

การศึกษาความเหมาะสมในการนำวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตมาประยุกต์ใช้เป็นเปลือกอาคาร  
สำหรับบ้านพักอาศัยในภูมิภาคศรีอนันต์



นายณัฐภณ วัชรประทีป

## สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

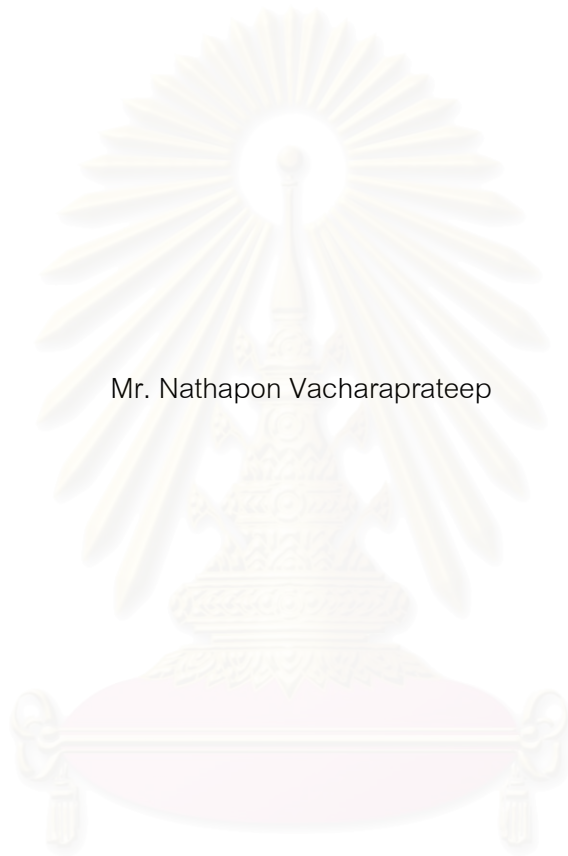
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A STUDY OF EPS FOAM CONCRETE PANEL APPLICATION FOR RESIDENTIAL BUILDING  
ENVELOPE IN HOT-HUMID CLIMATE

Mr. Nathapon Vacharaprateep



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาความเหมาะสมในการนำวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตมา  
ประยุกต์ใช้เป็นเปลือกอาคารสำหรับบ้านพักอาศัยในภูมิภาคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

โดย

นายณัฐภณ วัชรประทีป

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา

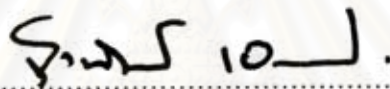
ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

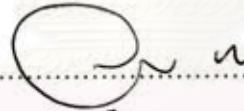


..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาลัย)

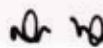
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุณิศวรรค์ เจริญพงศ์)



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



..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเอียร)



..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรสันต์ บุรณากาญจน์)



..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถจัน เศรษฐบุตร)

ณัฐภณ วัชรประทีป : การศึกษาความเหมาะสมในการนำวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตมาประยุกต์ใช้เป็นเปลือกอาคารสำหรับบ้านพักอาศัยในภูมิอากาศร้อนชื้น (A STUDY OF EPS FOAM CONCRETE PANEL APPLICATION FOR RESIDENTIAL BUILDING ENVELOPE IN HOT-HUMID CLIMATE) อ.ที่ปรึกษา: ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 166 หน้า.

ในปัจจุบันปัญหาการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยส่วนหนึ่งเกิดจากกระบวนการก่อสร้างที่ยุ่งยาก และการใช้วัสดุหลายชนิด ทำให้ต้องใช้เวลานานในการก่อสร้าง รวมถึงการขาดศักยภาพในการป้องกันความร้อนความชื้นของวัสดุจึงส่งผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคารบ้านพักอาศัย การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน โดยเน้นการใช้วัสดุชนิดเดียวกันมาประยุกต์ใช้เป็นเปลือกอาคารทั้งหมด (ผนัง พื้น และหลังคา) เพื่อลดขั้นตอนและระยะเวลาในการก่อสร้าง ขั้นตอนการวิจัยทำการสร้างอาคารทดลองผนัง 8 ทิศ และจำลองสภาพการใช้งานจริง เพื่อเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนและค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นภายในอาคารบ้านพักอาศัย โดยวัสดุที่นำมาทดลองเปรียบเทียบมี 4 ชนิด ได้แก่ (1) ผนังเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 10 ซม. (2) ผนังเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 20 ซม. (3) ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 10 ซม. และ (4) ผนังก่ออิฐมวลเบาปูนหนา 10 ซม. โดยวัสดุทดลองแต่ละชนิดมีขนาด 80 x 80 ซม.

การทดลองได้ทำการวัดผลจากสภาพจริง โดยมีอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดที่ 36°C มีแดดจัดตลอดวัน และมีการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในอาคารทดลองที่ 23°C คงที่ ผลการทดลองพบว่า ทิศทางของการติดตั้งผนังที่ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมภายนอกมากที่สุด คือ ทิศตะวันตกของผนังทดลองทั้ง 4 ชนิด โดยระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time lag) ของวัสดุผนังทดลองอยู่ระหว่าง 2-4 ชั่วโมง ผนังทดลองที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารจากน้อยไปหามาก ได้แก่ ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 10 ซม., วัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 20 ซม., วัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 10 ซม. และวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาปูนหนา 10 ซม. ตามลำดับ การคำนวณเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นรวมตลอดปีของอาคารบ้านพักอาศัย พบว่าอาคารที่ใช้ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 10 ซม. มีภาระการทำความเย็นน้อยที่สุด (15,187.3 Btu/h.ft<sup>2</sup> ต่อปี) รองลงมาคือ วัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 20 ซม. (15,781.9 Btu/h.ft<sup>2</sup> ต่อปี) วัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 10 ซม. (16,295.9 Btu/h.ft<sup>2</sup> ต่อปี) และผนังก่ออิฐมวลเบาปูนหนา 10 ซม. มีภาระความเย็นสูงที่สุด (19,115.6 Btu/h.ft<sup>2</sup> ต่อปี)

ผลสรุปจากการประยุกต์ใช้วัสดุในอาคารจริงพบว่า วัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 20 ซม. มีศักยภาพสูงที่สุดในการประยุกต์ใช้เป็นเปลือกอาคารทั้งหมด เนื่องจากสามารถก่อสร้างได้จริงและรวดเร็ว และเมื่อเปรียบเทียบกับ การก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยทั่วไป (ก่ออิฐมวลเบาปูน) พบว่าสามารถลดภาระการทำความเย็นในส่วนเปลือกอาคารได้ 6 เท่า ลดขั้นตอนในการก่อสร้างและลดน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้มากกว่าเท่าตัว นอกจากนั้นยังช่วยลดปริมาณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนได้ด้วย

จากแนวคิดความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 20 ซม. มาเป็นเปลือกอาคารทั้งหมด จึงน่าจะเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้ออกแบบที่ควรนำไปประยุกต์ใช้เป็นอาคารต้นแบบในอนาคต

ภาควิชา .....สถาปัตยกรรมศาสตร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....  
 สาขา.....สถาปัตยกรรม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
 ปีการศึกษา .....2550.....



## 4974121425 : MAJOR ARCHITECTURAL TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT

KEY WORD : HEAT FLOW RATES / COOLING LOADS / EPS FOAM CONCRETE PANEL / CO<sub>2</sub> EMISSIONS

NATHAPON VACHARAPRATEEP: A STUDY OF EPS FOAM CONCRETE PANEL APPLICATION FOR RESIDENTIAL BUILDING ENVELOPE IN HOT-HUMID CLIMATE.

THESIS ADVISOR: PROF.Dr. SOONTORN BOONYATIKARN, 166 pp.

At present, a part of building construction problems are construction process and material selection that take long times to construct, and lack of potential in thermal resistance which effected to energy consumption in residential building. The research objective is to study high efficient material for energy conservation, especially in single-material application for building envelope (to reduce construction process and period). The methods were using physical model simulation in actual condition; 8 different directions built-in panels which was focus on a part of building wall in order to compare heat flow rates and cooling loads among 4 types of panel materials, which are (1) a EPS foam concrete panel 10 cm., (2) a EPS foam concrete panel 20 cm., (3) a EIFS (Exterior Insulation Finished System) panel 10 cm. and (4) a brick panel 10 cm.. The size of testing panel is 80 cm. width by 80 cm. height each.

The study was experimented by physical model in condition; a maximum outside air-temperature with clearly sky was 36°C and 23°C stable for inside air-temperature. The results indicated that the test panels facing west were highly affected by the outside environment and test panels facing north were less affected from outside environment. The time lag of test panels is 2-4 hours. The range of average heat flow rates (low rates to high rates) from the panels was a EIFS panel 10 cm., a EPS foam concrete panel 20 cm., a EPS foam concrete panel 10 cm. and a brick panel 10 cm. respectively. Annual total load (yearly) comparison of residential building with 4 different panel materials showed that the minimum loads to maximum loads are the EIFS panel 0.10 m. (15,187.3 Btu/h.ft<sup>2</sup>), the EPS foam concrete panel 0.20 m. (15,781.9 Btu/h.ft<sup>2</sup>), the EPS foam concrete panel 0.10 m. (16,295.9 Btu/h.ft<sup>2</sup>) and the brick panel 0.10 m. (19,115.6 Btu/h.ft<sup>2</sup>).

The conclusion of application in building found that the EPS foam concrete panel 20 cm. had high efficiency for applying in building envelope because more practicable and fast construction. Therefore, the study of application could reduce loads from part of building envelope, construction period and building construction about 6, 3 and 2.5 times compared with conventional residential building construction (common brick). In addition, this application could reduce an amount of CO<sub>2</sub> emission into the atmosphere that is a major cause of Global Warming. The study on feasibility of this research was a new alternative to serve as a suitable solution for the building prototype in a future.

Department..... Architecture .....Student's signature.....  
Field of study.....Architecture .....Advisor's signature.....  
Academic year .....2007.....



## กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ต้องขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ ที่เป็นทั้งอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่สามารถให้คำปรึกษาได้ทุกเรื่อง ทุกปัญหา ให้ความรู้ แนวความคิด และปรัชญาสู่ความสำเร็จทั้งการเรียนและการดำเนินชีวิต ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุานิศวรรค์ เจริญพงศ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตตร อาจารย์ ดร. วรภัทร อิงคโรจฤทธิ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. สุภา ขาวเขียว ที่ได้ให้คำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณสมบุญ คุณพิทักษ์ และพี่น้องชาวหมู่บ้านวังแพ จังหวัด สระบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์-ความสะดวกต่าง ๆ ในช่วงเวลาทำการทดลอง รวมถึงคุณเมฆินทร์ คุณทองประเสริฐ และพี่ ๆ ผู้รับเหมาทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการก่อสร้างอาคารทดลอง และ วัสดุผนังทดลอง

ขอขอบพระคุณ พี่แวน พี่ต้น และพี่จอยห้องภาค ที่แนะนำวิธีใช้เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองต่าง ๆ รวมถึงพี่ณรงฤทธิ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการติดต่อประสานงานในส่วนของ วัสดุก่อสร้าง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณตา ญาติ ๆ ทุกคนที่ให้ความเป็นห่วงและเป็นทุกอย่างให้ผมคนนี้ประสบความสำเร็จ ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่สาขา เทคโนโลยีฯ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจและเสียงหัวเราะด้วยกันตลอด 2 ปี

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฏ
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
1.6 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิจัย.....	7
<b>บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>8</b>
2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับระบบผนัง.....	8
2.1.1 วัสดุผนัง.....	8
2.1.2 ผนังภายนอกอาคาร.....	9
2.1.3 ผนังภายในอาคาร.....	11
2.1.4 ปัญหาของการใช้วัสดุในประเทศไทย.....	12
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน.....	13
2.2.1 ความหมายของความร้อน.....	13
2.2.2 ความร้อนที่เกิดจากภายนอกอาคาร (External load factors).....	14
2.2.3 ความร้อนที่เกิดจากภายในอาคาร (Internal load factors).....	17
2.2.4 ความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึมของอากาศภายนอก (Infiltration and Ventilation).....	17
2.2.5 อิทธิพลของผิวผนังภายในอาคารที่มีต่อความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิ.....	18
2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในการปรับอากาศที่เกิดผนัง.....	19

	หน้า
2.3.1 ภาวะการปรับอากาศในการรีดความร้อนและความชื้นที่สะสมในเนื้อวัสดุ ในช่วงเริ่มต้นของการปรับอากาศ (Start up time).....	19
2.3.2 ภาวะการปรับอากาศที่เกิดจากความร้อนและความชื้นที่ถ่ายเทผ่านวัสดุผนัง...	20
2.4 การคำนวณภาวะการปรับอากาศที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร...	22
2.5 อิทธิพลจากแสงแดดและการจำลองสภาพในห้องทดลอง.....	26
2.6 อิทธิพลของมวลสารต่อการถ่ายเทความร้อน.....	27
2.6.1 อิทธิพลของมวลสารในแง่ของการหน่วงเหนี่ยวความร้อน.....	29
2.6.2 อิทธิพลของมวลสารต่อการประหยัดพลังงานในอาคาร.....	30
2.7 ระบบควบคุมอาคารที่มีผลต่อการเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน.....	30
2.7.1 ไม่ติดตั้งระบบปรับอากาศ.....	30
2.7.2 ติดตั้งระบบปรับอากาศ.....	31
2.8 ก๊าซเรือนกระจก (Green house effect).....	31
2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	34
2.9.1 อิทธิพลการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการผสมมวลสารและฉนวนเข้าด้วยกัน	35
2.9.2 การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของอาคารพักอาศัย ในเขตร้อนชื้น.....	36
2.9.3 แนวทางการปรับปรุงผนังอาคารเดิมเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร...	37
2.9.4 ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร.....	38
2.9.5 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสารมาก.....	39
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....</b>	<b>41</b>
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	41
3.2 การตรวจสอบเครื่องมือ.....	43
3.3 การเตรียมการทดลองและการติดตั้งเครื่องมือในการทดลอง.....	44
3.4 การเก็บข้อมูล.....	56
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	59
3.6 การสรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล.....	61
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....</b>	<b>62</b>
4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของ วัสดุผนังเมดโฟมคอนกรีตของอาคารบ้านพักอาศัยที่มีการปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง.....	62



4.2 การศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต ของอาคารบ้านพักอาศัยที่มีการปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง.....	62
4.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและเปรียบเทียบการใช้พลังงานที่ เกิดขึ้นกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศของ อาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างกันที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง....	118
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....</b>	126
5.1 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน.....	126
5.2 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ.....	127
5.3 ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและเปรียบเทียบการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นกับ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศของอาคาร บ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างกัน.....	130
5.4 การประยุกต์ใช้ในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุผนัง.....	131
5.5 ข้อเสนอแนะ.....	141
รายการอ้างอิง.....	142
ภาคผนวก.....	145
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	166

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แสดงคุณสมบัติและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนัง ทดลองต่าง ๆ.....	4
ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคกิจกรรมต่าง ๆ และสัดส่วน ของศักยภาพในการทำให้ร้อนขึ้น.....	34
ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของผนังระบบกันความร้อนภายนอก.....	46
ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติของผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel).....	47
ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของผนังก่ออิฐมวลเบา.....	49
ตารางที่ 5.1 แสดงสรุปการเปรียบเทียบอัตราส่วนต่าง ๆ ของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา อาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน.....	140
ตารางที่ 6.1 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกหนา 0.10 เมตร.....	146
ตารางที่ 6.2 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร.....	147
ตารางที่ 6.3 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร.....	148
ตารางที่ 6.4 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร.....	149

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน..... 15
รูปที่ 2.2	แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง..... 16
รูปที่ 2.3	แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อน..... 17
รูปที่ 2.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมมูลความชื้นของวัสดุต่างๆ และความชื้นสัมพัทธ์..... 20
รูปที่ 2.5	แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารในช่วงเวลา ต่าง ๆ ของวัน..... 28
รูปที่ 2.6	แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังมวลสารน้อยและผนังมวลสารมาก..... 28
รูปที่ 2.7	แสดงอิทธิพลของมวลสารที่ทำให้เกิดการหน่วงความร้อน (Time lag) และ Decrement factor..... 30
รูปที่ 2.8	แสดงองค์ประกอบส่วนใหญ่ของก๊าซเรือนกระจกที่มีผลต่อสภาวะโลกร้อน..... 33
รูปที่ 3.1	เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Campbell Data Logger) รุ่น CR23X..... 42
รูปที่ 3.2	เครื่องวัดพลังงานรังสีดวงอาทิตย์..... 43
รูปที่ 3.3	หัววัดอุณหภูมิ Thermister..... 44
รูปที่ 3.4	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS (Exterior Insulation and Finished System)..... 45
รูปที่ 3.5	ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel)..... 47
รูปที่ 3.6	ผนังก่ออิฐมวลเบา..... 48
รูปที่ 3.7	การติดตั้งผนังทั้ง 4 ชนิดโดยติดตั้งรอบอาคารทดลองทั้ง 8 ทิศ..... 50
รูปที่ 3.8	การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิบริเวณผิวภายในของวัสดุผนังทดลอง..... 50
รูปที่ 3.9	การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง-เปียกบริเวณภายในของอาคารทดลอง..... 51
รูปที่ 3.10	การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกบริเวณภายนอกอาคารทดลอง... 51
รูปที่ 3.11	การติดตั้งเครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องวัดความเร็ว-ทิศทางลมไว้บนหลังคา.... 51
รูปที่ 3.12	แสดงผังอาคารทดลอง..... 52
รูปที่ 3.13	แสดงการติดตั้งพื้นฉนวน EPS เพื่อป้องกันความร้อนจากพื้น..... 53
รูปที่ 3.14	แสดงการติดตั้งเครื่องปรับอากาศภายในห้องทดลอง..... 53
รูปที่ 3.15	แสดงบรรยากาศภายใน-นอกอาคารทดลอง..... 53

รูปที่ 3.16	แสดงรูปแบบวัสดุผนังทดลอง.....	54
รูปที่ 3.17	แสดงรูปแบบวัสดุผนังทดลองทั้ง 4 ชนิด.....	55
รูปที่ 3.18	แสดงแสดงรูปตัดขวางของอาคารทดลอง.....	56
รูปที่ 3.19	แสดงการติดตั้งหัวเซนเซอร์ตามตำแหน่งต่าง ๆ ของผนังทดลอง.....	57
รูปที่ 3.20	แสดงผังอาคารกรณีศึกษา ชั้น 1-2.....	58
รูปที่ 3.21	แสดงรูปด้านอาคารกรณีศึกษา.....	59
รูปที่ 3.22	แสดงสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งเชื้อเพลิงต่าง ๆ ปี พ.ศ.2549.....	61
รูปที่ 4.1	แสดงสภาพท้องฟ้าในช่วงเวลาที่ทำการทดลองของวันที่ 12 เมษายน 2551 เวลา 15.05 น.....	65
รูปที่ 4.2	แสดงทิศทางลมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบริเวณอาคารทดลอง.....	66
รูปที่ 5.1	แสดงการก่อสร้างตัวอย่างอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ขนาด 100 ตารางเมตร ที่มีเปลือก อาคารเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน โดยสามารถลดระยะเวลาการก่อสร้างได้ถึง 3 เท่า (สถานที่ ก่อสร้างในโครงการ อีโค-สเฟียร์ เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา วันที่ 2 พฤษภาคม 2551)..	136
รูปที่ 5.2	แสดงบรรยากาศการก่อสร้างตัวอย่างภายในอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ขนาด 100 ตารางเมตร ที่มีเปลือกอาคารเป็นวัสดุโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร (สถานที่ก่อสร้างใน โครงการ อีโค-สเฟียร์ เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา วันที่ 4 พฤษภาคม 2551).....	137
รูปที่ 5.3	แสดงบรรยากาศการก่อสร้างตัวอย่างภายนอกอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ขนาด 100 ตารางเมตร ที่มีเปลือกอาคารเป็นวัสดุโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร (สถานที่ก่อสร้างใน โครงการ อีโค-สเฟียร์ เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา วันที่ 4 พฤษภาคม 2551).....	138
รูปที่ 5.4	แสดงการก่อสร้างของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษากับอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือก อาคารเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน.....	139
รูปที่ 5.5	แสดงการก่อสร้างของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา (สถานที่ก่อสร้างในโครงการ อีโค-สเฟียร์ เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา วันที่ 2 พฤษภาคม 2551).....	139
รูปที่ 6.1	แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกหนา 0.10 เมตร.....	146
รูปที่ 6.2	แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร.	147
รูปที่ 6.3	แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร	148



รูปที่ 6.4	แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังก่ออิฐมวลหนา 0.10 เมตร.....	149
รูปที่ 6.5	แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของกระจกใส 6 มม. และกระจก Heat stop Low-e 24 มม.....	150
รูปที่ 6.6	แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.20 เมตร พร้อมปูกระเบื้องเซรามิก.....	150
รูปที่ 6.7	แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร พร้อมพื้นเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete floor) หนา 0.20 เมตร และปูกระเบื้องเซรามิก.....	151
รูปที่ 6.8	แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของหลังคากระเบื้องลอนคู่หนา ½ นิ้ว พร้อมปูฝ้าฉนวนยิปซัมหนา 9 มม. ภายใน.....	151
รูปที่ 6.9	แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของหลังคาเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete roof) หนา 0.20 เมตร.....	152
รูปที่ 6.10	แสดงผังชั้น 1 อาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น.....	153
รูปที่ 6.11	แสดงผังชั้น 2 อาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น.....	154
รูปที่ 6.12	แสดงผังหลังคาอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น.....	155
รูปที่ 6.13	แสดงรูปตัด E อาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น.....	156
รูปที่ 6.14	แสดงรูปตัด F อาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น.....	157
รูปที่ 6.15	แสดงรูปด้าน 1 อาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น.....	158
รูปที่ 6.16	แสดงรูปด้าน 2 อาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น.....	159
รูปที่ 6.17	แสดงรูปด้าน 3 อาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น.....	160
รูปที่ 6.18	แสดงรูปด้าน 4 อาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น.....	161
รูปที่ 6.19	แสดงผังพื้นและผังอาคารทดลอง.....	162
รูปที่ 6.20	แสดงรูปตัดอาคารและรูปด้านอาคารทดลอง.....	163
รูปที่ 6.21	แสดงผังโครงสร้างหลังคาและอาคารทดลอง.....	164
รูปที่ 6.22	แสดงแบบตัดขยาย A-B-C ของอาคารทดลอง.....	165

## สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิที่ 1.1	แสดงสถานการณ์พลังงานของประเทศไทยข้อมูลปี พ.ศ.2549..... 1
แผนภูมิที่ 1.2	แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยปี 1985-2006..... 1
แผนภูมิที่ 1.3	แสดงระเบียบวิธีวิจัย..... 7
แผนภูมิที่ 4.1	แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งวัดโดย Pyranometer ในลักษณะตั้งฉากกับพื้นดิน โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551..... 64
แผนภูมิที่ 4.2	แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และ ทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551..... 67
แผนภูมิที่ 4.3	แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอก หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551... 68
แผนภูมิที่ 4.4	แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และ ทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551..... 69
แผนภูมิที่ 4.5	แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอก หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.... 70

แผนภูมิที่ 4.6	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัย ปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....</p>	72
แผนภูมิที่ 4.7	<p>แสดงพฤติกรรมกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตรทางทิศตะวันตกในช่วงเวลาต่าง ๆ ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551...</p>	73
แผนภูมิที่ 4.8	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และ ทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....</p>	75
แผนภูมิที่ 4.9	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551....</p>	76
แผนภูมิที่ 4.10	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และ ทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....</p>	77
แผนภูมิที่ 4.11	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551....</p>	78

แผนภูมิที่ 4.12	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....</p>	80
แผนภูมิที่ 4.13	<p>แสดงพฤติกรรมกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตกในช่วงเวลาต่าง ๆ ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....</p>	81
แผนภูมิที่ 4.14	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete) หนา 0.20 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....</p>	83
แผนภูมิที่ 4.15	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete) หนา 0.20 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551....</p>	84
แผนภูมิที่ 4.16	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete) หนา 0.20 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....</p>	85
แผนภูมิที่ 4.17	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete) หนา 0.20 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551....</p>	86



แผนภูมิที่ 4.18	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete) หนา 0.20 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัย ปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....</p>	88
แผนภูมิที่ 4.19	<p>แสดงพฤติกรรมภาพถ่ายความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete) หนา 0.20 เมตร ทางทิศตะวันตกในช่วงเวลาต่าง ๆ ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูล ตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....</p>	89
แผนภูมิที่ 4.20	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาปูน หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูล ตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....</p>	91
แผนภูมิที่ 4.21	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาปูน หนา 0.10 เมตร (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเฉียงใต้ และ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....</p>	92
แผนภูมิที่ 4.22	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาปูน หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูล ตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....</p>	93
แผนภูมิที่ 4.23	<p>แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาปูน หนา 0.10 เมตร (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเฉียงใต้ และ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูล ตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....</p>	94

แผนภูมิที่ 4.24	แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตกในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....	96
แผนภูมิที่ 4.25	แสดงพฤติกรรมกรถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตกในช่วงเวลาต่าง ๆ ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....	97
แผนภูมิที่ 4.26	แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....	99
แผนภูมิที่ 4.27	แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....	100
แผนภูมิที่ 4.28	แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....	102
แผนภูมิที่ 4.29	แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....	103

แผนภูมิที่ 4.30	แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนัง เม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร ทางทิศตะวันตก ใน สภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำ การเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....	105
แผนภูมิที่ 4.31	แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนัง เม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร ทางทิศตะวันตก ใน สภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำ การเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....	106
แผนภูมิที่ 4.32	แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนัง ก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งาน อาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....	108
แผนภูมิที่ 4.33	แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนัง ก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งาน อาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....	109
แผนภูมิที่ 4.34	แสดงการเปรียบเทียบอัตราความร้อน (Sensible load) ที่ผ่านวัสดุผนังทั้ง 4 ชนิด ด้าน ทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....	112
แผนภูมิที่ 4.35	แสดงการเปรียบเทียบอัตราความร้อน (Sensible load) ที่ผ่านวัสดุผนังทั้ง 4 ชนิด ด้านทิศเหนือ ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551.....	114
แผนภูมิที่ 4.36	แสดงการเปรียบเทียบการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุผนังทดลองทั้ง 4 ชนิด.....	116
แผนภูมิที่ 4.37	แสดงการเปรียบเทียบ Temperature Swing ของผิวภายนอกและผิวภายในวัสดุผนัง ทดลองทั้ง 4 ชนิดของอาคารที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง.....	117

แผนภูมิที่ 4.38	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังทดลองชนิดต่าง ๆ ด้านทิศตะวันตกของเดือนเมษายน ปี 2550.....	118
แผนภูมิที่ 4.39	แสดงการเปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็น Cooling load ที่เกิดจากวัสดุผนังที่แตกต่างกันตลอดทั้งปี.....	120
แผนภูมิที่ 4.40	แสดงการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานรวมตลอดทั้งปีของอาคารบ้านพักอาศัยที่มีการใช้วัสดุผนังที่แตกต่างกัน.....	121
แผนภูมิที่ 4.41	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (KgCO <sub>2</sub> ) ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ ต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลและก๊าซธรรมชาติ (kWh) ของอาคารพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังต่าง ๆ กันตลอดทั้งปี.....	123
แผนภูมิที่ 4.42	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (KgCO <sub>2</sub> ) ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ ต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลและก๊าซธรรมชาติ (kWh) ของวัสดุผนังต่าง ๆ กันตลอดทั้งปี.....	124
แผนภูมิที่ 5.1	แสดงการเปรียบเทียบปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่อิทธิพลต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ.....	126
แผนภูมิที่ 5.2	แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าการถ่ายเทความร้อนกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ.....	127
แผนภูมิที่ 5.3	แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ.....	128
แผนภูมิที่ 5.4	แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ ทางทิศตะวันตกและทิศเหนือ.....	129
แผนภูมิที่ 5.5	แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนค่าภาระการทำความเย็น Cooling load ที่เกิดจากวัสดุผนังที่แตกต่างกัน.....	131
แผนภูมิที่ 5.6	แสดงการเปรียบเทียบพลังงานรวมตลอดทั้งปี ของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา กับอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร.....	132
แผนภูมิที่ 5.7	แสดงการเปรียบเทียบค่าการແจกแจกการใช้พลังงานต่อพื้นที่ต่อปีของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา กับอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร.....	133



แผนภูมิที่ 5.8	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (KgCO <sub>2</sub> ) ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ ต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลและก๊าซธรรมชาติ (kWh) ของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาที่อาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นวัสดุเม็ดโพลีคอนกรีตหนา 0.20 เมตร.....	134
แผนภูมิที่ 5.9	แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาการก่อสร้างของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาที่อาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นวัสดุเม็ดโพลีคอนกรีตหนา 0.20 เมตร.....	135



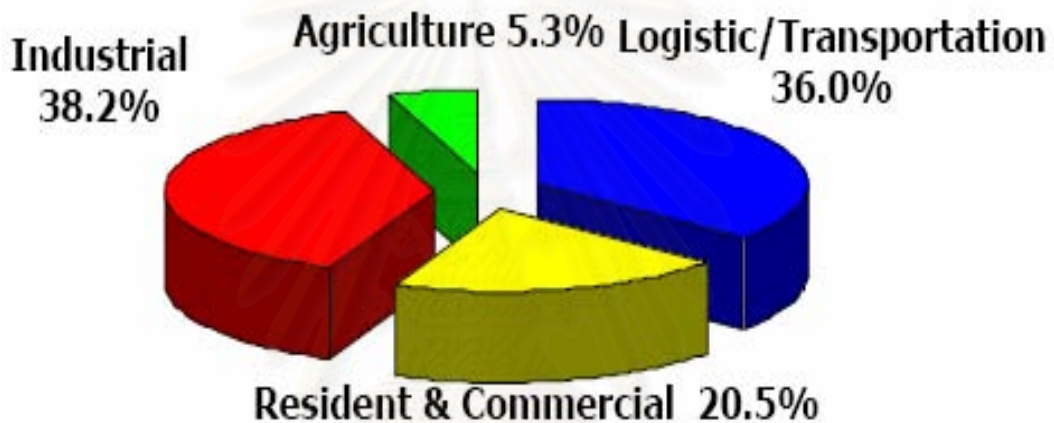
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

## บทนำ

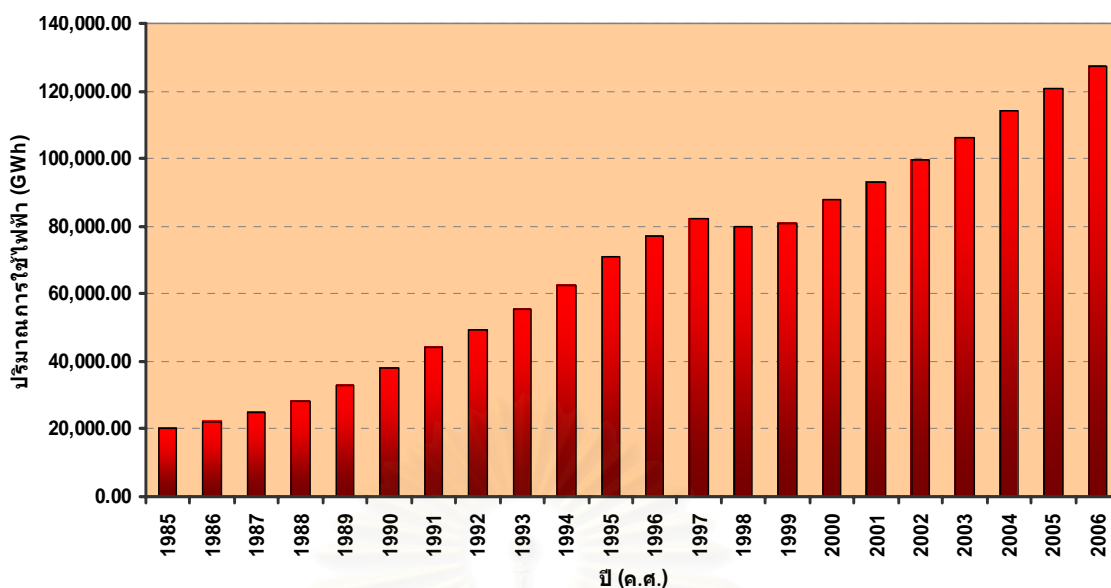
### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การใช้พลังงานในส่วนของที่พักอาศัยในประเทศไทยช่วงปี พ.ศ. 2536-2549 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยคิดเป็นร้อยละ 1.9 ต่อปี ซึ่งการใช้พลังงานในส่วนที่พักอาศัย (Residential & Commercial) โดยรวมของประเทศ จำแนกตามสาขาทางเศรษฐศาสตร์ พบว่ามี การใช้พลังงานอยู่ในอันดับ 3 หรือคิดเป็นร้อยละ 20.5 รองจากภาคการคมนาคม (Logistic / Transportation) และภาคอุตสาหกรรม (Industrial)



แผนภูมิที่ 1.1 แสดงสถานการณ์พลังงานของประเทศไทยข้อมูลปี พ.ศ.2549  
(ที่มา:กระทรวงพลังงาน <http://www.energy.go.th/>)

การใช้พลังงานของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งนับวันจะมีความต้องการสูงขึ้น พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านพักอาศัยร้อยละ 60 เป็นพลังงานที่ใช้จากการปรับอากาศ (กระทรวงพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2543) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับภูมิอากาศของประเทศไทยที่มีสภาพอากาศร้อนชื้น ดังนั้นการป้องกันหรือการลดปริมาณความร้อน (Heat transmission) ที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคารเข้ามาสู่ภายในอาคารจึงเป็นส่วนหนึ่งในการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและการอนุรักษ์พลังงานในอาคารพักอาศัย รวมถึงพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้กำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเข้าสู่อาคาร (Overall Thermal Transfer Value หรือ OTTV) การกำหนดมาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร และมาตรฐานเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบอาคารให้มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุด



แผนภูมิที่ 1.2 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยปี 1985-2006

(ที่มา: [http://www.eppo.go.th/info/5electricity\\_stat.htm](http://www.eppo.go.th/info/5electricity_stat.htm))

การอนุรักษ์พลังงานภายในอาคารควรเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบอาคาร การเลือกชนิดของวัสดุและระบบเปลือกอาคาร (Envelop) อันได้แก่ ผนัง หลังคา พื้น และช่องเปิดต่าง ๆ โดยเฉพาะ "ผนังอาคาร" ซึ่งเป็นส่วนที่มีพื้นที่มากที่สุดทำให้ได้รับอิทธิพลของความรู้สึกเสมือนจาก MRT และได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมมากที่สุด จึงมีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคารมากที่สุด โดยปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารแปรผันตรงกับปริมาณพื้นที่เปลือกอาคาร เมื่ออาคารมีพื้นที่เปลือกอาคารมากจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารเพิ่มขึ้น จนทำให้สภาพแวดล้อมภายในอาคารพ้นจากสภาวะน่าสบาย หรือ Comfort zone (Fanger, 1970) และต้องใช้เครื่องปรับอากาศเป็นจำนวนมากเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมภายใน ดังนั้นการเลือกใช้ผนังที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพจึงสามารถลดปัญหาความร้อนส่วนเกินได้

วัสดุที่นำมาใช้เป็นเปลือกอาคารในปัจจุบันมีอยู่หลายประเภท ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป เช่น วัสดุมวลสารมาก วัสดุมวลสารปานกลาง และวัสดุมวลสารน้อย (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2548) ซึ่งจะส่งผลต่อพฤติกรรมถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร โดยปกติวัสดุที่เป็นฉนวน มักมีมวลสารน้อยและมีน้ำหนักเบาจะสามารถกักเก็บปริมาณความร้อนได้น้อย แต่มีคุณสมบัติในการสกัดกั้นความร้อน ทำให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปได้ช้า ส่วนวัสดุที่มีมวลสารมากจะมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนได้มาก ซึ่งจะส่งผ่านตัวกลางไปเรื่อย ๆ ดังนั้นความร้อนที่สะสมไว้จึงค่อย ๆ เคลื่อนผ่านตัวกลางในเวลาถัดมา ซึ่งใช้เวลานานในการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร อิทธิพลนี้เรียกว่า การหน่วงเหนี่ยวเวลา (Time lag effect) มวลสารของวัสดุมีคุณสมบัติในการชะลอความร้อนที่เข้าสู่อาคารเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยเลื่อนเวลา ที่เกิดค่าอุณหภูมิสูงสุดภายในอาคารออกไป จากเวลาที่เกิดค่าอุณหภูมิสูงสุดภายนอก และยังเป็นการลดค่าของอุณหภูมิสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นภายในอาคารได้อีกด้วย แล้วในช่วง

เวลาที่อุณหภูมิของอากาศภายนอกเย็นลงกว่าอุณหภูมิของผนังแล้ว ความร้อนที่กักเก็บอยู่ในผนังนั้นก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนออกสู่อากาศภายนอกด้วย ในกรณีนี้ก็จะเห็นว่าความร้อนที่สะสมอยู่ในผนังนั้น ส่วนหนึ่งจะเคลื่อนตัวเข้าสู่อาคาร และอีกส่วนหนึ่งจะเคลื่อนตัวออกจากผนังสู่อากาศภายนอก ซึ่งถ้าหากผนังมีมวลสารมากและมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเป็นเวลานาน โอกาสที่ความร้อนสะสมอยู่ในผนังจะสูญเสียให้กับอากาศภายนอกก็มีมาก (Kwang-Woo Kim, 1984)

แนวทางหนึ่งในการลดการใช้พลังงาน คือ การเลือกใช้รูปแบบเปลือกอาคารที่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่เหมาะสม ซึ่งมีประสิทธิภาพในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารเพื่อเสริมสร้างสภาวะน่าสบายให้ผู้อยู่อาศัย อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการปรับอากาศ และเป็นแนวทางในการเลือกใช้ระบบผนังที่เหมาะสมกับอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น และหากการออกแบบอาคารมีรูปแบบและแนวความคิดในการอนุรักษ์พลังงานแล้ว นอกจากจะสามารถลดความต้องการในการใช้พลังงานลง แล้วยังสามารถลดอัตราการผลิตพลังงานไฟฟ้าภายในประเทศและการนำเข้าของพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดงบประมาณของประเทศได้ รวมถึงยังสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก<sup>1</sup> ในอากาศที่เกิดจากขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนได้ด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตของอาคารบ้านพักอาศัยที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง
2. ศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตของอาคารบ้านพักอาศัยที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง
3. ประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง
4. เสนอแนวทางในการออกแบบและประยุกต์ใช้วัสดุเม็ดโฟมคอนกรีตให้เหมาะสมกับอาคารบ้านพักอาศัยในภูมิภาคเขตร้อนชื้น เพื่อช่วยลดการใช้พลังงานภายในอาคารและปริมาณก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนได้ด้วย

1. ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) คือ ก๊าซที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ เช่น ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ และโอโซน แม้จะมีความเข้มข้นเพียงเล็กน้อยแต่มีความสามารถในการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกอบอุ่น เหมาะแก่การดำรงชีวิต เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเก็บกักความร้อน หากปราศจากก๊าซเรือนกระจกแล้วพื้นผิวโลกจะมีอุณหภูมิเพียง -18 องศาเซลเซียส ซึ่งนั่นก็หมายความว่า น้ำทั้งหมดบนโลกนี้จะกลายเป็นน้ำแข็ง แต่ในปัจจุบันปริมาณก๊าซเรือนกระจกพุ่งขึ้นสูงมากจนทำลายสมดุลของธรรมชาติ อุณหภูมิของโลกพุ่งสูง น้ำแข็งขั้วโลกละลาย น้ำทะเลมีระดับสูงขึ้นและความเข้มข้นลดลง ส่งผลให้การไหลเวียนของกระแสในมหาสมุทรเปลี่ยนทิศทาง และความจุความร้อนเปลี่ยนไป อาจทำให้เกิดผลกระทบที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกอย่างรุนแรง (ที่มา : [www.climatecrisis.net](http://www.climatecrisis.net))

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขต ดังต่อไปนี้

1. การวิจัยนี้เป็นความเหมาะสมในการนำวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตมาประยุกต์ใช้เป็นเปลือกอาคาร จึงทำการศึกษาเฉพาะส่วนผนังอาคารเท่านั้น
2. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของวัสดุผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ที่แตกต่างกัน ได้แก่

ชนิดวัสดุผนัง	ความหนา (เมตร)	น้ำหนัก / ตารางเมตร (กิโลกรัม)	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) (Btu/h.ft <sup>2</sup> °F)
(1) ผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอก EIFS	0.10	22.32	0.05
(2) ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต EPS foam concrete panel	0.20	120.00	0.09
(3) ผนังก่ออิฐรูมอญฉาบปูน	0.10	200.00	0.56

ตารางที่ 1.1 แสดงคุณสมบัติและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุทดลองชนิดต่าง ๆ

### 3. กำหนดตัวแปร

#### 3.1 ตัวแปรต้น

- อุณหภูมิอากาศภายในและนอกอาคาร
- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์
- ความเร็วและทิศทางลม

#### 3.2 ตัวแปรตาม

- ค่าภาระการทำความเย็น (Cooling load) ที่อาคารต้องใช้ โดยมีหน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตรต่อปี และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ โดยมีหน่วยเป็น กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

#### 3.3 ตัวแปรควบคุม

- ทิศทางของผนัง (Orientation)
- ผนังติดตั้งในแนวตั้ง หรือตั้งฉากกับพื้นดิน (Vertical surface)
- สีของวัสดุผิวผนังทั้งภายนอกและภายในเป็นสีเดียวกัน (ค่าการคายความร้อนของวัสดุเท่ากัน)
- สภาพแวดล้อมทั้งภายนอกและภายใน



3.4 ตัวแปรด้านประสิทธิภาพวัสดุผนัง (เป็นตัวแปรที่มีผลต่อการป้องกันความร้อนของวัสดุผนังเท่านั้น)

- ค่าความหนาแน่นของวัสดุ
- ค่าความจุความร้อนของวัสดุ
- ค่าการนำความร้อนของวัสดุ
- ค่าการดูดกลืนรังสีความร้อนของวัสดุ
- ค่าการกระจายรังสีความร้อนของวัสดุ

4. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเหมาะสมในการนำวัสดุผนังโพลีเมอร์มาประยุกต์ใช้เป็นเปลือกอาคารสำหรับอาคารบ้านพักอาศัยในภูมิอากาศร้อนชื้น จึงทำการวิจัยทิศทางของผนังที่ติดตั้งในแนวตั้งหรือตั้งฉากกับพื้นที่ทั้งหมด 8 ทิศ คือ ทิศเหนือ (N) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) ทิศตะวันออก (E) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) ทิศใต้ (S) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ทิศตะวันตก (W) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถทราบถึงอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อม ที่มีผลต่อการป้องกันความร้อนของอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างกัน
2. สามารถสรุปตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังของอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างกัน
3. สามารถทราบถึงปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดจากอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างกัน
4. เป็นแนวทางการออกแบบและประยุกต์ใช้วัสดุผนังให้เหมาะสมกับอาคารบ้านพักอาศัยในเขตร้อนชื้น เพื่อลดการใช้พลังงานและลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>)

#### 1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ ของอาคารบ้านพักอาศัยในเขตร้อนชื้น
2. ดำเนินการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทดลองชนิดต่าง ๆ ตามขั้นตอนดังนี้
  - 2.1 กำหนดสภาพการใช้งานในอาคารบ้านพักอาศัยเพื่อทำการทดลอง กำหนดให้อาคารเป็นสภาวะที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

## 2.2 ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการเตรียมการทดลอง

- การวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังทั้ง 4 ชนิดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ที่แตกต่างกัน
- วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการออกแบบการทดลองตามสภาพการใช้งานจริงของอาคารบ้านพักอาศัย รวมถึงกำหนดตัวแปรในการวิจัยและกำหนดประเภทของข้อมูลที่ต้องการใช้ในการวิจัย

2.3 ทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากการทดลองต้องใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature sensor) เป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องทดสอบความเชื่อถือและปรับแต่งค่ามาตรฐานให้ตรงกันเสียก่อนเพื่อที่จะได้ข้อมูลที่แม่นยำและสามารถนำมาวิเคราะห์หาผลสรุปได้

2.4 ทำการจัดเตรียมห้องทดลองที่ใช้ในการเปรียบเทียบวัสดุผนังห้องทดลองเป็นอาคาร 1 ชั้น รูปทรง 8 เหลี่ยม ขนาด 5.40x5.40x5.00 เมตร โครงสร้างเหล็ก ผนังและหลังคาติดตั้งโฟม EPS ความหนาแน่น 1 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หนา 6 นิ้ว โดยภายในติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

2.5 ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองของวัสดุผนังทั้ง 4 ชนิด พร้อมกันทั้ง 8 ทิศ ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน โดยการเก็บข้อมูลเป็นการเก็บข้อมูลทุก 10 นาที ภายใต้สภาวะปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมงโดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ

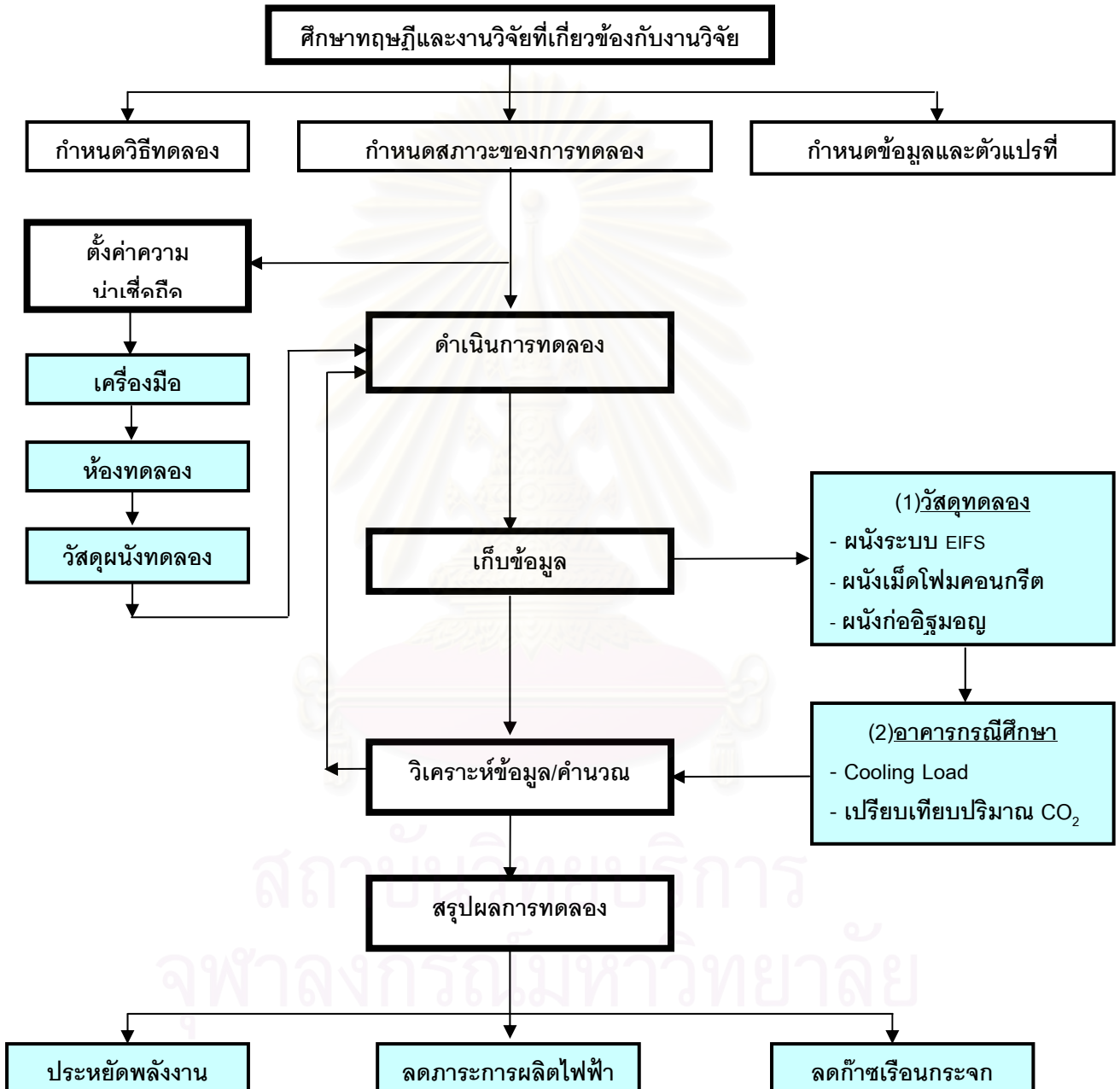
- ข้อมูลด้านพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน (Thermal performance) โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นของแต่ละวัสดุ เช่น (1) อุณหภูมิอากาศภายนอก (2) อุณหภูมิผิวภายนอก (3) อุณหภูมิผิวภายใน และ (4) อุณหภูมิอากาศภายใน รวมถึง (5) ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์และ (6) ความเร็วและทิศทางลม ซึ่งการทดลองนี้เป็นการทดลองในสภาพแวดล้อมจริงตามธรรมชาติ

- ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อน อันได้แก่ ปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอก และ ปัจจัยจากตัววัสดุผนังที่ทำการศึกษารวมถึงข้อมูลด้านการหน่วงเหนี่ยวเวลา Time lag effect โดยพิจารณาจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในของห้องทดลอง

3. นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์และคำนวณถึงค่าการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นภายในอาคารบ้านพักอาศัยและเปรียบเทียบการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศของอาคารพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างกัน โดยใช้อาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ขนาด 100 ตารางเมตร เป็นอาคารกรณีศึกษา มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง

4. สรุปผลการทดลอง เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและประยุกต์ใช้วัสดุผนังให้เหมาะสมกับอาคารพักอาศัยในภูมิภาคภาคอีสานขึ้น เพื่อการประหยัดพลังงานและลดปัญหาภาวะโลกร้อน

#### 1.6 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิจัย



แผนภูมิที่ 1.3 แสดงระเบียบวิธีวิจัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องการศึกษาความเหมาะสมในการนำวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตมาประยุกต์ใช้เป็นเปลือกอาคารสำหรับบ้านพักอาศัยในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาและเข้าใจเกี่ยวกับระบบผนังทดลองชนิดต่าง ๆ แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนและปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในการปรับอากาศที่เกิดขึ้นภายในอาคาร

#### 2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับระบบผนัง (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

##### 2.1.1 วัสดุผนัง

วัสดุผนังและวัสดุปิดผนัง (Wall and Wall Covering) เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญและมีพื้นที่มากกว่าส่วนอื่นๆ ของอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งผนังภายนอกอาคารซึ่งเป็นส่วนที่สัมผัสกับอากาศภายนอกโดยตรง ทำให้มีผลมากต่อการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคาร ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุจึงต้องมีความพิถีพิถันมากเป็นพิเศษ การเลือกใช้วัสดุผนังอาคารต้องเลือกด้วยเหตุผลว่าต้องการให้ผนังทำหน้าที่อะไรให้กับตัวอาคาร ตัวอย่างเช่น

- ผนังภายนอกอาคารต้องสามารถป้องกันความร้อนและความชื้นได้ดี คงทนแข็งแรง และมีความสวยงาม
- ผนังห้องนอนหรือห้องทำงาน นอกจากคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนและความชื้นแล้ว ยังจะต้องสามารถป้องกันเสียงได้เป็นอย่างดีอีกด้วย
- ผนังบริเวณส่วนซักล้าง ต้องมีความสามารถในการกันความชื้นได้เป็นอย่างดี และมีความคงทนแข็งแรง
- ผนังห้องน้ำ ต้องกันความชื้นได้ดี มีความแข็งแรง สามารถติดตั้งท่อจากระบบได้สะดวก มีความสามารถในการกันเสียงได้
- ผนังห้องครัว ต้องสามารถป้องกันไฟได้เป็นอย่างดี คงทนต่อแรงกระทบ และทำความสะอาดได้ง่าย

## 2.1.2 ผนังภายนอกอาคาร

ผนังภายนอกอาคารเป็นส่วนที่สำคัญที่ต้องพิจารณาเลือกใช้วัสดุอย่างรอบคอบ เนื่องจากผนังภายนอกอาคารเป็นส่วนของเปลือกอาคาร ซึ่งสัมผัสกับอากาศภายนอกโดยตรง ดังนั้นผนังภายนอกอาคารจึงต้องมีทั้งความสวยงาม คงทนแข็งแรง และมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนและความชื้นจากภายนอกได้เป็นอย่างดี ปัญหาใหญ่อย่างหนึ่งของการออกแบบอาคารในประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น คือ การลดปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาในอาคารจากการศึกษาพบว่า การที่จะนำเอาความเย็นตอนช่วงกลางคืนมาใช้กับกลางวันโดยอาศัยการหน่วงเวลา (Time Lag) ของวัสดุนั้นทำได้ยากมาก เพราะความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนมีไม่มากพอ การลดปริมาณความร้อนให้เข้ามาในอาคารให้น้อยที่สุดเป็นหลัก และถ้าจะมองภาพรวมของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำผนังภายนอกของอาคาร ควรมีลักษณะดังนี้

- ควรมีความสัมพันธ์ที่เอื้ออำนวยต่อการก่อสร้างและการลงทุน คือ มีน้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง มีความสามารถต้านทานแรงลมและการสั่นสะเทือน ง่ายทำงานง่าย ราคาประหยัด ค่าบำรุงรักษาต่ำ และมีความทนทานสูง

- ควรมีความสัมพันธ์ด้านความปลอดภัยและการรักษาสภาพแวดล้อม คือ ไม่เป็นอันตรายต่อ สุขภาพและสภาพแวดล้อม มีความสวยงามและทนทาน และมีอัตราการกันไฟสูงหรือไม่ติดไฟ

การพิจารณาเลือกใช้วัสดุผนังภายนอกอาคารเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานนั้น จึงต้องพิจารณาคุณสมบัติที่เอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน คือ ค่าความต้านทานความร้อนสูง ไม่สะสมความร้อนหรือมีความจุความร้อนไม่สูง หรือเป็นวัสดุที่มีมวลสารต่ำ มีความทนทานต่อการขยายตัวหดตัวได้ดี เพื่อลดปัญหาการแตกร้าวและมีการดูดซับความชื้นต่ำ ตัวอย่างวัสดุผนังภายนอกอาคารที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังไม้ ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (Exterior Insulation and Finished System; EIFS) ผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นต้น ผนังชนิดต่างๆ มีคุณสมบัติเบื้องต้น ดังนี้

**ผนังก่ออิฐฉาบปูน** เป็นผนังภายนอกอาคารที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบันเนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความคงทนแข็งแรงและนิยมใช้กันมาตั้งแต่ในอดีต ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีมวลสารมาก จึงมีการดูดกลืนความร้อนสูง หากก่อสร้างให้มีความหนาที่พอเหมาะ ผนังชนิดนี้จะมีที่เหมาะสมสำหรับอาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ เนื่องจากสามารถช่วยให้เกิดการหน่วงความร้อนไม่ให้เข้าไปภายในอาคารได้ในเวลากลางวัน ซึ่งอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงภายในอาคารจึงเย็นกว่าภายนอก แต่หากเป็นอาคารที่มีการปรับอากาศ ผนังชนิดนี้ก็ไม่ได้เหมาะสมเนื่องจากความร้อนที่ถูกดูดกลืนและสะสมเอาไว้จะเพิ่มภาระการทำทำความเย็น ทำให้



เครื่องปรับอากาศต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในการนำเอาความร้อนออกจากวัสดุ นอกจากนั้นผนังชนิดนี้ยังมีข้อเสียในเรื่องการดูดซับความชื้นสูง

**ผนังไม้** ไม้เป็นวัสดุที่นิยมใช้กันมากในอดีต เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาถูก และมีความสวยงามตามธรรมชาติ แต่ในปัจจุบันไม่มีราคาสูงขึ้น เนื่องจากมีปริมาณน้อยลง ทำให้ผนังไม้ไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนัก ไม้จัดเป็นฉนวนกันความร้อนประเภทหนึ่ง การใช้ในส่วนของผนังภายนอกอาคารจึงทำให้ความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาปริมาณไม่สูงนัก แต่จะต้องมีการติดตั้งที่พิถีพิถันไม่ให้มีช่องว่างระหว่างรอยต่อของแผ่นไม้ เนื่องจากจะทำให้ความร้อนรั่วซึมเข้ามาได้อย่างไรก็ตามผู้เลือกใช้ควรทราบว่าไม้เป็นวัสดุที่มีการดูดซับความชื้นสูง ไม่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นผนังของอาคารปรับอากาศ เพราะความชื้นดังกล่าวจะเพิ่มภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ หากต้องการใช้หรือมีความจำเป็นต้องใช้ผนังไม้ ควรมีการทา เคลือบ หรือปิดทับด้วยวัสดุที่มีการกันความชื้นที่ดี เช่น สี แลคเกอร์ แผ่นไวนิล ฯลฯ

**ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS)** ระบบผนังชนิดนี้ประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อทำหน้าที่ต่างๆ ของผนังนั่นเอง วัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

- ส่วนที่ 1 ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร วัสดุที่ใช้สำหรับส่วนนี้จะเป็นวัสดุประเภทฉนวน ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนสูง เช่น โฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene Foam) หรือโฟมอีพีเอส (EPS Foam) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารน้อยที่สุด
- ส่วนที่ 2 ทำหน้าที่สร้างความแข็งแรงให้กับระบบผนัง วัสดุที่ใช้เป็นตาข่ายไฟเบอร์กลาส (Fiberglass Mesh) ซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับ ผนังแล้วยังเป็นตัวยึดวัสดุในชั้นถัดไปด้วย
- ส่วนที่ 3 วัสดุเคลือบภายนอก เป็นกรดอะคริลิก 100% ที่ผสมกับซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์เกรดเอ ในอัตราส่วนที่เท่าๆ กัน แล้วจึงเททับลงบนตาข่ายที่วางอยู่บนโฟมอีพีเอส ใช้เป็นชั้นเสริมความแข็งแรงและเบสโค้ต (Adhesive Base Coat) สำหรับวัสดุปิดผิว
- ส่วนที่ 4 วัสดุเคลือบผิวชั้นนอกสุด เป็นผลิตภัณฑ์ปูนอะคริลิกสังเคราะห์ เป็นวัสดุปิดผิว 2 ชั้นอย่างหนา ซึ่งมีให้เลือกถึง 40 เฉดสี สามารถกันกระแทก กันสีซีด และคงทนในทุกสภาวะอากาศ

**ผนังคอนกรีตมวลเบา** เป็นวัสดุคอนกรีตมวลเบาที่ผลิตสังเคราะห์จากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ทราย ปูนขาว ปูนซีเมนต์ ยิปซัม และสารกระจายฟองอากาศ ไม่มีส่วนประกอบที่ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม มีน้ำหนักเบากว่าอิฐธรรมดา 2-3 เท่า เนื่องจากเนื้อวัสดุประกอบด้วยฟองอากาศเล็กๆ กระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอประมาณ 75 % ของเนื้อวัสดุ น้ำหนัก

ประมาณ 50 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ความหนา 10 เซนติเมตร) แต่มีความแข็งแรง สามารถรับแรงกดได้ประมาณ 30-38 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังนั้นจึงสามารถใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร สามารถใช้ก่อได้ทั้งผนังรับแรง (Load Bearing Wall) และผนังปกติที่ไม่ได้รับแรง (Non-Load Bearing Wall) สามารถผลิตได้หลายรูปแบบ เช่น แบบบล็อก แบบแผ่น แบบคานเสริมเหล็ก ฯลฯ มีคุณสมบัติความเป็นฉนวน มีค่าความต้านทานความร้อนประมาณ 0.6-0.8 ตารางเมตร เคลวินต่อวัตต์ และสามารถป้องกันเสียงได้ไม่ต่ำกว่า 38 เดซิเบล ยิ่งไปกว่านั้น คอนกรีตมวลเบายังสามารถทนไฟได้นานถึง 4 ชั่วโมงอีกด้วย (ข้อมูลจากการทดสอบคอนกรีตมวลเบาคิวคอน โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) ทั้งนี้ในการก่อสร้างผนังคอนกรีตมวลเบา จะมีการฉาบปูนเช่นเดียวกับผนังก่ออิฐฉาบปูน คอนกรีตมวลเบาที่รู้จักกันดีในปัจจุบัน เช่น คิวคอนและซูเปอร์บล็อก เป็นต้น

### 2.1.3 ผนังภายในอาคาร

ผนังภายในอาคาร โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีการออกแบบและตกแต่งหลายวิธีด้วยกันผนังภายในอาคารจะทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งพื้นที่ (Partition) หรือห้องต่างๆ ภายในอาคาร รูปแบบของผนังภายในอาคารส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างเป็นอิฐก่อฉาบปูน ซีเมนต์บล็อกก่อฉาบปูนไม้กระฉากชนิดต่างๆ หรืออาจใช้ผนังสำเร็จรูป ซึ่งผลิตโดยใช้วัสดุที่แตกต่างกันออกไป เช่น ชิปบอร์ด เฟโนบอร์ด ทีโกบอร์ด เซฟวิงบอร์ด ยิปซัมบอร์ด เซลโลเทค เป็นต้น ส่วนวัสดุที่บุผนังภายในอาคารควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอยและจะต้องให้มีความสวยงามด้วย

การเลือกใช้วัสดุผนังภายในอาคารเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานนั้น ข้อพิจารณาที่สำคัญ ได้แก่ มวลสารของวัสดุ กล่าวคือควรเลือกวัสดุที่มีมวลสารน้อย เพื่อให้มีการดูดกลืนความร้อนต่ำที่สุด ทั้งนี้เพราะความร้อนที่ถูกดูดกลืนเอาไว้ภายในวัสดุจะถ่ายเทให้กับอากาศภายในอาคาร เมื่ออุณหภูมิอากาศลดต่ำลง ซึ่งนอกจากจะทำให้ที่อยู่อาศัยภายในอาคารรู้สึกร้อนแล้ว ความร้อนดังกล่าว ยังเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ทำให้เครื่องปรับอากาศต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในการทำความเย็นด้วย ข้อพิจารณาที่สำคัญอีกข้อหนึ่งคือ การดูดซับความชื้นของวัสดุผนังภายในอาคาร เนื่องจากความชื้นในอากาศของประเทศไทยมีค่าสูงและความชื้นยังเป็นตัวเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอย่างหนึ่งที่มีค่าสูงมาก การเลือกวัสดุผนังภายในอาคารจึงควรเป็นวัสดุที่มีการดูดซับความชื้นต่ำ หรือหากใช้วัสดุที่มีการดูดซับความชื้นสูงก็จะต้องมีการป้องกันไม่ให้ผิววัสดุสัมผัสโดยตรงกับอากาศ โดยการเคลือบหรือปิดผิวของวัสดุด้วยวัสดุอื่นที่มีการดูดซับความชื้นต่ำ เช่น วัสดุจำพวกพลาสติก โพลีเมอร์ ยาง หรือ วัสดุสังเคราะห์อื่นๆ เป็นต้น

**แผ่นยิปซัม (Gypsum Board)** แผ่นยิปซัมเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่นิยมใช้สำหรับผนังภายในอาคาร ผลิตโดยการนำแร่ยิปซัมประกอบเป็นแกนกลางของแผ่น ประกอบทั้งสองด้าน

ด้วยกระดาษที่มีความเหนียวเป็นพิเศษ ติดตั้งง่าย โดยไม่ต้องมีโครงสร้างรับน้ำหนัก และมีความสวยงาม เนื่องจากยิปซัมเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบามวลสารน้อย มีค่าการดูดกลืนความร้อนต่ำ ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมสำหรับการใช้ภายในอาคาร ยิ่งไปกว่านั้นยิปซัวยังมีคุณสมบัติในการป้องกันไฟได้ดีอีกด้วย โดยสามารถทนไฟได้ประมาณ 2 ชั่วโมง และไม่ติดไฟ

