรูปแบบบ้านพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ที่มีพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 150 ตารางเมตร โดยการสุ่มตัวอย่างอาคารที่ปลูกสร้างในบริเวณกรุงเทพและปริมณฑล โดยพบว่าลักษณะโดยรวมเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีส่วนที่ว่างชั้นล่างสำหรับจอดรถ มีระเบียงด้านบนของส่วนห้องนอนด้านหน้า สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) ประมาณร้อยละ 20 ถึง 30 อาคารอ้างอิงมีพื้นที่ใช้สอยรวม 255 ตารางเมตร คิดเป็นพื้นที่ใช้สอยภายใน (Net area) 209 ตารางเมตร

ตารางที่ 3.4 แสดงช่วงเวลาการใช้พื้นที่ปรับอากาศของห้องต่างๆในอาคารพักอาศัยอ้างอิง

Function	Operating hours						
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
ห้องนอนชั้นบน	22.00 – 6.00					21.00 – 7.00	
ห้องรับแขกชั้นล่าง	19.00 – 21.00					18.0 – 21.00	

ตารางที่ 3.5 แสดงรายการการจำลองอาคารพักอาศัยอ้างอิงในโปรแกรม Visual DOE 4.1

เปลือกอาคาร	สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง	อุณหภูมิเปิดเครื่องปรับอากาศ
1.อิฐมอญ+กระจกใส (ก่อครึ่งแผ่น)	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
2.อิฐมอญ2ชั้น+กระจกใส (เว้นช่องอากาศ 5 เซนติเมตร)	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
3.อิฐมอญ2 ชั้น + กระจกใส (ก่อเต็มแผ่น)	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
4.อิฐมอญ2ชั้น+ฉนวนตรงกลาง (ฉนวนเยื่อกระดาษ)+กระจกใส	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
5.อิฐมอญ+กระจกใส+ฉนวนใยแก้ว 4นิ้ว บนฝ้าเพดาน	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
6.คอนกรีตมวลเบา+กระจกใส	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
7.ไม้จริง+กระจกใส	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
8. ผนังสำเร็จรูป+กระจกใส	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
9.อิฐมอญ+กระจกสีเขียว	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
10.อิฐมอญ2ชั้น+กระจกสีเขียว (เว้นช่องอากาศ)	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
11. อิฐมอญ 2 ชั้น + กระจกสีเขียว	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
12.อิฐมอญ2ชั้น+ฉนวนตรงกลาง (ฉนวนเยื่อกระดาษ)+กระจกสีเขียว	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
13.อิฐมอญ+กระจกสีเขียว+ฉนวนใยแก้ว หนา 4 นิ้วบนฝ้าเพดาน	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
14.คอนกรีตมวลเบา+กระจกสีเขียว	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
15.ไม้จริง+กระจกสีเขียว	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
16. ผนังสำเร็จรูป+กระจกเขียว	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส

3) การจำลองอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัย กรณีสมมติโดยมีปัจจัยทางสภาพแวดล้อมภายในอาคารตามสมมติขึ้น เพื่อทดสอบแนวโน้มค่าการการใช้พลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้น ในกรณีที่มีค่าการใช้พลังงานแสงสว่างสูง ค่าการใช้พลังงานอุปกรณ์ไฟฟ้าสูง ค่าความเป็นฉนวนของวัสดุเปลือกอาคารในส่วนผนังทึบและผนังโปร่งใสสูง โดยมีกรณีศึกษาทั้งหมด 600 กรณีศึกษา โดยการกำหนดปัจจัยทางสภาพแวดล้อมภายในอาคารแสดงดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าสำหรับการป้อนในโปรแกรม Visual DOE-4.1 ของอาคารกรณีสมมติ

ประเภทอาคาร	สำนักงาน และ อาคารพักอาศัย
ช่วงเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศ	สำนักงานจันทร์-ศุกร์ 8.00 – 18.00 น. บ้านพักอาศัย จันทร์–ศุกร์ 22.00-6.00 เสาร์-อาทิตย์ 21.00-7.00
การตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ	22 ถึง 27 องศาเซลเซียส
การใช้พลังงานแสงสว่าง	24, 26, 28, 30 และ 32 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
การใช้พลังงานจากอุปกรณ์ไฟฟ้า	20 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร
สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง	0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ	0.2 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร องศาเซลเซียส
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก	1.0 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร องศาเซลเซียส
สัมประสิทธิ์การบังเงา	0.15

ตารางที่ 3.7 แสดงการสรุปชนิดของวัสดุประกอบอาคาร

วัสดุผนัง	วัสดุฉนวน	วัสดุกระจก
1.ผนังอิฐมอญชั้นเดียว 2.ผนังอิฐมอญสองชั้น 3.ผนังอิฐมอญก่อเว้นช่องอากาศ 4.ผนังอิฐมอญสองชั้น+ฉนวนตรงกลาง 5.ผนังคอนกรีตมวลเบา 6.ผนังไม้จริง 7.ผนังสำเร็จรูป 8.ผนังเบา	1.ฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้ว (ฝ้าเพดาน) 2. ยิปซั่มบอร์ดหนา 1.2 นิ้ว (ฝ้าเพดาน) 3.ฉนวนเยื่อกระดาษ Cellulose (บุกับผนัง)	1.กระจกใส 2.กระจกสี(เขียว) 1 ชั้น

ตารางที่ 3.8 แสดงการสรุปรายการที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

เปลือกอาคาร (ผนังทึบ)	ผนังโปร่งใส	WWR	ช่วงเวลาการเปิดใช้งาน	อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ
1.ผนังอิฐมอญชั้นเดียว 2. ผนังสำเร็จรูป 3.+ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว บนฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 4.ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น 5.ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น + ระหว่างชั้นฉนวนเยื่อกระดาษ 6. ผนังก่ออิฐมอญ2ชั้นเว้นช่องอากาศ 5 เซนติเมตร 7.ผนังก่ออิฐมวลเบา 8.ผนังไม้จริง 9. ผนังเบา	1.กระจกเขียว 2. กระจกใส	- 0.1 - 0.3 - 0.5 - 0.7 - 0.9	บ้านพักอาศัย - จันทร์-ศุกร์ 22.00-6.00 น. - เสาร์-อาทิตย์ 21.00-7.00 น. สำนักงาน - จันทร์-ศุกร์ 8.00-18.00 น.	22 องศาเซลเซียส 23 องศาเซลเซียส 24 องศาเซลเซียส 25 องศาเซลเซียส 26 องศาเซลเซียส 27 องศาเซลเซียส
อาคารสำนักงาน 5 กรณี	330 กรณีศึกษา			
อาคารพักอาศัย 8 กรณี	540 กรณีศึกษา			
กรณีศึกษาทั้งหมด	870 กรณีศึกษา			

ตารางที่ 3.9 แสดงคุณสมบัติของวัสดุผนัง

รายการวัสดุ	คอนกรีตมวลเบา	อิฐมอญหนึ่งชั้น	อิฐมอญสองชั้น	ยิปซั่มบอร์ด
รูปแบบกายภาพ	ก้อน	ก้อน	ก้อน	แผ่น
*R-Value ค่าการต้านทานความร้อน	0.58	0.15	0.34	0.04
K-Value ค่าการนำความร้อน	0.089 - 0.132	0.473	0.473	0.14-0.19
Density ความหนาแน่น (kg./m^3)	550 - 640	1615 - 1650	1650	800
ค่าความจุความร้อน “C”(Thermal Capacity) (J/kg.K)	น้อยกว่าอิฐมอญ 2.5 เท่า	800 - 1000	-	840

ตารางที่ 3.10 แสดงคุณสมบัติของวัสดุฉนวน

รายการวัสดุ	ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว (Fiber Glass)	ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose)
รูปแบบกายภาพ	ปูบนฝ้าเพดาน (แผ่น)	ติดตั้งกับผนัง (แผ่น)
ขนาด	10x60x400 > 50 mm	7.5x60x400
ค่าการต้านทานความร้อน R-Value	2.334	1.875
ค่าการนำความร้อน K-Value	0.0365	0.029- 0.045
ความหนาแน่น Density (kg./m^3)	69	45 - 80
ค่าการสะท้อนความร้อน %	95	95

ที่มา : สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.)กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

การจำลองการใช้พลังงานในอาคาร จะทำการจำลองการใช้พลังงานรายชั่วโมงตลอดระยะเวลา 1 ปีด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE- 4.1โดยอาศัยฐานข้อมูลสภาพอากาศรายชั่วโมงที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งนำมาจัดรูปแบบเป็นไฟล์TRY, TMY2, WYEC หรืออื่นๆ สำหรับการจำลองการใช้พลังงานนี้ได้ใช้ไฟล์ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานครจากกรมอุตุนิยมวิทยาที่จัดทำขึ้นเป็นไฟล์TMY โดยภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [2] โดยจะประกอบด้วย อุณหภูมิหยดน้ำค้าง กระเปาะแห้ง ความเร็วลม ทิศทางลม ความกดอากาศ ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ทั้งทางตรงและการกระจาย

3.1.5 ประมวลผลในโปรแกรม Visual DOE - 4.1 เพื่อหาค่าตัวแปรตาม คือ ค่าพลังงานในการทำความเย็น ตามรายการที่ระบุในตารางที่ 3.6 โดยทำการปรับเปลี่ยนวัสดุผนัง วัสดุกระจก และวัสดุฉนวน ภายใต้เงื่อนไข WWR ที่ปรับเปลี่ยนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.1 ถึง 0.9 ช่วงเวลาการเปิดเครื่องปรับอากาศตามประเภทของอาคาร และปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ซึ่งจะต้องทำการศึกษาโดยการสร้างแบบจำลองและประมวลผลการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน และอาคารพักอาศัย รวมด้วยกันทั้งหมด 870 กรณีศึกษา

3.1.6 วิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็น ที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขการจำลองต่างๆในขั้นต้น

3.1.7 สรุปผลการจำลอง

3.1.7.1 รูปแบบวัสดุประกอบอาคาร และ พฤติกรรมในการตั้งอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศที่เหมาะสมที่สามารถช่วยลดค่าภาระการทำความเย็นในอาคารได้

3.1.7.2 ผลกระทบการของตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่างๆต่อการใช้พลังงานในการทำความเย็นในอาคารที่มีการติดตั้งฉนวนชนิดต่างๆ

3.2 การกำหนดค่าการจำลองสภาพอาคารลงในโปรแกรม Visual DOE 4.1

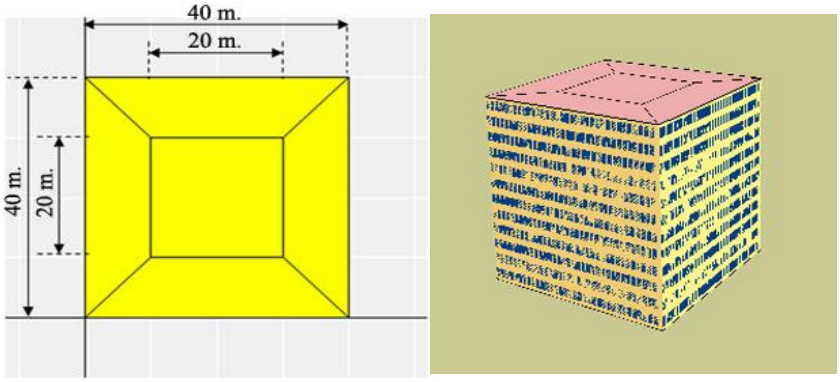
การจำลองอาคารเพื่อทำการศึกษาค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นในระบบปรับอากาศของอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยกรณีศึกษานี้ ประกอบด้วย การป้อนข้อมูล การจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม และการนำข้อมูลจากการจำลองมาเก็บรวบรวมนำไปสู่การวิเคราะห์สรุปผล โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียง

การกำหนดสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมข้างเคียงสามารถทำได้ด้วยการสร้างแบบจำลองอาคารในลักษณะผังอาคารที่แสดงพื้นที่อย่างง่าย แล้วทำการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับอาคารลงไป ไม่ว่าจะเป็นค่าความสูงของแต่ละชั้น จำนวนชั้นของอาคาร เป็นต้น

3.2.2 การนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม

การป้อนข้อมูลจะเป็นในรูปแบบของตัวเลขและตัวอักษร จากนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลด้วย Visual DOE 4.1 โดยเริ่มต้นจากการสร้างอาคารดังแสดงในรูปที่ 3.5 และทำการป้อนข้อมูลจะแบ่งเป็น 6 ส่วน ประกอบด้วย คำสั่งในส่วน Project, Blocks, Facades, Systems และ Zones



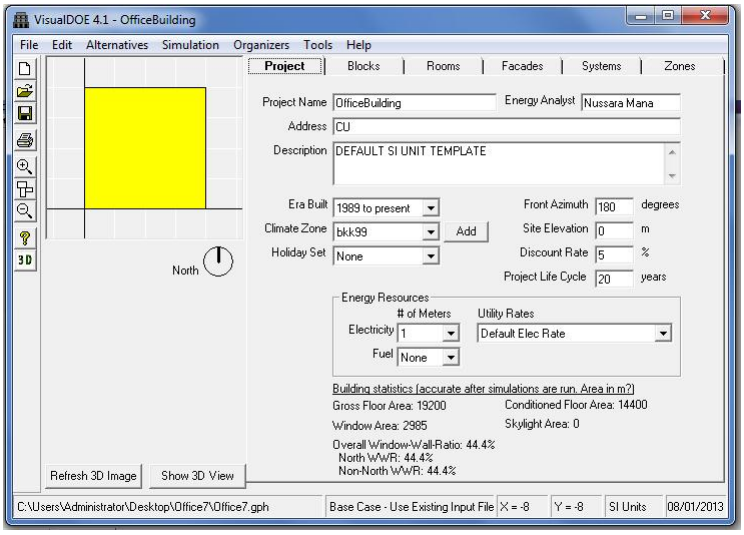
ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะผังพื้นและรูปสามมิติแสดงอาคารสำนักงานอ้างอิง

3.2.2.1 **การสร้างอาคารสำนักงานอ้างอิง** (Baseline)

สำหรับการศึกษาผลกระทบของการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีการติดตั้งฉนวนชนิดต่างๆนั้น ก่อนที่จะทำการศึกษาค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารภายใต้เงื่อนไขต่างๆ จำเป็นจะต้องมีการสร้าง Baseline ของอาคารสำนักงานที่มีมาตรฐานและสามารถใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกับอาคารสำนักงานอื่นๆได้ก่อน โดยมีขั้นตอนและข้อมูลที่ป้อนลงในโปรแกรม Visual DOE 4.1 สำหรับ Baseline ดังนี้

1) Project

เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพทั่วไปของอาคาร

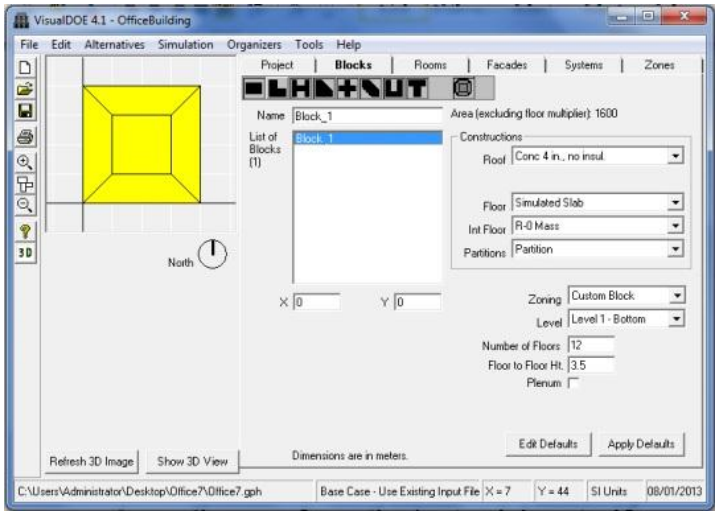


ภาพที่ 3.6 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Project ของอาคารสำนักงาน

อาคารสำนักงานอ้างอิงเป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 40X40 เมตร ใช้ไฟล์สภาพภูมิอากาศ bkk99 และทำการตั้งค่า Energy Resources ในส่วนค่า Fuel เท่ากับ None เพื่อแสดงว่ามีมิเตอร์เพียง 1 ตัวเท่านั้น

2) Block

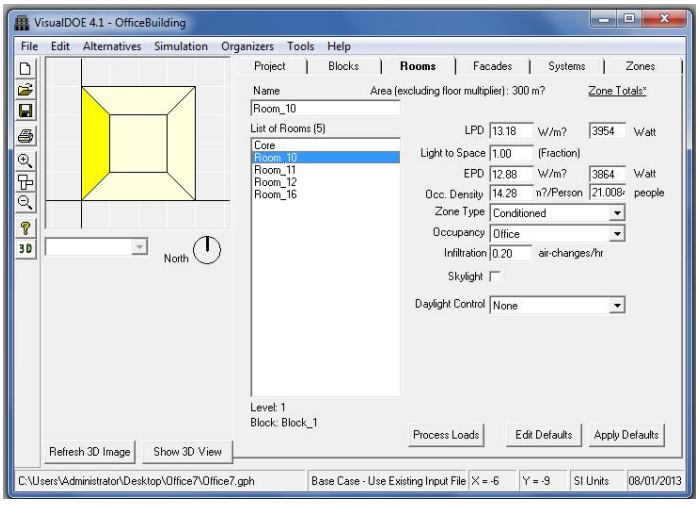
เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางโครงสร้างของอาคาร เช่น วัสดุหลังคา วัสดุพื้น จำนวนชั้น และความสูงในแต่ละชั้น อาคารสำนักงานอ้างอิงเป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 40X40 เมตร จำนวน 12 ชั้นระยะความสูงของอาคารในแต่ละชั้นเท่ากับ 3.5 เมตร



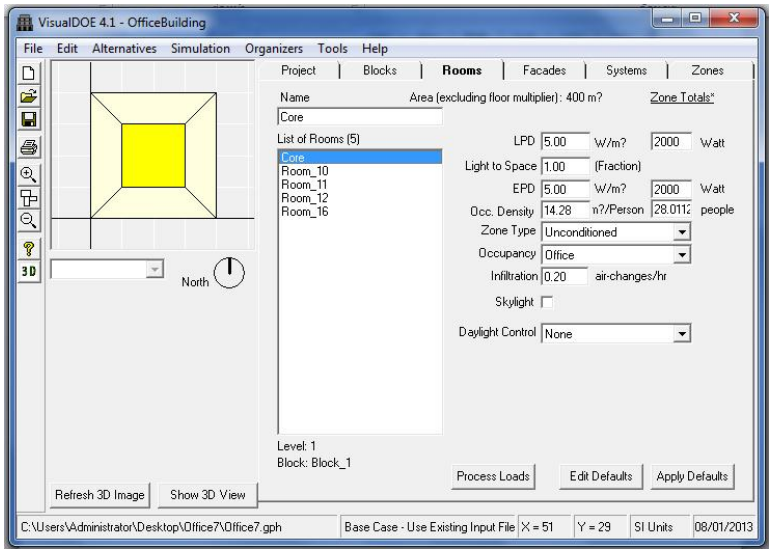
ภาพที่ 3.7 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Block ของอาคารสำนักงาน

3) Room

เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับค่าการใช้พลังงานในแต่ละพื้นที่ โดยจะถูกแบ่งโซนพื้นที่ออกเป็นส่วนๆเรียกว่า Room สำหรับอาคารสำนักงานกำหนดให้มีทั้งหมด 5 room โดยทุกส่วนเป็นพื้นที่ปรับอากาศ ยกเว้นส่วนกลางซึ่งเป็นแกนบริการของอาคารเป็น Unconditioned (ไม่ปรับอากาศ)กำหนดให้ค่า การใช้พลังงานไฟฟ้า EPD= 12.88 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าการใช้พลังงานแสงสว่าง LPD= 13.18 วัตต์ต่อตารางเมตร ความหนาแน่นประชากร ต่อพื้นที่ 0.7 คนต่อ 100 ตารางเมตร เลือกรูปแบบอาคาร Occupancy = Office



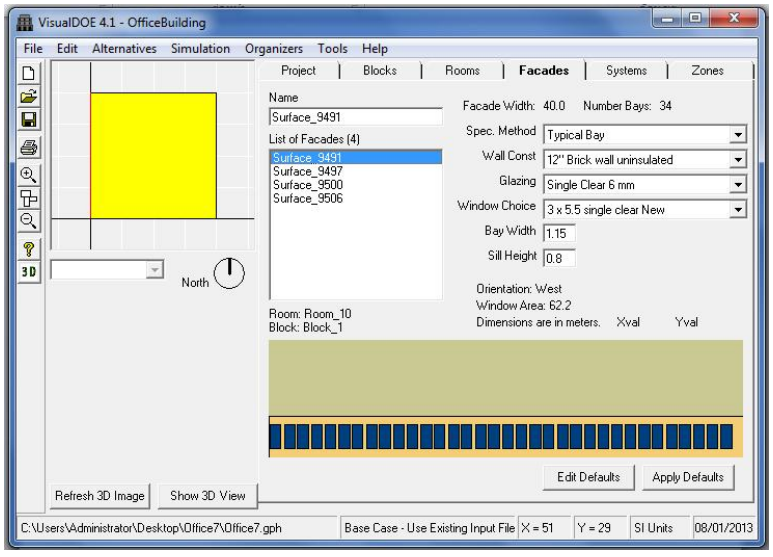
ภาพที่ 3.8 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Room ของอาคารสำนักงาน



ภาพที่ 3.9 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Room ของอาคารสำนักงาน

4) Facade

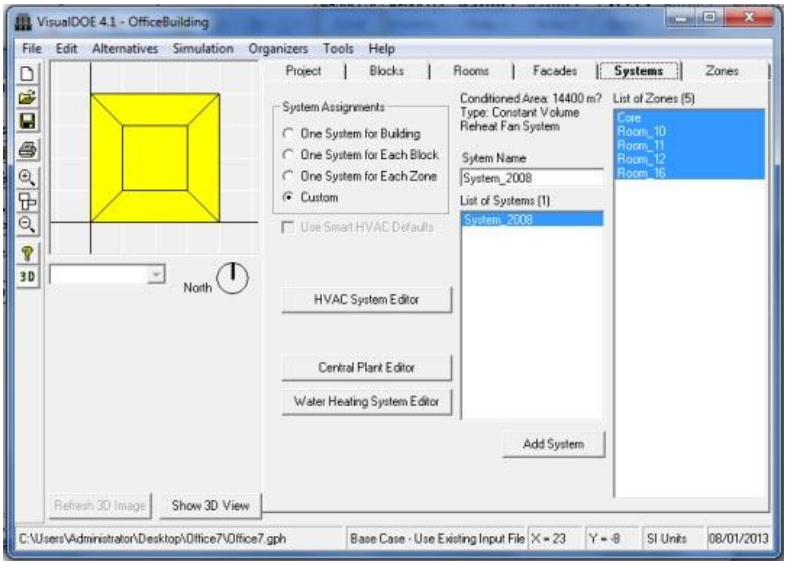
เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับรูปด้านของอาคาร ได้แก่ ลักษณะช่องเปิด ตำแหน่งของช่องเปิด วัสดุที่ใช้ทำผนัง วัสดุกระจก ระยะวงกบ เป็นต้น โดยอาคารอ้างอิงกำหนดให้ ใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูน กระจกใส สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร เท่ากับ 0.44 ซึ่งการกำหนดสัดส่วนนี้ทำได้โดยการตั้งค่าระยะ Bay Width ในแถบเครื่องมือของคำสั่ง Facade



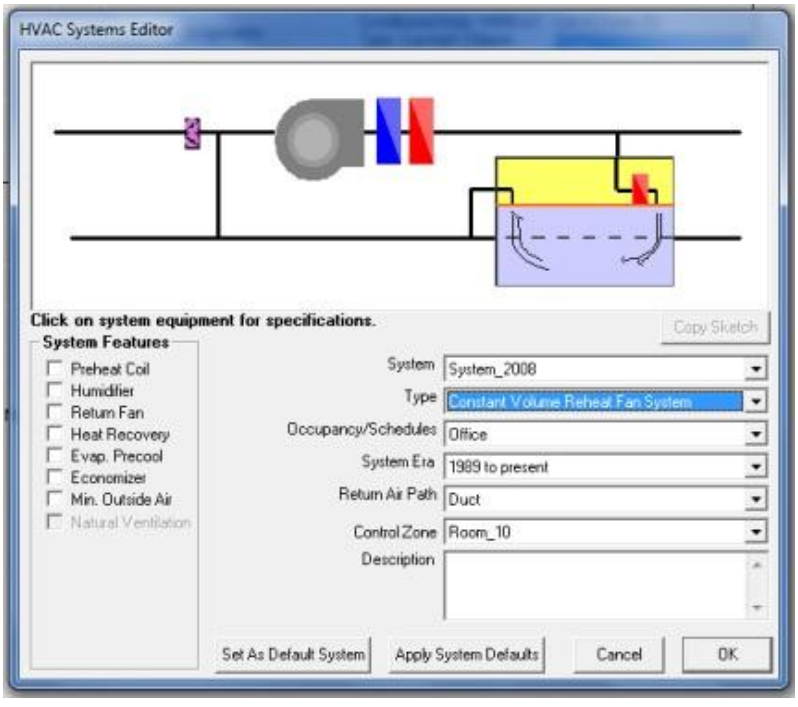
ภาพที่ 3.10 แสดงการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Facade ของอาคารสำนักงาน

5) System

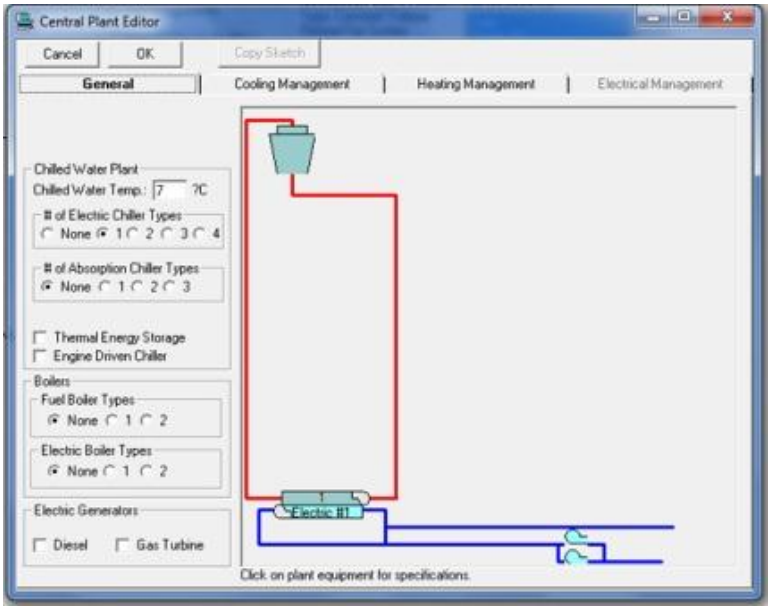
เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศในอาคาร สำหรับอาคารสำนักงานใช้ระบบ Constant Air Volume หรือ CAV



ภาพที่ 3.11 แสดงการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง System ของอาคารสำนักงาน

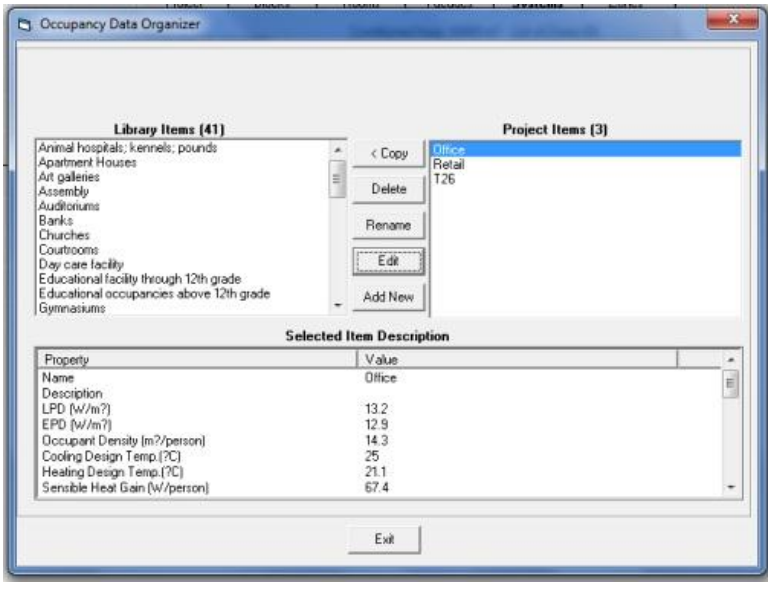


ภาพที่ 3.12 แสดงลักษณะ System ของระบบปรับอากาศ CAV ในอาคารสำนักงาน

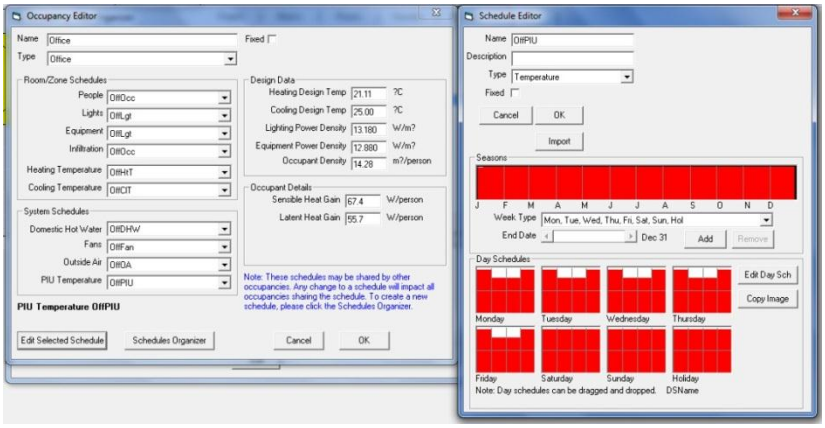


ภาพที่ 3.13 แสดงลักษณะ System ของระบบปรับอากาศ CAV ในอาคารสำนักงาน

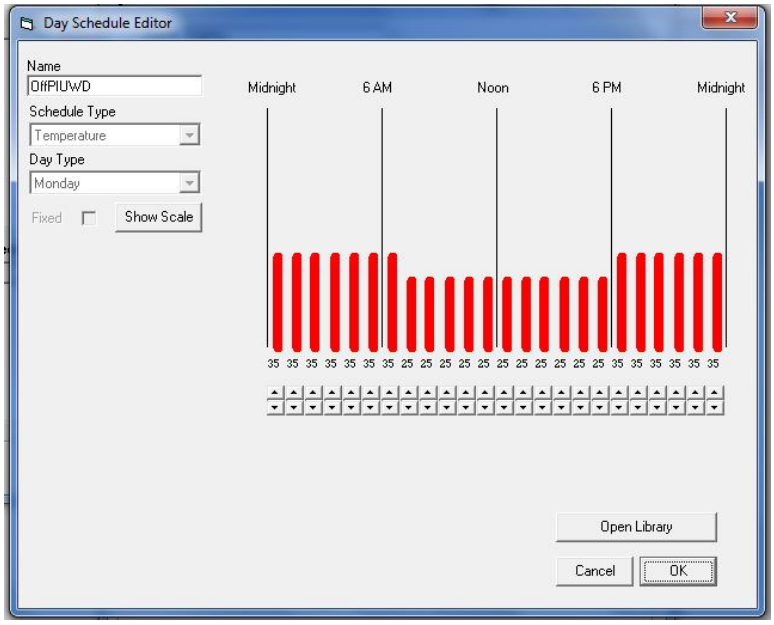
การตั้งค่าลักษณะการใช้งานของอาคารปรับอากาศกำหนดในแถบของเครื่องมือ Organizers และเลือก Occupancy ตามประเภทของอาคารนั้นๆ ในที่นี้คือ Office



ภาพที่ 3.14 แสดงการกำหนดลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศของอาคารสำนักงาน



ภาพที่ 3.15 แสดงการกำหนด schedule editor เครื่องปรับอากาศในอาคารสำนักงาน

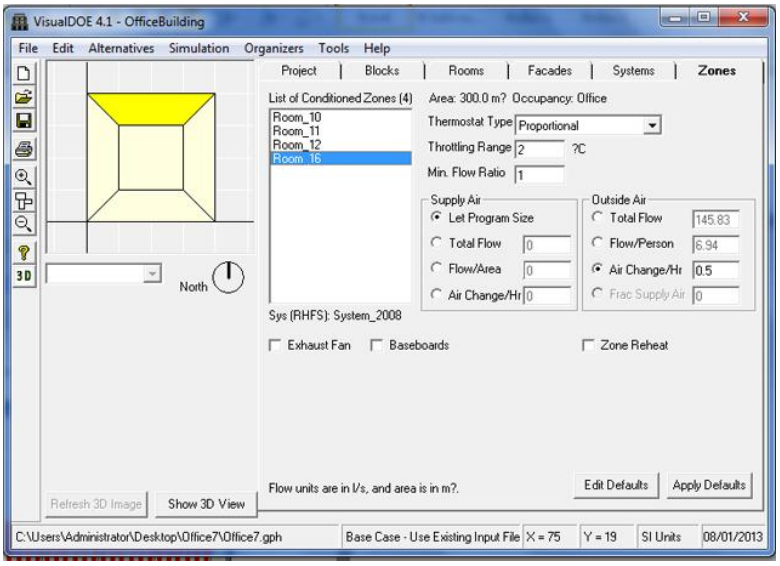


ภาพที่ 3.16 แสดงการกำหนด Schedule editor ของเครื่องปรับอากาศในอาคารสำนักงาน

อาคารสำนักงานที่ใช้เป็น Baseline ในการศึกษา กำหนดให้มีอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส เปิดใช้งานในช่วงเวลาทำงานของสำนักงานคือ 7.00 ถึง 18.00 นาฬิกา นอกเวลาทำงานกำหนดให้มีอุณหภูมิเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส

6) Zone

เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ปรับอากาศ



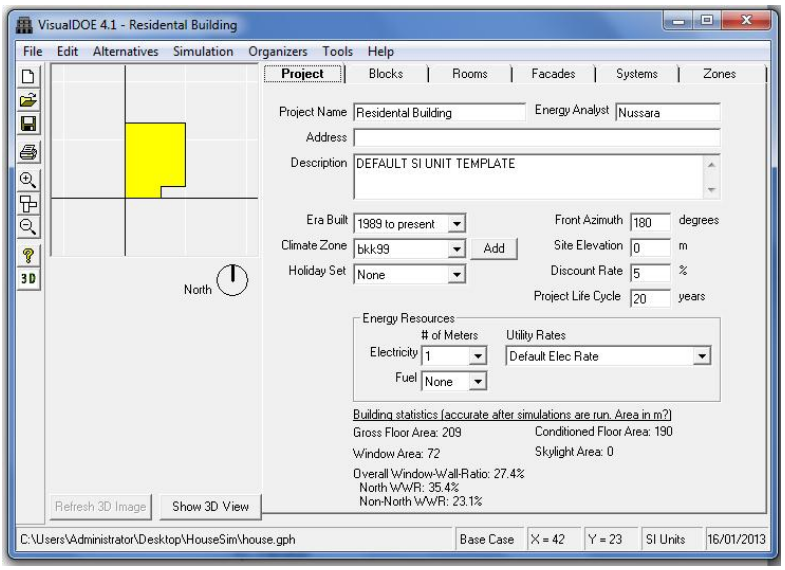
ภาพที่ 3.17 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรม
ในส่วนของคำสั่ง Zone ของอาคารสำนักงาน

3.2.2.2 **การสร้างอาคารพักอาศัยอ้างอิง** (Baseline)

สำหรับอาคารพักอาศัยอ้างอิงนั้นมีรายการในการประมวลผลในโปรแกรมทั้งหมด 840 กรณีศึกษาภายใต้เงื่อนไขต่างๆแสดงดังตารางที่ 4.2 โดยทำการปรับเปลี่ยนวัสดุผนัง วัสดุกระจก วัสดุฉนวน สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง และอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศ

1) Project

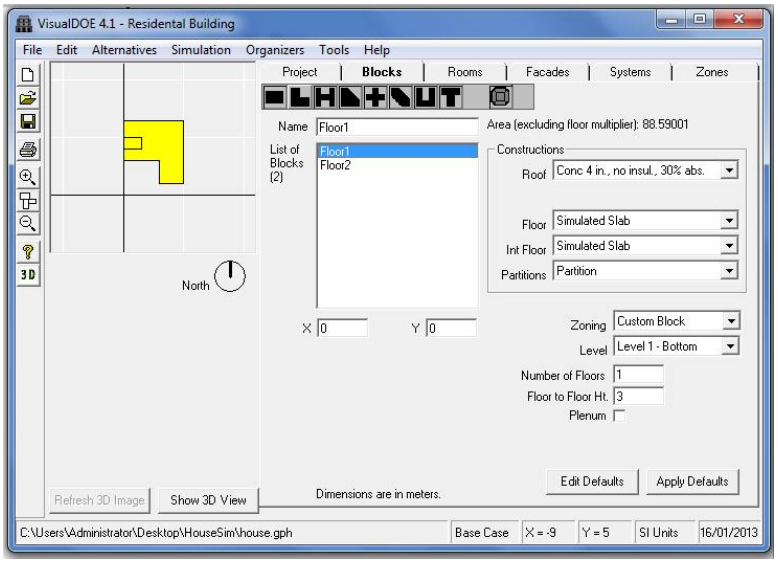
เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพทั่วไปของอาคาร



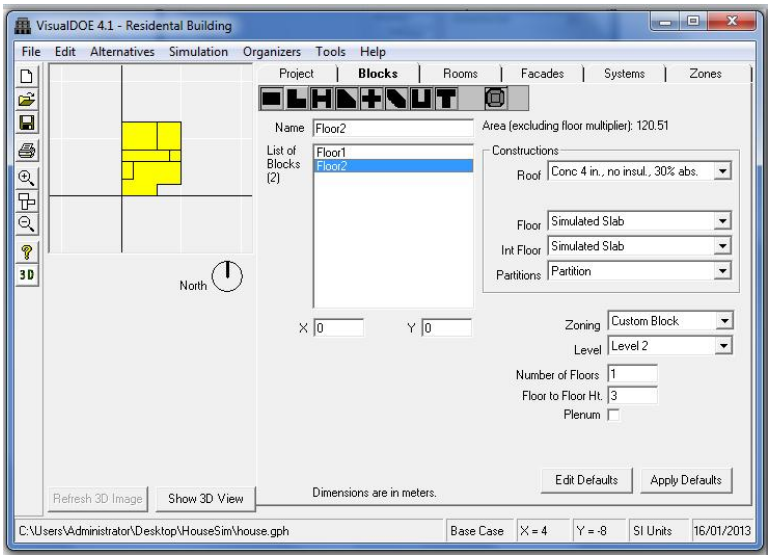
ภาพที่ 3.18 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Project ของอาคารพักอาศัย

2) Block

เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางโครงสร้างของอาคาร เช่น วัสดุหลังคา วัสดุพื้น จำนวนชั้น และความสูงในแต่ละชั้นกำหนดดังรูป



ภาพที่ 3.19 ลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Blocks ของอาคารพักอาศัยชั้นที่ 1



ภาพที่ 3.20 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Blocks ของอาคารพักอาศัยชั้นที่ 2

3) Room

เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับค่าการใช้พลังงานในแต่ละพื้นที่ สำหรับ Room ของอาคารพักอาศัยถูกแบ่งตามการใช้งานพื้นที่ได้แก่ ห้องนอน ห้องรับแขก ห้องน้ำ ห้องครัว และส่วนทางเดินของอาคาร

ปริมาณไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ภายในอาคาร

- ห้องนอน 1 ใช้หลอด Fluorescent 36+5 วัตต์X2 รวม 82 วัตต์
- ห้องนอน 2 ใช้หลอด Fluorescent 36+5 วัตต์X2 รวม 82 วัตต์
- ห้องนอน 3 Fluorescent 36 วัตต์ X 4 รวม144 วัตต์
- ห้องรับแขก Fluorescent 36 วัตต์ X 2 รวม 72 วัตต์
- ห้องครัว+ทานอาหาร Fluorescent 36 วัตต์ X 4 รวม144 วัตต์
- โถงทางเดิน Fluorescent 36 วัตต์ X 2 รวม 72 วัตต์
- ห้องน้ำ 1, 2, 3 Fluorescent 36 วัตต์ X 3 รวม108 วัตต์
- โถงทางเดินหน้าบันได Fluorescent 36 วัตต์ X 2 รวม 72 วัตต์

ปริมาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร

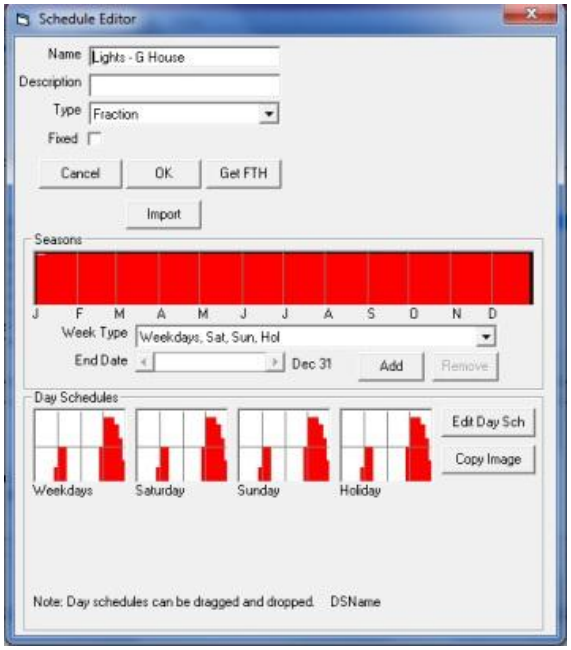
- ห้องนอน 1
  - โทรทัศน์สี 1 เครื่อง 210 วัตต์ รวม 210 วัตต์
- ห้องนอน 2
  - โทรทัศน์สี 1 เครื่อง 210 วัตต์ รวม 210 วัตต์
  - รวม 210 วัตต์
- ห้องนอน 3
  - โทรทัศน์สี 1 เครื่อง 210 วัตต์ รวม 210 วัตต์
  - คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง 696 วัตต์ รวม 696 วัตต์
  - เครื่องพิมพ์เอกสารสี 1 เครื่อง 15 วัตต์ รวม 15 วัตต์
  - รวม 1,131 วัตต์
- ห้องรับแขก
  - พัดลมตั้งโต๊ะ 1 เครื่อง 60 วัตต์ รวม 60 วัตต์
  - โทรทัศน์สี 1 เครื่อง 210 วัตต์ รวม 210 วัตต์
  - เครื่องเสียงสตูดิโอ 1 ชุด 1000วัตต์ รวม 1000 วัตต์
  - รวม 1,270 วัตต์
- ห้องครัว+รับประทานอาหาร
  - ตู้เย็น 6.4 คิว1 ตู้ 71 วัตต์ รวม 71 วัตต์
  - เตาไมโครเวฟ 1 เครื่อง 850 วัตต์ รวม 850 วัตต์
  - หม้อหุงข้าว 1 เครื่อง 500 วัตต์ รวม 500 วัตต์
  - รวม 1,421 วัตต์
- ห้องน้ำ 3 ห้อง
  - ห้องน้ำแขกชั้นล่าง ไม่มีอุปกรณ์ไฟฟ้า
  - เครื่องทำน้ำร้อน 2 เครื่อง 1,000 วัตต์ X 2 รวม 2,000 วัตต์
- โถงทางเดินชั้นล่าง 0 วัตต์
- โถงทางเดินชั้นบน 0 วัตต์

การใช้งานภายในอาคาร

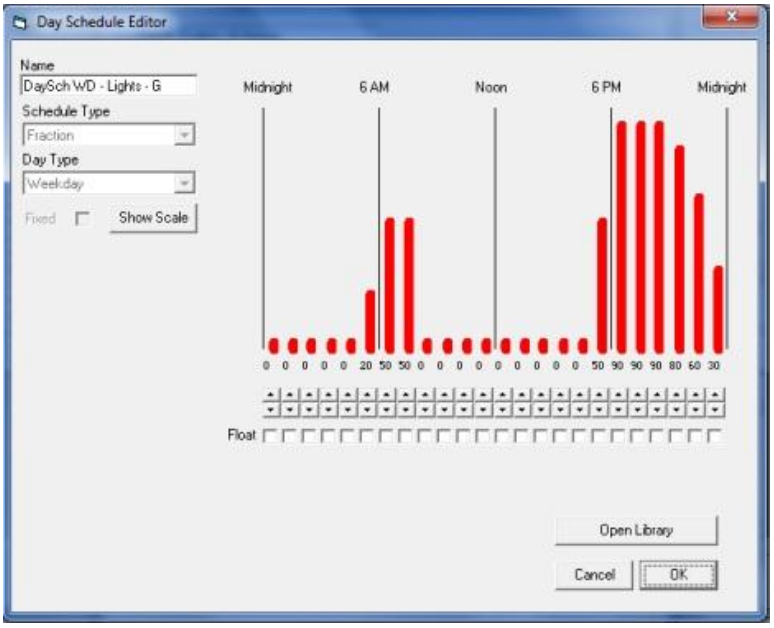
ในที่นี้จะกล่าวถึงการใช้งานเกี่ยวกับ การใช้งานเกี่ยวกับไฟฟ้าแสงสว่าง และไฟฟ้าอุปกรณ์ โดยภายในหนึ่งอาทิตย์นั้นมีการใช้งานที่แตกต่างกันไป โดยจะทำการจำแนก

การใช้งานเป็น วันธรรมดา วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุด โดยมีลักษณะการใช้งานแบ่งเป็นสองกรณีคือ การใช้งานในส่วนห้องนอนชั้นบน และการใช้งานในส่วนห้องรับรองแขกชั้นล่าง โดยอาคารพักอาศัยนั้นจะเป็นอาคารที่มีการใช้งานส่วนใหญ่ในตอนกลางคืนซึ่งไม่มีแสงแดด

- การใช้งานไฟฟ้าแสงสว่าง



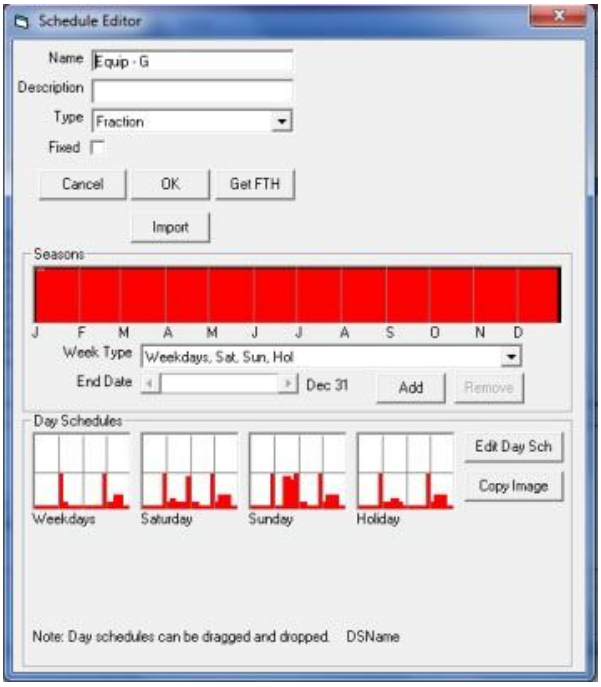
ภาพที่ 3.21 แสดงระยะเวลาในการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละหน่วยที่พักอาศัย



ภาพที่ 3.22 แสดงระยะเวลาในการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละหน่วยที่พักอาศัย

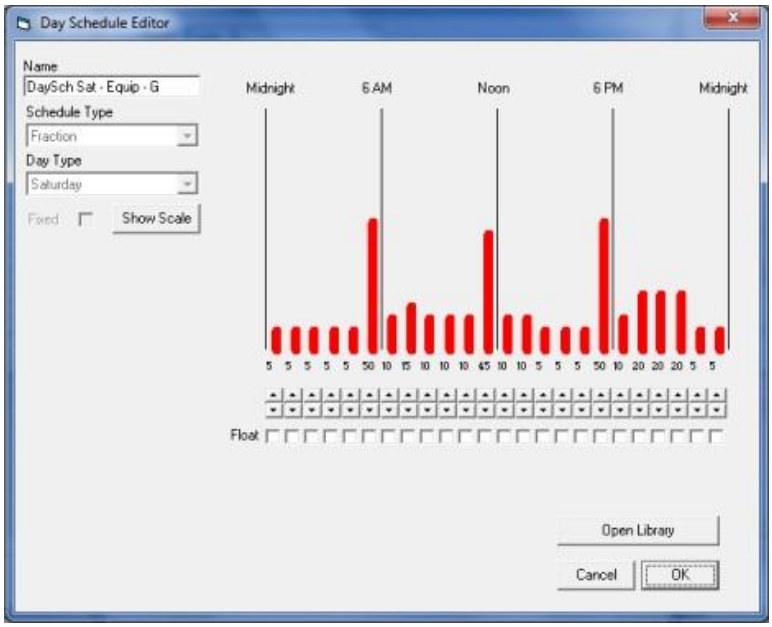
ของวันธรรมดา วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุด

- การใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า

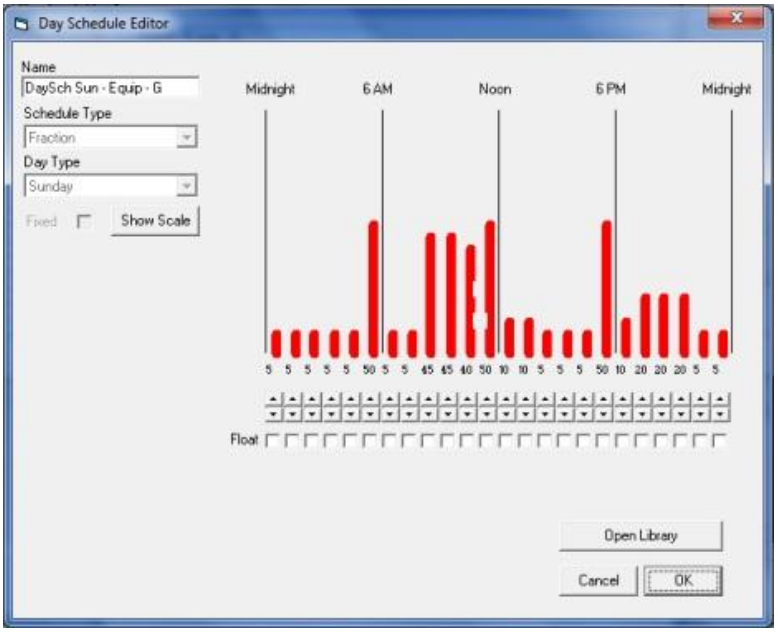


ภาพที่ 3.23 แสดงระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัย

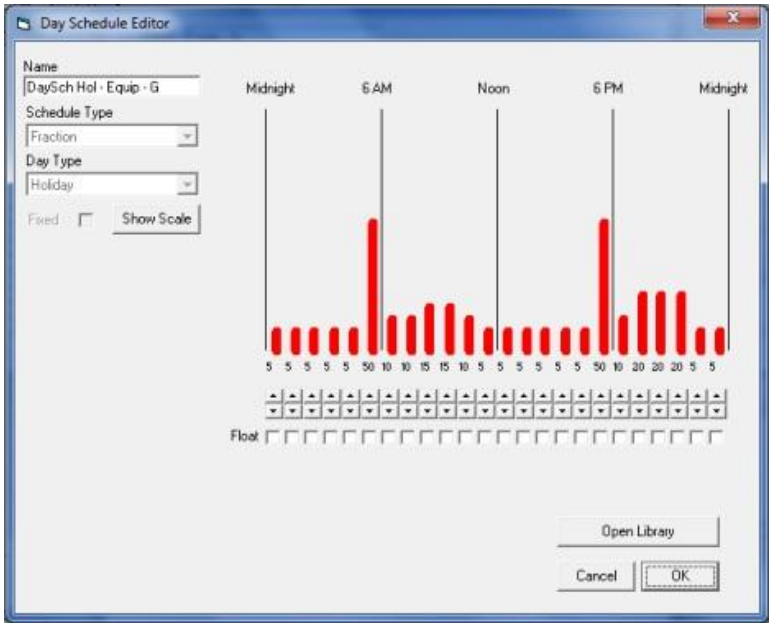
ภาพที่ 3.24 แสดงระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัยของวันธรรมดา



ภาพที่ 3.25 แสดงระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัยของวันเสาร์



ภาพที่ 3.26 แสดงระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัยของวันอาทิตย์



ภาพที่ 3.27 แสดงระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยที่พักอาศัยของวันหยุด

การใช้พลังงานในแต่ละห้อง

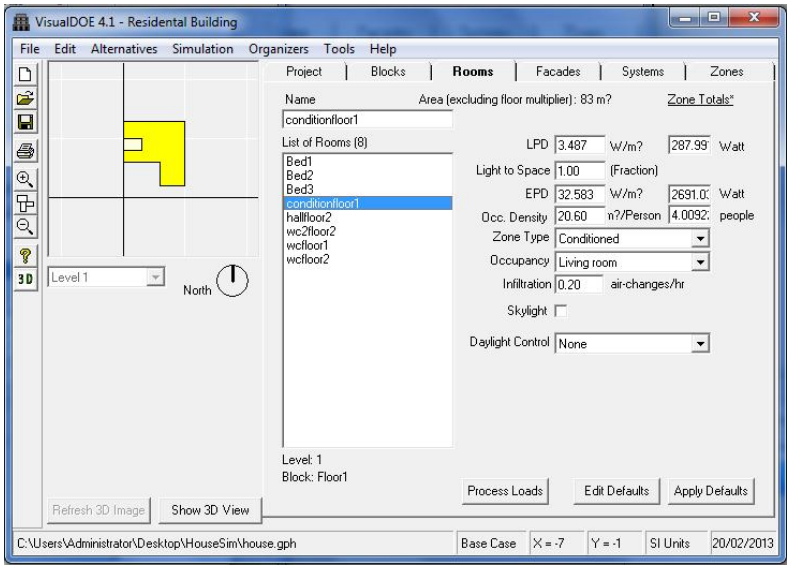
ชั้นล่างประกอบด้วย

1. ห้องรับแขก
   - ปริมาณไฟฟ้าแสงสว่าง 72 วัตต์
   - Light to Space เท่ากับ 1
   - ปริมาณไฟฟ้าอุปกรณ์ 1,270 วัตต์
   - จำนวนผู้ใช้งาน 4 คน
   - มีการปรับอากาศ
   - การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของคนในโครงการ
   - ปริมาณการรั่วซึมของอากาศเท่ากับ 0.2 air-change: hour
   - ไม่มีการเจาะช่องเปิดด้านบน (Sky Light)
   - ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)
2. โถงทางเดิน
   - ค่าปริมาณไฟฟ้าแสงสว่าง 72 วัตต์
   - Light to Space เท่ากับ 1

- จำนวนผู้ใช้งาน 4 คน
- มีการปรับอากาศ
- การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของคนในโครงการ
- ปริมาณการรั่วซึมของอากาศเท่ากับ 0.2 air-change: hour
- ไม่มีการเจาะช่องเปิดด้านบน (Sky Light)
- ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)

3. ครัว + รับประทานอาหาร

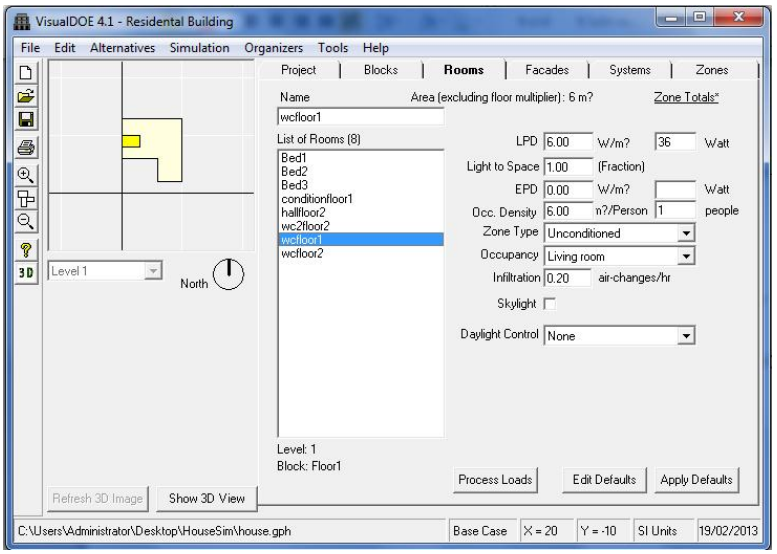
- ค่าปริมาณไฟฟ้าแสงสว่าง 144 วัตต์
- Light to Space เท่ากับ 1
- ปริมาณไฟฟ้าอุปกรณ์ 1,421 วัตต์
- จำนวนผู้ใช้งาน 4 คน
- มีการปรับอากาศ
- การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของคนในโครงการ
- ปริมาณการรั่วซึมของอากาศเท่ากับ 0.2 air-change: hour
- ไม่มีการเจาะช่องเปิดด้านบน (Sky Light)
- ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)



ภาพที่ 3.28 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Rooms (ห้องรับแขก โถงทางเดิน ห้องครัวและห้องรับประทานอาหาร

4. ห้องน้ำแขก

- ปริมาณไฟฟ้าแสงสว่าง 36 วัตต์
- Light to Space เท่ากับ 1
- ค่า EPD (Electrical Power Density) เท่ากับ 0 วัตต์ต่อตารางเมตร
- จำนวนผู้ใช้งาน 1 คน
- ไม่มีการปรับอากาศ
- การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของคนในโครงการ
- ปริมาณการรั่วซึมของอากาศเท่ากับ 0.2 air-change: hour
- ไม่มีการเจาะช่องเปิดด้านบน (Sky Light)
- ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)

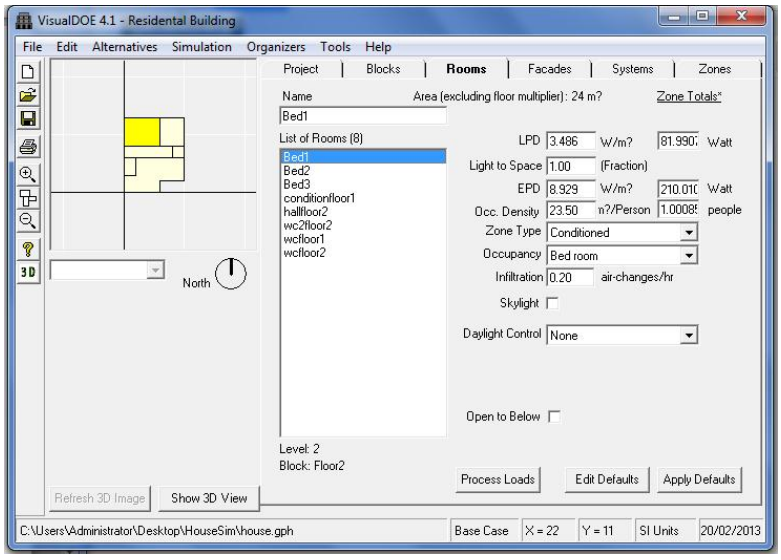


ภาพที่ 3.29 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Rooms (ห้องน้ำชั้นล่าง)

ชั้นสองประกอบด้วย

1. ห้องนอน 1

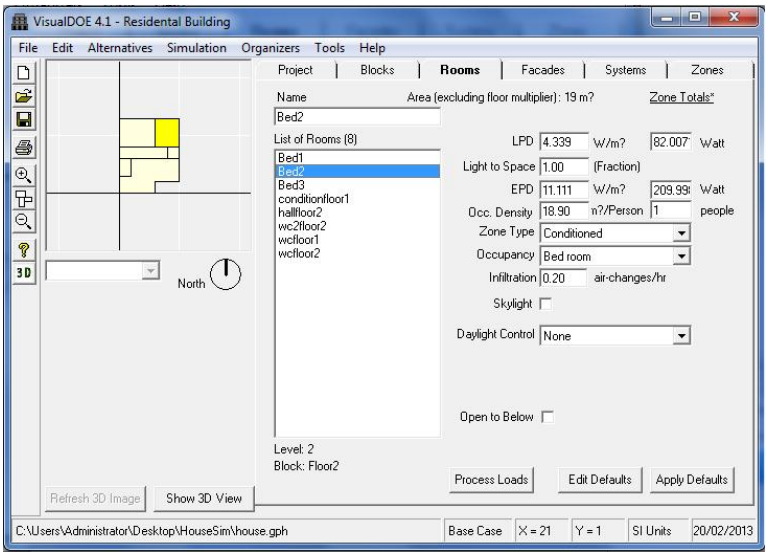
- ค่า LPD (Lighting Power Density) เท่ากับ 3.5 วัตต์ต่อตร.ม. (ปริมาณไฟฟ้าแสงสว่าง 82 วัตต์)
- Light to Space เท่ากับ 1
- ค่า EPD(Electrical Power Density)เท่ากับ 8.9วัตต์ต่อตร.ม. (ปริมาณไฟฟ้าอุปกรณ์ 210 วัตต์)
- จำนวนผู้ใช้งาน 1 คน
- มีการปรับอากาศ
- การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของคนในโครงการ
- ปริมาณการรั่วซึมของอากาศเท่ากับ 0.2 air-change: hour
- ไม่มีการเจาะช่องเปิดด้านบน (Sky Light)
- ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)



ภาพที่ 3.30 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Rooms (ห้องนอน1)

2. ห้องนอน 2

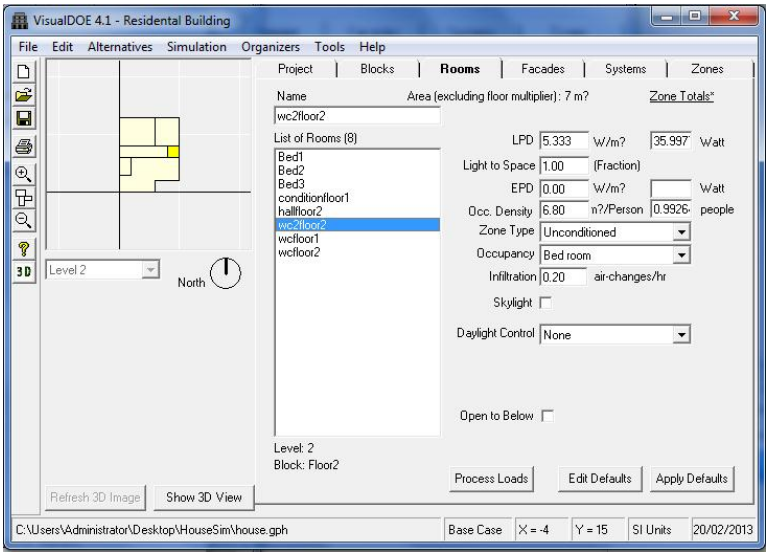
- ค่า LPD (Lighting Power Density) เท่ากับ 4.3 วัตต์ต่อตร.ม. (ปริมาณไฟฟ้าแสงสว่าง 82 วัตต์)
- Light to Space เท่ากับ 1
- ค่า EPD (Electrical Power Density) เท่ากับ 11.1 วัตต์ต่อตร.ม. (ปริมาณไฟฟ้าอุปกรณ์ 210 วัตต์)
- จำนวนผู้ใช้งาน 1 คน
- มีการปรับอากาศ
- การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของคนในโครงการ
- ปริมาณการรั่วซึมของอากาศเท่ากับ 0.2 air-change: hour
- ไม่มีการเจาะช่องเปิดด้านบน (Sky Light)
- ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)



ภาพที่ 3.31 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Rooms (ห้องนอน2)

3. ห้องน้ำ 2

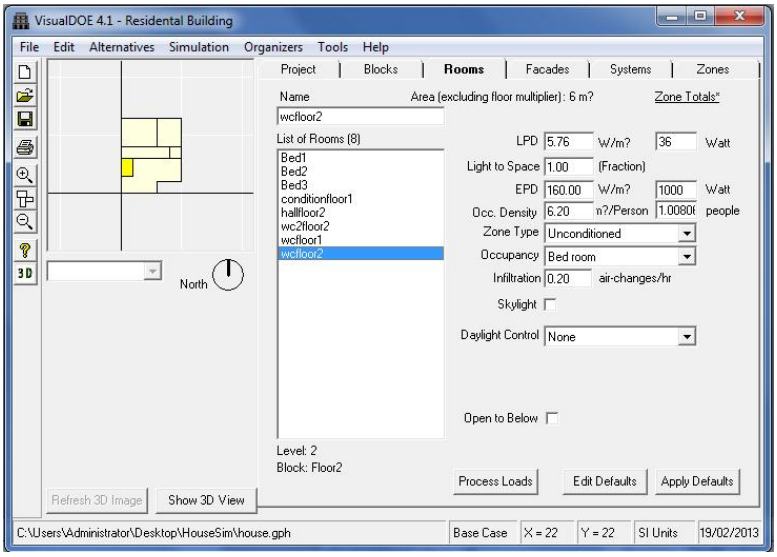
- ค่า LPD (Lighting Power Density) เท่ากับ 5.3 วัตต์ต่อตร.ม. (ปริมาณไฟฟ้าแสงสว่าง 36 วัตต์)
- Light to Space เท่ากับ 1
- ค่า EPD(Electrical Power Density) เท่ากับ 0 วัตต์ต่อตร.ม.
- จำนวนผู้ใช้งาน 1 คน
- ไม่มีการปรับอากาศ
- การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของคนในโครงการ
- ปริมาณการรั่วซึมของอากาศเท่ากับ 0.2 air-change: hour
- ไม่มีการเจาะช่องเปิดด้านบน (Sky Light)
- ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)



ภาพที่ 3.32 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Rooms (ห้องน้ำ)

4. ห้องน้ำ 3

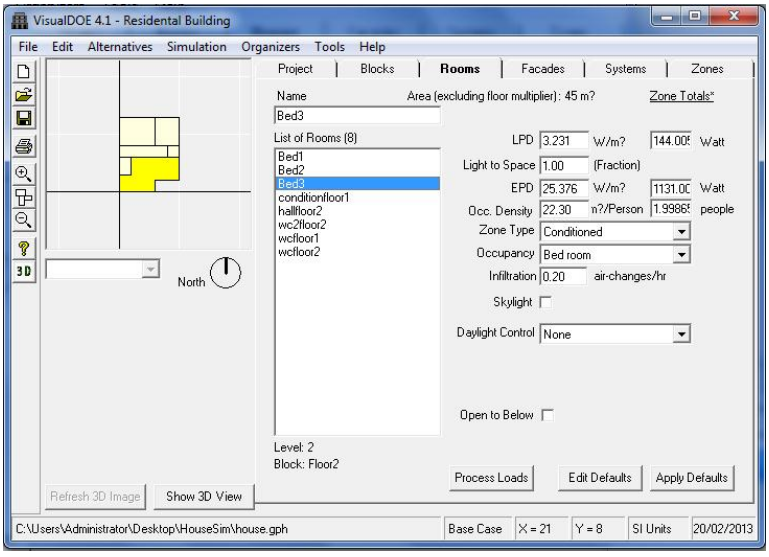
- ค่า LPD (Lighting Power Density) เท่ากับ 5.76 วัตต์ต่อตร.ม. (ปริมาณไฟฟ้าแสงสว่าง 36 วัตต์)
- Light to Space เท่ากับ 1
- ค่า EPD (Electrical Power Density) เท่ากับ160 วัตต์ต่อตร.ม. (ปริมาณไฟฟ้าอุปกรณ์ 1,000 วัตต์)
- จำนวนผู้ใช้งาน 1 คน
- ไม่มีการปรับอากาศ
- การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของคนในโครงการ
- ปริมาณการรั่วซึมของอากาศเท่ากับ 0.2 air-change: hour
- ไม่มีการเจาะช่องเปิดด้านบน (Sky Light)
- ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)



ภาพที่ 3.33 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Rooms (ห้องน้ำ)

5. ห้องนอน 3

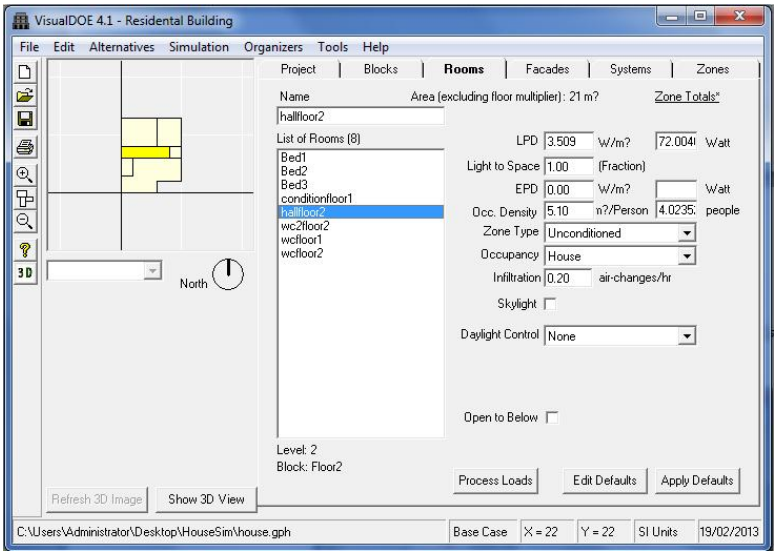
- ค่า LPD (Lighting Power Density) เท่ากับ 3.2 วัตต์ต่อตร.ม. (ปริมาณไฟฟ้าแสงสว่าง 144 วัตต์)
- Light to Space เท่ากับ 1
- ค่า EPD(Electrical Power Density) เท่ากับ 27.1 วัตต์ต่อตร.ม. (ปริมาณไฟฟ้าอุปกรณ์ 1,210 วัตต์)
- จำนวนผู้ใช้งาน 2 คน
- มีการปรับอากาศ
- การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของคนในโครงการ
- ปริมาณการรั่วซึมของอากาศเท่ากับ 0.2 air-change: hour
- ไม่มีการเจาะช่องเปิดด้านบน (Sky Light)
- ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)



ภาพที่ 3.34 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Rooms (ห้องนอน3)

6. โถงทางเดิน

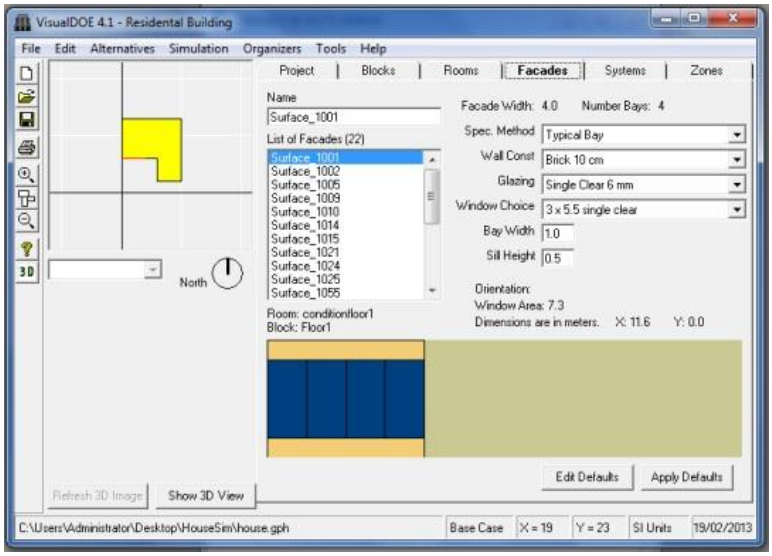
- ค่า LPD (Lighting Power Density) เท่ากับ 3.5 วัตต์ต่อตร.ม. (ปริมาณไฟฟ้าแสงสว่าง 72 วัตต์)
- Light to Space เท่ากับ 1
- ค่า EPD (Electrical Power Density) เท่ากับ 0 วัตต์ต่อตร.ม.
- จำนวนผู้ใช้งาน 4 คน
- ไม่มีการปรับอากาศ
- การใช้งานเป็นการอยู่อาศัยของคนในโครงการ
- ปริมาณการรั่วซึมของอากาศเท่ากับ 0.2 air-change: hour
- ไม่มีการเจาะช่องเปิดด้านบน (Sky Light)
- ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงอัตโนมัติ (Daylight Control)



