การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรม

นายจตุวัฒน์ วโรดมพันธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-1259-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE UTILIZATION OF NATURAL AIR-FLOW FOR ARCHITECTURE

MR. JATUWAT VARODOMPUN

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture in Building Technology

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic year 2000

ISBN 974-13-1259-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในงานสถาปัตยกรรม
โดย	นายจตุวัฒน์ วโรดมพันธ์
ภาควิชา	สถาปัตยกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

……………………………คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

………………………………………ประธานกรรมการ

(รองศาสตรจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

………………………………………อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

………………………………………กรรมการ

(คุณ ปราโมทย์ เอี่ยมศิริ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

………………………………………กรรมการ

(คุณ เกชา ธีระโกเมน)

………………………………………กรรมการ

(คุณ พรชัย ศรีประเสริฐ)

จตุวัฒน์ วโรดมพันธ์ : การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรม
(THE UTILIZATION OF NATURAL AIR FLOW FOR ARCHITECTURE)
อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ, 243 หน้า. ISBN 974-13-1259-8.

การออกแบบงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทยที่ไม่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเป็นเหตุให้สูญเสียพลังงานในการปรับอากาศอย่างมหาศาล การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้สภาพแวดล้อมภายในอาคารอยู่ในเขตสบายมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้ปริมาณการใช้ระบบปรับอากาศลดลง การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาและศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเขตสบายภายในอาคาร โดยอาศัยการไหลเวียนอากาศธรรมชาติเป็นหลัก ผลลัพธ์ที่ได้คือแนวทางการใช้การไหลเวียนอากาศที่เหมาะสมในงานสถาปัตยกรรม ตัวแปรที่นำมาศึกษาคือ มวลสาร ค่าการป้องกันความร้อนของวัสดุ และช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศ

กระบวนการวิจัยอาศัยการทดลองจากเซลทดลองภายนอกอาคารเป็นหลัก วัสดุที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย วัสดุมวลสารน้อย(ไม้ หนา 12 มม.) มวลสารปานกลาง(คอนกรีต หนา 10 ซม.) มวลสารมาก (คอนกรีต หนา 30 ซม.) และระบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายอยู่นอกที่ใช้โฟมหนา 3 นิ้ว. การวิจัยขั้นต้นพบว่าการไหลเวียนอากาศจะส่งผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุร่วมกับมวลสาร ต่อมาการทดลองจึงมุ้งเน้นในการศึกษาผลกระทบจากการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศ ซึ่งพบว่าการใช้การไหลเวียนอากาสกลางวันและกลางคืนจะทำให้เซลทดลองมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆพบว่าหากผสมผสานตัวแปรได้อย่างเหมาะสมจะสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเซลทดลองต่ำกว่าภายนอกได้ประมาณ 1 ^{0}C จากการทดลองจะพบว่าระบบผนังที่มีฉนวนอยู่ภายนอกผสมผสานกับการมีมวลสารภายในเซลทดลองประมาณ 300 กก./ตร.ม และใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนจะแนวทางที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในเซลทดลอง

ผลการวิจัยสรุปได้ว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในเซลทดลองสามารถต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายนอกได้ ซึ่งนับเป็นการค้นพบที่มีความสำคัญมากเนื่องจากโดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในเซลทดลองจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายนอกตลอดเวลา สภาวะดังกล่าวจะเกิดจากการใช้ระบบผนังที่มีฉนวนอยู่ภายนอกผสมผสานกับการใส่มวลสารไว้ภายในประมาณ 300 กก./ตร.ม. ผลที่ได้รับจากการวิจัยจะเกิดปะโยชน์สูงสุดสามรถหากสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบอาคารด้วยระบบธรรมชาติในอนาคต

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ **ลายมือชื่อนิสิต**
สาขา เทคโนโลยีอาคาร **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**
ปีการศึกษา 2543

4274104125
KEYWORD HEAT TRANSMISSION / THERMAL COMFORT / THERMAL MASS / VENTILATION / WIND
JATUWAT VARODOMPUN : THE UTILIZATION OF NATURAL AIR-FLOW FOR ARCHITECTURE. THESIS ADVISOR : PROF.SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D. 228 pp. ISBN 974-13-1259-8.

The result of unappropriated hot-humid architectural design in Thailand wastes a lot of air-conditioning energy. The utilization of natural air-flow is one solution to conserve air conditioning energy and receive more thermal comfort in building. The objective of this research is to find and study relationship of variables that create passive thermal comfort, combine the variables to find create thermal comfort in building, and suggest the design guidelines of using natural air-flow in building. The variables studied in research include thermal mass and thermal transmission of materials, the period of using natural air-flow, and the direction of utilized air-flow

The research employed the use of outdoor experimental test cells in order to study the behavior of variables. In this research the materials including low mass material(plywood 12 mm.), medium mass material(concrete 10 cm.), high mass material(concrete 30 cm.) and exterior insulation and finished system with 3 inch (EIFS.). The research revealed the natural air-flow and thermal mass was capable of modifying the heat transfer behavior of test cell materials. The series of study was investigated by changing the pattern of air-flow through the test cells. The effect of day and night use pattern created a significant difference of the test cells heat transfer behavior.

The study of the variables revealed revealed the appropriate variables combination was capable to reduce the average inside air temperature to about 1C lower than the average outside air temperature. Exterior insulation and finished system envelop with 300 kg/sq.m. internal mass allowing night time air-flow able to minimize the average inside air temperature.

From the study, it can be concluded that the average air temperature inside the test cells can be lower then the average outside air temperature. This is significant finding. In general the average inside air is always higher than average outside air temperature. This innovation can be achieved by the used of EIFS with 300 kg/sq.m. interior thermal mass. The result of this research can be extremely used for passive cooling design in the future.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department……………Architecture……………… Student's signature…………………………………

Field of study…………Building technology…….. Advisor's signature…………………………………

Academic year………..2000………………………

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลือของ ศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ แง่คิด ตลอดจนแนวทางการทำงานของนักวิจัยที่ถูกต้อง โดยทุกอย่างอยู่บนพื้นฐานของหลักเหตุและผล ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของจิตวิญญาณความเป็นนักวิจัย ร่วมถึงขอขอบคุณมหาวิทยาลัยชินวัตรที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการวิจัย ขอขอบคุณบริษัทไทยโอบายาชิ บริษัท นันทวัน ที่คอยอำนวยความสะดวกในการทำการวิจัย ตลอดจนผู้จัดทำ รายงานการวิจัย เอกสารอ้างอิง ที่กล่าวถึงในการวิจัยชิ้นนี้เนื่องจากเป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่สำคัญของแนวเหตุการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยชิ้นนี้

งานวิจัยฉบับนี้จะไม่อาจสำเร็จได้หากปราศจากการสนับสนุนจากบิดา มารดา ที่ได้ให้ทุนสนับสนุน ความห่วงใย ความเข้าใจ ที่เป็นแรงหนุ่นในการทำการวิจัย ขอขอบคุณเพื่อนที่ร่วมทุกข์ร่วมสุขในการวิจัยอันแสนทรหด และขอขอบคุณทุกๆคนที่มีส่วนร่วมในการวิจัยและที่ผ่านเข้ามาในงานวิจัยชิ้นนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.......... ง

บดคัดย่อภาษาอังกฤษ.......... จ

กิตติกรรมประกาศ.......... ฉ

สารบัญ.......... ช

สารบัญตารางประกอบ..........ญ

สารบัญรูปภาพประกอบ.......... ฎ

สารบัญแผนภูมิประกอบ..........ฑ

บทที่ 1 บทนำ..........1

1.1 ปัญหาและความเป็นมาของการวิจัย..........1

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย.......... 3

1.3 ขอบเขตในการวิจัย..........3

1.4 ข้อสังเกตในการวิจัย.......... 4

1.5 สมมติฐานในการวิจัย.......... 4

1.6 ระเบียบวิธีวิจัย.......... 5

1.7 ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.......... 7

บทที่ 2 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..........8

2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน..........8

2.2 การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร.......... 12

2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านการไหลเวียนอากาศ.......... 15

2.4 การประมาณอัตราการไหลเวียนอากาศ.......... 18

2.5 ศักยภาพการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในประเทศไทย.......... 22

2.6 คุณลักษณะการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในประเทศไทย.......... 24

2.7 การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรมไทยมวลสารน้อย..27

2.8 การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรมไทยมวลสารมาก.. 33

2.9 การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรมไทยในปัจจุบัน..... 36

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ และ วิธีดำเนินงานวิจัย.......... 39

3.1 การกำหนดตัวแปรของการวิจัย..........39

สารบัญ(ต่อ)

3.4 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.. 42
3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..50
3.6 หลักเกณฑ์ที่ใช้ทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกล่อง.........65

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการของอิทธิพลการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับการถ่ายเทความร้อน และสภาพแวดล้อมภายในงานสถาปัตยกรรม.70

4.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.........................70
4.2 การทดสอบอิทธิพลของมวลสารคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร และช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศ..72
4.3 การทดสอบอิทธิพลของมวลสารคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร ช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศ และการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารด้านบน.. 109
4.4 การทดสอบอิทธิพลของมวลสารคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร ช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศ และทิศทางการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ...150
4.5 อิทธิพลของความเร็วลมที่มีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์ กรณีช่วงเลาการไหลเวียนอากาศธรรมชาติ..172
4.6 อิทธิพลของความเร็วลมที่มีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์ กรณีการติดฉนวนที่เปลือกอาคารด้านบน....................................... 188
4.7 อิทธิพลของความเร็วลมที่มีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์ กรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศธรรมชาติ....................................192
4.8 การผสมผสานคุณสมบัติของเปลือกอาคาร มวลสาร และการไหลเวียนอากาศธรรมชาติ...207

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..212

5.1 บทสรุป.. 212
5.2 ข้อเสนอแนะ..226

รายการอ้างอิง..229

ภาคผนวก..231

ประวัติผู้วิจัย...243

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2. 1 ค่าคงที่ K เปลี่ยนตามอัตราส่วนของช่องเปิดที่เปลี่ยนไป... 19

ตารางที่ 2. 2 ค่าคงที่ K เปลี่ยนตามอัตราส่วนของช่องเปิดที่เปลี่ยนไป... 20

ตารางที่ 2. 3 ค่า Cp สำหรับลมที่กระทำในทิศต่าง ๆ...22

ตารางที่ 3. 1 การทดลองขั้นที่ 1 วิธีที่ 1.. 52

ตารางที่ 3. 2 การทดลองขั้นที่ 1 วิธีที่ 2.. 53

ตารางที่ 3. 3 การทดลองขั้นที่ 1 วิธีที่ 3.. 54

ตารางที่ 3. 4 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 1.. 56

ตารางที่ 3. 5 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 2.. 57

ตารางที่ 3. 6 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 3.. 58

ตารางที่ 3. 7 การทอลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 4.. 59

ตารางที่ 3. 8 การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 1.. 61

ตารางที่ 3. 9 การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 2.. 62

ตารางที่ 3. 10การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 3.. 63

ตารางที่ 3. 11 การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 1.. 64

ตารางที่ 4. 1 การตรวจความเที่ยงตรงของหัววัดอุณหภูมิ. 71

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2. 1 การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร.......................................12
รูปที่ 2. 2 การคำนวนค่าการนำความร้อน.......................................14
รูปที่ 2. 3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของการถ่ายเทความร้อน.......................................15
รูปที่ 2. 4 การถ่ายเทความร้อนรวมภายในห้อง.......................................16
รูปที่ 2. 5 การถ่ายเทความร้อนบริเวณเปลือกอาคาร.......................................17
รูปที่ 2. 6 ภูมิอากาศของเดือนเมษายนเมื่อนำมาพล็อตใน Bioclimatic Chart.......................................23
รูปที่ 2. 7 แสดงทิศทางและความเร็วลมของเดือนกุมภาพันธ์.......................................25
รูปที่ 2. 8 แสดงทิศทางและความเร็วลมของเดือนเมษายน.......................................25
รูปที่ 2. 9 แสดงทิศทางและความเร็วลมของเดือนตุลาคม.......................................26
รูปที่ 2. 10 แสดงทิศทางและความเร็วลมของเดือนธันวาคม.......................................26
รูปที่ 2. 11 การรั่วไหลของอากาศในเรือนไทย.......................................27
รูปที่ 2. 12 การใช้เรือนไทยในเวลากลางคืน.......................................29
รูปที่ 2. 13 การใช้ใต้ถุนเรือนไทยเวลากลางวัน.......................................30
รูปที่ 2. 14 การเพิ่มความเร็วลมบริเวณใต้ถุนเรือนไทย.......................................31
รูปที่ 2. 15การใช้หลังคาของหลังคาทรงไทย.......................................32
รูปที่ 2. 16 การใช้โบสถ์ไทยในเวลากลางวัน.......................................34
รูปที่ 2. 17 การใช้โบสถ์ไทยเวลากลางคืน.......................................35
รูปที่ 2. 18 รายละเอียดของผนัง EIFS.......................................38
รูปที่ 3. 1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของไม้อัด 12 มม. 40
รูปที่ 3. 2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของคอนกรีต 10 ซม. 40
รูปที่ 3. 3 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของคอนกรีต 30 ซม. 41
รูปที่ 3. 4ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของ EIFS โฟมหนา 3 นิ้ว.......................................41
รูปที่ 3. 5 รูปหัววัดอุณหภูมิ NTC.......................................43
รูปที่ 3. 6 หัววัดความเร็วลม Hot Film Anemometer.......................................43
รูปที่ 3. 7 รูปเครื่องเก็บข้อมูล.......................................44
รูปที่ 3. 8 รูปเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลข้อมูล.......................................44
รูปที่ 3. 9 กล่องไม้อัดหนา 12 มม. 45
รูปที่ 3. 10 กล่องคอนกรีตหนา 10 ซม. 45
รูปที่ 3. 11 กล่อง EIFS โฟมหนา 3 นิ้ว. 45
รูปที่ 3. 12 กล่องคอนกรีตหนา 30 ซม. 45
รูปที่ 3. 13 กล่องทดลองที่ 1.......................................46
รูปที่ 3. 14 กล่องทดลองที่ 2.......................................47
รูปที่ 3. 15 กล่องทดลองที่ 3.......................................48

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ 3. 16 กล่องทดลองที่ 4 49
รูปที่ 3. 17 การทดลองขั้นที่ 1 วิธีที่ 1 52
รูปที่ 3. 18 การทดลองขั้นที่ 1 วิธีที่ 2 53
รูปที่ 3. 19 การทดลองขั้นที่ 1 วิธีที่ 3 54
รูปที่ 3. 20 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 1 56
รูปที่ 3. 21 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 2 57
รูปที่ 3. 22 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 3 58
รูปที่ 3. 23 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 4 59
รูปที่ 3. 24 การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 1 61
รูปที่ 3. 25 การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 2 62
รูปที่ 3. 26การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 3 63
รูปที่ 3. 27 การทดลองขั้นที่ 4 วิธีที่ 1 65
รูปที่ 4. 1 รูปแบบกล่องทดลองที่ใช้ทดสอบช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศ 73
รูปที่ 4. 2 การทดสอบช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเปรียบเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ 74
รูปที่ 4. 3 การทดสอบช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเปรียบเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ 88
รูปที่ 4. 4 การทดสอบช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนเปรียบเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ 99
รูปที่ 4. 5 รูปแบบกล่องทดลองที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารด้านบน 109
รูปที่ 4. 6 การทดสอบการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ เปรียบเทียบ กล่องชุดที่ติดฉนวนและไม่ติดฉนวนที่เปลือกอาคารด้านบน 110
รูปที่ 4. 7 การทดสอบช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเปรียบเทียบกล่องชุดที่ติดฉนวนและไม่ติดฉนวนที่เปลือกอาคารด้านบน 120
รูปที่ 4. 8 การทดสอบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน เปรียบเทียบ กล่องชุดที่ติดฉนวนและไม่ติดฉนวนที่เปลือกอาคารด้านบน 130
รูปที่ 4. 9 การทดสอบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน เปรียบเทียบ กล่องชุดที่ติดฉนวนและไม่ติดฉนวนที่เปลือกอาคารด้านบน 140
รูปที่ 4. 10 รูปแบบกล่องทดลองที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของทิศทางการไหลเวียนอากาศธรรมชาติ 150
รูปที่ 4. 11 การทดสอบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน เปรียบเทียบ กล่องชุดหันช่องเปิดไปในแนวทิศเหนือ-ใต้ และชุดที่หันช่องเปิดไปในทิศตะวันออก-ตก 151
รูปที่ 4. 12 การทดสอบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน เปรียบเทียบ กล่องชุดหันช่องเปิดไปในแนวทิศเหนือ-ใต้ และชุดที่หันช่องเปิดไปในทิศตะวันออก-ตก 158

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ 4. 13 การทดสอบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน เปรียบเทียบ กล่องชุดหันช่องเปิดไปในแนวทิศเหนือ-ใต้ และชุดที่หันช่องเปิดไปในทิศตะวันออก-ตก..165
รูปที่ 4. 14 การผสมผสานคุณสมบัติการป้องกันความร้อน มวลสาร และการไหลเวียนอากาศธรรมชาติ......207

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 2. 1 ค่าการนำความร้อนของอากาศ(h0) ณ พื้นผิวต่างๆ 10
แผนภูมิที่ 2. 2 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองของ อิฐ 4 นิ้ว และ 8 นิ้ว.................... 37
แผนภูมิที่ 3. 1 มวลสารของวัสดุที่ใช้ทดลอง....................40
แผนภูมิที่ 3. 2 การเปรียบเทียบค่า U-Value ของวัสดุ.................... 41
แผนภูมิที่ 4. 1 การปรับเทียบความเที่ยงตรงของกล่องทดลอง.................... 72
แผนภูมิที่ 4. 2 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเหมือนกัน.................... 75
แผนภูมิที่ 4. 3 ความแตกต่างของอุณหภูมิกรณีไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ.................... 76
แผนภูมิที่ 4. 4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละกล่องทดลองในกรณีไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ......77
แผนภูมิที่ 4. 5 การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของแต่ละกล่องทดลองเมื่อไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ.........77
แผนภูมิที่ 4. 6 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเหมือนกัน....................78
แผนภูมิที่ 4. 7 ความแตกต่างของอุณหภูมิเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน.................... 80
แผนภูมิที่ 4. 8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละกล่องทดลองในกรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน.................... 81
แผนภูมิที่ 4. 9 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ....................82
แผนภูมิที่ 4. 10 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้วโดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ....................83
แผนภูมิที่ 4. 11 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ....................84
แผนภูมิที่ 4. 12 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ....................85
แผนภูมิที่ 4. 13 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดเวลาและไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ.................... 86
แผนภูมิที่ 4. 14 การลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน 87
แผนภูมิที่ 4. 15 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเหมือนกัน.................. 89
แผนภูมิที่ 4. 16 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน.......... 91
แผนภูมิที่ 4. 17 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน....92
แผนภูมิที่ 4. 18 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม.โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ.................... 93

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิที่ 4. 19 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องEIFSโฟม 3 นิ้ว โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ........94
แผนภูมิที่ 4. 20 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม. โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ........95
แผนภูมิที่ 4. 21 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม. โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ........96
แผนภูมิที่ 4. 22 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันและไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ 97
แผนภูมิที่ 4. 23 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน..98
แผนภูมิที่ 4. 24 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนเหมือนกัน........100
แผนภูมิที่ 4. 25 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน........101
แผนภูมิที่ 4. 26 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน....102
แผนภูมิที่ 4. 27 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม.โดยกล่องหนึ่งใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ........103
แผนภูมิที่ 4. 28 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว โดยกล่องหนึ่งใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ........104
แผนภูมิที่ 4. 29 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม. โดยกล่องหนึ่งใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ........105
แผนภูมิที่ 4. 30 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม. โดยกล่องหนึ่งใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ........106
แผนภูมิที่ 4. 31 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนและไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ........107
แผนภูมิที่ 4. 32 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน...108
แผนภูมิที่ 4. 33 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องติดฉนวนเหมือนกัน ไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเหมือนกัน........111
แผนภูมิที่ 4. 34 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเมื่อมีการติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา และไม่มีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ........112
แผนภูมิที่ 4. 35 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในกรณีติดฉนวนที่หลังคาและไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ........113
แผนภูมิที่ 4. 36 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และไม่ใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน........114

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิที่ 4. 37 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟมหนา 3 นิ้วโดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และไม่ใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน.......................... 115
แผนภูมิที่ 4. 38 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 10 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และไม่ใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน.......................... 116
แผนภูมิที่ 4. 39 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 30 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และไม่ใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน.......................... 117
แผนภูมิที่ 4. 40 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีติดและไม่ติดฉนวนเมื่อไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ.. 118
แผนภูมิที่ 4. 41 การเปรียบเทียอุณหภูมิอากาศกรณีติดและไม่ติดฉนวนกรณีไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ 119
แผนภูมิที่ 4. 42 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องติดฉนวนเหมือนกัน ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเหมือนกัน.. 121
แผนภูมิที่ 4. 43 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเมื่อมีการติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา และใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน.. 122
แผนภูมิที่ 4. 44 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในกรณีติดฉนวนที่หลังคาและใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน.. 123
แผนภูมิที่ 4. 45 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน.................... 124
แผนภูมิที่ 4. 46 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟมหนา 3 นิ้วโดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน.................... 125
แผนภูมิที่ 4. 47 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 10 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน.................... 126
แผนภูมิที่ 4. 48 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 30 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน.................... 127
แผนภูมิที่ 4. 49 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีติดและไม่ติดฉนวนเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน.. 128
แผนภูมิที่ 4. 50 การเปรียบเทียอุณหภูมิอากาศกรณีติดและไม่ติดฉนวนกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน.. 129
แผนภูมิที่ 4. 51 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องติดฉนวนเหมือนกัน ใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน.......... 131
แผนภูมิที่ 4. 52 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเมื่อมีการติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา และใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน.. 132

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิที่ 4. 53 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในกรณีติดฉนวนที่หลังคาและใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน........ 133
แผนภูมิที่ 4. 54 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน........134
แผนภูมิที่ 4. 55 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟมหนา 3 นิ้วโดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน........135
แผนภูมิที่ 4. 56 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 10 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศวันกลางวันเหมือนกัน........ 136
แผนภูมิที่ 4. 57 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 30 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน........137
แผนภูมิที่ 4. 58 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีติดและไม่ติดฉนวนเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน........138
แผนภูมิที่ 4. 59 การเปรียบเทียอุณหภูมิอากาศกรณีติดและไม่ติดฉนวนกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน........ 139
แผนภูมิที่ 4. 60 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องติดฉนวนเหมือนกัน ใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน........ 141
แผนภูมิที่ 4. 61 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเมื่อมีการติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา และใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน........142
แผนภูมิที่ 4. 62 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในกรณีติดฉนวนที่หลังคาและใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน........143
แผนภูมิที่ 4. 63 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน........ 144
แผนภูมิที่ 4. 64 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟมหนา 3 นิ้วโดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน........145
แผนภูมิที่ 4. 65 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 10 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศวันกลางคืนเหมือนกัน........ 146
แผนภูมิที่ 4. 66 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 30 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน........ 147
แผนภูมิที่ 4. 67 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีติดและไม่ติดฉนวนเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน........148
แผนภูมิที่ 4. 68 การเปรียบเทียอุณหภูมิอากาศกรณีติดและไม่ติดฉนวนกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน........149

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิที่ 4. 69 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน.......... 152
แผนภูมิที่ 4. 70 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน.............. 153
แผนภูมิที่ 4. 71 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน.............. 154
แผนภูมิที่ 4. 72 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน.............. 155
แผนภูมิที่ 4. 73 แสดงความเร็วลมในทิศที่ต่างกันกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน........... 156
แผนภูมิที่ 4. 74 เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิกรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ในทิศทางต่างกัน 157
แผนภูมิที่ 4. 75 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของการไหลเวียนอากาศตลอดวันในทิศทางที่ต่างกัน..... 157
แผนภูมิที่ 4. 76 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน......159
แผนภูมิที่ 4. 77 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน.......... 160
แผนภูมิที่ 4. 78 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน.......... 161
แผนภูมิที่ 4. 79 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน.......... 162
แผนภูมิที่ 4. 80 แสดงความเร็วลมในทิศที่ต่างกันกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน....... 163
แผนภูมิที่ 4. 81 เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิกรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ในทิศทางต่างกัน.. 164
แผนภูมิที่ 4. 82 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของการไหลเวียนอากาศเวลากลางวันในทิศทางที่ต่างกัน164
แผนภูมิที่ 4. 83 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน.....166
แผนภูมิที่ 4. 84 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน.......... 167
แผนภูมิที่ 4. 85 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน.......... 168
แผนภูมิที่ 4. 86 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน.......... 169
แผนภูมิที่ 4. 87 แสดงความเร็วลมในทิศที่ต่างกันกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน....... 170

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิที่ 4. 88 เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิกรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ในทิศทางต่างกัน.......171
แผนภูมิที่ 4. 89 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของการไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนในทิศทางที่ต่างกัน.......171
แผนภูมิที่ 4. 90 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ.......173
แผนภูมิที่ 4. 91 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ.......174
แผนภูมิที่ 4. 92 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ.......175
แผนภูมิที่ 4. 93 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ.......176
แผนภูมิที่ 4. 94 เปรียบเทียบความรู้สึกเย็นลงกรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน.......177
แผนภูมิที่ 4. 95แสดงอุณหภูมิอวกาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ....... 178
แผนภูมิที่ 4. 96 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ.......179
แผนภูมิที่ 4. 97 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ.......180
แผนภูมิที่ 4. 98 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ.......181
แผนภูมิที่ 4. 99 เปรียบเทียบความรู้สึกเย็นลงกรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน.......182
แผนภูมิที่ 4. 100 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ.......183

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิที่ 4. 101 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ..184

แผนภูมิที่ 4. 102 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ..185

แผนภูมิที่ 4. 103 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ..186

แผนภูมิที่ 4. 104 เปรียบเทียบความรู้สึกเย็นลงกรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน.................. 187

แผนภูมิที่ 4. 105 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันกรณีมีการติดฉนวนและไม่ติดฉนวน กรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน..189

แผนภูมิที่ 4. 106 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันกรณีมีการติดฉนวนและไม่ติดฉนวน กรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน..190

แผนภูมิที่ 4. 107 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันกรณีมีการติดฉนวนและไม่ติดฉนวน กรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดคืน.. 191

แผนภูมิที่ 4. 108 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน กรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน.. 192

แผนภูมิที่ 4. 109 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน..193

แผนภูมิที่ 4. 110 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน..194

แผนภูมิที่ 4. 111 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน..195

แผนภูมิที่ 4. 112 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน..196

แผนภูมิที่ 4. 113 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน กรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน.. 197

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิที่ 4. 114 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน....198

แผนภูมิที่ 4. 115 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน....199

แผนภูมิที่ 4. 116 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน....200

แผนภูมิที่ 4. 117 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน....201

แผนภูมิที่ 4. 118 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน กรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน.... 202

แผนภูมิที่ 4. 119 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน....203

แผนภูมิที่ 4. 120 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน....204

แผนภูมิที่ 4. 121 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน....205

แผนภูมิที่ 4. 122 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน....206

แผนภูมิที่ 4. 123 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว โดยกล่องหนึ่งไม่ใส่มวลสารเปรียบเทียบกับกล่องที่มีมวลสาร และกล่องมวลสารมาก ซึ่งใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในเวลากลางคืน.208

แผนภูมิที่ 4. 124 เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองที่มีการผสมผสานมวลสารและคุณสมบัติการป้องกันความร้อน.... 209

แผนภูมิที่ 4. 125 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในกล่องทดลองที่มีการผสมผสานมวลสารและคุณสมบัติการป้องกันความร้อน.... 210

แผนภูมิที่ 5. 1 แสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยกับมวลสารของวัสดุ.... 215

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิที่ 5. 2 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยกับค่าการป้องกันความร้อนของวัสดุ........... 215
แผนภูมิที่ 5. 3 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศสูงสุดกับมวลสารของวัสดุ...........................215
แผนภูมิที่ 5. 4 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศสูงสุดกับค่าการป้องกันความร้อนของวัสดุ...........216
แผนภูมิที่ 5. 5 ความสัมพันธ์ของการติดฉนวนที่ส่งผลต่ออุณหภูมิสูงสุดเมื่อมวลสารเปลี่ยนแปลงไป.........220
แผนภูมิที่ 5. 6 ความสัมพันธ์ของการติดฉนวนที่ส่งผลต่ออุณหภูมิสูงสุดเมื่อค่าการป้องกันความร้อนเปลี่ยนแปลงไป..221
แผนภูมิที่ 5. 7 ความสัมพันธ์ของมวลสารที่ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเมื่อช่องเปิดหันไปในทิศทางที่ต่างกัน..224
แผนภูมิที่ 5. 8 ความสัมพันธ์ของค่าการป้องกันความร้อนที่ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเมื่อช่องเปิดหันไปในทิศทางที่ต่างกัน.. 225

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ปัญหาและความเป็นมาของการวิจัย

ปัจจุบันสถาปัตยกรรมในประเทศไทยจำเป็นต้องบริโภคพลังงานจากการใช้เครื่องปรับอากาศเป็นจำนวนมหาศาล เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเส้นแวง(Latitude)ที่ 90-106 ^{0}ตะวันออก และอยู่ในเส้นรุ้ง(Longitude)ที่ 8-18 ^{0} เหนือ จึงจัดอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น(Hot and Humid Climate)ซึ่งมีสภาพอากาศอยู่นอกเขตสบายเกือบตลอดทั้งปี(สุนทร บุญญาธิการ, 2542) การแก้ปัญหาจึงนิยมใช้เครื่องปรับอากาศในการปรับให้เข้าสู่เขตสบาย แต่เครื่องปรับอากาศต้องใช้พลังงานโดยเฉลี่ย 1 กิโลวัตต์ ต่อตัน เมื่อเทียบกับเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆแล้วนับเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองพลังงานมากที่สุด โดยคิดเป็นการใช้พลังงานถึง 50 % ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร รองลงมาคือพลังงานในการส่องสว่างบริโภคพลังงานถึง 25 % ส่วนอีก 25 % เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าในด้านอื่นๆ เช่น เครื่องไฟฟ้าเป็นต้น(Lawence Berkley Laboratory, 1985) จึงเป็นเหตุให้ประเทศชาติต้องนำเข้าพลังงานปีละกว่า 80,000 ล้านบาท และยังก่อให้เกิดผลกระทบมากมายเช่น การเกิดสภาวะเรือนกระจก ปัญหามลภาวะทางอากาศจากการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

การทำให้สภาพแวดล้อมภายในงานสถาปัตยกรรมอยู่ในเขตสบายมากที่สุดหรือเย็นสบายที่สุดโดยไม่ปรับอากาศนับเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดการบริโภคพลังงานของชาติได้ จากการวิจัยพบว่าหากจะอยู่อาศัยแบบธรรมชาติในภูมิภาคเขตร้อนชื้น การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ(Natural Ventilation) จะเป็นวิธีที่ได้ผลมากที่สุด(Stein, 1992) เนื่องจากการไหลเวียนอากาศธรรมชาติมีคุณลักษณะ 2 ประการได้แก่ <u>ประการที่หนึ่ง</u> การถ่ายเทความร้อนและการไหลเวียนอากาศธรรมชาติ การปล่อยให้มีอากาศไหลเข้าออกภายในอาคารอย่างเต็มที่จะทำให้อุณหภูมิภายในและภายนอกมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน และหากมีปริมาณการไหลของอากาศยิ่งมากจะยิ่งทำให้อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น อีกทั้งการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติจึงส่งผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเปลี่ยนไป จากการวิจัยในประเทศกรีก ปี ค.ศ.1995 ทำการทดสอบ การใช้การไหลเวียนของอากาศในเวลากลางคืน(Night Ventilation) กับอาคารสำนักงานแห่งหนึ่ง ผลการวิจัยพบว่าจะช่วยลดอุณหภูมิอากาศในช่วงกลางวันได้(Allard,1998) จึงนับเป็นแนวทางหนึ่งที่ควรนำมาพิจารณาที่จะนำมาใช้ในประเทศไทย ซึ่งสามารถแบ่งรูปแบบของการใช้การไหลเวียนอากาศเป็น 2 แนวทางได้แก่ การไหลเวียนอากาศธรรมชาติจากแรงลม และ การไหลเวียนอากาศธรรมชาติจากการลอยตัวของอากาศ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะเน้นในส่วนแรกนี้มากกว่า <u>ประการที่</u>

สอง การใช้การไหลของอากาศหรือความเร็วลมโดยตรงในการปรับให้รเข้าสู่เขตสบาย เนื่องจากลมจะทำให้ร่างกายมีการระเหยเหงื่อได้ดีขึ้นจึงเป็นการทำให้ร่างกายรู้สึกเสมือนว่าอยู่ในเขตสบาย จากการวิจัยพบว่าความเร็วลม 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้รู้สึกเย็นลง 0.4 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ,2542)

ในส่วนของการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติและการถ่ายเทความร้อน เป็นส่วนที่ยังไม่มีการวิจัยในประเทศเท่าที่ควร ทั้งที่เป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้สภาพแวดล้อมภายในอาคารแตกต่างกว่าสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารและเป็นวิธีที่ทำให้สภาพแวดล้อมภายในอาคารมีแนวโน้มที่จะเย็นสบายมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปในการแสวงหาแนวทางเพื่อใช้ประโยชน์จากการไหลเวียนอากาศธรรมชาติให้เหมาะสมกับภูมิอากาศในประเทศมากที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยได้แก่การหาตัวแปร การหาความสัมพันธ์ของตัวแปร และนำเสนอรูปแบบการใช้การไหลเวียนอากาศที่เหมาะสม ซึ่งได้กำหนดตัวแปรในการวิจัย ตัวแปรต้นได้แก่ อุณหภูมิอากาศภายนอก ความเร็วลม ลักษณะมวลสารและการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคาร รังสีดวงอาทิตย์ ทิศ และช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศ ตัวแปรตามได้แก่ อุณหภูมิอากาศภายในอาคาร และในการวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตเฉพาะการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากลม แต่จะไม่เกี่ยวข้องในเรื่องการไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่เกิดจากการลอยตัวของอากาศ

ในการวิจัยจะเป็นการวิจัยสนามโดยสร้างกล่องทดลองขึ้นจำนวน 8 กล่อง แบ่งตามมวลสารและการถ่ายเทคามร้อนได้แก่ ไม้อัด 12 มม. คอนกรีตหนา 10 ซม. คอนกรีต 30 ซม. และ EIFS โฟมหนา 3 นิ้ว และนำไปทดสอบกับภูมิอากาศจริง ทำการวัด อุณหภูมิอากาศภายนอก ความเร็วลม และอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง ซึ่งจะทำการปรับเปลี่ยนตัวแปรที่ทำการศึกษาประมาณ 3 ขั้นตอนหลักๆ ได้แก่ ช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารด้านบน และทิศทางการวางกล่อง

ประโยชน์ที่จะได้รับคือข้อสรุปของศักยภาพการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในประเทศไทย สามารถประยุกต์การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรมได้อย่างเหมาะสม และนำผลการวิจัยไปพัฒนางานวิจัยที่กว้างขวางยิ่งขึ้นในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. ศึกษาหาตัวแปรที่มีผลต่อการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่มีผลกระทบกับการถ่ายเทความร้อนของอาคาร

2. ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนของอาคารเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

3. ค้นหาศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากการไหลเวียนอากาศธรรมชาติให้มากที่ สุดทั้งด้านการถ่ายเทความร้อน และอิทธิพลของความเร็วลม

4. ประยุกต์ผสมผสานตัวแปรเพื่อให้สามารถสร้างรูปแบบที่เย็นสบายที่สุดโดยใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด

5. นำเสนอรูปแบบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติภายในอาคารที่เหมาะสมกับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง จำลองสภาพอาคารด้วยการสร้างกล่องทดลอง ซึ่งกล่องทั้งหมดมี 4 แบบ แบ่งเป็น ไม้อัด 12 มม. คอนกรีต 10 ซม. คอนกรีต 30 ซม. และ EIFS โฟมหนา 3 นิ้ว อย่างละ 2 กล่อง รวมทั้งหมด 8 กล่อง เครื่องมือเก็บข้อมูลเป็นชุดเดียวกัน

2. สถานที่ทำการทดลองต้องเป็นสถานที่เดียวกัน เพื่อควบคุมอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมและอิทธิพลภายนอกกล่องทดลอง ให้เหมือนกันทุกกล่อง

3. กล่องทดลองทุกกล่องนำมาใช้ในการทดสอบสมมุติฐานต่างๆ และทุกการทดลองใช้งานทุกกล่องทดลอง

4. การทดสอบทุกครั้งไม่มีการใช้อุปกรณ์บังแดด

5. การวิเคราะห์จะไม่รวมอิทธพลของ MRT ที่มีผลต่อเขตสบายมาเกี่ยวข้อง

6. การทดสอบเฉพาะตัวแปรที่เกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนอันได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ และกระแสลม ฯลฯ ตัวแปรทางด้านอื่นๆ เช่นความชื้น ถือว่าส่งผลต่อทุกกล่องทดลองเท่าเทียมกัน

7. การทดสอบมีช่วงเวลาจำกัดเพียง 2-3 เดือนเท่านั้น การทดลองที่สมบูรณ์จึงควรกระทำทั้งปี เพื่อให้ได้สภาพภูมิอากาศที่ครบถ้วนทั้งใน ฤดูร้อน ฤดูฝน ฤดูหนาว ซึ่งจะทำให้ข้อสรุปที่ได้ออกมาชัดเจนและครบถ้วนมากขึ้น

8. การทดลองนี้มุ้งเน้นเฉพาะการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับการถ่ายเทความร้อนของอาคารที่เกิดจากแรงลม ส่วนในเรื่องการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับการถ่ายเทความร้อนของอาคารที่เกิดจากการลอยตัวของอากาศ และ การใช้ความเร็วลมที่มีผลต่อเขตสบายจะเป็นเพียงส่วนขยายผลเท่านั้น

1.4 ข้อสังเกตในการวิจัย

1. วัสดุที่มวลสารและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนที่เหมือนกันจะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนต่างกันเมื่อจะใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในช่วงเวลาที่ต่างกัน

2. วัสดุที่มวลสารและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนที่ต่างกันจะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนต่างกันแม้จะใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในช่วงเวลาที่เหมือนกัน

3. วัสดุที่มวลสารและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนที่เหมือนกันแต่มีกันความร้อนจากเปลือกอาคารด้านบนต่างกันจะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนต่างกัน แม้ช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่เหมือนกัน

4. วัสดุที่มวลสารและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนที่ต่างกันแต่มีกันความร้อนจากเปลือกอาคารด้านบนเหมือนกันจะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนต่างกัน แม้ช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่เหมือนกัน

5. วัสดุที่มวลสารและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนที่เหมือนกันแต่วางช่องรับลมในทิศทีต่างกันจะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนต่างกัน แม้ช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่เหมือนกัน

1.5 สมมุติฐานในการวิจัย

การผสมผสานค่าการป้องกันความร้อน มวลสาร ของเปลือกอาคาร ร่วมกับช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศที่เหมาะสม จะสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยตลอดวันต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกได้

1.6 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาหาตัวแปรที่มีผลต่อการไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

การทำการทดลองจำเป็นต้องเปรียบเทียบตัวแปรที่ต้องการศึกษา ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน อิทธิพลที่ส่งผลกับตัวแปรที่เหมือนกัน ดังนั้นการทดลองจึงจำเป็นต้องทดลองในวันเดียวกัน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบข้อมุลได้ ขั้นตอนในการทดลองประกอบด้วย

- ทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วัดก่อนทำการทดสอบต่างๆนั้น ต้องทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่จะนำมาวัดข้อมูลต่างๆ รวมทั้งทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของกล่องทดลอง โดยเฉพาะชนิดที่ใช้วัสดุเหมือนกัน เพื่อให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ ขั้นตอนต่างๆ

- การทดสอบผลกระทบของมวลสาร ความจุความร้อนจำเพาะและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อน มี 4 แบบ ดังรูปที่ 1.1 ถึง 1.4

1. เป็นไม้อัดหนา 12 มม. น้ำหนัก 7 กก/ตร.ม. c= 0.29 Btu/lb^{2*0}F มีค่า U= 0.97 Btu/h*ft^{2*0}F

2. เป็นคอนกรีตหนา 10 ซม. น้ำหนัก 240 กก/ตร.ม. c= 0.21 Btu/lb^{2*0}F มีค่า U = 0.73 Btu/h*ft^{2*0}F

3. เป็นคอนกรีตหนา 30 ซม. น้ำหนัก 720 กก/ตร.ม. c = 0.21Btu/lb^{2*0}F มีค่า U = 0.44 Btu/h*ft^{2*0}F

4. เป็น EIFS. โฟมหนา 3 นิ้ว น้ำหนัก 35 กก/ตร.ม. c = 0.26 Btu/lb^{2*0}F มีค่า U = 0.07 Btu/h*ft^{2*0}F

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

● การทดสอบช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

แบ่งเป็นช่วงเวลากลางวันและกลางคืน โดยถือว่าช่วงเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นเป็นช่วงเวลากลางวัน(6.00 –18.00 น.) และ ช่วงเวลาดวงอาทิตย์ตกเป็นช่วงเวลากลางคืน (18.00 – 6.00 น.)ผลของช่วงเวลาจะมีผลต่อพฤติกรรมการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ ซึ่งจะส่งผลในการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศภายในกล่องทดลง แบ่งลักษณะการใช้ได้ดังนี้

1. เปิดช่องเปิดเวลากลางวัน และ เปิดช่องเปิดเวลากลางคืน

2. ปิดช่องเปิดเวลากลางวัน และ ปิดช่องเปิดเวลากลางคืน

3. เปิดช่องเปิดเวลากลางวัน และ ปิดช่องเปิดเวลากลางคืน

4. ปิดช่องเปิดเวลากลางวัน และ เปิดช่องเปิดเวลากลางคืน

● การกันความร้อนจากเปลือกอาคารด้านบน

ใช้โฟมหนา 6 นิ้ววางบนด้านบนของกล่องเพื่อตัดอิทธิพลของความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางหลังคาของกล่องทดลองชุดหนึ่ง ส่วนอีกชุดจะไม่มีการใช้โฟมวางบนหลังคา โดยที่แต่ละชุดมี 4 กล่อง ได้แก่ กล่องไม้อัดหนา 12 มม. กล่องคอนกรีตหนา 10 ซม.กล่องคอนกรีตหนา 30 ซม. และ กล่อง EIFS ใช้โฟม 3 นิ้ว ทำการทดลองโดยใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่เหมือนกัน

● ทิศของการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

ทำการวางกล่องทดลองไปใน 2 ทิศทางได้แก่ ให้ช่องเปิดเปิดในแนวตะวันออกและตก อีกชุดหนึ่งวางช่องเปิดในแนวเหนือใต้ โดยที่แต่ละชุดมี 4 กล่อง ได้แก่ กล่องไม้อัดหนา 12 มม. กล่องคอนกรีตหนา 10 ซม.กล่องคอนกรีตหนา 30 ซม. และ กล่อง EIFS ใช้โฟม 3 นิ้ว ทำการทดลองโดยกำหนดรูปแบบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่เหมือนกัน

2. นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ

เมื่อได้ตัวแปรที่ส่งผลให้พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเปลี่ยนแปลงไปแล้วจึงทำการนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ

3. การวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนและความเร็วลม

นำผลที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรมาผนวกกับผลกระทบจากความเร็วลม

4. ผสมผสานรูปแบบของตัวแปรเพื่อให้ได้รุปแบบที่เหมาะสมกับการไหลเวียนอากาศธรรมชาติมากที่สุด

ใช้กล่อง EIFS ที่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงแต่มีมวลสารน้อยมาใส่มวลสารไว้ภายในเพื่อให้อุณหภูมิคงที่มากขึ้น ทำการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน ทำการเปรียบเทียบกับกล่อง EIFS ไม่ใช้มวลสารและ กล่องคอนกรีตหนา 30 ซม.

5. ทำการสรุปผลและนำเสนอรูปแบบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

เมื่อทราบถึงรูปแบบที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมของการผสมผสานการไหลเวียนอากาศธรรมชาติในงานสถาปัตยกรรมแล้ว จึงทำการสรุปและเสนอแนะแนวทางการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดรวมถึงรูปแบบที่ควรหลีกเลี่ยง

1.7 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสรุปถึงศักยภาพของการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในประเทศไทยว่าสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด
2. สามารถนำเสนอรูปแบบและแนวทางการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่เหมาะสมและควรหลีกเลี่ยงสำหรับงานสถาปัตยกรรมในภูมิภาคร้อนชื้นอย่างในประเทศไทย
3. สามารถนำผลการวิจัยไปขยายผลในการวิจัยส่วนอื่นๆของการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเพื่อให้ผลการวิจัยครอบคลุม และกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

การที่จะเข้าใจการไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับการถ่ายเทความร้อนจำเป็นต้องเข้าใจการถ่ายเทความร้อนขั้นพื้นฐานก่อน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิ แบ่งเป็น 3 รูปแบบได้แก่ การนำ การพา และ การแผ่รังสี ซึ่งทั้ง 3 ส่วนมีความแตกต่างโดยหลักการขั้นพื้นฐานดังนี้

2.1.1. การนำความร้อน(Conduction Heat Tranfer)

การนำความร้อนหมายถึงการถ่ายเทความร้อนระหว่างโมเลกุลของสสารในสถานะเดียวกัน(Stein,1992)เช่น การนำเอามือไปสัมผัสกับผนังโดยตรงหากรู้สึกร้อนก็หมายความว่าอุณหภูมิของผนังสูงกว่าอุณหภูมิผิวในขณะนั้นความร้อนจะถ่ายเทจากผนังด้วยการนำเข้าสู่ร่างกาย ในทางกลับกันหากรู้สึกเย็นก็แสดงว่าอุณหภูมิของผนังต่ำกว่าอุณหภูมิผิวความร้อนจากร่างกายก็จะถ่ายเทให้กับผนัง

ในทางสถาปัตยกรรมการนำความร้อนมักถูกพิจารณาในรูปแบบสสารสถานะที่เป็นของแข็ง เนื่องจากเป็นสสารประเภทหลักในการเป็นวัสดุก่อสร้างอาคาร เช่น การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอิฐ คอนกรีต หลังคา ฉนวน เป็นต้น แต่ในทางวิทยาศาสตร์จะรวมถึงการนำความร้อนในสสารประเภทอื่นด้วยเช่น ของเหลว และ ก๊าซ เป็นต้น

วัสดุแต่ละประเภทแต่ละประเภทมีคุณลักษณะในการนำความร้อนเฉพาะตัว สำหรับวัสดุที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน และเป็นของแข็งจะมีคุณลักษณะที่เรียกว่า ค่าการนำความร้อน (Conductivity ,k) สำหรับระบบการวัดแบบ Inch-Pound หมายถึงเมื่อพลังงานความร้อนขนาด 1 บีทียู/ชั่วโมง ส่งผ่านวัสดุที่มีพื้นที่ 1 ตารางฟุต หนา 1 นิ้ว เมื่อวัดอุณหภูมิอีกด้านหนึ่งที่ความร้อนส่งผ่านไปอุณหภูมิจะลดลง 1 องศาฟาเรนไฮต์จะหมายถึงมีค่า k เท่ากับ 1 บีทียู*นิ้ว /ชั่วโมง* ตารางฟุต* องศาฟาเรนไฮต์($Btu*inch/h*ft^2*^0F$) สำหรับการวัดในระบบ SI หมายถึงพลังงาน 1 วัตต์ ส่งผ่านวัสดุที่มีพื้นที่ 1 ตารางเมตร ลึก 1 เมตร มีอุณหภูมิลดลง 1 องศาเคลวิน ดังนั้นวัสดุจะมีค่า k เท่ากับ1 วัตต์/เมตร *องศาเคลวิน(W/m^0K)ซึ่งค่า k ของวัสดุแต่ละประเภทจะแตกต่างกัน และมีความสำคัญมากในการคำนวนปริมาณพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร ซึ่งจะส่งผลต่อรูปแบบการออกแบบสถาปัตยกรรมของสถาปนิกและวิศวกร (Stein,1992)

วัสดุก่อสร้างทั่วไปมักจะมีการกำหนดความหนาดังนั้นเพื่อนความสะดวกจึงมีการกำหนดค่า คอนดักแตนส์(Conductance , C) โดยที่ C=k/x เมื่อ x เป็นความหนาของวัสดุ(ใช้หน่วยเป็น นิ้ว เมื่อเป็นหน่วย Inch-Pound ใช้หน่วยเป็น เมตร เมื่อ เป็นหน่วย SI) และค่า R = 1/C,x /k ดังนั้นในหน่วย Inch-Pound ค่า R จะมีหน่วยเป็น ชั่วโมง*ตารางฟุต*องศาฟาเรนไฮต์/บีทียู($h*ft^2*^0F/Btu$) ในขณะที่ในหน่วย SI ค่า R จะมีหน่วยเป็น ตารางเมตร*องศาเคลวิน/วัตต์(m^2*K/W)

วัสดุทั่วไปในงานสถาปัตยกรรมโดยทั่วไปจะแบ่งเป็น วัสดุที่เป็นตัวนำความร้อน(Conductor, k มาก) เช่น อิฐ คอนกรีต หิน เหล็ก กระจก ฯลฯ และวัสดุที่เป็นฉนวน (Insulator, k น้อย) เช่น เซลลูโลส ใยแก้ว โฟม ฯลฯ

ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆการนำความร้อนเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$q = -(k\ A)dT/dx \qquad \text{(ASHRAE,1997:3.1)}$$

เมื่อ

q	=	พลังงานจากการนำความร้อน(Btu/h)
k	=	ค่าการนำความร้อน($Btu*ft/h*ft^2*^0f$)
A	=	พื้นที่ที่มีการนำความร้อน(ft^2)
dT/dX	=	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ณ ความหนาใดๆ($^0F/ft$)

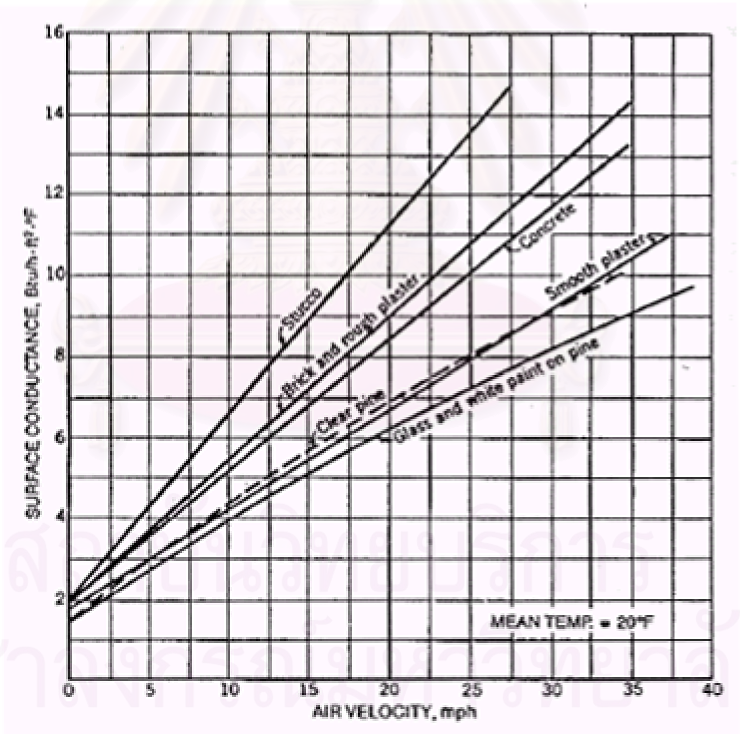
2.1.2 การพาความร้อน

การพาความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างสสารต่างสถานะ ได้แก่ ของแข็งกับของเหลว ของแข็งกับก็าซ ของเหลวกับก็าซ เช่น การที่เราต้มน้ำในหม้อความร้อนจากเปลวไฟจะถ่ายเทความร้อนผ่านอากาศด้วยการพาไปสู่หม้อ จากนั้นจะถ่ายเทผ่านวัสดุที่ใช้ทำหม้อด้วยการนำจากด้านที่ร้อนกว่าไปด้านที่เย็นกว่า และน้ำจะเป็นตัวพาความร้อนออกจากผิวหม้อด้านใน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในงานสถาปัตยกรรมการพาความร้อนจะเกิดขึ้นจากการถ่ายเทความร้อนจากผิวเปลือกอาคารด้านในสู่อากาศภายในด้วยการพาความร้อน เช่น ผนังที่มีการป้องกันความร้อนต่ำจะมีแนวโน้มทำให้อุณหภูมิผิวภายในที่มีอุณหภูมิสูง ดังนั้นอากาศที่พัดผ่านก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากพลังงานความร้อนถูกถ่ายเทด้วยการพาจากผิวผนังสู่อากาศที่พัดผ่านในปริมาณมากอุณหภูมิอากาศภายในก็จะสูงขึ้นมาก ในทางกลับกันหากใช้ผนังที่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงอุณหภูมิผิวภายในก็จะมีแนวโน้มต่ำลง ดังนั้นอากาศที่พัดผ่านก็จะมิอุณหภูมิต่ำเนื่องจากพลังงานความร้อนก็จะถูกถ่ายเทจากผิวอาคารสู่อากาศที่พัดผ่านในปริมาณที่น้อยอากาศภายในก็จะมีอุณหภูมิต่ำ

คุณลักษณะของการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาถูกกำหนดด้วยค่า สัมประสิทธิกาถ่ายเทความร้อน(Heat Tranfer Coefficiency, h_0)มีคุณลักษณะคล้ายค่า k ของสสารประเภทของแข็ง แต่ค่า h_0จะใช้กับอากาศที่มีสถานะเป็นก๊าซ ดังนั้นจึงไม่มีเรื่องความหนามาเกี่ยวข้อง และค่า h_0จะไม่คงที่เหมือนค่า k จากการวิจัยพบว่าค่า h_0จะขึ้นอยู่กับ ลักษณะของพื้นผิว ความเร็วลม และ ทิศทางการส่งผ่านความร้อน ดังที่แสดงในแผนภูมิที่ 2.1



แผนภูมิที่ 2. 1 ค่าการนำความร้อนของอากาศ(h_0) ณ พื้นผิวต่างๆ

ที่มา : ASHRAE,1997 ASHRAE Handbook Fundamentals

(USA : ASHRAE). p. 24.1

ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆการพาความร้อนเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$q = h_0A(Ts-Ta)$$ (Allard,1998:49)

เมื่อ

q = พลังงานจากการพาความร้อน(Btu/h)

h_0 = ค่าการนำความร้อนของอากาศ(Btu/h*^{0}F*ft^2)

A = พื้นที่ที่มีการพาความร้อน(ft^2)

Ts = อุณหภูมิผิว(^{0}F)

Ta = อุณหภูมิอากาศ(^{0}F)

2.1.3. การแผ่รังสีความร้อน

เป็นการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบที่แตกต่างกับการนำและการพา เนื่องจากไม่ต้องอาศัยสสารในการถ่ายเทความร้อน แต่เกิดขึ้นจากการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อวัสดุมีอุณหภูมิผิวแตกต่างกัน เช่นการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มาสู่โลก เป็นต้น

วัสดุต่างๆมีปรากฏการณ์เกี่ยวกับรังสีเมื่อมีรังสีมาตกกระทบได้แก่ การดูดซับรังสี(;) การส่งผ่านรังสี (τ) และการสะท้อนรังสี (ρ) โดยค่าทั้ง 3 ค่าเมื่อรวมกันจะมีค่าเท่ากับ 1 แต่เมื่อวัสดุดูดซับรังสีไว้แล้วก็จะแผ่รังสีไปยังวัสดุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ค่าการคายรังสี (™)จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการแผ่รังสีกลับของผิววัสดุ ดังนั้นวัสดุที่มีการดูดซับรังสีต่ำ การคายรังสีสูง จะเป็นวัสดุที่มีแนวโน้มจะมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าวัสดุที่มีค่าการดูดซับรังสีสูง และคายรังสีต่ำ ซึ่งสามารถใช้อัตราส่วนของการดูดซับกับการคายรังสี(;/™)เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณสมบัติของผิววัสดุ

ในงานสถาปัตยกรรม การแผ่รังสีจะเกิดขึ้นทั้งภายนอกและภายในอาคาร ในส่วนของภายนอกอาคารจะเกิดการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ในตอนกลางวันทำให้ผิวอาคารภายนอกร้อนขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศ ในเวลากลางคืนเปลือกอาคารจะแผ่รังสีกลับสู่ท้องฟ้าทำให้มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอากาศ ในส่วนของภายในอาคารวัสดุต่างๆจะมีการแผ่รังสีกันเมื่อมีอุณหภูมิแตกต่างกัน รวมถึง การแผ่รังสีที่ส่งผลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ด้วย(MRT)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆการแผ่รังสีความร้อนเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

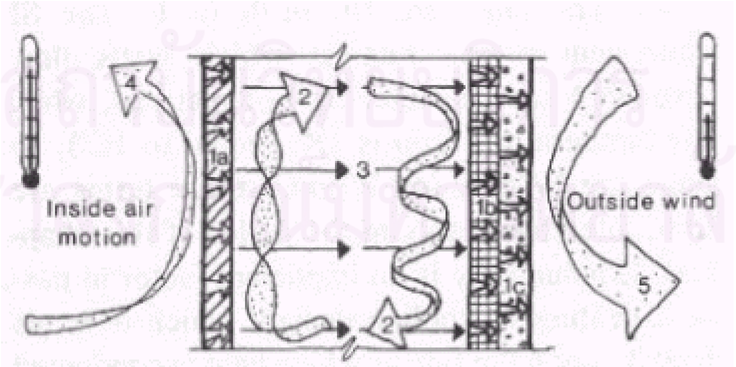
$$q = A\,\varepsilon\sigma\,(Ti^4 - To^4) \qquad \text{(ASHRAE,1997:3.11)}$$

เมื่อ

q	=	พลังงานจากการแผ่รังสีความร้อน(Btu/h)
A	=	พื้นที่การแผ่รังสีความร้อน(ft^2)
ε	=	ค่าการแผ่รังสีกลับ(Emissivity)
σ	=	ค่าคงที่ Stafan Boltzmann=$0.1714*10^{-8}$($Btu/h*ft^2*R^4$)
Ti	=	อุณหภูมิผิววัสดุที่สูงกว่า(^0R)
To	=	อุณหภูมิผิววัสดุที่ต่ำกว่า(^0R)

2.2 การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารจะเป็นการถ่ายเทความร้อนที่มีการผสมผสาน ระหว่าง การนำ การพา และการแผ่รังสี เช่น การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับผิวผนังภายนอก ได้แก่ การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ พื้นผิวอื่นๆโดยรอบ และ เกิดจากการพาความร้อนของอากาศภายนอก จากนั้นก็จะถ่ายเทด้วยการนำภายในเนื้อวัสดุเข้าไปยังผิวด้านใน เมื่อพลังงานความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิผิวภายในสูงขึ้นอากาศภายในอาคารที่พัดผ่านผิวเปลือกอาคารก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นใน ขั้นตอนนี้ความร้อนจะถูกถ่ายเทในรูปของการพาความร้อน และเมื่ออุณหภูมิผิวภายในอาคารไม่เท่ากันก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนในรูปของการแผ่รังสีระหว่างพื้นผิวต่างๆภายในอาคาร



รูปที่ 2. 1 การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

ที่มา : Reynolds ,Stein,Mechanical and Electrical Equipment for Buildings

(USA ; John Wiley & Sons, Inc.), p. 116

ความร้อนจะถ่ายเทจากด้านที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่ด้านที่อุณหภูมิต่ำกว่า ยกตัวอย่างเช่น เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกร้อนกว่าภายในจะเกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารดังนี้ ในขั้นตอนที่ 1a,1b,1c จะเป็นการนำความร้อน ในขั้นตอนที่ 2,4,5 จะเป็นการพาความร้อน ส่วนขั้นตอนที่ 3 จะเป็นการแผ่รังสีความร้อน

การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารจะเกิดขึ้นจากการมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในดังสมการ

$$Q = U A \Delta T$$ (ASHRAE,1997:3.3)

เมื่อ

Q = พลังงานจากการถ่ายเทความร้อน(Btu/h)

U = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม($Btu/h*{}^{0}F*ft^{2}$)

A = พื้นที่ที่มีการถ่ายเทความร้อน(ft^{2})

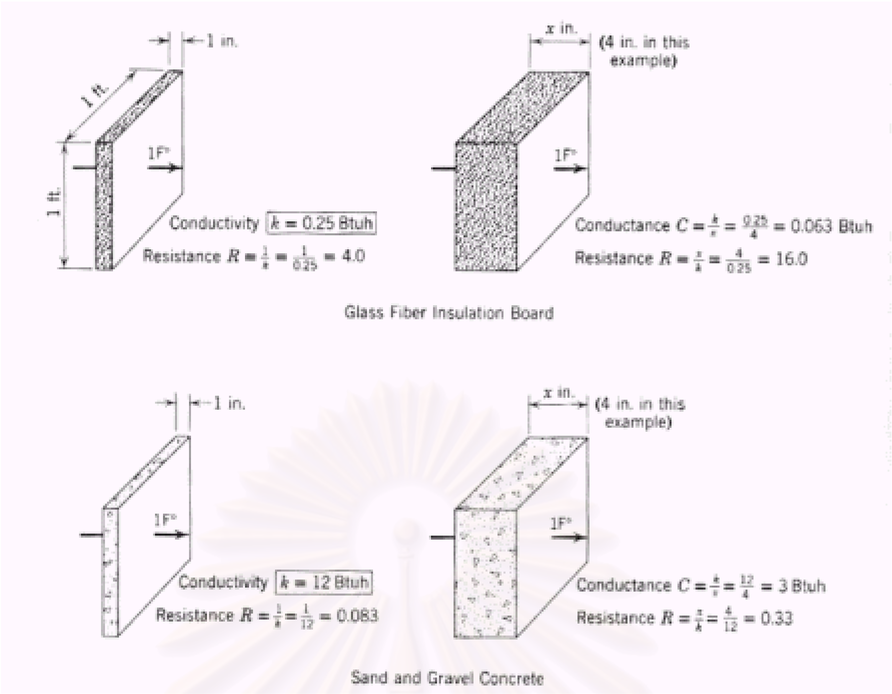
ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายใน(^{0}F)

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องจึงประกอบด้วย

2.2.1 ค่าสัมประสิทธิการส่งผ่านความร้อนรวม(U-Value, Overall Heat Transfer Coefficient)

คำนวนได้จากส่วนกลับของค่าการนำค่าการต้านทานความร้อน(R)มารวมกันจากอากาศด้านนอกสู่อากาศด้านใน การคำนวนมีขั้นตอนดังนี้

1. การนำค่า x/k ของวัสดุหรือค่า 1/C ของวัสดุมารวมกัน
2. นำค่า รวมของวัสดุมารวมกับ R ของอากาศทั้ง 2 ด้าน
3. เรียกผลรวมนี้ว่า ΣR โดยที่ $U=1/\Sigma R$



รูปที่ 2. 2 การคำนวนค่าการนำความร้อน

ที่มา : Reynolds ,Stein,Mechanical and Electrical Equipment for Buildings

(USA ; John Wiley & Sons, Inc.), p. 118

2.2.2. การประเมิณส่วนต่างของอุณหภูมิ

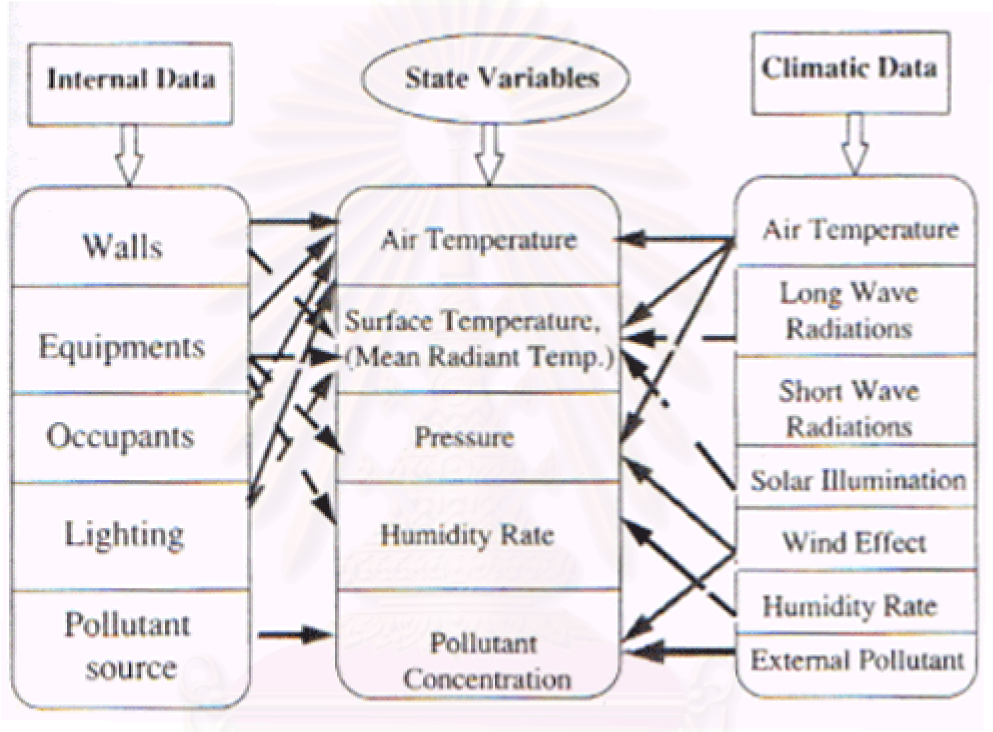
การประเมิณส่วนต่างของอุณหภูมิจะแบ่งเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การปรับอากาศ และไม่ปรับอากาศ การปรับอากาศจะมีการตั้งอุณหภูมิภายในไว้คงที่ดังนั้นจึงสามารถประเมิณค่าความแตกต่างของอุณหภูมิได้ซึ่งใช้ในการคำนวนภาระการทำความเย็น แต่ในทางกลับกันในอาคารไม่ปรับอากาศอุณหภูมิภายในจะแปรเปลี่ยนตลอดเวลา(Float Temperature) ดังนั้นจึงไม่สามารถประมาณส่วนต่างของอุณหภูมิได้

ในกรณีที่อาคารปรับอากาศอุณหภูมิผิวภายนอกมักไม่เท่ากับอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากมีการแผ่รังสีมาเกี่ยวข้อง ประกอบกับผนังมักมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ดังนั้นการประมาณพลังงานความร้อนที่ส่งผ่านเข้าไปในอาคารจึงไม่สามารถใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิ(ΔT)ได้โดยตรง การประเมิณส่วนต่างของอุณหภูมิในปัจจุบันจึงมีหลายวิธี เช่น TDeq CLTD และ DETD ซึ่งจะไม่กล่าวถึงเนื่องจากในการวิจัยไม่เกี่ยวข้องกับการปรับอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านการไหลเวียนอากาศ

การที่จะสามารถพยากรณ์สภาพอากาศภายในอาคารจำเป็นต้องทราบถึงปัจจัยทั้งหมดที่ส่งผลกระทบต่อรูปแบบการถ่ายเทความร้อนของอาคาร แบ่งเป็น ปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ(Climatic Data) และ ปัจจัยภายในอาคาร(Internal Data) (Allard,1998) ซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ใช้ทำนายสภาพอากาศภายในห้องได้ดังนี้



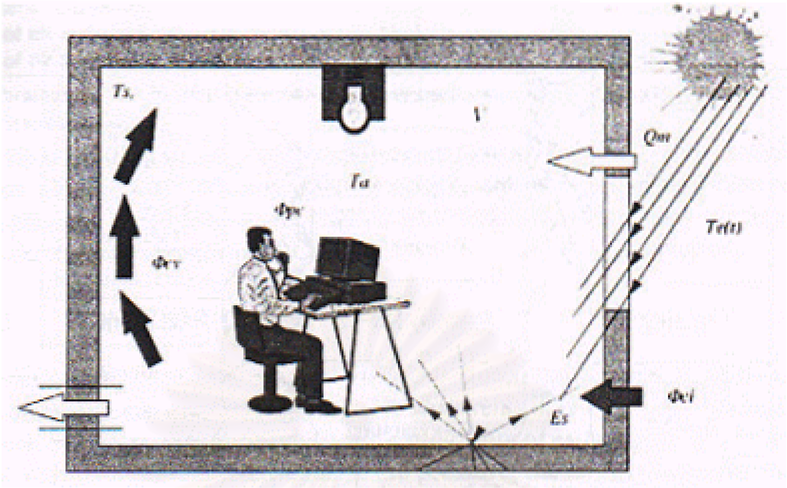
รูปที่ 2. 3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของการถ่ายเทความร้อน

ที่มา : Allard ,Natural Ventilation in Buildings

(James&James, LTD.,1998),p.31

จากรูปที่ 2.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างที่สัมพันธ์กันยกตัวอย่างเช่น อุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะขึ้นอยู่กับ ปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ(Climatic Data)ได้แก่ อุณหภูมิอากาศภายนอก และ ปัจจัยภายในอาคาร(Internal Data)ได้แก่ เปลือกอาคาร อุปกรณ์ ผู้ใช้อาคาร และการใช้แสงภายในอาคาร

ลักษณะการถ่ายเทความร้อนภายในอาคารสามารถใช้สมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรต่างๆ และสามารถเขียนได้ดังนี้



รูปที่ 2. 4 การถ่ายเทความร้อนรวมภายในห้อง

ที่มา : Allard ,Natural Ventilation in Buildings

(UK : James&James, LTD.,1998),p.32

การพยากรณ์สภาพการถ่ายเทความร้อนภายในอาคาร สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

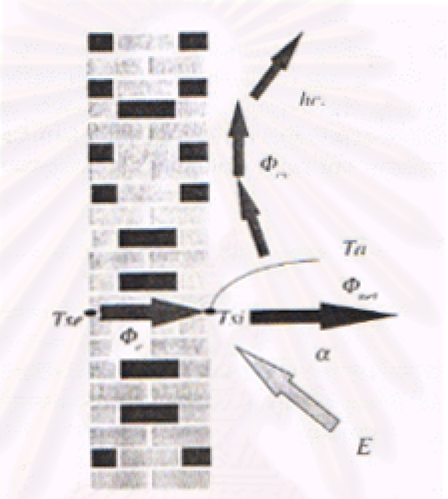
$$V\ Cp\ (dTa/dt) = \Sigma\ hc\ A\ (Ts-Ta) + Qm\ Cp\ (Te-Ta) + q$$ (Allard , 1998 : 32)

เมื่อ

V	=	ปริมาตรห้อง
Cp	=	ความหนาแน่นของอากาศ * ค่าความจุความร้อนของอากาศ
ho	=	ค่าการนำความร้อนของฟิลม์อากาศ
A	=	พื้นที่ผิวภายใน
Ts	=	อุณหภูมิผิวภายใน
Ta	=	อุณหภูมิอากาศภายใน
Qm	=	ปริมาตรอากาศที่ไหลเวียนผ่านกล่อง
Te	=	อุณหภูมิอากาศภายนอก
q	=	พลังงานความร้อนภายใน(Internal Heat Gain)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หากอาคารหรือห้องมีขนาดคงที่แล้วตัวแปรหลักที่จะส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ก็คือ อุณหภูมิผิวของเปลือกอาคารภายใน อุณหภูมิอากาศภายนอก ปริมาณอากาศที่ไหลผ่านอาคาร และ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร เมื่อวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆโดยละเอียดแล้ว จะพบว่า หากอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงขึ้น อุณหภูมิผิวภายในอาคารก็จะสูงขึ้น อุณหภูมิอากาศภายในก็จะมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาการไหลเวียนอากาศจากภายนอกจะพบว่าอุณหภูมิอากาศภายในจะมีแนวโน้มแปรผันตามปริมาณอากาศธรรมชาติที่ไหลเวียนเข้าไปในอาคาร โดยจะยิ่งมีแนวโน้มใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกเมื่อปริมาณการไหลเวียนอากาศเพิ่มขึ้น ในส่วนความร้อนภายในอาคารหากมีปริมาณเพิ่มขึ้นอุณหภูมิอากาศภายในก็จะสูงขึ้นด้วย



รูปที่ 2. 5 การถ่ายเทความร้อนบริเวณเปลือกอาคาร

ที่มา : Allard ,Natural Ventilation in Buildings

(UK : James&James , LTD.,1998),p.33

$$-\lambda\, \mathbf{grad}\big|_S = h_0\,(Ts - Ta) + Qr \qquad \text{(Allard,1998 :33)}$$

เมื่อ

λ	=	ค่าการนำความร้อนของวัสดุ
$-\text{grad}\vert_S$	=	ลักษณะความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร
h_0	=	ค่าการนำความร้อนของฟิลม์อากาศ
Ts	=	อุณหภูมิผิวภายในภายในกล่อง
Ta	=	อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง
Qr	=	พลังงานการแผ่รังสีความร้อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุณหภูมิผิวภายในอาคารนอกจากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศภายนอกแล้วก็ยังจะขึ้นอยู่กับ รังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบผนัง อุณหภูมิผิวผนังภายนอก ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ค่าการป้องกันความร้อน การแผ่รังสีระหว่างผิวภายในอาคาร ซึ่งอุณหภูมิผิวอาคารภายในจะส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารโดยตรงดังภาพที่ 2.5

2.4 การประมาณอัตราการไหลเวียนอากาศ

การประมาณอัตราการไหลเวียนอากาศมีความสำคัญอย่างยิ่งในการประยุกต์ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในงานสถาปัตยกรรม เนื่องจากปริมาณอากาศที่ไหลเวียนเข้าไปห้องส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนภายในห้อง โดยการที่มีปริมาณอากาศจากภายนอกถ่ายเทเข้าไปในห้องจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในให้มีค่าใกล้เคียงกับภายนอกมากยิ่งขึ้น เช่น การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในตอนกลางวันสืบเนื่องจากภายในมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอก เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศก็จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในลดลงมาใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ในทางกลับกันหากอุณหภูมิภายในต่ำกว่าภายนอกแล้วการเปิดเอาอากาศธรรมชาติเข้ามาก็จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในมีแนวโน้มสูงขึ้น

วิธีการประมาณปริมาณอากาศมีหลายวิธี ซึ่งจะนำเสนอเพียง 2 วิธี เนื่องจากเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการใช้งาน และการประมาณการไหลเวียนอากาศที่ไม่ต้องความแม่นยำนัก ได้แก่

2.4.1 The British Standard Method (Olgyay, 1998)

เป็นการประมาณอัตราการไหลเวียนอากาศทั้งการไหลรั่วไหลของอากาศ (Infiltration) การไหลเวียนอากาศด้านเดียว(single-sided) และการไหลเวียนอากาศผ่านตัวอาคาร(Cross-Ventilation)วิธีการคำนวณจะเน้นที่การไหลของอากาศ เนื่องจากแรงลมและจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งไม่รวมถึงอิทธิพลของรูปทรงและลักษณะผนังภายในอาคาร สูตรการคำนวณปรากฏดังนี้

$$Q = K A V \qquad \text{(Olgyay,1992: 104)}$$

เมื่อ

Q = อัตราการไหลเวียนอากาศ(cu.ft/h)

K = ค่าคงที่ของอัตราส่วนของช่องลมเข้าและออก

A = พื้นที่ช่องลมเข้า(ft^2)

V = ความเร็วลมเฉลี่ยภายนอก(mph)

ค่า K ในสมการเป็นค่าคงที่ที่ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนช่องลมเข้าและออกของอาคาร โดยค่า K จะยิ่งเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดช่องลมออกยิ่งเพิ่มขึ้น แต่จะลดลงเมื่อขนาดช่องลมออกยิ่งลดลง ดังตารางที่ 2.1 ดังนั้นหากต้องการเพิ่มอัตราการไหลเวียนอากาศควรจะยิ่งเพิ่มขนาดของช่องลมออกของอาคาร

ช่องลมออก/ช่องลมเข้า	K
1 : 1	3150
2 : 1	4000
3 : 1	4250
4 : 1	4350
5 : 1	4400
3 : 4	2700
1 : 2	2000
1 : 4	1100

ตารางที่ 2. 1 ค่าคงที่ K เปลี่ยนตามอัตราส่วนของช่องเปิดที่เปลี่ยนไป

ที่มา : Olgyay ,Design with Climate

(USA ; Van Nostrand Reinhold.), p. 104

นอกจากนี้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติอันเนื่องมาการปะทะของลม และยังมีปรากฏการณ์อันเกิดจากมวลอากาศที่อุณหภูมิสูงลอยตัวขึ้นจึงเกิดการเคลื่อนที่ของอากาศเข้ามาแทนที่ปรากฏการณ์นี้จะยิ่งเพิ่มขึ้นหากอุณหภูมิยิ่งแตกต่างกันมากขึ้น ความสูงช่องเปิดเพิ่มขึ้น และขนาดช่องลมออกใหญ่ขึ้น ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “Stack effect”

$$Q = KA\sqrt{H(Ti-To)}$$ (Olgyay,1992: 112)

เมื่อ

Q	=	อัตราการไหลของอากาศ (cu.ft/h)
K	=	ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับสัดส่วนช่องลมเข้าและออก
A	=	ขนาดช่องลมเข้า (sq.ft.)
H	=	ความสูงของช่องลมออกเมื่อเทียบกับช่องลมเข้า (ft)
Ti	=	อุณหภูมิเฉลี่ยภายใน ณ ความสูง H(^{o}F)
To	=	อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอก (^{o}F)

ค่าคงที่ K จะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของช่องลมเข้าและออก เช่นเดียวกับค่า K ของการไหลเวียนอากาศเนื่องจากแรงลม โดยค่า K จะยิ่งเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดช่องลมออกยิ่งเพิ่มขึ้น แต่จะลดลงเมื่อขนาดช่องลมออกยิ่งลดลง ดังตารางที่ 2.2 ดังนั้นหากต้องการเพิ่มอัตราการไหลเวียนอากาศควรจะยิ่งเพิ่มขนาดของช่องลมออกของอาคาร

ช่องลมออก/ช่องลมเข้า	K
5	745
4	740
3	720
2	680
1	540
¾	455
½	340
1/4	185

ตารางที่ 2. 2 ค่าคงที่ K เปลี่ยนตามอัตราส่วนของช่องเปิดที่เปลี่ยนไป

ที่มา : Olgyay ,Design with Climate

(USA ; Van Nostrand Reinhold.), p. 104

2.4.3 The Aynsley Method (Allard ,1998:66)

เป็นวิธีที่เหมาะกับกรณีของการไหลเวียนอากาศผ่านตัวอาคาร(cross ventilation) โดยถือว่าช่องเปิดมี 2 ช่องอยู่ด้านตรงข้ามกัน แต่ต้องใช้ค่า Cp1 และ Cp2 หรือความสัมประสิทธิความดันอันเนื่องมาจากการกระทำของแรงลมในแต่ละด้าน โดยเขียนเป็นสมการ ดังนี้

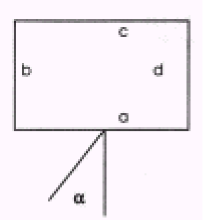
$$Q = \sqrt{\frac{Cp1 - Cp2}{\frac{1}{A_1^2 Cd_1^2} + \frac{1}{A_2^2 Cd_2^2}}} * V \qquad \text{(Allard,1998: 67)}$$

เมื่อ

Q	=	อัตราการไหลเวียนอากาศ(m^3/s)
Cp1	=	ค่าสัมประสิทธิความดันด้านลมเข้า
Cp1	=	ค่าสัมประสิทธความดันด้านลมออก
Cp1	=	ค่าสัมประสิทธช่องลมเข้า(discharge coefficients)
Cp1	=	ค่าสัมประสิทธช่องลมออก(discharge coefficients)
A1	=	พื้นที่ช่องลมเข้า(M^2)
A2	=	พื้นที่ช่องลมออก(M^2)
V	=	ความเร็วลมภายนอก(mph)

โดยค่า Cd1 และ Cd2 จะขึ้นอยู่กับความกว้างและลึกของช่องเปิด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วให้ใช้ค่า 0.6 แทนลงไปในสมการได้เลย ส่วนค่า Cp1 และ Cp2 สามารถดูได้จาก ตารางที่ 2.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



มุม a ที่ลมกระทำ	ค่า Cp ที่ a	ค่า Cp ที่ b	ค่า Cp ที่ c	ค่า Cp ที่ d
0.0	0.40	-0.40	-0.20	-0.40
22.5	0.40	-0.06	-0.40	-0.60
45.0	0.25	0.25	-0.40	-0.45
67.5	0.06	0.30	-0.55	-0.40
90	0.4	0.40	-0.40	-0.25

ตารางที่ 2. 3 ค่า Cp สำหรับลมที่กระทำในทิศต่าง ๆ

ที่มา : Allard ,Natural Ventilation in Buildings

(UK : James&James, LTD.,1998),p.127

เมื่ออาคารไม่เป็นไปตามรูปร่างที่กำหนดให้ไว้ให้ใช้ค่า Cp1 เท่ากับ 0.4 ส่วนค่า Cp2 เท่ากับ –0.25 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดจากอาคารรูปร่างต่างๆ สำหรับช่องลมออกของหลังคาให้ใช้ค่า Cp2 เท่ากับ –0.30

จะเห็นได้ว่าค่า Cp จะขึ้นอยู่กับมุมที่ลมกระทำ รูปร่างอาคาร และตำแหน่งของช่องเปิด ดังนั้นวิธีการประมาณอัตราการไหลเวียนอากาศวิธีนี้จะละเอียดอ่อนกว่าวิธีแรก ผลของการคำนวนที่ได้จึงค่อนข้างจะแม่นยำกว่า การใช้งานจะใช้งานได้กว้างขวางกว่า แต่การคำนวนจะยุ่งยากกว่าวิธีแรก การใช้งานจึงต้องดูถึงจุดประสงค์ว่าเป็นการประมาณแบบคร่าวๆที่ไม่ต้องการความแม่นยำแต่ต้องการความรวดเร็ว หรือต้องการความแม่นยำที่เพิ่มขึ้นแต่ความรวดเร็วลดลง

2.5 ศักยภาพการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในประเทศไทย

การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาตินอกจากจะส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนในอาคารแล้วยังมีส่วนช่วยให้รู้สึกเสมือนอยู่ในเขตสบายมากขึ้น เนื่องจากเมื่อโดยธรรมชาติแล้วหากอากาศนิ่งผิวกายจะระเหยน้ำออกมาในปริมาณที่ต่อเนื่องจนทำให้อากาศที่อยู่ใกล้ผิวกายมีความชื้นเพิ่มขึ้นจนร่างกายระเหยน้ำต่อไปได้ยาก ซึ่งจะทำให้รู้สึกร้อนแตกหากมีอากาศไหลผ่านผิวกายความชื้นที่สะสม

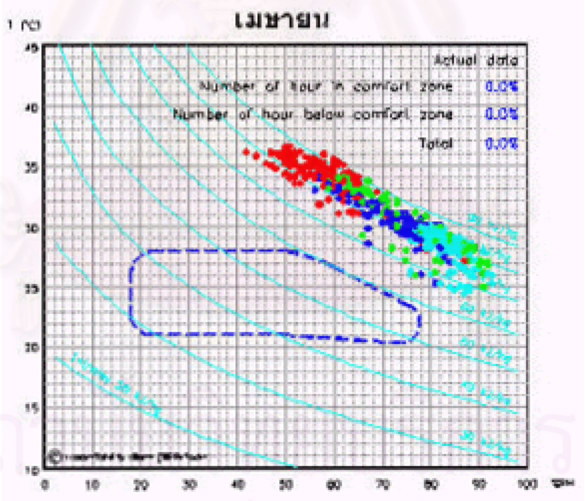
จะถูกพัดพาออกไปและแทนที่ด้วยอากาศที่มีความชื้นต่ำกว่า ดังนั้นร่างกายจึงสูญเสียความร้อนจากการระเหยของน้ำได้ดีขึ้นเป็นเหตุให้รู้สึกเย็นลง ทั้งๆที่มีอุณหภูมิอากาศเท่าเดิม

ความรู้สึกเย็นลงนี้สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ความรู้สึกเย็นลง(^{0}C) = 0.381 V + 0.0016 RH (สุนทร บุญญาธิการ,2542:35)
เมื่อ

V	=	ความเร็วลม(km/h)
RH	=	ความชื้นสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์)

จากการเก็บข้อมูลภูมิอากาศในประเทศไทยพบว่าภูมอากาศในประเทศไทยอยู่นอกเขตสบายเกือบตลอดทั้งปี ดังรูปที่ 2.6 ได้แสดงถึงภูมิอากาศเดือนเมษายนที่ไม่มีช่วงเวลาใดเลยที่อยู่ในเขตสบาย และเมื่อนำความเร็วลมเข้ามาช่วยจะทำให้รู้เสมือนว่าอยู่ในเขตสบายเพิ่มขึ้นเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาตลอดทั้งปีจากเดิมที่เมื่อไม่นำความเร็วลมมาพิจารณา ซึ่งมีช่วงเวลาที่อยู่ในเขตสบายเพียง 7 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาตลอดทั้งปี(สุนทร บุญญาธิการ, 2542)



รูปที่ 2. 6 ภูมิอากาศของเดือนเมษายนเมื่อนำมาพล็อตใน Bioclimatic Chart

ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบ บ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า (กรุงเทพฯ :จุฬาลงกรณ์, 2542), หน้า 47

2.6 ลักษณะของการไหลเวียนอากาศธรรมชาติในประเทศไทย

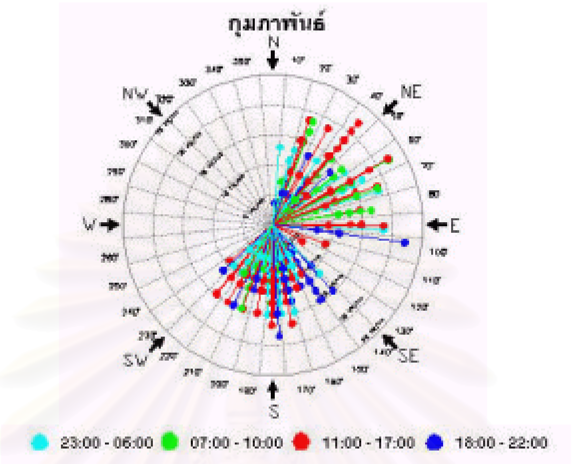
ลักษณะเวียนอากาศธรรมชาติที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนภายในอาคารแบ่งเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกคือ ทิศทางและความเร็วลม ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณอากาศที่ไหลผ่านอาคารตามลักษณะของช่องเปิด เช่น ช่องเปิดแนวเหนือใต้ เมื่อเทียบกับแนวตะวันออกและตะวันตก ย่อมมีปริมาณอากาศที่ไหลเวียนผ่านอาคารต่างกัน ดังนั้นพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนจึงมีแนวโน้มที่จะแตกต่างกัน อีกส่วนที่เหลือคือระดับความร้อนและชื้นของลมที่พัดผ่านอาคาร ซึ่งจะส่งผลกับพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนภายในอาคารโดยตรง ในส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับฤดูกาลและช่วงเวลาเป็นหลัก เช่น ลมที่พัดมาในช่วงเวลากลางวันย่อมมีอุณหภูมิสูงกว่าช่วงเวลากลางคืน เป็นต้น

จากการวิจัยได้มีการแบ่งลักษณะของการไหลเวียนอากาศในประเทศไทยออกเป็น 4 ส่วน โดยใช้ ระดับความร้อนชื้นของลม และ ช่วงฤดูกาลเป็นเกณฑ์ ซึ่งแบ่งได้เป็น(สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6.1 กลุ่มเย็นชื้นปานกลาง

อยู่ในช่วงเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ การไหลเวียนอากาศในช่วงนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ทิศทางอย่างชัดเจนได้แก่ กระแสลมร้อนในทิศตะวันตกเฉียงใต้ และกระแสลมหนาวจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ดังรูปที่ 2.7

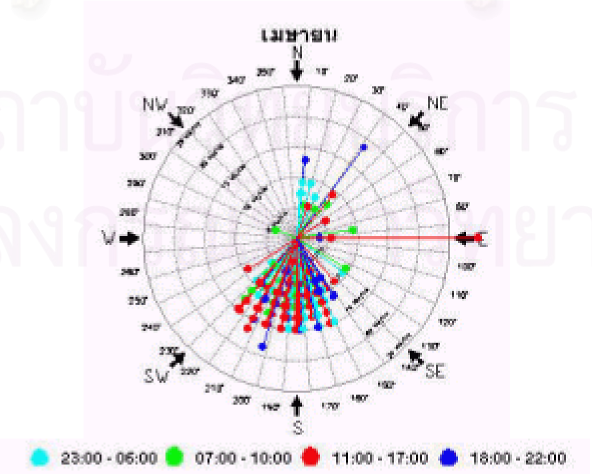


รูปที่ 2. 7 แสดงทิศทางและความเร็วลมของเดือนกุมภาพันธ์

ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบ บ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า (กรุงเทพฯ :จุฬาลงกรณ์, 2542), หน้า 44.

2.6.2 กลุ่มร้อนชื้นมาก-ลมใต้

อยู่ใช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน กระแสลมจะมาจากทางตะวันตกเฉียงใต้เป็นส่วนใหญ่ และเป็นลมที่ร้อนและชื้นมากดังรูปที่ 2.8

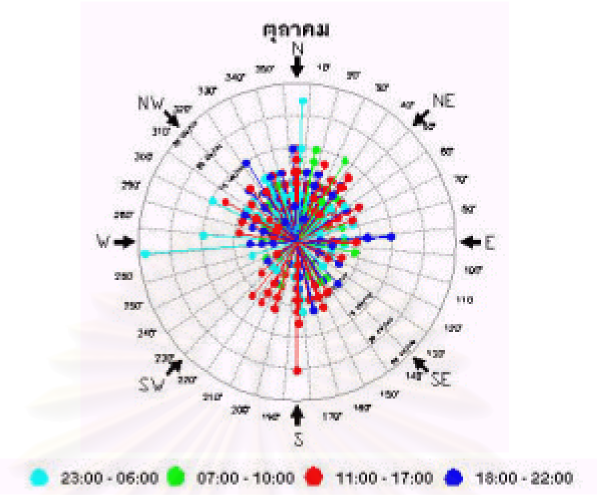


รูปที่ 2. 8 แสดงทิศทางและความเร็วลมของเดือนเมษายน

ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบ บ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า (กรุงเทพฯ :จุฬาลงกรณ์, 2542), หน้า 46

2.6.3 กลุ่มร้อนชื้นมาก-ลมแปรปรวน

อยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม ลมในช่วงนี้จะมาจากทุกทิศทาง และเป็นลมที่ค่อนข้างร้อนและชื้นมากดังรูปที่ 2.9

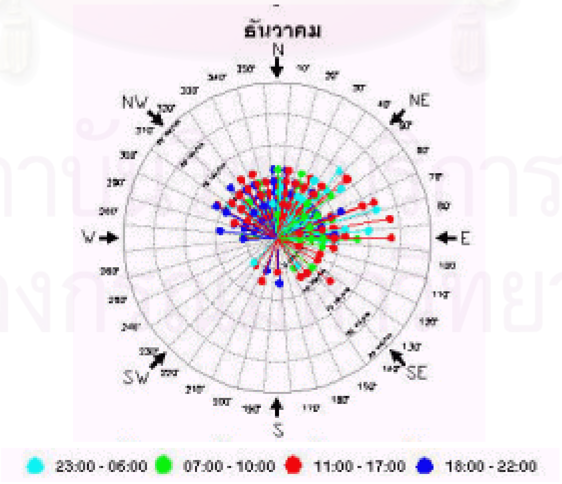


รูปที่ 2. 9 แสดงทิศทางและความเร็วลมของเดือนตุลาคม

ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบ บ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า (กรุงเทพฯ :จุฬาลงกรณ์, 2542), หน้า 48

2.6.4 กลุ่มเย็น-แห้ง

อยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม โดยลมจะมาจาก 3 ทิศทางได้แก่ ทิศเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นกระแสลมที่มีความร้อนและชื้นค่อนข้างต่ำดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2. 10 แสดงทิศทางและความเร็วลมของเดือนธันวาคม

ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบ บ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า (กรุงเทพฯ :จุฬาลงกรณ์, 2542), หน้า 50

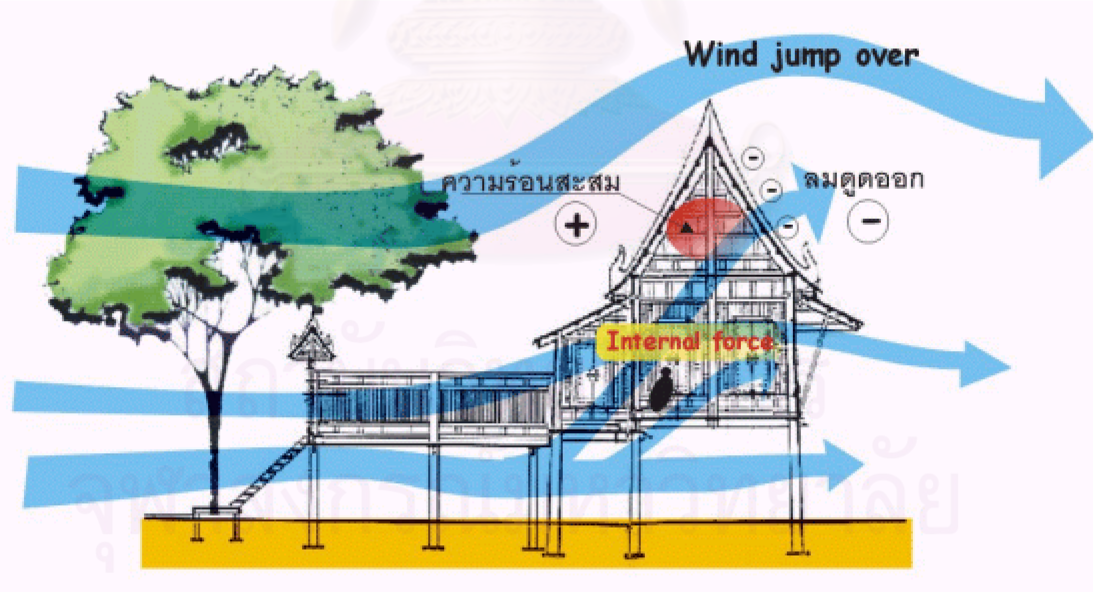
2.7 การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรมมวลสารน้อยในไทย

เรือนไทยนับเป็นอาคารที่สร้างจากวัสดุมวลสารน้อยและเป็นอิจฉริยภาพทางด้านสถาปัตยกรรมไทยในอดีตที่มีการแก้ปัญหาเรื่องเขตสบาย หรือมีการทำให้ผู้ที่อยู่อาศัยรู้สึกสบายมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับเทคโนโลยีที่พึงมีในอดีต สภาพแวดล้อมที่ยังสมบูรณ์อยู่ อีกทั้งยังสอดคล้องกับสภาพกิจกรรมวัฒนธรรมในอดีต

การไหลเวียนอากาศธรรมชาตินับเป็นอัจฉริยภาพประการหนึ่งที่คนไทยในอดีตนำมาใช้อย่างชาญฉลาด และสอดแทรกอยู่ในรายละเอียดทางสถาปัตยกรรมทียังไม่มีผู้นำมาวิจัยอย่างจริงจัง รายละเอียดหรือสมมุติฐานที่มีทฤษฎีเป็นพื้นฐานประกอบด้วย

2.7.1 การรั่วไหลของอากาศ

ตัวเรือนไทยทำด้วยไม้และมีการประกอบที่มีการรั่วไหลอย่างมหาศาลดังนั้นอากาศจึงสามารถถ่ายเทเข้าออกภายในตัวเรือนอย่างอิสระดังภาพที่ 2.11 ผลก็คือส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายตัวเรือนมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกเกือบตลอดเวลา ดังนั้นคนไทยในอดีตจึงมักจะอยู่ในตัวเรือนเฉพาะเวลากลางคืนเนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายนอกจะค่อนข้างต่ำและเย็นสบาย อุณหภูมิอากาศภายในจึงต่ำด้วย ในทางกลับกันคนไทยในอดีตจะหลีกเลี่ยงการอยู่ในตัวเรือนเวลากลางวันเนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายนอกร้อนมาก ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในร้อนมากตาม



รูปที่ 2. 11 การรั่วไหลของอากาศในเรือนไทย

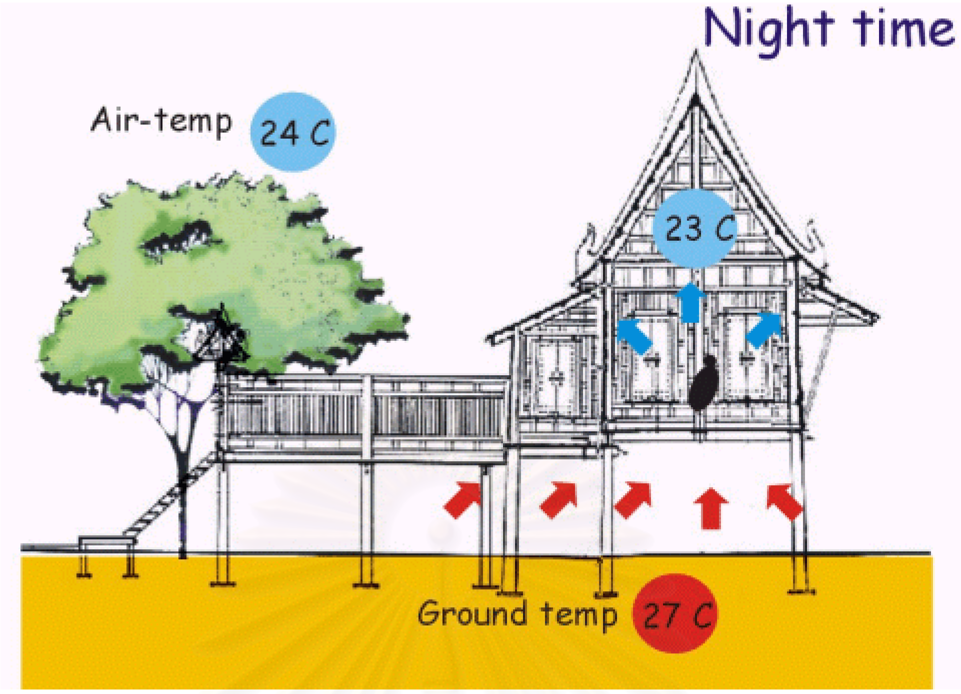
การรั่วไหลอันเนื่องมาจากแรงลมเกิดจากรูปทรงของตัวเรือนไทยเป็นรูปทรงที่ชลูดและมีพื้นที่ด้านที่ปะทะกระแสลมขนาดใหญ่ ส่งผลให้ด้านที่ลมปะทะเกิดแรงกดมหาศาลหรือมีความดันเป็นบวก ประกอบกับลมที่พัดข้ามหลังคาทรงสูงของเรือนไทยก็ให้เกิดแรงดูดมหาศาลหรือมีความดันที่เป็นลบในด้านอับลม ดังนั้นจึงเกิดการรั่วไหลของอากาศจากด้านที่มีความดันป็นบวกไปสู่ด้านความดันที่เป็นลบ อัตราการรั่วไหลของอากาศอันเนื่องมาจากแรงลมจึงเพิ่มสูงมากกว่าในอาคารปกติดังรูปที่ 2.11

การรั่วไหลของอากาศที่เกิดขึ้นอีกประการก็คือ การรั่วไหลของอากาศอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ สืบเนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการมุงหลังคาเรือนไทยจะนิยมใช้วัสดุที่มีการรั่วไหลของอากาศสูงไม่ว่าจะเป็น หญ้า ฟาง จาก และ กระเบื้อง ผนวกกับรูปทรงของหลังคาที่ชลูดสูงผลก็คืออากาศร้อนจะลอยตัวขึ้นไปบริเวณยอดหลังคา และสามารถรั่วไหลออกตามรอยต่อหรือรูพรุนของหลังคา อากาศจากภายนอกก็จะถูกดึงให้เข้ามาแทนที่อากาศที่ลอยตัวออกไป อัตราการไหลเวียนอากาศภายในเรือนไทยจึงเพิ่มสูงขึ้นกว่าในอาคารปกติดังรูปที่ 2.11

2.7.2 การใช้วัสดุที่มีมวลสารน้อยของเรือนไทย

วัสดุที่ใช้ก่อสร้างเรือนไทยจะนิยมใช้ไม้เป็นวัสดุหลัก ซึ่งนับเป็นวัสดุที่เบาในการก่อสร้างโดยมีน้ำหนักเพียง 7-10 กิโลกรัม ต่อ ตร.ม. การหน่วงเหนี่ยความร้อนจึงต่ำ อีกทั้งมีค่าการป้องกันความร้อนที่ต่ำ ส่งผลให้อุณหภูมิผิวภายในอาคารแปรผันตามอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิผิวภายนอกโดยตรง ดังนั้นอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยนอกจากจะแปรเปลี่ยนตามอากาศที่รั่วไหลเข้ามาภายในแล้วยังแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวภายในอาคารอีกด้วย ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายนอกจะแปรปรวนค่อนข้างมาก ประกอบกับอุณหภูมิผิวที่มีมวลสารน้อยก็จะแปรปรวนมากด้วย อุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยจึงแปรปรวนมากตามไปด้วย

คนไทยในอดีตจึงนิยมที่จะอยู่ในตัวเรือนไทยในเวลากลางคืน เนื่องจากเรือนไทยไม่มีการกักเก็บสะสมความร้อนมายังเวลากลางคืน ดังนั้นอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยจึงใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกที่เย็นสบาย ซึ่งในบางครั้งหากในคืนที่ท้องฟ้าโปร่งหลังคาสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าด้วยการแผ่รังสีได้ดี(ในเวลากลางคืนท้องฟ้าโปร่งจะมีอุณหภูมิ –80 องศาฟาเรนไฮด์) เมื่อความร้อนถูกถ่ายเทด้วยการแผ่รังสีไปสู่ท้องฟ้าที่มีอุณหภูมิต่ำมาก อุณหภูมิผิวหลังคาจะลดต่ำลงกว่าอุณหภูมิอากาศ และเนื่องจากเรือนไทยไม่มีการติดฉนวนที่หลังคาหรือฝ้าเพดานดังนั้นความเย็นจากผิวหลังคาภายนอกจึงถ่ายเทเข้าสู่อากาศภายใน อุณหภูมิอากาศจึงลดต่ำลงซึ่งหากในขณะนั้นไม่มีลมอุณหภูมิอากาศก็จะลดต่ำลงกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยยังมีอิทธิพลของการแผ่รังสีของหลังคาที่เย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ(Mean Radiant Temperature) คนที่อยู่ภายในเรือนไทยจึงรู้สึกเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ ดังรูปที่ 2.12

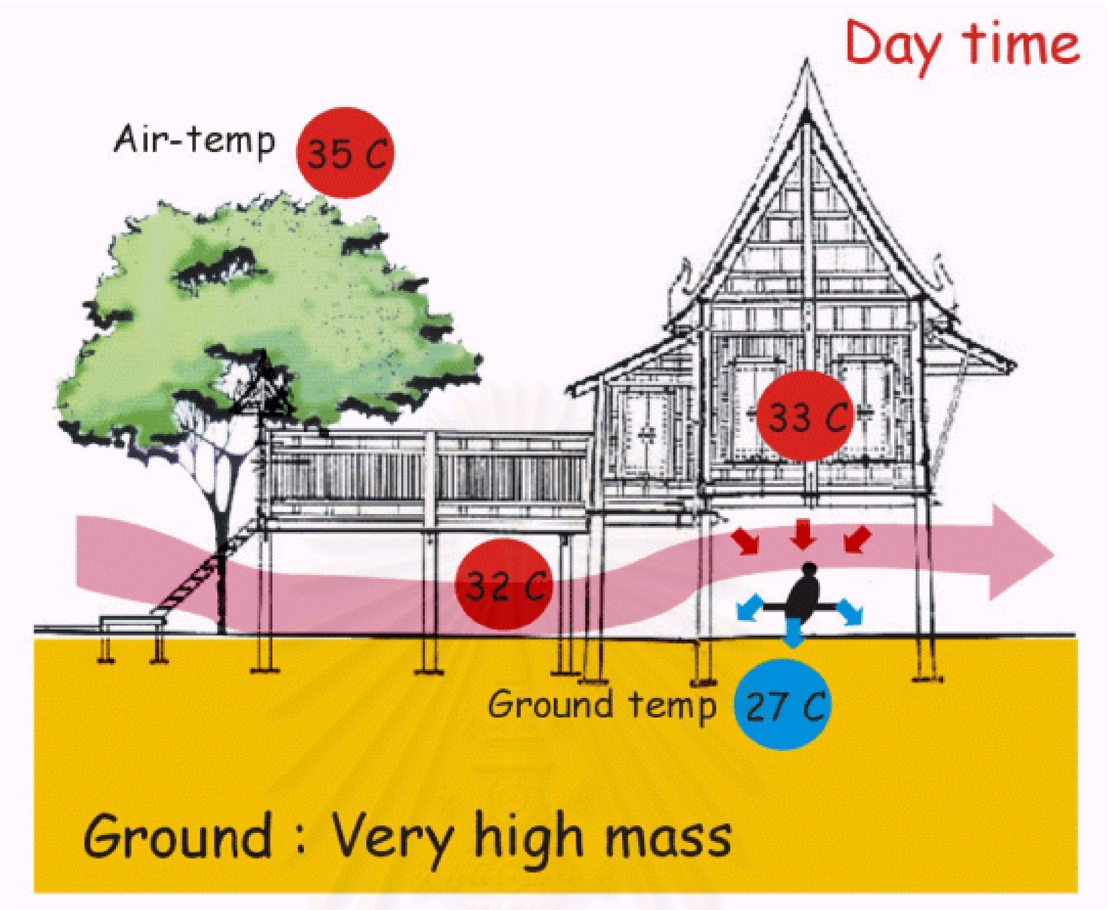


รูปที่ 2. 12 การใช้เรือนไทยในเวลากลางคืน

2.7.3 การใช้วัสดุมวลสารมากในเรือนไทย

ในช่วงเวลากลางวันในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกค่อนข้างจะร้อนมากจนยากที่จะใช้ชีวิตอย่างสบายได้ คนไทยในอดีตได้มีการแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างชาญฉลาด โดยสามารถทำให้ผู้ที่อยู่อาศัยในเรือนไทยอยู่ในเขตสบายเพิ่มขึ้น คำตอบก็คือการใช้ใต้ถุนเรือนไทยในการทำให้รู้สึกเย็นสบาย ซึ่งจากที่กล่าวไปแล้วตัวเรือนไทยมีมวลสารและการกันความร้อนต่ำจึงทำให้สภาพภายในเรือนไทยร้อนจนไม่สามารถอยู่อาศัยได้ในเวลากลางวัน แต่ในทางกลับกันหากมีมวลสารมาช่วยในการกักเก็บความร้อนก็จะทำให้อุณหภมิอากาศภายในไม่สูงมากนัก