#### 2.1.4 ปัญหาของการใช้วัสดุในประเทศไทย

สภาพแวดล้อมของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมามากมาย การก่อสร้างอาคารในปัจจุบันไม่สามารถทำได้เหมือนในอดีต แต่จะต้องมีการปรับเปลี่ยนให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบันแทนสภาพแวดล้อมที่เคยร่มเย็นด้วยต้นไม้ พืชดิน และแหล่งน้ำในอดีตถูกแปรเปลี่ยนเป็นสภาพแวดล้อมที่ร้อนอบอ้าวด้วยพื้นคอนกรีต สิ่งก่อสร้าง และถนนหนทาง ดังนั้นการนำเอาสภาพแวดล้อมที่ร้อนอบอ้าวด้วยพื้นคอนกรีต สิ่งก่อสร้าง และถนนหนทาง ดังนั้นการนำเอาสภาพแวดล้อมที่ร้อนอบอ้าวด้วยพื้นคอนกรีต สิ่งก่อสร้าง และถนนหนทาง ดังนั้นการนำเอาสภาพแวดล้อมมาช่วยให้อาคารเย็นลงจึงไม่อาจทำได้และนี่เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อาคารในปัจจุบันต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เพื่อช่วยปรับสภาพของอากาศภายในอาคารให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานมากขึ้น การเลือกใช้วัสดุสำหรับอาคารควรมีการพิจารณาที่แตกต่างออกไปจากเดิม โดยจะต้องเลือกวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งทางด้าน การก่อสร้าง การลงทุน ความปลอดภัย สภาพแวดล้อมและที่สำคัญจะต้องมีความเหมาะสมในด้านการประหยัดพลังงานด้วย ปัญหาของการใช้วัสดุในเมืองไทยที่พบเห็นได้ทั่วไปอาจพอจำแนกได้ดังนี้

##### การก่อสร้างและการลงทุน

- วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างบางชนิดในอดีตมีน้ำหนักมากทำให้เกิดปัญหาในการขนส่ง และการก่อสร้าง ในปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ได้มีการผลิตวัสดุใหม่ๆ ที่มีน้ำหนักเบา และเหมาะสมกับการก่อสร้างมากยิ่งขึ้น โดยมีราคาไม่สูงมากนัก การเลือกใช้วัสดุ จึงทำได้ง่าย และมียืดหยุ่นในการทำงานสูงขึ้น
- การเลือกใช้วัสดุที่เป็นกรอบอาคารจะต้องพิจารณาให้มีความสามารถในการต้านทานแรงลมและการสั่นสะเทือน มิฉะนั้นอาจทำให้เกิดความเสียหายแก่อาคารได้
- การเลือกใช้วัสดุที่ไม่สามารถผลิตได้ในประเทศ นอกจากจะมีราคาแพง ยังทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานและการบำรุงรักษาตามมามากมายหลังจากการให้บริการและให้คำแนะนำในการใช้งานจากบริษัทผู้ผลิตทำได้ยาก วัสดุบางชนิดมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในต่างประเทศ แต่อาจไม่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน
- เนื่องจากสภาพอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในแต่ละวัน กล่าวคืออากาศมีความร้อนสูงมากในเวลากลางวัน แต่เมื่อถึงเวลากลางคืนอากาศจะเย็นลงหากเลือกใช้วัสดุที่ไม่มีความทนทานต่อการขยายและหดตัว จะทำให้เกิดปัญหาการแตกร้าวเสียหายได้

## ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อม

- วัสดุบางชนิดแม้จะมีคุณสมบัติด้านอื่นๆ ที่ดี แต่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม การพิจารณาเลือกใช้จึงไม่ควรมองข้ามคุณสมบัติในข้อนี้ วัสดุที่ใช้สำหรับอาคารไม่ควรก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ เช่น ฉนวนบางชนิดก่อให้เกิดฝุ่นละออง ทำให้ระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ การติดตั้งควรมีการใช้วัสดุหุ้มท่อที่มีคุณภาพ เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองควบคู่ไปด้วย หรือการเลือกใช้วัสดุที่มีการดูดซับความชื้นสูง เนื่องจากจะเป็นแหล่งที่เชื้อโรคเจริญเติบโตได้ดีหรืออาจเกิดเชื้อรา เป็นต้น
- วัสดุที่มีอายุการใช้งานสั้น ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการใช้ทรัพยากรที่ไม่คุ้มค่า
- ข้อพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุที่อาจถูกมองข้าม คือ ความปลอดภัย ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้ทั่วไป เนื่องจากผู้ออกแบบไม่มีความเข้าใจที่เพียงพอ เช่น อาคารที่มีการใช้กระจกเป็นกรอบอาคาร บางอาคารใช้กระจกที่ไม่ทนไฟ และแรงกระแทก เมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น นอกจากจะเกิดอันตรายต่อผู้ที่อยู่ภายในอาคารแล้วยังทำให้ผู้ที่อยู่นอกอาคารได้รับอันตรายด้วย

## การประหยัดพลังงาน

- การใช้วัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ (มีค่า R-Value ต่ำ) ทำให้ความร้อนจากอากาศภายนอกเข้าสู่อาคารได้มาก อากาศภายในอาคารจึงร้อนจะทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานหนัก และสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น
- การใช้วัสดุที่สะสมความร้อนหรือมีความจุความร้อนสูง เช่น อิฐก่อฉาบปูน คอนกรีต ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงเกินเขตสบาย (Comfort Zone) และเป็นการเพิ่มภาระให้การปรับอากาศ
- เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพอากาศที่มีความชื้นสูงมาก การเลือกใช้วัสดุที่มีการดูดซับความชื้นสูงจะก่อให้เกิดปัญหาด้านการใช้พลังงานในการปรับอากาศของอาคาร เพราะความชื้นเป็นตัวแปรหนึ่งที่ทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น

## 2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน

### 2.2.1 ความหมายของความร้อน

ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งอาจได้จากการแปลงรูปของพลังงานเคมีที่สะสมไว้ในวัตถุ วัตถุเมื่อได้รับพลังงานความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยอุณหภูมิเป็นปริมาณที่บอกระดับความร้อนของวัตถุ พลังงานความร้อนจะถ่ายโอนไปยังวัตถุต่าง ๆ ได้โดยการพาความร้อน การนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน พลังงานความร้อนจะถ่ายโอนจากที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และหยุดถ่ายโอนพลังงานความร้อนเมื่ออุณหภูมิเท่ากัน วัตถุเมื่อได้รับพลังงาน



ความร้อน นอกจากจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นแล้ว ยังทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงสถานะหรือขยายตัวได้ วัตถุที่มีผิวสีต่างกันมีความสามารถในการรับและดูดกลืนพลังงานความร้อนต่างกัน โดยวัตถุที่มีผิวสีเข้มจะดูดกลืนพลังงานความร้อนได้ดีกว่า

พลังงานเคมีที่สะสมในวัตถุสามารถแปลงรูปเป็นพลังงานความร้อนได้ วัตถุเมื่อได้รับพลังงานความร้อน อุณหภูมิจะสูงขึ้น โดยถ้าได้รับพลังงานความร้อนมาก อุณหภูมิก็จะเพิ่มสูงขึ้นมากด้วย ดังนั้น อุณหภูมิจะเป็นปริมาณที่บอกถึงระดับความร้อนของวัตถุ ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ ) องศาฟาเรนไฮต์ ( $^{\circ}\text{F}$ ) หรือ เคนวิน ( $^{\circ}\text{K}$ )

## 2.2.2 ความร้อนที่เกิดจากภายนอกอาคาร (External load factors)

เป็นความร้อนที่เกิดจากอิทธิพลของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวผนังซึ่งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบจะขึ้นกับที่ตั้ง ฤดูกาล เวลา และทิศทางการวางตัวของผนังส่งผลให้อุณหภูมิผิวผนังภายนอกมีค่าสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิอากาศทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกและภายในอาคารมีค่าสูงขึ้นก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร สามารถสรุปทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน (Moore, 1993) ดังนี้

### 1. การนำความร้อน (Conduction)

เกิดจากการเคลื่อนที่ของพลังงานที่อยู่ระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกันโดยจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความร้อนสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีความร้อนต่ำกว่าหรือบริเวณที่เย็นกว่าและเกิดขึ้นในทุกทิศทาง วัสดุจะมีค่าการนำความร้อนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างโมเลกุลของวัสดุนั้นๆ ซึ่งพิจารณาตามความหนาแน่นของวัสดุมีค่าเกี่ยวข้องกับการวัด ดังนี้

1. ค่าการนำความร้อน (Conductance : C) หน่วย  $\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{K}$  หรือ  $\text{Btu.in/ft}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{F}$

คือ อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่อความหนาของวัสดุ ในรูปของอัตราปริมาณความร้อนไหลต่อหน่วยเวลาจากจุดระยะทางหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่งที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดที่ไหลผ่าน

$$C = k / \text{ความหนาของวัสดุ}$$

2. สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Conductivity : k) หน่วย  $\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{K}$  หรือ  $\text{Btu.in/ft}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{F}$



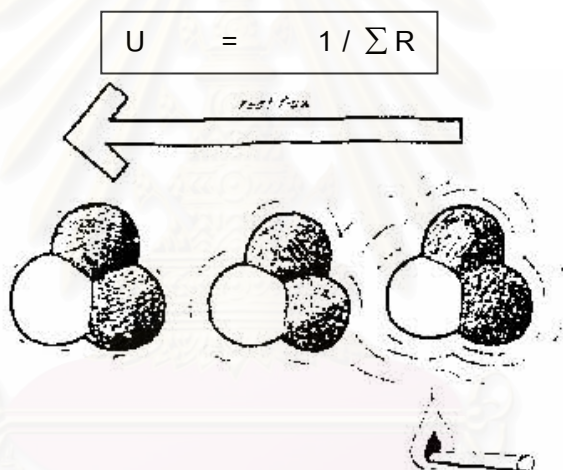
คือ ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านวัสดุพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ความหนา 1 หน่วยใน 1 หน่วยเวลา โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิววัสดุทั้งสองด้าน 1 หน่วย

3. ค่าการต้านความร้อน (Resistance : R) หน่วยเป็น  $m^2 \cdot ^\circ K/W$  หรือ  $ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F/Btu$

คือ ส่วนกลับของค่าการนำความร้อน กรณีวัสดุซ้อนกันหลายชั้นค่าการต้านทานความร้อนรวมจะเท่ากับผลบวกของค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุในแต่ละชั้นรวมกัน

$$R = 1 / C = \Delta x / K$$

4. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Thermal Transmittance Coefficient : U) หน่วยเป็น  $W / m^2 \cdot ^\circ K$  หรือ  $Btu.in / ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F$

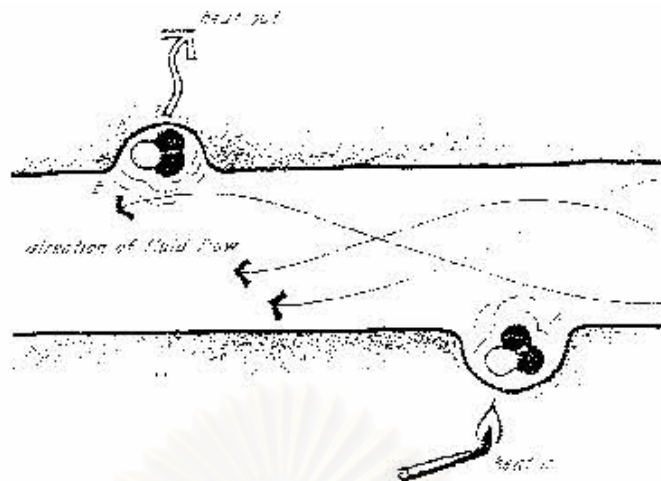


รูปที่ 2.1 แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน

(ที่มา : Moore, 1993)

## 2. การพาความร้อน (Convection)

คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านตัวกลาง ก๊าซ หรือของเหลว เกิดการขยายตัวของสสารทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น ก๊าซหรือของเหลวจะมีความหนาแน่นต่ำลงและลอยตัว



รูปที่ 2.2 แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง  
(ที่มา : Moore, 1993)

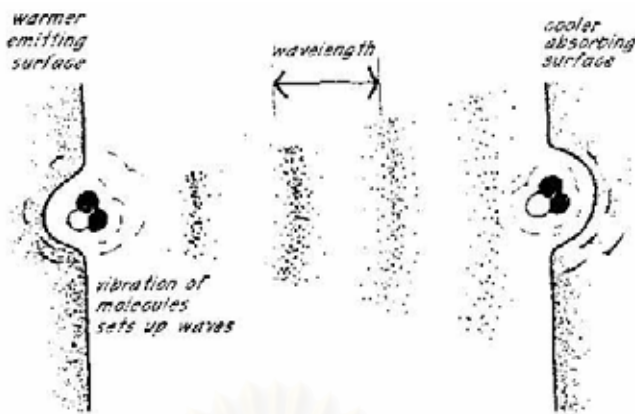
### 3. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

คือ การถ่ายเทความร้อนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลผ่านตัวกลาง การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจากวัตถุที่ร้อนกว่าไปสู่วัตถุที่เย็นกว่า และจะช้าลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเป็นคลื่นรังสีความร้อน ขณะที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านของแข็ง อากาศ หรือสุญญากาศไปกระทบพื้นผิวอีกด้านหนึ่งก่อให้เกิดการสะสมพลังงานความร้อนจนอุณหภูมิสูงขึ้น และเกิดการดูดซับความร้อน (Absorptivity :  $\alpha$ ) และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนสะท้อนกลับได้ (Reflection :  $\beta$ ) หากวัสดุมีคุณสมบัติที่ความร้อนสามารถทะลุผ่าน (Transmission :  $\tau$ ) วัสดุออกไป ค่าการดูดซับความร้อน การสะท้อนความร้อน และการทะลุผ่านของร้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 – 1.0 ค่าของคุณสมบัติ 3 ส่วนรวมกันจะเท่ากับ 1

$$\alpha + \beta + \tau = 1$$

เมื่อ

- |          |                                    |
|----------|------------------------------------|
| $\alpha$ | คือ ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ   |
| $\beta$  | คือ ค่าการสะท้อนความร้อนของวัสดุ   |
| $\tau$   | คือ ค่าการทะลุผ่านความร้อนของวัสดุ |



รูปที่ 2.3 แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อน  
(ที่มา : Moore, 1993)

#### 4. การคายความร้อน (Emissivity : $\epsilon$ )

คือ ค่าการคายความร้อนของผิววัสดุที่จะคายรังสีความร้อนออกมาใน อุณหภูมิที่กำหนดโดยมีค่าเริ่มจาก 0.0 ในกรณีวัสดุไม่มีการคายความร้อน และค่า 1.0 เป็นค่าการ คายความร้อนสูงสุดเทียบได้กับวัสดุจำลอง Black Body ในอุณหภูมิต่างๆ จะพบว่าค่าการคาย ความร้อนเท่ากับค่าการดูดซับความร้อน

$$\epsilon = \alpha \text{ (Black body)}$$

เมื่อ

$\alpha$  คือ ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ

$\epsilon$  คือ ค่าการคายความร้อนของวัสดุ

#### 2.2.3 ความร้อนที่เกิดจากภายในอาคาร (Internal load factors)

เป็นความร้อนที่เกิดขึ้นจากผู้ใช้อาคาร อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร และระบบ แสงสว่าง เช่น หลอดไฟฟ้าภายในอาคารต่าง ๆ ซึ่งล้วนส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานในการปรับ อากาศ

#### 2.2.4 ความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึมของอากาศภายนอก (Infiltration and Ventilation)

เป็นความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารทั้งทาง รอยต่อวัสดุทางช่องเปิด เช่น ช่องประตู-หน้าต่าง และพื้นผิวของวัสดุ ซึ่งส่งผลต่อปริมาณการใช้ พลังงานในการปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศ

### 2.2.5 อิทธิพลของผิวผนังภายในอาคารที่มีต่อความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิ

อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (Moore, 1993) Mean Radiant Temperature, MRT. เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิ ซึ่งเมื่ออุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบตัวสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิผิวกาย จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในลักษณะของการแผ่รังสี จากที่อุณหภูมิสูงกว่าไปยังที่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งอุณหภูมิผิวผนังภายในเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อ MRT ภายในอาคารค่อนข้างสูง เนื่องจากผนังมีพื้นที่ถึง 4 ใน 6 ของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบพบว่าความสำคัญอยู่ที่อุณหภูมิผิวและค่ามุมเปิดของตำแหน่งที่ผู้ใช้งานยืนอยู่สู่พื้นผิวโดยรอบ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบอาจคำนวณได้จากค่าอุณหภูมิผิวของพื้นผิวแต่ละด้านรอบจุดสังเกตและถ่วงน้ำหนักด้วยค่ามุมเปิดสู่ด้านนั้นๆ เนื่องจากในแต่ละตำแหน่งของห้องจุดสังเกตจะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิผิวแต่ละด้านไม่เท่าเทียมกัน จุดสังเกตอยู่ใกล้ผิวด้านใดจะได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิผิวด้านนั้นมากกว่าด้านอื่นๆ ซึ่ง MRT. สามารถคำนวณได้จากสมการ (วันเอก กิจสมใจ, 2539)

$$\begin{aligned} \text{MRT} &= \sum T \theta / 360 \\ &= (T_1 \theta_1 + T_2 \theta_2 + \dots + T_n \theta_n) / 360 \end{aligned}$$

เมื่อ

$T$  = อุณหภูมิผิวของวัสดุ

$\theta$  = มุมที่เปิดรับกับพื้นผิววัสดุ ณ จุดที่ทำการวัด

ซึ่งจากแผนภูมิไบโอไคลเมติกของ Victor Olgyay แสดงให้เห็นว่าถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมีการเปลี่ยนแปลงไป เมื่อมีความแตกต่างกว่าอุณหภูมิอากาศทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส มนุษย์จะมีความรู้สึกเหมือนว่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงไป 1.4 องศาเซลเซียส ความรู้สึกของมนุษย์ทางอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถแสดงผลได้ ดังต่อไปนี้

$$\text{อุณหภูมิเสมือน} = T_{\text{inside}} + 1.4(\text{MRT} - T_{\text{inside}})$$

เมื่อ

$T_{\text{inside}}$  = อุณหภูมิอากาศภายใน มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

MRT = อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายใน มีหน่วยเป็นองศา

เซลเซียส

ดังนั้นในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิภายในอาคารนอกจากจะคำนึงถึงปัจจัยของอุณหภูมิอากาศแล้ว MRT เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญเพราะมีอิทธิพลต่อความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศถึง 40 เปอร์เซ็นต์

## 2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในการปรับอากาศที่เกิดผนัง

ผนังอาคารโดยเฉพาะอย่างยิ่งผนังภายนอกอาคารที่เป็นส่วนติดกับสภาพแวดล้อมภายนอกโดยตรงซึ่งในภูมิภาคร้อนชื้นของประเทศไทยที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าขอบเขตสภาวะน่าสบายค่อนข้างมากและมีความแปรปรวนสูง ในการปรับสภาพอากาศภายในอาคารให้มีความคงที่และอยู่ในสภาวะน่าสบายนั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศหรือเรียกว่า ภาระการทำความเย็น แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

### 2.3.1 ภาระการปรับอากาศในการรีดความร้อนและความชื้นที่สะสมในเนื้อวัสดุในช่วงเริ่มต้นของการปรับอากาศ (Start up time)

ในช่วงที่ไม่ได้ทำการปรับอากาศวัสดุผนังจะเกิดการสะสมความร้อนและความชื้นจากสภาพแวดล้อมทำให้เมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศส่งผลต่อภาระในการรีดความร้อนและความชื้นที่สะสมอยู่ในเนื้อวัสดุออกซึ่งปริมาณของพลังงานในการรีดความร้อนและความชื้นที่สะสมอยู่ในเนื้อวัสดุออกซึ่งปริมาณของพลังงานในการรีดความร้อนและความชื้นดังกล่าวขึ้นกับคุณสมบัติของผนัง ได้แก่

#### 1. มวลสารของผนัง และค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat)

ซึ่งวัสดุที่มีมวลสาร, ความจุความร้อนจำเพาะมากจะต้องใช้ปริมาณพลังงานอย่างมากในการเปลี่ยนอุณหภูมิมากกว่าวัสดุที่มีมวลสาร, ความจุความร้อนน้อยกว่าซึ่งคำนวณได้จากสมการ

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

เมื่อ  $Q$  = ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการปรับอุณหภูมิ

$m$  = มวล

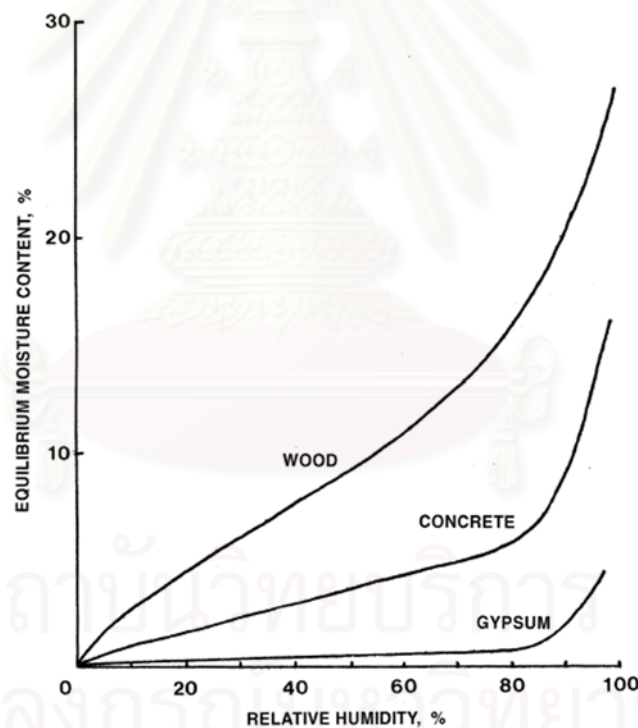
$c$  = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ

$\Delta T$  = ความแตกต่างอุณหภูมิ



## 2. การดูดซับความชื้นของวัสดุ (Sorption isotherm)

ค่าการดูดซับความชื้นของวัสดุสัมพันธ์กับสมดุลความชื้นของวัสดุ (equilibrium moisture content หรือ EMC) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิคงที่ ค่าความจุความชื้นของวัสดุ (moisture content หรือ MC) คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณ(มวล) ของน้ำในวัสดุต่อมวลของวัสดุในสภาวะแห้ง ในเบื้องต้นการพิจารณาค่าการดูดซับความชื้นจำเป็นต้องทราบอุณหภูมิและปริมาณความชื้นของสภาพแวดล้อม จากนั้นนำวัสดุที่ต้องการทดสอบไปตั้งไว้ในสภาพแวดล้อมดังกล่าวเพื่อให้วัสดุทำการดูดซับความชื้นจากสภาพแวดล้อมจนเข้าสู่สภาวะสมดุลของความจุความชื้น คือ เป็นสภาวะที่เกิดความสมดุลของความชื้นในวัสดุกับความชื้นของสภาพแวดล้อม ผลที่ได้รับจากการวัดพบว่าพฤติกรรมของการดูดซับความชื้นของวัสดุแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อวัสดุดูดซับความชื้นของวัสดุแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อวัสดุดูดซับความชื้นจนเข้าสู่สภาวะสมดุลความชื้นแล้ว ส่งผลต่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น (Adsorption isotherm) หรือลดลง (desorption isotherm)



รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมดุลความชื้นของวัสดุต่างๆ และความชื้นสัมพัทธ์

(ที่มา : ASHRAE, 2001)

### 2.3.2 ภาวะการปรับอากาศที่เกิดจากความร้อนและความชื้นที่ถ่ายเทผ่านวัสดุผนัง

ในช่วงที่ไม่ได้ทำการปรับอากาศวัสดุผนังจะเกิดการสะสมความร้อนและความชื้น ในระหว่างการปรับอากาศ ความร้อนและความชื้นจากสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอก

อาคารจะเกิดการถ่ายเทสู่ภายในอาคารซึ่งปริมาณพลังงานที่เป็นภาระของเครื่องปรับอากาศจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร และปัจจัยที่เกิดจากคุณสมบัติของตัววัสดุผนัง

### ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ได้แก่

1. **ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวผนัง** ซึ่งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบจะขึ้นกับ เขตภูมิภาค ฤดูกาล เวลา และทิศทางของผนัง ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งกระทบถูกผิววัสดุผนังภายนอกอาคารจะทำให้อุณหภูมิผิวผนังมีค่าสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิอากาศ เมื่ออุณหภูมิผิวผนังสูงขึ้นจะทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในอาคารมีค่าสูงขึ้นส่งผลต่อถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้น

2. **อุณหภูมิอากาศและความเร็วลมภายนอก** ส่งผลต่ออัตราแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศและผิวผนังภายนอกโดยตรง (surface conduction) ซึ่งอิทธิพลของ Surface conduction จะมีค่าน้อยมากในกรณีที่ผนังนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ อิทธิพลนี้จะมีค่ามากขึ้นในกรณีที่ผนังนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเพิ่มสูง

3. **ปริมาณความแตกต่างของอัตราส่วนความชื้น** (humidity ratio) ของอากาศภายนอก และภายใน ส่งผลต่อการส่งผ่านความชื้นจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารจากอากาศที่รั่วซึมผ่านผนังอาคาร

### ปัจจัยที่เกิดจากคุณสมบัติของตัววัสดุผนัง ได้แก่

1. **มวลสารและค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุผนัง** วัสดุที่มีมวลและค่าความจุความร้อนจำเพาะมากต้องใช้พลังงานความร้อนในปริมาณมากในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 1 องศา และสามารถช่วยหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ถ่ายเทจากผิวผนังภายนอกให้เข้าสู่ภายในได้ช้าลง โดยปกติแล้ววัสดุที่มีมวลสารมากจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้มากกว่า วัสดุที่มีมวลสารน้อย แต่ในสภาพการใช้งานจริงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการและที่สำคัญคือ ปริมาณความร้อนที่มากพอที่จะทำให้วัสดุแต่ละชั้นร้อนขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว (fill up heat capacity) ก่อนที่จะถ่ายเทสู่ชั้นต่อไป ด้วยเหตุนี้พบว่า ในผนังก่ออิฐฉาบปูนเหมือนกัน แต่ใส่ฉนวนไว้ในตำแหน่งต่างกัน คือ ภายนอกและภายใน ผนังที่ใส่ฉนวนไว้ภายนอกจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าผนังที่ใส่ฉนวนไว้ภายใน ทั้งนี้เพราะการมีฉนวนอยู่ภายนอกทำให้ปริมาณความร้อนที่ผ่านฉนวนมีปริมาณน้อย ทำให้การ Fill Up Heat Capacity ของผนังเป็นไปได้ช้าจึงทำให้ Time Lag ของผนังยาวนานขึ้น

2. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง (Thermal transmittance : U)

วัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ เช่น ฉนวนกันความร้อน ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจะน้อยกว่าวัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนสูงกว่า

3. ค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (Absorbtivity :  $\alpha$ ) และค่าการคายความร้อนจากวัสดุผนัง (Emissivity:  $\epsilon$ ) ขึ้นกับชนิดของวัสดุผนังรวมทั้ง สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยปกติจะแปรตามความเข้มของสีผิววัสดุ คือ สีเข้มมาก จะมีความสามารถในการดูดกลืนความร้อนสูง

4. คุณสมบัติในการกันความชื้นของผนัง ประสิทธิภาพในด้านการป้องกันความชื้นของผนัง คือ วัสดุผนังที่มีการป้องกันการถ่ายเทความชื้นทั้งจากการแพร่ของความชื้นและการรั่วซึมของอากาศโดยการติดตั้งฉนวนป้องกันไอน้ำ (Vapor retarder) และฉนวนป้องกันการไหลของอากาศ (airflow retarder)

2.4 การคำนวณภาระการปรับอากาศที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

โดยทั่วไปมี 2 สมการคือ

$Q = U * A * \Delta T \dots \dots \dots (1)$
$Q = U * A * CLTD \dots \dots \dots (2)$

และ  
โดยที่

- Q = ปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนัง (BTU / HR. °F)
- U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง (BTU / HR.F<sup>2</sup>.°F)
- A = พื้นที่ของผนังที่ถ่ายเทความร้อน (F<sup>2</sup>)
- $\Delta T$  = ความแตกต่างความร้อนระหว่างภายในกับภายนอก (°F)
- CLTD = ภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า (Cooling Load Temperature Difference (°F))

จากสมการทั้ง 2 ข้างต้นพบว่าสมการที่ 1 ใช้คำนวณในกรณีที่ค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายในและภายนอกคงที่ (Steady state condition) หรือมีอิทธิพลจากตัวแปรอื่นๆ น้อย หรือไม่มีผลกระทบรุนแรง ซึ่งในการคำนวณค่าพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นใช้ในกรณีอาคารในเมืองหนาว เป็นต้น

และสมการที่ 2 ค่า  $\Delta T$  จะถูกแทนที่ด้วยคำว่า CLTD เพื่อปรับค่าในสภาวะที่มีค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายในและผนังภายนอกมีค่าไม่คงที่ (Unsteady State

condition) ทั้งนี้เพื่อให้การคำนวณค่า Peak Load ของอาคารถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด และให้ได้ตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนสูงสุด โดยที่มีการแยกการคำนวณตามเขตโซนละติจูด วัน เดือน เวลา มวลสารของผนัง สีของผนัง ทิศทางที่รับแสงแดด และลักษณะสภาพแวดล้อมภายนอกโดยรอบอาคาร ตามรายละเอียดในการคำนวณของ American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 1989. เมื่อพิจารณาถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเปลือกอาคารสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

### ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเปลือกอาคารส่วนทึบ (Opaque Envelope)

เปลือกอาคารส่วนทึบ ทำหน้าที่เปรียบเสมือนเปลือกห่อหุ้มตัวอาคารป้องกันไม่ให้ความร้อนจากภายนอกเข้ามาในอาคาร อีกทั้งยังช่วยรักษาอุณหภูมิสบายให้แก่ผู้ใช้อาคารตลอดการใช้งาน การวิเคราะห์ถึงอัตราการใช้พลังงานในส่วนเปลือกอาคารส่วนทึบจึงต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งเปลือกอาคารส่วนทึบสามารถแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้ 2 ส่วน คือ

1) ส่วนผนังอาคาร: การที่ผนังอาคารจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานหรือไม่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้เป็นหลัก ซึ่งตัวแปรที่ส่งผลต่อภาระการทำความร้อนในส่วนผนัง มีดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ขึ้นกับ ชนิดของวัสดุช่องว่างอากาศ มวลสาร การติดตั้งฉนวนกันความร้อน
- พื้นที่ผิวผนังต่อพื้นที่ใช้สอย
- ทิศทาง (Orientation)

โดยสามารถเปรียบเทียบและคำนวณหาอัตราความร้อนที่มีการถ่ายเทผ่านระบบผนัง โดยการใช้สมการดังนี้ (ASHRAE, 1989: 26.35)

$$Q_{\text{wall}} = U A (\text{CLTD}_{\text{wall}})$$

เมื่อ  $Q_{\text{wall}}$  = ภาระในการทำความเย็น (Btu/h)

$U$  = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Btu/h.ft<sup>2</sup>.F)

$A$  = พื้นที่ผิวของผนังภายนอก (ft<sup>2</sup>)

$\text{CLTD}_{\text{wall}}$  = ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (°F)

โดยที่ค่า  $\text{CLTD}_{\text{wall}}$  สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$CLTD_{wall} = (CLTD+LM) * K + (78 - t_R) + (t_o - 85)$$

เมื่อ CLTD = ค่าจากตาราง CLTD ของผนัง (ASHRAE, 1989: 26.35)

LM = ค่าการปรับละติจูดและเดือนของที่ตั้ง

K = ค่าลักษณะสีของผนัง

K = 1.00 เมื่อผนังมีสีเข้ม

K = 0.83 เมื่อผนังมีสีปานกลาง

K = 0.65 เมื่อผนังมีสีอ่อน

$t_R$  = อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศ ( $^{\circ}F$ )

$t_o$  = อุณหภูมิภายนอกอาคารปรับอากาศ ( $^{\circ}F$ )

2. ส่วนหลังคา : ตัวแปรที่ส่งผลต่อภาระการทำความเย็นในส่วนหลังคาที่ใช้ มีดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ขึ้นกับ ชนิดของวัสดุช่องว่างอากาศ มวลสาร การติดตั้งฉนวนกันความร้อน
- พื้นที่ผิวหลังคาต่อพื้นที่ใช้สอย

โดยสามารถเปรียบเทียบและคำนวณหาอัตราความร้อนที่มีการถ่ายเทผ่านหลังคาโดยใช้สมการดังนี้

$$Q_{roof} = U A (CLTD_{roof})$$

เมื่อ  $Q_{roof}$  = ภาระในการทำความเย็น (Btu/h)

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Btu/h.ft<sup>2</sup>.F)

A = พื้นที่ผิวของหลังคาภายนอก (ft<sup>2</sup>)

$CLTD_{roof}$  = ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $^{\circ}F$ )

โดยที่ค่า  $CLTD_{roof}$  สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$CLTD_{roof} = (CLTD+LM) * K + (78 - t_R) + (t_o - 85)*f$$

เมื่อ CLTD = ค่าจากตาราง CLTD ของหลังคา

LM = ค่าการปรับละติจูดและเดือนของที่ตั้ง



- K = ค่าลักษณะสี่ของหลังคา  
 K = 1.00 เมื่อผนังมีสี่ชั้น  
 K = 0.50 เมื่อผนังมีสี่อ่อน
- t<sub>R</sub> = อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศ (°F)
- t<sub>O</sub> = อุณหภูมิภายนอกอาคารปรับอากาศ (°F)
- f = ค่าการระบายอากาศของหลังคา  
 f = 1.00 ไม่มีการระบายอากาศ  
 f = 0.75 มีการระบายอากาศ

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเปลือกอาคารส่วนโปร่งแสง (Transparent Envelope)

เปลือกอาคารส่วนโปร่งแสงเป็นส่วนที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นในอาคารสูงที่สุด เนื่องจากในส่วนนี้มีการถ่ายเทความร้อนใน 2 รูปแบบ คือ การนำความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางกระจก ซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

1. ตัวแปรที่เกิดจากการนำความร้อนผ่านกระจก

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ขึ้นกับ ชนิดของวัสดุช่องว่างอากาศ
- พื้นที่ผิวกระจกต่อพื้นที่ใช้สอย
- ทิศทาง (Orientation)

สามารถเปรียบเทียบและคำนวณหาอัตราความร้อนที่มีการถ่ายเทผ่านกระจก โดยการนำความร้อน ดังสมการดังนี้

$$Q_{\text{glass conduct}} = U A (\text{CLTD}_{\text{roof}})$$

- เมื่อ Q<sub>glass conduct</sub> = ภาระในการทำความเย็น (Btu/h)
- U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Btu/h.ft<sup>2</sup>.F)
- A = พื้นที่ผิวของกระจกภายนอก (ft<sup>2</sup>)
- CLTD<sub>roof</sub> = ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (°F)

2. ตัวแปรที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก

- ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ขึ้นกับ ชนิดของวัสดุ การบังเงา
- พื้นที่ผิวกระจกต่อพื้นที่ใช้สอย
- ทิศทาง (Orientation)

สามารถเปรียบเทียบและคำนวณหาอัตราความร้อนที่มีการถ่ายเทผ่านกระจก โดยการแผ่รังสีความร้อน ดังสมการดังนี้

$$Q_{\text{glass solar}} = A \cdot SC \cdot SHGF \cdot CLF$$

- เมื่อ  $Q_{\text{glass solar}}$  = ภาระในการทำความเย็น (Btu/h)
- SC = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient)
- A = พื้นที่ผิวของกระจกภายนอก (ft<sup>2</sup>)
- SHGF = Solar Heat Gain Factor (Btu/h.ft<sup>2</sup>)
- CLF = Cooling Load Factor (ASHRAE, 1989: 26.41)

ในด้านการคำนวณภาระการปรับอากาศที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนของผนัง เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจริง ณ เวลานั้น โดยใช้ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในของผนังกับอุณหภูมิอากาศภายในคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฟิล์มอากาศภายในเพื่อตัดอิทธิพลจากการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของมวลสารซึ่ง ASHRAE กำหนดไว้ที่ 1.46 (Btu / hr.ft<sup>2</sup>.°F)

$$Q = h_0 \cdot \Delta T$$

- เมื่อ
- Q = ปริมาณการถ่ายเทความร้อน (Btu/hr. ft<sup>2</sup>)
- $h_0$  = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน (Btu / hr.ft<sup>2</sup>.°F)
- $\Delta T$  = ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในและอากาศภายใน (°F)

**2.5 อิทธิพลจากแสงแดดและการจำลองสภาพในห้องทดลอง**

การใช้ค่าอุณหภูมิ Sol – air temperature ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (ในการจำลองสภาพในทางปฏิบัติหรือห้องปฏิบัติการ) แทนค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างข้างนอกกับข้างใน ( $\Delta T$ ) ทั้งนี้ให้มีค่าที่ใกล้เคียงกับสภาวะจริงที่สุดดังนี้

$$\text{Sol – Air Temperature } (\Delta T) = T_{\text{out}} + I \cdot \alpha / h_0 - \epsilon \Delta R / h_0$$

- เมื่อ
- $T_e$  = Sol – Air Temperature

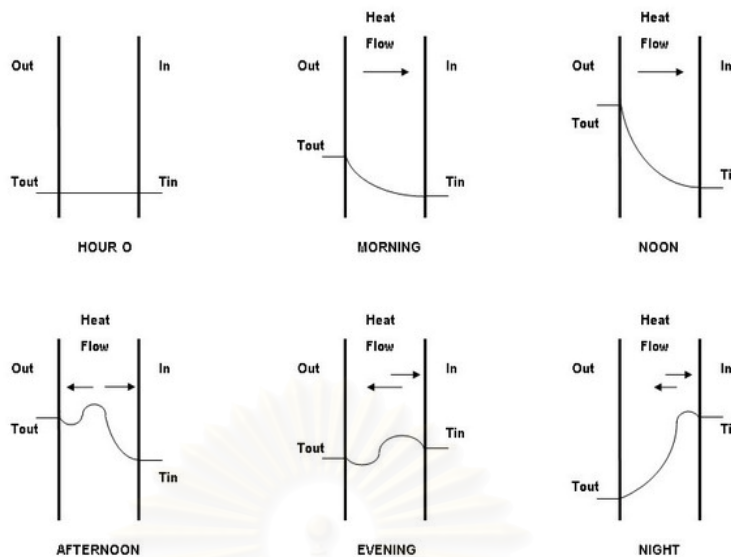
- $T_{out}$  = อุณหภูมิอากาศภายนอก
- $I$  = ปริมาณรังสีความร้อนที่ตกกระทบทั้งหมด  
(Total Solar Radiation Incident on the Surface) BTU /h.ft<sup>2</sup>
- $\alpha$  = สัมประสิทธิ์การดูดซับความร้อนของผิววัสดุ(ไม่มีหน่วย)
- $h_0$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิว ซึ่งรวมทั้ง  
Long Wave Radiation และ Convection (BTU /h. ft<sup>2</sup>)
- $\epsilon$  = สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนออกจากผิว (Hemispherical  
Emittance of the Surface)
- $\Delta T$  = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและ  
ท้องฟ้า (BTU /h. ft<sup>2</sup>)

โดยคำจำกัดความของ Sol – Air Temperature คือ อุณหภูมิอากาศที่ติดกับผิววัสดุในกรณีที่มีอิทธิพลจากการแลกเปลี่ยนรังสีดวงอาทิตย์ก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารเทียบเท่ากับสภาวะที่มีอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์จริง อุณหภูมิเนื่องจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าและสภาพแวดล้อมอื่น ๆ โดยรอบ และอุณหภูมิเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากการเคลื่อนที่ของอากาศภายนอก ซึ่งค่า Sol – Air Temperature ที่ได้ในทางปฏิบัติคงเป็นการยากที่จะทำให้ตัวแปรทุกตัวเหมือนสภาพจริงนอกจากจะจำลองสภาพเพื่อศึกษาในสภาวะเงื่อนไขนั้น ๆ

## 2.6 อิทธิพลของมวลสารต่อการถ่ายเทความร้อน

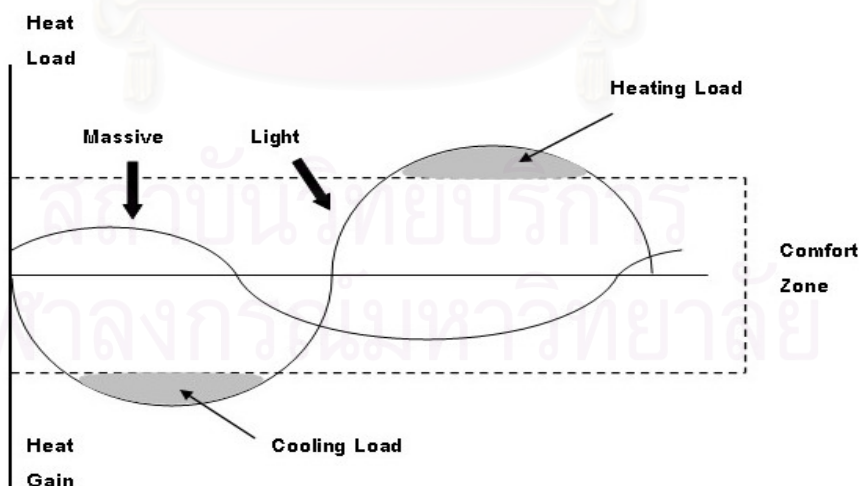
การเลือกใช้ส่วนที่เป็นผนังที่ภายนอกอาคาร ให้มีคุณสมบัติในการประหยัดพลังงานให้มีประสิทธิภาพนั้น นอกจากจะพิจารณาถึงความสามารถในการกักความร้อน คือค่าความต้านทานความร้อน (R-value) สูงแล้ว ต้องคำนึงถึงอิทธิพลของมวลสาร (thermal mass) ที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนในอาคารอีกด้วย เพราะวัสดุที่มีมวลสารมาก จะมีผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนซึ่งเป็นปัจจัยหลักอันหนึ่งในการลด peak cooling load ให้กับตัวอาคารได้

ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นปัจจัยภายนอกที่มีอิทธิพล ต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารในสภาวะที่ไม่มีการปรับอากาศ โครงสร้างของเปลือกอาคารและคุณสมบัติของวัสดุเหล่านั้นยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าหรือออกจากอาคาร จนทำให้เกิดดุลยภาพทางความร้อน (Thermal balance) ที่เป็นตัวบ่งชี้สภาพอากาศภายในอาคาร



ภาพที่ 2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน (ที่มา : Passive Cooling of Building. 1996, p.187)

ผนังอาคารจะมีอุณหภูมิภายนอกและภายในเท่ากัน เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิผิวภายนอกของอาคารจะเพิ่มสูงขึ้นจากอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในองค์ประกอบของผนังอาคาร เกิดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในตอนเที่ยง-บ่าย อุณหภูมิของผนังอาคารก็จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนเกือบเท่ากับอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอก และเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกค่อย ๆ ลดลงในตอนเย็น ความร้อนก็จะค่อย ๆ ถ่ายเทผ่านผนังไปสู่ด้านที่เย็นกว่าทั้งภายในและภายนอกอาคาร



ภาพที่ 2.6 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังมวลสารน้อยและผนังมวลสารมาก (ที่มา : Passive Cooling of Building. 1996, p.189)

จากภาพที่ 2.2 เส้นกราฟเหนือแนวแกน X แสดงถึงภาวะที่เกิดการถ่ายเทความร้อนออกจากอาคาร ส่วนเส้นกราฟใต้แนวแกน X แสดงถึงภาวะที่เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร พื้นที่แรเงาใต้กราฟของผนังมวลสารเบา แสดงถึงช่วงเวลาที่สภาพอากาศภายในอาคารอยู่นอกเขตสภาวะน่าสบาย จึงจำเป็นต้องใช้ระบบปรับอากาศมาช่วยทำให้สภาพอากาศอยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย

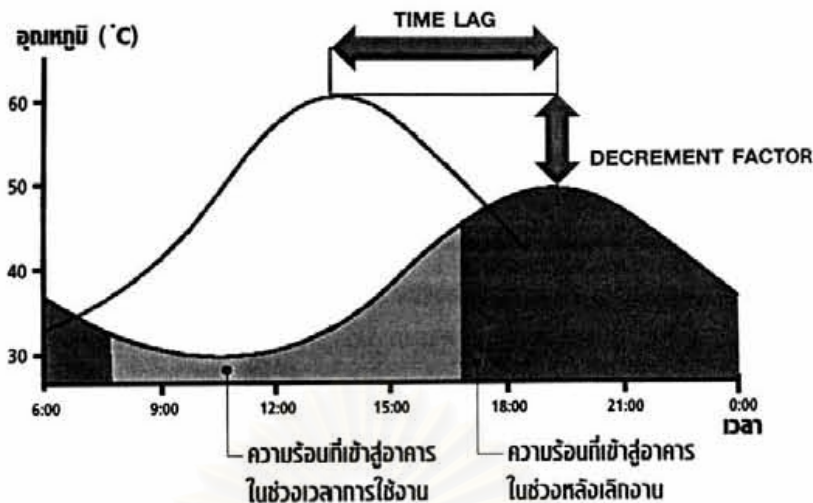
ภาระการปรับอากาศของผนังมวลสารมากจะมีค่าต่ำกว่าผนังมวลสารน้อย และมีค่าภาระการปรับอากาศสูงสุด (Peak load) ต่ำกว่าด้วย เมื่อถึงช่วงเวลาย่างถึงเย็น ค่าภาระการปรับอากาศของผนังมวลสารมากจะมีค่าสูงกว่า เนื่องมาจากความร้อนที่สะสมอยู่ในผนังค่อย ๆ เคลื่อนตัวเข้าสู่ภายในอาคารแต่การใช้ผนังมวลสารมากจะมีประโยชน์ในด้านการลดภาระการปรับอากาศสูงสุด ทำให้สามารถลดขนาดเครื่องปรับอากาศลงได้ รวมถึงการหน่วงเหนี่ยวเวลาในการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังไปในช่วงเย็นถึงค่ำ ซึ่งเหมาะกับอาคารประเภทสำนักงาน

### 2.6.1 อิทธิพลของมวลสารในแง่ของการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

จากการศึกษาถึงอิทธิพลของผนังมวลสารในแง่ของการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time lag effect) ที่สัมพันธ์กับตำแหน่งทิศทางการวางผนังมวลสารนั้น ๆ (Lechner, N, 1991)

- ผนังมวลสารด้านทิศเหนือ ใช้เวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเพียงเล็กน้อย เนื่องจากความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังด้านนี้มีเล็กน้อย
- ผนังมวลสารด้านทิศตะวันออก ใช้เวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่เป็นไปได้ใน 2 กรณี คือ จะต้องมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่นานมากกว่า 14 ชั่วโมง เพื่อให้ความร้อนที่สะสมและถ่ายเทผ่านผนังเลื่อนเวลาไปในช่วงเย็น และอีกกรณี คือ ผนังมวลสารนั้นต้องมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่สั้นมาก ๆ
- ผนังมวลสารด้านทิศใต้ มีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนประมาณ 8 ชั่วโมง ก็เพียงพอสำหรับการเลื่อนและหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่สะสมจากช่วงเที่ยงวันไปช่วงเย็นได้
- ผนังมวลสารด้านทิศตะวันตก ใช้เวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนประมาณ 8 ชั่วโมงเช่นกัน เนื่องจากช่วงเวลาที่ความร้อนสะสมอยู่ในผนังด้านนี้ เป็นเวลาที่พระอาทิตย์ใกล้ตกแล้ว





รูปที่ 2.7 แสดงอิทธิพลของมวลสารที่ทำให้เกิดการหน่วงความร้อน (Time lag) และ Decrement factor

(ที่มา : ASHRAE, 2001: 13)

## 2.6.2 อิทธิพลของมวลสารต่อการประหยัดพลังงานในอาคาร

1) ลด peak cooling load ของการใช้พลังงานในอาคาร มวลสารจะทำหน้าที่ลด peak ของความร้อน โดยการหน่วงเหนี่ยวความร้อนให้เข้ามาในอาคารช่วงที่อุณหภูมิภายนอกลดต่ำกว่าภายใน ซึ่งทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกสู่ภายนอกซึ่งเป็นการลด impact ของผนังและอุณหภูมิภายนอกไม่ให้เกิดพร้อม ๆ กัน

2) ลดทั้ง peak cooling load และปริมาณพลังงานรวมที่ต้องใช้ในการทำความเย็นให้กับอาคาร ซึ่งจะเกิดได้เฉพาะในกรณีที่อุณหภูมิภายในห้องอยู่ระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของอุณหภูมิอากาศภายนอกหรืออุณหภูมิผนังเท่านั้น สภาวะดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ ขึ้นอยู่กับที่ตั้งอาคาร เดือน การปรับสภาพแวดล้อม และการลดอุณหภูมิผิวผนัง

## 2.7 ระบบควบคุมอาคารที่มีผลต่อการเลือกวัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน

การเลือกวัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานในส่วนที่เป็นเปลือกอาคารต้องคำนึงถึงลักษณะ การใช้งานภายในอาคาร เพราะการควบคุมสภาวะภายในอาคารทั้งการใช้ระบบปรับอากาศ หรือระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ ก็เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่น่ามาพิจารณา ระบบการควบคุมสภาวะภายในอาคาร แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

### 2.7.1 ไม่ติดตั้งระบบปรับอากาศ

อาคารที่ไม่ติดตั้งระบบปรับอากาศ หมายถึง เป็นอาคารที่ใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติโดยไม่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในอาคารจะมีความสัมพันธ์กับสภาวะอากาศภายนอกอาคาร เช่น โบสถ์และบ้านไทยโบราณ

## 2.7.2 ติดตั้งระบบปรับอากาศ

อาคารที่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ แต่ช่วงเวลาในการเปิด-ปิดแตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น

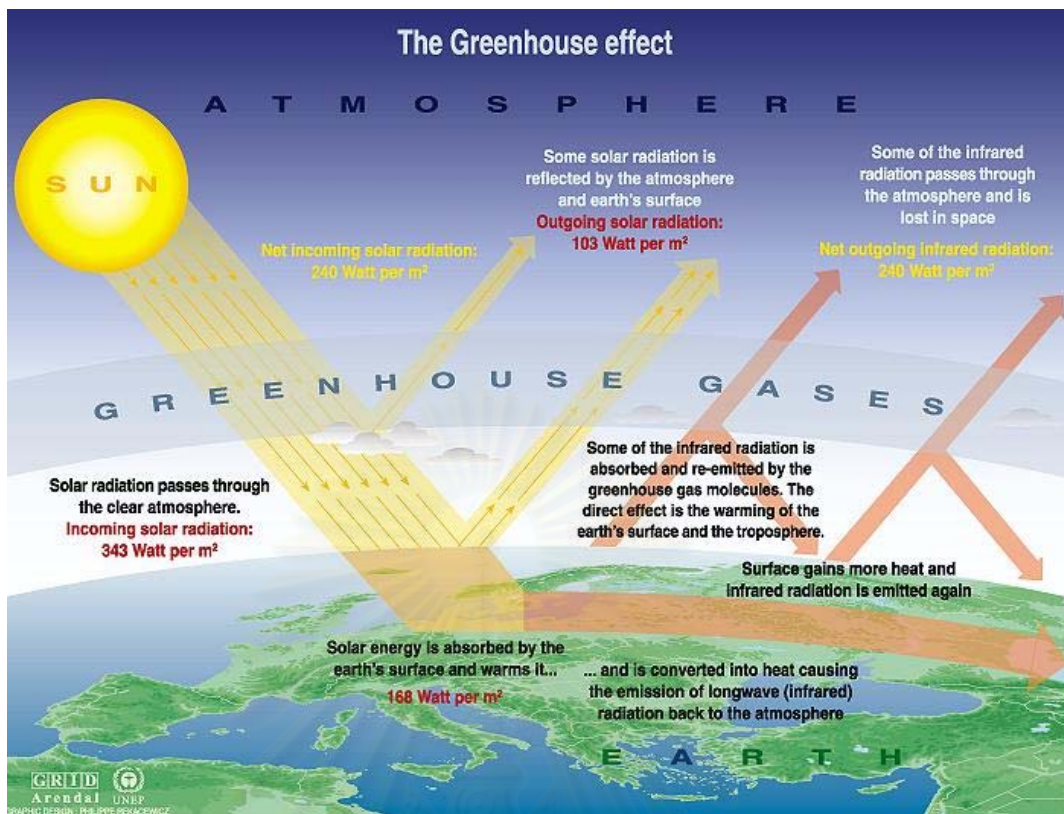
- 1) อาคารที่เปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศบ่อยๆ เช่น บ้านพักอาศัย  
พื้นที่ส่วนที่มีการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศบ่อยครั้ง เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ควรใช้ผนังที่มีมวลสารน้อย มีการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน หรือวัสดุที่ไม่มีการสะสมความร้อน
- 2) อาคารที่เปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศเป็นระยะเวลายาว เช่น อาคารสำนักงาน  
อาคารที่มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศเป็นระยะเวลานาน ๆ เช่น ตลอดเวลา กลางวัน และปิดเวลากลางคืน ต้องมีการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ ให้ผสมผสานกันอย่างเหมาะสม เพื่อให้สามารถควบคุมสภาวะภายในอาคารได้อย่างประหยัดพลังงาน โดยพิจารณาตำแหน่งในการติดตั้งและคุณสมบัติของวัสดุ ดังนี้
  - การติดตั้งฉนวนไว้ด้านนอกอาคาร เป็นการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร
  - การนำมวลสาร (mass) ไว้ด้านใน เป็นการลดความรุนแรง (impact) ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากสภาวะภายนอก
- 3) อาคารที่เปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลา เช่น โรงแรมและโรงพยาบาล  
อาคารที่มีการปรับอากาศอยู่ตลอดเวลา ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในมีความคง ที่ในระดับที่ต้องการ ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมภายนอก แนวทางในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อน (R-value) หรือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ (ค่า U-value ต่ำ) เพื่อลดภาระในการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศ กรณีที่อาคารมีการติดตั้งระบบปรับอากาศเพื่อควบคุมสภาวะภายในอาคาร ผู้ออกแบบต้องพิจารณาถึงรูปแบบการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศที่แตกต่างกันในอาคารแต่ละประเภท เพราะลักษณะระบบควบคุมอาคารที่ต่างกัน มีผลกระทบอย่างมากต่อปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการทำความเย็นให้กับอาคาร

## 2.8 ก๊าซเรือนกระจก (Green house effect)

โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในรูปของพลังงานแสง พลังงานบางส่วนก็จะสะท้อนกลับออกไปนอกโลก ในสภาพของพลังงานความร้อน และพลังงานความร้อนนี้จะถูกก๊าซเรือนกระจก Greenhouse gases (นัฐปัทม์ จิตพิทักษ์, 2542) ซึ่งมีอยู่ในบรรยากาศตามธรรมชาติ ในปริมาณที่ไม่มากนัก ดูดกลืนเอาไว้บางส่วน พลังงานความร้อนที่ก๊าซเรือนกระจกดูดกลืนเอาไว้ จะทำให้โลกมีความอบอุ่น และทำให้สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ในโลกนี้ได้ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}$ ) และก๊าซโอโซน

(O<sub>3</sub>) นอกจากนี้ ยังมีก๊าซที่ผลิตขึ้นมาใช้ในทางอุตสาหกรรมและการพัฒนาเศรษฐกิจ ที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากธรรมชาติ ได้แก่ คลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbons - CFC) ไฮโดรคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (Hydrochlorofluorocarbons - HCFCs) ไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbons - HFCs) และเพอร์ฟลูโอรีเนตคาร์บอน (Perfluorinatedcarbons - PFCs)

ก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ มีอายุ และการแผ่รังสีความร้อน (Radiative effect) ต่าง ๆ กัน เรียกว่า ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (Global Warming Potentials - GWPs) นิยามของ GWPs คือ ความสามารถของก๊าซเรือนกระจกใด ๆ ในการทำให้เกิดความอบอุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำหนักเท่ากัน เช่นเมื่อพิจารณาในช่วงอายุหนึ่งร้อยปี พบว่า ก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ มีค่า GWPs เท่ากับ 210 และ 310 ตามลำดับ หมายความว่า ก๊าซมีเทนจำนวนหนึ่งตัน มีศักยภาพในการกักเก็บและแผ่รังสีความร้อน เท่ากับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวน 21 ตัน และก๊าซไนตรัสออกไซด์จำนวนหนึ่งตัน มีศักยภาพในการกักเก็บและแผ่รังสีความร้อน เท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวน 310 ตัน ส่วนก๊าซอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ของมนุษย์ เช่น สารคลอโรฟลูโอโรคาร์บอนนั้น มีศักยภาพสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ 100 ถึง 1,000 เท่า ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2523-2533 ปริมาณของ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ สารคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน และไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน ที่ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศในแต่ละปีประมาณ 26,000 , 300 , 6 , 0.9 และ 0.1 ล้านตัน ตามลำดับแต่เมื่อพิจารณาตามค่า GWPs แล้วพบว่า สัดส่วนของการทำให้โลกร้อนขึ้นของก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ สารคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน ไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน ดังกล่าวคิดเป็นร้อยละ 55 , 15 , 6 และ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 2.8 แสดงองค์ประกอบส่วนใหญ่ของก๊าซเรือนกระจกที่มีผลต่อสภาวะโลกร้อน

(ที่มา : [www.coolwilliamstown.org/what\\_is.php](http://www.coolwilliamstown.org/what_is.php))

### การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ยุคก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม (ประมาณปี พ.ศ. 2293-2343) บรรยากาศมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 270 ppm (ส่วนในล้านส่วน) ในปัจจุบันเพิ่มสูงขึ้นถึง 356 ppm และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ในศตวรรษหน้า เมื่อปริมาณของก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้น ก็จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate change) หรืออีกนัยหนึ่งคือ สภาวะโลกร้อน (Global warming) หรือปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effects) นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เชื่อว่าภูมิอากาศของโลกมีการเปลี่ยนแปลง แต่จะมีการผันแปรมากน้อยเพียงใด ยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัด ดังนั้นตาม IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 1990 และ UNFCCC (The United Nations Framework Convention on Climate Change) 1996 ได้ทำนายผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นไว้ดังนี้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 องศาเซลเซียส ภายในปี พ.ศ. 2643 หรือการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในระดับปานกลางโดยอยู่ในช่วงระหว่าง 1.5 - 3.5 องศาเซลเซียส



- การเปลี่ยนอุณหภูมิในระดับภูมิภาคอาจจะแตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของโลกมาก แต่ยังไม่สามารถบ่งชี้ได้อย่างแน่นอนว่าแตกต่างอย่างไร

- ระดับน้ำทะเล คาดหมายว่าจะสูงขึ้นประมาณ 15 - 95 เซนติเมตร โดยค่าประมาณปานกลางที่ 50 เซนติเมตร ภายในปี พ.ศ. 2643 ระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ถึงแม้ว่า ภูมิอากาศและอุณหภูมิโลก จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกก็ตาม

- ผลต่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโลกและปริมาณน้ำฝน คือคาดว่าป่าไม้บาง ส่วน (ประมาณ 1 ใน 3 ถึง 1 ใน 7 ของโลก) จะมีการเปลี่ยนแปลงของพรรณไม้ที่สำคัญ

- ประเทศที่กำลังพัฒนาจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของภูมิอากาศมากกว่าประเทศที่พัฒนาแล้ว ทั้งนี้เนื่องมาจากมีข้อจำกัดในการปรับสภาพให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงนี้

กิจกรรมที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมามากที่สุด ได้แก่ การแปรรูปพลังงาน (โรงงานไฟฟ้า) ซึ่งส่วนใหญ่ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีก๊าซอื่น ๆ ถูกปล่อยออกมาน้อย ได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และสารอินทรีย์ที่มาจากเผาพลังงานฟอสซิล รองลงมาคือการเปลี่ยนการใช้ที่ดินและป่าไม้ การเกษตร และกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ดังตารางที่ 2-1

ภาคกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์ (ล้านตัน)	สัดส่วนต่อปริมาณก๊าซที่ปลดปล่อยทั้งหมด (ร้อยละ)
1. พลังงาน	79	36
2. การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและป่าไม้	78	35
3. การเกษตร	54	24
4. กระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม	10	4
5. ของเสีย	3	1
<b>รวม</b>	<b>224</b>	<b>100</b>

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคกิจกรรมต่าง ๆ และสัดส่วนของศักยภาพในการทำให้ร้อนขึ้น (ที่มา : นัฐปัทม์ จิตพิทักษ์, วารสารสิ่งแวดล้อม ปีที่ 2 ฉบับที่ 11 เดือนตุลาคม-ธันวาคม 2542)



## 2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.9.1. อิทธิพลการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการผสมมวลสารและฉนวนเข้าด้วยกัน (รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ, 2543)

เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการกำหนดตำแหน่งของมวลสารและฉนวนทั้งในสภาพปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ โดยแบ่งการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่

1. การศึกษาเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการจัดวางฉนวนและมวลสาร
2. การทดสอบพฤติกรรมการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการใช้งานในสภาพปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ
3. การทดสอบตัวแปรจากอิทธิพลภายนอกที่ส่งผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

ในขั้นตอนแรกได้ทำการติดตั้งฉนวนด้านนอกแผ่นคอนกรีตกึ่งกลางแผ่นคอนกรีตและด้านในแผ่นคอนกรีต ผลการทดสอบพบว่า ตำแหน่งของฉนวนและมวลสารที่เหมาะสมคือการใช้วัสดุฉนวนด้านนอกเพื่อลดอิทธิพลที่รุนแรงจากสภาพอากาศภายนอกและใช้วัสดุมวลสารที่มีค่าความจุความร้อนไว้ด้านในเพื่อหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ผ่านวัสดุฉนวนเข้าสู่ภายในอาคาร

ในขั้นตอนที่ 2 ผลจากการทดสอบการใช้งานในสภาพปรับอากาศและสภาพไม่ปรับอากาศพบว่า ควรใช้การติดตั้งฉนวนภายนอก และใช้มวลสารด้านในทั้ง 2 กรณีแต่มีข้อระวังในการเลือกใช้มวลสารภายในของระบบปรับอากาศ เนื่องจากมวลสารปริมาณมาก ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการลดความร้อนสะสมภายในมวลสารเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ

ในขั้นตอนที่ 3 การทดสอบตัวแปรจากอิทธิพลภายนอกที่ส่งผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนพบว่า การใช้วัสดุเคลือบผิวที่มีการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกันส่งผลให้ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในต่ำกว่าที่ไม่มีการบังแสงดวงอาทิตย์

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การติดตั้งแนวภายนอก และใช้มวลสารภายในมีความเหมาะสมทั้งการใช้งานในสภาพปรับอากาศและสภาพไม่ปรับอากาศโดยที่อาคารที่ไม่ปรับอากาศควรใช้ผนังที่มีการติดตั้งฉนวนภายนอกและใช้มวลสารปริมาณมากภายในอาคารเพื่อให้อุณหภูมิเข้าใกล้สภาวะน่าสบายในเวลากลางวัน อาคารที่ปรับอากาศควรใช้ผนังที่มีการติดตั้งฉนวนภายนอก และใช้มวลสารปริมาณน้อยภายในอาคารเพื่อให้เครื่องปรับอากาศสิ้นเปลืองพลังงานในการลดความร้อนสะสมภายในมวลสารเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ

## 2.9.2. การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น (อุทัย ศุภิสกุลวงศ์, 2543)

เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่ใช้วัสดุก่อและตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวผนังเพื่อนำไปพัฒนารูปแบบและความเหมาะสมของวัสดุก่อผนังสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในกรณีปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมงและไม่ปรับอากาศแบ่งเป็น 5 ชนิดคือ

- ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว
- ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว
- ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ
- ผนังวัสดุก่อมวลเบา
- ผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกหนา 3 นิ้ว

จากการวิจัยพบว่า

### ในกรณีไม่ปรับอากาศ

ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้วและผนังมวลเบา มีศักยภาพในการป้องกันความร้อนต่ำสุดเนื่องจากมวลสารมีค่าการต้านทานความร้อนต่ำและหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้น้อยกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว และผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ ผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอก มีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว

### ในกรณีปรับอากาศ 24 ชั่วโมง

ผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในต่ำสุด ส่วนผนังมวลเบา มีความแตกต่างกล่าวสูงสุด และจากการศึกษาถึงอิทธิพลของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์และค่าการดูดซับของผิวผนังที่ต่างกันส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายใน โดยผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกซึ่งมีค่าการต้านทานความร้อนสูง ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายในน้อยมาก

### 2.9.3. แนวทางการปรับปรุงผนังอาคารเดิมเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่

อาคาร (กัญจน์ พิเศษฐศิลป์, 2545)

เป็นการวิจัยที่ทำการปรับปรุงผนังอาคารเดิมโดยการเข้าร่วมกับฉนวนกันความร้อนโดยที่ผนังทดสอบ 2 ชนิดคือผนังก่ออิฐฉาบปูนและผนังมวลเบาเพื่อศึกษารูปแบบในการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ความหนาต่าง ๆ กับผนังทดสอบทั้ง 2 ชนิด ทั้ง 4 ทิศของอาคารที่มีการปรับอากาศในช่วงเวลาต่างๆ พร้อมทั้งหาความหนาที่เหมาะสมและทำการเลือกรูปแบบที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งานโดยพิจารณาจากตัวแปรด้านอุณหภูมิ ประกอบกับการคำนวณระยะเวลาคืนทุนและจ่ายค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานขั้นตอนในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ 1. ทำการเลือกความหนาของหนาของฉนวนกันความร้อนตั้งแต่ 1.3 นิ้วที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงผนังของอาคารปรับอากาศใน 4 ทิศหลักโดยทำการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในและภายนอกอาคารของผนังเดิม 2 ทำการเลือกรูปแบบที่มีความเป็นไปได้ในการใช้งานระหว่างการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในและภายนอกอาคาร

ผลการวิจัยพบว่า (1). การติดตั้งฉนวนกันความร้อนสามารถลดค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดและต่ำสุดของวันลงได้ซึ่งทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวันค่อนข้างคงที่และความสามารถในการลดความร้อนของฉนวน 1.3 นิ้วเมื่อเทียบกับผนังอาคารเดิมเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ 85 เปอร์เซ็นต์ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาระยะเวลาคืนทุนประกอบกับค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานพบว่า การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนติดตั้งภายในและภายนอกที่ความหนา 3 นิ้ว ทั้ง 4 ทิศทางมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด และสามารถลดอัตราค่าไฟฟ้าสูงสุดได้ดีกว่า (2). การติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอาคารมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานกับอาคารที่มีการปรับอากาศในช่วงเวลาต่างๆ มากกว่าการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายใน เนื่องจากมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดและต่ำสุดมีค่าน้อย (อุณหภูมิเกือบคงที่ตลอดวัน) และมีระยะเวลาห่วงเหี่ยวความร้อนที่ยาวนานกว่าคือ การติดฉนวนภายในห่วงเหี่ยว ความร้อนได้ 4 ชั่วโมง และติดตั้งฉนวนภายนอกห่วงเหี่ยวความร้อนได้ 5 ชั่วโมงส่งผลให้ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามาลดลงนอกจากนี้ การติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอาคารยังสามารถป้องกันการเกิดสะพานความร้อน และความชื้น จึงไม่มีผลต่อ การเกิดการควบแน่นในผนัง ไม่ทำให้สูญเสียพื้นที่ ใช้งานในอาคาร และเป็นการลดค่าภาระในการทำควมเย็นของเครื่องปรับอากาศลงได้

## 2.9.4 ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร

(สินีรัตน์ ภัทรรวมกุล, 2547)

การวิจัยชิ้นนี้จะมุ่งเน้นศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่สำคัญ 2 อย่าง ว่ามีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอย่างไร ซึ่งคุณสมบัติทั้งสอง ได้แก่

- มวลสาร แบ่งประเภทเป็นมวลสารมาก (ก่ออิฐฉาบปูน) และมวลสารน้อย (โพลิสไตรีนโฟม)

- สี แบ่งประเภทเป็นสีดำและสีขาว

โดยมีข้อกำหนดดังนี้ คือ

- ให้ผนังมวลสารมาก (ก่ออิฐฉาบปูน) ที่หนา 4 นิ้ว และ 8 นิ้ว กับผนังมวลสารน้อย (โพลิสไตรีนโฟม) ที่ความหนาหนึ่งให้มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากับผนังก่ออิฐ ฉาบปูนที่หนา 4 นิ้ว กับ 8 นิ้ว

- เปรียบเทียบสีดำของผนังที่มีค่าการดูดรังสีความร้อนสูง กับสีขาวของผนังที่มีค่าการดูดรังสีความร้อนต่ำ

จากผลการวิจัย

- ผนังมวลสารมากจะสะสมและสูญเสียความร้อนในอัตราที่ช้ากว่าผนังมวลสารน้อย โดยที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) เท่ากัน

- ผนังมวลสารน้อยจะมีอุณหภูมิสูงสุด (Peak temperature) สูงกว่าผนังมวลสารมาก โดยที่มีค่า U-Value เท่ากัน และจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นถ้าค่า U-Value ของผนังมีค่าเพิ่มมากขึ้น

- ผนังมวลสารมากจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมาก ชั่วโงมกว่าผนังมวลสารน้อยที่มีค่า U-Value เท่ากัน

- ผนังมวลสารน้อยจะมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (temperature swing) มากกว่าผนังมวลสารมาก โดยที่มีค่า U-Value เท่ากัน หมายความว่า ผนังมวลสารมากจะมีการถ่ายเทความร้อนเข้า – ออก ในอัตราที่ค่อนข้างคงที่มากกว่าผนังมวลสารน้อย ซึ่งมีอุณหภูมิภายในขึ้นสูงและลดต่ำแตกต่างกันมาก โดยที่ผนังที่มีค่า U-Value มากจะมีค่าแตกต่างของอุณหภูมิ (temperature swing) มากขึ้นด้วย

ผนังมวลสารมากจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวเวลา (time lag) มาก และอุณหภูมิภายในจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นเวลานานหลายชั่วโงม ส่วนผนังมวลสารน้อยแทบจะไม่มีค่าหน่วงเหนี่ยวเวลาเลย เพราะผนังมวลสารน้อยจะมีอุณหภูมิขึ้นสูงและลดต่ำตามอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดเวลา

### 2.9.5. พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสารมาก

(ณัฐกานต์ เกษประทุม, 2543)

จุดประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน เพื่อหาแนวทางการประยุกต์ใช้ผนังมวลสารมากในอาคารให้เกิดความเหมาะสม ปัจจัยที่นำมาศึกษาได้แก่ ค่าความจุความร้อน และอุณหภูมิพื้นผิวผนัง การทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือการทดลองจากกล่องทดลอง และการทดลอง ณ สถานที่จริง การเก็บข้อมูลประกอบด้วย

1. สภาวะไม่ปรับอากาศ ทดลองผนังคอนกรีตหนา 10, 20 และ 30 ซม. ผิวภายนอกได้รับและไม่ได้รับความร้อนโดยตรง ผิวภายนอกทาสีดำและสีขาว

2. สภาวะปรับอากาศทดลองผนังคอนกรีตหนา 10, 20 และ 30 ซม. ในช่วงเวลา 08.00 – 18.00 น. , 20.00 – 6.00 น. และปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ในการทดลอง ณ สถานที่จริง ทดลองผนัง 2 ด้าน ได้แก่ ด้านทิศใต้ผิวภายนอกได้รับรังสีความร้อนโดยตรง และด้านทิศเหนือผิวภายนอกไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรง

#### ผลการทดลอง

1. อิทธิพลค่าความจุความร้อนมีผลต่อค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน นั่นคือผนังคอนกรีตที่มีความหนาจะมีค่าความจุความร้อนมาก ทำให้มีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมาก ผนังคอนกรีตหนา 30 ซม. จะมีช่วงเวลาน่วงเหนี่ยวความร้อนสูงกว่าผนังคอนกรีตหนา 20 และ 10 ซม. เท่ากับ 1 และ 2.5 ชั่วโมง

2. อิทธิพลอุณหภูมิผิวผนังมีผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ผนังที่ผิวภายนอกไม่ได้รับสี ความร้อน โดยตรงจะมีอุณหภูมิภายในเฉลี่ยต่ำกว่าผนังที่ได้รับรังสีโดยตรงเท่ากับ 0.6 – 1.8 องศาเซลเซียส และผนังที่ทาสีขาวจะมีอุณหภูมิภายในเฉลี่ยต่ำกว่าชุดผนังทาสีดำเท่ากับ 3-4 องศาเซลเซียส การทดลอง ณ สถานที่จริงพบว่าอิทธิพลดังกล่าวไม่มีผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนถ้าผนังมีความหนาเพิ่มขึ้น โดยในช่วงเวลากลางวันที่อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด ผนังด้านทิศใต้ซึ่งได้รับรังสีความร้อนโดยตรงจะมีอุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงกว่าผนังด้านเหนือซึ่งไม่ได้รับรังสีโดยตรงเท่ากับ 3.04 องศาเซลเซียส แต่จะมีอุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยต่างกันไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส

3. การทดลองในสภาวะปรับอากาศ ผนังคอนกรีตหนา 30 ซม. จะใช้พลังงานในการลดความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังน้อยกว่าผนังคอนกรีตหนา 20 และ 10 ซม. เท่ากับ 8 และ 10.7 บีทียู ชั่วโมงต่อวัน นั่นคือผนังที่มีความหนาจะมีปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังน้อยกว่าผนังที่มีความหนาน้อยกว่า การเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมงใช้พลังงานน้อยกว่าการปรับอากาศในช่วงเวลา 8.00 - 18.00 น. และ 20.00 – 6.00 น. เท่ากับ 0.3 – 0.5 บีทียู ชั่วโมง นั่นคือ



ความร้อนที่สะสมในผนังช่วงไม่ปรับอากาศทำให้เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานสูงขึ้นเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ

4. ผนังมวลสารมากเหมาะสมกับการใช้งานในช่วงเวลากลางวัน ผนังภายนอกไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรงหรือทาสีขาวจะมีอุณหภูมิภายในเฉลี่ยช่วงเวลากลางวันเท่ากับ 30-32 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 0.5-2.7 องศาเซลเซียส ผนังมวลสารมากไม่เหมาะสมกับการใช้งานในช่วงเวลากลางคืน เนื่องจากผลการทดลองมีอุณหภูมิภายในเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 3.7 – 8.3 องศาเซลเซียส

#### สรุป

1. อาคารไม่ปรับอากาศและใช้งานในช่วงเวลากลางวันเหมาะสมกับการใช้ผนังมวลสารมากที่มีความหนา มาก เพื่อเพิ่มค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ทำให้อุณหภูมิภายในต่ำกว่าภายนอกในช่วงเวลากลางวัน แม้อุณหภูมิภายในจะไม่อยู่ในเขตสบายแต่สามารถใช้การพัดพาของอากาศเพื่อปรับอุณหภูมิให้เข้าสู่เขตสบายได้

2. อาคารไม่ปรับอากาศที่มีการใช้งานในช่วงเวลากลางคืนหรือการใช้งานตลอดทั้งวันไม่เหมาะสมกับการใช้ผนังมวลสารมาก เนื่องจากจะมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกในช่วงเวลากลางคืน

อาคารที่ปรับอากาศไม่ตลอด 24 ชั่วโมง ไม่เหมาะสมกับการใช้ผนังมวลสารมาก เนื่องจากเครื่องปรับอากาศจะใช้พลังงานในการลดความร้อนสะสมในผนังเป็นปริมาณมากเพื่อจะควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยความเหมาะสมในการนำวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตมาประยุกต์ใช้เป็นเปลือกอาคารสำหรับอาคารบ้านพักอาศัยในภูมิอากาศร้อนชื้น โดยทำการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือบันทึกข้อมูลจากอาคารทดลองจริงและการเก็บข้อมูลด้วยการคำนวณค่าการใช้พลังงานต่าง ๆ ในอาคารบ้านพักอาศัยจำลอง พร้อมทั้งนำข้อมูลมาประมวลผล เพื่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและเปรียบเทียบการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศของอาคารพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

- 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
- 3.2 การตรวจสอบเครื่องมือ
- 3.3 การเตรียมการทดลองและการติดตั้งเครื่องมือในการทดลอง
- 3.4 การเก็บข้อมูล
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.6 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

#### 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

##### 3.1.1 เครื่อง Sciencemetric Data Logger

เป็นเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติสามารถจัดเก็บข้อมูลอุณหภูมิ โดยการติดตั้งหัวเซนเซอร์ (Sensor) สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ เช่น Thermister ขนาด 10 K สามารถตอบรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็วโดยมีช่วงอุณหภูมิที่สามารถวัดได้อยู่ระหว่าง 9-150 ทำการต่อเชื่อมกับเครื่องเก็บข้อมูลและเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทาง Scienmetric card model 236 ซึ่งจะต้องติดตั้ง Card slot กับเครื่องคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากหัวเซนเซอร์เป็นแบบกระแสหรือความต้านทานค้ำยหรือความต้านทานตามแต่ละลักษณะการวัดของเซนเซอร์โดยการวัดและบันทึกผลเป็นแบบ Online ติดตั้งหัวเซนเซอร์ได้ 48 ช่องสัญญาณ การวัดแบบ Online ทำโดยการติดตั้งโปรแกรมที่รองรับกับเครื่องเก็บข้อมูล (Supported Software gen 200) ของคอมพิวเตอร์ในระบบ OS Windows 3.11 ที่ต่อเชื่อมกับเครื่องเก็บข้อมูลแล้วบันทึกข้อมูลที่ต้องการลงบนหน่วยความจำ ของเครื่องคอมพิวเตอร์ทันทีโดยต้องเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ตลอดเวลาการบันทึกข้อมูล

### 3.1.2 เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลม

เป็นอุปกรณ์วัดค่าความเร็วลมและทิศทางลม สามารถวัดความเร็วลมได้ตั้งแต่ 0-50 เมตรต่อวินาที และทิศทางของลมได้ตั้งแต่ 0-360 องศาโดย 0 องศา คือ ทิศเหนือ แต่ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้จึงจำเป็นต้องติดตั้งควบคู่กับเครื่องบันทึกข้อมูล Opus 200

### 3.1.3 เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Opus Data Logger)

เป็นเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ สามารถจัดเก็บข้อมูลได้ 2 ช่องสัญญาณและสามารถต่อเป็นระบบเดียวกันได้จนถึง 250 ช่องสัญญาณ วัดข้อมูลแบบ Online หรือ Offline ซึ่งการวัดแบบ Offline ทำได้โดยการติดตั้งโปรแกรมกับเครื่องมือที่ต้องการและใช้ไฟฟ้าตลอดระยะเวลาการบันทึกซึ่งมีหน่วยความจำ จำกัด ข้อมูลที่วัดในส่วนความเร็วลมมีหน่วยเป็นกิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง และทิศทางมีหน่วยเป็นองศา

### 3.1.4 เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Campbell Data Logger)

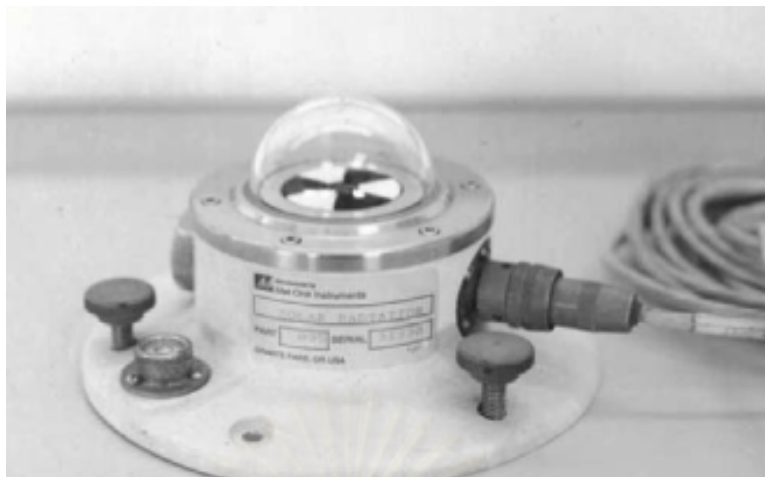
ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้จาก Radio Meter โดยสามารถตั้งค่าให้ตั้งระยะเวลาในการเก็บข้อมูลได้ บันทึกข้อมูลลงในตัวเครื่องโดยสามารถทำการถ่ายข้อมูลสู่คอมพิวเตอร์โดยการต่อสายถ่ายโอนข้อมูลได้โดยตรงข้อมูลที่ได้อาจบันทึกในรูปแบบของโปรแกรม Microsoft excel ได้



รูปที่ 3.1 เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Campbell Data Logger) รุ่น CR23X

### 3.1.5 เครื่องวัดแสงพระอาทิตย์ (Black&White Pyranometer Model 8-48)

เครื่อง Black & White Pyranometer รุ่น 8-48 ใช้กับเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ สามารถเก็บข้อมูลด้วยความละเอียดถึง 11 ไมโครโวลต์ ต่อ วัตต์ ต่อ ตารางเมตร และสามารถบันทึกข้อมูลพร้อมทั้งทำการเก็บข้อมูลไว้ภายในเครื่องอัตโนมัติโดยใช้พลังงานจากตัวเครื่อง



รูปที่ 3.2 เครื่องวัดพลังงานรังสีดวงอาทิตย์

### 3.2 การตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ในการวิจัยจำเป็นต้องทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากการทดลองต้องใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Sensor) เป็นจำนวนมาก รวมถึงวัสดุที่นำมาทดลองและห้องทดลอง จึงจำเป็นต้องทดสอบความเชื่อถือและปรับแต่งค่ามาตรฐานให้ตรงกันเสียก่อนเพื่อที่จะได้ข้อมูลที่แม่นยำและสามารถนำมาวิเคราะห์หาผลสรุปได้ ดังนี้

#### 3.2.1 การตรวจสอบหัววัดอุณหภูมิ (Sensor)

Sensor ที่ใช้เก็บอุณหภูมิเป็น Thermister ขนาด 10 K มีคุณสมบัติในการตอบรับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจาก Sensor แต่ละตัวสามารถวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่แตกต่างกันเพื่อความถูกต้องและน่าเชื่อถือในการทดลองต้องมีการตรวจสอบหัววัดโดยมีขั้นตอนการตรวจวัดให้ได้มาตรฐานดังนี้

- การทดสอบหัววัดโดยวัดค่าอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับจุดเยือกแข็งของน้ำที่  $0^{\circ}\text{C}$  และบันทึกข้อมูลที่ Sensor อ่านได้
- เพิ่มอุณหภูมิของน้ำให้สูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิน้ำเดือด ( $100^{\circ}\text{C}$ ) และบันทึกข้อมูลที่ Sensor อ่านได้
- นำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์ด้วยกระบวนการทางสถิติเพื่อหาค่า Intercept และค่า Coefficient ของ Sensor เพื่อนำค่าที่ได้มาปรับค่าความชัน และค่า Offset ของการบันทึกข้อมูลของโปรแกรม ซึ่งจะช่วยให้ได้ผลของการวัดที่แม่นยำ และใกล้เคียงกันทั้งหมด



รูปที่ 3.3 หัววัดอุณหภูมิ Thermister

### 3.2.2 การตรวจสอบวัสดุทดลอง

วัสดุแต่ละชนิดนั้นมีความจุความร้อนและขึ้นไม่เท่ากัน ดังนั้นในการทดลองจึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบให้แน่ชัดว่าในเนื้อวัสดุนั้น ๆ มีค่าความจุความร้อนและขึ้นคงที่ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องและแม่นยำที่สุด โดยปราศจากอิทธิพลของเนื้อวัสดุนั้น ๆ

### 3.2.3 การตรวจสอบห้องทดลอง

การตรวจสอบห้องทดลองนั้นต้องพิจารณาถึงการควบคุมอากาศภายใน โดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศภายในและทำการตั้งอุณหภูมิที่  $25^{\circ}\text{C}$  และการป้องกันอิทธิพลจากภายนอกอาคาร เช่น การรั่วซึมของอากาศ เพื่อควบคุมให้ห้องทดลองมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คงที่เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องและแม่นยำที่สุด โดยปราศจากอิทธิพลของห้องทดลอง

### 3.3 การเตรียมการทดลองและการติดตั้งเครื่องมือในการทดลอง

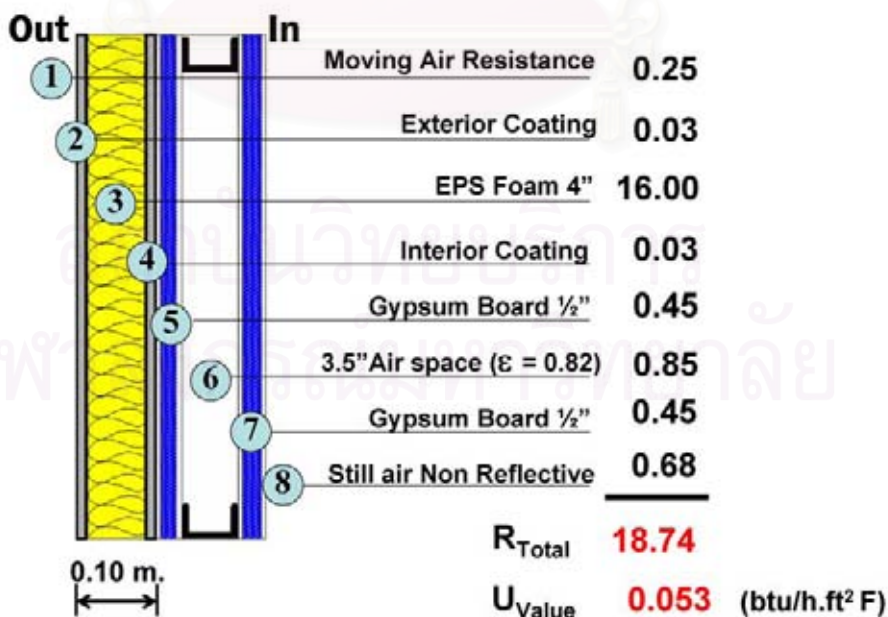
การเตรียมวัสดุทดลองประกอบไปด้วยผนังที่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวน ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต และผนังมาตรฐานที่ใช้ในห้องตลาดทั่วไป โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ความหนาของวัสดุที่ 0.10 เมตร ถึง 0.20 เมตร รวมถึงลักษณะการใช้งานของอาคารบ้านพักอาศัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ



3.3.1 ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS (Exterior Insulation and Finished System)

ลักษณะทั่วไป

เป็นผนังเบา ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก โครงสร้างกะสีหนา 10 เซนติเมตร มีน้ำหนักเบา และมีการติดตั้งแผ่นยิปซัมหนา 12 ม.ม. ไว้ภายในและภายนอก ผิวภายนอกติดฉนวนกันความร้อนที่ทำจากโพลีเอสเตอร์กลาสความหนาแน่น 1 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตหนา 3 นิ้ว และระบบเคลือบผิว (Basecoat) กันความเสียหายจากความร้อนและความชื้นภายนอก รวมขนาดผนังหนา 20 เซนติเมตร น้ำหนักรวม 15 กิโลกรัม



รูปที่ 3.4 ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS (Exterior Insulation and Finished System)

## คุณสมบัติของผนังระบบกันความร้อนภายนอกเรือน

1. คุณสมบัติทางการประหยัดพลังงาน	
1.1 คุณสมบัติการต้านทานความร้อนของวัสดุ (ค่า R-value)	18.74 ft <sup>2</sup> .h°F/Btu
1.2 คุณสมบัติการสะสมความร้อนหรือความจุความร้อน	-
1.3 คุณสมบัติการขยายตัว-หดตัวของวัสดุ	-
1.4 คุณสมบัติการรั่วซึมของอากาศ	0.0082 cu.ft/min
2. คุณสมบัติทางด้านระบบเศรษฐกิจและการก่อสร้าง	
2.1 น้ำหนักวัสดุ	22.32 kg/m <sup>2</sup>
2.2 ความยืดหยุ่นในการทำงาน	ปรับเปลี่ยนงานได้ง่าย
2.3 ความสามารถในการจัดหา	ต้องอาศัยช่างที่มีความชำนาญ
2.4 ราคาวัสดุ	1,500 baht/m <sup>2</sup>
2.5 การบำรุงรักษาและซ่อมแซม	ดูแลรักษาง่าย
2.6 ความแข็งแรงทนทานของวัสดุ (กำลังอัด)	วัสดุตกแต่งไม่สามารถรับแรงอัดได้
3. คุณสมบัติทางด้านสภาพแวดล้อม	
3.1 ความปลอดภัยต่อสุขภาพ	ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
3.2 ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม	ไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม
3.3 ความสวยงาม	สามารถตกแต่งผิวได้
3.4 ความสามารถในการป้องกันไฟ	อุณหภูมิวิกฤต 100 °C

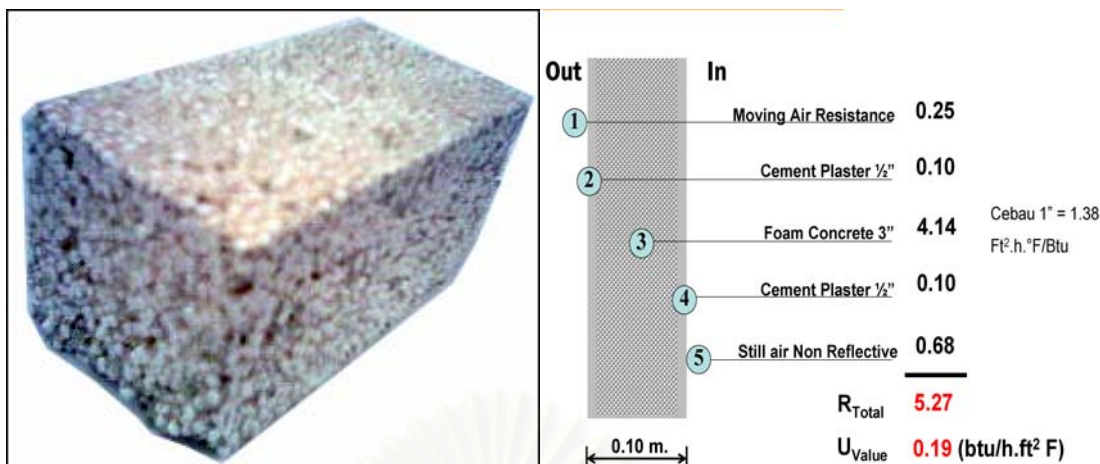
ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของผนังระบบกันความร้อนภายนอก

(ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2548)

### 3.3.2 ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel)

ลักษณะทั่วไป

ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หรือ EPS foam concrete panel เป็นนวัตกรรมสำหรับงานก่อสร้างโดยการนำผลิตภัณฑ์เม็ดโฟมที่ผ่านการเสริมประสิทธิภาพเพิ่มการยึดเกาะเป็นเยื่อมในการผสมกับปูนซีเมนต์ซึ่งทำให้โครงสร้างมีน้ำหนักเบาสามารถกันความร้อนและรักษาอุณหภูมิเพื่อการประหยัดพลังงาน



รูปที่ 3.5 ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel)

คุณสมบัติของผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel)

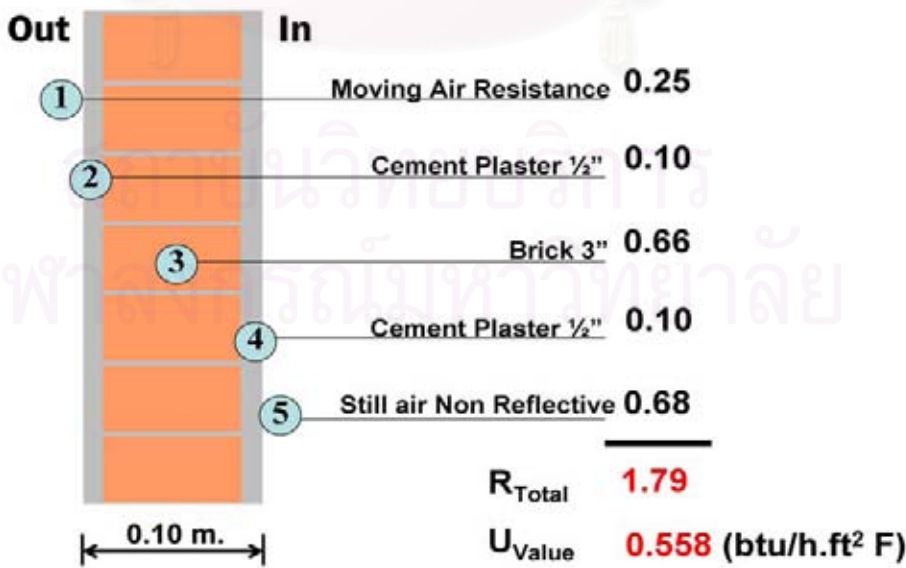
1. คุณสมบัติทางการประหยัดพลังงาน	
1.1 คุณสมบัติการต้านทานความร้อนของวัสดุ (ค่า R-value)	5.27 ft <sup>2</sup> .h <sup>o</sup> F/Btu
1.2 คุณสมบัติการสะสมความร้อนหรือความจุความร้อน (W/mK)	0.103
1.3 คุณสมบัติการขยายตัว-หดตัวของวัสดุ (N/mm <sup>2</sup> )	0.59
2. คุณสมบัติทางด้านระบบเศรษฐกิจและการก่อสร้าง	
2.1 น้ำหนักวัสดุ/รวมปูนฉาบ (kg/m <sup>2</sup> )	60 kg/m <sup>2</sup>
2.2 ความยืดหยุ่นในการทำงาน	ปรับเปลี่ยนงานได้ง่าย
2.3 ราคาวัสดุ	600-800 baht/m <sup>2</sup>
2.4 การบำรุงรักษาและซ่อมแซม	ดูแลรักษาง่าย
2.5 ความแข็งแรงทนทานของวัสดุ (กำลังอัด)	วัสดุสามารถรับแรงอัดได้
3. คุณสมบัติทางด้านสภาพแวดล้อม	
3.1 ความปลอดภัยต่อสุขภาพ	ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
3.2 ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม	ไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม
3.3 ความสวยงาม	สามารถตกแต่งผิวได้
3.4 ความสามารถในการป้องกันไฟ (ชั่วโมง)	2.0-3.0

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติของผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel)

### 3.3.3 ผนังก่ออิฐมวลเบา (Brick wall)

#### ลักษณะทั่วไป

อิฐมวลเบา หมายถึง อิฐที่ทำจากดินเหนียวผสมซีเมนต์แล้วอัดเป็นก้อนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่นกวนด้วยเครื่องกวนจนเป็นเนื้อเดียวกัน ใส่แบบพิมพ์อัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมตามขนาดที่ต้องการ ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วนำไปเผาจนสุก โดยอิฐมวลเบาเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้างผนังอาคารมานานแล้ว เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก แต่คุณสมบัติของอิฐมวลเบาเป็นวัสดุที่ยอมให้ความร้อนถ่ายเทเข้า-ออกได้ง่าย และยังดูดเก็บความร้อนไว้ในตัวเองเป็นเวลานานกว่าจะเย็นตัวลง จะสังเกตได้ว่าเมื่อเรา ใช้มือสัมผัสผนังภายในบ้านในตอนบ่ายที่ถูกแดดร้อนจัด ผนังจะร้อนมาก และยังคงร้อนอยู่จนถึงช่วงหัวค่ำแล้วจึงเย็นลงใกล้เคียงกับอากาศปกติ เนื่องจากอิฐมวลเบา มีความจุความร้อนสูงทำให้สามารถเก็บกักความร้อนไว้ในเนื้อวัสดุได้มากแล้วจึงค่อย ๆ ถ่ายเทสู่ภายนอก จึงเหมาะกับการใช้กับบริเวณที่ใช้งานเฉพาะตอนกลางวัน



รูปที่ 3.6 ผนังก่ออิฐมวลเบา

## คุณสมบัติของผนังก่ออิฐมวลเบา

1. คุณสมบัติทางการประหยัดพลังงาน	
1.1 คุณสมบัติการต้านทานความร้อนของวัสดุ (ค่า R-value)	0.15 m <sup>2</sup> K/W
1.2 คุณสมบัติการสะสมความร้อนหรือความจุความร้อน (J/kg.K)	800-1000
1.3 คุณสมบัติการขยายตัว-หดตัวของวัสดุ	4.6x10 <sup>-6</sup>
1.4 คุณสมบัติการนำความร้อน (ค่า K-value)	0.473 W/m.K
2. คุณสมบัติทางด้านระบบเศรษฐกิจและการก่อสร้าง	
2.1 น้ำหนักวัสดุ/รวมปูนฉาบ (kg/m <sup>2</sup> )	130 / 200
2.2 ค่าวัสดุ+ค่าแรง/ตรม. (บาท)	425-440
2.3 ความหนาแน่น (kg/m <sup>3</sup> )	1615-1650
2.4 ราคาวัสดุต่อ ตร.ม. (บาท)	100-190
2.5 การบำรุงรักษาและซ่อมแซม	ดูแลรักษาง่าย
2.6 ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย
2.7 จำนวนผู้ผลิต	มาก
2.8 ปริมาณการผลิตเทียบกับความต้องการ	เพียงพอ
2.9 ความแข็งแรงทนทานของวัสดุ (กำลังอัด)	35kg/cm <sup>2</sup>
3. คุณสมบัติทางด้านสภาพแวดล้อม	
3.1 ความปลอดภัยต่อสุขภาพ	ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
3.2 ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม	ไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม
3.3 ความสวยงาม	สามารถตกแต่งผิวได้
3.4 การปลดปล่อย	ไม่มีกลิ่น
3.5 การป้องกันเสียง (dB)	36-40
3.6 อัตราการซึมน้ำ (%)	30-40
3.4 ความสามารถในการป้องกันไฟ (ชั่วโมง)	0.5-2

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของผนังก่ออิฐมวลเบา  
(ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2542)



### 3.3.4 การติดตั้งวัสดุทดลองและหัววัดอุณหภูมิ

เมื่อทำการสร้างวัสดุผนังทดลองเรียบร้อยแล้วจึงทำการติดตั้งกับห้องทดลองซึ่งมีการติดตั้งระบบปรับอากาศจำลองการใช้งานจริง 24 ชั่วโมง พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.7 การติดตั้งผนังทดลองทั้ง 4 ผนังโดยติดตั้งรอบอาคารทดลองทั้ง 8 ทิศ

1. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิบริเวณผิวผนังภายในที่ตำแหน่งกึ่งกลางผนัง และบริเวณผิวภายนอกของวัสดุทดลอง โดยที่ด้านหลังหัววัดอุณหภูมิติดฉนวนเพื่อป้องกันอิทธิพลจากอากาศภายนอกทำปฏิกิริยากับหัววัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.8 การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิบริเวณผิวภายในของผนังทดลอง

2. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิบริเวณกึ่งกลางของห้องทดลอง เพื่อวัดอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิกระเปาะเปียกภายใน



รูปที่ 3.9 การติดตั้งห้ววัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง-เปียกบริเวณภายในของอาคารทดลอง

3. ติดตั้งห้ววัดอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิกระเปาะเปียกภายนอกบริเวณลานโล่งในร่มบริเวณภายนอกอาคาร เพื่อป้องกันอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.10 การติดตั้งห้ววัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกบริเวณภายนอกอาคารทดลอง

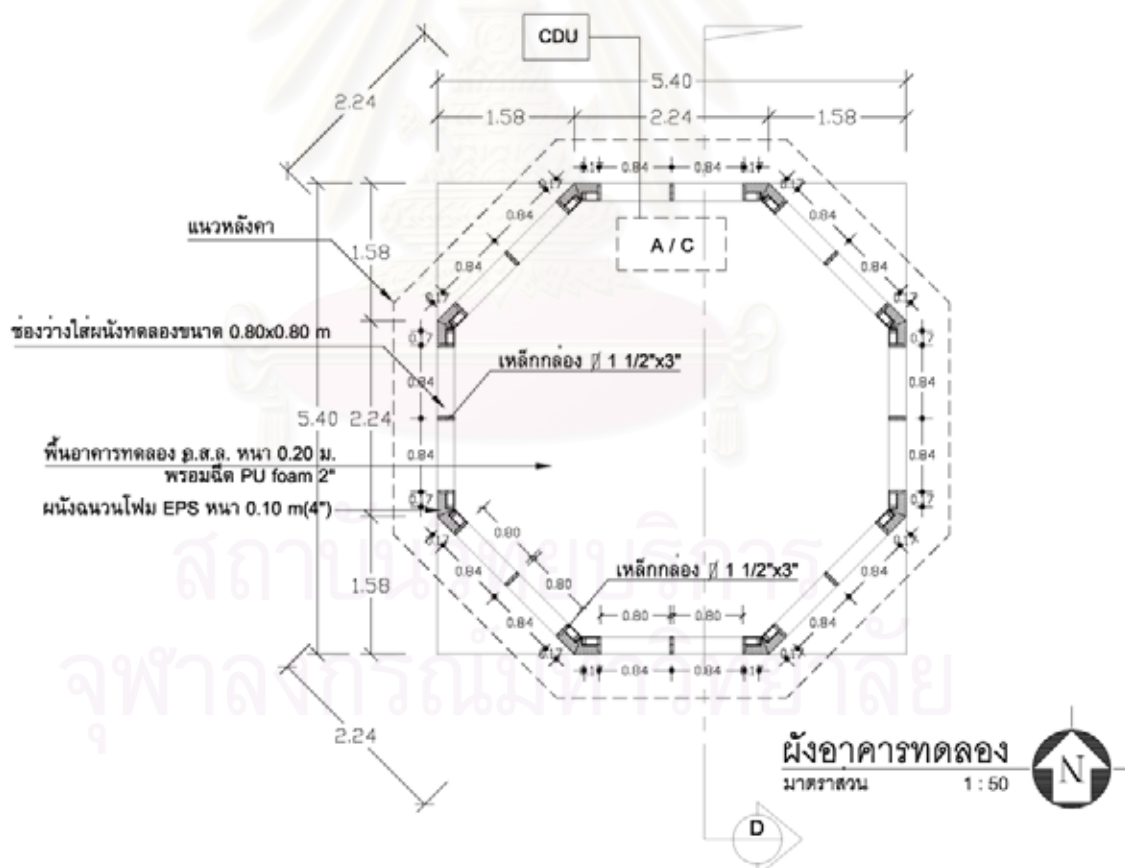
4. ติดตั้งเครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องวัดความเร็ว-ทิศทางลม



รูปที่ 3.11 การติดตั้งเครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องวัดความเร็ว-ทิศทางลม

### 3.3.5 การเตรียมอาคารทดลอง

ในการทดลองต้องควบคุมสภาวะอาคารทดลองให้มีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์คงที่ และให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด โดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศภายใน และทำการตั้งค่าเครื่องปรับอากาศให้มีอุณหภูมิที่ 25°C เพื่อควบคุมให้สภาวะภายในห้องทดลองมีความชื้นสัมพัทธ์คงที่เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่แม่นยำ โดยไม่มีอิทธิพลของอาคารทดลองต่อผลการวัดข้อมูล ซึ่งอาคารทดลองเป็นอาคาร 1 ชั้น รูปทรง 8 เหลี่ยม ขนาด 5.40x5.40x5.00 เมตร โครงสร้างเหล็กผนังและหลังคา ติดตั้งโฟม EPS ความหนาแน่น 1 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หนา 6 นิ้ว ภายในทาสีขาว พื้นภายในพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กปิดทับด้วยฉนวนกันความร้อน EPS foam ความหนาแน่น 2 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หนา 3 นิ้ว ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนแบบกึ่งเซลล์ปิด (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547: 2-42) และมีการป้องกันความร้อนได้ดีอีกทั้งยังมีความยืดหยุ่นสูงเนื่องจากสามารถฉีกพันได้ ในการติดตั้งวัสดุผนังทดลองทั้ง 4 ชนิดนั้นทำการติดตั้งในแนวตั้งหรือตั้งฉากกับพื้นอาคารทดลอง



รูปที่ 3.12 แสดงผังอาคารทดลอง





รูปที่ 3.13 แสดงการติดตั้งพื้นฉนวน EPS เพื่อป้องกันความร้อนจากพื้น



รูปที่ 3.14 แสดงการติดตั้งเครื่องปรับอากาศภายในห้องทดลอง

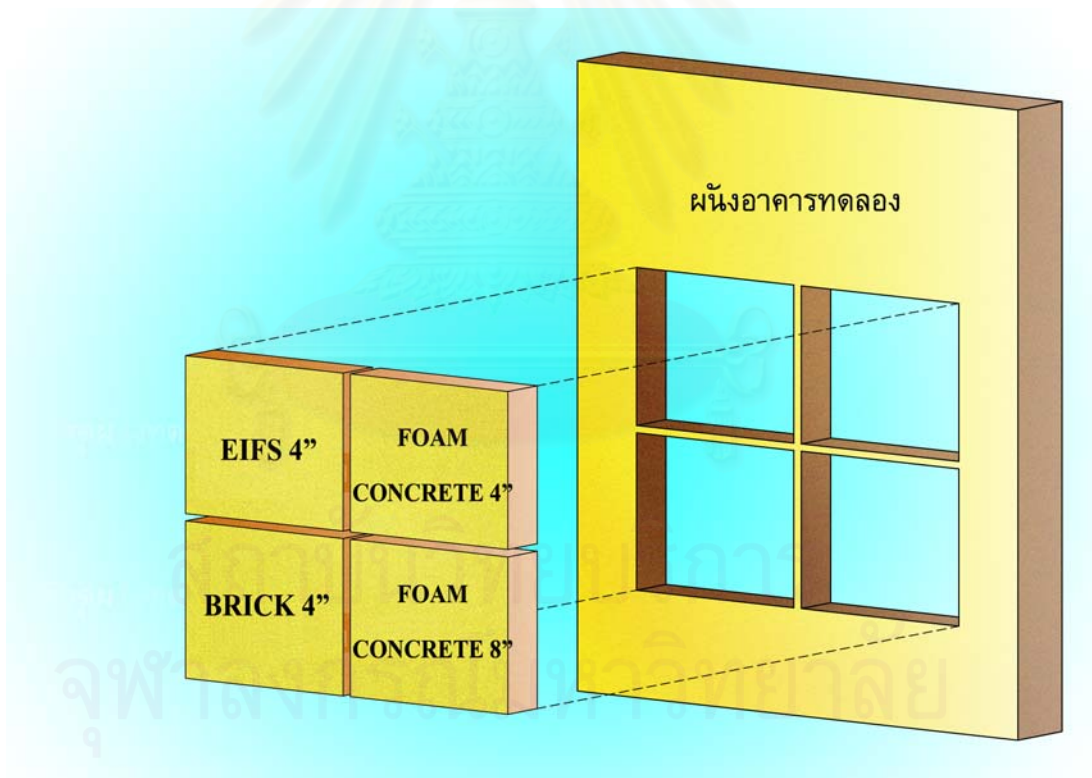


รูปที่ 3.15 บรรยากาศภายใน-นอกอาคารทดลอง

### 3.3.6 วัสดุผนังทดลอง

วัสดุผนังทดลองถูกใช้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ โดยมีขนาด 0.80X0.80 เมตร และความหนา 0.10 เมตร ถึง 0.20 เมตร ซึ่งทำการติดตั้งกับอาคารทดลองรูปทรง 8 เหลี่ยม เพื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ ทั้ง 8 ทิศ ลักษณะของอาคารทดลองเป็นอาคารฉนวน ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายในอาคารทดลองจากผลการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายนอก ดังนั้นการเปรียบเทียบที่เกิดขึ้นจากการเก็บข้อมูลจึงได้ผลการทดลองที่สามารถอ้างอิงถึงความแตกต่างระหว่างคุณสมบัติของวัสดุผนังแต่ละชนิดได้ ลักษณะของวัสดุผนังทดลองโดยทั่วไปมีลักษณะดังนี้

1. ภายนอกและในของวัสดุผนังทดลองเคลือบสีขาวด้านเพื่อลดอิทธิพลของความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน
2. ขนาดของวัสดุผนังทดลองต้องมีขนาดใหญ่พอสมควรเพื่อให้ใกล้เคียงสภาพการใช้งานจริงมากที่สุดแต่ต้องคำนึงถึงการติดตั้ง-ขนส่งวัสดุผนังทดลองที่มีความสะดวกเพียงพอ



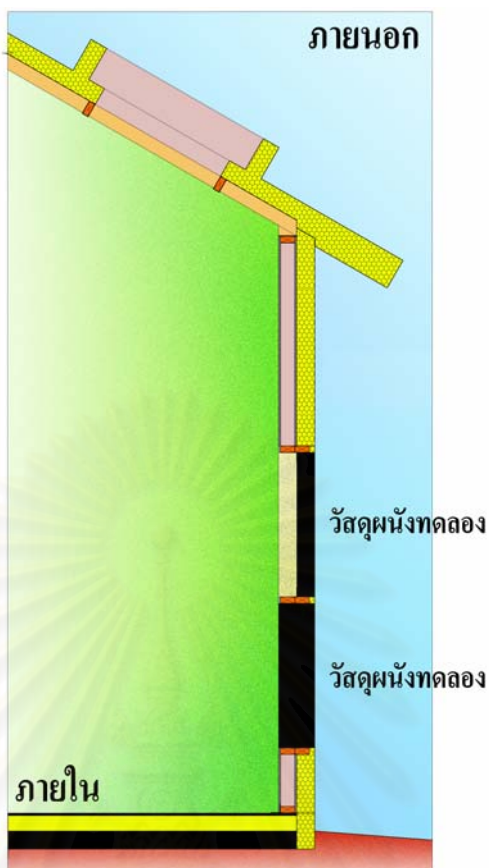
รูปที่ 3.16 แสดงรูปแบบวัสดุผนังทดลอง

สำหรับการติดตั้งวัสดุผนังทดลองกับห้องทดลองนั้นจะทำการยกวัสดุผนังทดลองให้สูงจากพื้นเพื่อหลีกเลี่ยงอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจากพื้น รวมถึงสะดวกต่อการติดตั้งผนังทดลองและอุปกรณ์วัดอุณหภูมิต่าง ๆ





รูปที่ 3.17 แสดงรูปแบบวัสดุผนังทดลองทั้ง 4 ชนิด



รูปที่ 3.18 แสดงรูปตัดขวางของอาคารทดลอง

### 3.4 การเก็บข้อมูล

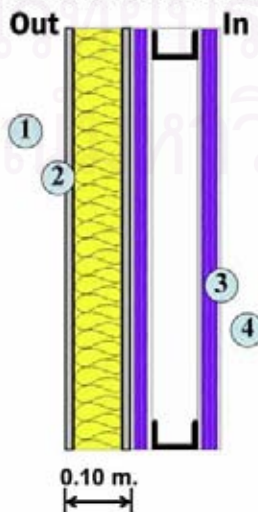
การเก็บข้อมูลของการวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

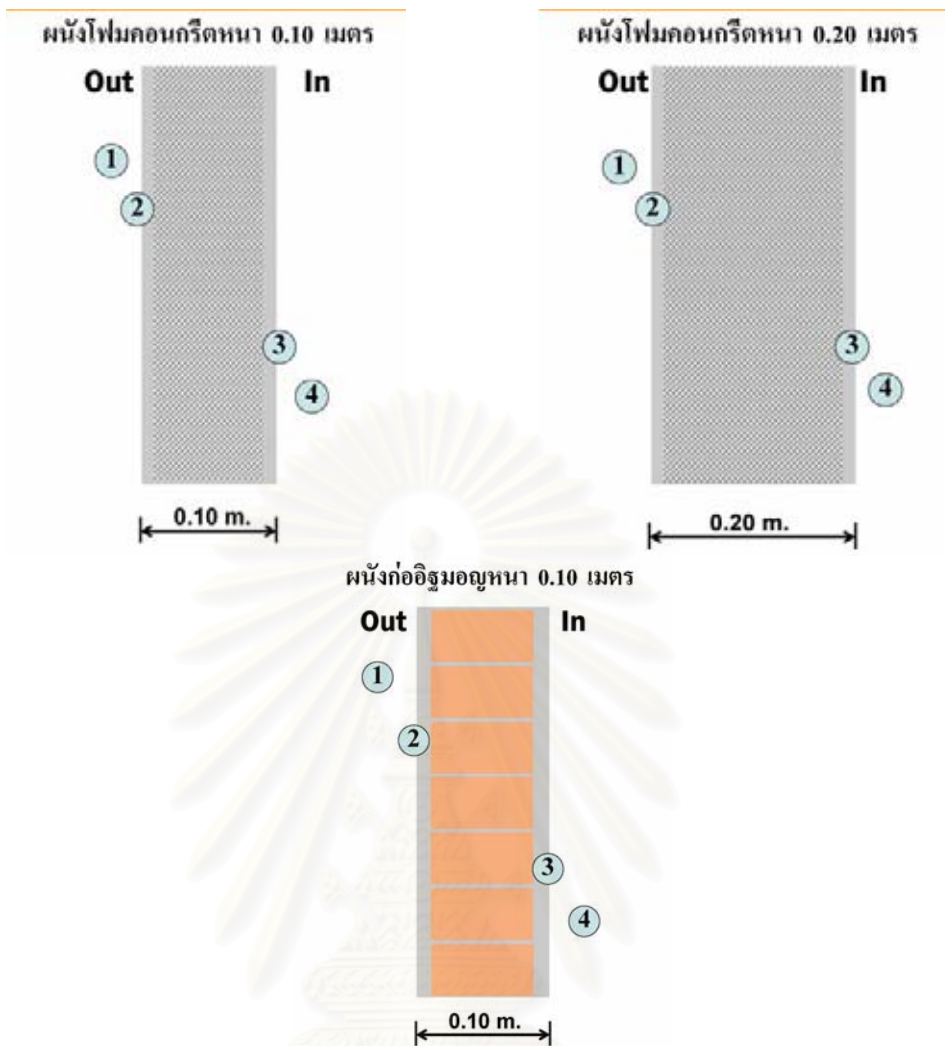
การเก็บข้อมูลจากอาคารทดลองจริง

#### 3.4.1 อุณหภูมิผิวแต่ละชั้นของวัสดุ (Surface temperature)

เพื่อเปรียบเทียบ (1)อุณหภูมิอากาศภายนอก (2)อุณหภูมิผิววัสดุภายนอก (3) อุณหภูมิผิววัสดุภายใน และ (4) อุณหภูมิอากาศภายใน เรียงลำดับจากภายนอกเข้าสู่ภายในดังนี้

ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกหนา 0.10 เมตร





รูปที่ 3.19 แสดงการติดตั้งหัวเซนเซอร์ตามตำแหน่งต่าง ๆ ของผนังทดลองทั้ง 4 ชนิด

### 3.4.2. อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลอง

โดยเก็บข้อมูลทั้งอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature) และกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature) ซึ่งในการหาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารนั้นพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างผิวผนังภายในและอุณหภูมิอากาศภายในอาคารทดลอง ( $^{\circ}\text{C}$ ) คูณกับค่าการนำความร้อนที่ผิว (Surface conductance) ของอากาศนี้ตามมาตรฐาน ASHRAE กำหนดไว้ที่  $8.29 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$  ดังสมการ

$$Q_s = h_o (t_s - t_i)$$



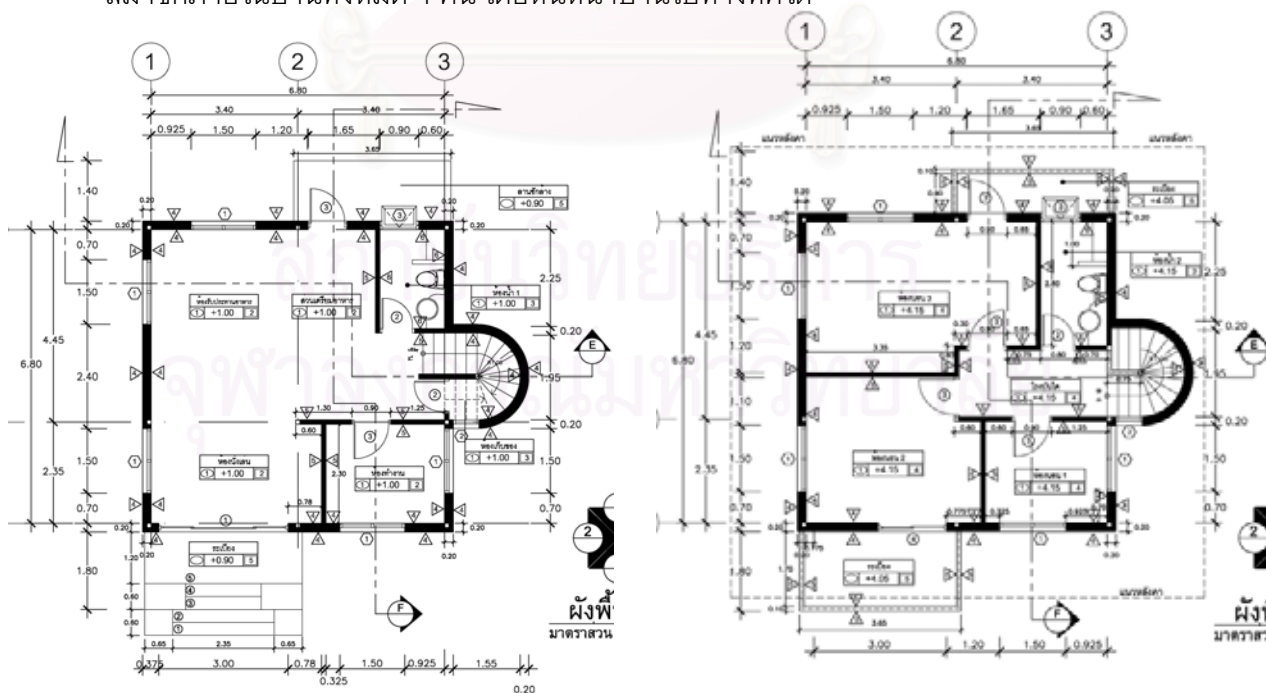
- ซึ่ง  $Q_s$  = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนัง ( $W/m^2$ )
- $h_o$  = ค่าการนำความร้อนที่ผิวของอากาศหนึ่ง ( $8.29 W/m^2 \cdot ^\circ K$ )
- $t_s$  = อุณหภูมิผิวภายในของผนังทดสอบ ( $^\circ C$ )
- $t_i$  = อุณหภูมิอากาศภายในอาคารทดลอง ( $^\circ C$ )

3.4.3 ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ โดยเก็บข้อมูลด้วยเครื่องวัดแสงพระอาทิตย์ หรือ Black & White Pyranometer รุ่น 8-48 หน่วยเป็น วัตต์ ต่อ ตารางเมตร

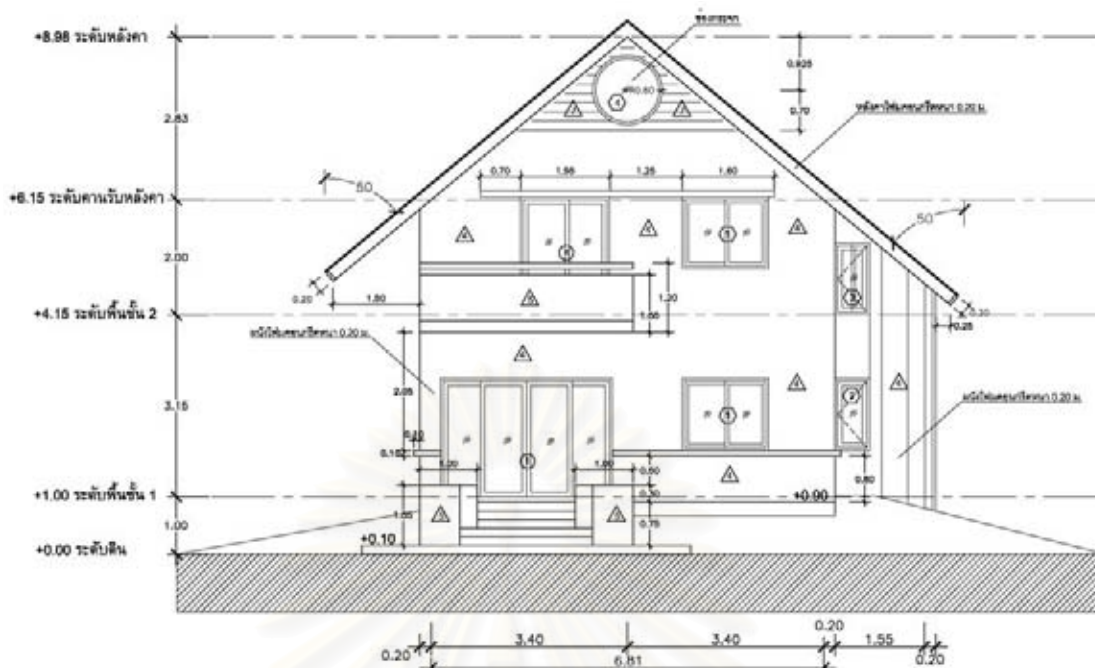
3.4.4 ความชื้นสัมพัทธ์ ใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา ปี 2550 ประเทศไทย

การเก็บข้อมูลจากอาคารกรณีศึกษา

3.4.5 ประเมินอาคารกรณีศึกษา: แบบบ้านอาคารบ้านพักอาศัยขนาด 2 ชั้น อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารบ้านพักอาศัยขนาด 2 ชั้น 2 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ พื้นที่ใช้สอยรวม 100ตารางเมตร โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังก่ออิฐมวลเบาคึ่งแผ่นหนา 0.10 เมตร ทาสีอ่อน หลังคากระเบื้องคอนกรีตขนาดมาตรฐาน โครงสร้างเหล็กพร้อมฝ้ายิปซัมหนา 9 มม. ชนิดมีแผ่นอลูมิเนียมพอลิย ช่องประตู-หน้าต่างภายนอกเป็นไม้เนื้อแข็งหนา 2 นิ้ว พร้อมช่องกระจกใสหนา 6 มม. ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร พร้อมปูกระเบื้องเซรามิกเคลือบสมาชิภายในบ้านทั้งหมด 4 คน โดยหันหน้าบ้านไปทางทิศใต้



รูปภาพที่ 3.20 แสดงผังอาคารกรณีศึกษา ชั้น 1-2



รูปภาพที่ 3.21 แสดงรูปด้านอาคารกรณีศึกษา

3.4.6 **อุณหภูมิอากาศภายนอกและความชื้นสัมพัทธ์:** ใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาปี 2550 กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

### 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษาความเหมาะสมในการนำวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตมาประยุกต์ใช้เป็นเปลือกอาคารสำหรับอาคารบ้านพักอาศัยในภูมิอากาศร้อนชื้นแบ่งการศึกษาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

#### 3.5.1 การศึกษาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการป้องกันความร้อน

ในการศึกษาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการป้องกันความร้อนของผนังทดลองแต่ละชนิดจะทำการศึกษาเปรียบเทียบ ดังนี้

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในผนังจากอุณหภูมิผิวภายนอกเข้าสู่อุณหภูมิผิวภายใน (Temperature gradient) ของวัสดุผนังทดลองแต่ละชนิดในด้านทิศตะวันตกเพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนจากผิวภายนอกเข้าสู่ผิวภายในของแต่ละวัสดุผนังทดสอบ

2. ศึกษาอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังทดลองแต่ละชนิดของแต่ละทิศทางการและการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของทุกผนังทดลองด้านทิศตะวันตก (ซึ่งเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด) เพื่อทำการเปรียบเทียบการดูดซับความร้อนจากสภาพแวดล้อม



3. การเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อน (Sensible load) ของวัสดุผนัง ทดลองแต่ละชนิดของแต่ละทิศทางกับวัสดุผนังทดลองด้านทิศตะวันตก

### 3.5.2 การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อน

ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนจะแบ่งตัวแปรที่ทำการศึกษา ออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

1. ปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิผิว ภายนอก และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบในแนวระนาบ

2. ปัจจัยจากตัววัสดุผนังที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ที่แตกต่างกัน และความหนาของวัสดุผนังการทดลอง

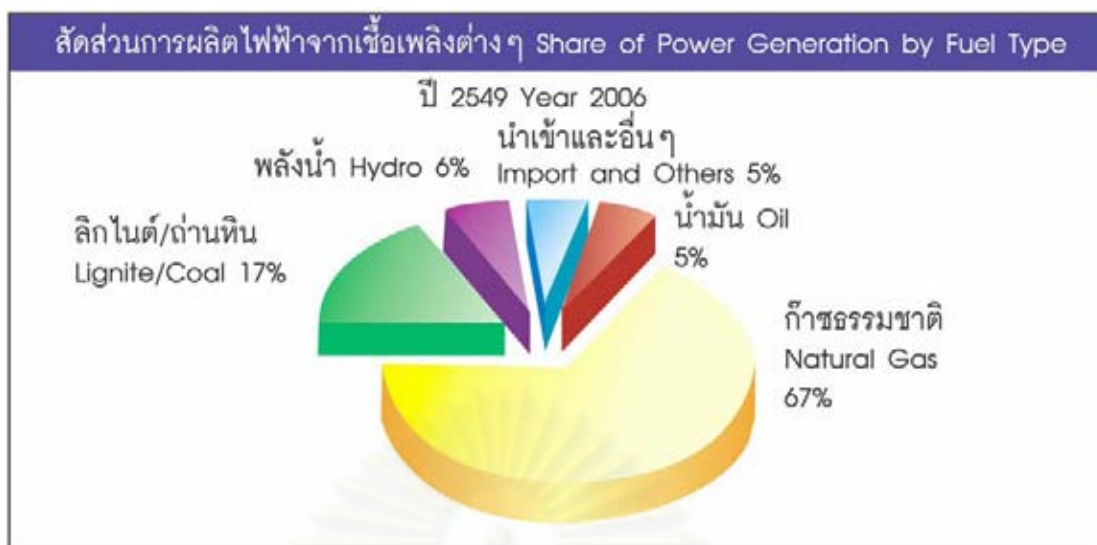
โดยในการศึกษานี้ทำการควบคุมปัจจัยของค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ด้วยการเลือกสีวัสดุที่ทำการศึกษาทดสอบเป็นสีอ่อนหรือสีขาวที่มีค่าการดูดซับรังสีต่ำสุด

3.5.3 วิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลภาระการทำความเย็น (Cooling load) และเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ในชั้นบรรยากาศที่เกิดจากกระบวนการการผลิตไฟฟ้า

เป็นการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น (Cooling load) ของอาคารกรณีศึกษา โดยใช้วัสดุผนังทดลองทั้ง 4 ชนิด เพื่อหาค่าการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นและเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของปัญหาภาวะโลกร้อน

รายงานการผลิตไฟฟ้าเดือนมกราคม-กันยายน ปี 2550 ประเทศไทยใช้ก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าถึงร้อยละ 67 ของปริมาณการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด (135,260 ล้านหน่วย) ขณะที่อัตราส่วนของพลังงานรูปแบบอื่น ๆ รวมกันเพียงร้อยละ 33 ซึ่งเป็นการพึ่งพาก๊าซธรรมชาติมากเกินไป ไม่มีการกระจายแหล่งพลังงานที่ดีประกอบกับภาวะโลกร้อน (Global Warming) ที่เกิดจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) ในชั้นที่ห่อหุ้มบรรยากาศของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล อาทิ น้ำมัน ถ่านหินก๊าซธรรมชาติ (กมล ธรรมบุตร, 2551)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.22 แสดงสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งเชื้อเพลิงต่างๆ ปี พ.ศ.2549

(ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2549)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานภายในอาคารของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี 2550 พบว่า การผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลจะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก 0.466 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วย (kgCO<sub>2</sub>/kWh) และ การใช้ก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าจะปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในอัตรา 0.19 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วย (kgCO<sub>2</sub>/kWh)

### 3.6 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและประยุกต์ใช้วัสดุผนังให้เหมาะสมกับอาคารบ้านพักอาศัยในภูมิอากาศร้อนชื้น เพื่อการประหยัดพลังงานและลดปัญหาภาวะโลกร้อน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากข้อมูลที่ได้ สามารถวิเคราะห์หาปัจจัยและความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังชนิดแตกต่างกัน ซึ่งแบ่งตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตของอาคารบ้านพักอาศัยที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

4.2 การศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตของอาคารบ้านพักอาศัยที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

4.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและเปรียบเทียบการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศของอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างกันที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตของอาคารบ้านพักอาศัยที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

อิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

#### 1. อิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร

- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบทั้งหมด
- ความเร็วและทิศทางของลมตกกระทบ

#### 2. อิทธิพลของมวลสาร

- ค่าความต้านทานความร้อน (R-value)
- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value)

4.2 การศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีตของอาคารบ้านพักอาศัยที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

การศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังเข้าสู่อาคารพิจารณาจากสูตร Sol-Air Temperature (ASHRAE, 2001: 19) ซึ่งเป็นการคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อนที่เข้าสู่อาคาร โดยแทนค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างอุณหภูมิภายนอก และ

อุณหภูมิภายในอาคาร ( $\Delta T$ ) พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนนั้นสามารถพิจารณาจากสมการ ดังนี้

$$\text{Sol - Air Temperature } (\Delta T) = T_{out} + I * \alpha / h_0 - \epsilon \Delta R / h_0$$

เมื่อ

- $T_e$  = Sol - Air Temperature
- $T_{out}$  = อุณหภูมิอากาศภายนอก
- $I$  = ปริมาณรังสีความร้อนที่ตกกระทบทั้งหมด  
(Total Solar Radiation Incident on the Surface) BTU /h.ft<sup>2</sup>
- $\alpha$  = สัมประสิทธิ์การดูดซับความร้อนของผิววัสดุ(ไม่มีหน่วย)
- $h_0$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิว ซึ่งรวมทั้ง  
Long Wave Radiation และ Convection (BTU /h. ft<sup>2</sup>)
- $\epsilon$  = สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนออกจากผิว (Hemispherical Emittance of the Surface)
- $\Delta T$  = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและ  
ห้องฟ้า (BTU /h. ft<sup>2</sup>)

จากสมการพบว่าอิทธิพลทางสภาวะแวดล้อมที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนมี

ดังต่อไปนี้

### 1. อุณหภูมิอากาศภายนอก ( $T_{out}$ )

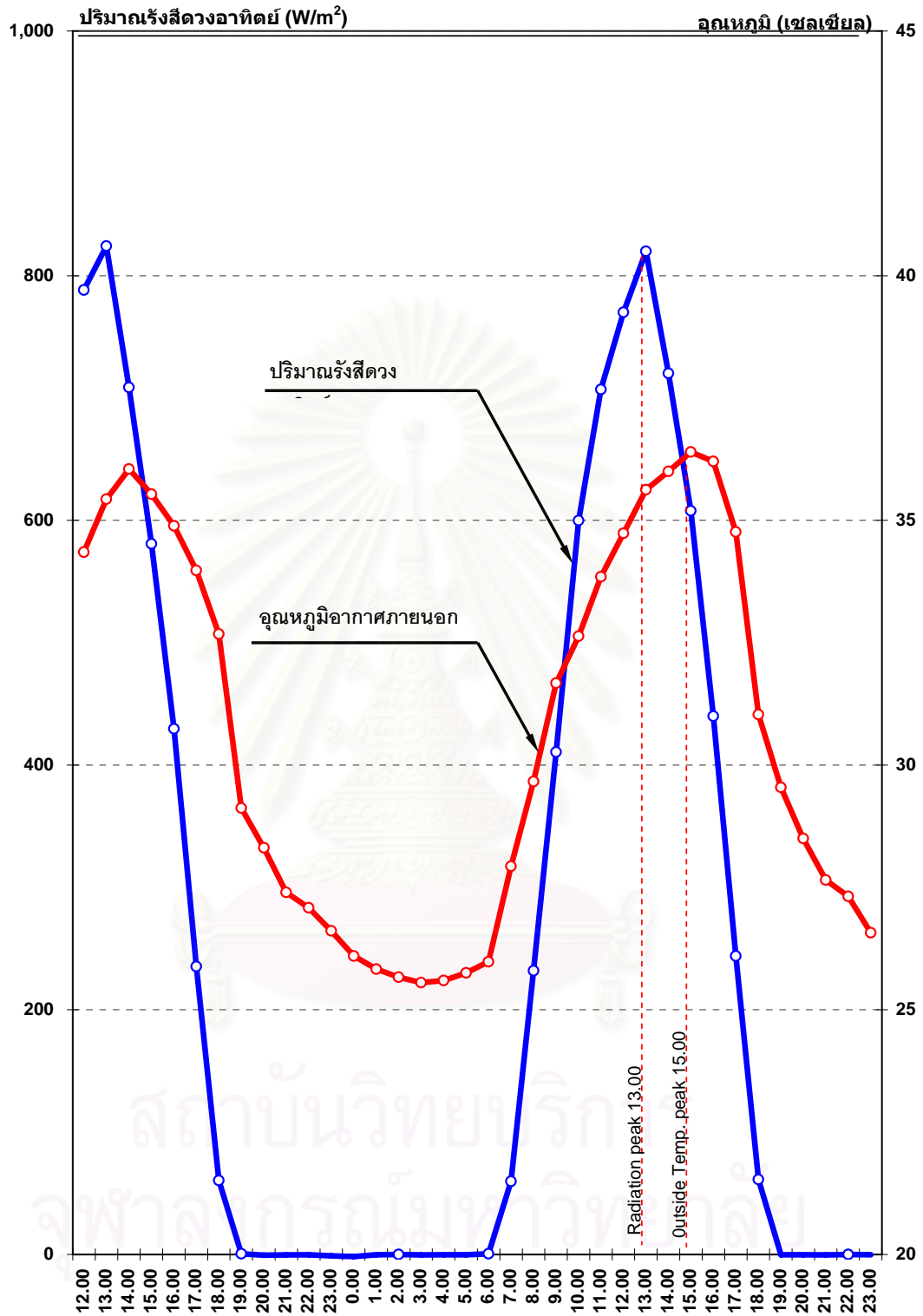
อุณหภูมิอากาศภายนอกส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิว โดยพิจารณาจากค่าการดูดซับความร้อนของผิวหนึ่ง ( $\alpha$ ) ก่อให้เกิดการสะสมความร้อนในช่วงเวลา กลางวันที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายนอกและอุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยสูงสุด

### 2. ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบทั้งหมด ( $I$ )

อิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุซึ่งเป็นผลของการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร

### 3. ทิศทางและความเร็วของกระแสลม

อิทธิพลของทิศทางและความเร็วของกระแสลมนั้นส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อน บริเวณผิวนิ่งภายนอกและก่อให้เกิดการรั่วซึมของอากาศซึ่งส่งผลต่อปริมาณความร้อนแฝงของผนังอาคาร



แผนภูมิที่ 4.1 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งวัดโดย Pyranometer ในลักษณะตั้งฉากกับพื้นดิน โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551



จากแผนภูมิที่ 4.1 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอก ความเร็วและทิศทางของกระแสลม โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 11 เมษายน 2551 ถึง วันที่ 13 เมษายน 2551

ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดที่	824.3 W / m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา 13.05 น.
ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย เมฆปกคลุมเล็กน้อย)	258.2 W / m <sup>2</sup>	(โดยในวันที่ทำการเก็บข้อมูลท้องฟ้ามี

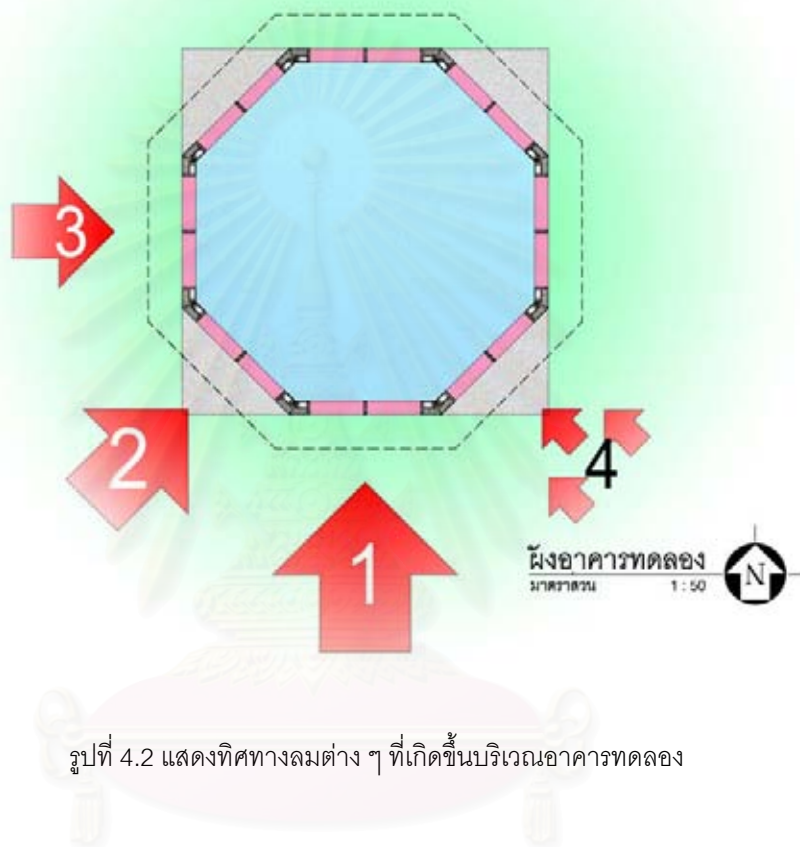


รูปที่ 4.1 แสดงสภาพท้องฟ้าในช่วงเวลาที่ทำการทดลองของวันที่ 12 เมษายน 2551 เวลา 15.05 น.