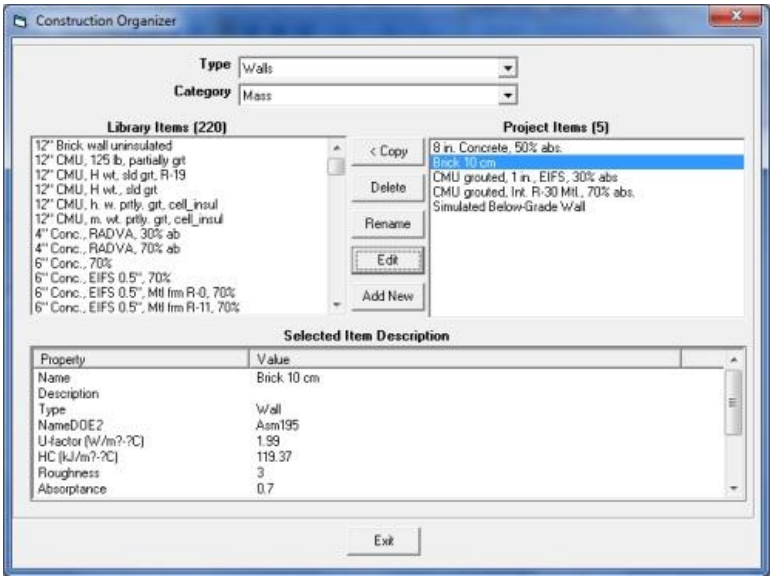
ภาพที่ 3.35 แสดงลักษณะการป้อนค่าของโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Rooms (โถงทางเดิน)

4) Facade

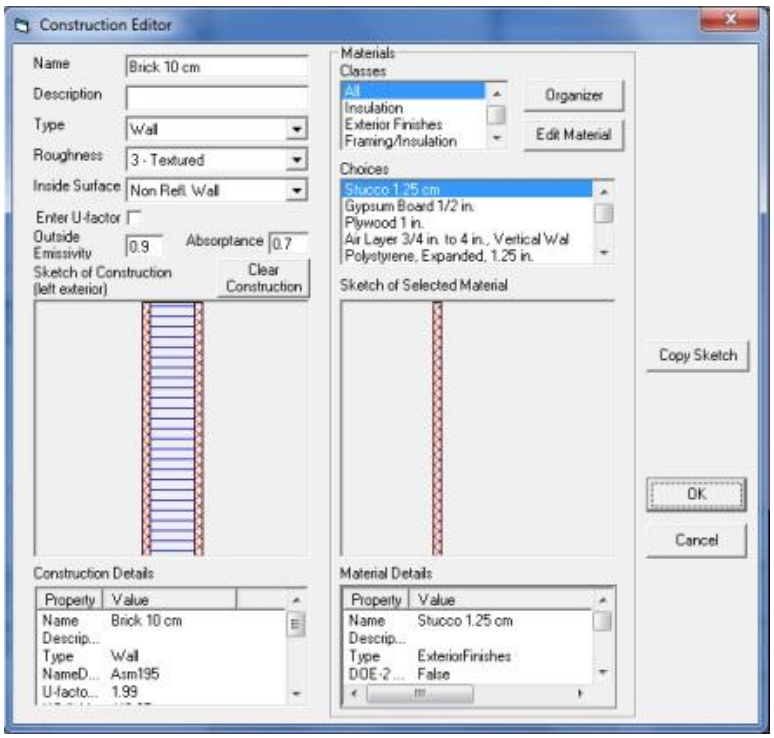
เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับรูปด้านของอาคาร ได้แก่ ลักษณะช่องเปิด ตำแหน่งของช่องเปิด วัสดุที่ใช้ทำผนัง วัสดุกระจก ระยะวงกบ เป็นต้น



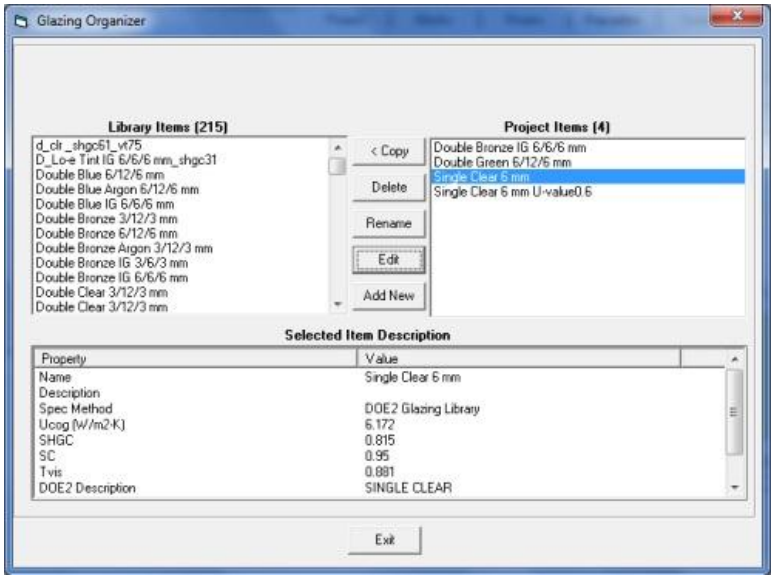
ภาพที่ 3.36 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมในส่วนของคำสั่ง Facade ของบ้านพักอาศัย



ภาพที่ 3.37 แสดงการสร้างวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูนในคำสั่ง Constructions ของบ้านพักอาศัย



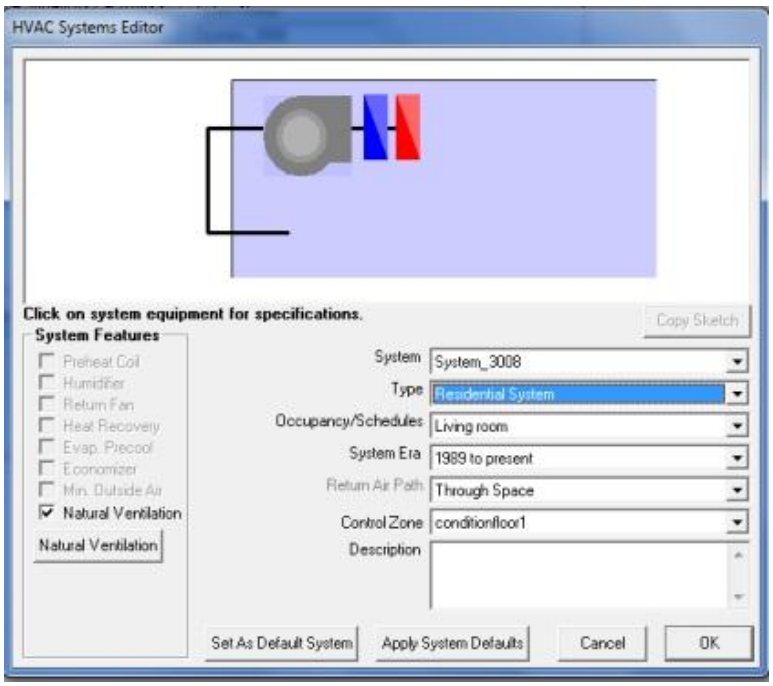
ภาพที่ 3.38 แสดงการสร้างวัสดุผนังของอาคารพักอาศัยในคำสั่ง Constructions Editor



ภาพที่ 3.39 แสดงการสร้างวัสดุผนังกระจกใสของอาคารพักอาศัยในคำสั่ง Glazing

5) System

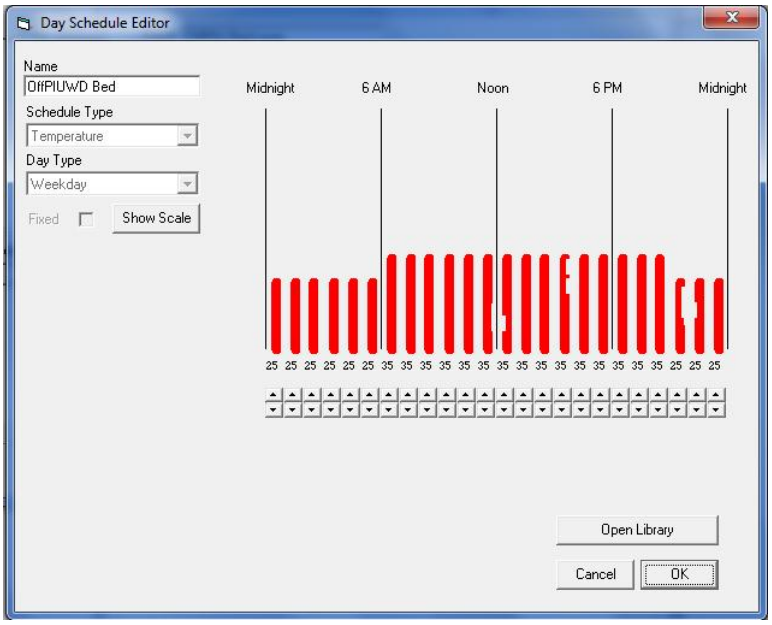
เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศในอาคาร สำหรับพักอาศัย ใช้ระบบปรับอากาศแบบ Residential System กำหนดให้มีการระบายลมแบบ Natural Ventilation



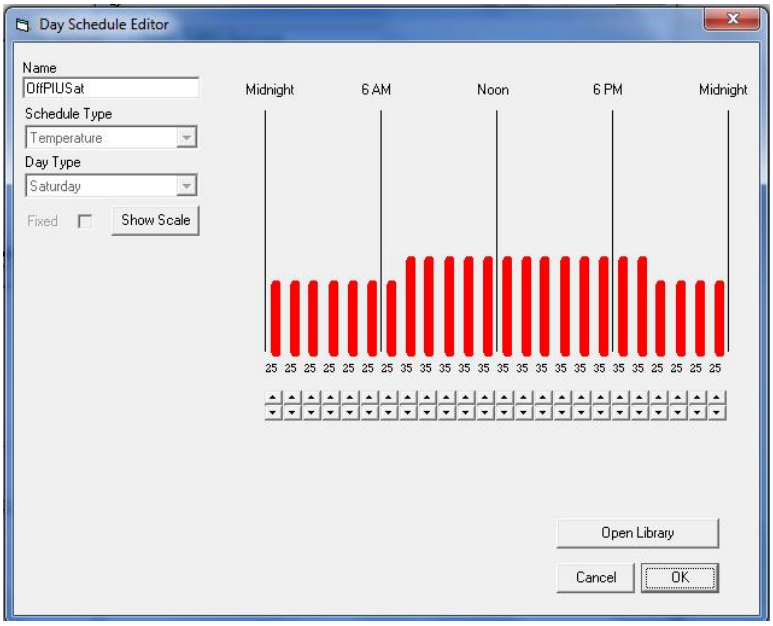
ภาพที่ 3.40 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมของคำสั่ง System ของบ้านพักอาศัย

ตารางที่ 3.11 ช่วงเวลาการใช้พื้นที่ปรับอากาศของห้องต่างๆในอาคารพักอาศัยอ้างอิง

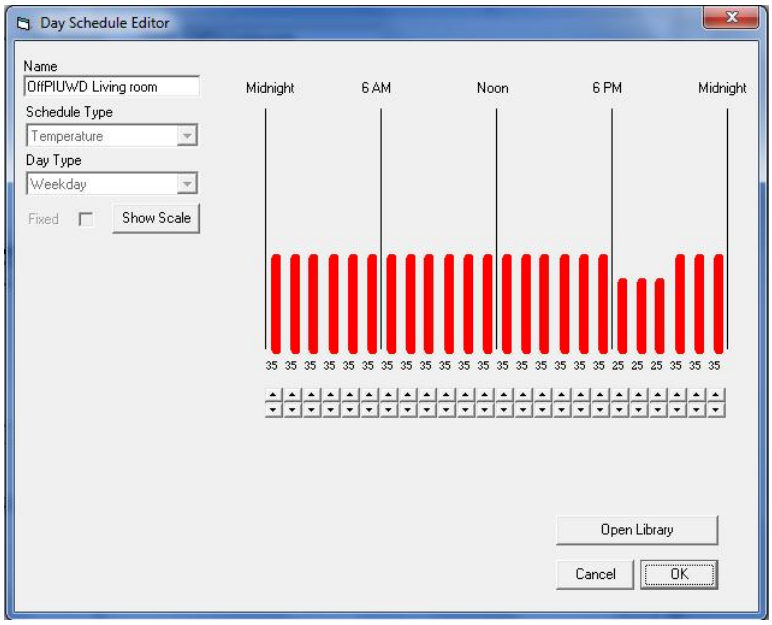
Function	Operating hours						
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
ห้องนอนชั้นบน	22.00 – 6.00					21.00 – 7.00	
ห้องรับแขกชั้นล่าง	19.00 – 21.00					18.00 – 21.00	



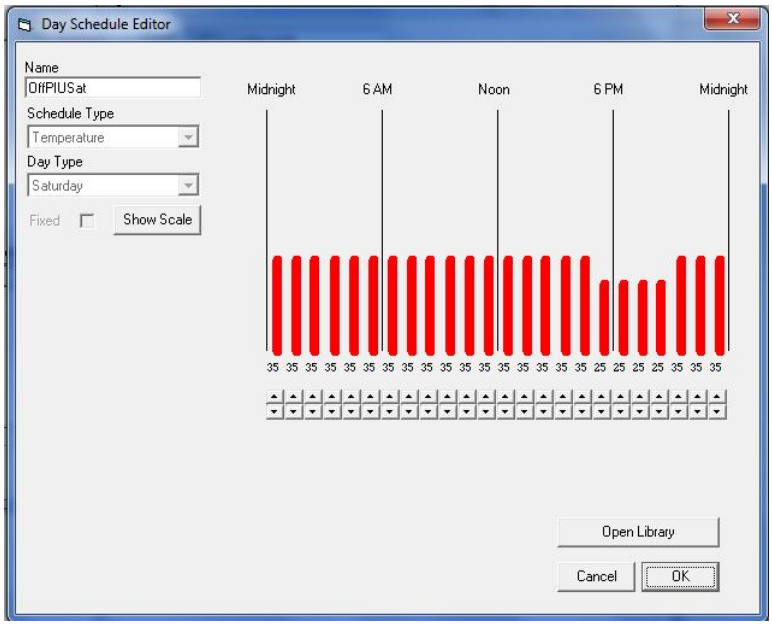
ภาพที่ 3.41 แสดงการกำหนดค่า Schedule ของระบบปรับอากาศสำหรับห้องนอนชั้นบนของอาคารพักอาศัยในวันธรรมดา



ภาพที่ 3.42 แสดงการกำหนดค่า Schedule ของระบบปรับอากาศสำหรับห้องนอนชั้นบนของอาคารพักอาศัยในวันเสาร์อาทิตย์



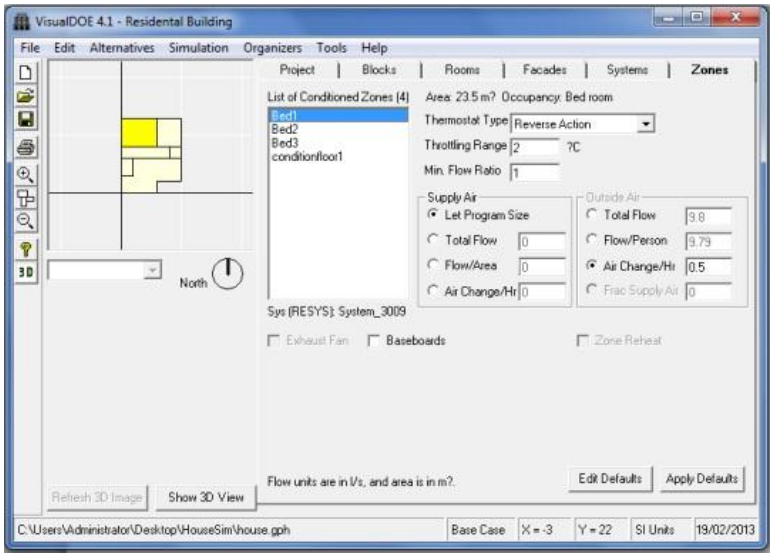
ภาพที่ 3.43 แสดงการกำหนดค่า Schedule ของระบบปรับอากาศสำหรับห้องรับแขกชั้นล่างของอาคารพักอาศัยในวันธรรมดา



ภาพที่ 3.44 แสดงการกำหนดค่า Schedule ของระบบปรับอากาศสำหรับห้องรับแขกชั้นล่างของอาคารพักอาศัยในวันเสาร์อาทิตย์

6) Zone

เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ปรับอากาศ



ภาพที่ 3.45 แสดงลักษณะการป้อนค่าในโปรแกรมของคำสั่ง Zone ของบ้านพักอาศัย

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการวิจัยโดยวิธีการจำลองอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

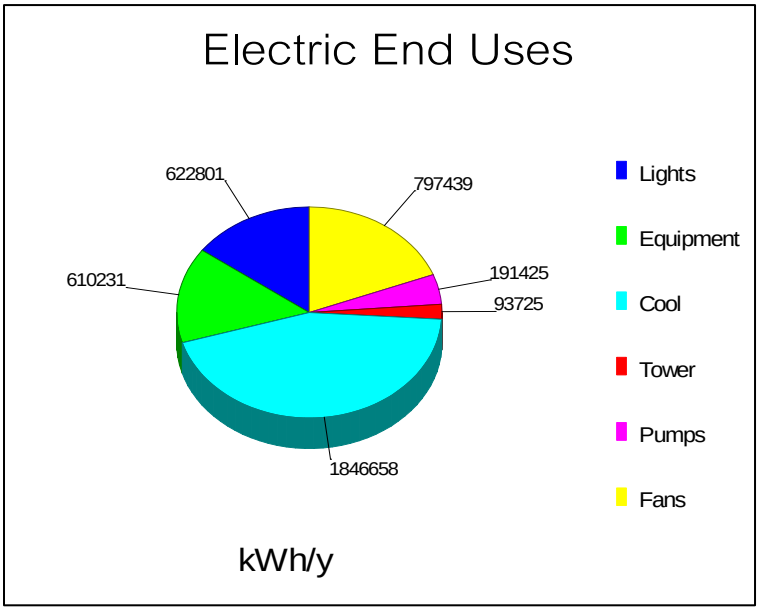
งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง ที่ใช้การจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการคำนวณภาระการทำความเย็นและค่าการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัย โปรแกรมที่ใช้ในการศึกษาคือ Visual DOE 4.1 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีความเที่ยงตรง แม่นยำ เชื่อถือได้และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยต่างๆ

4.1.1 ผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานอ้างอิง

อาคารสำนักงานอ้างอิง ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน กรุด้วยกระจกใส สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังเท่ากับ 0.44 อุณหภูมิภายในเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ 8.00 ถึง 18.00 น. ระบบปรับอากาศปรับอากาศชนิดปริมาตรอากาศคงที่ (Constant Air Volume System; CAV)

- พลังงานจากไฟฟ้าแสงสว่าง เท่ากับ 622,801 กิโลวัตต์- ชั่วโมง ต่อปี
- พลังงานจากอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 610,231 กิโลวัตต์- ชั่วโมง ต่อปี
- พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ เท่ากับ 1,846,658 กิโลวัตต์- ชั่วโมง ต่อปี
- พลังงานจากพัดลม เท่ากับ 797,439 กิโลวัตต์- ชั่วโมง ต่อปี
- พลังงานจากหอระบายความร้อน เท่ากับ 93,725 กิโลวัตต์- ชั่วโมง ต่อปี
- พลังงานจากระบบปั๊ม เท่ากับ 191,425 กิโลวัตต์- ชั่วโมง ต่อปี
- ค่าพลังงานรวม เท่ากับ 4,162,279 กิโลวัตต์- ชั่วโมง ต่อปี

สำหรับการพิจารณาในส่วนพลังงานการทำความเย็นในอาคารสำนักงานอ้างอิง มีค่าเท่ากับ2,929,247 กิโลวัตต์- ชั่วโมง ต่อปี คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 66 ของค่าพลังงานรวมที่เกิดขึ้น และมีค่าการใช้พลังงานต่อพื้นที่ต่อปีเท่ากับ 216 (Energy Use Index: EUI , k Wh^{-2} Y^{-1}) และสัดส่วนของการใช้พลังงานอื่นๆที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 แสดงดังตารางที่ 4.1



แผนภูมิที่ 4.1 ปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคารสำนักงาน

ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองอาคารสำนักงานอ้างอิงในโปรแกรม VISUAL DOE - 4.1

ENERGY TYPE	ELECTRICITY (KWH)
AREA LIGHTS	622,801
MISC EQUIPMT	610,231
SPACE COOL	1,846,658
HEAT REJECT	93,725
PUMPS & MISC	191,425
VENT FANS	797,439
TOTAL	4,162,279
COOLING ENERGY (Space cooling, Heat rejection, Pumps and Vent fans)	2,929,247 (66% OF TOTAL)
ENERGY USE INDEX (k Wh^{-2} Y^{-1})	216

4.1.2 ผลการจำลองอาคารสำนักงาน กรณีศึกษาอื่น ๆ

4.1.2.1 อาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนกรุด้วยกระจกใส

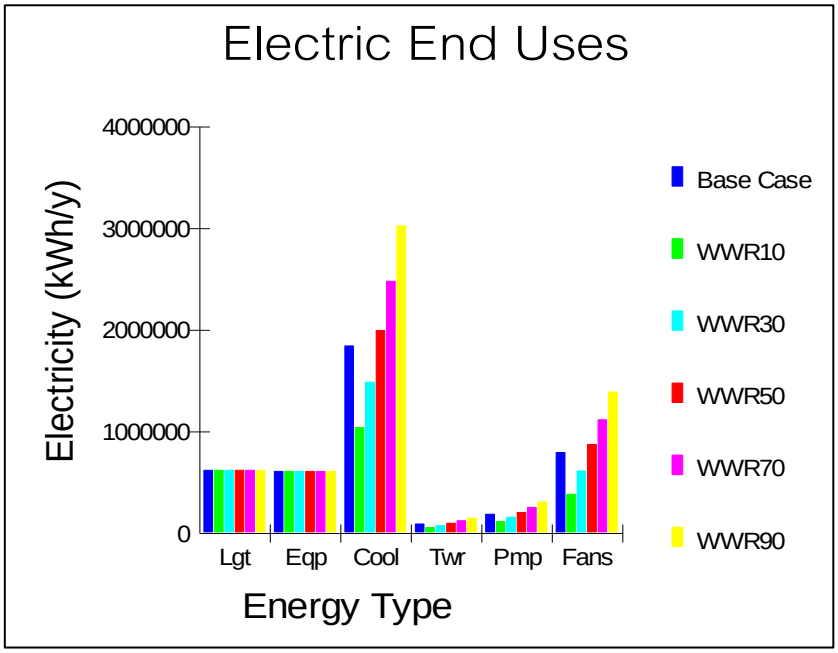
(อาคารสำนักงานอ้างอิงปรับเงื่อนไขอื่นๆเพิ่มเติม)

อาคารสำนักงานอ้างอิง ผนังก่ออิฐมอญกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

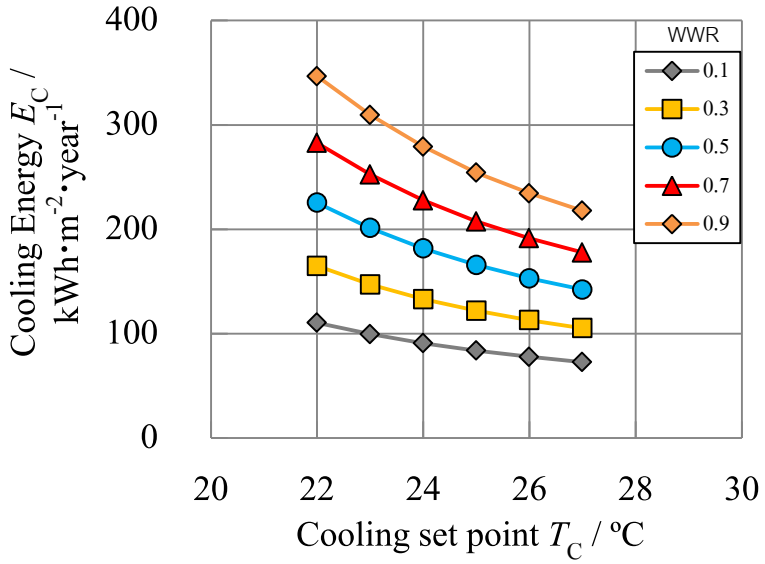
เมื่อทำการจำลองอาคารสำนักงานอ้างอิง ที่มีผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนกรุด้วยกระจกใส มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ เท่ากับ 2.83 วัตต์/ตร.ม.-องศาเซลเซียส ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งใส(กระจกใส)เท่ากับ 6.17 วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส สัมประสิทธิ์การบังแดด(Shading Coefficient: SC) เท่ากับ 0.95 จากกรณีอ้างอิงมีค่า WWR เท่ากับ 0.44 และมีการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส จึงทำการปรับเงื่อนไขเพิ่มเติม ในกรณีนี้โดยกำหนดให้มีค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 และปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นที่ได้มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 60 ของพลังงานรวมในอาคาร แสดงดังตารางที่ 4.2 และแผนภูมิที่ 4.3 ค่าพลังงานการทำความเย็นของอาคารที่มีช่องเปิดมาก ในที่นี้คือ WWR เท่ากับ 0.9 จะมีค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นมากที่สุด รองลงมาคือ WWR เท่ากับ 0.7, 0.5, 0.3 และในอาคารที่มีช่องเปิดน้อย WWR เท่ากับ 0.1 จะมีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นน้อยที่สุด และค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นจะลดลงเรื่อยๆเมื่อมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงขึ้น สำหรับการศึกษานี้อุณหภูมิที่ประหยัดที่สุดจากเงื่อนไขดังกล่าวคือ 27 องศาเซลเซียส และสิ้นเปลืองพลังงานการทำความเย็นที่สุดเมื่อปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิต่ำคือ 22 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็น ของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนังก่ออิฐมอญกรุด้วยกระจกใส ภายใต้อุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และ WWR อยู่ในช่วงระหว่าง 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 °C	23 °C	24 °C	25 °C	26 °C	27 °C
0.1	110.53	99.60	90.89	83.74	77.81	72.82
0.3	164.83	147.16	132.96	122.04	112.97	105.27
0.5	225.43	201.24	181.54	165.74	152.95	142.24
0.7	282.85	252.53	227.77	207.54	191.38	177.75
0.9	346.73	309.66	279.34	254.30	234.51	217.76



แผนภูมิที่ 4.2 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานที่มีผนังก่ออิฐมอญกรุด้วยกระจกใส (อาคารอ้างอิง) อุณหภูมิภายใน 25 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 ที่ได้จากโปรแกรม Visual DOE - 4.1



แผนภูมิที่ 4.3 ผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานก่ออิฐมอญกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

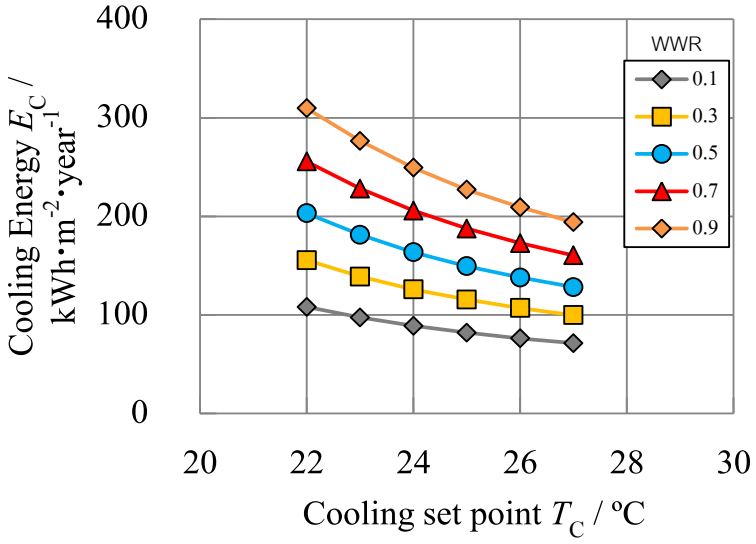
4.1.2.2 อาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญกรุด้วยกระจกเขียว

อาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญกรุด้วยกระจกเขียว อุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีผนังก่ออิฐฉาบปูน กรุด้วยกระจกสีเขียว ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ(U-Value)เท่ากับ 2.83 วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งใส(กระจกเขียว) เท่ากับ 6.17 วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส สัมประสิทธิ์การบังแดด(SC) เท่ากับ 0.71 จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นยังคงเป็นไปในลักษณะเดิม แสดงดังแผนภูมิที่ 4.4 คือ อาคารที่มีช่องเปิดน้อยและมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีกว่า อาคารที่มีช่องเปิดมาก สามารถรับแสงแดดเข้ามาในอาคารได้มาก และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงนั่นเอง การเปลี่ยนวัสดุเปลือกอาคารในส่วนผนังทึบ จากกระจกใสเป็นกระจกสีเขียว ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของกระจกเปลี่ยนไป คือ เมื่อใช้กระจกเขียว ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ลดลงจะมีประสิทธิ์ภาพในการป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าสู่อาคารได้มากขึ้น ทำให้ค่าการใช้พลังงานในส่วนการทำความเย็นที่เกิดจากการเปลี่ยนวัสดุกระจกลดลงไปจากเดิมประมาณร้อยละ 2 และมากที่สุดร้อยละ 10.88 โดยการใช้กระจกเขียว 1 ชั้นแทนกระจกใสนี้ จะสามารถช่วยลดพลังงานการทำความเย็นในอาคารได้ในทุก WWR และอัตราการลดลงของพลังงานการทำความเย็นนี้จะยิ่งมากขึ้นเมื่ออาคารมีช่องเปิดมากขึ้น หรือ WWR สูงนั่นเอง ในที่นี้คือใน WWR เท่ากับ 0.9 เมื่อใช้กระจกเขียวแทนกระจกใสจะมีการใช้พลังงานการทำความเย็นลดลงได้มากที่สุดกว่า WWR อื่น ถึงร้อยละ 10.88 รองลงมาคือในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.7, 0.5, 0.3 และน้อยที่สุดในอาคารที่มีช่องเปิดน้อยหรือมี WWR เท่ากับ 0.1

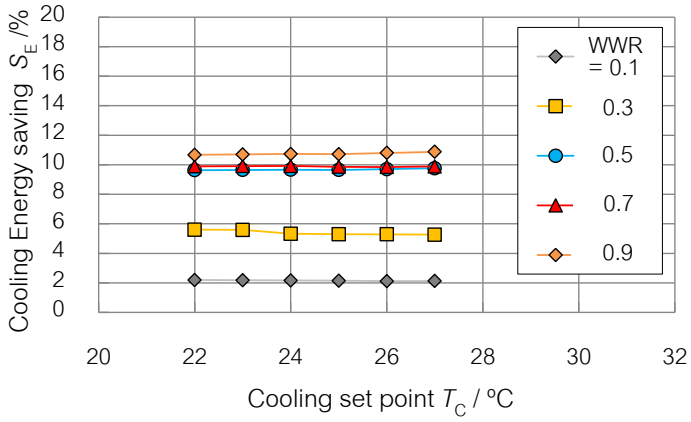
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็น ของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนังก่ออิฐมอญกรุด้วยกระจกเขียว ภายใต้อุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และ WWR อยู่ในช่วง 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	108.11	97.44	88.92	81.94	76.16	71.28
0.3	155.59	138.93	125.87	115.57	107.00	99.73
0.5	203.12	181.30	163.54	149.40	137.88	128.18
0.7	255.61	228.16	205.76	187.51	172.81	160.39
0.9	309.74	276.52	249.36	227.05	209.19	194.08



แผนภูมิที่ 4.4 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานก่ออิฐมอญกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9

สำหรับการเปรียบเทียบร้อยละการประหยัดงานดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าลักษณะการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่ออาคารมีช่องเปิดมาก และในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.7, 0.9 จะมีทิศทางของการประหยัดพลังงานจะสูงมากขึ้นเมื่อปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงมากขึ้น แต่ในอาคารที่มีช่องเปิดน้อยคือ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3 และ 0.5 ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานจะลดลงเมื่อปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีอาคารสำนักงานอ้างอิงที่มีผนังเป็นก่ออิฐมอญชั้นเดียวกรุด้วยกระจกใส



แผนภูมิที่ 4.5 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานของอาคารสำนักงานก่ออิฐมอญกระจกเขียวเปรียบเทียบกระจกใสปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1ถึง 0.9

4.1.2.3 สำนักงานผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องว่างอากาศกรุกระจกใส

อาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องว่างอากาศบุด้วยกระจกใส อุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

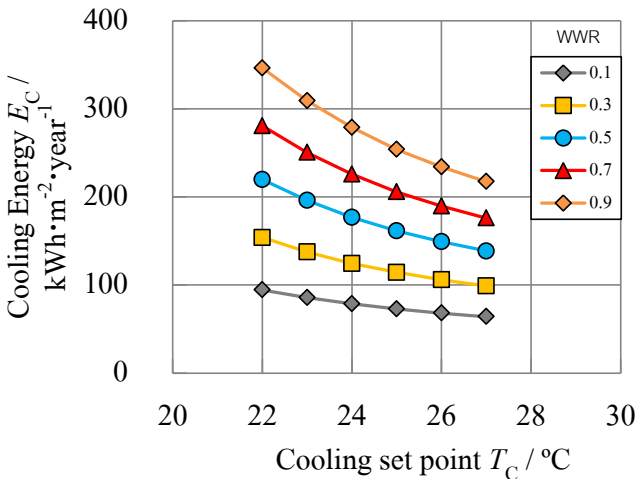
เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานรวมและพลังงานการทำความเย็นของอาคารที่มีการใช้ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศ 5 เซนติเมตร (U-Value = 1.52 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส) มีผนังกระจกใส ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นตารางที่ 4.4 โดยรวมมีค่าลดลงจากกรณีอาคารสำนักงานอ้างอิงที่มีผนังก่ออิฐฉาบปูน(U-Value = 2.83 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส) โดยในอาคารที่มีช่องเปิดน้อย ในที่นี้คือ WWR เท่ากับ 0.1 จะมีอัตราการลดลงที่มากที่สุดถึงร้อยละ 14.5 ซึ่งอัตราการลงลงเกิดขึ้นมากที่สุดเมื่อเปิดอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำคือ 22 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ 23, 24, 25, 26 และ 27 องศาเซลเซียส จะมีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นลดลงร้อยละ 14.1, 13.6, 13.1, 12.6 และ 12.2 ตามลำดับแสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นดังกล่าวในตารางที่ 4.6 และแผนภูมิที่ 4.7

อัตราการลดลงของพลังงานการทำความเย็นในลำดับรองลงมาเกิดขึ้นในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.3 สามารถลดลงจากกรณีอ้างอิงได้ถึงร้อยละ 7 และอัตราการลงลงจะเกิดขึ้นมากที่สุดเมื่อปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำคือ 22 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกับใน WWR เท่ากับ 0.1 ในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.5 มีอัตราการลดลงของพลังงานการทำความเย็นเทียบกับกรณีอ้างอิงได้สูงสุดร้อยละ 2.5 ในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.7 มีอัตราการลดลงของพลังงานการทำความเย็นเทียบกับกรณีอ้างอิงได้สูงสุดร้อยละ 0.8 และในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.9 มีอัตราการลดลงของพลังงานการทำความเย็นได้น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีอ้างอิงได้สูงสุดเพียงร้อยละ 0.1 สำหรับอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.5 นั้นเมื่อนำข้อมูลการใช้พลังงานในส่วนการทำความเย็นที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์พบว่า อัตราการลดลงของพลังงานเมื่อเทียบกับอาคารอ้างอิงค่อนข้างคงที่ แม้จะมีการเปลี่ยนอุณหภูมิเครื่องปรับให้สูงขึ้นคือ จะมีอัตราการลดลงของพลังงานการทำความเย็นเพียงร้อยละ 2.5 ในทุกช่วงของการเปลี่ยนอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 22- 27 องศาเซลเซียส แต่สำหรับอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.7 และ 0.9 อัตราการลดลงของพลังงานการทำความเย็นจะเกิดขึ้นได้มากขึ้นเมื่อปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นนี้จะตรงกันข้ามกับอาคารที่มีช่องเปิดน้อย กล่าวคือ ในอาคารที่มีช่องเปิดน้อย เมื่อปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงขึ้น อัตราส่วนการลดลงของพลังงานจะมีค่าน้อยลง แสดงดังแผนภูมิที่ 4.7