การใช้มวลสารเพื่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนและทำให้อุณหภูมิอากาศไม่สูงมาก มวลสารดังกล่าวที่ใช้ในเรือนไทยก็คือดิน ดังนั้นคนไทยในอดีตจึงมักใช้ชีวิตอยู่ที่ใต้ถุนเรือนไทย ซึ่งอุณหภูมิผิวดินมีค่าประมาณ 28 องศาเซลเซียส ผนวกกับการปรับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น การใช้ต้นไม้ แหล่งน้ำ พืชพรรณธรรมชาติต่างๆ จะพบว่าเมื่อลมร้อนพัดผ่านสภาพแวดล้อมเหล่านี้จะสามารถลดอุณหภูมิอากาศลงได้ประมาณ 3 องศาเซลเซียส ผนวกกับร่างกายแผ่รังสีความร้อนให้กับผิวที่เย็นกว่าโดยรอบจึงทำให้รู้สึกเย็นลงไปอีก ดังรูปที่ 2.13



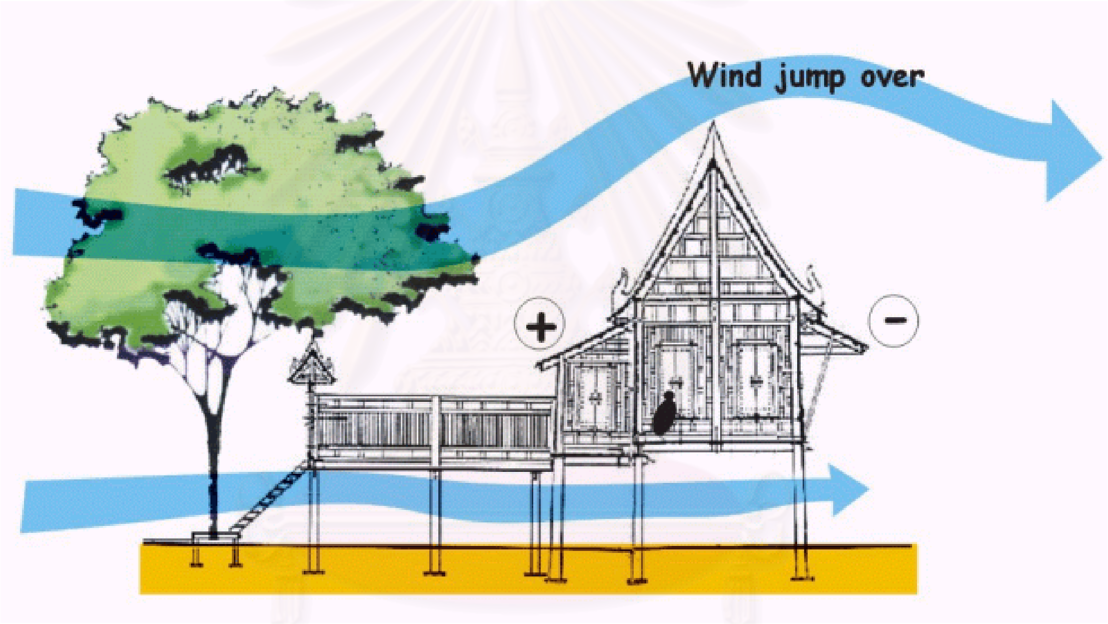
รูปที่ 2. 13 การใช้ใต้ถุนเรือนไทยเวลากลางวัน

ในทางกลับกันใต้ถุนเรือนไทยจะค่อนข้างอุ่นเวลากลางคืนเนื่องจากอุณหภูมิดินคงที่ที่ 28 องศาเซลเซียส และดินมีมวลสารมาก และคายความร้อนให้อากาศในเวลากลางคืน ซึ่งในตอนกลางคืนในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกลดต่ำลงแต่อุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ถุนเรือนไทยกลับอุ่นกว่า ดังนั้นคนไทยในอดีตจึงย้ายขึ้นไปนอนบนตัวเรือนไทยที่ไม่มีการกักเก็บความร้อนและมีสภาพแวดล้อมที่เย็นสบายกว่าบริเวณใต้ถุน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7.4 การเพิ่มความเร็วลมบริเวณใต้ถุนอาคาร

จากการวิจัยพบว่าการเพิ่มความเร็วลมจะทำให้ร่างกายรู้สึกเย็นลงกว่าปกติ เทคนิคดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ในเรือนไทยบริเวณใต้ถุนอาคาร เนื่องจากในเวลากลางวันจะมีความเร็วลมมากกว่าในเวลากลางคืนมาก ดังนั้นตัวเรือนไทยจึงได้ออกแบบให้มีด้านที่ลมปะทะกว้างอันเนื่องมาจากตัวหลังคาที่สูงมาก กระแสลมที่พัดมาปะทะส่วนหนึ่งจะถูกพัดข้ามหลังคาไป อีกส่วนหนึ่งจะถูกรีดให้ลอดผ่านใต้ถุนเรือนไทย ซึ่งส่งผลให้ลมที่พัดผ่านนี้มีความเร็วลมเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 2.14 ผู้ที่อยู่ใต้ถุนเรือนไทยนอกจากจะอยู่ภายในอุณหภูมิอากาศที่ต่ำแล้ว ได้รับอิทธิพลการศูนย์เสียความร้อนจากการแผ่รังสี และยังได้รับอิทธิพลของความเร็วลมทีพัดผ่านผิวกาย ผู้ที่อยู่ใต้ถุนเรือนไทยในเวลากลางวันจึงรู้สึกเสมือนอยู่ในเขตสบายเกือบตลอดเวลา



รูปที่ 2. 14 การเพิ่มความเร็วลมบริเวณใต้ถุนเรือนไทย

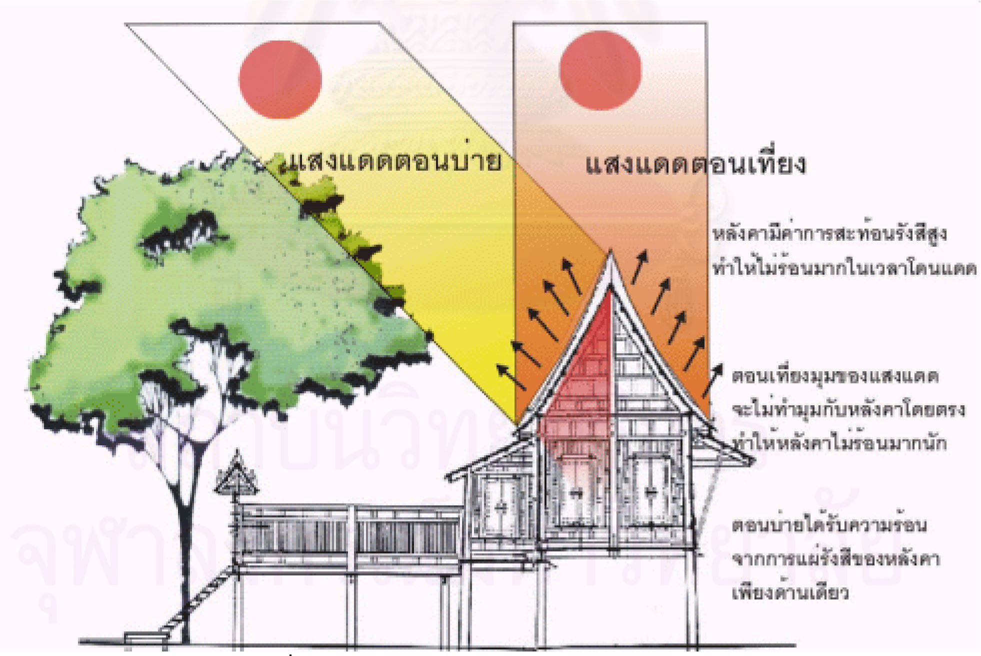
2.7.5 การลดการถ่ายเทความร้อนผ่านทางหลังคา

เปลือกอาคารด้านบนหรือหลังคาของอาคารต่างๆเป็นส่วนที่มีการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคารมากที่สุดเนื่องจากเป็นด้านที่รังสีดวงอาทิตย์กระทำโดยตรงตลอดช่วงเวลากลางวัน ดังนั้นจึงเป็นด้านที่มีแนวโน้มจะมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงที่สุด ในกรณีที่อาคารปรับอากาศหากหลังคามีการป้องกันความร้อนต่ำความร้อนจากผิวหลังคาจะผ่านเข้ามาภายในอาคารในปริมาณมาก ส่งผลให้ต้องใช้พลังงานในการปรับอากาศมาก อีกทั้งยังมีผลกระทบจากการแผ่รังสีความร้อนของ

หลังคาที่ทำให้รู้สึกร้อนขึ้นกว่าปกติ ส่วนในกรณีที่อาคารไม่ปรับอากาศความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามาทางหลังคาจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเวลากลางวันสูงขึ้น

ในทางกลับกันในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิผิวหลังคาภายนอกจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ(กรณีหลังคามีมวลสารน้อย)ความร้อนจากภายในอาคารก็จะถ่ายเทออกสู่ภายนอก ดังนั้นหากหลังคามีการบ้องกันความร้อนสูงความร้อนก็จะถ่ายเทออกไปได้ยาก อุณหภูมิอากาศภายในเวลากลางคืนก็จะสูง ในทางกลับกันหากหลังคามีการป้องกันความร้อนต่ำ ความร้อนก็จะระบายออกได้ง่ายส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในเวลากลางคืนต่ำ

หลังคาทรงไทยได้มีการแก้ปัญหาความร้อนที่ผ่านมาทางหลังคาโดยใช้มุมหลังคาที่ชันมาก ส่งผลให้ในฤดูกาลที่พระอาทิตย์โคจรตั้งฉากกับพื้นโลกหรือในตอนเที่ยงวันมุมรังสีที่กระทำกับหลังคาจะเป็นมุมที่สะท้อนรังสีออกไปได้ง่ายทำให้ผิวหลังคาภายนอกมีอุณหภูมิต่ำ ส่วนในฤดูการที่พระอาทิตย์โคจรอ้อมไปในทิศใต้มากๆ หรือในตอนบ่ายหลังคาที่มีความชันสูงก็จะรับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ด้านเดียว อีกด้านของหลังคาจะไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีตรงส่งผลให้หลังคาร้อนเพียงด้านเดียว เมื่ออยู่ภายในเรือนไทยหรือโบสถ์ไทยที่หลังคาอยู่สูงมากมุมที่ร่างกายกระทำกับหลังคาด้านที่ร้อนจะแคบลงเพราะมีด้านที่ร้อนเพียงด้านเดียวเป็นผลให้รู้สึกร้อนน้อยกว่าหลังคาที่มีมุมความชันต่ำและร้อนทั้ง 2 ด้าน ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2. 15การใช้หลังคาของหลังคาทรงไทย

การแก้ปัญหาในปัจจุบันในอาคารทั่วไปมักมีการปรับอากาศ อีกทั้งความร้อนในเวลากลางวันก่อให้เกิดปัญหาที่ทำให้ร้อนจนอยู่ไม่ได้มากกว่าการใช้ประโยชน์จากการแผ่รังสีของหลังคาในเวลากลางคืน ดังนั้นการแก้ปัญหาจึงมุ่งไปในการป้องกันความร้อนจากหลังคาในช่วงกลางวันให้มากที่สุด การแก้ปัญหาที่ดีที่สุดคือการใช้ฉนวนป้องกันความร้อนติดบริเวณเหนือฝ้าเพดาน ซึ่งมีความหนาไม่น้อยกว่า 6-9 นิ้ว ในกรณีไม่ปรับอากาศเมื่อติดฉนวนความร้อนในเวลากลางวันจะผ่านเข้ามาทางหลังคาน้อยมาก แต่ในทางกลับกันในตอนกลางคืนก็จะถ่ายเทความร้อนออกจากอาคารทางหลังคาได้ยากมาก ดังนั้นจึงต้องมีการวิจัยเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมต่อไป

2.8 **การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรมมวลสารมากในไทย**

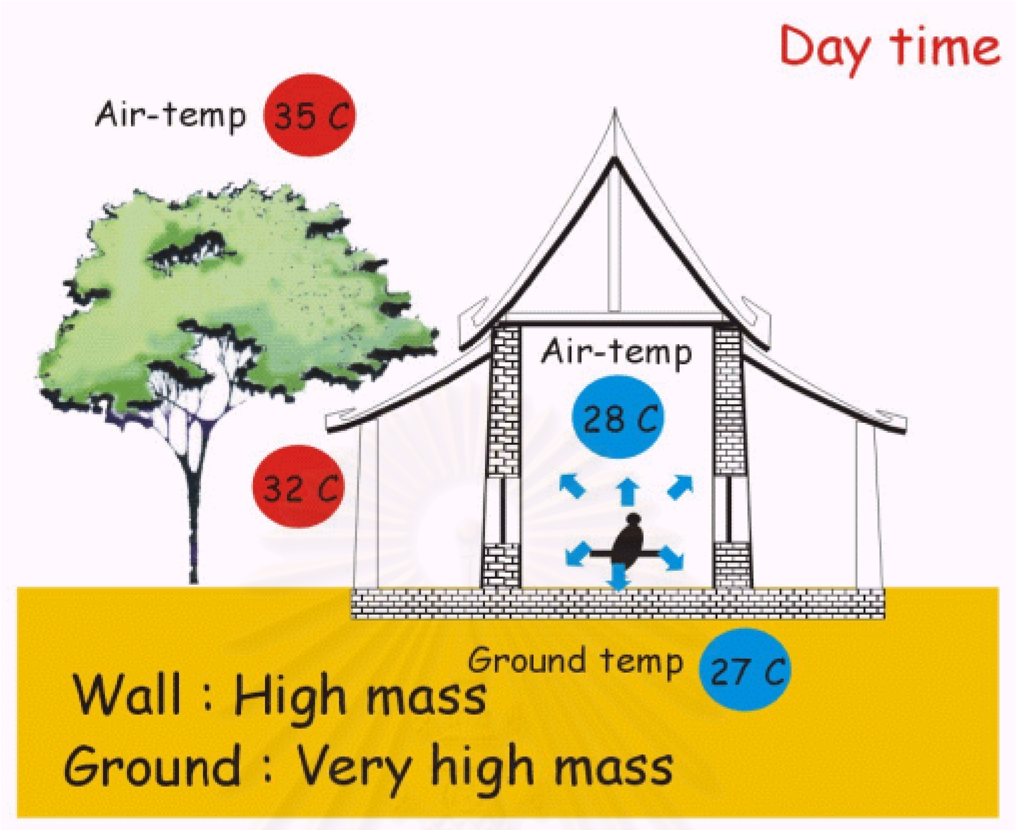
โบสถ์ไทยนับเป็นสถาปัตยกรรมที่มีการแก้ไขปัญหาอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่ร้อนชื้นในประเทศไทยอย่างสมบูรณ์แบบ ซึ่งสอดคล้องกับเทคโนโลยี วัสดุที่พึงมีในอดีต กิจกรรมการใช้งานโดยที่สภาพแวดล้อมยังมีความสมบูรณ์ มีต้นไม้ใหญ่ พืชพรรณธรรมชาติ เป็นต้น

แนวความคิดในการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในโบสถ์ไทยประกอบด้วย

2.8.1 การใช้วัสดุมวลสารมากในของโบสถ์ไทย

วัสดุที่นำมาทำเป็นผนังของโบสถ์ไทยมักจะใช้การก่ออิฐที่มีความหนาโดยเฉลี่ย 60-70 เซนติเมตร หรือมีน้ำหนัก 1,080-1,260 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งนักเป็นวัสดุที่มีมวลสารมากที่นำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรม และมีค่าการป้องกันความร้อนเทียบเท่าฉนวนหนา 1 นิ้ว ผลก็คือเมื่อนำมาใช้เป็นผนังอาคารแล้ว ด้วยมวลสารที่มีค่ามากของผนังจึงส่งผลให้มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากจนอาจทำให้อุณหภูมิภายในคงที่เกือบตลอดวัน ซึ่งการหน่วงเหนียวความร้อนอาจนานจนเป็นการหน่วงเหนี่ยวความร้อนข้ามฤดูกาล(Seasonal Lag)

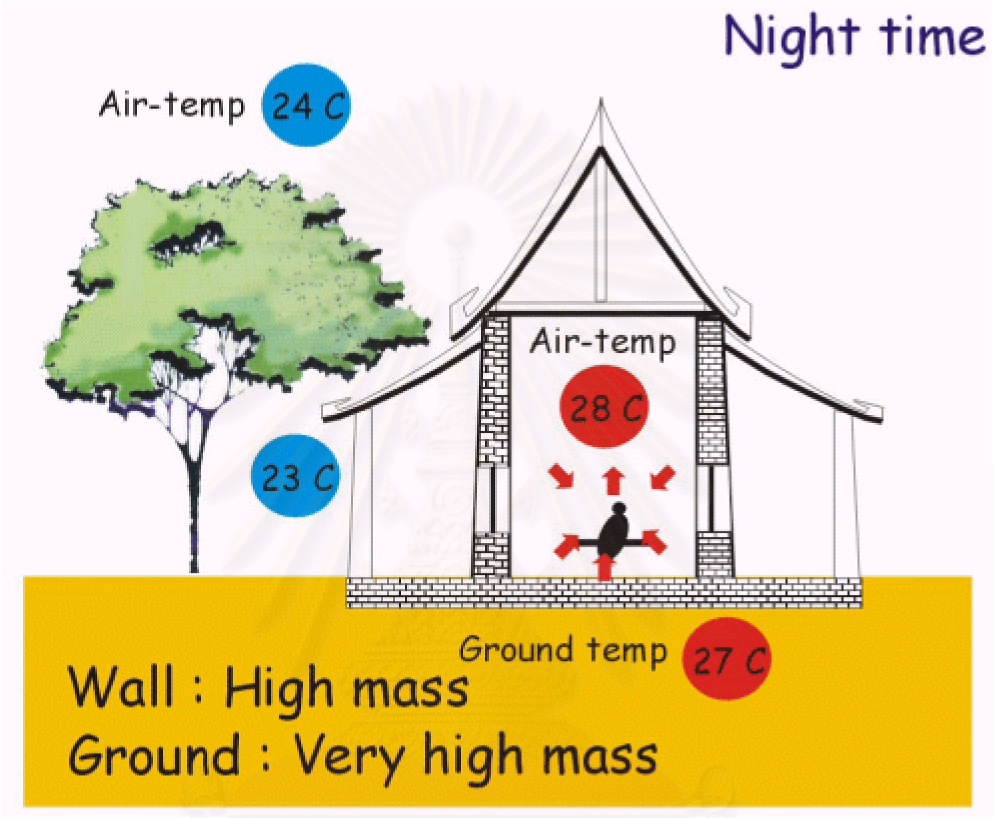
เมื่ออุณหภูมิอากาศในโบสถ์ไทยค่อนข้างคงที่ตลอดวันแล้วจึงทำให้อุณหภูมิอากาศในเวลากลางวันต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องกับเวลาการใช้งานของอาคารที่เปิดให้ใช้อาคารในช่วงกลางวัน ดังนั้นเมื่อเข้าไปในโบสถ์ไทยจะรู้สึกเย็นในทันที ผนวกการทำกิจกรรมภายในโบสถ์ไทยไม่ใช่กิจกรรมที่เคร่งเครียด จึงทำให้รู้สึกเย็นสบายตลอดช่วงเวลากลางวัน ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2. 16 การใช้โบสถ์ไทยในเวลากลางวัน

โบสถ์ไทยจะนิยมถมดินแล้วสร้างตัวโบสถ์ทับลงไปบนดินโดยตรง การกระทำดังกล่าวจะช่วยลดความชื้นที่ขึ้นมาจากดินและไม่ก่อให้เกิดปัญหาอันเนื่องมาจากระดับน้ำใต้ดิน ผลอีกประการคือการได้ใช้ประโยชน์จากความเย็นของดินโดยตรง เนื่องจากดินมีอุณหภูมิคงที่ที่ 27-28 องศาเซลเซียส ดังนั้นอากาศภายในนอกจากจะมีอุณหภูมิคงที่อันเป็นผลมาจากผนังอาคารแล้วยังได้รับอิทธิพลของอุณหภูมิดินที่ส่งผ่านมาทางพื้นอาคารทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเย็นลงอีก ผนวกกับผลจากการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีของผิวกายไปยังพื้นผิวอาคาร อีกทั้งการนั่งที่สัมผัสกับดินโดยตรงทำให้ความร้อนจากร่างกายถูกถ่ายเทด้วยการนำลงสู่ดินโดยตรง ส่งผลให้รู้สึกเย็นสบายเมื่ออยู่ในโบสถ์ไทยเวลากลางวัน ซึ่งความร้อนที่ถูกถ่ายเทลงไปในดินจะถูกต้นไม้รอบอาคารขจัดไปในรูปของการระเหยน้ำที่อยู่ใต้ดินออกทางปากใบ จึงทำให้ดินมีอุณหภูมิคงที่ตลอดเวลา

ในเวลากลางคืนอุณหภูมิภายในโบสถ์ไทยจะสูงกว่าภายนอกเนื่องมาจากมวลสารมีการหน่วงเหนียวความร้อนจนทำให้อุณหภูมิอากาศภายในใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศเวลากลางวัน เมื่อเข้าไปในโบสถ์ไทยเวลากลางคืนจึงรู้สึกร้อนกว่าภายนอก แต่ในช่วงเวลาดังกล่าวโบสถ์ไม่มีการใช้งานแล้ว ดังนั้นการหน่วงเหนียวความร้อนของโบสถ์ไทยจึงเป็นความชาญฉลาดของคนไทยในอดีตที่หน่วงเหนียวความร้อนไปในเวลากลางคืนที่ไม่มีการใช้งานดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2. 17 การใช้โบสถ์ไทยเวลากลางคืน

2.8.2 การใช้การไหลเวียนอากาศตามช่วงเวลา

การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในโบสถ์ไทยแบ่งเป็น 2 ประเภท ประเภทแรกคือ การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในโบสถ์สูงขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิอากาศของโบสถ์ไทยตอนกลางวันจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก แต่จะได้รับอิทธิพลของความเร็วลมที่พัดเข้ามาภายในอาคาร ดังนั้นไม่ว่าเปิดหรือปิดอาคารในช่วงเวลากลางวันจึงรู้สึกใกล้เคียงกัน ประเภทที่สองคือการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ซึ่งจะเป็นการระบายความร้อนที่สะสมอยู่ในช่วงกลางวันออกสู่สภาพแวดล้อม เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำกว่าภายใน การกระทำดังกล่าวจะช่วยกักเก็บความเย็นไปใช้ในเวลากลางวันได้จึงอาจช่วยลดอุณหภูมิอากาศสูงสุดและอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงกลางวันได้

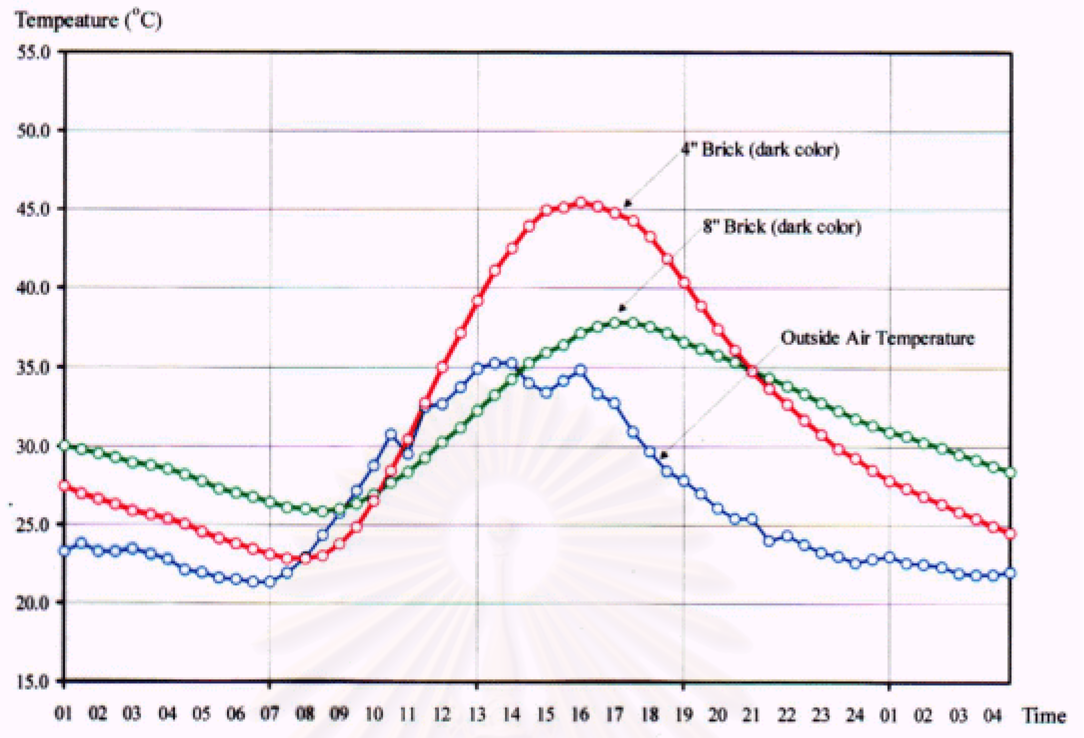
2.8.3 การใช้การไหลเวียนอากาศจากความแตกต่างของอุณหภูมิ

การที่โบสถ์ไทยมีรูปร่างที่สูงชลูดมาก ประกอบกับมีหลังคาที่สูงและใช้วัสดุที่เอื้อให้อากาศรั่วไหลได้ง่าย เช่น จาก กระเบื้อง เป็นต้น ดังนั้นเมื่ออากาศร้อนลอยตัวไปบริเวณยอดอาคารก็จะสามารถระบายออกทางรูพรุนของลังคาได้ง่าย และอากาศที่เย็นกว่าจะไหลมาแทนที่ผ่านทางหน้าต่างและประตู ซึ่งหากไม่ต้องการการไหลเวียนอากาศก็เพียงปิดประตูและหน้าต่างของอาคาร ดังนั้นผู้ใช้อาคารจึงสามารถเลือกได้ว่าจะใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติหรือไม่

2.9 แนวโน้มการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในปัจจุบันและอนาคต

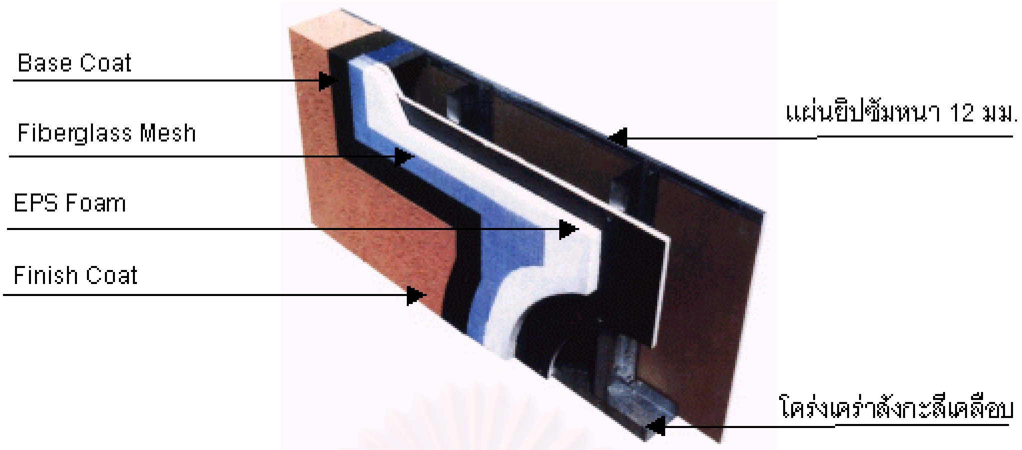
บ้านพักอาศัยในปัจจุบันนิยมที่จะก่อสร้างด้วย ผนังก่ออิฐชั้นเดียว และ ผนังก่ออิฐ 2 ชั้น ที่มีน้ำหนัก180-360 กิโลกรัม ต่อ ตารางเมตร จึงถือเป็นวัสดุที่มีมวลสารปานกลาง และมีการป้องกันความร้อนได้ไม่ดีนัก จากแผนภูมิที่ 2.2 เป็นอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองที่ใช้อิฐ 4 นิ้วและ 8 นิ้ว ในการทดสอบ ซึ่งยังไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติมาเกี่ยวข้อง จะพบว่าทั้ง 2 วัสดุจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองเย็นกว่าภายนอกในช่วงเช้าถึงกลางวัน ส่วนในช่วงบ่ายและเวลากลางคืนจะร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะสวนทางกับการใช้งาน เนื่องจากในตอนเช้าที่อุณหภูมิอากาศเย็นภายในบ้านเย็นกว่าภายนอกกลับเป็นช่วงที่ไม่มีคนอยู่ภายในบ้าน แต่ในช่วงเย็นที่ทุกคนกลับมาบ้านกลับเป็นช่วงที่ภายในบ้านมีอุณหภูมิอากาศสูงสุด ทางออกจึงพยายามเปิดประตูหน้าต่างช่วยในการระบายอากาศแต่ก็ช่วยได้เพียงลดอุณหภูมิอากาศภายในให้ใกล้กับภายนอก จึงไม่ช่วยให้สบายขึ้นเท่าใดนัก ทางออกจึงมักเป็นการเปิดเครื่องปรับอากาศซึ่งป็นการเปลืองพลังงานอย่างมหาศาล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 2. 2 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองของ อิฐ 4 นิ้ว และ 8 นิ้ว
ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบ บ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า (กรุงเทพฯ :จุฬาลงกรณ์, 2542), หน้า 152

แนวทางการใช้เปลือกอาคารที่เหมาะสมสำหรับการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติจึงควรเป็นผนังที่ป้องกันความร้อนได้อย่างสมบูรณ์แบบในช่วงเวลากลางวัน ในขณะที่เวลากลางคืนไม่ควรเป็นผนังที่กักเก็บความร้อน ในทางกลับกันควรเป็นผนังที่ระบายความร้อนออกได้อย่างเร็วที่สุด เมื่อพิจารณาเงื่อนไขดังกล่าวแล้วจะพบว่าควรเลือกผนังที่มีค่าการป้องกันความร้อนมากที่สุด และควรเป็นผนังที่มีมวลสารน้อยที่สุด ซึ่งผนังที่ตรงกับเงื่อนไขดังกล่าวคือผนัง EIFS(Exterior Insulation and Finished System) ซึ่งเป็นผนังที่มีการใช้โฟมเป็นฉนวนกันความร้อน ภายในเป็นโครงเคร่าเหล็กบุด้วยยิปซัมหนา 12 มม. ส่วนชั้นนอกบุตาข่ายและฉาบด้วยเบสโค้ตและฟินนิชชิ่ง ซึ่งเป็นฉนวนกันความชื้นที่ดีระดับหนึ่งดังรูปที่ 2.19 ผนังดังกล่าวเหมาะกับการปรับอากาศมากที่สุด แต่ก็มีแนวโน้มที่จะใช้กับการไม่ปรับอากาศได้ดีเช่นกัน



รูปที่ 2. 18 รายละเอียดของผนัง EIFS

ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบ บ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า (กรุงเทพฯ :จุฬาลงกรณ์, 2542), หน้า 134

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์ และ วิธีการดำเนินงานวิจัย

เมื่อได้กำหนด โครงร่างการวิจัย รวมถึงศึกษาแนวคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว ขั้นต่อมาจึงเริ่มกำหนดแนวทางการวิจัยขั้นละเอียด ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดมวลสารและคุณลักษณะของวัสดุที่จะนำมาทำการวิจัย การกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย จากนั้นจึงกำหนดขั้นตอนการทำวิจัยโดยละเอียด เพื่อป้องกันความผิดพลาดและเพื่อความถูกต้องและชัดเจน รวมถึงกำหนดหลักเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิงเพื่อวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ เมื่อทุกขั้นตอนถูกกำหนดชัดเจนแล้วจึงเริ่มทำการทดลองและเก็บข้อมูล

3.1 การกำหนดตัวแปรในการวิจัย

3.1.1 การกำหนดมวลสารและความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ

ทำการเลือกมวลสารที่มีมวลสารน้อยจนไปถึงมวลสารมาก ประกอบด้วย

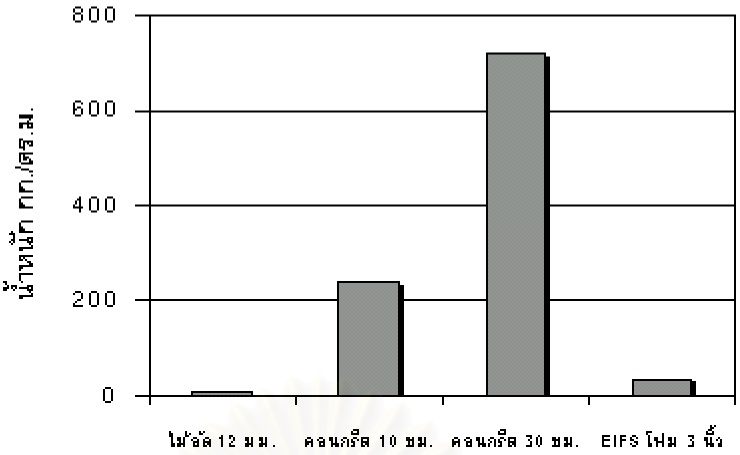
1. ไม้อัดหนา 12 มม. เป็นตัวแทนของวัสดุมวลสารเบา มีน้ำหนัก 7 กก./ตร.ม.

2. คอนกรีตหนา 10 ซม. เป็นตัวแทนของวัสดุมวลสารกลาง มีน้ำหนัก 240 กก./ตร.ม.

3. คอนกรีตหนา 30 ซม. เป็นตัวแทนของวัสดุมวลสารหนัก มีน้ำหนัก 720 กก./ตร.ม.

4. ผนัง EIFS โฟม 3 นิ้ว เป็นตัวแทนของวัสดุมวลสารเบา มีน้ำหนัก 35 กก./ตร.ม.

การกำหนดมวลสารเป็น 3 ระดับคือ เบา กลาง หนัก นั้น เนื่องจากผลของมวลสารจะมีส่วนในการเปลี่ยนพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนภายในกล่อง อีกทั้งยังมีเรื่องความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุได้แก่ ไม้ 0.29 คอนกรีต 0.21 ส่วนแผ่นยิปซัมของผนัง EIFS 0.26 บีทียู/ปอนด์ $^{2}*^{0}F$ และยังใช้โฟมที่เป็นวัสดุพิเศษที่ได้กำหนดขึ้นเนื่องจากมีมวลสารน้อยแต่มีการป้องกันความร้อนได้ดีมาก ซึ่งการวิจัยนี้จึงได้เพิ่มวัสดุดังกล่าวเพื่อให้ได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในอาคาร

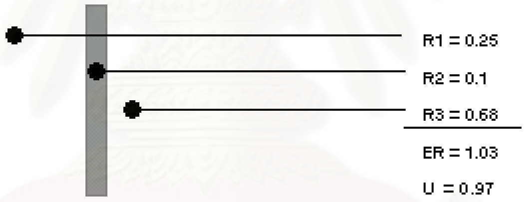


แผนภูมิที่ 3. 1 มวลสารของวัสดุที่ใช้ทดลอง

3.1.2 การกำหนดคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ

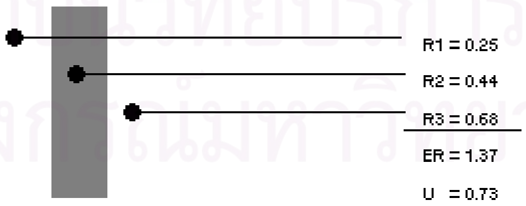
วัสดุจากข้อ 1 สามารถคำนวณค่าการนำความร้อนรวมของวัสดุ (U-Value) ได้ดังนี้

1.ไม้อัดหนา 12 มม.มีค่า U-Value เท่ากับ 0.97 Btu/h*ft^{2}*^{0}F



รูปที่ 3. 1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของไม้อัด 12 มม.

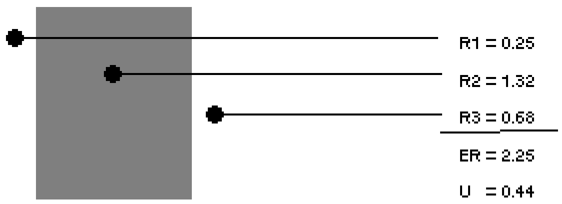
2. คอนกรีตหนา 10 ซม. มีค่า U-value = 0.73 Btu/h*ft^{2}*^{0}F



รูปที่ 3. 2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของคอนกรีต 10 ซม.

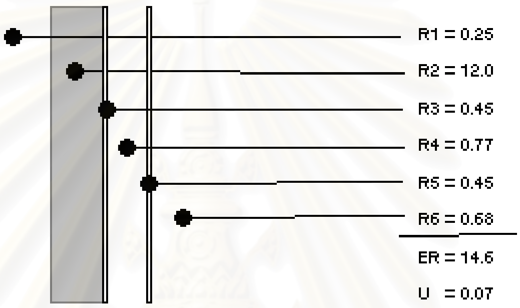
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. คอนกรีตหนา 30 ซม. มีค่า U-value = 0.44 Btu/h*ft^{2}*^{0}F



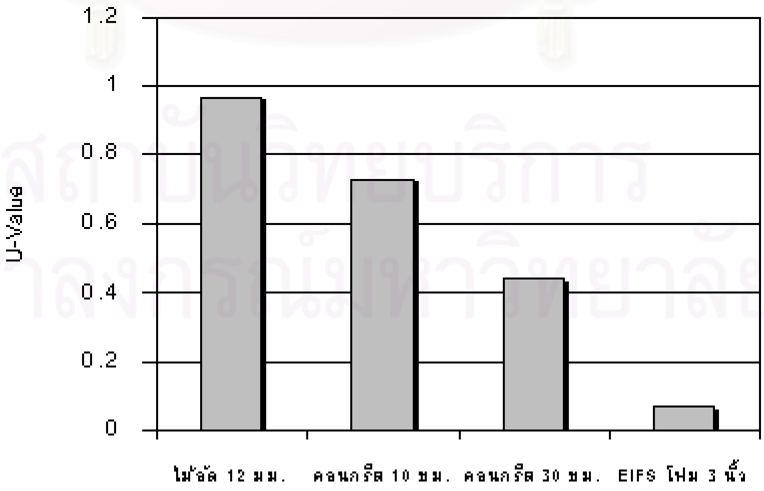
รูปที่ 3. 3 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของคอนกรีต 30 ซม.

4. EIFS โฟมหนา 3 นิ้ว มีค่า U-value = 0.07 Btu/h*ft^{2}*^{0}F



รูปที่ 3. 4ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของ EIFS โฟมหนา 3 นิ้ว

เมื่อเปรียบเทียบค่า U-Value ของวัสดุต่างจะพบว่า EIFS จะกันความร้อนได้ดีมากกว่าอีก 3 ชนิดมากซึ่งอาจจะเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่จะใช้กับงานสถาปัตยกรรม



แผนภูมิที่ 3. 2 การเปรียบเทียบค่า U-Value ของวัสดุ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.3 การป้องกันอิทธิพลของการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารด้านบน

ใช้โฟมหนา 6 นิ้วในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากเปลือกอาคารด้านบน โดยแบ่งกล่องทดลองออกเป็น 2 ชุด ชุดแรกทำการปิดโฟมไว้ด้านบนอีกชุดหนึ่งไม่ทำการปิดโฟมไว้ด้านบน เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาทางเปลือกอาคารด้านบน

3.1.4 การเลือกทิศช่องเปิด

ในการทดลองจำเป็นต้องกำหนดทิศทางของช่องเปิดกล่องทดลองโดยแบ่งเป็น

- การทดลองทั่วไปที่ไม่เกี่ยวกับทิศทาง

หันทิศของช่องเปิดกล่องทดลองไปในแนวทิศเหนือและทิศใต้ทุกกล่องทดลอง เพื่อควบคุมตัวแปรในเรื่องทิศให้เหมือนกันหมด และใช้โฟมหนา 3 นิ้วเป็นตัวปิดเปิดการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

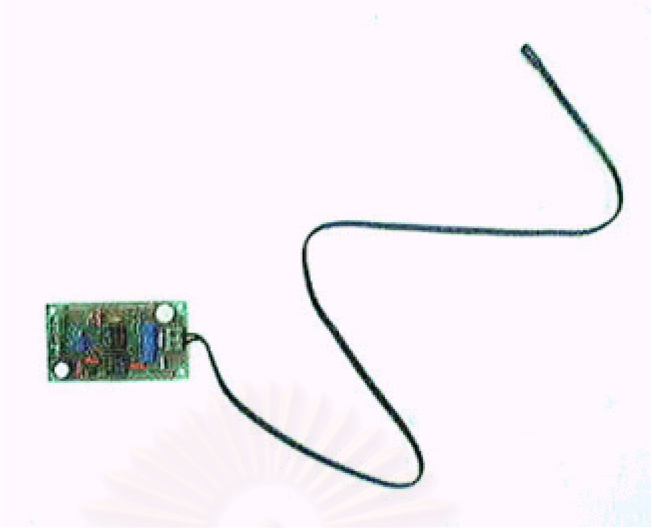
- การทดลองที่เกี่ยวกับทิศทาง

แบ่งกล่องที่ใช้ทดสอบออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกหันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้ ส่วนอีกชุดหนึ่งหันไปในแนวตะวันออกและตะวันตก เพื่อศึกษาอิทธิพลของลมที่มาตามทิศต่างๆว่าส่งผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกล่องทดลองหรือไม่

3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวิจัย

3.2.1.หัววัดอุณหภูมิ

ใช้หัววัดที่เรียกว่า NTC(Negative Temperature Coefficient Thermistor) จำนวน 12 หัว มีค่าการวัดอยู่ในช่วง 0-50 องศาเซลเซียส การทำหัววัดอุณหภูมิจำเป็นต้องทำตัวขยายสัญญาณติดกับหัววัด และส่งสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้า ด้วยสายโทรศัพท์ยาวเส้นละ 12.5 เมตร เมื่อส่งสัญญาณด้วยแรงดันไฟฟ้าความยาวของสายจึงอาจทำให้การวัดคลาดเคลื่อน ดังนั้นจึงควรใช้สายยาวไม่เกิน 50 เมตร และควรทำการปรับทียบความเที่ยงตรงของแต่ละหัววัดด้วยอุณหภูมิที่สูงและต่ำ โดยให้อ่านได้ใกล้เคียงกัน จึงจะนำไปใช้งานได้



รูปที่ 3. 5 รูปหัววัดอุณหภูมิ NTC

3.2.2.หัววัดความเร็วลม

ใช้หัววัดความเร็วลมที่เรียกว่า Hot Film Anemometer ซึ่งมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศสูง จำนวน 4 หัว และวัดได้ในช่วงความเร็วลม 0-20 เมตรต่อวินาที มีความคลาดเคลื่อน 1 เปอร์เซ็นต์ การส่งสัญญาณใช้ระบบกระแสไฟฟ้า ซึ่งสายจะยาวเท่าไรก็ได้ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ความยาวสาย 12.5 เมตร อีกทั้งต้องใช้ไฟฟ้าจ่ายให้กับหัววัดลมด้วยความต่างศักย์ 24 โวลต์ จึงจำเป็นต้องทำหม้อแปลงเพื่อแปลงจาก 220 โวลต์ เป็น 24 โวลต์ ซึ่งมีการปรับเทียบความเที่ยงของหัววัดจากบริษัทผู้ผลิตแล้ว

รูปที่ 3. 6 หัววัดความเร็วลม Hot Film Anemometer

3.2.3.เครื่องเก็บข้อมูล

เป็นเครื่องที่สามารถแปลงสัญญาณจากหัววัดและนำไปเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์มีทั้งหมด 16 ช่องสัญญาณ มีความคลาดเคลื่อนในการเก็บข้อมูลประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ และต้องใช้ซอฟแวร์ในการเก็บข้อมูลโดยกำหนดช่วงข้อมูลในช่วง 0-5 โวลต์ อีกทั้งต้องมีหม้อแปลงจ่ายไฟฟ้าให้หัววัดอีกต่างหากโดยมีแรงดัน 24 โวลต์

รูปที่ 3. 7 รูปเครื่องเก็บข้อมูล

รูปที่ 3. 8 รูปเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลข้อมูล

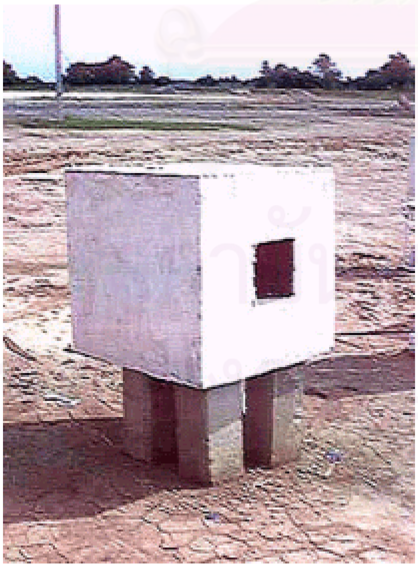
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.4.กล่องทดลอง

สร้างกล่องด้านในมีขนาด 60*60*60 ซม เท่ากันทุกกล่อง ช่องเปิดเท่ากัน 2 ด้าน ขนาด 30*30 ซม.จำนวน 8 กล่องประกอบด้วย ไม้อัด 12 มม. คอนกรีต 10 ซม. คอนกรีต 30 ซม. และ EIFS โฟมหนา 3 นิ้ว อย่างละ 2 กล่อง นำมาวัดอุณหภูมิอากาศขณะปิดกล่อง ทำการเปรียบเทียบกล่องที่ทำจากวัสดุเดียวกัน ซึ่งไม่ควรมีความคลาดเคลื่อนเกิน 0.5 องศาเซลเซียส

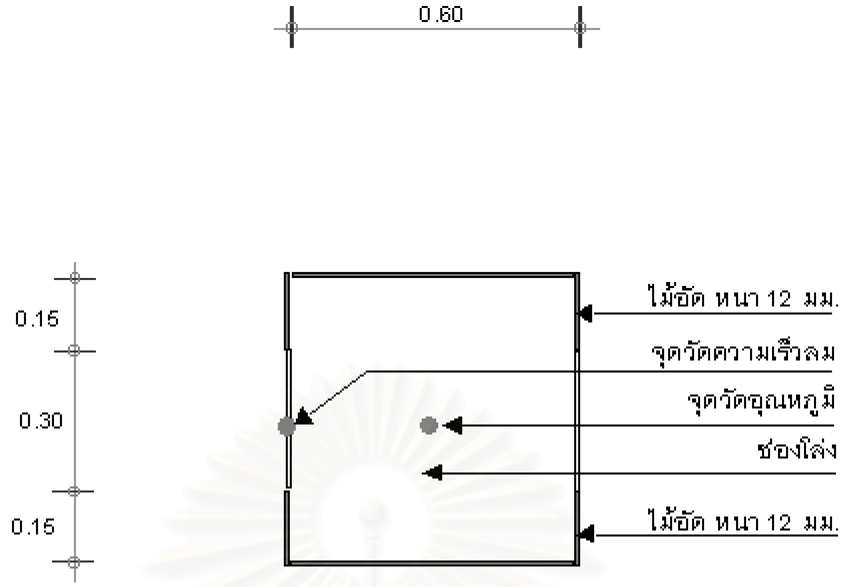
รูปที่ 3. 9 กล่องไม้อัดหนา 12 มม.

รูปที่ 3. 10 กล่องคอนกรีตหนา 10 ซม.

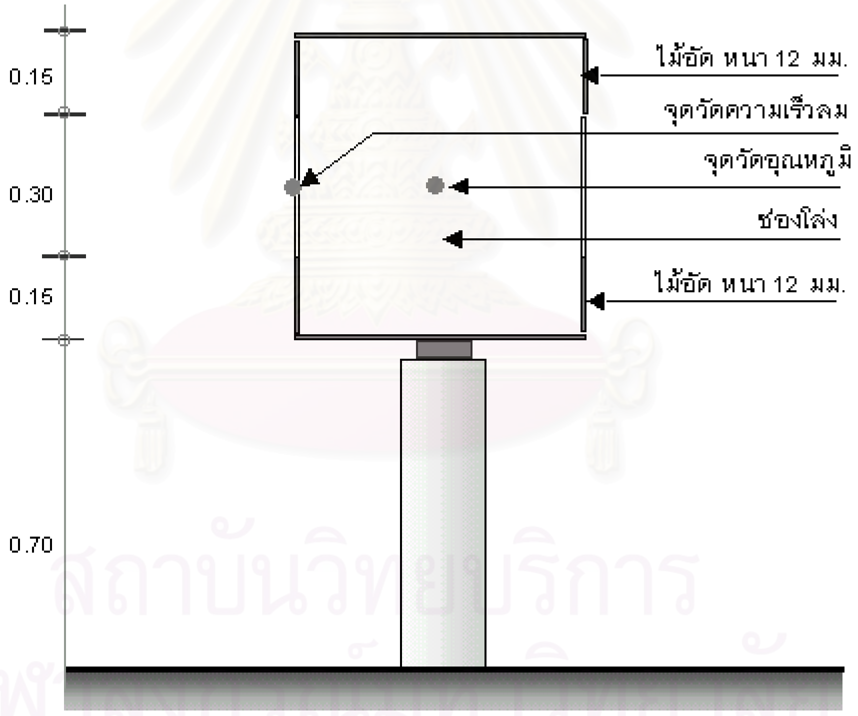


รูปที่ 3. 11 กล่อง EIFS โฟมหนา 3 นิ้ว.

รูปที่ 3. 12 กล่องคอนกรีตหนา 30 ซม.



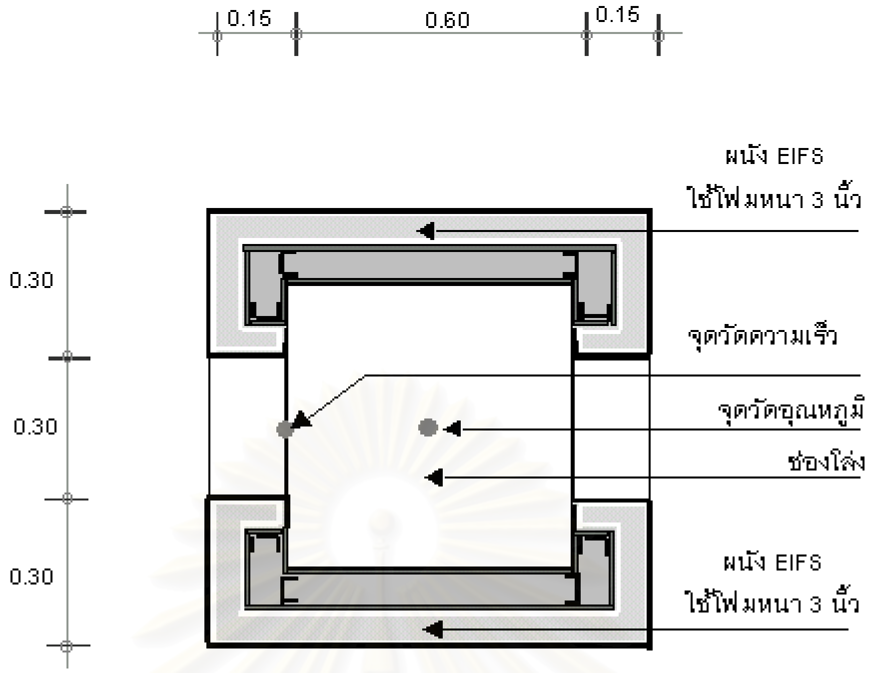
<u>แปลน กล่องแบบที่ 1 มาตราส่วน 1 : 15</u>



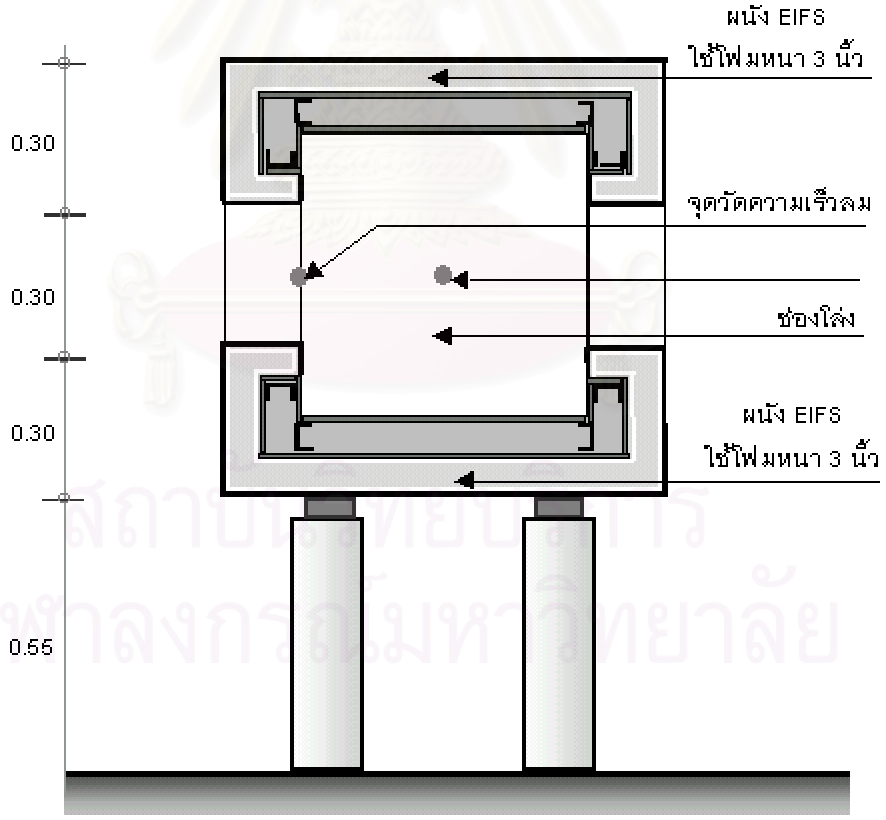
<u>รูปตัด กล่องแบบที่ 1 มาตราส่วน 1 : 15</u>

รูปที่ 3. 13 กล่องทดลองที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



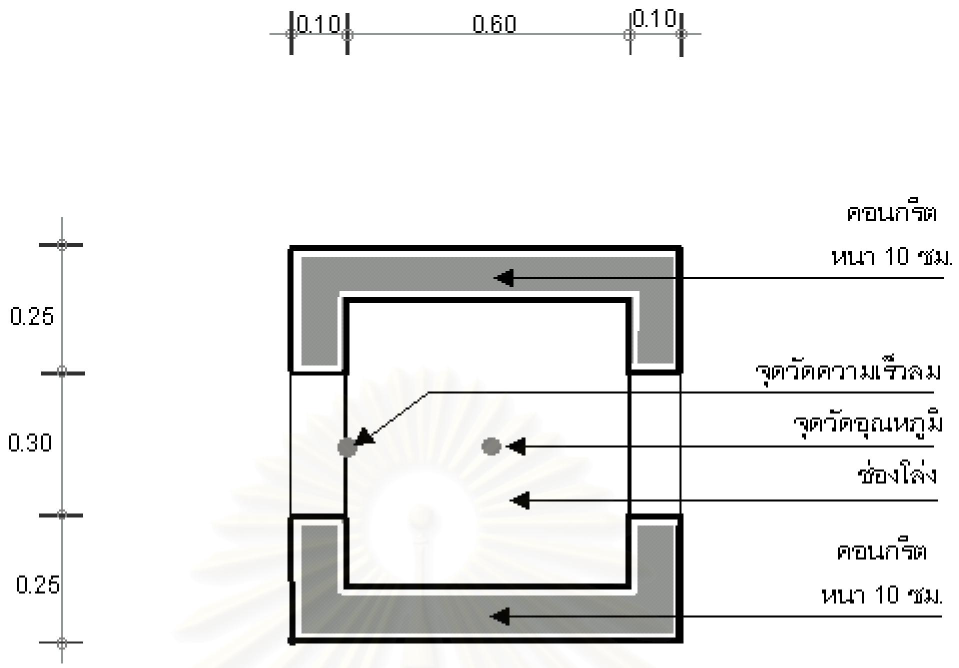
<u>**แปลน กล่องที่ 2 มาตราส่วน 1 : 15**</u>



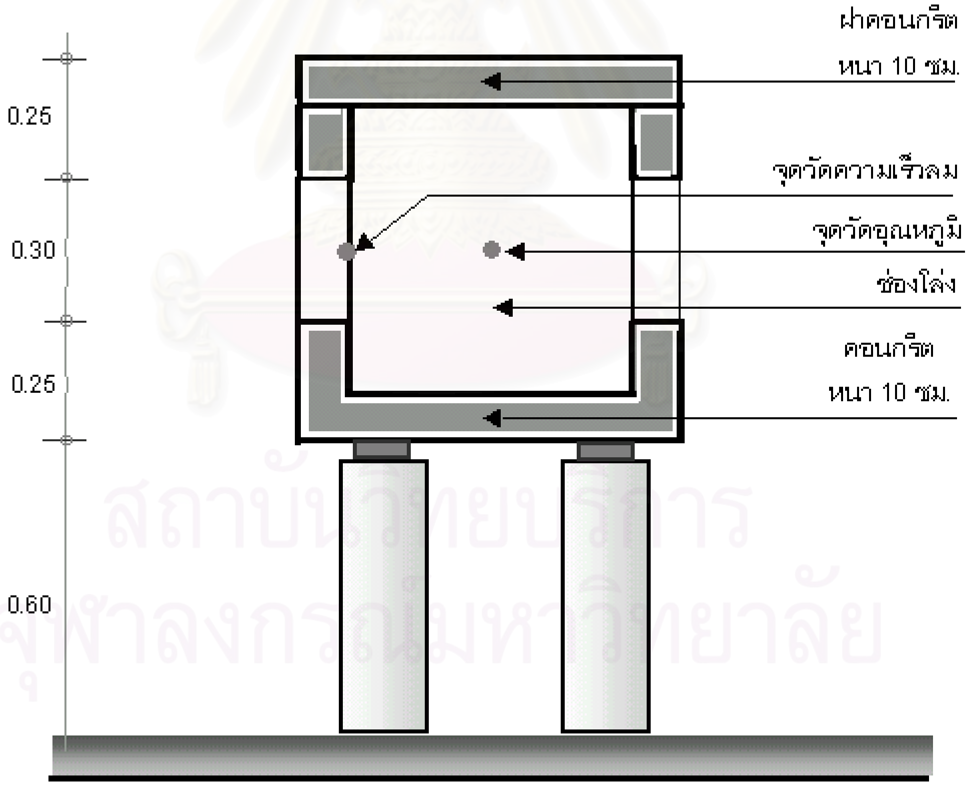
<u>**รูปตัด กล่องที่ 2 มาตราส่วน 1 : 15**</u>

รูปที่ 3. 14 กล่องทดลองที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



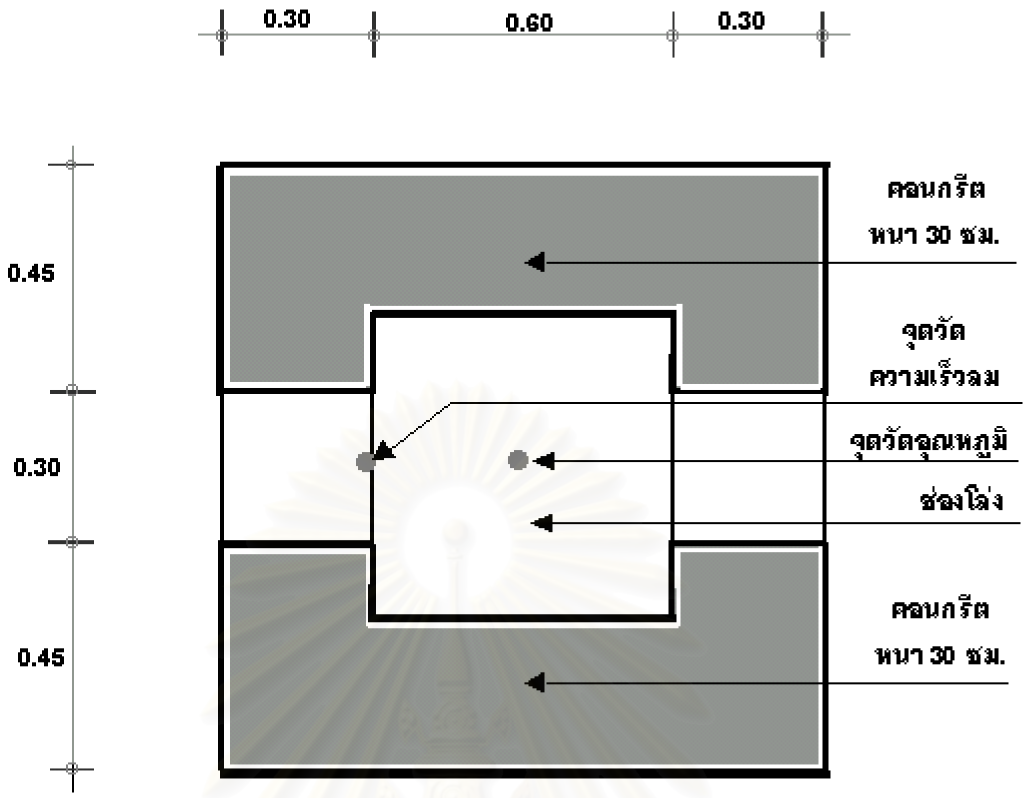
<u>แปลน กล่องที่ 3 มาตราส่วน 1 : 15</u>



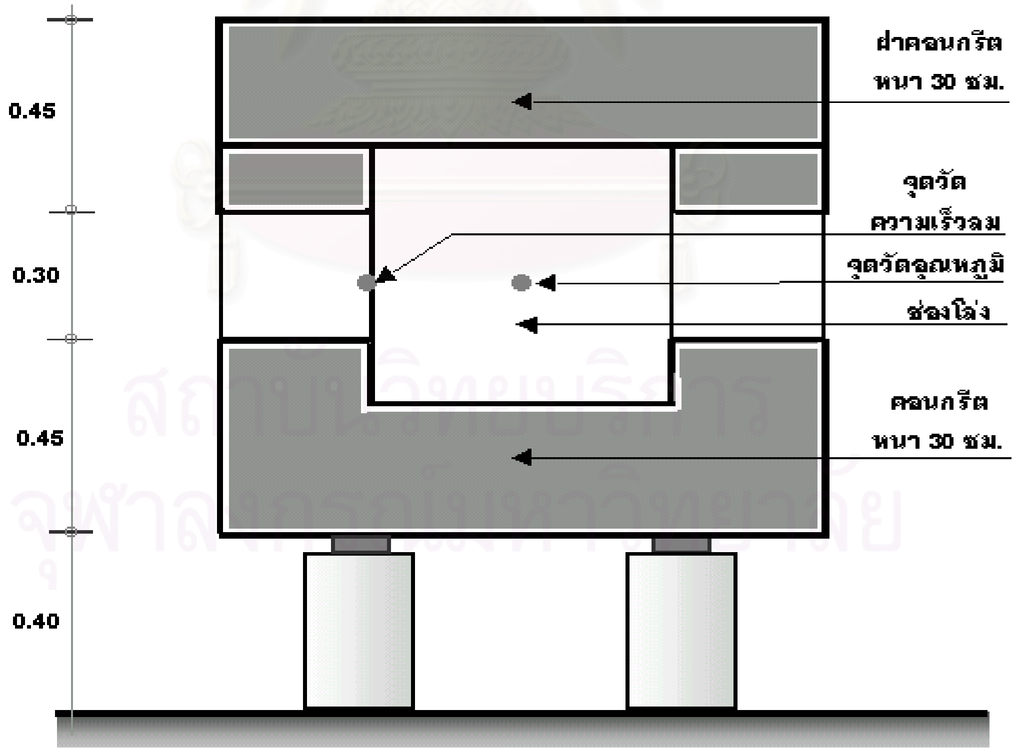
<u>รูปตัด กล่องที่ 3 มาตราส่วน 1 : 15</u>

รูปที่ 3. 15 กล่องทดลองที่ 3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แปลน กล่องที่ 4 มาตราส่วน 1 : 15



รูปตัด กล่องที่ 4 มาตราส่วน 1 : 15

รูปที่ 3. 16 กล่องทดลองที่ 4

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากระเบียบวิธีวิจัยในบทที่ 1 นำมากำหนดเป็นขั้นตอนวิจัยดังนี้

ขั้นที่ 1 ทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิ

ก่อนจะทำการทดลอง ต้องทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่จะนำมาวัดข้อมูลซะก่อน

1. หัววัดอุณหภูมิ ทำการเทียบหัววัดทั้ง 12 หัวเข้ากับ เทอร์โมคอปเปิล ที่มีความเที่ยงตรง โดยต้องระวังเรื่องเวลาการตอบสนองของหัว NTC ที่ช้าประมาณ 5 นาที ดังนั้นขั้นตอนการเทียบจำเป็นต้องใช้น้ำและค่อยๆเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิช้าๆเพื่อให้หัวตอบสนองทัน แต่ไม่จำเป็นต้องระวังเรื่องความชื้นเนื่องจากหัวชนิดนี้กันความชื้นได้ดี การเทียบจำเป็นต้องให้แต่ละหัวมีความคลาดเคลื่อนต่างกันไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส การปรับแก้ที่หัววัดอุณหภูมิโดยตรงและไม่จำเป็นต้องปรับแก้อีก

2. หัววัดความเร็วลม มีการปรับเทียบมาจากบริษัทผู้ผลิตแล้วและมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในการวิจัยนี้ไม่จำเป็นต้องการวัดที่เที่ยงตรงมากนัก

3. กล่องทดลอง เมื่อหัวเก็บข้อมูลทั้ง 2 ชนิดมีความเที่ยงตรงแล้ว นำมาทดสอบกับกล่องทดลอง โดยที่กล่องชนิดเดียวกัน ไม่ควรมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นอุณหภูมิอากาศในกล่องที่ทำจากวัสดุเดียวกันไม่ควรมีอุณหภูมิต่างกันเกิน 1 องศาเซลเซียส

ขั้นที่ 2 ทดสอบมวลสารคุณสมบัติของวัสดุกับช่วงเวลาการถ่ายเทอากาศธรรมชาติ

เมื่อเครื่องมือที่ใช้วัดข้อมูลมีความเที่ยงตรงแล้ว จึงเริ่มทดสอบข้อสังเกตข้อที่ 1-2 คือ

- ลักษณะของมวลสารคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่เหมือนกัน จะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน เมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติช่วงเวลาที่ต่างกัน

- ลักษณะของมวลสารคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่ต่างกัน มีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน เมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในช่วงเวลาที่เหมือนกัน

ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ถึง 6.00 น.ของอีก 2 วันให้หลัง รวม 42 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลทุก 15 นาที สิ่งที่ต้องบันทึกคือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก

2. อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง

3. อุณหภูมิกระเปาะเปียก

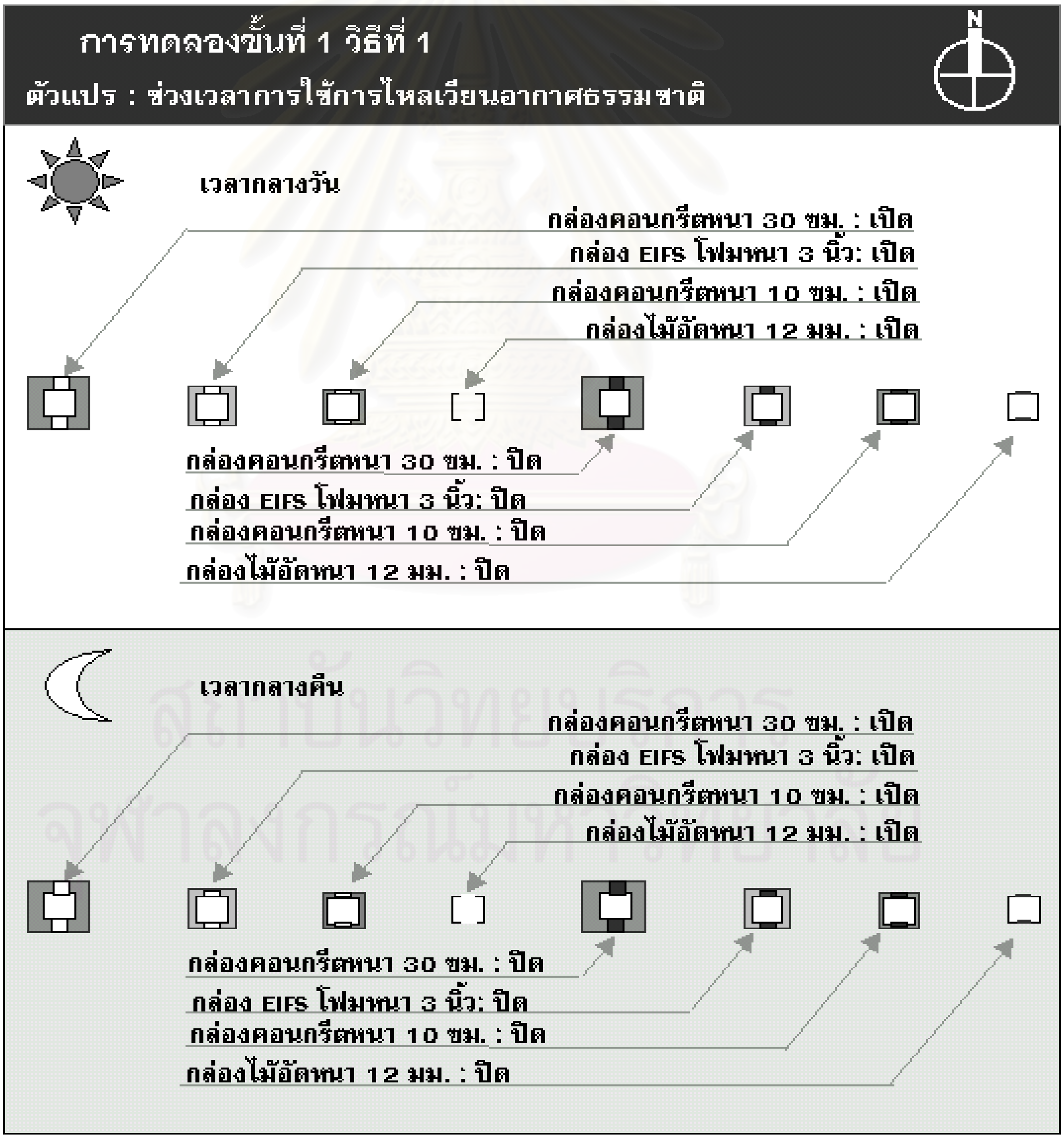
4. ความเร็วลม

เมื่อเก็บข้อมูลได้แล้วนำไปพล๊อตกราฟ เพื่อนำไปวิเคราะห์สรุปผล การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน เมื่อใช้มวลสารคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ และช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศ ในรูปแบบต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีที่ 1	กลางวัน	กลางคืน	ทิศช่องเปิด	โฟมที่หลังคา
1. ไม้อัด 12 มม.	เปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
2. คอนกรีต 10 ซม.	เปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
3. คอนกรีต 30 ซม.	เปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
4. EIFS โฟม 3 นิ้ว	เปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
5. ไม้อัด 12 มม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
6. คอนกรีต 10 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
7. คอนกรีต 30 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
8. EIFS โฟม 3 นิ้ว	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี

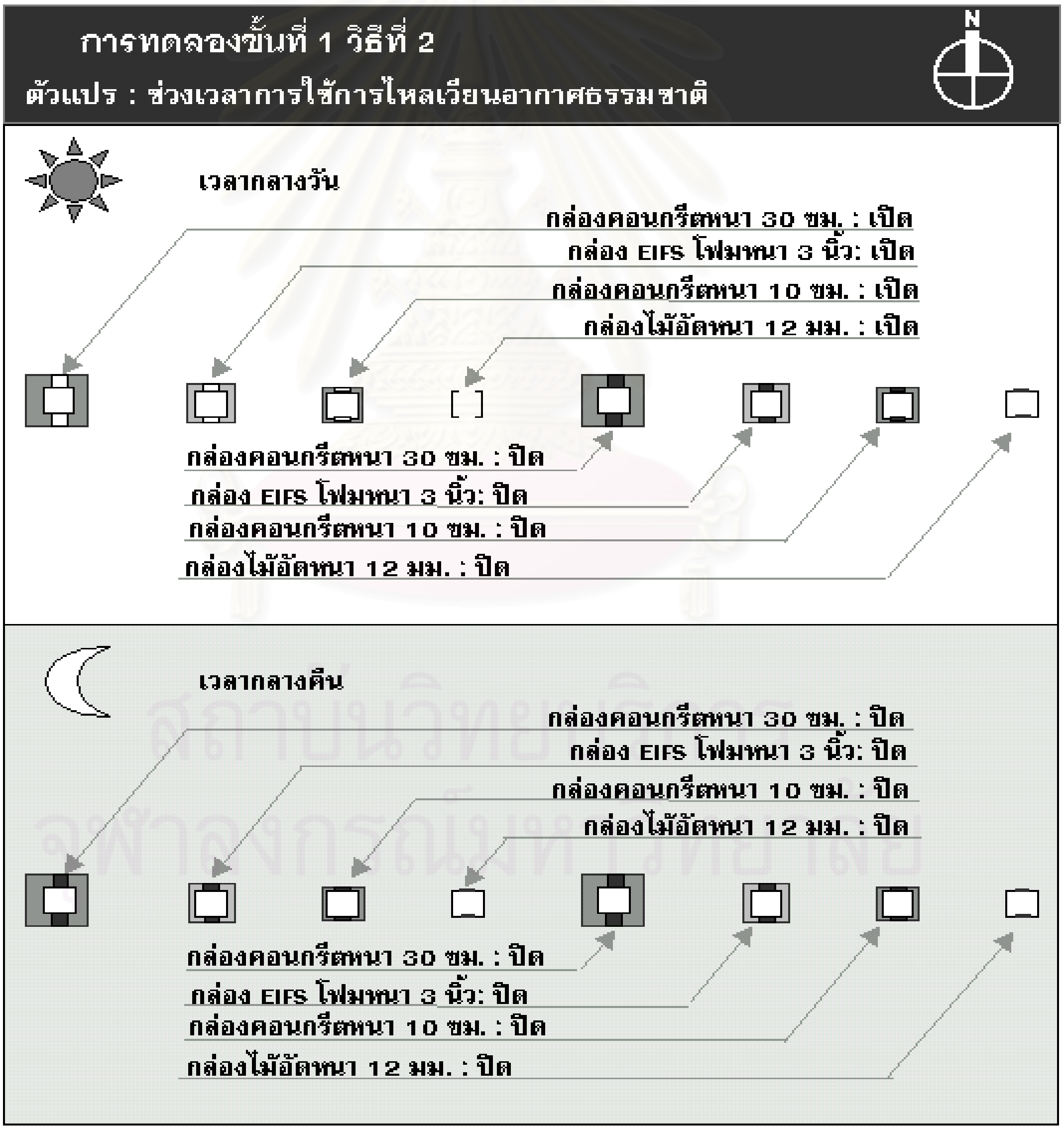
ตารางที่ 3. 1 ตารางการทดลองขั้นที่ 1 วิธีที่ 1



รูปที่ 3. 17 การทดลองขั้นที่ 1 วิธีที่ 1

วิธีที่ 2	กลางวัน	กลางคืน	ทิศช่องเปิด	โฟมที่หลังคา
1. ไม้อัด 12 มม.	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
2. คอนกรีต 10 ซม.	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
3. คอนกรีต 30 ซม.	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
4. EIFS โฟม 3 นิ้ว	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
5. ไม้อัด 12 มม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
6. คอนกรีต 10 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
7. คอนกรีต 30 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
8. EIFS โฟม 3 นิ้ว	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี

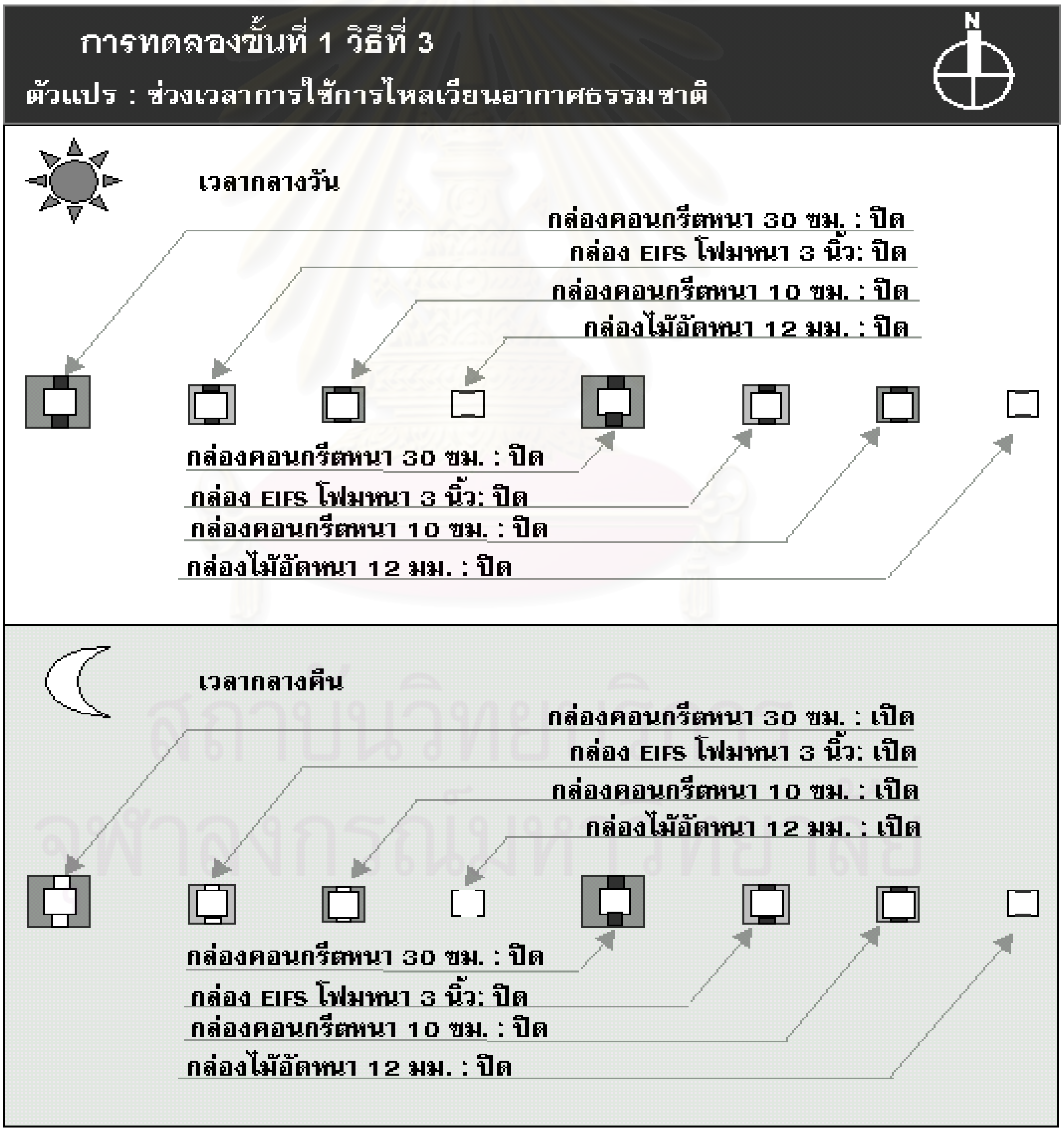
ตารางที่ 3. 2 การทดลองขั้นที่ 1 วิธีที่ 2



รูปที่ 3. 18 การทดลองขั้นที่ 1 วิธีที่ 2

วิธีที่ 3	กลางวัน	กลางคืน	ทิศช่องเปิด	โฟมที่หลังคา
1. ไม้อัด 12 มม.	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
2. คอนกรีต 10 ซม.	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
3. คอนกรีต 30 ซม.	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
4. EIFS โฟม 3 นิ้ว	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
5. ไม้อัด 12 มม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
6. คอนกรีต 10 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
7. คอนกรีต 30 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
8. EIFS โฟม 3 นิ้ว	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี

ตารางที่ 3. 3 การทดลองขั้นที่ 1 วิธีที่ 3



รูปที่ 3. 19 การทดลองขั้นที่ 1 วิธีที่ 3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ขั้นที่ 3</u> ทดสอบมวลสารการถ่ายเทความร้อนของวัสดุกับช่วงเวลาการถ่ายเทอากาศธรรมชาติ และการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารด้านบน

เริ่มทดสอบข้อสังเกตที่ 3-4 คือ

- ลักษณะของมวลสารคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่เหมือนกัน แต่มีการป้องกันความร้อนจากเปลือกอาคารด้านบนต่างกัน จะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน เมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในช่วงเวลาที่เหมือนกัน

- ลักษณะของมวลสารคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่ต่างกัน แต่มีการป้องกันความร้อนจากเปลือกอาคารด้านบนเหมือนกัน จะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน เมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในช่วงเวลาที่เหมือนกัน

ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ถึง 6.00 น.ของอี 2 วันให้หลัง รวม 42 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลทุก 15 นาที สิ่งที่ต้องบันทึกคือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก

2. อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง

3. อุณหภูมิกระเปาะเปียก

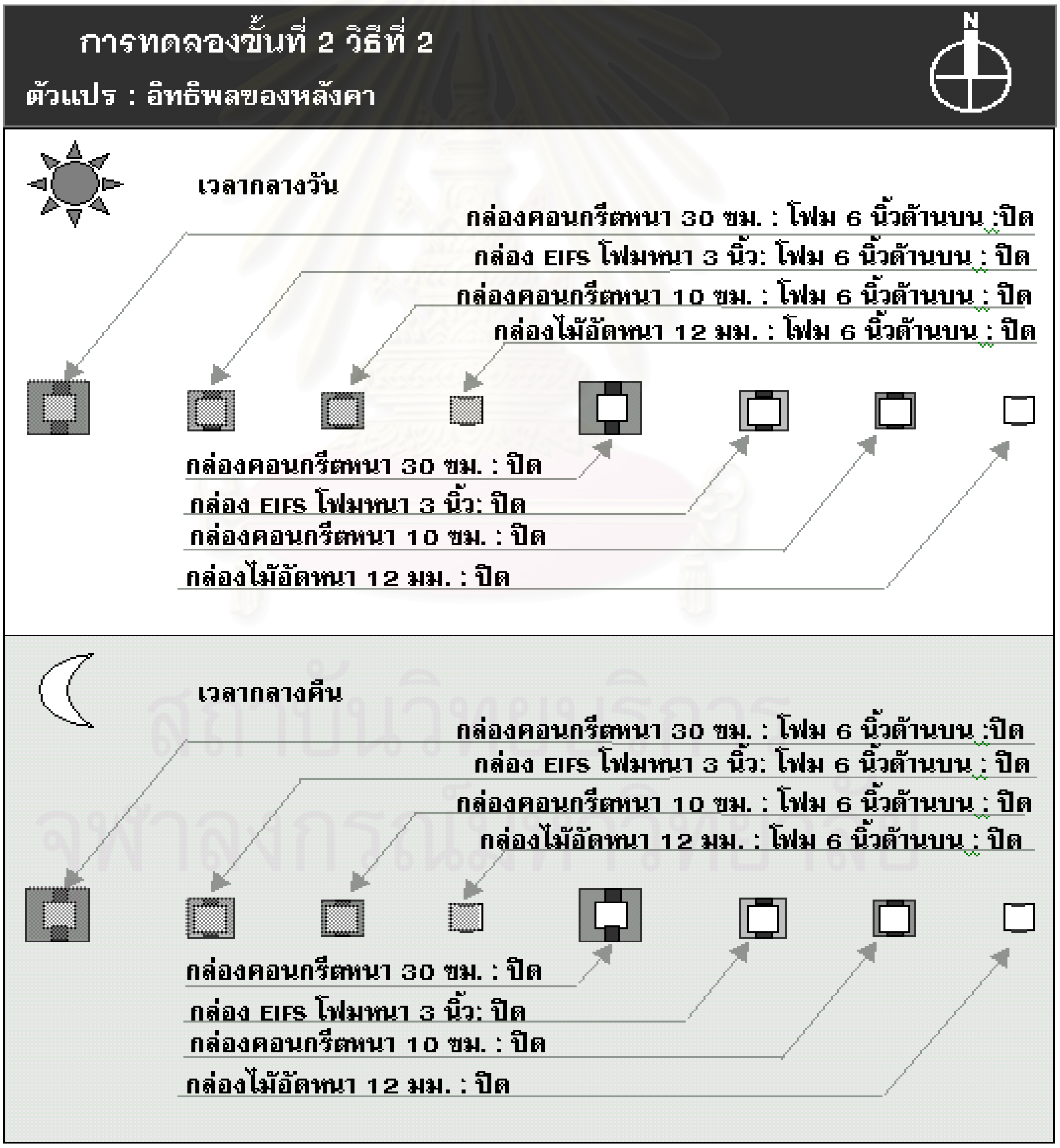
4. ความเร็วลม

เมื่อเก็บข้อมูลได้แล้วนำไปพล๊อตกราฟ เพื่อนำไปวิเคราะห์สรุปผล การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน เมื่อใช้มวลสารคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ ช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศ และการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารด้านบนที่แตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีที่ 1	กลางวัน	กลางคืน	ทิศช่องเปิด	โฟมที่หลังคา
1. ไม้อัด 12 มม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	มี
2. คอนกรีต 10 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	มี
3. คอนกรีต 30 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	มี
4. EIFS โฟม 3 นิ้ว	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	มี
5. ไม้อัด 12 มม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
6. คอนกรีต 10 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
7. คอนกรีต 30 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
8. EIFS โฟม 3 นิ้ว	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี

ตารางที่ 3. 4 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 1

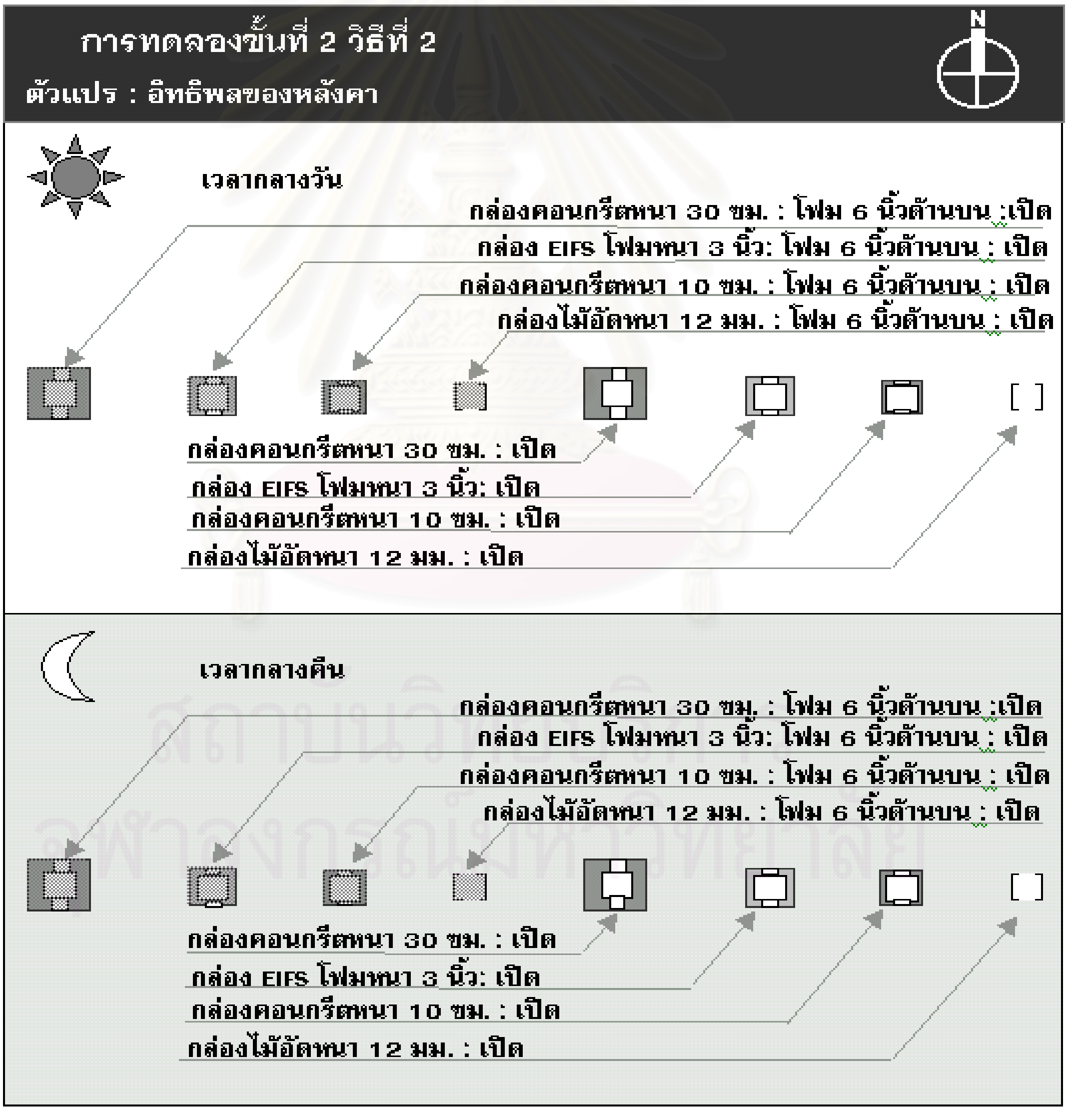


รูปที่ 3. 20 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีที่ 2	กลางวัน	กลางคืน	ทิศช่องเปิด	โฟมที่หลังคา
1. ไม้อัด 12 มม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	มี
2. คอนกรีต 10 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	มี
3. คอนกรีต 30 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	มี
4. EIFS โฟม 3 นิ้ว	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	มี
5. ไม้อัด 12 มม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
6. คอนกรีต 10 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
7. คอนกรีต 30 ซม.	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
8. EIFS โฟม 3 นิ้ว	ปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี

ตารางที่ 3. 5 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 2

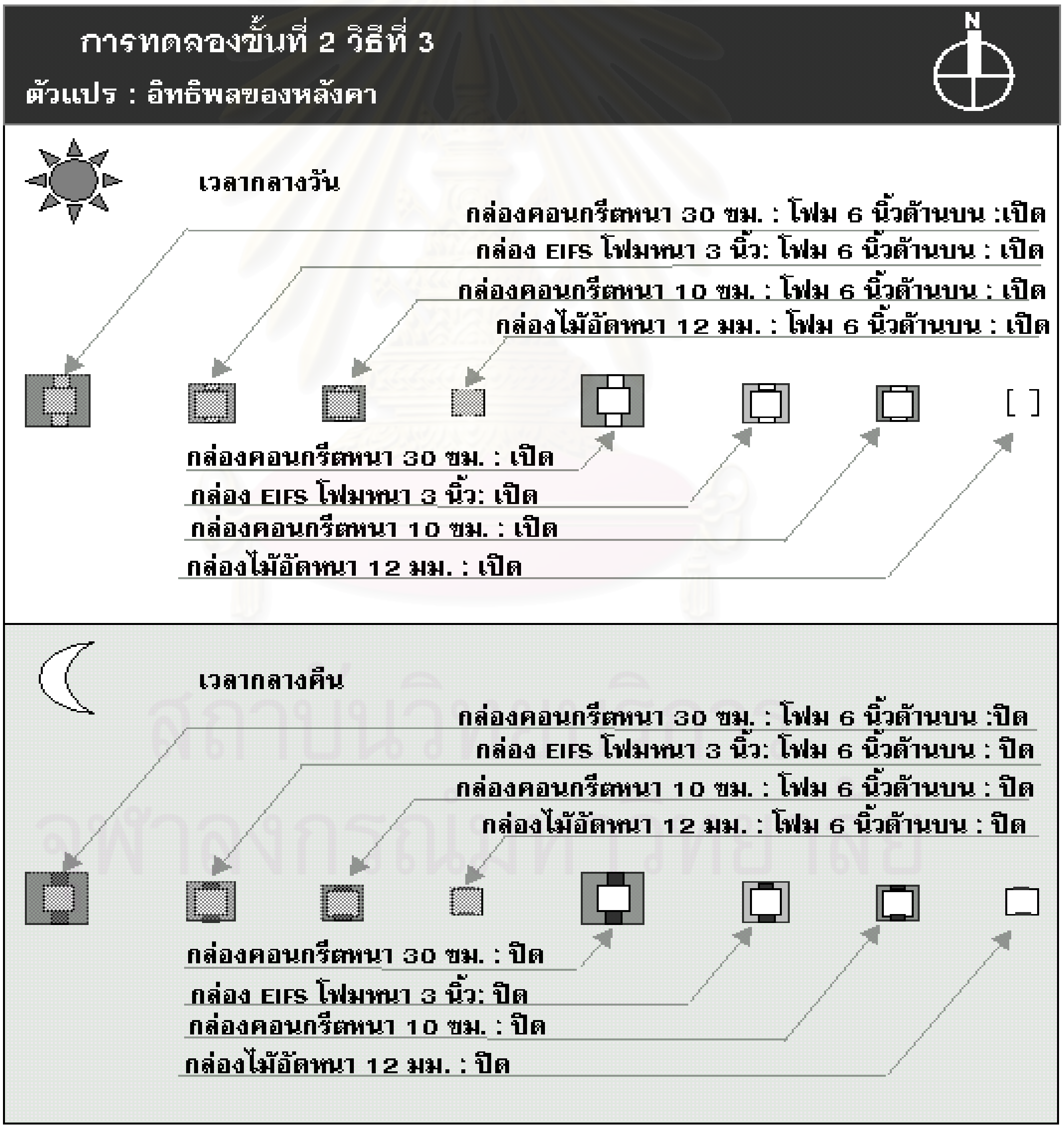


รูปที่ 3. 21 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีที่ 3	กลางวัน	กลางคืน	ทิศช่องเปิด	โฟมที่หลังคา
1. ไม้อัด 12 มม.	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	มี
2. คอนกรีต 10 ซม.	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	มี
3. คอนกรีต 30 ซม.	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	มี
4. EIFS โฟม 3 นิ้ว	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	มี
5. ไม้อัด 12 มม.	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
6. คอนกรีต 10 ซม.	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
7. คอนกรีต 30 ซม.	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
8. EIFS โฟม 3 นิ้ว	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี

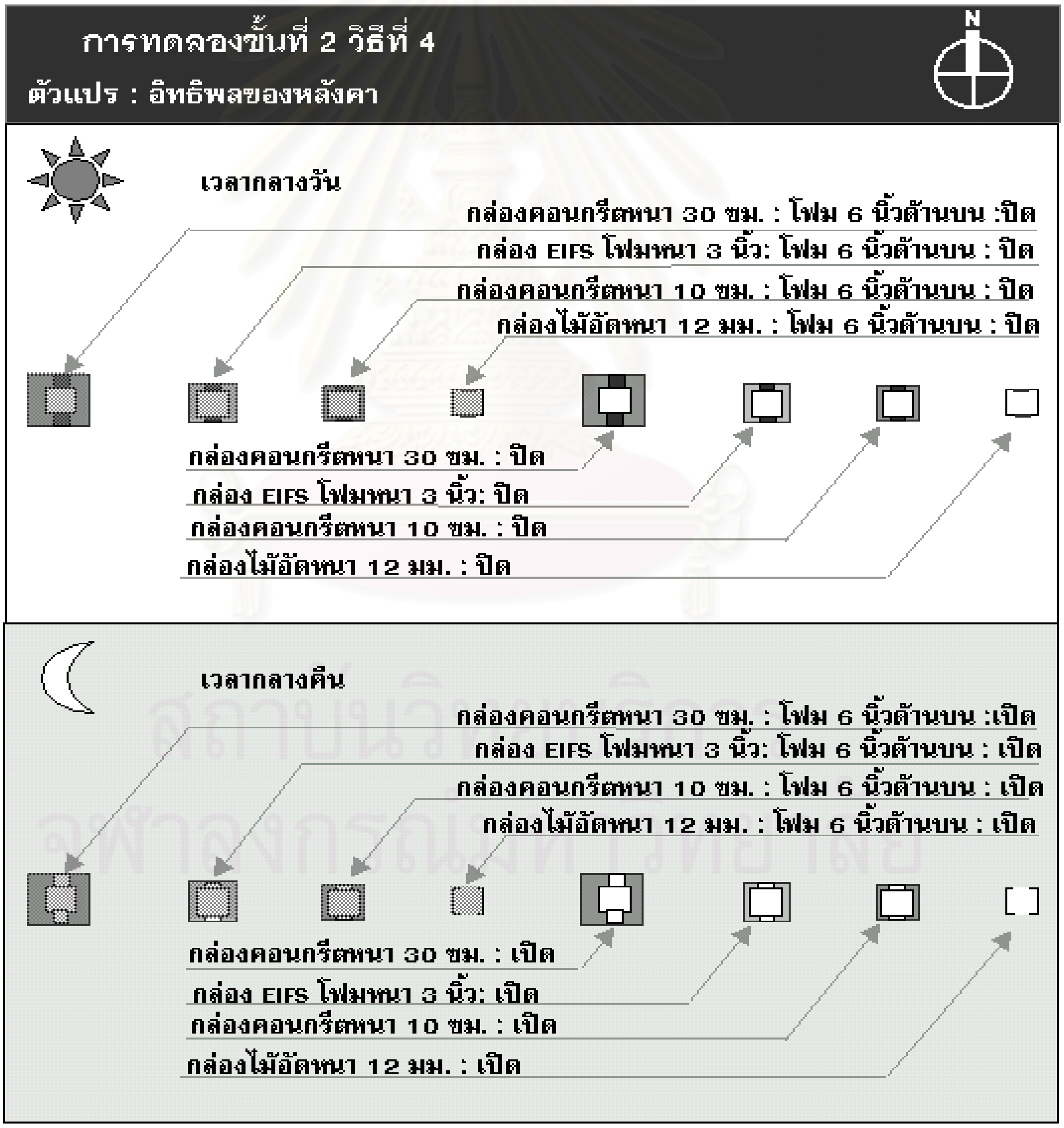
ตารางที่ 3. 6 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 3



รูปที่ 3. 22 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 3

วิธีที่ 4	กลางวัน	กลางคืน	ทิศช่องเปิด	โฟมที่หลังคา
1. ไม้อัด 12 มม.	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	มี
2. คอนกรีต 10 ซม.	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	มี
3. คอนกรีต 30 ซม.	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	มี
4. EIFS โฟม 3 นิ้ว	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	มี
5. ไม้อัด 12 มม.	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
6. คอนกรีต 10 ซม.	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
7. คอนกรีต 30 ซม.	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
8. EIFS โฟม 3 นิ้ว	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี

ตารางที่ 3. 7 การทอลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 4



รูปที่ 3. 23 การทดลองขั้นที่ 2 วิธีที่ 4

<u>ขั้นที่ 3</u> ทดสอบมวลสารคุณสมบัติของวัสดุกับช่วงเวลาการถ่ายเทอากาศธรรมชาติ

เริ่มทดสอบข้อสังเกตที่ 5 คือ

- ลักษณะของมวลสารคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่เหมือนกัน แต่มีทิศทางการวางช่องเปิดต่างกัน จะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน เมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกัน

ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ถึง 6.00 น.ของอีก 2 วันให้หลัง รวม 42 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลทุก 15 นาที สิ่งที่ต้องบันทึกคือ

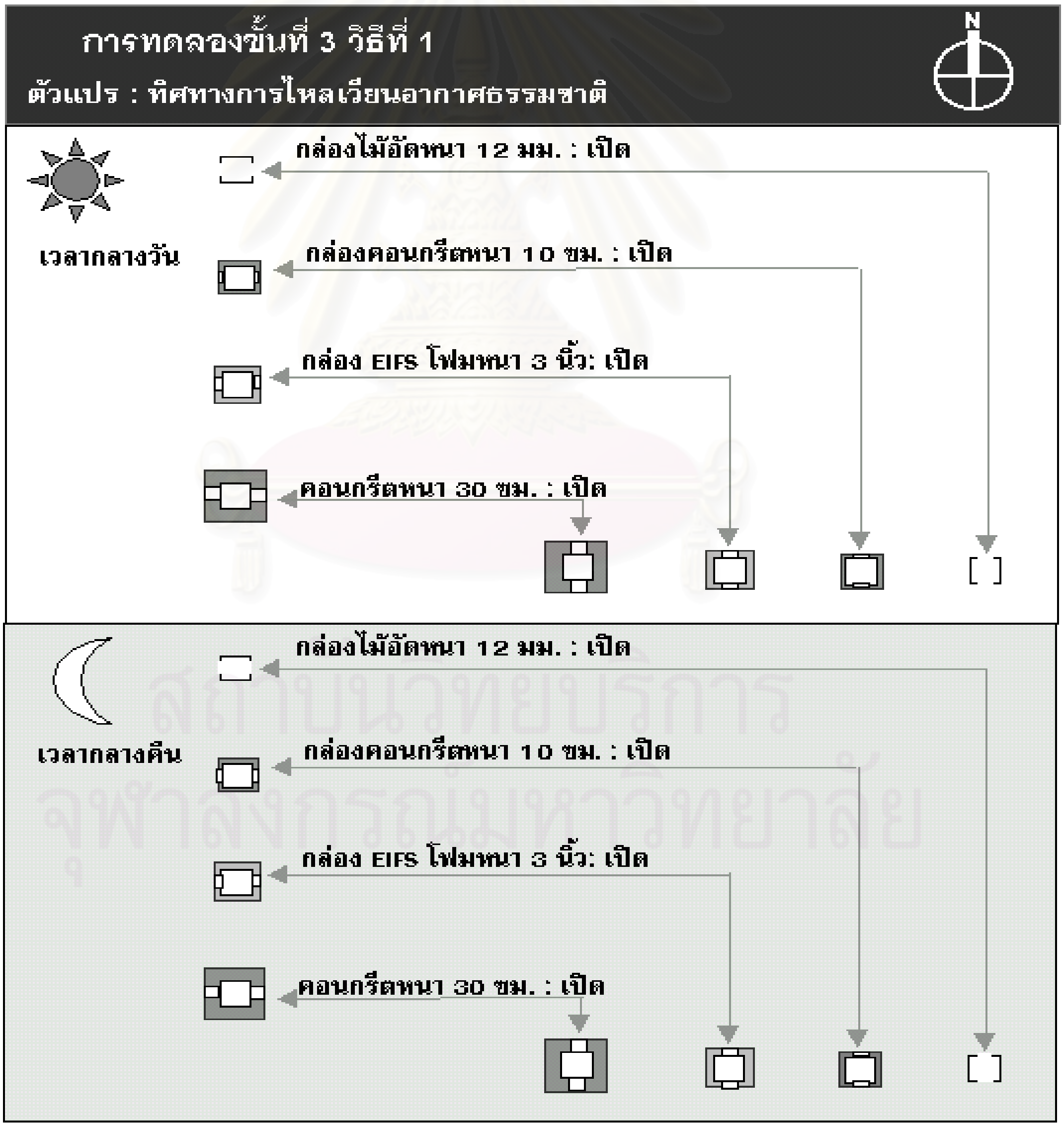
1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง
3. อุณหภูมิกระเปาะเปียก
4. ความเร็วลม

เมื่อเก็บข้อมูลได้แล้วนำไปพล๊อตกราฟ เพื่อนำไปวิเคราะห์สรุปผล การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน เมื่อใช้มวลสารคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ ช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศ และทิศทางการใช้การไหลเวียนอากาศ ธรรมชาติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีที่ 1	กลางวัน	กลางคืน	ทิศช่องเปิด	โฟมที่หลังคา
1. ไม้อัด 12 มม.	เปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
2. คอนกรีต 10 ซม.	เปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
3. คอนกรีต 30 ซม.	เปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
4. EIFS โฟม 3 นิ้ว	เปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
5. ไม้อัด 12 มม.	เปิด	เปิด	ออก-ตก	ไม่มี
6. คอนกรีต 10 ซม.	เปิด	เปิด	ออก-ตก	ไม่มี
7. คอนกรีต 30 ซม.	เปิด	เปิด	ออก-ตก	ไม่มี
8. EIFS โฟม 3 นิ้ว	เปิด	เปิด	ออก-ตก	ไม่มี