อุณหภูมิอากาศสูงสุดที่	36.4 องศาเซลเซียส	ในช่วงเวลา 15.00 น.
อุณหภูมิอากาศต่ำสุดที่	25.6 องศาเซลเซียส	ในช่วงเวลา 03.00-04.00 น.
อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย	30.6 องศาเซลเซียส	

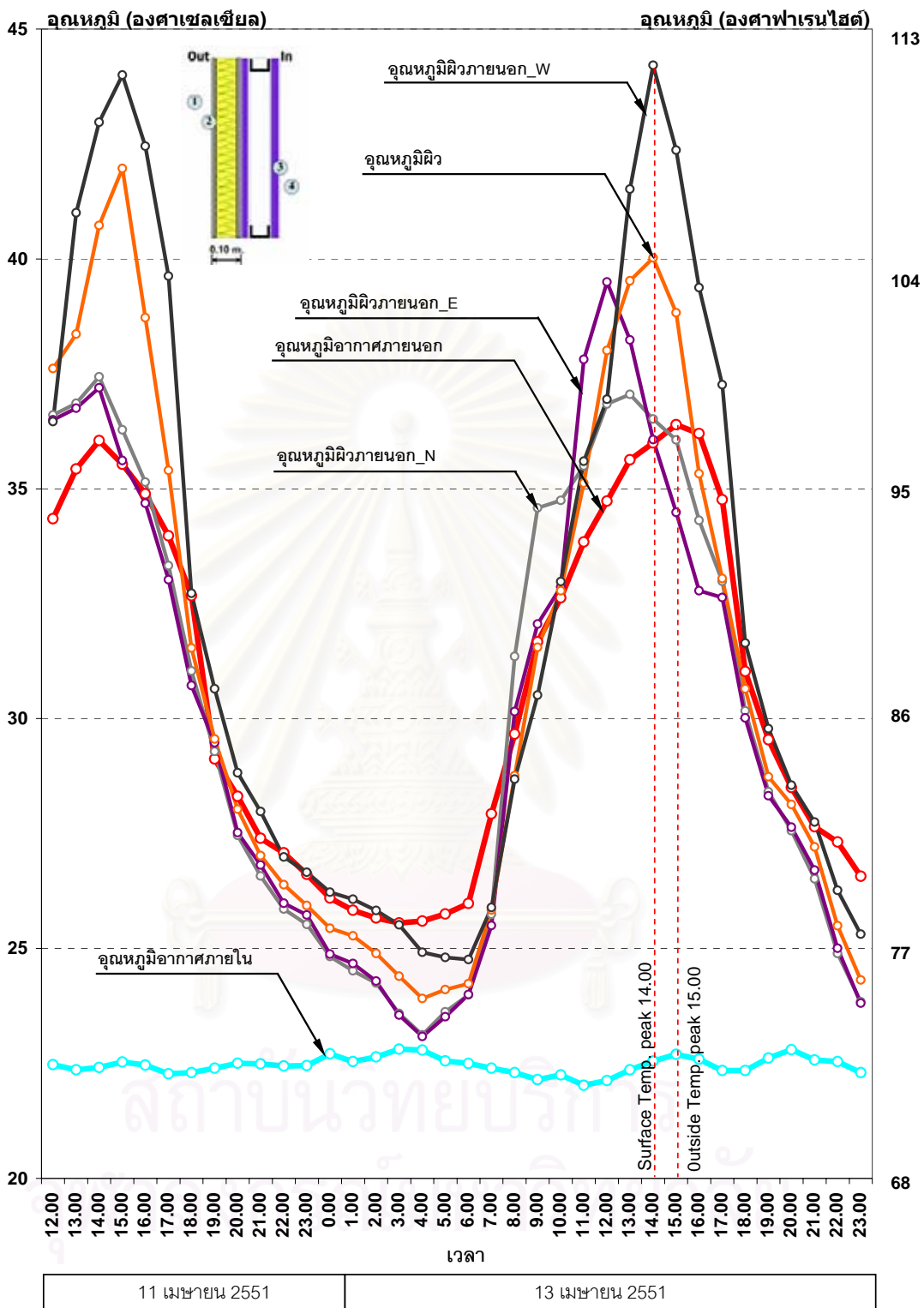
ความเร็วลมสูงสุดที่ 3.60 ก.ม. / ชั่วโมง ทางทิศใต้ ในช่วงเวลา 19.00 น.  
 ความเร็วลมเฉลี่ยที่ 0.72 ก.ม. / ชั่วโมง

โดยทิศทางลมส่วนใหญ่มาจากทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันตก และ  
 ค่อนไปทางทิศตะวันออกตามลำดับ

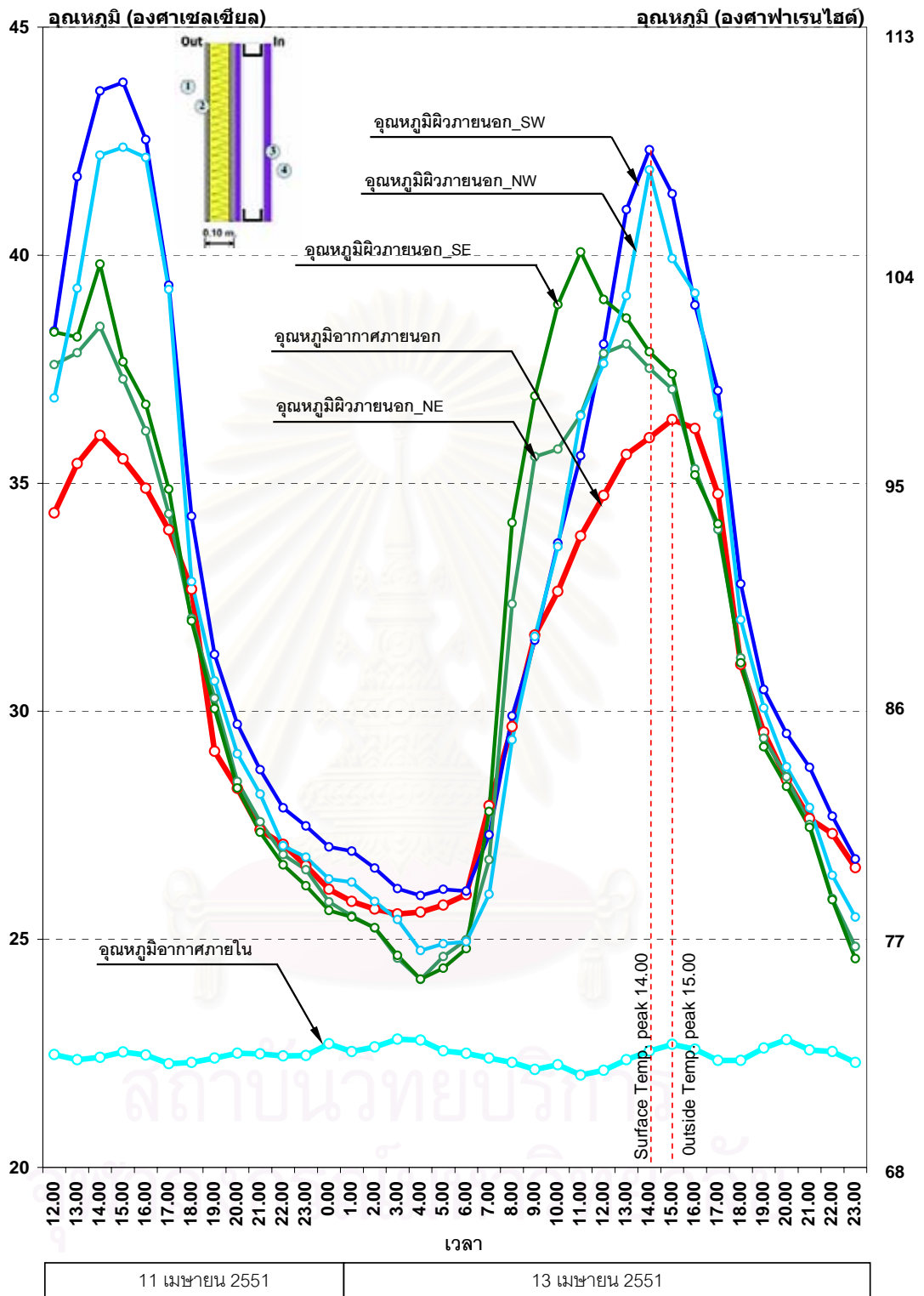


รูปที่ 4.2 แสดงทิศทางลมต่างๆ ที่เกิดขึ้นบริเวณอาคารทดลอง

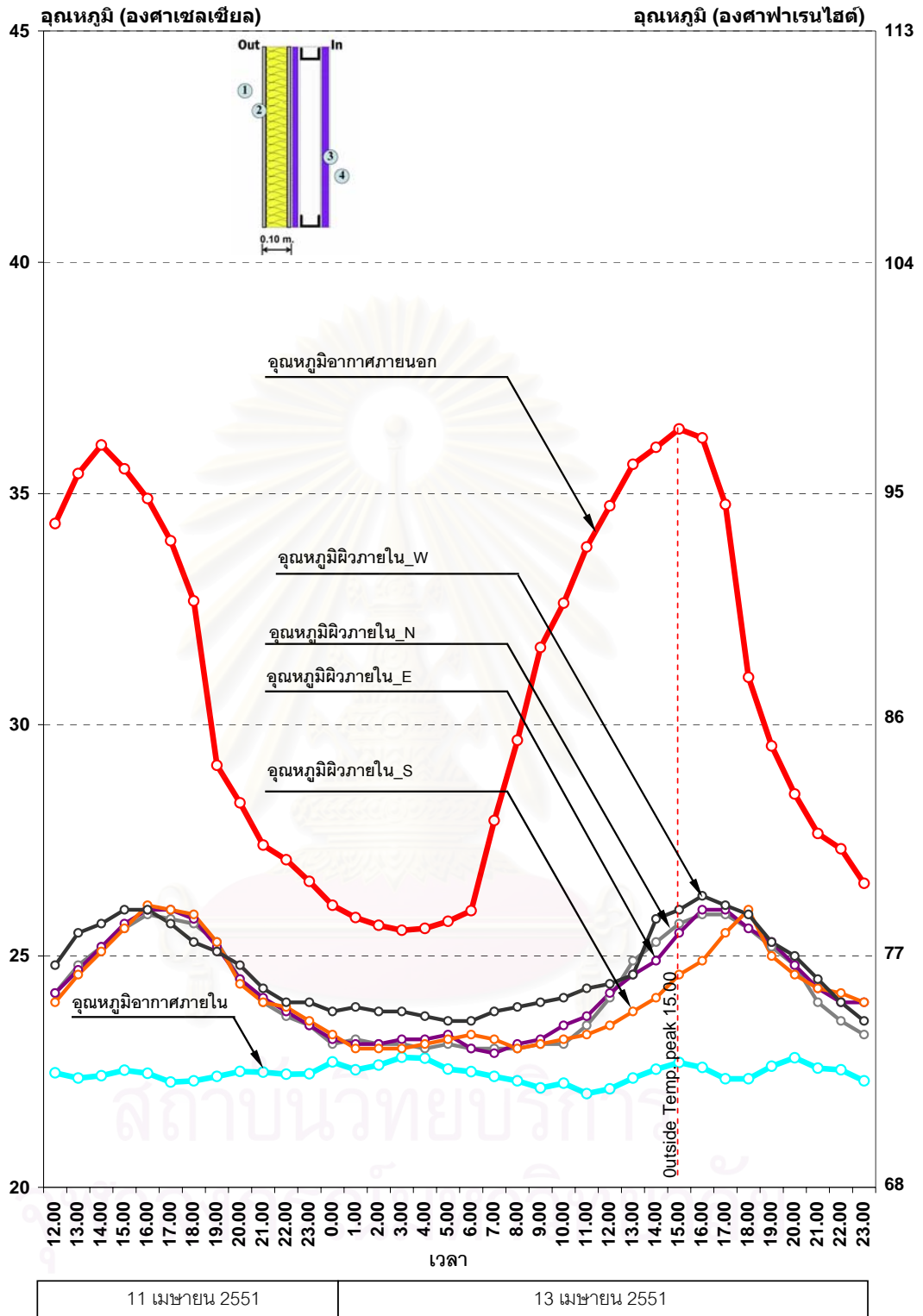
สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งาน อาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551

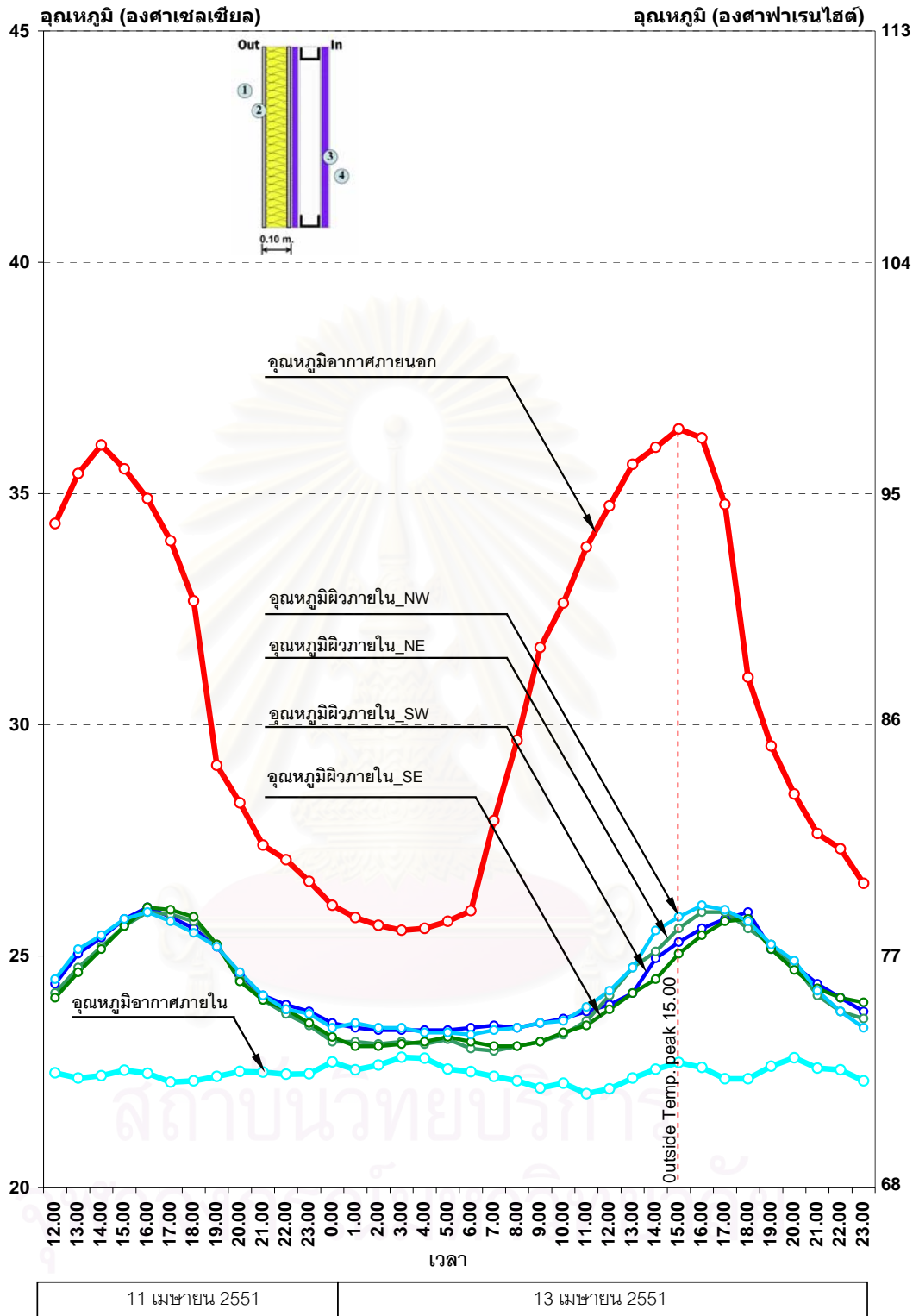


แผนภูมิที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551



แผนภูมิที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งาน อาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551





แผนภูมิที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551

**พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อน  
ภายนอก EIFS หน้า 0.10 เมตร**

พิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อน  
ภายนอก EIFS หน้า 0.10 เมตร ทั้ง 8 ทิศ ของวันที่ 11-13 เมษายน 2551 พบว่า

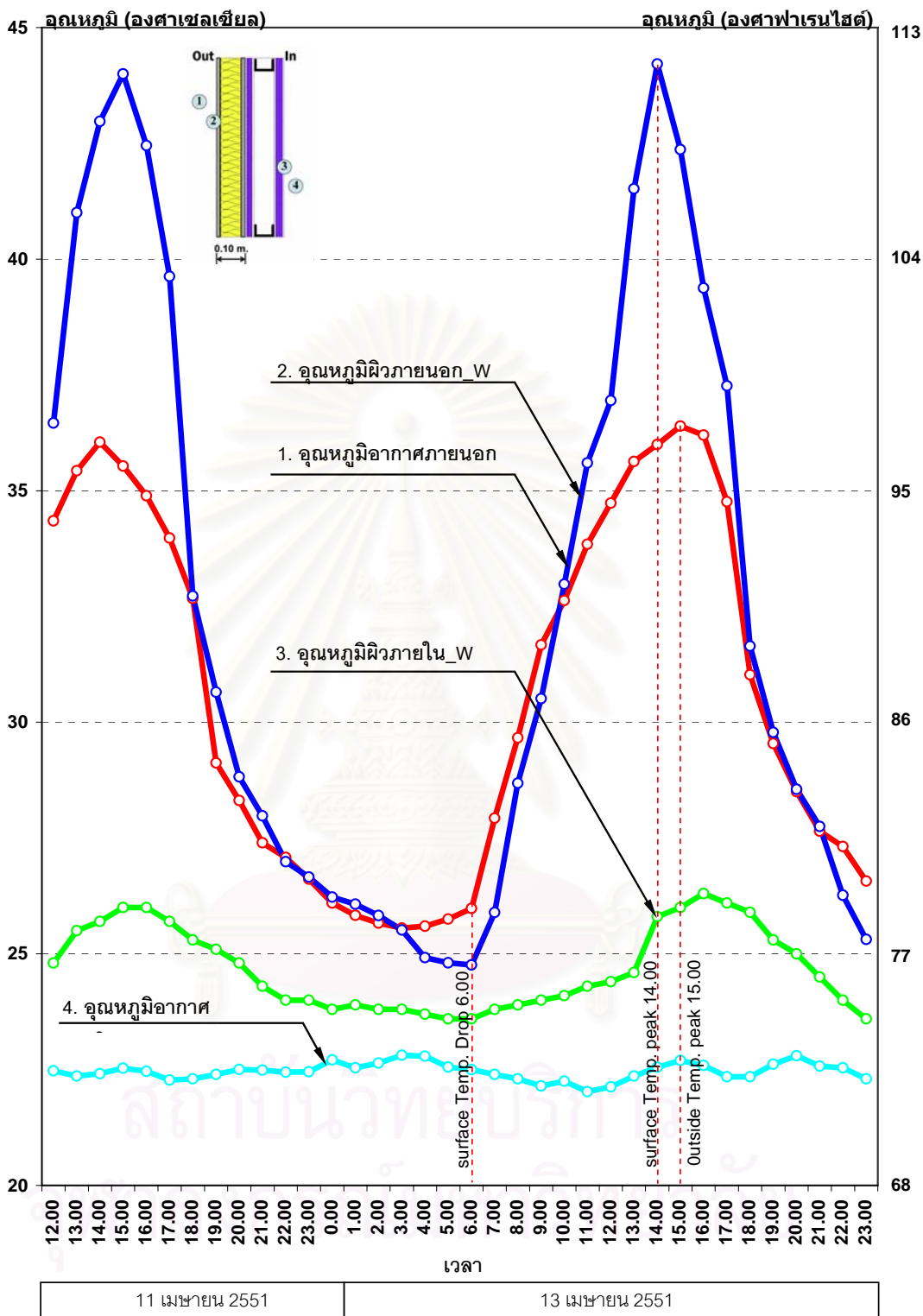
**อุณหภูมิผิวผนังภายนอก**

เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายนอกทั้ง 8 ทิศ พบว่า อุณหภูมิผิวผนังทางทิศ  
ตะวันตกร้อนที่สุดในช่วงสาย-บ่าย เวลา 10.00-14.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสีดวง  
อาทิตย์ และเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกร้อนขึ้นและสูงสุดที่เวลา 14.00 น. ผนังทาง**ทิศตะวันตก**  
มีอุณหภูมิผิวสูงที่สุด รองมาคือ ผนังทาง**ทิศตะวันตกเฉียงใต้** และ**ทิศเหนือ**มีอุณหภูมิต่ำที่สุด  
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดทางทิศตะวันตกในช่วงเวลา 14.00 น.                    44.2 องศาเซลเซียส  
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดทางทิศเหนือในช่วงเวลา 04.00 น.                    23.1 องศาเซลเซียส

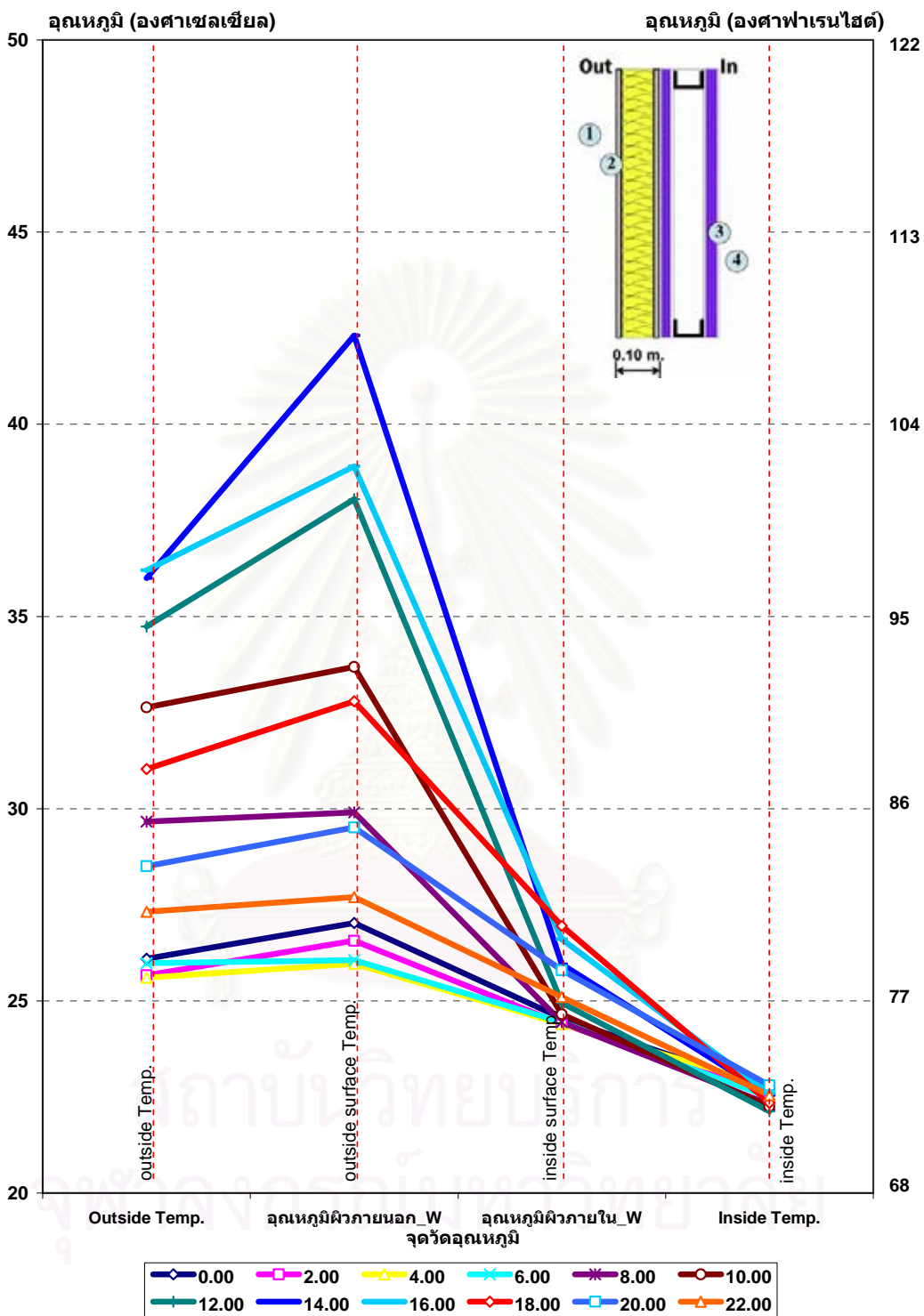
โดยเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายนอกจะลดต่ำลงในทุกทิศของช่วงเวลา 05.00-06.00  
และ 18.00 น. และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก

**อุณหภูมิผิวผนังภายใน**

อิทธิพลของการถ่ายเทความร้อนจากผิวผนังภายนอกส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง  
อุณหภูมิผิวผนังภายในน้อยมาก ไม่ว่าจะอยู่ที่ทิศทางใด เนื่องจากผนังระบบฉนวนกันความร้อน  
ภายนอก EIFS มีคุณสมบัติการต้านทานความร้อนสูง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิว  
ภายในน้อยกว่าผนังชนิดอื่น ๆ



แผนภูมิที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS ทน 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551



แผนภูมิที่ 4.7 แสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตรทางทิศตะวันตกในช่วงเวลาต่าง ๆ ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่

13 เมษายน 2551

**พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อน  
ภายนอก EIFS หน้า 0.10 เมตร**

พิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อน  
ภายนอก EIFS หน้า 0.10 เมตรทางทิศตะวันตก ของวันที่ 11-13 เมษายน 2551 พบว่า

อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย	30.6	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	36.4	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 03.00-04.00 น.	25.6	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย	22.5	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดในช่วงเวลา 03.00-04.00 น.	22.8	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 11.00 น.	22.0	องศาเซลเซียส

**ผนังทิศตะวันตก**

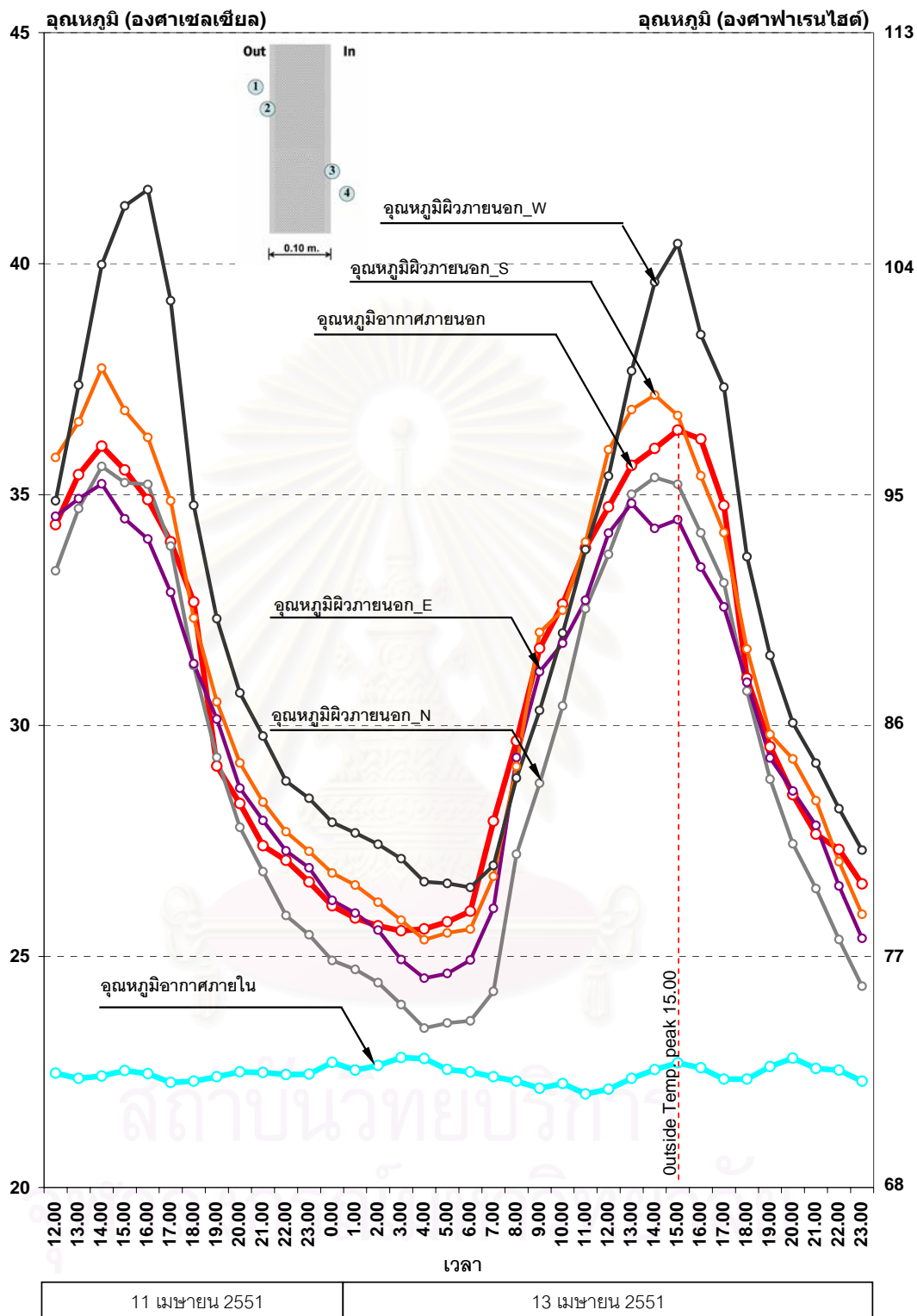
**วัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หน้า 0.10 เมตร**

อุณหภูมิผิวผนังภายนอกเฉลี่ย	32.9	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	43.8	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 04.00 น.	26.0	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในเฉลี่ย	24.4	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดในช่วงเวลา 18.00 น.	26.1	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 02.00-05.00 น.	23.4	องศาเซลเซียส

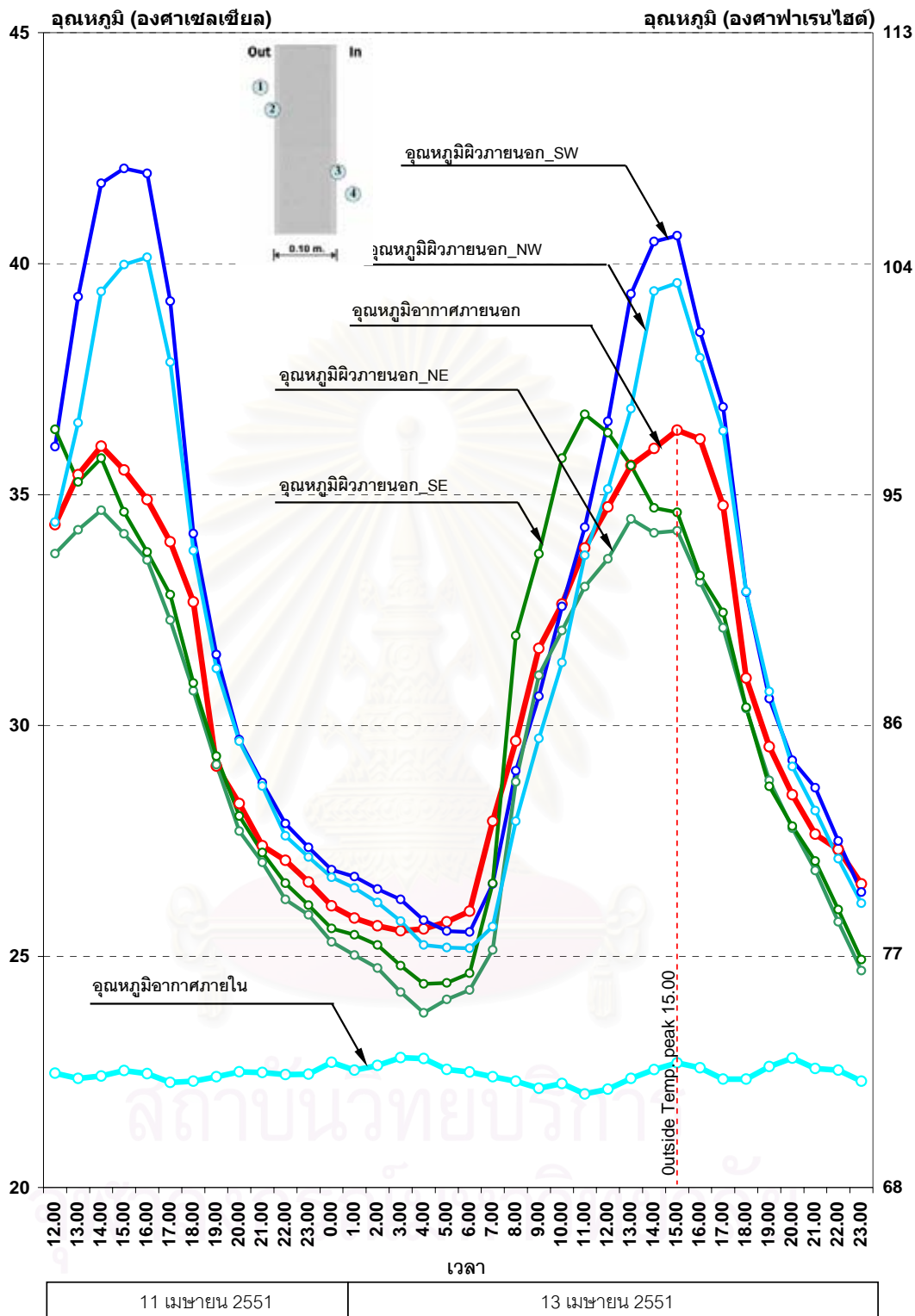
ระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากผิวภายนอกสู่ภายในเท่ากับ 2-3 ชั่วโมง โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวนอกและผิวในสูงสุดที่ 20.4 องศาเซลเซียส

ทิศทางการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หน้า 0.10 เมตร มีทิศทางเดียวตลอดทั้งวัน คือ การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายใน

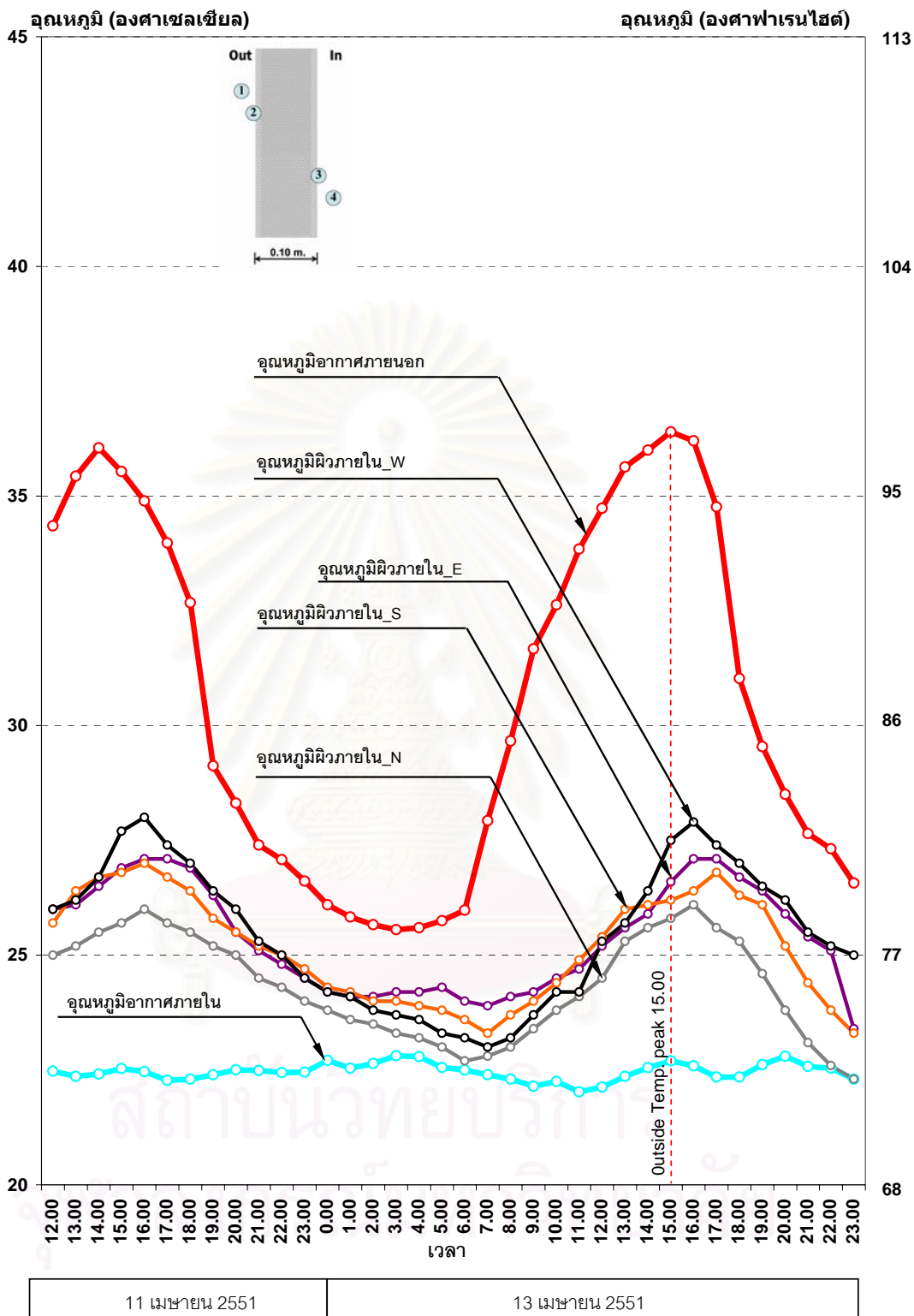




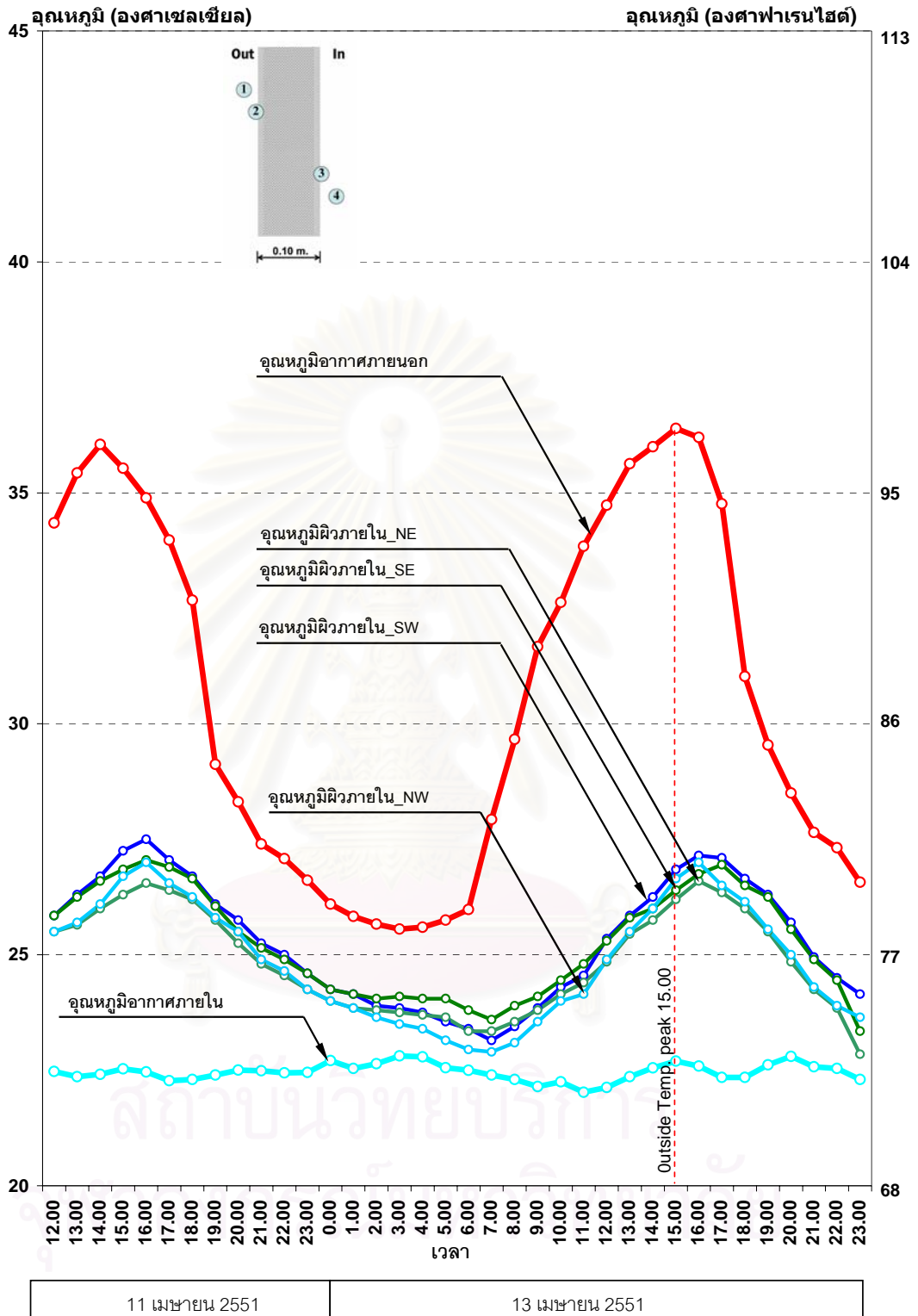
แผนภูมิที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551



แผนภูมิที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551



แผนภูมิที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้ งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551



แผนภูมิที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551

**พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร**

พิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร ทั้ง 8 ทิศ ของวันที่ 11-13 เมษายน 2551 พบว่า

**อุณหภูมิผิวผนังภายนอก**

เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายนอกทั้ง 8 ทิศ พบว่า อุณหภูมิผิวผนังทางทิศตะวันตกร้อนที่สุดในช่วงสาย-บ่าย เวลา 10.00-15.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกร้อนขึ้นและสูงสุดที่เวลา 15.00 น. ผนังทาง**ทิศตะวันตก**มีอุณหภูมิผิวสูงที่สุด รองมาคือ ผนังทาง**ทิศตะวันตกเฉียงใต้** และ**ทิศเหนือ**มีอุณหภูมิต่ำที่สุด อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดทางทิศตะวันตกในช่วงเวลา 15.00 น. 42.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดทางทิศเหนือในช่วงเวลา 04.00 น. 23.5 องศาเซลเซียส

โดยเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายนอกจะลดต่ำลงในทุกทิศของช่วงเวลา 06.00 และ 19.00 น. และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก

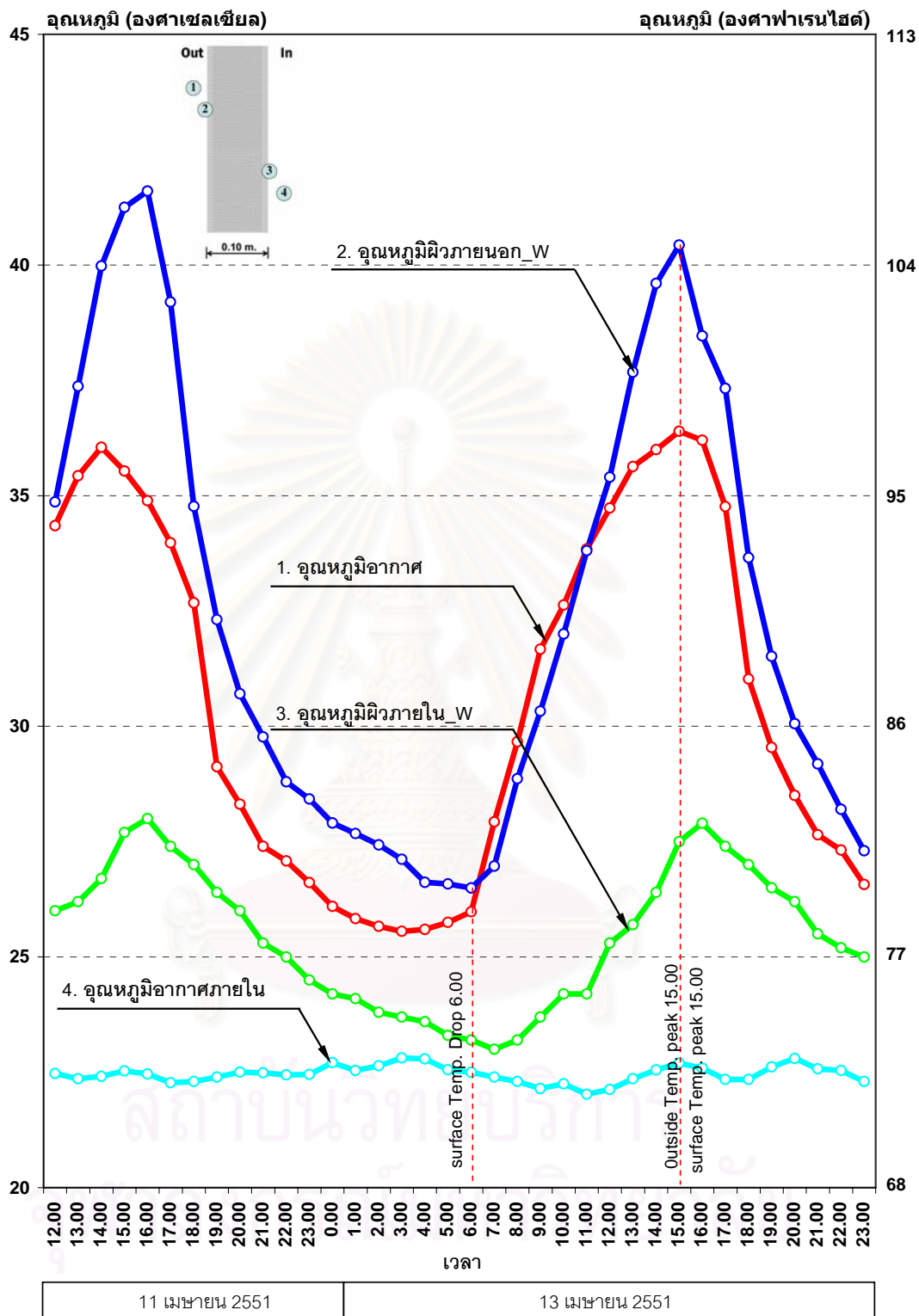
**อุณหภูมิผิวผนังภายใน**

ผนังทาง**ทิศตะวันตก**มีอุณหภูมิผิวสูงที่สุด รองมาคือ ผนังทาง**ทิศตะวันตกเฉียงใต้** และ**ทิศเหนือ**มีอุณหภูมิต่ำที่สุด

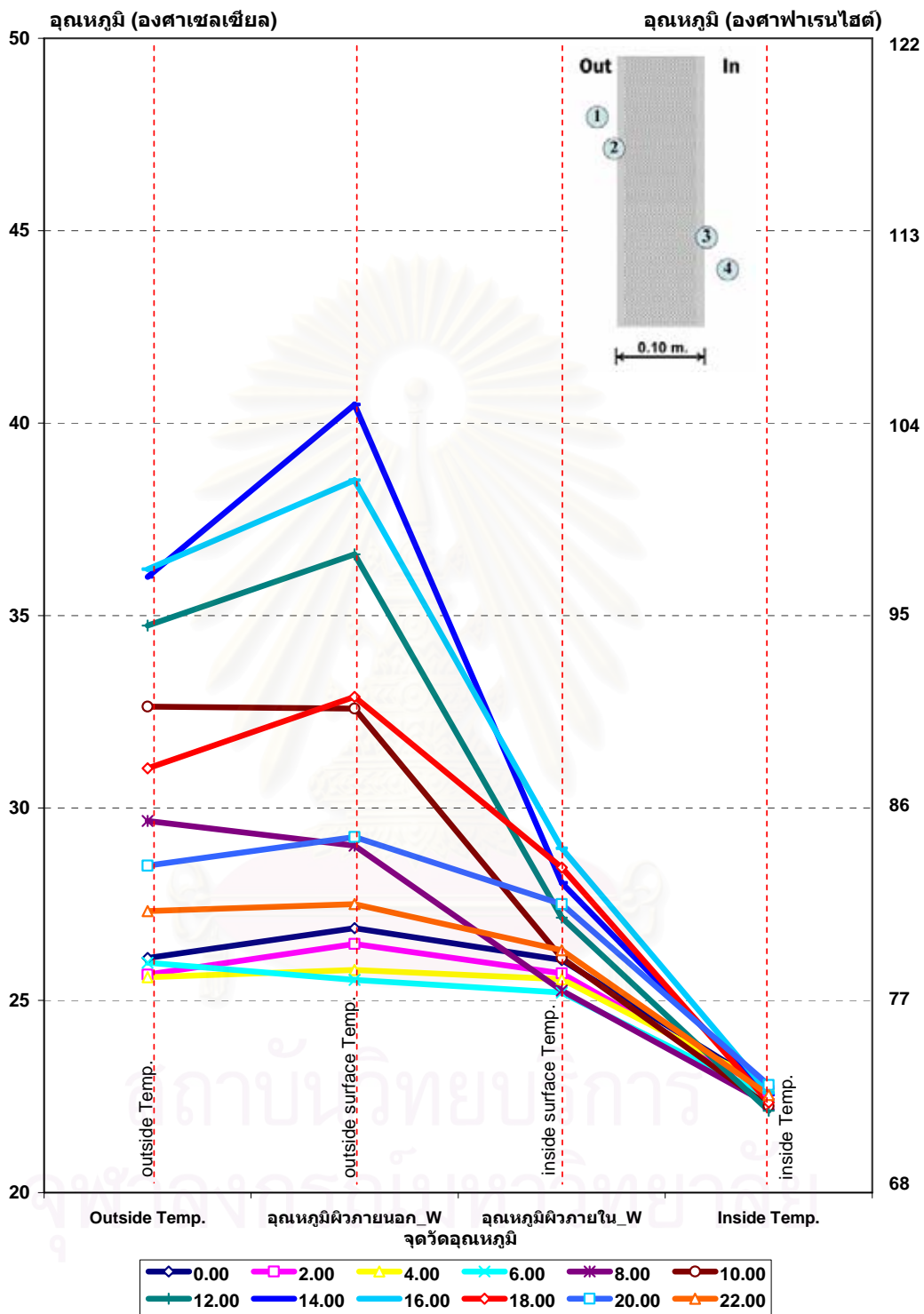
อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดทางทิศตะวันตกในช่วงเวลา 16.00 น. 28.0 องศาเซลเซียส  
อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดทางทิศเหนือในช่วงเวลา 23.00 น. 22.3 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





แผนภูมิที่ 4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต CEBAU หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551



แผนภูมิที่ 4.13 แสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต CEBAU หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตกในช่วงเวลาต่าง ๆ ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน

**พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร**

พิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตรทางทิศตะวันตก ของวันที่ 11-13 เมษายน 2551 พบว่า

อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย	30.6	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	36.4	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 03.00-04.00 น.	25.6	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย	22.5	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดในช่วงเวลา 03.00-04.00 น.	22.8	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 11.00 น.	22.0	องศาเซลเซียส

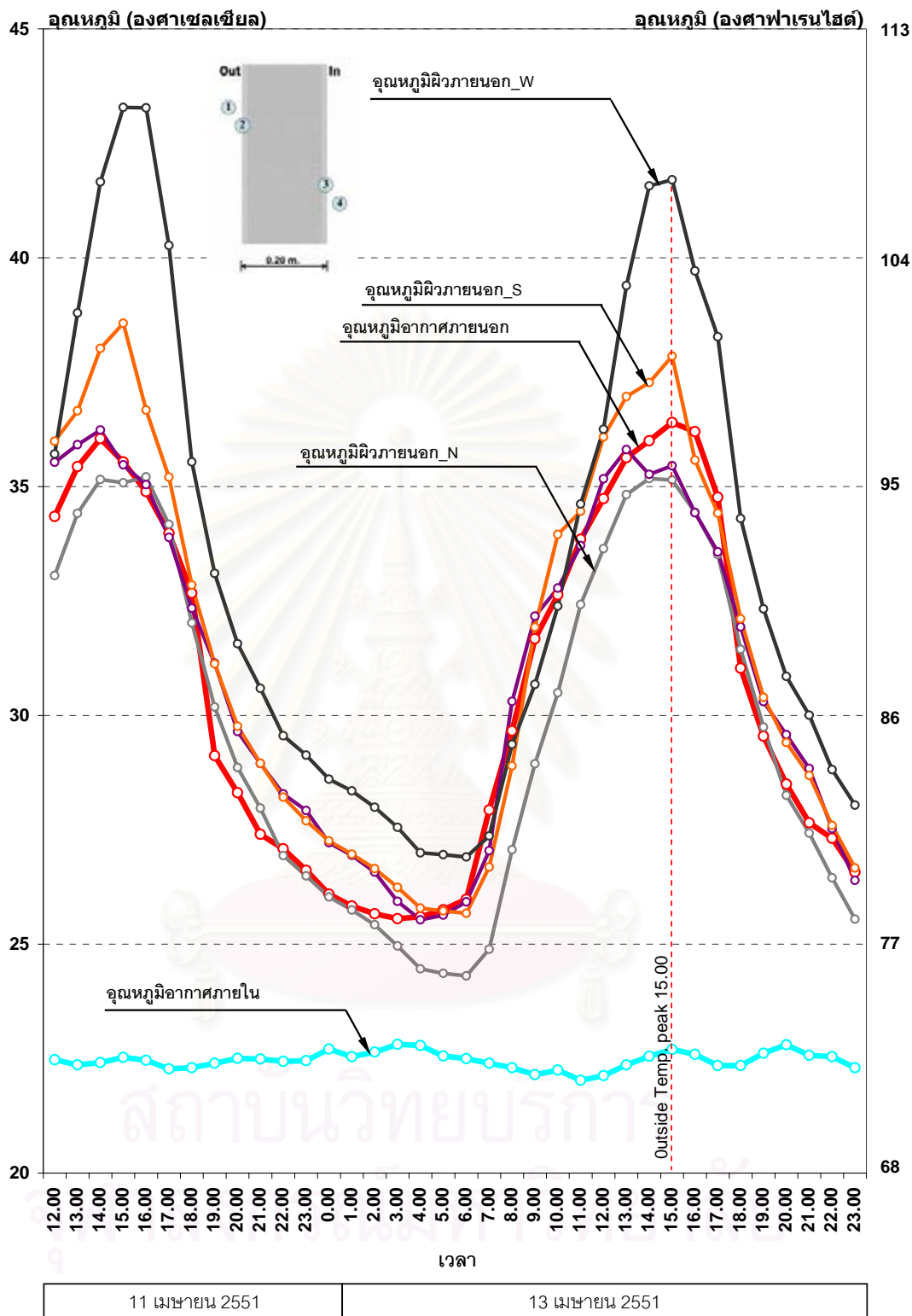
**ผนังทิศตะวันตก**

**วัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต CEBAU หนา 0.10 เมตร**

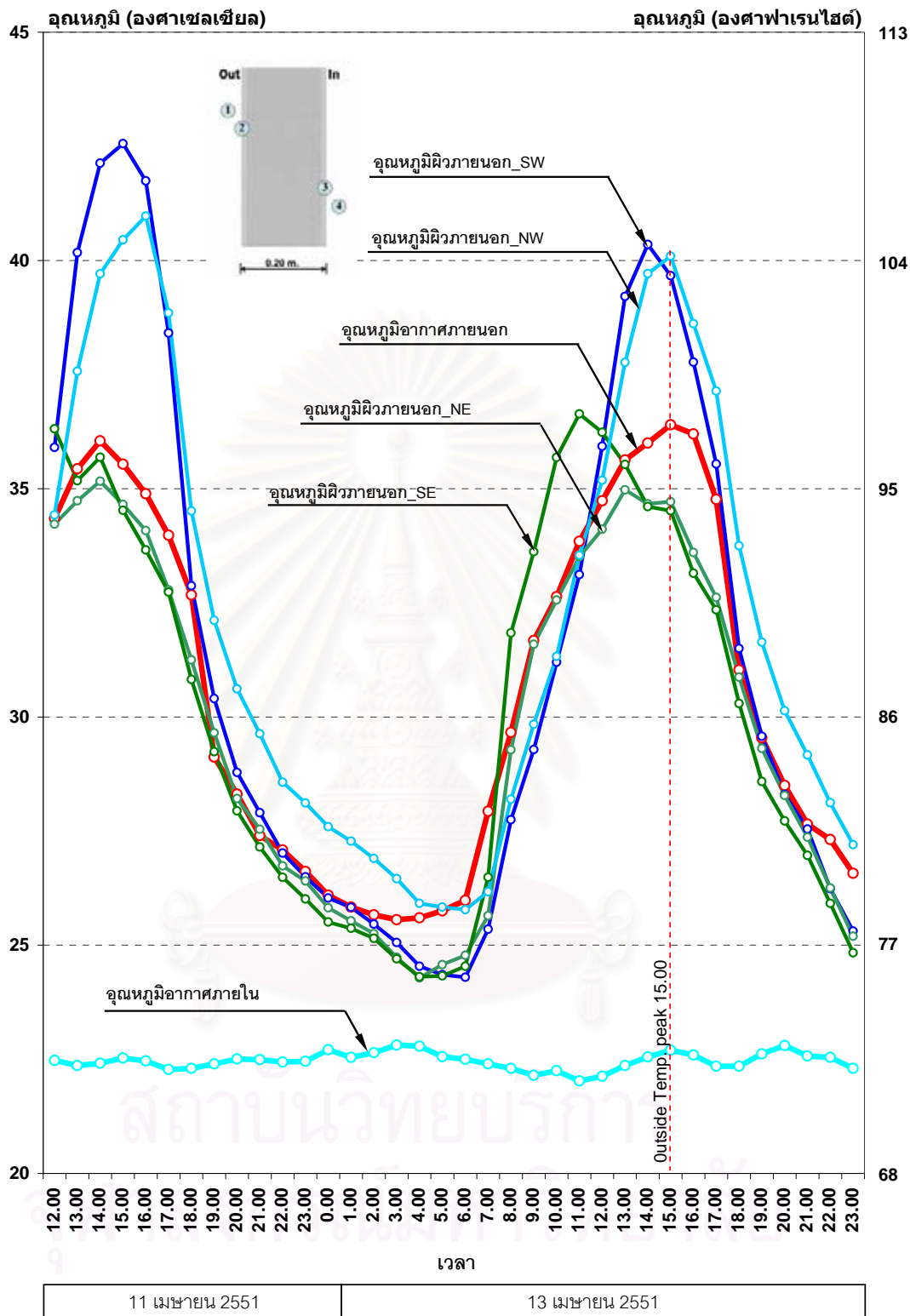
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกเฉลี่ย	32.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	42.1	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 06.00 น.	25.5	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในเฉลี่ย	25.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดในช่วงเวลา 16.00 น.	27.5	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 07.00 น.	23.2	องศาเซลเซียส

ระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากผิวภายนอกสู่ภายในเท่ากับ 2-3 ชั่วโมง โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวนอกและผิวในสูงสุดที่ 18.9 องศาเซลเซียส

ทิศทางการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร มีทิศทางเดียวตลอดทั้งวัน คือ การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายใน

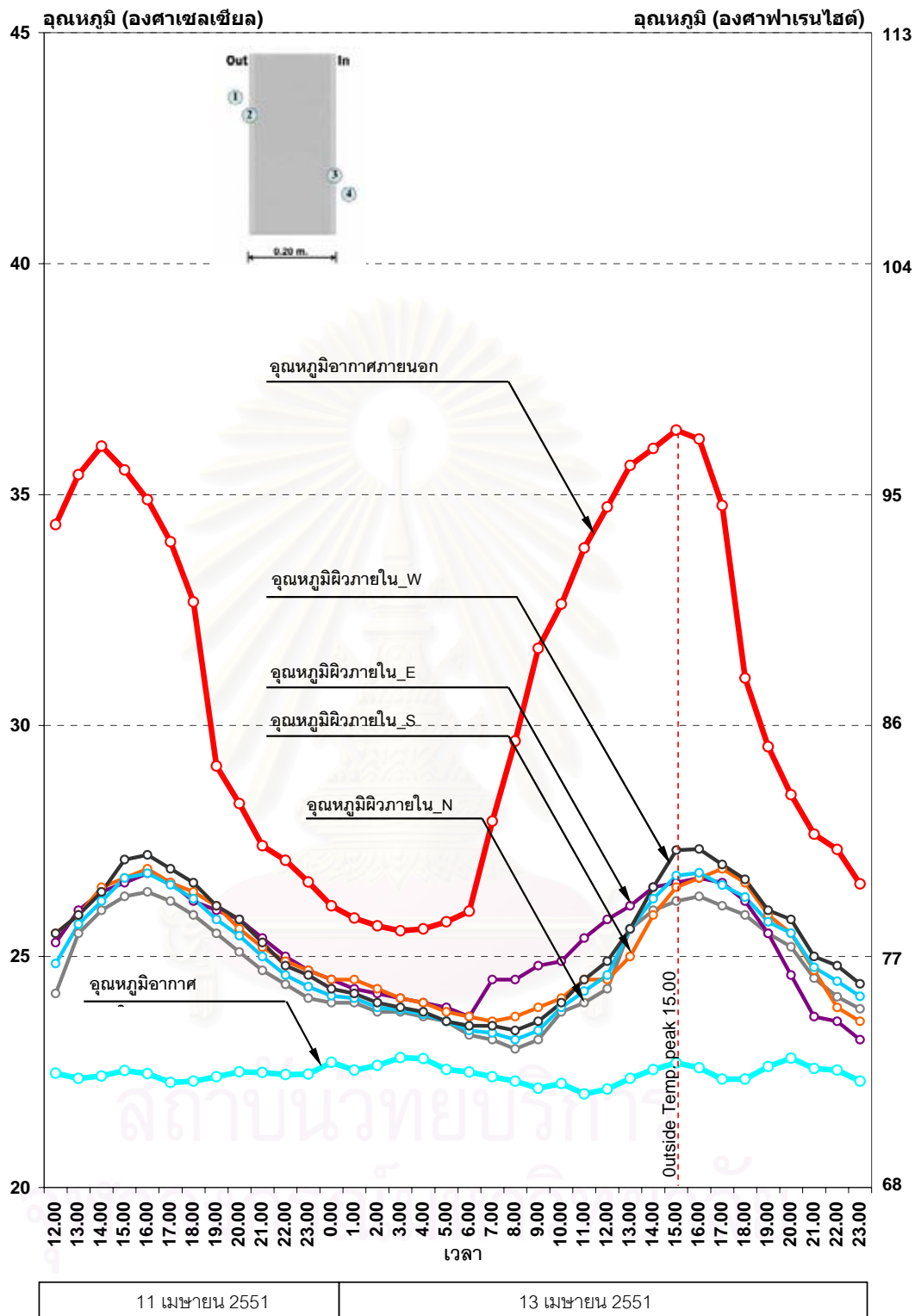


แผนภูมิที่ 4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551

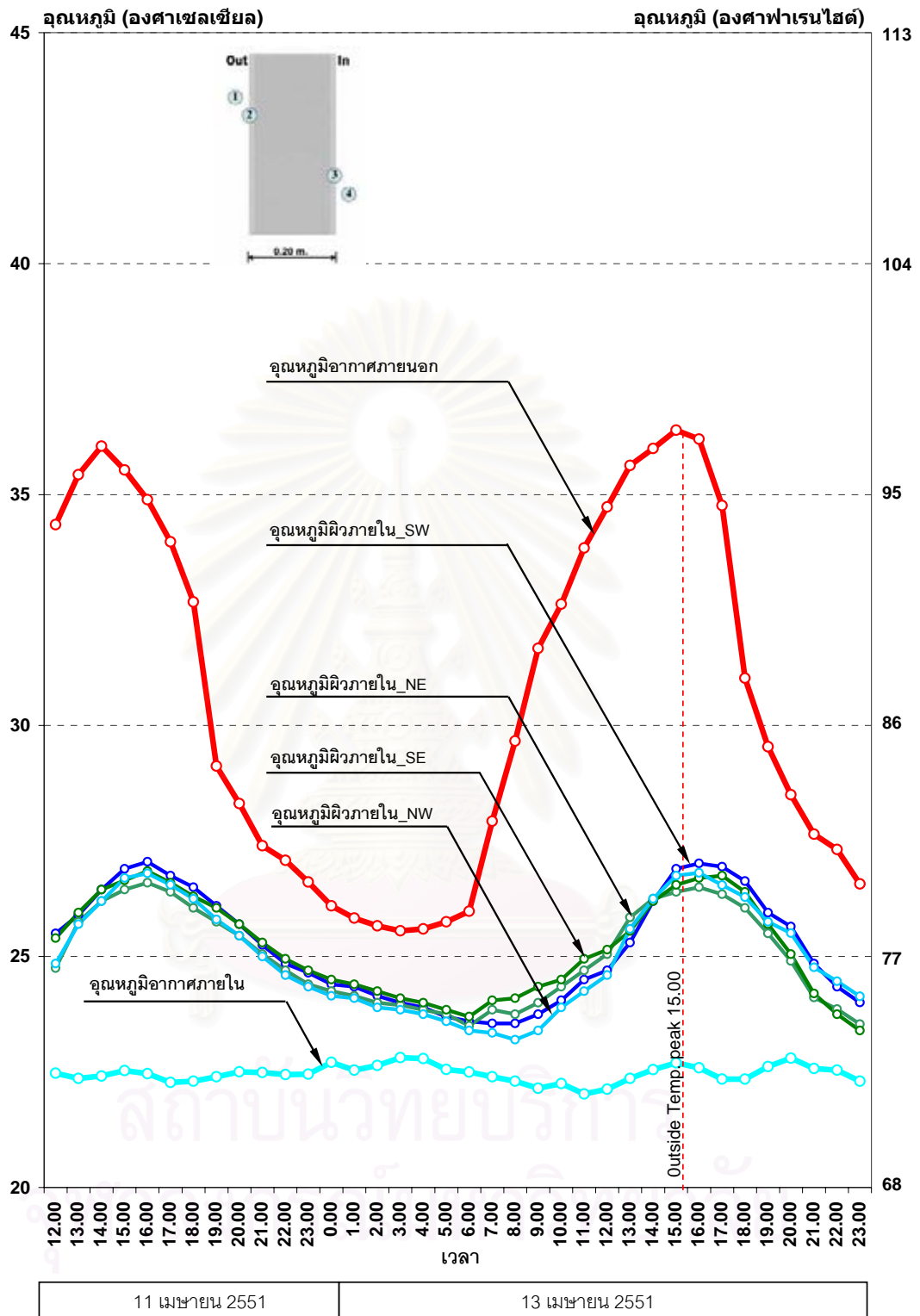


แผนภูมิที่ 4.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน





แผนภูมิที่ 4.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุคูนึ่งเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551



แผนภูมิที่ 4.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551

**พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร**

พิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร ทั้ง 8 ทิศ ของวันที่ 11-13 เมษายน 2551 พบว่า

**อุณหภูมิผิวผนังภายนอก**

เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายนอกทั้ง 8 ทิศ พบว่า อุณหภูมิผิวผนังทางทิศตะวันตกร้อนที่สุดในช่วงสาย-บ่าย เวลา 10.00-14.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกร้อนขึ้นและสูงสุดที่เวลา 16.00 น. ผนังทาง**ทิศตะวันตก**มีอุณหภูมิผิวสูงที่สุด รองมาคือ ผนังทาง**ทิศตะวันตกเฉียงใต้** และ**ทิศตะวันออก**มีอุณหภูมิผิวดำต่ำที่สุด

อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดทางทิศตะวันตกในช่วงเวลา 16.00 น. 43.3 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดทางทิศตะวันออกในช่วงเวลา 04.00 น. 23.4 องศาเซลเซียส

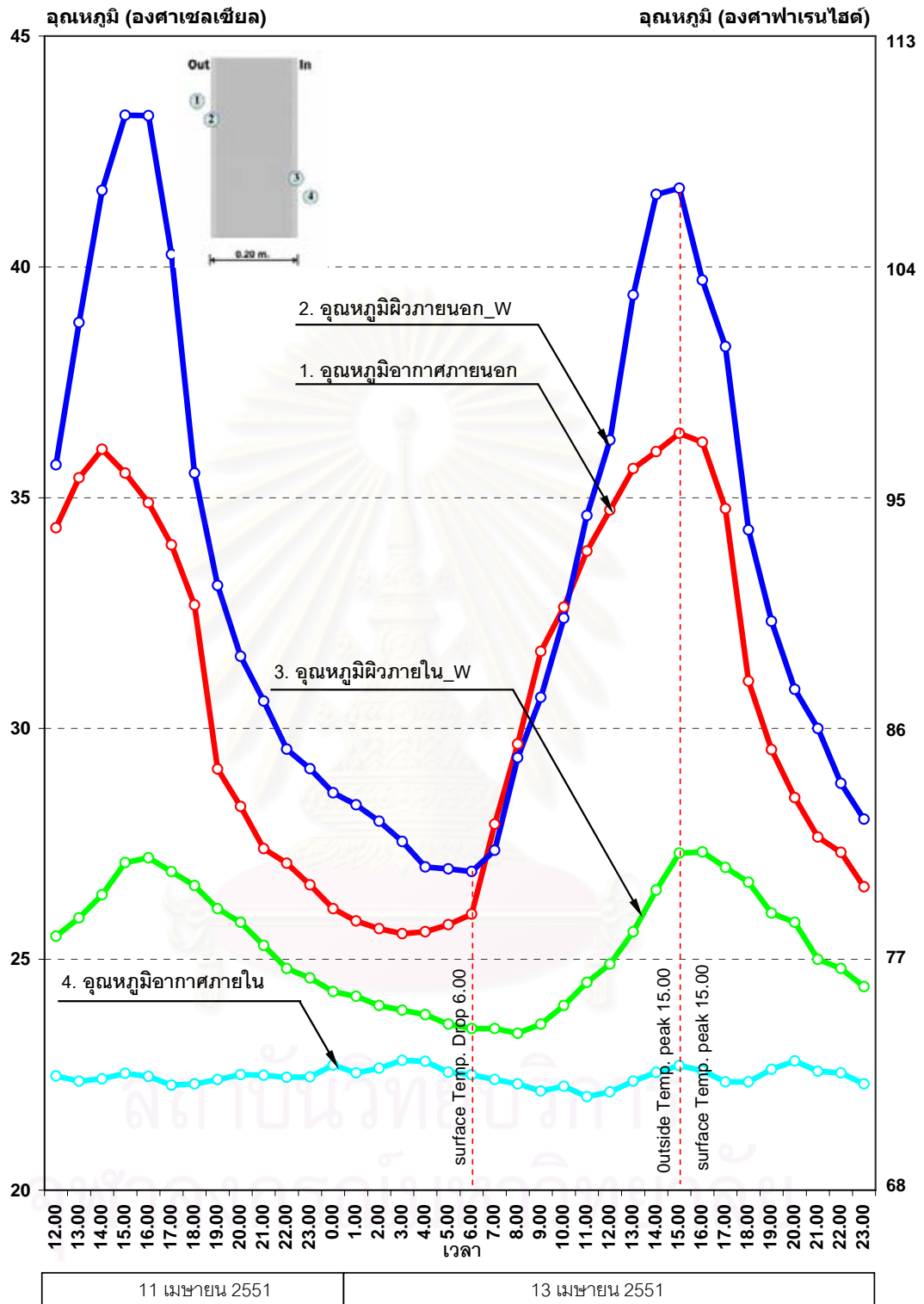
โดยเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายนอกจะลดต่ำลงในทุกทิศของช่วงเวลา 06.00 และ 19.00 น. และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก

**อุณหภูมิผิวผนังภายใน**

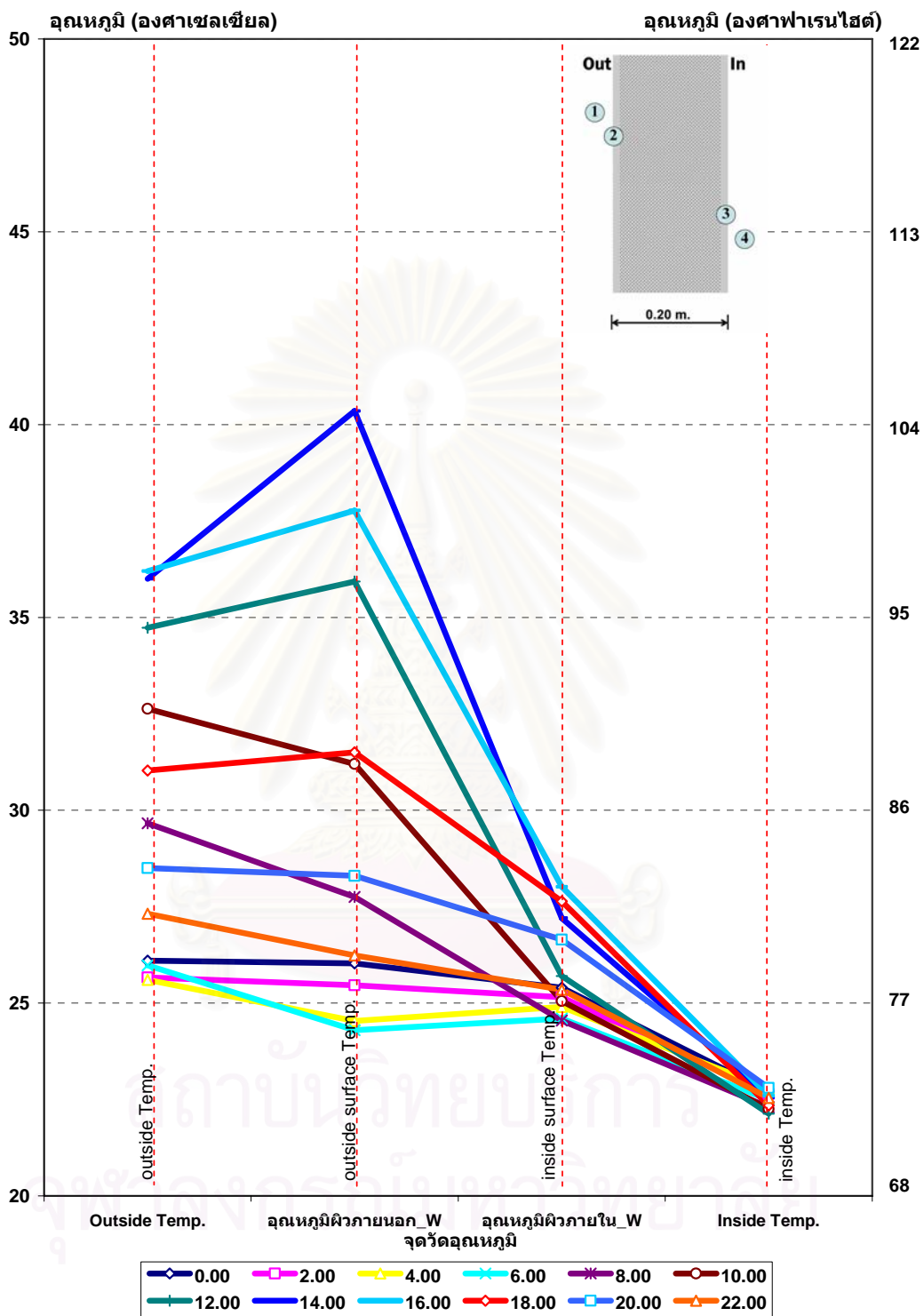
ผนังทาง**ทิศตะวันตก**มีอุณหภูมิผิวสูงที่สุด รองมาคือ ผนังทาง**ทิศตะวันตกเฉียงใต้**และ**ทิศเหนือ**มีอุณหภูมิผิวดำต่ำที่สุด

อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดทางทิศตะวันตกในช่วงเวลา 15.00-16.00 น. 27.3 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดทางทิศเหนือในช่วงเวลา 04.00 น. 23.1 องศาเซลเซียส



แผนภูมิที่ 4.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน



แผนภูมิที่ 4.19 แสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร ทางทิศตะวันตกในช่วงเวลาต่าง ๆ ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัย ปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551



**พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร**

พิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตรทางทิศตะวันตก ของวันที่ 11-13 เมษายน 2551 พบว่า

อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย	30.6	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	36.4	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 03.00-04.00 น.	25.6	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย	22.5	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดในช่วงเวลา 03.00-04.00 น.	22.8	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 11.00 น.	22.0	องศาเซลเซียส

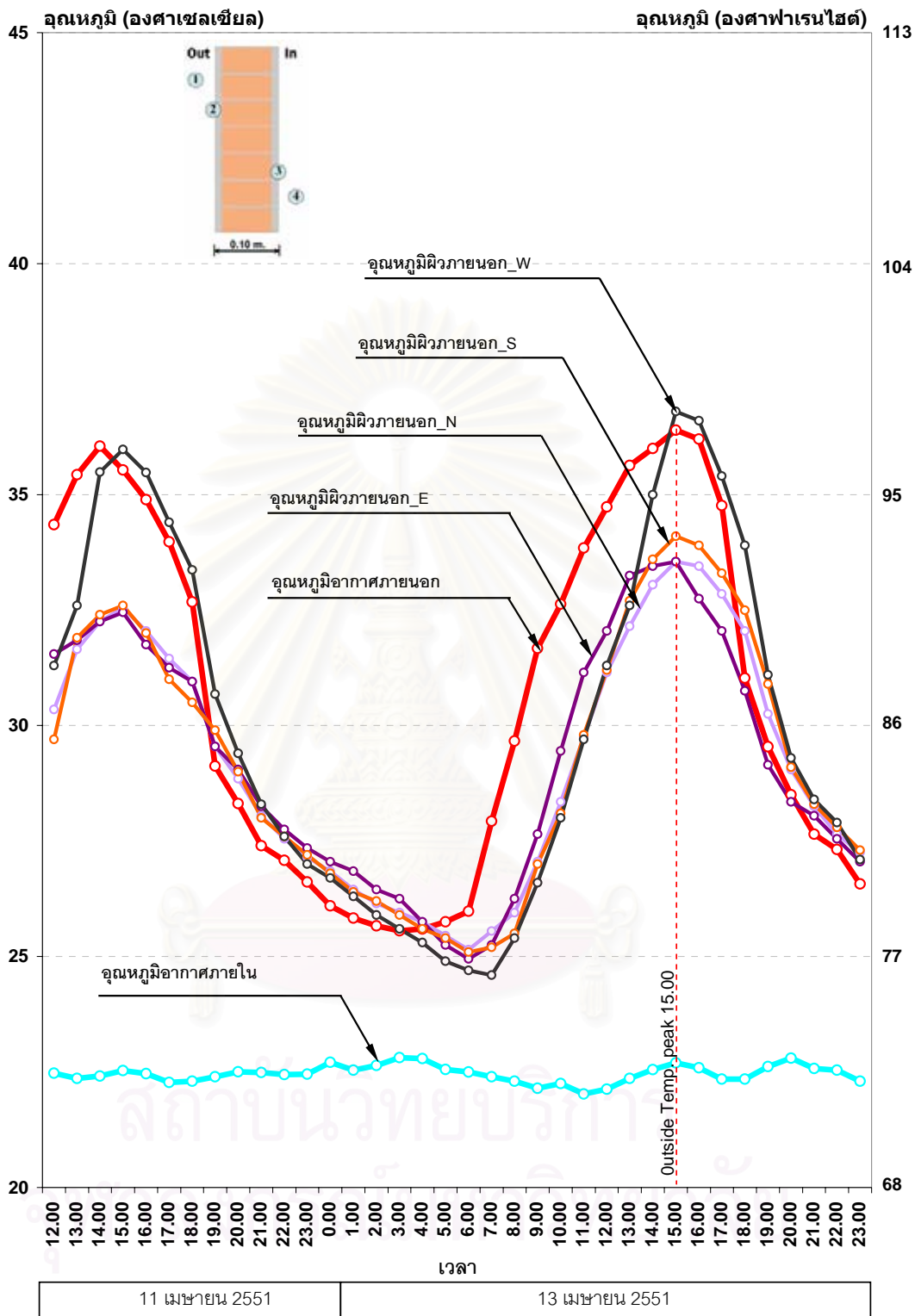
**ผนังทิศตะวันตก**

**วัสดุผนังโฟมคอนกรีต CEBAU หนา 0.20 เมตร**

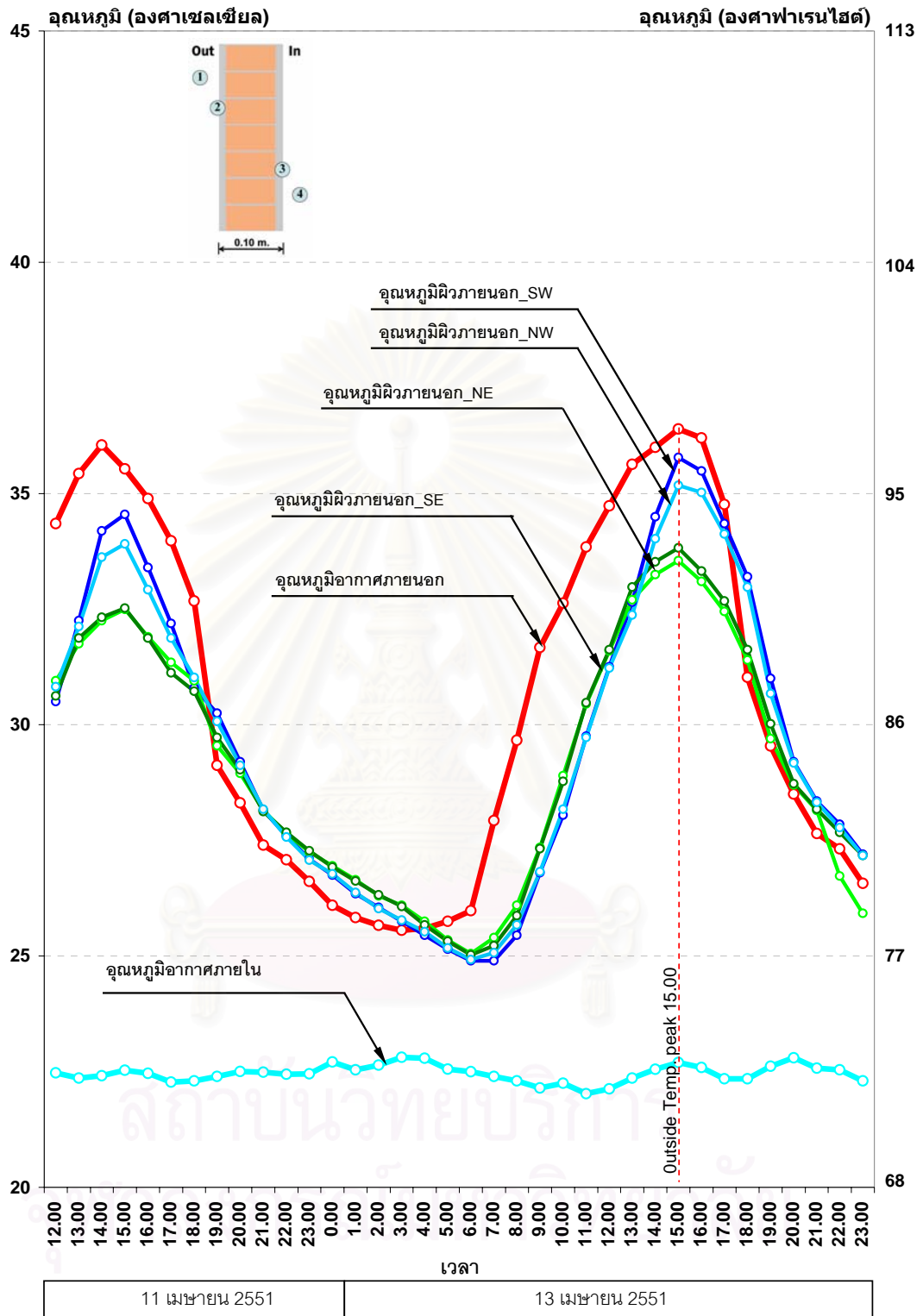
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกเฉลี่ย	31.5	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	42.6	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 06.00 น.	24.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในเฉลี่ย	25.2	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดในช่วงเวลา 16.00 น.	27.1	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 08.00 น.	23.6	องศาเซลเซียส

ระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากผิวภายนอกสู่ภายในเท่ากับ 4 ชั่วโมง โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวนอกและผิวในสูงสุดที่ 19.0 องศาเซลเซียส

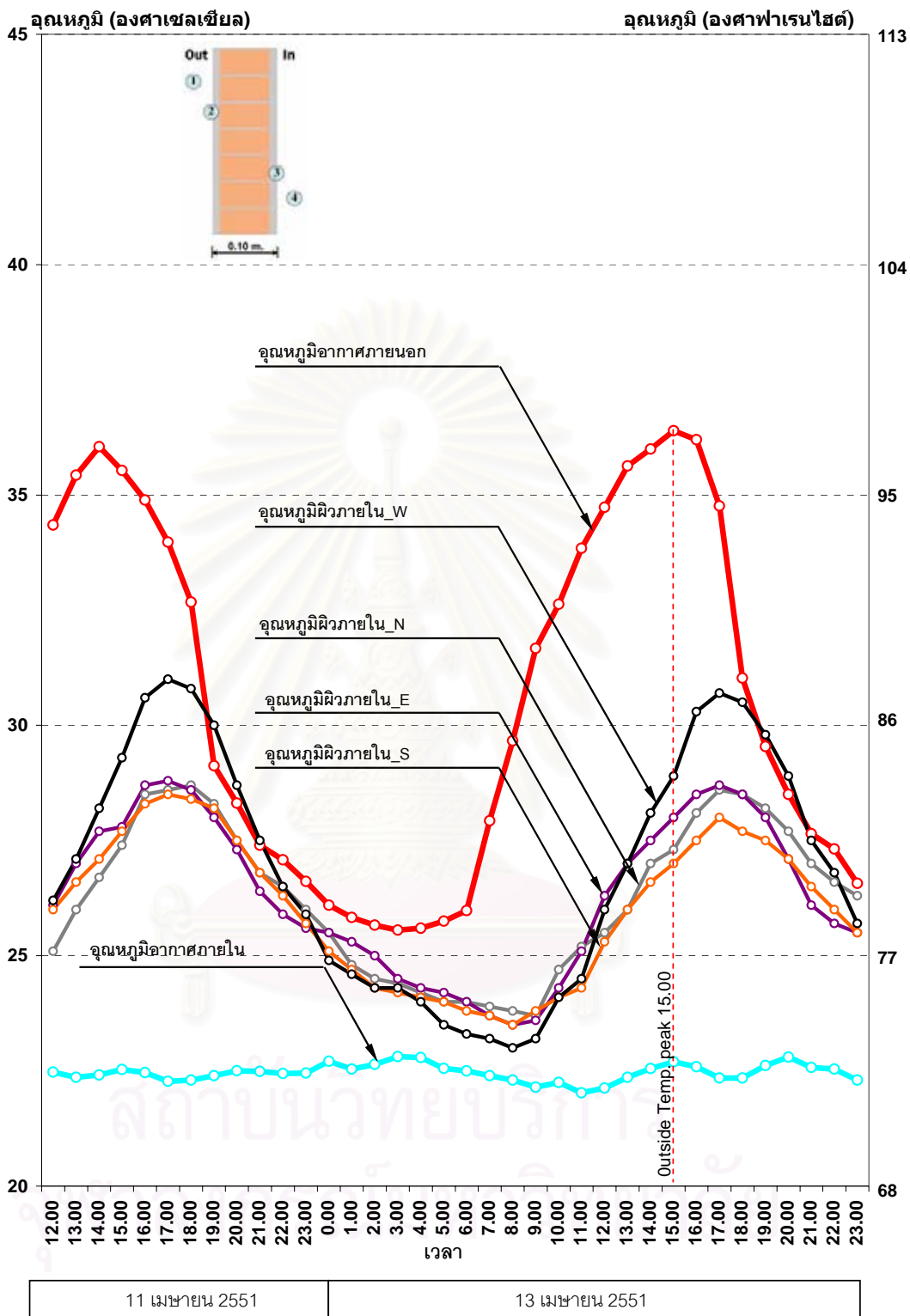
ทิศทางการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร มี 2 ทิศทาง คือ การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในในช่วงเวลา 05.00-01.00 น. และการถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอกช่วงเวลา 02.00-04.00 น.



แผนภูมิที่ 4.20 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังก่ออิฐมวลฉนวนหนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551

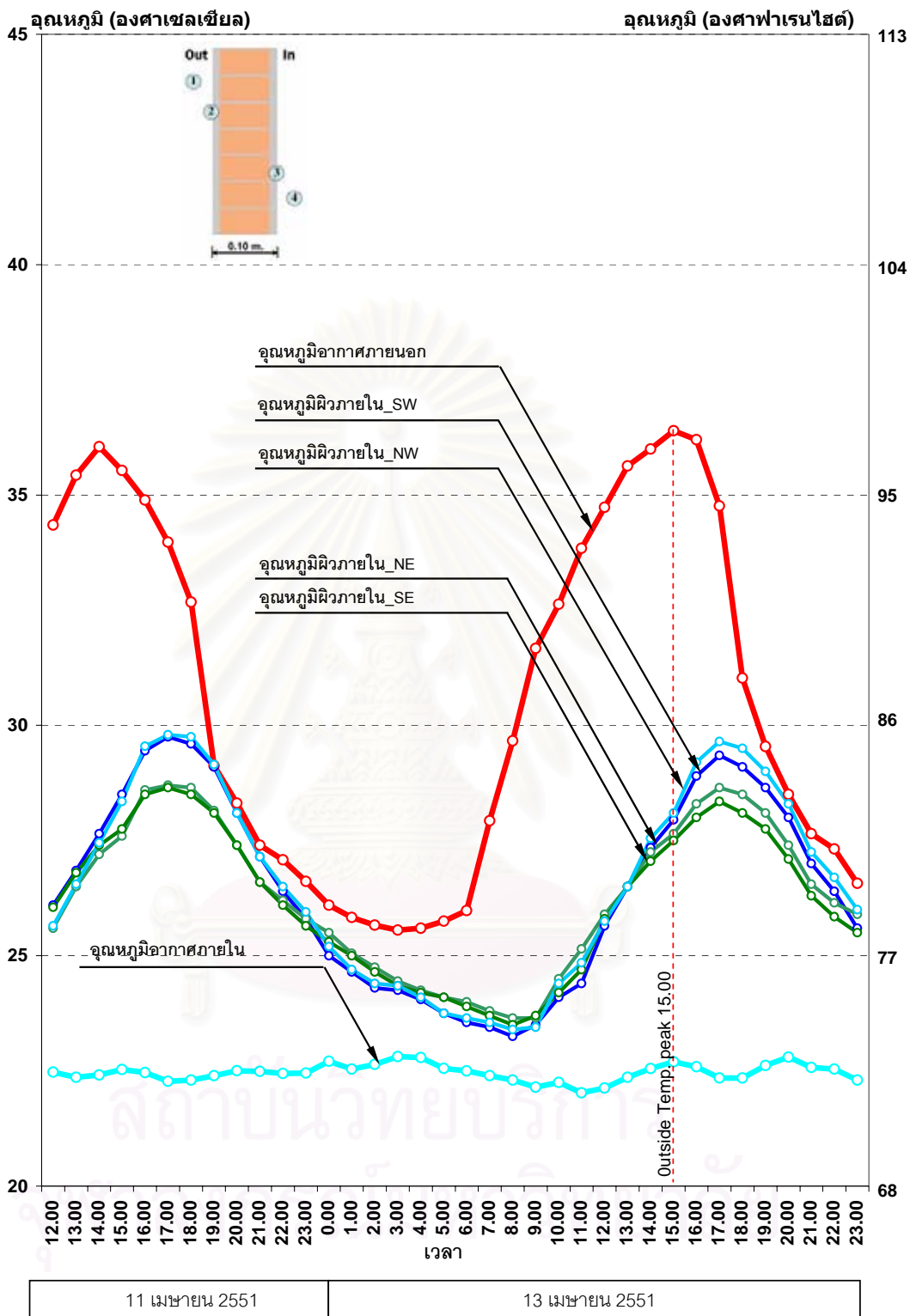


แผนภูมิที่ 4.21 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังก่ออิฐมวลฉนวนหนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551



แผนภูมิที่ 4.22 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังก่ออิฐมวลฉนวนหนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูล ตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.

ของวันที่ 13 เมษายน 2551



แผนภูมิที่ 4.23 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังก่ออิฐมวลฉนวนหนา 0.10 เมตร ทั้ง 4 ทิศ (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูล ตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551



## พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาปูน หนา

### 0.10 เมตร

พิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาปูน หนา 0.10 เมตร ทั้ง 8 ทิศ ของวันที่ 11-13 เมษายน 2551 พบว่า

#### อุณหภูมิผิวผนังภายนอก

เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายนอกทั้ง 8 ทิศ พบว่า ผนังทางทิศตะวันตกมีอุณหภูมิผิวสูงที่สุด รองมาคือ ผนังทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกมีอุณหภูมิผิวต่ำที่สุด

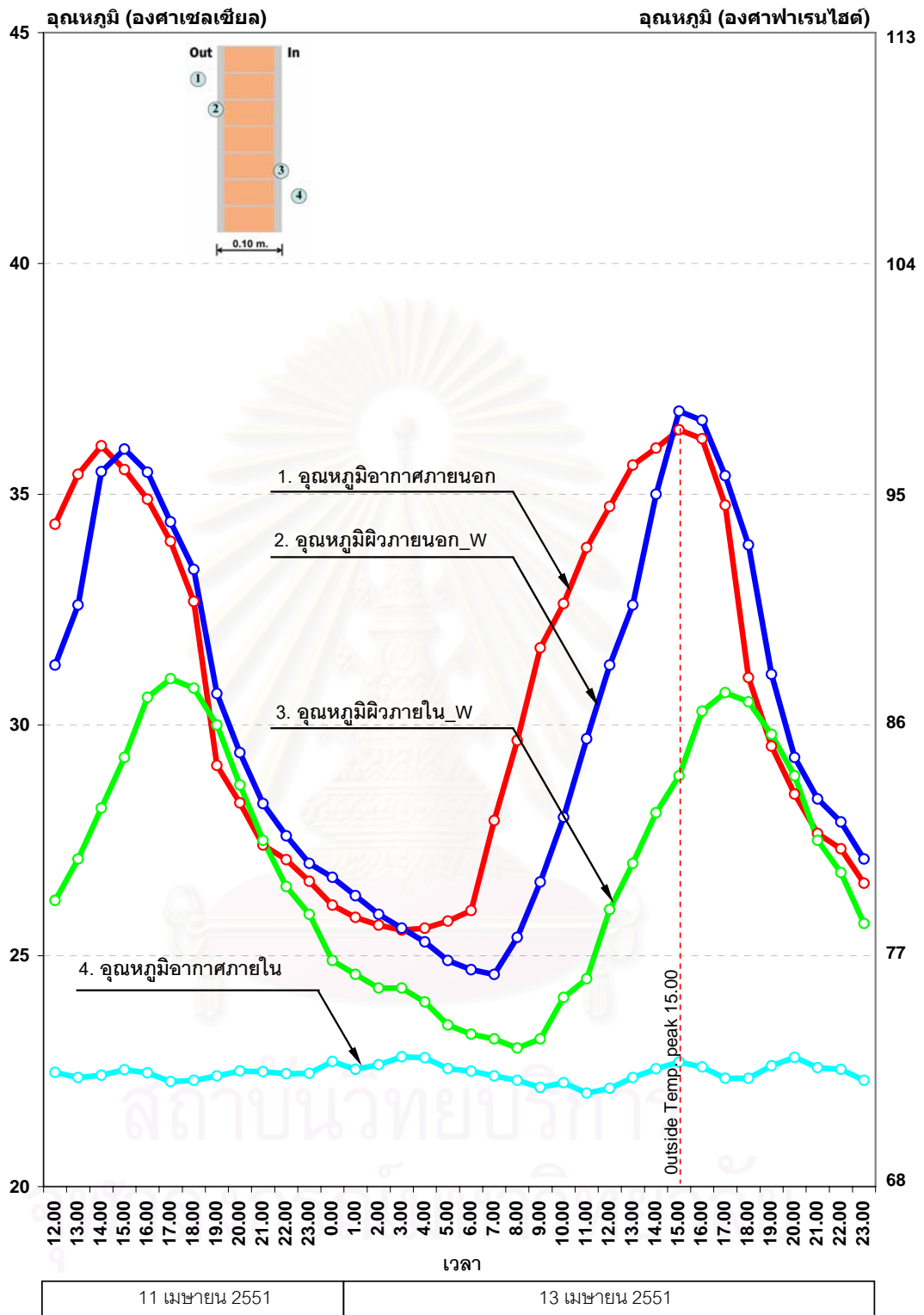
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดทางทิศตะวันตก ในช่วงเวลา 15.00 น. 36.8 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดทางทิศตะวันตก ในช่วงเวลา 07.00 น. 24.6 องศาเซลเซียส

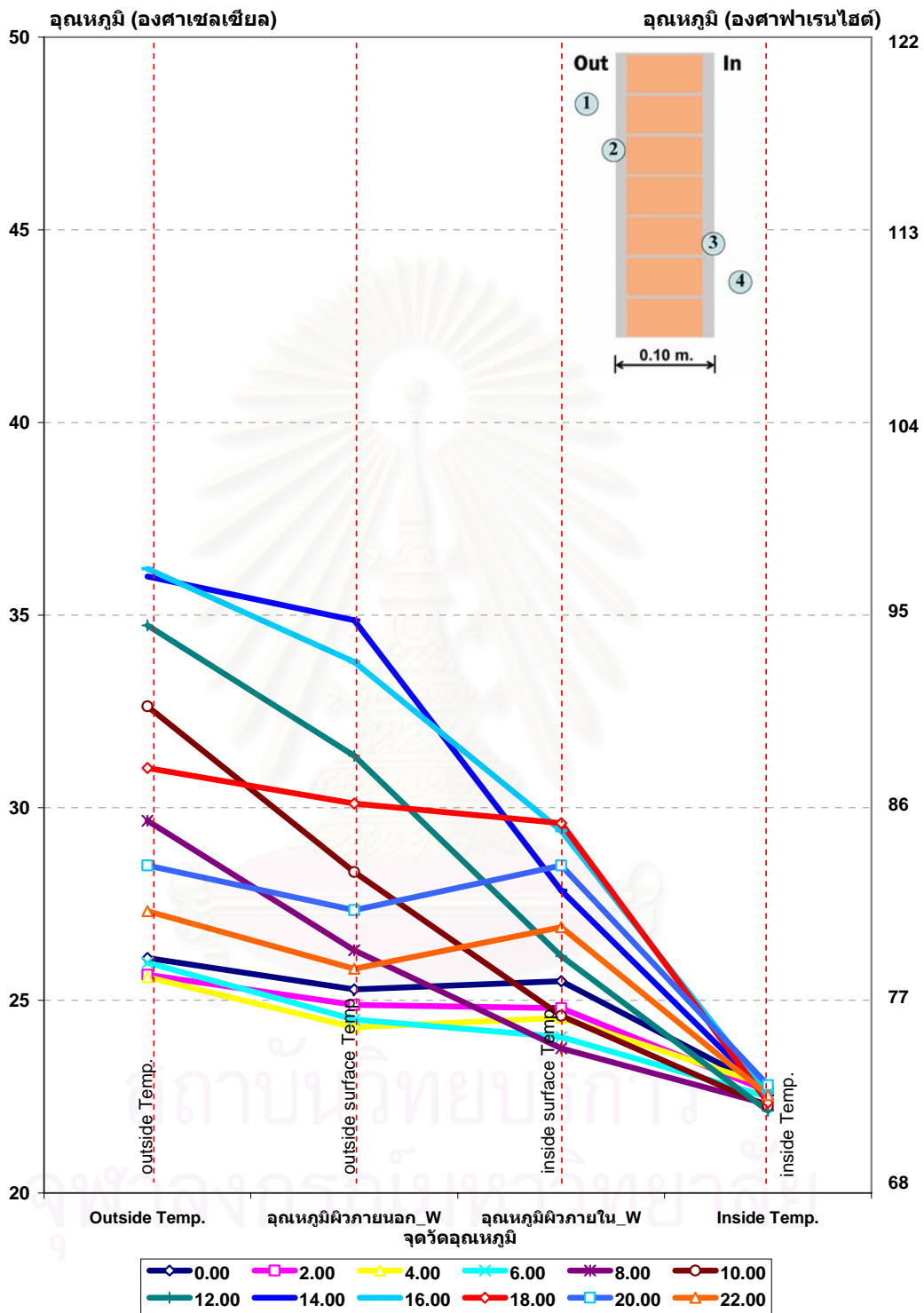
โดยเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายนอกจะลดต่ำลงในทุกทิศของช่วงเวลา 06.00 และ 19.00 น. และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก

#### อุณหภูมิผิวผนังภายใน

อุณหภูมิผิวภายในของผนังก่ออิฐมวลเบาปูน มีอุณหภูมิสูงสุดหลังอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 2 ชั่วโมง พร้อมกับอุณหภูมิอากาศภายในเนื่องจากมวลสารของผนังทำให้ผนังทางด้านทิศตะวันออกที่ได้รับอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงเร็วกว่าทิศอื่น ๆ แต่จะมีอุณหภูมิผิวสูงสุดพร้อมกับผนังทางด้านทิศอื่น



แผนภูมิที่ 4.24 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังท่ออิฐมอดูจบบุนหนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตกในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551



แผนภูมิที่ 4.25 แสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังก่ออิฐรูมอญหนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตกในช่วงเวลาต่าง ๆ ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน

## พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาปูน หนา

### 0.10 เมตร

พิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาปูน หนา

0.10 เมตรทางทิศตะวันตก ของวันที่ 11-13 เมษายน 2551 พบว่า

อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย	30.6	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	36.4	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 03.00-04.00 น.	25.6	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย	22.5	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดในช่วงเวลา 03.00-04.00 น.	22.8	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 11.00 น.	22.0	องศาเซลเซียส

### ผนังทิศตะวันตก

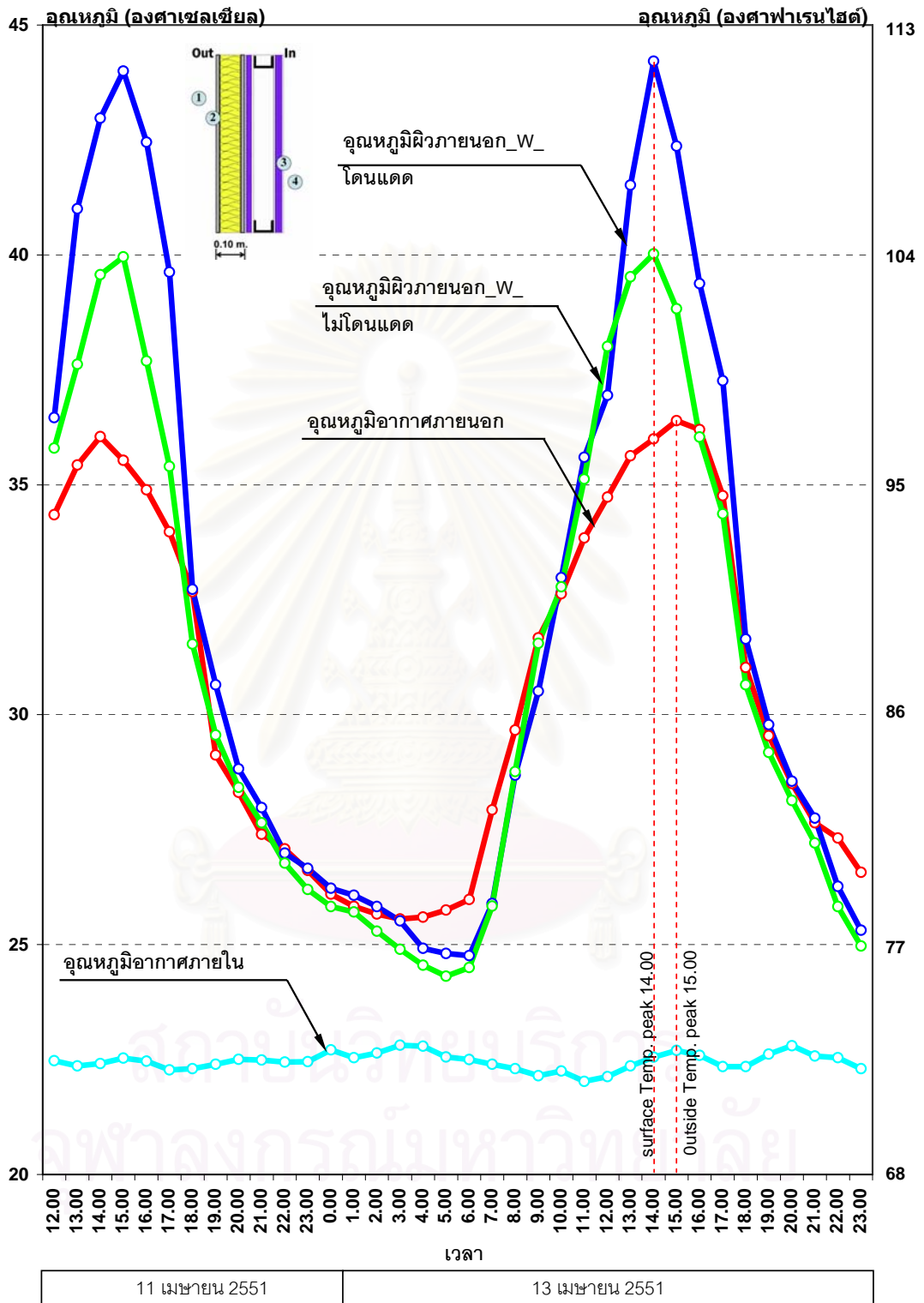
#### วัสดุผนังก่ออิฐมวลเบา หนา 0.10 เมตร

อุณหภูมิผิวผนังภายนอกเฉลี่ย	29.6	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	35.8	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 06.00 น.	24.9	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในเฉลี่ย	26.5	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดในช่วงเวลา 17.00 น.	29.8	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 08.00 น.	23.3	องศาเซลเซียส

ระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากผิวภายนอกสู่ภายในเท่ากับ 2 ชั่วโมง โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวนอกและผิวในสูงสุดที่ 12.5 องศาเซลเซียส

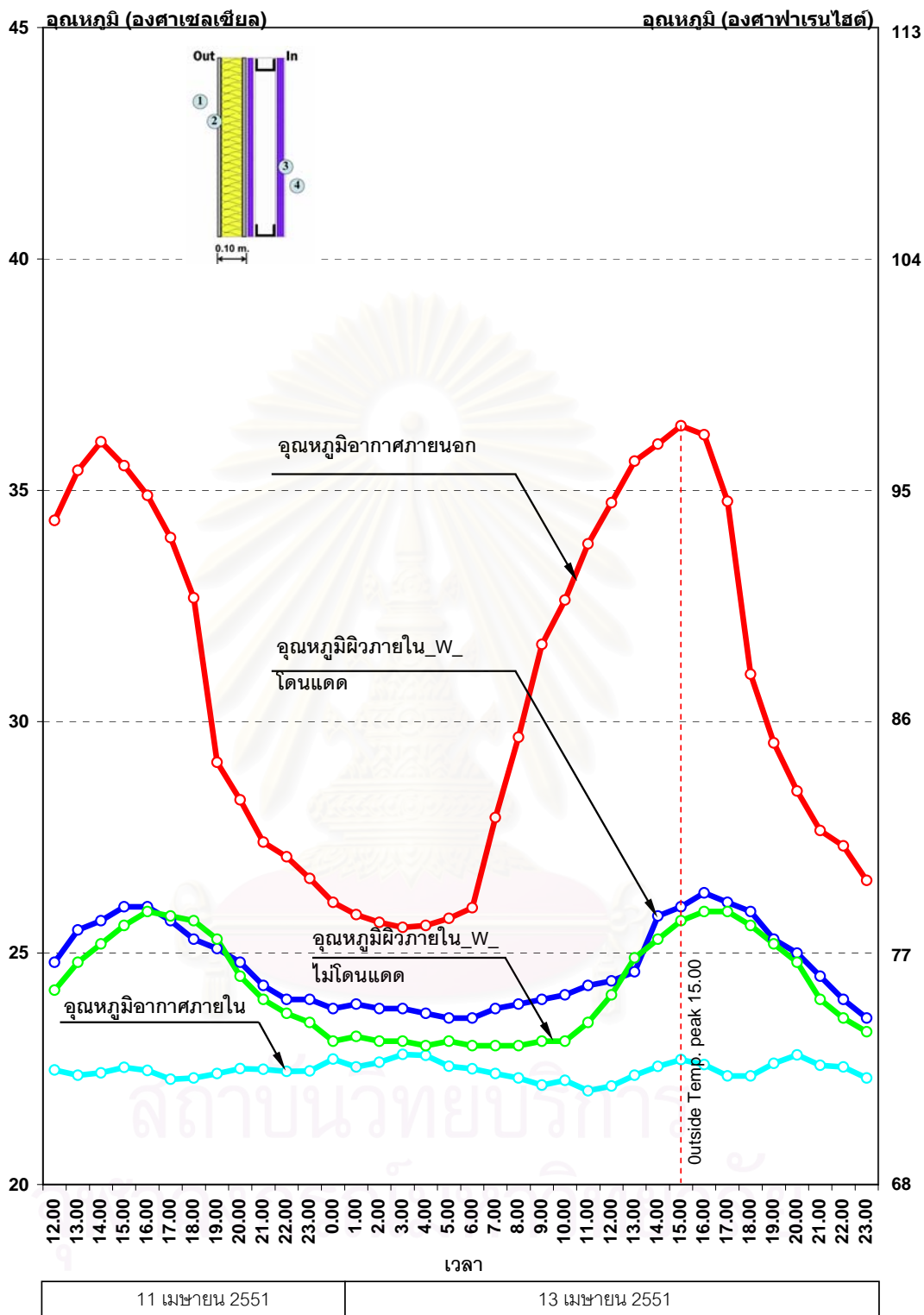
ทิศทางการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาปูน หนา 0.10 เมตร มี 2 ทิศทาง คือ การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในช่วงเวลา 01.00-19.00 น. และการถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอกช่วงเวลา 20.00-00.00 น.

อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ



แผนภูมิที่ 4.26 แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551





แผนภูมิที่ 4.27 แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังระบบ ฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคาร บ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึง เวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551

**อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนัง  
ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร**

พิจารณาอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอก  
และภายในของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก  
ของวันที่ 11-13 เมษายน 2551 พบว่า

**วัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร**

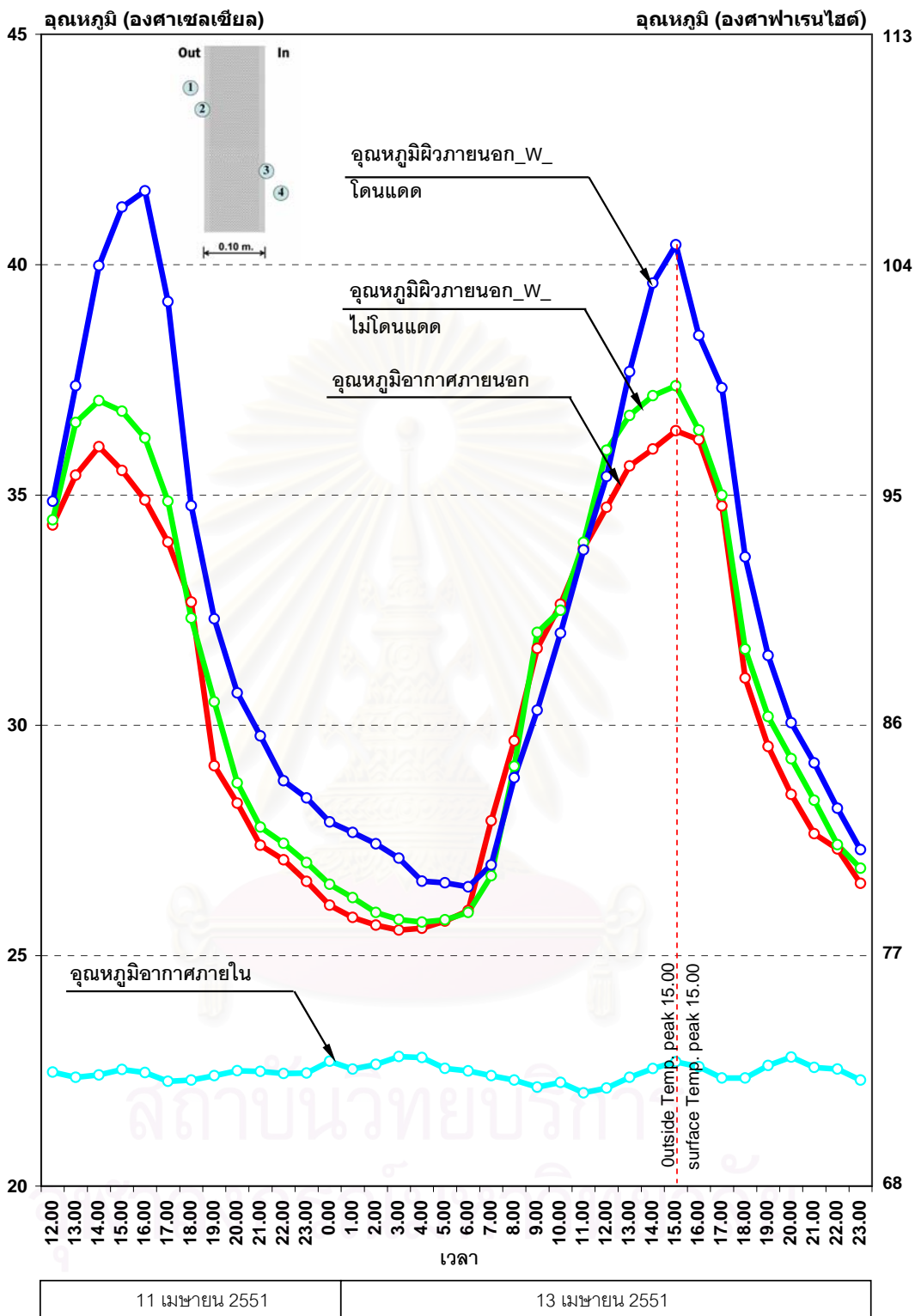
ผนังทิศตะวันตกโดนแดด

อุณหภูมิผิวผนังภายนอกเฉลี่ย	32.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 14.00 น.	44.2	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 05.00-06.00 น.	24.8	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในเฉลี่ย	24.7	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดในช่วงเวลา 17.00 น.	26.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 08.00 น.	23.6	องศาเซลเซียส

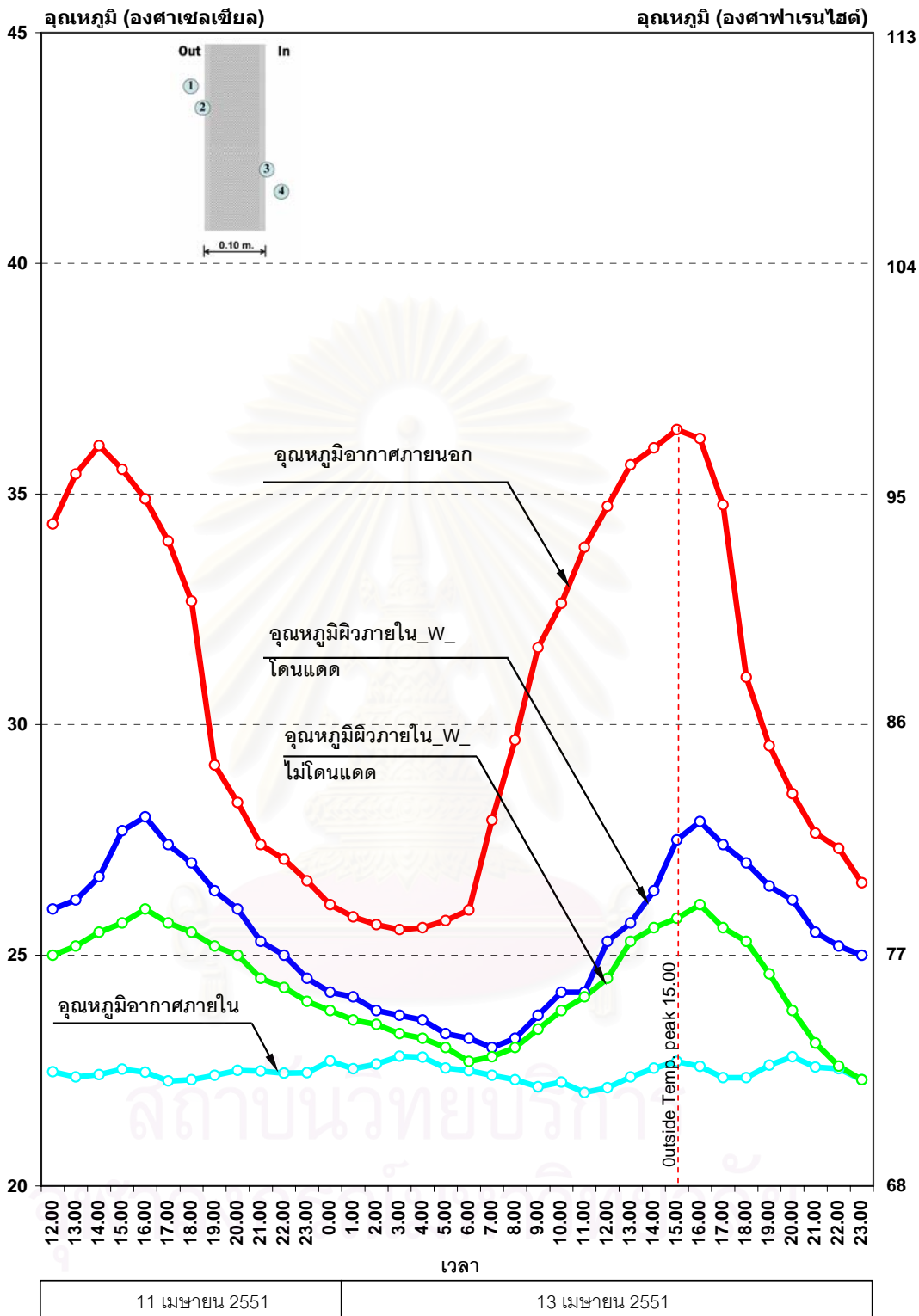
ผนังทิศตะวันตกไม่โดนแดด

อุณหภูมิผิวผนังภายนอกเฉลี่ย	31.1	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	40.0	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 05.00 น.	24.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในเฉลี่ย	24.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดในช่วงเวลา 16.00 น.	25.9	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 06.00-08.00 น.	23.0	องศาเซลเซียส

อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังระบบฉนวน  
กันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร ด้านทิศตะวันตกที่โดนแดดและไม่โดนแดด มีความ  
แตกต่างของอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดที่ 4.2 องศาเซลเซียส และความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายใน  
สูงสุดที่ 0.4 องศาเซลเซียส



แผนภูมิที่ 4.28 แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551



แผนภูมิที่ 4.29 แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551

**อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังเม็ด  
โฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร**

พิจารณาอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอก  
และภายในของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร ทางทิศ  
ตะวันตก ของวันที่ 11-13 เมษายน 2551 พบว่า

**วัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร**

ผนังทิศตะวันตกโดนแดด

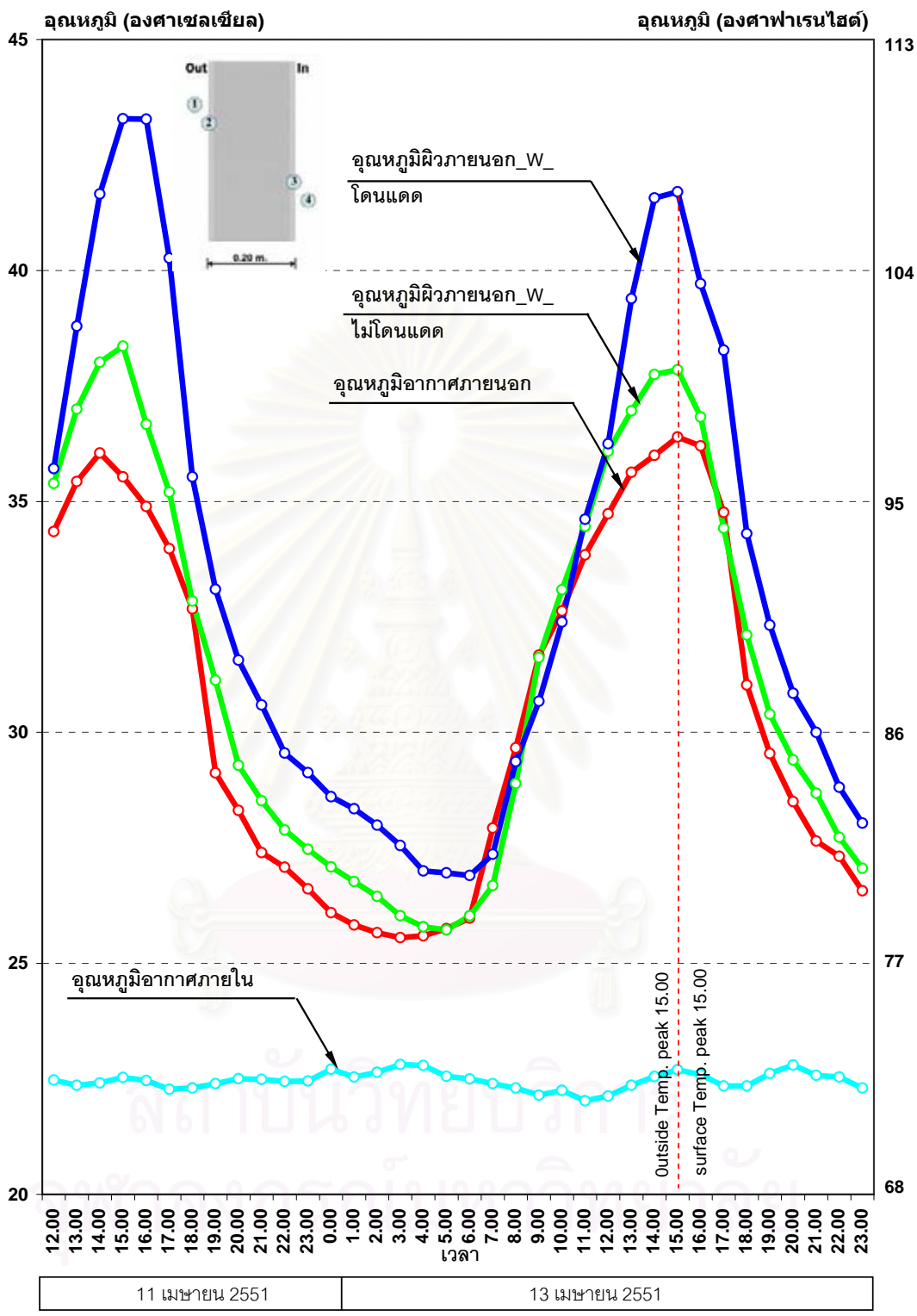
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกเฉลี่ย	32.5	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 16.00 น.	41.6	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 04.00 น.	26.5	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในเฉลี่ย	25.4	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดในช่วงเวลา 16.00 น.	28.0	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 07.00 น.	23.0	องศาเซลเซียส

ผนังทิศตะวันตกไม่โดนแดด

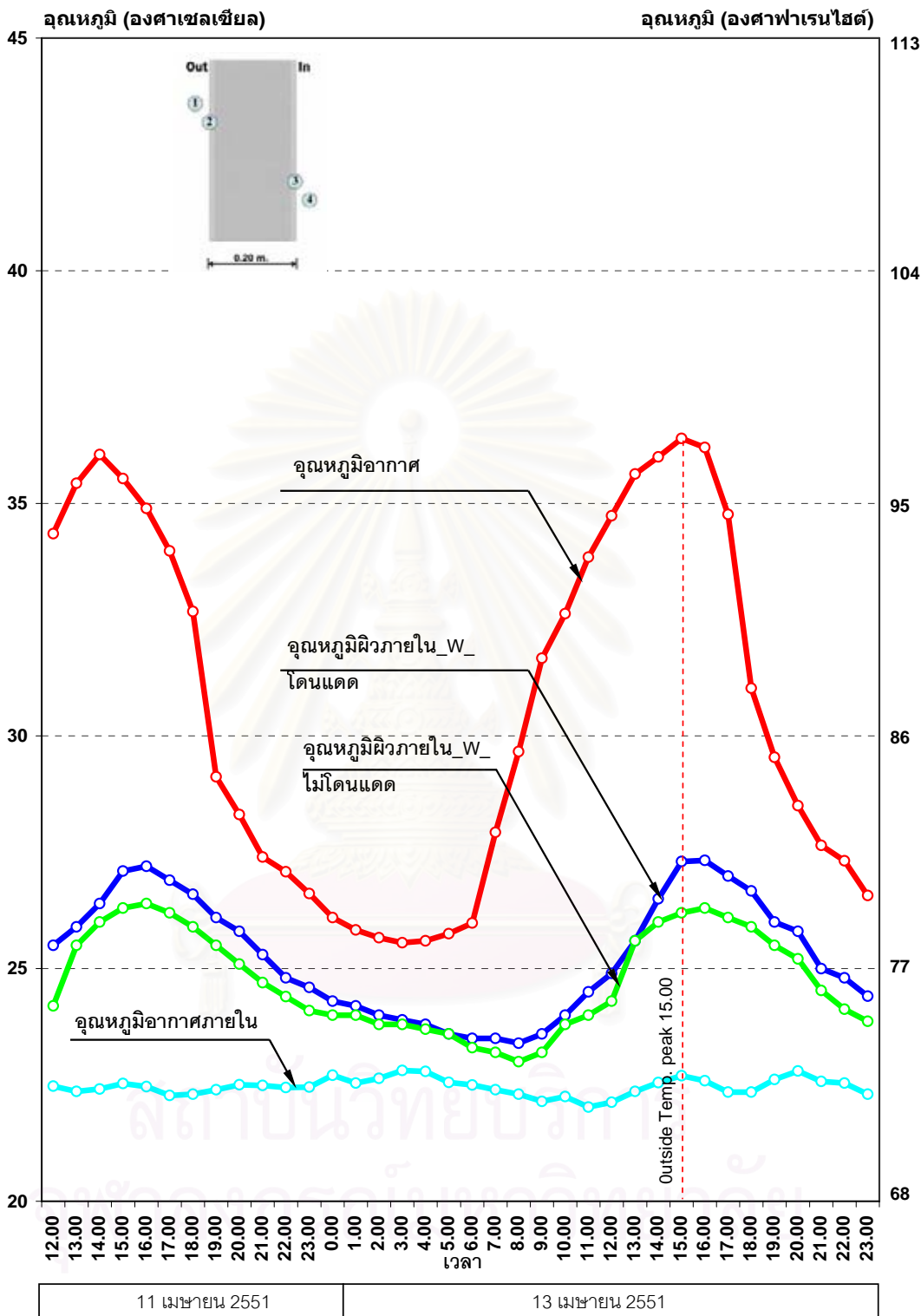
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกเฉลี่ย	31.1	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	37.4	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 04.00 น.	25.7	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในเฉลี่ย	24.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดในช่วงเวลา 16.00 น.	26.1	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 23.00 น.	22.3	องศาเซลเซียส

อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังเม็ด  
โฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร ด้านทิศตะวันตกที่โดนแดดและไม่  
โดนแดด มีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวนอกสูงสุดที่ 1.4 องศาเซลเซียส และความแตกต่างของ  
อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดที่ 0.9 องศาเซลเซียส





แผนภูมิที่ 4.30 แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551



แผนภูมิที่ 4.31 แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังเมียดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551

**อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังเม็ด  
โฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร**

พิจารณาอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอก  
และภายในของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร ทางทิศ  
ตะวันตก ของวันที่ 11-13 เมษายน 2551 พบว่า

**วัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร**

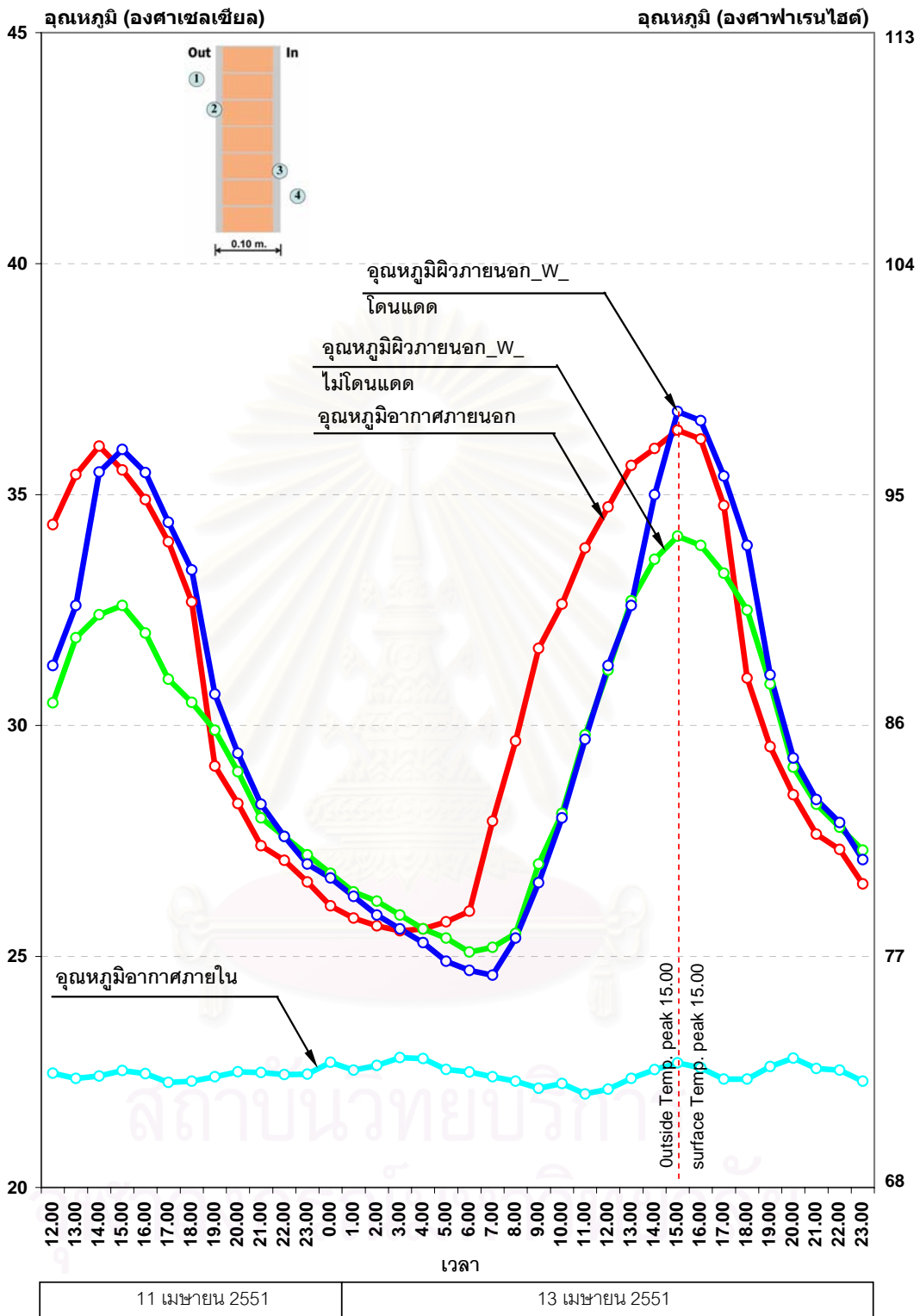
ผนังทิศตะวันตกโดนแดด

อุณหภูมิผิวผนังภายนอกเฉลี่ย	33.4	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	43.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 04.00 น.	26.9	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในเฉลี่ย	25.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดในช่วงเวลา 16.00 น.	27.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 08.00 น.	23.4	องศาเซลเซียส

ผนังทิศตะวันตกไม่โดนแดด

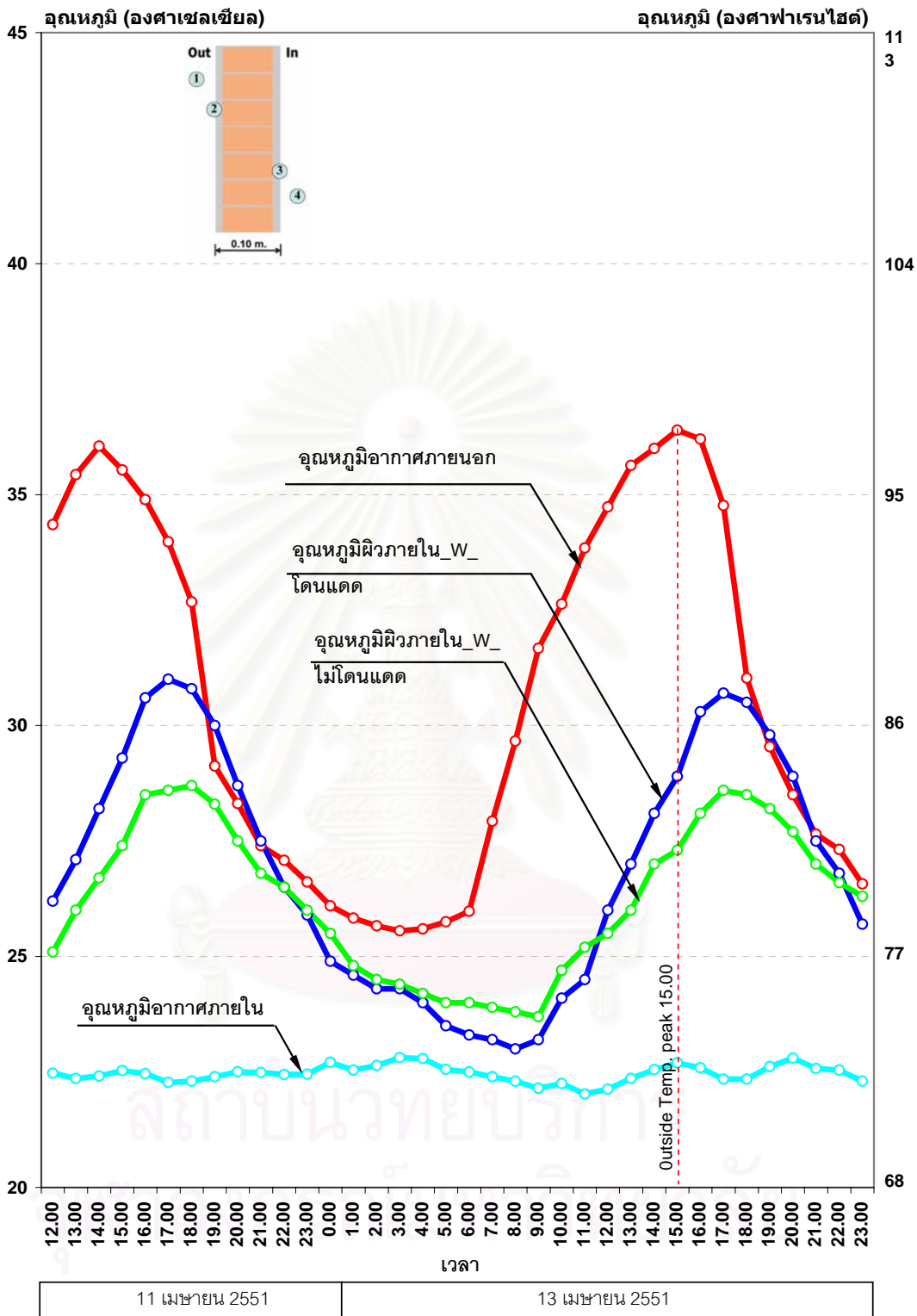
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกเฉลี่ย	31.4	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	38.4	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 05.00 น.	25.7	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในเฉลี่ย	24.8	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดในช่วงเวลา 16.00 น.	26.4	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 08.00 น.	23.0	องศาเซลเซียส

อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังเม็ด  
โฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร ด้านทิศตะวันตกที่โดนแดดและไม่  
โดนแดด มีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดที่ 4.9 องศาเซลเซียส และความแตกต่างของ  
อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดที่ 0.9 องศาเซลเซียส



แผนภูมิที่ 4.32 แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังก่ออิฐมวลฉนวนหนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่

13 เมษายน 2551



แผนภูมิที่ 4.33 แสดงอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุผนังก่ออิฐมวลฉนวนหนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่

13 เมษายน 2551



**อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังก่ออิฐมวลฉนวนหนา 0.10 เมตร**

พิจารณาอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในของวัสดุผนังก่ออิฐมวลฉนวนหนา 0.10 เมตร ทางทิศตะวันตก ของวันที่ 11-13 เมษายน 2551 พบว่า

**วัสดุผนังก่ออิฐมวลฉนวนหนา 0.10 เมตร**

ผนังทิศตะวันตกโดนแดด

อุณหภูมิผิวผนังภายนอกเฉลี่ย	30.0	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	36.8	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 07.00 น.	24.6	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในเฉลี่ย	26.9	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดในช่วงเวลา 17.00 น.	31.0	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 08.00 น.	23.0	องศาเซลเซียส

ผนังทิศตะวันตกไม่โดนแดด

อุณหภูมิผิวผนังภายนอกเฉลี่ย	29.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงสุดในช่วงเวลา 15.00 น.	34.1	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุดในช่วงเวลา 04.00 น.	25.1	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในเฉลี่ย	26.3	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดในช่วงเวลา 18.00 น.	28.7	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิผิวผนังภายในต่ำสุดในช่วงเวลา 09.00 น.	23.7	องศาเซลเซียส

อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุผนังก่ออิฐมวลฉนวนหนา 0.10 เมตร ด้านทิศตะวันตกที่โดนแดดและไม่โดนแดด มีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดที่ 2.7 องศาเซลเซียส และความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดที่ 2.3 องศาเซลเซียส

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังทดลองทั้ง 6 ชนิดในสภาวะที่มีการปรับอากาศภายในตลอด 24 ชั่วโมง พบว่า ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนและแลกเปลี่ยนความร้อนกับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าผนังเม็ดโฟมคอนกรีตและผนังก่ออิฐมวลเบาตามลำดับ ซึ่งในด้านการคำนวณภาระการปรับอากาศที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนของผนัง เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจริง ณ เวลานั้น โดยใช้ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในของผนังกับอุณหภูมิอากาศภายในคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฟิล์มอากาศภายในเพื่อตัดอิทธิพลจากการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของมวลสารซึ่ง ASHRAE กำหนดไว้ที่  $1.46 \text{ (Btu / hr.ft}^2 \cdot \text{°F)}^1$

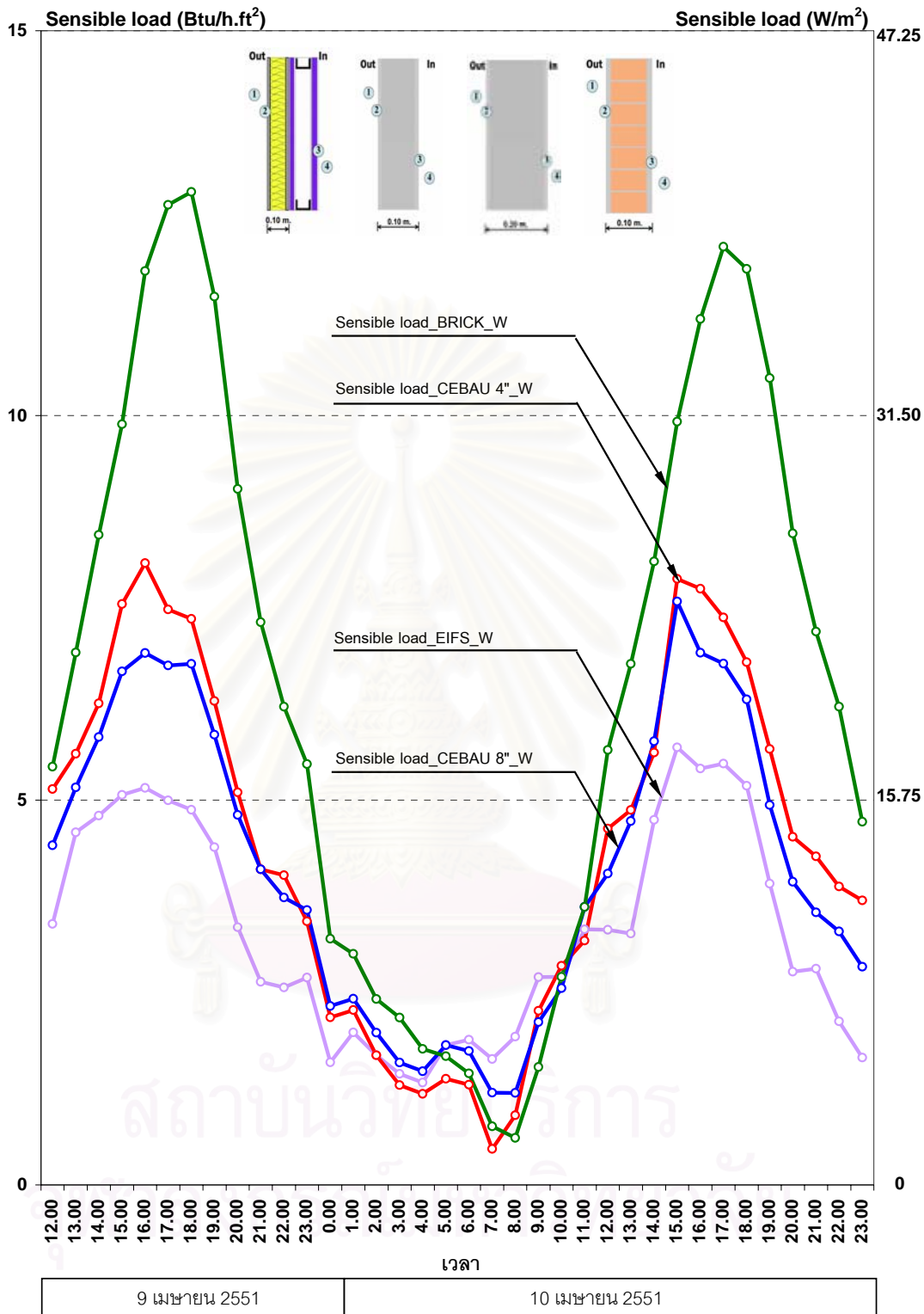
$$Q = h_0 * \Delta T$$

เมื่อ

- Q = ปริมาณการถ่ายเทความร้อน (Btu/hr. ft<sup>2</sup>)  
 h<sub>0</sub> = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน (Btu / hr.ft<sup>2</sup>.°F)  
 ΔT = ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในและอากาศภายใน (°F)

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<sup>2</sup>American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental IP Edition (Atlanta, Georgia, 2001), Chapter 25 p.2.



แผนภูมิที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบอัตราความร้อน (Sensible load) ที่ผ่านวัสดุผนังทั้ง 4 ชนิด ด้านทิศตะวันตก ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551

จากแผนภูมิที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบอัตราความร้อน (Sensible load) ที่ผ่านวัสดุผนังทั้ง 4 ชนิดด้านทิศตะวันตกซึ่งเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอกสูงสุด ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น.ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551

ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) หนา 0.10 เมตร

ปริมาณความร้อนสัมผัสสูงสุดเท่ากับ	18.12 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	18.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสต่ำสุดเท่ากับ	4.09 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	03.00-04.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ	10.62 w/m <sup>2</sup>		

ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร

ปริมาณความร้อนสัมผัสสูงสุดเท่ากับ	24.54 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	16.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสต่ำสุดเท่ากับ	3.55 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	07.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ	14.60 w/m <sup>2</sup>		

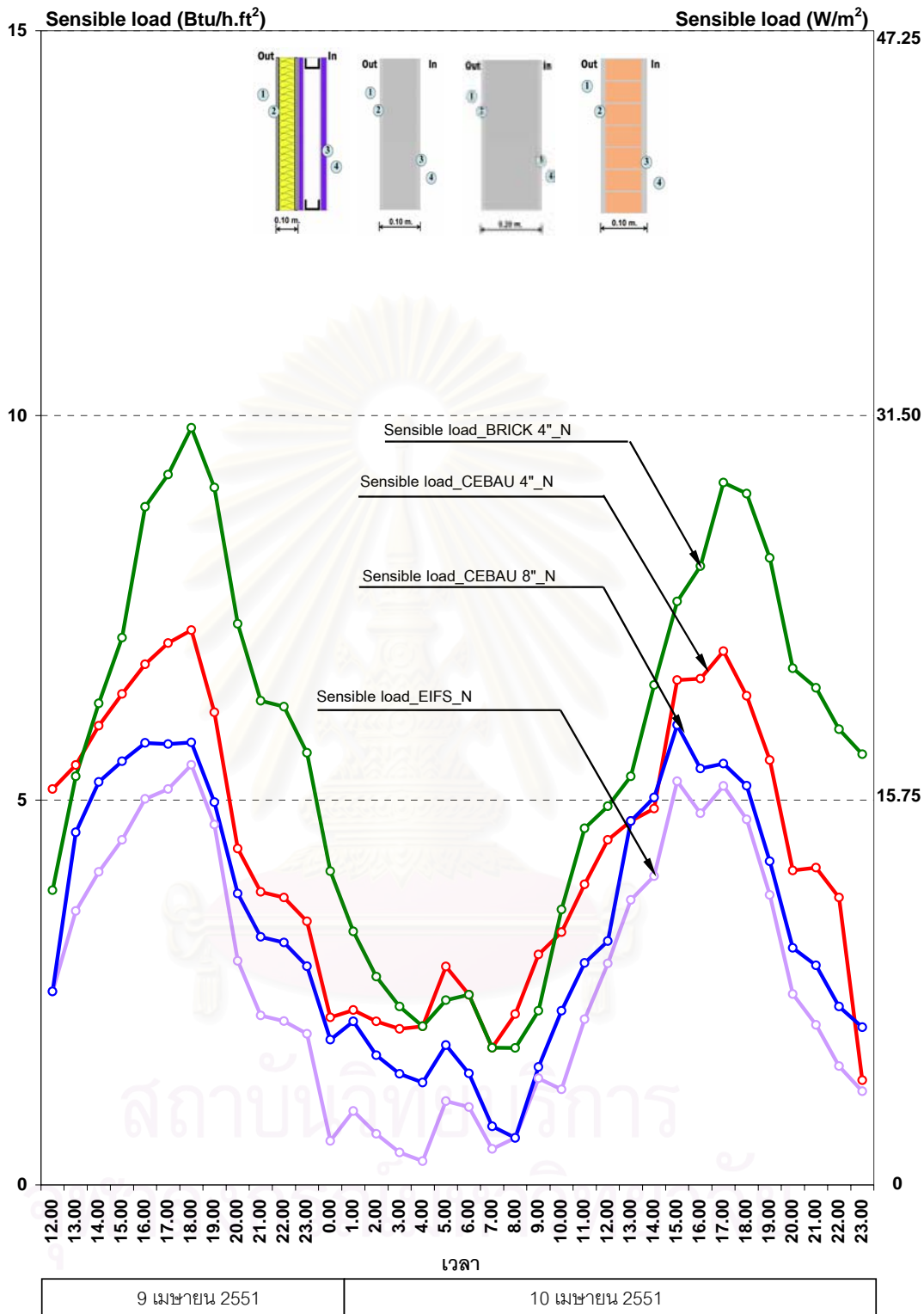
ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร

ปริมาณความร้อนสัมผัสสูงสุดเท่ากับ	23.43 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	15.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสต่ำสุดเท่ากับ	5.39 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	07.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ	14.16 w/m <sup>2</sup>		

ผนังก่ออิฐมวลเบาปูน หนา 0.10 เมตร

ปริมาณความร้อนสัมผัสสูงสุดเท่ากับ	36.51 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	18.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสต่ำสุดเท่ากับ	4.46 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	08.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ	19.98 w/m <sup>2</sup>		

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบอัตราความร้อน (Sensible load) ที่ผ่านวัสดุผนังทั้ง 4 ชนิด ด้านทิศเหนือ ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น. ของวันที่ 13 เมษายน 2551



จากแผนภูมิที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบอัตราความร้อน (Sensible load) ที่ผ่านวัสดุผนังทั้ง 4 ชนิดด้านทิศเหนือ ซึ่งเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอกน้อยที่สุด ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น.ของวันที่ 11 เมษายน 2551 ถึงเวลา 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2551

ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) หนา 0.10 เมตร

ปริมาณความร้อนสัมผัสสูงสุดเท่ากับ	18.58 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	18.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสต่ำสุดเท่ากับ	2.35 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	04.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ	9.84 w/m <sup>2</sup>		

ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร

ปริมาณความร้อนสัมผัสสูงสุดเท่ากับ	18.37 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	18.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสต่ำสุดเท่ากับ	0.61 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	07.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ	10.17 w/m <sup>2</sup>		

ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร

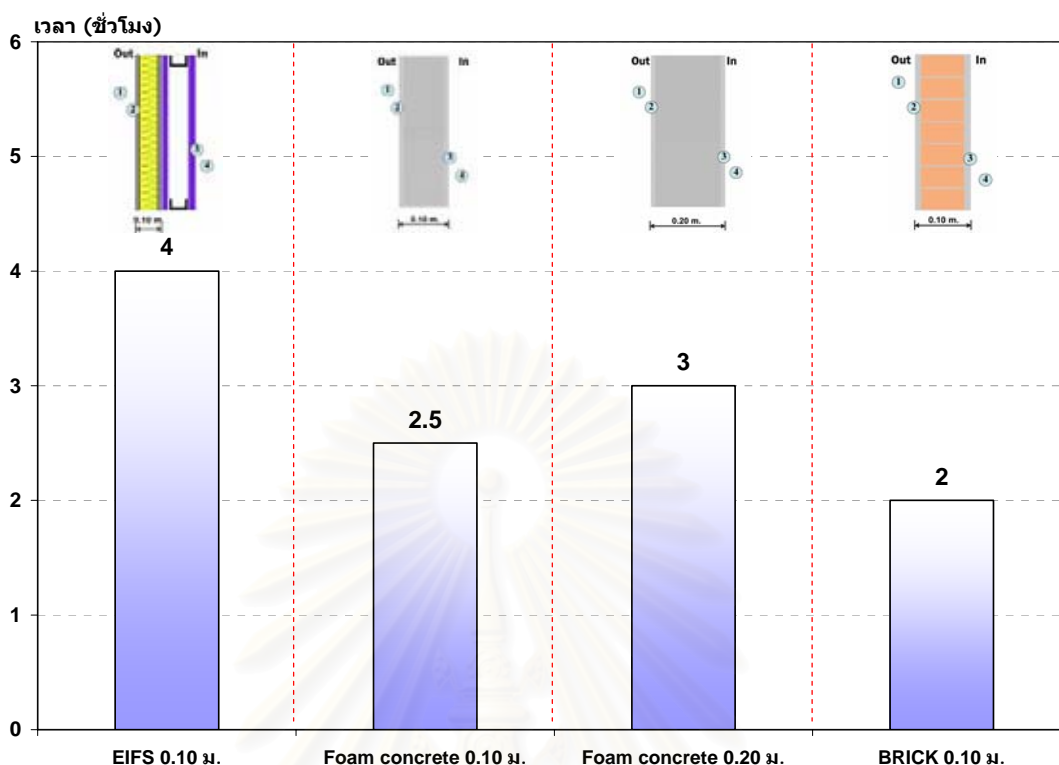
ปริมาณความร้อนสัมผัสสูงสุดเท่ากับ	22.68 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	15.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสต่ำสุดเท่ากับ	3.47 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	23.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ	10.71 w/m <sup>2</sup>		

ผนังก่ออิฐมวลเบาปูน หนา 0.10 เมตร

ปริมาณความร้อนสัมผัสสูงสุดเท่ากับ	32.37 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	18.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสต่ำสุดเท่ากับ	6.99 w/m <sup>2</sup>	ในช่วงเวลา	07.00-08.00 น.
ปริมาณความร้อนสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ	19.02 w/m <sup>2</sup>		

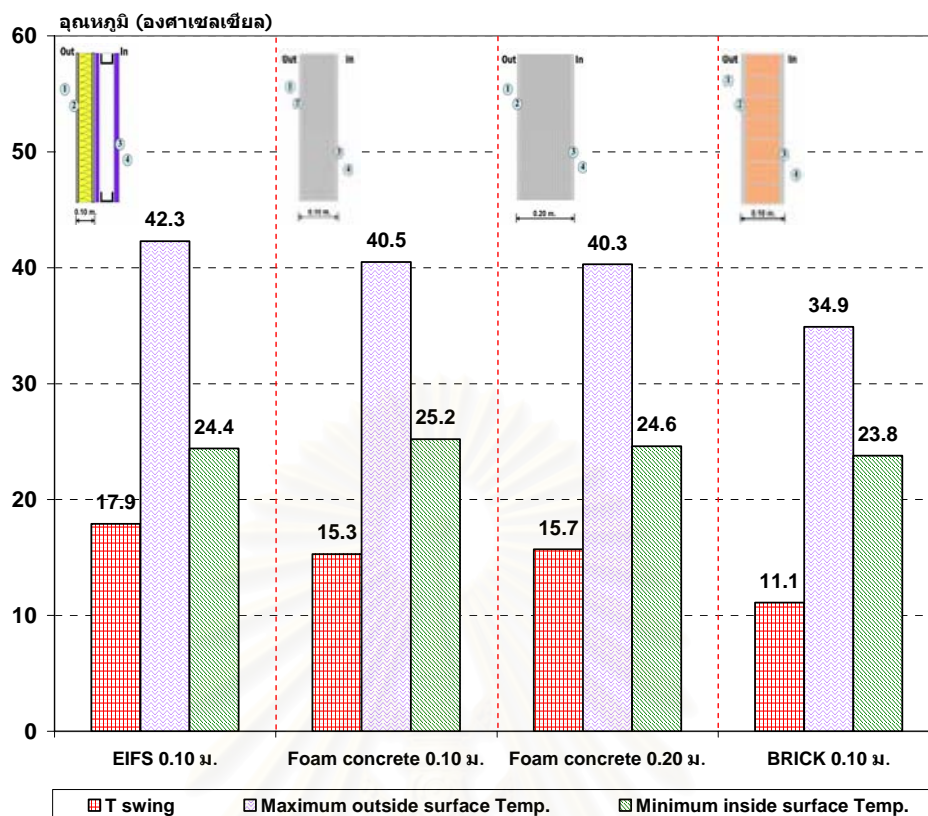
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### อิทธิพลของมวลสารต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อน



แผนภูมิที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุผนังทดลองทั้ง 4 ชนิด

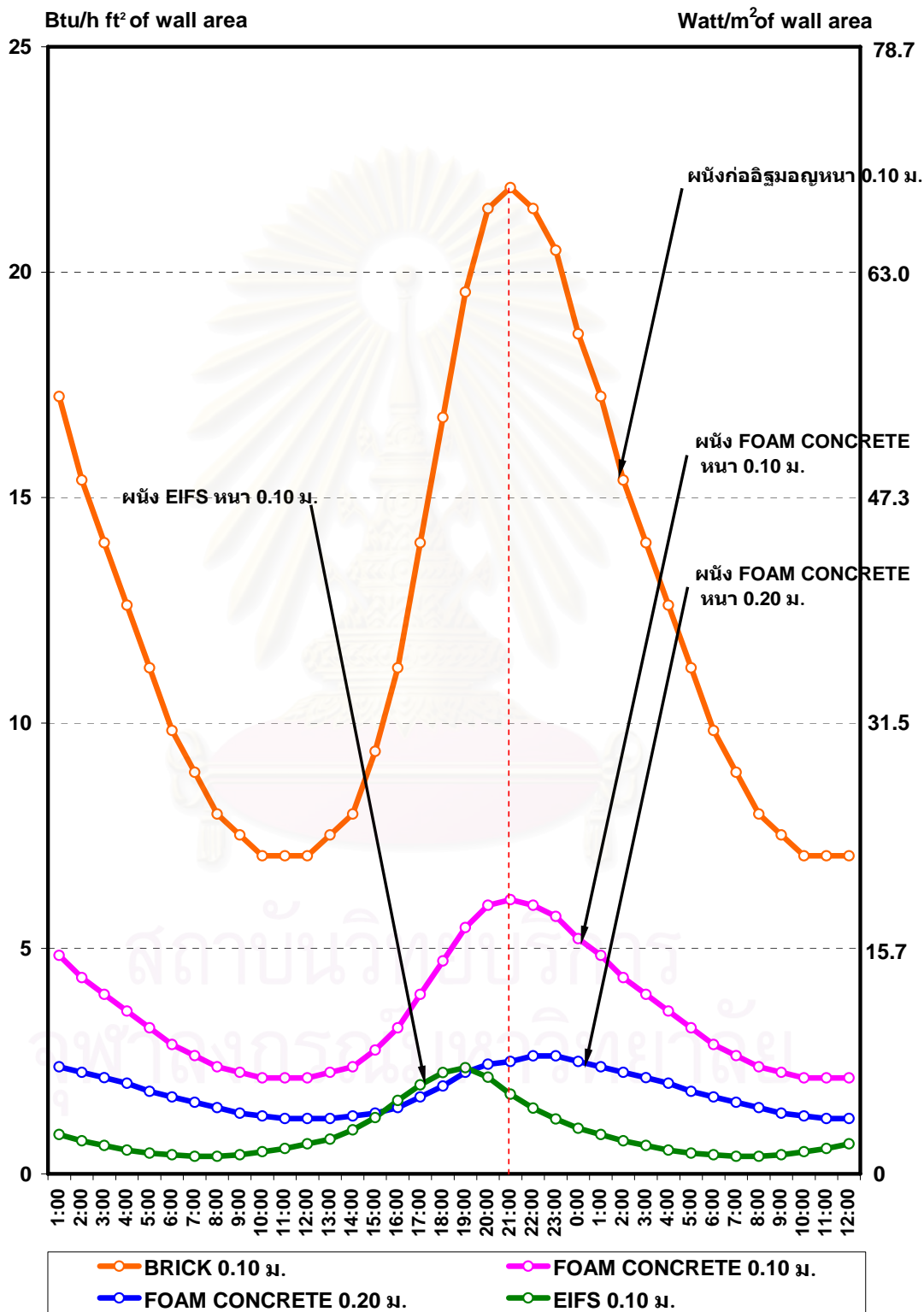
เมื่อพิจารณาถึงค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุผนังทดลอง พบว่าการผสมผสานมวลสารเพื่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนนั้น เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนสู่ภายใน (Heat flow in) ในการควบคุมให้ผิวผนังภายในให้คงที่ทำได้โดยการผสมผสานวัสดุที่มีค่าความเป็นฉนวนสูงวัสดุพบว่า วัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร มีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนสูงสุดคือ 4 ชั่วโมง เนื่องจากตัววัสดุเป็นมีค่าความเป็นฉนวนสูงทำให้การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในเป็นไปได้ช้า รองลงมาคือ วัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร, วัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร และวัสดุผนังก่ออิฐมวลฉนวนปูนหนา 0.10 เมตร ตามลำดับ



แผนภูมิที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบ Temperature Swing ของผิวภายนอกและผิวภายในวัสดุผนังทดลองทั้ง 4 ชนิดของอาคารที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาถึงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายนอกและผิวภายในของวัสดุผนังทดลอง พบว่าวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายนอกและผิวภายในมากที่สุดคือ 17.9 องศาเซลเซียส รองลงมาคือวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร, วัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร และวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร ตามลำดับ ซึ่งผลดังกล่าวสัมพันธ์กับการปรับอากาศในตอนกลางวัน เครื่องปรับอากาศต้องทำงานหนักเพื่อลดอุณหภูมิผิววัสดุผนังภายในและปรับลดอุณหภูมิภายใน ในช่วงเวลากลางคืนที่อุณหภูมิผิวผนังภายนอกลดลงทำให้อุณหภูมิภายในลดลงซึ่งส่งผลต่อ Thermostat ของเครื่องปรับอากาศจะทำงานน้อยลงและส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณความชื้นภายในอากาศภายในได้

4.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและเปรียบเทียบการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศของอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างกันที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

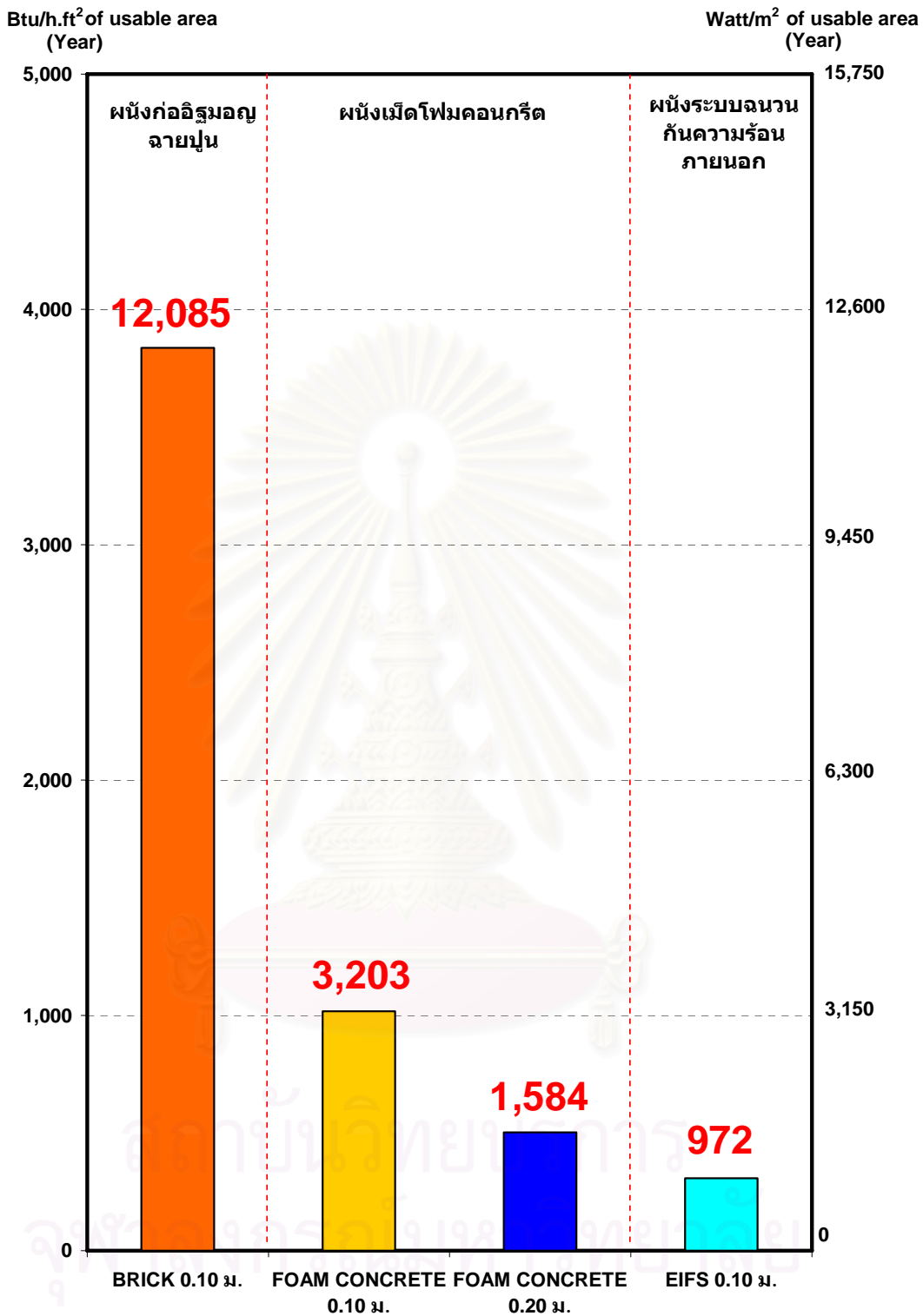


แผนภูมิที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังทดลองชนิดต่าง ๆ ด้านทิศตะวันตกของเดือนเมษายน ปี 2550

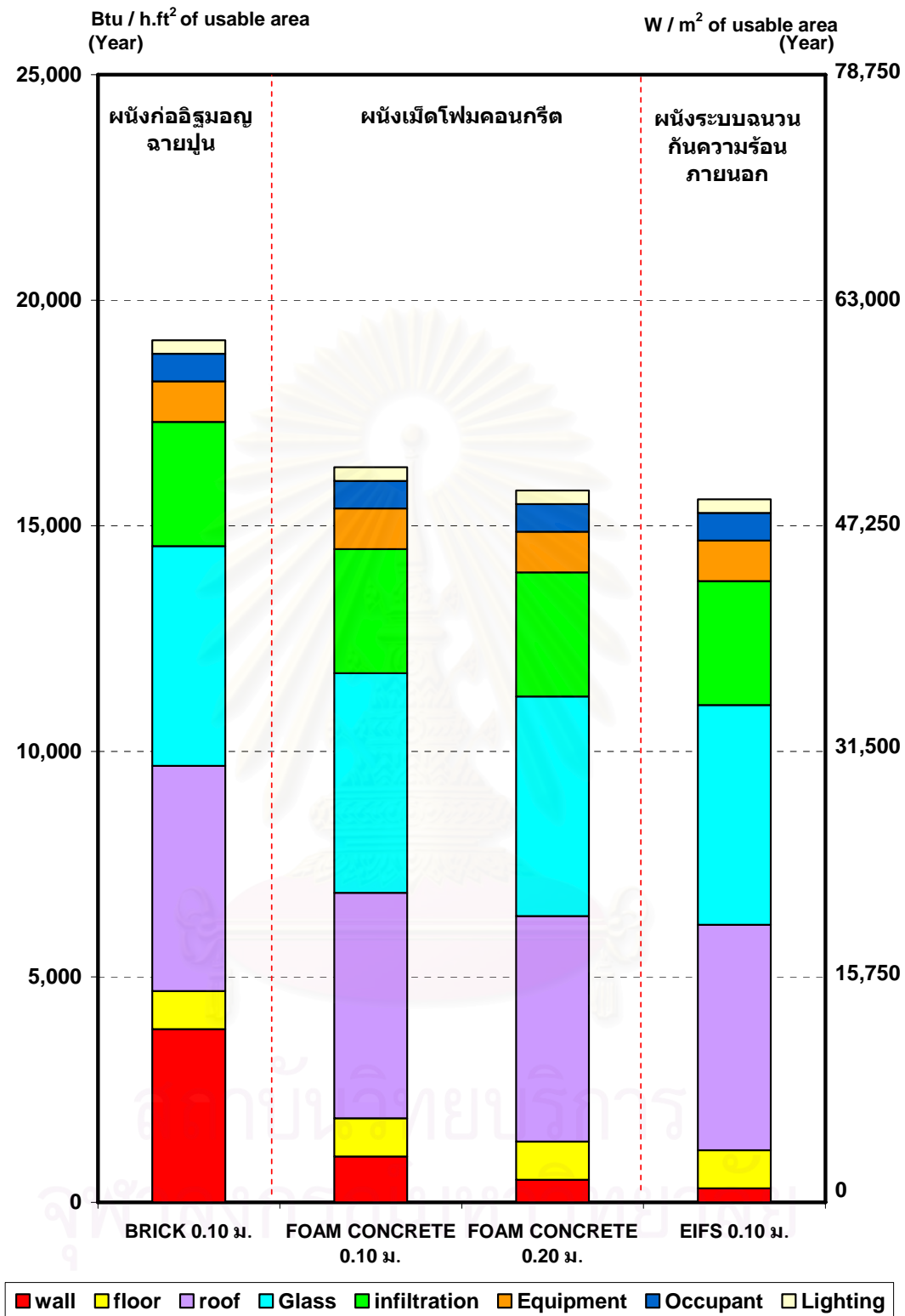
แผนภูมิที่ 4.38 แสดงอัตราเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนัง ทดลองชนิดต่าง ๆ ที่เข้าสู่ภายในอาคารบ้านพักอาศัยด้านทิศตะวันตกในเดือนเมษายน ปี 2550 (เป็นการคำนวณเปรียบเทียบสัดส่วนการถ่ายเทความร้อนจากการทดลองจริง) พบว่าผนังก่ออิฐมวลฉนวนปูนหนา 0.10 เมตร จะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้ามาภายในอาคารมากที่สุด โดยมีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้ามาสูงสุดประมาณ 22.5 บีทียูต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (70.9 วัตต์ต่อตารางเมตร) เมื่อเวลา 21.00น. รองลงมาคือ ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร มีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้ามาสูงสุดประมาณ 6.5 บีทียูต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (20.5 วัตต์ต่อตารางเมตร) เมื่อเวลา 21.00น. และ ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร โดยมีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้ามาสูงสุดประมาณ 3.0 บีทียูต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (9.5 วัตต์ต่อตารางเมตร) เมื่อเวลา 22.30 น. ในขณะที่ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกEIFS หนา 0.10 เมตร นั้นจะมีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้ามาสูงสุดเมื่อเวลา 19.00 น. ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกมีค่าน้อยที่สุดตลอดเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับผนังชนิดอื่น ๆ ยกเว้นในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 19.00 น. ที่มีการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าผนังโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร เล็กน้อย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





แผนภูมิที่ 4.39 แสดงการเปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็น Cooling load ที่เกิดจากวัสดุผนังที่ต่างกันตลอดทั้งปี

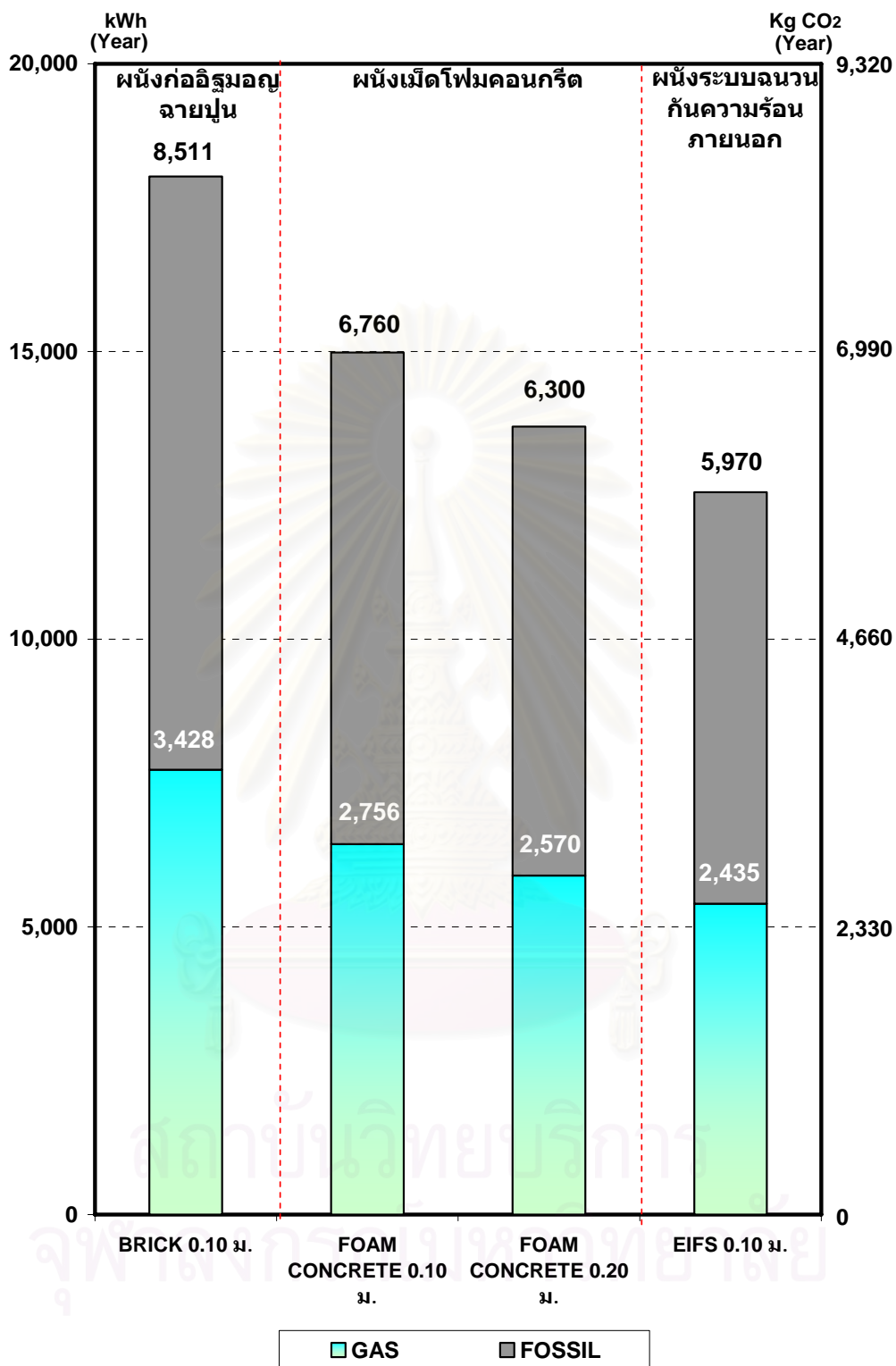


แผนภูมิที่ 4.40 แสดงการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานรวมตลอดทั้งปี  
ของอาคารบ้านพักอาศัยที่มีการใช้วัสดุผนังที่แตกต่างกัน

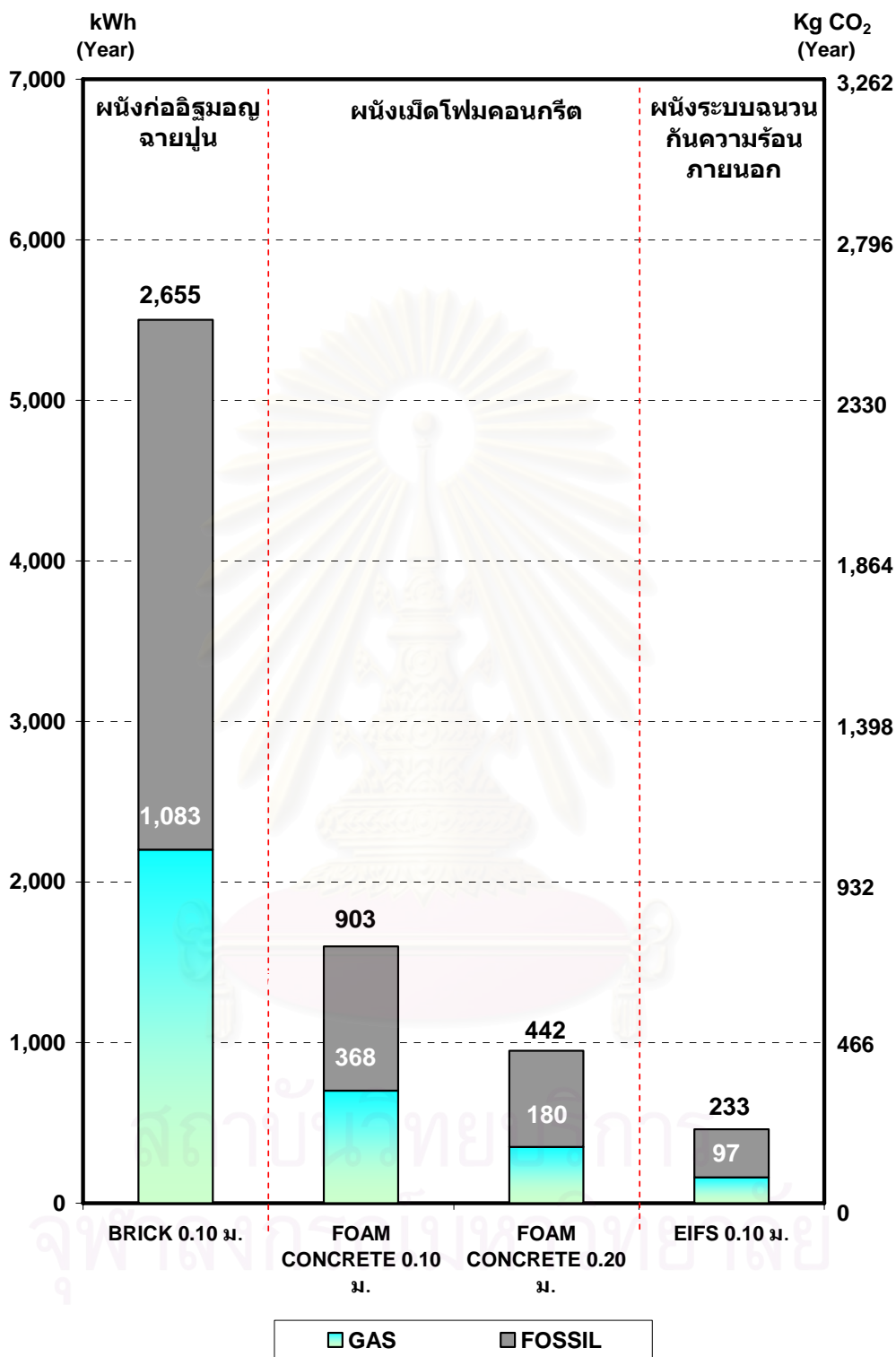
เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าภาระการทำความเย็น (Cooling load) ที่เกิดจากวัสดุผนังที่แตกต่างกัน เฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอยรวมทั้งปี 2550 พบว่าผนังที่มีค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดคือ ผนังก่ออิฐมวลเบาปูนหนา 0.10 เมตร มีค่าประมาณ 3,836.5 ปีที่ผูกต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (12,085.1 วัตต์ต่อตารางเมตร) รองลงมาคือ ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร มีค่าประมาณ 1,016.8 ปีที่ผูกต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (3,202.9 วัตต์ต่อตารางเมตร), ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร มีค่าประมาณ 502.8 ปีที่ผูกต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (1,583.8 วัตต์ต่อตารางเมตร) และผนังระบบกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร มีค่าประมาณ 308.6 ปีที่ผูกต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (972.1 วัตต์ต่อตารางเมตร) ตามลำดับ

แผนภูมิที่ 4.40 แสดงการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานรวมตลอดทั้งปีภายในอาคารบ้านพักอาศัยที่มีการใช้วัสดุผนังที่แตกต่างกัน (เป็นการคำนวณพลังงานรวม ซึ่งกำหนดกิจกรรมต่าง ๆ ภายในบ้านคงที่ รวมถึงการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและจำนวนผู้อยู่อาศัยเท่ากันทุกอาคาร โดยมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะวัสดุผนังอาคารเท่านั้น) พบว่าอาคารที่มีค่าการใช้พลังงานรวมสูงสุดคือ อาคารที่ก่อสร้างด้วยผนังก่ออิฐมวลเบาปูนหนา 0.10 เมตร มีค่าประมาณ 19,115.6 ปีที่ผูกต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (60,214.1 วัตต์ต่อตารางเมตร) รองลงมาคือ ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร มีค่าประมาณ 16,295.9 ปีที่ผูกต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (51,332.1 วัตต์ต่อตารางเมตร), ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร มีค่าประมาณ 15,781.9 ปีที่ผูกต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (49,713.1 วัตต์ต่อตารางเมตร) และผนังระบบกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร มีค่าประมาณ 15,187.3 ปีที่ผูกต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (47,840.1 วัตต์ต่อตารางเมตร) ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Kg CO<sub>2</sub>) ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ ต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลและก๊าซธรรมชาติ (kWh) ของอาคารพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังต่าง ๆ กันตลอดทั้งปี



แผนภูมิที่ 4.42 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Kg CO<sub>2</sub>) ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ ต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลและก๊าซธรรมชาติ (kWh) ของวัสดุผนังต่าง ๆ กันตลอดทั้งปี



แผนภูมิที่ 4.41 แสดงการปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ (Kg CO<sub>2</sub>) ต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลและก๊าซธรรมชาติ(kWh) ของอาคารพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังต่าง ๆ กันตลอดทั้งปี พบว่าอาคารที่มีค่าการปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศสูงสุดคือ อาคารที่ก่อสร้างด้วยผนังก่ออิฐมวลเบาปูนหนา 0.10 เมตร (8,511 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือ 3,470 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยก๊าซธรรมชาติ) รองลงมาคือ ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร (6,760 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือ 2,756 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยก๊าซธรรมชาติ), ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร (6,300 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือ 2,570 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยก๊าซธรรมชาติ) และผนังระบบกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร (5,970 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือ 2,435 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยก๊าซธรรมชาติ) ตามลำดับ

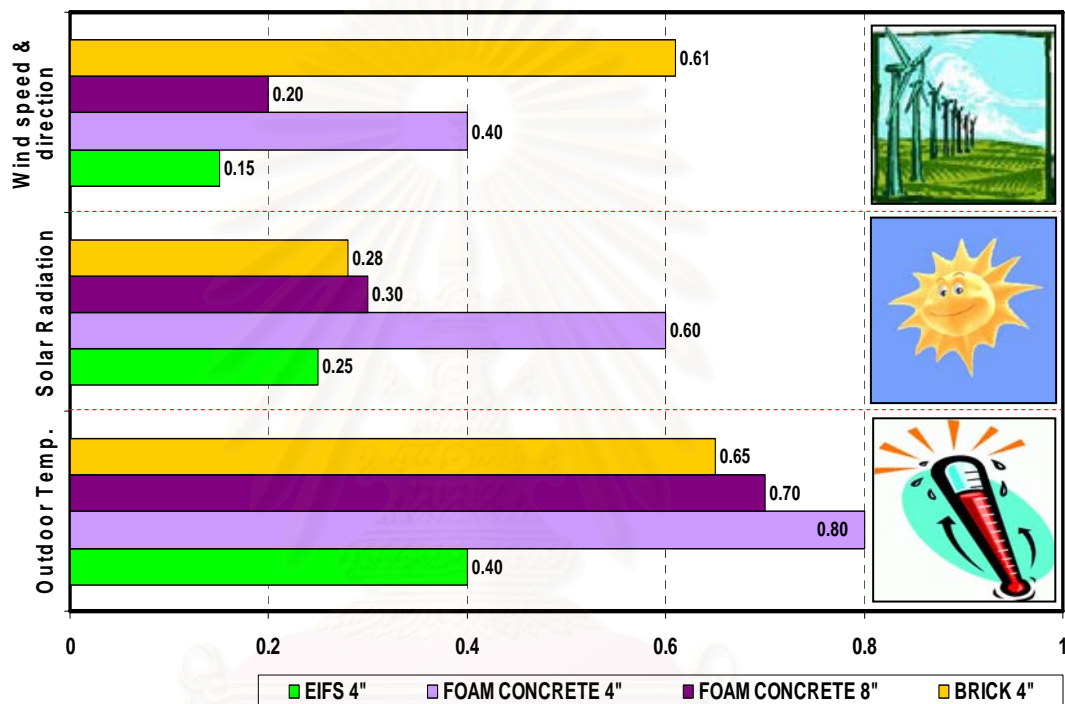
เมื่อพิจารณาเฉพาะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ (KgCO<sub>2</sub>) ต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลและก๊าซธรรมชาติ(kWh)ที่เกิดจากวัสดุผนังต่าง ๆ กันตลอดทั้งปี จากแผนภูมิที่ 4.42 พบว่าผนังที่มีค่าการปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศสูงสุดคือ ผนังก่ออิฐมวลเบาปูนหนา 0.10 เมตร (2,655 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือ 1,083 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยก๊าซธรรมชาติ) รองลงมาคือ ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร (903 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือ 368 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยก๊าซธรรมชาติ), ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร (442 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือ 180 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยก๊าซธรรมชาติ) และผนังระบบกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร(233 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือ 97 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยก๊าซธรรมชาติ) ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