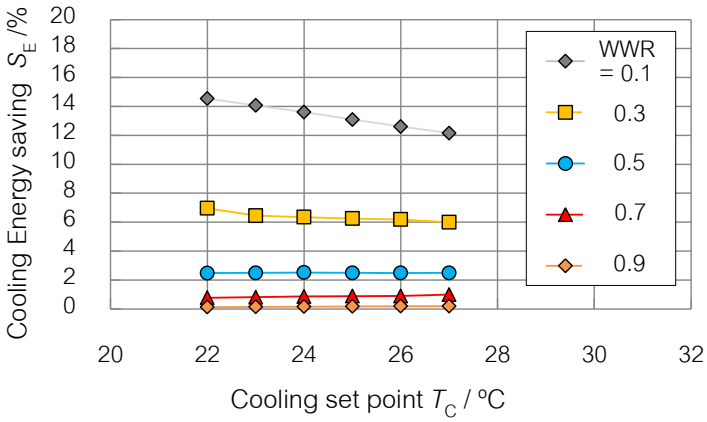
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็น ของอาคารสำนักงานผนังก่ออิฐสองชั้นเว้นช่องอากาศ 5 ซ.ม.กรุกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	110.53	99.60	90.89	83.74	77.81	72.82
0.3	164.83	147.16	132.96	122.04	112.97	105.27
0.5	225.43	201.24	181.54	165.74	152.95	142.24
0.7	282.85	252.53	227.77	207.54	191.38	177.75
0.9	346.73	309.66	279.34	254.30	234.51	217.76

สำหรับลักษณะของการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกใส เมื่อปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานทำความเย็นของแผนภูมินี้ยังคงเป็นไปในลักษณะเดียวกับอาคารสำนักงานอ้างอิงแสดงดังแผนภูมิที่ 4.6 คือ อาคารที่มีช่องเปิดน้อยและมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีกว่า อาคารที่มีช่องเปิดมาก และพลังงานการทำความเย็นในอาคารจะสูงมากขึ้นเมื่อมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงขึ้นนั่นเอง



แผนภูมิที่ 4.6 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส WWR 0.1 ถึง 0.9



แผนภูมิที่ 4.7 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานของอาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญ2ชั้น เว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกใสเทียบกับกรณีอาคารสำนักงานอ้างอิง ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

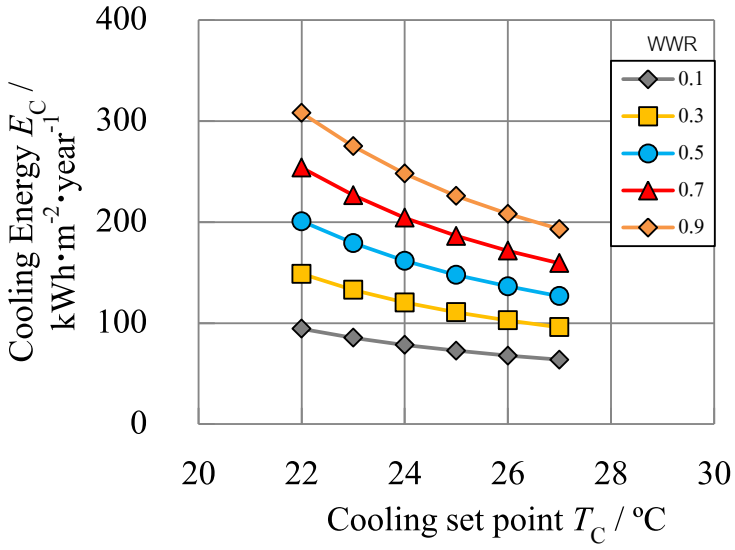
4.1.2.4 **สำนักงานก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องว่างอากาศกรุด้วยกระจกสีเขียว**

อาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องว่างอากาศกรุด้วยกระจกเขียว อุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

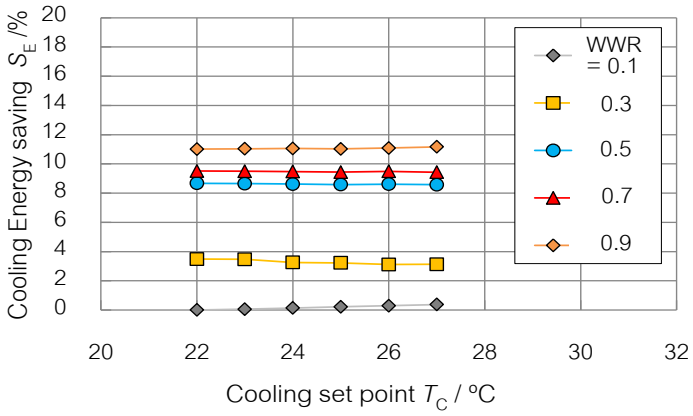
เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานรวมและพลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีการใช้ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศ 5 เซนติเมตร (U-Value = 1.52 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส) มีผนังกระจกเขียว ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นตารางที่ 4.5 โดยค่าการใช้พลังงานในส่วนพลังงานการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้น เมื่ออาคารมีช่องเปิดมาก และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำ ซึ่งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพลังงานการทำความเย็นเป็นไปในลักษณะเดียวกับอาคารสำนักงานอ้างอิงแสดงในแผนภูมิที่ 4.8 การเปลี่ยนชนิดกระจกจากกระจกใสเป็นกระจกเขียว จะสามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้มากขึ้นตามสัดส่วนของ WWR และการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ แสดงดังแผนภูมิที่ 4.9

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่ต่อปีของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องว่างอากาศกรุด้วยกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และมี WWR ระหว่าง 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	94.45	85.54	78.41	72.61	67.80	63.73
0.3	148.73	132.89	120.47	110.72	102.68	95.86
0.5	200.79	179.24	161.69	147.74	136.36	126.80
0.7	253.97	226.67	204.40	186.28	171.66	159.38
0.9	308.18	275.10	248.07	225.87	208.12	193.10



แผนภูมิที่ 4.8 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9



แผนภูมิที่ 4.9 แสดงค่าร้อยละการประหยัดพลังงานของอาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกเขียวเปรียบเทียบกับกระจกใสปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส

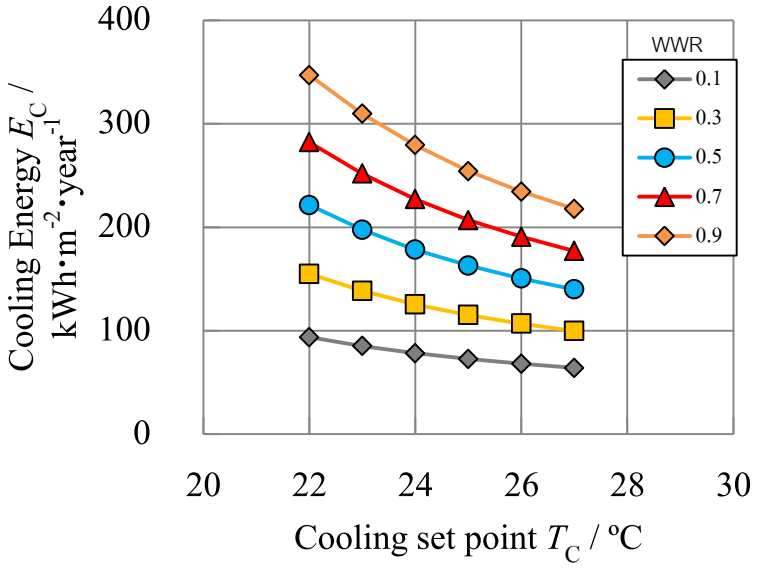
4.1.2.5 **สำนักงานก่ออิฐมอญสองชั้นใส่ฉนวนเยื่อกรุกระจกใส**

อาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกใส อุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีการใช้ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง(U-Value = 0.73 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำที่สุดกว่าผนังในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด มีผนังกระจกใส ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นตารางที่ 4.6 โดยค่าการใช้พลังงานในส่วนพลังงานการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้น เมื่ออาคารมีช่องเปิดมาก และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำ ซึ่งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพลังงานการทำความเย็นเป็นไปในลักษณะเดียวกับอาคารสำนักงานอ้างอิงแสดงในแผนภูมิที่ 4.10

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนังก่ออิฐมอญสองชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และมี WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 °C	23 °C	24 °C	25 °C	26 °C	27 °C
0.1	93.81	85.19	78.31	72.71	68.07	64.13
0.3	154.97	138.57	125.44	115.28	106.86	99.79
0.5	221.41	197.67	178.31	162.92	150.49	139.93
0.7	282.17	251.85	227.09	206.90	190.80	177.08
0.9	346.88	309.74	279.39	254.27	234.48	217.76

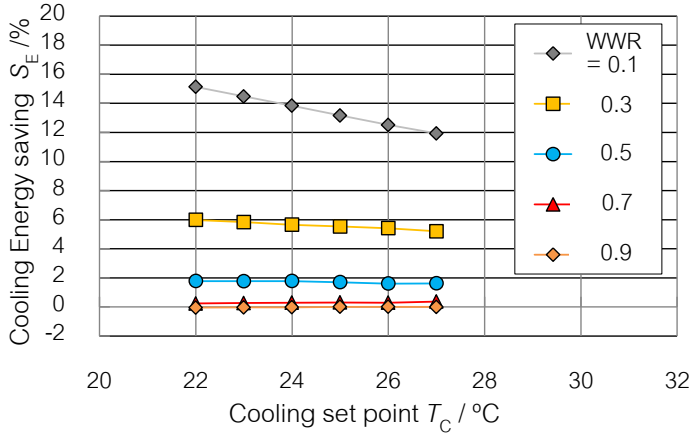


แผนภูมิที่ 4.10 แสดงการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น ใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

สำหรับค่าร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่มีผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น ใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง กรุด้วยกระจกใสเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกรณีอาคารสำนักงานอ้างอิง ที่มีผนังก่ออิฐฉาบปูนกรุด้วยกระจกใสนั้น แสดงดังตารางที่ 4.11 จะเห็นได้ว่า การประหยัดพลังงานจะมีอัตราสูงมากขึ้นกับอาคารที่มีช่องเปิดน้อย และมีการตั้งอุณหภูมิ

เครื่องปรับอากาศต่ำ ในที่นี้ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเกิดขึ้นมากที่สุดเมื่อมีการใช้ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกใส มี WWR เท่ากับ 0.1 และมีการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงขึ้น และมี WWR สูงขึ้น สำหรับในอาคารที่มีช่องมากหรือมีค่า WWR สูง จะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเมื่อเทียบกับอาคารสำนักงานอ้างอิงน้อยมาก ตามสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของ WWR และการใช้ผนังชนิดนี้ จะส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า อาคารสำนักงานอ้างอิง ในช่วง WWR เท่ากับ 0.9 และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22, 23, 24 องศาเซลเซียส

จากแผนภูมิที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงที่สุดใน WWR เท่ากับ 0.1 และในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 และมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานที่ใกล้เคียงกัน ลดลงกันมาตามลำดับ การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้สูงขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเกิดขึ้นได้น้อยลง และสำหรับอาคารที่มีผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกใส มี WWR เท่ากับ 0.9 การเปิดเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 22, 23 และ 24 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าอาคารสำนักงานอ้างอิงที่มีผนังสภาพความเป็นฉนวนต่ำ



แผนภูมิที่ 4.11 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานของอาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกใสเทียบกับอาคารสำนักงานอ้างอิงปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส

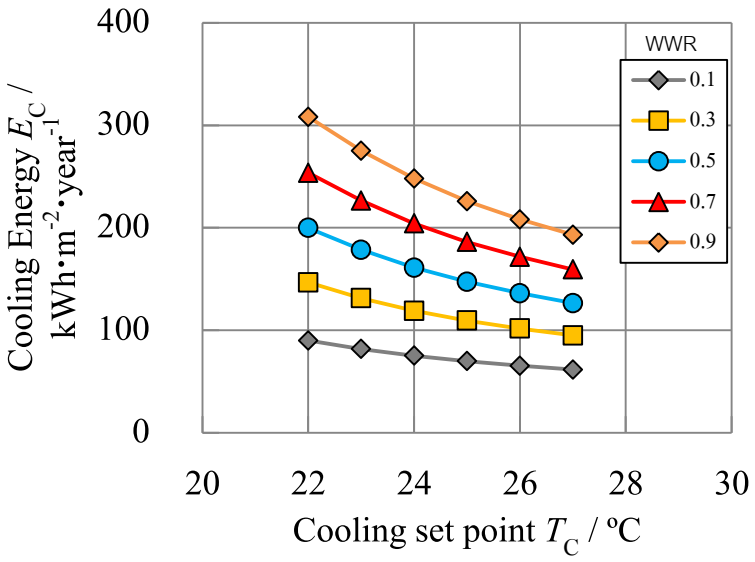
4.1.2.6 สำนักงานก่ออิฐมอญ2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษกรุด้วยกระจกสีเขียว

อาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญสองชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกเขียว ตั้งอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

การจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารสำนักงานปรับอากาศที่มีผนังก่ออิฐมอญสองชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกเขียว ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และแผนภูมิที่ 4.12 พบว่าแนวโน้มการใช้พลังงานการทำความเย็นยังคงเป็นไปดังเช่นในผนังวัสดุอื่นๆ คือ ในอาคารที่มีช่องเปิดน้อย จะมีค่าการใช้พลังงานน้อย และการปรับอุณหภูมิสูงจะช่วยประหยัดพลังงานได้สูงสุด

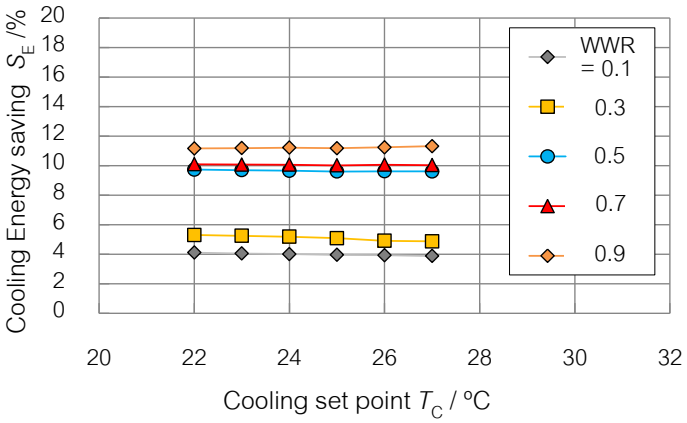
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนังผนังก่ออิฐมอญสองชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 °C	23 °C	24 °C	25 °C	26 °C	27 °C
0.1	89.96	81.74	75.17	69.84	65.40	61.64
0.3	146.75	131.30	118.94	109.42	101.61	94.94
0.5	199.87	178.50	161.09	147.29	136.02	126.48
0.7	253.70	226.49	204.25	186.18	171.60	159.31
0.9	308.15	275.10	248.07	225.85	208.13	193.12



แผนภูมิที่ 4.12 แสดงการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญสองชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

การเปลี่ยนวัสดุในส่วนผนังโปร่งใส เป็นกระจกเขียวสามารถลดการใช้พลังงานการทำความเย็นได้ในทุก WWR และประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อ WWR สูงขึ้น หรือเกิดขึ้นกับอาคารที่มีช่องเปิดมากนั่นเอง เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ 0.9, 0.7, 0.5, 0.3 และ 0.1 มีค่าร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในอัตราที่ต่ำที่สุดแสดงดังแผนภูมิที่ 4.13



แผนภูมิที่ 4.13 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมอญสองชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกเขียวเปรียบเทียบกระจกใสปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส

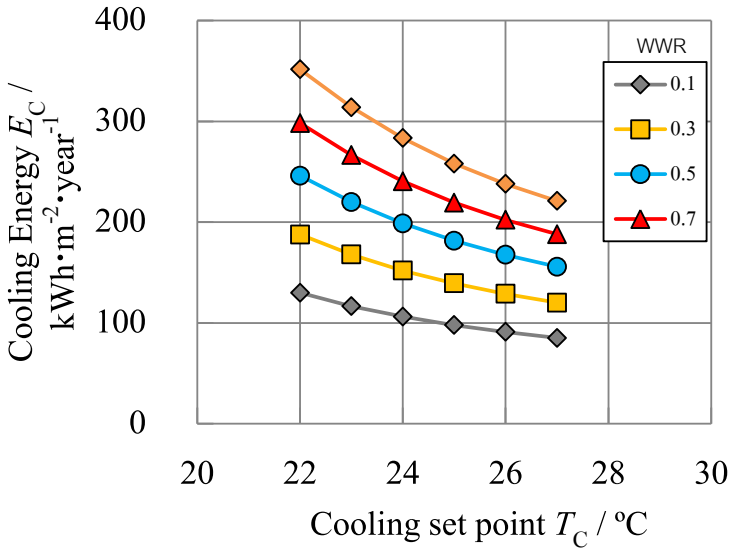
4.1.2.7 สำนักงานผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส

อาคารสำนักงานผนังก่ออิฐมวลเบากรุด้วยกระจกใส ตั้งอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีการใช้ผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส (U-Value = 1.89 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส) ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นตารางที่ 4.8 โดยค่าการใช้พลังงานในส่วนพลังงานการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้น เมื่ออาคารมีช่องเปิดมาก และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำ ซึ่งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพลังงานการทำความเย็นเป็นไปในลักษณะเดียวกับอาคารสำนักงานอ้างอิงแสดงในแผนภูมิที่ 4.14 สำหรับในอาคารที่มีการใช้วัสดุผนังคอนกรีตมวลเบานี้ มีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นที่ค่อนข้างสูงกว่ากรณีอาคารสำนักงานอ้างอิง ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าการใช้ผนังคอนกรีตมวลเบากระจกใส จะมีค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นสูงกว่าอาคารอ้างอิงในทุก WWR และทุกช่วงของการปรับอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศ และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจะยิ่งสูงมากขึ้นกว่าอาคารสำนักงานอ้างอิงเมื่อ อาคารที่ใช้วัสดุผนังชนิดนี้มี WWR สูง หรือมี พื้นที่ช่องเปิดมากนั่นเอง

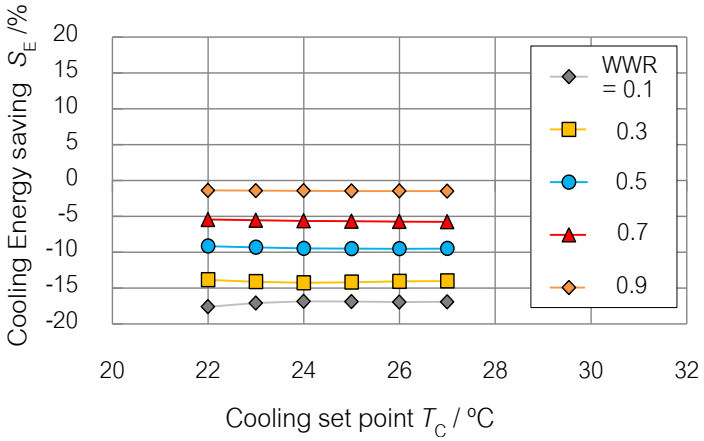
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส เมื่อปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียสและปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	129.99	116.63	106.20	97.88	91.00	85.14
0.3	187.65	167.93	151.93	139.34	128.85	120.03
0.5	246.06	220.00	198.73	181.48	167.53	155.72
0.7	298.25	266.52	240.61	219.34	202.35	187.98
0.9	351.56	314.04	283.37	258.03	237.98	220.99



แผนภูมิที่ 4.14 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

สำหรับการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศค่อนข้างส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานน้อยมาก กล่าวคือ การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ส่งผลค่อนข้างคงที่หรือน้อยมากต่อค่าร้อยละการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นของผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกเทียบกับอาคารสำนักงานอ้างอิงแสดงดังแผนภูมิที่ 4.15



แผนภูมิที่ 4.15 แสดงค่าร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใสเปรียบเทียบกับอาคารสำนักงานอ้างอิงปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส

4.1.2.8 สำนักงานผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกเขียว

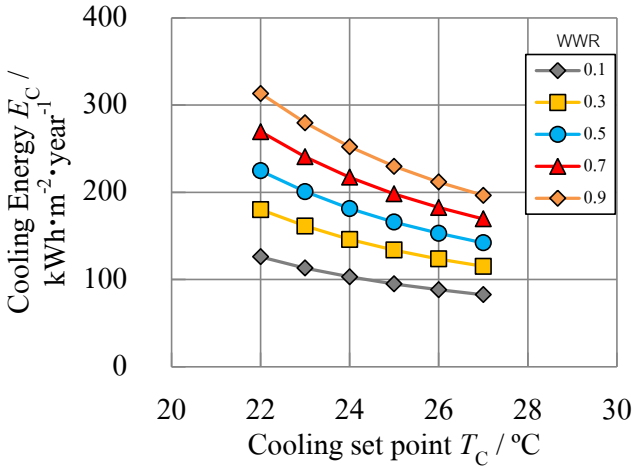
อาคารสำนักงานผนังคอนกรีตเบากรุด้วยกระจกเขียว ตั้งอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อทำการจำลองปริมาณพลังงานความเย็นที่เกิดขึ้นในอาคารสำนักงานปรับอากาศผนังคอนกรีตมวลเบา และทำการเปลี่ยนชนิดกระจกจากกระจกใสเป็นกระจกเขียว พบว่าค่าการใช้พลังงานลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.9 และแผนภูมิที่ 4.16 และสามารถช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานได้มากกว่าอาคารอ้างอิงได้ ในอาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดมาก

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกเขียว เมื่อปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียสและปรับWWR ตั้งแต่ 0.1ถึง0.9

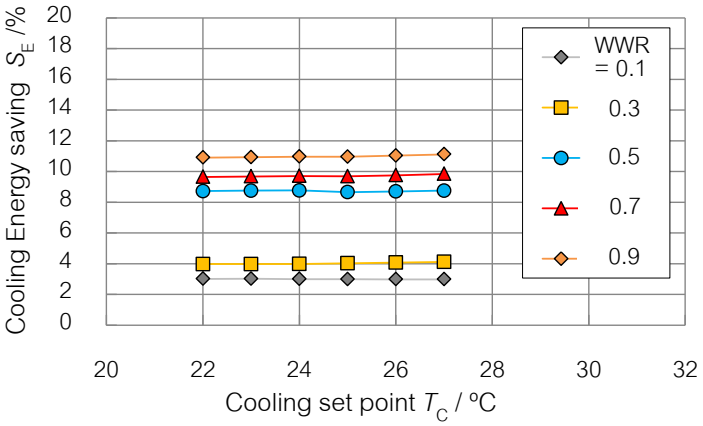
WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	126.08	113.11	103.03	94.96	88.29	82.61
0.3	180.19	161.25	145.88	133.74	123.61	115.08
0.5	224.60	200.75	181.31	165.78	152.95	142.10
0.7	269.48	240.73	217.26	198.10	182.62	169.47
0.9	313.24	279.72	252.31	229.77	211.72	196.43

แม้ว่าค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นยังคงมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนของ WWR ที่ลดลง และการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่สูงขึ้น แต่การใช้ผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใสก็ยังคงมีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในปริมาณที่สูงกว่าอาคารอ้างอิง ใน WWR ที่ 0.1 และ 0.3 หรือในอาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดต่ำ ดังนั้นแสดงว่า หากมีการใช้ผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกเขียวในสำนักงาน ควรออกแบบให้มีพื้นที่ช่องเปิดสูงจึงจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีกว่าอาคารผนังก่ออิฐฉาบปูนกรุด้วยกระจกใสดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.16



แผนภูมิที่ 4.16 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกเขียวปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

การเปลี่ยนชนิดของกระจกจากกระจกใสเป็นกระจกเขียวนี้ มีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานการทำความเย็นที่ดี และประสิทธิจะเกิดขึ้นในอัตราที่สูงขึ้นเมื่ออาคารมีพื้นที่ช่องเปิดสูง โดยประสิทธิภาพของร้อยละการประหยัดพลังงานเกิดขึ้นมากที่สุดในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.9, 0.7, 0.5, 0.3 และ 0.1 ตามลำดับ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.17 สัดส่วนการประหยัดพลังงานจะเกิดขึ้นได้ใกล้เคียงกันในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.9, 0.7 และ 0.5



แผนภูมิที่ 4.17 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกเขียวเปรียบเทียบกับกระจกใสปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส

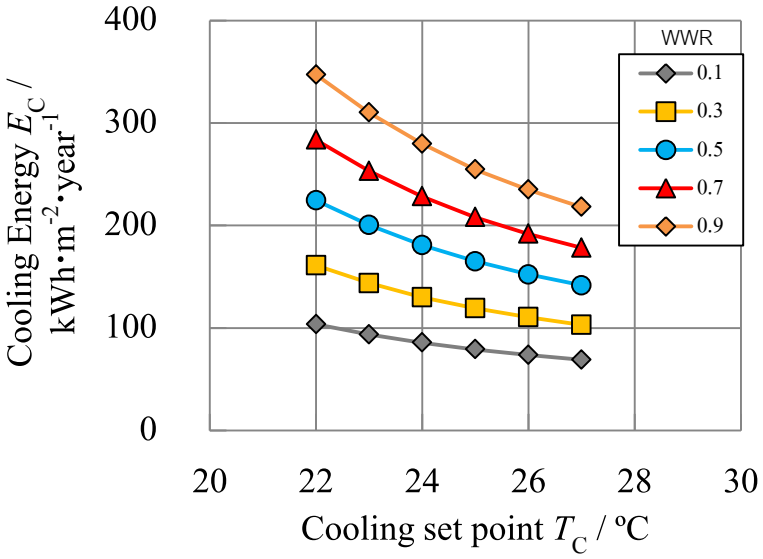
4.1.2.9 สำนักงานผนังสำเร็จรูป กรุด้วยกระจกใส

อาคารสำนักงานผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใส ตั้งอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานรวมและพลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีการใช้ผนังสำเร็จรูป (U-Value = 2.47 วัตต์ต่อ ตารางเมตร-องศาเซลเซียส) กรุด้วยกระจกใส ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นตารางที่ 4.10 โดยค่าการใช้พลังงานในส่วนพลังงานการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้น เมื่ออาคารมีช่องเปิดมาก และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำ ซึ่งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพลังงานการทำความเย็นเป็นไปในลักษณะเดียวกับอาคารสำนักงานอ้างอิงแสดงในแผนภูมิที่ 4.18 สำหรับในอาคารที่มีการใช้วัสดุผนังสำเร็จรูปนี้ มีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับกรณีอาคารสำนักงานอ้างอิง เนื่องมีคุณสมบัติของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันมากกับผนังในกรณีอ้างอิง(U-Value = 2.83 วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส) ในอาคารที่มีช่องเปิดน้อยมีการใช้พลังงานการทำความเย็นน้อย การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงส่งผลกระทบให้สิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าการเปิดอุณหภูมิต่ำ

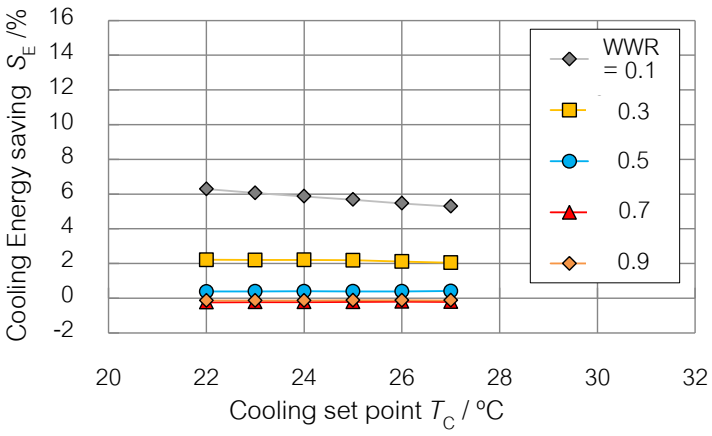
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใส เมื่อปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียสและปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	103.58	93.57	85.56	78.99	73.57	68.97
0.3	161.18	143.92	130.02	119.37	110.59	103.12
0.5	224.56	200.45	180.82	165.10	152.35	141.65
0.7	283.53	253.11	228.29	208.00	191.76	178.13
0.9	347.20	310.09	279.73	254.61	234.81	218.04



แผนภูมิที่ 4.18 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน ผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อนำปริมาณของการใช้พลังงานการทำความเย็นที่ได้จากอาคารสำนักงานผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใส ไปเปรียบเทียบกับค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารอ้างอิงพบว่าร้อยละการประหยัดพลังงานเกิดขึ้นสูงที่สุดกับอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.1 ซึ่งสามารถประหยัดได้มากกว่าอาคารอ้างอิงได้ประมาณร้อยละ 6.29 และอัตราจะการประหยัดพลังงานจะลดลงเมื่อปรับอุณหภูมิสูงมากขึ้น รองลงมาคืออาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.3 และ 0.5 สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าอาคารอ้างอิงได้สูงสุดร้อยละ 2.21 และ 0.39 ตามลำดับ ส่วนในอาคารผนังดังกล่าวที่มีสัดส่วน WWR เท่ากับ 0.7 และ 0.9 จะมีการใช้พลังงานการทำความเย็นสูงกว่ากรณีอ้างอิงในทุกช่วงของการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 22 เรื่อยไปจนถึง 27 องศาเซลเซียส โดยในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.7 จะมีสัดส่วนการสิ้นเปลืองพลังงานเมื่อเทียบกับอาคารอ้างอิงสูงที่สุด แสดงดังแผนภูมิที่ 4.19



แผนภูมิที่ 4.19 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใสเปรียบเทียบกับอาคารสำนักงานอ้างอิงปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส

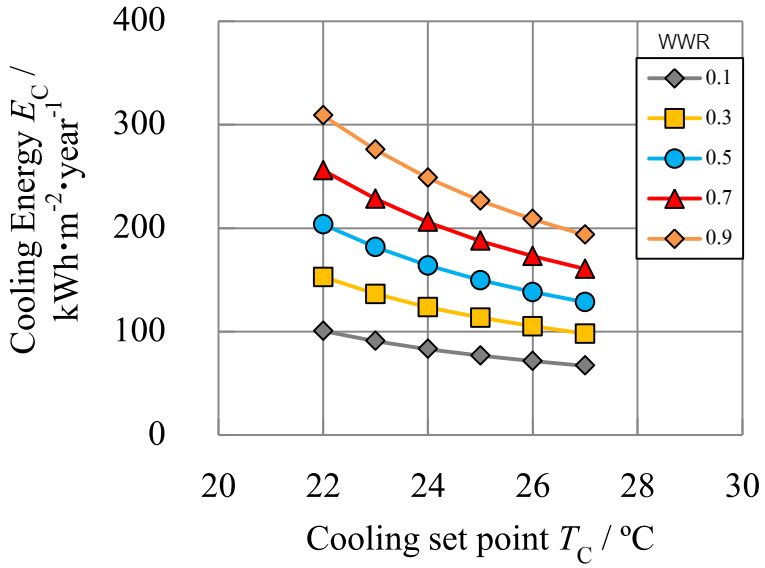
4.1.2.10 สำนักงานผนังสำเร็จรูป กรุด้วยกระจกเขียว

อาคารสำนักงานผนังรับแรงกรุด้วยกระจกเขียว ตั้งอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อทำการจำลองค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่มีผนังสำเร็จกรุด้วยกระจกเขียว พบว่าแนวโน้มการใช้พลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นเมื่อปรับ WWR และอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้สูงขึ้นยังคงเป็นไปในทิศทางเดียวกับกรณีของอาคารอ้างอิงคือประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานจะเกิดขึ้นได้มาก ก็ต่อเมื่ออาคารมีช่องเปิดน้อย ประกอบกับมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงนั่นเองแสดงดังตารางที่ 4.11 และแผนภูมิที่ 4.20 การเปลี่ยนชนิดของกระจกใสเป็นกระจกเขียวส่งผลให้ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นลดลงได้

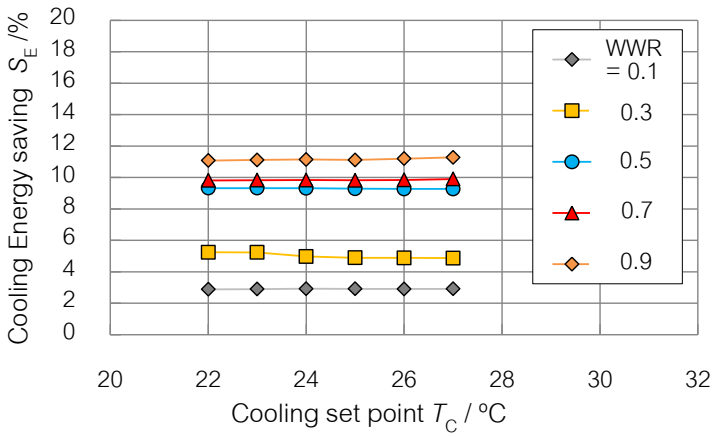
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่ต่อปีของอาคารสำนักงานที่ใช้ผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใส เมื่อปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	100.59	90.86	83.06	76.68	71.43	66.96
0.3	152.73	136.39	123.56	113.53	105.18	98.09
0.5	203.63	181.76	163.97	149.77	138.23	128.51
0.7	255.71	228.24	205.83	187.58	172.89	160.49
0.9	308.74	275.62	248.55	226.32	208.52	193.46



แผนภูมิที่ 4.20 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

สำหรับประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นเมื่อเปลี่ยนกระจกใสเป็นกระจกเขียว ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.21 พบว่า การลดลงของพลังงานการทำความเย็นเกิดขึ้นสูงสุดในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.9, 0.7, 0.5, 0.3 และ 0.1 ตามลำดับ



แผนภูมิที่ 4.21 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกเขียวเปรียบเทียบกับผนังสำเร็จรูปกรุกระจกใสปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส

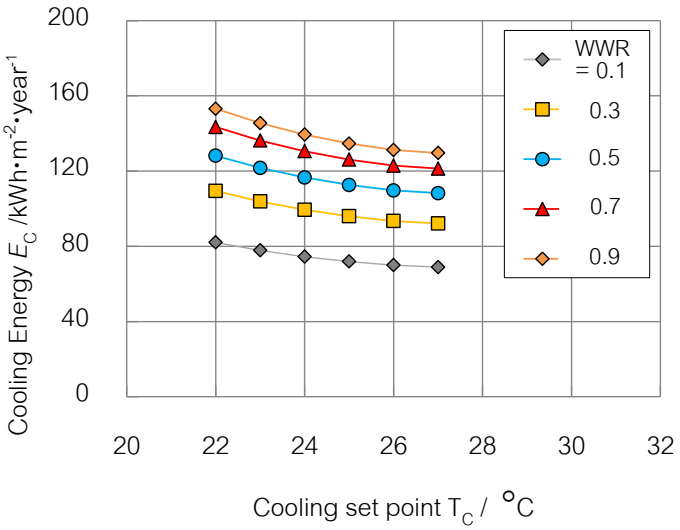
4.2 ผลการวิจัยโดยวิธีการจำลองอาคารสำนักพักอาศัยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4.2.1 ผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยอ้างอิง

สำหรับอาคารพักอาศัยอ้างอิงกำหนดให้มีเปลือกอาคารในส่วนผนังทึบและโปร่งใส คือ ผนังก่ออิฐมอญกรุด้วยกระจกใส มีค่า U-Value เท่ากับ 2.83 วัตต์/ตร.ม.-องศาเซลเซียส ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งใส (กระจกใส)เท่ากับ 6.17 วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส สัมประสิทธิ์การบังแดด(Shading Coefficient:SC) เท่ากับ 0.95 มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังเท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9ทำการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 22 องศาเซลเซียส ถึง 27 องศาเซลเซียส ค่าการใช้พลังงานรวมที่ได้แสดงในตารางที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าค่าพลังงานการทำความเย็นภายในอาคารพักอาศัยยังคงเป็นไปในลักษณะเดียวกับในอาคารสำนักงาน กล่าวคือ ค่าการใช้พลังงานจะมีการเปลี่ยนแปลงตามสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง (WWR) และการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศนั่นเอง โดยค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยอ้างอิงนี้มีปริมาณน้อยที่สุดเมื่ออาคารมี WWR เท่ากับ 0.1 และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 27 องศาเซลเซียส และมีค่าพลังงานการทำความเย็นสูงที่สุดในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.9 มีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 องศาเซลเซียส ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.22 จะเห็นว่า ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นในแต่ละ WWR ค่อยๆเพิ่มมากขึ้นเมื่ออาคารมีช่องเปิดมากขึ้น และมีการปรับอุณหภูมิต่ำนั่นเอง

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยอ้างอิง เมื่อปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	82.07	77.82	74.46	71.88	69.99	68.96
0.3	109.44	103.84	99.41	95.96	93.43	92.14
0.5	128.12	121.69	116.61	112.62	109.70	108.26
0.7	143.42	136.21	130.54	126.10	122.87	121.30
0.9	153.11	145.46	139.36	134.63	131.20	129.59



แผนภูมิที่ 4.22 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยอ้างอิง(ก่ออิฐฉาบปูนกระจกใส) เมื่อปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

4.2.2 ผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารพักอาศัยกรณีศึกษาอื่น ๆ

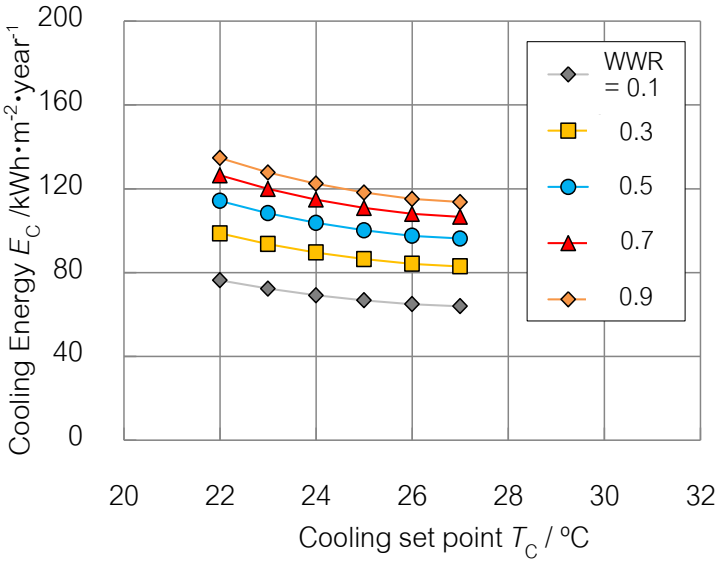
4.2.2.1 อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญหนึ่งชั้นกรุกระจกสีเขียว

อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญหนึ่งชั้นกรุด้วยกระจกสีเขียว อุณหภูมิภายใน 22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

ผลการจำลองค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยอ้างอิง ซึ่งทำด้วยวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น เปลี่ยนจากกระจกใสเป็นกระจกเขียว ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดลดลง ส่งผลให้ค่าการใช้พลังงานในภาพรวมลดลงในทุก WWR แนวโน้มการใช้พลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นยังคงเป็นไปในลักษณะเช่นเดียวกับอาคารอ้างอิงที่กรุด้วยกระจกใส ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และ แผนภูมิที่ 4.23 ซึ่งค่าร้อยละในการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นนี้ มีอัตราที่มากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ WWR กล่าวคือ เมื่อ WWR มากขึ้นและมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงขึ้น จะส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้สูงมากขึ้นนั่นเอง จะเห็นได้ว่า ร้อยละการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นเมื่อเปลี่ยนวัสดุกระจกใสเป็นกระจกเขียวนั้นสูงสุดร้อยละ 12.29 เมื่ออาคารมี WWR เท่ากับ 0.9 และมีการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 27 องศาเซลเซียส รองลงมาคือกับอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.7, 0.5, 0.3 และ 0.1

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ1ชั้นกรุด้วยกระจกสีเขียว เมื่อปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	76.35	72.34	69.18	66.76	64.98	63.98
0.3	98.75	93.64	89.61	86.48	84.19	83.00
0.5	114.25	108.38	103.77	100.19	97.57	96.27
0.7	126.42	119.91	114.84	110.89	108.02	106.61
0.9	134.72	127.80	122.42	118.21	115.15	113.66



แผนภูมิที่ 4.23 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนกระจกสีเขียว เมื่อปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

4.2.2.2 อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น กรุด้วยกระจกใส

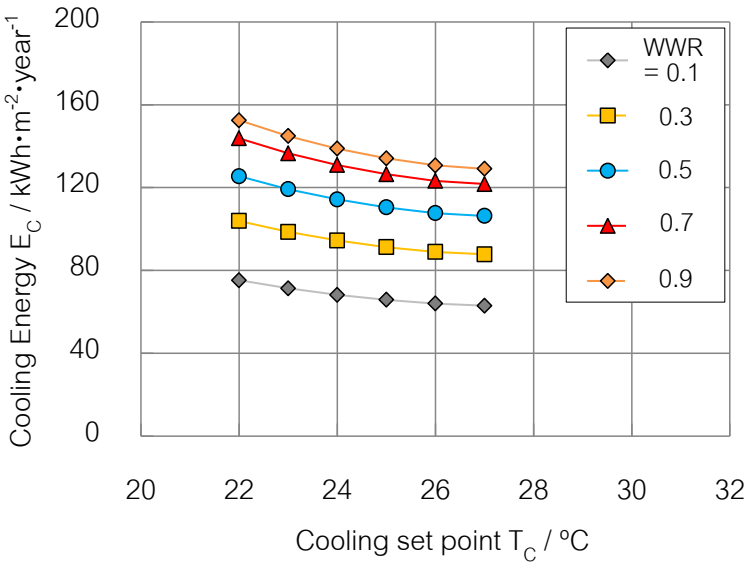
อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ2ชั้นกรุด้วยกระจกใส อุณหภูมิภายใน 22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

ผลการจำลองค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น กรุด้วยกระจกใส ที่มีค่า U-Value ของผนัง เท่ากับ 2.0 วัตต์/ตร.ม.-องศาเซลเซียส พบว่า ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นจะมีปริมาณสูงมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ WWR และการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้สูงจะช่วยให้การใช้พลังงานการทำความเย็นลดลง ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.24 เมื่อนำค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐสองชั้นกรุด้วยกระจกใสมาเปรียบเทียบกับกรณีอาคารพักอาศัยอ้างอิงจะพบว่า สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้มากกว่าอาคารอ้างอิง และมีอัตราร้อยละของการประหยัดพลังงานการทำความเย็นเกิดขึ้นได้สูงขึ้นเมื่ออาคารเมื่ออาคารมี WWR น้อย และมีการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูง ในกรณีศึกษานี้ พบว่าในอาคารที่ WWR เท่ากับ 0.1 จะมีค่าร้อยละในการประหยัดพลังงานสูงที่สุดประมาณร้อยละ 8.65 ที่ช่วงของการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 27 องศาเซลเซียส และประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานใน WWR เดียวกันนี้จะลดลงเมื่อมีการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้ต่ำลง

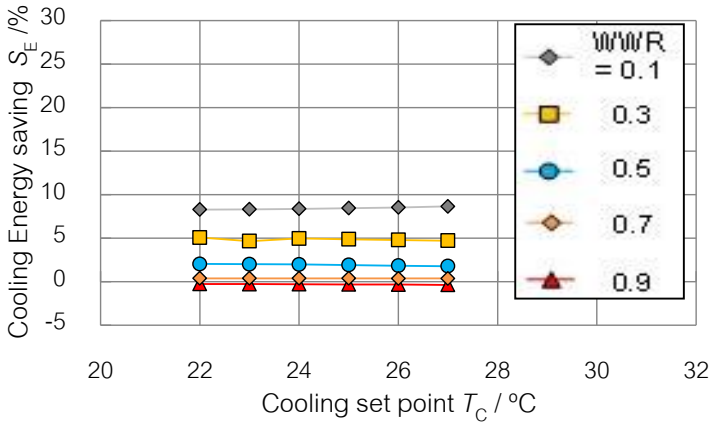
เรื่อยๆ รองลงมาคือในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.3, 0.5 และ 0.9 แต่สำหรับในอาคารที่ใช้วัสดุผนังชนิดนี้ที่มี WWR เท่ากับ 0.7 จะมีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นที่สูงกว่าอาคารพักอาศัยอ้างอิงประมาณร้อยละ 0.3 ไม่ว่าจะตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเท่าใดก็ตาม ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.25

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น กรุกระจกใส เมื่อปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	75.27	71.35	68.23	65.81	64.02	63.00
0.3	103.89	98.63	94.47	91.28	88.96	87.80
0.5	125.51	119.24	114.30	110.46	107.68	106.33
0.7	143.79	136.59	130.92	126.49	123.28	121.75
0.9	152.52	144.90	138.82	134.12	130.70	129.11



แผนภูมิที่ 4.24 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นกรุกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9



แผนภูมิที่ 4.25 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารบ้านพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นกรุด้วยกระจกใสเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส

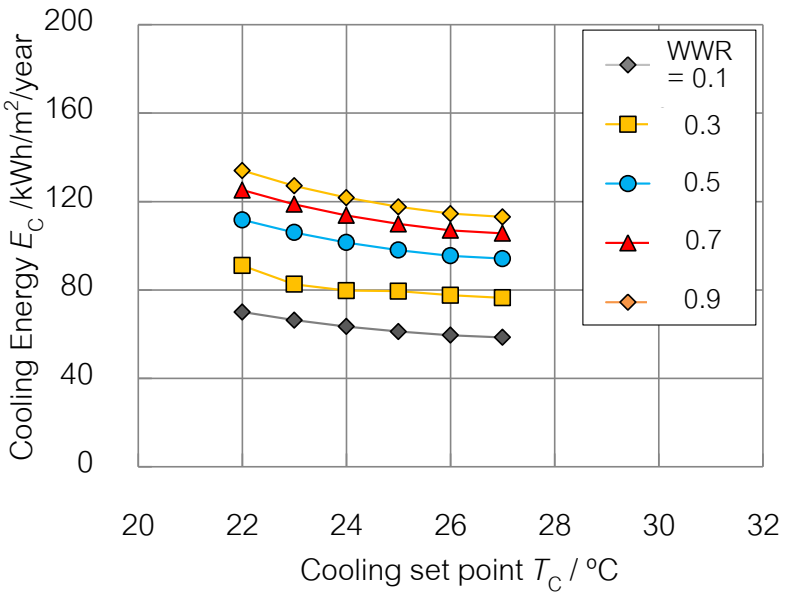
4.2.2.3 อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น กรุกระจกสีเขียว

อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ2ชั้นกรุด้วยกระจกสีเขียว อุณหภูมิภายใน 22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

ผลการจำลองค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นกรุด้วยกระจกเขียว พบว่าแนวโน้มการใช้พลังงานยังคงเป็นไปในลักษณะเช่นเดียวกับอาคารพักอาศัยอ้างอิงคือ เมื่ออาคารมีช่องเปิดน้อยและเปิดอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงจะช่วยประหยัดพลังงานการทำความเย็นได้ แสดงดังตารางที่4.15 และการใช้กระเขียวแทนกระจกใสสามารถช่วยลดลดพลังงานการทำความเย็นไปได้จนมีประสิทธิภาพทำให้เกิดการประหยัดพลังงานกว่าอาคารอาคารในทุก WWR และทุกช่วงของการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ โดยมีค่าร้อยละในการประหยัดพลังงานในแต่ละ WWR ค่อนข้างใกล้เคียงกันคือประมาณ 12 ถึง 16 ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.27

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น กรุกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

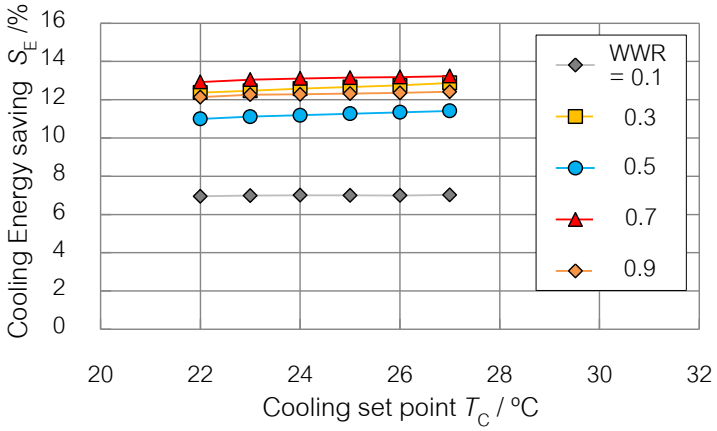
WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	70.04	66.37	63.45	61.21	59.54	58.57
0.3	91.03	76.66	82.59	79.72	77.62	76.49
0.5	111.70	105.99	101.51	98.02	95.47	94.20
0.7	125.20	118.77	113.76	109.86	107.02	105.64
0.9	134.00	127.13	121.78	117.59	114.56	113.08



แผนภูมิที่ 4.26 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นกรุกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานระหว่างอาคารผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นกรุด้วยกระจกใส กับกรุด้วยกระจกสีเขียวพบว่า ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในอาคารลดลง โดยในอาคารที่มีช่องเปิดน้อยคือ WWR เท่ากับ 0.1 จะมีค่าร้อยละในการประหยัดพลังงานต่ำที่สุดเพียง 6.95 รองลงมาคือ ใน WWR เท่ากับ 0.5, 0.9, 0.3 และ WWR เท่ากับ 0.7

จะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานถึงร้อยละ 13.24 ที่อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 27 องศาเซลเซียส



แผนภูมิที่ 4.27 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นกรุกระจกเขียวเปรียบเทียบกับผนังอิฐมอญ 2 ชั้นกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

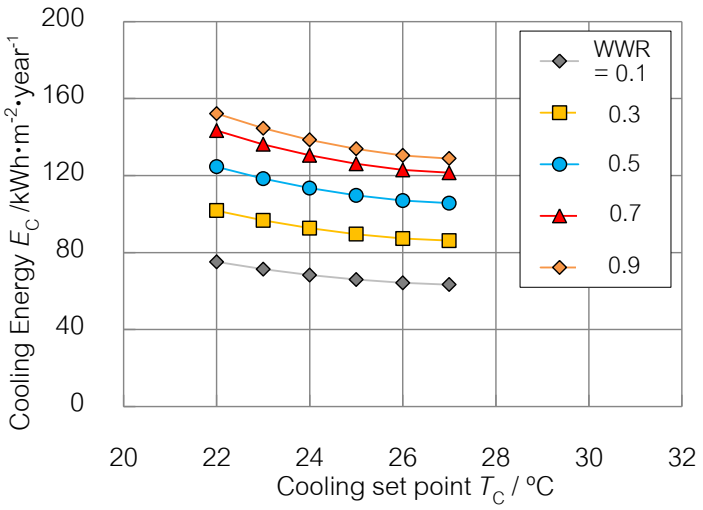
2.2.2.4 อาคารพักอาศัยก่ออิฐมอญ 2ชั้นเว้นช่องอากาศ-กระจกใส

อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกใส อุณหภูมิภายใน 22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

การจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีผนังก่ออิฐมอญสองชั้นเว้นช่องอากาศ 5 เซนติเมตร ที่มีค่า U-Value ของผนังเท่ากับ 1.52 วัตต์/ตร.ม.-องศาเซลเซียส กรุด้วยกระจกใส แสดงดังตารางที่ 4.16 และแผนภูมิที่ 4.28 จะเห็นได้ว่าค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นยังคงมีแนวโน้มดังเช่นกรณีอาคารพักอาศัยอ้างอิง คือ การใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นเมื่อมี WWR สูงขึ้น และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำลง

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศกรุกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

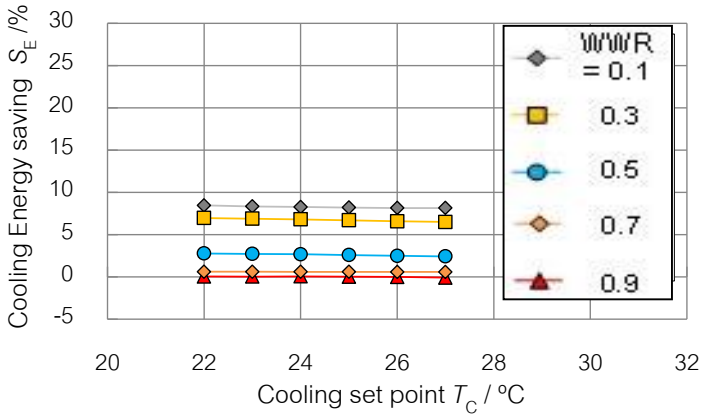
WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	75.12	71.33	68.30	65.98	64.28	63.33
0.3	101.81	96.69	92.65	89.54	87.28	86.15
0.5	124.57	118.37	113.49	109.70	106.96	105.63
0.7	143.34	136.17	130.46	126.06	122.88	121.41
0.9	152.18	144.58	138.52	133.83	130.42	128.83



แผนภูมิที่ 4.28 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อนำค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยที่มีผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศ 5 เซนติเมตร กรุด้วยกระจกใส ไปเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ที่มีผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้นกรุด้วยกระจกใส พบว่า การใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารที่มีผนังกรณีดังกล่าวนี้สามารถประหยัดพลังงานการทำความเย็นได้มากกว่าอาคารอ้างอิง โดยอัตราร้อยละการประหยัดพลังงานจะสูงมากขึ้นเมื่ออาคารมีช่องเปิดน้อย และภายใน WWR เดียวกันนี้ การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้อยู่ที่อุณหภูมิต่ำจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้มากกว่าการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิสูง จากกรณีศึกษานี้ ค่าร้อยละในการประหยัดพลังงานเกิดขึ้นสูงสุดกับอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 ตามลำดับ

และภายในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.9 และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 26 และ 27 องศาเซลเซียสจะก่อให้เกิดการใช้พลังงานในการทำความเย็นมากกว่าอาคารอ้างอิงประมาณร้อยละ 0.01 และ 0.09 ตามลำดับ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.29



แผนภูมิที่ 4.29 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกใส เปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

4.2.2.5 อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ2ชั้นเว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกสีเขียว

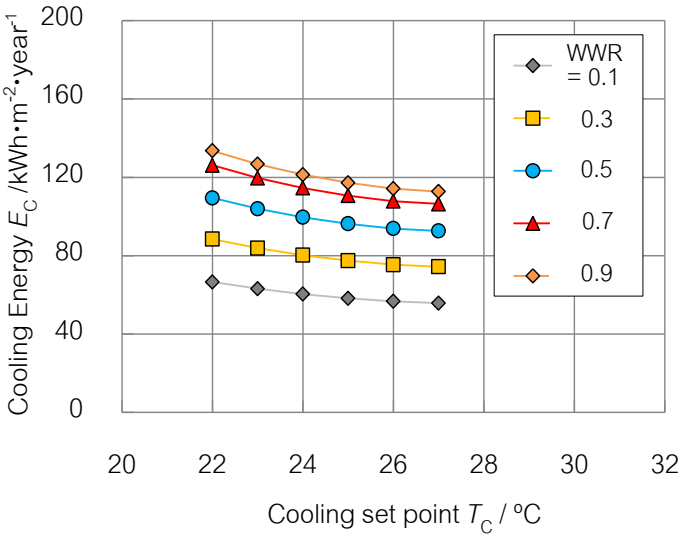
อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ2 ชั้นกรุด้วยกระจกเขียว อุณหภูมิภายใน 22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีการใช้ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศ กรุด้วยกระจกเขียว พบว่าการใช้พลังงานการทำความเย็นโดยรวมเมื่อเปลี่ยนจากกระจกใสเป็นกระจกเขียวมีค่าลดลงในทุก WWR แสดงตารางที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงของพลังงานการทำความเย็นยังคงมีค่าสูงขึ้นเมื่อ WWR สูงขึ้น และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำ แสดงดังแผนภูมิที่ 4.30 โดยแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นหลังจากเปลี่ยนชนิดกระจกเป็นกระจกเขียวยังคงเป็นไปในลักษณะเช่นเดียวกับการใช้กระจกใสในกรณีแรก คือ ในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.1 จะมีร้อยละในการประหยัดพลังงานเมื่อเทียบกับอาคารอ้างอิงได้สูงที่สุดคือร้อยละ 19.07 ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และประสิทธิภาพจะลงลงเรื่อยๆเมื่อปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้ต่ำลง และมี WWR ที่สูงมากขึ้น

ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสำหรับผนังกรณีนี้เกิดขึ้นได้ต่ำที่สุดกับอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.9 มีอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 องศาเซลเซียส

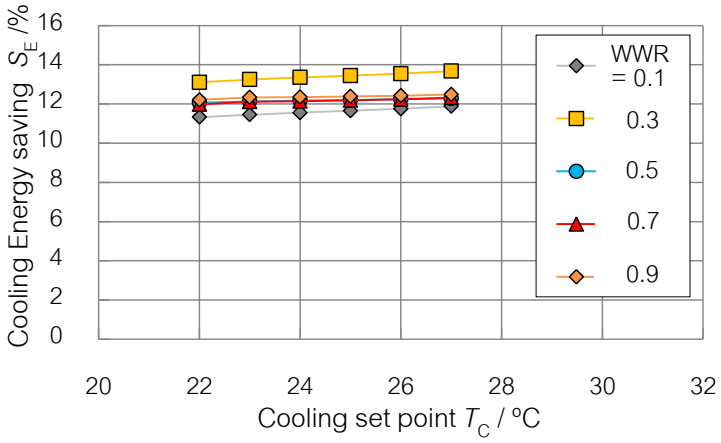
ตารางที่ 4.17 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศกรุกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิ 22ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	66.61	63.16	60.40	58.29	56.73	55.81
0.3	88.46	83.88	80.27	77.50	75.46	74.37
0.5	109.54	104.01	99.67	96.32	93.87	92.65
0.7	126.17	119.67	114.62	110.69	107.84	106.44
0.9	133.60	126.75	121.41	117.25	114.22	112.75



แผนภูมิที่ 4.30 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุกระจกเขียว ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

จะเห็นได้ว่าการใช้กระจกเขียวแทนกระจกใสสามารถลดการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพได้กับทุก WWR โดยประสิทธิภาพจะเกิดขึ้นได้สูงขึ้นในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.3, 0.9, 0.5, 0.7 และ 0.1 ตามลำดับ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.31



แผนภูมิที่ 4.31 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศกรุด้วยกระจกเขียวเปรียบเทียบกับกระจกใส ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

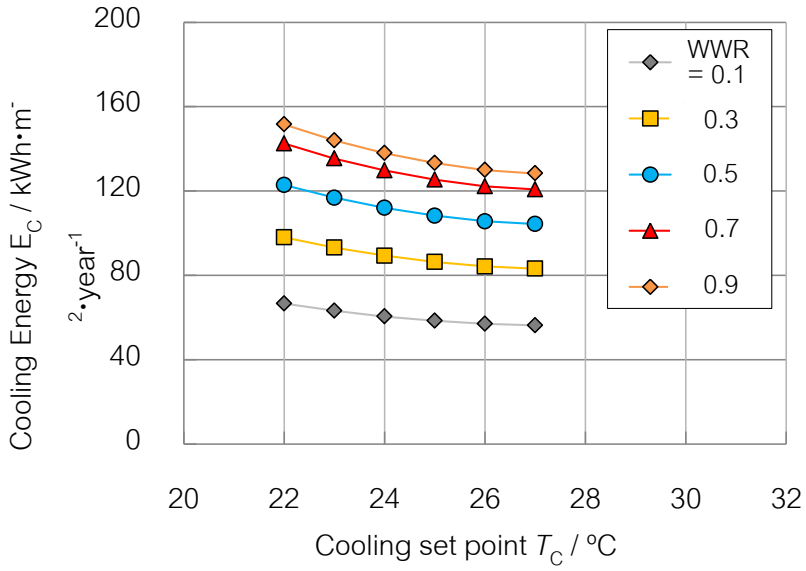
4.2.2.6 อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น ใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกใส

อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยที่มีการใช้ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง(U-Value = 0.73 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำที่สุดกว่าผนังในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด มีผนังกระจกใส ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นตารางที่ 4.18 โดยค่าการใช้พลังงานในส่วนพลังงานการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้น เมื่ออาคารมีช่องเปิดมาก และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำ ซึ่งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพลังงานการทำความเย็นเป็นไปในลักษณะเดียวกับอาคารพักอาศัยอ้างอิงแสดงในแผนภูมิที่ 4.32

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น ใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

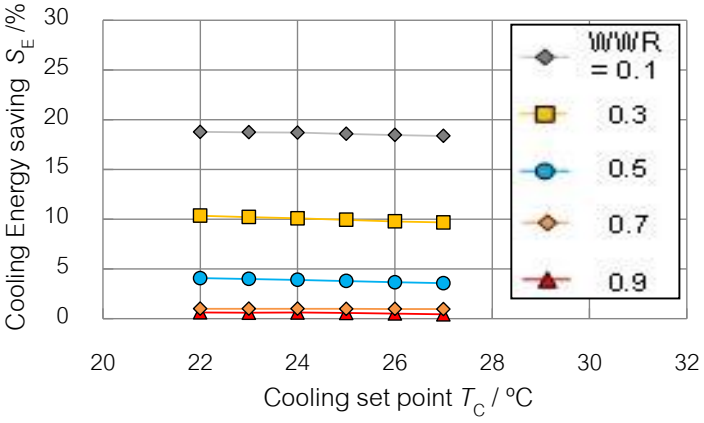
WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	66.66	63.24	60.54	58.53	57.07	56.29
0.3	98.11	93.23	89.38	86.43	84.30	83.22
0.5	122.90	116.84	112.06	108.36	105.68	104.39
0.7	142.52	135.41	129.73	125.38	122.23	120.78
0.9	151.57	144.00	137.97	133.31	129.92	128.34



แผนภูมิที่ 4.32 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อนำค่าการใช้พลังงานในการทำความเย็นที่ได้ของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง กรุด้วยกระจกใสนี้ไปเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง พบว่า ยังคงมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานการทำความเย็นได้ดีกว่าอาคารอ้างอิงในทุก WWR และอัตราร้อยละของการประหยัดพลังงานนี้จะสูงมากขึ้นเรื่อยๆเมื่ออาคารมีพื้นที่ช่องเปิด

ต่ำ หรือในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.1 จะสามารถประหยัดพลังงานได้สูงกว่า WWR เท่ากับ 0.3, 0.5, 0.9 และในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.7 จะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ต่ำที่สุด เพียงร้อยละ 0.43 ถึง 0.63 เท่านั้น และการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้สูงมากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของอาคารในกรณีศึกษาเทียบกับอาคารอ้างอิงมีค่าลดลงดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.33



แผนภูมิที่ 4.33 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกใสเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

4.2.2.7 อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกสีเขียว

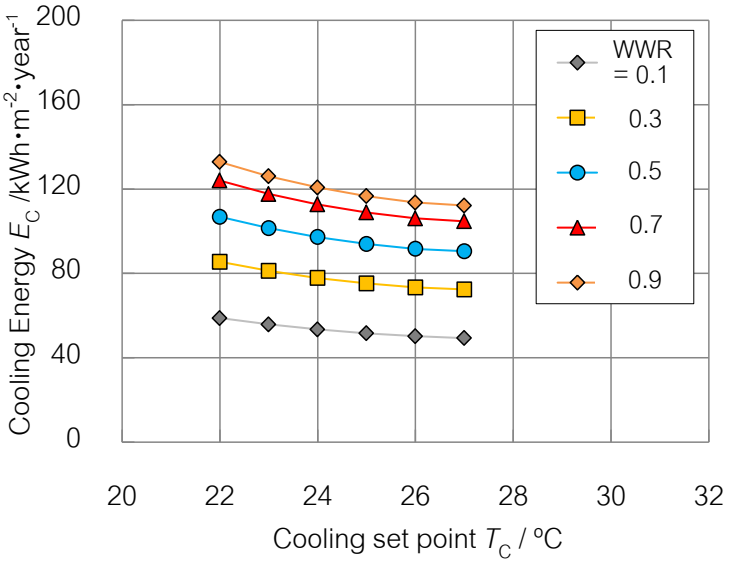
อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง กรุด้วยกระจกสีเขียว อุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อทำการจำลองผลการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารที่มีผนังก่ออิฐมอญ2ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง โดยมีการใช้กระจกเขียวแทนกระจกใสพบว่า ค่าการใช้พลังงานลดลงเมื่อเทียบกับการใช้กระจกใส ซึ่งการลดลงนี้เกิดขึ้นในทุก WWR ในอัตราที่ใกล้เคียงกันประมาณร้อยละ 11-13 ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.35 และเมื่อนำค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นที่ได้ไปเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิงพบว่า การใช้วัสดุผนังชนิดดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีกว่าอาคารอ้างอิง โดยประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานจะเกิดขึ้นสูงสุด

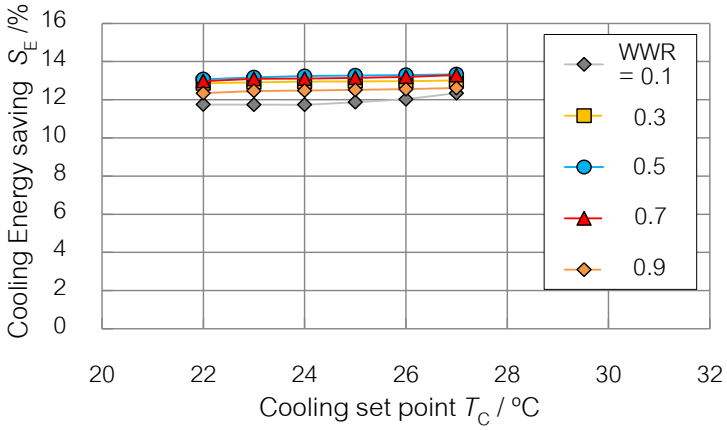
ในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.1 หรืออาคารที่มีช่องเปิดน้อยนั่นเอง รองลงมาคือ WWR เท่ากับ 0.3, 0.5 , 0.7 และ 0.9

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ2 ชั้น ใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง กรุด้วยกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	58.83	55.82	53.43	51.58	50.21	49.34
0.3	85.49	81.19	77.81	75.22	73.36	72.39
0.5	106.83	101.44	97.22	93.98	91.63	90.47
0.7	124.02	117.67	112.73	108.89	106.10	104.73
0.9	132.87	126.06	120.76	116.62	113.61	112.15



แผนภูมิที่ 4.34 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกสีเขียว เมื่อปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9



แผนภูมิที่ 4.35 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกรุด้วยกระจกสีเขียวเปรียบเทียบกับกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

4.2.2.8 อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ1ชั้นใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดาน กรุด้วยกระจกใส

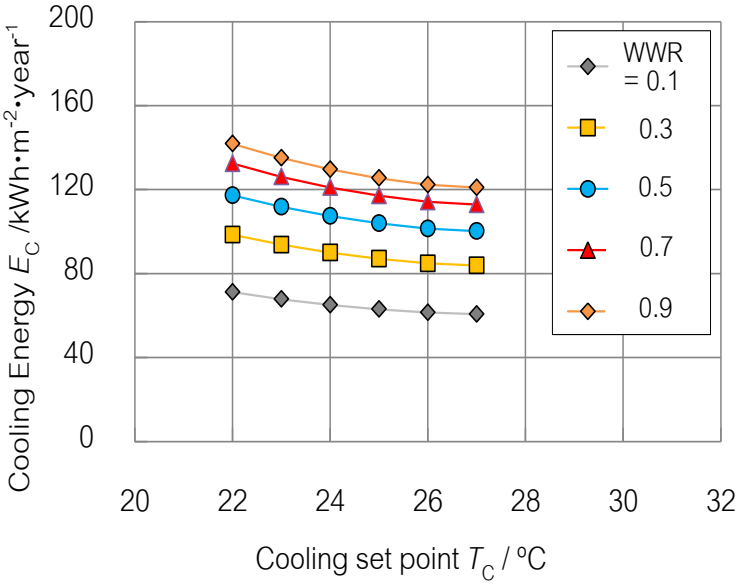
อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดานกรุด้วยกระจกใส อุณหภูมิภายใน 22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

ผลการจำลองค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้วบนฝ้าเพดาน กรุด้วยกระจกใส ที่มีค่า U-Value ของผนังเท่ากับ 2.83 วัตต์/ ตร.ม.-องศาเซลเซียส พบว่า แนวโน้มการใช้พลังงานการทำความเย็นจะมีปริมาณสูงมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ WWR และการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้สูงจะช่วยให้การใช้พลังงานการทำความเย็นลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.20 และแผนภูมิที่ 4.36 เมื่อนำค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐสองชั้นกรุด้วยกระจกใสมาเปรียบเทียบกับกรณีอาคารพักอาศัยอ้างอิงจะพบว่า สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้มากกว่าอาคารอ้างอิงในทุก WWR และจะมีอัตราของร้อยละการประหยัดพลังงานสูงมากขึ้นเมื่อมี WWR ต่ำ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.37 จะเห็นได้ว่าค่าร้อยละในการประหยัดพลังงานในอาคารที่มีผนังก่ออิฐฉาบปูน และมีการใส่ฉนวนใยแก้วบนฝ้าเพดานนั้น จะมีอัตราสูงมากที่สุดถึงร้อยละ 13.31 ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และลดลงเมื่อมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงมากขึ้น รองลงมาคือในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 มีค่าร้อยละการประหยัดพลังงานมากที่สุดเมื่อมีการตั้งอุณหภูมิ

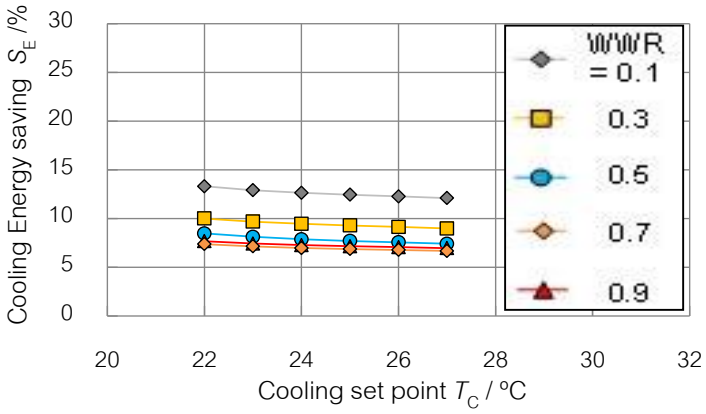
เครื่องปรับอากาศที่ 22 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกัน เท่ากับร้อยละ 10.01, 8.47, 7.68 และ 7.63 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ1 ชั้น ใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดานกรุด้วยกระจกใส เมื่อปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	71.14	67.78	65.04	62.93	61.40	60.61
0.3	98.49	93.78	90.00	87.04	84.89	83.87
0.5	117.27	111.80	107.43	103.95	101.41	100.23
0.7	132.41	126.08	121.04	117.06	114.18	112.85
0.9	141.81	135.07	129.63	125.38	122.30	120.93



แผนภูมิที่ 4.36 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดานกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9



แผนภูมิที่ 4.37 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดานกรุกระจกใสเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

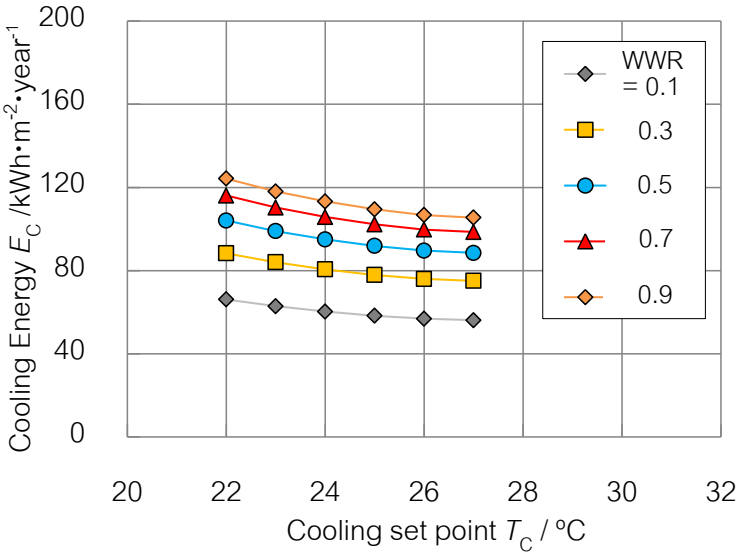
4.2.2.9 **อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ1ชั้นใส่ฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้ว บนฝ้าเพดาน กรุด้วยกระจกสีเขียว**

อาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดาน กรุด้วยกระจกสีเขียว อุณหภูมิภายใน 22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

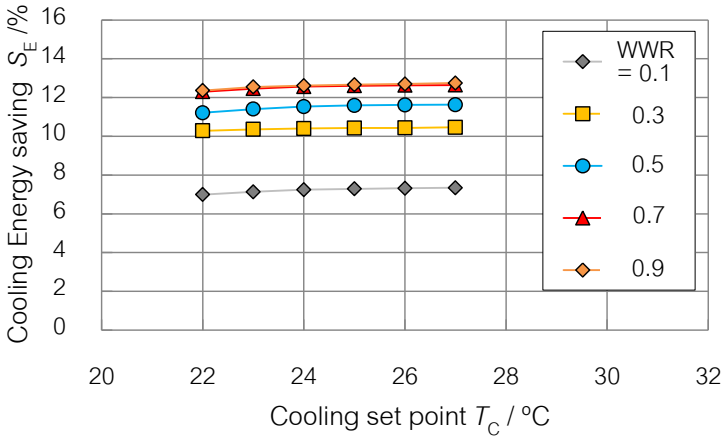
ผลการจำลองปริมาณการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยที่มีผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้วบนฝ้าเพดาน กรุด้วยกระจกเขียว พบว่าแนวโน้มการใช้พลังงานการทำความเย็นยังคงเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการใช้ผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้น ใส่ฉนวนใยแก้วบนฝ้าเพดาน กรุด้วยกระจกใส กล่าวคือ ปริมาณการใช้พลังงานการทำความเย็นจะมีปริมาณสูงมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ WWR และการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้สูงจะช่วยให้การใช้พลังงานการทำความเย็นลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.21 และแผนภูมิที่ 4.38 และพบว่าการใช้กระจกเขียวแทนกระจกใสสามารถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานการทำความเย็นได้ในทุก WWR และอัตราการลดลงจะยิ่งมากขึ้นในอาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดมาก ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.39

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดาน กรุด้วยกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	66.17	62.94	60.33	58.34	56.90	56.16
0.3	88.36	84.07	80.64	77.97	76.03	75.10
0.5	104.11	99.05	95.03	91.90	89.63	88.57
0.7	116.12	110.37	105.84	102.30	99.76	98.58
0.9	124.28	118.12	113.28	109.50	106.77	105.51



แผนภูมิที่ 4.38 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดาน กรุด้วยกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9



แผนภูมิที่ 4.39 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังก่ออิฐ-มอญ 1 ชั้นใส่ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้วบนฝ้าเพดานกรุด้วยกระจกสีเขียว เปรียบเทียบกับกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

4.2.2.10 อาคารพักอาศัยผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส

อาคารพักอาศัยผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส อุณหภูมิภายใน 22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

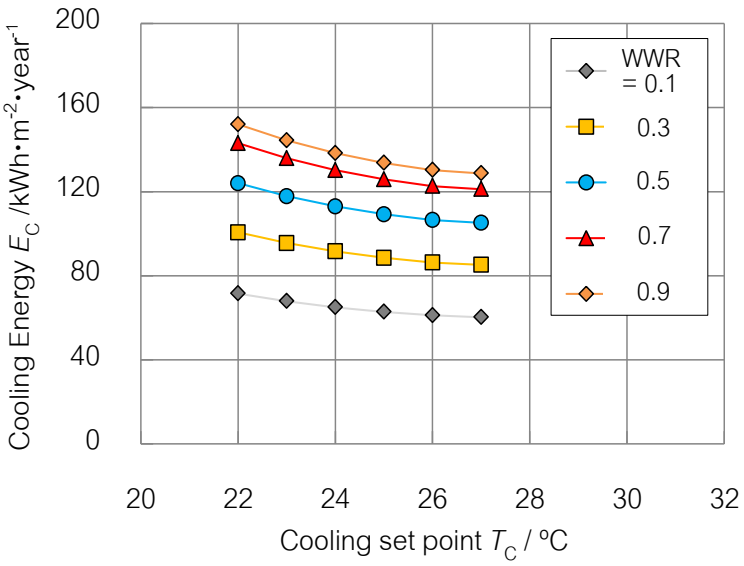
เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีการใช้ผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส (U-Value = 1.27 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส) ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นตารางที่ 4.22 โดยค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้น เมื่ออาคารมีช่องเปิดมาก และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำ ซึ่งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพลังงานการทำความเย็นเป็นไปในลักษณะเดียวกับอาคารพักอาศัยอ้างอิงแสดงในแผนภูมิที่ 4.40

เมื่อนำปริมาณการใช้พลังงานการทำความเย็นที่ได้จากอาคารที่มีผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใสนี้ไปเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิงพบว่า การใช้ผนังนี้ยังคงมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีกว่าอาคารพักอาศัยอ้างอิงในทุก WWR โดยประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานจะมีอัตราสูงขึ้นตามสัดส่วนของ WWR คือ เมื่ออาคารมีพื้นที่ช่องปิดน้อย จะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเมื่อเทียบกับอาคารอ้างอิงได้สูงมากขึ้นกว่าอาคารที่มีช่องเปิดมาก โดยอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.1 จะมีร้อยละการประหยัดพลังงานสูงที่สุดถึง 12.86 ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และภายใน WWR เดียวกันนี้ อัตราการประหยัดพลังงานจะลดลงอีก

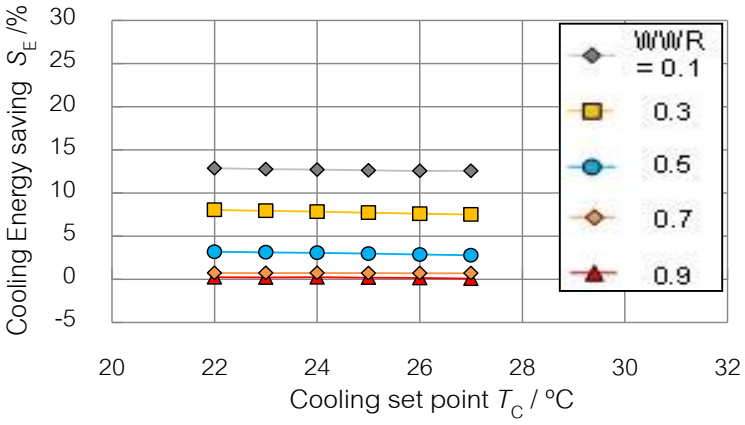
เล็กน้อยเมื่อมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้สูงมากขึ้น รองลงมาคือในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.3, 0.5, 0.9 และ 0.7 มีร้อยละการประหยัดพลังงานสูงที่สุดในแต่ละ WWR ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เท่ากับ 8.04, 3.19, 0.24 และ 0.73 ตามลำดับ แสดงดังแผนภูมิที่ 4.41

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	71.51	67.89	65.00	62.81	61.20	60.29
0.3	100.64	95.60	91.61	88.55	86.33	85.22
0.5	124.04	117.89	113.03	109.27	106.55	105.23
0.7	143.08	135.93	130.23	125.85	122.67	121.21
0.9	152.00	144.40	138.34	133.67	130.27	128.68



แผนภูมิที่ 4.40 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9



แผนภูมิที่ 4.41 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส เปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

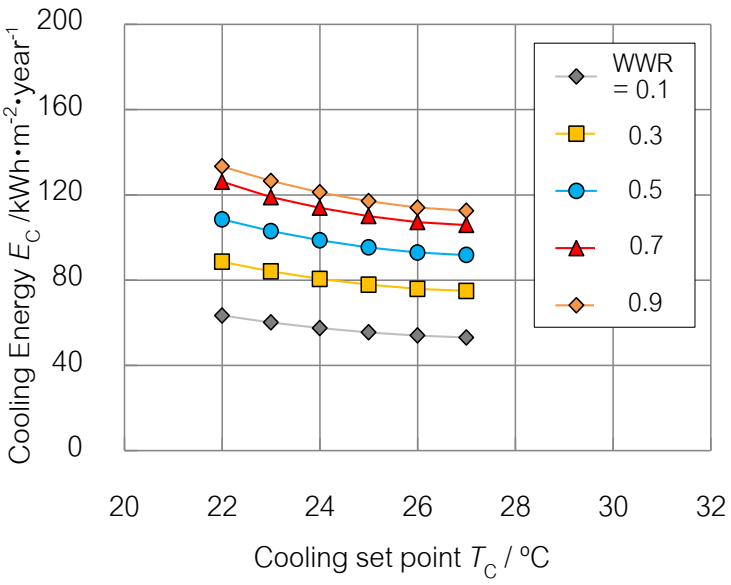
4.2.2.11 อาคารพักอาศัยผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกเขียว

อาคารพักอาศัยผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกสีเขียว อุณหภูมิภายใน 22 ถึง27 องศา-เซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

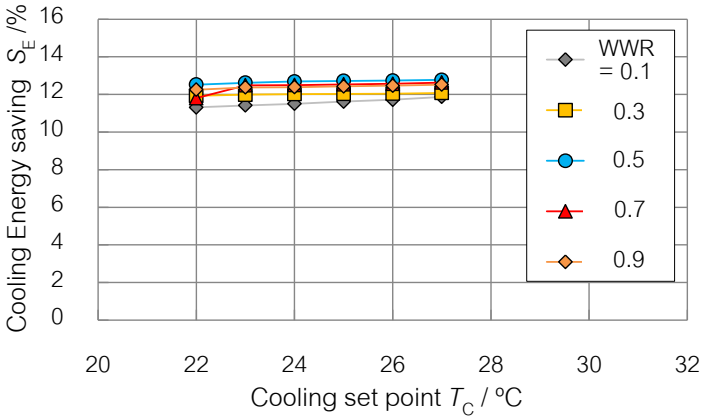
เมื่อเปลี่ยนชนิดของกระจกเป็นกระจกเขียว 1 ชั้นแล้วทำการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีการใช้ผนังก่อคอนกรีตมวลเบาพบว่า ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นลดลงในทุก WWR ดังแสดงในตารางที่ 4.23 และแผนภูมิที่ 4.42 โดยอัตราการลดลงนี้จะเกิดขึ้นในแต่ละ WWR ในระดับที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันประมาณร้อยละ 11 ถึง 12 แต่ในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.9 จะมีอัตราการลดลงของพลังงานการทำความเย็นมากที่สุด และอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.1 จะมีอัตราการลดลงของพลังงานการทำความเย็นน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	63.42	60.14	57.52	55.51	54.02	53.13
0.3	88.63	84.14	80.60	77.90	75.94	74.93
0.5	108.51	103.00	98.69	95.37	92.98	91.79
0.7	126.19	118.96	113.96	110.08	107.26	105.90
0.9	133.37	126.53	121.21	117.05	114.03	112.56



แผนภูมิที่ 4.42 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9



แผนภูมิที่ 4.43 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกเขียว เปรียบเทียบกับคอนกรีตมวลเบากรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

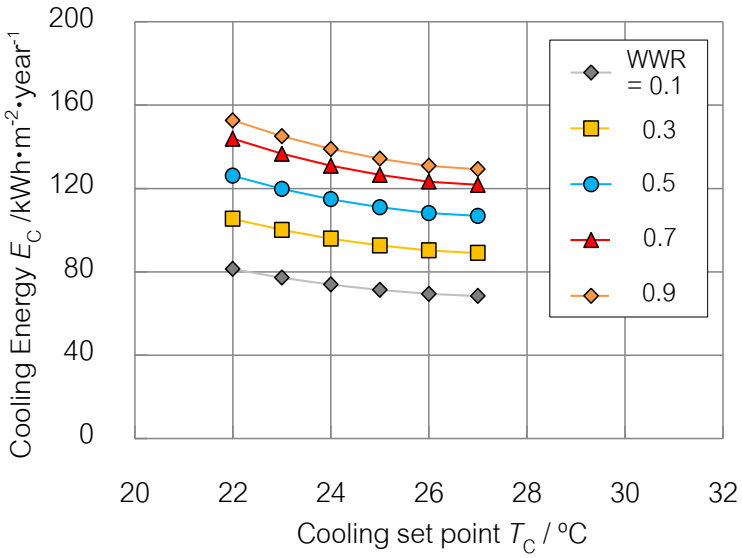
4.2.2.12 อาคารพักอาศัยผนังสำเร็จรูป กรุด้วยกระจกใส

อาคารพักอาศัยผนังสำเร็จรูป กรุด้วยกระจกใส อุณหภูมิภายใน 22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

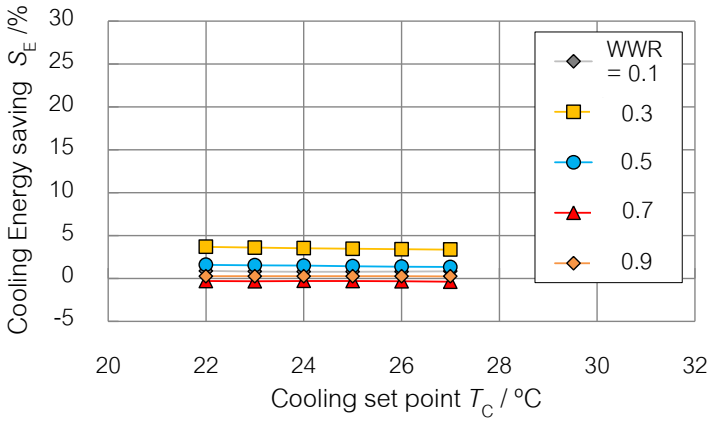
เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีการใช้ผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใส (U-Value = 2.47 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส) ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นตารางที่ 4.24 โดยค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้น เมื่ออาคารมีช่องเปิดมาก และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำ ซึ่งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพลังงานการทำความเย็นเป็นไปในลักษณะเดียวกับอาคารพักอาศัยอ้างอิงแสดงในแผนภูมิที่ 4.44 และเมื่อนำค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารที่มีผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใสไปเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิงพบว่า สามารถลดการใช้พลังงานการทำความเย็นได้ดีกว่าอาคารอ้างอิงได้เล็กน้อยในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 โดยในอาคารที่ WWR เท่ากับ 0.3 จะมีร้อยละการประหยัดพลังงานเมื่อเทียบกับอาคารอ้างอิงสูงกว่า WWR อื่นๆ และในอาคารผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใสที่มี WWR เท่ากับ 0.7 ในทุกช่วงของการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณการใช้พลังงานการทำความเย็นสูงกว่าอาคารอ้างอิง ประมาณร้อยละ 0.3 หรือก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าอาคารอ้างอิงนั่นเอง ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.45

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังสำเร็จรูป กรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	81.34	77.18	73.87	71.32	69.43	68.38
0.3	105.41	100.10	95.90	92.64	90.25	89.04
0.5	126.07	119.81	114.87	111.00	108.19	106.81
0.7	143.85	136.66	130.91	126.48	123.26	121.77
0.9	152.70	145.08	139.00	134.28	130.86	129.26



แผนภูมิที่ 4.44 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังสำเร็จรูป กรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9



แผนภูมิที่ 4.45 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใส เปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

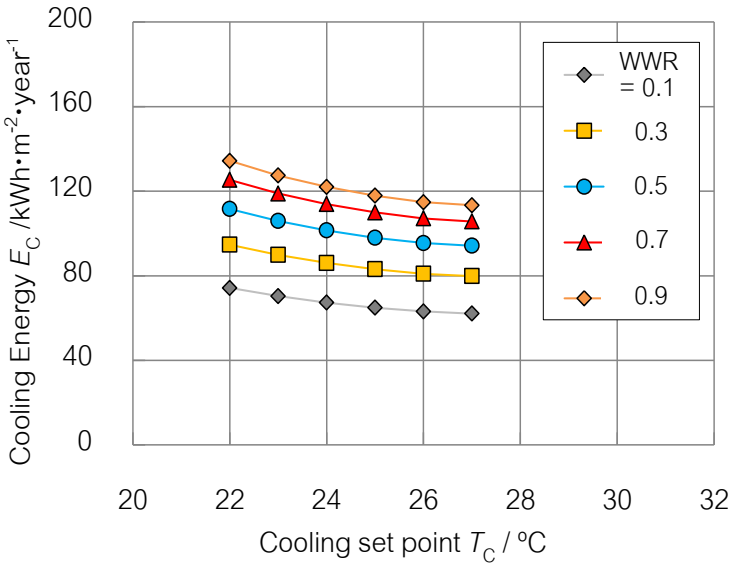
4.2.2.13 อาคารพักอาศัยผนังสำเร็จรูป กรุด้วยกระจกสีเขียว

อาคารพักอาศัยผนังสำเร็จรูป กรุด้วยกระจกสีเขียว อุณหภูมิภายใน 22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

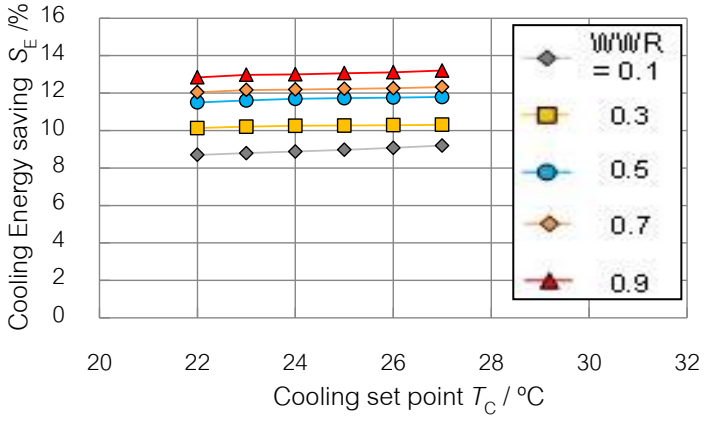
เมื่อทำการจำลองปริมาณการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยที่มีผนังสำเร็จ กรุด้วยกระจกเขียว พบว่าแนวโน้มการใช้พลังงานการทำความเย็นยังคงเป็นไปในลักษณะเดียวกับการใช้กระจกใส ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.46 แต่ค่าพลังงานการทำความเย็นจะลดลงในทุก WWR โดยค่าการใช้พลังงานที่ลดลงเมื่อเปลี่ยนมาใช้กระจกเขียวนี้เกิดขึ้นสูงสุดในอาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดมาก และอัตราร้อยละการประหยัดพลังงานจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้สูงมากขึ้น ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.47

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังสำเร็จรูป กรุด้วยกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	74.26	70.39	67.31	64.92	63.13	62.09
0.3	94.73	89.89	86.07	83.12	80.97	79.86
0.5	111.57	105.90	101.44	97.99	95.47	94.22
0.7	125.38	118.92	113.89	109.96	107.10	105.69
0.9	134.32	127.43	122.05	117.87	114.81	113.33



แผนภูมิที่ 4.46 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังสำเร็จรูป กรุด้วยกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9



แผนภูมิที่ 4.47 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกเขียวเปรียบเทียบกับกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

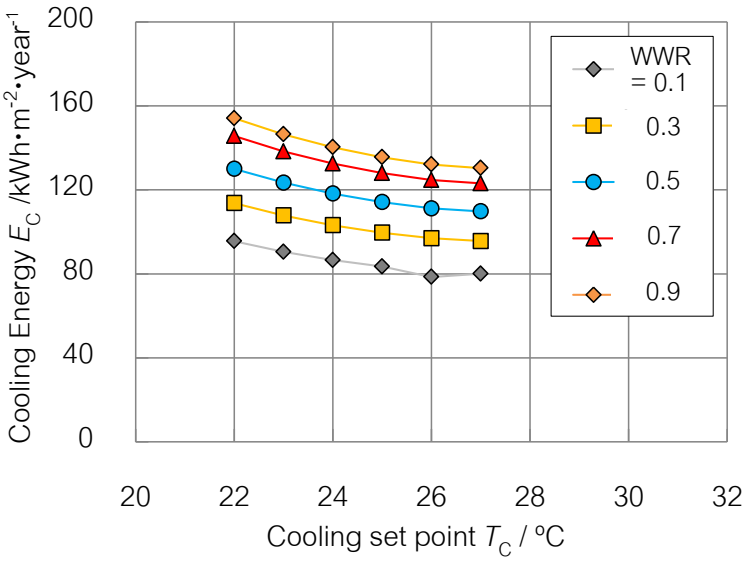
4.2.2.14 อาคารพักอาศัยผนังไม้เนื้อแข็ง กรุด้วยกระจกใส

อาคารพักอาศัยผนังไม้เนื้อแข็ง กรุด้วยกระจกใส อุณหภูมิภายใน 22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

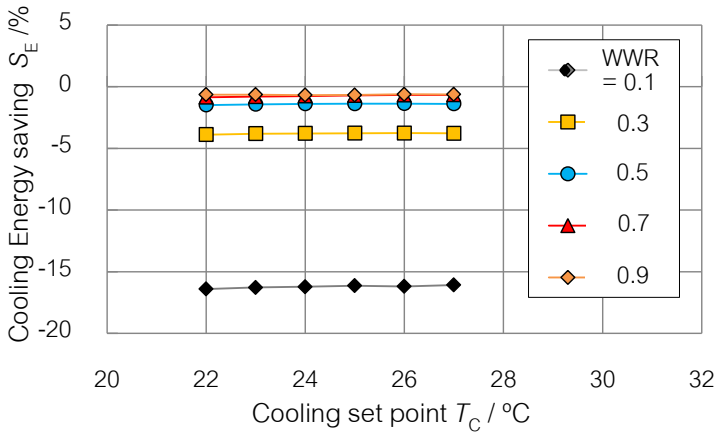
เมื่อทำการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีการใช้ผนังไม้เนื้อแข็ง ½ นิ้วกรุด้วยกระจกใส(U-Value = 4.81 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส) ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นตารางที่ 4.26 โดยค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้น เมื่ออาคารมีช่องเปิดมาก และมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำ ซึ่งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพลังงานการทำความเย็นเป็นไปในลักษณะเดียวกับอาคารพักอาศัยอ้างอิงแสดงในแผนภูมิที่ 4.48 แต่เมื่อนำค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยที่มีผนังไม้เนื้อแข็งกรุด้วยกระจกใสนี้ ไปเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิงพบว่า มีค่าการใช้พลังงานสูงกว่าอาคารอ้างอิงในทุก WWR กล่าวคือก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าอาคารอ้างอิงนั่นเอง โดยอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานการทำความเย็นนี้เกิดขึ้นสูงสุดในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 ตามลำดับ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.49 โดยในอาคารที่ WWR เท่ากับ 0.1 จะมีการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าอาคารอ้างอิงถึงร้อยละ 16.41 ส่วนในอาคารที่มี WWR อื่นมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันคือ ประมาณร้อยละ 0.6 ถึงร้อยละ 3

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังไม้เนื้อแข็ง กรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	95.53	90.49	86.54	83.48	78.51	80.04
0.3	113.70	107.80	103.18	99.58	96.95	95.62
0.5	130.03	123.43	118.23	114.18	111.22	109.77
0.7	145.65	138.31	132.53	128.00	124.70	123.11
0.9	154.11	146.41	140.32	135.54	132.07	130.40



แผนภูมิที่ 4.48 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังไม้เนื้อแข็งกรุด้วยกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9



แผนภูมิที่ 4.49 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังไม้เนื้อแข็งกรุด้วยกระจกใสเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

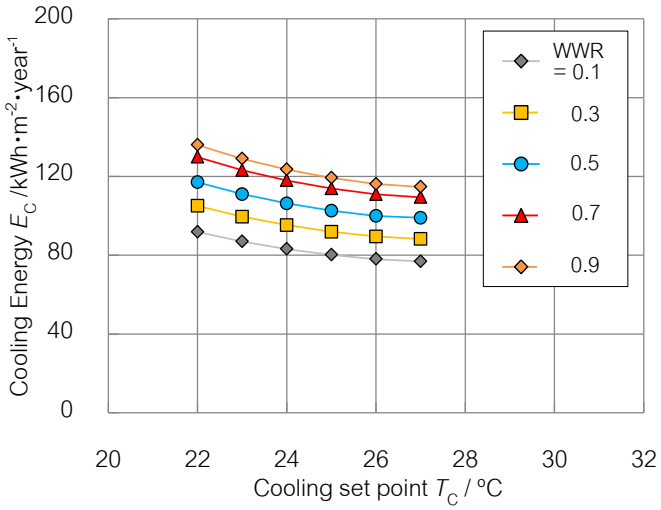
4.2.2.15 อาคารพักอาศัยผนังไม้เนื้อแข็ง กรุด้วยกระจกสีเขียว

อาคารพักอาศัยผนังไม้เนื้อแข็ง กรุด้วยกระจกสีเขียว อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 22 ถึง27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อจำลองปริมาณการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยที่มีผนังทำด้วยไม้เนื้อแข็ง ½ นิ้ว กรุด้วยกระจกเขียว 1 ชั้น พบว่าค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นที่ได้ลดลงกว่าการใช้กระจกใสในกรณีแรก และมีแนวโน้มการใช้พลังงานการทำความเย็นเป็นไปในลักษณะเช่นเดียวกับอาคารพักอาศัยอ้างอิง คือ ปริมาณการใช้พลังงานการทำความเย็นจะสูงมากขึ้นเมื่ออาคารมีช่องเปิดมาก แสดงดังแผนภูมิที่ 4.50

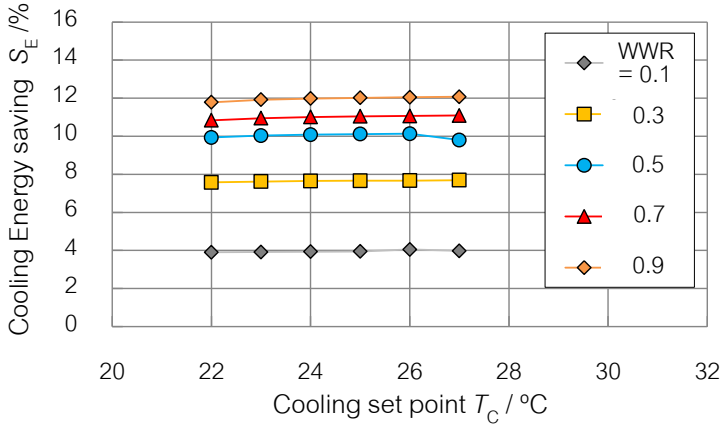
ตารางที่ 4.27 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังไม้เนื้อแข็ง กรุด้วยกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส และปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

WWR	พลังงานการทำความเย็น (กิโลวัตต์-ชม./ตร.ม./ปี)					
	22 ^{0}C	23 ^{0}C	24 ^{0}C	25 ^{0}C	26 ^{0}C	27 ^{0}C
0.1	91.80	86.94	83.13	80.18	78.02	76.86
0.3	105.09	99.58	95.28	91.95	89.52	88.26
0.5	117.11	111.05	106.31	102.63	99.95	99.01
0.7	129.86	123.16	117.94	113.87	110.90	109.45
0.9	135.94	128.96	123.51	119.25	116.15	114.66



แผนภูมิที่ 4.50 แสดงผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังไม้เนื้อแข็งกรุด้วยกระจกสีเขียว ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

เมื่อพิจารณาปริมาณของพลังงานการทำความเย็นที่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปลี่ยนชนิดกระจกให้มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดลดลง หรือมีการเปลี่ยนกระจกใส 1 ชั้นขนาด 6 มิลลิเมตร เป็นกระจกเขียว 1 ชั้นขนาด 6 มิลลิเมตร พบว่าอัตราร้อยละการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นสัมพันธ์กับสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง โดยจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้สูงมากขึ้นเมื่ออาคารมีพื้นที่ช่องเปิดสูงนั่นเอง การเปลี่ยนอุณหภูมิตั้งแต่ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียสส่งผลให้ค่าการให้ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย แสดงในแผนภูมิที่ 4.51



แผนภูมิที่ 4.51 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยผนังไม้เนื้อแข็งกรุด้วยกระจกเขียวเปรียบเทียบกับกระจกใส ปรับอุณหภูมิภายใน 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

4.2.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัย

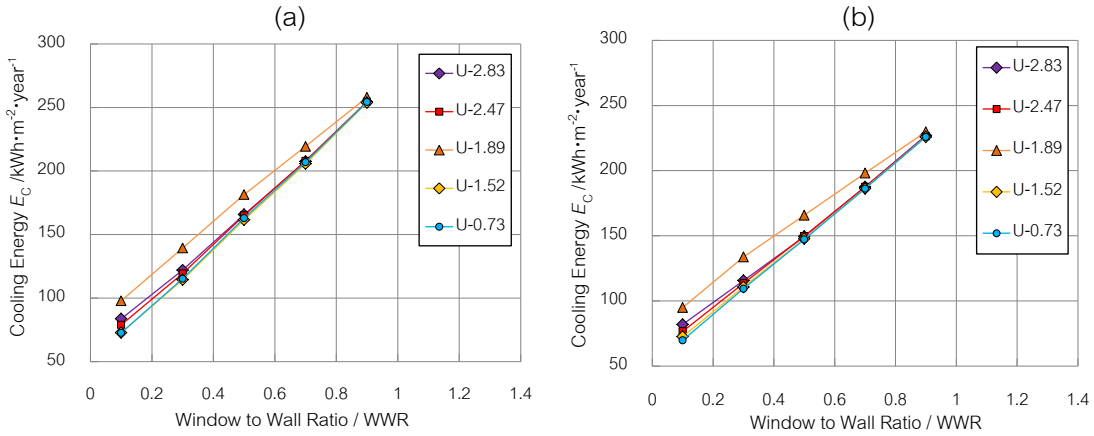
4.2.3.1 อาคารสำนักงาน

จากการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารสำนักงานปรับอากาศที่มีวัสดุเปลือกอาคารทั้งหมด 8 ชนิด ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน ได้แก่

1. ผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้น ฉาบปูน
   (U-Value = 2.83 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส)
2. ผนังสำเร็จรูป
   (U-Value = 2.47 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส)
3. ผนังคอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 1280 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
   (U-Value = 1.89 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส)
4. ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศตรงกลาง
   (U-Value = 1.52 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส)
5. ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง
   (U-Value = 0.73 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส)

จากผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นจากโปรแกรม Visual DOE 4.1 ทำให้วิเคราะห์ได้ว่าการใช้พลังงานการทำความเย็นในวัสดุเปลือกอาคารทั้ง 5 ชนิด มี พบว่า อัตราการใช้พลังงานจะลดน้อย เมื่อใช้วัสดุผนังที่มีค่า U-Value ต่ำ จากแผนภูมิที่ 4.52 จะเห็นได้ว่าค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นจะสูงมากขึ้น เมื่อ วัสดุเปลือกอาคารมีค่า U-Value สูง อาคารมีและพื้นที่ช่องเปิดมาก และเมื่อเปลี่ยนมาชนิดของกระจก จากกระจกใส 1 ชั้น 6 มิลลิเมตร (SC เท่ากับ 0.95) มาเป็น กระจกเขียว 1 ชั้น 6 มิลลิเมตร (SC เท่ากับ 0.71) จะมีประสิทธิภาพในการช่วยลดพลังงานได้มากขึ้นในทุก WWR ของทุกชนิดวัสดุ และมีวัสดุเพียงวัสดุเดียวที่ค่าการใช้พลังงานแตกต่างกับวัสดุอื่นคือ ผนังคอนกรีตมวลเบา (U-Value เท่ากับ 1.89 วัตต์ต่อ ตร.ม.องศาเซลเซียส) แม้ว่าจะมีค่า U-Value ต่ำกว่า ผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้น และต่ำกว่าผนังสำเร็จรูปแต่กลับมีค่าการใช้พลังงานสูงกว่ากรณีอื่นๆ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิงพบว่า การใช้ผนังคอนกรีตมวลเบาทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานสูงกว่าอาคารอ้างอิง ในทุก WWR และสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าอาคารอ้างอิงเมื่อใช้กระจกเขียวแทนกระจกใสในอาคารที่มีช่องเปิดสูงเท่านั้น

แผนภูมิที่ 4.52 แสดงผลการใช้พลังงานการทำความเย็นในสำนักงานที่มีวัสดุเปลือกอาคาร 5 ชนิด กรุด้วยกระจกใส(a)กระจกเขียว(b)ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปรับ WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9



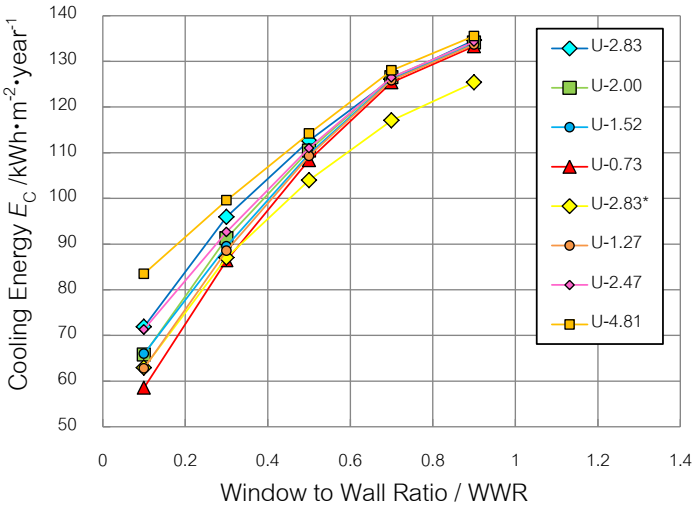
แผนภูมิที่ 4.52 แสดงผลการใช้พลังงานการทำความเย็นอาคารสำนักงานของวัสดุผนัง 5 ชนิดกรุด้วยกระจกใสและกระจกเขียว ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1 ถึง 0.9

4.2.3.2 อาคารพักอาศัย

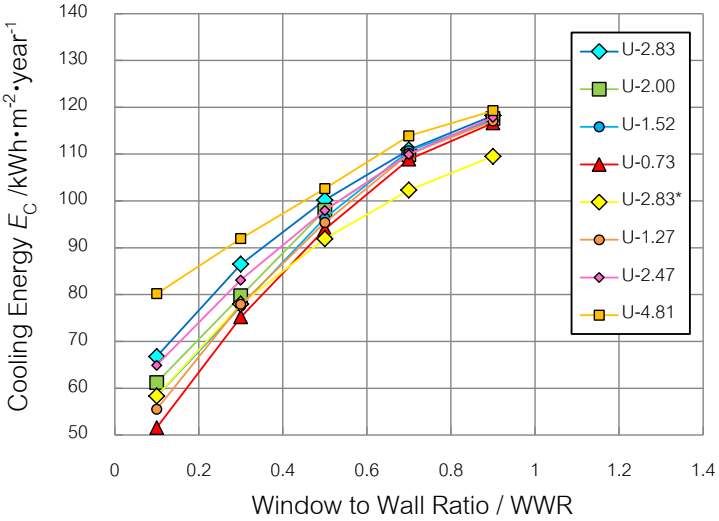
จากการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารสำนักงานปรับอากาศ ที่มีวัสดุเปลือกอาคารทั้งหมด 8 ชนิด ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1)ผนังก่ออิฐ 1 ชั้น ฉาบปูน มี U-Value = 2.83 วัตต์ต่อตารางเมตร องศาเซลเซียส 2)ผนังอิฐมอญ 2 ชั้น มี U-Value = 2.0 วัตต์ต่อตารางเมตร องศาเซลเซียส 3) ผนังสำเร็จรูป มี U-Value= 2.47 วัตต์ต่อตารางเมตร องศาเซลเซียส 4)ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศตรงกลาง มี U-Value= 1.52 วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส 5)ผนังคอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 620 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร มี U-Value= 1.27 วัตต์ต่อตารางเมตร องศาเซลเซียส 6)ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง มี U-Value = 0.73 วัตต์ต่อตารางเมตร องศาเซลเซียส 7) ผนังก่ออิฐฉาบปูนฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว บนฝ้าเพดาน และ 8) ผนังไม้เนื้อแข็ง ½ นิ้ว มี U-Value = 4.81 วัตต์ต่อตารางเมตร องศาเซลเซียส

การเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยที่มีวัสดุเปลือกอาคารทั้งหมด 8 ชนิด ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.53 และ 4.54 จะเห็นได้ว่า ในผนังที่มีการใช้พลังงานการทำความเย็นมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ยังคงเป็นไปค่า U- Value คือ ผนังที่มี U- Value มากจะมีค่าการใช้พลังงานมากนั่นเอง และอัตราการใช้พลังงานจะค่อนข้างใกล้เคียงกันเมื่ออาคารมีพื้นที่

ช่องเปิดสูงมากขึ้นนั่นเอง โดยในที่นี้ ในอาคารพักอาศัยที่มีการติดฉนวนใยแก้วบนฝ้าเพดาน จะมีการใช้พลังงานแตกต่างจากกรณีอื่น และน้อยที่สุดเมื่ออาคารมี WWR สูงตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป และการใช้กระจกเขียวช่วยลดการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในอาคารที่มีผนังทุกชนิด ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.54



แผนภูมิที่ 4.53 แสดงผลการใช้พลังงานการทำความเย็นอาคารพักอาศัย ของวัสดุเปลือกอาคาร 8 ชนิดกรุด้วยกระจกใส ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9



แผนภูมิที่ 4.54 แสดงผลการใช้พลังงานการทำความเย็นอาคารพักอาศัย ของวัสดุเปลือกอาคาร 8 ชนิดกรุด้วยกระจกเขียว ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปรับค่า WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

4.2.4 การสร้างกรณีศึกษาเพิ่มเติม ของอาคารสำนักงาน

การสร้างกรณีศึกษาเพิ่มเติม เป็นการศึกษาผลกระทบของการเพิ่มปัจจัยทางด้านความร้อนภายในอาคาร ไม่ว่าจะเป็นค่าพลังงานแสงสว่าง(LPD) พลังงานอุปกรณ์ไฟฟ้า(EPD) และการเพิ่มสภาพความเป็นฉนวนให้กับวัสดุเปลือกอาคาร ที่ส่งผลพลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัย โดยกรณีศึกษาเพิ่มเติมนี้ กำหนดให้ค่า LPD มีค่าตั้งแต่ 24, 26, 28, 30 และ 32 วัตต์ต่อตร.ม. และ EPD เท่ากับ 20 วัตต์ต่อตร.ม. เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นในอาคารที่มีการใช้ผนังปกติ(ก่ออิฐฉาบปูน กรุด้วยกระจกใส) กับอาคารที่มีสภาพความเป็นฉนวนสูงทั้งในส่วนผนังทึบ และผนังโปร่งใส (ผนังฉนวนโฟม และกระจกฉนวน) ซึ่งค่าต่างๆแสดงดังตารางที่ 4.28

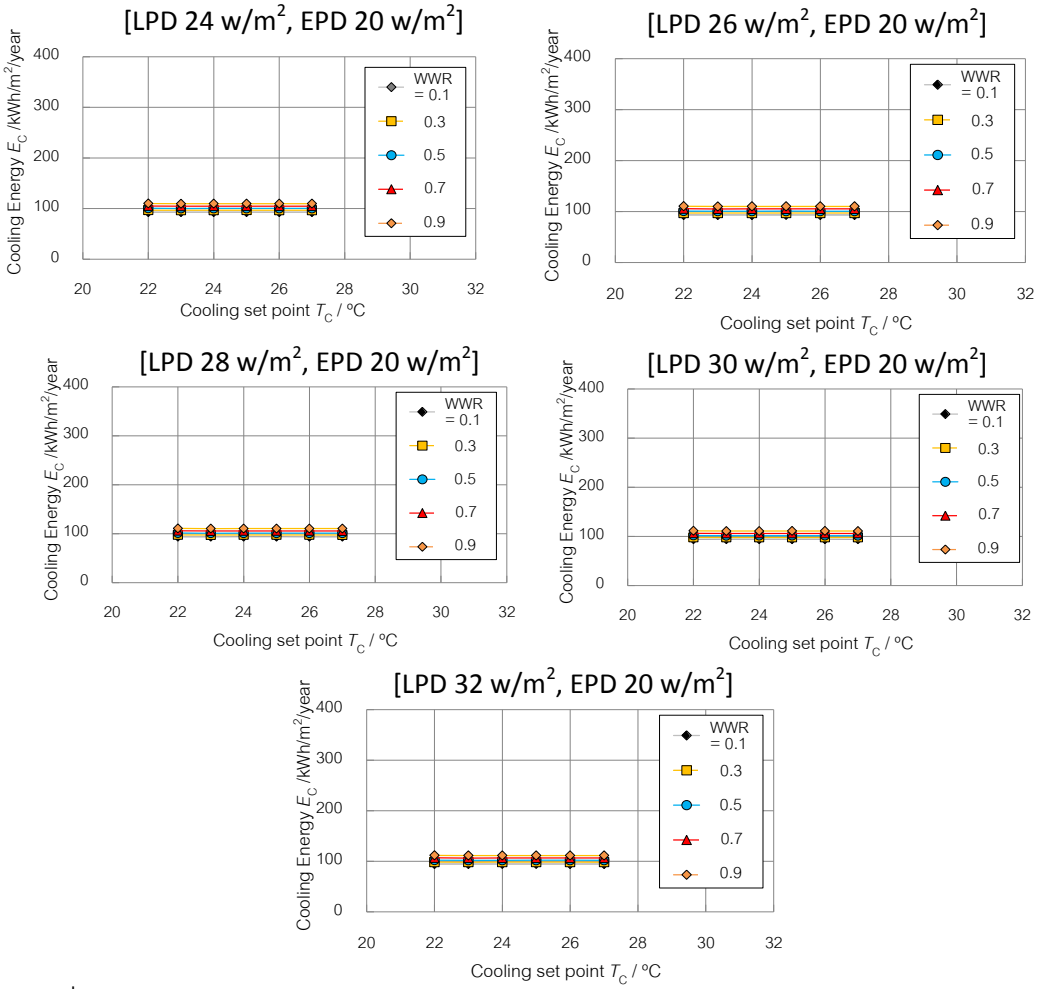
ตารางที่ 4.28 แสดงข้อมูลสำหรับป้อนในโปรแกรม Visual DOE 4.1 ของอาคารสำนักงานอ้างอิงและอาคารสำนักงานกรณีศึกษา

อาคารสำนักงานอ้างอิง (Base case)	อาคารสำนักงานกรณีศึกษา (Case study)
ผนังก่ออิฐมอญ ฉาบปูน กระจกใส 1 ชั้น Uผนัง = 2.83 w/m^2-^{o}C Uกระจก = 6.17 w/m^2-^{o}C SC = 0.95	ผนังโฟม EPS 8'' กระจก REFLECTIVE DOUBLE LOW - E Uผนัง = 0.2 w/m^2-^{o}C Uกระจก = 1 w/m^2-^{o}C SC = 0.15
EPD = 20 w/m^2	EPD = 20 w/m^2
LPD = 24, 26, 28, 30 และ 32 w/m^2	LPD = 24, 26, 28, 30 และ 32 w/m^2

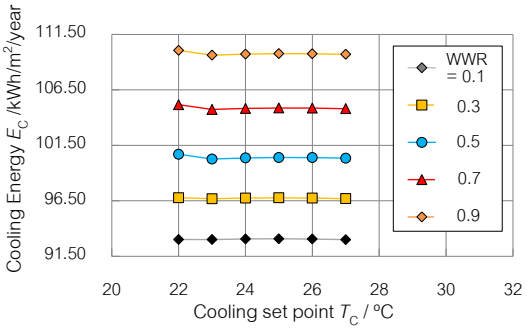
4.2.4.1 ผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็น อาคารสำนักงานอ้างอิง (ผนังก่ออิฐฉาบปูน-กระจกใส)

ผลการจำลองพลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีผนังปกติกรุด้วยกระจกใส ดังแผนภูมิที่ 4.55 แสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในอาคารที่มีผนังก่ออิฐมอญกรุด้วยกระจกใส มีการกำหนดค่า LPD ตั้งแต่ 24, 26, 28, 30 และ 32 วัตต์ต่อตร.ม.และค่า EPD เท่ากับ 20 วัตต์ต่อตร.ม. จะเห็นได้ว่าปริมาณพลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในแต่ละ WWR ค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก กล่าวคือ เมื่ออาคารมีสัดส่วนช่องเปิดเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ 0.1 ไปจนถึง 0.9 นั้น พลังงานการทำความเย็นจะสูงมากขึ้นร้อยละ 4 และการปรับอุณหภูมิ

เครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 22-27 องศาเซลเซียส ส่งผลให้พลังงานความเย็นเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 0.1 เท่านั้น และการเพิ่มค่าLPD จาก 24 ไปจนถึง 32 วัตต์ต่อตร.ม.ส่งผลให้พลังงานการทำความเย็นเพิ่มมากขึ้นเล็กน้อย และประหยัดพลังงานได้ดีกว่าอาคารอ้างอิงดังแผนภูมิที่ 4.56



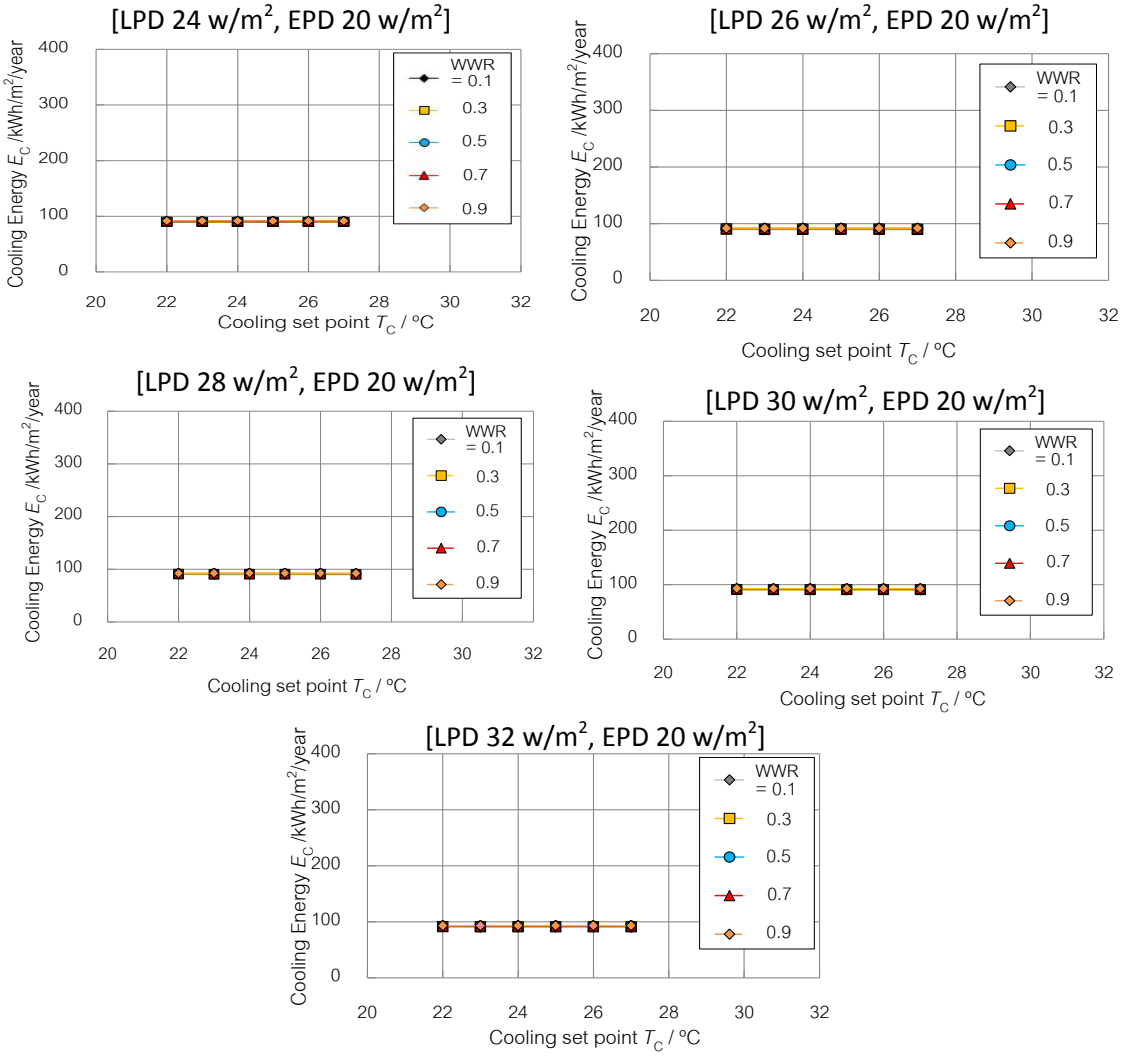
แผนภูมิที่ 4.55 แสดงพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานอ้างอิง ก่ออิฐมอญ กระจกใส



แผนภูมิที่ 4.56 แผนภูมิขยาย แสดงพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานอ้างอิง ที่มีค่า LPD เท่ากับ 24 วัตต์ต่อตารางเมตร และ EPD เท่ากับ 20 วัตต์ต่อตารางเมตร

4.2.4.2 ผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็น อาคารสำนักงานกรณีศึกษา (เปลือกอาคารสภาพความเป็นฉนวนสูง)

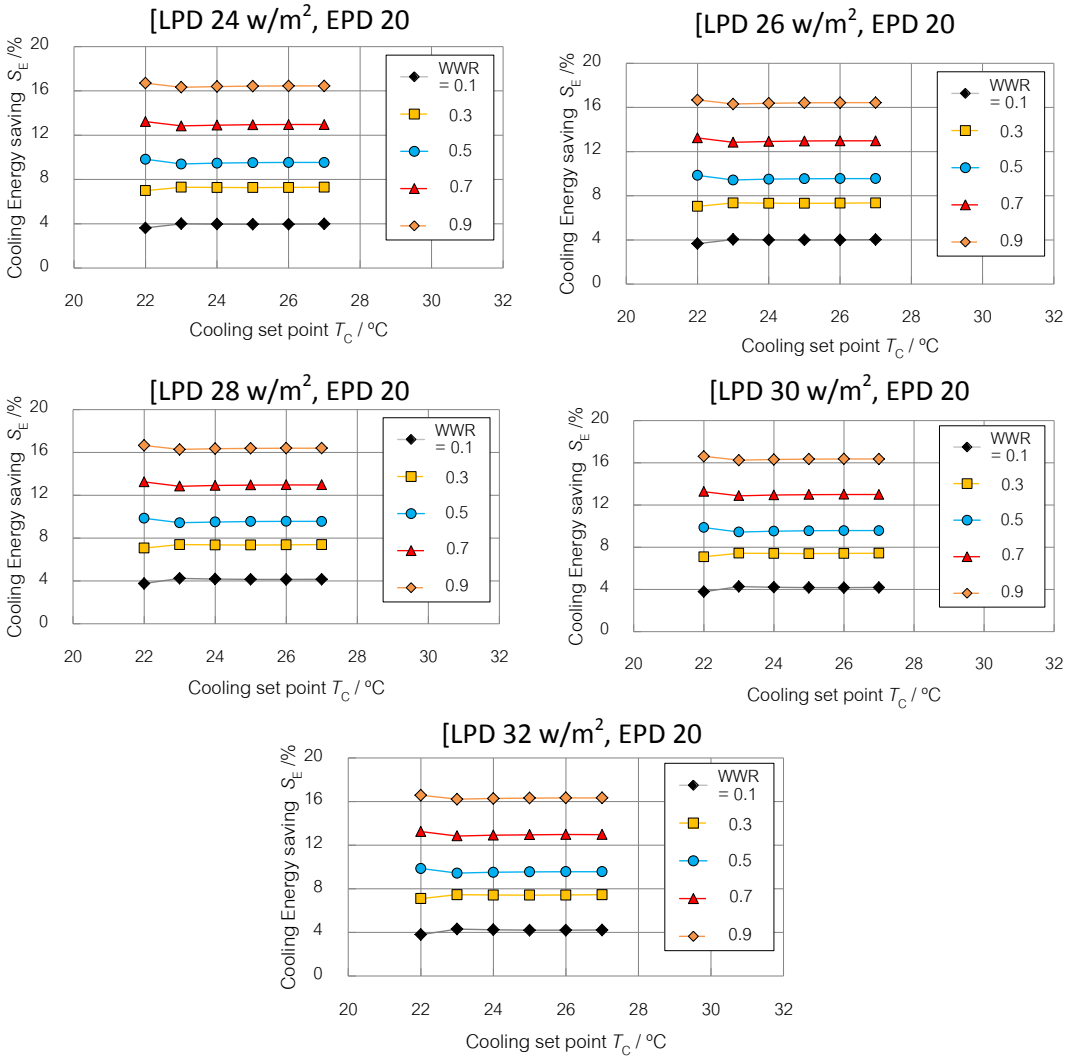
เมื่อจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีเปลือกอาคารสภาพความเป็นฉนวนสูง ทำการปรับค่า LPD เท่ากับ 24, 26, 28, 30, 32 วัตต์ต่อตร.ม.และ EPD เท่ากับ 20 วัตต์ต่อตร.ม.พบว่าพลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในแต่ละ WWR มีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ต่างกันเพียงร้อยละ 0.01 และการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้เปลี่ยนแปลงจาก 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานการทำความเย็น โดยเมื่อทำการเพิ่มค่า LPD จาก 24 วัตต์ต่อตร.ม.เรื่อยไปจนถึง 32 วัตต์ต่อตร.ม. พบว่าส่งผลให้พลังงานการทำความเย็นเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยจะสูงขึ้นเมื่อ ค่า LPD สูงขึ้นนั่นเอง



แผนภูมิที่ 4.57 แสดงพลังงานการทำความเย็นในสำนักงาน (เปลือกอาคารฉนวนสูง)

4.2.4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน ของอาคารสำนักงานอ้างอิงกับอาคารสำนักงานกรณีศึกษา

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานอ้างอิง ที่มีผนังปกติ กับอาคารสำนักงานกรณีศึกษาที่มีเปลือกอาคารที่มีสภาพความเป็นฉนวนสูง พบว่าพลังงานการทำความเย็นในอาคารกรณีศึกษาที่มีเปลือกอาคารสภาพความเป็นฉนวนสูงนั้น มีค่าต่ำกว่าพลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีผนังปกติ แสดงว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ดีกว่า และอัตราการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเพิ่มค่า LPD ตั้งแต่ 24 วัตต์ต่อตร.ม. เรื่อยไปจนถึง 32 วัตต์ต่อตร.ม.นั้นค่อนข้างคงที่ และในอาคารที่มีช่องเปิดสูงจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุดดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.58



แผนภูมิที่ 4.58 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นในอาคารสำนักงานอ้างอิงเปรียบเทียบกับสำนักงานกรณีศึกษา(เปลือกอาคารสภาพความเป็นฉนวนสูง)

4.2.5 การสร้างกรณีศึกษาเพิ่มเติมของอาคารพักอาศัย

การสร้างกรณีศึกษาเพิ่มเติมในอาคารพักอาศัยนั้น ทำในลักษณะเช่นเดียวกับในอาคารสำนักงาน คือ เพิ่มปัจจัยทางด้านความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ทั้งค่า LPD และ EPD ทำการปรับเปลี่ยนวัสดุเปลือกอาคารให้มีสภาพความเป็นฉนวนสูง เพื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้น กับอาคารที่มีผนังปกติ(ก่ออิฐมอญฉาบปูน- กระจกใส) ดังตารางที่ 4.29

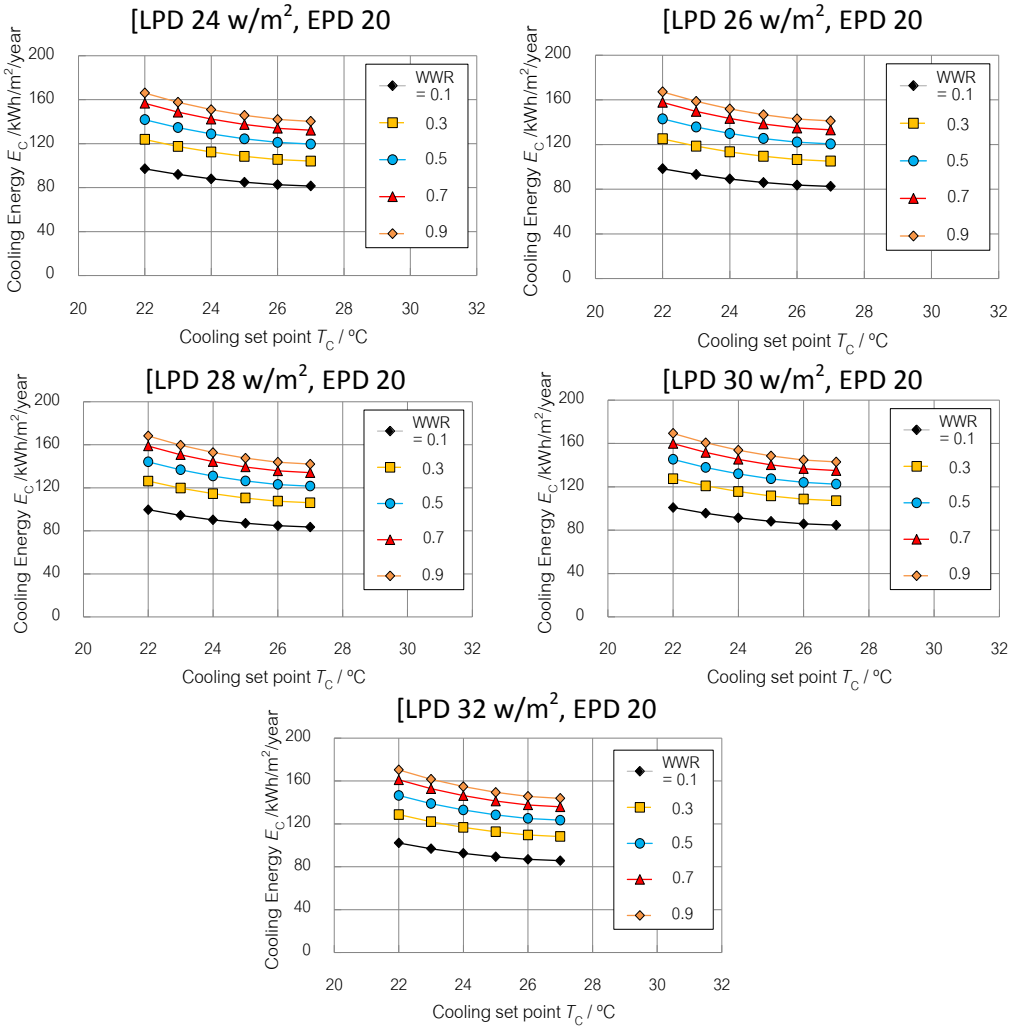
ตารางที่ 4.29 แสดงข้อมูลสำหรับป้อนในโปรแกรม Visual DOE 4.1 ของอาคารพักอาศัยอ้างอิงและอาคารพักอาศัยกรณีศึกษา

อาคารพักอาศัยอ้างอิง (Base case)	อาคารพักอาศัยกรณีศึกษา (Case study)
ผนังก่ออิฐมอญ ฉาบปูน กระจกใส 1 ชั้น Uผนัง = 2.83 w/m^2-^{o}C Uกระจก = 6.17 w/m^2-^{o}C SC = 0.95	ผนังฉนวนโฟม EPS 8 นิ้ว กระจก REFLECTIVE DOUBLE LOW - E Uผนัง = 0.2 w/m^2-^{o}C Uกระจก = 1 w/m^2-^{o}C SC = 0.15
EPD = 20 w/m^2	EPD = 20 w/m^2
LPD = 24, 26, 28, 30 และ 32 w/m^2	LPD = 24, 26, 28, 30 และ 32 w/m^2

4.2.5.1 ผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็น อาคารพักอาศัยอ้างอิง (ผนังก่ออิฐฉาบปูน-กระจกใส)

ผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยอ้างอิงที่มีผนังก่ออิฐมอญ กรุด้วยกระจกใส เพิ่มค่า LPD ตั้งแต่ 24 ถึง 32 วัตต์ต่อตารางเมตร ส่วนค่า EPD เท่ากับ 20 วัตต์ต่อตารางเมตร พบว่า ค่าการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจะสูงขึ้น ตามอัตราส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร กล่าวคือ ในอาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดสูง จะมีค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นสูงที่สุด และการเพิ่มอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศยังคงส่งผลให้ค่าพลังงานการทำความเย็นลดลงได้ การเปลี่ยนแปลงนี้ส่งผลแตกต่างกับในอาคารสำนักงานอย่างชัดเจน (อาคารสำนักงาน มีพลังงานการทำความเย็นในแต่ WWR และ Cooling set-point ใกล้เคียงกันมาก) การที่มีการใช้พลังงานในส่วน LPD และ EPD เพิ่มมากกว่าสภาวะที่มีการใช้งานปกติในชีวิตประจำวันนี้ ส่งผลให้พลังงานการทำความเย็นโดยรวมลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับกรณีที่มีการใช้งานในส่วน LPD และ EPD ต่ำในผนังชนิดเดียวกัน และเมื่อทำการเพิ่มค่า LPD ให้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆจาก 24 วัตต์ต่อ

ตารางเมตร ไปจนถึง 32 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าการใช้พลังงานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น คือ พลังงานการทำความเย็นจะสูงมากขึ้นเมื่อ LPD สูงมากขึ้นเพียงร้อยละ 1.2 เท่านั้น ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.59 จะเห็นได้ว่า ปริมาณพลังงานการทำความเย็นเมื่อค่า LPD เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก

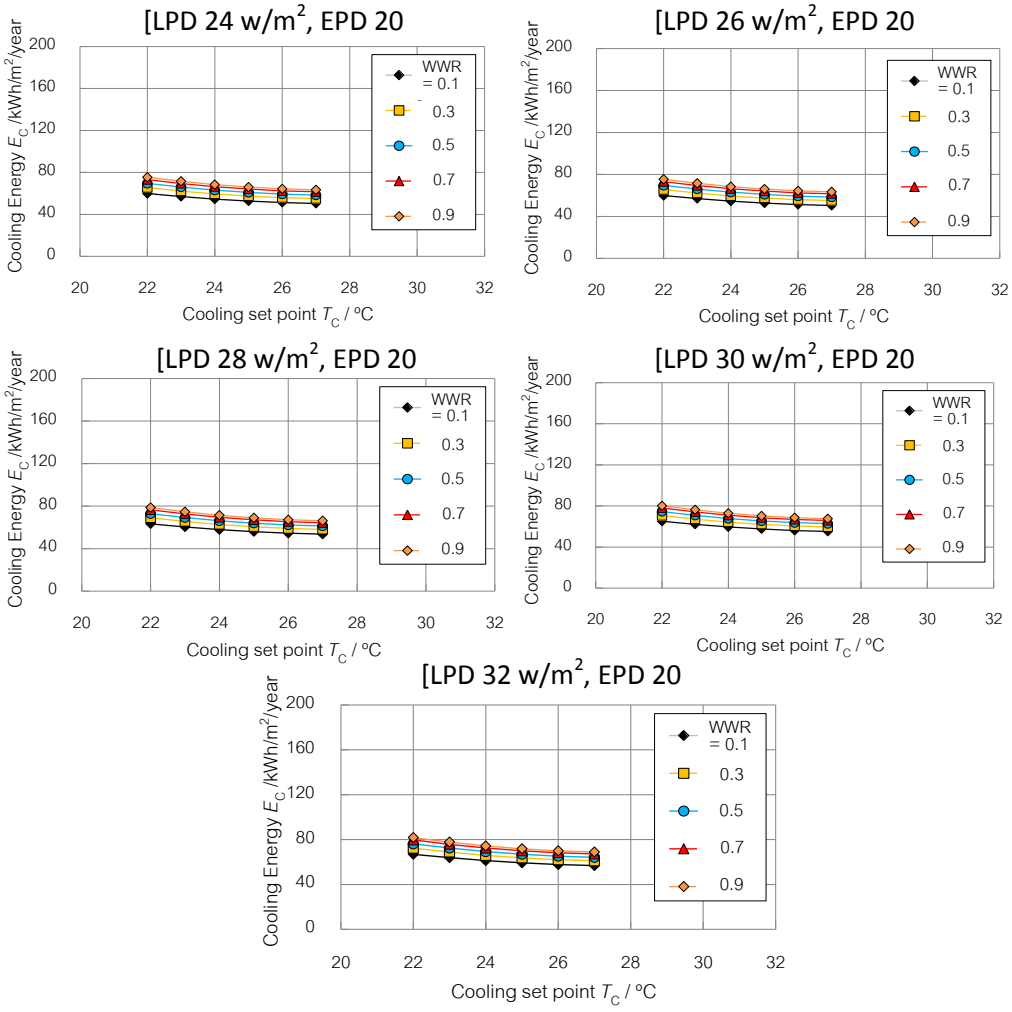


แผนภูมิที่ 4.59 แสดงพลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยอ้างอิง (อิฐมอญฉาบปูน กระจกใส)

4.2.5.2 ผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นอาคารพักอาศัยกรณีศึกษา(เปลือกอาคารมีสภาพความเป็นฉนวนสูง)

ผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยกรณีศึกษาเพิ่มเติมที่มีผนังทำด้วยโฟม EPS หนา 8 นิ้ว กรุด้วยกระจกฉนวน (Reflective double Low- E glass) เพิ่มค่า LPD ตั้งแต่ 24 ถึง 32 วัตต์ต่อตารางเมตร ส่วนค่า EPD= 20 วัตต์ต่อตารางเมตร

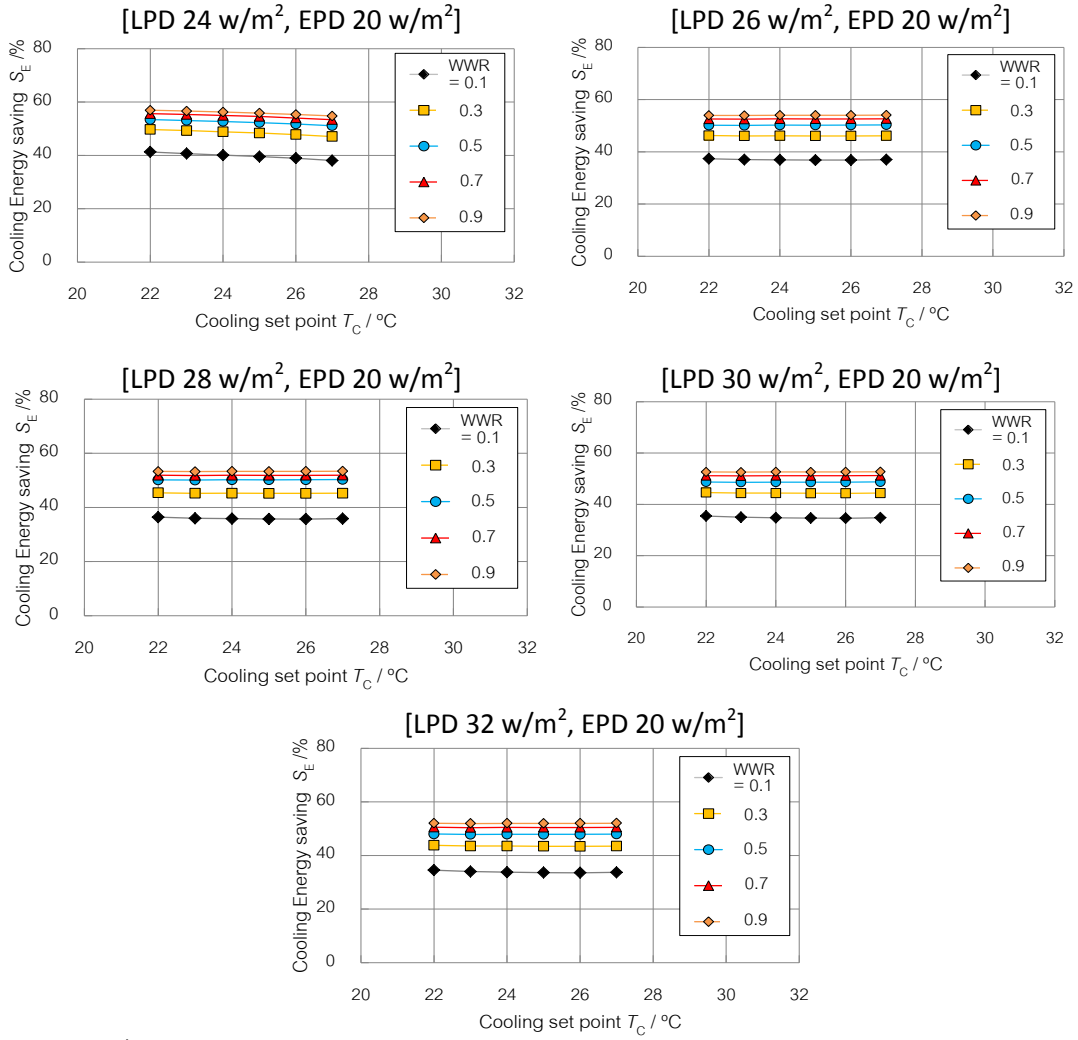
พบว่าค่าการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเมื่อ WWR เพิ่มขึ้น และพลังงานในแต่ละ WWR นี้ค่อนข้างใกล้เคียงกันมากโดยจะต่างกันไม่เกินร้อยละ 9 การเพิ่มอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส ส่งผลให้พลังงานการทำความเย็นลดลงเล็กน้อยไม่เกินร้อยละ 5 เมื่อทำการเพิ่มค่า LPD ตั้งแต่ 24 ถึง 32 วัตต์ต่อตารางเมตร พบว่าปริมาณพลังงานการทำความเย็นในอาคารที่มีวัสดุเปลือกอาคารสภาพความเป็นฉนวนสูงนี้ จะสูงขึ้นเล็กน้อย ไม่เกินร้อยละ 3 จากแผนภูมิที่ 4.60 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า พลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเพิ่มค่า LPD นั้นจะค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก และในกรณีเดียวกันนี้ มีค่าการใช้พลังงานในแต่ละ WWR ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้สูงยังคงมีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานได้ดี



แผนภูมิที่ 4.60 แสดงพลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยกรณีศึกษา (เปลือกอาคารมีสภาพความเป็นฉนวนสูง)

4.2.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน ของอาคารพักอาศัยอ้างอิง กับ อาคารพักอาศัยกรณีศึกษา

เมื่อทำการเปรียบเทียบร้อยละการประหยัดพลังงาน ระหว่างอาคารพักอาศัยที่มีผนังก่ออิฐมอญ กรุด้วยกระจกใส กับอาคารที่มีผนังฉนวนโฟม กรุด้วยกระจกฉนวน LOW-E แล้วทำการเพิ่มค่า LPD พบว่า ร้อยละการประหยัดพลังงานลดลง เมื่อค่า LPD เพิ่มขึ้น จาก 24 ถึง 32 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยอัตราการลดลงนี้ไม่เกินร้อยละ3 และภายในกรณีเดียวกันนี้ในอาคารที่มี WWR สูง หรือมีช่องเปิดมาก จะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุด และประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานนี้จะลดลงเมื่อมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงมากขึ้น โดยรวมแล้ว การใช้วัสดุเปลือกอาคารที่มีสภาพความเป็นฉนวนสูง ยังคงส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีกว่าอาคารที่มีวัสดุผนัง และวัสดุกระจกปกติ แสดงดังแผนภูมิที่ 4.61



แผนภูมิที่ 4.61 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยอ้างอิงเปรียบเทียบกับอาคารพักอาศัยกรณีศึกษา(สภาพความเป็นฉนวนสูง)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากผลการจำลองการใช้พลังงานในการทำความเย็นของอาคารสำนักงาน และอาคารพักอาศัย ที่มีการติดตั้งวัสดุเปลือกอาคารที่มีสภาพความเป็นฉนวนต่างๆ ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE - 4.1 สามารถนำมาสรุปผลเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อมีการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ และปรับสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นได้ โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ อาคารสำนักงาน และอาคารพักอาศัย ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารสำนักงาน

จากการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารสำนักงาน โดยมีวัสดุทางเลือกเปลือกอาคารทั้งหมด 5 ชนิดที่มีสภาพความเป็นฉนวนแตกต่างกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในระดับต่างๆ การศึกษานี้กำหนดให้ผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้น กรุด้วยด้วยกระจกใสเป็นอาคารสำนักงานอ้างอิงเพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานการทำความเย็นในวัสดุเปลือกอาคารชนิดอื่นๆ โดยทำการปรับเปลี่ยนวัสดุผนัง วัสดุกระจก(LPD เท่ากับ 13.18 วัตต์ต่อตารางเมตร, EPD เท่ากับ 12.88 วัตต์ต่อตารางเมตร) ปรับ WWR ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9 และปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส จากผลการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นจากโปรแกรม Visual DOE- 4.1 ทำให้สรุปได้ว่าการใช้พลังงานการทำความเย็นในวัสดุเปลือกอาคารทั้ง 5 ชนิด มีปัจจัยสำคัญที่ทำให้พลังงานการทำความเย็นในอาคารลดลงคือ

1) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง โดยในอาคารที่มีการใช้ วัสดุเปลือกอาคารที่มีค่า U-Value ต่ำ สามารถป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคารได้ดี

2) ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก เห็นได้ชัดเจนเมื่อมีการใช้กระจกเขียวแทนกระจกใส ทำให้การใช้พลังงานการทำความเย็นลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) การตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ยิ่งมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศสูงทำให้การใช้พลังงานลดลง

4) สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) เมื่ออาคารมีช่องเปิดมากขึ้นการใช้พลังงานก็จะสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางด้านความร้อนภายในอาคาร ไม่ว่าจะเป็น ค่าการ

ใช้พลังงานแสงสว่าง ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์ เป็นต้น ปัจจัยทั้งหมดนี้มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

จากบทที่ 4 ผลที่ได้จากการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่มีการใช้วัสดุเปลือกอาคารชนิดต่างๆนั้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกรณีอาคารสำนักงานอ้างอิง ทำให้ทราบได้ว่า ผนังทุกชนิดที่มีค่า U-Value ต่ำกว่าอาคารอ้างอิงโดยภาพรวม มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีกว่าอาคารอ้างอิง โดยสามารถสรุปตามชนิดของผนังโดยเรียงลำดับตามค่า U- Value จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดได้ดังนี้

- การใช้ผนังสำเร็จรูป กับกระจกใส 1 ชั้น ซึ่งมีค่า U- Value ต่ำกว่าชนิดของผนังของอาคารอ้างอิงเพียงเล็กน้อย เมื่อปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส โดยทำการทดสอบกับอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้มากกว่าอาคารอ้างอิงเฉพาะในอาคารที่ WWR เท่ากับ 0.1, 0.3 และ 0.5 เท่านั้น อาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดเท่ากับ 0.7 และ 0.9 จึงไม่ควรใช้ผนังสำเร็จรูปกรุด้วยกระจกใส แต่หากใช้กระจกเขียว 1 ชั้นกับผนังชนิดนี้ จะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานการทำความเย็นได้ดีกว่าอาคารอ้างอิงประมาณร้อยละ 11.6 ในทุก WWR และอัตราการประหยัดพลังงานจะสูงขึ้นเมื่อมีพื้นที่ช่องเปิดสูง

- การใช้ผนังคอนกรีตมวลเบา กับ กระจกใส 1 ชั้น ในอาคารสำนักงาน จะก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าอาคารอ้างอิงในทุกกรณี ไม่ว่าจะปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศหรืออาคารจะมี WWR เท่าใดก็ตาม โดยอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานนี้จะสูงขึ้นเมื่ออาคารมี WWR มาก ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องมาจาก คุณสมบัติเฉพาะของคอนกรีตมวลเบา ซึ่งเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อย (Low thermal mass) การที่เป็นวัสดุมวลสารน้อยนี้ มีสามารถในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ต่ำ ถ่ายเทความร้อนสูง ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกและภายในน้อย อุณหภูมิภายในห้องจึงสูงใกล้เคียงกับภายนอก เครื่องปรับอากาศจึงทำงานหนัก ส่งผลให้พลังงานการทำความเย็นสูงนั่นเอง และเมื่อเปลี่ยนเป็นกระจกเขียว สามารถทำให้การใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารน้อยกว่าอาคารอ้างอิงได้ และสูงสุดร้อยละ 9.8 ยกเว้นกับอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.1 ที่ยังคงมีการใช้พลังงานสูงกว่าอาคารอ้างอิง ไม่ว่าจะปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเท่าใดก็ตาม

- การใช้ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศ 5 เซนติเมตร กรุด้วยกระจกใส 1 ชั้น จะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีกว่าอาคารอ้างอิงในทุก WWR และทุกค่าของการตั้งอุณหภูมิประมาณร้อยละ 14.5 โดยอัตราการประหยัดพลังงานจะสูงมากขึ้นเมื่ออาคารมีพื้นที่ช่องเปิดน้อย และสูงมากขึ้นอีกเมื่อมีการใช้กระจกเขียว

- การใช้ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น โดยใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลางกับกระจกใส สามารถช่วยให้เกิดประหยัดพลังงานการทำความเย็นได้ดีกว่าอาคารอ้างอิง และอัตราการประหยัดพลังงานนี้จะสูงมากขึ้นเมื่ออาคารมีช่องเปิดต่ำและสามารถประหยัดได้มากกว่าอาคารอ้างอิงถึงร้อยละ 15.2 ยกเว้นกับอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.9 และมีการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 22, 23 และ 24 องศาเซลเซียส จะมีค่าการใช้พลังงานสูงกว่าอาคารอ้างอิงแต่จะสูงเพียงเล็กน้อยเท่านั้นประมาณร้อยละ 0.04 แต่การใช้กระจกเขียว จะสามารถประหยัดพลังงานได้ดี กว่าอาคารอ้างอิงได้ในทุก WWR

5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัย

จากการจำลองการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารสำนักงานปรับอากาศที่มีวัสดุเปลือกอาคารทั้งหมด 8 ชนิด ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน กรุด้วยกระจกใส และกระจกเขียว จำลองการใช้พลังงานภายใต้เงื่อนไขของการปรับ WWR 0.1 ถึง 0.9 ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 22 ถึง 27 องศาเซลเซียส มีค่า LPD เท่ากับ 7.53 วัตต์ต่อตารางเมตรและ ค่า EPD เท่ากับ 8.61 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยกำหนดให้อาคารพักอาศัยอ้างอิงมีผนัง ที่ทำด้วย ก่ออิฐฉาบปูนกรุด้วยกระจกใส 1 ชั้น สามารถสรุปผลการวิเคราะห์โดยเรียงลำดับ จากผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมากไปหาน้อย ได้ดังต่อไปนี้

- การใช้กระจกเขียวแทนกระจกใสในอาคารพักอาศัยมีประสิทธิภาพ ในการลดการใช้พลังงานการทำความเย็นได้ดีในผนังทุกชนิด และอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันสูงสุดร้อยละ 12

- การใช้ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น กับกระจกใส มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานการทำความเย็นได้มากกว่าอาคารพักอาศัยอ้างอิง และอัตราการประหยัดพลังงานนี้จะเกิดขึ้นเมื่ออาคารมีพื้นที่ช่องเปิดต่ำ ยกเว้นกรณีเดียวคือในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.9 เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานการทำความเย็นมากกว่าอาคารอ้างอิงในทุกช่วงของการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศแต่เมื่อใช้กระจกเขียว จะสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าอาคารอ้างอิงในทุก WWR สูงสุดถึงร้อยละ 17 ของพลังงานการทำความเย็นเดิม

- การใช้ผนังสำเร็จรูป กับ กระจกใส สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าอาคารพักอาศัยอ้างอิงเพียงเล็กน้อยสูงสุดประมาณร้อยละ 3.6 เท่านั้น และสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าอาคารอ้างอิงเช่นเดียวกับผนังก่ออิฐมอญสองชั้น ใน WWR เท่ากับ 0.9 และสามารถประหยัดพลังงานได้กว่าอาคารอ้างอิงในทุก WWR เมื่อใช้กระจกเขียวแทนกระจกใส

- การใช้ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศ 5 เซนติเมตร สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ดีกว่าอาคารอ้างอิงในทุก WWR แต่เกิดขึ้นในอัตราที่ต่ำมากเพียงร้อยละ 8 เท่านั้น และใน WWR เท่ากับ 0.7 ที่อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเท่ากับ 26 และ 27 องศาเซลเซียส มีค่าการใช้พลังงานสูงกว่าอาคารอ้างอิงเล็กน้อยประมาณร้อยละ 0.01 และ 0.09 ตามลำดับ

- การใช้ผนังคอนกรีตมวลเบา กับกระจกใส จะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีกว่าอาคารอ้างอิงสูงสุดประมาณร้อยละ 13 และต่ำสุดร้อยละ 0.1 โดยอัตราการประหยัดพลังงานสูงมากขึ้นเมื่ออาคารมีพื้นที่ช่องเปิดต่ำ

- การใช้ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นใส่ฉนวนเยื่อกระดาษตรงกลาง กับ กระจกใส สามารถประหยัดพลังงานได้ดีกว่าอาคารอ้างอิงในอัตราที่สูงที่สุดกว่าผนังชนิดอื่นๆ โดยอัตราการประหยัดพลังงานสูงมากขึ้นเมื่ออาคารมีพื้นที่ช่องเปิดต่ำ และมีการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำเช่นเดียวกัน แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้กระจกเขียวประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานจะสูงกว่าอาคารอ้างอิงในอัตราที่มากขึ้นเมื่อปรับอุณหภูมิสูง

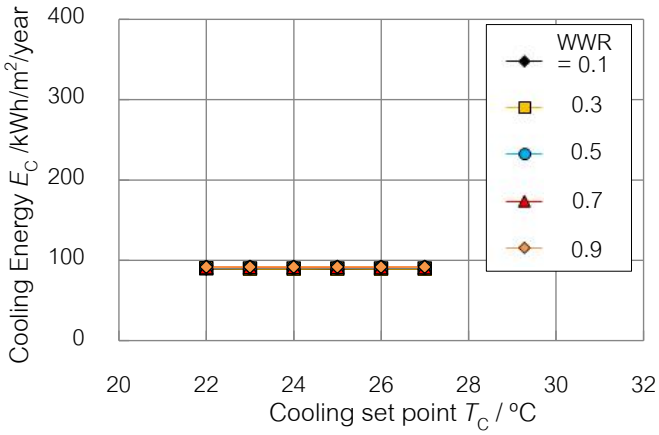
- การใช้ผนังก่ออิฐมอญ 1 ชั้นและติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้วบนฝ้าเพดาน จะช่วยประหยัดพลังงานได้ดีกว่าอาคารอ้างอิงในทุก WWR โดยประสิทธิภาพของการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นในแต่ละ WWR ค่อนข้างใกล้เคียงกันมากประมาณร้อยละ 8 ถึง 12 และเมื่อเปลี่ยนมาใช้กระจกสีเขียว จะทำให้ค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นต่ำกว่าผนังชนิดอื่นๆ ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้สูงสุดกว่าผนังทุกชนิดเมื่อมี WWR สูง

- การใช้ผนังไม้จริง กับกระจกใส ในอาคารพักอาศัยที่มีปรับอากาศส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าอาคารอ้างอิงในทุก WWR โดยอัตราการสิ้นเปลืองจะสูงสุดในอาคารที่มีพื้นที่ผนังมาก หรือมีพื้นที่ช่องเปิดต่ำนั่นเอง และการใช้กระจกสีเขียว สามารถทำให้เกิดการประหยัดพลังงานมากกว่าอาคารอ้างอิงได้ ยกเว้นในกรณีที่มี WWR เท่ากับ 0.1 เพียงกรณีเดียว

- ในอาคารพักอาศัยที่มีผนังทุกชนิด และกรุด้วยกระจกใส เมื่ออยู่ภายใต้สภาวะปรับอากาศ พบว่า เมื่อเปิดอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้สูงขึ้น ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของอาคารเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิงกลับลดน้อยลง แต่เมื่อมีการใช้กระจกเขียวแล้วปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้นทำให้เกิดประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ

5.3 สรุปผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารสำนักงานกรณีสมมติ

อาคารสำนักงานกรณีสมมติ มีค่า U- Value ของผนังทึบและผนังโปร่งใสต่ำ และมีการเพิ่มปัจจัยทางด้านความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารให้สูงมากขึ้น โดยกำหนดให้ LPD เท่ากับ 24, 26, 28, 30 และ 32 วัตต์ต่อตารางเมตร และค่า EPD เท่ากับ 20 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าพลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในแต่ละ WWR ใกล้เคียงกันมาก สัดส่วนของ WWR และ Cooling set-point ไม่ส่งผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของพลังงานการทำความเย็น ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5.1



แผนภูมิที่ 5.1 แสดงพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานกรณีสมมติ
(LPD= 24 วัตต์ต่อตารางเมตร และค่า EPD= 20 วัตต์ต่อตารางเมตร)

ปัจจัยที่ส่งผลให้พลังงานการทำความเย็นในอาคารสำนักงานกรณีสมมติมีค่าคงที่ ในทุก WWR เกิดจาก 2 ปัจจัยสำคัญคือ 1. สภาพความเป็นฉนวนของเปลือกอาคาร 2. ปัจจัยทางด้านความร้อนภายในอาคาร กล่าวคือ ในกรณีสมมตินี้มีการใช้วัสดุเปลือกอาคารเป็นผนังฉนวนโฟม EPS ที่มีค่า U-Value ต่ำมากเพียง 0.2 วัตต์ต่อตารางเมตร- องศาเซลเซียส และมีการใช้กระจก LOW-E ที่มีค่าU- Value เพียง 1.0 วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ทำให้มี

ประสิทธิภาพสูงในการป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารที่มาจากดวงอาทิตย์ ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์จึงไม่สามารถเข้าสู่ภายในอาคารได้ หรือเข้ามาได้ในปริมาณน้อยมาก ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารมาจาก อุปกรณ์ไฟฟ้า และหลอดไฟ รวมถึงความร้อนจากมนุษย์เท่านั้น ซึ่งความร้อนในส่วนนี้ค่อนข้างคงที่ ภาระการทำความเย็นในระบบอากาศจึงทำงานเพื่อลบล้างความร้อนที่เกิดจากภายในอาคารเท่านั้น ประกอบกับชนิดของระบบปรับอากาศที่ใช้เป็นระบบจ่ายลมเย็นปริมาตรคงที่ไม่แปรเปลี่ยนตามความร้อนภายในอาคาร ทำให้ค่าพลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นคงที่แม้อาคารจะมีพื้นที่ช่องเปิด หรือมีการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบพบว่า ความร้อนที่มาจากภายในอาคาร(Internal heat gain) มีสัดส่วนที่สูงกว่าความร้อนที่มากจากภายนอกอาคารอย่างมาก (External heat gain) ดังแสดงในตารางที่ 5.2 จึงส่งผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารน้อยต่ำ เครื่องปรับอากาศจึงไม่ต้องทำงานหนัก ส่งผลให้พลังงานการทำความเย็นในกรณีนี้ ต่ำกว่ากรณีทั่วไปที่มีการใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนกระจกใสซึ่งในกรณีที่ใช้วัสดุผนังและกระจกปกตินั้น พบว่ามีค่าปัจจัยทางด้านความร้อนที่เกิดจากภายนอกอาคาร (External heat gain) สูงกว่าความร้อนภายในอาคาร (Internal heat gain) ดังแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ เป็นข้อมูลแสดงผลการจำลอง Output file ในส่วนของ LS-C Building peak load components ที่ได้จากโปรแกรม Visual DOE 4.1

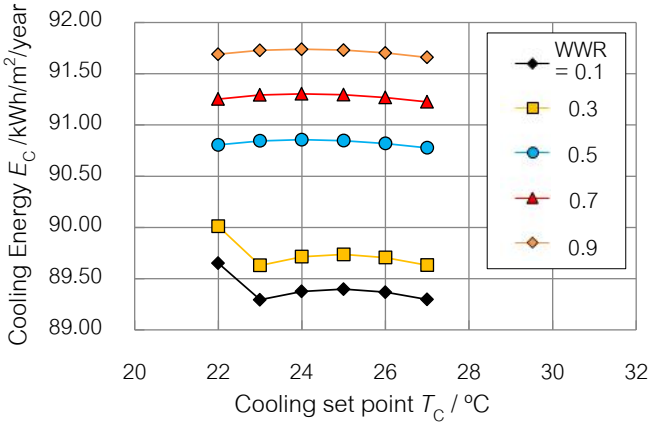
ตารางที่ 5.1 แสดงความร้อนจากภายนอกและภายในอาคาร ของสำนักงานอ้างอิงกรณีสมมติ (LPD= 24 วัตต์ต่อตารางเมตร, EPD= 20 วัตต์ต่อตารางเมตร อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส, WWR= 0.5 และมีผนังก่ออิฐมอญ-กระจกใส)

External heat gain [kW]		Internal heat gain [kW]	
WALL CONDUCTION	268.578	OCCUPANTS TO SPACE	26.206
ROOF CONDUCTION	140.568	LIGHT TO SPACE	170.668
WINDOW GLASS+FRM COND	223.852	EQUIPMENT TO SPACE	141.892
WINDOW GLASS SOLAR	1,242.819	INFILTRATION	1.139
Total	1,875.817	Total	339.91

ตารางที่ 5.2 แสดงความร้อนจากภายนอกและภายในอาคาร ของสำนักงานกรณีสมมติ (LPD= 24 วัตต์ต่อตารางเมตร, EPD= 20 วัตต์ต่อตารางเมตร, อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส, WWR = 0.5 และมีเปลือกอาคารสภาพความเป็นฉนวนสูง)

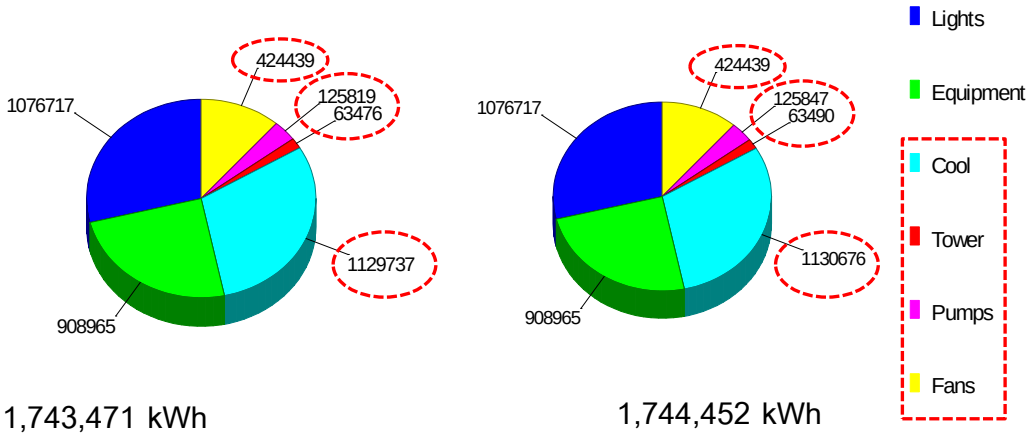
External heat gain [kW]		Internal heat gain [kW]	
WALL CONDUCTION	20.034	OCCUPANTS TO SPACE	58.883
ROOF CONDUCTION	140.568	LIGHT TO SPACE	290.389
WINDOW GLASS+FRM COND	31.070	EQUIPMENT TO SPACE	238.783
WINDOW GLASS SOLAR	158.706	INFILTRATION	9.575
Total	350.378	Total	589.63

หากพิจารณาค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นโดยละเอียด มีข้อสังเกตว่า การเปิดอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ก่อให้เกิดการใช้พลังงานการทำความเย็นน้อยที่สุดในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.5, 0.7 และ 0.9 หรืออาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดสูง คือ 22 หรือ 27 องศาเซลเซียส และการเปิดเครื่องปรับอากาศที่ 24 องศาเซลเซียสมีการใช้พลังงานการทำความเย็นสูงสุด และสำหรับในอาคารที่มี WWR เท่ากับ 0.1 และ 0.3 การเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 23 หรือ 27 องศาเซลเซียส ก่อให้เกิดการการใช้พลังงานการทำความเย็นต่ำที่สุด และมีการใช้พลังงานการทำความเย็นสูงสุดเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5.2



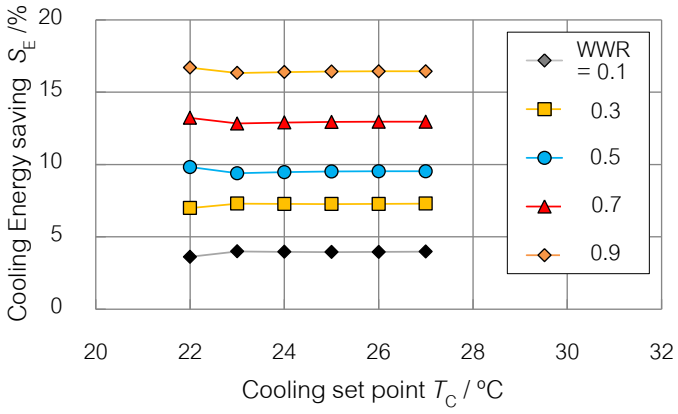
แผนภูมิที่ 5.2 แสดงรูปขยาย พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานกรณีสมมติ (LPD= 24 วัตต์ต่อตารางเมตร และค่า EPD เท่ากับ 20 วัตต์ต่อตารางเมตร)

เมื่อพิจารณาพลังงานการทำความเย็นในอาคารสำนักงาน พบว่าการเปิดเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส จะมีภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศน้อยกว่าที่ 24 องศาเซลเซียสเล็กน้อย โดยกรณีนี้จะต้องทำการศึกษาถึงสาเหตุที่แท้จริงโดยละเอียดต่อไป



ภาพที่ 5.1 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่อุณหภูมิ 22 °C (ซ้าย) และ 24 °C (ขวา) โดย WWR = 0.5, LPD= 24 วัตต์ต่อตร.ม. และ EPD=20 วัตต์ ต่อตร.ม.

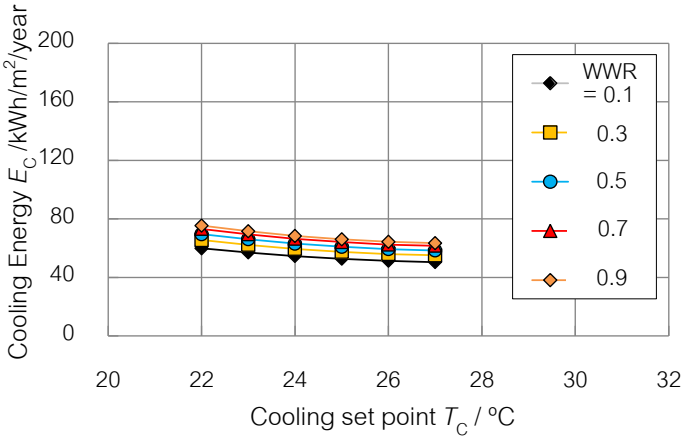
สำหรับปริมาณการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารกรณีสมมติ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิงพบว่า มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีกว่าอาคารอ้างอิงถึงร้อยละ 17 ในอาคารที่มีช่องเปิดสูง และน้อยที่สุดร้อยละ 3.5 ในอาคารที่มีช่องเปิดต่ำ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5.3 ซึ่งการประหยัดพลังงานนี้เกิดขึ้นในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกันมาก โดยเพิ่มขึ้นทีละร้อยละ 0.5 เมื่อมีการเพิ่มค่า LPD ตั้งแต่ 24, 26, 28, 30 จนถึง 32 วัตต์ต่อตารางเมตร



แผนภูมิที่ 5.3 แสดงร้อยละการประหยัดพลังงานการทำความเย็นของอาคารสำนักงานกรณีสมมติ (LPD= 24 วัตต์ต่อตารางเมตร และค่า EPD= 20 วัตต์ต่อตารางเมตร)

5.4 สรุปผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารพักอาศัยกรณีสมมติ

สำหรับอาคารพักอาศัยในกรณีสมมติ ที่มีค่า U- Value ของผนังทึบและผนังโปร่งใสต่ำ (U-Value ของผนังเท่ากับ 0.2 วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส, U-Value ของกระจก เท่ากับ 1.0 วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส)และมีการเพิ่มปัจจัยทางด้านความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารให้สูงมากขึ้น (LPD เท่ากับ 24, 26, 28, 30 และ 32 วัตต์ต่อตารางเมตร, EPD เท่ากับ 20 วัตต์ต่อตารางเมตร) ค่าพลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในแต่ละ WWR ใกล้เคียงกันมาก ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5.4 โดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ยังคงเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในอาคารสำนักงานกรณีสมมติ เพียงแต่อัตราส่วนความแตกต่างกันมีมากกว่า แต่ไม่เกินร้อยละ 3 ถึง 4 สัดส่วนของ WWR ส่งผลกระทบน้อยมากต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของพลังงานการทำความเย็น และการปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้นส่งผลต่อการลดลงของการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคารเพียงเล็กน้อย เพียงร้อยละ 2 ถึง 4 เท่านั้น และในกรณีที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน ก็ส่งผลกระทบ เพียงก่อให้เกิดการใช้พลังงานการทำความเย็นสูงมากขึ้นประมาณร้อยละ 8 ถึง 15 โดยในอาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดมากจะมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานสูงมากขึ้น



แผนภูมิที่ 5.4 แสดงพลังงานการทำความเย็นของอาคารพักอาศัยกรณีสมมติ (LPD= 24 วัตต์ต่อตารางเมตร และ EPD เท่ากับ 20 วัตต์ต่อตารางเมตร)

เมื่อพิจารณาปัจจัยทางด้านความร้อนที่มาจากภายนอกและภายในอาคารพักอาศัยกรณีสมมติที่มีผนังฉนวนโฟม EPS กรุด้วยกระจกฉนวน Low –E พบว่า สัดส่วนของ (Internal heat gain) สูงกว่าสัดส่วนความร้อนจากภายนอกอาคาร(External heat gain)อย่างมาก ดังแสดงในตารางที่ 5.4 เมื่อมีค่า Internal heat gain จึงมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวผนัง

ภายในและภายนอกต่ำ เครื่องปรับอากาศจึงไม่ต้องทำงานหนัก พลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในอาคารจึงน้อยกว่าอาคารพักอาศัยกรณีสมมติที่มีผนังก่ออิฐฉาบปูนกระจกใส ซึ่งมีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้ต่ำ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารจึงมาจาก อุปกรณ์ไฟฟ้า หลอดไฟต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.3 เห็นได้ว่า ในอาคารที่ใช้วัสดุผนังและวัสดุกระจกปกติ ที่มีค่า U- Value สูงนั้นจะมีค่า External heat gain สูงกว่า Internal heat gain ความร้อนจากภายนอกอาคารหรือความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ มีอิทธิพลต่อพลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นอย่างมาก เครื่องปรับอากาศจึงมีภาระการทำงานที่หนักกว่า ในกรณีที่มีการใช้วัสดุเปลือกอาคารที่มีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้สูงนั่นเอง

ตารางที่ 5.3 แสดงความร้อนจากภายนอกและภายในอาคารพักอาศัยอ้างอิงกรณีสมมติ(LPD= 24 วัตต์ต่อตารางเมตร, EPD=20 วัตต์ต่อตารางเมตร , อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส, WWR = 0.5 และมีผนังก่ออิฐมอญ-กระจกใส)

External heat gain [kW]		Internal heat gain [kW]	
WALL CONDUCTION	7.365	OCCUPANTS TO SPACE	0.738
ROOF CONDUCTION	3.280	LIGHT TO SPACE	3.797
WINDOW GLASS+FRM COND	7.923	EQUIPMENT TO SPACE	0.406
WINDOW GLASS SOLAR	24.932	INFILTRATION	0.000
		INTERNAL SURFACE COND	2.842
Total	43.500	Total	7.783

ตารางที่ 5.4 แสดงความร้อนจากภายนอกและภายในอาคารพักอาศัยกรณีสมมติ (LPD = 24 วัตต์ต่อตารางเมตร, EPD=20 วัตต์ต่อตารางเมตร, อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส, WWR = 0.5 เปลือกอาคารสภาพความเป็นฉนวนสูง)

External heat gain [kWh]		Internal heat gain [kWh]	
WALL CONDUCTION	0.591	OCCUPANTS TO SPACE	0.828
ROOF CONDUCTION	3.280	LIGHT TO SPACE	5.579
WINDOW GLASS+FRM COND	1.109	EQUIPMENT TO SPACE	0.910
WINDOW GLASS SOLAR	3.984	INFILTRATION	0.136
		INTERNAL SURFACE COND	3.435
Total	8.964	Total	11.314

5.5 สรุปผลจากสมมติฐานงานวิจัย

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นในอาคาร คือ ปัจจัยทางด้านความร้อนภายในอาคาร กล่าวคือ หากอาคารมีปัจจัยทางด้านความร้อนสูง ไม่ว่าจะเป็น พลังงานแสงสว่าง และ พลังงานอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น จะเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิผิวผนังภายในและภายนอกอาคารน้อย เครื่องปรับอากาศจึงไม่ต้องรับภาระในการทำงานหนัก และการที่เปลือกอาคารทั้งในส่วนผนังทึบและผนังโปร่งใสมีสภาพความเป็นฉนวนสูงนั้น ทำให้อาคารมีความสามารถในการคายความร้อนที่สะสมไว้ภายในอาคารได้ช้าลง หรือ หน่วงความร้อนได้มากขึ้น ความร้อนจึงเข้าสู่อาคารในช่วงที่มีการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศในตอนกลางวันได้ช้าลง เครื่องปรับอากาศจึงไม่ต้องมีภาระการทำงานเพื่อชดเชยความร้อนจากภายนอกอาคาร ซึ่งเห็นได้ชัดเจนกับกรณีอาคารสำนักงานที่มีการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศในตอนกลางวันนั่นเอง กระทบต่อการใช้พลังงานการทำความเย็น สำหรับกรณีที่มีวัสดุเปลือกอาคารสภาพความเป็นฉนวนสูง มีค่า Internal heat gain สูงนั้น พบว่าการปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิสูงจึงไม่มีนัยยะสำคัญต่อการประหยัดพลังงาน เนื่องจากพลังงานที่เกิดขึ้นคงที่ไม่ว่าจะปรับอุณหภูมิเท่าใดก็ตาม

ประเด็นของ Point of thermal inflexion ที่เกิดกับอาคารสำนักงานในประเทศบอตสวานา ซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนแห้งแล้งนั้น ผู้วิจัยในต่างประเทศได้พบว่า การใช้วัสดุฉนวนส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าการใช้ผนังปกติ เมื่อปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 25.72 องศาเซลเซียส สำหรับผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำดำเนินการวิจัยเช่นเดียวกับกรณีในต่างประเทศทุกประการ ผลที่ได้พบว่าการใส่วัสดุฉนวนให้กับอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัย ยังคงมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีกว่า การใช้ผนังปกติที่มีสภาพความเป็นฉนวนต่ำ เป็นไปได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลให้ไม่เกิดจุด Point of thermal inflexion ในประเทศไทย อาจเป็นเพราะความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศ ในเรื่องของ ความชื้น ความแห้ง ของอากาศ เป็นต้น ตลอดจนในอนาคต จำเป็นต้องทำการเพิ่มตัวแปรต่างๆ หรือทำการทดสอบกับอาคารประเภทอื่นๆ ที่มีค่า Internal heat gain สูง หรืออาคารที่มีการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศในตอนกลางวันและมีปัจจัยทางด้านความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารสูง เช่น อาคารห้างสรรพสินค้า หรือ อาคารสาธารณะต่างๆ

5.6 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

การศึกษาต่อไปในอนาคต มีข้อเสนอแนะเพื่อหาจุด Point of thermal inflexion ต่อไปคือ

1. ควรมีการขยายขอบเขตหรือเงื่อนไขต่างๆของกรณีอาคารสมมติให้กว้างขึ้น เช่น ขยายขอบเขตของอุณหภูมิในการปรับเครื่องปรับอากาศ เป็น 20 หรือ 21 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาแนวโน้มการใช้พลังงานการทำความเย็นที่เกิดขึ้นต่อไป หรือ ขยายขอบเขตของค่า EPD และ LPD ให้ครอบคลุมการใช้งานที่หลากหลาย

2. ศึกษาการใช้พลังงานการทำความเย็น กับอาคารประเภทอื่นๆเพิ่มเติม เช่น ห้างสรรพสินค้า หรือ อาคารสาธารณะ ฯลฯ

3. จำลองค่าการใช้พลังงานกับโปรแกรมอื่นๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรม Visual DOE 4.1

4. เปลี่ยนชนิดของปรับอากาศให้มีความหลากหลายเช่น อาจใช้ระบบปรับอากาศแบบปริมาณลมจ่ายแปรเปลี่ยน (Variable Air Volume; VAV) กับอาคารสำนักงาน เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ตรึงใจ บูรณสมภพ, แนวทางการออกแบบกรอบอาคาร [ออนไลน์]. 20 มกราคม 2556 แหล่งที่มา:http://www.thaiengineering.com/index.php?option=com_content&view=article&id=343building-design&catid=509:constructionknowledge&Itemid=117.

เทคโนโลยีแห่งเอเชีย, สถาบัน. การศึกษาทบทวนแนวทางออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นทั้งในและต่างประเทศ [ออนไลน์]. 19 ธันวาคม 2555. แหล่งที่มา https://docs.com/KDHF

พันธุดา พุฒิไพโรจน์. 2544. ปัจจัยที่ทำให้เกิดความร้อนภายในอาคาร เอกสารประกอบวิชาการออกแบบโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน 1 สาขาวิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พลังงาน, กระทรวง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน [ออนไลน์], 2 มีนาคม 2556. แหล่งที่มา http://civil4country.blogspot.com/

พลังงาน, กระทรวง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning) ชุดการจัดแสดงที่ 40 [ออนไลน์], 20 มกราคม 2556. แหล่งที่มา http://www.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Commercial%2 8 PDF%29/Bay40%20Ventilation_Rev1.pdf..

อรรจน์ เศรษฐบุตร. 2550ก. การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารทาวน์เฮ้าส์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรจน์ เศรษฐบุตร. 2550ข. การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Chirarattananon, S. Energy Conversion and Management. Energy and Buildings 44 (2003) 743-762.

Gratia, E. A. De Herde, Are energy consumptions decreased with the addition of a double-skin? Energy and Buildings 39 (2007) 605-619.

Hama, N. Double versus single skin facades in hot arid areas. Energy and Building 40 (2008) 240-248.

Kalogirou, S.A. et al, Energy analysis of buildings employing thermal mass in Cyprus, Renewable Energy 27 (2002) 353-368.

Masoso, O.T. A new and innovative look at anti-insulation behavior in building energy consumption. Energy and Building 40 (2008) 1889-1894.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวนุศรา มานะ เกิดวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2528 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศรีปทุม ปีการศึกษา 2552 และเข้ารับการศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2553