ตารางที่ 3. 8 การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 1

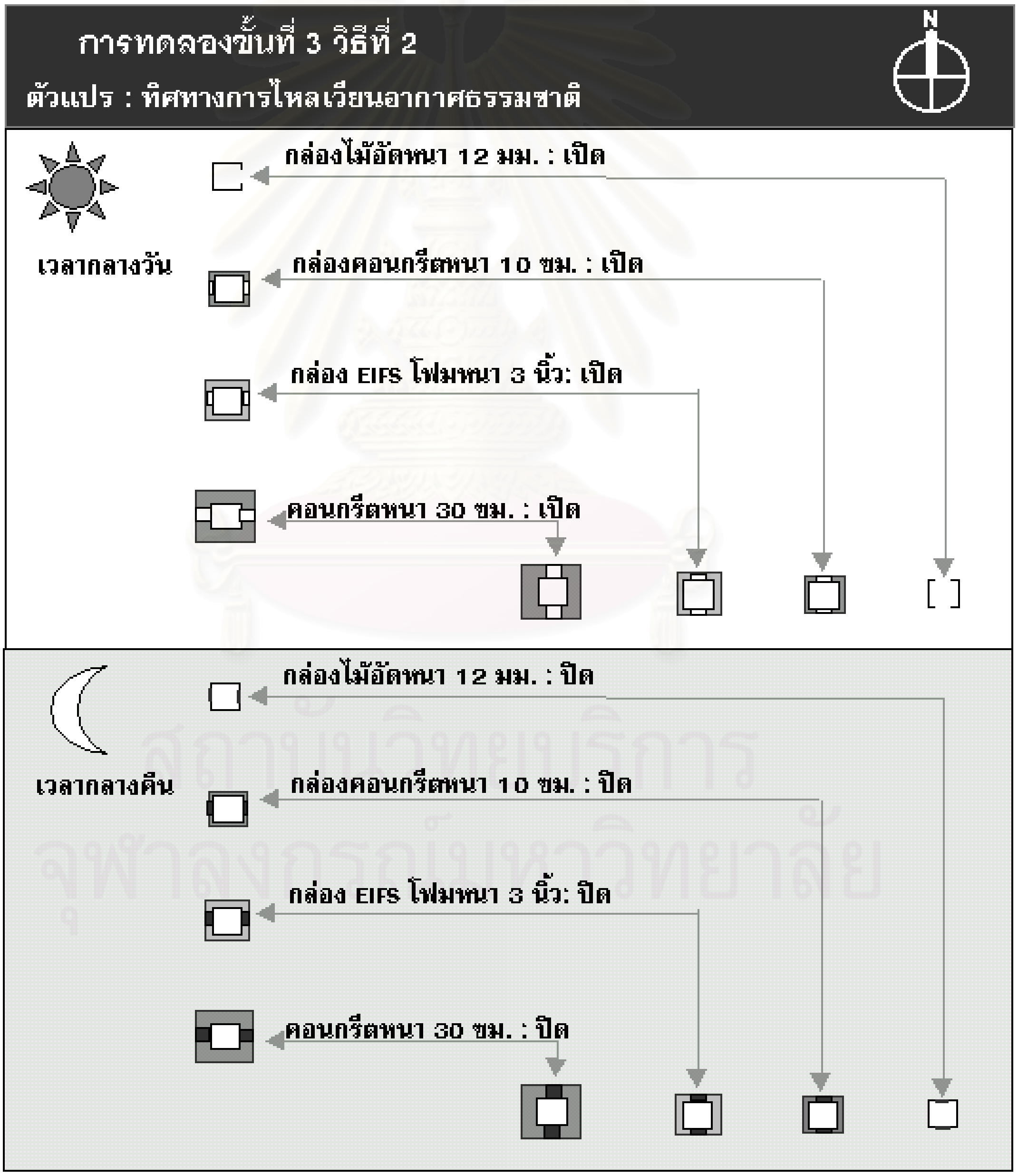


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3. 24 การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 1

วิธีที่ 2	กลางวัน	กลางคืน	ทิศช่องเปิด	โฟมที่หลังคา
1. ไม้อัด 12 มม.	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
2. คอนกรีต 10 ซม.	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
3. คอนกรีต 30 ซม.	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
4. EIFS โฟม 3 นิ้ว	เปิด	ปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
5. ไม้อัด 12 มม.	เปิด	ปิด	ออก-ตก	ไม่มี
6. คอนกรีต 10 ซม.	เปิด	ปิด	ออก-ตก	ไม่มี
7. คอนกรีต 30 ซม.	เปิด	ปิด	ออก-ตก	ไม่มี
8. EIFS โฟม 3 นิ้ว	เปิด	ปิด	ออก-ตก	ไม่มี

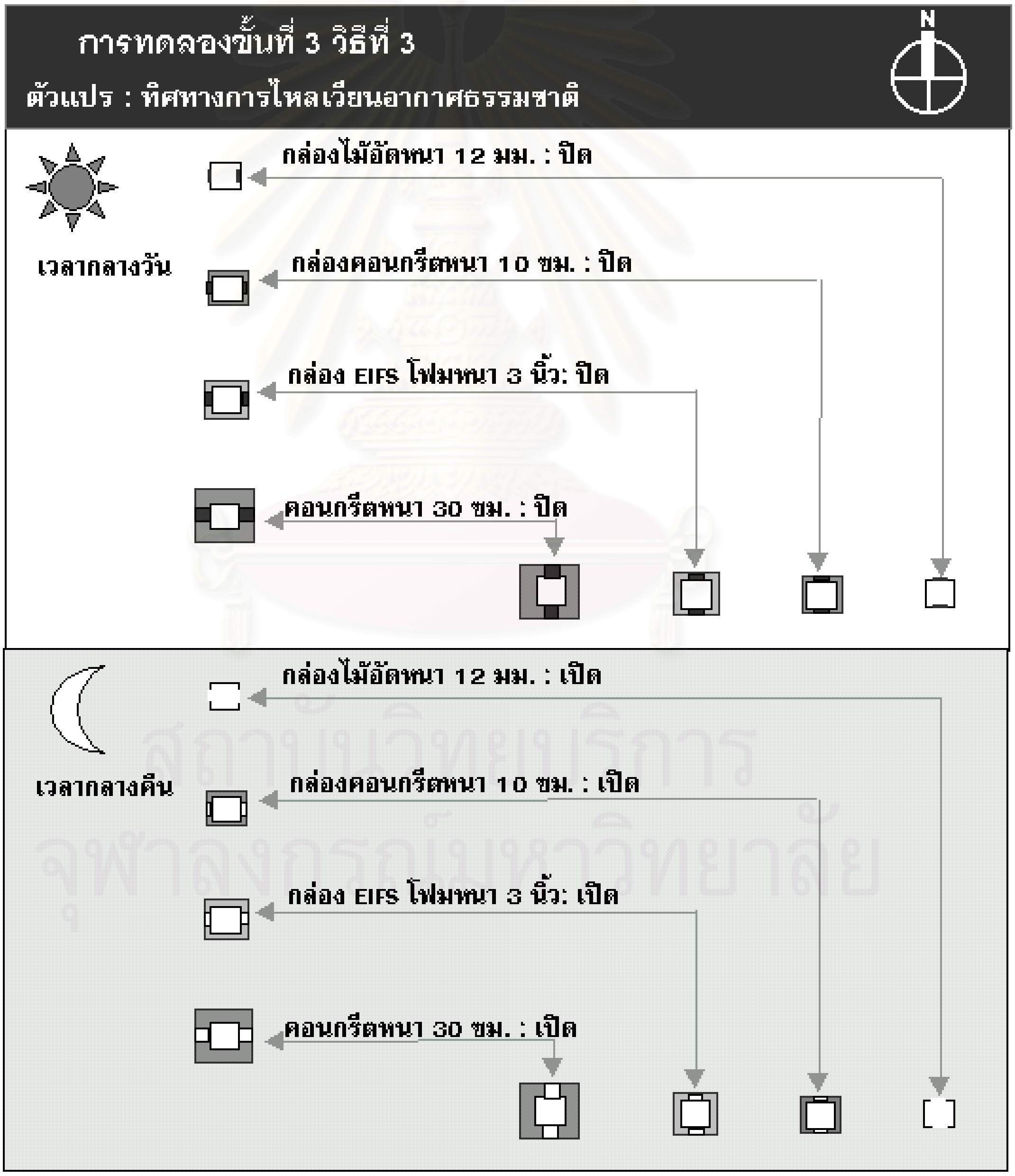
ตารางที่ 3. 9การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 2



รูปที่ 3. 25 การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 2

วิธีที่ 3	กลางวัน	กลางคืน	ทิศช่องเปิด	โฟมที่หลังคา
1. ไม้อัด 12 มม.	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
2. คอนกรีต 10 ซม.	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
3. คอนกรีต 30 ซม.	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
4. EIFS โฟม 3 นิ้ว	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
5. ไม้อัด 12 มม.	ปิด	เปิด	ออก-ตก	ไม่มี
6. คอนกรีต 10 ซม.	ปิด	เปิด	ออก-ตก	ไม่มี
7. คอนกรีต 30 ซม.	ปิด	เปิด	ออก-ตก	ไม่มี
8. EIFS โฟม 3 นิ้ว	ปิด	เปิด	ออก-ตก	ไม่มี

ตารางที่ 3. 10การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 3



รูปที่ 3. 26การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 3

<u>ขั้นที่ 3</u> ทดสอบการผสมผสานคุณสมบัติป้องกันความร้อนและมวลสาร

เริ่ม**ทดสอบสมมุติฐาน**คือ

- การผสมผสานคุณสมบัติการป้องกันความร้อนและมวลสารที่ไม่โดนรังสีดวงอาทิตย์จะส่งผลให้มีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนแตกต่างจากการใช้คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนเพียงอย่างเดียว

ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ถึง 6.00 น.ของอีก 2 วันให้หลัง รวม 42 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลทุก 15 นาที สิ่งที่ต้องบันทึกคือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก

2. อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง

3. อุณหภูมิกระเปาะเปียก

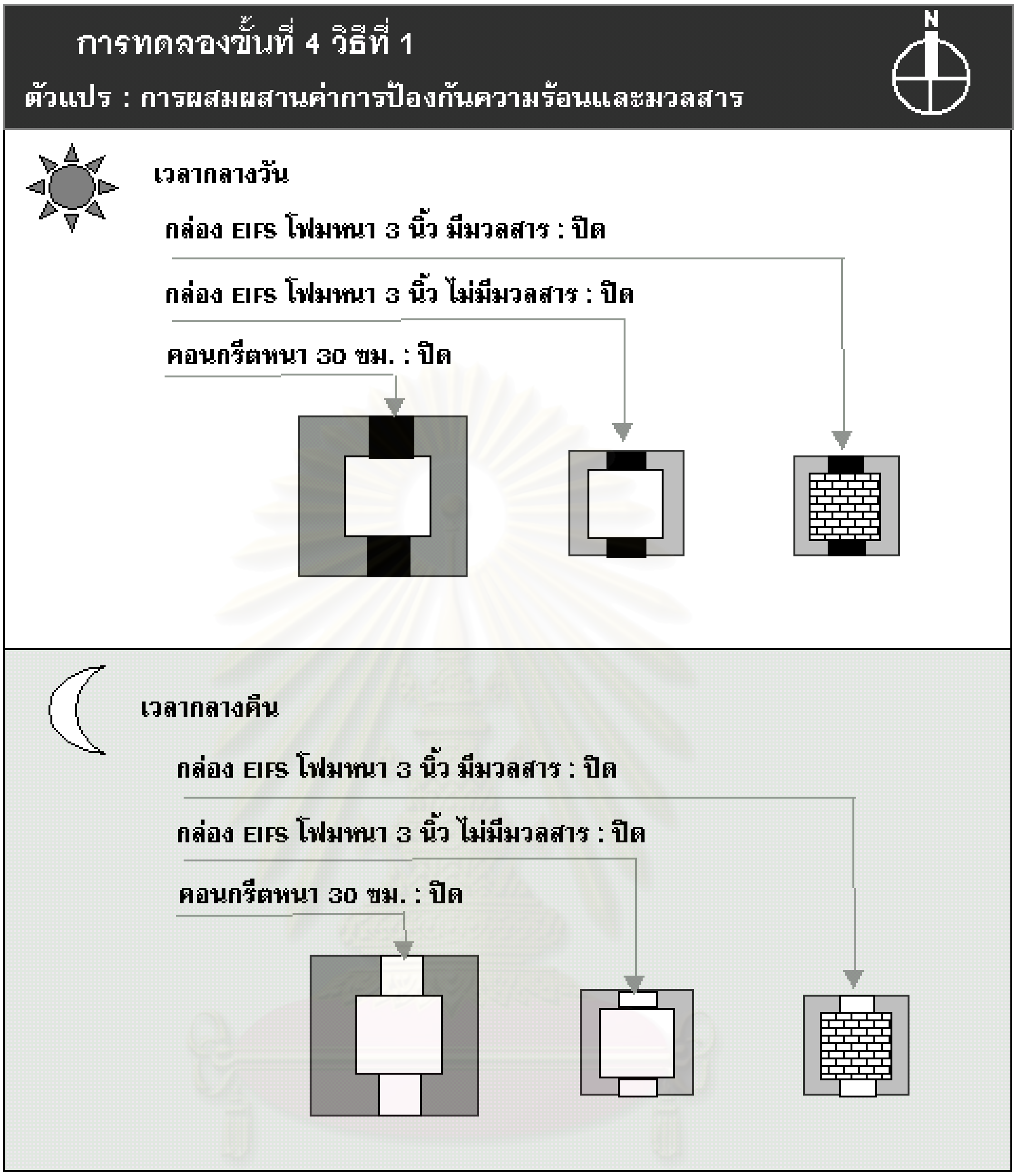
4. ความเร็วลม

เมื่อเก็บข้อมูลได้แล้วนำไปพล๊อตกราฟ เพื่อนำไปวิเคราะห์สรุปผล การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน เมื่อใช้มวลสารคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ ช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศ และทิศทางการใช้การไหลเวียนอากาศ ธรรมชาติ

วิธีที่ 1	กลางวัน	กลางคืน	ทิศช่องเปิด	โฟมที่หลังคา
1. EIFS มีมวลสาร	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
2. EIFS ไม่มีมวลสาร	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี
3. คอนกรีต 30 ซม.	ปิด	เปิด	เหนือ-ใต้	ไม่มี

ตารางที่ 3. 11 การทดลองขั้นที่ 3 วิธีที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3. 27 การทดลองขั้นที่ 4 วิธีที่ 1

3.4 หลักเกณฑ์ที่ใช้ทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกล่องทดลอง

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองที่เก็บมาจากการวัดจริงอยู่บนพื้นฐานของกฎทรงพลังงานดังนี้

E input = E output (Allard ,1998 : 32)

เมื่อพิจารณาการถ่ายเทความร้อนของกล่องจะเขียนได้ดังนี้

$$V\ Cp\ (dTa/dt) = \sum hc\ A\ (Ts-Ta) + Qm\ Cp\ (Te-Ta)$$ (Allard , 1998 : 32)

หรือ

$$Ta = \frac{\sum hc\ A\ (Ts) + Qm\ Cp\ (Te) + V\ Cp\ (Ta1)}{(\sum hc\ A + Qm\ Cp + V\ Cp)}$$

เมื่อ

V	=	ปริมาตรกล่อง
Cp	=	ความหนาแน่นของอากาศ * ค่าความจุความร้อนของอากาศ
hc	=	ค่าการนำความร้อนของฟิลม์อากาศ
A	=	พื้นที่ผิวภายใน
Ts	=	อุณหภูมิผิวภายใน
Ta	=	อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง
Qm	=	ปริมาตรอากาศที่ไหลเวียนผ่านกล่อง
Te	=	อุณหภูมิอากาศภายนอก
Ta1	=	อุณหภูมิอากาศตั้งต้น

เมื่อพิจารณาสมการจะแปลความได้ว่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง ณ.ขณะใดขณะหนึ่ง จะแปลงเปลี่ยนตามความร้อนที่ผ่านเปลือกอาคาร และ ความร้อนจากอากาศที่ไหลเวียนผ่านกล่อง และอุณหภูมิอากาศตั้งต้นภายในกล่อง โดยทั้ง 3 ส่วนจะมีลักษณะความสัมพันธ์แบบการคิดค่าเฉลี่ยซึ่งหากส่วนไหนมีน้ำหนักมากก็จะส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศมาก

3.4.1.มวลสารและความจุความร้อนจำเพาะของกล่องทดลอง

มวลสารของวัสดุที่เป็นเปลือกของกล่องทดลองจะมีผลในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องโดยตรง เนื่องจากเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศ หากมวลสารยิ่งมากก็จะยิ่งมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องยาก และยังมีตัวแปลของความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุโดยหากวัสดุมีค่าดังกล่าวมากจะยิ่งเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ยาก ดังนั้นจึงเขียนสมการได้ดังนี้

$$M\ C\ (Tm - Ta) = Qm\ Cp\ (Te - Ta)$$ (Allard ,1998 : 54)

เมื่อ

M	=	มวลสารของกล่องทดลอง
C	=	ความจุความร้อนของกล่องทดลอง
Tm	=	อุณหภูมิสะสมในเนื้อวัสดุ
Ta	=	อุณหภูมิอากาศภายใน
Te	=	อุณหภูมิอากาศภายนอก
Qm	=	ปริมาตรอากาศภายนอกที่ไหลเวียนผ่านกล่อง
Cp	=	ความหนาแน่นของอากาศ * ค่าความจุความร้อนของอากาศ

จากสมการหากกำหนดให้พลังงานความร้อนจากการไหลเวียนอากาศและอื่นๆคงที่แล้ว จะพบความสัมพันธ์ดังสมการ

$$Q = M\,C\,(Tm - Ta)$$

เมื่อ

Q	=	พลังงานความร้อน
M	=	มวลสารของกล่องทดลอง
C	=	ความจุความร้อนของกล่องทดลอง
Tm	=	อุณหภูมิสะสมในเนื้อวัสดุ
Ta	=	อุณหภูมิอากาศภายใน

ดังนั้นเมื่อ Q คงที่แล้วหากมวลสารและความจุความร้อนยิ่งมาก ค่าความแตกต่างอุณหภูมิจะยิ่งน้อย เมื่อ อุณหภูมิสะสม คงที่แล้วอุณหภูมิอากาศจะยิ่งเข้าใกล้อุณหภูมิสะสม แต่หากค่ามวลสารและความจุความร้อนยิ่งน้อยผลต่างอุณหภูมิจะยิ่งเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสะสม คงที่แล้ว ค่า อุณหภูมิอากาศ จะยิ่งต่างจาก อุณหภูมิสะสม

3.4.2 คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของกล่องทดลอง

คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่จะกำหนดพฤติกรรม การถ่ายเทความร้อนของกล่องทดลอง โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$-\lambda \, grad\big|_S = hc\,(Ts - Ta) + Qr \qquad \text{(Allard, 1998 :33)}$$

เมื่อ

λ	=	ค่าการนำความร้อนของวัสดุ
-grad|S	=	ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร
hc	=	ค่าการนำความร้อนของฟิลม์อากาศ
Ts	=	อุณหภูมิผิวภายในภายในกล่อง
Ta	=	อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง
Qr	=	พลังงานการแผ่รังสีความร้อน

จากสมการวิเคราะห์ได้เป็น 2 กรณี

- ในเวลากลางวันหากอุณหภูมิอากาศผิวในอาคารต่ำกว่าอุณหภูมิผิวภายนอก(สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเนื่องจากมีอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์) ความร้อนจะถ่ายเทจากภายนอกสู่ภายในดังนั้นหากวัสดุมีการป้องกันความร้อนได้ดีอุณหภูมิอากาศภายในจะต่ำกว่ากล่องี่ใช้วัสดุที่ป้องกันความร้อนได้ไม่ดี

- ในเวลากลางคืนหากอุณหภูมิอากาศผิวในกล่องสูงกว่าอุณหภูมิผิวนอก ความร้อนจะถ่ายเทออกจากภายในสู่ภายนอก ดังนั้นหากวัสดุมีการป้องกันความร้อนได้ดีความร้อนถ่ายเทออกได้ยากอุณหภูมิอากาศจะสูงกว่ากล่องที่ใช้วัสดุที่กันความร้อนได้ไม่ดี

3.4.3 ช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

การไหลเวียนอากาศตามช่วงเวลาจส่งผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกล่องเนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังสมการ

$$Q = MC(Ti - Te)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ

Q	=	พลังงานความร้อน
M	=	มวลสารของอากาศภายนอก
C	=	ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ
Ti	=	อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง
Te	=	อุณหภูมิอากาศภายนอกกล่อง

หากค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศคงที่แล้วเมื่อมวลสารของอากาศที่ผ่านเข้ามาในกล่องทดลองมากจะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกลดลง แต่หากมวลสารของอากาศที่ไหลผ่านกล่องลดลงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกภายในจะยิ่งเพิ่มขึ้น

3.4.4 การป้องกันความร้อนจากเปลือกอาคารด้านบน

การถ่ายเทความร้อนจะเกิดลักษณะความสัมพันธ์เหมือนสมการในข้อ 3.6.2 แต่จะแตกต่างตรงที่พลังงานความร้อนจากทางด้านบนจะมีอิทธิพลมากโดยคาดว่า

- ในเวลากลางวันหากอุณหภูมิอากาศภายในอาคารต่ำกว่าอุณหภูมิผิวภายนอก(สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเนื่องจากมีอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์) ความร้อนจะถ่ายเทจากภายนอกสู่ภายในดังนั้นหากวัสดุมีการป้องกันความร้อนได้ดีอุณหภูมิอากาศภายในจะต่ำกว่ากล่องที่ใช้วัสดุที่ป้องกันความร้อนได้ไม่ดี

- ในเวลากลางคืนหากอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงกว่าอุณหภูมิผิวนอก ความร้อนจะถ่ายเทออกจากภายในสู่ภายนอก ดังนั้นหากวัสดุมีการป้องกันความร้อนได้ดีความร้อนถ่ายเทออกได้ยากอุณหภูมิอากาศจะสูงกว่ากล่องที่ใช้วัสดุที่กันความร้อนได้ไม่ดี

3.4.5.ทิศทางการไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

มีความสัมพันธ์ดังสมการในข้อ 3.6.3 ซึ่งเมื่อมวลสารของอากาศในทิศต่างๆไหลผ่านกล่องไม่เท่ากันแล้ว ก็ย่อมส่งผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกล่องที่วางในทิศทางที่ต่างกัน และเมื่อมวลสารของอากาศที่ไหลผ่านกล่องยิ่งมากขึ้นจะยิ่งส่งผลกระทบให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องเข้าใกล้อุณหภูมิอากาศภายนอกมากยิ่งขึ้นไปด้วย

3.4.6.การผสมผสานค่าการป้องกันความร้อนและมวลสาร

การใช้มวลสารจะทำให้อุณหภูมิอากาศมีแนวโน้มคงที่โดยจะลดอุณหภูมิอากาศสูงสุดและเพิ่มอุณหภูมิต่ำสุดโดยไม่เพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยเนื่องจากมวลสารไม่โดนรังสีดวงอาทิตย์ ดังนั้นจึงทำให้มีศักยภาพในการหน่วงเหนียวความร้อนไปในเวลากลางคืนได้ดีขึ้น ดังนั้นเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนร่วมกับการหันช่องเปิดไปในทิศใต้เพื่อให้มีอุณหภูมิคงที่และลดอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดจากการใช้ค่าการป้องกันความร้อนเพียงอย่างเดียว

บทที่ 4

การวิเคราะห์ผลการทดสอบอิทธิพลการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ กับการถ่ายเทความร้อน และสภาพแวดล้อมภายในงานสถาปัตยกรรม

4.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการทำการวิจัยจำเป็นต้องทำการทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อให้เครื่องมือต่างๆมีความเที่ยงตรง และสามารถใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลที่เกิดจากเปรียบเทียบ อิทธิพลต่างๆของตัวแปรที่ต้องการศึกษา การปรับและทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือจะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ อีกทั้งเพื่อให้มีขอบเขตหรือความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

4.1.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ

ความน่าเชื่อถือของอุณหภูมิที่วัดได้ขึ้นอยู่กับความเที่ยงตรงของหัววัดอุณหภูมิเป็นหลัก การวิจัยนี้ได้ใช้หัววัดอุณหภูมิที่เรียกว่า NTC(Negative Temperature Coefficient Thermistor)ที่มีความแม่นยำมากในช่วงอุณหภูมิ 0-50 องศาเซลเซียส จากระเบียบวิธีวิจัยในขั้นตอนที่ 1 ได้ใช้หัววัดอุณหภูมิจำนวน 12 หัว การทดสอบทำการปรับเทียบกับหัวเทอร์โมคอปเปิ้ลที่มีความเที่ยงตรงมาก โดยทำการเก็บข้อมูลทุก 5 นาทีและใช้การปรับเทียบแบบ 3 จุด ซึ่งกำหนดให้ที่อุณหภูมิ 0 และ 50 องศาเซลเซียสมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมากไม่เกิน 0.001 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.01 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการใช้วงจรไฟฟ้าที่มีการบันทึกค่าที่ได้ปรับเทียบแล้วมาใช้เก็บข้อมูลที่ปรับเทียบแล้วร่วมกับหัววัดอุณหภูมิเพื่อให้ไม่จำเป็นต้องปรับเทียบอีก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัววัดอุณหภูมิ	อุณหภูมิ 0 ^{0}C	อุณหภูมิ 25 ^{0}C	อุณหภูมิ 50 ^{0}C
หัวที่ 1	0.00	25.05	50.00
หัวที่ 2	0.00	24.91	50.00
หัวที่ 3	0.00	25.01	50.00
หัวที่ 4	0.00	25.02	50.00
หัวที่ 5	0.00	24.99	50.00
หัวที่ 6	0.00	24.98	50.00
หัวที่ 7	0.00	24.95	50.00
หัวที่ 8	0.00	25.03	50.00
หัวที่ 9	0.00	25.02	50.00
หัวที่ 10	0.00	25.03	50.00
หัวที่ 11	0.00	24.95	50.00
หัวที่ 12	0.00	25.05	50.00

ตารางที่ 4. 1 การตรวจความเที่ยงตรงของหัววัดอุณหภูมิ

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่าความคลาดเตลื่อนของหัววัดอุณหภูมิจะต่ำมาก ดังนั้นจึงสามารถนำหัววัดอุณหภูมิไปใช้ได้โดยไม่ต้องสร้างสมการปรับเทียบ

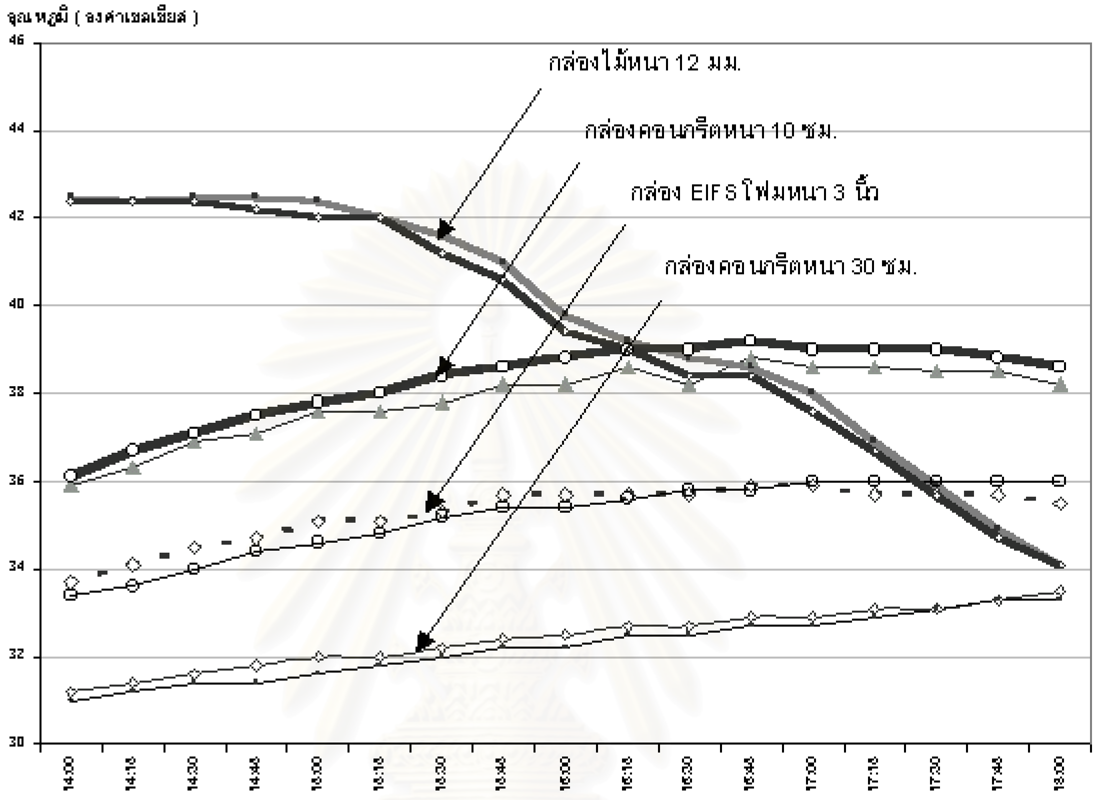
4.1.2 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้ความเร็วลม

การปรับเทียบความเที่ยงตรงของหัววัดความเร็วลมจะปรับเทียบได้ยากมากเนื่องจากมีตัวแปรของทิศทางการพัดของลม และการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นการเลือกหัวที่วัดความเร็วลมชนิดที่มีความแม่นยำสูงจึงมีความจำเป็นมาก ในการวิจัยครั้งนี้ใช้หัววัดความเร็วลมสำเร็จรูปที่ได้ทำการปรับเทียบความเที่ยงตรงมาจากบริษัทผู้ผลิต และมีระดับความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1 % วัดความเร็วลมได้ 0-20 เมตรต่อวินาที จำนวน 4 หัว

4.1.3 การทดสอบความน่าเชื่อถือของกล่องทดลอง

กล่องทดลองที่ใช้ในการวิจัยจำเป็นต้องมีการปรับเทียบให้มีคุณสมบัติเหมือนกันมากที่สุดเพื่อที่ให้สามารถเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวแปรที่ทำการศึกษาได้อย่างถูกต้อง ในการวิจัยนี้มีกล่องทดลอง 4 ชนิด ได้แก่ กล่องไม้อัดหนา 12 มม. กล่อง EIFS โฟมหนา 3 นิ้ว กล่องคอนกรีต

หนา 10 ซม. และ กล่องคอนกรีตหนา 30 ซม. อย่างละ 2 กล่อง ซึ่งจะต้องนำกล่องที่ทำจากวัสดุเดียวกันมาปรับเทียบความถูกต้องให้มีพฤติกรรมใกล้เคียงกันมากที่สุด จากแผนภูมิที่ 4.1 จะพบว่ากล่องทดลองแต่ละชนิดมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 องศา ซึ่งอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้



แผนภูมิที่ 4. 1 การปรับเทียบความเที่ยงตรงของกล่องทดลอง

4.2 การทดสอบอิทธิพลของมวลสารคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร และช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศ

หลังจากทำการปรับเทียบเครื่องมือที่จะทำการวิจัยให้มีความเชื่อถือได้แล้ว จึงเริ่มทดสอบตัวแปรที่ 1 คือช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ ซึ่งแบ่งช่วงเวลาออกเป็นกลางวันและกลางคืน ในการทดสอบจะใช้กล่องทดลองจำนวน 8 กล่องแบ่งออกเป็น 2 ชุด ดังรูปที่ 4.1 ชุดแรกจะปิดกล่องทดลองตลอดเวลา ส่วนอีกชุดจะทำการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ ซึ่งการวิเคราะห์ผลจะเปรียบเทียบผลที่ได้ใน 2 แนวทางคือ ผลของการใช้รูปแบบของเปลือกอาคารที่ต่างกันแต่ใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน และผลเมื่อใช้รูปแบบของเปลือกอาคารเหมือนกันแต่ใช้การไหลเวียนอากาศต่างกัน

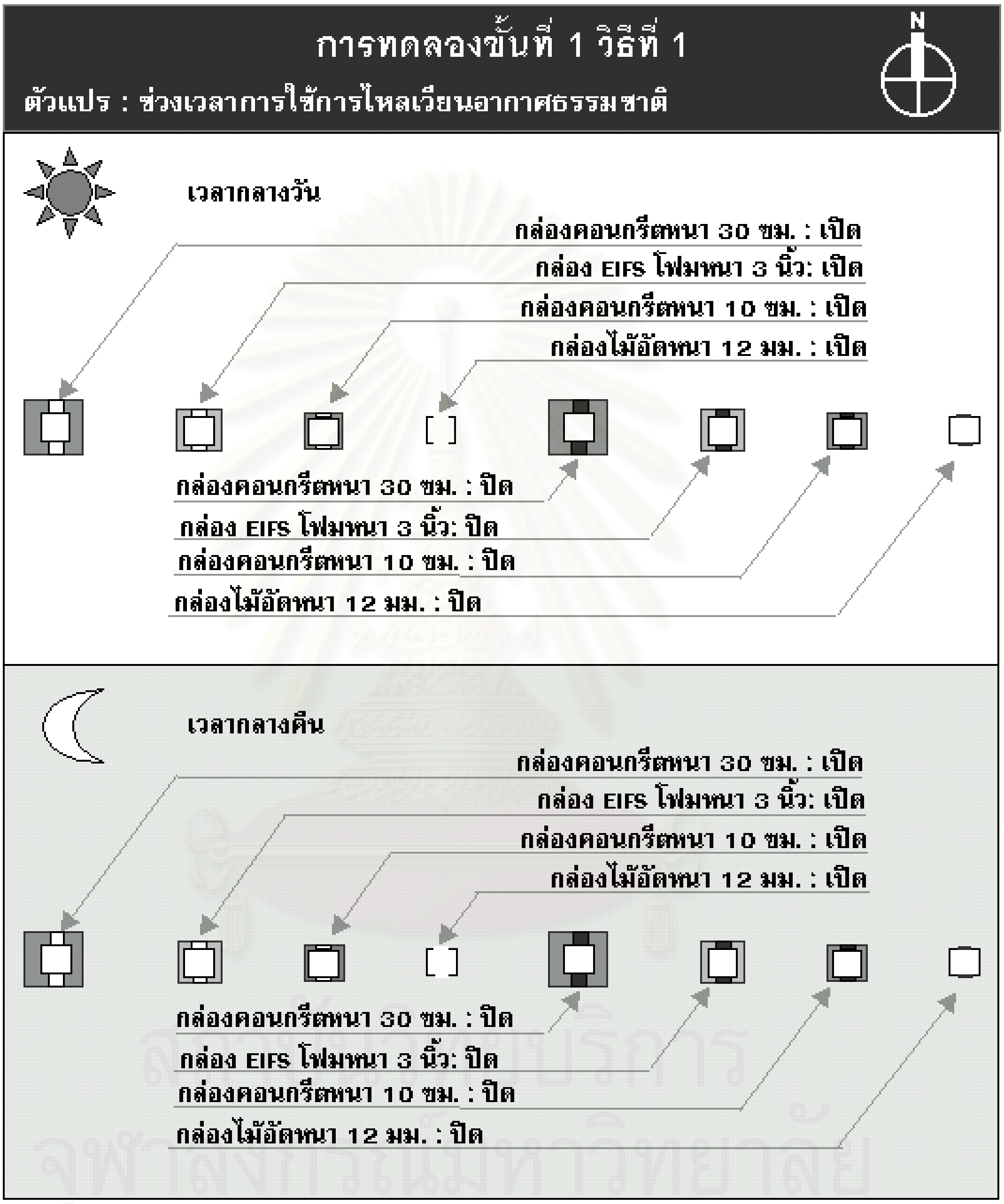
การทดสอบในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบขั้นที่ 2 ประกอบด้วยการทดลองที่ 1 วิธีที่ 1-3 ประกอบด้วยการทดสอบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน(เปิดกลางวัน-เปิดกลางคืน) การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเฉพาะเวลากลางวัน(เปิดกลางวัน-ปิดกลางคืน) และการไหลเวียนอากาศธรรมชาติเฉพาะเวลากลางคืน(ปิดกลางวัน-เปิดกลางคืน) เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ (ปิดกลางวัน-ปิดกลางคืน)

รูปที่ 4. 1 รูปแบบกล่องทดลองที่ใช้ทดสอบช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศ

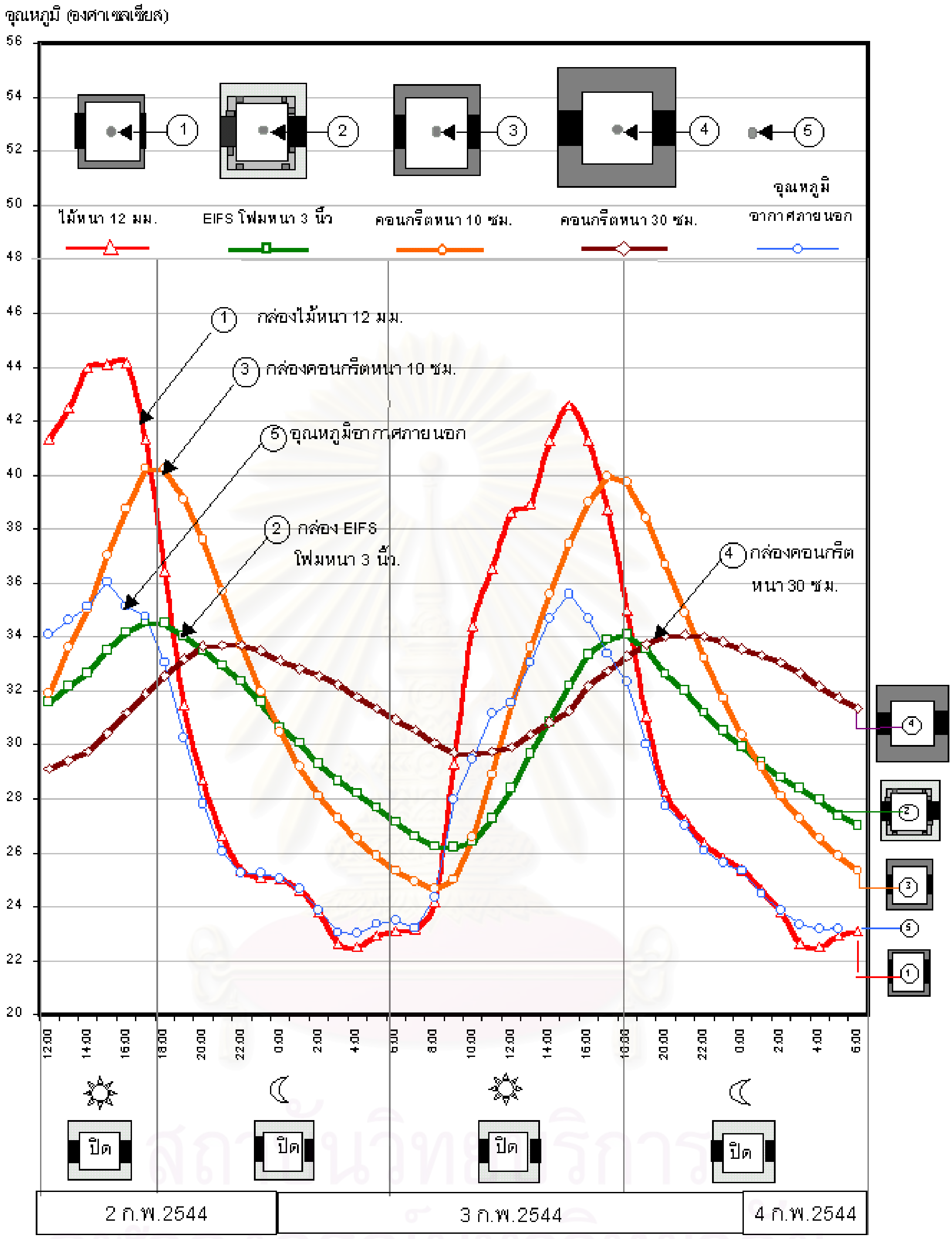
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน

มีรูปแบบการวิจัยดังรูปที่ 4.2



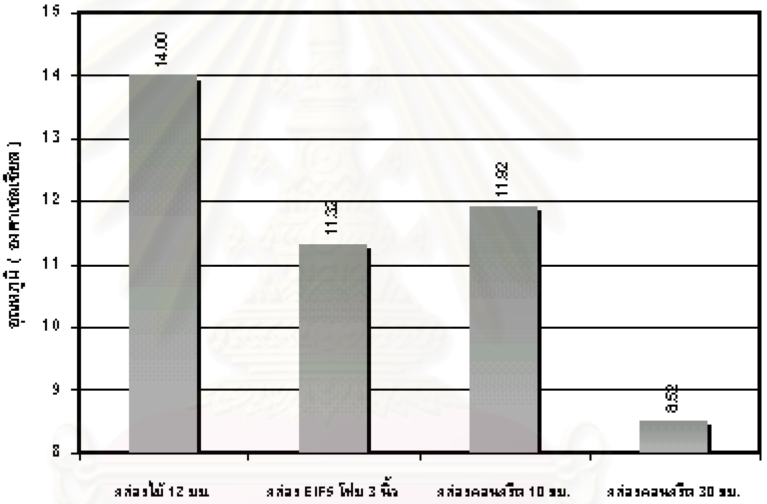
รูปที่ 4. 2 การทดสอบช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเปรียบเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ



แผนภูมิที่ 4. 2 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.

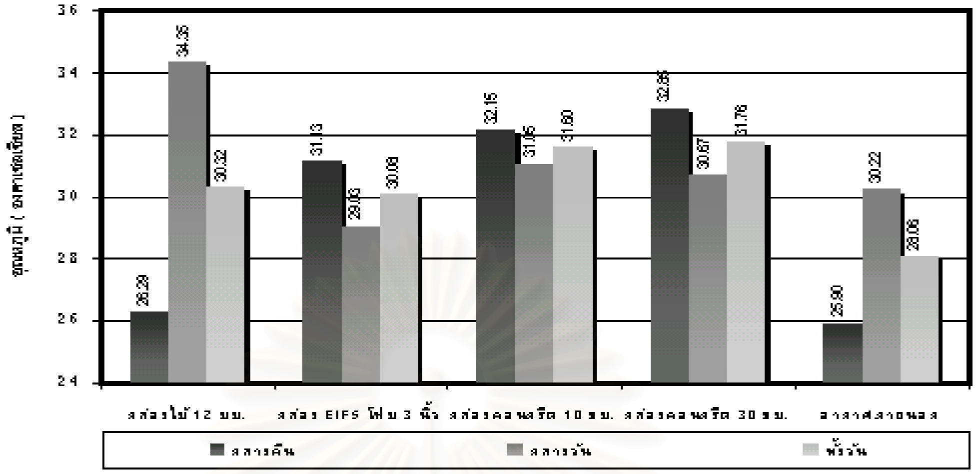
จากแผนภูมิที่ 4.2 จะพบว่าเมื่อไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเหมือนกันวัสดุที่มวลสารและคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกันจะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองแตกต่างกัน โดยหากวัสดุที่มีมวลสารแตกต่างกันแต่มีค่าการป้องกันความร้อนแตกต่างกันไม่มากนัก อิทธิพลของมวลสารจะส่งผลให้กล่องที่มีมวลสารน้อยมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกล่องมากและอุณหภูมิสูงสุดภายในกล่องมีค่ามาก ส่วนกล่องที่มีมวลสารมากจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกล่องน้อยและอุณหภูมิสูงสุดภายในน้อย แต่หากวัสดุที่มีมวลสารน้อยแต่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงจะสามารถลดอุณหภูมิสูงสุดในเวลากลางวันได้มาก และไม่สะสมความร้อนในเวลากลางคืนมากนัก จึงมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้อยกว่าวัสดุมวลสารปานกลาง ดังนั้นอิทธิพลของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของวัสดุจะส่งผลต่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิสูงสุดไม่น้อยไปกว่ามวลสารของวัสดุดังแผนภูมิที่ 4.3



แผนภูมิที่ 4. 3 ความแตกต่างของอุณหภูมิกรณีไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

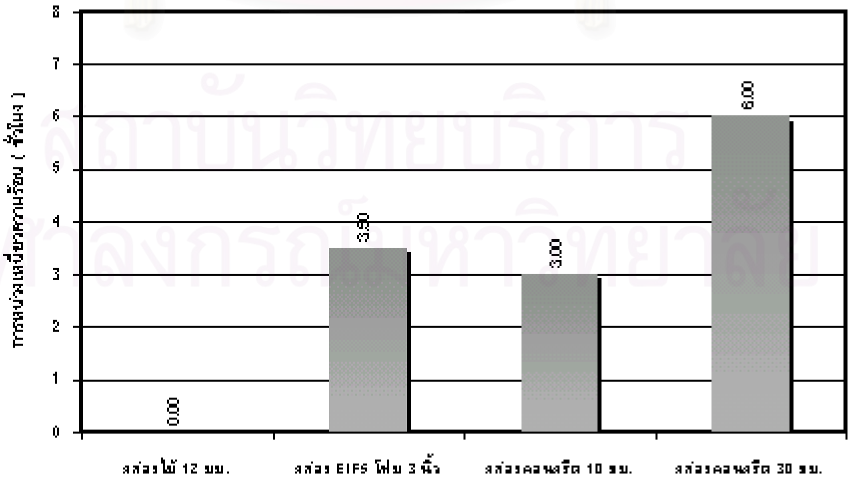
เมื่อพิจารณาด้านอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยขณะไม่ใช้การไหลเวียนอากาศพบว่าทุกกล่องทดลองจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิอากาศอันเป็นผลมาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ และเมื่อวัสดุมีมวลสารเพิ่มขึ้นและการป้องกันความร้อนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจะยิ่งมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งวันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย(ประมาณ 1 องศาเซลเซียส) ซึ่งเมื่อวัสดุที่มีค่าการป้องกันความร้อนเพิ่มขึ้นมากและมีมวลสารน้อยจะยิ่งมีอุณหภูมิกาศเฉลี่ยลดลงจนใกล้เคียงกับวัสดุที่มีมวลสารน้อยแต่มีค่าการป้องกันความร้อนน้อย ดังนั้นการเพิ่มมวลสารจึงมีแนวโน้มจะเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในกล่องให้สูงขึ้นดังแผนภูมที่ 4.4 ในทางกลับกันหากเพิ่มค่าการป้องกันความร้อนโดยไม่เพิ่มมวลสารจะไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในกล่องมากนักเมื่อเทียบกับกล่องมวลสารน้อยแต่เป็นการจะลดความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุด เนื่องจากกล่องที่มีค่าป้องกันความร้อนสูงจะกันความร้อนได้ดีในเวลากลางวันแต่ในเวลากลางคืนจะสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีได้น้อย

กว่ากล่องที่มีการป้องกันความร้อนต่ำอุณหภูมิเฉลี่ยของกล่องที่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงและกล่องที่มีมวลสารน้อยจึงมีค่าใกล้เคียงกัน



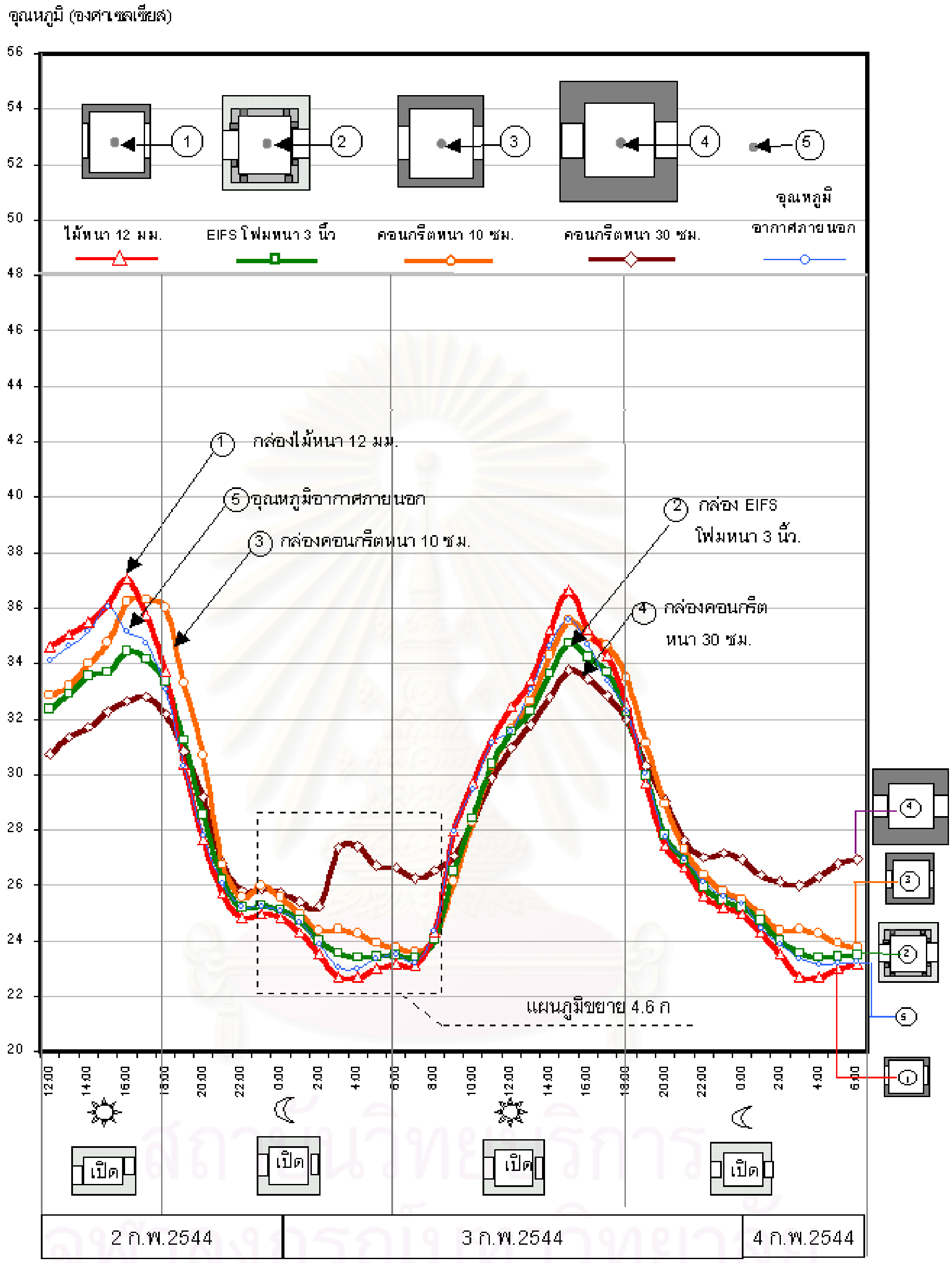
แผนภูมิที่ 4. 4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละกล่องทดลองในกรณีไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

วัสดุที่มีมวลสารมากจะยิ่งมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนยิ่งมาก อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในกล่องเวลากลางคืนจะยิ่งเพิ่มมากขึ้นในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันลดลง แต่จะสังเกตได้ว่ากล่อง EIFS แม้ว่าจะมีมวลสารน้อยกว่ากล่องคอนกรีตหนา 10 ซม. แต่จะมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนนานกว่ากล่องคอนกรีตหนา 10 ซม. แต่เมื่อเทียบกับกล่องคอนกรีตหนา 30 ซม. จะพบว่ากล่อง EIFS จะมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนสั้นกว่า จึงสรุปได้ว่าเมื่อไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติการเพิ่มมวลสารจะยิ่งเพิ่มการหน่วงเหนี่ยวความร้อน และเมื่อเพิ่มค่าการป้องกันความร้อนก็จะมีผลในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเช่นกัน



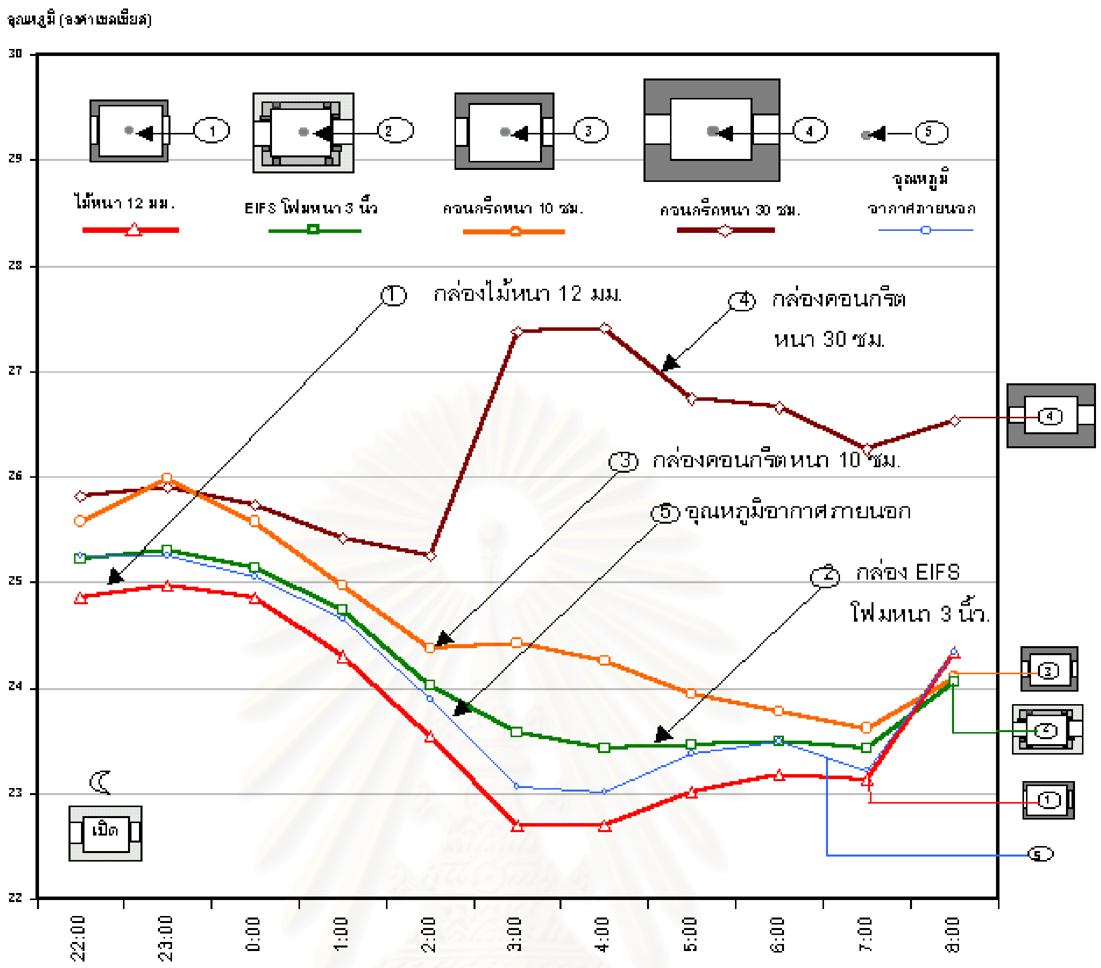
แผนภูมิที่ 4. 5 การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของแต่ละกล่องทดลองเมื่อไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4. 6 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเหมือนกัน

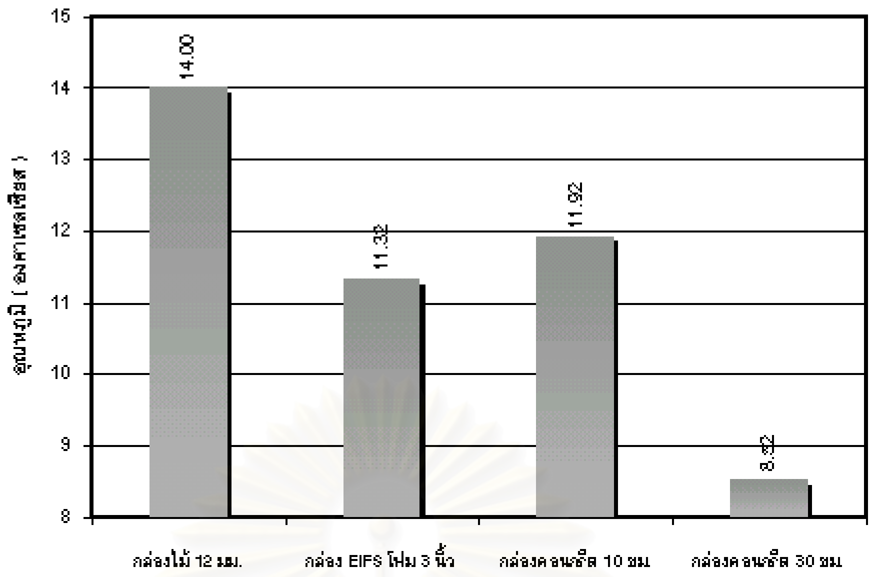
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.6 ก ส่วนขยายแผนภูมิที่ 4.6

จากแผนภูมิที่ 4.6ก จะพบว่าเมื่อมีการไหลเวียนอากาศตลอดเวลาในเวลากลางคืน อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทุกกล่องจะพยายามเข้าใกล้อุณหภูมิอากาศ กล่องที่มีมวลสารน้อยจะมีแนวโน้มลดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ และจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามลักษณะของมวลสารที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในกล่องมวลสารมากอุณหภูมิจะเพิ่สูงขึ้นในทันทีที่ไม่มีลมพัดผ่านเนื่องจากเปลือกอาคารมีอุณหภูมิสูงมากส่วนในกล่องอื่นๆอิทธิพลจะลดลง

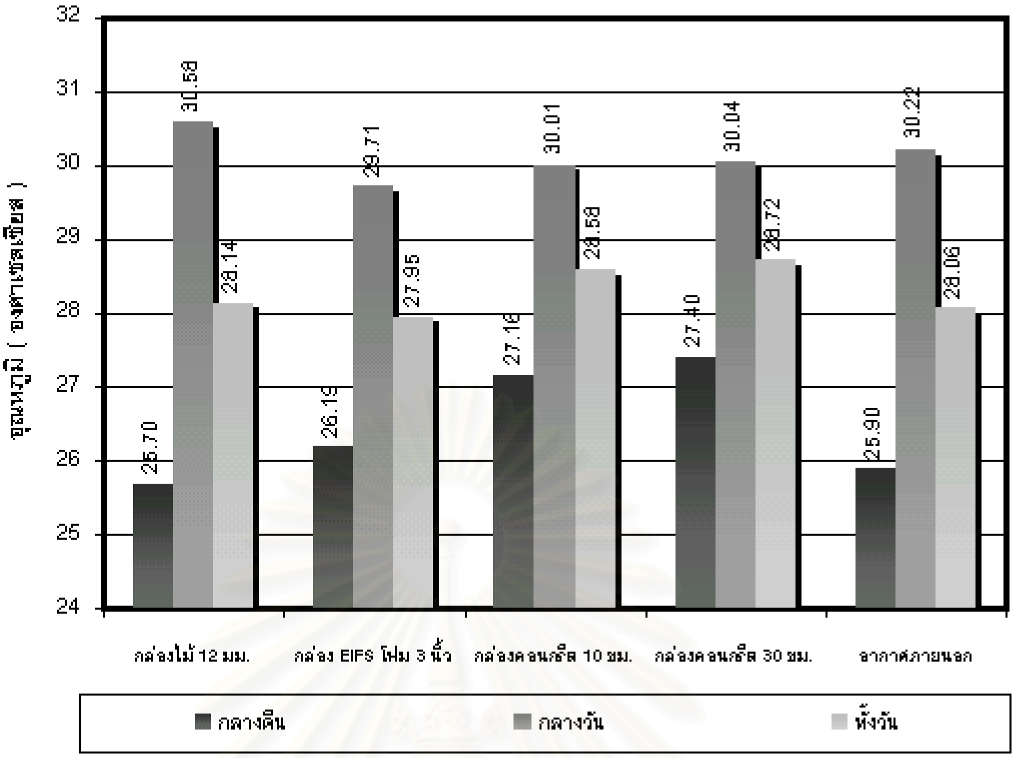
จากแผนภูมิที่ 4.6 จะพบว่าเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันวัสดุที่มีมวลสารและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกันจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิตลอดวันและอุณหภูมิสูงสุดไม่เท่ากัน โดยกล่องที่มีมวลสารแตกต่างกันแต่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนไม่แตกต่างกันมากนักจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างกัน และหากวัสดุมีมวลสารน้อยและมีค่าการป้องกันความร้อนสูงก็จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างจากวัสดุที่มีมวลสารน้อยและมีค่าการ**ป้องความร้อนต่ำ ดังแผนภูมิที่** 4.7



แผนภูมิที่ 4. 7 ความแตกต่างของอุณหภูมิเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน

เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน วัสดุมีมวลสารยิ่งมากจะยิ่งมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ แต่หากใช้วัสดุที่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงแต่มีมวลสารต่ำจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกจนไม่มีความแตกต่าง จากแผนภูมิที่ 4.8 จะพบว่าการที่มวลสารหรือค่าการป้องกันความร้อนต่างกันอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงกลางวันจะใกล้เคียงกันมาก แต่ในเวลากลางคืนกล่องที่มีมวลสารมากจะมีการคายความร้อนออกมาทำให้มีอุณหภูมิอากาศสูงขึ้น ในทางกลับกันจะสังเกตได้ว่ากล่องไม้อัด 12 มม. ที่มีมวลสารต่ำค่าการป้องกันความร้อนต่ำจะแตกต่างจากกล่องอื่นคือกลางวันจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในขณะที่กล่องอื่นต่ำกว่าแต่ในเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำกว่าในขณะที่กล่องอื่นสูงกว่า ซึ่งพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลเวียนอากาศที่ไหลเวียนผ่านกล่องด้วยโดยที่จะส่งผลให้มีความแปรปรวนขึ้นได้

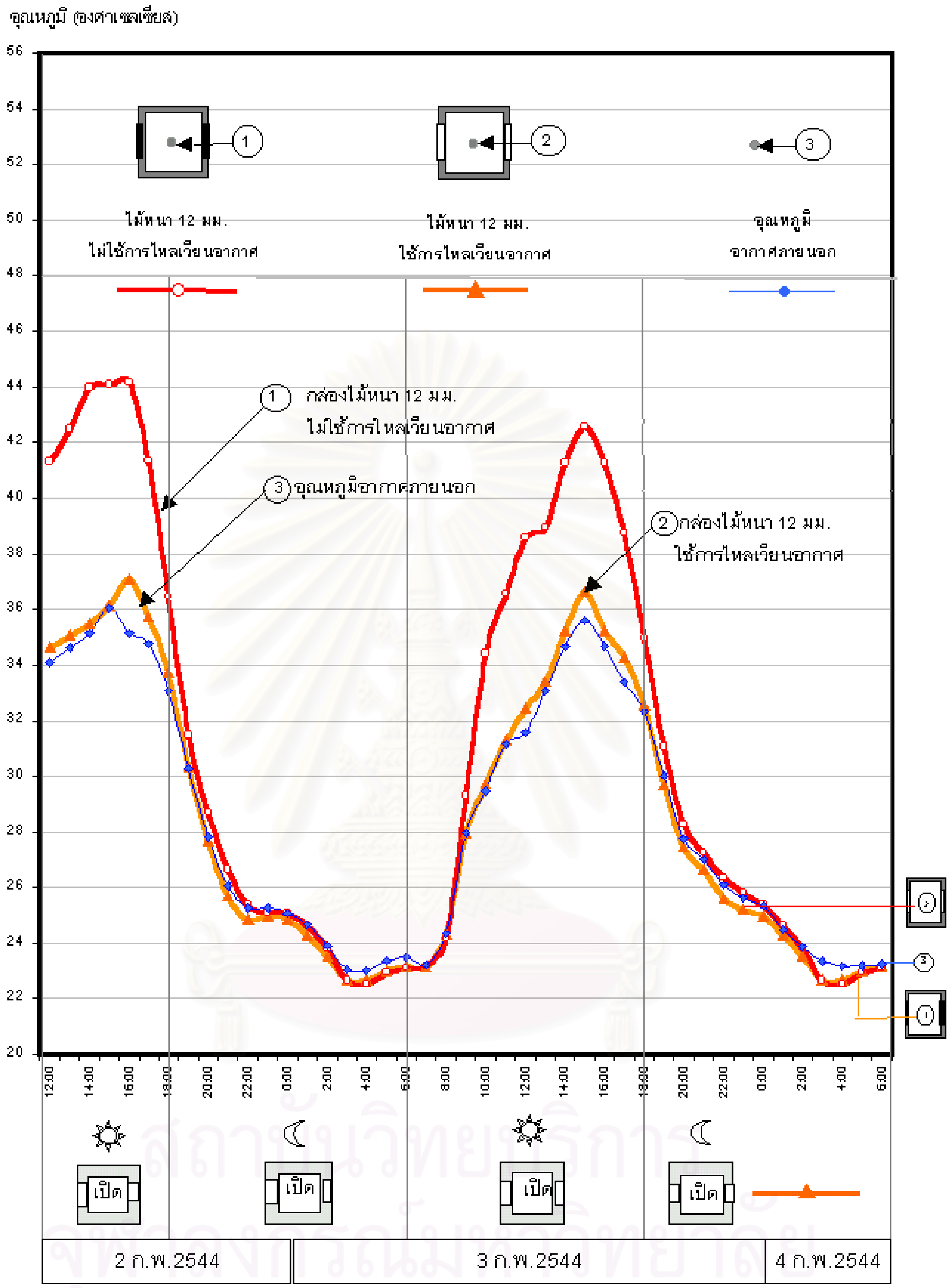
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4. 8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละกล่องทดลองในกรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน

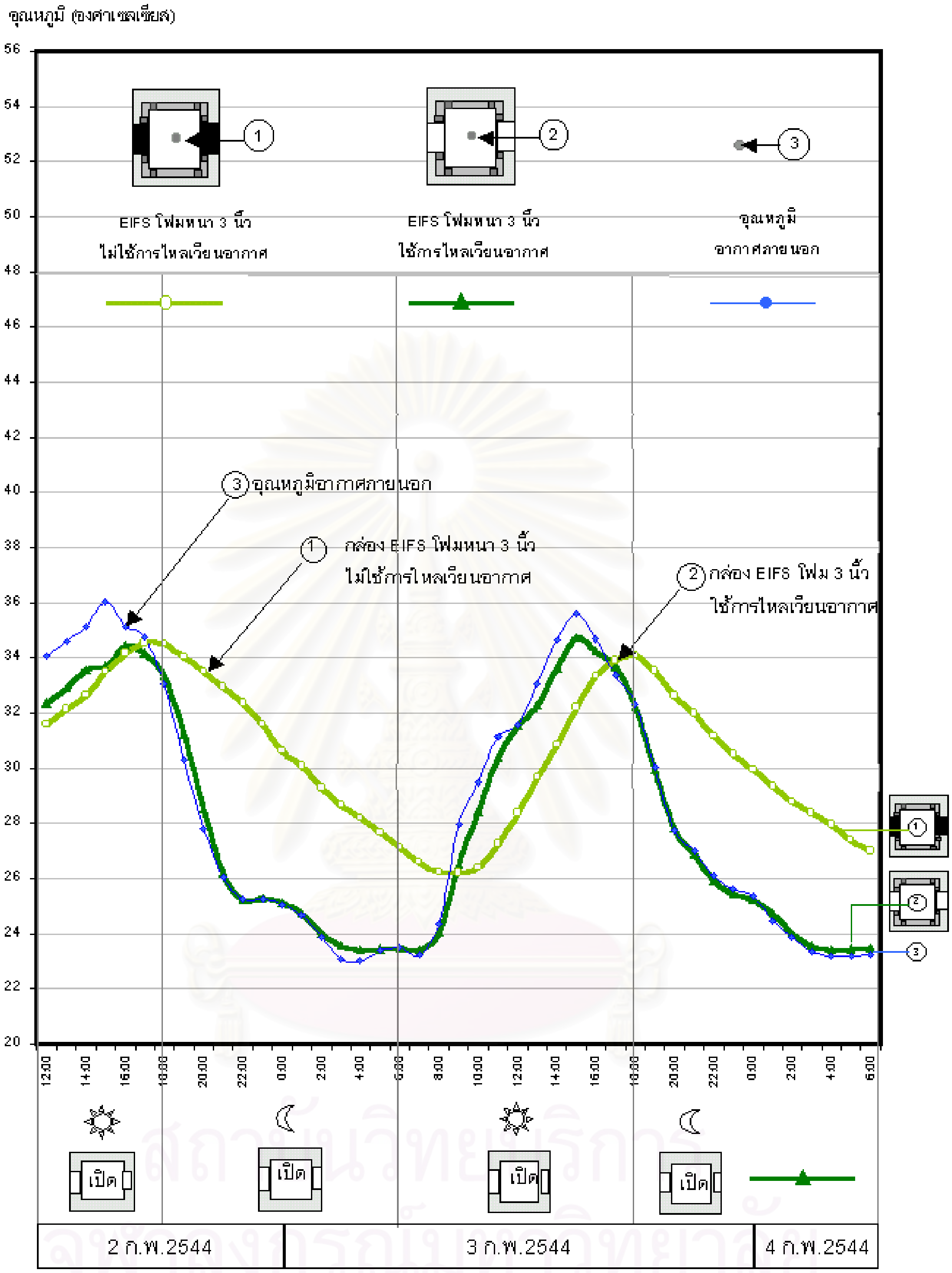
หากพิจารณาเรื่องการหน่วงเหนี่ยวความร้อนการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันจะทำให้อิทธิพลของมวลสารและค่าการป้องกันความร้อนไม่มีพลเนื่องจากจะมีอุณหภูมิอากาศสูงสุดเกิดขึ้นในเวลาเดียวกับที่อุณหภูมิอากาศสูงสุด อิทธิพลของการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันจึงมีมากกว่าอิทธิพลของมวลสารและการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



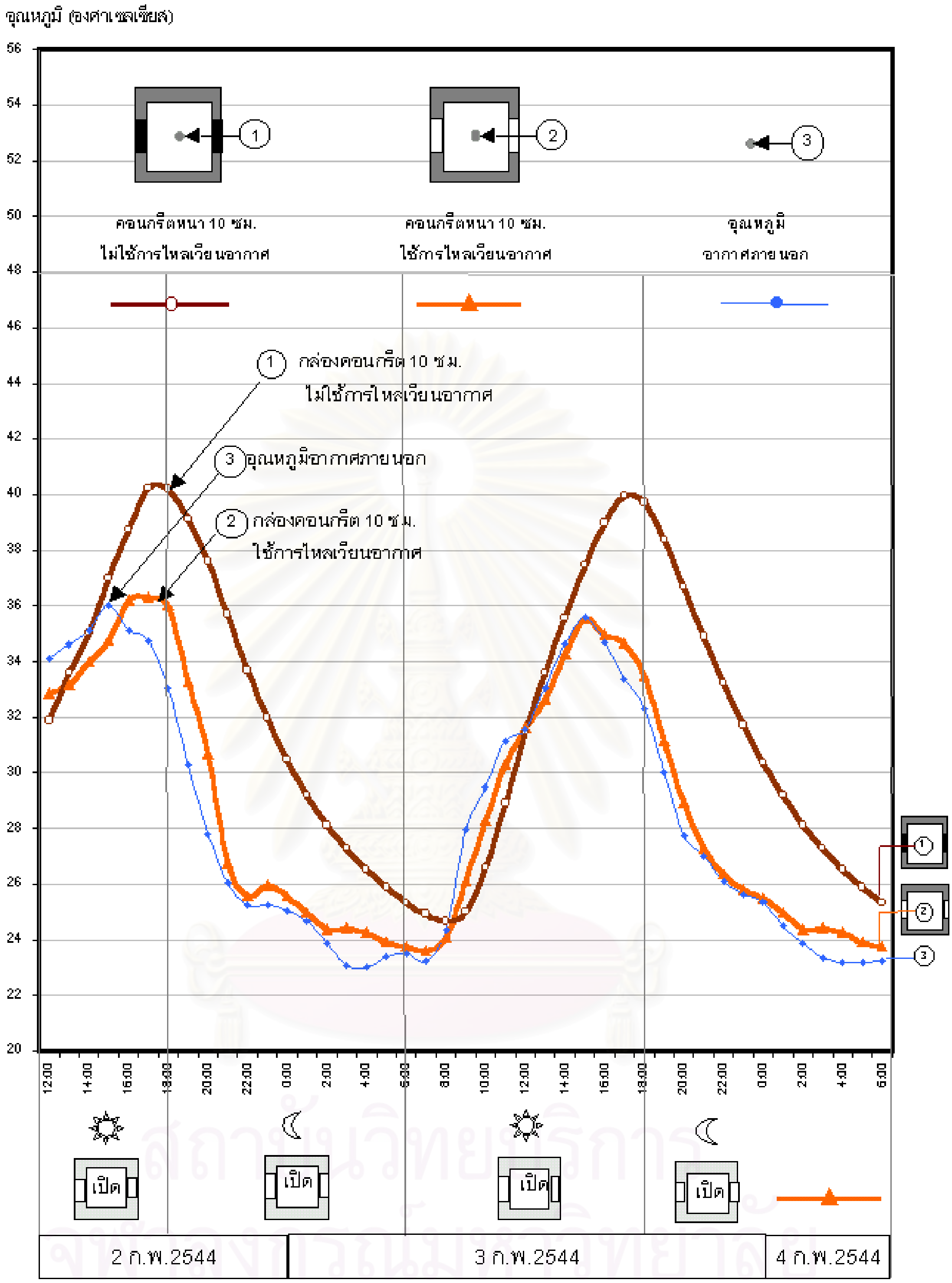
แผนภูมิที่ 4. 9 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



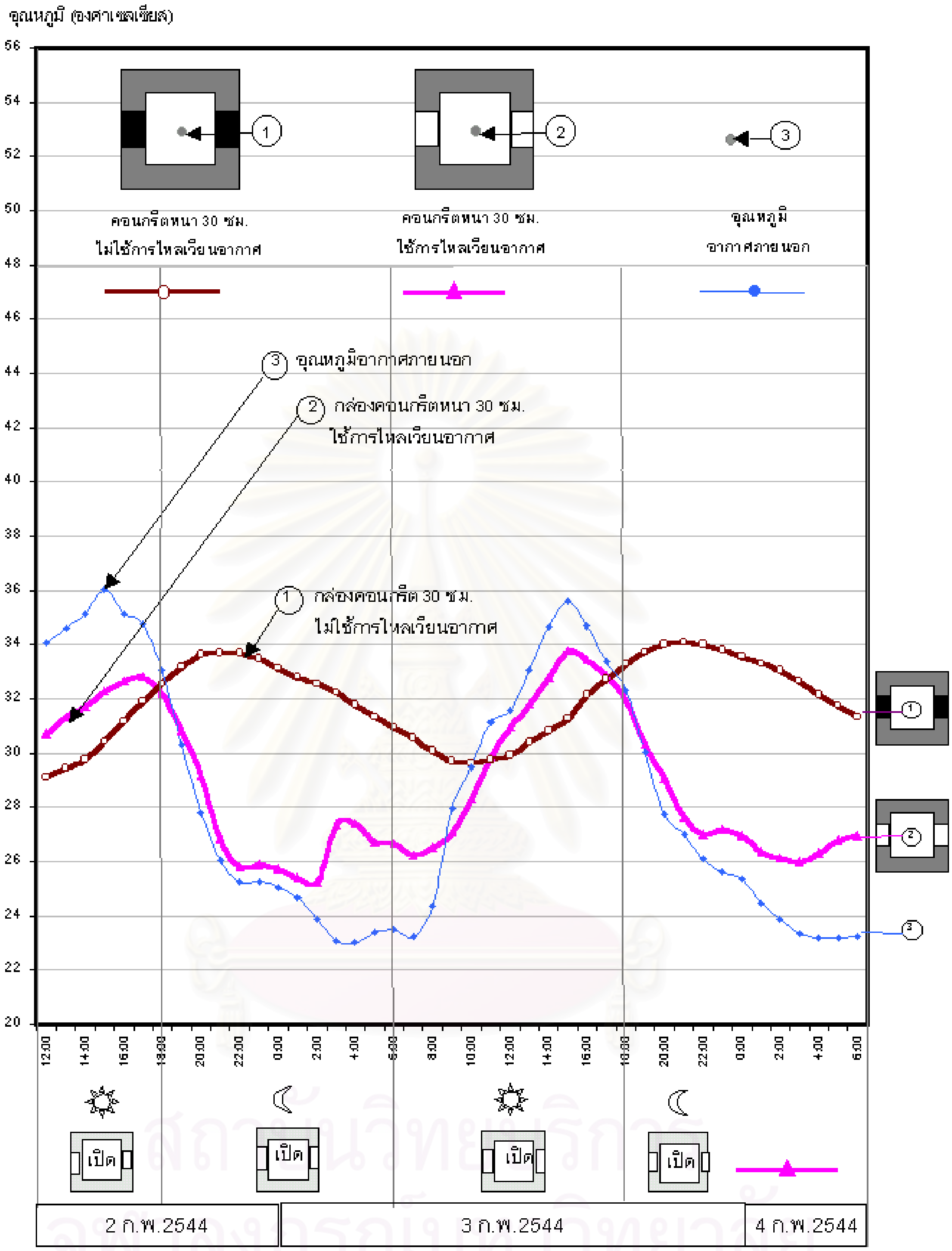
แผนภูมิที่ 4. 10 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้วโดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4. 11 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ

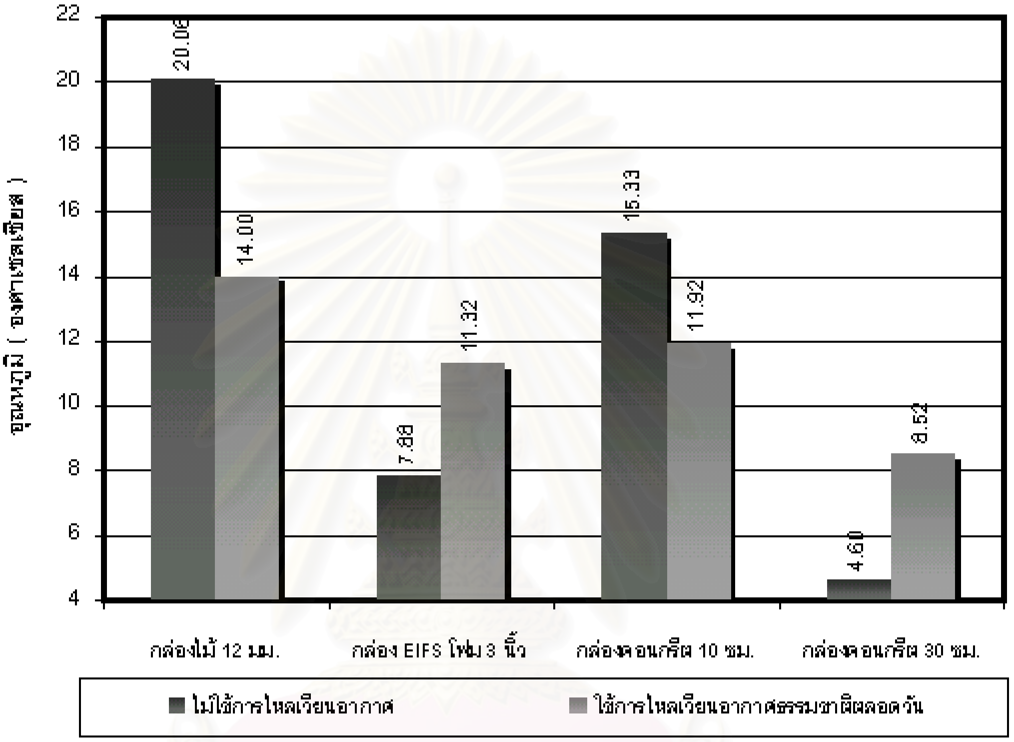
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4. 12 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ

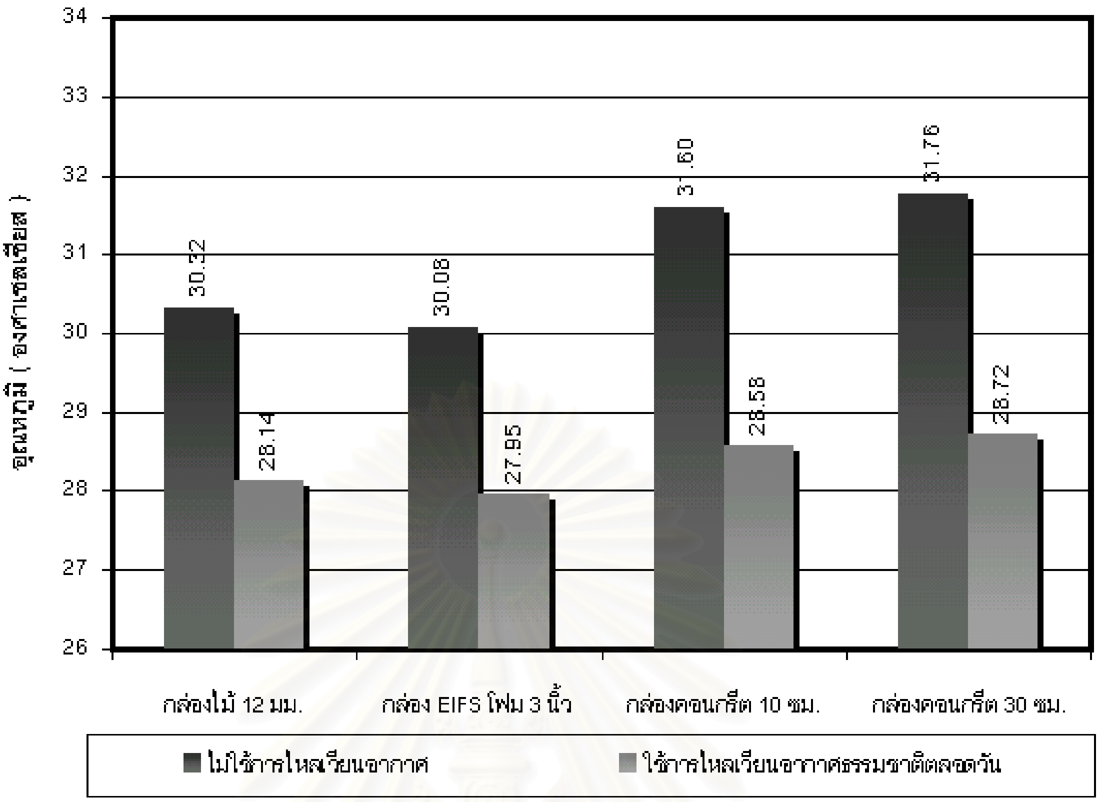
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละวัสดุกับการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่แตกต่างกันจะพบว่า หากใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันจะช่วยทำให้ทุกกล่องทดลองมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากขึ้นโดยกล่องไม้ 12 มม.และกล่องคอนกรีตหนา 10 ซม.จะลดความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดลง แต่กลอง EIFS โฟม 3 นิ้ว และคอนกรีต 30 ซม.จะเพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดให้มากขึ้น ดังแผนภูมิที่ 4.13



แผนภูมิที่ 4.13 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดเวลาและไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติจะช่วยลดอุณหภูมิเฉลี่ยของทุกลองทดลองลง เนื่องจากช่วยในการลดความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางเปลือกของกล่องทดลองดังแผนภูมิที่ 4.14 ยกเว้นกล่อง EIFS ที่จะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเวลากลางวัน แต่จะช่วยลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในเวลากลางคืน เนื่องจากกล่อง EIFS จะกันรังสีดวงอาทิตย์ได้อย่างสมบูรณ์ผนวกกับการมีมวลสารอยู่จึงมีการกักเก็บความร้อนไปในเวลากลางคืนบ้าง ในเวลากลางวันจึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ เมื่อใช้การไหลเวียนอากาศจึงเป็นการเพิ่มอุณหภูมิอากาศ ในทางกลับกันในเวลากลางคืนจะเป็นการระบายความร้อนสะสมจึงเป็นการลดอุณหภูมิอากาศ

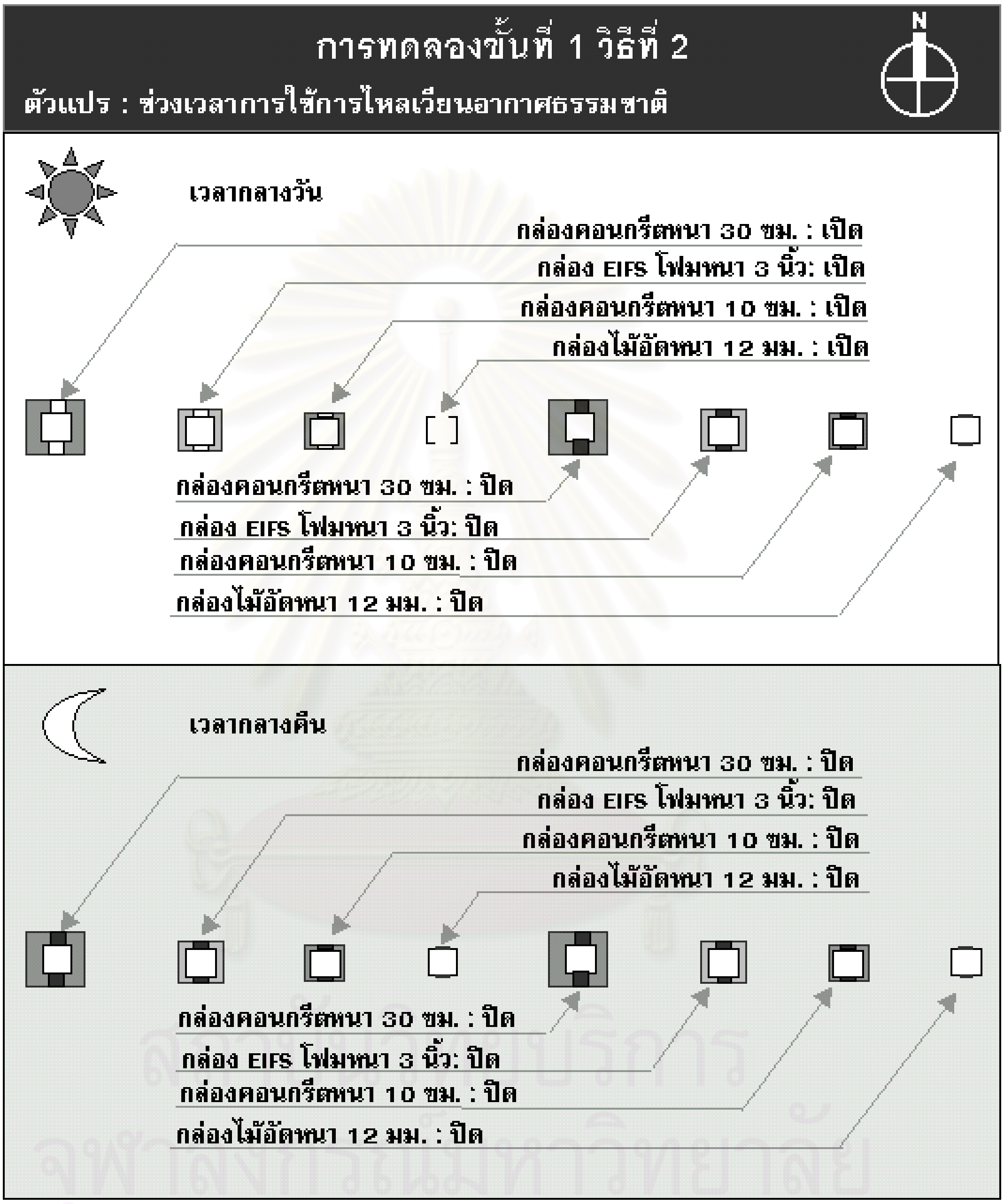


แผนภูมิที่ 4. 14 การลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน

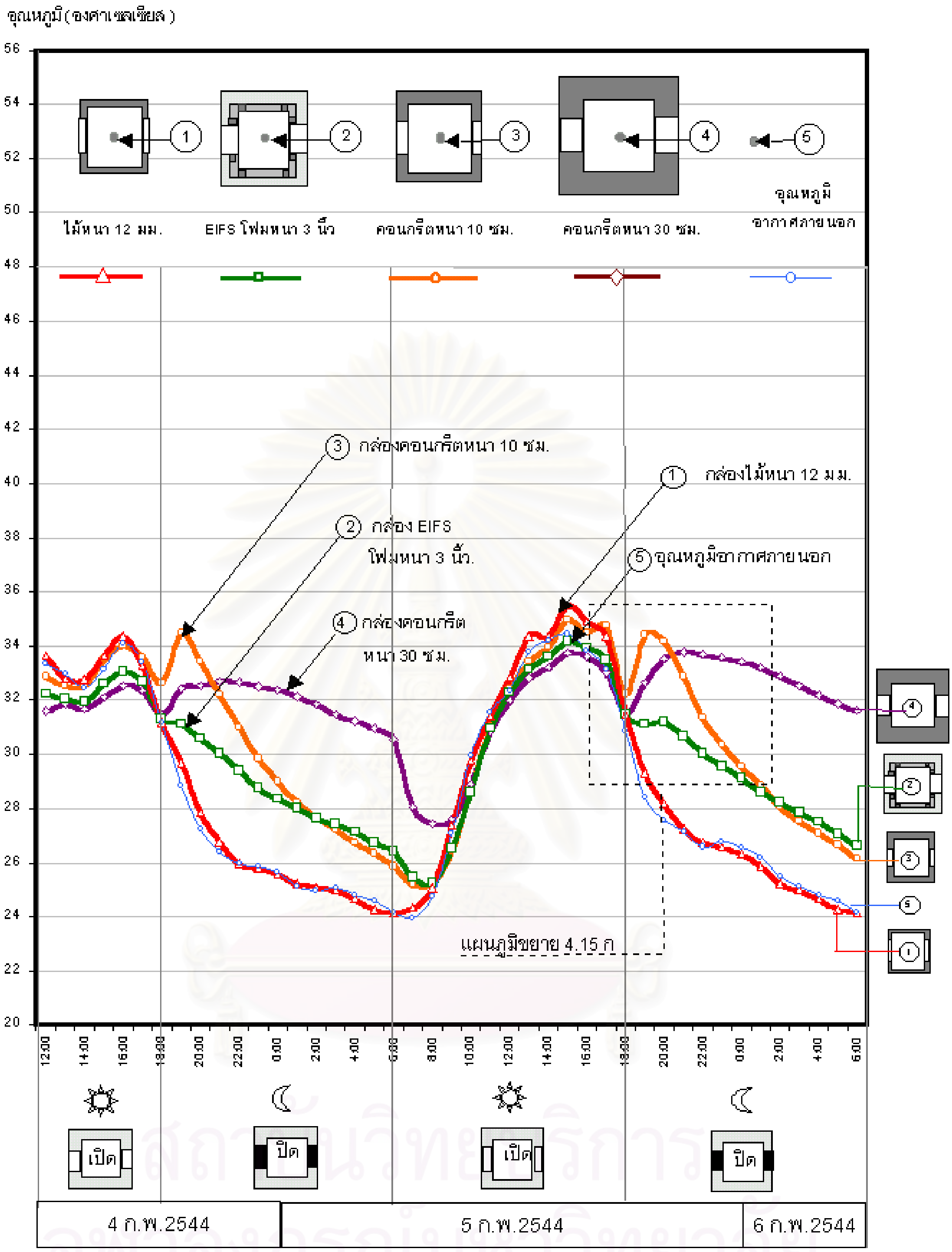
เมื่อพิจารณาเรื่องการหน่วงเหนียวความร้อนจะพบว่าการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดเวลาจะส่งผลให้อุณหภูมิสูงสุดเกิดขึ้นพร้อมกันและพร้อมกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งหากไม่ใช้การไหลเวียนอากาศอุณหภูมิอากาศสูงสุดภายในกล่องทดลองแต่ละกล่องจะขึ้นอยู่กับมวลสารและค่าการป้องกันความร้อนของวัสดุ

4.2.2 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติช่วงเวลากลางวัน

มีรูปแบบการวิจัยดังรูปที่ 4.3

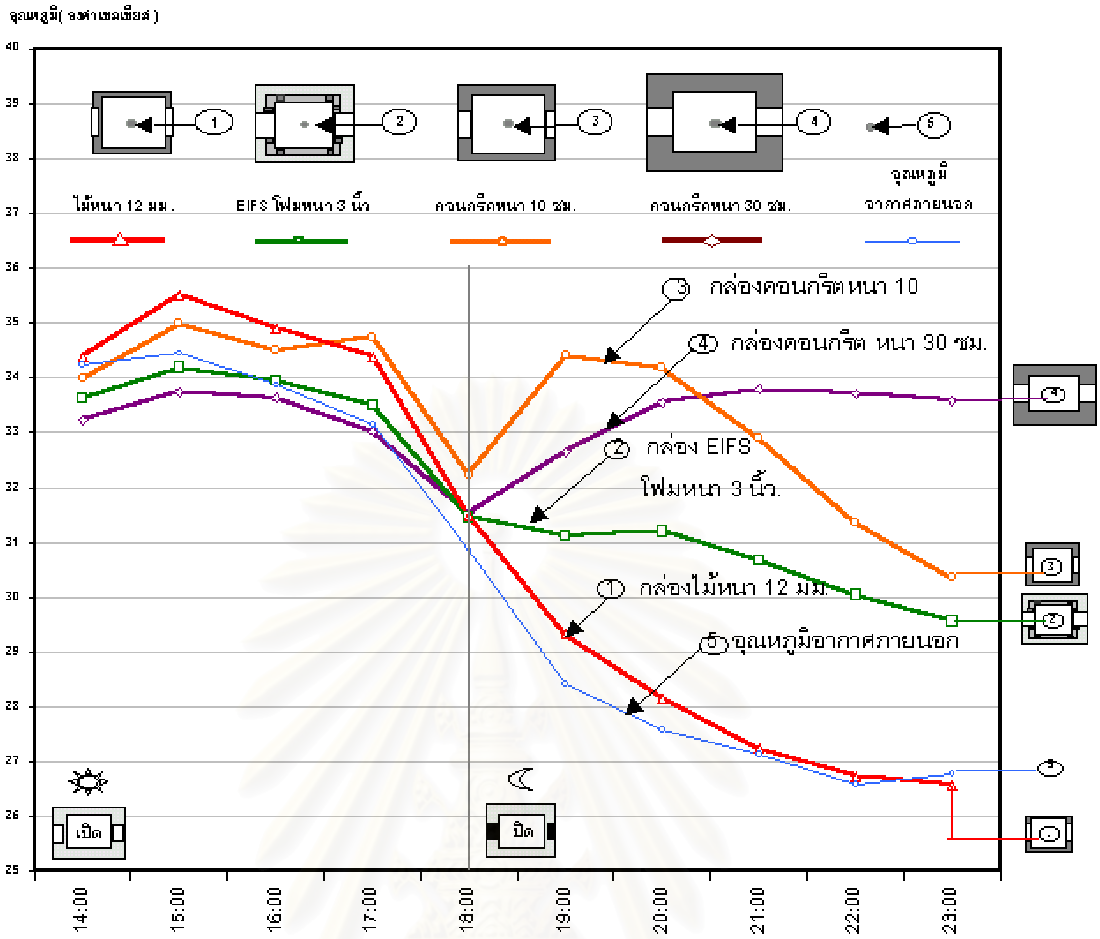


รูปที่ 4. 3 การทดสอบช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเปรียบเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ



แผนภูมิที่ 4. 15 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเหมือนกัน

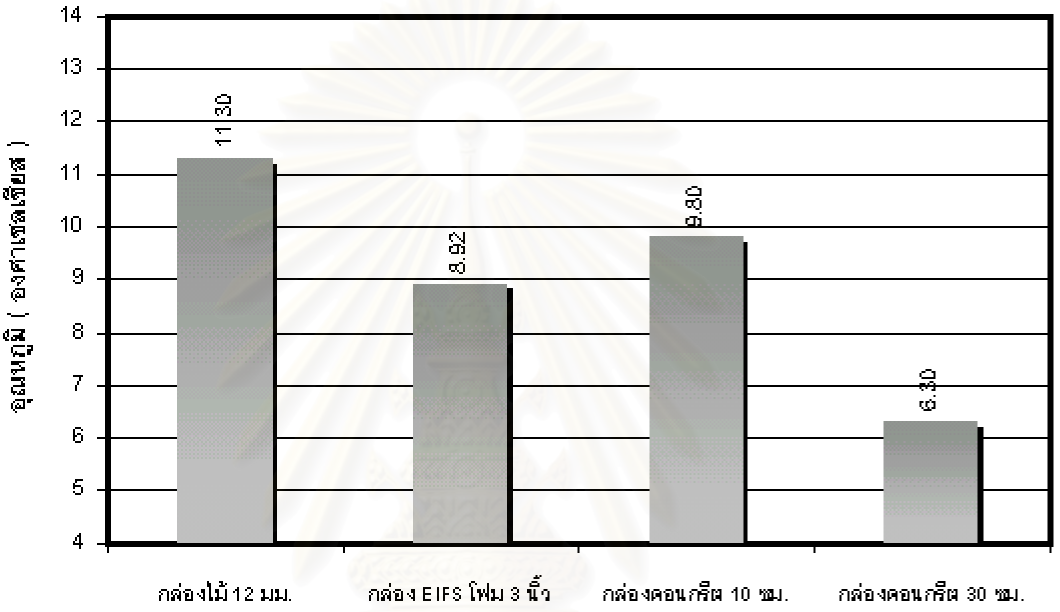
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.15 ก แผนภูมิขยายแผนภูมิที่ 4.15

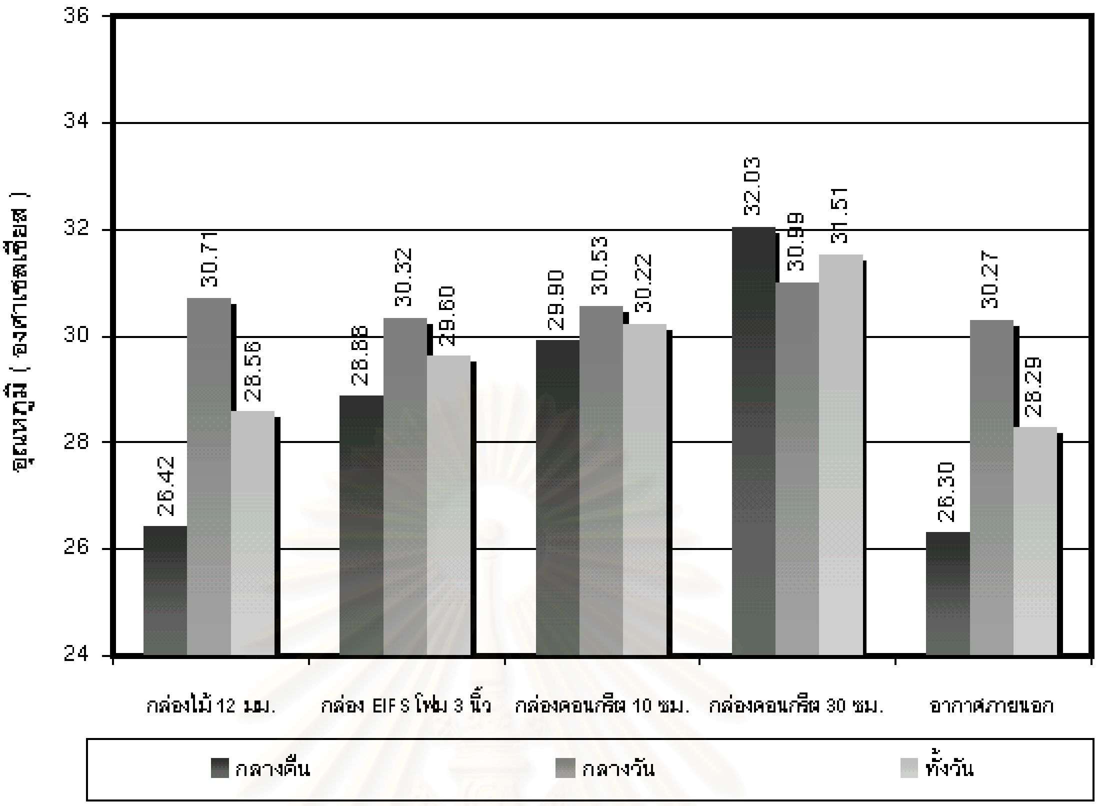
จากแผนภูมิที่ 4.15ก จะพบว่าเมื่อไม่มีการไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนจะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศในทุกกล่องทดลองเพิ่มสูงขึ้นยกเว้นกล่องมวลสารน้อยเนื่องจากไม่มีความร้อนสะสม ส่วนกล่องที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดคือกล่องมวลสารปากลางเนื่องจากในช่วงที่ปิดกล่องในกล่องดังกล่าวจะมีอุณหภูมิสูงสุดการเพิ่มของอุณหภูมิจึงเห็นได้อย่างเด่นชัด แต่ในกล่อง EIFS การเพิ่มของอุณหภูมิจะเกิดขึ้นน้อยกว่าเนื่องจากมีการระบายความร้อนออกไปได้มากมากกว่าอันเป็นผลมาจากมวลสารที่น้อยกว่า

จากแผนภูมิที่ 4.15 จะพบว่าเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน วัสดุที่มีมวลสารแตกต่างกันและค่าการป้องกันความร้อนแตกต่างกันจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างกัน โดยกล่องที่มีมวลสารแตกต่างกันแต่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนไม่แตกต่างกันมากนักจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างกัน และหากวัสดุมีมวลสารน้อยและมีค่าการป้องกันความร้อนสูงก็จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างจากวัสดุที่มีมวลสารน้อยและมีค่าการป้องความร้อนต่ำ ดังแผนภูมิที่ 4.16



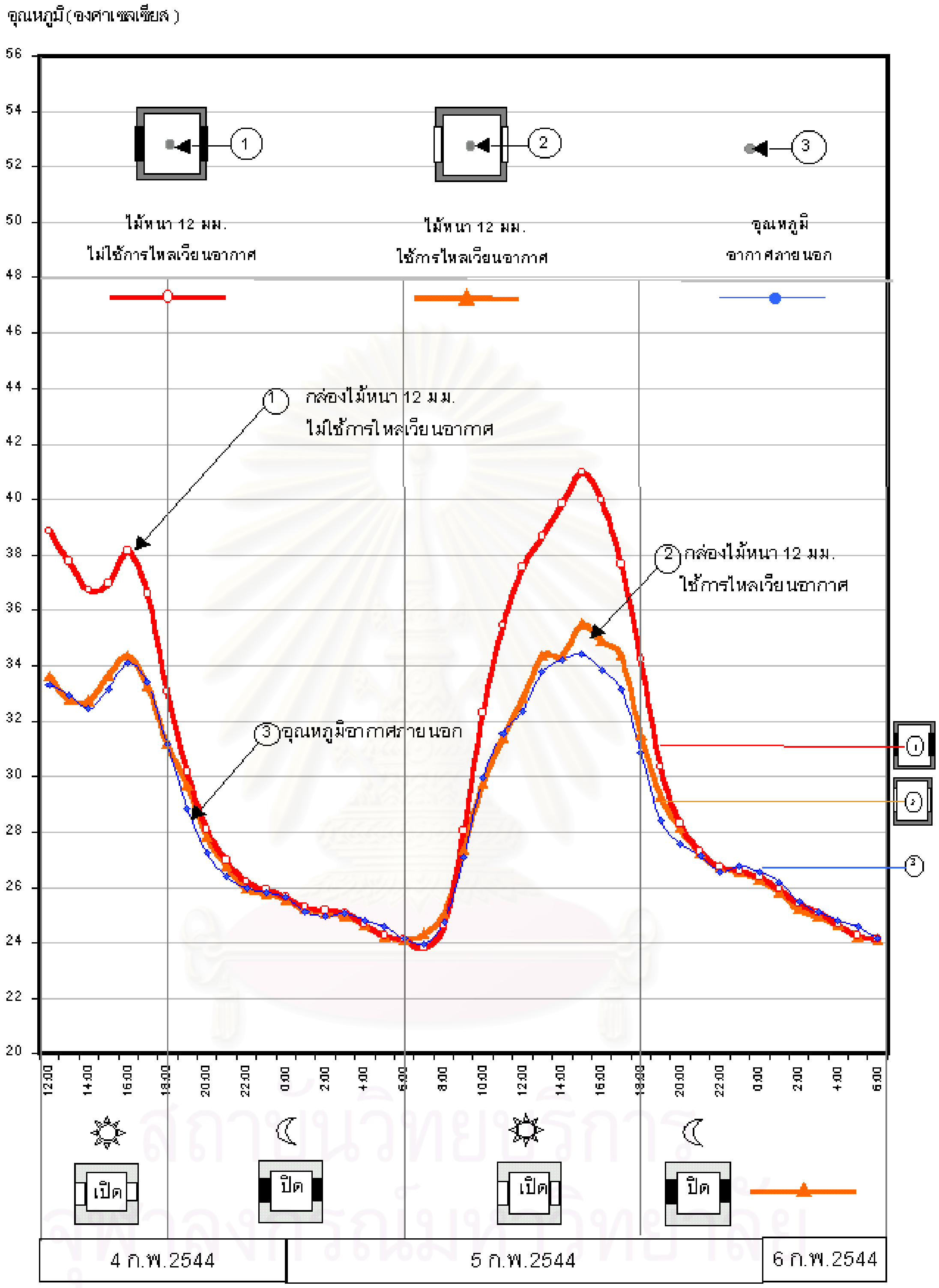
แผนภูมิที่ 4.16 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยจะพบว่าเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในทุกกล่องทดลองจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยวัสดุที่มีมวลสารยิ่งมากจะยิ่งเป็นการเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ย วัสดุที่มีมวลสารและค่าการป้องกันความร้อนต่ำจะมีอุณหภูมิอากาศต่ำสุด ซึ่งในตอนกลางวันทุกกล่องทดลองจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่ในเวลากลางคืนวัสดุที่มีค่าการป้องกันความร้อนและมวลสารต่ำจะสูญเสียความร้อนในรูปแบบของการแผ่รังสีคลื่นยาวได้ดีกว่าจึงอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางคืนต่ำที่สุด ในขณะที่กล่องที่มีมวลสารน้อยแต่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงจะสูญเสียความร้อนได้ยากผนวกกับไม่มีการไหลเวียนอากาศธรรมชาติมาช่วยจึงทำให้มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่า ซึ่งเมื่อเทียบกับกล่องที่มีมวลสารมากขึ้นจะยิ่งมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในเวลากลางคืนเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการคายความร้อนในช่วงเวลากลางคืน ดังแผนภูมิที่ 4.17