### 5.1 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่อิทธิพลต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน

จากผลการทดลองพบว่าปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่อิทธิพลต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนมากที่สุดคือ อุณหภูมิอากาศภายนอก รองลงมาคือ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และ ความเร็วและทิศทางลม



แผนภูมิที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่อิทธิพลต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ

#### 5.1.1 อุณหภูมิอากาศภายนอก

อุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่อิทธิพลสูงสุดต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ เมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงขึ้นจึงก่อให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในอย่างรุนแรง (Temperature Swing) ส่งผลให้อุณหภูมิผิวภายในสูงขึ้น โดยวัสดุผนังที่มีค่าความเป็นฉนวนที่สูงกว่าจะมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงกว่าวัสดุผนังที่มีค่าความเป็นฉนวนที่ต่ำ เนื่องจากความร้อนสามารถถ่ายเทผ่านวัสดุผนังได้น้อยจึงสะสมอยู่บริเวณผิวภายนอก และผิวของวัสดุที่มีมวลสารมากกว่าจะมีอุณหภูมิผิวภายนอกที่ต่ำกว่าเพราะมวลสารของวัสดุผนังช่วยในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน เปรียบเทียบจากผิวผนังลักษณะเดียวกัน

### 5.1.2 รังสีดวงอาทิตย์

อิทธิพลการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผนังอาคารทำมุมกับวงโคจรของดวงอาทิตย์ส่งผลต่อการเพิ่มอุณหภูมิผิวผนังภายนอกของผนังชนิดต่าง ๆ ทำให้ทิศที่โดนรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงมีค่าถ่ายเทความร้อนสูงกว่าผนังทางด้านที่ไม่โดนรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง ดังนั้นในการออกแบบอาคารให้เปลือกอาคารไม่ถูกรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง ลดปริมาณรังสีกระจาย (Diffuse Solar Radiation) และสะท้อนจากผิวรอบข้าง จะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนสู่อาคารได้

### 5.1.3 ความเร็วและทิศทางลม

การศึกษาความเร็วลมและทิศทางพบว่าส่งผลต่ออุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ร้อนในเวลากลางวัน เนื่องจากเกิดการพาความร้อนจากผิวผนังสู่อากาศจึงช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายใน

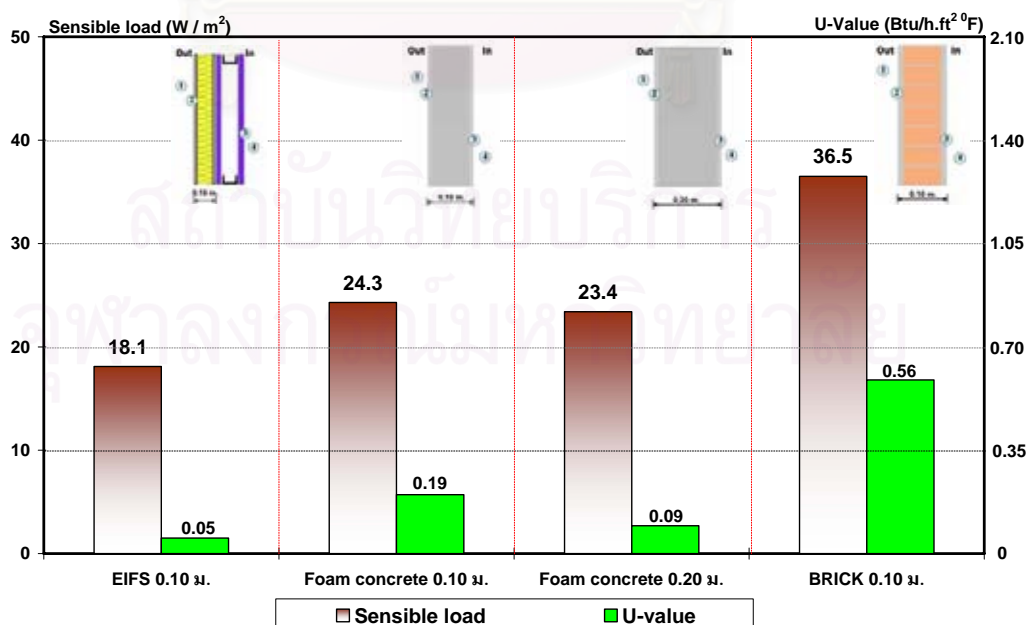
## 5.2 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ

จากการทดลองพบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ มีดังนี้

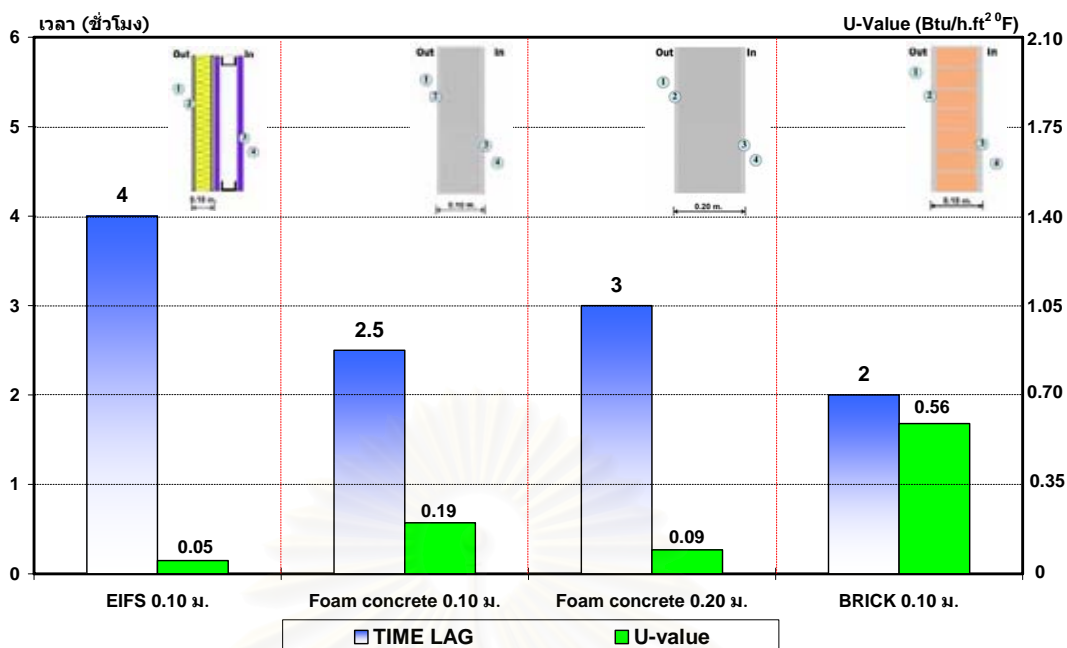
5.2.1 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ โดยค่าการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าสูงเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูง

5.2.2 ค่าต้านทานความร้อน (R-value) ของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนกลับของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน โดยค่าการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าสูงเมื่อค่าต้านทานความร้อนต่ำ

### 5.2.3 อิทธิพลของการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ



แผนภูมิที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าการถ่ายเทความร้อนกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ

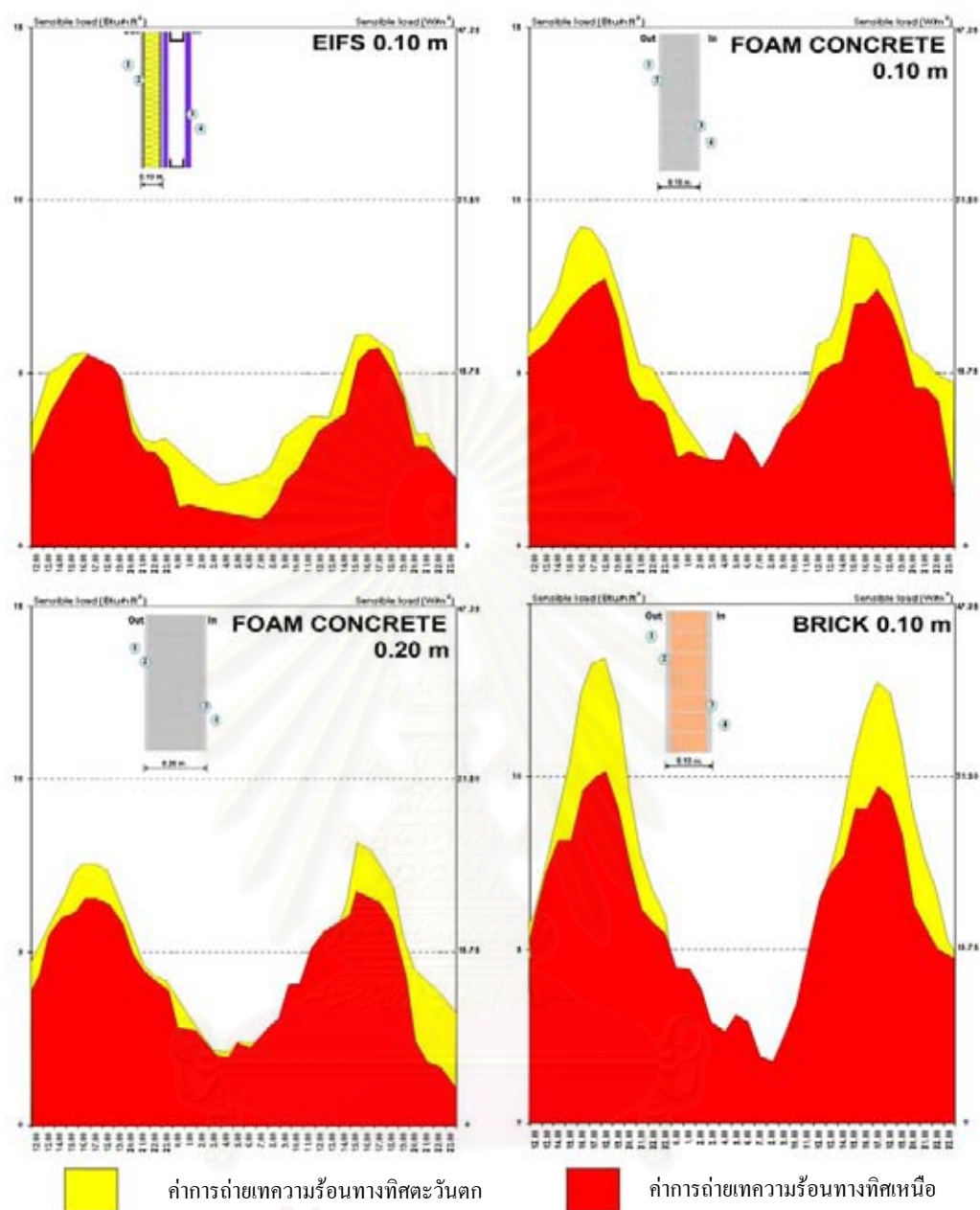


แผนภูมิที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ

แผนภูมิที่ 5.2-5.3 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าการถ่ายเทความร้อนและค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองจริง พบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าต่ำ และค่าการถ่ายเทความร้อนสูงเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าสูงตามกัน ส่วนความสัมพันธ์ของค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ นั้นมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้าม คือ เมื่อวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำจะมีค่าหน่วงเหนี่ยวความร้อนสูง

#### 5.2.4 ทิศทางของผนังอาคาร

ในการทดลองครั้งนี้พบว่า ทิศทางของผนังอาคารทั้ง 4 ชนิดที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนมากที่สุดคือ ผนังทางทิศตะวันตก รองลงมาคือ ผนังทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศที่มีอิทธิพลน้อยที่สุดคือ ผนังทางทิศเหนือ โดยวัสดุที่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนสูงนั้นมีความแตกต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ ส่วนวัสดุที่มีมวลสารมากมีความแตกต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนสูง



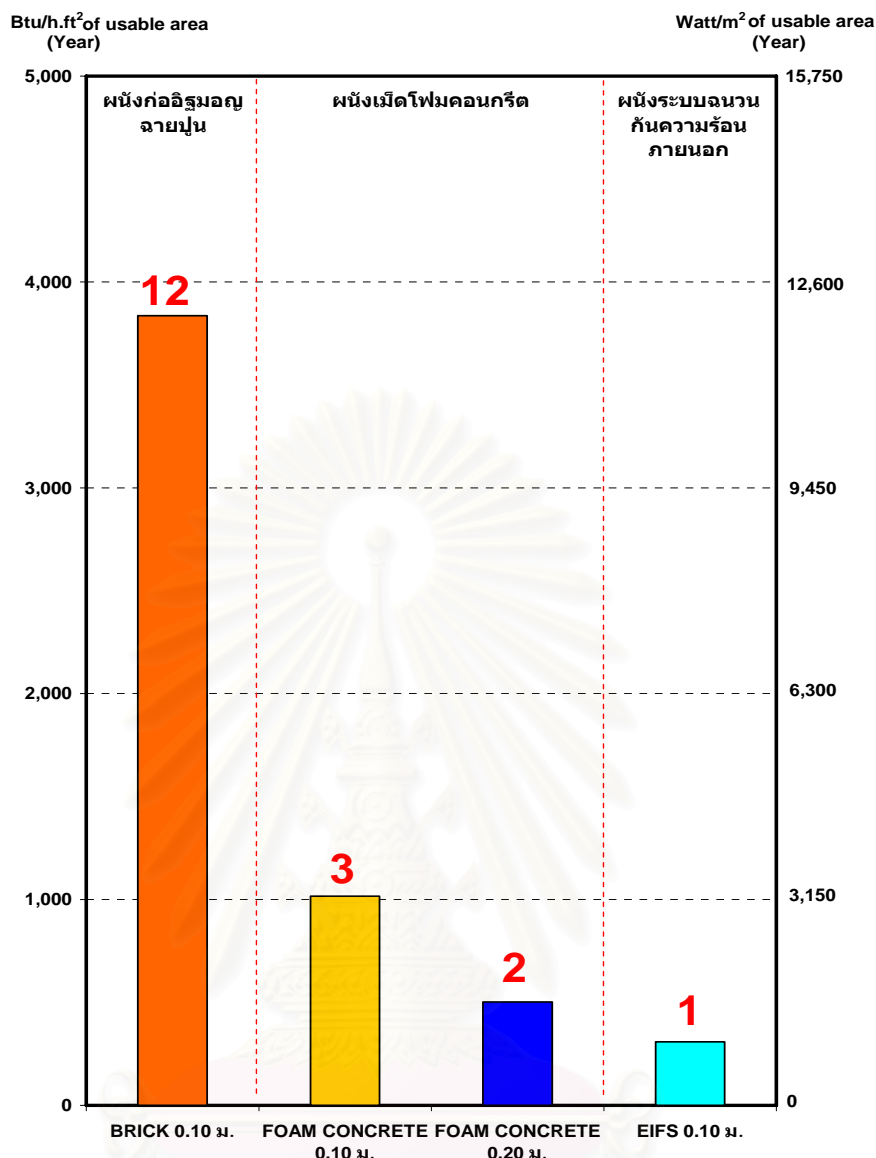
แผนภูมิที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ ทางทิศตะวันตกและทิศเหนือ

แผนภูมิที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ จากการทดลองจริงทางทิศตะวันตกและทิศเหนือ ซึ่งเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนมากที่สุดและน้อยที่สุด พบว่าผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร มีความแตกต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย 2 วัตต์ต่อตารางเมตร, ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร มีความแตกต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย 6 วัตต์ต่อตารางเมตร, ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร มีความแตกต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย 5 วัตต์ต่อตารางเมตร และผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร มีความแตกต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย 10 วัตต์ต่อตารางเมตร



### 5.3 ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและเปรียบเทียบการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศของอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างกัน

จากผลคำนวณประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของวัสดุผนังทดลองทั้ง 4 ชนิดของอาคารพักอาศัย และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ ( $\text{KgCO}_2$ ) พบว่าวัสดุผนังที่มีมวลสารมากจะมีค่าภาระการทำความเย็นมากกว่าวัสดุผนังที่มีมวลสารปานกลาง และวัสดุผนังที่มีมวลสารน้อย ตามลำดับ โดยวัสดุผนังที่มีค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดคือ ผนังก่ออิฐมวลเบาปูนหนา 0.10 เมตร มีค่าประมาณ 3,836.5 ปีที่ยุติชั่วโมงต่อตารางฟุต (12,085.1 วัตต์ต่อตารางเมตร) รองลงมาคือ ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร มีค่าประมาณ 1,016.8 ปีที่ยุติชั่วโมงต่อตารางฟุต (3,202.9 วัตต์ต่อตารางเมตร), ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร มีค่าประมาณ 502.8 ปีที่ยุติชั่วโมงต่อตารางฟุต (1,583.8 วัตต์ต่อตารางเมตร) และผนังระบบกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร มีค่าประมาณ 308.6 ปีที่ยุติชั่วโมงต่อตารางฟุต (972.1 วัตต์ต่อตารางเมตร) ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบเป็นอัตราส่วน 12, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาค่าภาระการทำความเย็นรวมทั้งอาคารพักอาศัย (พื้นผนัง หลังคา ช่องเปิด คน เครื่องใช้ไฟฟ้า ไฟฟ้าแสงสว่าง และการรั่วซึมของอากาศ) แล้วจะมีค่าใกล้เคียงกัน อันเนื่องจากอิทธิพลจากตัวแปรอื่น ๆ ของอาคาร ได้แก่ หลังคา และช่องเปิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่าภาระการทำความเย็นภายในอาคาร ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศนั้นแปรผันตามปริมาณพลังงานที่เกิดขึ้นในอาคาร โดยอาคารที่ค่าเทียบเท่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศสูงสุดทั้งปีคือ คือ อาคารที่ก่อสร้างด้วยผนังก่ออิฐมวลเบาปูนหนา 0.10 เมตร (8,511 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือ 3,470 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยก๊าซธรรมชาติ) รองลงมาคือ ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.10 เมตร (6,760 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือ 2,756 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยก๊าซธรรมชาติ), ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร (6,300 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือ 2,570 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยก๊าซธรรมชาติ) และน้อยที่สุดคือ ผนังระบบกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร (5,970 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือ 2,435 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยก๊าซธรรมชาติ) ซึ่งจะเห็นได้ว่าอาคารที่มีการใช้พลังงานสูงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศนั้นจะสูงตามกัน

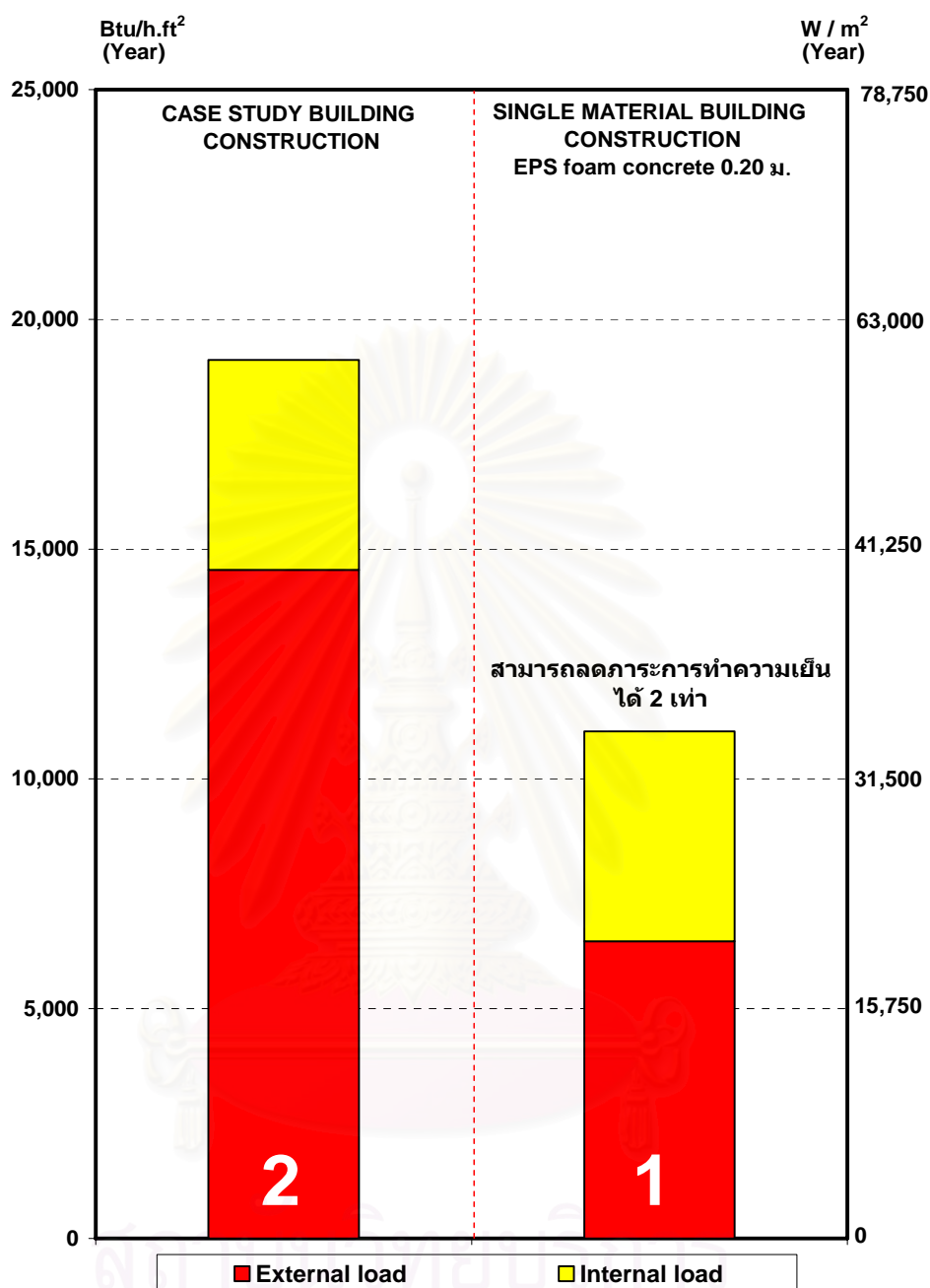


แผนภูมิที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนค่าภาระการทำความร้อน Cooling load ที่เกิดจากวัสดุผนังที่แตกต่างกัน

#### 5.4 การประยุกต์ใช้ในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุผนัง

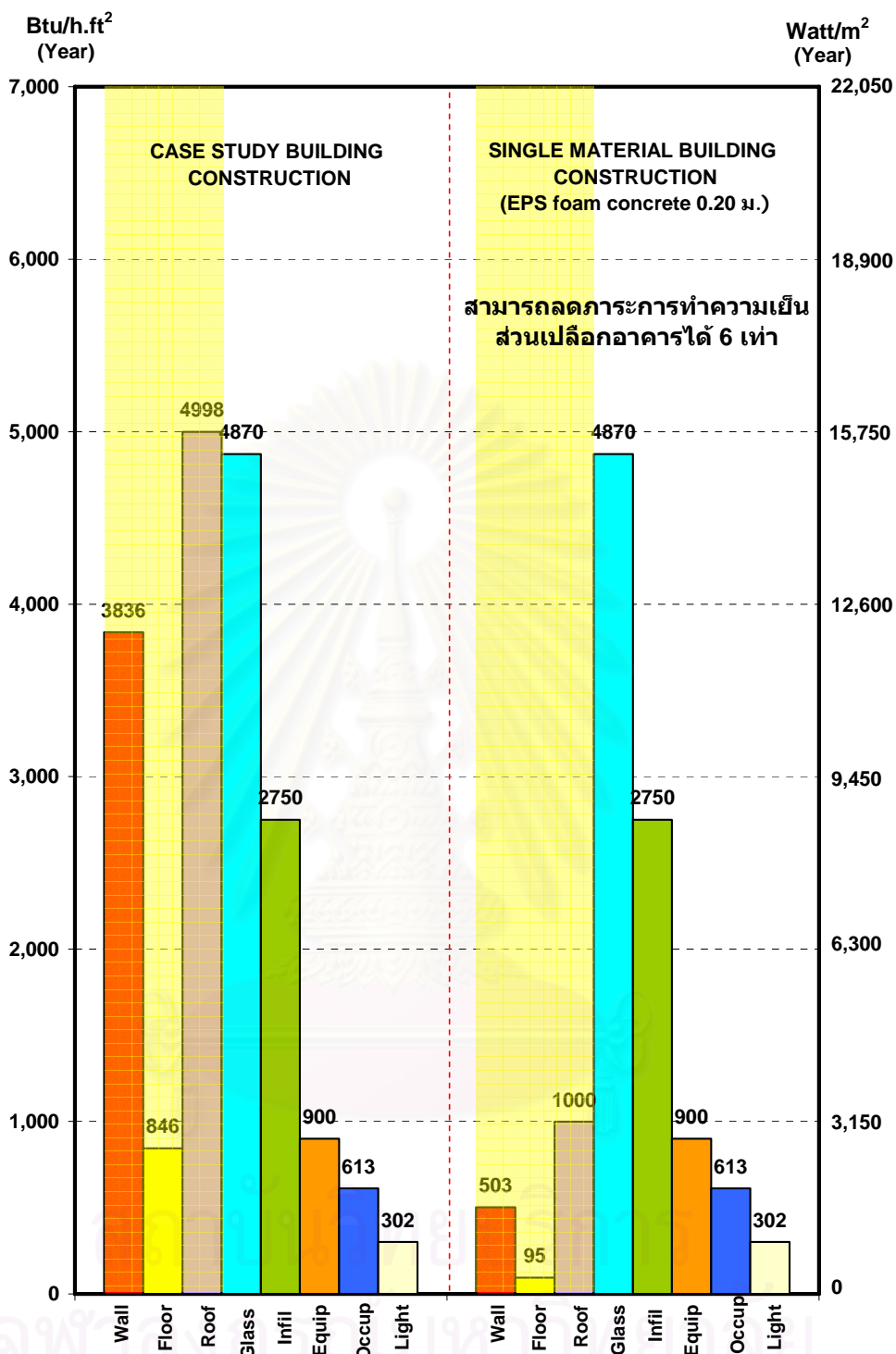
เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานรวมของอาคารจากการคำนวณผลจากการทดลอง พบว่ามีค่าการใช้พลังงานใกล้เคียงกัน เนื่องจากอิทธิพลจากตัวแปรอื่นๆ ของอาคาร ได้แก่ หลังคา พื้นและช่องเปิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่าภาระการทำความร้อนภายในอาคาร ทำให้เกิดแนวคิดในการประยุกต์เปลือกอาคารชนิดเดียวกันในการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยเพื่อการประหยัดพลังงาน ซึ่งพบว่าวัสดุที่มีคุณสมบัติที่เป็นทั้งฉนวน (ใกล้เคียงกับผนังระบบกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 0.10 เมตร) เปลือกอาคารและผนังรับน้ำหนัก (Load bearing wall system) คือ วัสดุเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษากับก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นเม็ดโฟมคอนกรีต ดังนี้

## 5.4.1 ด้านประหยัดพลังงาน



แผนภูมิที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบพลังงานรวมตลอดทั้งปี ของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษากับอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร

แผนภูมิที่ 5.6 แสดงการคำนวณเปรียบเทียบพลังงานรวมตลอดทั้งปีของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษากับอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้เม็ดโฟมคอนกรีตเป็นเปลือกอาคาร พบว่าอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 0.20 เมตร สามารถลดค่าการใช้พลังงานถึง 8,100 บีทียูต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (25,515 วัตต์ต่อตารางเมตร) หรือประมาณ 2 ตัน เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาที่มีการก่อสร้างแบบก่ออิฐฉาบปูนทั่วไปทั้งอาคาร

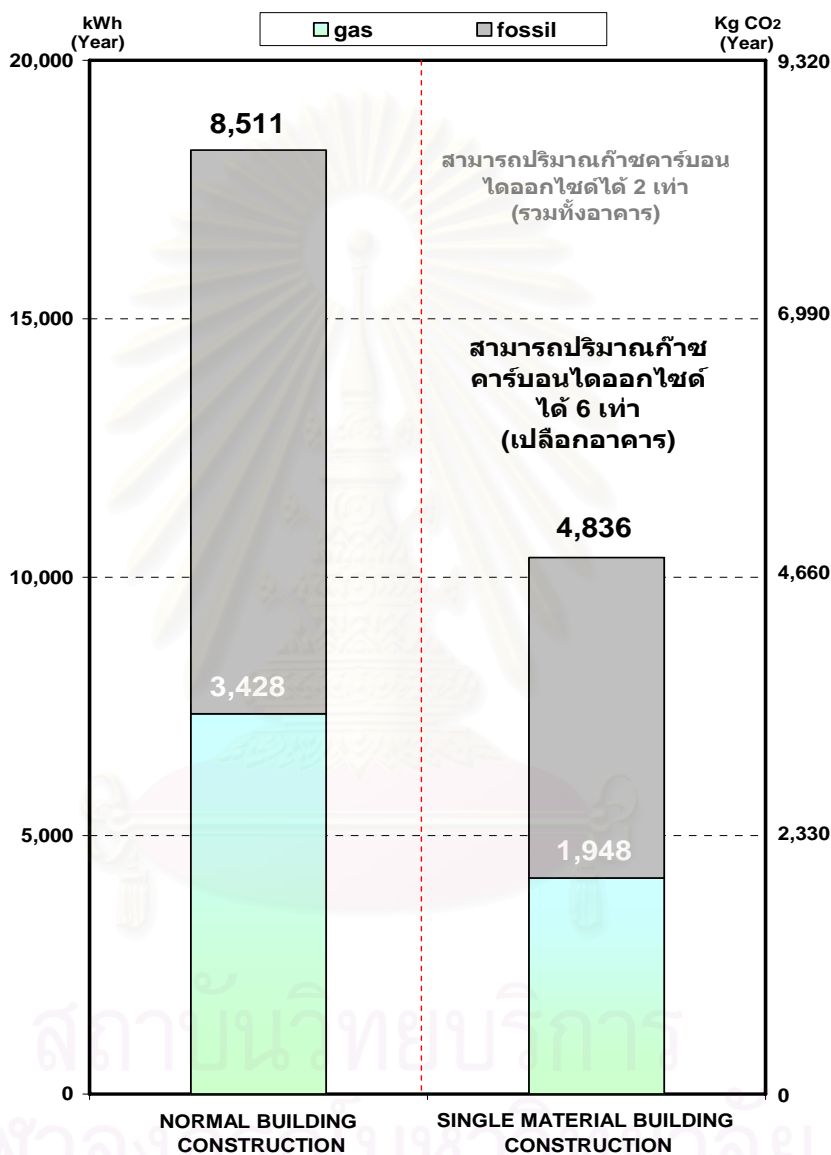


แผนภูมิที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าการแจกแจงการใช้พลังงานต่อพื้นที่ต่อปีของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษากับอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร

แผนภูมิที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าการแจกแจงการใช้พลังงานต่อพื้นที่ต่อปีของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษากับอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร พบว่า อาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นวัสดุเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร สามารถลดค่าการใช้พลังงานที่เกิดจากเปลือกอาคารถึง 6 เท่า โดยสามารถลดพลังงานใน

ส่วนผนังอาคารถึง 3,333 ปีที่ยุติชั่วโมงต่อตารางฟุต (10,500 วัตต์ต่อตารางเมตร) หรือประมาณ 6.5 เท่า, ส่วนพื้นอาคารถึง 751 ปีที่ยุติชั่วโมงต่อตารางฟุต (2,365.6 วัตต์ต่อตารางเมตร) หรือประมาณ 7.5 เท่า และส่วนหลังคาอาคารถึง 3,998 ปีที่ยุติชั่วโมงต่อตารางฟุต (12,593.7 วัตต์ต่อตารางเมตร) หรือประมาณ 4 เท่า

5.4.2 ด้านปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ



แผนภูมิที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (KgCO<sub>2</sub>) ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ ต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลและก๊าซธรรมชาติ (kWh) ของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษากับอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร

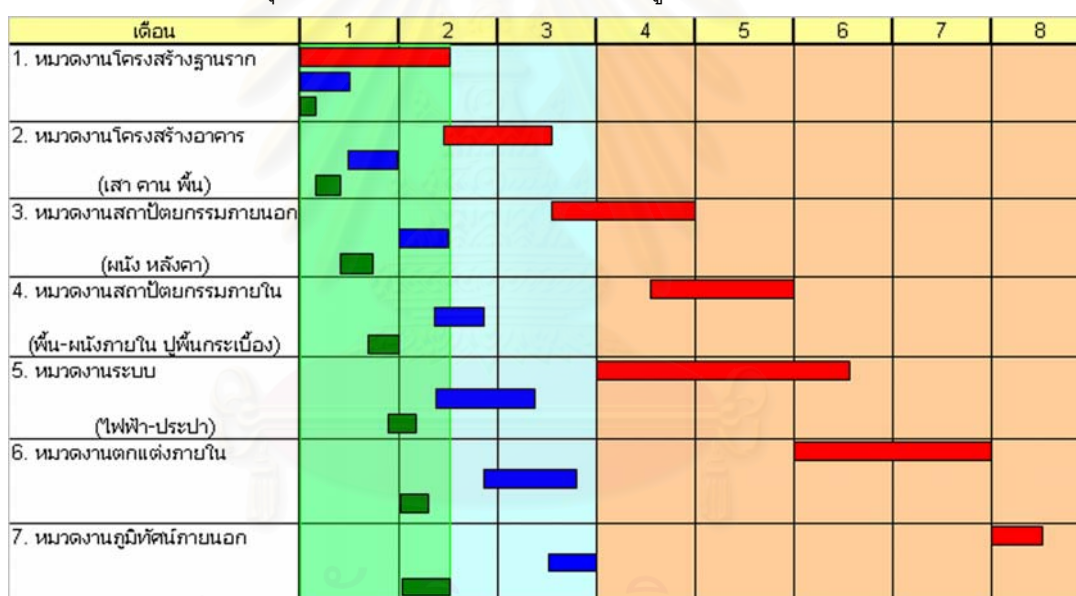
จากแผนภูมิ 5.8 แสดงเปรียบเทียบการใช้พลังงานและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (KgCO<sub>2</sub>) ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ ต่อการผลิตไฟฟ้าของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษากับอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร พบว่า มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (KgCO<sub>2</sub>) ที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้น



บรรยากาศมากกว่าการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาถึง 2 เท่า (3,675 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือ 1,498 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์โดยก๊าซธรรมชาติ) ของการปลดปล่อยมวลรวมทั้งอาคาร และ 6 เท่าของการปลดปล่อยจากส่วนของเปลือกอาคารอาคาร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาที่มีการก่อสร้างแบบก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป

#### 5.4.3 ด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง

เมื่อพิจารณาการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยพบว่า โดยทั่วไปการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 7-8 เดือน แต่การก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตรใช้เวลาก่อสร้างประมาณ 3 เดือน เนื่องจากการก่อสร้างประเภทนี้ลดขั้นตอนหลายขั้นตอนในการก่อสร้าง เช่น การลดจำนวนวัสดุในการก่อสร้าง ลดจำนวนโครงสร้าง และลดขั้นตอนการผลิต รวมถึงลดต้นทุนในการขนส่งวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากสามารถในวัสดุชนิดเดียวในการก่อสร้าง ดังแผนภูมิที่ 5.9



- อาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา
- อาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นเม็ดโฟมคอนกรีต (ก่อ-ฉาบ)
- อาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นเม็ดโฟมคอนกรีต (สำเร็จรูป)

แผนภูมิที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาการก่อสร้างของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษากับอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร

จากแผนภูมิที่ 5.9 พบว่าการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร สามารถลดระยะเวลาในการก่อสร้างเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาได้ถึง 3 เท่า หรือประมาณ 5 เดือน (โดยอ้างอิงข้อมูลจากการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยจริงของโครงการโครงการ อีโค-สเฟียร์ เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา)



รูปที่ 5.1 แสดงการก่อสร้างตัวอย่างอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ขนาด 100 ตารางเมตร ที่มีเปลือกอาคารเป็นวัสดุโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร โดยสามารถลดระยะเวลาการก่อสร้างได้ถึง 3 เท่า (สถานที่ก่อสร้างในโครงการ อีโค-สเฟียร์ เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา วันที่ 2 เมษายน 2551)





รูปที่ 5.2 แสดงบรรยากาศการก่อสร้างตัวอย่างภายในอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ขนาด 100 ตารางเมตร ที่มีเปลือกอาคารเป็นวัสดุโพลีคอนกรีตหนา 0.20 เมตร (สถานที่ก่อสร้างในโครงการ อีโค-สเฟียร์ เขาใหญ่ จังหวัด นครราชสีมา วันที่ 4 พฤษภาคม 2551)

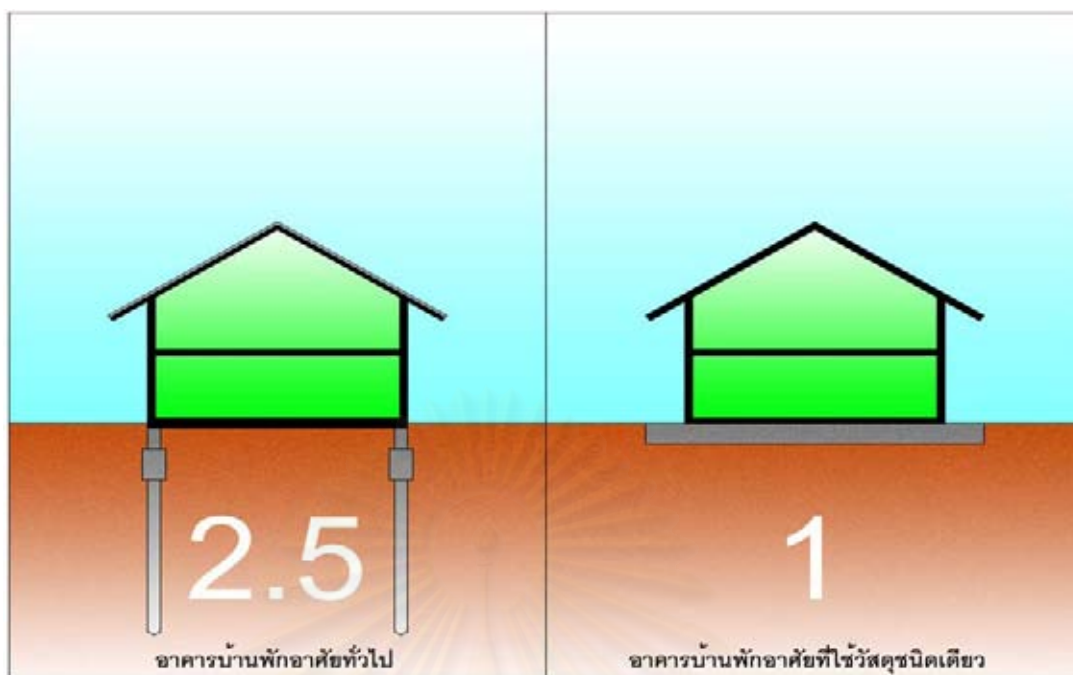


รูปที่ 5.3 แสดงบรรยากาศการก่อสร้างตัวอย่างภายนอกอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ขนาด 100 ตารางเมตร ที่มีเปลือกอาคารเป็นวัสดุโพลีคอนกรีตหนา 0.20 เมตร (สถานที่ก่อสร้างในโครงการ อีโค-สเฟียร์ เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา วันที่ 4 พฤษภาคม 2551)

#### 5.4.4 ด้านโครงสร้าง

เมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษานั้นถูกออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในอาคารบ้านพักอาศัย เช่น น้ำหนักบรรทุก และน้ำหนักจร ซึ่งน้ำหนักส่วนใหญ่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจากโครงสร้าง พื้น ผนัง และหลังคา โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยรวมโครงสร้างประมาณ 500-800 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ดังนั้นเมื่อประยุกต์ใช้วัสดุโพลีคอนกรีตหนา 0.20 เมตร มาเป็นเปลือกอาคาร (ผนัง พื้น และหลังคา) ของอาคารบ้านพักอาศัยโดยมีน้ำหนักเฉลี่ยรวมโครงสร้างประมาณ 300-500 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จะทำให้ลดได้ทั้งน้ำหนักและโครงสร้างของอาคารเมื่อคำนวณเปรียบเทียบกับน้ำหนักมวลรวมของอาคารทั้ง 2 ชนิด ดังรูปที่ 5.4





รูปที่ 5.4 แสดงการโครงสร้างของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาที่อาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็น  
เม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร



รูปที่ 5.5 แสดงโครงสร้างของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา (สถานที่ก่อสร้างในโครงการ อีโค-สเฟียร์ เขาใหญ่  
จังหวัดนครราชสีมา วันที่ 2 พฤษภาคม 2551)



ชนิดอาคาร	อัตราส่วนภาระการทำ ความเย็น (ส่วนเปลือกอาคาร)	ค่าภาระ การทำ ความเย็น ส่วนผนัง อาคาร (Btu/h.ft <sup>2</sup> ) *	ค่าภาระ การทำ ความเย็น ส่วนหลังคา อาคาร (Btu/h.ft <sup>2</sup> ) *	ค่าภาระ การทำ ความเย็น ส่วนพื้น อาคาร (Btu/h.ft <sup>2</sup> ) *	คุณสมบัติ การใช้ พลังงานของ อาคาร(ปรับ อากาศ 24 ชั่วโมง) *	อัตราส่วน การ ปลดปล่อย CO <sub>2</sub> สู่อากาศ (เปลือก อาคาร) *	อัตราส่วน ระยะเวลา ในการ ก่อสร้าง*	ขั้นตอนการ ผลิตวัสดุ	อัตราส่วน โครงสร้าง อาคาร*	น้ำหนัก เปลือก อาคารรวม โครงสร้าง (กก./ตร. ม.) *	หมายเหตุ
1. อาคาร บ้านพักอาศัย กรณีศึกษา (ก่ออิฐฉาบ ปูน)	6	3,836	4,998	846	อาคารมีการ ใช้พลังงานใน การปรับ อากาศสูง ตลอดทั้งวัน	6	3	ใช้วัสดุอย่าง น้อย 3-4 ชนิดสำหรับ เปลือก อาคาร	2.5	500 - 800	
2. อาคาร บ้านพักอาศัย ที่ใช้วัสดุ โฟมคอนกรีตหนา 0.20 ม. เป็นเปลือก อาคาร	1	503	1,000	95	อาคารมีการ ใช้พลังงานใน การปรับ อากาศต่ำ ตลอดทั้งวัน	1	1	ใช้วัสดุชนิด เดียวสำหรับ เปลือก อาคาร	1	300 - 500	-วัสดุเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 ม. มีคุณสมบัติความ เป็นฉนวนใกล้เคียงกับวัสดุ EIFS -วัสดุเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 ม. มีคุณสมบัติเป็น ผนังรับน้ำหนัก (Load bearing wall system)

\*อ้างอิงจากวิทยานิพนธ์หน้า 47, 48,133,134,135,138 และ139 รวมถึงอ้างอิงจากการคำนวณค่าภาระการทำ ความเย็น (CLTD) และอ้างอิงจากการก่อสร้างจากสถานที่จริง

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนต่าง ๆ ของอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษากับอาคารบ้านพักอาศัยที่มีเปลือกอาคารเป็นเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 0.20 เมตร

## 5.5 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาความเหมาะสมในการนำวัสดุผนังโคมคอนกรีตมาประยุกต์ใช้เป็นเปลือกอาคารสำหรับอาคารบ้านพักอาศัย มีข้อเสนอแนะเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาข้อมูลให้ดียิ่งขึ้นในอนาคตดังนี้

1. การศึกษาครั้งนี้พิจารณาเฉพาะอุณหภูมิในและภายนอกของวัสดุผนังเท่านั้น ซึ่งการวิจัยในอนาคตควรนำตัวแปรทางด้านอื่นที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนมาพิจารณาประกอบด้วย เช่น อุณหภูมิภายในเนื้อวัสดุ และความชื้น
2. การศึกษาในครั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่องเครื่องมือ และจำนวนของห้ววัดอุณหภูมิในอนาคตควรที่จะเพิ่มเครื่องมือในการวิจัยเพื่อให้สามารถเข้าใจพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนมากยิ่งขึ้น
3. เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ทำการทดลองในฤดูร้อนเท่านั้น ดังนั้นควรทำการศึกษาในฤดูฝน และฤดูหนาว เพื่อให้ทราบถึงอิทธิพลต่าง ๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนอุณหภูมิได้ดียิ่งขึ้น
4. การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความเข้าใจเฉพาะด้านการประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและการป้องกันความร้อนของอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างกันเท่านั้น ดังนั้นในการวิจัยในอนาคตควรนำปัจจัยทางด้านอื่น เช่น ประสิทธิภาพการป้องกันไฟ การนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุ (Recycle) คุณสมบัติด้านโครงสร้าง และราคาของวัสดุแต่ละชนิดมาพิจารณาเพิ่มเติมเพื่อเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น
5. การศึกษาครั้งนี้พิจารณาเฉพาะอาคารบ้านพักอาศัยที่มีการปรับอากาศภายในตลอด 24 ชั่วโมงเท่านั้น ซึ่งการวิจัยในอนาคตควรพิจารณาเปรียบเทียบกับสภาวะอื่น ๆ เช่น สภาวะไม่ปรับอากาศ และสภาวะปรับอากาศในช่วงเช้า-เย็น เพื่อความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

กมล ตรีบุตร. ทางเลือกพลังงานนิวเคลียร์. สารสภานิวเคลียร์ (มกราคม-กุมภาพันธ์ 2551): 6-7.  
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อ  
การอนุรักษ์พลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: แกรนด์ เพอร์ส แอนด์ แพคกิ้ง, 2547.

กัญญ์ พิเศษฐิติศิลป์. แนวทางการปรับปรุงผนังอาคารเดิมเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ชนิดา สืบพานิช. การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารที่มีมวลสสารน้อยในสภาพภูมิอากาศเขตร้อน  
ชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ณัฐกานต์ เกษประทุม. พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสสารมาก. วิทยานิพนธ์  
ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย, 2543.

รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ. อิทธิพลการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการผสมมวลสสารและฉนวนเข้า  
ด้วยกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิต  
วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

วรพันธุ์ กิจเจริญ. การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารที่มีมวลสสารมากในสภาพภูมิอากาศเขต  
ร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิต  
วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

วันเอก กิจสมใจ. ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญา  
โทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
, 2539.

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. เอกสาร  
เผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง การใช้ฉนวน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ:  
คอมฟอร์ม, 2543.

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กรม. อนุรักษ์  
พลังงาน, กอง. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพฯ: กองอนุรักษ์พลังงาน กรม  
พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536.

- สินีรัตน์ ภัทรรวมกุล. ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
- สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อสุขภาพชีวิตที่ดีกว่า. พิมพ์ครั้งที่  
1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- สุนทร บุญญาธิการ และคุณนีย์ มิ่งมงคล. การให้ฉนวน: เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคาร  
อนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและ  
สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2543.
- สุนทร บุญญาธิการ และคุณนีย์ มิ่งมงคล. การให้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.  
กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2543.
- สุนทร บุญญาธิการ และคณะ. พลังงานใกล้ตัว. กรุงเทพมหานคร: เพ็ชร์ ออฟ เซท (1993), 2545.
- สุนทร บุญญาธิการ. บ้านชีวชาติ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อคุณภาพชีวิตผลิตพลังงาน.  
กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. โครงการทำฐานข้อมูลผนังอาคารในประเทศไทยสำหรับการ  
ออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, พลังงาน, กระทรวง. สถานการณ์พลังงานปี 2549[Online].  
Available from: <http://www.energy.go.th/>[2006].
- อุทัย ศุภิสกุลวงศ์. การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของอาคารพักอาศัยใน  
เขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิต  
วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543

## ภาษาอังกฤษ

- Al Gore, Greenhouse gas[Online]. Available from: <http://www.climatecrisis.net/>[2006].
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1989  
ASHRAE Handbook of Fundamentals. I-P Edition. (n.p.) Atlanta Georgia, 1989.
- ASHRAE. Handbook of Fundamentals 2001. Georgia: American Society of Heating,  
Refrigeration and Air Conditioning Engineer, 2001.
- EPPO DOC, Electricity Consumption in MEA Area[Online]. Available from: <http://www.eppo.go.th/info/5electricitystat.htm>[2006, May 13].
- Fanger, P.O. Thermal Comfort. McGraw-Hill Book Company. United States, 1970.

Irene Addison, Climate Change and the Greenhouse Effect[Online]. Available from:

[http://www.coolwilliamstown.org/what\\_is.php](http://www.coolwilliamstown.org/what_is.php)[1996].

Kwang-Woo kim. Thermal Performance Simulation of Opaque Building Envelopes.

D.Arch. Dissertation, University of Michigan, 1984.

Lechner, N. Heating, Cooling, Lighting. New York: John Wiley&Sons. 1991.

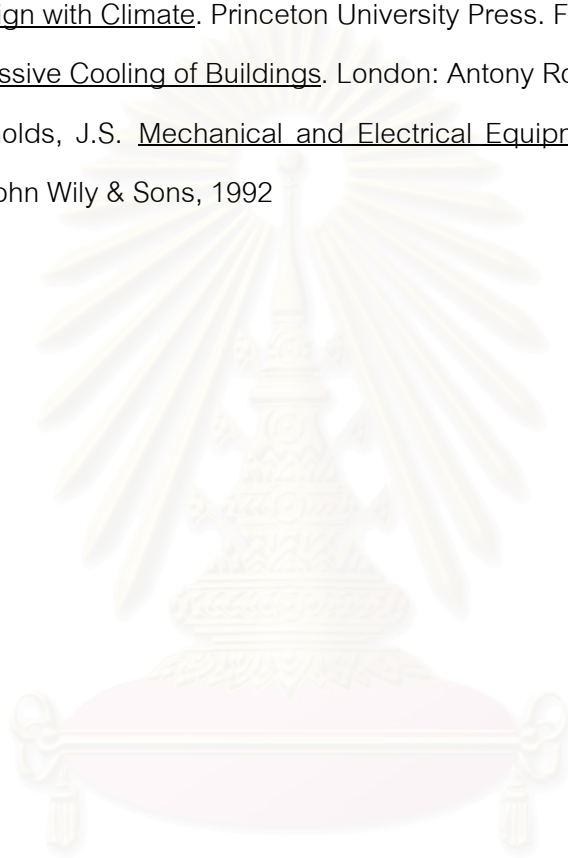
Moore, Fuller. Environmental control system. Singapore:McGraw-Hill. 1993.

Olgay, Victor. Design with Climate. Princeton University Press. Fourth Printing, 1973.

Santomouris, M. Passive Cooling of Buildings. London: Antony Rowle, 1996.

Stein, B., and Reynolds, J.S. Mechanical and Electrical Equipment for Building. 8th Edition.

New York: John Wily & Sons, 1992



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





**ภาคผนวก**

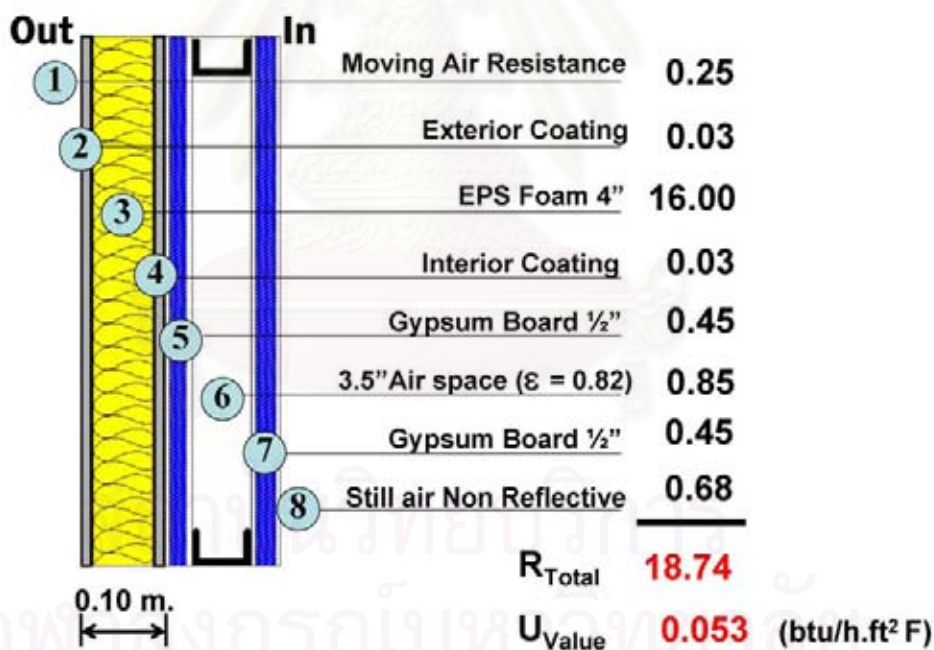
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. ค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุทดลอง

1.1 ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกหนา 0.10 เมตร

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (เมตร)	ค่า R (ft <sup>2</sup> .F.h/Btu)
ฟิล์มอากาศภายนอก		0.25
EIFS finished coating	0.01	0.03
โฟม EPS หนา 4 นิ้ว	0.10	16.00
EIFS finished coating	0.01	0.03
แผ่นอิปซั่มหนา 9 มม.	0.009	0.45
ช่องว่างอากาศ		0.85
แผ่นอิปซั่มหนา 9 มม.	0.009	0.45
ฟิล์มอากาศภายใน		0.68
		<b>∑R = 18.74</b>
		<b>U = 1 / ∑R = 0.053</b>

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกหนา 0.10 เมตร

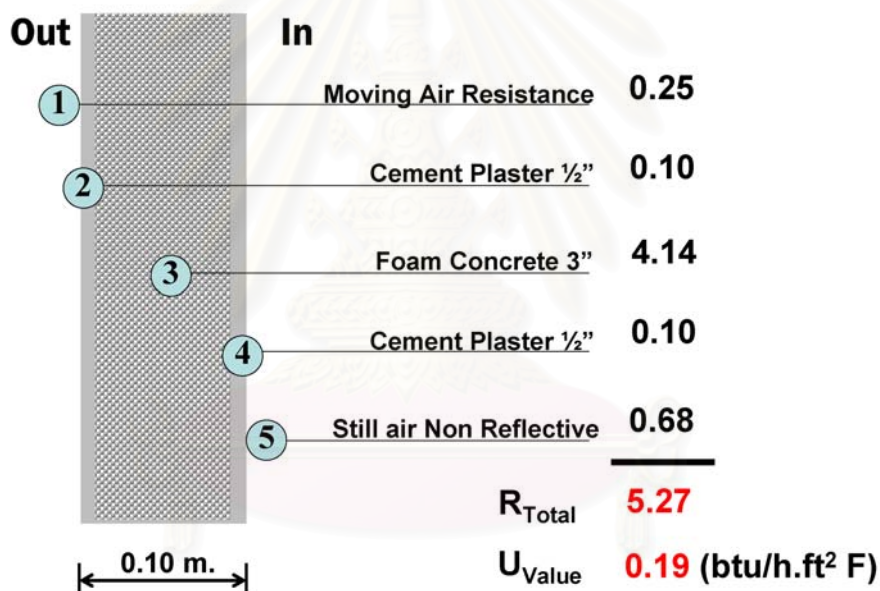


รูปที่ 6.1 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกหนา 0.10 เมตร

### 1.2 ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (เมตร)	ค่า R (ft <sup>2</sup> .F.h/Btu)
ฟิล์มอากาศภายนอก		0.25
ปูนซีเมนต์ฉาบหนา 1/2 นิ้ว	0.0125	0.10
ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 3 นิ้ว	0.075	4.14
ปูนซีเมนต์ฉาบหนา 1/2 นิ้ว	0.0125	0.10
ฟิล์มอากาศภายใน		0.68
		<b>∑R = 5.27</b>
$U = 1 / \sum R$		<b>U = 0.19</b>

ตารางที่ 6.2 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร



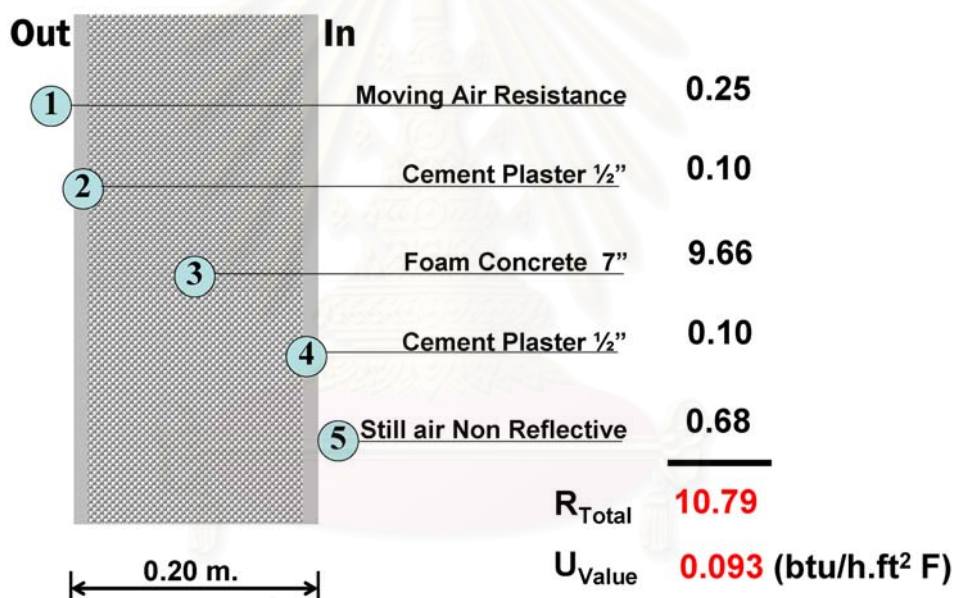
รูปที่ 6.2 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.10 เมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 1.3 ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (เมตร)	ค่า R (ft <sup>2</sup> .F.h/Btu)
ฟิล์มอากาศภายนอก		0.25
ปูนซีเมนต์ฉาบหนา 1/2 นิ้ว	0.0125	0.10
ผนังเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 7 นิ้ว	0.175	9.66
ปูนซีเมนต์ฉาบหนา 1/2 นิ้ว	0.0125	0.10
ฟิล์มอากาศภายใน		0.68
		<b>∑R = 10.79</b>
$U = 1 / \sum R$		<b>U = 0.093</b>

ตารางที่ 6.3 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร



รูปที่ 6.3 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete panel) หนา 0.20 เมตร

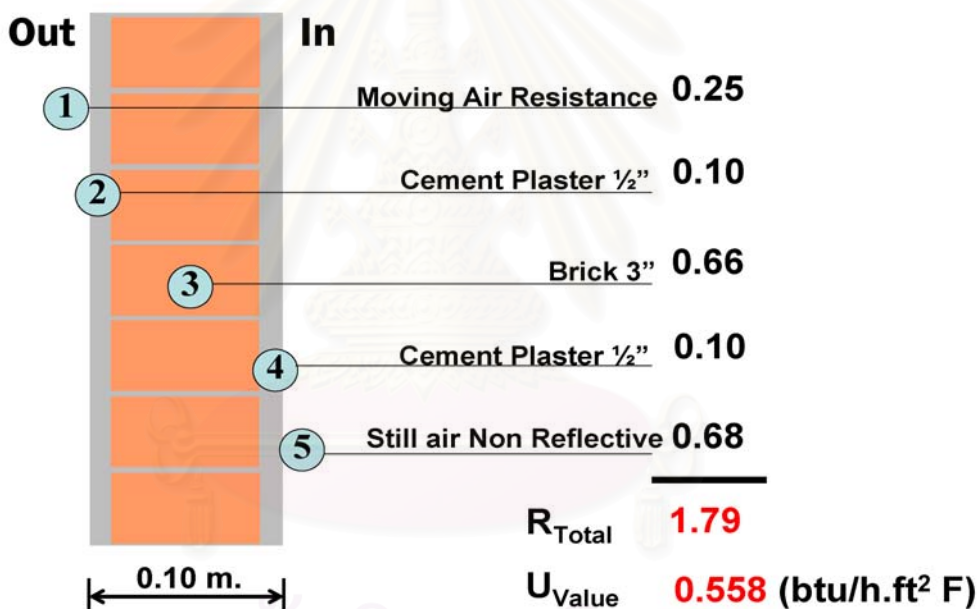
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ผนังก่ออิฐมวลเบา 0.10 เมตร

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (เมตร)	ค่า R (ft <sup>2</sup> .F.h/Btu)
ฟิล์มอากาศภายนอก		0.25
ปูนซีเมนต์ฉาบหนา 1/2 นิ้ว	0.0125	0.10
อิฐมวลเบาก่อครึ่งแผ่น	0.075	0.66
ปูนซีเมนต์ฉาบหนา 1/2 นิ้ว	0.0125	0.10
ฟิล์มอากาศภายใน		0.68
		<b>∑R = 1.79</b>
$U = 1 / \sum R$		<b>U = 0.558</b>

ตารางที่ 6.4 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value)

ของวัสดุผนังก่ออิฐมวลเบา 0.10 เมตร

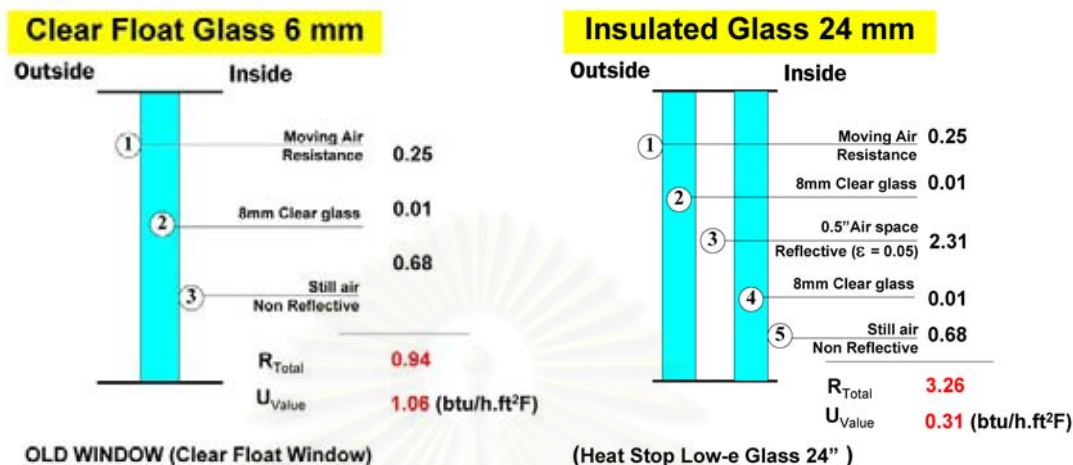


รูปที่ 6.4 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของ

วัสดุผนังก่ออิฐมวลเบา 0.10 เมตร

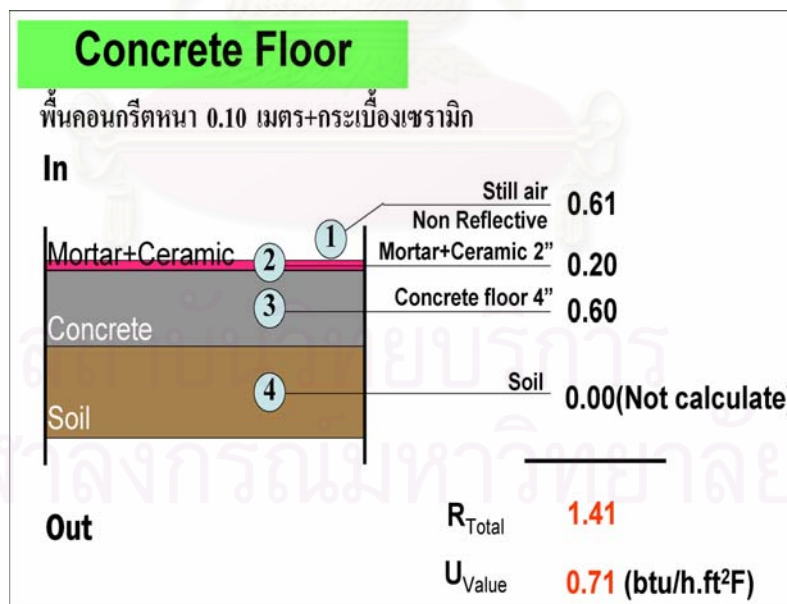


1.5 ผนังกระจกใส 6 มม. และกระจก Heat stop Low-e 24 มม.



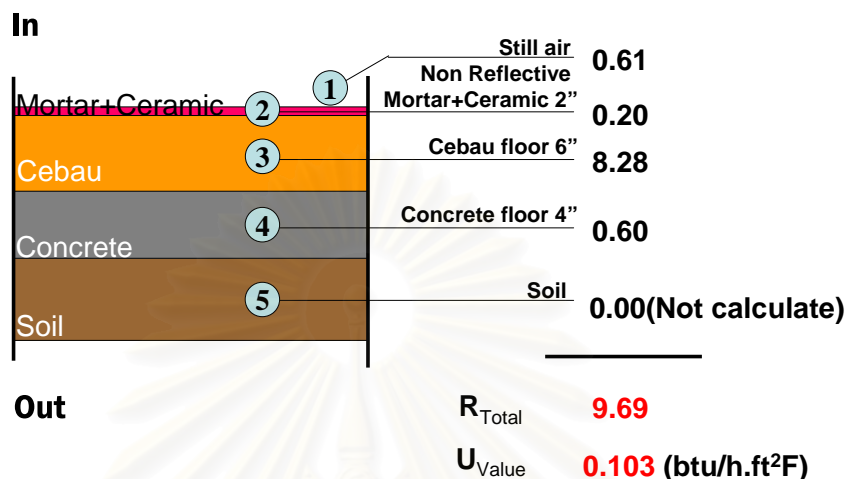
รูปที่ 6.5 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของกระจกใส 6 มม. และกระจก Heat stop Low-e 24 มม.

1.6 พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร พร้อมปูกระเบื้องเซรามิก



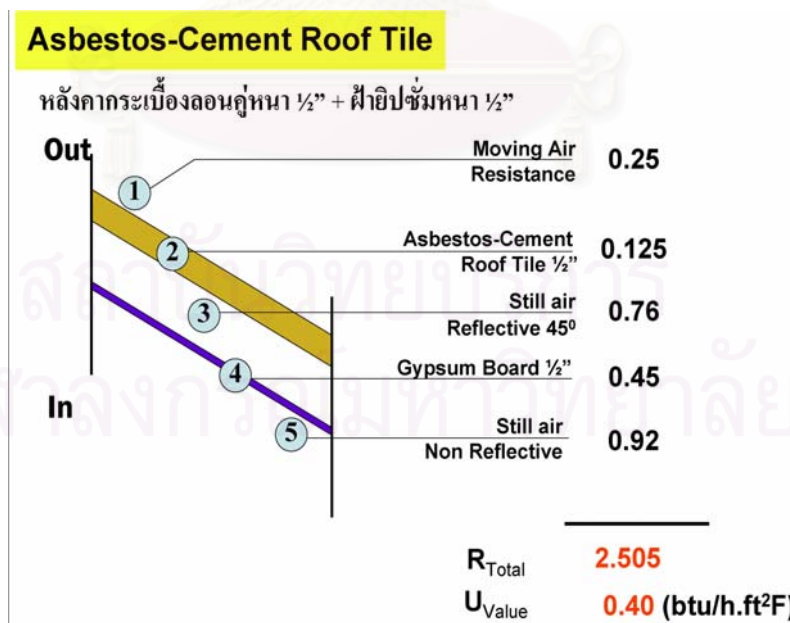
รูปที่ 6.6 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.20 เมตร พร้อมปูกระเบื้องเซรามิก

1.7 พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร พื้นเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete floor) หนา 0.20 เมตร และปูกระเบื้องเซรามิก



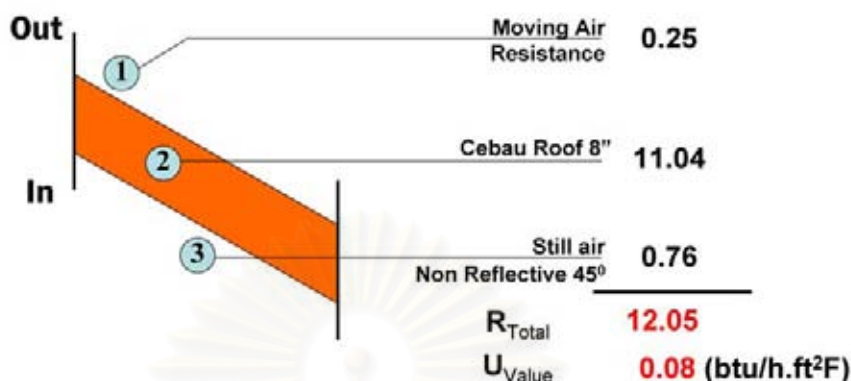
รูปที่ 6.7 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร พร้อมพื้นเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete floor) หนา 0.20 เมตร และปูกระเบื้องเซรามิก

1.8 หลังคากระเบื้องลอนคู่หนา ½ นิ้ว พร้อมฝ้าฉนวนฉนวนยิปซัมหนา 9 มม. ภายใน



รูปที่ 6.8 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของหลังคากระเบื้องลอนคู่หนา ½ นิ้ว พร้อมฝ้าฉนวนฉนวนยิปซัมหนา 9 มม. ภายใน

### 1.9 หลังคาเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete roof) หนา 0.20 เมตร



รูปที่ 6.9 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของหลังคาเม็ดโฟมคอนกรีต (EPS foam concrete roof) หนา 0.20 เมตร

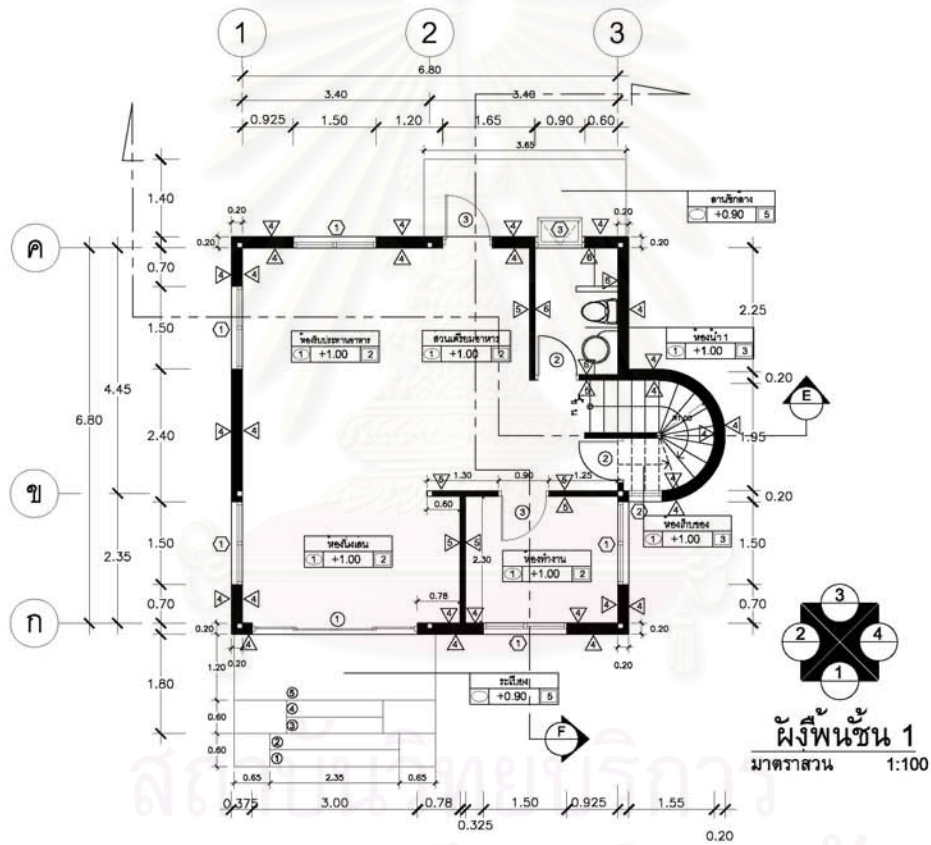
## 2. อาคารกรณีศึกษา

### 2.1 แบบบ้านอาคารบ้านพักอาศัยขนาด 2 ชั้น

อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารบ้านพักอาศัยขนาด 2 ชั้น 2 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ พื้นที่ใช้สอยรวม 100 ตารางเมตร โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังก่ออิฐมวลเบาคึ่งแผ่นหนา 0.10 เมตร ทาสีอ่อน หลังคากระเบื้องคอนกรีตขนาดมาตรฐาน โครงสร้างเหล็กพร้อมฝ้ายิปซัมหนา 9 มม. ชนิดมีแผ่นอลูมิเนียมฟอล์ย ช่องประตู-หน้าต่างภายนอกเป็นไม้เนื้อแข็งหนา 2 นิ้ว พร้อมช่องกระจกใสหนา 6 มม. ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร พร้อมปูกระเบื้องเซรามิกเคลือบสมาชิกรายในบ้านทั้งหมด 4 คน โดยหันหน้าบ้านไปทางทิศใต้

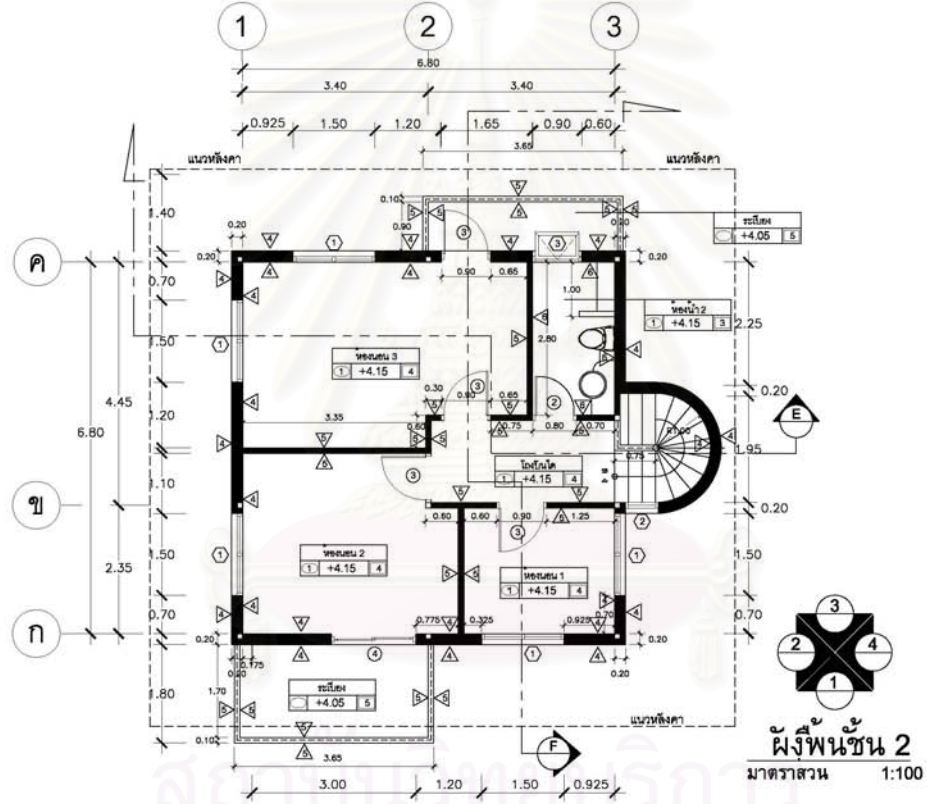
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 6.10 แสดงผังชั้น 1 อาคารบ้านพักอาศัยกรังศึกษาขนาด 2 ชั้น



<b>ECOSYS</b>		
บริษัท ไบโอดี จำกัด 248/25 หมู่ 10 ต.บ้านใหม่ อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000 โทรศัพท์ : 0-2936-4887, 0-2936-8811 โทรสาร : 0-2936-1133		
<b>ชื่อโครงการ</b>		
ตุ๋น เอ รีสอร์ท เขาใหญ่		
<b>เจ้าของโครงการ</b>		
บริษัท ไบโอดี จำกัด		
<b>สถานที่ตั้งโครงการ</b>		
เทศบาลนคร อำเภอท่าม่วง จังหวัดนครปฐม		
<small>ALL DRAWINGS ARE THE PROPERTY OF ECOSYS CO., LTD. AND CAN NOT BE LOANED WITHOUT THEIR PERMISSION.</small>		
<b>PROJECT MANAGER</b>	5.11. 00000 00000000000 0-17, 420	
<b>ARCHITECT</b>	5.11. 00000 00000000000 0-17, 420 00 00, 000000 00000000000 000, 1472	
<b>STRUCTURAL ENGINEER</b>		
<b>MECHANICAL ENGINEER</b>		
<b>ELECTRICAL ENGINEER</b>		
<b>SANITARY ENGINEER</b>		
<b>REVISION</b>		
NO.	DATE	DESCRIPTION
<b>TITLE</b>		
ผังพื้นชั้น 1		
<b>SCALE</b>	1:100	
<b>DRAWN</b>	<b>CHECKED</b>	
<b>DATE ISSUED</b>		
DWG. NO.	TOTAL	

รูปที่ 6.11 แสดงผังชั้น 2 อาคารบ้านพักอาศัยกรังศึกษาขนาด 2 ชั้น



บริษัท เอ็ม จำกัด  
 342/25 หมู่ 10 ต.บางพลีใหญ่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10510  
 โทรศัพท์ 0 2282 4887, 0 2282 8211  
 โทรสาร 0 2282 1122

ชื่อโครงการ  
**ตู้ เอ็น เอ  
 รีสอร์ท เขาใหญ่**

เจ้าของโครงการ  
 บริษัท เอ็ม จำกัด

สถานที่ตั้งโครงการ  
 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาใหญ่วัดโนนศิลา

ALL DIMENSIONS ARE THE PROPERTY OF ECOSYS SCL LTD AND OUR NOT BE LOANED WITHOUT THEIR PERMISSIONS

PROJECT MANAGER	1.11 11111 1111111111	1-11-430
ARCHITECT	1.11 11111 1111111111	1-11-430
	11.11 1111111 1111111111	111.1412

STRUCTURAL ENGINEER		
MECHANICAL ENGINEER		
ELECTRICAL ENGINEER		
SANITARY ENGINEER		

REVISION	NO.	DATE	DESCRIPTION

TITLE

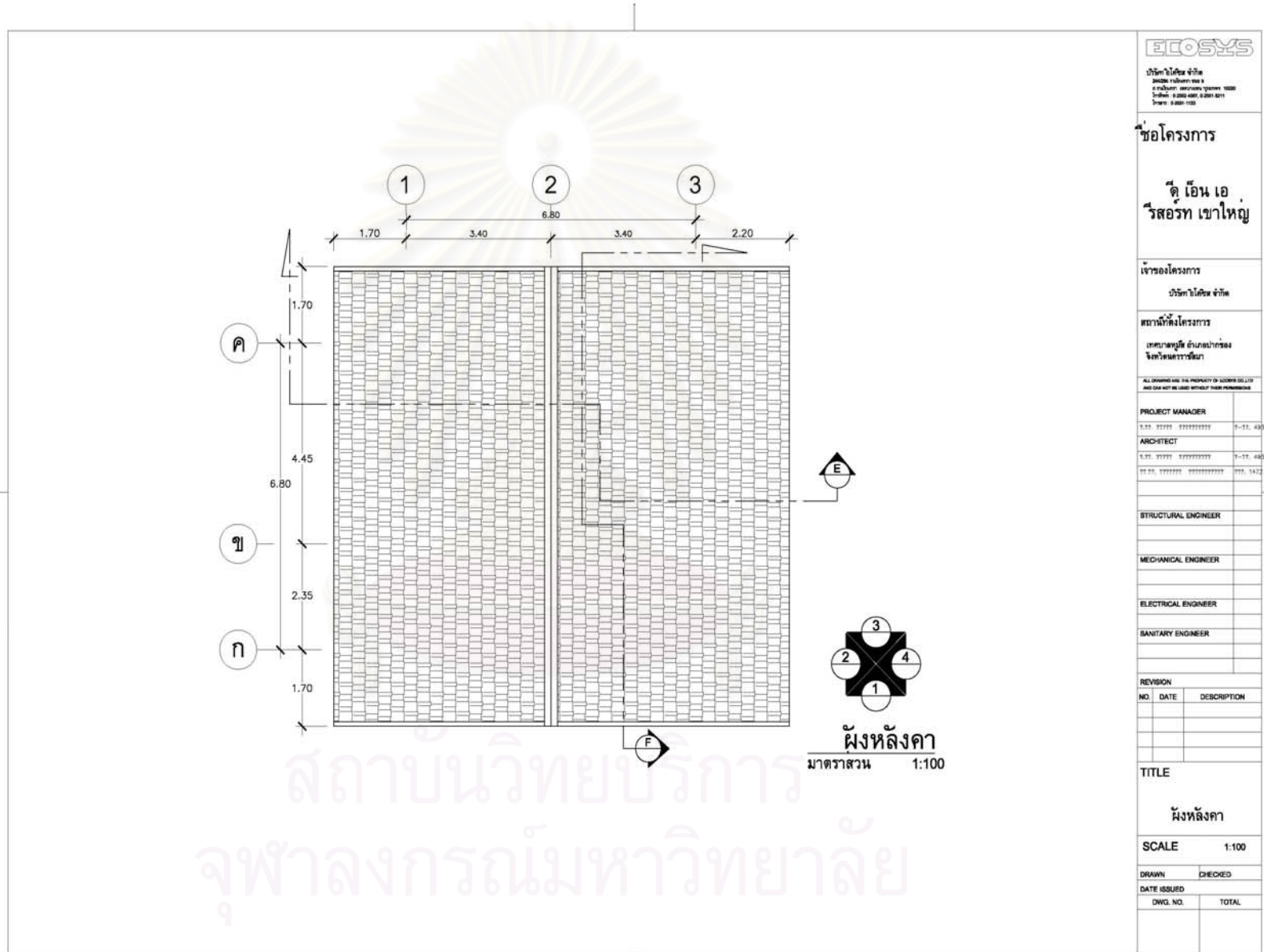
**ผังพื้นชั้น 2**

SCALE 1:100

DRAWN	CHECKED
DATE ISSUED	
DWG. NO.	TOTAL



รูปที่ 6.12 แสดงผังหลังคาอาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น



**ECOSYS**  
 บริษัท เอ็คอสซิส จำกัด  
 20/200 หมู่ที่ 10 ต.บ้านใหม่ อ.เมือง จ.นนทบุรี โทร. 0-2562-4887, 0-2562-8211 โทรสาร : 0-2562-1122

**ชื่อโครงการ**  
 ตู เอ็น เอ  
 รีสอร์ท เขาใหญ่

**เจ้าของโครงการ**  
 บริษัท เอ็คอสซิส จำกัด

**สถานที่ตั้งโครงการ**  
 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาเขียว  
 จังหวัดนครราชสีมา

ALL DRAWINGS ARE THE PROPERTY OF ECOSYS CO., LTD AND CAN NOT BE USED WITHOUT THEIR PERMISSION

<b>PROJECT MANAGER</b>	
T.21. 97777 9777777777	7-11, 439
<b>ARCHITECT</b>	
T.21. 97777 9777777777	7-11, 480
T.21. 97777777 97777777777777	977, 1422

<b>STRUCTURAL ENGINEER</b>	
<b>MECHANICAL ENGINEER</b>	
<b>ELECTRICAL ENGINEER</b>	
<b>SANITARY ENGINEER</b>	

REVISION		
NO.	DATE	DESCRIPTION

**TITLE**

ผังหลังคา

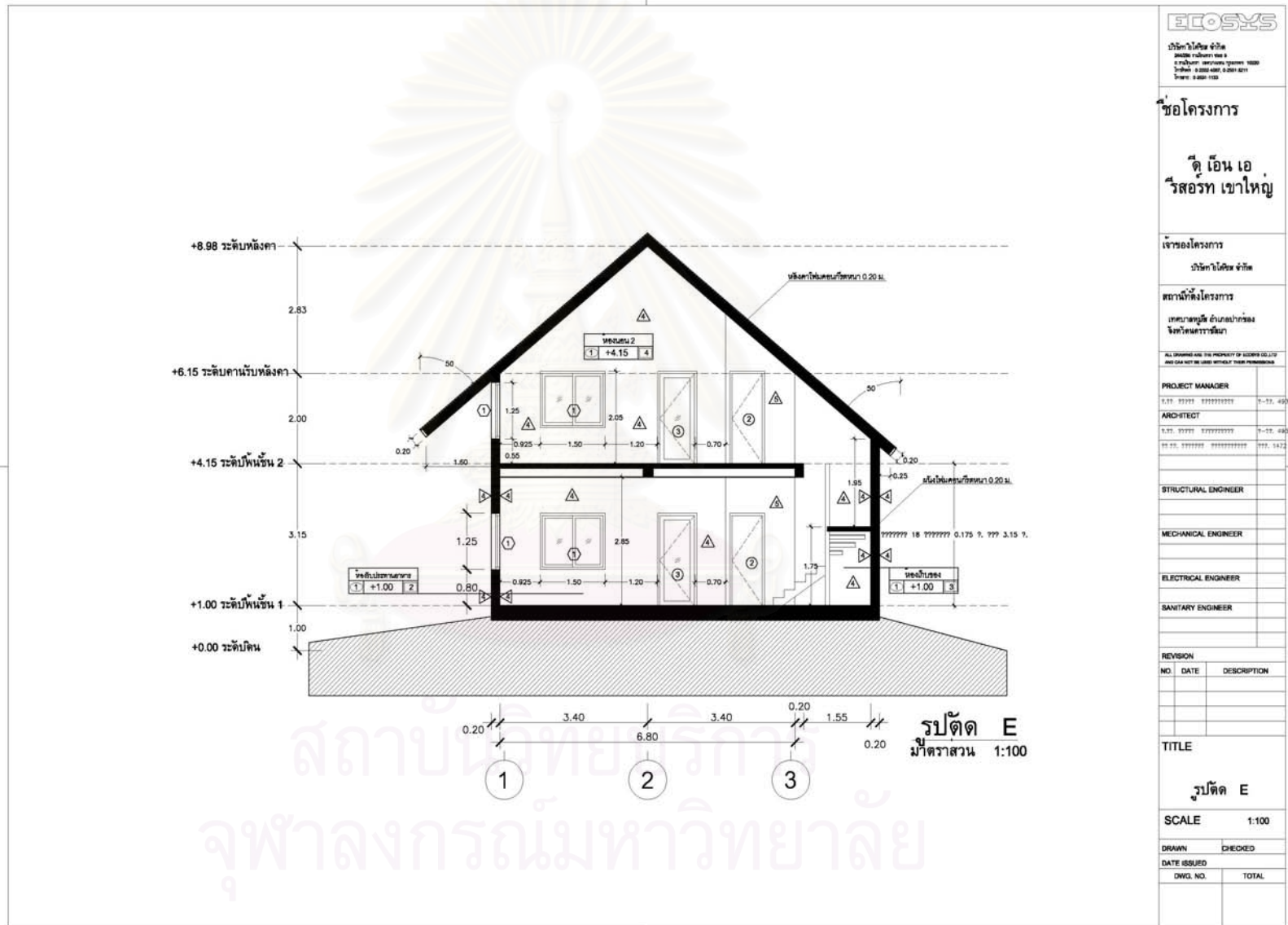
**SCALE** 1:100

<b>DRAWN</b>	<b>CHECKED</b>
<b>DATE ISSUED</b>	
DWG. NO.	TOTAL

**ผังหลังคา**  
 มาตรฐาน 1:100

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 6.13 แสดงรูปตัด E อาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น



**ECOSYS**  
 บริษัท เอ็ม จำกัด  
 23/25 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10300  
 โทรศัพท์ 0 2882 4881, 0 2882 8271  
 โทรสาร 0 2882 1138

**ชื่อโครงการ**  
 ตู เอ็ม เอ  
 รีสอร์ท เขาใหญ่

**เจ้าของโครงการ**  
 บริษัท เอ็ม จำกัด

**สถาปนิกโครงการ**  
 เศรษฐศิลป์ วัฒนพงศ์  
 วิศวกรสถาปัตย์

ALL DIMENSIONS ARE THE PROPERTY OF ECOSYS CO., LTD.  
 AND CAN NOT BE USED WITHOUT THEIR PERMISSIONS.

<b>PROJECT MANAGER</b>	
01.01.01010101010101	01-01-000
<b>ARCHITECT</b>	
01.01.01010101010101	01-01-000
01.01.01010101010101	0101.1472

<b>STRUCTURAL ENGINEER</b>	
<b>MECHANICAL ENGINEER</b>	
<b>ELECTRICAL ENGINEER</b>	
<b>SANITARY ENGINEER</b>	

REVISION		
NO.	DATE	DESCRIPTION

**TITLE**

รูปตัด E

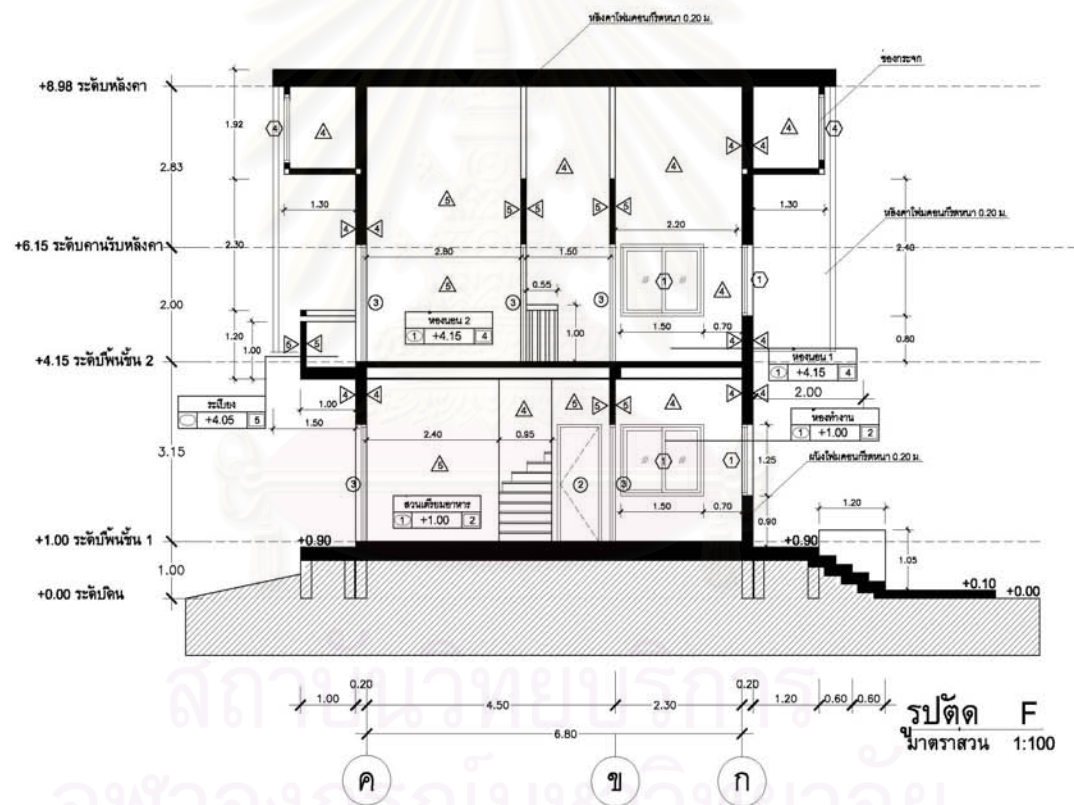
**SCALE** 1:100

**DRAWN**  **CHECKED**

**DATE ISSUED**

**DWG. NO.** **TOTAL**

รูปที่ 6.14 แสดงรูปตัด F อาคารบ้านพักอาศัยกรงศิลาขนาด 2 ชั้น



**ECOSYS**

บริษัท เอโคซิส จำกัด  
240/251 รัชดาภิเษก ถนน 9  
จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10000  
โทรศัพท์ 0 2262 4887, 0 2262 8211  
โทรสาร 0 2262 1122

ชื่อโครงการ

ดี เอ็น เอ  
รีสอร์ท เขาใหญ่

เจ้าของโครงการ

บริษัท เอโคซิส จำกัด

สถานที่ตั้งโครงการ

เทศบาลบุรีรัมย์ อำเภอบ้านด่าน  
จังหวัดบุรีรัมย์

ALL DRAWING ARE THE PROPERTY OF ECOSYS (S) LTD.  
AND CAN NOT BE LOANED WITHOUT THEIR PERMISSIONS

PROJECT MANAGER

1.11 11111 1111111111 1-11-111

ARCHITECT

1.11 11111 1111111111 1-11-111

11 11 11111111 1111111111 111 1112

STRUCTURAL ENGINEER

MECHANICAL ENGINEER

ELECTRICAL ENGINEER

SANITARY ENGINEER

REVISION

NO.	DATE	DESCRIPTION

TITLE

รูปตัด F

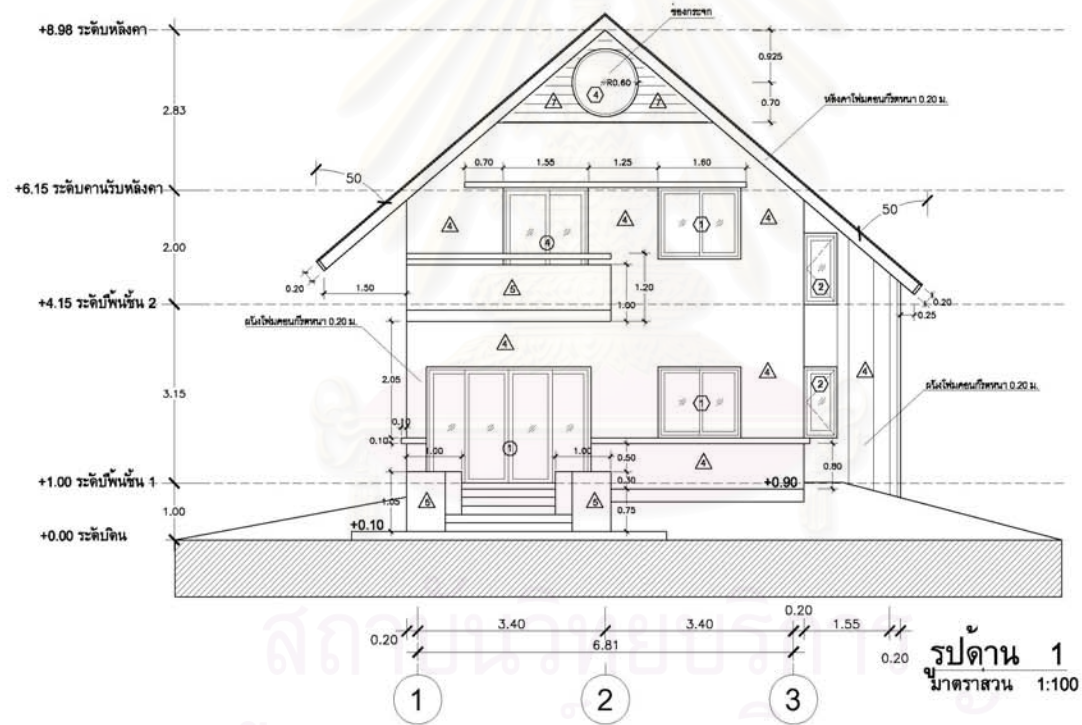
SCALE 1:100

DRAWN CHECKED

DATE ISSUED

DWG. NO.	TOTAL

รูปที่ 6.15 แสดงรูปด้าน 1 อาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น



**ECOSYS**

บริษัท ไคเซ่ จำกัด  
240 หมู่ 10 ต.บ้านใหม่ อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000  
โทรศัพท์ : 0-2522-4887, 0-2521-8211  
โทรสาร : 0-2521-1123

ชื่อโครงการ

ดี เอ็น เอ  
รีสอร์ท เขาใหญ่

เจ้าของโครงการ

บริษัท ไคเซ่ จำกัด

สถานที่ตั้งโครงการ

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาเขียว  
จังหวัดนครราชสีมา

ALL DRAWING ARE THE PROPERTY OF ECOSYS CO., LTD  
AND CAN NOT BE LOANED WITHOUT THEIR PERMISSIONS

PROJECT MANAGER	
1.17 2222 22222222	1-17-430
ARCHITECT	
1.17 2222 22222222	1-17-430
17.17 222222 22222222	17.142

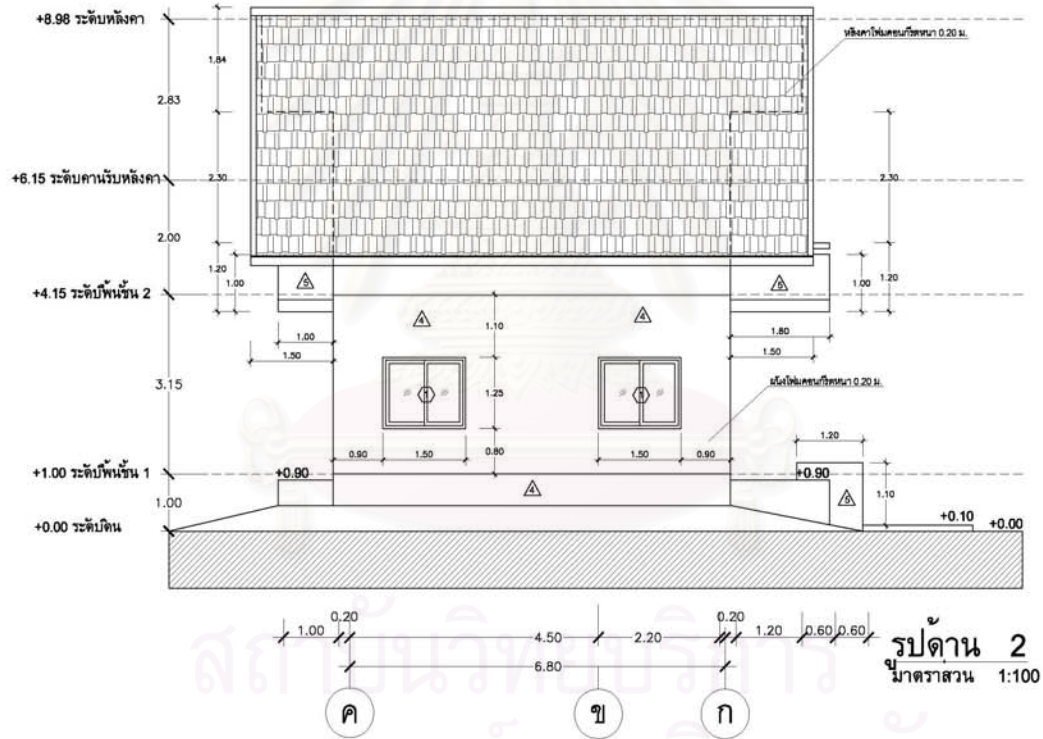
STRUCTURAL ENGINEER	
MECHANICAL ENGINEER	
ELECTRICAL ENGINEER	
SANITARY ENGINEER	

REVISION	
NO. DATE DESCRIPTION	

TITLE	
รูปด้าน 1	
SCALE	1:100
DRAWN	CHECKED
DATE ISSUED	
DWG. NO.	TOTAL



รูปที่ 6.16 แสดงรูปด้าน 2 อาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น



บริษัท เอ็คซิส จำกัด  
240/251 รัชดาภิเษก ถนน 9  
จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10000  
โทรศัพท์ 0 2262 4887, 0 2262 8111  
โทรสาร 0 2262 1122

ชื่อโครงการ

ดี เอ็น เอ  
รีสอร์ท เขาใหญ่

เจ้าของโครงการ

บริษัท เอ็คซิส จำกัด

สถานที่ตั้งโครงการ

เขาค้อจตุจักร ตำบลบ้านไร่  
จังหวัดสระบุรี

ALL DRAWING ARE THE PROPERTY OF ECOSYS CO.,LTD  
AND CAN NOT BE LOANED WITHOUT THEIR PERMISSIONS

PROJECT MANAGER	1.11. 01111 01111111111	1-11-111
ARCHITECT	1.11. 01111 01111111111	1-11-111
STRUCTURAL ENGINEER	11.11. 0111111 01111111111	111. 1111

MECHANICAL ENGINEER		
ELECTRICAL ENGINEER		
SANITARY ENGINEER		

REVISION	NO.	DATE	DESCRIPTION

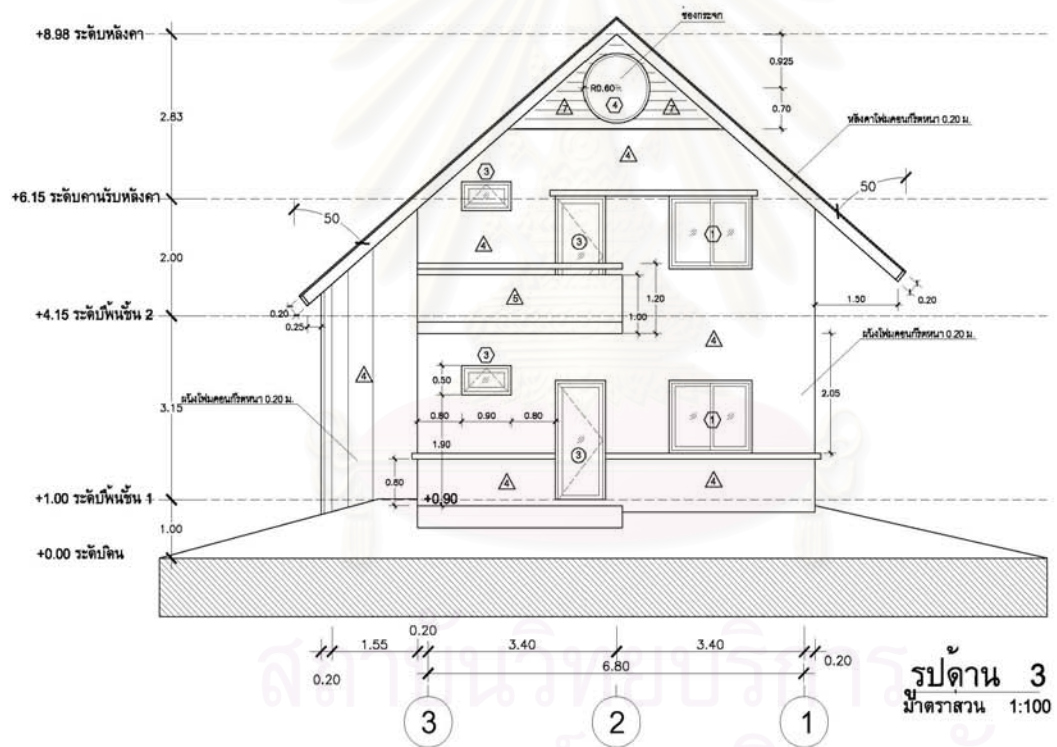
TITLE  
รูปด้าน 2

SCALE 1:100

DRAWN	CHECKED
DATE ISSUED	
DWG. NO.	TOTAL

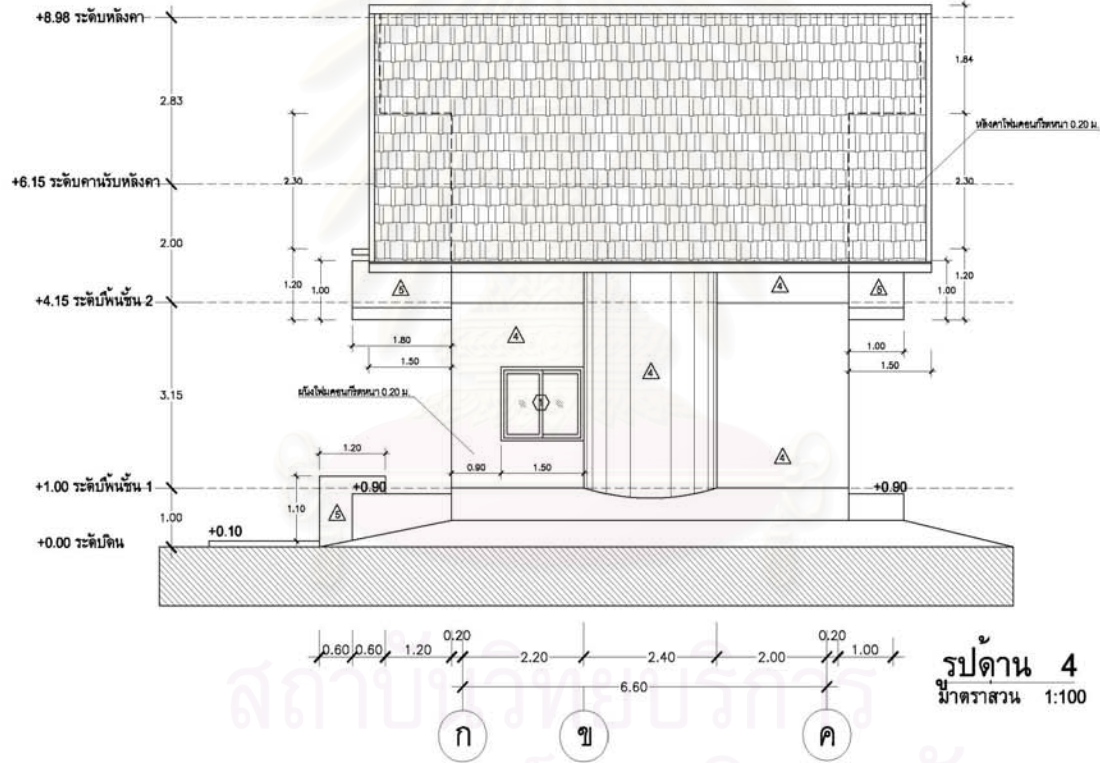


รูปที่ 6.17 แสดงรูปด้าน 3 อาคารบ้านพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น



บริษัท เอโคซิส จำกัด 25/252 หมู่บ้านสุขุมวิท 11 ซอยสุขุมวิท 23 แขวงคลองตันเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110 โทรสาร 0-2661-1133	
<b>ชื่อโครงการ</b>  ตู เอ็น เอ รีสอร์ท เขาใหญ่	
<b>เจ้าของโครงการ</b> บริษัท เอโคซิส จำกัด	
<b>สถาปนิกโครงการ</b> เกษมเชษฐา อำนวยบำรุงทอง จิตรวิเศษวารินทร์นา	
ALL DRAWING ARE THE PROPERTY OF ECOSYS CO.,LTD AND CAN NOT BE LOANED WITHOUT THEIR PERMISSIONS	
<b>PROJECT MANAGER</b>	
1.11. 01111 011111111111	1-11. 410
<b>ARCHITECT</b>	
1.11. 01111 011111111111	1-11. 410
11.11. 0111111111111111111111111111	111. 1472
<b>STRUCTURAL ENGINEER</b>	
<b>MECHANICAL ENGINEER</b>	
<b>ELECTRICAL ENGINEER</b>	
<b>SANITARY ENGINEER</b>	
<b>REVISION</b>	
NO.	DATE DESCRIPTION
<b>TITLE</b>	
รูปด้าน 3	
<b>SCALE</b>	1:100
<b>DRAWN</b>	<b>CHECKED</b>
<b>DATE ISSUED</b>	
DWG. NO.	TOTAL

รูปที่ 6.18 แสดงรูปด้าน 4 อาคารงานพักอาศัยกรณีศึกษาขนาด 2 ชั้น



รูปด้าน 4  
มาตราส่วน 1:100

**ECOSYS**  
บริษัท เอโคซิส จำกัด  
240/25 หมู่ 10 ต.บางพลีใหญ่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10510  
โทรศัพท์ 0-2820-4887, 0-2820-8211  
โทรสาร 0-2820-1100

ชื่อโครงการ  
**ดี เอ็น เอ  
รีสอร์ท เขาใหญ่**

เจ้าของโครงการ  
บริษัท เอโคซิส จำกัด

สถาปนิกโครงการ  
เทศบาลนคร อําเภอบางพลี  
จังหวัดสมุทรปราการ

ALL DRAWINGS ARE THE PROPERTY OF ECOSYS CO., LTD  
AND CAN NOT BE LOANED WITHOUT THEIR PERMISSIONS

PROJECT MANAGER	1.17. 011111 01111111111111111111	1-17. 430
ARCHITECT	1.17. 011111 01111111111111111111	1-17. 430
	01.17. 01111111111111111111111111111111	117. 1472

STRUCTURAL ENGINEER	
MECHANICAL ENGINEER	
ELECTRICAL ENGINEER	
SANITARY ENGINEER	

REVISION		
NO.	DATE	DESCRIPTION

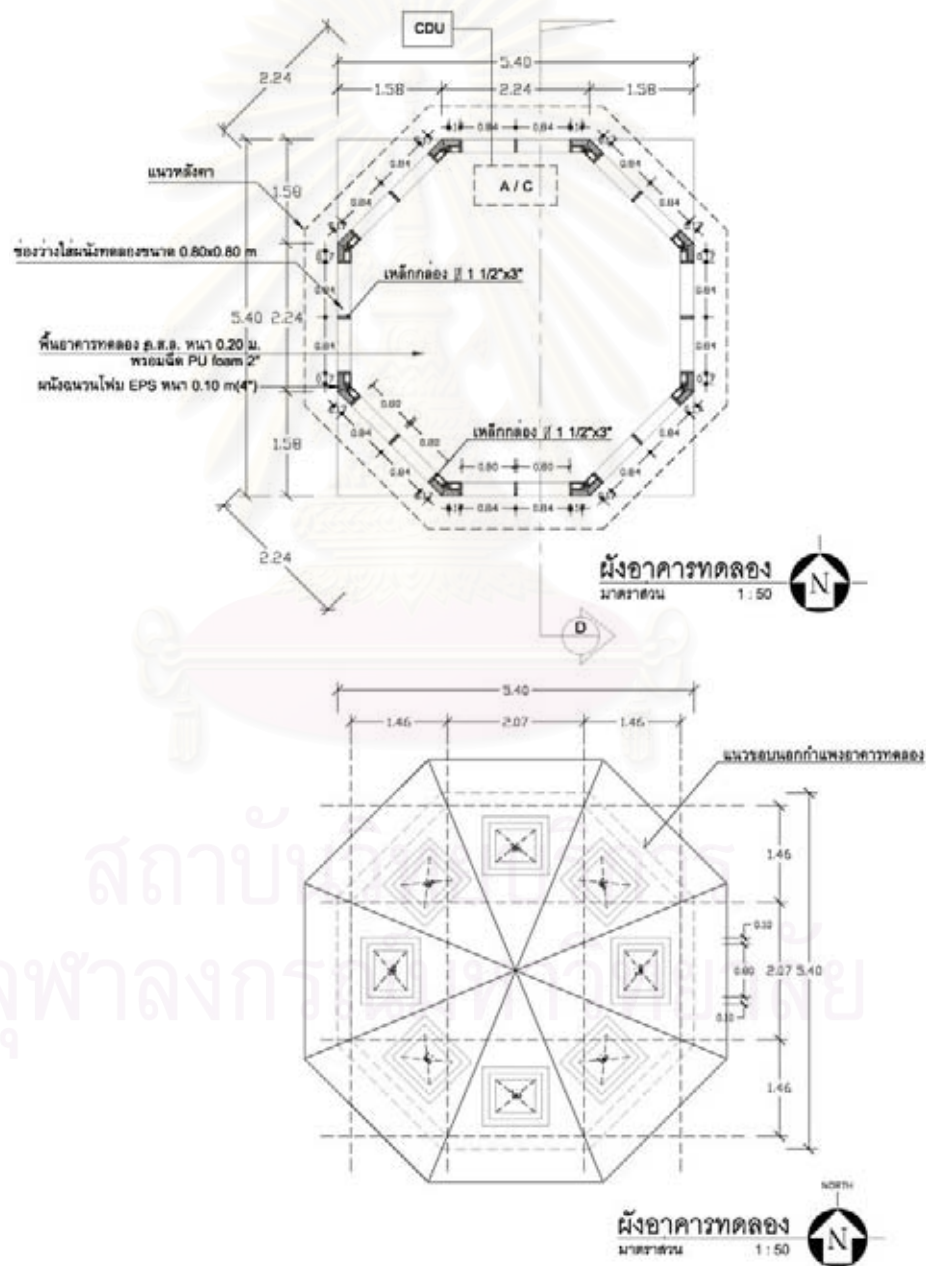
TITLE  
**รูปด้าน 4**

SCALE 1:100

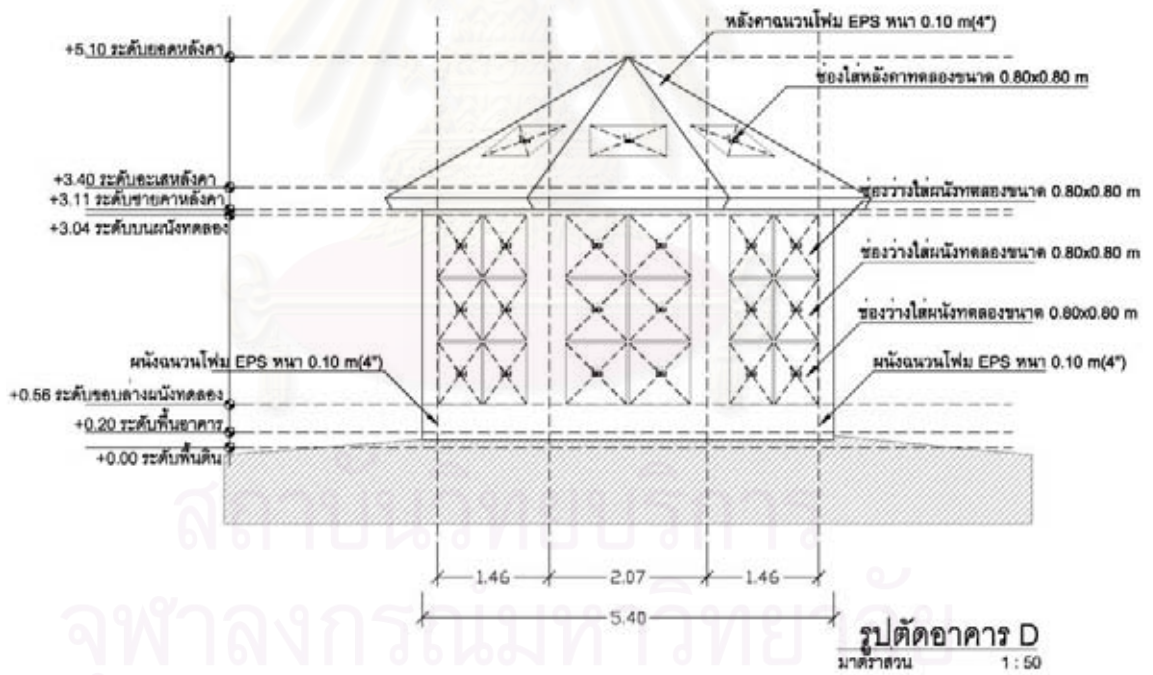
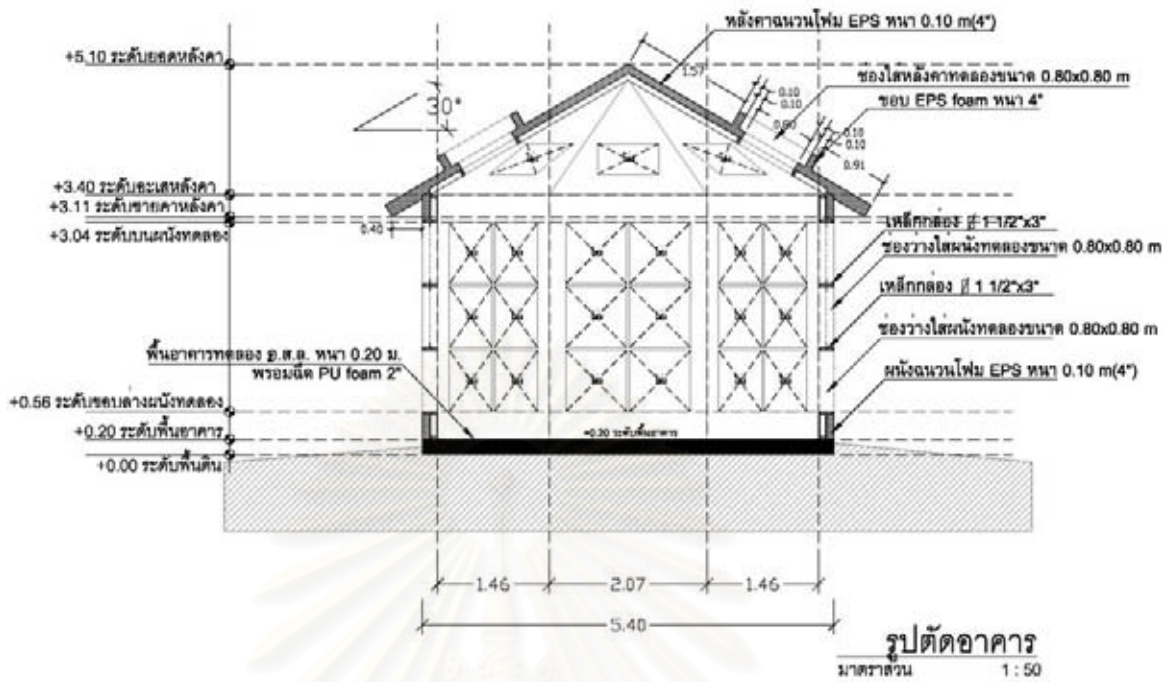
DRAWN	CHECKED
DATE ISSUED	
DWG. NO.	TOTAL

### 3. แบบอาคารทดลอง

ห้องทดลองเป็นอาคาร 1 ชั้น รูปทรง 8 เหลี่ยม ขนาด 5.40x5.40x5.00 เมตร โครงสร้างเหล็กผนังและหลังคา ติดตั้งโพน EPS ความหนาแน่น 1 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หนา 6 นิ้ว ภายในทาสีขาว พื้นภายในพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กปิดทับด้วยฉนวนกันความร้อนชนิด EPS โพน ความหนาแน่น 2 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หนา 3 นิ้ว ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนแบบกึ่งเซลปิด และมีการป้องกันความร้อนได้ดีอีกทั้งยังมีความยืดหยุ่นสูง ในการติดตั้งผนังทดลองทั้ง 4 ชนิดนั้นทำการติดตั้งในแนวตั้งหรือตั้งฉากกับพื้นห้องทดลอง

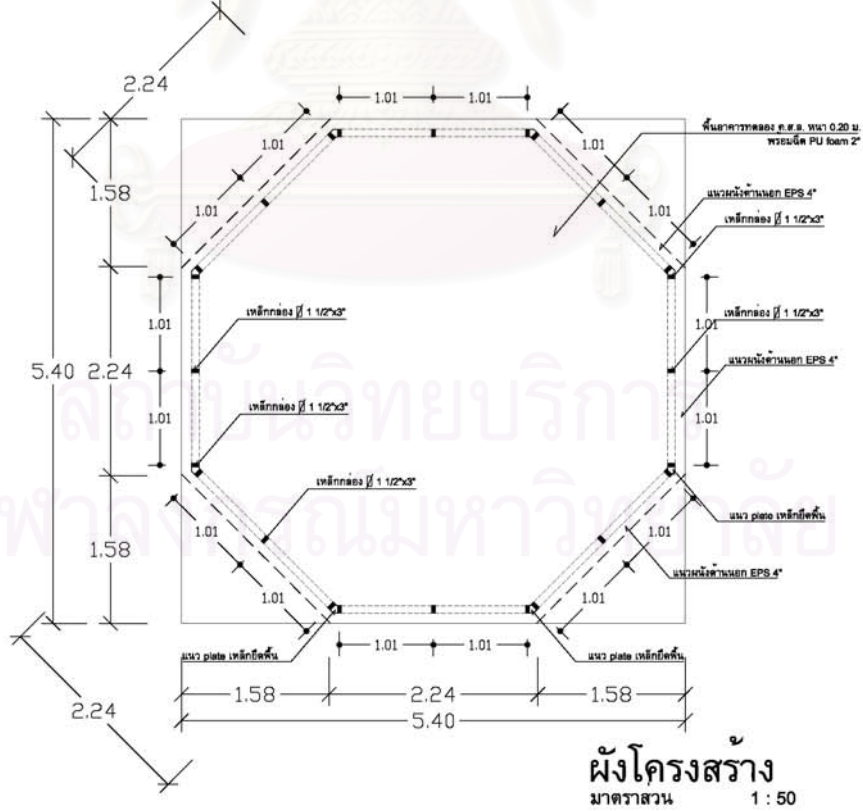
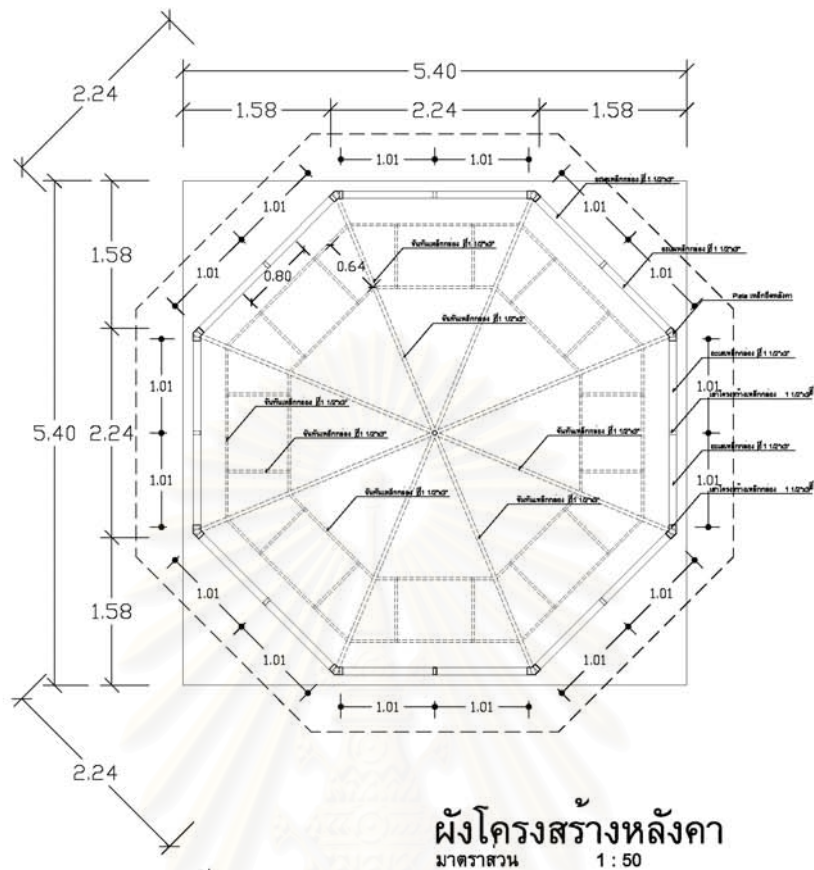


รูปที่ 6.19 แสดงผังพื้นและผังอาคารทดลอง



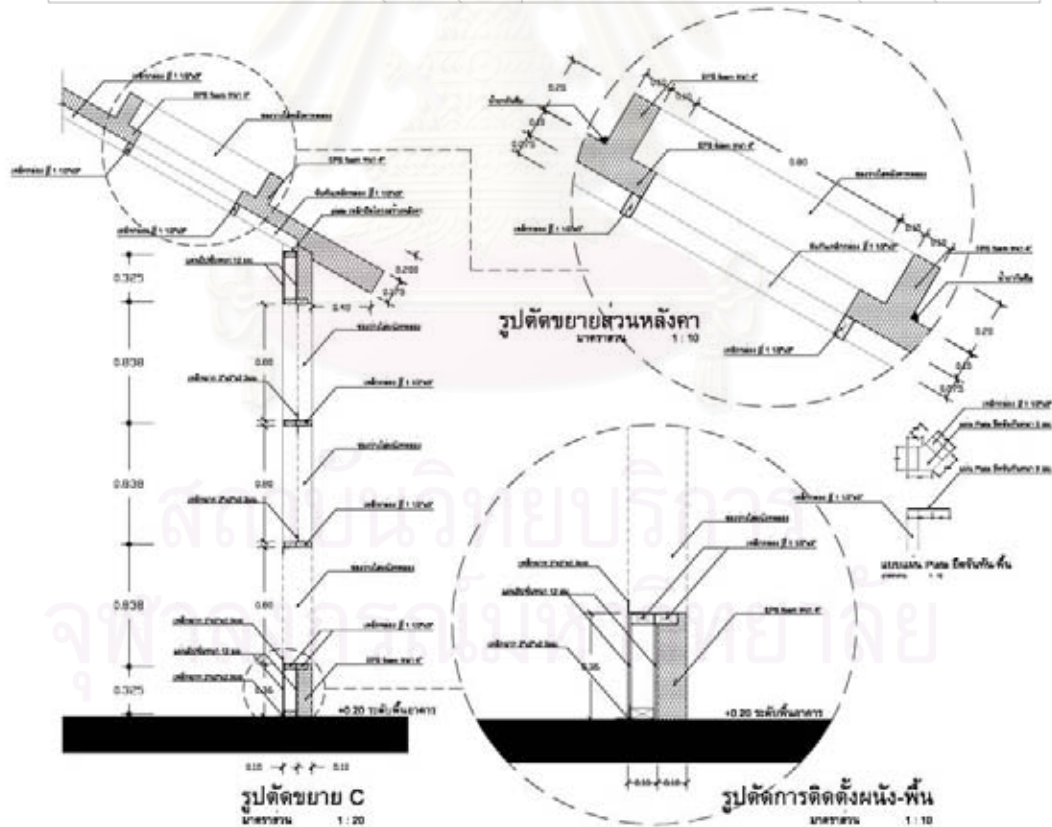
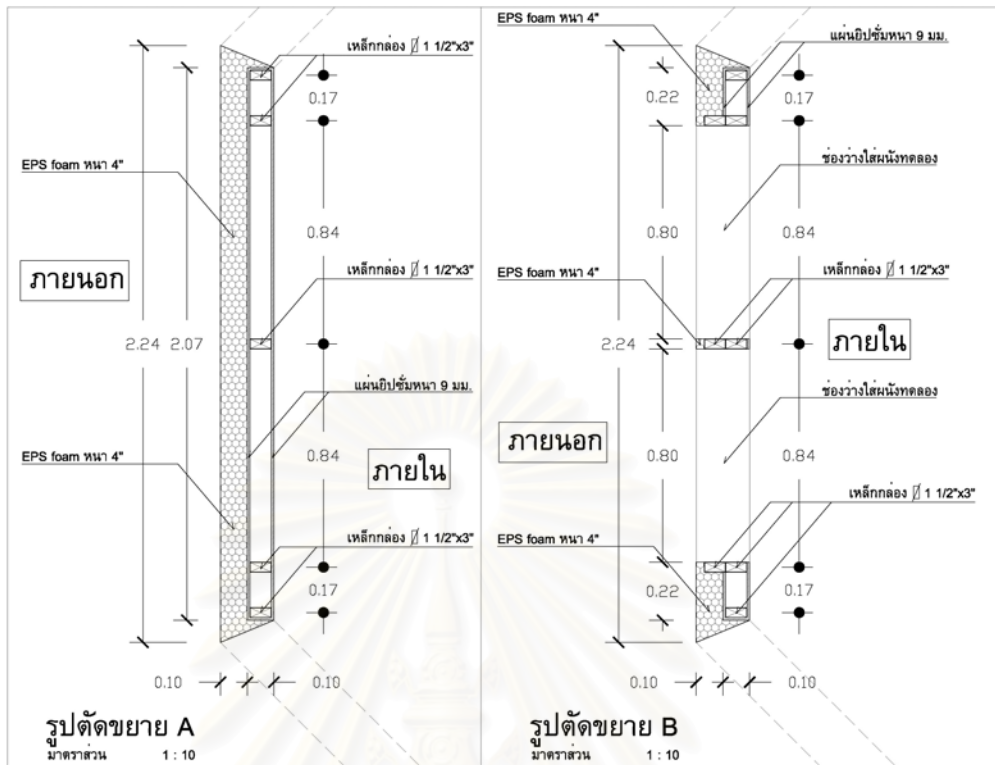
รูปที่ 6.20 แสดงรูปตัดอาคารและรูปด้านอาคารทตอง





รูปที่ 6.21 แสดงผังโครงสร้างหลังคาและอาคารคาน้ำหนัก





รูปที่ 6.22 แสดงแบบตัดขยาย A-B-C ของอาคารทดลอง

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายณัฐภณ วัชรประทีป เกิดเมื่อวันที่ 17 กันยายน พ.ศ. 2524 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2547 และได้เข้ารับการศึกษาระดับสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในสาขาวิชาเทคโนโลยีทางสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม ในปีการศึกษา 2549



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย