แนวทางการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

นางสาว สฤกกา พงษ์สุวรรณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DESIGN GUIDELINES OF INTEGRATED INSULATION FOR BUILDING IN HOT HUMID CLIMATE

Miss Sarigga Pongsuwan

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

521135

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น
โดย	นางสาวสฤกกา พงษ์สุวรรณ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐานิศวร์ เจริญพงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ยุวรี อินนา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สฤกกา พงษ์สุวรรณ : แนวทางการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น. (DESIGN GUIDELINES OF INTEGRATED INSULATION FOR BUILDING IN HOT HUMID CLIMATE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก . ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, 271 หน้า.

การใช้ฉนวนในอาคารมีความจำเป็นอย่างมากสำหรับอาคารในประเทศไทยที่อยู่ในภูมิอากาศร้อนชื้น เพื่อป้องกันทั้งความร้อนและความชื้นเข้าสู่อาคาร ปัจจุบันผู้ใช้ฉนวนยังขาดความเข้าใจหลายด้าน ทำให้เกิดผลกระทบต่อการลงทุน และสุขภาพของผู้ใช้อาคาร

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยสำคัญของฉนวนในการลดความร้อนเข้าสู่อาคาร คือ ค่าการต้านทานความร้อนหรือค่าการนำความร้อน มวลสาร และการสะท้อนรังสีความร้อน องค์ประกอบของเปลือกอาคารที่จำเป็นต้องใช้ฉนวนในประเทศไทย ได้แก่ หลังคา ผนังและพื้น

เทคนิคการใช้ฉนวนในประเทศไทยมีหลายประเภท ได้แก่ 1) ฉนวนที่ใช้ช่องว่างอากาศนิ่ง 2) ฉนวนที่ใช้มวลสาร และ 3) ฉนวนที่ใช้การสะท้อนรังสีความร้อน ผลการศึกษาการใช้ฉนวนที่เหมาะสมกับองค์ประกอบเปลือกอาคารสรุปได้ ดังนี้ 1) ส่วนหลังคาใช้ฉนวนใยแก้ว หนา 12 นิ้ว (ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน 0.02 บีทียูต่อชั่วโมง ตร.ฟุต ฟาเรนไฮท์) 2) ส่วนผนังเปลือกอาคารภายนอกใช้โพลีสไตรีน หนา 4 นิ้ว (ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน 0.06 บีทียูต่อชั่วโมง ตร.ฟุต ฟาเรนไฮท์) เพื่อป้องกันการเกิดสะพานความร้อน สำหรับอาคารปรับอากาศช่วงกลางวันหรือช่วงกลางคืน ผนังภายในควรมีมวลสารน้อย เช่น ผนังยิปซั่ม สำหรับอาคารปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมงนั้น กรณีใช้ผนังเบาจะลดภาระการทำความเย็นในช่วงเปิดการปรับอากาศครั้งแรก กรณีใช้ผนังที่มีมวลสารมากจะใช้พลังงานในการลดความร้อนในมวลสารมากกว่าผนังเบา แต่สามารถสะสมความเย็นในระยะเวลาเท่ากับการลดความร้อนของมวลสาร 3) เปลือกอาคารส่วนพื้นทั้งส่วนสัมผัสดินและพื้นสัมผัสอากาศใช้ฉนวนโพลียูริเทนหรือฉนวนโพลีสไตรีน หนา 2 นิ้ว (ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน 0.12-0.14 บีทียูต่อชั่วโมง ตร.ฟุต ฟาเรนไฮท์)

เมื่อใช้ฉนวนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำช่วยลดอิทธิพลของสีเปลือกอาคาร ฉนวนที่เหมาะสมต้องมีคุณสมบัติกันความชื้นจากภายนอกอาคารเพื่อป้องกันการควบแน่นในเนื้อฉนวนหรือผนังที่ติดกับฉนวนนั้นๆ ผลการใช้ฉนวนช่วยเพิ่มความรู้สึกสบายจากอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบที่ลดลง อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบแตกต่างจากอุณหภูมิอากาศภายในไม่เกิน 1 องศาเซลเซียสทั้งอาคารปรับอากาศและอาคารไม่ปรับอากาศ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวแปรของอุณหภูมิผิวเปลือกอาคาร ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์และความเร็วลม สำหรับอาคารไม่ปรับอากาศฉนวนช่วยเพิ่มจำนวนชั่วโมงสภาวะน่าสบายจากอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบของอาคารทั่วไป 1,948 ชั่วโมงต่อปี เป็น 2,111 ชั่วโมงต่อปี (ร้อยละ 1.86) สำหรับอาคารปรับอากาศช่วยลดภาระการทำความเย็น 12 เท่า ลงทุนค่าติดตั้งฉนวนเปลือกอาคารเพิ่มขึ้น 7,000 บาทต่อตารางเมตรของพื้นใช้สอยอาคาร ระยะเวลาการคืนทุน 7-10 ปี

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์..ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา....สถาปัตยกรรม.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา..2552.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

4874405625 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : INSULATION MATERIALS / INSTALLATION / HUMAN COMFORT / LOW MEAN RADIANT TEMPERATURE / HOT HUMID CLIMATE / EFFICIENCY

SARIGGA PONGSUWAN : DESIGN GUIDELINES OF INTEGRATED INSULATION FOR BUILDING IN HOT HUMID CLIMATE. THESIS ADVISOR : PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. VORASUN BURANAKARN, Ph.D., 271 pp.

Thermal resistance (R-value) or thermal conductance (U-value), mass, and reflective air space are the important insulation factors. Using insulation on roof, exterior wall, and floor is necessary for building envelop in Thailand.

Thailand has various building insulation techniques which could be grouped as 1) still air insulation, 2) thermal mass insulation, and 3) reflective cavity insulation. It is found that the appropriate insulation applications of building envelop elements are 1) 12-inch glass fiber for roof insulation (U-value 0.02 Btu/hr.ft^2.$^\circ$F) 2) 4-inch Expanded Polystyrene (EPS) for wall insulation without thermal bridge (U-value 0.06 Btu/hr.ft^2.$^\circ$F) 3) 2-inch Polyurethane (PU) or 2-inch EPS for floor (U-value 0.12-0.14 Btu/hr.ft^2.$^\circ$F). For both air-conditioned building during daytime or nighttime, interior wall should have low mass such as gypsum. 24-hour air-conditioned case, low mass interior wall reduces cooling load at the first start while high mass interior wall has higher cooling load but also can be applied as cool storage.

Reduce thermal conduction value of insulation, reduce thermal heat transfer from building envelop with light or dark color. Appropriate insulation property should protect moisture penetration to prevent condensation. Using insulation wrap around building envelop increases thermal comfort condition from low MRT (within 1 degree celsius higher than inside air temperature of both air-conditioned and non air-conditioned). Sol-air temperature, radiation, and wind are still variation factors. Appling insulation to non-air-condition building, thermal comfort will increases from 1,948 hours per year to 2,111 hours per year (1.86%). Air-conditioned building with insulated building envelop decreases cooling load 12 times (7,000 Baht per sq.m. of usable area with 7-10 years pay back).

Department : Architecture	Student's Signature Sarigga Pongsuwan
Field of Study : Architecture	Advisor's Signature
Academic Year : 2009	Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือ สนับสนุน เป็นอย่างดีจาก ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ท่านทุ่มเทเป็นอย่างมาก ในการสละเวลาส่วนตัวให้ความรู้ แนะแนวทางในการวิจัยอย่างถูกวิธี ตลอดจนแนวคิดที่ แตกต่างและแปลกใหม่ เสริมให้งานวิจัยสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ เป็นอย่างสูงสำหรับความทุ่มเทและให้การดูแล แนะนำ และให้คำปรึกษาในรายละเอียดต่างๆ ที่จำเป็นต่อการศึกษา ค้นคว้าตลอดการทำงาน วิจัย และขอขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่านที่ให้คำแนะนำและมุมมองต่างๆ ให้งานวิจัย สมบูรณ์และนำไปใช้ได้จริงยิ่งขึ้น ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.ฐานิศวร์ เจริญพงศ์ ประธาน กรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ดร.ยุวรี อินนา กรรมการวิทยานิพนธ์ภายนอกมหาวิทยาลัย และ อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ คณะกรรมการวิทยานิพนธ์

นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณท่านที่ได้ช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ ตลอดการวิจัย ดังนี้ คุณ ทิพาภรณ์ เจียรวนนท์ ประธานกรรมการผู้บริหารกลุ่มบริษัทดีที ผู้ให้โอกาสในการลาศึกษาต่ออย่างต่อเนื่องมาตลอด คุณจิตพัต ฉอเรืองวิวัฒน์ สำหรับการอนุเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550 ประกอบการทำวิจัยและการเป็นเพื่อนร่วมวิจัยตลอดระยะเวลา 5 ปี คุณสุรพร วรเดชวิญญู สำหรับการช่วยตรวจทานและแก้ไขทั้งบทความวิชาการนานาชาติและบทคัดย่อภาษาอังกฤษ และขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้องของศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือมาตลอด

ท้ายนี้ผู้วิจัยได้ใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัว ซึ่งได้สนับสนุน ดูแลและให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฎ

สารบัญแผนภูมิ ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 2

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 8

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 8

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 9

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 11

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

2.1 การศึกษาความหมายของฉนวน 12

2.1.1 ความหมายของฉนวน 12

2.1.2 ฉนวนในธรรมชาติ 23

2.1.3 ฉนวนในอาคาร 26

2.2 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน 27

2.2.1 การถ่ายเทความร้อน 27

2.2.2 พฤติกรรมของฉนวน 29

2.3 ประเภทและคุณสมบัติของฉนวน 31

2.3.1 ประเภทของฉนวน 31

2.3.2 วัสดุพื้นฐานของฉนวนชนิดต่างๆ 33

2.3.3 รูปแบบทางกายภาพของฉนวนชนิดต่างๆ 34

2.3.4 ลักษณะและคุณสมบัติของฉนวนที่ดี 36

หน้า

2.4 สาเหตุการเสื่อมสภาพของฉนวนในอาคาร 41
2.4.1 การซึมผ่านของน้ำ 41
2.4.2 การควบแน่นเป็นหยดน้ำ 41
2.4.3 การกรอบแตกหักของเส้นใย 41
2.4.4 การยุบตัวของฉนวน 42
2.4.5 การเกิดสะพานความร้อน 42
2.5 การเลือกใช้ฉนวนอย่างไม่เหมาะสม 44
2.6 สภาวะน่าสบายของมนุษย์ 47

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 50
3.1 การศึกษาปัจจัยที่ทำให้วัสดุมีความเป็นฉนวน 52
3.1.1 วัสดุฉนวนอาคารที่ใช้ในการศึกษา 52
3.1.2 การศึกษาคุณสมบัติของฉนวน 52
3.2 ทฤษฎีที่ใช้ศึกษาอิทธิพลและความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ทำให้ฉนวนมีประสิทธิภาพ 54
3.2.1 การศึกษาคุณสมบัติวัสดุ และมวลสาร 54
3.2.2 การศึกษาความสัมพันธ์และอิทธิพลของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 56
3.2.3 ทฤษฎีที่ใช้ศึกษาความรู้สึกของผู้อยู่อาศัยภายในอาคาร 59
3 3 การศึกษาการใช้ฉนวนในส่วนต่างๆ ของอาคาร 61
3.3.1 การศึกษาการใช้ฉนวนในส่วนต่างๆ ของอาคาร 61
3.3.2 การศึกษาการใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับอาคารประเภทต่างๆ 62
3.4 การศึกษาการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น 63
3.4.1 อาคารตัวอย่างที่คัดเลือก 63
3.4.2 แนวทางการวิเคราะห์อาคารตัวอย่าง 65

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 66
4.1 วิเคราะห์ประเภทของฉนวนและตัวแปรในการลดความร้อน 66
4.1.1 คุณสมบัติของฉนวนต่างๆ 67
4.1.1.1 ประเภทของฉนวน 67
4.1.1.2 คุณสมบัติของฉนวนต่างๆ 69

หน้า

4.1.1.3 ปัญหาที่เกิดจากการใช้ฉนวนไม่เหมาะสม..... 76
4.1.2 ตัวแปรการลดความร้อน..... 77
4.1.2.1 การต้านทานความร้อน..... 77
4.1.2.2 มวลสาร..... 81
4.1.2.3 ช่องว่างอากาศ..... 86
4.1.2.4 สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนผิววัสดุ..... 91
4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ
เพื่อประสิทธิภาพการใช้ฉนวน..... 93
4.2.1 สภาพอากาศของประเทศไทย..... 93
4.2.1.1 อิทธิพลของสภาพอากาศ..... 94
4.2.1.2 อิทธิพลต่อสภาวะน่าสบาย..... 99
4.2.1.3 อิทธิพลต่อการเลือกใช้ฉนวนส่วนต่างๆ ของอาคาร..... 101
4.2.2 ความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ..... 108
4.2.2.1 อิทธิพลของความหนา..... 108
4.2.2.2 อิทธิพลของมวลสาร..... 115
4.2.2.3 อิทธิพลของช่องว่างอากาศ..... 124
4.2.2.4 อิทธิพลของสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนผิววัสดุ..... 130
4.3 วิเคราะห์การประยุกต์ใช้ฉนวนกันความร้อนในส่วนต่างๆ ของอาคาร..... 135
4.3.1 การประยุกต์ใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคาร..... 135
4.3.1.1 การใช้ฉนวนส่วนหลังคา..... 135
4.3.1.2 การใช้ฉนวนส่วนผนัง..... 136
4.3.1.3 การใช้ฉนวนส่วนพื้น..... 136
4.3.2 การประยุกต์ใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับอาคารประเภทต่างๆ..... 138
4.3.2.1 อาคารปรับอากาศ..... 139
4.3.2.2 อาคารไม่ปรับอากาศ..... 145
4.4 วิเคราะห์การประยุกต์ใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคาร
ในภูมิภาคร้อนชื้น..... 151
4.4.1 การศึกษาอาคารตัวอย่าง..... 151
4.4.1.1 อาคารตัวอย่าง ประเภทอาคารพักอาศัย..... 152

หน้า

4.4.1.2 อาคารตัวอย่าง ประเภทอาคารสำนักงาน..... 163
4.4.2 การใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น..... 179

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 180
5.1 สรุปประเภทของฉนวนและตัวแปรในการลดความร้อน..... 180
5.1.1 สรุปคุณสมบัติของฉนวนต่างๆ..... 180
5.1.2 สรุปตัวแปรการลดความร้อน..... 182
5.2 สรุปความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่างๆเพื่อประสิทธิภาพการใช้ฉนวน..... 183
5.2.1 สรุปอิทธิพลของสภาพอากาศของประเทศไทย..... 183
5.2.2 สรุปความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ..... 187
5.3 สรุปการประยุกต์ใช้ฉนวนในส่วนต่างๆ ของอาคาร..... 188
5.3.1 ฉนวนในส่วนต่างๆ ของอาคารปรับอากาศ..... 188
5.3.2 ฉนวนในส่วนต่างๆ ของอาคารไม่ปรับอากาศ..... 189
5.4 สรุปการประยุกต์ใช้ฉนวนกับอาคารปรับอากาศ..... 190
5.5 สรุปการประยุกต์ใช้ฉนวนกับอาคารไม่ปรับอากาศ..... 202
5.6 สรุปการประยุกต์ใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น..... 211
5.6.1 สรุปการศึกษาอาคารตัวอย่าง..... 211
5.6.2 สรุปการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น..... 213
5.6.3 สรุปสิ่งที่ได้จากการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น..... 215
5.7 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ..... 230
รายการอ้างอิง..... 231
ภาคผนวก..... 236
ภาคผนวก ก คำศัพท์และคำนิยามในงานวิจัย..... 237
ภาคผนวก ข ข้อมูลการวิจัยด้านสุขภาพและความปลอดภัยของฉนวน..... 242
ภาคผนวก ค ข้อมูลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายจากอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของวัสดุเปลือกอาคารชนิดต่างๆ..... 250
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 271

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1-1 สรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 10
ตารางที่ 2-1 สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยของของไหล 28
ตารางที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม และสภาวะน่าสบาย 48
ตารางที่ 3-1 แสดงสมการคำนวณความสัมพันธ์และอิทธิพลของปัจจัย 50
ตารางที่ 3-2 แสดงสมการคำนวณความรู้สึกของผู้อยู่อาศัยภายในอาคาร 50
ตารางที่ 3-3 สรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 51
ตารางที่ 4-1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนที่นิยมใช้ในปัจจุบัน 71
ตารางที่ 4-2 แสดงการสรุปเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนต่างๆ 73
ตารางที่ 5-1 สรุปการใช้ฉนวนของอาคารตัวอย่าง ประเภทอาคารพักอาศัย 211
ตารางที่ 5-2 สรุปการใช้ฉนวนของอาคารตัวอย่าง ประเภทอาคารสำนักงาน 212

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 แสดงต้นเรดวูด (Redwood) เป็นต้นไม้ที่มีความสูงที่สุดในโลก 25
ภาพที่ 2-2 แสดงภาพตัดขวางลำต้นแสดงชั้นที่ทำหน้าที่ป้องกันต่างๆ 25
ภาพที่ 2-3 แสดงการไหลของความร้อนผ่านฉนวนมวลสาร 30
ภาพที่ 2-4 แสดงการไหลของความร้อนผ่านฉนวนประเภทสะท้อนความร้อน 30
ภาพที่ 2-5 แสดงรูปแบบการติดตั้งฉนวนที่นิยมใช้ในประเทศไทย 35
ภาพที่ 2-6 แสดงภาพตัดของฉนวนที่จุดน้ำแข็งบริเวณรอยต่อของฉนวน 42
ภาพที่ 2-7 แสดงปัญหาจากการติดตั้งฉนวนไม่ถูกต้อง 43
ภาพที่ 2-8 แสดงปัญหาจากการเลือกชนิดฉนวนไม่เหมาะสม 45
ภาพที่ 2-9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ 49
ภาพที่ 3-1 แสดงชนิดของฉนวนกันความร้อนที่นิยมใช้กันในปัจจุบันซึ่งนำมาศึกษาในงานวิจัย 53
ภาพที่ 3-2 แสดงตำแหน่งที่จะทำการวิเคราะห์หาชนิดของฉนวนที่เหมาะสม 61
ภาพที่ 3-3 แสดงอาคารตัวอย่างที่ที่คัดเลือกมาศึกษา ประเภทบ้านพักอาศัย 63
ภาพที่ 3-4 แสดงอาคารตัวอย่างที่ที่คัดเลือกมาศึกษา ประเภทอาคารสำนักงาน 64
ภาพที่ 4-1 แสดงการแบ่งประเภทของฉนวนตามลักษณะของวัสดุเนื้อฉนวน 68
ภาพที่ 4-2 แสดงการเกิดการควบแน่นภายในผนังที่มีการติดตั้งฉนวนตำแหน่งต่างๆ 105
ภาพที่ 4-3 แสดงคุณสมบัติของฉนวนที่เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคาร ช่วงที่ร้อนที่สุดของวัน 106
ภาพที่ 4-4 แสดงชนิดของฉนวนที่เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคาร 137
ภาพที่ 4-5 แสดงบรรยากาศภายนอกบ้านประหยัดพลังงาน 152
ภาพที่ 4-6 แสดงวิธีการติดตั้งฉนวนที่เหมาะสมในการออกแบบระบบกันความร้อนของหลังคา โดยคำนึงถึงการป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาภายในบานส่วนที่มีการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย 155
ภาพที่ 4-7 แสดงวิธีการบรรยากาศภายนอกบ้านชีวาทิตย์ 157

หน้า

ภาพที่ 4-8 แสดงวิธีการป้องกันความร้อนด้วยการติดตั้งฉนวนเหนือฝ้าเพดานแทน ความเข้าใจแบบผิดๆ ที่ปูแผ่นสะท้อนรังสีความร้อนใต้หลังคากระเบื้องคอนกรีต 160
ภาพที่ 4-9 แสดงบรรยากาศภายนอก อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติเป็นอาคารที่นำของงานวิจัยมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบทั้งทางตรงและทางอ้อม เพื่อให้เป็นอาคารที่มีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงานสูงสุด 163
ภาพที่ 4-10 แสดงตำแหน่งการใช้ฉนวนเพื่อการป้องกัน / สกัดกั้นความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร 163
ภาพที่ 4-11 แสดงภาพตัดขวางแสดงวัสดุชั้นต่างๆ ของหลังคาอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ หลังคาอาคาร ที่มีการผสมผสานการใช้ฉนวนและช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีร่วมกับมวลสาร 164
ภาพที่ 4-12 แสดงปริมาณความร้อนที่ผ่านหลังคาเข้ามาภายในอาคาร 165
ภาพที่ 4-13 แสดงบรรยากาศภายนอก อาคารศูนย์ราชการ กรุงเทพมหานคร (ถนนแจ้งวัฒนะ) 169
ภาพที่ 4-14 เปรียบเทียบการใช้ฉนวนติดตั้งบนหลังคาโถงกลางของอาคารเพื่อลดพื้นที่เปลือกอาคารภายนอก (บน) ถ้าไม่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้ว จะทำให้อาคารมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้งานประมาณ 2.4(ล่าง)ทำให้อาคารมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้งานลดลงเหลือประมาณ 1.7 และยังเป็นการใช้ผนังฉนวนร่วมกับมวลสารเย็นภายในอาคาร เป็นการสร้างความเย็นภายในอาคาร 170
ภาพที่ 4-15 แสดงการผสมผสานการใช้มวลสารเย็นภายในอาคาร ทำให้ภายในอาคารมีอุณหภูมิเย็น 170
ภาพที่ 4-16 แสดงบรรยากาศภายนอก โรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม 175
ภาพที่ 4-17 แสดงการปรับปรุงหลังคา ผนังและพื้นอาคารเรียน 176
ภาพที่ 4-18 แสดงบรรยากาศห้องเรียนที่ได้รับการปรับปรุง 177
ภาพที่ 5-1 แสดงสภาพอากาศของประเทศไทย และความรู้สึกจากอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของเปลือกอาคาร 184
ภาพที่ 5-2 แสดงคุณสมบัติของส่วนต่างๆ ของอาคาร และสรุปชนิดของฉนวนที่เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคาร 186

หน้า

ภาพที่ 5-3 แสดงการประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารปรับอากาศ เป็นช่วงเวลา 8.00-17.00 น. และ 21.00-6.00 น. 191
ภาพที่ 5-4 แสดงการประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง 192
ภาพที่ 5-5 แสดงการประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ 203
ภาพที่ 5-6 สรุปการใช้ฉนวนอย่างบูรณาการและประโยชน์ที่ได้ 214
ภาพที่ 5-7 แสดงการประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารเก่าที่จำเป็นต้องติดฉนวนภายในอาคาร 227

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1-1 แสดงปริมาณพลังไฟฟ้าในวันที่มีการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุด ปี 2549-2551 4
แผนภูมิที่ 1-2 แสดงพลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แยกตามประเภทการใช้เชื้อเพลิง 5
แผนภูมิที่ 1-3 แสดงการใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจปี 2551 6
แผนภูมิที่ 1-4 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานภาคที่อยู่อาศัย 6
แผนภูมิที่ 1-5 แสดงสัดส่วนภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศของบ้านทั่วไป 7
แผนภูมิที่ 1-6 แสดงภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแต่ละส่วนของบ้านทั่วไป 7
แผนภูมิที่ 2-1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (R-Value) ของวัสดุต่างๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว 14
แผนภูมิที่ 2-2 แสดงอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ตลอด 12 เดือนของกรุงเทพมหานคร (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550) 16
แผนภูมิที่ 2-3 แสดงเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของผนังก่ออิฐ และฉนวนชนิดต่างๆ ที่ความหนา 1 นิ้วเท่ากัน ความหนาแน่นต่างๆ (ไม่เว้นช่องว่างอากาศหลังฉนวน) 19
แผนภูมิที่ 2-4 แสดงเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 32 กก/ลบ.ม. ความหนาต่างๆ 20
แผนภูมิที่ 4 1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิใช้งานจำกัดของฉนวนชนิดต่างๆ.....70
แผนภูมิที่ 4 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนังชนิดต่างๆ.....78
แผนภูมิที่ 4 3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูน (4 นิ้ว) ในทิศทางต่างๆ (เดือนเมษายน).....79
แผนภูมิที่ 4 4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนัง EIFS ในทิศทางต่างๆ (เดือนเมษายน).....80

หน้า

แผนภูมิที่ 4-5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาคอนกรีตความหนาต่างๆ (เดือนเมษายน) 82
แผนภูมิที่ 4-6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานของหลังคาคอนกรีตความหนาต่างๆ (เดือนเมษายน) 83
แผนภูมิที่ 4-7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาคอนกรีตความหนาต่างๆ (เดือนเมษายน) 84
แผนภูมิที่ 4-8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานของหลังคาคอนกรีตความหนาต่างๆ (เดือนเมษายน) 85
แผนภูมิที่ 4-9 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศขนาด 0.5 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่างๆในแต่ละทิศทางการไหลของความร้อนต่างๆ 87
แผนภูมิที่ 4-10 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศขนาด 3.5 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่างๆในแต่ละทิศทางการไหลของความร้อนต่างๆ 88
แผนภูมิที่ 4-11 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศขนาดต่างๆ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อน 0.03 ในแต่ละทิศทางการไหลของความร้อนต่างๆ 89
แผนภูมิที่ 4-12 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศขนาดต่างๆ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อน 0.82 ในแต่ละทิศทางการไหลของความร้อนต่างๆ 90
แผนภูมิที่ 4-13 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศผิวไม่สะท้อนรังสี กับผิวสะท้อนรังสี ในแต่ละทิศทางการไหลของความร้อนต่างๆ 92
แผนภูมิที่ 4-14 แสดงสภาพภูมิอากาศ เดือนกุมภาพันธ์ ของกรุงเทพมหานคร (ไม่มีอิทธิพลของลม) 95
แผนภูมิที่ 4-15 แสดงสภาพภูมิอากาศ เดือนเมษายน ของกรุงเทพมหานคร (ไม่มีอิทธิพลของลม) 96
แผนภูมิที่ 4-16 แสดงสภาพภูมิอากาศ เดือนตุลาคม ของกรุงเทพมหานคร (ไม่มีอิทธิพลของลม) 97

หน้า

แผนภูมิที่ 4-17 แสดงสภาพภูมิอากาศ เดือนธันวาคม ของกรุงเทพมหานคร (ไม่มีอิทธิพลของลม) 98
แผนภูมิที่ 4-18 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเฉลี่ยภายในของอาคารทั่วไป มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายภายในอาคาร 100
แผนภูมิที่ 4-19 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหลังคาด้านนอกและภายในช่องว่างใต้หลังคา 102
แผนภูมิที่ 4-20 แสดงข้อมูลและการวิเคราะห์การเกิดการควบแน่นส่วนหลังคา 103
แผนภูมิที่ 4-21 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอก ทุกทิศทาง (เดือนเมษายน) 104
แผนภูมิที่ 4-22 แสดงจำนวนชั่วโมงที่เกิดจุดน้ำค้าง ณ อุณหภูมิต่างๆ ของกรุงเทพ ปี พ.ศ.2546 105
แผนภูมิที่ 4-23 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของฉนวนที่ใช้กันโดยทั่วไปในท้องตลาดตามความหนาที่ใช้งานจริง 109
แผนภูมิที่ 4-24 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจากส่วนหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาต่างๆ (ฉนวนใยแก้วแบบหุ้มฟอยล์) 110
แผนภูมิที่ 4-25 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาชนิดต่างๆ (เดือนเมษายน) 111
แผนภูมิที่ 4-26 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานของหลังคาชนิดต่างๆ (เดือนเมษายน) 112
แผนภูมิที่ 4-27 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนังชนิดต่างๆ ความหนา 4 นิ้ว ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) 113
แผนภูมิที่ 4-28 แสดงการเปรียบเทียบอิทธิพลของสีที่มีผลต่อปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว ในกรณีที่มีฉนวน EPS หนาตั้งแต่ 1 - 6 นิ้ว..... 114
แผนภูมิที่ 4-29 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนของวัสดุชนิดต่างๆ ที่ความหนา 8 นิ้ว ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) 116
แผนภูมิที่ 4-30 แสดงปริมาณความร้อนเปรียบเทียบของผนังที่มีมวลสารแตกต่างกันโดยกำหนดให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนเท่ากัน (U-Value = 0.068 Btu/hr.ft2 F) ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) 117

หน้า

แผนภูมิที่ 4-31 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนังชนิดต่างๆ ความหนา 4 นิ้ว ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) 118
แผนภูมิที่ 4-32 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนังชนิดต่างๆ ความหนา 8 นิ้ว ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) 119
แผนภูมิที่ 4-33 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนของผนังคอนกรีต ความหนาต่างๆ ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) 120
แผนภูมิที่ 4-34 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนของผนังคอนกรีต ความหนาต่างๆ ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) 121
แผนภูมิที่ 4-35 แสดงอุณหภูมิผิวภายในของผนังที่มีการติดตั้งฉนวนตำแหน่งต่างๆ 122
แผนภูมิที่ 4-36 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศขนาดต่างๆ สัมประสิทธิ์การกรจายความร้อนต่ำ (0.03) 125
แผนภูมิที่ 4-37 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจากส่วนหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้วและบับเบิลฟอยล์ ความหนาต่างๆ ของเดือนเมษายน 126
แผนภูมิที่ 4-38 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจากส่วนหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้วแบบที่หุ้มฟอยล์และไม่หุ้มฟอยล์ เทียบกับบับเบิลฟอยล์ ความหนาต่างๆ..... 127
แผนภูมิที่ 4-39 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจากส่วนหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว (แบบหุ้มฟอยล์) เทียบกับบับเบิลฟอยล์ความหนาต่างๆ ในฤดูร้อนและฤดูหนาว..... 128
แผนภูมิที่ 4-40 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศผิวที่ไม่สะท้อนรังสีกับผิวสะท้อนรังสี 131
แผนภูมิที่ 4-41 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน ของฟิล์มอากาศที่รวมกับช่องว่างอากาศขนาดต่างๆ (เมื่อหงายแผ่นอลูมินั่มฟอยด์ขึ้น)..... 132
แผนภูมิที่ 4-42 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน ของฟิล์มอากาศที่รวมกับช่องว่างอากาศขนาดต่างๆ (เมื่อคว่ำแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ลง)..... 133
แผนภูมิที่ 4-43 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อของผนัง EIFS ความหนาต่างๆ ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) 140
แผนภูมิที่ 4-44 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนัง EIFS ความหนาต่างๆ ช่วงเวลาร้อนที่สุดของวัน ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) 141

หน้า

แผนภูมิที่ 4-45 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของหลังคา
กระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้วความหนาต่างๆ (เดือนเมษายน) 142
แผนภูมิที่ 4-46 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในใต้ฝ้าเพดานหลังคากระเบื้อง
ซีเมนต์ ปูฉนวนใยแก้ว ความหนาต่างๆ ช่วงเวลาร้อนที่สุดของวัน
เดือนเมษายน 143
แผนภูมิที่ 4-47 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวพื้นคอนกรีต 4 นิ้ว ติดฉนวน EPS
ความหนาต่างๆ ช่วงเวลาร้อนที่สุดของวัน เดือนเมษายน 144
แผนภูมิที่ 4-48 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานภายใน ของหลังคา
กระเบื้องซีเมนต์ ฝ้าเพดาน 12 มม. ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาต่างๆ..... 146
แผนภูมิที่ 4-49 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานช่วงเวลาร้อนที่สุดของ
วัน หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ฝ้าเพดาน 12 มม. ติดตั้งฉนวนใยแก้ว
ความหนาต่างๆ (ทิศตะวันตก เดือนเมษายน)..... 147
แผนภูมิที่ 4-50 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายในชนิดต่างๆ ทิศตะวันตก
เดือนเมษายน 148
แผนภูมิที่ 4-51 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวัน ผนัง
ก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว และความหนาต่างๆ (ทิศตะวันตก เดือนเมษายน)..... 149
แผนภูมิที่ 4-52 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงาน
และบ้านทั่วไป..... 153
แผนภูมิที่ 4-53 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนส่วนหลังคาบ้านซีวาทิตย์และ
บ้านชั้นดีทั่วไป 159
แผนภูมิที่ 4-54 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ส่วนหลังคาบ้านซีวาทิตย์และ
บ้านชั้นดีทั่วไป 159
แผนภูมิที่ 4-55 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ บ้านซี
วาทิตย์ต่ำกว่าบ้านชั้นดีทั่วไป 15 เท่าตลอดทั้งปี..... 160
แผนภูมิที่ 4-56 แสดงอิทธิพลของมวลสารที่ทำให้เกิดการหน่วงความร้อน (Time Lag)
และ Decrement Factor ในอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ..... 166
แผนภูมิที่ 4-57 แสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการออกแบบหลังคา..... 166
แผนภูมิที่ 4-58 เปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศสะท้อน
รังสีระหว่างทิศทางของความร้อนไหลลงและไหลขึ้น (คำนวณจาก

หน้า

อุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยที่ 32 องศาเซลเซียส และค่าการสะท้อนรังสีของช่องว่างอากาศ เป็น 0.05) 167
แผนภูมิที่ 4-59 เปรียบเทียบภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ระหว่างหลังคาของอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติกับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 6 นิ้ว ที่ใช้กันทั่วไป 167
แผนภูมิที่ 4-60 แสดงการเปรียบเทียบอัตราความร้อนที่ผ่านเข้ามาสู่ภายในอาคารผ่านทางหลังคาที่ใช้ในโครงการทั่วไปกระเบื้องซีเมนต์ใส่แผ่นสะท้อนความร้อน และหลังคาที่ใช้ในโครงการ มีค่าแตกต่างกันในช่วงสูงสุดประมาณ 10 เท่า 172
แผนภูมิที่ 4-61 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกของอาคารแตกต่างกัน 1.994 BTU/h $^{\circ}$F ทำให้แสดงให้ทราบว่าน้อยกว่าอาคารศูนย์ราชการฯ สามารถประหยัดค่าของพลังงานความร้อนได้น้อยกว่าถึง 13.23 เท่า 172
แผนภูมิที่ 4-62 แสดงค่ามาตรฐาน Reverberation time ที่กำหนดสำหรับห้องประเภทต่างๆ 177
แผนภูมิที่ 5-1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนัง EIFS ความหนาต่างๆ ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) 193
แผนภูมิที่ 5-2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนผ่านผนัง EIFS ความหนาต่างๆของอาคารปรับอากาศช่วงเวลาต่างๆ ตลอดปี 194
แผนภูมิที่ 5-3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนผ่านผนัง EIFS ความหนาต่างๆ ตลอดปี แยกเป็นเดือนต่างๆ 195
แผนภูมิที่ 5-4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของหลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้วความหนาต่างๆ (เดือนเมษายน) 196
แผนภูมิที่ 5-5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนผ่านหลังคาคอนกรีต ปูฉนวนใยแก้วความหนาต่างๆของอาคารปรับอากาศช่วงเวลาต่างๆ ตลอดปี 197
แผนภูมิที่ 5-6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนผ่านหลังคาคอนกรีต ปูฉนวนใยแก้วความหนาต่างๆ ตลอดปี แยกเป็นเดือนต่างๆ 198
แผนภูมิที่ 5-7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเฉลี่ยของอาคารที่มีผนังและหลังคาชนิดต่างๆ 199

หน้า

แผนภูมิที่ 5-8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดาน หลังคากระเบื้องซีเมนต์ฝ้าเพดาน 12 มม. ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาต่างๆ 204
แผนภูมิที่ 5-9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายในชนิดต่างๆ ทิศตะวันตก 205
แผนภูมิที่ 5-10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเฉลี่ย ผนังก่ออิฐฉาบปูนสองชั้น EPS 4 นิ้ว หลังคากระเบื้องซีเมนต์ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา12 นิ้ว และเพิ่มความเร็วลม 1m/s 206
แผนภูมิที่ 5-11 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายรายเดือน ของอาคารรูปแบบต่างๆ ตลอดทั้งปี 207
แผนภูมิที่ 5-12 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงเขตสบายของอาคารรูปแบบต่างๆ ตลอดปี และเมื่อเพิ่มความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที (ผนังแต่ละชนิด) 208
แผนภูมิที่ 5-13 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนของผนังชนิดต่างๆ ความหนา 4 นิ้ว ตลอดปี แยกเป็นเดือนต่างๆ 216
แผนภูมิที่ 5-14 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนของผนังชนิดต่างๆ ความหนา 8 นิ้ว ตลอดปี แยกเป็นเดือนต่างๆ 217
แผนภูมิที่ 5-15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในแต่ละด้าน ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว 219
แผนภูมิที่ 5-16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเฉลี่ย ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว หลังคากระเบื้องซีเมนต์ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา12 นิ้ว และเพิ่มความเร็วลม 1m/s 220
แผนภูมิที่ 5-17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเฉลี่ย ผนัง EIFS หลังคากระเบื้องซีเมนต์ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา12 นิ้ว และเพิ่มความเร็วลม 1m/s 221
แผนภูมิที่ 5-18 แสดงเทคนิคการเพิ่มความรู้สึกสบายภายในอาคารไม่ปรับอากาศ เดือนเมษายน 223
แผนภูมิที่ 5-19 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยของอาคารทั่วไปและอาคารที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนให้กับอาคาร และเพิ่มความเร็วลมเพื่อสภาวะน่าสบาย 224
แผนภูมิที่ 5-20 แสดงเปรียบเทียบค่าการดูดซับเสียงฉนวนใยแก้วที่มีการเว้นช่องว่างหลังฉนวน 228
แผนภูมิที่ 5-21 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านของเสียงในผนังรูปแบบต่างๆ 228

หน้า

แผนภูมิที่ 5-22 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านของเสียงในพื้นรูปแบบต่างๆ 229
แผนภูมิที่ 5-23 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านของเสียงในผนังรูปแบบต่างๆ 229

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยมีภูมิอากาศอยู่ในเขตร้อนชื้น ทำให้มีอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์สูงเกือบตลอดปี มีสภาพอากาศที่แปรปรวนรุนแรง จนทำให้เกิดความรู้สึกไม่สบาย คือ รู้สึกร้อนเกินไปหรือหนาวเกินไป ประกอบกับสภาพแวดล้อมมีความเป็นเมืองมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศ ทำให้ผู้อยู่อาศัยได้รับอิทธิพลโดยตรงแม้จะมีอาคารเป็นเปลือกหุ้มชั้นแรกจากการกระทบกับสภาพอากาศภายนอกก็ตาม ผู้อยู่ภายในอาคารยังคงรู้สึกได้ถึงความร้อน หนาวที่เกินพอดี ทำให้ "รู้สึกไม่สบาย"

ปัญหาดังกล่าว เนื่องจากอาคารส่วนใหญ่มีการออกแบบที่ไม่ถูกต้อง สาเหตุมาจากการขาดความรู้ความเข้าใจในการเลือกใช้วัสดุและการใช้ฉนวนให้เหมาะสมสำหรับอาคารในภูมิภาคเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทย ซึ่งเป็นเหตุผลหลักที่ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารเพิ่มสูงขึ้น รวมทั้งความร้อนจากอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ผ่านเปลือกอาคารเข้ามาภายในอาคาร การเลือกวัสดุเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจนเกิดสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) ภายในอาคารและลดการใช้พลังงานของอาคารจึงเป็นสิ่งสำคัญ การประยุกต์ใช้ฉนวนอย่างถูกต้องจะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารและหลีกเลี่ยงการถ่ายเทความร้อนในช่วงที่เกิดความร้อนสูงสุดของวันลง นับเป็นแนวทางการแก้ปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม และเพิ่มคุณภาพชีวิตให้กับผู้อยู่อาศัยในอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้อมูลกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ปี 2551 พบว่า สาขาบ้านอยู่อาศัย ปี 2551 มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 10,070 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 5.6 เป็นสัดส่วนร้อยละ 15.2 ของการใช้พลังงานรวม ซึ่งอัตราการใช้พลังงานมีปริมาณกำลังไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์สูงขึ้นเรื่อยๆ นี้เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นในการเพิ่มสภาวะน่าสบายภายในอาคาร ส่วนหนึ่งเกิดจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิร้อนขึ้น โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางวันที่มีอุณหภูมิอากาศสูงที่สุด (เวลา 14.00 น.) ส่งผลต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าไปในการปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศจะทำงานสูงขึ้น เกิดการสิ้นเปลืองกำลังการผลิตที่มีการใช้น้ำมันเป็นส่วนหนึ่งซึ่งเป็นสิ่งที่หายากและมีราคาแพงในปัจจุบัน โดยเฉพาะช่วงเวลาที่มีการใช้งานไฟฟ้าสูงสุดของวัน การผลิตไฟฟ้าจึงจำเป็นต้องมีการใช้พลังการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นให้เพียงพอต่อการใช้งาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

ข้อมูลความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ดังนี้

- ปี 2549 พลังไฟฟ้าสูงสุด 21,064.00 เมกะวัตต์ (14 พฤษภาคม 2549, 13.30 น.)
- ปี 2550 พลังไฟฟ้าสูงสุด 22,586.10 เมกะวัตต์ (24 เมษายน 2550, 14.30 น.)
- ปี 2551 พลังไฟฟ้าสูงสุด 22,568.20 เมกะวัตต์ (21 เมษายน 2551, 14.30 น.)
- ปี 2552 พลังไฟฟ้าสูงสุด 22,044.90 เมกะวัตต์ (24 เมษายน 2552, 14.00 น.)

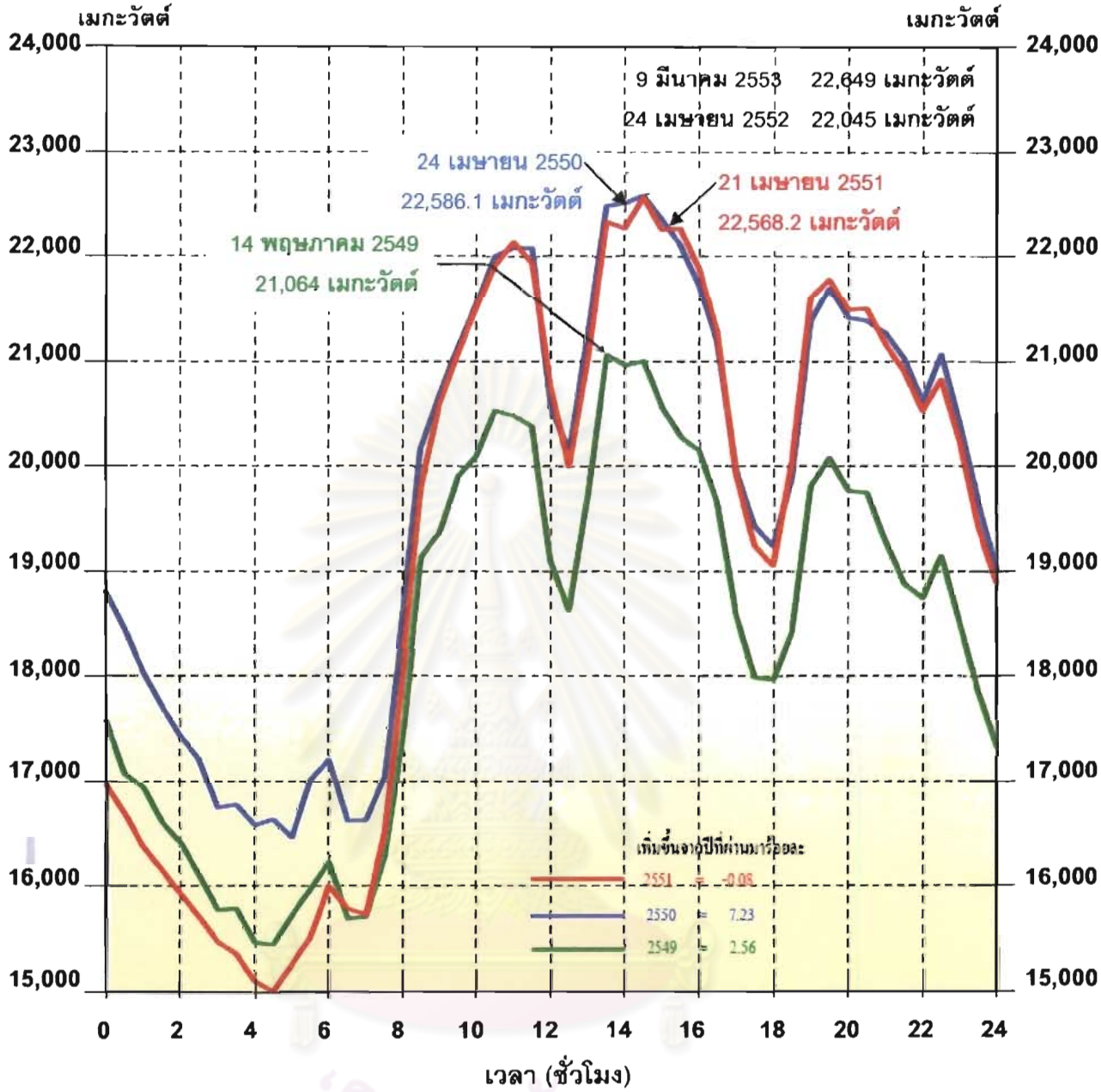
และเมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2553 พบว่า การใช้พลังไฟฟ้าอยู่ที่ 22,649 เมกะวัตต์ ซึ่งสูงกว่าสถิติพลังไฟฟ้าสูงสุดในเดือนเมษายนของปีที่ผ่านมาทั้งหมด เนื่องจากสภาพอากาศที่เริ่มร้อนอบอ้าวเร็วกว่าปกติ ดังนั้นจึงคาดการณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในเดือนเมษายน 2553 อยู่ที่ 23,600 เมกะวัตต์ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อน 1,600 เมกะวัตต์ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2553ก)

อาคารต่างๆ ในปัจจุบันนับเป็นผู้บริโภคพลังงานรายใหญ่และพลังงานส่วนมากนำไปใช้ในการทำงานของระบบปรับอากาศเพื่อควบคุมสภาพอากาศภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเพิ่มปริมาณและความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น เกิดการผลิตพลังงานที่เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับความต้องการ และจากการผลิตพลังงานนี้เองที่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สาเหตุสำคัญของสภาวะเรือนกระจก (Green house effect) และเกาะความร้อน (Heat Island) การแก้ปัญหาความต้องการพลังงานที่สูงนี้ได้โดยเริ่มต้นที่การควบคุมสภาพอากาศภายในอาคาร ทำให้เกิดความสบายภายในอาคาร เพื่อลดความต้องการใช้พลังงานในการปรับอากาศลง

การควบคุมสภาพอากาศภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะน่าสบายมากที่สุด โดยใช้ 2 แนวทางหลัก คือ การปรับปรุงตัวอาคารให้สามารถป้องกันและลดผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้มากที่สุด เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่ร่างกายสามารถรับได้ในระดับหนึ่งก่อน จากนั้นจึงปรับสภาพอากาศให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายโดยใช้เครื่องกลหรือเครื่องปรับอากาศเข้าช่วย โดยวิธีการดังกล่าวนี้จะทำให้เครื่องปรับอากาศไม่ต้องใช้พลังงานมากนักในการทำงาน

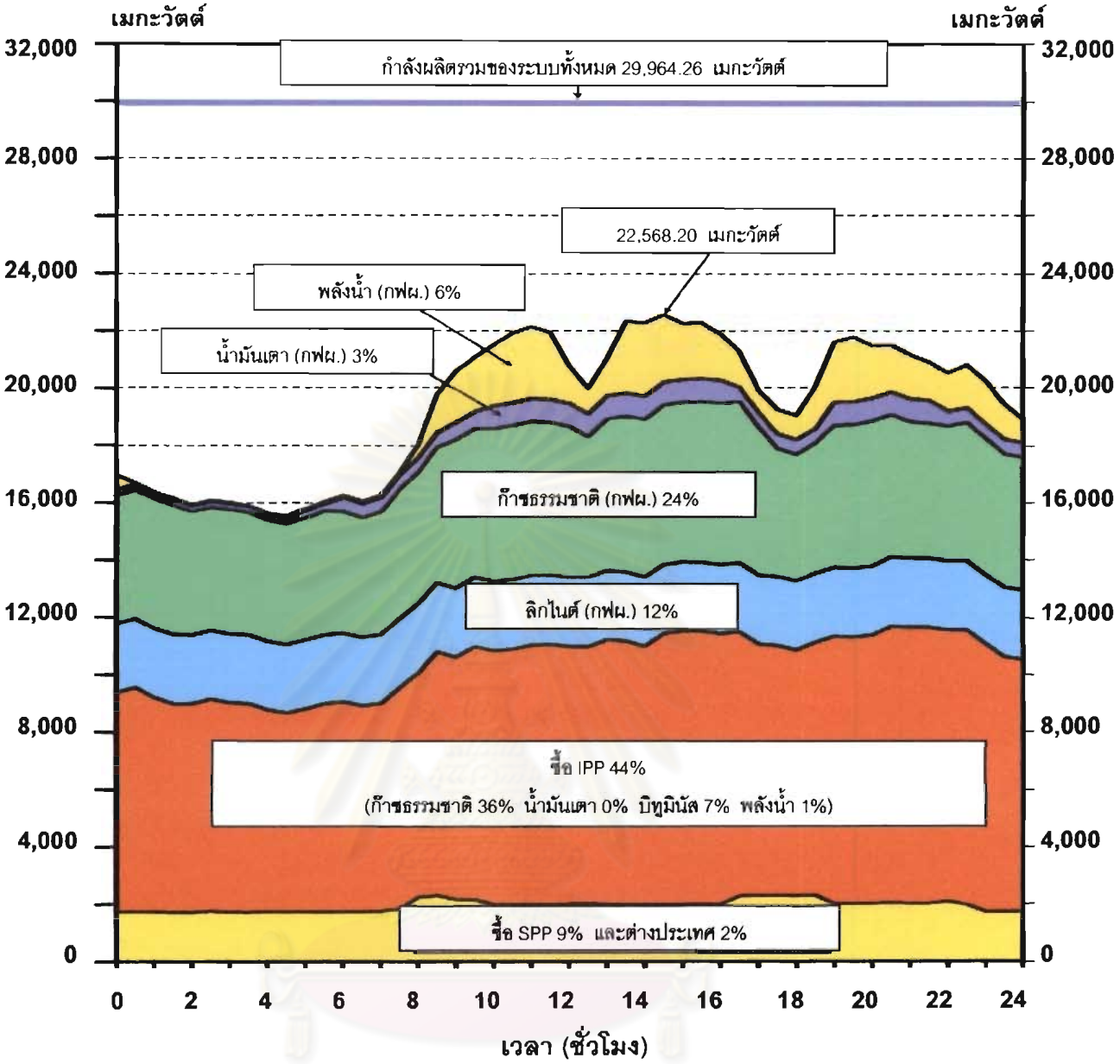
การควบคุมและปรับสภาพอากาศด้วยระบบเครื่องกลมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงเนื่องจากต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนมากในการทำงานของระบบ จากแผนภูมิที่ 1-4 พบว่าการทำงานของเครื่องปรับอากาศมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงถึง 78% เพื่อลดอุณหภูมิและรีดความชื้นออกจากอากาศ จากแผนภูมิที่ 1-5 แสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศให้กับอาคารหนึ่งๆ พบว่า การทำงานของเครื่องปรับอากาศมีภาระในการทำความเย็นให้กับเปลือกอาคารส่วนทึบถึง 62.86% ดังนั้นเพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ จึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานของระบบเครื่องกลดังกล่าวลง แต่ยังคงไว้ซึ่งคุณภาพชีวิตที่ดีของผู้อยู่อาศัยภายในอาคาร แนวทางหนึ่งที่เหมาะสม ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และไม่ยุ่งยากมากนัก คือ การติดตั้ง "ฉนวนกันความร้อน" ให้กับอาคารเพื่อสกัดกั้นการส่งผ่านความร้อนจากอากาศภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งจะเป็นการลดภาระในการปรับอากาศของระบบเครื่องกลลงได้ปริมาณมาก นอกจากนั้นฉนวนยังช่วยเก็บรักษาพลังงานไม่ให้มีการถ่ายเทออกไป หรือเข้ามาภายในบริเวณที่ต้องการ นั่นคือ การใช้ฉนวนความร้อนจะช่วยในการสกัดกั้นความร้อนเข้าสู่ตัวบ้าน ทำให้การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในบ้านน้อยลง ส่งผลให้บ้านเย็น ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบาย ดังนั้นสามารถเรียก ฉนวนกันความร้อน ได้ว่า ตัวปรับสภาพอากาศ (Climate Modifier)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 1-1 แสดงปริมาณพลังไฟฟ้าในวันที่มีการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุด ปี 2549-2551
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

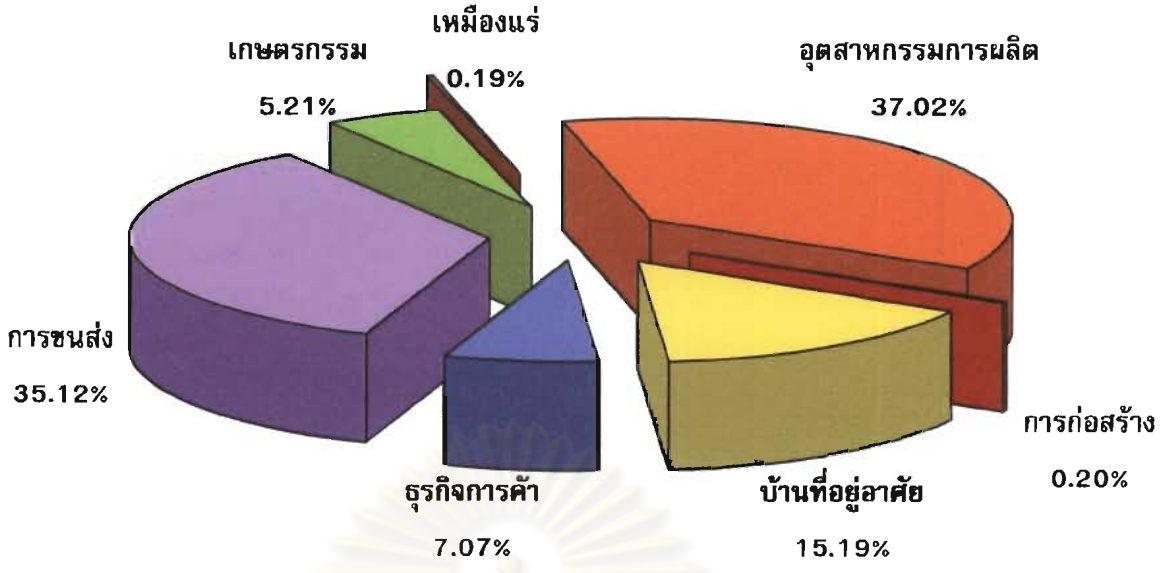
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



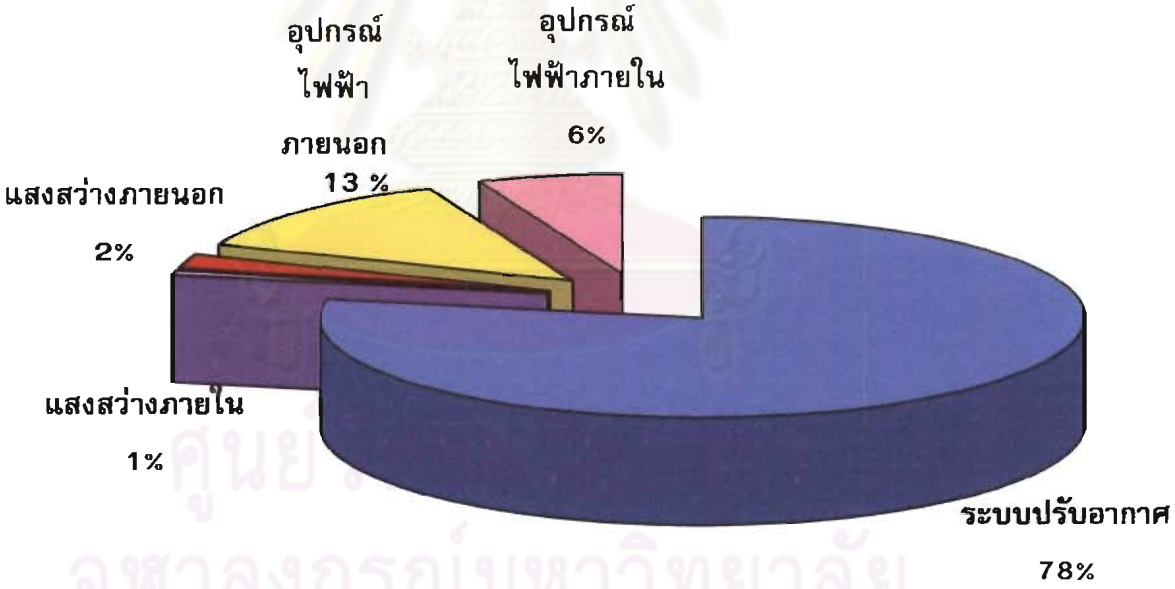
แผนภูมิที่ 1-2 แสดงพลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แยกตามประเภทการใช้เชื้อเพลิง

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

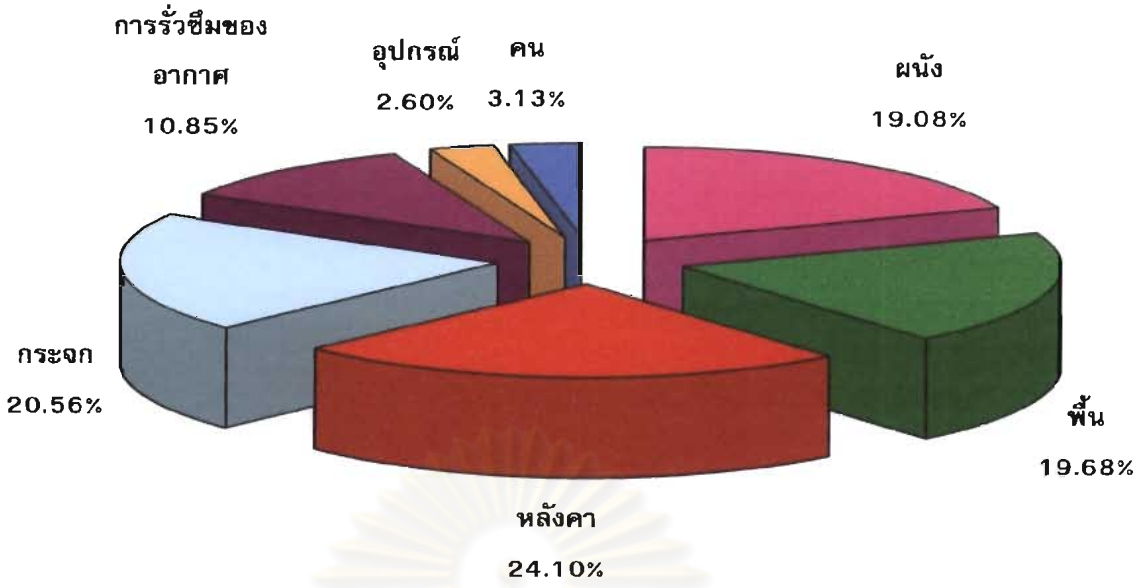


แผนภูมิที่ 1-3 แสดงการใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจปี 2551
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552)

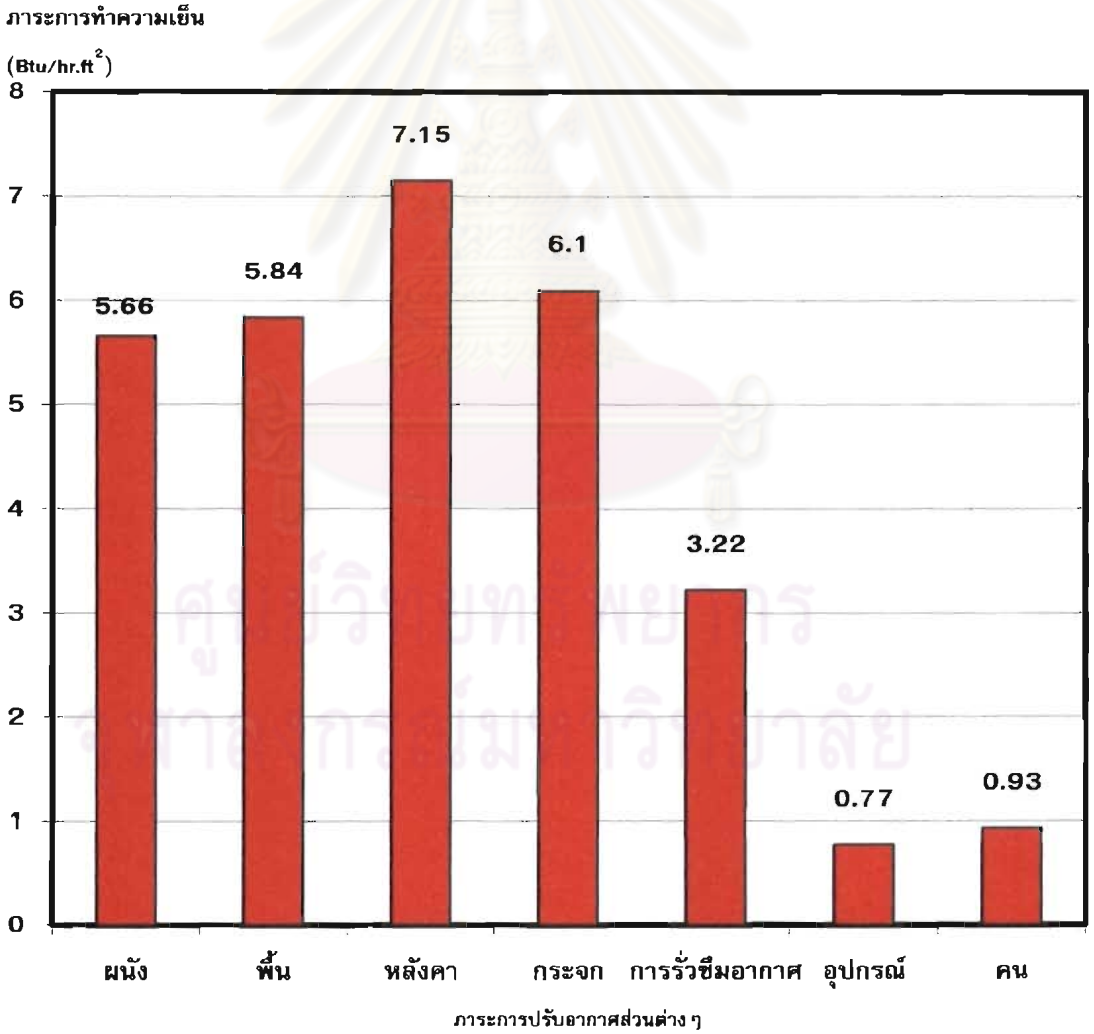


แผนภูมิที่ 1-4 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานภาคที่อยู่อาศัย
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 1-5 แสดงสัดส่วนภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศของบ้านทั่วไป
(สุนทร บุญญาธิการ, 2547)



แผนภูมิที่ 1-6 แสดงภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแต่ละส่วนของบ้านทั่วไป
(สุนทร บุญญาธิการ, 2547)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1 ศึกษาประเภทของฉนวนและตัวแปรในการลดความร้อน

2 หาความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ เพื่อประสิทธิภาพในการใช้ฉนวนสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น

3 ประยุกต์ใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคารในเขตร้อนชื้น

4 ประยุกต์ใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1 อาคารที่นำมาประยุกต์ใช้ฉนวนของงานวิจัยจะพิจารณาสำหรับอาคารที่ผู้อยู่อาศัยหรือมีคนในอาคาร เช่น บ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน เป็นต้น

2 วัสดุฉนวนที่นำมาศึกษาและวิเคราะห์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์แนวทางการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการนี้ จะเลือกชนิดและรูปแบบของฉนวนที่มีในตลาดปัจจุบัน

3 วัสดุประกอบอาคารแต่ละส่วนจะศึกษาและวิเคราะห์เฉพาะวัสดุที่เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการใช้ฉนวนของงานวิจัยนี้ สามารถนำไปปรับใช้และมีประโยชน์อย่างแท้จริง

4 การใช้ฉนวนจะศึกษาและวิเคราะห์ในส่วนทึบเป็นหลัก ได้แก่ หลังคา ผนัง พื้น โดยไม่นำส่วนช่องเปิดหรือกระจกมาพิจารณา

5 ระบบเครื่องกลเพื่อเพิ่มความสบายในอาคาร จะวิเคราะห์เฉพาะเครื่องกลในการทำความเย็น (Cooling) เท่านั้น เนื่องจากสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย อยู่ในเขตร้อนชื้น ช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิอากาศหนาวเย็นอยู่ในช่วงเดือนธันวาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งยังอยู่ในสภาวะน่าสบาย ด้วยเหตุนี้การใช้ระบบเครื่องกลในการทำความร้อน (Heating) ไม่จำเป็นสำหรับอาคารในภูมิอากาศร้อนชื้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัย แบ่งตามวัตถุประสงค์การวิจัยเป็นขั้นตอนได้ ดังนี้

1 ศึกษาประเภทของฉนวนและตัวแปรในการลดความร้อน

1.1 ศึกษาข้อมูลและคุณสมบัติของฉนวนต่างๆ

- วัสดุพื้นฐานและวัสดุประกอบ
- เปรียบเทียบคุณสมบัติด้านต่างๆ
- ปัญหาที่เกิดจากการใช้ฉนวนไม่เหมาะสม

1.2 ศึกษาตัวแปรการลดความร้อน

- ช่องว่างอากาศนิ่ง (Still Air)
- มวลสาร (Thermal Mass)
- ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี (Reflective Air Space)

2 หาความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ

2.1 ศึกษาอิทธิพลของสภาพอากาศประเทศไทย

2.2 ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ

3 ประยุกต์ใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคารในเขตร้อนชื้น

3.1 การประยุกต์ใช้ฉนวนส่วนต่างๆ ของอาคาร

- ส่วนหลังคา
- ส่วนผนัง
- ส่วนพื้น

3.2 การประยุกต์ใช้ฉนวนในอาคารที่มีการใช้งานแบบต่างๆ

- อาคารปรับอากาศ
- อาคารไม่ปรับอากาศ

4 ประยุกต์ใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

4.1 การศึกษาอาคารตัวอย่าง

- อาคารประเภทบ้านพักอาศัย
- อาคารประเภทสำนักงาน

4.2 สรุปแนวทางการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

- การป้องกันความร้อน
- การป้องกันความชื้น
- การป้องกันเสียงจากภายนอก
- การดูดซับเสียงจากภายใน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1-1 สรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

วัตถุประสงค์	วิธีวิจัย	วิเคราะห์	ผลที่ได้รับ
1. ศึกษาประเภทของฉนวนและตัวแปรในการลดความร้อน	1.1 ศึกษาข้อมูลและคุณสมบัติของฉนวน - ประเภทของฉนวน - เปรียบเทียบคุณสมบัติ - ปัญหาจากการใช้ฉนวนไม่เหมาะสม 1.2 ศึกษาตัวแปรการลดความร้อน	1.1 คุณสมบัติของฉนวน 1.2 ตัวแปรที่ลดความร้อน - ค่าการต้านทานความร้อน - มวลสาร - ช่องว่างอากาศ - สปส.การกระจายความร้อนผิววัสดุ	1.1 สรุปประเภทฉนวนและคุณสมบัติ 1.2 คัดเลือกตัวแปรที่เกี่ยวกับการลดความร้อน
2. หาความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ เพื่อประสิทธิภาพในการใช้ฉนวนสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น	2.1 การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ 2.2 การศึกษาสภาพอากาศประเทศไทย 2.3 ทดสอบตัวแปรด้วยการคำนวณ - การลดความร้อน - การหน่วงเหนี่ยวความร้อน	2.1 วิเคราะห์สภาพอากาศ 2.2 อิทธิพลตัวแปรต่างๆ - อิทธิพลของฉนวน - อิทธิพลของมวลสาร - อิทธิพลของช่องว่างอากาศและ สปส.การกระจายความร้อนผิววัสดุ	2.1 อิทธิพลของสภาพอากาศต่อส่วนต่างๆของอาคาร 2.2 อิทธิพลของตัวแปรต่างๆ - ความหนาที่เหมาะสม - การผสมมวลสาร - การผสมช่องว่างอากาศ - การเลือกวัสดุที่มี สปส. การกระจายความร้อนผิววัสดุต่ำ
3. ประยุกต์ใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคาร	ทดสอบหาแนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวน - การคำนวน จากสมการ CLTD Sol-air Temperature MRT - ประเมินผล	วิเคราะห์ประสิทธิภาพจากการประยุกต์ใช้ฉนวน - ด้านการใช้พลังงาน - ด้านความรู้สึกสบาย - ด้านค่าใช้จ่าย	ประยุกต์ใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ได้แก่ พื้น ผนัง หลังคา 1. อาคาร ปรับอากาศ - เปิด 24 ชั่วโมง - เปิด 8.00-17.00 น. - เปิด 21.00-6.00 น. 2. อาคารไม่ปรับอากาศ
4. ประยุกต์ใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น	4.1 การศึกษาอาคารตัวอย่างที่เน้นการใช้ฉนวนอย่างบูรณาการ - การใช้ฉนวนในอาคาร - ประสิทธิภาพที่ได้จากการติดตั้งฉนวนในอาคาร 4.2 สรุปแนวทางการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการ	วิเคราะห์อาคารตัวอย่าง 1. อาคารพักอาศัย - บ้านประหยัดพลังงาน - บ้านชีวาทิตย์ 2. อาคารสำนักงาน - อาคารอนุรักษ์ฯ - อาคารศูนย์ราชการฯ - โรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม	การประยุกต์ใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารภูมิภาคร้อนชื้น - ป้องกันความร้อน - ป้องกันความชื้น - ป้องกันเสียงจากภายนอก - ดูดซับเสียงจากภายใน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1 สรุปประเภทของฉนวนและตัวแปรสำคัญในการลดความร้อน

2 สรุปความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ เพื่อประสิทธิภาพในการใช้ฉนวนสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น

3 สรุปแนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคารในเขตร้อนชื้น เพื่อลดความร้อน ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและเพิ่มความรู้สึกสบายให้กับผู้อยู่อาศัยภายในอาคารภูมิภาคร้อนชื้น

4 สรุปแนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคาร เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นของผู้อยู่อาศัยภายในอาคารภูมิภาคร้อนชื้น พร้อมข้อเสนอแนะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเลือกใช้ฉนวนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง จำเป็นต้องมีการศึกษาการทำให้วัสดุเป็น "ฉนวน" เพื่อเข้าใจพฤติกรรมและการลดการถ่ายเทความร้อน ตลอดจนศึกษาประเภทของฉนวน คุณสมบัติ ข้อจำกัด การติดตั้งอย่างเหมาะสม และปัจจัยสำคัญสำหรับการใช้ฉนวนได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2.1 การศึกษาความหมายของฉนวน

2.1.1 ความหมายของฉนวน

ฉนวน หมายถึง วัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้โดยง่าย วัสดุทุกชนิดในโลกล้วนเป็น "ฉนวน" ทั้งสิ้น เพียงแต่ค่าความเป็นฉนวนหรือค่าความต้านทานความร้อนจะมากหรือน้อยแตกต่างกัน การส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุใดๆ หรือการส่งผ่านความร้อนจากวัสดุหนึ่งไปยังอีกวัสดุหนึ่ง เรียกว่า การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคาร คือ การสกัดกั้นความร้อนมิให้ส่งผ่านจากภายนอกอาคารเข้าไปยังภายในอาคารได้ ดังนั้นฉนวนกันความร้อนที่ดีจึงควรเป็นฉนวนกันความร้อนที่มีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุดหรือมีค่าความต้านทานความร้อนสูงที่สุดนั่นเอง โดยจะต้องสามารถลดการถ่ายเทความร้อนทั้งในรูปของการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน ได้เป็นอย่างดี จุดมุ่งหมายในการติดตั้งฉนวน คือ การเก็บรักษาพลังงานไม่ให้มีการถ่ายเทออกไป หรือเข้ามาภายในบริเวณที่ต้องการ นั่นคือ การใช้ฉนวนจะช่วยในการสกัดกั้นความร้อนเข้าสู่ตัวบ้าน เกิดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในบ้านน้อยลง ส่งผลให้บ้านเย็น ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบาย ดังนั้นสามารถเรียก ฉนวนกันความร้อน ได้ว่า ตัวปรับสภาพอากาศ (Climate Modifier)

เมื่อเปรียบเทียบกับความอัจฉริยะของธรรมชาติที่มีการใช้ฉนวนธรรมชาติในการปกป้องจากสิ่งต่างๆ รอบตัวเพื่อการอยู่รอดของตัวเอง หลักการนี้เองที่ได้มีการประยุกต์แนวคิดการป้องกันสิ่งต่างๆ รอบตัวโดยการติดตั้ง "ฉนวน" ให้กับอาคาร โดยการนำหลักในการป้องกันเลียนแบบมาจากธรรมชาติในการป้องกันสิ่งต่างๆ จากสภาพแวดล้อม ไม่ใช่เพียงแค่ให้เป็นอาคารสำหรับการอยู่อาศัยเท่านั้น แต่เป็นการทำให้ผู้ที่อาศัยอยู่ภายในอาคารมีคุณภาพชีวิตที่ดี ฉนวนสำหรับอาคาร

จึงมีรูปแบบการป้องกันหลายประเภท เพื่อการป้องกันที่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมที่จะมากระทบในหลายรูปแบบ ดังนี้

1. ฉนวนกันความร้อน (Thermal Resistance)
2. ฉนวนกันความชื้น (Resistance to Water Penetration)
3. ฉนวนกันเสียง และดูดซับเสียง (Sound Absorption)

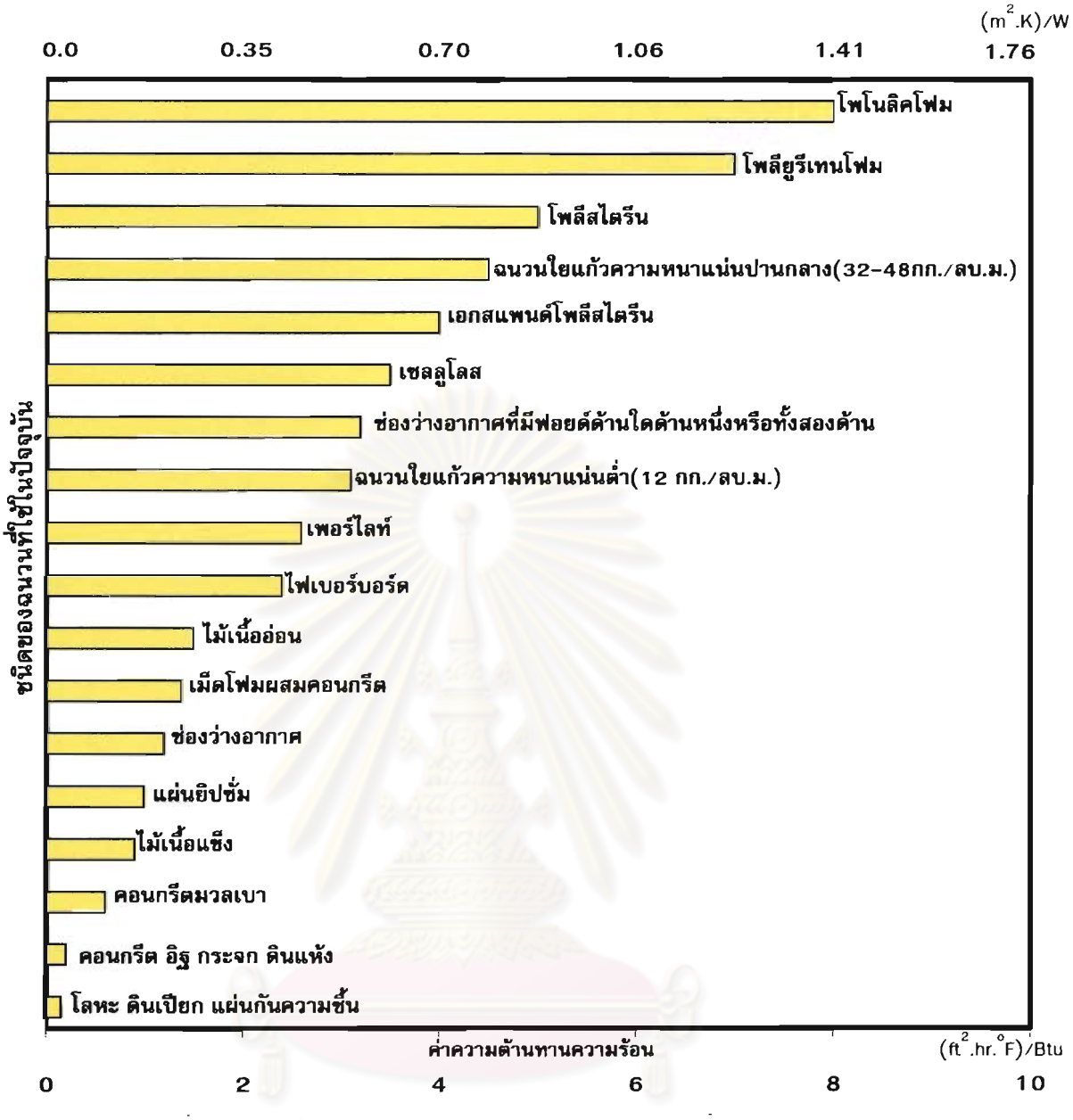
2.1.1.1 ฉนวนกันความร้อน (Thermal Resistance)

ฉนวนชนิดนี้มีคุณสมบัติในการ สกัดกั้นความร้อน ไม่ให้ส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ ฉนวนกันความร้อนที่ดีควรเป็นฉนวนกันความร้อนที่มีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด ลดการถ่ายเทความร้อนในรูปของการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้เป็นอย่างดี

การใช้ฉนวนเพื่อลดการส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่ง สภาพอากาศร้อนชื้นอย่างประเทศไทยความจำเป็นในการสกัดกั้นความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร โดยฉนวนจะทำหน้าที่ยับยั้ง หน่วงเหนี่ยวความร้อนไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคาร ฉนวนมีหน้าที่ในการป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาสู่อาคาร สามารถแบ่งตามลักษณะการป้องกันความร้อน ดังนี้

1) ฉนวนที่มีช่องว่างอากาศนิ่งภายใน (Still Air Insulation)
2) ฉนวนมวลสาร (Thermal Mass Insulation)
3) ฉนวนสะท้อนรังสีความร้อน (Reflective Cavity Insulation)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 2-1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (R-Value) ของวัสดุต่างๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว

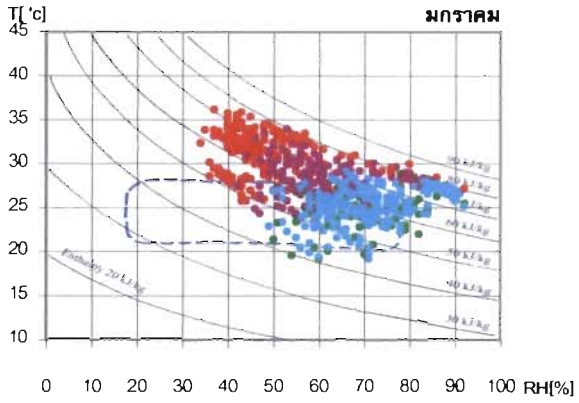
จากแผนภูมิ 2-1 การศึกษาคุณสมบัติการต้านทานความร้อนของฉนวนและวัสดุต่างๆ ที่ความหนาที่ใช้งานจริงอยู่ในปัจจุบัน พบว่า ฉนวนประเภทโฟมจะมีค่าการต้านทานความร้อนสูง ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อฉนวนเป็นเซลล์ปิด รองลงมาจะเป็นฉนวนประเภทเส้นใย ที่มีช่องว่างอากาศนิ่งจำนวนมาก

2.1.1.2 ฉนวนกันความชื้น (Resistance to Water Penetration)

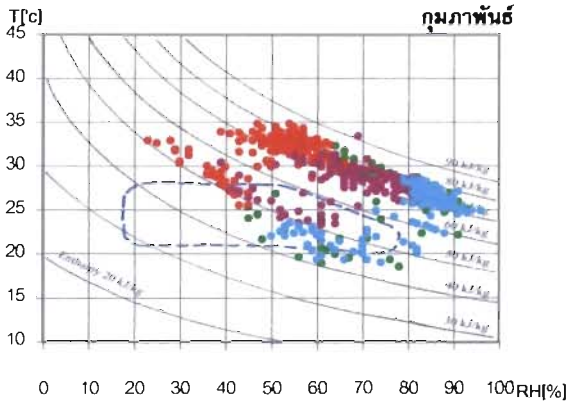
ฉนวนชนิดนี้มีคุณสมบัติในการ สกัดกั้นความชื้น ไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ ปัญหาสำคัญของน้ำที่มีผลกระทบต่ออาคาร คือ ความชื้น (Dampness) ความชื้นทำให้วัสดุส่วนต่างๆของอาคารชำรุดและเสียหาย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิในเนื้อวัสดุ ซึ่งมีสารที่เป็นกรด เกลือ หรือด่างเจือปน จึงทำให้เกิดการสึกกร่อนของวัสดุ และแตกร้าวในที่สุด เนื้อวัสดุต้องมีรูหรือช่องว่างระหว่างโมเลกุลที่มีขนาดเล็กกว่าไอน้ำ จึงสามารถลดการแทรกซึมของอนุภาคไอน้ำ ความชื้นในอากาศและการดูดซึมน้ำต่ำ ได้แก่ โฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene Foam) โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane Foam)

จากสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย ดังแสดงในแผนภูมิแสดงอุณหภูมิความร้อนและความชื้นตลอด 12 เดือนของกรุงเทพมหานคร (เมื่อไม่มีอิทธิพลของลม) เป็นตัวแทนให้เห็นถึงสภาพภูมิอากาศของระเทศไทยที่อยู่ในเขตร้อนชื้น จากข้อมูลพบว่า อากาศในประเทศไทยมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงเกือบตลอดปี อาคารจำเป็นต้องมีการเลือกใช้วัสดุที่มีความสามารถในการลดการถ่ายเทความร้อนและการแทรกซึมของความชื้นเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งมีอัตราความชื้นในอากาศสูงเกือบตลอดเวลานี้สามารถทำความเสียหายให้กับอาคารและผู้อยู่อาศัยได้ การเลือกวัสดุก่อสร้างและการออกแบบรายละเอียด ในส่วนงานก่อสร้างของอาคารมีส่วนสำคัญอย่างมากในการป้องกันน้ำสำหรับอาคาร ความรู้เรื่องลักษณะของอากาศเฉพาะแห่งของที่ตั้งอาคารก็สำคัญเช่นเดียวกัน เพราะจะมีผลต่อการแทรกซึมของน้ำเข้าสู่อาคารอันเกิดจากปัจจัยของอุณหภูมิและความชื้นรวมกัน เป็นเหตุของการเกิดการควบแน่นเกิดขึ้นในส่วนต่างๆ ของอาคารวัสดุที่มีเนื้อพรุนสามารถใช้กับอาคารได้ในสถานที่ที่มีการแทรกซึมของความชื้นค่อนข้างช้า

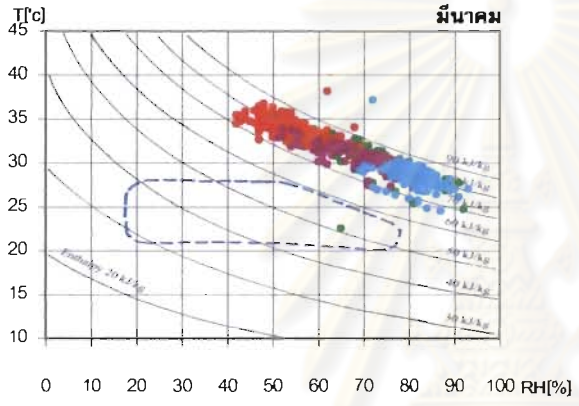
ส่วนวัสดุที่มีผิวหรือเนื้อแน่นสูงๆ จะเหมาะใช้ในส่วนที่กันน้ำแทรกซึม เช่น ใช้รองรับตรงส่วนต่อของหลังคา หรือเป็นส่วนหนึ่งของชั้นผิวของหลังคา หรือเป็นส่วนป้องกันน้ำและความชื้นโดยตรงในส่วนที่สำคัญต่างๆ ของอาคาร ทำให้อาคารจำเป็นต้องมีความต้านทานต่อความชื้นเป็นวัตถุประสงค์สำคัญของการใช้ฉนวนสำหรับอาคาร โดยเฉพาะอาคารที่มีการปรับอากาศ ดังนั้นต้องมีการป้องกันความชื้นให้กับฉนวน หากเกิดความชื้นในฉนวนจะทำให้ฉนวนเสื่อมสภาพหรือสูญเสียคุณสมบัติความเป็นฉนวน การใช้ฉนวนที่เหมาะสมสำหรับอาคารจึงสามารถช่วยป้องกันความชื้นให้กับอาคารได้ด้วย หรือการใช้วัสดุสำหรับกันความชื้น เช่น แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ แผ่นโพลีเอทิลีน แผ่นพีวีซี หรือแผ่นโพลีเอสเตอร์ ฉนวนมาสติก แอสฟัลต์ ฯลฯ



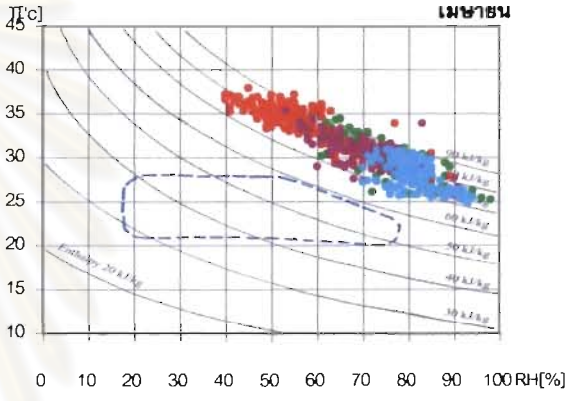
Actual data | Number of hour in comfort zone 31.05% | Number of hour below comfort zone 0.00% | Total 31.05%



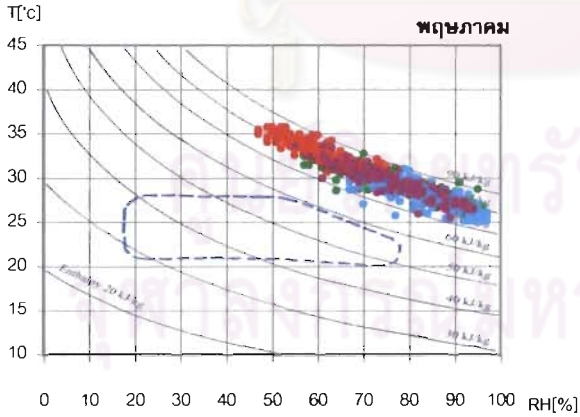
Actual data | Number of hour in comfort zone 7.89% | Number of hour below comfort zone 1.04% | Total 8.93%



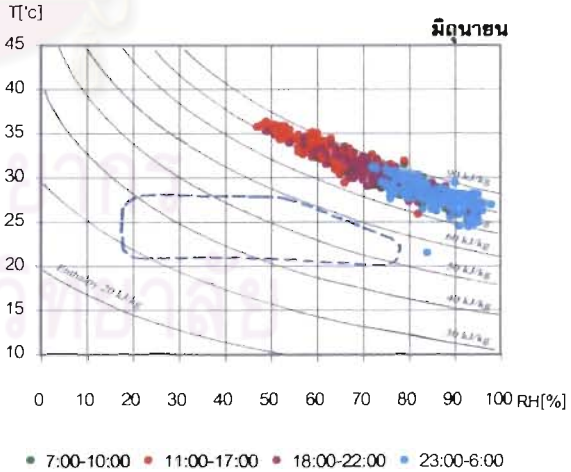
Actual data | Number of hour in comfort zone 0.40% | Number of hour below comfort zone 0.00% | Total 0.40%



Actual data | Number of hour in comfort zone 0.28% | Number of hour below comfort zone 0.00% | Total 0.28%

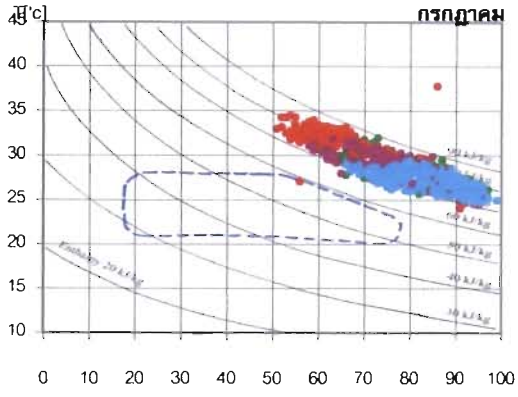


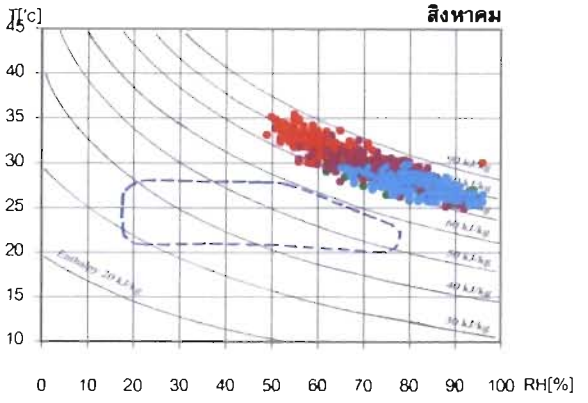
Actual data | Number of hour in comfort zone 0.00% | Number of hour below comfort zone 0.00% | Total 0.00%



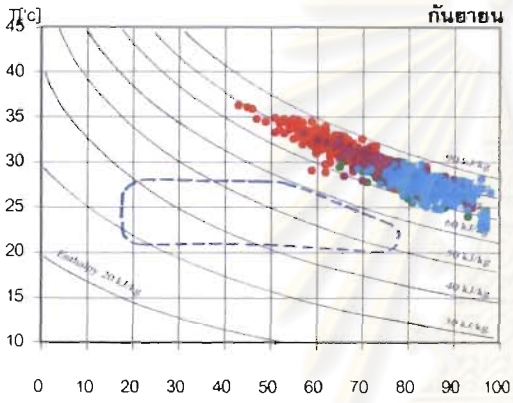
Actual data | Number of hour in comfort zone 0.00% | Number of hour below comfort zone 0.14% | Total 0.14%

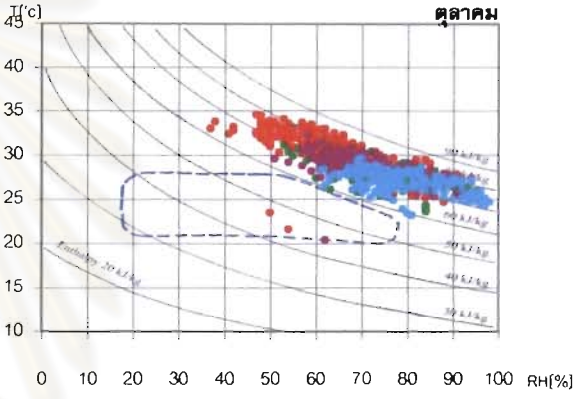
แผนภูมิที่ 2-2 แสดงอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ตลอด 12 เดือนของกรุงเทพมหานคร (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



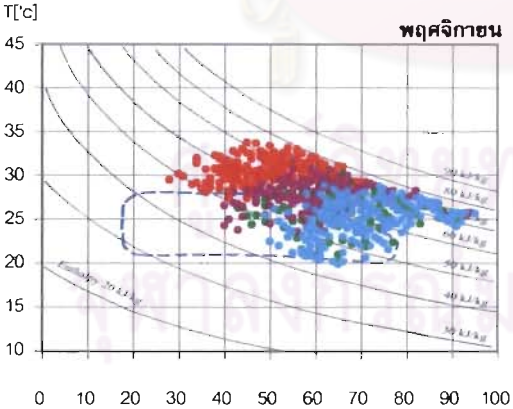


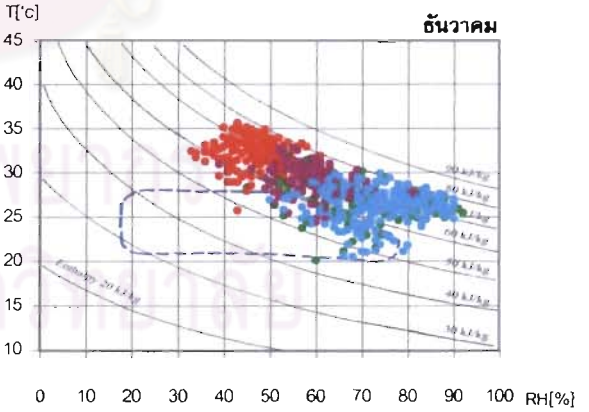
Actual data	Number of hour in comfort zone	0.54%	Actual data	Number of hour in comfort zone	0.13%
	Number of hour below comfort zone	0.00%		Number of hour below comfort zone	0.00%
	Total	0.54%		Total	0.13%





Actual data	Number of hour in comfort zone	0.00%	Actual data	Number of hour in comfort zone	4.84%
	Number of hour below comfort zone	0.00%		Number of hour below comfort zone	0.00%
	Total	0.00%		Total	4.84%





Actual data	Number of hour in comfort zone	29.72%	Actual data	Number of hour in comfort zone	19.09%
	Number of hour below comfort zone	0.14%		Number of hour below comfort zone	0.27%
	Total	29.86%		Total	19.35%

แผนภูมิที่ 2-2 แสดงอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ตลอด 12 เดือนของกรุงเทพมหานคร (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ต่อ) (ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)

2.1.1.3 ฉนวนกันเสียง และดูดซับเสียง (Sound Absorption)

ฉนวนเสียง มีคุณสมบัติในการสกัดกั้นพลังงานเสียง หรือคลื่นความถี่เสียง อันไม่พึงปรารถนาไม่ให้ส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ เนื้อวัสดุและผิวของวัสดุต้องมีลักษณะและคุณสมบัติในการส่งผ่านของคลื่นความถี่เสียง โดยสามารถยอมให้คลื่นความถี่ของเสียงที่ไม่รบกวนตามแต่ลักษณะของแต่ละห้องที่มีการใช้งาน และสกัดกั้นคลื่นความถี่ของเสียงที่จะรบกวนการได้ยินจนก่อให้เกิดความรู้สึกรำคาญ นอกจากการสกัดกั้นเสียงแล้วยังมีคุณสมบัติในการดูดซับเสียง ลดทอนระดับเสียงให้น้อย กันเสียงสะท้อน และยังสามารถกันเสียงจากแรงสั่นสะเทือนอีกด้วย ซึ่งประสิทธิภาพของฉนวนเสียงขึ้นอยู่กับวัสดุ พื้นผิว และช่องว่างอากาศภายในเนื้อฉนวน และรูปแบบของการติดตั้งร่วมกับวัสดุอื่นๆ อีกด้วย

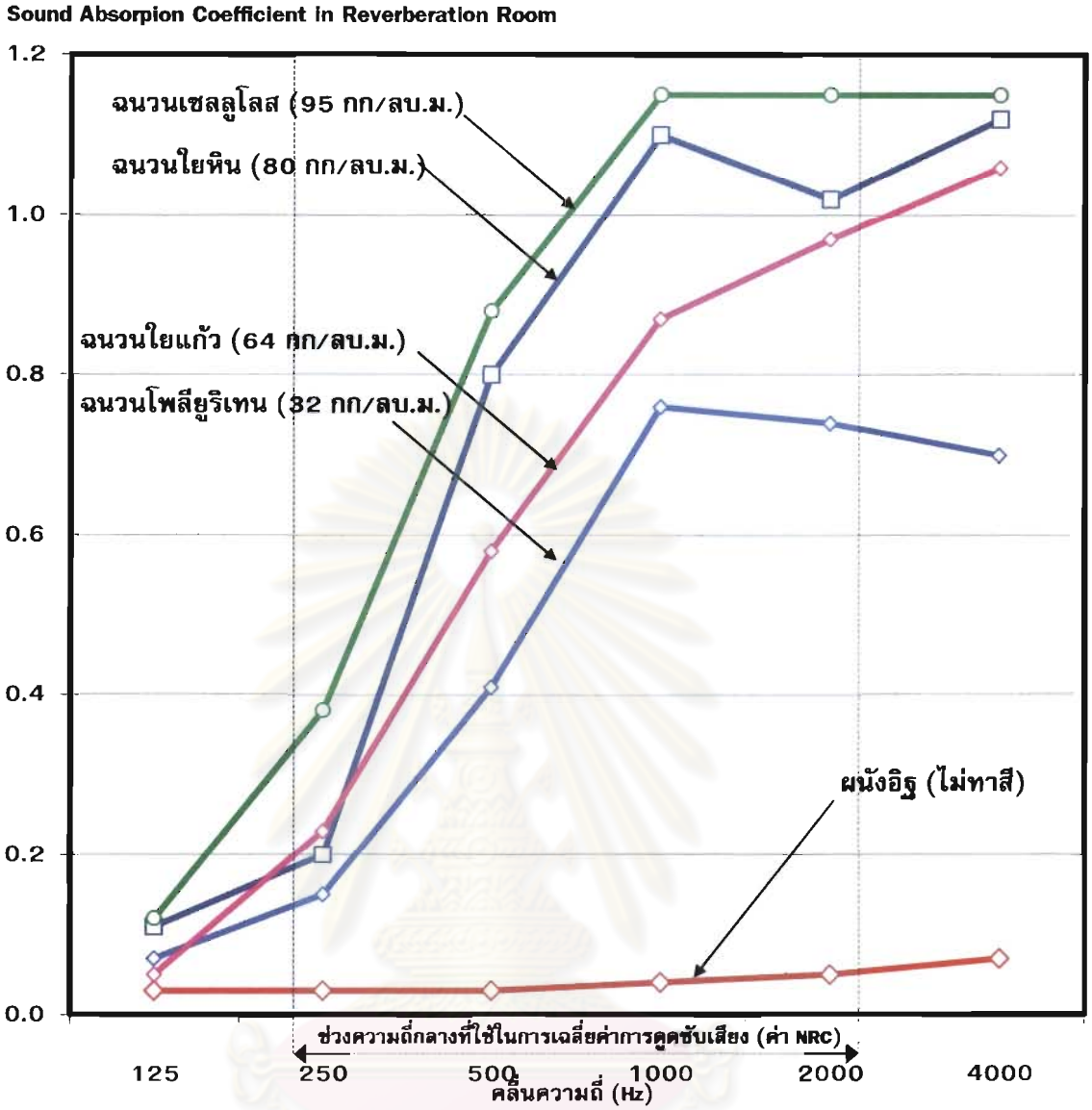
การกันเสียงนี้สำหรับบางส่วนของอาคารที่ต้องการลดการรบกวนจากเสียง เช่น ห้องประชุม ห้องสัมมนา ฯลฯ จำเป็นต้องเลือกใช้ฉนวนที่มีคุณสมบัติการกันเสียงที่ดี ซึ่งได้แก่ ฉนวนที่มีความพรุนหรือฉนวนที่มีช่องว่างอากาศมาก ซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับวัสดุที่มีน้ำหนักมากจะมีส่วนช่วยในการกันเสียงได้ดีขึ้น เช่น ใยแก้ว เซลลูโลส เป็นต้น

พฤติกรรมของเสียงที่เกิดขึ้นกับวัตถุ มี 3 แบบ ดังนี้

- การดูดซับเสียง (Absorption)
- การสะท้อนของเสียง (Reflection)
- การส่งผ่านของเสียง (Transmission)

การเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงนั้นจะต้องอาศัยคุณสมบัติของวัสดุ และการเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับ ลักษณะของเนื้อวัสดุ พื้นผิว ในการจะดูดซับเสียงแต่ละความถี่ คุณสมบัติด้านการดูดซับเสียงของฉนวนชนิดต่างๆ มีค่าแตกต่างกันตามลักษณะของเส้นใย หรือเซลล์ของเนื้อฉนวน โดยค่าการดูดซับเสียงของฉนวน มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

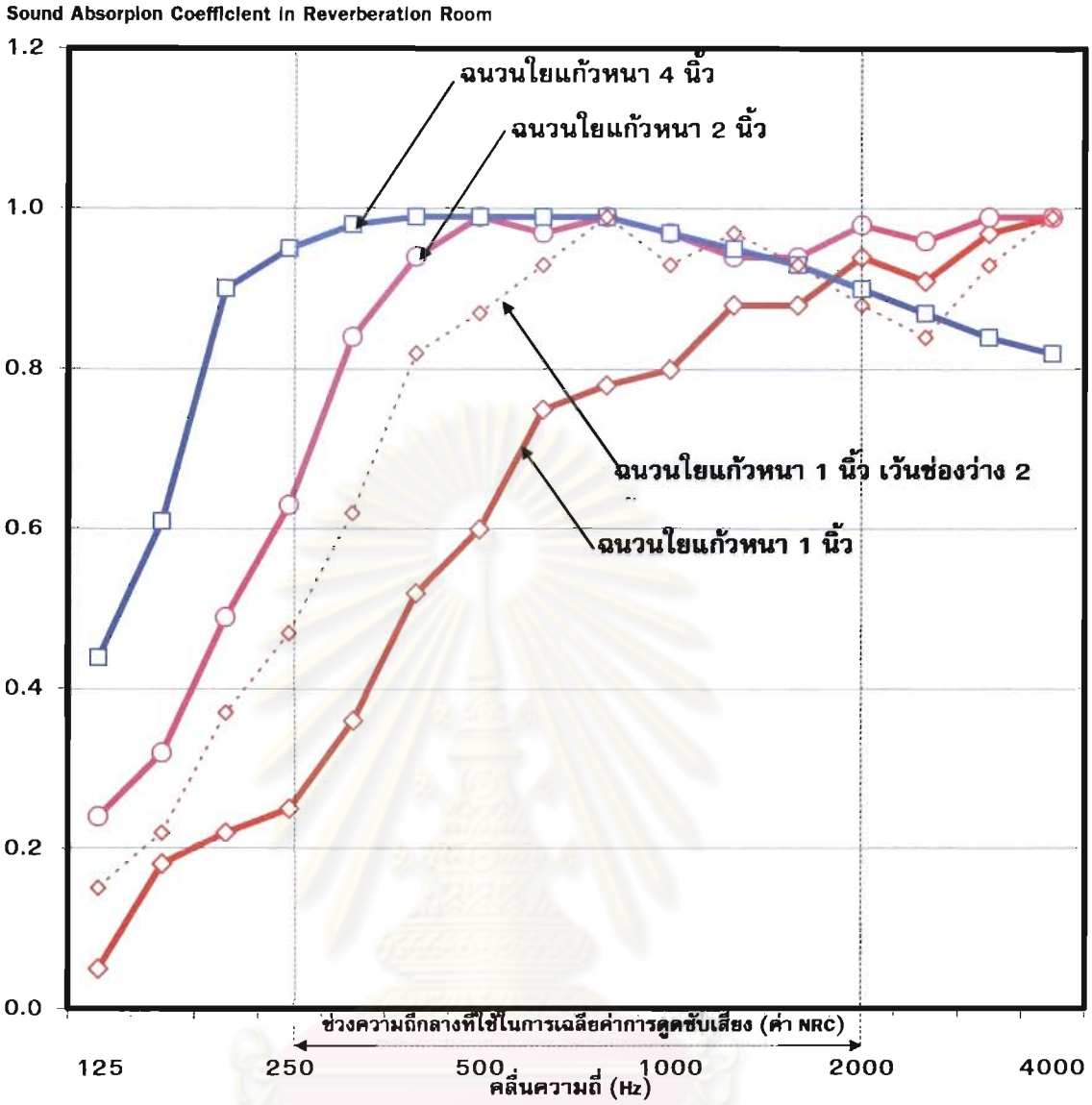
- ความหนาและความหนาแน่นของฉนวนมีผลต่อค่าการดูดซับเสียง เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดซับเสียงของฉนวนที่ความหนาแน่นเท่ากัน ความหนาต่างๆ พบว่า เมื่อฉนวนหนามากขึ้นจะมีค่าการดูดซับเสียงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะความถี่กลาง (250–2,000 Hz)
- การเว้นช่องว่างอากาศหลังฉนวนจะมีผลต่อค่าการดูดซับเสียง เมื่อช่องว่างอากาศหลังฉนวนเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการดูดซับเสียงจะเพิ่มขึ้นด้วย แต่จะเพิ่มขึ้นถึงขนาดของช่องว่างหนึ่งเท่านั้นก็จะลดลง ดังนั้นควรดูคุณสมบัติและค่าการดูดซับเสียงของฉนวนแต่ละชนิดประกอบ



แผนภูมิที่ 2-3 แสดงเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของผนังก่ออิฐ และฉนวนชนิดต่าง ๆ ที่ความหนา 1 นิ้วเท่ากัน ความหนาแน่นต่าง ๆ (ไม่เว้นช่องว่างอากาศหลังฉนวน)

(ที่มา: ข้อมูลทางเทคนิคค่าการดูดซับเสียงจากบริษัทตัวแทนของฉนวนชนิดต่างๆ.)

จากแผนภูมิ 2-3 เมื่อพิจารณาค่าการดูดซับเสียงของฉนวนชนิดต่างๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว เท่ากัน พบว่า ผนังก่ออิฐมีค่าการดูดซับเสียงต่ำกว่าฉนวนทุกชนิด โดยฉนวนเซลลูโลสมีค่าการดูดซับเสียงดีที่สุด รองลงมา คือ ฉนวนใยหิน ฉนวนใยแก้ว และฉนวนโพลียูริเทน ตามลำดับ



แผนภูมิที่ 2-4 **แสดงเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น** 32 กก/ลบ.ม. **ความหนาต่าง ๆ**

(ที่มา: ข้อมูลทางเทคนิคค่าการดูดซับเสียงจากบริษัทตัวแทนของฉนวนชนิดต่างๆ.)

จากแผนภูมิ 2-4 เมื่อพิจารณาค่าการดูดซับเสียงของฉนวนใยแก้วที่มีความหนาแน่น 32 กก./ลบ.ม. เท่ากัน ที่ความหนาต่างๆ พบว่า เมื่อความหนาของฉนวนเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าการดูดซับเสียงเพิ่มขึ้นและเพิ่มความกว้างของช่วงความถี่เสียงที่สามารถดูดซับเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเว้นช่องว่างอากาศหลังการติดตั้งฉนวนใยแก้วที่ความหนา 1 นิ้ว ทำให้ค่าการดูดซับเสียงเพิ่มขึ้น ดังนั้น การเลือกใช้ฉนวนสำหรับการดูดซับเสียง ควรเลือกคุณสมบัติของฉนวน ความหนา และการติดตั้งโดยการเว้นช่องว่างอากาศหลังฉนวน ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าการดูดซับเสียงโดยไม่ต้องลงทุนเพิ่ม

ค่าการดูดซับเสียงของวัสดุ

วัสดุทุกชนิดสามารถดูดซับเสียงได้ในระดับที่แตกต่างกันไป เมื่อคลื่นเสียงวิ่งกระทบวัสดุจะมีบางส่วนของพลังงานเสียงถูกดูดซับและที่เหลือจะสะท้อนออกไป และเสียงที่สะท้อนออกไปนั้นจะมีพลังงานน้อยกว่าแหล่งกำเนิดเสียงเสมอและพลังงานเสียงที่ถูกดูดซับเข้าไปจะถูกแปรเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่น โดยทั่วไปจะเป็นความร้อน และจำนวนพลังงานที่ถูกดูดซับเข้าไปจะถูกแสดงในรูปของสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficient) คือค่าที่แสดงความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ ลดการสะท้อนของเสียงหรือเสียงก้องภายในห้องได้ สามารถพิจารณาค่าต่าง ๆ ได้เป็น 2 ลักษณะ (ท็อปอินซูเลชั่น แอนด์ เทรดดิ้ง, 2548) คือ

1. ค่าการดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficient; SAC)

SAC หมายถึงสัดส่วนของพลังงานเสียงที่ถูกดูดซับไปเมื่อชนกระทบ (เทียบกับพลังเสียงจากแหล่งกำเนิด) และพลังงานที่เหลือจะสะท้อนออกมา

ค่าการดูดซับเสียงของทุกวัสดุจะแปรผันกับความถี่ของเสียงที่เข้าไปกระทบ ดังนั้นค่าการดูดซับเสียง (SAC) จะถูกวัดที่หลายความถี่คือ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 Hz ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ตรงกลางของเสียงที่วิ่งกระทบน้อยมากที่จะมีการใช้ค่า SAC ของเสียงที่ช่วงความถี่เดียวในการออกแบบทางสถาปัตยกรรม หรือระบุว่าวัสดุใดๆ มีค่า SAC เป็นเท่าไร ในการออกแบบสถาปัตยกรรมค่า SAC จะเป็นค่าดูดซับเสียงที่ความถี่ที่เจาะจงเท่านั้น

2. ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Noise Reduction Coefficient; NRC)

NRC เป็นตัวเลขที่จะระบุได้ถึงความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ โดยที่ NRC คือค่าเฉลี่ยของ SAC ที่ถูกวัดที่ 250, 500, 1,000, 2,000 Hz และปัดเศษให้อยู่ที่ 0.05 โดยทั่วไปค่า NRC จะต้องมีค่ามากกว่า 0.40 ถึงจะถือว่าเป็นวัสดุดูดซับเสียง (Acoustic) วัสดุที่มีรูพรุนฉนวนจะยอมให้คลื่นเสียงทะลุผ่านไปได้ลึกมาก ซึ่งจะเป็นที่ที่พลังงานเสียงจะเปลี่ยนเป็นความร้อนเนื่องจาก ความเสียดทานระหว่างช่องอากาศกับเส้นใยวัสดุประเภทนี้สามารถมีค่า NRC ได้มาก ถึง 0.95 – 1.00 ขึ้นอยู่กับความหนาของฉนวน

NRC = (a 250 + a 500 + a 1000 + a 2000) / 4

กำหนดให้

NRC = noise reduction coefficient (round-up number)

a = สัมประสิทธิ์ของการดูดซับเสียงในแต่ละความถี่

ความความต่างที่เกิดขึ้นจากค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์, 2548) ดังนี้

< 0.10	ไม่สามารถสังเกตได้ (Not noticeable)
0.10 - 0.40	สังเกตรู้สึกได้เล็กน้อย (Noticeable)
> 0.40	รับรู้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน (Considerable)

ค่าการสะท้อนของเสียง Reverberation Time (RT)

ปรากฏการณ์การสะท้อนของเสียงในพื้นที่นั้น โดยจะนับเป็นช่วงเวลาที่เสียงลดลงไป 60 เดซิเบล (dBA) จากจุดเริ่มต้น ซึ่งจะทำให้เกิดการซ้อนทับกันของเสียงที่เรียกกันว่าเสียงก้อง โดยปรากฏการณ์นี้จะขึ้นอยู่กับอิทธิพลของความถี่ของเสียงด้วย ดังนั้น การคำนวณค่าการสะท้อนของเสียง (RT) จะต้องดูที่ประสิทธิภาพการดูดซับเสียงในแต่ละความถี่ของวัสดุ

$$Rt = k\ V/a$$

กำหนดให้

Rt = ช่วงเวลาที่เสียงลดลงไป 60 เดซิเบล จากจุดเริ่มต้น

k = ค่าคงที่ ; หน่วย IP=0.05, หน่วย SI = 0.16

V = ปริมาตรห้อง ; (หน่วย IP = ft^3 , หน่วย SI = m^3)

a = พื้นที่ของวัสดุ (หน่วย IP = ft^2 , หน่วย SI = m^2)

$$a = \sum S*\alpha$$

กำหนดให้

a = ผลรวมของการใช้วัสดุดูดซับเสียงภายในห้อง (sabins)

S = พื้นผิวของวัสดุsurface area (หน่วย IP = ft^2 , หน่วย SI = m^2)

α = สัมประสิทธิ์ของการดูดซับเสียงในแต่ละความถี่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 ฉนวนในธรรมชาติ

ธรรมชาติเป็นสิ่งมหัศจรรย์ที่สามารถดำรงอยู่ได้ด้วยตัวเองอย่างยั่งยืน มีการป้องกันด้วยตนเองในรูปแบบต่างๆ จากความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อมภายนอก ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ควบคุมให้บริเวณหรือส่วนที่ต้องการให้มีสภาพคงที่หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด เปรียบได้กับการปกป้องของฉนวนที่มีหลักในการป้องกันจากสภาพแวดล้อมและควบคุมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเช่นกัน ดังนั้น การศึกษาเรื่องฉนวนที่ดีที่สุด คือ การทำความเข้าใจหลักการของฉนวนในธรรมชาติเพื่อนำมาประยุกต์ใช้จึงเป็นสิ่งที่ชาญฉลาดและเหมาะสมอย่างยิ่ง ตัวอย่างของฉนวนในธรรมชาติที่เห็นได้ชัดและอยู่ใกล้ตัวมาก คือ ต้นไม้

ต้นไม้ มีส่วนป้องกันสิ่งต่างๆ จากทั้งสภาพแวดล้อม สภาพอากาศ และสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่จะมาทำลายลำต้นหรือการดำรงชีวิต การป้องกันส่วนแรก คือ เปลือกไม้ ทำหน้าที่เป็นทั้งฉนวนป้องกันความร้อน ฉนวนป้องกันความชื้น ฉนวนป้องกันไฟ ฉนวนป้องกันการกระแทก การป้องกันส่วนที่สอง คือ เนื้อไม้ชั้นนอก ทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อน ลดความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อม ช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในแกนกลางของลำต้นให้คงที่ เพื่อให้เนื้อไม้ชั้นในตลอดจนแก่นไม้ที่มีระบบลำเลียงน้ำและอาหารอยู่ในสภาพคงที่ จนต้นไม้สามารถดำรงชีวิตได้ ด้วยเหตุนี้ จึงขอยกตัวอย่างความอัจฉริยะของต้นไม้ที่มีศักยภาพในการดำรงชีวิตสูง และเป็นต้นไม้ที่มีสถิติความสูงที่สุดในโลก นั่นคือ ต้นเรดวูด

ต้นเรดวูด (Redwood) หรือเรียกอีกชื่อว่า Sequoia เป็นต้นที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ที่ป่า Calvares รัฐแคลิฟอร์เนีย นับเป็นสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติที่มีอายุยืนมากถึง 2,200 ปีและเป็นต้นไม้ที่สูงที่สุดในโลกด้วยความสูงถึง 116 เมตร โคนต้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกว้างถึง 7 เมตร สามารถปรับตัวอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความแปรปรวนรุนแรงได้ เป็นตัวพิสูจน์ศักยภาพในการปรับตัวให้สามารถทนต่อสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมสูง ด้วยการมีระบบป้องกันตามธรรมชาติ ซึ่งทำหน้าที่ในการป้องกันมากมาย ได้แก่ ป้องกันความร้อน ป้องกันความชื้น ป้องกันไฟ ป้องกันการกระแทก สามารถทนต่อความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ จากการป้องกันต่างๆ เหล่านี้จะนำมาศึกษาหลักการเพื่อเป็นต้นแบบในการปรับใช้สำหรับอาคารเพื่อการอยู่อาศัยที่มีคุณภาพต่อไป

เมื่อนำต้นเรดวูดมาเปรียบเทียบความอัจริยะในการป้องกันตนเองจากสภาพแวดล้อมจนมีอายุยืนยาวนับพันปีอย่างที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า ต้นเรดวูดมีการป้องกันเพื่อการอยู่รอดหลายชั้นอย่างมีศักยภาพ ตั้งแต่การป้องกันชั้นแรกถึงแกนกลาง ได้แก่

1. เปลือกไม้ (Bark)
2. เนื้อไม้ชั้นนอก (Cambium Layer)
3. เนื้อไม้ชั้นใน (Sapwood) และ
4. แก่นไม้ (Heartwood)

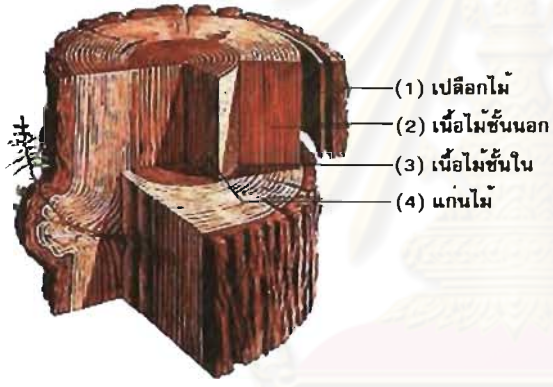
การป้องกันจะเริ่มตั้งแต่ส่วนแรกทำหน้าที่เป็นเสมือนฉนวน ซึ่งมีหน้าที่ป้องกันความร้อนและป้องกันไฟและป้องกันการกระแทก ตลอดจนควบคุมความแปรปรวนของอุณหภูมิให้แก่ต้น ซึ่งมีระบบท่อลำเลียงน้ำและอาหาร รายละเอียดของการป้องกัน ดังนี้

1. <u>เปลือกไม้</u> มีลักษณะเป็นเส้นทางตั้งตามแนวลำต้น พื้นผิวภายนอกที่ขรุขระ แข็ง และมีความหนามากถึง 30 เซนติเมตร ถือเป็นการป้องกันอันตรายต่างๆ ชั้นแรกให้กับลำต้น เปลือกไม้ทำหน้าที่ 1) ป้องกันความร้อน จากความหนา 30 เซนติเมตร หรือ 1 ฟุต เทียบเท่าได้กับการป้องกันความร้อนของผนังคอนกรีต ความหนา 6 ฟุต 2) การป้องกันความชื้น จากผิวที่มีความหนามากนี้เองที่ทำให้ความชื้นจากภายนอกไม่สามารถแทรกผ่านชั้นความหนานี้ เป็นการควบคุมระดับความชื้นให้กับเนื้อไม้ชั้นถัดไปได้เป็นอย่างดี 3) การป้องกันไฟ จาก "ไฟป่า" หนึ่งในภัยธรรมชาติที่ร้ายแรง สามารถทำลายสิ่งมีชีวิตได้อย่างรวดเร็ว ด้วยความแข็งและหนาของเปลือก ทำให้สามารถทนต่อความร้อนสูงจากการเผาไหม้ได้เป็นเวลานาน สามารถกันไฟได้ถึง 9 ชั่วโมง รวมถึงสามารถสกัดกั้นมิให้ไฟลุกลามสู่เนื้อไม้ชั้นในได้ ต้นเรดวูด จึงปลอดภัยจากไฟป่า และยังสามารถผสานและรักษาส่วนที่ถูกไฟไหม้ได้อีกด้วย โดยจะสร้างเปลือกไม้ขึ้นมาทดแทนส่วนที่ถูกทำลายจากไฟไหม้ และทำหน้าที่ป้องกันไฟป่าในครั้งต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นเปลือกไม้ยังทำหน้าที่ 4) ป้องกันการกระแทกให้กับลำต้น จากความแข็งและหนาของเปลือกไม้ทำให้ทนต่อแรงกระแทก การชน และการกัดแทะจากสัตว์ป่าทำลายต้นได้เป็นอย่างดี

2. <u>เนื้อไม้ชั้นนอก</u> เป็นส่วนที่อยู่ถัดจากเปลือกไม้ ลักษณะเป็นไม้เนื้ออ่อน ทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อน โดยสกัดกั้นและลดการถ่ายเทความร้อน จากเปลือกไม้ที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอกโดยตรงไม่ให้เข้าสู่เนื้อไม้ชั้นในและแก่นไม้ ทำให้อุณหภูมิภายในลำต้นคงที่ เป็นการรักษาสมดุลเพื่อป้องกันเซลล์ของท่อลำเลียงที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและอาหารเพื่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของต้นเรดวูด นอกจากนี้ เนื้อส่วนนี้มีความหนานุ่ม ทำให้ยอดอ่อนของลำต้นสามารถแทงยอดทะลุเนื้อส่วนนี้ได้ เป็นเสมือนแหล่งอนุบาลยอดอ่อนให้มีเกราะป้องกันสามารถช่วยในการเจริญเติบโตได้อย่างชาญฉลาด ส่วนของเปลือกไม้ที่มีความแข็งและหนานี้นอกจากจะทำหน้าที่ในการกันไฟและเป็นฉนวนกันความร้อนตามธรรมชาติแล้ว ยังทำหน้าที่ป้องกันการขีดข่วน การชน และการกระแทกจากสัตว์ป่าต่างๆ ทำให้ลำต้นสามารถคงอยู่ได้ ไม่โค่นหักอีกด้วย

3. <u>เนื้อไม้ชั้นใน</u> เป็นส่วนที่อยู่ระหว่างเปลือกไม้และแก่นไม้ เป็นส่วนที่ได้รับการป้องกันอันตรายต่างๆ จากความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม สภาพอากาศ สัตว์ป่า โดยเปลือกไม้ และยังได้รับการป้องกันอีกชั้นจากเนื้อไม้ชั้นนอก ช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในแกนกลางของลำต้น ทำให้ระบบลำเลียงน้ำและอาหารอยู่ในสภาพคงที่ จนต้นเรดวูดเป็นต้นไม้ที่มีศักยภาพในการดำรงชีวิตได้เป็นระยะเวลายาวนานนับพันปี

ภาพที่ 2-1 แสดงต้นเรดวูด (Redwood) เป็นต้นไม้ที่มีความสูงที่สุดในโลก



ภาพที่ 2-2 แสดงภาพตัดขวางลำต้นแสดงชั้นที่ทำหน้าที่ป้องกันต่าง ๆ

นอกจากนั้นป้องกันไฟป่าได้แล้ว เปลือกไม้ที่ช่วยห่อหุ้มภายนอกนี้ยังทำหน้าที่อีกหลายอย่าง ช่วยป้องกันและควบคุมความรุนแรงของภูมิอากาศภายนอก ทำให้เนื้อไม้ภายในอยู่ในสภาพที่คงที่ (Stability) ตลอดทุกฤดู สามารถช่วยในการป้องกันความร้อน และควบคุมความชื้นจากสภาพอากาศที่แปรปรวนรุนแรงภายนอก ป้องกันน้ำ ตลอดจนดูดซับน้ำอย่างเหมาะสมจนทำให้ผิวเย็นจากการระเหย เปลือกไม้เก่ายังหลุดล่อนกลายเป็นอาหารให้แก่รากต่อไป นอกจากคุณสมบัติการป้องกันต่างๆ แล้ว ด้านความสวยงามของเปลือกไม้ยังช่วยให้ไม่สะท้อนแสงแสบตาอีกด้วย จากหน้าที่อันหลากหลายของเปลือกนี้ไม่จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาแต่อย่างใด จนกลายเป็นต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดและมีอายุยืนยาว จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า แท้จริง เปลือกไม้ คือ ฉนวน ทำหน้าที่ของฉนวนทุกอย่าง ไม่ได้ทำหน้าที่เพียงอย่างเดียว แต่ทำหน้าที่แบบองค์รวม (Integrated Solution)

2.1.3 **ฉนวนในอาคาร**

ประเทศไทยอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอยู่ในเกณฑ์สูงเกือบตลอดปีและมีความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศค่อนข้างมาก สภาพอากาศดังกล่าวทำให้ไม่อยู่ในสภาวะน่าสบายสำหรับผู้อยู่อาศัย กล่าวคือ ทำให้รู้สึกร้อนหรือหนาวเกินพอดี จนเกิดความรู้สึกไม่สบายตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม มีสภาพความเป็นเมืองมากขึ้น ทำให้อุณหภูมิอากาศยิ่งเพิ่มสูงขึ้นไปอีก แม้จะมี "เปลือก" ที่ป้องกันความรู้สึกของผู้อยู่อาศัยภายในอาคารถึงสองชั้น คือ เสื้อผ้าและเปลือกอาคาร ซึ่งนับเป็นส่วนของการป้องกันความแปรปรวนจากสภาพอากาศภายนอกให้กับมนุษย์ อย่างไรก็ตามการป้องกันสองส่วนนั้นก็ไม่เพียงพอ ผู้อยู่อาศัยภายในอาคารยังคงรู้สึกร้อนหรือหนาวเกินพอดี เกิดความรู้สึก "ไม่สบาย" ด้วยเหตุนี้ จำเป็นต้องแสวงหาแนวทางในการควบคุมสภาพอากาศภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) มากที่สุด โดยการควบคุมสภาพอากาศภายในอาคารให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพชีวิต

หลักการสำคัญในการควบคุมสภาพอากาศภายในอาคาร คือ การประยุกต์การป้องกันของฉนวนธรรมชาติที่มีการป้องกันที่หลากหลาย สามารถควบคุมสภาวะภายในให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัย ด้วยการเลือกวัสดุฉนวนสำหรับอาคารให้เป็นเปลือกอาคารที่สามารถป้องกันความแปรปรวนของสภาพอากาศ และลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมโดยรอบ ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในให้คงที่ เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่ร่างกายสามารถรับได้ เพิ่มคุณภาพชีวิตให้กับผู้อยู่อาศัยทั้งอาคารที่ใช้ระบบธรรมชาติ และอาคารที่ติดตั้งระบบเครื่องกลในการปรับอากาศ

การใช้ระบบเครื่องกลหรือเครื่องปรับอากาศ (Air-Conditioner) ซึ่งค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าจำนวนมากในการทำงานของระบบเพื่อลดอุณหภูมิและความชื้น การใช้ฉนวนสามารถป้องกันและลดผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอก เป็นการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่ร่างกายสามารถรับได้ จากนั้นจึงปรับสภาพอากาศให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายโดยใช้เครื่องกลหรือเครื่องปรับอากาศเข้าช่วย ทำให้ใช้พลังงานต่ำลงในการเพิ่มความสบาย

ฉนวนสำหรับอาคารที่มีอยู่ในปัจจุบันมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีหน้าที่ในการป้องกันแตกต่างกัน จึงต้องเลือกใช้ตามคุณสมบัติของการป้องกันสิ่งต่างๆ เมื่อเปรียบฉนวนธรรมชาติกับฉนวนสำหรับอาคาร ทำให้การเลือกฉนวนสำหรับอาคารเพื่อคุณสมบัติอื่นจำเป็นต้องมีการเลือกใช้ฉนวนหลายชนิดประกอบกันเพื่อให้ได้ตามความต้องการอย่างครบถ้วน เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยภายในอาคารสามารถอยู่ได้อย่างสบาย เสริมสร้างคุณภาพชีวิตที่ดี

2.2 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

2.2.1 การถ่ายเทความร้อน

2.2.1.1 การถ่ายเทความร้อนของฉนวน

ฉนวน หมายถึง วัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้โดยง่าย วัสดุทุกชนิดในโลกล้วนเป็น "ฉนวน" ทั้งสิ้น เพียงแต่ค่าความเป็นฉนวนหรือค่าความต้านทานความร้อนจะมากหรือน้อยแตกต่างกัน การส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุใดๆ หรือการส่งผ่านความร้อนจากวัสดุหนึ่งไปยังอีกวัสดุหนึ่ง เรียกว่า การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคาร คือ การสกัดกั้นความร้อนมิให้ส่งผ่านจากภายนอกอาคารเข้าไปยังภายในอาคารได้ ดังนั้นฉนวนกันความร้อนที่ดีจึงควรเป็นฉนวนกันความร้อนที่มีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุดหรือมีค่าความต้านทานความร้อนสูงที่สุดนั่นเอง โดยจะต้องสามารถลดการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน หรือทั้งสามวิธีได้

2.2.1.2 หลักการทำงาน

การถ่ายเทความร้อนภายในวัสดุ คือ การส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุใดๆ โดยการนำความร้อนที่เกิดขึ้นภายในตัววัสดุเอง ส่วนการถ่ายเทความร้อนระหว่างวัตถุ สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยการถ่ายเทความร้อนอาจจะเกิดจากการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน วิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีพร้อมกันก็ได้ การกล่าวถึงการนำความร้อนหรือสภาพการนำความร้อนโดยรวมของวัสดุจึงมักใช้คำว่าสภาพการนำความร้อนปรากฏที่หมายถึงการนำความร้อนที่เกิดจากกระบวนการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 วิธีข้างต้นร่วมกัน

1. การนำความร้อน (Conduction) คือ ส่วนของวัสดุหรือเนื้อฉนวน ขึ้นอยู่กับโครงสร้างโมเลกุลของวัสดุนั้นๆ ซึ่งพิจารณาตามความหนาแน่นของวัสดุ และคุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุชนิดต่างๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการส่งผลโดยตรงต่อค่าการต้านทานความร้อน

2. การพาความร้อน (Convection) คือ การถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านพื้นผิวที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยการพาขึ้น

3. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือ พลังงานส่วนที่ถูกปล่อยออกมาจากวัตถุผ่านผิวของวัตถุนั้นๆ ทั้งนี้การแผ่รังสีความร้อนขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัสดุซึ่งจะมีค่าการคายความร้อน (Emissivity) ของพื้นผิวต่างๆ

การพาความร้อนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของมวลของไหล เมื่อของไหลสัมผัสกับพื้นผิวของแข็งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน การแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดพาความร้อนจะเกิดขึ้น การพาความร้อนมี 2 ลักษณะ คือ การพาความร้อนแบบอิสระหรือโดยธรรมชาติ (Free and natural convection) อาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหลและการพาความร้อนแบบบังคับ (Forced convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยใช้แรงจากภายนอกมาเคลื่อนที่ (ตระการ ก้าวกสิกรรม, 2537)

ตารางที่ 2-1 สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยของของไหล

วัสดุ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, h ($W/m^2.K$)
อากาศ, การพาความร้อนแบบอิสระ	6-30
อากาศ, การพาแบบบังคับ	30-300
น้ำมัน, การพาแบบบังคับ	60-1,800
น้ำ, การพาแบบบังคับ	300-6,000
น้ำเดือด	3,000-60,000
ไอน้ำ, ควบแน่น	6,000-120,000

ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของความเป็นฉนวน จากตารางที่ 2-1 จะเห็นว่าอากาศมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำที่สุด ด้วยเหตุนี้วัสดุที่มีอากาศภายในเนื้อจะมีความสมารถในการถ่ายเทความร้อนได้ต่ำ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า อากาศสามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดี ฉนวนชนิดใดที่มีอากาศนิ่งจำนวนมากภายในจึงมีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ และในทางกลับกันหากฉนวนได้รับความชื้น เกิดการสะสมความชื้นไว้ภายในเนื้อฉนวน หรือเกิดการควบแน่นของน้ำในเนื้อฉนวน จึงทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น เสียประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน่ของฉนวนไป

เมื่อพื้นผิวของวัสดุใดๆมีอุณหภูมิสูงกว่าสภาพแวดล้อมนำมาวางไว้กลางแจ้ง จะเกิดการสูญเสียพลังงานทั้งสามรูปแบบของการถ่ายเทความร้อน แต่ถ้านำแผ่นกั้นชนิดหนึ่งมาวางใกล้ๆกับพื้นผิวที่ร้อนจะสามารถลดการแผ่รังสีความร้อนลง นอกจากนี้ การพาความร้อนจะถูกจำกัดลงหากมีอากาศที่มีปริมาณน้อย ดังนั้นถ้านำแผ่นกั้นจำนวนมากมาวางใกล้กับพื้นผิวร้อน แผ่นกั้นเหล่านี้จะทำให้เกิดเป็นช่องเล็กๆ ขึ้น ซึ่งจะทำให้ทั้งการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนถูกขัดขวาง ฉะนั้นหากจัดกระจายแผ่นกั้นอย่างเหมาะสม การสูญเสียความร้อนจากพื้นผิวร้อนจะลดลงถึงจุดซึ่งมีผลเกือบจะเท่ากับการนำความร้อนสุทธิผ่านช่องอากาศนิ่งอย่างสมบูรณ์ (อากาศเป็นฉนวนที่ดี) ทำให้การถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อนมีค่าน้อยลง ความร้อนที่ไหลผ่านฉนวนที่เต็มไปด้วยช่องอากาศจากการขึ้นรูปตามสภาพของเส้นใยหรือเซลล์ของวัสดุฉนวนจะมีอัตราการไหลที่ช้าลง โดยช่องอากาศหรือแก๊สมีขนาดเล็กอย่างพอเหมาะจะทำให้การถ่ายเทความร้อนด้วยการพามีปริมาณน้อยลง และทำให้การถ่ายเทความร้อนด้วยการที่เส้นทางที่ยาวและคดเคี้ยวเป็นการจำกัดการนำความร้อน วัสดุที่เป็นของแข็งควรต้องเป็นวัสดุทึบมากพอที่จะลดการถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสี

2.2.2 พฤติกรรมของฉนวน

การป้องกันความร้อนของฉนวนมี 3 รูปแบบ จำแนกตามประเภทของฉนวน ได้แก่ ฉนวนช่องว่างอากาศนิ่ง (Still air) ฉนวนมวลสาร (Thermal Mass) และฉนวนผิวสะท้อนรังสี (Reflective Cavity) ทั้ง 3 ประเภทมีการป้องกันความร้อนที่แตกต่างกัน การเลือกใช้งานจึงต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับประเภทและคุณสมบัติของฉนวนอย่างดีจึงสามารถเลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม

2.2.2.1 ฉนวนที่มีช่องว่างอากาศนิ่ง

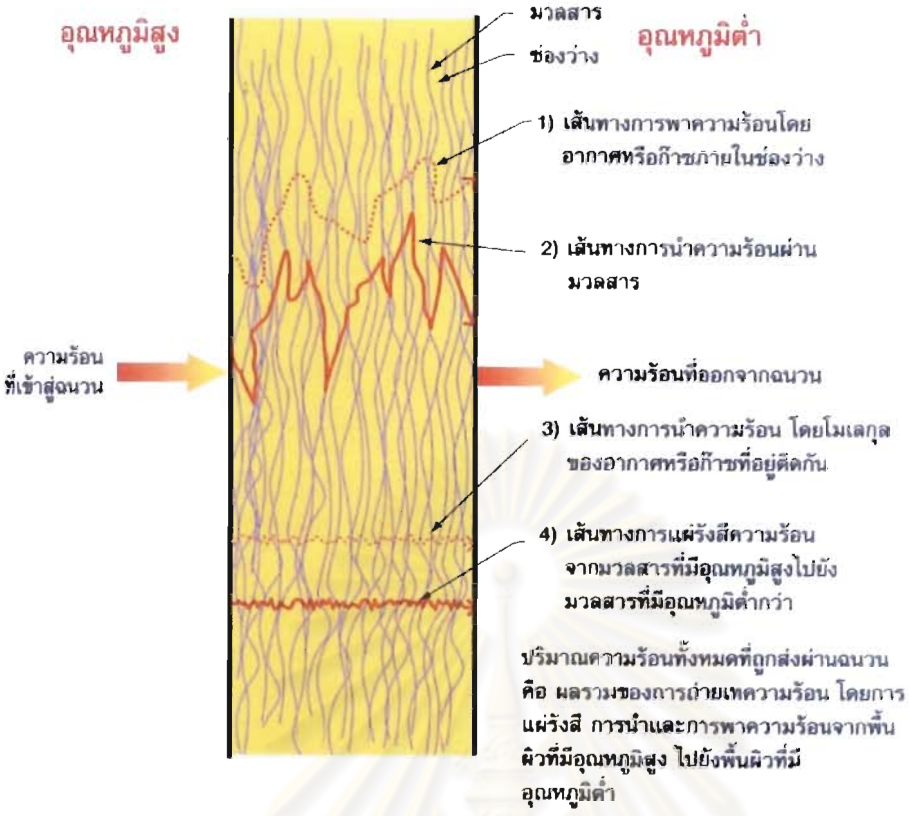
ฉนวนมวลสารเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยช่องโพรงเล็ก และช่องอากาศภายในวัสดุที่มีลักษณะเป็นแบบปิดทึบ โดยช่องเล็กๆ เหล่านี้อาจเกิดจากเกล็ด เส้นใย ปมแข็ง หรือเซลล์ของตัววัสดุเอง ช่องเล็กๆ และโพรงอากาศที่อยู่ภายในวัสดุทำหน้าที่ต้านทานการไหลของอากาศหรือแก๊ส ทำให้ความสามารถในการพาความร้อนลดลง ฉนวนที่มีช่องว่างอากาศในเนื้อวัสดุที่พบทั่วไปมี 3 รูปแบบคือ เส้นใยเล็กๆ สานกันเป็นโพรงอากาศ เซลล์ปิดที่มีช่องที่เป็นสูญญากาศ และช่องที่เป็นแก๊สสภาพนำความร้อนต่ำ

2.2.2.2 ฉนวนมวลสาร

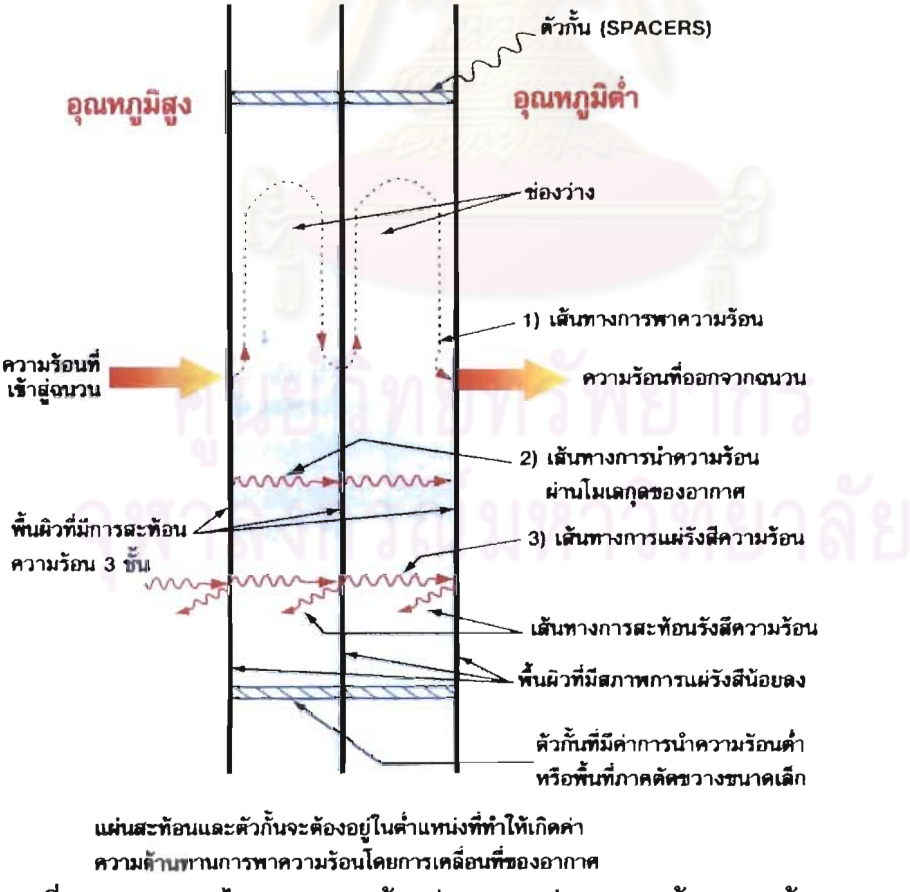
วัสดุมวลสารมากเป็นวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูง ทำให้มีการดูดซับความร้อน และกักเก็บความร้อนของวัสดุ ทำให้การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งใช้เวลานาน เรียก การหน่วงความร้อน (Time Lag) ด้วยเหตุนี้ มวลสารจึงช่วยลดค่าสูงสุด (Peak) ของความร้อนได้ เช่น ผนังโบสถ์ที่มีความหนามาก หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก นอกจากนั้นปัจจุบันมีการผลิตวัสดุที่มีมวลสารปานกลาง เพื่อลดน้ำหนักของโครงสร้างด้วยการผลิตวัสดุให้มีความพรุนสูง เกิดช่องว่างกระจายอยู่ภายในเนื้อวัสดุ ทำให้การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งมีปริมาณน้อยลง เป็นการจำกัดการนำความร้อน เช่น คอนกรีตมวลเบา

2.2.2.3 ฉนวนสะท้อนรังสีความร้อน

ฉนวนผิวสะท้อนรังสี เป็นการติดตั้งฉนวนผิวสะท้อนรังสีร่วมกับช่องอากาศปิดทำให้เกิดภาวะสูญญากาศที่มีค่าความเป็นฉนวน โดยฉนวนผิวสะท้อนรังสีที่มีค่าการสะท้อนความร้อนสูงและมีค่าการดูดกลืนความร้อนต่ำ ช่องอากาศจึงกลายเป็นช่องว่างสะท้อนรังสีซึ่งสามารถลดการถ่ายเทความร้อนลงได้ หรืออีกวิธีการหนึ่งอาจติดตั้งฉนวนผิวสะท้อนรังสีที่ผิวของวัสดุทึบเพื่อลดการแผ่รังสีความร้อนและการดูดกลืนความร้อนลง ฉนวนผิวสะท้อนรังสี มี 3 รูปแบบ คือ ฉนวนผิวสะท้อนรังสีที่ภายในเป็นโพรงอากาศ ฉนวนผิวสะท้อนรังสีในช่องที่เป็นสูญญากาศและฉนวนผิวสะท้อนรังสีในช่องที่เป็นแก๊สสภาพนำความร้อนต่ำ การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนผิวสะท้อนรังสี 3 ชั้น การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้น 3 แบบ คือ 1) การพาความร้อนในช่องว่าง 2) การนำความร้อนผ่านโมเลกุลของอากาศ 3) การแผ่รังสีความร้อนของพื้นผิว (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)



ภาพที่ 2-3 แสดงการไหลของความร้อนผ่านฉนวนมวลสาร



แผ่นสะท้อนและตัวกั้นจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้เกิดค่า
ความต้านทานการพาความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของอากาศ

ภาพที่ 2-4 แสดงการไหลของความร้อนผ่านฉนวนประเภทสะท้อนความร้อน

2.3 ประเภทและคุณสมบัติของฉนวน

2.3.1 ประเภทของฉนวน

การจำแนกประเภทของฉนวนกันความร้อนสามารถทำได้หลายวิธีอยู่กับการจำแนกเพื่อการอ้างอิงใดๆหรือวัตถุประสงค์การเปรียบเทียบคุณลักษณะใดๆ ได้แก่

- วัสดุพื้นฐานของฉนวน (Basic materials and composites)
- รูปแบบของฉนวน (Produced different forms)
- ลักษณะของการป้องกันความร้อน (Thermal Resistant)

2.3.1.1 วัสดุพื้นฐานของฉนวน (Basic materials and composites)

การจำแนกตามวัสดุพื้นฐานของฉนวนที่ใช้ในการผลิต

1) วัสดุเส้นใยอนินทรีย์ (Inorganic Materials)
   - วัสดุประเภทใยแร่ (Mineral Fibrous Material) เช่น ใยหิน (Rock Wool) ขี้โลหะที่ได้จากการถลุงโลหะ(Slag) ใยแก้ว (Glass Fiber, Glass Wool)
   - วัสดุประเภทเซลล์แร่ (Mineral Cellular Material) เช่น แคลเซียมซิลิเกต (Calcium Silicate) เพอร์ไลท์ (Perlite) เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) โฟมคอนกรีต (Foamed Concrete)
2) วัสดุเส้นใยอินทรีย์ (organic Materials)
   - วัสดุประเภทเส้นใยธรรมชาติ (Organic Fibrous Material) เช่น ไม้ (Wood) ชานอ้อย (Cane) ฝ้าย (Cotton) ขนสัตว์ (Hair) เส้นใยเซลลูโลส (Cellulose) ใยสังเคราะห์ (Synthetic Fiber)
   - วัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติ (Organic Cellular Material) เช่น ไม้ค๊อร์ก (Cork) โฟมยาง (Foamed Rubber) โพลีสไตรีน (Polystyrene) โพลียูรีเทน (Polyurethane)
3) วัสดุแผ่นโลหะสะท้อน (Metallic reflective membranes)

2.3.1.2 รูปแบบของฉนวน (Produced different forms)

ฉนวนสามารถผลิตใช้งานเป็นรูปร่างขึ้นอยู่กับวัสดุพื้นฐานเดิมที่มีคุณลักษณะของการขึ้นรูปใดๆ เพื่อการต้านทานความร้อนแต่ละรูปแบบอย่างเหมาะสม และยังคงไว้ซึ่งหลักการของฉนวน ฉนวนลักษณะนี้ส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มของฉนวนมวลสาร ทำมาจากวัสดุหลายชนิดที่ทำให้เกิดโพรงอากาศเล็กๆ ในเนื้อวัสดุ ที่จะช่วยต้านทานการถ่ายเทความร้อน จำแนกรูปแบบของฉนวนได้ ดังนี้

- แบบก้อนแข็งแบบแผ่นหนา แบบแผ่น หรือแบบหล่อสำเร็จ
- แบบก้อนกึ่งแข็ง แบบแผ่น หรือแบบหล่อสำเร็จ
- แบบคลุมหรือห่ม (Blankets)
- แบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น (Batts)
- แบบสักหลาดอัด (ใยอัด) เป็นแผ่น (Felts)
- แบบซีเมนต์ (Cements)
- แบบพ่น (Loose fill)
- แบบของแข็งฉีด (Sprayable solids)
- แบบโฟม ชนิดฉีดพ่น (Sprayable foams)
- แบบโฟม ชนิดเหลว (Liquid foams)
- แบบหุ้มวัสดุทนไฟ (Intumescent coatings)

ฉนวนทุกชนิดจะถูกประกอบให้มีรูปแบบเฉพาะหรือรูปแบบที่มีประสิทธิผล ดังนั้นการพิจารณาฉนวนจึงต้องพิจารณาในลักษณะเป็นระบบของฉนวน ประสิทธิผลที่ได้จึงต้องวัดในฐานะเป็นระบบมากกว่าเป็นหน่วยย่อยของวัสดุชนิดเดียว

การเลือกใช้รูปแบบของฉนวนที่มีความแตกต่างกันทางกายภาพ รูปแบบทางกายภาพของฉนวนมีหลายรูปแบบให้เลือกใช้งาน ขึ้นอยู่กับความต้องการและความเหมาะสมของตำแหน่งที่ติดตั้ง ค่าใช้จ่าย งบประมาณ ความแข็งแรง ทนทาน

2.3.1.3 ลักษณะของการป้องกันความร้อน (Thermal Resistant)

การจำแนกฉนวนตามลักษณะการป้องกันความร้อน แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) ฉนวนที่มีช่องว่างอากาศภายในเนื้อ (Still Air) สามารถทำมาจากวัสดุหลายชนิดที่สามารถทำให้เกิดโพรงอากาศเล็กๆ และช่องอากาศภายในวัสดุที่มีลักษณะเป็นแบบปิดทึบ ทำหน้าที่ต้านทานการไหลของอากาศหรือแก๊ส ลดการถ่ายเทความร้อน

2) ฉนวนมวลสาร (Mass Insulation) วัสดุมวลสารมากเป็นวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูง ทำให้มีการดูดซับความร้อนและกักเก็บความร้อนของวัสดุ ทำให้ใช้เวลาในการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่ง จึงสามารถลดความร้อนในช่วงเวลาสูงสุดของวันและหน่วงเหนี่ยวความร้อน

3) ฉนวนผิวสะท้อนความร้อน (Reflective Insulation) เกิดจากวัสดุที่ผิวมีค่าการสะท้อนความร้อนสูงและค่าการดูดกลืนความร้อนต่ำ ช่องอากาศจึงกลายเป็นช่องว่างสะท้อนรังสีซึ่งสามารถลดการถ่ายเทความร้อนลงได้

2.3.2 **วัสดุพื้นฐานของฉนวนชนิดต่างๆ**

รูปแบบของฉนวนสามารถจำแนกตามลักษณะสมบัติของส่วนประกอบหลักสำหรับวัสดุที่ทำหน้าที่ในการกันความร้อน แบ่งออกได้เป็น 5 ประเภท (สุนทร บุญญาธิการ, 2543) ได้แก่

1. ชนิดวัสดุแบบเส้นใย (Fibrous material) : เส้นใย

ประกอบด้วยเส้นใยเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กๆ จำนวนมาก วัสดุเส้นใยเหล่านี้อาจเป็นสารอินทรีย์ เช่น เส้นใย เส้นใยของพืชต่างๆ หรือเป็นเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ใยแก้ว ใยแร่ ใยหิน (Asbestos) หรือใยคาร์บอน ใยขี้โลหะ ใยอะลูมินาซิลิกา ฯลฯ

2. ชนิดวัสดุแบบเซลล์ (Cellular material) : ช่องหรือเซลล์

ฉนวนประเภทนี้ประกอบด้วยเซลล์ที่ผนังของแต่ละเซลล์จะผนึกติดกัน แต่แยกจากกัน ผลิตจากวัสดุจำพวกแก้ว พลาสติก หรือยาง ตัวอย่างของฉนวนพวกนี้ ได้แก่ โฟมชนิดยืดหยุ่น เซลลูลาร์กลาส (Cellular Glass) โฟมอิแลซโตเมริคแบบขยาย โฟมยูเรียฟอร์มาลดิไรด์ข โฟมโพลีสไตรีน โฟมโพลีไอโซไซยานูเรต และโฟมโพลียูรีเทน

3. ชนิดวัสดุแบบเกรนนูลาร์ (Granular material) : โพรงหรือช่องกลวง

ฉนวนประเภทนี้ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กซึ่งเป็นโพรงหรือกลวง โพรงเหล่านี้ติดต่อกันโดยโพรงอากาศ ซึ่งช่องกลวงเหล่านี้สามารถถ่ายเทอากาศระหว่างกันและกันได้ ดังนั้นความร้อนจึงสามารถถ่ายเทผ่านโพรงอากาศนี้ได้ แตกต่างจากฉนวนแบบเซลล์ วัสดุที่ใช้ทำฉนวนชนิดนี้อาจเป็นแมกนีเซียม แคลเซียมซิลิเกต ดินไดอะตอม (Diatomaceous earth) หรือ ไม้ก๊อกพืช (Vegetable cork) วัสดุ 3 ชนิดแรกส่วนใหญ่จะใช้เป็นฉนวนในระบบท่อทางด้านอุตสาหกรรม ส่วนไม้ก๊อกจะใช้งานกับการทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำ

4. ชนิดวัสดุแบบเกล็ด (Flake material) : เกล็ด หรือแผ่นเล็กๆ

ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก อนุภาคเหล่านี้อาจถูกเทเข้าไปในโพรงอากาศ หรือทำให้เกาะตัวกันเข้าเป็นรูปทรงฉนวนที่แข็ง ฉนวนแบบเกล็ดที่มีรูปทรงแข็งสามารถใช้งานเป็นฉนวนท่อ หรือใช้งานด้านอื่นๆ ในลักษณะเป็นบล็อกหรือแผ่นอัด ฉนวนแบบเกล็ดที่รู้จักกันทั่วไป ได้แก่ เพอร์ไลท์และเวอร์มิคูไลท์

5. ชนิดที่เป็นแผ่นบาง (Sheet) : สะท้อนรังสี

ทำจากวัสดุที่มีสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนสูง หรือมีสภาพการแผ่รังสีต่ำ การใช้งานฉนวนแบบแผ่นบางนี้ส่วนใหญ่จะใช้วัสดุหลายๆ ชนิดประกอบกันเป็นระบบมากกว่าใช้วัสดุเพียงชนิดเดียว การใช้งานฉนวนแบบแผ่นที่มีประสิทธิภาพจะต้องใช้ร่วมกับฉนวนแบบที่มีช่องว่างที่มีสภาวะอากาศอยู่นิ่ง เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนและการพาความร้อน

2.3.3 **รูปแบบทางกายภาพของฉนวนชนิดต่างๆ**

ฉนวนมวลสารมีรูปแบบในการติดตั้งตามการนำฉนวนแต่ชนิดมาขึ้นรูป ซึ่งจะมีลักษณะในการติดตั้งต่างๆ ดังนี้

1. ชนิดเป็นแผ่นแข็ง ชนิดที่เป็นแผ่นแข็งนิยมใช้ปูลาดบนโครงเคร่าเพดาน ทำจากเส้นใยหรือจากการอัดแน่นของสารที่เป็นตัวนำความร้อนต่ำ ได้แก่

- แผ่นยิปซั่มบอร์ด กันความร้อนไม่ดี แต่ทนไฟได้ดีใช้ทำฝ้าเพดานหรือผนัง
- แผ่นเซลโลกรีต เป็นแผ่นฟอยล์ไม้อัดซีเมนต์ใช้ทำฝ้าเพดานและผนัง
- แผ่นกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน หรือ กระเบื้องแผ่นเรียบ ทำจากซีเมนต์และใยหิน จะช่วยกันความร้อนได้เป็นอย่างดีใช้ทำฝ้าเพดานทั้งภายในภายนอก

2. ชนิดเป็นแผ่นยืดหยุ่นหรือเป็นผืน ชนิดที่เป็นแผ่นยืดหยุ่นนี้จะผลิตออกมาเป็นผืนม้วน พับงอได้ ตัวอย่างของฉนวนชนิดที่เป็นแผ่นยืดหยุ่นที่ได้รับความนิยมสูง ได้แก่ แผ่นฉนวนใยแก้ว บางครั้งมีการติดอะลูมิเนียมฟอยล์เพื่อคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อน

3. ชนิดใช้พ่นหรือฉาบเคลือบ ฉนวนโฟม ชนิดพ่น ฉนวนประเภทนี้ใช้สำหรับด้านบนหลังคา หรือผนังภายนอกอาคาร เพราะมีความแข็งแรง คงทนมากเป็นพิเศษ กันความร้อนและความชื้น มีคุณสมบัติในการยึดเกาะกับหลังคาและผนังอาคารได้เป็นอย่างดี การติดตั้ง ใช้วิธีการพ่นฉนวน ซึ่งอยู่ในสถานะของเหลวลงบนพื้นผิวที่ต้องการให้มีความหนาที่เหมาะสม ทิ้งไว้ให้แห้งฉนวนจะเกาะติดแน่นกับพื้นผิว มี 3 แบบ คือ

- ฉนวนเซลลูโลส

ทำจากเยื่อไม้หรือกระดาษ ใช้ฉีดพ่นให้เกาะติดกับผนังหรือใต้หลังคา (พ่นหนา 2 นิ้ว) ฉนวนเซลลูโลสสามารถป้องกันความร้อนและเสียง แต่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ และราคาแพง (เมื่อเทียบกับฉนวนใยแก้ว)

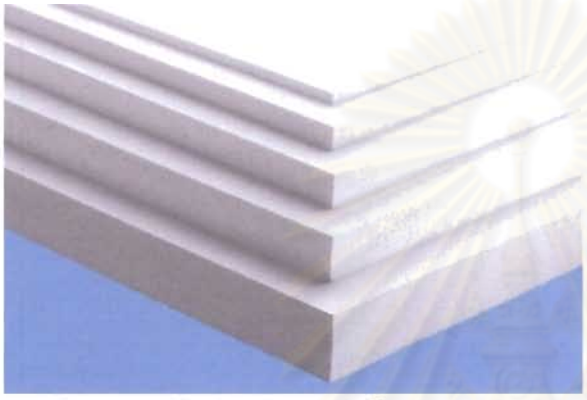
- ฉนวนโพลิยูริเทนโฟม

ลักษณะจะเป็นของเหลวใช้ฉีดพ่นบริเวณที่ต้องการกันความร้อน เมื่อสารที่ฉีดแห้งตัวแล้วจะเป็นแผ่นที่มีโพรงอากาศพรุนคล้ายฉนวนใยแก้วและลักษณะผิวขรุขระจึงสามารถกันเสียง ได้ คุณสมบัติพิเศษ คือ ไม่ลามไฟและทนความชื้น

- ฉนวนเซรามิก

ฉนวนชนิดนี้ใช้ฉีดหรือพ่นภายนอกอาคาร มีค่าความต้านทานความร้อนสูง ราคาก็ใกล้เคียงกับฉนวนใยแก้ว เมื่อพ่นหรือเคลือบเสร็จแล้ว ต้องคอยดูแลให้มีความมันวาวอยู่เสมอเพื่อประสิทธิภาพที่ดีของสาร

ก) รูปแบบของฉนวนแผ่น (Batts) และแบบคลุมหรือห่ม (Blankets)



ข) รูปแบบแผ่นแข็ง หรือแบบหล่อสำเร็จ

ค) รูปแบบของฉนวนแบบโฟม ชนิดฉีดพ่น (Sprayable foams)

ง) รูปแบบของฉนวนแบบแบบพ่น (Loose fill)

ภาพที่ 2-5 แสดงรูปแบบการติดตั้งฉนวนที่นิยมใช้ในประเทศไทย

2.3.4 ลักษณะและคุณสมบัติของฉนวนที่ดี

ฉนวนกันความร้อนที่ดี คือ ฉนวนกันความร้อนที่มีค่าสภาพการนำความร้อนปรากฏรวมต่ำที่สุด สามารถสกัดกั้นการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งด้านใดไปสู่อีกด้านหนึ่งได้เป็นอย่างดี ดังนั้น ฉนวนที่มีคุณสมบัติเข้าเกณฑ์ในการเป็นฉนวนที่ดี จำเป็นต้องมีความสามารถในการต้านทาน ทนทานและอายุการใช้งานยาวนาน เพื่อคงสภาพของความเป็นฉนวนที่ดี ดังนี้

1. รูปแบบทางกายภาพของฉนวนต้องเหมาะสมกับการใช้งาน และตำแหน่งการติดตั้ง ความแข็งแรง ทนทาน และค่าใช้จ่าย
2. ค่าความหนาแน่น และความจุความร้อนเหมาะสมกับฉนวนแต่ละชนิด
3. การเลือกใช้ฉนวนที่มีอุณหภูมิการใช้งานที่เหมาะสม
4. ฉนวนที่มีช่วงอุณหภูมิใช้งานตรงตามความต้องการ เป็นการลดการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน
5. ฉนวนที่มีความสามารถในการต้านทานความร้อนได้ดี
6. ฉนวนที่มีความต้านทานต่อความชื้น หรือใช้ประกอบกับวัสดุป้องกันความชื้น
7. ฉนวนที่มีความต้านทานต่อแรงอัดสูง
8. ฉนวนที่ทนทานต่อแรงต่างๆ (แรงอัด แรงดึง แรงเฉือน การกระแทก การสั่นสะเทือน การบิดงอ)
9. ฉนวนที่สามารถป้องกันการติดไฟ ป้องกันไฟไหม้ ป้องกันไฟลาม และไม่เกิดสารที่เป็นพิษจากการเผาไหม้
10. ฉนวนที่ต้านทานต่อแมลงและเชื้อรา ปลอดภัยต่อสุขภาพ
11. ฉนวนที่สามารถกันเสียงได้ดี
12. ฉนวนที่ไม่เกิดกลิ่นหรือสารพิษเมื่อเกิดการเผาไหม้
13. ฉนวนที่มีความต้านทานต่อการกัดกร่อน และสารเคมี
14. ฉนวนที่มีค่าการบำรุงรักษาต่ำภายหลังการติดตั้ง

จากข้อมูลเบื้องต้น สิ่งที่จำเป็นก่อนการเลือกฉนวนคือความเข้าใจเบื้องต้น วัตถุประสงค์และลักษณะการใช้งาน ตลอดจนตำแหน่งที่ต้องการติดตั้งฉนวน เพื่อการเลือกใช้ฉนวนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องและมีประสิทธิภาพ คุ้มค่าที่สุด จากคุณสมบัติของฉนวนที่ดีดังที่กล่าวข้างต้น สามารถนำมาอธิบายรายละเอียดความจำเป็นของแต่ละคุณสมบัติเพื่อการเลือกใช้ฉนวนที่เหมาะสม (สุนทร บุญญาธิการ, 2543) ดังนี้

2.3.4.1 รูปแบบทางกายภาพ (Physical Forms)

รูปแบบทางกายภาพของฉนวนมีหลายรูปแบบให้เลือกใช้งาน ได้แก่ ฉนวนแบบคลุมห่อ แบบแผ่น แบบพ่น แบบฉีด ฯลฯ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการและความเหมาะสมของตำแหน่งที่ติดตั้ง ค่าใช้จ่าย งบประมาณ ความแข็งแรง ทนทาน อีกด้วย

2.3.4.2 ความหนาแน่น และความจุความร้อน (Bulk Density and Heat Capacity)

ความหนาแน่นและความจุความร้อนเป็นคุณสมบัติซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต ฉนวนที่มีคุณภาพดีจะมีค่าความหนาแน่น และความจุความร้อนที่เหมาะสมที่สุดเพียงค่าเดียวเท่านั้น ซึ่งฉนวนแต่ละชนิดจะมีค่าดังกล่าวแตกต่างกันออกไปตามวัสดุและการผลิต

2.3.4.3 อุณหภูมิของการใช้งานที่เหมาะสม (Suitability for Service Temperature)

อุณหภูมิของการใช้งานที่เหมาสมเป็นข้อพิจารณาที่สำคัญในการเลือกใช้ฉนวน เนื่องจากฉนวนแต่ละชนิดจะมีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิในการใช้งานที่แตกต่างกัน หากเลือกใช้ไม่เหมาะสมอาจเกิดปัญหาการเสื่อมสภาพของฉนวนได้ การแบ่งระดับของอุณหภูมิในการใช้งานของฉนวนทำได้ ดังนี้

1) ฉนวนสำหรับช่วงอุณหภูมิ -270 ถึง 100 องศาเซลเซียสได้แก่ กลาสโฟม (Glass Foam) เซลลูโลสโฟม (Cellulose Foam)
2) ฉนวนสำหรับช่วงอุณหภูมิมากกว่า 100-500 องศาเซลเซียส ได้แก่ แคลเซียมซิลิเกต กลาสโฟม ใยแร่ ฟอยล์
3) ฉนวนสำหรับช่วงอุณหภูมิมากกว่า 500 องศาเซลเซียส ได้แก่ ฉนวนพวกสารอนินทรีย์ประเภทคาร์บอนหรือโลหะ เช่น ฟอยล์ เซรามิกโฟม (Ceramics Foam) ใยเซรามิก (Ceramics Fiber) ใยคาร์บอน(Carbon Fiber)

2.3.4.4 การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน (Thermal Expansion)

การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนของฉนวนจะทำให้ประสิทธิภาพของฉนวนเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น การเลือกใช้ฉนวนจึงจำเป็นต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ ซึ่งอาจพิจารณาได้จากอุณหภูมิของการใช้งานที่เหมาะสมข้างต้น โดยเลือกใช้ฉนวนที่มีช่วงอุณหภูมิใช้งานตรงตามความต้องการ เพื่อให้การใช้งานฉนวนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด และมีอายุการใช้งานยาวนาน

2.3.4.5 ความสามารถในการต้านทานความร้อน (Thermal Resistivity)

ความสามารถในการต้านทานความร้อนของฉนวนดูได้จากค่าความต้านทานความร้อนโดยฉนวนที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูงจะกันความร้อนได้ดี เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของการใช้ฉนวนสำหรับอาคารในประเทศไทย ซึ่งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น คือ การ

ป้องกันความร้อนจากภายนอกไม่ให้เข้ามาภายในอาคาร ซึ่งนอกจากจะทำให้ภายในอาคารเย็นสบายแล้วยังเป็นการประหยัดพลังงานให้กับระบบปรับอากาศอีกด้วย ตัวอย่างฉนวนที่กันความร้อนได้ดีมาก เช่น โฟมโพลียูรีเทนและโฟมโพลีสไตรีน แต่ในการเลือกฉนวนเพื่อกันความร้อนสำหรับอาคารจะต้องพิจารณาคุณสมบัติอื่นๆ ในการใช้งานฉนวนร่วมด้วย

2.3.4.6 ความต้านทานต่อความชื้น (Resistance to Water Penetration)

ภูมิภาคเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทย โดยเฉพาะอาคารที่มีการปรับอากาศฉนวนจำเป็นต้องมีค่าความต้านทานความชื้นเป็นวัตถุประสงค์หลักอีกประการหนึ่ง เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศที่มีความชื้นสูงเกือบตลอดเวลาตลอดปี ทำให้การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศสูญเสียไปกับการลดความชื้น ดังนั้นการกันความชื้นให้กับฉนวนอาคารจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพราะหากเกิดความชื้นในฉนวนจะทำให้ฉนวนเสื่อมสภาพหรือสูญเสียคุณสมบัติความเป็นฉนวนไป การใช้ฉนวนที่เหมาะสมสำหรับอาคารจึงสามารถช่วยป้องกันความชื้นให้กับอาคารได้ด้วย หากฉนวนที่ใช้ไม่มีการกันความชื้น ควรป้องกันความชื้นให้กับฉนวนโดยการใช้วัสดุสำหรับกันความชื้น เช่น แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ แผ่นโพลีเอทิลีน แผ่นพีวีซี หรือแผ่นโพลีเอสเตอร์ ฉนวนมาสติด แอสฟัลต์ ฯลฯ ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการกันความชื้นได้แตกต่างกันควรเลือกตามความเหมาะสม

2.3.4.7 ความต้านทานต่อแรงอัด (Resistance to Compaction)

ความต้านทานต่อแรงอัด เป็นคุณสมบัติที่ใช้สำหรับพิจารณาเลือกใช้ฉนวนเพื่อให้เกิดความคงทนแข็งแรงและมีอายุการใช้งานยาวนาน โดยเฉพาะฉนวนในส่วนที่ต้องรับแรงอัดสูง เช่น ฉนวนพื้น ฉนวนที่ขอบประตู-หน้าต่าง ฉนวนท่อและอุปกรณ์ เป็นต้น ฉนวนที่ต้องรับแรงอัดสูงอาจเกิดการเสื่อมสภาพได้ง่าย ดังนั้นการเลือกใช้จึงต้องคำนึงถึงความต้านทานต่อแรงอัดด้วย ฉนวนที่มีคุณสมบัติต้านทานต่อแรงอัดสูง ได้แก่ ฉนวนประเภทโฟม และโพลีเมอร์บางชนิด

2.3.4.8 ความแข็งแรงทางกล (Mechanical Strength)

ความแข็งแรงทางกลของฉนวน คือ การทนทานต่อแรงต่างๆ หลายรูปแบบ ดังนี้

- การรับน้ำหนัก และแรงอัด
- ความต้านทานต่อแรงดึงและแรงเฉือน
- ทนต่อการกระแทก และการสั่นสะเทือน
- ทนต่อการบิดงอ

ความสามารถดังกล่าวของฉนวนจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ ความหนาแน่น ขนาดของเซลล์ ขนาดและการจัดเรียงตัวของเส้นใยของฉนวน ชนิดและปริมาณของตัวประสาน นอกจากนั้น ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมในการใช้งานด้วย

2.3.4.9 อันตรายจากไฟไหม้ (Fire Hazard)

การใช้ฉนวนภายในอาคารจำเป็นต้องป้องกันอันตรายจากไฟไหม้ได้ เพราะฉนวนที่กันความร้อนได้ดี อาจมีคุณสมบัติการกันไฟไม่ดี สำหรับบางส่วนของอาคาร เช่น ห้องครัว หรือ ห้องที่มีอุปกรณ์เกี่ยวกับความร้อน การกันไฟไหม้เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาว่าการเผาไหม้ของฉนวนก่อให้เกิดสารที่เป็นพิษหรือไม่ด้วย ฉนวนที่กันไฟได้ดี ได้แก่ ใยแร่ แคลเซียมซิลิเกตและเวอร์มิคูไลท์ เป็นต้น สำหรับวัสดุที่สามารถป้องกันไฟไหม้ได้ดี เหมาะสำหรับนำมาใช้กับโครงสร้างอาคาร ได้แก่ ยิปซั่ม ซึ่งไม่จัดว่าเป็นฉนวนกันความร้อน แต่หากใช้ประกอบกับฉนวนชนิดอื่นๆ ก็จะสามารถเพิ่มคุณสมบัติด้านการกันไฟได้เป็นอย่างดี

2.3.4.10 ความต้านทานต่อแมลงและเชื้อราและความปลอดภัยต่อสุขภาพ (Resistance to Vermin and Fungus)

ความต้านทานต่อแมลงและเชื้อรา และความปลอดภัยต่อสุขภาพเป็นคุณสมบัติที่สำคัญ ซึ่งมักจะถูกมองข้ามไปในการเลือกใช้ฉนวน สภาพอากาศของประเทศไทยซึ่งมีความชื้นสูงเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ฉนวนเสื่อมสภาพได้ง่าย ฉนวนที่มีความชื้นสูง นอกจากจะมีประสิทธิภาพความเป็นฉนวนต่ำลงแล้วยังเป็นแหล่งเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่อาศัยภายในอาคารอีกด้วย ฉนวนบางชนิดโดยเฉพาะฉนวนพวกสารอินทรีย์ เช่น เส้นใยเซลลูโลสเป็นแหล่งอาหารและที่อยู่อาศัยของแมลงบางชนิด ดังนั้นจึงอาจเกิดการเสื่อมสภาพได้ง่ายหากมีแมลงรบกวน การแก้ปัญหาโดยการเลือกใช้ฉนวนที่มีความต้านทานต่อแมลงและเชื้อรา เช่น ฉนวนพวกสารอนินทรีย์ ได้แก่ แคลเซียมซิลิเกต โฟม ใยแร่ ใยคาร์บอน เป็นต้น หรืออาจมีการติดตั้งวัสดุเพื่อป้องกันแมลงและความชื้น เช่น แผ่นกันความชื้นซึ่งทำจากวัสดุประเภทพลาสติก

2.3.4.11 การกันเสียง (Acoustical Resistance)

การกันเสียงสำหรับบางส่วนของอาคารที่ต้องการลดการรบกวนจากเสียง เช่น ห้องนอน ห้องประชุม ห้องสัมมนา ฯลฯ จำเป็นต้องเลือกใช้ฉนวนที่มีคุณสมบัติการกันเสียงที่ดี ได้แก่ ฉนวนที่มีความพรุน หรือฉนวนที่มีช่องว่างอากาศมาก ซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับวัสดุที่มีน้ำหนักมากจะมีส่วนช่วยในการกันเสียงได้ดีขึ้น เช่น ใยแร่ หรือใยแก้ว เป็นต้น

2.3.4.12 การปลอดจากกลิ่น (Freedom from Odour)

การปลอดจากกลิ่นเป็นข้อพิจารณาข้อหนึ่งที่สำคัญต่อการใช้งานฉนวน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นการใช้งานฉนวนที่ติดตั้งภายในอาคาร ฉนวนที่มีสารเคมีเป็นส่วนประกอบ หากเกิดการเสื่อมสภาพ หรือเกิดการเผาไหม้จะทำให้ผู้ที่อยู่อาศัยภายในอาคารได้รับอันตรายจากการสูดดมไอระเหยของสารเคมี ในการเลือกใช้ฉนวนจึงควรพิจารณาเลือกฉนวนที่มีส่วนประกอบที่เหมาะสม ไม่ก่อให้เกิดอันตรายในขณะใช้งาน เมื่อเกิดการเสื่อมสภาพและเกิดการเผาไหม้

2.3.4.13 การต้านทานต่อการกัดกร่อนและสารเคมี

(Corrosion and Chemical Resistance)

ความต้านทานต่อการกัดกร่อนและสารเคมีของฉนวนเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่ต้องพิจารณาในการใช้งาน การเสื่อมสภาพของฉนวนด้วยสาเหตุต่างๆ เช่น สารเคมีและสภาพอากาศ ฯลฯ จะทำให้ฉนวนมีประสิทธิภาพลดต่ำลง ดังนั้นฉนวนที่ดีควรมีความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพจากการกัดกร่อน โดยพิจารณาถึงสภาพแวดล้อมในการใช้งานฉนวนว่าได้รับผลกระทบอย่างไรบ้างแล้วเลือกใช้งานฉนวนที่มีความคงทนต่อสภาพนั้นๆ

2.3.4.14 การบำรุงรักษา (Maintenance)

การบำรุงรักษาเป็นสิ่งที่แสดงถึงค่าใช้จ่ายภายหลังการติดตั้งฉนวน ซึ่งต้องพิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 สาเหตุการเสื่อมสภาพของฉนวนในอาคาร

2.4.1 การซึมผ่านของน้ำ

เนื้อวัสดุแต่ละชนิดมีปริมาณน้ำในเวลาขณะใดขณะหนึ่งนั้น เป็นผลมาจากความสมดุลที่แปรเปลี่ยนตามอัตราของความสามารถในการดูดซึมน้ำ และอัตราการระเหยของน้ำในอุณหภูมิของอากาศขณะนั้น วัสดุอาคารที่ติดตั้งร่วมกับฉนวน ต้องพิจารณาความพรุนของเนื้อวัสดุ เนื่องจากเนื้อวัสดุที่มีความพรุนสูงจะยิ่งดูดซับน้ำมากเหมือนท่อเล็กๆ ต่อเนื่องถึงกัน ทำให้ดูดซึมน้ำหรือความชื้นได้ ทิศทางการไหลของน้ำเกิดได้ทุกทาง แม้แต่ย้อนแรงโน้มถ่วงโลกได้ ซึ่งเกิดจากแรงดูดซึมที่ผิววัสดุ ดังนั้นการติดตั้งฉนวนร่วมกับวัสดุอาคารจำเป็นต้องพิจารณาคุณสมบัติการดูดซับน้ำของเนื้อวัสดุที่นำมาประกอบร่วมกันด้วย เพื่อลดการซึมผ่านสู่เนื้อฉนวน เป็นการคงประสิทธิภาพของฉนวน เช่น ฉนวนใยแก้ว มีค่าการแทรกซึมความชื้น 180 perm-cm ซึ่งเป็นอัตราการแทรกซึมความชื้นที่สูงมาก ด้วยเหตุนี้จึงมีการดูดซับน้ำเข้าเนื้อวัสดุ แต่เนื่องจากการพัฒนากระบวนการผลิตทำให้มีการผสมสารต่างๆ ที่เพิ่มคุณสมบัติในการเพิ่มแรงตึงผิว ทำให้น้ำเกาะอยู่ที่ผิวนอกสุดของฉนวนใยแก้วระยะเวลาหนึ่ง

2.4.2 การควบแน่นเป็นหยดน้ำ

ประเทศไทยมีสภาพอากาศแบบร้อนชื้น แนวโน้มที่จะเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำ (Condensation)อยู่ในระดับค่อนข้างสูงจากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานครตลอดปี พ.ศ.2546 พบว่า อุณหภูมิอากาศที่ 25 องศาเซลเซียส มีจำนวนชั่วโมงที่จะเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำถึง 18.60% ของจำนวนชั่วโมงตลอดทั้งปี อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสมีจำนวนชั่วโมงสูงถึง 75.16% และที่อุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียสมีจำนวนชั่วโมงสูงถึง 6.25% การจะเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำในผนังอาคารจะสูงตามไปด้วย จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพของฉนวนลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับฉนวนที่มีการดูดซับความชื้นสูง

การเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำ มี 2 ลักษณะ ดังนี้

1) การเกิดที่ผิวของวัสดุหรือผนัง (Surface condensation)
2) การเกิดในเนื้อวัสดุและฉนวน (Interstitial condensation)

2.4.3 การกรอบแตกหักของเส้นใย

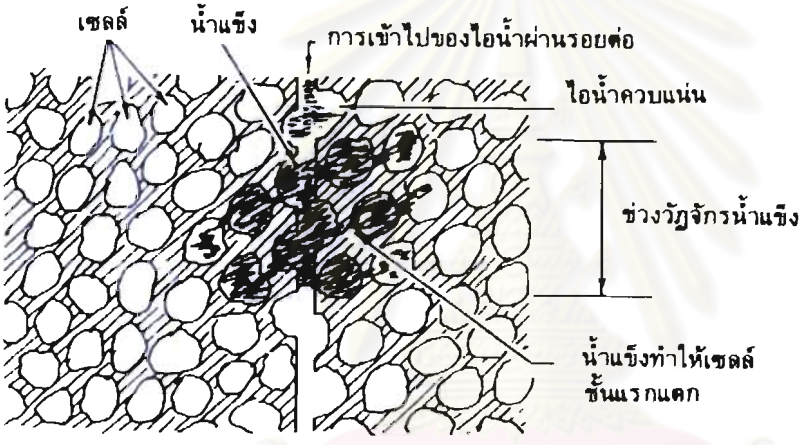
ฉนวนบางชนิด โดยเฉพาะที่มีลักษณะเป็นใยเส้นสามารถดูดซับความชื้น เชื้อโรคและฝุ่นละออง ทำให้เกิดการกรอบและแตกหักของเส้นใย เกิดการหลุดร่วง ปะปนอยู่ในอากาศ หากสัมผัสกับผิวหนังจะมีอาการระคายเคือง ซึ่งเป็นอาการที่สามารถหายได้เพียงการชำระล้างผิวให้สะอาด และไม่ก่อเกิดอันตรายต่อสุขภาพ

2.4.4 การยุบตัวของฉนวน

ฉนวนบางชนิดมีลักษณะเป็นเส้นใย จึงมีความยืดหยุ่นสูง ทำให้เสียรูปทรงได้ง่าย โดยเฉพาะฉนวนที่มีความหนาแน่นต่ำ เส้นใยจะพองฟู เมื่อได้รับการกดทับจึงเกิดการยุบตัวได้ง่าย

2.4.5 การเกิดสะพานความร้อน

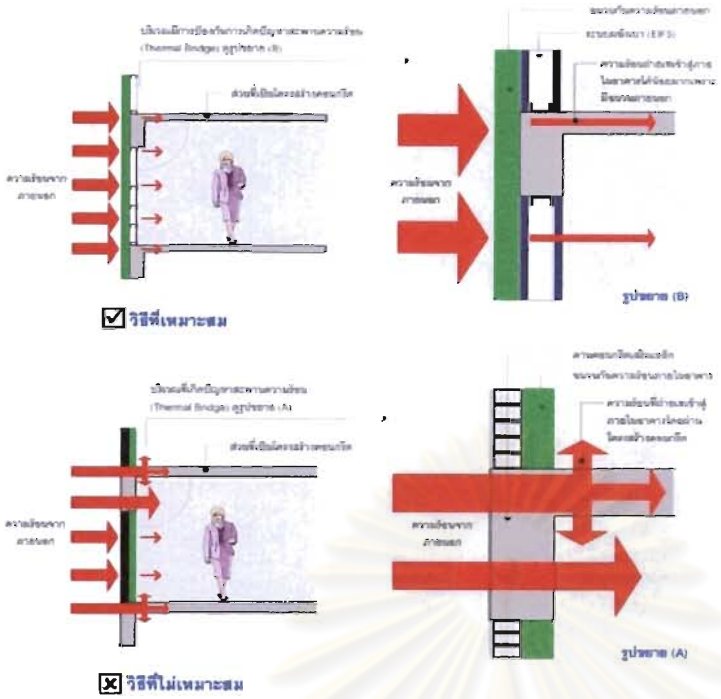
ปัญหาการเกิดสะพานความร้อน โดยเฉพาะกับอาคารที่มีเสาและคานที่สัมผัสกับอากาศภายนอก เนื่องจากโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดสะพานความร้อน ปัญหาสะพานความร้อนนี้เกิดจากการติดตั้งฉนวนไม่เหมาะสม กล่าวคือ ระบบการติดตั้งฉนวนโดยทั่วไปจะเป็นการติดตั้งฉนวนภายในอาคาร ซึ่งจะป้องกันความร้อนได้เฉพาะในช่วงผนังที่อยู่ระหว่างเสากับคานเท่านั้น ความร้อนสามารถผ่านเข้าสู่ภายในอาคารได้บริเวณที่เป็นโครงสร้างเสา คาน หรือพื้นที่มีพื้นผิวสัมผัสกับอากาศภายนอก



ภาพที่ 2-6 แสดงภาพตัดของฉนวนที่จุดน้ำแข็งบริเวณรอยต่อของฉนวน

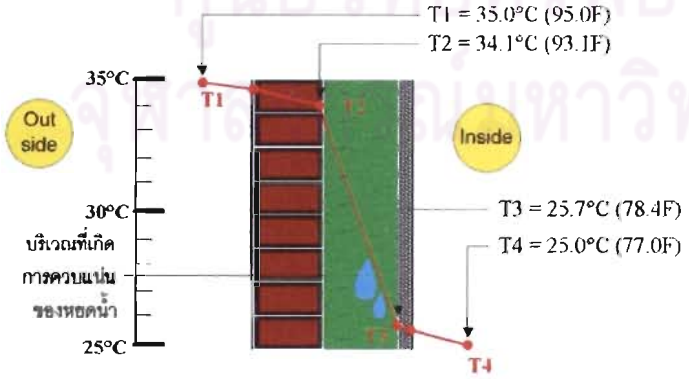
ฉนวนเปียกจะทำให้คุณสมบัติความเป็นฉนวนลดลงถึง 23 เท่าของฉนวนแห้งจากผลของสภาพนำความร้อนของน้ำที่มากกว่าอากาศอยู่ 23 เท่า นั่นคือ ฉนวนจะทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อฉนวนมีความแห้งอย่างสัมพัทธ์กัน เมื่อฉนวนมีสภาพเปียก อาจเป็นบางส่วนหรือทั้งหมด อากาศหรือก๊าซในโพรงอากาศจะถูกบรรจุแทนที่ด้วยน้ำ การถ่ายเทความร้อนผ่านโพรงอากาศที่บรรจุด้วยน้ำจะเป็นลักษณะการนำความร้อนผ่านน้ำแทนที่จะเป็นอากาศหรือก๊าซ ยิ่งไปกว่านั้นหากสภาวะอากาศลดต่ำลง ความชื้นซึ่งแข็งตัวเป็นน้ำแข็งจะยิ่งเพิ่มสภาพการนำความร้อน

ฉนวนประเภทเซลล์ ด้วยสภาพที่ไอน้ำซึมเข้าฉนวนได้ จะทำให้ไอน้ำผ่านเข้าไปได้และเมื่อไรก็ตามที่อุณหภูมิของไอน้ำถึงจุดน้ำค้าง ก็จะเกิดการควบแน่น ณ จุดที่ไอน้ำอยู่ขณะนั้น และเมื่อน้ำถึงจุดเยือกแข็งของน้ำ น้ำก็จะกลายเป็นน้ำแข็ง ผลึกน้ำแข็งเหล่านี้จะเป็นสาเหตุให้เซลล์ของฉนวนแตกออกในไม่ช้า ซึ่งทำให้เนื้อฉนวนถูกทำลาย อายุและการทำงานที่เหมาะสมของฉนวนจะขึ้นอยู่กับเปลือกกั้นไอน้ำที่หุ้มฉนวนด้านนอกซึ่งจะป้องกันการทะลุทะลวงของไอน้ำตลอดพื้นผิวทั้งหมด (ตระการ ก้าวกสิกรรม, 2537)



ก) การติดตั้งฉนวนไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดสะพานความร้อน

ข) การควบแน่นเป็นหยดน้ำความชื้นจากสภาพอากาศถ่ายเทสู่ภายใน เกิดเชื้อราภายในอาคาร ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพร่างกายของผู้อยู่อาศัย



ค) การควบแน่นเป็นหยดน้ำที่เนื้อฉนวน ทำให้เสียประสิทธิภาพลง หากจำเป็นต้องติดฉนวนภายในอาคาร ควรมีการป้องกันผิวภายนอกอาคารอย่างดี เพื่อป้องกันความชื้นที่แทรกซึมอย่างสมบูรณ์

ภาพที่ 2-7 แสดงปัญหาจากการติดตั้งฉนวนไม่ถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 **การเลือกใช้ฉนวนอย่างไม่เหมาะสม**

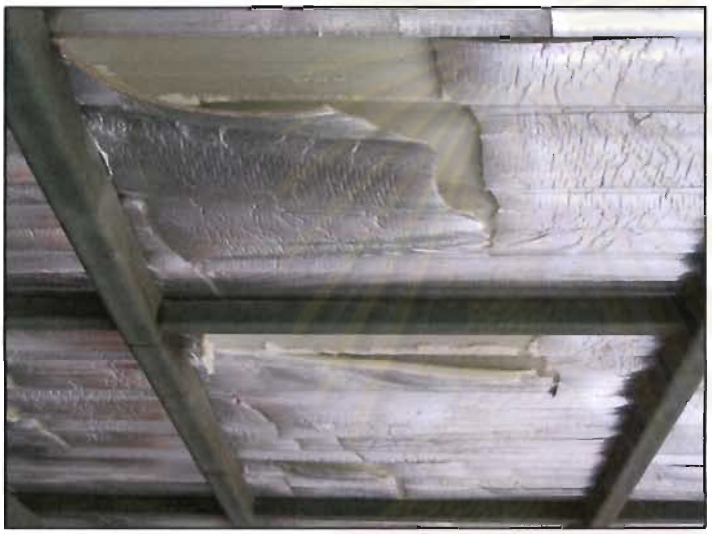
ฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคารในปัจจุบันมีหลายชนิด การเลือกใช้โดยไม่พิจารณาคุณสมบัติต่างๆ ของฉนวนอย่างครบถ้วน อาจทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานได้ ดังนั้นควรเลือกฉนวนให้ความเหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน ตำแหน่ง และการติดตั้งอย่างถูกต้อง ดังจะเห็นจากภาพที่ 2-8 เป็นการเลือกฉนวนอย่างไม่เหมาะสม จึงเกิดการหลุดร่อนของแผ่นฉนวนที่ติดตั้งใต้แผ่นหลังคา การเกิดแก๊สพิษจากการเผาไหม้ของฉนวนบางชนิด หรือความไม่สวยงามจากการควบคุมความหนาและความหนาแน่นของฉนวนชนิดฉีดพ่นที่ทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากเป็นการฉีดพ่นด้วยแรงงานคน เป็นต้น ปัญหาและความเสียหายที่เกิดขึ้นเหล่านี้ นอกจากจะทำให้ฉนวนสูญเสียประสิทธิภาพแล้ว การซ่อมแซมยังทำได้ยากและเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีกด้วย

การใช้ฉนวนและติดตั้งอย่าง เหมาะสมและถูกต้องจะทำให้อาคารเกิดประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน ความชื้นจากภายนอกอาคาร สำหรับอาคารปรับอากาศจะทำให้ลดอุณหภูมิภายในอาคาร ทำให้อุณหภูมิคงที่ ลดปริมาณการใช้พลังงาน ลดค่าใช้จ่าย ช่วยวิกฤตทางพลังงานอย่างในปัจจุบัน สำหรับอาคารไม่ปรับอากาศจะลดอุณหภูมิภายในอาคาร ทำให้สภาพอากาศภายในอาคารไม่เกิดความแปรปรวนหรือการเปลี่ยนแปลงจากการรับความร้อนจากสภาพแวดล้อม ส่งผลให้ผู้ที่อาศัยอยู่ภายในอาคารไม่เจ็บป่วย เพิ่มคุณภาพชีวิต

ดังนั้น การเลือกใช้ฉนวนจึงควรทราบถึงลักษณะและคุณสมบัติด้านต่างๆ ของฉนวนอย่างครบถ้วนตามลักษณะการใช้งานและตำแหน่งที่ติดตั้งในอาคาร โดยต้องพิจารณาเลือกใช้ฉนวนให้เหมาะสมเพื่อคงคุณสมบัติที่ดีของฉนวนกันความร้อน ลดปัญหาที่จะตามมาในภายหลัง และลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา หรือซ่อมแซมได้อีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก) การหลุดร่อนของแผ่นฉนวนเมื่อติดตั้งแนบกับหลังคาเหล็กรีดลอน ทำให้ฉนวนเสื่อมสภาพเนื่องจากสัมผัสโดยตรงกับหลังคาที่มีอุณหภูมิสูงมาก



ข) การติดตั้งฉนวนโฟมแผ่นโพลีเอทิลีน (PE Foam) กับแผ่นหลังคาอาคารโดยตรง เมื่อเวลาผ่านไป 1-2 ปี กาวยางเสื่อม จะเกิดการหลุดร่อน ทำให้คุณสมบัติการป้องกันความร้อนลดลง

ค) การฉีดพ่นฉนวนโฟมโพลียูรีเทน (PU Foam) ใต้หลังคาโดยใช้แรงงานคน ทำให้ไม่สามารถควบคุมความหนาและความหนาแน่นให้สม่ำเสมอได้ เมื่อโฟมเกิดการขยายตัวจึงทำให้กระเบื้องเผยอ เกิดการรั่วซึมได้

ภาพที่ 2-8 แสดงปัญหาจากการเลือกชนิดฉนวนไม่เหมาะสม

ง) ฉนวนโฟมโพลียูรีเทนแบบฉีดพ่นใต้หลังคา เมื่อเกิดการเผาไหม้จะก่อให้เกิดควันจำนวนมากและแก๊สไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Hydrogen Cyanide) ซึ่งเป็นแก๊สพิษ สามารถเปลี่ยนซ่อมได้ด้วยการขูดลอกแล้วพ่นใหม่ ซึ่งต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูง

จ) ฉนวนโฟมโพลียูรีเทนแบบฉีดพ่นใต้หลังคา ควบคุมความหนาไม่ได้เพราะใช้แรงงานฉีดพ่น ทำให้พื้นผิวไม่เรียบร้อย เมื่อผ่านระยะเวลาสีของโฟมมีการเปลี่ยนแปลง

ฉ) ฉนวน Bubble Foil เมื่อสัมผัสโดยตรงกับเปลวไฟจะเกิดการละลายและไหม้

ภาพที่ 2-8 แสดงปัญหาจากการเลือกชนิดฉนวนไม่เหมาะสม (ต่อ)

2.6 **สภาวะน่าสบายของมนุษย์** (Comfort Zone)

สภาวะสบายของมนุษย์ คือ สภาวะที่มนุษย์รู้สึกสบายโดยไม่สามารถระบุลงไปได้ว่ารู้สึกร้อนหรือหนาว โดยทำการสำรวจจากตัวอย่างประชากรโลกชนชาติต่างๆ จนได้ข้อสรุปซึ่งเป็นที่ยอมรับว่ามีค่าใกล้เคียงกันทุกชนชาติแม้จะอาศัยอยู่ในเขตภูมิอากาศที่แตกต่างกัน โดยมีค่าที่เหมาะสมอยู่ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50 % การสร้างสภาวะสบายของมนุษย์จะต้องประกอบไปด้วยตัวแปรต่างๆที่ต้องเกื้อกูลกัน คือ

1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) ค่าที่เหมาะสมจากการทดลองประมาณ 25 องศาเซลเซียส

2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relation Humidity) ความเหมาะสมในการสร้างสภาวะสบาย ไม่รู้สึกแห้งเกินไปหรือมีเหงื่อออก อยู่ที่ค่าประมาณ 50 %

3. อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature: MRT) คือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกได้จากสภาพแวดล้อมที่แผ่รังสีความร้อนให้กับมนุษย์หรือแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับร่างกาย ทำให้มนุษย์รู้สึกร้อนหรือหนาวมากกว่าอุณหภูมิอากาศจริง มีค่าที่คำนวณได้จากสมการเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส จะทำให้มนุษย์รู้สึกร้อนหรือหนาวเพิ่มขึ้นประมาณ 1.4 องศาเซลเซียส

4. ความเร็วลม (Wind Velocity) มีอิทธิพลต่อความรู้สึกเย็นสบายของมนุษย์ เนื่องจากเมื่อมีความเร็วลมเพิ่มมากขึ้น มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิจริงในขณะนั้น จากการศึกษา (สุนทร บุญญาธิการ, 2545ข) พบว่า อิทธิพลของความเร็วลมสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$T_{\text{ความรู้สึกเย็นลง(องศาเซลเซียส)}} = 0.381V + 0.016RH$$

กำหนดให้

T = ความรู้สึกเย็นลง (องศาเซลเซียส)

V = ความเร็วลม (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

RH = ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทำให้มนุษย์รู้สึกเย็นลงประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส โดยลดลงมากที่สุดที่ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม และสภาวะน่าสบาย

ความเร็วลม	ความรู้สึกเสมือนลดลงของอุณหภูมิ (เมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 80-90°F)	ความรู้สึก
0-50 fpm (0-0.25 m/s)	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึกน่าสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
50-100 fpm (0-0.25 m/s)	ต่ำลง 2-3°F	สบาย
100-200 fpm (0-0.25 m/s)	ต่ำลง 4-5°F	รู้สึกสบาย รับรู้การเคลื่อนไหวของอากาศ
200-300 fpm (1.00-1.50 m/s)	ต่ำลง 5-7°F	รู้สึกลมพัดเล็กน้อยถึงถูกรบกวน
>300 fpm (>1.50 m/s)	ต่ำลงมากกว่า 5-7°F	รู้สึกลมรบกวนมาก

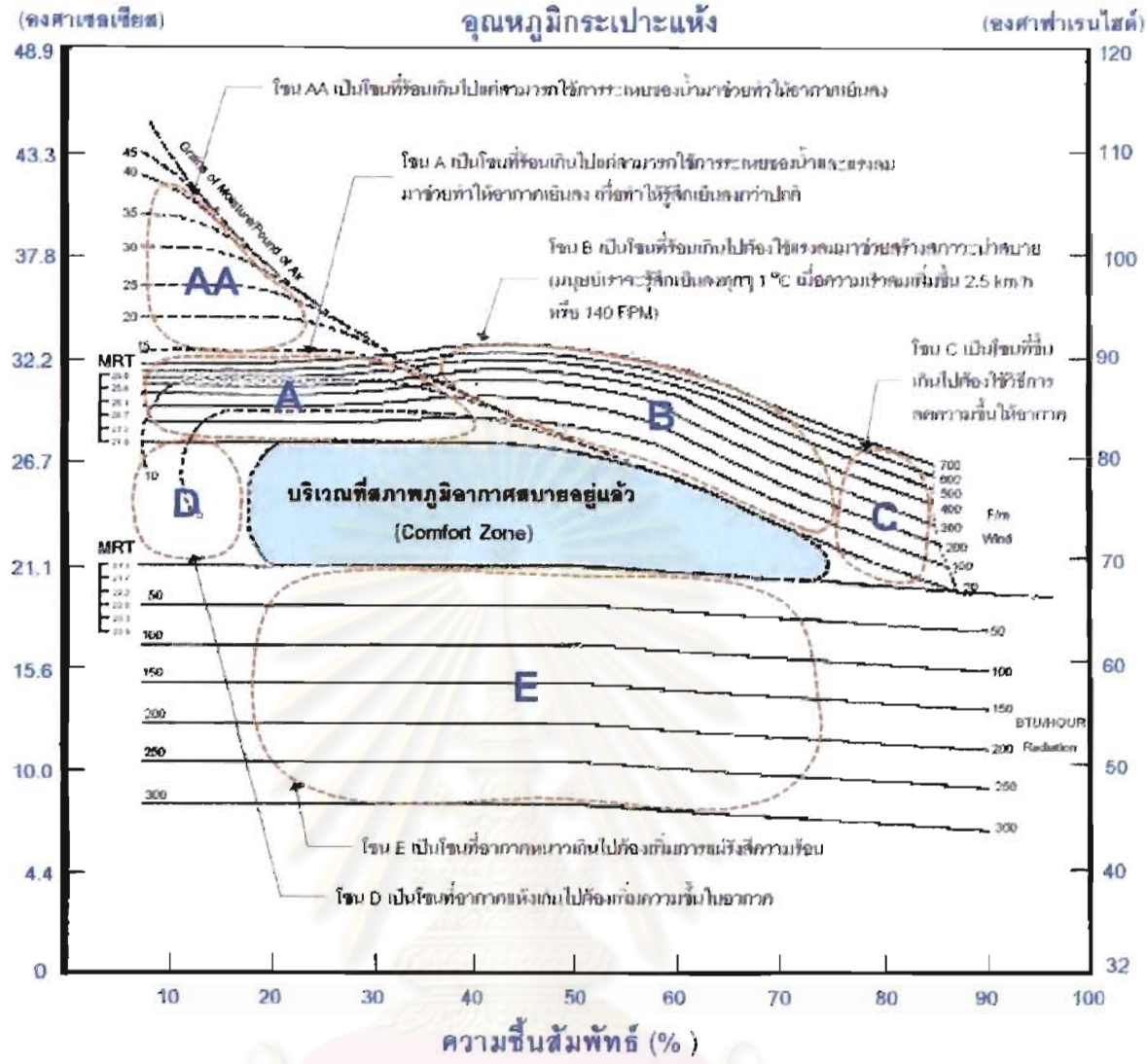
(Olgyay, 1973)

จากการศึกษาของ Victor Olgyay พบว่า คนเราจะรู้สึกสบายเมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 71.6-80.6 องศาฟาเรนไฮท์ (22-27 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์ เขตสบายดังกล่าวกำหนดขึ้นโดยมีเงื่อนไขดังนี้

- ความเร็วลมค่อนข้างสงบ (ประมาณ 0-1 กิโลมตรต่อชั่วโมง หรือ 0.50 ฟุตต่อนาที)
- อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังมีค่าเท่ากัน
- การแต่งกายเป็นแบบลำลองโดยสวมเสื้อผ้าสบายๆ
- บุคคลอยู่ในอิริยาบถปกติสบายๆ เช่น อ่านหนังสือ นั่งเล่น เป็นต้น

5. เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo-Value) จากการศึกษาในต่างประเทศ ซึ่งเป็นเขตหนาว กำหนดให้เครื่องแต่งกายของชายนักธุรกิจ คือ เสื้อสูททำงานครบชุด มีค่า Clo เท่ากับ 1 พบว่า จำนวนเสื้อผ้ายิ่งน้อยชิ้นลงจะส่งผลให้ค่า Clo ยิ่งลดลง ในทางกลับกันเสื้อผ้ายิ่งมาก ร่างกายยิ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้น จึงรู้สึกร้อนและไม่สบาย

6. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolism Rate) ร่างกายที่มีอัตราการเผาผลาญพลังงานสูงเนื่องจากการทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การเดินขึ้นลงที่สูง หรือ การแบกของหนัก จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้รู้สึกไม่สบายเป็นผลต่อสภาวะสบายโดยรวมของมนุษย์



ภาพที่ 2-9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
(สุนทร บุญญาธิการ, 2545ข)

จากภาพที่ 2-9 แสดงขอบเขตสภาวะสบายที่คนเรารู้สึกสบายจากตัวแปรสภาพอากาศ เป็นสภาวะที่คนเรารู้สึกสบายโดยที่ไม่รู้สึกร้อนหรือหนาว ไม่ชื้นหรือแห้งจนเกินไป จากภาพคนเราจะรู้สึกสบายเมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22-27 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำข้อมูลสภาพอากาศของประเทศไทยมาเปรียบเทียบตำแหน่ง พบว่า มีอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์สูงเกือบตลอดปี ขอบเขตอยู่ในโซน B คือสภาพภูมิอากาศร้อนเกินไป ซึ่งสามารถใช้เทคนิคเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายให้เกิดขึ้นได้ โดยการใช้ความเร็วลม หรือใช้อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน สามารถทราบถึงปัจจัยสำคัญที่ทำให้ฉนวนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถหาความสัมพันธ์และอิทธิพลของปัจจัย จึงนำมาหาแนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวนเชิงบูรณาการเพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพของการใช้ฉนวน เพื่อเป้าหมายหลัก คือ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง และเพิ่มความรู้สึกสบายอันส่งผลต่อการเพิ่มคุณภาพชีวิต

ตารางที่ 3-1 แสดงสมการคำนวณความสัมพันธ์และอิทธิพลของปัจจัย

สมการ	ปัจจัยที่พิจารณา	อิทธิพล
ปัจจัยภายนอกวัสดุ α / ε $t_e = t_o + \frac{\alpha I_t}{h_o} + \frac{\varepsilon \delta R}{h_o}$	α (Absorbtivity) ε (Emissivity) I_t (Solar Radiation incident on surface)	ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการถ่ายเทพลังงานนอกมวลสารของวัสดุ
ปัจจัยภายในวัสดุ $Q = U * A * \Delta T$	U Heat Capacity Heat Flow	ศึกษากระบวนการถ่ายเทพลังงานที่เกิดขึ้นภายในเนื้อวัสดุ
ปัจจัยของสภาพอากาศ $Q = U * A * CLTD$	CLTD Infiltration	ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากสภาพอากาศ ซึ่งมีผลต่อการถ่ายเทพลังงานเข้าสู่ภายในอาคาร

ตารางที่ 3-2 แสดงสมการคำนวณความรู้สึกของผู้อยู่อาศัยภายในอาคาร

สมการ	ปัจจัยที่พิจารณา	อิทธิพล
ตัวแปรที่มีผลต่อความรู้สึก MRT $MRT=(T_1A_1+\ldots+T_NA_N)/A_1 \ldots+A_N$	MRT	ศึกษาอิทธิพลที่ส่งผลต่อความรู้สึกของผู้อยู่อาศัย เพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-3 สรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

วัตถุประสงค์	วิธีวิจัย	วิเคราะห์	ผลที่ได้รับ
1. ศึกษาประเภทของฉนวนและตัวแปรในการลดความร้อน	1.1 ศึกษาข้อมูลและคุณสมบัติของฉนวน - ประเภทของฉนวน - เปรียบเทียบคุณสมบัติ - ปัญหาจากการใช้ฉนวนไม่เหมาะสม 1.2 ศึกษาตัวแปรการลดความร้อน	1.1 คุณสมบัติของฉนวน 1.2 ตัวแปรที่ลดความร้อน - ค่าการต้านทานความร้อน - มวลสาร - ช่องว่างอากาศ - สปส.การกระจายความร้อนผิววัสดุ	1.1 สรุปประเภทฉนวนและคุณสมบัติ 1.2 คัดเลือกตัวแปรที่เกี่ยวกับการลดความร้อน
2. หาความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ เพื่อประสิทธิภาพในการใช้ฉนวนสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น	2.1 การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ 2.2 การศึกษาสภาพอากาศประเทศไทย 2.3 ทดสอบตัวแปรด้วยการคำนวณ - การลดความร้อน - การหน่วงเหนี่ยวความร้อน	2.1 วิเคราะห์สภาพอากาศ 2.2 อิทธิพลตัวแปรต่างๆ - อิทธิพลของฉนวน - อิทธิพลของมวลสาร - อิทธิพลของช่องว่างอากาศและ สปส.การกระจายความร้อนผิววัสดุ	2.1 อิทธิพลของสภาพอากาศต่อส่วนต่างๆของอาคาร 2.2 อิทธิพลของตัวแปรต่างๆ - ความหนาที่เหมาะสม - การผสมมวลสาร - การผสมช่องว่างอากาศ - การเลือกวัสดุที่มี สปส.การกระจายความร้อนผิววัสดุต่ำ
3. ประยุกต์ใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคาร	ทดสอบหาแนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวน - การคำนวน จากสมการ CLTD Sol-air Temperature MRT - ประเมินผล	วิเคราะห์ประสิทธิภาพจากการประยุกต์ใช้ฉนวน - ด้านการใช้พลังงาน - ด้านความรู้สึกสบาย - ด้านค่าใช้จ่าย	ประยุกต์ใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ได้แก่ พื้น ผนัง หลังคา 1. อาคาร ปรับอากาศ - เปิด 24 ชั่วโมง - เปิด 8.00-17.00 น. - เปิด 21.00-6.00 น. 2. อาคารไม่ปรับอากาศ
4. ประยุกต์ใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น	4.1 การศึกษาอาคารตัวอย่างที่เน้นการใช้ฉนวนอย่างบูรณาการ - การใช้ฉนวนในอาคาร - ประสิทธิภาพที่ได้จากการติดตั้งฉนวนในอาคาร 4.2 สรุปแนวทางการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการ	วิเคราะห์อาคารตัวอย่าง 1. อาคารพักอาศัย - บ้านประหยัดพลังงาน - บ้านชีวาทิตย์ 2. อาคารสำนักงาน - อาคารอนุรักษ์ฯ - อาคารศูนย์ราชการฯ - โรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม	การประยุกต์ใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารภูมิภาคร้อนชื้น - ป้องกันความร้อน - ป้องกันความชื้น - ป้องกันเสียงจากภายนอก - ดูดซับเสียงจากภายใน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 การศึกษาปัจจัยที่ทำให้วัสดุมีความเป็นฉนวน

3.1.1 วัสดุฉนวนอาคารที่ใช้ในการศึกษา

วัสดุประกอบอาคารแต่ละส่วนจะศึกษาและวิเคราะห์เฉพาะวัสดุที่เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการใช้ฉนวนของงานวิจัยนี้ สามารถนำไปปรับใช้และมีประโยชน์อย่างแท้จริง

3.1.2 การศึกษาคุณสมบัติของฉนวน

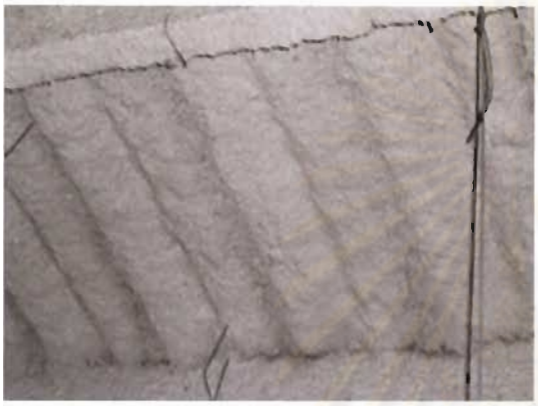
ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการพิจารณาคุณสมบัติฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคาร ดังนี้

- รูปแบบทางกายภาพ (Physical Forms)
- ความหนาแน่น และความจุความร้อน (Bulk Density and Heat Capacity)
- อุณหภูมิของการใช้งานที่เหมาะสม (Suitability for Service Temperature)
- ความสามารถในการต้านทานความร้อน (Thermal Resistivity)
- ความต้านทานต่อความชื้น (Resistance to Water Penetration)
- อันตรายจากไฟไหม้ (Fire Hazard)
- ความต้านทานต่อแมลง เชื้อรา และความปลอดภัยต่อสุขภาพ (Resistance to Vermin and Fungus)
- การกันเสียง (Acoustical Resistance)
- การบำรุงรักษา (Maintenance)

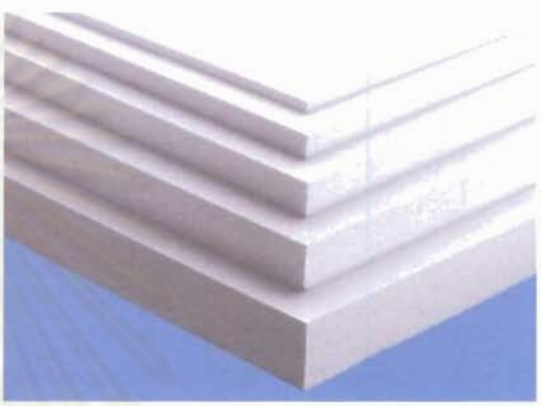
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก) ฉนวนใยหิน

ข) ฉนวนใยแก้ว



ค) ฉนวนเซลลูโลส



ง) ฉนวนโฟมโพลีสไตรีน

จ) ฉนวนโฟมโพลีเอทิลีน

ฉ) ฉนวนโฟมโพลียูรีเทน

ช) ฉนวนบับเบิลฟอยล์

ภาพที่ 3-1 แสดงชนิดของฉนวนกันความร้อนที่นิยมใช้กันในปัจจุบันซึ่งนำมาศึกษาในงานวิจัย

3.2 ทฤษฎีที่ใช้ศึกษาอิทธิพลและความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ทำให้ฉนวนมีประสิทธิภาพ

3.2.1 การศึกษาคุณสมบัติวัสดุ และมวลสาร

วัสดุต่างๆ มีการสะสมและกักเก็บความร้อนขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและค่าความจุความร้อนจำเพาะวัสดุ โดยเฉพาะวัสดุประเภทมวลสาร เมื่อได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์จะกักเก็บความร้อนไว้จนเต็มมวลสารและถ่ายเทความร้อนออกมา การเปลี่ยนแปลงของความร้อนและพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนสำคัญต่อการศึกษาอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ

วัสดุที่มีมวลสารมากจะสามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้ระยะเวลานานกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อย ความร้อนที่ผ่านวัสดุจะถูกสะสมอยู่ในมวลสารภายในก่อน เมื่อมวลสารภายในมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอกโดยรอบ หรือสะสมจนถึงขีดสุดของความสามารถในการกักเก็บความร้อนแล้ว ปริมาณความร้อนที่เหลือจึงจะถ่ายเทมายังด้านที่มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าของวัสดุต่อไป การกักเก็บความร้อนเป็นส่วนหนึ่งของคุณสมบัติของวัสดุ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าความร้อนจำเพาะกับความหนาแน่นของวัสดุนั้น (Bansal, N.K., 1994: 52)

ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

1) ค่าความจุความร้อน (Heat Capacity)

$C = \rho * c$ โดยที่ $\rho = m / v$

กำหนดให้

C = ค่าความจุความร้อนของวัสดุ (หน่วย $Btu/ft^3.F$)

ρ = ค่าความหนาแน่นของวัสดุ

c = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (หน่วย Btu/lb.F)

m = มวลของวัสดุ (หน่วย lb)

v = ปริมาตรของวัสดุ (หน่วย ft^3)

2) การสะสมความร้อน

$Q = m \times c \times \Delta T$

กำหนดให้

Q = ปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปของวัสดุ (J หรือ cal)

c = ค่าความจุความร้อนของสารแต่ละตัว (J/kg.K หรือ $cal/gm^{\circ}C$)

m = มวลของวัตถุ (kg หรือ gm)

ΔT = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของวัตถุ (K หรือ $^{\circ}C$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ความสามารถในการต้านทานความร้อน (Resistivity)

ค่าการต้านทานความร้อน เป็นค่าที่แสดงอัตราส่วนระหว่างความหนาของวัสดุตามแนววามร้อนที่ไหลผ่านกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ และเมื่อมีวัสดุหลายๆชั้น ค่าความต้านทานความร้อนรวมจะเท่ากับผลรวมค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุทุกชั้น

$R = 1/C$

$= \Delta X/K$

กำหนดให้

R = ค่าความต้านทานความร้อน (Resisivity, m2 k/Watt)

C = ค่าความจุความร้อน (Thermal Capacity; Watt/m^2.K or J/kg.k)

ΔX = ความหนาของชิ้นวัสดุ (Thickness; centimater)

K = ค่าการนำความร้อน (Conductivity; W/m.k)

4) การถ่ายเทความร้อน (Resistivity)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารทั้งระบบ สามารถคิดส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวมของเปลือกอาคารได้ ดังนี้

$U = 1/\Delta R$

กำหนดให้

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Btu/hr.ft^2.^{O}F)

ΔR = ค่าการต้านทานความร้อนรวม (ft^2.hr.^{O}F/Btu)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 การศึกษาความสัมพันธ์และอิทธิพลของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

การพิจารณาปริมาณพลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคาร พบว่า ปัจจัยของการเพิ่มพลังงานความร้อนเข้าสู่อาคารสามารถพิจารณาได้จากสูตรต่างๆ และสามารถทราบถึงอิทธิพลที่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ดังนี้

1) การคำนวณการถ่ายเทความร้อน อาคารไม่ปรับอากาศ

ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

อุณหภูมิผิวภายนอก (Surface Temperature)

$$t_e = t_o + \frac{\alpha I_t}{h_o} + \frac{\varepsilon \delta R}{h_o}$$

กำหนดให้

t_e = อุณหภูมิเสมือนพื้นผิววัสดุ (Sol-air Temperature) (หน่วย ^{O}F)

t_o = อุณหภูมิอากาศภายนอก (หน่วย ^{O}F)

I_t = ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (หน่วย $Btu/h.ft^2$)

α = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (ไม่มีหน่วย)

ε = สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนจากผิววัสดุ

δR = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและท้องฟ้า (หน่วย $Btu/h.ft^2$)

h_o = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิวภายนอกทั้งหมดรวมทั้ง Long wave Radiation และ Convection (หน่วย $Btu/h.ft^2.F$)

Sol-air Temperature คือ อุณหภูมิประมาณของอากาศที่ติดอยู่กับผิววัสดุตอนที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงแดดและการแลกเปลี่ยนรังสีที่จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารในอัตราที่เทียบเท่ากับสภาวะที่มีอิทธิพลจริงจากรังสีดวงอาทิตย์จากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้า สภาพแวดล้อมและจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายนอก (ASHRAE,1989)

2) การคำนวณปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารปรับอากาศ

ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

2.1) กรณีที่ไม่มีอิทธิพลของแสงแดด

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่เปลือกอาคารกับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร

$Q = U * A * \Delta T$

2.2) กรณีที่ได้รับอิทธิพลของแสงแดด

ความแตกต่างของอุณหภูมิในการคำนวณภาระการทำความเย็น ที่เรียกว่า CLTD (cooling load temperature differences) จะมีการพิจารณาปัจจัยจากสภาพแวดล้อม อิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ อิทธิพลของมวลสาร อิทธิพลของสีวัสดุ แทนการใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน (Δt)

Q = U * A * CLTD

กำหนดให้

Q = ค่าการถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้นใน 1 ชั่วโมง (หน่วย Btu/h)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ซึ่งเป็นส่วนกลับของ U = 1/$\sum$R (หน่วย Btu/h.ft^2.F)

A = พื้นที่ผิวอาคาร (หน่วย ft^2)

ΔT = ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอก(หน่วย^{O}F)

CLTD= ภาระความแตกต่างของความร้อนเทียบเท่า (หน่วย ^{O}F)

การคำนวณ CLTD (Cooling Load Temperature Different) เป็นการคำนวณภาระการปรับอากาศ *พิจารณาอิทธิพลจากหลายองค์ประกอบเข้าไว้ด้วยกัน ได้แก่ วัน เวลา เดือน เขตละติจูด ซึ่งเป็นผลกระทบจากสภาพแวดล้อม*โดยมีตารางตัวเลขสำหรับปรับแก้ตามแต่ละตำแหน่งของประเทศ ซึ่งเดิมสมการได้กำหนดไว้ภายใต้สภาวะมาตรฐาน ((บุญยฤทธิ์ เผือกผ่องสุริยะ, 2544; ASHRAE, 1989) ดังนี้

<u>สภาวะภายนอก</u>

1. กำหนดให้ค่า Solar-air Temperature ของข้อมูลเป็นของวันที่ 21 กรกฎาคม ละติจูดที่ 40 °N ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. ไม่มีอุปกรณ์บังแดดภายนอก
3. ค่าการสะท้อนรังสีจากพื้นดิน 0.2
4. สภาพท้องฟ้าโปร่ง มีค่า Clearness number = 1.0
5. อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดที่ 95 °F ความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในหนึ่งวัน เท่ากับ 21°F
6. สัมประสิทธิ์ความต้านทานของชั้นผิวอากาศวัสดุภายนอก มีค่า 0.333 hr.ft^2.°F/Btu ณ ฤดูร้อน ความเร็วลม 7.5 ไมล์/ชั่วโมง (3.353 ม./วินาที, 12.07 กม./ชั่วโมง, 6.517 น็อต)
7. เครื่องปรับอากาศเปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ติดต่อกัน 7 วันในหนึ่งสัปดาห์
8. ผนังมีสีดำ หรือสีเข้ม

<u>สภาวะภายใน</u>

1. อุณหภูมิอากาศภายในห้องคงที่ 78 °F
2. สัมประสิทธิ์ความต้านทานของชั้นผิวอากาศวัสดุภายใน มีค่า 0.685 hr.ft2.°F/Btu ที่สภาวะอากาศสงบนิ่งในแนวดิ่ง
3. การปรับแก้จากสภาวะมาตรฐานในตรงตามแต่ละประเทศ จะมีค่าปรับแก้ CLTD คือ

   CLTD correct = (CLTD+LM) * K + (78-Tin) + (Tout-85) * f .....หลังคา

   CLTD correct = (CLTD+LM) * K + (78-Tin) + (Tout-85) .....ผนัง

   กำหนดให้

   Tin = อุณหภูมิอากาศภายในห้อง, °F

   Tout = Tout - (ΔT / 2),
   ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายนอกห้อง, °F

   ΔT = ความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดและต่ำสุด, °F

   การดูค่าในตารางขึ้นอยู่กับการเลือกกลุ่มผนังและหลังคา

   <u>ผนัง</u> - ตำแหน่งการวางของวัสดุหลักเมื่อเทียบกับฉนวนกันความร้อน
   - ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนัง
   - วัสดุหลักที่มีมวลมากที่สุดในผนัง
   - วัสดุที่ใช้ร่วมกับวัสดุหลัก

   <u>หลังคา</u> - ตำแหน่งการวางของวัสดุหลักเมื่อเทียบกับฉนวนกันความร้อน
   - ค่าความต้านทานความร้อนรวมของหลังคา
   - วัสดุหลักที่มีมวลมากที่สุดในหลังคา
   - ลักษณะของฝ้าเพดาน

3) การคำนวณอุณหภูมิผิวภายในอาคาร

   ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

   การคำนวณ Heat Flow จากผนังภายในสู่อากาศภายในห้อง

   Q = C * A * ΔT

   กำหนดให้

   Q = ค่าการถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้นใน 1 ชั่วโมง (หน่วย Btu/h)

   C = ค่าการนำความร้อนของวัตถุ C = $1/R_{air\text{-}film\ (ภายใน)}$ (หน่วย Btu/h.ft^2.F)

   A = พื้นที่ผิวอาคาร (หน่วย ft^2)

   ΔT = ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในและอุณหภูมิภายในห้อง

   $T_{surface\text{-}in} - T_{air\text{-}in}$ (หน่วย °F)

3.2.3 ทฤษฎีที่ใช้ศึกษาความรู้สึกของผู้อยู่อาศัยภายในอาคาร

1) การคำนวณอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ

อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบเกิดขึ้นเมื่อวัตถุใดๆ มีอุณหภูมิสูงกว่าผิวกายมนุษย์ วัตถุนั้นจะแผ่รังสีความร้อนแลกเปลี่ยนกับผิวกาย โดยปริมาณความร้อนที่แลกเปลี่ยนจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิของพื้นผิววัตถุ ทิศทางการแผ่รังสี มุมที่กระทำต่อผู้ใช้อาคาร พื้นที่ผิวของวัตถุ เป็นต้น (ASHRAE, 2001; Bradshaw, 1993) อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ หรือ MRT นั้นมีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายมากกว่าอุณหภูมิอากาศถึง 40 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือ เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมีค่าสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 1 องศาเซลเซียส จะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงกว่าอุณหภูมิอากาศอีก 0.4 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ, 2545)

ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ ได้แก่ หลังคา เพดาน ผนัง และพื้น สูตรการหาอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (Fanger, 1970)

$$MRT = (T_1A_1 + T_2A_2 + \dots + T_NA_N) / A_1 + A_2 + \dots + A_N$$

กำหนดให้

MRT = อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโดยรอบ

T_N = อุณหภูมิพื้นผิวของพื้นผิว N

A_N = พื้นที่ผิวของระนาบพื้นผิว N

นอกจากนั้นยังมีการคำนวณอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจาก Plane Radiant Temperature ซึ่งนำเสนอโดย Krosgaard ประกอบด้วย 6 ทิศทาง ได้แก่ ขึ้น ลง ซ้าย ขวา หน้า หลัง

$$T_r^4 = T_1^4F_{p1} + T_2^4F_{p2} + T_3^4F_{p3} + \dots + T_N^4F_{pN}$$

กำหนดให้

T_r = อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโดยรอบ

T_N = อุณหภูมิพื้นผิวของพื้นผิว N

F_{pN} = Angle Factor ระหว่างผู้ใช้อาคารกับพื้นผิว N

และ

$$t_r = \{0.18[t_{pr}(up) + t_{pr}(down)] + 0.22[t_{pr}(right) + t_{pr}(left)] + 0.30[t_{pr}(front) + t_{pr}(back)]\} \div [2(0.18 + 0.22 + 0.30)]$$

กำหนดให้

T_r = อุณหภูมิจากการแผ่รังสีเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ(MRT) (เคลวิน)

$T_r(up)$ = อุณหภูมิของพื้นผิวด้านบน (เคลวิน)

$T_r(down)$ = อุณหภูมิของพื้นผิวด้านล่าง (เคลวิน)

$T_r(right)$ = อุณหภูมิของพื้นผิวด้านขวา(เคลวิน)

$T_r(left)$ = อุณหภูมิของพื้นผิวด้านซ้าย (เคลวิน)

$T_r(front)$ = อุณหภูมิของพื้นผิวด้านหน้า (เคลวิน)

$T_r(back)$ = อุณหภูมิของพื้นผิวด้านหลัง (เคลวิน)

(ASHRAE, 2001)

2) การคำนวณความรู้สึกเสมือนเย็นลง

ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

อิทธิพลของความเร็วลม เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศจริงประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ, 2545ข)

$$T = 0.381(V) \div 0.016(RH)$$

กำหนดให้

T = ความรู้สึกเย็นลง (องศาเซลเซียส)

V = ความเร็วลม (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

RH = ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 การศึกษาการใช้ฉนวนในส่วนต่างๆ ของอาคาร

3.3.1 การศึกษาการใช้ฉนวนในส่วนต่างๆ ของอาคาร

1) ศึกษาสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

ข้อมูลสภาพอากาศที่จะนำมาวิเคราะห์นำจากการข้อมูลสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550 โดยข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์หาอิทธิพลต่อความสบายในแต่ละฤดูกาล และอิทธิพลของสภาพอากาศต่อส่วนต่างๆ ของอาคารซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเลือกใช้ชนิดและคุณสมบัติของฉนวน

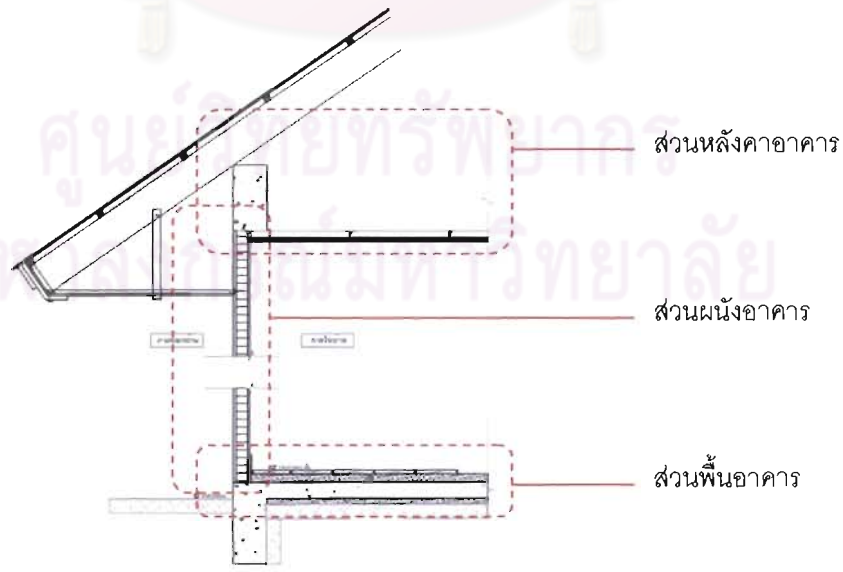
ข้อมูลสภาพอากาศที่นำมาใช้วิเคราะห์ ได้แก่

- สภาพอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์
- สภาพการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์
- อุณหภูมิดินในระดับความลึกต่างๆ

ประกอบกับอิทธิพลที่กระทำในแต่ละทิศทาง โดยใช้ข้อมูล Solar Intensity and Solar Heat Gain Factors (Latitude 16°N) ส่วนนี้นำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์ (Stein, B., Reynolds, J. S. and McGuiness, W. J., 1986)

2) การศึกษาตำแหน่งการติดตั้งฉนวนของอาคาร

การใช้ฉนวนจะศึกษาและวิเคราะห์ในส่วนทึบเป็นหลัก โดยไม่นำส่วนช่องเปิดหรือกระจกมาพิจารณา ได้แก่ หลังคา ผนัง และพื้น เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบที่ได้รับจากสภาพอากาศ ซึ่งส่วนนี้จะสามารถคัดเลือกชนิดของฉนวนได้ตรงตามคุณสมบัติที่เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคาร



ภาพที่ 3-2 แสดงตำแหน่งที่จะทำการวิเคราะห์หาชนิดของฉนวนที่เหมาะสม

3.3.2 การศึกษาการใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับอาคารประเภทต่าง ๆ

การศึกษาในงานวิจัยมุ่งเน้นให้เกิดการนำไปใช้ จึงทำการศึกษาโดยแบ่งประเภทอาคารตามลักษณะการใช้งาน คือ

1) อาคารปรับอากาศ

การศึกษาจะทำการแบ่งเป็นช่วงเวลาการใช้งานอาคารตามที่เกิดขึ้นจริงและเป็นส่วนใหญ่ คือ

- ปรับอากาศ 24 ชั่วโมง

  สำหรับอาคารประเภทโรงพยาบาล โรงแรม โรงงานบางประเภท

- ปรับอากาศ 8.00-17.00 น.

  สำหรับอาคารประเภทสำนักงาน หรือสถานศึกษา ที่มีเวลาทำงานในช่วงกลางวัน

- ปรับอากาศ 21.00-6.00 น.

  สำหรับอาคารประเภทบ้านพักอาศัย ที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ในเวลากลับถึงบ้าน หรือช่วงเวลาเข้านอน

2) อาคารไม่ปรับอากาศ

การศึกษาสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ จะเป็นอาคารที่ไม่มีช่วงเวลาที่ใช้เครื่องปรับอากาศ สามารถเป็นได้ทุกประเภทอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 การศึกษาการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

3.4.1 อาคารตัวอย่างที่คัดเลือก

การศึกษาอาคารจริงที่มีการใช้ฉนวนอย่างบูรณาการและมีประสิทธิภาพด้านการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อหาแนวทางการใช้ฉนวนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาชนิดของฉนวน รูปแบบและการติดตั้ง พร้อมทั้งประสิทธิภาพของอาคาร โดยแยกประเภทอาคารตัวอย่าง ดังนี้

1) อาคารที่ใช้งานหลายช่วงเวลา : บ้านพักอาศัย
   - บ้านประหยัดพลังงาน
   - บ้านชีวาทิตย์
2) อาคารที่ใช้งานช่วงเวลากลางวัน : อาคารสำนักงาน
   - อาคารอนุรักษ์พลังงานพลังงานเฉลิมพระเกียรติ
   - โครงการศูนย์ราชการ กรุงเทพมหานคร (ถนนแจ้งวัฒนะ)
   - โรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม จังหวัดสมุทรปราการ

ก) บ้านประหยัดพลังงาน

ข) บ้านชีวาทิตย์

ภาพที่ 3-3 แสดงอาคารตัวอย่างที่ที่คัดเลือกมาศึกษา ประเภทบ้านพักอาศัย

ก) อาคารอนุรักษ์พลังงานพลังงานเฉลิมพระเกียรติ คลอง 5 ปทุมธานี

ข) โครงการศูนย์ราชการ กรุงเทพมหานคร (ถนนแจ้งวัฒนะ)

ค) โครงการปรับปรุงโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม จังหวัดสมุทรปราการ

ภาพที่ 3-4 แสดงอาคารตัวอย่างที่ที่คัดเลือกมาศึกษา ประเภทอาคารสำนักงาน

3.4.2 แนวทางการวิเคราะห์อาคารตัวอย่าง

การนำอาคารตัวอย่างมาศึกษา ทำการวิเคราะห์การเลือกและการติดตั้งฉนวนกันความร้อนให้กับอาคารเพื่อประสิทธิภาพด้านการอนุรักษ์พลังงาน และเป็นแนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวนอย่างเหมาะสมจากอาคารจริงที่มีการใช้งานจริง

ขั้นตอนการศึกษาอาคารตัวอย่าง ดังนี้

1. ศึกษาแนวคิดการออกแบบอาคาร
2. เทคนิคและการเลือกใช้วัสดุ
   - การเลือกใช้วัสดุผนังภายนอก
   - การเลือกใช้วัสดุมุงและระบบกันความร้อนของหลังคา
   - อื่นๆ
3. ประสิทธิภาพของอาคาร
4. สรุปประโยชน์จากการติดตั้งฉนวนสำหรับอาคาร
   - การลดพลังงาน
   - การลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Cooling Load Reduction)
   - การลดการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิผิวโดยรอบ
   - การเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย
   - อื่นๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยแนวทางการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น ประกอบด้วยการศึกษาคุณสมบัติของฉนวนต่างๆ และศึกษาตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดการลดความร้อน ทำให้วัสดุฉนวนเกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น และนำตัวแปรดังกล่าวมาหาความสัมพันธ์และอิทธิพลเพื่อการเลือกใช้ประเภทฉนวนให้เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคารได้ตรงคุณสมบัติและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์ใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับอาคารที่ไม่ปรับอากาศ และอาคารปรับอากาศในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อลดการใช้พลังงานและเพิ่มสภาวะน่าสบายให้กับผู้อยู่อาศัยภายในอาคาร ส่วนแนวทางการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการทำการคัดเลือกอาคารจริงที่มีศักยภาพด้านการอนุรักษ์พลังงานและเน้นการใช้ฉนวนอย่างบูรณาการ นำมาศึกษา วิเคราะห์เพื่อศึกษาแนวทางการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการอย่างถูกต้องเหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคารและนำมาเป็นแนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้นต่อไป โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละขั้นตอน

4.1 วิเคราะห์ประเภทของฉนวนและตัวแปรในการลดความร้อน

ฉนวนเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการสกัดกั้นความร้อน ไม่ให้ส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ ฉนวนกันความร้อนที่ดีควรเป็นฉนวนกันความร้อนที่มีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด ลดการถ่ายเทความร้อนในรูปของการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้เป็นอย่างดี ดังนี้

1. การนำความร้อน (Conduction) คือ ส่วนของวัสดุหรือเนื้อฉนวน ขึ้นอยู่กับโครงสร้างโมเลกุลของวัสดุนั้นๆ ซึ่งพิจารณาตามความหนาแน่นของวัสดุ และคุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุชนิดต่างๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการส่งผลโดยตรงต่อค่าการต้านทานความร้อน
2. การพาความร้อน (Convection) คือ การถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านพื้นผิวที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยการพาขึ้น
3. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือ พลังงานส่วนที่ถูกปล่อยออกมาจากวัตถุผ่านผิวของวัตถุนั้นๆ ทั้งนี้การแผ่รังสีความร้อนขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัสดุซึ่งจะมีค่าการคายความร้อน (Emissivity) ของพื้นผิวต่างๆ

4.1.1 คุณสมบัติของฉนวนต่างๆ

วัสดุทุกชนิดมีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่ง และวัสดุทุกชนิดในโลกล้วนเป็นฉนวนทั้งสิ้น เพียงแต่ค่าความเป็นฉนวนหรือค่าความต้านทานความร้อนมากหรือน้อยแตกต่างกัน ดังนั้น การศึกษาประเภทของฉนวน และคุณสมบัติของฉนวนจึงมีความสำคัญเพื่อการนำไปใช้ได้อย่างเหมาะสม ด้วยเหตุนี้จึงทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของฉนวน ดังนี้

1. ประเภทของฉนวน
2. คุณสมบัติของฉนวนต่างๆ
3. ปัญหาที่เกิดจากการใช้ฉนวนไม่เหมาะสม

4.1.1.1 ประเภทของฉนวน

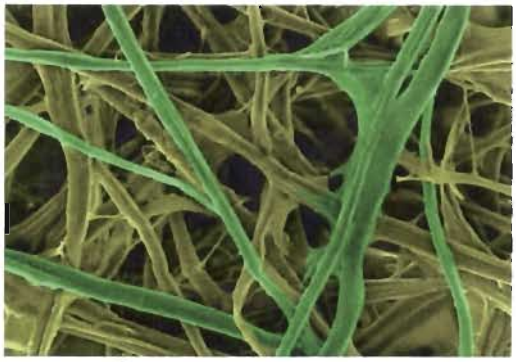
การจำแนกประเภทของฉนวนกันความร้อนสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับการจำแนกเพื่อการอ้างอิงใดๆ หรือวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบคุณลักษณะใดๆ ได้แก่

- วัสดุพื้นฐานของฉนวน (Basic materials and composites)
- รูปแบบของฉนวน (Produced different forms)
- ลักษณะของการป้องกันความร้อน (Thermal Resistant)

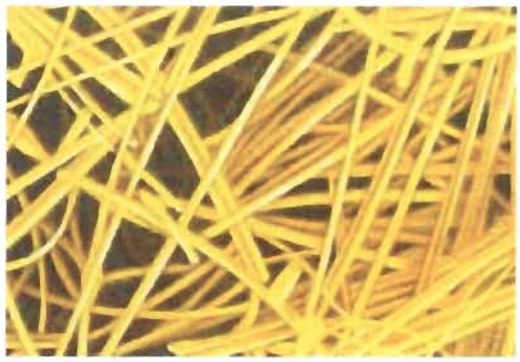
จากการวิจัยได้แบ่งประเภทของฉนวนตามลักษณะของวัสดุเนื้อฉนวนเป็นหลัก เนื่องจากทำให้คุณสมบัติของฉนวนแตกต่างกัน ดังนี้

- ฉนวนที่เป็นเส้นใยขนาดเล็กสานกัน เกิดโพรงอากาศนิ่งภายใน
- ฉนวนที่เป็นเซลล์ปิด เกิดช่องว่างขนาดเล็กภายใน
- ฉนวนที่เป็นแผ่นโลหะสะท้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

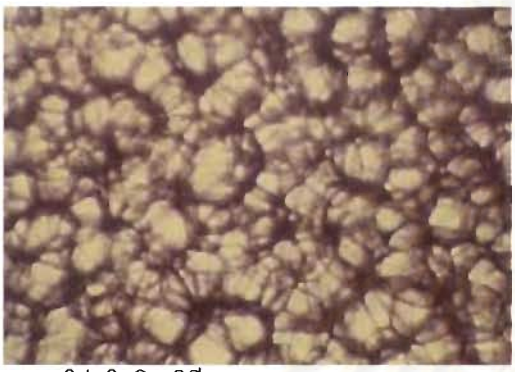


ฉนวนเซลลูโลส (Cellulose)



ฉนวนใยแก้ว (Fiber Glass)

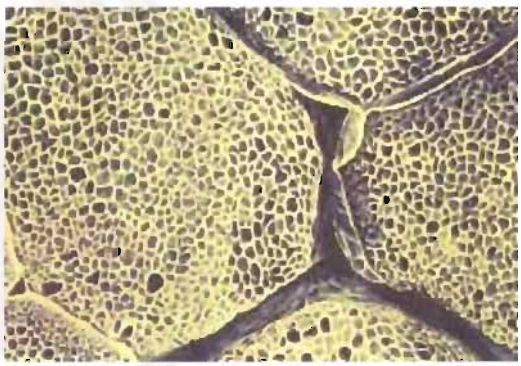
ก) ฉนวนที่เป็นเส้นใยขนาดเล็กสานกัน



ฉนวนโฟมโพลิเอทิลีน (Polyethylene)

ฉนวนโฟมยางแบบขยาย

ฉนวนโฟมโพลิยูริเทน (Polyurethane)



ฉนวนโฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene)

ข) ฉนวนที่เป็นเซลล์ปิด

ฉนวนบับเบิลฟอยล์

ค) ฉนวนที่เป็นแผ่นโลหะสะท้อน

ภาพที่ 4-1 แสดงการแบ่งประเภทของฉนวนตามลักษณะของวัสดุเนื้อฉนวน

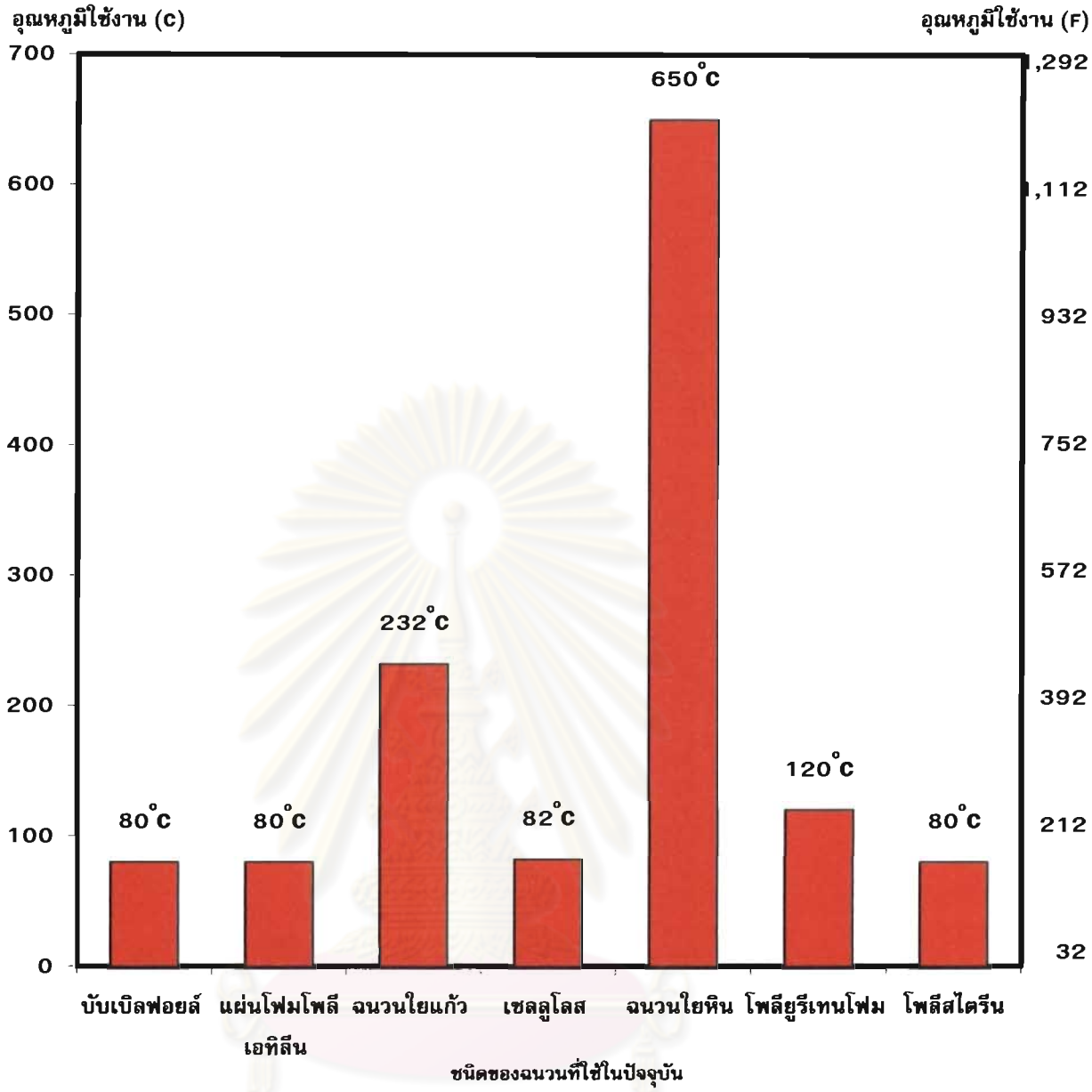
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.1.2 คุณสมบัติของฉนวนต่างๆ

การศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะและคุณสมบัติของฉนวนจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้ออกแบบ เพื่อเลือกฉนวนให้เหมาะสมกับการใช้งานและเกิดประสิทธิผลการป้องกันความร้อนสูงสุด ตัวแปรที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคาร ดังนี้

1. ด้านคุณสมบัติ (Performance)
   - การต้านทานความร้อน (Thermal Resistivity)
   - การต้านทานต่อความชื้น (Resistance to Water Penetration)
   - การกันเสียง (Acoustical Resistance)
   - การต้านทานต่อแรงอัด (Resistance to Compaction)
   - ความแข็งแรงทางกล (Mechanical Strength)
   - อุณหภูมิของการใช้งานที่เหมาะสม (Suitability for Service Temperature)
   - การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน (Thermal Expansion)
2. ด้านการใช้งาน (Functions)
   - รูปแบบทางกายภาพ (Physical Forms)
   - ความหนาแน่น และความจุความร้อน (Bulk Density and Heat Capacity)
3. ด้านความปลอดภัยและสุขภาพ (Safety & Health)
   - อันตรายจากไฟไหม้ (Fire Hazard)
   - การปลอดจากกลิ่น (Freedom from Odour)
   - การต้านทานต่อการกัดกร่อนและสารเคมี (Corrosion and Chemical Resistance)
   - ความต้านทานต่อแมลงและเชื้อราและความปลอดภัยต่อสุขภาพ (Resistance to Vermin and Fungus)
   - ปลอดภัยจากการก่อมะเร็ง (No Cancer)
4. ด้านเศรษฐกิจ (Economic)
   - การบำรุงรักษาต่ำ (Low Maintenance)
   - หาง่าย (Convenience) ราคาไม่แพง (Moderate Cost)
5. ด้านการขนส่ง (Logistic)
   - ขนส่งสะดวก (Transport Easily)

นอกจากนั้นยังต้องมีการศึกษาข้อจำกัดของฉนวนชนิดต่างๆ เพื่อประสิทธิภาพที่ดี ทั้งข้อจำกัดจากคุณสมบัติของฉนวนชนิดต่างๆ และการติดตั้งอย่างไม่เหมาะสม



แผนภูมิที่ 4-1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิใช้งานจำกัดของฉนวนชนิดต่าง ๆ

จากแผนภูมิ 4-1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิใช้งานของฉนวนต่างๆ พบว่า ฉนวนประเภทโฟมและฟอยล์มีอุณหภูมิใช้งานจำกัดต่ำสุด ประมาณ 80-120 องศาเซลเซียส ส่วนฉนวนใยแก้วมีอุณหภูมิใช้งานจำกัด 232 องศาเซลเซียส และฉนวนใยหิน มีอุณหภูมิใช้งานจำกัด 650 องศาเซลเซียส จึงนิยมใช้ในงานระบบต่างๆ แต่ยังไม่มีหลักฐานยืนยันความปลอดภัย การเลือกใช้งานในอาคารบ้านเรือนที่มีการสัมผัสอากาศและผิววัสดุต่างๆ ที่อาจจะเกิดความร้อนและเพลิงไหม้ ด้วยเหตุนี้การพิจารณาอุณหภูมิใช้งานจำกัดของฉนวนแต่ละชนิดต้องเหมาะกับอุณหภูมิสูงสุดของแต่ละส่วนของอาคาร

ตารางที่ 4-1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

คุณสมบัติ	โฟมโพลีสไตรีน	โฟมโพลียูรีเทน	ใยแก้ว
1. โครงสร้างเซล (Cell Structure)	เซลปิด (Closed Cell)	เซลกึ่งเปิด-ปิด (Semi-Close Cell)	เซลเปิด (Open Cell)
2.ความหนาแน่น (Density)	16-24 kg./m^3	32-48 kg/m^3	12-64 kg/m^3
3. ค่าการนำความร้อน (k-value)	0.029 W/m.K	0.023 W/m.K	0.036 W/m.K
4. อุณหภูมิใช้งาน (TemperatureService)	80 ^oC	120 ^oC	232 ^oC
5. ความทนทานต่อสารเคมี (Chemical Resistance)	ดีเยี่ยม (Excellent)	ไม่ดี (Poor)	ดี (Good)
6. การแทรกซึมความชื้น (Permeability)	1.08-1.62 perm-cm ต่ำ (Low)	3.6-5.4 perm-cm ต่ำ (Low)	180 perm-cm สูงมาก (Very High)
7. ค่าดูดซึมน้ำ (%)	0.5-0.7	1.3	0.2
8. การกระจายของเปลวไฟ(Flammability)	5-25 ไม่ลามไฟ (Self-extinguishing)	25-75 ลามไฟ (High Frame Spread)	15-20 ไม่ติดไฟ (Non-combustion)
9. การเกิดควันพิษเมื่อติดไฟและปริมาณควัน (Toxity in fire and smoke density)	10-400 ไม่มีพิษ ควันมาก (Non toxic and high smoke density)	155-500 ก๊าซพิษ และควันมาก (Toxic and high smoke density)	0-20 ไม่มีพิษ ควันน้อย (Non toxic and low smoke density)
10. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสภาพของวัสดุ	ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม คงสภาพการเป็นเซลปิด และมีความเป็นฉนวนตลอดอายุการใช้งาน กรณีอยู่ในที่โล่งแจ้งควร ทาสีทับผิววัสดุเพื่อป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตโดยตรง	ผลิตก๊าซพิษเมื่อลุกไหม้ เมื่อใช้งานไประยะหนึ่ง เนื้อโฟมจะแตกตัวเป็นรอย ทำให้น้ำซึมเข้าไปสะสม และเนื้อฉนวนจะเสื่อมสภาพหลุดร่อน ทำให้คุณสมบัติการเป็นฉนวนลดลงตามระยะเวลาการใช้งาน	เมื่อใช้ระยะหนึ่งเส้นใยจะเริ่มหลุดร่วงและเป็นฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย เมื่อสัมผัสผิวหนังจะระคายเคือง แต่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย สามารถป้องกันได้โดยการเลือกใช้รูปแบบที่มีการห่อหุ้มด้วยวัสดุปิดผิวเนื้อฉนวน
11. อายุการใช้งาน (Working - life)	ระยะเวลา 7-10 ปี จากลักษณะการติดตั้ง ทำให้ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่	ระยะเวลา 7-10 ปี จากลักษณะการติดตั้ง ทำให้ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่	ระยะเวลา 7-10 ปี สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่โดยการรื้อและปูใหม่ได้สะดวก

ตารางที่ 4-1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนที่นิยมใช้ในปัจจุบัน (ต่อ)

คุณสมบัติ	เซลลูโลส	ใยหิน	บับเบิลฟอยล์
1. โครงสร้างเซล (Cell Structure)	เซลเปิด (Open Cell)	เซลเปิด (Open Cell)	เซลปิด (Closed Cell)
2.ความหนาแน่น (Density)	40-48 kg./m^3	100 kg./m^3	33-50 kg./m^3
3. ค่าการนำความร้อน (k-value)	0.04-0.045 W/m.K.	0.034 W/m.K.	0.029 W/m.K
4. อุณหภูมิใช้งาน (TemperatureService)	82 ^{O}C	650 ^{O}C	80 ^{O}C
5. ความทนทานต่อสารเคมี (ChemicalResistance)	ดี (Good)	ดีเยี่ยม (Excellent)	ไม่ดี (Poor)
6. การแทรกซึมความชื้น (Permeability)	>180 perm-cm สูง (High)	>180 perm-cm สูง (High)	0.02 perm-cm ต่ำมาก (Very Low)
7. ค่าดูดซึมน้ำ (%)	1	0.2	2.1
8. การกระจายของเปลวไฟ(Flammability)	15-40 ลามไฟ (High Frame Sporead)	15 ไม่ลามไฟ (Non Frame Sporead)	10 ลามไฟ (High Frame Sporead)
9. การเกิดควันพิษเมื่อติดไฟและปริมาณควัน (Toxity in fire and smoke density)	ไม่มีพิษ 0-45 ควันน้อย (Non toxic and low smoke density)	ไม่มีพิษ 0 ไม่มีควัน (Non toxic and no smoke density)	เป็นพิษ 25 ควันน้อย (Toxic and low smoke density)
10. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสภาพของวัสดุ	ผลิตจากไม้หรือกระดาษที่ใช้แล้ว หรือรีไซเคิล (Recycle) เป็นการลดปริมาณขยะ มีการซึมผ่านของไอน้ำสูงและจะดูดซึมไว้ 98% โดยน้ำหนัก จึงไม่เหมาะกับการใช้ในสิ่งแวดล้อมที่มีความชื้นสูง ใยเซลลูโลส หากไม่ได้ผสมสารหน่วงไฟจะติดไฟได้	ทำจากหินหรือขี้โลหะจึงไม่ติดไฟ แต่ขึ้นกับตัวประสานที่ผสมอาจเป็นวัสดุติดไฟได้ ใยหินนี้จะไม่ช่วนในการเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรีย และไม่ผลกระทบจากสัตว์ด้วย	วัสดุสัมผัสโดยตรงกับเปลวไฟจะเกิดการละลายและไหม้ โดยเฉพาะส่วนชั้นตรงกลางจะติดไฟได้ง่าย เมื่อวัสดุติดไฟ จะทำให้เกิดควันมาก และเป็นพิษ
11. อายุการใช้งาน (Working - life)	ระยะเวลา 7 - 10 ปี การติดตั้งแบบลูสฟิลล์เกิดการยุบตัวได้ถึง20% ทำให้ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่	ระยะเวลา 7 - 10 ปี สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ โดยการรื้อและปูใหม่ได้สะดวก	ระยะเวลา 7-10 ปี วัสดุฉนวนเป็นแผ่นบาง ทำให้ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่

ตารางที่ 4-2 แสดงการสรุปเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนต่างๆ

ฉนวน	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัด
ใยแก้ว	สภาพนำความร้อนต่ำ ราคาต่ำในรูปของเส้นใย อัดแผ่น แบบคลุม แบบลูสฟิลล์ และสำหรับ ฉนวนหุ้มท่อ ถ้าไม่มีวัตถุ ฉาบจะไม่ลุกติดไฟ ไม่เป็นพิษ การดูดซึมน้ำต่ำ เสถียรภาพดี	วัตถุสำหรับฉาบของแบบ เส้นใยแผ่นอาจติดไฟ ราคาปานกลางถึงสูงใน รูปแบบแผ่นแข็ง	ต้องการเปลือกหุ้มกั้นไอ น้ำ เพื่อป้องกันการซึม ผ่านของไอน้ำ เป็นการคง ประสิทธิภาพของฉนวน เมื่อใช้วัตถุสำหรับฉาบ จำกัดอุณหภูมิเพียงปาน กลาง เพื่อลดปัญหาการ ติดไฟ
ใยหิน	สภาพนำความร้อนต่ำ ราคาต่ำในรูปของเส้นใย อัดแผ่นแบบคลุมและ แบบลูสฟิลล์ ถ้าไม่มีวัตถุฉาบจะไม่ติด ไฟ เสถียรภาพ ไม่เป็นพิษ	วัตถุสำหรับฉาบของแบบ เส้นใยอัดแผ่นจะติดไฟ และตัวประสานอาจลุก ไหม้ อากาศที่เคลื่อนที่อาจลด สมรรถนะทางความร้อน ถ้าไม่ใช้เปลือกหุ้มกั้นการ แทรกซึมของอากาศ ราคาปานกลางถึงสูงใน รูปแบบบล็อกและแผ่น แข็ง	สภาพการซึมผ่านของไอ น้ำสูง จำเป็นต้องมีเปลือก หุ้มกั้นไอน้ำ เมื่อใช้กับตัวประสานหรือ วัตถุสำหรับฉาบ จำกัด อุณหภูมิเพียงปานกลาง
ใยเซลลูโลส	สภาพนำความร้อนต่ำ ราคาต่ำถึงปานกลาง ไม่เป็นพิษ	ติดไฟได้ แต่ความสามารถ ในการสันดาปลดลงเมื่อ ใช้สารหน่วงไฟไหม้ สภาพการดูดซึมน้ำสูง มีการยุบตัวตามอายุการ ใช้งาน	สารหน่วงไฟไหม้ที่ใช้อาจ เร่งการกัดกร่อนเหล็กกล้า อลูมิเนียมและทองแดง ไม่เหมาะกับการใช้งานใน อาคารสาธารณะ
โพลิสไตรีนโฟม	สภาพการนำความร้อนต่ำ อาจใช้เป็นตัวผนึกและกัน ซึม สภาพซึมเข้าของน้ำและ การดูดซึมน้ำต่ำ เสถียรภาพ ไม่เป็นพิษ	ราคาปานกลาง ติดไฟ อุณหภูมิใช้งานต่ำ	อุณหภูมิใช้งานสูงสุดที่ 82 องศาเซลเซียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-2 แสดงการสรุปเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนต่าง ๆ (ต่อ)

ฉนวน	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัด
โพลิยูรีเทน / โพลิไอโซไซยานูเรตโฟม	สภาพนำความร้อนต่ำ ใช้เป็นตัวผนึกและกันซึมได้ สภาพการซึมเข้าของน้ำและดูดซึมน้ำต่ำ	ราคาปานกลางถึงสูง ติดไฟ ต้องมีเปลือกหุ้มกันไฟเมื่อติดตั้งในอาคารเฉพาะ	จะเกิดควันที่เป็นพิษขณะลุกไหม้
บับเบิลฟอยล์	ติดตั้งง่าย น้ำหนักเบา ไม่เป็นอาหารของเชื้อราและแบททีเรีย ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ	สัมผัสโดยตรงกับเปลวไฟจะเกิดการละลาย และไหม้	อุณหภูมิใช้งานสูงสุดที่ 82 องศาเซลเซียส
ฉนวนอื่น ๆ			
แคลเซียมซิลิเกต	ไม่ติดไฟ อุณหภูมิการใช้งานสูง แห้งแล้วคุณภาพทางกายภาพและความร้อนไม่เปลี่ยน มีเสถียรภาพเมื่อแห้ง	สภาพนำความร้อนปานกลาง สภาพการซึมผ่านของไอน้ำและดูดซึมน้ำสูง ราคาแพง ความหนาแน่นสูง	ไม่สามารถใช้ในที่มีน้ำอย่างเช่นฝังโดยตรง เสียคุณสมบัติความเป็นฉนวนทันทีเมื่อเปียก
เซลลูลาร์กลาส	ไม่ติดไฟ ความชื้นไม่สามารถแทรกซึมได้ มีเสถียรภาพ ทนแรงกดได้สูง ไม่เป็นพิษเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูง	สภาพนำความร้อนปานกลาง สภาพการซึมผ่านของไอน้ำและการดูดซึมน้ำสูง ราคาแพง ความหนาแน่นสูง	อาจแตกเมื่อมีการแข็งตัวของน้ำและเกิดการละลายในช่องฉนวน
โฟมแบบยืดหยุ่น (ยาง)	สภาพนำความร้อนต่ำ ราคาต่ำ ติดตั้งและผนึกง่าย สภาพซึมผ่านของไอน้ำต่ำ เสถียรภาพ ไม่เป็นพิษ	ติดไฟได้ ระดับการเกิดควันสูงเมื่อลุกไหม้ ไวต่อแสงอุลตราไวโอเลต	อุณหภูมิใช้งานจำกัดที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นวัสดุติดไฟ จึงมีข้อจำกัดในการใช้งานภายในอาคาร

ตารางที่ 4-2 แสดงการสรุปเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนต่างๆ (ต่อ)

ฉนวน	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัด
เพอร์ไลท์	สภาพการนำความร้อนต่ำ ไม่ติดไฟ เสถียรภาพ ไม่เป็นพิษ	สภาพซึมเข้าไปได้ของไอน้ำ และการดูดซึมน้ำสูง ราคาปานกลาง	ต้องการเปลือกหุ้มกั้นไอน้ำ เนื่องจากสภาพซึมผ่านของไอน้ำสูง
เวอร์มิคูไลท์	อุณหภูมิใช้งานสูงสุด ไม่ติดไฟ ไม่เป็นพิษ เสถียรภาพ	สภาพนำความร้อนสูง การดูดซึมน้ำสูง ราคาปานกลาง	ต้องการอุปกรณ์บรรจุทางกายภาพ
ฟีโนลิคโฟม	สภาพน้ำความร้อนต่ำ ไม่ติดไฟ การดูดซึมน้ำต่ำ เสถียรภาพ ราคาต่ำ	ไวต่อแสงอุลตราไวโอเลต สภาพซึมเข้าไปได้ของน้ำสูง	อุณหภูมิใช้งานสูงสุดที่ 135 องศาเซลเซียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.1.3 ปัญหาที่เกิดจากการใช้ฉนวนไม่เหมาะสม

ฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคารในปัจจุบันมีหลายชนิด การเลือกใช้โดยไม่พิจารณาคุณสมบัติต่างๆ ของฉนวนอย่างครบถ้วนจึงอาจทำให้เกิดปัญหาขึ้น ตัวอย่างเช่น การหลุดร่อนของแผ่นฉนวนที่ติดตั้งใต้แผ่นหลังคา การเกิดแก๊สพิษจากการเผาไหม้ของฉนวนบางชนิด การควบคุมความหนาและความหนาแน่นของฉนวนชนิดฉีดพ่นที่ทำได้ค่อนข้างยากเนื่องจากเป็นการฉีดพ่นด้วยแรงงานคน เป็นต้น ปัญหาและความเสียหายที่เกิดขึ้นเหล่านี้ นอกจากจะทำให้ฉนวนสูญเสียประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนแล้ว การซ่อมแซมยังทำได้ยาก และเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีกด้วย

การใช้ฉนวนได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดจำเป็นต้องศึกษาองค์ประกอบร่วมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นลักษณะเซลล์ของฉนวนแต่ละชนิดและโพรงอากาศภายในเนื้อฉนวน ความหนาแน่นของฉนวน รูปแบบของฉนวน ซึ่งองค์ประกอบนี้ทำให้เกิดคุณสมบัติของฉนวนแตกต่างกัน นอกจากนั้น ยังต้องศึกษาข้อจำกัดของฉนวนชนิดต่างๆ ตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเลือกใช้ฉนวนชนิดต่างๆ และการติดตั้งอย่างไม่เหมาะสมกับคุณสมบัติ เป็นการเรียนรู้และหลีกเลี่ยงปัญหาที่จะเกิดขึ้น เพื่อการใช้ฉนวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น การเลือกใช้ฉนวนจึงควรทราบถึงลักษณะและคุณสมบัติด้านต่างๆ ของฉนวนอย่างครบถ้วน โดยจะต้องพิจารณาเลือกใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานและตำแหน่งที่ติดตั้งในอาคารด้วย จึงจะสามารถคงไว้ซึ่งคุณสมบัติที่ดีของฉนวนกันความร้อน ลดปัญหาที่จะตามมาในภายหลัง และลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา/ซ่อมแซมได้อีกด้วย ปัญหาที่เกิดจากการใช้ฉนวน สามารถแยกได้เป็น 2 สาเหตุหลัก ดังนี้

1) ปัญหาจากการเลือกชนิดฉนวนไม่เหมาะสม
   - การเลือกรูปแบบของฉนวนไม่เหมาะสม
   - อุณหภูมิใช้งานไม่เหมาะสมกับส่วนของอาคาร
   - ความปลอดภัยต่อสุขภาพ
2) ปัญหาจากการติดตั้งไม่ถูกต้อง
   - การซึมผ่านของน้ำ
   - การควบแน่นเป็นหยดน้ำ
   - การกรอบแตกหักของเส้นใย
   - การยุบตัวของฉนวน
   - การเกิดสะพานความร้อน

(ดูรายละเอียดในบทที่ 2)

4.1.2 ตัวแปรการลดความร้อน

การลดความร้อน คือ การลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร ตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดการลดความร้อน ได้แก่

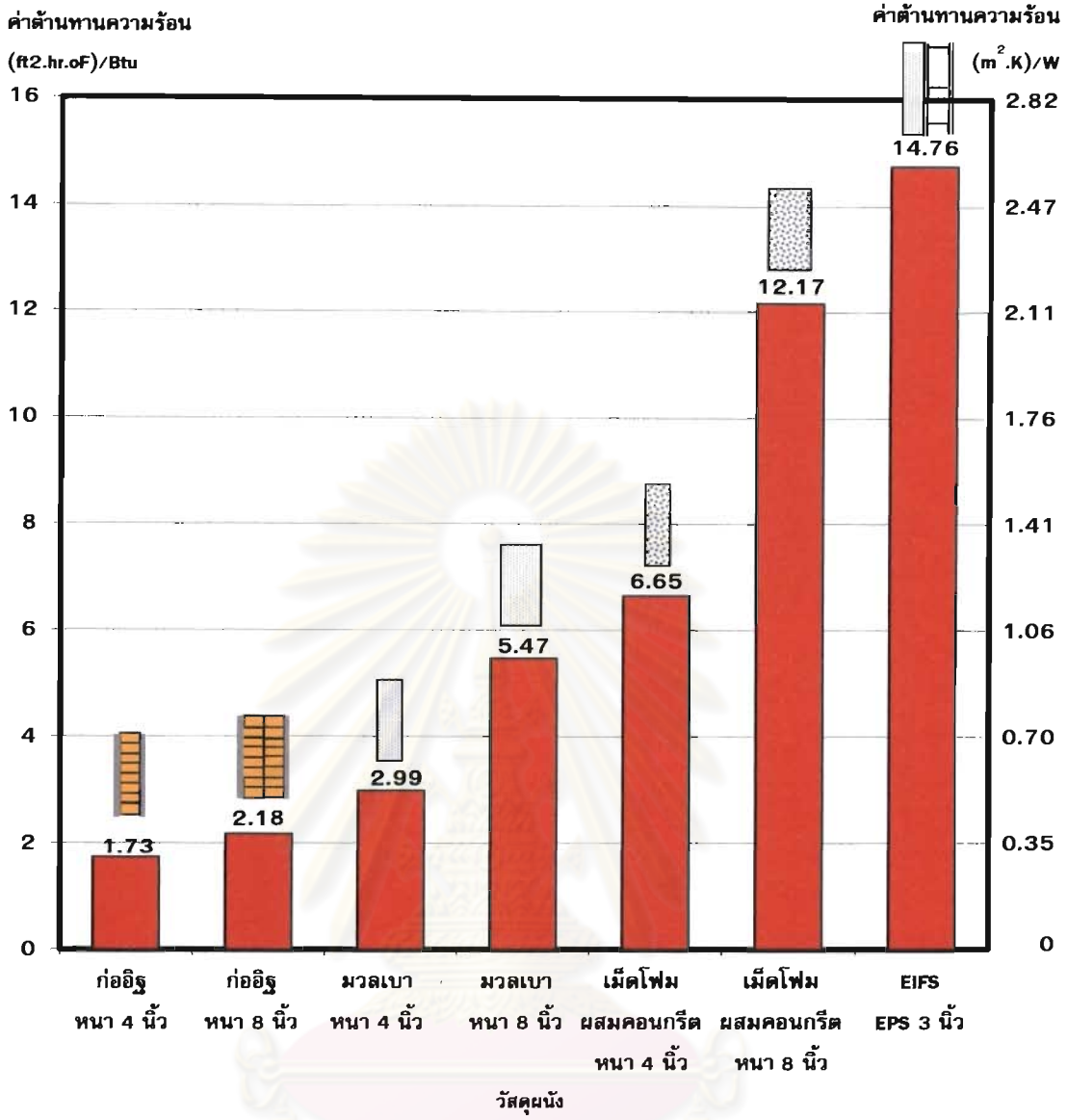
1. การต้านทานความร้อน
2. มวลสาร
3. ช่องว่างอากาศ
4. สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนผิววัสดุ

4.1.2.1 การต้านทานความร้อน

การต้านทานความร้อน เป็นคุณสมบัติของวัสดุในการทนทานต่อความร้อนโดยปราศจากการเสื่อมสภาพหรือการเสียหาย สามารถสกัดกั้นการถ่ายเทความร้อนจากการนำความร้อน การพาความร้อน หรือการแผ่รังสีความร้อน วิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีพร้อมกันก็ได้

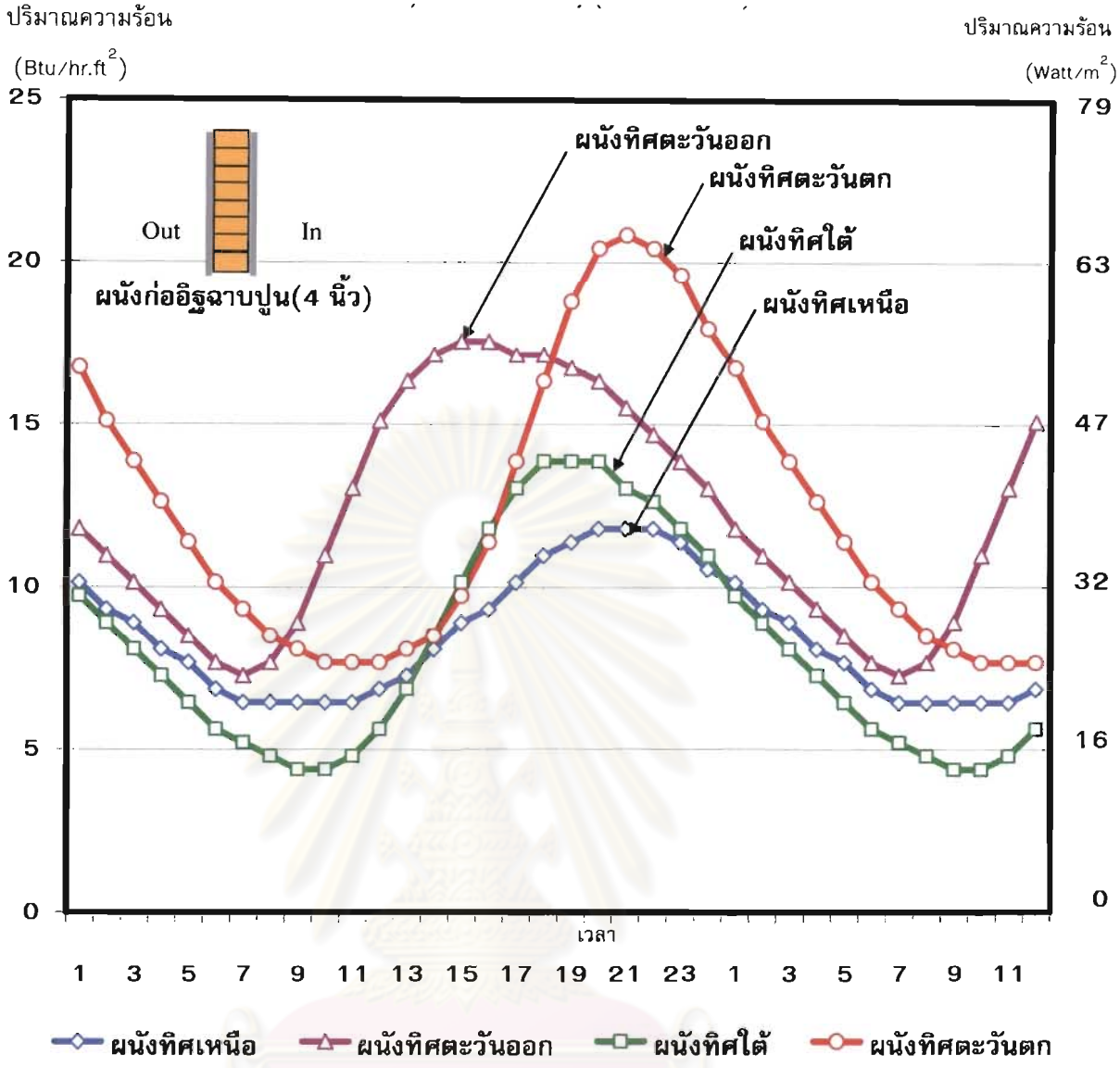
วัสดุทุกชนิดมีค่าการต้านทานความร้อนทั้งสิ้น ขึ้นอยู่กับช่องว่างอากาศที่เกิดจากการขึ้นรูปตามสภาพของวัสดุไม่ว่าจะเป็นเส้นใย หรือเซลล์ของวัสดุฉนวนชนิดต่างๆ ทำให้มีอัตราการไหลของความร้อนไหลจากผิวด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้ช้าลง ทำให้การถ่ายเทความร้อนมีปริมาณลดลง ดังนั้น การพิจารณาการต้านทานความร้อน จึงขึ้นอยู่กับลักษณะของเซลล์ภายในเนื้อฉนวนที่มีผลต่อค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4-2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ

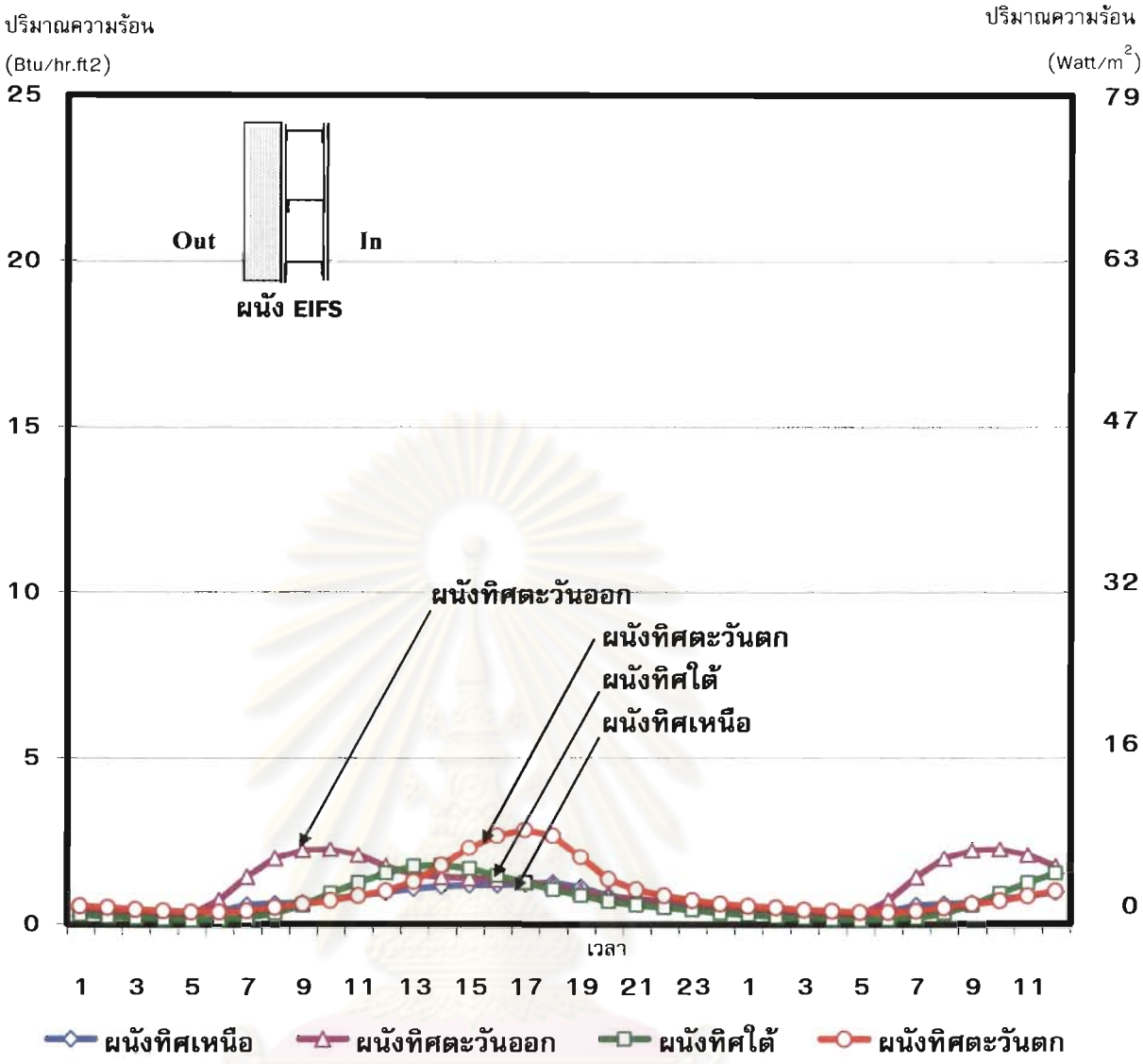
จากแผนภูมิ 4-2 เปรียบเทียบค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุต่างๆ ตามความหนาที่ใช้งานจริงอยู่ในปัจจุบัน พบว่า วัสดุที่มีค่าการต้านทานความร้อนสูงจะมีช่องว่างอากาศภายในเนื้อวัสดุ โดยเฉพาะผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ซึ่งเป็นฉนวนประเภทโฟม เนื้อฉนวนเป็นเซลล์ปิดที่มีช่องว่างอากาศนิ่งจำนวนมาก ทำให้มีค่าการต้านทานความร้อนสูงที่สุด รองลงมาเป็นผนังเม็ดโฟมผสมคอนกรีต ซึ่งมีเม็ดโฟมผสมอยู่ภายใน ทำให้มีค่าการต้านทานความร้อนสูงเป็นอันดับถัดมา



แผนภูมิที่ 4-3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูน(4 นิ้ว) ในทิศทางต่างๆ (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, ทุกทิศทาง, K=0.65(ผนังสีอ่อน), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25°C(77°F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-3 แสดงปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังก่ออิฐฉาบปูนที่นิยมใช้กันทั่วไป ทั้ง 4 ทิศของอาคาร ในเดือนเมษายน พบว่า ปริมาณความร้อนจากภายนอกสามารถเข้าสู่ภายในอาคาร โดยมีปริมาณต่ำสุดอยู่ทางทิศเหนือ 11.80 Btu/hr.ft^2 และปริมาณความร้อนสูงสุดอยู่ทางทิศตะวันตก 20.85 Btu/hr.ft^2



แผนภูมิที่ 4-4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนัง EIFS ในทิศทางต่าง ๆ (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, ทุกทิศทาง, K=0.65(ผนังสีอ่อน), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25 °C(77 °F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-4 แสดงปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังระบบผนังฉนวนกันความร้อนภายนอกทั้ง 4 ทิศของอาคาร ในเดือนเมษายน พบว่า ปริมาณความร้อนจากภายนอกสามารถเข้าสู่ภายในอาคาร โดยมีปริมาณต่ำสุดอยู่ทางทิศเหนือ 1.18 Btu/hr.ft^2 และปริมาณความร้อนสูงสุดอยู่ทางทิศตะวันตก 2.85 Btu/hr.ft^2

จากการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังที่นิยมใช้กันทั่วไปกับระบบผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก ทั้ง 4 ทิศของอาคาร ในเดือนเมษายน พบว่า ระบบผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก มีปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังน้อยกว่าผนังอิฐฉาบปูน 4 นิ้ว 9 เท่า ดังนั้น วัสดุยิ่งมีค่าความเป็นค่าการต้านทานความร้อนมาก ยิ่งลดอิทธิพลของทิศทางการวางอาคารได้

4.1.2.2 มวลสาร

คุณสมบัติการกันความร้อน นอกจากฉนวนกันความร้อนแล้ว วัสดุต่างๆ ล้วนเป็นฉนวนทั้งสิ้น โดยคงคุณสมบัติในการสกัดกั้นการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปสู่ด้านหนึ่งได้ หรือการใช้เวลาในการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้ ด้วยเหตุนี้จึงทำการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและอิทธิพลของมวลสารวัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวด้วยวัสดุที่เป็นมวลสาร วัสดุที่เป็นมวลสาร สามารถแบ่งตามความหนาแน่น ได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

1) ฉนวนมวลสารมาก (High Mass Insulation)

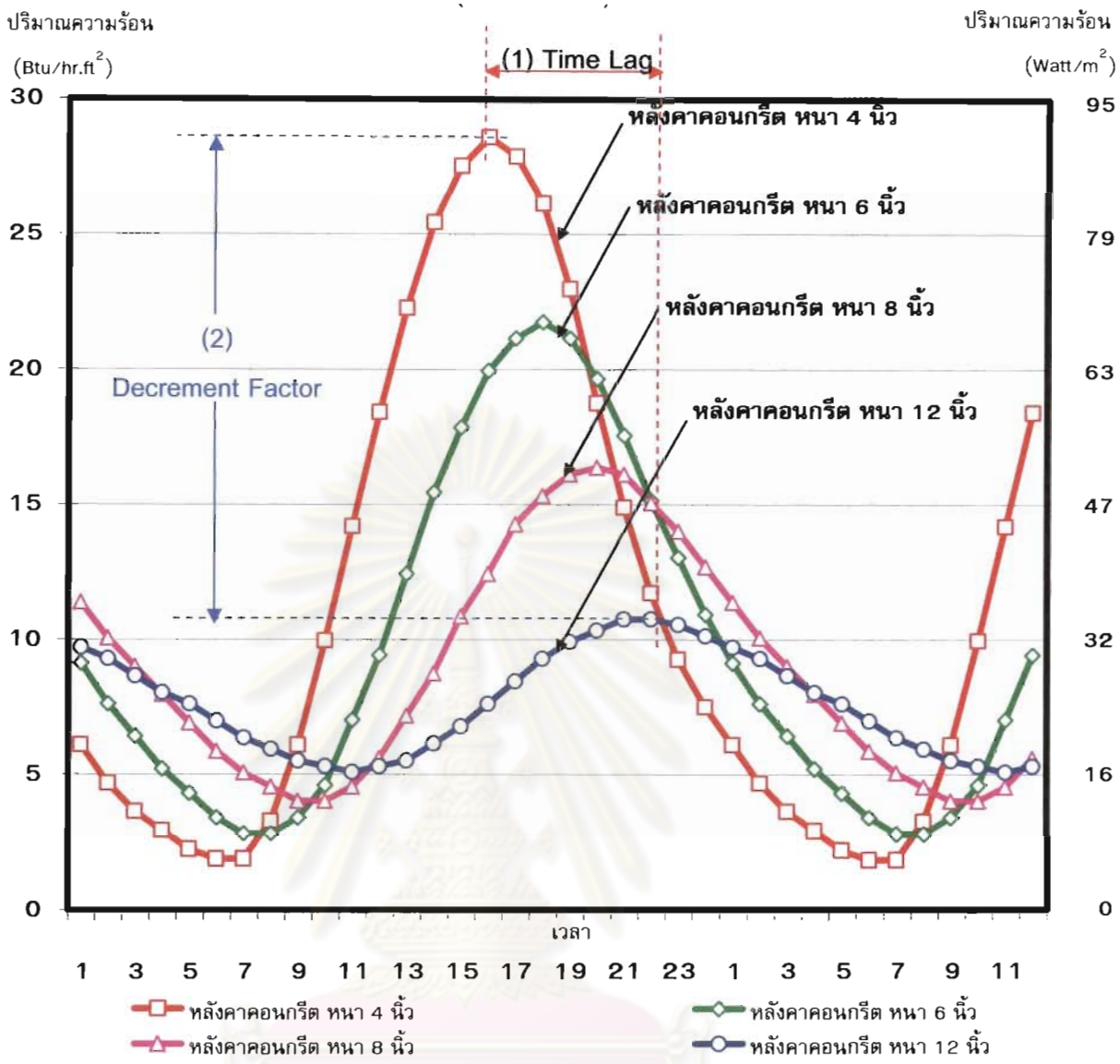
วัสดุมวลสารมากเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับความร้อน และมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนของวัสดุ ทำให้การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งใช้เวลานาน เรียก การหน่วงความร้อน ด้วยเหตุนี้ มวลสารจะช่วยลดค่าสูงสุด (Peak) ของความร้อนได้ เช่น ผนังโบสถ์ที่มีความหนามาก คอนกรีตเสริมเหล็ก

2) มวลสารปานกลาง (Medium Mass Insulation)

ปัจจุบันมีการผลิตวัสดุที่มีมวลสารปานกลาง (Medium Mass Insulation) เพื่อลดน้ำหนักของโครงสร้างด้วยการผลิตวัสดุที่มีความพรุนสูง เกิดช่องว่างกระจายอยู่ภายในเนื้อวัสดุ ทำให้การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งมีปริมาณน้อยลง เป็นการจำกัดการนำความร้อน เช่น คอนกรีตมวลเบา

3) ฉนวนมวลสารน้อย (Low Mass Insulation)

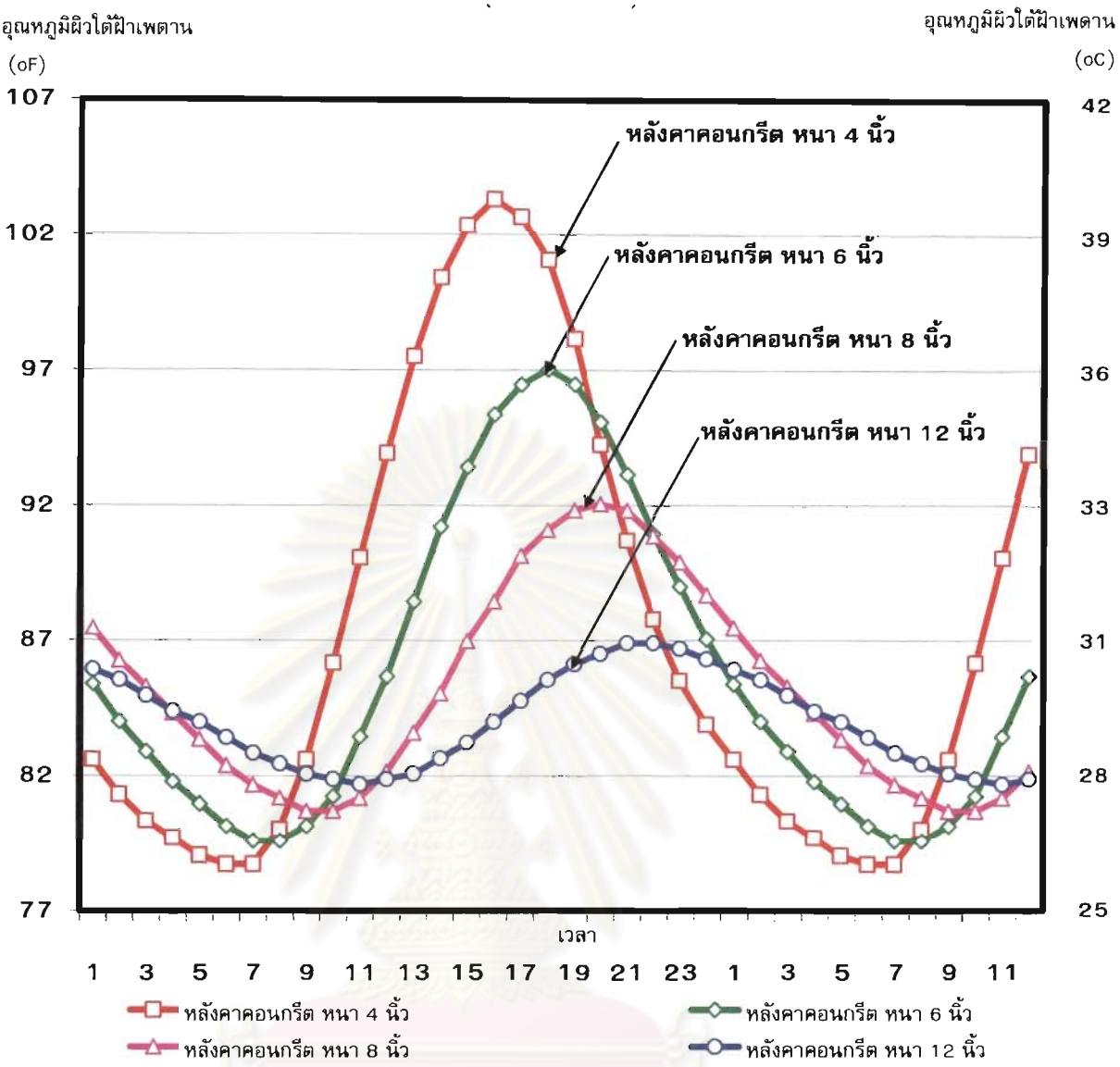
ฉนวนมวลสารน้อยนี้เป็นการนำช่องว่างอากาศเล็กๆ มาควบคุมให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างหน่วยเล็กๆ ให้เกิดขึ้นได้ยาก ช่องอากาศหรือแก๊สเหล่านี้หากมีขนาดที่เล็กอย่างพอเหมาะจะทำให้การถ่ายเทความร้อนด้วยการพาจากด้านหนึ่งของเซลล์ไปสู่อีกด้านหนึ่งมีปริมาณน้อยลง และทำให้การถ่ายเทความร้อนด้วยเส้นทางที่ยาวและคดเคี้ยว เป็นการจำกัดการนำความร้อน รวมทั้งการพาความร้อนจะถูกจำกัดลงเมื่อมีอากาศปริมาณน้อย ดังนั้นเมื่อเกิดเป็นช่องเล็กๆ ขึ้น ซึ่งจะทำให้ทั้งการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนถูกขัดขวาง จึงกลายเป็นลักษณะของเส้นใยที่มีช่องว่างอากาศ เช่น แกลบ ขี้เลื่อยแห้งๆ ดินแห้ง ฟางข้าว ซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติ ซึ่งถ้ามีการปรับปรุงให้สะอาด สะดวก หาง่าย ราคาต่ำ ป้องกันการเกิดเชื้อรา จนกลายเป็นฉนวนลักษณะเส้นใย เช่น ฉนวนใยแก้ว ในปัจจุบัน



แผนภูมิที่ 4-5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาคอนกรีตความหนาต่าง ๆ (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, หลังคาราบ, K=0.83(หลังคาสีปานกลาง), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25 °C(77 °F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

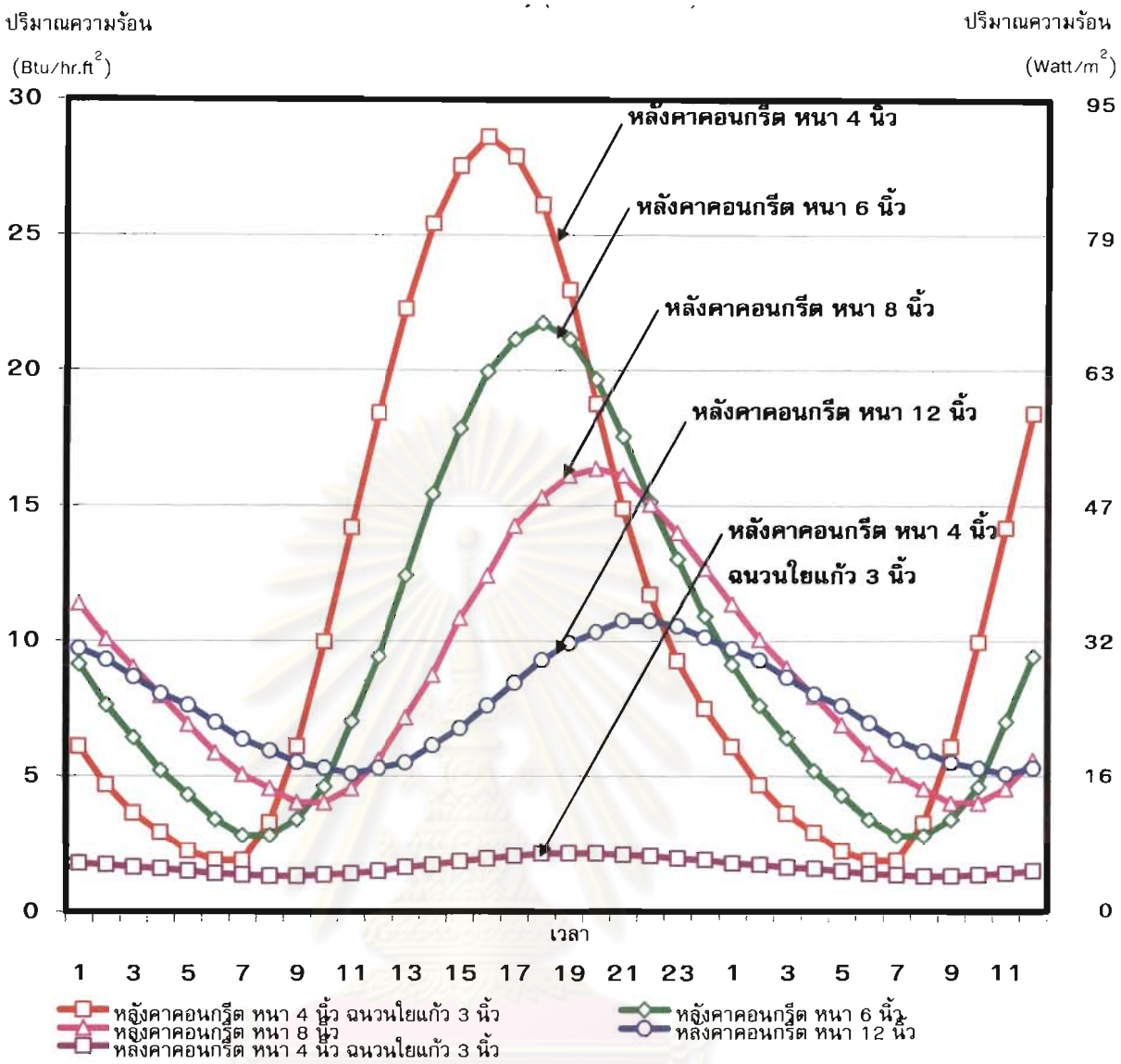
จากแผนภูมิ 4-5 วัสดุหลังคาคอนกรีต ความหนา 4 นิ้ว 6 นิ้ว 8 นิ้ว และ 12 นิ้ว โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ภายในหลังคาคอนกรีตความหนาต่างๆ พบว่า ปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้ 28.61 Btu/hr.ft^2, 21.76 Btu/hr.ft^2, 16.38 Btu/hr.ft^2 และ 10.77 Btu/hr.ft^2 ตามลำดับ และช่วงเวลาอุณหภูมิสูงสุดของวัน 16.00น. 18.00น. 20.00น.และ 22.00น. ตามลำดับ จากข้อมูลจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มความหนาคอนกรีต นอกจากความร้อนจะถูกหน่วงเหนี่ยวไว้ในวัสดุ(1) ยืดช่วงเวลาอุณหภูมิสูงสุดของวัน ยังลดปริมาณความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร(2) อีกด้วย



แผนภูมิที่ 4-6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานของหลังคาคอนกรีตความหนาต่าง ๆ (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, หลังคาราบ, K=0.83(หลังคาสีปานกลาง), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25°C(77°F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

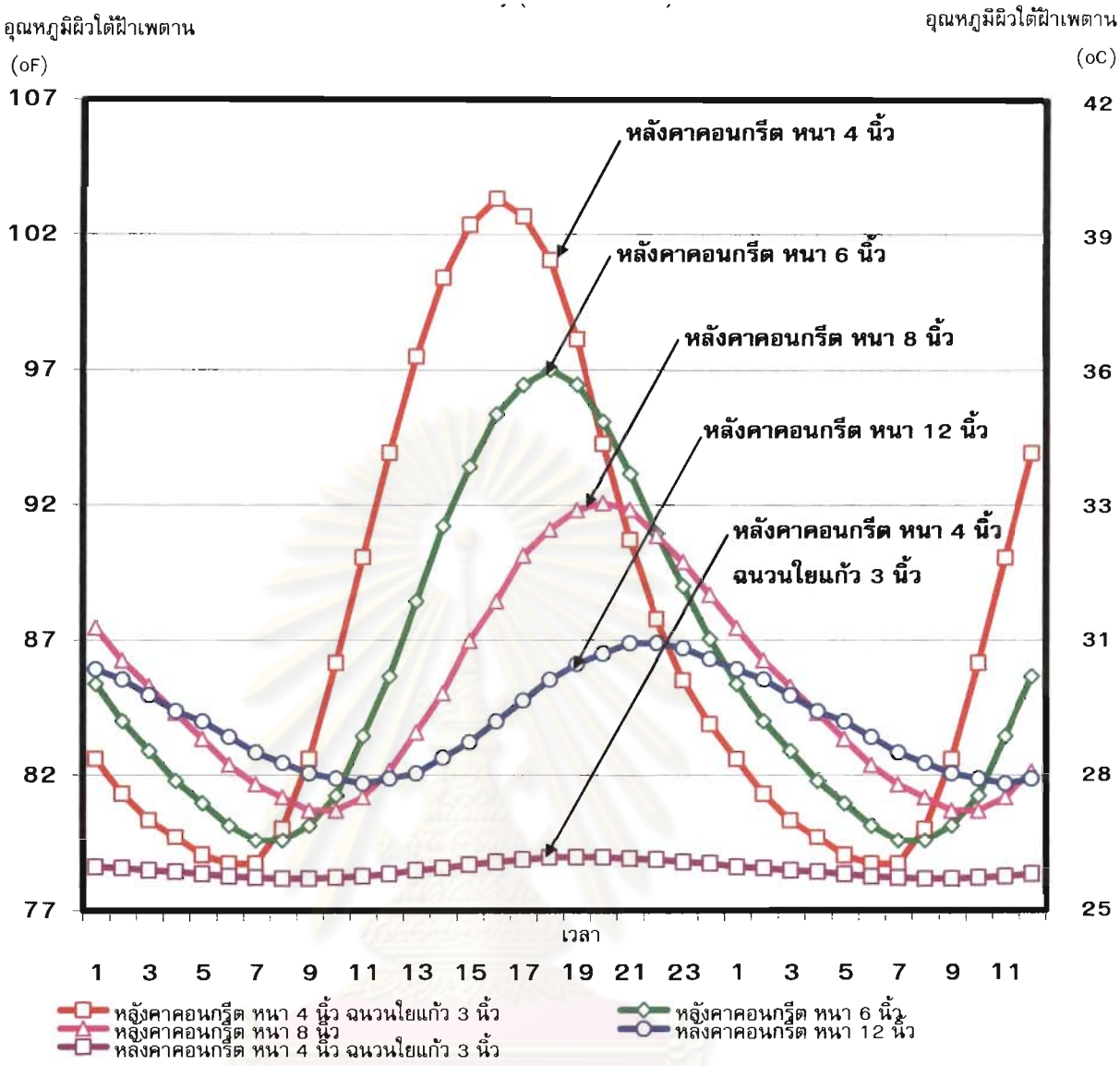
จากแผนภูมิ 4-6 วัสดุหลังคาคอนกรีต ความหนา 4 นิ้ว 6 นิ้ว 8 นิ้ว และ 12 นิ้ว โดยทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตความหนาต่างๆ พบว่า อุณหภูมิผิวภายในอาคารเป็น 103.33 °F , 96.47 °F, 92.07 °F และ 86.91 °F ตามลำดับ และช่วงเวลาอุณหภูมิสูงสุดของวัน 16.00 น. 18.00 น. 20.00 น. และ 22.00 น. ตามลำดับ จากข้อมูลจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มความหนาคอนกรีต นอกจากอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตลดลงแล้ว ความร้อนจะถูกหน่วงเหนี่ยวไว้ในวัสดุ ทำให้ยืดช่วงเวลาอุณหภูมิสูงสุดของวันอีกด้วย



แผนภูมิที่ 4-7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาคอนกรีตความหนาต่าง ๆ (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, หลังคาราบ, K=0.83(หลังคาสีปานกลาง), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25°C(77°F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-7 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนของวัสดุหลังคาคอนกรีต ความหนา 4 นิ้ว 6 นิ้ว 8 นิ้ว และ 12 นิ้ว พบว่า เมื่อเพิ่มความหนาสามารถลดปริมาณความร้อนได้มากขึ้น และเมื่อหลังคาคอนกรีต 4 นิ้วติดฉนวนใยแก้ว หนา 3 นิ้วเหนือฝ้าเพดาน พบว่า ปริมาณความร้อนสูงสุดของวันที่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารเป็น 2.15 Btu/hr.ft^2 สามารถลดปริมาณความร้อนจากภายนอกลงได้มากกว่าหลังคาคอนกรีต 12 นิ้วถึง 5 เท่า



แผนภูมิที่ 4-8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานของหลังคาคอนกรีตความหนาต่าง ๆ (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, หลังคาราบ, K=0.83(หลังคาสีปานกลาง), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25°C(77°F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-8 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนของวัสดุหลังคาคอนกรีต ความหนา 4 นิ้ว 6 นิ้ว 8 นิ้ว และ 12 นิ้ว พบว่า เมื่อเพิ่มความหนาสามารถลดอุณหภูมิผิวใต้หลังคาได้มากขึ้น และเมื่อหลังคาคอนกรีต 4 นิ้วติดฉนวนใยแก้ว หนา 3 นิ้วเหนือฝ้าเพดาน พบว่า อุณหภูมิผิวใต้หลังคาสูงสุดของวันที่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารเป็น 78.97 °F สามารถลดอุณหภูมิผิวใต้หลังคาลงได้มากกว่าหลังคาคอนกรีต 12 นิ้วถึง 7.94 °F

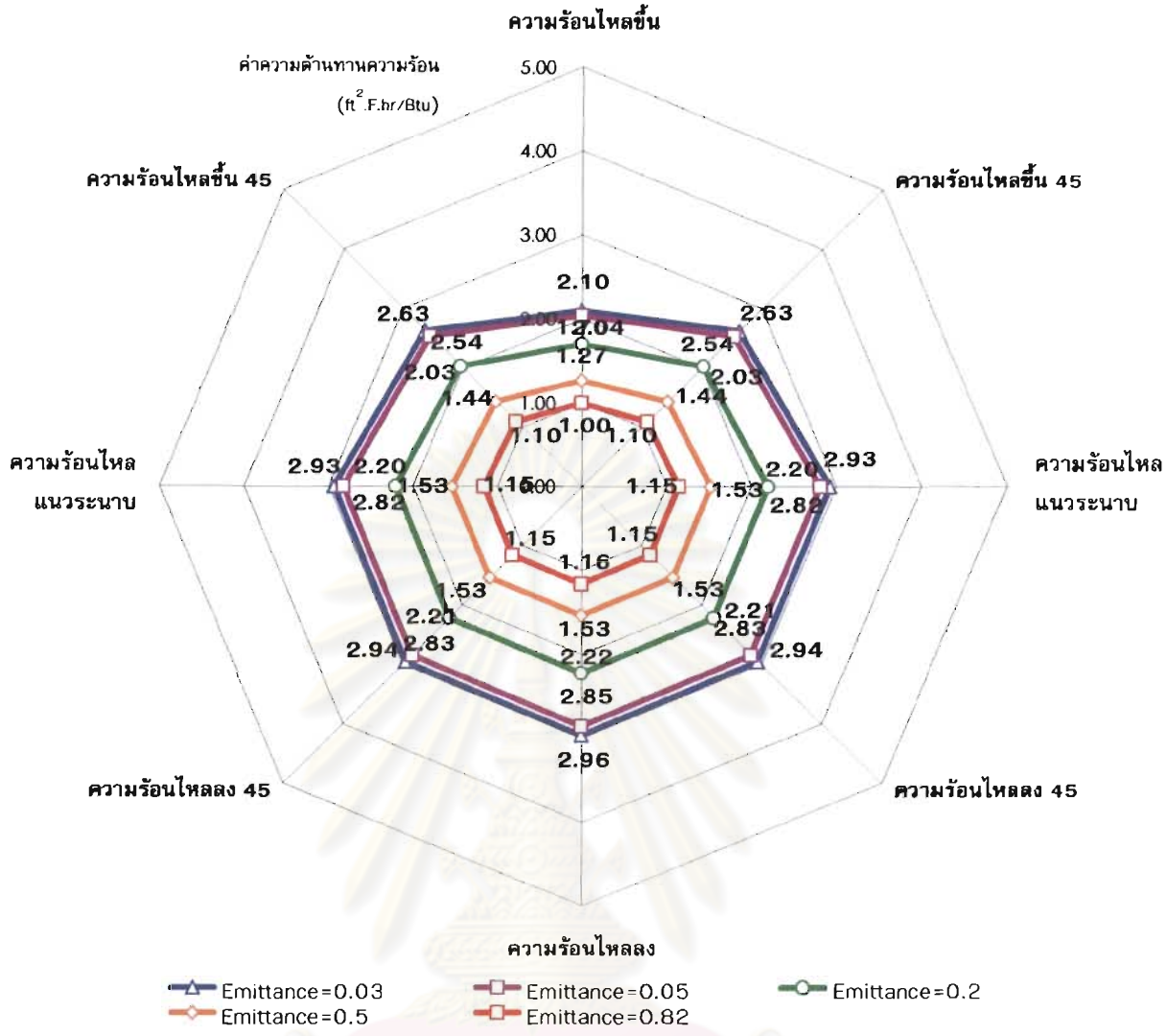
4.1.2.3 ช่องว่างอากาศ

ช่องว่างอากาศ สามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ เนื่องจากมีค่าการต้านทานความร้อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

1) ขนาดของช่องว่างอากาศ
2) การระบายอากาศภายในช่องว่าง
3) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่างๆ
4) ทิศทางการไหลของความร้อน

การนำช่องว่างอากาศมาเป็นองค์ประกอบร่วมของระบบเปลือกอาคาร ทำให้เกิดคุณสมบัติความเป็นฉนวนขึ้นได้อีก เพิ่มค่าความต้านทานความร้อนรวมของเปลือกอาคารทั้งระบบ การพิจารณาคุณสมบัติการต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ดังนี้

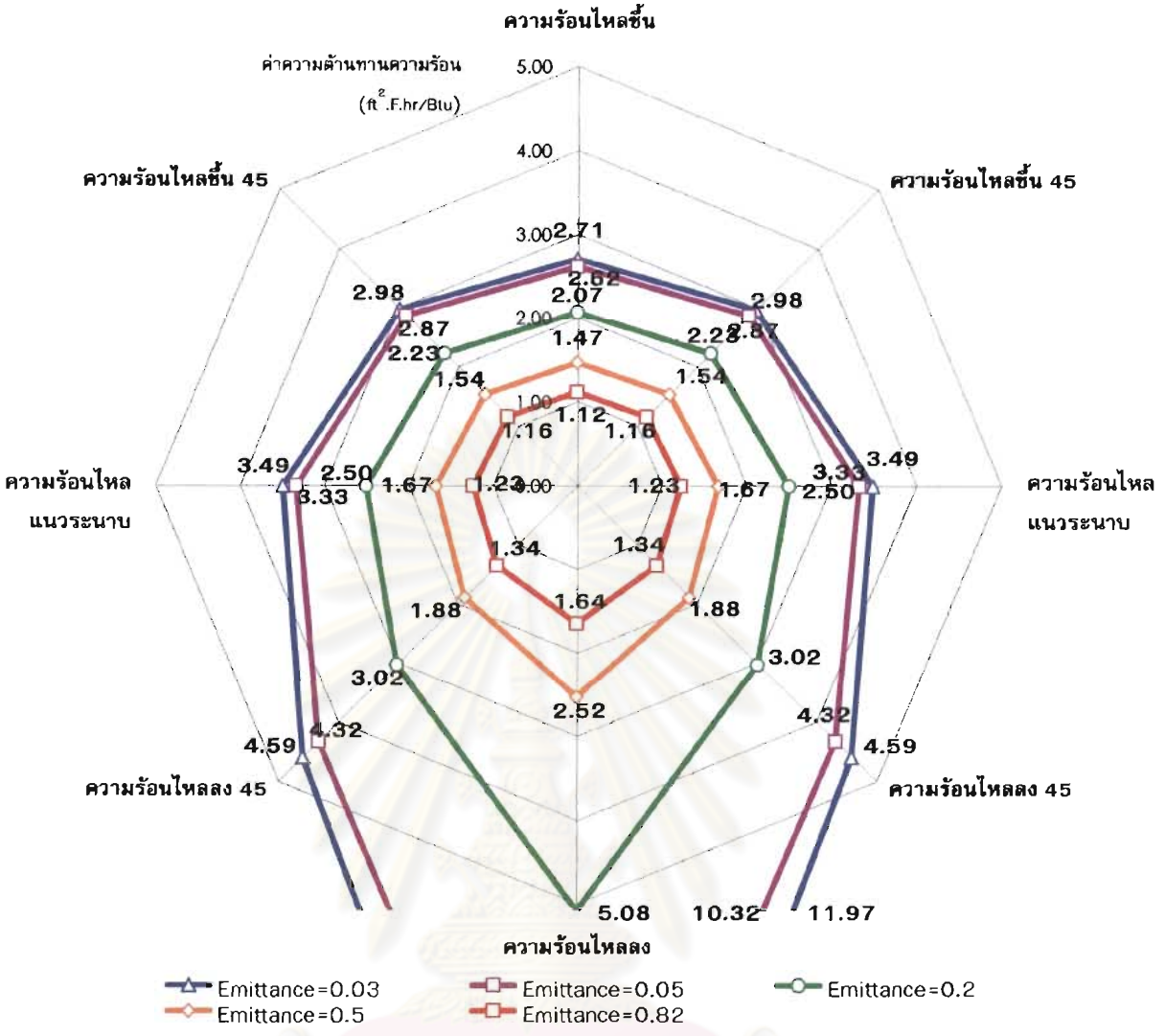
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4-9 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศขนาด 0.5 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่างๆในแต่ละทิศทางการไหลของความร้อนต่างๆ
(Mean temp 0°F, Temp diff 10°F)

จากแผนภูมิ 4-9 พบว่า ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนยิ่งต่ำ (แผนภูมินี้มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่ำสุดที่ 0.03 และสูงสุดอยู่ที่ 0.82) จะมีค่าความต้านทานความร้อนสูงมากขึ้น และทิศทางการไหลของความร้อนก็ยังมีผลต่อค่าความต้านทานความร้อน โดยทิศทางการไหลลงจะมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าทิศทางอื่น

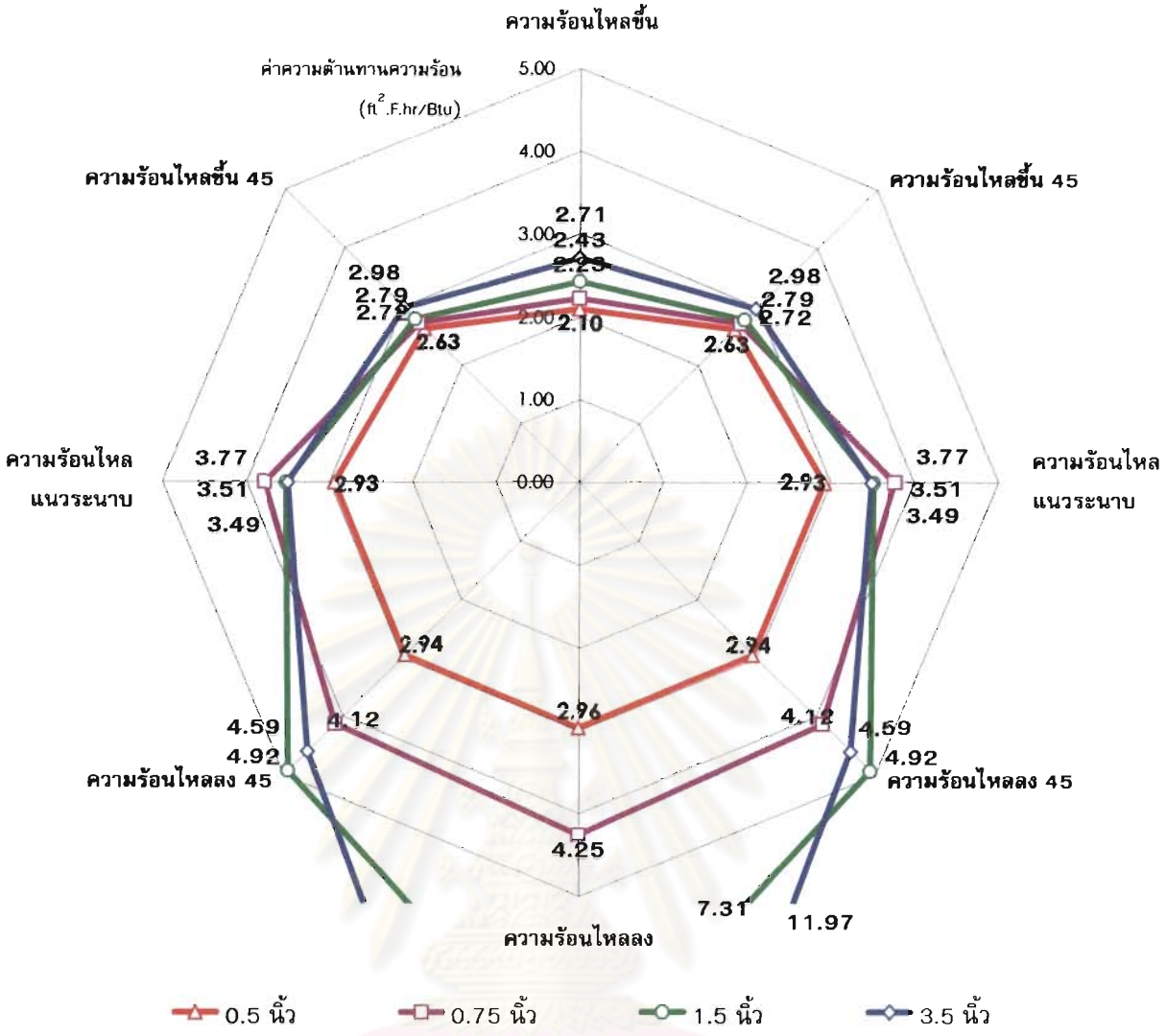
เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าอิทธิพลของทิศทางการไหลของความร้อนมีผลต่อค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนของช่องว่างอากาศ



แผนภูมิที่ 4-10 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศขนาด 3.5 นิ้ว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่างๆในแต่ละทิศทางการไหลของความร้อนต่างๆ
(Mean temp 0°F, Temp diff 10°F)

จากแผนภูมิ 4-10 พบว่า ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนยิ่งต่ำจะมีค่าความต้านทานความร้อนสูงมากขึ้น และทิศทางการไหลของความร้อนก็ยังมีผลต่อค่าความต้านทานความร้อน โดยทิศทางการไหลลงจะมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าทิศทางอื่น

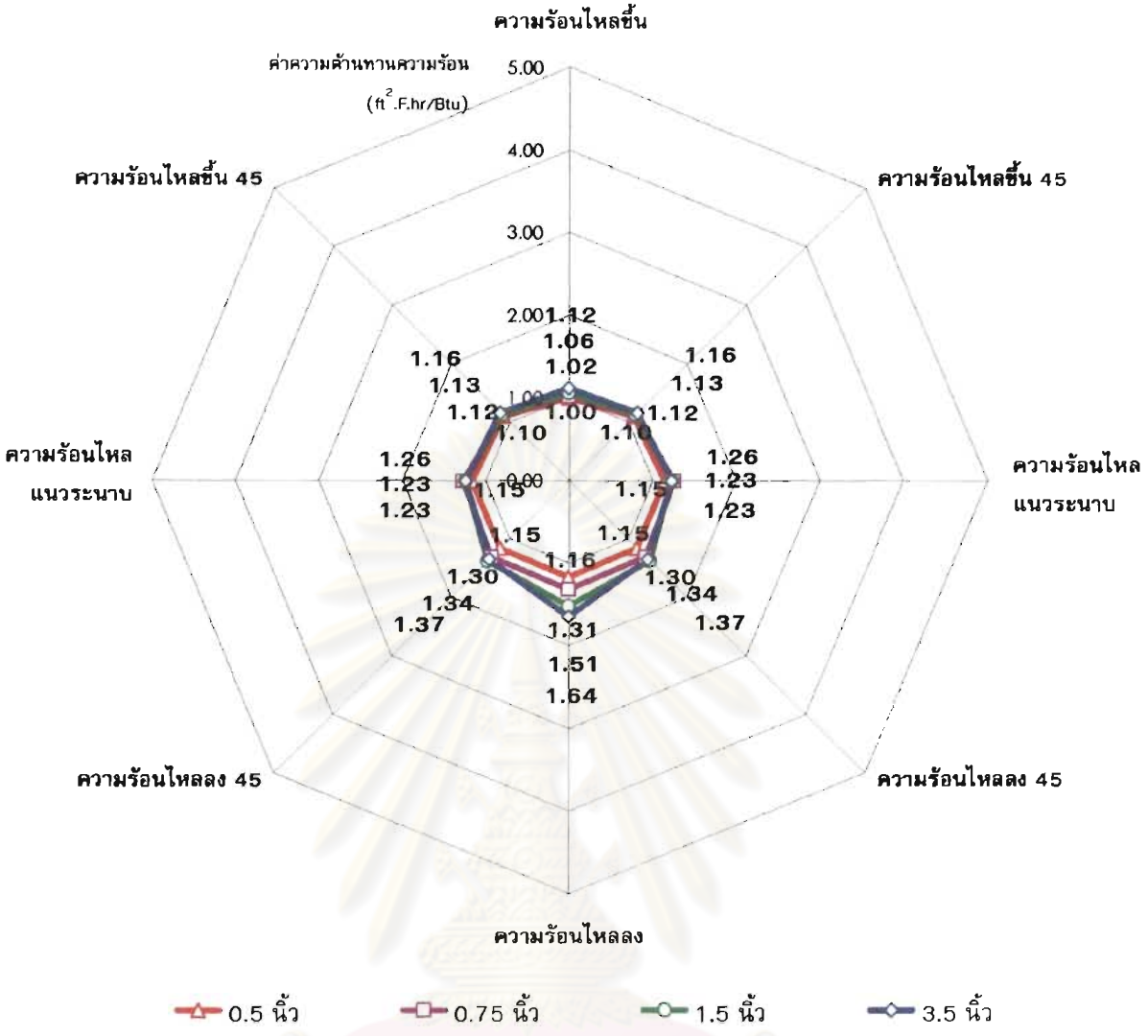
เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าอิทธิพลของทิศทางการไหลของความร้อนมีผลต่อค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนของช่องว่างอากาศ



แผนภูมิที่ 4-11 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศขนาดต่าง ๆ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อน 0.03 ในแต่ละทิศทางการไหลของความร้อนต่าง ๆ
(Mean temp 0°F, Temp diff 10°F)

จากแผนภูมิ 4-11 พบว่า ขนาดของช่องว่างอากาศ (ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อน 0.03) มีผลต่อค่าความต้านทานความร้อน เมื่อขนาดของช่องว่างอากาศมากขึ้นจะมีค่าความต้านทานความร้อนสูงขึ้น และจะมีอิทธิพลมากขึ้นเมื่อมีทิศทางการไหลลงของความร้อน

สังเกตได้ว่าขนาดของช่องว่างอากาศจะอิทธิพลสูงในทิศทางการไหลลง แต่สำหรับทิศทางการไหลของความร้อนทิศทางอื่นๆ ขนาดของช่องว่างจะมีอิทธิพลลดลง และค่าความต้านทานความร้อนไม่สัมพันธ์กับขนาดของช่องว่าง



แผนภูมิที่ 4-12 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศขนาดต่าง ๆ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อน 0.82 ในแต่ละทิศทางการไหลของความร้อนต่าง ๆ
(Mean temp 0°F, Temp diff 10°F)

จากแผนภูมิ 4-12 พบว่า ขนาดของช่องว่างอากาศ (ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อน 0.82) มีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานความร้อนลดลง เมื่อช่องว่างอากาศมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนสูง นอกจากนั้นแล้วอิทธิพลของทิศทางการไหลของความร้อนก็ลดลงอีกด้วย นั่นหมายความว่าการเลือกวัสดุที่มีค่าค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนสูง จะส่งผลให้ค่าความต้านทานความร้อนต่ำ

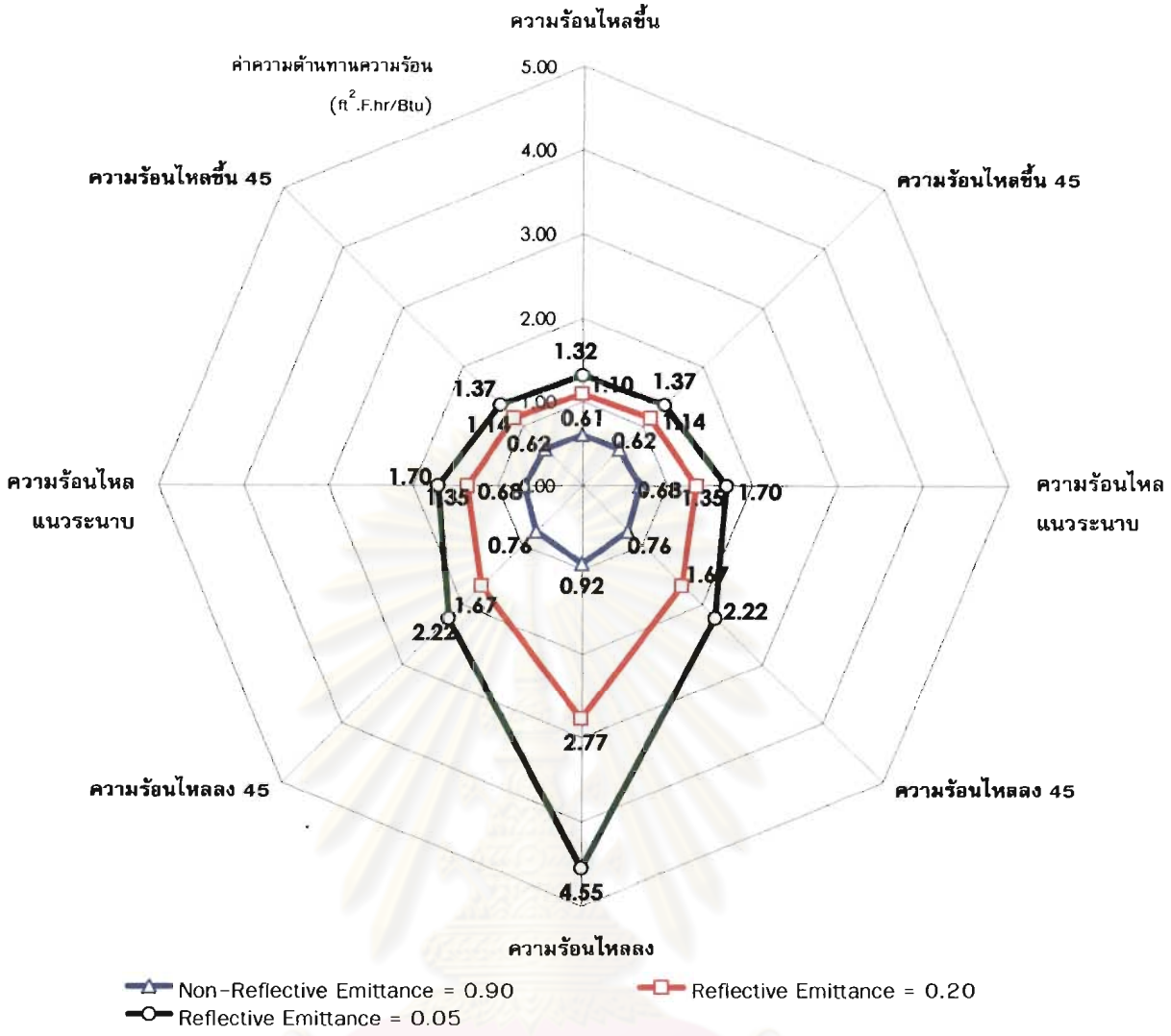
4.1.2.4 สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนผิววัสดุ

ฟิล์มอากาศของวัสดุมีค่าการต้านทาน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการสะท้อนรังสีของผิววัสดุ วัสดุที่มีผิวสะท้อนรังสีจะมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่ำ นั่นคือ ค่าการต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสูง ส่วนวัสดุที่ผิวไม่สะท้อนรังสีจะมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนสูง นั่นคือ ค่าการต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศต่ำ นอกจากนั้นค่าการต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ยังขึ้นอยู่กับ

1) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่างๆ
2) ทิศทางการไหลของความร้อน
3) ขนาดของช่องว่างอากาศ (เมื่อผิววัสดุอยู่ด้านในช่องว่างอากาศ)

การเลือกผิววัสดุจึงมีผลต่อค่าความต้านทานความร้อน เนื่องจากฟิล์มอากาศของผิวที่สะท้อนรังสีจะมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่ำ นอกจากนั้นขนาดของช่องว่างอากาศ ก็ยังมีผลต่อค่าความต้านทานความร้อน เมื่อขนาดของช่องว่างอากาศมากขึ้นจะมีค่าความต้านทานความร้อนสูงขึ้น และจะมีอิทธิพลมากขึ้นเมื่อมีทิศทางการไหลลงของความร้อน การพิจารณาคุณสมบัติการต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4-13 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศผิวไม่สะท้อนรังสี กับผิวสะท้อนรังสี ในแต่ละทิศทางการไหลของความร้อนต่าง ๆ

(Mean temp 0°F, Temp diff 10°F)

จากแผนภูมิ 4-13 พบว่า ฟิล์มอากาศของผิวที่สะท้อนรังสีจะมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่า ฟิล์มอากาศผิวที่ไม่สะท้อนรังสี เนื่องจากผิวที่สะท้อนรังสีจะมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่ำ ดังนั้นการเลือกผิววัสดุจึงมีผลต่อค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ

นอกจากนั้น ทิศทางผิววัสดุก็มีผลต่อค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศด้วย จากแผนภูมิจะเห็นว่าทิศทางการไหลลงจะมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าทิศทางอื่น ซึ่งจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อผิววัสดุมีค่าการสะท้อนรังสีและค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่ำ

4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่างๆเพื่อประสิทธิภาพการใช้ฉนวน

การศึกษาประเภทของฉนวนต่างๆ และคุณสมบัติของฉนวนชนิดต่างๆ ตลอดจนการปัญหาที่เกิดจากการใช้ฉนวน สามารถแยกได้เป็น 2 สาเหตุหลัก ดังนี้

1. ปัญหาจากการเลือกชนิดฉนวนไม่เหมาะสม
    - การเลือกรูปแบบของฉนวนไม่เหมาะสม
    - อุณหภูมิใช้งานไม่เหมาะสมกับส่วนของอาคาร
    - ความปลอดภัยต่อสุขภาพ
2. ปัญหาจากการติดตั้งไม่ถูกต้อง
    - การซึมผ่านของน้ำ
    - การควบแน่นเป็นหยดน้ำ
    - การกรอบแตกหักของเส้นใย
    - การยุบตัวของฉนวน
    - การเกิดสะพานความร้อน

ด้วยเหตุนี้ การเลือกฉนวนให้เหมาะสมตามคุณสมบัติจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อลดปัญหาที่จะเกิดขึ้น และคงประสิทธิภาพที่ดีของฉนวนไว้ ดังนั้น การศึกษาสภาพอากาศและอิทธิพลต่อส่วนต่างๆ ของอาคารจะเป็นแนวทางในการเลือกฉนวนได้อย่างเหมาะสมทางหนึ่ง

4.2.1 สภาพอากาศของประเทศไทย

ประเทศไทยมีสภาพอากาศร้อนเกือบตลอดทั้งปี และมีความชื้นสูง ทำให้ไม่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปลือกอาคารไม่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนและความชื้น จะยิ่งทำให้อุณหภูมิภายในอาคารเพิ่มสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ส่งผลให้ผู้อยู่อาศัยภายในอาคารเกิดความรู้สึกไม่สบายยิ่งขึ้น เกิดแนวโน้มและความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเพิ่มปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยรวม ด้วยเหตุนี้ การเข้าใจสภาพอากาศจึงเป็นแหล่งที่มาของปัญหา และนำไปสู่การประยุกต์ใช้ฉนวนอย่างถูกต้อง

การศึกษาสภาพอากาศ เพื่อการนำไปสู่การประยุกต์ใช้ฉนวนส่วนต่างๆ ของอาคาร ดังนี้

1. อิทธิพลของสภาพอากาศ
2. อิทธิพลต่อสภาวะน่าสบาย
3. อิทธิพลต่อการเลือกใช้ฉนวนส่วนต่างๆ ของอาคาร

4.2.1.1 อิทธิพลของสภาพอากาศ

สภาพอากาศของประเทศไทยมีความแปรปรวนรุนแรงเกือบตลอดปี สามารถแบ่งเป็นฤดูกาลได้ ดังนี้

1) กลุ่มเย็นชื้นปานกลาง (มกราคม-กุมภาพันธ์)
2) กลุ่มร้อนมาก ลมใต้ (มีนาคม-มิถุนายน)
3) กลุ่มร้อนมาก ลมแปรปรวน (กรกฎาคม-ตุลาคม)
4) กลุ่มเย็นแห้ง (พฤศจิกายน-ธันวาคม)

(สุนทร บุญญาธิการ, 2545ข)

ข้อมูลสภาพอากาศที่จะนำมาวิเคราะห์ ได้แก่

- สภาพอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์

วิเคราะห์อิทธิพลจากความร้อนและความชื้นที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย จำนวนชั่วโมงและเวลาที่อยู่ขอบเขตของสภาวะน่าสบาย เพื่อทราบถึงแนวโน้มความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศ

- สภาพการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

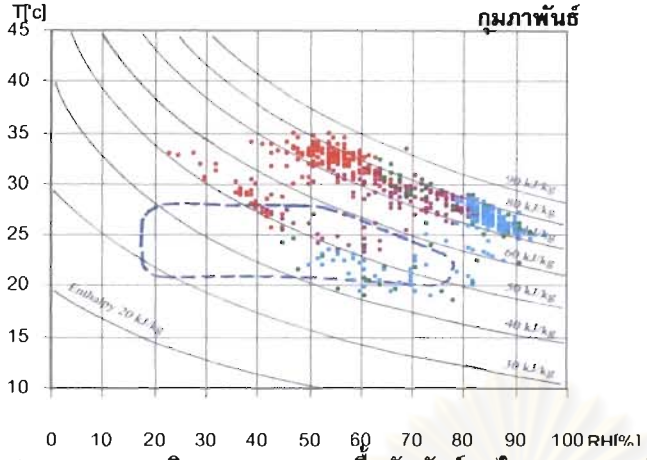
วิเคราะห์อิทธิพลจากแสงแดดต่อส่วนต่างๆ ของอาคารได้แก่ หลังคา และผนัง เพื่อการคัดเลือกชนิดของฉนวนกันความร้อนตามคุณสมบัติและข้อจำกัดในการใช้งานได้อย่างเหมาะสม

- อุณหภูมิดินในระดับความลึกต่างๆ

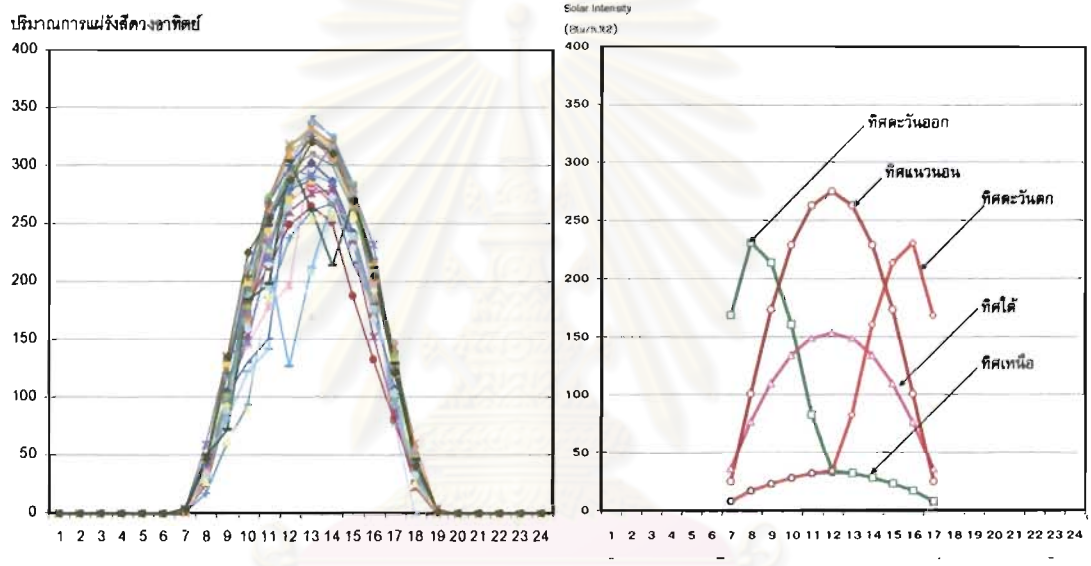
วิเคราะห์อิทธิพลจากดินต่อส่วนต่างๆ ของอาคาร ได้แก่ พื้น เพื่อการคัดเลือกชนิดของฉนวนกันความร้อนตามคุณสมบัติและข้อจำกัดในการใช้งานได้อย่างเหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

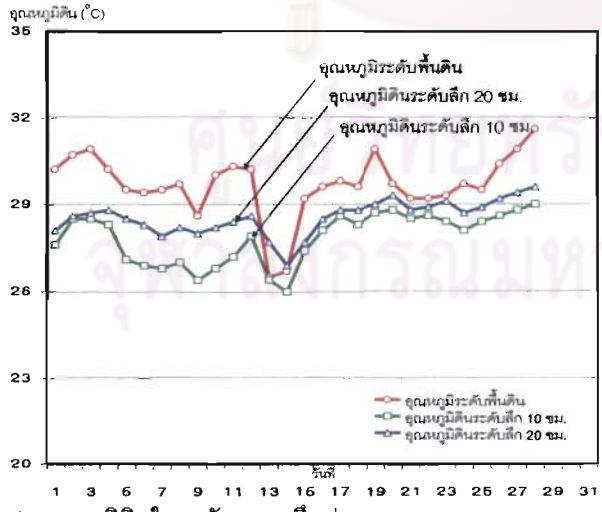
1. กลุ่มเย็นชื้นปานกลาง (มกราคม-กุมภาพันธ์) เดือนกุมภาพันธ์เป็นตัวแทน



ก) สภาพอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 8.93%



ข) สภาพปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ในแต่ละทิศทาง

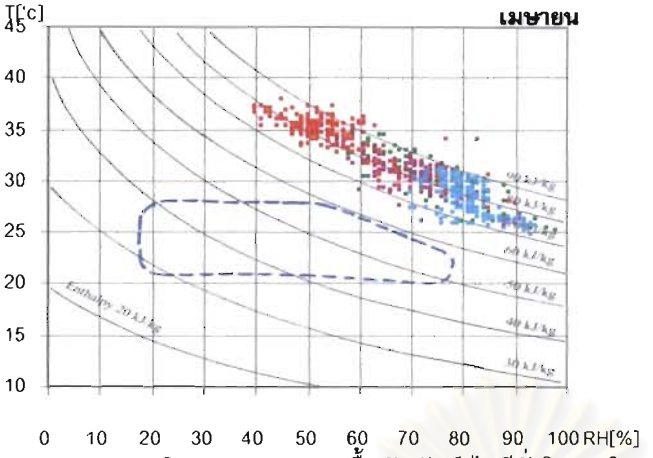


ค) อุณหภูมิดินในระดับความลึกต่างๆ

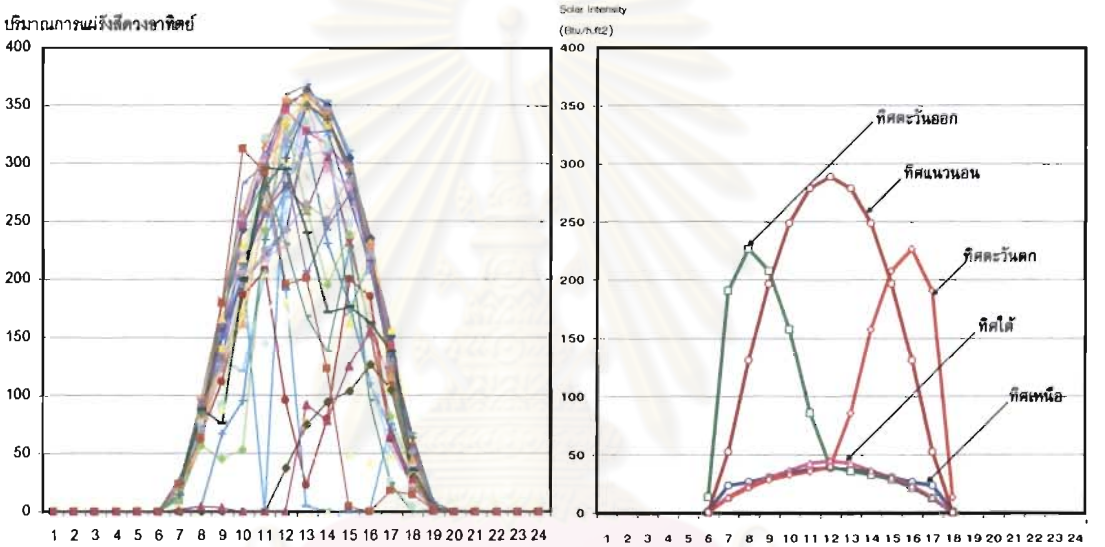
แผนภูมิที่ 4-14 แสดงสภาพภูมิอากาศ เดือนกุมภาพันธ์ ของกรุงเทพมหานคร (ไม่มีอิทธิพลของลม)

(ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)

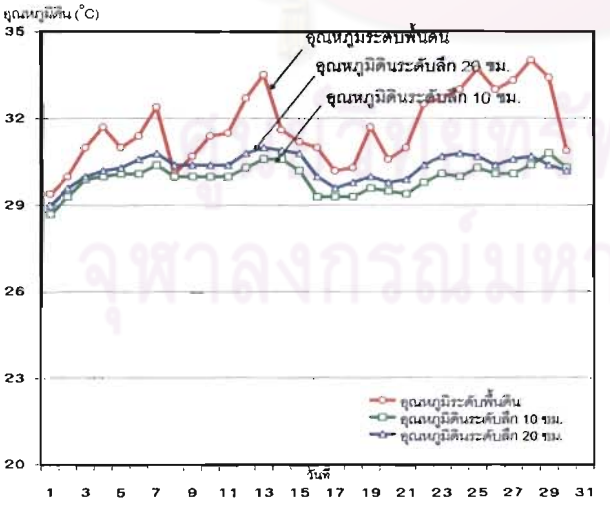
2. กลุ่มร้อนมาก ลมใต้ (มีนาคม-มิถุนายน) เดือนเมษายนเป็นตัวแทน



ก) สภาพอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ ไม่มีชั่วโมงอยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย



ข) สภาพปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ในแต่ละทิศทาง

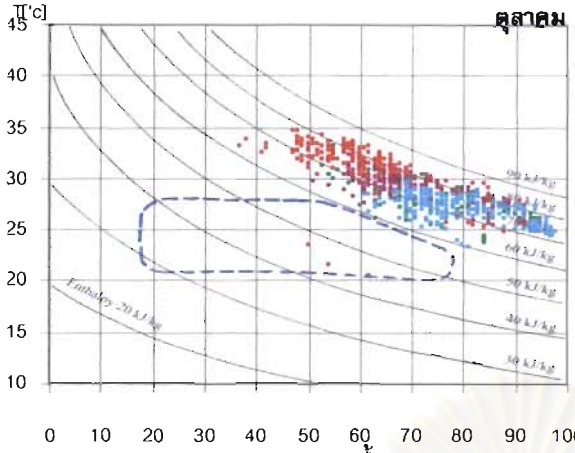


ค) อุณหภูมิดินในระดับความลึกต่างๆ

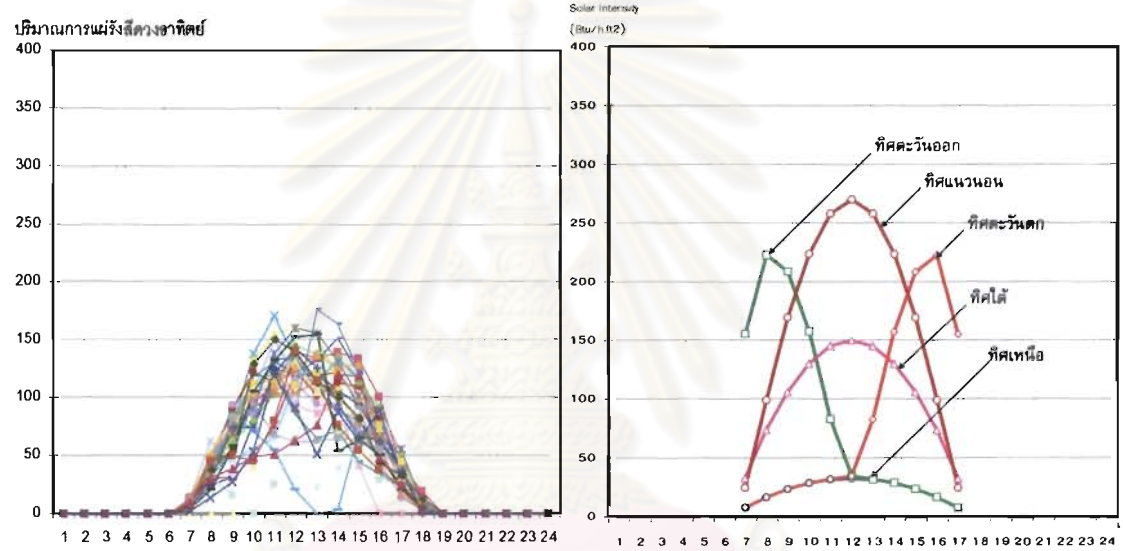
แผนภูมิที่ 4-15 แสดงสภาพภูมิอากาศ เดือนเมษายน ของกรุงเทพมหานคร (ไม่มีอิทธิพลของลม)

(ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)

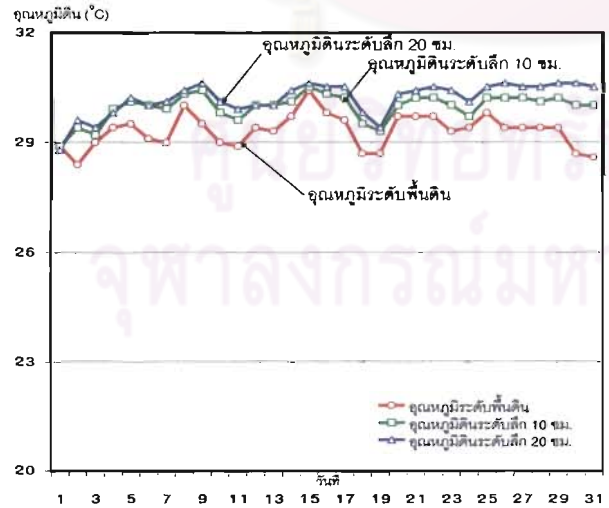
3. กลุ่มร้อนมาก ลมแปรปรวน (กรกฎาคม-ตุลาคม) เดือนตุลาคมเป็นตัวแทน



ก) สภาพอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 4.84%



ข) สภาพปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ในแต่ละทิศทาง



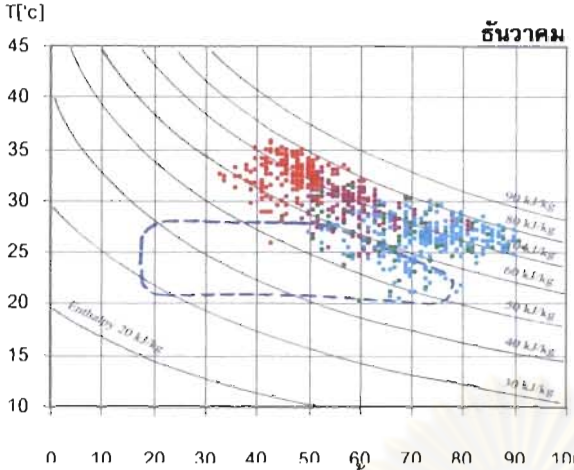
ค) อุณหภูมิดินในระดับความลึกต่างๆ

แผนภูมิที่ 4-16 แสดงสภาพภูมิอากาศ เดือนตุลาคม ของกรุงเทพมหานคร (ไม่มีอิทธิพลของลม)

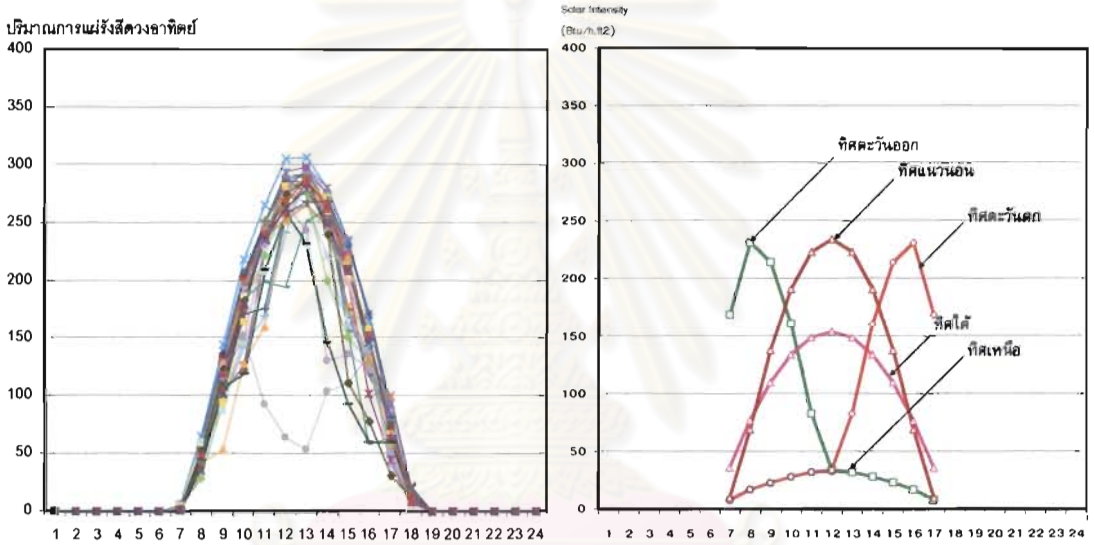
(ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

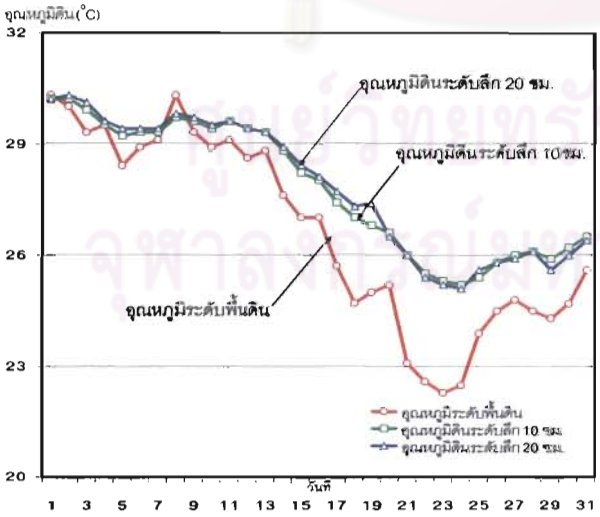
4. กลุ่มเย็นแห้ง (พฤศจิกายน-ธันวาคม) เดือนธันวาคมเป็นตัวแทน



ก) สภาพอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 19.35%



ข) สภาพปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ในแต่ละทิศทาง



ค) อุณหภูมิดินในระดับความลึกต่างๆ

แผนภูมิที่ 4-17 แสดงสภาพภูมิอากาศ เดือนธันวาคม ของกรุงเทพมหานคร (ไม่มีอิทธิพลของลม)

(ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)

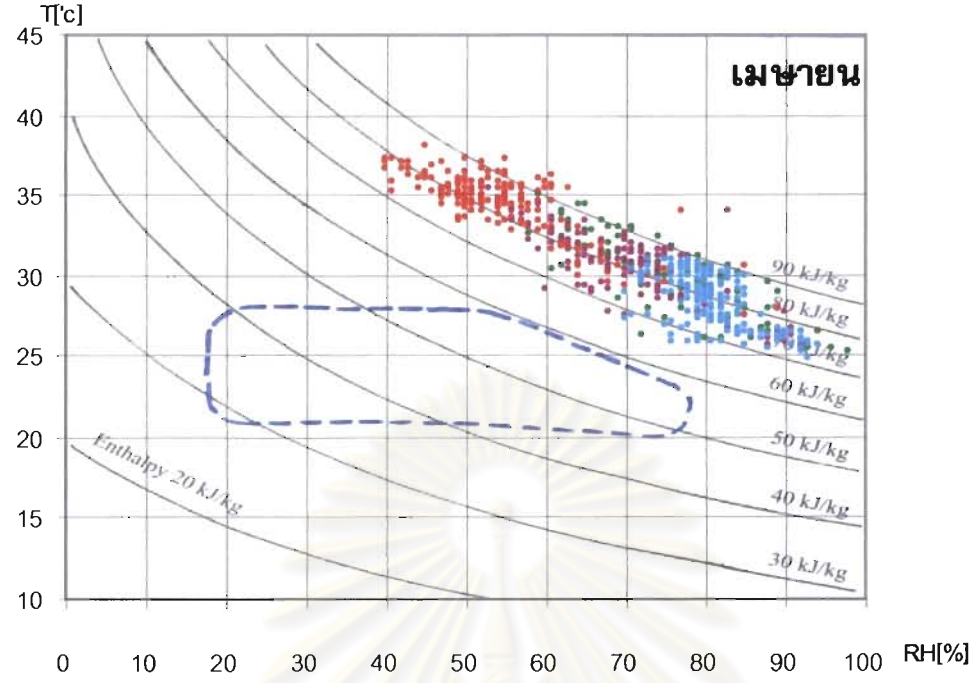
4.2.1.2 อิทธิพลต่อสภาวะน่าสบาย

จากสภาพอากาศแบบเมืองร้อนชื้น จะมีอุณหภูมิและความชื้นสูงเกือบตลอดทั้งปี ทำให้ชั่วโมงที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบายมีเพียง 686 ชั่วโมงหรือ 7.83% (ดูรายละเอียดในภาคผนวก) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการอาศัยอยู่ภายในอาคารที่เลือกวัสดุเปลือกอาคารไม่เหมาะสม ไม่สามารถป้องกันความร้อน ป้องกันความชื้น และรับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศที่แปรปรวน ทำให้ลดชั่วโมงที่อยู่ขอบเขตสภาวะน่าสบาย

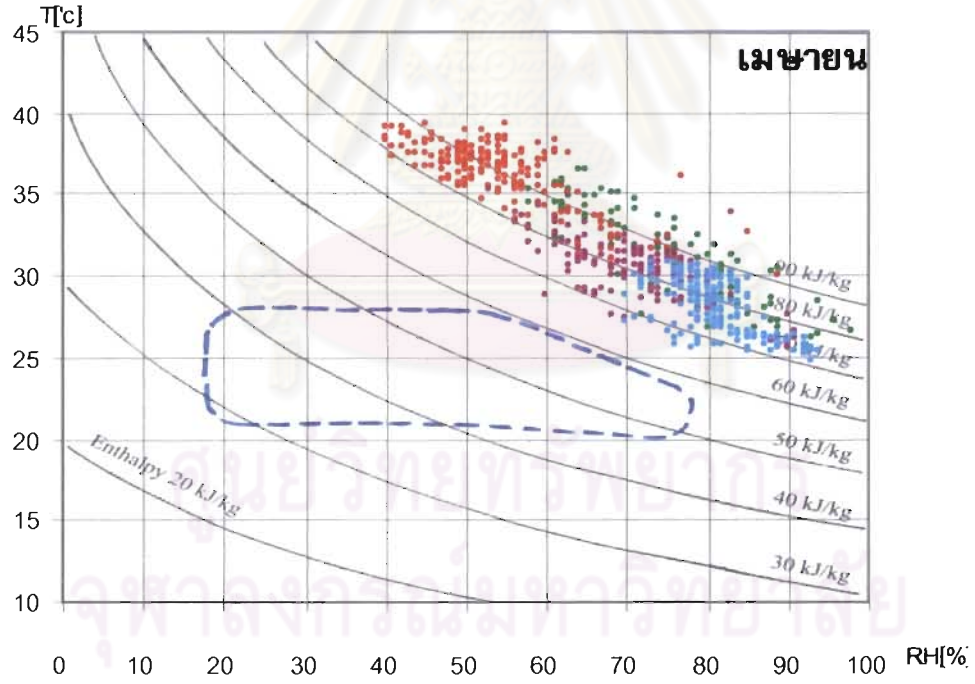
เปลือกอาคาร ทำหน้าที่ป้องกันและลดความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศ หากวัสดุที่นำมาใช้ในส่วนต่างๆ ของอาคารไม่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนและความชื้น จะทำให้เกิดการสะสมความร้อนและความชื้นไว้ในเนื้อวัสดุ และถ่ายเทความร้อนและความชื้นเข้าสู่ภายในอาคาร เมื่อผิวด้านในอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ จะทำให้ผู้อยู่อาศัยได้รับการแผ่รังสีความร้อน และรู้สึกเสมือนอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลต่อการลดความรู้สึกสบาย ดังแสดงให้เห็นในแผนภูมิที่ 4-18

ดังนั้น การเลือกวัสดุเปลือกอาคาร จำเป็นต้องศึกษาอิทธิพลที่ได้รับจากสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศต่อส่วนต่างๆ ของอาคาร เพื่อการคัดเลือกชนิดของฉนวนกันความร้อนตามคุณสมบัติและข้อจำกัดในการใช้งานได้อย่างเหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก) อุณหภูมิอากาศ เดือนเมษายน พ.ศ. 2550



ข) อุณหภูมิผิวเฉลี่ยภายในอาคารทั่วไป ผนังก่ออิฐ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ไม่ติดฉนวนกันความร้อน (คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, หลังคาราบ, K=0.83(หลังคาสีปานกลาง), ผนังทุกทิศทาง , K=0.65(ผนังสีอ่อน), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25 °C(77 °F) และคำนวณอุณหภูมิผิวผนังด้านในอาคาร ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

แผนภูมิที่ 4-18 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเฉลี่ยภายในของอาคารทั่วไป มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายภายในอาคาร

4.2.1.3 อิทธิพลต่อการเลือกใช้ฉนวนส่วนต่างๆ ของอาคาร

การเลือกชนิดของฉนวนให้เหมาะสมกับส่วนต่างๆของอาคาร โดยการวิเคราะห์อิทธิพลที่ได้รับจากสภาพอากาศต่อส่วนต่างๆ และทำการเลือกฉนวนที่มีคุณสมบัติ ทนทานต่อการใช้งานในแต่ละส่วน ดังนี้

- อิทธิพลของแสงแดดต่อส่วนต่างๆ ทำให้อุณหภูมิผิวของเปลือกอาคารแต่ละส่วนสูงขึ้น
- อิทธิพลของความชื้นในอากาศและฝน
- อิทธิพลของความชื้นในดิน

วิเคราะห์อิทธิพลของสภาพอากาศต่อส่วนต่างๆ ของอาคาร

1. หลังคา

ส่วนหลังคา เป็นเปลือกอาคารส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดโดยตรงตลอดช่วงเวลากลางวัน ดังนั้น จึงนำข้อมูลอากาศเดือนที่มีอุณหภูมิอากาศสูงสุด คือ เดือนเมษายน มาทำการวิเคราะห์หาอิทธิพลที่ส่วนหลังคาได้รับสูงสุด นอกจากนั้น หลังคายังเป็นส่วนที่ได้รับความชื้นจากอากาศและฝนโดยตรง ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนี้

- อุณหภูมิอากาศ
- ปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์
- ความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ทิศทางแนวนอน

2. ผนัง

ส่วนผนัง เป็นเปลือกอาคารส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดซึ่งเปลี่ยนไปตามเวลา ดังนั้น จึงนำข้อมูลอากาศเดือนที่มีอุณหภูมิอากาศสูงสุด คือ เดือนเมษายน มาทำการวิเคราะห์หาอิทธิพลที่ส่วนผนังได้รับสูงสุด นอกจากนั้นผนังยังเป็นส่วนที่ได้รับความชื้นจากอากาศและฝนโดยตรง ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนี้

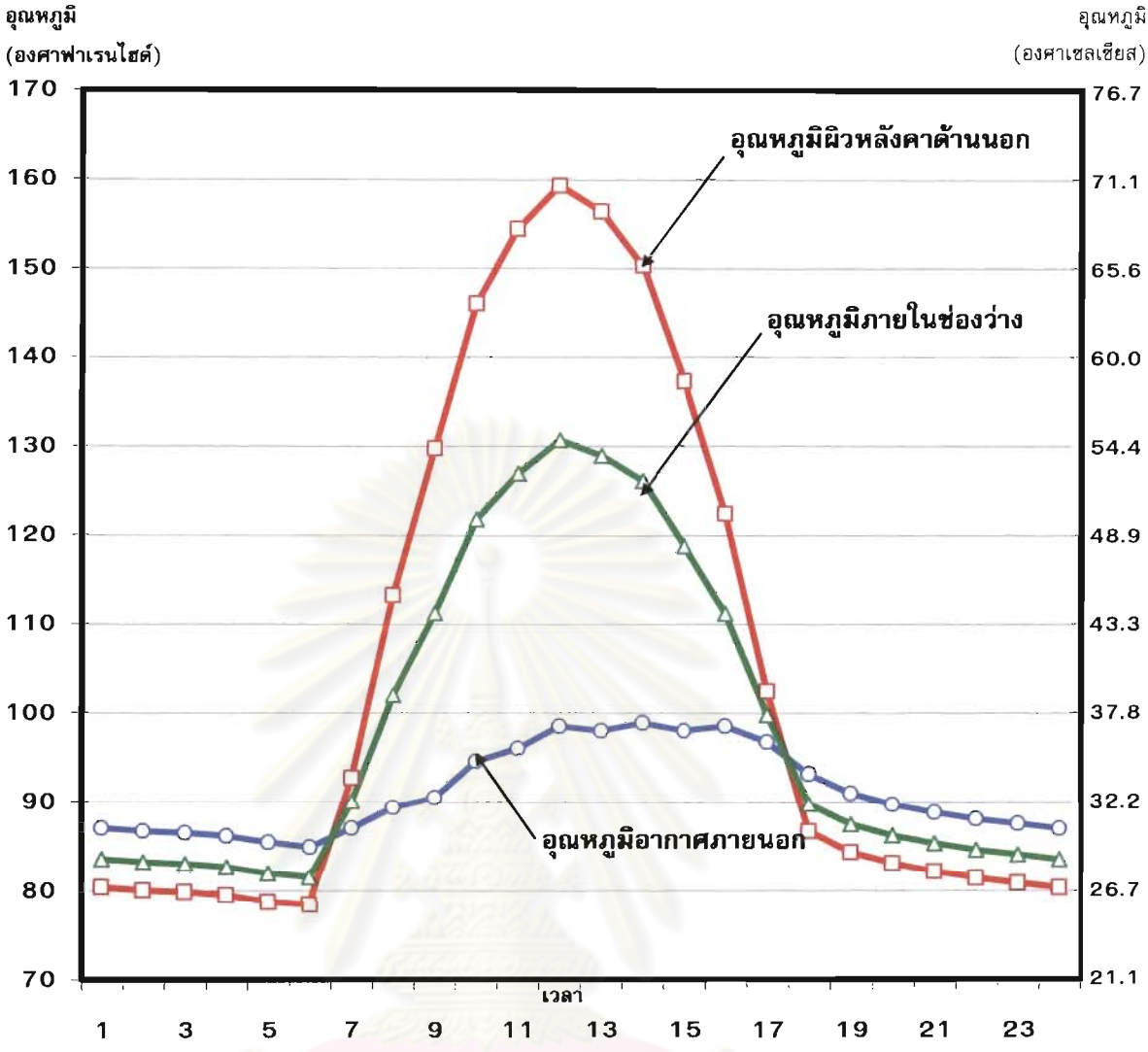
- อุณหภูมิอากาศ
- ปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์
- ความเข้มแสงของดวงดวงอาทิตย์ในแต่ละทิศทาง

3. พื้น

ส่วนพื้นเป็นส่วนที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดตลอดเวลา แบ่งพื้นเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่สัมผัสกับพื้นดินโดยตรง และพื้นลอยจากพื้น สัมผัสกับอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนี้

- อุณหภูมิอากาศ
- อุณหภูมิดิน

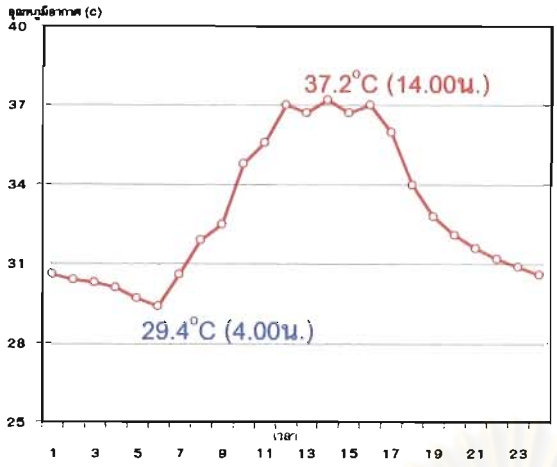
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



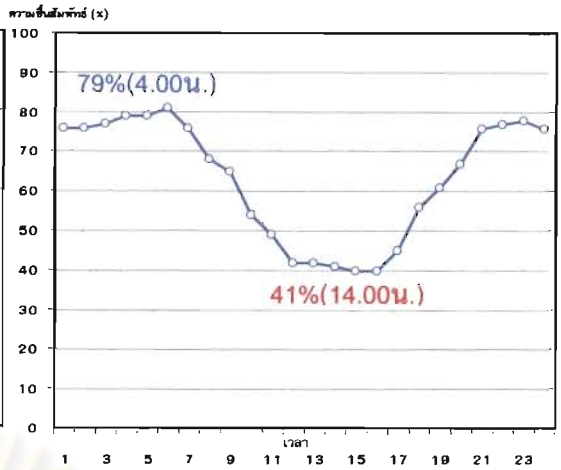
แผนภูมิที่ 4-19 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหลังคาด้านนอกและภายในช่องว่างใต้หลังคา หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ฝ้าเพดาน 12 มม. (เดือนเมษายน)**

(คำนวณอุณหภูมิเสมือนพื้นผิววัสดุ (Sol-air Temperature) Solar Intensity and Solar Heat Gain Factors (Latitude 16°N), หลังคาราบ, α = 0.7(หลังคาสีเข้ม), ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-19 แสดงอุณหภูมิผิวหลังคาภายนอก มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 70 องศาเซลเซียส ฉนวนที่นำมาใช้กับส่วนหลังคาควรมีอุณหภูมิใช้งานสูงกว่า เพื่อลดการเสื่อมสภาพและเสียประสิทธิภาพลง

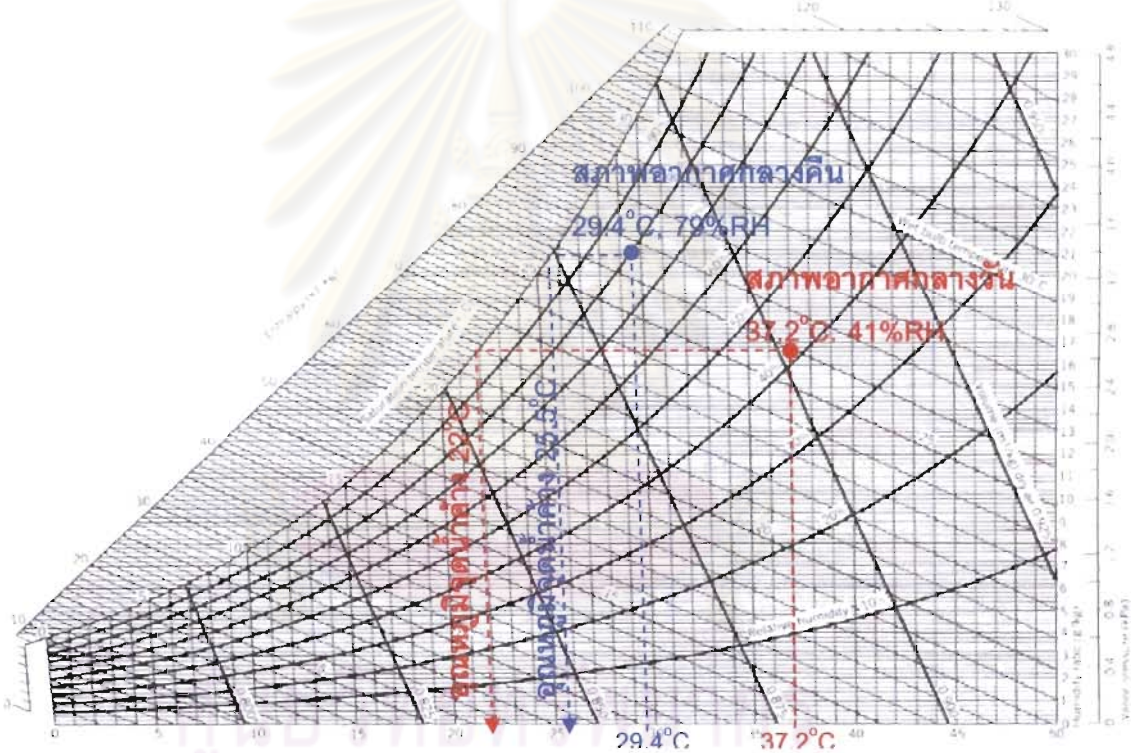


ก) อุณหภูมิอากาศ เดือนเมษายน



ข) ความชื้นสัมพัทธ์ เดือนเมษายน

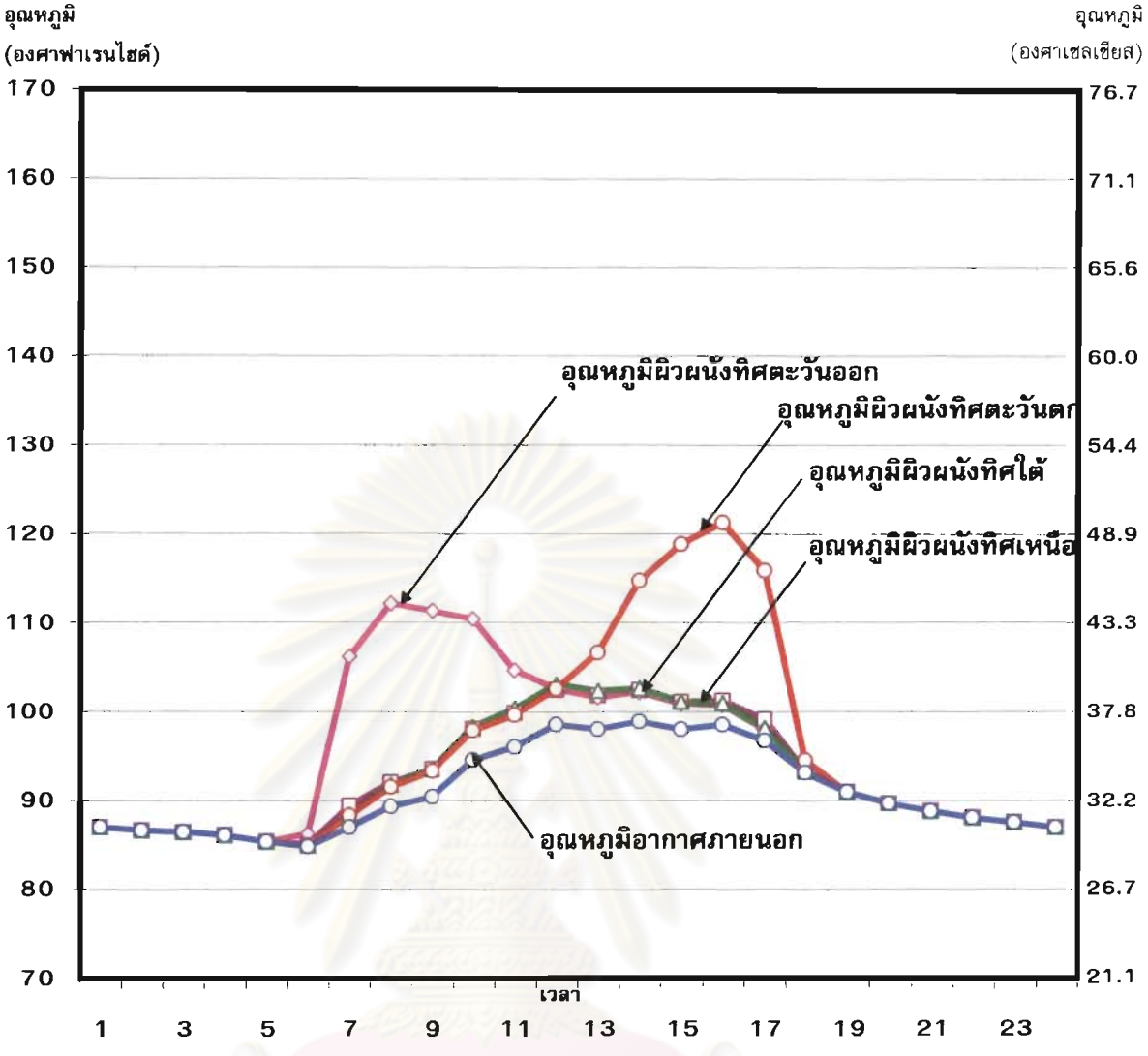
(ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



ค) การวิเคราะห์แนวโน้มการเกิดการควบแน่นส่วนหลังคา

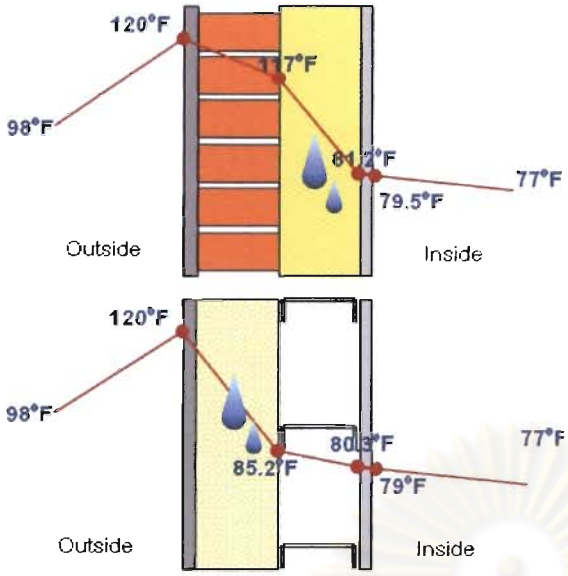
แผนภูมิที่ 4-20 แสดงข้อมูลและการวิเคราะห์การเกิดการควบแน่นส่วนหลังคา

จากแผนภูมิ 4-20 การวิเคราะห์แนวโน้มการเกิดการควบแน่นส่วนหลังคาช่วงเวลากลางวัน จากข้อมูลเดือนเมษายน อุณหภูมิสูงสุดของวัน 37.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 41% จะมีอุณหภูมิของจุดน้ำค้างประมาณ 22 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นหลังคาเมื่อได้รับอิทธิพลจากแสงแดดตลอดทั้งวันแล้วทำให้อุณหภูมิผิวหลังคาด้านนอกมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงประมาณ 70 องศาเซลเซียส ความชื้นในฉนวนบริเวณใต้หลังคาสามารถระเหยออกไปได้ ด้วยเหตุนี้ ฉนวนส่วนหลังคาจึงไม่เกิดปัญหาการควบแน่น ดังนั้น ส่วนหลังคาสามารถใช้ฉนวนประเภทเซลเปิดได้



แผนภูมิที่ 4-21 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอก ทุกทิศทาง (เดือนเมษายน)
(คำนวณอุณหภูมิเสมือนพื้นผิววัสดุ (Sol-air Temperature) Solar Intensity and Solar Heat Gain Factors (Latitude 16°N), ผนังแต่ละทิศ, α = 0.3(ผนังสีอ่อน), ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

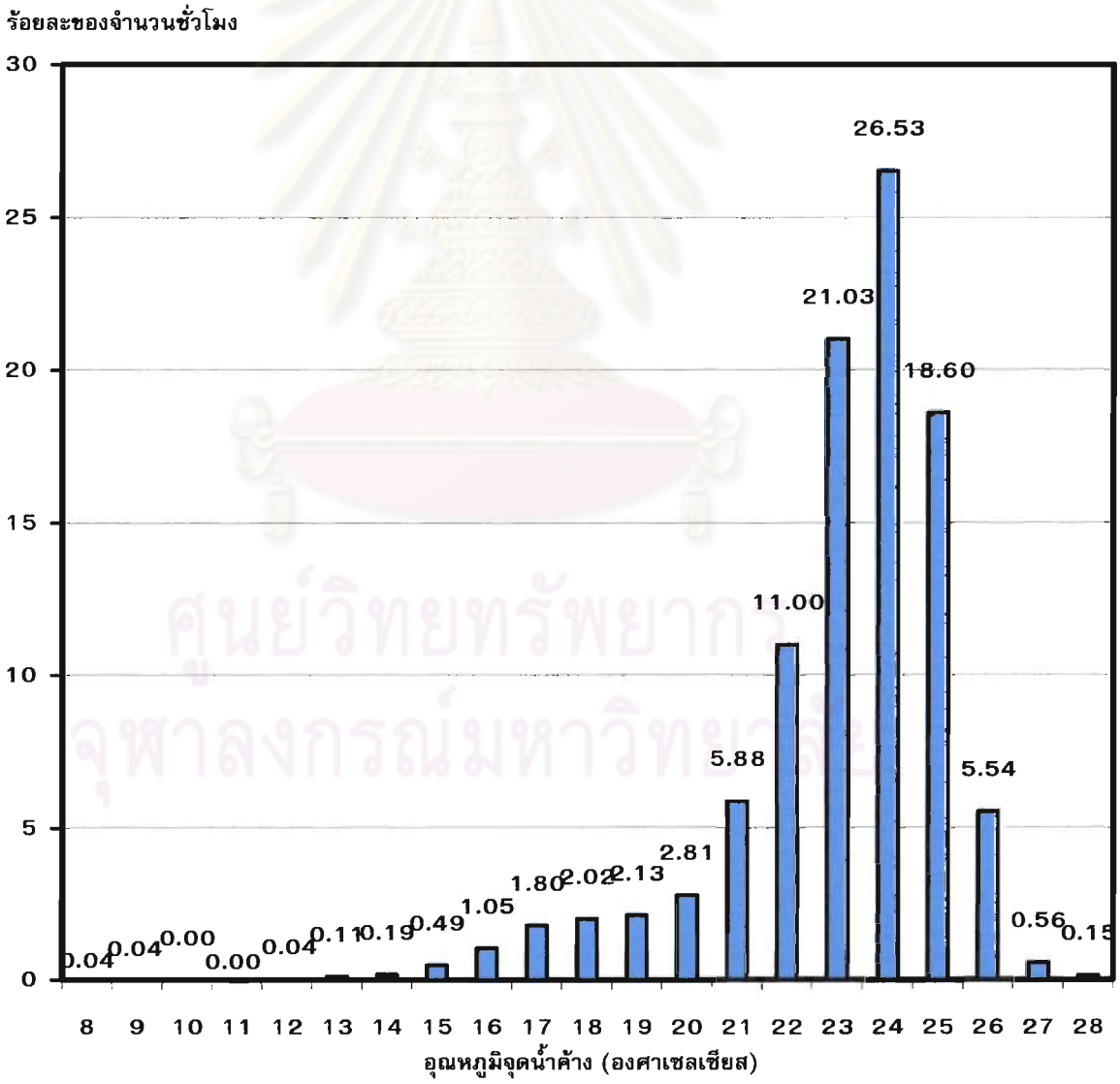
จากแผนภูมิ 4-21 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายนอกในแต่ละทิศ โดยผนังที่มีอุณหภูมิผิวสูงสุดคือทิศตะวันตก อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 49 องศาเซลเซียส เวลา 16.00 น. ทิศเหนือ อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 44 องศาเซลเซียส เวลา 8.00 น. ทิศเหนือและทิศใต้ อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 39 องศาเซลเซียส เวลา 14.00 น.



ก) การติดตั้งฉนวนด้านในของผนังอาคาร

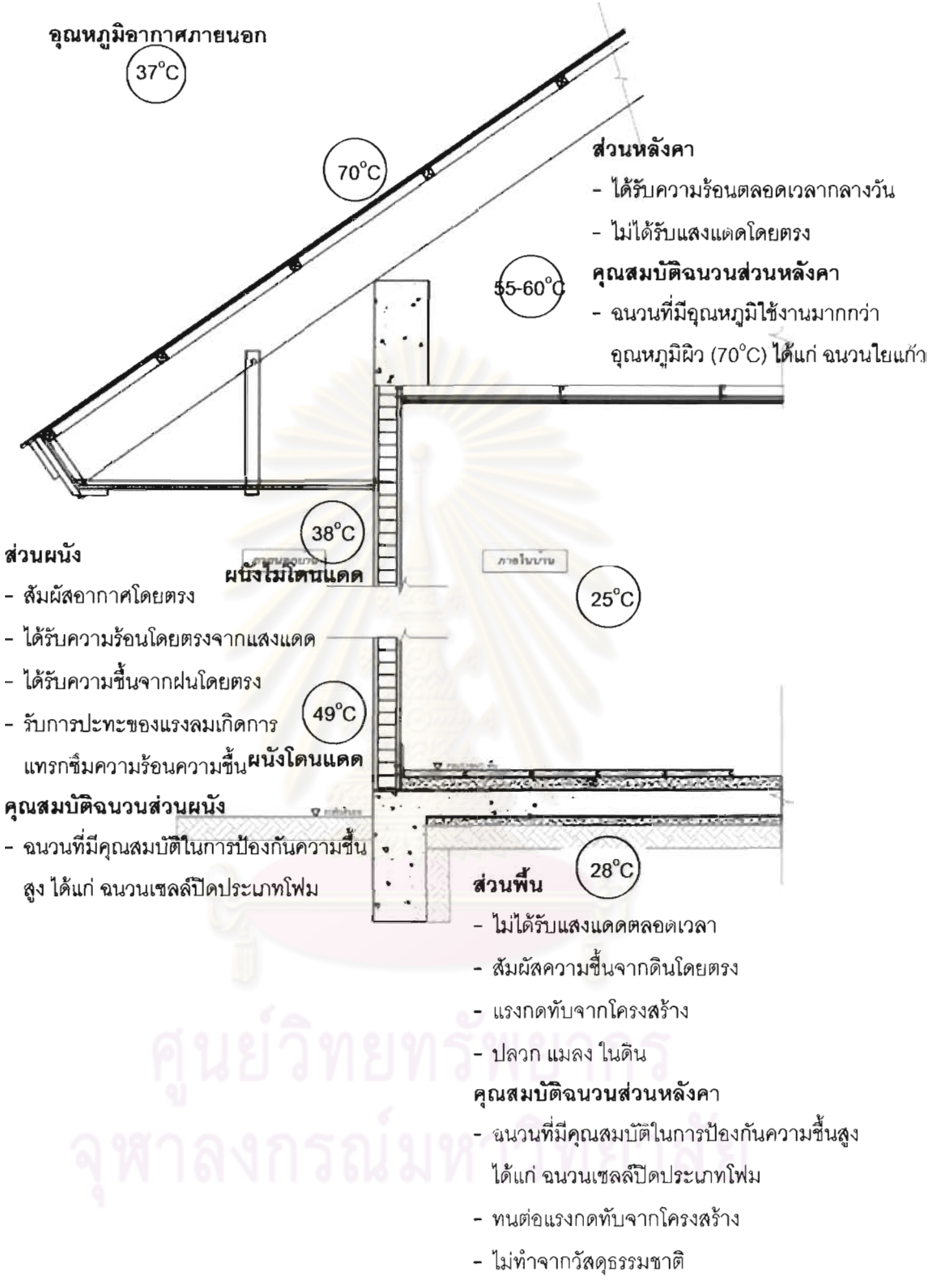
ข) การติดตั้งฉนวนด้านนอกของผนังอาคาร

ภาพที่ 4-2 แสดงการเกิดการควบแน่นภายในผนังที่มีการติดตั้งฉนวนตำแหน่งต่างๆ



แผนภูมิที่ 4-22 แสดงจำนวนชั่วโมงที่เกิดจุดน้ำค้าง ณ อุณหภูมิต่างๆ ของกรุงเทพ ปี พ.ศ.2546

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4-3 แสดงคุณสมบัติของฉนวนที่เหมาะสมกับส่วนต่าง ๆ ของอาคาร ช่วงที่ร้อนที่สุดของวัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของสภาพอากาศต่อส่วนต่างๆ ของอาคาร

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศ สามารถสรุปการเลือกชนิดฉนวนสำหรับส่วนต่างๆ ของอาคารได้ ดังนี้

1. ส่วนหลังคา
   - หลังคาเป็นส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดโดยตรงตลอดเวลากลางวัน อุณหภูมิผิวหลังคาด้านนอกมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 70 องศาเซลเซียส (เดือนเมษายน) ทำให้ส่วนหลังคามีอุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิภายในอาคาร ประมาณ 35 องศาเซลเซียส
   - ส่วนหลังคาได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิผิว ทำให้อุณหภูมิในช่องว่างใต้หลังคาสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เกิดการระเหยของน้ำ จึงไม่เกิดปัญหาการควบแน่น
   - ฉนวนส่วนหลังคาควรมีน้ำหนักไม่มาก เพื่อลดภาระของโครงสร้าง
   - ฉนวนส่วนหลังคา ได้แก่ ฉนวนใยแก้ว ที่มีอุณหภูมิใช้งานเหมาะสม น้ำหนักเบา และเป็นฉนวนที่ได้รับการยืนยันความปลอดภัย จึงเป็นฉนวนที่ใช้ภายในอาคารได้
2. ส่วนผนัง
   - ผนังเป็นส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดโดยตรง ขึ้นอยู่กับวงโคจรของดวงอาทิตย์ในแต่ละเดือน อุณหภูมิผิวผนังด้านนอกสูงสุดประมาณ 49 องศาเซลเซียส (ทิศตะวันตก เดือนเมษายน) ทำให้ส่วนผนังมีอุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิภายในอาคาร 24 องศาเซลเซียส
   - ผนังเป็นส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากความชื้นและฝนโดยตรง รับการปะทะของแรงลม ทำให้เกิดการแทรกซึมความร้อน ความชื้นได้ ฉนวนที่เหมาะสมจึงต้องป้องกันความชื้นได้ดี
   - ฉนวนส่วนผนังสามารถเกิดปัญหาการควบแน่นได้ จึงควรติดตั้งฉนวนภายนอกอาคาร หากจำเป็นต้องติดตั้งฉนวนภายในอาคาร โดยเฉพาะอาคารเก่าที่ต้องการปรับปรุง ควรมีการป้องกันความชื้นอย่างสมบูรณ์แบบที่ผิวด้านนอกอาคาร
   - ฉนวนส่วนผนัง ได้แก่ ฉนวนเซลล์ปิดประเภทโฟม ที่มีค่าการแทรกซึมความชื้นต่ำ
3. ส่วนพื้น
   - พื้นเป็นส่วนที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดด แต่รับอิทธิพลความชื้นจากดิน
   - อุณหภูมิดิน ความลึก 20 เซนติเมตร มีอุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส (เดือนเมษายน) และมีอุณหภูมิคงที่ใต้อาคาร ประมาณ 28 องศาเซลเซียส ทำให้ส่วนพื้นมีอุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิภายในอาคาร 3 องศาเซลเซียส
   - ส่วนพื้นยกใต้ถุน จะสัมผัสอุณหภูมิและความชื้นในอากาศโดยตรง เกิดการควบแน่นได้
   - ส่วนพื้นเป็นส่วนที่รับแรงกดทับทั้งจากโครงสร้างและผู้อยู่อาศัยตลอดเวลา
   - ฉนวนส่วนพื้น ได้แก่ ฉนวนเซลล์ปิดประเภทโฟม ที่มีค่าการแทรกซึมความชื้นต่ำ สามารถทนต่อแรงกดทับจากโครงสร้าง และไม่ทำจากวัสดุธรรมชาติที่เป็นอาหารของสัตว์ในดิน

4.2.2 ความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ

จากการศึกษาประเภทของฉนวนต่างๆ และตัวแปรสำคัญในการลดความร้อน ได้แก่ การต้านทานความร้อน มวลสาร ช่องว่างอากาศ และสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนผิววัสดุ โดย 1) ค่าการต้านทานความร้อน เป็นตัวแปรสำคัญในการลดความร้อนซึ่งมีในวัสดุทุกชนิด แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนและขนาดของช่องว่างอากาศนิ่งภายในเนื้อวัสดุ จะสกัดกั้นการถ่ายเทความร้อนจากการนำความร้อนและการพาความร้อน 2) มวลสารมีคุณสมบัติลดการถ่ายเทความร้อนจากการนำความร้อนและการพาความร้อน มวลสารจะใช้เวลาในการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่ง ทำให้เกิดการลดความร้อนและการหน่วงเหนี่ยวความร้อน 3) ช่องว่างอากาศสามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากการพาความร้อน แต่หากเป็นสูญญากาศจะสามารถตัดการนำความร้อนและการพาความร้อน 4) สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนผิววัสดุสามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อน

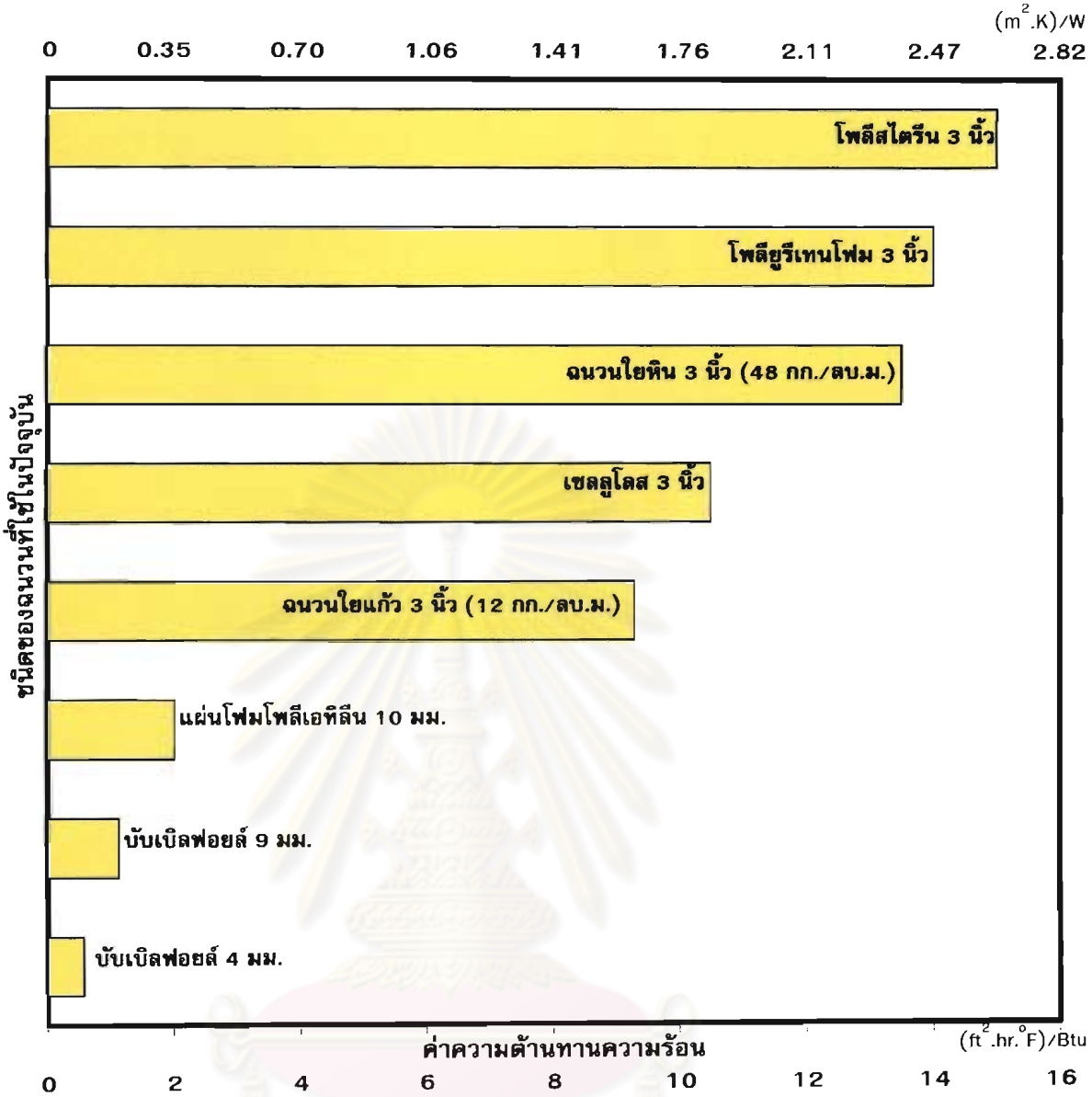
นอกจากคุณสมบัติการสกัดกั้นการถ่ายเทความร้อนจากการนำความร้อน การพาความร้อน หรือการแผ่รังสีความร้อน วิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีของแต่ละตัวแปรแล้วนำมาศึกษาความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปร ดังนี้

1. อิทธิพลของความหนา
2. อิทธิพลของมวลสาร
3. อิทธิพลของช่องว่างอากาศ
4. อิทธิพลของสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนผิววัสดุ

4.2.2.1 อิทธิพลของความหนา

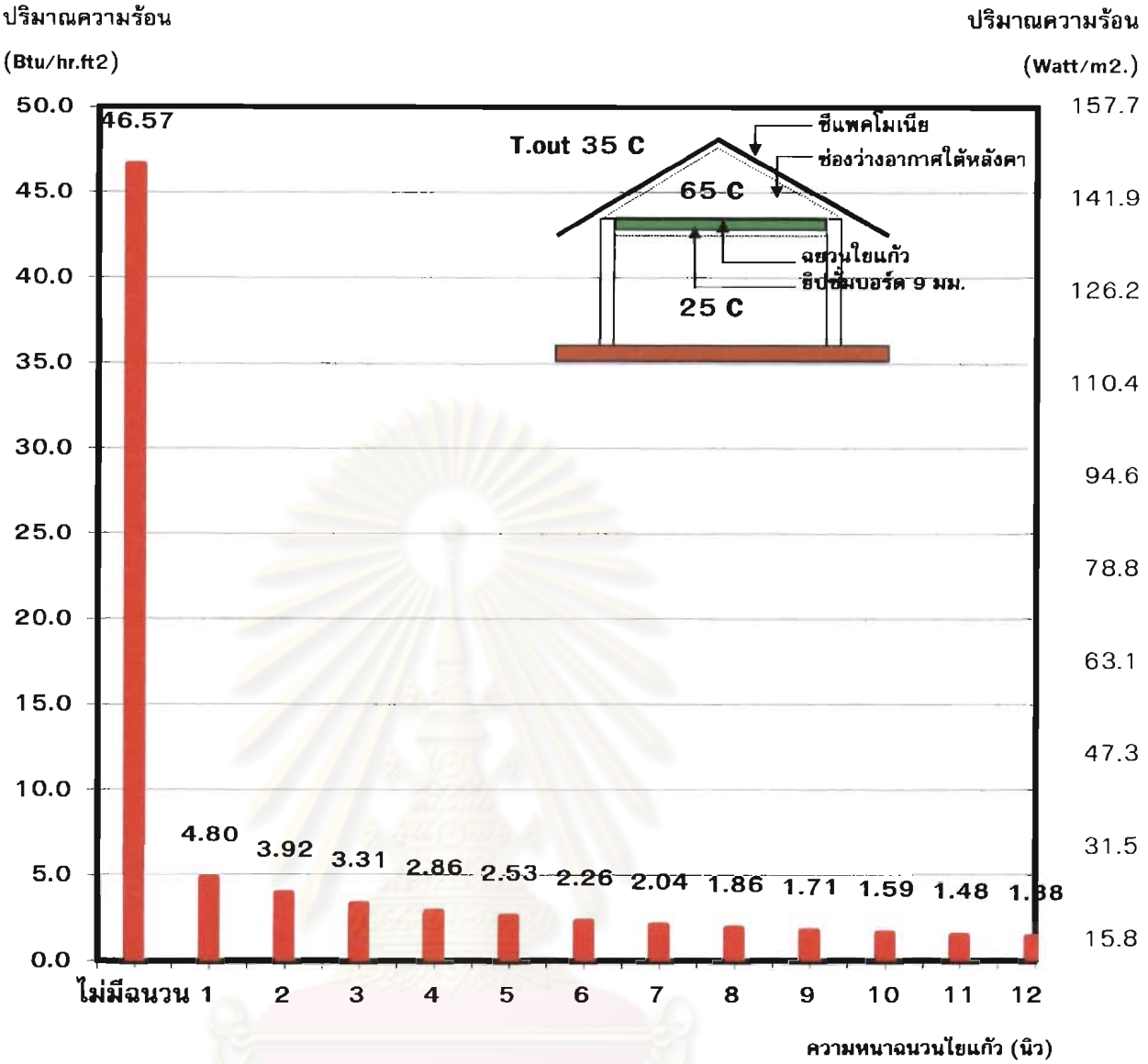
การวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านทานความร้อนของวัสดุจากความหนา พบว่าวัสดุหรือฉนวนกันความร้อน เมื่อเพิ่มความหนามากขึ้น จะยิ่งเพิ่มค่าการต้านทานความร้อน ทำให้ปริมาณความร้อนจากภายนอกอาคารที่เข้าสู่ภายในอาคารลดลง ดังนั้น การเพิ่มความหนาสำหรับการใช้ฉนวนกันความร้อนจึงส่งผลต่อค่าการต้านทานความร้อนให้กับอาคาร

วัสดุหรือฉนวนกันความร้อน เมื่อมีวัสดุปิดผิวหรือผิววัสดุที่มีค่าการสะท้อนความร้อน เช่น แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ทำให้เป็นวัสดุผิวสะท้อนรังสีโดยเฉพาะอย่างยิ่งติดตั้งร่วมกับช่องอากาศปิด ทำให้เกิดสภาวะสูญญากาศที่มีค่าความเป็นฉนวนสูง เป็นการเพิ่มคุณสมบัติการต้านทานความร้อนของระบบเปลือกอาคารได้ดียิ่งขึ้น



แผนภูมิที่ 4-23 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของฉนวนที่ใช้กันโดยทั่วไปในท้องตลาดตามความหนาที่ใช้งานจริง

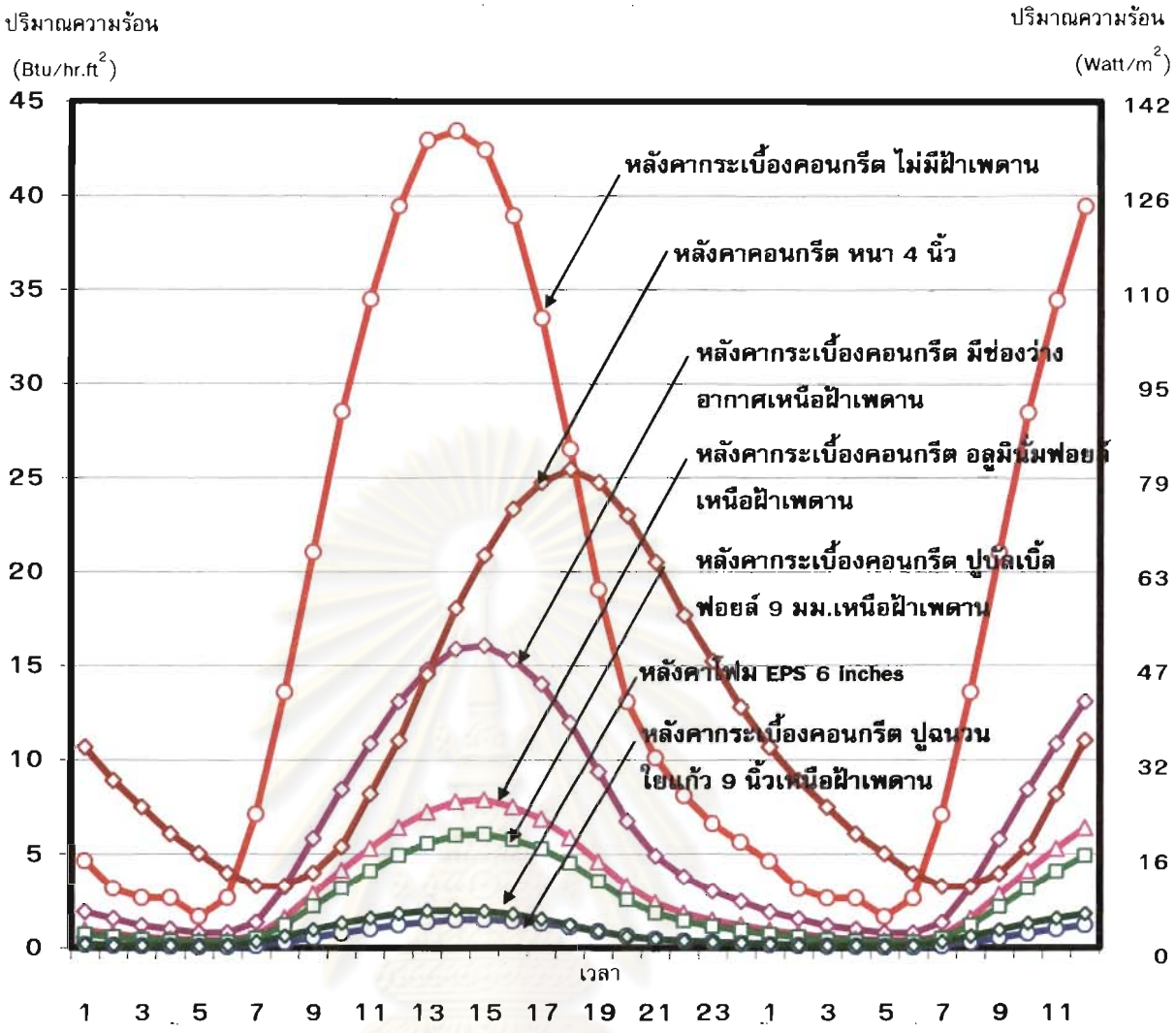
จากแผนภูมิ 4-23 การศึกษาคุณสมบัติการต้านทานความร้อนของฉนวนและวัสดุต่างๆ ที่ความหนาที่ใช้งานจริงอยู่ในปัจจุบัน พบว่า ฉนวนประเภทโฟมจะมีค่าการต้านทานความร้อนสูง ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อฉนวนเป็นเซลล์ปิด รองลงมาจะเป็นฉนวนประเภทเส้นใย ที่มีช่องว่างอากาศนิ่งจำนวนมาก



แผนภูมิที่ 4-24 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจากส่วนหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาต่าง ๆ (ฉนวนใยแก้วแบบหุ้มฟอยล์)

(คำนวณจากหลังคากระเบื้องซีเมนต์ สีเข้ม การติดตั้งฉนวนเหนือฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 9 มม. ปริมาณความร้อนได้จากการคำนวณในช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวัน (Peak Load) โดยที่อุณหภูมิอากาศที่ผิวหลังคาอยู่ที่ 65 องศาเซลเซียส ภายในอาคารปรับอากาศที่ 25 องศาเซลเซียส ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 12 กก./ลบ.ม.)

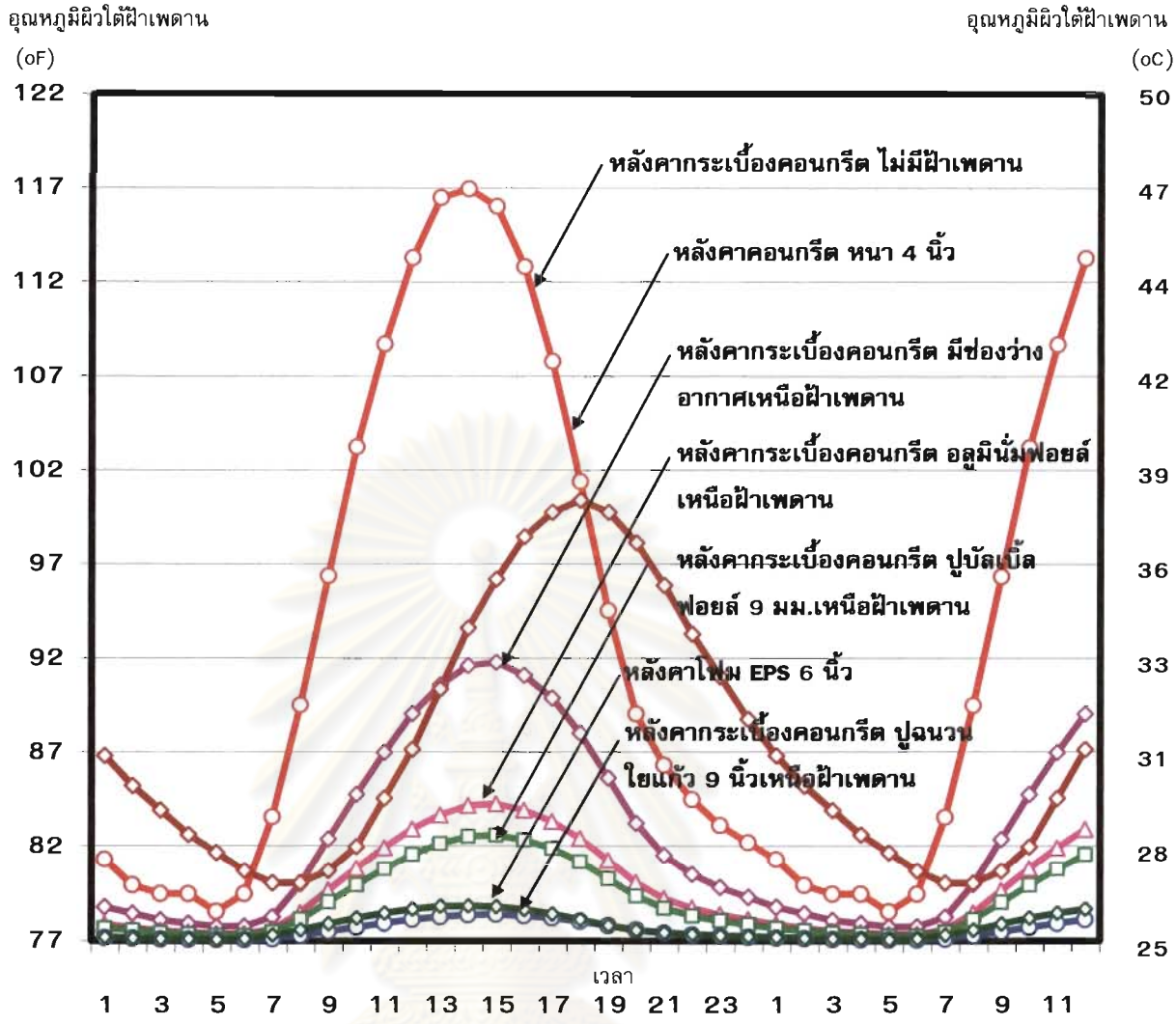
จากแผนภูมิ 4-24 แสดงปริมาณความร้อนส่วนหลังคา ซึ่งเป็นส่วนที่รับความร้อนสูง จากแผนภูมิแสดงให้เห็นถึงปริมาณความร้อนที่เข้ามาในส่วนหลังคาจะลดลงเมื่อมีการติดตั้งฉนวนใยแก้ว โดยเฉพาะ 1 นิ้วแรกปริมาณความร้อนจะลดลงไปถึง 89.7% และจะลดลงในอัตราต่ำลงตามลำดับ ดังนั้นการเลือกความหนาจำเป็นต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าของการลดปริมาณความร้อนและค่าใช้จ่ายเพื่อการพิจารณาความหนาที่เหมาะสม



แผนภูมิที่ 4-25 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาชนิดต่าง ๆ (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, หลังคาราบ, K=0.83(หลังคาสีปานกลาง), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25 °C(77 °F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

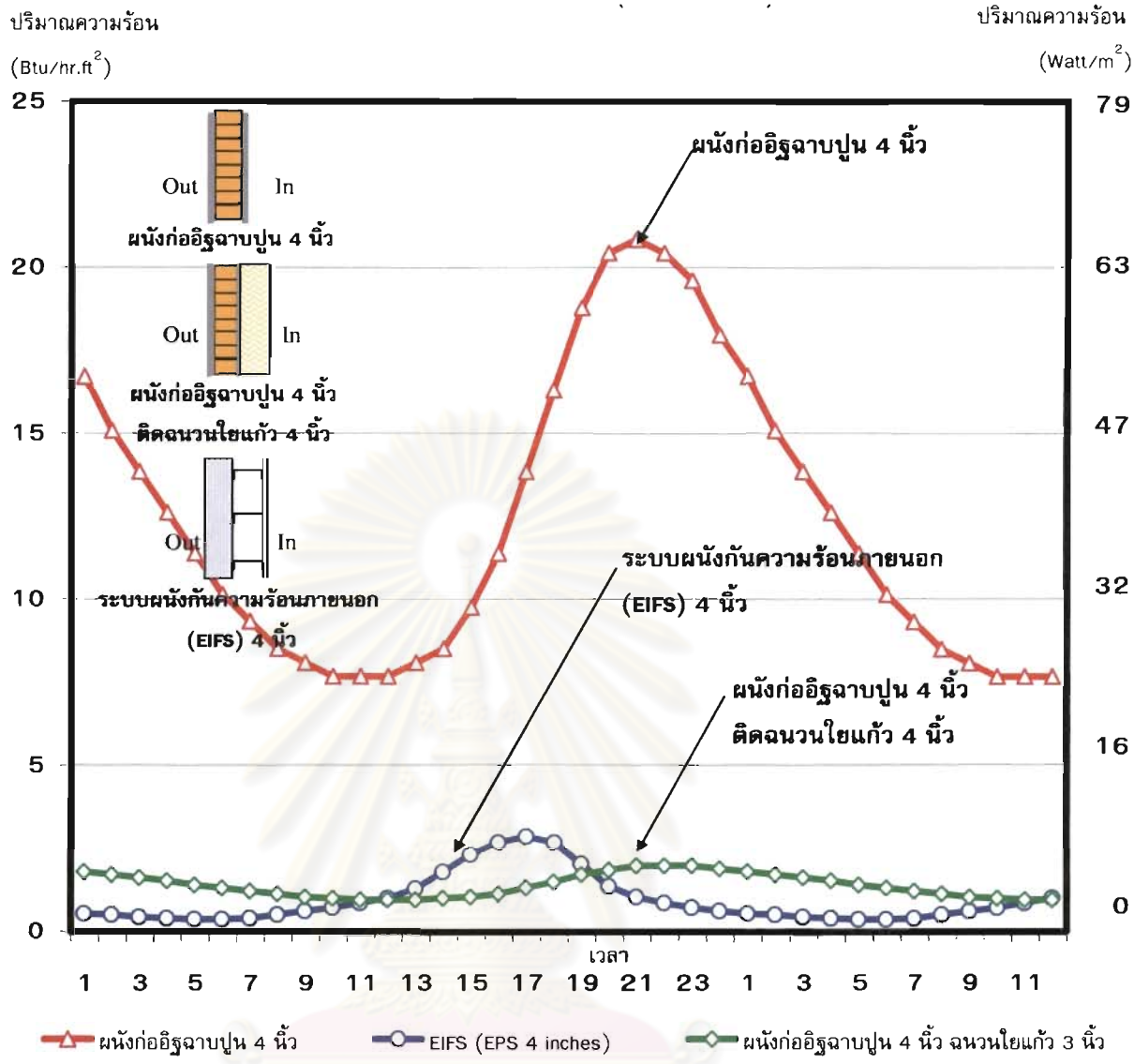
จากแผนภูมิ 4-25 ได้นำหลังคาชนิดต่างๆ ที่นิยมกันในปัจจุบันมาทำการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารในส่วนหลังคา ของเดือนเมษายน พบว่า หลังคากระเบื้องซีเมนต์ที่ไม่มีช่องว่างอากาศและฝ้าเพดานใต้หลังคา มีปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ส่วนหลังคาสูงที่สุด และเมื่อมีการใช้ฉนวนชนิดต่างๆ ที่นิยมใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน จะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาได้ การศึกษานี้ทำให้ทราบตัวแปรสำคัญในการลดการถ่ายเทความร้อน นั่นคือ ค่าความต้านทานความร้อน โดยค่าความต้านทานความร้อนยิ่งสูง ยิ่งมีผลต่อการลดปริมาณความร้อน



แผนภูมิที่ 4-26 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานของหลังคาชนิดต่าง ๆ (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, หลังคาราบ, K=0.83(หลังคาสีปานกลาง), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25 °C(77 °F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

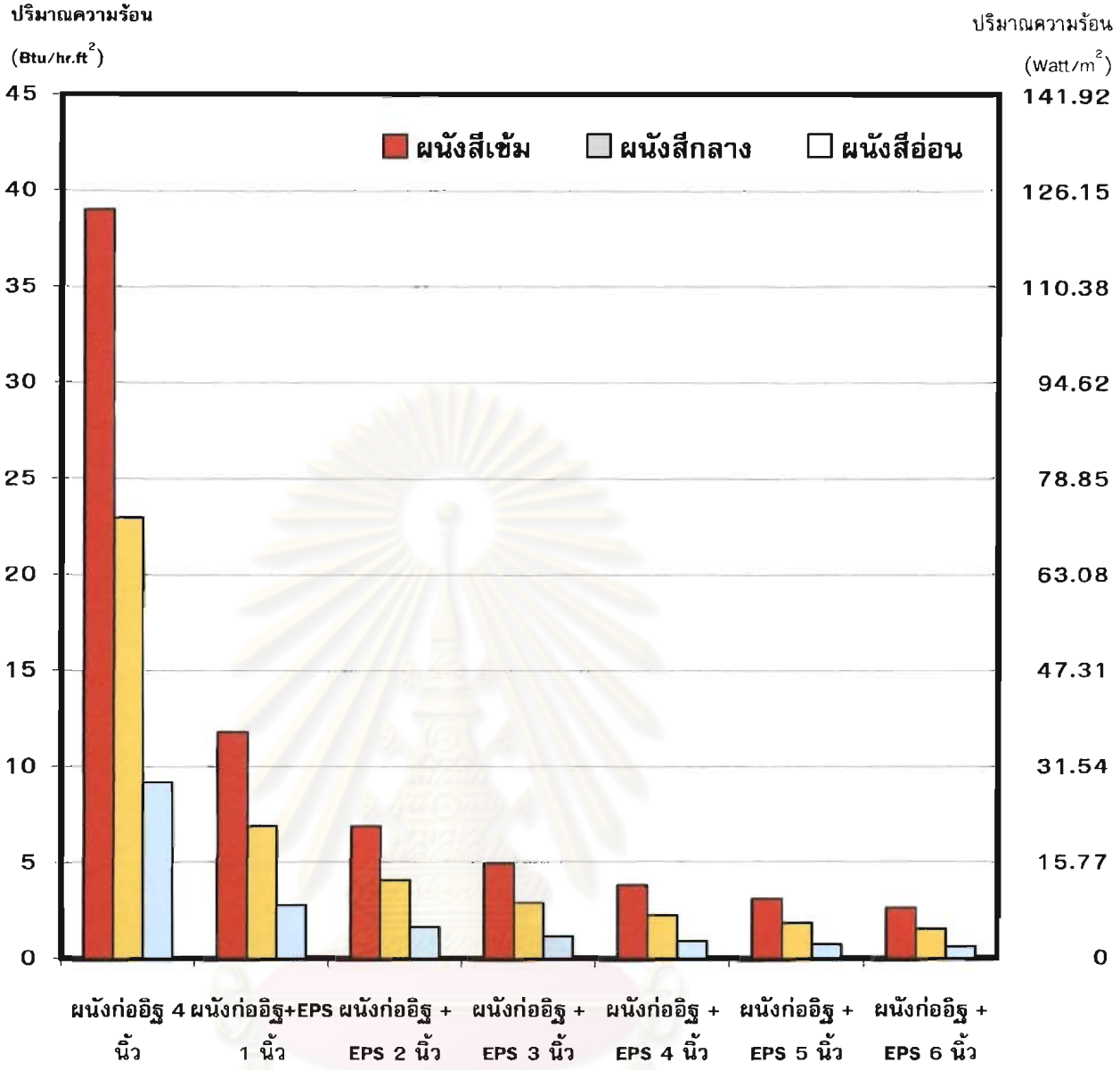
จากแผนภูมิ 4-26 ได้นำหลังคาชนิดต่างๆ ที่นิยมกันในปัจจุบันมาทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานของหลังคาชนิดต่างๆ ของ พบว่า หลังคากระเบื้องซีเมนต์ที่ไม่มีช่องว่างอากาศและฝ้าเพดานใต้หลังคา มีอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานสูงที่สุด และเมื่อมีการใช้ฉนวนชนิดต่างๆ ที่นิยมใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน จะช่วยลดอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานลงได้ การศึกษานี้ทำให้ทราบตัวแปรสำคัญในการลดอุณหภูมิผิวภายในอาคาร นั่นคือ ค่าความต้านทานความร้อน โดยค่าความต้านทานความร้อนยิ่งสูง ยิ่งมีผลต่อการลดอุณหภูมิผิวภายในอาคาร



แผนภูมิที่ 4-27 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนังชนิดต่างๆ ความหนา 4 นิ้ว ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, ทุกทิศทาง, K=0.65(ผนังสีอ่อน), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25°C(77°F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-27 ได้นำผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว ที่นิยมกันในปัจจุบันมาใส่ฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้ว กับระบบผนังกันความร้อนภายนอก (EPS 4 นิ้ว) เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารในส่วนผนัง ทิศตะวันตก ของเดือนเมษายน พบว่า ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว เมื่อติดฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้วภายในอาคาร สามารถลดปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ผนังอาคารได้มากถึง 18.89 Btu/hr.ft^2 หรือลดลงประมาณ 10 เท่า และยังสามารถลดปริมาณความร้อนได้ใกล้เคียงกับระบบผนังกันความร้อนภายนอก (EPS 4 นิ้ว) อีกด้วย



แผนภูมิที่ 4-28 แสดงการเปรียบเทียบอิทธิพลของสีที่มีผลต่อปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว ในกรณีที่มีฉนวน EPS หนาตั้งแต่ 1 - 6 นิ้ว

จากแผนภูมิ 4-28 แสดงการเปรียบเทียบอิทธิพลของสีที่มีผลต่อปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว ในกรณีที่มีฉนวนใยแก้วหนาตั้งแต่ 1 - 6 นิ้ว พบว่า ผนังที่มีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนผนังรวมสูง (ค่าการต้านทานความร้อนต่ำ) สีของผนังภายนอกจะมีอิทธิพลต่อปริมาณความร้อน ผนังสีเข้มจะมีปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารมากกว่าผนังสีอ่อน และสำหรับผนังที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนผนังรวมต่ำ จะลดอิทธิพลของสีลงจนทำให้เกิดอิสระในการเลือกสีเปลือกอาคารภายนอก หากวัสดุยิ่งมีค่าความเป็นฉนวนมากขึ้นเท่าไร อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณความร้อนเมื่อมีการใช้สีเข้มขึ้นจะยิ่งลดลง

4.2.2.2 อิทธิพลของมวลสาร

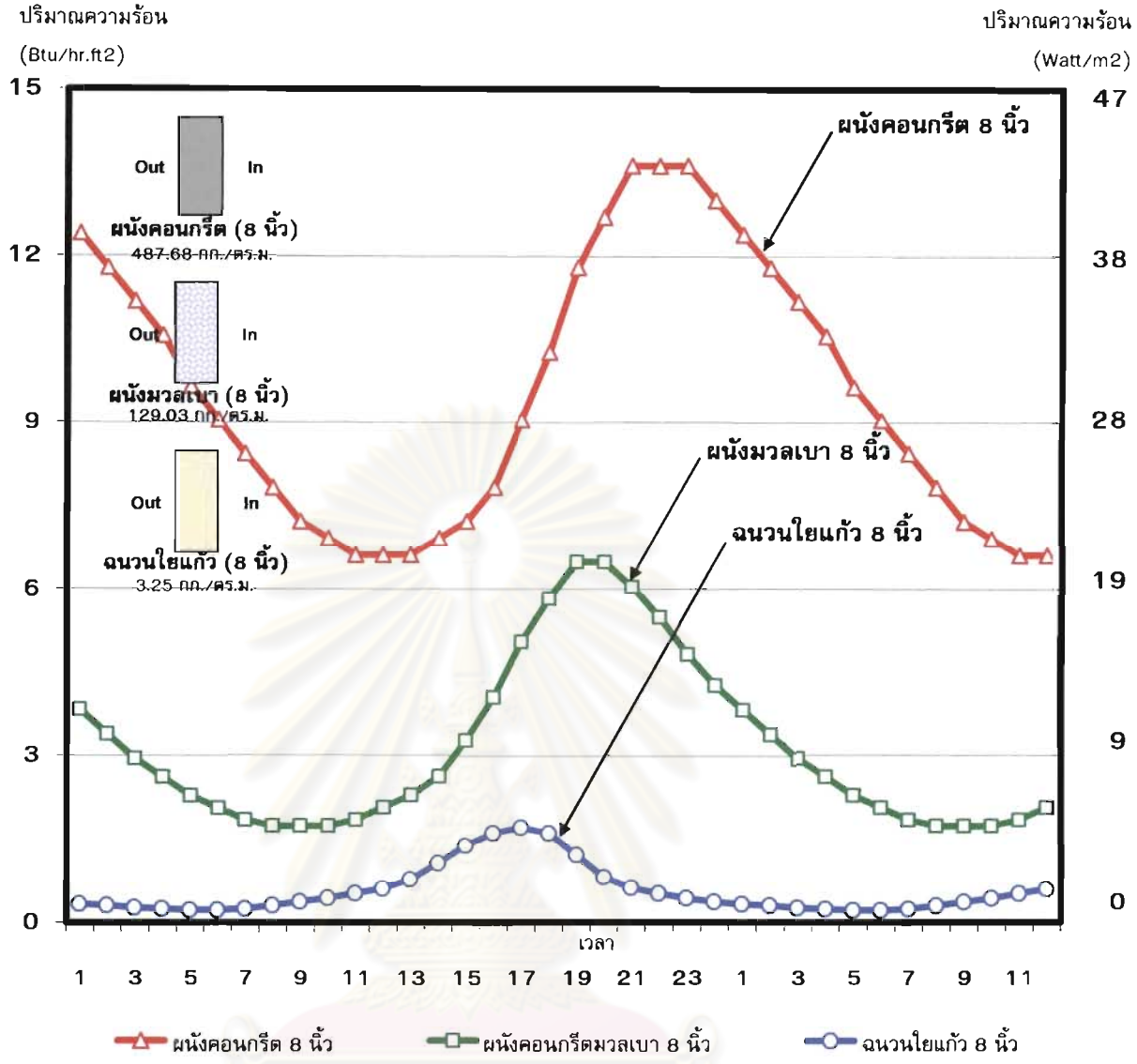
มวลสาร เป็นวัสดุที่มีค่าความจุความร้อน เป็นฉนวนอีกรูปแบบหนึ่ง สามารถต้านทานความร้อน เกิดการลดความร้อนและใช้เวลาในการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้ ตัวแปรหลักที่มีผลต่อค่าการต้านทานความร้อนของมวลสาร ดังนี้

1) ค่าความจุความร้อน

2) ความหนาแน่นของมวลสาร

การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของมวลสาร เป็นตัวแปรหลักอันหนึ่งในการลดภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) ให้กับอาคาร ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อความร้อนถูกหน่วงนานออกไปจนถึงช่วงเวลาที่อากาศภายนอกเริ่มเย็นลง ความร้อนที่สะสมในมวลสารจะถ่ายเทออกสู่ภายนอกด้วยวิธีธรรมชาติ ทั้งโดยการนำและการพาความร้อน เพราะอุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำกว่าอุณหภูมิในเนื้อมวลสาร ส่งผลให้มีปริมาณความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารน้อยลงด้วย ส่วนต่างของปริมาณความร้อนนี้จะลดภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารลงได้ แนวความคิดในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานดังกล่าวนี้ เรียก Decrement Factor
(สุนทร บุญญาธิการ, 2545ง)

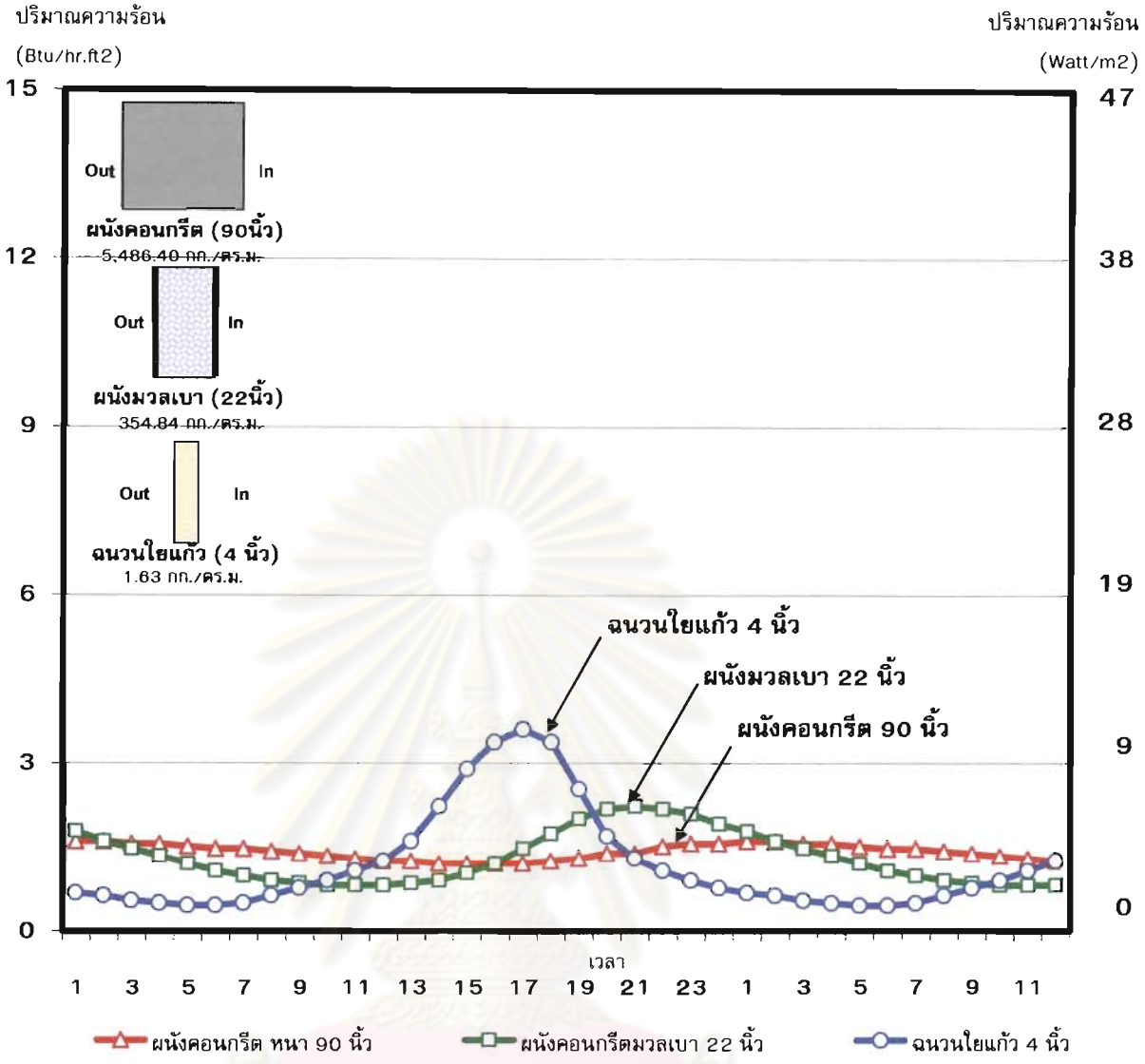
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4-29 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนของวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ความหนา 8 นิ้ว ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน)

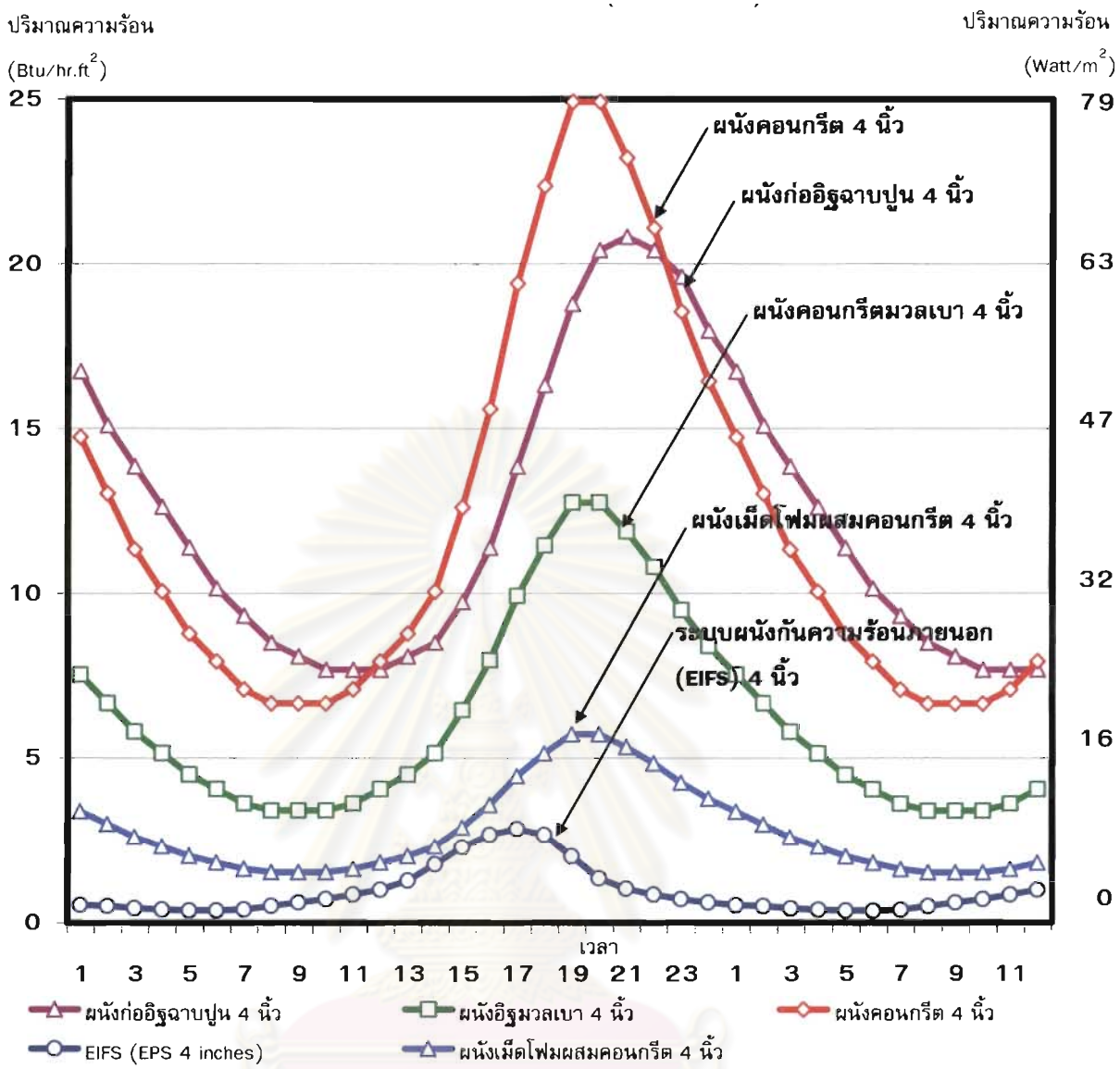
(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, ทุกทิศทาง, K=0.65(ผนังสีอ่อน), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25 °C(77 °F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-29 แสดงปริมาณความร้อนเปรียบเทียบของผนังที่มีมวลสารแตกต่างกัน โดยกำหนดให้มีความหนา 8 นิ้วเท่ากัน ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) พบว่า ผนังวัสดุแม้จะมีความหนาเท่ากัน แต่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่างกัน วัสดุที่มีน้ำหนักต่อตารางเมตรมากจะเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงแต่ใช้เวลาในการถ่ายเทความร้อน หน่วงช่วงเวลาร้อนที่สุดออกไป ส่วนวัสดุที่มีน้ำหนักน้อยจะเป็นวัสดุที่มีมวลสารต่ำ ค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ เนื่องจากภายในเนื้อวัสดุมีโพรงอากาศขนาดเล็กๆ จำนวนมหาศาลแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยจะทำหน้าที่ลดการนำและการพาความร้อน



แผนภูมิที่ 4-30 แสดงปริมาณความร้อนเปรียบเทียบของผนังที่มีมวลสารแตกต่างกัน โดยกำหนดให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนเท่ากัน (U-Value = 0.068 Btu/hr.ft2 F) **ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน)**
(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, ทุกทิศทาง, K=0.65(ผนังสีอ่อน), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25°C(77°F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

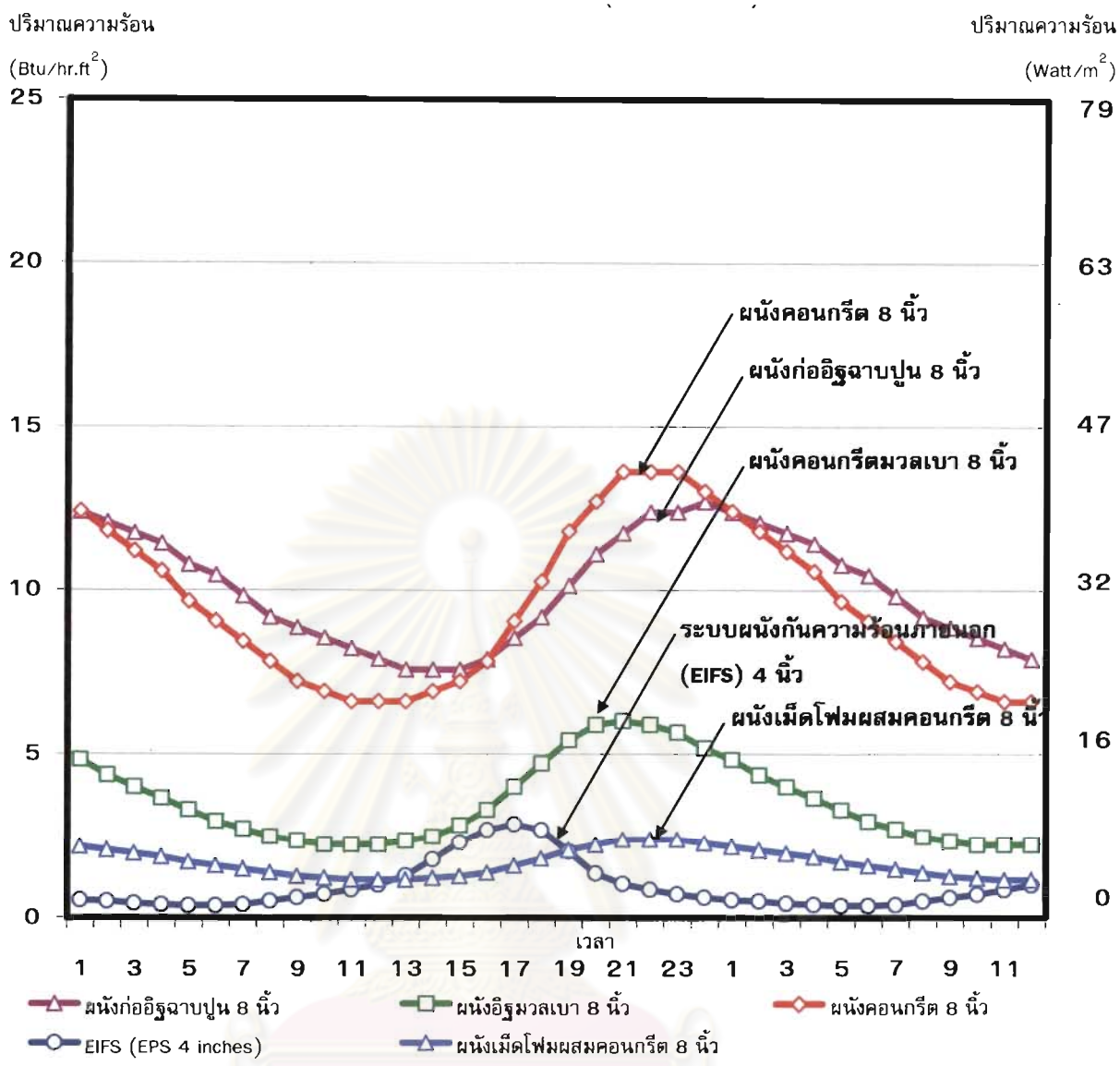
จากแผนภูมิ 4-30 แสดงปริมาณความร้อนเปรียบเทียบของผนังที่มีมวลสารแตกต่างกัน โดยกำหนดให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนเท่ากัน (U-Value = 0.068 Btu/hr.ft^2.°F) ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) พบว่า ผนังที่มีมวลสารมากจะมีปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารน้อยและคงที่ ไม่แปรปรวนตามสภาพอากาศเหมือนผนังที่มีมวลสารต่ำ แต่ในขณะเดียวกัน การที่จะให้ผนังที่มีค่าการต้านทานความร้อนสูงต้องมีความหนามาก ซึ่งยากต่อการก่อสร้างจริง เมื่อเปรียบเทียบกับระบบผนังที่ใช้ฉนวนป้องกันความร้อนแล้วจะทำให้ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารได้น้อย ดังนั้น การเลือกวัสดุเป็นเปลือกอาคารควรพิจารณาค่าการต้านทานความร้อนและมวลสารร่วมกัน



แผนภูมิที่ 4-31 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนังชนิดต่างๆ ความหนา 4 นิ้ว ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, ทุกทิศทาง, K=0.65(ผนังสีอ่อน), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25°C(77°F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

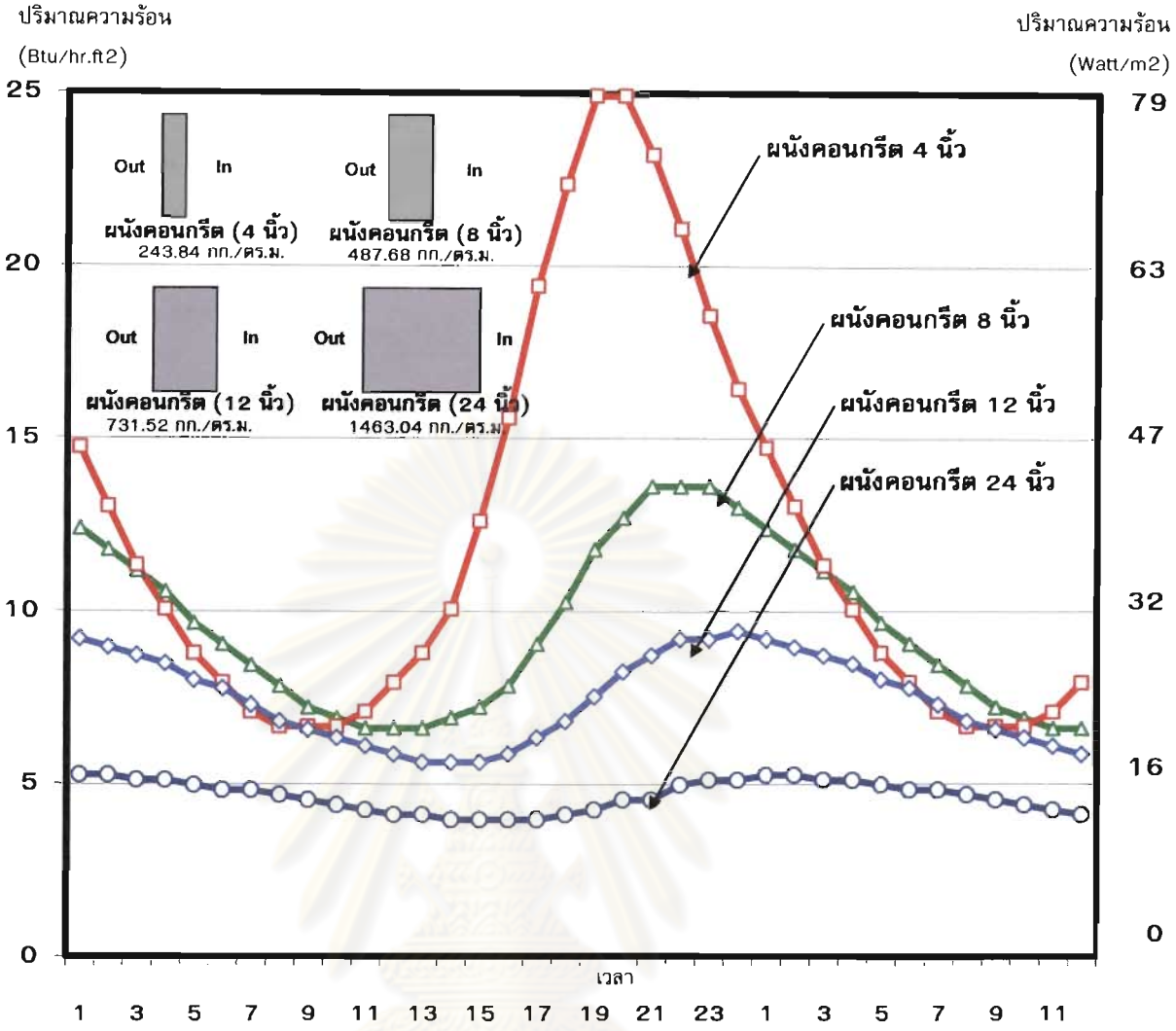
จากแผนภูมิ 4-31 ได้นำผนังชนิดต่างๆ ที่นิยมกันในปัจจุบัน กำหนดให้วัสดุมีความหนา 4 นิ้วเท่ากันมาเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารในส่วนผนัง ทิศตะวันตก ของเดือนเมษายน พบว่า ผนังคอนกรีต มีปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ผนังอาคารสูงที่สุด และผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังคอนกรีตมวลเบา ผนังเม็ดโฟมผสมคอนกรีต และระบบผนังกันความร้อนภายนอก (EPS 4 นิ้ว) ตามลำดับ โดยผนังคอนกรีตมีปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ผนังอาคารต่างกับระบบผนังกันความร้อนภายนอก (EPS 4 นิ้ว) ถึง 22.09 Btu/hr.ft^2 หรือสูงกว่าประมาณ 9 เท่า



แผนภูมิที่ 4-32 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนังชนิดต่างๆ ความหนา 8 นิ้ว ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, ทุกทิศทาง, K=0.65(ผนังสีอ่อน), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25°C(77°F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

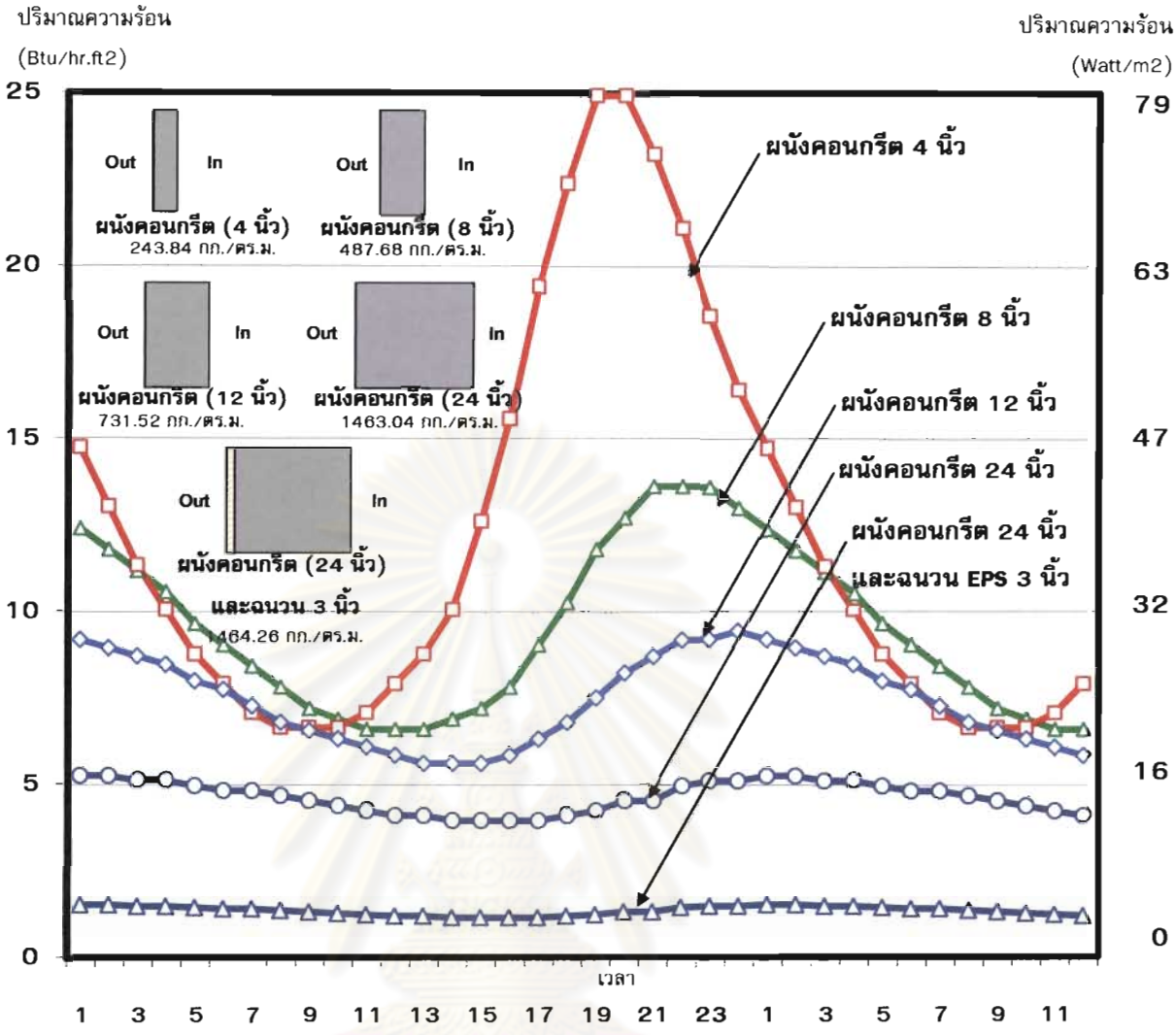
จากแผนภูมิ 4-32 ได้นำผนังชนิดต่างๆ ที่นิยมกันในปัจจุบัน กำหนดให้วัสดุมีความหนา 8 นิ้วเท่ากันมาเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารในส่วนผนัง ทิศตะวันตกของเดือนเมษายน พบว่า ผนังคอนกรีต มีปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ผนังอาคารสูงที่สุด และ ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังคอนกรีตมวลเบา ระบบผนังกันความร้อนภายนอก(EPS 4 นิ้ว) และผนังเม็ดโฟมผสมคอนกรีต ตามลำดับ โดยผนังคอนกรีตมีปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ผนังอาคารสูงสุดต่างกับผนังเม็ดโฟมผสมคอนกรีตที่มีปริมาณความร้อนต่ำสุด ถึง 11.24 Btu/hr.ft^2 หรือสูงกว่าประมาณ 6 เท่า และสังเกตว่าระบบผนังกันความร้อนภายนอก(EPS 4นิ้ว)มีค่าใกล้เคียงกับผนังเม็ดโฟมผสมคอนกรีต



แผนภูมิที่ 4-33 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนของผนังคอนกรีต ความหนาต่างๆ ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, ทุกทิศทาง, K=0.65(ผนังสีอ่อน), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25°C(77°F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

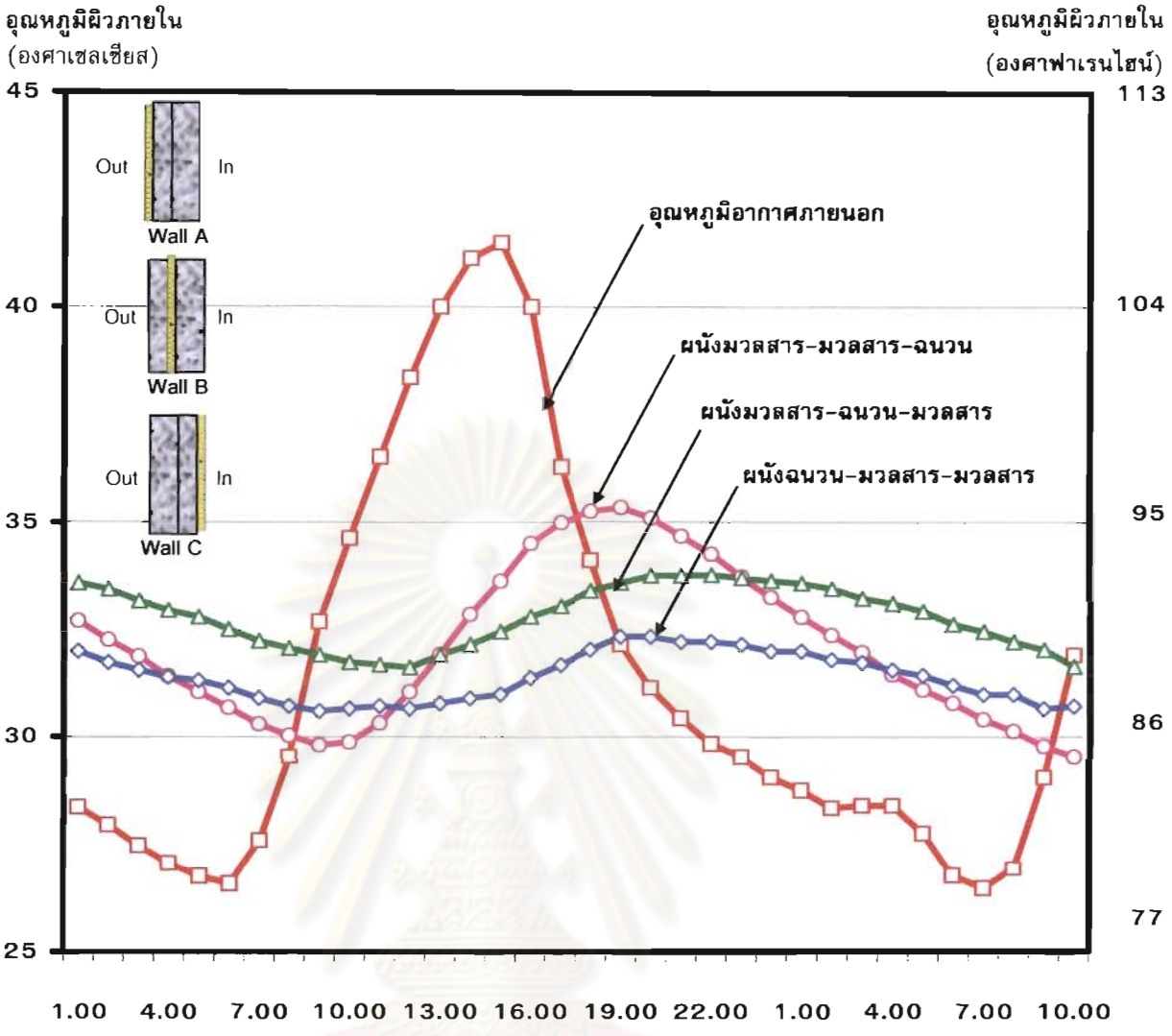
จากแผนภูมิ 4-33 พบว่า ผนังคอนกรีตที่มีความหนามากขึ้นจะมีค่าการต้านทานความร้อนเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณความร้อนลดลง และเกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อนในช่วงระยะเวลาสูงสุดของวัน ดังจะเห็นจากแผนภูมิ เมื่อผนังคอนกรีตมีความหนามากขึ้นจนมีความหนา 24 นิ้ว (หรือเทียบเท่าผนังโบสถ์ไทยโบราณ ที่มีความหนา 60 เซนติเมตร) จะมีปริมาณความร้อนลดลงจากผนังคอนกรีต 4 นิ้วถึง 19.68 Btu/hr.ft^2 ในช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวัน และช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิสูงสุดของวันถูกเลื่อนออกไป ถึงเวลาประมาณ 2.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายนอกลดลงจนทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางการถ่ายเทความร้อนอีกครั้ง ทำให้ปริมาณความร้อนของผนังลดลงเรื่อยๆ และปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาภายในอาคารอยู่ในระดับคงที่ เป็นการรักษาความคงที่ของอุณหภูมิภายในอาคารได้เป็นอย่างดี



แผนภูมิที่ 4-34 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนของผนังคอนกรีต ความหนาต่างๆ ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, ทุกทิศทาง, K=0.65(ผนังสีอ่อน), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25 °C(77 °F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-34 พบว่า ผนังคอนกรีตที่มีความหนามากขึ้นจะมีค่าการต้านทานความร้อนเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณความร้อนลดลง และเกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อนในช่วงระยะเวลาสูงสุดของวัน และเมื่อผนังคอนกรีต ความหนา 24 นิ้ว ติดตั้งฉนวน EPS 3 นิ้ว จะมีปริมาณความร้อนลดลงตลอดเวลา และมีปริมาณลดลง 2.2 Btu/hr.ft^2 ในช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวัน เป็นแนวทางการลดปริมาณความร้อน และรักษาความคงที่ของอุณหภูมิภายในอาคาร



แผนภูมิที่ 4-35 แสดงอุณหภูมิผิวภายในของผนังที่มีการติดตั้งฉนวนตำแหน่งต่าง ๆ
(รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ, 2543)

จากแผนภูมิ 4-35 แสดงอุณหภูมิผิวภายในเปรียบเทียบของผนังที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนเท่ากัน (U-Value = 0.072 Btu/hr.ft^2.^{o}F) ของระบบผนัง ซึ่งประกอบด้วยคอนกรีต หนา 4 นิ้ว (2 ชุด) และโฟมโพลีสไตลีน หนา 3 นิ้ว (EPS 1 นิ้ว = 3.85 ft^2.hr.^{o}F/Btu (1lb/ft3)) โดยกำหนดให้วางตำแหน่งของชั้นผนังแตกต่างกัน คือ ฉนวนโฟมอยู่ภายนอกระบบผนัง ตรงกลางระหว่างคอนกรีตทั้ง 2 ชุด และฉนวนโฟมอยู่ภายในอาคาร คอนกรีตทั้ง 2 ชุด อยู่ภายในอาคาร พบว่าอุณหภูมิผิวภายในของผนังทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) ของผนังที่ติดตั้งฉนวนภายนอกอาคาร มีปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารต่ำสุด ทำให้อุณหภูมิผิวภายในของผนังอาคารต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดประมาณ 7 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของมวลสาร พบว่า

พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและอิทธิพลของมวลสาร (Thermal Mass) ที่มีต่อการถ่ายเทความร้อน โดยวัสดุที่มีมวลสารมากจะมีผลต่อค่าการต้านทานความร้อนที่เพิ่มขึ้นและเพิ่มระยะเวลาในการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่ง เรียกว่า การหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Lag) ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) ของวันให้กับอาคารได้อีกด้วย

สรุปคุณสมบัติของมวลสารได้ ดังนี้

1. ด้านการต้านทานความร้อน
2. ด้านการหน่วงเหนี่ยวอุณหภูมิสูงสุดของวัน

วัสดุต่างๆ เมื่อนำมาศึกษา โดยกำหนดให้มีความหนาของวัสดุเท่ากัน แต่จากคุณสมบัติค่าการต้านทานความร้อนต่างกันทำให้ปริมาณความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารแตกต่างกัน วัสดุที่มีน้ำหนักต่อตารางเมตรมากจะเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก ค่าการถ่ายเทความร้อนสูง ในทางกลับกัน วัสดุที่มีน้ำหนักน้อยจะเป็นวัสดุที่มีมวลสารต่ำ ค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ เนื่องจากกลไกการถ่ายเทความร้อนของฉนวนมวลสารน้อย ภายในเนื้อวัสดุมีโพรงอากาศขนาดเล็กๆ จำนวนมหาศาลแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยจะทำหน้าที่เก็บกักความร้อนไว้ ลดการส่งถ่ายความร้อน

การศึกษาอิทธิพลของมวลสารโดยกำหนดให้วัสดุต่างๆมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากัน คือ 0.068 Btu/hr.ft^2.^{o}F ซึ่งเป็นค่าที่มีประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนสูง พบว่า ผนังที่มีมวลสารมากจะมีปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารน้อยและคงที่ ไม่แปรปรวนตามสภาพอากาศเหมือนผนังที่มีมวลสารต่ำ แต่ในขณะเดียวกัน การที่จะให้ผนังที่มีค่าการต้านทานความร้อนสูงต้องมีความหนามาก ซึ่งยากต่อการก่อสร้างจริง เมื่อเปรียบเทียบกับระบบผนังที่ใช้ฉนวนป้องกันความร้อนแล้วจะทำให้ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารได้น้อย ดังนั้น การเลือกวัสดุเป็นเปลือกอาคารควรพิจารณาค่าการต้านทานความร้อนและมวลสารร่วมกัน

นอกจากนั้น วัสดุเปลือกอาคารที่มีการต้านทานความร้อนของระบบรวมเท่ากัน เมื่อมีการวางตำแหน่งของวัสดุแตกต่างกันทำให้ปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารแตกต่างกัน เนื่องจากอิทธิพลของค่าความจุความร้อนและค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ ทำให้อิทธิพลจากการวางตำแหน่งการติดตั้งฉนวนและมวลสารมีผลต่อค่าปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคารอย่างยิ่ง การใช้ฉนวนตำแหน่งภายนอกอาคาร มีปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารต่ำสุด เนื่องจากฉนวนที่ติดตั้งไว้ภายนอกอาคาร สามารถลดอิทธิพลที่รุนแรงของสภาพอากาศภายนอก และการใช้มวลสารที่มีค่าความจุความร้อนสูงยังสามารถหน่วงเนี่ยวความร้อนได้อีกด้วย เมื่อวางตำแหน่งมวลสารไว้ด้านในอาคารจึงช่วยหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ผ่านฉนวนที่ติดตั้งภายนอกอาคารได้

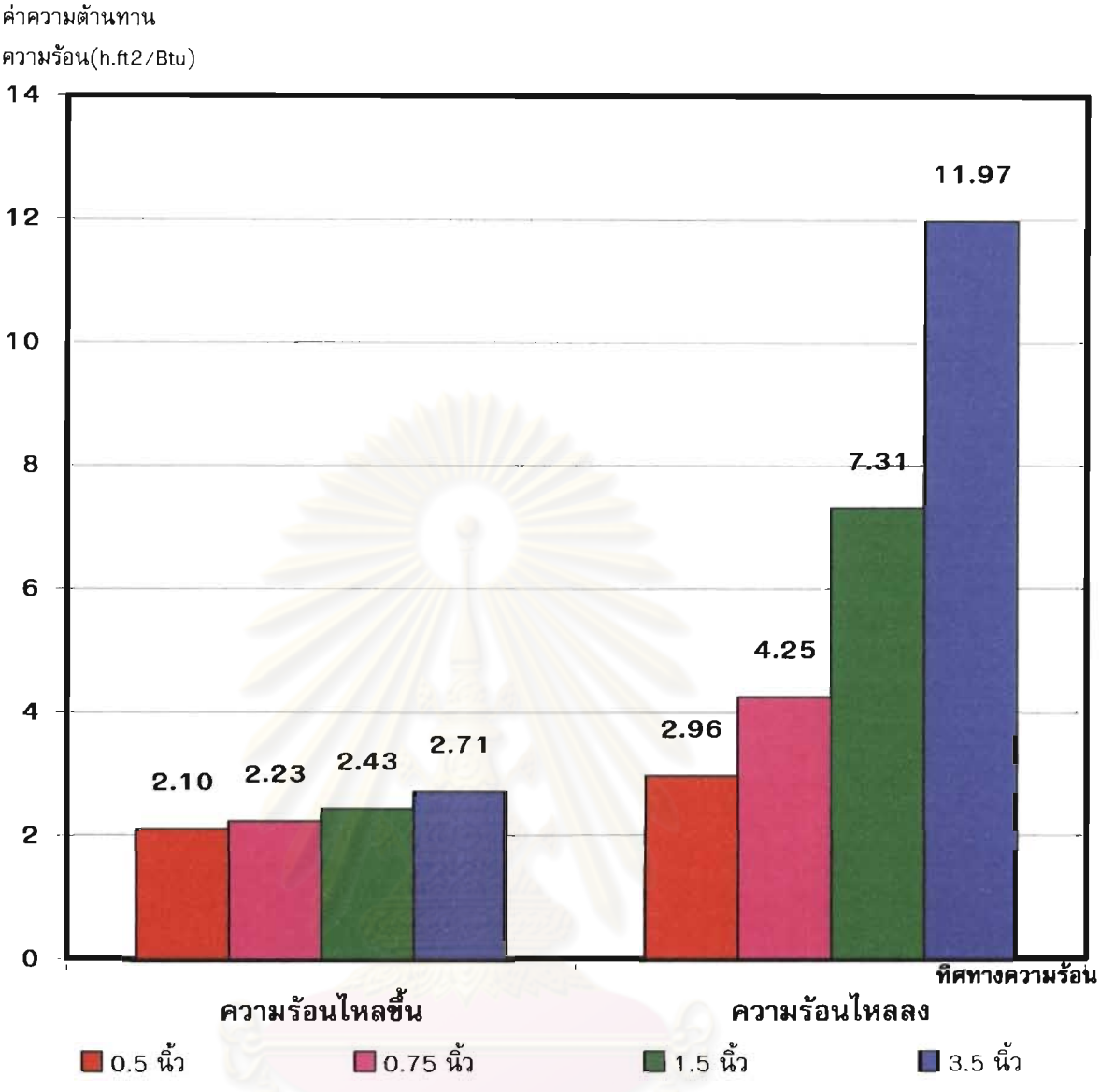
4.2.2.3 อิทธิพลของช่องว่างอากาศ

ช่องว่างอากาศ จัดว่าเป็นฉนวนอีกรูปแบบหนึ่ง มีค่าความต้านทานความร้อน โดยองค์ประกอบหลักที่มีผลต่อค่าการต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ดังนี้

1) ขนาดของช่องว่างอากาศ
2) สภาพอากาศนิ่งในช่องว่างอากาศ
3) สภาพการสะท้อนรังสีของช่องว่างอากาศ
4) ทิศทางการไหลของความร้อน

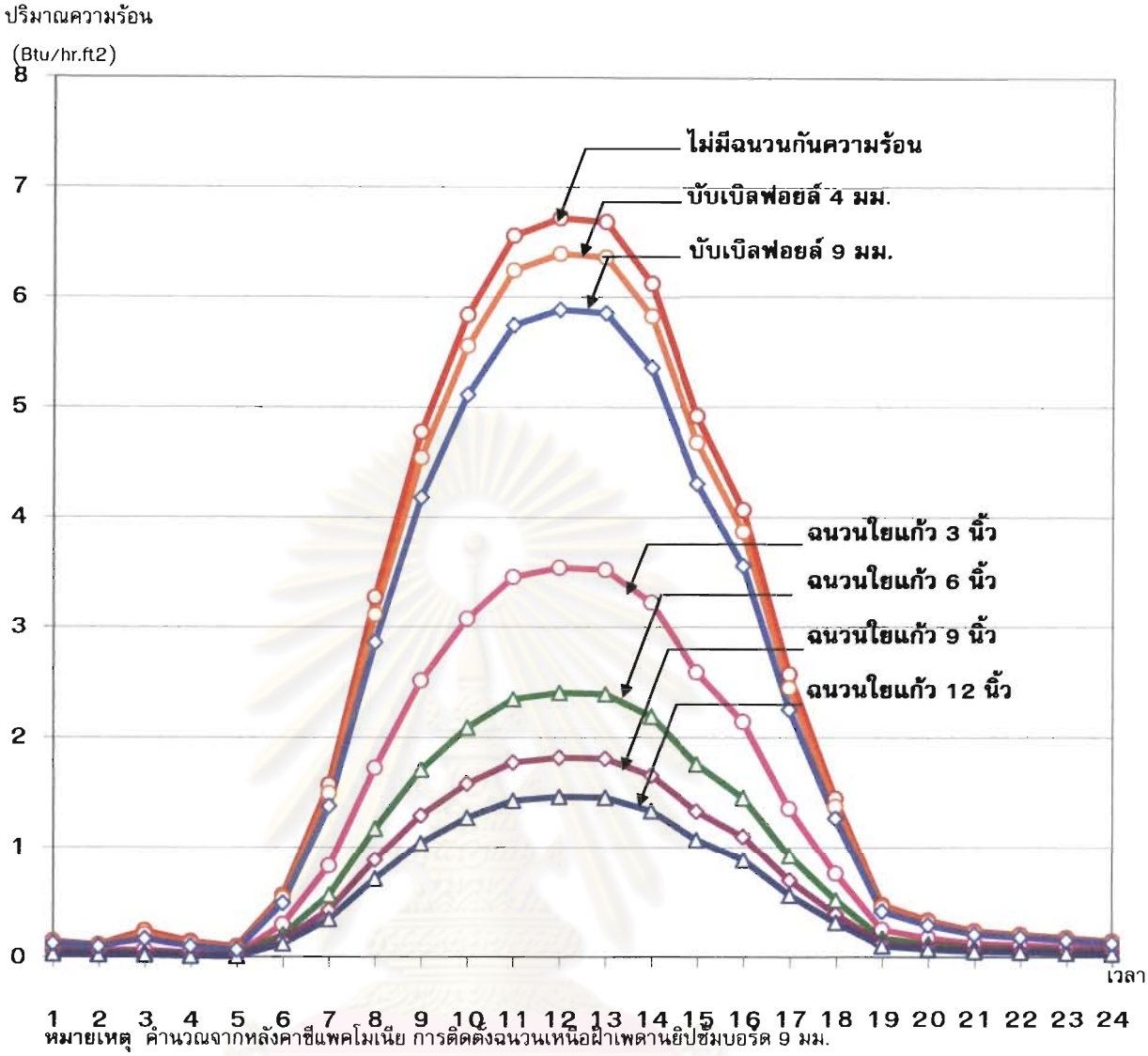
ขนาดของช่องว่างอากาศที่มีวัสดุผิวสะท้อนรังสี ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่ำ (ε = 0.03) ทำให้ค่าความต้านทานความร้อนสูง เนื่องจากเป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี และเมื่อขนาดของช่องว่างอากาศมากขึ้นจะมีค่าความต้านทานความร้อนสูงขึ้น (ค่าการต้านทานความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาเพิ่มขึ้นจำกัดที่ขนาดหนึ่งเท่านั้น) และจะมีอิทธิพลมากขึ้นเมื่อมีทิศทางการไหลลงของความร้อน นั่นคือ การเลือกวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่ำ หรือการที่มีผิววัสดุสะท้อนรังสี จะทำให้ช่องว่างอากาศมีค่าการต้านทานความร้อนสูง เป็นการเพิ่มคุณสมบัติความเป็นฉนวนในกับระบบเปลือกอาคารได้ดียิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4-36 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศขนาดต่างๆ สัมประสิทธิ์การกรจายความร้อนต่ำ (0.03)
(Stein, B., Reynolds, J. S. and McGuiness, W. J., 1986)

จากแผนภูมิ 4-36 พบว่า ขนาดของช่องว่างอากาศมีอิทธิพลต่อค่าการต้านทานความร้อน เมื่อมีขนาดมากขึ้น ค่าการต้านทานความร้อนก็จะสูงขึ้น และฟอยล์ทำให้ช่องว่างอากาศใต้หลังคาเป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี ทำให้ค่าการต้านทานความร้อนเพิ่มสูงขึ้นอีก และเมื่อเปรียบเทียบกับอิทธิพลของทิศทางการไหลลงของความร้อนจะมีผลต่อการเพิ่มค่าการต้านทานความร้อนมากกว่า

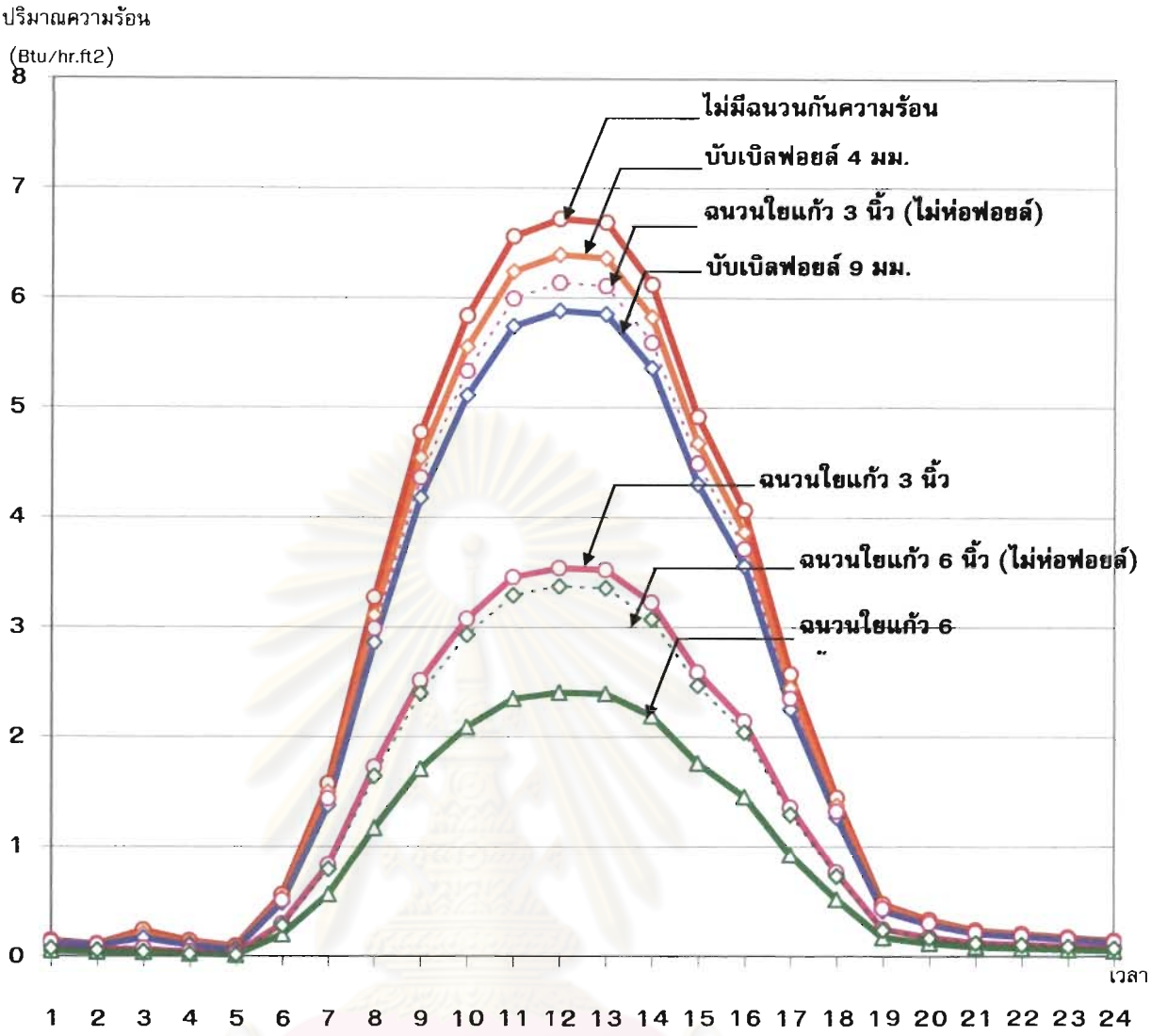


หมายเหตุ คำนวณจากหลังคาซีแพคโมเนีย การติดตั้งฉนวนเหนือฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 9 มม.
การคำนวณความแตกต่างของอุณหภูมิมาจาก T.Sol air และภายในอาคารปรับอากาศอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส

แผนภูมิที่ 4-37 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจากส่วนหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้วและบับเบิลฟอยล์ ความหนาต่าง ๆ ของเดือนเมษายน

(คำนวณจากหลังคากระเบื้องซีเมนต์ สีเข้ม การติดตั้งฉนวนเหนือฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 9 มม. ปริมาณความร้อนได้จากการคำนวณความแตกต่างของอุณหภูมิมาจาก คำนวณอุณหภูมิผิวภายนอก (ผนังและหลังคา) และภายในอาคารปรับอากาศอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ฉนวนใยแก้วมีความหนาแน่น 12 กก./ลบ.ม.)

จากแผนภูมิ 4-37 พบว่าบับเบิลฟอยล์มีปริมาณความร้อนเข้ามาทางส่วนของหลังคามากกว่าฉนวนใยแก้วทุกความหนา นั่นหมายความว่าแม้บับเบิลฟอยล์จะมีคุณสมบัติในความเป็นฉนวนสูง และฟอยล์ทำให้ช่องว่างอากาศใต้หลังคาเป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีก็ตาม แต่ค่าการป้องกันความร้อนของบับเบิลฟอยล์ยังคงต่ำกว่าฉนวนใยแก้วที่มีขนาดความหนา 3 นิ้วที่มีการใช้งานกันทั่วไปในอาคารต่างๆ

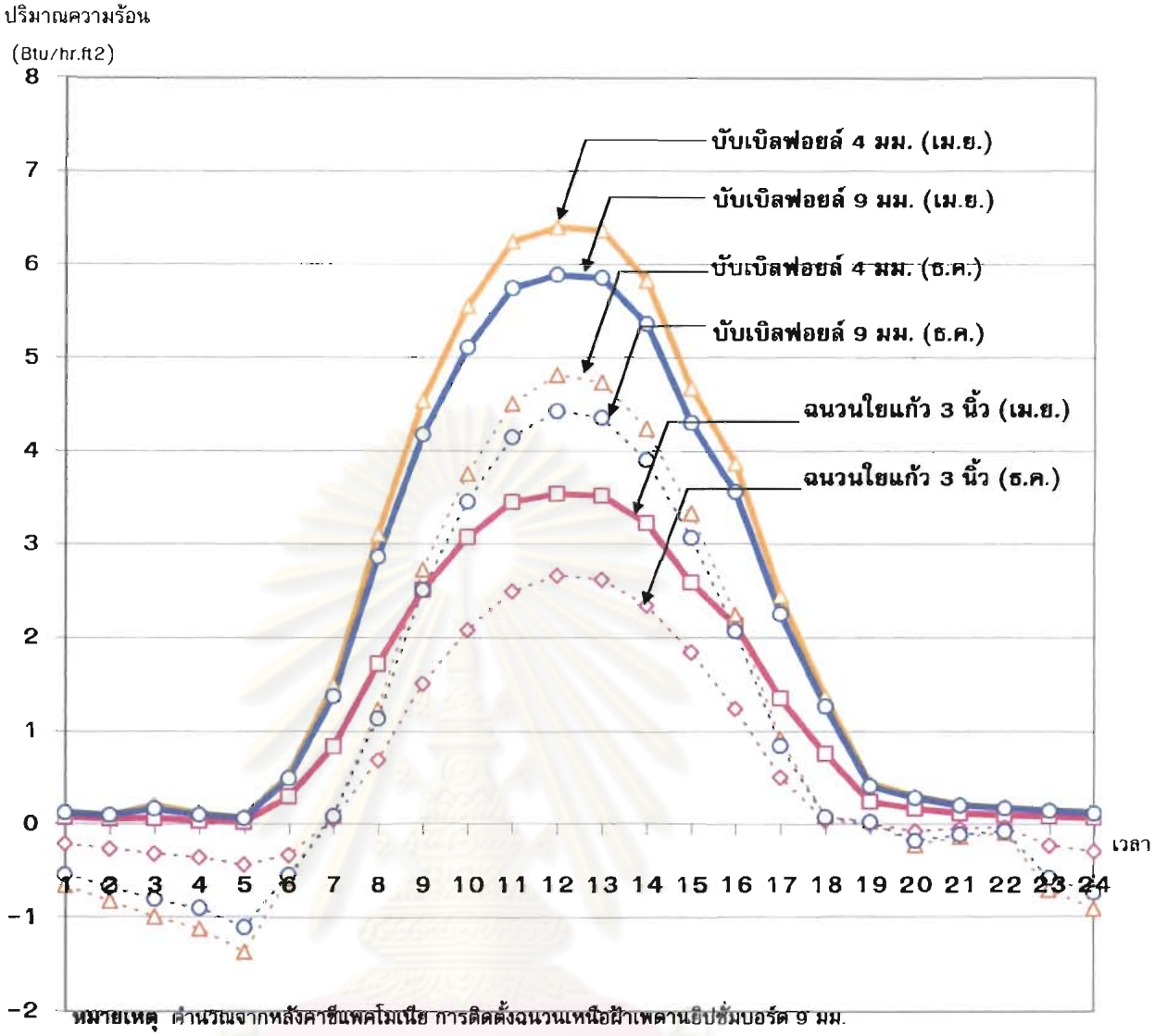


หมายเหตุ คำนวณจากหลังคาซีแพคโมเนีย การติดตั้งฉนวนเหนือฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 9 มม.
การคำนวณความแตกต่างของอุณหภูมิมาจาก T.Sol air และภายในอาคารปรับอากาศอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส

แผนภูมิที่ 4-38 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจากส่วนหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้วแบบที่หุ้มฟอยล์และไม่หุ้มฟอยล์ เทียบกับบับเบิลฟอยล์ความหนาต่าง ๆ

(คำนวณจากหลังคากระเบื้องซีเมนต์ สีเข้ม การติดตั้งฉนวนเหนือฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 9 มม. ปริมาณความร้อนได้จากการคำนวณความแตกต่างของอุณหภูมิมาจาก คำนวณอุณหภูมิผิวภายนอก (ผนังและหลังคา) และภายในอาคารปรับอากาศอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ฉนวนใยแก้วมีความหนาแน่น 12 กก./ลบ.ม.)

จากแผนภูมิ 4-38 พบว่า คุณสมบัติของเนื้อฉนวนใยแก้วที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนดีกว่าฟอยล์ที่มีผลเพียงเพิ่มค่าความเป็นฉนวนให้กับช่องว่างอากาศเท่านั้น จากการเปรียบเทียบจะเห็นว่าฉนวนใยแก้วมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่คงที่ตลอดเวลา ต่างจากบับเบิลฟอยล์ที่มีค่าความเป็นฉนวนสูงเฉพาะช่วงเวลากลางวันที่มีความร้อนไหลลงเท่านั้น



หมายเหตุ คำนวณจากหลังคาซีแพคโมเนีย การติดตั้งฉนวนเหนือฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 9 มม.
การคำนวณความแตกต่างของอุณหภูมิมาจาก T.Sol air และภายในอาคารปรับอากาศอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส

แผนภูมิที่ 4-39 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจากส่วนหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว (แบบหุ้มฟอยล์) เทียบกับบับเบิลฟอยล์ความหนาต่าง ๆ ในฤดูร้อนและฤดูหนาว

(คำนวณจากหลังคากระเบื้องซีเมนต์ สีเข้ม การติดตั้งฉนวนเหนือฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด 9 มม. ปริมาณความร้อนได้จากการคำนวณความแตกต่างของอุณหภูมิมาจากการคำนวณอุณหภูมิผิวภายนอก (ผนังและหลังคา) และภายในอาคารปรับอากาศอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ฉนวนใยแก้วมีความหนาแน่น 12 กก./ลบ.ม.)

จากแผนภูมิ 4-39 พบว่า หลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว (แบบหุ้มฟอยล์) มีปริมาณความร้อนต่ำกว่าบับเบิลฟอยล์ทุกความหนา ทั้งฤดูร้อน(เมษายน) และฤดูหนาว(ธันวาคม) เนื่องจากคุณสมบัติของเนื้อฉนวนร่วมกับฟอยล์ ทำให้ค่าความเป็นฉนวนของช่องว่างอากาศสูง และสามารถลดปริมาณความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้ในทุกสภาพอากาศ

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของช่องว่างอากาศ พบว่า

ขนาดของช่องว่างอากาศมีอิทธิพลต่อค่าการต้านทานความร้อน เมื่อมีขนาดมากขึ้น ค่าการต้านทานความร้อนก็จะสูงขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นถึงขนาดหนึ่งเท่านั้น และจะมีอิทธิพลมากขึ้นเมื่อมีทิศทางการไหลลงของความร้อน และเมื่อวัสดุมีผิวสะท้อนรังสี เช่น แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ จะทำให้ช่องว่างอากาศใต้หลังคาเป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี เกิดค่าการต้านทานความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้น

จากการเปรียบเทียบกับฉนวนประเภทบับเบิลฟอยล์ (Bubble Foil) ซึ่งเป็นฉนวนกันความร้อนที่มีโครงสร้างประกอบด้วย Air Bubble ใช้หลักของช่องว่างอากาศในการป้องกันการส่งผ่านความร้อน ปิดทับผิวหน้าทั้ง 2 ด้าน ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ จากการศึกษาพบว่าบับเบิลฟอยล์มีปริมาณความร้อนเข้ามาทางส่วนของหลังคามากกว่าฉนวนใยแก้ว เนื่องจากคุณสมบัติของฟอยล์ที่มีผลต่อค่าความเป็นฉนวนของช่องว่างอากาศจะสูงเฉพาะในช่วงเวลากลางวันที่มีทิศทางความร้อนไหลลง แต่เมื่อเปลี่ยนทิศทางความร้อนไหลขึ้น (ช่วงกลางคืนจะไม่ได้รับอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิผิวหลังคาและสภาพแวดล้อมลดลง ต่ำกว่าอุณหภูมิภายในอาคาร) ค่าความเป็นฉนวนจากช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีจะลดลงเพราะความร้อนเปลี่ยนทิศทางเป็นการไหลขึ้น ในขณะที่ค่าความต้านทานความร้อนของฉนวนใยแก้วจะคงที่เพราะคุณสมบัติของเนื้อฉนวนเอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

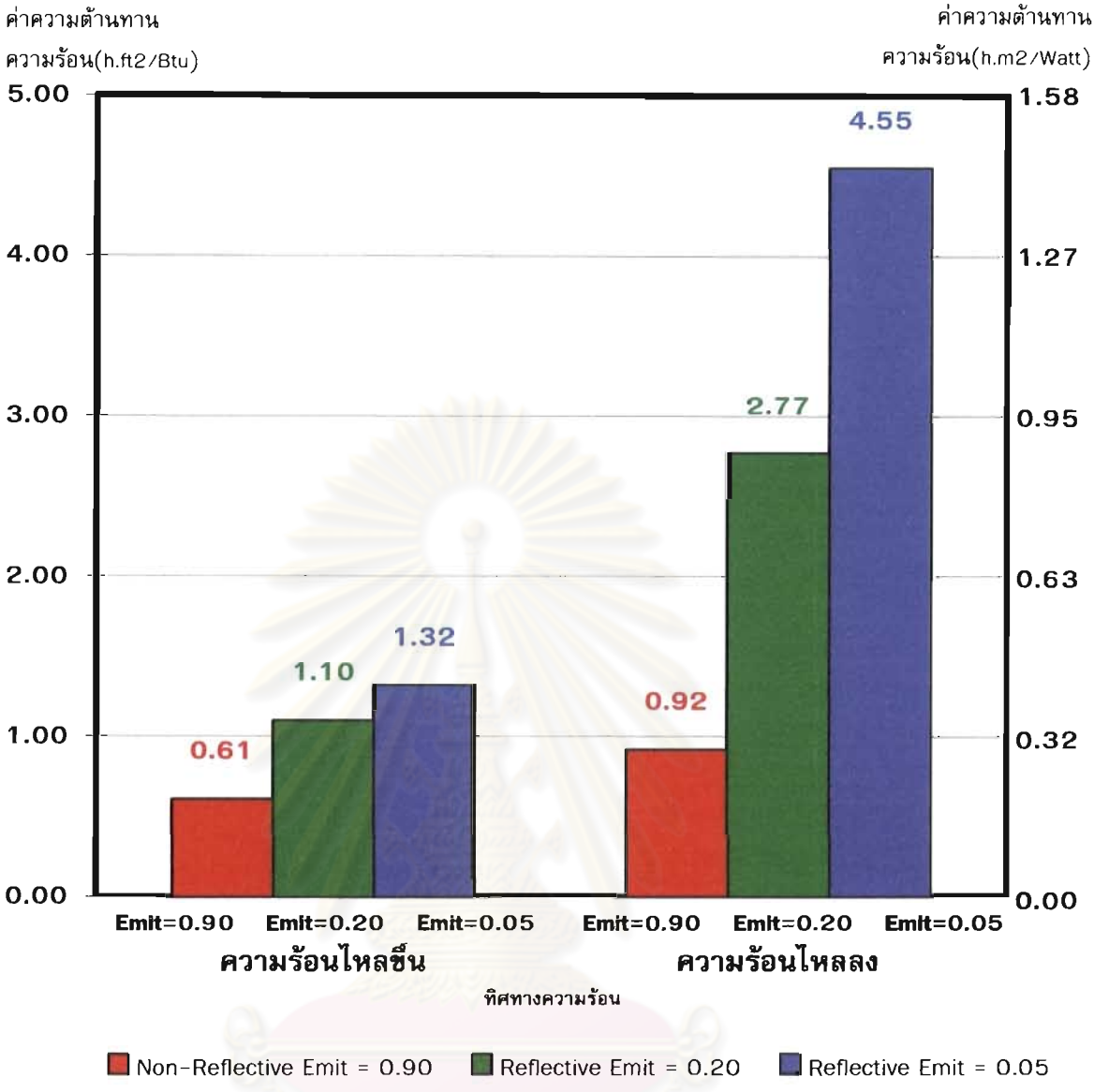
4.2.2.4 อิทธิพลของสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนผิววัสดุ

ปัจจุบันมีการใช้แผ่นอลูมิเนียม หรือฉนวนชนิดที่มีแผ่นอลูมิเนียมห่อคลุม เพื่อเพิ่มคุณสมบัติการต้านทานความร้อนให้กับส่วนของหลังคา โดยการติดตั้งจะนิยมวางปูเหนือฝ้าเพดาน วางในลักษณะหงายขึ้น เพื่อให้เกิดเป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีความร้อน ซึ่งเป็นนับเป็นวิธีที่เพิ่มคุณสมบัติการป้องกันความร้อน สามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้เป็นอย่างดี

จากการติดตั้งแผ่นอลูมิเนียม หรือฉนวนชนิดที่มีแผ่นอลูมิเนียมห่อคลุมในลักษณะหงายขึ้นนั้น เมื่อนานไปจะพบว่า มีฝุ่นที่ลอยปนมาในอากาศ ตกลงไปเกาะ และสะสมอยู่ที่ผิวของแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ทำให้คุณสมบัติการสะท้อนรังสีความร้อนและช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีลดลงเรื่อยๆ กระทั่งฝุ่นเกาะปกคลุมจนหนา สูญเสียคุณสมบัติการต้านทานความร้อนไปในที่สุด (ระยะเวลาของการเสื่อมคุณสมบัติการต้านทานความร้อนขึ้นอยู่กับปริมาณฝุ่นที่มาเกาะสะสม ซึ่งปริมาณฝุ่นจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร) จากการที่คุณสมบัติการต้านทานความร้อนของผิววัสดุและช่องว่างอากาศลดลง ทำให้ความร้อนจากภายนอกถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารได้มากขึ้น ส่งผลต่อภาระการปรับอากาศและความสบายของผู้อยู่อาศัยภายในอาคารโดยตรง

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการประยุกต์ความรู้ ให้มีการติดตั้งแผ่นอลูมิเนียม และฉนวนชนิดที่มีแผ่นอลูมิเนียมห่อคลุมในลักษณะคว่ำลง วิธีการติดตั้งนี้จะช่วยลดปริมาณการเกาะสะสมของฝุ่นละอองที่ปนมากับอากาศ เนื่องจากฝุ่นละอองจะตกตามแรงโน้มถ่วงของโลก เป็นการติดตั้งที่ช่วยรักษาคุณสมบัติการต้านทานความร้อนของผิวและช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีความร้อนให้มีระยะเวลาการใช้งานยาวนาน ไม่สูญเสียคุณสมบัติจากการติดตั้งไม่เหมาะสม และทำให้ใช้ฉนวนกันความร้อนได้อย่างเต็มประสิทธิภาพอีกด้วย

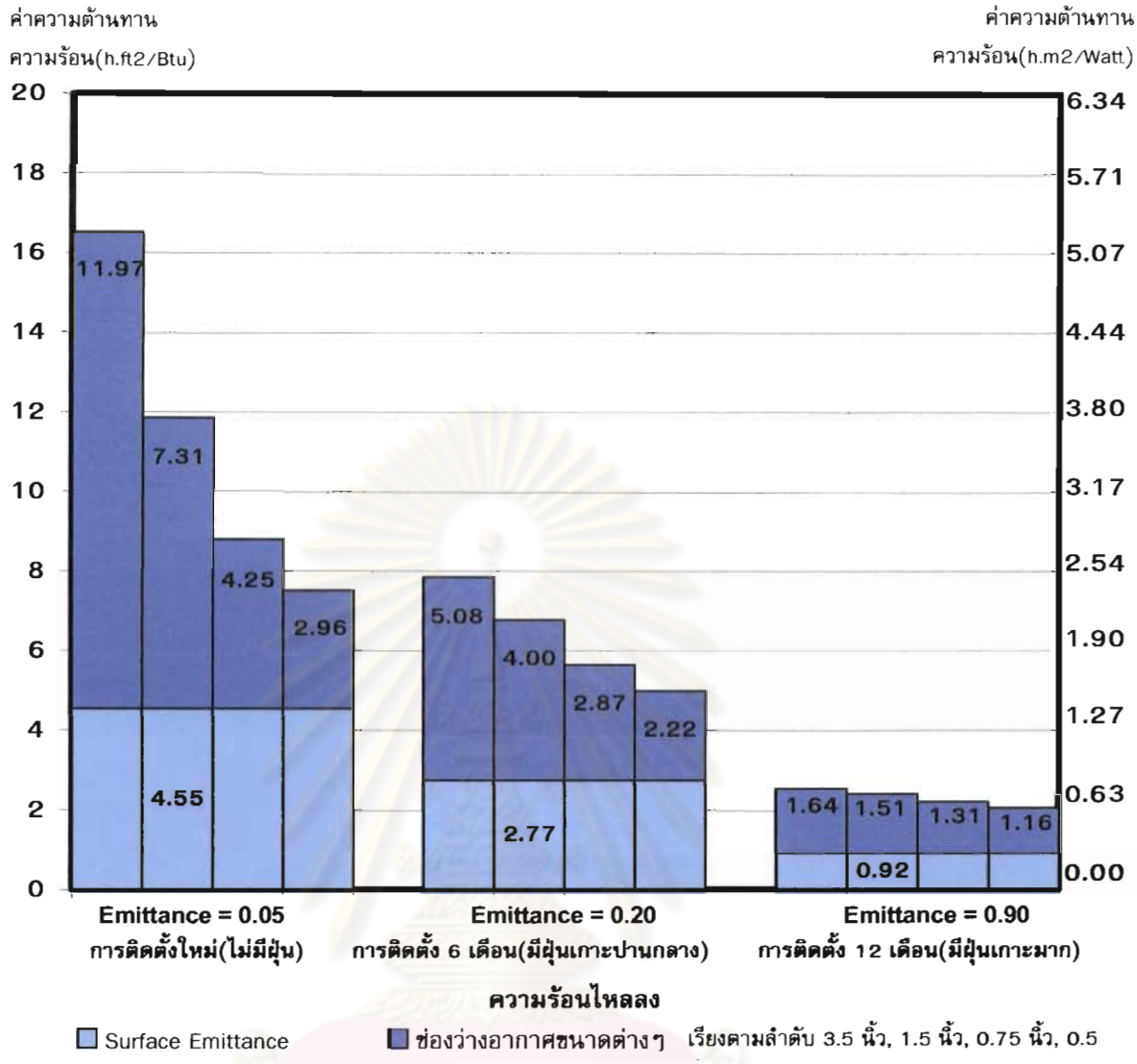
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4-40 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศผิวที่ไม่สะท้อนรังสีกับผิวสะท้อนรังสี

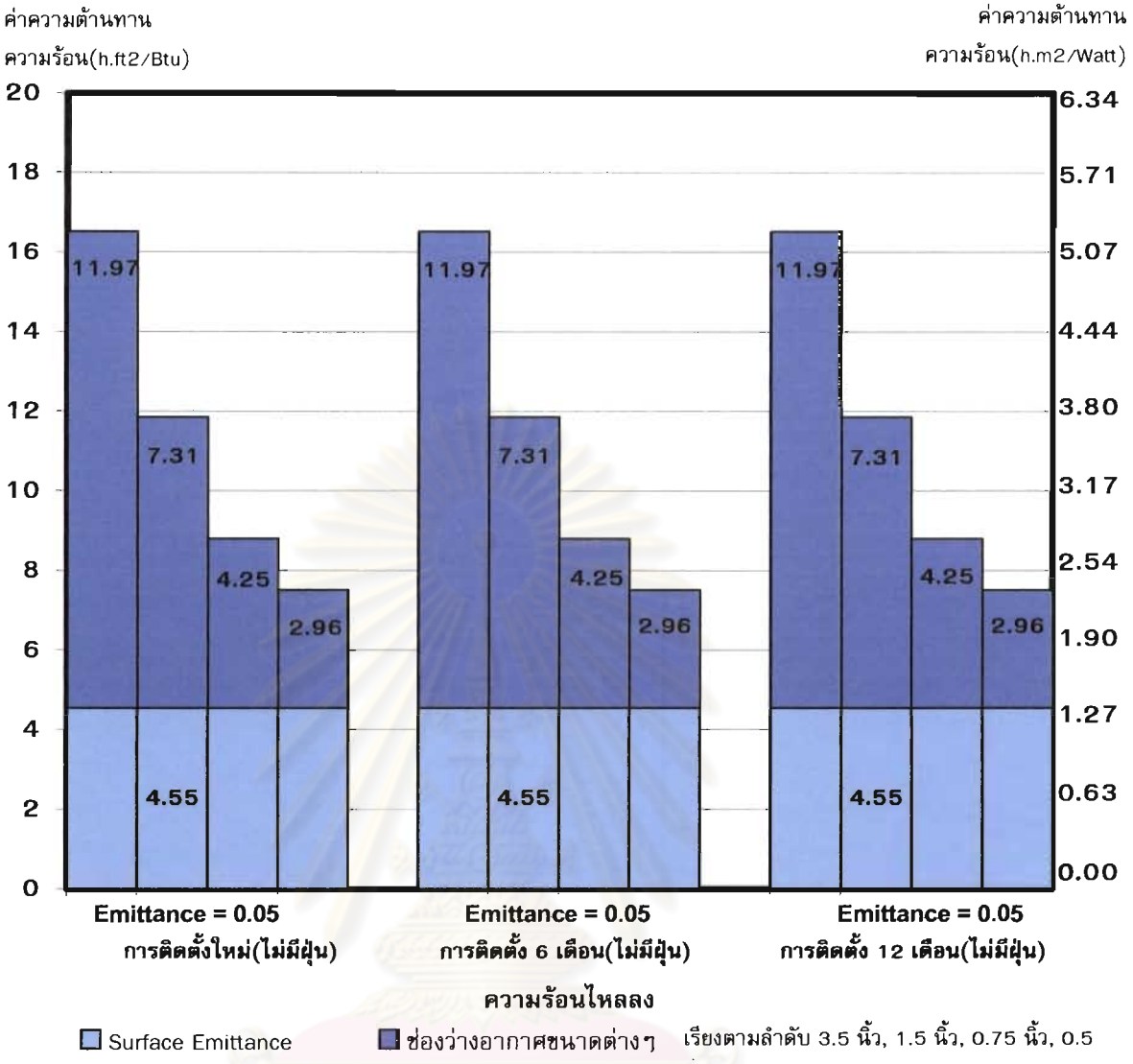
จากแผนภูมิ 4-40 พบว่า ฟิล์มอากาศของผิวที่สะท้อนรังสีจะมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่า ฟิล์มอากาศผิวที่ไม่สะท้อนรังสี เนื่องจากผิวที่สะท้อนรังสีจะมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่ำ ดังนั้นการเลือกผิววัสดุจึงมีผลต่อค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ

นอกจากนั้น ทิศทางผิววัสดุก็มีผลต่อค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศด้วย จากแผนภูมิจะเห็นว่าทิศทางการไหลลงจะมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าทิศทางอื่น ซึ่งจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อผิววัสดุมีค่าการสะท้อนรังสีและค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่ำ



แผนภูมิที่ 4-41 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน ของฟิล์มอากาศที่รวมกับช่องว่างอากาศขนาดต่างๆ (เมื่อหงายแผ่นอลูมินั่มฟอยด์ขึ้น)

จากแผนภูมิ 4-41 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาของการเสื่อมคุณสมบัติการต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศและช่องว่างอากาศขึ้นอยู่กับปริมาณฝุ่นที่มาเกาะสะสมซึ่งปริมาณฝุ่นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร



แผนภูมิที่ 4-42 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน ของฟิล์มอากาศที่รวมกับช่องว่างอากาศขนาดต่างๆ (เมื่อคว่ำแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ลง)

จากแผนภูมิ 4-42 แสดงวิธีการติดตั้งที่ช่วยลดปริมาณการเกาะสะสมของฝุ่นละอองที่ปนมากับอากาศ เป็นการติดตั้งที่ช่วยรักษาคุณสมบัติการต้านทานความร้อนของผิวและช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีความร้อนให้มีระยะเวลาการใช้งานยาวนาน

สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ

ตัวแปรที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์และอิทธิพล ดังนี้

1.อิทธิพลของความหนา

วัสดุหรือฉนวนกันความร้อน เมื่อเพิ่มความหนามากขึ้นจะยิ่งเพิ่มค่าการต้านทานความร้อน ทำให้ปริมาณความร้อนจากภายนอกอาคารที่เข้าสู่ภายในอาคารลดลงและยังช่วยลดอิทธิพลของสีผิววัสดุภายนอกอาคารได้อีกด้วย

2.อิทธิพลของมวลสาร

ความหนาของมวลสารที่มากขึ้นจะมีค่าการต้านทานความร้อนเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณความร้อนลดลง และเกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อน นอกจากนั้น การใช้ฉนวนตำแหน่งภายนอกอาคาร มีปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารต่ำสุดเมื่อเทียบกับการใช้ฉนวนในตำแหน่งกลางผนังหรือด้านในผนัง เนื่องจากฉนวนที่ติดตั้งไว้ภายนอกอาคารสามารถลดอิทธิพลที่รุนแรงของสภาพอากาศภายนอก และการใช้มวลสารที่มีค่าความจุความร้อนสูงภายในอาคารยังสามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ถ่ายเทผ่านฉนวนภายนอกเข้ามาได้อีกชั้นหนึ่งด้วย

3.อิทธิพลของช่องว่างอากาศ

ค่าการต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่างอากาศ สภาพอากาศนิ่งในช่องว่างอากาศ สภาพการสะท้อนรังสีของช่องว่างอากาศ และทิศทางการไหลของความร้อน และช่องอากาศปิด ทำให้เกิดสภาวะสูญญากาศที่มีค่าความเป็นฉนวนสูง

4.อิทธิพลของสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนผิววัสดุ

วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่ำ หรือการที่มีผิววัสดุสะท้อนรังสี จะทำให้ฟิล์มอากาศมีค่าการต้านทานความร้อนสูงและหากอยู่ด้านในของช่องว่างอากาศ จะทำให้เป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี มีค่าการต้านทานความร้อนสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 วิเคราะห์การประยุกต์ใช้ฉนวนกันความร้อนในส่วนต่างๆ ของอาคาร

จากการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของฉนวนที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ตลอดจนข้อจำกัด อันจะส่งผลต่อการเสียประสิทธิภาพลงของของฉนวนแต่ละชนิด นอกจากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของการนำไปใช้งานในแต่ละส่วนของอาคาร ซึ่งต้องพิจารณาสิ่งต่างๆ ดังนี้

- โครงสร้างเซล (Cell Structure)
- ค่าการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance)
- อุณหภูมิใช้งานจำกัด (Temperature Service)
- ค่าการแทรกซึมความชื้น (Permeability)
- ความปลอดภัยต่อสุขภาพ (Health & Safety)

นอกจากนั้น การศึกษาสภาพอากาศเขตร้อนชื้น ทำให้เข้าใจความแตกต่างและความแปรปรวนของสภาพอากาศ และอิทธิพลที่กระทบต่อส่วนต่างๆ ของอาคาร เพื่อประกอบการเลือกใช้ชนิดและรูปแบบของฉนวนได้อย่างเหมาะสม

4.3.1 การประยุกต์ใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคาร

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของฉนวนแต่ละชนิด ประกอบกับการวิเคราะห์อิทธิพลของสภาพอากาศที่มีต่อส่วนต่างๆ ของอาคาร สามารถสรุปการใช้ฉนวนในแต่ละส่วน ดังนี้

1. หลังคา
2. ผนัง
3. พื้น

4.3.1.1 การใช้ฉนวนส่วนหลังคา

1) อิทธิพลจากสภาพอากาศ

- หลังคาเป็นส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดโดยตรงตลอดเวลากลางวัน อุณหภูมิผิวหลังคาด้านนอกมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 70 องศาเซลเซียส (เดือนเมษายน) ทำให้ส่วนหลังคามีอุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิภายในอาคาร ประมาณ 35 องศาเซลเซียส

- ส่วนหลังคามีอุณหภูมิในช่องว่างใต้หลังคาสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ สามารถเกิดการระเหยของน้ำได้ จึงไม่เกิดปัญหาการควบแน่น

2) ฉนวนที่เหมาะสมกับส่วนหลังคา

- ฉนวนใยแก้ว มีอุณหภูมิใช้งานเหมาะสม น้ำหนักเบา ลดภาระโครงสร้าง
- ฉนวนที่ได้รับการยืนยันความปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

4.3.1.2 การใช้ฉนวนส่วนผนัง

1) อิทธิพลจากสภาพอากาศ

- ผนังเป็นส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดโดยตรง ขึ้นอยู่กับวงโคจรของดวงอาทิตย์ในแต่ละเดือน อุณหภูมิผิวผนังด้านนอกสูงสุดประมาณ 49 องศาเซลเซียส (ทิศตะวันตก เดือนเมษายน) ทำให้ส่วนผนังมีอุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิภายในอาคาร 24 องศาเซลเซียส

- ผนังเป็นส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากความชื้นและฝนโดยตรง รับการปะทะของแรงลม ทำให้เกิดการแทรกซึมความร้อนความชื้นได้

- ส่วนผนังติดตั้งฉนวนภายนอกอาคาร เพื่อลดปัญหาการควบแน่น

- กรณีอาคารเก่าที่จำเป็นต้องติดตั้งฉนวนภายในอาคาร ควรมีการป้องกันความชื้นอย่างสมบูรณ์แบบที่ผิวด้านนอกอาคาร

2) ฉนวนที่เหมาะสมกับส่วนผนัง

- ฉนวนเซลล์ปิดประเภทโฟม ที่มีค่าการแทรกซึมความชื้นต่ำ

4.3.1.3 การใช้ฉนวนส่วนพื้น

1) อิทธิพลจากสภาพอากาศ

- อุณหภูมิดิน ประมาณ 30 องศาเซลเซียส (ความลึก 20 เซนติเมตร เดือนเมษายน) ทำให้ส่วนพื้นมีอุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิภายในอาคาร 5 องศาเซลเซียส

- พื้นเป็นส่วนที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดแต่รับอิทธิพลความชื้นจากดิน

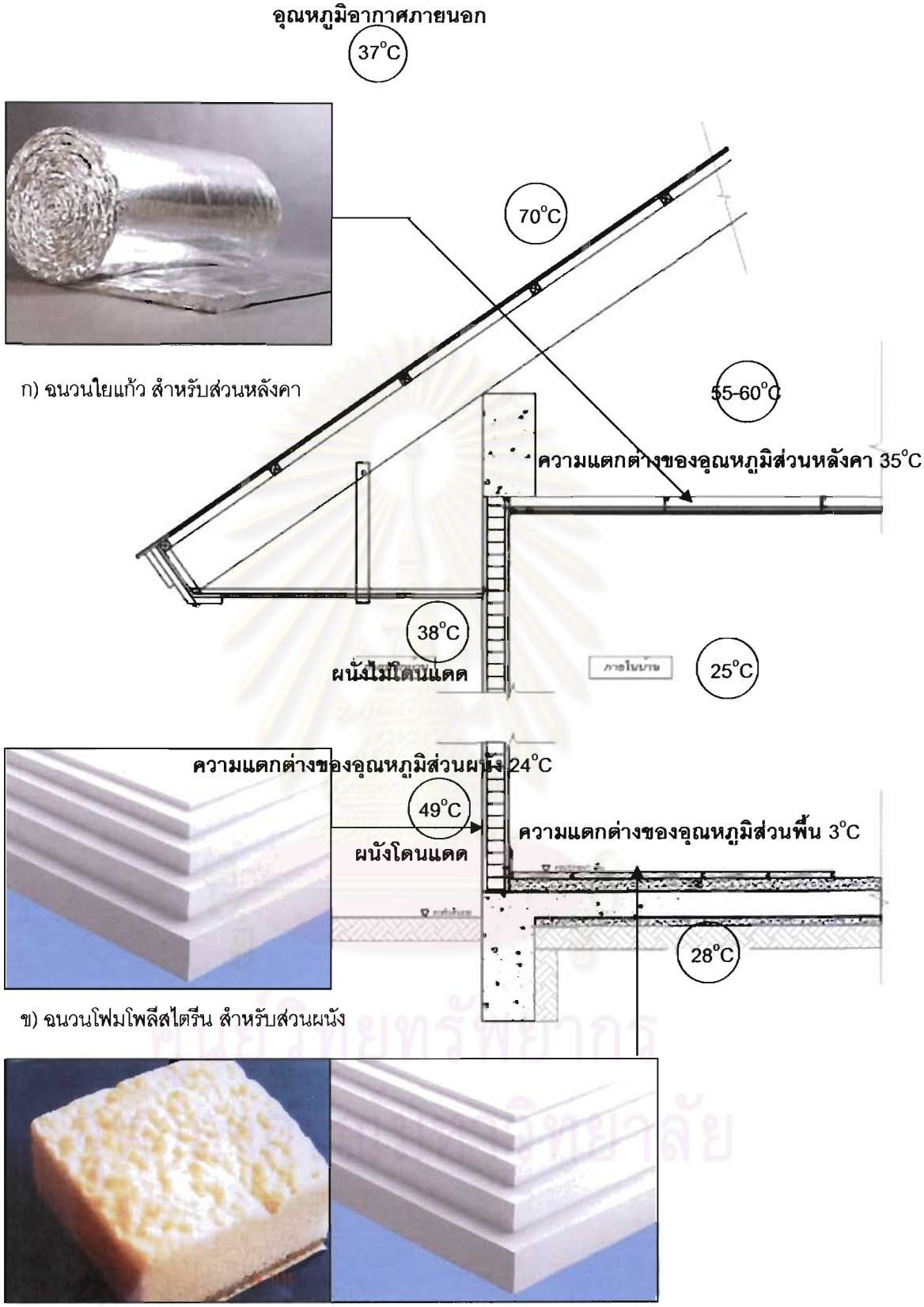
- ส่วนพื้นที่ลอยจากพื้นดิน (ใต้ถุนโล่ง) จะสัมผัสกับอุณหภูมิอากาศและความชื้นจากอากาศโดยตรง เกิดการควบแน่นได้

2) ฉนวนที่เหมาะสมกับส่วนพื้น

- ฉนวนเซลล์ปิดประเภทโฟม ที่มีค่าการแทรกซึมความชื้นต่ำ สามารถทนต่อแรงกดทับจากโครงสร้าง และผู้อยู่อาศัย

- ฉนวนไม่ควรทำจากวัสดุธรรมชาติ เพราะจะเป็นอาหารของสัตว์ในดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก) ฉนวนใยแก้ว สำหรับส่วนหลังคา

ข) ฉนวนโฟมโพลีสไตรีน สำหรับส่วนผนัง

ค) ฉนวนโฟมโพลียูรีเทน หรือ ฉนวนโฟมโพลีสไตรีน สำหรับส่วนพื้น

ภาพที่ 4-4 แสดงชนิดของฉนวนที่เหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคาร

4.3.2 การประยุกต์ใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับอาคารประเภทต่างๆ

การเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวน จะแยกตามลักษณะการใช้งานอาคาร ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. อาคารปรับอากาศ

การใช้ฉนวนสำหรับอาคารปรับอากาศ จะแยกย่อยเป็นช่วงเวลาการใช้งานอาคารที่มีอยู่ในปัจจุบันจริง เพื่อการนำแนวทางไปใช้ได้อย่างครอบคลุมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ได้แก่

- ปรับอากาศ 24 ชั่วโมง ได้แก่ อาคารประเภทโรงแรม โรงพยาบาล
- ปรับอากาศ 8.00-17.00 น. ได้แก่ อาคารสำนักงานต่างๆ ตามเวลาทำการ
- ปรับอากาศ 21.00-6.00 น. ได้แก่ บ้านพักอาศัย หรืออาคารที่พักต่างๆ ที่มักเปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาหลังจากการทำงาน หรือเวลานอน

2. อาคารไม่ปรับอากาศ

การใช้งานสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศเป็นอาคารทั่วไปที่ต้องการเน้นระบบธรรมชาติ ได้แก่ โรงเรียน สำนักงาน หรือบ้านพักอาศัย ซึ่งอาคารไม่ปรับอากาศนี้ต้องใช้การผสมผสานเทคนิคร่วมกับการใช้ฉนวน เพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายที่มากกว่าสภาพอากาศจริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.2.1 อาคารปรับอากาศ

1) ปรับอากาศ 24 ชั่วโมง

อาคารที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลานั้น การติดตั้งฉนวนควรอยู่ภายนอกอาคาร และผนังด้านในจะเป็นมวลสารน้อยหรือมากก็ได้ เนื่องจากมวลสารภายในอาคารจะไม่มีการสะสมความร้อน ความชื้นจากสภาพอากาศภายนอกได้ และยังเป็นการดีสำหรับการใช้มวลสารภายในอาคารที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลา เนื่องจากมีการสะสมความเย็นไว้ในมวลสาร ทำให้อุณหภูมิผิวของผนังภายในอากาศมีอุณหภูมิต่ำได้นานจากการสะสมความเย็นของมวลสารภายในอาคารและการป้องกันการถ่ายเทความร้อนของฉนวนที่ผนังด้านนอกอาคาร

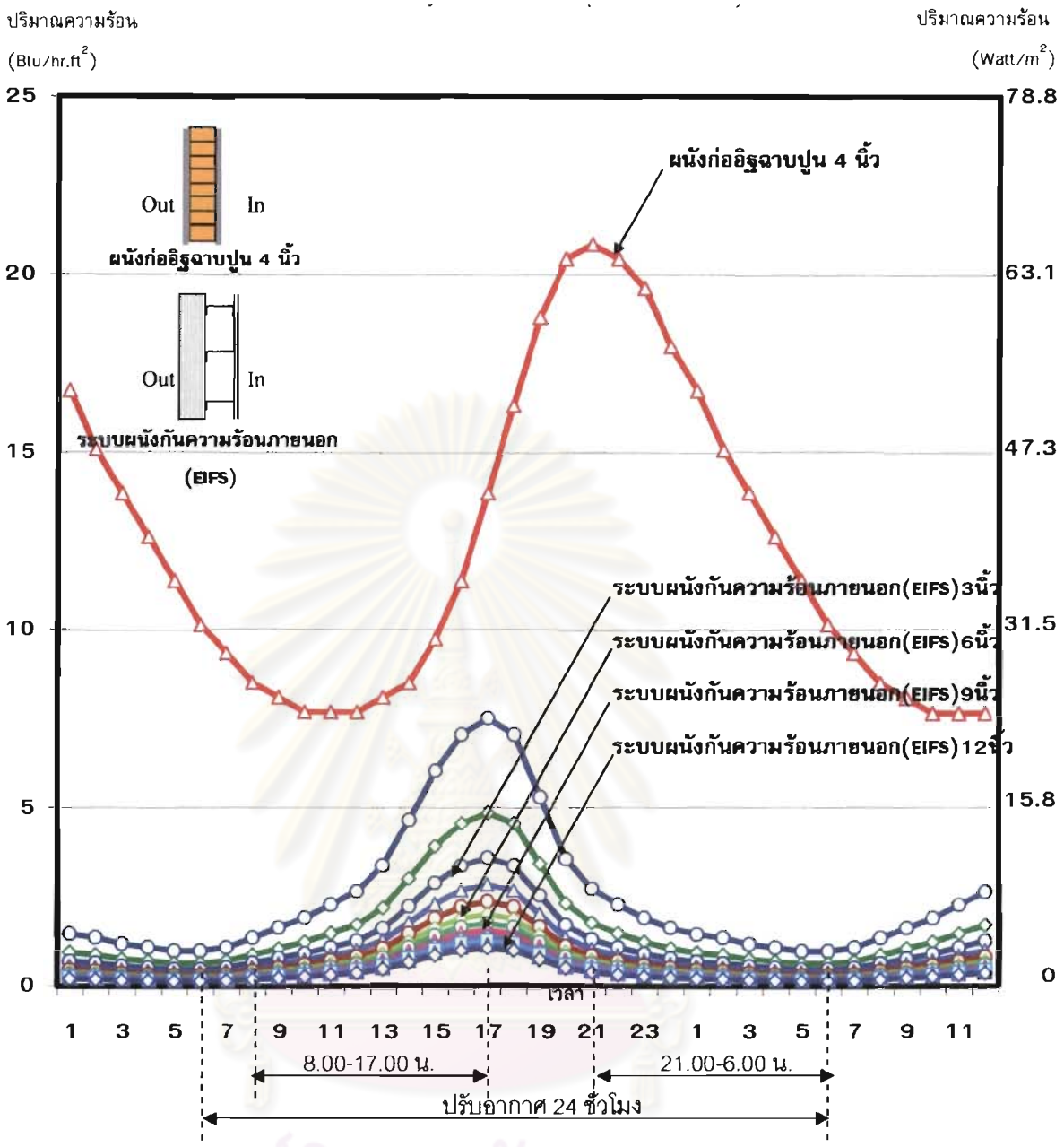
2) ปรับอากาศ 8.00-17.00 น.

อาคารที่มีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลากลางคืนนั้น การติดตั้งฉนวนควรอยู่ภายนอกอาคารเพื่อป้องกันการควบแน่นในผนัง และผนังด้านในอาคารควรมีมวลสารต่ำ เช่น ผนังเบา เพื่อลดการสะสมความร้อน ความชื้นของมวลสาร จากสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมในช่วงเวลาที่ปิดเครื่องปรับอากาศ สาเหตุของภาระการปรับอากาศที่เพิ่มขึ้นจากการลดความร้อนและรีดความชื้นให้กับมวลสาร

3) ปรับอากาศ 21.00-6.00 น.

อาคารที่มีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลากลางคืนนั้น การติดตั้งฉนวนควรอยู่ภายนอกอาคารเพื่อป้องกันการควบแน่นในผนัง และผนังด้านในอาคารควรมีมวลสารต่ำ เช่น ผนังเบา เช่นเดียวกับการเปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลากลางวัน การใช้มวลสารน้อยจะลดการสะสมความร้อน ความชื้นของมวลสารจากสภาพอากาศในช่วงเวลากลางวันที่ปิดเครื่องปรับอากาศ สาเหตุของภาระการปรับอากาศจากการลดความร้อนและรีดความชื้นในมวลสาร

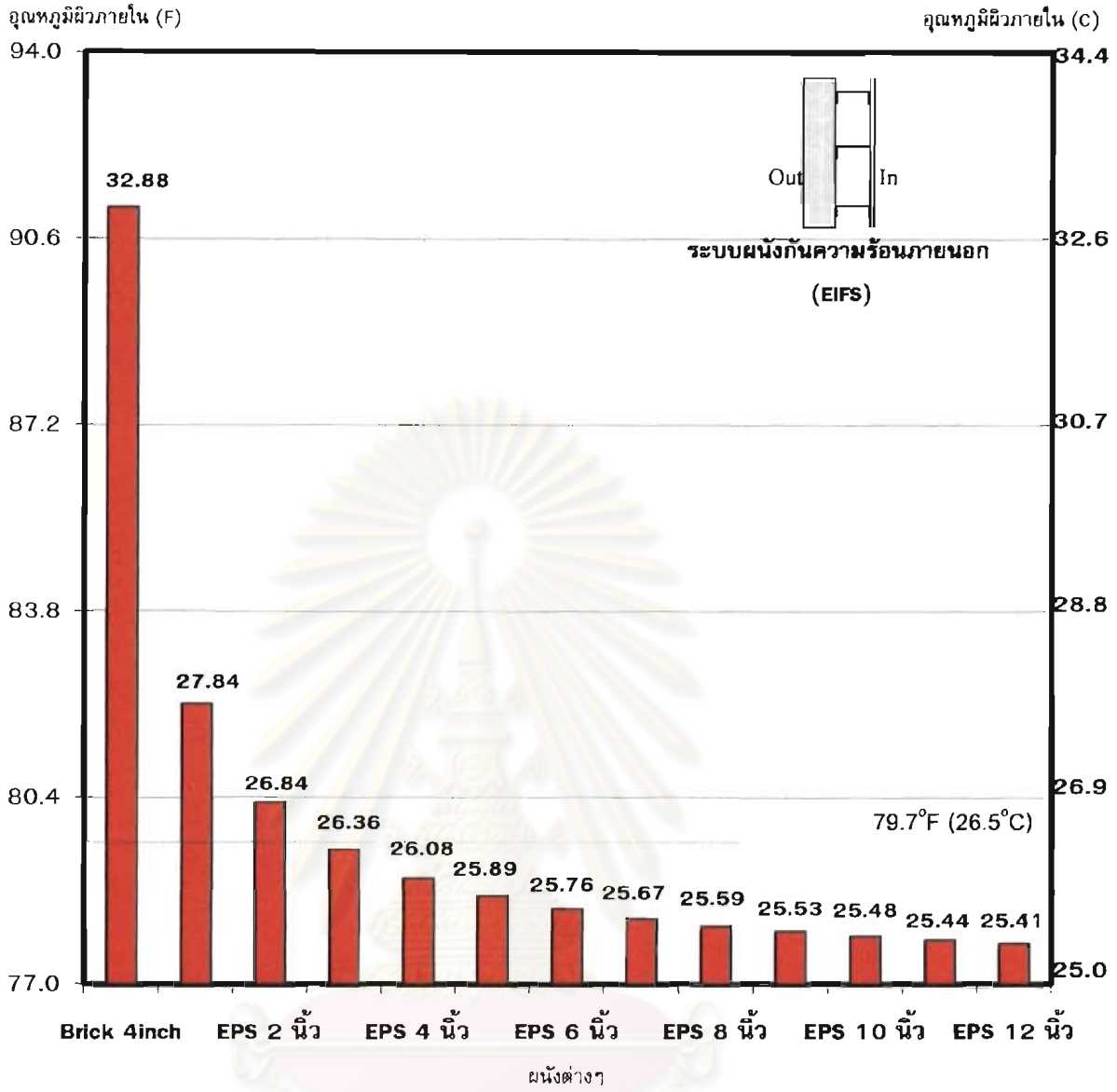
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4-43 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อของผนัง EIFS ความหนาต่างๆ ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, ทุกทิศทาง, K=0.65(ผนังสีอ่อน), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25°C(77°F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

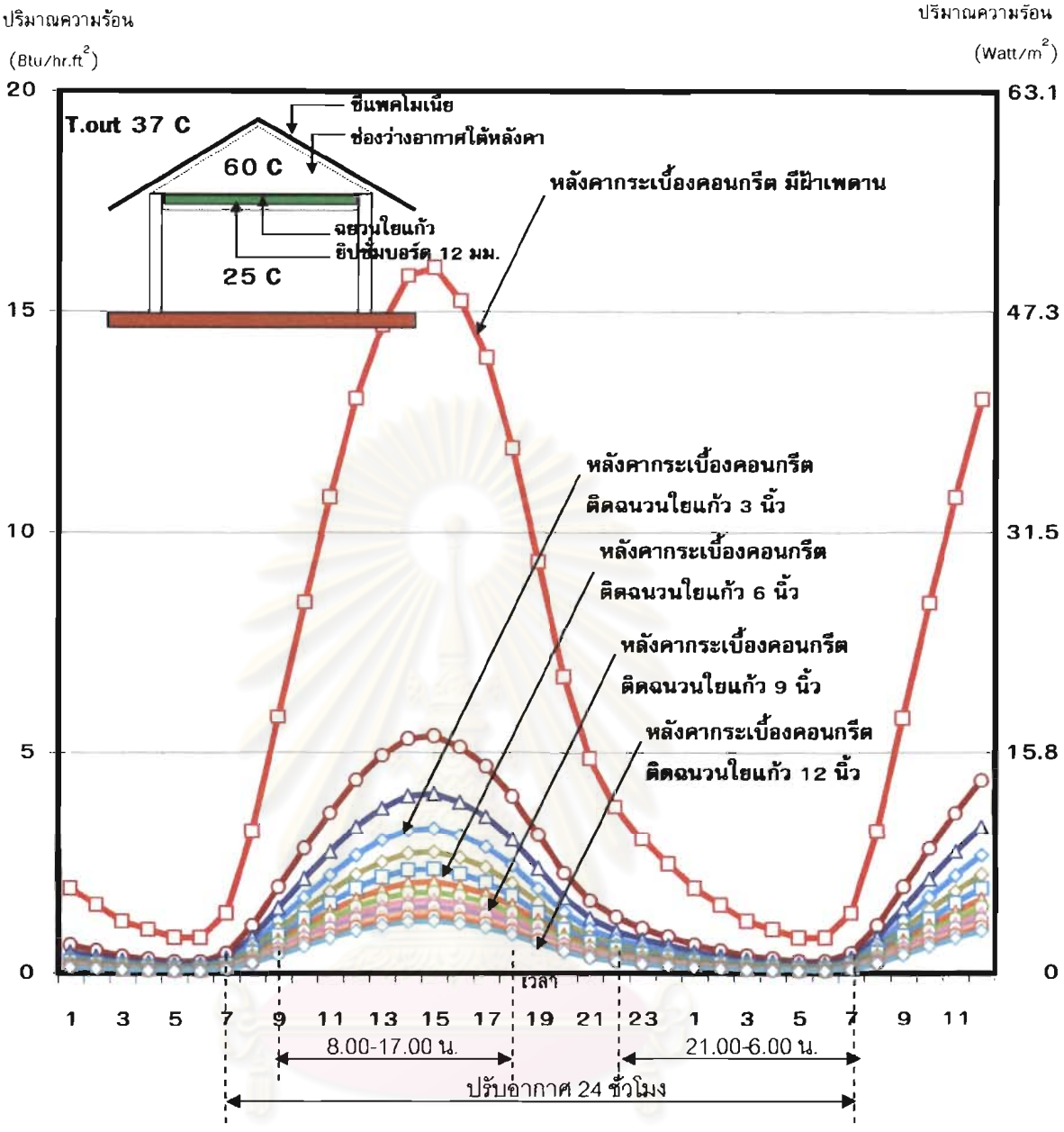
จากแผนภูมิ 4-43 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนของผนังก่ออิฐกับผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ความหนาต่างๆ ภายในเป็นผนังเบา (มวลสารต่ำ) พบว่า ปริมาณความร้อนของผนัง EIFS ต่ำกว่าผนังก่ออิฐในทุกช่วงเวลา ดังนั้น การใช้นำผนัง EIFS จึงมีความเหมาะสมสำหรับอาคารปรับอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่มีการปรับอากาศเป็นช่วงเวลา ทำให้ไม่มีการสะสมความร้อน ความชื้นในมวลสารในช่วงเวลาที่ปิดเครื่องปรับอากาศ เทียบได้กับผนังก่ออิฐ



แผนภูมิที่ 4-44 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนัง EIFS ความหนาต่างๆ ช่วงเวลาร้อนที่สุดของวัน ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, ทุกทิศทาง, K=0.65(ผนังสีอ่อน), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25°C(77°F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

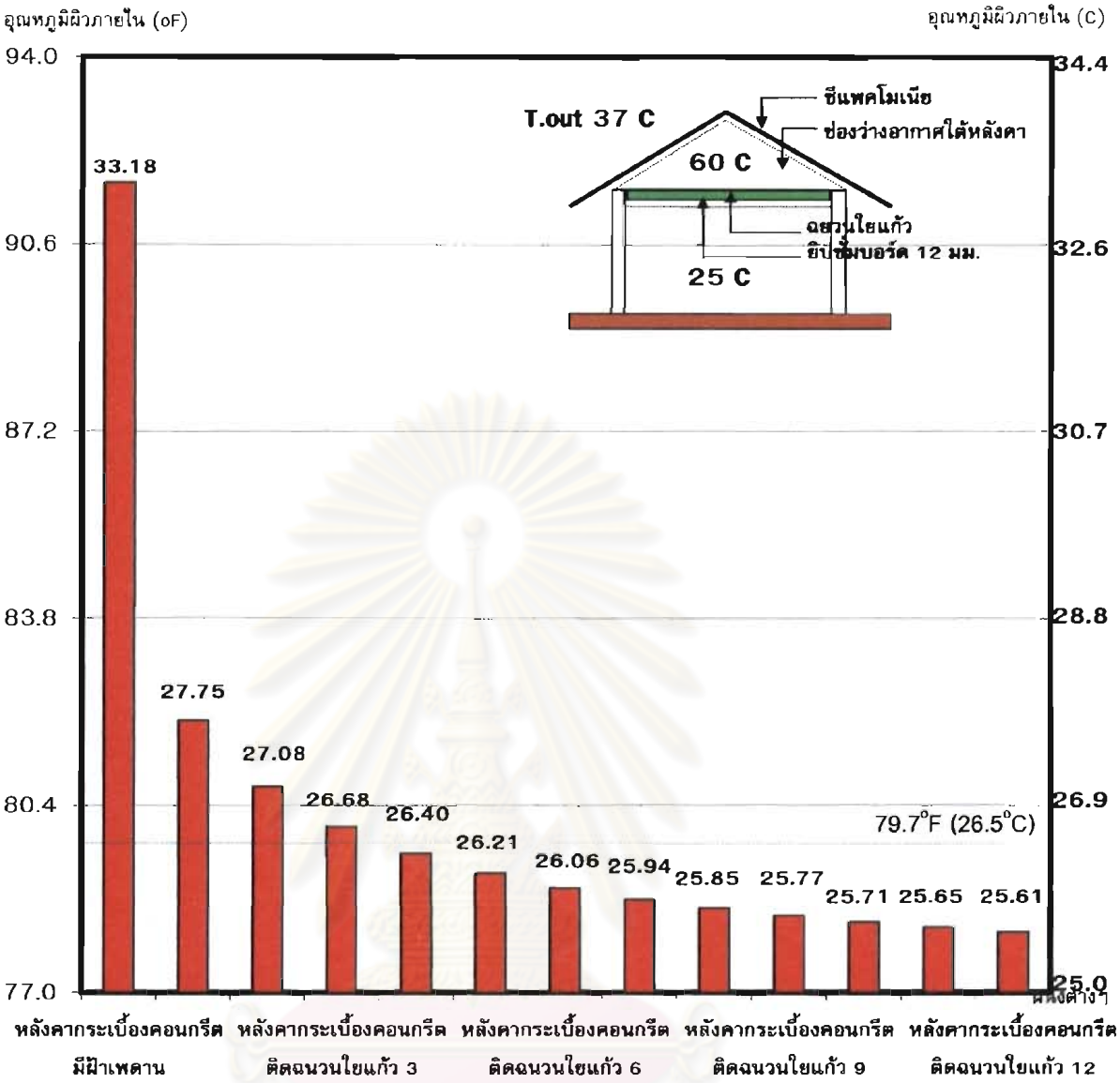
จากแผนภูมิ 4-44 แสดงความหนาของฉนวนที่เหมาะสมสำหรับส่วนผนัง จะพิจารณาจากอุณหภูมิผิวที่อยู่ในช่วงที่ให้รู้สึกอยู่ในขอบเขตน่าสบาย โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT) มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบาย เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมีค่าสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 1 องศาเซลเซียส จะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงกว่าอุณหภูมิอากาศอีก 0.4 องศาเซลเซียส ดังนั้น อุณหภูมิผิวภายในไม่ควรเกิน 26.5 องศาเซลเซียส เนื่องจากเมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบแล้วจะเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นขอบเขตสูงสุดที่จะอยู่ในเขตสบาย ดังนั้นความหนาน้อยที่สุดที่ควรใช้สำหรับผนังคือ EPS หนา 3 นิ้ว



แผนภูมิที่ 4-45 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของหลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้วความหนาต่างๆ (เดือนเมษายน)

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, หลังคาราบ, K=0.83(หลังคาสีปานกลาง), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25°C(77°F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

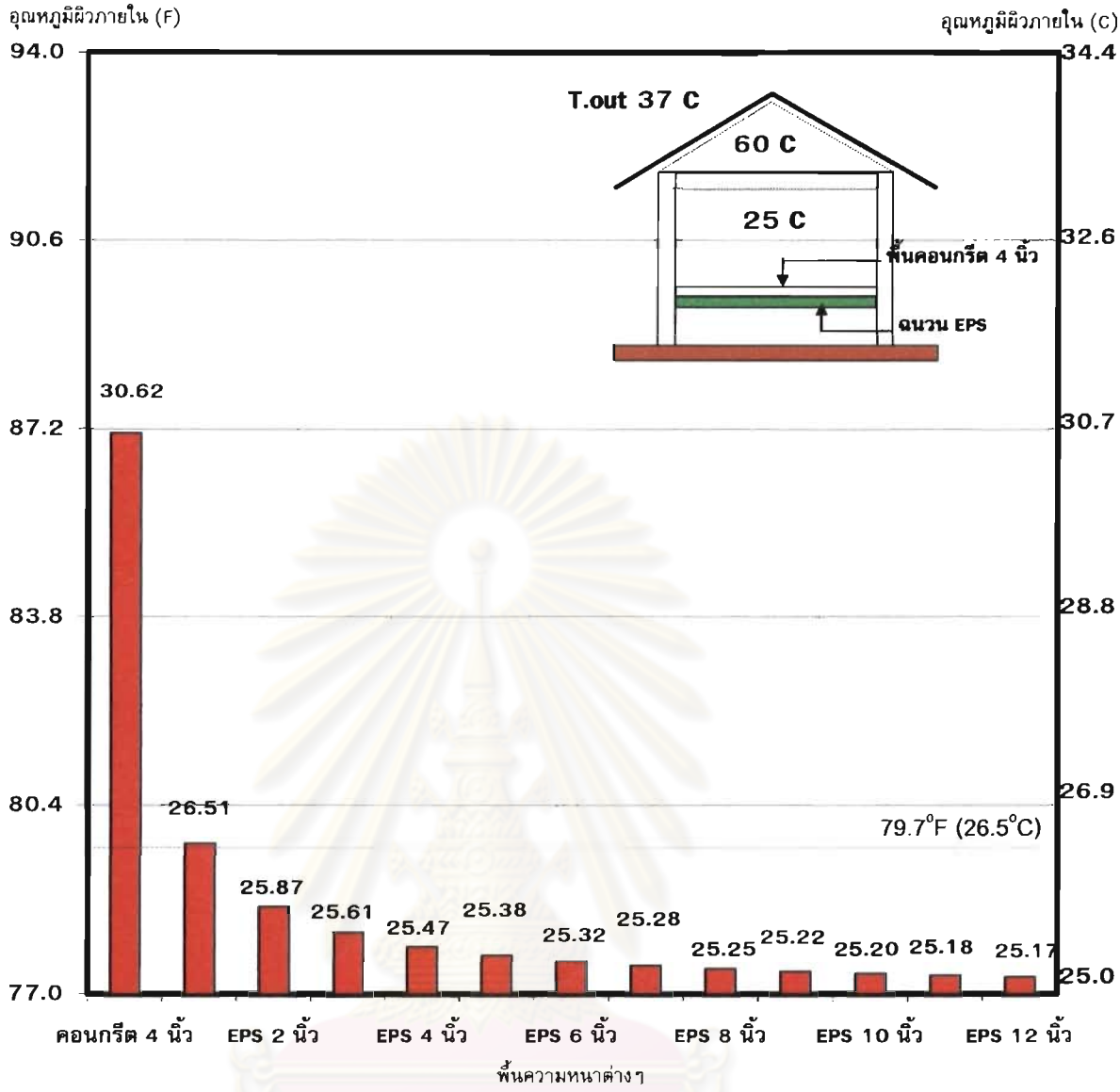
จากแผนภูมิ 4-45 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนของหลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้วความหนาต่างๆ พบว่า ปริมาณความร้อนของหลังคาที่ติดตั้งฉนวนตั้งแต่ความหนา 1 นิ้วแรก ต่ำกว่าหลังคาไม่มีฉนวนในทุกช่วงเวลา ดังนั้น การติดตั้งฉนวนส่วนหลังคา จึงมีความเหมาะสมสำหรับอาคารปรับอากาศในทุกช่วงเวลา



แผนภูมิที่ 4-46 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในใต้ฝ้าเพดานหลังคากระเบื้องซีเมนต์ ปูฉนวนใยแก้ว ความหนาต่างๆ ช่วงเวลาร้อนที่สุดของวัน เดือนเมษายน

(คำนวณจากสมการ Q=U*A*CLTD, Latitude Month 16°N, หลังคาราบ, K=0.83(หลังคาสีปานกลาง), กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25 °C(77 °F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-46 แสดงความหนาของฉนวนที่เหมาะสมสำหรับส่วนหลังคา จะพิจารณาจากอุณหภูมิผิวที่อยู่ในช่วงที่ให้รู้สึกอยู่ในขอบเขตน่าสบาย โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT) มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบาย เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมีค่าสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 1 องศาเซลเซียส จะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงกว่าอุณหภูมิอากาศอีก 0.4 องศาเซลเซียส ดังนั้น อุณหภูมิผิวภายในไม่ควรเกิน 26.5 องศาเซลเซียส เนื่องจากเมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบแล้วจะเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นขอบเขตสูงสุดที่จะอยู่ในเขตสบาย ดังนั้นความหนาน้อยที่สุดที่ควรใช้สำหรับหลังคาคือฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้ว และหากให้อุณหภูมิผิวภายในต่ำจนเกือบไม่มีการเปลี่ยนแปลง คือ หนา 12 นิ้ว



แผนภูมิที่ 4-47 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวพื้นคอนกรีต 4 นิ้ว ติดฉนวน EPS ความหนาต่างๆ ช่วงเวลาร้อนที่สุดของวัน เดือนเมษายน

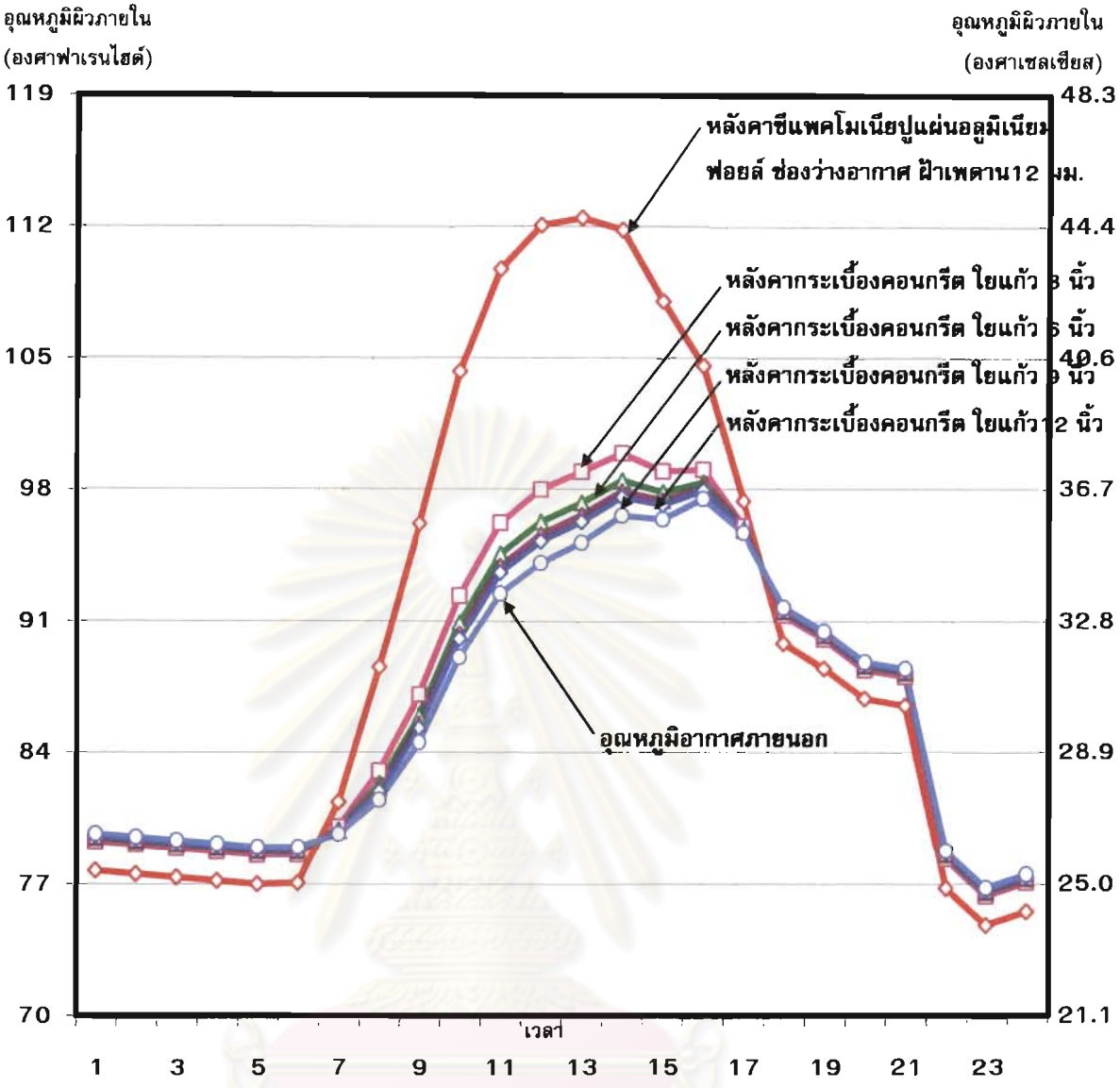
(คำนวณจากสมการ $Q=U*A*\Delta T$, อุณหภูมิอากาศภายนอก 38 °C(100 °F) กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่ 25 °C(77 °F) ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-47 แสดงความหนาของฉนวนที่เหมาะสมสำหรับส่วนพื้น จะพิจารณาจากอุณหภูมิผิวที่อยู่ในช่วงที่ให้รู้สึกอยู่ในขอบเขตน่าสบาย โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT) มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบาย เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมีค่าสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 1 องศาเซลเซียส จะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงกว่าอุณหภูมิอากาศอีก 0.4 องศาเซลเซียส ดังนั้น อุณหภูมิผิวภายในไม่ควรเกิน 26.5 องศาเซลเซียส เนื่องจากเมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบแล้วจะเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นขอบเขตสูงสุดที่จะอยู่ในเขตสบาย ดังนั้นความหนาน้อยที่สุดที่ควรใช้สำหรับหลังคาคือฉนวน EPS หนา 2 นิ้ว

4.3.2.2 อาคารไม่ปรับอากาศ

การติดตั้งฉนวนสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศควรมีการผสมผสานการใช้ฉนวนร่วมกับมวลสาร โดยติดตั้งฉนวนควรอยู่ภายนอกอาคารและมวลสารอยู่ภายในอาคาร เนื่องจากการป้องกันความร้อนจากภายนอกเพียงอย่างเดียว จะทำได้เพียงมีอุณหภูมิผิวภายในอาคารใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกเท่านั้น ซึ่งยังไม่อยู่ในขอบเขตของสภาวะน่าสบาย ดังนั้นการใช้มวลสารจะช่วยหน่วงเหนี่ยวความร้อนในช่วงเวลาร้อนที่สุดของวันได้ และหากมีการเปิดรับอุณหภูมิอากาศเย็นในช่วงเวลากลางคืนเข้ามาสะสมไว้ในมวลสาร จะเป็นการกักเก็บความเย็นเอาไว้ ทำให้ช่วงเวลากลางวันมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศได้ เป็นการเพิ่มสภาวะน่าสบายภายในอาคารยิ่งขึ้น โดยความหนาของมวลสารที่ใช้ภายในอาคารต้องหนาเพียงพอกับช่วงเวลาที่หน่วงเหนี่ยว สะสมความเย็นเอาไว้ นั่นคือ ความหนา 8 นิ้ว

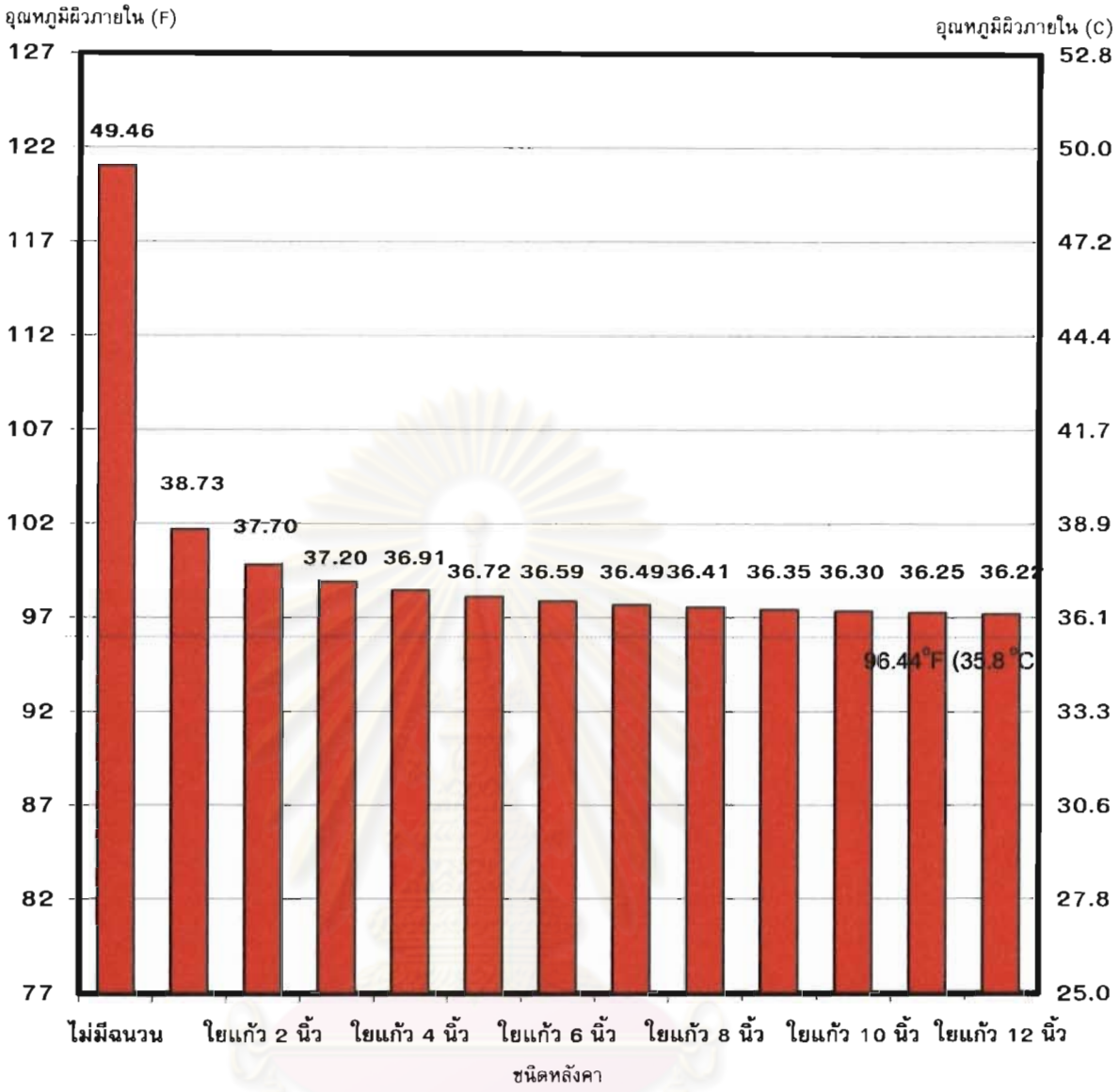
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4-48 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานภายใน ของหลังคากระเบื้องซีเมนต์ ฝ้าเพดาน 12 มม. ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาต่าง ๆ

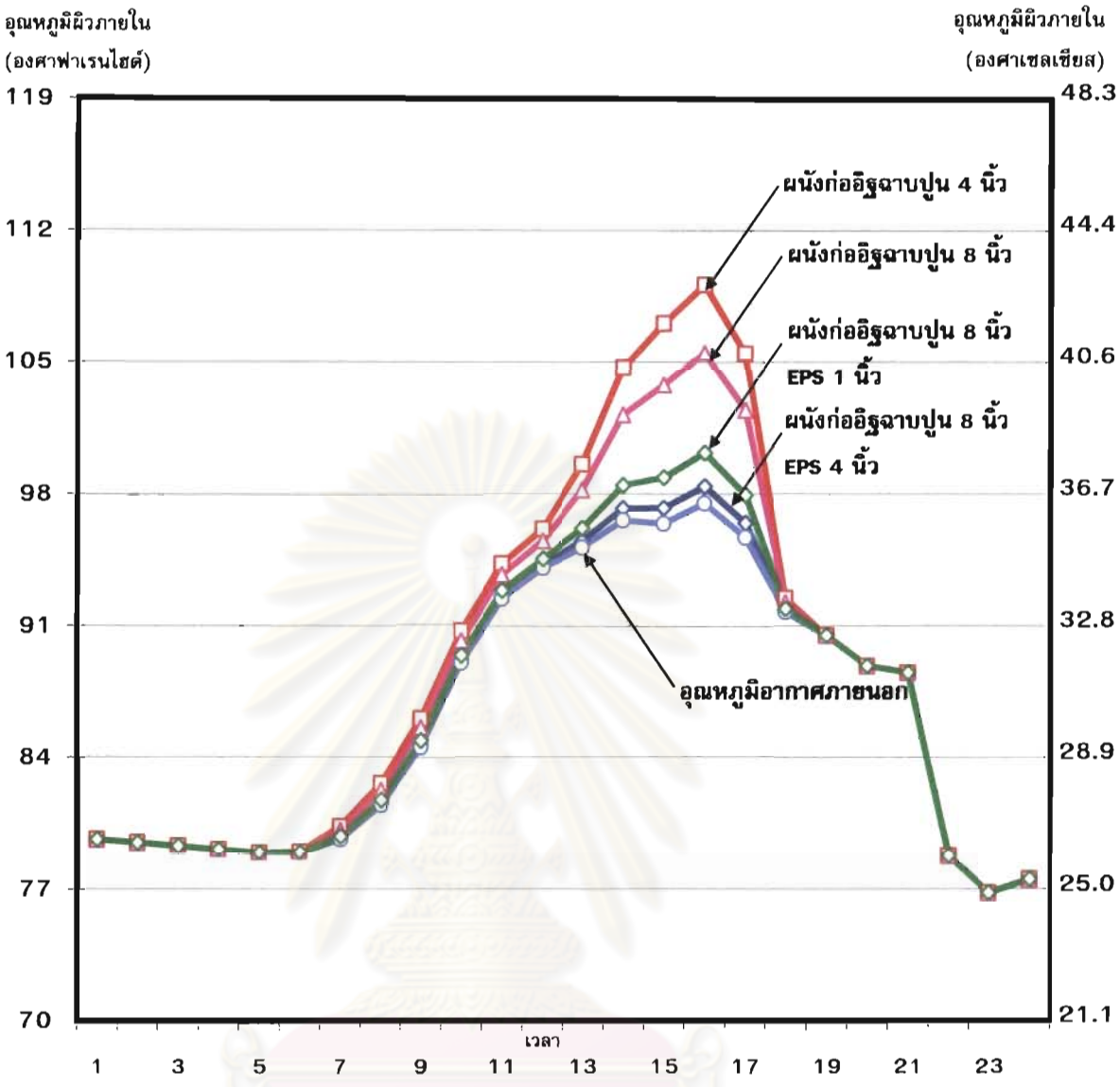
(คำนวณอุณหภูมิเสมือนพื้นผิววัสดุ (Sol-air Temperature) Solar Intensity and Solar Heat Gain Factors (Latitude 16°N), หลังคาราบ, α = 0.7(หลังคาสีเข้ม), ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-48 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของหลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้วความหนาต่างๆ พบว่า หลังคาที่ติดตั้งฉนวน ความหนา 12 นิ้ว มีอุณหภูมิผิวใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากที่สุด เป็นการลดอิทธิพลจากการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาได้มากที่สุด



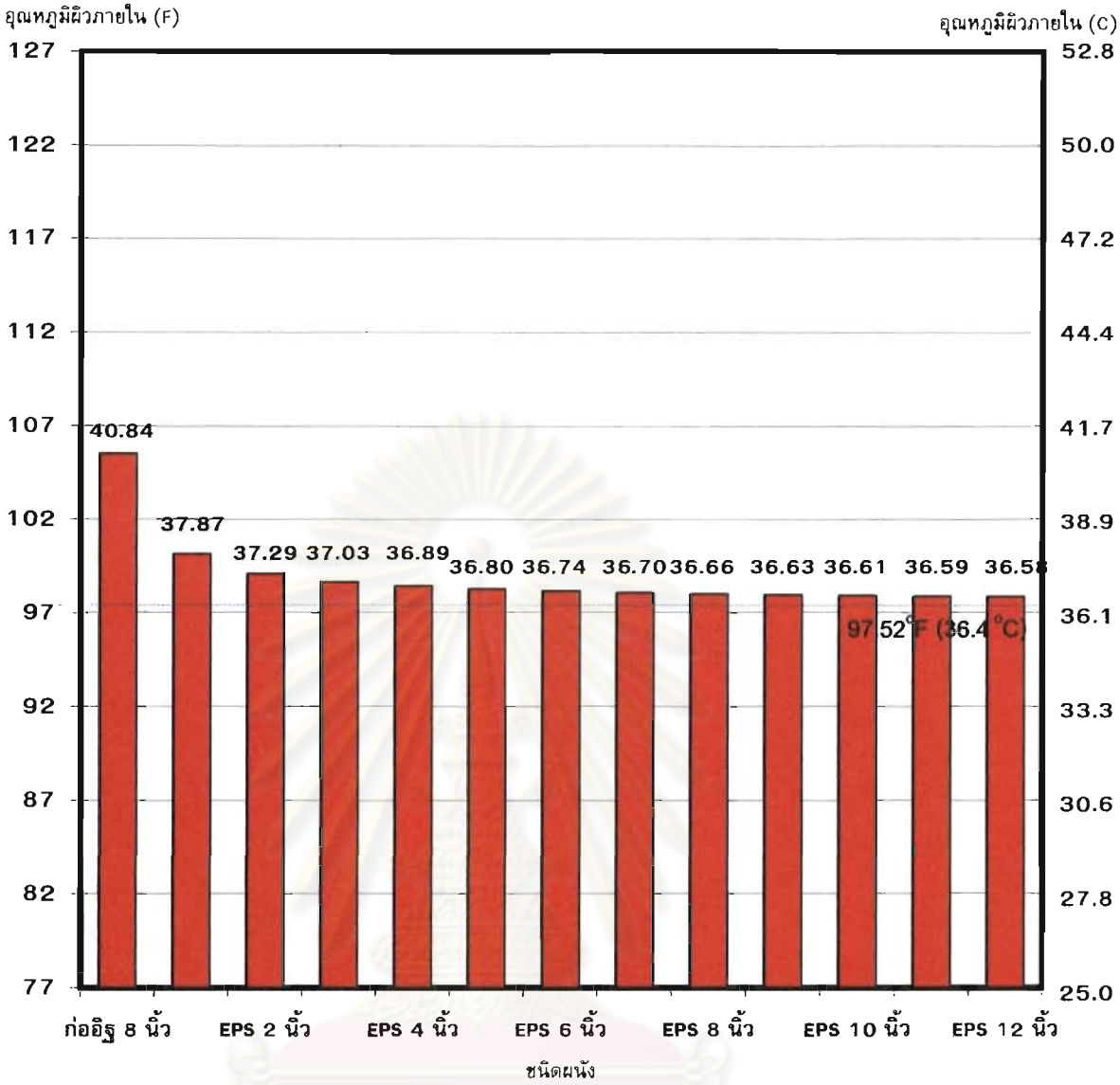
แผนภูมิที่ 4-49 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานช่วงเวลาร้อนที่สุดของวัน หลังคา กระเบื้องซีเมนต์ ฝ้าเพดาน 12 มม. ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาต่าง ๆ (ทิศตะวันตก เดือนเมษายน)**
(คำนวณอุณหภูมิเสมือนพื้นผิววัสดุ (Sol-air Temperature) Solar Intensity and Solar Heat Gain Factors (Latitude 16°N), หลังคาราบ, α = 0.7(หลังคาสีเข้ม), ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-49 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของหลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้ว ความหนาต่างๆ ของอาคารไม่ปรับอากาศ พบว่า หลังคาที่ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนา 4 นิ้ว มีอุณหภูมิผิว 36.89 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นความหนาที่อุณหภูมิมีแนวโน้มการลดลงคงที่ จึงเป็นความหนาน้อยที่สุดที่แนะนำ และหลังคาที่ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนา 12 นิ้ว มีอุณหภูมิผิว 36.22 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากที่สุด (35.8 องศาเซลเซียส) เป็นการลดอิทธิพลจากการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาได้มากที่สุด



แผนภูมิที่ 4-50 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายในชนิดต่างๆ ทิศตะวันตก เดือนเมษายน
(คำนวณอุณหภูมิเสมือนพื้นผิววัสดุ (Sol-air Temperature) Solar Intensity and Solar Heat Gain Factors (Latitude 16°N), ผนังแต่ละทิศ, α = 0.3(ผนังสีอ่อน), ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-50 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของผนังชนิดต่างๆ พบว่า ผนังก่ออิฐฉาบปูนความหนา 8 นิ้วที่ติดตั้งฉนวนภายนอก EPS ความหนา 4 นิ้ว มีอุณหภูมิผิวใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากที่สุด เป็นการลดอิทธิพลจากการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาได้มากที่สุด



แผนภูมิที่ 4-51 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวัน ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว และความหนาต่าง ๆ (ทิศตะวันตก เดือนเมษายน)

(คำนวณอุณหภูมิเสมือนพื้นผิววัสดุ (Sol-air Temperature) Solar Intensity and Solar Heat Gain Factors (Latitude 16°N), ผนังแต่ละทิศ, α = 0.3(ผนังสีอ่อน), ข้อมูลอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ปี 2550)

จากแผนภูมิ 4-51 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของผนังก่ออิฐฉาบปูน ความหนา 8 นิ้วที่ติดตั้งฉนวนภายนอก EPS ความหนา 4 นิ้ว มีอุณหภูมิผิว 36.89 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นความหนาที่อุณหภูมิผิวภายในมีแนวโน้มการลดลงคงที่ และใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ (36.4 องศาเซลเซียส) เป็นการลดอิทธิพลจากการถ่ายเทความร้อนจากผนังได้

สรุปการประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารต่างๆ ได้ดังนี้

1) อาคารปรับอากาศ

- อาคารปรับอากาศ 24 ชั่วโมง

  ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 4 นิ้ว และดีที่สุดคือ 12 นิ้ว

  ส่วนผนัง : ผนังของอาคารที่ปรับอากาศตลอดเวลา สามารถทำได้ 2 แบบ ดังนี้ ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังเบา(มวลสารต่ำ) ความหนาของฉนวนโฟม EPSน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 3 นิ้ว ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังมวลสารสูง ความหนาของฉนวนโฟม EPSน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 3 นิ้ว

  ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน(EPS)หรือฉนวนโพลียูริเธน(PU) หนา 2 นิ้ว

- อาคารปรับอากาศ 8.00-17.00 น.

  ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 4 นิ้ว

  ส่วนผนัง : ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังเบา(มวลสารต่ำ) ความหนาของฉนวนโฟม EPSน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 3 นิ้ว

  ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน(EPS)หรือฉนวนโพลียูริเธน(PU) หนา 2 นิ้ว

- อาคารปรับอากาศ 21.00-6.00 น.

  ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 4 นิ้ว

  ส่วนผนัง : ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังเบา(มวลสารต่ำ) ความหนาของฉนวนโฟม EPSน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 3 นิ้ว

  ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน(EPS)หรือฉนวนโพลียูริเธน(PU) หนา 2 นิ้ว

2) อาคารไม่ปรับอากาศ

  ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 4 นิ้ว

  ส่วนผนัง : ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังก่ออิฐสองชั้น หนา 8 นิ้ว (มวลสารสูง) ความหนาของฉนวนโฟม EPS น้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 4 นิ้ว

  ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน(EPS)หรือฉนวนโพลียูริเธน(PU) หนา 2 นิ้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 วิเคราะห์การประยุกต์ใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

1. การศึกษาอาคารตัวอย่าง
2. การใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

4.4.1 การศึกษาอาคารตัวอย่าง

การศึกษาอาคารตัวอย่างที่มีการใช้ฉนวนในอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยคัดเลือกอาคารตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพด้านประหยัดพลังงานเพื่อเป็นอาคารกรณีศึกษาตัวอย่าง ซึ่งแบ่งอาคารตามช่วงเวลาที่การใช้งานอาคาร ดังนี้

1. อาคารที่ใช้งานหลายช่วงเวลา : บ้านพักอาศัย
   - บ้านประหยัดพลังงาน
   - บ้านชีวาทิตย์
2. อาคารที่ใช้งานช่วงเวลากลางวัน : อาคารสำนักงาน
   - อาคารอนุรักษ์พลังงานพลังงานเฉลิมพระเกียรติ
   - โครงการศูนย์ราชการ กรุงเทพมหานคร (ถนนแจ้งวัฒนะ)
   - โรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม จังหวัดสมุทรปราการ

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาการใช้ฉนวนในอาคารตัวอย่าง ทั้งการเลือกใช้รูปแบบของฉนวน ชนิดของฉนวน ตลอดจนการติดตั้งฉนวนในอาคาร จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการใช้ฉนวนในอาคาร และประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งฉนวนของอาคารตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.1.1 อาคารตัวอย่าง ประเภทอาคารพักอาศัย

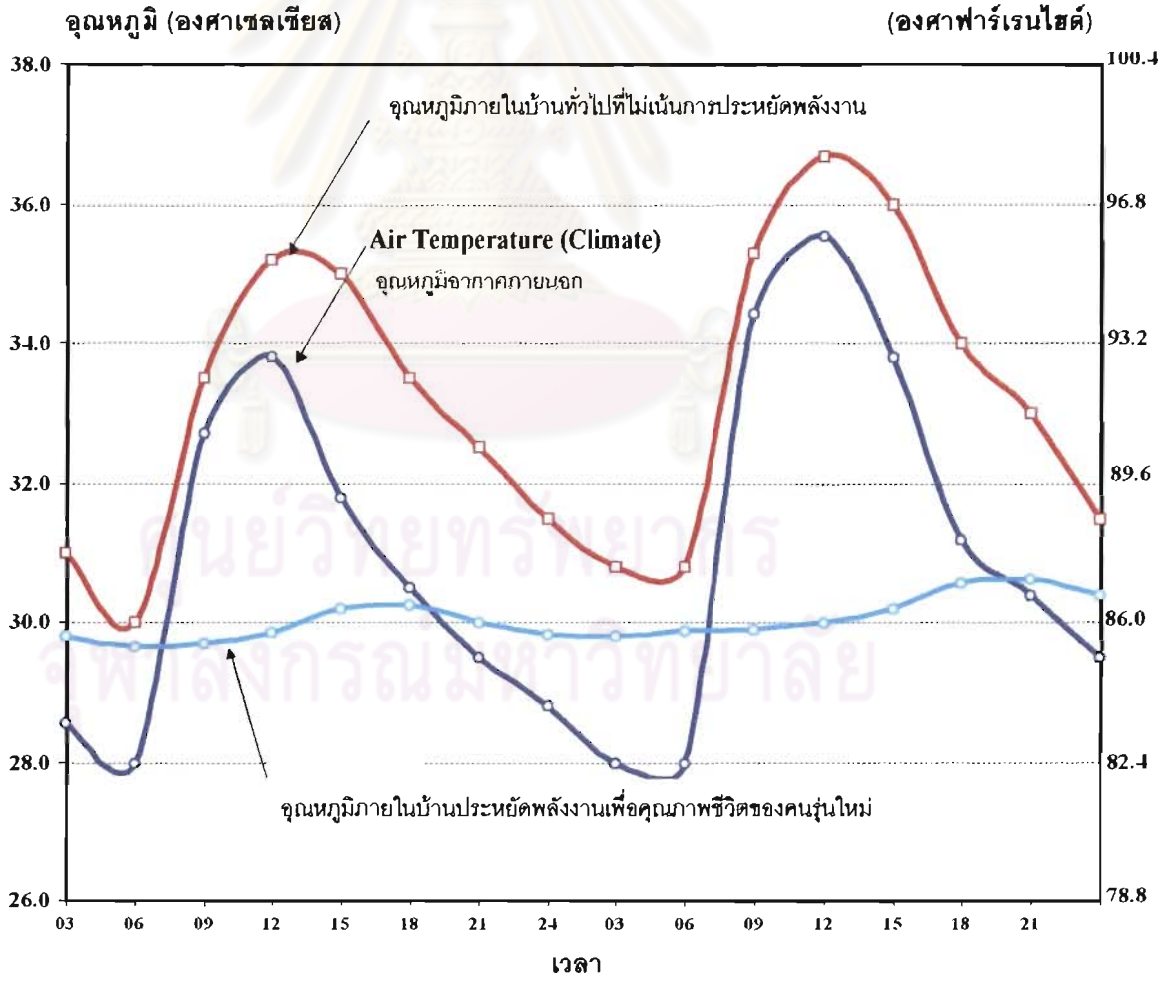
อาคารตัวอย่างที่ 1 บ้านประหยัดพลังงาน

ภาพที่ 4-5 แสดงบรรยากาศภายนอกบ้านประหยัดพลังงาน

แนวทางในการออกแบบเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ข้างต้นก็คือ การนำเอาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเท่าที่หาได้ในปัจจุบันมาประยุกต์ให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย โดยอาศัยการวิจัยประยุกต์ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาช่วย อาจกล่าวได้ว่าเกือบทุกส่วนของบ้านหลังนี้คือ บทพิสูจน์ของความเป็นไปได้ในการสรรค์สร้างแนวความคิดในการออกแบบที่กล่าวข้างต้นทั้งหมดให้ปรากฏเป็นรูปธรรมที่พิสูจน์ได้ทั้งด้านประโยชน์ใช้สอย ศักยภาพในการใช้งาน ตลอดจนคุณภาพชีวิตภายในบ้านที่มีเหตุผลทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และเศรษฐศาสตร์มารองรับสนับสนุน ทั้งยังสามารถพิสูจน์และสัมผัสได้หลากหลายรูปแบบ กระบวนการออกแบบ และระบบควบคุมทั้งหมดของบ้านหลังนี้ เป็นแนวความคิดใหม่ที่มีความเหมาะสมกับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของเมืองไทยอย่างยิ่ง

ในหลายๆ ส่วนของบ้าน ได้ออกแบบโดยคำนึงถึงการผสมผสานเทคโนโลยีแบบครบวงจร ซึ่งรวมไปถึงด้าน Thermal, Lighting, Acoustics, Visual และ IAQ พร้อมๆ ไปกับ Economics, Technology, Energy, Environment และ IT (Information Technology) อันเป็นที่มาของระบบการควบคุมแบบอัจฉริยะ ข้อพิสูจน์ถึงการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานของบ้านหลังนี้ก็คือการตรวจสอบและวัดข้อมูลจริงของบ้านเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไป สิ่งที่ทำให้บ้านหลังนี้เป็นบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตได้ ก็โดยอาศัยการปรุงแต่งจากปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการปรับสภาพแวดล้อมแล้วยังมีการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลที่ได้จากกระบวนการข้างต้นดังกล่าว ทำให้อุณหภูมิภายในบ้านหลังนี้ (เส้นสีฟ้า) ในเวลาไม่มีการใช้ระบบปรับอากาศด้วยเครื่องกลเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ (เส้นสีน้ำเงิน) ในเวลากลางวัน ส่วนช่วงเวลากลางคืนประมาณ 3 ทุ่มถึง 6 โมงเช้าก็สามารถเปิดหน้าต่างเพื่อใช้ระบบธรรมชาติตามต้องการ ในขณะที่บ้านทั่วไปมีอุณหภูมิ (เส้นสีแดง) ร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้บ้านหลังนี้จึงใช้พลังงานในการปรับอากาศน้อยกว่าบ้านทั่วไปหลายเท่า

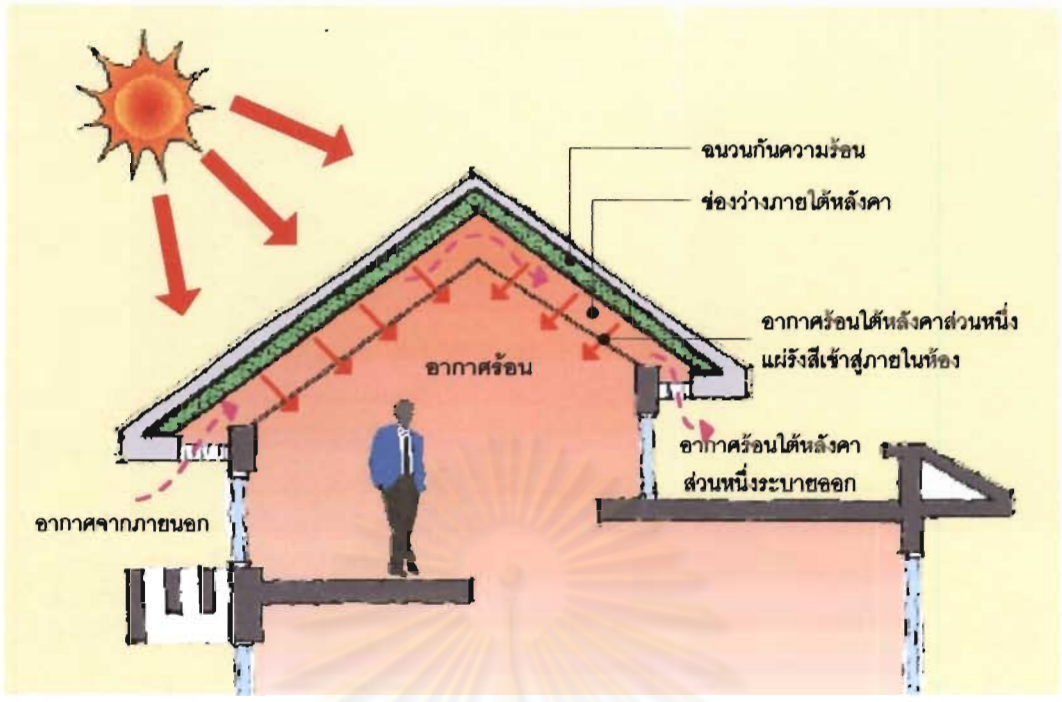


แผนภูมิที่ 4-52 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงานและบ้านทั่วไป

เทคนิคและการเลือกใช้วัสดุ

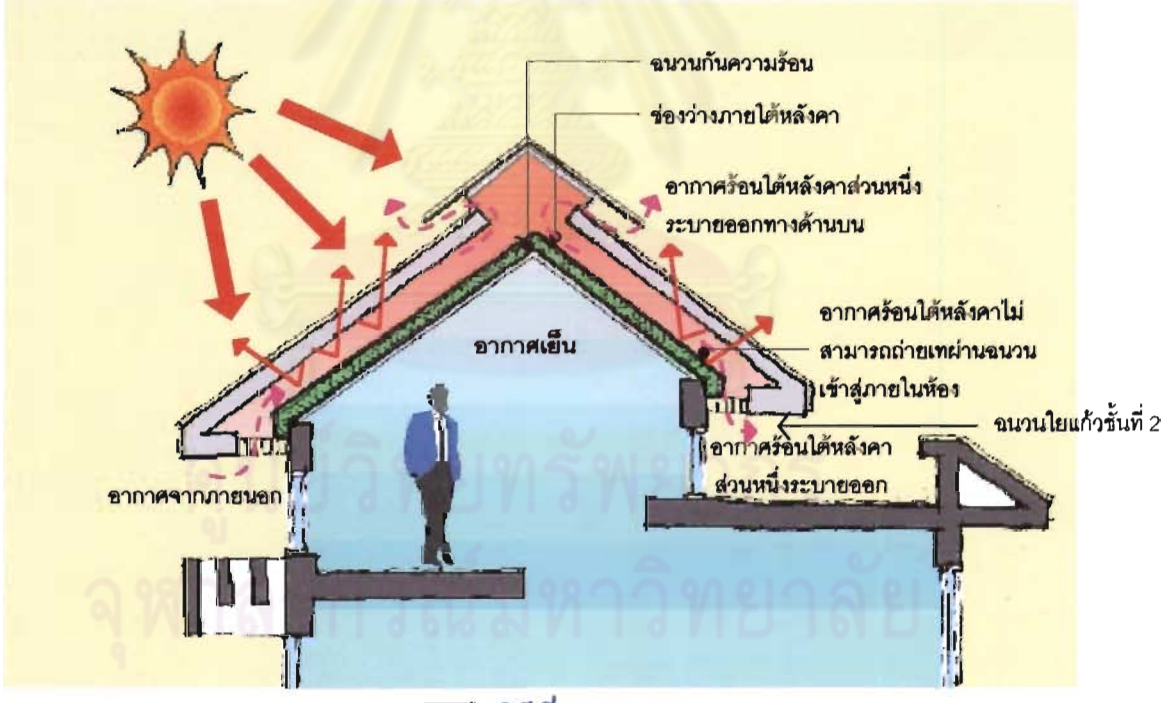
การออกแบบหลังคาของบ้านหลังนี้ เป็นการผสมผสานระบบโครงสร้างแบบปิระมิดที่ใช้รับแรงดึงแล้วถ่ายน้ำหนักในแนวดิ่งลงสู่ผนังโดยรอบบ้าน ทำให้สามารถถ่ายน้ำหนักลงสู่ผนังรับน้ำหนักโดยรอบ เป็นผลทำให้เกิด "ที่ว่าง" (Space) ที่ใช้งานได้ นอกจากนี้ยังได้ผสมผสานแนวความคิดในการใช้เพดานสูงเข้ากับระบบกันความร้อน ในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่เพดานส่วนบนสุดได้ออกแบบให้เป็นทั้งส่วนตกแต่งเบื้องบน และทำหน้าที่รองรับฝุ่นละอองที่ลอยตัวขึ้นไปสะสมอยู่ส่วนบน แล้วมีพัดลมดูดความสกปรกทิ้งไปภายนอกพร้อมๆ กับอากาศร้อน ระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ในกระบวนการดังกล่าวเป็นระบบที่ออกแบบขึ้นเฉพาะสำหรับเมืองไทย (ระบบควบคุมออกแบบโดยสถาปนิก) โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมให้ผสมผสานไปกับระบบในส่วนอื่นๆ ของตัวบ้าน ในการพิจารณาเรื่องความสามารถในการกันความร้อนระบบหลังคาโดยรวมนั้น ต้องอาศัยความเข้าใจถึง ระบบการถ่ายเทอากาศที่สมบูรณ์ภายใต้ผิวหลังคา สิ่งหนึ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบระบบกันความร้อนในส่วนหลังคาคือ การทำให้มีอุณหภูมิบริเวณเหนือผิวหลังคาค่อนข้างสูง (ร้อนมากๆ) เพื่อการเป็นการป้องกันนก, หนู หรือแมลงต่างๆ เข้ามาอาศัยอยู่ภายใต้หลังคาเหนือฝ้าเพดาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวันที่ไม่มีลม แต่ต้องคำนึงถึงการระบายอากาศภายใต้หลังคาด้วย และในระดับต่ำจากผิวหลังคาลงมาต้อง มีระบบฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนไม่ให้เข้ามาภายในอาคารได้อย่างสมบูรณ์ ระบบกันความร้อนของหลังคาบ้านประกอบด้วย อลูมินั่มฟอล์ย 1 ชั้น โฟมหนา 6 นิ้ว ชั้นในสุดประกบ (Laminated) ด้วยแผ่นยิบซั่ม ทำให้ได้ค่าการกันความร้อนที่เพิ่มขึ้นอีกมาก โดยไม่ต้องเพิ่มค่าใช้จ่าย (ใช้หลักการของช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี หรือ Reflective Air Space: Heat Flow Down) จากรูปแสดงวิธีที่เหมาะสมในการออกแบบระบบกันความร้อนของหลังคา ความร้อนจากภายนอกไม่สามารถถ่ายเทเข้าสู่ภายในห้องเพราะการติดตั้งฉนวนที่ฝ้าเพดาน ทำให้อากาศภายในห้องเย็นกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบหลังคาทั่วไปที่ติดตั้งฉนวนไว้ใต้วัสดุมุงหลังคา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



☒ วิธีที่ไม่เหมาะสม

ก) การติดตั้งฉนวนกันความร้อนหลังคาบ้านทั่วไปเกิดความร้อนจากช่องว่างภายในหลังคาถ่ายเทเข้าสู่ภายในบ้าน



☑ วิธีที่เหมาะสม

ข) วิธีการติดตั้งฉนวนที่เหมาะสมของบ้านประหยัดพลังงาน

ภาพที่ 4-6 แสดงวิธีการติดตั้งฉนวนที่เหมาะสมในการออกแบบระบบกันความร้อนของหลังคา โดยคำนึงถึงการป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาภายในบานส่วนที่มีการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

สรุปประโยชน์จากการติดตั้งฉนวนสำหรับบ้านประหยัดพลังงาน

บ้านประหยัดพลังงานนี้เป็นตัวอย่างของการออกแบบสถาปัตยกรรมยุคใหม่ ด้วยการประยุกต์ศาสตร์ต่างๆ อย่างครบวงจร เป็นการประกอบกับการเลือกใช้ฉนวนสำหรับการป้องกันความร้อนให้กับเปลือกอาคาร ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ด้านต่างๆ ดังนี้

1. ลดการพลังงาน

บ้านนี้ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 3 ตัน (36,000 บีทียู) ต่อพื้นที่ปรับอากาศภายในบ้านประมาณ 330 ตารางเมตร ซึ่งสิ้นเปลืองพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศน้อยกว่าบ้านธรรมดาทั่วไปประมาณ 7 เท่า (บ้านประหยัดพลังงานหลังนี้สามารถทำความเย็นให้กับพื้นที่ได้มากถึง 110 ตารางเมตรต่อขนาด 1 ตันของเครื่องปรับอากาศ ในขณะที่บ้านธรรมดาทั่วไปทำความเย็นได้เพียง 15 ตารางเมตรต่อ 1 ตันเท่านั้น)

2. ลดการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิผิวโดยรอบ

การเลือกใช้เปลือกอาคารด้วยวัสดุที่มีค่าการต้านทานความร้อนสูง จะส่งผลให้เปลือกอาคารไม่มีการสะสมความร้อน ลดความรู้สึกร้อนจากการถ่ายเทความร้อนจากผิววัสดุของเปลือกอาคาร ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความรู้สึกร้อนหนาวของผู้อยู่ภายในอาคาร ทำให้รู้สึกสบาย นอกจากนั้นยังเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศได้อีกทางหนึ่งจากการปรับอุณหภูมิได้ที่ 25 °C โดยไม่ต้องชดเชยความรู้สึกร้อนที่ได้รับจากอุณหภูมิผิวโดยรอบจากอิทธิพลการสะสมความร้อนของเปลือกอาคารอย่างอาคารทั่วไป เปลือกอาคารที่มีการใช้ฉนวนกันความร้อนจึงทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารเย็นลงได้ในระดับที่ต้องการได้อย่างรวดเร็วและคงที่อีกด้วย และแม้จะปิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศลงอุณหภูมิอากาศภายในอาคารก็ยังคงที่ สามารถควบคุมอุณหภูมิในสภาวะน่าสบายอยู่ได้เป็นเวลานาน

3. เพิ่มสภาวะน่าสบายได้มากขึ้น

เทคนิคของบ้านประหยัดพลังงาน มีการปรับสภาพแวดล้อมและมีการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในบ้านประหยัดพลังงานต่ำกว่าบ้านทั่วไปตลอดเวลา อุณหภูมิอากาศภายในอาคารอยู่ในเกณฑ์ที่ใกล้เคียงสภาวะน่าสบาย หรืออยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ร่างกายของมนุษย์ยังคงสามารถรู้สึกสบาย สามารถอยู่อาศัยภายในบ้านได้โดยไม่ต้องมีการปรับอุณหภูมิอากาศ

4. การดูดซับเสียง

นอกจากเปลือกอาคารที่มีการติดตั้งฉนวนเพื่อการป้องกันความร้อนเท่านั้น ภายในบ้านก็ยังมีการเลือกใช้วัสดุฉนวนเพื่อคุณสมบัติการดูดซับเสียงอีกด้วย เช่น ห้องรับแขก มีการใช้ฉนวนใยแก้วบุวัสดุหุ้มผ้าแก้วหลังแผ่นไม้ประดับ ช่วยให้เกิดการดูดซับเสียงบริเวณห้องโถงได้ ลดเสียงก้องได้ดี

5. การกันเสียง

นอกจากนั้น การติดตั้งฉนวนใยแก้วยังมีคุณสมบัติในการกันเสียง โดยการติดตั้งฉนวนใยแก้วในผนังระหว่างห้องเพื่อลดการส่งผ่านของเสียง เป็นการเพิ่มความเป็นส่วนตัวภายในบ้านได้เป็นอย่างดี

อาคารตัวอย่างที่ 2 บ้านชีวาทิตย์

ภาพที่ 4-7 แสดงวิธีการบรรยากาศภายนอกบ้านชีวาทิตย์

บ้านชีวาทิตย์ เป็นบ้านที่ได้รับการออกแบบให้เป็นต้นแบบของการอยู่อาศัยอย่างยั่งยืน และเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นเป็นหลังแรกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งนอกจากประสิทธิภาพการใช้งานจากพลังงานแสงอาทิตย์อันสูงสุดแล้ว ยังมีการนำเอาปัจจัยอื่นๆที่จำเป็นต่อการอยู่อาศัยมาใช้ด้วย จึงสามารถกล่าวได้ว่าบ้านชีวาทิตย์เป็นบ้านต้นแบบของการอยู่อาศัยอย่างยั่งยืนที่แท้จริง แนวความคิดเบื้องต้นของการออกแบบ คือ การผสานความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ ผนวกกับความเป็นไปได้ในการออกแบบสถาปัตยกรรม และเทคโนโลยีอันทันสมัย ทำให้บ้านชีวาทิตย์นอกจากจะประหยัดพลังงานได้อย่างสูงสุดแล้ว ยังสามารถผลิตพลังงานใช้ได้จนเหลือใช้สำหรับกิจกรรมหลัก

บ้านชีวาทิตย์ได้รับการออกแบบให้ป้องกันความร้อนและความชื้นจากภายนอกอย่างสูงสุด ส่งผลให้ความร้อนที่เข้ามาภายในบ้านนั้นน้อยกว่าบ้านชั้นดีทั่วไปถึง 15 เท่า ซึ่งเป็นผลมาจากการเลือกใช้วัสดุและเทคนิคการออกแบบที่ ถูกต้อง ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การปรุงแต่งสภาพแวดล้อม(Microclimate Modification)
2) การเลือกรูปทรงอาคารที่เหมาะสม(Building Form Selection)
3) การใช้ปัจจัยจากธรรมชาติ(Used of Natural on Site Energy)
4) การเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน(Material Selection)
5) การลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ(Cooling Load Reduction)

เทคนิคและการเลือกใช้วัสดุ

1. การเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน (Material Selection)

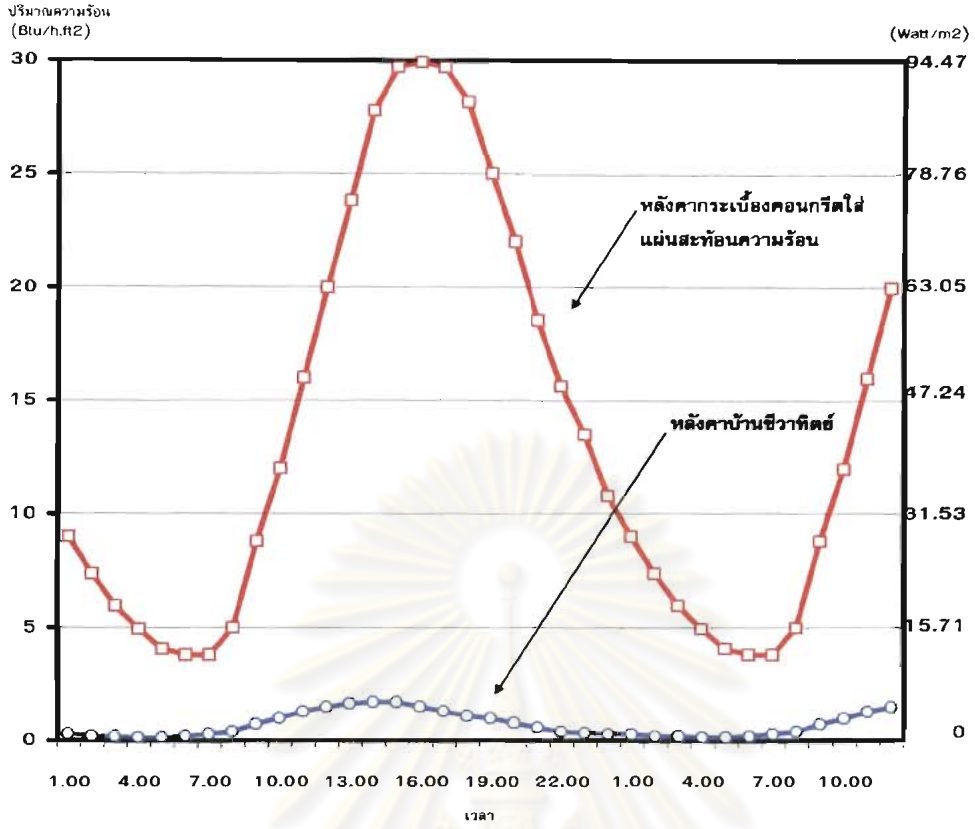
ในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารนั้น ศักยภาพในการป้องกันความร้อนจะขึ้นอยู่กับการเลือกใช้วัสดุเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นบ้านชีวาทิตย์จึงเลือกใช้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำซึ่งสามารถป้องกันความร้อนได้เป็นอย่างดี วัสดุที่เลือกใช้มีดังต่อไปนี้

1) การเลือกใช้ผนังที่สามารถป้องกันความร้อนและความชื้น
2) การเลือกใช้กระจกที่สามารถป้องกันความร้อนได้อย่างดี
3) การออกแบบหลังคาให้สามารถป้องกันความร้อนได้สูงที่สุด

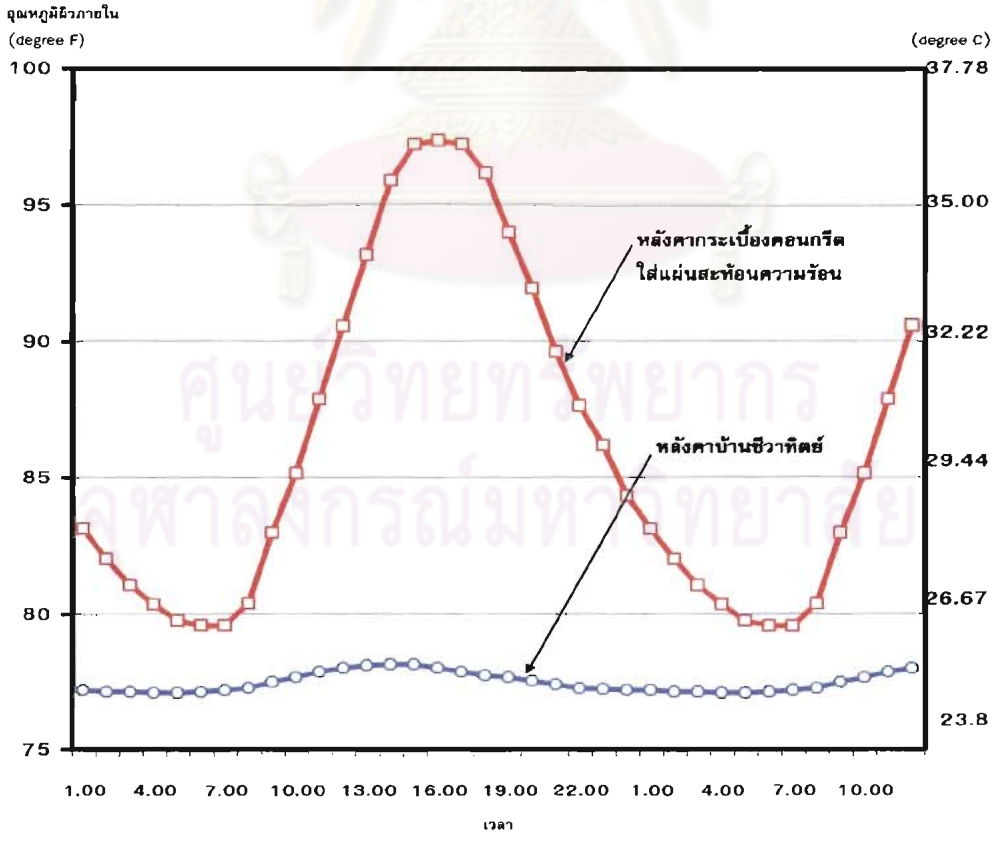
2. การออกแบบหลังคาให้สามารถป้องกันความร้อนได้สูงที่สุด

การศึกษาเกี่ยวกับประเภทของหลังคาที่เหมาะสมกับภูมิภาคร้อนชื้นในประเทศไทย พบว่ามีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ฉนวนกันความร้อน ซึ่งนิยมใช้แผ่นสะท้อนรังสีความร้อนใต้หลังคากระเบื้องซีเมนต์และใช้ส่วนที่เป็น อลูมินัมฟอยล์หันขึ้นด้านบน ทำให้เกิดสภาพที่เป็น Non-Reflective Air Space ใต้หลังคาซึ่งป้องกันการแผ่รังสีความร้อนได้น้อยและเมื่อใช้งานไปจะเกิดฝุ่นเกาะทำให้ประสิทธิภาพการสะท้อนรังสีความร้อนลดลง

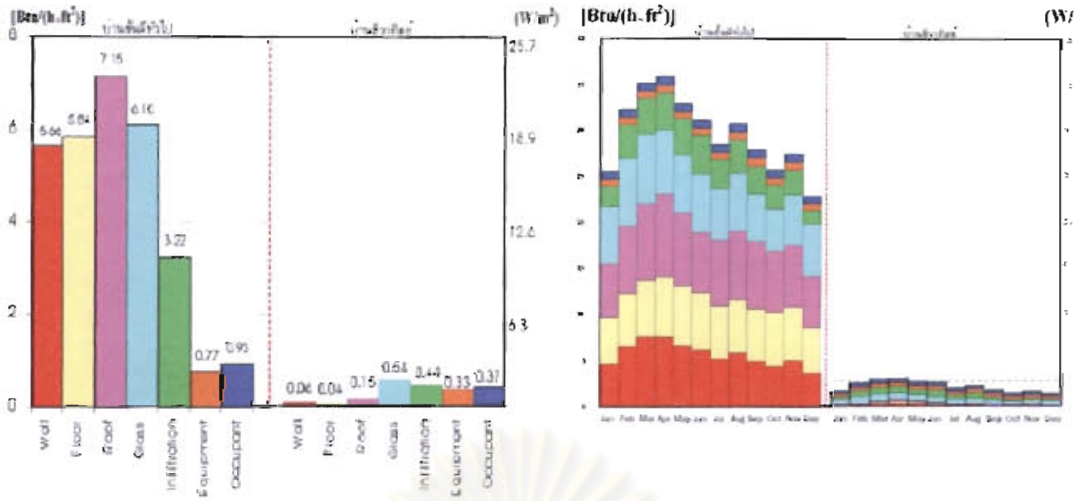
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



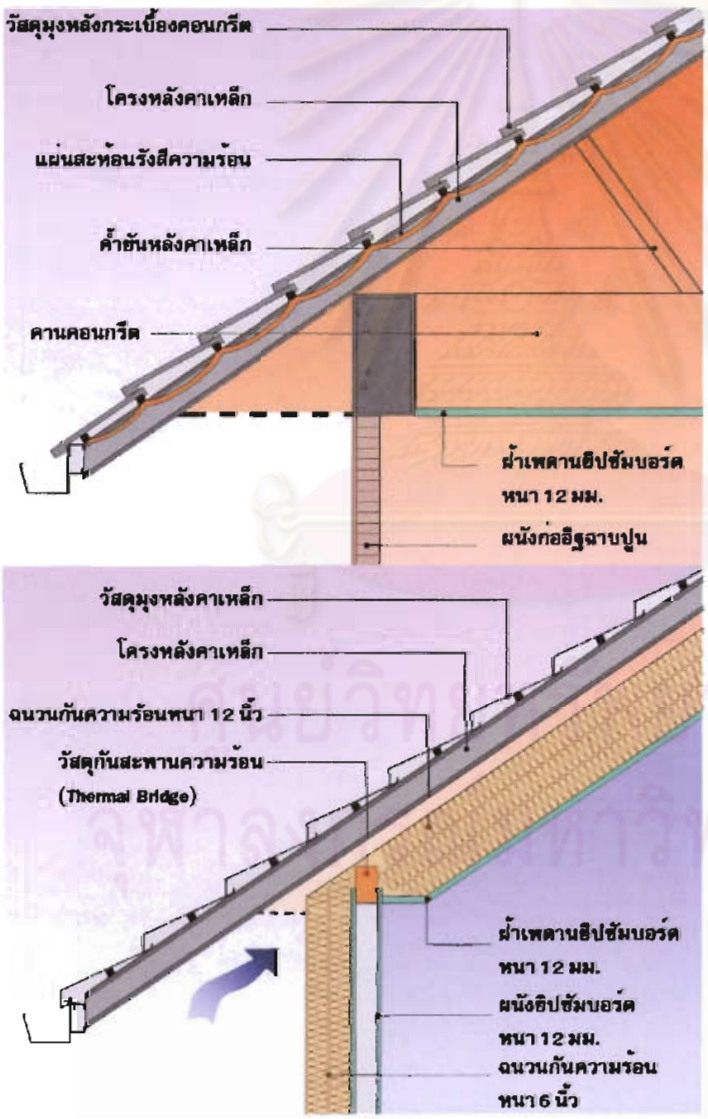
แผนภูมิที่ 4-53 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนส่วนหลังคาบ้านซีวาทิตย์และบ้านชั้นดีทั่วไป



แผนภูมิที่ 4-54 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ส่วนหลังคาบ้านซีวาทิตย์และบ้านชั้นดีทั่วไป



แผนภูมิที่ 4-55 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ บ้านซีวาทิตย์ต่ำกว่าบ้านชั้นดีทั่วไป 15 เท่าตลอดทั้งปี



☒ **แนวทางที่ใช้กันทั่วไป**

ก) ระบบผนังและหลังคาที่ใช้โดยทั่วไป

☑ **แนวทางที่แนะนำ**

ข) ระบบผนังและหลังคาบ้านซีวาทิตย์

ภาพที่ 4-8 แสดงวิธีการป้องกันความร้อนด้วยการติดตั้งฉนวนเหนือฝ้าเพดานแทนความเข้าใจแบบผิดๆ ที่ปูแผ่นสะท้อนรังสีความร้อนใต้หลังคากระเบื้องซีเมนต์

<u>สรุปประโยชน์จากการติดตั้งฉนวนสำหรับบ้านชีวาทิตย์</u>

บ้านชีวาทิตย์ เป็นบ้านที่ได้รับการออกแบบให้เป็นต้นแบบของการอยู่อาศัยอย่างยั่งยืน มีการผสานความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ ผนวกกับความเป็นไปได้ในการออกแบบสถาปัตยกรรมและเทคโนโลยีอันทันสมัย ทำให้บ้านชีวาทิตย์ประหยัดพลังงานได้อย่างสูงสุด ส่วนหนึ่งมาจากการเลือกใช้ฉนวนใยแก้วสำหรับการป้องกันความร้อนโดยเฉพาะส่วนของหลังคาที่มีการติดตั้งหนาถึง 12 นิ้ว ส่งผลให้บ้านชีวาทิตย์เกิดประโยชน์ด้านต่างๆ ดังนี้

1. ลดการพลังงาน

การออกแบบ บ้านชีวาทิตย์ เห็นว่าวิธีการสะท้อนรังสีความร้อนไม่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จึงใช้วิธีการใส่ฉนวนป้องกันการถ่ายเทความร้อนแทน ซึ่งเมื่อคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ของหลังคาบ้านชีวาทิตย์ซึ่งใส่ฉนวนหนาประมาณ 12 นิ้ว มีค่า 0.02 $Btu/ft^{2o}F$ h จากกราฟพบว่าการออกแบบหลังคาเช่นนี้ จะมีการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าหลังคาทั่วไปประมาณ 20 เท่า หรือในช่วงที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน ในช่วงสูงสุดประมาณ 28 Btu/ft^2h ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิดังกล่าวนี้ ช่วยประหยัดพลังงานในการปรับอากาศได้เป็นจำนวนมากเพราะเนื้อที่หลังคาบ้านมีทั้งหมดประมาณ 128 m^2

2. การลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Cooling Load Reduction)

จากการใช้ปัจจัยธรรมชาติเพื่อช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน และการเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน ทำให้ บ้านชีวาทิตย์ มีการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารน้อยมาก ซึ่งส่งผลโดยตรงในการประหยัดพลังงานสำหรับการปรับอากาศได้สูงมาก จากกราฟแสดงสัดส่วนของภาระการทำความเย็นซึ่งแสดงแยกในส่วนต่างๆของอาคาร ซึ่งทำการจำลองสถานการณ์ในเดือนเมษายน พบว่าโดยรวมแล้ว บ้านชีวาทิตย์ สามารถลดภาระการทำความเย็นลงจากบ้านชั้นดีทั่วไปได้ถึง 15 เท่า โดยเฉพาะในส่วนของ ผนัง พื้น หลังคา กระจก และการรั่วซึมของอากาศ และเมื่อพิจาณาภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีซึ่งมีความแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิในทุกฤดูกาลแล้ว พบว่าบ้านชีวาทิตย์ก็ยังคงสามารถรักษาภาระการทำความเย็นที่ต่ำกว่าบ้านชั้นดีทั่วไปได้ถึง 15 เท่าตลอดทั้งปี

เมื่อสามารถลดการใช้พลังงานทั้งอาคาร และการออกแบบให้มีการปรับอากาศหมดทั้งอาคารแล้ว บ้านชีวาทิตย์จึงสามารถใช้เครื่องปรับอากาศเพียง 9,000 Btu/hr ก็สามารถปรับอากาศให้บ้านทั้งหลังเย็นได้

3. ลดการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิผิวโดยรอบ

การเลือกใช้ฉนวนใยแก้ว ความหนา 12 นิ้ว ในการป้องกันความร้อนส่วนหลังคา จากแผนภูมิการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว พบว่า อุณหภูมิผิวภายในจากส่วนหลังคาบ้านชีวาทิตย์ต่ำกว่าบ้านชั้นดีทั่วไปมาก ลดความรู้สึกร้อนจากการถ่ายเทความร้อนจากผิววัสดุของเปลือกอาคาร

ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความรู้สึกร้อนหนาวของผู้อยู่ภายในอาคาร ทำให้รู้สึกสบาย นอกจากนั้นยังสามารถปรับอุณหภูมิได้ที่ 25 องศาเซลเซียส โดยไม่ต้องชดเชยความรู้สึกร้อนที่ได้รับจากอุณหภูมิผิวโดยรอบอีกด้วย เป็นการช่วยการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศลงมหาศาล

4. เพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย

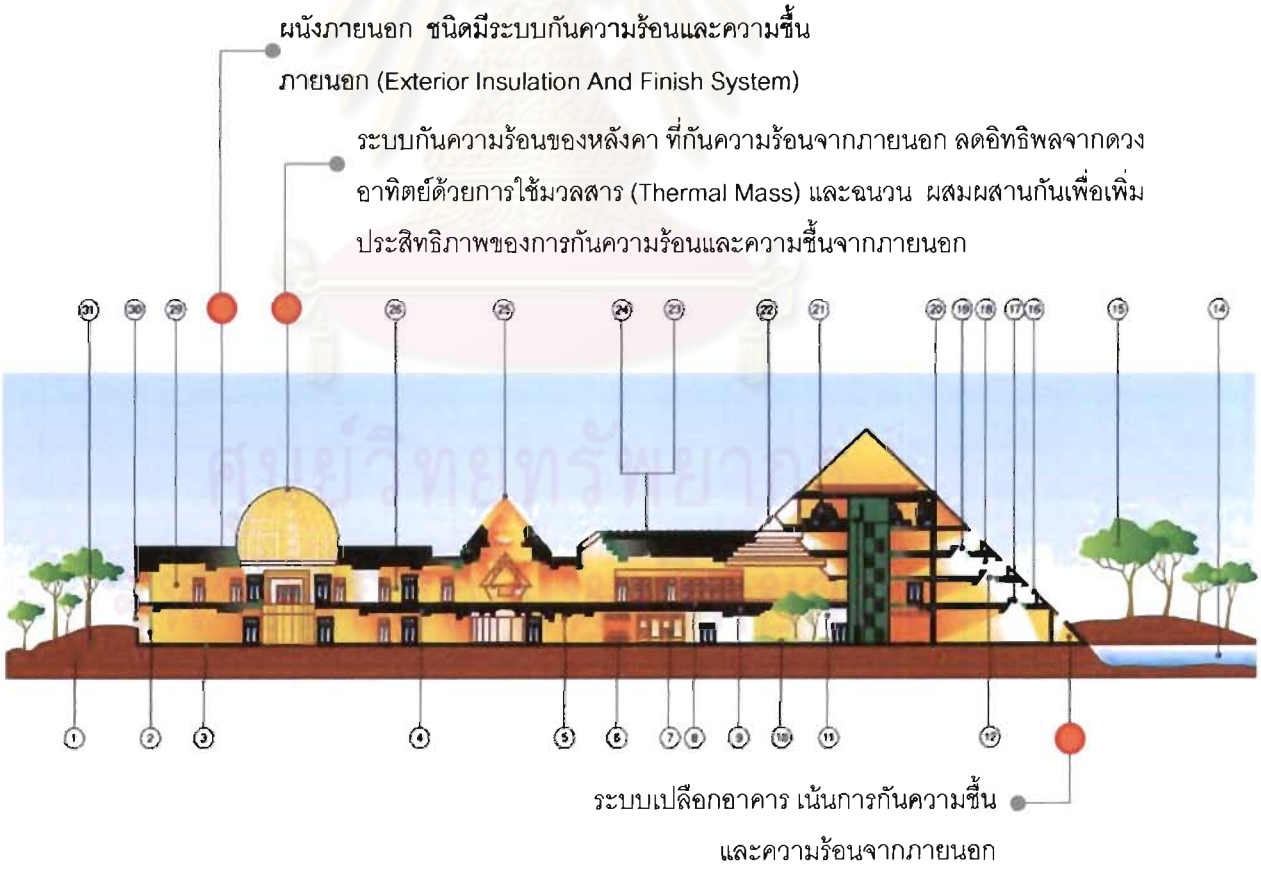
จากการเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่มีคุณสมบัติการป้องกันความร้อน ทำให้ระดับอุณหภูมิและความชื้นอยู่ในเขตสบายลดการถ่ายเทความร้อนจากเปลือกอาคาร และยังช่วยลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศลง นอกจากนั้นยังทำให้ระดับเสียงภายในบ้านอยู่ในเกณฑ์ดีมาก โดยปราศจากเสียงรบกวนจากภายนอก สิ่งที่ได้นี้ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย สามารถควบคุมให้ได้คุณภาพชีวิตอย่างสมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.1.2 อาคารตัวอย่าง ประเภทอาคารสำนักงาน

อาคารตัวอย่างที่ 1 อาคารอนุรักษ์พลังงานพลังงานเฉลิมพระเกียรติ

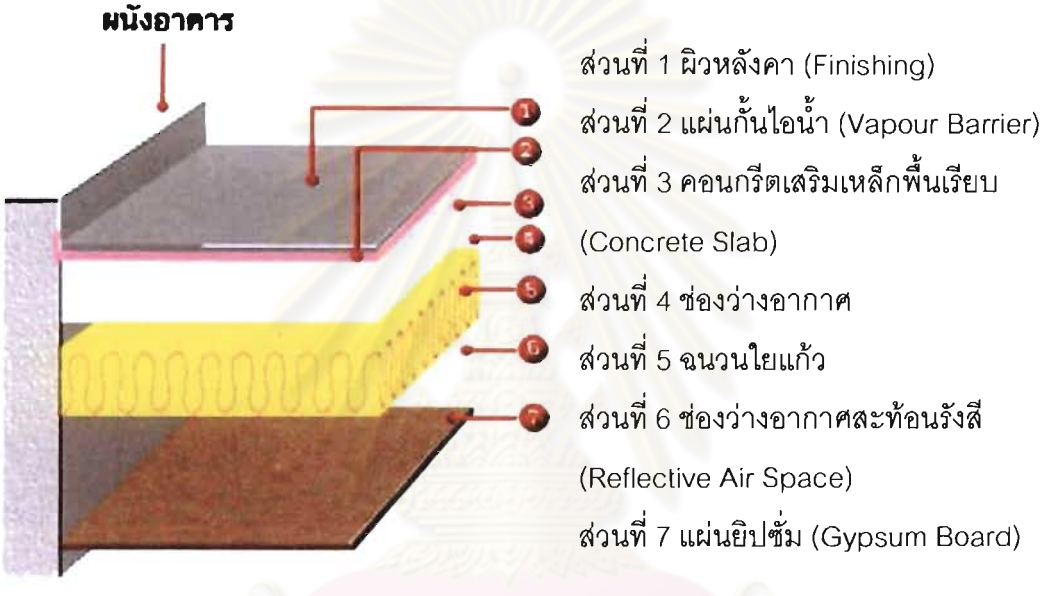
ภาพที่ 4-9 แสดงบรรยากาศภายนอก อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติเป็นอาคารที่นำของงานวิจัยมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบทั้งทางตรงและทางอ้อม เพื่อให้เป็นอาคารที่มีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงานสูงสุด



ภาพที่ 4-10 แสดงตำแหน่งการใช้ฉนวนเพื่อการป้องกัน / สกัดกั้นความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร

เทคนิคและการเลือกใช้วัสดุ

การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ เน้นการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นมาออกแบบผสานระบบ เพื่อให้ได้มาซึ่งอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูง อาคารนี้ได้มีการประยุกต์ใช้ฉนวนใยแก้วในอาคารเพื่อเป็นระบบกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร โดยการออกแบบและเลือกใช้วัสดุฉนวนร่วมกับมวลสารของอาคารในส่วนหลังคาพื้นราบ ซึ่งเป็นพื้นที่ในการวิจัย และติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ โดยเฉพาะส่วนประกอบหลังคาได้มีการนำฉนวนใยแก้วมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร และช่วยในการสกัดกั้นความร้อน ระบบหลังคามีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

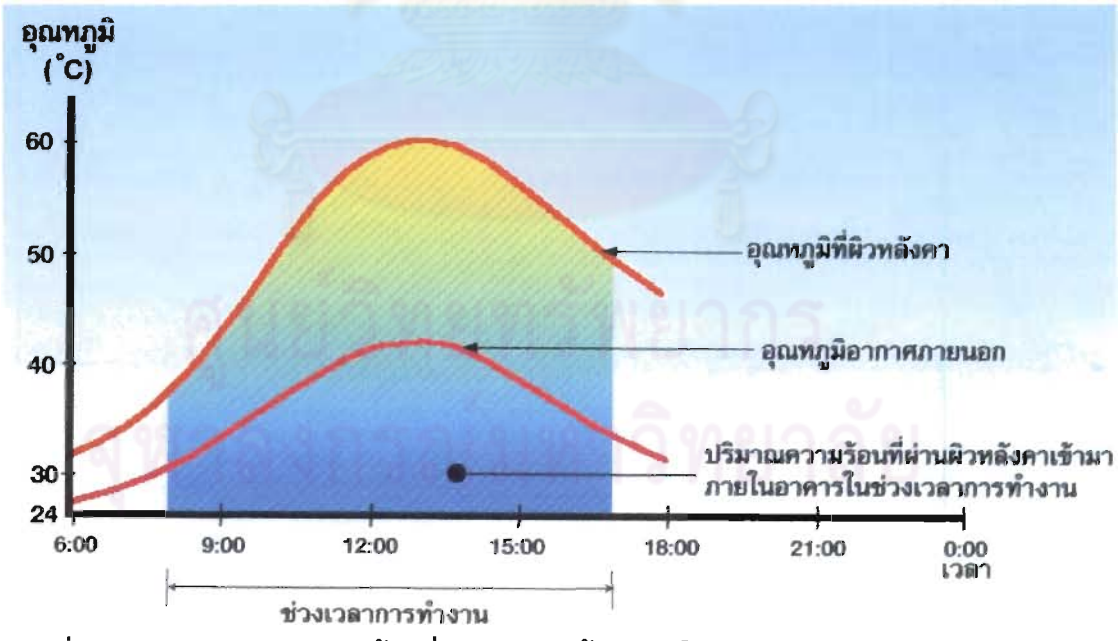


ภาพที่ 4-11 แสดงภาพตัดขวางแสดงวัสดุชั้นต่างๆ ของหลังคาอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ หลังคาอาคาร ที่มีการผสมผสานการใช้ฉนวนและช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีร่วมกับมวลสาร

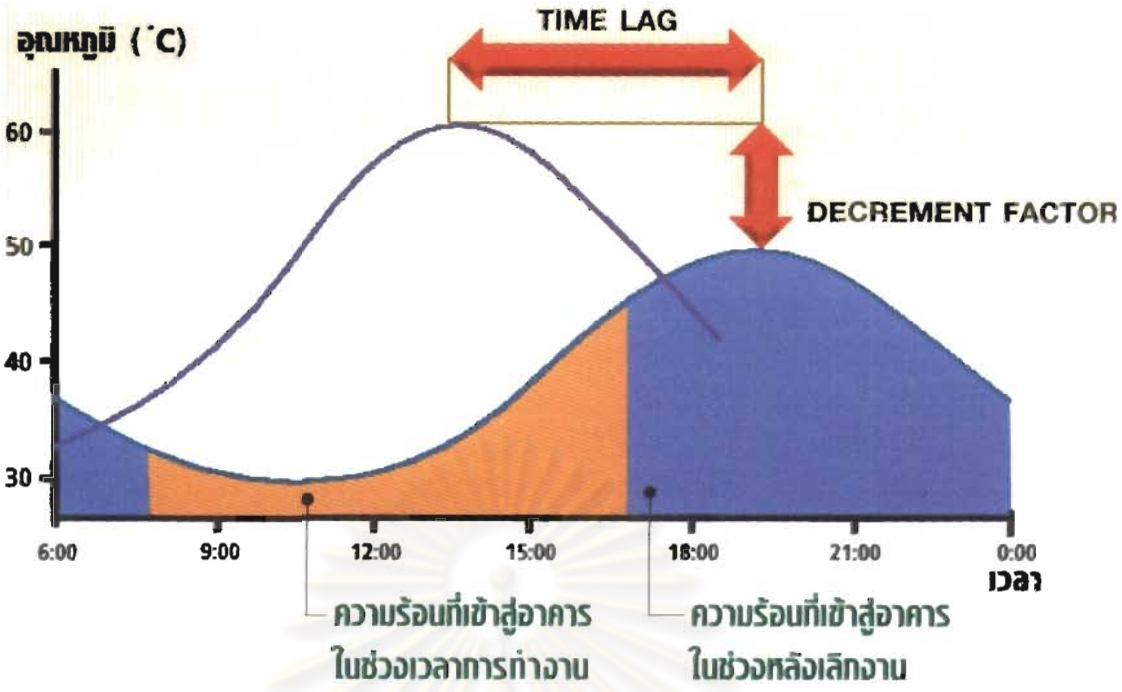
ฉนวนใยแก้วทำหน้าที่ช่วยลดปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาจากหลังคา นอกเหนือจากการใช้มวลสาร (ส่วนที่ 3) เพื่อลดและหน่วงเวลาในการถ่ายเทความร้อนให้กับหลังคาชั้นหนึ่ง ซึ่งทำให้ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคารในช่วงเวลาทำงานลดลงไปมาก โดยภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในตอนกลางวันจะถูกหน่วงเวลาออกไปประมาณ 6 ชั่วโมง ทำให้ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลาสูงสุดไปเกิดในช่วงเวลาหลังเลิกงานในปริมาณความร้อนของอากาศที่ลดลงไปมากแล้ว และเมื่อมีช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี ซึ่งมีความกว้าง 12 นิ้ว (ใช้เป็นพื้นที่สำหรับงานระบบต่างๆ) อยู่ด้านล่างของฉนวนใยแก้วที่มีฟอยล์ 2 ด้าน ทำให้ช่องอากาศนี้ทำหน้าที่เป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี จากการวิเคราะห์พบว่า ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีกว้าง 3.5 นิ้ว มีค่าความต้านทานความร้อน สูงถึง 8.19 $ft^2.h.^{O}F/Btu$ (หรือประมาณ 1.4 $m^2.K/W$) นับเป็นค่าที่สูงมากในช่วงเวลากลางวัน ทำให้สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่ง

ในที่นี้เป็นความร้อนไหลลงได้ดีมาก จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพความเป็นฉนวนให้กับหลังคา อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพดังกล่าวนี้จะลดลงในช่วงเวลากลางคืนเหลือเพียงประมาณ 2.66 $ft^2.h.^{O}F/Btu$ (หรือประมาณ 0.4 $m^2.K/W$) เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายนอกเย็นลงกว่าภายในอาคาร ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากภายในออกสู่ภายนอก ซึ่งในที่นี้เป็นความร้อนไหลขึ้น และค่าความต้านทานความร้อนไม่ได้แปรผันตามขนาดของช่องว่างอากาศเพิ่มขึ้น เพราะแม้จะเพิ่มขนาดให้กว้างกว่า 3.5 นิ้ว จะไม่ส่งผลให้ค่าความต้านทานความร้อนเพิ่มขึ้นมากนัก

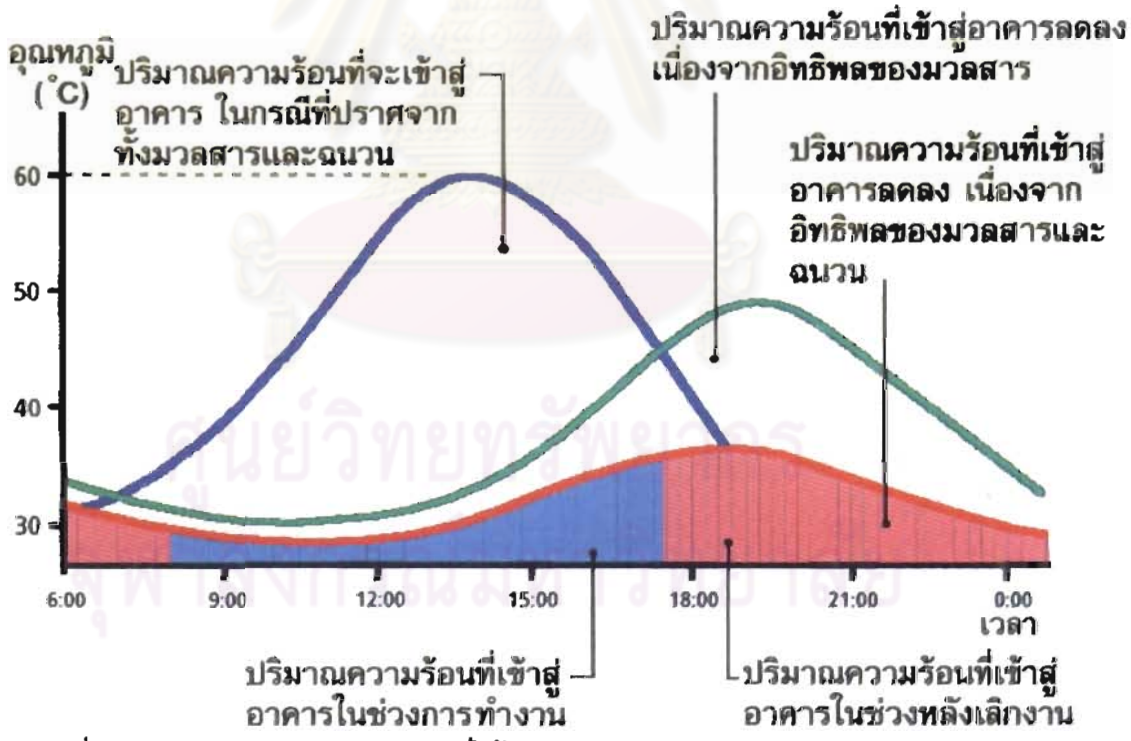
การออกแบบอาคารจากแนวความคิดในการประหยัดพลังงาน ประกอบเข้ากับการเลือกใช้เทคโนโลยีและการใช้ฉนวนใยแก้วประกอบในการก่อสร้างระบบหลังคาอาคาร ทำให้ระบบหลังคาพื้นราบของอาคารมีค่าความต้านทานความร้อนและการกันความชื้นได้ดี โดยมีราคาของระบบอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นที่มีค่าความต้านทานความร้อนใกล้เคียงกัน และถ้าเปรียบเทียบระหว่างระบบหลังคาของอาคารนี้กับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ความหนา 6 นิ้ว พบว่า ระบบหลังคาอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ สามารถกันความร้อนได้ดีกว่าถึง 10 เท่า ภาระการทำความเย็นของหลังคาอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ มีค่าต่ำกว่าภาระการทำความเย็นของอาคารที่มีการทำหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 6 นิ้วที่ใช้กันทั่วไปมาก โดยเฉพาะในช่วงที่มีภาระการทำความเย็นสูงสุดพบว่า หลังคาอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ มีภาระการทำความเย็นต่ำกว่าถึงประมาณ 14 เท่า



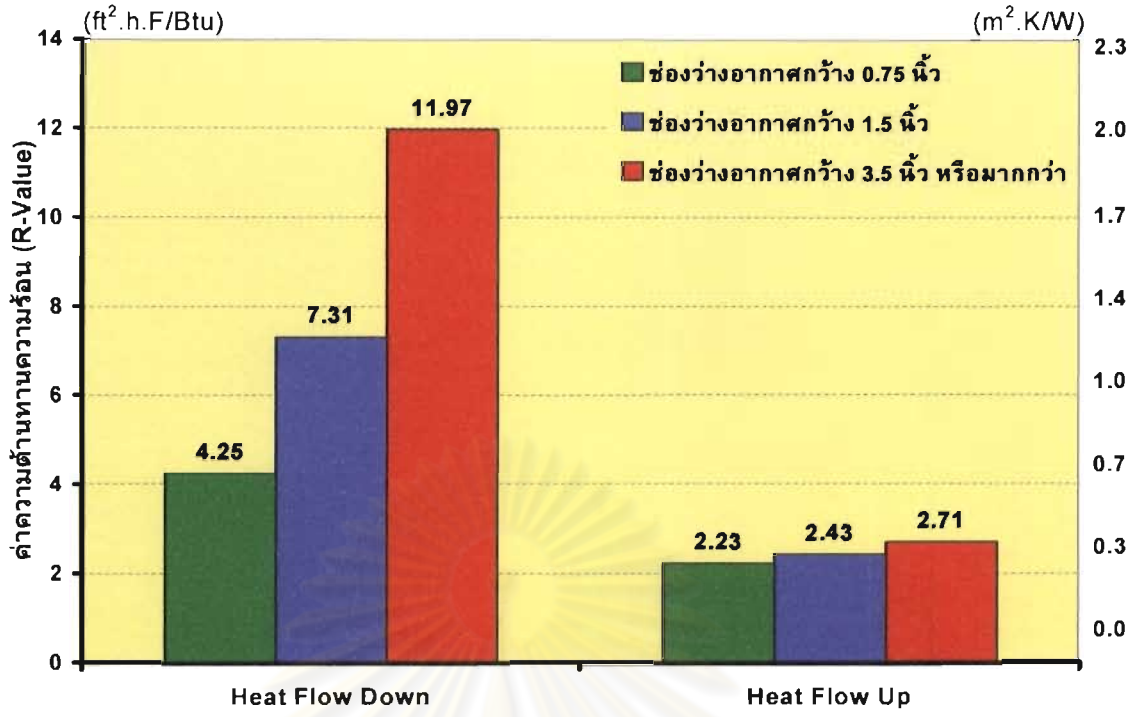
ภาพที่ 4-12 แสดงปริมาณความร้อนที่ผ่านหลังคาเข้ามาภายในอาคาร



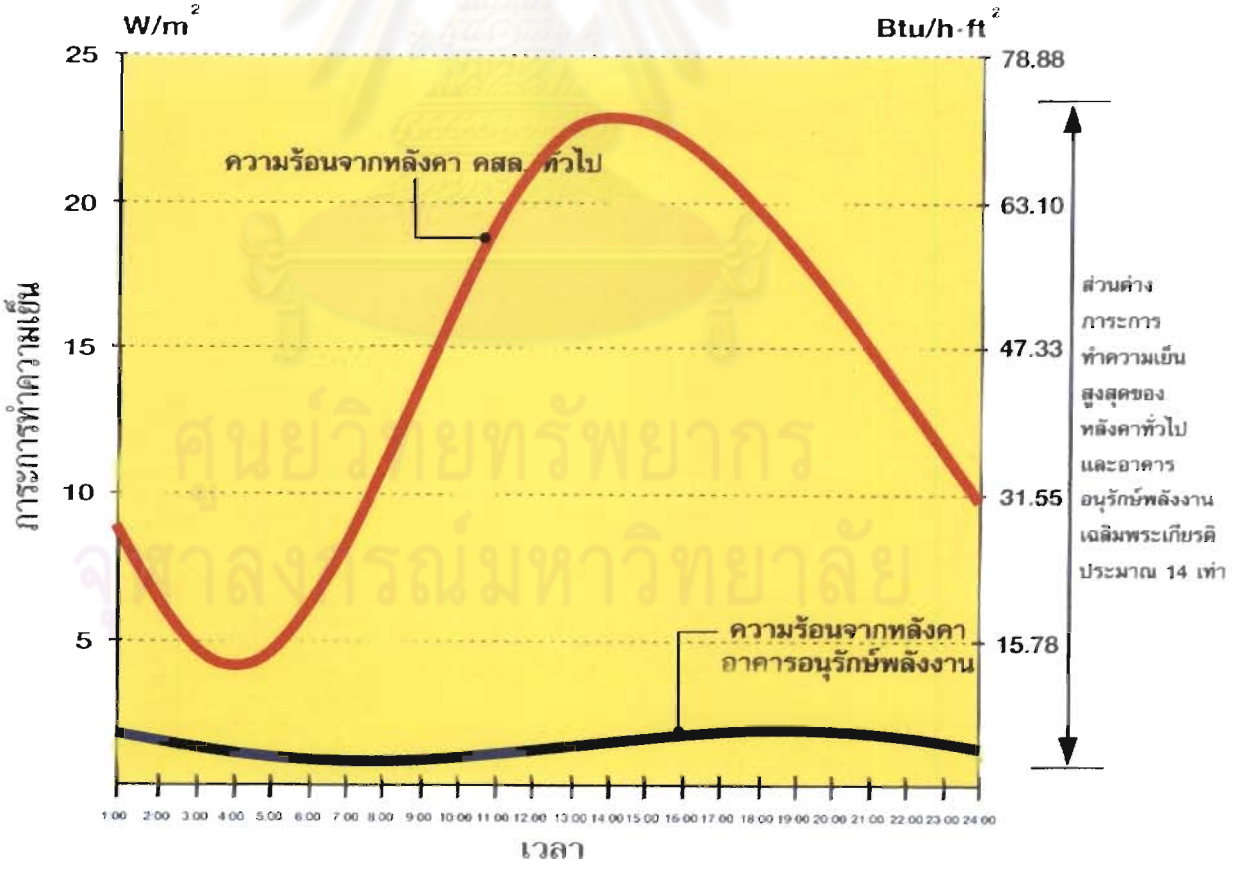
แผนภูมิที่ 4-56 แสดงอิทธิพลของมวลสารที่ทำให้เกิดการหน่วงความร้อน (Time Lag) และ Decrement Factor ในอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ



แผนภูมิที่ 4-57 แสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการออกแบบหลังคา



แผนภูมิที่ 4-58 เปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีระหว่างทิศทางของความร้อนไหลลงและไหลขึ้น (คำนวณจากอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยที่ 32 องศาเซลเซียส และค่าการสะท้อนรังสีของช่องว่างอากาศ เป็น 0.05)



แผนภูมิที่ 4-59 เปรียบเทียบภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ระหว่างหลังคาของอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติกับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 6 นิ้ว ที่ใช้กันทั่วไป

<u>สรุปประโยชน์จากการติดตั้งฉนวนอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ</u>

การเลือกใช้ฉนวนได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ไม่เพียงแต่จะช่วยทำให้เกิดประโยชน์ตามคุณสมบัติต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วเท่านั้น การเลือกใช้ฉนวนอย่างถูกต้องจะช่วยทำให้เกิดผลดีในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ลดการพลังงาน

การเลือกใช้เทคโนโลยีและการใช้ฉนวนใยแก้วประกอบในการก่อสร้างระบบหลังคาอาคาร ทำให้ระบบหลังคาพื้นราบของอาคารมีค่าความต้านทานความร้อนและการกันความชื้นได้ดี ระบบหลังคาอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ สามารถกันความร้อนได้ดีกว่าถึง 10 เท่า ภาระการทำความเย็นของหลังคาอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ มีค่าต่ำกว่าภาระการทำความเย็นของอาคารที่มีการทำหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 6 นิ้วที่ใช้กันทั่วไปมาก โดยเฉพาะในช่วงที่มีภาระการทำความเย็นสูงสุดพบว่า หลังคาอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ มีภาระการทำความเย็นต่ำกว่าถึงประมาณ 14 เท่า

2. การลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Cooling Load Reduction)

การปรับปรุงระบบผนังอาคารตลอดจนช่องแสง ทำให้สามารถลดภาระการทำความเย็นในช่วงบ่ายได้มากกว่า 100 ตัน ทำให้อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติสามารถลดภาระและค่าใช้เจ่ายต่าง ๆด้ โดยลสามารถลดขนาดของเครื่องอปรับอากาศลงได้ประมาณ 100 ตัน ทำให้ภาระการทำความเย็นสม่ำเสมอตลอดปี ลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่ค่ากระแสไฟฟ้าแพงที่สุดลงได้ 100 ตัน ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมากกว่า ร้อยละ 10 ต่อปี

3. ลดปัญหาการก่อสร้างและเพิ่มอิสระการออกแบบ

ระบบฉนวน EIFS จะห่อหุ้มคานและส่วนโครงสร้างอาคารทั้งหมด เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาสะพานความร้อน (Thermal Bridge) ซึ่งความร้อนถ่ายเทเข้ามาในอาคารผ่านคานและโครงสร้างที่ไม่ได้หุ้มฉนวน และยังมีคุณสมบัติในการป้องกันการรั่วซึมของความชื้นได้ดี ฉนวนที่ใช้ในการห่อหุ้มอาคารมีความยืดหยุ่นสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ผิวภายนอกอาคาร ทำให้ไม่มีการแตกร้าวและยังเพิ่ความทนทานให้แก่ผนังภายนอกอาคารด้วย นอกจากนั้นการที่ผนังมีค่าการต้านทานความร้อนมาก ทำให้สามารถใช้สีเข้มซึ่งมีค่าในการดูดกลืนความร้อนที่สูงข้นทาที่ผนังภายนอกได้

อาคารตัวอย่างที่ 2 : โครงการศูนย์ราชการ กรุงเทพมหานคร (ถนนแจ้งวัฒนะ)

ภาพที่ 4-13 แสดงบรรยากาศภายนอก อาคารศูนย์ราชการ กรุงเทพมหานคร (ถนนแจ้งวัฒนะ)

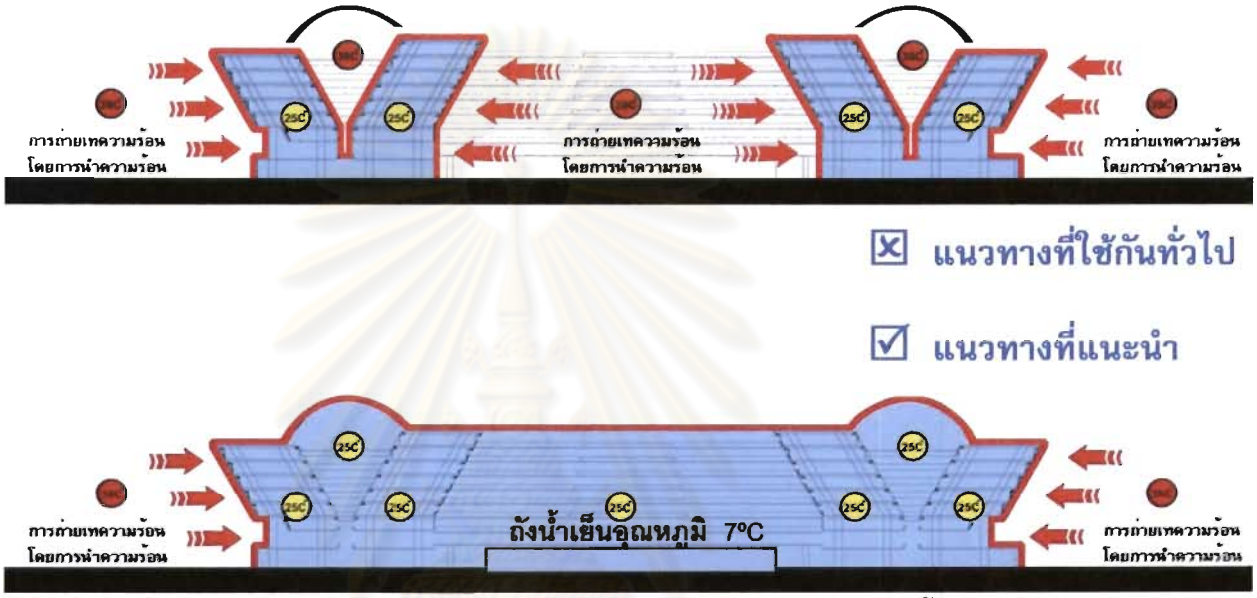
แนวความคิดในการออกแบบโครงการศูนย์ราชการกรุงเทพมหานครนี้จะเน้นการออกแบบการประหยัดพลังงานด้วยวิธีการต่างๆ

1. การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร
2. การใช้วัสดุก่อสร้างที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงาน
3. การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ
4. การใช้เทคโนโลยียุคใหม่เพื่อการประหยัดพลังงาน
5. การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
6. การประหยัดพลังงานด้วยวิธีการอื่นๆ

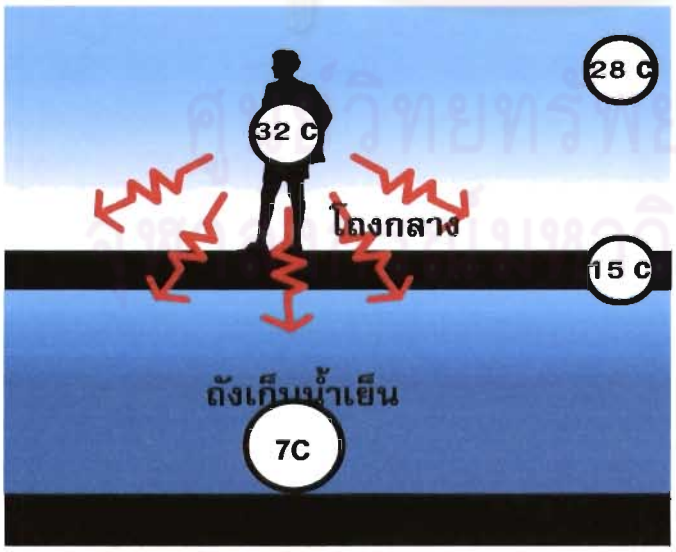
วิธีการต่างๆ นี้ คาดว่าจะทำอาคารหลังนี้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานน้อยที่สุด (จากการคำนวณ) ในภูมิภาคเอเชีย และในขณะเดียวกันยังคงไว้ซึ่งคุณภาพชีวิตที่สมบูรณ์และดีกว่าอาคารทั่วไป

การรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ต้องอาศัยความเข้าใจในสภาพภูมิอากาศ และการใช้ประโยชน์จากปัจจัยธรรมชาติมาสร้างสภาวะน่าสบายให้กับผู้ใช้อาคารเสียก่อน เพื่อเป็นการลดความต้องการใช้ระบบปรับอากาศให้มีน้อยที่สุดก่อน แล้วจึงออกแบบผสานระบบต่างๆ เพื่อให้มีการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป ทั้งนี้สามารถสรุปเป็นหลักการเพื่อการปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารได้ดังนี้

- การขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายด้วยการจัดกลุ่มกิจกรรม(Zoning)
- การจัดแบ่งพื้นที่ในโครงการ
- การลดพื้นที่เปลือกอาคารภายนอกโดยการใช้หลังคา
- การเลือกรูปทรงอาคารที่เหมาะสม
- การลดการใช้พลังงานสูงสุดที่ต้องการพร้อมกัน (Balance Load Design)
- การออกแบบให้มีภาระการทำงานของระบบปรับอากาศที่ต่ำมาก(Cooling Load)



ภาพที่ 4-14 เปรียบเทียบการใช้ฉนวนติดตั้งบนหลังคาโถงกลางของอาคารเพื่อลดพื้นที่เปลือกอาคารภายนอก (บน) ถ้าไม่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้ว จะทำให้อาคารมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้งานประมาณ 2.4(ล่าง)ทำให้อาคารมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้งานลดลงเหลือประมาณ 1.7 และยังเป็นการใช้ผนังฉนวนร่วมกับมวลสารเย็นภายในอาคาร เป็นการสร้างความเย็นภายในอาคาร



ภาพที่ 4-15 แสดงการผสมผสานการใช้มวลสารเย็นภายในอาคาร ทำให้ภายในอาคารมีอุณหภูมิเย็น

<u>เทคนิคและการเลือกใช้วัสดุ</u>

1. การเลือกใช้วัสดุผนังของโครงการ

การออกแบบรูปทรงอาคารของโครงการศูนย์ราชการ ได้เลือกใช้รูปทรงเพื่อแก้ปัญหาในการใช้ปัจจัยทางธรรมชาติ โดยออกแบบโถงกลางให้เป็นเสมือนห้องๆ หนึ่งภายในอาคารโดยการปิดด้านบนของโถงด้วยหลังคาจึงส่งผลดีในการลดพื้นที่ผิวของอาคารโดยตรง ทำให้ความร้อนและความชื้นที่จะแทรกซึมเข้าสู่อาคารมีปริมาณลดลง ในขณะเดียวกันเมื่อปิดด้านบนของโถงด้วยหลังคาแล้วพื้นที่ผิวรอบโถงทางเดินก็จะกลายเป็นผนังภายในที่มีราคาในการก่อสร้างต่ำกว่าผนังภายนอกจึงช่วยประหยัดต้นทุนในการก่อสร้างอีกทางหนึ่งด้วย

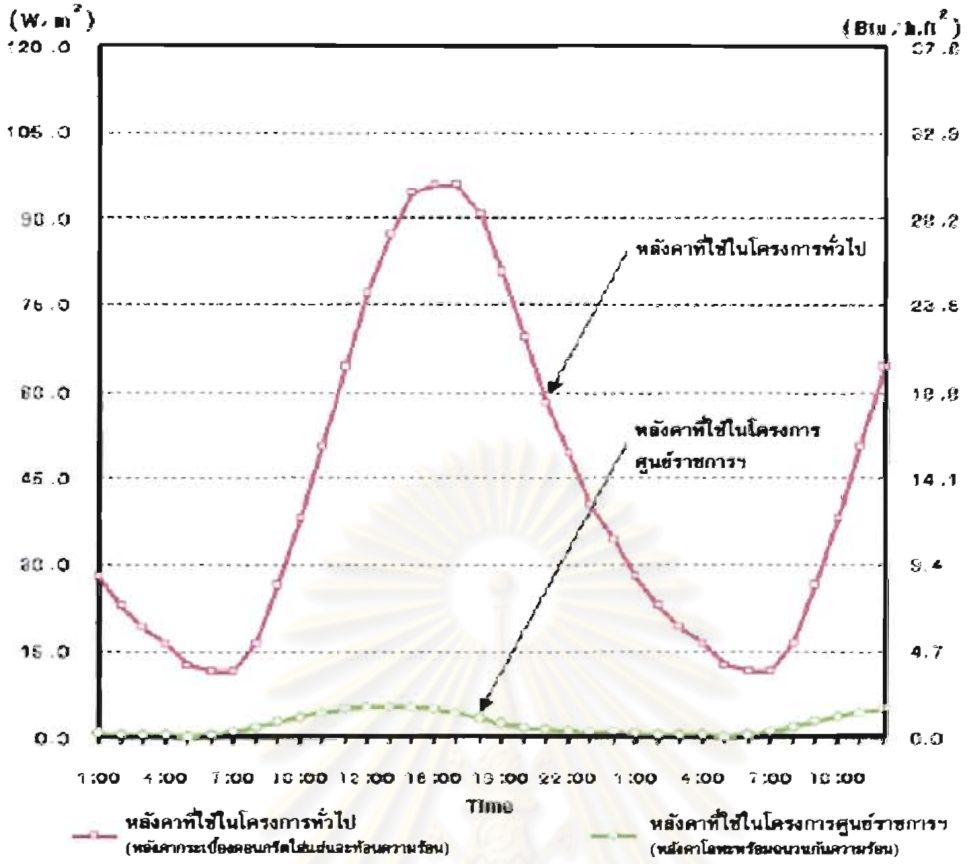
- ค่าความเป็นฉนวนสูงประมาณ 0.06 BTU/H.FT2.F(0.35 W/M2)
- มวลสารน้อย ทำให้เครื่องปรับอากาศรับภาระในการขจัดความชื้นและความร้อนที่สะสมในมวลสารของผนังน้อยลง
- ความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (INFILTRATION)
- น้ำหนักเบา จึงช่วยลดการรับน้ำหนักของโครงสร้าง
- วัสดุหาได้ง่ายในประเทศ ลดการนำเข้า
- ทำงานได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากวัสดุส่วนมากเป็นวัสดุสำเร็จรูป

2. การเลือกใช้วัสดุมุงและระบบกันความร้อนของหลังคา

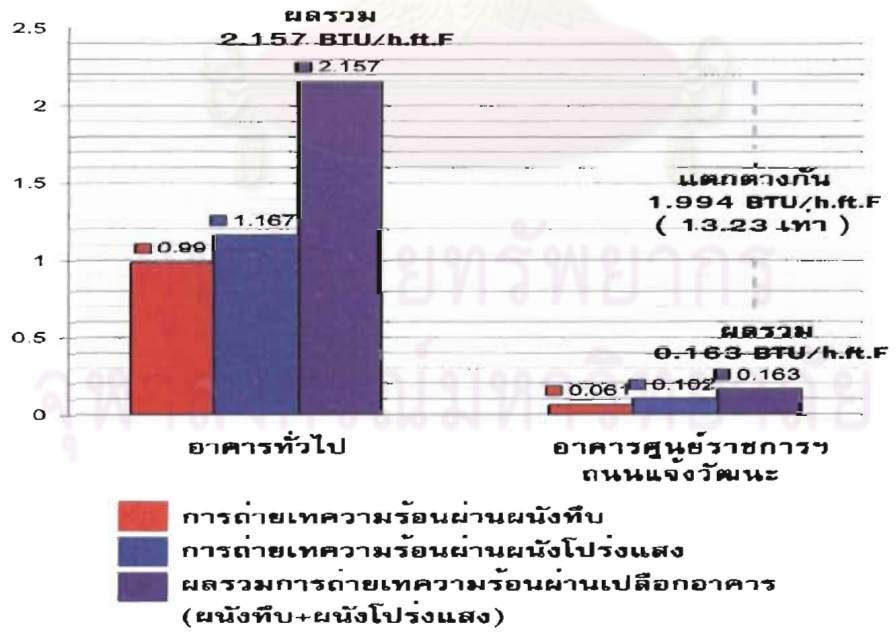
การเลือกใช้วัสดุมุงและระบบกันความร้อนของหลังคาสำหรับโครงการนี้ อาศัยการออกแบบและเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมกับประเทศไทยในด้านต่างๆ ได้แก่

- ใช้วัสดุมุงหลังคาคือแผ่นเหล็กโลหะ (METAL SHEET) เพื่อลดน้ำหนักและการสะสมความร้อนของหลังคา
- มีชั้นของฉนวนประเภทโพลียูรีเทนโฟม ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนสูงเพื่อช่วยในการกันความร้อนไม่ให้เข้าสู่ตัวอาคารอีกทั้งยังเป็นการป้องกันเสียงดังในขณะที่เกิดฝนตกได้อีกทางหนึ่ง
- มีชั้นของช่องว่างอากาศเพื่อเพิ่มค่าความเป็นฉนวนให้กับหลังคา
- มีค่าความเป็นฉนวนสูงประมาณ 0.03 BTU/H·FT2·F(0.18 W/M2) ทำให้มีภาระในการทำความเย็นภายในน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่ใช้วัสดุก่อสร้างโดยทั่วไป
- ชั้นล่างสุดจะเป็นยิปซัมเพื่อความสวยงามเรียบร้อย และช่วยในการสะท้อนแสงภายในอาคาร

พบว่าอัตราความร้อนที่ผ่านเข้ามามีค่าแตกต่างกันในช่วงสูงสุดประมาณ 10 เท่า



แผนภูมิที่ 4-60 แสดงการเปรียบเทียบอัตราความร้อนที่ผ่านเข้ามาสู่ภายในอาคาร ผ่านทางหลังคาที่ใช้ในโครงการทั่วไปกระเบื้องซีเมนต์ใส่แผ่นสะท้อนความร้อน และหลังคาที่ใช้ในโครงการ มีค่าแตกต่างกันในช่วงสูงสุดประมาณ 10 เท่า



แผนภูมิที่ 4-61 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกของอาคารแตกต่างกัน 1.994 BTU/h $^{\circ}$F ทำให้แสดงให้ทราบว่าน้อยกว่าอาคารศูนย์ราชการฯ สามารถประหยัดค่าของพลังงานความร้อนได้น้อยกว่าถึง 13.23 เท่า

3. การใช้วัสดุเพื่อเพิ่มคุณภาพเสียงภายในอาคาร

การออกแบบที่นอกจากจะคำนึงถึงการประหยัดพลังงานแล้ว ยังคำนึงถึงคุณภาพชีวิตด้านต่างๆ อีกด้วย เช่น คุณภาพเสียงภายในอาคาร เนื่องจากต้องการลดปัญหาทางด้านเสียงก้องภายห้อง หรือส่วนต่างๆ ภายในอาคาร จึงได้มีการเลือกใช้วัสดุเพื่อเพิ่มคุณภาพเสียงภายในอาคาร นั่นคือ ฉนวนใยแก้ว

การติดตั้งเพื่อปรับปรุงให้ภายในอาคารมีคุณภาพเสียงดีขึ้นนั้น จึงทำโดยการติดตั้งฉนวนใยแก้วในส่วนต่างๆ ของอาคารศูนย์ราชการ ดังนี้

1. ส่วนผนังภายใน (ผนังบริเวณโถงทางเดินและสำนักงาน)
2. ส่วนเฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์ตกแต่งอื่นๆ

<u>ส่วนผนังภายใน</u> (ผนังบริเวณโถงทางเดินและสำนักงาน)

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้ฉนวนใยแก้วในส่วนต่างๆ ของการตกแต่งภายในอาคารเพื่อเพิ่มคุณภาพเสียง ได้แก่

- ความหนาของฉนวนใยแก้ว
- ความหนาแน่นของฉนวนใยแก้ว
- วัสดุที่ใช้หุ้มเนื้อฉนวนที่มีคุณสมบัติการดูดซับเสียง
- ช่องว่างอากาศหลังฉนวน

การเพิ่มขนาดของช่องว่างอากาศ คุณสมบัติการดูดซับเสียงจะเพิ่มขึ้นและช่วงของความถี่เสียงที่สามารถดูดซับได้จะกว้างขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการดูดซับเสียงดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเว้นขนาดของช่องว่างอากาศเพิ่มขึ้นอย่างเหมาะสมระดับหนึ่งเท่านั้น หากเว้นช่องว่างอากาศมากเกินไปค่าการดูดซับเสียงจะเริ่มลดลง

<u>ส่วนเฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์ตกแต่งอื่นๆ</u>

นอกจากการบุฉนวนใยแก้วที่ผิวผนังเพื่อการดูดซับเสียงแล้ว ยังสามารถทำการติดตั้งกับเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ในห้องที่ต้องการให้มีการดูดซับเสียงเพิ่มขึ้น โดยส่วนใหญ่การติดตั้งวัสดุเพื่อการดูดซับเสียงจะทำในห้องที่มีขนาดใหญ่มากๆ เนื่องจากมักจะเกิดปัญหาการก้องของเสียง การลดการก้องของเสียงสามารถทำได้โดยการติดวัสดุดูดซับเสียงในตำแหน่งที่เหมาะสม ได้แก่ ฉนวนใยแก้วบุผ้าแก้ว นั่นเอง

<u>สรุปประโยชน์จากการติดตั้งฉนวนสำหรับอาคารศูนย์ราชการฯ</u>

อาคารศูนย์ราชการ ถนนแจ้งวัฒนะ เป็นอาคารที่ได้รับการออกแบบ และเทคโนโลยีอันทันสมัย มีการเลือกใช้ฉนวนส่วนต่างๆ ของอาคาร ส่งผลให้เกิดประโยชน์ด้านต่างๆ ดังนี้

1. ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร
   - ลดภาระการทำความเย็นสูงสุด (peak load)
   - ลดภาระการทำความเย็นโดยรวม (load capacity)

ส่วนผนังที่เลือกใช้ในโครงการศูนย์ราชการฯ มีการถ่ายเทความร้อนสูงสุดประมาณ 2.5 Btu/h·ft2 น้อยกว่าผนังทั่วไปถึง 10 เท่า ส่วนหลังคา เลือกใช้วัสดุมุงและระบบกันความร้อนของหลังคาที่เหมาะสม สามารถลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเข้ามาช่วงสูงสุดน้อยกว่าหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใส่แผ่นสะท้อนกันความร้อน ประมาณ 10 เท่า

2. ลดอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT ต่ำ)

ระบบเปลือกอาคารที่มีศักยภาพในการป้องกันความร้อน ทำได้ด้วยการเลือกใช้ระบบผนังและหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้วเพื่อป้องกันความร้อน ความหนา 12 นิ้ว ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมต่ำสามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อภาระการปรับอากาศจากการลดอุณหภูมิที่สะสมอยู่ในวัสดุเปลือกอาคารลงได้

3. ประยุกต์ใช้กับมวลสารเย็นภายในอาคาร
   - สร้างความ uniform ให้กับภาระการทำความเย็น
   - ปรับให้ภาระการทำความเย็นอยู่ในเวลากลางคืน

4. ลดการใช้พลังงานในอาคาร

การลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV) มีค่าประมาณ 10.8 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา (RTTV) มีค่าประมาณ 3.2 วัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้อาคารศูนย์ราชการฯ เป็นอาคารขนาดใหญ่ที่มีค่าการใช้พลังงานต่ำ อาคารศูนย์ราชการฯ มีพลังงานความร้อนที่ผ่านเปลือกอาคารน้อยกว่าอาคารทั่วไปถึง 13.23 เท่า

5. เพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคาร

อาคารศูนย์ราชการมีโถงขนาดพื้นที่ใหญ่ และส่วนของทางเดินเกิดการก้องของเสียง จึงได้มีการติดตั้งฉนวนใยแก้วเพื่อปรับปรุงคุณภาพเสียงภายในอาคารส่วนที่คาดว่าจะเกิดปัญหาด้านเสียง ทำให้ภายในอาคารนอกจากจะมีสภาพอากาศเหมาะสม ลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศแล้ว ยังช่วยกันเสียงรบกวนจากภายนอก ดูดซับเสียงภายในอาคาร การป้องกันเสียงก้องภายในโถงกลาง Reverberation Time ประมาณ 1.8 วินาที เป็นการเพิ่มคุณภาพเสียง เพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคารศูนย์ราชการอย่างแท้จริง

อาคารตัวอย่างที่ 3 : โครงการปรับปรุงโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม จังหวัดสมุทรปราการ

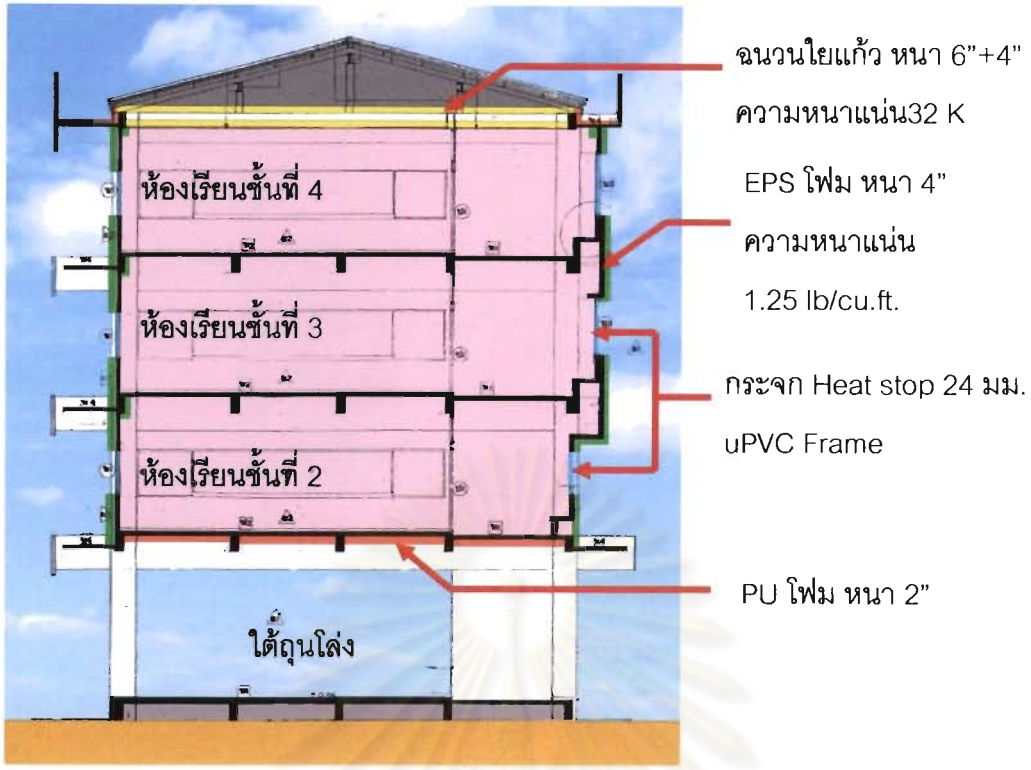
ภาพที่ 4-16 แสดงบรรยากาศภายนอก โรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม

โรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม มีความต้องการปรับปรุงอาคารเรียน เนื่องจากตำแหน่งของโรงเรียนได้รับผลกระทบจากสนามบินสุวรรณภูมิ ทำให้มีเสียงรบกวนการเรียนการสอน Background Noise = 78-82 dBA ตอนเครื่องบินผ่าน และยังมีความร้อนและสิ้นเปลืองพลังงาน ส่วนที่ต้องทำการปรับปรุงสรุปได้ ดังนี้

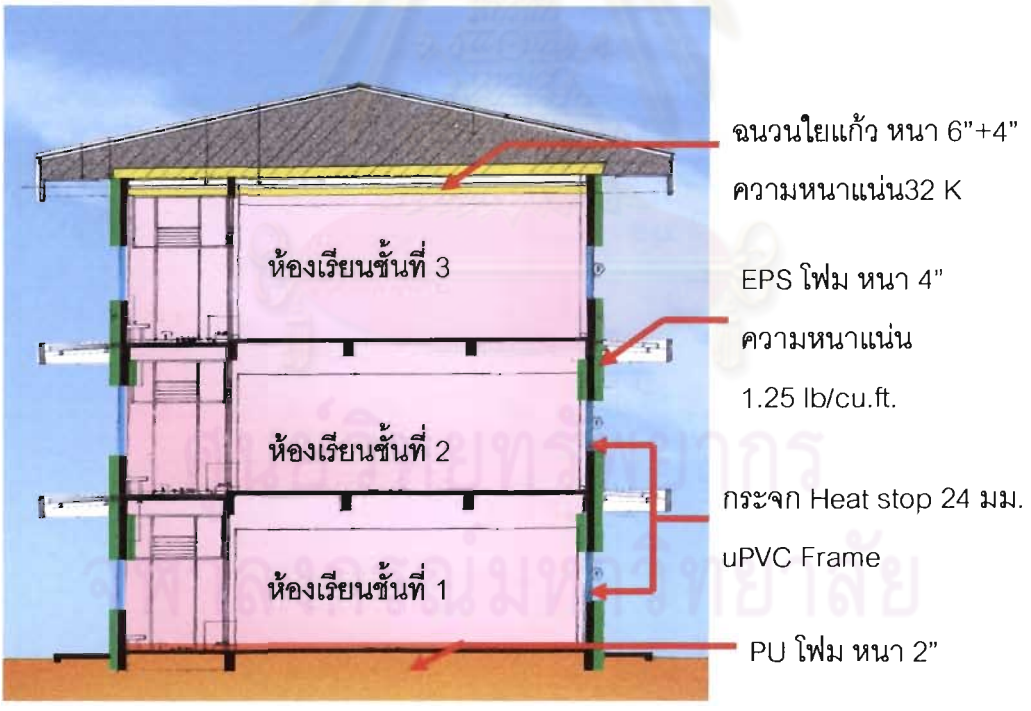
- ปรับปรุงหลังคา ผนัง พื้น และช่องเปิดอาคาร
- ลดการใช้พลังงาน

<u>เทคนิคและการเลือกใช้วัสดุ</u>

1. ส่วนหลังคาฉนวนใยแก้ว หนา 6 นิ้ว และ 4 นิ้ว ความหนาแน่น 32 kg/m^3 โดยเว้นช่องว่างอากาศระหว่างฉนวนใยแก้ว 2 ชั้น
2. ส่วนผนัง ทำการปรับปรุงโดยฉนวนกันความร้อนภายนอก โฟม EPS หนา 4 นิ้ว ความหนาแน่น 1.25 lb/ft^3
3. ส่วนพื้น ฉนวนโฟมPU หนา 2 นิ้ว
4. ฉนวนฉนวนใยแก้ว 96 kg/m^3 หนา 1 นิ้ว สำหรับดูดซับเสียง เพื่อปรับปรุงคุณภาพเสียงในห้องเรียน



ก) แนวทางการปรับปรุงอาคารเรียน 1



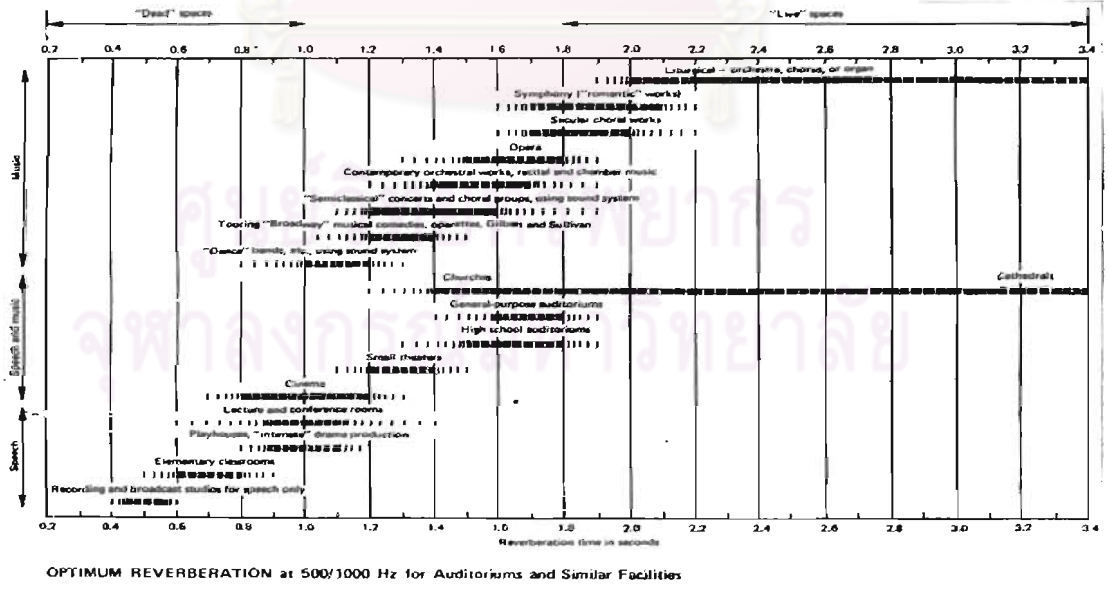
ก) แนวทางการปรับปรุงอาคารเรียน 2

ภาพที่ 4-17 แสดงการปรับปรุงหลังคา ผนังและพื้นอาคารเรียน

ก) สภาพห้องเรียน ก่อนทำการปรับปรุง ค่า RT60 = 3.06 วินาที

ข) สภาพห้องเรียน หลังการปรับปรุง ค่า RT60 = 0.76 – 0.99 วินาที

ภาพที่ 4-18 แสดงบรรยากาศห้องเรียนที่ได้รับการปรับปรุง



OPTIMUM REVERBERATION at 500/1000 Hz for Auditoriums and Similar Facilities

แผนภูมิที่ 4-62 แสดงค่ามาตรฐาน Reverberation time ที่กำหนดสำหรับห้องประเภทต่างๆ

(Egan, 1972)

สรุปประโยชน์จากการติดตั้งฉนวนสำหรับโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม

อาคารศูนย์ราชการ ถนนแจ้งวัฒนะ เป็นอาคารที่ได้รับการออกแบบ และเทคโนโลยีอันทันสมัย มีการเลือกใช้ฉนวนส่วนต่างๆ ของอาคาร ส่งผลให้เกิดประโยชน์ด้านต่างๆ ดังนี้

1. ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

ส่วนหลังคามีการใช้ฉนวนใยแก้ว 2 ชั้น หนา 6 นิ้ว และ 4 นิ้ว ความหนาแน่น 32 kg/m^3 โดยเว้นช่องว่างอากาศระหว่างฉนวนใยแก้ว ส่วนนี้เองที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเข้ามาช่วงสูงสุดน้อยกว่าหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใส่แผ่นสะท้อนกันความร้อน และยังเป็นการกันเสียงดังของเครื่องบินได้อีกด้วย ส่วนผนัง มีการถ่ายเทความร้อนสูงสุดประมาณ 2.5 $Btu/h{\cdot}ft^2$ น้อยกว่าผนังทั่วไปถึง 10 เท่า

2. ลดอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT ต่ำ)

ระบบเปลือกอาคารที่มีศักยภาพในการป้องกันความร้อน ทำได้ด้วยการเลือกใช้ระบบผนังและหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้วเพื่อป้องกันความร้อน 2 ชั้น ฉนวนใยแก้วหนา 6 นิ้ว และ 4 นิ้ว ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมต่ำสามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อภาระการปรับอากาศจากการลดอุณหภูมิที่สะสมอยู่ในวัสดุเปลือกอาคารลงได้

3. ลดการใช้พลังงานในอาคาร

การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนหลังคา ผนัง พื้น เป็นการทำให้เปลือกอาคารลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้ามา ทำให้ลดการใช้พลังงานต่ำกว่าอาคารทั่วไป ถึงประมาณ 10 เท่า

4. เพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคาร

การเลือกใช้ฉนวนส่วนต่างๆ นอกจากลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศแล้ว ยังป้องกันเสียงรบกวนจากเครื่องบินได้ ภายในมีการติดตั้งฉนวนใยแก้ว 96 kg/m^3 หนา 1 นิ้ว เพื่อดูดซับเสียงภายในอาคาร ทำให้ Reverberation Time จากเดิม 3.06 วินาที เป็น 0.76 – 0.99 วินาที อยู่ในมาตรฐานที่กำหนดห้องเรียนไว้ประมาณ 0.6 – 1.4 วินาที ช่วยเพิ่มคุณภาพเสียง เพิ่มศักยภาพการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้เป็นอย่างดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 การใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

4.4.2.1 ป้องกันความร้อน

การติดตั้งฉนวนอย่างถูกต้องและเหมาะสมช่วยให้ประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ลดอุณหภูมิสูงสุดของวันลงได้ และอุณหภูมิภายในคงที่มากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงสภาวะน่าสบายสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ ส่วนอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศจะช่วยลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศลงได้อย่างมหาศาล

4.4.2.2 ป้องกันความชื้น

การเลือกฉนวนที่มีค่าการแทรกซึมของความชื้นต่ำ ได้แก่ ฉนวนโฟมประเภทเซลล์ปิด หรือฉนวนที่มีความพรุนของเนื้อวัสดุสูงให้ปิดผิวด้วยวัสดุอื่นก็มีค่าการแทรกซึมของความชื้นต่ำ เช่น แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ นอกจากนั้น การติดตั้งฉนวนอย่างถูกต้องจะช่วยลดป้องกันปัญหาจากความชื้น การควบแน่น ลดการแทรกซึมของไอน้ำในอากาศได้

4.4.2.3 ป้องกันเสียงจากภายนอก

การติดตั้งฉนวนส่วนต่างๆ ของอาคาร นอกจากจะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนแล้ว ยังสามารถป้องกันเสียงจากภายนอก ลดความดังของเสียงจากภายนอกได้อีกด้วย เป็นการใช้ฉนวนอย่างบูรณาการ

4.4.2.4 ดูดซับเสียงจากภายใน

การติดตั้งฉนวนภายในอาคาร หากมีการป้องกันความชื้นที่ผิวด้านนอกอาคารได้เป็นอย่างดีแล้ว จะช่วยให้การติดฉนวนภายในอาคารเกิดประโยชน์การดูดซับเสียงได้อีกด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของฉนวนและรูปแบบการติดตั้ง ซึ่งจะมีค่าการดูดซับเสียงแตกต่างกันออกไป นับว่าเป็นการใช้ฉนวนอย่างบูรณาการ เกิดประโยชน์หลายต่อ คุ้มค่าการลงทุนยิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณสมบัติของฉนวนที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน และผลการวิเคราะห์ตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดการลดความร้อน การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ตลอดจนการศึกษาอิทธิพลของสภาพอากาศที่มีต่อส่วนต่างๆ ของอาคาร สามารถสรุปประเภทของฉนวนและความหนาที่เหมาะสมสำหรับอาคารส่วนต่างๆ ได้ ทำให้ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ลดการสะสมความร้อนในเนื้อวัสดุ ลดอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายภายในอาคารโดยตรง และเมื่อใช้ระบบเครื่องกลในการเพิ่มความสบาย สามารถลดปริมาณพลังงานในการลดความร้อนและรีดความชื้นลง เป็นแนวทางการประหยัดพลังงานได้ที่ต้นเหตุ นอกจากนั้นบทสรุปของงานวิจัยได้เสนอแนวทางการใช้ฉนวนอย่างบูรณาการเพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตให้กับผู้อยู่อาศัยยิ่งขึ้นอีกด้วย

5.1 สรุปประเภทของฉนวนและตัวแปรในการลดความร้อน

5.1.1 สรุปคุณสมบัติของฉนวนต่างๆ

แนวทางการเลือกใช้ฉนวนต้องพิจารณาคุณสมบัติของฉนวนแต่ละประเภทเพื่อลดการแนวโน้มการเสื่อมสภาพจากการใช้งานไม่เหมาะสม ปัจจัยสำคัญในการลดความร้อนของวัสดุ ดังนี้

1. ค่าการต้านทานความร้อน
2. มวลสาร
3. การสะท้อนรังสีความร้อน

5.1.1.1 ประเภทของฉนวน

ฉนวนแบ่งตามลักษณะเนื้อฉนวนเป็นหลัก ทำให้คุณสมบัติต่างกัน ดังนี้

- ฉนวนที่เป็นเส้นใยขนาดเล็กสานกัน เกิดโพรงอากาศนิ่งภายใน
- ฉนวนที่เป็นเซลล์ปิด เกิดช่องว่างขนาดเล็กภายใน
- ฉนวนที่เป็นแผ่นโลหะสะท้อน

หรือ แบ่งตามลักษณะการป้องกันความร้อน ดังนี้

- ฉนวนที่ใช้ช่องว่างอากาศนิ่ง
- ฉนวนที่ใช้มวลสาร
- ฉนวนที่ใช้การสะท้อนรังสีความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.1.2 คุณสมบัติของฉนวนต่างๆ

หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกฉนวน เพื่อการนำฉนวนไปใช้ได้อย่างเหมาะสมและลดการเกิดการเสื่อมสภาพ คุณสมบัติสำคัญที่ใช้ในการพิจารณา ดังนี้

- โครงสร้างเซล (Cell Structure)
- ความหนาแน่น (Density)
- ค่าการนำความร้อน (k-value)
  หรือค่าการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance)
- อุณหภูมิใช้งาน (Temperature Service)
- ความทนทานต่อสารเคมี (Chemical Resistance)
- การแทรกซึมความชื้น (Permeability; perm-cm)
- ค่าดูดซึมน้ำ (Water Absorption; % by volume)
- การกระจายของเปลวไฟ (Flammability)
- การเกิดควันพิษเมื่อติดไฟและปริมาณควัน(Toxity and smoke density)
- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสภาพของวัสดุ (Health and Safety)
- อายุการใช้งาน (Usable - life)

5.1.1.3 ปัญหาที่เกิดจากการใช้ฉนวนไม่เหมาะสม

การเลือกใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานและตำแหน่งที่ติดตั้งในอาคาร จะทำให้คงคุณสมบัติที่ดีของฉนวนกันความร้อน ลดปัญหาที่จะตามมาในภายหลัง และลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและซ่อมแซมได้อีกด้วย ซึ่งปัญหาที่มักเกิดจากการใช้ฉนวนสามารถแยกได้เป็น 2 สาเหตุหลัก ดังนี้

1) ปัญหาจากการเลือกชนิดฉนวนไม่เหมาะสม
   - การเลือกรูปแบบของฉนวนไม่เหมาะสม
   - อุณหภูมิใช้งานไม่เหมาะสมกับส่วนของอาคาร
   - ความปลอดภัยต่อสุขภาพ
2) ปัญหาจากการติดตั้งไม่ถูกต้อง
   - การซึมผ่านของน้ำ
   - การควบแน่นเป็นหยดน้ำ
   - การกรอบแตกหักของเส้นใย
   - การยุบตัวของฉนวน
   - การเกิดสะพานความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.2 สรุปตัวแปรการลดความร้อน

5.1.2.1 การต้านทานความร้อน

วัสดุทุกชนิดมีค่าการต้านทานความร้อนทั้งสิ้น ขึ้นอยู่กับช่องว่างอากาศภายในเนื้อฉนวน ที่จะลดการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำและการพาความร้อน ทำให้มีอัตราการไหลของความร้อนไหลจากผิวด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้ช้าลง ทำให้การถ่ายเทความร้อนมีปริมาณลดน้อยลง ค่าการต้านทานความร้อนขึ้นอยู่กับโครงสร้างเซลล์ของฉนวน ขนาดและจำนวนของอากาศนิ่งภายในเนื้อฉนวน วัสดุพื้นฐานในการผลิตฉนวน องค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อการดูดซับความชื้นของเนื้อฉนวนอีกด้วย หากมีการดูดซับความชื้นสูงจะเป็นการลดประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของฉนวน (ดูรายละเอียดในบทที่ 2) ดังนั้น การเลือกฉนวนจึงต้องพิจารณาค่าการต้านทานความร้อนและคุณสมบัติของฉนวนแต่ละชนิดเป็นสำคัญ

5.1.2.2 มวลสาร

มวลสาร สามารถลดการถ่ายเทความร้อนและมีการใช้เวลาในการถ่ายเทความร้อน นั่นคือ มวลสารเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการลดและการหน่วงเหนี่ยวความร้อน มวลสารสามารถแบ่งตามความหนาแน่น ได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

1) มวลสารมาก (High Mass Insulation)
2) มวลสารปานกลาง (Medium Mass Insulation)
3) มวลสารน้อย (Low Mass Insulation)

5.1.2.3 ช่องว่างอากาศและสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนผิววัสดุ

ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี (Reflective Air Space) ซึ่งจะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องพิจารณาหลักสำคัญ ดังนี้

1) ขนาดของช่องว่างอากาศ (Air Space)
2) วัสดุผิวภายในช่องว่างอากาศมีค่าการสะท้อนความร้อน (Reflective Air Space)
3) ทิศทางการไหลของความร้อน (Direction of Flow)

โดยทั้ง 3 ส่วนนี้เป็นการเพิ่มศักยภาพในการต้านทานความร้อนให้กับระบบเปลือกอาคาร เป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีความร้อน ด้วยหลักการป้องกันความร้อนนี้สามารถประยุกต์สำหรับการติดตั้งแผ่นหรือวัสดุที่มีผิวสะท้อนรังสี ทำให้เป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีความร้อนซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนสูงโดยไม่ต้องลงทุนเพิ่มขึ้น และสามารถคงคุณสมบัติที่ดีได้เป็นระยะเวลานาน หากติดตั้งได้อย่างถูกต้อง

5.2 สรุปความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆเพื่อประสิทธิภาพการใช้ฉนวน

5.2.1 สรุปอิทธิพลของสภาพอากาศของประเทศไทย

5.2.1.1 อิทธิพลของสภาพอากาศ

สภาพอากาศของประเทศไทยอยู่ในภูมิภาคร้อนชื้น จึงมีอุณหภูมิและความชื้นสูงเกือบตลอดทั้งปี ทำให้ชั่วโมงที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบายมีเพียง 686 ชั่วโมง หรือ 7.83% เมื่ออาคารมีเปลือกอาคารไม่เหมาะสม ไม่สามารถป้องกันความร้อน ป้องกันความชื้น ประกอบกับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศที่แปรปรวน ทำให้ชั่วโมงในขอบเขตสภาวะน่าสบายลดลง

เปลือกอาคารที่ดีทำหน้าที่ป้องกันและลดความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศ อุณหภูมิภายในอาคารจะไม่สูงเกินกว่าอุณหภูมิอากาศ และเมื่อมีการใช้ความเร็วลมหรือการเพิ่มความชื้นในอากาศอย่างเหมาะสมจะช่วยเพิ่มสภาวะน่าสบายได้อีกด้วย

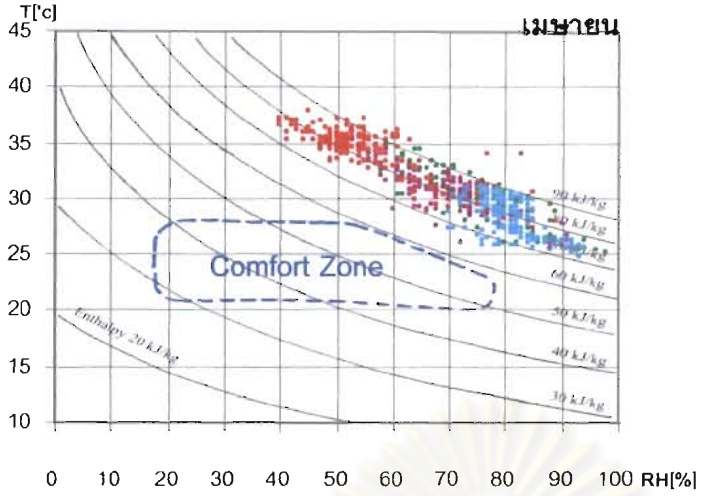
หากวัสดุที่นำมาใช้ในส่วนต่างๆ ของเปลือกอาคารไม่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนและความชื้น จะทำให้เกิดการสะสมความร้อนและความชื้นไว้ในเนื้อวัสดุและถ่ายเทความร้อนและความชื้นเข้าสู่ภายในอาคาร เมื่อผิวด้านในอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ จะทำให้ผู้อยู่อาศัยได้รับการแผ่รังสีความร้อนและรู้สึกเสมือนอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลต่อการลดความรู้สึกสบาย ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 5-1

ดังนั้น การเลือกวัสดุเปลือกอาคาร จำเป็นต้องศึกษาอิทธิพลที่ได้รับจากสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศต่อส่วนต่างๆ ของอาคาร เพื่อการคัดเลือกชนิดของฉนวนกันความร้อนตามคุณสมบัติและข้อจำกัดในการใช้งานได้อย่างเหมาะสม

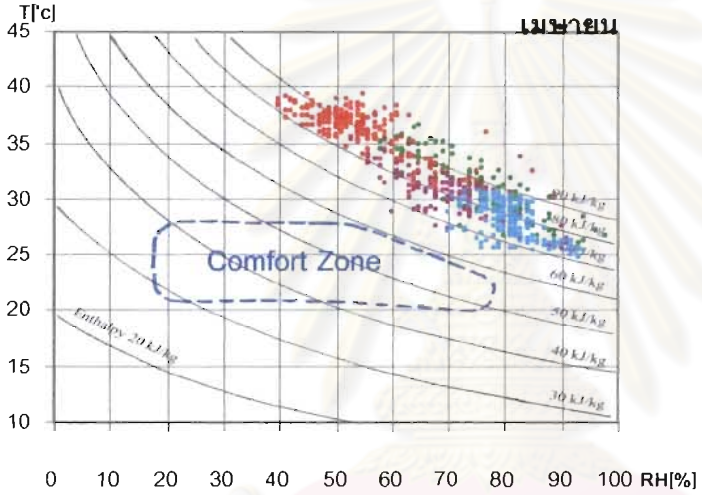
5.2.1.2 อิทธิพลต่อสภาวะน่าสบาย

สภาพอากาศของประเทศไทย อยู่ในเขตร้อนชื้น มีอุณหภูมิและความชื้นสูงเกือบตลอดทั้งปี ทำให้ชั่วโมงที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบายมีเพียง 686 ชั่วโมง หรือ 7.83% เมื่ออาคารมีเปลือกอาคารไม่เหมาะสม ไม่สามารถป้องกันความร้อน ป้องกันความชื้น และรับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศที่แปรปรวน ทำให้ชั่วโมงในขอบเขตสภาวะน่าสบายลดลง

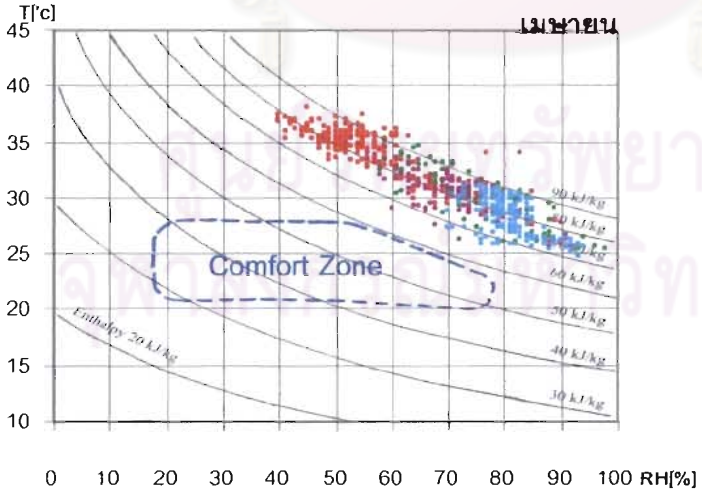
เปลือกอาคารที่ดีทำหน้าที่ป้องกันและลดความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศ อุณหภูมิภายในอาคารจะไม่สูงเกินกว่าอุณหภูมิอากาศ และเมื่อมีการใช้ความเร็วลมหรือการเพิ่มความชื้นในอากาศอย่างเหมาะสมจะช่วยเพิ่มสภาวะน่าสบายได้อีกด้วย



ก) อุณหภูมิอากาศและ
ความชื้นสัมพัทธ์ของเดือนเมษายน
(ข้อมูลสภาพอากาศ กรมอุตุฯ ปี 2550)



ข) ความรู้สึกจากอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ย
ของพื้นผิวโดยรอบ อาคารทั่วไป (ผนัง
ก่ออิฐฉาบปูน หลังคากระเบื้องซีเมนต์
ไม่มีฉนวน) เดือนเมษายน



ค) ความรู้สึกจากอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ย
ของพื้นผิวโดยรอบ อาคารที่มีการใช้ฉนวน
(ผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว EPS 4 นิ้ว หลังคากระเบื้อง
ซีเมนต์ ใยแก้ว 12 นิ้ว) เดือนเมษายน

ภาพที่ 5-1 แสดงสภาพอากาศของประเทศไทย และความรู้สึกจากอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของเปลือกอาคาร

5.2.1.3 อิทธิพลต่อการเลือกใช้ฉนวนส่วนต่างๆ ของอาคาร

อิทธิพลของสภาพอากาศต่อส่วนต่างๆ ทำให้การเลือกชนิดฉนวนแต่ละส่วนของอาคารมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอิทธิพลที่แต่ละส่วนได้รับ ดังนี้

- อิทธิพลของแสงแดดต่อส่วนต่างๆ
- อิทธิพลของความชื้นในอากาศและฝน
- อิทธิพลของความชื้นในดิน

สรุปอิทธิพลของสภาพอากาศต่อส่วนต่างๆ ของอาคาร

1) ส่วนหลังคาเป็นเปลือกอาคารส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดโดยตรงตลอดช่วงเวลากลางวัน จึงนำข้อมูลอากาศเดือนที่มีอุณหภูมิอากาศสูงสุด คือ เดือนเมษายน มาทำการวิเคราะห์หาอิทธิพลที่ส่วนหลังคาได้รับสูงสุดนอกจากนั้นหลังคายังเป็นส่วนที่ได้รับความชื้นจากอากาศและฝนโดยตรง อิทธิพลของสภาพอากาศต่อส่วนนี้ ได้แก่

- อุณหภูมิอากาศ
- ปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์
- ความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ทิศทางแนวนอน

ฉนวนส่วนหลังคา ได้แก่ ฉนวนใยแก้ว ที่มีอุณหภูมิใช้งานเหมาะสม น้ำหนักเบา และเป็นฉนวนที่ได้รับการยืนยันความปลอดภัย จึงเป็นฉนวนที่ใช้ภายในอาคารได้

2) ส่วนผนัง เป็นเปลือกอาคารส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดซึ่งเปลี่ยนไปตามเวลา และยังเป็นส่วนที่ได้รับความชื้นจากอากาศและฝนโดยตรง อิทธิพลของสภาพอากาศต่อส่วนนี้ ได้แก่

- อุณหภูมิอากาศ
- ปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์
- ความเข้มแสงของดวงดวงอาทิตย์ในแต่ละทิศทาง

ฉนวนส่วนผนัง ได้แก่ ฉนวนเซลล์ปิดประเภทโฟม ที่มีค่าการแทรกซึมความชื้นต่ำ

3) ส่วนพื้นเป็นส่วนที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดตลอดเวลา แบ่งพื้นเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่สัมผัสกับพื้นดินโดยตรง และพื้นลอยจากพื้น สัมผัสกับอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ อิทธิพลของสภาพอากาศต่อส่วนนี้ ได้แก่

- อุณหภูมิอากาศ
- อุณหภูมิและความชื้นในดิน

ฉนวนส่วนพื้น ได้แก่ ฉนวนเซลล์ปิดประเภทโฟม ที่มีค่าการแทรกซึมความชื้นต่ำ สามารถทนต่อแรงกดทับจากโครงสร้าง และไม่ทำจากวัสดุธรรมชาติที่เป็นอาหารของสัตว์ในดิน

ข) ฉนวนโฟมโพลีสไตรีน สำหรับส่วนผนัง

ค) ฉนวนโฟมโพลียูรีเธน หรือ ฉนวนโฟมโพลีสไตรีน สำหรับส่วนพื้น

ภาพที่ 5-2 แสดงคุณสมบัติของส่วนต่าง ๆ ของอาคาร และสรุปชนิดของฉนวนที่เหมาะสมกับส่วนต่าง ๆ ของอาคาร

5.2.2 สรุปความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ

5.2.2.1 อิทธิพลของความหนา

วัสดุหรือฉนวนกันความร้อน สิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ ค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ เมื่อเพิ่มความหนามากขึ้นจะยิ่งเพิ่มค่าการต้านทานความร้อน ทำให้ปริมาณความร้อนจากภายนอกอาคารที่เข้าสู่ภายในอาคารลดลงและยังช่วยลดอิทธิพลของสีลงจนทำให้เกิดอิสระในการเลือกสีเปลือกอาคารภายนอก

5.2.2.2 อิทธิพลของมวลสาร

การใช้มวลสาร (Thermal Mass) สามารถลดความรุนแรง (Decrement Factor) ของความร้อนจากภายนอกที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร เสมือนเป็นฉนวนกันความร้อนให้กับอาคาร และสามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Delay Factor) ที่ผ่านจากด้านหนึ่งสู่อีกด้านหนึ่งได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุนี้มวลสารจึงมีความสำคัญด้านการประหยัดพลังงาน จากพฤติกรรมดังนี้

1) มวลสารจะทำหน้าที่ลดความร้อนสูงสุด โดยการหน่วงความร้อนให้เข้ามาในอาคารในช่วงเวลาที่ร้อนที่สุด และเมื่ออุณหภูมิภายนอกลดต่ำลงกว่าภายใน ซึ่งทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกสู่ภายนอกเป็นการลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผนังและอากาศภายนอกไม่ให้เกิดพร้อมๆ กัน

2) มวลสารจะทำหน้าที่ลดปริมาณพลังงานรวมที่ต้องใช้ในการทำความเย็นให้กับอาคาร

3) มวลสารสร้างความคงที่ให้กับอุณหภูมิภายในอาคาร ลดความแปรปรวนของอุณหภูมิภายใน ลดความรู้สึกร้อนๆ หนาวๆ ได้ดี

5.2.2.3 อิทธิพลของช่องว่างอากาศและสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนผิววัสดุ

ค่าการต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ขึ้นอยู่กับวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่ำหรือการที่มีผิววัสดุสะท้อนรังสี ขนาดของช่องว่างอากาศ สภาพอากาศนิ่งในช่องว่างอากาศ สภาพการสะท้อนรังสีของช่องว่างอากาศ และทิศทางการไหลของความร้อนและช่องอากาศปิด ทำให้เกิดสภาวะสูญญากาศที่มีค่าความเป็นฉนวนสูง

5.3 สรุปการประยุกต์ใช้ฉนวนในส่วนต่าง ๆ ของอาคาร

จากผลของสภาพอากาศที่มีอิทธิพลต่อส่วนต่างๆ ของอาคาร และคุณสมบัติของฉนวนชนิดต่างๆ สามารถสรุปการประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารต่างๆ ได้ดังนี้

5.3.1 ฉนวนในส่วนต่าง ๆ ของอาคารปรับอากาศ

5.3.1.1 อาคารปรับอากาศ 24 ชั่วโมง

ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 4 นิ้ว และดีที่สุดคือ 12 นิ้ว

ส่วนผนัง : ผนังของอาคารที่ปรับอากาศตลอดเวลา สามารถทำได้ 2 แบบ ดังนี้

1) ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังเบา (มวลสารต่ำ) ความหนาของฉนวนโฟม EPS น้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 3 นิ้ว

2) ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังมวลสารสูง ความหนาของฉนวนโฟม EPS น้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 3 นิ้ว

ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน(EPS)หรือฉนวนโพลียูริเทน(PU) หนา 2นิ้ว

5.3.1.2 อาคารปรับอากาศ 8.00-17.00 น.

ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 4 นิ้ว

ส่วนผนัง : ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังเบา (มวลสารต่ำ) ความหนาของฉนวนโฟม EPSน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 3 นิ้ว

ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (EPS) หรือฉนวนโพลียูริเทน (PU) หนา 2 นิ้ว

5.3.1.3 อาคารปรับอากาศ 21.00-6.00 น.

ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 4 นิ้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนผนัง : ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังเบา (มวลสารต่ำ) ความหนาของฉนวนโฟม EPSน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 3 นิ้ว

ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (EPS) หรือฉนวนโพลียูริเทน (PU) หนา 2 นิ้ว

5.3.2 **ฉนวนในส่วนต่าง ๆ ของอาคารไม่ปรับอากาศ**

ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 4 นิ้ว

ส่วนผนัง : ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังก่ออิฐสองชั้น หนา 8 นิ้ว (มวลสารสูง) ความหนาของฉนวนโฟม EPS น้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 4 นิ้ว

ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (EPS) หรือฉนวนโพลียูริเทน (PU) หนา 2 นิ้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4 สรุปการประยุกต์ใช้ฉนวนกับอาคารปรับอากาศ

อาคารที่มีการปรับอากาศเป็นช่วงเวลา ทั้งการเปิดเครื่องปรับอากาศเวลากลางวัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาการทำงานของสำนักงานทั่วไป (8.00-17.00 น.) และกลางคืนซึ่งเป็นช่วงเวลากลับบ้านพักอาศัย (21.00-6.00 น.) การประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารทั้งสอง ซึ่งมีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศ เมื่อปิดเครื่องปรับอากาศ ทำให้เกิดการสะสมความร้อนในส่วนต่างๆ ของอาคารได้ ดังนั้น การประยุกต์ใช้ฉนวน สรุปได้ดังนี้

ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุด 4 นิ้ว

ส่วนผนัง : ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังเบา(มวลสารต่ำ) ความหนาของฉนวนโฟม EPSน้อยที่สุด 3 นิ้ว

ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (EPS) หรือฉนวนโพลียูริเทน (PU) หนา 2 นิ้ว

การติดตั้งฉนวนภายนอกและใช้มวลสารปริมาณน้อยด้านในอาคาร เนื่องจากฉนวนกันความร้อนอยู่ภายนอกอาคารสามารถลดความรุนแรงการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศภายนอกได้ และยังลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารด้วยและด้านในอาคารควรเป็นมวลสารปริมาณน้อยลดความร้อนสะสมภายในมวลสารเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ

ส่วนอาคารที่มีการปรับอากาศตลอดเวลา การประยุกต์ใช้ฉนวน สรุปได้ดังนี้

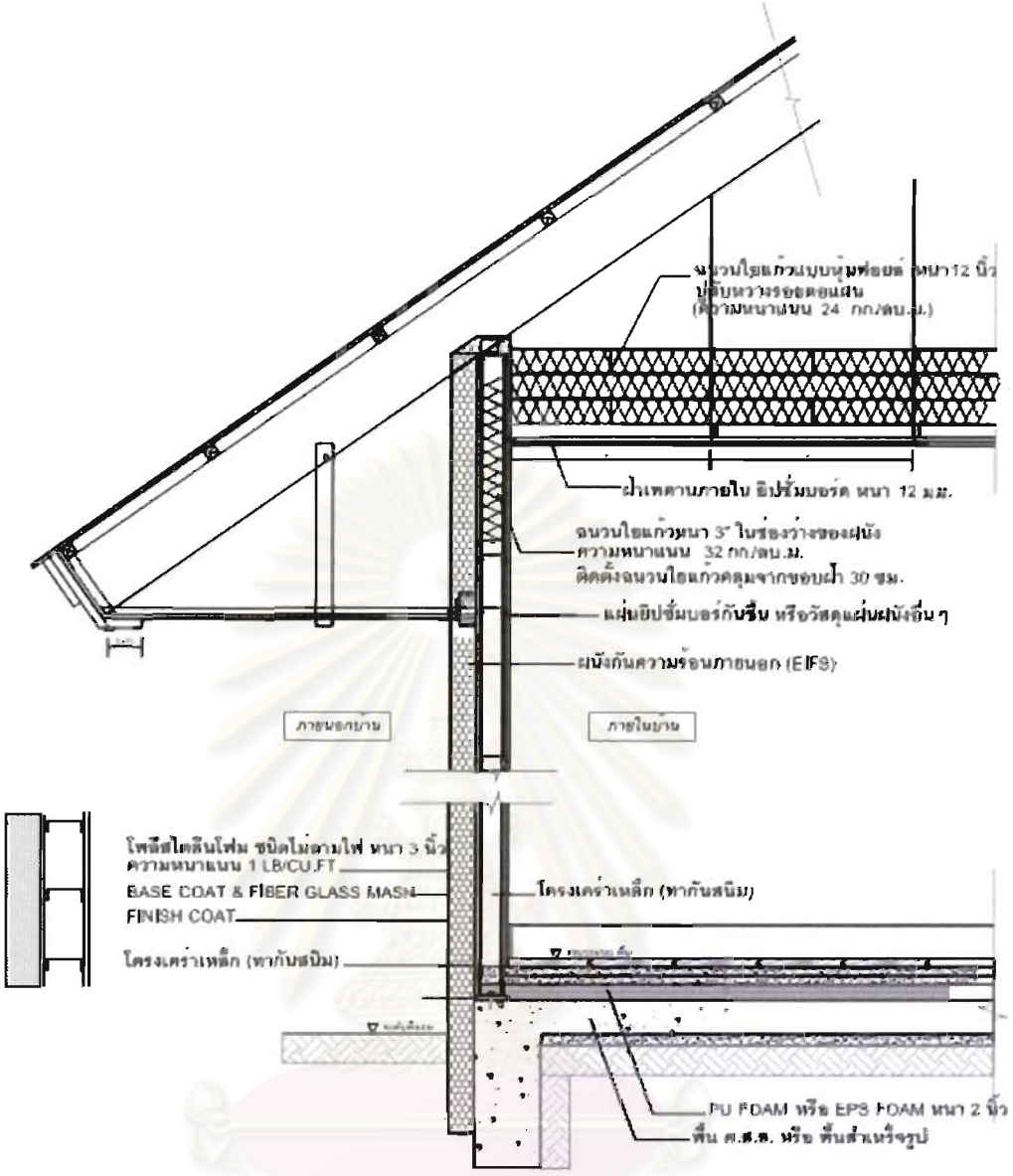
ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุด 4 นิ้ว และดีที่สุด 12 นิ้ว

ส่วนผนัง : ผนังของอาคารที่ปรับอากาศตลอดเวลา มี 2 แบบ ดังนี้

1. ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังเบา (มวลสารต่ำ) ความหนาของฉนวนโฟม EPSน้อยที่สุด 3 นิ้ว
2. ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังมวลสารสูง ความหนาของฉนวนโฟม EPSน้อยที่สุด 3 นิ้ว

ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (EPS) หรือฉนวนโพลียูริเทน (PU) หนา 2 นิ้ว

การติดตั้งฉนวนภายนอกและใช้มวลสารมากหรือน้อยก็ได้ด้านในอาคาร เนื่องจากอาคารปรับอากาศตลอดเวลา ดังนั้น มวลสารจะไม่มีการสะสมความร้อนจากสภาพอากาศภายนอก และยังเป็นการสะสมความเย็นภายในอาคารได้นานอีกด้วย

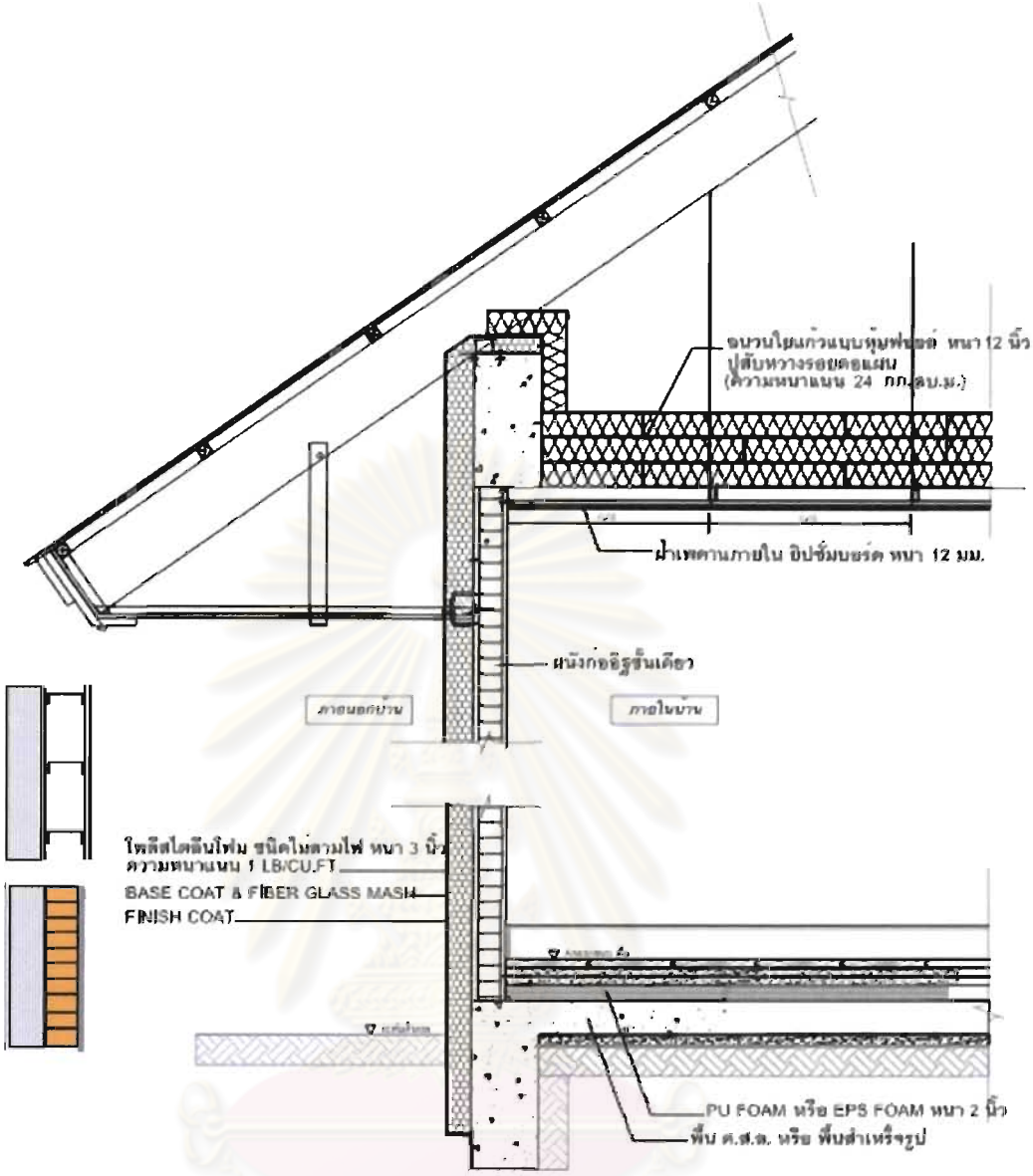


ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 4 นิ้ว และดีที่สุดคือ 12 นิ้ว
(ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ไม่เกิน 0.06 Btu/hr.ft^{2o}F)

ส่วนผนัง : ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังเบา(มวลสารต่ำ) ความหนาของฉนวนโฟม EPS น้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 3 นิ้ว
(ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ไม่เกิน 0.068 Btu/hr.ft^{2o}F)

ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (EPS) หรือฉนวนโพลียูริเทน(PU) หนา 2 นิ้ว
(ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ไม่เกิน 0.13 Btu/hr.ft^{2o}F)

ภาพที่ 5-3 แสดงการประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารปรับอากาศ เป็นช่วงเวลา 8.00-17.00 น. และ 21.00-6.00 น.



ส่วนหลังคา : **หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุดที่** แนะนำ คือ 4 นิ้ว และดีที่สุดคือ 12 นิ้ว

(ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ไม่เกิน 0.06 Btu/hr.ft^{2o}F)

ส่วนผนัง : ผนังของอาคารที่ปรับอากาศตลอดเวลา สามารถทำได้ 2 แบบ ดังนี้

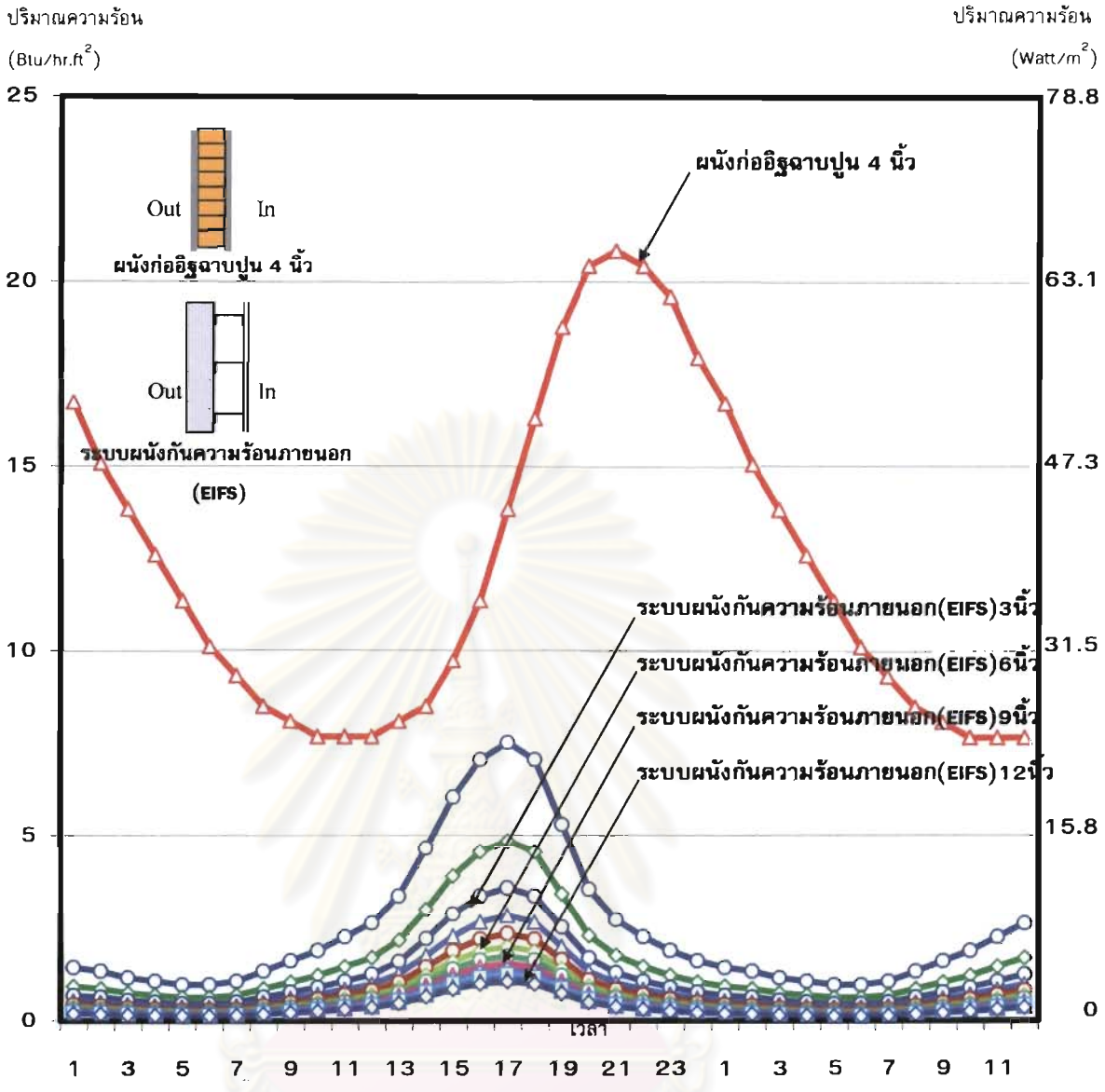
1. ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ผนังเบาภายใน(มวลสารต่ำ) EPSหนา น้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 3 นิ้ว

2. ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ผนังมวลสารสูงภายใน EPSหนา น้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 3 นิ้ว (ค่าการถ่ายเทความร้อน(U-Value)ไม่เกิน0.068Btu/hr.ft^{2o}F)

ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (EPS) หรือฉนวนโพลียูริเทน(PU) หนา 2 นิ้ว

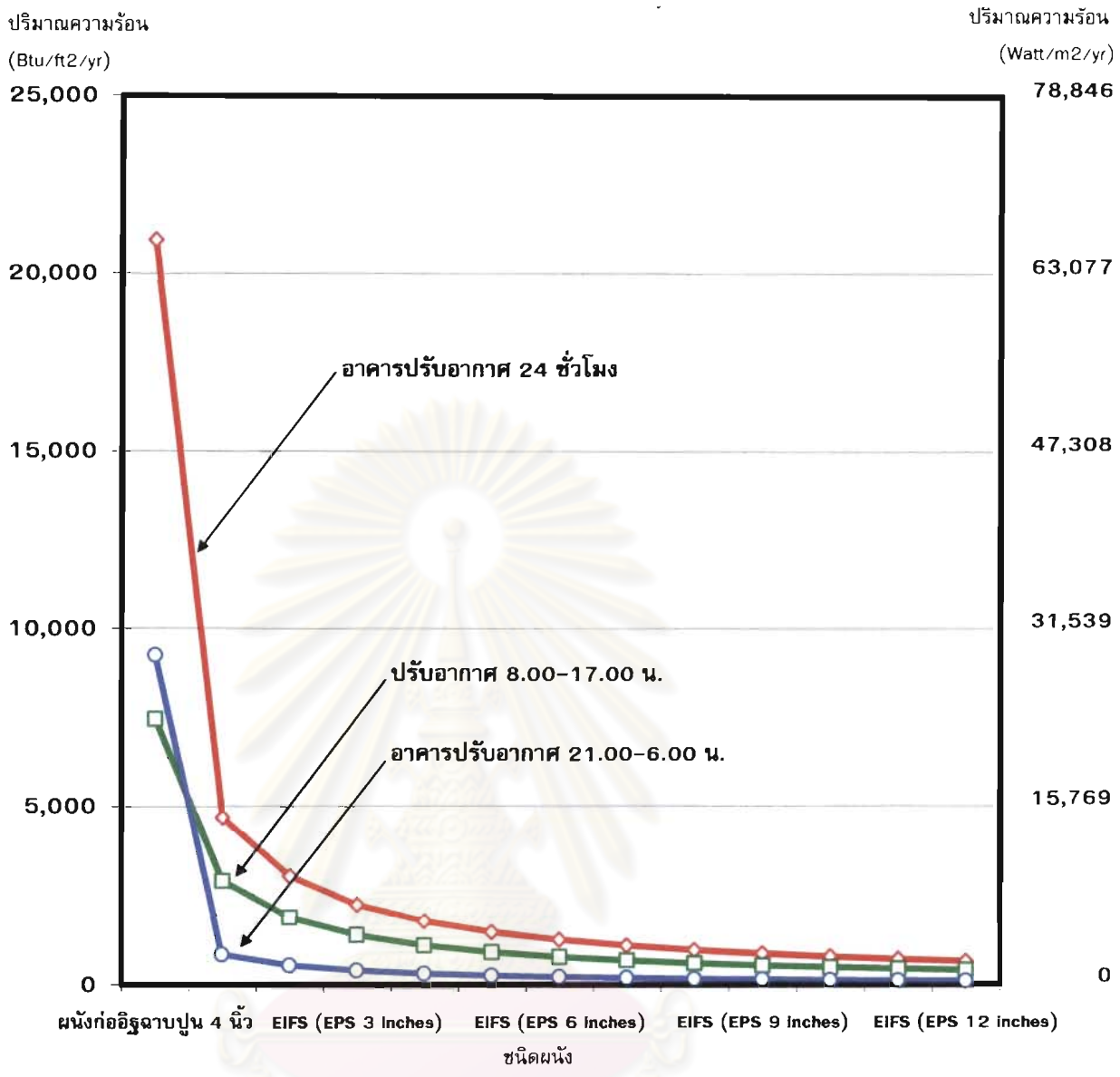
(ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ไม่เกิน 0.13 Btu/hr.ft^{2o}F)

ภาพที่ 5-4 แสดงการประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง



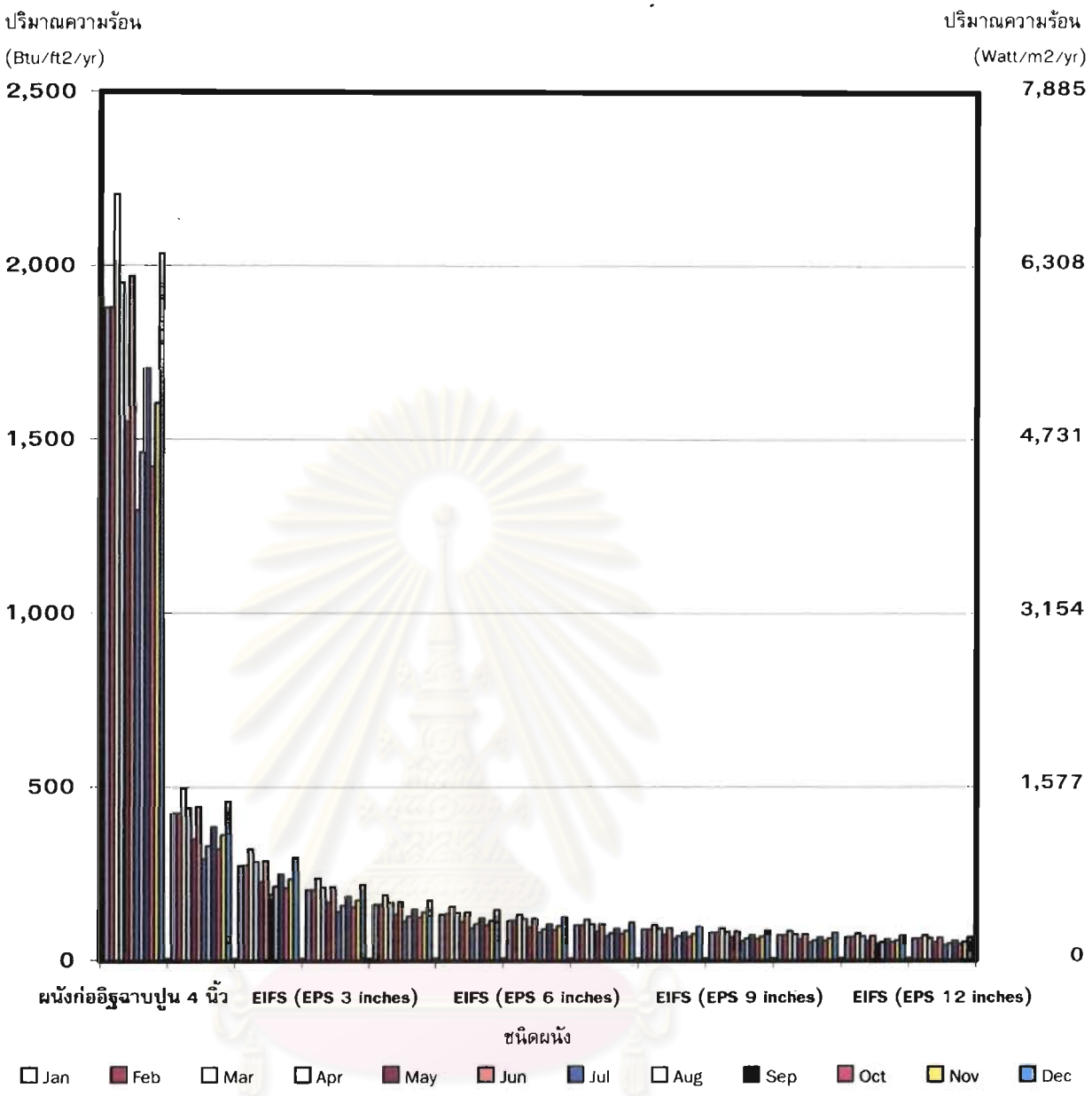
แผนภูมิที่ 5-1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อของผนัง EIFS ความหนาต่างๆ ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



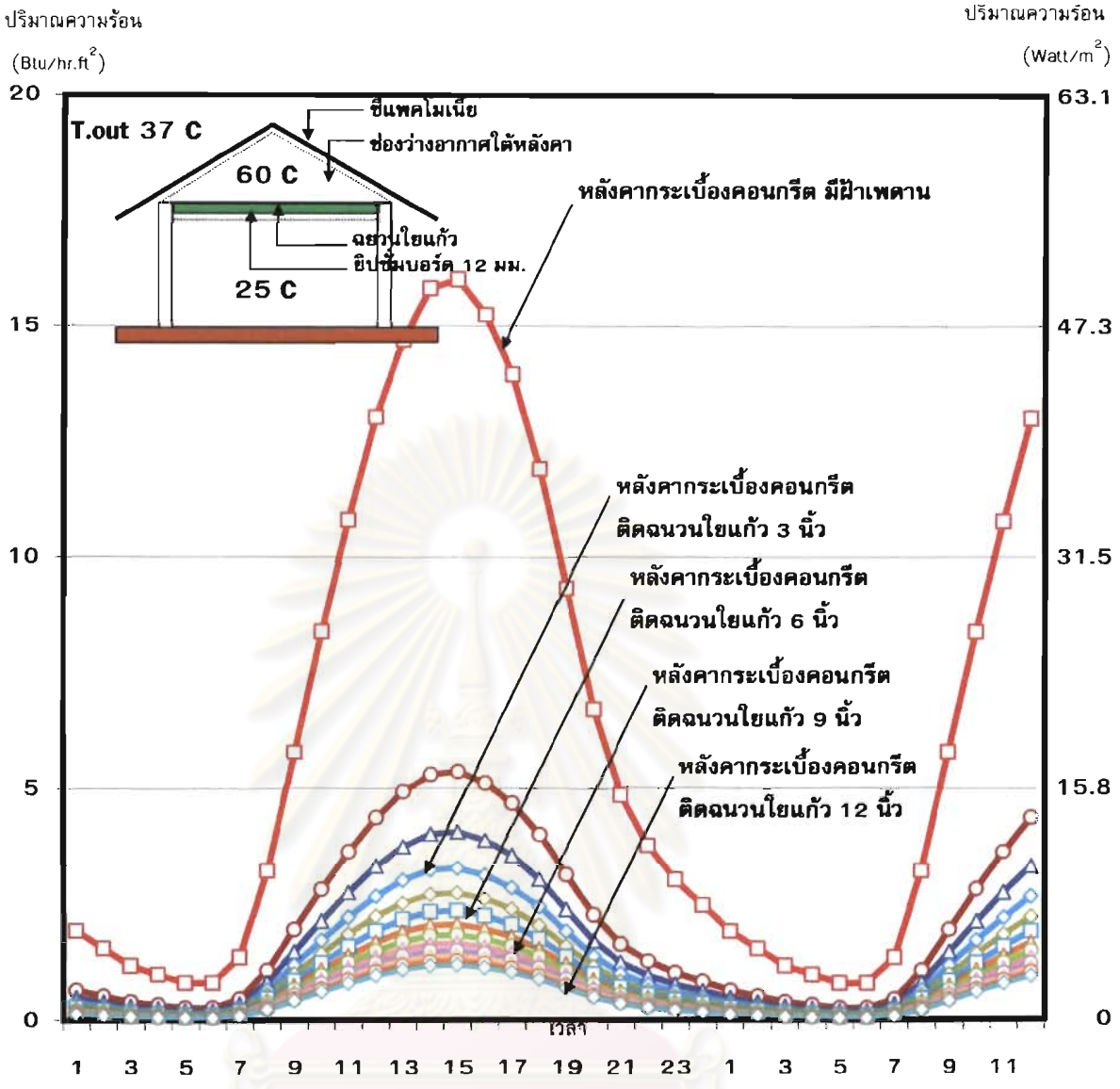
แผนภูมิที่ 5-2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนผ่านผนัง EIFS ความหนาต่างๆของอาคารปรับอากาศช่วงเวลาต่างๆ ตลอดปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



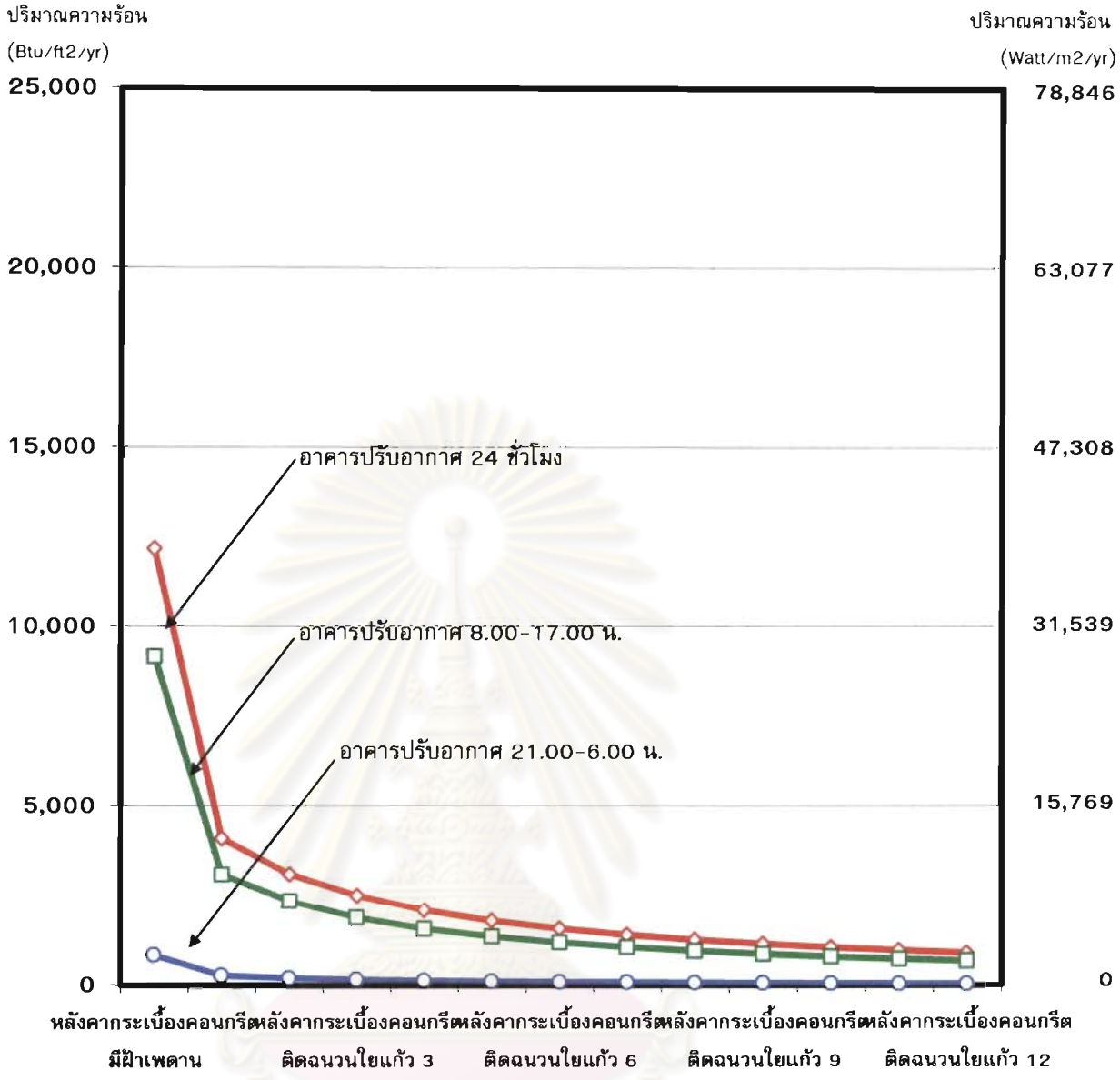
แผนภูมิที่ 5-3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนผ่านผนัง EIFS ความหนาต่าง ๆ ตลอดปี แยกเป็นเดือนต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



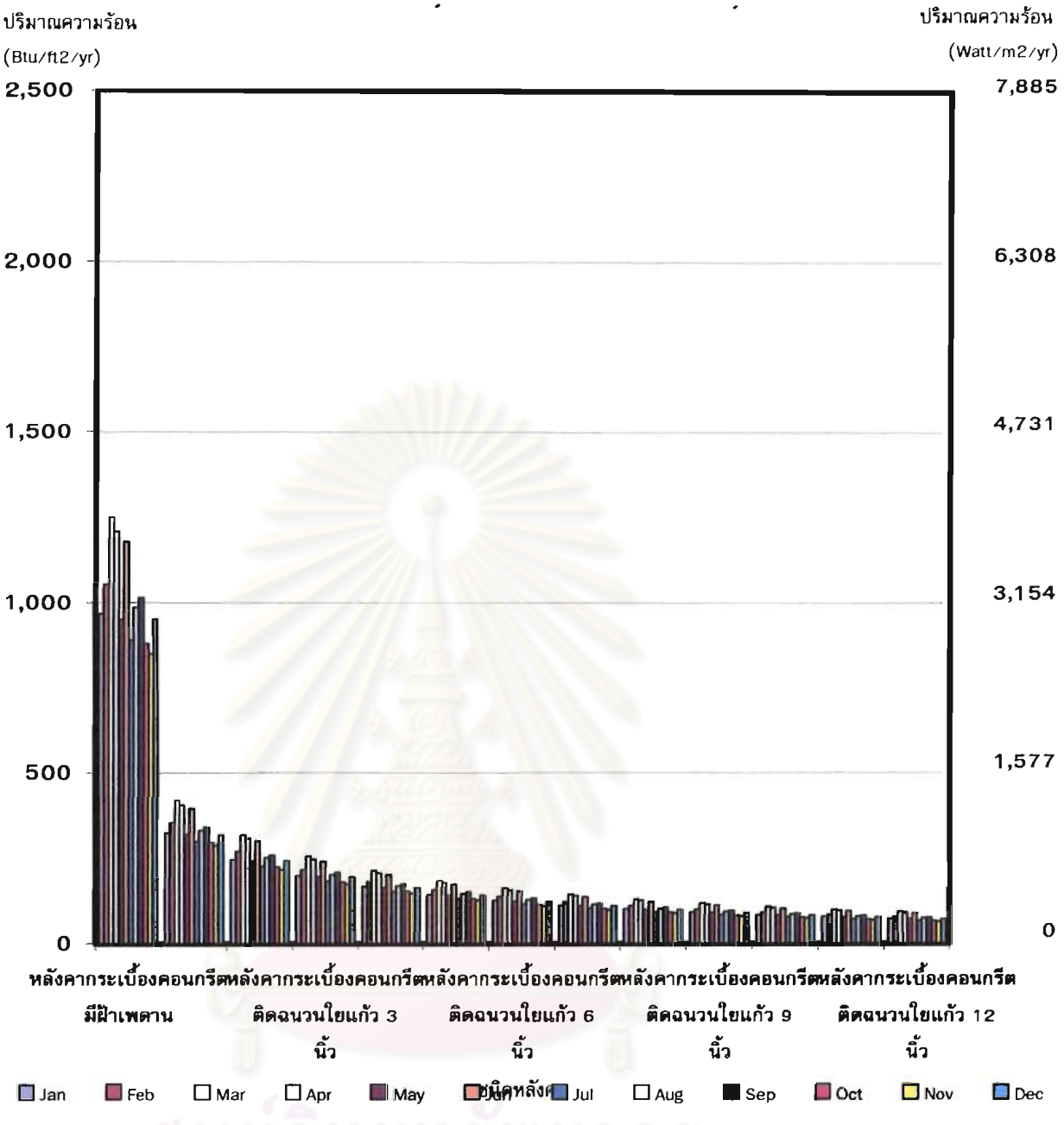
แผนภูมิที่ 5-4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของหลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้วความหนาต่างๆ (เดือนเมษายน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



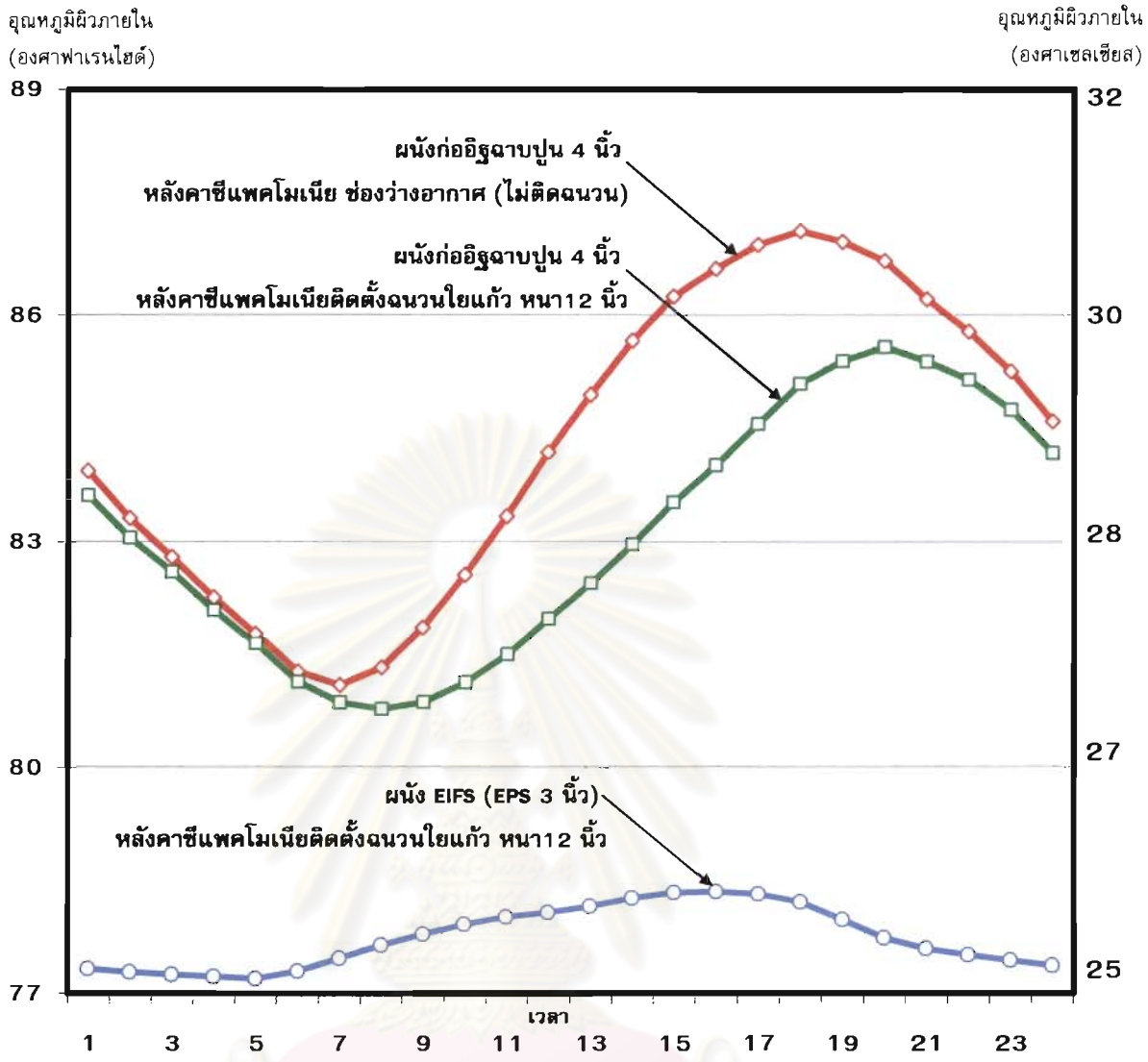
แผนภูมิที่ 5-5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนผ่านหลังคาคอนกรีต ปูฉนวนใยแก้วความหนาต่าง ๆของอาคารปรับอากาศช่วงเวลาต่าง ๆ ตลอดปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 5-6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนผ่านหลังคาคอนกรีต ปูฉนวนใยแก้วความหนาต่างๆ ตลอดปี แยกเป็นเดือนต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 5-7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเฉลี่ยของอาคารที่มีผนังและหลังคาชนิดต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประยุกต์ใช้ฉนวนส่วนต่างๆ ของอาคารปรับอากาศ สรุปประสิทธิภาพได้โดยการเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไป ดังนี้

อาคารทั่วไป

- ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว
- หลังคากระเบื้องซีเมนต์ปูแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม.

แนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารปรับอากาศเขตร้อนชื้น

- ผนัง EIFS (EPS 4 inches)
- หลังคากระเบื้องซีเมนต์ปูแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ปูฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว

1) ลดอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ

เปลือกอาคารสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคาร ลดการสะสมความร้อนที่วัสดุ ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยภายในอาคารลดลงอาคารทั่วไป ช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดเดือนเมษายน มีอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ 30.63°C (87.13°F) เมื่อใช้แนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวนส่วนหลังคา ผนัง และพื้น ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบลดลงเหลือ 25.75°C (78.35°F) ซึ่งมากกว่าอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ 0.75°C (1.35°F) (กำหนดอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ 25°C (77°F))

อุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบภายในอาคารลดลง หรือไม่ร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ทำให้การทำงานของเครื่องปรับอากาศลดลง และยังเป็นการลดขนาดของเครื่องปรับอากาศอีกด้วย ส่งผลต่อการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลง เพิ่มจำนวนชั่วโมงสภาวะน่าสบาย เพิ่มคุณภาพชีวิต ลดความรู้สึกร้อนหนาว แปรปรวนตามการแผ่รังสีความร้อนของเปลือกอาคาร

2) ประหยัดพลังงาน

เปลือกอาคารสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคาร ลดการสะสมความร้อนที่วัสดุ ทำให้ลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลง จากผนังอาคารทั่วไป (ก่ออิฐครึ่งแผ่น) มีปริมาณพลังงานตลอดทั้งปี 20,956.44 Btu/ft2/yr เมื่อใช้แนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวน ส่วนผนัง EIFS (EPS 4 inches) มีปริมาณพลังงานตลอดทั้งปี 1,789.09 Btu/ft2/yr ลดลง 19,167.35 Btu/ft2/yr หรือลดลงร้อยละ 91.46 สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี จำนวน 181.35 บาทต่อตารางเมตร โดยมีระยะเวลาการคืนทุน 7.72 ปี

ส่วนหลังคาอาคารทั่วไป (หลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน) มีปริมาณพลังงานตลอดทั้งปี 12,185 Btu/ft2/yr เมื่อใช้แนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวน ส่วน

หลังคา (หลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว) มีปริมาณพลังงานตลอดทั้งปี 905.79 Btu/ft2/yr ลดลง 11,279.21 Btu/ft2/yr หรือลดลงร้อยละ 92.57 สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี จำนวน 106.72 บาทต่อตารางเมตร โดยมีระยะเวลาการคืนทุน 11.24 ปี

3) เพิ่มคุณภาพชีวิต

การใช้ฉนวนภายในอาคาร นอกจากจะเป็นการลดการถ่ายเทความร้อน เพิ่มสภาวะน่าสบายภายในอาคารมากขึ้น อุณหภูมิภายในอาคารคงที่ (Uniform) สามารถควบคุมความชื้น และเชื้อรา ลดแนวโน้มการเจ็บป่วยของผู้อยู่ในอาคารแล้ว การใช้ฉนวนยังมีคุณสมบัติในการป้องกันเสียงจากภายนอกอาคาร และดูดซับเสียงภายในอาคารอีกด้วย จึงเป็นแนวทางการใช้ฉนวนอย่างบูรณาการ ช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตให้สูงขึ้น

4) ช่วยประเทศชาติ

การใช้ฉนวนสำหรับอาคารเขตร้อนชื้น นอกจากลดปริมาณการใช้พลังงานในอาคารแล้ว ยังช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของชาติอีกด้วย เป็นการลดความต้องการใช้พลังงานของชาติลง ส่งผลต่อการลดอัตราการผลิตกระแสไฟฟ้าจากทรัพยากรธรรมชาติ ลดปริมาณการนำเข้าจากต่างประเทศ เป็นการลดวิกฤตด้านพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.5 สรุปการประยุกต์ใช้ฉนวนกับอาคารไม่ปรับอากาศ

อาคารที่ใช้ระบบธรรมชาติไม่ใช้ระบบเครื่องกลมาช่วยในการปรับสภาพอากาศภายในอาคารนั้น จะได้รับอิทธิพลความร้อนจากสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิอากาศโดยตรง เมื่อเปลือกอาคารได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นแสงแดดที่ตกกระทบโดยตรง หรือเกิดจากการสะท้อนความร้อนของพื้นผิวโดยรอบ การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ส่งผลโดยตรงผู้ที่อยู่อาศัยในอาคารเกิดความรู้สึกไม่สบาย

แนวทางการใช้ฉนวนสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ แนวทางในการทำให้อุณหภูมิภายในอาคารไม่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ จำเป็นต้องมีการลดการถ่ายเทความร้อนร่วมกับการใช้มวลสารเพื่อหน่วงเหนี่ยวความร้อน การประยุกต์ใช้ฉนวน สรุปได้ดังนี้

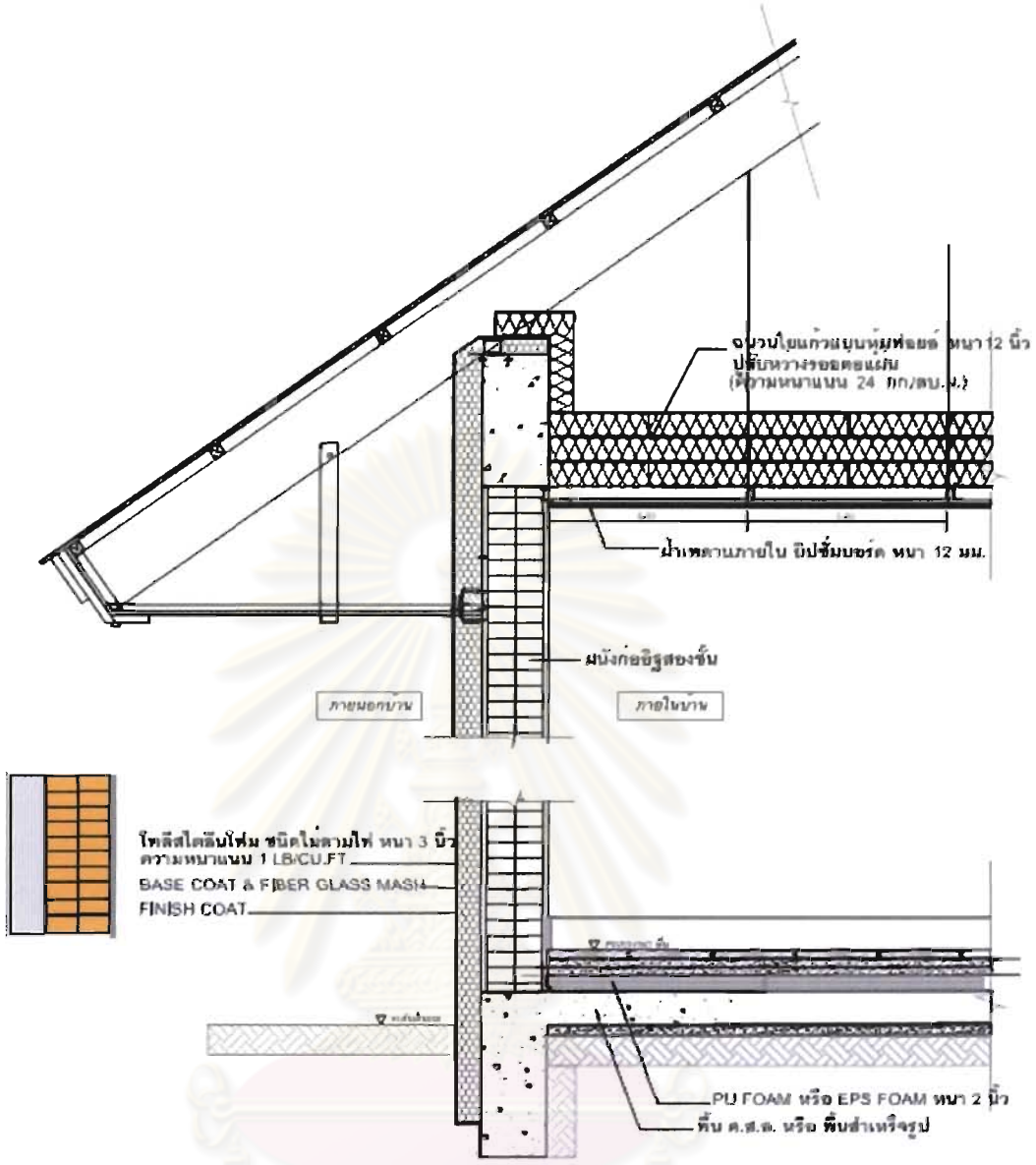
ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุด 4 นิ้ว

ส่วนผนัง : ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังก่ออิฐสองชั้น หนา 8 นิ้ว (มวลสารสูง) ความหนาของฉนวนโฟม EPS น้อยที่สุด 3 นิ้ว

ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน(EPS) หรือฉนวนโพลียูริเทน(PU) หนา 2 นิ้ว

การใช้ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกและใช้มวลสารปริมาณมากด้านในอาคาร เนื่องจากฉนวนกันความร้อนอยู่ภายนอกอาคารสามารถลดความรุนแรงการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศภายนอกได้และยังลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารด้วยและด้านในอาคารควรเป็นมวลสารปริมาณมาก เพื่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนให้เข้ามาภายในอาคารช้าที่สุด และหากมีการเปิดช่องเปิดในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศต่ำ และปิดช่องเปิดในช่วงเวลากลางวัน มวลสารภายในอาคารจะกักเก็บความเย็นเอาไว้ ความหนาของมวลสารจะช่วยหน่วงเหนี่ยวความร้อน และกักเก็บความเย็นให้ครอบคลุมช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของช่วงกลางวัน ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารในช่วงเวลากลางวันเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ เพิ่มชั่วโมงสภาวะน่าสบาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

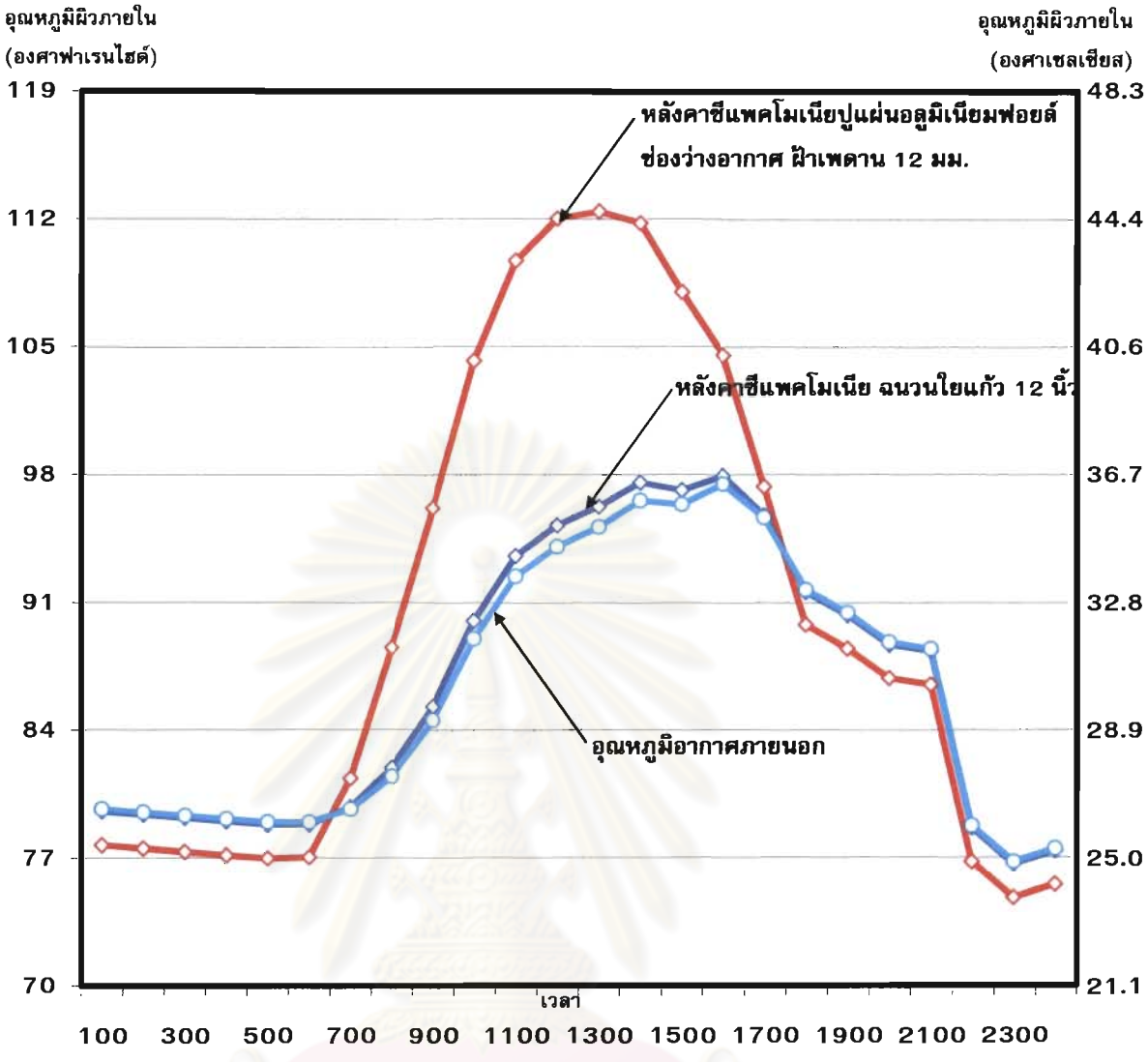


ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 4 นิ้ว และดีที่สุดคือ 12 นิ้ว
(ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ไม่เกิน 0.06 Btu/hr.ft^{2o}F)

ส่วนผนัง : ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ภายในเป็นผนังก่ออิฐสองชั้น หนา 8 นิ้ว (มวลสารสูง) ความหนาของฉนวนโฟม EPSน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 3 นิ้ว
(ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ไม่เกิน 0.068 Btu/hr.ft^{2o}F)

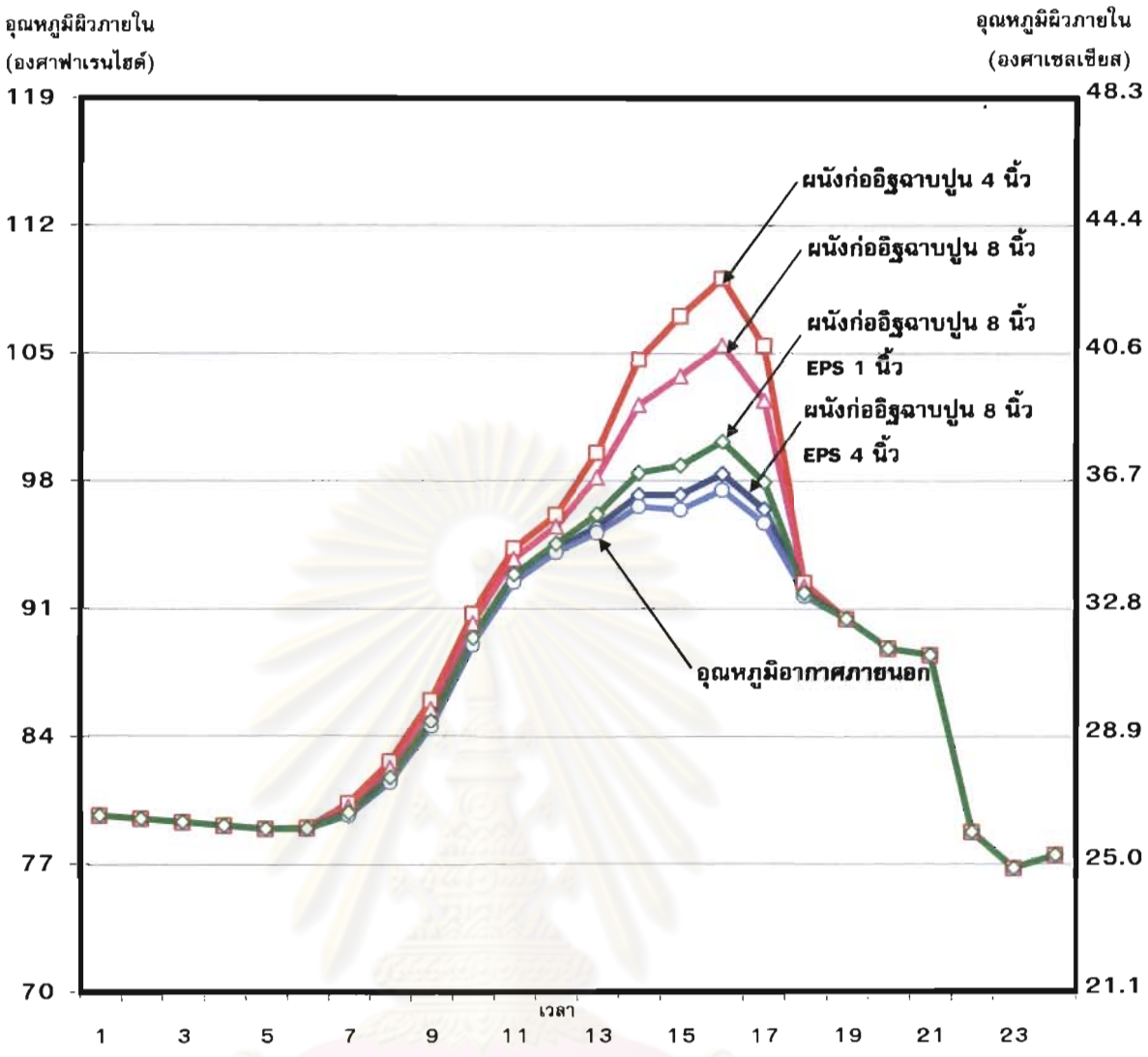
ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (EPS) หรือฉนวนโพลียูริเทน (PU) หนา 2 นิ้ว
(ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ไม่เกิน 0.13 Btu/hr.ft^{2o}F)

ภาพที่ 5-5 แสดงการประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ



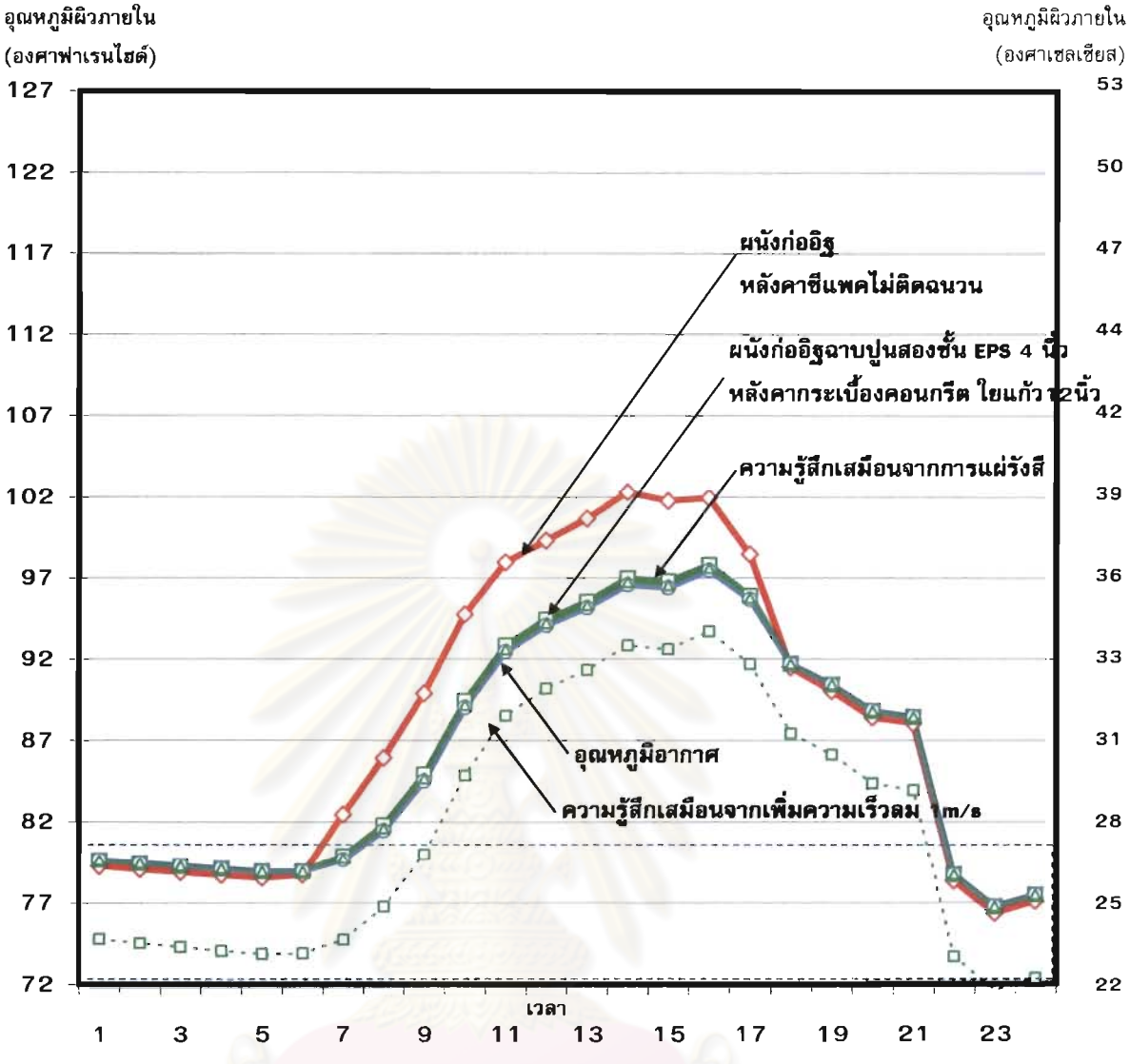
แผนภูมิที่ 5-8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดาน หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ฝ้าเพดาน 12 มม. ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



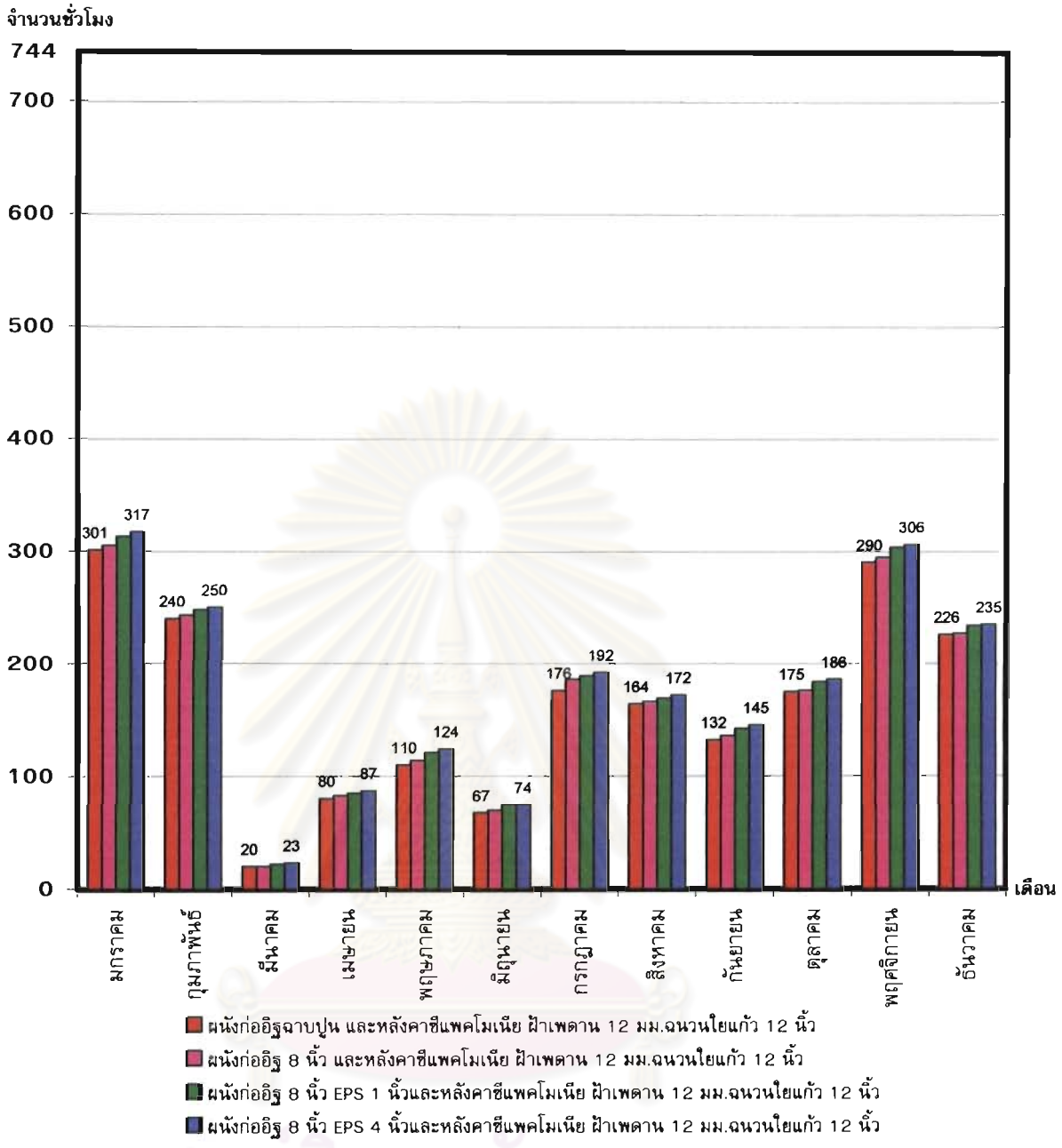
แผนภูมิที่ 5-9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายในชนิดต่างๆ ทิศตะวันตก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



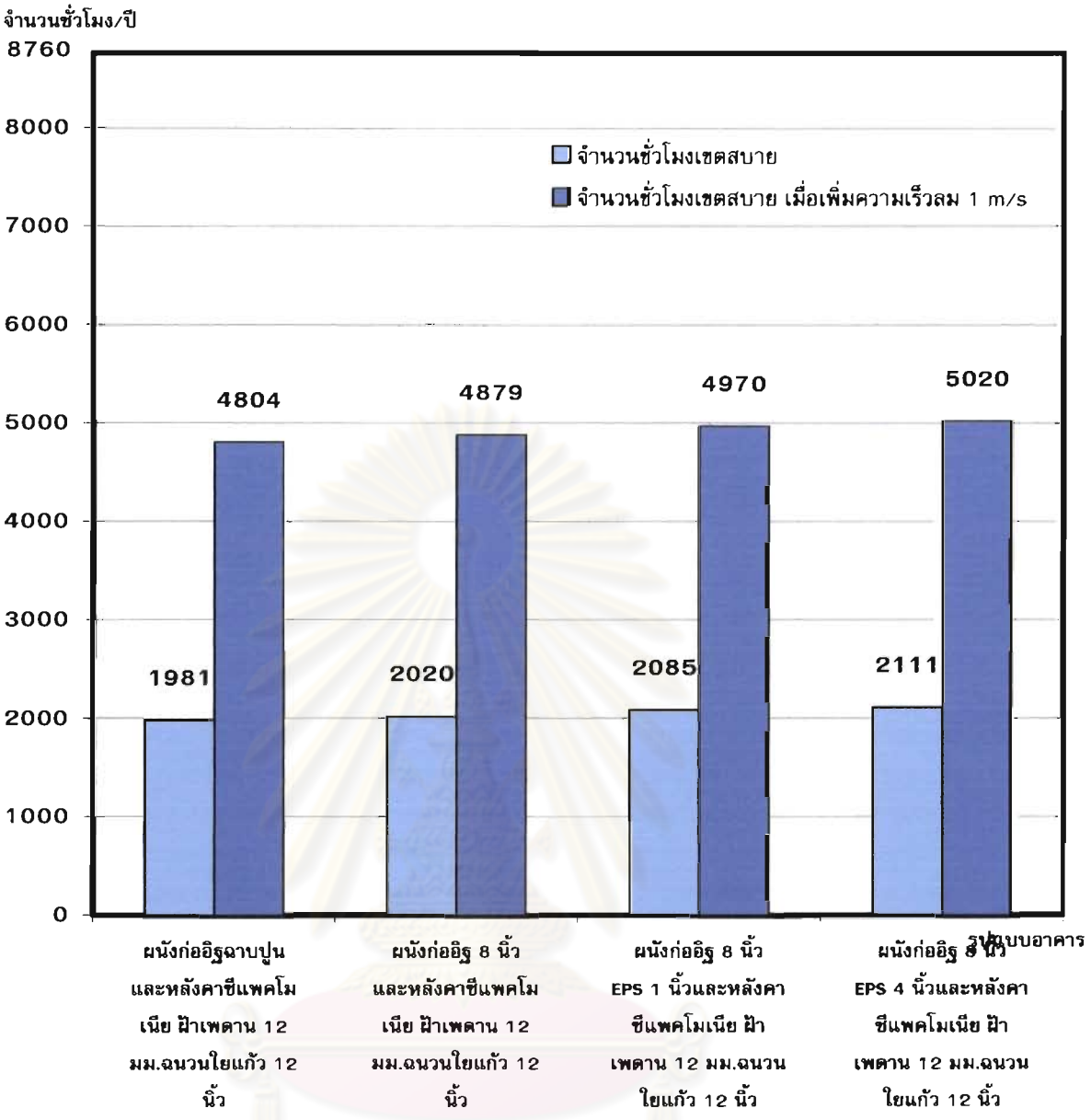
แผนภูมิที่ 5-10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเฉลี่ย ผนังก่ออิฐฉาบปูนสองชั้น EPS 4 นิ้ว หลังคากระเบื้องซีเมนต์ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา12 นิ้ว และเพิ่มความเร็วลม 1m/s

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 5-11 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายรายเดือน ของอาคารรูปแบบต่างๆ ตลอดทั้งปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 5-12 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงเขตสบายของอาคารรูปแบบต่างๆ ตลอดปี และเมื่อเพิ่มความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที (ผนังแต่ละชนิด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประยุกต์ใช้ฉนวนส่วนต่างๆ สำหรับอาคาไม่รปรับอากาศ สรุปประสิทธิภาพได้โดยการเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไป ดังนี้

อาคารทั่วไป

- ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว
- หลังคากระเบื้องซีเมนต์ปูแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม.

แนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศเขตร้อนชื้น

- ผนังก่ออิฐเต็มแผ่น (8 นิ้ว) ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS (EPS 4 นิ้ว)
- หลังคากระเบื้องซีเมนต์ปูแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ปูฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว

1) ลดอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ

เปลือกอาคารสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคาร และยังมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ถ่ายเทผ่านมาจากฉนวนภายนอกอีกชั้นหนึ่ง ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยภายในอาคารลดลงกว่าอาคารทั่วไป ช่วงเวลาที่ร้อนที่สุด เดือนเมษายน มีอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ 39.08°C (102.35°F) เมื่อใช้แนวทางการประยุกต์ใช้ฉนวนส่วนหลังคา ผนังและพื้น ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบลดลงเหลือ 36.12°C (97.02°F) ซึ่งมากกว่าอุณหภูมิอากาศ ณ เวลานั้น 0.22°C (อุณหภูมิอากาศขณะนั้น เท่ากับ 35.9°C (96.62°F))

2) เพิ่มสภาวะน่าสบาย

เปลือกอาคารสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคาร ลดการสะสมความร้อนที่วัสดุ ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยภายในอาคาลดลงหรือใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศ ส่งผลต่อความรู้สึกของผู้อยู่ในอาคาร เพิ่มจำนวนชั่วโมงสภาวะน่าสบายเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไป ดังนี้

อาคารทั่วไป มีชั่วโมงอยู่ในสภาวะน่าสบาย แบ่งเป็นช่วงเวลา ดังนี้

24 ชั่วโมง อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 1,948 ชั่วโมง หรือร้อยละ 22.24

8.00-17.00 น. อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 130 ชั่วโมง หรือร้อยละ 3.56

21.00-6.00 น. อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 1,544 ชั่วโมง หรือร้อยละ 42.30

อาคารที่ประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ มีชั่วโมงอยู่ในสภาวะน่าสบาย แบ่งเป็นช่วงเวลา ดังนี้

24 ชั่วโมง อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 2,111 ชั่วโมง หรือร้อยละ 24.10 (เพิ่มขึ้น 163 ชั่วโมง หรือร้อยละ 1.86)

8.00-17.00 น. อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 252 ชั่วโมง หรือร้อยละ 6.90 (เพิ่มขึ้น 122 ชั่วโมง หรือร้อยละ 3.34)

21.00-6.00 น. อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 1,544 ชั่วโมง หรือร้อยละ 42.30 (เท่าเดิม)

เมื่อเพิ่มความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที (3.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) มีชั่วโมงอยู่ในสภาวะน่าสบาย แบ่งเป็นช่วงเวลา ดังนี้

24 ชั่วโมง อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 5,020 ชั่วโมง หรือร้อยละ 57.31 (เพิ่มขึ้น 2,909 ชั่วโมง หรือร้อยละ 33.21)

8.00-17.00 น. อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 865 ชั่วโมง หรือร้อยละ 23.70 (เพิ่มขึ้น 613 ชั่วโมง หรือร้อยละ 16.80)

21.00-6.00 น. อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 3,302 ชั่วโมง หรือร้อยละ 90.47 (เพิ่มขึ้น 1,758 ชั่วโมง หรือร้อยละ 48.17)

การใช้เทคนิคเพิ่มความเร็วลมเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายทำได้สำหรับช่วงอุณหภูมิ 26.7-32.2°C (80-90°F) เท่านั้น เนื่องจากการเพิ่มความเร็วลมให้กับช่วงอุณหภูมิสูง จะเป็นการพัดลมร้อน ไม่เป็นการสร้างความสบายได้ ดังนั้น การใช้วัสดุที่มีค่าการต้านทานความร้อนสูงสำหรับเปลือกอาคารเพื่อลดการถ่ายเทความร้อน ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบลดลงก่อน จึงสมควรใช้เทคนิคเพิ่มความลมเร็วเพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย

3) ลดแนวโน้มการใช้เครื่องปรับอากาศ

เปลือกอาคารสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคาร ลดการสะสมความร้อนที่วัสดุ ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารลดลง ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารอยู่ในสภาวะน่าสบายมากขึ้น เป็นการลดแนวโน้มความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศลง ร้อยละ 33.21 (จำนวนของสภาวะน่าสบายที่เพิ่มขึ้น)

4) เพิ่มคุณภาพชีวิต

อุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบภายในอาคารลดลงหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ ทำให้ลดความรู้สึกร้อนหนาว แปรปรวนตามการแผ่รังสีความร้อนของเปลือกอาคาร ลดแนวโน้มความเจ็บป่วย เพิ่มคุณภาพชีวิต

5) ช่วยประเทศชาติ

การทำให้อาคารไม่ปรับอากาศ สามารถอยู่ภายในอาคารได้อย่างสบาย ลดความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศ เป็นการลดแนวโน้มการใช้พลังงาน ลดวิกฤติพลังงานของชาติ

5.6 สรุปการประยุกต์ใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

5.6.1 สรุปการศึกษาอาคารตัวอย่าง

อาคารตัวอย่างที่มีการใช้ฉนวนในอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยคัดเลือกอาคารตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพด้านประหยัดพลังงานเพื่อเป็นอาคารกรณีศึกษาตัวอย่าง ซึ่งแบ่งอาคารตามช่วงเวลาที่การใช้งานอาคาร ดังนี้

1. อาคารที่ใช้งานหลายช่วงเวลา : บ้านพักอาศัย
   - บ้านประหยัดพลังงาน
   - บ้านซีวาทิตย์
2. อาคารที่ใช้งานช่วงเวลากลางวัน : อาคารสำนักงาน
   - อาคารอนุรักษ์พลังงานพลังงานเฉลิมพระเกียรติ
   - โครงการศูนย์ราชการ กรุงเทพมหานคร (ถนนแจ้งวัฒนะ)
   - โรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม จังหวัดสมุทรปราการ

5.6.1.1 สรุปการใช้ฉนวนของอาคารตัวอย่าง ประเภทอาคารพักอาศัย

ตารางที่ 5-1 สรุปการใช้ฉนวนของอาคารตัวอย่าง ประเภทอาคารพักอาศัย

ประเภทอาคารพักอาศัย	เทคนิคการเลือกใช้วัสดุ	ประสิทธิภาพของอาคาร
บ้านประหยัดพลังงาน	- ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) หนา 3 นิ้ว - หลังคาติดฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว - พื้นพ่นฉนวนโฟมโพลียูริเทน 2 นิ้ว - ติดตั้งฉนวนใยแก้วในผนังระหว่างห้องเพื่อลดการส่งผ่านของเสียงเป็นการเพิ่มความเป็นส่วนตัวภายในบ้าน	- ใช้เครื่องปรับอากาศน้อยกว่าบ้านธรรมดาทั่วไปประมาณ 7 เท่า
บ้านซีวาทิตย์	- ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) หนา 3 นิ้ว - หลังคาติดฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว - พื้นพ่นฉนวนโฟมโพลียูริเทน 2 นิ้ว	- หลังคาเช่นนี้ จะมีการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าหลังคาทั่วไป 20 เท่า - สัดส่วนของภาระการทำความเย็นสามารถลดภาระการทำความเย็นลงจากบ้านชั้นดีทั่วไปได้ถึง 15เท่า - ใช้เครื่องปรับอากาศเพียง 9,000Btu/h ก็สามารถปรับอากาศให้บ้านทั้งหลังเย็นได้

5.6.1.2 สรุปการใช้ฉนวนของอาคารตัวอย่าง ประเภทอาคารสำนักงาน

ตารางที่ 5-2 สรุปการใช้ฉนวนของอาคารตัวอย่าง ประเภทอาคารสำนักงาน

ประเภทอาคารพักอาศัย	เทคนิคการเลือกใช้วัสดุ	ประสิทธิภาพของอาคาร
อาคารอนุรักษ์พลังงาน พลังงานเฉลิมพระเกียรติ	- วัสดุฉนวนร่วมกับมวลสาร - มวลสาร ความหนา 6 นิ้ว - ช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี ซึ่งมีความกว้าง 12 นิ้ว - ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้วฟอยล์ 2 ด้าน ทำให้ช่องอากาศนี้ทำหน้าที่เป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี - ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) หนา 3 นิ้ว	- หลังคาอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ มีภาระการทำความเย็นต่ำกว่าถึงประมาณ 14 เท่า - ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมากกว่า ร้อยละ10 ต่อปี
โครงการศูนย์ราชการกรุงเทพมหานคร (ถนนแจ้งวัฒนะ)	- การผสมผสานการใช้มวลสารเย็นภายในอาคาร - อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้งาน 1:7 - ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) หนา 3 นิ้ว - หลังคาพ่นฉนวนโฟมโพลียูริเทน 2 นิ้ว	- หลังคาที่ใช้ในโครงการมีค่าต่างกันในช่วงสูงสุดประมาณ10 เท่า - ประหยัดค่าของพลังงานความร้อนได้น้อยกว่าถึง 13.23 เท่า - ลดภาระการทำความเย็นสูงสุด (peak load) - ลดภาระการทำความเย็นโดยรวม (load capacity) - สร้างความ uniform ให้กับภาระการทำความเย็น - ปรับให้ภาระการทำความเย็นอยู่ในเวลากลางคืน
โรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม จังหวัดสมุทรปราการ	- ส่วนหลังคาฉนวนใยแก้ว หนา 6 นิ้ว และ 4 นิ้ว ความหนาแน่น 32 kg/m3 เว้นช่องว่างอากาศระหว่างฉนวนใยแก้ว 2 ชั้น - ส่วนผนัง โฟม EPS หนา 4 นิ้ว ความหนาแน่น 1.25 lb/ft3 - ส่วนพื้นฉนวนโฟมPU หนา 2 นิ้ว - ฉนวนฉนวนใยแก้ว 96 kg/m3 หนา 1 นิ้ว สำหรับดูดซับเสียง	- ส่วนผนัง มีการถ่ายเทความร้อนสูงสุดประมาณ 2.5 Btu/h·ft2 น้อยกว่าผนังทั่วไปถึง 10 เท่า - เพิ่มคุณภาพเสียงอยู่ภายในมาตรฐานกำหนด RT= 0.76–0.99 วินาที

5.6.2 สรุปการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

การใช้ฉนวนอย่างบูรณาการ การเลือกใช้ฉนวนได้อย่างเหมาะสมกับส่วนต่างๆ ของอาคารและรูปแบบของอาคาร จะสามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร และเมื่อมีการเลือกใช้ชนิดฉนวนที่เป็นเซลล์ปิดจะทำให้ป้องกันความชื้นได้อีกด้วย นอกจากนั้น การใช้ฉนวนเป็นเปลือกอาคารยังมีคุณสมบัติการกันเสียงทั้งจากภายนอกและผนังระหว่างห้อง หรือพื้นระหว่างชั้น และคุณสมบัติการดูดซับเสียง โดยสามารถอธิบายได้ ดังนี้

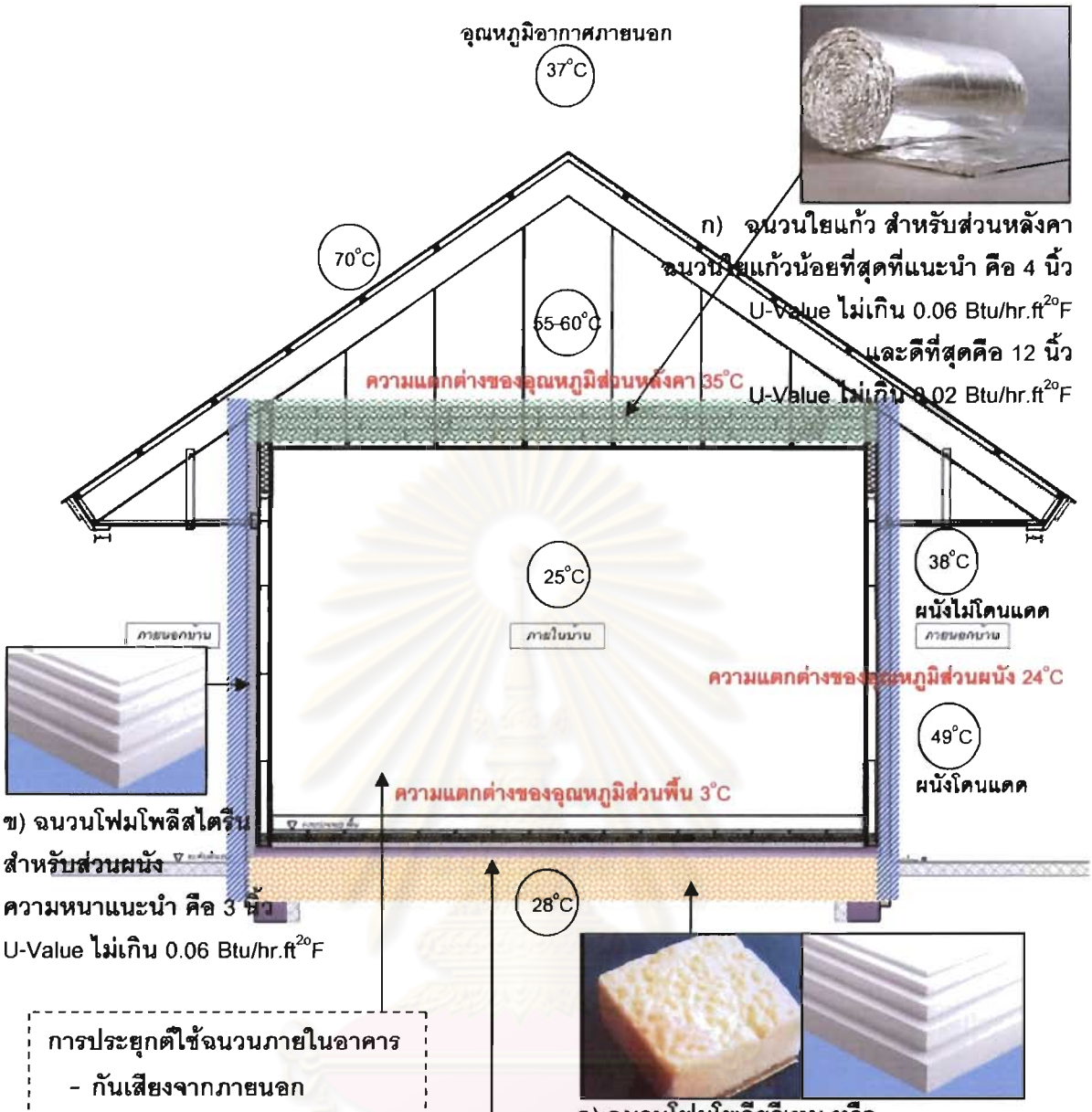
1. คุณสมบัติการป้องกันความร้อน สามารถดูได้จากค่าการต้านทานความร้อนของฉนวนแต่ละชนิด ขึ้นอยู่กับโครงสร้างเซลล์ เนื้อฉนวน ทั้งนี้เมื่อเพิ่มความหนาของฉนวนยังเป็นการเพิ่มค่าการต้านทานความร้อน สามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ร้อนและแปรปรวนได้ ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบใกล้เคียงหรือสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส ทำให้ความต้องการขนาดของเครื่องปรับอากาศลดลง ลดการใช้พลังงานของอาคาร

2. คุณสมบัติการกันเสียง ส่วนใหญ่วัสดุที่สามารถกันเสียงได้ดีจะมีลักษณะทึบตัน เช่น มวลสาร โดยมีค่าต่างๆ เพื่อบอกคุณสมบัติด้านเสียงของวัสดุ ดังนี้

- การส่งผ่านของเสียง Sound Transmission Class (STC) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการลดเสียงจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของระบบผนังหรือหลังคามีหน่วยเป็น (dBA) ซึ่งค่า STC ยิ่งมาก แสดงว่าระบบนั้นสามารถกั้นเสียงได้ดียิ่งขึ้น
- การลดระดับเสียงจากการส่งผ่านของเสียง Transmission Loss (TL)

3. คุณสมบัติการดูดซับเสียงจะต้องอาศัยคุณสมบัติของวัสดุ และการเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับ ทั้งนี้ค่าการดูดซับเสียงของฉนวนขึ้นอยู่กับเนื้อวัสดุและพื้นผิว เช่น เส้นใยของฉนวนใยแก้ว หรือขุยของฉนวนเซลลูโลส เนื่องจากพลังงานของคลื่นเสียงจะถูกกักไว้ในช่องว่างอากาศในเนื้อฉนวน นอกจากนั้น การเพิ่มขนาดของช่องว่างอากาศ คุณสมบัติการดูดซับเสียงจะเพิ่มขึ้นและช่วงของความถี่เสียงที่สามารถดูดซับได้จะกว้างขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการดูดซับเสียงดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเว้นขนาดของช่องว่างอากาศเพิ่มขึ้นอย่างเหมาะสมระดับหนึ่งเท่านั้น หากเว้นช่องว่างอากาศมากเกินไปค่าการดูดซับเสียงจะเริ่มลดลง

ดังนั้น การใช้ฉนวนอย่างบูรณาการจึงสามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อน ลดอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ ขนาดของเครื่องปรับอากาศลดลง ลดการใช้พลังงานของอาคาร กันเสียงจากภายนอกหรือห้องข้างเคียง ดูดซับเสียงจากภายในอาคาร เป็นการเพิ่มคุณภาพชีวิตได้อย่างสมบูรณ์



ภาพที่ 5-6 สรุปการใช้ฉนวนอย่างบูรณาการและประโยชน์ที่ได้

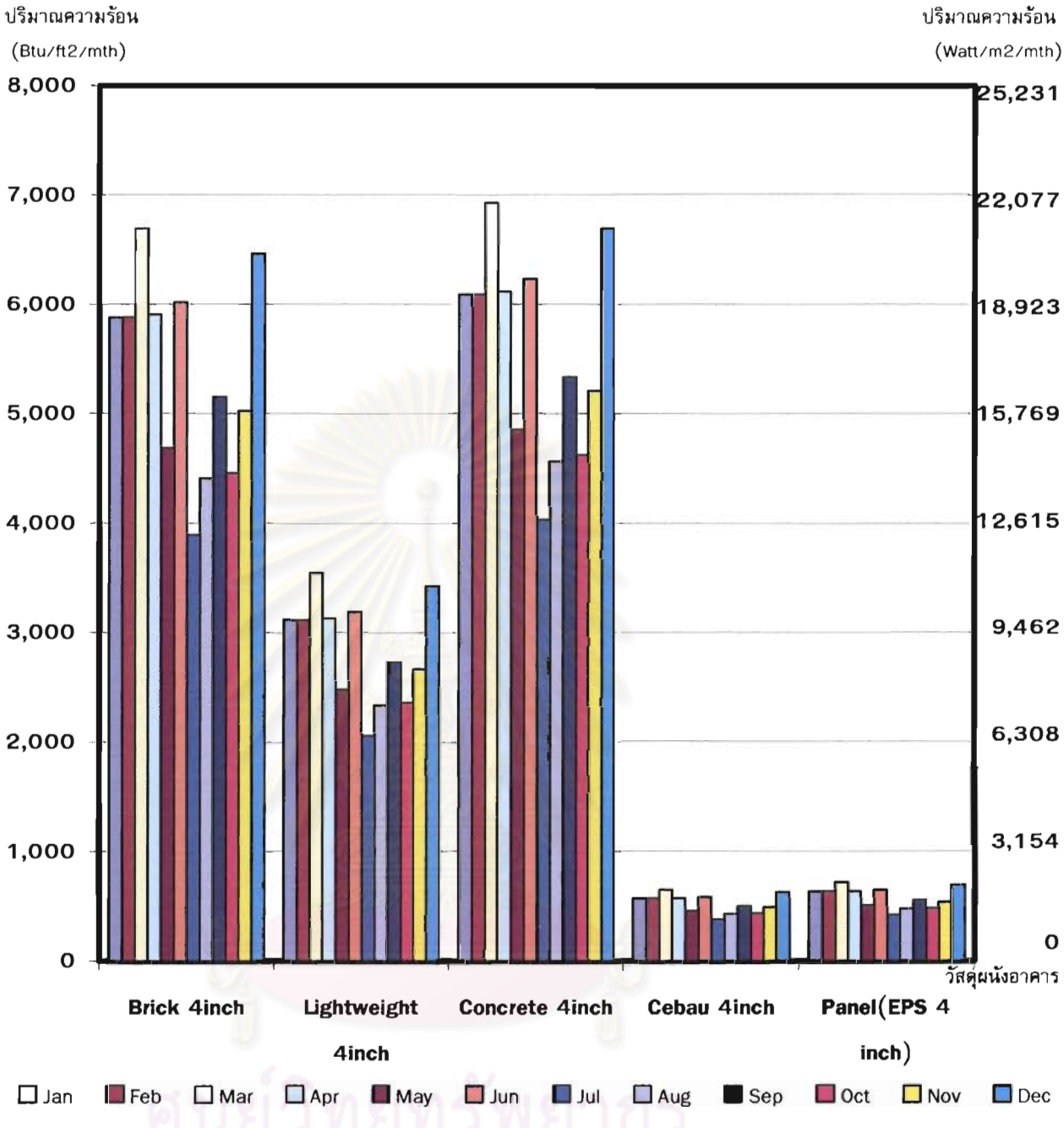
5.6.3 สรุปสิ่งที่ได้จากการใช้ฉนวนเชิงบูรณาการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

5.6.3.1 ลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร

การติดตั้งฉนวนอย่างถูกต้องและเหมาะสมช่วยให้ประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ลดอุณหภูมิสูงสุดของวันลงได้ และอุณหภูมิภายในคงที่มากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงสภาวะน่าสบายสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ ส่วนอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศจะช่วยลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศลงได้อย่างมหาศาล

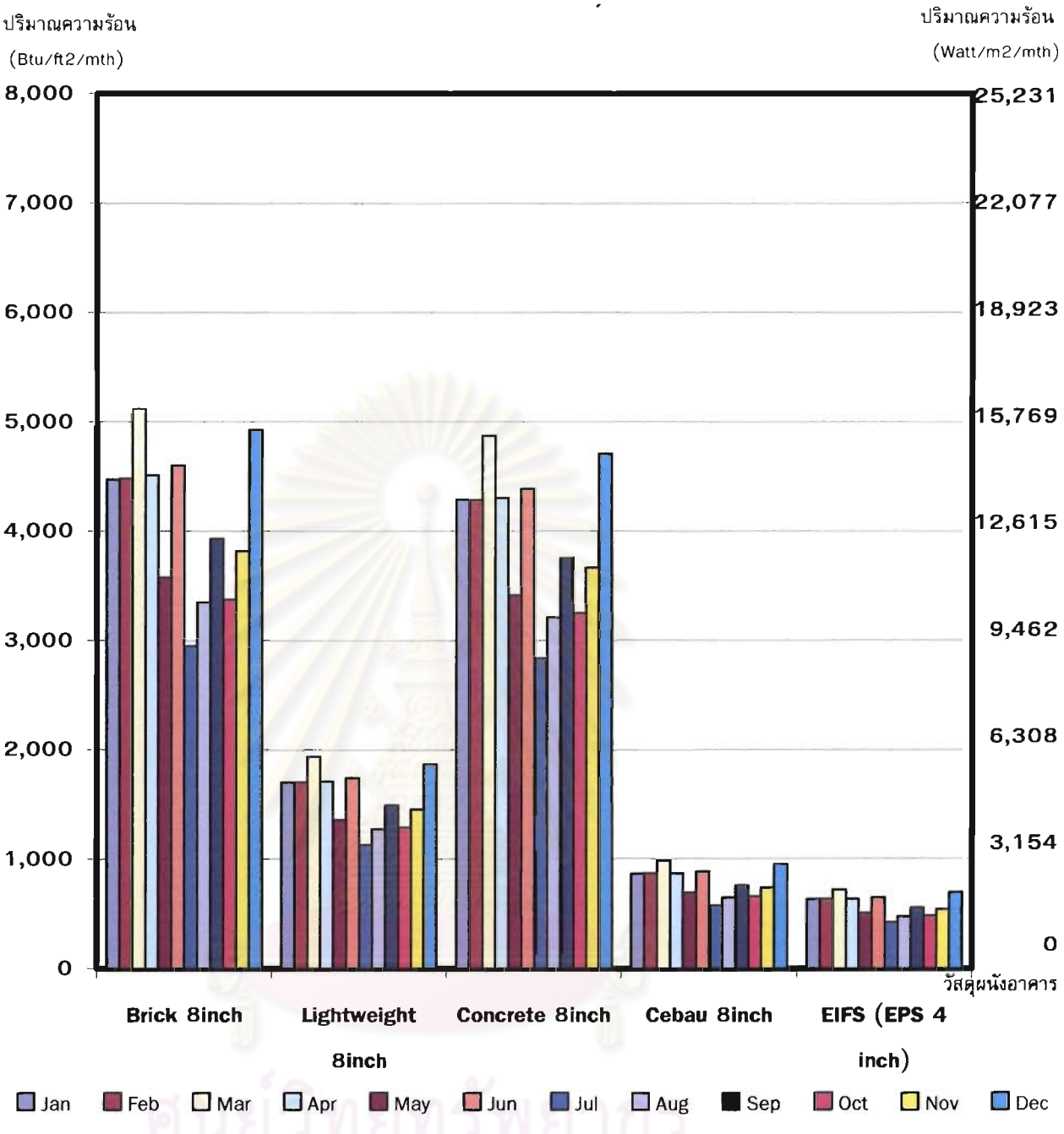
การประยุกต์ใช้ฉนวนอย่างเหมาะสมตามแนวทางที่เสนอ เปลือกอาคารมีค่าความต้านทานความร้อนสูง ทำให้ปริมาณความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้ลดลง ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารลดลง จากอาคารทั่วไป โดยผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว เมื่ออาคารติดตั้งระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกผนัง (EIFS) สามารถลดปริมาณความร้อนในช่วงเวลาอุณหภูมิสูงสุดของวันลงได้ ประมาณ 18.50 Btu/hr.ft^2 ทิศตะวันตก เดือนเมษายน และอาคารที่ส่วนหลังคากระเบื้องซีเมนต์ไม่ติดฉนวนกันความร้อน เมื่ออาคารมีส่วนหลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว สามารถปริมาณความร้อนในช่วงเวลาอุณหภูมิสูงสุดของวันลงได้ ประมาณ 14 Btu/hr.ft^2 เดือนเมษายน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 5-13 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนของผนังชนิดต่าง ๆ ความหนา 4 นิ้ว ตลอดปี แยกเป็นเดือนต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 5-14 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนของผนังชนิดต่างๆ ความหนา 8 นิ้ว ตลอดปี แยกเป็นเดือนต่างๆ

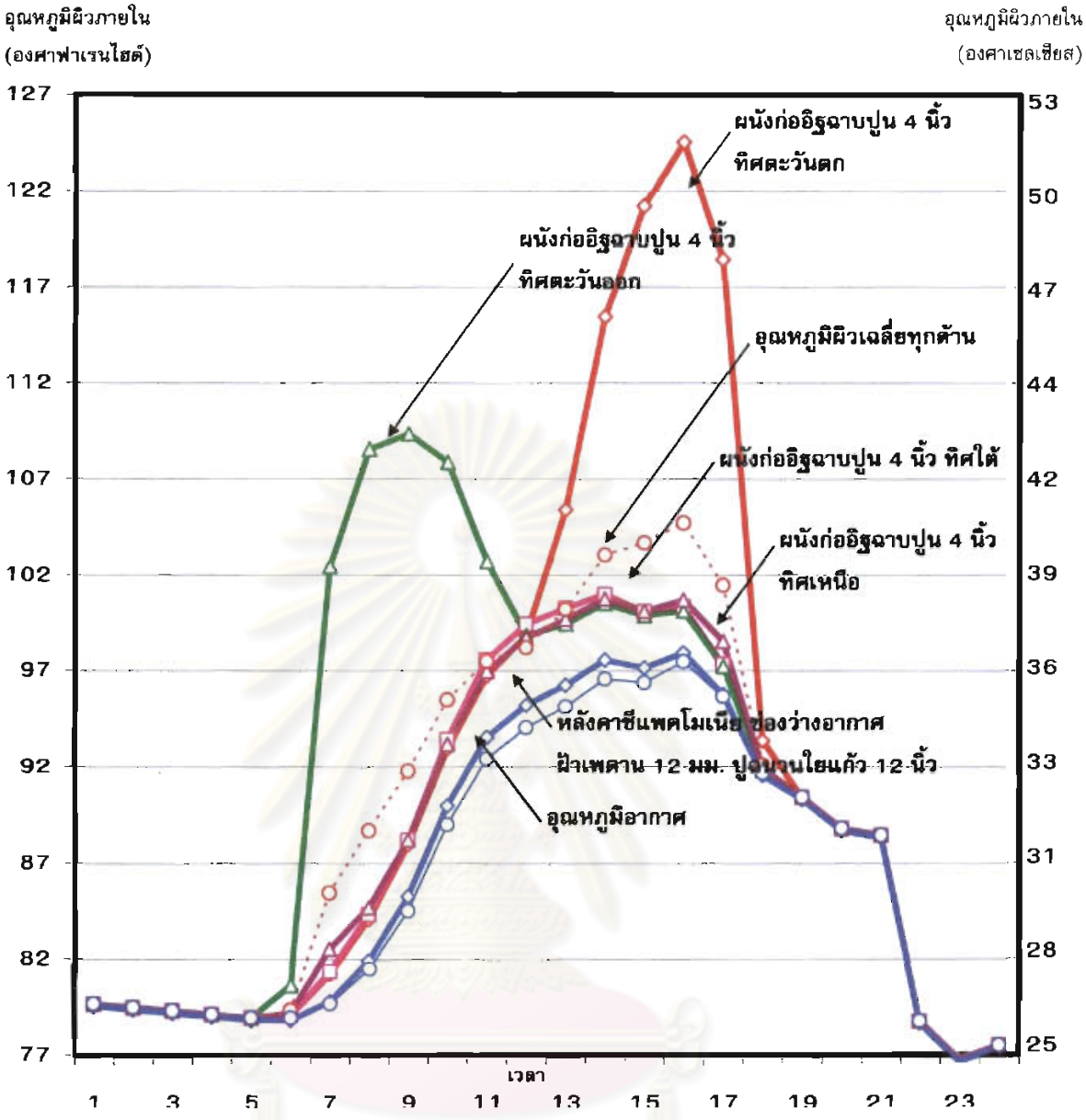
5.6.3.2 ลดอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ

การเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนให้กับเปลือกอาคารโดยการติดตั้งฉนวน นอกจากจะลดการถ่ายเทความร้อนจากอากาศภายนอกเข้ามาภายในอาคารแล้ว ยังส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT) ภายในอาคารลดลง ได้แก่ พื้นผิวด้านในของหลังคา เพดาน ผนัง และพื้น ลดลงด้วย

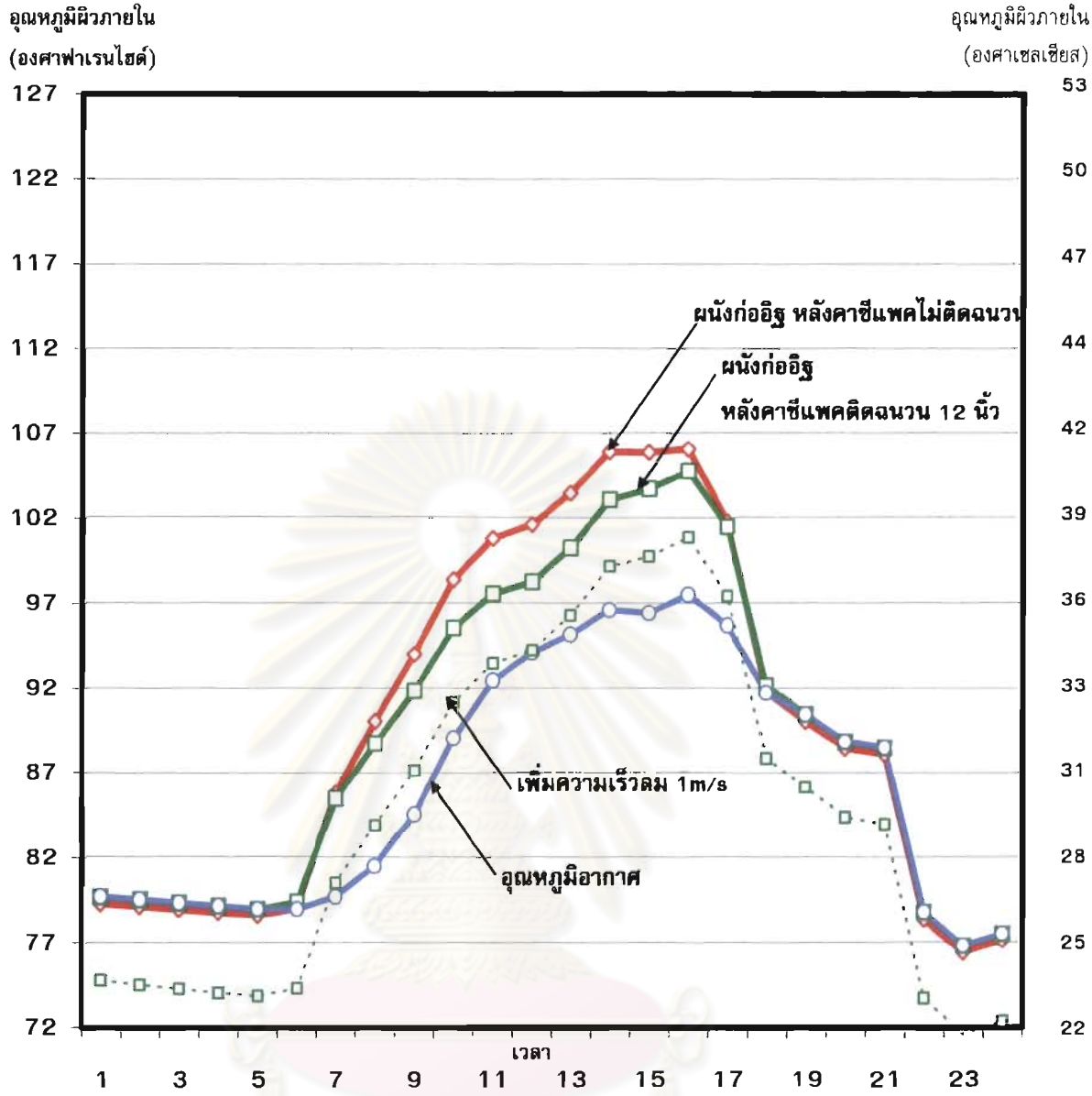
การประยุกต์ใช้ฉนวนอย่างเหมาะสมตามแนวทางที่เสนอ เปลือกอาคารมีค่าความต้านทานความร้อนสูง ทำให้ปริมาณความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้ลดลง ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารลดลง จากอาคารทั่วไป โดยผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว เมื่ออาคารติดตั้งระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกผนัง (EIFS) สามารถลดอุณหภูมิผิวภายในอาคารในช่วงเวลาอุณหภูมิสูงสุดของวันลงได้ ประมาณ 12 องศาฟาเรนไฮต์ ทิศตะวันตก เดือนเมษายน และอาคารที่ส่วนหลังคากระเบื้องซีเมนต์ ไม่ติดฉนวนกันความร้อน เมื่ออาคารมีส่วนหลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว สามารถลดอุณหภูมิผิวภายในอาคารในช่วงเวลาอุณหภูมิสูงสุดของวันลงได้ ประมาณ 15 องศาฟาเรนไฮต์ เดือนเมษายน

ดังนั้น เมื่อมีการใช้ฉนวนทั้งอาคาร จึงสามารถลดอุณหภูมิผิวภายในอาคารในช่วงเวลาอุณหภูมิสูงสุด เดือนเมษายน ได้ประมาณ 10 องศาฟาเรนไฮต์

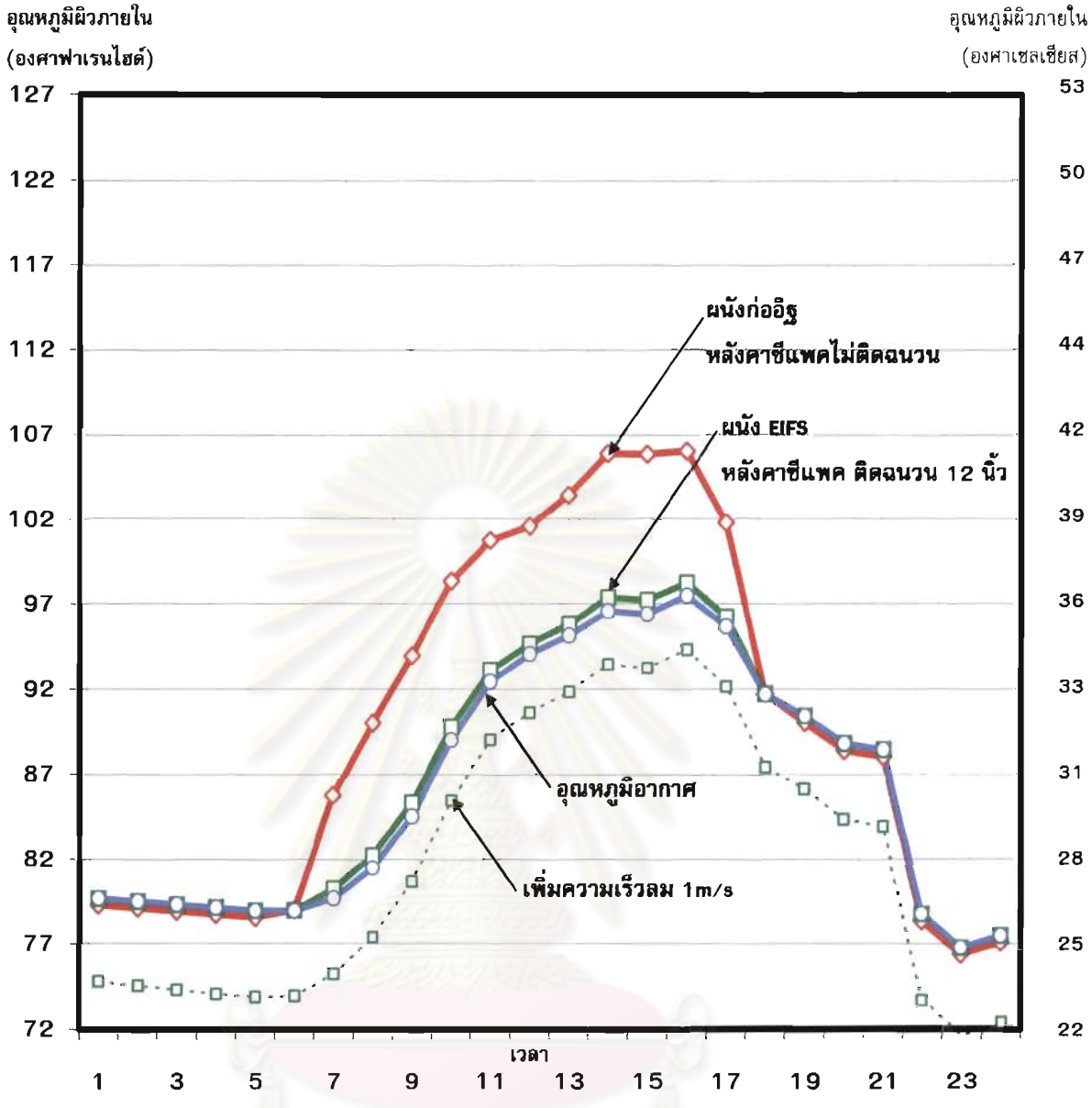
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 5-15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในแต่ละด้าน ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว



แผนภูมิที่ 5-16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเฉลี่ย ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว หลังคากระเบื้องซีเมนต์ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา12 นิ้ว และเพิ่มความเร็วลม 1m/s



แผนภูมิที่ 5-17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเฉลี่ย ผนัง EIFS หลังคากระเบื้องซีเมนต์ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา12 นิ้ว และเพิ่มความเร็วลม 1m/s

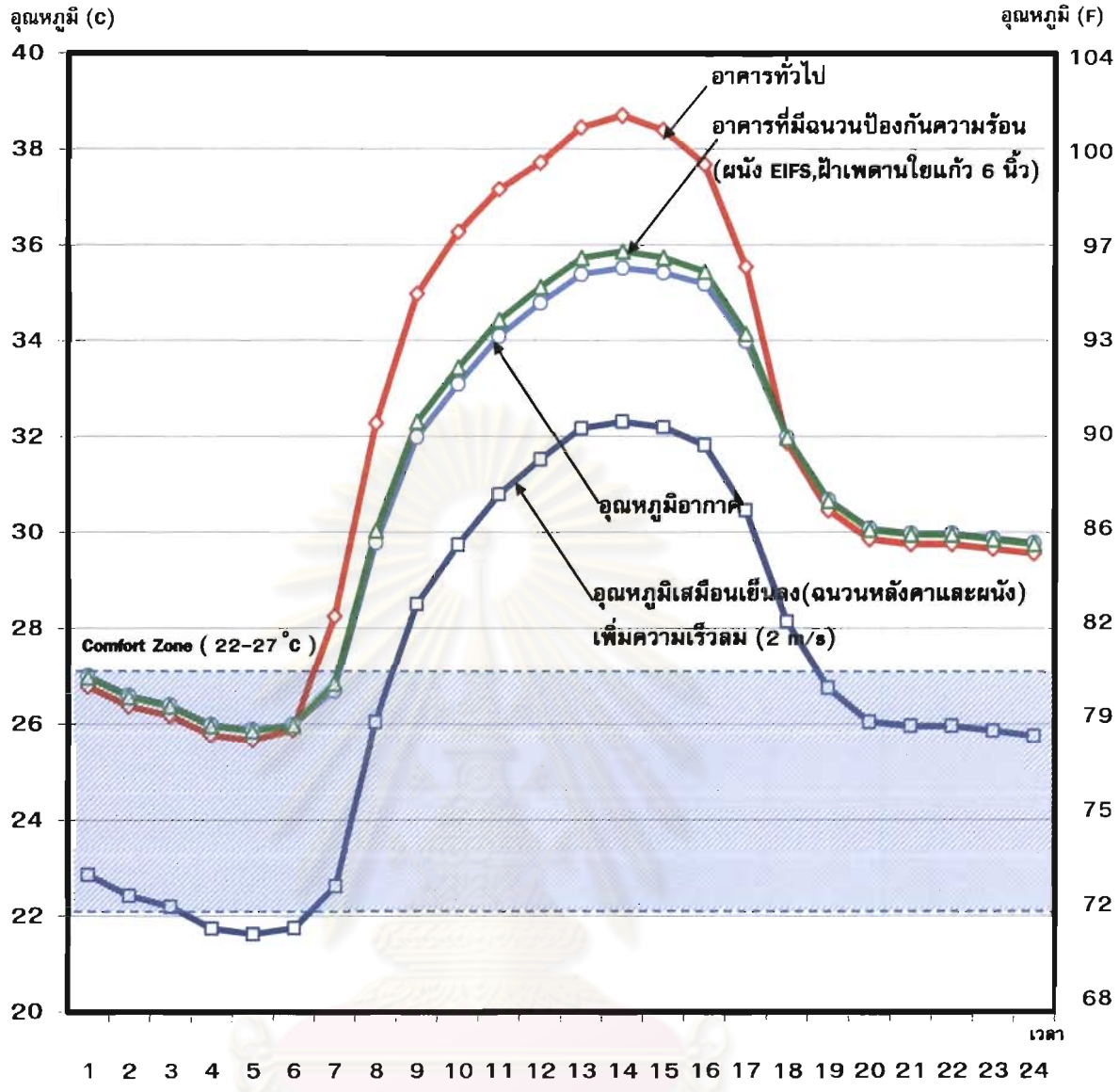
5.6.3.3 เพิ่มขอบเขตสภาวะน่าสบาย

ในช่วงเวลากลางวันที่อุณหภูมิของอากาศภายนอกสูงกว่าภายในอาคาร ความร้อนของอากาศภายนอกจะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ส่งผลต่อความรู้สึกร้อนขึ้นแก่ผู้อยู่ภายในอาคารโดยตรง จากผลการทดสอบ พบว่า เมื่อมีการติดตั้งฉนวนใยแก้วเหนือฝ้าเพดาน จะช่วยให้อุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดานลดลง เนื่องจากการติดตั้งฉนวนทำให้เปลือกอาคารมีค่าการต้านทานความร้อนสูงขึ้น ช่วยลดการสะสมและถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร เป็นการลดอิทธิพลจากการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร ทำให้อุณหภูมิผิวเฉลี่ยภายในอาคารเท่ากับอุณหภูมิอากาศ ส่งผลต่อความรู้สึกของผู้อยู่ภายในอาคารโดยตรง และหากมีการปรับสภาพแวดล้อมรอบอาคารดี จะยิ่งส่งผลต่ออุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ทำให้รู้สึกเย็นลง ดังที่กล่าวข้างต้นว่าเมื่ออุณหภูมิลดลง 1 องศาเซลเซียส จะเสมือนอุณหภูมิเย็นลง 1.4 องศาเซลเซียส อันมีผลต่อความรู้สึกเย็นลงของผู้อยู่ภายในอาคารที่ไม่มีการปรับอากาศ

การประยุกต์ใช้ฉนวนอย่างเหมาะสมตามแนวทางที่เสนอ จะสามารถเพิ่มขอบเขตช่วงสบายให้กับผู้อยู่ในอาคารได้เพิ่มขึ้นจากอาคารทั่วไป โดยผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ไม่ติดฉนวนกันความร้อน มีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปีเป็น 1,948 ชั่วโมง หรือร้อยละ 22.24 เมื่ออาคารติดตั้งฉนวน ผนัง EIFS หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว มีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบายตลอดเพิ่มขึ้นเป็น 2,111 ชั่วโมง หรือร้อยละ 24.10 และเมื่อเพิ่มความลม 1 เมตร/วินาที สามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย ได้เป็น 5,020 ชั่วโมง หรือร้อยละ 57.31 หรือเพิ่มขึ้นจากอาคารทั่วไปได้มากขึ้นร้อยละ 35 ของจำนวนชั่วโมงตลอดทั้งปี

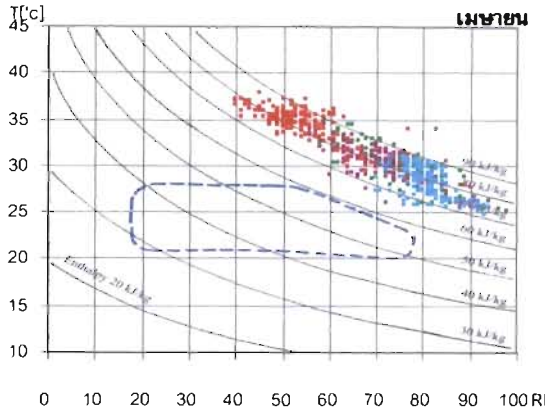
5.6.3.4 ลดแนวโน้มการใช้เครื่องปรับอากาศ

การประยุกต์ใช้ฉนวนอย่างเหมาะสมตามแนวทางที่เสนอ นอกจากจะเพิ่มขอบเขตช่วงสบายให้กับผู้อยู่ในอาคารได้เพิ่มขึ้นจากอาคารทั่วไป ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ไม่ติดฉนวนกันความร้อน เป็นอาคารที่มีการติดตั้งฉนวน ผนัง EIFS หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว สามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปีอีก 3,072 ชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นจากอาคารทั่วไปได้มากขึ้นร้อยละ 35 ของจำนวนชั่วโมงตลอดทั้งปี นับเป็นการลดแนวโน้มความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศได้อีก 3,072 ชั่วโมง หรือร้อยละ 35 ของจำนวนชั่วโมงตลอดทั้งปี

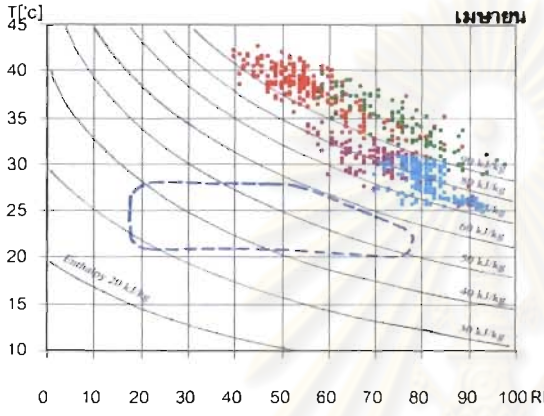


แผนภูมิที่ 5-18 แสดงเทคนิคการเพิ่มความรู้สึกสบายภายในอาคารไม่ปรับอากาศ เดือนเมษายน

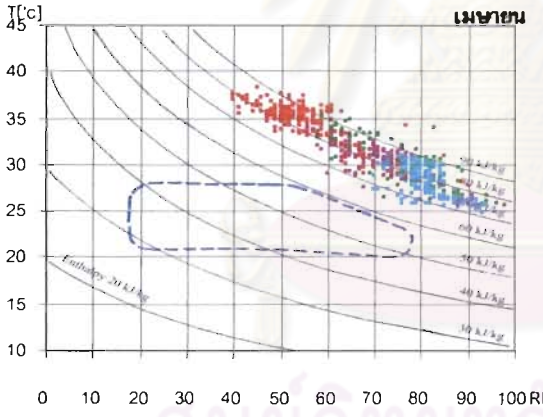
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



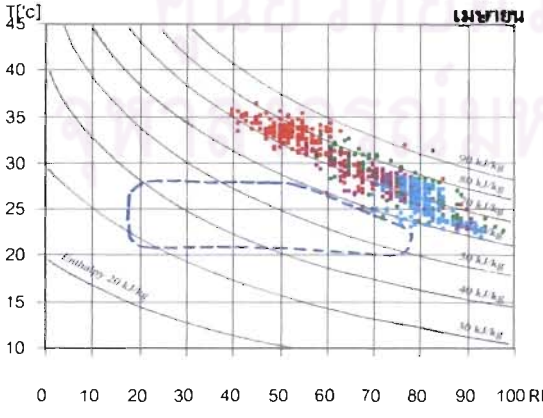
ก) อุณหภูมิอากาศ เดือนเมษายน พ.ศ. 2550



ข) อุณหภูมิผิวเฉลี่ยภายในอาคารทั่วไป ผนังก่ออิฐ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ไม่ติดฉนวนกันความร้อน พบว่า มีอุณหภูมิภายในอาคารสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ



ค) อุณหภูมิผิวเฉลี่ยภายในอาคารที่มีการใช้ฉนวนผนัง EIFS หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว พบว่า มีอุณหภูมิภายในอาคารใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศ



ง) อุณหภูมิผิวเฉลี่ยภายในอาคารที่มีการใช้ฉนวนผนัง EIFS หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว และเพิ่มความเร็วลมเพื่อสภาวะน่าสบาย 1 เมตรต่อวินาที (3.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) พบว่า มีอุณหภูมิเสมือนเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ

แผนภูมิที่ 5-19 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยของอาคารทั่วไปและอาคารที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนให้กับอาคาร และเพิ่มความเร็วลมเพื่อสภาวะน่าสบาย

5.6.3.5 ลดภาระในการปรับอากาศภายในอาคาร

การติดตั้งฉนวนอย่างถูกต้องและเหมาะสมช่วยให้ประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ลดอุณหภูมิสูงสุดของวันลงได้ และอุณหภูมิภายในคงที่มากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงสภาวะน่าสบายสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ ส่วนอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศจะช่วยลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศลงได้อย่างมหาศาล เปลือกอาคารมีค่าความต้านทานความร้อนสูง ทำให้ปริมาณความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้ลดลง ทำให้ปริมาณความร้อนลดลง จากอาคารทั่วไป ผนัง (EIFS) สามารถลดปริมาณความร้อนลงได้ ประมาณ 1,789.09 Btu/ft^2/yr ลดภาระในการปรับอากาศลงได้ประมาณ 11.72 เท่า และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว สามารถลดปริมาณความร้อนลงได้ประมาณ 905.79 Btu/ft^2/yr ลดภาระในการปรับอากาศลงได้ประมาณ 13.45 เท่า

5.6.3.6 ลดค่าใช้จ่าย ความคุ้มค่าการลงทุน

การติดตั้งฉนวนในอาคารช่วยให้มีค่าต้านทานความร้อนและการดันความชื้นได้ดี เปลือกอาคารไม่มีการสะสมความร้อนและความชื้น ส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอาคารที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ ในการลดอุณหภูมิ และรีดความชื้นจากอากาศภายในอาคาร เป็นการประหยัดการใช้พลังงาน ส่งผลต่อค่าไฟฟ้า ทำให้ค่าใช้จ่ายลดลง นอกจากนั้น ยังสามารถลดความต้องการในการปรับอากาศให้มีอุณหภูมิต่ำลง ส่งผลโดยตรงต่อการลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศและลดความต้องการขนาดของเครื่องปรับอากาศลง เป็นการลดค่าใช้จ่ายตั้งแต่ต้นเหตุและปลายเหตุ

5.6.3.7 คุณภาพเสียงภายในอาคาร

การติดตั้งฉนวนส่วนต่างๆ ของอาคาร สามารถป้องกันเสียงจากภายนอก ลดความดังของเสียงจากภายนอกได้อีกด้วย นอกจากนั้น การติดฉนวนภายในอาคารยังเกิดประโยชน์ด้านการดูดซับเสียงได้อีกด้วย ค่าการดูดซับเสียงขึ้นอยู่กับชนิดของฉนวนและรูปแบบการติดตั้ง เป็นการใช้ฉนวนอย่างบูรณาการ เกิดประโยชน์หลายต่อ คุ้มค่าการลงทุนยิ่งขึ้น

5.6.3.8 เพิ่มคุณภาพชีวิต

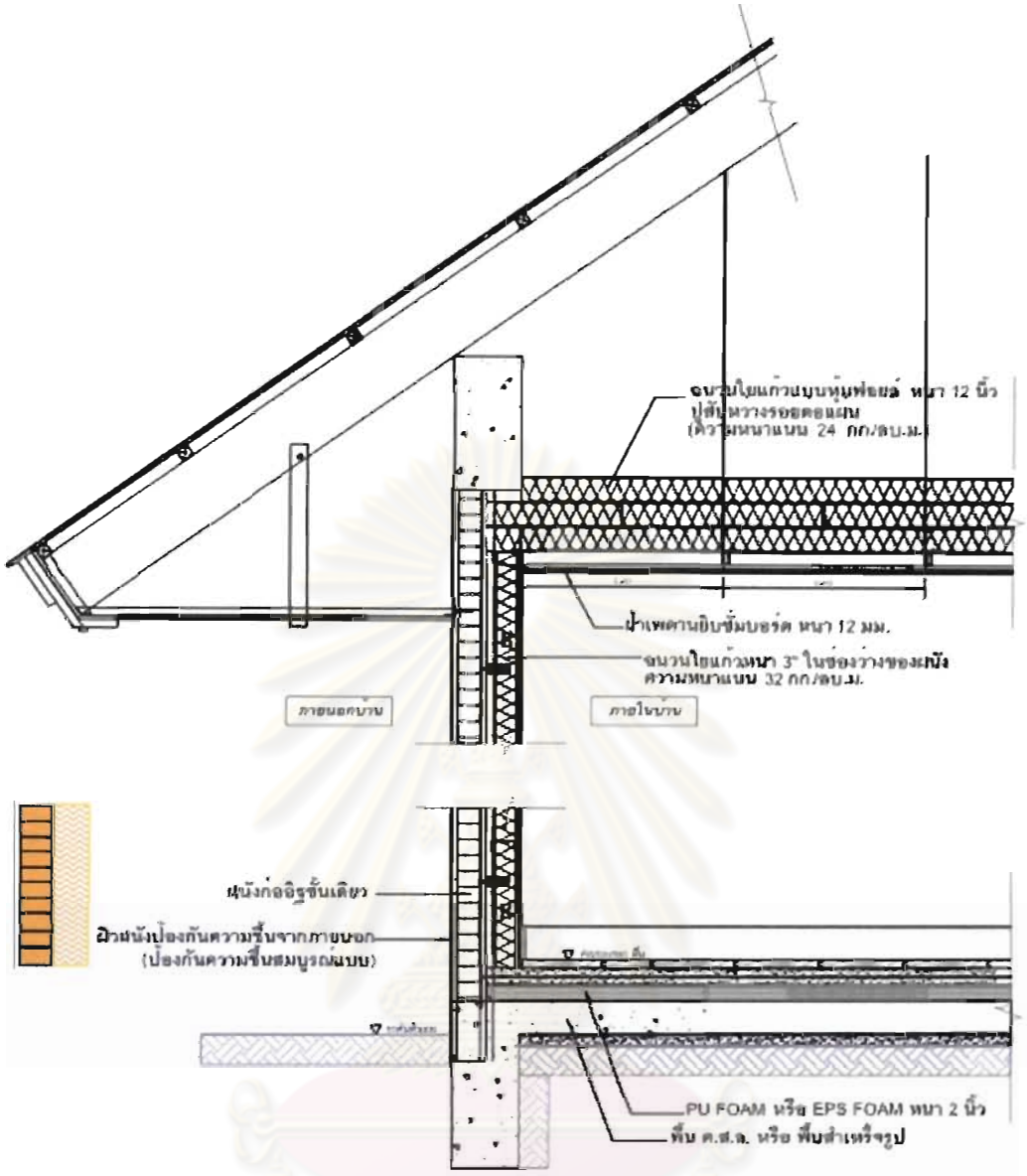
การติดตั้งฉนวนอย่างถูกวิธี ทำให้ลดอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบลง และมีอุณหภูมิคงที่ ไม่แปรปรวนตามสภาพอากาศ ไม่ต้องมีการปรับตัวของร่างกาย การที่ร่างกายไม่เจออากาศที่แปรปรวนทำให้มีสภาพร่างกายแข็งแรง ไม่ป่วยง่าย นอกจากนั้นยังทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารดีขึ้น คุณภาพเสียงภายในอาคารดีขึ้น มีการกันเสียงและการดูดซับเสียงอย่างเหมาะสม เป็นการเพิ่มคุณภาพชีวิต

ข้อเสนอแนะสำหรับอาคารเดิมที่ต้องการปรับปรุง

อาคารเก่าหรืออาคารที่ต้องการปรับปรุง ที่ไม่สามารถติดตั้งฉนวนส่วนผนังด้วยระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก สามารถติดตั้งฉนวนภายในอาคารได้แต่ต้องป้องกันความชื้นจากผนังภายนอกอย่างสมบูรณ์เพื่อลดการแทรกซึมของความชื้นจากภายนอก และใช้ฉนวนใยแก้วความหนา 3 นิ้ว ความหนาแน่นสูงปานกลางเพื่อป้องกันการร่นทับจากการติดฉนวนแนวตั้ง ควรมีความหนาแน่นตั้งแต่ 32 กก./ลบ.ม. ขึ้นไป

การติดตั้งฉนวนภายในอาคาร หากมีการป้องกันความชื้นจากผนังภายนอกอย่างสมบูรณ์นอกจากจะสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกแล้ว ยังเพิ่มคุณสมบัติด้านเสียง สามารถกันเสียงจากภายนอกหรือห้องข้างเคียง ดูดซับเสียงจากภายในอาคาร ซึ่งมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการดูดซับเสียงของฉนวนแต่ละชนิด และวิธีการติดตั้งร่วมกับส่วนต่างๆ ของอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

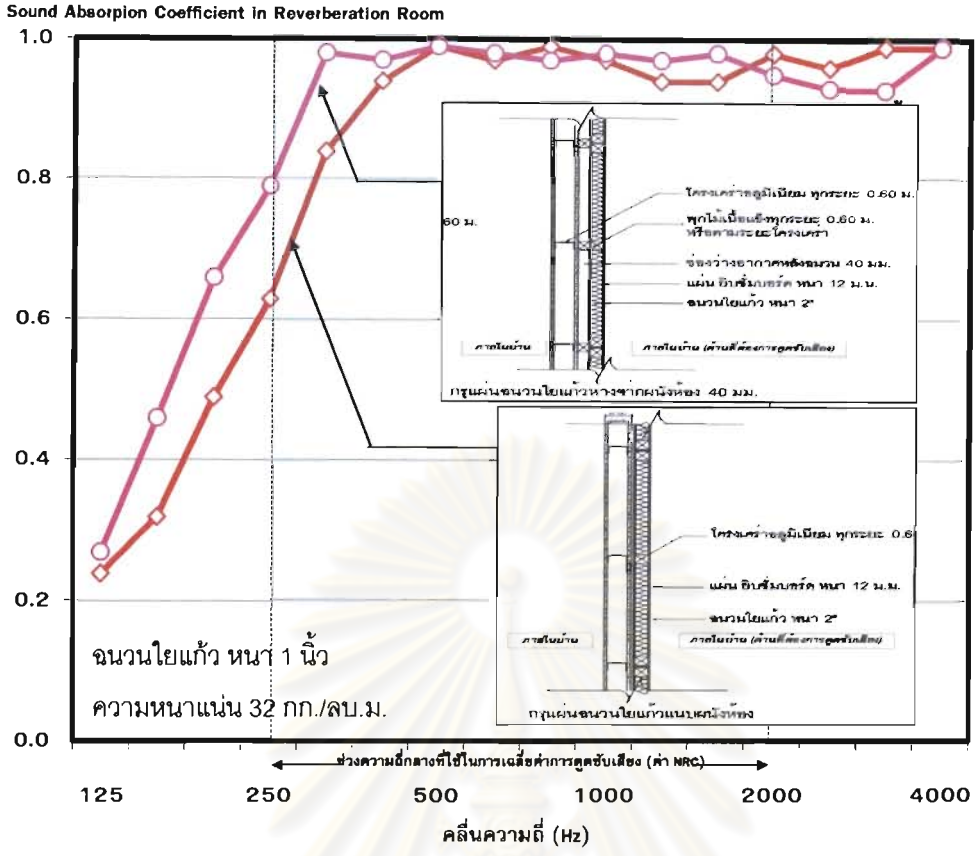


ส่วนหลังคา : หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาของฉนวนใยแก้วน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 4 นิ้ว และดีที่สุดคือ 12 นิ้ว
(ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ไม่เกิน 0.06 Btu/hr.ft^{2o}F)

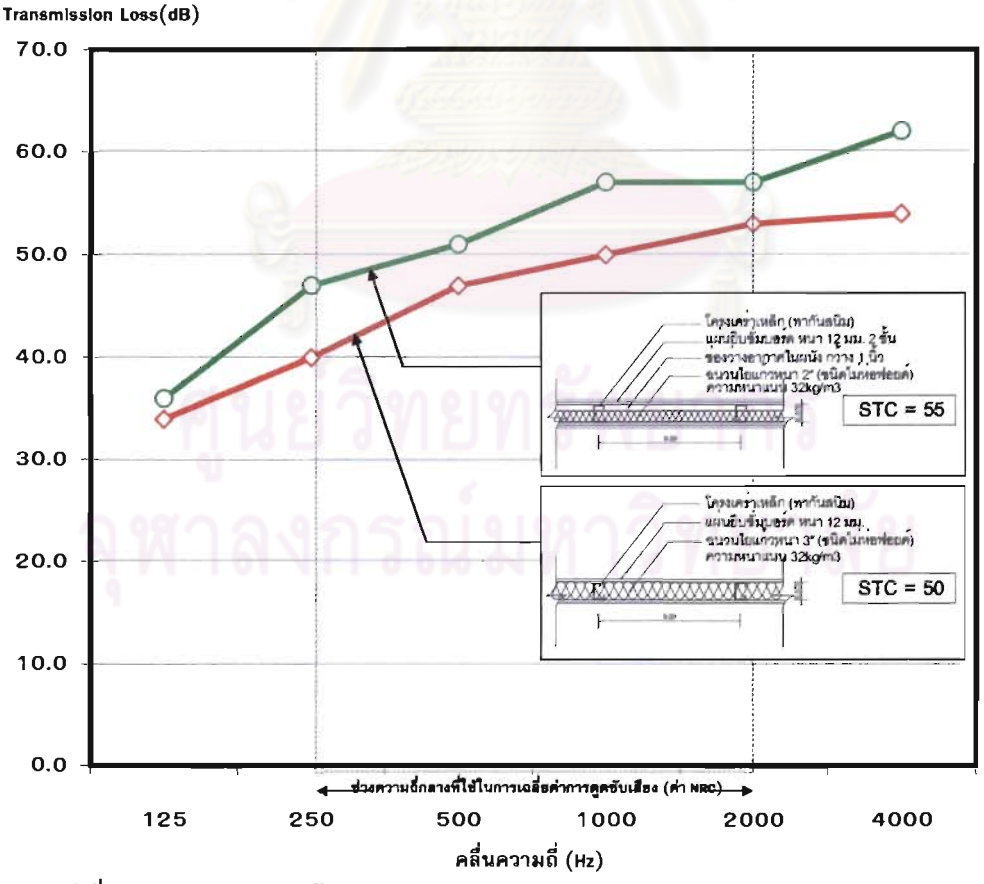
ส่วนผนัง : ผนังก่ออิฐ กรุฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 32 กก./ลบ.ม. ความหนาน้อยที่สุดที่แนะนำ คือ 3 นิ้ว ผิวผนังภายนอกต้องป้องกันความชื้นสมบูรณ์แบบ
(ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ไม่เกิน 0.068 Btu/hr.ft^{2o}F)

ส่วนพื้น : ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (EPS) หรือฉนวนโพลียูริเทน (PU) หนา 2 นิ้ว
(ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ไม่เกิน 0.13 Btu/hr.ft^{2o}F)

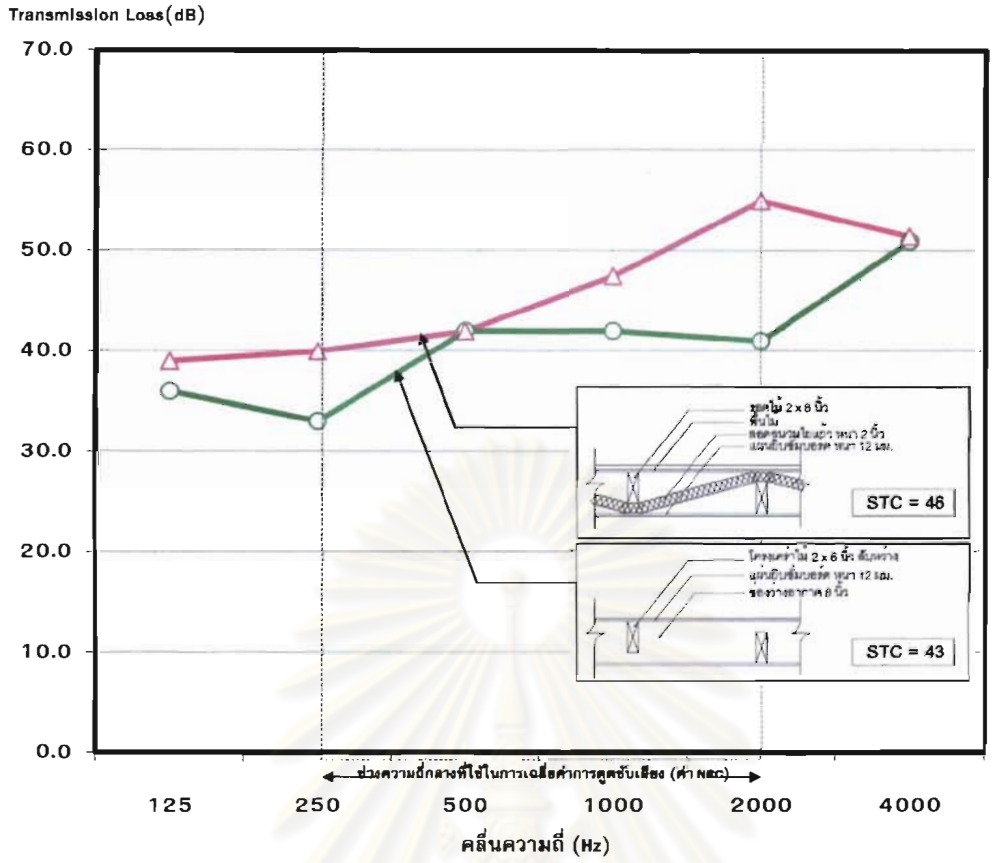
ภาพที่ 5-7 แสดงการประยุกต์ใช้ฉนวนสำหรับอาคารเก่าที่จำเป็นต้องติดฉนวนภายในอาคาร



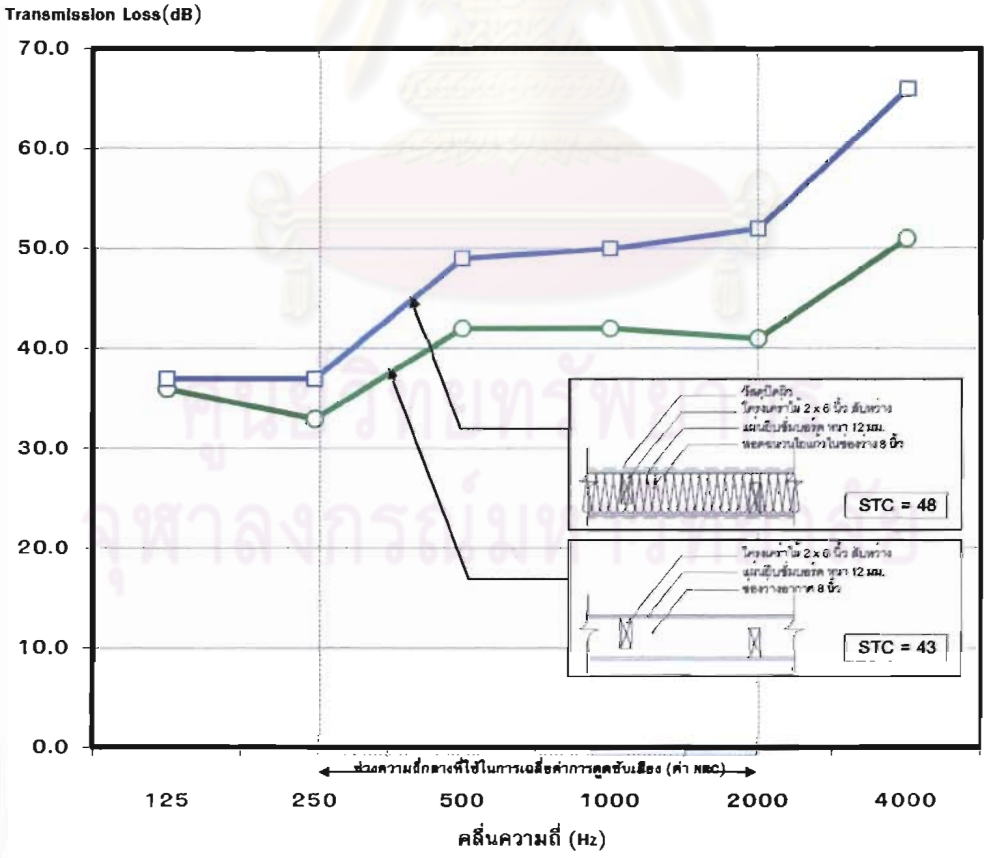
แผนภูมิที่ 5-20 แสดงเปรียบเทียบค่าการดูดซับเสียงฉนวนใยแก้วที่มีการเว้นช่องว่างหลังฉนวน



แผนภูมิที่ 5-21 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านของเสียงในผนังรูปแบบต่าง ๆ



แผนภูมิที่ 5-22 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านของเสียงในพื้นรูปแบบต่างๆ



แผนภูมิที่ 5-23 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านของเสียงในผนังรูปแบบต่างๆ

5.7 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากสถานการณ์พลังงานของประเทศไทยในปี 2552 ปริมาณการใช้พลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552) ดังนี้

- ปริมาณการใช้ 66,339 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
- ปริมาณการผลิต 61,699 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
- ปริมาณการนำเข้า 59,386 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ บ้านที่อยู่อาศัยมีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 10,070 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ หรือร้อยละ 15.19 ของสาขาเศรษฐกิจ และเมื่อเทียบปริมาณการใช้พลังงานกับการนำเข้าทั้งหมดจะเป็นร้อยละ 17 จากจำนวนบ้านทั่วประเทศ 20,089,221 หลัง และเฉพาะในเขตกรุงเทพ 2,207,453 หลัง (กรมการปกครอง, 2550) และจากผลจากการสำรวจในปี 2552 พบว่าครัวเรือนทั่วประเทศมีค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นเฉลี่ยเดือนละ 16,205 บาท โดยมีการจ่ายค่าไฟฟ้าร้อยละ 26.9 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553) ดังนั้น ค่าไฟฟ้าส่วนของการปรับอากาศ 3,400 บาท และเป็นค่าไฟฟ้าจากเปลือกอาคารส่วนทึบ 2,142 บาท

คาดการณ์บ้านที่อยู่อาศัยที่ใช้เครื่องปรับอากาศ ใช้พลังงานรวมเป็น ร้อยละ 75 เทียบได้เป็นการใช้พลังงาน 3,712 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เทียบปริมาณการใช้พลังงานกับการนำเข้าทั้งหมดจะเป็นร้อยละ 6.25

หากบ้านทุกหลังใช้ฉนวนได้อย่างถูกต้องแล้ว สามารถลดพลังงานจากการปรับอากาศส่วนเปลือกอาคารได้มากถึงเดือนละ 1,963.50 บาท และลดการใช้พลังงานของชาติลงเหลือ 309 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ลดไปได้ 3,712 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) หรือสามารถทดแทนการนำเข้าของพลังงานได้ร้อยละ 6.25

<u>การคำนวณอ้างอิง</u>

- บ้านที่อยู่อาศัยมีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 10,070 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
- บ้านที่ใช้เครื่องปรับอากาศ ใช้พลังงานรวมเป็น 7,553 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ร้อยละ 75)
- พลังงานจากการปรับอากาศเป็น 78% ของพลังงานภายในบ้าน
- เปลือกอาคารส่วนทึบเป็น 63% ของพลังงานการปรับอากาศ (เปลือกอาคารส่วนทึบ คือ หลังคา ผนัง พื้น)
- การใช้ฉนวนเปลือกอาคารอย่างถูกต้องลดการใช้พลังงานลงประมาณ 12 เท่า

ด้วยเหตุนี้ การใช้ฉนวนอย่างบูรณาการ จะช่วยลดค่าไฟฟ้าของบ้านแต่ละหลังลง 12 เท่า และยังลดแนวโน้มการใช้พลังงานจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพิ่มได้สำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ ลดอิทธิพลความแปรปรวนตามสภาพอากาศ ลดความเจ็บป่วยให้กับผู้อยู่อาศัย เป็นการเพิ่มคุณภาพชีวิต นอกจากนั้นยังลดปริมาณการใช้พลังงานของชาติลงได้อย่างมหาศาล ช่วยลดวิกฤติพลังงานในปัจจุบันได้อย่างเป็นรูปธรรม

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การปกครอง, กรม. รายงานสถิติจำนวนประชากร และบ้าน ทั่วประเทศและรายจังหวัด [ออนไลน์]. 2550. แหล่งที่มา: http://www.dopa.go.th/xstat/pop50_1.html [2553, พฤษภาคม 6]

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด [ออนไลน์]. 2553ก. แหล่งที่มา: http://www.ryt9.com/s/nnd/867196 [2553, มีนาคม 26]

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. ความต้องการพลังไฟฟ้าของประเทศ [ออนไลน์]. 2553ข. แหล่งที่มา: http://prinfo.egat.co.th/addbase_save/file/53010202010/peak2552.pdf [2553, มีนาคม 26]

จันทร์รุ่ง มนต์วิเศษ. การป้องกันการเกิดการควบแน่นของฉนวนใยแก้วในระบบผนังอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

จิตพัต ฉอเรืองวิวัฒน์. การสร้างแบบประเมินบ้านรักษ์นิเวศสำหรับภูมิภาคร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์. ระบบเสียงภายใน และภายนอกอาคาร [ออนไลน์]. 2548. แหล่งที่มา: http://www.ap.tu.ac.th/envtech/Course/BuildingTech/AR341_EnvTech2_Lighting_Acoustic/Lecture2/ [2551, ธันวาคม 13]

ตระการ ก้าวกสิกรรม. คู่มือฉนวนความร้อน. กรุงเทพมหานคร: เอ็มแอนด์อี, 2537

ท็อปอินซูเลชั่น แอนด์ เทรดดิ้ง. ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันเสียง และการใช้ฉนวนกันเสียง [ออนไลน์]. 2548. แหล่งที่มา: http://www.topinsulation.com/knowledge6.htm [2551, ธันวาคม 13]

บุญยฤทธิ์ เผือกผ่องสุริยะ. การพัฒนา CLTD และ SCL สำหรับคำนวณภาระการทำความเย็นของอาคารในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ฝ่ายสื่อสารองค์การ ศูนย์สารสนเทศ. ข้อมูลและสถิติ [ออนไลน์]. 2551ก. แหล่งที่มา: http://pr.egat.co.th/AnnualReport/annual2008/annual08_th/annual2008th_p102.pdf [2553, มีนาคม 26]

ฝ่ายสื่อสารองค์การ ศูนย์สารสนเทศ. รายงานประจำปี 2551 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย [ออนไลน์]. 2551ข. แหล่งที่มา: http://pr.egat.co.th/AnnualReport/annual2008/annual08_th/Annual2008TH_ALL.pdf [2553, มีนาคม 26]

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. โครงการจัดทำแผนปฏิบัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในบ้านที่อยู่อาศัย [ออนไลน์]. 2547. แหล่งที่มา: http://www2.dede.go.th/new-homesafe/webban/actionplan.htm [2553, มีนาคม 26]

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. รายงานพลังงานของประเทศไทย 2551 [ออนไลน์]. 2551. แหล่งที่มา: http://pr.egat.co.th/AnnualReport/annual2008/annual08_th/Annual2008TH_ALL.pdf [2553, มีนาคม 26]

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. สถิติพลังงานของประเทศไทย ปี 2552 (ฉบับเบื้องต้น) [ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา: http://www dede.go.th/dede/fileadmin/usr/wpd/static/stat53/Sumary%20of%20Thailand%20Energy%20Statistics-2009(preliminary).pdf [2553, มีนาคม 26]

รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ. อิทธิพลของการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการผสมมวลสารและฉนวนเข้าด้วยกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัย เรื่องโครงการทำฐานข้อมูลผนังอาคารในประเทศไทยสำหรับการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

วิศกร นภีรงค์. อิทธิพลของมุมเอียงต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบหลังคา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

ศศิน วิบูลบัณฑิตยกิจ. อิทธิพลของการรั่วซึมของอากาศต่อการใช้พลังงานในอาคารปรับอากาศผ่านทางผ่านผนังและช่องเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. พจนานุกรมศัพท์วัสดุศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: (ม.ป.ท.), 2548.

สฤกกา พงษ์สุวรรณ. การวิเคราะห์ระดับเอนทัลปีเพื่อหาแนวทางการออกแบบอาคารปรับอากาศสำหรับภูมิภาคร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. สรุปสถานการณ์การใช้พลังงานของครัวเรือนปี 2552 [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.ryt9.com/general/ [2553, เมษายน 24]

สุนทร บุญญาธิการ การเลือกใช้วัสดุเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2539ก.

สุนทร บุญญาธิการ. การใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ. วารสารอาษา (กรกฎาคม 2539ข): 102-103.

สุนทร บุญญาธิการ. ผนังฉนวนกันความร้อน. วารสารอาษา (กรกฎาคม 2539ค): 70-71.

สุนทร บุญญาธิการ. อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ: อาคารตัวอย่างของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. วารสารอาษา (สิงหาคม 2539ง). 12-16

สุนทร บุญญาธิการ. การใช้ฉนวน. กรุงเทพมหานคร: คอมฟอร์ม, 2543.

สุนทร บุญญาธิการ. การออกแบบประสานระบบ มหาวิทยาลัยชินวัตร. กรุงเทพมหานคร: จีเอ็ม แม็ก มีเดีย, 2545ก.

สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545ข.

สุนทร บุญญาธิการ และคนอื่นๆ. พลังงานใกล้ตัว. กรุงเทพมหานคร: เฟิสท์ ออฟเซท (1993), 2545ค.

สุนทร บุญญาธิการ. อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์เจอร์นัล, 2545ง.

สุนทร บุญญาธิการ. บ้านซีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อคุณภาพชีวิตผลิตพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ภาษาอังกฤษ

American Society of Heating, Refrigeration and Air-condition Engineering. ASHRAE Fundamentals. Kuala Lumper: (n.p.), 1989.

American Society of Heating, Refrigeration and Air-condition Engineering. ASHRAE Handbook Fundamentals SI Edition. Atlanta. Geoegia: American Society of Heating, Refrigeration and Air-condition Engineers, 1997.

American Society of Heating, Refrigeration and Air Condition Engineering. 2001 ASHRAE Fundamentals Handbook IP Edition. Atlanta Georgia: (n.p.), 2001.

Bansal, N., Passive Building Design : A Handbook of Natural Climatic Control. Oxford: Elsevier Science, 1994.

Bradshaw, V. Building control systems. Second Edition. New York: John Wiley & Sons, 1993.

Cowan, Henry J. and Perter R. Smith. The Science and Technology of Building Materials, "Exclusion of Water and Water Vapor". New York: Vantrand Reinhold, 1988.

Egan E. David. Concepts in Architectural Acoustics. New York: McGraw-Hill, 1972.

Fanger, P.O. Thermal confort : analysis and applications in environmental engineering. New York: McGraw-Hill, 1970.

Lstiburek and Carmody. Moisture Control Handbook: Principles and Practices for Residentials and Small Comercial Buildings. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.

Mohammad S. Al-Homoud. Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. Building and Environment. Vol.40, No.3 (2005): 353-366.

Norbert Lechner. Heating, Cooling, Lighting. Second Edition. New York: John Wiley & Sons, 2001.

Occupational Safety & Health Administration. Occupational Safety & Health Administration [Online]. 2005. Available from: http://www.osha.gov/ [2007, November 23]

Olgyay, V. Design with Climate Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. Fourth Edition. New Jersey: Princeton University Press, 1973.

Stein, B., Reynolds, J. S. and McGuiness, W. J. Mechanical and electrical equipment for buildings. Seventh Edition. Canada: John Wiley & Sons, 1986.

The Association for Better Insulation. Notable Historical Events in the fiberglass Insulation Industry [Online]. 2005. Available from: http://www.betterinsulation.com/Timeline.htm [2008, January 12]

The International Agency for Research on Cancer. Identification et valuation des cancrognes:Les Monographies du CIRC [Online]. 2005. Available from: http://www.iarc.fr/ [2008, January 20]

The North American Insulation Manufacturers Association. FAQs about the Health and Safety of Rock and Slag Wool [Online]. 2005. Available from: http://www.naima.org/pages/benefits/hspp/hspp_liter.html [2007, November 23]

William C. Turner and John F.Malloy. Thermal Insulation Handbook. Florida: Robert E. Krieger Publishing, 1981.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
คำศัพท์และคำนิยามในงานวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำศัพท์และคำนิยามในงานวิจัย

การควบแน่น (Condensation)

กระบวนการเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว หรือของแข็ง การที่ไอน้ำเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำเหลวบนผิวของพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำค้างของไอน้ำ

การดูดกลืน (Absorption)

การที่สสารรับพลังงานในรูปแบบหนึ่งเข้าไป แล้วเปลี่ยนพลังงานบางส่วนหรือทั้งหมดไปเป็นรูปแบบอื่นทำให้ค่าของพลังงานในรูปแบบตั้งต้นลดลง

การดูดซับ (Absorption)

การที่โมเลกุล อะตอมหรือไอออนของแก๊ส ของเหลว หรือสารที่หลอมเหลวเกาะยึดเป็นชั้นบางมากๆ บนพื้นผิวของของแข็งหรือของเหลวอื่นๆ

การดูดซึม (Absorption)

คุณสมบัติของวัสดุซึ่งสามารถที่จะเก็บของเหลว (อาจในรูปของเหลวหรือไอน้ำ) โดยเฉพาะด้วยการดูด และรับเข้าไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารที่อยู่ในสภาพของแข็ง เช่น ตัวดูดกลืนสกัดสารบางอย่างออกจากของเหลวหรือแก๊สที่มาสัมผัส

การถ่ายโอนความร้อน (Heat Transfer)

การส่งผ่านความร้อนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยการนำ การพาหรือการแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อน (Heat radiation)

การถ่ายโอนความร้อนจากสสารในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าการแผ่รังสีความร้อนนี้ไม่ต้องอาศัยวัตถุและสามารถผ่านไปในอวกาศได้

การพาความร้อน (Heat convection)

การถ่ายโอนความร้อนผ่านของไหล โดยโมเลกุลของของไหลเมื่อรับความร้อนจะขยายตัวและเคลื่อนที่สูงขึ้นเนื่องจากแรงลอยตัวพร้อมทั้งพาความร้อนไปด้วย

การส่งผ่านความร้อน (Thermal Transmission, heat)

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเท เนื่องจากการนำ การพาหรือการแผ่รังสีความร้อน ภายใต้สภาวะที่ดำเนินอยู่

การหน่วงความร้อน (Thermal Time Lag, Time Lag)

ส่วนใหญ่จะนิยมใช้คำว่า "Time Lag" หมายถึง ระยะเวลาที่ความร้อนถ่ายเทจากด้านที่ร้อนกว่าไปยังด้านที่เย็นกว่าของผนัง หรือหลังคาอาคาร ระยะเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับมวลสาร และความจุความร้อนของผนังหรือหลังคา โดยทั่วไปสำหรับผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว ระยะเวลาดังกล่าวอาจนานถึง 4 ชั่วโมง หมายความว่า ความร้อนที่เกิดจากด้านหนึ่งจของผนังต้องใช้เวลานาน 4 ชั่วโมง เพื่อถ่ายเทไปสู่อีกด้านหนึ่งของผนัง

ความจุความร้อน (Heat Capacity)

ความสามารถในการกักเก็บความร้อนของสสาร สสารที่มีความจุความร้อนมาก เมื่อได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นช้ากว่าสสารที่มีความจุความร้อนน้อย ในอาคารมีสสารที่จัดว่ามีความจุความร้อนมากหลายชนิด เช่น คอนกรีต หิน อิฐ เป็นต้น

ความจุความร้อน (Heat Capacity)

อัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่ให้แก่สสารต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น มีหน่วยเป็น JK^{-1}

ความต้านทาน (Resistance)

สมบัติของตัวนำในการต้านการไหลกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำนั้น มีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ที่ปลายทั้งสองของตัวนำกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่าน สัญลักษณ์คือ R

ความต้านทานความร้อน (Thermal or Heat Resistance)

คุณสมบัติของวัสดุในการทนทานต่อความร้อนโดยปราศจากการเสื่อมสภาพหรือการเสียหาย

ความร้อน (Heat)

ผลการเคลื่อนไหวของโมเลกุลและกระทำร่วมกับแรง พลังงานในรูปแบบชั่วขณะ

ความสามารถนำความร้อน (Thermal Conductivity)

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านหน่วยพื้นที่ของวัสดุต่อหน่วยเวลา ผ่านความหนา 1 หน่วย ด้วยผลต่างอุณหภูมิระหว่างพื้นผิวของด้านทั้งสอง 1 หน่วย

ความสามารถในการไม่ลุกไหม้ (Nonflammable)

คุณสมบัติของวัสดุที่ป้องกันตัวเองจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนอย่างรวดเร็วและปลดปล่อยความร้อนในการสันดาป เมื่อสัมผัสกับไฟหรือเปลวไฟ

ความสามารถในการลุกไหม้ (Flammable)

คุณสมบัติของวัสดุซึ่งช่วยให้ตัวเองเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนอย่างรวดเร็วและปลดปล่อยความร้อนในการสันดาป เมื่อสัมผัสกับไฟหรือเปลวไฟ และยังคงเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง แม้เมื่อเอาแหล่งจุดไฟภายนอกออกไปแล้ว

ความหนาแน่น (Density)

มวลของวัสดุต่อหน่วยปริมาตร โดยทั่วไปแสดงเป็นหน่วยกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ความหนาแน่น-จริง (Density-real) น้ำหนักของวัสดุต่อหน่วยปริมาตร โดยไม่คิดโพรงอากาศในวัสดุ โดยปกติคิดหน่วยเป็น kg/m^3 หรือ lb/ft^3

ความหนาแน่น-ปรากฏ (Density-apparent) น้ำหนักของวัสดุต่อหน่วยปริมาตรตามที่โรงงานผู้ผลิตระบุ ซึ่งจะรวมโพรงอากาศในวัสดุด้วย

ค่าแทรกซึมความชื้น (Permeability)

คุณสมบัติในการป้องกันความชื้นของวัสดุแต่ละชนิด มีหน่วยเป็น perm โดย 1 perm เท่ากับปริมาณไอน้ำจำนวน 5.72 x 10-11 กิโลกรัม (kg) ที่ถ่ายเทผ่านพื้นที่ผิว 1 ตารางเมตร (m2) ในเวลา 1 วินาที (s) โดยมีผลต่างของความดันไอน้ำ เท่ากับ 1 ปาสคาล (Pa) นั่นคือ

$$1 \text{ perm} = 5.72 \times 10\text{-}11 \text{ kg/pa} * s * m^2$$

ค่าแทรกซึมความชื้นอาจหาด้วยวิธีทดสอบแบบ Wet-cup หรือ Dry-cup โดยปกติการทดสอบแบบ Wet-cup จะให้ค่ามากกว่าแบบ Dry-cup ประมาณ 5 เท่า ดังนั้นการเปรียบเทียบระหว่างวัสดุควรเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบแบบเดียวกัน

จุดน้ำค้าง (Dew point)

อุณหภูมิซึ่งปริมาณของไอน้ำในวัสดุจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัว ซึ่งเป็นผลให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำเป็นน้ำ เมื่อเกิดมีอุณหภูมิลดลงเพิ่มขึ้นอีกจากจุดนั้น

ฉนวน (Insulator)

สสารหรือวัสดุซึ่งเป็นตัวนำที่ไม่ดี เช่น ฉนวนไฟฟ้า (Electrical insulator) และฉนวนความร้อน (Thermal insulator)

ฉนวนความร้อน (Thermal insulation)

วัสดุที่มีอากาศหรือก๊าซบรรจุอยู่ในเนื้อวัสดุ (โพรงขนาดเล็กในก้อนวัสดุ) หรือเป็นลักษณะผิวสะท้อนความร้อน ซึ่งเมื่อนำมาใช้งานอย่างเหมาะสมจะหน่วงการถ่ายเทความร้อนด้วยประสิทธิผลที่สมเหตุสมผลภายใต้สภาวะเริ่มต้น

โพลิยูรีเทน (Polyurethane) โพลิเมอร์ประกอบด้วยหมู่ยูรีเทน –NH.CO.O- เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างไดไอไซยาเนต (di-isocyanates) กับไดออล (diols) หรือ ไทรออล (triols) ที่เหมาะสมใช้เป็นกาว และน้ำมันชักเงาพลาสติก และยาง ชื่อย่อ คือ PU

โพลิสไตรีน (Polystyrene) พลาสติกจากสไตรีน ใส แข็ง และเปราะ นิยมใช้ทำโฟม หน่วยคือ $–CH_2.CHC_6H_5-$

โพลิเอทิลีน (Polyethylene) เทอร์โมพลาสติกโพลิเมอร์ซึ่งมีหน่วยย่อย คือ เอทิลีน $–CH_2.CH_2-$ เป็นโพลิเมอร์ที่นำมาใช้งานมากที่สุด ราคาถูกน้ำหนักเบา เหนียว และทนต่อแรงกระแทกได้ดี นิยมใช้ทำบรรจุภัณฑ์ และฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น ชื่อย่อคือ PE

โฟม (Foam) วัสดุความหนาแน่นต่ำที่มีฟองแก๊สอยู่ภายในแบ่งออกเป็นโฟมคงรูปและโฟมยืดหยุ่น

ใยแก้ว (Glass fiber) วัสดุรูปร่างเป็นเส้นใยทำจากแก้ว มีการใช้งานหลากหลาย เช่น ใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าและฉนวนความร้อน และใช้เป็นตัวเสริมความแข็งแรงในไฟเบอร์กลาส

ตัวกั้นไอน้ำ (Vapour Barrier)

เป็นวัสดุที่นำมาติดตั้งบนผิวด้านที่มีความดันไอน้ำสูงเพื่อหน่วงการเคลื่อนที่ผ่านของไอน้ำจากด้านที่มีความดันไอน้ำสูงไปยังด้านที่มีความดันต่ำกว่า

ไมครอน (micron)

1.หน่วยของความยาว มีค่าเท่ากับ 10^{-6} เมตร (1 ไมครอน = 0.000001 เมตร)

2.หน่วยของความดัน มีค่าเท่ากับ 10^{-3} มิลลิเมตรปรอท

สภาพการส่งผ่านความร้อน (Thermal Transmittance)

อัตราส่วนของการไหลคงตัวของพลังงานความร้อนจากอากาศบรรยากาศบนด้านหนึ่งของวัตถุ ผ่านวัตถุไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกของอีกด้านหนึ่งของวัตถุ เนื่องจากผลต่างของอุณหภูมิระหว่างสิ่งแวดล้อมทั้งสองด้าน

สภาพทนไฟ (Fire Endurance)

คุณสมบัติของวัสดุซึ่งวัดเวลาที่ใช้ในการแสดงสภาพต้านทานต่อไฟไหม้อย่างต่อเนื่องของวัสดุภายใต้สภาวะที่กำหนดของการทดสอบและสมรรถนะ

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature)

อุณหภูมิของอากาศอิ่มตัวหรืออุณหภูมิที่อากาศถูกทำให้เย็นลงก่อนเกิดการควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำ

อุณหภูมิใช้งานจำกัด (Service temperature limit)

อุณหภูมิ ณ ผิวที่หุ้มซึ่งจำกัดสารเคลือบผิวที่ใช้หุ้มให้อยู่ภายในอุณหภูมินี้ เพื่อให้มีสมรถนะการใช้งานที่เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
ข้อมูลการวิจัยด้านสุขภาพและความปลอดภัยของฉนวน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลการวิจัยด้านสุขภาพและความปลอดภัยของฉนวน

1. การวิจัยเกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้ฉนวน

ใยแก้วได้มีการประดิษฐ์คิดค้นตั้งแต่ปี 1897 และได้มีการใช้ฉนวนกันอย่างแพร่หลายในประเทศ (เช่น อเมริกา ยุโรป) เนื่องจากสภาพอากาศที่รุนแรงของประเทศเหล่านั้นจึงทำให้อาคารในประเทศเหล่านั้นจำเป็นต้องมีการใช้ฉนวน และเนื่องจากฉนวนส่วนมากเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น จึงทำให้มีความไม่มั่นใจในความปลอดภัยในการใช้ฉนวน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี 1930 นักวิทยาศาสตร์ได้พบว่าแอสเบสตอสเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็ง จึงเกิดความกังวลต่อผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเส้นใยคล้ายกัน อย่างเส้นใยแก้วว่าอาจจะก่อให้เกิดมะเร็งได้ จากการหาข้อสรุปของการเป็นสาเหตุของสารก่อมะเร็ง จึงเกิดองค์กรต่างๆ เพื่อมาวิจัยและตอบปัญหาความปลอดภัยในการใช้ฉนวน ดังรายการดังต่อไปนี้

ตารางที่ ข-1 รายชื่อองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและวิจัยด้านความปลอดภัยในการใช้ฉนวน

Term	Definition/Explanation
ACGIH	The American Conference of Governmental Industrial Hygienists
HSPP	Health and Safety Partnership Program, NAIMA's voluntary worker protection program developed in concert with OSHA.
ICAA	The Insulation Contractors Association of American
NAIMA	North American Insulation Manufacturers Association, a trade organization representing manufacturers of fiber glass and rock and slag wool insulation products in North America.
NIA	The National Insulation Association
NIOSH	The National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	The National Research Council
OSHA	The Occupational Safety and Health Administration
PEL	Permissible exposure limit
U.S.EPA	U.S. Environmental Protection Agency

การศึกษาขององค์กรต่างๆ ที่มีความสอดคล้องในเรื่องวิวัฒนาการและความปลอดภัยของการใช้ฉนวนใยแก้ว ดังนี้

- NAIMA ได้ทำการสำรวจและตรวจสอบในเรื่องความปลอดภัยของฉนวนเพื่อให้เกิดความมั่นใจในการใช้ฉนวน โดยได้มีความร่วมมือกับองค์กรต่างๆ ทั้งในประเทศอเมริกาและองค์กรนานาชาติที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพเพื่อกำหนดตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยต่อมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการเกิดมะเร็งในระบบทางเดินหายใจและผิวหนัง
- OSHA ได้สรุประดับปริมาณของใยแร่ต่างๆ ในบรรยากาศ เพื่อเป็นมาตรฐานในการวัดและตรวจสอบความปลอดภัยสำหรับการใช้งานจริง โดยสรุปปริมาณในบรรยากาศของสารสังเคราะห์ใยแร่ ในสิ่งแวดล้อมการทำงานในบรรยากาศของการทำงาน ตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง
- สถาบันมะเร็งของสหรัฐอเมริกา (American lung association) ระบุว่าการจับต้องฉนวนใยแก้วโดยตรงหรืออนุภาคที่ฟุ้งในอากาศ จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ตา จมูก และลำคอ แต่ใยแก้วจะส่งผลในบุคคลบางกลุ่มที่ไวต่อการสัมผัสเส้นใยแก้วเท่านั้น การเกิดปฏิกิริยาตอบสนองต่อการระคายเคืองจากใยแก้วไม่เกิดขึ้นกับทุกคน ทำให้องค์กรต่างๆ เช่น Occupational Safety and Health Administration (OSHA) The International Agency for Research on Cancer (IARC) and the National Toxicology Program (NTP) ให้มีการติดฉลากเตือนเกี่ยวกับการเสี่ยงต่อโรคมะเร็ง

จากการศึกษามีผลการวิจัยเพื่อรับรองความปลอดภัยในการใช้ฉนวนใยแก้วมากว่า 70 ปี และมีการยืนยันขององค์กรต่างๆ ได้จัดกลุ่มของฉนวนใยแก้ว อยู่ในกลุ่มของเส้นใยที่มนุษย์ประดิษฐ์ Man-Made Vitreous Fibers (MMVFs) ซึ่งได้มีการยืนยันความปลอดภัยว่า การใช้ฉนวนประเภทนี้มีปลอดภัยสำหรับการใช้ หากมีการผลิตและติดตั้งที่ถูกวิธี โดยอาจทำให้รู้สึกระคายเคืองต่อผู้ที่สัมผัสโดยตรง เช่น ผู้ติดตั้งฉนวน ดังนั้นจึงควรมีการป้องกันที่ถูกต้องขณะติดตั้ง สำหรับผู้ที่อยู่ในอาคารที่มีการติดตั้งฉนวนใยแก้วที่ถูกวิธีจะไม่เป็นอันตรายจากการใช้ฉนวนใยแก้ว จึงเห็นได้ว่ามีการศึกษาและค้นคว้าอย่างจริงจังเพื่อให้เกิดข้อสรุปถึงความปลอดภัยในการใช้ฉนวน และสามารถสรุปได้ดังนี้

พ.ศ .2537 (ปี 1994) NTP ได้กำหนดให้ fiberglass เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งโดยใช้ข้อมูลที่มาจากสัตว์

พ.ศ .2541 (ปี 1998) The American Conference of Govern-mental Industrial Hygienists ได้ทำเอกสารเกี่ยวกับ glass wool เป็นสารก่อมะเร็ง โดยได้ผลจากการทดลองกับสัตว์ จากการทดลองซึ่งไม่ได้รวมผลถึงการทำงานของคน

พ.ศ .2542 (ปี 1999) OSHA and the manufacturers voluntarily ตกลงร่วมกัน หาแนวทางเพื่อควบคุมปริมาณของอนุภาคและการหลีกเลี่ยงการระคายเคืองในส่วนทำงาน จึงเป็นที่มาของ Health & Safety Partnership Program ซึ่งรวมไปถึงข้อกำหนดของระดับของอนุภาค 1.0 fiber per cubic centimeter (f/cc) ใน 8 ชั่วโมงการทำงาน

พ.ศ .2543 (ปี 2000) The National Academy of Sciences (NAS) ได้รายงานเกี่ยวกับการศึกษา พบว่าตัวใยแก้วไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อมะเร็งปอด และสนับสนุนระดับของอนุภาค 1.0 fiber per cubic centimeter (f/cc) เช่นกัน

พ.ศ .2544 (ปี 2001) The IARC ได้มีการทบทวนการจัดลำดับของ glass wool ซึ่งอาจจะเป็นส่วนที่ทำให้ก่อมะเร็ง ซึ่งปัจจุบันนี้มีพิจารณาถึงระดับที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งในคน จากการศึกษาเมื่อ 15 ปีที่แล้วซึ่งไม่มีข้อมูลที่เพียงพอในข้อสรุปของการก่อมะเร็ง

กองทุนการศึกษาอิสระโดย NAIMA ได้จัดหาข้อมูลใจความหลักที่เกี่ยว การทบทวนของผู้เชี่ยวชาญ โดยยึดตามข้อมูลจากการประเมินดังต่อไปนี้

- ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างโรคทางเดินหายใจ และ การสัมผัสกับฉนวนใยหินโดยตรงของมนุษย์
- จากการเปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับมนุษย์พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างใยแก้วกับโรคที่จะเกิดขึ้น
- ใยแก้วเป็น สารที่สามารถละลายได้ (bio soluble) และดังนั้น จึงละลายในของเหลวในร่างกายจะไวกว่าเส้นใยอื่นๆที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคในมนุษย์
- ในสถานที่ทำงาน ระดับของเส้นใยที่สามารถหายใจเข้าไปได้ ในขนาดที่มีขนาดเล็กกว่า 1 เส้นใย/ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่มีการฟุ้งกระจายในฉนวนอาคาร ไม่มีนัยสำคัญที่แตกต่างไปกว่าอาคารที่ไม่มีการติดตั้งฉนวน

ตารางที่ ซ-2 แสดงการศึกษาค้นคว้าด้านความปลอดภัยและการสร้างมาตรฐานความปลอดภัยของฉนวนใยแก้ว

ปี ค.ศ.	Notable Historical Events in the fiberglass Insulation Industry
1897	นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบ Fiberglass
1930s	นักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่าสาร asbestos ซึ่งมีรูปลักษณ์เป็นเส้นใย ทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อในปอด ทำให้เกิดความสงสัยวัสดุเส้นใยทั้งหมด
1938	ได้พัฒนากระบวนการในการฉีดสารเคมีเพื่อประสานใยแก้ว
1955	มี รายงานทางการแพทย์ 2 ฉบับซึ่งชี้ชัด สารใยแก้วเป็นอันตรายต่อคน
1988	เริ่มมีการติดฉลากเตือนเกี่ยวกับการเกิดโรคมะเร็งบนผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเส้นใย *(มีบทสรุปจาก IARC ว่าใยแก้วมีความเป็นไปได้ที่มีผลต่อการก่อสารก่อมะเร็งในมนุษย์)*
1990	ออสเตรียเลีย กำหนด มาตรฐาน f/cc (exosphere)
1991	OSHA(Occupational Safety & Health Administration) บังคับให้มีการติดคำเตือนเกี่ยวกับโรคมะเร็ง สำหรับสินค้าที่มี fiberglass เป็นส่วนประกอบที่สามารถฟุ้งกระจายได้ รวมถึงฉนวนใยแก้ว
1993	โครงการพิษวิทยาแห่งชาติ ได้มีข้อตกลงเกี่ยงกับ fiberglass ว่าสามารถทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ในคน
1994	อังกฤษ กำหนดขนาดมาตรฐาน fiberglass อยู่ที่ 2 f/cc
1994	เนเธอร์แลนด์ กำหนดขนาดมาตรฐาน fiberglass ไม่เกิน 3 f/cc
1995	OSHA(Occupational Safety & Health Administration) ให้ความสำคัญกับ fiberglass and rock wool ในการติดตั้งเป็นอย่างแรกเพื่อเพิ่มความปลอดภัย
1997	Washington Post Magazine รายงานว่าสถาบัน OSHA, EPA, The National Institute of Occupational Safety and Health, and the Consumer Product Safety ร่วมประชุมกันเพื่อการจัดมาตรฐาน fiberglass
1998	California Air Contaminants Advisory Committee แนะนำขนาดของ fiberglass ไม่ควรเกิน 1 f/cc
1998	NAIMA (the North American Insulation Manufacturers Association) ได้เสนอหัวข้อต่อ OSHA ระบุถึงขนาดจำกัดของ fiberglass ไม่ควรเกิน 1 f/cc
2001	The Association for Better Insulation มุ่งประเด็นเรื่องการใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงานซึ่งมีผลมาจากวิกฤติพลังงาน ซึ่งรวมไปถึง 80 % ของบ้านพักอาศัยที่ได้ใช้ฉนวน และพิสูจน์ได้ว่าใยแก้วไม่เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์

(The Association for Better Insulation, 2005)

2. การจัดกลุ่มของเครื่องชี้วัดและประเมินผลของสารก่อมะเร็ง

ในปี 2001 The International Agency for Research on Cancer (IARC) ได้รับรองว่าฉนวนใยแก้วไม่อยู่ในกลุ่มของสารก่อมะเร็ง จากการทบทวนการประเมินผลของรายการวัสดุที่เป็นสารก่อมะเร็ง (Possibly Carcinogenic to Human) ในปี 1988 โดยได้ประกาศว่าใยแก้วที่ใช้ในงานป้องกันความร้อนและป้องกันเสียง ไม่มีอันตรายให้เกิดมะเร็ง

IARC ได้พิจารณาร่วมกับ the U.S. National Academy of Science ในปี 2000 ว่าไม่มีนัยสำคัญระหว่างการสัมผัสกับเส้นใยกับมะเร็งปอดและโรคที่เกิดจากการหายใจในเส้นใยที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น "no significant association between fiber exposure and lung cancer or nonmalignant respiratory disease in the MVF [man-made vitreous fiber] manufacturing environment"

การศึกษาของ IARC เรื่องการจัดกลุ่มของเครื่องชี้วัดและประเมินผลของสารก่อมะเร็ง ในการประชุมที่เมืองลียอง ประเทศฝรั่งเศส ได้มีการจัดกลุ่มของสารก่อมะเร็งไว้ กระบวนการในการพิจารณาในการประเมินจากข้อมูลอื่นๆ ที่มีการยืนยันทางการแพทย์และทางวิทยาศาสตร์ และการเกิดมะเร็งในคนและสัตว์ โดยใช้เกณฑ์ในการชี้วัด ดังนี้

- Suffisante มีความเหมาะสมทำให้เกิดมะเร็ง
- Limited มีข้อจำกัดในการทำให้เกิดมะเร็ง
- Inadiquate ไม่มีความเหมาะสมทำให้เกิดมะเร็ง
- Absence ปราศจากการทำให้เกิดมะเร็ง

การปรับการจัดหมวดหมู่ฉนวนใยแก้ว ประชุมครั้งสำคัญที่จัดขึ้นโดย International Agency for Research on Cancer (IARC) ปี 1988 ที่มีบทสรุปจาก IARC ว่า ใยแก้วมีความเป็นไปได้ที่มีผลต่อการก่อสารก่อมะเร็งในมนุษย์ ต่อมามีการทบทวนและประเมินการเกิดการเสี่ยงต่อมะเร็งของใยแร่ที่เกิดจากการสังเคราะห์รวมถึงใยแก้ว สรุปได้ว่า ใยแก้วไม่อยู่ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงที่จะเกิดโรคมะเร็ง

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจากหมู่คนในอเมริกาและในยุโรป ได้ให้หลักฐานเกี่ยวกับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งในระบบทางเดินหายใจ ซึ่งมีผลจากการรับเอาฉนวนเข้าไปในร่างกาย ซึ่งรวมถึง glass wool, continuous glass filament และ rock (stone)/slag wool ระหว่างการผลิต การศึกษาในอเมริกาในโรงงาน 16 โรงและได้ขยายรวมไปถึงทั้ง ผู้หญิงและคนงานผิวสี การศึกษารวมไปถึงลักษณะนิสัยในการสูบบุหรี่ และ ประวัติการรับเอาฉนวนในร่างกายจากแหล่งอื่น ซึ่งรวมไปถึง asbestos, formaldehyde และ silica จากการศึกษาในหมู่คนงานที่มีความเสี่ยงต่อการ

เกิดโรคมะเร็ง พบว่าฉนวนใยแก้วไม่เป็นสาเหตุของการก่อมะเร็งทุกชนิด โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์ในระยะยาวจากการสุ่มตรวจคนงานซึ่งสูบบุหรี่อันนำไปสู่สาเหตุหลักของการเกิดโรคมะเร็ง จากเดิมอัตราการเพิ่มขึ้นจำนวนร้อยละ 6 ของมะเร็งเกี่ยวที่เกี่ยวกับทางเดินหายใจ พบว่าอัตราการเกิดมะเร็งลดลงและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในที่สุด

ผลการวิจัย NAIMA อัตราการเกิดมะเร็งไม่มีส่วนสัมพันธ์กับระยะเวลาการจ้างงาน หรือคนงานที่ทำงานมาเป็นเวลานาน และไม่เกี่ยวข้องกับช่วงเวลาการรับและการสะสมหรือปริมาณของฉนวนใยแก้วที่เข้าสู่ร่างกาย การวิเคราะห์จากการจัดกลุ่มทางสถิติได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของมะเร็งปอดซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับโรงงานส่วนใหญ่ผลิตใยแก้ว (Glass wool) แต่อัตราเสี่ยงเหล่านี้กลับลดลงเมื่อนำไปวัดกับคนงานที่ทำงานมานาน (ค่ามาตรฐานกำหนดให้มากกว่าหรือเท่ากับ 5 ปี) เพราะฉะนั้นจึงยังไม่มีหลักฐานต่อการเกิดมะเร็ง

(The North American Insulation Manufacturers Association, 2005)

ตารางที่ ข-3 แสดงการจัดกลุ่มของสารก่อมะเร็ง

	การเกิดมะเร็งในสัตว์				
การเกิดมะเร็งในมนุษย์		เหมาะสม	มีข้อจำกัด	ไม่เหมาะสม	ปราศจากมะเร็ง
	เหมาะสม	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 1
	มีข้อจำกัด	กลุ่มที่ 2A	กลุ่มที่ 2B	กลุ่มที่ 2B	กลุ่มที่ 2B
	ไม่เหมาะสม	กลุ่มที่ 2B	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 3
	ปราศจากมะเร็ง	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4

ประกาศกลุ่มของสารก่อมะเร็ง ได้แก่

กลุ่มที่ 1 เป็นสารที่เป็นสาเหตุของมะเร็ง

กลุ่มที่ 2A เป็นสารที่มีความเป็นไปได้ว่าเป็นสาเหตุของมะเร็ง

กลุ่มที่ 2B เป็นสารที่อาจจะเป็นสาเหตุของมะเร็ง

กลุ่มที่ 3 เป็นสารที่ไม่เป็นสาเหตุของมะเร็งในมนุษย์

กลุ่มที่ 4 เป็นสารที่ไม่เป็นสาเหตุของมะเร็ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. **การจัดกลุ่มของสารก่อมะเร็ง**

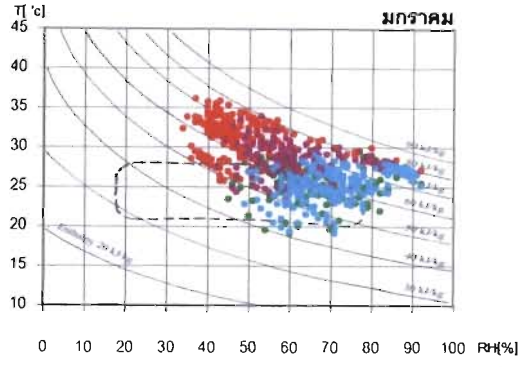
หน่วยงาน International Agency For Research On Cancer (IARC) เป็นหน่วยงานภายใต้กำกับขององค์การอนามัยโลก (WHO) ทำหน้าที่รับผิดชอบทบทวนข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และใช้ระบบการจัดลำดับสารที่อาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ แบ่งออกได้เป็น

- กลุ่มที่ 1 ธาตุแคดเมี่ยม, บุหรี่, ฝุ่นไม้ (Wood dust), สารอัลฟลาทอกซิน, ฝุ่นทรายบางชนิด (Silica-crystalline), แสงแดด (Solar radiation), ฝุ่นแร่แอสเบสตอสบางชนิด (Asbestos) กระบวนการผลิตยาง, กระบวนการผลิตสี, กระบวนการถลุงเหล็ก เป็นต้น
- กลุ่มที่ 2A ปัจจุบันมีอยู่ 63 ชนิด ตัวอย่างเช่น รังสีอุลตราไวโอเลตช่วงความยาวคลื่น A-B-C, ควันไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล, น้ำยาแต่งทรงผม (Hair dresser) กระบวนการกลั่นน้ำมัน
- กลุ่มที่ 2B ปัจจุบันมี 233 รายการ* ตัวอย่างเช่น สาร DDT, สารตะกั่ว, สไตรีน (Styrene), โทลูอีน (Toluene), น้ำยาซักแห้ง, เซรามิคไฟเบอร์ (Ceramic Fiber) อุตสาหกรรมทอผ้า, อุตสาหกรรมการพิมพ์, ควันจากการเชื่อม, ควันไอเสียจากเครื่องยนต์เบนซิน
- กลุ่มที่ 3 ปัจจุบันมี 494รายการ เช่นอะครีลิคไฟเบอร์, ฝุ่นจากถ่านหิน (Coal Dust(, ฟลูออไรด์, เส้นใยแก้วเสริมแรง (Glass Filament), เมลามีน (Melamine) โพลีเอทธีลีน (PE), โพลีพรอพเพลี (PP), พีวีซี (PVC), สารคาเฟอีน, น้ำชา, น้ำยาย้อมสีผม กระบวนการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ
- กลุ่มที่ 4 ปัจจุบันมี 1 รายการ คือ Caprolactum

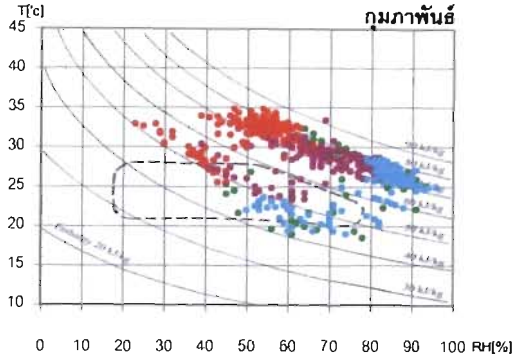
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค
ข้อมูลการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายจากอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของวัสดุเปลือกอาคารชนิดต่าง ๆ

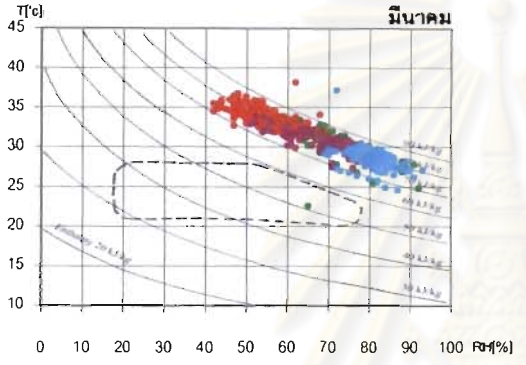
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



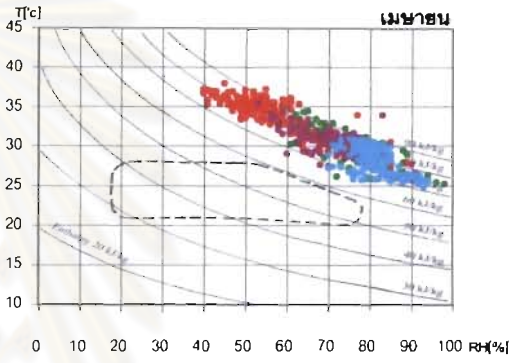
Actual data
Number of hour in comfort zone 31.05%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 31.05%



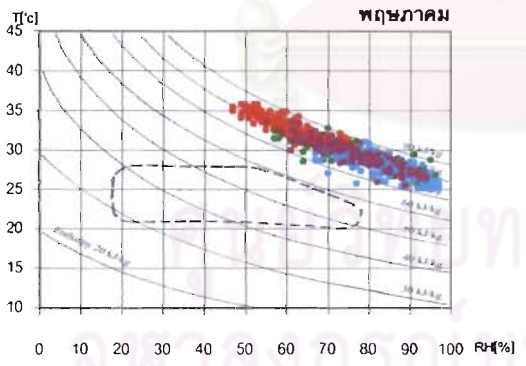
Actual data
Number of hour in comfort zone 7.89%
Number of hour below comfort zone 1.04%
Total 8.93%



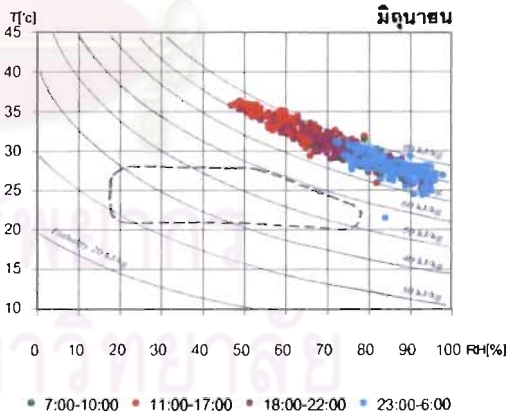
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.40%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.40%



Actual data
Number of hour in comfort zone 0.28%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.28%

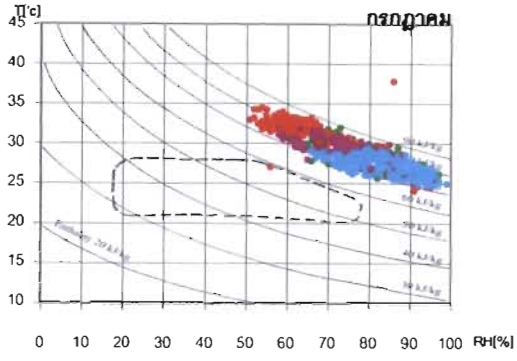


Actual data
Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.00%

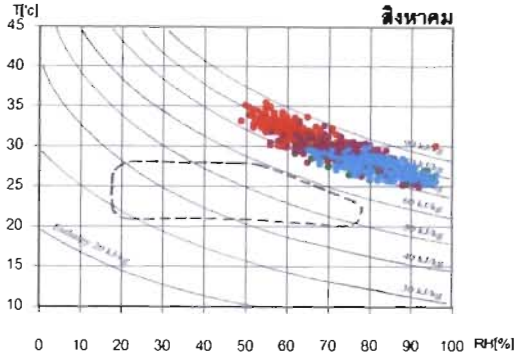


Actual data
Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.14%
Total 0.14%

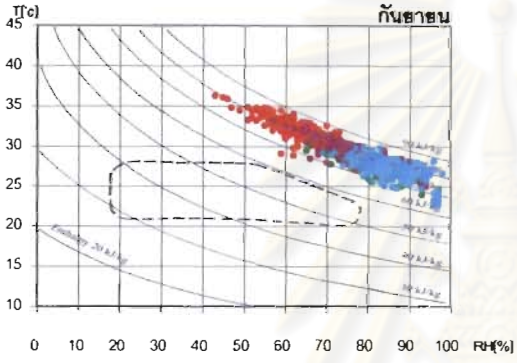
แผนภูมิที่ ค-1 แสดงอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ตลอด 12 เดือนของกรุงเทพมหานคร (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ที่มา : ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



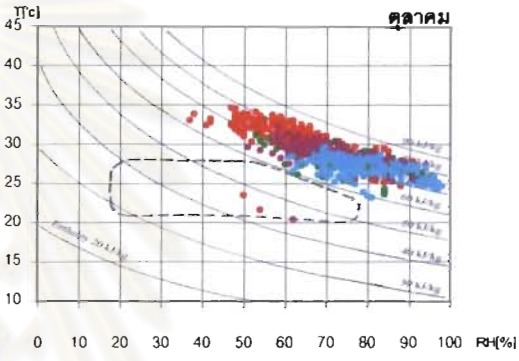
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.54%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.54%



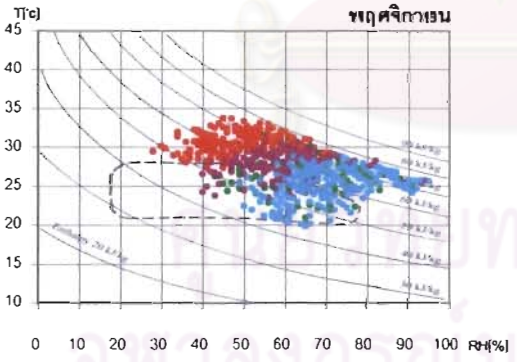
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.13%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.13%



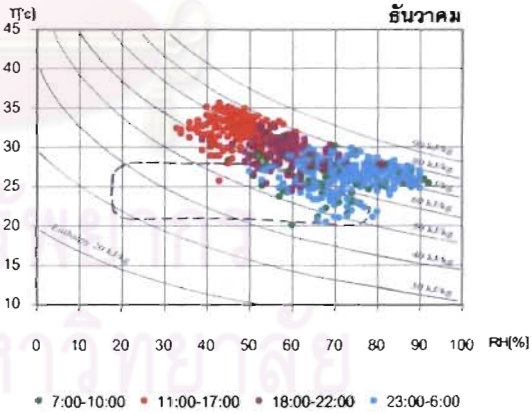
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.00%



Actual data
Number of hour in comfort zone 4.84%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 4.84%

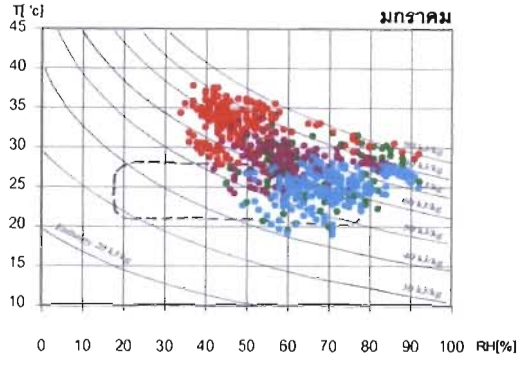


Actual data
Number of hour in comfort zone 29.72%
Number of hour below comfort zone 0.14%
Total 29.86%

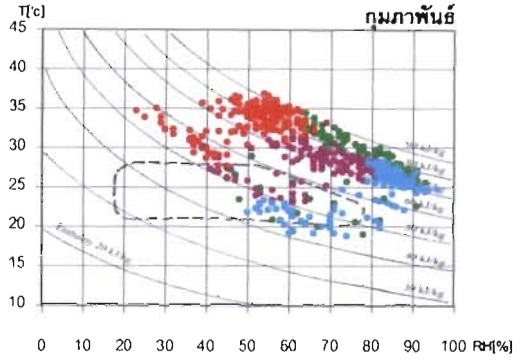


Actual data
Number of hour in comfort zone 19.09%
Number of hour below comfort zone 0.27%
Total 19.35%

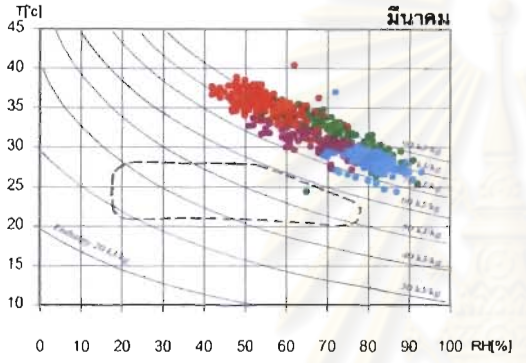
แผนภูมิที่ ค-1 แสดงอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ตลอด 12 เดือนของกรุงเทพมหานคร (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ต่อ) (ที่มา : ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



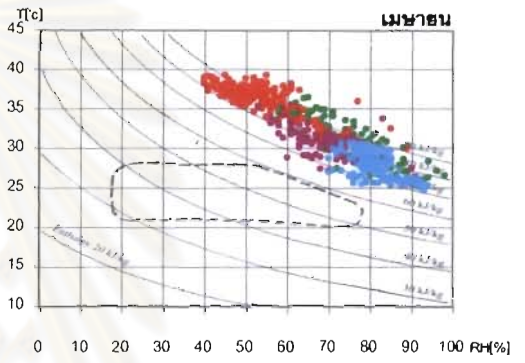
Actual data Number of hour in comfort zone 28.90%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 28.90%



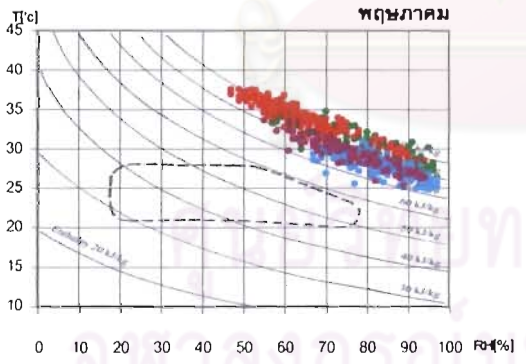
Actual data Number of hour in comfort zone 6.85%
Number of hour below comfort zone 1.04%
Total 7.89%



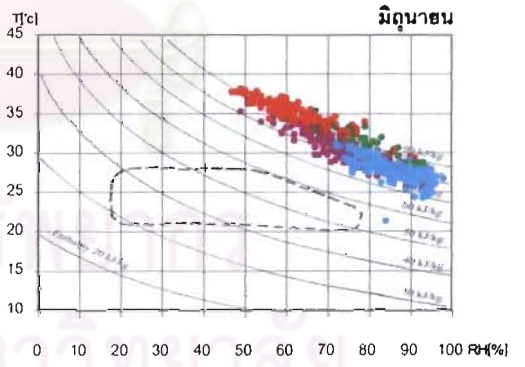
Actual data Number of hour in comfort zone 0.40%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.40%



Actual data Number of hour in comfort zone 0.14%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.14%

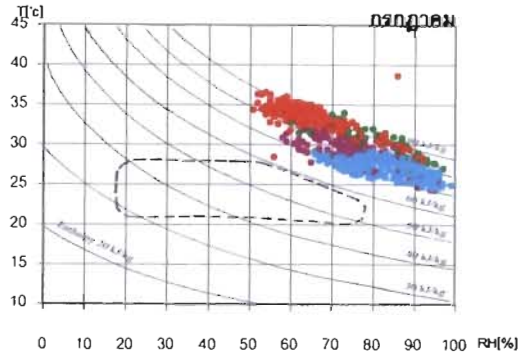


Actual data Number of hour in comfort zone 0.13%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.13%

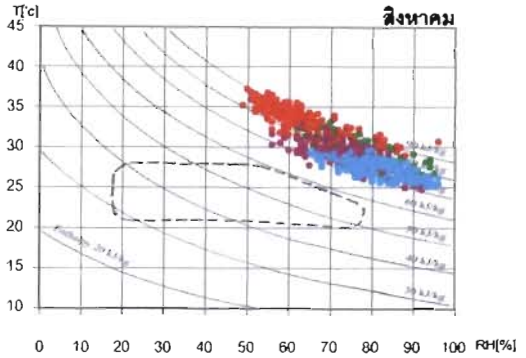


Actual data Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.14%
Total 0.14%

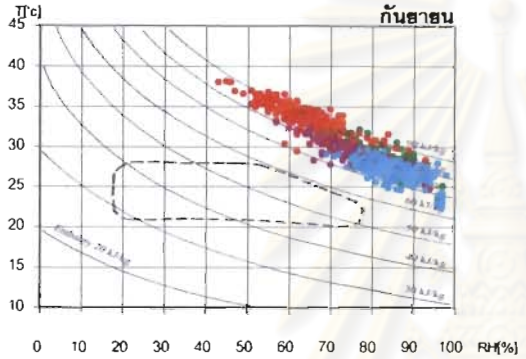
แผนภูมิที่ ค-2 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ปูแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ตลอดปี (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคาร และข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



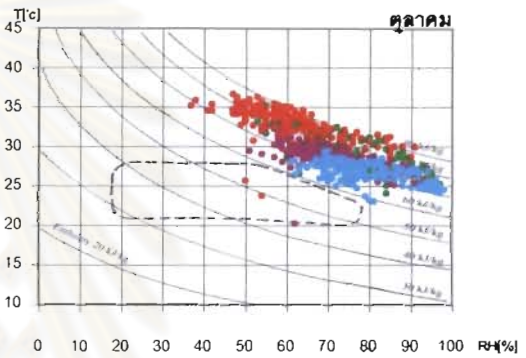
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.67%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.67%



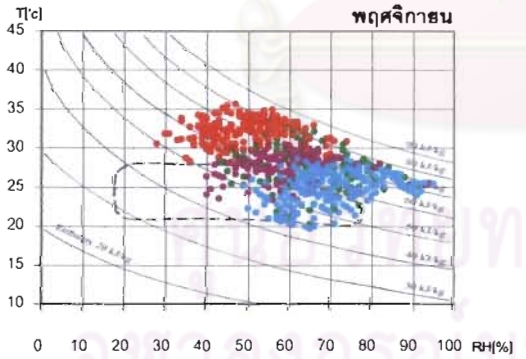
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.13%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.13%



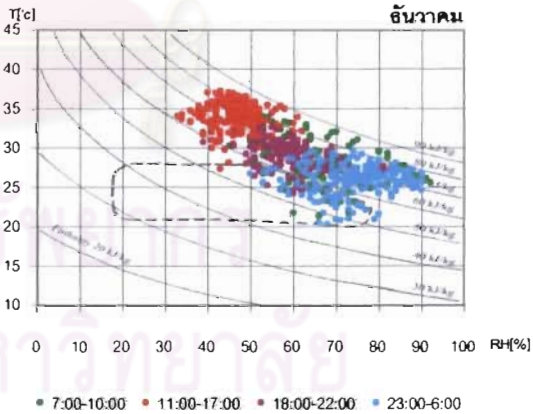
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.00%



Actual data
Number of hour in comfort zone 4.57%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 4.57%

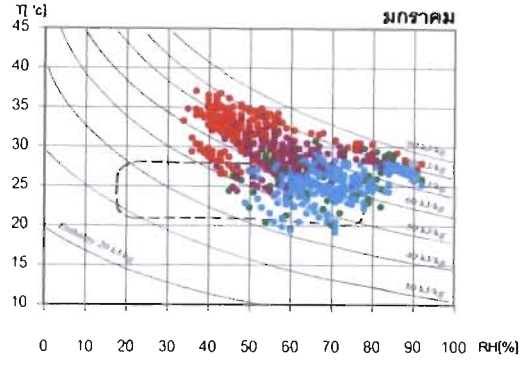


Actual data
Number of hour in comfort zone 26.81%
Number of hour below comfort zone 0.14%
Total 26.94%

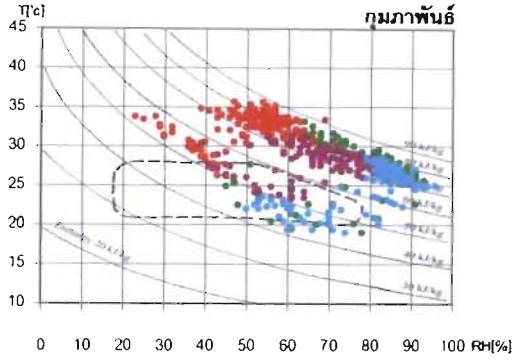


Actual data
Number of hour in comfort zone 18.01%
Number of hour below comfort zone 0.27%
Total 18.28%

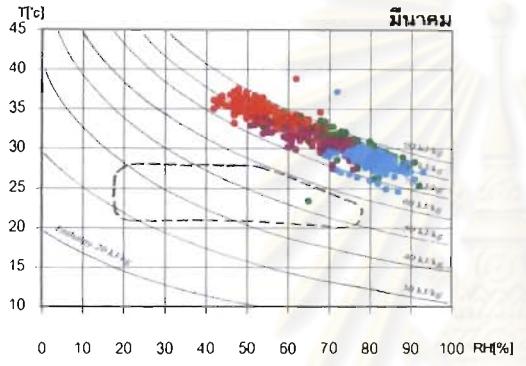
แผนภูมิที่ ค-2 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ปูแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ตลอดปี (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ต่อ) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารและข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



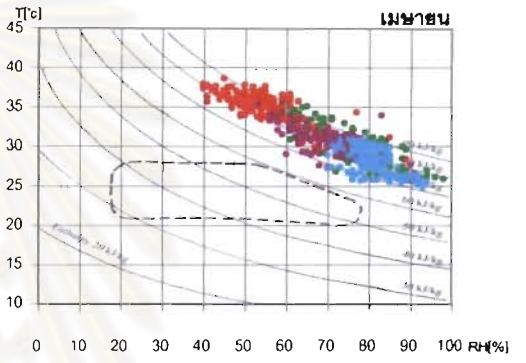
Actual data | Number of hour in comfort zone 29.44% | Number of hour below comfort zone 0.00% | Total 29.44%



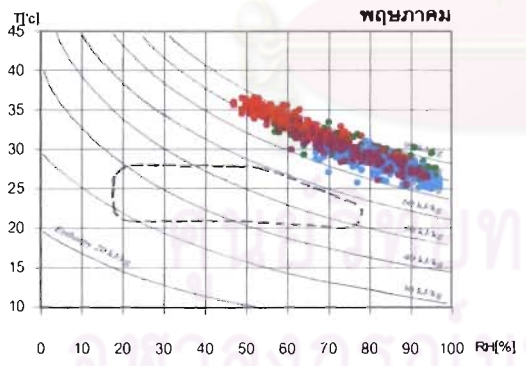
Actual data | Number of hour in comfort zone 7.59% | Number of hour below comfort zone 1.04% | Total 8.63%



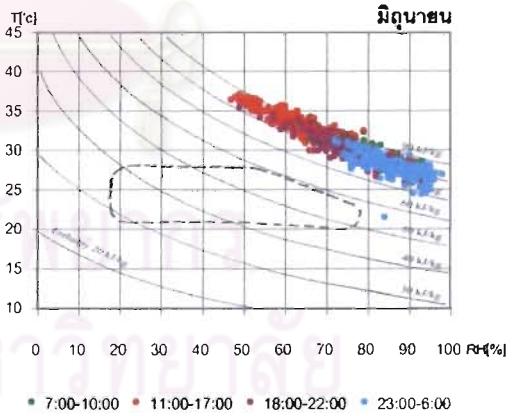
Actual data | Number of hour in comfort zone 0.40% | Number of hour below comfort zone 0.00% | Total 0.40%



Actual data | Number of hour in comfort zone 0.28% | Number of hour below comfort zone 0.00% | Total 0.28%

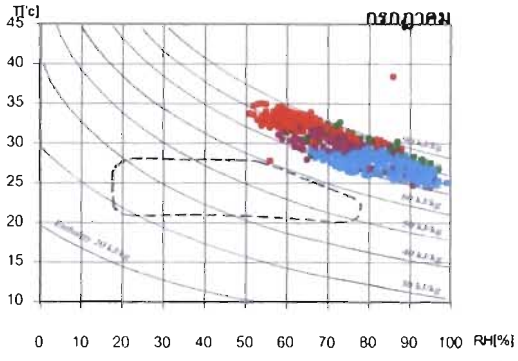


Actual data | Number of hour in comfort zone 0.00% | Number of hour below comfort zone 0.00% | Total 0.00%

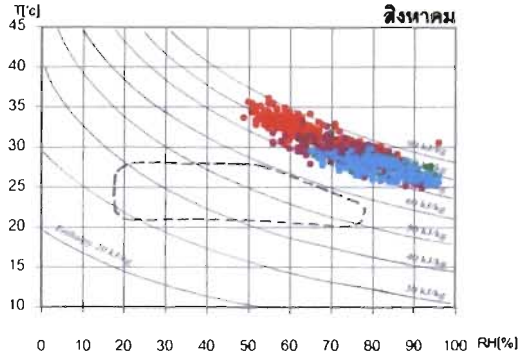


Actual data | Number of hour in comfort zone 0.00% | Number of hour below comfort zone 0.14% | Total 0.14%

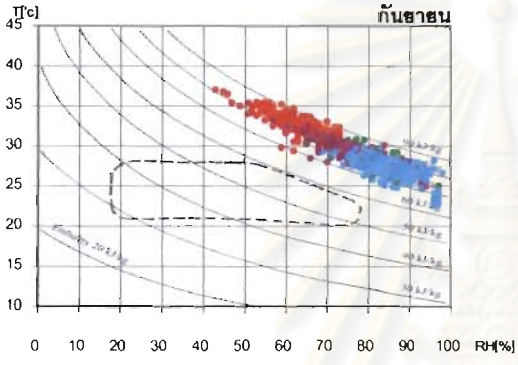
แผนภูมิที่ ค-3 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคาร และข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



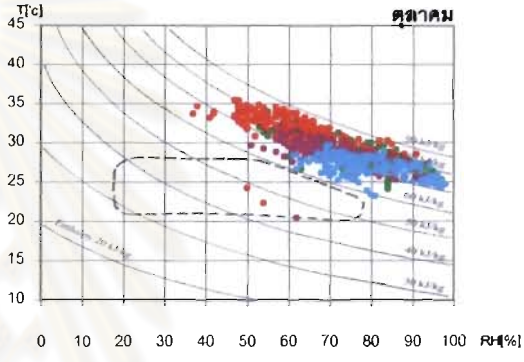
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.54%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.54%



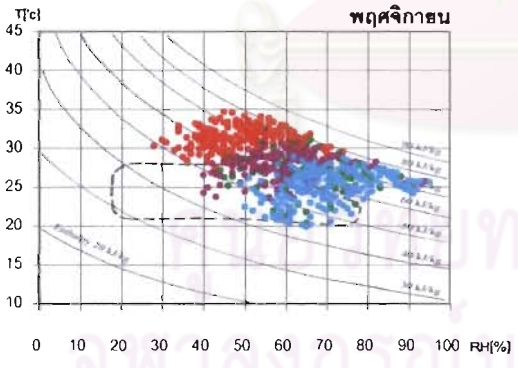
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.00%



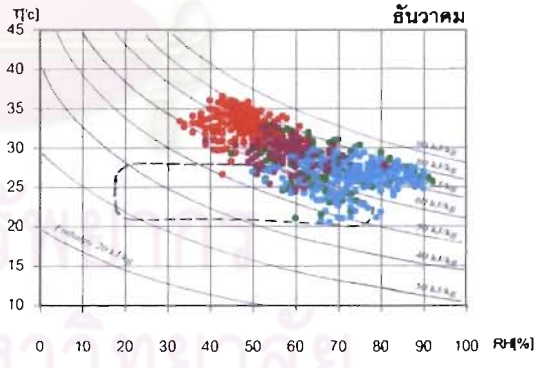
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.00%



Actual data
Number of hour in comfort zone 4.57%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 4.57%

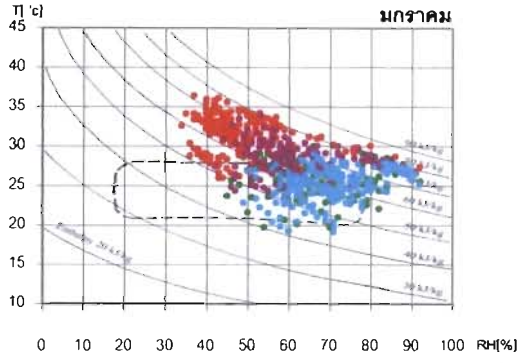


Actual data
Number of hour in comfort zone 26.94%
Number of hour below comfort zone 0.14%
Total 27.08%

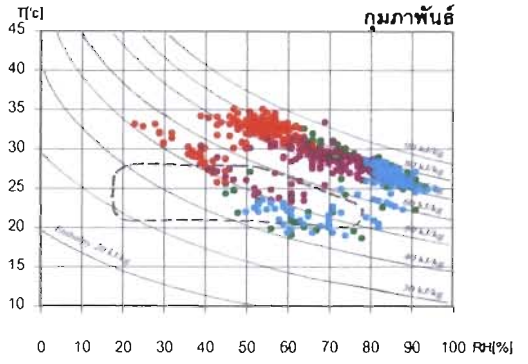


Actual data
Number of hour in comfort zone 17.47%
Number of hour below comfort zone 0.27%
Total 17.74%

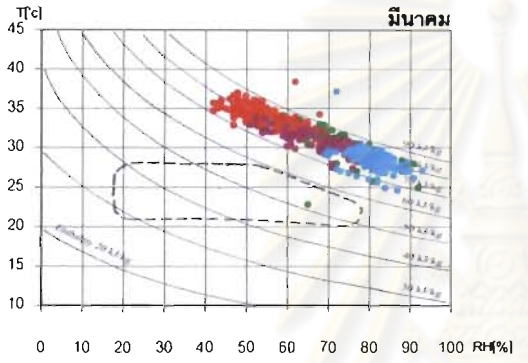
แผนภูมิที่ ค-3 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ต่อ) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารและข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



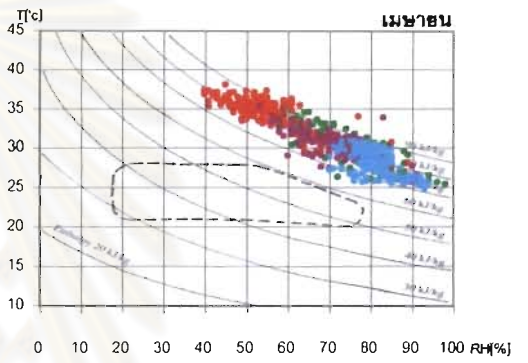
Actual data Number of hour in comfort zone 30.24%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 30.24%



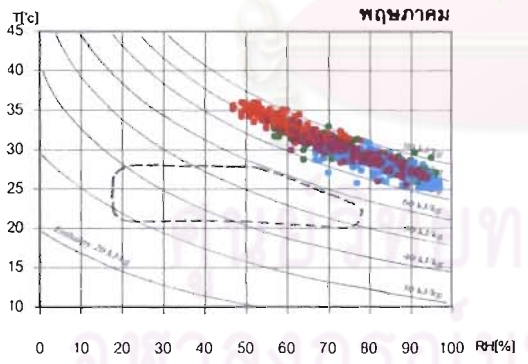
Actual data Number of hour in comfort zone 7.44%
Number of hour below comfort zone 1.04%
Total 8.48%



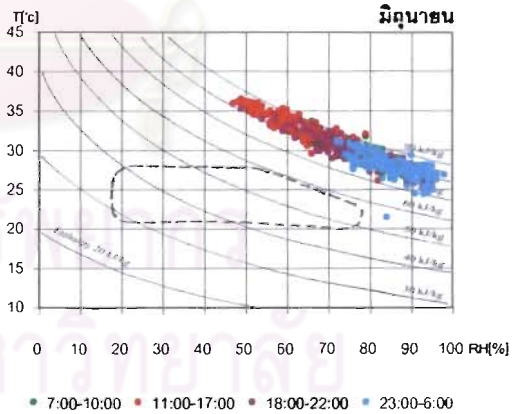
Actual data Number of hour in comfort zone 0.40%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.40%



Actual data Number of hour in comfort zone 0.28%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.28%

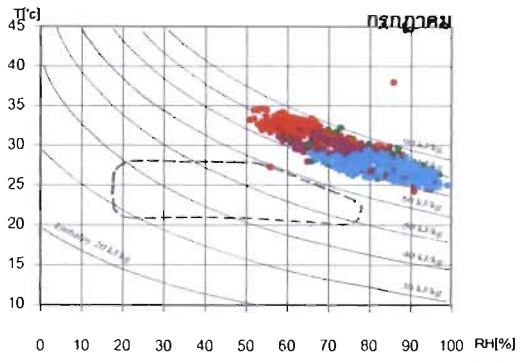


Actual data Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.00%

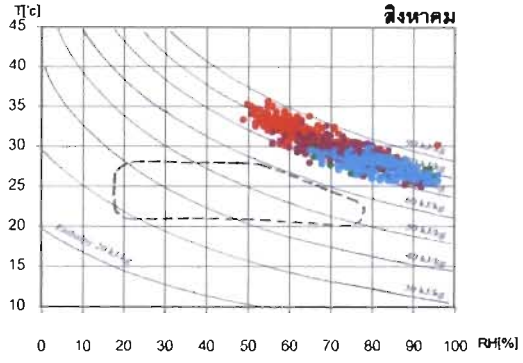


Actual data Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.14%
Total 0.14%

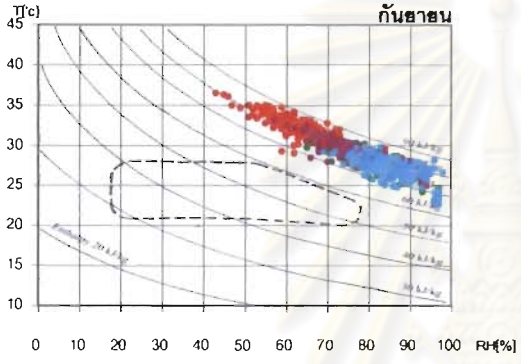
แผนภูมิที่ ค-4 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังเม็ดโฟมผสมคอนกรีต 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารและข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



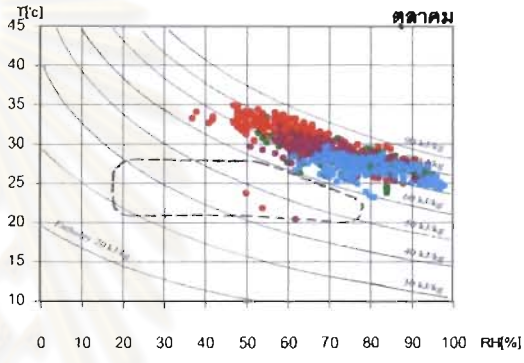
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.54%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.54%



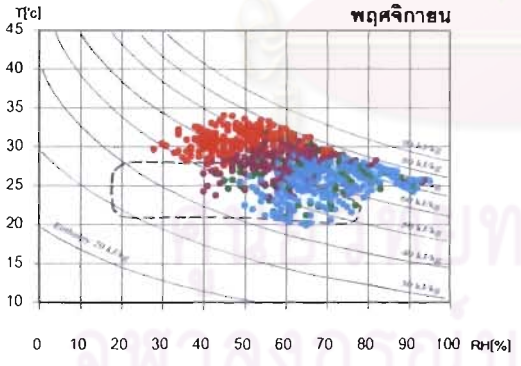
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.13%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.13%



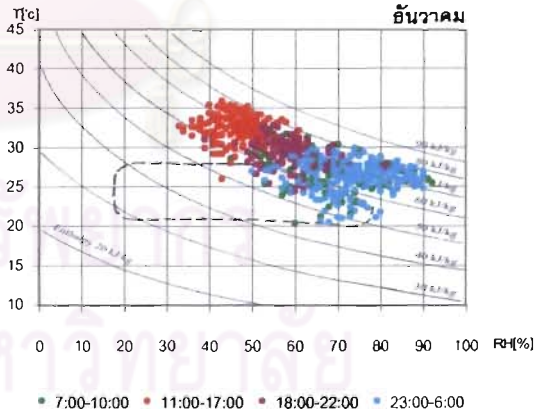
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.00%



Actual data
Number of hour in comfort zone 4.70%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 4.70%

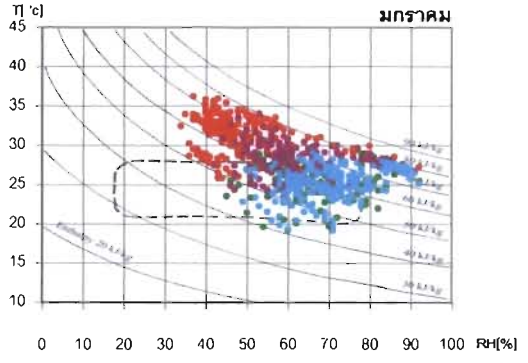


Actual data
Number of hour in comfort zone 28.47%
Number of hour below comfort zone 0.14%
Total 28.61%

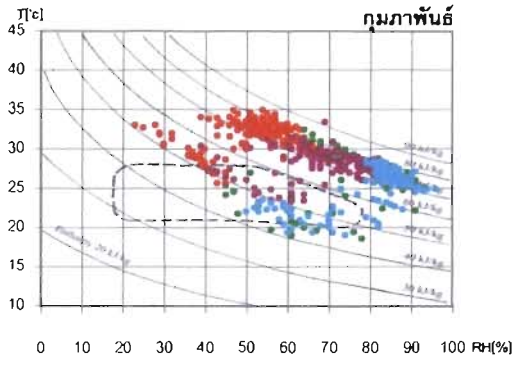


Actual data
Number of hour in comfort zone 18.15%
Number of hour below comfort zone 0.27%
Total 18.41%

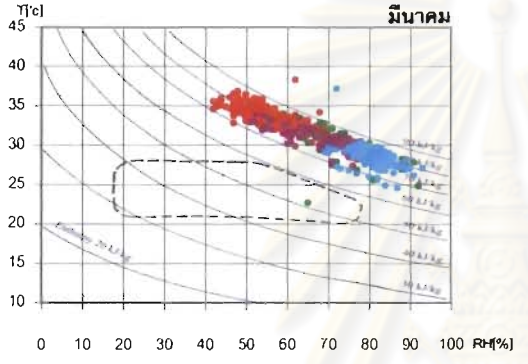
แผนภูมิที่ ค-4 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังเม็ดโฟมผสมคอนกรีต 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ต่อ) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารและข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



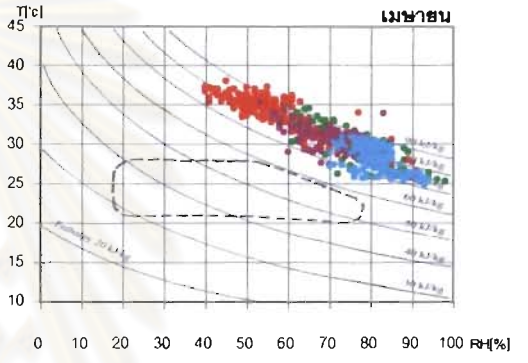
Actual data
Number of hour in comfort zone 30.65%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 30.65%



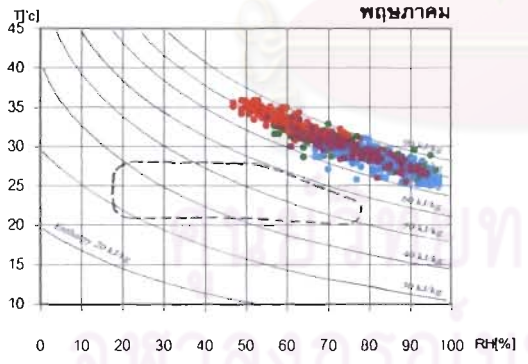
Actual data
Number of hour in comfort zone 7.44%
Number of hour below comfort zone 1.04%
Total 8.48%



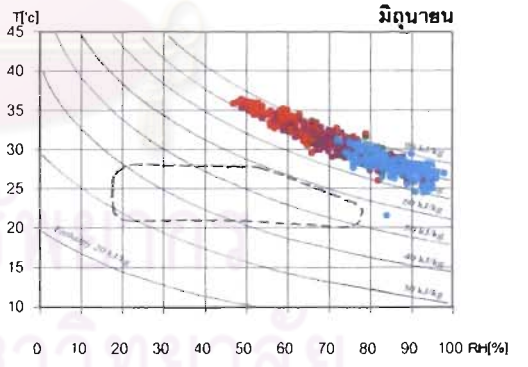
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.40%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.40%



Actual data
Number of hour in comfort zone 0.28%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.28%



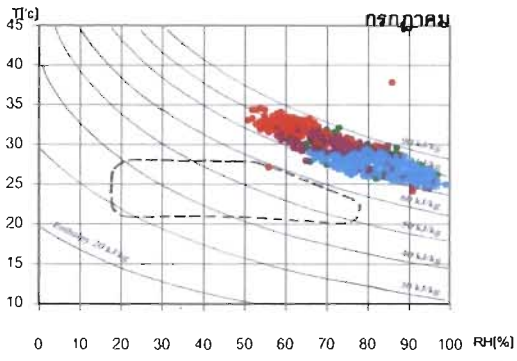
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.00%



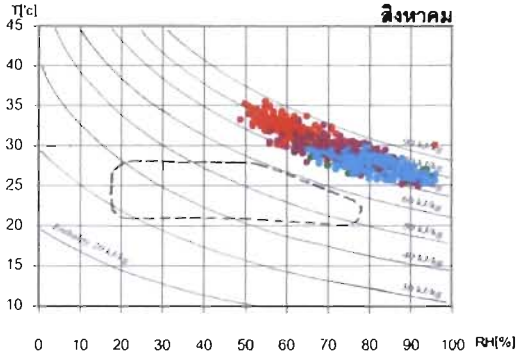
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.14%
Total 0.14%

แผนภูมิที่ ค-5 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนัง EIFS และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (ไม่มีอิทธิพลของลม)

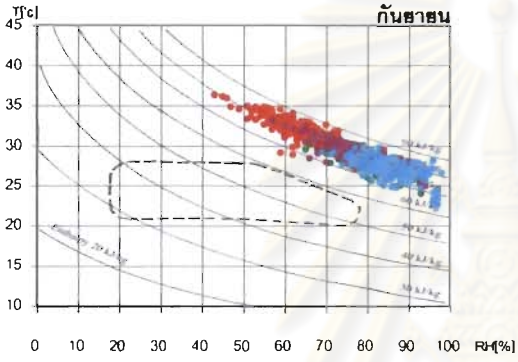
(ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารและข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



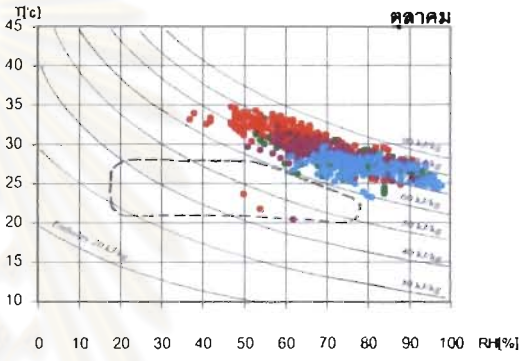
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.54%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.54%



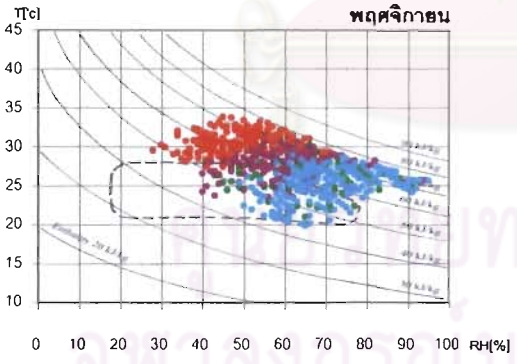
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.13%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.13%



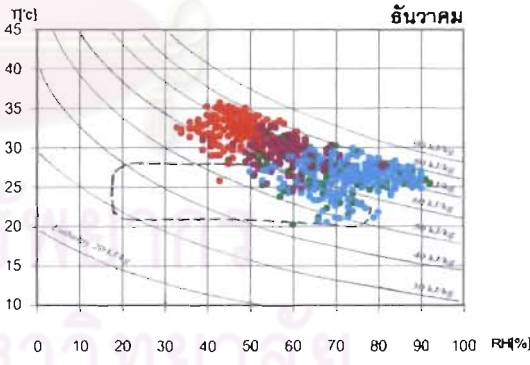
Actual data
Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.00%



Actual data
Number of hour in comfort zone 4.70%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 4.70%



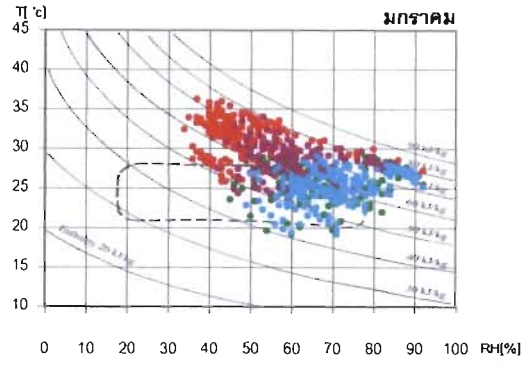
Actual data
Number of hour in comfort zone 28.61%
Number of hour below comfort zone 0.14%
Total 28.75%

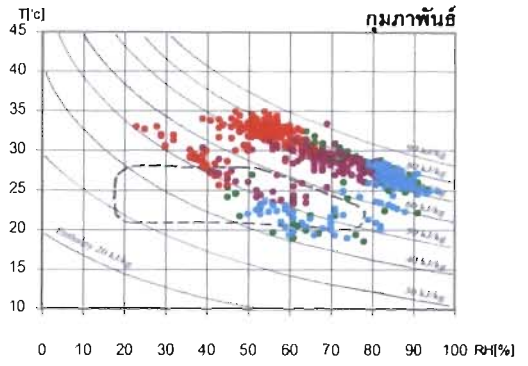


Actual data
Number of hour in comfort zone 18.41%
Number of hour below comfort zone 0.27%
Total 18.68%

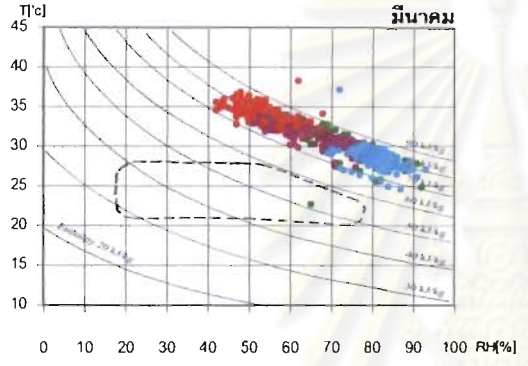
แผนภูมิที่ ค-5 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนัง EIFS และหลังคากระเบื้องซีเมนต์มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ต่อ)

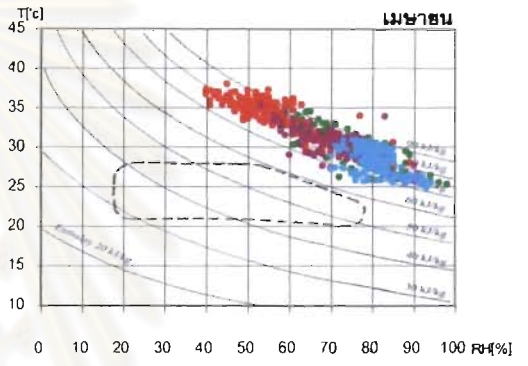
(ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารและข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



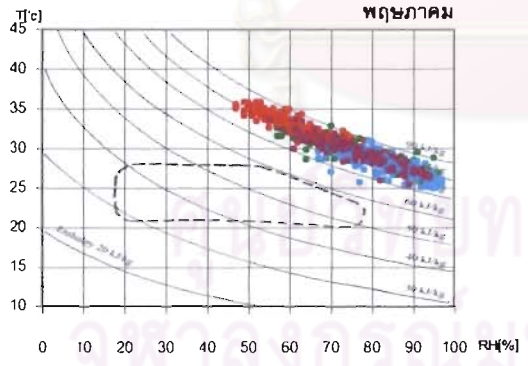


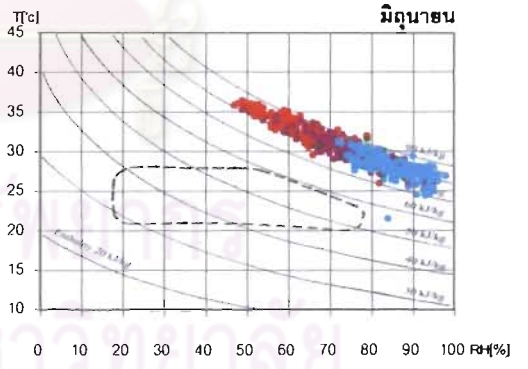
Actual data	Number of hour in comfort zone	30.65%	Actual data	Number of hour in comfort zone	7.29%
	Number of hour below comfort zone	0.00%		Number of hour below comfort zone	1.04%
	Total	30.65%		Total	8.33%





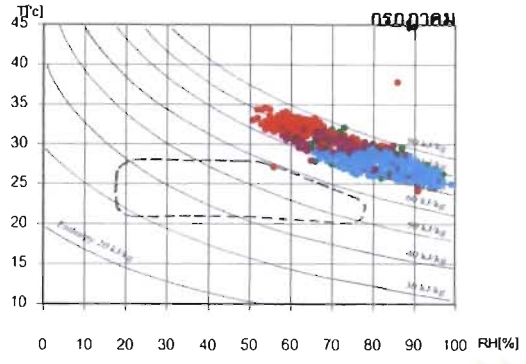
Actual data	Number of hour in comfort zone	0.40%	Actual data	Number of hour in comfort zone	0.28%
	Number of hour below comfort zone	0.00%		Number of hour below comfort zone	0.00%
	Total	0.40%		Total	0.28%



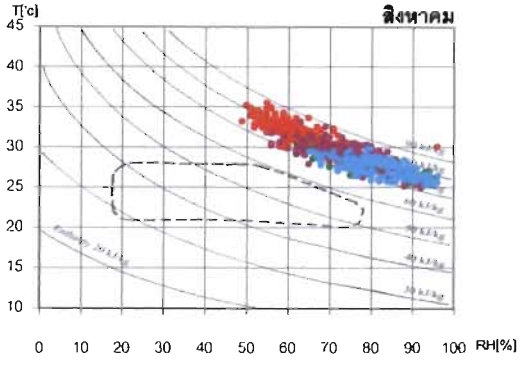


Actual data	Number of hour in comfort zone	0.00%	Actual data	Number of hour in comfort zone	0.00%
	Number of hour below comfort zone	0.00%		Number of hour below comfort zone	0.14%
	Total	0.00%		Total	0.14%

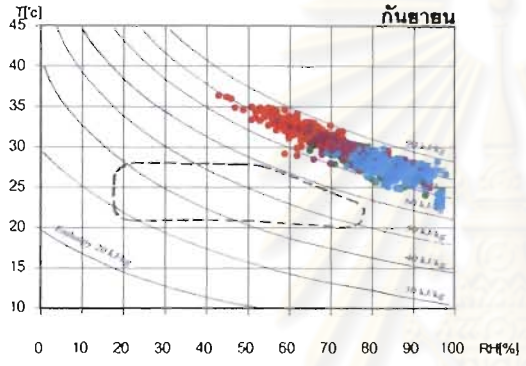
แผนภูมิที่ ค-6 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว EPS 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารและข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



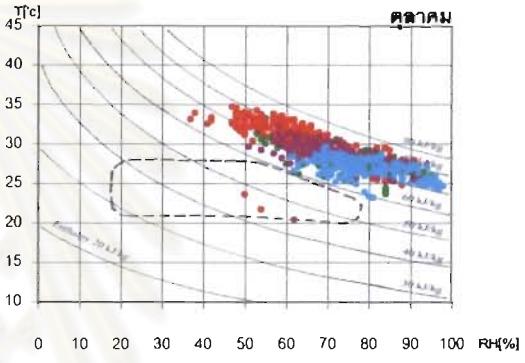
Actual data Number of hour in comfort zone 0.54%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.54%



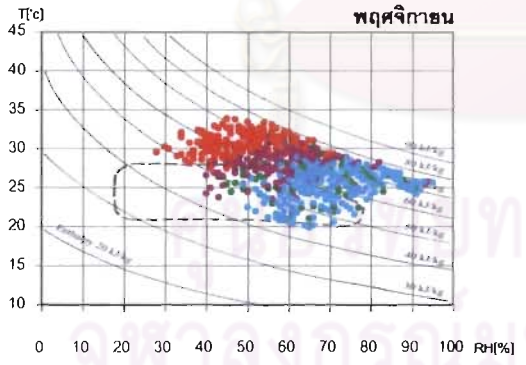
Actual data Number of hour in comfort zone 0.13%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.13%



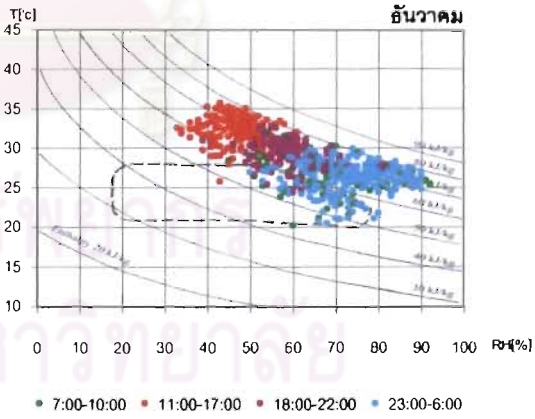
Actual data Number of hour in comfort zone 0.00%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 0.00%



Actual data Number of hour in comfort zone 4.70%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 4.70%

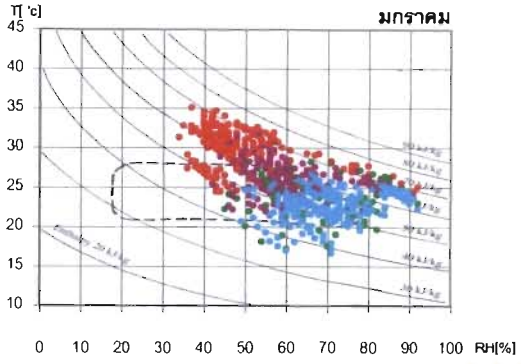


Actual data Number of hour in comfort zone 28.61%
Number of hour below comfort zone 0.14%
Total 28.75%

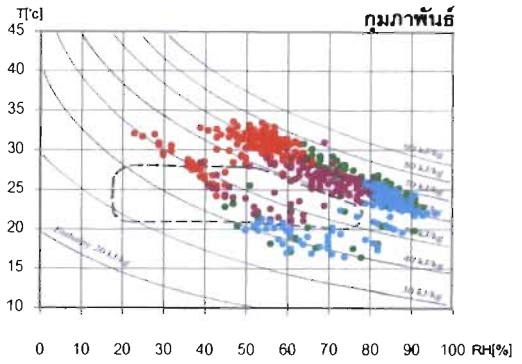


Actual data Number of hour in comfort zone 18.41%
Number of hour below comfort zone 0.27%
Total 18.68%

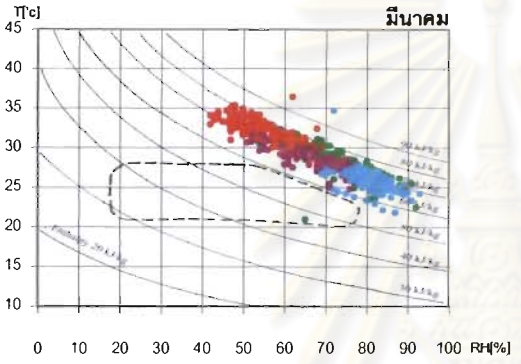
แผนภูมิที่ ค-6 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว EPS 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (ไม่มีอิทธิพลของลม) (ต่อ) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารและข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



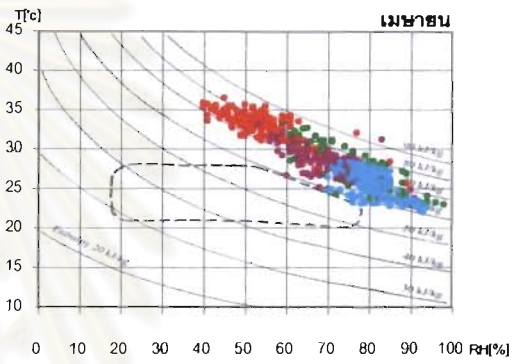
Actual data — Number of hour in comfort zone 37.10% — Number of hour below comfort zone 2.69% — Total 39.78%



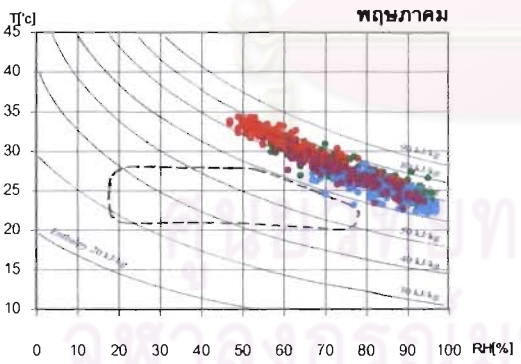
Actual data — Number of hour in comfort zone 11.61% — Number of hour below comfort zone 2.83% — Total 14.43%



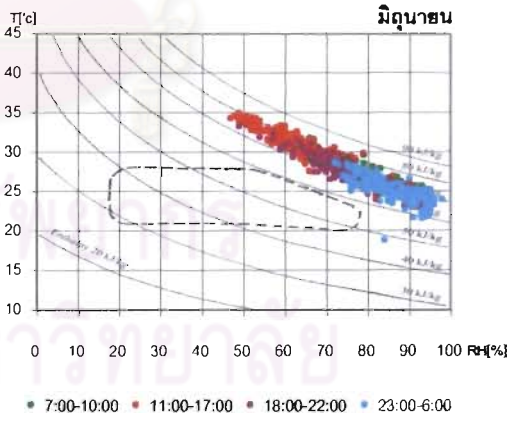
Actual data — Number of hour in comfort zone 2.82% — Number of hour below comfort zone 0.13% — Total 2.96%



Actual data — Number of hour in comfort zone 4.58% — Number of hour below comfort zone 0.00% — Total 4.58%

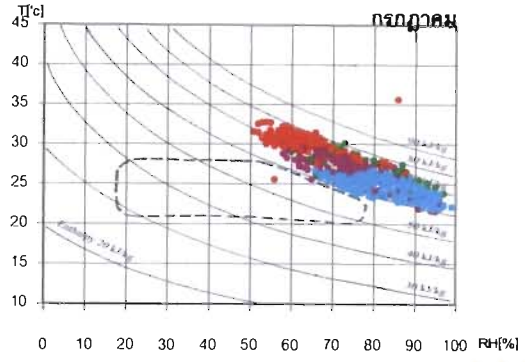


Actual data — Number of hour in comfort zone 5.11% — Number of hour below comfort zone 0.00% — Total 5.11%

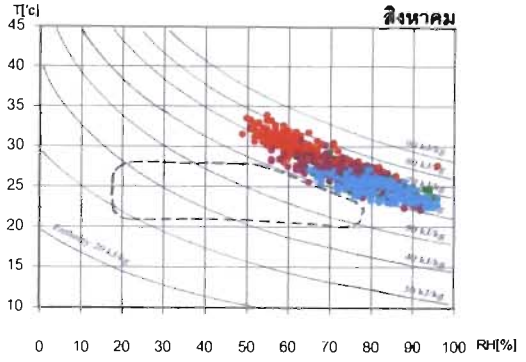


Actual data — Number of hour in comfort zone 0.83% — Number of hour below comfort zone 0.56% — Total 1.39%

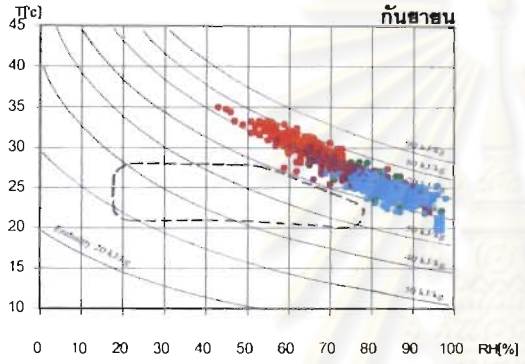
แผนภูมิที่ ค-7 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (เพิ่มความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคาร อิทธิพลความเร็วลม และข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



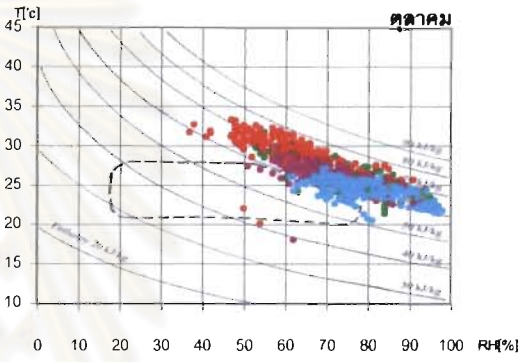
Actual data
Number of hour in comfort zone 8.06%
Number of hour below comfort zone 0.94%
Total 9.01%



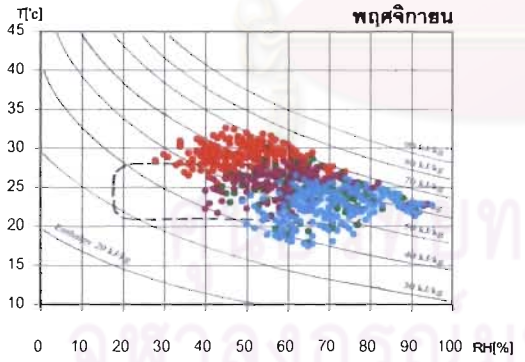
Actual data
Number of hour in comfort zone 9.81%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 9.81%



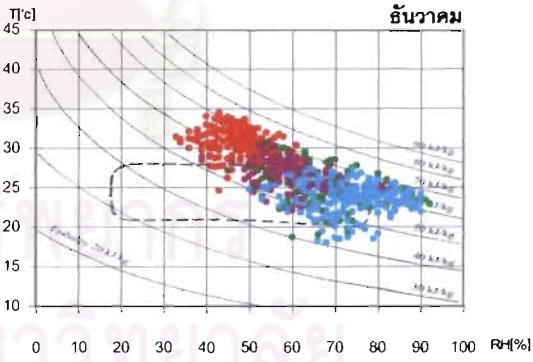
Actual data
Number of hour in comfort zone 3.75%
Number of hour below comfort zone 2.08%
Total 5.83%



Actual data
Number of hour in comfort zone 22.31%
Number of hour below comfort zone 2.15%
Total 24.46%

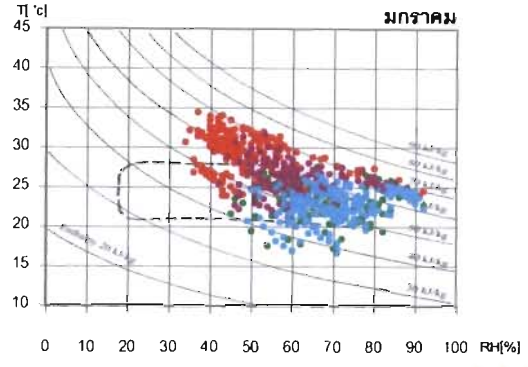


Actual data
Number of hour in comfort zone 41.25%
Number of hour below comfort zone 1.81%
Total 43.06%

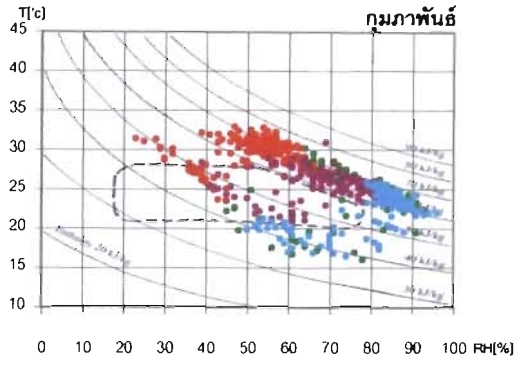


Actual data
Number of hour in comfort zone 32.93%
Number of hour below comfort zone 1.08%
Total 34.01%

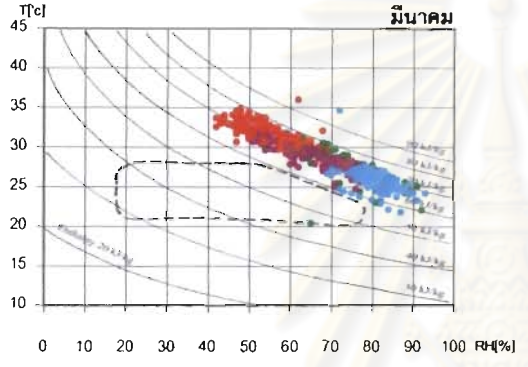
แผนภูมิที่ ค-7 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (เพิ่มความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที) (ต่อ) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคาร อิทธิพลความเร็วลม และข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



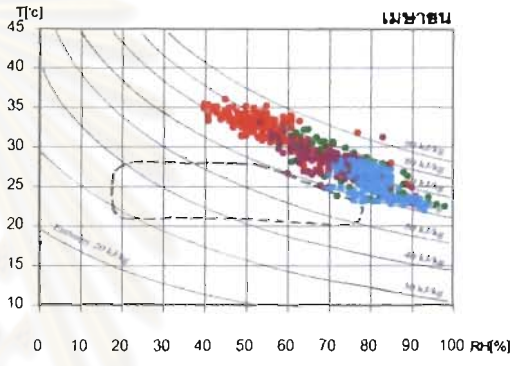
Actual data — Number of hour in comfort zone 38.71% — Number of hour below comfort zone 2.82% — Total 41.53%



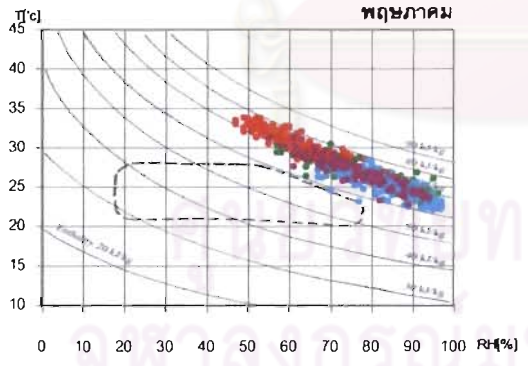
Actual data — Number of hour in comfort zone 12.05% — Number of hour below comfort zone 2.83% — Total 14.88%



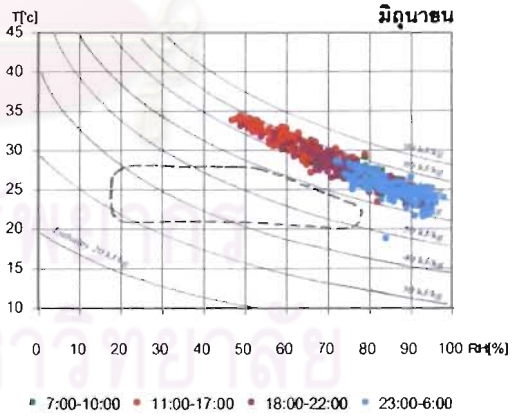
Actual data — Number of hour in comfort zone 2.96% — Number of hour below comfort zone 0.13% — Total 3.09%



Actual data — Number of hour in comfort zone 4.86% — Number of hour below comfort zone 0.00% — Total 4.86%

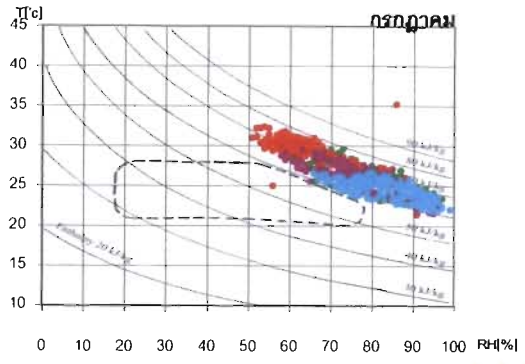


Actual data — Number of hour in comfort zone 5.38% — Number of hour below comfort zone 0.00% — Total 5.38%

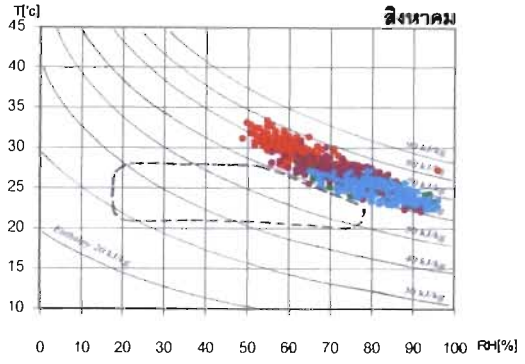


Actual data — Number of hour in comfort zone 1.39% — Number of hour below comfort zone 0.56% — Total 1.94%

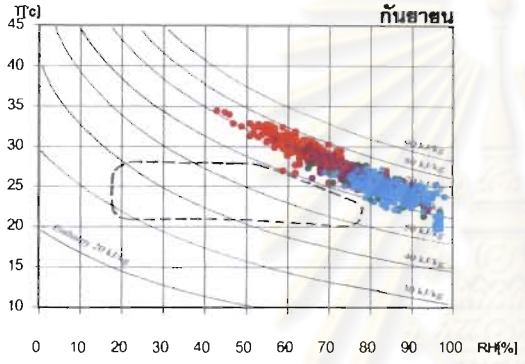
แผนภูมิที่ ค-8 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังเม็ดโฟมผสมคอนกรีต 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (เพิ่มความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคาร อิทธิพลความเร็วลม และข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



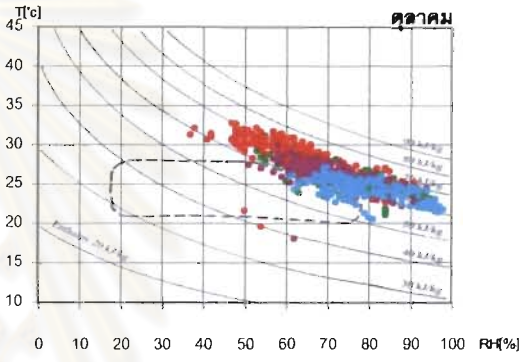
Actual data
Number of hour in comfort zone 8.33%
Number of hour below comfort zone 0.94%
Total 9.27%



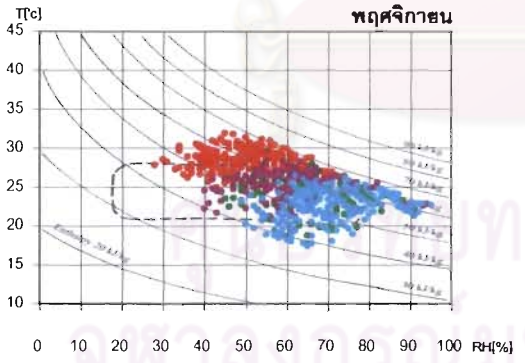
Actual data
Number of hour in comfort zone 10.62%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 10.62%



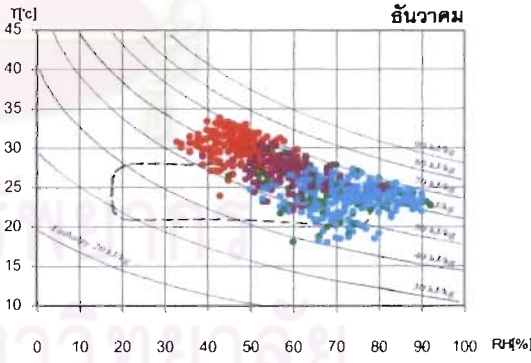
Actual data
Number of hour in comfort zone 5.28%
Number of hour below comfort zone 2.22%
Total 7.50%



Actual data
Number of hour in comfort zone 23.52%
Number of hour below comfort zone 2.42%
Total 25.94%

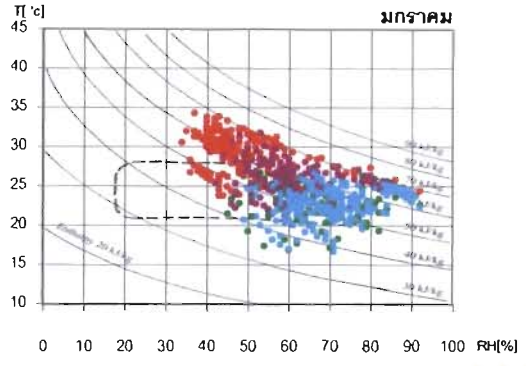


Actual data
Number of hour in comfort zone 43.33%
Number of hour below comfort zone 1.94%
Total 45.28%

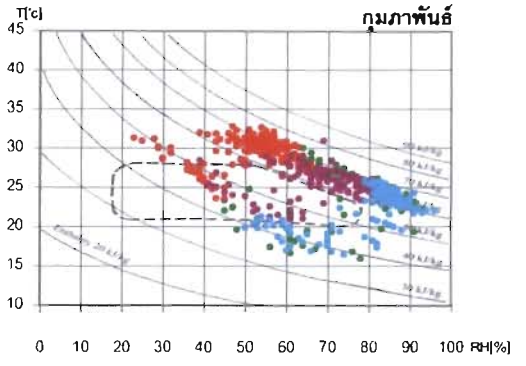


Actual data
Number of hour in comfort zone 33.74%
Number of hour below comfort zone 1.08%
Total 34.81%

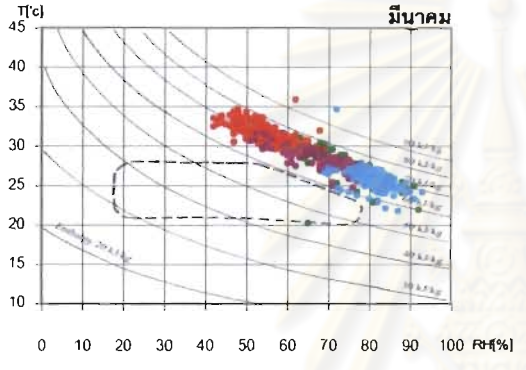
แผนภูมิที่ ค-8 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังเม็ดโฟมผสมคอนกรีต 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (เพิ่มความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที) (ต่อ) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคาร อิทธิพลความเร็วลม และข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



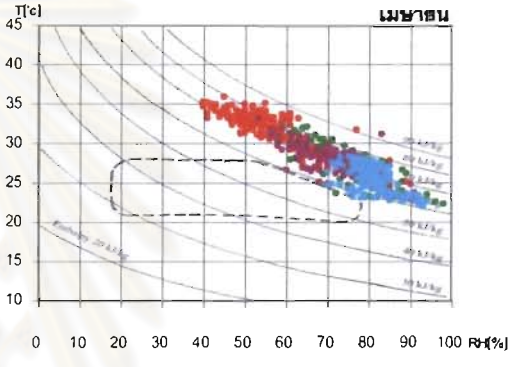
Actual data — Number of hour in comfort zone 38.98% — Number of hour below comfort zone 2.82% — Total 41.80%



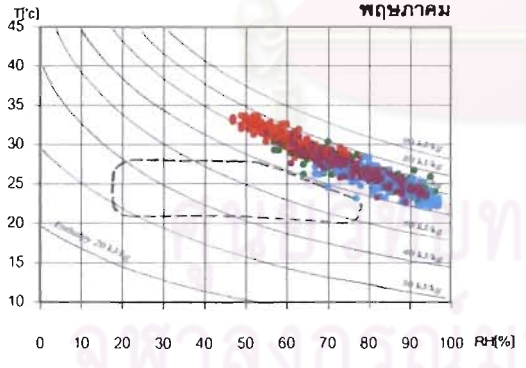
Actual data — Number of hour in comfort zone 12.80% — Number of hour below comfort zone 2.83% — Total 15.63%



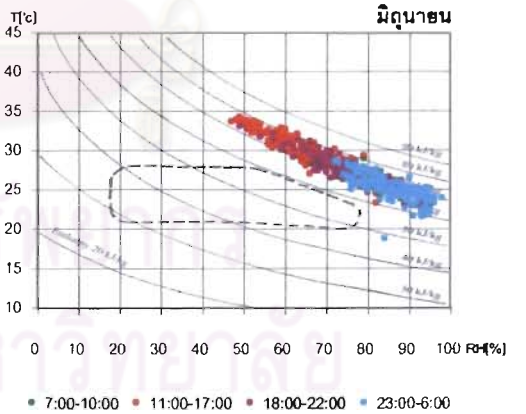
Actual data — Number of hour in comfort zone 3.23% — Number of hour below comfort zone 0.27% — Total 3.49%



Actual data — Number of hour in comfort zone 5.00% — Number of hour below comfort zone 0.00% — Total 5.00%



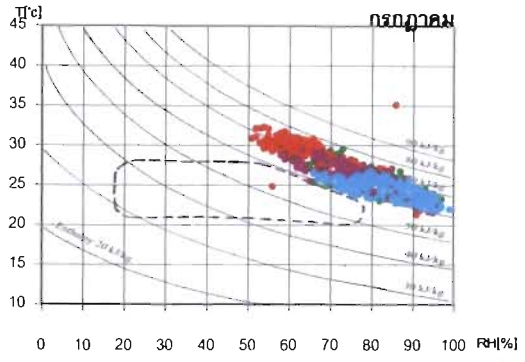
Actual data — Number of hour in comfort zone 5.38% — Number of hour below comfort zone 0.00% — Total 5.38%



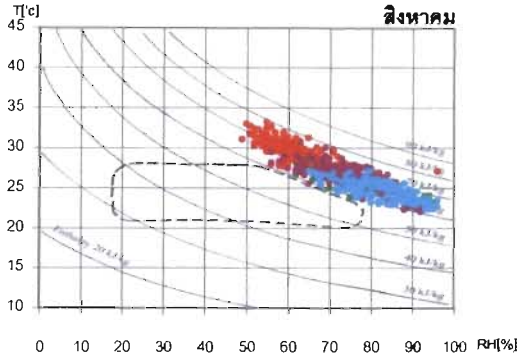
Actual data — Number of hour in comfort zone 1.39% — Number of hour below comfort zone 0.56% — Total 1.94%

แผนภูมิที่ ค-9 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนัง EIFS **และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (เพิ่มความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที)**

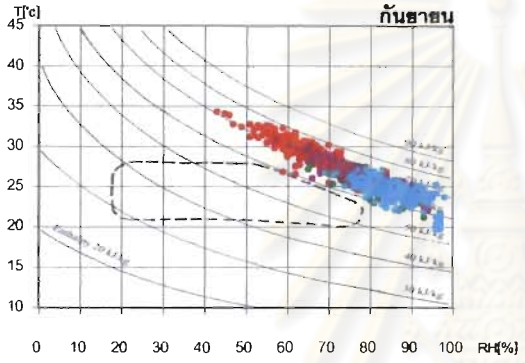
(ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคาร อิทธิพลความเร็วลม และข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



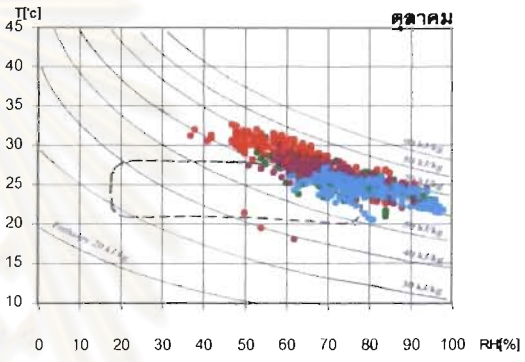
Actual data
Number of hour in comfort zone 8.74%
Number of hour below comfort zone 1.08%
Total 9.81%



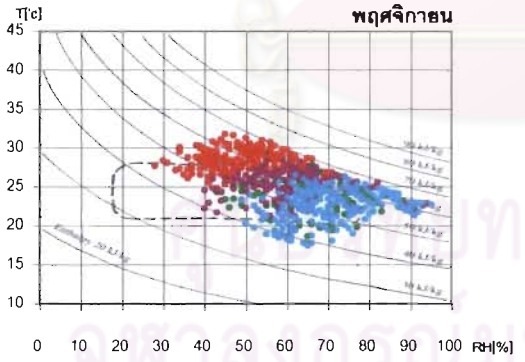
Actual data
Number of hour in comfort zone 10.75%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 10.75%



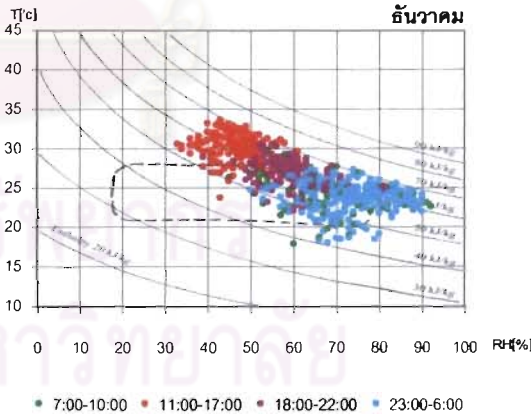
Actual data
Number of hour in comfort zone 5.97%
Number of hour below comfort zone 2.22%
Total 8.19%



Actual data
Number of hour in comfort zone 23.79%
Number of hour below comfort zone 2.42%
Total 26.21%

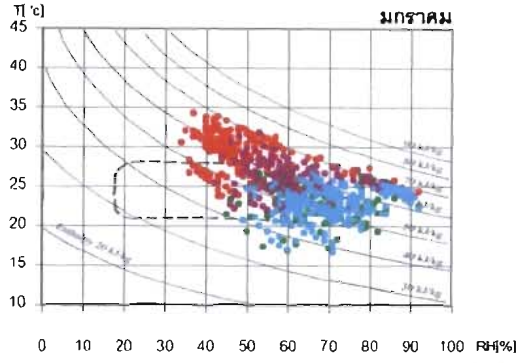


Actual data
Number of hour in comfort zone 44.17%
Number of hour below comfort zone 1.94%
Total 46.11%

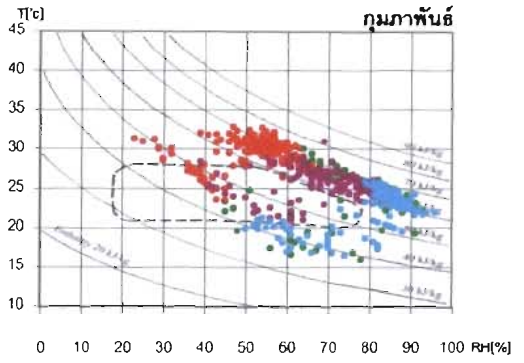


Actual data
Number of hour in comfort zone 34.27%
Number of hour below comfort zone 1.08%
Total 35.35%

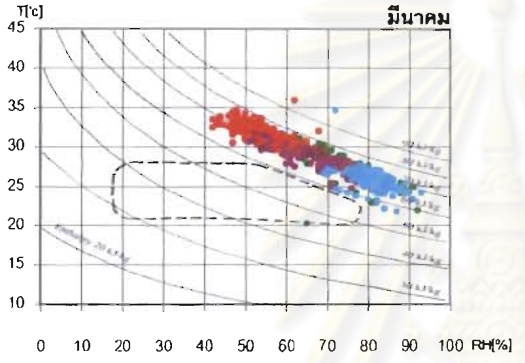
แผนภูมิที่ ค-9 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนัง EIFS และหลังคากระเบื้องซีเมนต์มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (เพิ่มความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที) (ต่อ) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคาร อิทธิพลความเร็วลม และข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



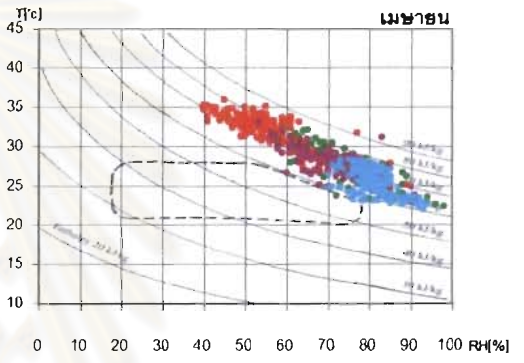
Actual data
Number of hour in comfort zone 38.98%
Number of hour below comfort zone 2.82%
Total 41.80%



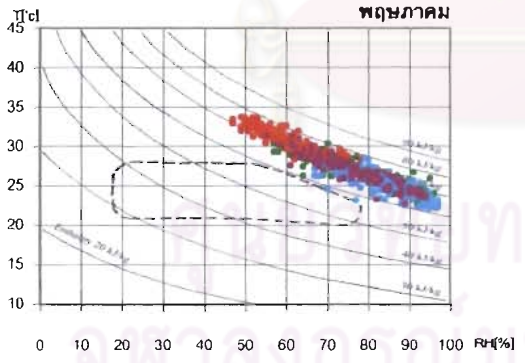
Actual data
Number of hour in comfort zone 12.80%
Number of hour below comfort zone 2.83%
Total 15.63%



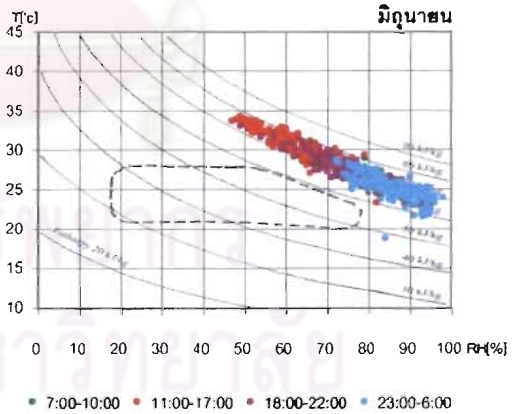
Actual data
Number of hour in comfort zone 3.23%
Number of hour below comfort zone 0.27%
Total 3.49%



Actual data
Number of hour in comfort zone 5.00%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 5.00%

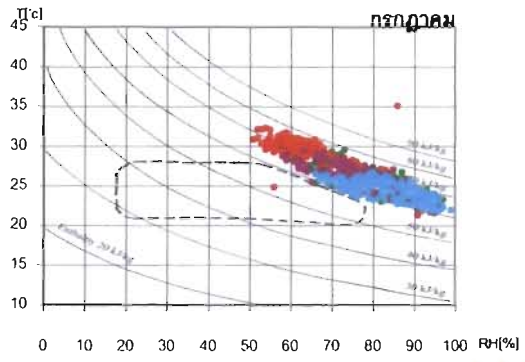


Actual data
Number of hour in comfort zone 5.38%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 5.38%

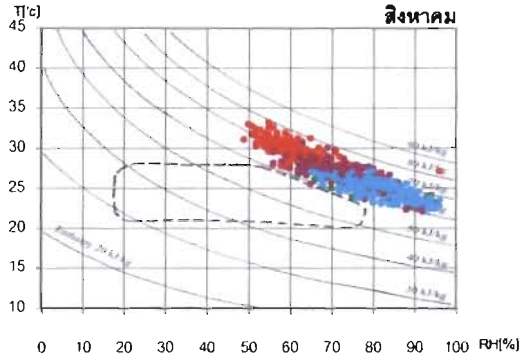


Actual data
Number of hour in comfort zone 1.39%
Number of hour below comfort zone 0.56%
Total 1.94%

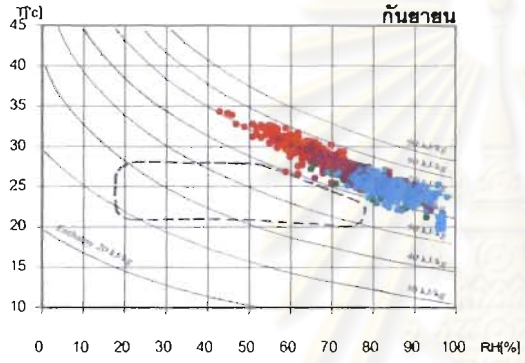
แผนภูมิที่ ค-10 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว EPS 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (เพิ่มความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที) (ที่มา : คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคาร อิทธิพลความเร็วลม และข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)



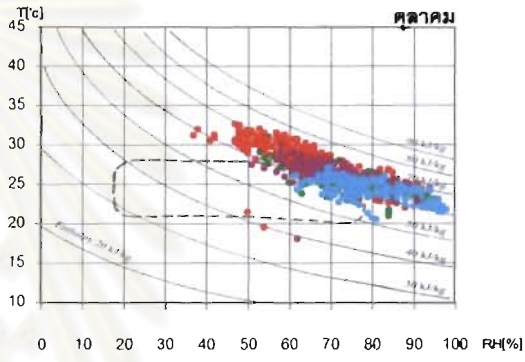
Actual data Number of hour in comfort zone 8.74%
Number of hour below comfort zone 1.08%
Total 9.81%



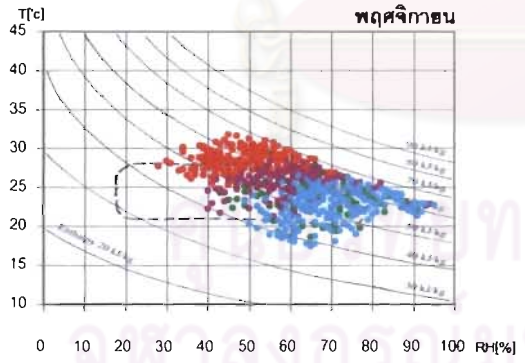
Actual data Number of hour in comfort zone 10.75%
Number of hour below comfort zone 0.00%
Total 10.75%



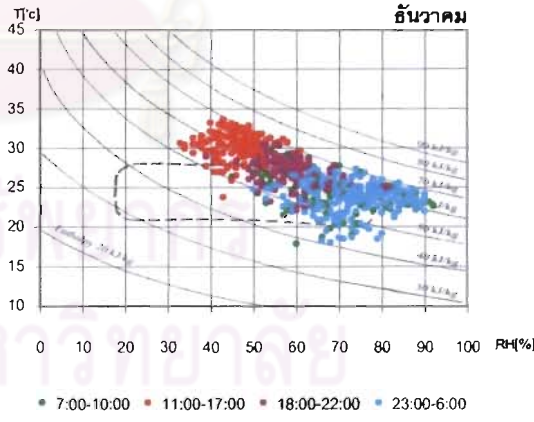
Actual data Number of hour in comfort zone 5.83%
Number of hour below comfort zone 2.22%
Total 8.06%



Actual data Number of hour in comfort zone 23.79%
Number of hour below comfort zone 2.42%
Total 26.21%



Actual data Number of hour in comfort zone 44.17%
Number of hour below comfort zone 1.94%
Total 46.11%



Actual data Number of hour in comfort zone 34.27%
Number of hour below comfort zone 1.08%
Total 35.35%

แผนภูมิที่ ค-10 แสดงจำนวนชั่วโมงเขตสบายภายในอาคาร ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว EPS 4 นิ้ว และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ มีช่องว่างอากาศ ฝ้าเพดาน 12 มม. ฉนวนใยแก้ว 12 นิ้ว ตลอดปี (เพิ่มความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที) (ต่อ) (ที่มา :คำนวณความรู้สึกของผู้ใช้อาคารจากอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายในอาคาร อิทธิพลความเร็วลม และข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพฯ กรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว สฤกกา พงษ์สุวรรณ

เกิดวันเสาร์ที่ 23 สิงหาคม พ.ศ.2518

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2535-2540	หลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
พ.ศ. 2544-2546	หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2548-2553	หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2541-2543	สถาปนิก บริษัท จี สแควร์ จำกัด
พ.ศ. 2543-2544	เจ้าหน้าที่สารสนเทศ สำนักงานจังหวัด จ.ราชบุรี
พ.ศ. 2544-2547	สถาปนิก บริษัทวิริยะ เอ็นเนอร์จี ดีไซนด์ อาร์คิเทคเจอร์ จำกัด
พ.ศ. 2547-2548	อาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2548-2550	นักวิจัย ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้ช่วยที่ปรึกษาโครงการตกแต่งภายในแสดงงานด้านการอนุรักษ์พลังงาน 6 ส่วน อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติฯ คลอง 5 จ.ปทุมธานี
พ.ศ. 2550-ปัจจุบัน	สถาปนิก/นักวิจัย ฝ่ายวิจัยและพัฒนา กลุ่มบริษัทดีที จำกัด ผู้จัดการแผนก ฝ่ายวิจัยและพัฒนา กลุ่มบริษัทดีที จำกัด

ผลงานด้านวิชาการ

การประชุมวิชาการสาระศาสตร์ ครั้งที่ 7 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ : การวิเคราะห์ระดับเอนทัลปีเพื่อหาแนวทางการออกแบบอาคารปรับอากาศสำหรับภูมิภาคร้อนชื้น (2546)

การประชุมวิชาการวิสาสะ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ : THE POWER OF INSULATION (2549)

การประชุมวิชาการสาระศาสตร์ ครั้งที่ 11 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อ : ฉนวนสิ่งจำเป็นที่ถูกลืม (2550)

International Journal for Renewable Energy (IIRE) Vol.4 No.1 (January – June 2009)

Manuscript title : The Miracle of Insulation in Hot-Humid Climate Building