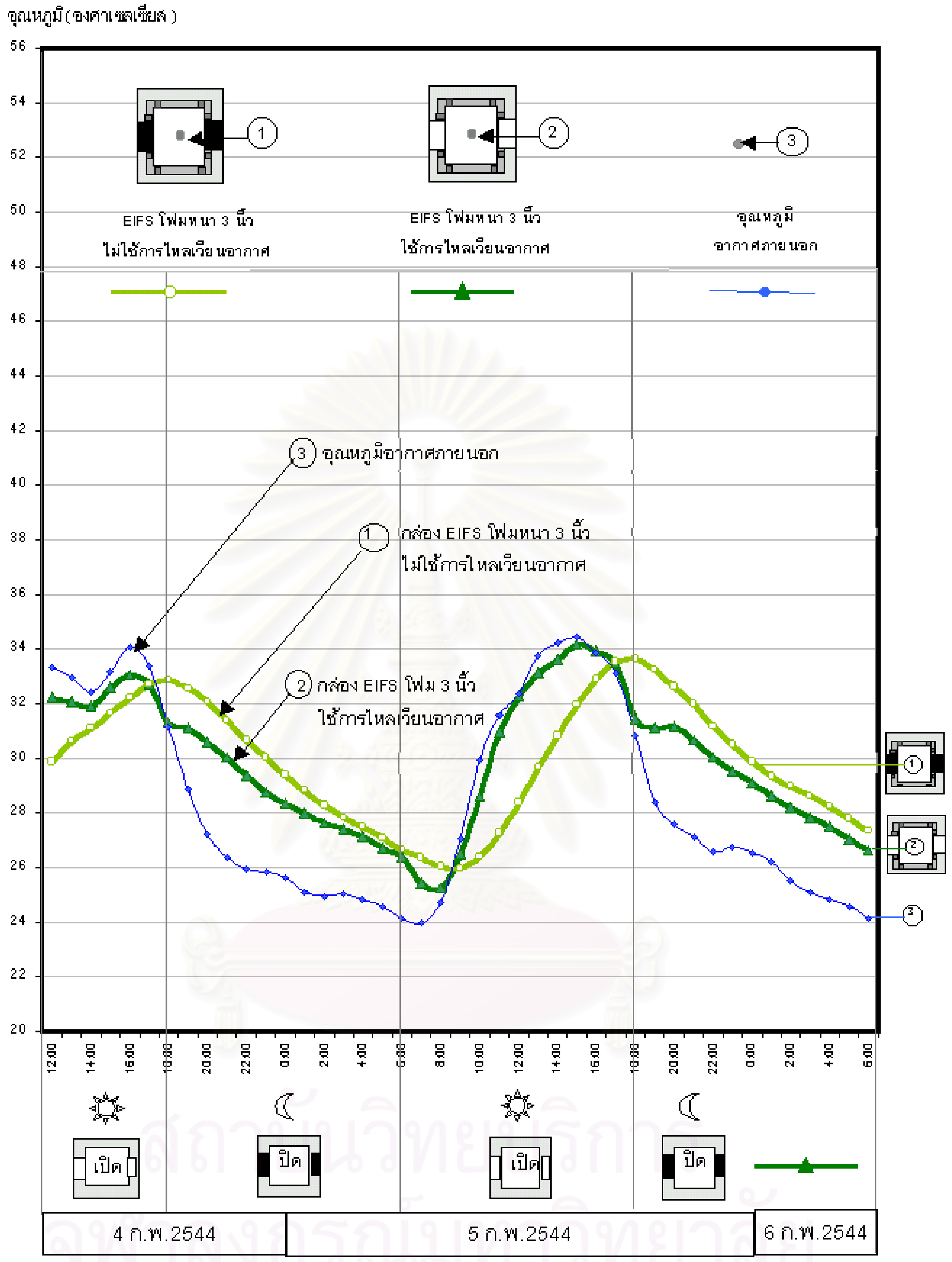
แผนภูมิที่ 4. 17 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน

เมื่อพิจารณาทุกวัสดุที่มีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเหมือนกันจะไม่มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเหมือนกัน โดยจะมีอุณหภูมิสูงสุดของอากาศในกล่องทดลองเวลาเดียวกับอุณหภูมิอากาศภายนอก และเมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 4.15 เมื่อปิดกล่องทดลองเวลา 18.00 น. กล่องที่มีมวลสารปานกลางถึงมากจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นในทันทีจึงเกิดอุณหภูมิสูงสุดในเวลากลางคืนขึ้นอีกครั้งเนื่องมาจากมีความร้อนสะสมมาในเวลากลางคืน ดังนั้นหากวัสดุมีมวลสารปานกลางถึงมากจะมีการเปลี่ยนแปลงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อย ซึ่งในส่วนค่าการป้องกันความร้อนมากจะไม่ส่งผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนในกรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน



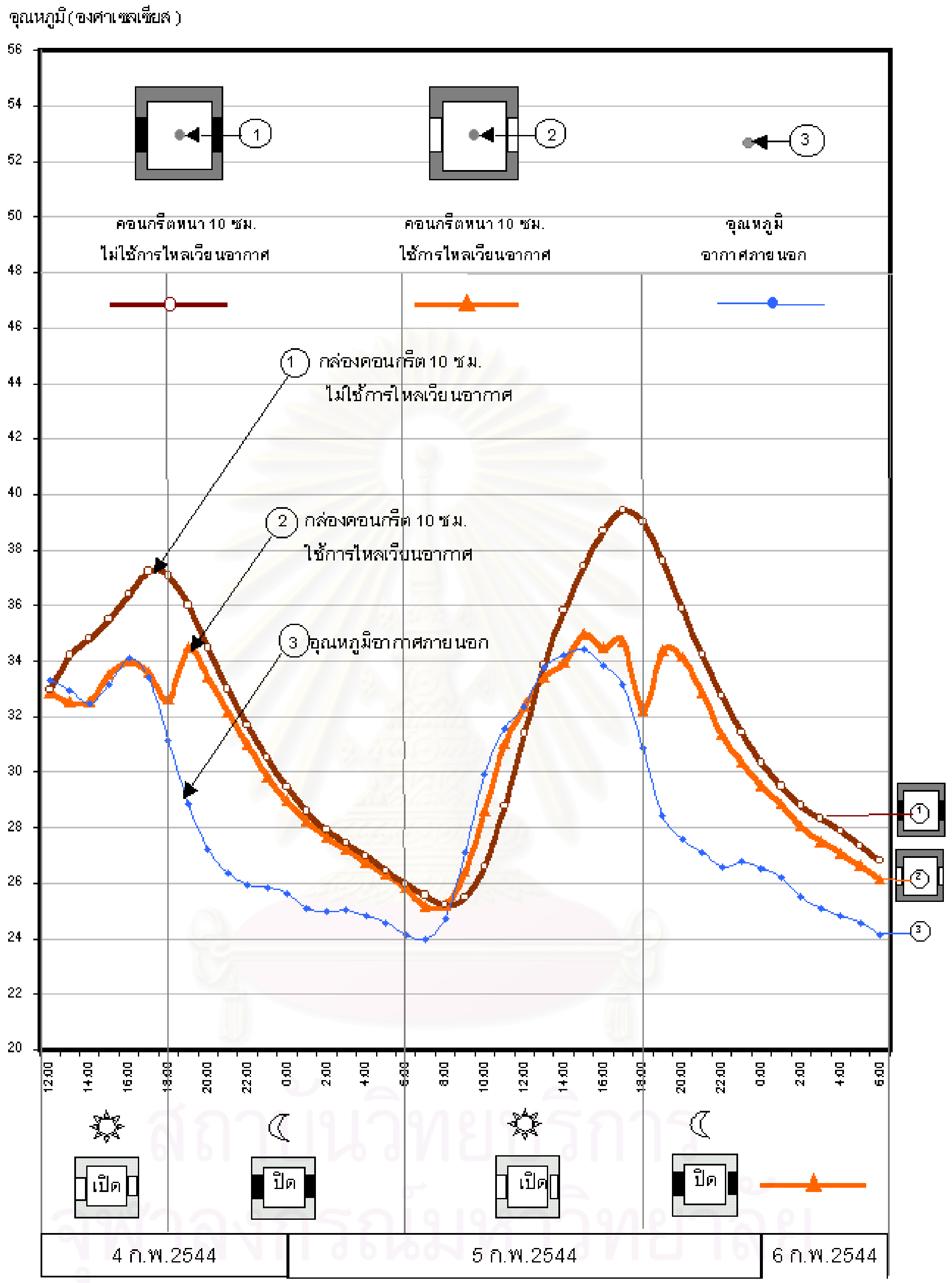
แผนภูมิที่ 4.18 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม.โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



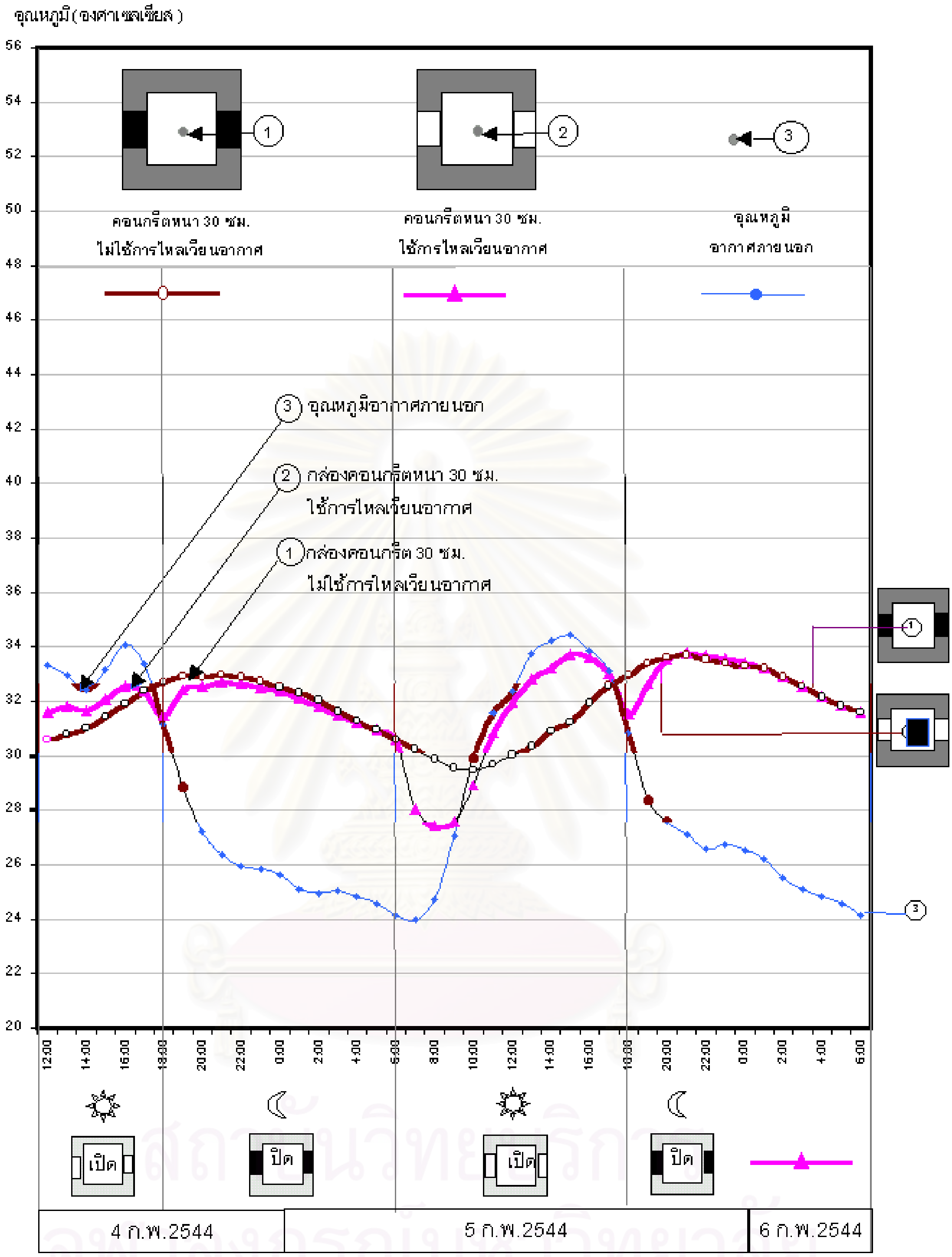
แผนภูมิที่ 4.19 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องEIFSโฟม 3 นิ้ว โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.20 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม. โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ

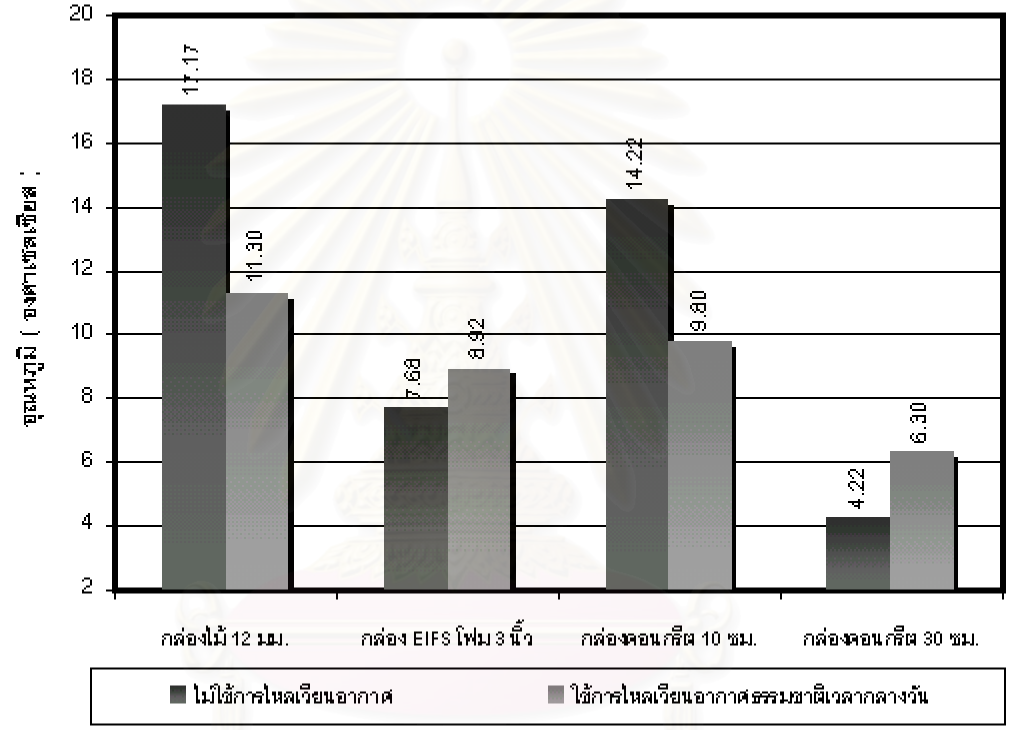
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.21 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม. โดยกล่องหนึ่งการไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างกรณีไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ และการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันจะพบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายในทุกกล่องทดลองจะเข้าใกล้อุณหภูมิอากาศมากขึ้นในเวลากลางวัน โดยวัสดุที่มีมวลสารน้อย(กล่องไม้ 12 มม.และกล่องคอนกรีต 10 ซม.)จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดลดลง แต่วัสดุที่มีมวลสารมาก(กล่องคอนกรีต 30 ซม.)จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิอากาศสูงสุดสูงขึ้น ซึ่งวัสดุที่มีมวลสารน้อยแต่มีค่าการป้องกันความร้อนสูง(กล่อง EIFS) ก็จะมีแนวโน้มในการเพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุด ดังแผนภูมิที่ 4.22

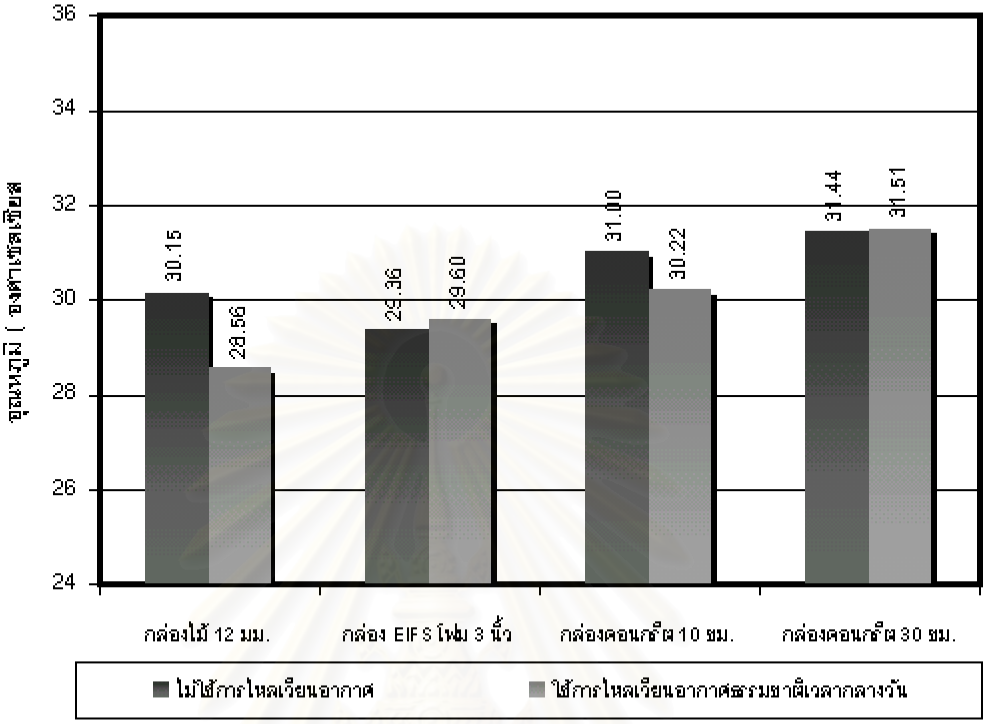


แผนภูมิที่ 4.22 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน และไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันจะช่วยลดอุณหภูมิเฉลี่ยของกล่องที่มีมวลสารน้อยถึงปานกลางและมีค่าการป้องกันความร้อนต่ำเนื่องจากเป็นวัสดุที่มีพลังงานความร้อนเข้ามาในช่วงเวลากลางวันมากกว่าเวลากลางคืน แต่กล่องที่มีมวลสารมากจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากการใช้การไหลเวียนอากาศในช่วงเวลากลางวันจะเป็นการทำให้ความร้อนเข้ามาในตอนกลางวันเพิ่มขึ้นในขณะที่ในตอนกลางคืนจะมีความร้อนสะสมจากการหน่วงเหนี่ยวของมวลสารเข้ามาอีก สำหรับกล่องที่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงแต่มวลสารน้อยจะมี

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเนื่องจากจะยอมให้ความร้อนเข้ามาได้มากขึ้นในเวลากลางวัน แต่ยังมีความร้อนสะสมไปในเวลากลางคืนและไม่สามารถระบายออกได้ ดังแผนภูมิ 4.23



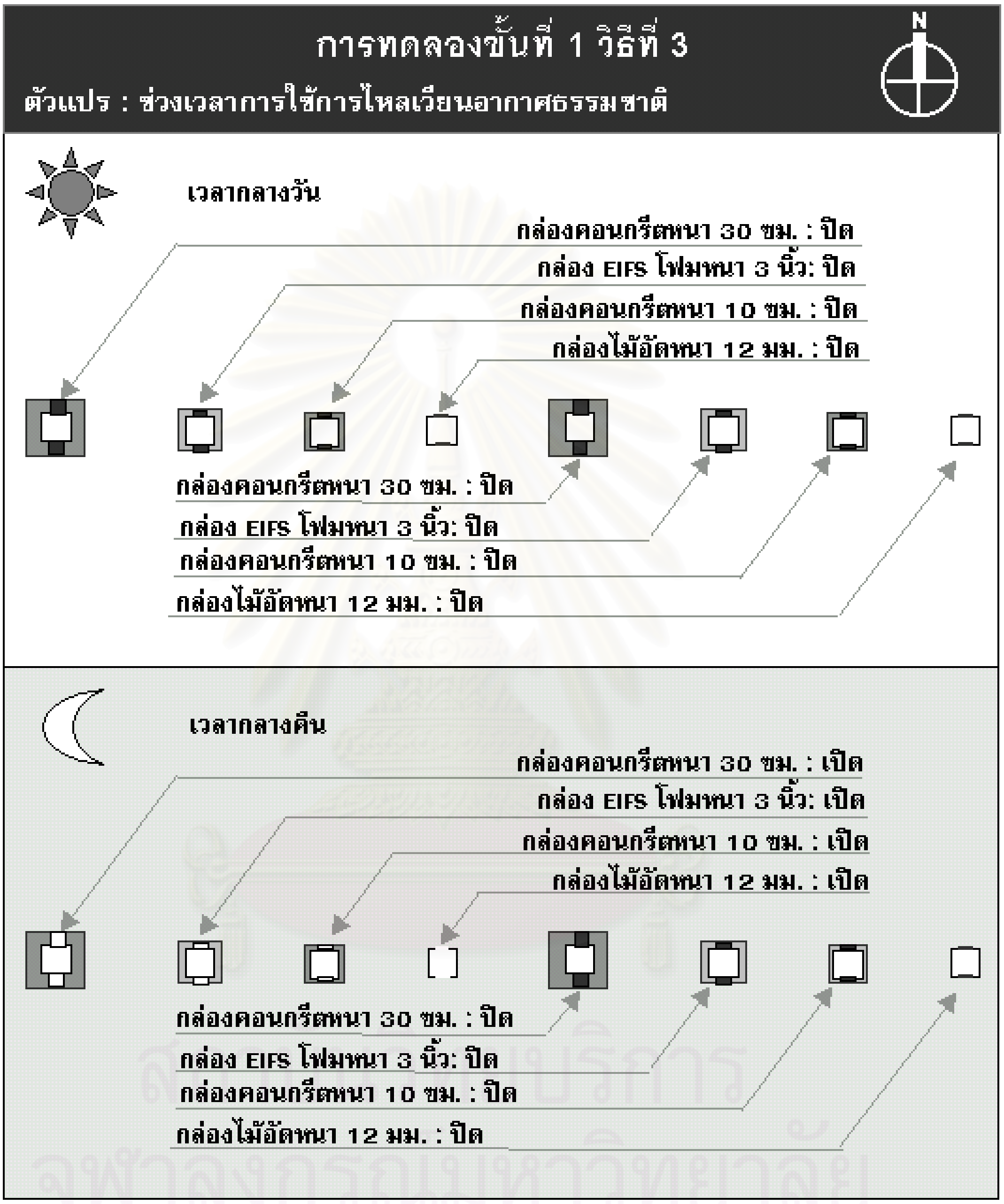
แผนภูมิที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน

เมื่อพิจารณาเรื่องการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจะพบว่าการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันจะส่งผลให้อุณหภูมิสูงสุดเกิดขึ้นพร้อมกันและพร้อมกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งหากไม่ใช้การไหลเวียนอากาศอุณหภูมิอากาศสูงสุดภายในกล่องทดลองแต่ละกล่องจะขึ้นอยู่กับมวลสารและค่าการป้องกันความร้อนของวัสดุ

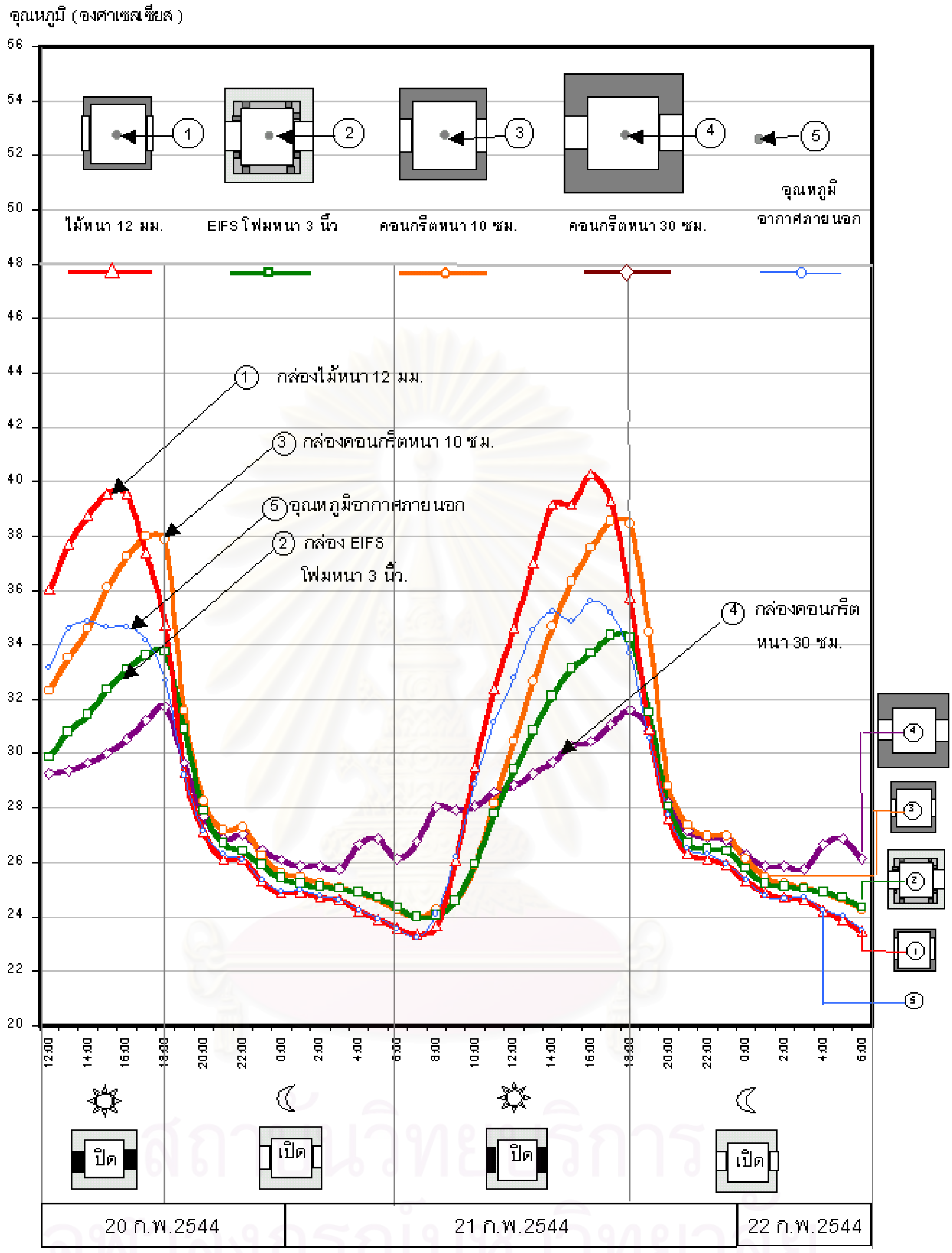
หากปิดกล่องทดลองอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิผิวภายในกล่องโดยวัสดุมวลสารมากจะมีอุณหภูมิผิวค่อนข้างคงที่เนื่องจากมีมวลสารมาก ดังนั้นเมื่อปิดกล่องอุณหภูมิผิวจะทำให้อุณหภูมิอากาศสูงขึ้นจนใกล้กับอุณหภูมิผิว แต่วัสดุที่มีมวลสารน้อยลงจะมีอุณหภูมิผิวที่ภายในที่เปลี่ยนแปลงจากการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติและมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศขณะจะปิดกล่อง ดังนั้นที่มีมวลสารน้อยจึงมีอุณหภูมิขณะปิดกล่องต่ำเนื่องจากมีการระบายความร้อนที่สะสมออกก่อนที่จะปิดกล่อง

4.2.3 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติช่วงเวลากลางคืน

มีรูปแบบการวิจัยดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4. 4 การทดสอบช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนเปรียบเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

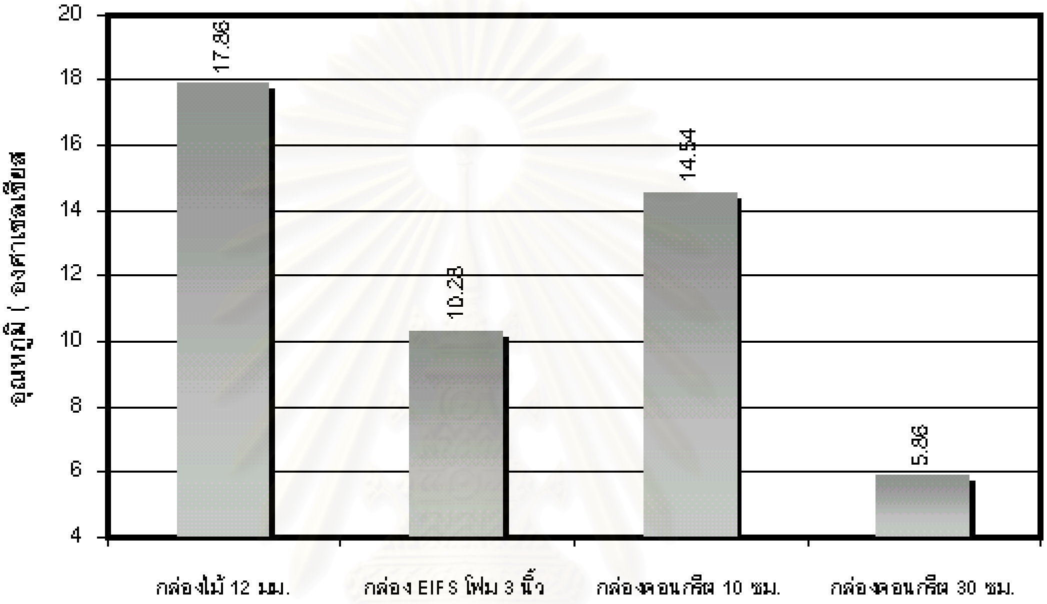


แผนภูมิที่ 4.24 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.

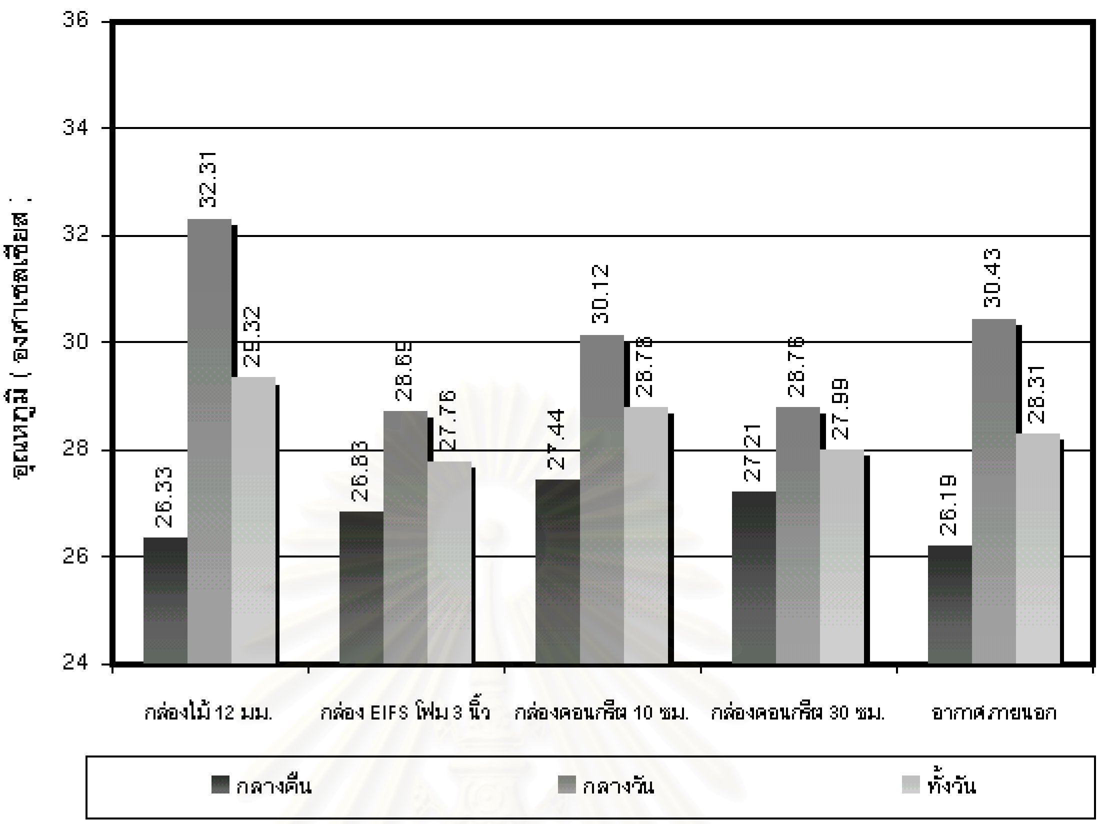
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากแผนภูมิที่ 4.24 เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกันจะพบว่าอิทธิพลของมวลสารและค่าการป้องกันความร้อนจะส่งผลให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิอากาศสูงสุดแตกต่างกัน โดยวัสดุที่มีมวลสารแตกต่างกันค่าการป้องกันความร้อนใกล้เคียงกันจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างกัน และเมื่อวัสดุมีมวลสารน้อยเหมือนกันแต่ค่าการป้องกันความร้อนแตกต่างกันจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิอากาศสูงสุดแตกต่างกัน ดังแผนภูมิที่ 4.25



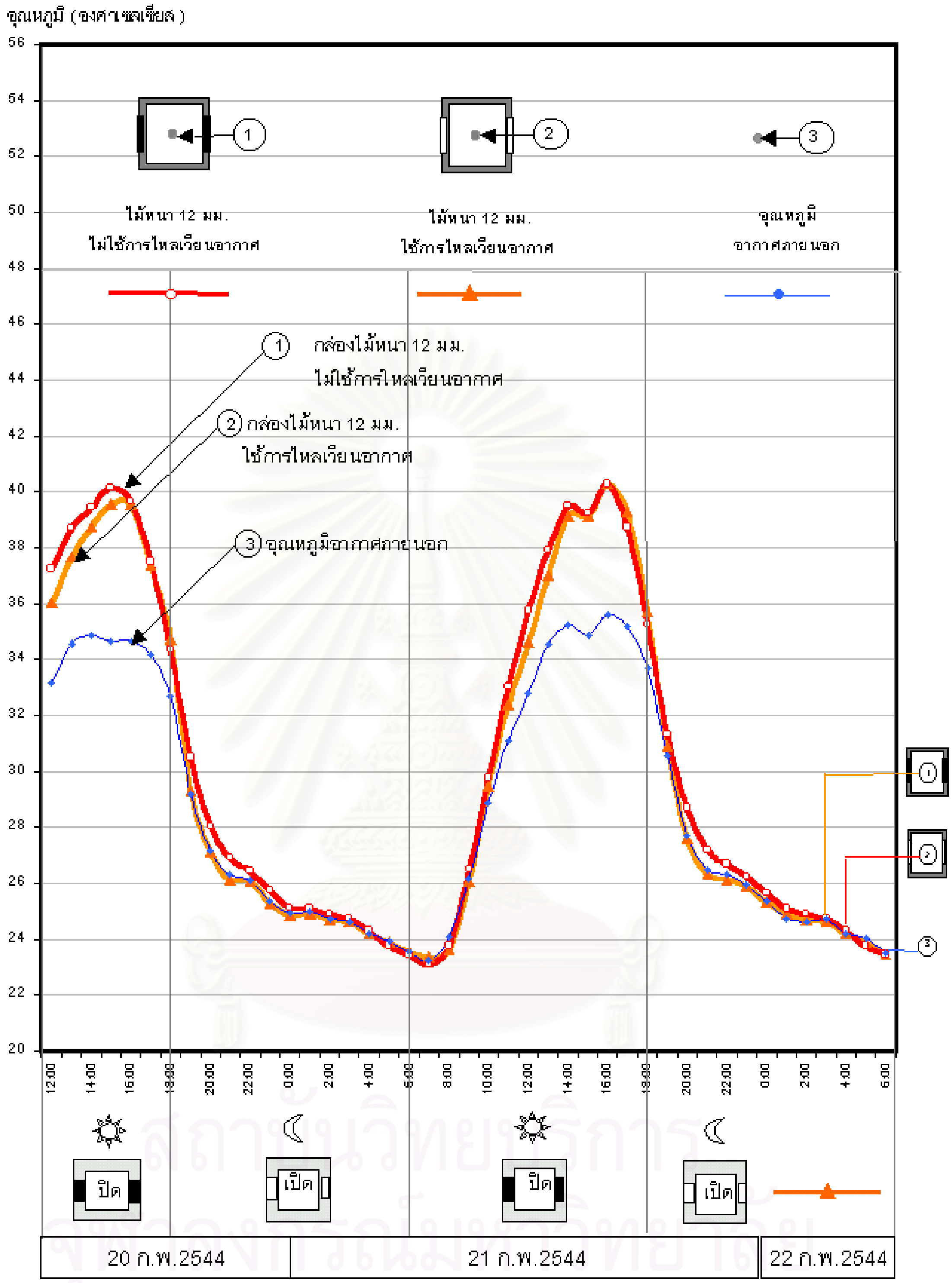
แผนภูมิที่ 4.25 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยจะพบว่าเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน วัสดุที่มีมวลสารมากขึ้นแต่มีค่าการป้องกันความร้อนใกล้เคียงกันจะยิ่งมีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องลดลง ซึ่งหากวัสดุมีมวลสารมากระดับหนึ่งจะทำให้มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในกล่องต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก เนื่องจากหากวัสดุที่มีมวลสารน้อยจะไม่มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจึงไม่มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเข้ามาในเวลากลางคืน ในทางกลับกันหากวัสดุมีมวลสารมากจะมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไปในเวลากลางคืนการไหลเวียนอากาศในเวลากลางคืนจึงช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้น ซึ่งหากวัสดุที่มีมวลสารน้อยแต่มีค่าการป้องกันความร้อนมากก็จะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเช่นกัน เนื่องจากในตอนกลางวันมีการป้องกันความร้อนจากภายนอกได้อย่างสมบูรณ์แบบผนวกกับการมีมวลสารบ้างจึงช่วยหน่วงเหนี่ยวความร้อนไปในเวลากลางคืนเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศจึงช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้น ดังแผนภูมิที่ 4.26



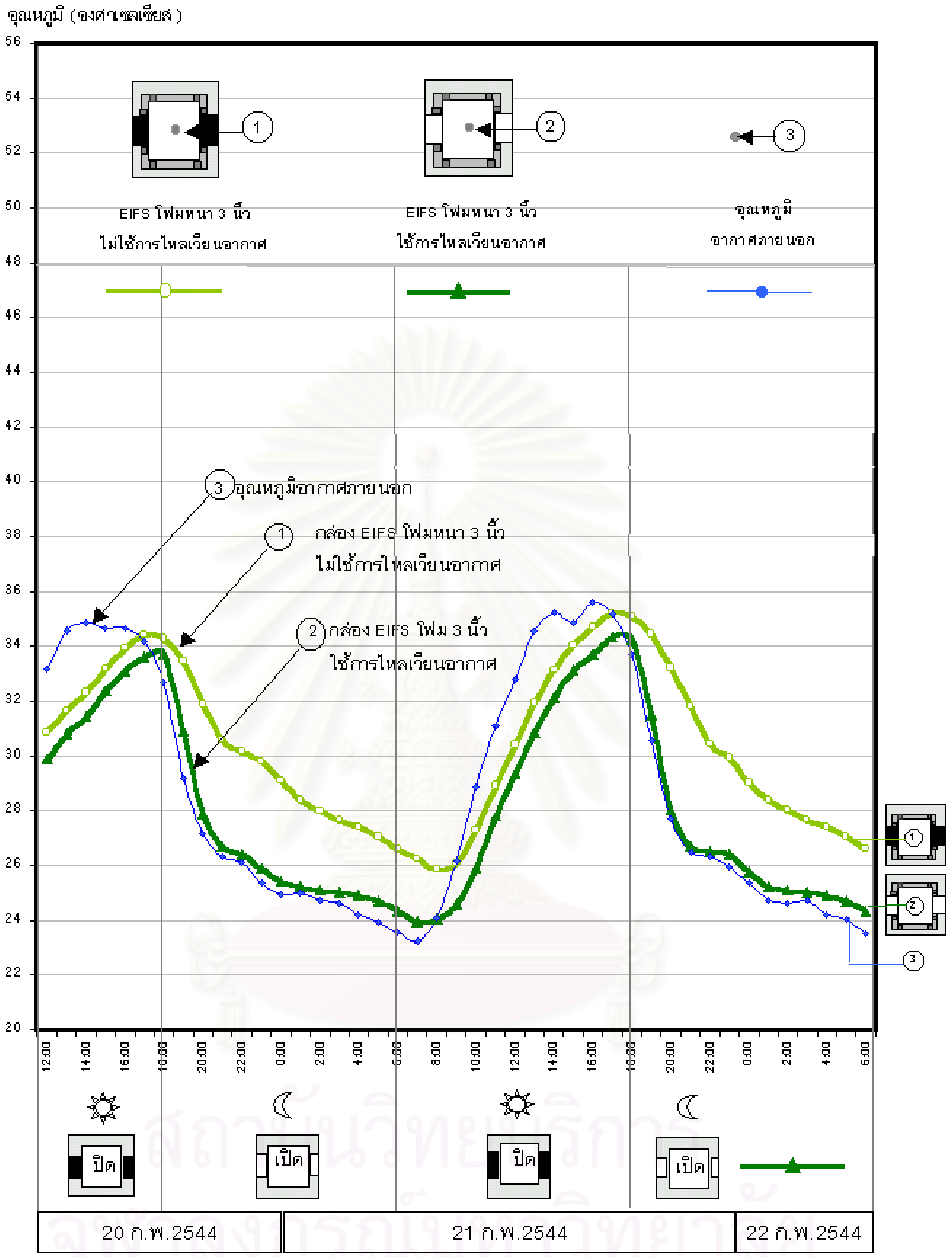
แผนภูมิที่ 4.26 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน

การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนจะมีผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อน โดยกล่องที่มีมวลสารมากจะมีอุณหภูมิอากาศสูงสุดช้ากว่าอุณหภูมิอากาศนานที่สุด 3 ชั่วโมงและตรงกับเวลาเปิดกล่องที่มีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ แต่กล่องคอนกรีต 10 ซม.และ EIFS จะมีอุณหภูมิสูงสุดใกล้เคียงกันคือช้ากว่าอุณหภูมิอากาศ 2 ชั่วโมง ส่วนกล่องไม้จะมีอุณหภูมิสูงสุดเวลาเดียวกับอุณหภูมิอากาศ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนมีผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนร่วมกับอิทธิพลของมวลสารและค่าการป้องกันความร้อนแต่อิทธิพลของเปลือกอาคารจะมีผลมากกว่าในกรณีวัสดุมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วงเวลากลางวัน



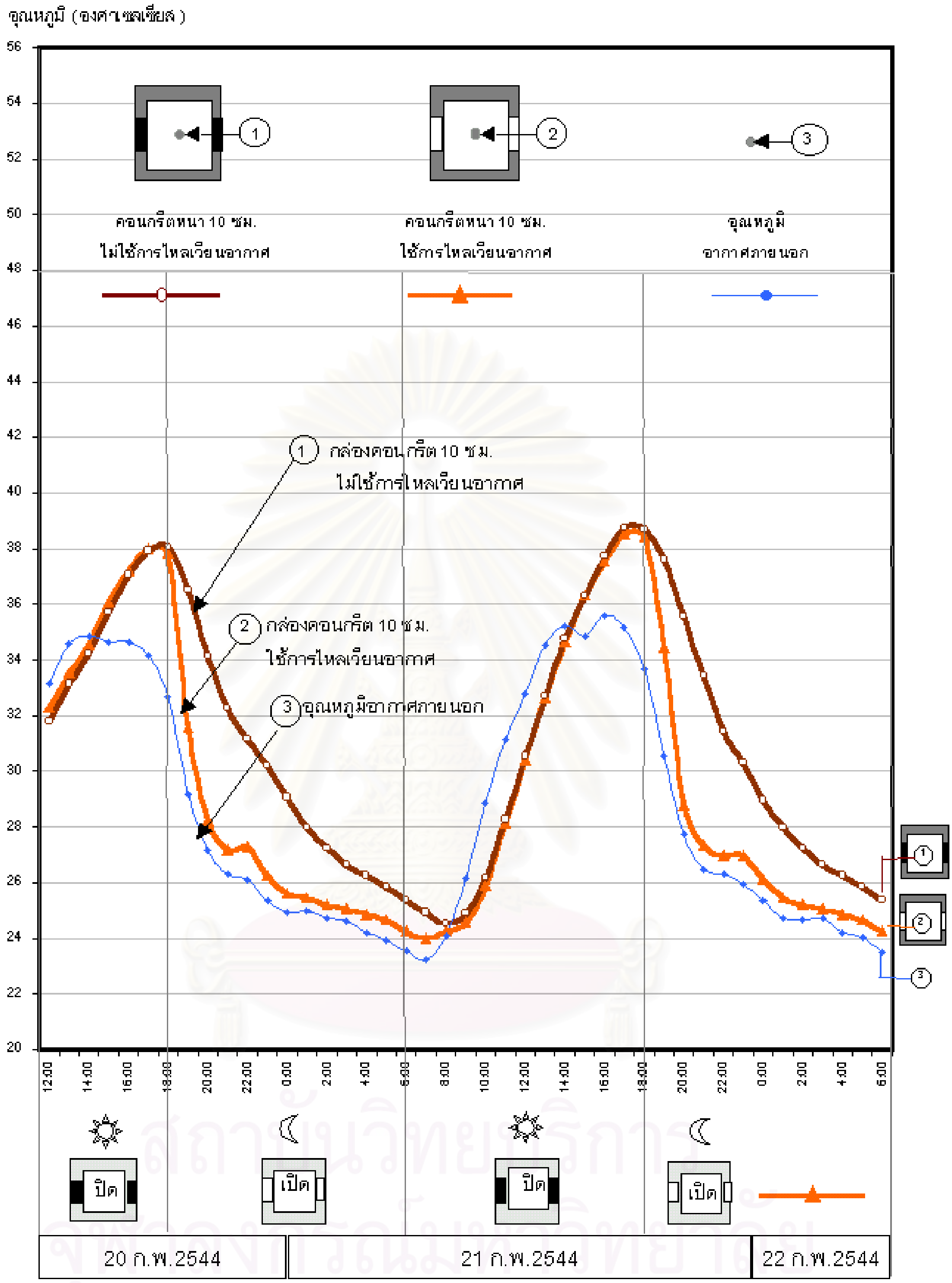
แผนภูมิที่ 4.27 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม.โดยกล่องหนึ่งใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



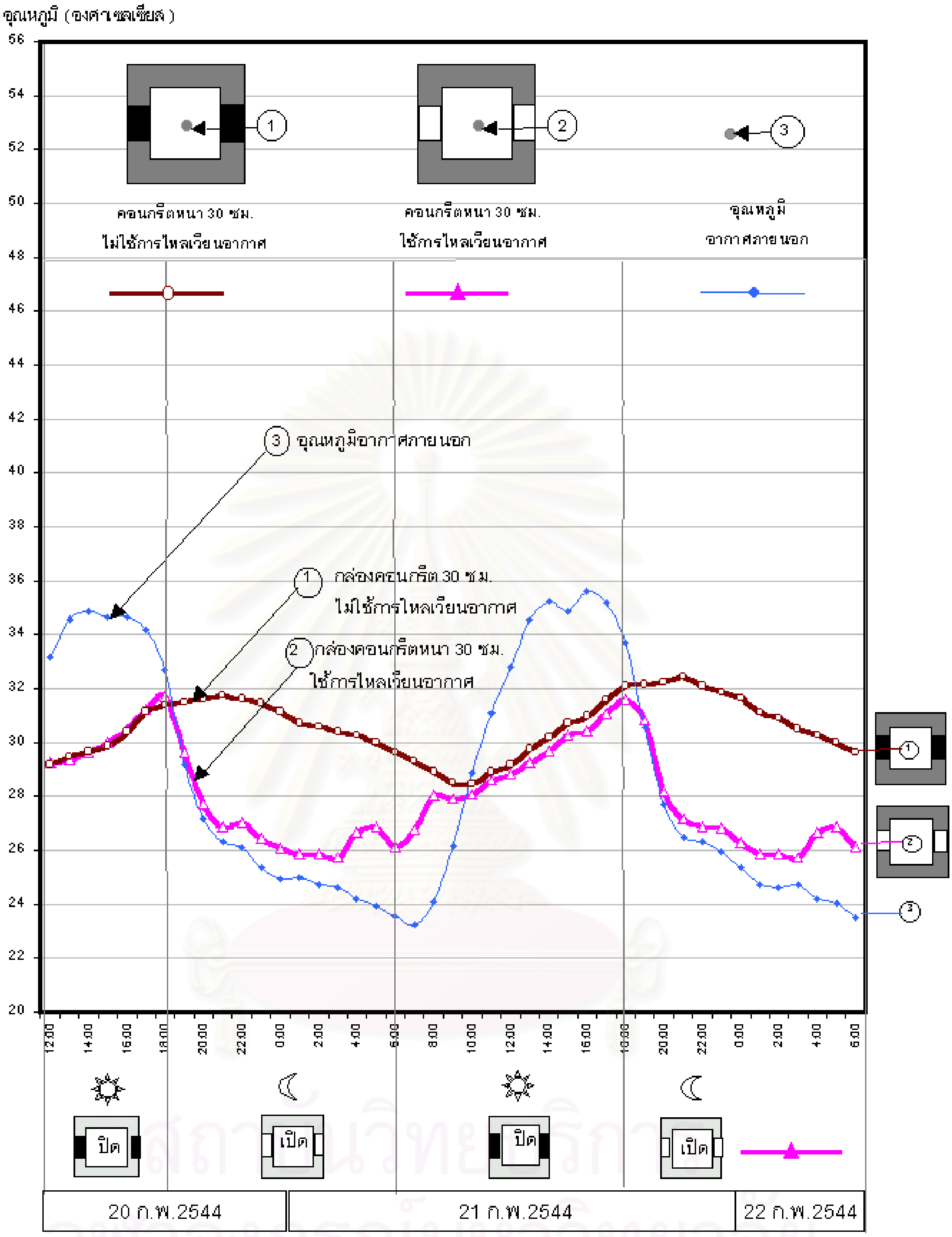
แผนภูมิที่ 4.28 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว โดยกล่องหนึ่งใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.29 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม. โดยกล่องหนึ่งใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ

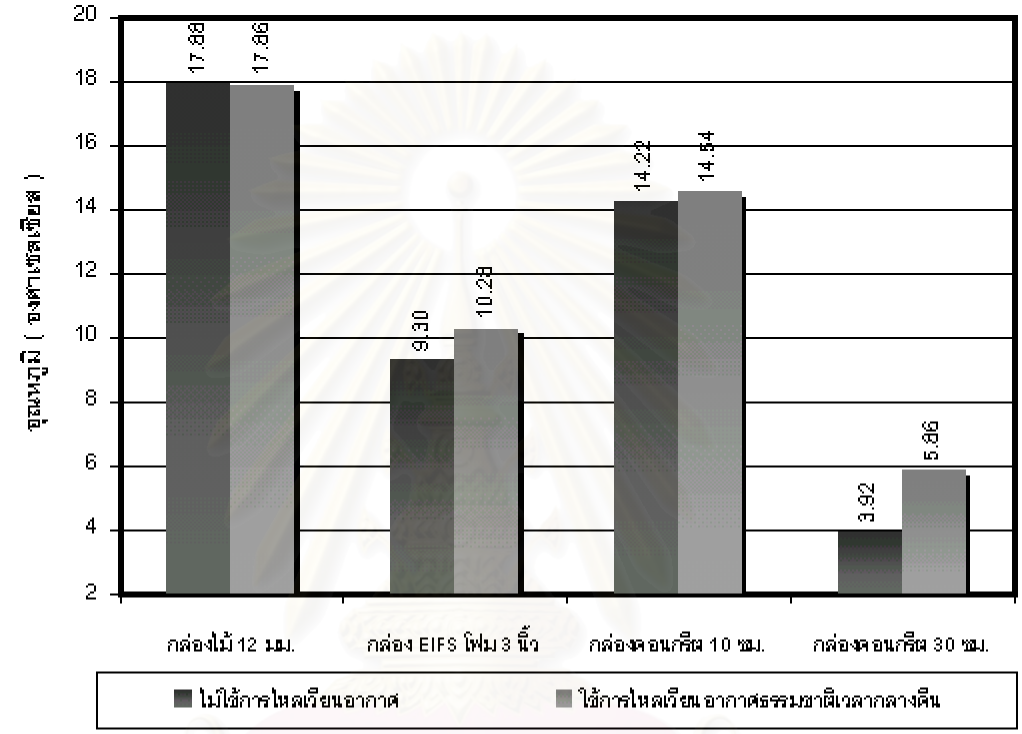
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.30 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม. โดยกล่องหนึ่งใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศ

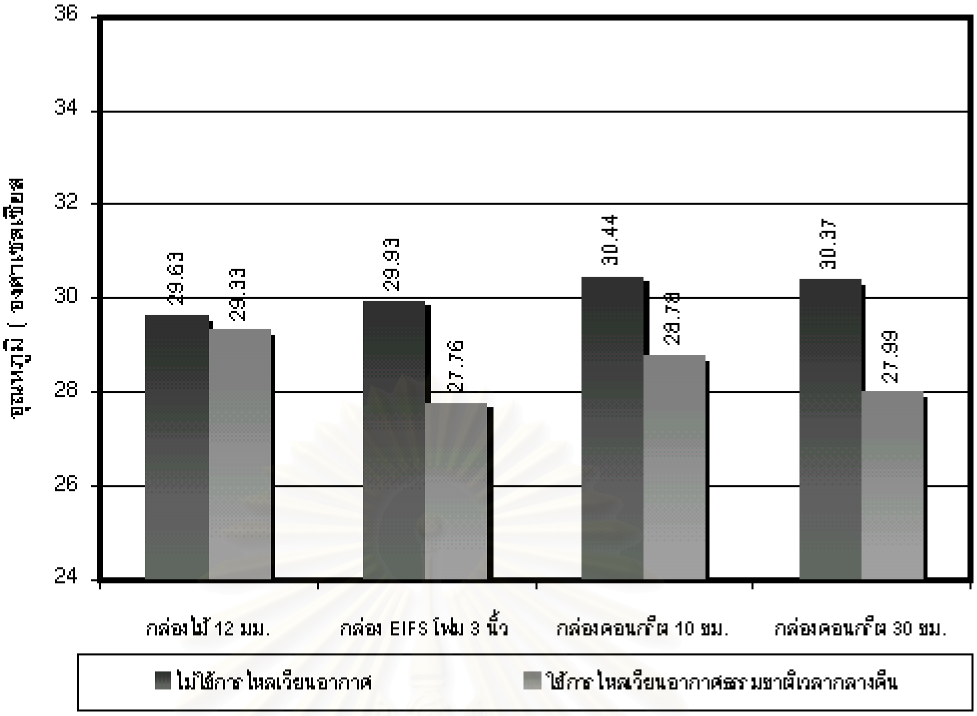
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างกรณีไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ และการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนจะพบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดของอากาศภายในทุกกล่องทดลองจะเข้าใกล้อุณหภูมิอากาศมากขึ้นในเวลากลางคืน โดยวัสดุทุกวัสดุจะมีแนวโน้มในการเพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งจะมีแนวโน้มในการลดอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดลง ยกเว้นกล่องไม้ที่มีมวลสารน้อยจะมีความแตกต่างลดลงเพียงเล็กน้อย ดังแผนภูมิที่ 4.31



แผนภูมิที่ 4.31 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน และไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนจะช่วยลดอุณหภูมิเฉลี่ยของกล่องทดลองทุกกล่องโดยเฉพาะกล่องที่มีมวลสารมากเนื่องจากมีการหน่วงเหนียวความร้อนไปในเวลากลางคืน เมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติจึงช่วยระบายความร้อนออกไป แต่กล่องที่มีมวลสารปานกลางถึงน้อยจะช่วยลดอุณหภูมิเฉลี่ยเพียงเล็กน้อยเนื่องจากความร้อนจะส่งผ่านเข้าไปในกล่องช่วงเวลากลางวันแล้วการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนจึงไม่ได้ผลนัก สำหรับกล่องที่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงและมีมวลสารน้อยจะมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไปในเวลากลางคืน ซึ่งการใช้การไหลเวียนอากาศได้ช่วยระบายความร้อนออกไป ในขณะที่ตอนกลางวันก็สามารถสกัดกั้นความร้อนได้อย่างสมบูรณ์แบบจึงมีอุณหภูมิเฉลี่ยลดลงเมื่อเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ ดังแผนภูมิ 4.31



แผนภูมิที่ 4.32 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน

เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนจะส่งผลให้มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเปลี่ยนไปโดยเฉพาะกล่องที่มีมวลสารมากเนื่องจากมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไปในเวลากลางคืน แต่ในกล่องที่ไม่มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไปในเวลากลางคืนจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนและอุณหภูมิอากาศสูงสุด

จะสังเกตได้ว่าวัสดุที่ปิดกล่องเวลากลางวันและเปิดกล่องในเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเวลากลางวันลดลงด้วย โดยในตอนกลางคืนอุณหภูมิอากาศจะมีผลกระทบต่ออุณหภูมิผิวภายในกล่องมากเนื่องจากมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดเวลาแม้กระทั่งวัสดุที่มีมวลสารมาก ดังนั้นเมื่อปิดกล่องในเวลากลางวันอุณหภูมิอากาศในเวลากลางวันจะแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวภายในกล่อง ซึ่งเมื่อปิดกล่องเวลากลางวันหากมีอุณหภูมิอากาศเริ่มต้นต่ำกว่าจะทำให้มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำกว่าการปิดกล่องตลอดวัน แม้กระทั่งกล่องที่มีมวลสารน้อยแต่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงและใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิอากาศก่อนปิดกล่องต่ำกว่ากล่องที่ปิดตลอดเวลา ดังนั้นจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในต่ำกว่าในช่วงเวลากลางวัน

4.3 การทดสอบอิทธิพลของมวลสารคุณสมบัติการถ่ายเทคามร้อนของเปลือกอาคาร ช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศ และการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารด้านบน

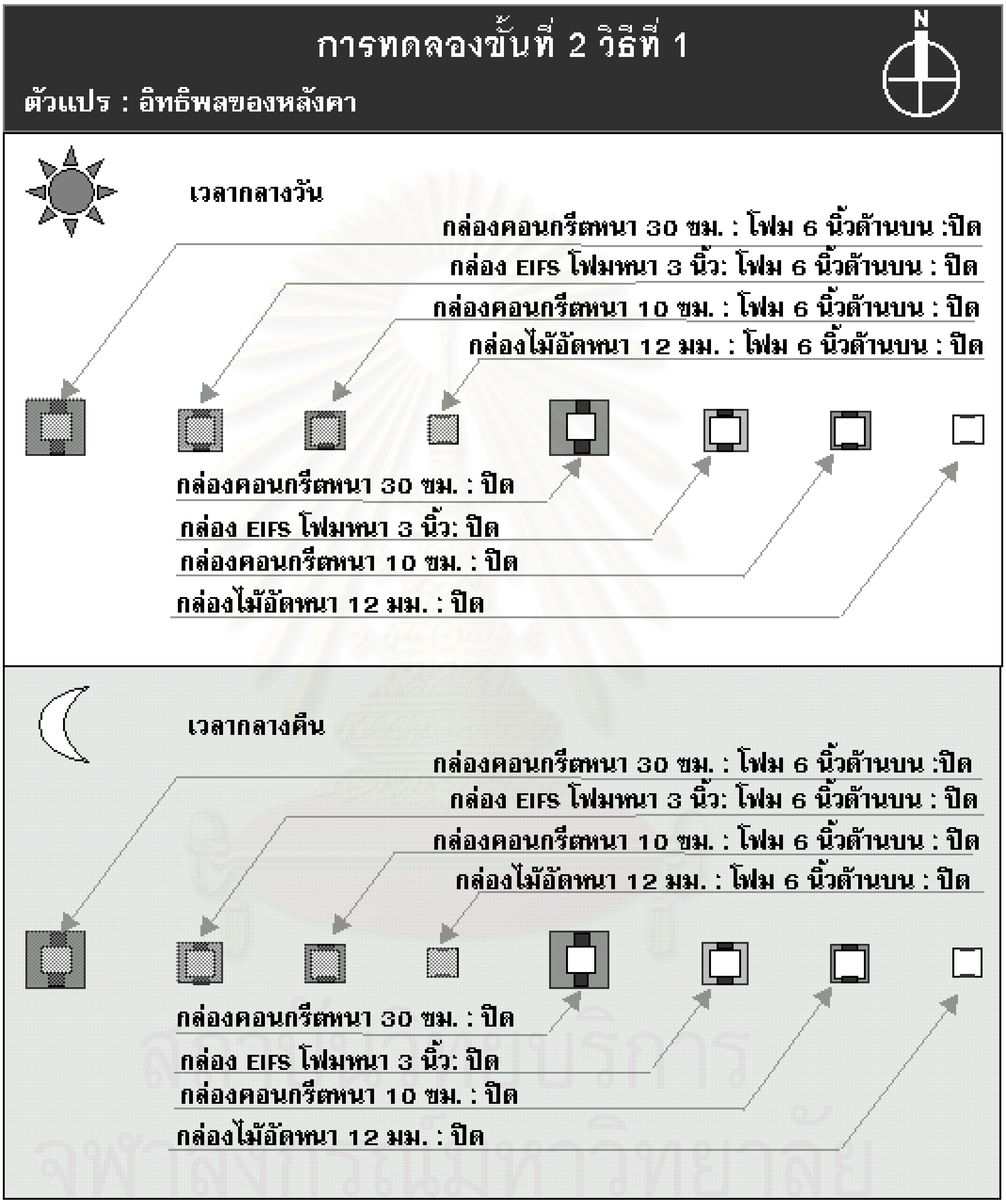
เมื่อทดสอบอิทธิพลของช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติแล้ว จึงเริ่มทดสอบตัวแปรที่ 2 คือการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารด้านบน ในการทดสอบจะใช้กล่องทดลองจำนวน 8 กล่องแบ่งออกเป็น 2 ชุด ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งแบ่งช่วงเวลาออกเป็นกล่องที่มีการติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคาจำนวน 4 กล่อง และอีกชุดไม่มีการติดฉนวนจำนวน 4 กล่อง ในแต่ละขั้นของการทดลองจะทำการปรับเปลี่ยนช่วงเวลากาใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติให้เหมือนกัน ซึ่งการวิเคราะห์ผลจะเปรียบเทียบผลที่ได้ใน 2 แนวทางคือ ผลของการใช้รูปแบบของเปลือกอาคารที่ต่างกันแต่มีการติดฉนวนที่หลังคาเหมือนกันและใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน และผลเมื่อใช้รูปแบบของเปลือกอาคารเหมือนกันแต่กล่องหนึ่งติดฉนวนส่วนอีกกล่องไม่ติดฉนวน ซึ่งแต่ละกล่องใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน

การทดสอบในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบขั้นที่ 3 ประกอบด้วยการทดลองที่ 2 วิธีที่ 1-4 ประกอบด้วยการทดสอบการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ (ปิดกลางวัน-ปิดกลางคืน) การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน(เปิดกลางวัน-เปิดกลางคืน) การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเฉพาะเวลากลางวัน(เปิดกลางวัน-ปิดกลางคืน) และการไหลเวียนอากาศธรรมชาติเฉพาะเวลากลางคืน(ปิดกลางวัน-เปิดกลางคืน)

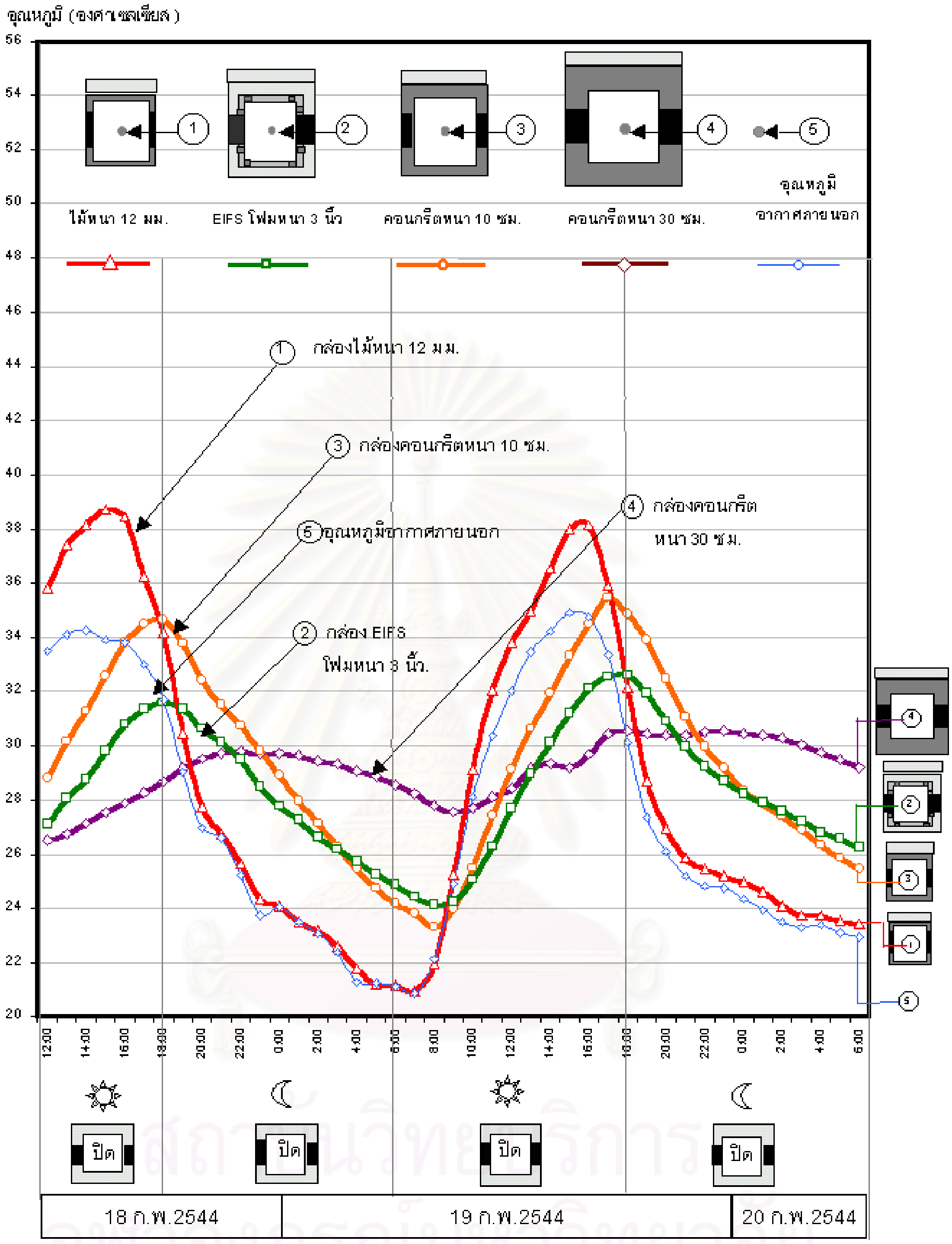
รูปที่ 4. 5 รูปแบบกล่องทดลองที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารด้านบน

4.3.1 การไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

มีรูปแบบการวิจัยดังภาพที่ 4.6



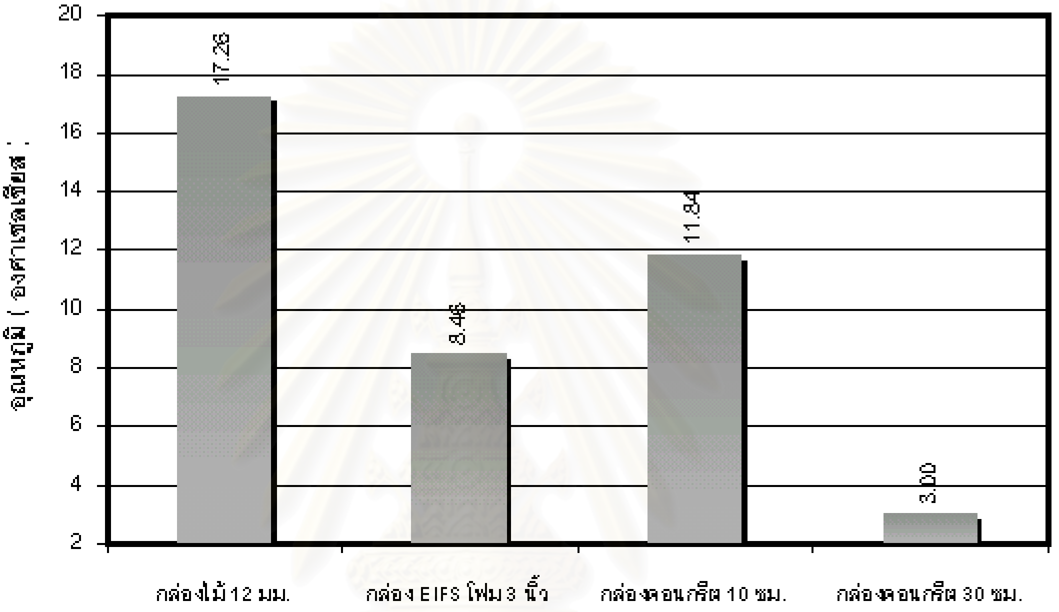
รูปที่ 4. 6 การทดสอบการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ เปรียบเทียบ กล่องชุดที่ติดฉนวนและไม่ติดฉนวนที่เปลือกอาคารด้านบน



แผนภูมิที่ 4.33 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องติดฉนวนเหมือนกัน ไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเหมือนกัน

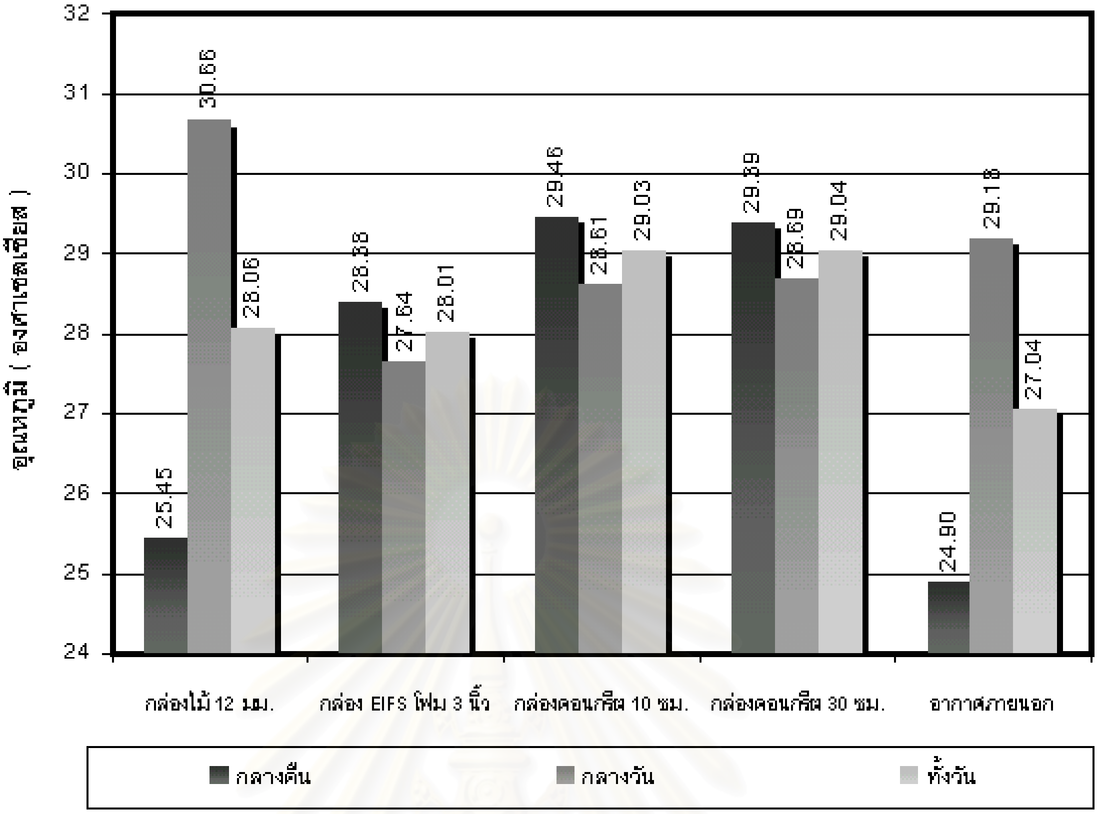
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.

จากแผนภูมิที่ 4.33 เมื่อมีการติดฉนวนหนา 6 นิ้วที่เปลือกอาคารด้านบนและไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ จะส่งผลให้กล่องทดลองแต่ละกล่องมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างกัน โดยวัสดุที่มีมวลสารแตกต่างกันค่าการป้องกันความร้อนใกล้เคียงกันจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างกัน และเมื่อวัสดุมีมวลสารน้อยเหมือนกันแต่ค่าการป้องกันความร้อนแตกต่างกันจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างกัน ดังแผนภูมิ 4.34



แผนภูมิที่ 4.34 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเมื่อมีการติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา และไม่มีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

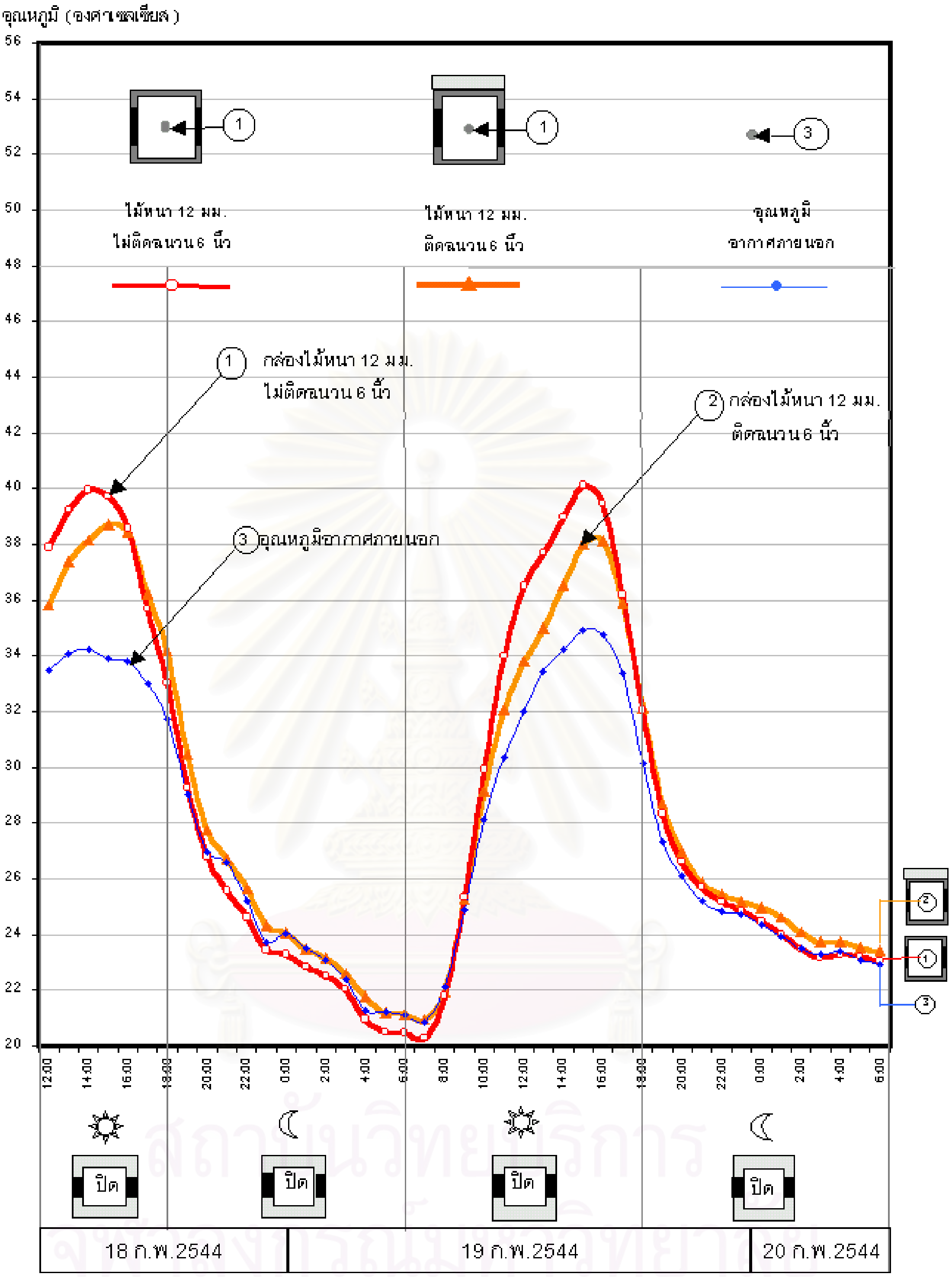
เมื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยจะพบว่าเมื่อมีการติดฉนวนและไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติจะพบว่าทุกกล่องทดลองมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก และจะพบว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ในขณะที่วัสดุที่มีมวลสารมากจะมีอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงกับวัสดุมวลสารปานกลาง โดยวัสดุที่มีมวลสารน้อยและมีค่าการป้องกันความร้อนสูงจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุดเนื่องจากในตอนกลางวันจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิอากาศในกล่องทดลองอื่นๆแต่ในตอนกลางคืนจะสูญเสียความร้อนได้ยากจึงมีอุณหภูมิเฉลี่ยเวลากลางคืนสูงกว่ากล่องที่มีมวลสารต่ำและค่าการป้องกันความร้อนต่ำ ดังแผนภูมิที่ 4.35



แผนภูมิที่ 4.35 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในกรณีติดฉนวนที่หลังคาและไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

วัสดุที่มีมวลสารมากจะยิ่งมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมาก อุณหภูมิอากาศสูงสุดมักจะอยู่ในเวลากลางคืน ในขณะที่วัสดุมวลสารน้อยจะมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนน้อยมาก แต่กล่อง EIFS มีค่าการป้องกันความร้อนมากและมีมวลสารพอสมควรจะมีอุณหภูมิอากาศสูงสุดช้ากว่ากล่องคอนกรีต 10 ซม. ที่มีมวลสารมากกว่าแต่ค่าการป้องกันความร้อนต่ำกว่า ดังนั้นทั้งมวลสารและค่าการป้องกันความร้อนจะส่งผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเมื่อติดฉนวนที่หลังคาเมื่อไม่ใช้การไหลเวียอากาศธรรมาติ

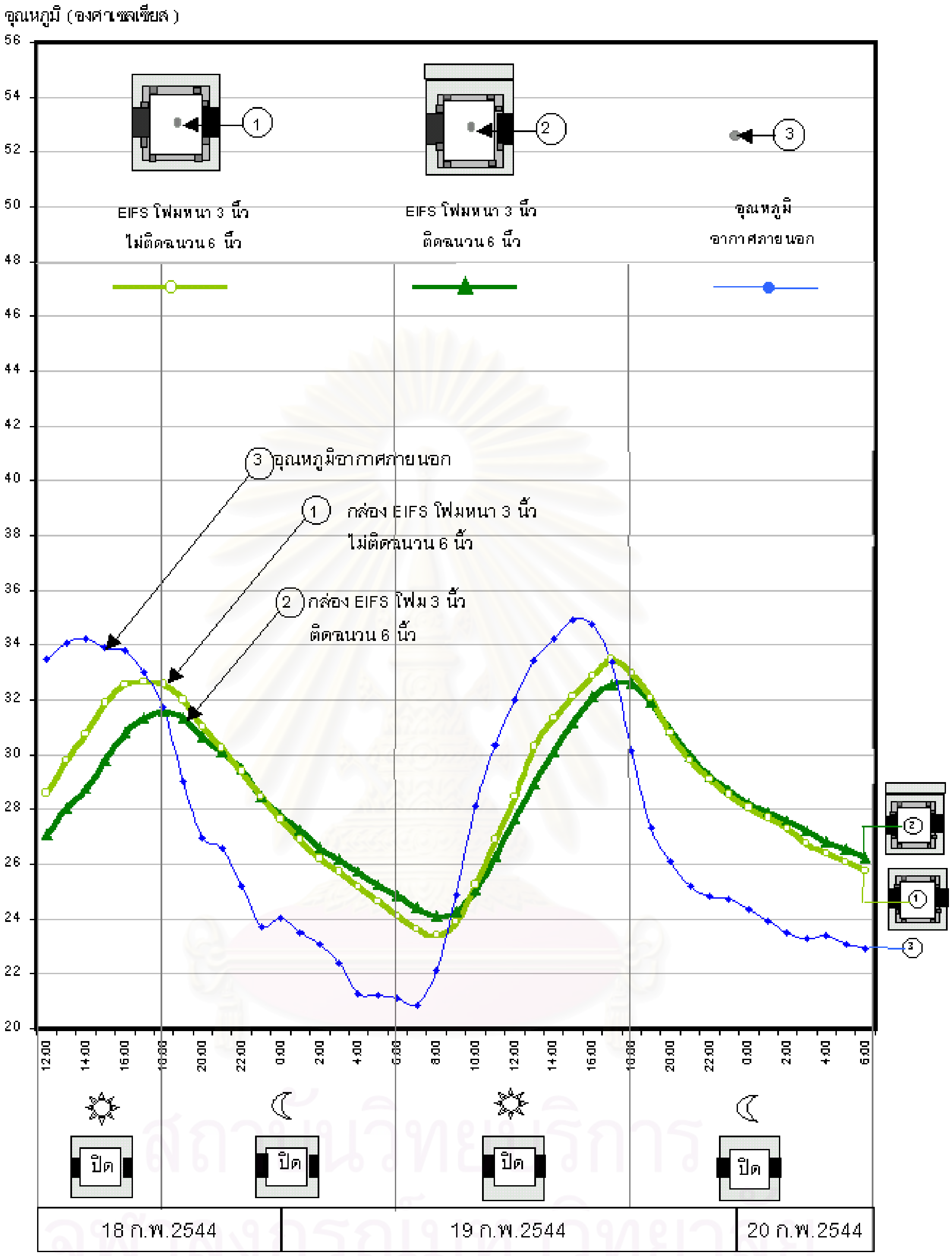
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.36 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา

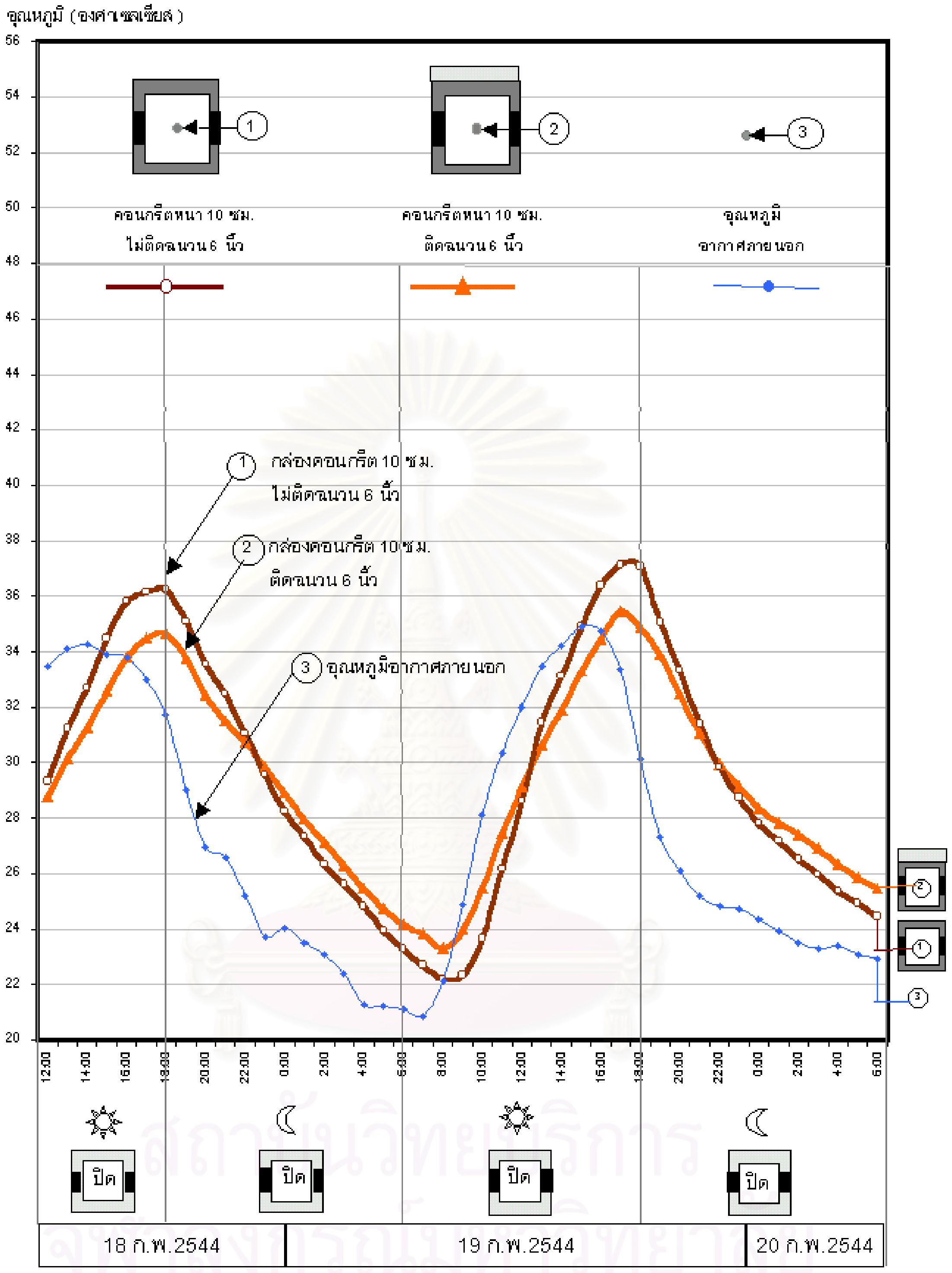
ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และไม่ใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



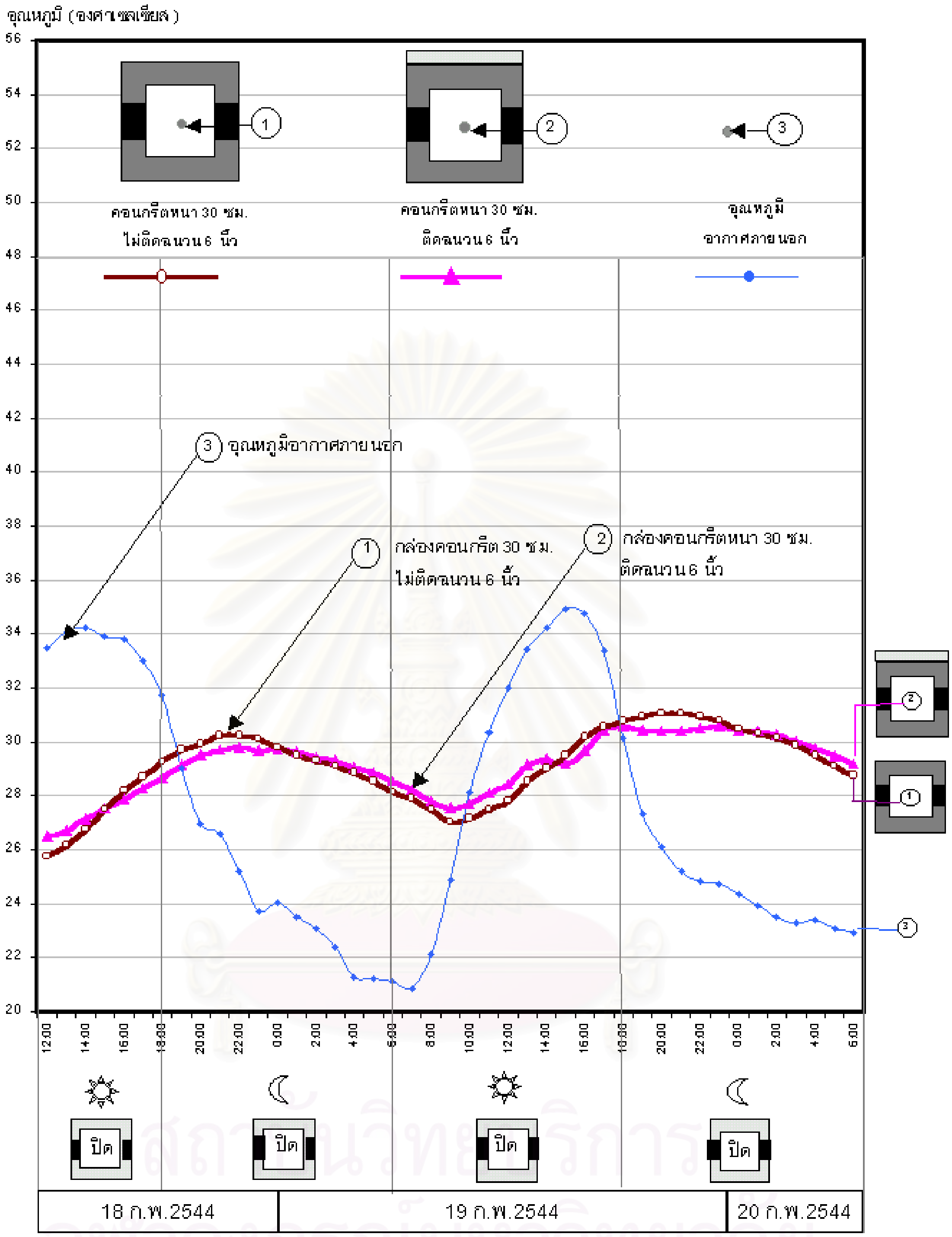
แผนภูมิที่ 4.37 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟมหนา 3 นิ้วโดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และไม่ใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.38 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 10 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และไม่ใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน

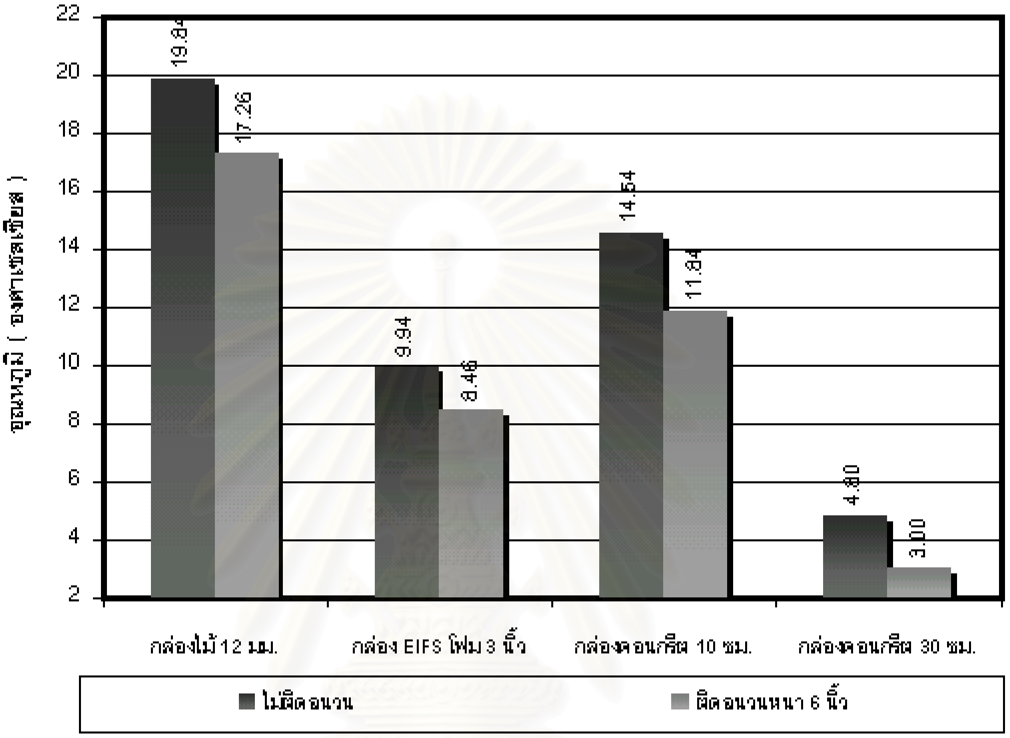
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.39 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 30 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และไม่ใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน

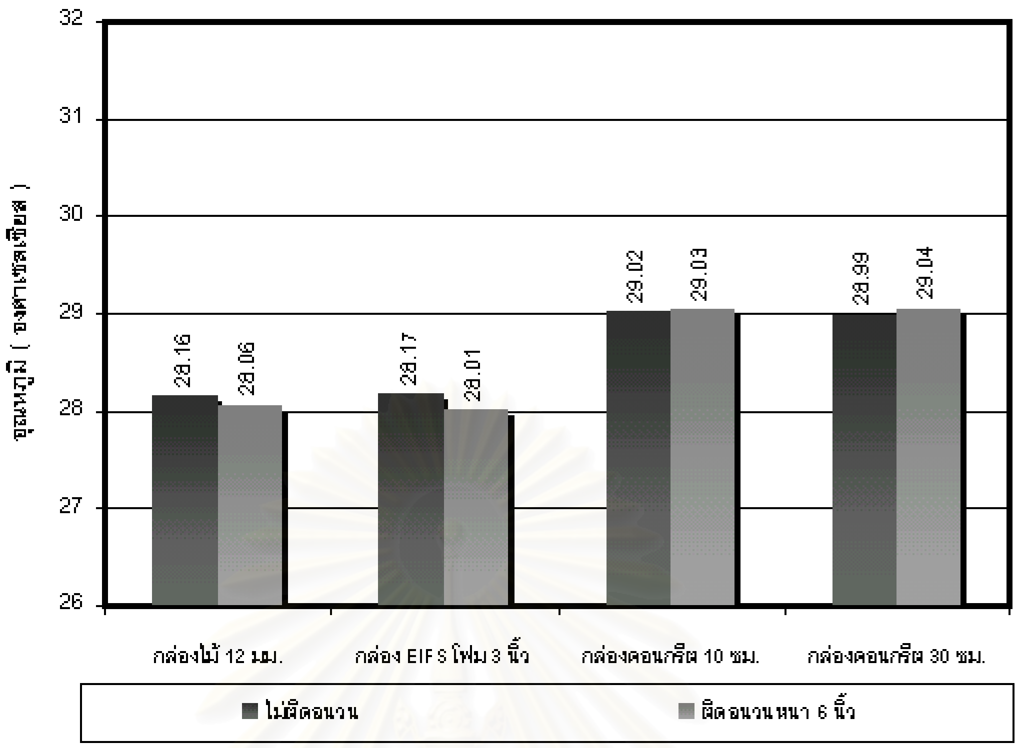
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละวัสดุกับการใช้ฉนวนที่ต่างกันในกรณีไม่มีการไหลเวียนอากาศธรรมชาติเหมือนกันจะพบว่าเมื่อมีการใช้ฉนวนจะเป็นการลดความแตกต่างของอุณหภูมิของทุกล่องทดลอง โดยจะลดอุณหภูมิอากาศสูงสุดให้ลดลงในขณะเดียวกันก็จะเพิ่มอุณหภูมิอากาศต่ำสุด จึงเป็นการลดความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ ดังแผนภูมิที่ 4.40



แผนภูมิที่ 4.40 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีติดและไม่ติดฉนวนเมื่อไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

เมื่อมีการติดฉนวนจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยซึ่งใกล้เคียงกับการไม่ติดฉนวนมาก ดังแผนภูมิที่ 4.41 หากวัสดุมวลสารน้อยแต่มีค่าการป้องกันความร้อนต่ำจะทำให้อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงกลางวันลดลงแต่ตอนกลางคืนเพิ่มขึ้น แต่ในกรณีของวัสดุมวลสารมากการติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิเฉลี่ยในเวลากลางคืนเนื่องจากมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไปในเวลากลางคืน และจะเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยในเวลากลางวันเนื่องจากมีการหน่วงเหนี่ยวผลจากการแผ่รังสีให้ท้องฟ้าได้น้อยมาในเวลากลางวัน ส่วนวัสดุที่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงแต่มวลสารน้อยจะสามรถลดอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงกลางวันได้เล็กน้อยแต่กลับเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยในเวลากลางคืน จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งวัน

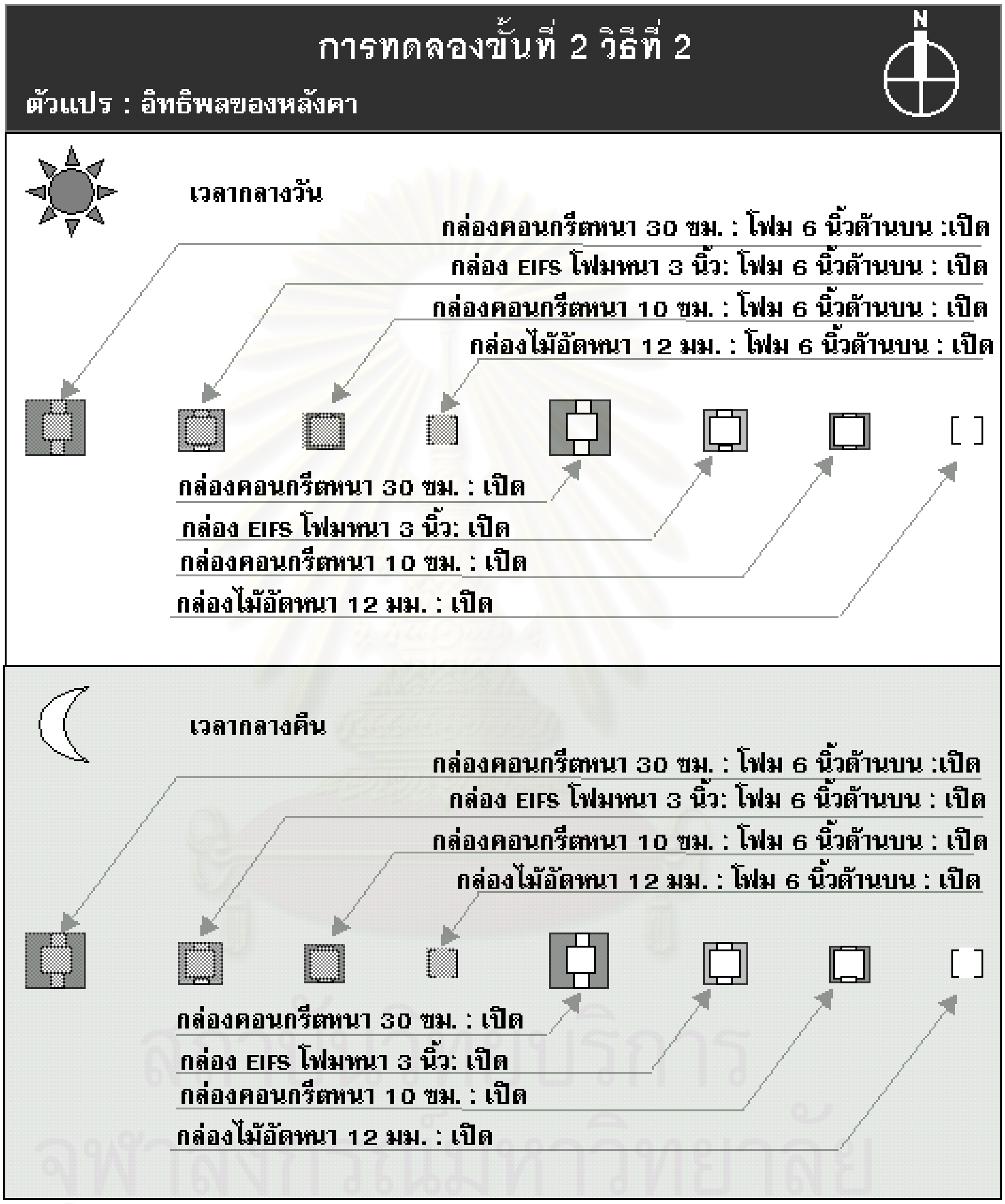


แผนภูมิที่ 4.41 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกรณีติดและไม่ติดฉนวนกรณีไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

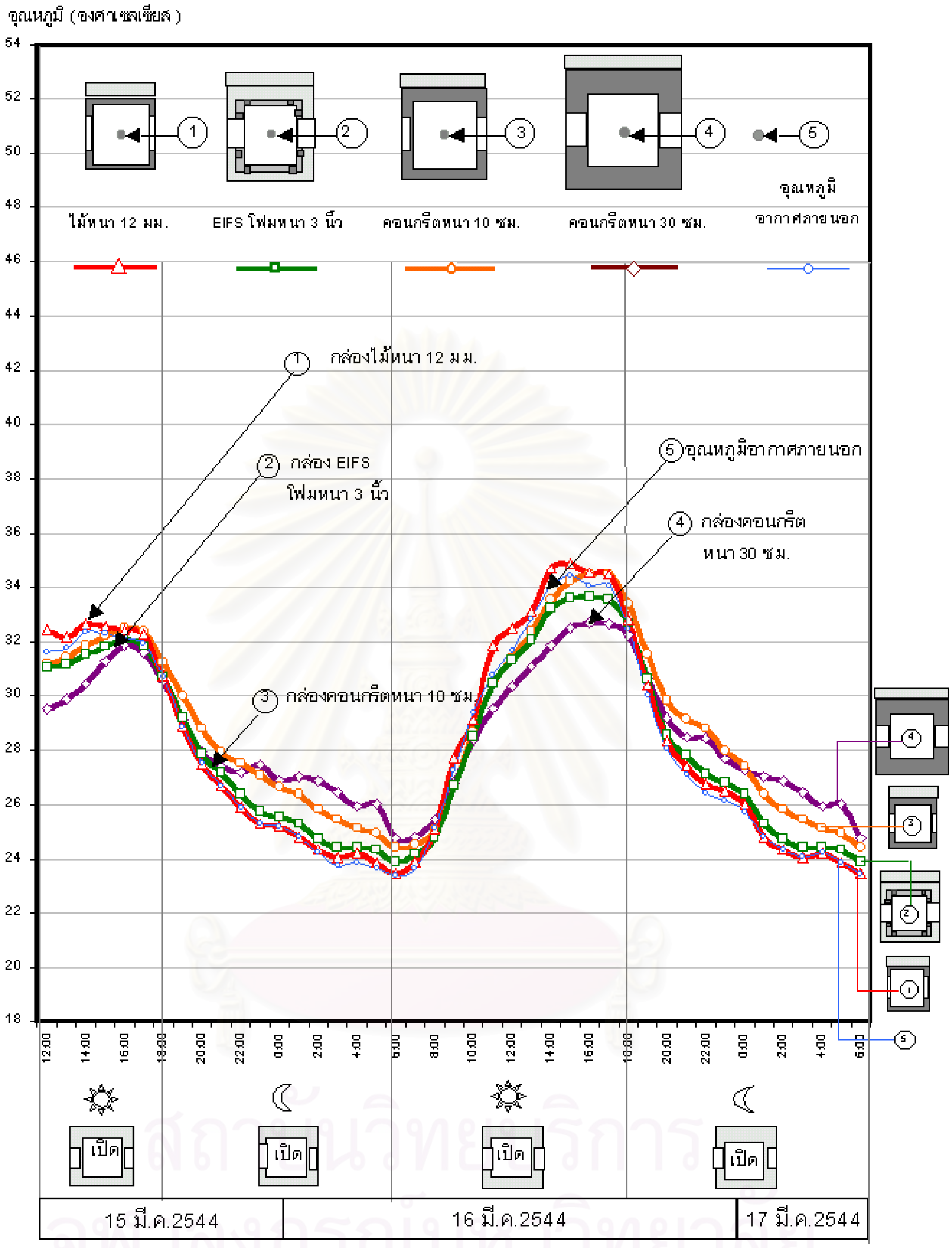
เมื่อพิจารณาเรื่องการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจะพบว่าเมื่อไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติจะส่งผลให้เกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อนตามลักษณะมวลสารและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ ซึ่งเมื่อติดฉนวนเพิ่มบนหลังคาจะพบว่ามีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ดังนั้นอิทธิพลของมวลสารจึงส่งผลในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากกว่าการติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคาเมื่อไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

4.3.2 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน

มีรูปแบบการวิจัยดังรูปที่ 4.7



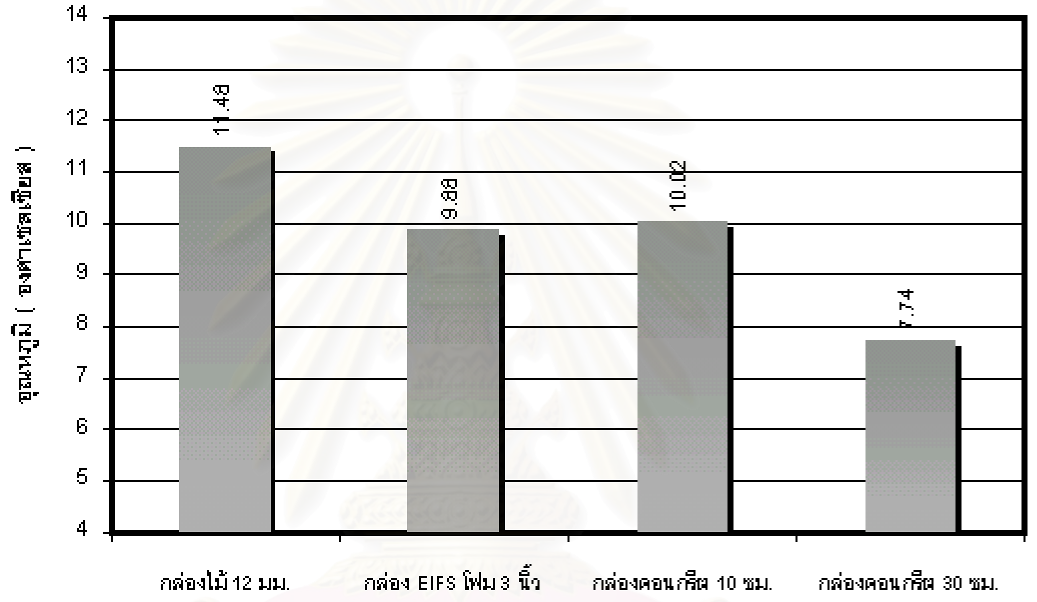
รูปที่ 4. 7 การทดสอบช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเปรียบเทียบกล่องชุดที่ติดฉนวนและไม่ติดฉนวนที่เปลือกอาคารด้านบน



แผนภูมิที่ 4.42 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องติดฉนวนเหมือนกัน ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเหมือนกัน

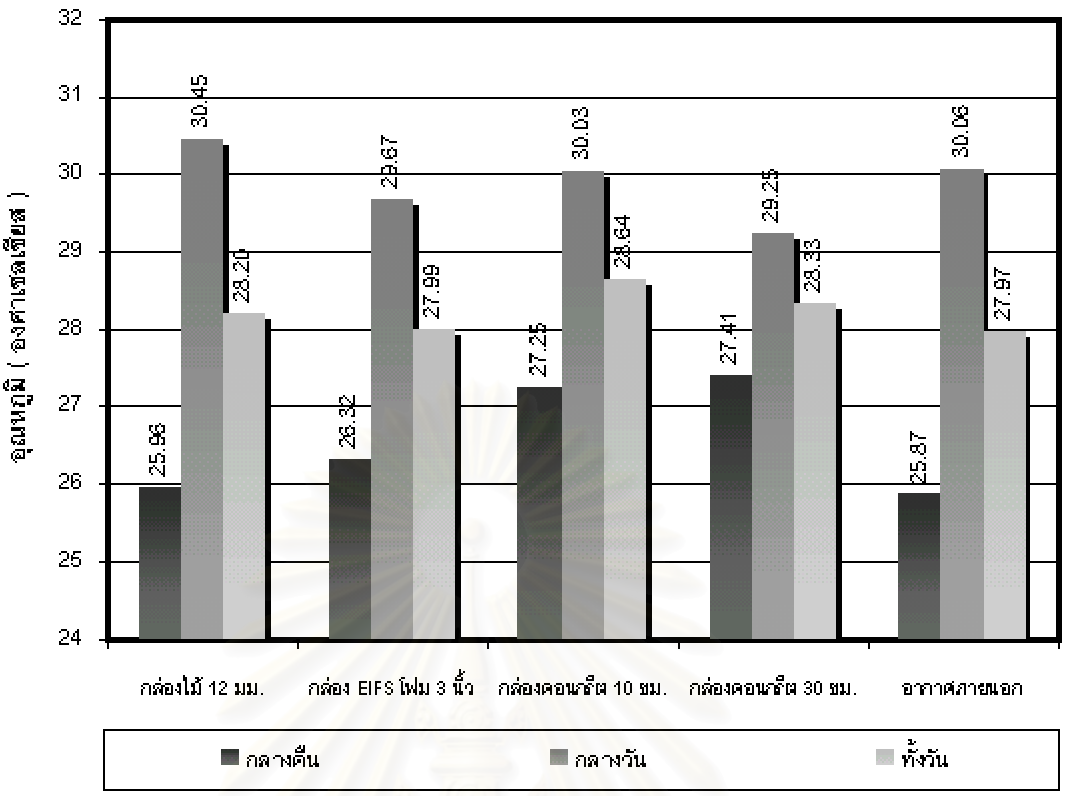
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 15 มีนาคม 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 17 มีนาคม 2544 เวลา 6:00 น.

จากแผนภูมิที่ 4.42 เมื่อมีการติดฉนวนหนา 6 นิ้วที่เปลือกอาคารด้านบนและใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดเวลาเหมือนกัน จะส่งผลให้แต่ละกล่องทดลองแต่ละกล่องมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างกัน โดยวัสดุที่มีมวลสารแตกต่างกันค่าการป้องกันความร้อนใกล้เคียงกันจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างกัน และเมื่อวัสดุมีมวลสารน้อยเหมือนกันแต่ค่าการป้องกันความร้อนแตกต่างกันจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างกัน อิทธิพลที่ส่งผลจึงประกอบด้วยทั้งมวลสารและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร ดังแผนภูมิ 4.43



แผนภูมิที่ 4.43 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเมื่อมีการติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา และใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน

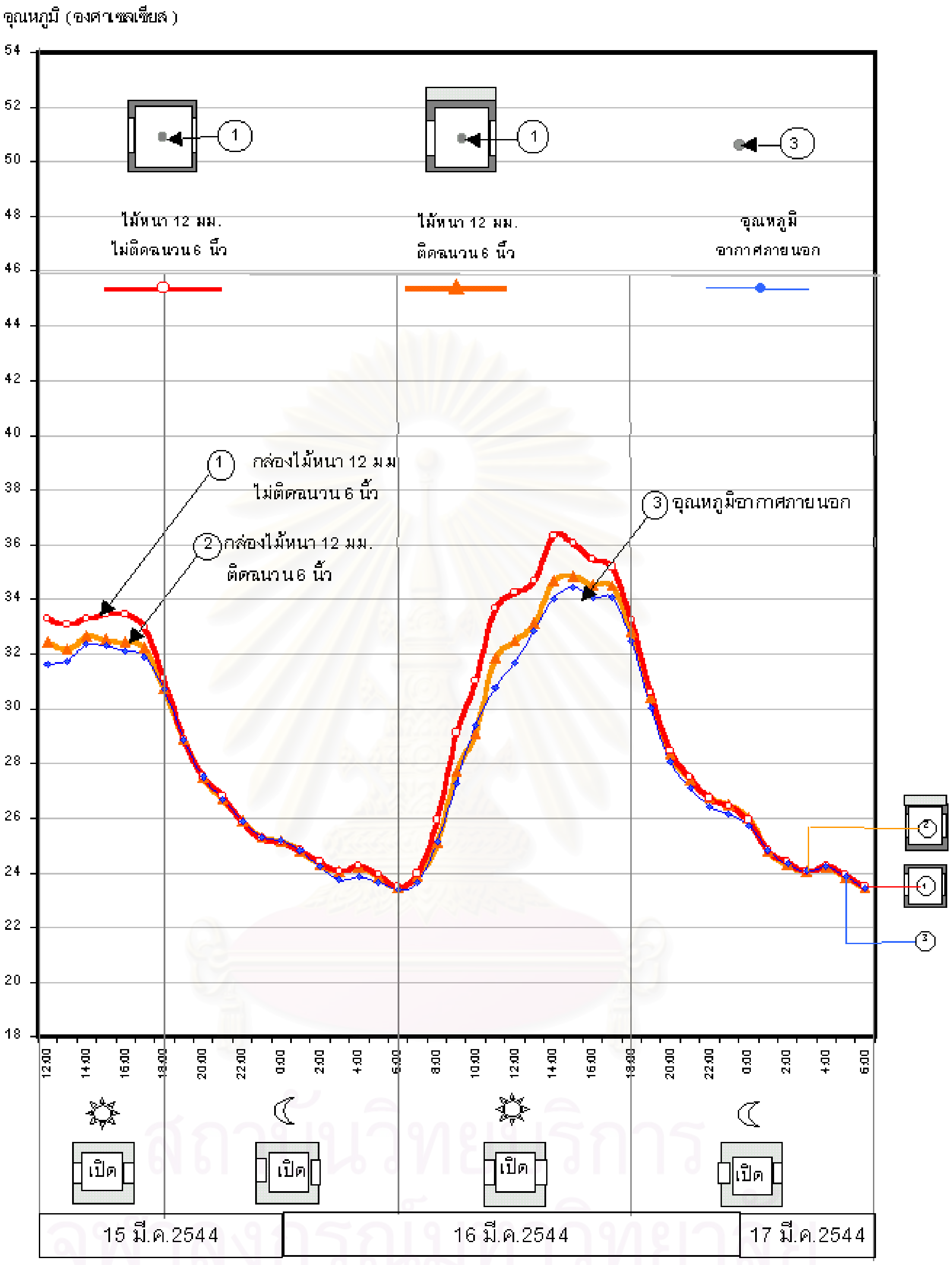
เมื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยจะพบว่าเมื่อมีการติดฉนวนและใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันจะพบว่าทุกกล่องมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในกล่องสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดเวลา จะพบว่ากล่องที่มีมวลสารน้อยจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุดแต่วัสดุที่มีมวลสารปานกลางจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงที่สุดโดยมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักระหว่างวัสดุมวลสารน้อย ปานกลางและมาก ซึ่งหากมีค่าการป้องกันความร้อนสูงจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุดโดยมีค่าเกือบเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก ดังแผนภูมิที่ 4.44



แผนภูมิที่ 4.44 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในกรณีติดฉนวนที่หลังคาและใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน

เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันจะทำให้ทุกวัสดุมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนใกล้เคียงกัน ซึ่งหมายความว่าอิทธิพลของเปลือกอาคารที่ทำให้มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนแตกต่างกันถูกอิทธิพลของการไหลเวียนอากาศตลอดวันทำให้มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ใกล้เคียงกันดังนั้นอิทธิพลของการใช้การไหลเวียนอากาศจึงเหนือกว่าการเปลือกอาคารในเรื่องการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

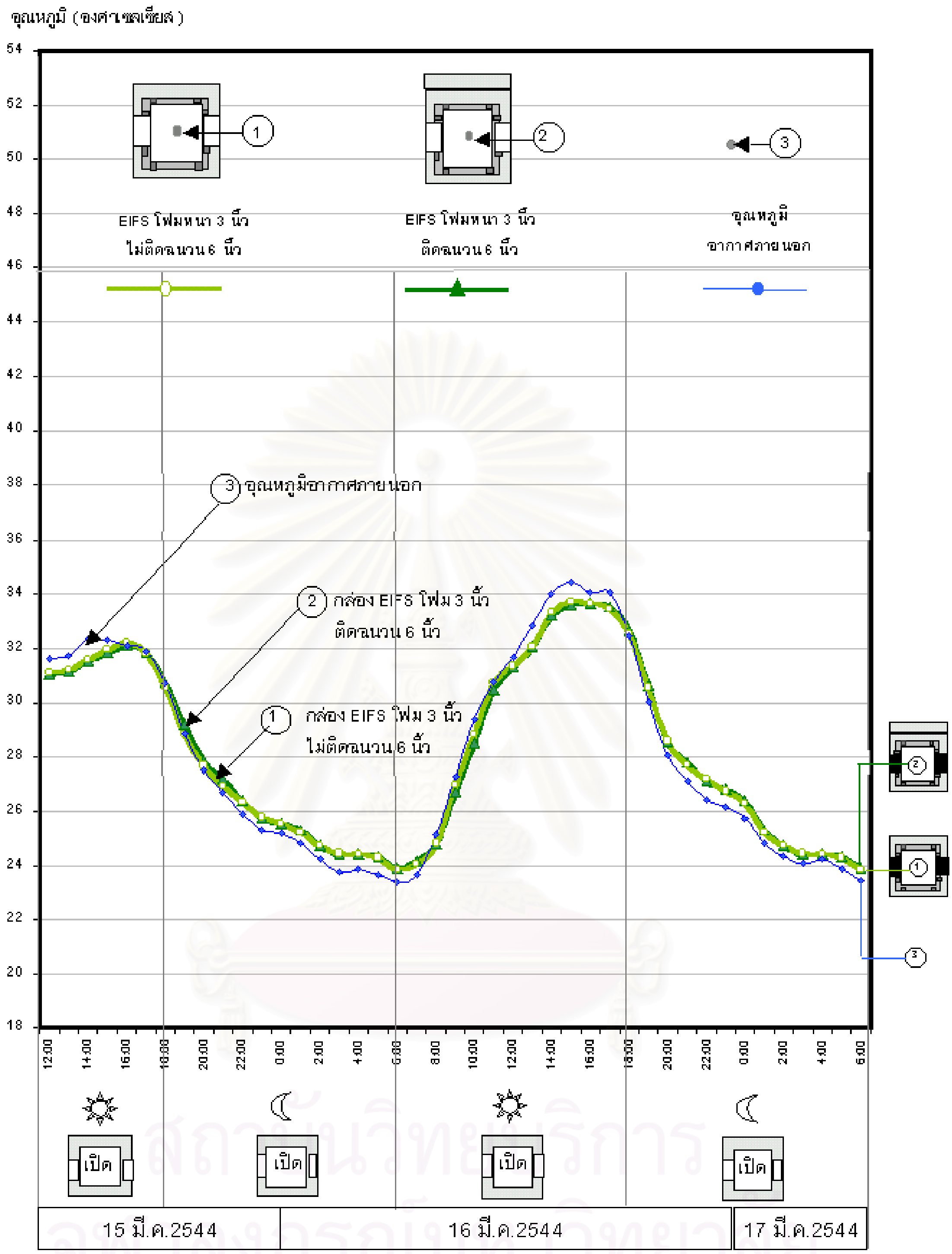
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.45 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน

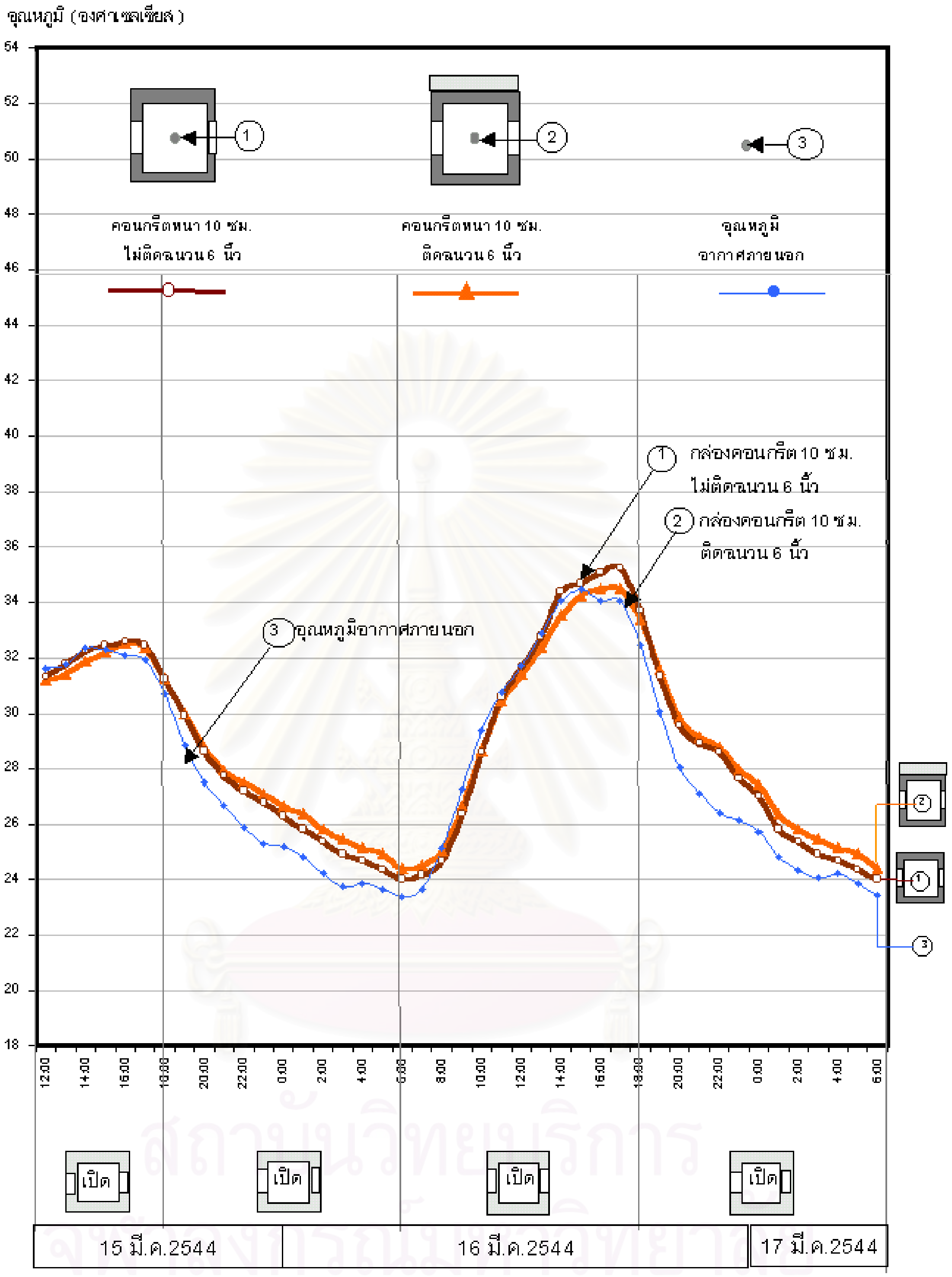
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 15 มีนาคม 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 17 มีนาคม 2544 เวลา 6:00 น.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



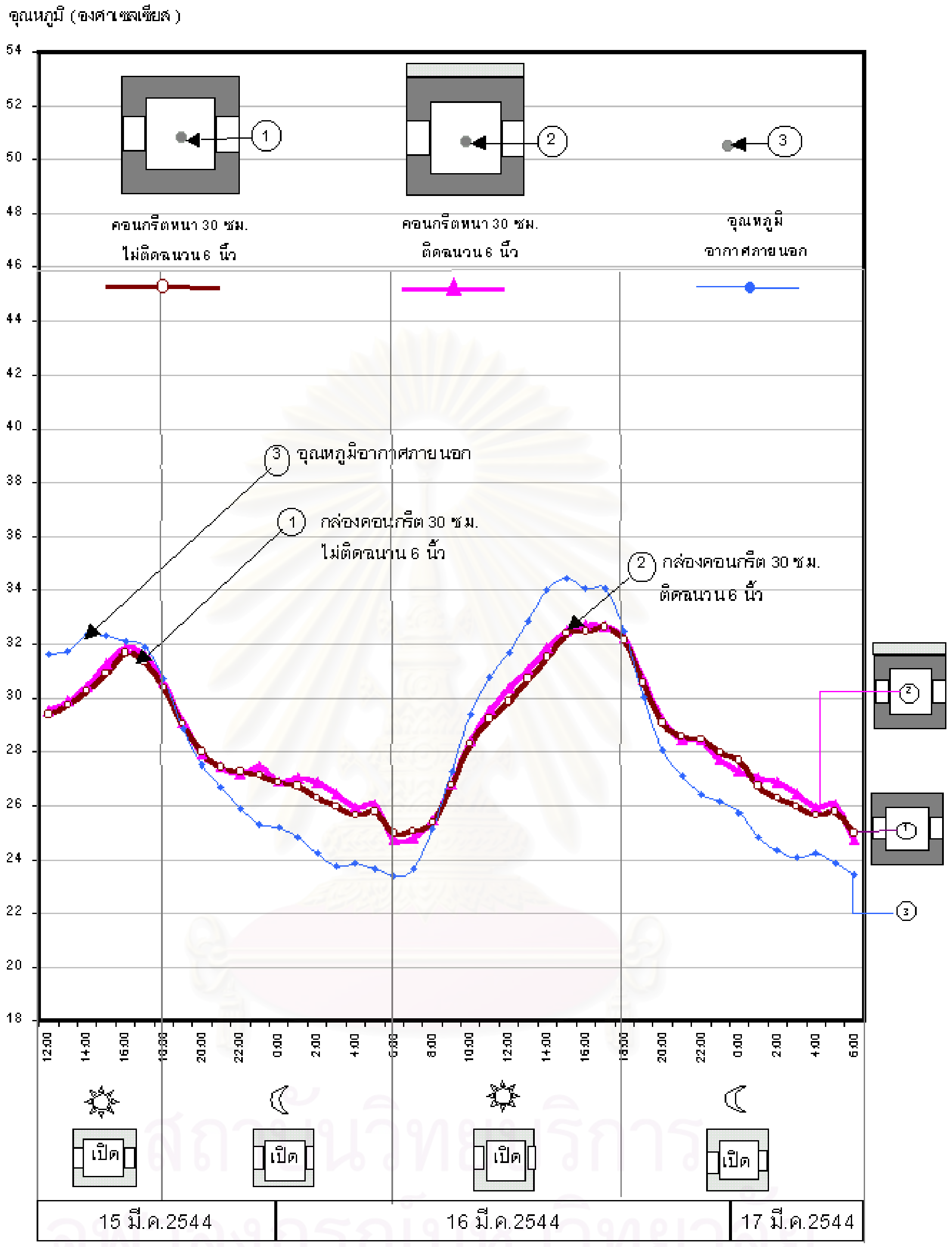
แผนภูมิที่ 4.46 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟมหนา 3 นิ้วโดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 15 มีนาคม 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 17 มีนาคม 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.47 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 10 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน

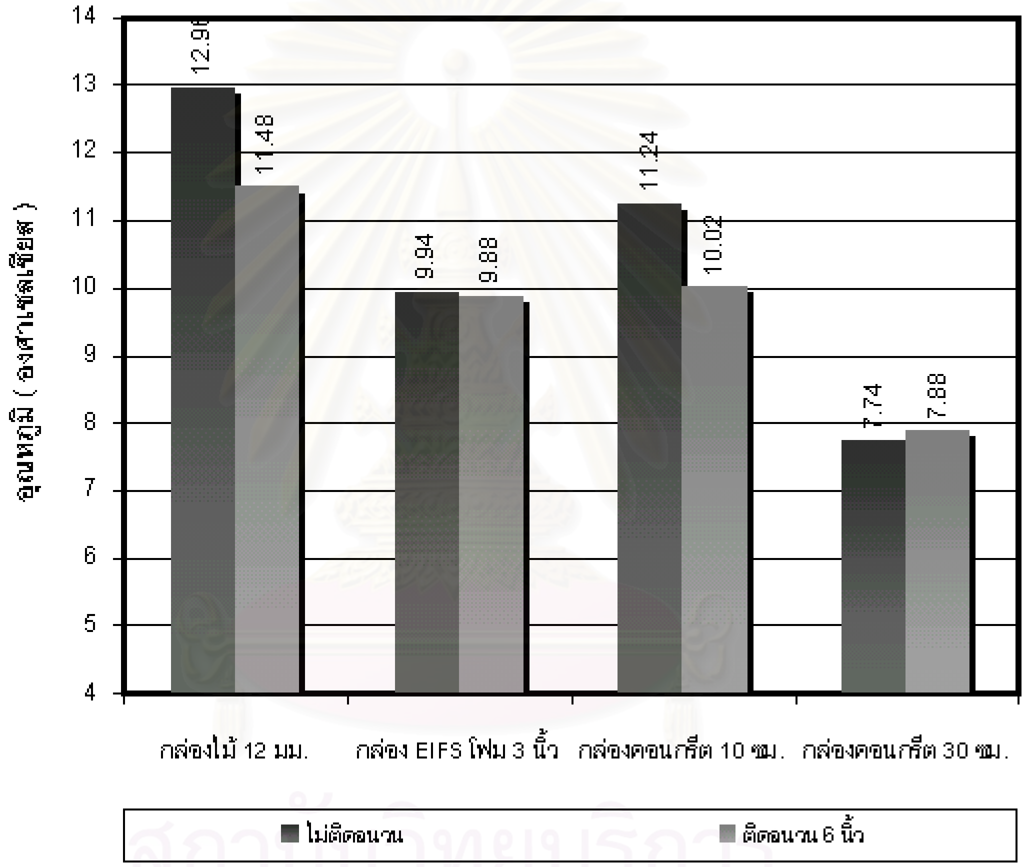
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 15 มีนาคม 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 17 มีนาคม 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.48 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 30 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 15 มีนาคม 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 17 มีนาคม 2544 เวลา 6:00 น.

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละวัสดุกับการใช้ฉนวนที่ต่างกันในกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันจะพบว่าหากทำการติดฉนวนจะช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิกรณีมวลสารน้อยและปานกลาง ซึ่งจะลดอุณหภูมิอากาศสูงสุดและมีแนวโน้มจะเพิ่มอุณหภูมิต่ำสุดในกรณีที่วัสดุมีมวลสารเพิ่มขึ้นระดับหนึ่ง แต่วัสดุที่มีมวลสารมากและวัสดุที่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงมวลสารน้อยจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศสูงสุดและความแตกต่างของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยซึ่งวัสดุมวลสารมากเมื่อติดฉนวนจะเพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดเล็กน้อย ดังแผนภูมิที่ 4.49

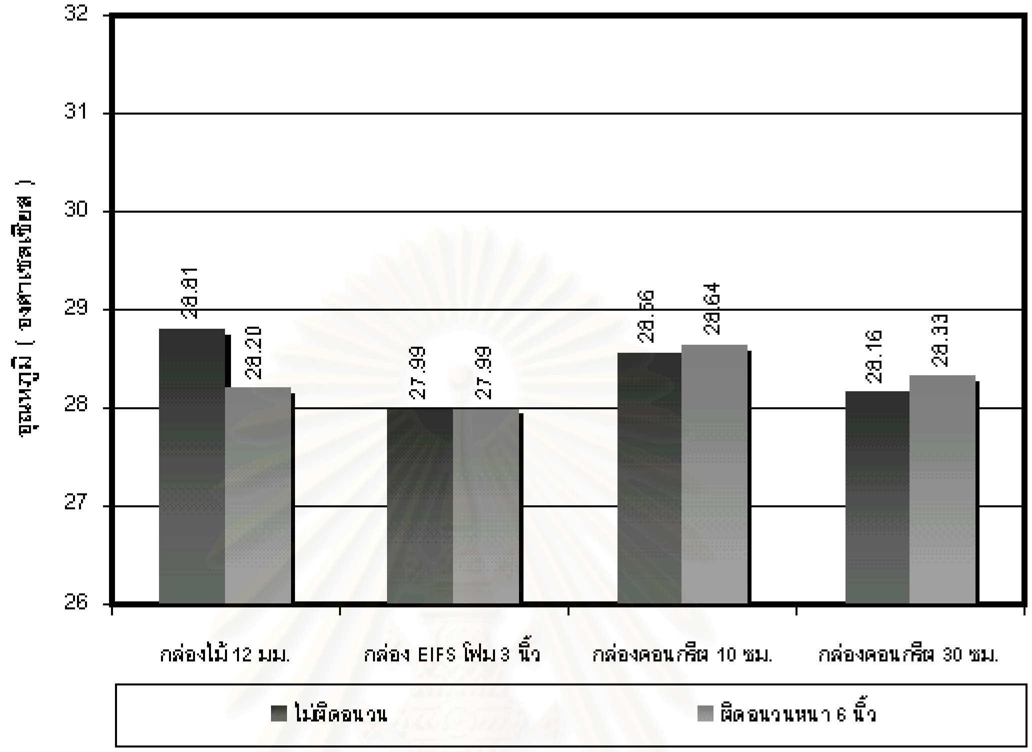


แผนภูมิที่ 4.49 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีติดและไม่ติดฉนวนเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน

เมื่อมีการติดฉนวนจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในกรณีวัสดุมีมวลสารปานกลางถึงมาก ในวัสดุมวลสารปานกลางการติดฉนวนจะมีแนวโน้มลดอุณหภูมิอากาศช่วงกลางวันแต่ก็จะเพิ่มอุณหภูมิอากาศเวลากลางคืน ส่วนวัสดุมวลสารมากการติดฉนวนจะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งกลางวันและคืนเล็กน้อยทำให้มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันเพิ่มขึ้น ในกรณีวัสดุมวลสารน้อยจะมีแนวโน้มในการลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยโดยเฉพาะจะลดอุณหภูมิอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เฉลี่ยในเวลากลางวันแต่ในเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ในกรณีวัสดุมีมวลสารน้อยและค่าการป้องกันความร้อนสูงการติดฉนวนจะไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ย



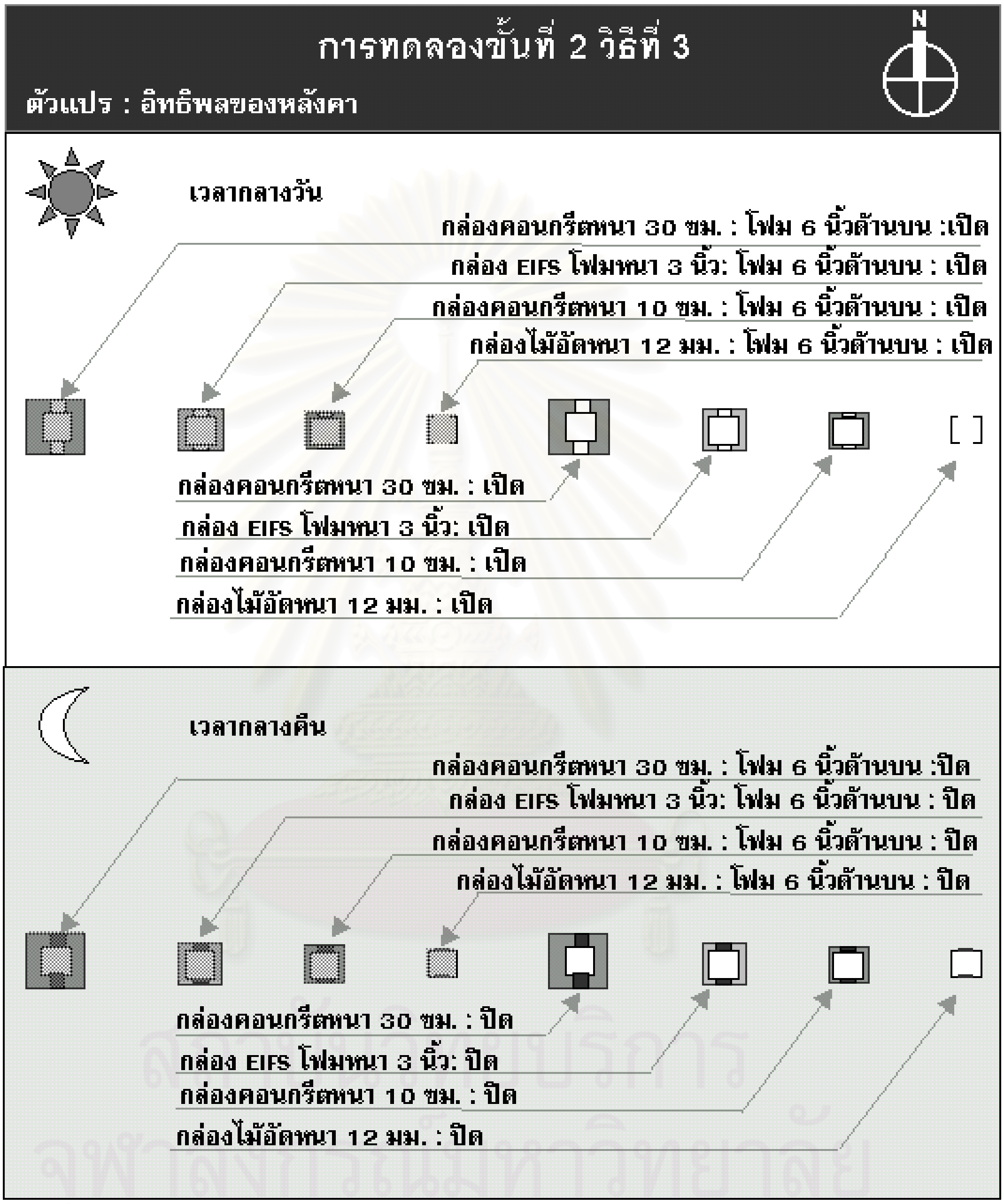
แผนภูมิที่ 4.50 การเปรียบเทียอุณหภูมิอากาศกรณีติดและไม่ติดฉนวน

กรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน

เมื่อพิจารณาเรื่องการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจะพบว่าเมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันจะส่งผลให้เกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อนตามอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นหลัก ซึ่งเมื่อติดฉนวนที่หลังคาแล้วจะไม่ส่งผลให้การหน่วงเหนี่ยวความร้อนเปลี่ยนแปลงไปมากนัก ดังนั้นอิทธิพลของการใช้การไหลเวียนอากาศจึงส่งผลเหนือกว่าการติดฉนวน 6 นิ้วที่เปลือกอาคารด้านบน

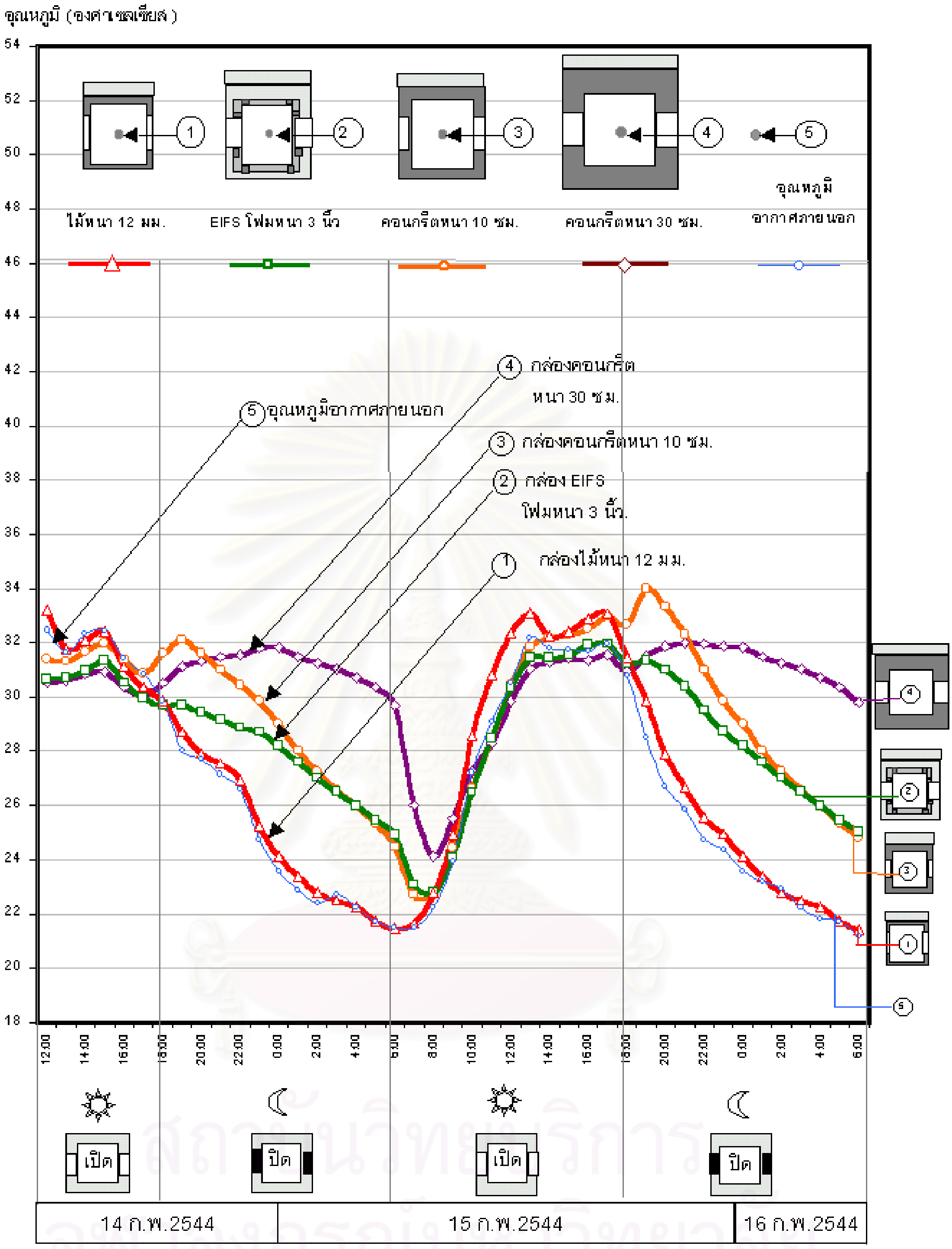
4.3.3 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน

มีรูปแบบการวิจัยดังภาพที่ 4.8



รูปที่ 4. 8 การทดสอบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน เปรียบเทียบ

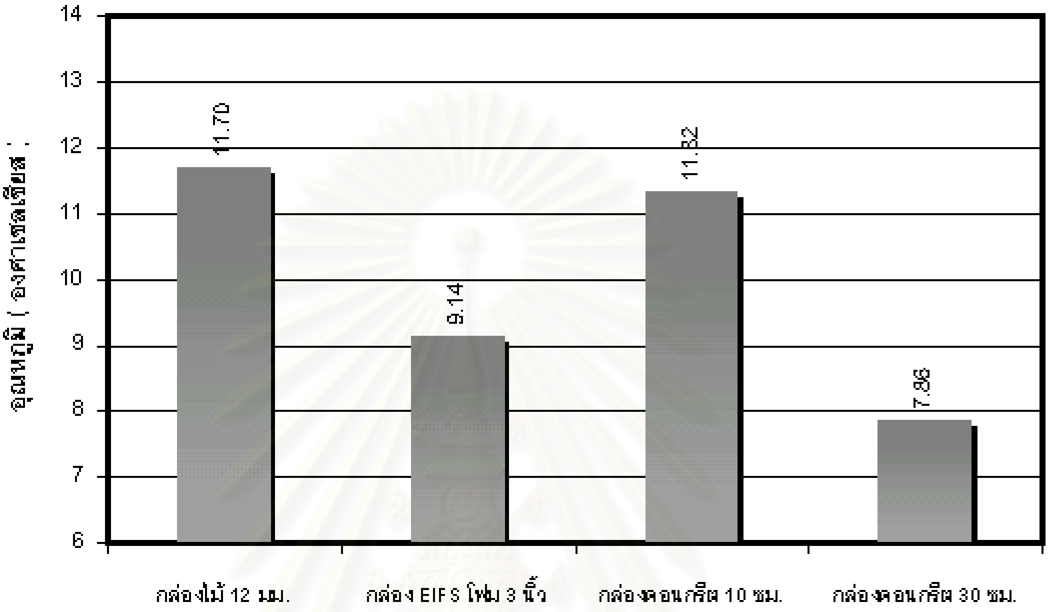
กล่องชุดที่ติดฉนวนและไม่ติดฉนวนที่เปลือกอาคารด้านบน



แผนภูมิที่ 4.51 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องติดฉนวนเหมือนกัน ใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน

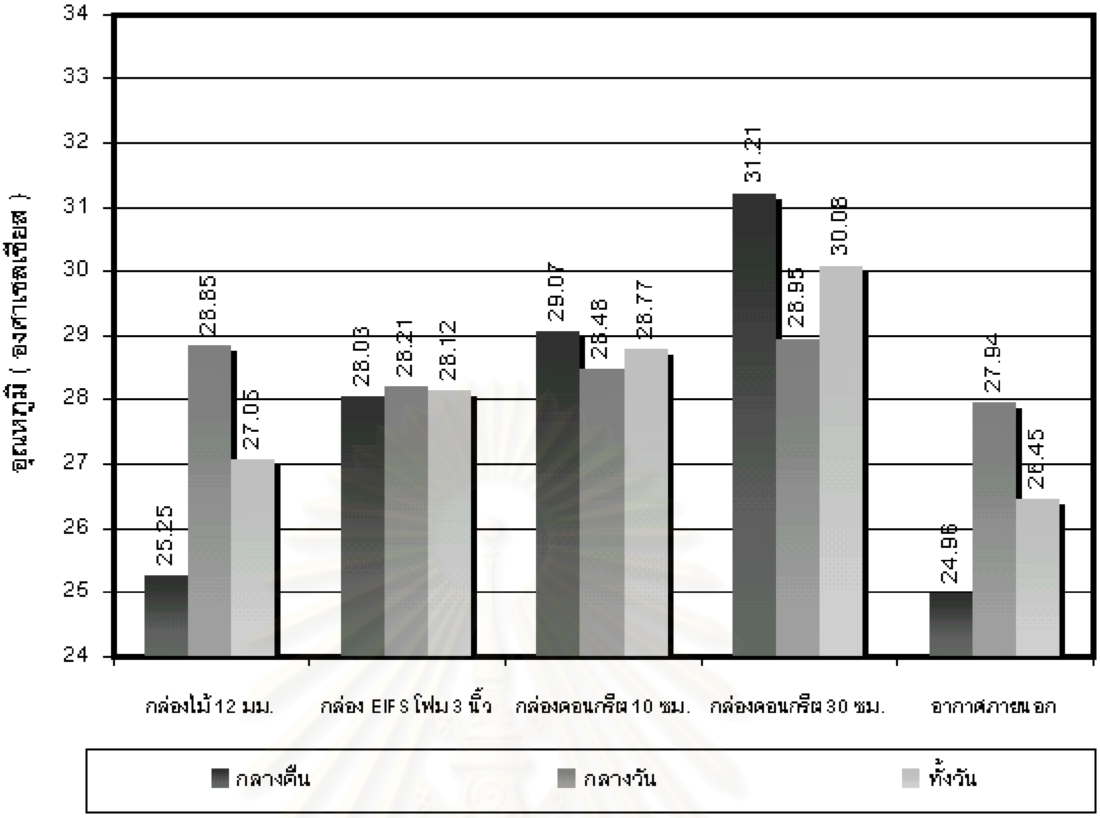
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.

จากแผนภูมิที่ 4.51 เมื่อมีการติดฉนวนหนา 6 นิ้วที่เปลือกอาคารด้านบนและมีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน จะส่งผลให้ทุกกล่องทดลองมีความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างกัน ทั้งวัสดุที่มีค่าการป้องกันความร้อนใกล้เคียงกันแต่มวลสารแตกต่างกัน และวัสดุที่มีค่าการป้องกันความร้อนแตกต่างกันแต่มวลสารใกล้เคียงกัน ดังแผนภูมิที่ 4.52



แผนภูมิที่ 4.52 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเมื่อมีการติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา และใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน

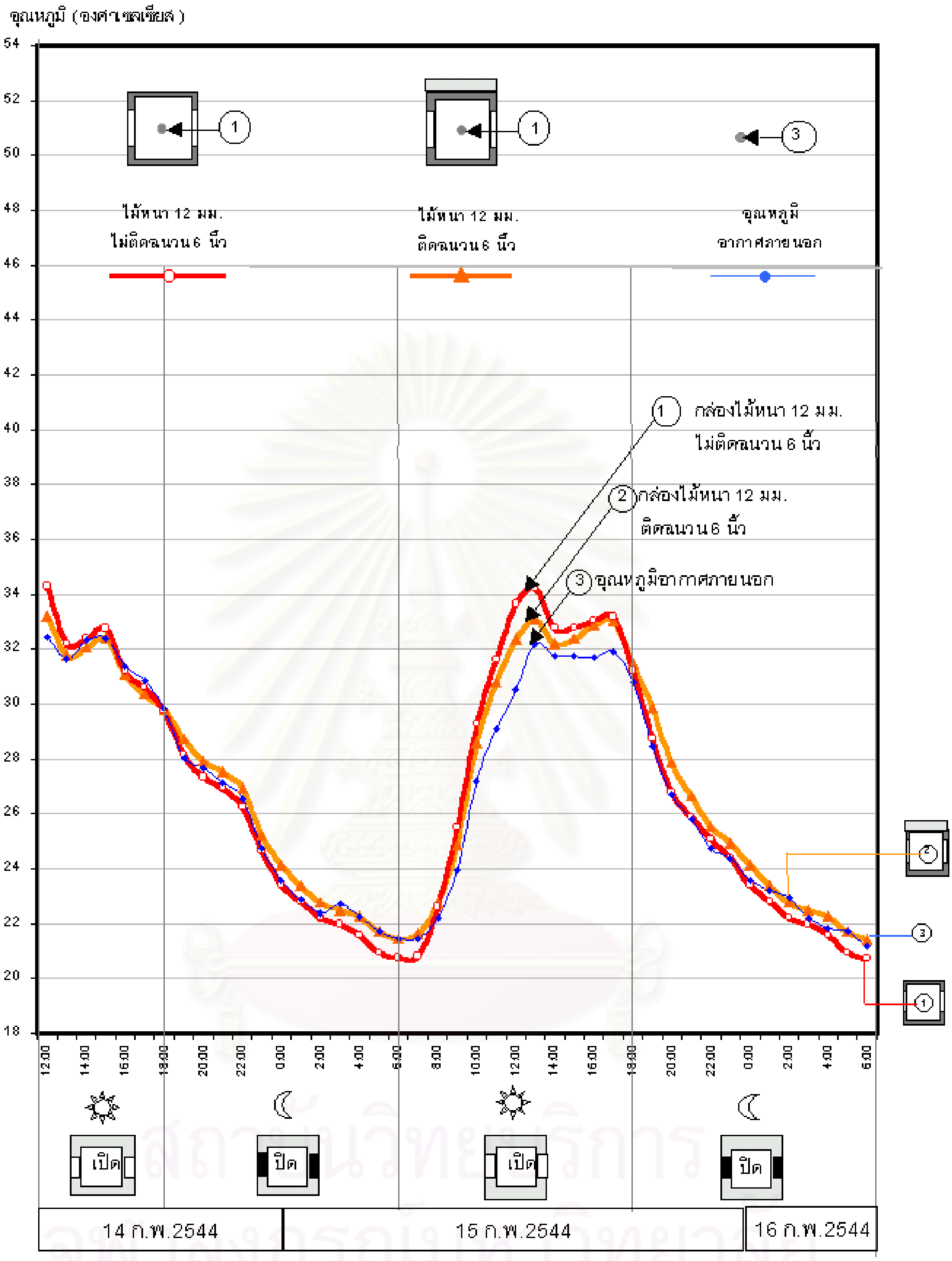
เมื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยจะพบว่าเมื่อมีการติดนวนและมีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันจะพบว่าทุกกล่องทดลองมีอุณหภูมเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ จะพบว่าวัสดุที่ยิ่งมีมวลสารมากจะยิ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในสูงขึ้น เนื่องจากวัสดุมวลสารมากจะมีการกักเก็บความร้อนไปในเวลากลางคืนที่มีการปิดกล่องทดลองทำให้มีอุณหภูมิในกล่องสูงเวลากลางคืน ส่วนกล่องที่มีมวลสารน้อยและมีค่าการป้องกันความร้อนต่ำจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด เนื่องจากในช่วงกลางวันจะมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันมาช่วยพอตกกลางคืนก็ไม่เหลือความร้อนสะสมจึงทำให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศมากที่สุด ส่วนกล่อง EIFS จะมีความร้อนสะสมไปเวลากลางคืนบ้างจึงมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่ากล่องไม้แต่ต่ำกว่ากล่องคอนกรีต ดังแผนภูมิที่ 4.53



แผนภูมิที่ 4.53 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในกรณีติดฉนวนที่หลังคา

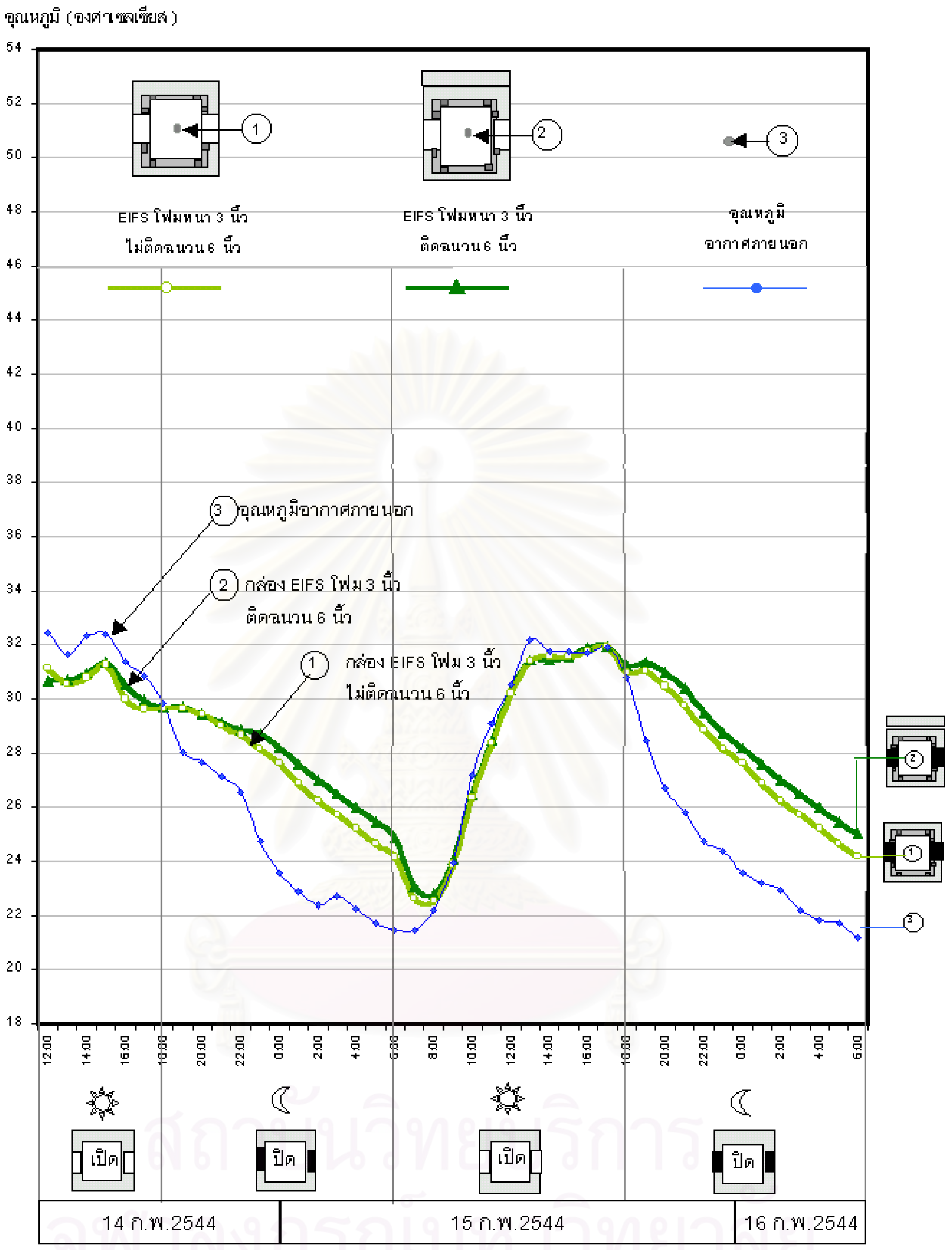
และใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน

วัสดุที่มีมวลสารมากจะมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไปในเวลากลางคืนจึงทำให้เกิดอุณหภูมิสูงสุดเมื่อปิดกล่องทดลอง ซึ่งหากในเวลากลางวันอุณหภูมิอากาศสูงมากอาจทำให้อุณหภูมิอากาศในกล่องทดลองเวลากลางวันสูงกว่าเวลากลางคืน แต่หากวัสดุที่มีมวลสารน้อยจะทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ซึ่งเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันจะทำให้วัสดุที่มีมวลสารปานกลางถึงมากมีความแปรปรวนในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากกว่าที่เกิดในวัสดุมวลสารน้อย ส่วนค่าการป้องกันความร้อนที่มากจะไม่ส่งผลมากนักในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน



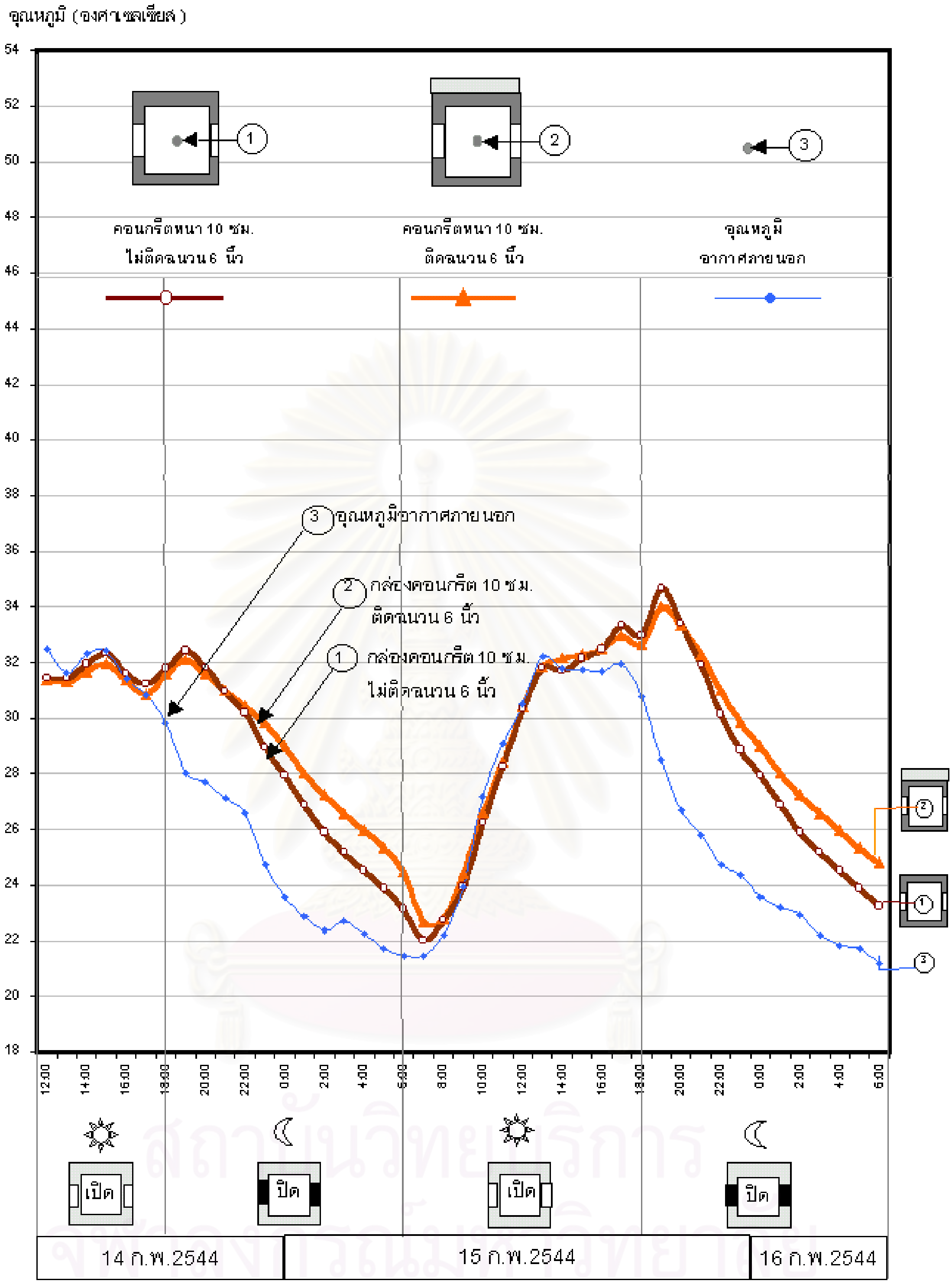
แผนภูมิที่ 4.54 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



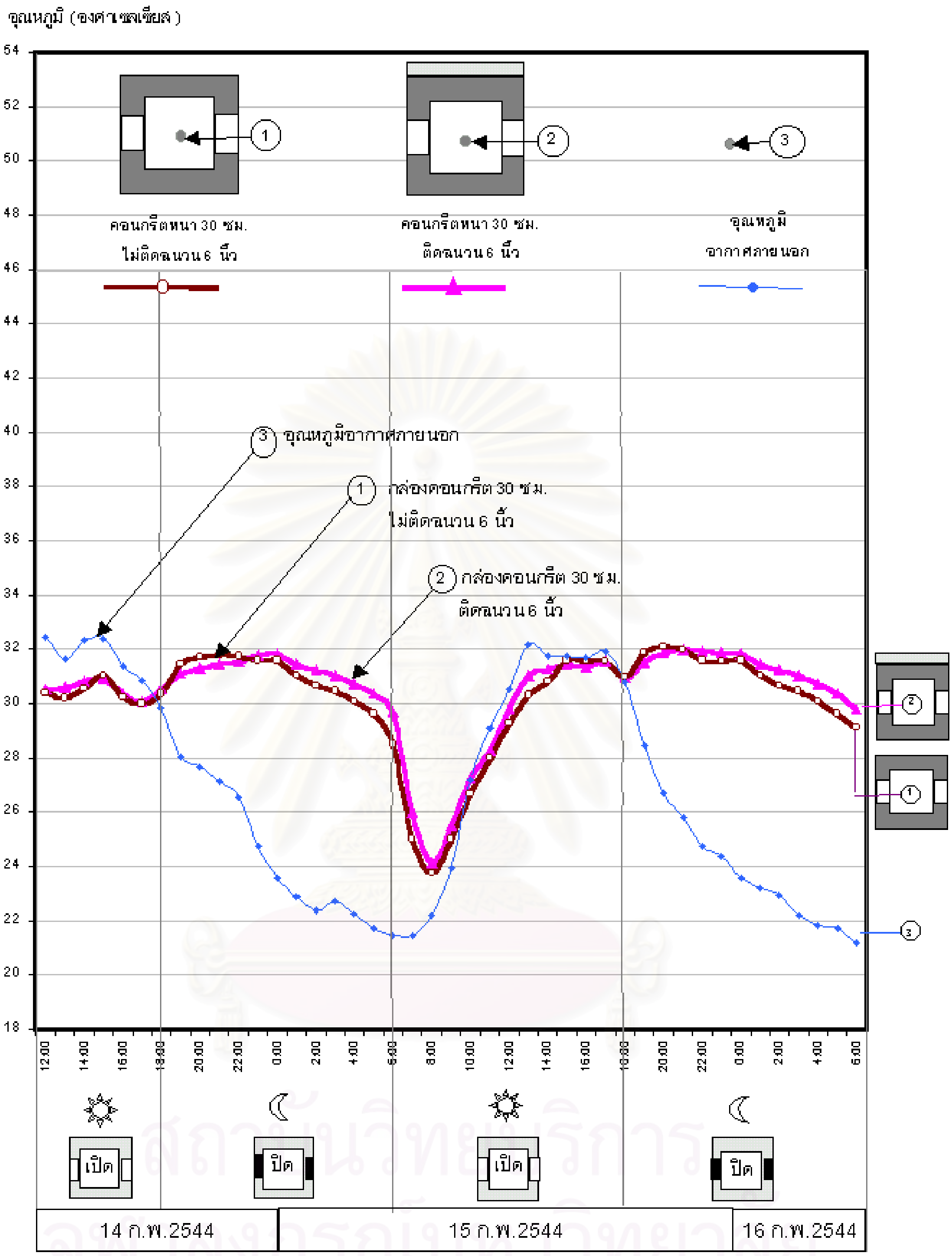
แผนภูมิที่ 4.55 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟมหนา 3 นิ้วโดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.56 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 10 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศวันกลางวันเหมือนกัน

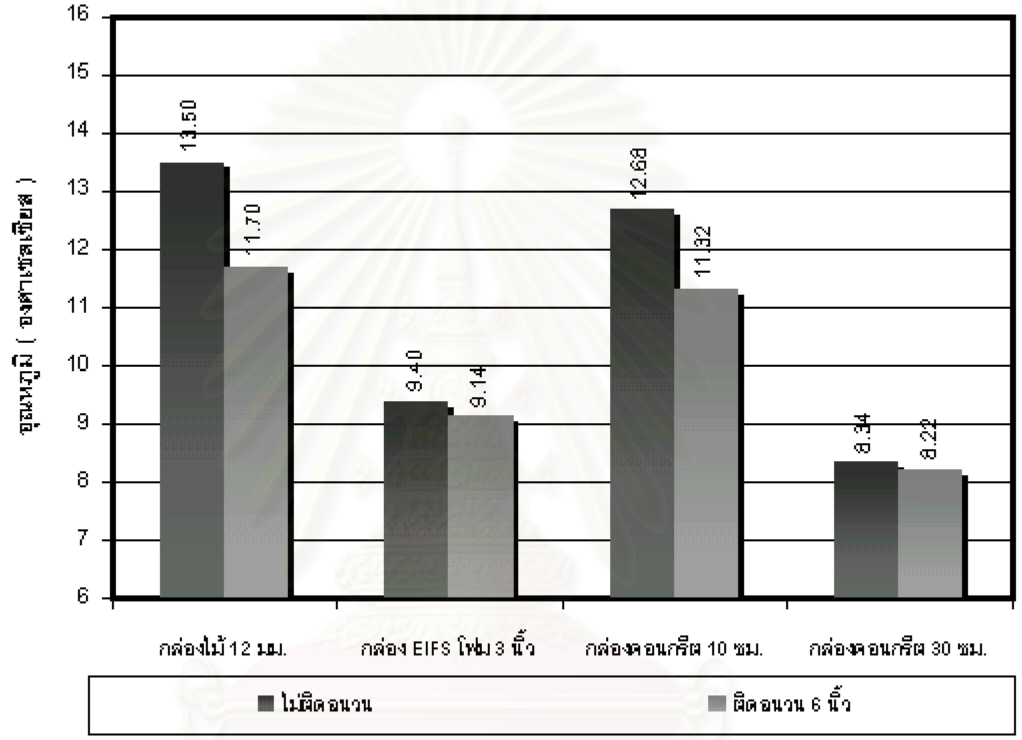
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.57 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 30 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน

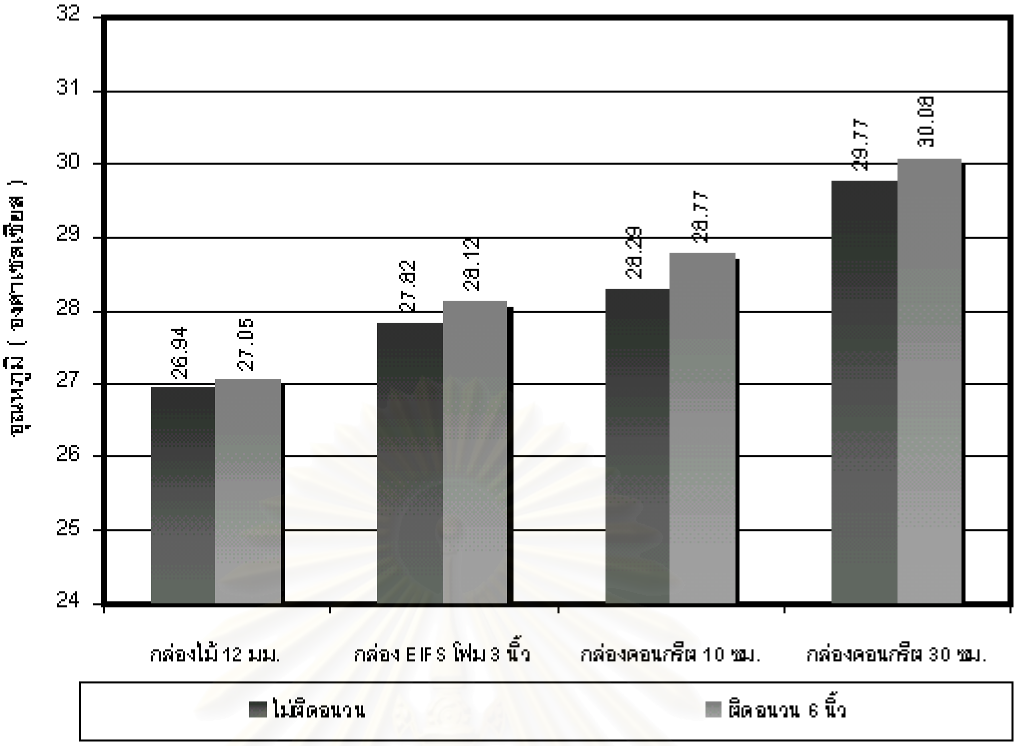
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.

เมื่อเปรียบเทียบวัสดุที่มีการติดฉนวนแตกต่างกันในกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเหมือนกัน หากติดฉนวนจะเป็นการลดความแตกต่างอุณหภูมิของทุกกล่องทดลองโดยกล่องที่มีค่าการป้องกันความร้อนไม่สูงนักจะช่วยลดอุณหภูมิอากาศสูงสุดแต่จะเพิ่มอุณหภูมิอากาศต่ำสุดด้วย แต่หากกล่องที่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงแต่มีมวลสารต่ำจะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิอากาศต่ำสุดเพียงอย่างเดียวแต่จะไม่มีการลดอุณหภูมิอากาศสูงสุดเนื่องจากมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากที่สุดแล้ว ดังแผนภูมิที่ 4.58



แผนภูมิที่ 4.58 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีติดและไม่ติดฉนวนเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน

เมื่อมีการติดฉนวนและใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันจะมีแนวโน้มที่จะเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในทุกกล่องทดลอง ดังแผนภูมิที่ 4.59 หากวัสดุมีมวลสารน้อยการติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเวลากลางวันแต่กลับเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยเวลากลางคืน ส่วนในกล่องอื่นๆอิทธิพลของการไหลเวียนอากาศจะทำให้การติดฉนวนไม่มีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเวลากลางวันแต่ในทางกลับกันในเวลากลางคืนเมื่อปิดกล่องจะทำให้อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงขึ้นเนื่องจากทำให้การสูญเสียความร้อนให้กับท้องฟ้าด้วยการแผ่รังสีเป็นไปได้ยาก

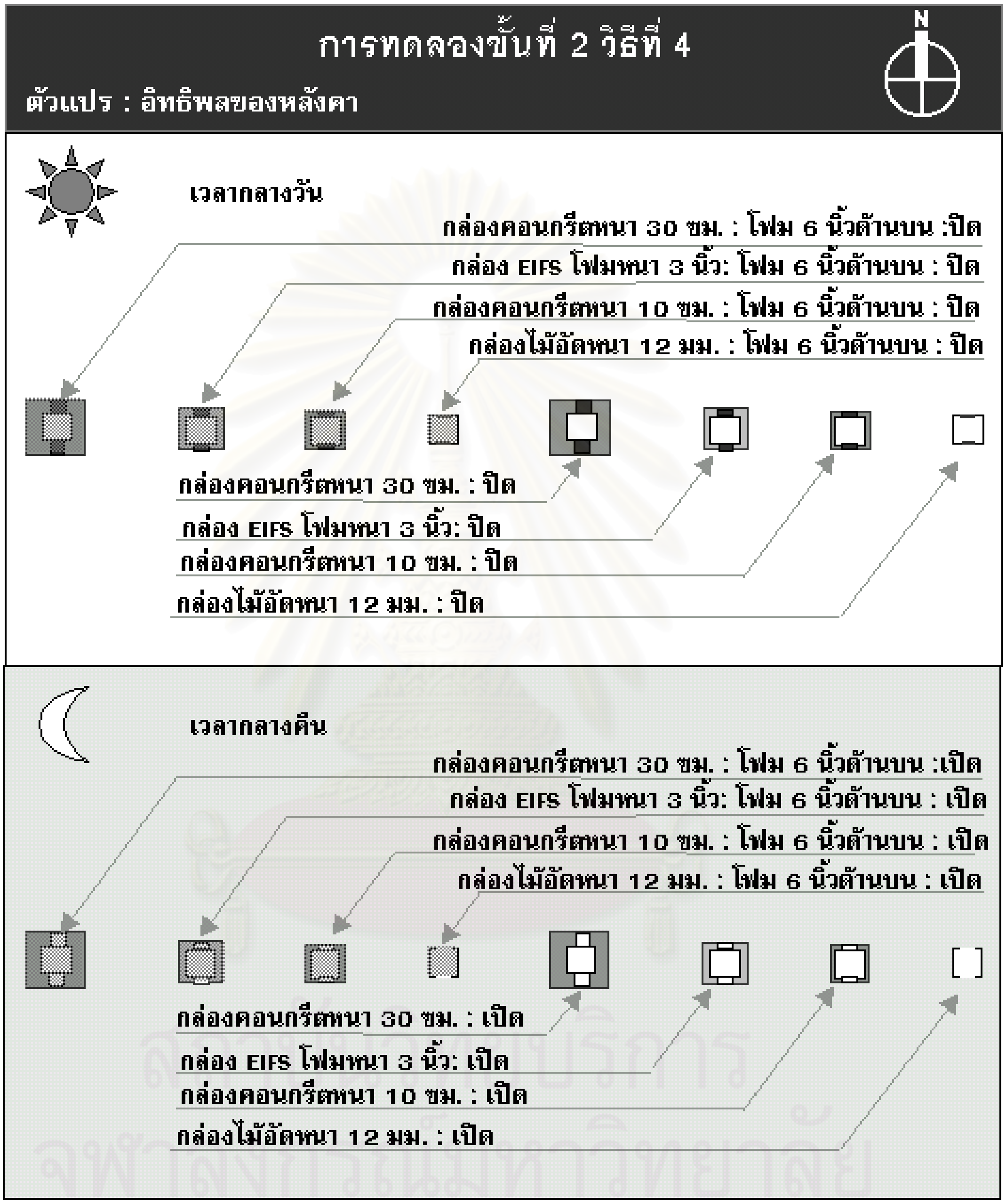


แผนภูมิที่ 4.59 การเปรียบเทียอุณหภูมิอากาศกรณีติดและไม่ติดฉนวนกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน

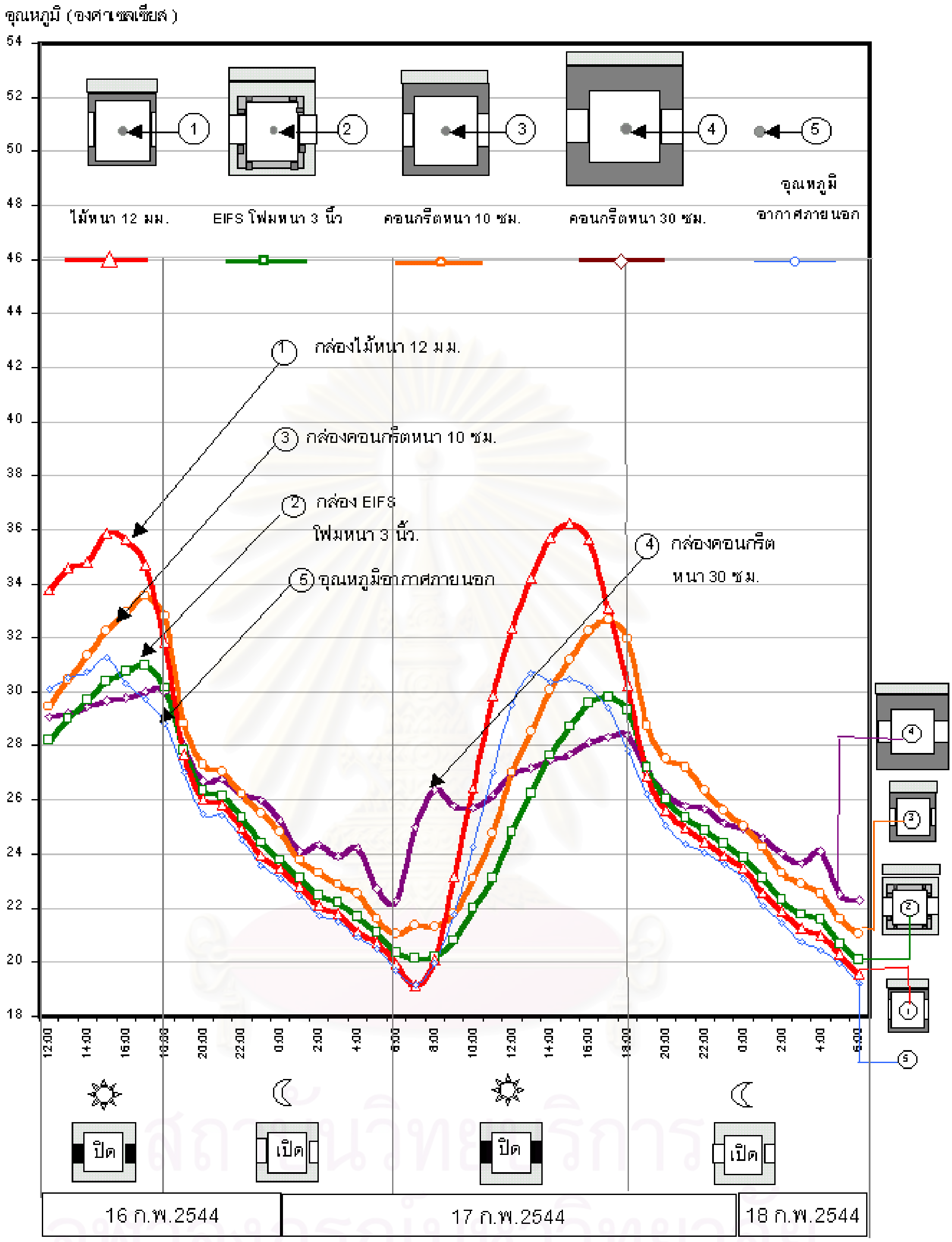
เมื่อพิจารณาเรื่องการหน่วงเหนี่ยวความร้อน จะพบว่าการการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในเวลากลางวันจะส่งผลให้มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเปลี่ยนแปลงไปและจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนในกรณีมวลสารปานกลางถึงมาก แต่เมื่อติดฉนวนจะพบว่าในทกกล่องทดลองจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ดังนั้นการใช้มวลสารจึงส่งผลในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากกว่าการติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคาเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน

4.3.4 การใช้การไหลเวียนอากาสเวลากลางคืน

มีรูปแบบการวิจัยดังภาพที่ 4.9



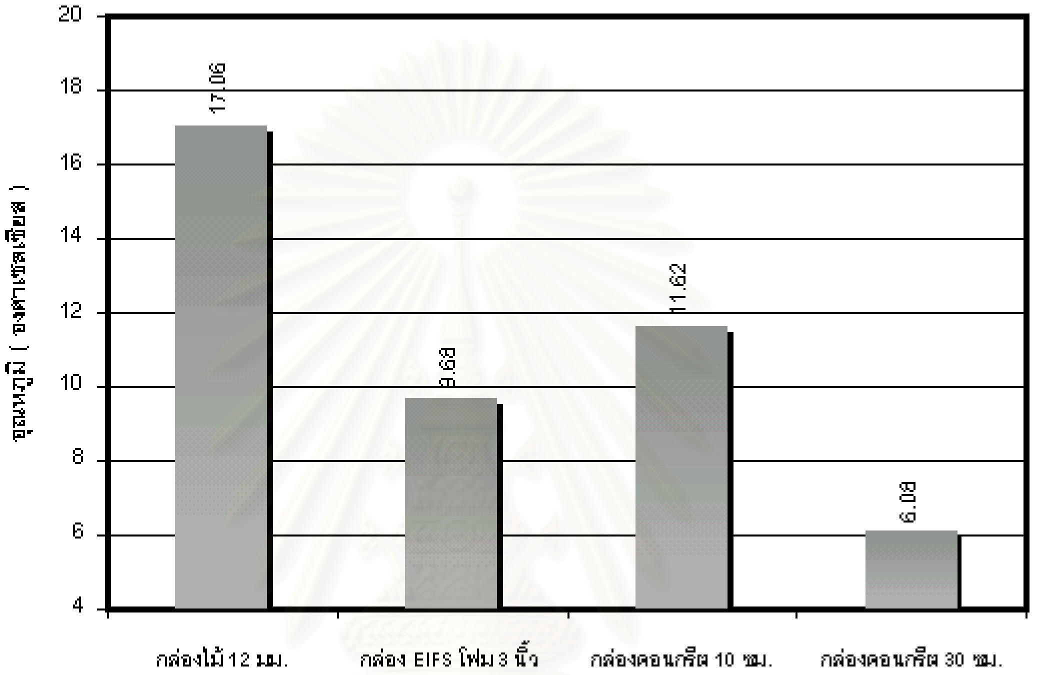
รูปที่ 4. 9 การทดสอบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน เปรียบเทียบ กล่องชุดที่ติดฉนวนและไม่ติดฉนวนที่เปลือกอาคารด้านบน



แผนภูมิที่ 4.60 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองทดลองที่มีมวลสารและการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน โดยแต่ละกล่องติดฉนวนเหมือนกัน ใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน

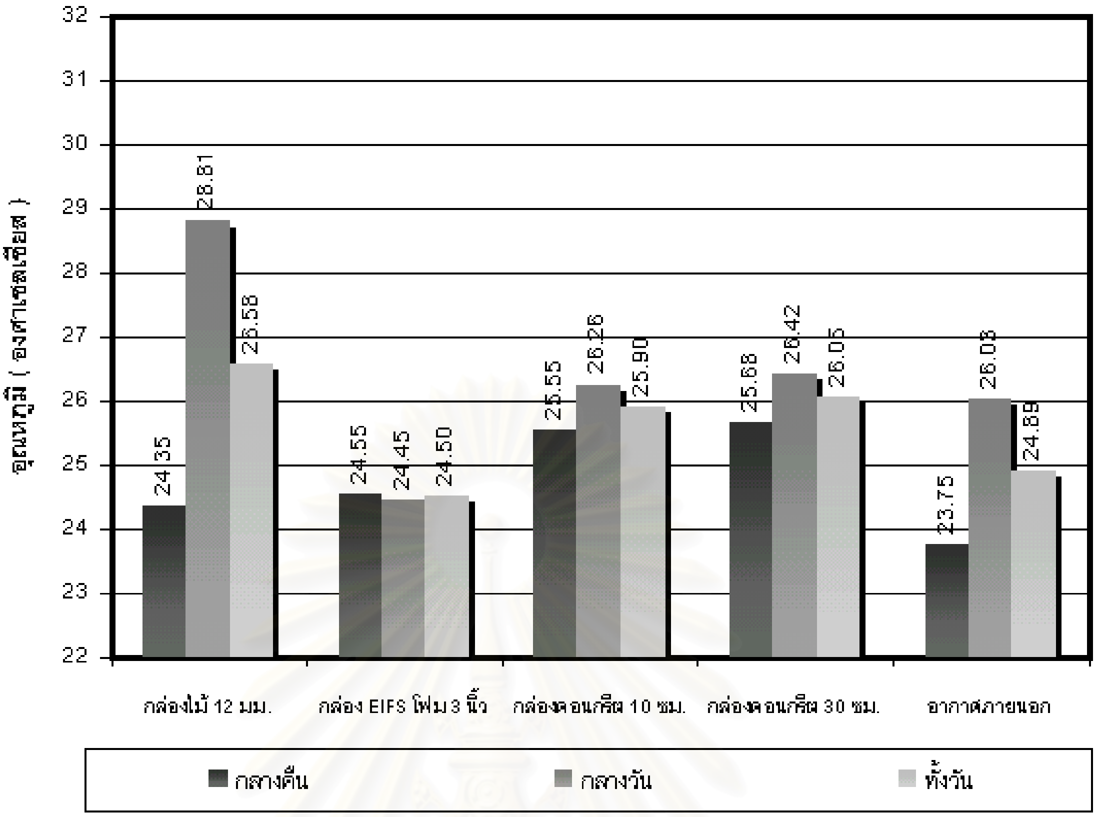
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.

จากแผนภูมิที่ 4.60 เมื่อมีการติดฉนวนหนา 6 นิ้วที่เปลือกอาคารด้านบนและมีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน จะส่งผลให้ทุกกล่องทดลองมีความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดแตกต่างกัน ทั้งวัสดุที่มีค่าการป้องกันความร้อนใกล้เคียงกันแต่มวลสารแตกต่างกัน และวัสดุที่มีค่าการป้องกันความร้อนแตกต่างกันแต่มวลสารใกล้เคียงกัน ดังแผนภูมิที่ 4.61



แผนภูมิที่ 4.61 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเมื่อมีการติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา และใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน

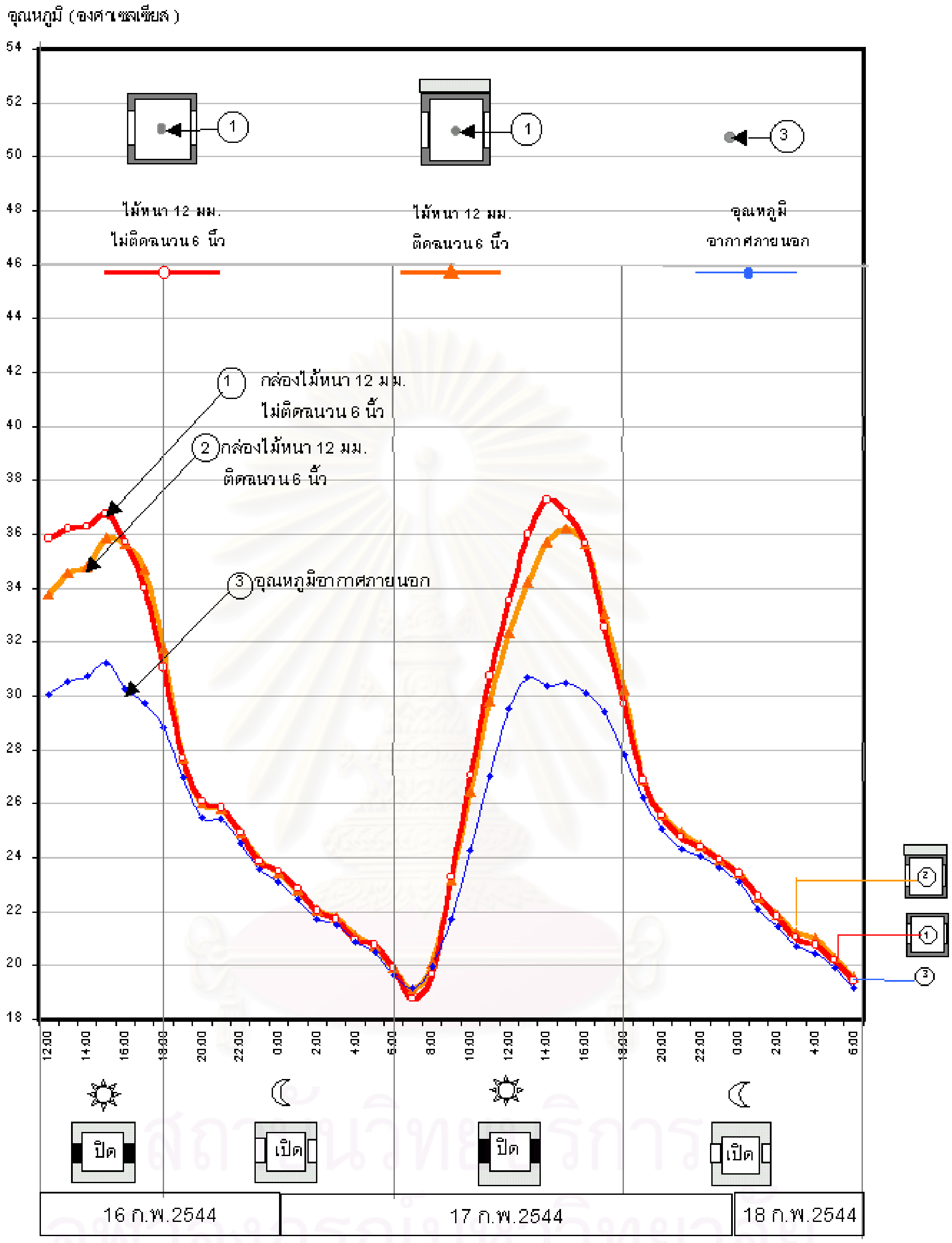
เมื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยจะพบว่าเมื่อมีการติดฉนวนและมีการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนจะพบว่ากล่องที่มีค่าการป้องกันความร้อนต่ำจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ซึ่งวัสดุมวลสารมากและปานกลางจะมีอณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยแต่หากวัสดุมีมวลสารน้อยแต่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเนื่องจากมีการกันคามร้อนอย่างสมบูรณ์แบบและมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนทำให้กลางวันเย็นกว่าภายนอกผนวกกับในเวลากลางคืนมีการใช้การไหลเวียนอากาศมาช่วยระบายความร้อนที่สะสมออกไป ดังแผนภูมิที่ 4.62



แผนภูมิที่ 4.62 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในกรณีติดฉนวนที่หลังคาและใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน

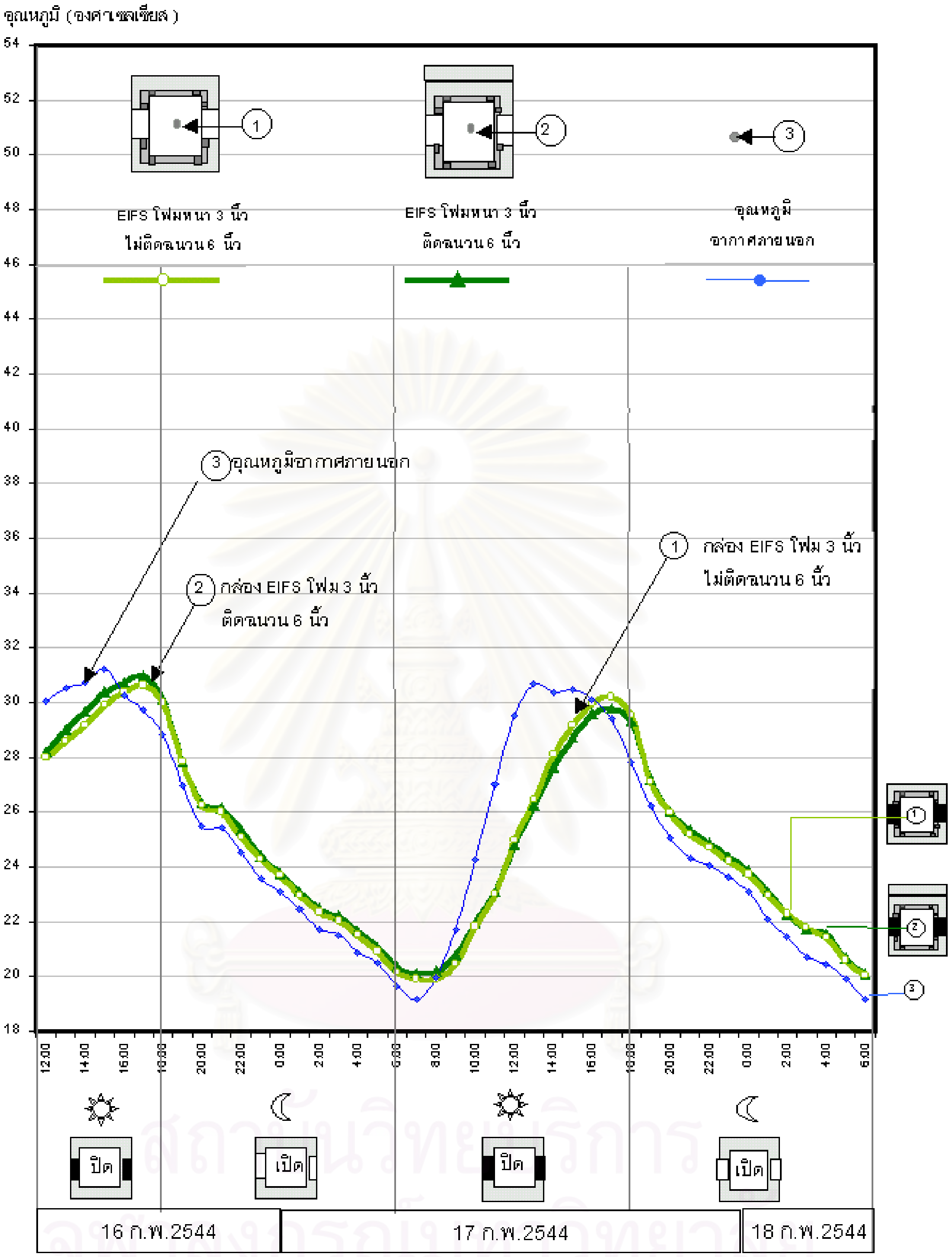
เมื่อปิดกล่องทดลองในช่วงเวลากลางวันและมีการใช้ฉนวนจะทำให้มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนตามลักษณะของวัสดุที่ทำเป็นเปลือกอาคาร โดยวัสดุที่มีมวลสารน้อยจะไม่มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ในขณะที่วัสดุที่มีมวลสารมากขึ้นจะมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากขึ้น จนกระทั่งเมื่อมีการเปิดกล่องทดลองในเวลากลางคืนอิทธิพลของการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติจะมีผลเหนือเปลือกอาคารดังนั้นวัสดุที่มีมวลสารมากจึงมีอุณหภูมิสูงสุดก่อนที่จะปิดกล่อง แต่หากวัสดุที่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงแต่มวลสารน้อยจะมีการหน่วงเหนี่ยวนานกว่ากล่องที่มีมวลสารมากกว่าดังนั้นมวลสารและค่าการป้องกันความร้อนจึงส่งผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



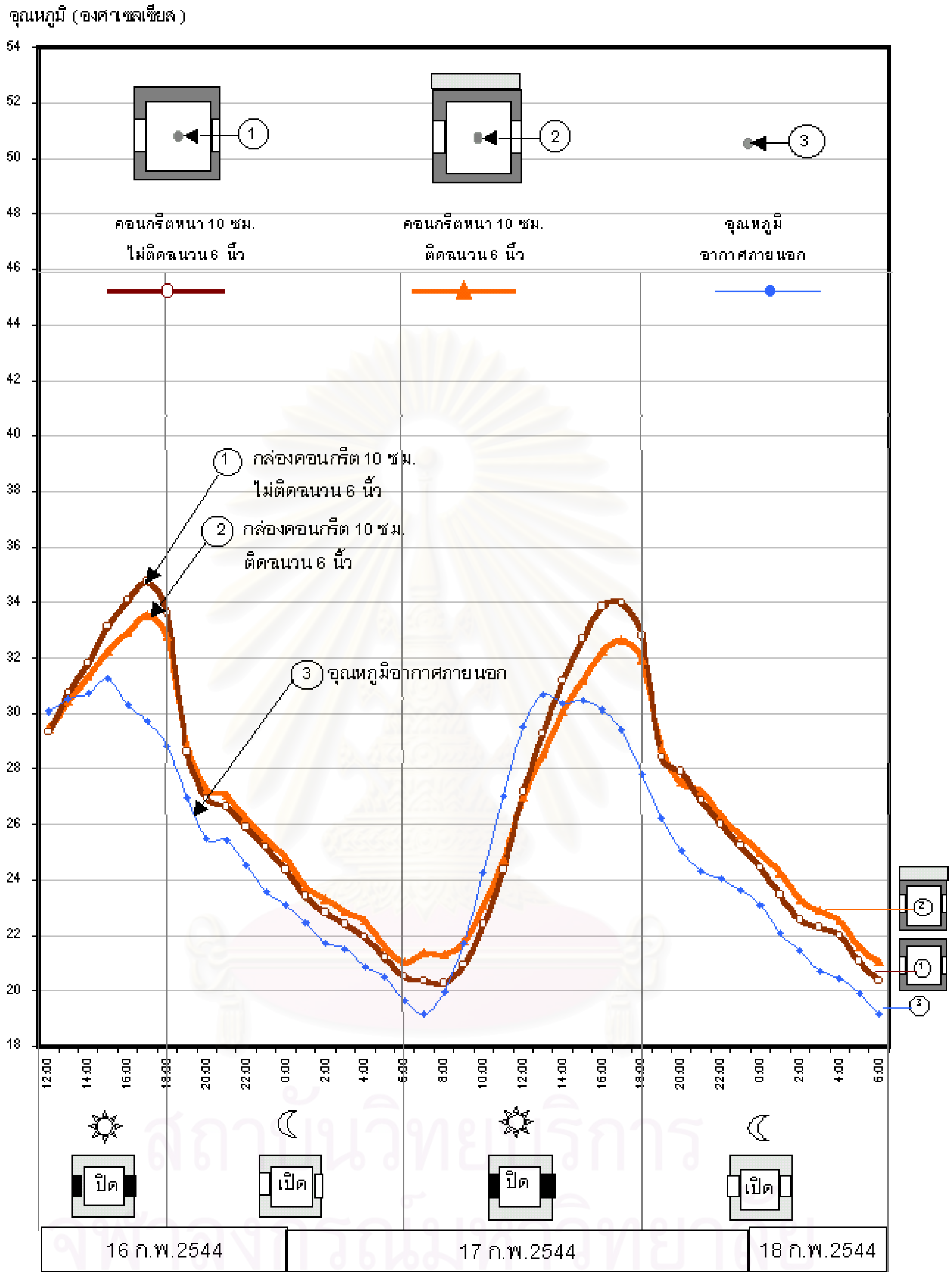
แผนภูมิที่ 4.63 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



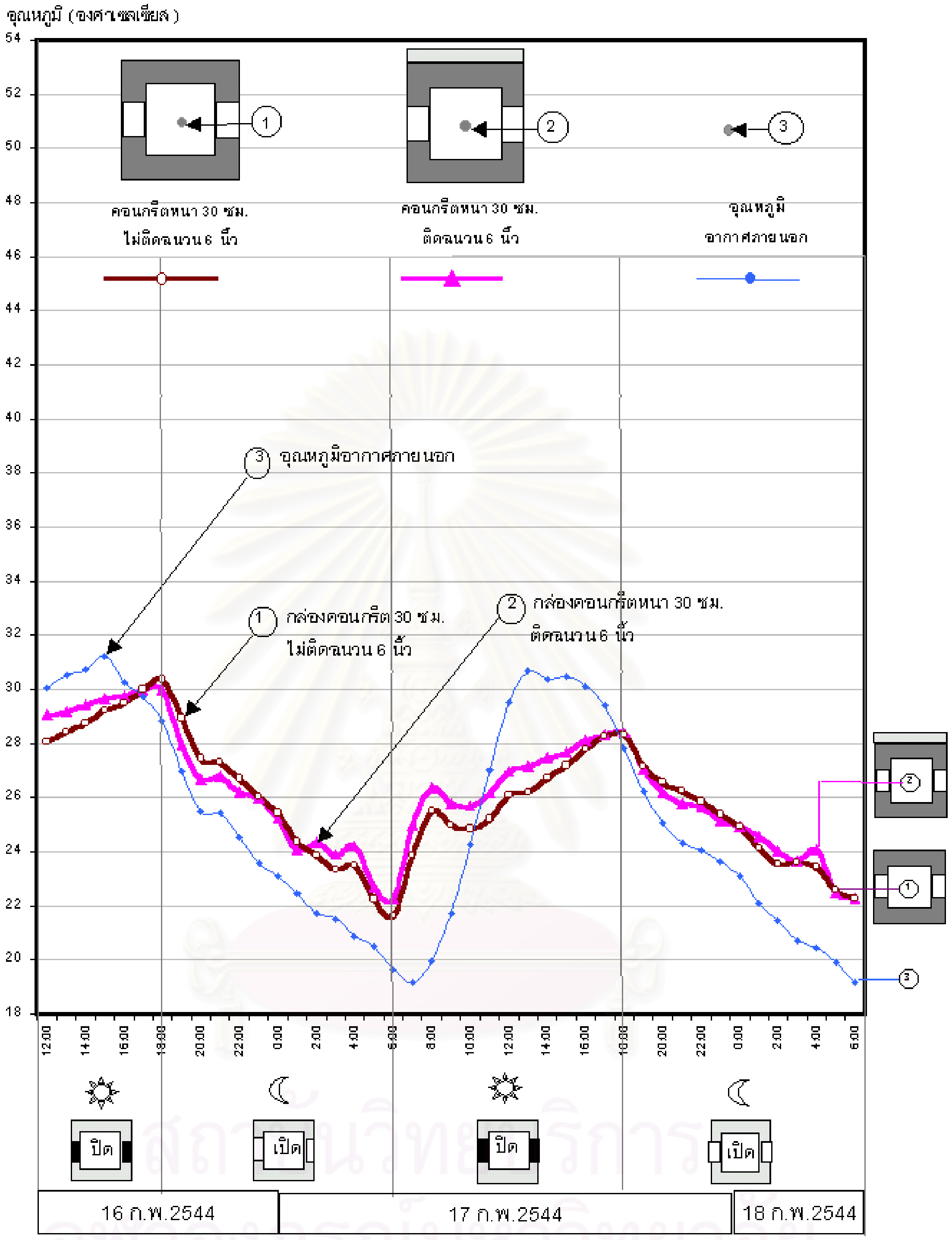
แผนภูมิที่ 4.64 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟมหนา 3 นิ้วโดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.65 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 10 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศวันกลางคืนเหมือนกัน

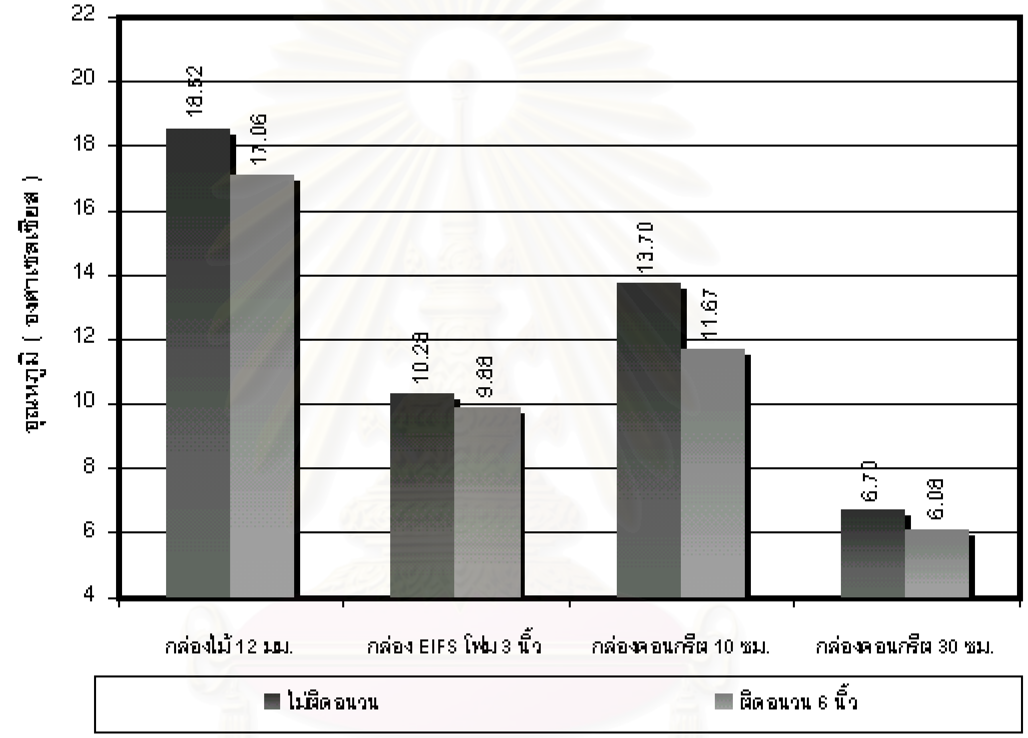
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.66 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีตหนา 30 ซม.โดยกล่องหนึ่งติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคา ส่วนอีกกล่องไม่มีการติดฉนวน และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00 น.

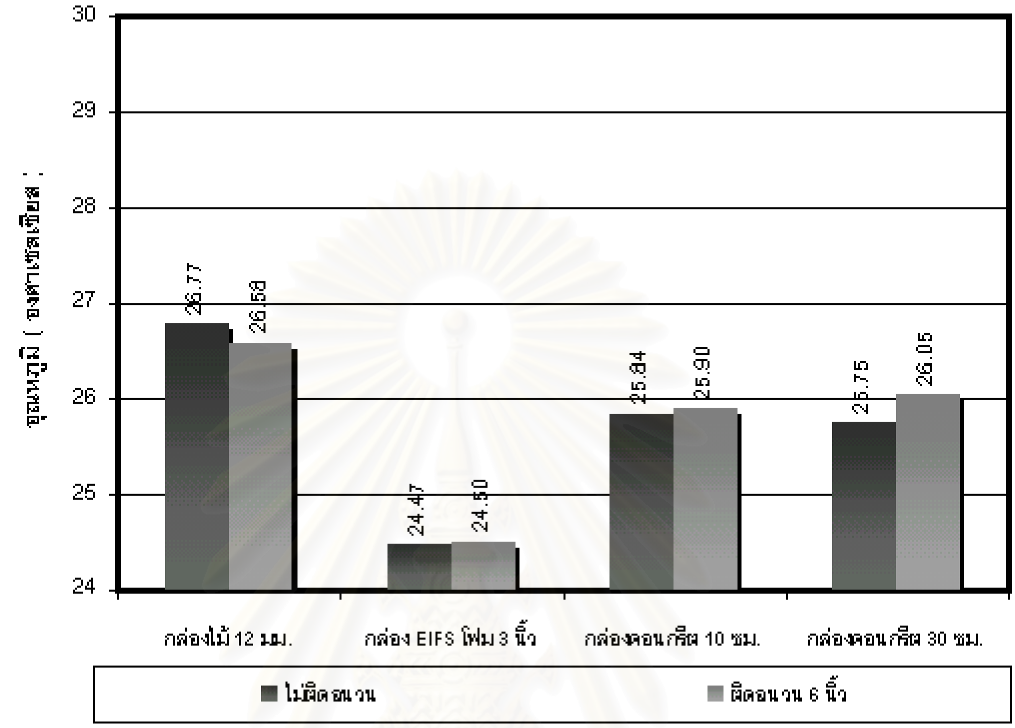
เมื่อเปรียบเทียบวัสดุที่มีการติดฉนวนแตกต่างกันในกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนเหมือนกัน หากติดฉนวนจะเป็นการลดความแตกต่างอุณหภูมิทุกกล่องทดลองลง โดยกล่องที่มีอุณหภูมิสูงสุดช่วงเวลากลางวันการติดฉนวนและใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนจะเป็นการลดอุณหภูมิสูงสุดลงแต่กล่องที่มีอุณหภูมิสูงสุดช่วงกลางคืนหรือมีมวลสารมากการติดฉนวนจะไม่ช่วยลดอุณหภูมิสูงสุดเนื่องจากในตอนกลางคืนเมื่อเปิดกล่องอิทธิพลของการไหลเวียนอากาศจะส่งผลให้กล่องทั้งติดและไม่ติดฉนวนมีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องใกล้เคียงกัน ดังแผนภูมิที่ 4.67



แผนภูมิที่ 4.67 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกล่องกรณีติดและไม่ติดฉนวนเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน

เมื่อมีการติดฉนวนและใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน วัสดุที่มีมวลสารน้อยและมีค่าการป้องกันความร้อนต่ำเมื่อติดฉนวนจะมีแนวโน้มในการลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยลงเนื่องจากมีการป้องกันความร้อนในเวลากลางวันได้ดีขึ้นและไม่มีการสะสมความร้อนไปในเวลากลางคืน ส่วนในกล่องมวลสารปานกลางและวัสดุที่ค่าการป้องกันความร้อนสูงจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยเล็กน้อยแต่มีแนวโน้มในการลดอุณหภูมิสูงสุดเมื่อติดฉนวน ในทางกลับกันกล่องมวลสารมากจะมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนในเวลากลางคืนทำให้ความร้อนที่หน่วงเหนี่ยวไปในเวลากลางคืนถูกระบายออกด้วยการไหลเวียนอากาศแต่ในตอนกลางวันเนื่องจากตอนปิดกล่องกล่องที่ติดฉนวนมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าทำให้มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในเวลากลางวันสูง

กว่าการไม่ติดฉนวนและจะค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิในอัตราที่ต่ำกว่าการไม่ติดฉนวนจนมีอุณหภูมิเท่ากัน ณ เวลาที่จะเปิดกล่อง จึงทำให้กล่องที่มีการติดฉนวนไม่ช่วยในจะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในกล่องเล็กน้อย ดังแผนภูมิที่ 4.68



แผนภูมิที่ 4.68 การเปรียบเทียอุณหภูมิอากาศกรณีติดและไม่ติดฉนวนกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน

เมื่อพิจารณาเรื่องการหน่วงเหนี่ยวความร้อน จะพบว่าการติดฉนวนจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลากที่เกิดอุณหภูมิสูงสุดภายในทุกกล่องทดลองเนื่องจากในช่วงเวลากลางวันที่ปิดกล่องทดลองวัสดุมวลสารน้อยถึงปานกลางจะมีอุณหภูมิสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงนี้อิทธิพลจึงขึ้นอยู่กับการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารเพียงอย่างเดียว แม้แต่กล่องมวลสารมากที่มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไปในเวลากลางคืนเมื่อเปิดกล่องจะทำให้อิทธิพลของการไหลเวียอากาศเหนือกว่าจึงมีอุณหภูมิสูงสุดเกิดขึ้นตอนปิดกล่องเหมือนกัน การติดฉนวนจะเป็นการลดความแตกต่างของอุณหภูมิด้วยการลดอุณหภูมิอากาศสูงสุด(ยกเว้นวัสดุมวลสารมาก)แต่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ดังนั้นการใช้มวลสารจึงส่งผลในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากกว่าการติดฉนวน 6 นิ้วที่หลังคาเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน

4.4 การทดสอบอิทธิพลของมวลสารคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร ช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศ และทิศทางการใช้การไหลเวียนอากาศ

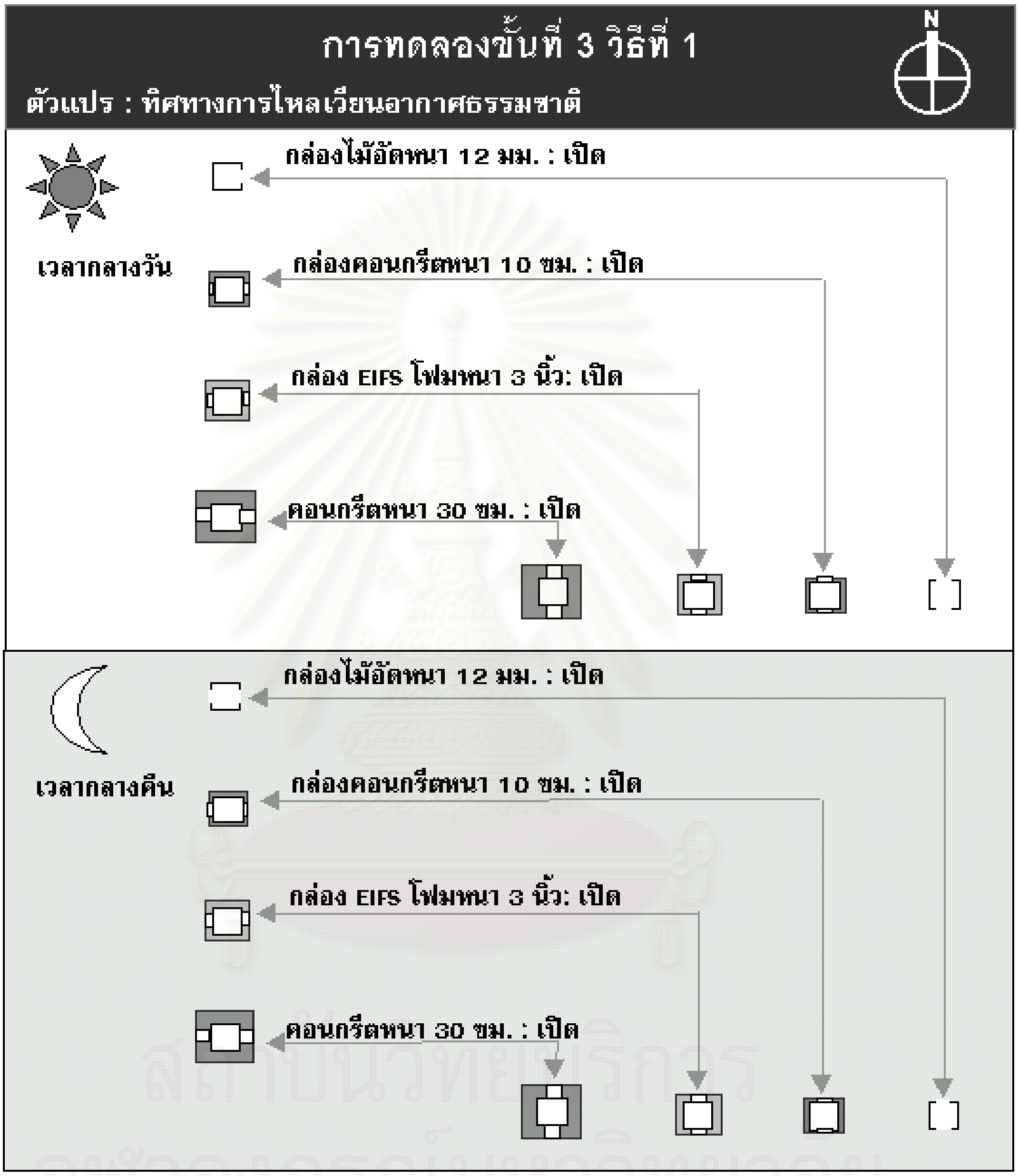
การปรับเปลี่ยนทิศทางการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติจะส่งผลให้ปริมาณอากาศที่ไหลผ่านกล่องทดลองเปลี่ยนแปลงไปและส่งผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่นำมาทดลอง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้การหันช่องเปิดไปในทิศเหนือและใต้ โดยเปรียบเทียบกับการหันช่องเปิดไปในทิศตะวันออกและตะวันตก การวิเคราะห์จะเปรียบเทียบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติช่วงเวลาเดียวกัน วัสดุมีมวลสารคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนเหมือนกัน แต่ทิศทางการใช้การไหลเวียนอากาศต่างกัน

การทดสอบในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบขั้นที่ 4 ประกอบด้วยการทดลองที่ 3 วิธีที่ 1-3 ประกอบด้วยการศึกษาผลของช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศได้แก่การไหลเวียนอากาศตลอดวัน(เปิดกลางวัน-เปิดกลางคืน) การไหลเวียนอากาศในเวลากลางวัน(เปิดกลางวัน-ปิดกลางคืน) และการไหลเวียนอากาศในเวลากลางคืน(ปิดกลางวัน-เปิดกลางคืน)

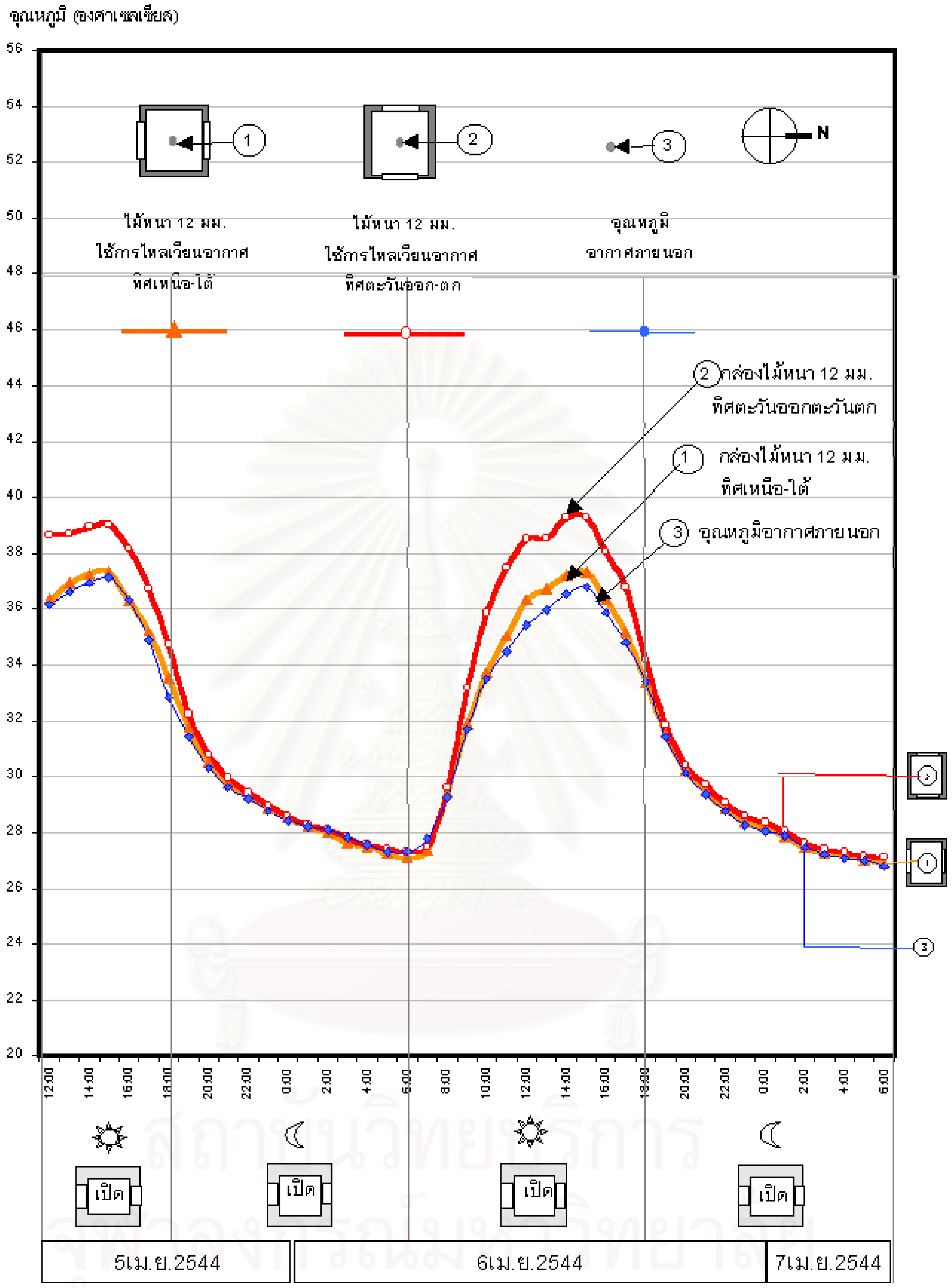
รูปที่ 4. 10 รูปแบบกล่องทดลองที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของทิศทางการไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

4.4.1 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน

มีรูปแบบการวิจัยดังภาพที่ 4.11

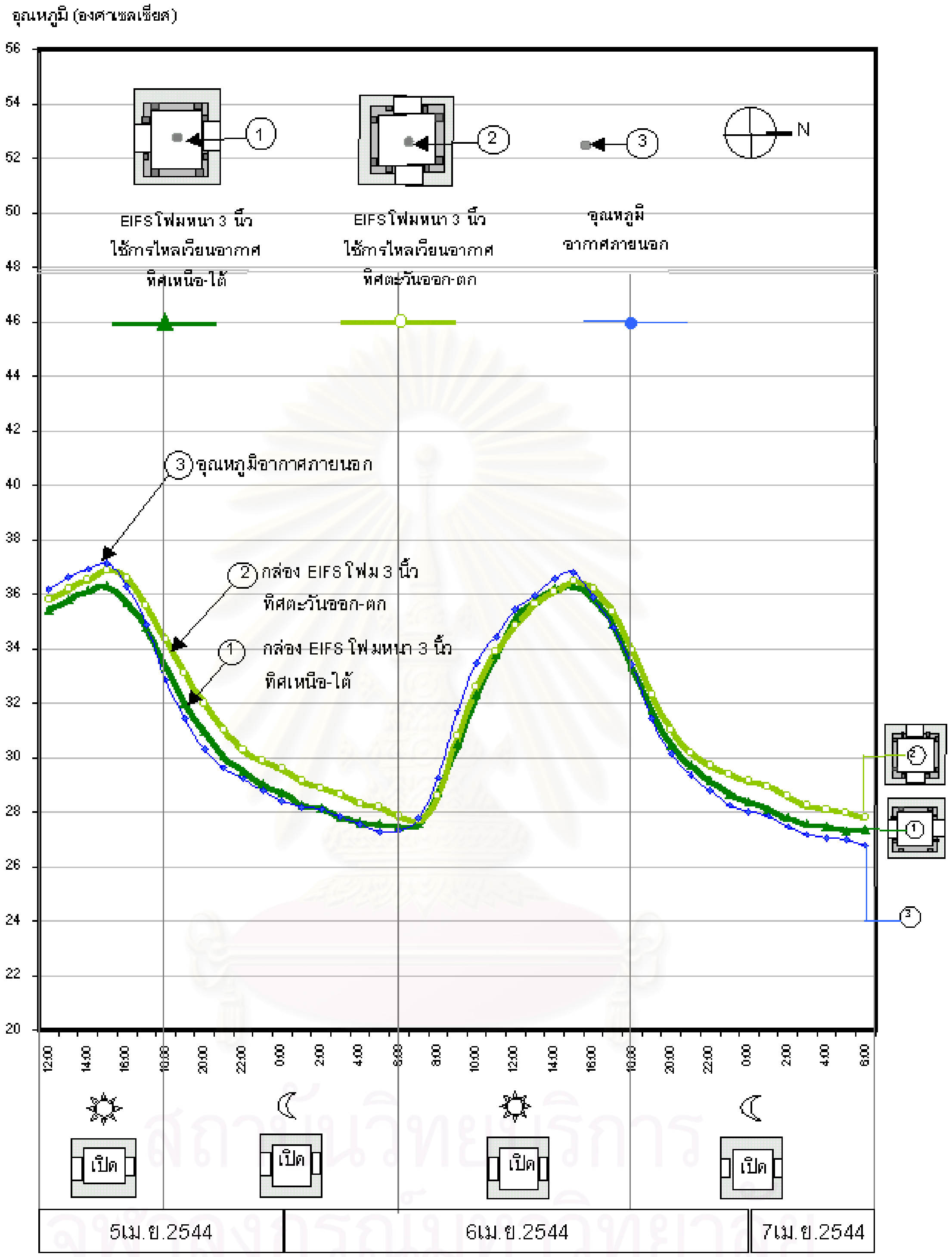


รูปที่ 4. 11 การทดสอบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน เปรียบเทียบ กล่องชุดหันช่องเปิดไปในแนวทิศเหนือ-ใต้ และชุดที่หันช่องเปิดไปในทิศตะวันออก-ตก



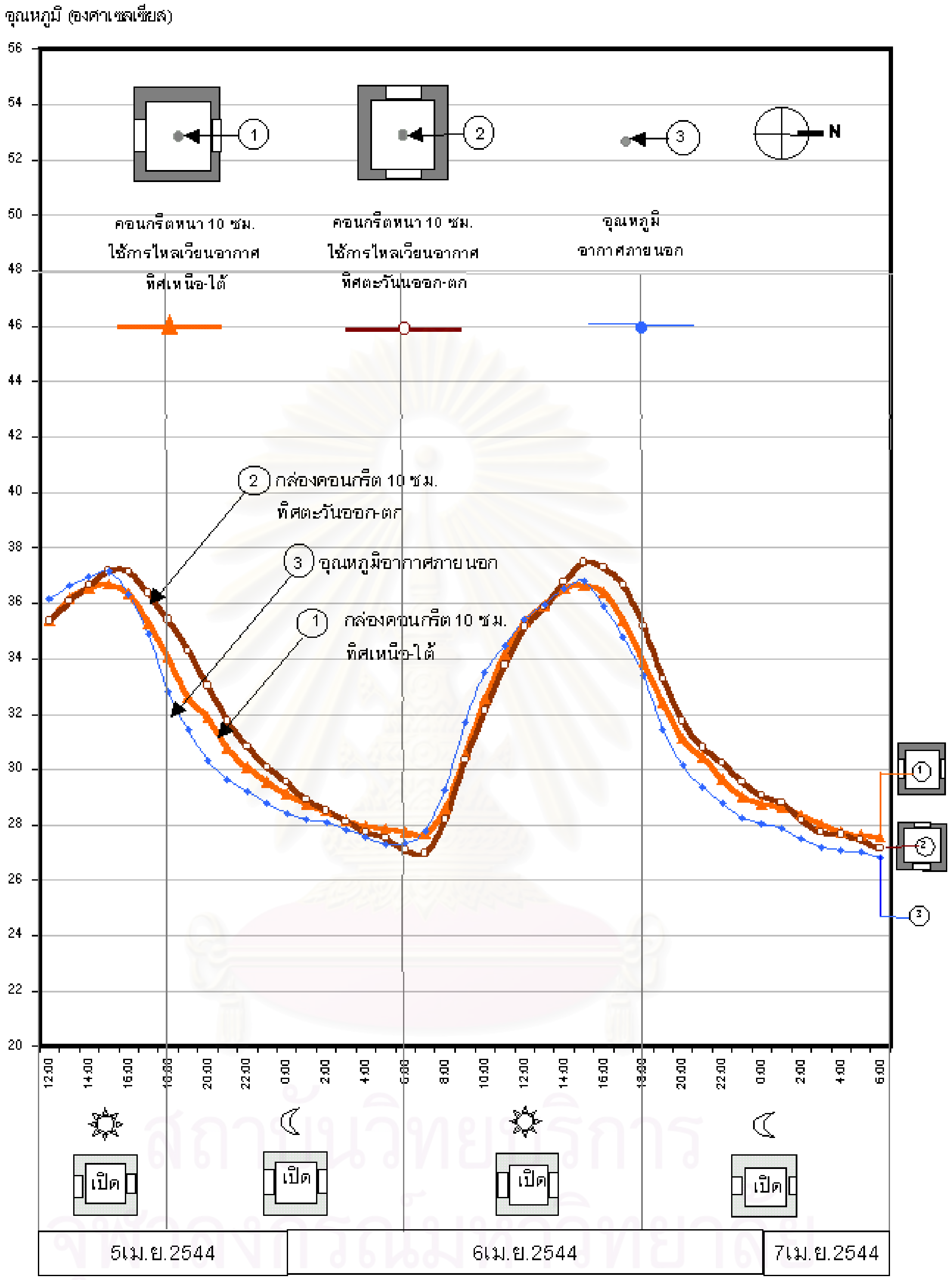
แผนภูมิที่ 4.69 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 7 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.



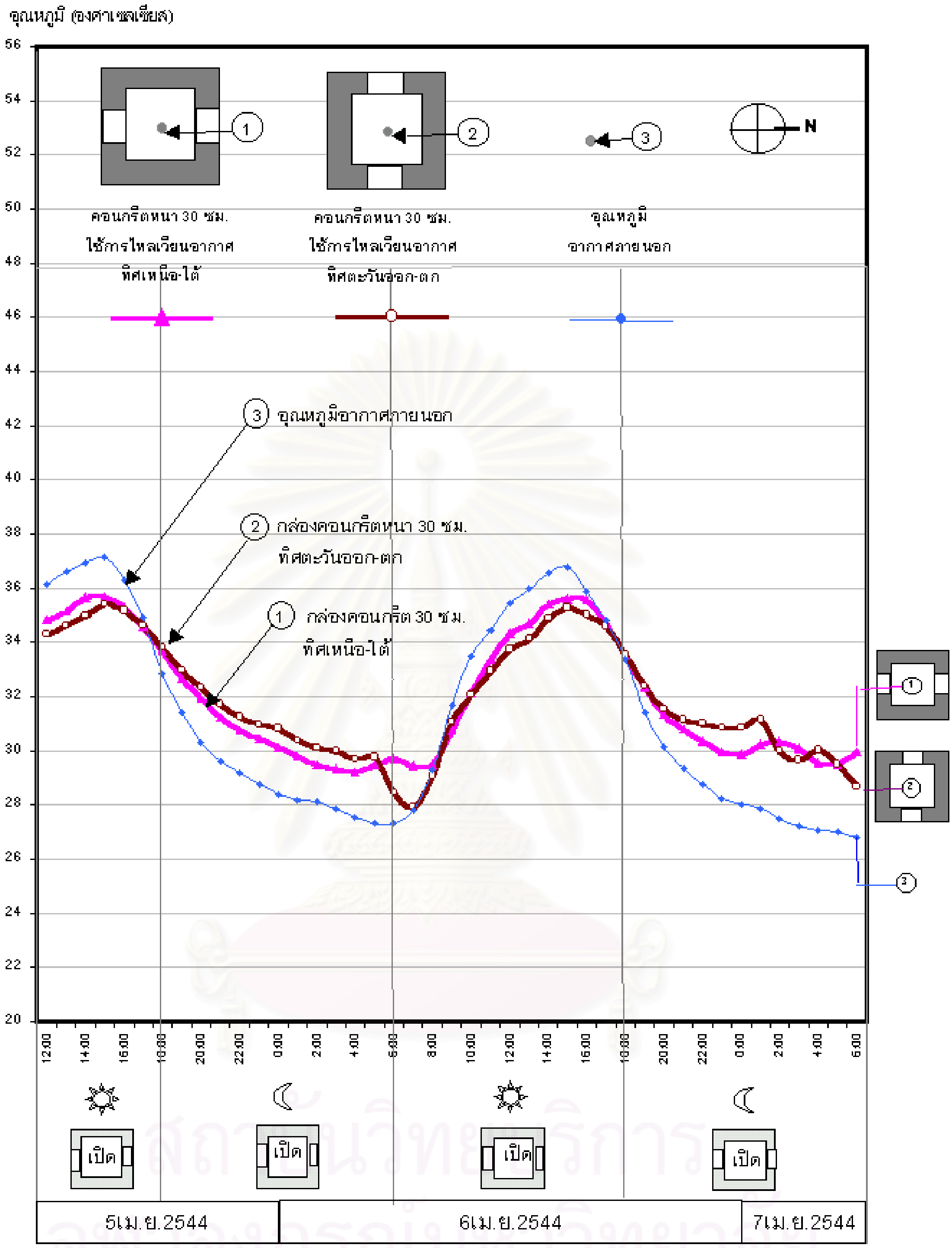
แผนภูมิที่ 4.70 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 7 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.71 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน

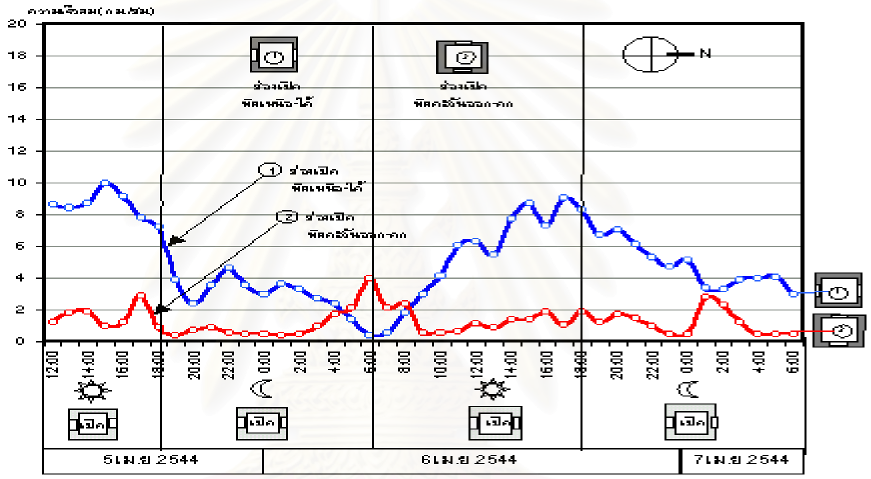
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 7 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.72 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกัน

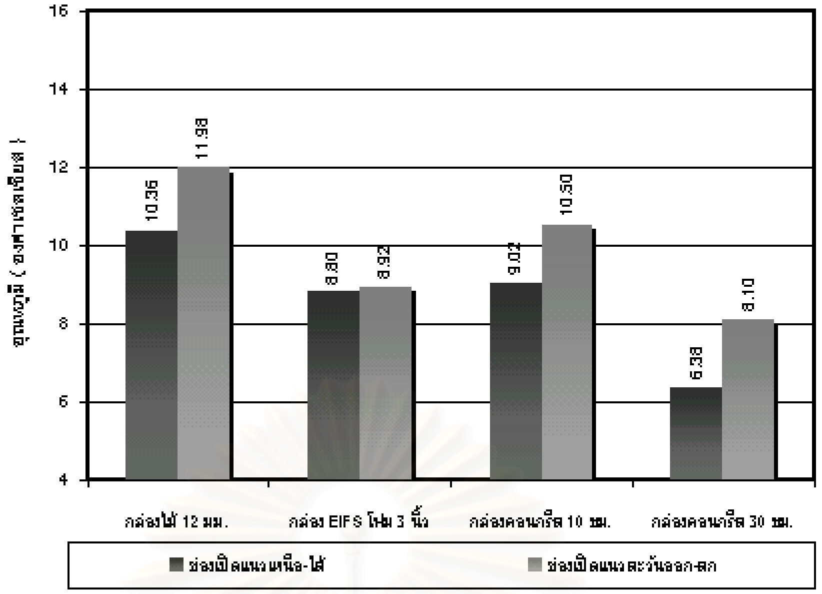
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 7 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

การใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเหมือนกันแต่ใช้ทิศทางการไหลเวียนอากาศธรรมชาติต่างกันจะส่งผลให้วัสดุที่มีมวลสารค่าการป้องกันความร้อนเหมือนกันมีความแตกต่างของอุณหภูมิเปลี่ยนไปโดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศที่ไหลผ่านกล่องโดยตรง ในช่วงทำการวิจัยจะพบว่าลมที่มาจากในแนวเหนือใต้จะมีความเร็วลมสูงกว่าในแนวตะวันออกตะวันตกเกือบตลอดวันซึ่งลมในเวลากลางวันจะแรงกว่าเวลากลางคืนดังแผนภูมิที่ 4.73 ดังนั้นตอนกลางวันวัสดุที่มีช่องเปิดที่หันหน้าไปทางทิศเหนือใต้จะมีอากาศไหลผ่านมากกว่าจึงทำให้มีอุณหภูมิอากาศสูงสุดเข้าใกล้กับอุณหภูมิอากาศซึ่งวัสดุที่หันช่องเปิดไปในทิศใต้จะมีความแตกต่างอุณหภูมิลดลงและเนื่องจากมีลมแรงในทิศตะวันออกตะวันตกในช่วงเช้าจึงทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องมวลสารมากที่ช่องเปิดรับลมมีอุณหภูมิลดลงเกือบเท่าอุณหภูมิอากาศดังแผนภูมิที่ 4.74



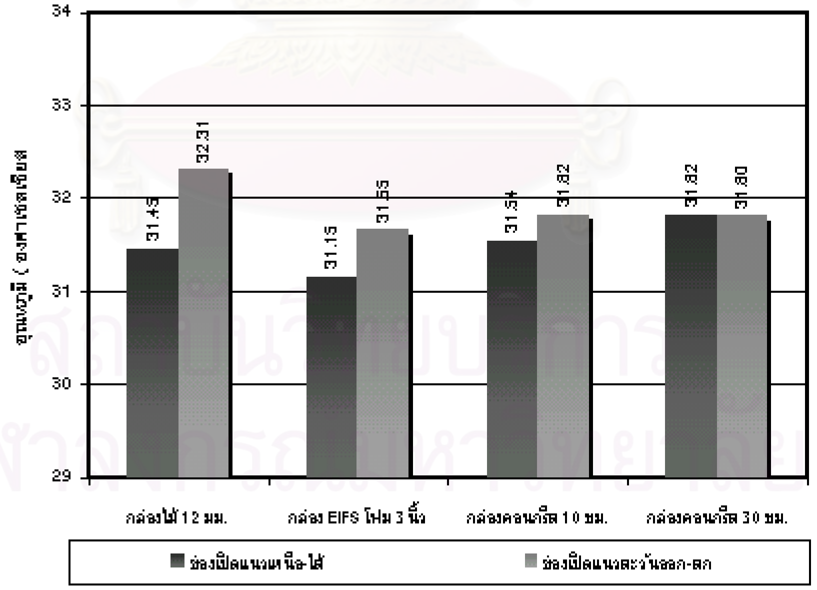
แผนภูมิที่ 4.73 แสดงความแร็วลมในทิศที่ต่างกันกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน

การใช้การไหลเวียนอากาศในทิศที่มีการไหลเวียนอากาศมากกว่าจะช่วยลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยลงโดยเฉพาะในเวลากลางคืนอากาศจะช่วยระบายความร้อนที่สะสมอยู่ออกไปซึ่งวัสดุอย่าง EIFS จะมีอุณหภูมิในเวลากลางคืนต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดมีกักเก็บอุณหภูมิมาในเวลากลางวันขึงทำให้กล่องที่หันช่องเปิดไปในทิศใต้มีอุณหภูมิต่ำกว่าเกือบตลอดวัน ในกล่องที่มีมวลสารปานกลางและมากในช่วงเช้าการไหลเวียนอากาศที่มากจะเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยแต่เมื่อมีการไหลเวียนในที่มากในช่วงบ่ายจะเป็นการลดอุณหภูมิเฉลี่ยให้ใกล้กับอุณหภูมิอากาศ ดังแผนภูมิที่ 4.75



แผนภูมิที่ 4.74 เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิกรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ในทิศทางต่างกัน

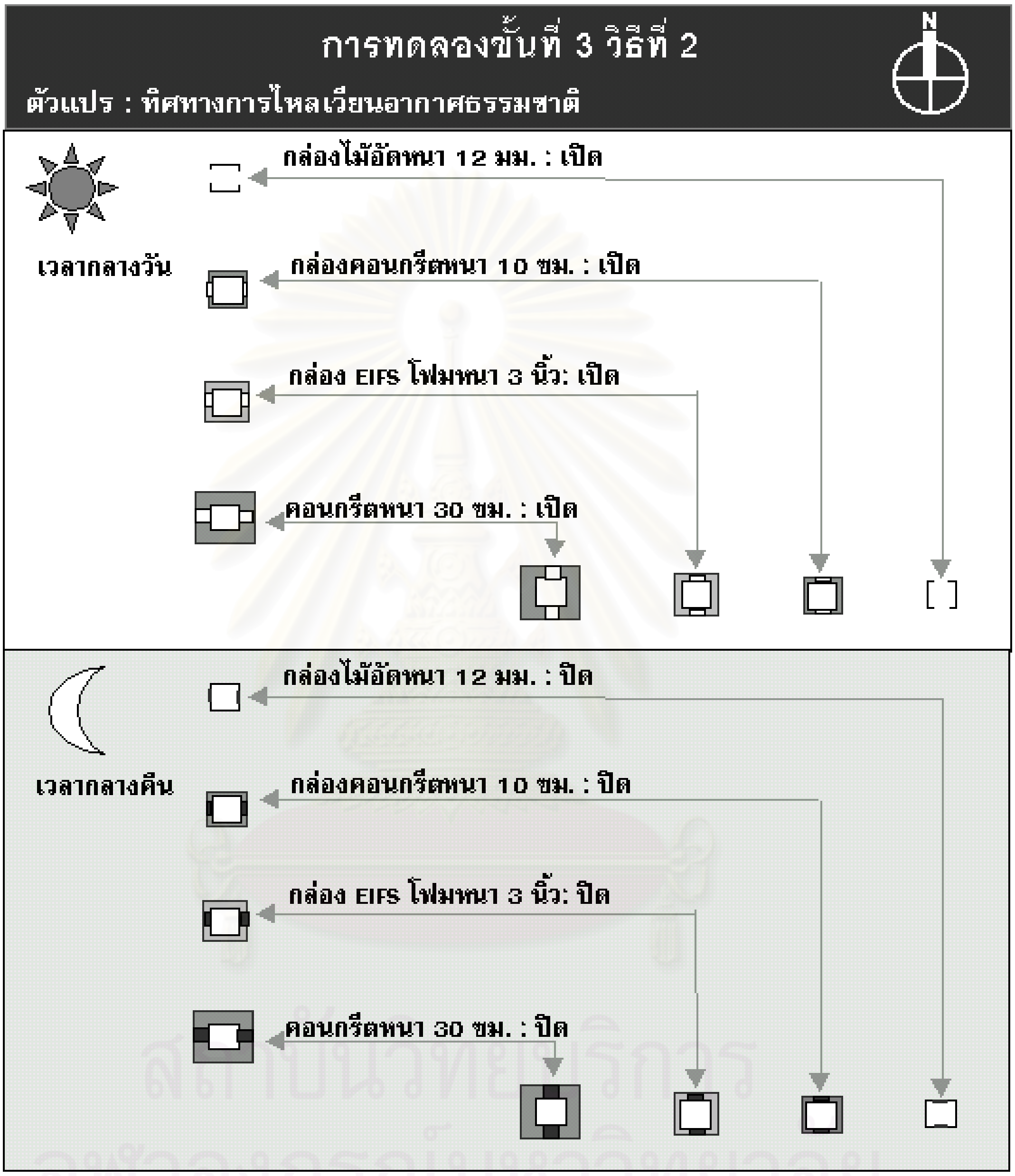
ในส่วนการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจะอิทธิพลของการไหลเวียนอากาศจะส่งผลเหนือมวลสารและค่าการป้องกันวามร้อนของเปลือกอาคารจึงทำให้ทุกกล่องทดลองเมื่อมีการปรับเปลี่ยนทิศแม้ว่าอากาศจะไหลผ่านมากหรือน้อยจะมีแนวโน้มในการปรัยอุณหภูมิให้ใกล้กับอุณหภูมิอากาศจึงมีอุณหภูมิสูงสุดเวลาใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก



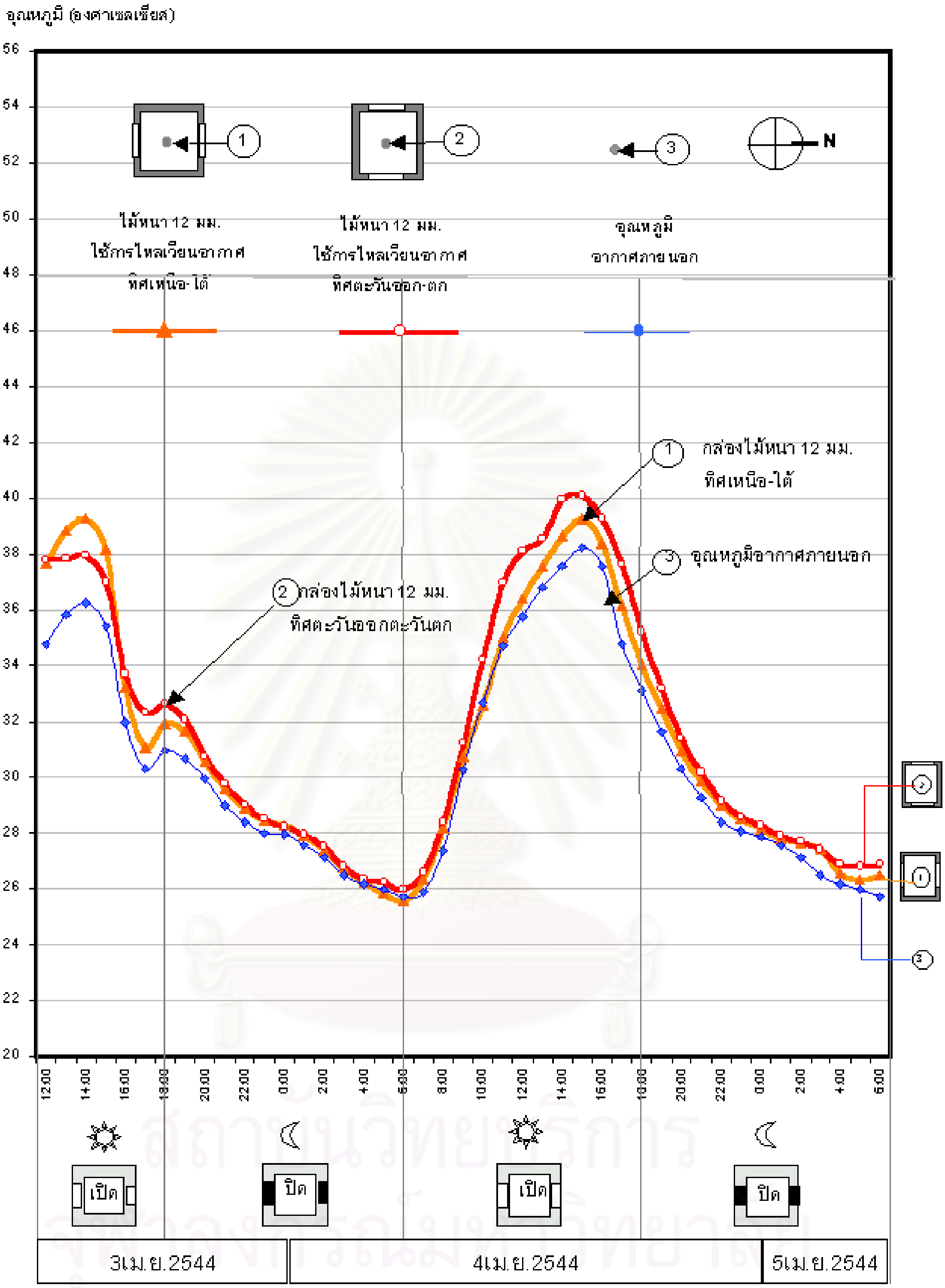
แผนภูมิที่ 4.75 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของการไหลเวียนอากาศตลอดวันในทิศทางที่ต่างกัน

4.4.2 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน

มีรูปแบบการวิจัยดังภาพที่ 4.12



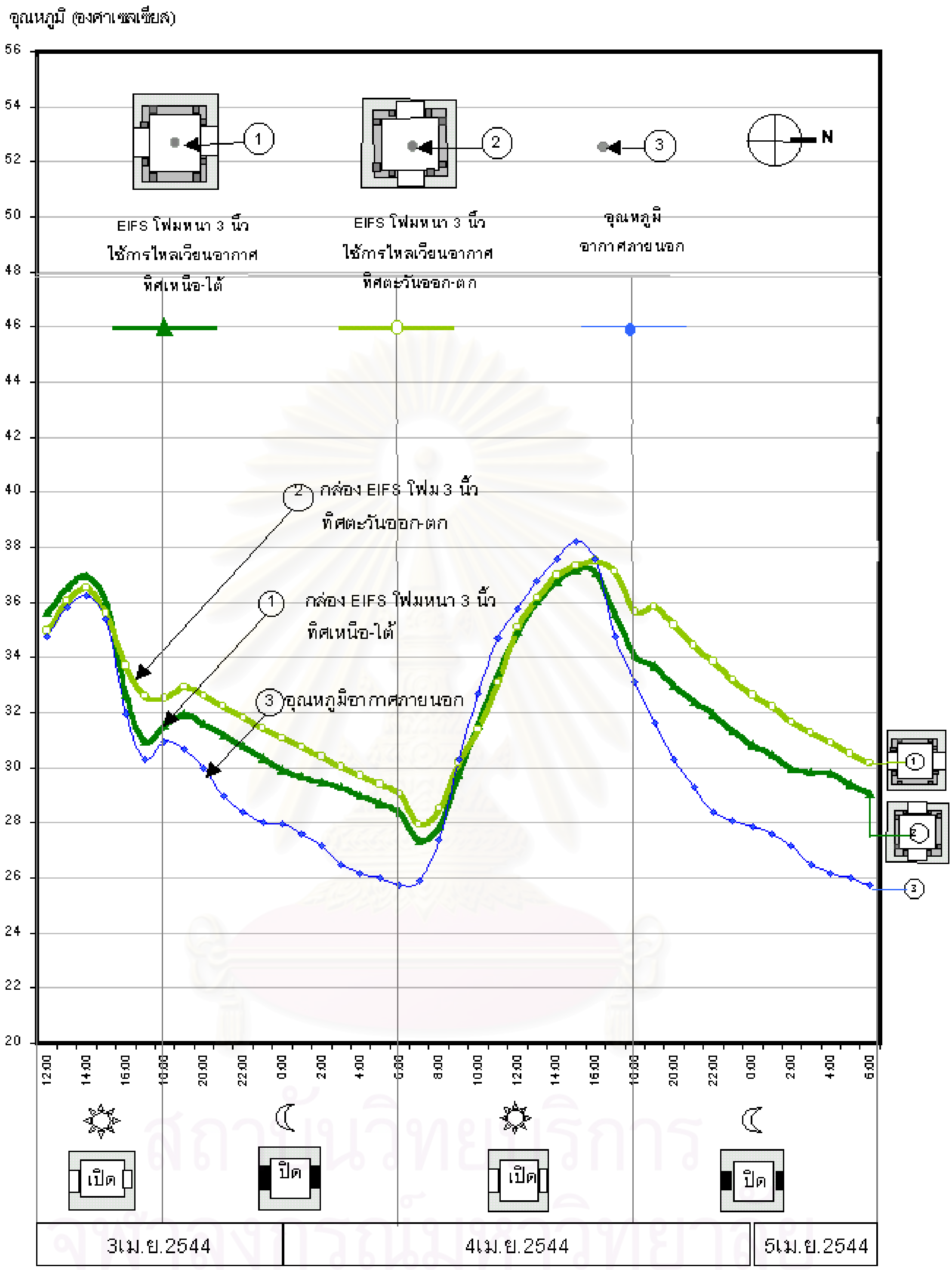
รูปที่ 4. 12 การทดสอบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน เปรียบเทียบ กล่องชุดหันช่องเปิดไปในแนวทิศเหนือ-ใต้ และชุดที่หันช่องเปิดไปในทิศตะวันออก-ตก



แผนภูมิที่ 4.76 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน

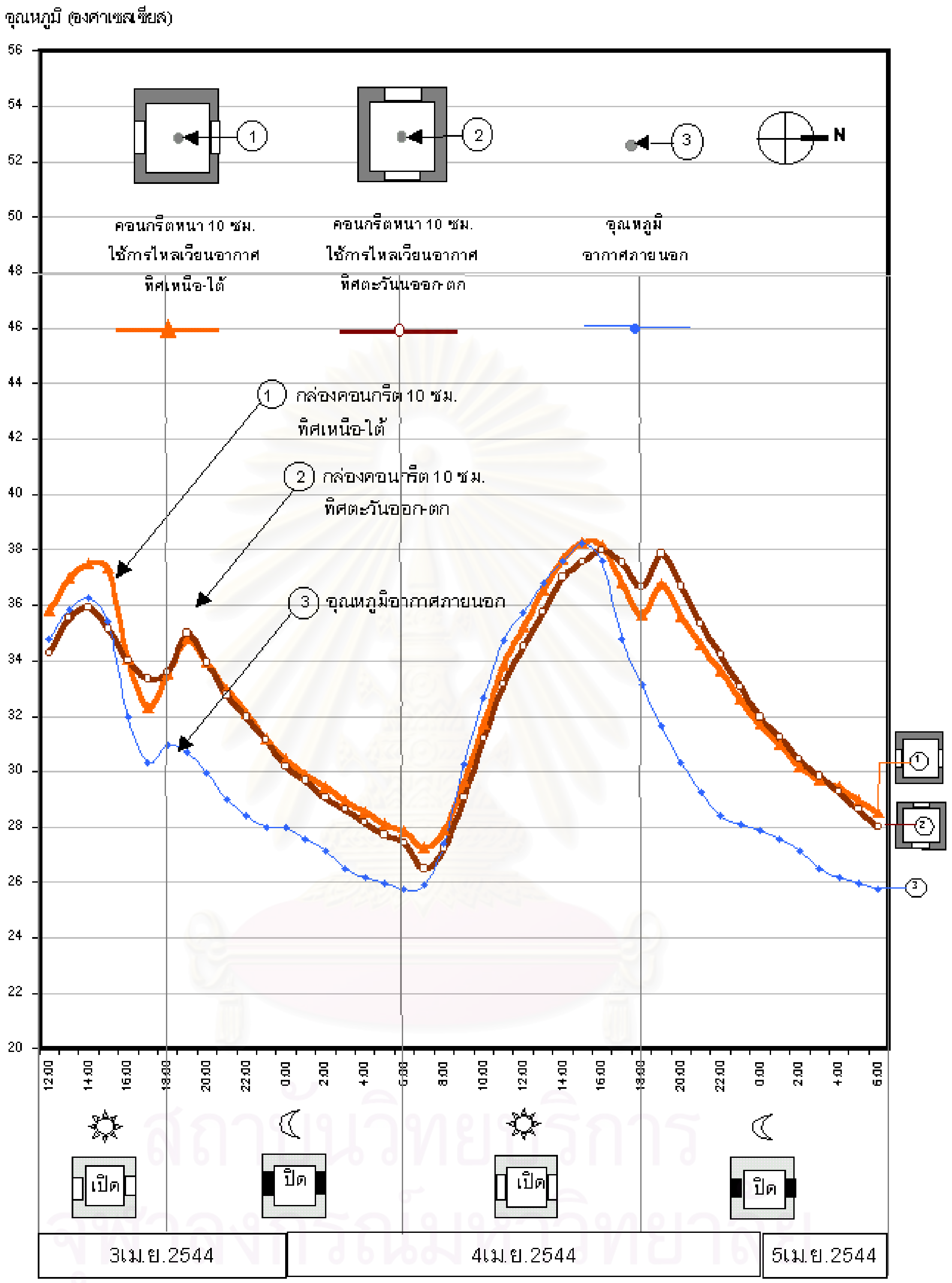
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



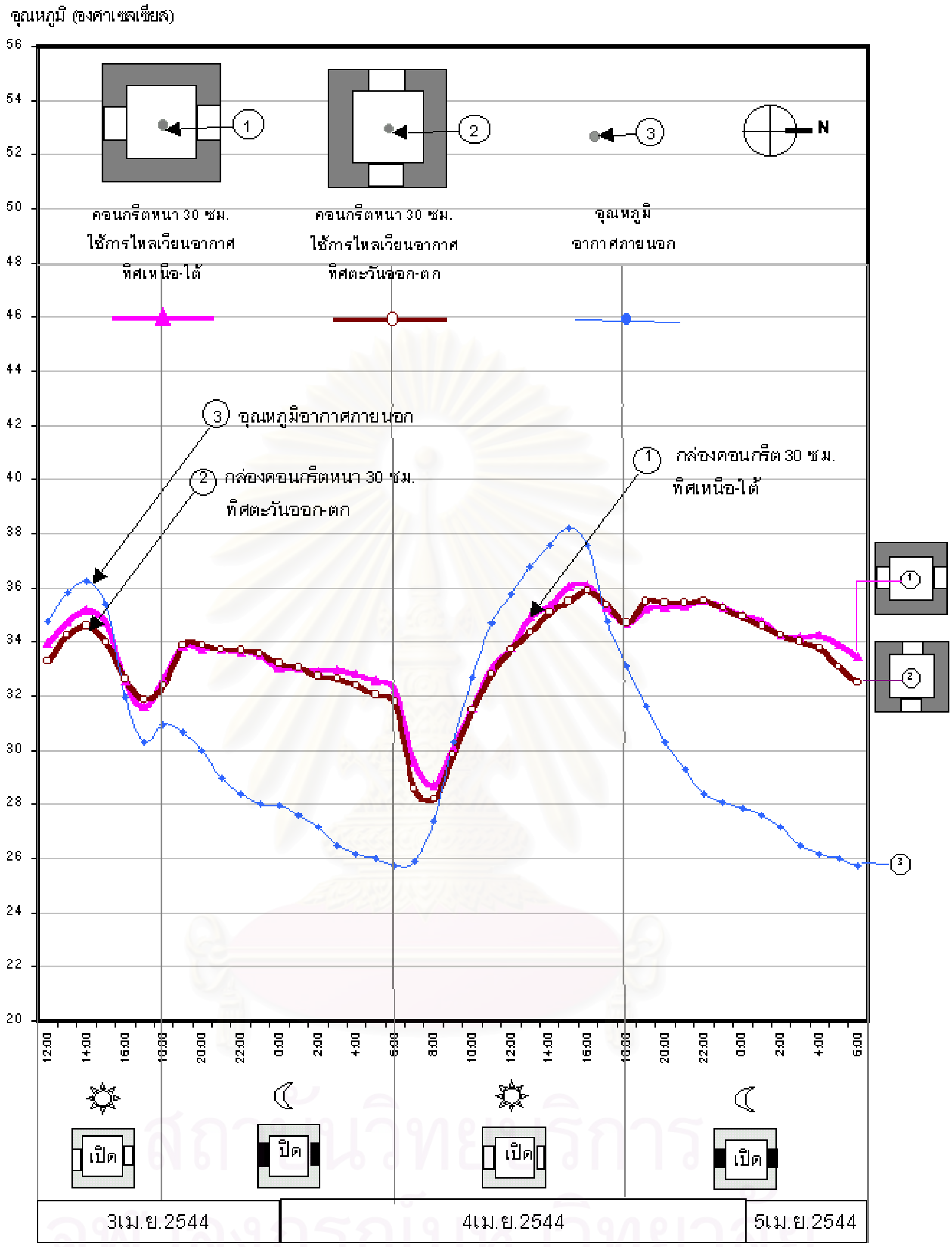
แผนภูมิที่ 4.77 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.78 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน

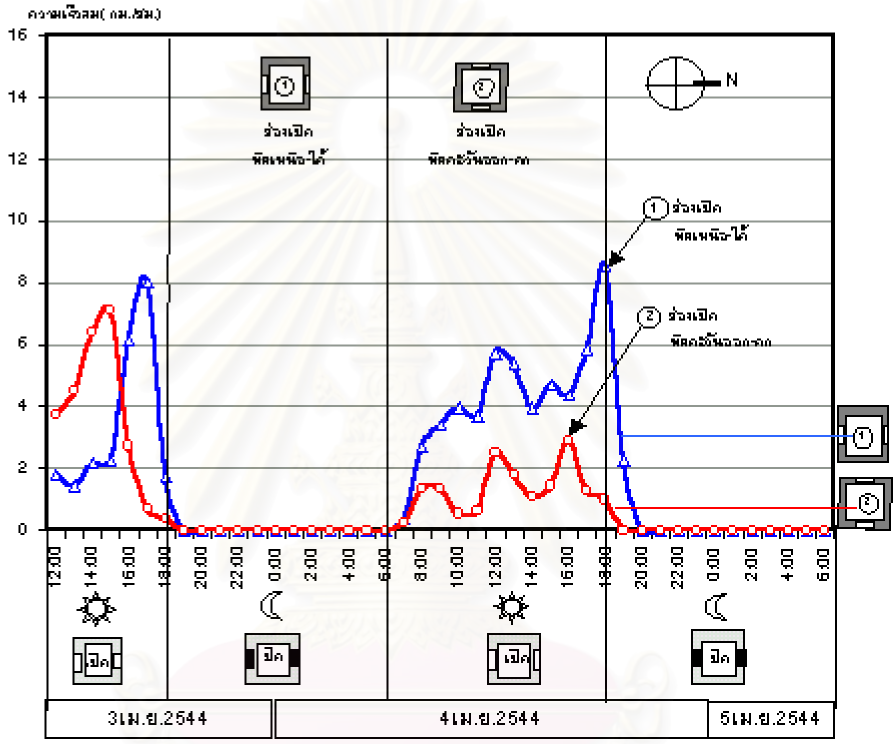
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.79 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเหมือนกัน

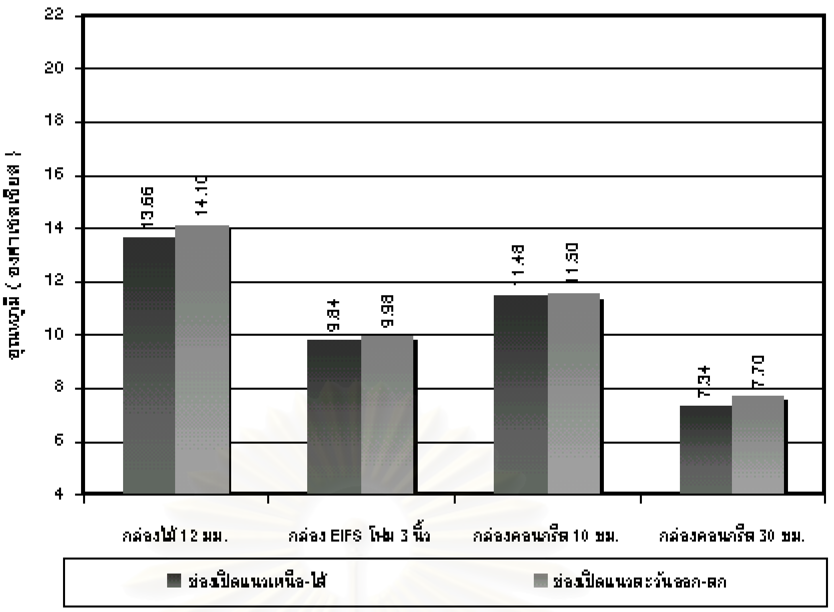
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเหมือนกันแต่ทิศทางการใช้การไหลเวียนอากาศแตกต่างกันจะส่งผลให้วัสดุมีความแตกต่างของอุณหภูมิเข้าใกล้อุณหภูมิอากาศในช่วงที่ใช้การไหลเวียนอากาศแต่เมื่อปิดกล่องอุณหภูมิอากาศก็จะแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิผิวภายใน ดังนั้นวัสดุที่มีมวลสารน้อยหากหันทิศทางไปในทิศที่มีการไหลเวียนอากาศมากก็จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิลดลง ดังแผนภูมิที่ 4.81 แต่ในวัสดุอื่นๆจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิใกล้เคียงกัน ซึ่งในวันที่ทำการทดสอบลมจะพัดมาทางทิศใต้เป็นส่วนใหญ่ดังแผนภูมิที่ 4.80



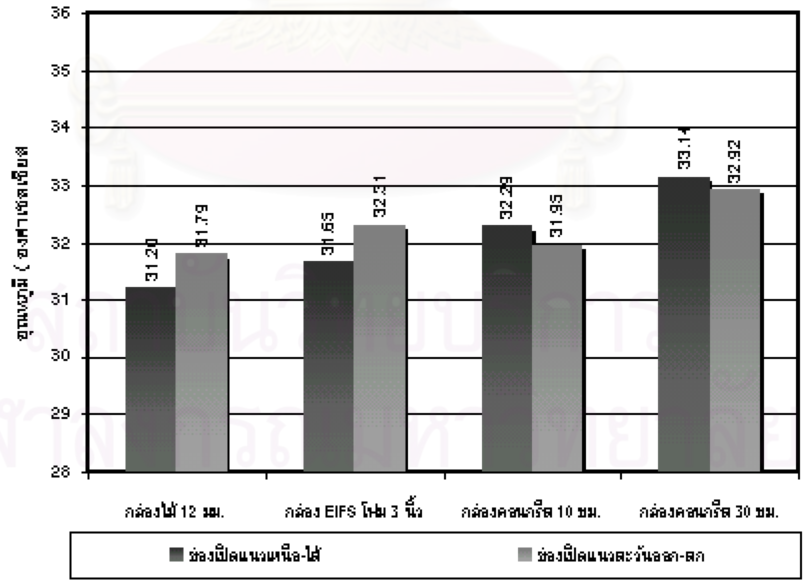
แผนภูมิที่ 4.80 แสดงความแร็วลมในทิศที่ต่างกันกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน

การใช้การไหลเวียนอากาศในทิศทางที่มีการไหลเวียนอากาศในทิศทางที่มีการไหลเวียนอากาศมากกว่าจะส่งผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนซึ่งกล่องที่มีมวลสารปานกลางและมากการไหลเวียนอากาศจะทำให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น ส่วนวัสดุมวลสารน้อยกลับจะเป็นการลดอุณหภูมิอากาศ และในวัสดุที่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงมวลสารน้อยอย่าง EIFS การไหลเวียนอากาศในเวลากลางวันอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยใกล้เคียงกันซึ่งเมื่อก่อนปิดกล่องลมที่แรงในช่วงเย็นจะทำให้ลดอุณหภูมิภายในกล่องช่องเปิดทิศเหนือใต้ดังนั้นเมื่อปิดกล่องจะทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าดังแผนภูมิที่ 4.82



แผนภูมิที่ 4.81 เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิกรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ในทิศทางต่างกัน

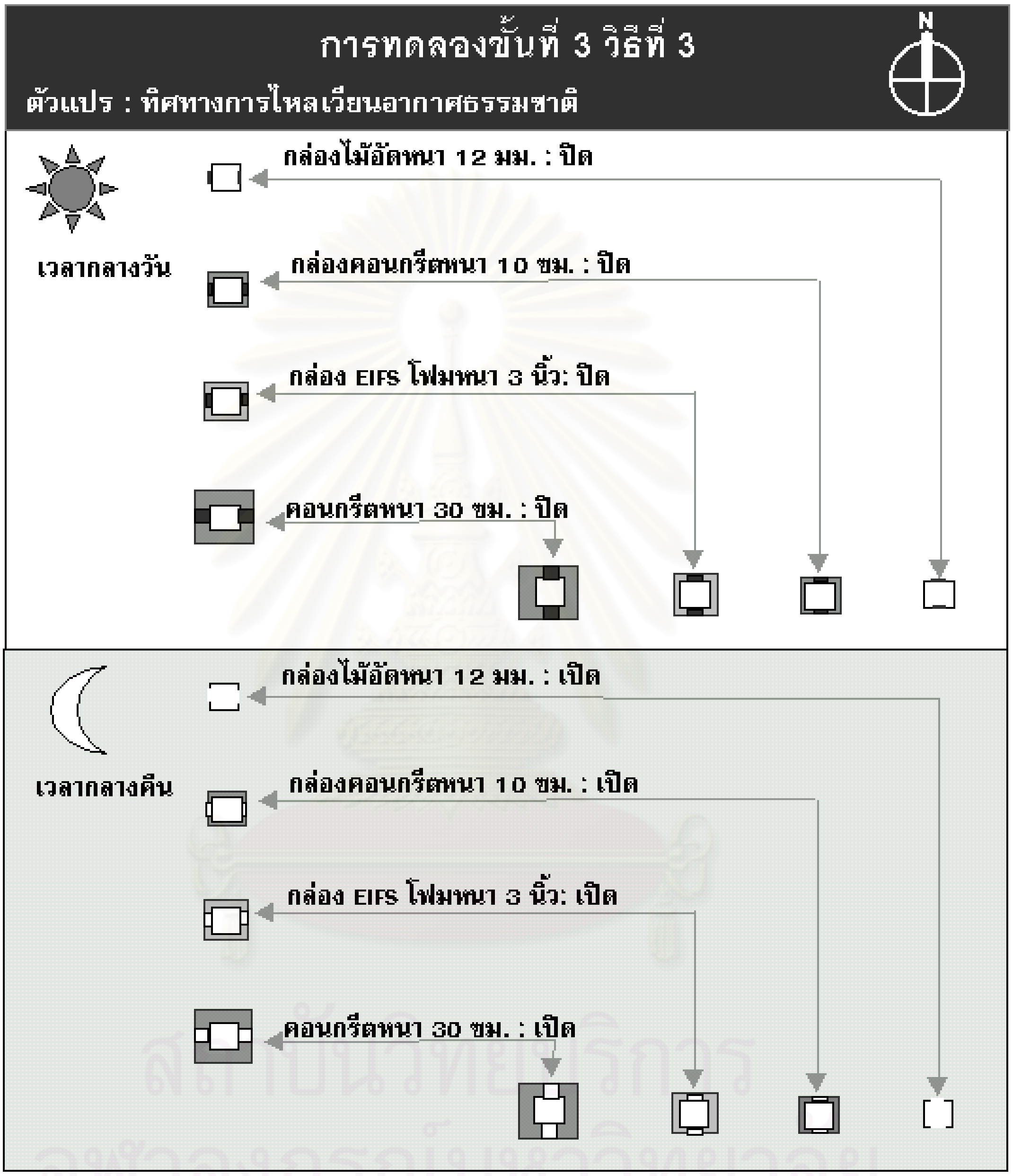
การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในเวลากลางวันจะส่งผลให้มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนใกล้เคียงใกล้เคียงกันในทุกวัสดุ การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันจึงส่งผลในเรื่องการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากกว่าคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนและมวลสารของเปลือกอาคาร



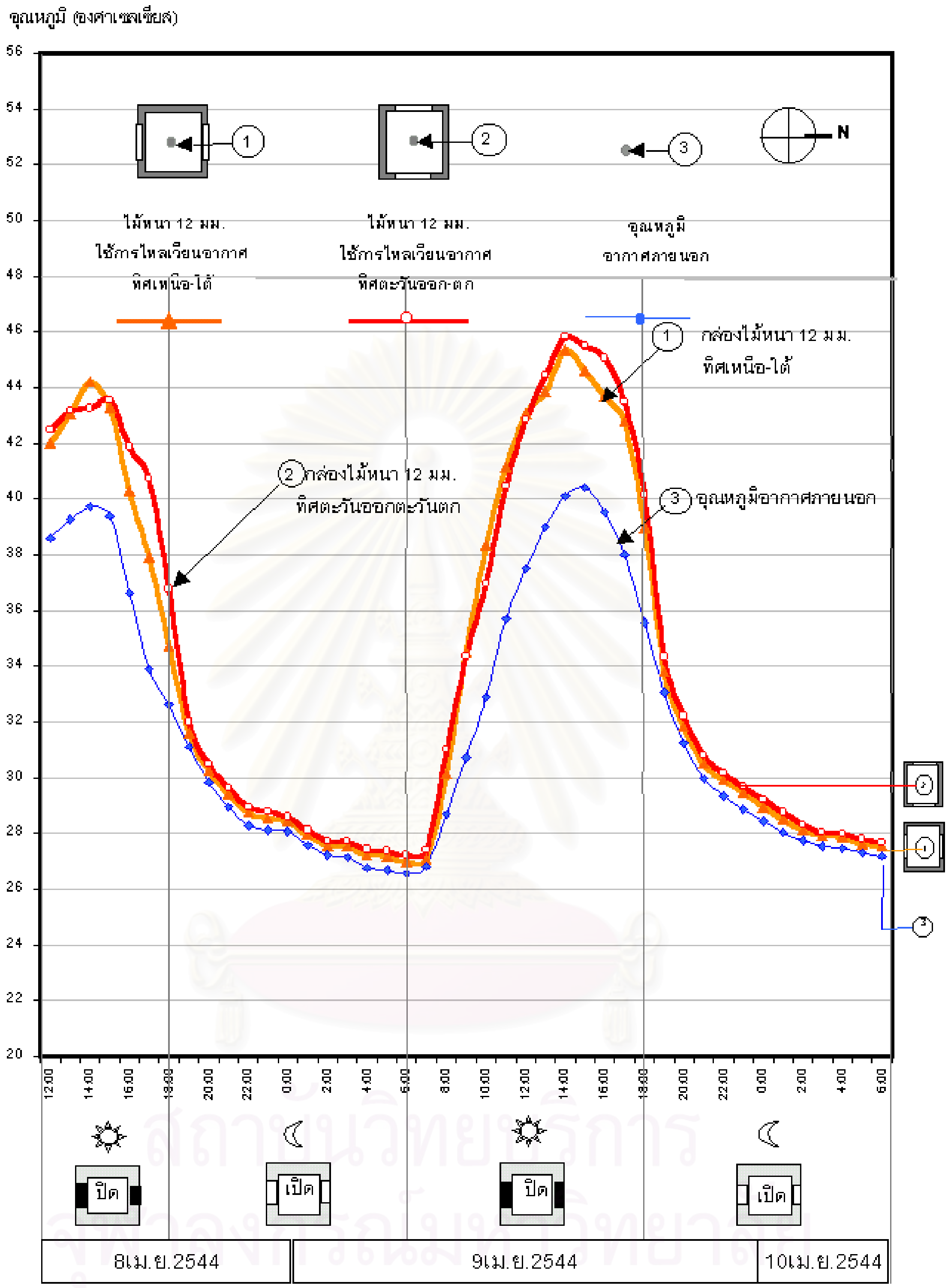
แผนภูมิที่ 4.82 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของการไหลเวียนอากาศเวลากลางวันในทิศทางที่ต่างกัน

4.4.3 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน

มีรูปแบบการวิจัยดังภาพที่ 4.13

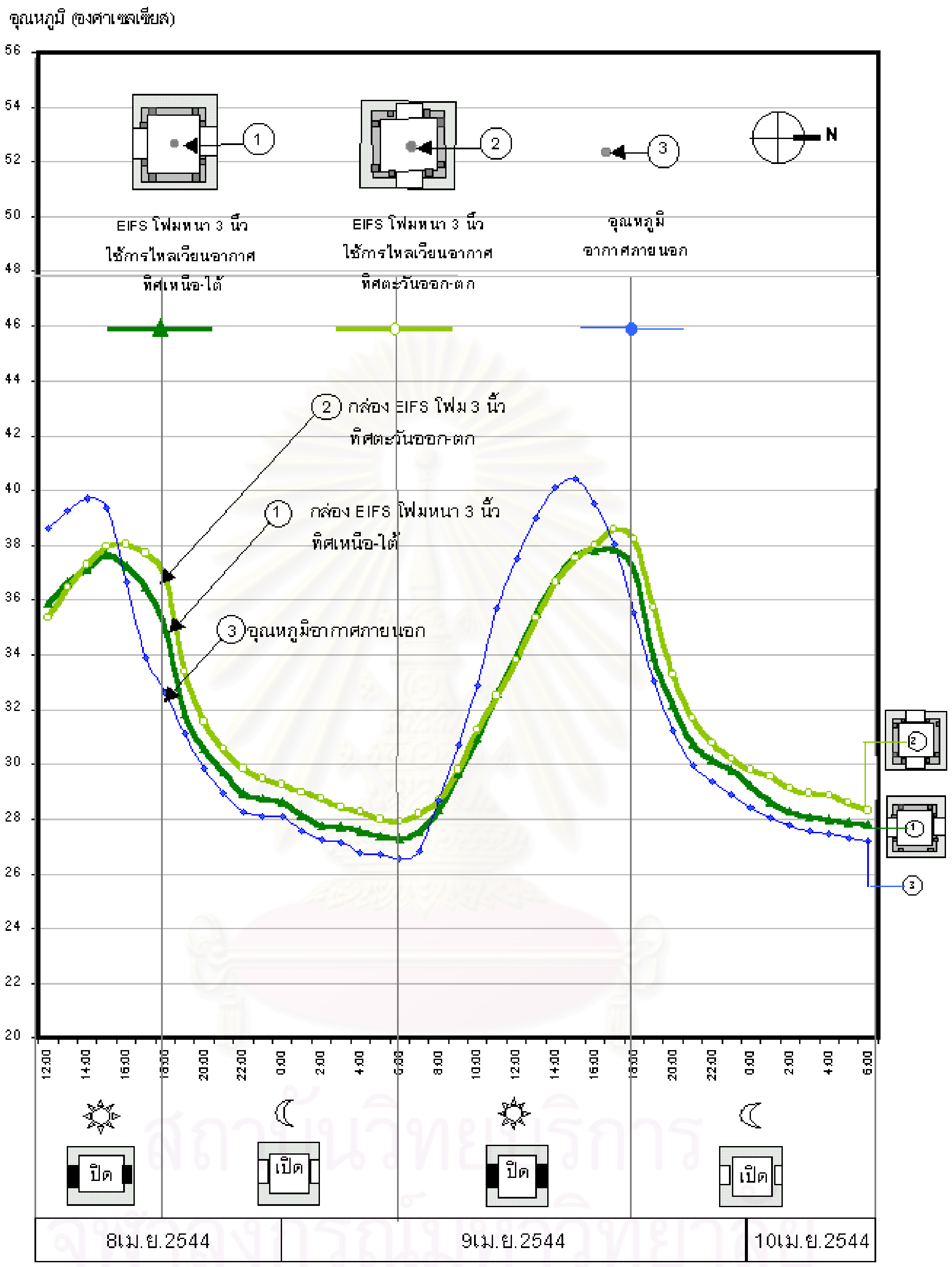


รูปที่ 4. 13 การทดสอบการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน เปรียบเทียบ กล่องชุดหันช่องเปิดไปในแนวทิศเหนือ-ใต้ และชุดที่หันช่องเปิดไปในทิศตะวันออก-ตก



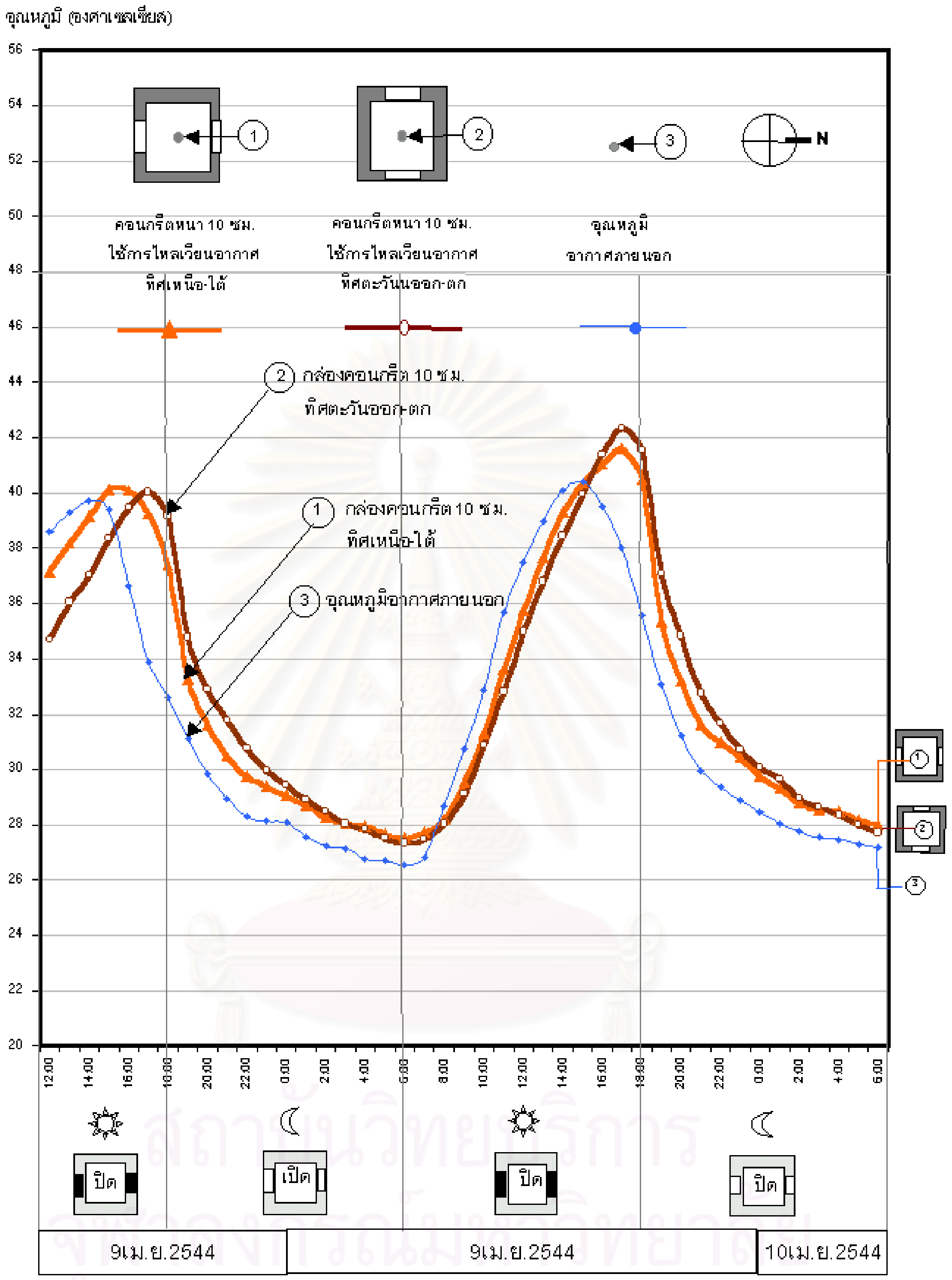
แผนภูมิที่ 4.83 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัดหนา 12 มม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 8 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 10 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.



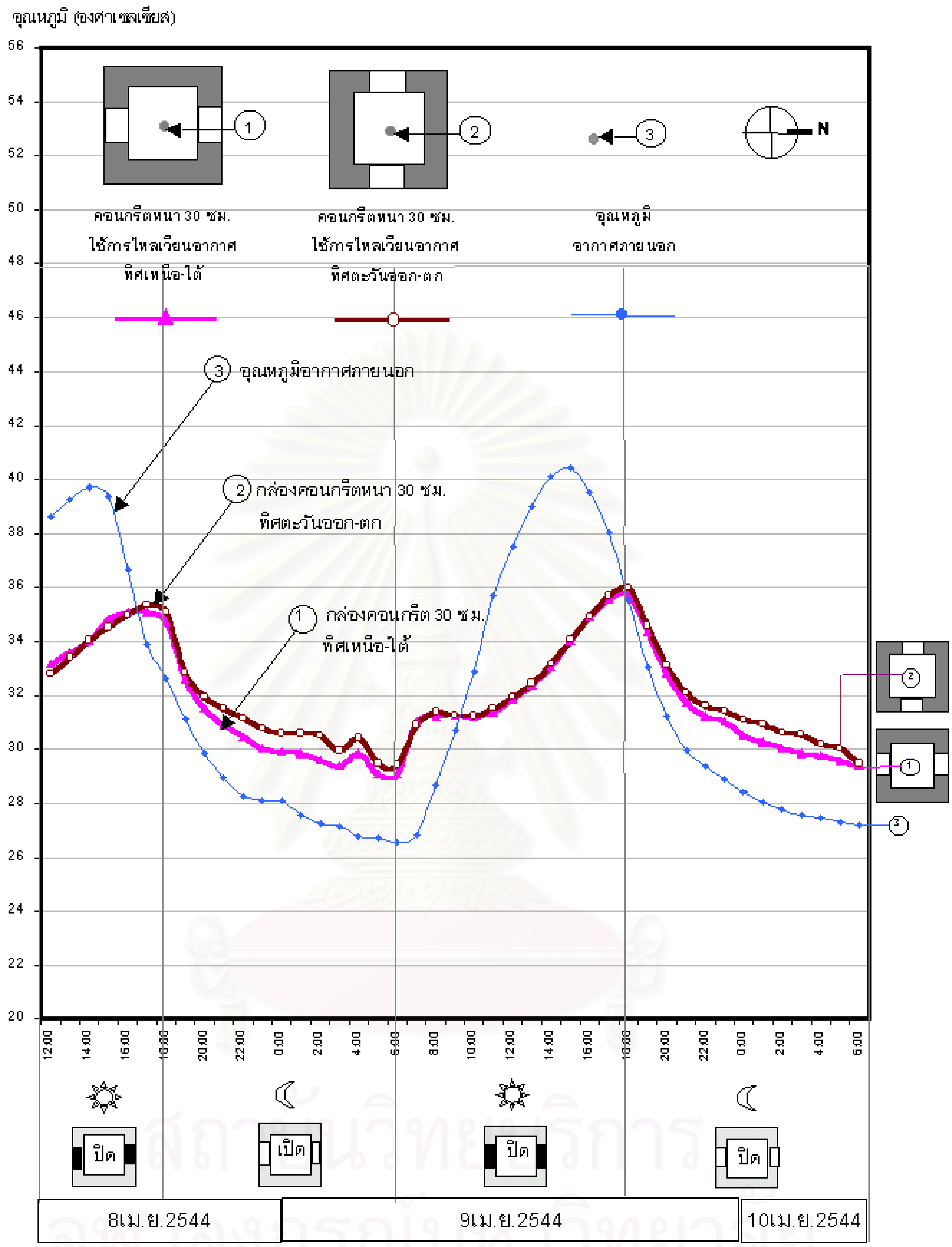
แผนภูมิที่ 4.84 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 8 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 10 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.85 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน

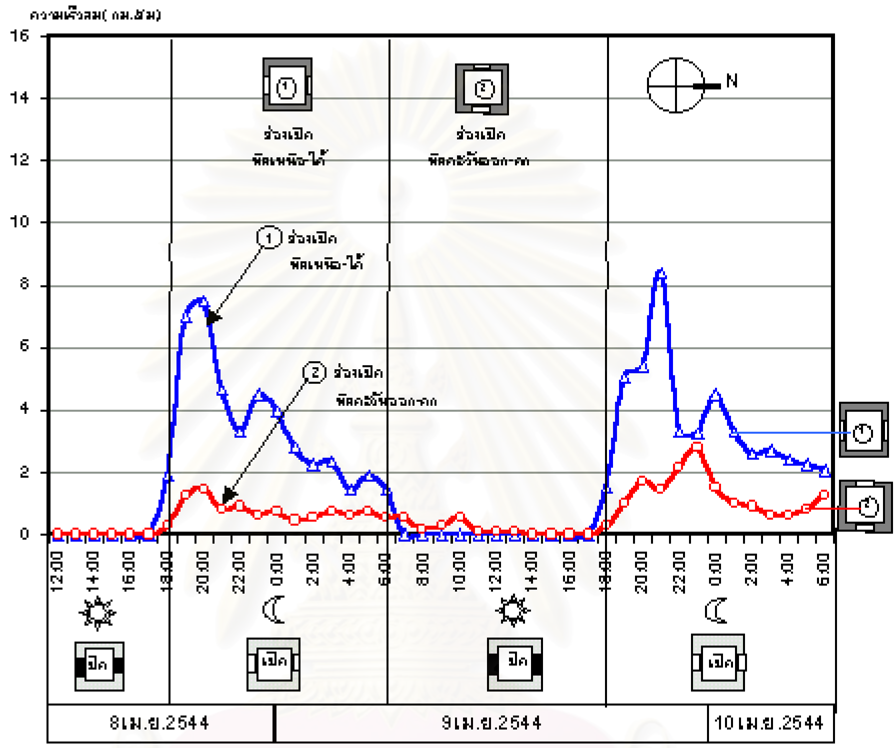
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 8 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 10 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 4.86 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.โดยกล่องหันช่องเปิดไปในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนอีกกล่องหันไปทางทิศตะวันออก-ตก และใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเหมือนกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 8 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 10 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

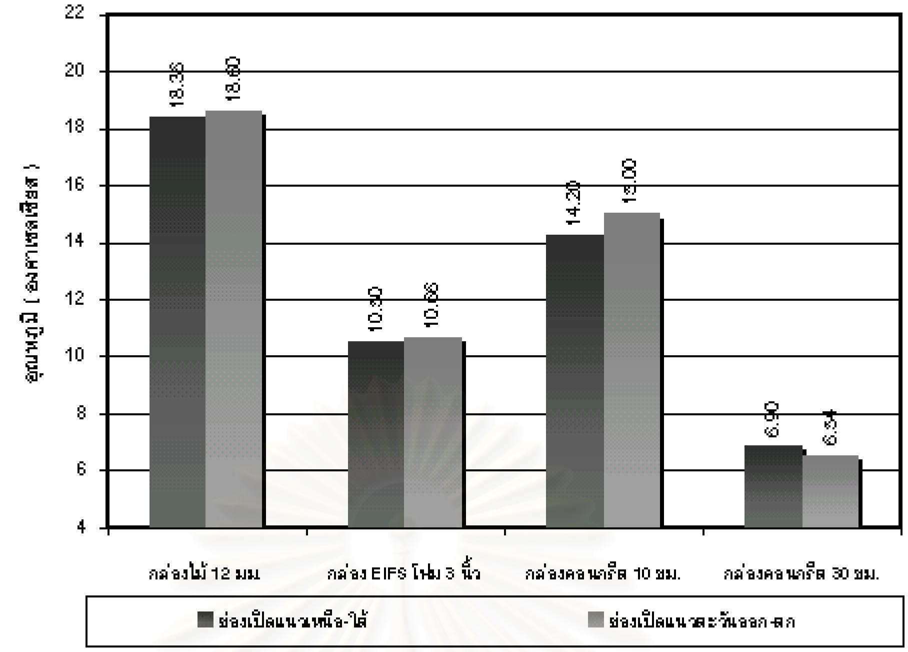
การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนจะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องตอนกลางคืนแปรเปลี่ยนเข้าใกล้อุณหภูมิอากาศมากขึ้นดังนั้นหากยิ่งเพิ่มปริมาณการไหลเวียนอากาศจะทำให้มีอุณหภูมิอากาศต่ำลงเป็นเหตุให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยจะลดอุณหภูมิต่ำสุดในขณะที่ไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิสูงสุดเท่าใดนัก ในวันที่ทำการทดลองจะมีลมแรงในทิศใต้ดังแผนภูมิที่ 4.87



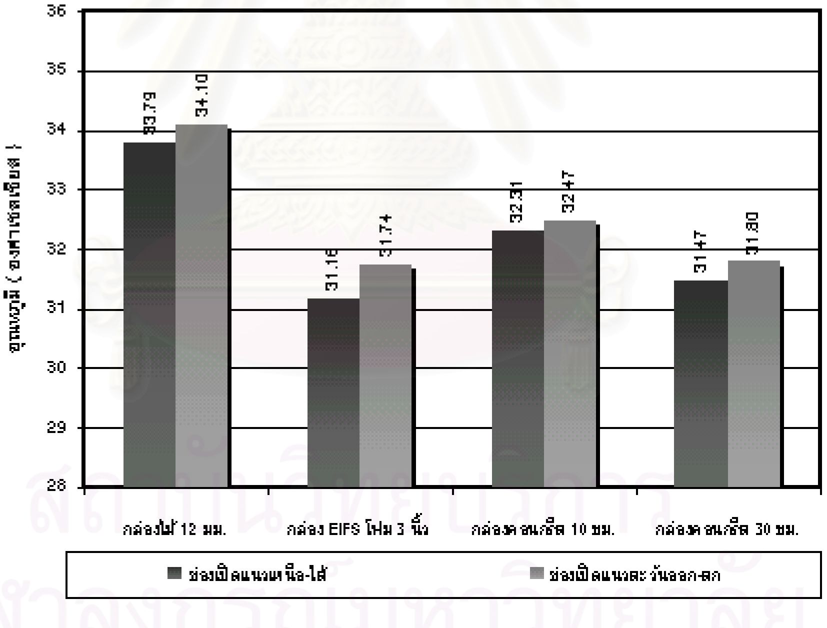
แผนภูมิที่ 4.87 แสดงความเร็วลมในทิศที่ต่างกันกรณีใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน

การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในเวลากลางคืนจะช่วยลดอุณหภูมอากาศเฉลี่ยของ EIFS และ วัสดุมวลสารมากได้เป็นอย่างดี แต่จะส่งผลต่อวัสดุมวลสารปานกลางเพียงเล็กน้อย และในวัสดุมวลสารน้อยจะไม่ช่วยลดอุณหภูมิอากาศแต่อย่างใด การใช้ทิศทางของการไหลเวียนอากาศจะไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิสะสมในช่วงกลางวันเท่าใดนักเนื่องจากปริมาณอากาศไม่แตกต่างกันมากพอดังแผนภูมิที่ 4.89

ในส่วนของการหน่วงเหนี่ยวความร้อนการปิดกล่องเวลากลางวันจะส่งผลให้กล่องมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนตามลักษณะเปลือกอาคาร จนเมื่อปิดกล่องวัสดุมวลสารมากก็จะคายความร้อนออกจึงมีอุณหภูมิสุงสุดตรงกับช่วงเวลาที่ปิดกล่อง



แผนภูมิที่ 4.88 เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิกรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ในทิศทางต่างกัน



แผนภูมิที่ 4.89 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของการไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนในทิศทางที่ต่างกัน

4.5 อิทธิพลของความเร็วลมที่มีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์ กรณีช่วงเวลาการไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

เมื่อทดสอบอิทธิพลของการไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับพฤติกรรมการถ่ายความร้อนแล้ว ปัจจัยหรืออิทธิพลที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือความรู้สึกของมนุษย์เมื่อมีความเร็วลมกระทำผ่านผิวกาย จากการวิจัยพบว่าความเร็วลม 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจะทำให้รู้สึกเย็นลงประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส(สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 35) และเมื่อใช้การประมาณความรู้สึกเย็นลงจะพบความสัมพันธ์ดังสมการ

ความรู้สึกเย็นลง(^{0}C) = 0.381 V + 0.0016 RH (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 35)

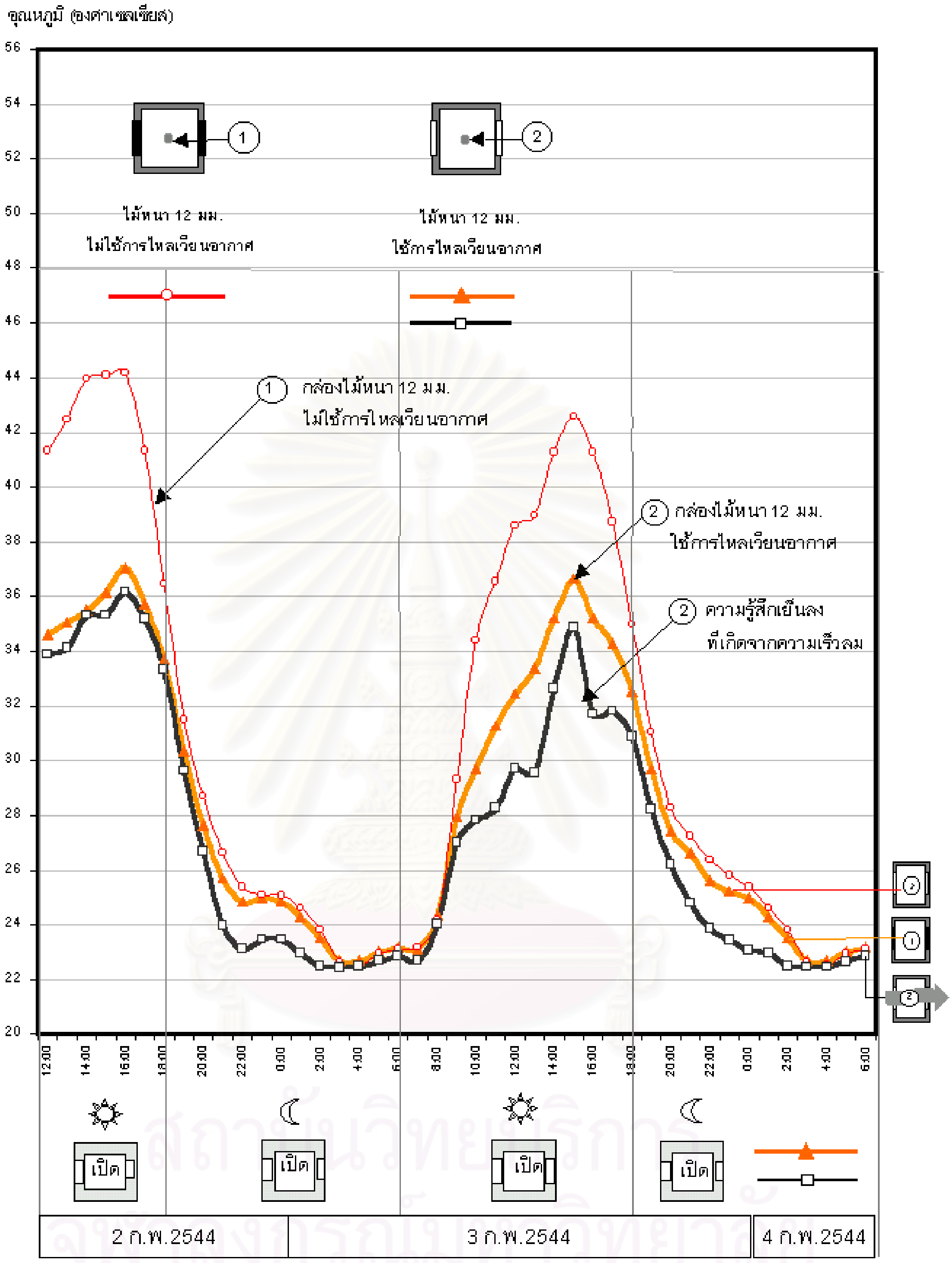
เมื่อ

V = ความเร็วลม(km/h)

RH = ความชื้นสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์)

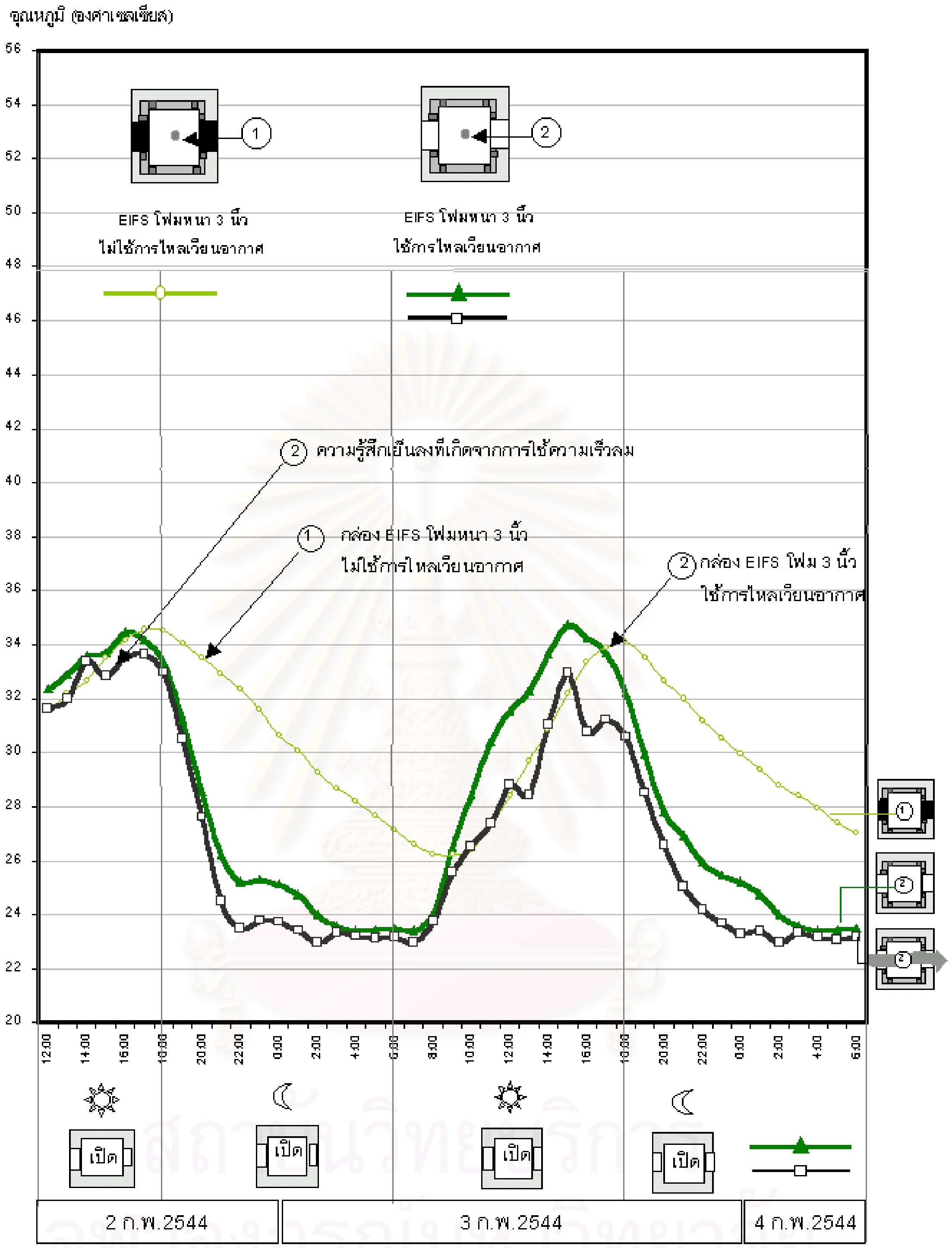
การวิจัยในขั้นตอนนี้จึงต้องอาศัยข้อมูลอีก 2 ข้อมูลได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะเปียก และความเร็วลม เพื่อให้สามารถนำสมการมาใช้คำนวณความรู้สึกเย็นลงได้ จากนั้นนำผลที่ได้มาประยุกต์กับอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองเพื่อให้ได้ความรู้สึกของมนุษย์และนำไปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศที่วัดได้จากการถ่ายเทความร้อนโดยตรง ก็จะสามารถทราบถึงผลกระทบของการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ในกรณีของการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศจะนอกจากจะมีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนแล้วยังมีผลต่อเนื่องของความรู้สึกเมื่อมีความเร็วลมมากระทำกับผิวกาย ดังนั้นในการวิจัยส่วนนี้จึงนำเสนอการวิเคราะห์ความรู้สึกเย็นลงที่เกิดจากความเร็วลมเปรียบเทียบกับพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกล่องทดลองเพื่อจะสรุปถึงศักยภาพของการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ และค้นหารูปแบบช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศที่เหมาะสม



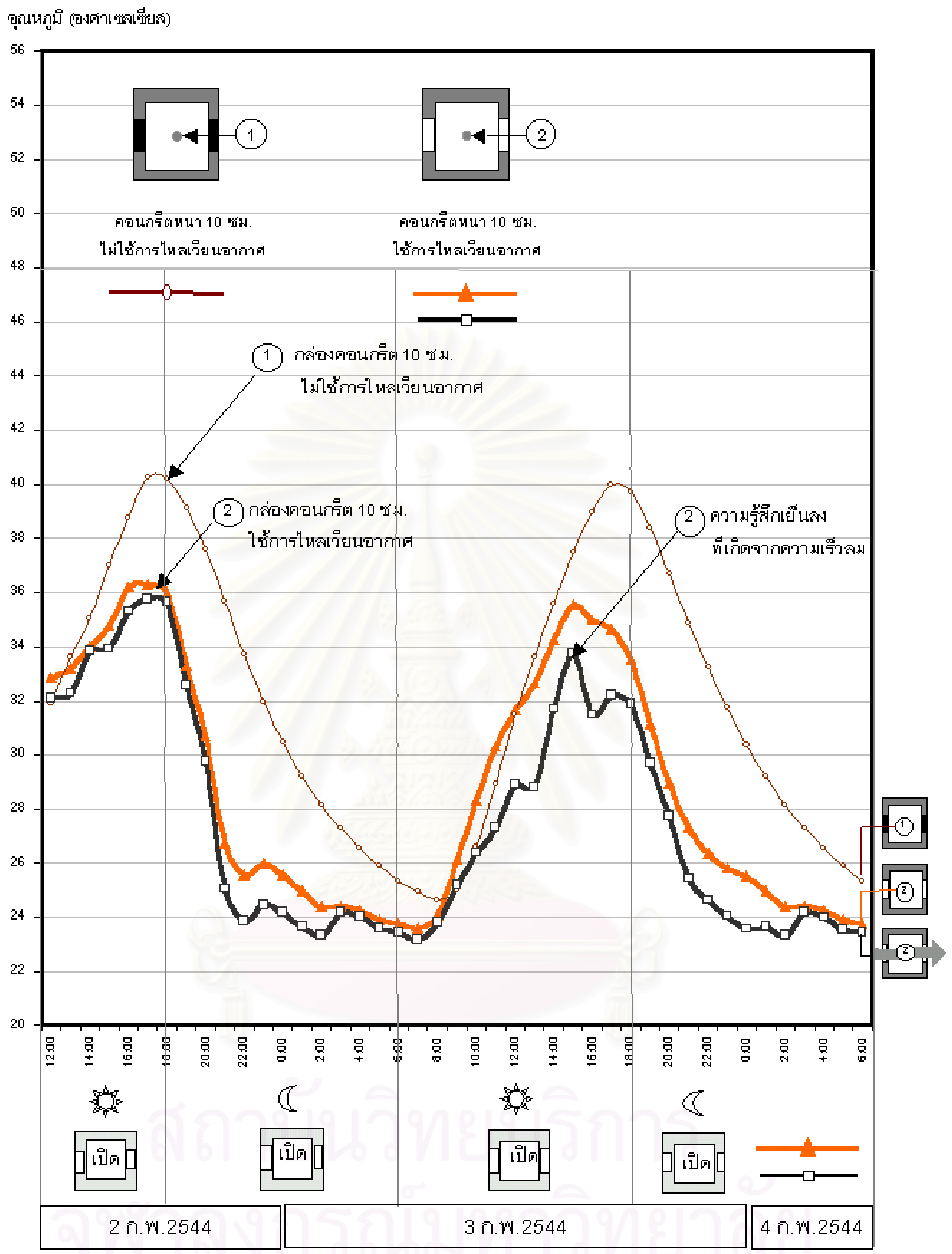
แผนภูมิที่ 4.90 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00



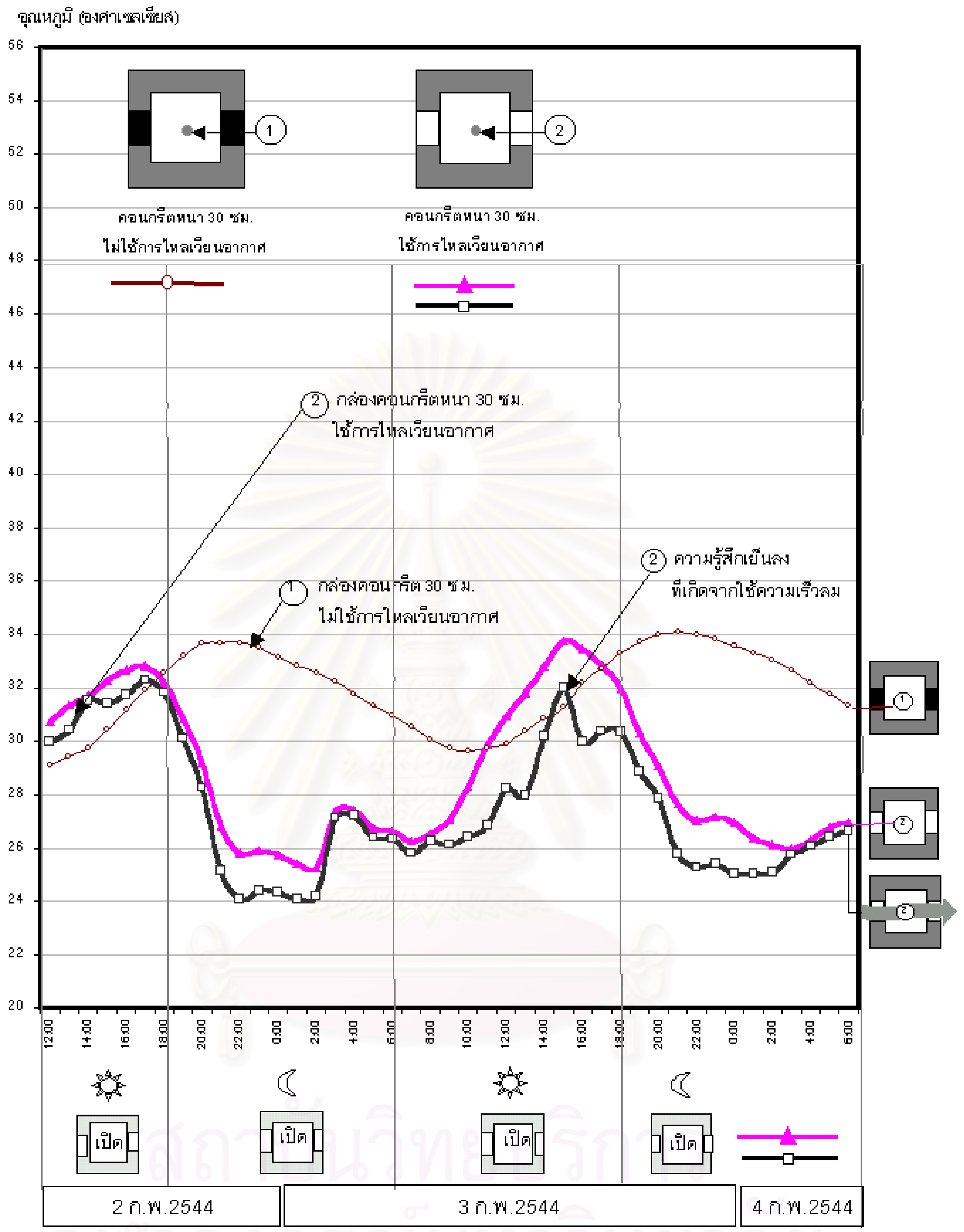
แผนภูมิที่ 4.91 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00



แผนภูมิที่ 4.92 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00



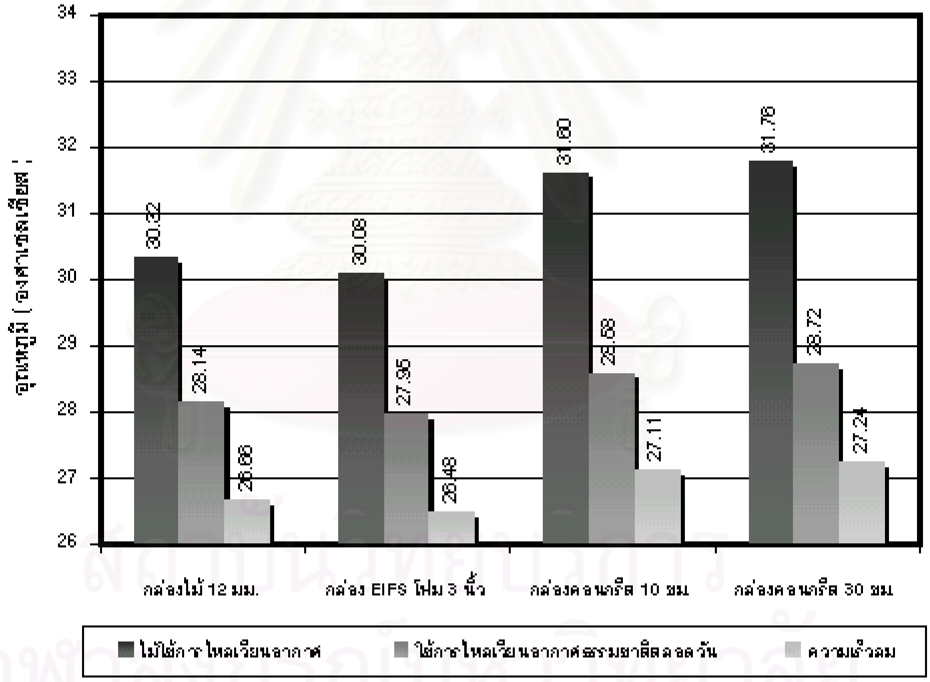
แผนภูมิที่ 4.93 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00

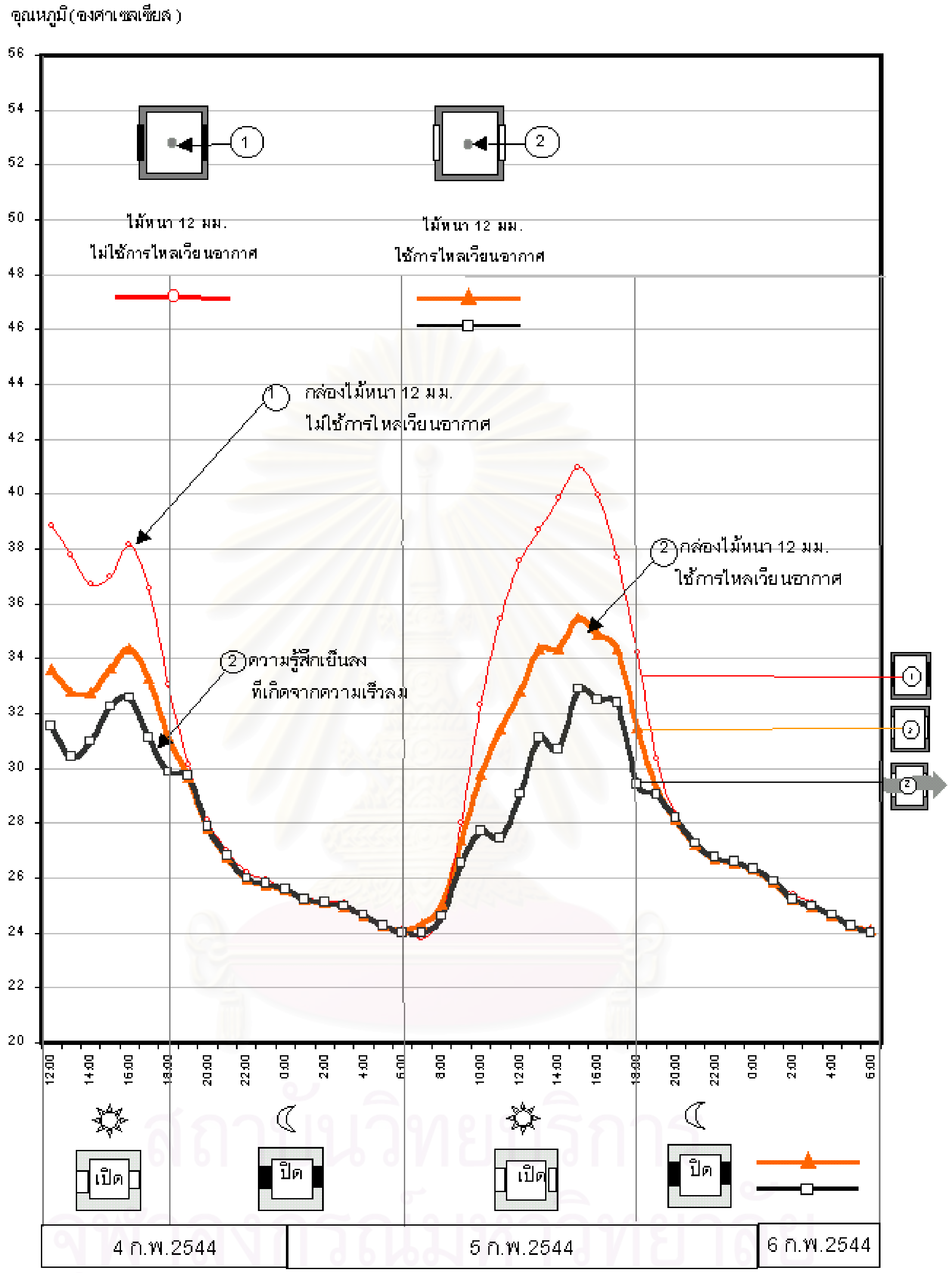
4.4.1 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน

เมื่อมีการใช้ความเร็วลมมาช่วยเมื่อเทียบกันระหว่างกล่องที่ใช้การไหลเวียนอากาศและไม่ใช้จะทำให้เกิดความรู้สึกเย็นลงเสมือนเมื่อมีการใช้ความเร็วลมโดยในกล่องที่มีมวลสารน้อยและปานกลางจะทำให้มีความแตกต่างและอุณหภูมิสูงสุดลงลง ส่วนในกล่องที่เหลือจะลดอุณหภูมิสูงสุดลงแต่จะเพิ่มความรู้สึกแตกต่างของอุณหภูมิขึ้น แต่ถ้านำความรู้สึกเย็นลงมาเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายในกล่องที่ใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันจะพบว่าช่วยลดอุณหภูมิสูงสุดและลดความแตกต่างของอุณหภูมิลงด้วย

เมื่อพิจารณาด้านอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในกล่องที่เปิดตลอดวันทุกกล่องจะมีความรู้สึกเสมือนอุณหภูมิเฉลี่ยลดลงทุกกล่องประมาณ 5–3.5 องศาเซลเซียสเมื่อเทียบกับก่องที่ปิดดดยกล่องที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยขณะปิดจะลอลงได้มากกว่ากล่องที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำ และหากเทียบกับการไม่ใช้ความเร็วลมจะรู้สึกเย็นลงประมาณ 1.5 องศาในทุกกล่องทดลอง ดังแผนภูมิที่ 4.94

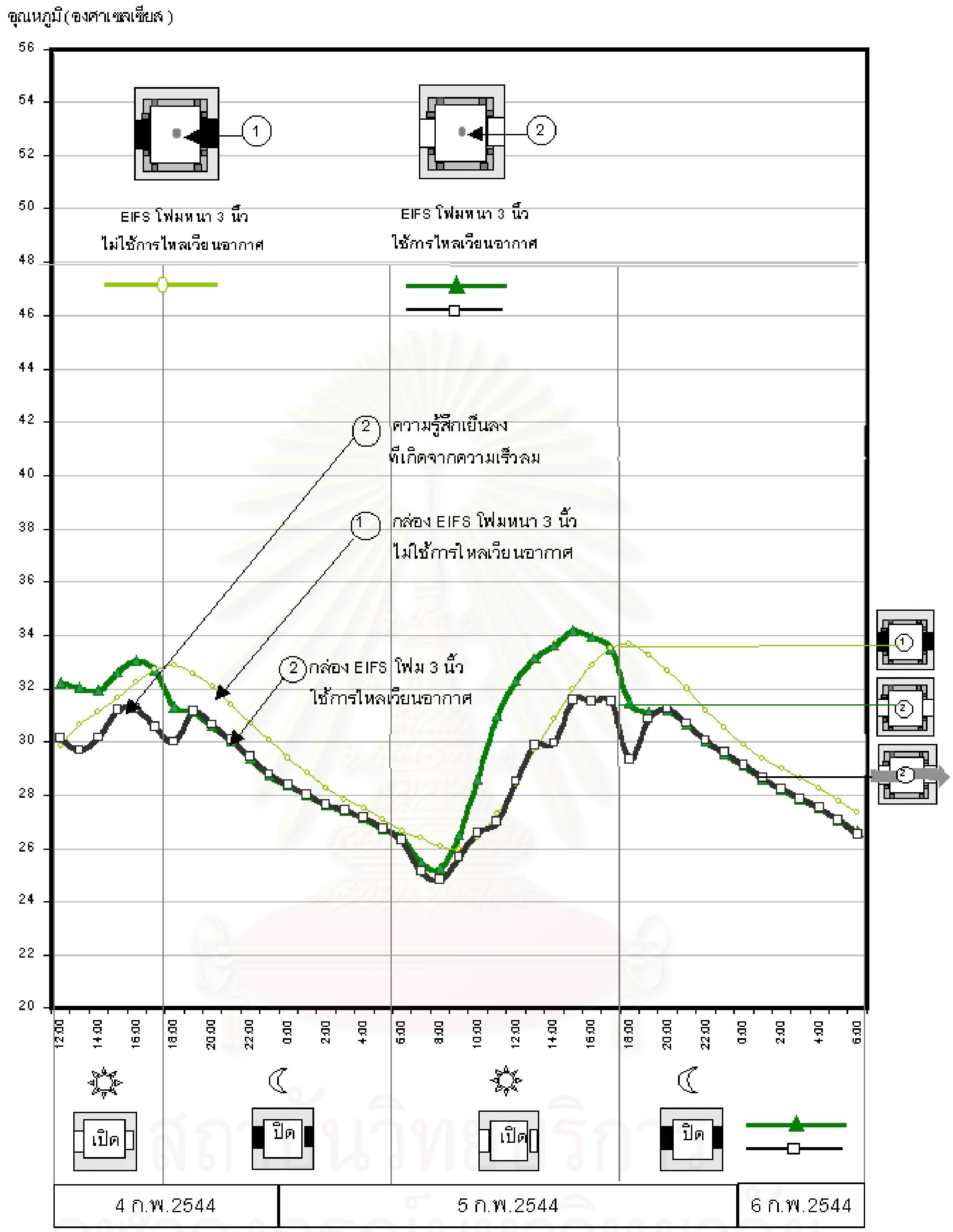


แผนภูมิที่ 4.94 เปรียบเทียบความรู้สึกเย็นลงกรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน



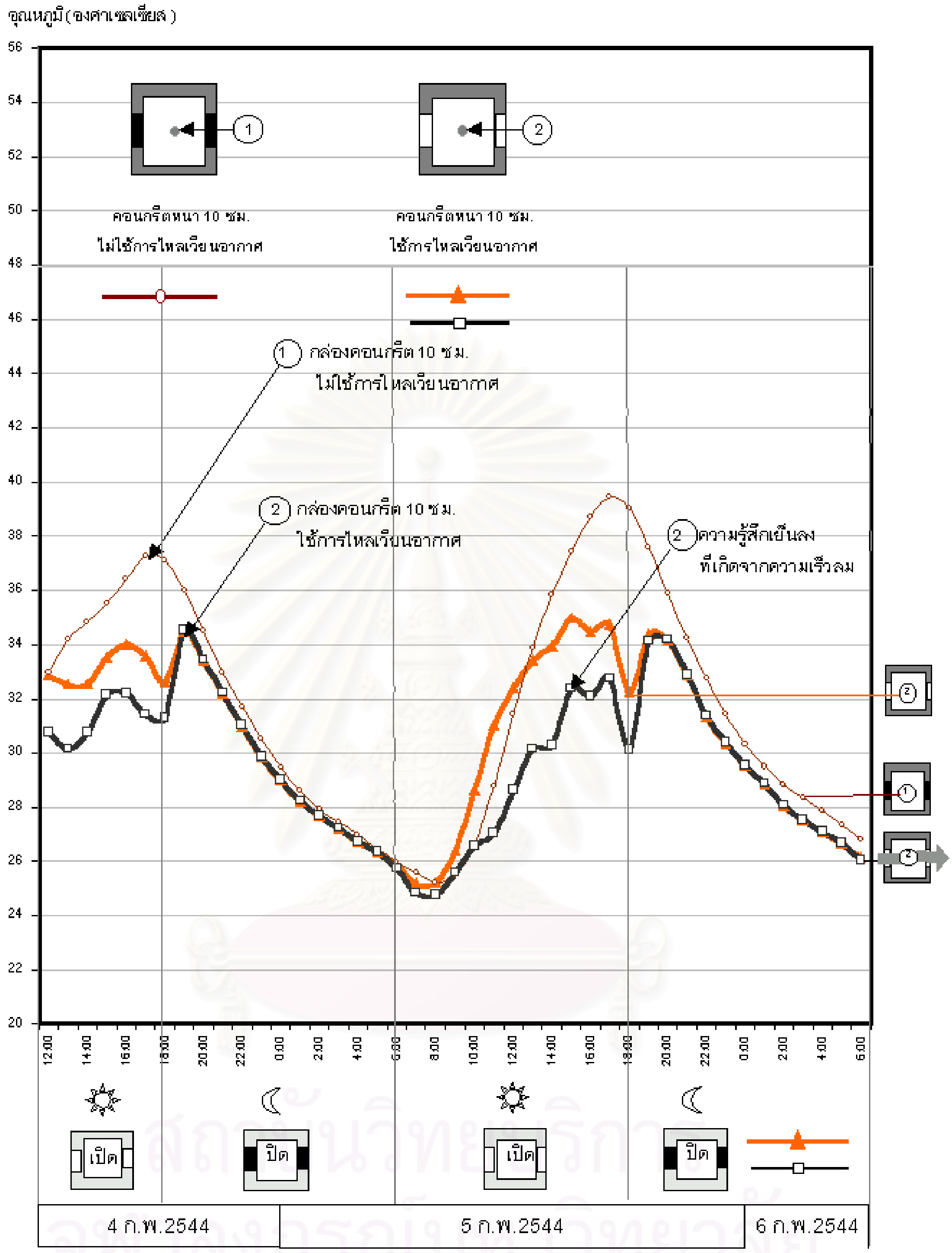
แผนภูมิที่ 4.95 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00



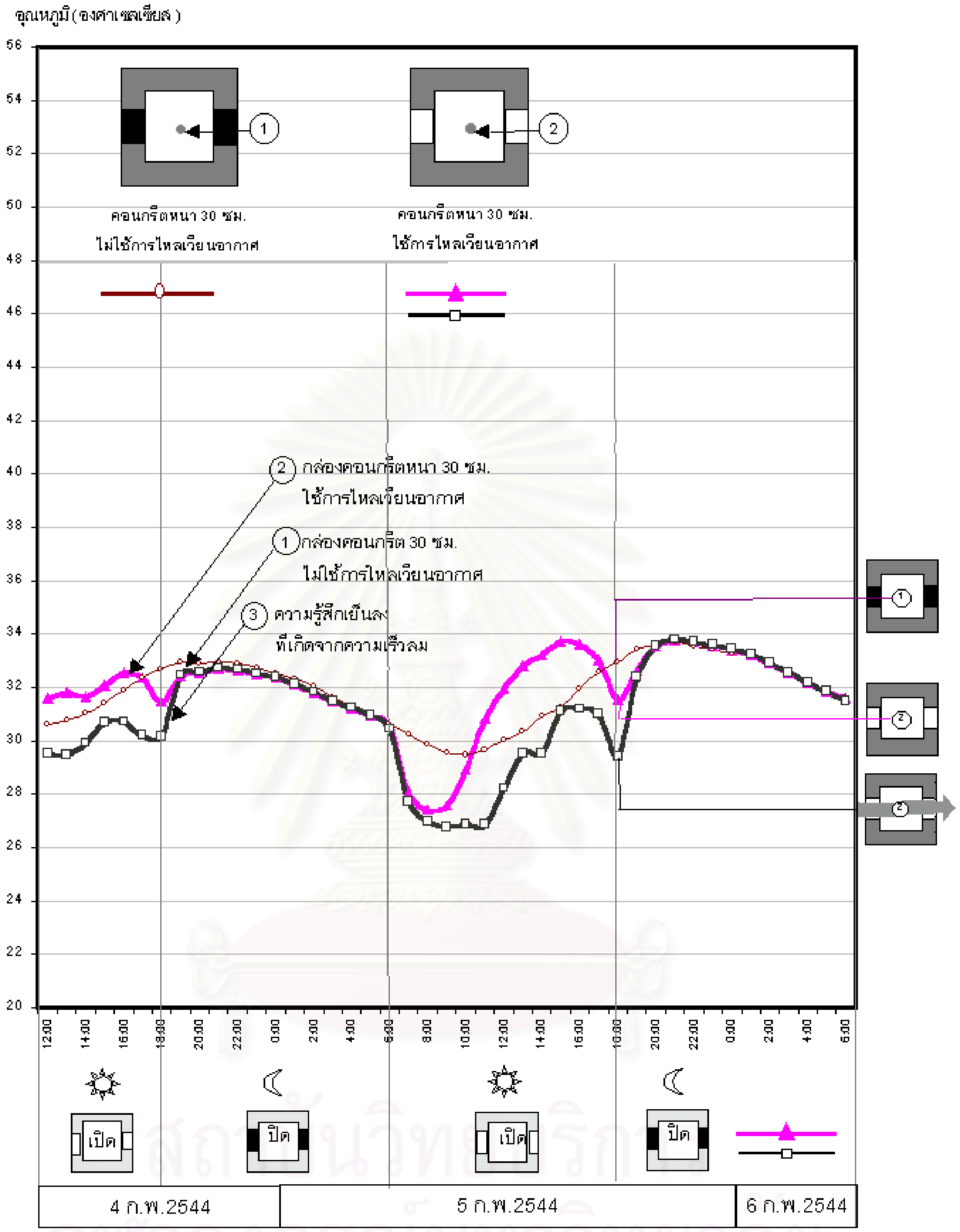
แผนภูมิที่ 4.96 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00



แผนภูมิที่ 4.97 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00



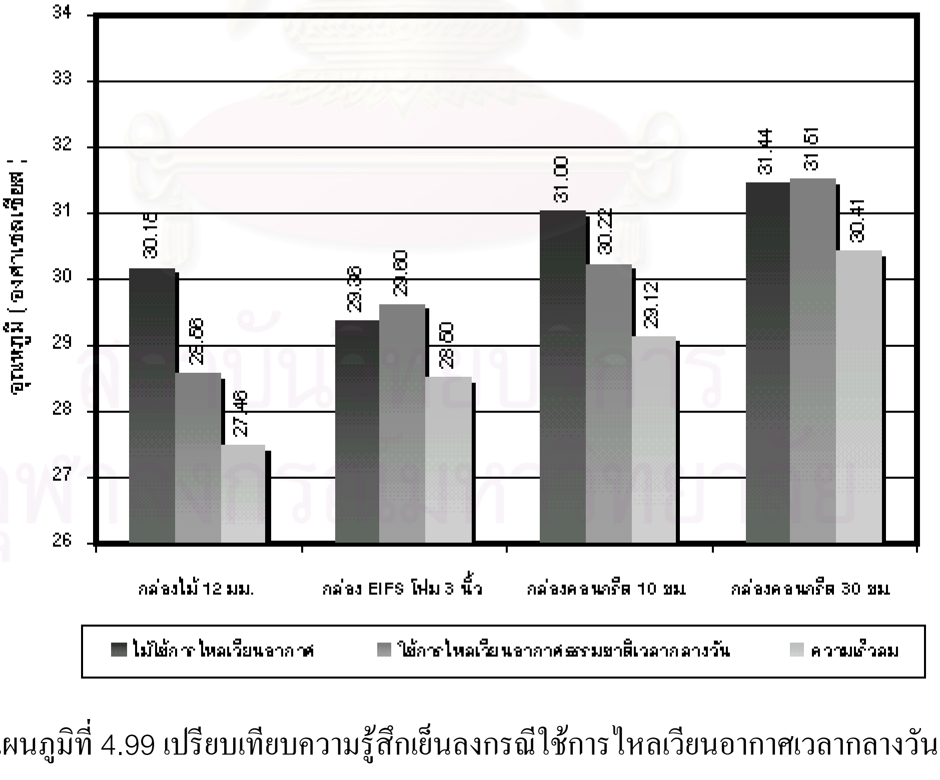
แผนภูมิที่ 4.98 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00

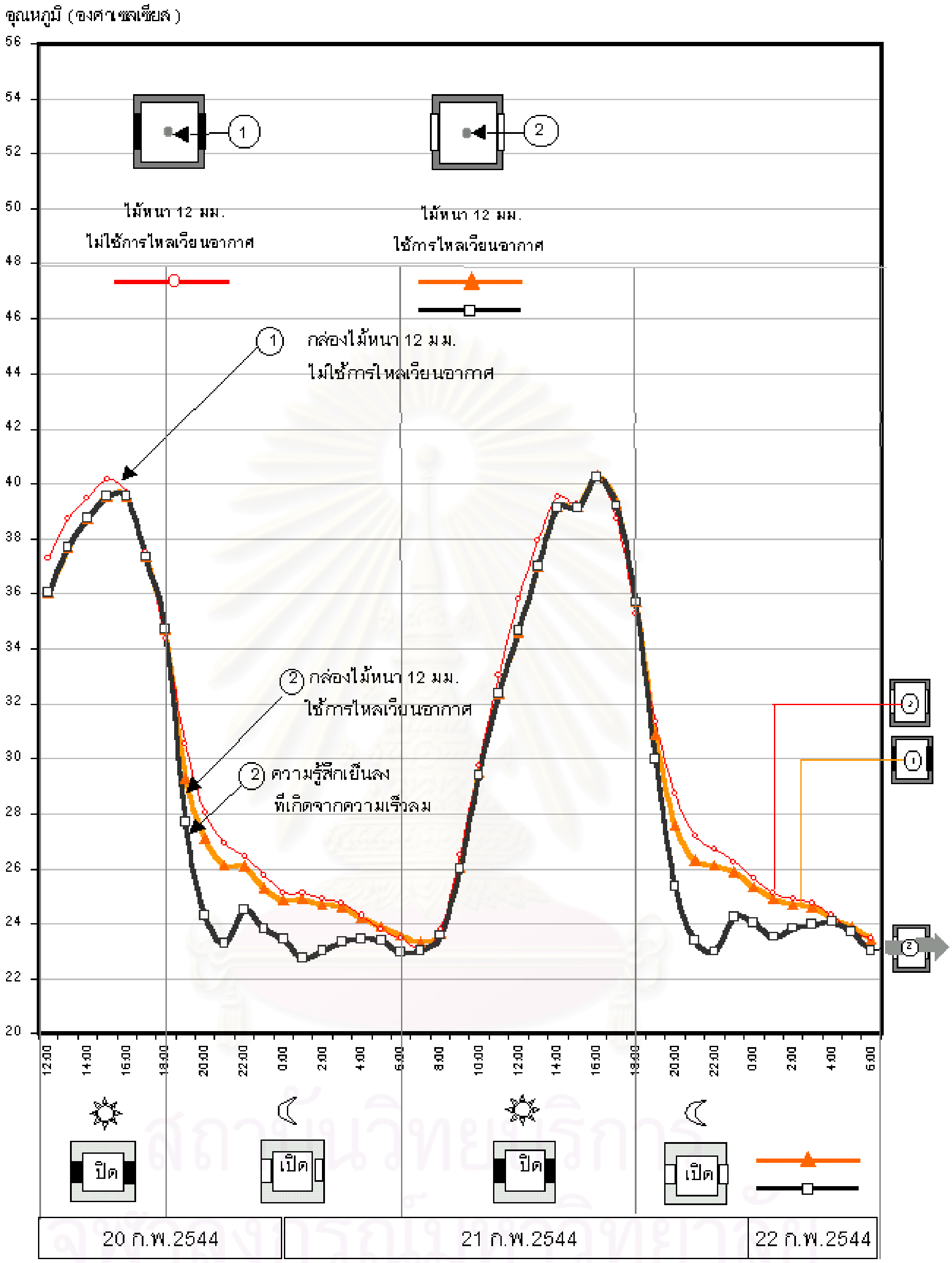
4.4.2 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน

เมื่อมีการใช้ความเร็วลมมาช่วยดังนั้นจึงทำให้เกิดความรู้สึกเย็นลงเสมือนโดยในกล่องที่มีมวลสารน้อยและปานกลางจะทำให้มีความแตกต่างและอุณหภูมิสูงสุดลงลง ส่วนกล่อง EIFS จะเป็นการลดอุณหภูมิสุงสุดลงแต่จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิใกล้เคียงกัน ส่วนในกล่องมวลสารมากจะไม่ช่วยอุณหภูมิสูงสุดลงแต่จะเพิ่มความรู้สึกแตกต่างของอุณหภูมิขึ้นโดยลดความรู้สึกร้อนในช่วงกลางวัน แต่ถ้านำความรู้สึกเย็นลงมาเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายในกล่องที่ใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันจะพบว่าช่วยลดอุณหภูมิสูงสุดช่วงกลางวันลงและลดความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงกลางวันลงด้วย

เมื่อพิจารณาด้านอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในกล่องที่มีมวลสารมากขึ้นจะยิ่งมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงขึ้น การใช้ความเร็วลมจะช่วยทำให้รู้สึกเย็นได้น้อยลงในกรณีที่มวลสารมากขึ้นและค่าการป้องกันความร้อนเพิ่มขึ้น โดยในกล่องมวลสารน้อยเมื่อใช้ความเร็วลมเทียบกับการปิดกล่องจะทำให้เย็นลง 2.5 องศาเซลเซียส ในขณะที่กล่องมวลสารมากและ EIFS จะเย็นลงเพียง 1 องศาเซลเซียส และเมื่อเทียบกับการเปิดกล่องโดยไม่มีอิทธิพลของความเร็วลมทุกกล่องจะเย็นลง 1 องศาเซลเซียส ดังแผนภูมิที่ 4.99

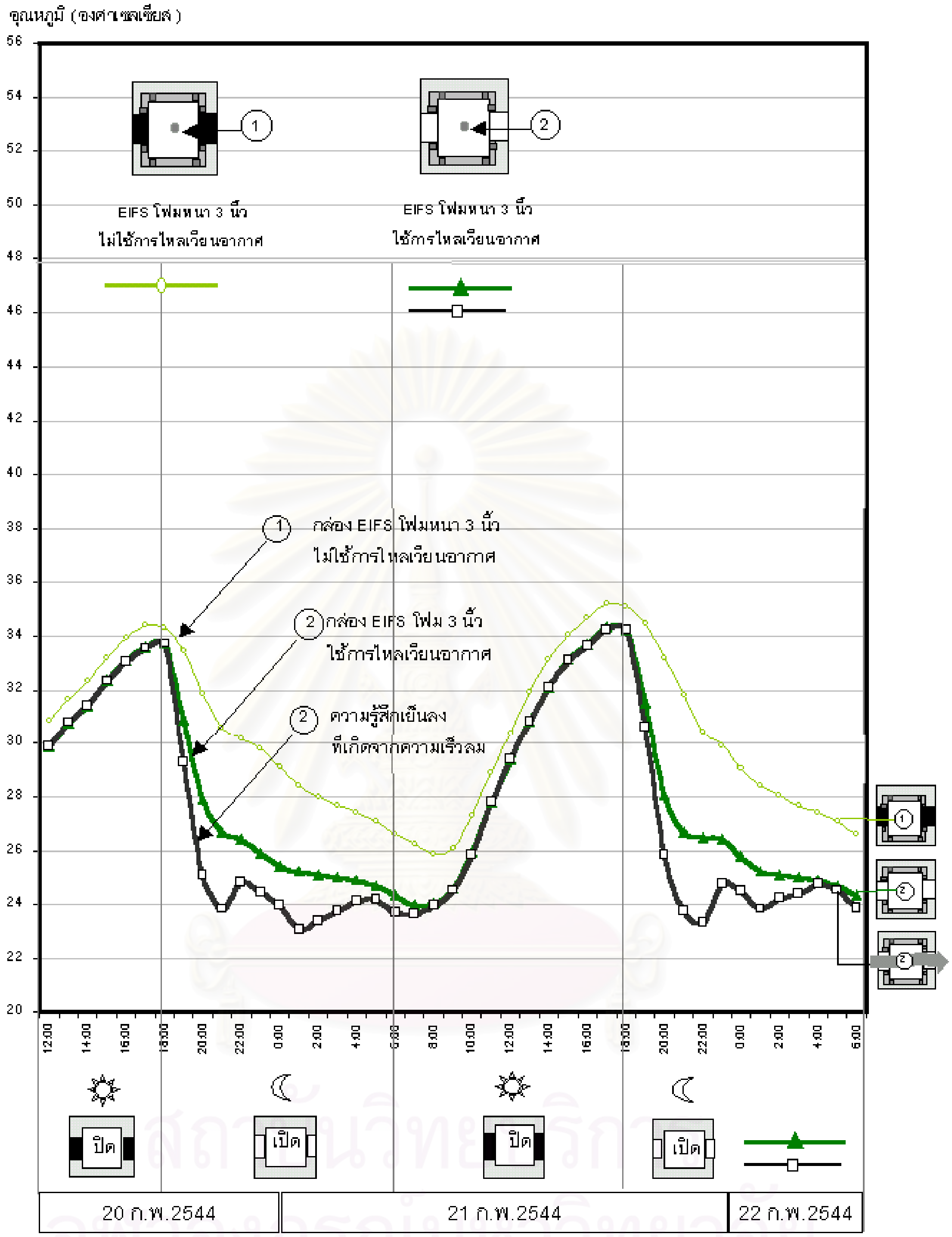


แผนภูมิที่ 4.99 เปรียบเทียบความรู้สึกเย็นลงกรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน



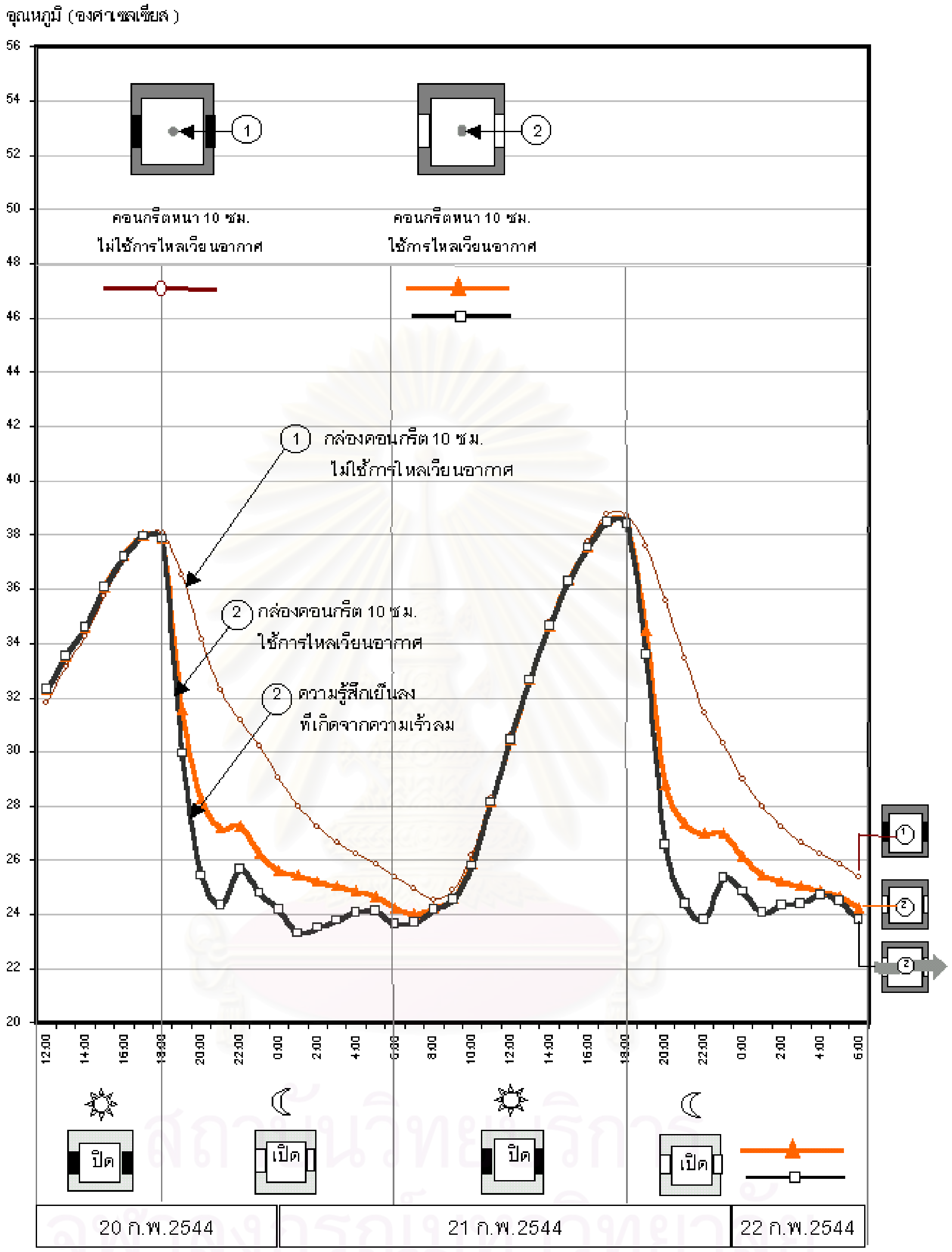
แผนภูมิที่ 4.100 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00



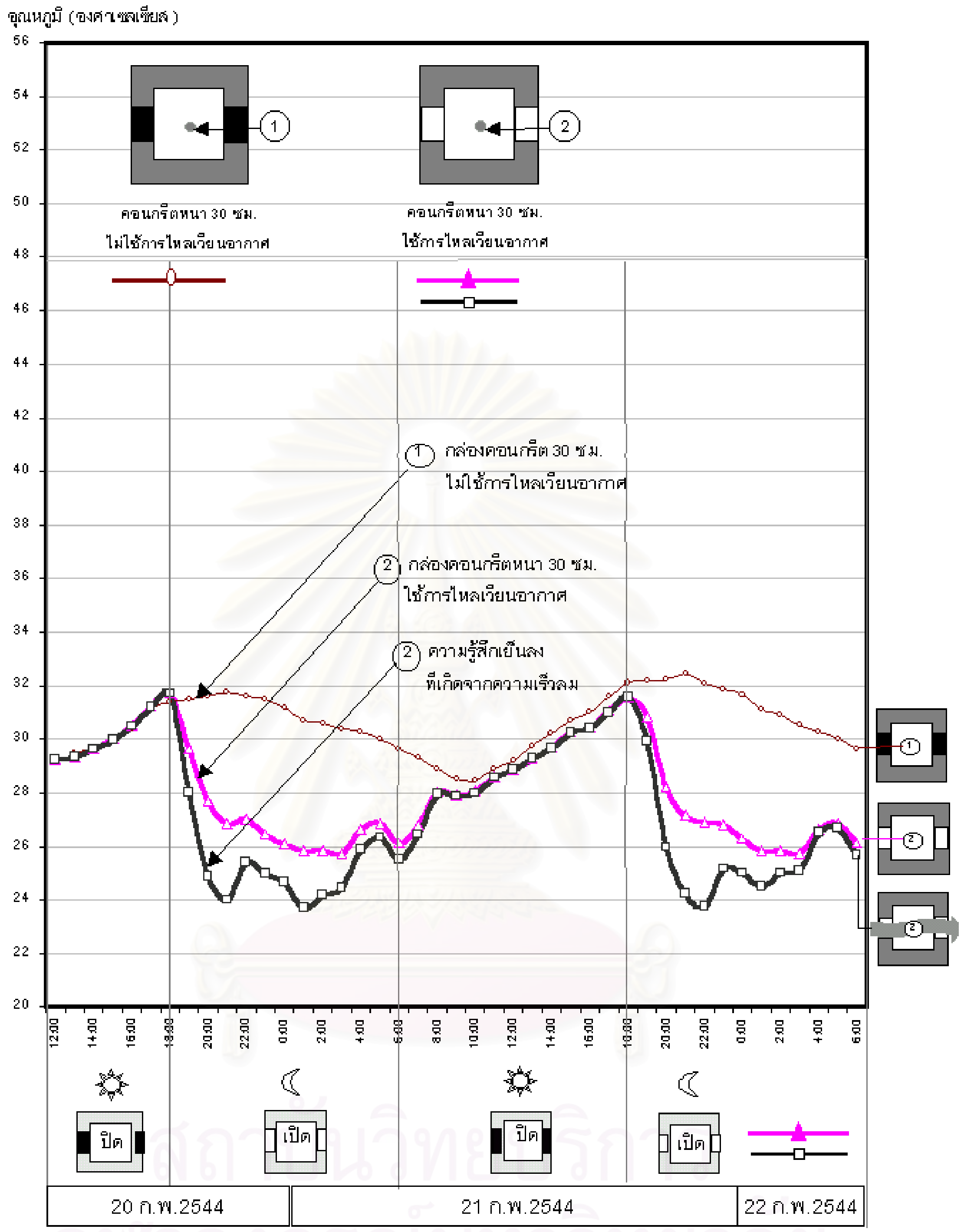
แผนภูมิที่ 4.101 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00



แผนภูมิที่ 4.102 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00



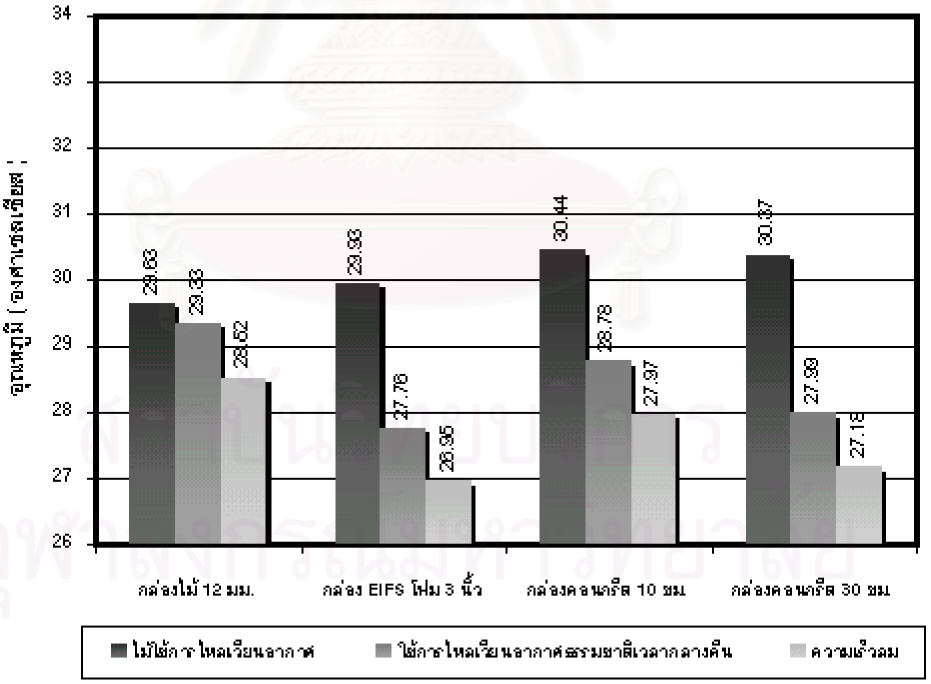
แผนภูมิที่ 4.103 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ส่วนอีกกล่องไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 6:00

4.4.3 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน

เมื่อมีการใช้ความเร็วลมมาช่วยดังนั้นจึงทำให้เกิดความรู้สึกเย็นลงเสมือนโดยในทุกกล่องทดลองจะมีความแตกต่างของความรู้สึกร้อนหนาวเพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจากากรลดอุณหภูมิต่ำสุดในช่วงเวลากลางคืน ยกเว้นกล่องคอนกรีตหนา 30 ซม.ที่มีการหน่วงเหนี่ยวอุณหภูมิสูงสุดไปในช่วงกลางคืนจึงทำให้การใช้การไหลเวียนอากาศนอกจากจะลดอุณหภูมิต่ำสุดแล้วยังลดอุณหภูมิสูงสุดลงเมื่อเทียบกับกล่องที่ปิดจะลดลง 8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดจึงเกิดในช่วงที่ปิดกล่องพอดี

เมื่อพิจารณาด้านอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในกล่องที่มีมวลสารมากขึ้นจะยิ่งมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยลดลงเมื่อใช้การไหลเวียนอากาศในเวลากลางคืน การใช้ความเร็วลมจะช่วยทำให้รู้สึกเย็นน้อยกว่าการเปิดกล่องทั้งวันแต่ก็เย็นลงได้มากกว่าเปิดกล่องตอนกลางวัน โดยในกล่องมวลสารน้อยเมื่อใช้ความเร็วลมเทียบกับการปิดกล่องจะทำให้เย็นลง 1 องศาเซลเซียส ในขณะที่กล่องมวลสารมากและ EIFS และกล่องมวลสารมากจะเย็นลงเพียง 3 องศาเซลเซียส ส่วนกล่องมวลสารปานกลางจะเย็นลง 2.5 องศาเซลเซียส และเมื่อเทียบกับการเปิดกล่องโดยไม่มีอิทธิพลของความเร็วลมทุกกล่องจะเย็นลง 0.8 องศาเซลเซียส ดังแผนภูมิที่ 4.104



แผนภูมิที่ 4.104 เปรียบเทียบความรู้สึกเย็นลงกรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน

4.6 อิทธิพลของความเร็วลมที่มีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์ กรณีการใช้ฉนวนที่เปลือกอาคารด้านบน

การใช้ฉนวนติดที่เปลือกอาคารด้านบนจะทำให้พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของแต่ละกล่องทดลองเปลี่ยนแปลงไปดังนั้นการวิเคราะห์ความรู้สึกเย็นลงจากความเร็วลมจะส่งผลให้มีรูปแบบแตกต่างกับการไม่ติดฉนวน โดยเมื่อติดฉนวนจะมีแนวโน้มลดความร้อนที่เกิดขึ้นเวลากลางวันซึ่งเมื่อผนวกกับความรู้สึกเย็นลงที่เกิดจากความเร็วลมก็จะทำให้มนุษย์รู้สึกเย็นลงอีก และในเวลากลางคืนการติดฉนวนจะมีแนวโน้มเพิ่มความร้อนซึ่งการใช้ความเร็วลมจะมีส่วนในการช่วยลดความรู้สึกร้อนได้

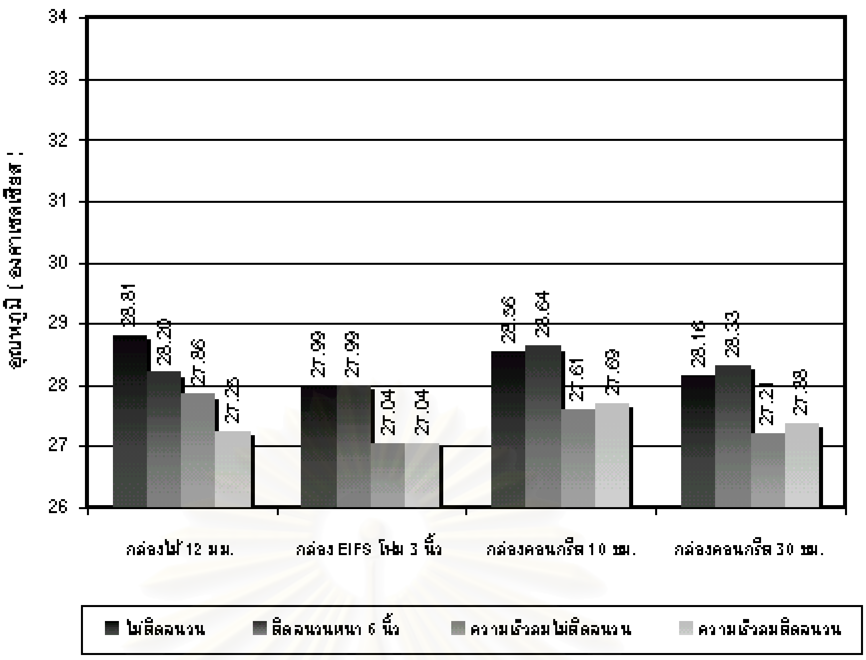
4.6.1 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน

การติดฉนวนจะมีแนวโน้มในการลดความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและลดอุณหภูมิสูงสุดเพียงเล็กน้อยเนื่องจากอิทธิพลของการไหลเวียนอากาศจะส่งผลเหนือกว่าการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร

ในส่วนของอุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อเทียบระหว่างกล่องที่ไม่พิจารณาความเร็วลมไม่ติดฉนวนและกล่องที่พิจารณาความเร็วลมซึ่งติดฉนวนจะพบว่าช่วงกลางวันสามารถลดความรู้สึกร้อนลง 2 องศาเซลเซียส ส่วนในกล่องมวลสารปานกลางและ EIFS จะลดลง 1.5 องศาเซลเซียส แต่กล่องมวลสารมากการไม่ติดฉนวนและใช้ความเร็วลมจะทำให้รู้สึกเย็นลงมากกว่าการติดฉนวนและเทียบกับกล่องที่ไม่ใช้ความเร็วลมจะเย็นลง 1 องศาเซลเซียส ซึ่งการใช้ความเร็วลมในกล่องที่ติดฉนวนจะทำให้รู้สึกเย็นลงประมาณ 1 องศาเซลเซียสในช่วงกลางวัน

ส่วนในช่วงเวลากลางคืนการติดฉนวนจะทำให้มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่าการไม่ติดฉนวน โดยยิ่งมีมวลสารมากจะยิ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้นการใช้ความเร็วลมจะทำให้รู้สึกเย็นลงเฉลี่ยประมาณ 0.8 องศาเซลเซียสในกล่องทดลองเดียวกัน แต่เมื่อเทียบระหว่างกล่องที่ไม่พิจารณาความเร็วลมติดฉนวนกับกล่องที่มีความเร็วลมไม่ติดฉนวนจะรู้สึกเย็นลงประมาณ 1 องศาเซลเซียส

ในกรณีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันกล่องที่มีมวลสารน้อยการติดฉนวนผนวกกับการใช้ความเร็วลมจะทำให้รู้สึกเย็นลงเมื่อเทียบกับกล่องที่เปิดไม่ติดฉนวนและไม่พิจารณาความเร็วลม 2 องศาเซลเซียส ในขณะที่กล่องอื่นๆเมื่อใช้หรือไม่ใช้ฉนวนจะมีอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงกันและเมื่อใช้ความเร็วลมก็จะทำให้รู้สึกเย็นลงประมาณ 1 องศาเซลเซียส โดยกล่อง EIFS จะเย็นที่สุด ดังแผนภูมิที่ 4.105



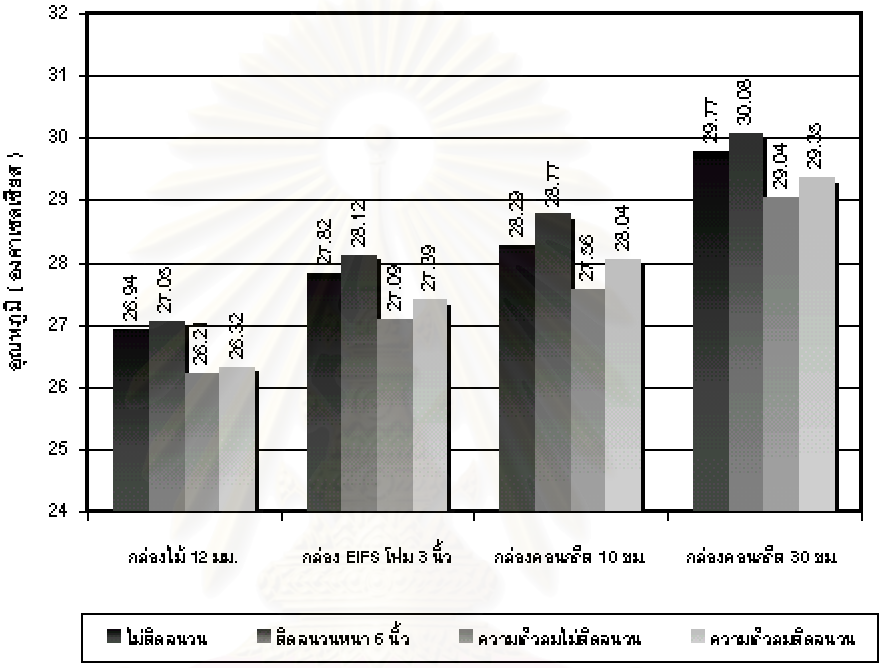
แผนภูมิที่ 4.105 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันกรณีมีการติดฉนวนและไม่ติดฉนวน กรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน

4.6.2 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน

การติดฉนวนจะมีแนวโน้มในการลดความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและลดอุณหภูมิสูงสุดเพียงเล็กน้อยเนื่องจากอิทธิพลของการไหลเวียนอากาศจะส่งผลเกนือนกว่าการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร แต่ในเวลากลางคืนจะเห็นได้ชัดถึงอิทธิพลของอุณหภูมิผิวโดยดมื่อไม่มีการใช้การไหลเวียนอากาศจึงทำให้กล่องที่ติดฉนวนจะมีอุณหภูมิสูงสุดสูงกว่าเนื่องจากเกิดการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีได้น้อยกว่า

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเวลากลางวันจะพบว่าในกล่องมวลสารน้อยการที่ไม่ติดฉนวนและไม่ใช้ความเร็วลมจะร้อนกว่าการติดฉนวนและใช้ความเร็วลมถึง 2 องศาเซลเซียส แต่ในกล่องอื่นๆ เนื่องจากการปิดเวลากลางคืนจะทำให้กล่องที่ติดฉนวนมีอุณหภูมิสูงกว่า(แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก)ดังนั้นเมื่อเปิดกล่องตอนเช้าจะทำให้มีอุณหภูมิเริ่มต้นสูงกว่า ซึ่งถึงแม้การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุดแต่อิทธิพลของการไหลเวียนก็ทำให้ช่วยลดอุณหภูมิไม่ได้มากนัก ดังนั้นการใช้ความเร็วลมในกล่องที่ไม่ติดฉนวนจะเย็นกว่าการใช้ฉนวนและไม่ใช้ความเร็วลมประมาณ 1.5 องศาเซลเซียส และการใช้ความเร็วลมในกล่องทดลองเดียวกันจะช่วยให้รู้สึกเย็นลง 1.2 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันจะพบว่าการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันจะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเมื่อวัสดุมีมวลสารมากขึ้น และเมื่อติดฉนวนจะยิ่งเป็นการเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเนื่องจากตอนกลางคืนจะสูญเสียได้ยากกว่า ดังนั้นเมื่อผนวกการใช้ความเร็วลมจะสามรถลดความรู้สึกร้อนลง 0.8 องศาเซลเซียสในกล่องทดลองเดียวกันแต่หากพิจารณาการติดฉนวนไม่ใช้ความเร็วลมกับการไม่ติดฉนวนและใช้ความเร็วลมจะช่วยให้รู้สึกเย็นลง 0.8-1.5 องศาเซลเซียสดังแผนภูมิที่ 4.106



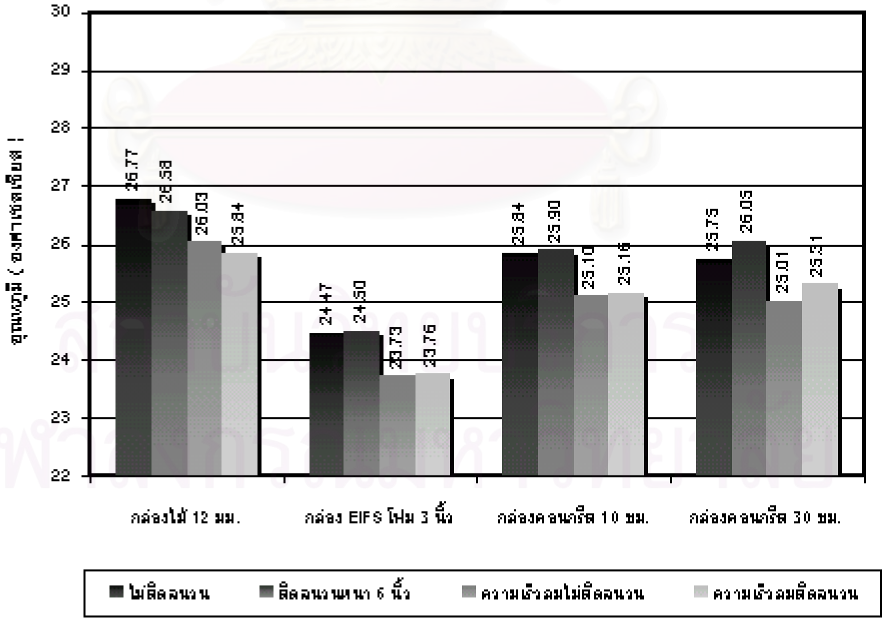
แผนภูมิที่ 4.106อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันกรณีมีการติดฉนวนและไม่ติดฉนวน กรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน

4.6.3 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน

การใช้ความเร็วลมจะทำให้ทุกกล่องทดลองมีความรู้สึกแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเนื่องจากจะช่วยเพิ่มความรู้สึกเย็นในเวลากลางคืน แต่เมื่อมีการติดฉนวนจะช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิเนื่องจากช่วยลดความร้อนในเวลากลางวันแต่ในเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันเนื่องจากอิทธิพลของการใช้การไหลเวียนอากาศส่งผลมากกว่า

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยเวลากลางคืนการติดฉนวนจะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเล็กน้อยเนื่องจากสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีได้ยากแต่อิทธิของอุณหภูมิอากาศก็จะทำให้ไม่แตกต่างกับการไม่ติดฉนวนมากนัก แต่ในทางกลับกันเนื่งจากกล่องมวลสารมากมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมาในเวลากลางคืนผลของการกันความร้อนของฉนวนจะทำให้กล่องที่ติดฉนวนมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำกว่าเล็กน้อย และเมื่อใช้อิทธิพลของความเร็วลมจะทำให้รู้สึกเย็นลงประมาณ 1 องศาเซลเซียสโดยเฉลี่ยดังแผนภูมิที่ 4.107 โดยที่เมื่อติดฉนวนไม่ใช้ความเร็วลมและไม่ติดฉนวนใช้ความเร็วลมประมาณ 1.2 องศาเซลเซียส ยกเว้นกล่องมวลสารมากกล่องไม่ติดฉนวนไม่ใช้ความเร็วลมจะร้อนกว่ากล่องติดฉนวนและใช้ความเร็วลม 1.2 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันจะพบว่าเมื่อใช้ควาเร็วลมจะช่วยลดอุณหภูมิอากาศในกล่องทดลองเดียวกันประมาณ 0.8 องศาเซลเซียส แต่กล่องมวลสารน้อยการติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ดังนั้นการใช้ความเร็วลมและติดฉนวนจึงทำให้เย็นลงเมื่อเทียบกับการไม่ติดฉนวนไม่ใช้ความเร็วลมประมาณ 1 องศาเซลเซียส ในขณะที่วัสดุมวลสารปานกลางจะมีการใช้ความเร็วลมและไม่ติดฉนวนจะเย็นกว่ากล่องที่ติดฉนวนไม่ใช้ความเร็วลมประมาณ 1 องศาเซลเซียส ส่วนในกล่อง EIFS การใช้ความเร็วลมจะช่วยลดความร้อนประมาณ 0.8 องศาเซลเซียส ซึ่งการติดฉนวนจะไม่ส่งผลมากนัก ดังแผนภูมิที่ 4.107



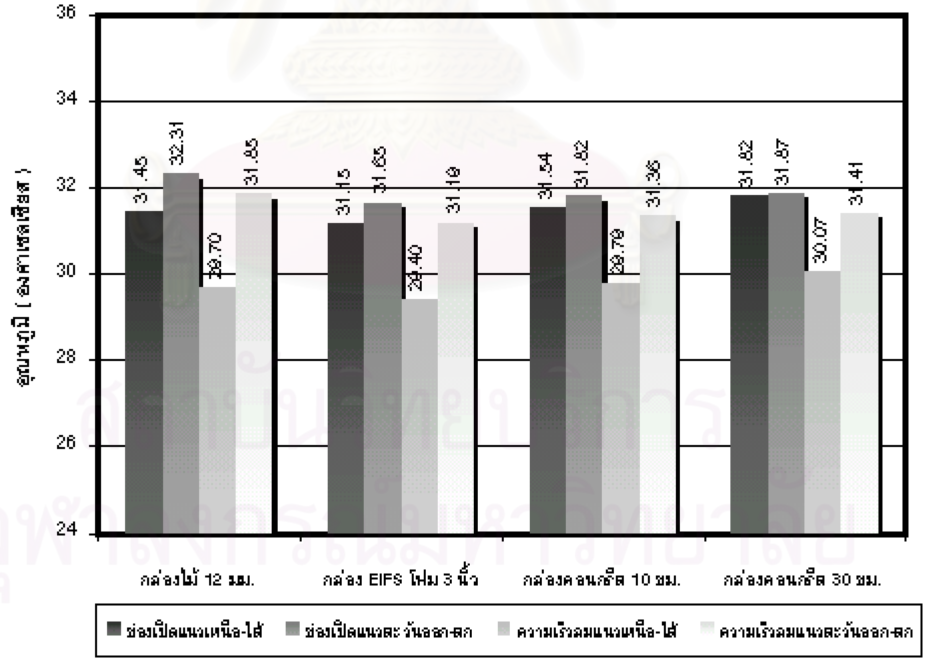
แผนภูมิที่ 4.107อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันกรณีมีการติดฉนวนและไม่ติดฉนวน กรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดคืน

4.7 อิทธิพลของความเร็วลมที่มีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์ กรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน

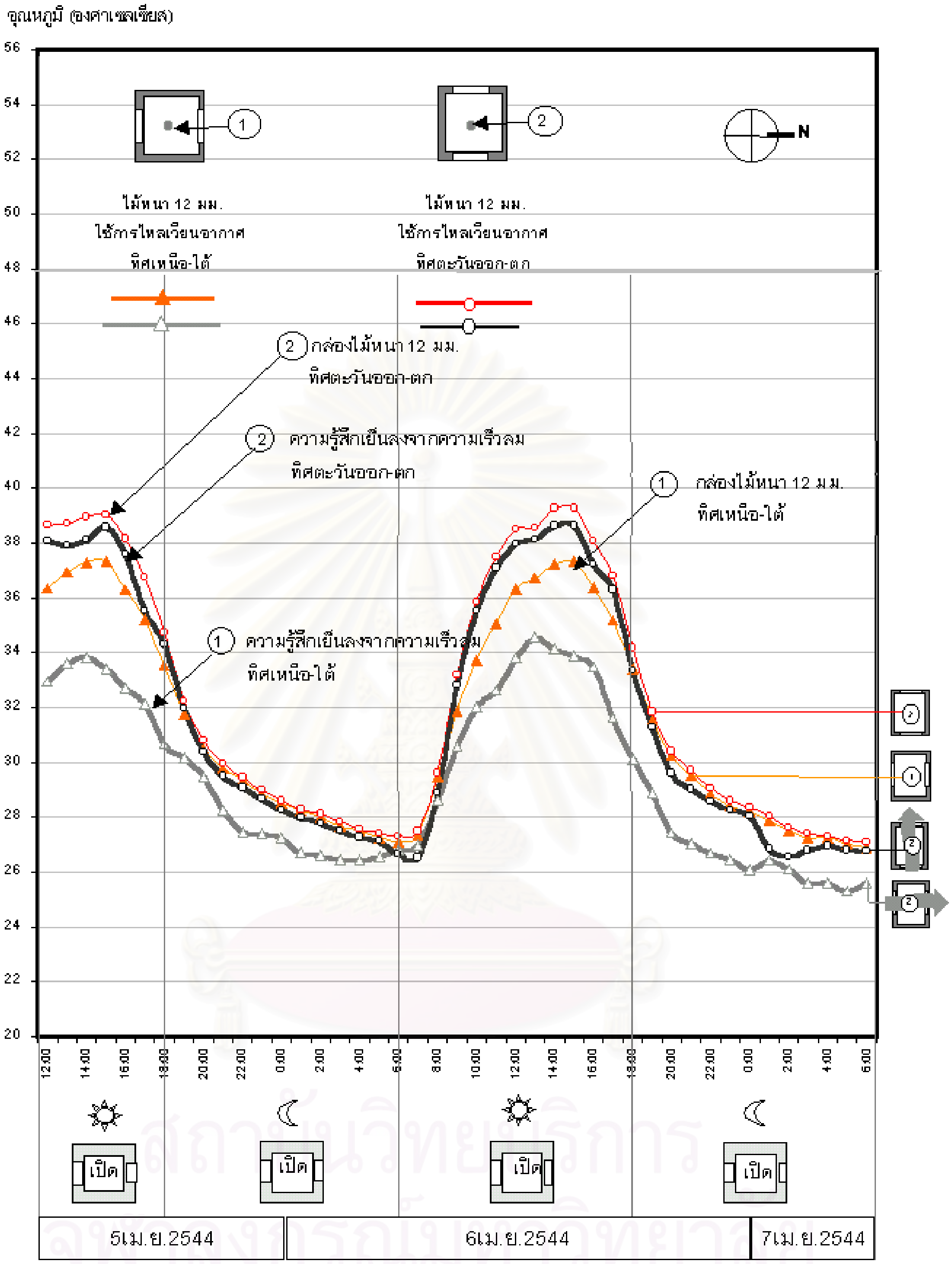
การใช้ทิศทางการไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่แตกต่างกันจะมีส่วนทำให้รูปแบบการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน โดยเมื่อมีปริมาณการไหลเวียนอากาศธรรมชาติสูงจะยิ่งทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องมีแนวโน้มเข้าใกล้อุณหภูมิอากาศมากขึ้นดังที่เกิดขึ้นในเวลากลางวัน แต่หากมีปริมาณการไหลเวียนอากาศที่ต่ำอุณหภูมิอากาศภายในกล่องจะยิ่งเข้าใกล้อุณหภูมิผิวภายในกล่องทดลองดังที่เกิดขึ้นในเวลากลางคืน

4.7.1 การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน

การวิเคราะห์ปัจจัยของความเร็วลมที่ทำให้มนุษย์รู้สึกเย็นลงจะพบว่ามีศักยภาพช่วยลดความรู้สึกร้อนลงมาอีก 2 องศาเซลเซียสในกล่องทดลองที่หันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้ และประมาณ 0.4 องศาเซลเซียสสำหรับทิศทางช่องเปิดไปในแนวตะวันออกตะวันตก ซึ่งหากเปรียบเทียบการใช้และไม่ใช้ความเร็วลมในกรณีช่องเปิดแนวเหนือ-ใต้และใช้ความเร็วลมทิศตะวันออก-ตก จะแตกต่างกันถึง 2 องศาเซลเซียส ดังแผนภูมิที่ 4.108



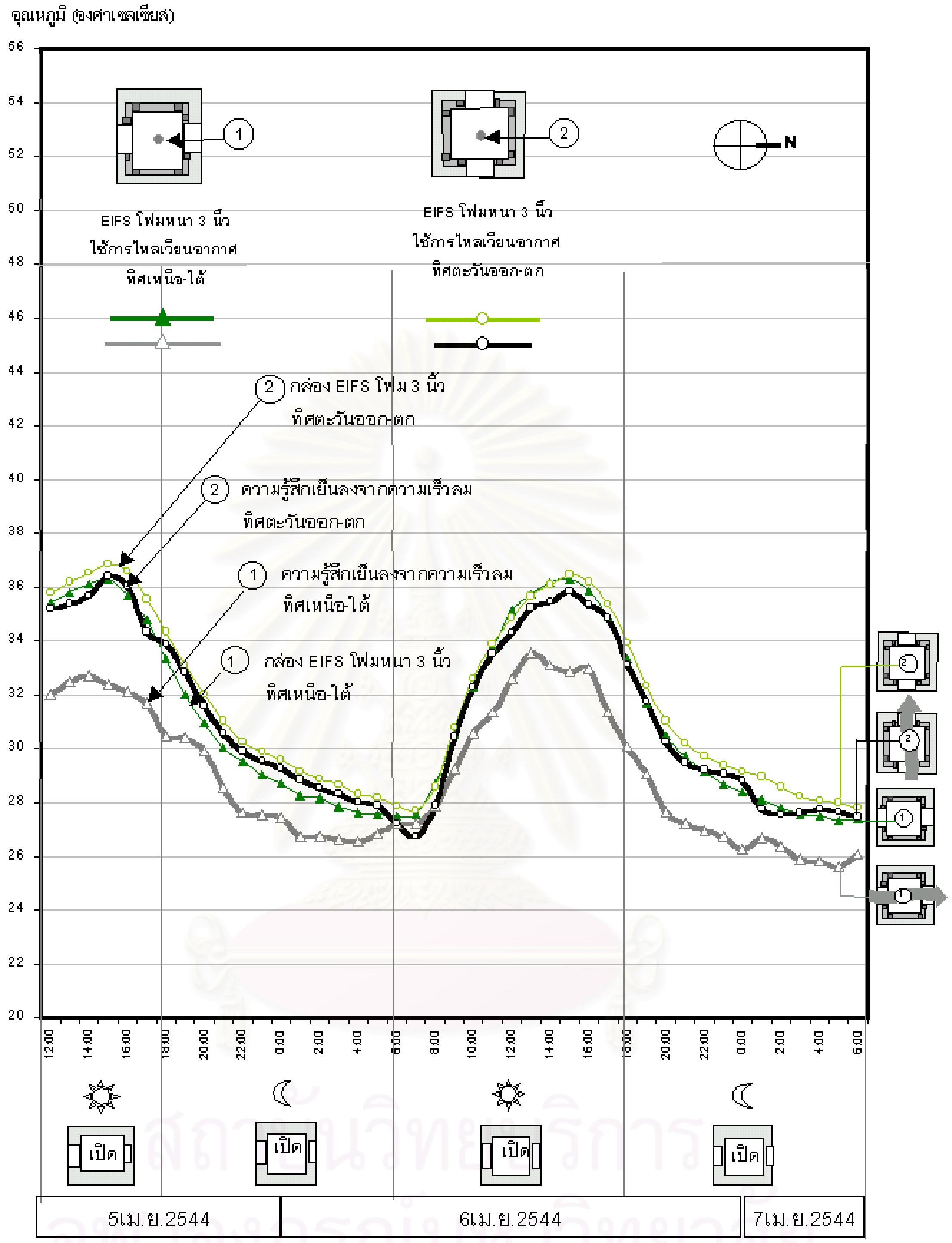
แผนภูมิที่ 4.108 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน กรณีใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน



แผนภูมิที่ 4.109 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน

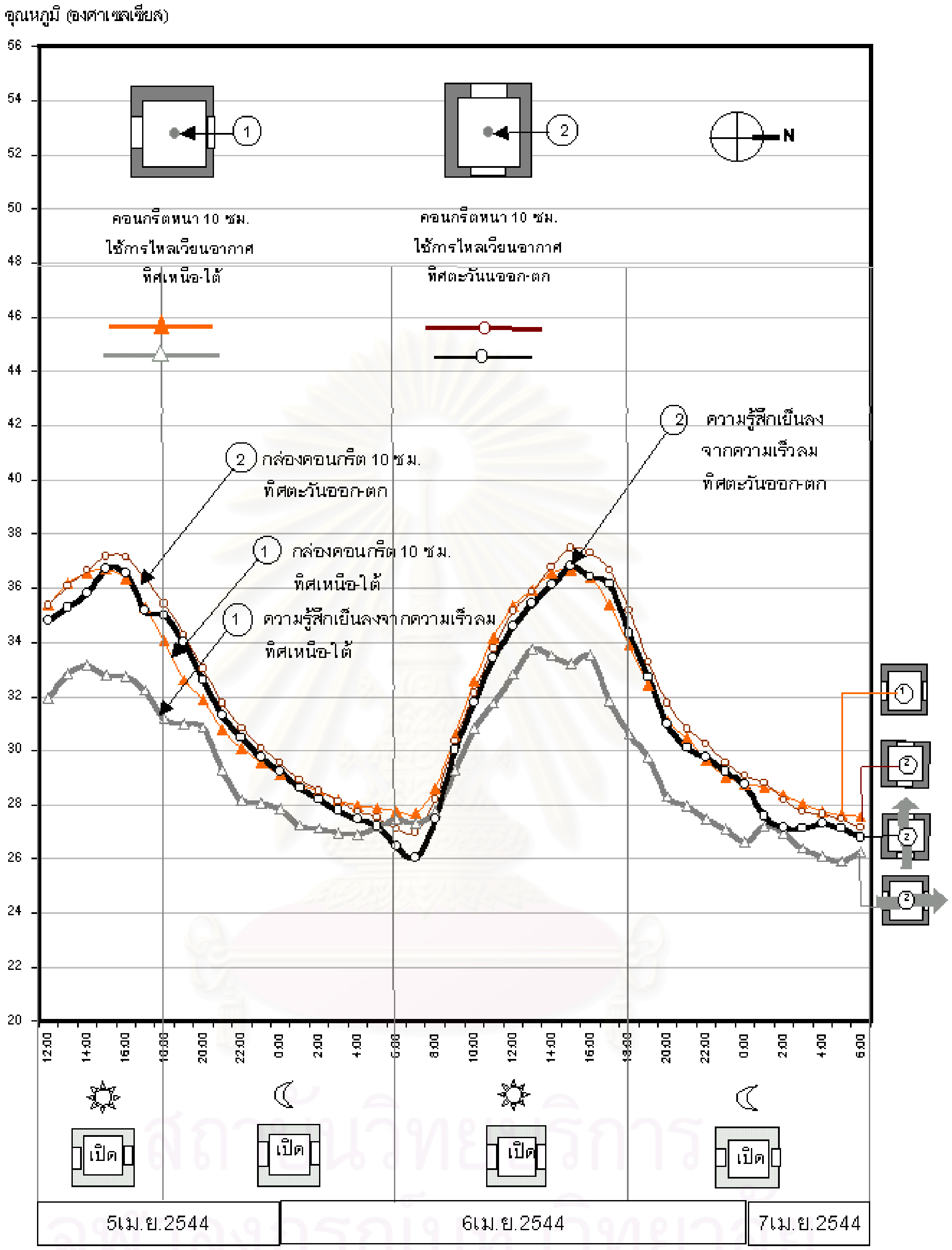
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 7 เมษายน 2544 เวลา 6:00

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



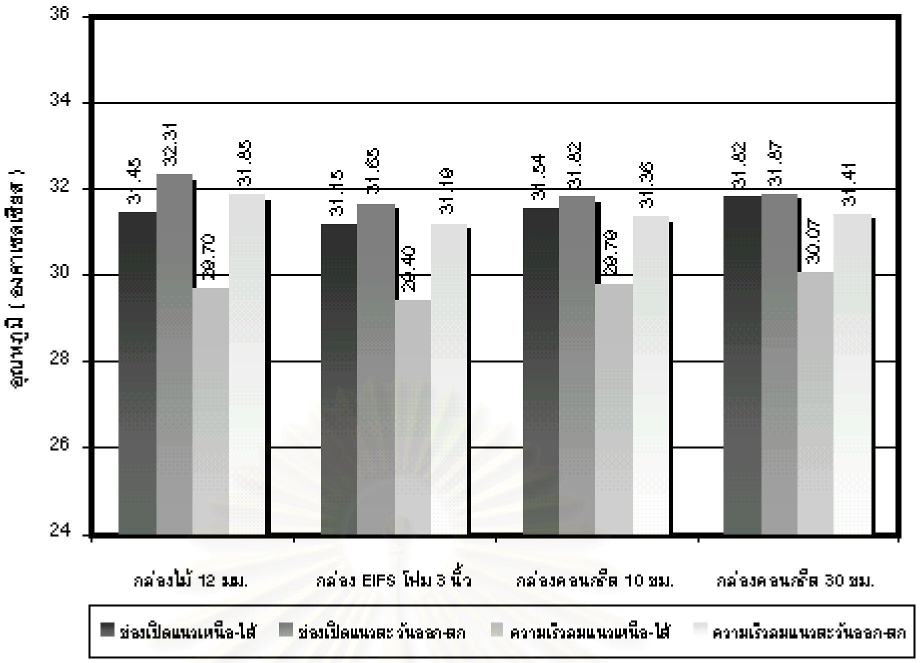
แผนภูมิที่ 4. 110 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น. ถึงวันที่ 7 เมษายน 2544 เวลา 6:00



แผนภูมิที่ 4.111 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 7 เมษายน 2544 เวลา 6:00

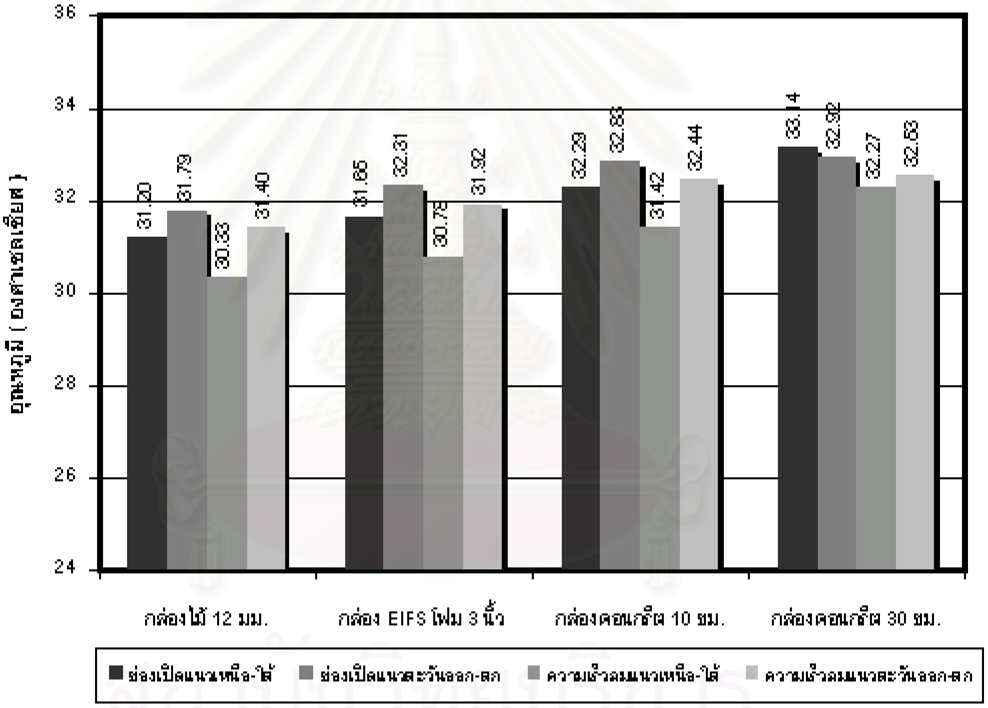


แผนภูมิที่ 4.112 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน

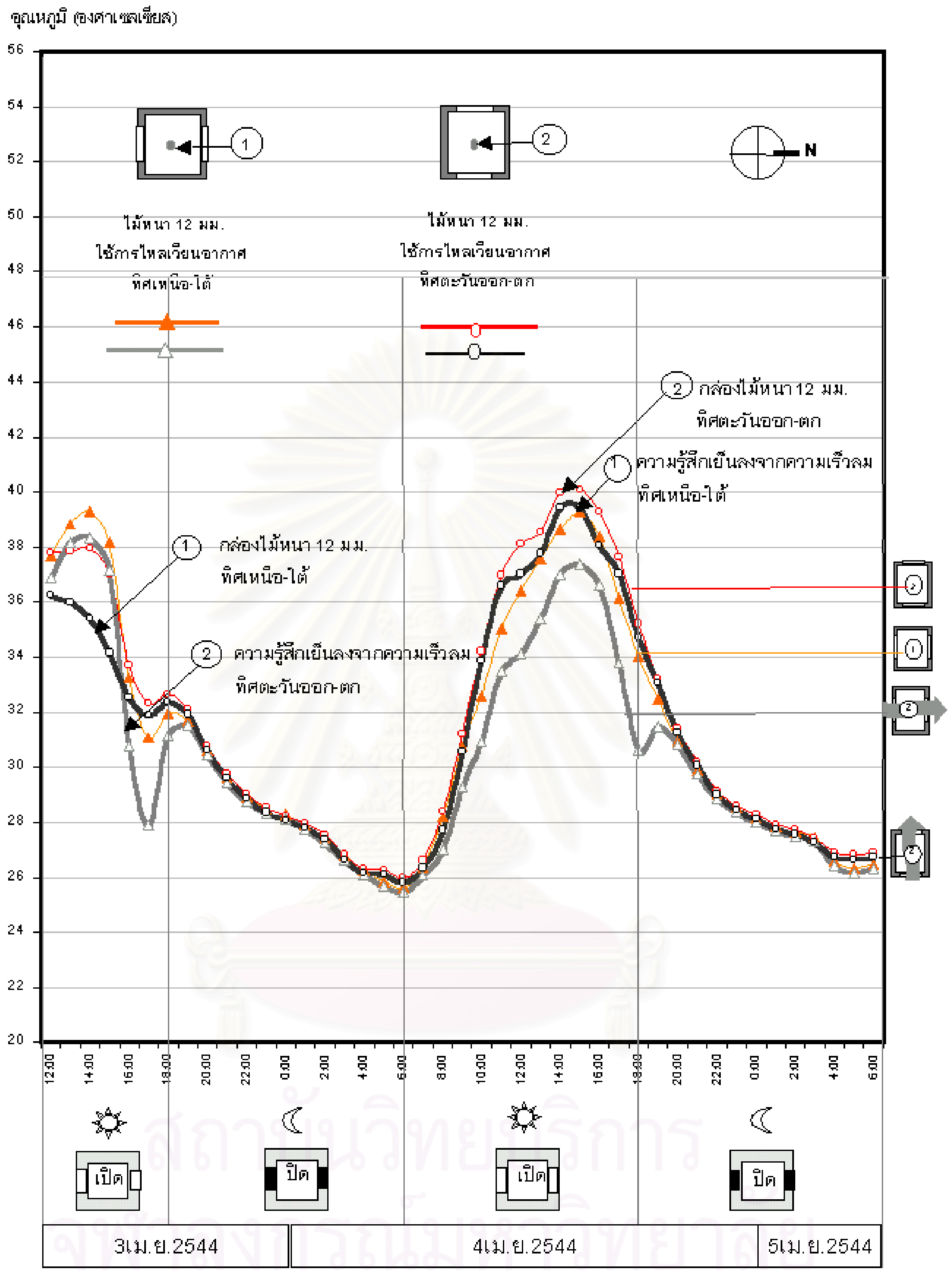
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 7 เมษายน 2544 เวลา 6:00

4.7.2 การใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน

การวิเคราะห์ปัจจัยของความเร็วลมที่ทำให้มนุษย์รู้สึกเย็นลงจะพบว่ามีศักยภาพช่วยลดความรู้สึกร้อนในกรณีการใช้การไหลเวียนอากาศช่วงกลางวันลงมาอีก 1 องศาเซลเซียสในกล่องทดลองที่หันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้ และประมาณ 0.4 องศาเซลเซียสสำหรับทิศทางช่องเปิดไปในแนวตะวันออกตะวันตก แต่ในเวลากลางคืนจะไม่มีอิทธิพลของความเร็วลม ซึ่งหากเปรียบเทียบการใช้และไม่ใช้ความเร็วลมในกรณีช่องเปิดแนวเหนือ-ใต้และใช้ความเร็วลมทิศตะวันออก-ตก จะแตกต่างกันประมาณ 1 องศาเซลเซียสในกรณีวัสดุมวลสารน้อย แต่หากวัสดุมีมวลสารปานกลางถึงมากจะรู้สึกใกล้เคียงกันเนื่องจากการหันช่องเปิดไปในทิศใต้จะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่า ดังแผนภูมิที่ 4.113

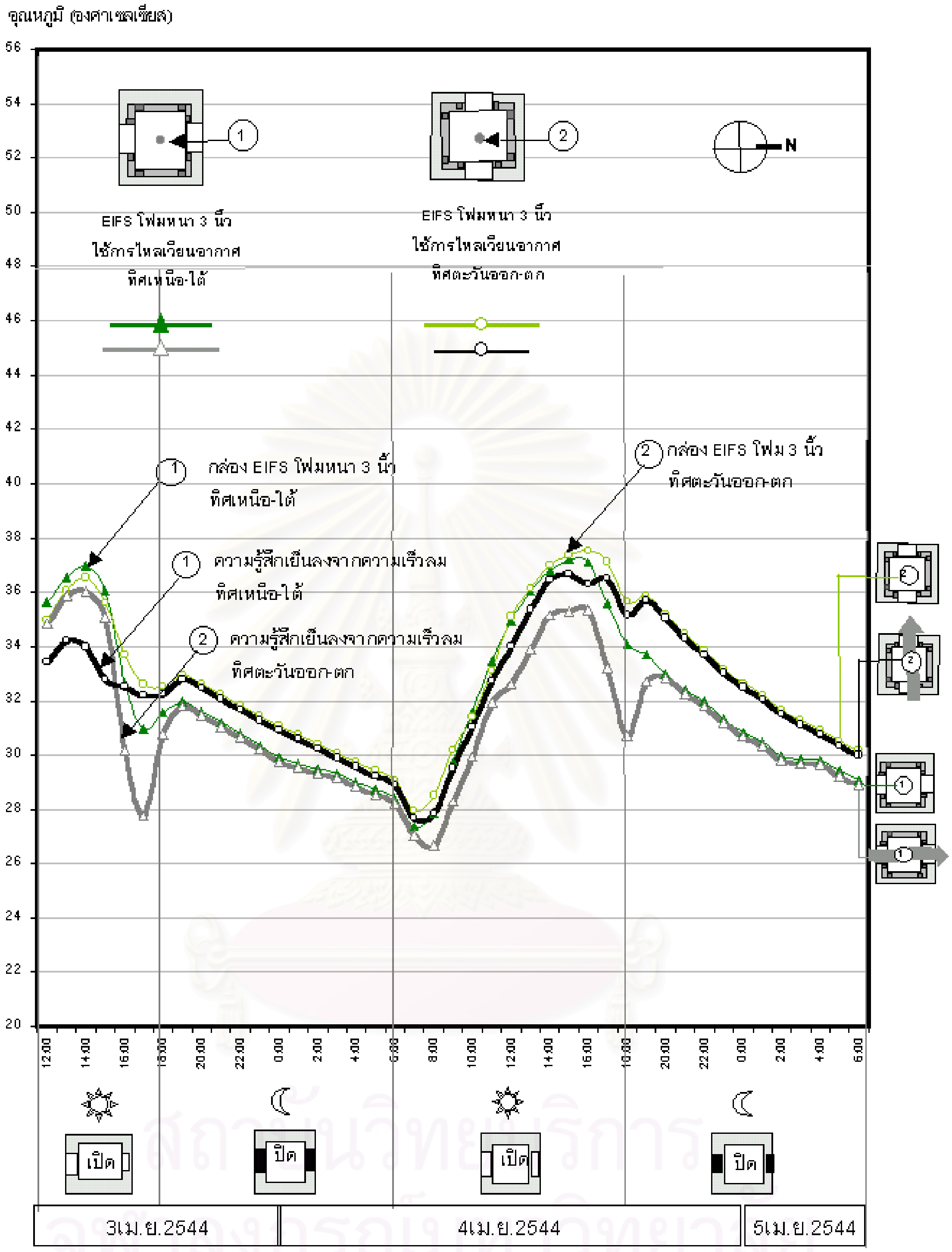


แผนภูมิที่ 4.113 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน กรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน



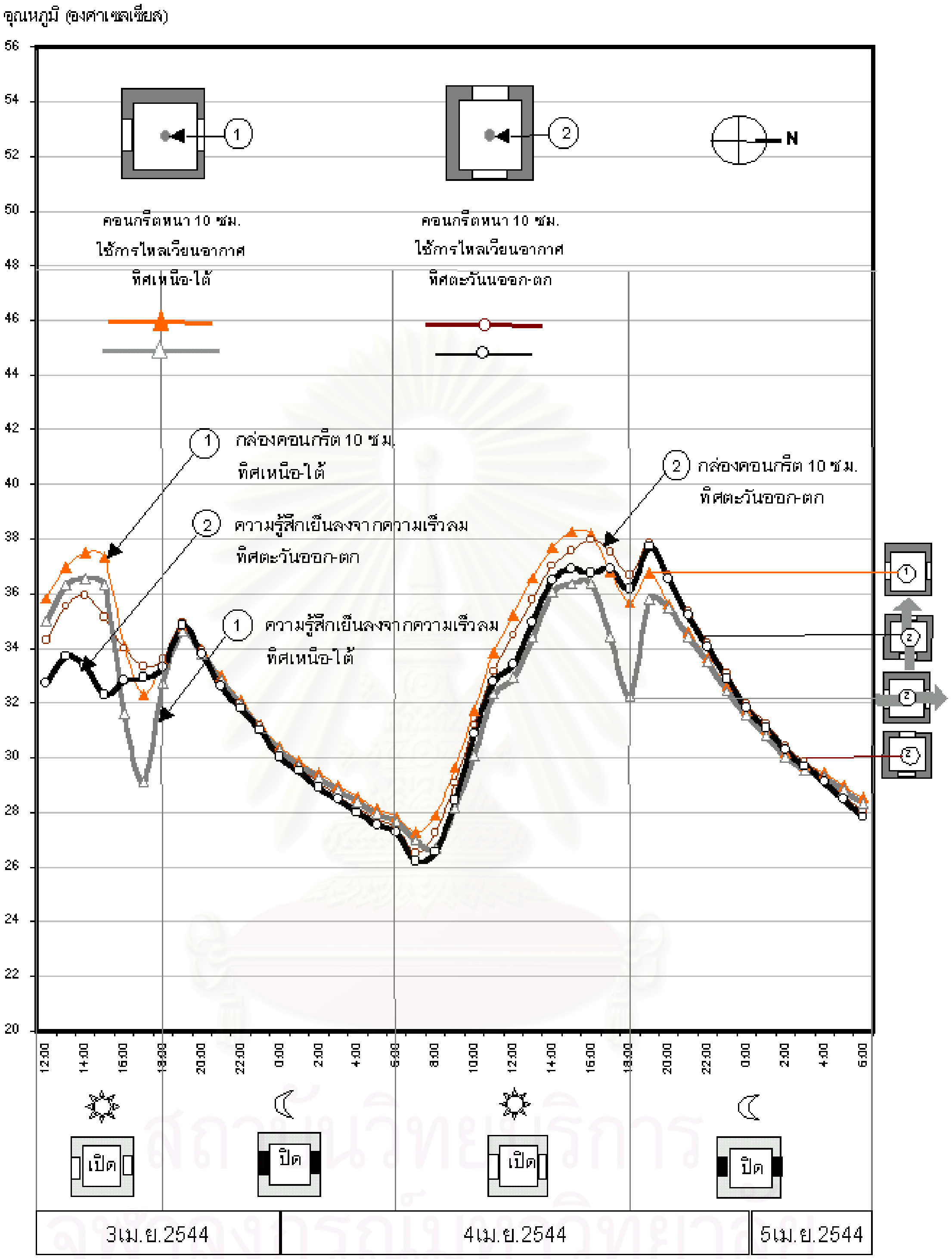
แผนภูมิที่ 4.114 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00



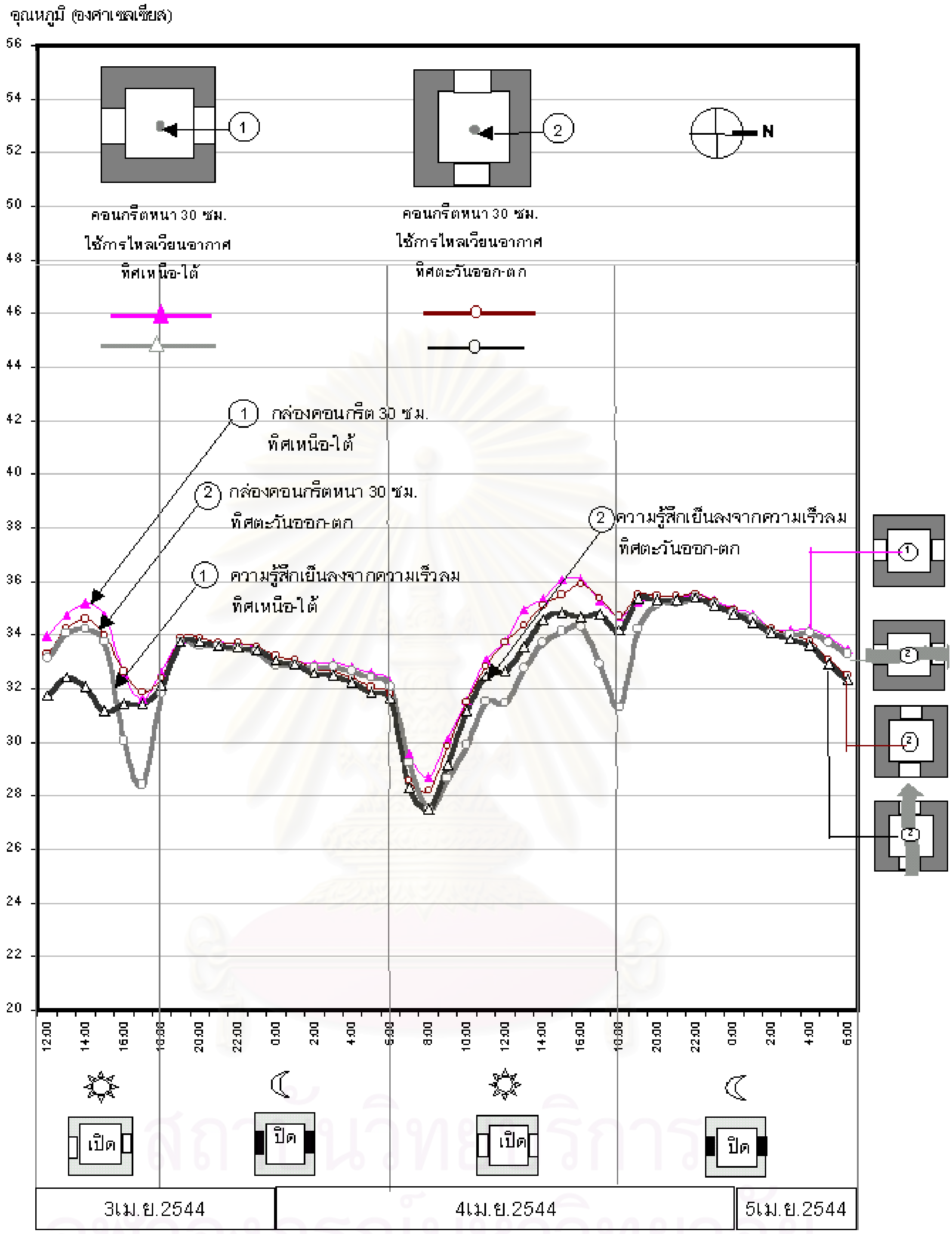
แผนภูมิที่ 4.115 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น. ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00



แผนภูมิที่ 4.116 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00

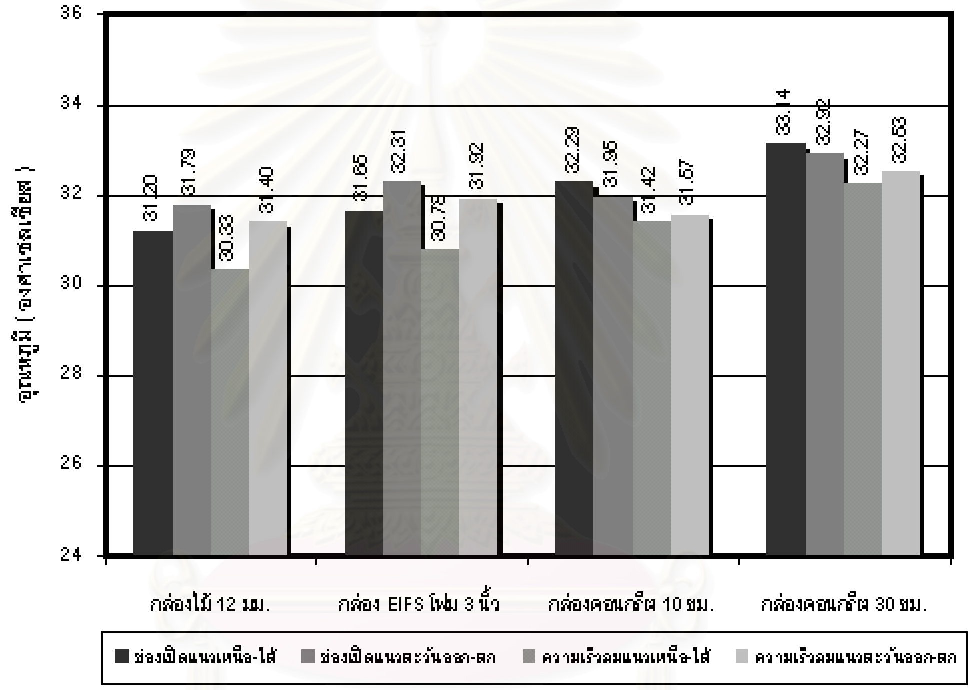


แผนภูมิที่ 4.117 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวัน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน

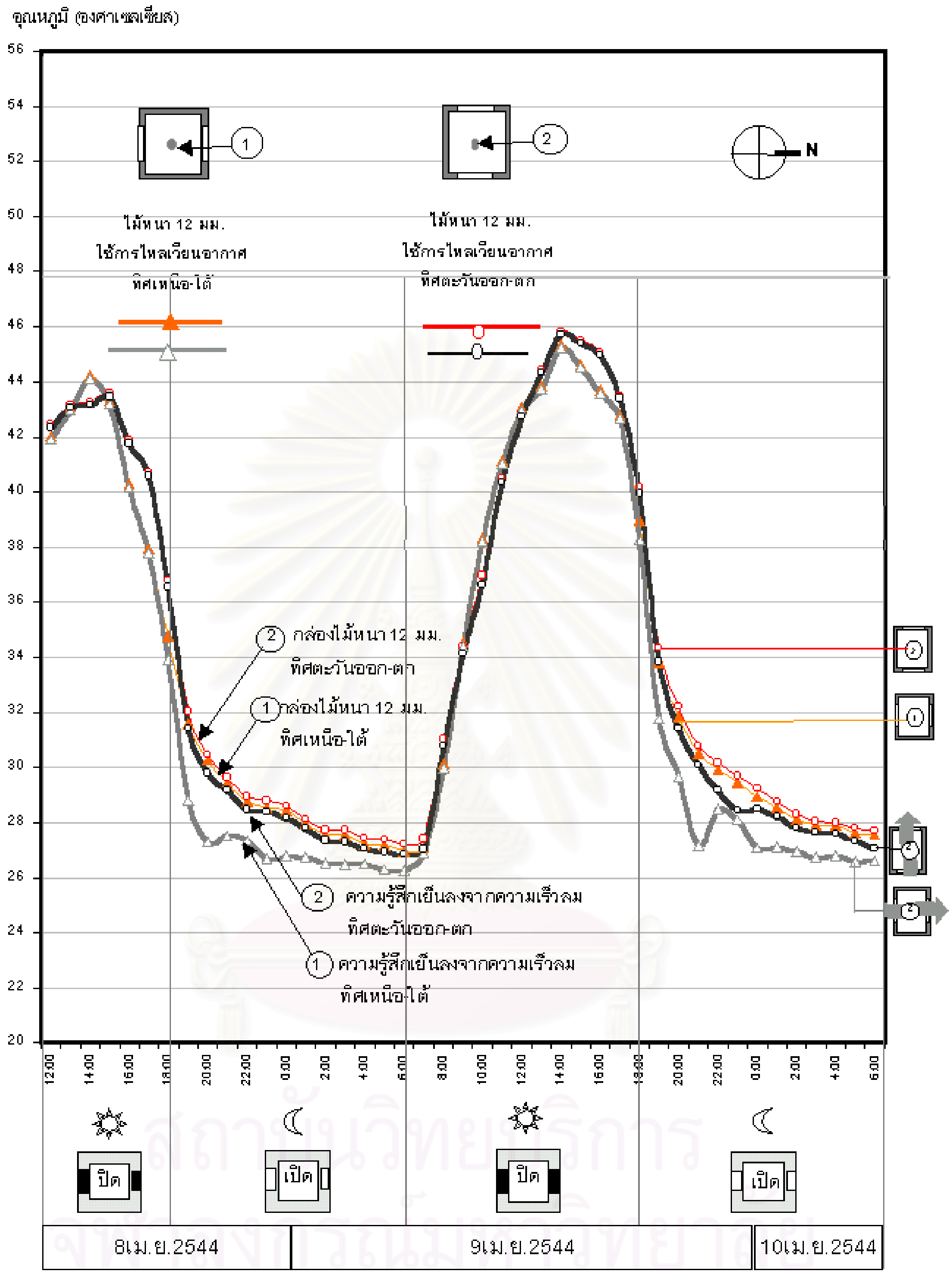
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00

4.7.3 การใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน

การวิเคราะห์ปัจจัยของคามเร็วลมที่ทำให้มนุษย์รู้สึกเย็นลงจะพบว่ามีศักยภาพช่วยลดความรู้สึกร้อนในกรณีการใช้การไหลเวียนอากาศช่วงกลางคืนลงมาอีก 1 องศาเซลเซียสในกล่องทดลองที่หันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้ และประมาณ 0.4 องศาเซลเซียสสำหรับทิศทางช่องเปิดไปในแนวตะวันออกตะวันตก แต่ในเวลากลางวันจะไม่มีอิทธิพลของความเร็วลม ซึ่งหากเปรียบเทียบการใช้และไม่ใช้ความเร็วลมในกรณีช่องเปิดแนวเหนือ-ใต้และใช้ความเร็วลมทิศตะวันออก-ตก จะแตกต่างกันประมาณ 1 องศาเซลเซียส ดังแผนภูมิที่ 4.118

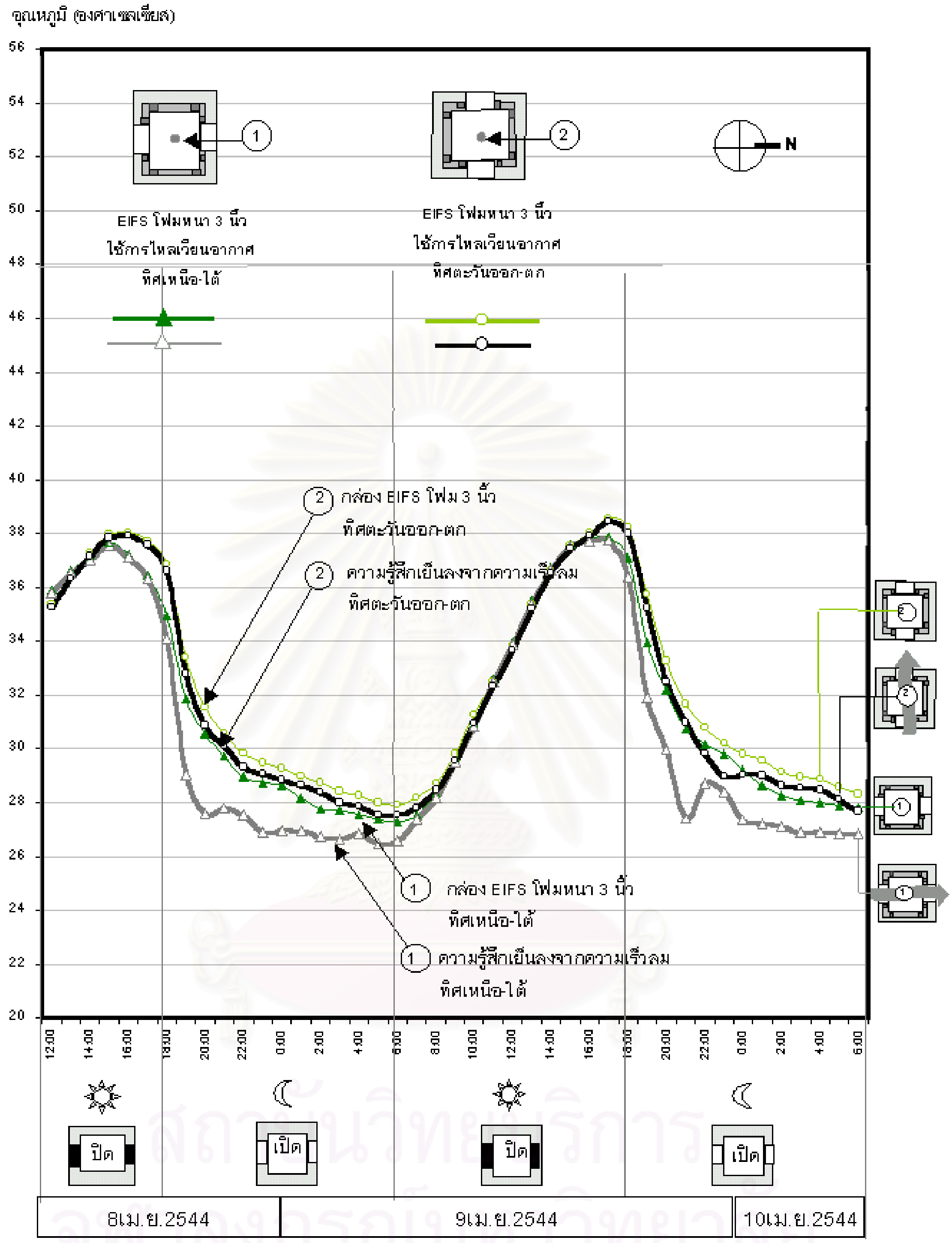


แผนภูมิที่ 4.118 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน กรณีใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน



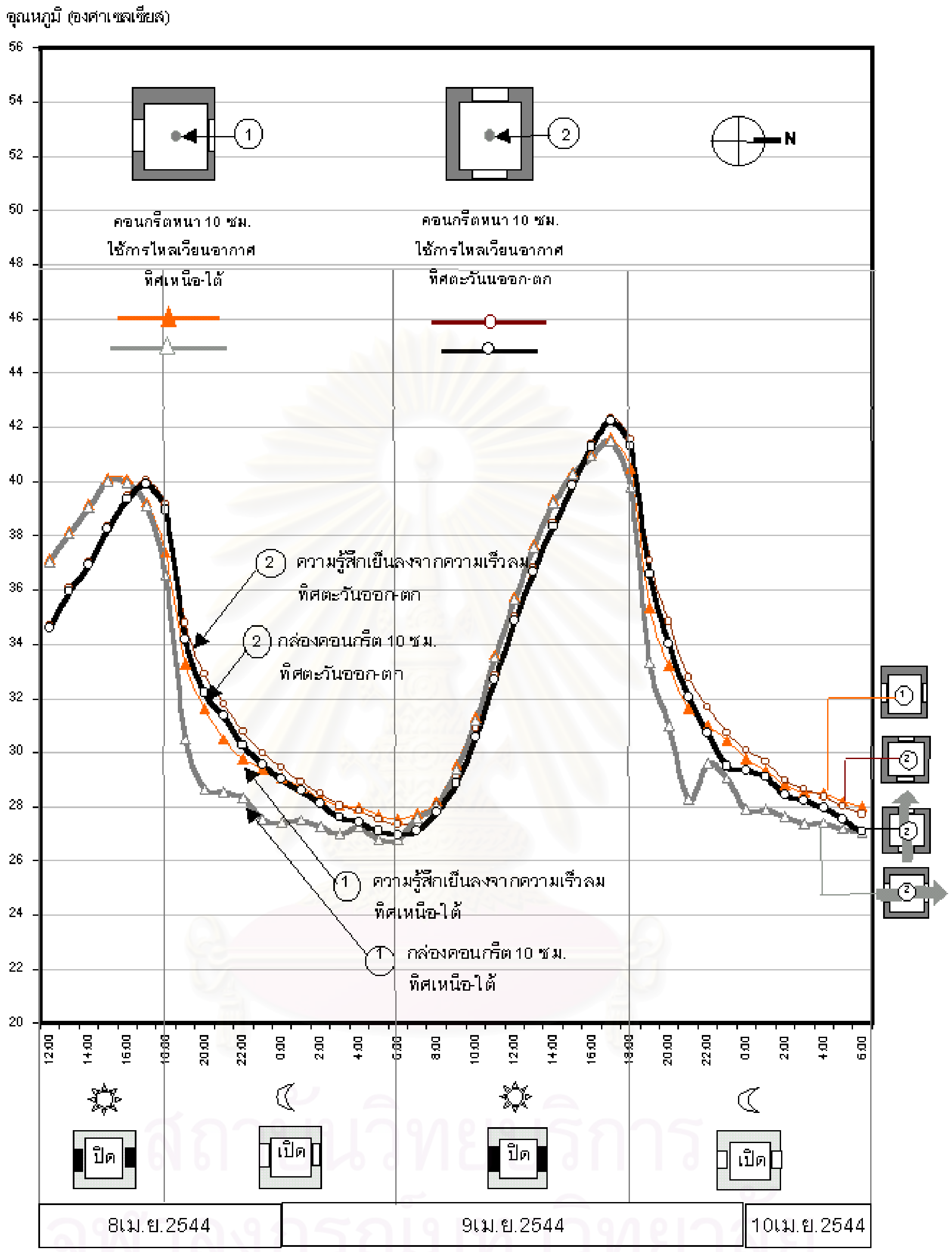
แผนภูมิที่ 4.119 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องไม้อัด 12 มม. ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 8 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 10 เมษายน 2544 เวลา 6:00



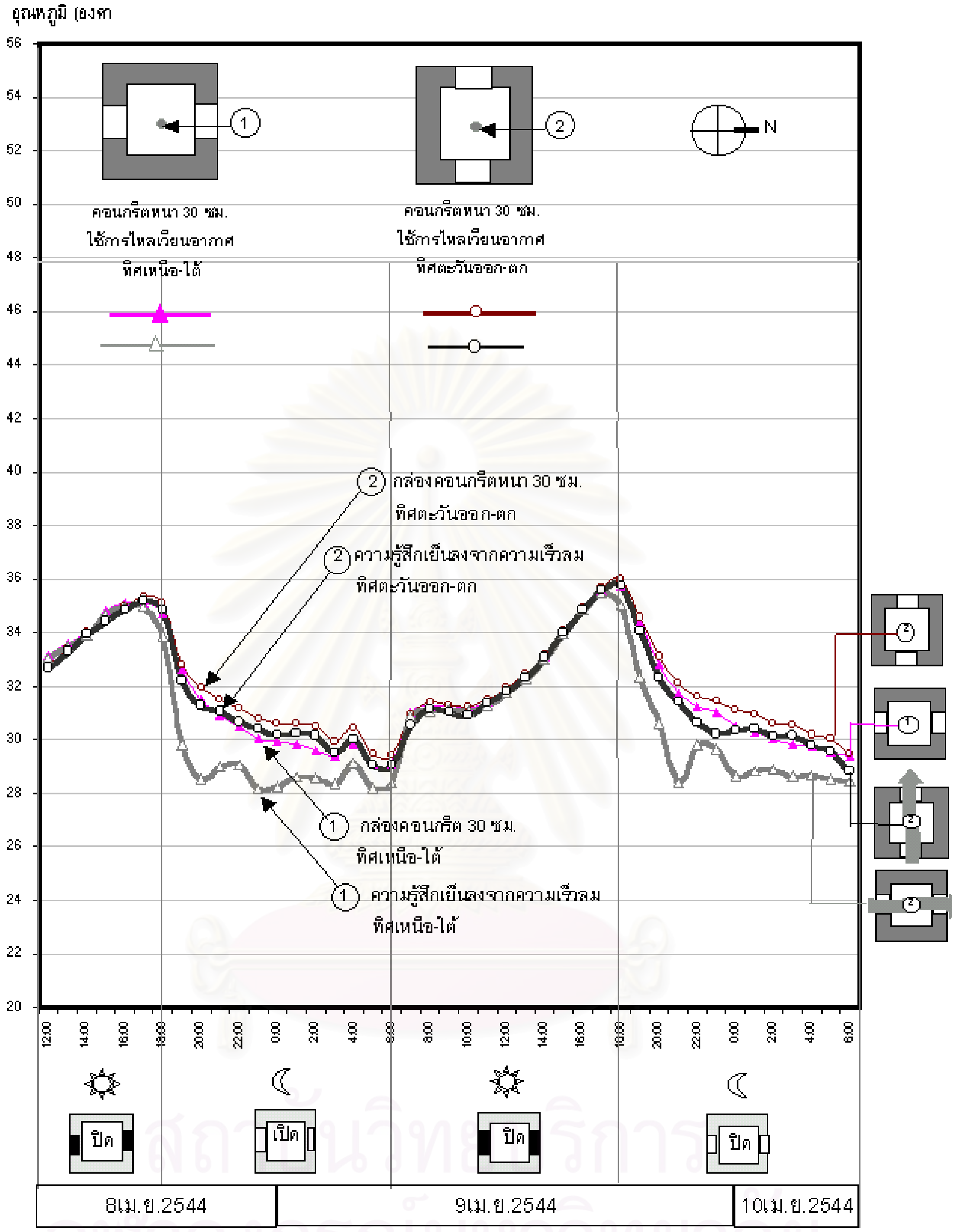
แผนภูมิที่ 4.120 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 8 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น. ถึงวันที่ 10 เมษายน 2544 เวลา 6:00



แผนภูมิที่ 4.121 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 10 ซม.ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 8 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 10 เมษายน 2544 เวลา 6:00

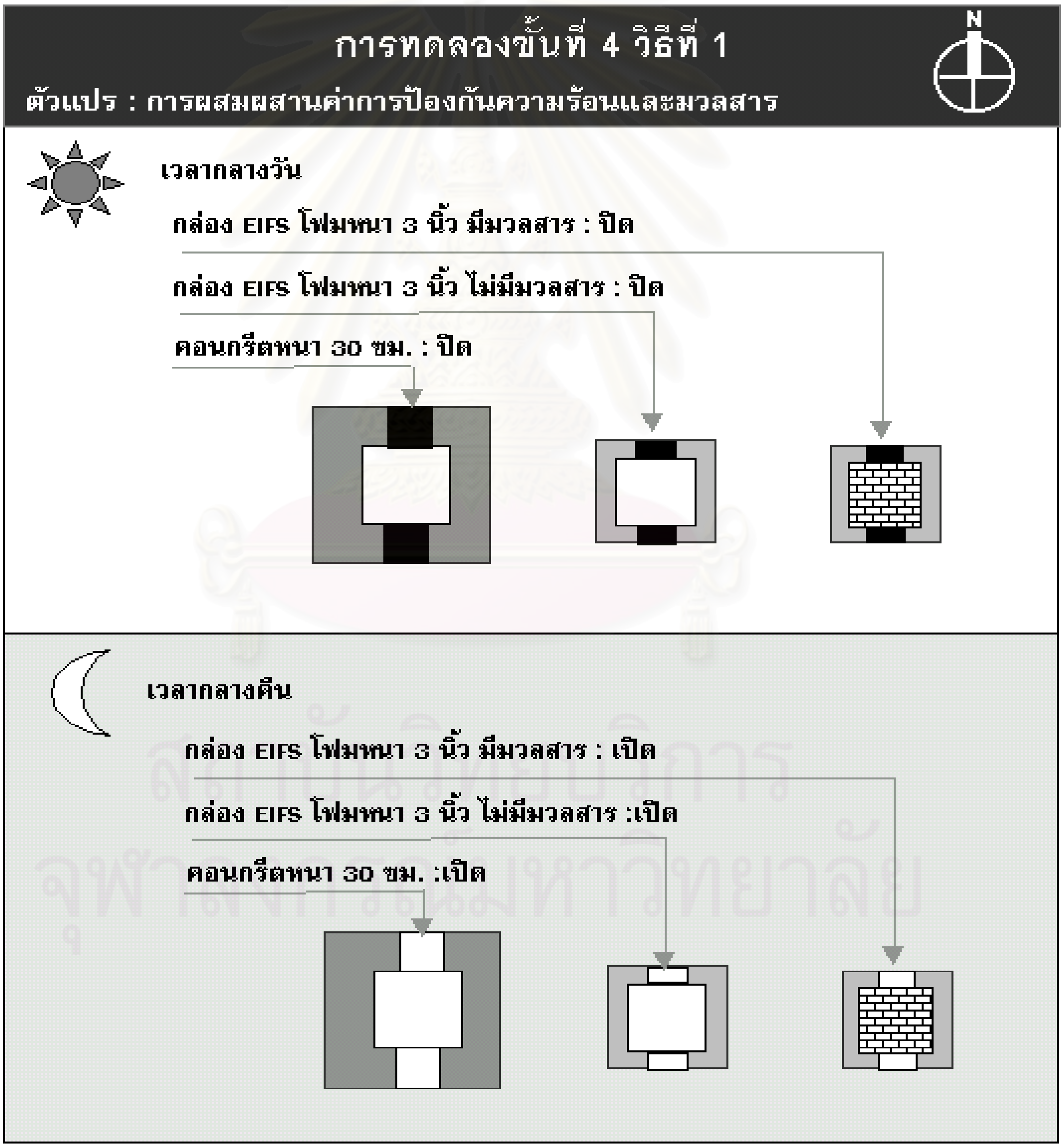


แผนภูมิที่ 4.122 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องคอนกรีต 30 ซม.ที่เกิดจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความรู้สึกที่เกิดจากความเร็วลม เมื่อมีการใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน ในกรณีทิศทางการไหลเวียนอากาศต่างกัน

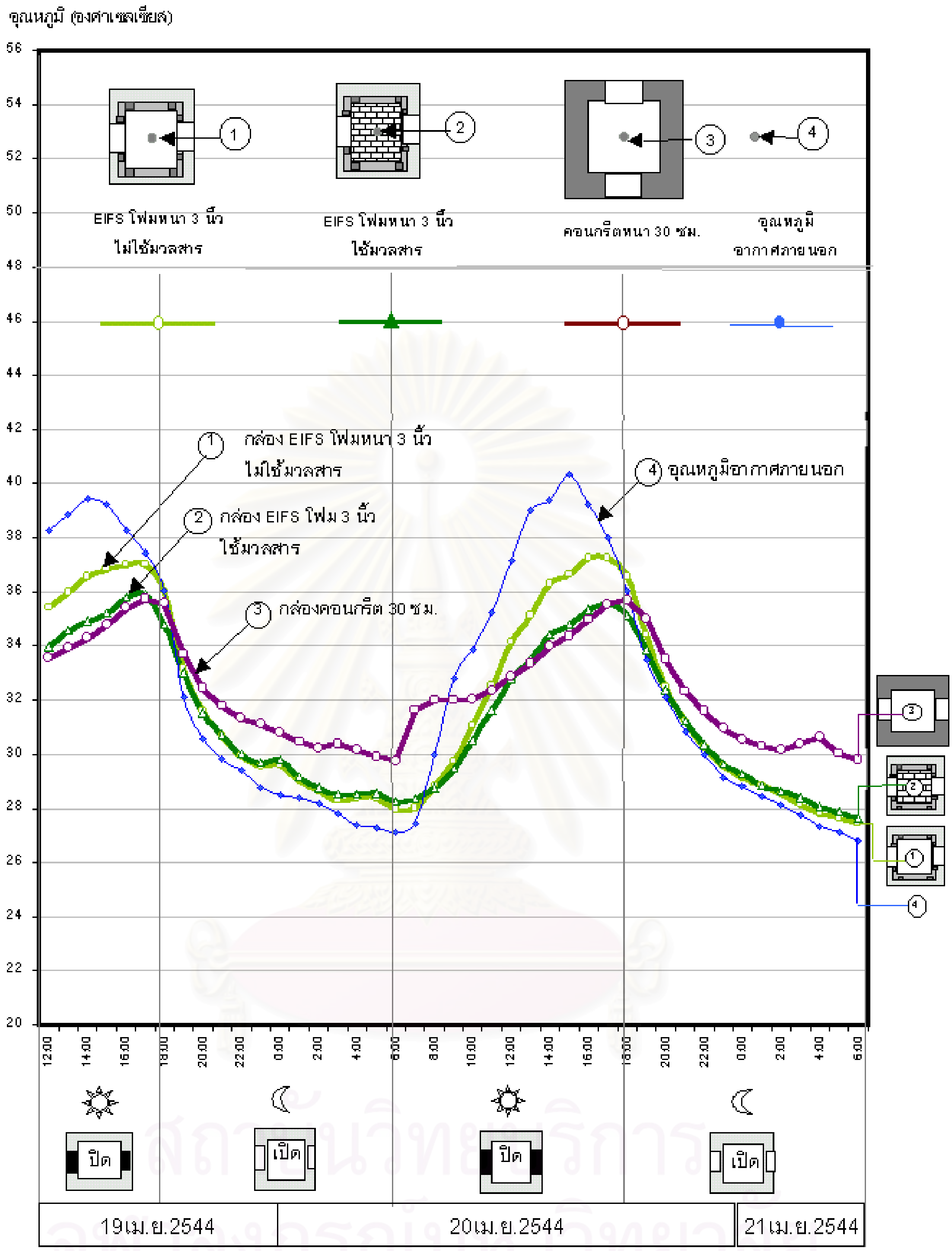
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00.

4.8 การผสมผสานคุณสมบัติการป้องกันความร้อน มวลสาร และการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

จากการวิจัยในเบื้องต้นจะพบว่าการใช้คุณสมบติการป้องกันความร้อนสูงและใช้การไหลเวียนอากาศในเวลากลางคืนจะช่วยให้อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศได้ แต่จะมีปัญหาของอุณหภูมิอากาศสูงสุดที่สูงเกินไป ดังนั้นการแก้ปัญหาจึงได้นำเอาคุณสมบัติในการลดอุณหภูมิกาศสูงสุดของวัสดุมวลสารมากมาประยุกต์ใช้โดยการนำมวลสาร(อิฐมอญ)น้ำหนักประมาณ 100 กิโลกรัม ไปไว้ภายในกล่องทดลองเพื่อจะลดอุณหภูมิอากาศสูงสุดภายในกล่องทดลอง มีรูปแบบการทดลองดังนี้



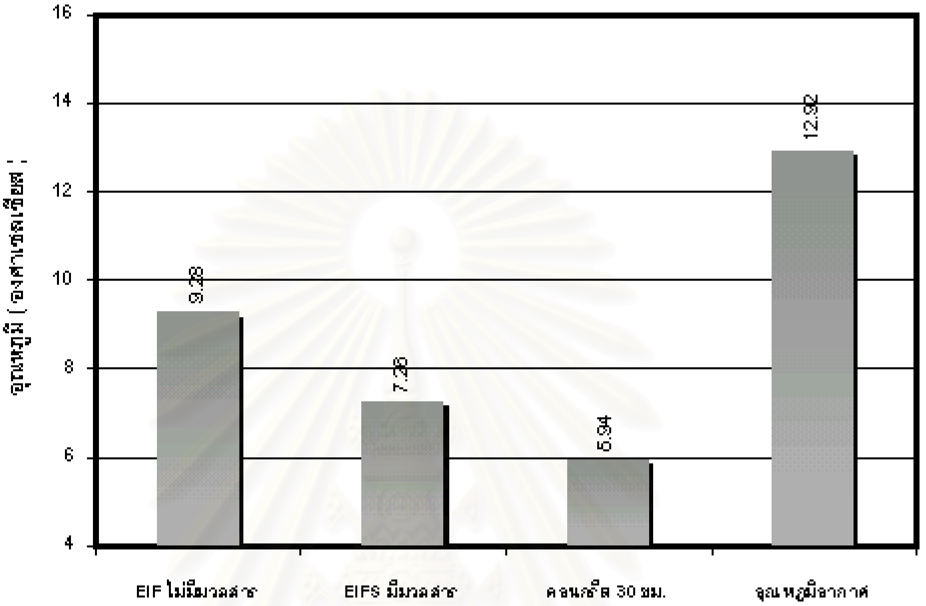
รูปที่ 4. 14 การผสมผสานคุณสมบัติการป้องกันความร้อน มวลสาร และการไหลเวียนอากาศธรรมชาติ



แผนภูมิที่ 4.123 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง EIFS โฟม 3 นิ้ว โดยกล่องหนึ่งไม่ใส่มวลสารเปรียบเทียบกับกล่องที่มีมวลสาร และกล่องมวลสารมาก ซึ่งใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในเวลากลางคืน

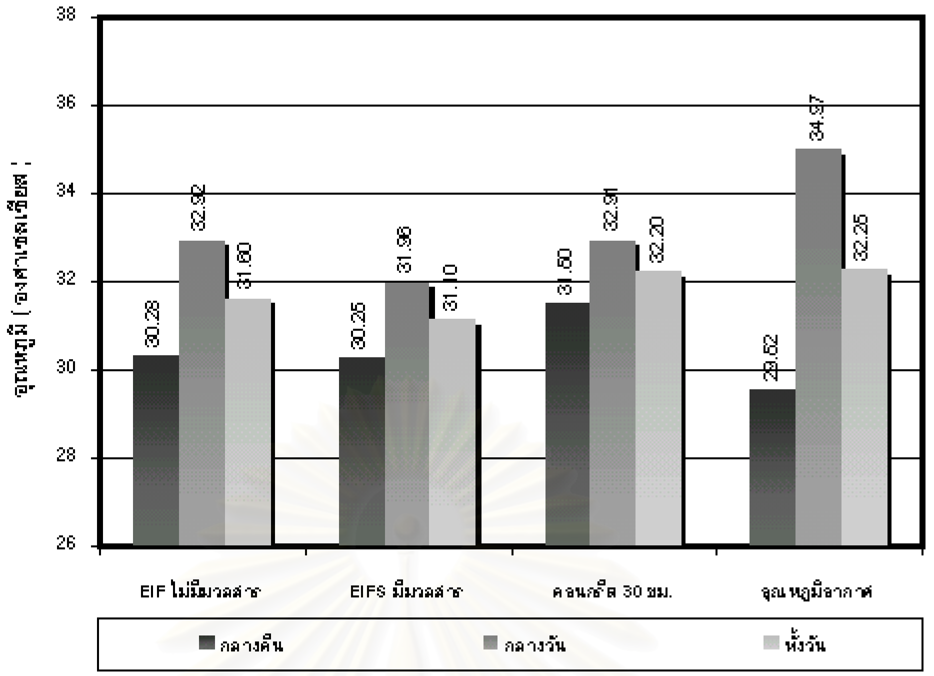
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 19 เมษายน 2544 เวลา 12:00 น.ถึงวันที่ 21 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

จากการวิจัยพบว่าอิทธิพลของมวลสารส่งผลให้กล่อง EIFS มีความแตกต่างของอุณหภูมิลดลงเนื่องจากมวลสารจะเป็นตัวลดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยมีแนวโน้มที่จะลดอุณหภูมิสูงสุดลง ซึ่งจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิและอุณหภูมิสุงสุดใกล้เคียงกับกล่องที่มีมวลสารมาก และจากผลการทดลองอุณหภูมิสูงสุดมีแนวโน้มจะต่ำกว่ากล่องมวลสารมาก ดังแผนภูมิที่



แผนภูมิที่ 4.124 เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองที่มีการผสมผสานมวลสารและคุณสมบัติการป้องกันความร้อน

การเพิ่มมวลสารในกล่องที่มีมวลสารมากจะทำให้อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในกล่องมีแนวดน้มที่จะลดลงโดยลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศถึง 1.1 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีมวลสารหน่วงเหนี่ยวความร้อนในเวลากลางวัน และกล่องป้องกันความร้อนได้ดีมาก ส่วนในเวลากลางคืนก็มีการเปิดเพื่อระบายความร้อนออกไปมวลสารดังกล่าวมีปริมาณพอเหมะที่การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนระบายความร้อนออกไปได้ใกล้เคียงกับการไม่มีมวลสาร ดังนั้นอุณหภูมิอากาศภายในจึงมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด ดังแผนภูมิที่ 4.125 และหากผนวกกับอิทธิพลของความเร็วลมอาจทำให้รูสึกเย็นลง 0.8 –1 องศาเซลเซียส



แผนภูมิที่ 4.125 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในกล่องทดลองที่มีการผสมผสานมวลสาร และคุณสมบัติการป้องกันความร้อน

ในส่วนของการหน่วงเหนี่ยวความร้อนการเพิ่มมวลสารประมาณ 100 กิโลกรัมทำให้มีการเลื่อนอุณหภูมิสูงสุดออกไปประมาณ 1 ชั่วโมง ในขณะที่วัสดุมวลสารมากจะมีอุณหภูมิสูงสุดก่อนเปิดกล่องทดลองในเวลกลางคืน

เพื่อให้สามารถพิสูจน์ผลการวิจัยที่ชัดเจนจึงต้องใช้การพิสูจน์สมมติฐานเป็นตัวตัดสิน ดังนี้

<u>การทดสอบสมมติฐาน</u>

การวิจัยในขั้นได้ถูกทดลองขึ้นเพี้พิสูจน์สมมิฐานที่ว่า การผสมผสานลักษณะของเปลือกอาคาร มวลสาร การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่เหมาะสม จะสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยตลอดวันต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดวันได้

Ho = การผสมผสานลักษณะของเปลือกอาคาร มวลสาร การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่เหมาะสม จะสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยตลอดวันเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดวัน

Hi = การผสมผสานลักษณะของเปลือกอาคาร มวลสาร การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่เหมาะสม จะสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยตลอดวันต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดวัน

สมการที่ใช้ทดสอบ

$$Z = \frac{\overline{Xi} - \overline{Xo}}{\sqrt{Si^2/N + So^2/N}}$$

เมื่อ

Z	=	ค่าทางสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน	
$\overline{Xi}$	=	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง	= 31.28 ^{0}C
$\overline{Xo}$	=	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายนอก	= 32.19 ^{0}C
Si	=	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกล่อง	= 2.77 ^{0}C
So	=	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานขออากาศ	= 4.56 ^{0}C
N	=	จำนวนข้อมูลที่นำมาทดสอบ	= 169

จากการทดสอบพบว่าค่า Z มีค่าเท่ากับ -2.22 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า –1.675 หรือขอบเขตวิกฤติของระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า

“ปฏิเสธสมมติฐานว่าง ยอมรับสมมติฐานแย้งที่ว่าเมื่มีการผสมผสานลักษณะของเปลือกอาคาร มวลสาร และการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติที่เหมาะสม จะทำให้อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันภายในกล่องต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันของอากาศภายนอกกล่องได้ อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05”

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากการศึกษาอิทธิพลของ มวลสารคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร ช่วงเวลาการใช้การไหลเวียนอากาศ การถ่ายเทความร้อนจากเปลือกอาคารด้านบน และทิศทางการใช้การไหลเวียนอากาศ ได้ข้อสรุปดังนี้

5.1.1 วัสดุที่มีมวลสารและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกันแต่ใช้การไหลเวียนอากาศเวลาเดียวกันจะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน

1. ไม่ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

- อิทธิพลของมวลสารที่ยิ่งเพิ่มขึ้นการหน่วงเหนียวความร้อนจะเพิ่มขึ้นซึ่งจะช่วยลดอุณหภูมิอากาศสูงสุด ในขณะเดียวกันการเพิ่มค่าการป้องกันความร้อนก็จะมีแนวโน้มในการลดอุณหภูมิสูงสุดเช่นกัน

- อิทธิพลของมวลสารที่ยิ่งเพิ่มขึ้นการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจะเพิ่มขึ้นซึ่งจะลดความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ เช่นเดียวกับการเพิ่มค่าการป้องกันความร้อนแต่การเพิ่มมวลสารจะมีอิทธิพลมากกว่า

- วัสดุที่มีมวลสารมากจะยิ่งเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันจะเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อการเพิ่มค่าการป้องกันความร้อนจะยิ่งลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยจนใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายนอก

- เมื่อวัสดุมีมวลสารยิ่งน้อยจะยิ่งเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงกลางวัน แต่จะยิ่งลดอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงกลางคืน และจะไม่มีการหน่วงเหนียวความร้อน

- เมื่อวัสดุมีมวลสารมากจะยิ่งมีแนวโน้มลดอุณหภูมิอากาศช่วงกลางวัน แต่จะเพิ่มอุณหภูมิอากาศช่วงกลางคืน และจะยิ่งเพิ่มเวลาของการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

- เมื่อมีค่าการกันความร้อนสูงจะช่วยลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงกลางวันแต่จะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงกลางคืนสูงขึ้น และจะมีผลต่อการเพิ่มของระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

2. ใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวัน

- การไหลเวียนอากาศจะทำให้มีอุณหภูมิสูงสุดไม่แตกต่างกันมากนักโดยเมื่อเพิ่มมวลสาร จะมีแนวโน้มลดอุณหภูมิอากาศสูงสุด การมีค่าการป้องกันความร้อนสูงจะช่วยลดอุณหภูมิอากาศสูงสุดเล็กน้อย

- การไหลเวียนอากาศตลอดวันจะทำให้ทุกวัสดุมีความแตกต่างของอุณหภูมิเข้าใกล้อุณหภูมิอากาศ โดยการเพิ่มมวลสารจะยิ่งลดความแตกต่างของอุณหภูมิเช่นเดียวกับการเพิ่มค่าการป้องกันความร้อนให้วัสดุ

- การไหลเวียนอากาศจะทำให้มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันของทุกวัสดุใกล้เคียงกันซึ่งขึ้นความแปรปรวนขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศที่ไหลผ่านกล่องด้วย

- การไหลเวียนอากาศจะทำให้อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเวลากลางวันใกล้เคียงกันในทุกวัสดุ โดยที่การเพิ่มมวลสารจะมีแนวโน้มในการลดอุณหภูมิเฉลี่ย เช่นเดียวกับการเพิ่มค่าการป้องกันความร้อน และจะทำให้ทุกวัสดุมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเวลาเดียวกัน

- การไหลเวียนอากาศจะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยเวลากลางคืนใกล้เคียงกันแต่มวลสารมากจะยิ่งเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย การเพิ่มค่าการป้องกันความร้อนจะไม่ส่งผลมากนัก

- อิทธิพลของความเร็วลมตลอดวันจะส่งผลให้รู้สึกเย็นลงเฉลี่ยประมาณ 1.5 องศาเซลเซียส แต่จะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง

3. การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวัน

- การไหลเวียนอากาศจะทำให้มีอุณหภูมิอากาศสูงสุดใกล้เคียงกันในแต่ละวัสดุแต่วัสดุที่มีวลสารมากจะมีแนวโน้มที่จะเกิดอุณหภูมิสูงสุดขึ้นอีกครั้งเมื่อปิดกล่อง ส่วนการเพิ่มค่าการป้องกันความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงสุดตรงกับอุณหภูมิอากาศ

- การไหลเวียนอากาศจะทำให้มีแนวโน้มทำให้วัสดุมีความแตกต่างของอุณหภุมิอากาศใกล้เคียงกับอากาศภายนอกในช่วงเวลาที่เปิดกล่อง ซึ่งจะมีอิทธิพลร่วมกับการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารจึงทำให้เมื่อยิ่งเพิ่มมวลสารจะยิ่งลดความแตกต่าง ส่วนการเพิ่มค่าการป้องกันความร้อนก็จะมีแนวโน้มในการลดความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศด้วย

- การเพิ่มมวลสารจะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวันอย่างชัดเจน แต่การเพิ่มค่าการป้องกันความร้อนจะไม่ช่วยลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวัน

- ในตอนกลางวันทุกวัสดุจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยใกล้เคียงกันเนื่องจากอิทธิพลของการไหลเวียนอากาศ

- ในตอนกลางคืนวัสดุที่มีการเพิ่มของมวลสารและค่าการป้องกันความร้อนจะยิ่งมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงขึ้นเนื่องจากการหน่วงเหนียวความร้อนของมวลสารและการถ่ายเทความร้อนออกได้ยากของการป้องกันความร้อนที่สูง

- การใช้ความเร็วลมจะทำให้มีความรู้สึกเย็นลงโดยเฉลี่ย 1 องศาเซลเซียส แต่จะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง

4. การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน

- การไม่ใช้การไหลเวียนอากาศในตอนกลางวันทำให้อิทธิพลของมวลสารที่เพิ่มขึ้นจะยิ่งเป็นการลดอุณหภูมิสูงสุดและยิ่งมีมวลสารมากจะยิ่งเป็นการเลื่อนช่วงเวลาการเกิดอุณหภูมิสูงสุด ส่วนอิทธิพลของการเพิ่มค่าการป้องกันความร้อนจะเป็นการลดและเลื่อนอุณหภูมิสูงสุด

- การใช้การไหลเวียนอากาศจะทำให้วัสดุทุกวัสดุมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศเวลากลางคืน ซึ่งจะมีอิทธิพลร่วมกับมวลสารโดยที่มีมวลสารเพิ่มขึ้นจะเป็นการลดความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ เช่นเดียวกับการเพิ่มค่าการป้องกันความร้อน

- การเพิ่มมวลสารจะยิ่งเป็นการลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวัน เช่นเดียวกับการเพิ่มค่าการป้องกันความร้อน

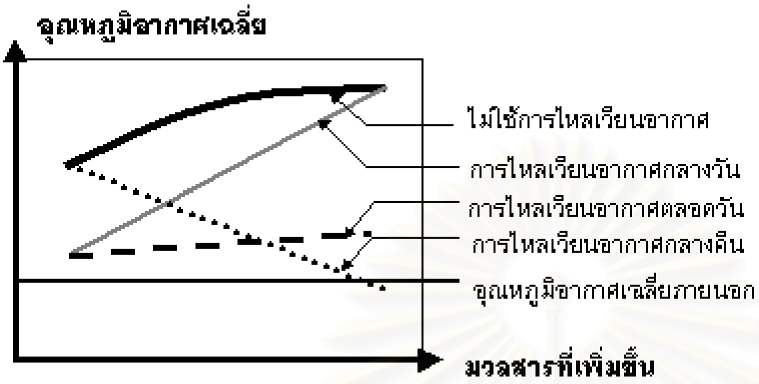
- การไม่ใช้การไหลเวียนอากาศในตอนกลางวันส่งผลให้วัสดุที่ยิ่งมีมวลสารน้อยจะยิ่งมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูง ในขณะที่หากเพิ่มค่าการป้องความร้อนจะลดอุณหภูมิอากศเฉลี่ยตอนกลางวันได้มาก

- การใช้การไหลเวียนอากาศจะส่งผลให้ทุกวัสดุมีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกับอากาศภายนอก อิทธิพลของมวลสารและการป้องกันความร้อนจะส่งผลน้อยกว่า

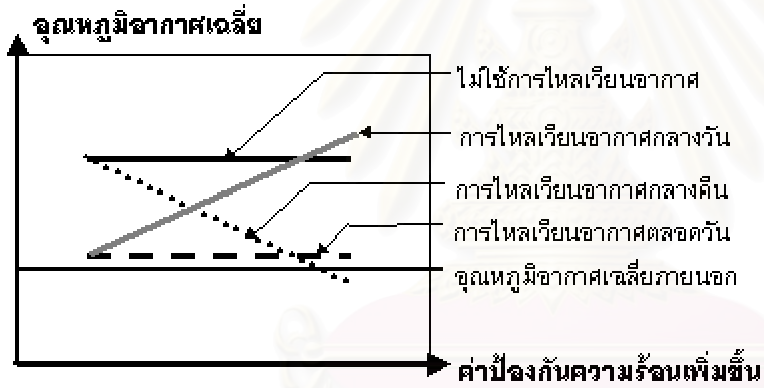
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การใช้ความเร็วลมจะทำให้มีความรู้สึกเย็นลงโดยเฉลี่ย 0.8 องศาเซลเซียส แต่จะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง

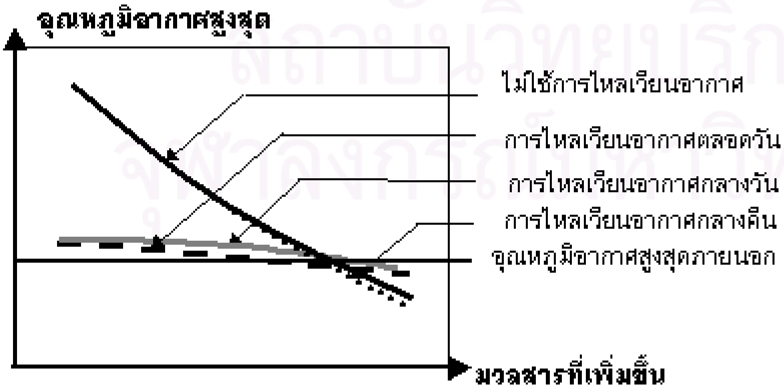
สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังนี้



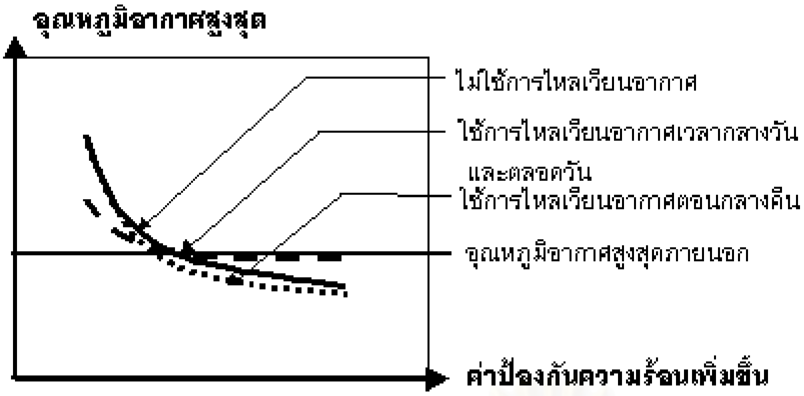
แผนภูมิที่ 5. 1 แสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยกับมวลสารของวัสดุ



แผนภูมิที่ 5. 2 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยกับค่าการป้องกันความร้อนของวัสดุ



แผนภูมิที่ 5. 3 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศสูงสุดกับมวลสารของวัสดุ



แผนภูมิที่ 5. 4 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศสูงสุดกับค่าการป้องกันความร้อนของวัสดุ

5.1.2 วัสดุที่มีมวลสารและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนเหมือนกันใช้การไหลเวียนอากาศต่างกัน จะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน

1. วัสดุมวลสารน้อยค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(ไม้อัด 12 มม.)

- การใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ การไหลเวียนอากาศจะลดอุณหภูมิสูงสุด ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ ลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงกลางวันและตลอดวัน
- การใช้การไหลเวียนอากาศในตอนกลางวันเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ การไหลเวียนอากาศจะทำให้มีอุณหภูมิสูงสุดลดลง ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ ลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงกลางวันและตลอดวัน
- การใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศการไหลเวียนอากาศจะไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุด ความแตกต่างของอุณหภูมิ และอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย

2. วัสดุมวลสารน้อยค่าการป้องกันความร้อนสูง(EIFS โฟมหนา 3 นิ้ว)

- การใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ การไหลเวียนอากศจะเพิ่มอุณหภูมิสูงสุด เพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิ ลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันและเวลากลางคืน

- การใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ การไหลเวียนอากาศจะเพิ่มอุณหภูมิอากาศสูงสุด เพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิ เพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันเล็กน้อยแต่จะเพิ่มอุณหภูมเฉลี่ยกลางวันมากและช่วยลดอุณหภูมิเฉลี่ยเวลากลางคืน

- การใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ การไหลเวียนอากาศจะเพิ่มอุณหภูมิสูงสุดเล็กน้อย เพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิ ลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งกลางวันและกลางคืน

3. วัสดุมวลสารปานกลางค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(คอนกรีต 10 ซม.)

- การใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ การไหลเวียนอากาศจะลดอุณหภูมิสูงสุด ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ และลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวัน

- การใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ การไหลเวียนอากาศจะลดอุณหภูมิอากาศสูงสุด ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ ลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันเล็กน้อยโดยจะลดอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งกลางวันกลางคืน

- การใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ การไหลเวียนอากาศจะไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุด เพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิ ลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งวันโดยเฉพาะในเวลากลางคืน

4. วัสดุมวลสารสูงค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(คอนกรีต 30 ซม.)

- การใช้การไหลเวียนอากาศตลอดวันเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ การไหลเวียนอากาศจะเพิ่มอุณหภูมิสูงสุด เพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิ และลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวัน

- การใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ การไหลเวียนอากาศจะเพิ่มอุณหภูมิอากาศสูงสุดในเวลากลางวัน เพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวันจะคงที่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนเทียบกับการไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ การไหลเวียนอากาศจะลดอุณหภูมิสูงสุด เพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิ ลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งในเวลากลางวันและในเวลากลางคืน

5.1.3 วัสดุที่มีมวลสารและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนต่างกันใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน ติดฉนวนที่เปลือกอาคารด้านบนเหมือนกัน จะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน

เมื่อติดฉนวนบนเปลือกอาคารด้านบนพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของแต่ละวัสดุจะคล้ายกับการไม่ได้ติดฉนวน ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในข้อ 5.1.1

5.1.4 วัสดุที่มีมวลสารและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนเหมือนกันกันใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน ติดฉนวนที่เปลือกอาคารด้านบนต่างกัน จะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน

1. วัสดุมวลสารน้อยค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(ไม้อัด 12 มม.)

- การไม่ใช้การไหลเวียนอากาศเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุด ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ แต่จะไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวัน

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุด ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งจะลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตอนกลางวันและตลอดวัน

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุดเล็กน้อย ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งจะเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตอนกลางคืนและตลอดวัน

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุด ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งจะลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตอนกลางวันและตลอดวัน

2. วัสดุมวลสารน้อยค่าการป้องกันความร้อนสูง(EIFS โฟม 3 นิ้ว)

- การไม่ใช้การไหลเวียนอากาศเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุด ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ แต่จะไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวัน

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะไม่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะไม่ช่วยลดอุณหภูมิสูงสุด แต่จะลดความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งจะเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตอนกลางคืนและตลอดวัน

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุดเพียงเล็กน้อย และจะลดความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งจะไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย

3. วัสดุมวลสารปานกลางค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(คอนกรีต 10 ซม.)

- การไม่ใช้การไหลเวียนอากาศเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุด ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ แต่จะไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวัน

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุด ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งจะไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวัน

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุดเล็กน้อย ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งจะเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตอนกลางคืนและตลอดวัน

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุด ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งจะไม่เปลี่ยนอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของวัสดุ

4. วัสดุมวลสารมากค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(คอนกรีต 30 ซม.)

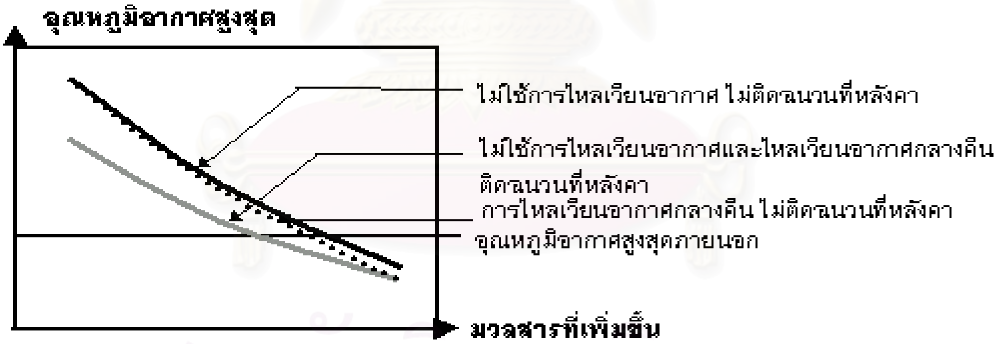
- การไม่ใช้การไหลเวียนอากาศเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุด ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ แต่จะไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวัน

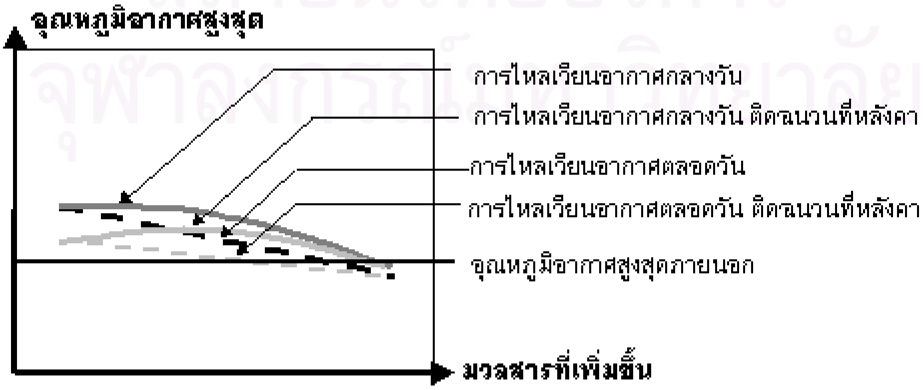
- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุด ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งจะเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตอนกลางคืนและตลอดวันเล็กน้อย

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุดน้อยมาก ลดความแตกต่างของอุณหภูมิเล็กน้อย ซึ่งจะเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดวัน

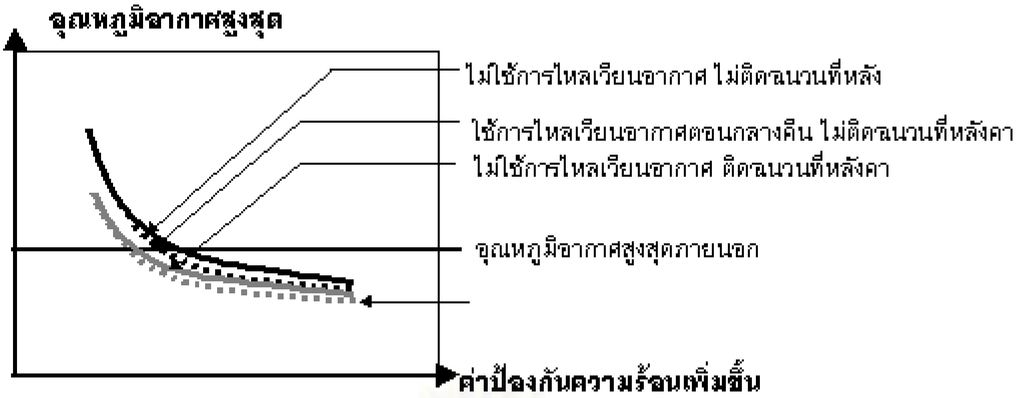
- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนเทียบระหว่างติดฉนวนและไม่ติดฉนวน การติดฉนวนจะไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุด ลดความแตกต่างของอุณหภูมิเล็กน้อย ซึ่งจะเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตอนกลางวันและตลอดวัน

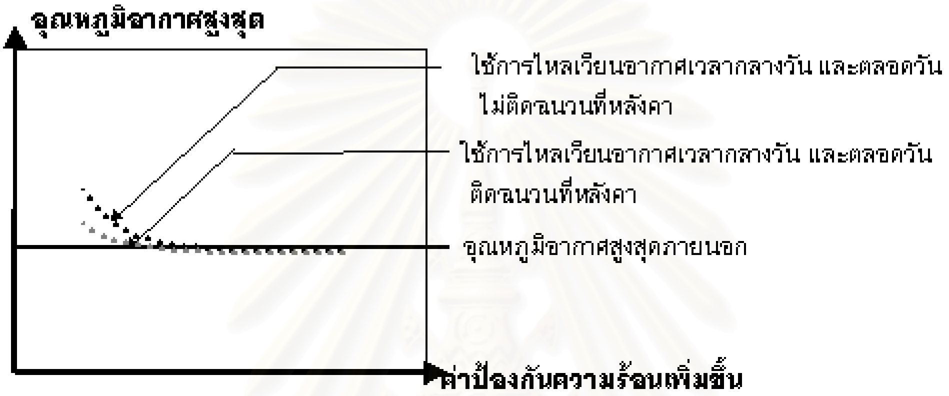
สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังแผ่นภูมิต่อไปนี้





แผนภูมิที่ 5. 5 ความสัมพันธ์ของการติดฉนวนที่ส่งผลต่ออุณหภูมิสูงสุดเมื่อมวลสารเปลี่ยนแปลงไป





แผนภูมิที่ 5. 6 ความสัมพันธ์ของการติดฉนวนที่ส่งผลต่ออุณหภูมิสูงสุด

เมื่อค่าการป้องกันความร้อนเปลี่ยนแปลงไป

5.1.5 วัสดุที่มีมวลสารและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนเหมือนกันกันใช้การไหลเวียนอากาศเหมือนกัน หันช่องเปิดไปในทิศทางต่างกัน จะมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน

1. วัสดุมวลสารน้อยค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(ไม้อัด 12 มม.)

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเทียบระหว่างหันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้และตะวันออกตะวันตก การหันช่องเปิดไปในทิศเหนือใต้จะลดทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย ลดอุณหภูมิสูงสุดและลดความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งจะส่งผลกระทบในช่วงเวลากลางวันมากกว่าเวลากลางคืน

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเทียบระหว่างหันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้และตะวันออกตะวันตก การหันช่องเปิดไปในทิศเหนือใต้จะลดทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย ลดอุณหภูมิสูงสุด และลดความแตกต่างของอุณหภูมิ

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนเทียบระหว่างหันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้และตะวันออกตะวันตก การหันช่องเปิดไปในทิศเหนือใต้จะไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และความแตกต่างของอุณหภูมิ

2. วัสดุมวลสารน้อยค่าการป้องกันความร้อนสูง(EIFS โฟม 3 นิ้ว)

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเทียบระหว่างหันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้และตะวันออกตะวันตก การหันช่องเปิดไปในทิศเหนือใต้จะลดอุณหภูมิเฉลี่ยซึ่งจะส่งผลกระทบในช่วงเวลากลางคืนมากกว่าเวลากลางคืน แต่อุณหภูมิสูงสุดจะคงที่ ในส่วนความแตกต่างของอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากช่องเปิดแนวเหนือใต้จะลดอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางคืน

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเทียบระหว่างหันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้และตะวันออกตะวันตก การหันช่องเปิดไปในทิศเหนือใต้จะช่วยลดอุณหภูมิเฉลี่ยเนื่องจากลมที่พัดผ่านช่วงเย็นจะพัดความร้อนออกไปก่อนปิดกล่องซึ่งเมื่อปิดกล่องกล่องเหนือใต้จึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าในเวลากลางคืน ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดจะลดลงเล็กน้อย ในส่วนความแตกต่างของอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากช่องเปิดแนวเหนือใต้จะลดอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางคืน

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนเทียบระหว่างหันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้และตะวันออกตะวันตก การหันช่องเปิดไปในทิศเหนือใต้จะช่วยอุณหภูมิเฉลี่ยเนื่องจากในตอนกลางคืนมีอากาศไหลผ่านมากกว่า ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดจะลดลงเล็กน้อยในส่วนความแตกต่างของอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากช่องเปิดแนวเหนือใต้จะลดอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางคืน

3. วัสดุมวลสารปานกลางค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(คอนกรีต 10 ซม.)

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเทียบระหว่างหันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้และตะวันออกตะวันตก การหันช่องเปิดไปในทิศเหนือใต้จะลดอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวันช่วยลดอุณหภูมิสูงสุดและลดความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นอย่างมาก

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเทียบระหว่างหันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้และตะวันออกตะวันตก การหันช่องเปิดไปในทิศเหนือใต้จะช่วยลดอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งกลางวันและเวลากลางคืนเนื่องจากกลางวันช่วยระบายความร้อนได้ดีส่วนลมที่พัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผ่านช่วงเย็นจะพัดความร้อนออกไปก่อนปิดกล่องซึ่งเมื่อปิดกล่องกล่องเหนือใต้จึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าในเวลากลางคืน ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดจะลดลงอีกทั้งความแตกต่างของอุณหภูมิจะลดลงด้วย

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนเทียบระหว่างหันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้และตะวันออกตะวันตก การหันช่องเปิดไปในทิศเหนือใต้จะช่วยอุณหภูมิเฉลี่ยเนื่องจากในตอนกลางคืนมีอากาศไหลผ่านมากกว่า ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดจะลดลงเล็กน้อยจึงลดความแตกต่างของอุณหภูมิด้วย

4. วัสดุมวลสารมากค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(คอนกรีต 30 ซม.)

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันเทียบระหว่างหันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้และตะวันออกตะวันตก การหันช่องเปิดไปในทิศเหนือใต้อุณหภูมิเฉลี่ยจะไม่เปลี่ยนแปลงไม่มากนักเนื่องจากมีมวลสารมาก อุณหภูมิสูงสุดด้านเหนือใต้จะสูงกว่าเล็กน้อยเนื่องจากอิทธิพลของการไหลเวียนอากาศที่สูงกว่าในเวลากลางวันจึงทำให้มีความแตกต่างอุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วย

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางวันเทียบระหว่างหันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้และตะวันออกตะวันตก การหันช่องเปิดไปในทิศเหนือใต้จะไม่เปลี่ยนแปลงไม่มากนักเนื่องจากมีมวลสารมาก อุณหภูมิสูงสุดด้านเหนือใต้จะสูงกว่าเล็กน้อยเนื่องจากอิทธิพลของการไหลเวียนอากาศที่สูงกว่าในเวลากลางวันจึงทำให้มีความแตกต่างอุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วย แต่ในตอนกลางคืนจะมีอุณหภูมไม่แตกต่างกัน

- การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนเทียบระหว่างหันช่องเปิดไปในแนวเหนือใต้และตะวันออกตะวันตก การหันช่องเปิดไปในทิศเหนือใต้จะไม่เปลี่ยนแปลงไม่มากนักเนื่องจากมีมวลสารมากแต่จะช่วยลดอุณหภูมิเฉลี่ยเวลากลางคืนได้เล็กน้อยอุณหภูมิสูงสุดก็จะไม่เปลี่ยนแปลง ในส่วนความแตกต่างของอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

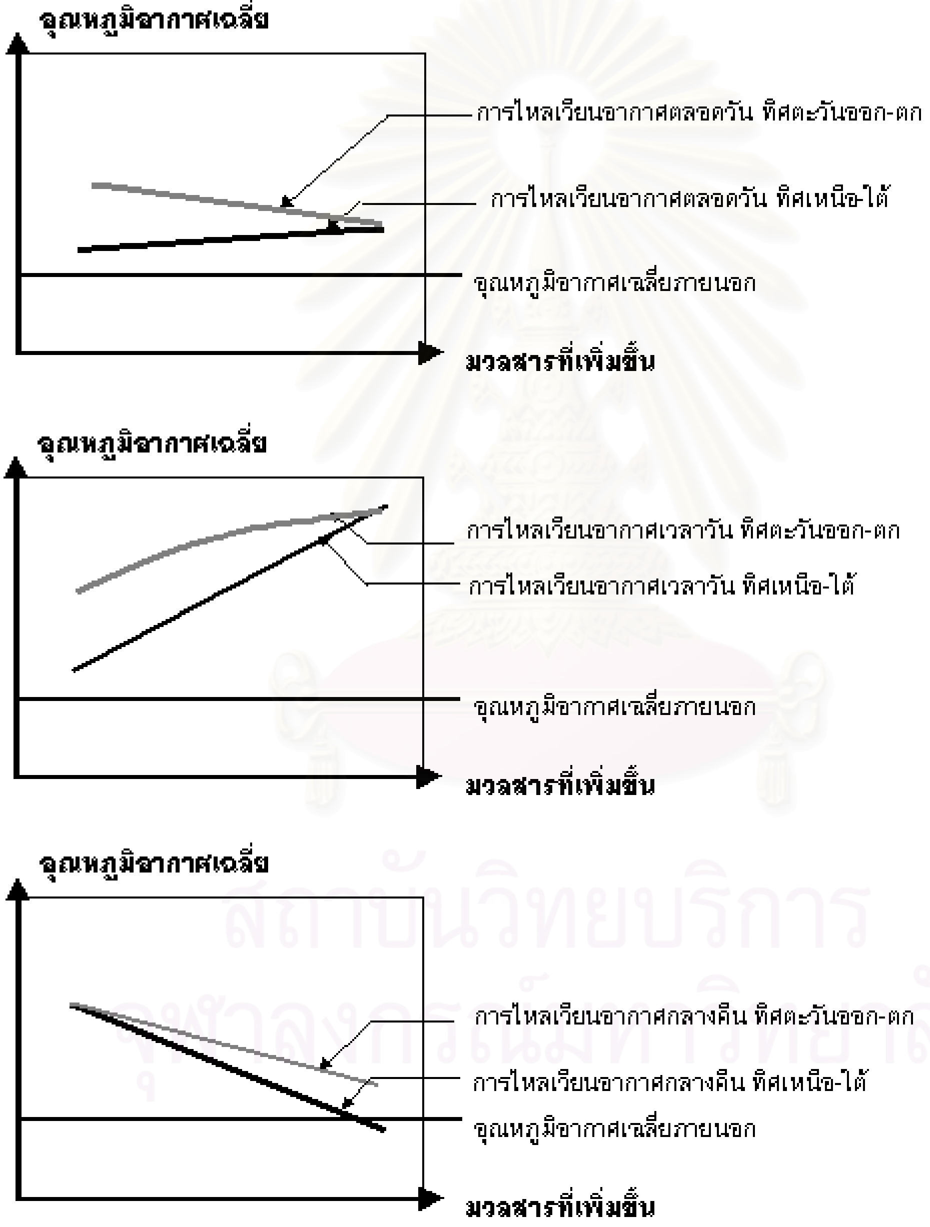
5. ความรู้สึกเย็นลงจากความเร็วลม

- การใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันในทิศเหนือใต้จะรู้สึกเย็นลง 1.8 องศาเซลเซียสในขณะที่ทิศตะวันออกตะวันตกจะเย็นลงเพียง 0.5 องศาเซลเซียส

- การใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันในทิศเหนือใต้จะรู้สึกเย็นลง 1 องศาเซลเซียส ในขณะที่ทิศตะวันออกตะวันตกจะเย็นลงเพียง 0.4 องศาเซลเซียส

- การใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนวันในทิศเหนือใต้จะรู้สึกเย็นลง 0.8 องศาเซลเซียส ในขณะที่ทิศตะวันออกตะวันตกจะเย็นลงเพียง 0.3 องศาเซลเซียส

สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังนี้



แผนภูมิที่ 5. 7 ความสัมพันธ์ของค่าการป้องกันความร้อนที่ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเมื่อช่องเปิดหันไปในทิศทางที่ต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.6 การผสมผสานคุณสมบัติการป้องกันความร้อน มวลสาร และการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติ

การใช้วัสดุที่มีค่าการป้องกันความร้อนสูงโดยมีการใส่มวลสารไว้ภายในและใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุด และช่วยลดอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยได้ซึ่งหากผนวกกับความรู้สึกเย็นลงจากความเร็วลมจะช่วยให้รู้สึกเย็นลงอีก ดังนั้นวิธีดังกล่าวจะเป็นวิธีที่ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารต่ำและอยู่ใกล้เขตสบายมากที่สุด

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. การอยู่เย็นสบายที่สุดตลอดเวลาโดยไม่ต้องเคลื่อนย้ายกิจกรรม

ควรเลือกใช้ผนัง EIFS มีมวลสารภายในและใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืน มีช่องเปิดรับลมที่มาจากทุกทิศทางซึ่งหากอยู่ในเมืองอาจใช้พัดลมดูดอากาศช่วยซึ่งจะกักเก็บความเย็นมาใช้ในเวลากลางวันได้ การใช้งานในเวลากลางวันควรปิดซึ่งประตูหน้าต่างควรเป็นฉนวนกันความร้อน หากสามารถเปิดพัดลมภายในบ้าน ผสมผสานกับการมีมวลสารเช่นพื้นคอนกรีต ติดฉนวนเพิ่มเติม จะช่วยให้สามรถอยู่สบายตลอดทั้งวัน

2. รูปแบบการใช้งานที่เย็นสบายในเวลากลางวัน

การใช้ผนังมวลสารมาก(คอนกรีต 30 ซม.)หรือ EIFS จะช่วยให้อุณหภูมิอากาศต่ำกว่าภายนอกในช่วงกลางวัน ควรใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติเวลากลางคืนจะสามารถกักเก็บตวามเย็นมาใช้เวลากลางวัน มีช่องเปิดรับลมที่มาจากทุกทิศทางซึ่งหากอยู่ในเมืองอาจใช้พัดลมดูดอากาศช่วยในเวลากลางวันควรปิดซึ่งประตูหน้าต่างควรเป็นฉนวนกันความร้อน หากใช้พัดลมภายในจะช่วยให้เย็นสบายขึ้น ซึ่งไม่ควรติดฉนวน และหลีกเลี่ยงการใช้งานเวลากลางคืน

3. รูปแบบการใช้งานที่เย็นสบายในเวลากลางคืน

การใช้ผนังมวลสารน้อย(ไม้ 12 มม.)ไม่ว่าจะใช้การไหลเวียนอากาศรูปแบบใดก็จะเย็นสบายช่วงเวลากลางคืนหรือคล้ายกับ EIFS ที่มีการไหลเวียนอากาศเวลากลางคืน แต่ผนังไม้จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าซึ่งสามารถเปิดเวลากลางคืนก็จะได้อิทธิพลของความเร็วลมมาช่วย และควรหลีกเลี่ยงการใช้งานตอนกลางวันเนื่องจากจะมีอุณหภูมิสูงมาก

4. การปรับปรุงการรูปแบบการใช้งานให้เย็นสบายมากขึ้น

- <u>เปลือกอาคารมีมวลสารน้อยค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(ไม้อัด 12 มม.)</u> ควรติดฉนวนที่หลังคาหากจะใช้งานช่วงกลางวันหรือตลอดวัน และจำเป็นอย่างยิ่งในการใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติในเวลากลางวัน การติดฉนวนโฟม 6 นิ้วที่หลังคาจะช่วยลดอุณหภูมิอากาศสูงสุดลงได้อีก 2 องศาเซลเซียส โดยหากเจาะช่องให้รับลมได้หลายทิศทางจะช่วยลดความอุณหภูมิอากาศภายในได้และยังได้อิทธิพลของความเร็วลมที่ทำให้เย็นลงอีก ซึ่งควรหลีกเลี่ยงการปิดเวลากลางวันเนื่องจากจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในขึ้นสูงมาก อาจสูงกว่าอากาศภายนอกถึง 6-8 องศาเซลเซียส

- <u>เปลือกอาคารมีมวลสารปานกลางค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(คอนกรีต 10 ซม.)</u> เนื่องจากอุณหภูมิจะร้อนกว่าอากาศภายนอกตลอดจึงไม่เหมาะจะใช้งานมากที่สุด การแก้ไขควรใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติตลอดวันอาจปิดได้ในช่วงเช้าโดยควรใช้อิทธิพลจากความเร็วลมให้มากที่สุดซึ่งต้องมีช่องเปิดให้รับลมได้หลายทิศทาง อีกทั้งควรติดฉนวนที่หลังคา 6 นิ้วจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุดภายในโดยอาจพิจารณาการเพิ่มมวลสารภายในเพื่อให้อุณหภูมิมีเสถียรภาพมากขึ้น

- <u>เปลือกอาคารมีมวลสารมากค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(คอนกรีต 30 ซม.)</u> เนื่องจากมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่สูงมากการใช้งานจึงควรใช้งานเวลากลางวันร่วมกับการปิดอาคารใช้พัดลมภายใน ส่วนเวลากลางคืนก็เปิดให้มีการระบายอากาศหากอยู่ในเมืองที่แออัดควรใช้พัดลมดูดอากาศช่วย ควรปรับปรุงให้สามารถระบายอากาศได้หลายทิศทางและไม่ควรติดฉนวน

- <u>เปลือกอาคารมีมวลสารน้อยค่าการป้องกันความร้อนสูง(EIFS โฟม 3 นิ้ว)</u> เนื่องจากเปลือกอาคารกันความร้อนได้ดีอยู่แล้วการใช้งานควรเปิดให้มีการไหลเวียนอากาศเวลากลางคืนมีช่องเปิดรับลมได้หลายทิศทาง ในเวลากลางวันควรปิดใช้พัดลมภายในช่วยอาจมีปัญหาเรื่องอุณหภูมิภายในมีความต่างสูงจึงควรเพิ่มมวลสารภายในร่วมกับการติดฉนวนที่หลังคาก็จะทำให้มีอุณหภูมิอากาศที่เสถียรภาพมากขึ้น

5. รูปแบบการใช้งานที่ไม่เหมาะสม

- <u>เปลือกอาคารมีมวลสารน้อยค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(ไม้อัด 12 มม.)</u> การใช้งานเวลากลางวันโดยไม่ใช้การไหลเวียนอากาศ ผนวกกับการไม่ติดฉนวนจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องสูงมากจนแทบจะไม่สามารถอยู่อาศัยได้

- <u>เปลือกอาคารมีมวลสารปานกลางค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(คอนกรีต 10 ซม.)</u>การไม่ใช้การไหลเวียนอากาศจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในสูงมากโดยจะร้อนกว่าอากาศภายนอกตลอดเวลา การติดฉนวนจะช่วยลดอุณหภูมิสูงสุด 1-2 องศาเซลเซียสซึ่งก็ยังมีอุณหภูมิสูงอยู่

- <u>เปลือกอาคารมีมวลสารมากค่าการป้องกันความร้อนต่ำ(คอนกรีต 30 ซม.)</u> การใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันแล้วปิดกลางคืนจะทำให้กลางคืนร้อนกว่าอากาศภายนอกมากเนื่องจากความร้อนที่สะสมคายตัวออกมา อีกทั้งหากติดฉนวนจะเป็นการเพิ่มความร้อนเวลากลางวันเนื่องจากตอนกลางคืนฉนวนสกัดกั้นการแผ่นรังสีคลื่นยาวกับต้องฟ้า

- <u>เปลือกอาคารมีมวลสารน้อยค่าการป้องกันความร้อนสูง(EIFS โฟม 3 นิ้ว)</u> การไม่ใช้การไหลเวียนอากาศจะทำให้กลางคืนร้อนที่สุด แต่หากใช้การไหลเวียนอากาศเวลากลางวันจะทำให้กลางวันร้อนขึ้นแต่อาจชดเชยด้วยความเร็วลม ซึ่งเมื่อปิดในตอนกลางคืนอุณหภูมิอากาศจะต่ำกว่าการปิดตลอดวันแต่ก็ยังร้อนอยู่ดี

6. ข้อควรคำนึง

การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติจะเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้อยู่อย่างสบายภายในระบบธรรมชาติได้ในระดับหนึ่งหากมีรูปแบบการใช้การไหลเวียนอากาศที่เหมาะสม รูปแบบของเปลือกอาคารที่เหมาะสม สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ก็จะช่วยให้อยู่ได้อย่างสบายโดยไม่ต้องใช้พลังงานในการปรับอากาศ หรือใช้เพียงพัดลมที่มีการใช้พลังงานพียงเล็กน้อย ซึ่งในบางกิจกรรมที่ไม่ต้องใช้สมาธิมากก็จะสามารถใช้ประโยชน์จากการไหลเวียนอากาศธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ แต่อย่างไรก็ตามการอยู่ใช้งานภายใต้ระบบธรรมชาติจะมีความแปรปรวนของภูมิอากาศระดับหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นฤดูกาลเช่นในเดือนเมษายนจะพบว่าภูมิอากาศมีอุณหภูมิสูงมากการใช้การไหลเวียนอากาศจึงช่วยได้ไม่เต็มที่ อีกทั้งปัญหาในเรื่องความชื้นที่ระบบธรรมชาติไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นสำหรับกิจกรรมที่ต้องใช้สมาธิสูงการใช้เครื่องปรับอากาศจึงยังมีความจำเป็นอยู่

การวิจัยนี้ยังไม่สามรถนำไปใช้ประยุกต์กับอาคารที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศสลับการไหลเวียนอากาศธรรมชาติ เนื่องจากเมื่อปิดอาคารอาจเกิดการสะสมความร้อนความชื้นในมวลสารทำให้เครื่องปรับอากาศอาจต้องทำงานหนักเวลาเปิดเครื่อง ซึ่งควรจะมีการวิจัยที่ขยายผลต่อไปในอนาคต

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติพงษ์ เพชรวราภา. การศึกษาระบบผนังภายนอกอาคารที่มีผลต่อภาระการปรับอากาศ : กรณีศึกษาสำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มาวิทยาลัย ,2537

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กรม. อนุรักษ์พลังงาน, กอง. คู่มือการอนุรักษณ์พลังงานในอาคาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2538

สุนทร บุญญาธิการ. การใช้ฉนวน. กรุงเทพฯ : กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน , 2543

ประพันธ์ จงปติยัตต์. การลดการถ่ยเทคเข้าสู่ผนังที่มีช่องว่างอากาศ : กรณีศึกษาอาคารภายในเขตร้อนชื้น.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มาวิทยาลัย,2537

สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล. ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มาวิทยาลัย,2537

สุนทร บุญญาธิการ, รศ. การออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นแบบเมืองไทย.วรสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฉบับพิเศษครบรอบ 60 ปี (2536): 16-24

สุนทร บุญญาธิการ, รศ. ปรัชญาการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อการประหยัดพลังงาน.วรสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฉบับพิเศษ ครบรอบ 60 ปี (2536): 8-15

สุนทร บุญญาธิการ, รศ. เทคนิคการออกแบบ บ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2542

สุนทร บุญญาธิการ, รศ. บ้านเพื่อการประหยัดพลังงาน. วรสาร ARCH&IDEA ฉบับที่ 39 (พฤศจิกายน 2539): 16-21

ไพบูลย์ รักษาสิทธิพันธ์. การศึกษาผลของชั้นความร้อนในโถงที่มีความสูงโดยใช้หุ่นจำลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มาวิทยาลัย,2537

ภาษาอังกฤษ

Allard ,F.Natural Ventilation in Building a Design Handbook . UK : European Commission

Directorate General for Energy Altener Program, 1998

America Society of Heating , Refrigerating and air Conditioning Egineerings.1997 ASHRAE Handbook Fundamentals. SI Edition .Atlata : ASHRAE,1997.

America Society of Heating , Refrigerating and air Conditioning Egineerings. ASHRAE Applicatins Handbook. IP Edition .Atlata : ASHRAE,1997.

Etheridge,David. Building Ventilation :Theory and measurement.Chichester : John Wiley & Sons,1996

Givoni, B. Passive and Low Energy Cooling of Building. New York : Van Nostrand Reinhold, 1994

Givoni, B. Man, Climate and Architecture. London :Applied Science Publishers Ltd.,1969.

Olgyay,V.Design With Climate :Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism.Forth Printing. New Jersey:Printon University Press,1961.

Stein,B.,and Reynolds, J.S. Mechanical and Electrical and Electrical Equipment for Buildings.8^{th} Edition.Newyork: John Wiley & Sons, 1992.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 1 วิธีที่ 1										
ตัวแปร			เปิดกลางวัน-เปิดกลางคืน				ปิดกลางวัน- ปิดกลางคืน			
time	DB	WB	LOW	EIFS	MED	HIGH	LOW	EIFS	MED	HIGH
12.00	34.1	24.96	32.36	34.63	32.86	30.73	41.33	31.6	31.9	29.13
13.00	34.62	24.9	32.92	35.06	33.2	31.36	42.48	32.16	33.62	29.44
14.00	35.14	25.02	33.58	35.5	34.02	31.72	43.98	32.66	35.02	29.76
15.00	36.04	26.56	33.7	36.16	34.78	32.28	44.1	33.52	37	30.44
16.00	35.14	27.48	34.46	37.08	36.22	32.66	44.18	34.18	38.76	31.2
17.00	34.76	26.38	34.18	35.74	36.3	32.82	41.34	34.56	40.24	31.92
18.00	33.06	25.58	33.36	33.72	36.02	32.2	36.46	34.52	40.2	32.56
19.00	30.28	24.38	31.24	30.36	33.3	30.84	31.5	34.04	39.12	33.18
20.00	27.82	23.86	28.56	27.66	30.7	29.2	28.7	33.52	37.6	33.66
21.00	26.06	23.3	26.22	25.7	26.76	26.84	26.66	32.96	35.7	33.7
22.00	25.26	22.78	25.22	24.86	25.58	25.82	25.38	32.36	33.7	33.7
23.00	25.26	23.3	25.3	24.98	25.98	25.9	25.1	31.6	31.98	33.5
24.00	25.06	23.7	25.14	24.86	25.58	25.74	25.06	30.64	30.48	33.14
1.00	24.66	23.58	24.74	24.3	24.98	25.42	24.62	30.08	29.2	32.82
2.00	23.9	23.08	24.02	23.54	24.38	25.26	23.82	29.3	28.12	32.56
3.00	23.06	22.44	23.58	22.7	24.42	27.38	22.66	28.68	27.28	32.24
4.00	23.02	22.52	23.42	22.7	24.26	27.42	22.52	28.22	26.54	31.8
5.00	23.38	22.9	23.46	23.02	23.94	26.74	22.94	27.68	25.9	31.36
6.00	23.5	22.9	23.5	23.18	23.78	26.66	23.1	27.14	25.34	30.96
7.00	23.22	23.02	23.42	23.14	23.62	26.26	23.18	26.62	24.94	30.56
8.00	24.34	23.78	24.06	24.34	24.1	26.54	24.18	26.26	24.66	30.08
9.00	27.96	25.78	26.52	27.96	26.14	27.08	29.32	26.22	25.02	29.72
10.00	29.48	27.26	28.44	29.72	28.3	28.32	34.42	26.42	26.6	29.64
11.00	31.16	27.44	30.4	31.3	30.32	29.88	36.56	27.28	28.92	29.76
12.00	31.58	27.54	31.56	32.46	31.66	30.96	38.6	28.4	31.5	29.92
13.00	33.06	27.92	32.3	33.4	32.66	31.82	38.96	29.68	33.62	30.4
14.00	34.66	27.34	33.66	35.22	34.3	32.8	41.28	30.86	35.58	30.84
15.00	35.6	27.34	34.74	36.66	35.54	33.78	42.58	32.2	37.46	31.28
16.00	34.68	28.04	34.26	35.22	34.98	33.46	41.28	33.36	39	32.18
17.00	33.38	27.58	33.7	34.3	34.66	32.86	38.74	33.92	39.96	32.74
18.00	32.32	26.34	32.24	32.54	33.5	31.98	34.98	34.1	39.72	33.3
19.00	30.02	25.14	29.96	29.68	31.14	30.32	31.06	33.54	38.4	33.74
20.00	27.74	24.5	27.82	27.44	28.96	29.08	28.28	32.64	36.68	34.02
21.00	27	24.02	26.92	26.66	27.3	27.64	27.24	32	34.9	34.1
22.00	26.1	23.9	25.94	25.62	26.38	27.02	26.38	31.2	33.22	34.02
23.00	25.62	23.98	25.46	25.22	25.82	27.18	25.82	30.52	31.74	33.82
24.00	25.34	23.98	25.22	24.98	25.5	26.96	25.38	29.96	30.36	33.56
1.00	24.48	23.58	24.74	24.3	24.98	26.38	24.62	29.36	29.2	33.32
2.00	23.88	23.08	24.02	23.54	24.38	26.14	23.82	28.8	28.12	33.06
3.00	23.36	22.44	23.58	22.7	24.42	26	22.66	28.4	27.28	32.66
4.00	23.18	22.34	23.42	22.7	24.26	26.32	22.52	27.96	26.54	32.16
5.00	23.2	22.54	23.46	23.02	23.94	26.8	22.94	27.4	25.9	31.76
6.00	23.24	22.48	23.5	23.18	23.78	26.96	23.1	27.02	25.34	31.36

การทดลองที่ 1 วิธีที่ 2										
ตัวแปร			เปิดกลางวัน-ปิดกลางคืน				ปิดกลางวัน- ปิดกลางคืน			
time	DB	WB	LOW	EIFS	MED	HIGH	LOW	EIFS	MED	HIGH
12.00	33.33	27.63	33.63	32.23	32.86	31.6	38.86	29.86	32.96	30.6
13.00	32.96	27.3	32.8	32.06	32.54	31.84	37.76	30.64	34.22	30.8
14.00	32.44	26.94	32.76	31.92	32.54	31.68	36.74	31.12	34.82	31.04
15.00	33.16	26.58	33.66	32.6	33.54	32.1	36.98	31.68	35.5	31.44
16.00	34.1	26.86	34.38	33.06	34.02	32.54	38.14	32.22	36.42	31.92
17.00	33.4	26.5	33.28	32.7	33.6	32.36	36.6	32.7	37.26	32.38
18.00	31.16	25.66	31.18	31.32	32.62	31.48	33.06	32.86	37.1	32.7
19.00	28.86	24.66	29.68	31.12	34.5	32.42	30.16	32.56	36.02	32.94
20.00	27.22	24.1	27.84	30.6	33.42	32.54	28.1	32.08	34.5	32.9
21.00	26.4	23.58	26.78	30.04	32.2	32.7	26.98	31.4	33	32.98
22.00	25.96	23.5	25.98	29.4	31	32.66	26.22	30.68	31.72	32.9
23.00	25.84	23.58	25.78	28.76	29.84	32.5	25.94	30.04	30.52	32.74
24.00	25.64	23.66	25.58	28.36	29	32.38	25.66	29.4	29.48	32.52
1.00	25.1	23.66	25.22	28	28.24	32.12	25.3	28.84	28.6	32.32
2.00	24.96	23.7	25.1	27.64	27.68	31.84	25.18	28.28	27.92	32.04
3.00	25.04	23.7	24.98	27.42	27.22	31.48	25.1	27.84	27.44	31.64
4.00	24.82	23.5	24.66	27.14	26.74	31.24	24.66	27.5	26.98	31.28
5.00	24.58	23.26	24.26	26.74	26.34	30.96	24.26	27.1	26.46	30.96
6.00	24.16	23.1	24.14	26.42	25.86	30.56	24.14	26.66	25.98	30.6
7.00	23.98	23.06	24.34	25.46	25.18	28.06	23.82	26.38	25.58	30.24
8.00	24.74	23.58	25.06	25.26	25.22	27.44	24.62	26.06	25.22	29.88
9.00	27.08	25.18	27.38	26.5	26.42	27.6	28.04	25.98	25.5	29.56
10.00	29.94	26.5	29.76	28.62	28.62	28.92	32.3	26.42	26.62	29.48
11.00	31.58	26.5	31.44	30.96	31.04	30.84	35.46	27.28	28.78	29.68
12.00	32.36	26.26	32.84	32.28	32.4	31.98	37.56	28.4	31.42	30.04
13.00	33.78	26.5	34.38	33.14	33.42	32.82	38.68	29.68	33.86	30.36
14.00	34.22	26.82	34.38	33.62	33.98	33.22	39.84	30.84	35.82	30.92
15.00	34.44	26.54	35.5	34.18	34.98	33.74	41	31.98	37.42	31.24
16.00	33.86	26.3	34.9	33.94	34.5	33.62	39.96	32.9	38.72	31.96
17.00	33.14	26.5	34.38	33.5	34.74	33.02	37.66	33.54	39.44	32.58
18.00	30.86	26.18	31.5	31.46	32.24	31.54	34.24	33.66	39.04	32.98
19.00	28.42	25.46	29.32	31.12	34.4	32.64	30.36	33.26	37.6	33.42
20.00	27.58	25.08	28.16	31.2	34.18	33.54	28.32	32.64	35.9	33.62
21.00	27.12	25.06	27.24	30.68	32.88	33.78	27.3	32	34.26	33.7
22.00	26.58	24.96	26.74	30.04	31.36	33.7	26.74	31.2	32.74	33.54
23.00	26.78	24.56	26.58	29.56	30.36	33.58	26.62	30.52	31.44	33.42
24.00	26.56	24.06	26.32	29.12	29.54	33.42	26.4	29.88	30.34	33.3
1.00	26.2	23.66	25.86	28.62	28.86	33.22	25.94	29.36	29.5	33.22
2.00	25.5	23.7	25.22	28.22	28.06	32.9	25.42	29	28.82	32.9
3.00	25.1	23.7	24.98	27.84	27.52	32.54	25.1	28.64	28.34	32.54
4.00	24.82	23.5	24.66	27.5	27.08	32.18	24.66	28.26	27.88	32.18
5.00	24.58	23.26	24.26	27.06	26.66	31.86	24.26	27.8	27.36	31.86
6.00	24.16	23.1	24.14	26.64	26.16	31.62	24.14	27.34	26.82	31.62

การทดลองที่ 1 วิธีที่ 3										
ตัวแปร			ปิดกลางวัน-เปิดกลางคืน				ปิดกลางวัน- ปิดกลางคืน			
time	DB	WB	LOW	EIFS	MED	HIGH	LOW	EIFS	MED	HIGH
12.00	33.16	27.63	36.03	29.86	32.3	29.26	37.26	30.86	31.8	29.2
13.00	34.58	27.3	37.68	30.8	33.54	29.36	38.72	31.68	33.16	29.48
14.00	34.86	26.94	38.76	31.44	34.58	29.64	39.48	32.32	34.26	29.66
15.00	34.66	26.58	39.56	32.36	36.1	30	40.16	33.18	35.74	29.88
16.00	34.66	26.86	39.56	33.1	37.24	30.52	39.68	33.94	37.08	30.4
17.00	34.18	26.5	37.38	33.62	38	31.24	37.52	34.42	37.92	31.16
18.00	32.7	25.66	34.72	33.74	37.86	31.72	34.36	34.3	38.08	31.4
19.00	29.2	24.66	29.32	30.9	31.58	29.64	30.52	33.46	36.52	31.52
20.00	27.16	24.1	27.12	27.9	28.26	27.7	28.06	31.9	34.14	31.64
21.00	26.3	23.58	26.14	26.7	27.18	26.86	26.94	30.6	32.28	31.76
22.00	26.1	23.5	26.1	26.42	27.28	27.02	26.46	30.16	31.16	31.64
23.00	25.34	23.58	25.3	25.9	26.26	26.46	25.78	29.8	30.2	31.48
24.00	24.94	23.66	24.86	25.42	25.62	26.1	25.14	29.12	29.08	31.16
1.00	24.98	23.66	24.9	25.22	25.46	25.86	25.1	28.4	28	30.72
2.00	24.74	23.7	24.7	25.1	25.22	25.86	24.9	28	27.24	30.6
3.00	24.62	23.7	24.62	25.02	25.06	25.74	24.74	27.66	26.66	30.4
4.00	24.22	23.5	24.22	24.9	24.86	26.66	24.3	27.42	26.26	30.28
5.00	23.94	23.26	23.9	24.7	24.66	26.86	23.78	27.06	25.86	30
6.00	23.54	23.1	23.58	24.34	24.26	26.14	23.46	26.62	25.38	29.64
7.00	23.22	23.06	23.36	23.98	24.02	26.78	23.1	26.26	24.94	29.32
8.00	24.1	23.58	23.66	24.06	24.26	28.04	23.78	25.86	24.54	28.92
9.00	26.18	25.18	26.06	24.58	24.58	27.92	26.52	26.1	24.9	28.52
10.00	28.86	26.5	29.5	25.94	25.9	28.08	29.76	27.3	26.18	28.48
11.00	31.12	26.5	32.38	27.8	28.16	28.6	33.04	28.92	28.28	28.92
12.00	32.78	26.26	34.62	29.4	30.44	28.84	35.78	30.4	30.56	29.2
13.00	34.54	26.5	37	30.84	32.66	29.28	37.92	31.94	32.7	29.76
14.00	35.22	26.82	39.16	32.12	34.66	29.68	39.52	33.16	34.78	30.2
15.00	34.86	26.54	39.16	33.14	36.34	30.28	39.24	34.06	36.3	30.72
16.00	35.62	26.3	40.28	33.7	37.56	30.44	40.28	34.7	37.74	31
17.00	35.16	26.5	39.3	34.34	38.56	31.08	38.74	35.22	38.76	31.6
18.00	33.68	26.18	35.72	34.26	38.44	31.6	35.26	35.1	38.72	32.12
19.00	30.56	25.46	30.9	31.52	34.48	30.84	31.34	34.46	37.6	32.16
20.00	27.72	25.08	27.6	28.06	28.8	28.2	28.72	33.22	35.58	32.24
21.00	26.5	25.06	26.34	26.7	27.36	27.16	27.2	31.84	33.44	32.44
22.00	26.3	24.96	26.14	26.5	26.98	26.9	26.7	30.44	31.44	32.1
23.00	25.94	24.56	25.9	26.42	26.98	26.82	26.26	29.92	30.3	31.88
24.00	25.34	24.06	25.34	25.78	26.14	26.3	25.66	29.04	28.98	31.68
1.00	24.74	23.66	24.9	25.22	25.46	25.86	25.1	28.4	28	31.12
2.00	24.64	23.7	24.7	25.1	25.22	25.86	24.9	28.04	27.24	30.92
3.00	24.7	23.7	24.62	25.02	25.06	25.74	24.74	27.66	26.66	30.52
4.00	24.22	23.5	24.22	24.9	24.86	26.66	24.3	27.42	26.26	30.28
5.00	24.02	23.26	23.9	24.7	24.66	26.86	23.78	27.06	25.86	30
6.00	23.52	23.1	23.46	24.34	24.26	26.14	23.46	26.62	25.38	29.64

การทดลองที่ 2 วิธีที่ 1										
ตัวแปร			ติดฉนวน				ไม่ติดฉนวน			
time	DB	WB	LOW	EIFS	MED	HIGH	LOW	EIFS	MED	HIGH
12.00	33.5	24.36	35.83	27.1	28.8	26.5	37.9	28.6	29.33	25.76
13.00	34.1	24.46	37.4	28.06	30.16	26.74	39.24	29.8	31.26	26.18
14.00	34.26	24.5	38.16	28.76	31.28	27.14	39.96	30.76	32.72	26.78
15.00	33.9	24.98	38.72	29.8	32.58	27.54	39.72	31.9	34.5	27.5
16.00	33.82	25.5	38.46	30.8	33.82	27.88	38.58	32.56	35.82	28.2
17.00	33	24.86	36.24	31.36	34.5	28.28	35.68	32.66	36.16	28.72
18.00	31.72	24.5	34.18	31.6	34.66	28.68	33.02	32.58	36.26	29.28
19.00	29.04	23.12	30.46	31.36	33.78	29.16	29.28	32.02	35.1	29.72
20.00	26.96	22.08	27.76	30.64	32.42	29.52	26.8	31.04	33.56	29.92
21.00	26.6	21.6	26.74	30.12	31.52	29.72	25.58	30.24	32.48	30.24
22.00	25.22	21.12	25.66	29.48	30.76	29.8	24.62	29.4	31.08	30.24
23.00	23.74	20.56	24.34	28.48	29.82	29.68	23.46	28.48	29.58	30.12
24.00	24.06	20.56	24.06	27.78	28.92	29.72	23.3	27.64	28.24	29.8
1.00	23.5	20.56	23.5	27.26	27.96	29.64	22.86	26.9	27.34	29.52
2.00	23.06	20.56	23.18	26.62	27.14	29.44	22.52	26.22	26.34	29.32
3.00	22.38	20.56	22.6	26.18	26.3	29.32	22.04	25.74	25.62	29.12
4.00	21.28	20.2	21.76	25.74	25.46	29.08	20.96	25.18	24.82	28.88
5.00	21.24	20.32	21.2	25.26	24.74	28.88	20.52	24.66	23.96	28.56
6.00	21.12	20.12	21.16	24.86	24.18	28.56	20.48	24.14	23.3	28.16
7.00	20.88	19.96	20.96	24.42	23.84	28.24	20.28	23.66	22.7	27.92
8.00	22.12	21.2	21.96	24.14	23.32	27.8	21.8	23.42	22.2	27.5
9.00	24.9	23.28	25.26	24.26	24	27.56	25.34	23.9	22.34	27.04
10.00	28.12	24.9	29.14	25.06	25.5	27.7	29.92	25.26	23.66	27.16
11.00	30.36	25.54	32.06	26.3	27.44	28.12	34	26.9	26.2	27.5
12.00	32.02	25.74	33.82	27.68	29.14	28.44	36.52	28.46	28.64	27.82
13.00	33.46	25.98	34.98	28.96	30.64	29.16	37.7	30.3	31.46	28.56
14.00	34.22	25.82	36.54	30.12	31.92	29.36	38.98	31.34	33.14	29.04
15.00	34.9	25.98	38	31.2	33.32	29.2	40.12	32.14	34.9	29.52
16.00	34.74	26.26	38.14	32.12	34.48	29.68	39.48	32.88	36.4	30.2
17.00	33.36	26.14	35.9	32.56	35.48	30.44	36.2	33.5	37.14	30.56
18.00	30.12	7.94	32.16	32.6	34.86	30.56	32.04	32.98	37.1	30.78
19.00	27.34	5.18	28.72	31.92	33.9	30.44	28.34	32.08	35.06	30.96
20.00	26.1	5.1	26.96	30.92	32.46	30.4	26.62	30.8	33.34	31.06
21.00	25.18	2.5	25.86	29.96	31.08	30.4	25.7	29.8	31.42	31.06
22.00	24.82	2.36	25.46	29.24	29.96	30.52	25.18	29.12	29.84	30.96
23.00	24.74	2.2	25.18	28.72	29.16	30.56	24.86	28.56	28.76	30.8
24.00	24.34	2.12	24.98	28.24	28.36	30.44	24.46	28.08	27.82	30.48
1.00	23.94	2	24.62	27.92	27.84	30.4	24.02	27.7	27.18	30.32
2.00	23.5	2.26	24.1	27.6	27.4	30.28	23.5	27.3	26.54	30.16
3.00	23.3	2.24	23.74	27.22	26.9	30.04	23.18	26.78	25.98	29.88
4.00	23.38	1.92	23.74	26.82	26.34	29.76	23.3	26.42	25.38	29.52
5.00	23.1	1.88	23.54	26.58	25.86	29.48	23.22	26.1	24.94	29.12
6.00	22.94	1.8	23.42	26.26	25.46	29.2	23.06	25.78	24.46	28.76

การทดลองที่ 2 วิธีที่ 2										
ตัวแปร			ติดฉนวน				ไม่ติดฉนวน			
time	DB	WB	LOW	EIFS	MED	HIGH	LOW	EIFS	MED	HIGH
12.00	31.63	23.33	32.43	31.06	31.2	29.53	33.3	31.13	31.33	29.4
13.00	31.76	26.62	32.18	31.16	31.44	29.88	33.1	31.24	31.8	29.76
14.00	32.36	23.5	32.64	31.56	31.88	30.44	33.3	31.6	32.28	30.28
15.00	32.3	28.9	32.56	31.84	32.22	31.28	33.46	31.96	32.46	30.92
16.00	32.12	32.36	32.44	32.12	32.52	31.88	33.46	32.24	32.6	31.68
17.00	31.92	32.88	32.26	31.84	32.38	31.6	32.96	31.84	32.46	31.36
18.00	30.72	31.02	30.72	30.72	31.24	30.56	31.12	30.56	31.24	30.36
19.00	28.88	26.34	28.88	29.2	30	29.12	28.88	28.84	29.92	29.04
20.00	27.5	24.14	27.5	27.86	28.8	27.94	27.54	27.68	28.64	28
21.00	26.7	23.9	26.7	27.18	27.94	27.44	26.82	26.94	27.74	27.42
22.00	25.9	28.14	25.9	26.38	27.52	27.2	25.86	26.34	27.22	27.28
23.00	25.3	25.04	25.3	25.74	27.1	27.46	25.26	25.78	26.78	27.16
24.00	25.18	25.78	25.18	25.54	26.66	26.9	25.1	25.54	26.3	26.86
1.00	24.82	23.5	24.82	25.3	26.38	27.04	24.82	25.22	25.82	26.74
2.00	24.22	23.34	24.34	24.74	25.82	26.88	24.42	24.74	25.38	26.3
3.00	23.74	23.06	24.06	24.42	25.46	26.46	24.06	24.46	24.94	25.98
4.00	23.86	23.34	24.22	24.42	25.14	25.94	24.26	24.42	24.7	25.66
5.00	23.66	23.06	23.86	24.34	24.94	26.02	23.94	24.3	24.38	25.78
6.00	23.38	22.88	23.46	23.9	24.42	24.74	23.5	23.86	24.02	24.98
7.00	23.66	23.3	23.9	24.18	24.54	24.82	23.98	24.06	24.18	25.06
8.00	25.12	25.02	25.1	24.82	25.06	25.46	25.94	24.82	24.7	25.38
9.00	27.28	26.76	27.72	26.7	26.68	26.8	29.14	26.98	26.38	26.78
10.00	29.38	27.74	29.12	28.5	28.68	28.4	31	28.84	28.62	28.3
11.00	30.76	27.1	31.86	30.48	30.44	29.56	33.68	30.76	30.6	29.24
12.00	31.7	27.24	32.5	31.32	31.4	30.36	34.26	31.36	31.68	29.88
13.00	32.86	27.68	33.12	32.08	32.38	31.08	34.7	32.1	32.78	30.72
14.00	34.04	28.24	34.7	33.22	33.54	31.88	36.34	33.34	34.42	31.52
15.00	34.46	29.16	34.86	33.62	34.26	32.52	36.06	33.74	34.7	32.4
16.00	34.06	28.32	34.54	33.66	34.5	32.7	35.46	33.66	35.1	32.48
17.00	34.06	28.12	34.5	33.54	34.5	32.66	35.18	33.46	35.26	32.62
18.00	32.48	27.16	32.8	32.68	33.4	32.24	33.24	32.52	33.7	32.16
19.00	30.04	25.94	30.4	30.64	31.56	30.68	30.6	30.56	31.34	30.56
20.00	28.04	25.1	28.36	28.56	29.84	29.2	28.48	28.6	29.56	29.08
21.00	27.12	24.98	27.42	27.8	29.16	28.48	27.5	27.7	28.92	28.56
22.00	26.42	24.82	26.78	27.14	28.8	28.44	26.74	27.18	28.6	28.48
23.00	26.14	24.74	26.5	26.82	27.98	27.68	26.46	26.74	27.66	27.98
24.00	25.74	24.5	26.02	26.38	27.42	27.28	25.94	26.3	27.04	27.68
1.00	24.82	24.3	24.82	25.3	26.38	27.04	24.82	25.22	25.82	26.74
2.00	24.34	24.1	24.34	24.74	25.82	26.88	24.42	24.74	25.38	26.3
3.00	24.06	24.02	24.06	24.42	25.46	26.46	24.06	24.46	24.94	25.98
4.00	24.22	23.82	24.22	24.42	25.14	25.94	24.26	24.42	24.7	25.66
5.00	23.86	23.98	23.86	24.34	24.94	26.02	23.94	24.3	24.38	25.78
6.00	23.46	23.94	23.46	23.9	24.42	24.74	23.5	23.86	24.02	24.98

การทดลองที่ 2 วิธีที่ 3										
ตัวแปร			ติดฉนวน				ไม่ติดฉนวน			
time	DB	WB	LOW	EIFS	MED	HIGH	LOW	EIFS	MED	HIGH
12.00	32.47	25.63	33.2	30.67	31.4	30.53	34.3	31.13	31.47	30.4
13.00	31.64	25.86	31.78	30.72	31.32	30.6	32.2	30.56	31.44	30.2
14.00	32.32	26.3	32.08	30.96	31.68	30.84	32.4	30.8	31.96	30.56
15.00	32.42	27.04	32.42	31.36	31.98	30.92	32.76	31.28	32.36	31.04
16.00	31.4	26.58	31.1	30.52	31.38	30.36	31.18	30	31.62	30.24
17.00	30.86	26.38	30.36	29.96	30.88	30.08	30.6	29.64	31.24	30
18.00	29.86	25.02	29.84	29.72	31.6	30.52	29.76	29.68	31.8	30.36
19.00	28.04	24.34	28.72	29.72	32.12	31.12	28.16	29.68	32.44	31.48
20.00	27.68	23.94	27.92	29.44	31.6	31.32	27.36	29.44	31.84	31.72
21.00	27.14	23.9	27.54	29.16	31	31.48	26.94	29.04	30.96	31.8
22.00	26.58	23.7	26.94	28.88	30.44	31.56	26.26	28.68	30.2	31.76
23.00	24.74	21.1	25.22	28.72	29.84	31.8	24.66	28.16	28.96	31.6
24.00	23.58	20.2	24.14	28.2	29	31.84	23.42	27.64	27.96	31.6
1.00	22.86	19.76	23.38	27.6	28.02	31.48	22.82	26.9	26.9	31.04
2.00	22.38	19.48	22.78	27.02	27.26	31.24	22.22	26.26	25.9	30.68
3.00	22.7	19.44	22.5	26.5	26.58	31.04	22	25.74	25.18	30.48
4.00	22.24	19.04	22.28	25.98	25.98	30.72	21.6	25.22	24.54	30.08
5.00	21.72	18.88	21.72	25.46	25.34	30.36	20.96	24.66	23.9	29.64
6.00	21.48	18.28	21.46	24.9	24.48	29.7	20.76	24.16	23.14	28.52
7.00	21.48	3.6	21.66	23.08	22.7	26	20.82	22.66	22.02	25
8.00	22.22	11.68	22.76	22.8	22.8	24.14	22.62	22.54	22.76	23.78
9.00	23.94	19.88	24.9	24.1	24.46	25.5	25.52	23.9	23.94	25.02
10.00	27.2	21.48	28.58	26.48	26.64	27.26	29.28	26.38	26.26	26.7
11.00	29.08	21.8	30.8	28.48	28.44	28.28	31.64	28.38	28.28	28
12.00	30.52	22.42	32.38	30.32	30.44	29.84	33.66	30.2	30.36	29.28
13.00	32.2	23.1	33.08	31.44	31.86	31.04	34.26	31.42	31.82	30.32
14.00	31.78	23.66	32.22	31.44	32.18	31.28	32.78	31.58	31.72	30.84
15.00	31.74	24.1	32.4	31.56	32.32	31.44	32.8	31.56	32.18	31.6
16.00	31.7	24.94	32.88	31.92	32.52	31.36	33.06	31.8	32.5	31.56
17.00	31.94	24.94	33.06	31.96	32.96	31.56	33.18	31.96	33.34	31.56
18.00	30.8	23.78	31.46	31.24	32.68	30.96	31.22	31	32.98	31
19.00	28.48	22.44	29.88	31.36	34.02	31.52	28.76	31.04	34.7	31.88
20.00	26.7	22.12	27.88	31	33.34	31.88	26.8	30.48	33.42	32.12
21.00	25.82	21.68	26.66	30.4	32.32	32	25.9	29.76	31.92	32
22.00	24.74	21.04	25.54	29.52	31	31.96	25.1	28.88	30.16	31.6
23.00	24.38	20.56	24.94	28.76	29.88	31.88	24.42	28.16	28.88	31.56
24.00	23.58	20.2	24.14	28.2	29	31.84	23.42	27.64	27.96	31.6
1.00	23.18	19.76	23.38	27.6	28.02	31.48	22.82	26.9	26.9	31.04
2.00	22.94	19.48	22.78	27.02	27.26	31.24	22.22	26.26	25.9	30.68
3.00	22.22	19.44	22.5	26.5	26.58	31.04	22	25.74	25.18	30.48
4.00	21.84	19.04	22.28	25.98	25.98	30.72	21.6	25.22	24.54	30.08
5.00	21.72	18.88	21.72	25.46	25.34	30.36	20.96	24.66	23.9	29.64
6.00	21.18	18.28	21.42	25.02	24.82	29.8	20.72	24.18	23.26	29.12

การทดลองที่ 2 วิธีที่ 4										
ตัวแปร			ติดฉนวน				ไม่ติดฉนวน			
time	DB	WB	LOW	EIFS	MED	HIGH	LOW	EIFS	MED	HIGH
12.00	30.07	23.03	33.77	28.2	29.47	29.07	35.83	28	29.33	28.07
13.00	30.52	23.14	34.58	29.02	30.44	29.2	36.22	28.6	30.76	28.44
14.00	30.72	23.58	34.82	29.7	31.36	29.44	36.3	29.2	31.82	28.76
15.00	31.24	24.14	35.86	30.38	32.26	29.68	36.76	29.92	33.14	29.24
16.00	30.28	24.34	35.62	30.74	32.94	29.76	35.72	30.4	34.1	29.52
17.00	29.72	23.66	34.7	30.98	33.54	30	34.02	30.64	34.78	30
18.00	28.84	22.62	31.8	30.14	32.8	30	31.06	30.02	33.64	30.36
19.00	27	21.88	27.68	27.84	28.82	27.96	27.68	27.84	28.62	28.94
20.00	25.46	21.24	26.02	26.34	27.3	26.7	26.1	26.26	26.96	27.44
21.00	25.42	20.64	25.82	26.14	27.06	26.78	25.86	26.02	26.66	27.32
22.00	24.54	19.6	24.94	25.34	26.22	26.22	24.94	25.1	25.9	26.72
23.00	23.58	19.2	23.94	24.42	25.5	25.98	23.86	24.3	25.18	26.04
24.00	23.1	19.08	23.46	23.78	24.82	25.22	23.5	23.7	24.38	25.44
1.00	22.46	19	22.8	23.1	23.78	24.1	22.84	22.98	23.42	24.38
2.00	21.72	18.64	22.08	22.48	23.3	24.34	22.04	22.36	22.82	23.86
3.00	21.52	18.04	21.8	22.2	22.86	23.9	21.72	22.04	22.42	23.34
4.00	20.88	17.76	21.12	21.68	22.52	24.22	20.96	21.52	21.96	23.5
5.00	20.48	17.28	20.72	21.08	21.6	22.7	20.76	20.92	21.2	22.26
6.00	19.68	16.78	19.92	20.36	21.04	22.26	19.92	20.16	20.52	21.64
7.00	19.16	16.74	19.12	20.12	21.36	24.98	18.76	19.92	20.36	23.88
8.00	19.96	17.9	20.08	20.2	21.32	26.38	19.68	19.92	20.28	25.5
9.00	21.74	19	23.16	20.8	21.8	25.78	23.28	20.48	20.96	24.98
10.00	24.26	19.12	26.44	21.98	23.08	25.7	27.06	21.84	22.42	24.86
11.00	27.02	19.92	29.84	23.1	24.74	26.18	30.74	23	24.38	25.22
12.00	29.52	21.7	32.34	24.82	27.02	26.98	33.54	24.98	27.18	26.1
13.00	30.68	22.82	34.22	26.26	28.52	27.18	36	26.46	29.28	26.22
14.00	30.36	22.9	35.7	27.64	30.08	27.46	37.28	28.1	31.2	26.74
15.00	30.48	23.14	36.22	28.72	31.2	27.68	36.8	29.2	32.68	27.2
16.00	30.12	23.54	35.62	29.6	32.24	28.12	35.64	30	33.86	27.8
17.00	29.4	22.64	33.06	29.8	32.66	28.32	32.54	30.2	33.98	28.28
18.00	27.82	21.96	30.24	29.32	31.96	28.4	29.72	29.56	32.8	28.34
19.00	26.22	21.16	26.88	27.2	28.76	27.08	26.88	27.12	28.44	27.18
20.00	25.06	20.84	25.62	26.02	27.52	26.22	25.58	25.98	27.92	26.58
21.00	24.34	20.56	24.94	25.34	27.22	25.78	24.78	25.18	26.88	26.26
22.00	24.06	20.28	24.46	24.86	26.34	25.66	24.42	24.74	26.02	25.86
23.00	23.62	19.92	23.94	24.38	25.62	25.14	23.94	24.22	25.22	25.38
24.00	23.1	19.64	23.46	23.86	25.02	24.94	23.42	23.74	24.46	24.94
1.00	22.08	19.36	22.54	23.1	24.26	24.58	22.56	22.98	23.46	24.14
2.00	21.44	19.08	21.88	22.3	23.3	24.02	21.84	22.3	22.56	23.54
3.00	20.72	18.84	21.24	21.76	22.9	23.66	21.04	21.8	22.3	23.62
4.00	20.44	18.96	21	21.56	22.52	24.1	20.76	21.44	22.02	23.44
5.00	19.92	18.64	20.28	20.68	21.6	22.5	20.2	20.6	21.08	22.6
6.00	19.2	18.16	19.56	20.08	21.04	22.28	19.44	20.04	20.36	22.28

การทดลองที่ 3 วิธีที่ 1										
ตัวแปร			เหนือ-ใต้				ตะวันออก-ตก			
time	DB	WB	LOW	EIFS	MED	HIGH	LOW	EIFS	MED	HIGH
12.00	36.167	30.87	36.37	35.43	35.37	34.83	38.67	35.8	35.37	34.31
13.00	36.62	30.92	36.94	35.82	36.18	35.14	38.72	36.2	36.1	34.6318
14.00	36.94	31.12	37.28	36.14	36.58	35.66	38.96	36.54	36.66	34.9958
15.00	37.14	31	37.32	36.3	36.7	35.7	39.04	36.88	37.18	35.4326
16.00	36.32	30.56	36.3	35.7	36.34	35.3	38.16	36.6	37.14	35.1778
17.00	34.9	29.36	35.22	34.78	35.3	34.58	36.76	35.56	36.38	34.6318
18.00	32.84	28.44	33.54	33.34	34.06	33.7	34.74	34.34	35.42	33.831
19.00	31.44	27.5	31.78	32.02	32.6	32.68	32.24	33.12	34.3	32.9938
20.00	30.32	27.18	30.52	30.96	31.88	31.96	30.8	32.02	33.02	32.3568
21.00	29.62	27.18	29.76	30.04	30.76	31.24	29.96	31.04	31.76	31.738
22.00	29.22	26.98	29.36	29.52	30.08	30.76	29.44	30.28	30.84	31.2648
23.00	28.78	26.78	28.88	29.04	29.56	30.44	29	29.88	30.08	30.9736
24.00	28.42	26.54	28.52	28.72	29.12	30.12	28.6	29.6	29.56	30.828
1.00	28.2	26.42	28.24	28.28	28.76	29.8	28.28	29.16	28.92	30.3912
2.00	28.1	26.34	28	28.16	28.52	29.48	28.12	28.88	28.52	30.1
3.00	27.84	26.3	27.66	27.84	28.16	29.36	27.84	28.68	28.12	29.9908
4.00	27.56	26.22	27.5	27.62	27.96	29.24	27.56	28.32	27.76	29.6996
5.00	27.3	26.14	27.26	27.56	27.88	29.48	27.42	28.2	27.52	29.7724
6.00	27.32	26.1	27.1	27.5	27.76	29.72	27.3	27.88	27.1	28.4802
7.00	27.78	26.56	27.36	27.58	27.68	29.44	27.48	27.7	26.98	27.9342
8.00	29.28	28.56	29.48	28.72	28.6	29.52	29.6	28.6	28.2	29.0808
9.00	31.7	29.16	31.88	30.52	30.56	30.76	33.18	30.8	30.36	31.0828
10.00	33.5	29.32	33.74	32.3	32.54	32.16	35.86	32.62	32.12	32.0838
11.00	34.46	29.72	35.06	33.78	34.18	33.38	37.48	33.9	33.78	32.9574
12.00	35.44	30.16	36.34	35.14	35.34	34.34	38.52	34.86	35.14	33.7582
13.00	35.96	30.28	36.74	35.74	35.94	34.7	38.56	35.66	35.86	34.1586
14.00	36.56	30.8	37.22	36.18	36.58	35.42	39.28	36.1	36.78	34.8866
15.00	36.8	31.12	37.32	36.3	36.66	35.62	39.28	36.48	37.48	35.287
16.00	35.88	30.64	36.38	35.86	36.42	35.58	38.08	36.2	37.28	35.0322
17.00	34.8	29.28	35.18	34.9	35.38	34.7	36.8	35.36	36.66	34.5954
18.00	33.4	27.94	33.4	33.34	33.9	33.5	34.18	33.96	35.18	33.5398
19.00	31.44	27.02	31.56	31.74	32.4	32.36	31.86	32.32	33.28	32.4114
20.00	30.14	26.54	30.24	30.48	31.12	31.36	30.4	31.04	31.76	31.556
21.00	29.36	26.58	29.52	29.72	30.44	30.8	29.72	30.2	30.8	31.1556
22.00	28.78	26.5	28.88	29.16	29.64	30.36	29.08	29.72	30.24	31.01
23.00	28.26	26.5	28.4	28.68	29.04	29.96	28.6	29.4	29.56	30.8644
24.00	28.04	26.5	28.2	28.4	28.76	29.88	28.36	29.16	29.08	30.8644
1.00	27.88	26.46	27.86	28.12	28.64	30.24	28.04	28.96	28.8	31.1556
2.00	27.48	26.34	27.5	27.8	28.36	30.36	27.62	28.6	28.18	29.9908
3.00	27.2	26.26	27.26	27.56	28.04	30.08	27.4	28.24	27.74	29.6632
4.00	27.06	26.1	27.26	27.5	27.76	29.56	27.3	28.08	27.66	30.0272
5.00	27	25.9	27.02	27.34	27.62	29.52	27.14	28	27.46	29.5176
6.00	26.8	26.02	26.9	27.38	27.56	29.96	27.1	27.8	27.14	28.7044

การทดลองที่ 3 วิธีที่ 2										
ตัวแปร			เหนือ-ใต้				ตะวันออก-ตก			
time	DB	WB	LOW	EIFS	MED	HIGH	LOW	EIFS	MED	HIGH
12.00	34.77	29.87	37.7	35.63	35.83	33.97	37.8	34.97	34.3	33.3
13.00	35.82	30.28	38.84	36.54	36.98	34.74	37.84	36.06	35.54	34.26
14.00	36.26	30.4	39.28	36.98	37.5	35.18	37.96	36.54	35.94	34.62
15.00	35.42	30.16	38.16	36.06	37.32	34.74	37	35.62	35.14	34
16.00	31.98	28.68	33.26	32.66	34.08	32.54	33.7	33.7	34.02	32.64
17.00	30.32	27.58	31.08	30.96	32.32	31.6	32.32	32.6	33.34	31.88
18.00	30.96	27.84	31.96	31.56	33.54	32.62	32.64	32.52	33.6	32.4
19.00	30.68	27.84	31.68	31.96	34.78	33.86	32.08	32.94	34.98	33.9
20.00	29.96	27.24	30.6	31.6	33.94	33.74	30.76	32.62	33.94	33.9
21.00	29	26.86	29.6	31.2	32.98	33.74	29.76	32.22	32.76	33.74
22.00	28.4	26.58	28.92	30.8	32.1	33.66	29.04	31.84	31.96	33.7
23.00	28	26.42	28.48	30.36	31.2	33.54	28.52	31.44	31.16	33.58
24.00	27.96	26.3	28.28	29.92	30.44	33.02	28.24	31.08	30.2	33.22
1.00	27.58	26.14	27.92	29.68	29.88	33.02	27.96	30.76	29.68	33.06
2.00	27.14	25.9	27.42	29.48	29.44	32.94	27.54	30.4	29.08	32.74
3.00	26.5	25.7	26.78	29.32	28.96	32.98	26.82	30.04	28.64	32.66
4.00	26.18	25.62	26.26	29	28.56	32.82	26.34	29.72	28.16	32.4
5.00	25.98	25.58	25.86	28.72	28.12	32.58	26.26	29.4	27.72	32.04
6.00	25.74	25.38	25.62	28.4	27.84	32.26	25.98	29.08	27.44	31.8
7.00	25.9	25.74	26.38	27.36	27.28	29.56	26.62	27.94	26.5	28.58
8.00	27.38	27.38	28.2	27.88	27.88	28.72	28.4	28.52	27.24	28.2
9.00	30.28	28.8	30.76	29.76	29.64	30.12	31.22	30.2	29.08	29.84
10.00	32.68	29.68	32.6	31.58	31.74	31.54	34.22	31.4	31.2	31.52
11.00	34.72	30.08	35.02	33.46	33.86	33.06	36.98	33.1	33.16	32.84
12.00	35.76	30.64	36.42	34.94	35.22	33.78	38.1	35.1	34.5	33.74
13.00	36.8	30.84	37.58	36.06	36.58	34.94	38.56	36.16	35.78	34.38
14.00	37.58	31	38.64	36.78	37.68	35.34	39.96	37	37.02	35.1
15.00	38.24	31.24	39.26	37.2	38.26	36.06	40.08	37.34	37.58	35.5
16.00	37.58	31.28	38.4	37.1	38.18	36.1	39.28	37.52	37.98	35.9
17.00	34.78	30.68	36.14	35.58	36.8	35.3	37.64	37.12	37.54	35.38
18.00	33.12	29.32	34.02	34.1	35.66	34.7	35.22	35.66	36.68	34.7
19.00	31.64	28	32.48	33.7	36.78	35.22	33.2	35.86	37.86	35.5
20.00	30.32	27.36	30.96	32.98	35.62	35.3	31.4	35.18	36.7	35.46
21.00	29.28	26.94	29.88	32.4	34.58	35.34	30.2	34.46	35.34	35.46
22.00	28.4	26.74	29.04	31.96	33.66	35.54	29.16	33.86	34.22	35.54
23.00	28.08	26.54	28.52	31.36	32.6	35.3	28.6	33.18	33.06	35.26
24.00	27.88	26.46	28.16	30.84	31.72	34.98	28.28	32.64	31.98	34.94
1.00	27.58	26.14	27.84	30.48	31	34.78	27.92	32.2	31.24	34.62
2.00	27.14	25.9	27.64	29.96	30.2	34.26	27.72	31.68	30.44	34.26
3.00	26.5	25.7	27.46	29.84	29.72	34.18	27.44	31.28	29.84	34.02
4.00	26.18	25.62	26.58	29.8	29.44	34.26	26.9	30.92	29.28	33.78
5.00	25.98	25.58	26.34	29.4	28.96	33.9	26.82	30.52	28.64	33.1
6.00	25.74	25.38	26.5	29.08	28.52	33.46	26.9	30.16	28	32.5

การทดลองที่ 3 วิธีที่ 3										
ตัวแปร			เหนือ-ใต้				ตะวันออก-ตก			
time	DB	WB	LOW	EIFS	MED	HIGH	LOW	EIFS	MED	HIGH
12.00	38.6	29.87	42.03	35.9	37.17	33.17	42.47	35.37	34.7	32.8
13.00	39.28	30.64	43.08	36.66	38.18	33.62	43.16	36.46	36.06	33.42
14.00	39.72	31.32	44.22	37.14	39.16	34.02	43.26	37.28	37.04	34.06
15.00	39.4	31.28	43.3	37.66	40.12	34.82	43.56	37.96	38.36	34.54
16.00	36.64	30.88	40.28	37.24	40.08	35.1	41.88	38.04	39.48	34.98
17.00	33.9	30.36	37.92	36.46	39.24	35.1	40.72	37.72	40.04	35.34
18.00	32.62	28.64	34.76	34.94	37.38	34.74	36.78	36.86	39.18	35.1
19.00	31.12	27.16	31.6	31.86	33.28	32.62	32.02	33.4	34.78	32.84
20.00	29.84	26.1	30.28	30.56	31.64	31.52	30.48	31.56	32.88	31.96
21.00	28.96	26.26	29.44	29.72	30.48	30.92	29.64	30.56	31.8	31.52
22.00	28.28	26.26	28.76	28.96	29.76	30.48	28.96	29.84	30.76	31.16
23.00	28.12	26.42	28.56	28.76	29.4	30.04	28.8	29.48	29.96	30.8
24.00	28.08	26.5	28.44	28.64	29.08	29.92	28.6	29.28	29.44	30.6
1.00	27.58	26.42	27.96	28.16	28.72	29.84	28.12	29	28.92	30.6
2.00	27.22	26.26	27.56	27.76	28.28	29.6	27.72	28.76	28.48	30.52
3.00	27.14	26.18	27.54	27.72	28.04	29.4	27.72	28.44	28.04	29.96
4.00	26.78	25.98	27.22	27.56	27.96	29.84	27.44	28.28	27.84	30.44
5.00	26.7	25.94	27.18	27.38	27.68	29.08	27.38	28	27.52	29.48
6.00	26.58	25.9	26.98	27.3	27.52	29.12	27.22	27.92	27.34	29.44
7.00	26.82	26.76	27.08	27.54	27.74	31.04	27.4	28.2	27.48	30.92
8.00	28.7	28.76	30.14	28.36	28.2	31.24	31.02	28.72	28.04	31.4
9.00	30.72	28.48	34.54	29.68	29.56	31.28	34.38	29.8	29.12	31.28
10.00	32.88	28.52	38.34	30.96	31.3	31.2	36.98	31.28	30.88	31.24
11.00	35.7	29.28	41.16	32.6	33.62	31.4	40.48	32.5	32.82	31.52
12.00	37.5	29.64	43.08	33.98	35.74	31.88	42.86	33.82	34.98	31.96
13.00	39	30.12	43.86	35.5	37.66	32.4	44.46	35.34	36.8	32.46
14.00	40.1	31.12	45.34	36.74	39.32	33.1	45.82	36.66	38.44	33.18
15.00	40.4	31.28	44.62	37.62	40.36	34.06	45.5	37.54	39.96	34.1
16.00	39.54	30.52	43.7	37.8	41.04	34.94	45.06	38.02	41.4	34.94
17.00	38.02	29.96	42.78	37.84	41.6	35.58	43.5	38.58	42.34	35.7
18.00	35.56	29.76	38.98	37.1	40.5	35.74	40.16	38.22	41.54	35.98
19.00	33.06	28.88	33.82	33.94	35.34	34.38	34.34	35.74	37.1	34.58
20.00	31.24	28.28	31.86	32.16	33.2	32.82	32.2	33.28	34.82	33.12
21.00	29.96	27.8	30.52	30.76	31.64	31.76	30.8	31.68	32.76	32.12
22.00	29.36	27.72	29.92	30.16	31	31.24	30.16	30.8	31.68	31.64
23.00	28.88	27.54	29.48	29.8	30.44	31.04	29.68	30.2	30.72	31.44
24.00	28.44	27.42	28.96	29.24	29.76	30.52	29.24	29.8	30.08	31.12
1.00	28.04	27.26	28.52	28.64	29.32	30.28	28.76	29.56	29.64	30.96
2.00	27.76	27.14	28.12	28.28	28.8	30.04	28.32	29.16	28.96	30.64
3.00	27.54	26.94	27.92	28.08	28.56	29.84	28.04	28.96	28.64	30.56
4.00	27.46	26.82	27.88	28	28.48	29.76	28	28.88	28.36	30.2
5.00	27.3	26.66	27.62	27.88	28.2	29.56	27.8	28.6	28	30.04
6.00	27.18	26.58	27.56	27.8	28	29.4	27.68	28.32	27.72	29.48

การทดลองที่ 4 วิธีที่ 1										
ตัวแปร			ไม่มีมวลสาร				มีมวลสาร			
time	DB	WB	LOW	EIFS	MED	HIGH	LOW	EIFS	MED	HIGH
12.00	38.27	29.87		35.43		33.57		33.97		
13.00	38.84	30.64		35.98		33.94		34.58		
14.00	39.42	31.32		36.58		34.3		34.94		
15.00	39.22	31.28		36.86		34.78		35.22		
16.00	38.28	30.88		37.02		35.42		35.78		
17.00	37.44	30.36		37.02		35.74		35.9		
18.00	36.06	28.64		36.02		35.58		34.78		
19.00	32.1	27.16		33.16		33.7		33		
20.00	30.6	26.1		31.6		32.46		31.52		
21.00	29.82	26.26		30.68		31.8		30.72		
22.00	29.38	26.26		29.96		31.32		30		
23.00	28.78	26.42		29.56		31.12		29.68		
24.00	28.5	26.5		29.6		30.8		29.8		
1.00	28.38	26.42		29.04		30.48		29.16		
2.00	28.18	26.26		28.64		30.24		28.76		
3.00	27.8	26.18		28.32		30.4		28.52		
4.00	27.38	25.98		28.4		30.16		28.52		
5.00	27.3	25.94		28.4		29.92		28.56		
6.00	27.12	25.9		27.98		29.76		28.28		
7.00	27.46	26.76		28.02		31.64		28.36		
8.00	30	28.76		28.84		32		28.76		
9.00	32.8	28.48		29.76		32		29.48		
10.00	33.88	28.52		31.08		32.04		30.52		
11.00	35.26	29.28		32.54		32.36		31.64		
12.00	37.16	29.64		34.14		32.9		32.8		
13.00	39	30.12		35.14		33.34		33.5		
14.00	39.4	31.12		36.3		33.98		34.42		
15.00	40.32	31.28		36.66		34.38		34.78		
16.00	39.24	30.52		37.26		34.98		35.34		
17.00	37.98	29.96		37.26		35.54		35.58		
18.00	36.02	29.76		36.58		35.7		35.14		
19.00	33.46	28.88		34.42		35.02		33.86		
20.00	32.12	28.28		32.5		33.5		32.38		
21.00	30.84	27.8		31.24		32.32		31.24		
22.00	30	27.72		30.28		31.6		30.36		
23.00	29.16	27.54		29.56		30.96		29.64		
24.00	28.8	27.42		29.16		30.56		29.28		
1.00	28.44	27.26		28.84		30.32		28.84		
2.00	28.12	27.14		28.52		30.16		28.64		
3.00	27.74	26.94		28.16		30.4		28.4		
4.00	27.34	26.82		27.84		30.64		28.08		
5.00	27.14	26.66		27.66		30.04		27.88		
6.00	26.82	26.58		27.46		29.8		27.64		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้วิจัย

นายจตุวัฒน์ วโรดมพันธ์ เกิดวันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ. 2519 ณ.อ.เมือง จังหวัด เชียงราย สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2 ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 และได้เข้ารับการศึกษาต่อ ในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย