

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบแผงบังแดดให้ผนังอาคารสูงไม่เกิน 8 ชั้น

A STUDY OF SHADING DEVICE DESIGN FOR 8-STORY BUILDING



พิสันต์ ไตรติลานันท์
PISAN TRITILANUN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2549

ISBN 974-15-2678-4

A STUDY OF SHADING DEVICE DESIGN FOR 8-STORY BUILDING

PISAN TRITILANUN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

ISBN 974-15-2678-4

COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบแผงบังแดดให้ผนังอาคารสูงไม่เกิน 8 ชั้น
นักศึกษา	นายพิสันต์ ไตรติลานันท์
รหัสประจำตัว	44063119
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษารูปแบบแผงบังแดดเพื่อติดตั้งกับผนังก่ออิฐฉาบปูนสำหรับภายนอกอาคารปรับอากาศ ที่มีความสูงไม่เกิน 8 ชั้น โดยใช้วัสดุไม้เทียมซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างเลียนแบบไม้ที่มีราคาไม่แพง และมีความทนทานกว่าไม้จริง เนื่องจากมีส่วนผสมของซีเมนต์ มาเป็นส่วนประกอบ เพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารที่ส่งผลมาจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และผลกระทบจากการแผ่รังสีของแผงบังแดดเมื่อรับความร้อนเอง นำไปสู่การติดตั้งที่มีรูปแบบในระยะที่เหมาะสม ตลอดจนสามารถก่อสร้างได้ง่ายในราคาประหยัดที่สุด

สำหรับการศึกษา ทำการทดลองด้วยหุ่นจำลองขนาด 0.9X1.0X0.9 เมตร หันหน้าผนังที่ใช้ทำการทดลองทางทิศตะวันตก ซึ่งอยู่ในพื้นที่และสภาพแวดล้อมเดียวกัน สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

การติดตั้งแผงบังแดดโดยใช้ไม้เทียมตีทึบ ควรมีระยะความห่างจากผนังน้อยสุด 0.30 ม. เพื่อป้องกันการแผ่รังสีความร้อนจากวัสดุของแผงบังแดด และปัจจัยที่ส่งผลด้านปริมาณความร้อนที่เกิดจากการติดตั้งที่ใกล้ผนังอาคารเกินไปจนถึงระยะห่างจากผนัง 0.50 ม. ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถระบายอากาศระหว่างแผงบังแดดกับผนังได้ดีที่สุดเท่าที่จำเป็น โดยเฉลี่ยมีผลต่างอุณหภูมิที่พื้นผิวภายในกับอุณหภูมิอากาศเทียบกับผนังเปล่า ประมาณ 4.16 °C ถึง 5.06 °C ในกรณีได้รับการปรับปรุงแผงบังแดดโดยใช้รูปแบบเกล็ดพบว่าการลดปริมาตรของเกล็ดโดยใช้ขนาดไม้เทียมที่มีความกว้าง 2" มีผลกระทบด้านปริมาณความร้อนสู่ผนังที่ลดลง เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนของวัสดุและการระบายอากาศของแผงบังแดดสามารถทำได้ดีขึ้นโดยเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวภายในกับอุณหภูมิอากาศเทียบกับผนังเปล่าเฉลี่ยที่ลดลงประมาณ 5.81 °C จากการศึกษาพบว่าเกล็ดที่มีองศาทำมุมในแนวตั้งรูปตัว L สามารถลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังลงได้อีกเล็กน้อย โดยมีผลต่างเทียบกับแผงบังแดดเกล็ดรูปแบบอื่นที่อุณหภูมิพื้นผิวภายในไม่เกินประมาณ 0.3 ถึง 0.5 °C ซึ่งมีปริมาณความร้อนน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบทั้งหมดจึงเป็นการติดตั้งแผงบังแดดโดยใช้ไม้เทียมที่ได้ผลดีที่สุด รวมถึงการประหยัดในการติดตั้งมีความเหมาะสมที่สุด

ในกรณีที่การติดตั้งแผงบังแดดที่บไม่มีการระบายอากาศระหว่างผนังได้ ในช่วงระยะห่างที่ 30 ถึง 35 ม. เป็นช่วงที่มีผลกระทบจากปริมาณความร้อนน้อยที่สุดโดยเฉลี่ยมีผลต่างอุณหภูมิที่พื้นผิวภายในกับอุณหภูมิอากาศเทียบกับผนังเปล่า ประมาณ 3.16°C ถึง 4.67°C จากการเปรียบเทียบในช่วงระยะที่ศึกษา ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.60 ม. เนื่องจากมีระยะที่ได้รับปริมาณการแผ่รังสีความร้อนจากแผงบังแดดมีช่วงเวลาที่เหมาะสมกับช่วงเวลาที่เริ่มจนถึงหมดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน และในขณะเดียวกัน ปริมาณความร้อนที่สะสมระหว่างแผงบังแดดกับผนัง ไม่มากเกินไปทำให้ในช่วงเวลากลางคืนความร้อนสามารถถ่ายเทกลับสู่ภายนอกกล่องได้หมดก่อนถึงช่วงเช้าของอีกวัน จึงไม่มีปริมาณความร้อนสะสมข้ามวันที่ทำให้อุณหภูมิภายในกล่องทดลองเพิ่มขึ้น

Thesis Title	A Study of Shading Device Design for 8-Story Building
Student	Mr.Pisan Tritilanun
Student ID.	44063119
Degree	Master of Architecture
Programme	Tropical Architecture
Year	2006
Thesis Advisor	Assoc. Prof.Teeramon Wairojanakij

ABSTRACT

This thesis is about shading device installed to the outdoor cement-masonry wall in the air-conditioned building not higher than 8 stories. Installation using Artificial wood – wood-like construction material which is cheaper than real wood and more sustainable because of the cement mixture – as a component of the shading device to reduce the heat gain from direct sun light and the radiation heat from shading device itself. This thesis guides to appropriate pattern and gap space of the shading device which is also low-cost and easy to construct.

The experiment uses a 90x100x90 cm model facing the wall on west side. Other environments and factors are controlled. The results are as followed :

Shading device of stifling artificial wood should have at least 30centimeters of gap space from the wall to prevent radiation heat from the material. The most appropriate gap space is 50 centimeters. At this range the air will flow well in the gap between the wall and the shading device. Averagely, the thermal difference between bare wall and the wall with shading device (ΔT) can be varied from 4.16 °C to 5.06 °C. For the improved shading device, by designing the shading device in 2 inches grilled artificial wood can reduce the heat gain on the wall and allow better air flow in the gap space. With this result, the indoor temperature can be reduce by 5.81 °C approximately compare to bare wall's indoor temperature. From the study, the vertical L-shaped shading device grills can slightly reduce the heat gain of the wall less than 0.3°C to 0.5°C approximately and can be a conclusion of the best and the most effective shading device.

If the air flow are not allowed between the stifling shading device, 30-35 centimeters is the range that will be effected by heat the least. Averagely, the ΔT is 3.16 °C to 4.67 °C according to the range study of 20 centimeters to 60 centimeters gap space. This is because of the correlation between radiation heat level and daylight time. The accumulated temperature in the shading device will reduce to zero before dawn by low-temperature of the nighttime. Therefore, there is no over day accumulated thermal in the study model.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ได้ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน โดยได้รับความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำจากท่านอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ร.ศ. ธีรมน ไวโรจนกิจ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สมชาย ศรีสมพงศ์ และ รศ.สุภาวดี รัตนมาศ กรรมการควบคุมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลา และให้ความกรุณาช่วยเหลือในการตรวจทาน ให้คำแนะนำต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อการวิจัยนี้อย่างยิ่ง

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือต่างๆ มากมายรวมถึงที่ขาดไม่ได้คือการดูแลอย่างดีจากครอบครัว และเพื่อนๆ ที่ช่วยเหลือในด้านอื่นๆ รวมถึงการให้กำลังใจ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ จึงขอขอบคุณอีกครั้ง ณ โอกาสนี้

พิสันต์ ไตรติลานันท์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง	IX
สารบัญภาพ.....	X
รายการสัญลักษณ์.....	XVIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญของการทำวิจัย.....	1
1.2 สมมติฐานการวิจัย.....	4
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ.....	9
2.1.1 การนำความร้อน (Thermal Conduction)	9
2.1.2 การพาความร้อน (Thermal Convection)	10
2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน(Thermal Radiation)	12
2.2 คุณสมบัติของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแผ่รังสีความร้อน	19
2.2.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติพื้นผิววัสดุ.....	20
2.2.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติเนื้อวัสดุ	25
2.3 รูปแบบของแผงบังแดดภายนอกอาคารที่สัมพันธ์กับทิศทางของอาคาร.....	27
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.....	34
3.1 ศึกษาตัวแปร และอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการออกแบบแบบผังบังแดด เพื่อติดตั้ง ภายนอกอาคาร.....	34
3.1.1 ขั้นตอนเตรียมการวิจัย.....	34
3.1.2 การเตรียมชุดการทดลอง.....	35
3.2 ขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูล.....	40
3.2.1 การทดลองที่ 1.....	40
3.2.2 การทดลองที่ 2.....	42
3.2.3 การทดลองที่ 3.....	44
3.2.4 การทดลอง ที่ 4.....	45
3.2.5 การทดลอง ที่ 5.....	47
3.2.6 การทดลองที่ 6	48
3.2.7 การทดลองที่ 7.....	50
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง	51
4.1 วัตถุประสงค์วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	51
4.2 ผลการทดลอง.....	51
4.2.1 ผลทดลองที่ 1.....	51
4.2.2 การทดลองที่ 2.....	61
4.2.3 การทดลองที่ 3.....	87
4.2.4 การทดลอง ที่ 4.....	94
4.2.5 การทดลอง ที่ 5.....	110
4.2.6 การทดลองที่ 6	119
4.3 สรุปผลการทดลอง.....	130
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	134
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	134
5.2 ปัญหาที่พบในการวิจัย.....	136
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	137

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	138
ภาคผนวก.....	139
ประวัติผู้เขียน	147

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในอาคารธุรกิจประเภทสำนักงาน.....	2
2.1 แสดงปริมาณพลังงานต่างๆจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามายังผิวโลก.....	14
2.2 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติพื้นผิววัสดุบางชนิด.....	22
4.1 แสดงความสัมพันธ์ด้านปริมาณความร้อนผลต่างอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง กับอุณหภูมิอากาศเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลา เมื่อติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมโดยมีการ ระบายอากาศ ที่ระยะ 0.5 เมตร.....	110

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงการพาความร้อนจากจุด A ไปยังจุด B.....	11
2.2 Radiant energy transfer between two surface molecules.....	12
2.3 Solar radiation on earth.....	13
2.4 Solar spectrum in space and on earth's surface.....	14
2.5 แสดงการเปรียบเทียบช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกันระหว่างรังสีคลื่นสั้น และรังสีคลื่นยาว.....	15
2.6 การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์สู่พื้นผิวในลักษณะต่างๆ.....	16
2.7 การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์สู่พื้นผิวในเวลากลางวัน และ กลางคืน.....	17
2.8 Solar radiation on a surface.....	18
2.9 แสดงการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับวัสดุเมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์.....	19
2.11 แสดงการคำนวณ Mean Radiant Temperature (MRT).....	23
2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการนำความร้อนของวัสดุและความหนาแน่นของวัสดุ.....	26
2.13 แสดงตัวอย่างแผงบังแดด.....	28
2.14 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์บังแดด (Fixed Shading Devices).....	33
3.1 แสดงกล่องทดลอง.....	36
3.2 แสดงการปิดรอยต่อของกล่องทดลอง.....	36
3.3 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิใช้เครื่อง Opus รุ่น 200.....	37
3.4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิความชื้นสภาพอากาศ ใช้เครื่อง Universal use.....	37
3.5 เครื่องมือวัดการแผ่รังสี ใช้เครื่อง Pyranometer.....	37
3.6 แสดงสาย Thermocouple.....	38
3.7 แสดงการติดตั้งสาย Thermocouple ที่พื้นผิวภายนอกกล่องทดลอง.....	39
3.8 แสดงการติดตั้งสาย Thermocouple ภายในกล่องทดลอง.....	39
3.9 แสดงการติดตั้งสาย Thermocouple กลางกล่องทดลอง.....	40
3.10 แสดงการเตรียมการทดลอง 3.2.1.1.....	42
3.11 แสดงการปิดรอยต่อระหว่างแผงวัสดุผนังเบากับกล่องการทดลอง เพื่อควบคุมการระบายอากาศ.....	43
3.12 แสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมเพื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบการระบายอากาศ.....	45

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.13 แสดงการระบายอากาศระหว่างแผงวัสดุผนังเบา กับกล่องการทดลองในการทดลองระบบเปิด.....	46
3.14 แสดงตัวอย่างการคำนวณหาองศาแผงบังแดดจาก Program suntool	49
4.1 แสดงการเตรียมการทดลอง 4.2.1.....	52
4.2 กราฟแสดงสภาพภูมิอากาศโดยรวมของวันที่ 7 เมษายน 2549.....	52
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์เปรียบเทียบอุณหภูมิทุกตำแหน่งของกล่องทดลองผนังเปล่า วันที่ 7 เมษายน 2549.....	53
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์เปรียบเทียบอุณหภูมิทุกตำแหน่งของกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 7 เมษายน 2549.....	54
4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลอง ของผนังเปล่า กับ ผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 7 เมษายน 2549.....	55
4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกเทียบกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองผนังเปล่า กับผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 7 เมษายน 2549...	56
4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองผนังเปล่า กับผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 7 เมษายน 2549.....	57
4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวภายในเทียบกับอุณหภูมิอากาศ.....	58
4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองของผนังเปล่า กับผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 7 เมษายน 2549.....	59
4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศกล่องทดลองผนังเปล่า กับ ผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 7 เมษายน 2549.....	60
4.11 แสดงสภาพภูมิอากาศโดยรวมของวันที่ 12 เมษายน 2549.....	62
4.12 ตารางเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 12 เมษายน 2549.....	63
4.13 ตารางเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 12 เมษายน 2549.....	63
4.14 ตารางเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 12 เมษายน 2549.....	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวผิวน้ำภายนอกกล่องทดลองเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ.....	67
4.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศพื้นผิวผิวน้ำภายในกล่องทดลองเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ.....	67
4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองเทียบกับอุณหภูมิอากาศ.....	68
4.18 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยกับอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน วันที่ 12 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 31.12 °C).....	69
4.19 แผนภูมิเปรียบเทียบรวมผลต่างของอุณหภูมิช่วงเวลาใช้งาน 7.00 น. - 21.00 น. วันที่ 12 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 33 °C).....	70
4.20 กราฟแสดงสภาพภูมิอากาศโดยรวมของวันที่ 14 มีนาคม 2549.....	71
4.21 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 14 เมษายน 2549.....	72
4.22 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 14 เมษายน 2549.....	73
4.23 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะต่างๆ กันวันที่ 14 เมษายน 2549.....	73
4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวผิวน้ำภายนอกกล่องทดลองเทียบกับอุณหภูมิอากาศ.....	75
4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวผิวน้ำภายในกล่องทดลองเทียบกับอุณหภูมิอากาศ.....	75
4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองเทียบกับอุณหภูมิอากาศ.....	76
4.27 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยกับอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน วันที่ 14 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 30.5 °C).....	77
4.28 แผนภูมิเปรียบเทียบรวมผลต่างของอุณหภูมิช่วงเวลาใช้งาน 7.00 น. - 21.00 น. วันที่ 14 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 31.12 °C).....	77

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.29 กราฟสภาพอากาศโดยรวม วันที่ 18 มีนาคม 2549.....	79
4.30 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้ง แผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 18 เมษายน 2549.....	80
4.31 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้ง แผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 18 เมษายน 2549.....	80
4.32 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้ง แผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 18 เมษายน 2549.....	81
4.33 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างกันวันที่ 18 เมษายน 2549.....	82
4.34 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 18 เมษายน 2549.....	83
4.35 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศภายในกึ่งกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิ อากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 18 เมษายน 2549.....	83
4.36 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยกับอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน วันที่ 18 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 29.78 °C).....	84
4.37 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิช่วงเวลาใช้งาน 7.00 น. - 21.00 น. วันที่ 18 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 31.8 °C).....	85
4.38 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิกำลังทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียม ที่ระยะห่าง 0.30 ม. จาก วันที่ 12 เมษายน 2549	86
4.39 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลอง ที่ระยะห่าง 0.30 ม.วันที่ 18 เมษายน 2549.....	86
4.40 แสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมเพื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบการระบายอากาศ.....	88
4.41 กราฟแสดงสภาพอากาศ วันที่ 19 เมษายน 2549.....	88
4.42 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้ง แผงกันแดดไม้เทียมวันที่ 19 เมษายน 2549.....	89
4.43 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของ กล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 19 เมษายน 2549.....	89

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.44 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมวันที่ 19 เมษายน 2549.....	90
4.45 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 19 เมษายน 2549.....	90
4.46 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมวันที่ 19 เมษายน 2549.....	91
4.47 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 19 เมษายน 2549.....	91
4.48 แสดงการติดตั้งบังแดดกับกล่องการทดลองในการทดลองที่ 4.....	94
4.49 สภาพอากาศโดยรวม วันที่ 25 เมษายน 2549.....	95
4.50 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 25 เมษายน 2549.....	96
4.51 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 25 เมษายน 2549.....	96
4.52 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกึ่งกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กัน วันที่ 25 เมษายน 2549.....	97
4.53 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 25 เมษายน 2549	98
4.54 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กัน วันที่ 25 เมษายน 2549.....	99
4.55 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กัน วันที่ 25 เมษายน 2549.....	99
4.56 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกำลังทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งวัน วันที่ 25 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 30.29 °C).....	101
4.57 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกำลังทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงเวลาทำงาน 7.00 น. - 21.00 น. วันที่ 25 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 32.36 °C).....	101

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.58 กราฟสภาพอากาศโดยรวม วันที่ 26 เมษายน 2549.....	102
4.59 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผง กันแดดไม้เทียมระบายอากาศที่ระยะห่างต่างๆ กัน วันที่ 26 เมษายน 2549.....	103
4.60 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผง กันแดดไม้เทียมระบายอากาศที่ระยะห่างต่างๆ กัน วันที่ 26 เมษายน 2549.....	104
4.61 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกึ่งกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้ง แผงกันแดดไม้เทียมระบายอากาศที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 26 เมษายน 2549.....	104
4.62 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 26 เมษายน 2549.....	106
4.63 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 26 เมษายน 2549.....	106
4.64 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ของกล่อง ทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 26 เมษายน 2549.....	107
4.65 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่อวัน วันที่ 26 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 29.88 °C).....	108
4.66 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงเวลา ใช้งาน 7.00 น. - 21.00 น. วันที่ 26 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 31.73 °C).....	109
4.67 ภาพรูปตัดแสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมในรูปแบบเกล็ดที่ขนาด 6"และ 2".....	111
4.68 ภาพแสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมในรูปแบบเกล็ดที่ขนาด 6"และ 2".....	111
4.69 กราฟสภาพอากาศโดยรวม วันที่ 29 เมษายน 2549.....	112
4.70 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผง บังแดดไม้เทียม วันที่ 29 เมษายน 2549.....	113
4.71 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดด ไม้เทียม วันที่ 29 เมษายน 2549.....	113
4.72 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผง บังแดดไม้เทียม วันที่ 29 เมษายน 2549.....	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.73 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กัน วันที่ 29 เมษายน 2549.....	114
4.74 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 29 เมษายน 2549.....	115
4.75 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 29 เมษายน 2549.....	115
4.76 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งวัน (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 30.34 °C).....	117
4.77 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงเวลาใช้งาน 7.00 น. ถึง 21.00 น. (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 32.25 °C).....	118
4.78 แสดงการคำนวณหาองศาแฉงบังแดดจาก Program suntool ของวันที่ 22 มิถุนายน....	120
4.79 แสดงการคำนวณหาองศาแฉงบังแดดจาก Program suntool ของวันที่ 22 ธันวาคม....	120
4.80 แบบแปลนแสดงการติดตั้งแฉงบังแดดไม้เทียมเปรียบเทียบในรูปแบบของศาเกล็ดที่ขนาด 2”.....	121
4.81 แสดงการติดตั้งแฉงบังแดดไม้เทียมเปรียบเทียบในรูปแบบของศาเกล็ดแนวตั้งแบบที่ 1 ที่ขนาด 2”.....	122
4.82 แสดงการติดตั้งแฉงบังแดดไม้เทียมเปรียบเทียบในรูปแบบของศาเกล็ดแนวตั้งแบบที่ 2 ที่ขนาด 2”.....	122
4.83 กราฟสภาพอากาศโดยรวม วันที่ 5 พฤษภาคม 2549.....	123
4.84 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแฉงบังแดดไม้เทียม วันที่ 5 พฤษภาคม 2549.....	124
4.85 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแฉงบังแดดไม้เทียม วันที่ 5 พฤษภาคม 2549.....	124
4.86 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแฉงบังแดดไม้เทียม วันที่ 5 พฤษภาคม 2549.....	125
4.87 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 5 พฤษภาคม 2549.....	126

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.88 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 5 พฤษภาคม 2549.....	127
4.89 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 5 พฤษภาคม 2549.....	127
4.90 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกำลังทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งวัน (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 30.58 °C)	128
4.91 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกำลังทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงเวลาใช้งานเวลา 7.00 – 21.00 น. (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 32.50 °C).....	129
5.1 แบบแปลนแสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมเปรียบเทียบในองศาเกล็ดแนวตั้งรูปตัว L ที่ขนาด 2".....	135
5.2 ตัวอย่างแสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมเปรียบเทียบในองศาเกล็ดแนวตั้งรูปตัว L ที่ขนาด 2".....	136

รายการสัญลักษณ์

A	พื้นที่ของหลังคารับรังสีอาทิตย์, m^2
C_d	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของช่องเปิด
C_g	ความร้อนจำเพาะของแผ่นยิบซัมบอร์ด, $J/kg.K$
C_{p_i}	สัมประสิทธิ์ความดันที่ตำแหน่งทางเข้าช่องเปิด
C_m	ความร้อนจำเพาะของแผ่นกระเบื้องซีแพค โมนีเย, $J/kg.K$
C_{p_o}	สัมประสิทธิ์ความดันที่ตำแหน่งทางออกช่องเปิด
C_p	ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของอากาศ, $J/kg.K$
d_g	ความหนาของแผ่นยิบซัมบอร์ด, m
d_m	ความหนาของแผ่นกระเบื้องซีแพค โมนีเย, m
D_h	เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก, m
g	ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก, $9.81 m/s^2$
Gap	ระยะห่างระหว่างแผ่นกระเบื้องซีแพค โมนีเยกับแผ่นยิบซัมบอร์ด, m
Gr	Grashof number
H	ความยาวของหลังคารับรังสีอาทิตย์, m
h_1	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากลม, $W/m^2.K$
h_3	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวด้านล่างของแผ่นกระเบื้องซีแพค โมนีเย, $W/m^2.K$
h_4	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศกับผิวด้านบนของแผ่นยิบซัมบอร์ด, $W/m^2.K$
h_6	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศกับผิวด้านล่างของแผ่นยิบซัมบอร์ด, $W/m^2.K$
It	รังสีอาทิตย์เต็มที่ตกกระทบบนหลังคารับรังสีอาทิตย์, W/m^2
k_f	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศ, $W/m.K$
k_g	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นยิบซัมบอร์ด, $W/m.K$
k_m	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องซีแพค โมนีเย, $W/m.K$
\dot{m}_f	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศภายในช่องว่างระหว่างแผ่นกระเบื้องซีแพค โมนีเยกับแผ่นยิบซัมบอร์ด, kg/s
Nu	Nusselt number
P	เส้นรอบรูป, m
Pr	Prandtl number

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

Q_s	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศภายในช่องเปิดเนื่องจากแรงลอยตัว, m^3/s
Q_T	อัตราการไหลเชิงปริมาตรรวมของอากาศภายในช่องเปิด, m^3/s
Q_w	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศภายในช่องเปิดเนื่องจากแรงลมภายนอก, m^3/s
T_1	อุณหภูมิที่ผิวด้านบนของแผ่นกระเบื้องซีแพคโมเนีย, K
T_2	อุณหภูมิที่จุดกลางผิวของแผ่นกระเบื้องซีแพคโมเนีย, K
T_3	อุณหภูมิที่ผิวด้านในของแผ่นกระเบื้องซีแพคโมเนีย, K
T_4	อุณหภูมิที่ผิวด้านบนของแผ่นฮิบซัมบอร์ด, K
T_5	อุณหภูมิที่จุดกลางผิวของแผ่นฮิบซัมบอร์ด, K
T_6	อุณหภูมิที่ผิวด้านล่างของแผ่นฮิบซัมบอร์ด, K
T_a	อุณหภูมิแวดล้อมภายในห้องทดลอง, K
T_f	อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยภายในช่องว่างระหว่างแผ่นกระเบื้องซีแพคโมเนียกับแผ่นฮิบซัมบอร์ด, K
T_i	อุณหภูมิของอากาศบริเวณทางเข้าช่องว่างระหว่างแผ่นกระเบื้องซีแพคโมเนียกับแผ่นฮิบซัมบอร์ด, K
T_o	อุณหภูมิของอากาศบริเวณทางออกช่องว่างระหว่างแผ่นกระเบื้องซีแพคโมเนียกับแผ่นฮิบซัมบอร์ด, K
T_r	อุณหภูมิภายในหลังคารับรังสีอาทิตย์, K
t	เวลา, sec.
V	ความเร็วลมอากาศภายนอก, m/s
W	ความกว้างของหลังคารับรังสีอาทิตย์, m
α	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนความร้อนของแผ่นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
β'	สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรของอากาศในห้อง, 1/K
ϵ_s	ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแผ่นฮิบซัมบอร์ด
ϵ_m	ค่าการแผ่รังสีความร้อนของแผ่นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
σ	Stefan- Boltzmann Constant, $5.669 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
θ	มุมเอียงของหลังคารับรังสีอาทิตย์, องศา
ν	Kinematic viscosity, 1/K

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

ρ	ความหนาของอากาศ, kg/m^3
ρ_s	ความหนาแน่นของแผ่นยิบซัมบอร์ด, kg/m^3
ρ_m	ความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องซีแพคโมเนีย, kg/m^3
ΔT	ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแผ่นกระเบื้องซีแพคโมเนียกับแผ่นยิบซัมบอร์ด, K

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

จากการตื่นตัวในด้านการอนุรักษ์พลังงานนั้น ได้แพร่หลายไปทุกวงการ ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรม การเกษตร การคมนาคม รวมไปถึงจนถึงการทำงานและอยู่อาศัยในชีวิตประจำวัน โดยพลังงานที่เกี่ยวข้องมากที่สุดคือ พลังงานไฟฟ้า

ซึ่งข้อมูลสถิติของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ระบุว่า ในช่วงแผนพัฒนาฉบับที่ 6 เศรษฐกิจของประเทศไทยขยายตัวสูงมาก ด้วยอัตราเฉลี่ยถึง 10.5 % ต่อปี และความต้องการไฟฟ้าเพิ่มสูงมากถึงปีละ 14-15 % หรือเพิ่มขึ้นจาก 4,180 เมกกะวัตต์ ในปี พ.ศ. 2529 เป็นกว่า 8,000 เมกกะวัตต์ ในปี พ.ศ. 2534 และได้พยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในช่วงแผนพัฒนา ฉบับที่ 7 จะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1,006 เมกกะวัตต์ ต่อปีหรือประมาณ 10.2% ต่อปี คือเพิ่มขึ้นเป็น 13,075 เมกกะวัตต์ ในปี พ.ศ. 2539 มีการพยากรณ์ว่าในปี พ.ศ. 2549 การใช้ไฟฟ้าสูงสุดจะเพิ่ม ขึ้นเป็น 25,515 เมกกะวัตต์ หรือประมาณ 144,433 ล้านหน่วย โดยแยกตามภาคผู้ใช้ไฟฟ้างดังนี้

ภาคอุตสาหกรรม	46.5%
ภาคธุรกิจ	27.5%
ภาคที่อยู่อาศัย	21.5%
อื่นๆ	4.5%

ที่มา : วิโรจน์ นพคุณ. บทความ “ภาพรวมสถานการณ์พลังงานในปัจจุบัน และการบริโภค

พลังงานในอาคารโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับ DMS” : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

โดยจากการสำรวจการใช้พลังงานในอาคารโดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ในปี พ.ศ.2536 ศึกษาพบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารพาณิชย์ และ อาคารสำนักงาน เพื่อการปรับอากาศซึ่งจำเป็นต้องมีการใช้เครื่องปรับอากาศในระยะเวลาทำงานตลอดทั้งวัน มีค่าอยู่ระหว่าง 50 – 60% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในอาคาร ซึ่งส่วนที่เหลือจะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า แสงสว่าง ความร้อน (จากตารางที่ 1.1) ตามลำดับและจะมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ดังนั้น สถาปนิกผู้ออกแบบอาคารจึงมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบโดยตรง ในการหามาตรการหรือวิธีการที่จะส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ตารางที่ 1.1 แสดงสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในอาคารธุรกิจประเภทสำนักงาน

การใช้งาน	พิสัย kWh/m ² /ปี	ระดับการใช้ที่มีประสิทธิภาพดี kWh/m ² /ปี	สัดส่วน (%)
การทำความเย็น	110-160	114	60
การให้แสงสว่าง	25-50	38	20
การระบายอากาศ	8-15	10	5
ลิฟท์	10-20	15	8
อุปกรณ์สำนักงาน	1-5	2	1
อุปกรณ์อื่น ๆ	6-20	11	6
รวม	160-270	190	100

ที่มา : ดร.สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์. บทความ “ปริทัศน์การใช้พลังงานในอาคาร” : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย.

จากปัญหาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากในอาคารปรับอากาศดังที่กล่าวในข้างต้น มีผลมาจากตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทยอยู่ ระหว่างเส้นรุ้ง (Latitude) ที่ 5-21 องศาเหนือกับเส้นแวง (Longitude) ที่ 90-106 องศาตะวันออก (กรุงเทพฯ ที่ 14 องศาเหนือกับเส้นแวง ที่ 101 องศาตะวันออก) ซึ่งอยู่ในเขตร้อน (Tropical Climates) ใกล้เส้นศูนย์สูตร ดวงอาทิตย์จึงมีวงโคจรค่อนข้างไปทางทิศใต้เป็นส่วนใหญ่ มีแสงแดดจัดตลอดทั้งปี อุณหภูมิและความชื้นอยู่นอกเขตสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) เกือบตลอดทั้งปี ซึ่งสภาวะน่าสบายนี้ ASHRAE กำหนดให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 22.2 °C – 26.1 °C (72 °F -79 °F) โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 20-70% ที่ระดับความสูงน้ำทะเลและความดันบรรยากาศปกติ¹ เพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายดังกล่าว การป้องกันหรือการลดปริมาณความร้อนที่ผ่านเปลือกอาคารเข้ามาในอาคารให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ควบคู่ไปกับการปรับอากาศภายในพื้นที่การใช้งานในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ และลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้เครื่องปรับอากาศเป็นแนวทางหนึ่งในการประหยัดพลังงานให้กับอาคาร และยังสอดคล้องกับกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน (ในเรื่องการลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร)

โดยจากหลายๆ อาคารสำนักงานส่วนใหญ่ในกรุงเทพฯ จะก่อสร้างขึ้นในทางแนวตั้งมากกว่าแนวนอน และเป็นอาคารที่มีระบบปรับอากาศเนื่องด้วยเหตุผลทางเศรษฐกิจหรือทางด้านความ

¹ ASHARE. Fundamentals Handbook. 8th Ed. Atlanta : ASHARE. 1989.

สะดวกของการใช้งานทางด้านต้นทุนก่อสร้างรวมถึงราคาที่ดินที่สูงจึงส่งผลทำให้ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากเปลือกอาคารที่เป็นส่วนของผนังอาคารเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือ ทางด้านหลังคาของอาคาร

โดยเฉพาะในส่วนของผนังอาคารทึบ ส่วนใหญ่มาจากการออกแบบไปในทางทิศตะวันตก ซึ่งเป็นทิศที่มีปริมาณความร้อนที่สูง ขณะที่ในทางทิศใต้และทิศเหนือส่วนใหญ่จะเปิดผนังที่มีช่องเปิดมากกว่า

จึงได้จำแนกวัสดุที่ใช้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ วัสดุที่มีมวลสารมาก (High Mass Material) เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน และวัสดุที่มีมวลสารน้อย (Low Mass Material) เช่น ผนังมวลเบา โดยผนังทั้งสองชนิดที่กล่าวมาจัดได้ว่าเป็นผนังที่มีความนิยมในงานก่อสร้างของประเทศไทย โดยเฉพาะในอาคารขนาดเล็กและอาคารขนาดกลาง ซึ่งใช้เป็นผนังทั้งภายในและภายนอกอาคาร เนื่องจากผนังทั้งสองเป็นผนังที่มีความเหมาะสมในเรื่องของราคาค่าของ และราคาค่าแรง หาซื้อได้ง่าย มีความแข็งแรงคงทนพอสมควร จึงเป็นที่นิยมใช้สืบทอดกันมาจนถึงปัจจุบัน และมีแนวโน้มที่จะใช้ต่อไปในอนาคต ซึ่งการวิจัยนี้จะเน้นผนังก่ออิฐฉาบปูน

จากข้อจำกัดในข้างต้น การติดตั้งแผงบังแดดโดยใช้วัสดุก่อสร้างที่หาง่ายมีความสวยงามและทนทานไม่เทียมซึ่งเป็นวัสดุเลียนแบบไม้ ซึ่งมีส่วนผสมของใยหิน-ซีเมนต์ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยลดปริมาณความร้อนที่มีผลกระทบจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ซึ่งส่งผลต่อปัจจัยสภาพทางเศรษฐกิจน้อยที่สุด สามารถทำได้ง่ายที่สุดโดยไม่รบกวนทำงาน และพื้นที่ทำงานภายใน (สำหรับอาคารเดิม) ที่มีการวางเฟอร์นิเจอร์ตกแต่งภายในอาคารเรียบร้อยแล้ว จะทำให้ทุกอาคารสามารถมีแรงจูงใจและตระหนักในการประหยัดพลังงานมากขึ้น

ซึ่งการทำให้ผนังได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ กระทบตัวอาคารน้อยที่สุดคือการป้องกันรังสีความร้อนโดยตรง ดังนั้นการทำแผงกันแดด เป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความสอดคล้องกับปัจจัยต่างๆ ในข้างต้น ถือเป็นหลักการแรกๆ ในการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในเรื่องที่เกี่ยวกับการใช้พลังงาน เทคนิควิธีการต่างๆ ทางด้านสถาปัตยกรรม เกี่ยวกับการวางตำแหน่งและทิศทาง รวมถึงการเลือกรูปร่างของตัวแผงบังแดดที่เหมาะสมกับการออกแบบอาคารแต่ละชนิด เพื่อที่จะลดปริมาณการรับความร้อนของผนังให้มีประสิทธิภาพที่สุด

วิทยานิพนธ์นี้ ได้ทำการศึกษาผลกระทบด้านปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ผนังอาคารในด้านทิศตะวันตก โดยเปรียบเทียบกับติดตั้งวัสดุอุปกรณ์บังแดดที่ทำจากวัสดุไม้เทียมเพื่อป้องกันการรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง เพื่อช่วยในการลดปริมาณความร้อนที่เข้ามาสู่อาคารให้มีความเหมาะสมกับระยะห่าง และ รูปแบบที่ติดตั้งประกอบกับความเหมาะสมในด้านราคาค่าก่อสร้างสำหรับอาคารปรับอากาศสำนักงาน ที่มีปัญหาที่เกิดจากการใช้งานในช่วง เช้าถึงเย็น ซึ่งมีการใช้งานมาก่อน หรือเป็นทางเลือกหนึ่งในการประหยัดพลังงานกับอาคารใหม่ต่อไป

1.2 สมมุติฐานของการวิจัย

- 1.2.1 การติดตั้งอุปกรณ์แผงบังแดดภายนอกอาคารช่วยลดปริมาณการแผ่รังสีและป้องกันความร้อนเข้าสู่ผนัง ซึ่งเปรียบเทียบกับผนังอาคารเดิมได้
- 1.2.2 ระบบของการติดตั้งแผงบังแดดภายนอกอาคารในระบบเปิดเมื่อมีการระบายอากาศสามารถป้องกัน ปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่าระบบปิด
- 1.2.3 ระยะห่างที่เพิ่มขึ้นของการติดตั้งอุปกรณ์แผงบังแดดมีผลต่อการช่วยลดปริมาณการแผ่รังสีและป้องกันความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารได้ต่างกันเมื่อระหว่างผนังกับแผงบังแดดมีการระบายอากาศ และไม่มีมีการระบายอากาศ
- 1.2.4 แผงบังแดดภายนอกอาคารที่มีการระบายอากาศด้วยเกล็ดที่ขนาดเล็กลงสามารถช่วยในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังได้มากขึ้น
- 1.2.5 รูปแบบของแผงบังแดดภายนอกอาคารที่มีการออกแบบเกล็ดองศาต่างกันสามารถช่วยในการลดความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์เข้าสู่แผงบังแดดให้น้อยลงทำให้ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ผนังลดลงน้อยลงด้วย

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้เพื่อการศึกษาการลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ผนังอาคารที่ทางด้านทิศตะวันตก โดยได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการวิจัยดังนี้

- 1.3.1 ศึกษารูปแบบของการติดตั้งแผงบังแดดภายนอกสำหรับผนังอาคารให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพที่มีความเหมาะสมสูงสุดในเวลาที่เป็นเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและลดความร้อนเข้าสู่อาคารให้มากที่สุด
- 1.3.2 ศึกษาตำแหน่งและระบบการติดตั้งที่เหมาะสมของแผงบังแดดกับผนังอาคาร เพื่อให้สอดคล้องกับการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคาร ซึ่งมีการติดตั้งที่ง่ายและคุ้มค่า
- 1.3.3 ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนและการระบายอากาศจากการติดตั้งแผงบังแดดเพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารโดยศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation)
- 1.3.4 เสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาของความร้อนที่เข้าสู่ผนังอาคารโดยผ่านทางผนังอาคารและสามารถดัดแปลงใช้กับส่วนของอาคารส่วนอื่นได้ตามความเหมาะสม

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้งานวิจัยเป็นไปตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการและวางแผนเป็นขั้นตอนดังนี้ คือ

1.4.1 ขั้นตอนที่หนึ่ง

ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนระหว่างอาคารโดยผ่านเข้าสู่ผนัง เข้าสู่อาคารภายใน เพื่อทราบถึงปัญหาและปัจจัยตัวแปรต่างๆ เพื่อสรุปการทดลองและวิธีการทดลอง

1.4.2 ขั้นตอนที่สอง

เปรียบเทียบผลกระทบด้านปริมาณความร้อนจากกรณีให้ร่มเงากับผนังอาคารระหว่างผนังที่ไม่ติดตั้งแผงบังแดด กับผนังที่มีการติดตั้งแผงบังแดดด้วยไม้เทียมโดยควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

1.4.3 ขั้นตอนที่สาม

ทดลองในหุ่นจำลองศึกษาเปรียบเทียบ เมื่อติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมกับผนังอาคาร ในระยะที่แตกต่างกันในกรณีที่ไม่สามารถระบายอากาศระหว่างผนัง เพื่อศึกษาผลกระทบและตัวแปรที่สำคัญทั้งหมดเพื่อสรุปหาระยะที่เหมาะสมกับค่าการสัมพัทธ์กับรังสีความร้อนที่เข้าสู่ผนังอาคาร

1.4.4 ขั้นตอนที่สี่

เปรียบเทียบและศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณความร้อนที่มีผลกระทบกับผนังอาคาร เมื่อติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมที่ไม่สามารถระบายอากาศระหว่างผนัง และระบายอากาศระหว่างผนังได้

1.4.5 ขั้นตอนที่ห้า

ทดลองในหุ่นจำลองศึกษาเปรียบเทียบ เมื่อติดตั้งแผงบังแดดภายนอกอาคารกับผนังอาคาร ในระยะที่แตกต่างกันเมื่อมีการระบายอากาศระหว่างผนังได้ เพื่อหาระยะที่เหมาะสมกับค่าการสัมพัทธ์กับรังสี และการถ่ายเทความร้อนที่เข้าสู่ผนังอาคาร

1.4.6 ขั้นตอนที่หก

ทดลองในหุ่นจำลองศึกษาเปรียบเทียบ เมื่อติดตั้งแผงบังแดดภายนอกอาคารกับผนังอาคาร ในรูปแบบขนาดเกล็ดที่แตกต่างกันจากระยะที่ดีที่สุดในช่วงขั้นตอนที่ห้า เพื่อหาค่าการสัมพัทธ์เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าผนังทดลอง

1.4.7 ขั้นตอนที่เจ็ด

ทดลองในหุ่นจำลองศึกษาเปรียบเทียบ เมื่อติดตั้งแผงบังแดดภายนอกอาคารกับผนังอาคาร ในรูปแบบมุมและองศาเงาที่แตกต่างกัน เพื่อหาค่าการสัมพันธ์เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าผนังทดลอง เมื่อมีมุมการรับรังสีจากดวงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน

1.4.8 ขั้นตอนที่แปด

รวบรวมสรุปผลการทดลองและประเมินผล เพื่อนำเสนอข้อเสนอแนะในการวิจัยรวมไปถึงแนวทางในการนำไปประยุกต์กับอาคารทั่วไปในการใช้งานจริง

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 ทดสอบโดยหันผนังก่ออิฐฉาบปูนที่เข้าหาด้านทิศตะวันตก ซึ่งเป็นทิศที่มีปริมาณความร้อนสูงโดยเฉพาะในช่วงบ่าย ทำให้สามารถประมาณปริมาณการรับความร้อนของผนังที่ใกล้เคียงค่าสูงสุดและใกล้เคียงการใช้งานจริง

1.5.2 การวิจัยนี้ทดลองจากหุ่นจำลอง ทำการทดลองแทนสภาพอาคารปรับอากาศในสภาพอากาศปกติจึงไม่มีการควบคุมอุณหภูมิภายในหุ่นจำลองและไม่มีการระบายอากาศภายใน

1.5.3 รูปแบบหุ่นจำลองมีขนาด ขนาด 0.90 x 1.00 x 0.90 เมตร มีปริมาตรภายใน 0.81 ลูกบาศก์เมตร สีขาว

1.5.4 การทดลองในแต่ละชุดจะเก็บผลข้อมูลที 3 ตำแหน่งคือ พื้นผิวผนังภายนอก, พื้นผิวผนังภายใน, อากาศกึ่งกลางกล่องทดลอง

1.5.5 ใช้ไม้เทียมเป็นวัสดุแผงบังแดดในการทดลองมาจากผลิตภัณฑ์เดียวกันที่ความหนาเท่ากัน เพื่อให้มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกันในการเปรียบเทียบ

1.5.6 การทดลองไม่รวมถึงความแตกต่างด้านสีของวัสดุแผงบังแดดภายนอกอาคารโดยจะใช้สีของเนื้อวัสดุที่เป็นธรรมชาติมากที่สุดของวัสดุแต่ละชนิด

1.5.7 การทดลองหุ่นทดลองอยู่ในสถานที่ทดลองเดียวกันเพื่อควบคุมสภาพอากาศอ้างอิงปัจจัยและตัวแปรเดียวกัน

1.5.8 ระยะเวลาในการวิจัยอยู่ในช่วงสั้นๆ ทำให้ไม่สามารถควบคุมต่อเนื่องทั้งขึ้นได้ เพราะมีปัจจัยด้านระยะเวลาในการศึกษาและด้านงบประมาณ เครื่องมือ ที่ใช้ในการทดลอง โดยทำการทดลองในช่วงเวลา เดือน มีนาคม - พฤษภาคม

1.5.9 การทดลองมีการควบคุมความสูงอาคารไม่เกิน 23 เมตรซึ่งเป็นอาคารมีความสูงระดับกลาง ความแรงลมไม่มากเกินไป จึงไม่มีผลต่อการออกแบบการติดตั้ง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบระบบป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่ผนังอาคาร ช่วยลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารได้

1.6.2 สามารถนำอุปกรณ์แผงบังแดดภายนอกอาคารที่ติดตั้งมาดัดแปลงในส่วนอื่นๆ ของอาคาร รวมถึงอาคารประเภทอื่นๆ เพื่อปรับปรุงหรือประยุกต์ให้เหมาะสมกับการใช้งานและสภาพภูมิอากาศได้

1.6.3 เป็นการเปรียบเทียบผลของการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของวัสดุจากวัสดุอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพื่อเปรียบเทียบกับผลกระทบด้านปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ผนังอาคาร

1.6.4 เป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ให้มากขึ้นเพื่อการก่อสร้างอาคารใหม่หรือปรับปรุงอาคารเก่าที่มีอยู่แล้ว เพื่อเป็นองค์ประกอบๆ หนึ่งใน การปรับปรุงหรือร่วมกับงานวิจัยอื่นๆ เพื่อการประหยัดพลังงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการป้องกันความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารโดยการติดตั้งแผงบังแดดภายนอกอาคารกับผนังก่ออิฐฉาบปูนทึบ จากการศึกษาทฤษฎีที่มีปัจจัยและผลกระทบที่เกี่ยวข้องตามทฤษฎี โดยแบ่งเป็นส่วนๆ 4 ส่วนดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ
เป็นขั้นตอนที่ศึกษาพฤติกรรมของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ

- การนำความร้อน
- การพาความร้อน
- การแผ่รังสีความร้อน

2.2 คุณสมบัติของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแผ่รังสีความร้อน
เป็นขั้นตอนที่ศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุ

- คุณสมบัติพื้นผิววัสดุ
- คุณสมบัติเนื้อวัสดุ

2.3 รูปแบบของแผงบังแดดสร้างเงาให้กับผนังภายนอกอาคารอาคารที่สัมพันธ์กับทิศทางของอาคาร

เป็นขั้นตอนการศึกษาในรูปแบบการทดลองเพื่อวัดผลกระทบที่มีต่อผนังอาคารซึ่ง แบ่งเป็น 2 ประเภท

- แผงบังแดดเพื่อส่วนของช่องเปิดอาคาร
- แผงบังแดดเพื่อส่วนของผนังอาคาร(ผนังทึบ)

ในการวิจัยนี้จะเน้นเฉพาะในส่วนของแผงบังแดดที่ติดตั้งตายตัวสำหรับผนังอาคารทึบ จากลักษณะแผงบังแดด 3 ประเภทหลักๆ

- อุปกรณ์บังแดดที่สามารถปรับทิศทางได้
- อุปกรณ์บังแดดที่สามารถปรับทิศทางได้อัตโนมัติ
- อุปกรณ์บังแดดที่กำหนดไว้อย่างตายตัว
- อุปกรณ์บังแดดทั้งหมดนี้ได้ถูกแบ่งตามทิศทางและการใช้งานย่อยๆได้อีก ซึ่งในการวิจัยนี้เป็นการบังแดดสำหรับผนังอาคารทึบ และจำเป็นที่ต้องมีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมในการติดตั้ง อุปกรณ์บังแดดจึงได้ถูกกำหนดมาอย่างตายตัว ตามทิศทางและลักษณะของผนังอาคารที่ทำการวิจัยนั้นๆ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป็นขั้นตอนการศึกษางานวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบระเบียบวิธีวิจัย

- วิทยานิพนธ์ “การศึกษา ระบบผนังภายนอกอาคารที่มีผลต่อภาวะการปรับอากาศ”

โดย นายกิตติพงษ์ เพชรวราภา ปีการศึกษา 2536

- วิทยานิพนธ์ “การศึกษา แนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารเดิม เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร” โดย นายกัญจน์ พิเศษฐศิลป์ ปีการศึกษา 2545

- วิทยานิพนธ์ “ผลกระทบของสีผนัง และมวลสารภายในต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร” โดย นายพรสวรรค์ พิริยะศรัทธา ปีการศึกษา 2536

- วิทยานิพนธ์ “รูปแบบอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน” โดย กนกวรรณ อุสันโน ปีการศึกษา 2539

2.1 การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (Heat transfer)

การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) เกิดขึ้นเมื่อมีความแตกต่างทางด้านอุณหภูมิ ความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกส่งผ่านจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่ง โดย

- การนำความร้อน (Thermal Conduction)
- การพาความร้อน (Thermal Convection)
- การแผ่รังสีความร้อน (Thermal Radiation)

2.1.1 การนำความร้อน (Thermal Conduction)

การนำความร้อนเกิดจากการเคลื่อนที่ของพลังงานระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกัน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดจากบริเวณที่ร้อนกว่าหรือมีการเคลื่อนไหวของโมเลกุลเร็วกว่า โดยการถ่ายเทความร้อนจะเกิดในทุกทิศทางและจะไม่ขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของโลก วัสดุจะมีการนำความร้อนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล วัสดุที่มีความหนาแน่นมากจะนำความร้อนได้ดี วัสดุโลหะ เช่น อลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง เป็นตัวนำความร้อนที่ดีที่สุด รองลงมา ได้แก่ คอนกรีต และ อิฐ วัสดุธรรมชาติเช่น ไม้จะมีค่าการนำความร้อนที่น้อยกว่า

อากาศหรือก๊าซชนิดต่างๆจะเป็นตัวนำความร้อนที่แย่มากที่สุด ทำให้อากาศเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีอย่างไรก็ตามค่าการนำความร้อนไม่สามารถผ่านไปยังที่ๆไม่มีโมเลกุลเรียงตัวกัน อย่างสูญญากาศได้ ความสามารถในการนำความร้อนจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างได้แก่

1) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (conductivity : k) British Thermal Units หน่วย $\text{Btu}\cdot\text{in}/\text{ft}^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{F}$ เทียบกับระบบเมตริกคือ $\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ ค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในความหนา ช่วงเวลา พื้นที่ และค่าความแตกต่างของอุณหภูมิหนึ่งๆ ค่าสัมประสิทธิ์ในการนำความร้อนจะใช้ในการวัดค่าการนำความร้อนของวัสดุนั้นๆ

2) ความนำความร้อน(conductance : C) หน่วย Btu.in/(ft².h.°F) W/m².K เทียบกับระบบเมตริกคือ W/m² °C คือค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในความหนาที่กำหนดในช่วงเวลา 1 หน่วยโดยมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ 1 หน่วย ค่าการนำความร้อนนั้นคล้ายกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน แต่หน่วยของการวัดจะกำหนดตายตัว

$$C = k / \text{ความหนาของวัสดุ}$$

3) ความต้านทานความร้อน (resistance : R – value) หน่วย m².K/W หรือ เทียบกับระบบเมตริกคือ m²°C/W คือส่วนกลับของค่าความนำความร้อนเป็นค่าที่นิยมใช้ในการกำหนดค่าฉนวนกันความร้อนภายในอาคาร ค่า R – value มีมากขึ้นยิ่งแสดงถึงค่าความเป็นฉนวนที่มีมาก

$$R = 1/C$$

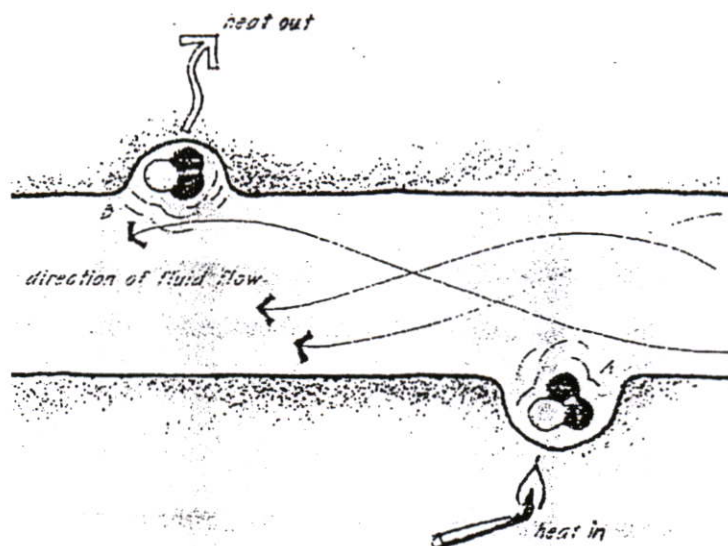
4) สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(thermal transmittance : U)หน่วย W/m².K หรือ Btu/(ft².h.°F) เทียบกับระบบเมตริกคือ W/m²°C หน่วยของการวัดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเข้ามาในอาคารในช่วงเวลาหนึ่ง และพื้นที่หนึ่ง เป็นส่วนกลับของ R

$$U = 1/\Sigma R \\ = 1/(R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)$$

ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุจะขึ้นอยู่กับ thermal Conductance และความหนาแน่นของวัสดุ วัสดุที่มีการนำความร้อนต่ำจะส่งผ่านความร้อนจากพื้นผิวใช้เวลานานกว่าวัสดุที่มีการนำความร้อนสูง เช่น โลหะ การส่งผ่านความร้อนออกมายังภายนอกได้รวดเร็ว

2.1.2 การพาความร้อน (Thermal Convection)

การพาความร้อนคือ การถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านตัวกลาง เช่น อากาศและน้ำ เมื่อสสารถูกทำให้ร้อนโมเลกุลจะเคลื่อนไหวเร็วขึ้นและแตกกระจายออกไปในทิศทางต่างๆ ก่อให้เกิดการขยายตัวของสสารนั้นๆ โดยของแข็งจะมีการเพิ่มปริมาตรขึ้น ของเหลวและก๊าซจะมีความหนาแน่นที่ต่ำลง และลอยตัวขึ้น



ภาพที่ 2.1 แสดงการพาความร้อนจากจุด A ไปยังจุด B (Moore,F. 1993 : 17)

จากรูปการถ่ายเทความร้อนจากด้านร้อน A ไปด้านเย็น B มีการเคลื่อนที่ที่เกิดจากการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนจากภายนอกมากระทบที่จุด A ความร้อนจะถ่ายเทไปที่อากาศและพาความร้อนผ่านอากาศไปยังจุด B

ความแตกต่างของการนำความร้อน และการพาความร้อนคือ ความแตกต่างของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลการนำความร้อนนั้นโมเลกุลจะไม่เปลี่ยนตำแหน่งแต่จะเคลื่อนย้ายพลังงานจากโมเลกุลหนึ่งไปยังโมเลกุลใกล้เคียง ส่วนการพาความร้อนพลังงานจะถูกถ่ายเทไปโดยโมเลกุลจะนำไปด้วยตัวเอง

การส่งผ่านพลังงานความร้อนระหว่างวัตถุที่เป็นของแข็งและก๊าซ หรืออากาศที่มีการเคลื่อนที่ไหวที่อยู่ติดกัน ซึ่งเป็นการส่งผ่านความร้อนโดยการนำความร้อน (Conduction) และ โมเลกุลของก๊าซ หรือ อากาศนั้นเมื่อได้รับพลังงานความร้อนก็จะส่งผ่านพลังงานความร้อนไปสู่วัตถุที่อยู่ติดกันซึ่งมีระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า การพาความร้อนจะเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะคือ

1) Force Convection เกิดจากลักษณะการไหลของอากาศหรือก๊าซซึ่งไหลไปตามท่อหรือรอบนอกของผิววัสดุซึ่งทิศทางการไหลของอากาศ หรือก๊าซจะถูกบังคับทิศทางโดยพัดลมหรือแรงลม

2) Free Convection เกิดจากการไหลของอากาศที่มีน้ำหนักเบา (Buoyancy Air) ซึ่งมีระดับอุณหภูมิสูงลอยตัวขึ้นด้านบน และอากาศที่อยู่รอบๆพื้นผิววัสดุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าซึ่งจะมีน้ำหนักมากกว่า (Heavier Air) ไหลเข้ามาแทนที่

อัตราการส่งผ่านความร้อนโดยการพาความร้อน (Convection) สามารถคำนวณได้ดังสมการ

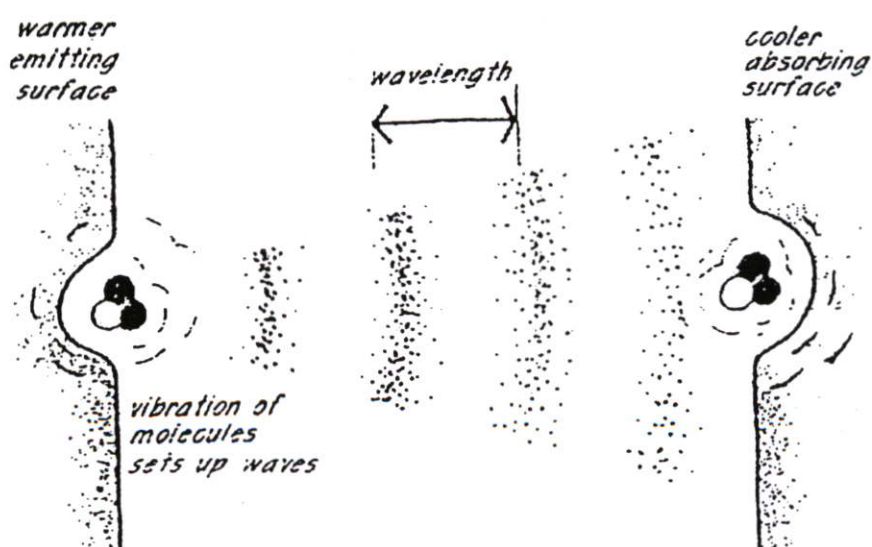
$$Q_{\text{conv}} = h * A * (T_s - T_f)$$

โดยที่	Q_{conv}	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารโดยการพาความร้อน W
	h	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน $W/m^2 \cdot ^\circ C$
	A	พื้นที่ที่ความร้อนถ่ายเทผ่านวัสดุ m^2
	T_s	อุณหภูมิที่ผิววัสดุ $^\circ C$
	T_f	อุณหภูมิที่ภายนอกที่ไหลเข้าสู่ - ออกจากวัตถุ $^\circ C$

2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน(Thermal Radiation)

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อโมเลกุลของสสารเกิดการเคลื่อนไหวจะคายพลังงานคลื่นออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การแผ่รังสีความร้อนจึงเป็นการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งจะเคลื่อนที่จากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเช่นเดียวกับการนำความร้อน แต่การแผ่รังสีความร้อนสามารถส่งผ่านความร้อนผ่านสุญญากาศได้

การเคลื่อนที่หรือการสั่นของโมเลกุลพื้นผิวของสสารจะก่อให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเคลื่อนผ่านตัวกลางได้เร็วเท่ากับความเร็วแสง การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจะช้าลงเมื่อเปลี่ยนแปลงไปเป็นคลื่นรังสีความร้อน โดยเมื่อความร้อนเคลื่อนที่ผ่านของแข็ง อากาศ หรือสุญญากาศ ไปจนกระทั่งวัตถุอีกด้าน จะสะสมพลังงานความร้อนในด้านนั้นๆ และทำให้โมเลกุลมีการเคลื่อนไหวมากขึ้นจนอุณหภูมิสูงขึ้น และคายความร้อนออกมา การแผ่รังสีความร้อนจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในทุกทิศทาง และไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก

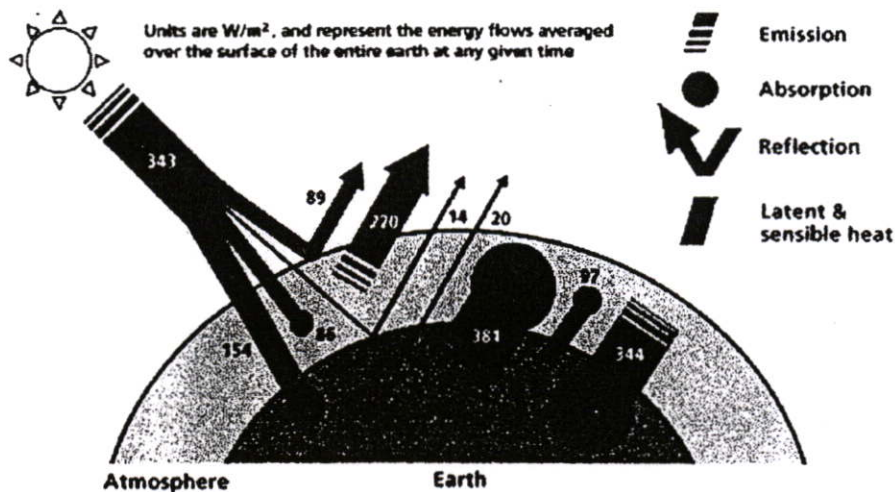


ภาพที่ 2.2 Radiant energy transfer between two surface molecules.

(Moore,F. 1993 : 13)

2.1.3.1 อิทธิพลจากดวงอาทิตย์

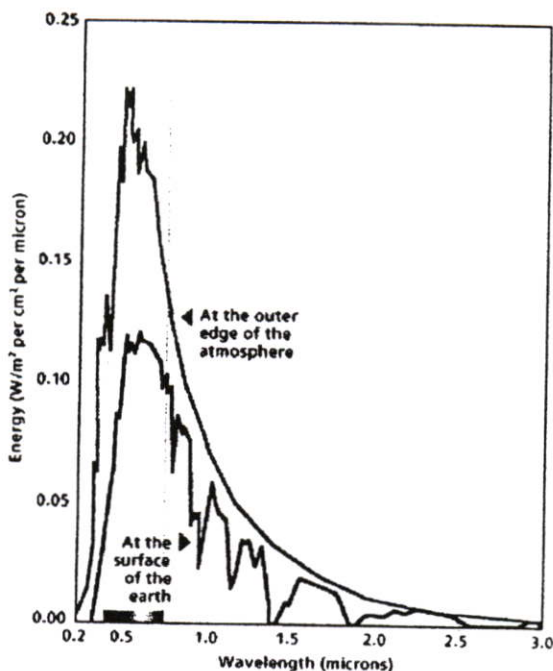
พลังงานความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีเข้ามาในชั้นบรรยากาศโลกมีค่าเฉลี่ยประมาณ $1,353 \text{ W/m}^2$ ผลจากการสำรวจการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศโลก พบว่าพลังงานบางส่วนจะถูกดูดซับในชั้นบรรยากาศ¹ และบางส่วนแพร่กระจายในชั้นบรรยากาศ บางส่วนจะสะท้อนกลับไปสู่อวกาศ จะเหลือพลังงานเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ผ่านเข้ามายังผิวโลก



ภาพที่ 2.3 Solar radiation on earth

ที่มา : Sun – Earth interaction. Online. (n.d.). Available
[:http://aurora.crest.org/basics/solar/earth/2.htm](http://aurora.crest.org/basics/solar/earth/2.htm)

¹ Hauser, Gerd and Minke, Gernot. 1994. Passive Building Design. Amsterdam: The Netherlands



ภาพที่ 2.4 Solar spectrum in space and on earth's surface

ที่มา : Sun – Earth interaction. Online. (n.d.). Available :

<http://aurora.crest.org/basics/solar/earth/2.htm>

การแผ่รังสีความร้อน เกี่ยวข้องกับรังสี 2 ประเภท คือ

1) รังสีคลื่นสั้น (Short Wave Radiation)

เป็นรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงสามารถทะลุผ่านกระจกใสได้ การแผ่รังสีความร้อนจะแผ่ออกจากสสารที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์สัมบูรณ์ ดังนั้นทุกสิ่งที่อยู่รอบตัวเราจึงมีการแผ่ (และการดูดซับ) รังสีเสมอ ซึ่งแหล่งพลังงานขนาดใหญ่ที่แผ่รังสีให้แก่วัตถุบนพื้นโลก และทำให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น คือ ดวงอาทิตย์ ด้วยเหตุนี้รังสีที่แผ่ออกมาจึงอยู่ในรูปของ รังสีคลื่นสั้น ประกอบด้วย (จากตารางที่ 2.1)

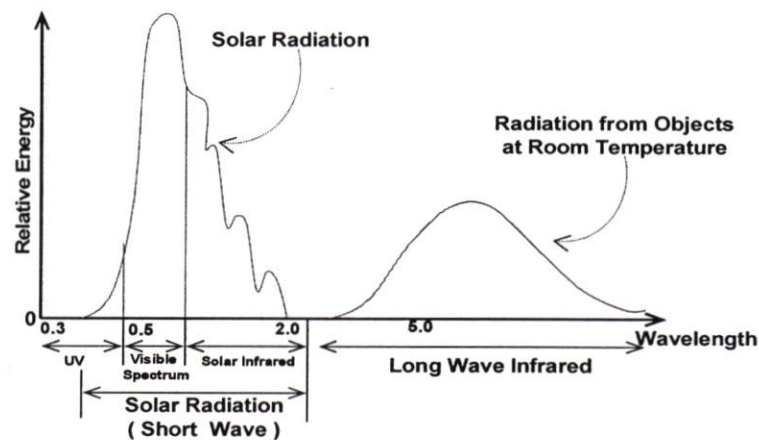
ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณพลังงานต่างๆ จากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามายังผิวโลก

Radiation type	Wavelength	Percentage of Energy
UV-radiation	0.20 – 0.38 μm	7%
Visible radiation	0.38 – 0.78 μm	47%
Heat radiation	0.78 – 3.00 μm	46%

ที่มา : Hauser , Gerd and Minke , Gernot. 1994 . Passive Building Design.Amsterdam:
The Netherlands

2) รังสีคลื่นยาว (Long Wave Radiation)

เกิดจากที่คลื่นรังสีคลื่นสั้นตกกระทบวัตถุแล้วเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาวในรูปของพลังงานความร้อน ซึ่งไม่สามารถทะลุผ่านกระจกออกไปได้ จะสะท้อนได้ดีกับวัตถุผิวเรียบมันและเงาปริมาณพลังงานที่เกิดขึ้นจะมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติพื้นผิววัสดุต่างๆ เช่น ต้นไม้ หิน มนุษย์ เป็นต้นซึ่งแหล่งกำเนิดพลังงานเหล่านี้ เมื่อเปรียบเทียบกับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ คิดสัดส่วนเป็น 1/160,000 เท่า ดังนั้นพลังงานที่น้อยกว่าจึงทำให้ช่วงความยาวคลื่นของรังสีคลื่นยาวแตกต่างกับรังสีคลื่นสั้น



ภาพที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกันระหว่างรังสีคลื่นสั้น และรังสีคลื่นยาว

ที่มา : Sun – Earth interaction.Online.(n.d.).Available

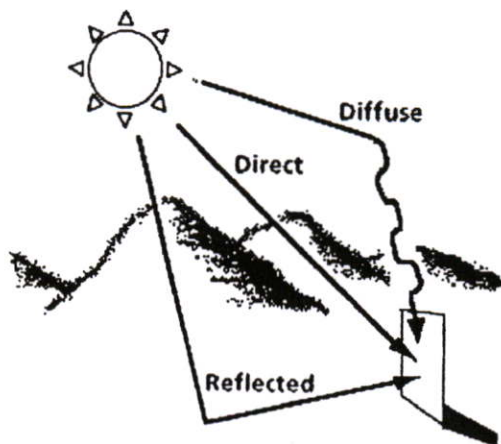
<http://aurora.crest.org/basics/solar/earth/2.htm>

พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับพื้นผิวโลก จะเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะคือ

1) รังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Radiation) เป็นรังสีที่ส่องเข้ามาในบรรยากาศโลกเป็นรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) คลื่นสั้นโดยมีช่วงความยาวคลื่นประมาณ 0.3-4 ไมครอน (Micron) ซึ่งเคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศพุ่งตรงมายังพื้นผิวโลกส่วนใหญ่เป็นแสงสว่าง

2) รังสีกระจาย (Diffuse Radiation) เป็นรังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้นที่ถูกกระเจิง (Scatter) ที่สะท้อนกับเมฆ ฝุ่นละออง หรือไอน้ำในอากาศ การกระจายจะเกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอทิศทางไม่แน่นอน แต่จะมีความเข้มข้นสูง ในบริเวณรอบดวงอาทิตย์ ปริมาณของรังสีจะมีค่า 10 – 90 % ของปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้าสู่อาคาร²

3) รังสีสะท้อน (Reflected adiation) เป็นรังสีที่เกิดขึ้นจากผิวดินหรือผิ่วัตถุรอบๆ อาคาร ซึ่งจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับค่าสะท้อนของผิวนั้นๆ



ภาพที่ 2.6 การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์สู่พื้นผิวในลักษณะต่างๆ

ที่มา : Sun – Earth interaction.Online.(n.d.).Available :

<http://aurora.crest.org/basics/solar/earth/2.htm>

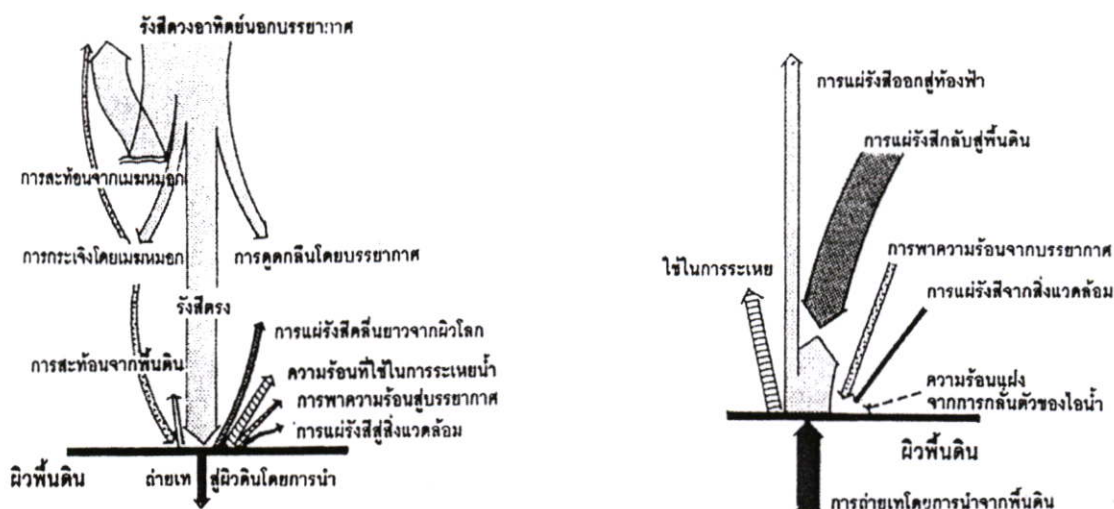
ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจาย เรียกรวมโดยทั่วไปว่า รังสีรวม (Global Radiation) เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบวัตถุต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก จะทำให้วัตถุเหล่านั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น และแผ่รังสีออกมาในรูปของรังสีความร้อน หรือรังสีอินฟราเรด (Infrared) ซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาวโดยมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 4-50 ไมครอน

2.1.3.2 การแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchange) ที่เกิดขึ้นกับพื้นผิวโลก

ในเวลากลางวันเมื่อรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (Extraterrestrial Solar Radiation) ตกกระทบบรรยากาศของโลก ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับออกไปนอกบรรยากาศโลกโดยเมฆหมอก ส่วนที่เหลือจะเคลื่อนที่เข้ามาในบรรยากาศและบางส่วนจะถูกกระเจิง (Scatter) และดูดกลืน (Absorption) โดยโมเลกุลของอากาศ ไอน้ำ และฝุ่นละออง สำหรับส่วนที่มาถึงพื้นผิวโลก ส่วนหนึ่งจะถูกผิวโลกสะท้อนกลับขึ้นไป ส่วนที่เหลือจะถูกพื้นผิวโลกดูดกลืน ทำให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น และจะถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมโดยการพาและการแผ่รังสี และมีบางส่วนถ่ายเทลงสู่ใต้พื้นผิวโลกโดยการนำ นอกจากนี้ความร้อนบางส่วนยังถูกใช้ในการระเหยน้ำที่พื้นผิวโลกด้วย ในเวลากลางคืน ความร้อนจากพื้นผิวโลกจะถ่ายเทสู่ท้องฟ้าโดยการแผ่รังสี และถ่ายเทให้กับอากาศแวดล้อมโดยการพาความร้อนส่วนความร้อนจากใต้พื้นผิวจะถ่ายเทขึ้นมายังผิวโลกโดยการนำ

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ความร้อนความรอนบางส่วนจะถูกใช้ไปในการระเหยน้ำ ความร้อนที่สูงสูญเสียไปนี้จะทำให้ อุณหภูมิของพื้นผิวโลกลดลงเกิดการกลั่นตัวของไอน้ำในบรรยากาศเป็นน้ำค้าง



การแลกเปลี่ยนความร้อนในเวลากลางวัน (Heat exchange by day) การแลกเปลี่ยนความร้อนในเวลากลางคืน (Heat exchange by night)

ภาพที่ 2.7 การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์สู่พื้นผิวในเวลากลางวัน และ กลางคืน

ที่มา : Sun – Earth interaction. Online. (n.d.). Available :

<http://aurora.crest.org/basics/solar/earth/2.htm>

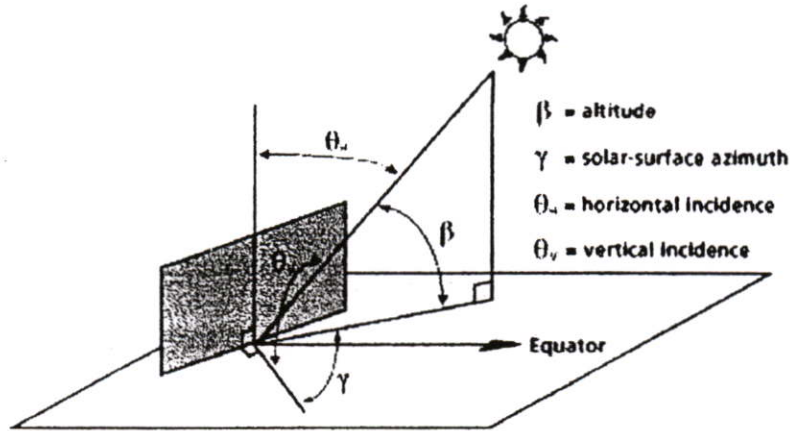
2.1.3.3 Incident Solar Angle

พื้นผิวโลกจะได้รับพลังงานสูงสุดจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน ในสภาพ ที่ท้องฟ้าโปร่งในฤดูร้อน โดยจะได้รับพลังงานจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ประมาณ 1 kW/m^2 ในกรณีที่ตำแหน่งของพื้นผิวดังฉากกับรังสีดวงอาทิตย์ และถ้าในเวลาที่แตกต่างกันออกไปในฤดู ที่แตกต่างกัน สภาพท้องฟ้าที่แตกต่างกัน เช่นมีเมฆมาก ตำแหน่งที่ดวงอาทิตย์จะทำกับพื้นผิว ต่างกัน หรือพื้นผิวนั้นไม่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงก็จะได้รับพลังงานจากการแผ่รังสีดวง อาทิตย์ลดลง

ในกรณีที่รังสีดวงอาทิตย์ไม่ได้ตกกระทบตั้งฉากกับตำแหน่งของพื้นผิวสามารถ คำนวณหา Incident Solar Angle สำหรับพื้นผิวใดๆได้ดังนี้

$$\cos\theta = (\cos\beta \cdot \cos\gamma \cdot \cos\Sigma) + (\sin\beta \cdot \cos\Sigma)$$

- โดยที่ θ ค่า Incident Solar Angle ที่ตกกระทบ ณ พื้นผิวใด ๆ
 β มุมยกขึ้นของดวงอาทิตย์ (Solar Altitude)
 γ มุมที่วัดจากตำแหน่งดวงอาทิตย์ในแนวระนาบกับแนวตั้งฉากของผนัง
 Σ มุมยกของพื้นผิว (Tilt Angle)



ภาพที่ 2.8 Solar radiation on a surface

ที่มา : Sun – Earth interaction. Online. (n.d.). Available :
<http://aurora.crest.org/basics/solar/earth/2.htm>

2.1.3.4 Solar Time

เนื่องจากความเร็วในการโคจรของโลกจะเปลี่ยนแปลงไปตลอดทั้งปี จึงทำให้ Apparent Solar Time ซึ่งถูกกำหนดโดยแสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไปจาก Mean Time ซึ่งเทียบกับเวลาจากนาฬิกาที่เป็นอัตราที่คงที่ การเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า Equation of Time ตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าจะถูกกำหนดโดย Local Solar Time หาได้จากการนำ Equation of Time มาบวกกับ Local Solar Time โดยที่สมการการเปลี่ยน Apparent Solar Time เป็น Local Standard Time (ASHARE, 1989) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$AST = LST - ET - 4 (LON - LSM)$$

โดยที่

ET Equation of Time (minutes of time)

LST Local Standard Time

LON Longitude of site ($^{\circ}$ of arc)

LSM Longitude มาตรฐาน

4 minutes of time require for 1.0° rotation of earth

2.2 คุณสมบัติของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแผ่รังสีความร้อน

อุณหภูมิโมเลกุลของพื้นผิววัสดุสามารถให้ความร้อนที่วัดได้เป็นค่าความยาวคลื่น (wave length) หรือ ความถี่คลื่น (frequency) ได้โดยโมเลกุลของพื้นผิวแต่ละชนิดจะมีการเคลื่อนไหวหรือการสั่นที่แตกต่างกัน และการแผ่รังสีความร้อนออกมาในความเร็วที่คงที่ การเคลื่อนไหวดังกล่าวจะทำให้เกิดความถี่ของคลื่นการแผ่รังสี โมเลกุลที่เคลื่อนที่เร็วที่สุด หรือร้อนที่สุดจะคายคลื่นรังสีสั้นๆ ออกมา เช่น คลื่นรังสีจากดวงอาทิตย์จะเป็นคลื่นสั้น (ประมาณ 0.4 -4.0 micron, 1 micron = 10^{-6} เมตร) และโมเลกุลที่เคลื่อนที่ช้าๆ จะคายรังสีคลื่นยาวซึ่งมีความยาวคลื่น 8 – 50 micron พฤติกรรมการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุเกี่ยวข้องกับตัวแปรหลายตัวแปร สามารถแบ่งออกเป็น

2.2.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติพื้นผิววัสดุ

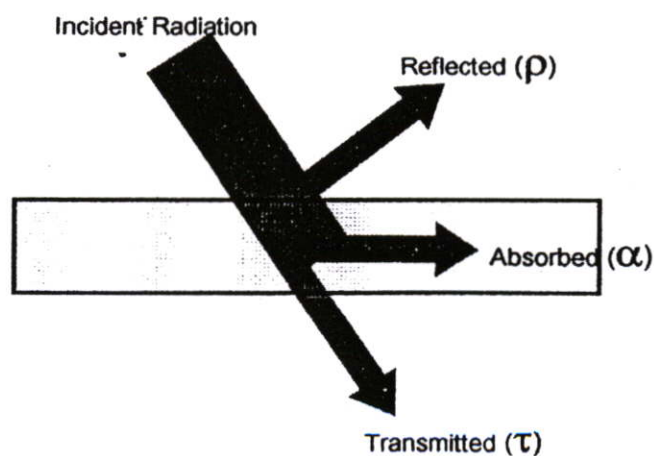
2.2.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติเนื้อวัสดุ

2.2.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติพื้นผิววัสดุ

เมื่อพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของพื้นผิวผนังภายนอกอาคารประกอบด้วย

- ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Absorbivity ; α)
- ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน (Thermal Emissivity ; ϵ)
- อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Absorbivity)

กับค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน (Thermal Emissivity) ; α/ϵ



ภาพที่ 2.9 แสดงการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับวัสดุเมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์

ที่มา : Sun – Earth interaction. Online. (n.d.). Available

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Absorbivity ; α)

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ (Shortwave Radiation) ตกกระทบบัสดุทึบแสง บางส่วนของพลังงานที่ตกกระทบบจะถูกดูดซับ ส่วนที่เหลือจะถูกสะท้อนออก ซึ่งค่าการดูดซับรังสีของวัสดุมีได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิพื้นผิววัสดุ แต่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของแหล่งกำเนิด (The Temperature of Source) ที่แผ่รังสีมายังพื้นผิวนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิววัสดุ (Solar Absorbivity ; α) หาได้จากอัตราส่วนระหว่างปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืน กับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\alpha = \frac{\text{รังสีที่ถูกดูดกลืน (Absorbed Radiation)}}{\text{รังสีที่ตกกระทบบ (Incident Radiation)}}$$

การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์เป็นกระบวนการที่เกิดทางเดียว (One way Processes) เนื่องจากไม่มีพื้นผิววัสดุใดที่มีอุณหภูมิสูงเท่ากับอุณหภูมิพื้นผิวดวงอาทิตย์ ด้วยเหตุนี้การแผ่รังสีของพื้นผิววัสดุบนโลกจึงอยู่ในรูปรังสีคลื่นยาว เพราะมีพลังงานไม่เพียงพอที่จะแผ่ออกมาในรูปรังสีคลื่นสั้น ซึ่งความสามารถในการแผ่รังสีคลื่นยาวจากพื้นผิววัสดุที่มีอุณหภูมิสูง ไปยังพื้นผิววัสดุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะขึ้นอยู่กับ "ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อนของวัสดุ (Thermal Emissivity) ส่วนรังสีที่เหลือจากการดูดซับจะถูกสะท้อนออก(Reflected) โดยความสามารถของวัสดุทึบแสงในการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์จะกล่าวในรูป ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ของวัสดุ (Reflectance : ρ) ซึ่งคำนวณได้จาก

$$\rho = 1 - \alpha \quad ; \text{หมายเหตุ สมการนี้ใช้สำหรับวัสดุทึบแสง}$$

โดย ρ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ของวัสดุ

α ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของวัสดุ

ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน (Thermal Emissivity ; ϵ)

เมื่อพื้นผิววัสดุดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในวัสดุ พื้นผิววัสดุจะแสดงพฤติกรรมแผ่รังสีออกจากตัววัสดุ ซึ่งมีอุณหภูมิสูงไปยังวัสดุอื่นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ความสามารถในแผ่รังสีคลื่นยาวของวัสดุ จะกล่าวในรูป "ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อนของวัสดุ (Thermal Emissivity ; ϵ)" ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณการแผ่รังสีจากพื้นผิววัสดุ กับปริมาณการแผ่รังสีจากวัตถุดำในอุดมคติ (Black Body) คำนวณได้จาก

$$\varepsilon = \frac{\text{ปริมาณการแผ่รังสีจากพื้นผิววัสดุ (Radiation from material)}}{\text{ปริมาณการแผ่รังสีจากวัตถุดำในอุดมคติ (Radiation from Black body)}}$$

โดย ε ค่าสัมประสิทธิ์กระจายรังสีความร้อนของวัสดุ

ค่าสัมประสิทธิ์กระจายรังสีความร้อนของวัสดุ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 สำหรับกรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์กระจายรังสีความร้อนของวัสดุเข้าใกล้ 1 แสดงว่าพื้นผิวนั้นมีประสิทธิภาพน้อยในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนในรูปการแผ่รังสี เช่น อีฐมอญมีค่าค่าสัมประสิทธิ์กระจายรังสีความร้อนประมาณ 0.90 หมายความว่า เมื่ออีฐมอญถูกทำให้ร้อนจนมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นผิวสิ่งแวดล้อมโดยรอบ อีฐมอญจะถ่ายเทความร้อน 90% ของพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในรูปการแผ่รังสีความร้อน พลังงานส่วนที่เหลือจะถูกถ่ายเทความร้อนในรูปการนำ หรือ การพาความร้อน ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสี และค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อน อยู่ในรูป

$$\alpha + \varepsilon = 1$$

อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Absorbivity) กับค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน (Thermal Emissivity) ; α/ε

อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์กับค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน (α/ε) เป็นค่าบ่งชี้ถึงพฤติกรรมแผ่รังสีของพื้นผิววัสดุ คำนวณได้จาก

$$\alpha/\varepsilon = \frac{\text{ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์}}{\text{ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน}}$$

α/ε เท่ากับ 1 เป็นค่าวัตถุดำ (Black body) ในอุดมคติที่มีค่าการดูดกลืนรังสี เท่ากับค่าการกระจายความร้อน แต่วัตถุดำในอุดมคติไม่มีจริง ดังนั้นการพิจารณาค่า α/ε จึงพิจารณา 2 กรณีที่เกิดขึ้นจริง

α/ε มากกว่า 1 เป็นค่าที่แสดงว่าพื้นผิววัสดุมีการดูดกลืนรังสีมากกว่าการคายความร้อน

α/ε น้อยกว่า 1 เป็นค่าที่แสดงว่าพื้นผิววัสดุมีการคายความร้อนมากกว่าการดูดกลืนรังสี

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติพื้นผิววัสดุบางชนิด

Surface	Solar Absorbance (α)	Longwave Emittance (ϵ)	α/ϵ Ratio
White Enamel on Iron	0.15-0.45	0.90	0.28-0.50
Green Paint	0.50	0.90	0.56
Red oil Base Paint	0.74	0.90	0.82
Black Paint	0.94-0.98	0.88	1.07-1.11
Black Velvet	0.98	0.96	1.02
Aluminum Foil	0.15	0.05	3.00
Bare Copper Plate	0.20-0.40	0.40-0.65	0.50-0.62
Bare Steel Plate	0.65	0.13	5.00

ที่มา : Mechanical and Electrical Equipment for Building, 1992

Mean Radiant Temperature (MRT)

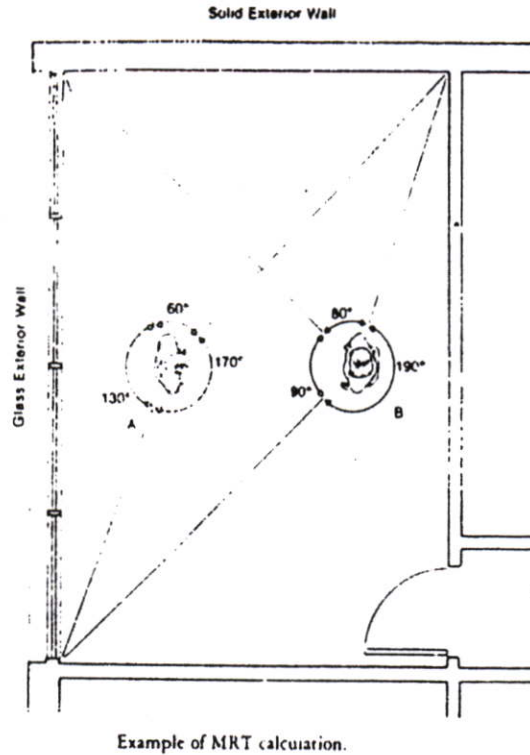
อุณหภูมิของพื้นผิวสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรา มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของร่างกาย โดยที่ปัจจัยส่วนหนึ่งที่ประกอบขึ้นเป็นภาวะน่าสบายของมนุษย์คือ การแผ่รังสีความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ การคิดค่าการแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแวดล้อมนี้เป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ของการแผ่รังสีจากแหล่งต่างๆ ในสภาวะแวดล้อมโดยมีสูตรการคำนวณ Mean Radiant Temperature (MRT)

$$MRT = \frac{\sum T\theta}{360^\circ} = (T_1\theta_1 + T_2\theta_2 + \dots + T_n\theta_n) / 360^\circ$$

เมื่อ T อุณหภูมิผิวของวัสดุ (Surface temperature)

θ มุมที่เปิดรับกับพื้นผิววัสดุ ณ จุดที่ทำการวัด (Surface exposure

angle relative to occupant in degrees)



ภาพที่ 2.11 แสดงการคำนวณ Mean Radiant Temperature (MRT)

ที่มา : Brandshaw , Vaughn. Building control systems. 2 nd. ed., pp. 26. New York :
john Weiley & Sons.

การคำนวณปริมาณการแผ่รังสีของพื้นผิววัสดุ

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบบนพื้นผิววัสดุ พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจะสะสม และทำให้วัสดุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่วัสดุมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมรอบๆ วัสดุจึงแผ่รังสีไปยังพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งปริมาณการแผ่รังสีของพื้นผิววัสดุสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q_{\text{Emit}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T_s^4$$

โดย	Q_{emit}	ปริมาณความร้อนที่แผ่ออกมาจากพื้นผิววัสดุ W
	ϵ	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนของพื้นผิววัสดุ
	σ	Stefen Boltzmann Constant $5.67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2\text{K}^4$
	A	พื้นที่ผิววัสดุ m^2
	T_s	อุณหภูมิพื้นผิววัสดุ K

จากสมการเมื่อพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องพบว่า ε ถ้าวัสดุมีการเคลือบพื้นผิวให้มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนต่ำ ปริมาณความร้อนที่แผ่ออกจากพื้นผิววัสดุจะลดน้อยลงซึ่งจะมีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวของผู้ใช้ภายในอาคาร รวมถึงช่วยลดภาระการทำความเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ

อุณหภูมิผิววัสดุเมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์ (Sol-Air Temperature)

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร คือ ดวงอาทิตย์ เนื่องจากเมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบบนพื้นผิววัสดุ ทำให้อุณหภูมิพื้นผิววัสดุสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ดังนั้นผลต่างระหว่างอุณหภูมิพื้นผิววัสดุภายนอกอาคาร และอุณหภูมิพื้นผิววัสดุภายในอาคารจะมีค่าสูงขึ้น ปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคาร (ภาระการทำความเย็น) จึงเพิ่มขึ้น ตามสมการ

$$T_{\text{sol-air}} = T_{\text{air}} + \frac{I\alpha - \varepsilon \Delta R}{h_o}$$

โดย

$T_{\text{sol-air}}$	อุณหภูมิเสมือนพื้นผิววัสดุ (Sol-air temperature) °C
T_{air}	อุณหภูมิอากาศภายนอก °C
I	ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ W/m^2
α	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับรังสีดวงอาทิตย์
h_o	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนและการพาความร้อนของพื้นผิวภายนอก W/m^2
ε	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนของพื้นผิววัสดุภายนอก
ΔR	อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของพื้นผิววัสดุกับสภาพแวดล้อม และท้องฟ้า m^2 °C/W

จากสมการเมื่อพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องพบว่า

T_{air}	อุณหภูมิอากาศ เป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา
I	ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิผิววัสดุ ดังนั้นการบังเงาให้แก่วัสดุ จะทำให้อุณหภูมิผิววัสดุลดลง รวมถึงทิศทางการแตกต่างกัน ก็ทำให้ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวแตกต่างกัน
α	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิววัสดุ ดังนั้นเมื่อมีการเคลือบพื้นผิววัสดุแตกต่างกัน จะทำให้อุณหภูมิพื้นผิววัสดุแตกต่างกัน

$\epsilon\Delta R/h_0$ สำหรับพื้นผิววัสดุที่ตั้งฉากกับพื้นโลก (เช่น ผนัง) จะได้รับรังสีคลื่นยาวจากพื้นดิน อาคารข้างเคียง และท้องฟ้าทำให้ยากในการคำนวณหาค่า ΔR ดังนั้นรังสีคลื่นยาวจะใช้ค่าที่ท้องฟ้ามีการแผ่รังสีต่ำ $\Delta R=0$

2.2.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติเนื้อวัสดุ

เมื่อพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของเนื้อวัสดุผนังอาคารชนิดทึบแสงประกอบด้วย

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)
- ค่าความจุความร้อนของวัสดุ (Heat Capacity)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) จากสมการ

$$U = \frac{1}{(\Sigma R)}$$

U ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน $W/m^2\text{ }^\circ C$

ΣR ผลรวมค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ $m^2\text{ }^\circ C/W$

การพิจารณาปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุจากของไหลหนึ่งไปสู่อีกของไหลหนึ่ง (เช่น จากอากาศภายนอกสู่อากาศภายในอาคาร) ในสภาวะ Steady-Stead ดังนั้นอัตราการถ่ายเทความร้อนสามารถคำนวณได้จากสมการ

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

โดย

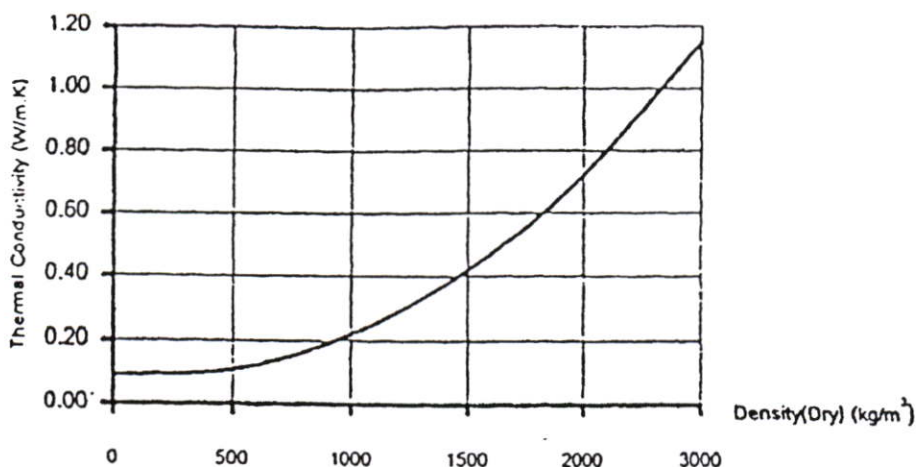
Q อัตราการถ่ายเทความร้อน W

U ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน $W/m^2\text{ }^\circ C$

A พื้นที่ผิววัสดุที่มีการถ่ายเทความร้อน m^2

ΔT ผลต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอก และอากาศภายใน $^\circ C$

จากสมการเมื่อพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องพบว่า Uค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน ดังนั้นวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำจะทำให้ปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารลดน้อยลงด้วย



ภาพที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ของการนำความร้อนของวัสดุและความหนาแน่นของวัสดุ

ที่มา : Naren K.Gerd Hauser and Gernot Minke , 1994 : 38

ค่าความจุความร้อนของวัสดุ (Heat Capacity)

การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร พลังงานความร้อนที่พื้นผิวผนังได้รับไม่ได้ทำให้อุณหภูมิของวัสดุเพิ่มขึ้นทันทีทันใด ทั้งนี้เนื่องมาจากวัสดุมีค่าความจุความร้อน ดังนั้นวัสดุที่แตกต่างกันค่าความจุความร้อนจึงแตกต่างกันด้วย

ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (Specific heat) คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุหนัก 1 หน่วย มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศา มีหน่วยเป็น kcal/m³°C สำหรับกรณี que คิดค่าความจุความร้อนของวัสดุในหน่วยปริมาตร (C_v) จะมีหน่วยเป็น kcal/m²°C สำหรับการคิดค่าความจุความร้อนของผนัง (C_w)

การคำนวณหาค่าความจุความร้อน (Heat Capacity) ของวัสดุ เพื่อทราบปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาทุก 1 หน่วยปริมาตร คำนวณได้จากสมการ

$$C = p \cdot c \quad ; p = m/v$$

โดย

C ค่าความจุความร้อนของวัสดุ Btu/ft³·°F เทียบกับระบบเมตริกคือ kcal/m²°C หรือ kcal/m³°C

P ความหนาแน่นของวัสดุ lb/ft³ เทียบกับระบบเมตริกคือ kg/m² หรือ kg/m³

c ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ Btu/lb.°F เทียบกับระบบเมตริกคือ kcal/kg °C

m มวลของวัสดุ lb เทียบกับระบบเมตริกคือ kg

v ปริมาตรของวัสดุ ft³ เทียบกับระบบเมตริกคือ m² หรือ m³

การคำนวณหาปริมาณความร้อนในการเปลี่ยนอุณหภูมิของวัสดุ คำนวณได้จากสมการ

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

โดย

Q	อัตราการถ่ายเทความร้อน	w
m	มวลของวัสดุ	kg
c	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ	kcal /kg °C
ΔT	ผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่ต้องการ	°C

จากสมการเมื่อพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องพบว่า m, c มวลสาร และค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน

การหน่วงเวลาหรือการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Leg)

วัสดุที่มีมวลสารมากจะมีค่าหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยกว่า แต่ในสภาพการใช้งานจริง การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ และที่สำคัญคือปริมาณความร้อนที่มากพอที่จะทำให้วัสดุในแต่ละชั้นร้อนขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว (Fill up the heat Capacity) ก่อนที่จะถ่ายเทออกไปซึ่งจะมีระยะเวลาที่แตกต่างกันออกไป

2.3 รูปแบบของแผงบังแดดภายนอกอาคารที่สัมพันธ์กับทิศทางของอาคาร เป็นขั้นตอนการศึกษา

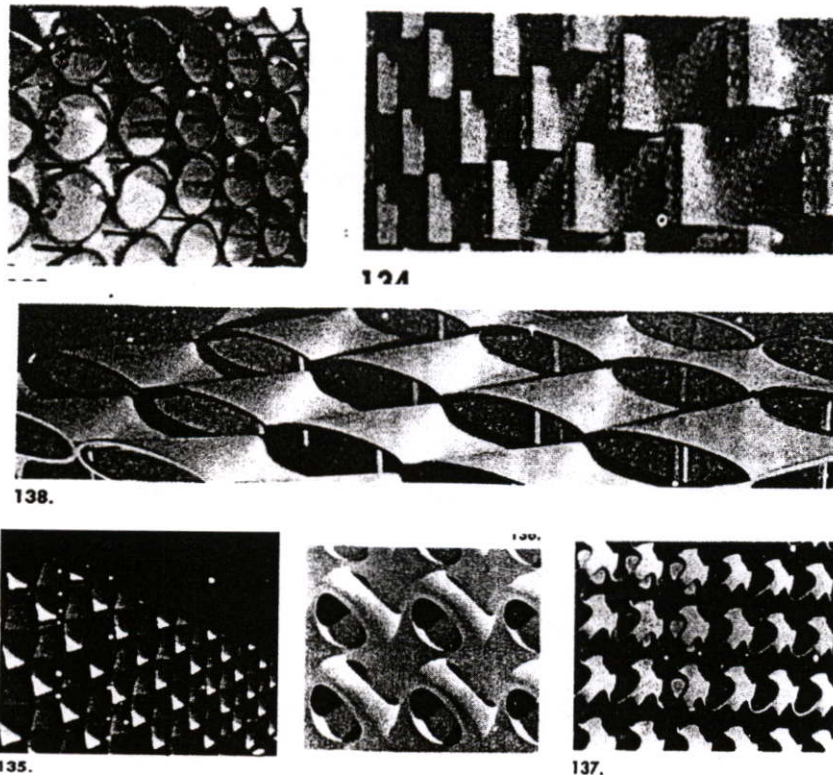
รูปแบบการทดลองเพื่อวัดผลกระทบที่มีต่อผนังอาคารซึ่ง แบ่งเป็น 2 ประเภท

- แผงบังแดดเพื่อส่วนของช่องเปิดอาคาร
- แผงบังแดดเพื่อส่วนของผนังอาคาร(ผนังทึบ)

ในการวิจัยนี้จะเน้นเฉพาะในส่วนของแผงบังแดดสำหรับผนังอาคารทึบโดยแบ่งลักษณะแผงบังแดดเป็น 3 ประเภทใหญ่

- อุปกรณ์บังแดดที่สามารถปรับทิศทางได้
- อุปกรณ์บังแดดที่สามารถปรับทิศทางได้อัตโนมัติ
- อุปกรณ์บังแดดที่กำหนดไว้อย่างตายตัว (ทำการทดลอง)

อุปกรณ์บังแดดทั้งหมดนี้ได้ถูกแบ่งตามทิศทางและการใช้งานย่อยๆถูกกำหนดมา ตามทิศทางและลักษณะของผนังอาคาร อุปกรณ์บังแดดถึงจะมีประสิทธิภาพอย่างมาก ตั้งแต่การทำให้มีรูปร่างมันขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนทางเดินของแสงอาทิตย์, โดยการบังแสงในช่วงฤดูร้อน-หนาว จึงจะได้ผล สถานที่, ละติจูด และทิศทาง, ทั้งหมด สนับสนุน ความคิด มีผลกับการสร้างเงาให้กับผนังอาคาร (Shading)



ภาพที่ 2.13 แสดงตัวอย่างแผงบังแดด

การสร้างเงาให้กับผนังอาคารโดยการใช้แผงบังแดด (Shading) สามารถแสดงอิทธิพลนี้มีลักษณะเฉพาะบางช่องว่าง, โดยเพิ่มองค์ประกอบของสถาปัตยกรรมเฉพาะที่ได้ และจิตสำนึกบางท้องถิ่นอย่างแท้จริง วัสดุของอุปกรณ์เป็นฉากที่บังระหว่างผู้ใช้และสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งมีความพยายามอย่างมากที่จะสามารถมองเห็นได้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ หลาย ๆ วัสดุไม่เพียงแต่มีผิวที่ซับซ้อนโดยอื่น ๆ หรือเพิ่มองค์ประกอบของช่องว่าง, และสร้างเอกลักษณ์ในเวลาเดียวกันซึ่งปรากฏโดยเพิ่มการมองเห็นของจังหวะ, แสง, สี และพื้นผิว ส่วนประกอบจะแสดงถึงความ

อิสระของขนาดโดยตรง หรือเพียงแต่ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิต นี่เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งการประกอบที่บังแสงแสดงให้เห็นมี ความแตกต่างออกไป โดยมีลักษณะเฉพาะ และมีหน้าที่ที่แน่นอน ซึ่งขอบเขตของลวดลายจะออกแบบอย่างพื้นฐานของการใช้เฉพาะเหล่านั้น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป็นขั้นตอนการศึกษางานวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบระเบียบวิธีวิจัย

- **วิทยานิพนธ์** “การศึกษา ระบบผนังภายนอกอาคารที่มีผลต่อภาระการปรับอากาศ” โดย นายกิตติพงษ์ เพชรวรภา
- **วิทยานิพนธ์** “การศึกษา แนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารเดิม เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร” โดย นายกัญจน์ พิเชษฐศิลป์
- **วิทยานิพนธ์** “ผลกระทบของสีผนัง และมวลสารภายในต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร”โดย นายพรสวัสดิ์ พิริยะศรัทธา
- **วิทยานิพนธ์** “รูปแบบอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน” โดย กนกวรรณ อุสันโน

วิทยานิพนธ์ “การศึกษา ระบบผนังภายนอกอาคารที่มีผลต่อภาระการปรับอากาศ” โดย นายกิตติพงษ์ เพชรวรภา

วัตถุประสงค์

เป็นการศึกษาคุณสมบัติการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารของวัสดุก่อสร้างผนังภายนอกอาคารเพื่อเป็นแนวทางการเลือกใช้ผนังที่สามารถลดภาระการปรับอากาศ มีความเป็นไปได้ในการก่อสร้างทั้งด้านระบบโครงสร้างและการลงทุน ให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศในประเทศไทย

แนวทางการวิจัย

เริ่มต้นด้วยการจัดกลุ่มผนัง 4 กลุ่มแบ่งค่าตามสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U - Value) และมวลของวัสดุ ผนังทั้ง 4 กลุ่มได้แก่ผนังที่มีค่า U ต่ำมีมวลน้อย, U ต่ำมีมวลมาก, ผนังที่มีค่า U สูงมีมวลน้อย, U สูงมีมวลมาก โดยจะติดตั้งผนังทดสอบ ขนาด 2x2 ตร.ฟุต ลงผนังอาคารทดสอบที่หันหน้าทางทิศใต้ควบคุมอุณหภูมิห้องทดสอบด้วยเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส วัดค่าเปรียบเทียบ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติการป้องกันความร้อน, ความสิ้นเปลืองพลังงานการใช้วัสดุแต่ละประเภท

ผลการวิจัย

สามารถแสดงให้เห็นว่ากลุ่มผนังที่มีค่า U - Value อยู่ระหว่าง 0.10 - 0.20 Btu/Fft².h และมีมวลไม่เกิน 6 ปอนด์ /ตร.ฟุต สามารถลดภาระการปรับอากาศในส่วนของปริมาณความร้อน

ที่ถ่ายเทผ่านผนังภายนอกได้ถึงร้อยละ 60 เมื่อเทียบกับผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว โดยเปรียบเทียบด้วยมูลค่าทางพลังงานที่ต้องใช้ปรับอากาศสำหรับอาคารในประเทศไทย

วิทยานิพนธ์ “การศึกษา แนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารเดิม เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร” โดย นายกัญจน์ พิเชษฐศิลป์

วัตถุประสงค์

เนื่องจากผนังเป็นส่วนหนึ่งของเปลือกอาคารที่ได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในอาคาร ดังนั้นในงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงผนังอาคารเดิมจึงนำเอาฉนวนกันความร้อนมาร่วมใช้กับผนังอาคาร

แนวทางการวิจัย

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน 1) ทำการเลือกความหนาฉนวนกันความร้อนตั้งแต่ 1-3 นิ้ว ที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงอาคารปรับอากาศทั้ง 4 ทิศ เหนือ ได้ ตะวันออก ตะวันตก 2) ทำการเลือกรูปแบบที่เป็นไปได้ในการใช้งานระหว่างการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายใน และภายนอกอาคาร ผลการวิจัยพบว่า 1) การติดตั้งฉนวนกันความร้อนสามารถลดค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดและต่ำสุดของวันลงได้ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยต่อวันค่อนข้างคงที่ (การติดตั้งฉนวนหนา 3 นิ้วมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวันคงที่มากที่สุด) ในส่วนของปริมาณความร้อนพบว่าการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่มีความหนา 1-3 นิ้วทั้งภายในและภายนอก สามารถลดปริมาณความร้อนจากผนังเดิมลงได้ 75% , 85% , 90% ตามลำดับหลังจากนั้นพิจารณาระยะเวลาคืนทุนซึ่งพบว่า ติดตั้งฉนวนกันความร้อนทั้ง 4 ทิศทางมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ 3.5 ปี 2) การติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอาคารมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานกับอาคารที่มีการปรับอากาศในช่วงเวลาต่างๆ กันมากกว่าการติดตั้งฉนวนกันความร้อนจากภายใน เนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดและต่ำสุดมีค่าน้อย มีระยะเวลาหน่วยความร้อนที่ยาวกว่าส่งผลให้ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านมาลดลง และสามารถป้องกันความชื้น

ผลการวิจัย

สรุปได้ว่าการปรับปรุงผนังอาคารที่มีการปรับอากาศภายในโดยใช้ฉนวนกันความร้อนสามารถทำได้โดยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่มีความหนา 3 นิ้ว ภายนอกอาคารทั้ง 4 ทิศ เพื่อลดปัญหาเรื่องของปริมาณความร้อน การควบแน่นในผนัง และการเกิดสะพานความร้อน ลดภาระเครื่องปรับอากาศ และสามารถใช้กับผนังอื่นๆ ได้

วิทยานิพนธ์ “ผลกระทบของสีผนัง และมวลสารภายในต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร” โดย นายพรสวัสดิ์ พิริยะศรัทธา

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อ พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนัง และศึกษาผลกระทบของมวลสารภายในที่มีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังสีเข้ม และอ่อน

ดำเนินการทดลอง

กระทำการวิจัยโดยการทดลอง วัสดุทดสอบประกอบด้วย :

ผนังมวลสารมาก ผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 4 นิ้ว และ 8 นิ้ว

ผนังมวลสารน้อย ผนังโพนโพลีสไตรีน หนา 2 นิ้ว และ 4 นิ้ว

สีทาภายนอกอาคาร สีดำ เป็นตัวแทนสีเข้ม และสีขาวเป็นตัวแทนสีอ่อน

โดยหันวัสดุทดสอบไปทางทิศใต้เพื่อให้ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากรังสีดวงอาทิตย์ยาวนานที่สุด

ผลการวิจัย

พบว่าสีเข้ม และสีอ่อนของผนังจะมีอิทธิพลลดน้อยลงเมื่อใช้ผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ โดยผนังที่มีสีเข้ม และสีอ่อนจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมงใกล้เคียงกัน สำหรับผนังที่มีมวลสารน้อยจะมีค่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยแตกต่างกันประมาณ 1 องศาเซลเซียส และผนังที่มีมวลสารมากจะมีค่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยแตกต่างกันประมาณ 5 องศาเซลเซียส

ผนังที่มีมวลสารมากจะช่วยลดความรุนแรงของการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าผนังมวลสารน้อย ประมาณ 3 องศาเซลเซียส

มวลสารภายในช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายในได้ โดยในช่วงกลางวันสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในสำหรับผนังสีเข้ม ประมาณ 8 องศาเซลเซียส และ 5 องศาเซลเซียสสำหรับผนังสีอ่อน ในช่วงกลางคืนผนังที่มีมวลสารมากส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในสูงขึ้นประมาณ 5 องศาเซลเซียสสำหรับผนังสีเข้ม และ ประมาณ 4 องศาเซลเซียสสำหรับผนังสีอ่อน

วิทยานิพนธ์ “รูปแบบอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน” โดย กนกวรรณ อุสันโน

วัตถุประสงค์

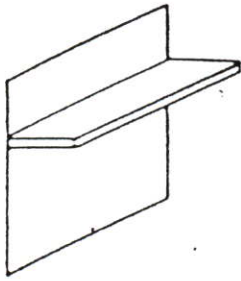
การศึกษารูปแบบที่เหมาะสมของอาคารเรียนที่มีการปรับอากาศเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคารและให้แสงสว่างสามารถใช้งานในห้องเรียนได้อย่างเพียงพอ

แนวทางการวิจัย

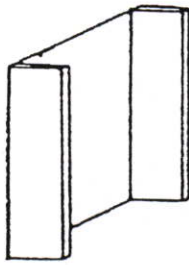
แยกการวิจัยแบ่งออกเป็น ช่องเปิดที่หันไปทางทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ทำการศึกษาปริมาณการส่องสว่างและการกระจายแสงภายในห้องเรียนที่มีอุปกรณ์บังแดดรูปแบบมาตรฐานเป็นตัวแทนของรูปแบบที่ใช้กันทั่วไป 12 รูปแบบ เปรียบเทียบกับห้องเรียนขนาดเดียวกันที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด รวมเป็น 13รูปแบบ แบ่งเป็นรูปแบบแนวนอน และแนวตั้ง และแนวนอนประกอบด้วยแนวตั้ง ที่มีความกว้าง ระยะ ที่แตกต่างกัน โดยการวิจัยที่หุ่นจำลองใน Skydome ให้อยู่ในสภาพท้องฟ้าแจ่มใสกำหนดตำแหน่งของดวงไฟให้อยู่ตำแหน่งเดียวกับดวงอาทิตย์ในทิศทางต่างๆ คือ วันที่ 21 มีนาคม, 22 มิถุนายน, 23 กันยายน, 22 ธันวาคม ทดสอบระหว่างเวลาเรียนคือ 8:00-16:00 น. เพื่อการศึกษาระดับการส่องสว่างและคำนวณค่าการใช้พลังงานของแสงประดิษฐ์และภาวะทำความเย็น

ผลการวิจัย

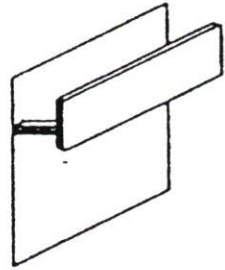
รูปแบบของอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับช่องเปิดแต่ละทิศมีความแตกต่างกัน ช่องเปิดของอาคารทางด้านทิศเหนือซึ่งได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์น้อยมาก การใช้อุปกรณ์บังแดดในแนวนอนกับช่องเปิดกระจกใส จะมีค่าการใช้พลังงานรวมอันเนื่องจากการใช้แสงประดิษฐ์และภาวะการทำความเย็น ใกล้เคียงกับอาคารที่ไม่มีช่องเปิดและอาศัยเพียงความสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ และรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับช่องเปิดทางด้านทิศเหนือคือ การใช้กระจก High Performance ที่มีค่าCoolness Index สูง(ปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านกระจก / สัมประสิทธิ์การบังเงาของกระจก) ซึ่งจะมีค่าการใช้พลังงานรวมเพียง 60% เมื่อเทียบกับอาคารที่ไม่มีช่องเปิดที่อาศัยความสว่างเพียงจากแสงประดิษฐ์ สำหรับช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก และทิศตะวันตกซึ่งได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีโดยตรงสูงมากการใช้อุปกรณ์บังแดดกับกระจกใส รูปแบบที่เหมาะสมที่สุดคือการใช้กระจกที่มีค่ากระจก High Performance ที่มีค่าCoolness Index สูงควบคู่กับการใช้บังแดดในรูปแนวนอนประกอบด้วยแนวตั้ง ช่องเปิดทางด้านทิศใต้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุดจะเป็นลักษณะเดียวกับทางทิศตะวันออก ตะวันตก คือการใช้กระจกที่มีค่ากระจก High Performance ที่มีค่าCoolness Index สูง ควบคู่กับการใช้บังแดดแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งจะใช้พลังงานรวมเพียง 60% เมื่อเทียบกับอาคารที่ไม่มีช่องเปิด



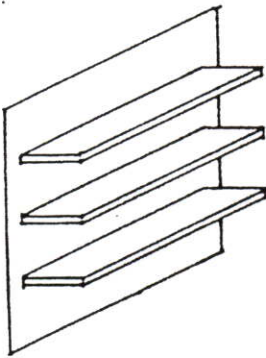
Overhang
Horizontal panel



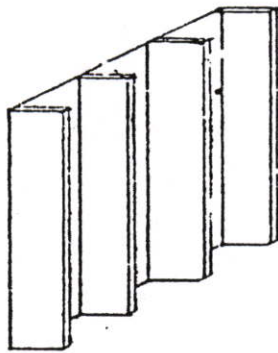
Vertical panel



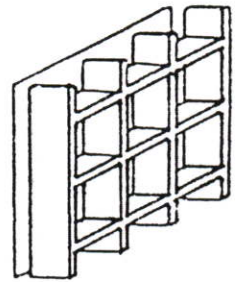
Overhang
Vertical panel



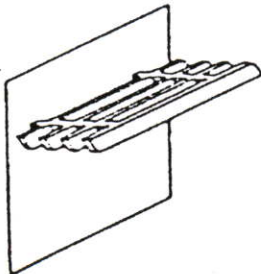
Horizontal fins



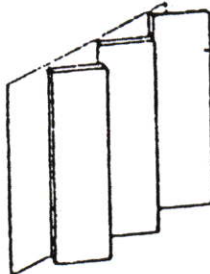
Vertical fins



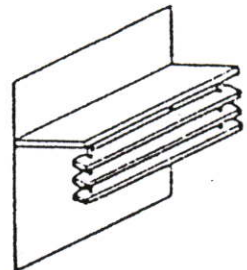
Eggcrate



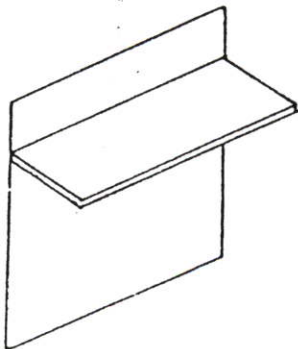
Overhang
Horizontal louvers in
horizontal plane



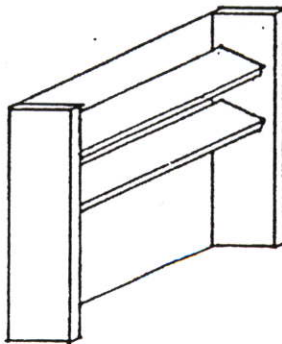
Vertical fin
slanted



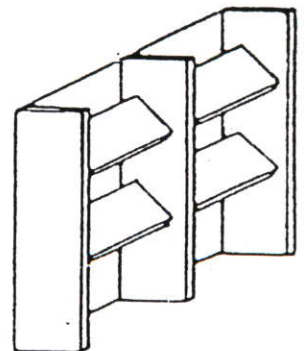
Overhang
Horizontal louvers in
vertical plane



Slanted Overhang



Vertical panel with
slanted fins



Vertical fins with
slanted fins

ภาพที่ 2.14 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์บังแดด (Fixed Shading Devices)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาตัวแปร และอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการออกแบบแผงบังแดด เพื่อติดตั้งภายนอกอาคาร

ศึกษาตัวแปรและอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการออกแบบการติดตั้งแผงบังแดดไม่เทียมกับอาคารปรับอากาศ เพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารสำนักงานที่มีระยะเวลาการใช้งานส่วนใหญ่อยู่ในช่วงการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะศึกษาพนักงาน่ออิฐฉาบปูน ในด้านทิศตะวันตก

3.1.1 ขั้นตอนเตรียมการวิจัย

การตั้งข้อสมมุติฐานการวิจัย

เนื่องจากวิจัยนี้เป็นการวิจัยในระบบปรับอากาศ ซึ่งไม่มีการระบายอากาศจากภายนอกมาใช้ ภาวะการปรับอากาศจึงขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังเข้ามาสู่อาคาร ในการทดสอบหาค่าปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร เพื่อการเปรียบเทียบจึงจำเป็นต้องจัดให้ผนังทดสอบอยู่ในสภาวะเดียวกันโดยสร้างห้องทดลองอุณหภูมิให้คงที่ มีปัจจัยจากสมมุติฐานดังนี้

1. การติดตั้งแผงบังแดดเพื่อสร้างเงาให้กับผนังอาคารสามารถช่วยลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารได้
2. แผงบังแดดไม่เทียมที่ติดตั้งกับผนังอาคาร ในระยะที่แตกต่างกันเมื่อไม่มีการระบายอากาศระหว่างผนัง มีการรับปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารซึ่งสัมพันธ์กับรังสีความร้อนที่เข้าสู่ผนังอาคารที่แตกต่างกัน
3. การติดตั้งผนังแผงบังแดดไม่เทียม เมื่อมีระบายอากาศระหว่างผนังช่วยลดผลกระทบของปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารได้มากกว่าเมื่อระหว่างผนังกับแผงบังแดดไม่มีระบายอากาศ
4. การติดตั้งผนังบังแดดไม่เทียม ที่ระยะที่มากขึ้นเมื่อมีการระบายอากาศระหว่างผนังมีผลกระทบของปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารลดลง
5. การระบายอากาศเพิ่มในส่วนของแผงบังแดดที่มีขนาดเกล็ดแตกต่างกันในระยะห่างจากผนังเดียวกันมีผลกระทบของปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารที่ลดลง
6. ผนังแผงบังแดดที่มีรูปแบบเกล็ดที่องศาแตกต่างกันในขณะที่การระบายอากาศระหว่างผนังเท่ากันที่ระยะเดียวกันมีผลกระทบของปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารที่ลดลงเมื่อมุมกระทบโดยตรงกับรังสีดวงอาทิตย์ลดลง

ตัวแปรที่ต้องการศึกษาเป็นตัวแปรที่ต้องการทราบผลต่อข้อสมมุติฐานที่ตั้งไว้ และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม	
ตัวแปรตาม	เป็นตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูล เพื่อการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นผลจากการทดลองตัวแปรศึกษา
ตัวแปรควบคุม	<ul style="list-style-type: none"> - ขนาดและวัสดุของฉนวนบุห้องทดลอง - ทิศทางการทดลองที่ทิศเดียวกัน ในที่นี้ผู้ทำการทดลองทดลองในทิศทิศตะวันตก - เวลาในการทดลอง - สถานที่ของการทดลอง - เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง - แผงไม้เทียม ที่ขนาด และ ชนิดเดียวกัน

3.1.2 การเตรียมชุดทดลอง

การเตรียมห้องการทดลองในขั้นตอนที่ 1

สถานที่ เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร

ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 15 มีนาคม – 5 พฤษภาคม พ.ศ.2549

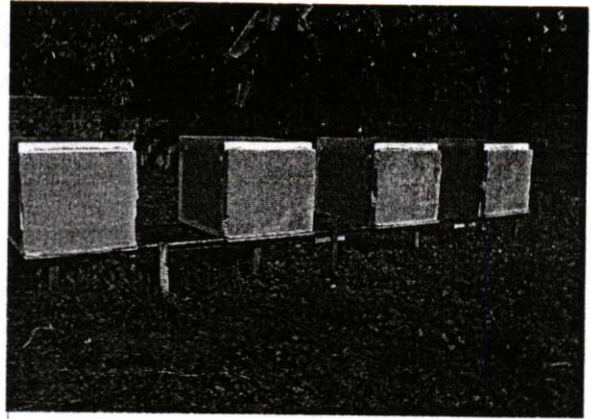
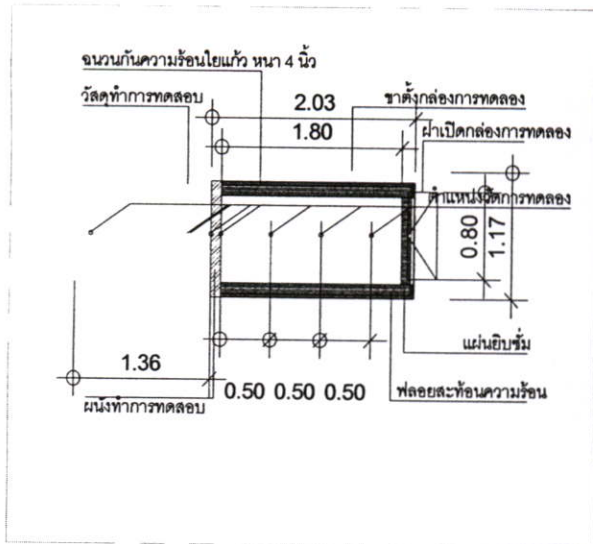
ลักษณะการเก็บข้อมูล เก็บข้อมูลโดยการอ่านค่าอุณหภูมิของจุดวัดอุณหภูมิในแต่ละจุดที่กำหนดไว้ในแต่ละกล่องการทดลองมีหน่วยเป็น °C

เพื่อให้การวัดอุณหภูมิและการแผ่รังสีเพื่อเปรียบเทียบเป็นไปอย่างเที่ยงตรงจึงต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ และเครื่องมือดังนี้

- ห้องทดสอบควบคุมอุณหภูมิ
- เครื่องมือวัดอุณหภูมิ และการติดตั้งเครื่องมือ
- เซ็มทิศ

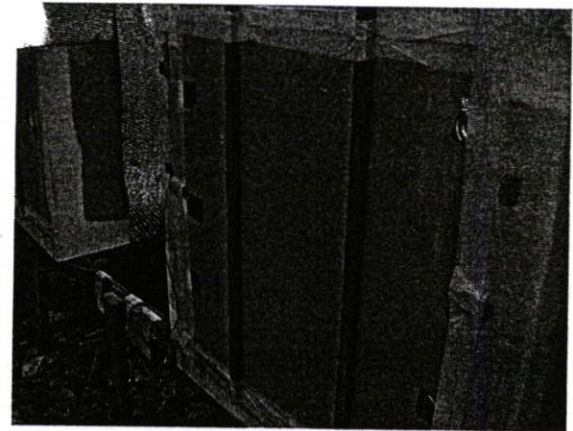
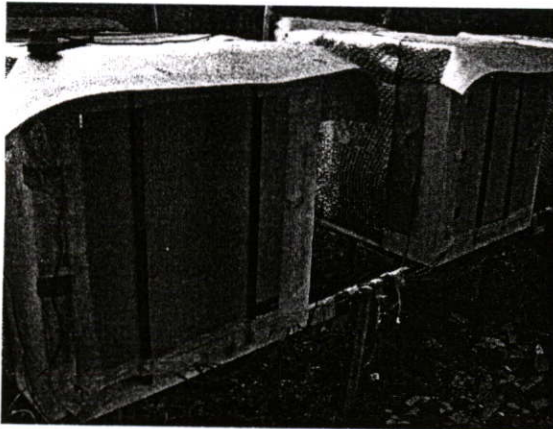
ห้องทดสอบควบคุมอุณหภูมิ

เนื่องจากการทดสอบในสภาพจำลอง ทำการวัดในทิศตะวันตก เพื่อความสะดวกจึงทำห้องทดสอบเป็นลักษณะกล่องทดลอง มีขนาด 0.90 x 1.00 x 0.90 เมตร มีปริมาตรภายใน 0.81 ลูกบาศก์เมตร เท่าๆ กันจำนวน 4 ชุด ในส่วนของผนังก่ออิฐฉาบปูน



ภาพที่ 3.1 แสดงกล่องทดลอง

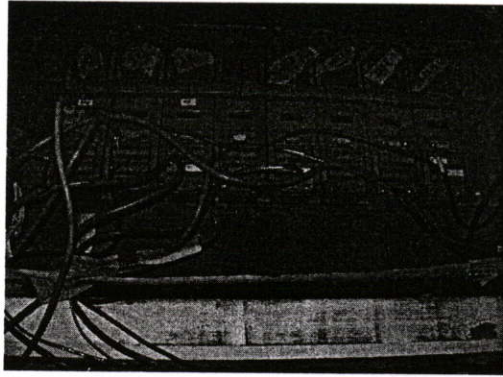
ควบคุมอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกที่ไม่ใช่ทิศทางทดสอบโดยติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่มีฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้วใช้วัสดุอุดรอยต่อเพื่อป้องกันการรั่วของอากาศโดยรอบ และส่วนด้านบนของกล่องทดลองติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน เพื่อป้องกันความร้อนที่เข้าจากด้านบนซึ่งจะมีผลกระทบมาก



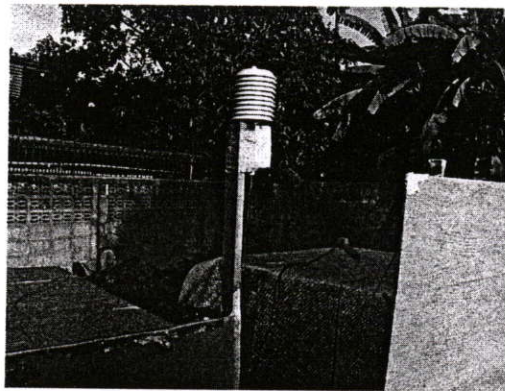
ภาพที่ 3.2 แสดงการปิดรอยต่อของกล่องทดลอง

เครื่องมือการทดลอง และการติดตั้งอุปกรณ์ทดลอง

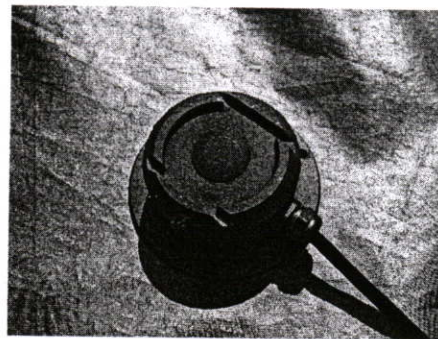
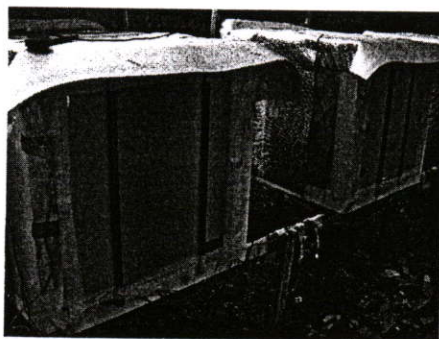
เครื่องมือวัดอุณหภูมิใช้เครื่อง Opus รุ่น 200 ติดตั้งพร้อมสาย Thermocouple K ตามรูป



ภาพที่ 3.3 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิใช้เครื่อง Opus รุ่น 200



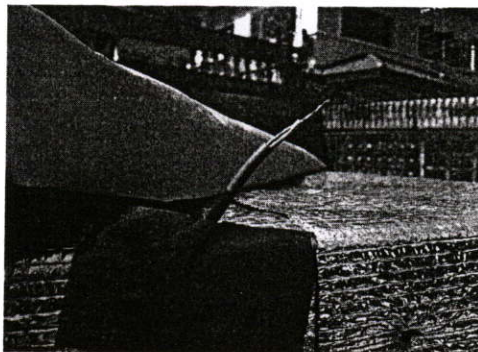
ภาพที่ 3.4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิความชื้นสภาพอากาศ ใช้เครื่อง Universal use ตามรูป



ภาพที่ 3.5 เครื่องมือวัดการแผ่รังสี ใช้เครื่อง Pyranometer ตามรูป

เนื่องจากสาย Thermocouple ที่ใช้ติดตั้งในการวัดอุณหภูมิ อาจขึ้นสนิมซึ่งเกิดจากสภาพอากาศระหว่างการทดลองทำให้ผลการทดลองผิดพลาดได้ ผู้วิจัยจึงได้ติดตั้งสายเปลือยเพื่อเช็ค

สภาพของสายเปรียบเทียบกับผลการทดลองว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ไว้ภายนอกกล่องทดลอง ซึ่งเวลาทำการทดลองไม่สามารถเปิดกล่องทดลองได้ ตามรูป



ภาพที่ 3.6 แสดงสาย Thermocouple

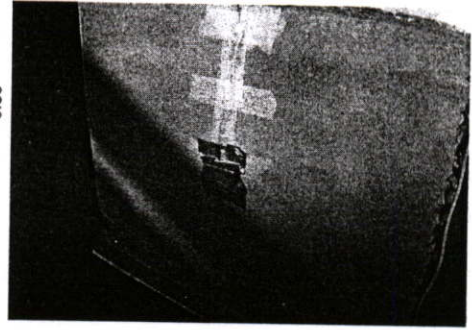
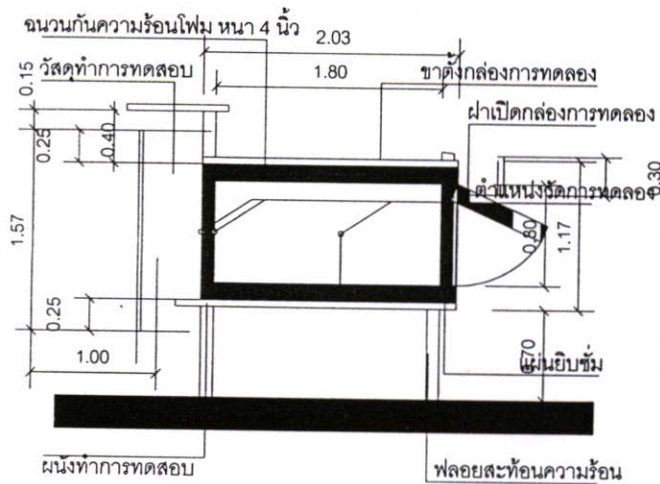
ตำแหน่งการติดตั้ง

มีการติดตั้งเพื่อเก็บผลการทดลองใน 3 ตำแหน่งของแต่ละกล่องการทดลองดังนี้

- พื้นผิวผนังภายนอก เพื่อวัดอุณหภูมิภายนอกซึ่งเป็นส่วนที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากปริมาณความร้อนต่างๆ ภายนอกกล่องทดลอง
- พื้นผิวผนังภายใน เพื่อวัดอุณหภูมิภายในซึ่งเป็นส่วนที่ได้รับผลกระทบจากปริมาณความร้อนที่ส่งจากภายนอกกล่องทดลอง
- อากาศกึ่งกลางกล่อง เพื่อวัดอุณหภูมิอากาศในจุดกลางกล่องซึ่งเป็นการจำลองอุณหภูมิการใช้งานจริงภายในอาคาร

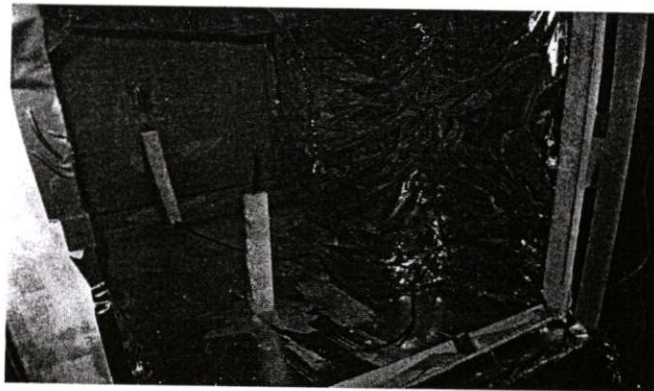
วิธีการติดตั้ง

การวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งพื้นผิวผนังภายนอก ตำแหน่งที่จะติดตั้งจุดปลายของสายวัดต้องอยู่ในจุดที่ไม่ถูกแสงแดดโดยตรงหรือใกล้กับวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าอากาศทั่วไป เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนของผลที่ได้จากการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับสภาพแวดล้อมทั่วไป



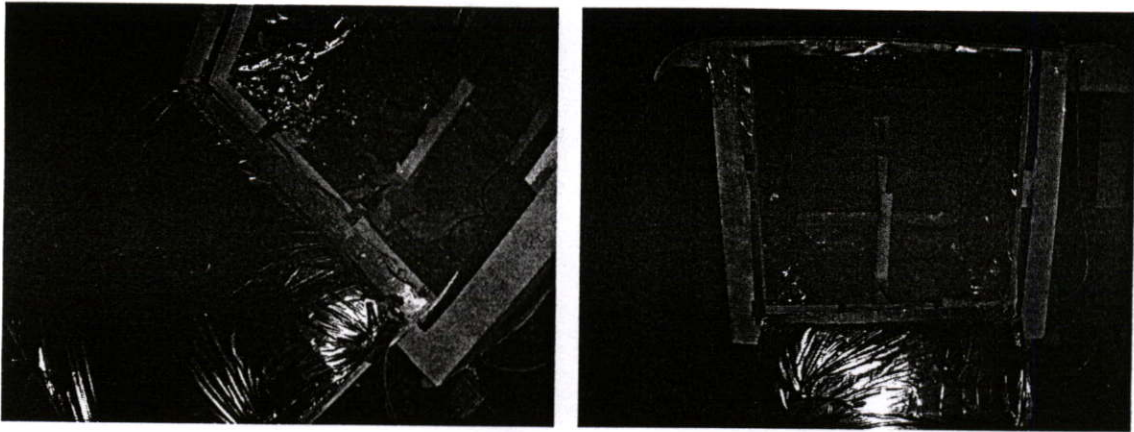
ภาพที่ 3.7 แสดงการติดตั้งสาย Thermocouple ที่พื้นผิวภายนอกกล่องทดลอง

- การวัดอุณหภูมิภายใน วัดจากจุดกึ่งกลางอยู่ที่ระยะ พื้นผิวผนัง และกึ่งกลางกล่องทดลอง 0.50 เมตร ตามลำดับ



ภาพที่ 3.8 แสดงการติดตั้งสาย Thermocouple ภายในกล่องทดลอง

- การวัดอุณหภูมิผิวผนังทดสอบ การวัดอุณหภูมิผิวผนังทดสอบต้องมีนวนบางๆหุ้มที่ปลายสายเพื่อป้องกันความร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิของอากาศ และไม่มีขนาดใหญ่เกินไปเพื่อให้ความร้อนที่ผิวโดยรอบสามารถถ่ายเทให้กับปลายสายวัด
- การเก็บข้อมูลอากาศภายในกล่องทดลอง ที่ปลายสายต้องไม่สัมผัสกับพื้นผิวใดๆ ภายในกล่องทดลองที่สามารถถ่ายเทความร้อนเข้าสู่การเก็บข้อมูลได้
- การวัดปริมาณรังสีตกกระทบ ที่ปลายสายวัดจะเป็นตัววัดที่มี (sensor) ชนิดพิเศษใช้วัดปริมาณรังสีที่ตกกระทบโดยจะต้องติดตั้งที่แนวเดียวกับผนัง คือแนวตั้ง และไม่ให้เกิดเงาที่จุดวัดซึ่งสามารถทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้



ภาพที่ 3.9 แสดงการติดตั้งสาย Thermocouple กลางกล่องทดลอง

- การเก็บอุณหภูมิอากาศใช้เครื่อง Universal use ติดตั้งโดยไม่อยู่ใกล้วัตถุหรือสิ่งก่อสร้างที่จะทำให้มีผลกระทบจากการแผ่รังสีความร้อน

นำกล่องทดลองวางทิศตะวันตกเป็นซุดๆ ทำการเก็บข้อมูลในส่วนของชั้นที่ 1 เป็นเวลา 3 วันในแต่ละซุด โดยในแต่ละวันทำการวัด 24 ชั่วโมงใน 1 วัน เก็บข้อมูลชั่วโมงละ 6 ครั้งเฉลี่ยครั้งละ 10 นาที ในแต่ละซุดการทดลอง

นำข้อมูลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบโดยทำเป็นกราฟเส้น และกราฟแผนภูมิแท่ง เมื่อเปรียบเทียบผลต่างเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ

3.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

จากสมมติฐานการวิจัยในข้อ 3.1.1 นำมาออกแบบซุดทดลองและรายละเอียดขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังนี้

3.2.1 การทดลองที่ 1

วัตถุประสงค์

ศึกษาการผลกระทบของปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านเข้าสู่ผนังอาคาร จากติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม และผนังก่ออิฐฉาบปูนเปล้า

ซึ่งจะเปรียบเทียบโดยการให้ร่มเงากับผนังเมื่อมีการควบคุมไม่ให้เกิดการระบายอากาศระหว่างแผงวัสดุที่ใช้ทดลองกับผนังกล่องทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบจากปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดนำไปสู่การปรับปรุงและแก้ปัญหาในขั้นตอนต่อไป

สมมติฐาน

การติดตั้งแผงบังแดดเพื่อสร้างเงาให้กับผนังอาคารสามารถช่วยลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคาร ดีกว่าผนังอาคารที่ไม่ได้ติดตั้งแผงบังแดด

ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

- ผลกระทบด้านปริมาณความร้อนกับผนังกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งแผงบังแดด
- ผลกระทบด้านปริมาณความร้อนกับผนังกล่องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดไม่เทียมหนา

10 มิลลิเมตร

ตัวแปรควบคุม

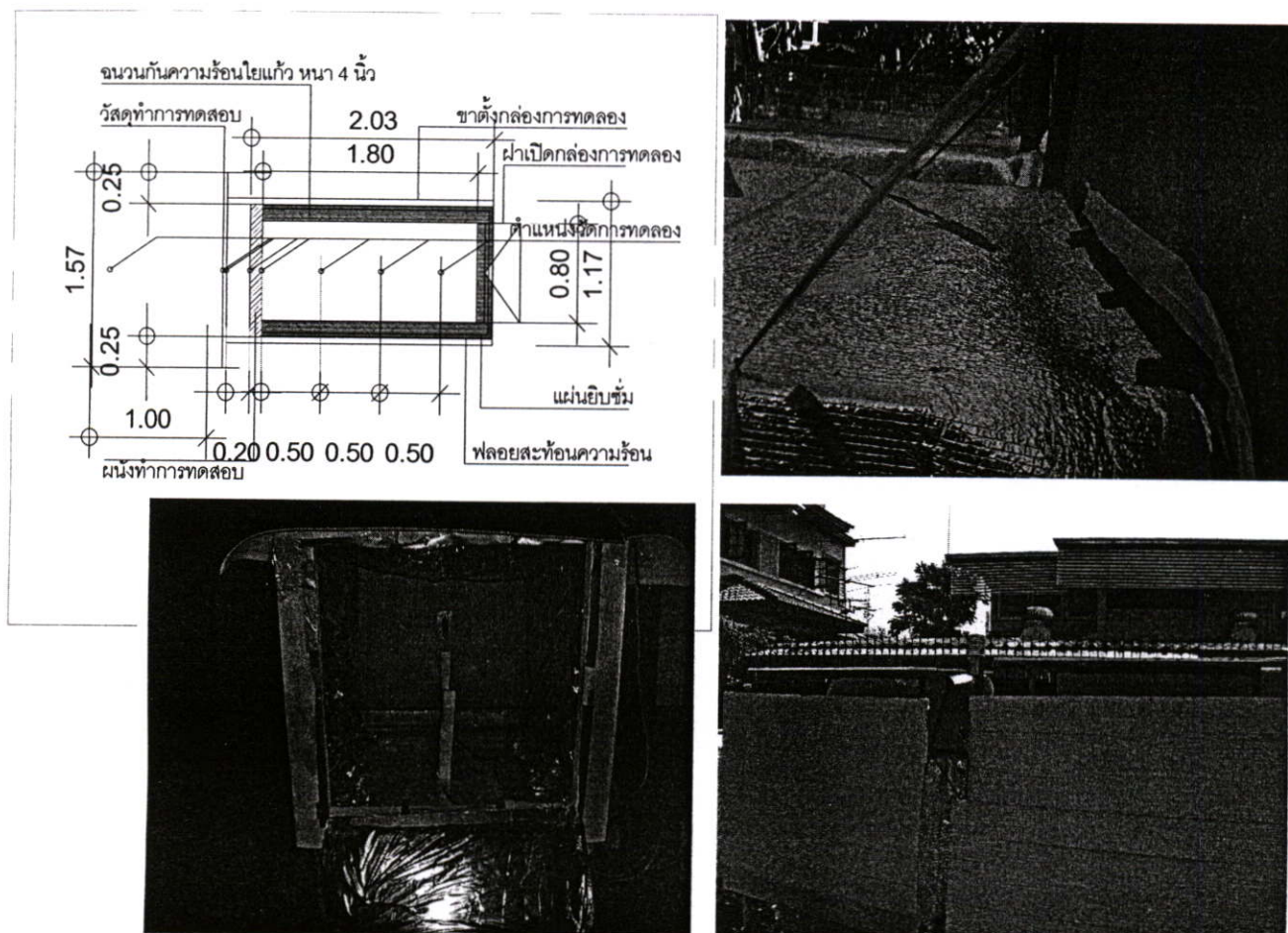
- กล่องทดลอง ขนาด $0.90 \times 1.00 \times 0.90$ เมตร มีปริมาตรภายใน 0.810 ลูกบาศก์เมตร และวัสดุของฉนวนบุห้องทดลอง
- ขนาดของวัสดุทดลอง ขนาด 1.2×1.2 เมตร
- ทิศทางการทดลองที่ทิศเดียวกัน ในที่นี้ผู้ทำการทดลองทดลองในทิศทิศตะวันตก
- เวลาในการทดลอง
- สถานที่ของการทดลอง
- ระยะการติดตั้งแผงบังเบา ห่าง 20 เซนติเมตรจากผนังกล่องทดลอง
- ปิดการระบายอากาศโดยรอบระหว่างแผงบังแดดกับผนังกล่องทดลอง

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ชุดทดลองนี้มีกล่องทดสอบจำนวน 2 กล่อง ทำการเก็บข้อมูลตลอดช่วง 24 ชั่วโมง เก็บข้อมูลชั่วโมงละ 6 ครั้ง ห่างเฉลี่ยครั้งละ 10 นาที ทั้ง 3 จุดการเก็บผลทดลองดังนี้

กล่องทดสอบที่ 1 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนไม่ติดตั้งแผงแดด

กล่องทดสอบที่ 2 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนไม่ติดตั้งแผงบังแดดไม่เทียม



ภาพที่ 3.10 แสดงการเตรียมการทดลอง 3.2.1.1

3.2.2 การทดลองที่ 2

ศึกษาความสัมพันธ์จากผลกระทบด้านปริมาณความร้อนทั้งหมดตามทฤษฎีในบทที่ 2 เมื่อมีการติดตั้งแผงบังแดดระยะที่แตกต่างกันเพื่อหาค่าระยะห่างที่เหมาะสมในการถ่ายเทการแผ่รังสีจากวัสดุมาสู่ผนังทดลองเพื่อตัดแปลงมาเป็นแผงบังแดดสำหรับผนังอาคารภายนอกอาคาร เมื่อมีการควบคุมการระบายอากาศ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการติดตั้งแผงบังแดดไม่เทียบกับผนังอาคาร ในระยะที่แตกต่างกัน เมื่อไม่มีการระบายอากาศระหว่างผนัง เพื่อหาระยะที่เหมาะสมและปัจจัยต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับรังสีความร้อนที่เข้าสู่ผนังอาคาร

สมมุติฐาน

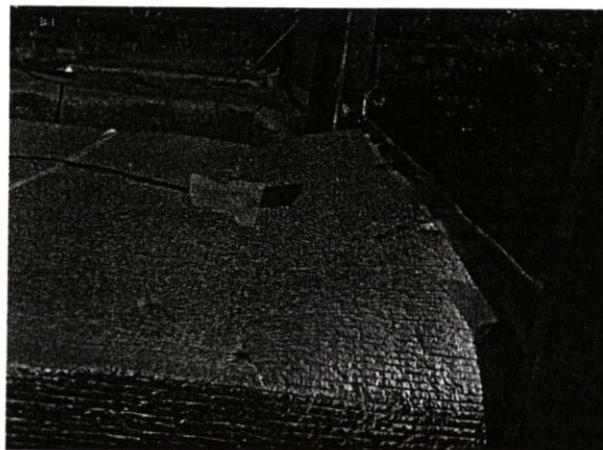
แผงบังแดดไม้เทียมที่ติดตั้งกับผนังอาคาร ในระยะที่แตกต่างกันเมื่อไม่มีการระบายอากาศระหว่างผนัง มีการรับปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารซึ่งสัมพันธ์กับรังสีความร้อนที่เข้าสู่ผนังอาคารที่แตกต่างกัน

ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

- ห่าง 20 เซนติเมตร
- ห่าง 30 เซนติเมตร
- ห่าง 40 เซนติเมตร
- ห่าง 50 เซนติเมตร

ตัวแปรควบคุม

- ขนาดและวัสดุของฉนวนบุห้องทดลอง
- ทิศทางการทดลองที่ทิศเดียวกัน ในที่นี้ผู้ทำการทดลองทดลองในทิศทิศตะวันตก
- เวลาในการทดลอง
- สถานที่ของการทดลอง
- วัสดุผนังเบาที่ทำการทดลอง
- ไม่มีการระบายอากาศระหว่างผนังการทดลอง



ภาพที่ 3.11 แสดงการปิดรอยต่อระหว่างแผงวัสดุผนังเบากับกล่องการทดลอง เพื่อควบคุมการระบายอากาศ

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ชุดทดลองนี้มีกล่องทดสอบจำนวน 4 กล่อง ดังนี้

กล่องทดสอบที่ 1 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนไม่ติดตั้งแผงบังแดด

กล่องทดสอบที่ 2 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม

กล่องทดสอบที่ 3 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม

กล่องทดสอบที่ 4 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม

ทำการเก็บข้อมูลตลอดช่วง 24 ชั่วโมง เก็บข้อมูลชั่วโมงละ 6 ครั้งเพื่อสรุปหาระยะที่เหมาะสมกับผลกระทบปริมาณความร้อนสู่ผนังกล่องทดลอง

3.2.3 การทดลองที่ 3

วัตถุประสงค์

เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่มีผลกระทบกับผนังกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมภายนอกอาคาร เมื่อมีการระบายอากาศระหว่างผนัง และไม่มีมีการระบายอากาศระหว่างผนัง

สมมุติฐาน

เมื่อมีการระบายอากาศระหว่างผนังแผงบังแดดกับผนังกล่องทดลอง ส่งผลให้ผลกระทบด้านปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ผนังกล่องทดลองลดลงเมื่อเทียบกับกล่องทดลองที่ไม่สามารถระบายอากาศได้ที่ระยะห่างเท่ากัน

ตัวแปรตัวแปรที่ต้องการศึกษา

- ไม้เทียมหนา 10 มิลลิเมตร
- ระบบปิดไม่ระบายอากาศระหว่างผนัง
- ระบบเปิดระบายอากาศระหว่างผนัง

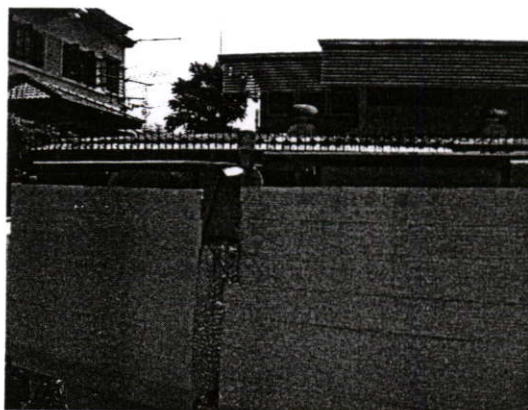
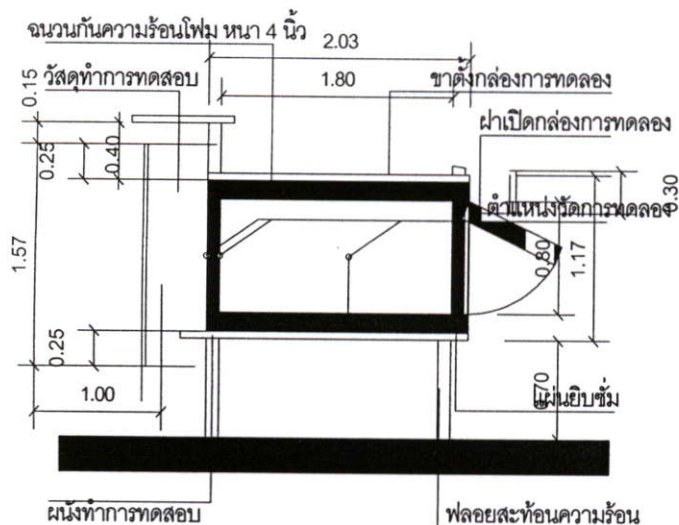
ตัวแปรควบคุม

- กล่องทดลอง ขนาด 0.90 x 1.00 x 0.90 เมตร มีปริมาตรภายใน 0.810 ลูกบาศก์เมตร และวัสดุของฉนวนบุห้องทดลอง
- ขนาดของวัสดุทดลอง ขนาด 1.2 X 1.2 เมตร
- ทิศทางการทดลองที่ทิศเดียวกัน ในที่นี้ผู้ทำการทดลองทดลองในทิศทิศตะวันตก
- เวลาในการทดลอง
- สถานที่ของการทดลอง
- ระยะการติดตั้งแผงบังแดด ห่าง 20 เซนติเมตรจากผนังกล่องทดลอง

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

กล่องทดสอบที่ 1 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมระบายอากาศระหว่างผนัง

กล่องทดสอบที่ 2 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมไม่ระบายอากาศระหว่างผนัง



ภาพที่ 3.12 แสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมเพื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบการระบายอากาศ

นำกล่องทดลองวางทิศตะวันตกเป็นซูดๆ ทำการเก็บข้อมูลตลอดช่วง 24 ชั่วโมง เก็บข้อมูลชั่วโมงละ 6 ครั้งห่างเฉลี่ยครั้งละ 10 นาที ทั้ง 3 จุดการเก็บผลทดลองสรุปผลเพื่อนำมาทดสอบในขั้นตอนที่ 3.2.4 ต่อไป

3.2.4 การทดลองที่ 4

เปรียบเทียบการแผ่รังสีความร้อนที่มีผลกระทบจากแผงบังแดดเมื่อสามารถระบายอากาศได้ในระยะห่างจากผนังกล่องทดลองที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์

ศึกษาการแผ่รังสีความร้อนและการถ่ายเทความร้อนโดยการระบายอากาศระหว่างผนังในวัสดุกรณีศึกษาเพื่อหาระยะที่เหมาะสมที่ส่งผลกระทบต่อผนังอาคารในการถ่ายเทการแผ่รังสีจากแผงบังแดดมาสู่ผนังทดลอง และป้องกันรังสีความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์

สมมติฐาน

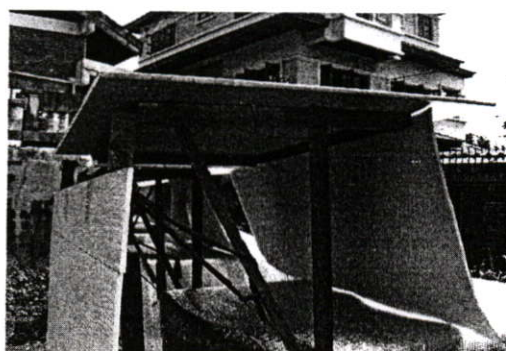
ระยะห่างและการระบายอากาศระหว่างผนังทดลองที่เหมาะสมจะทำให้การติดตั้งแผงบังแดดสามารถติดตั้งได้มีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งในด้านการป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ และการระบายอากาศระหว่างแผงบังแดด

ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

- ห่าง 20 เซนติเมตร
- ห่าง 30 เซนติเมตร
- ห่าง 40 เซนติเมตร
- ห่าง 50 เซนติเมตร
- ห่าง 60 เซนติเมตร

ตัวแปรควบคุม

- ขนาดและวัสดุของฉนวนบุห้องทดลอง
- ทิศทางการทดลองที่ทิศเดียวกัน ในที่นี้ผู้ทำการทดลองทดลองในทิศทิศตะวันตก
- เวลาในการทดลอง
- สถานที่ของการทดลอง
- วัสดุและขนาดแผงบังแดดที่ทำการทดลอง



ภาพที่ 3.13 แสดงการระบายอากาศระหว่างแผงวัสดุผนังเบาที่กล่องการทดลองในการทดลองระบบเปิด

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ชุดทดลองนี้มีกล่องทดสอบจำนวน 4 กล่อง ดังนี้

กล่องทดสอบที่ 1 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนไม่ติดตั้งแผงบังแดด

กล่องทดสอบที่ 2 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม

กล่องทดสอบที่ 3 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนไม่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม

กล่องทดสอบที่ 4 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนไม่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม

ทำการเก็บข้อมูลตลอดช่วง 24 ชั่วโมง เก็บข้อมูลชั่วโมงละ 6 ครั้งห่างเฉลี่ยครั้งละ 10 นาที ทั้ง 3 จุดการเก็บผลทดลองเพื่อสรุปหาระยะที่เหมาะสมกับผนังเพื่อนำมาทดสอบในขั้นตอนที่ 3.2.5 ต่อไป

3.2.5 การทดลอง ที่ 5

วัตถุประสงค์

ศึกษาเปรียบเทียบ เมื่อติดตั้งแผงบังแดดกับผนังอาคาร ในรูปแบบและเกล็ดที่มีขนาดแตกต่างกัน เพื่อหาค่าการสัมพันธ์เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าผนัง

สมมุติฐาน

แผงบังแดดภายนอกอาคารที่มีการระบายอากาศด้วยเกล็ดที่ขนาดเล็กจะสามารถช่วยในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังได้มากขึ้น

ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

กำหนดรูปแบบของแผงบังแดดที่มีขนาดองศาของเกล็ดเท่าๆ กันที่ 45° ในแนวนอนโดยนำผลสรุประยะห่างจากขั้นตอนที่ 4 มาทดลอง เพื่อควบคุมพื้นที่การระบายอากาศ, ปริมาตร และมวลรวมของแผงบังแดดทั้งหมดให้ใกล้เคียงกันโดยใช้ขนาดที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปของไม้เทียมมาติดตั้งในรูปแบบเกล็ดเพื่อเปรียบเทียบดังนี้

- ผนังเปล่า
- แผงบังแดดไม้เทียมที่ขนาด 6" ทึบ
- แผงบังแดดไม้เทียมที่ขนาด 6" ตีเกล็ด 45° เว้นร่อง
- แผงบังแดดไม้เทียมที่ขนาด 2" ตีเกล็ด 45° เว้นร่อง

ตัวแปรควบคุม

- ขนาดและวัสดุของฉนวนบุห้องทดลอง
- ทิศทางการทดลองที่ทิศเดียวกัน ในที่นี้ผู้ทำการทดลองทดลองในทิศทิศตะวันตก
- เวลาในการทดลอง
- สถานที่ของการทดลอง

- ระยะติดตั้งระหว่างแผงบังแดดกับกล่องการทดลอง
- มวลแผงบังแดด
- ระยะการระบายอากาศโดยรอบแผงบังแดดทดลอง
- รูปแบบของเสาของเกล็ดที่ติดตั้งแผงบังแดด

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ชุดทดลองนี้มีกล่องทดสอบจำนวน 4 กล่อง ดังนี้

กล่องทดสอบที่ 1 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนไม่ติดตั้งแผงบังแดด

กล่องทดสอบที่ 2 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดที่บ

กล่องทดสอบที่ 3 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดตีเกล็ด

กล่องทดสอบที่ 4 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดตีเกล็ด

ทำการเก็บข้อมูลตลอดช่วง 24 ชั่วโมง เก็บข้อมูลชั่วโมงละ 6 ครั้งห่างเฉลี่ยครั้งละ 10 นาที ทั้ง 3 จุดการเก็บผลทดลองเพื่อสรุปขนาดของเกล็ดที่เหมาะสมกับผนังเพื่อนำมาทดสอบในขั้นตอนที่ 3.2.6 ต่อไป

3.2.6 การทดลองที่ 6

วัตถุประสงค์

นำผลสรุปที่ได้จากการทดลอง 5 มาเปรียบเทียบกับรูปแบบของเสาเกล็ดของผนังบังแดดที่แตกต่างกันเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันรังสีความร้อนเข้าสู่ผนัง

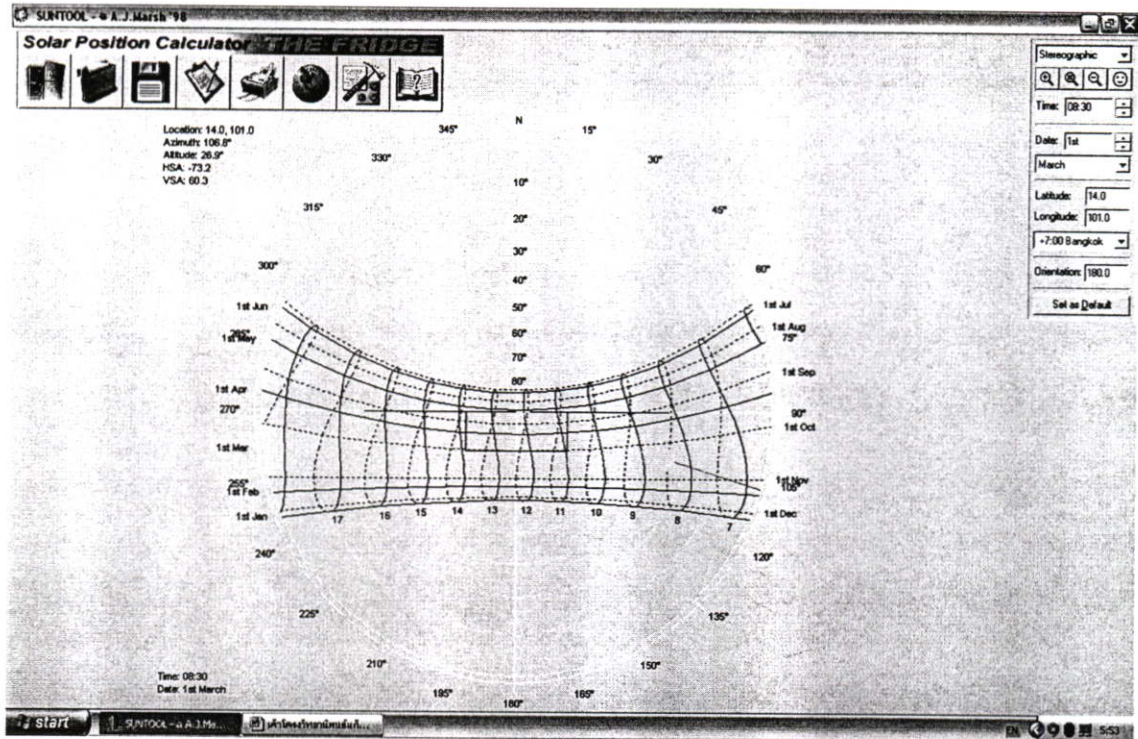
สมมุติฐาน

รูปแบบของแผงบังแดดภายนอกอาคารที่มีการออกแบบเกล็ดองศาต่างกันสามารถช่วยในการลดความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์เข้าสู่แผงบังแดดให้น้อยลงทำให้ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ผนังทดลองน้อยลง

ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

กำหนดรูปแบบของเสาของแผงบังแดดโดยคำนวณหาองศาของแผงบังแดด โดยนำ Sun chart ที่มาจาก Program suntool คำนวณเพื่อกำหนดองศาที่เหมาะสมกับทิศทาง และ ระยะห่างความถี่โดยปรับปรุงองศาที่รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดจนระยะความห่างของเกล็ด เปรียบเทียบกับผลสรุปจากการทดลองที่ 5

- กำหนดแผงบังแดดที่ใช้การทดลอง ที่ขนาดองศาเกล็ดต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่เข้าสู่กล่องทดลองที่ตำแหน่งการเก็บข้อมูลในแต่ละจุด



ภาพที่ 3.14 แสดงตัวอย่างการคำนวณทางศาแม่บังแดดจาก Program suntool

การคำนวณทางศาแม่บังแดดจาก Program suntool

คำนวณตามวันและเวลาดังนี้

- 22 มิถุนายน, 22 ธันวาคม ซึ่งเป็นวันที่ดวงอาทิตย์ทำมุมต่ำสุดในทิศตะวันตก
- คำนวณหาขนาดและความถี่ที่เหมาะสมตามช่วงเวลาที่ใช้งานซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์

จากการทดลองในข้างต้น

- ทดลองโดยเปรียบเทียบกับผนังอาคารที่ไม่ได้ติดตั้งแผงบังแดดจากกล่องทดลอง

ตัวแปรควบคุม

- ขนาดและวัสดุของฉนวนบุห้องทดลอง
- ทิศทางการทดลองที่ทิศเดียวกัน ในที่นี้ผู้ทำการทดลองทดลองในทิศทิศตะวันตก
- เวลาในการทดลอง
- สถานที่ของการทดลอง
- ระยะติดตั้งระหว่างแผงบังแดดกับกล่องทดลอง
- ระยะการระบายอากาศโดยรอบแผงบังแดดทดลอง

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ชุดทดลองนี้มีกล่องทดสอบจำนวน 4 กล่อง ดังนี้

กล่องทดสอบที่ 1 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนไม่ติดตั้งแผงบังแดด

กล่องทดสอบที่ 2 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดตีเกล็ด

กล่องทดสอบที่ 3 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดตีเกล็ด

กล่องทดสอบที่ 4 กล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดตีเกล็ด

ทำการเก็บข้อมูลตลอดช่วง 24 ชั่วโมง เก็บข้อมูลชั่วโมงละ 6 ครั้งเพื่อสรุปรูปแบบของค่า
เกิดของแผงบังแดดที่เหมาะสมและมีผลกระทบด้านปริมาณความร้อนกับผนังน้อยที่สุด

3.2.7 การทดลองที่ 7

รวบรวมผลการทดลองและประเมินผล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหาบทสรุป และเสนอแนะ
รวมถึงแนวทางในการนำไปประยุกต์กับอาคารทั่วไปในการใช้งานจริง

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิจากปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ผนังก่ออิฐฉาบปูนของอาคารเมื่อติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมภายนอกอาคารเมื่อทดสอบในกล่องทดลอง ดังนี้

4.1 วัตถุประสงค์วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1.1 ศึกษารูปแบบของการติดตั้งแผงบังแดดภายนอกอาคารสำหรับผนังอาคารเพื่อให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพเพื่อความเหมาะสมในช่วงเวลาที่จำเป็น และเป็นแนวทางเพื่อการปรับปรุงและลดความร้อนเข้าสู่ผนังอาคาร มากที่สุด

4.1.2 ศึกษาตำแหน่งและการติดตั้งที่เหมาะสมของอุปกรณ์ติดตั้งแผงบังแดดภายนอกอาคารกับผนังอาคารที่มีการออกแบบการติดตั้ง เพื่อให้สอดคล้องกับความงามด้านสถาปัตยกรรม และความเป็นไปได้ในการลงทุนกับการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคาร

4.1.3 ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนและการระบายอากาศของการติดตั้งแผงบังแดดภายนอกอาคารกับผนังอาคารที่มีการออกแบบการติดตั้ง ที่มีผลต่อผนังอาคารเพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคาร

4.1.4 เสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาของความร้อนที่เข้าสู่ผนังอาคารโดยผ่านทางผนังอาคารและสามารถดัดแปลงใช้กับส่วนของอาคารส่วนอื่นได้ตามความเหมาะสม

4.2 ผลการทดลอง

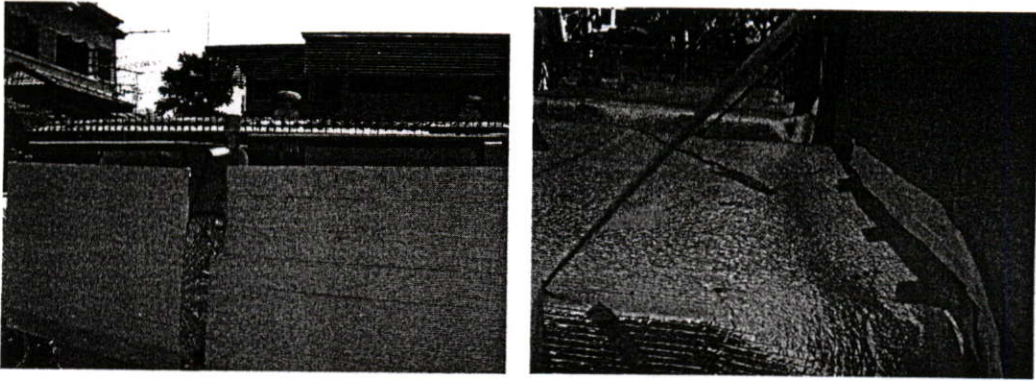
4.2.1 ผลทดลองที่ 1

วัตถุประสงค์

ศึกษาผลกระทบและปัจจัยต่างๆของปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านเข้าสู่ผนังอาคาร จากติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมระยะห่าง 20 เซนติเมตร ควบคุมการระบายอากาศระหว่างผนัง กับ ผนังก่ออิฐฉาบปูนเปล่า

สมมุติฐาน

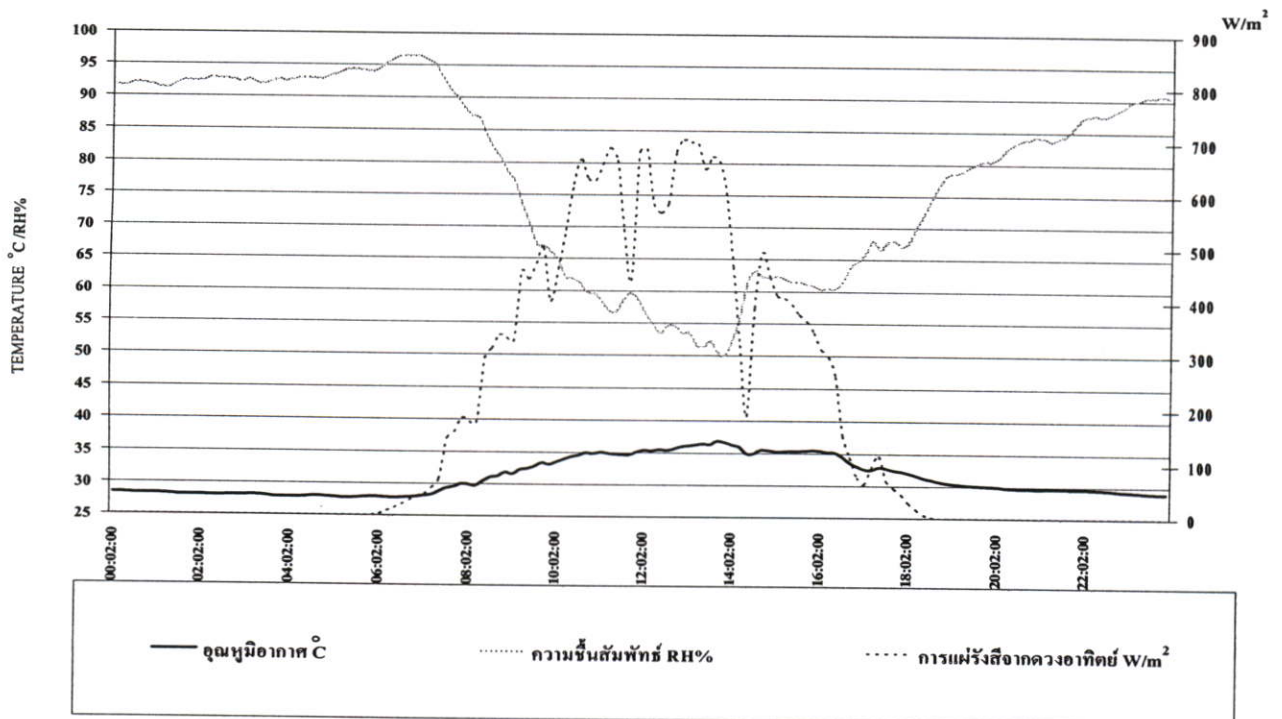
การติดตั้งแผงบังแดดเพื่อสร้างเงาให้กับผนังอาคารสามารถช่วยลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคาร



ภาพที่ 4.1 แสดงการเตรียมการทดลอง 4.2.1

สภาพอากาศ วันที่ 7 เมษายน 2549

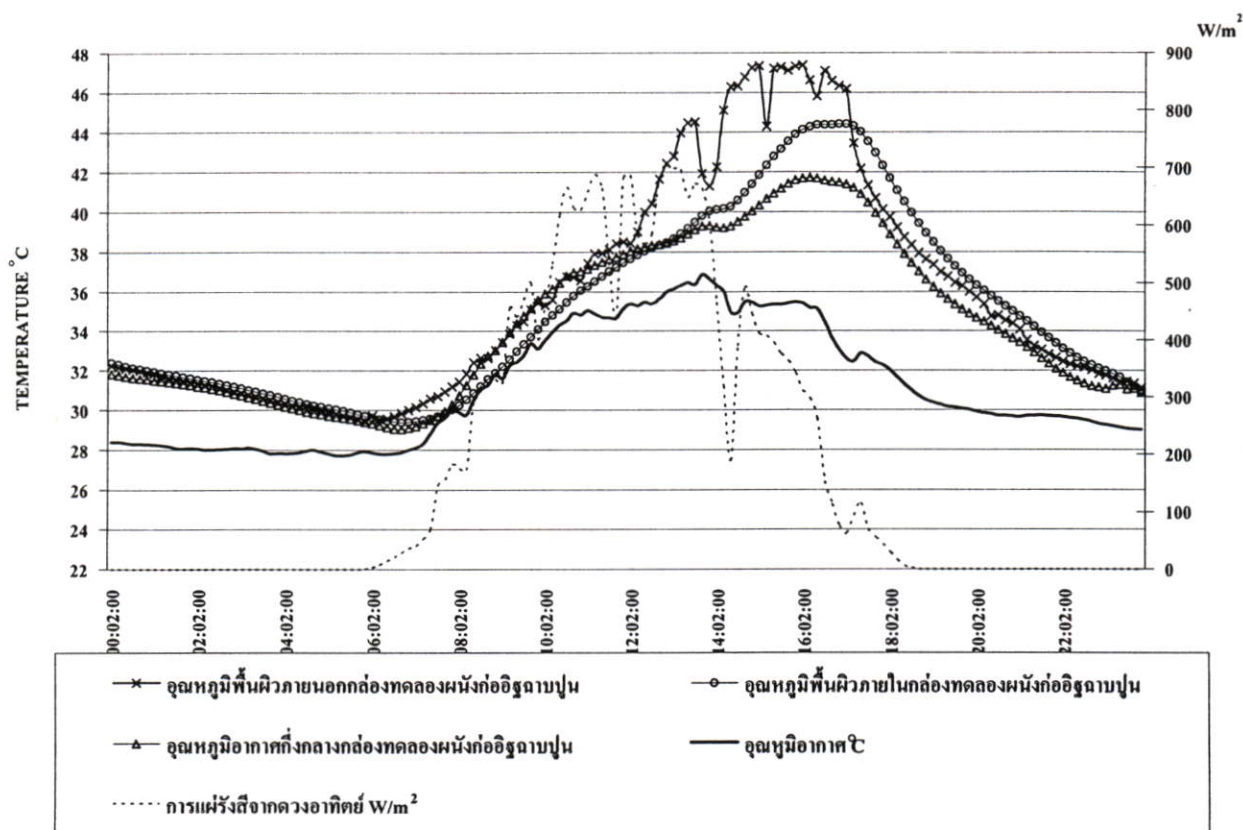
ทำการเก็บข้อมูลในช่วงวันที่ 5 – 8 เมษายน ผู้ทำการวิจัยได้เลือกผลการทดลองวันที่ 7 เมษายน 2549 มาเปรียบเทียบวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนที่ 1



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงสภาพภูมิอากาศโดยรวมของวันที่ 7 เมษายน 2549

อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูล ประมาณ 37 °C ที่ช่วงเวลาประมาณ 12.30 – 16.00 น.ต่ำสุดประมาณ 26 °C ช่วงเวลาประมาณ 05.30 – 06.30 น. เริ่มการแผ่รังสี เวลาประมาณ 7.00 น. สูงสุดเวลาประมาณ 13.30 น. ที่ 700 W/m² ท้องฟ้าโปร่งมีเมฆปานกลาง ผู้วิจัยจึง นำผลการทดลองในวันที่ 7 มาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลข้อมูลดังนี้

อุณหภูมิทั้งหมดของกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนเปล่า



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์เปรียบเทียบอุณหภูมิทุกตำแหน่งของกล่องทดลองผนังเปล่า วันที่ 7 เมษายน 2549

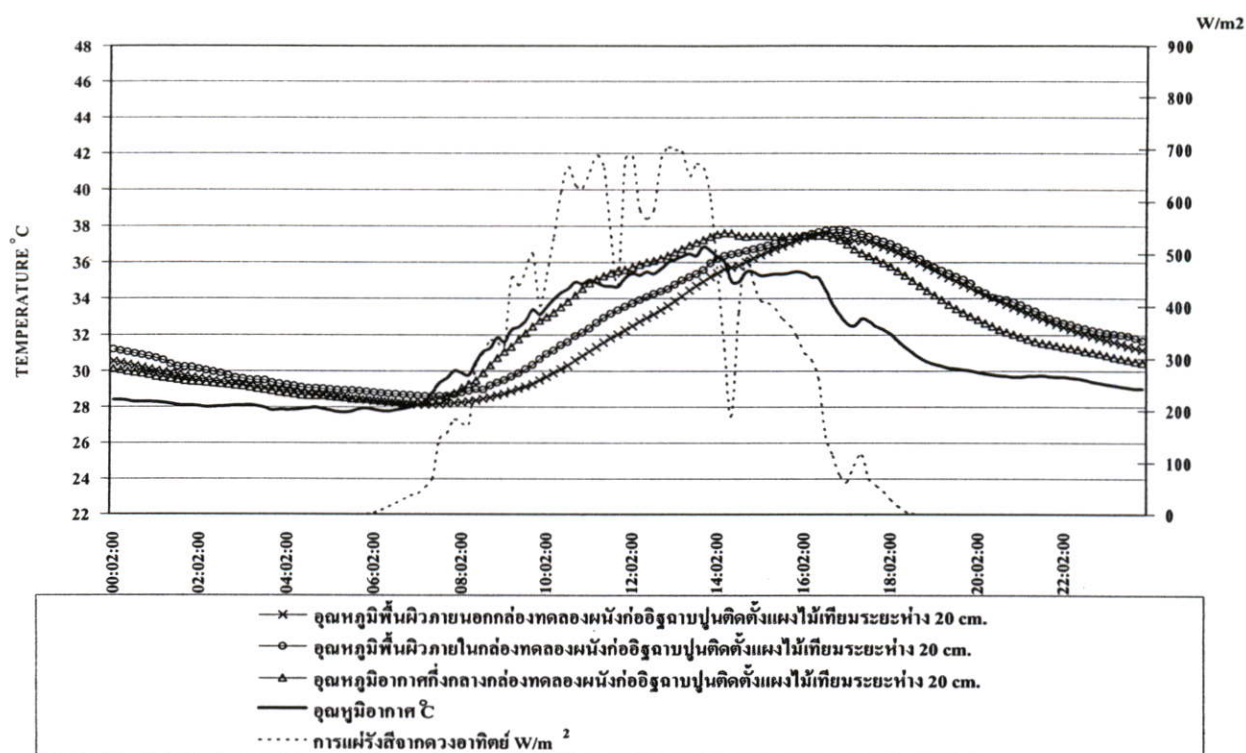
จากผลการทดลองในแต่ละจุดการทดลองในกล่องการทดลองผนังเปล่า ทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ใน 1 วัน นำมาเฉลี่ย ในช่วง 10 นาที ต่อครั้ง จาก 3 วัสดุที่ทำการศึกษา

- จากกราฟแสดงผลเปรียบเทียบพบว่าผนังเปลามีอุณหภูมิในทุกจุดเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศตลอดทั้งวัน และ ค่อนข้างมีแนวโน้มจากลักษณะกราฟของอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกที่เปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ค่อนข้างมากโดยเฉพาะในช่วงบ่าย

- ช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากที่สุดคือช่วงเวลา 6.00 – 6.45 น. และหลังจากการแผ่รังสีในช่วงเช้าเริ่มขึ้นอุณหภูมิที่พื้นผิวภายนอกจึงเริ่มสูงขึ้นส่งผลให้ที่พื้นผิวภายในและกึ่งกลางกล่องสูงขึ้นด้วยตามลำดับ

- จุดที่ผิวผนังภายนอกสูงสุดที่ ประมาณ 47°C เป็นช่วงเวลา 15.30 น. โดยที่อุณหภูมิผนังภายใน และกึ่งกลาง ที่ 44°C , 42°C ตามลำดับ และเริ่มลดน้อยลงหลังจากช่วงเวลา 17.30น. ในขณะที่จุดพื้นผิวภายในและกึ่งกลางยังคงมีอุณหภูมิที่สูงอยู่ ส่งผลให้ปริมาณความร้อนที่สะสมตั้งแต่ช่วงเช้าภายในกล่องทดลองมีปริมาณมากจึงส่งผลข้ามวันได้จนถึงจุดที่ใกล้อุณหภูมิอากาศมากที่สุดอีกครั้งในช่วงเวลา 6.00 – 6.45 น. ของอีกวัน

อุณหภูมิทั้งหมดของกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม



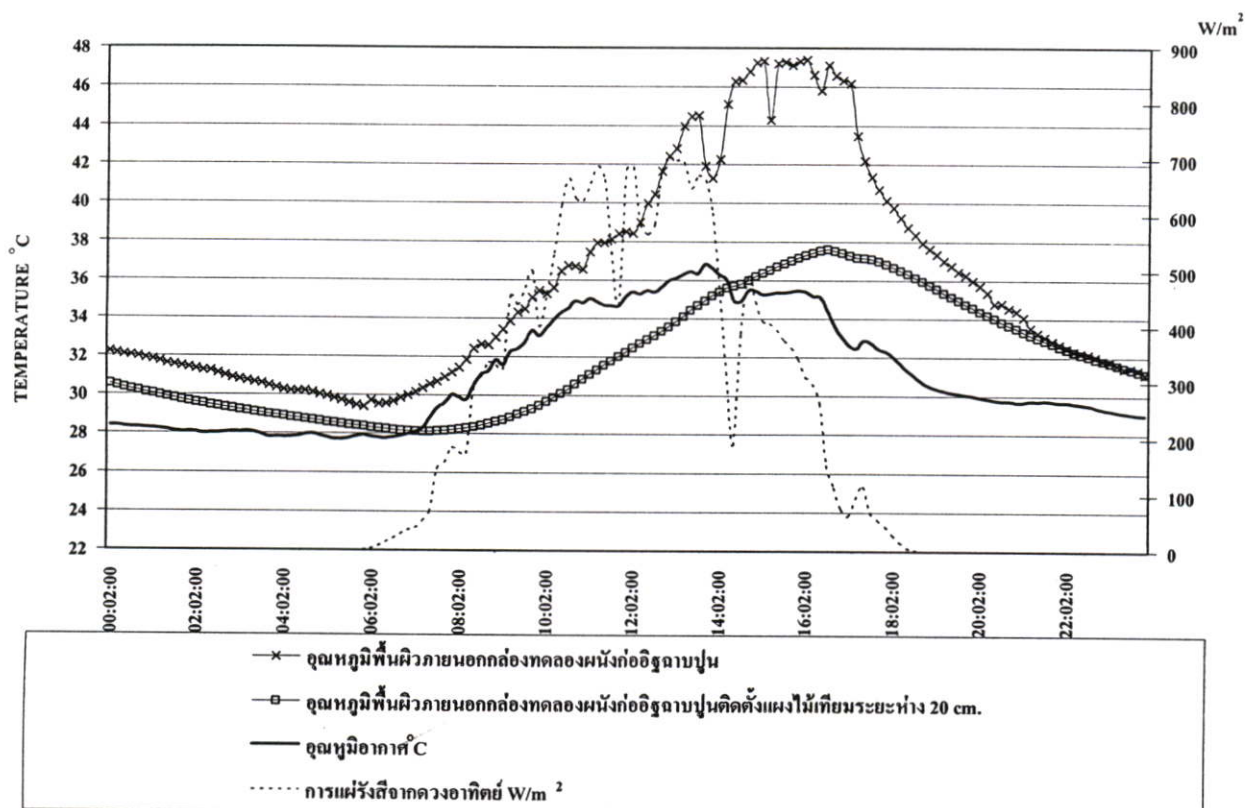
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์เปรียบเทียบอุณหภูมิทุกตำแหน่งของกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 7 เมษายน 2549

จากกราฟ แผงที่มีการติดตั้งแผงบังแดดมีอุณหภูมิที่จุดต่ำสุดซึ่งใกล้เคียงกันทั้ง 3 จุด ในช่วงเวลาประมาณ 8.00 น. ต่างจากอุณหภูมิอากาศประมาณ 0.5 °C กระทั่งการแผ่รังสีในช่วงเช้าเริ่มขึ้นอุณหภูมิอากาศจึงเริ่มสูงขึ้นตาม ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิทั้ง 3 จุดของกล่องทดลองจนถึงช่วงเวลาที่แสงแดดกระทบผนังจากดวงอาทิตย์โดยตรงที่พื้นผิวภายนอกจึงเริ่มมีอุณหภูมิสูงขึ้น จนถึงจุดสูงสุดที่เวลาประมาณ 14.30–16.00 น. ที่ 38 °C โดยที่อุณหภูมิผนังภายใน และกึ่งกลางที่ 37.5 °C , 37 °C ตามลำดับ การแผ่รังสีจึงเริ่มลดลงทำให้อุณหภูมิที่พื้นผิวภายนอกลดลงตามพื้นผิวภายใน และจุดกึ่งกลางลดลงตามลำดับ จนถึงจุดต่ำสุดอีกครั้งเวลาประมาณ 8.00 น

สรุป แผงที่มีการติดตั้งแผงบังแดด ในช่วงเช้าหลังจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์เริ่มขึ้น อุณหภูมิภายนอกจะสูงขึ้นซ้ำกว่าอุณหภูมิของอากาศ ส่งผลให้อุณหภูมิที่พื้นผิวผนังภายใน และจุดกึ่งกลาง เพิ่มขึ้นซ้ำไปด้วยโดยทั้ง 3 จุดทดลองมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิของอากาศ โดยรอบสังเกตว่า อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า ทั้ง 2 จุดภายใน แสดงว่าในช่วงเช้าแผงที่มีการติดตั้งแผงเมื่อไม่มีการระบายอากาศสามารถควบคุมอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกให้คงที่ได้ ขณะที่อุณหภูมิอากาศโดยรอบกล่องทดลองสูงขึ้นเนื่องจากผลกระทบจากสภาพแวดล้อม ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปปัญหาดังกล่าวเพื่อนำไปปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป หลังจากช่วงที่การแผ่รังสีกระทบ

ผนังโดยตรงเป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมงอุณหภูมิที่จุดพื้นผิวภายนอกจึงสูงขึ้นจนถึงจุดสูงสุด การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์เริ่มลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิที่พื้นผิวภายใน จุดกึ่งกลางกล่องที่เพิ่งเริ่มสูงลดลงตามไปด้วยตามลำดับ

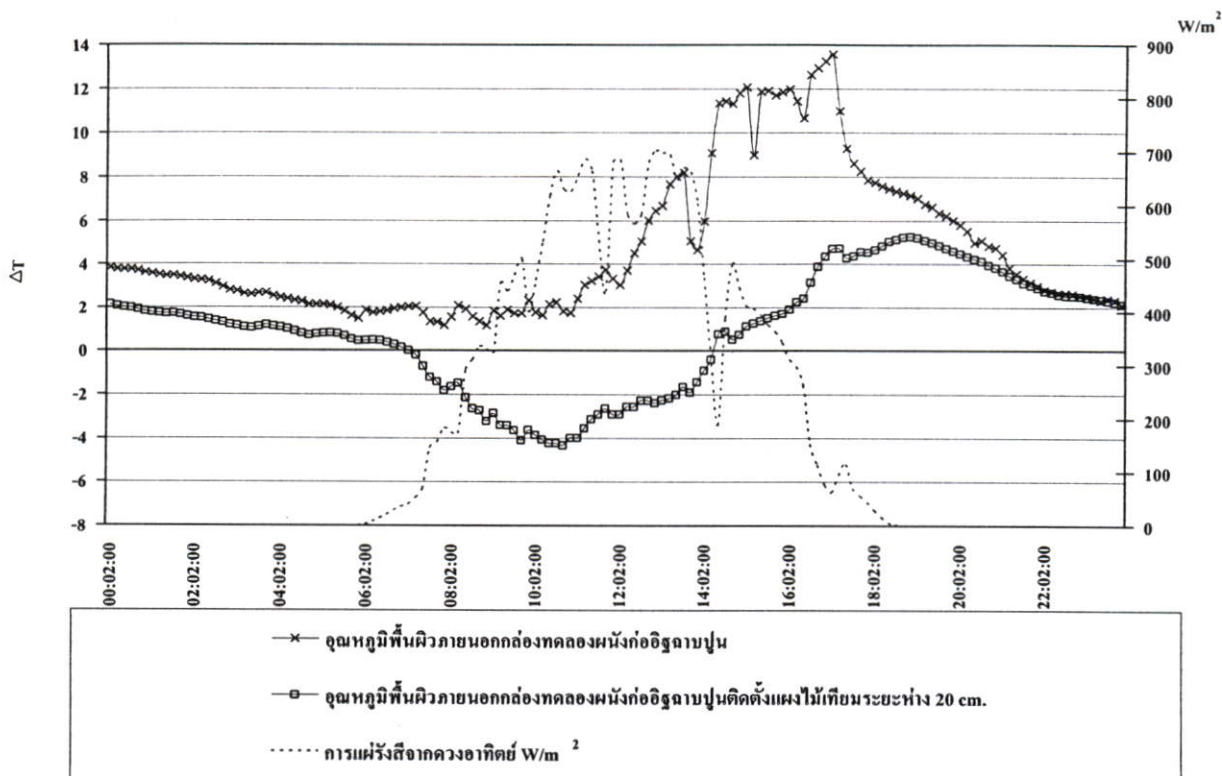
เปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอก



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลอง ของผนังเปล่า กับ ผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 7 เมษายน 2549

จากกราฟในช่วงเริ่มการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ตั้งแต่ 7.00น. ถึงช่วงเวลา 17.30 – 18.30 น. ที่การแผ่รังสีเริ่มลดลงอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องผนังเปล่าสูงกว่าอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของกล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดตลอดทั้งวัน ซึ่งจุดที่ต่างกันมากที่สุดอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 16.30 ที่ประมาณ 8 °C และในช่วงที่ไม่มีมีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์อุณหภูมิที่พื้นผิวภายนอกกล่องผนังเปล่าจะต่ำกว่ากล่องที่มีการติดตั้งแผงบังแดดโดยเฉลี่ยประมาณ 1°C แสดงว่าในช่วงเวลากลางคืนขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำ ผนังที่ไม่ได้ติดตั้งแผงบังแดดมีการถ่ายเทอุณหภูมิที่ต่ำกว่าและในทางกลับกัน ในช่วงเช้าถึงเย็นเมื่อมีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ผนังที่มีการให้ร่มเงาจากแผงบังแดดจะมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยที่ต่ำกว่า

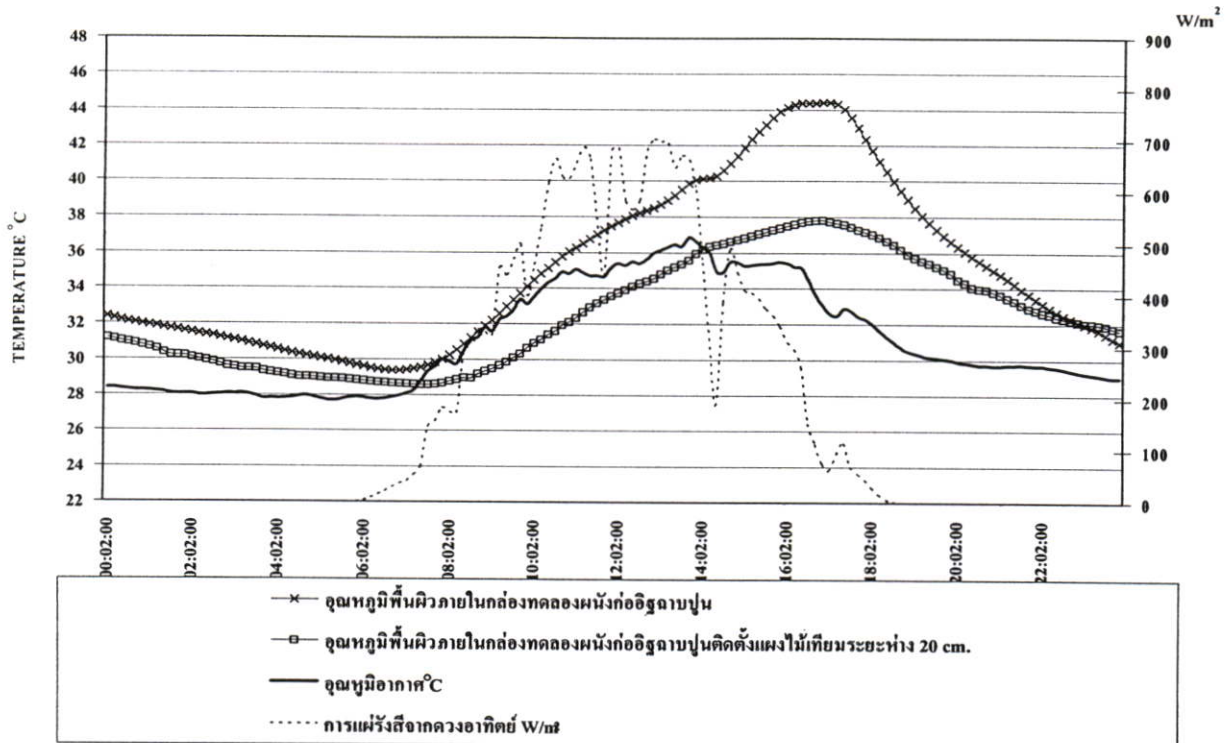
เปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกเทียบกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองผนังเปล้า กับ ผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 7 เมษายน 2549

จากกราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ ΔT เป็น $^{\circ}C$ ช่วงที่มีอุณหภูมิต่างกันมาก เริ่มตั้งแต่การแผ่รังสีในแต่ละวันเพิ่มขึ้น จนถึงช่วงหมดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จากกราฟของผนังเปล้าจะมีค่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงกว่าผนังที่มีการติดตั้งแผงตลอดทั้งวัน ซึ่งจุดที่สูงที่สุดของอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของผนังเปล้า ที่เวลา 17.30 น. ที่ผลต่างจากอุณหภูมิอากาศประมาณ $14^{\circ}C$ และโดยเฉลี่ยอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน ขณะที่ผนังที่มีการติดตั้งแผงบังแดดช่วงเวลา 5.00-14.30 น. อยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ จุดที่ต่ำสุดที่เวลา 11.00 น. ที่ผลต่างประมาณ $4^{\circ}C$ และสูงสุดที่ช่วงเวลา 19.00 น. ที่อุณหภูมิประมาณ $5^{\circ}C$

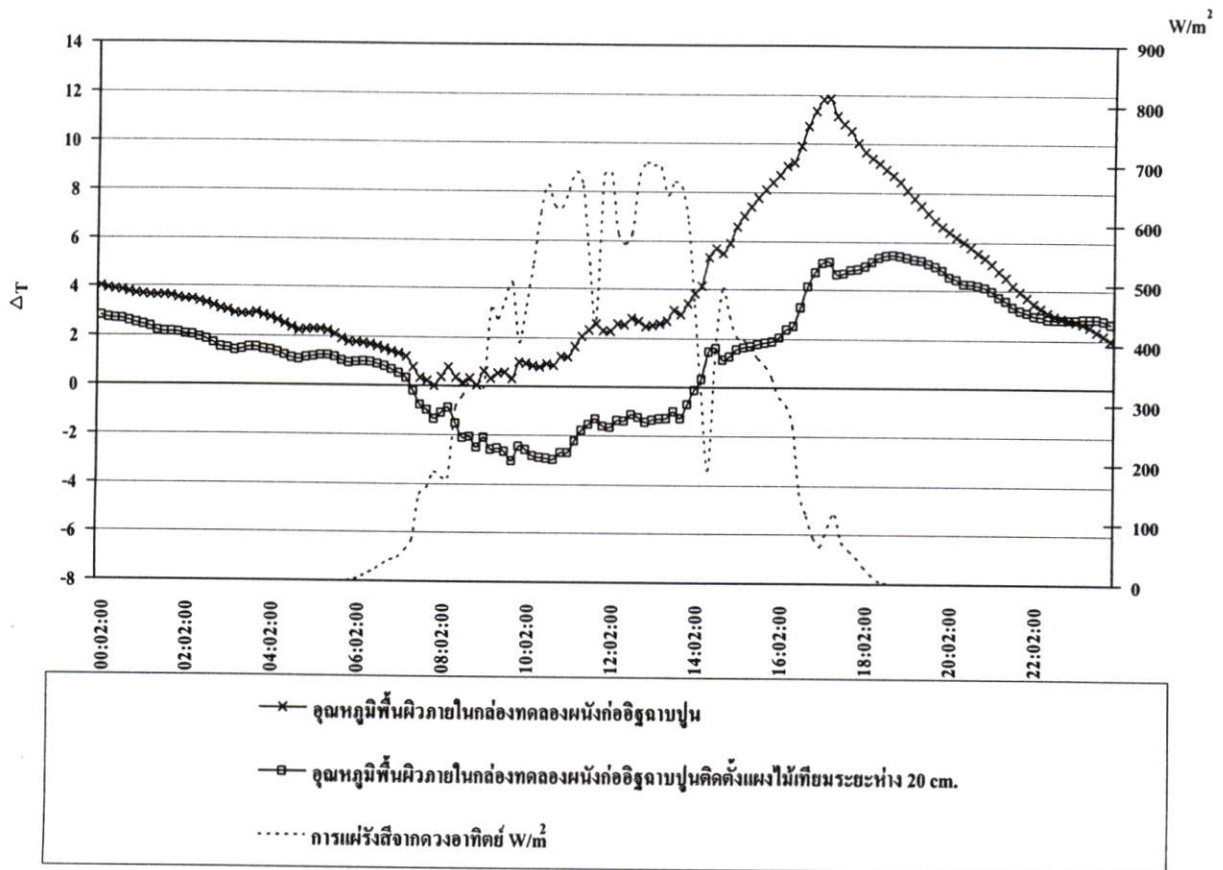
เปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายใน



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในห้องทดลองผนังเปล้า กับ ผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 7 เมษายน 2549

จากกราฟซึ่งเป็นผลกระทบด้านปริมาณความร้อนที่ส่งจากพื้นผิวภายนอกทำให้ในช่วงเริ่มการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ตั้งแต่ 7.00น. ถึงช่วงเวลา 17.30–18.30 น. ที่การแผ่รังสีเริ่มลดลง อุณหภูมิพื้นผิวภายในห้องผนังเปล้าสูงกว่าอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของกล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดตลอดทั้งวันในขณะที่กล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเช้าอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ซึ่งจุดที่ต่างกันมากที่สุดของผนังเปล้ากับผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 17.30 ที่ประมาณ 7 °C และหลังจากช่วงที่ไม่มีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์อุณหภูมิที่พื้นผิวภายในกล่องผนังเปล้าจะต่ำกว่ากล่องที่มีการติดตั้งแผงบังแดดโดยเฉลี่ยประมาณ 0.5 °C

เปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวภายในเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ

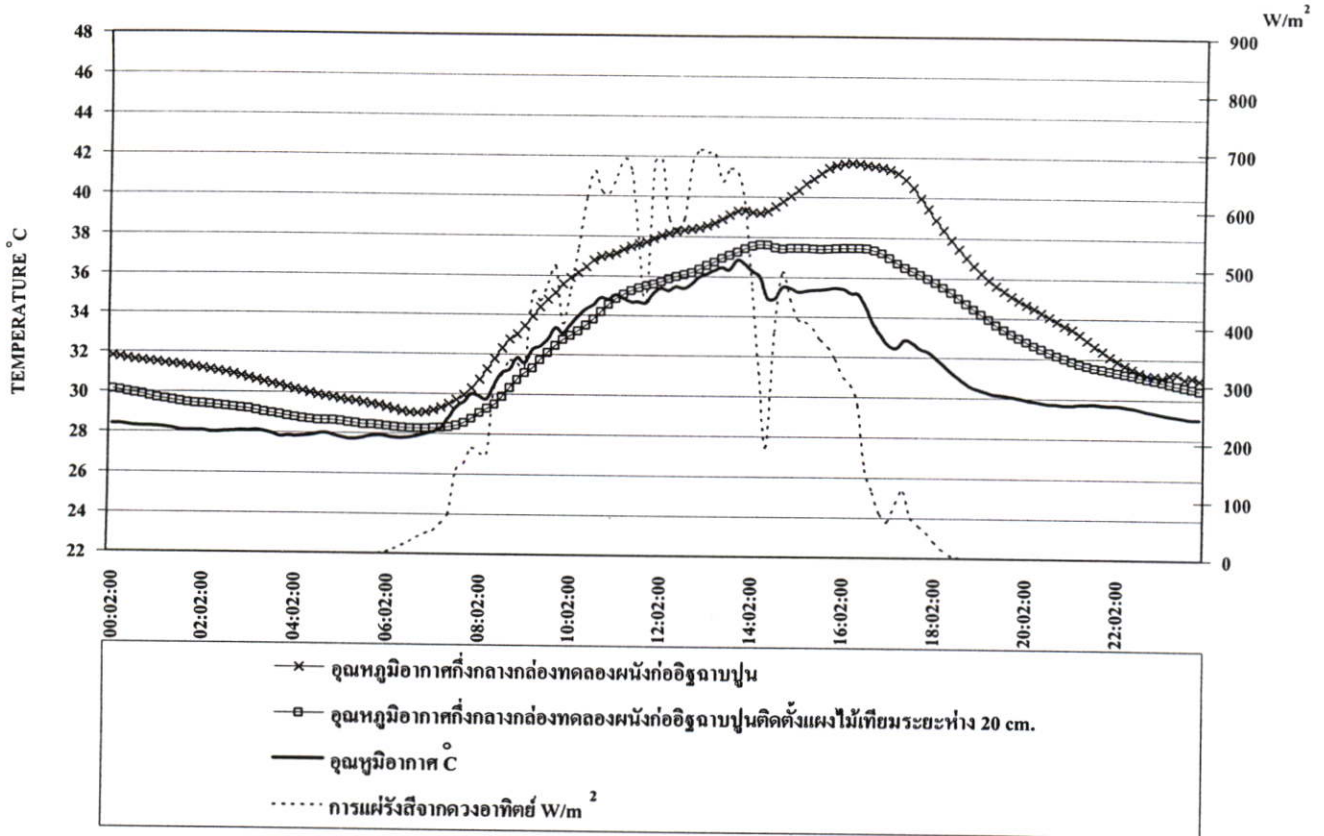


ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวภายในเทียบกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองผนังเปล้า กับ ผนังที่ติดฉนวนใยแก้วบังแดดไม้เทียม วันที่ 7 เมษายน 2549

จากกราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวภายในเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ ΔT เป็น $^{\circ}C$

ช่วงที่มีอุณหภูมิต่างกันมาก เริ่มตั้งแต่การแผ่รังสีในแต่ละวันเพิ่มขึ้น จนถึงช่วงหมดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ถึงเวลาประมาณ 23.00 น. จากกราฟของผนังเปล้าจะมีค่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงกว่าผนังที่มีการติดฉนวนใยแก้วบังแดดตลอดทั้งวัน ซึ่งจุดที่สูงที่สุดของอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของผนังเปล้า ที่เวลา 17.30 น. ที่ผลต่างจากอุณหภูมิอากาศประมาณ $12^{\circ}C$ และโดยเฉลี่ยอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน ขณะที่ผนังที่มีการติดฉนวนใยแก้วบังแดดช่วงเวลา 5.00-14.30 น. อยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ จุดที่ต่ำสุดที่เวลา 11.00 น. ที่ผลต่างประมาณ $3^{\circ}C$ และสูงสุดที่ช่วงเวลา 19.00 น. ที่อุณหภูมิประมาณ $5^{\circ}C$

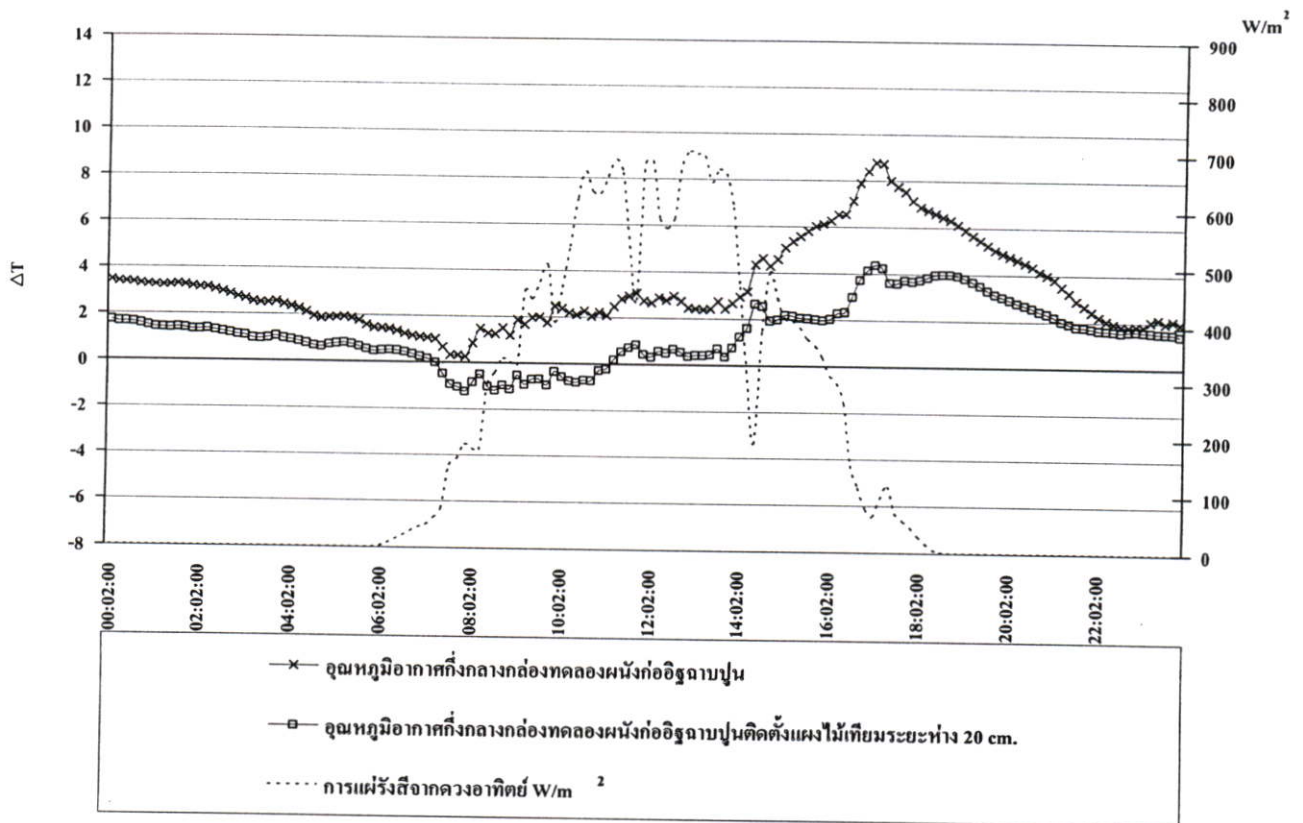
เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลอง



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองของผนังเปล่า กับผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 7 เมษายน 2549

จากกราฟซึ่งเป็นผลกระทบด้านปริมาณความร้อนที่ส่งจากพื้นผิวภายในทำให้ในช่วงเริ่มการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ตั้งแต่ 7.00น. ถึงช่วงเวลา 17.30 - 18.30 น. ที่การแผ่รังสีเริ่มลดลง อุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องผนังเปล่าสูงกว่าอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของกล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดตลอดทั้งวันในขณะที่กล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเช้าอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ซึ่งจุดที่ต่างกันมากที่สุดของผนังเปล่ากับผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 17.30 น. ที่ประมาณ 4 °C และหลังจากช่วงที่ไม่มี การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์อุณหภูมิที่พื้นผิวภายในกล่องผนังเปล่าจะใกล้เคียงกล่องที่มีการติดตั้งแผงบังแดด

เปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิของอากาศ



ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองผนังเปล่า กับ ผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 7 เมษายน 2549

จากกราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิของอากาศ ΔT เป็น $^{\circ}C$ ช่วงที่มีอุณหภูมิต่างกันมาก เริ่มตั้งแต่การแผ่รังสีในแต่ละวันเพิ่มขึ้น จนถึงช่วงหมดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ถึงเวลาประมาณ 23.00 น. จากกราฟของผนังเปล่าจะมีค่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงกว่าผนังที่มีการติดตั้งแผงตลอดทั้งวัน ซึ่งจุดที่สูงที่สุดของอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองของผนังเปล่า ที่เวลา 17.30 น. ที่ผลต่างจากอุณหภูมิอากาศประมาณ $9^{\circ}C$ และโดยเฉลี่ยอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน ขณะที่ผนังที่มีการติดตั้งแผงบังแดดช่วงเวลา 5.00-14.30 น. อยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ จุดที่ต่ำสุดที่เวลา 11.00 น. ที่ผลต่างประมาณ $1^{\circ}C$ และสูงสุดที่ช่วงเวลา 19.00 น. ที่อุณหภูมิประมาณ $4^{\circ}C$

ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งแผงบังแดดมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งวันทั้ง 3 จุดในกล่องทดลองอยู่ต่ำกว่ากล่องทดลองที่ไม่มีแผงบังแดดโดยเฉพาะในช่วงที่เริ่มมีการแผ่รังสีในตอนเช้า และมากที่สุดเมื่อผนังได้รับรังสีโดยตรง ทำให้ปริมาณความร้อนที่เป็นผล

จากพื้นผิวภายนอกในกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดในช่วงบ่ายน้อยกว่าผนังเปล่าส่งผลให้อุณหภูมิภายในกล่องทั้ง 2 จุด น้อยกว่าตามไปด้วย

เมื่อเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ ผนังกล่องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดในช่วงเช้าเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ แต่ในช่วงบ่ายจนถึงช่วงกลางคืนในขณะที่อุณหภูมิของอากาศเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์หมดลง อุณหภูมิของกล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดในการทดลองนี้ที่ระยะ 20 เซนติเมตรจากผนังและไม่มีการระบายอากาศจากด้านข้าง โดยเฉลี่ยอยู่สูงกว่าอุณหภูมิของอากาศและค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ จนถึงช่วงเช้าที่เริ่มมีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์อีกครั้ง ซึ่งเกิดจากปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในกล่องตั้งแต่ช่วง 13.00 น. ยังคงมีปริมาณมากเกินไปส่งผลให้ในช่วงเวลาหมดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มีการระบายความร้อนออกไม่หมด ในช่วงเช้าขณะที่อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอุณหภูมิภายในกล่องจึงสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ

จากข้อมูลผลการทดลองในขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยจึงได้นำไปปรับปรุงเพื่อทดลองในขั้นตอนที่ 2 ต่อไป

4.2.2 การทดลองที่ 2

ทดลองเปรียบเทียบการติดตั้งแผงบังแดดไม่เทียบกับผนังอาคาร ในระยะที่แตกต่างกัน เมื่อไม่มีการระบายอากาศระหว่างผนัง

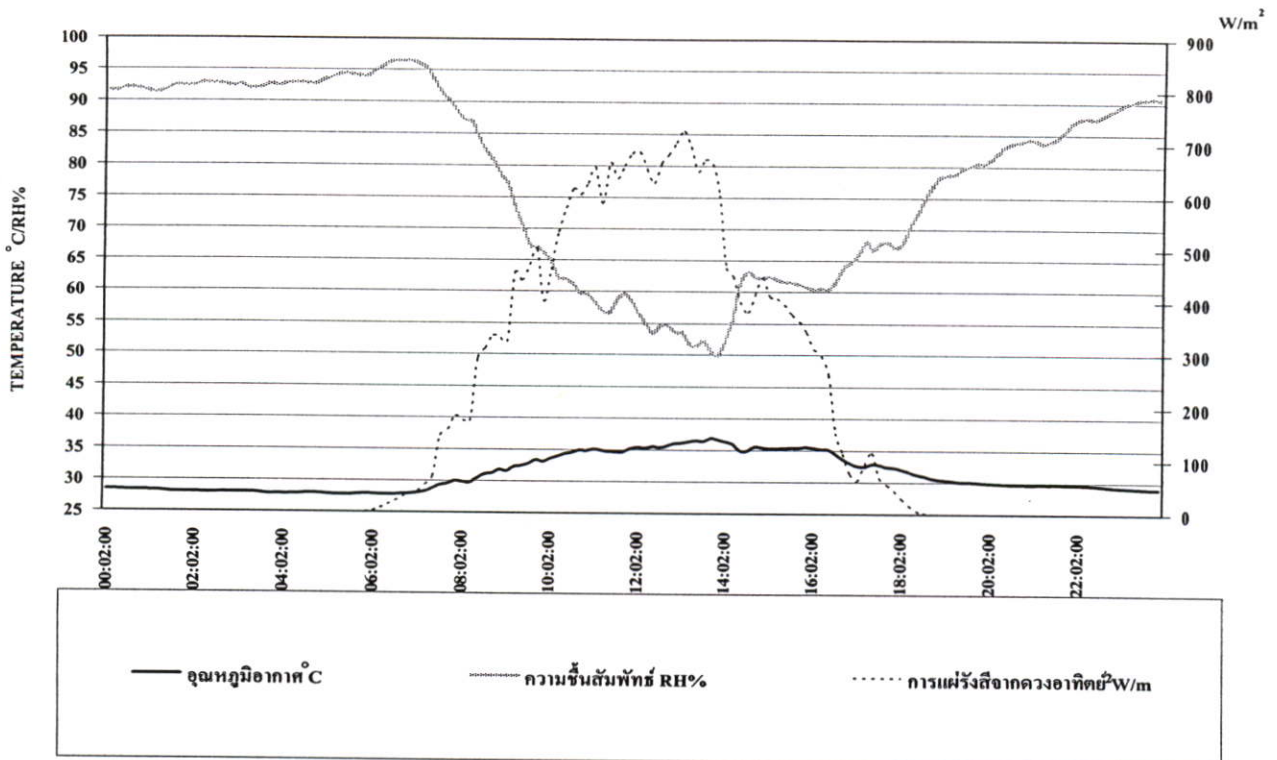
วัตถุประสงค์

ศึกษาความสัมพันธ์จากผลกระทบในด้านต่างๆ ของปริมาณความร้อนที่ระยะแตกต่างกัน เพื่อหาค่าระยะห่างที่เหมาะสมกับผลกระทบด้านปริมาณความร้อนต่อผนังทดลองเมื่อผนังทดลองได้รับเงาจากแผงบังแดดโดยเมื่อไม่มีการระบายและถ่ายเทอากาศระหว่างผนังซึ่งเป็นผลสืบเนื่องในการปรับปรุงจากขั้นตอนที่ 1

จากสมมุติฐาน

แผงบังแดดไม่เทียมที่ติดตั้งกับผนังอาคาร ในระยะที่แตกต่างกันเมื่อไม่มีการระบายอากาศระหว่างผนัง มีการรับปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารซึ่งสัมพันธ์กับผลกระทบด้านรังสีความร้อนที่เข้าสู่ผนังอาคารที่แตกต่างกันทำการเก็บข้อมูลในช่วงวันที่ 11 - 20 เมษายน ผู้ทำการวิจัยได้เลือกผลการทดลองวันที่ 12, 14, 18 เมษายน 2549 มาเปรียบเทียบวิเคราะห์ข้อมูลเป็นช่วงๆ ในขั้นตอนที่ 2

สภาพอากาศ วันที่ 12 เมษายน 2549



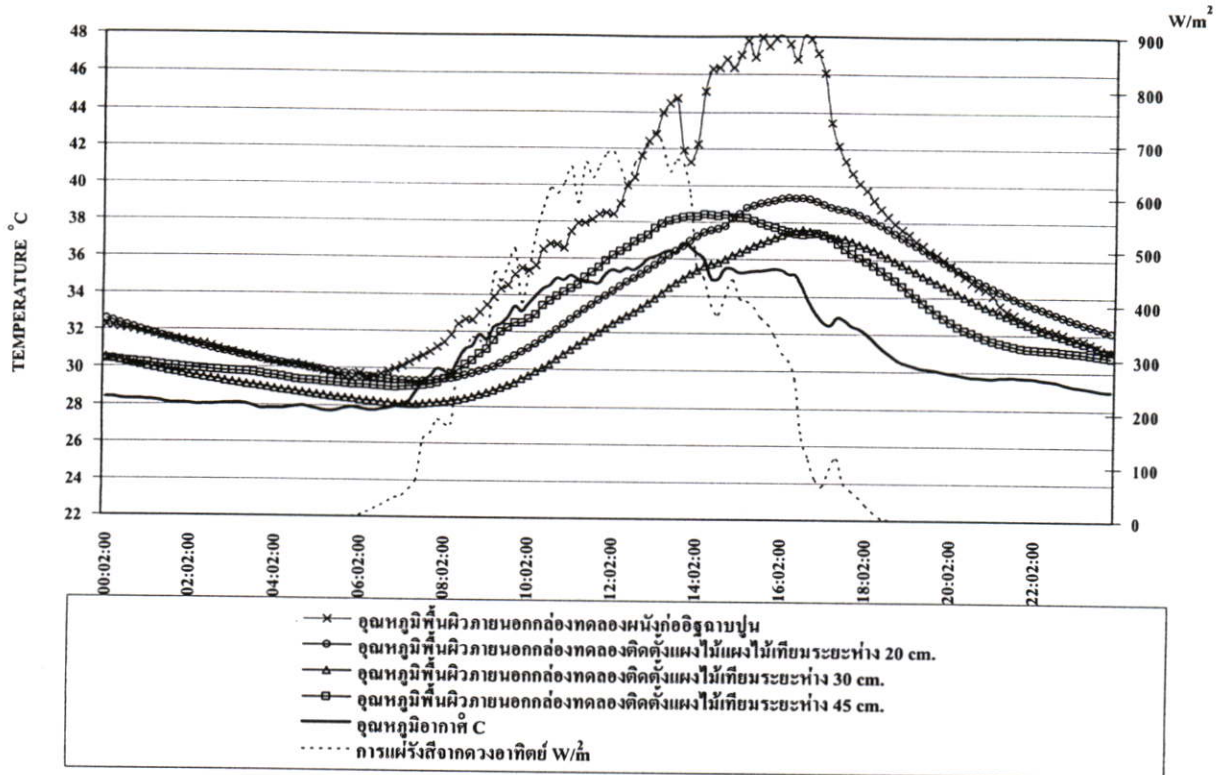
ภาพที่ 4.11 แสดงสภาพภูมิอากาศโดยรวมของวันที่ 12 เมษายน 2549

อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูล ประมาณ 37 °C ที่ช่วงเวลาประมาณ 12.30 – 16.00 น. ต่ำสุดประมาณ 27 °C ช่วงเวลาประมาณ 05.30 – 06.30 น. เริ่มการแผ่รังสี เวลาประมาณ 6.30 น. สูงสุดเวลาประมาณ 13.30 น. ที่ 725 W/m² ท้องฟ้าโปร่งมีเมฆปานกลาง ผู้วิจัยจึง นำการผลการทดลองในวันที่ 12 มาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลข้อมูลดังนี้

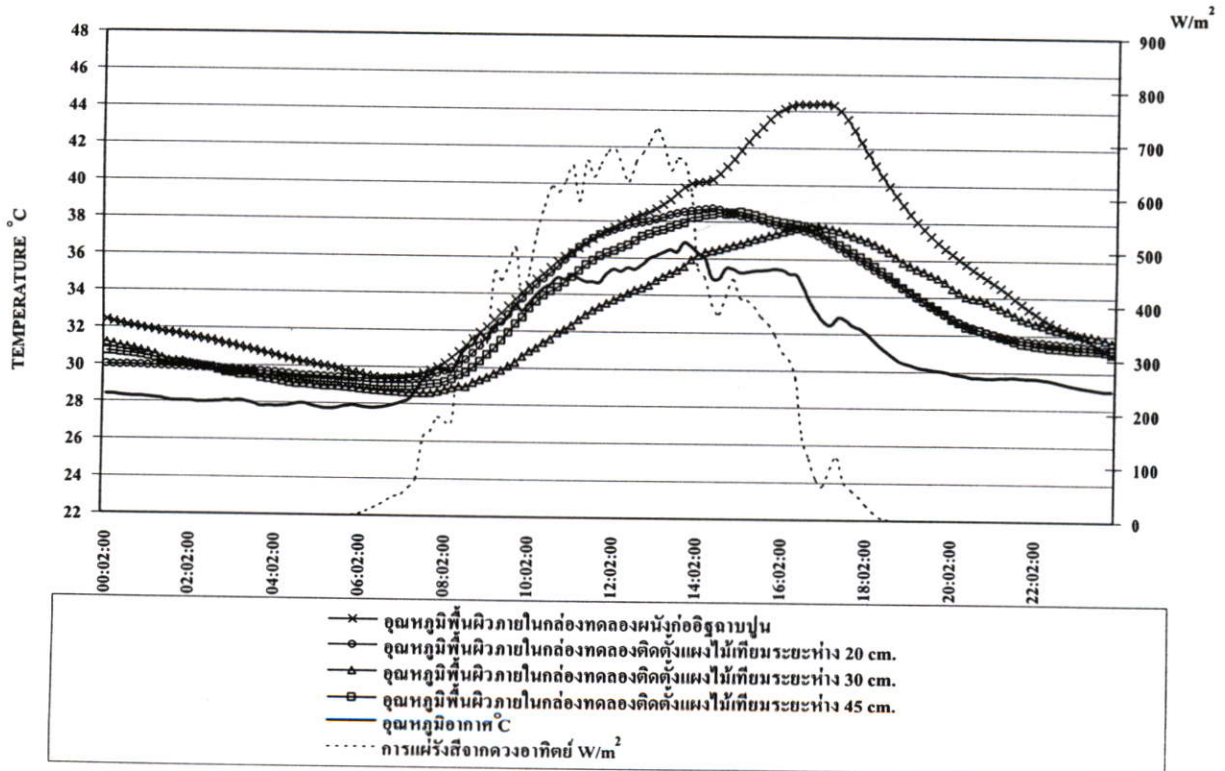
ระยะที่ต้องการศึกษาของวันที่ 12 เมษายน 2549

โดยกำหนดความห่างในช่วงกว้างๆเพื่อเปรียบเทียบดังนี้

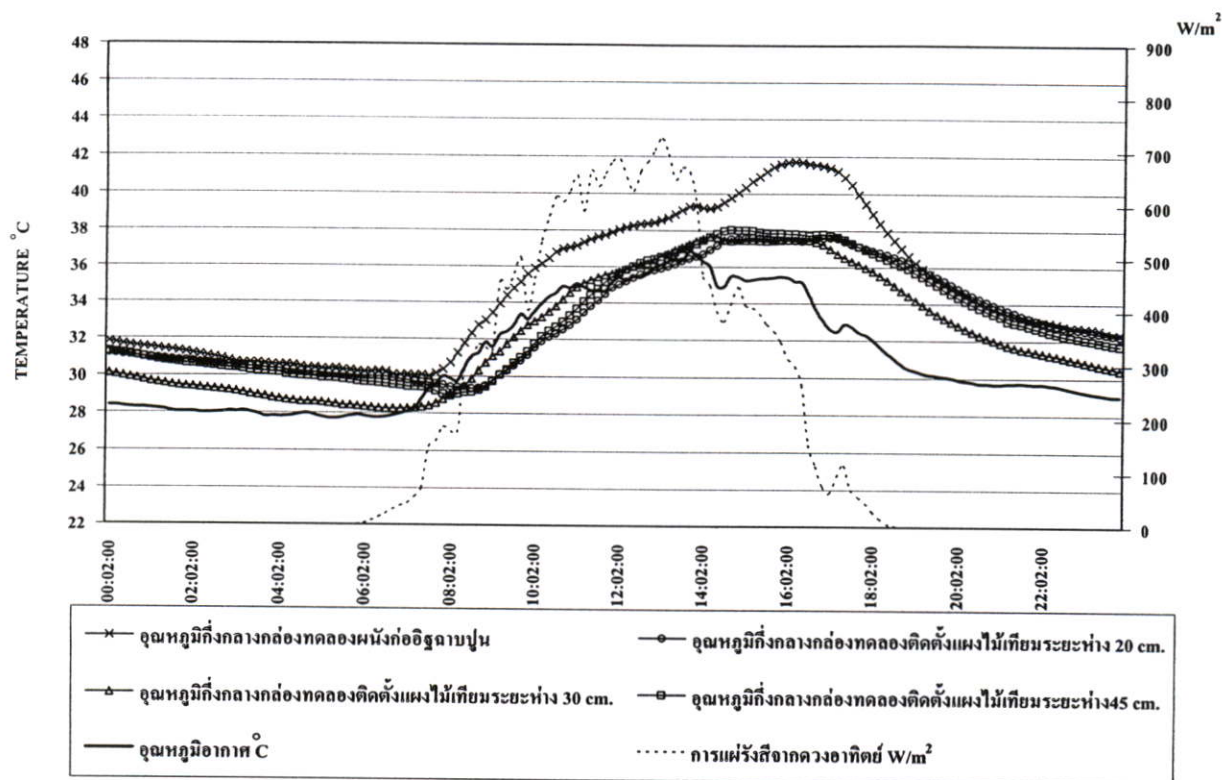
- ห่าง 20 เซนติเมตร
- ห่าง 30 เซนติเมตร
- ห่าง 45 เซนติเมตร (เพิ่มระยะห่างให้มากขึ้นเป็น 15 เซนติเมตร เนื่องจากต้องการทดลองเพื่อหาแนวโน้มความแตกต่างให้ชัดเจนยิ่งขึ้น)



ภาพที่ 4.12 ตารางเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 12 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.13 ตารางเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 12 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.14 ตารางเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 12 เมษายน 2549

จากกราฟพื้นผิวภายนอกกล่องทดลอง แบ่งเป็น 3 ช่วง

- ช่วงเข้าก่อนการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ช่วงเริ่มมีการแผ่รังสี
- ช่วงรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง
- ช่วงหมดการแผ่รังสีจนถึงเที่ยงคืน

ช่วงเข้าก่อนการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิเฉลี่ยที่พื้นผิวภายนอกทั้ง 4 กล่องทดลองอยู่ที่ระดับสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศ โดยที่ผนังเปล่าที่ไม่มีการติดตั้งแผงบังแดดกับผนังที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20 ม. มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่พื้นผิวภายนอกใกล้เคียงกันซึ่งสูงกว่าผนังที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.30 ม. และที่ระยะห่าง 0.45 ม. เล็กน้อย

ช่วงที่เริ่มมีการแผ่รังสีในตอนเช้า อุณหภูมิของอากาศเริ่มสูงขึ้น ส่งผลให้พื้นผิวผนังภายนอกของกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งแผงบังแดด มีอุณหภูมิสูงขึ้นตามด้วย แต่ในขณะเดียวกันพื้นผิวผนังภายนอกของกล่องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะต่างๆ ที่มีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน แต่โดยเฉลี่ยแล้วยังคงมีระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่าระดับอุณหภูมิของอากาศจนถึงช่วงที่ผนังได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงส่งผลให้อุณหภูมิที่พื้นผิวภายนอกสูงขึ้นถึงระดับที่สูงที่สุดของวันดังนี้

- พื้นผิวผนังภายนอกของกล่องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.45 ม.

มีระดับอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 38.5 °C ในช่วงเวลา 14.00 น.

- พื้นผิวผนังภายนอกของกล่องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20 ม. มีระดับอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 39.5 °C ในช่วงเวลา 16.20 น.
- พื้นผิวผนังภายนอกของกล่องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.30 ม. มีระดับอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 37.5 °C ในช่วงเวลา 16.30 น.
- พื้นผิวผนังภายนอกของกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งแผงบังแดด มีระดับอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 48.0 °C ในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.30 น.

จากอุณหภูมิที่สูงสุดที่ผนังภายนอกพบว่าที่ระยะ 0.20-0.30 ม. มีช่วงเวลาที่อุณหภูมิขึ้นไปถึงจุดสูงสุดช้าลง ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากแผงบังแดดได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง แตกต่างจากระยะ 0.45 ม. มีอุณหภูมิในช่วงบ่ายต่ำกว่าแต่ค่อนข้างลดลงได้ยากทำให้อุณหภูมิที่พื้นผิวภายในของช่วงกลางคืนยังคงสูงอย่างต่อเนื่องส่งผลถึงในตอนเช้า

เมื่อการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ลดลงอุณหภูมิของผนังภายนอกของกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งแผงบังแดด เริ่มลดลงค่อนข้างเร็ว ในขณะที่เดียวกันที่พื้นผิวผนังภายนอกของกล่องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่มีระยะห่างต่างๆ กันได้ลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ จนหมดช่วงของระยะเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลในแต่ละวัน

หลังจากได้รับปริมาณความร้อนของพื้นผิวผนังภายนอกของกล่องทดลองจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์นั้น ส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในของกล่องทดลอง มีระดับที่สูงขึ้นตามพื้นผิวผนังภายนอกด้วย ซึ่งเฉลี่ยในระดับอุณหภูมิที่สูงที่สุดของวันดังนี้

- พื้นผิวผนังภายในของกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งแผงบังแดด มีระดับอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 49.0 °C ในช่วงเวลา 17.30 น.
- พื้นผิวผนังภายในของกล่องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20 ม. มีระดับอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 39.0 °C ในช่วงเวลา 16.20 น.
- พื้นผิวผนังภายในของกล่องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.45 ม. มีระดับอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 38.5 °C ในช่วงเวลา 14.00 น.
- พื้นผิวผนังภายในของกล่องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.30 ม. มีระดับอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 37.8 °C ในช่วงเวลา 16.30 น.

หลังจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ลดลงอุณหภูมิของผนังภายในกล่องทดลองก็จะลดลงตามด้วยเป็นระยะจนถึงระดับช่วงที่อุณหภูมิเริ่มมีการคงที่ ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศของทั้ง 4 กล่องการทดลองมากที่สุด ที่เวลาประมาณ 7.00 น.

จากผลการอ่านข้อมูลในข้างต้นสรุปว่า

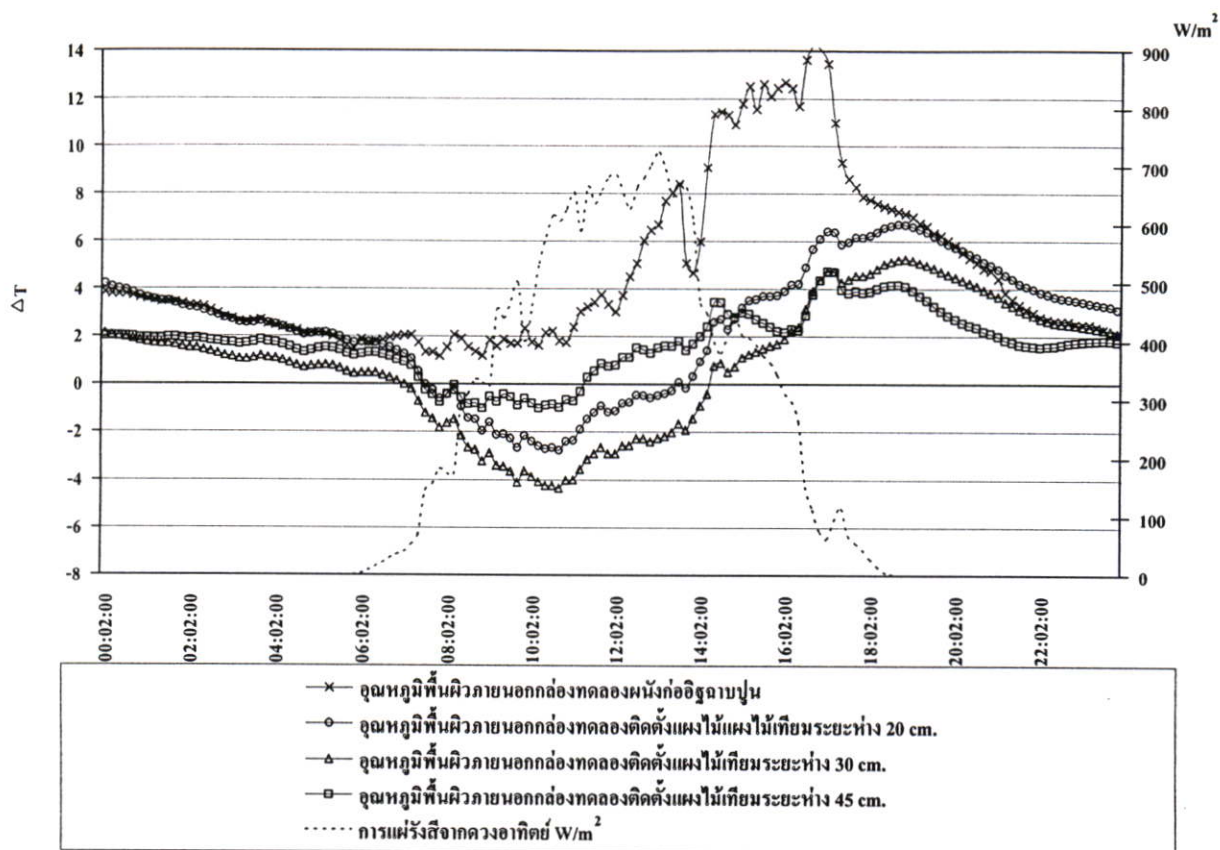
จากการพิจารณาระดับอุณหภูมิโดยเฉลี่ยส่วนใหญ่กล่องการทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดจะมีระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่ากล่องการทดลองที่ไม่มีการติดตั้งแผงบังแดดเกือบตลอดทั้งวัน

ซึ่งระดับอุณหภูมิที่อยู่ใกล้เคียงกันที่สุดจะอยู่ในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งอุณหภูมิของอากาศจะลดลงในระดับต่ำสุดและค่อนข้างคงที่ ที่ระดับอุณหภูมิประมาณ 27.8°C และเมื่อถึงเวลาที่ผิวผนังภายนอกได้รับรังสีตกกระทบจากดวงอาทิตย์โดยตรง ช่วงเวลานี้จะมีระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากขึ้น โดยที่พื้นผิวผนังภายนอกของกล่องการทดลองที่ไม่มีการติดตั้งแผงบังแดดจะมีระดับอุณหภูมิสูงสุด รองลงมาคือพื้นผิวผนังภายนอกของกล่องการทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.45 ม. ตามด้วยพื้นผิวผนังภายนอกของกล่องการทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20 ม. และสุดท้ายคือพื้นผิวผนังภายนอกของกล่องการทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.30 ม. ทั้งนี้เป็นผลจากการสะสมปริมาณความร้อนที่ต่อเนื่องซึ่งจะส่งผลข้ามไปสู่ช่วงเช้าอีกวัน

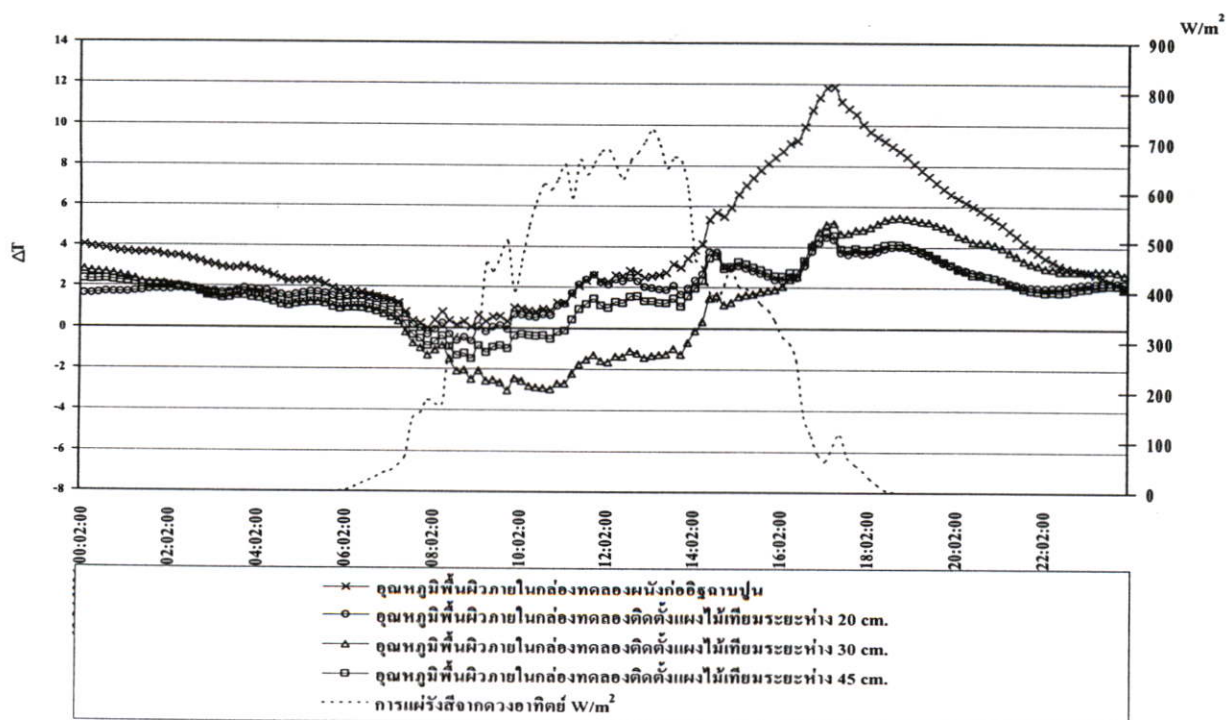
ข้อสังเกต

โดยเฉพาะกล่องการทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.45 ม. มีระดับอุณหภูมิที่พื้นผิวภายนอกสูงที่สุด เนื่องจากในช่วงเช้ามีปริมาณความร้อนสะสมอยู่เดิมที่ถ่ายเทไม่หมดจนเริ่มมีการรับปริมาณความร้อนจากภายนอกเข้ามาใหม่ จนถึงช่วงระยะที่เริ่มมีการกระทบรังสีโดยตรง ทำให้อุณหภูมิมีปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้นอีก

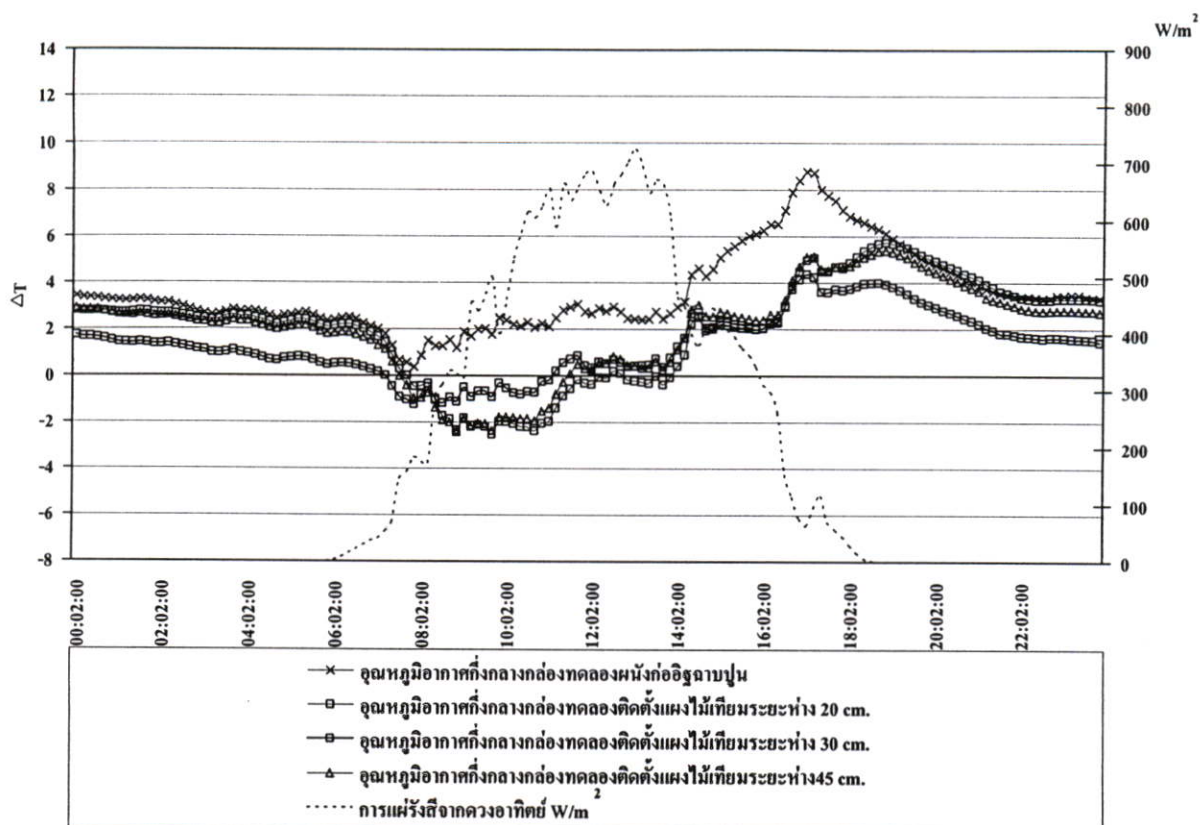
ในขณะเดียวกัน กล่องการทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20 ม. และที่ระยะห่าง 0.30 ม. เริ่มมีระดับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในระดับที่สูงกว่ากล่องการทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.45 ม. ในช่วงเวลาที่ช้ากว่าซึ่งใกล้ช่วงเวลาที่แผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ลดลง ทำให้กล่องการทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.20 ม. และที่ระยะห่าง 0.30 ม. มีระดับอุณหภูมิลดลงค่อนข้างเร็วกว่าจนถึงเวลาประมาณ 22.00 – 24.00 น. โดยเฉพาะกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. ลดลงต่ำกว่ากล่องทดลองที่ติดตั้งที่ระยะ 0.45 ม. ซึ่งลดลงช้ามากจนเกือบคงที่



ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกกล่องทดลองเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ



ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในกล่องทดลองเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ



ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ

จากกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิจากผลต่างเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ ΔT เป็น $^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิพื้นที่ผนังภายนอก เพื่อทราบระยะความต่างของอุณหภูมิในแต่ละจุดการทดลองที่ช่วงเวลาต่างๆดังนี้

- ในช่วงก่อนเริ่มการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ กล่องทดลองติดตั้งแผงกันแดดที่ระยะ 0.30 ม. มีอุณหภูมิต่ำสุดโดยมีกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.45 ม. , กล่องทดลองเปล่าและกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.20 ม. ผลจากอุณหภูมิภายในที่สูงเริ่มส่งกลับสู่ภายนอกตามลำดับ

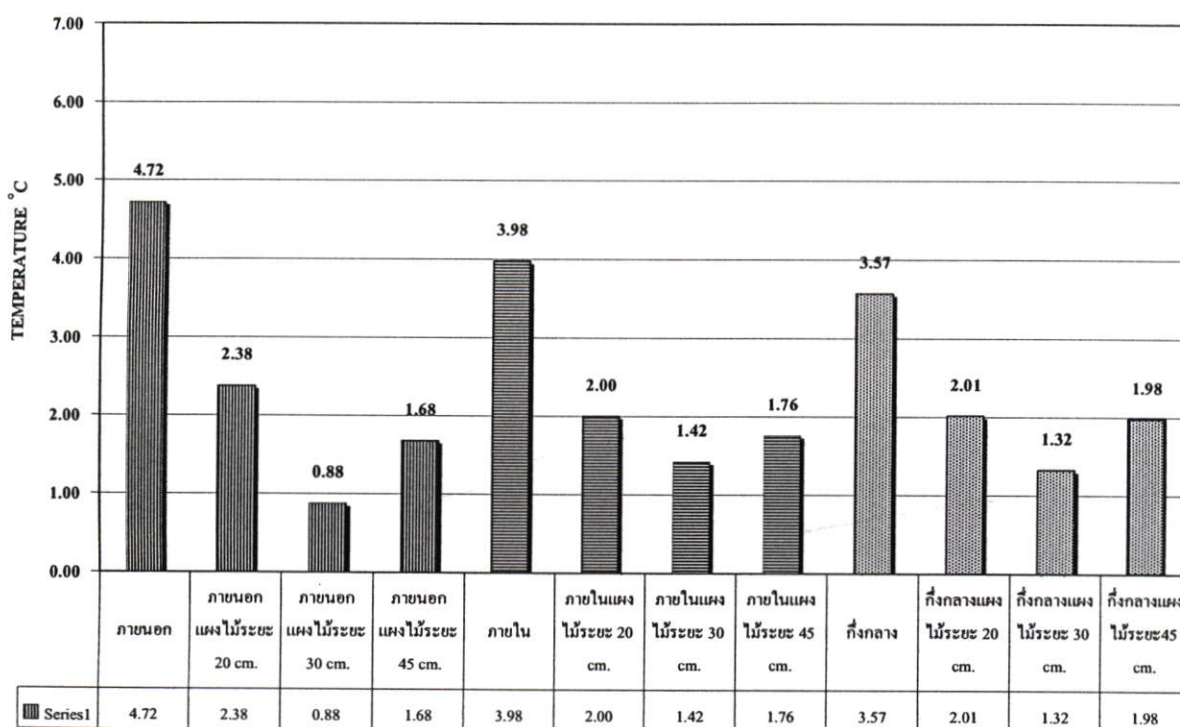
- เริ่มมีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยที่แผงบังแดดที่ระยะ 0.45 ม. มีความห่างน้อยที่สุดจนถึงช่วงเวลา 12.00 น. และกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดระยะ 0.20 ม.และ 0.30 ม. ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 4°C และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา 14.00 – 19.30 น.

- หลังจากหมดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์กล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดระยะ 0.20 ม. อยู่สูงที่สุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 6.9°C จนเกือบต่ออีก 1 วัน

อุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน ซึ่งเป็นปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกระทบโดยตรงกับอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลอง

- จุดอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกมากที่สุดที่กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. เวลา 11.00 น. ผลต่างกับอุณหภูมิอากาศประมาณ 3°C
- ในขณะที่ช่วงเย็นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดที่ 9°C เวลา 20.00 น. โดยที่กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.20 ม. สูงสุดแต่อยู่ในช่วงที่ห่างกันไม่มาก

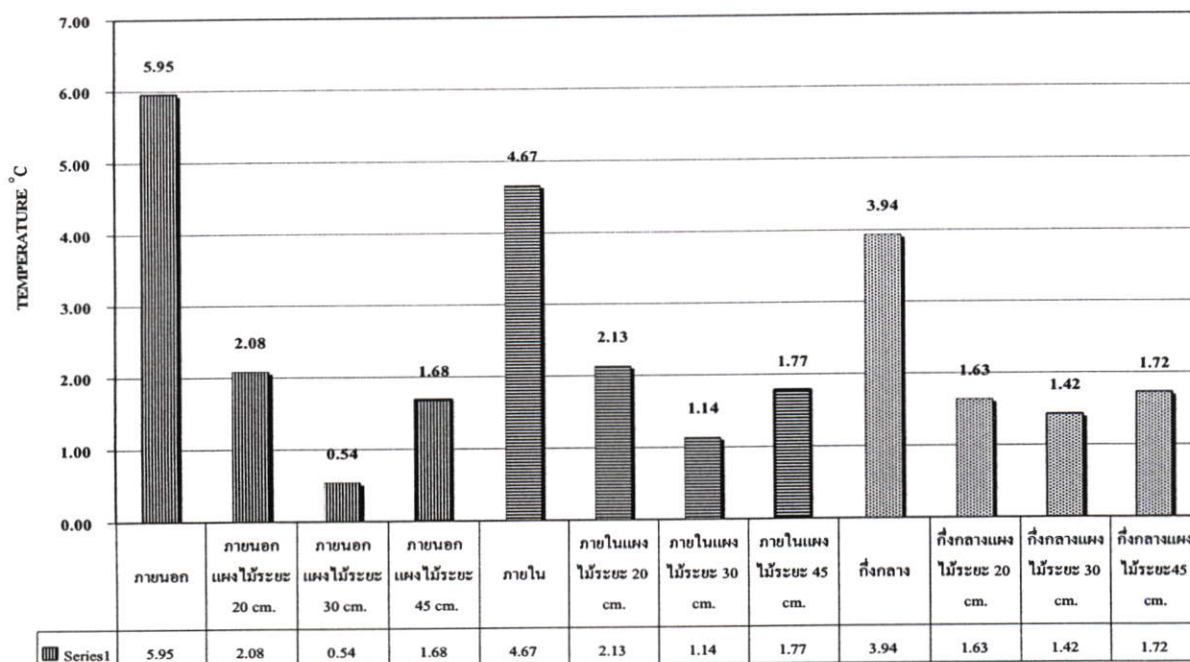
เพื่อการเปรียบเทียบผลต่างที่ชัดเจนผู้วิจัยได้เฉลี่ยผลต่างเป็นรายชั่วโมงเพื่อสรุปผลเฉลี่ยรวมเพื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศในช่วงตลอดทั้งวันและช่วงเวลาทำงาน 7.00 – 21.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเริ่มจนถึงหมดการแผ่รังสีในตารางแผนภูมิในขั้นตอนต่อไปดังนี้



ภาพที่ 4.18 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยกับอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน วันที่ 12 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 31.12 °C)

จากภาพรวมแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบทั้งวัน กล่องทดลองผนังเปล้ากับกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.20 ม. มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยที่เทียบกันในแต่ละจุดที่น้อยลงคือ ผนังภายนอก ภายใน และอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองตามลำดับ ต่างจากกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. และ 0.45 ม. มีผลต่างที่มากเรื่อยๆ ซึ่งเป็นผลกระทบจากปริมาณความร้อนที่พื้นผิวภายนอกซึ่งมีแผงบังแดดทำให้อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกได้รับปริมาณความร้อน

ในช่วงเวลาที่สั้นกว่า ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยที่พื้นผิวผนังภายนอกน้อยกว่าผนังภายใน ส่งผลให้การถ่ายเทส่วนใหญ่เป็นไปในทิศทางระบายความร้อนออกนอกกล่องทดลองโดยผ่านผนังทดลองและรับความร้อนจากภายนอกในปริมาณที่เท่ากันแต่ในช่วงเวลาที่น้อยกว่า



ภาพที่ 4.19 แผนภูมิเปรียบเทียบรวมผลต่างของอุณหภูมิช่วงเวลาใช้งาน 7.00 น. - 21.00 น.
วันที่ 12 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 33 °C)

ค่าผลต่างเมื่อเทียบกับผนังกล่องทดลองเปล่าโดยเฉลี่ยทั้งช่วงตลอดทั้งวันและช่วงเวลาทำงานสรุปว่าการติดตั้งกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดเมื่อไม่มีการระบายอากาศระหว่างแผงบังแดดในระยะห่างช่วง 0.30 ม. จากผลกระทบทั้งหมดมีปริมาณความร้อนซึ่งเฉลี่ยเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศดีสุดระหว่างระยะที่ทำการเทียบ

- การติดตั้งกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. มีค่าผลต่างเทียบกับผนังเปล่ามากที่สุดที่ผนังภายนอกช่วงเวลาทำงานประมาณ 5.41°C ที่ผนังภายในช่วงเวลาทำงานประมาณ 3.53 °C

- การติดตั้งกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.45 ม. มีค่าผลต่างเทียบกับผนังเปล่ามากที่สุดที่ผนังภายนอกช่วงเวลาทำงานประมาณ 4.72°C ที่ผนังภายในช่วงเวลาทำงานประมาณ 2.90°C

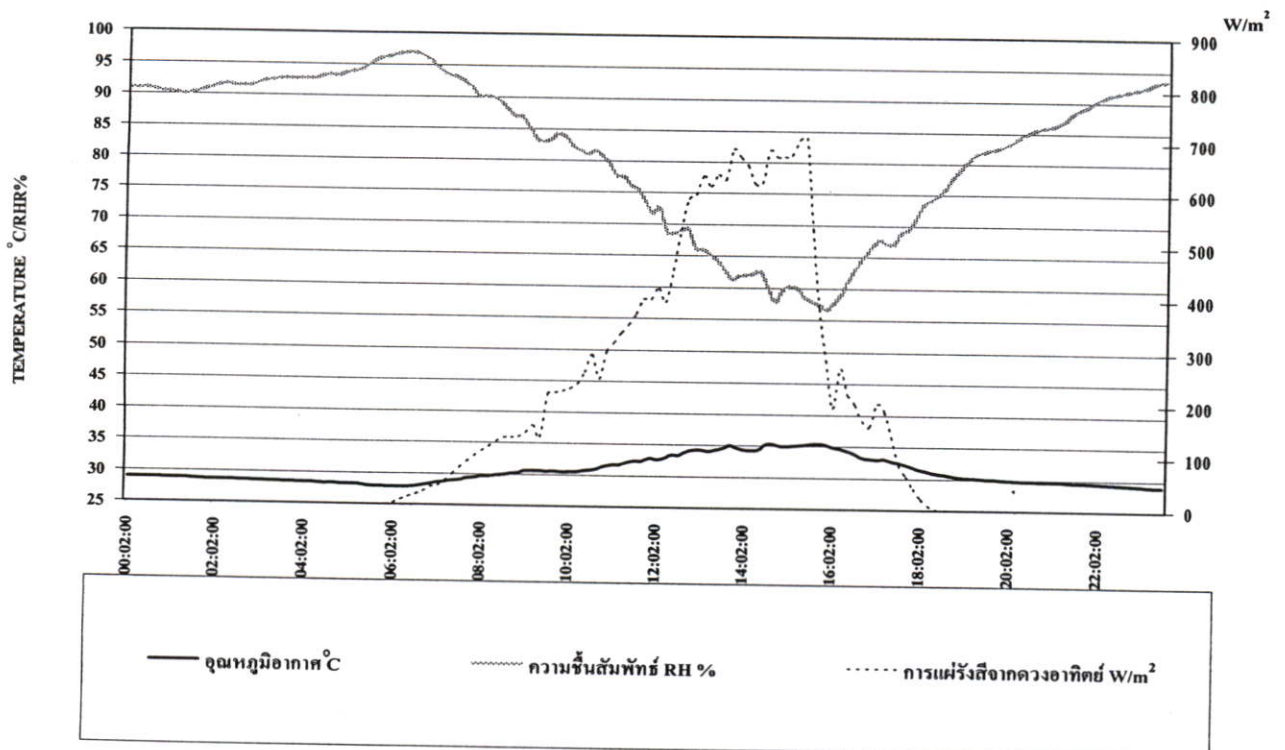
จากการเปรียบเทียบระยะในขั้นต้นของการติดตั้งแผงบังแดดกับผนังอาคารโดยไม่มีการระบายอากาศระหว่างผนัง พบว่า

- ในการเปรียบเทียบ กล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดในทุกๆ ระยะโดยเฉลี่ยมีปริมาณความร้อนที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกล่องผนังเปล่า

- ในช่วงเช้าล่งที่มีระยะ 0.45 ม. มีปริมาณความร้อนโดยเฉลี่ยโดยรวมมากที่สุดเนื่องปริมาณความร้อนสะสมที่ส่งผลจากช่วงกลางคืน
- ในช่วงบ่ายระยะ 0.20 ม. มีปริมาณความร้อนที่มากที่สุดหลังจากแผงได้รับการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง
- จากผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยเทียบกับอุณหภูมิอากาศสรุปปริมาณความร้อนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นดังนี้ ระยะ 0.20 ม. > ระยะ 0.30 ม. < ระยะ 0.45 ม. โดยที่ ระยะ 0.45 ม. < ระยะ 0.20 ม.

จากผลการทดลองทั้งหมดในวันที่ 12 เมษายน ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นกับผนังกล่องการทดลองมาจากการแผ่รังสีจากแผงบังแดดมีการส่งผลกระทบต่อผนัง ที่ระยะ 0.2-0.3 เมตร ซึ่งหลังจากนั้นปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นของผนังภายนอกสู่ภายในจะมากในช่วงเย็นถึงกลางคืนเนื่องจากมีปริมาณความร้อนสะสมที่มากแต่เฉลี่ยปริมาณความร้อนโดยรวมน้อยการในช่วงที่ระยะ 0.20 ม. ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองในช่วงระยะตั้งแต่ 0.30-0.40 ม. เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นเพื่อลดปริมาณความร้อนที่ส่งผลกับผนังทดลองในขั้นตอนต่อไปในวันที่ 14 มีนาคม 2549

สภาพอากาศ วันที่ 14 มีนาคม 2549



ภาพที่ 4.20 กราฟแสดงสภาพภูมิอากาศโดยรวมของวันที่ 14 มีนาคม 2549

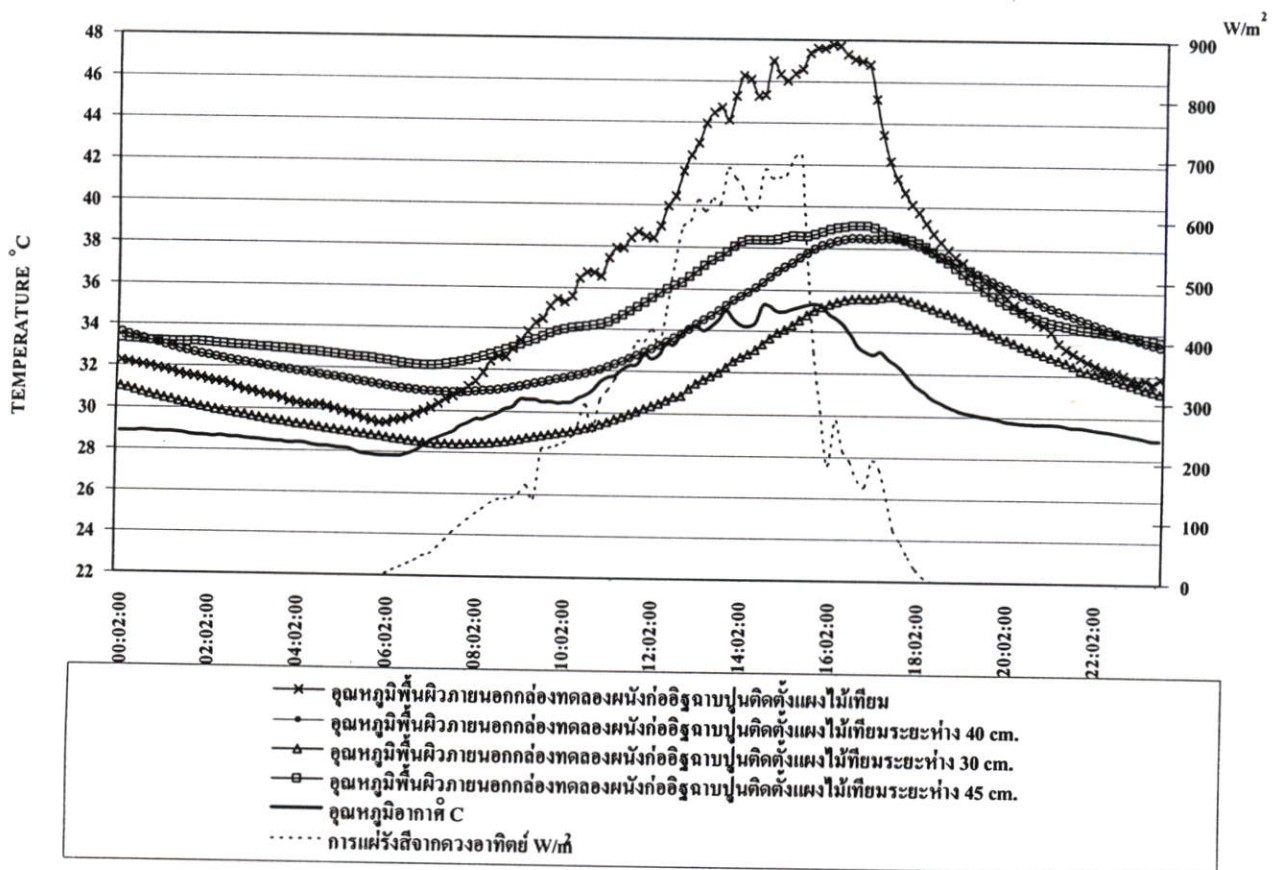
อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูล ประมาณ 36 °C ที่ช่วงเวลาประมาณ 12.30 – 16.00 น. ต่ำสุดประมาณ 27.8 °C ช่วงเวลาประมาณ 05.30 – 06.30 น.

เริ่มการแผ่รังสี เวลาประมาณ 6.30 น. สูงสุดเวลาประมาณ 13.30 น. ที่ 708 W/m^2
ห้องฟ้าโปร่งมีเมฆปานกลาง

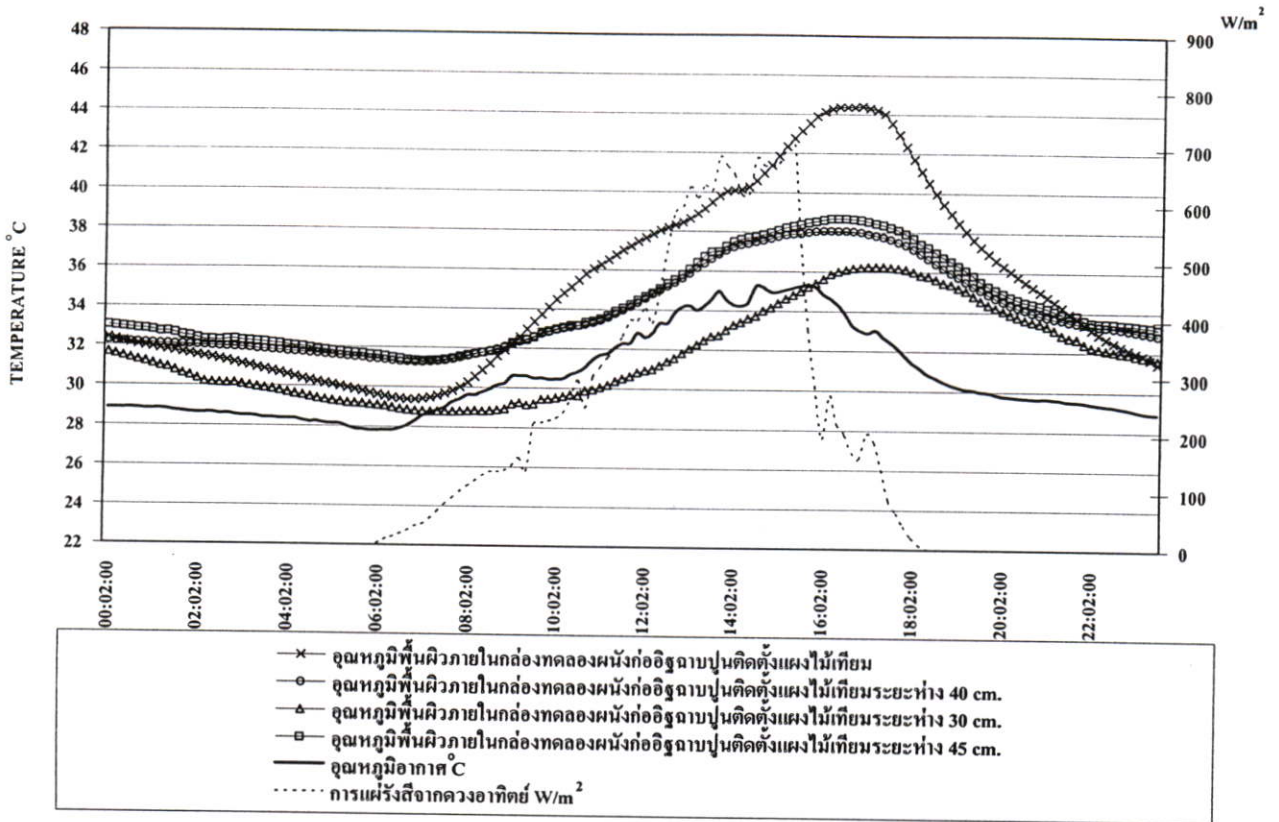
ระยะที่ต้องการศึกษาของวันที่ 14 เมษายน 2549

โดยสลับกล่องทดลองและกำหนดความห่างในช่วงความถี่มากขึ้นเพื่อเปรียบเทียบหา
ระยะที่เหมาะสมดังนี้

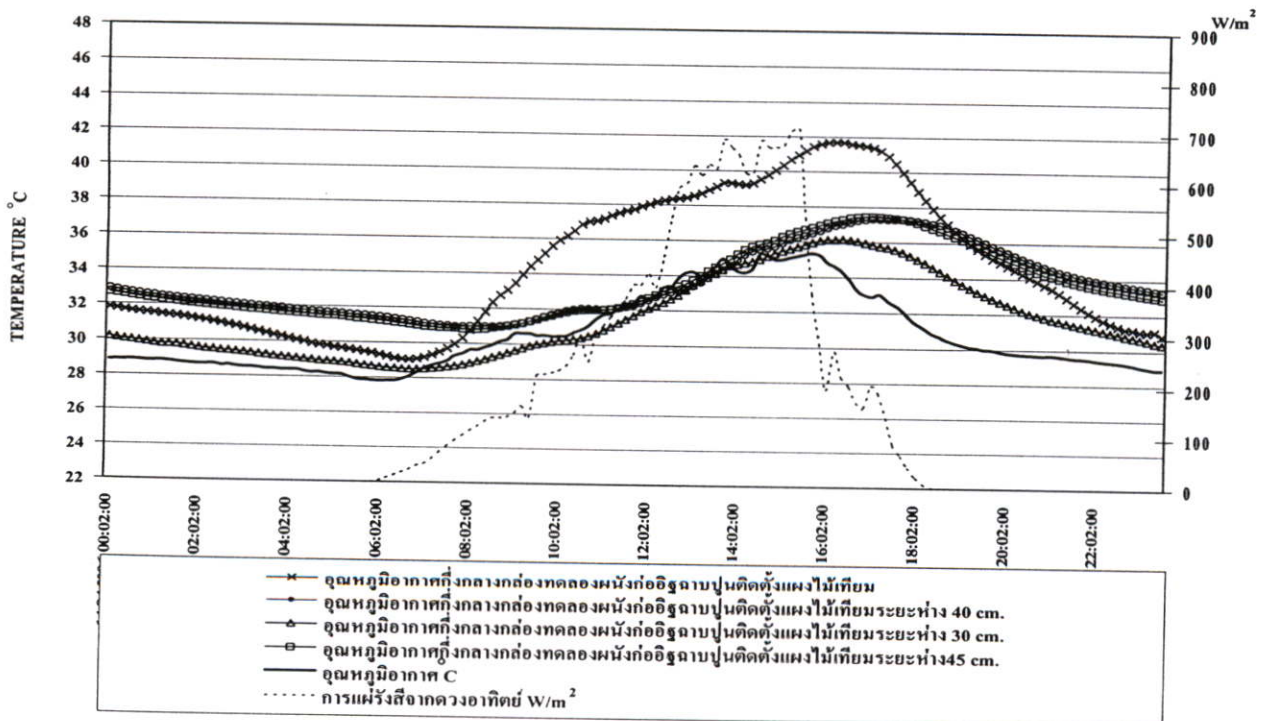
- ห่าง 30 เซนติเมตร (ศึกษาแนวโน้มความสัมพันธ์ผลกระทบในด้านต่างๆ
ที่เกิดขึ้นจากการทดลองในระยะช่วงแรก)
- ห่าง 40 เซนติเมตร
- ห่าง 45 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.21 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้ง
แผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 14 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 14 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะต่างๆ กันวันที่ 14 เมษายน 2549

จากกราฟผลการทดลองเปรียบเทียบอุณหภูมิระยะที่ดีที่สุดจาก 12 เมษายน 2549 มาเปรียบเทียบที่ระยะห่าง 0.40 ม. และ 0.45 ม.

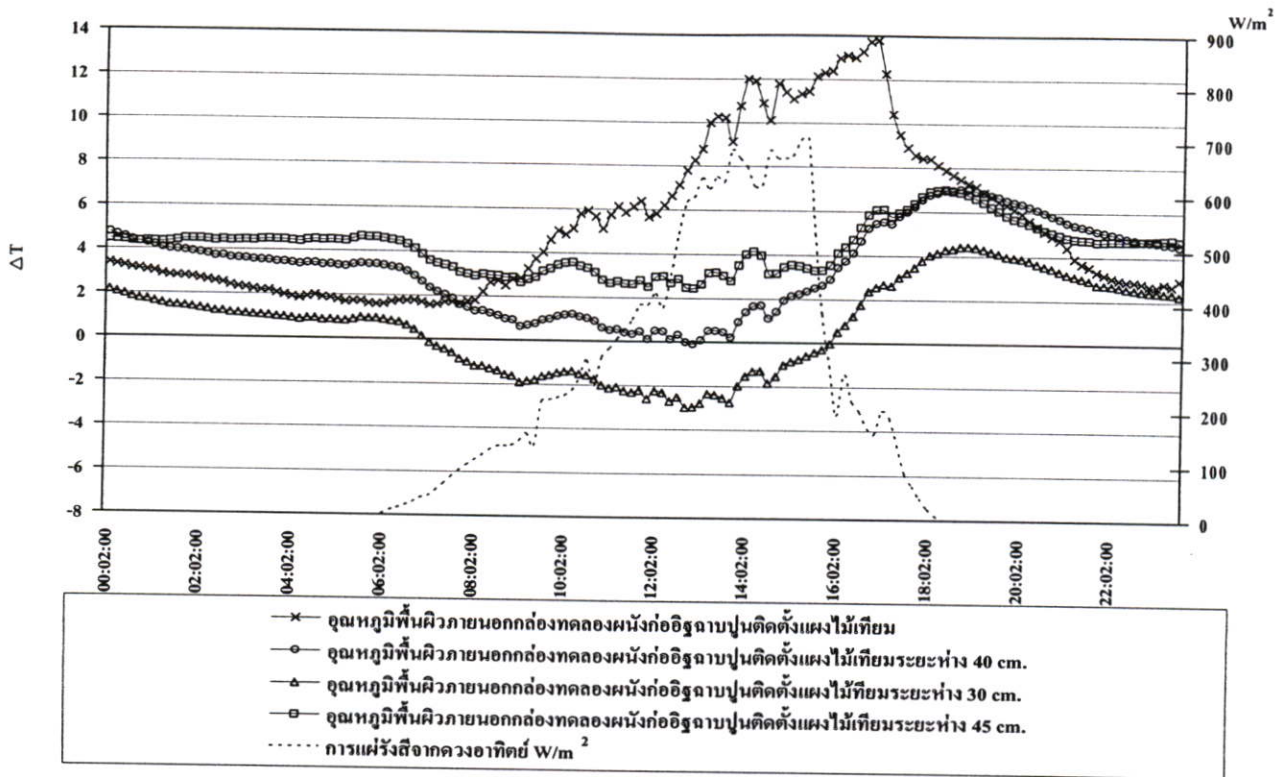
ที่อุณหภูมิที่ผนังภายนอกกล่องทดลอง ที่ช่วงเวลากลางคืนตั้งแต่ 24.00 – 6.30 น. อุณหภูมิอากาศมีการลดลงอย่างต่อเนื่องทำให้อุณหภูมิผนังเปล่าที่มีการเปลี่ยนแปลงได้เร็วกว่ากล่องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดควบคุมการระบายอากาศระยะ 0.40 ม. และ 0.45 ม. ส่งผลให้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเช้าผนังเปล่าอยู่ต่ำกว่า

- เมื่อเริ่มการแผ่รังสีในตอนเช้าเริ่มขึ้น อุณหภูมิที่ผนังเปล่าเพิ่มสูงขึ้นสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ขณะที่อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ส่งผลให้

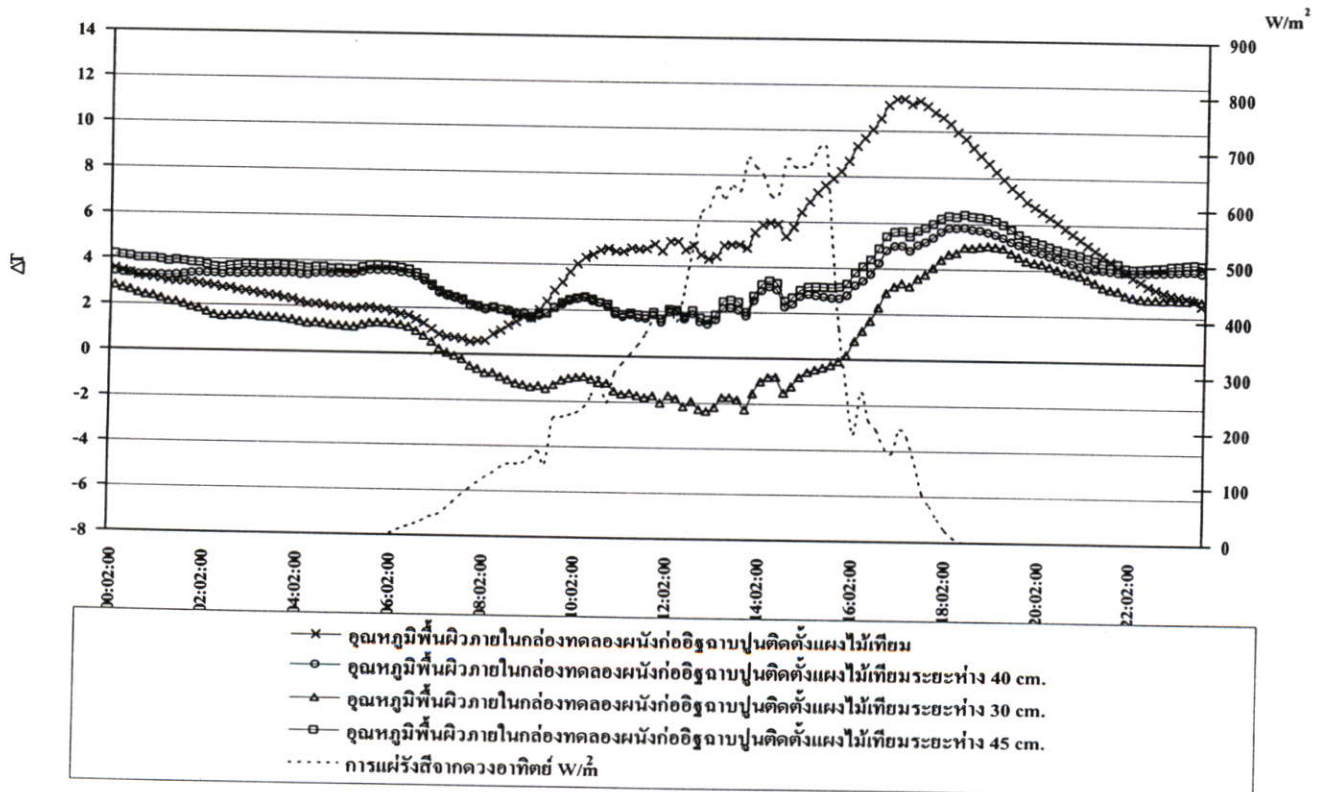
กล่องทดลองผนังเปล่าสูงกว่าจนถึงช่วงเที่ยงที่เวลา 13.30 น. เป็นจุดสูงสุดที่ 47.5°C อุณหภูมิที่ผนังกล่องทดลองที่ติดตั้งที่ระยะ 0.45 ม., 0.40 ม. และ 0.30 ม. น้อยกว่าตามลำดับ จนถึงช่วงเวลาที่หมดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

- ในช่วงเวลา 19.30 น. ถึง 20.30 น. อุณหภูมิที่กล่องทดลองผนังเปล่าได้ลดลงต่ำกว่ากล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. และ 0.45 ม. ตามลำดับ และลดลงเรื่อยๆ จนถึงช่วงเช้าของอีกวันโดยที่ส่วนใหญ่อุณหภูมิเฉลี่ยที่กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. อยู่ต่ำกว่าตลอดทั้งวัน จากผลดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อด้านปริมาณความร้อนที่พื้นผิวผนังภายในสอดคล้องกัน

ที่อุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในส่วนใหญ่การเปลี่ยนแปลงอยู่ในตำแหน่งที่สอดคล้องกับอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอก ในช่วงเช้าก่อนการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิพื้นผิวภายในของกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. และ 0.45 ม. มีความใกล้เคียงกันมาก ซึ่งมีความแตกต่างกันมากที่สุดที่ช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 22.00 น. ที่ผลต่างประมาณ 0.7°C โดยที่กล่องทดลองนี้ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.45 ม. สูงกว่าขณะที่โดยรวมอุณหภูมิพื้นผิวภายในของกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. ยังคงต่ำกว่าตลอดทั้งวัน ซึ่งส่งผลที่สอดคล้องกับอุณหภูมิอากาศที่กึ่งกลางกล่องทดลองด้วย

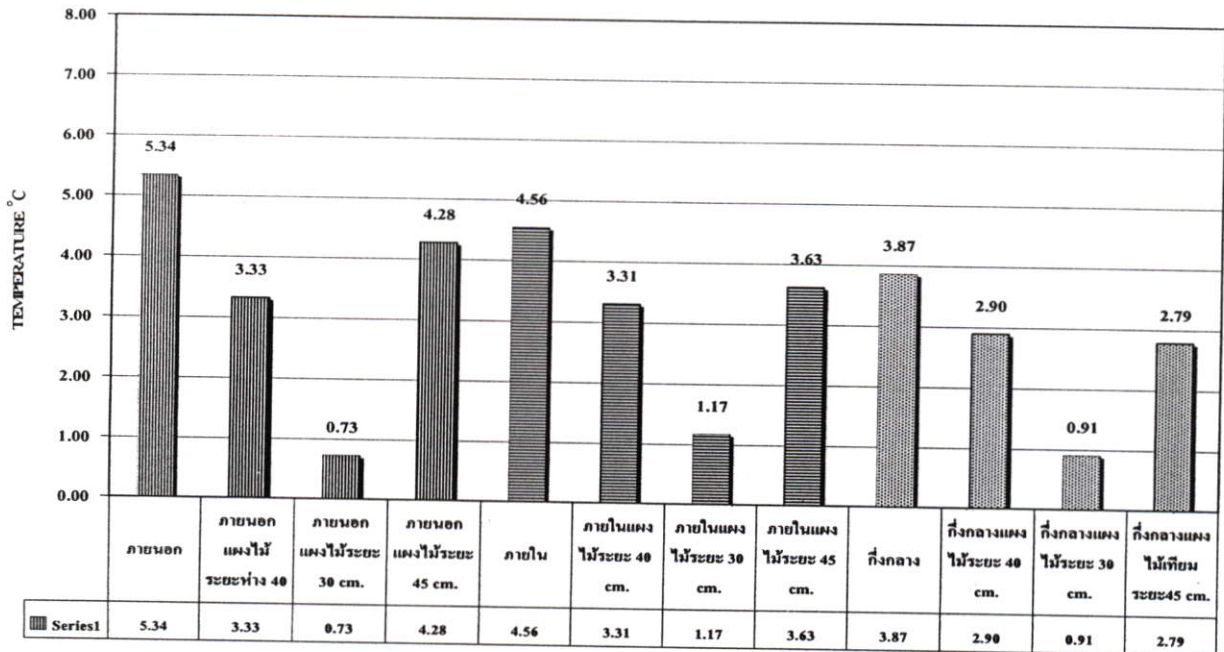


ภาพที่ 4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกกล่องทดลองเทียบกับอุณหภูมิอากาศ

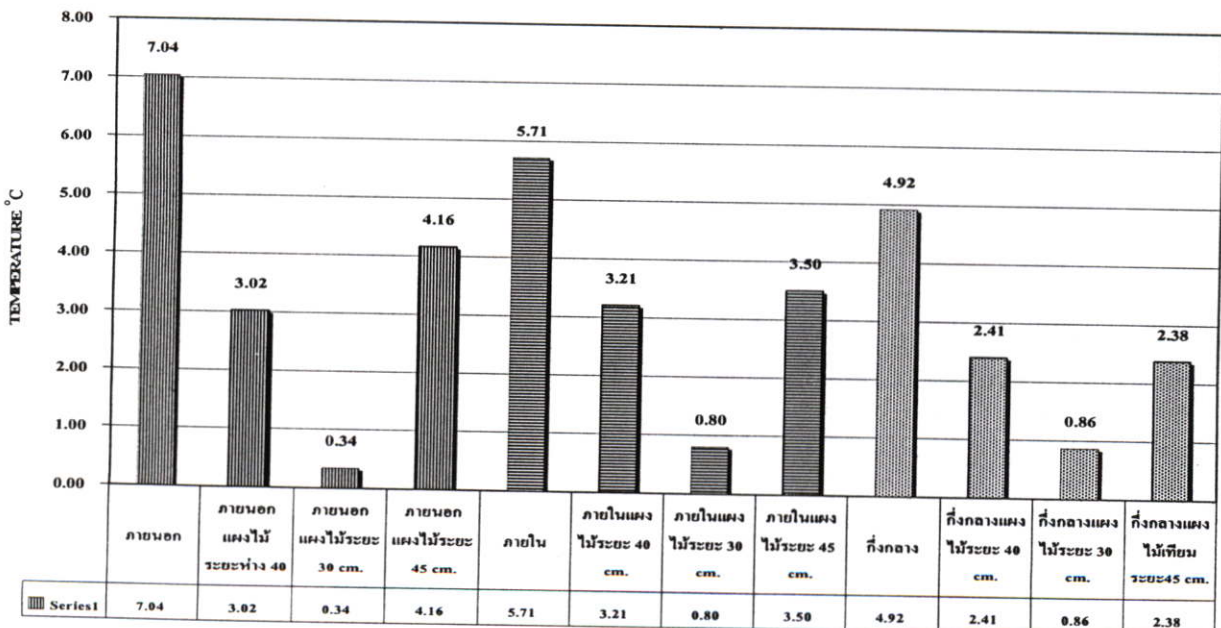


ภาพที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายในกล่องทดลองเทียบกับอุณหภูมิอากาศ

และ 0.45 ม.และใกล้เคียงกับแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. ในช่วงเวลา 24.00 น. จนอุณหภูมิในทุกๆ จุดที่เก็บผลเริ่มลดลงอย่างช้าๆ และอย่างคงที่จนถึงช่วงเช้าของอีกวัน ซึ่งได้สรุปปริมาณความร้อนเปรียบเทียบในแผนภูมิแท่งดังนี้



ภาพที่ 4.27 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยกับอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวันวันที่ 14 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 30.5 °C)



ภาพที่ 4.28 แผนภูมิเปรียบเทียบรวมผลต่างของอุณหภูมิช่วงเวลาใช้งาน 7.00 น. - 21.00 น. วันที่ 14 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 31.12 °C)

จากแผนภูมิแท่ง ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. , 0.40 ม. และ 0.45 ม. ซึ่งสังเกตเห็นว่าผลต่างของอุณหภูมิโดยรวมเพื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของกล่องทดลองผนังเปล่าน้อยลงอาจเนื่องจาก ในช่วงเช้าตั้งแต่ช่วงเวลา 9.30 น. – 12.00 น. การแผ่รังสีน้อยกว่าวันที่ 12 เมษายน 2549 ส่งผลให้อุณหภูมิของกล่องทดลองผนังเปล้าในช่วงเช้าไม่สูงเท่าที่ควรซึ่งทำให้ผลรวมเฉลี่ยตลอดทั้งวันใกล้เคียงกับกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดมากขึ้น

ช่วงหลังเที่ยงการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์สูงขึ้นตามปกติระยะห่างระหว่างกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดกับผนังมากขึ้น ผู้วิจัยจึงสามารถเปรียบเทียบผลระหว่างผลต่างแผงบังแดดระยะต่างกันได้ เนื่องจากเป็นการเก็บข้อมูลที่ต่อเนื่อง

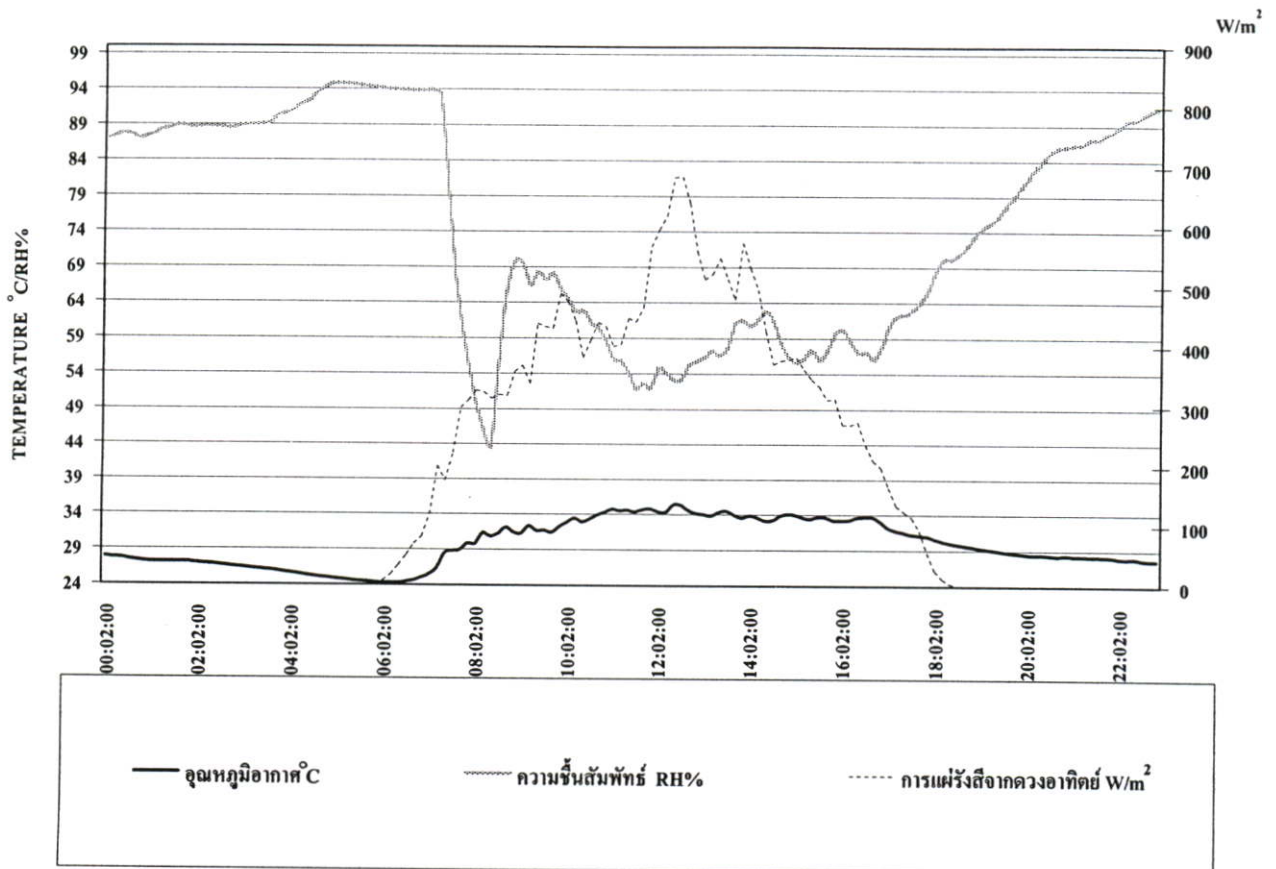
สรุปว่ารวมผลต่างของอุณหภูมิในช่วงตลอดทั้งวันและช่วงเวลาทำงาน

- กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. มีผลรวมใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศมากที่สุดที่เฉลี่ยช่วงเวลาใช้งานที่ 6.7°C
- กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. มีผลรวมใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศมากที่สุดที่เฉลี่ยช่วงเวลาใช้งานที่ 4.02°C
- กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.45 ม. มีผลรวมใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศมากที่สุดที่เฉลี่ยช่วงเวลาใช้งานที่ 2.88°C

จากการเปรียบเทียบผลต่างแผนภูมิแท่ง เห็นได้ว่าในทุกกล่องการทดลองมีอุณหภูมิผลต่างเฉลี่ยในช่วงเวลาทำงานมากกว่าช่วงตลอดทั้งวัน แสดงว่าในช่วงที่มีการแผ่รังสี การติดตั้งแผงบังแดดมีผลกระทบจากปริมาณความร้อนที่ต่ำกว่าช่วงกลางคืนที่ไม่มีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

ผู้วิจัยได้สรุปว่าระยะ 0.30 ม. กับระยะ 0.40 ม. มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกว่าจึงได้นำผลมาทดลองเพื่อหาระยะที่เหมาะสมที่มีช่วงห่างของระยะที่น้อยลงในขั้นตอนต่อไป

สภาพอากาศ วันที่ 18 มีนาคม 2549



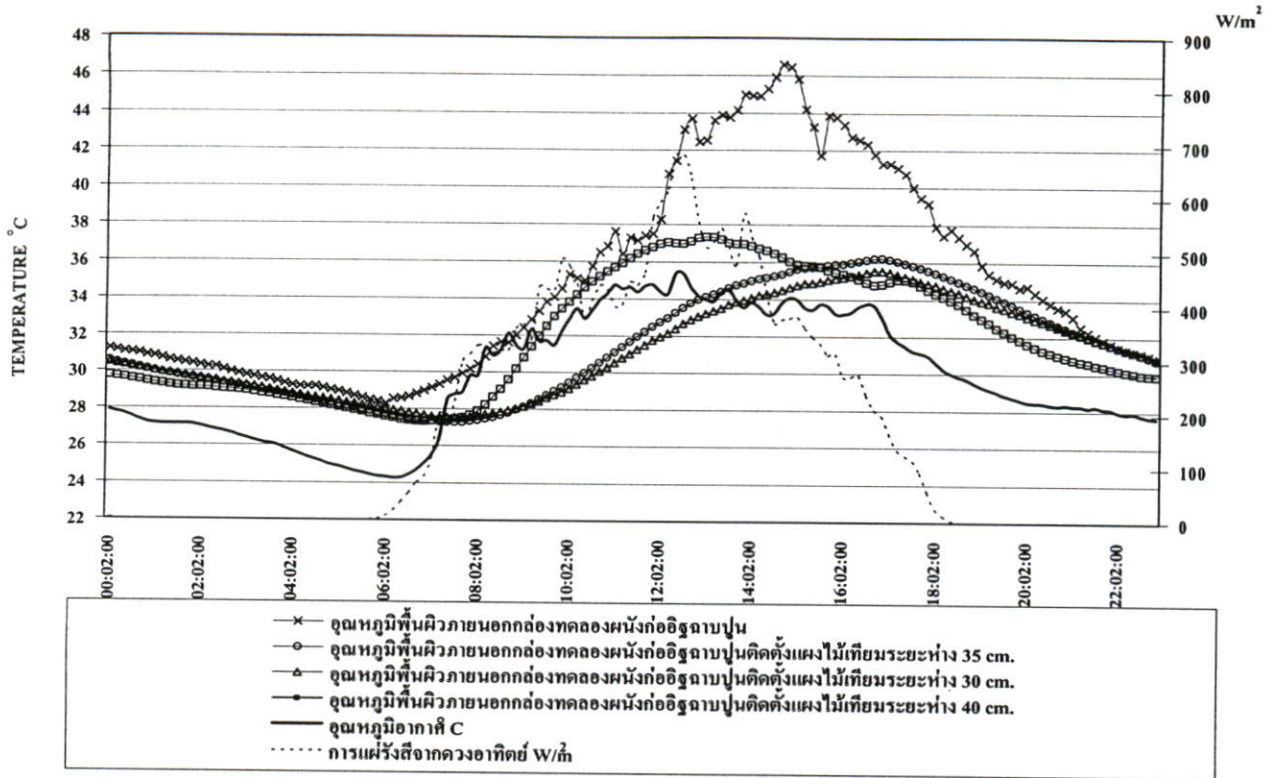
ภาพที่ 4.29 กราฟสภาพอากาศโดยรวม วันที่ 18 มีนาคม 2549

อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูล ประมาณ 35.7 °C ที่ช่วงเวลาประมาณ 12.30น.ต่ำสุดประมาณ 24.5 °C ช่วงเวลาประมาณ 05.30 – 06.30 น. เริ่มการแผ่รังสี เวลาประมาณ 6.30 น. สูงสุดเวลาประมาณ 12.30 น. ที่ 690 W/m² ท้องฟ้าโปร่งมีเมฆปานกลาง ผู้วิจัยจึง นำผลการทดลองในวันที่ 14 มาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลข้อมูลดังนี้

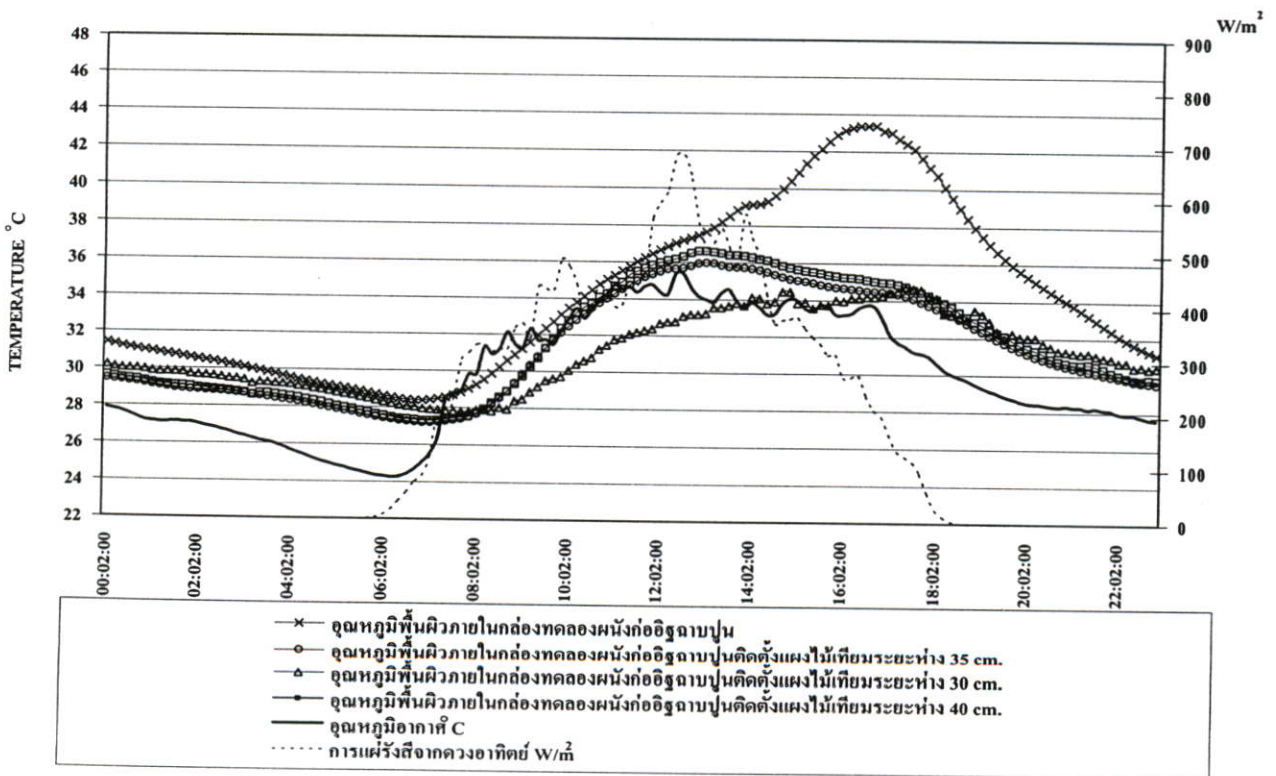
ระยะที่ต้องการศึกษาของวันที่ 18 เมษายน 2549

โดยสลับกล่องการทดลองและกำหนดความห่างในช่วงความถี่มากขึ้นเพื่อเปรียบเทียบหา ระยะที่เหมาะสมดังนี้

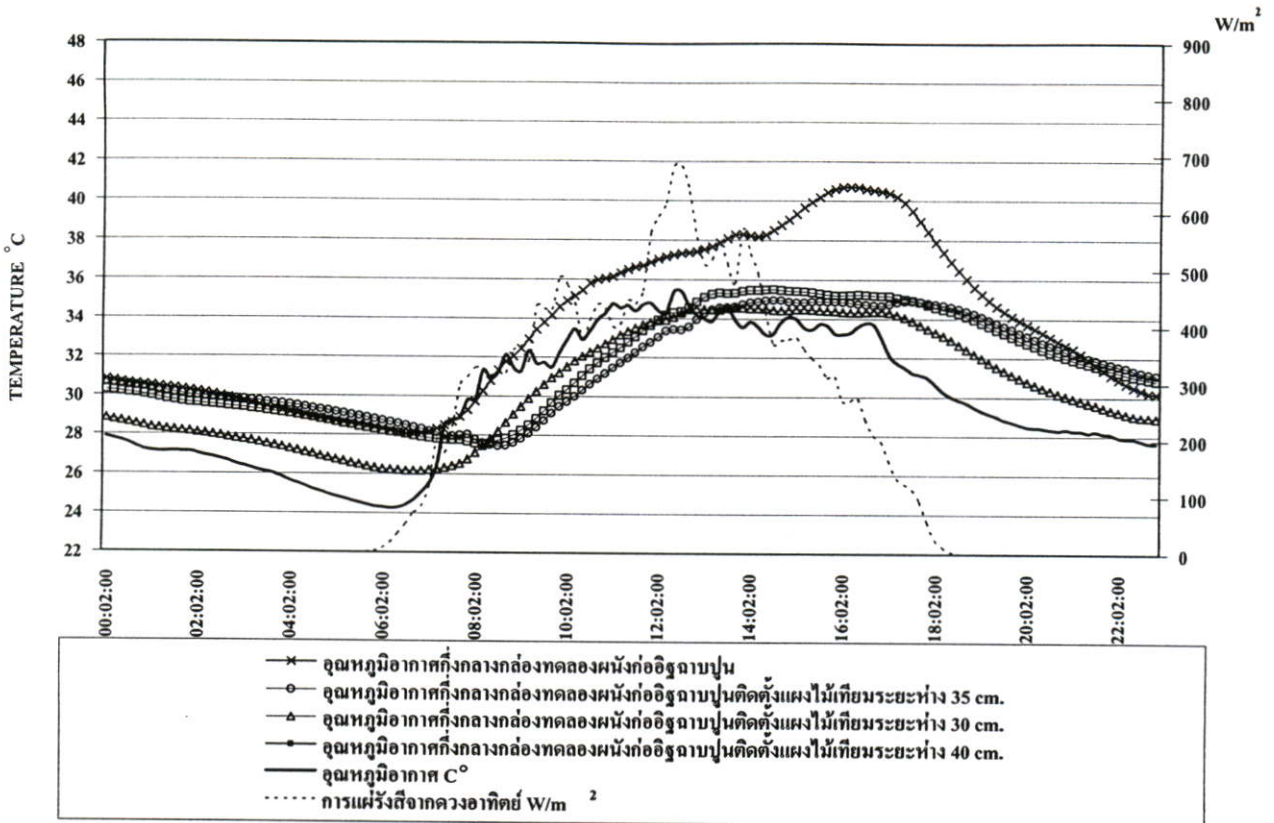
- ห่าง 30 เซนติเมตร
- ห่าง 35 เซนติเมตร
- ห่าง 40 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 18 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.31 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 18 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.32 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 18 เมษายน 2549

ผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่ผนังภายนอกเมื่อติดตั้งแผงกันแดดที่ระยะ 0.30 ม. ยังคงสอดคล้องกับผลการทดลองในวันที่ 14 เมษายน 2549 โดยในช่วงเช้ามีอุณหภูมิที่แตกต่างกันไม่มากนักซึ่งระยะเริ่มแตกต่างกันมากขึ้นเมื่อเริ่มมีการแผ่รังสีในตอนเช้าจนถึงเที่ยงคืนของอีกวัน โดยส่วนใหญ่อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกติดตั้งแผงกันแดดที่ระยะ 0.40 ม. โดยเฉลี่ยแล้วอยู่สูงกว่าแผงกันแดดที่ระยะ 0.30 ม. ตลอดทั้งวัน

กล่องทดลองติดตั้งแผงกันแดดที่ระยะ 0.35 ม. อุณหภูมิผนังภายนอกที่เปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับกล่องทดลองติดตั้งแผงกันแดดที่ระยะ 0.30 ม. มากในระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าเล็กน้อย

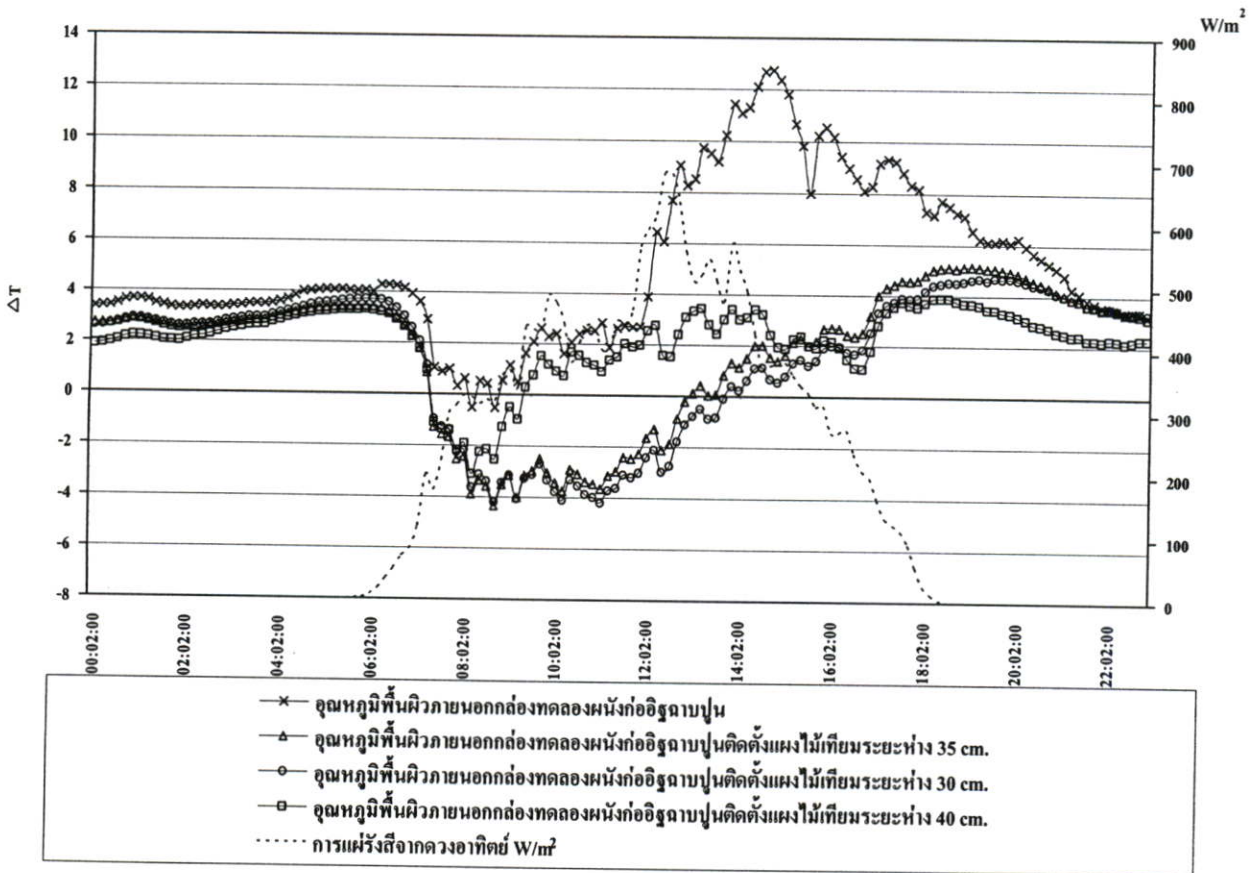
- ช่วงเข้าก่อนการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ทั้ง 3 กล่อง มีอุณหภูมิภายนอกที่ใกล้เคียงกันมากส่งผลถึงผิวผนังภายในที่สอดคล้องกัน

- ก่อนรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกที่ระยะ 0.40 ม. มากกว่าอีก 2 กล่องซึ่งอุณหภูมิที่มากขึ้นเฉลี่ยสอดคล้องกันกับอุณหภูมิของอากาศ

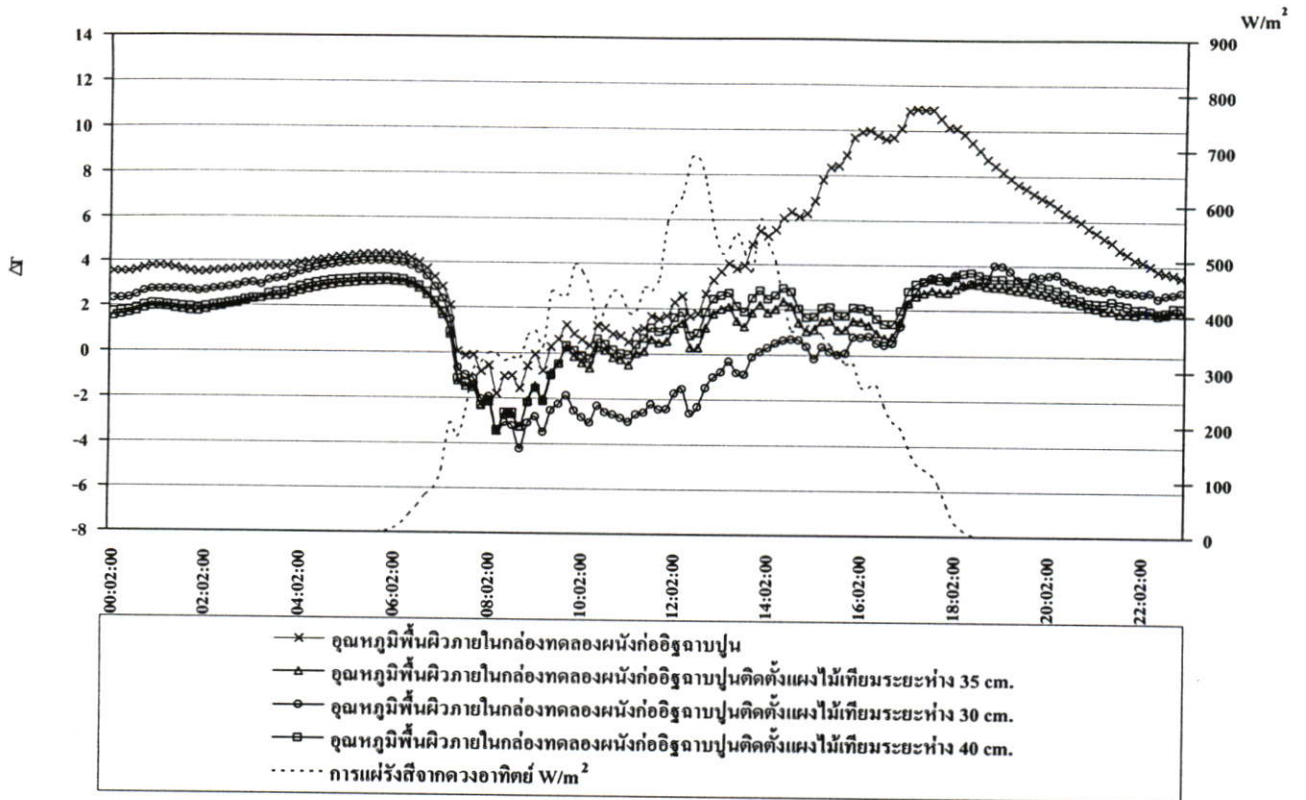
- ผนังรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง กล่องทดลองติดตั้งแผงกันแดดที่ระยะ 0.40 ม. อุณหภูมิเริ่มคงที่และลดลงอย่างช้าๆ ในขณะที่อุณหภูมิของกล่องทดลองติดตั้งแผงกันแดดที่ระยะ 0.30 ม. และ 0.35 ม. ยังคงเพิ่มขึ้นจนถึงเวลา 17.30 น.

- เมื่อสิ้นสุดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ที่ผิวผนังภายในกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.35 ม. ถึง 0.40 ม. เริ่มลดอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนเริ่มใกล้เคียงกันที่เวลาประมาณ 18.00 น. ขณะที่ในภาพรวมของอากาศภายในของทุกกล่องการทดลองมีอุณหภูมิที่ลดลงเรื่อยๆ

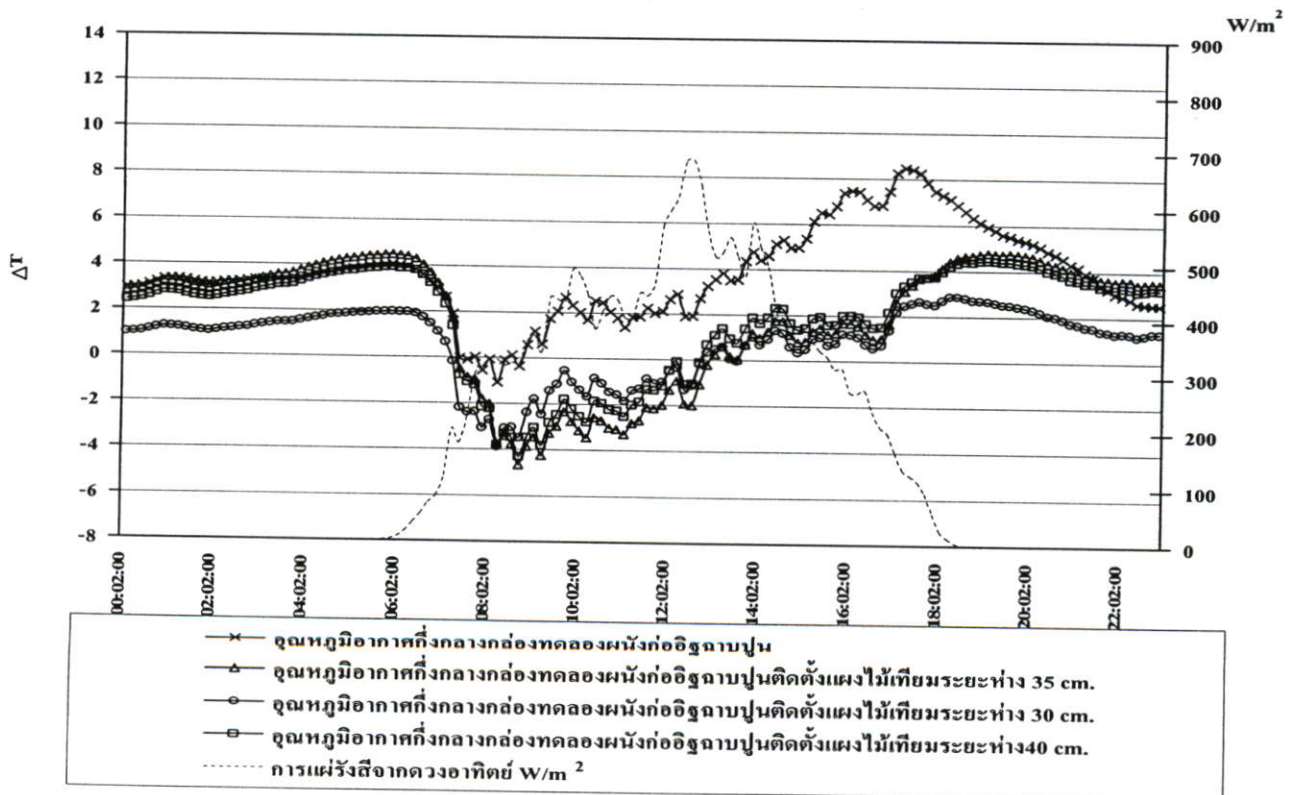
- ช่วงเย็นจนถึงช่วงเที่ยงคืนซึ่งส่งผลต่อเนื่องในวันถัดไปจากอุณหภูมิหลังจากหมดการแผ่รังสีทำให้อุณหภูมิที่ระยะ 0.30 ม. และ 0.35 ม. มีการเปลี่ยนแปลงลดลงที่ค่อนข้างเร็วกว่าโดยทั้ง 2 กล่องการทดลองใกล้เคียงกันมีอุณหภูมิที่ต่ำใกล้เคียงกัน ส่วนแผงบังแดดระยะ 0.40 ม. มีระดับอุณหภูมิที่ลดลงก่อนแต่ช้ากว่ากล่องที่ติดตั้งที่ระยะ 0.30 ม. และ 0.35 ม. จนถึงช่วงหลังเที่ยงคืนอุณหภูมิทั้ง 3 กล่องการทดลองใกล้เคียงกันอีกครั้ง



ภาพที่ 4.33 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างกันวันที่ 18 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.34 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 18 เมษายน 2549

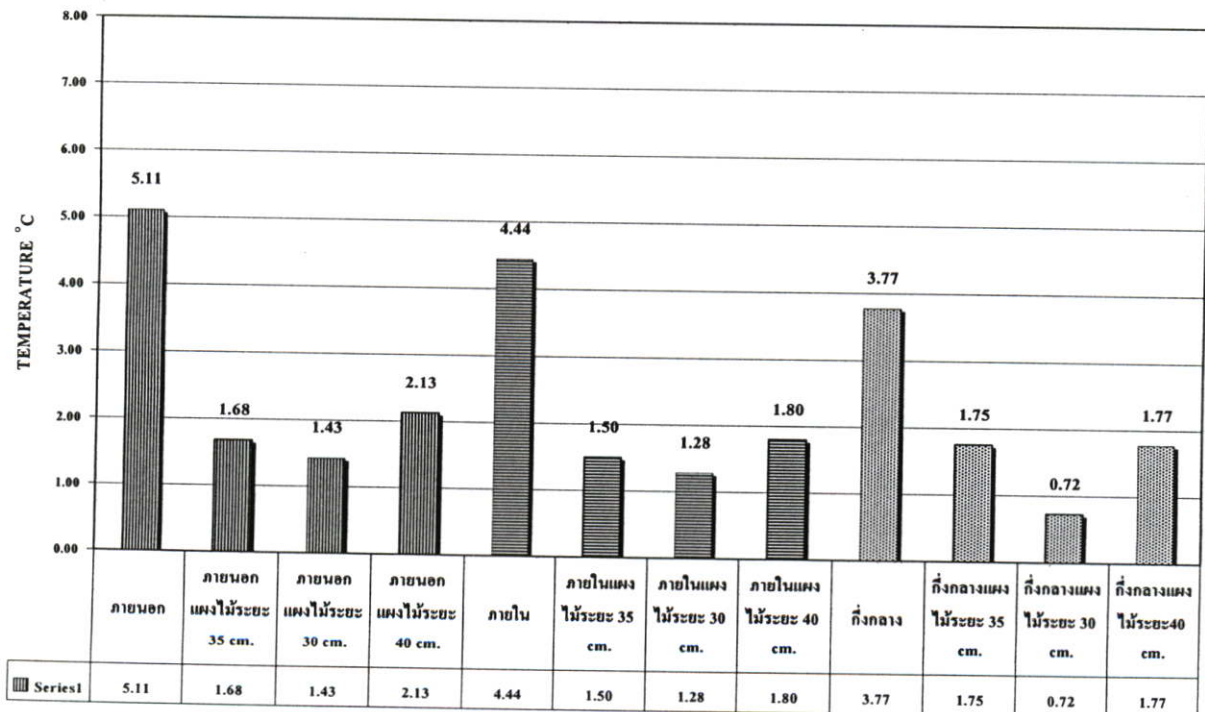


ภาพที่ 4.35 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศภายในกึ่งกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 18 เมษายน 2549

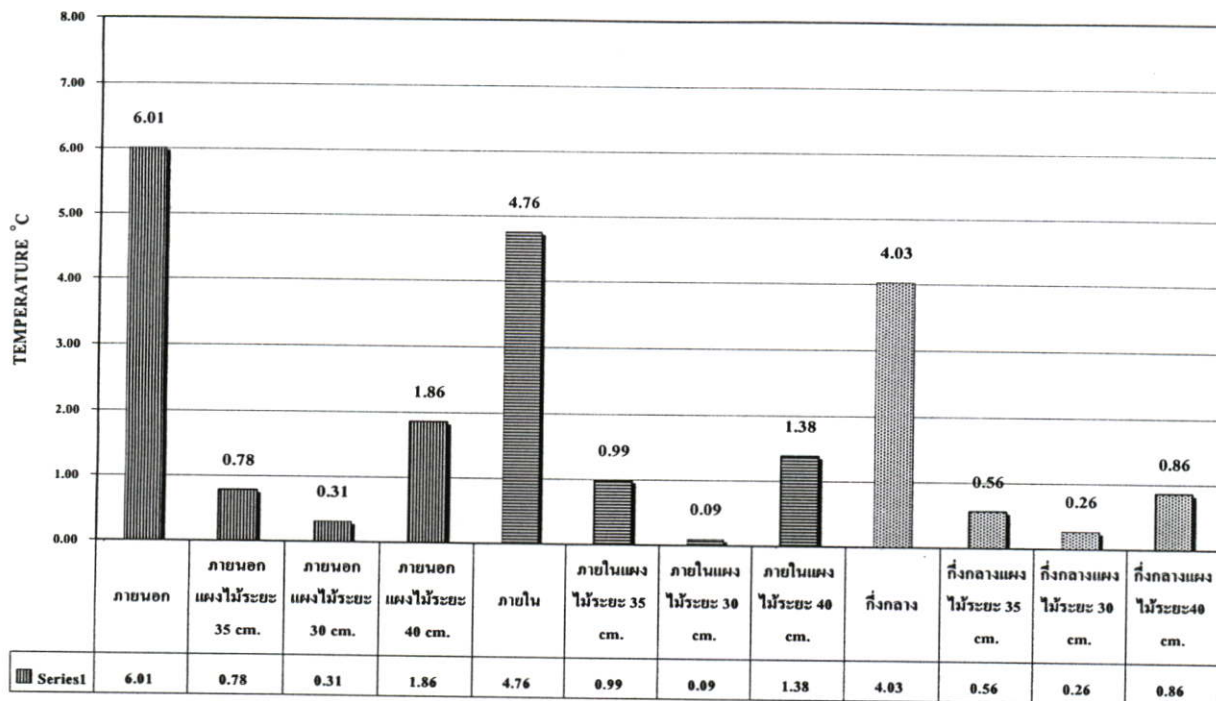
จากกราฟเปรียบเทียบผลต่างกับอุณหภูมิอากาศ ΔT เป็น $^{\circ}\text{C}$ ของพื้นผิวภายนอก ในช่วงเข้าก่อนการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ผลต่างของอุณหภูมิมิมีผลใกล้เคียงกันมากโดยผนังเปล่าสูงสุด และผนังติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.30 ม. ต่ำสุดตลอดจนถึงช่วงเริ่มมีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

- ช่วงเริ่มแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์จนถึงเวลา 14.00 น. อุณหภูมิของแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.30 ม. และ 0.35 ม. ที่มีผลต่างใกล้เคียงกันซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศโดยที่จุดที่ต่ำสุด ผลต่างของอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าประมาณ 4°C ที่พื้นผิวภายนอกช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 11.00 น. ส่งผลให้พื้นผิวภายในของผนังติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.30 ต่ำสุด 3.9°C ในเวลา 9.00 น. และเริ่มสูงขึ้น ระยะ 0.35 ม. ผลต่างของอุณหภูมิ 3°C ที่เวลาประมาณ 9.00 น. และอากาศกลางกล่องทดลองผนังติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. ผลต่างของอุณหภูมิต่ำสุดที่ 4.3°C เวลา 8.40 น. กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.35 ม. ที่ 3°C ที่เวลา 8.30 น. และเริ่มสูงขึ้น

- ผนังรับรังสีโดยตรงผ่านไประยะตั้งแต่ช่วงระยะเวลาประมาณ 13.40 น. อุณหภูมิผลต่างเฉลี่ยในทุกๆจุดเริ่มสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศและลดต่ำลงจนเมื่อการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์สิ้นสุดลง ซึ่งสรุปผลต่างที่ได้เปรียบเทียบเป็นแผนภูมิแท่งของช่วงเวลาตลอดทั้งวัน และเฉพาะช่วงเวลาทำงาน 7.00 น. ถึง 21.00 น. ได้ดังนี้



ภาพที่ 4.36 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยกับอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน วันที่ 18 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 29.78°C)



ภาพที่ 4.37 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิช่วงเวลาใช้งาน 7.00 น. - 21.00 น. วันที่ 18 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 31.8 °C)

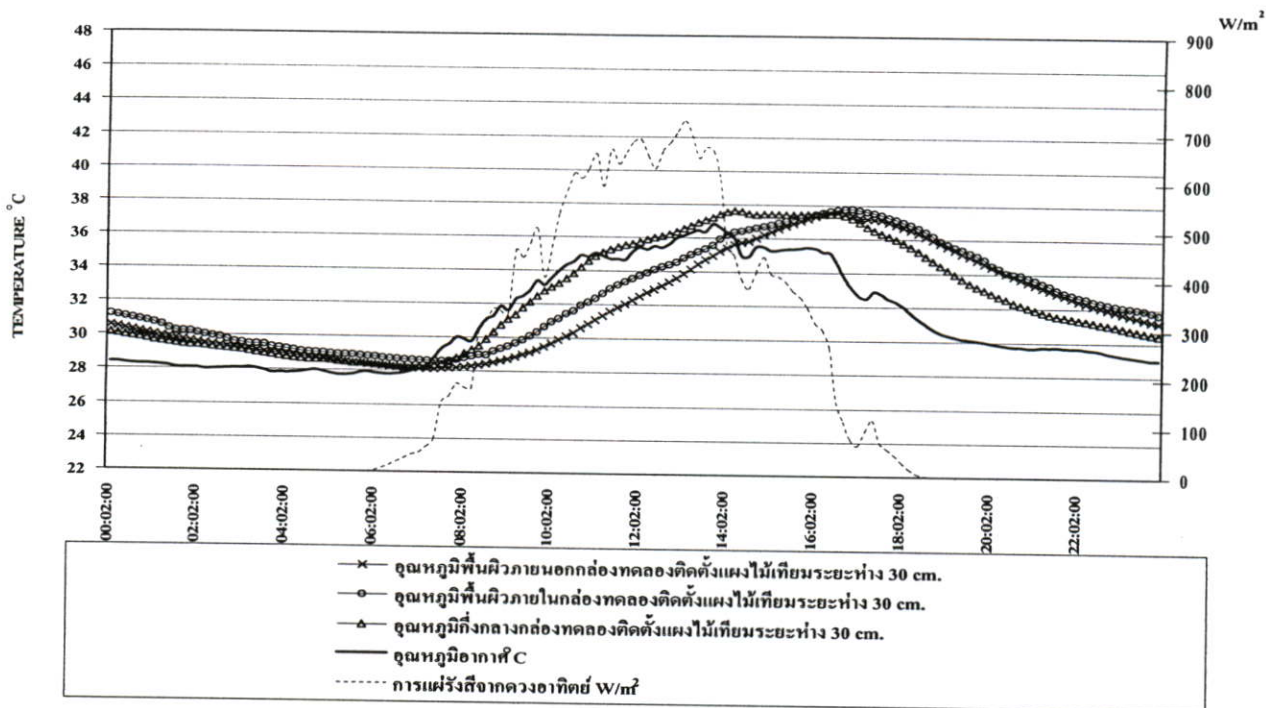
ภาพแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบเฉลี่ยผลต่างอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศแสดงว่าผลต่างของทั้ง 3 กล่องทดลองเริ่มมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากขึ้นเฉลี่ยในทุกๆ จุดทั้งช่วงตลอดทั้งวันและเฉพาะช่วงเวลางานโดยผลต่างที่มากที่สุดคือ

- กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. ผลต่างที่มากที่สุดที่เทียบกับผลต่างผนังเปล่า 5.7°C ที่พื้นผิวภายนอกช่วงทำงาน
- กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.35 ม. ผลต่างที่มากที่สุดที่เทียบกับผลต่างผนังเปล่า 5.33 °C ที่พื้นผิวภายนอกช่วงทำงาน
- กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. ผลต่างที่มากที่สุดที่เทียบกับผลต่างผนังเปล่า 4.15 °C ที่พื้นผิวภายนอกช่วงทำงาน

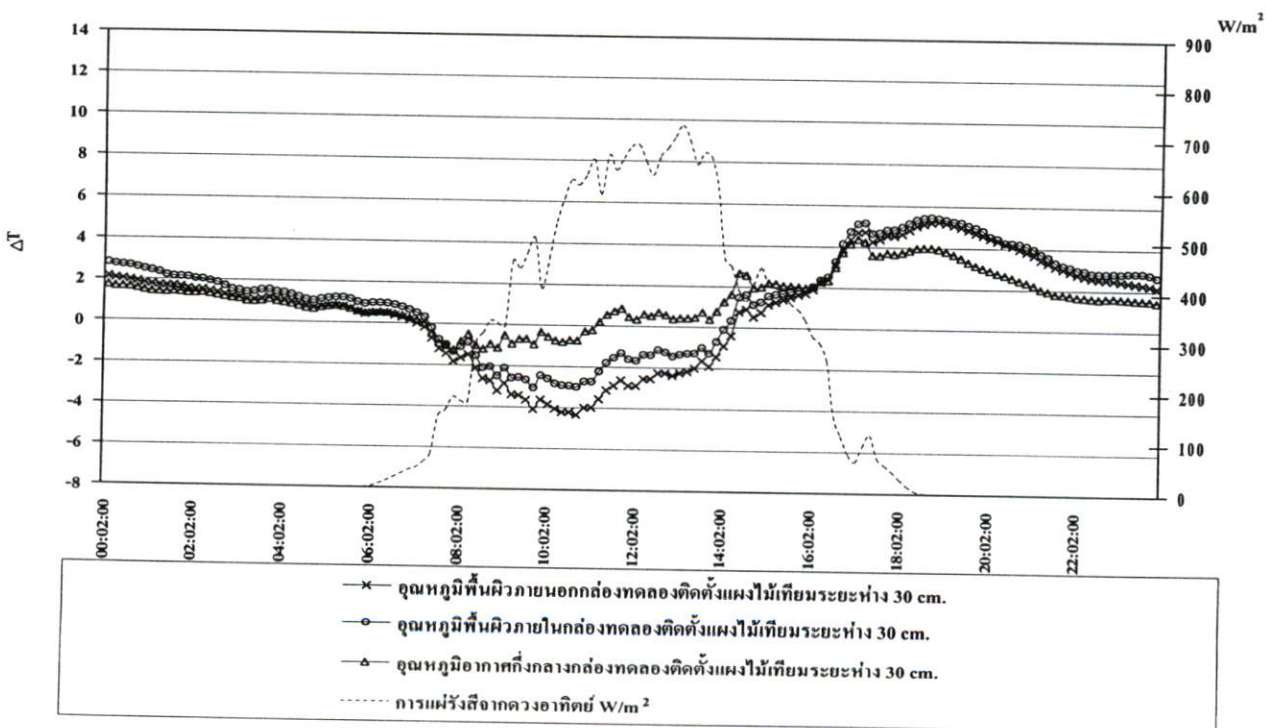
จากผลการเปรียบเทียบหาระยะที่เหมาะสมเมื่อควบคุมการระบายอากาศจากผลการทดลองทั้ง 3 วันพบว่าแผงบังแดดระยะที่ 0.30 ม. และ 0.35 ม. มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันกับการได้รับผลกระทบด้านปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ มีค่าเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับระยะอื่นๆเมื่อเทียบตามลำดับดังนี้

ระยะห่างที่ 0.20 ม. > ระยะห่างที่ 0.30 ม. < ระยะห่างที่ 0.35 ม.< ระยะห่างที่ 0.40 ม. < ระยะห่างที่ 0.45 ม. ซึ่งผลว่าการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.30 – 0.35 ม.มีผลกระทบด้านปริมาณความร้อนที่น้อยกว่าระยะอื่นที่ทำการเปรียบเทียบโดยรวม ผู้วิจัยจึงได้นำผลการเก็บอุณหภูมิ

ทั้งหมดที่การติดตั้งแผงบังแดดระยะ 0.30 ม. เพื่อทำการศึกษาผลกระทบจากปริมาณความร้อน เพื่อสรุปโดยรวม



ภาพที่ 4.38 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่าง 0.30 ม. จาก วันที่ 12 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.39 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่าง 0.30 ม. วันที่ 18 เมษายน 2549

นำมาเปรียบเทียบทั้ง 3 วัน ที่ผลต่างกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่พื้นผิวภายนอกประมาณ $5-6^{\circ}\text{C}$ ที่พื้นผิวภายในประมาณ $4-5^{\circ}\text{C}$ ที่จุดกึ่งกลางประมาณ $3-4^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ

เมื่อศึกษาจากลักษณะการรับและการถ่ายเทปริมาณความร้อนพบว่าในช่วงที่ผลต่างอุณหภูมิที่เทียบอุณหภูมิอากาศมาก ΔT เป็น $^{\circ}\text{C}$ ที่สุดช่วงเวลาประมาณ 10.42 น. ที่ 4.4°C ของอุณหภูมิที่ผนังภายนอก ซึ่งส่งผลถึงอุณหภูมิที่ผนังภายใน และอากาศกลางกล่องทดลองตามลำดับ

ในช่วงเริ่มการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ตั้งแต่ 6.30 น. ถึง 17.30 น. มีผลต่างที่เฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศขณะที่อุณหภูมิสูงสุดนี้ 37.8°C ซึ่งแผงบังแดดสามารถป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ได้ในขณะที่ส่งผลจากการแผ่รังสีความร้อนจากตัววัสดุเองอยู่ในระดับที่มีผลกระทบต่อพื้นผิวผนังภายนอกที่ไม่มากนัก จนถึงช่วงเวลาประมาณ 17.30 น. ในทุกจุดการทดลองจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกันซึ่งเป็นเวลาที่การแผ่รังสีจะหมดอุณหภูมิอากาศลง โดยขณะที่อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกลดลงส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวภายในและกึ่งกลางกล่องทดลองตามลำดับลดลงตามด้วยอย่างช้าๆจนถึงเวลาที่อุณหภูมิอากาศต่ำสุดที่ 27.8°C ที่เวลาประมาณ 6.00 น. อุณหภูมิในทุกๆ จุดเลื่อนต่ำใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกแสดงว่าการถ่ายเทความร้อนภายในสู่ภายนอกกล่องทดลองค่อนข้างเหมาะสม แต่ในขณะเดียวกันเนื่องจากปริมาณสะสมในช่วงเย็นยังพอมืออยู่บ้าง และการถ่ายเทออกสู่ภายนอกกล่องทดลองตลอดจนผนังภายนอกเองเข้าไปทำให้ปริมาณความร้อนสะสมข้ามวันได้ในบางส่วน

จากผลสรุปที่ได้มาในข้างต้นพบว่าปัจจัยทั้งหมดมีการควบคุมการระบายอากาศระหว่างแผงบังแดด การเพิ่มลระยะห่างจากระยะที่ประมาณ 0.30 – 0.35 ม. จะส่งผลในทางลบมากขึ้นจากปัญหาที่เกิดจากหลังและก่อนเริ่มการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ผู้วิจัยจึงได้นำมาแก้ปัญหาในขั้นตอนต่อไป

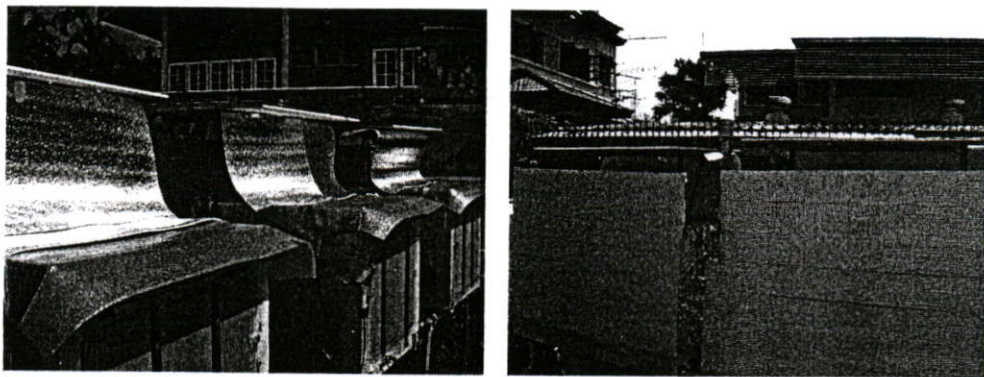
4.2.3 การทดลองที่ 3

วัตถุประสงค์

เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่มีผลกระทบต่อผนังกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดไม่เทียมภายนอกอาคาร เมื่อมีการระบายอากาศระหว่างผนัง และไม่มีมีการระบายอากาศระหว่างผนัง

สมมติฐาน

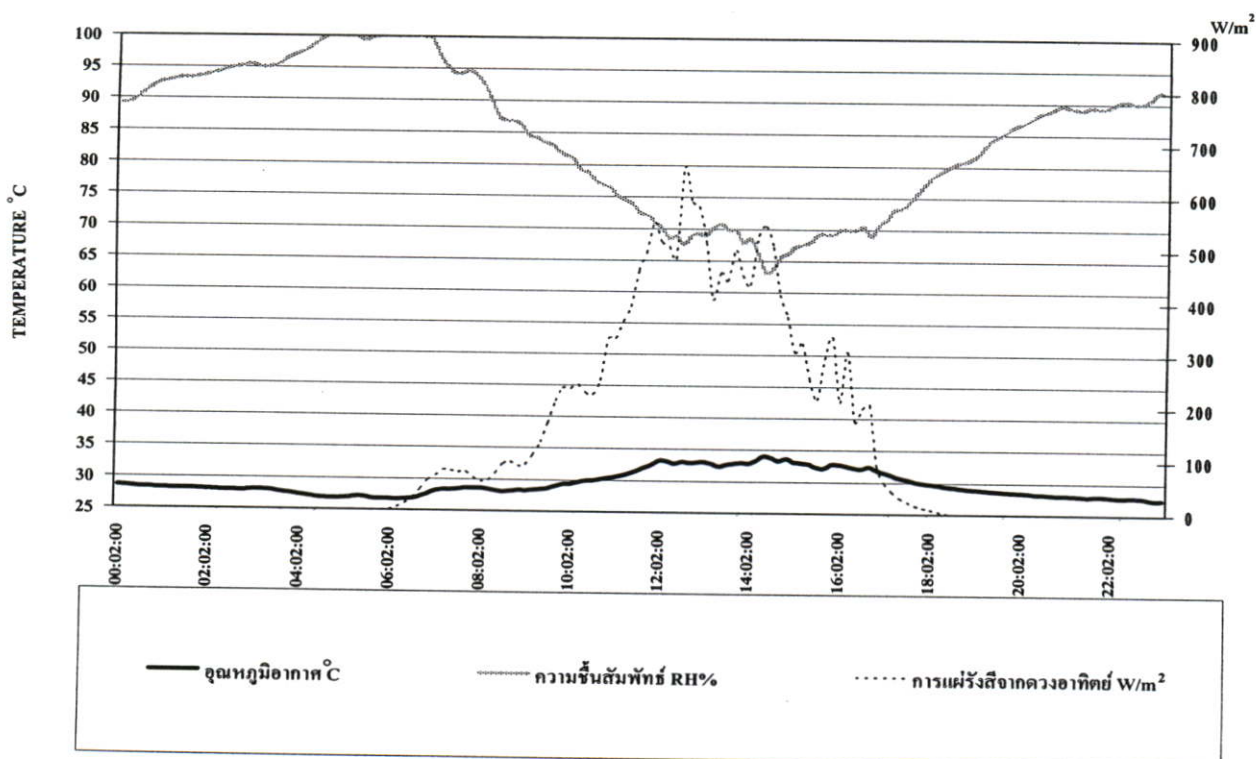
เมื่อมีการระบายอากาศระหว่างผนังแผงบังแดดกับผนังกล่องทดลอง ส่งผลให้ผลกระทบต่อปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ผนังกล่องทดลองลดลง เมื่อเทียบกับกล่องทดลองที่ไม่มีมีการระบายอากาศ ที่ระยะห่างเท่ากันแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.40 แสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมเพื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบการระบายอากาศ

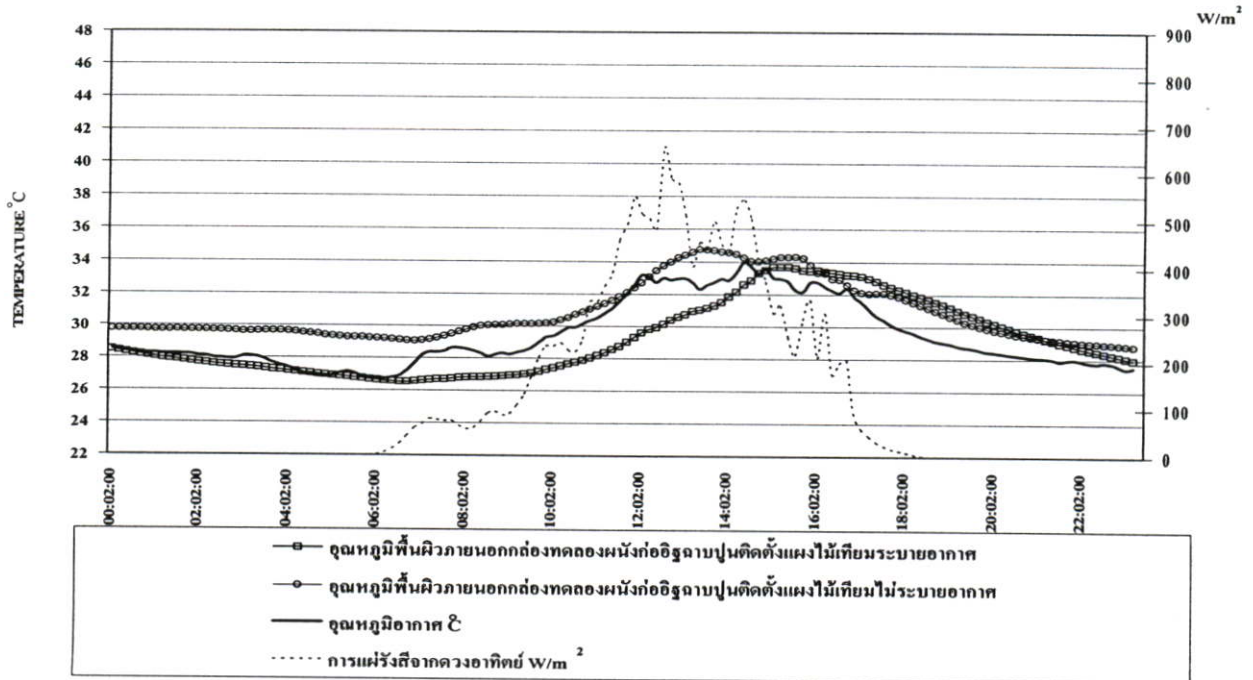
นำผลการทดลองในขั้นตอนที่ 2 มาศึกษาเปรียบเทียบการระบายอากาศระหว่างผนังกล่องทดลองกับแผงบังแดดไม้เทียมที่ระยะห่างเท่ากันที่ 0.3 เมตร

สภาพอากาศ วันที่ 19 เมษายน 2549

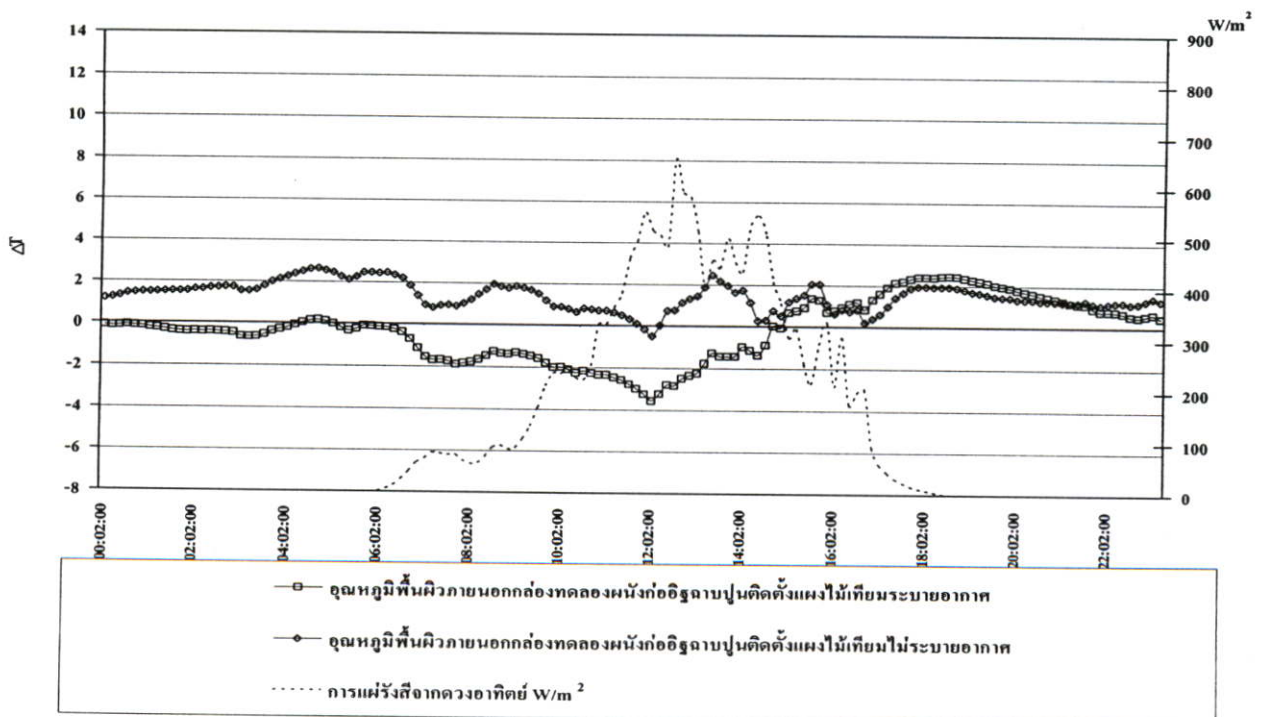


ภาพที่ 4.41 กราฟแสดงสภาพอากาศ วันที่ 19 เมษายน 2549

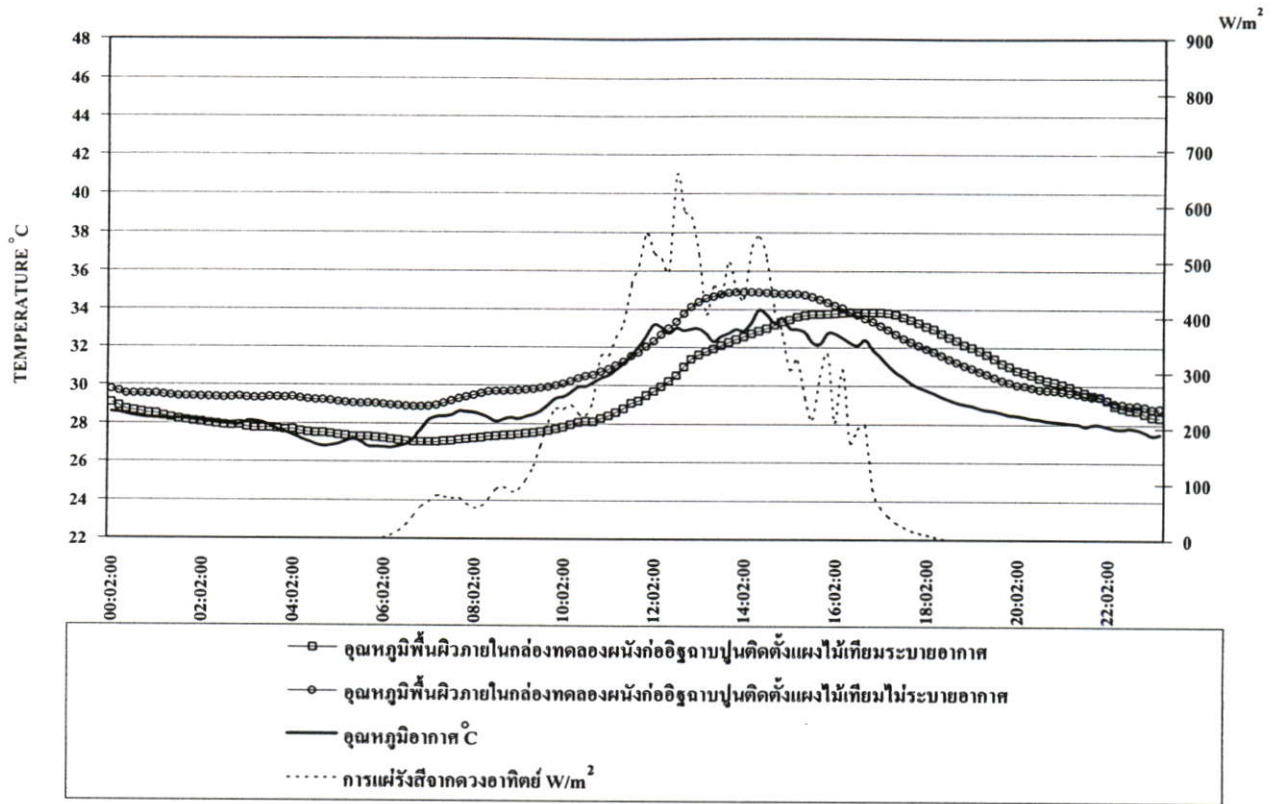
อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูล ประมาณ 35°C ที่ช่วงเวลาประมาณ 12.30 – 16.00 น. ต่ำสุดประมาณ 26.5°C ช่วงเวลาประมาณ 05.30 – 06.30 น. เริ่มการแผ่รังสี เวลาประมาณ 6.30 น. สูงสุดเวลาประมาณ 13.30 น. ที่ 660 W/m^2 ท้องฟ้าโปร่งมีเมฆปานกลาง ผู้วิจัยจึง นำผลการทดลองในวันที่ 19 มิถุนายนนี้เปรียบเทียบผลข้อมูลดังนี้



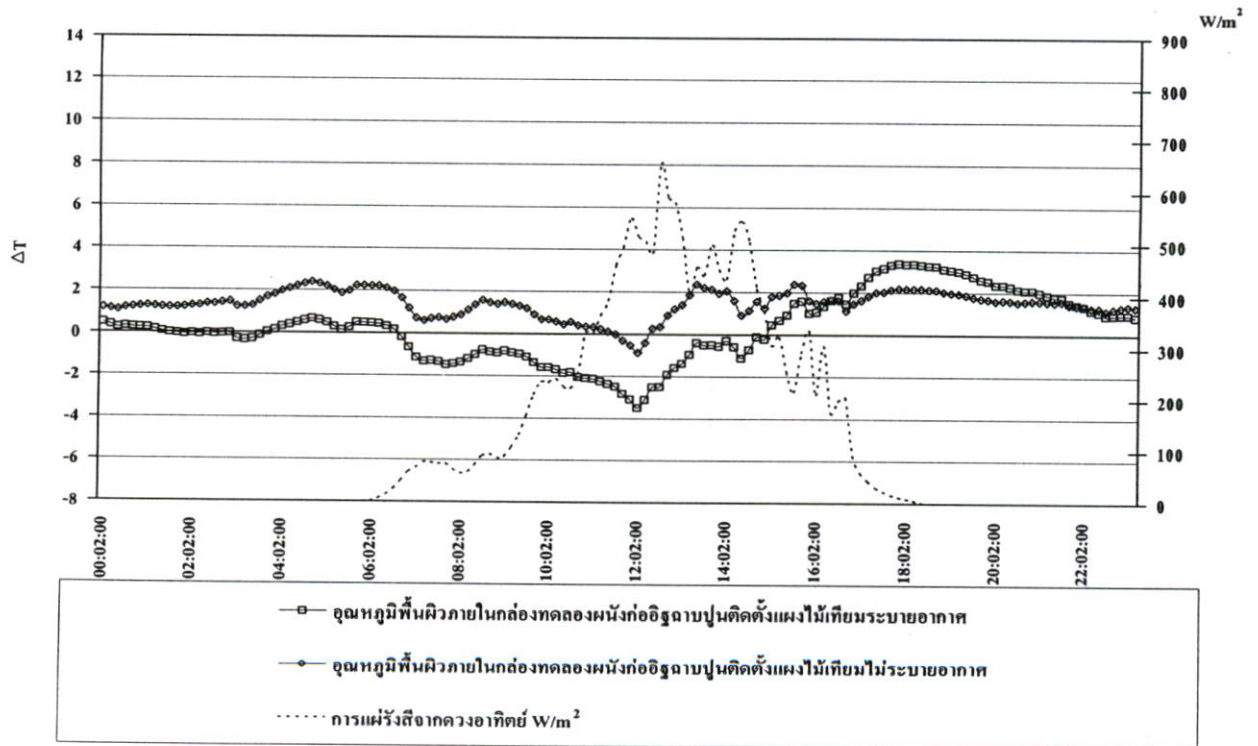
ภาพที่ 4.42 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงไม้เทียมระบายอากาศ แฉงกันแดดไม้เทียมวันที่ 19 เมษายน 2549



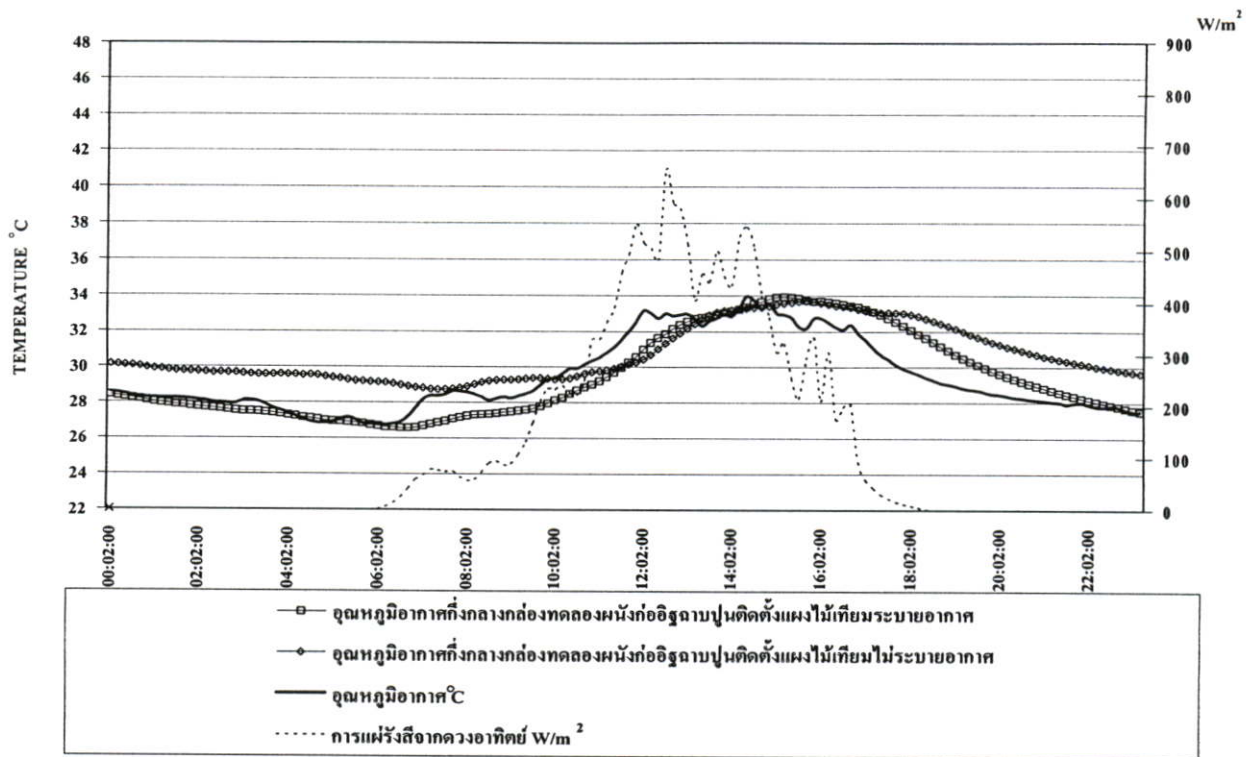
ภาพที่ 4.43 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศ ของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 19 เมษายน 2549



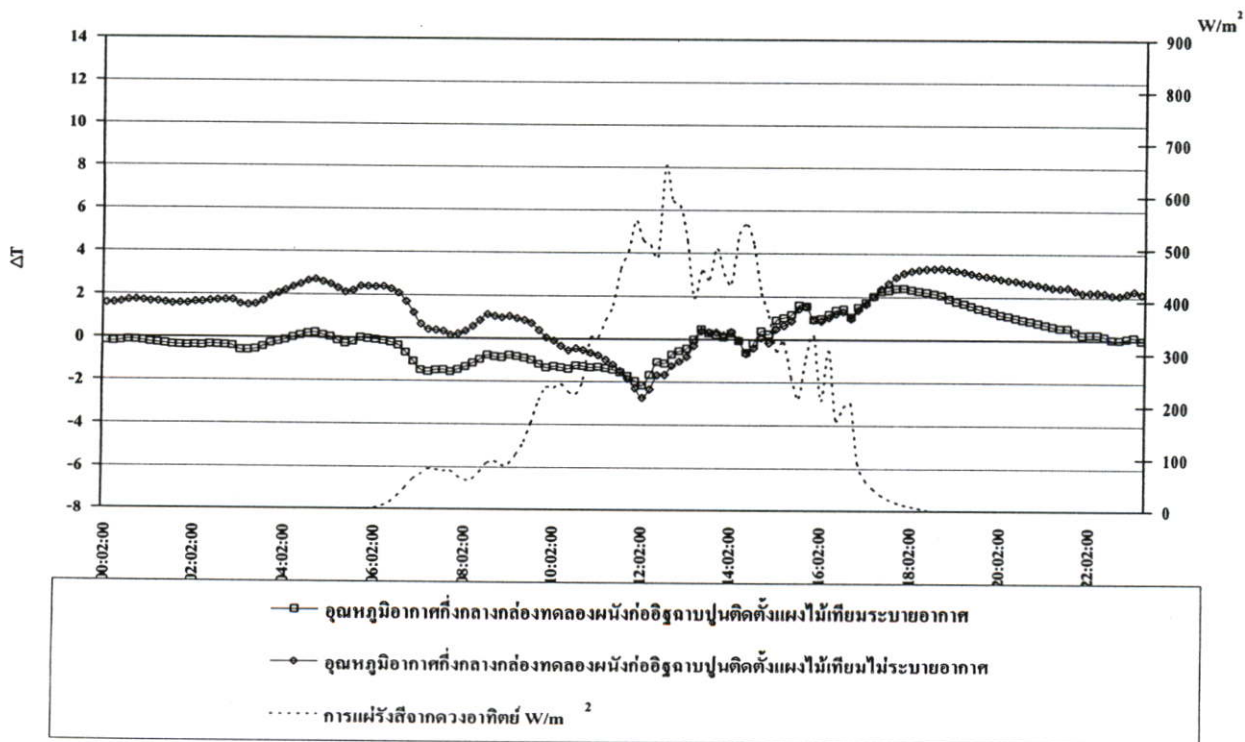
ภาพที่ 4.44 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองผนังก้ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมวันที่ 19 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.45 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 19 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.46 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่กลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมวันที่ 19 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.47 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 19 เมษายน 2549

จากกราฟเปรียบเทียบการระบายอากาศเมื่อระยะห่างเท่ากันที่แผงบังแดดไม่เทียบมกับเปรียบเทียบในวันเดียวกัน จากภาพรวมโดยเฉลี่ยส่วนใหญ่ที่อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกติดตั้งแผงบังแดดเมื่อมีการเปิดระบายอากาศโดยรวมมีอุณหภูมิต่ำกว่าผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ไม่มีการระบายอากาศ

- ในช่วงเช้าจนถึงช่วงที่ผนังเริ่มรับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง ผนังที่มีการติดตั้งโดยการระบายอากาศมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศจุดที่ผลต่างมากที่สุดที่ประมาณ 3.7°C เวลาประมาณ 12.00 น.

- หลังจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์กระทบแผงบังแดดโดยตรงจนถึงเวลาประมาณ 15.00 น. อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกจึงได้เริ่มสูงขึ้นและค่อยๆลดลงตามการแผ่รังสีที่เริ่มลดลง จนถึงช่วงกลางวันสามารถถ่ายเทอุณหภูมิจากพื้นผิวจนเท่ากับอุณหภูมิอากาศที่เวลาประมาณ 24.00 น. จนกระทั่งถึงเริ่มการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ในตอนเช้าอีกครั้ง

ขณะที่กล่องการทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดไม่มีการระบายอากาศมีอุณหภูมิเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่สูงกว่าอุณหภูมิของอากาศจุดที่สูงที่สุดประมาณ 35°C ที่ช่วงเวลาประมาณ 17.30 น. จนถึงช่วงเวลา 16.00 น. ที่อุณหภูมิพื้นผิวภายนอก

จากการเปรียบเทียบผลต่างดังกล่าวได้จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับอุณหภูมิอากาศ ΔT เป็น $^{\circ}\text{C}$ สังเกตเห็นว่าตั้งแต่เวลา 24.00 น. จนถึงเวลาหลังจากที่ผนังรับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง เลยมาจนถึงช่วงเวลาประมาณ 15.30 น. มีผลต่างอุณหภูมิที่พื้นผิวภายนอกของผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดเมื่อมีการระบายอากาศระหว่างผนังอยู่ในช่วงผลลบแสดงว่าอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเกือบตลอดทั้งวันยกเว้นช่วงหลังจากเวลา 15.30 น. มีผลต่างเป็นบวกมากกว่าอุณหภูมิของอากาศเล็กน้อยจากจุดที่อยู่ต่ำสุดผลต่างเทียบกับอุณหภูมิอากาศประมาณ 4°C ที่เวลาประมาณ 12.00 น.

ผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดโดยไม่มีการระบายอากาศระหว่างผนังเฉลี่ยค่อนข้างอยู่ใกล้กับอุณหภูมิอากาศมีช่วงที่ต่ำกว่าเล็กน้อยจุดที่ผลต่างมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศมากที่สุดที่ประมาณ 3°C ที่เวลาประมาณ 5.00 น. – 6.00 น. ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ในช่วงเช้า

จากตารางการเปรียบเทียบที่พื้นผิวภายในของกล่องทดลองผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดเมื่อมีการระบายอากาศและไม่มีการระบายอากาศ ส่วนใหญ่เกิดจากผลกระทบด้านปริมาณความร้อนที่มาจากพื้นผิวผนังภายนอกถ่ายเข้าสู่ผนังภายใน และถ่ายเทสู่อากาศภายในกล่องซึ่งจะเป็นอุณหภูมิของสภาพอากาศภายในของห้องภายในอาคาร

ซึ่งจากปริมาณความร้อนที่พื้นผิวภายนอก แสดงว่าส่วนใหญ่เฉลี่ยเกือบตลอดทั้งวัน ผนังที่มีการระบายอากาศระหว่างแผงบังแดดและผนังทดลองมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ค่อนข้างต่ำกว่าผนังที่

มีการติดตั้งแผงบังแดดไม่มีการระบายอากาศระหว่างผนังกับแผงบังแดด จากช่วงอุณหภูมิของที่ผนังภายนอกในช่วงเช้าจนถึงช่วงบ่ายต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศเล็กน้อยของผนังติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศ ทำให้ผิวผนังภายใน จากกราฟตั้งแต่ช่วงเวลา 24.00 น. ถึงช่วงเวลาประมาณ 16.00น. ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเล็กน้อยเช่นกัน จนถึงเวลา 17.30 น. เป็นต้นไป การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ลดลง อุณหภูมิของอากาศสามารถลดลงได้เร็วกว่าอุณหภูมิผนังภายนอก ทำให้อุณหภูมิที่ผนังภายในของทั้ง 2 กล่อง อยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศจนถึงช่วงหลังเที่ยงคืน อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในของกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดมีการระบายอากาศ มีอุณหภูมิต่ำเท่าอุณหภูมิของอากาศอีกครั้ง ขณะที่อุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดไม่มีการระบายอากาศอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศเล็กน้อย

- เปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิกับอุณหภูมิของอากาศ แสดงว่าในช่วงที่มีผลต่างมากที่สุดของอุณหภูมิพื้นผิวภายในต่ำกว่าอากาศมากที่สุดที่ประมาณ 3.5°C เวลาประมาณ 12.00 น. ที่จุดที่ผนังภายในของผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศและสูงสุดที่ประมาณ 3.5°C เวลาประมาณ 19.00 น. ที่จุดผลต่างอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองผนังติดตั้งแผงบังแดดไม่มีการระบายอากาศระหว่างผนังกับแผงบังแดด

- เปรียบเทียบอากาศภายในของทั้ง 2 กล่อง การทดลองในช่วงเวลาประมาณ 12.30 น. ถึง 18.00 น. อุณหภูมิของทั้ง 2 กล่อง มีค่าที่ใกล้เคียงกันมากขึ้นโดยผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศมีอุณหภูมิต่ำกว่าเล็กน้อยโดยรวมหลังจากนั้นในช่วงเช้าก่อนการแผ่รังสีและหลังการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิที่ผนังติดตั้งแผงบังแดดโดยไม่มีการระบายเริ่มห่างมากขึ้นเนื่องจากปริมาณความร้อนสะสมภายในกล่องในช่วงเช้าและเย็นระบายออกได้ช้ากว่าผนังที่ติดตั้งแผงบังแดด โดยมีการระบายอากาศซึ่งสามารถเปรียบเทียบค่าผลต่างโดยเทียบกับอุณหภูมิอากาศได้ดังนี้

จุดที่มีผลต่างของอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศมากที่สุดที่อากาศกลางกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศที่ 3°C เวลาประมาณ 12.05 น. และจุดสูงสุดมีผลต่างอุณหภูมิที่ 3°C ที่ช่วงเวลาประมาณ 5.00 น. ถึง 6.30 น. ของกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดไม่ระบายอากาศระหว่างผนังทดลองกับแผงบังแดด

สรุป การระบายอากาศสามารถลดปริมาณความร้อนที่สะสมระหว่างผนังกับแผงบังแดดได้ โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์เริ่มหมดลง ส่งผลให้มีปริมาณความร้อนสะสมที่ระหว่างพื้นผิวผนังภายนอกลดลง ทำให้ที่ผิวผนังภายในและอากาศกลางกล่องทดลองลดลงด้วยและทำให้ในช่วงเวลาที่ผนังได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ เมื่อผนังได้รับเงาจากแผงบังแดดที่เท่ากันแต่ผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศมีความร้อนที่สะสมอยู่เดิมน้อยกว่าทำให้มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยที่ต่ำกว่าด้วยเล็กน้อย

จากผลการทดลองในขั้นต้นอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของผนังติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศใน
ทุกๆ จุด สามารถใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศมากขึ้นโดยเฉพาะเมื่อการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์
เพิ่มขึ้นจนถึงช่วงเวลาที่การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์เริ่มลดลงยังคงสูงกว่าเล็กน้อย แสดงว่ายังมี
ความร้อนสะสมอยู่บ้าง เนื่องจากผลกระทบจากการแผ่รังสีความร้อนของตัวแผงบังแดดที่มี
ผลกระทบต่อผนังของกล่องทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้นำผลสรุปนี้เพื่อไปพัฒนาในการลดผลกระทบด้าน
การแผ่รังสีของแผงบังแดดจากระยะที่แตกต่างกันในขั้นตอนต่อไป

4.2.4 การทดลอง ที่ 4

เปรียบเทียบการแผ่รังสีความร้อนแต่ละวัสดุที่ใช้ติดตั้งเป็นแผงบังแดดในระยะห่างจาก
ผนังกล่องทดลองที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์

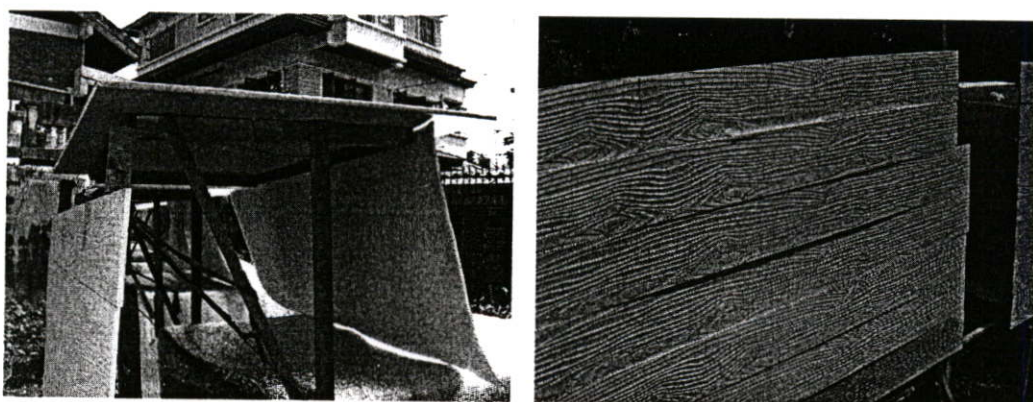
ศึกษาระยะการแผ่รังสีความร้อนในวัสดุกรณีศึกษาที่เหมาะสมที่ส่งผลกระทบต่อผนัง
อาคารเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการถ่ายเทการแผ่รังสีจากแผงบังแดดมาสู่ผนังทดลอง

สมมุติฐาน

ระยะห่างและการระบายอากาศระหว่างผนังทดลองที่เหมาะสมจะทำให้การติดตั้งแผงบัง
แดดสามารถติดตั้งได้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

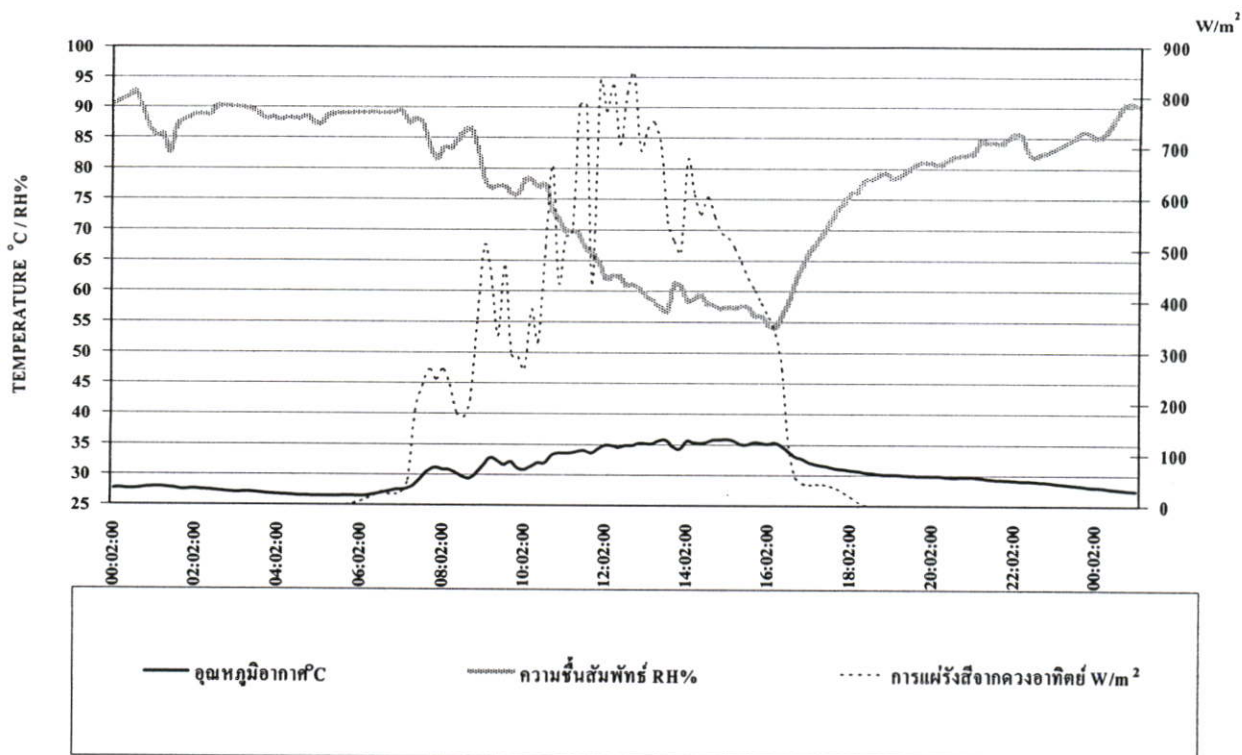
- ห่าง 20 - 60 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.48 แสดงการติดตั้งแผงบังแดดกับกล่องทดลองในการทดลองที่ 4

ทำการเก็บข้อมูลในช่วงวันที่ 22 - 27 เมษายน ผู้ทำการวิจัยได้เลือกผลการทดลองวันที่
25-26 เมษายน 2549 ซึ่งเป็นวันที่ข้อมูลดีที่สุดมาเปรียบเทียบวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนที่ 4

สภาพอากาศโดยรวม วันที่ 25 เมษายน 2549



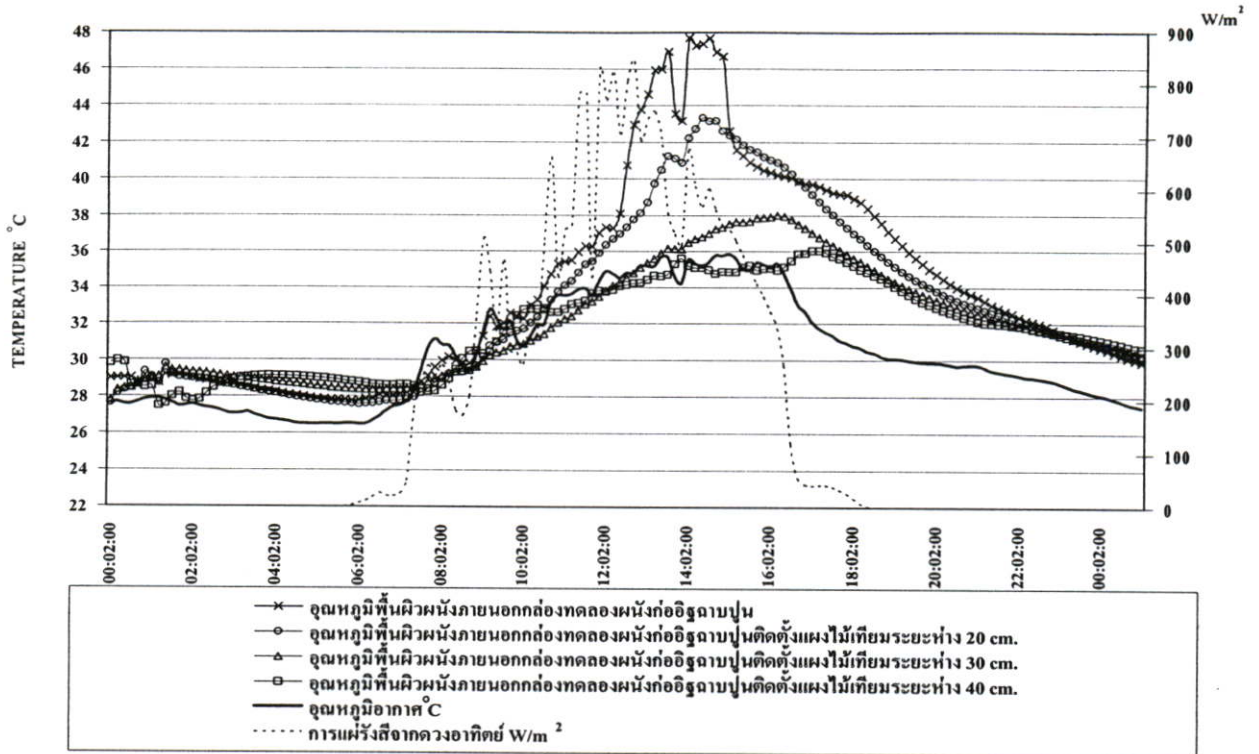
ภาพที่ 4.49 สภาพอากาศโดยรวม วันที่ 25 เมษายน 2549

อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูล ประมาณ 36 °C ที่ช่วงเวลาประมาณ 12.30 – 16.00 น.ต่ำสุดประมาณ 26.5 °C ช่วงเวลาประมาณ 05.30 – 06.30 น. เริ่มการแผ่รังสี เวลาประมาณ 6.30 น. สูงสุดเวลาประมาณ 13.30 น. ที่ 820 W/m² ท้องฟ้าโปร่งมีเมฆน้อย ผู้วิจัยจึง นำการผลการทดลองในวันที่ 19 มาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลข้อมูลดังนี้

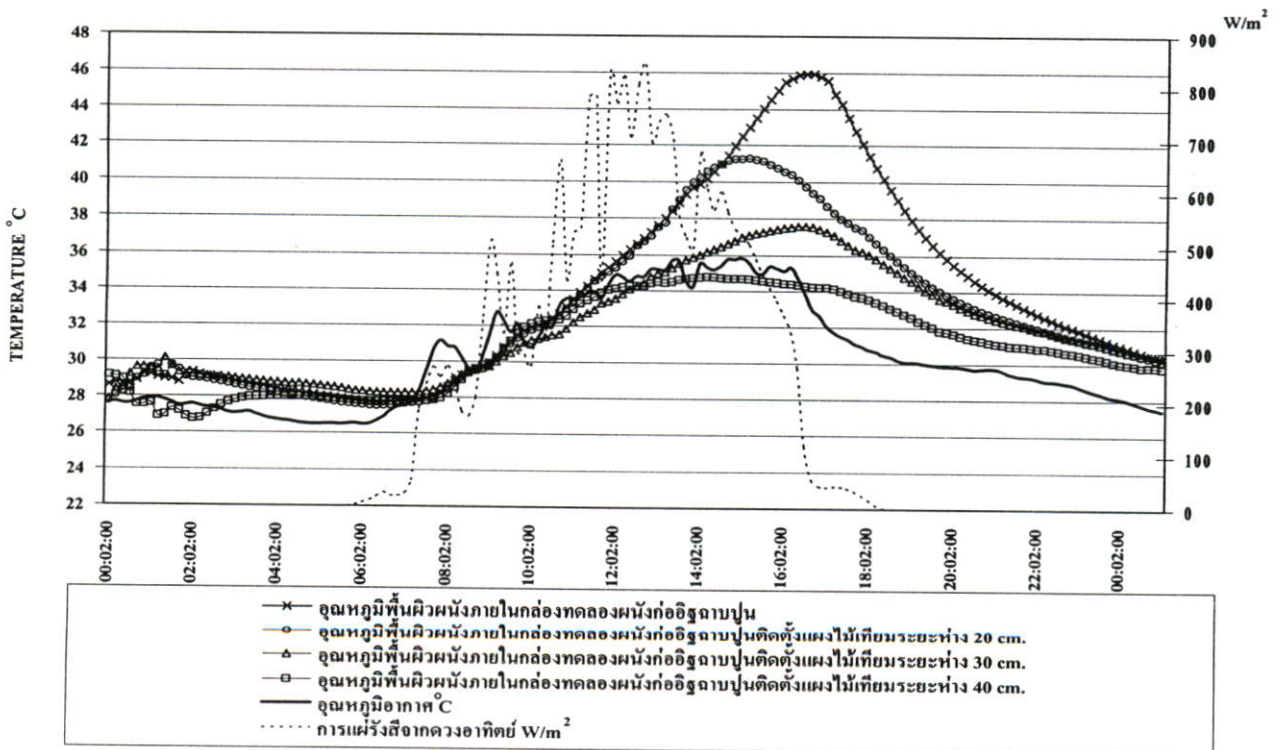
ระยะที่ต้องการศึกษาของวันที่ 25 เมษายน 2549

โดยกำหนดระยะห่างเพื่อเปรียบเทียบดังนี้

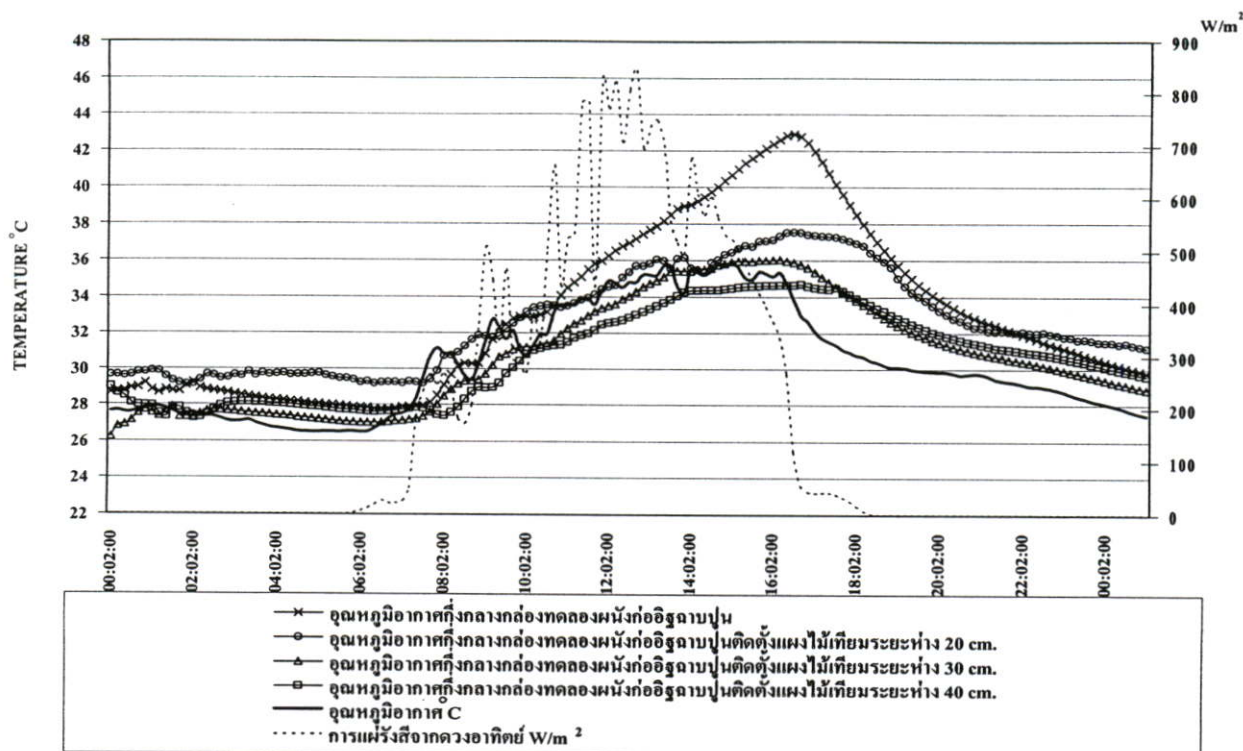
- ห่าง 20 เซนติเมตร
- ห่าง 30 เซนติเมตร
- ห่าง 40 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.50 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 25 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.51 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะต่างๆ กันวันที่ 25 เมษายน 2549



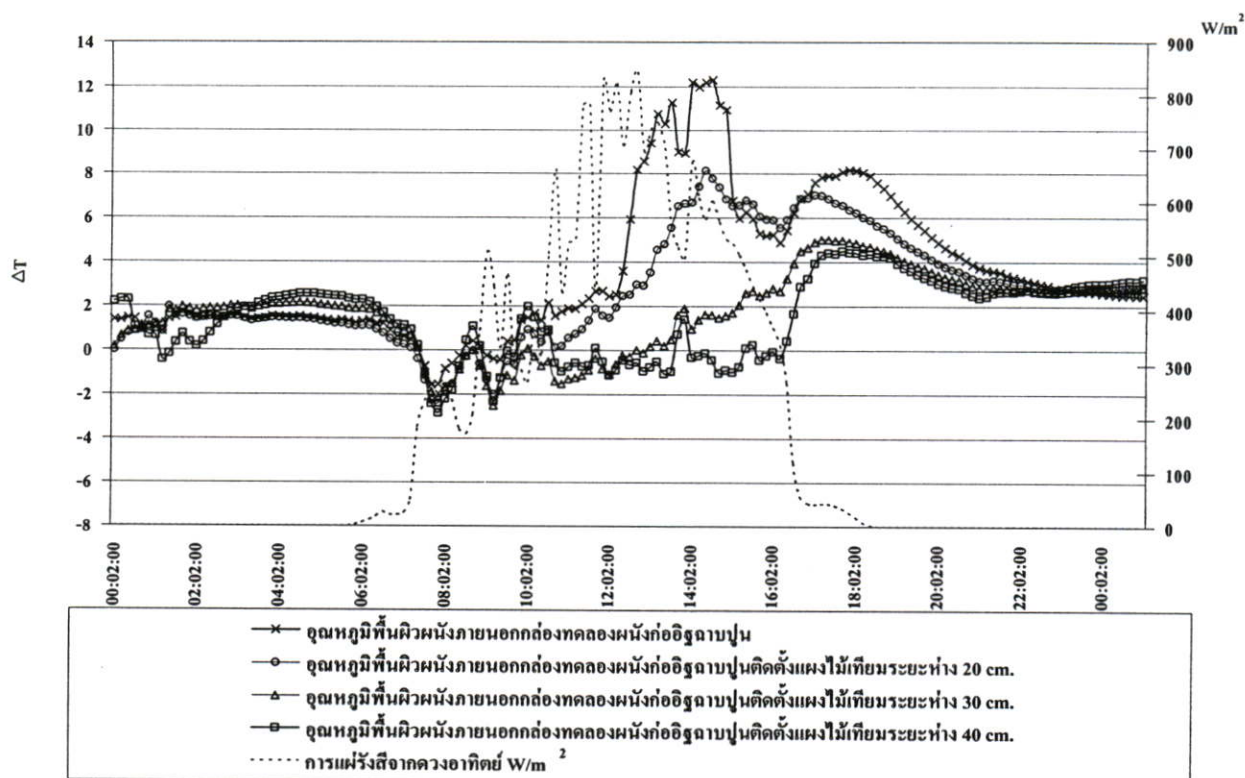
ภาพที่ 4.52 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกึ่งกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน ติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมที่ระยะห่างต่างๆ กัน วันที่ 25 เมษายน 2549

- ในช่วงเช้าโดยเฉลี่ยส่วนใหญ่อุณหภูมิที่ผิวภายนอกของกล่องทดลองของทุกกล่องมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันซึ่งอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศเล็กน้อย โดยเฉลี่ยประมาณ $0.5 - 1^{\circ}\text{C}$ จนถึงช่วงเริ่มการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ในตอนเช้าเวลา 6.00 น. อุณหภูมิอากาศสูงขึ้นส่งผลทำให้อุณหภูมิที่ผนังภายนอกของทุกกล่องทดลองสูงขึ้นตามโดยกล่องผนังเปล่าสูงขึ้นเร็วที่สุดและตามด้วยกล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.20 ม. , 0.30 ม. และ 0.40 ม. ตามลำดับ ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลกระทบจากอุณหภูมิอากาศภายนอก และการระบายอากาศระหว่างผนังที่แตกต่างกัน

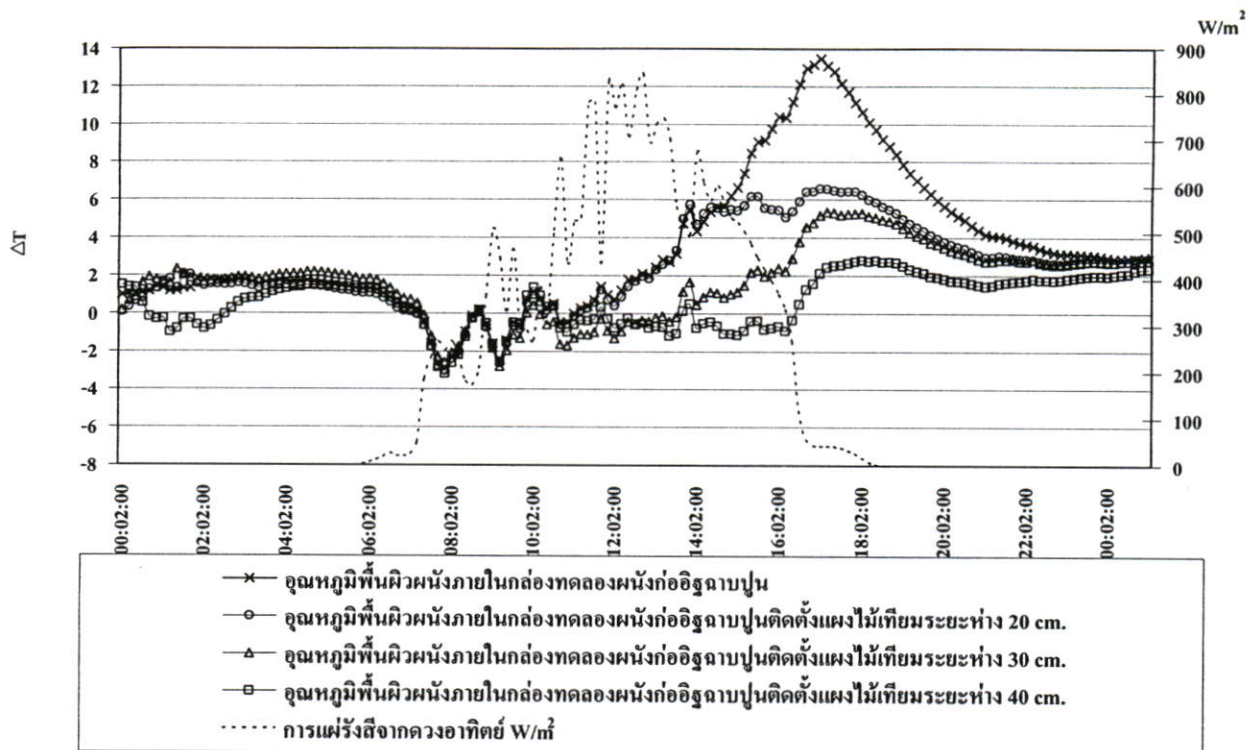
- ผนังแผงบังแดดเริ่มกระทบกับการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงตั้งแต่วันที่ 12.30 น. เป็นต้นไปจนถึงเวลาประมาณ 17.30 น. ผนังภายนอกของกล่องที่ได้รับปริมาณความร้อนมากที่สุดรองจากผนังเปล่าคือ กล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.20 ม. สูงสุดประมาณ 43°C ที่เวลา 14.30 น. และ เริ่มลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์สิ้นสุดลงจนอุณหภูมิของทั้งทุกกล่องใกล้เคียงกันอีกครั้งที่เวลาตั้งแต่ 24.00 น. จนถึงช่วงเช้าอีกวันโดยเฉลี่ยจากอุณหภูมิกำลังทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. และ 0.40 ม. ใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ซึ่งมีช่วงที่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงหมดการแผ่รังสีเป็นต้นไป

จากผลกระทบด้านปริมาณความร้อนส่งผลต่ออุณหภูมิที่พื้นผิวผนังภายในกล่องทดลองเพิ่มขึ้นแตกต่างกันโดยผนังภายในของกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.20 ม. มีอุณหภูมิสูงขึ้นเร็วที่สุดเมื่อเทียบกับกล่องที่มีการติดตั้งด้วยกัน มีอุณหภูมิในจุดที่สูงที่สุดที่

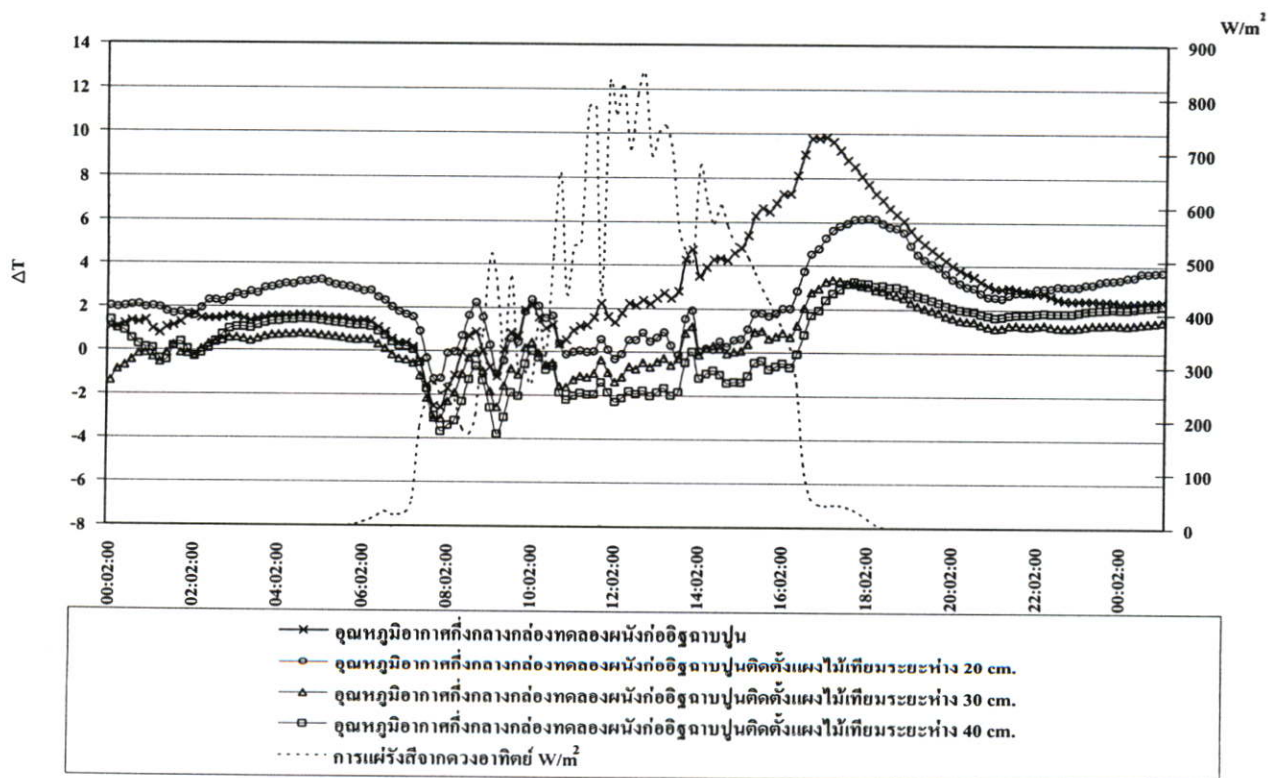
ประมาณ 41.2°C เวลาประมาณ 15.00 น. ถัดมาด้วยกล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. และ 0.40 ม. ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยเมื่อหมดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ยังคงสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศอยู่ ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงกว่าอุณหภูมิอากาศด้วยเช่นกัน โดยมีผลต่างที่น้อยกว่าซึ่งสามารถเปรียบเทียบจากกราฟแสดงผลต่างเทียบกับอุณหภูมิอากาศได้ดังนี้



ภาพที่ 4.53 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 25 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.54 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กัน วันที่ 25 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.55 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กัน วันที่ 25 เมษายน 2549

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ΔT เป็น $^{\circ}\text{C}$ เมื่อการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์เริ่มต้นในช่วงเช้าในเวลาตั้งแต่ 6.00 น. ผลต่างอุณหภูมิผนังภายนอกที่ติดตั้งกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. และ 0.40 ม. อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศ ขณะที่อุณหภูมิผนังภายนอกที่ติดตั้งกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.20 ม. และผนังเปล่า มีผลต่างที่สูงกว่าอุณหภูมิของอากาศ จากภาพรวมเมื่อถึงช่วงเวลาตั้งแต่ 16.00 น. โดยเฉลี่ยผลต่างของอุณหภูมิผนังภายนอกมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิของอากาศตามลำดับดังนี้

1. อุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกที่ติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ระยะ 0.20 ม. สูงที่สุด 7°C เวลาประมาณ 17.30 น.
2. อุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกที่ติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ระยะ 0.30 ม. สูงที่สุด 5°C เวลาประมาณ 17.00 น.
3. อุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกที่ติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ระยะ 0.40 ม. สูงที่สุด 4.2°C เวลาประมาณ 17.030 น.

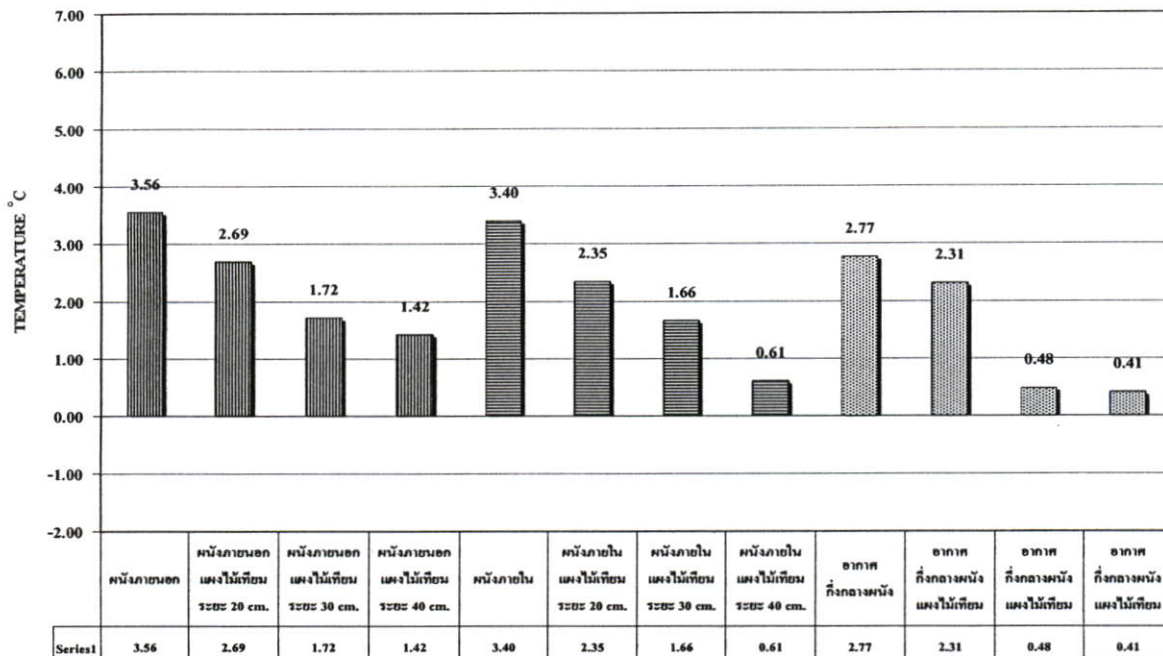
จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกที่ติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศเทียบกับอุณหภูมิอากาศระยะ 0.40 ม. มีผลต่างของอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศต่ำสุด ซึ่งจะส่งผลให้ผลต่างอุณหภูมิที่ผนังภายในและอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองด้วยดังนี้

- อุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในที่ติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ระยะ 0.20 ม. สูงที่สุด 6.5°C เวลาประมาณ 18.00 น.
- อุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในที่ติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ระยะ 0.30 ม. สูงที่สุด 4.5°C เวลาประมาณ 18.00 น.
- อุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในที่ติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ระยะ 0.40 ม. สูงที่สุด 2.5°C เวลาประมาณ 18.30 น.

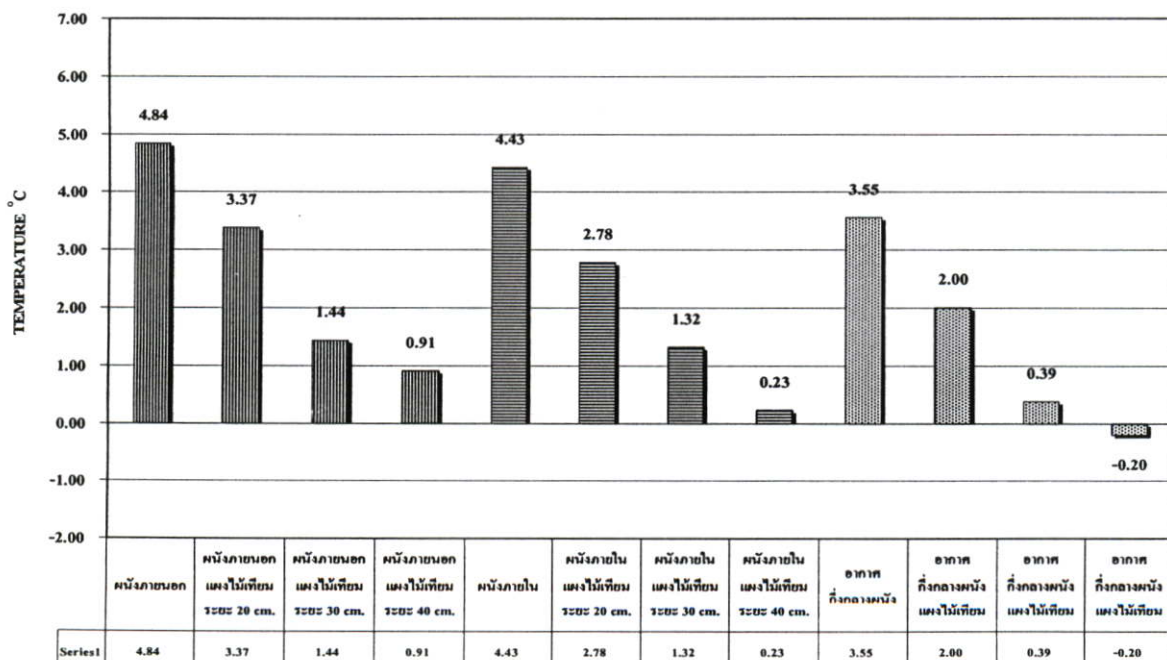
ผลต่างอุณหภูมิที่อากาศกึ่งกลางกล่องทดลองด้วยดังนี้

- อุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศเทียบกับอุณหภูมิอากาศระยะ 0.20 ม. สูงที่สุด 6.5°C เวลาประมาณ 18.00 น.
- อุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศเทียบกับอุณหภูมิอากาศระยะ 0.30 ม. สูงที่สุด 4.5°C เวลาประมาณ 18.00 น.
- อุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดระบายอากาศเทียบกับอุณหภูมิอากาศระยะ 0.40 ม. สูงที่สุด 4.2°C เวลาประมาณ 18.00 น.

จากผลข้อมูลทั้งหมดได้เปรียบเทียบแผนภูมิแท่งโดยผลต่างที่เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศมาเฉลี่ยดังนี้



ภาพที่ 4.56 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิก่อนทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งวันวันที่ 25 เมษายน 2549 (อุณหภูมิก่อนอากาศเฉลี่ยประมาณ 30.29 °C)

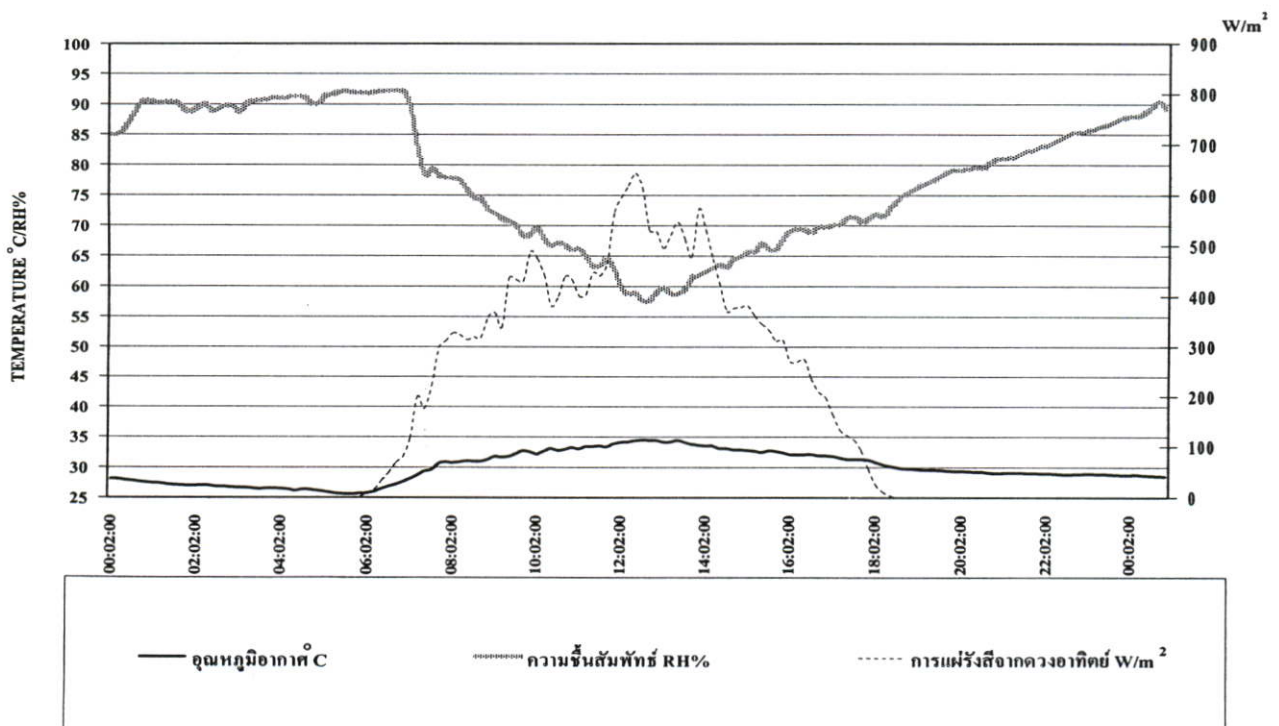


ภาพที่ 4.57 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิก่อนทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยช่วงเวลาใช้งาน 7.00 น. - 21.00 น. วันที่ 25 เมษายน 2549 (อุณหภูมิก่อนอากาศเฉลี่ยประมาณ 32.36 °C)

จากการเปรียบเทียบแผนภูมิแท่งเฉลี่ยผลต่างอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศในวันที่ 25 เมษายน 2549 โดยรวม ผังที่มีการติดตั้งแผงบังแดดมีผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าผนังเปล่า ทั้งในช่วงตลอดวันและช่วงเวลาทำงาน ผลต่างที่มากที่สุดที่อุณหภูมิผลต่างเฉลี่ยอุณหภูมิพื้นผิวภายในของกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. ที่ประมาณ 2.79°C บางช่วงเปรียบเทียบตลอดทั้งวันและประมาณ 4.2°C ของช่วงเปรียบเทียบเฉพาะช่วงเวลาใช้งานของอาคาร ซึ่งเป็นช่วงที่มีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มาเกี่ยวข้อง แสดงว่าผลต่างอุณหภูมิที่มากกว่าเมื่อมีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ผนังที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. สามารถป้องกันการแผ่รังสีความร้อนและส่งผลกระทบต่อผนังอาคารน้อยสุด สำหรับการเปรียบเทียบในชุดนี้กับผลต่างที่เปรียบเทียบเฉลี่ยตลอดทั้งวันเมื่อไม่มีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นผลกระทบจากการสะสมความร้อนที่ใกล้เคียงกันอยู่เมื่อเทียบกับผนังเปล่า

จากผลสรุปในการทดลองชุดนี้ สรุปว่าที่ระยะ 0.40 ม. มีความเหมาะสมมากที่สุด แต่ในช่วงหลังจากการแผ่รังสีลดลงยังคงมีปริมาณความร้อนที่สะสมที่ส่งผลทำให้มีอุณหภูมิที่ยังสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศอยู่ ผู้วิจัยจึงได้นำผลจากกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. ไปเปรียบเทียบในระยะที่มากขึ้น เนื้อหาข้อสรุประยะที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดต่อไป

สภาพอากาศโดยรวม วันที่ 26 เมษายน 2549



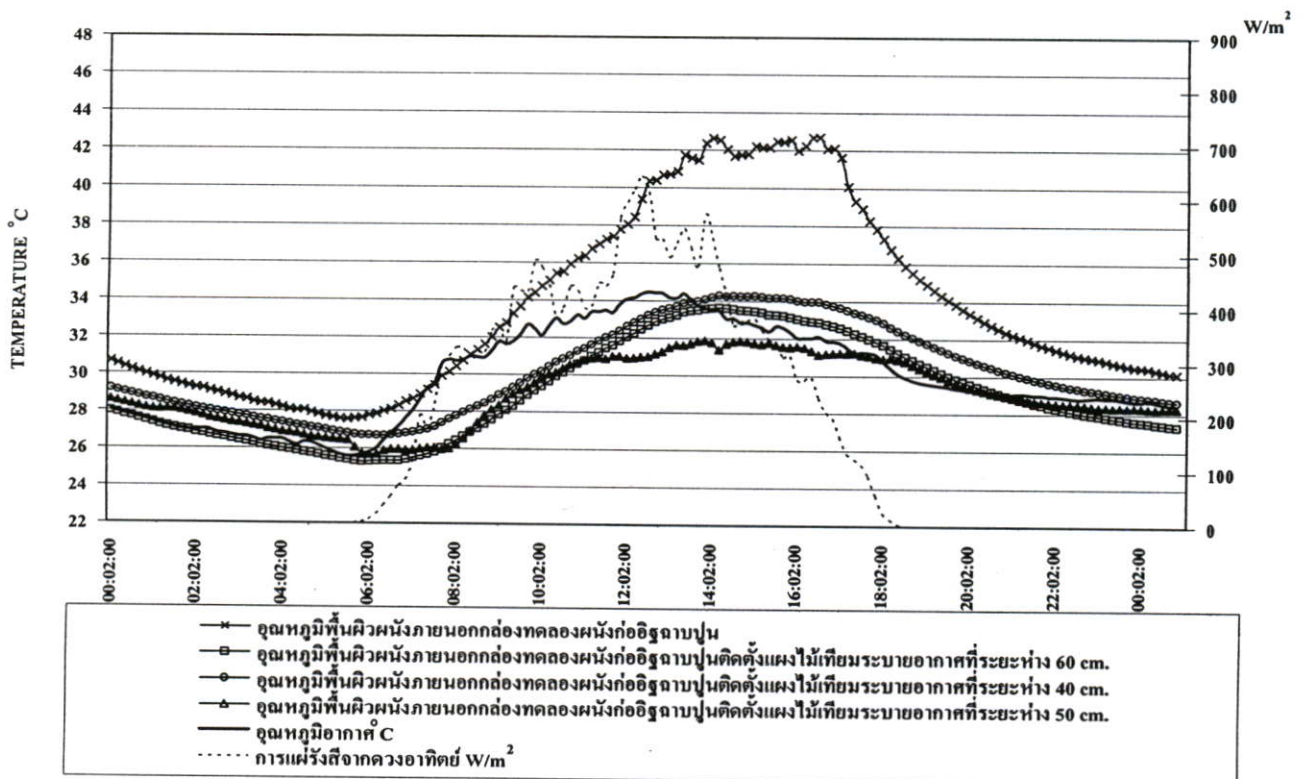
ภาพที่ 4.58 กราฟสภาพอากาศโดยรวม วันที่ 26 เมษายน 2549

อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูล ประมาณ 35°C ที่ช่วงเวลาประมาณ 12.30 – 16.00 น. ต่ำสุดประมาณ 26.0°C ช่วงเวลาประมาณ 05.30 – 06.30 น. เริ่มการแผ่รังสี เวลาประมาณ 6.30 น. สูงสุดเวลาประมาณ 12.00 น. ที่ 660 W/m^2 ท้องฟ้าโปร่งมีเมฆน้อย ผู้วิจัยจึง นำผลการทดลองในวันที่ 26 มาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลข้อมูลดังนี้

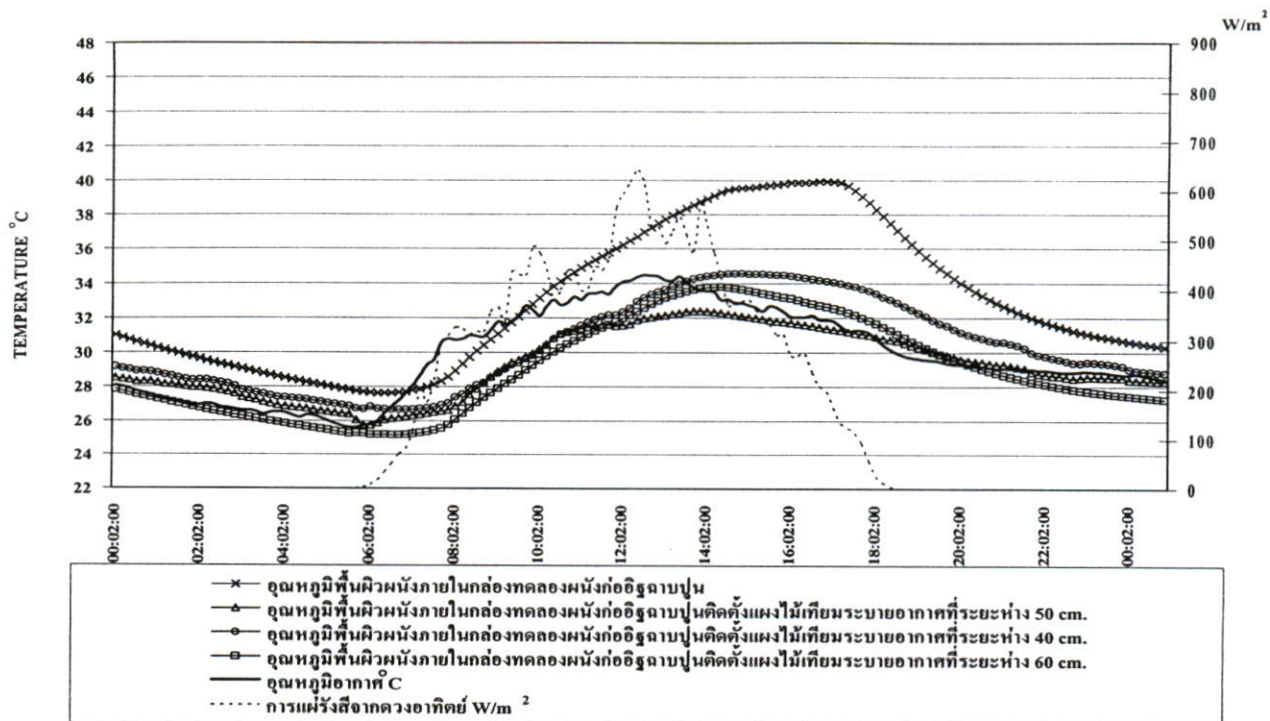
ระยะที่ต้องการศึกษาของวันที่ 26 เมษายน 2549

โดยกำหนดระยะห่างเพื่อเปรียบเทียบดังนี้

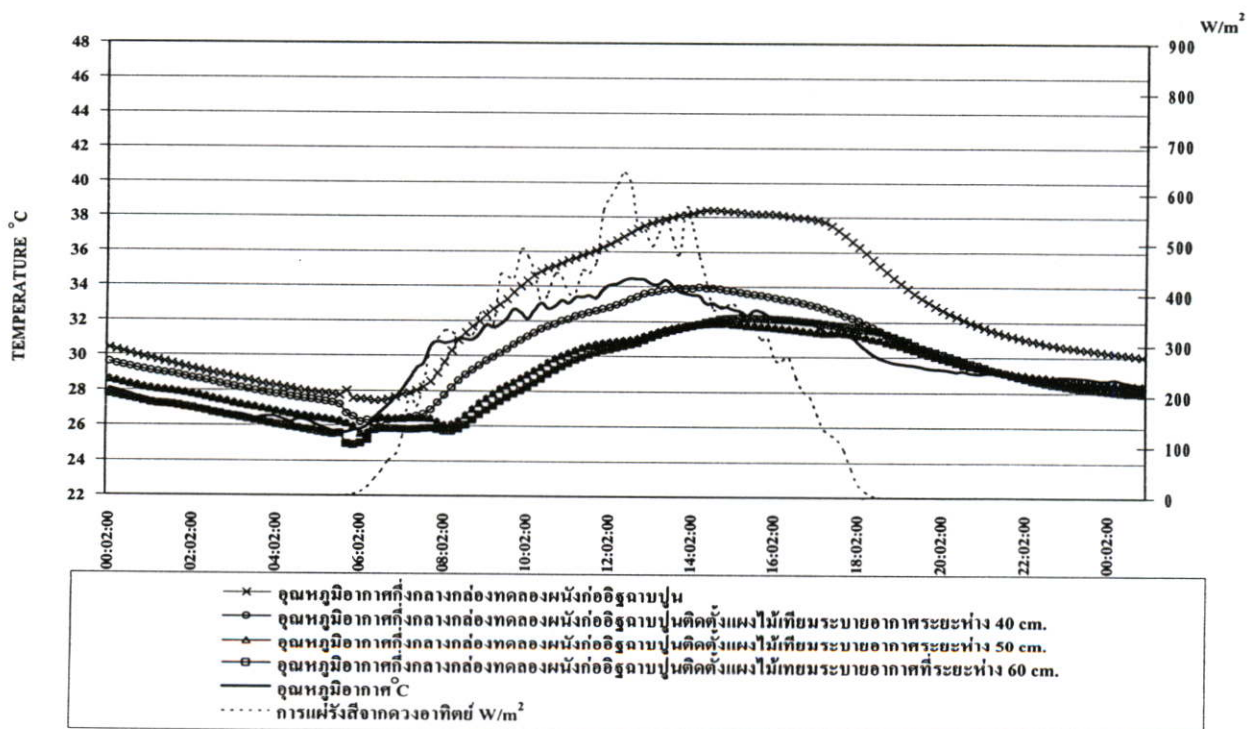
- ห่าง 40 เซนติเมตร
- ห่าง 50 เซนติเมตร
- ห่าง 60 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.59 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมระยะอากาศที่ระยะห่างต่างๆ กัน วันที่ 26 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.60 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมระบายอากาศที่ระยะห่างต่างๆ กัน วันที่ 26 เมษายน 2549



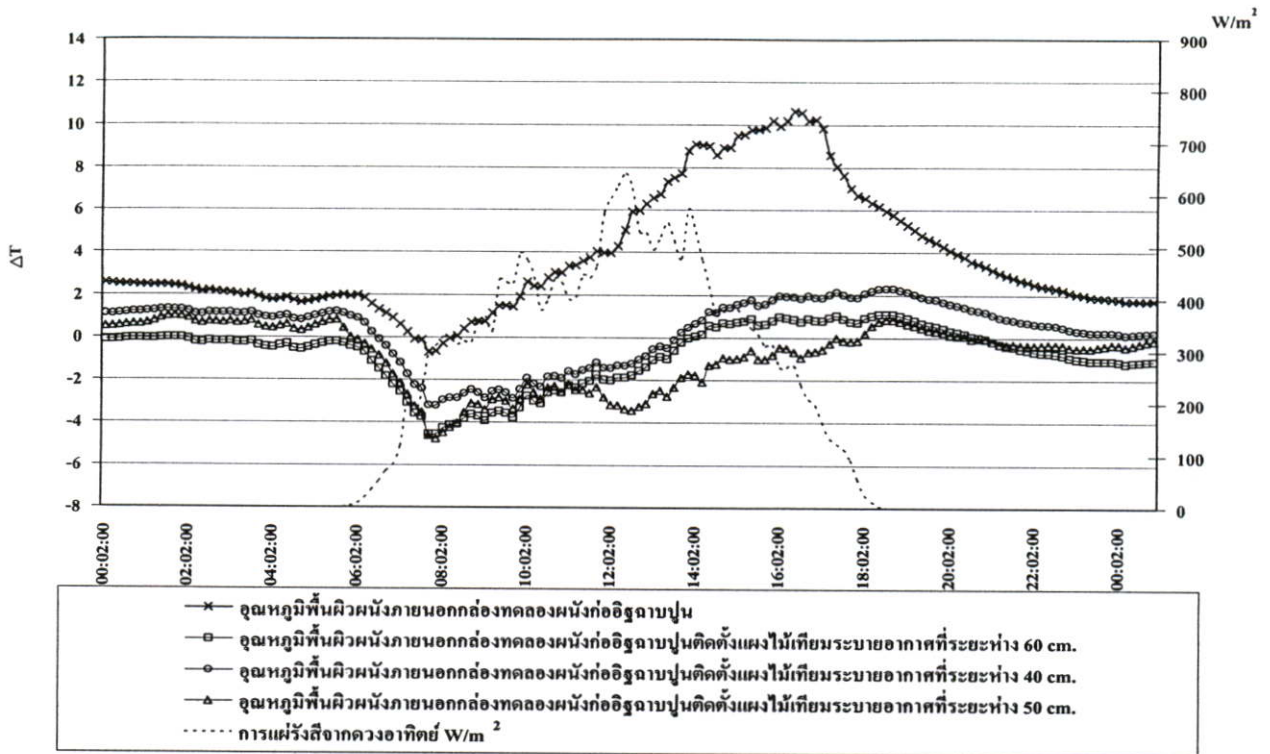
ภาพที่ 4.61 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกึ่งกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงกันแดดไม้เทียมระบายอากาศที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 26 เมษายน 2549

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลอง โดยเฉลี่ยกล่องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดในทุกะบบมีอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงต่ำกว่าหรือใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศ ขณะที่กล่องทดลองผนังเปล่านั้นมีอุณหภูมิที่พื้นผิวภายนอกที่สูงกว่าเกือบตลอดทั้งวันยกเว้นในช่วงเช้าก่อนที่ผนังจะรับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง

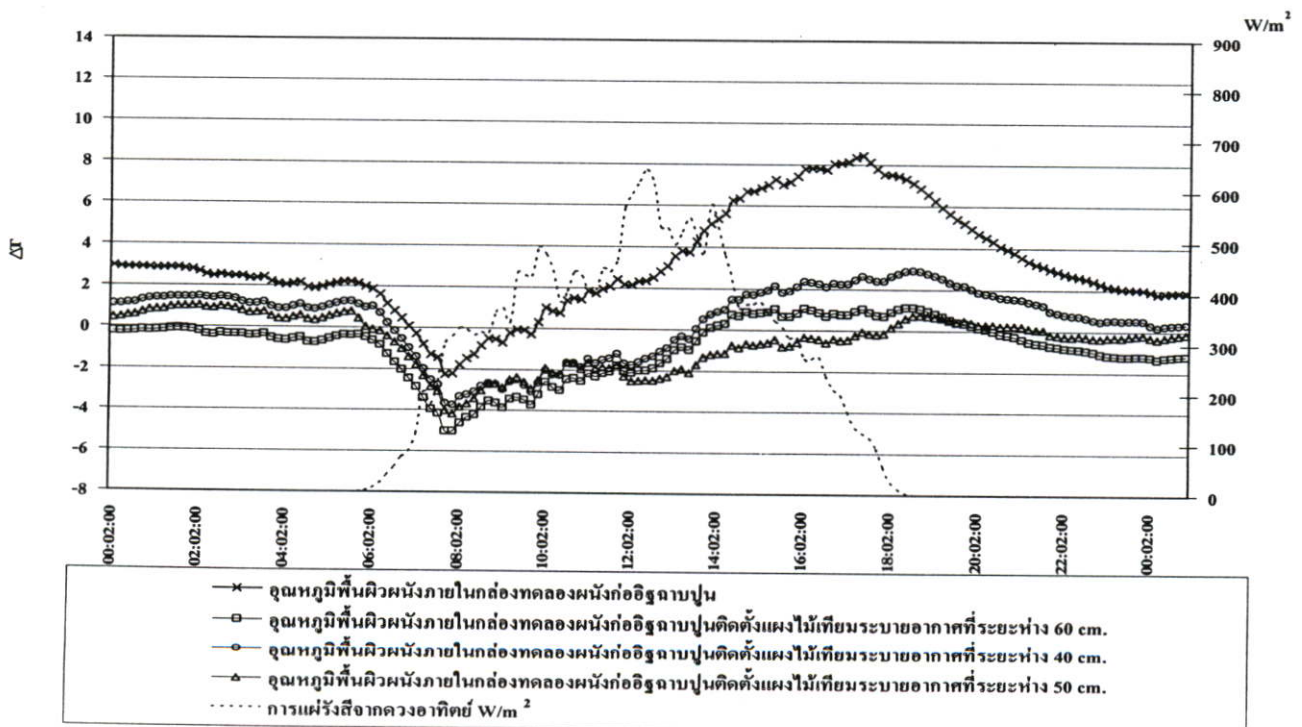
จุดที่ต่ำสุดของอุณหภูมิที่พื้นผิวภายนอกของผนังกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. และ 0.60 ม. อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 5.30 น. ถึง 6.30 น. ซึ่งอยู่ในช่วงที่อุณหภูมิของอากาศต่ำสุด จะต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศในช่วงตั้งแต่การแผ่รังสีในช่วงเช้าเริ่มขึ้นจนถึงช่วงที่ผนังรับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงที่เวลา 12.30 น. จนถึงเวลาประมาณ 14.30 น. อุณหภูมิพื้นผิวของกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. และ 0.60 ม. มีอุณหภูมิที่ใกล้กับอุณหภูมิอากาศอีกครั้ง ในขณะที่อุณหภูมิพื้นผิวของกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. เริ่มสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 2°C และสูงกว่าจนถึงเวลาประมาณ 24.00 น. จึงเริ่มลดลงใกล้เคียงอุณหภูมิของอากาศอีกครั้ง ซึ่งอุณหภูมิที่กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. และ 0.60 ม. อุณหภูมิได้ลดลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศตั้งแต่ช่วงเวลาประมาณ 18.00 น. ถึง 20.00 น. ถึงช่วงเช้าอีกวัน

จากการเปรียบเทียบสังเกตเห็นว่าผลของอุณหภูมิเริ่มมีความแตกต่างกันเมื่อเวลาตั้งแต่ 14.00 น. หลังจากแผงบังแดดรับรังสีความร้อนมาแล้วประมาณ 2 ชั่วโมง โดยอุณหภูมิกำลังทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดระยะที่ 0.40 ม. ส่วนใหญ่จะอยู่สูงกว่าโดยตลอด เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ 0.50 ม. และ 0.60 ม. ค่าอนช่วงใกล้เคียงกันเกือบตลอดทั้งวันยกเว้นในบางช่วงเวลาที่มีผลแตกต่างกันเล็กน้อย

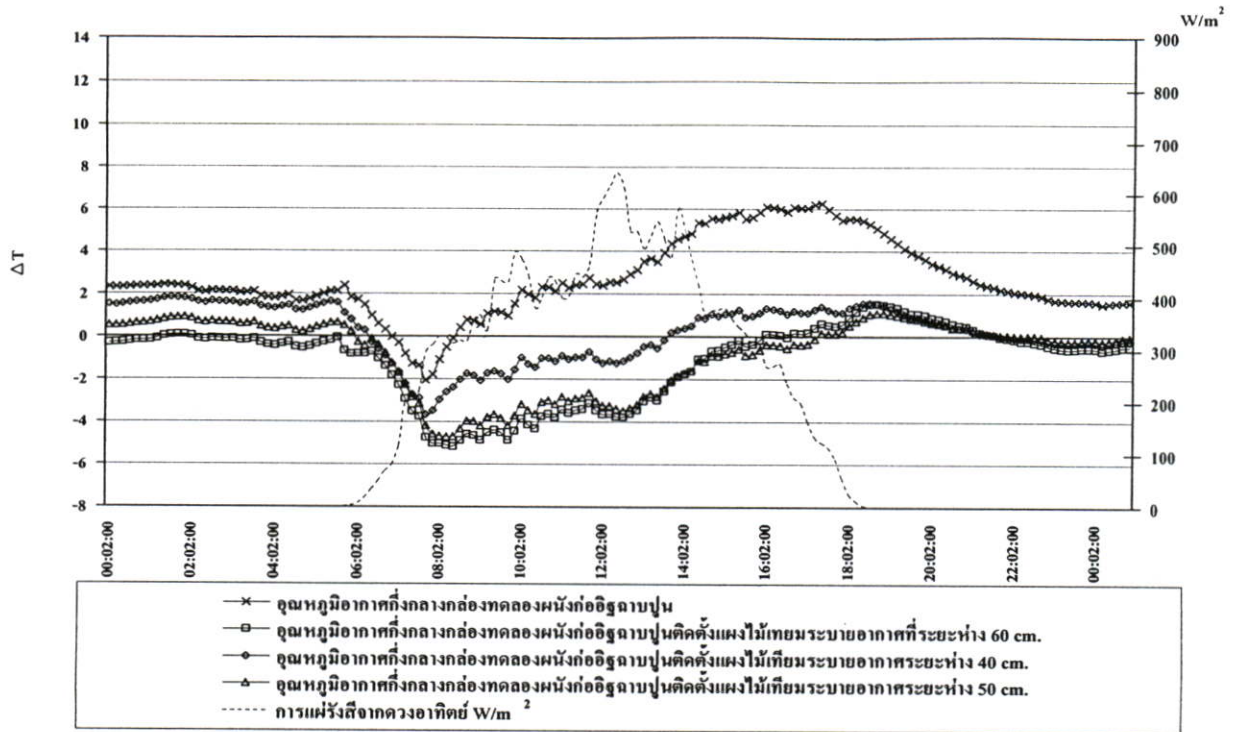
ผลกระทบจากอุณหภูมิที่พื้นผิวภายนอก ส่งผลให้อุณหภูมิที่พื้นผิวภายใน และกึ่งกลางค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบอากาศกลางกล่องทดลองซึ่งได้รับผลกระทบจากปริมาณความร้อนที่พื้นผิวภายในที่ระยะห่างภายใน 0.50 ม. ทำให้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยผลต่างเมื่อเทียบกับระหว่างกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดระยะ 0.50 ม. และ 0.60 ม. ใกล้เคียงกันมากขึ้นโดยมีอุณหภูมิอากาศที่กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. สูงกว่าในช่วงเวลาตั้งแต่ 7.00 น. จนถึง 19.00 น. ซึ่งอยู่ในช่วงเริ่มการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์จนถึงหมดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน



ภาพที่ 4.62 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 26 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.63 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 26 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.64 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 26 เมษายน 2549

ผลจากข้อมูลเบื้องต้นนำไปเปรียบเทียบผลต่างกับอุณหภูมิอากาศ ΔT เป็น $^{\circ}\text{C}$ เพื่อสรุปว่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดระยะใดอยู่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศหรือต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศมากที่สุด

จากผลเปรียบเทียบอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของกล่องทดลองนำมาหาผลต่างเพื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศเปรียบเทียบเมื่อติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. , 0.50 ม. และ 0.60 ม. พบว่าผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังภายนอกเมื่อมีการติดตั้งแผงบังแดดที่ทุกระยะอยู่ต่ำกว่ากล่องผนังเปล่าทั้งวันโดยจุดที่มีผลต่างมากที่สุดอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 16.30 น. ที่ผลต่าง 11.5°C เมื่อเทียบกับกล่องผนังติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. จากผลต่างอุณหภูมิเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ของกล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. ยังคงสูงกว่าอีก 2 กล่องตลอดทั้งวัน ขณะที่กล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. ถึง 0.60 ม. มีช่วงผลต่างโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกันสลับการขึ้นลงในแต่ละช่วงเวลา โดยในช่วงเข้าก่อนการแผ่รังสี กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.60 ม. อยู่ต่ำกว่ากล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. เมื่อเริ่มมีการแผ่รังสีกระทบกับแผงโดยตรง จนถึงหมดการแผ่รังสี กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. ต่ำกว่าโดยเฉลี่ยประมาณ 1°C ในขณะที่ กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.60 ม. สูงขึ้นเล็กน้อยซึ่งอาจเกิดจากระยะห่างที่เริ่มมาก สำหรับกล่องทดลองส่งผลให้แสงแดดมีผลกระทบเล็กน้อย บางช่วงเปิดทางด้านล่างซึ่งการติดตั้งจำเป็นต้องติดตั้งแผงบังแดดทางด้านข้างด้วยเพื่อการป้องกัน

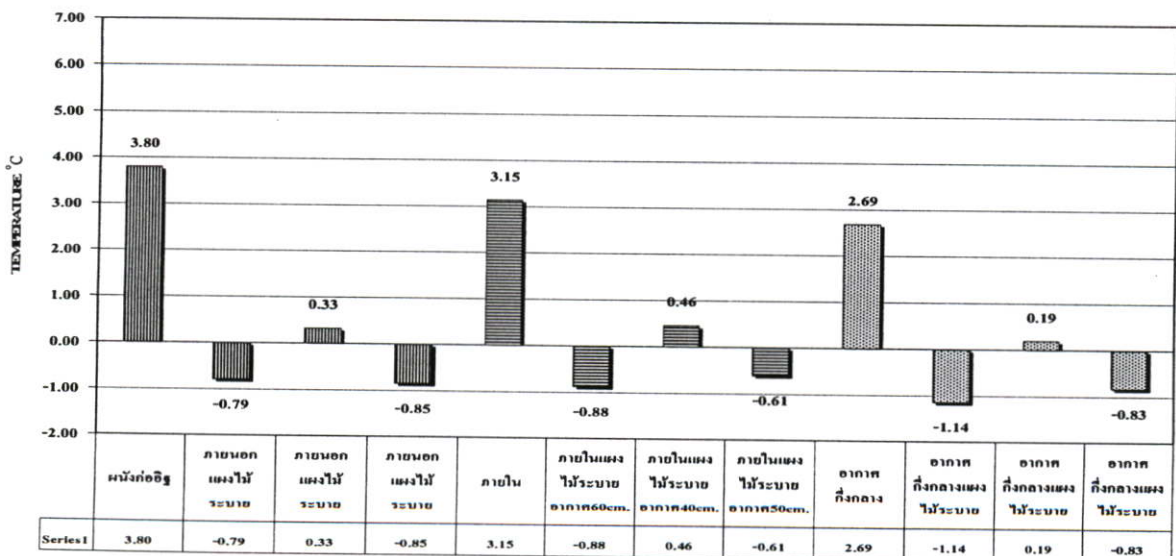
ผลกระทบจากส่วนนี้และหลังจากนั้น แผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. ได้สูงขึ้นมากกว่าการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.60 ม. เล็กน้อย ในตอนกลางคืนจนส่งผลข้ามสู่วันถัดต่อไป จากผลเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกในข้างต้นมีการส่งผลกระทบต่อผลต่างผนังภายในสู่อากาศกลางกล่องที่สอดคล้องกัน

ซึ่งจากกราฟเปรียบเทียบอากาศกึ่งกลางกล่อง ผนังติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. ถึง 0.60 ม. ใกล้เคียงกันมากขึ้นโดยมี กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.20 ม. และผนังเปล่าสูงขึ้นตามลำดับ

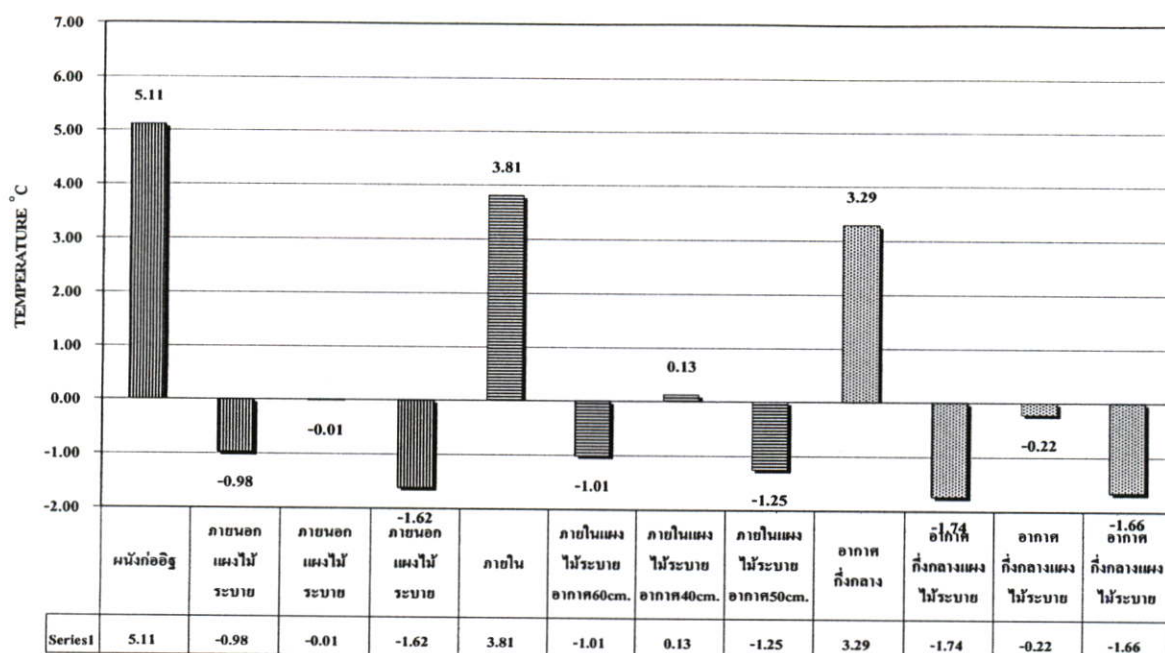
สรุปว่า เมื่อมีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปผลการทดลองปริมาณความร้อนที่มีผลต่อผนังกล่องทดลองแบ่งเป็น 2 ช่วง

- ช่วงไม่มีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศเย็นลง อุณหภูมิโดยรวมของผนังกล่องทดลองที่ระยะ 0.50 ม. ถึง 0.60 ม. มีการสะสมความร้อนที่น้อยมากของในแต่ละช่วงวันซึ่งทำให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในจุดต่ำสุดได้มากที่สุดคือระดับเดียวกับอุณหภูมิของอากาศในขณะที่กล่องติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. ยังคงสูงกว่าโดยเฉลี่ย

- ช่วงที่มีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ เมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้น กล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดทุกระยะได้รับผลกระทบค่อนข้างน้อยโดยเฉพาะกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. ถึง 0.60 ม. ทำให้อุณหภูมิในทุกจุดทดลองอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยได้ ในขณะที่กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. เพิ่มขึ้นซ้ำเช่นกัน แต่ถึงช่วงเวลาประมาณ 14.00 น. เริ่มสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเล็กน้อย



ภาพที่ 4.65 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกำลังทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่อวัน วันที่ 26 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 29.88 °C)



ภาพที่ 4.66 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ช่วงเวลาใช้งาน 7.00 น. - 21.00 น. วันที่ 26 เมษายน 2549 (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 31.73 °C)

จากแผนภูมิแท่งเฉลี่ยผลต่างอุณหภูมิ กล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในช่วงทั้งวัน และช่วงการใช้งานของแต่ละตำแหน่งวัดอุณหภูมิของกล่องทดลอง กล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. ถึง 0.60 ม. อยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเป็นส่วนใหญ่โดยมีอุณหภูมิผลต่างเฉลี่ยกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.40 ม. สูงกว่าอุณหภูมิอากาศเล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบผลต่างกับกล่องผนังเปล่าที่ผลต่างมากที่สุดที่พื้นผิวผนังภายนอกของกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. ที่ผลต่าง 6.8°C

จากผลข้อมูลในขั้นต้นการติดตั้งแผงบังแดดกับผนังกล่องทดลองเมื่อมีการระบายอากาศระหว่างผนังสามารถแก้ปัญหาความร้อนที่สะสมในช่วงหลังการแผ่รังสีหมดลงส่งผลให้ปริมาณความร้อนระบายออกในช่วงเวลากลางคืนได้เร็วขึ้นและในปริมาณที่น้อยลงส่งผลให้ปริมาณความร้อนในช่วงเริ่มการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ และเมื่อผนังได้รับรังสีโดยตรงลดลงด้วยซึ่งเป็นผลโดยตรงจากการป้องกันรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ของแผงบังแดดไม้เทียมเมื่อเทียบกับในแต่ละระยะซึ่งได้ผลสรุปว่ากล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดที่มีระยะ 0.50 ม. และ 0.60 ม. มีปริมาณความร้อนที่ส่งผลต่อผนังอาคารส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศ และต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศในช่วงที่อุณหภูมิของอากาศเพิ่มสูงขึ้นจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ในช่วงเช้า จากผลต่างเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศจากแผนภูมิแท่งแสดงว่าผลต่างของผนังติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. และ 0.60 ม. มีผลต่างเมื่อเทียบกับผนังเปล่าในการเปรียบเทียบในช่วงเวลา

ทำงาน มีผลต่างมากกว่า การเปรียบเทียบทั้งวันจึงหมายถึง เมื่อไม่มีการรวมเปรียบเทียบในช่วงเช้าและกลางวันผลต่างของอุณหภูมิทั้งหมดไม่มากนัก แสดงว่าในช่วงที่มีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิที่ได้รับผลกระทบด้านปริมาณความร้อนน้อยมากเมื่อเทียบกับผนังเปล่าผลต่างอุณหภูมิเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศของกล่องติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.50 ม. กับกล่องทดลองผนังเปล่าทั้ง 2 แผนภูมิ

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ด้านปริมาณความร้อนผลต่างอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลา เมื่อติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมโดยมีการระบายอากาศ ที่ระยะ 0.5 เมตร

พื้นผิว	เปรียบเทียบทั้งวัน		ช่วงเวลาทำงาน
ภายนอก	4.65°C	<	6.80°C
ภายใน	3.76°C	<	5.06°C
กึ่งกลาง	3.52°C	<	4.95°C

เนื่องจากการเปรียบเทียบจากผลข้อมูลทั้งหมดการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม ถึง 0.60 ม. ได้ผลกระทบด้านปริมาณความร้อนที่ใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำกล่องการทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมและมีการระบายอากาศระหว่างแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมและน้อยที่สุดกับการติดตั้งเพื่อมาปรับปรุงและศึกษาต่อไปในขั้นตอนต่อไป

4.2.5 การทดลอง ที่ 5

วัตถุประสงค์

ศึกษาเปรียบเทียบ เมื่อติดตั้งแผงบังแดดกับผนังอาคาร ในรูปแบบเกล็ดผนังเบาที่มีขนาดแตกต่างกัน เพื่อหาค่าความสัมพันธ์เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าผนัง

สมมุติฐาน

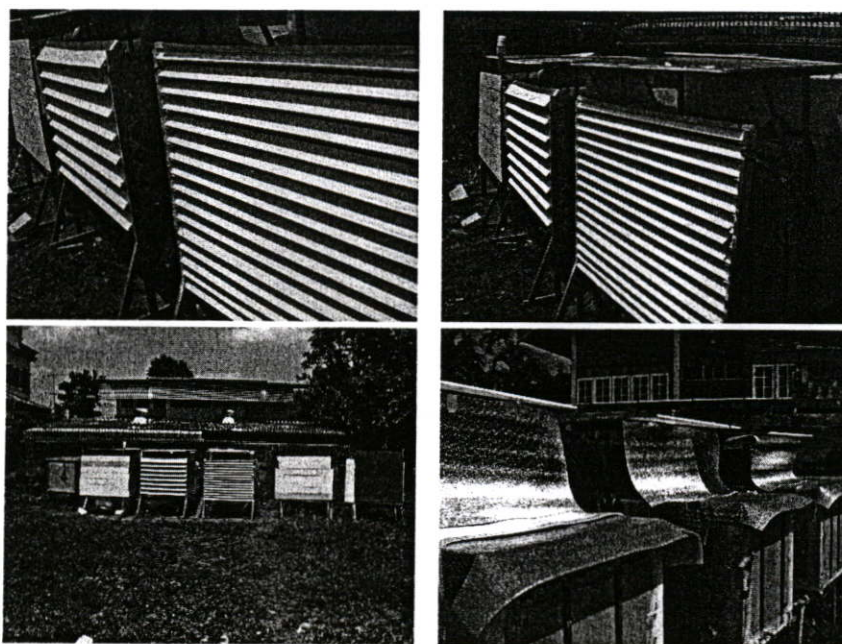
แผงบังแดดภายนอกอาคารที่มีการระบายอากาศด้วยเกล็ดที่ขนาดเล็กจะสามารถช่วยในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังได้มากขึ้น

กำหนดรูปแบบของแผงบังแดดที่มีขนาดองศาของเกล็ดเท่าๆกันที่ 45° ติดตั้งในแนวนอน โดยนำผลสรุประยะห่างจากขั้นตอนที่ 4 มาทดลอง เพื่อควบคุมพื้นที่การระบายอากาศ, ปริมาตร และมวลรวมของแผงบังแดดทั้งหมดให้ใกล้เคียงกันโดยใช้ขนาดที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปของไม้เทียมมาติดตั้งในรูปแบบเกล็ดเพื่อเปรียบเทียบดังนี้

- ฉนวนเปล่า
- แผงบังแดดไม้เทียมที่ขนาด 6" ทึบ
- แผงบังแดดไม้เทียมที่ขนาด 6" ตีเกล็ด 45° เว้นร่อง
- แผงบังแดดไม้เทียมที่ขนาด 2" ตีเกล็ด 45° เว้นร่อง



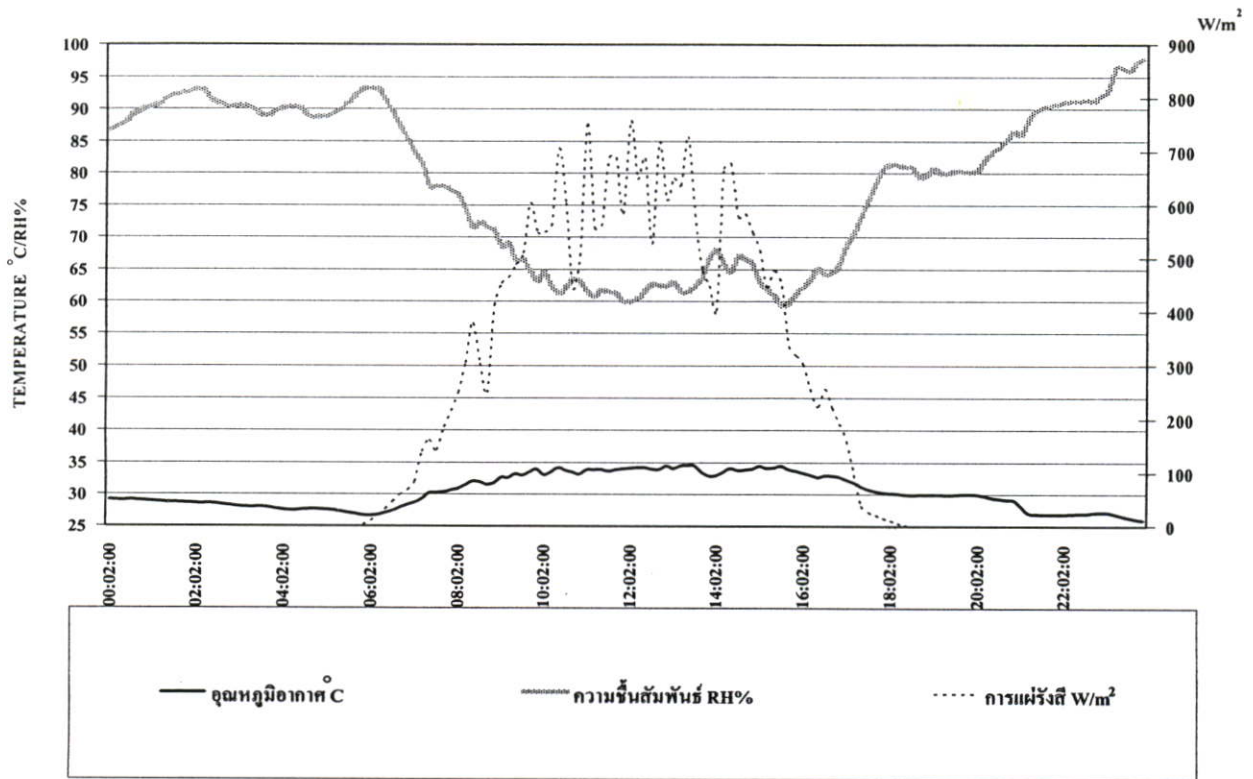
ภาพที่ 4.67 รูปตัดแสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมในรูปแบบเกล็ดที่ขนาด 6" และ 2"



ภาพที่ 4.68 แสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมในรูปแบบเกล็ดที่ขนาด 6" และ 2"

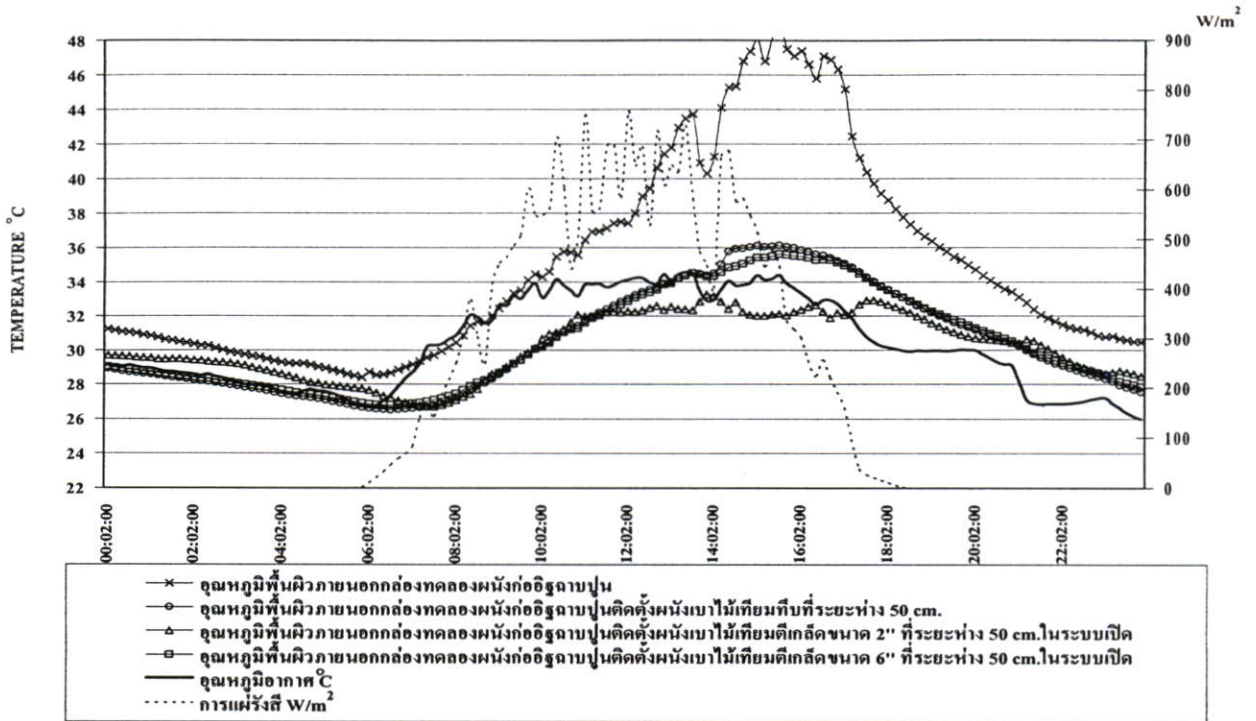
ทำการเก็บข้อมูลในช่วงวันที่ 28 – 30 เมษายน ผู้ทำการวิจัยได้เลือกผลการทดลองวันที่ 29 เมษายน 2549 ซึ่งเป็นวันที่ข้อมูลดีที่สุดมาเปรียบเทียบวิเคราะห์ข้อมูลในชั้นตอนที่ 5 ดังนี้

สภาพอากาศโดยรวม วันที่ 29 เมษายน 2549

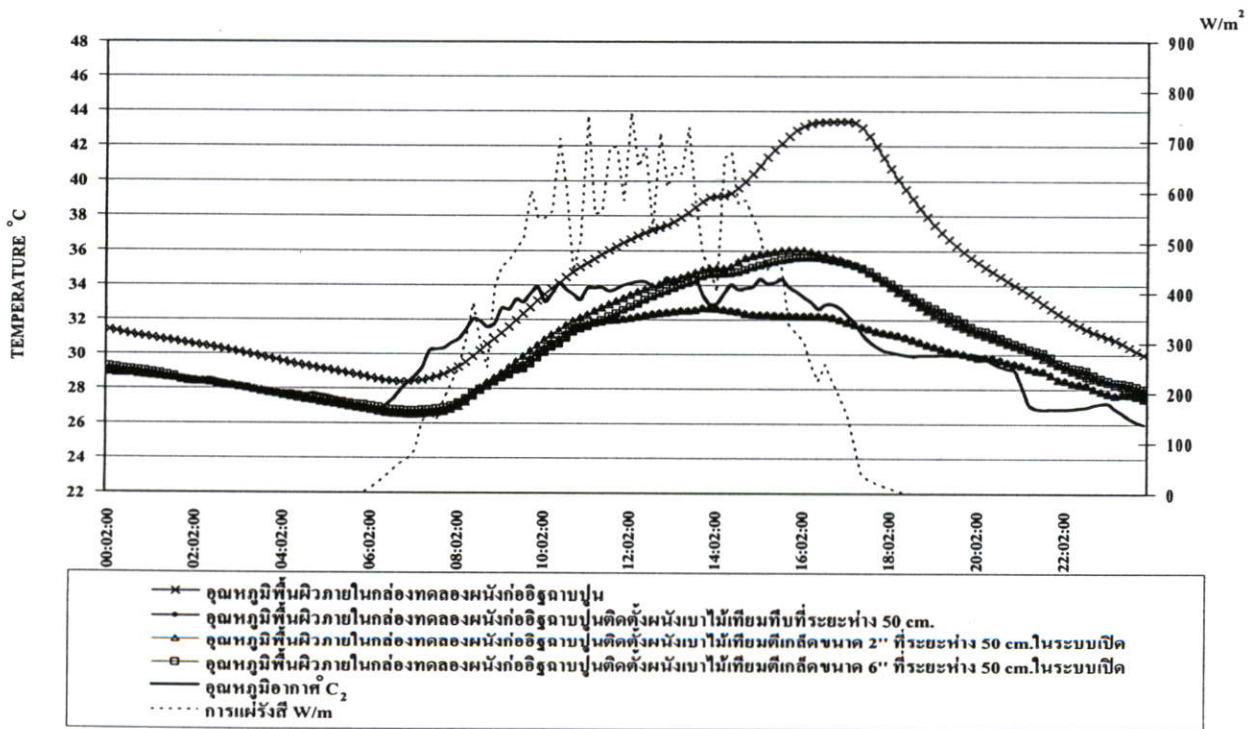


ภาพที่ 4.69 กราฟสภาพอากาศโดยรวม วันที่ 29 เมษายน 2549

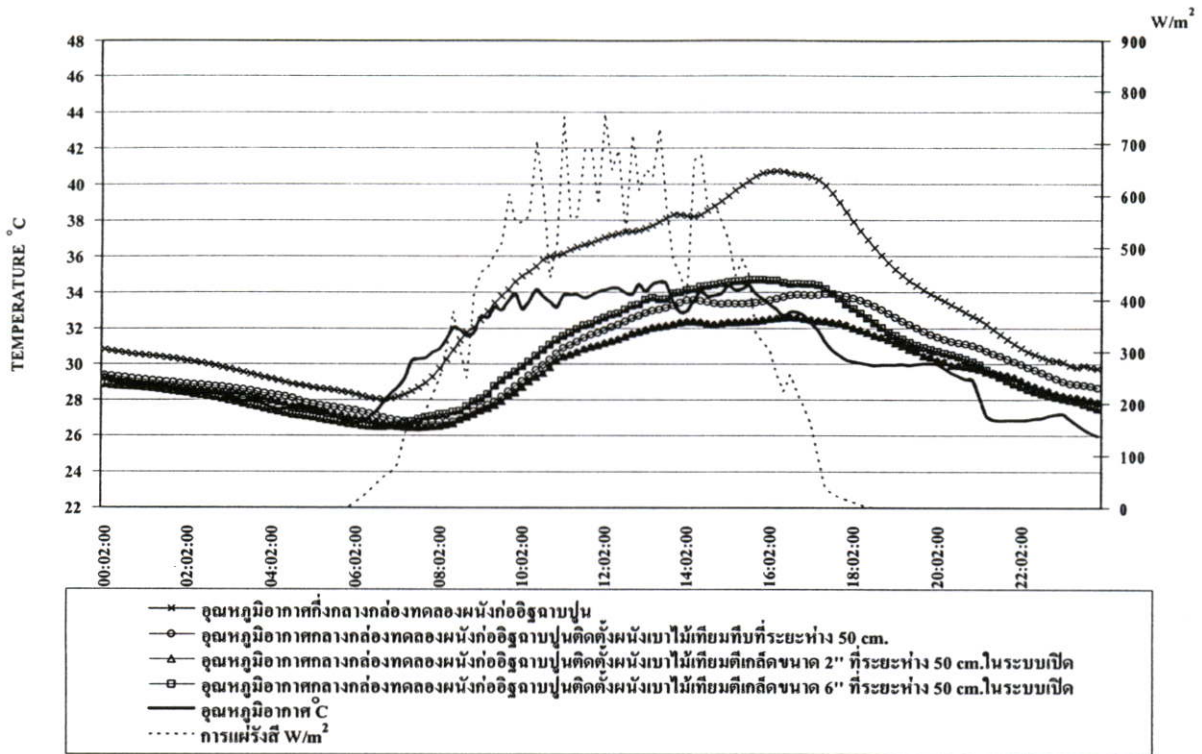
อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูล ประมาณ 34.8 °C ที่ช่วงเวลาประมาณ 12.30 – 16.00 น.ต่ำสุดประมาณ 27°C ช่วงเวลาประมาณ 05.30 – 06.30 น. เริ่มการแผ่รังสี เวลาประมาณ 6.30 น. สูงสุดเวลาประมาณ 13.30 น. ที่ 760 W/m² ท้องฟ้าโปร่งมีเมฆปานกลาง ผู้วิจัยจึง นำผลการทดลองในวันที่ 29 มาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลข้อมูลดังนี้



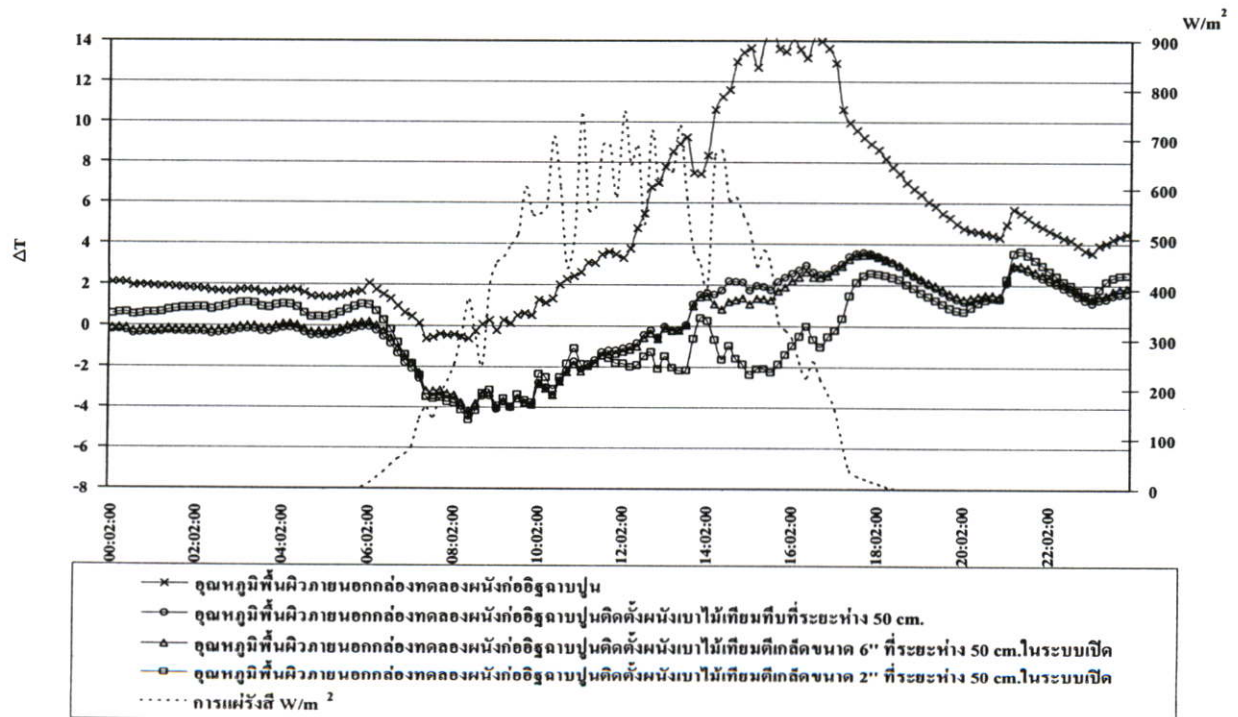
ภาพที่ 4.70 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้ง
แผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 29 เมษายน 2549



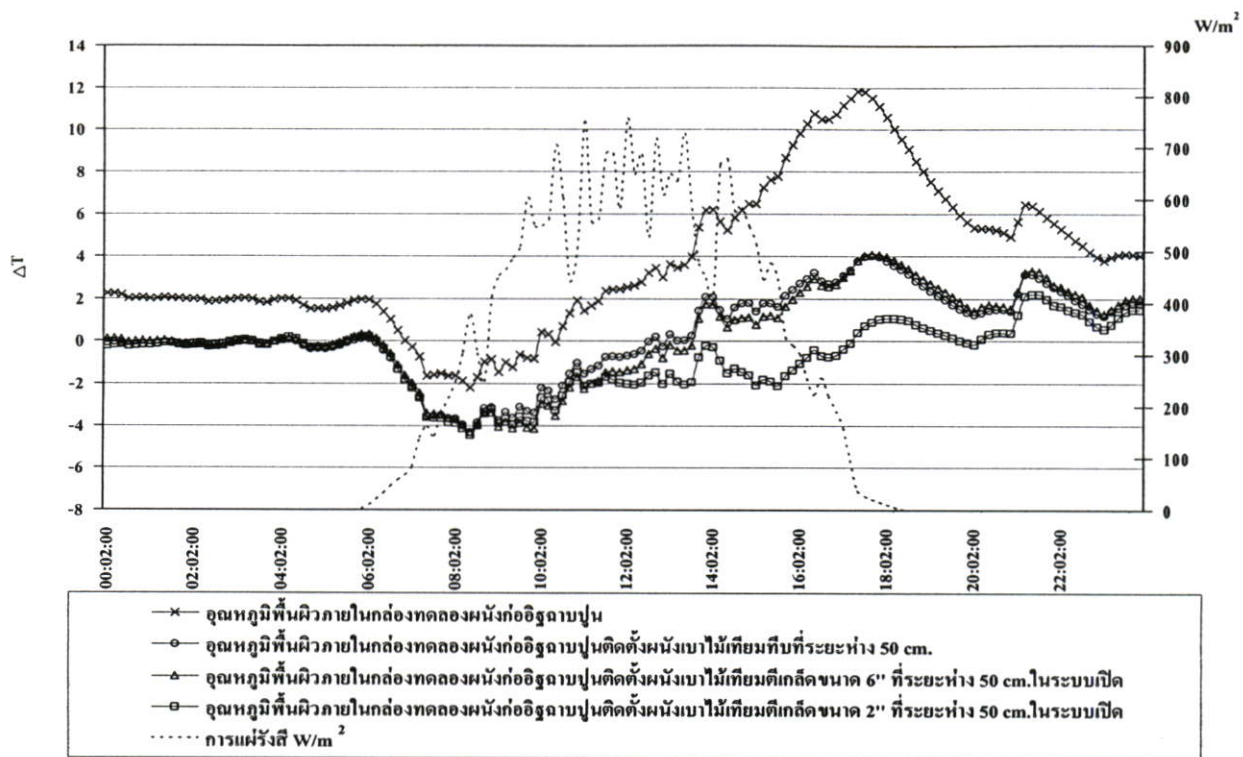
ภาพที่ 4.71 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้ง
แผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 29 เมษายน 2549



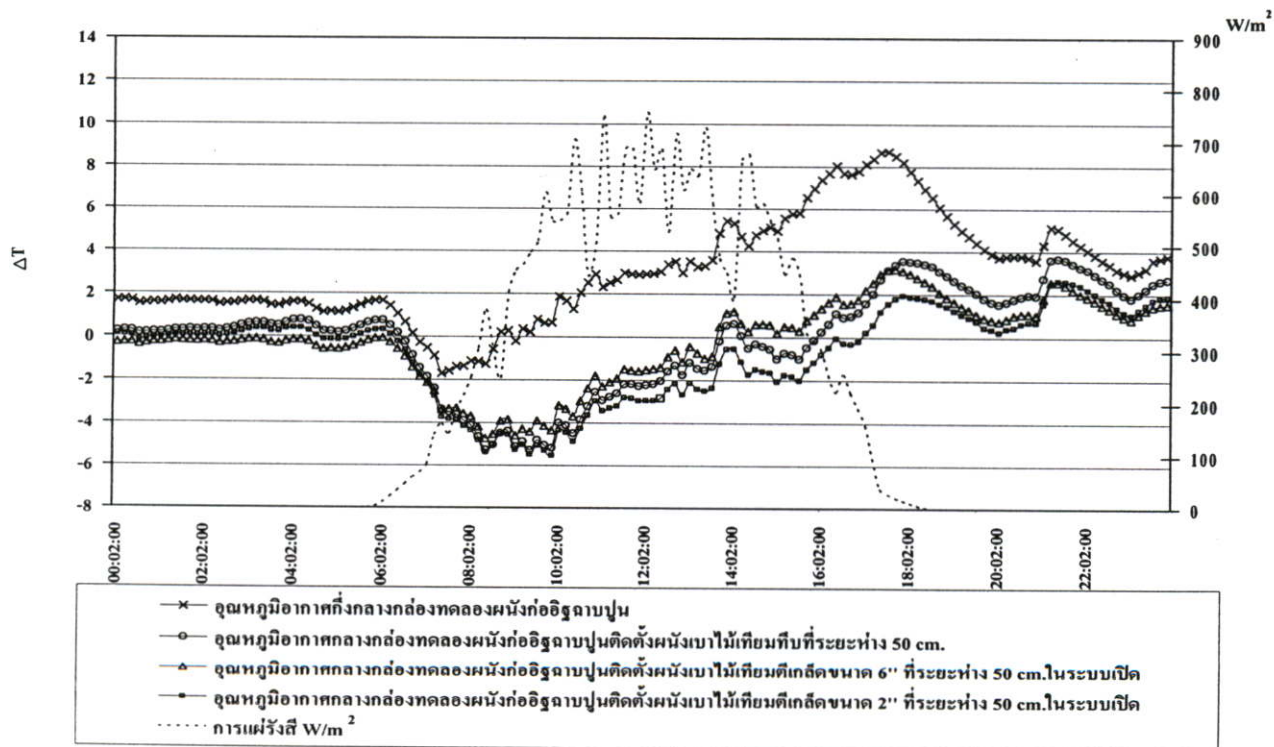
ภาพที่ 4.72 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางช่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดคั้งผนังเบาไม้เทียม วันที่ 29 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.73 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกช่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของช่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กัน วันที่ 29 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.74 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 29 เมษายน 2549



ภาพที่ 4.75 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 29 เมษายน 2549

จากผลสรุปการทดลองที่ 4

การติดตั้งแผงบังแดดระยะที่มีผลกระทบต่อปริมาณความร้อนที่สุดคือระยะ 0.50 ม. ถึง 0.60 ม. ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกระยะที่ 0.50 ม. ซึ่งมีผลที่ใกล้เคียงหรือดีกว่ามาทำการทดลองในขั้นตอนที่ 5 ในวันที่ 19 เมษายน 2549 ซึ่งสภาพอากาศมีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่สูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และมีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกับวันที่ 26 เมษายน 2549

ลักษณะของกราฟของผนังที่มีการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะเดียวกันจะมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงที่แทบใกล้เคียงกันมากเมื่อเทียบกับผนังเปล่าที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก และมากขึ้นเมื่อมีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่มาก ซึ่งพื้นผิวผนังจะส่งผลกระทบต่อปริมาณความร้อนโดยตรงทำให้มีจังหวะเพิ่มลดอุณหภูมิค่อนข้างถี่ในขณะที่การติดตั้งแผงบังแดดสามารถช่วยป้องกันรังสีของดวงดวงอาทิตย์ได้ ส่งผลให้อุณหภูมิสะสมน้อยสามารถถ่ายเทอุณหภูมิภายในออกในช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศลดลงได้ดี และมีความคงที่ของกราฟมากกว่าในช่วงที่ผนังได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีโดยตรง

อุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกช่วงเวลาประมาณ 6.00 น. ถึง 12.00 น. เริ่มการแผ่รังสีในช่วงเช้า อุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกที่ติดตั้งแผงบังแดดเกล็ดทึบ 2" และ 6" ยังไม่แตกต่างกันมากนักจนถึงช่วงเวลาที่การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์เริ่มขึ้นเป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมงตั้งแต่วันที่ 12.30 น. ที่ผนังเริ่มรับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงอุณหภูมิของพื้นผิวภายนอกในทุกช่องเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่อุณหภูมิอากาศเริ่มคงที่และลดลงอย่างช้าๆ ส่งผลให้อุณหภูมิที่พื้นผิวแผงบังแดดทึบสูงที่สุดที่ประมาณ 36°C เทียบกับอุณหภูมิอากาศมีผลต่างประมาณ 2.2 °C ซึ่งเป็นช่วงที่มีผลต่างเทียบกับอากาศมากที่สุดของผนังที่มีการติดตั้งแผงบังแดดรองลงมาคือ ผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดขนาด 6" สูงสุดประมาณ 35°C เพื่อเทียบผลต่างกับอุณหภูมิอากาศประมาณ 1°C และผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดขนาด 2" มีอุณหภูมิต่ำสุดซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศโดยประมาณ 2°C โดยที่ ΔT เป็น °C

จากปริมาณความร้อนในข้างต้นส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในที่สอดคล้องกันโดยในช่วงเวลา ประมาณ 16.30 น. อุณหภูมิจะสูงที่สุด

- อุณหภูมิที่ผนังภายในช่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดทึบสูงที่สุดประมาณ 36°C ผลต่างเทียบกับอุณหภูมิอากาศประมาณ 2.5°C และเพิ่มลดลงทันทีที่เวลาพื้นที่ผิวผนังภายนอกอุณหภูมิลดลง

- อุณหภูมิที่ผนังภายในช่องทดลองติดตั้งแผงบังแดด เกล็ดระบายอากาศ 6" สูงสุดประมาณ 35°C ผลต่างเทียบกับอุณหภูมิอากาศประมาณ 2.5°C

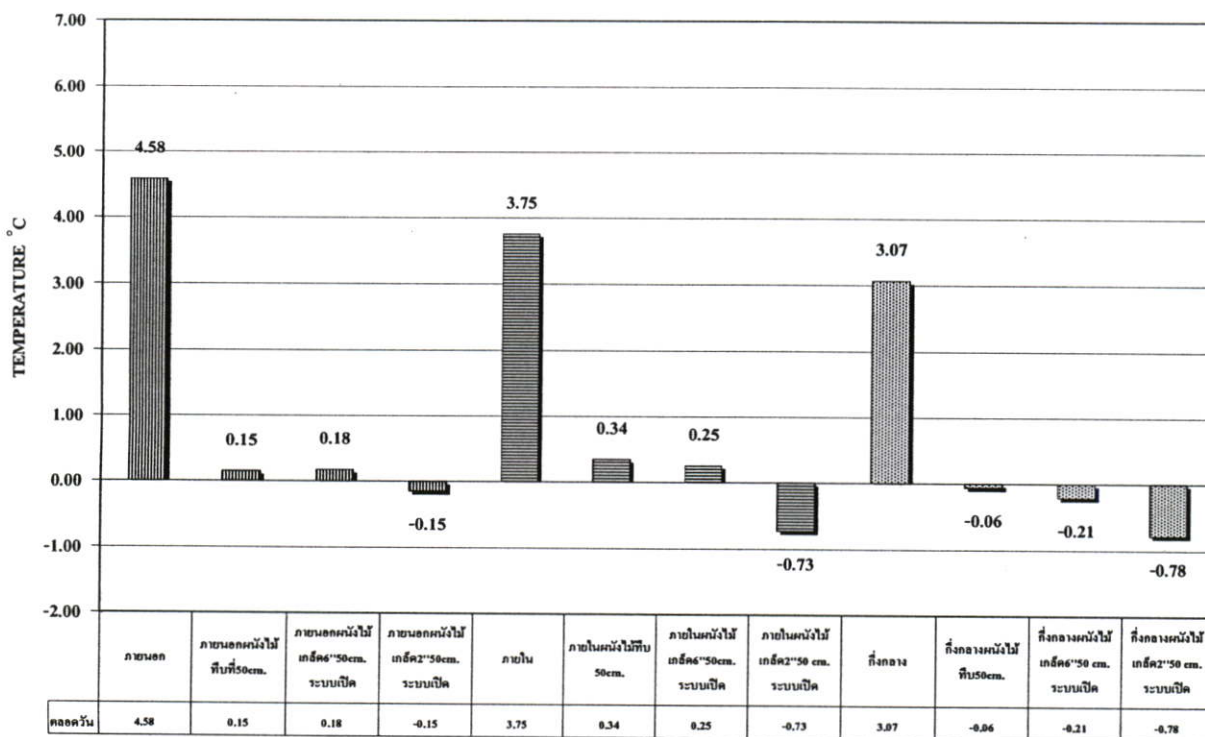
- อุณหภูมิที่ผนังภายในช่องทดลองติดตั้งแผงบังแดด เกล็ดระบายอากาศ 2" สูงสุดประมาณ 30.5 °C ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 1°C

ขณะที่อุณหภูมิอากาศที่กึ่งกลางกล่องทดลอง สูงสุดประมาณเวลา 17.00 น. ถึง 17.30 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์หมดลง

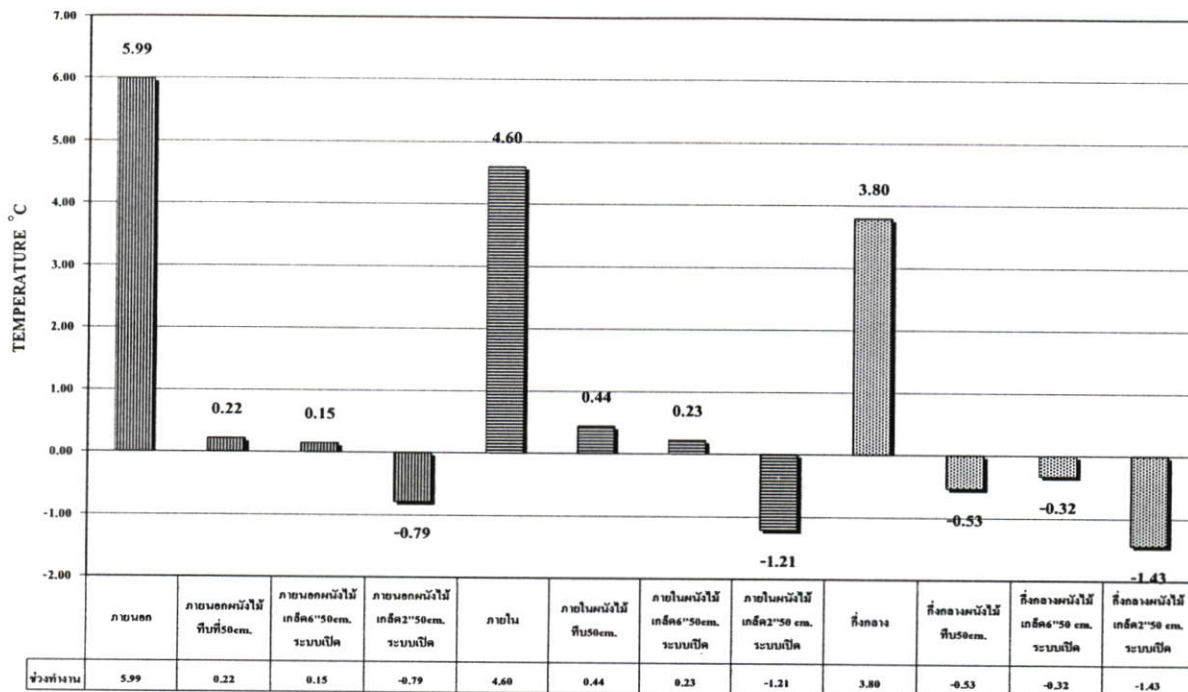
อุณหภูมิอากาศภายในกึ่งกลางกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดทึบสูงสุดประมาณ 34°C

อุณหภูมิอากาศภายในกึ่งกลางกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดเกล็ดระบายอากาศ 6" สูงสุดประมาณ 35°C

อุณหภูมิอากาศภายในกึ่งกลางกล่องทดลองติดตั้งแผงบังแดดเกล็ดระบายอากาศ 2" สูงสุดประมาณ 33°C



ภาพที่ 4.76 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งวัน (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 30.34 °C)



ภาพที่ 4.77 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย
ช่วงเวลาใช้งาน 7.00 น. ถึง 21.00 น. (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 32.25 °C)

จากตารางแผนภูมิแท่งอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยโดยรวมในทุกๆ จุดของ
กล่องมีการติดตั้งแผงบังแดดโดยส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับผลต่างเมื่อเทียบระยะห่างกล่องทดลองด้วยกัน
อยู่ที่ระหว่างช่วง 0 - 1.5 °C และเมื่อเทียบกับกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งแผงบังแดดกล่องการ
ทดลองที่มีผลต่างมากที่สุดคือ กล่องที่มีการติดตั้งแผงบังแดดเกสระยะบายอากาศ 2" ในระยะห่าง
0.50 ม. เมื่อเทียบแล้วสรุปผลต่างดังนี้

- ในช่วงตลอดทั้งวัน

ผลต่างของอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวภายนอก 4.77°C

ผลต่างของอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวภายใน 4.48°C

ผลต่างของอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศที่กึ่งกลางกล่องทดลอง 4.02°C

- เฉพาะช่วงเวลาใช้งาน 7.00 น. ถึง 21.00 น.

ผลต่างของอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวภายนอก 6.78°C

ผลต่างของอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวภายใน 5.81°C

ผลต่างของอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศที่กึ่งกลางกล่องทดลอง 5.23°C

สังเกตเห็นได้ว่าจากผลต่างเมื่อเทียบกับอุณหภูมิของผนังเปล่า ผลต่างเฉลี่ยเฉพาะในช่วงที่ใช้
งานและมีผลต่างที่มากกว่าตลอดทั้งวันที่รวมในช่วงเวลากลางคืนที่ไม่มีการแผ่รังสีจากดวง

อาทิตย์ แสดงว่าเมื่อรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในช่วงที่กระทบกับผนังโดยตรงการติดตั้งแผงบังแดดเกล็ดระบายอากาศ 2" ที่ระยะสามารถป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ส่งผลให้ปริมาณอุณหภูมิโดยเฉลี่ยลดลงเมื่อเทียบกับผนังเปล่า ต่างกันมากและในทางกลับกันเมื่อการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์หมดลงผนังเปล่าที่ติดตั้งแผงบังแดดเกล็ดระบายอากาศ 2" สามารถถ่ายเทอุณหภูมิที่ผนังกลับจากการระบายอากาศระหว่างผนัง และผิวเกล็ดที่มีปริมาตรต่อแผ่นลดลงทำให้ความจุความร้อนน้อยลงส่งผลให้การคายความร้อนเร็วขึ้นด้วย ในขณะที่อุณหภูมิอากาศลดลงได้ดีเมื่อเทียบกับผนังเปล่าซึ่งสามารถถ่ายเทปริมาณความร้อนได้เร็วเช่นกัน ส่งผลให้ผลต่างที่น้อยในเวลากลางคืนในการรวมเฉลี่ยในช่วงตลอดทั้งวันจึงน้อยกว่าเฉพาะช่วงใช้งาน

สรุปผลการทดลองที่ 5 ในวันที่ 29 เมษายน 2549 กล้องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดเกล็ดไม้เทียมระบายอากาศ 2" มีการระบายอากาศระหว่างแผงติดตั้งห่างจากผนังที่ระยะ 0.50 ม. มีผลกระทบด้านปริมาณความร้อนตลอดวัน หรือในช่วงเวลาใช้งานอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่สุด โดยเฉพาะช่วงที่มีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ปริมาณความร้อนโดยรวมต่ำหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากที่สุด และในขณะที่ช่วงหมดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มีการถ่ายเทความร้อนสู่ภายนอก ในขณะที่อุณหภูมิอากาศลดลงส่งผลให้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยในทุกจุดการเก็บผลอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกันกับอุณหภูมิของอากาศในช่วงกลางคืนซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไม่สามารถต่ำลงกว่านี้ได้อีก

ผู้วิจัยจึงได้ทำผลสรุปเพื่อไปปรับปรุงเพื่อพัฒนาต่อในขั้นตอนต่อไป เนื้อหารูปแบบของแผงบังแดดที่ใช้วัสดุไม้เทียมที่มีความเหมาะสมที่สุด

4.2.6 การทดลองที่ 6

วัตถุประสงค์

นำผลสรุปที่ได้จากการทดลอง 5 มาเปรียบเทียบกับรูปแบบของเสาเกล็ดของผนังบังแดดที่แตกต่างกันเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันรังสีความร้อนเข้าสู่ผนัง

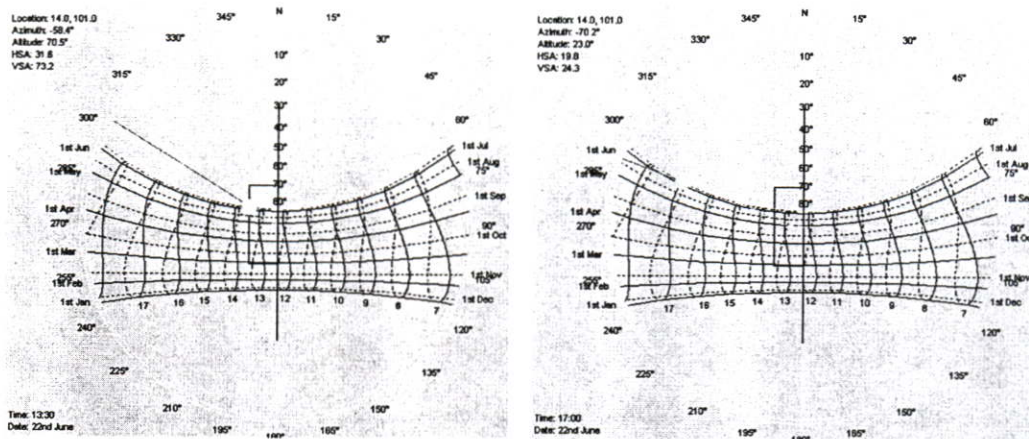
สมมุติฐาน

รูปแบบของแผงบังแดดภายนอกอาคารที่มีการออกแบบเกล็ดของเสาต่างกันสามารถช่วยในการลดความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์เข้าสู่แผงบังแดดให้น้อยลงทำให้ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ผนังทดลองน้อยลง

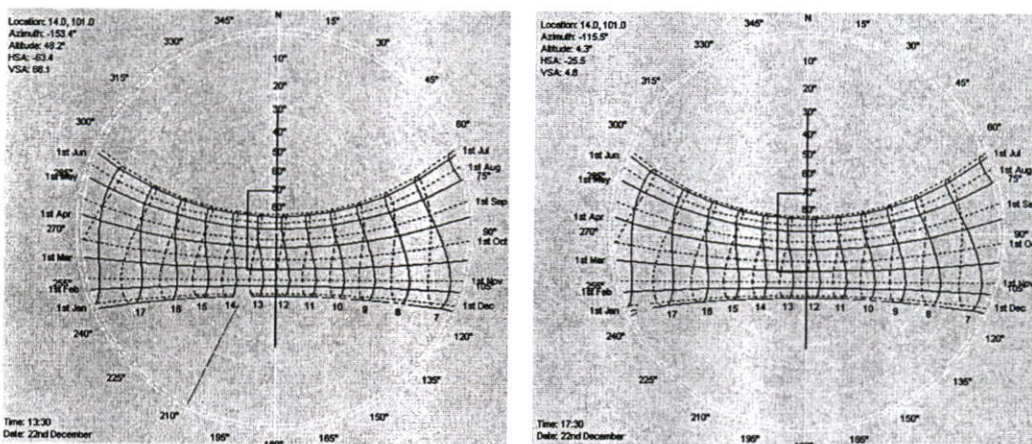
กำหนดรูปแบบของแผงบังแดดโดยคำนวณหาองศาของแผงบังแดดจาก Program suntool คำนวณเพื่อปรับปรุง ระยะความห่าง และ องศาของเกล็ด โดยคำนวณตามวันและเวลาดังนี้

- 22 มิถุนายน, 22 ธันวาคม ซึ่งเป็นวันที่ดวงอาทิตย์ทำมุมต่ำสุดในทิศตะวันตก
- คำนวณหาขนาดและองศาที่เหมาะสมตามช่วงเวลาที่ใช้งานซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์จากการทดลองในข้างต้น

- ทดลองโดยเปรียบเทียบกับผนังอาคารที่ติดตั้งแผงบังแดดที่เกล็ดขนาด 2" ทำมุม 45 องศา
ในแนวนอน



ภาพที่ 4.78 แสดงการคำนวณหองศาแผงบังแดดจาก Program suntool ของ
วันที่ 22 มิถุนายน



ภาพที่ 4.79 แสดงการคำนวณหองศาแผงบังแดดจาก Program suntool ของ
วันที่ 22 ธันวาคม

จากการคำนวณลักษณะของแผงบังแดดจากผลกระทบด้านปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากผนังเปล่า ในช่วงตั้งแต่เวลา 12.30 - 17.30 น. เป็นช่วงเวลาที่มิอุนหภูมิเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง จนถึงช่วงที่การแผ่รังสีมีผลกระทบกับผนังน้อยลง

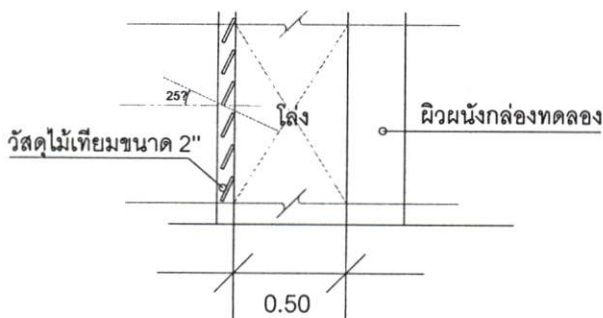
ผู้วิจัยจึงได้คำนวณองศาของเกล็ดแผงบังแดดที่มีความเหมาะสมสำหรับการทดลองในขั้นตอนที่ 6 จากวันที่ 22 มิถุนายน ซึ่งเป็นวันที่แสงอาทิตย์มีมุมในแนวราบมากที่สุดของช่วงที่แสงมี

การอ้อมทางด้านทิศเหนือ โดยองศาในแนวนอนเริ่มจากเวลา 12.30 น. ที่ประมาณ 345 องศา จนถึง เวลา 17.30 น. ที่ประมาณ 290 องศาตามเข็มนาฬิกาในตาราง Sun Chart และองศาในแนวตั้งเริ่มจากเวลา 12.30 น. ที่ประมาณ 80 องศา จนถึง เวลา 17.30 น. ที่ประมาณ 18 องศา

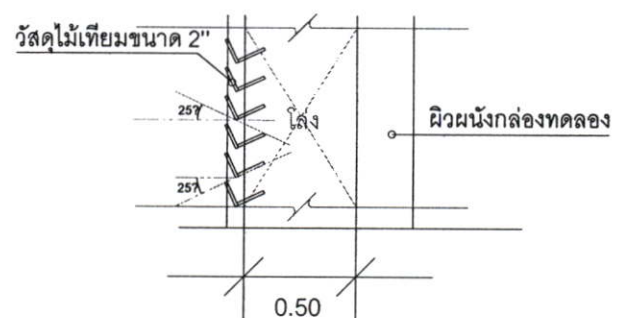
จากวันที่ 22 ธันวาคม ซึ่งเป็นวันที่แสงอาทิตย์มีมุมในแนวราบมากที่สุดของช่วงที่แสงมีการอ้อมทางด้านทิศใต้ ซึ่งเป็นช่วงเวลาประมาณ 8 เดือน ซึ่งเป็นช่วงเวลาส่วนใหญ่ใน 1 ปี โดยองศาในแนวนอนเริ่มจากเวลา 12.30 น. ที่ประมาณ 210 องศา จนถึง เวลา 17.30 น. ที่ประมาณ 245 องศาตามเข็มนาฬิกาในตาราง Sun Chart และองศาในแนวตั้งเริ่มจากเวลา 12.30 น. ที่ประมาณ 50 องศา จนถึง เวลา 17.30 น. ที่ประมาณ 5 องศา

มุมที่มีผลกระทบส่วนใหญ่ของผนังที่หันด้านทิศตะวันตกซึ่งเป็นทิศที่ทำการทดลอง จากช่วงเดือนที่รังสีดวงอาทิตย์อ้อมทางทิศใต้พบในช่วงบ่ายก่อนการหมดรังสีของดวงอาทิตย์มุมในแนวตั้งค่อนข้างต่ำมากซึ่งต่ำสุดประมาณ 5 องศาจากในแนวราบ ซึ่งในช่วงที่อ้อมเหนือต่ำสุดที่ประมาณ 18 องศาจากแนวราบ

จากองศาของแสงอาทิตย์ดังกล่าวผู้วิจัยได้ออกแบบแผงบังแดดไม้เทียมทีเกล็ดในองศาต่างกันเพื่อศึกษาผลกระทบด้านปริมาณความร้อนดังนี้



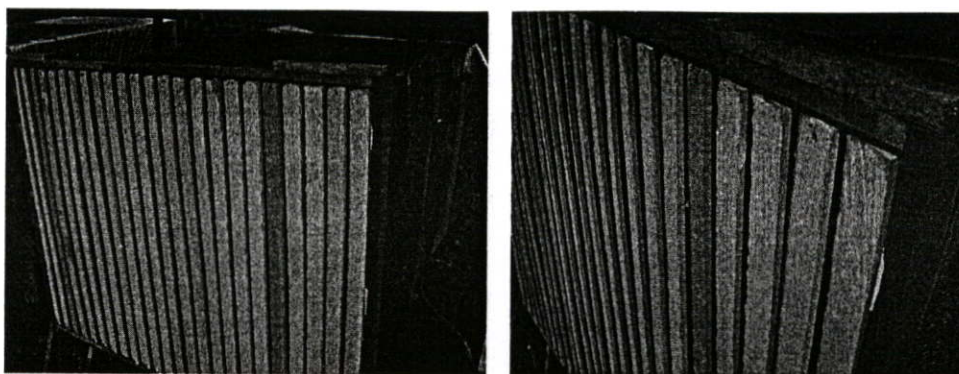
วัสดุทำการทดสอบไม้เทียม ขนาด 2"
แบบที่ 1



วัสดุทำการทดสอบไม้เทียม ขนาด 2"
แบบที่ 2

ภาพที่ 4.80 แบบแปลนแสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมเปรียบเทียบในรูปแบบองศาเกล็ดที่ขนาด 2"

แบบที่ 1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบด้านปริมาณความร้อนระหว่างเกล็ดแนวตั้งกับ แนวนอนในรูปแบบ ขนาดเกล็ด รวมถึงปริมาตรและมวลรวมของแผงบังแดดที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากการทำวิจัยอยู่ในช่วงเดือน เมษายน ถึง พฤษภาคม จึงได้นำองศาเกล็ดในแนวตั้งจากวันที่ 22 มิถุนายน ซึ่งเป็นวันที่แสงอาทิตย์มีมุมในแนวราบมากที่สุดของช่วงที่แสงมีการอ้อมทางด้านทิศเหนือ โดยองศาในแนวนอนเริ่มจากเวลา 12.30 น. ที่ประมาณ 345 องศา จนถึง เวลา 17.30 น. ที่ประมาณ 290 องศาตามเข็มนาฬิกาในตาราง Sun Chart

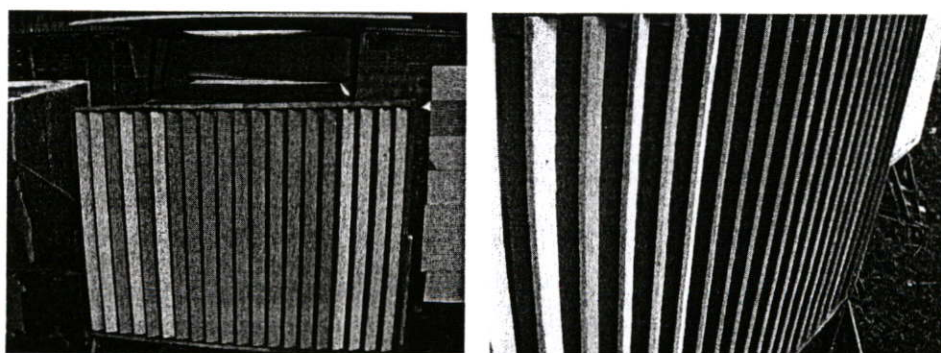


ภาพที่ 4.81 แสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมเปรียบเทียบในรูปแบบของเสาเกล็ดแนวตั้งแบบที่ 1 ที่ขนาด 2"

แบบที่ 2 เกล็ดในแนวตั้งที่มีองศาที่สามารถป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งปี โดยคำนวณจากวันที่ 22 ธันวาคม เป็นหลักซึ่งเป็นวันที่แสงอาทิตย์มีมุมในแนวราบมากที่สุดของช่วงที่แสงมีการล้อมทางด้านทิศใต้ โดยองศาในแนวนอนเริ่มจากเวลา 12.30 น. ที่ประมาณ 210 องศา จนถึง เวลา 17.30 น. ที่ประมาณ 245 องศาตามเข็มนาฬิกาในตาราง Sun Chart

จากการออกแบบในข้างต้นมีข้อดีอย่างกว้างๆ คือ

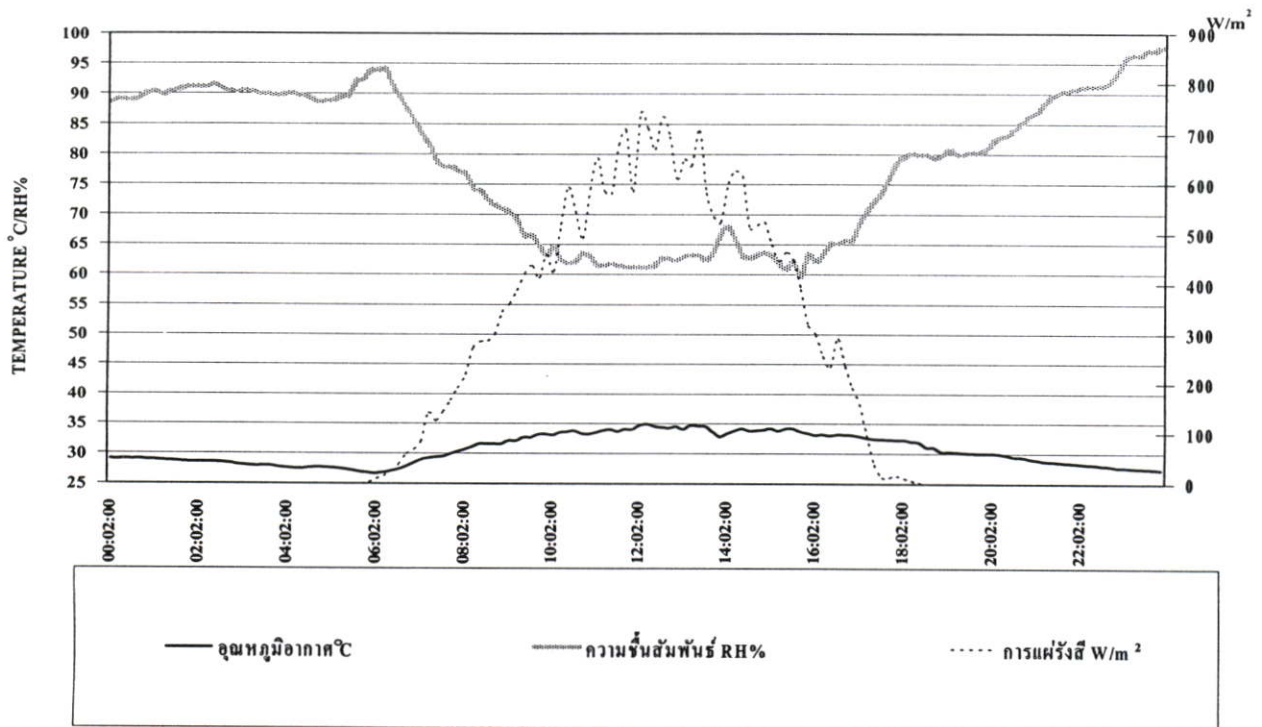
- การดูแลรักษาที่ง่ายเนื่องจากพื้นที่ในแนวตั้งทำให้ฝุ่นละอองเกาะติดได้ยากกว่าในแนวนอน
- ติดตั้งได้ง่ายกว่าเนื่องจากน้ำหนักโดยรวมต่อแผ่นถูกทั้งในแนวตั้ง
- มีการระบายอากาศที่แตกต่างออกไปคือแนวจากล่างขึ้นบน
- องศาในแนวตั้งที่ให้ร่มเงาในแผงบังแดดเองที่มากกว่าในแต่ละช่วงที่รังสีจากดวงอาทิตย์มีการล้อมทางทิศเหนือ หรือทิศใต้



ภาพที่ 4.82 แสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมเปรียบเทียบในรูปแบบของเสาเกล็ดแนวตั้งแบบที่ 2 ที่ขนาด 2"

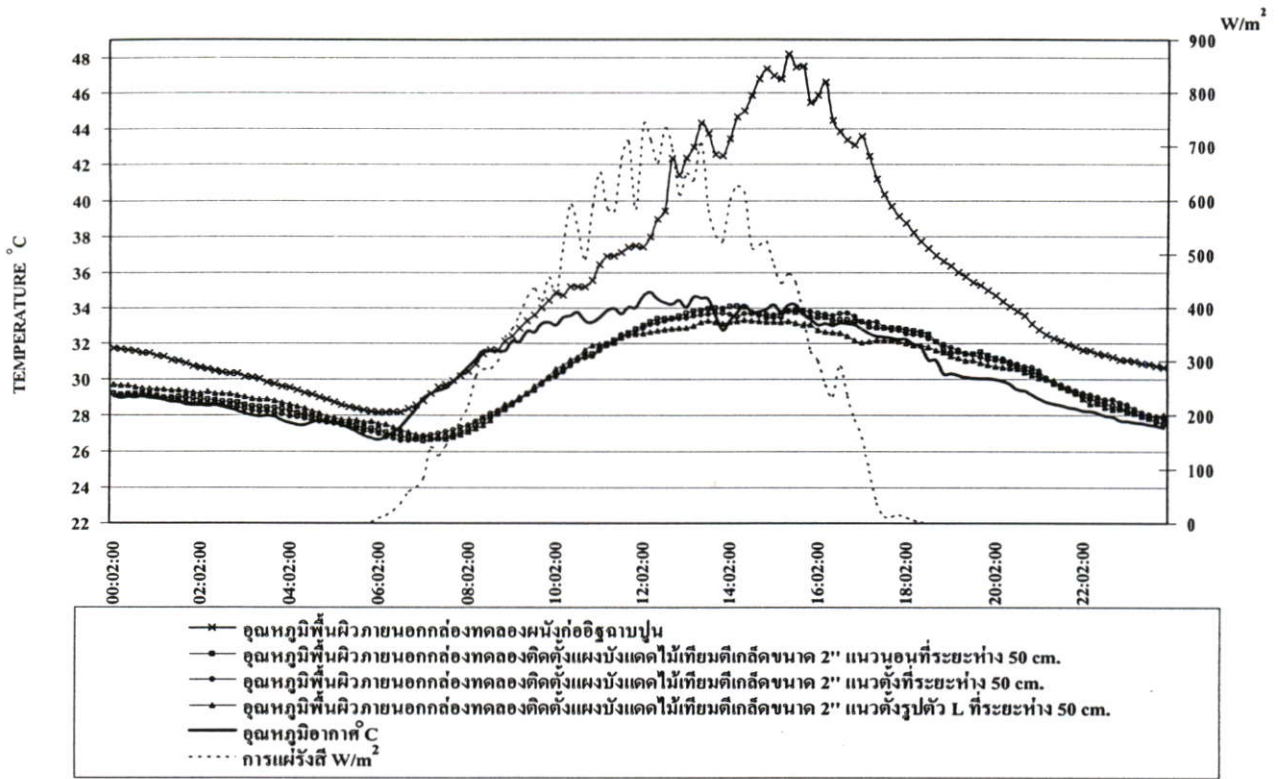
สภาพอากาศโดยรวมของการทดลองที่ 6

ทำการเก็บข้อมูลในช่วงวันที่ 3 - 8 พฤษภาคม ผู้ทำการวิจัยได้เลือกผลการทดลอง วันที่ 5 พฤษภาคม 2549 มาเปรียบเทียบวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

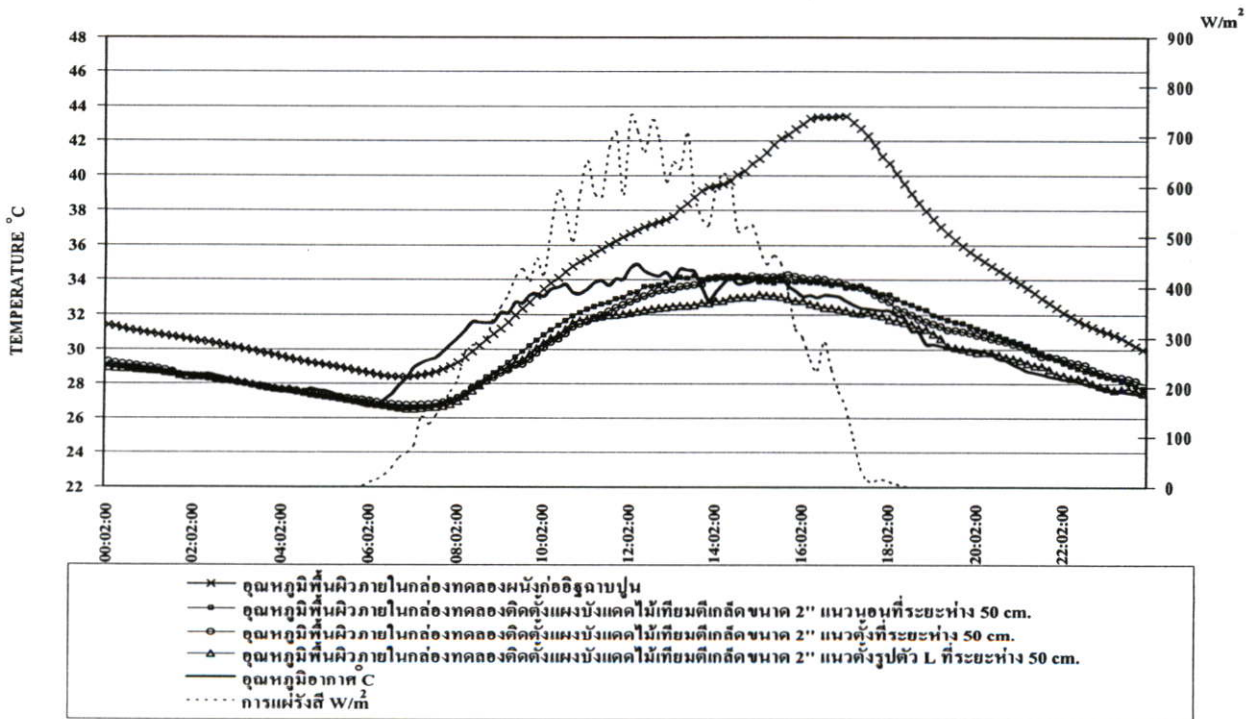


ภาพที่ 4.83 กราฟสภาพอากาศโดยรวม วันที่ 5 พฤษภาคม 2549

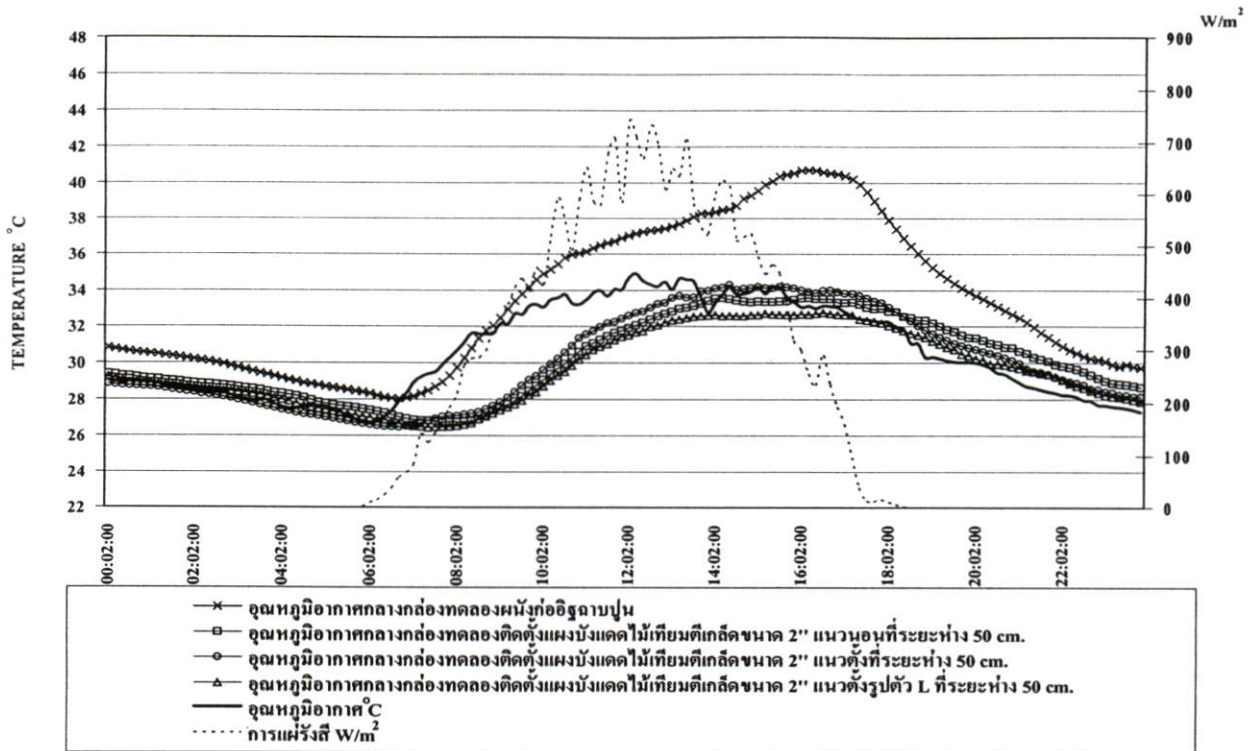
อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูล ประมาณ 35 °C ที่ช่วงเวลาประมาณ 12.00 – 13.30 น. ต่ำสุดประมาณ 26.5 °C ช่วงเวลาประมาณ 05.30 – 06.30 น. เริ่มการแผ่รังสี เวลาประมาณ 6.00 น. สูงสุดเวลาประมาณ 12.00 น. ที่ 741 W/m² ท้องฟ้าโปร่งมีเมฆน้อย



ภาพที่ 4.84 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 5 พฤษภาคม 2549



ภาพที่ 4.85 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 5 พฤษภาคม 2549

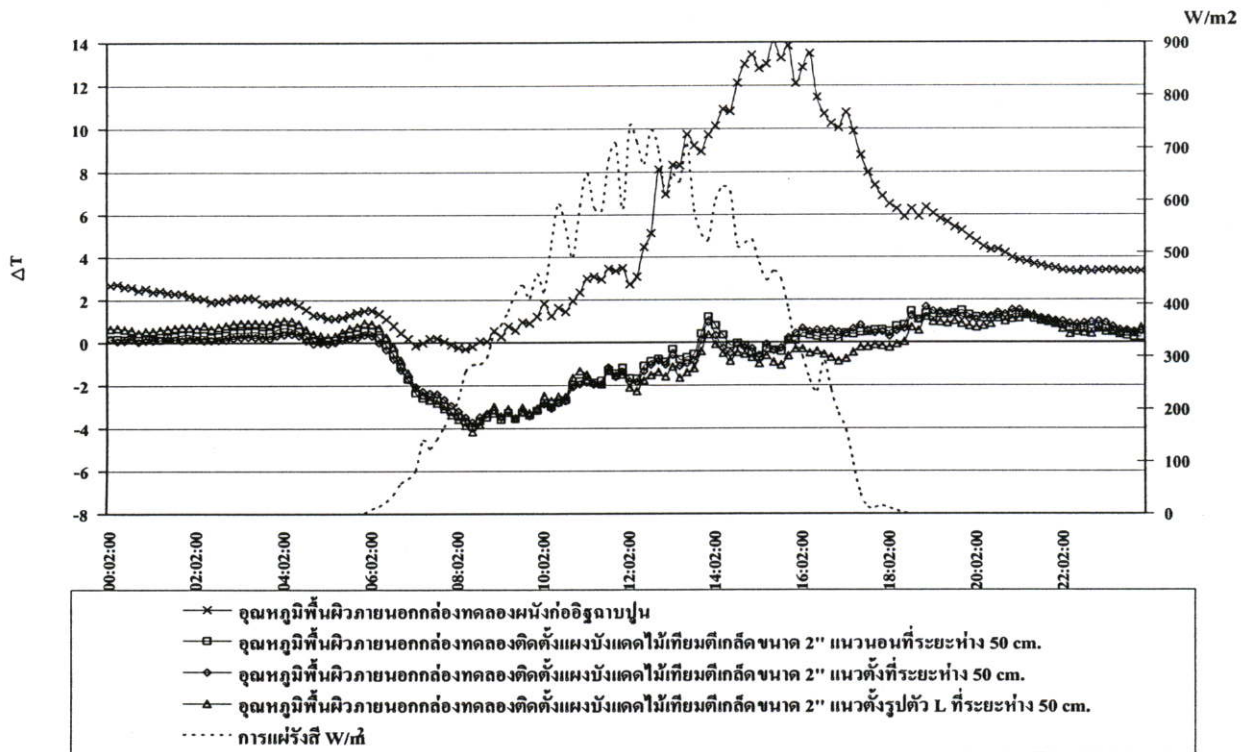


ภาพที่ 4.86 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียม วันที่ 5 พฤษภาคม 2549

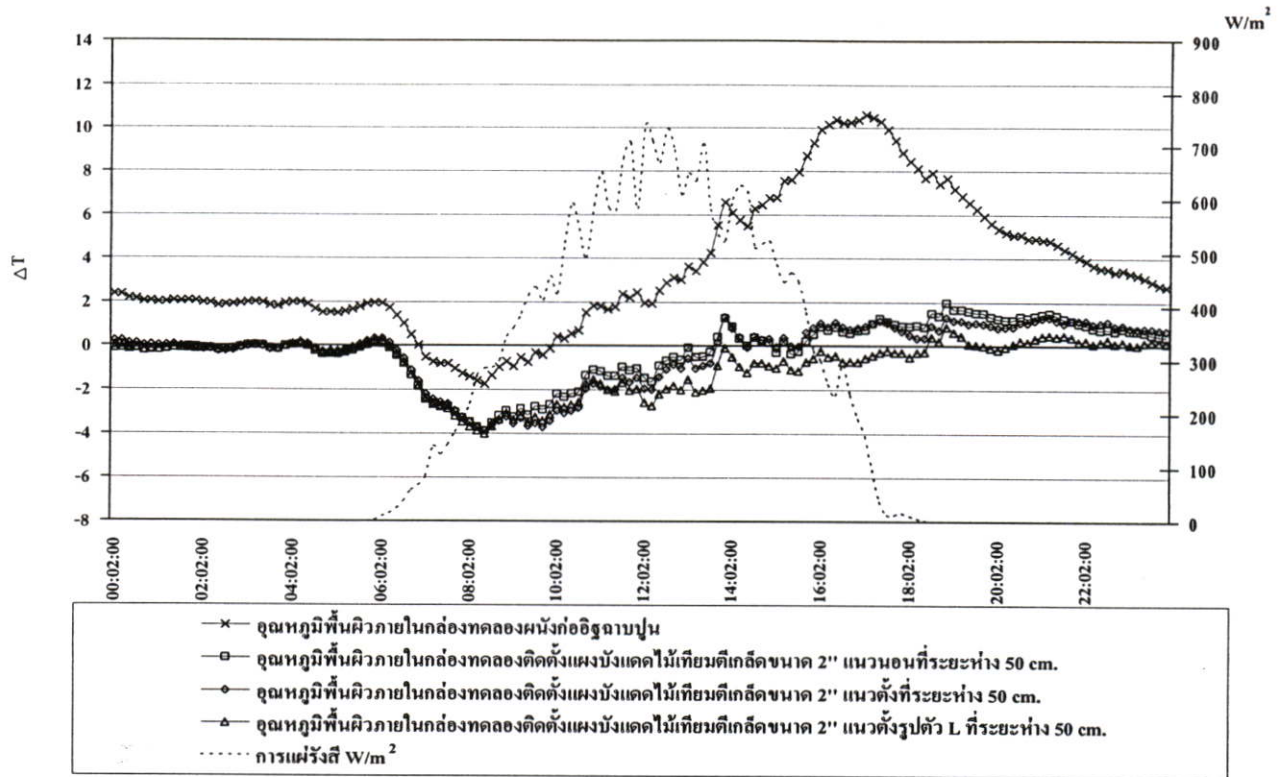
จากลักษณะกราฟของอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอก เมื่อมีการติดตั้งแผงบังแดดในแนวตั้งและแกนแนวนอนนี้รูปแบบต่างกัน ในกรณีห่างที่ระยะ 0.50 ม. แบบมีการระบายอากาศระหว่างผนัง ซึ่งเป็นกรณีที่ลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารได้มากที่สุด จากการทดลองในขั้นตอนที่ 5 พบว่า ความแตกต่างระหว่างกราฟทั้ง 3 จุดการทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดมีน้อยมาก เฉลี่ยตลอดทั้งวันประมาณ 0.5 °C ในขณะที่ผนังเปล่ามีอุณหภูมิสูงสุดที่ประมาณ 48 °C ที่เวลา 15.30 น. อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกที่ติดตั้งแผงบังแดดแบบในทุกแบบโดยเฉลี่ยประมาณ 33 °C ที่การติดตั้งแผงรูปตัว L ในแนวตั้งอยู่ต่ำที่สุดประมาณ 32.5 °C ที่เวลา 15.30 น. ขณะที่การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์สิ้นสุดลง อุณหภูมิอากาศเริ่มลดลง ส่งผลให้มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าผนังทั้ง 3 ซึ่งจุดที่มีผลต่างมากที่สุดคือเวลาประมาณ 20.00 น. ที่ 0.8 °C จนถึงเวลาประมาณ 00.00 น. ของอีกวัน อุณหภูมิโดยรวมผนังภายนอกทั้ง 3 กล่องจึงมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศอีกครั้ง จนถึงเช้าของอีกวัน

ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกที่กล่องในข้างต้นส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวภายในใกล้เคียงกันด้วย ซึ่งจุดที่อุณหภูมิผิวผนังเปล่าสูงสุดคือประมาณ 43 °C ที่เวลา 16.30 น. ในขณะที่กล่องติดตั้งแผงบังแดดขนาด 2" แนวตั้งและแนวนอนประมาณ 33.2 °C แนวตั้งรูปตัว L ประมาณ 32.2 °C ประมาณ 32.2 °C ตามลำดับ โดยเฉลี่ยกล่องทดลองที่มีการติดตั้งแผงบังแดดมีอุณหภูมิผิวผนังภายในอยู่ต่ำผนังใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน

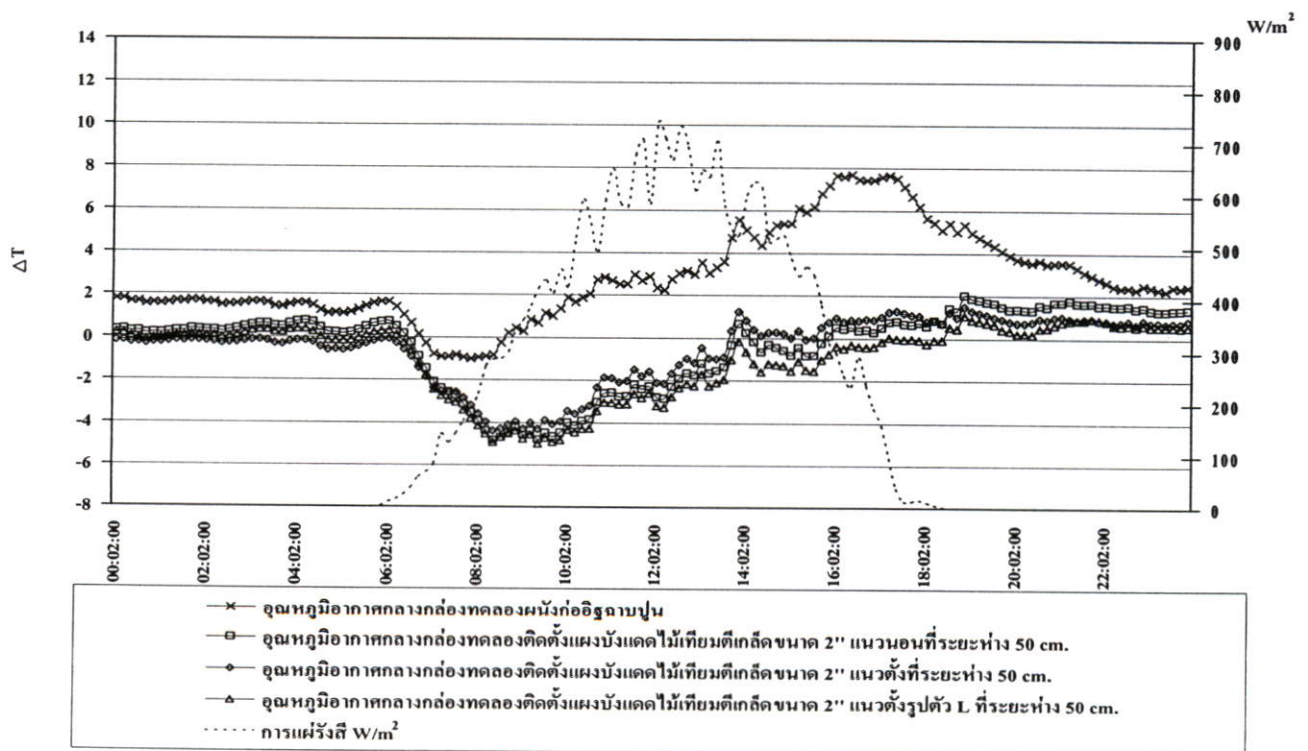
กราฟอากาศที่กึ่งกลางกล่องแสดงว่าปริมาณความร้อนที่ส่งผลกระทบต่อจากพื้นผิวผนังภายในของกล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดรูปแบบต่างๆมีมากที่สุดที่ช่วงเวลาประมาณ 16.30 น. ซึ่งอุณหภูมิอากาศกลางกล่องของผนังเปล่ามีอุณหภูมิประมาณ 40.5°C กล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดแนวตั้งประมาณ 34°C กล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดตีเกล็ด 2" แนวนอนประมาณ 33.5°C และกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดแนวตั้งรูปตัว L อุณหภูมิอากาศกลางกล่องประมาณ 32.8°C ตามลำดับ



ภาพที่ 4.87 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 5 พฤษภาคม 2549



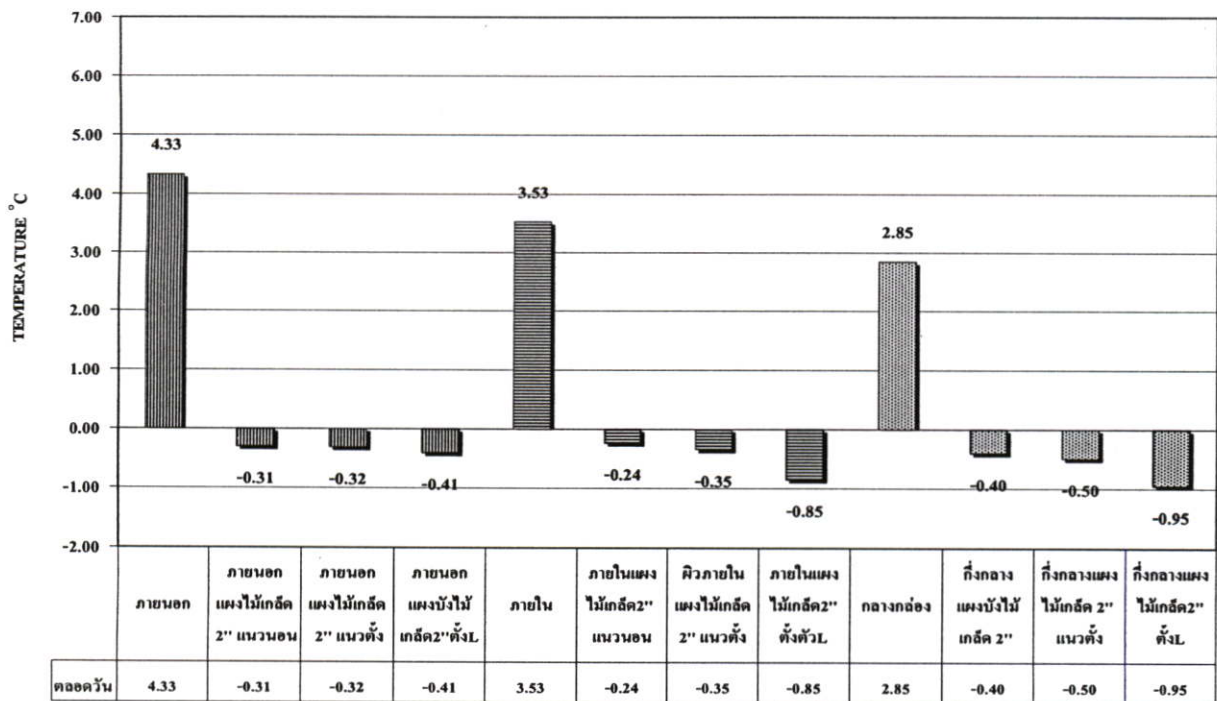
ภาพที่ 4.88 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 5 พฤษภาคม 2549



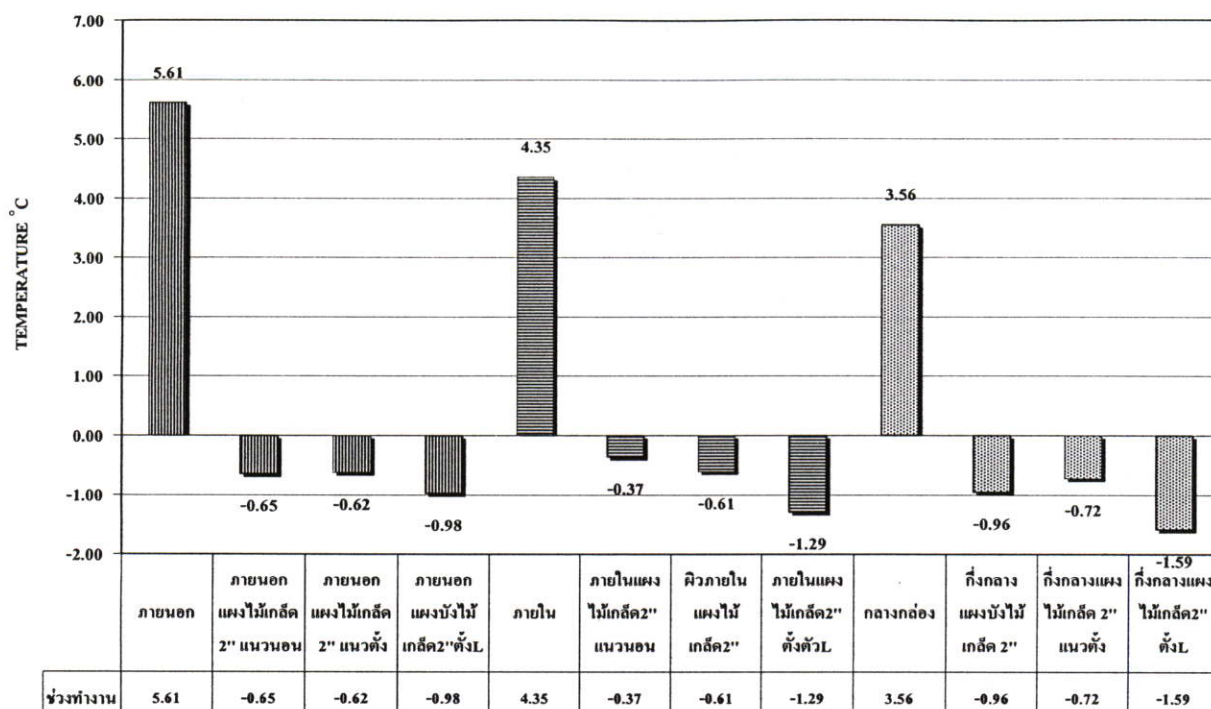
ภาพที่ 4.89 กราฟเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิอากาศกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศของกล่องทดลองที่ระยะห่างต่างๆ กันวันที่ 5 พฤษภาคม 2549

การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจากผลต่างเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ΔT เป็น $^{\circ}\text{C}$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในการติดตั้งแผงบังแดดแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างด้านผลกระทบจากปริมาณความร้อนอย่างไรโดยใช้อุณหภูมิอากาศเป็นเกณฑ์

จากกราฟโดยเฉลี่ยทั้งผลต่างอุณหภูมิที่ผนังภายนอก ผนังภายใน และอากาศกลางกล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดตั้งแต่ช่วงประมาณ 6.00 น.-16.00 น. ส่วนใหญ่จะมีผลต่างที่อยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศ โดยส่วนที่นอกเหนือนั้นจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ จุดที่ผลต่างมากที่สุดของอุณหภูมิผนังภายนอกและอุณหภูมิผนังภายในประมาณ 4°C ของที่เวลาประมาณ 8.00 น. อุณหภูมิผนังเปล่าอยู่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ ขณะที่จุดนี้มีผลต่างที่สูงกว่าอุณหภูมิมากที่สุดคือที่อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกผนังเปล่าที่ประมาณ 10°C เวลา 17.30 น. โดยผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ



ภาพที่ 4.90 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกำลังทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งวัน (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 30.58°C)



ภาพที่ 4.91 แผนภูมิเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย
ช่วงเวลาใช้งานเวลา 7.00 – 21.00 น. (อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 32.50 °C)

จากผลข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปปริมาณผลต่างเฉลี่ยตลอดทั้งวัน และเฉพาะในช่วงเวลาทำงานเพื่อเปรียบเทียบได้ง่ายขึ้น

ภาพรวมแผนภูมิแสดงว่าทั้งในช่วงตลอดทั้งวันและช่วงเวลาใช้งานส่วนใหญ่ในทุกๆ ตำแหน่งของจุดเก็บข้อมูลกล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดตีเกล็ด 2" แบบแนวนอนและแบบแนวดิ่ง จะใกล้เคียงกันมาก โดยผลต่างเมื่อเทียบกับผนังเปล่าจะมากขึ้นในแผนภูมินี้แสดงเฉพาะช่วงใช้งาน

ซึ่งโดยเฉลี่ยกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดด 2" รูปตัว L มีอุณหภูมิผลต่างเทียบกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่ต่ำกว่ามากที่สุดโดยเฉพาะเมื่อเฉลี่ยในช่วงเวลาใช้งานประมาณ 6.59°C ที่ผิวผนังภายนอกและประมาณ 5.64°C ที่ผิวผนังภายใน

การติดตั้งในการทดลองที่6 เมื่อแผงบังแดดมีรูปแบบเกล็ดที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ปริมาณความร้อนลดลงจากเดิมที่การทดลองที่5น้อยมาก โดยเทียบกับกล่องที่ติดตั้งแผงบังแดด 2" แนวนอน จากภาพรวมแสดงว่าการติดตั้งเกล็ด 2" รูปตัว L มีผลต่างเฉลี่ยที่น้อยกว่าอุณหภูมิอากาศน้อยที่สุดซึ่งต่ำกว่ากล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดขึ้นเล็กน้อยอยู่ในช่วงผลต่างอุณหภูมิผิวภายในไม่เกินประมาณ 0.3 – 0.5°C ลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังให้มากที่สุดของการทดลองเมื่อเทียบจากทุกกรณี

4.3 สรุปจากผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า การติดตั้งแผงบังแดดเพื่อศึกษาผลกระทบทางด้านปริมาณความร้อน ทั้งหมดเมื่อให้ร่วมเงากับผนังที่ ระยะ 0.20 ม. สามารถลดปริมาณความร้อนกับผนังในช่วงตั้งแต่ เริ่มมีการแผ่รังสีในตอนเช้าถึงเที่ยงได้ ซึ่งมีผลต่างเฉลี่ยที่อุณหภูมิภายนอกเทียบกับผนังเปล่าต่ำกว่าประมาณ 6-7 °C โดยผนังเปล่าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เฉลี่ยแล้วประมาณ 3-4 °C ซึ่งกล่องที่ติดตั้งแผงบังแดดมีอุณหภูมิต่ำกว่าประมาณ 3-4 °C จนถึงช่วงเวลา 12.30 น. ผนังได้รับผลกระทบของรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง พื้นผิวผนังภายนอกของผนังเปล่าสูงขึ้นอยู่ในระดับอุณหภูมิสูงสุดที่ 47.5 °C และประมาณ 15.00 น. ถึง 17.30 น. ซึ่งกล่องการทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดด สูงสุดเช่นกันที่ 37.5 °C ที่เวลา 17.30 น.

ในขณะที่อุณหภูมิของอากาศลดลงผนังเปล่ามีอุณหภูมิที่ผิวภายนอกสามารถลดลงได้เร็วกว่ากล่องการทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดแต่ไม่มีการระบายอากาศทำให้มีปริมาณความร้อนสะสม อยู่บ้างจากช่วงบ่าย แต่เนื่องจากจุดที่อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกสูงสุดของแผงบังแดดมีความต่างที่ต่ำกว่าอุณหภูมิสูงสุดที่ผิวผนังภายนอกของผนังเปล่ามาก จึงทำให้ปริมาณความร้อนที่สะสมถ้ายมีการเทออก จนถึงเวลาประมาณ 21.00 น. อุณหภูมิทั้ง 2 กล่องการทดลองกลับมาอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

- ผนังเปล่ามีการรับปริมาณความร้อนเร็วทำให้เมื่อมีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์อุณหภูมิที่ผิวภายนอกร้อนจึงส่งผลต่อเนื่องถึงอุณหภูมิของผนังภายในได้เร็วเช่นกันในขณะที่ผนังได้รับร่วมเงาจากแผงบังแดดที่บังซึ่งติดตั้งโดยการควบคุมการถ่ายเทของอากาศระหว่างผนัง ในช่วงเช้าถึงเที่ยงผนังภายนอกได้รับผลกระทบความร้อนจากปริมาณความร้อนเล็กน้อยถึงช่วงเวลาที่ผนังรับรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ผ่านไปประมาณ 2-3 ชั่วโมงแผงบังแดดเริ่มมีการสะสมความร้อนซึ่งส่งผลให้มีการแผ่รังสีความร้อนสู่ผนังกล่องทดลองถึงช่วงเวลาที่การแผ่รังสีลดลง อุณหภูมิได้ลดลงอย่างช้าๆ เนื่องจากปริมาณความร้อนที่อยู่ระหว่างผนังกับแผงบังแดดมีการสะสมปริมาณความร้อนมากไป และมีปริมาณความร้อนที่เริ่มสะสมในเวลาเร็วไปไม่สอดคล้องกับการถ่ายเทอากาศในตอนกลางคืนซึ่งอุณหภูมิของอากาศเย็นตัวลง

- การเพิ่มระยะของแผงบังแดดที่ไม่สามารถมีการระบายอากาศระหว่างผนังได้ในช่วงระยะ 0.20 ม. ถึง 0.30 ม. สามารถเพิ่มระยะเวลาในการส่งผลด้านปริมาณความร้อนจากแผงบังแดดที่เพิ่มขึ้นไปสู่จุดสูงสุดให้ช้าลงจนถึงช่วงเวลาที่หมดการแผ่รังสีการแผ่รังสีได้

จากการติดตั้งแผงบังแดดระยะที่ 0.20 ม. ที่เวลา 14.00 น. มีอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอกที่ 38.6 °C เทียบกับการติดตั้งแผงบังแดดในเวลา 17.30 น. มีอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอก 37.0 °C ทำให้การส่งผลของปริมาณความร้อนที่ผิวผนังภายในและอากาศกลางกล่องทดลองช้าลง

การเพิ่มระยะแผงบังแดดของกล่องการทดลองตั้งแต่ 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45 ม. เมื่อติดตั้งแผงบังแดดโดยให้เงากับผนังมีการควบคุมการระบายอากาศส่งผลต่อเนื่องจากระยะที่เพิ่มขึ้น ปริมาตรระหว่างแผงบังแดดกับผนังจึงเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้การสะสมปริมาณความร้อนสามารถระบายออกในช่วงที่อุณหภูมิอากาศลดลงได้ช้าซึ่งจะส่งผลอุณหภูมิในช่วงกลางคืน - ช่วงเช้าของอีกวัน ปริมาณความร้อนสะสมจึงเหลืออยู่ถึงช่วงที่เริ่มมีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ได้รับปริมาณความร้อนใหม่ทำให้ปริมาณความร้อนโดยรวมอุณหภูมิที่พื้นผิวภายนอกกล่องเพิ่มขึ้นสูง และส่งผลต่อเนื่องถึงอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายในและอากาศกึ่งกลางกล่องทดลองตามลำดับ

- การติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.30 ม. ถึง 0.35 ม. จึงเป็นระยะที่มีความเหมาะสมเมื่อติดตั้งแผงบังแดดแผงบังแดดไม่เต็มทึบที่ไม่สามารถระบายอากาศระหว่างผนัง หรือมีการระบายอากาศระหว่างผนังที่ไม่ดีพอจากช่วงเวลาหนึ่งที่เหมาะสมกับช่วงเวลาการแผ่รังสีตั้งแต่ช่วงเช้า ถึงเย็นของวันและสามารถถ่ายเทปริมาณความร้อนที่สะสมระหว่างพื้นผิวผนังภายนอกกับแผงบังแดดได้ทันช่วงเวลาที่อากาศมีอุณหภูมิต่ำสุดในช่วงก่อนเริ่มการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ในช่วงเช้าส่งผลให้ปริมาณความร้อนที่สะสมส่วนถัดไปน้อย ซึ่งหมายถึงกล่องการทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดทึบในระยะ 0.30 ม. เป็นระยะที่น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นที่ได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีที่ส่งจากตัวแผงบังแดด

- ผลจากการทดลองจากกล่องการทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดในระยะ 0.30 ม. เปรียบเทียบเมื่อมีการระบายอากาศ จากภาพรวมการทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดในช่วงเวลาเช้า - ป้ายสามารถป้องกันรังสีความร้อนได้ โดยช่วงที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศโดยเฉพาะหลังจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ลดลง การระบายอากาศระหว่างผนังกับแผงบังแดด สามารถช่วยลดปริมาณความร้อนของพื้นผิวภายนอกผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดได้ในช่วง 16.30 น. ถึง 23.30 น. อุณหภูมิของพื้นผิวผนังภายนอกลดลงถึงระดับใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศ จึงได้ส่งผลให้ภาพรวมของอุณหภูมิตลอดทั้งวันลดลงโดยเฉพาะในช่วงเช้าเริ่มมีการแผ่รังสีเฉลี่ยต่างจากอุณหภูมิอากาศประมาณ $2-3^{\circ}\text{C}$

จากผลสรุปในขั้นต้นดังกล่าวแสดงว่าผลกระทบที่มีของปริมาณความร้อนต่อผนังที่มีการติดตั้งแผงบังแดดมีผลกระทบที่เกี่ยวข้องกว้างๆดังนี้

- การแผ่รังสีโดยตรง โดยเฉพาะตั้งแต่ช่วง 12.70 น. ถึง 17.70 น. เป็นเวลาที่แสงอาทิตย์กระทบแผงโดยตรง
- การแผ่รังสีจากวัสดุไม่เต็มของแผงบังแดดส่งถึงพื้นผิวผนังภายนอกกล่องการทดลอง
- การระบายอากาศระหว่างผนังกับแผงบังแดด

จากการปรับปรุงโดยการเพื่อหาระยะให้แผงบังแดดเพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังในช่วง 0.20,0.30,0.40,0.50 ม. โดยผลจากการทดลองในช่วงกว้างๆ เพื่อหาระยะที่น้อยสุดเมื่อมีการระบายอากาศระหว่างแผงบังแดด

- การติดตั้งกล่องการทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมที่ระยะ 0.50 ม. จนถึงระยะ 0.60 ม. ในช่วงตั้งแต่ผนังเริ่มรับผลกระทบจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์โดยตรงจนถึงช่วงหมดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ แนวโน้มการเพิ่มลดของอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันจุดสูงสุดของกล่องการทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. ที่ช่วงเวลาประมาณ 13.00 น. ถึง 14.00 น. ที่อุณหภูมิพื้นผิวภายนอก 32°C และระยะ 0.60 ม. ที่อุณหภูมิพื้นผิวภายนอก 33.9°C ขณะที่กล่องการทดลองเปล่าที่อุณหภูมิพื้นผิวภายนอก ประมาณ 43°C ซึ่งหลังจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของผนังที่ติดตั้งแผงบังแดดทั้ง 2 ลดลงเรื่อยๆ จนใกล้เคียงกัน ขณะที่อุณหภูมิที่ผนังภายนอกของกล่องการทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.60 ม. สูงกว่าเล็กน้อยเนื่องจากระยะที่เริ่มห่างมากเกินไป ทำให้การติดตั้งแผงของกล่องทดลองซึ่งมีเนื้อที่จำกัด ทำให้กล่องการทดลองได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ทางด้านข้างระหว่างผนังกับแผงบังแดดเล็กน้อย โดยรวมเฉลี่ยอุณหภูมิทั้งหมดจัดว่าค่อนข้างใกล้เคียงกันส่งผลให้อุณหภูมิที่พื้นผิวผนังภายในใกล้เคียงกันด้วย จุดสูงสุดที่ประมาณ 32°C ถึง 33.5°C เวลาประมาณ 14.30 น. ถึง 15.30 น. เมื่อเปรียบเทียบกับผนังของกล่องการทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะลดลงไป อุณหภูมิที่ผนังภายนอกในจุดสูงสุดเพิ่มขึ้นด้วยตามลำดับที่ระยะ 0.40 ม. ประมาณ 34°C ระยะ 0.30 ม. ประมาณ 37.5°C ระยะ 0.20 ม. ประมาณ 43°C ผนังเปล่า 47°C ถึง 48°C ซึ่งหมายถึงปริมาณการรับรังสีความร้อนที่ส่งผลจากแผงบังแดดมากขึ้นด้วย ทำให้อุณหภูมิที่ผนังและอากาศกึ่งกลางกล่องการทดลองสูงขึ้นตาม ส่งผลถึงปริมาณความร้อนสะสมน้อยจึงสามารถถ่ายเทออกในช่วงเวลากลางคืนออกได้หมด

การติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะ 0.50 ม. เป็นระยะที่น้อยที่สุดที่มีความเหมาะสม และสามารถป้องกันรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยมีผลกระทบจากการแผ่รังสีจากตัววัสดุสู่ผนังภายนอกที่น้อย ซึ่งส่งผลให้การสะสมปริมาณความร้อนภายในกล่องทดลองน้อยตามไปด้วย ทำให้ในช่วงเวลาการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์หมดอุณหภูมิอากาศภายนอกลดลง ปริมาณความร้อนภายในกล่องการทดลองสามารถถ่ายเทออกสู่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าได้เร็วขึ้น

- การปรับปรุงแผงบังแดดโดยการเพิ่มการระบายอากาศและลดขนาดเกล็ดของแผงบังแดดสามารถลดปริมาณการแผ่รังสีความร้อนที่สะสมของในวัสดุเนื่องจากปริมาตร และมวลต่อเกล็ดที่ลดลง ขณะที่การรับความร้อนของตัววัสดุก็เร็วเช่นกันแต่ไม่ส่งผลมากนัก เนื่องจากระยะที่ 0.50 ม. ที่ได้สรุปมาแล้วในขั้นต้น จากผลของการทดลองเมื่อเกิดขนาดความกว้าง 2" มีอุณหภูมิสูงสุดของวันอยู่ที่ผนังภายนอก 33°C ผนังภายใน 32.5°C และอากาศกลางกล่องทดลอง

32.50 °C ขณะที่อุณหภูมิต่ำที่สุดเท่ากับอุณหภูมิของอากาศที่ต่ำสุดในช่วงเช้า ซึ่งในจุดสูงสุดมีอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกต่างจากผนังติดตั้งแผงบังแดดที่ประมาณ 3 – 4 °C

รูปแบบของเกล็ดจากองศาที่แตกต่างกันสรุปว่า ในการทดลองที่ 6 เมื่อแผงบังแดดมีรูปแบบเกล็ดที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ปริมาณความร้อนลดลงจากเดิมที่การทดลองที่ 5 น้อยมาก โดยเทียบกับกล่องที่ติดตั้งแผงบังแดด 2" แนวนอน จากภาพรวมแสดงว่าการติดตั้งเกล็ด 2" รูปตัว L มีผลต่างเฉลี่ยที่น้อยกว่าอุณหภูมิอากาศน้อยที่สุด ซึ่งต่ำกว่ากล่องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดรูปแบบอื่นเล็กน้อยอยู่ในช่วงผลต่างอุณหภูมิผิวภายในไม่เกินประมาณ 0.3 – 0.5°C ลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังให้มากที่สุดของการทดลองเมื่อเทียบจากทุกกรณีจึงเป็นรูปแบบนี้ และเป็นรูปแบบเกล็ดที่สามารถใช้ได้ตลอดทั้งปีไม่ว่าแสงแดดจะอ่อนหรือได้ตลอดจนมีการดูแลรักษา และติดตั้งที่ง่าย เนื่องจากเป็นเกล็ดแนวตั้งทำให้ฝุ่นละอองสามารถเกาะได้ยากขึ้น

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

การติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมที่บัพที่ไม่สามารถมีภาระบายอากาศได้ตั้งแต่ 0.00 ม. ถึง 0.30 ม. การติดตั้งแผงบังแดดไม้สามารถระบายอากาศมีผลกระทบต่อด้านความร้อนส่วนใหญ่มาจากการแผ่ความร้อนของตัวแผงบังแดด และผลกระทบต่อปริมาณความร้อนที่มาจากด้านข้างของแผงบังแดดเอง ที่มีการสะสมความร้อนเป็นส่วนใหญ่และหลังจากการเพิ่มระยะตั้งแต่ 0.35 ม. ถึง 0.45 ม. ผลกระทบทางด้านการแผ่รังสีจากแผงบังแดดเริ่มลดลง แต่ในทางกลับกันระยะห่างมากขึ้นเมื่อติดตั้งแผงบังแดดไม่มีการระบายอากาศทำให้ส่งผลด้านความร้อนที่เป็นผลมาจากการสะสมความร้อนระหว่างผนังกับแผงบังแดด

จากผลการทดลองที่พบว่าช่วงระยะห่างตั้งแต่ 0.20 ม. ถึง 0.50 ม. มีแนวโน้มของอุณหภูมิความร้อนพื้นผิวภายนอกในช่วงเย็นของแต่ละวันที่น้อยลงเรื่อยๆ จนถึงเกือบคงที่ที่ระยะ 0.50 ม. ถึง 0.60 ม. ผลกระทบด้านปริมาณความร้อนเริ่มใกล้เคียงกัน เพราะฉะนั้นตั้งแต่การติดตั้งแผงบังแดดที่บัพ ตั้งแต่ช่วงระยะ 0.60 ม.ขึ้นไปมีผลที่ใกล้เคียงกับการติดตั้งที่ระยะ 0.50 ม. แต่มีความเหมาะสมในการติดตั้งน้อยกว่า เนื่องจากระยะที่เพิ่มมากขึ้นทำให้โครงสร้างของการติดตั้งมากขึ้นทั้งน้ำหนักและค่าใช้จ่าย ด้วยเหตุผลดังกล่าวการติดตั้งแผงบังแดดที่บัพมีระยะ 0.50 ม. ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมที่สุดเมื่อแผงบังแดดที่บัพกับผนังกล่องการทดลองสามารถมีภาระบายอากาศได้ และระยะที่น้อยลงที่มีผลกระทบจากการแผ่รังสีของตัววัสดุที่ติดตั้งแผงบังแดดเองควรมีระยะไม่น้อยกว่า 0.30 ม.

การเพิ่มการระบายอากาศและการลดขนาดต่อแผ่นของไม้เทียมที่ใช้เป็นแผงบังแดดทำให้ปริมาตรและมวลต่อแผ่นเฉลี่ยของเกล็ดในแผงบังแดดลดลง ส่งผลให้ความสามารถในการรับและการถ่ายเทความร้อนออกทำได้เร็วขึ้น เมื่อนำไปติดตั้งเป็นแผงบังแดดจึงส่งผลกระทบต่อปริมาณความร้อนที่มีต่อผนังภายนอกลดลง โดยเฉพาะในช่วงเย็นของวันซึ่งเป็นช่วงที่การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์หมด และในทางกลับกันในช่วงที่ผนังได้รับการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ถึงแม้ว่าเกล็ดไม้เทียมของแผงบังแดดจะสามารถรับความร้อนได้เร็วแต่เนื่องจากระยะห่าง และการระบายอากาศระหว่างแผงบังแดดกับผนังมีระยะที่มากพอจึงไม่ส่งผลทางด้านการแผ่รังสีจากแผงบังแดดสู่ผนังภายนอกของกล่องการทดลอง

การให้องศาเกล็ดที่แตกต่างกันของแผงบังแดดจากผลการทดลองโดยรวม สรุปว่าการติดตั้งแผงบังแดดที่ระยะห่าง 0.50 ม. โดยใช้วัสดุไม้เทียมตีเกล็ด 2" ในแนวตั้งรูปตัว L และสามารถ

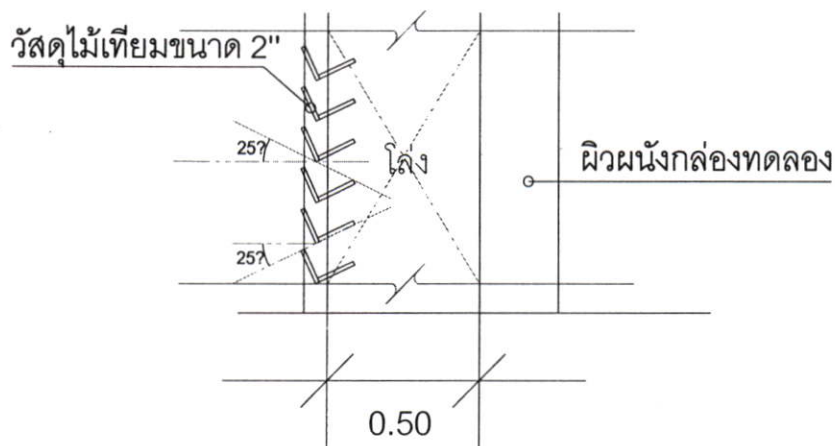
ระบายอากาศระหว่างแผงกับผนังได้โดยรอบ สามารถลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ผนังได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบทั้งหมดรวมถึงการประหยัดในการติดตั้งมีความเหมาะสมที่สุดด้วย

จากการเปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (ภาพที่ 4.90) ของผนังทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดดรูปตัว L ในช่วงเวลาใช้งานเวลา 7.00 – 21.00 น. สามารถลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ผนังได้ โดยเฉพาะในช่วงเวลาใช้งานซึ่งหมายถึงช่วงที่ผนังได้รับปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์เป็นส่วนใหญ่ (เช้า- เย็น) มีผลต่างจากผนังเปล่าดังนี้

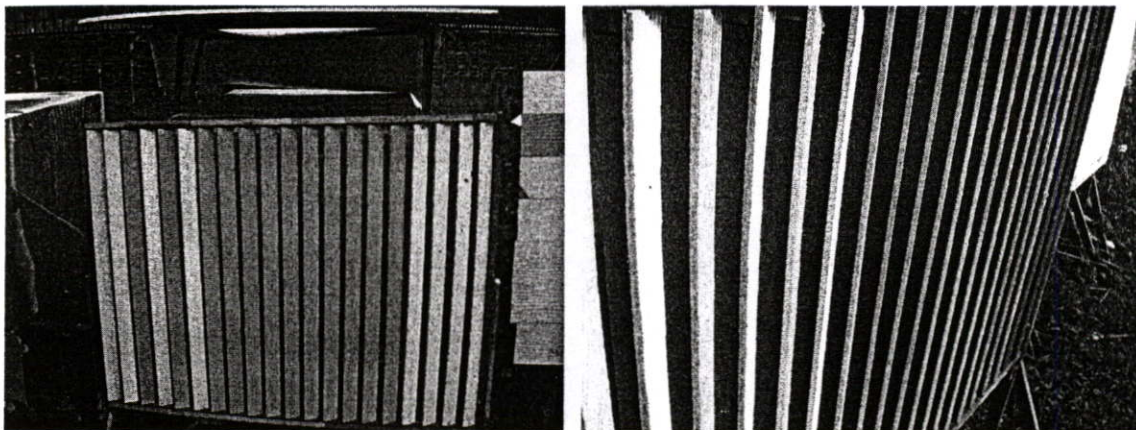
- ผลต่างเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิที่พื้นผิวผนังภายนอกกับอุณหภูมิอากาศเทียบกับผนังเปล่าที่ตำแหน่งเก็บผลการทดลอง และ เวลาการทดลองเดียวกัน ต่ำกว่าประมาณ 6.59°C (ในขณะที่อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 32.50°C) ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 1°C ในช่วงเวลาเดียวกัน

- ผลต่างเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิที่พื้นผิวผนังภายในกับอุณหภูมิอากาศเทียบกับผนังเปล่าที่ตำแหน่งเก็บผลการทดลอง และ เวลาการทดลองเดียวกัน ต่ำกว่าประมาณ 5.64°C (ในขณะที่อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 32.50°C) ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 1.3°C ในช่วงเวลาเดียวกัน

- ผลต่างเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิที่อากาศกึ่งกลางกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศเทียบกับผนังเปล่าที่ตำแหน่งเก็บผลการทดลอง และ เวลาการทดลองเดียวกัน ต่ำกว่าประมาณ 5.15°C (ในขณะที่อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 32.50°C) ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 1.6°C ในช่วงเวลาเดียวกัน



ภาพที่ 5.1 แบบแปลนแสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมเปรียบเทียบในองศาเกล็ดแนวตั้งรูปตัว L ที่ขนาด 2"



ภาพที่ 5.2 ตัวอย่างแสดงการติดตั้งแผงบังแดดไม้เทียมเปรียบเทียบในองศาเกล็ดแนวตั้งรูปตัว L ที่ขนาด 2"

5.2 ปัญหาที่พบในการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยในหุ้่นจำลองซึ่งใช้ทดแทนผนังอาคารจริงและทำการทดลองในช่วงเวลาจำกัด ได้พบปัญหาขึ้นในระหว่างการทดลองบางจุดซึ่งพอที่จะสรุปได้ดังนี้

- เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองวัดอุณหภูมิของแต่ละจุดไม่สามารถตั้งค่าได้ 100% ผู้ทำการทดลองจึงได้พยายามตั้งค่าให้มีผลต่างในแต่ละจุดน้อยที่สุดซึ่งไม่เกิน $+_{-} 0.5^{\circ}\text{C}$
- การจัดเตรียมกล่องทดลองเป็นผลจากผนังที่ใช้ทดสอบซึ่งโดยทางเทคนิคในการก่อสร้างความหนาของผนัง สามารถแตกต่างกันได้เล็กน้อยจากปูนฉาบซึ่งอาจมีผลกระทบต่อด้านปริมาณความร้อนที่แตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งผู้วิจัยได้พยายามให้ความหนาส่วนใหญ่ให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด
- เนื่องจากการวิจัยจำเป็นต้องทดลองในระยะเวลาที่ไม่ยาวนานมาก ซึ่งได้ทดลองในช่วงฤดูร้อนตั้งแต่ช่วงเดือน มีนาคม 2549 ถึงเดือน เดือน พฤษภาคม 2549 ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศมีอุณหภูมิร้อน และนำมาเพื่อเปรียบเทียบเป็นเกณฑ์ตลอดทั้งปี
- พื้นที่และบริเวณที่ทำการทดลอง จำเป็นต้องทำการทดลองในพื้นที่ที่ใกล้ที่พักอาศัยของผู้วิจัย เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและการเก็บข้อมูลต้องมีการดูแลอยู่เสมอ ผู้วิจัยจึงได้ตั้งกล่องการทดลองไว้ในพื้นที่ที่มีวัชพืชค่อนข้างมาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

สำหรับแนวทางในการศึกษาต่อของการติดตั้งแผงบังแดดให้กับผนังของอาคารควรพิจารณา ดังต่อไปนี้

- ควรมีการศึกษาการติดตั้งแผงบังแดดในวัสดุอื่นซึ่งเป็นผลมาจากการออกแบบอาคาร แต่ละอาคารมีรูปแบบและแนวความคิดที่แตกต่างกัน
- ควรมีการศึกษาเพิ่มจากตัวแปรบางชนิดที่อาจส่งผลกระทบต่อด้านปริมาณความร้อนได้ เช่น การเคลือบและชนิดของสีที่ใช้เคลือบวัสดุ รูปแบบและลวดลายของไม้เทียมที่มีการพัฒนา ออกแบบใหม่และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เป็นต้น

บรรณานุกรม

- กิตติพงษ์ เพชรวราภา. 2536. ระบบผนังภายนอกอาคารที่มีผลต่อภาระการปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมหลัก : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กัญจน์ พิเชษฐศิลป์. 2545. แนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารเดิม เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมหลัก : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กนกวรรณ อุสันโน. 2539. รูปแบบอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาคาร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. .
- ตริงใจ บุรณสมภพ. 2539. การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้ง.
- พรสวรรค์ พิริยะศรัทธา. 2534. ผลกระทบของสีผนัง และมวลสารภายในต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมหลัก : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนิศ จินดาวนิศ. 2535. ระบบป้องกันรังสีความร้อนในเปลือกอาคาร. อาษา. 23 : 71-80.
- สมสิทธิ์ นิตยะ. 2541. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้น. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ASHARE. 1989. Fundamentals Handbook. 8th Ed. Atlanta : ASHARE.
- Donald Watsan and Kenneth Cabs. 1983. Climatic Building Design. USA. : McGraw Hill.
- Donal W.Abrams , P.E.1986. Low – Energy Cooling. New York : Van Nostrand Reinhold Company.
- Givoni, B. 1964. Passive and Low Energy Cooling of Buildings. U.S.A.: International Thomson Publishing, Inc,
- Givoni, B. 1969. Man Climate and Architecture. Great Britain: Elsevier Publishing, เว็บไซต์ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, กระทรวงพลังงาน. <http://www.eppo.go.th>.
- เว็บไซต์ การไฟฟ้านครหลวง. <http://www.mea.or.th>.
- เว็บไซต์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต. <http://www.egat.or.th>.
- เว็บไซต์ มูลนิธิสถาบันประสิทธิภาพพลังงาน (ประเทศไทย). <http://www.eeit.or.th>

ภาคผนวก

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร, การใช้พลังงาน,
ค่าทางกายภาพของวัสดุก่อสร้าง

ข้อมูลสภาพอากาศ กรุงเทพมหานคร (เก็บบันทึกในช่วงปี 1981 – 1996)

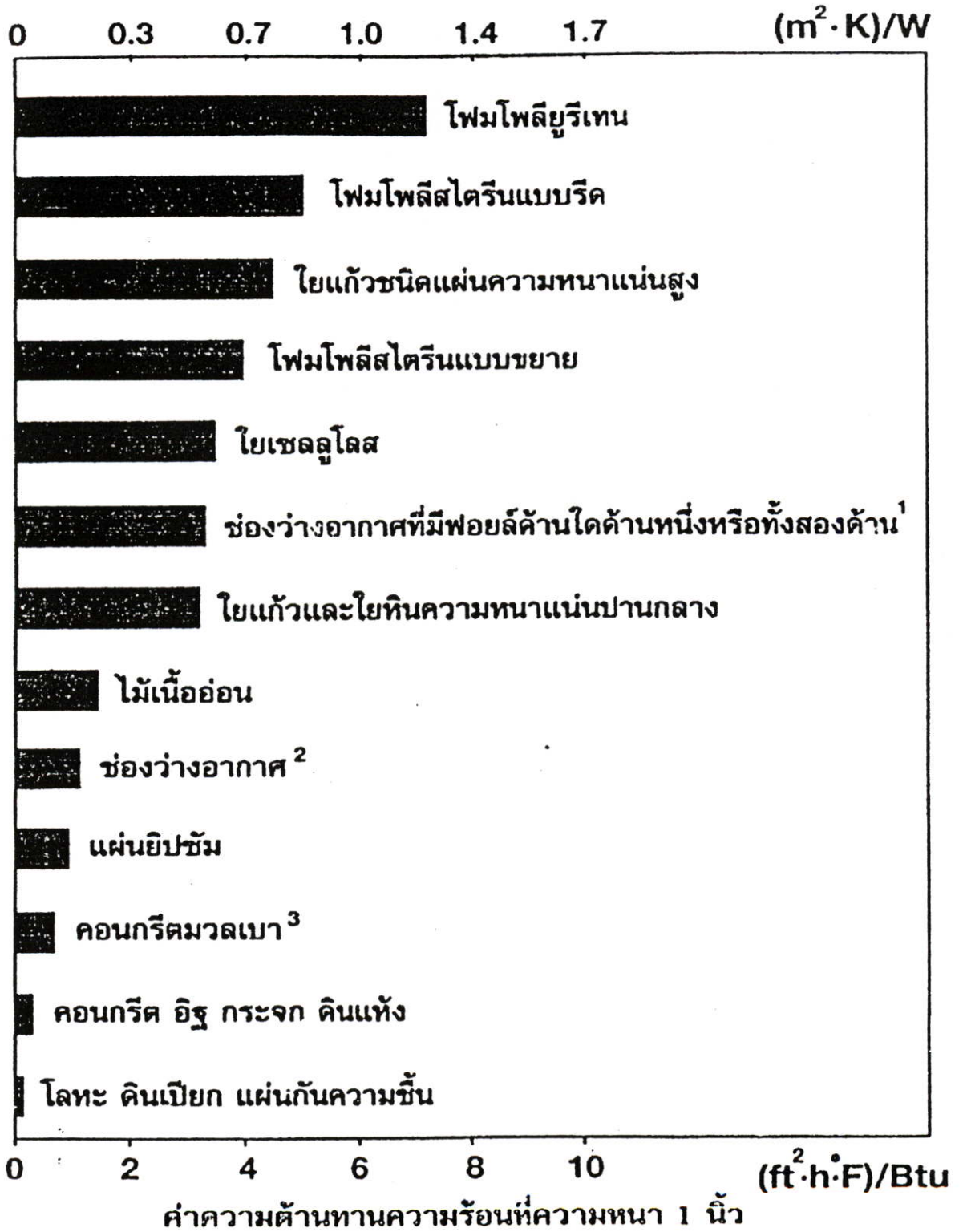
ข้อมูล	มค.	กพ.	มีค.	เมษ.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.	รายปี
อุณหภูมิเฉลี่ย													
สูงสุดรายวัน	31.7	32.6	33.7	34.7	34.2	33.1	32.3	31.8	31.6	31.3	31.6	31.0	32.5
เฉลี่ยรายเดือน	27.0	28.1	29.6	30.7	30.4	29.7	29.2	28.7	28.2	28.0	27.8	26.8	28.7
ต่ำสุดรายวัน	23.1	24.5	26.5	27.6	27.4	27.0	26.7	26.3	25.7	25.3	24.3	22.9	25.6
ต่ำสุด-สูงสุด													
สูงสุด	36.0	36.6	37.4	38.2	38.1	37.1	37.1	36.0	35.0	35.7	35.3	36.3	38.2
ต่ำสุด	14.7	16.8	20.2	22.7	22.3	23.1	23.2	22.6	23.0	19.0	18.2	15.9	14.7
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)													
เฉลี่ยรายเดือน	69.2	72.1	72.4	71.7	74.3	74.1	74.8	76.0	79.7	79.1	71.6	67.6	73.5
ลม													
ความเร็วเฉลี่ย (m/s)	1.3	2.2	2.6	2.2	1.8	2.1	1.9	1.9	1.2	1.1	1.3	1.3	1.7
ทิศทาง	NE	S	S	S	S	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE	S,SW
ฝน (มม.)													
เฉลี่ยต่อเดือนทั้งหมด	5.8	16.1	28.7	74.9	221	154	176	250	397	305	64.0	3.3	1697.2

แสดงข้อมูลการสำรวจอาคารใน กทม. จำนวน 20 แห่ง

No.	สำนักงาน	จำนวนชั้น	พื้นที่อาคาร (M ²)	A.C.AREA (M ²)	% OF ELECTRIC			OTTV W/M ²
					A/C	LIGHT	OTH.	
1	ธนาคารกรุงไทย จำกัด	16	19,420	17,788	51.0	33.0	16.0	61.9
2	ธนาคารอาคารสงเคราะห์	14	12,000	11,850	55.6	14.5	29.9	56.1
3	บ.ไทยสมุทรพาณิชย์ประกันภัย	20	21,000	20,377	43.0	32.0	25.0	87.2
4	รัชภาภัย	18	15,245	14,720	55.0	29.0	16.0	56.9
5	อิตัลไทย	14	8,847	7,259	54.0	25.0	21.0	52.4
6	เอฟ.อี.ซีลลิก (กรุงเทพฯ)	9	8,345	7,163	69.6	18.5	11.9	50.2
7	โตโยต้ามอเตอร์ประเทศไทย	3	7,988	7,057	62.0	25.0	13.0	32.6
8	อินซ์ปไทย	6	6,311	4,557	60.0	28.0	12.0	56.0
9	บ.เงินทุนหลักทรัพย์สินเอเชีย	12	5,240	4,099	63.0	30.0	7.0	61.0
10	บ.เกษตรรุ่งเรืองพืชผล	11	8,323	7,693	53.0	26.0	21.0	61.0
11	บีเอส กรุงเทพฯ	10	4,100	2,796	65.0	29.0	6.0	32.4
12	ธนาคารออมสิน	11	9,796	7,824	69.0	15.0	16.0	49.8
13	การปิโตรเลียม	24	34,137	32,513	60.1	19.9	20.0	50.3

No.	สำนักงาน	จำนวนชั้น	ท.ท.อาคาร (M ²)	A.C.AREA (M ²)	% OF ELECTRIC			OTTV W/M ²
					A/C	LIGHT	OTH.	
14	บ.ไทยประกันชีวิต	25	31,426	29,508	60.0	21.0	19.0	72.7
15	ธนาคารทหารไทย	14	14,100	13,333	66.0	24.0	10.0	77.4
16	เมธียาเซ็นเตอร์	16	42,773	31,736	50.0	20.0	30.0	105.1
17	บ.โกดัก จำกัด	-	9,361	8,244	52.0	24.5	23.0	55.0
18	ธนาคารกรุงเทพพาณิชย์การ	18	38,262	25,185	53.9	26.1	14.2	48.6
19	อาคารวานิช	17	13,309	13,309	53.0	34.0	13.0	56.0
20	เดคค้ายิลเลททอนิกส์	2	15,980	15,520	40.5	18.9	40.6	36.7

แสดงการเปรียบเทียบค่าต้านทานความร้อน(R) ของวัสดุต่างๆ



ลักษณะคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนประเภทต่างๆ

ชนิดของฉนวน	ข้อดี	ข้อจำกัด
ใยแก้ว (Glass Fiber)	-สภาพการนำความร้อนต่ำ -ไม่เป็นพิษ -อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 700 องศาเซลเซียส	-ไม่กันไฟ -ตัวประสาน (Binder) ลุกไหม้ได้ -การแทรกซึมของไอน้ำสูง ควรมีวัสดุหุ้มกันน้ำ
ใยแร่หรือใยหิน (Mineral Fiber or Rock Wool)	-สภาพการนำความร้อนต่ำ -ไม่ติดไฟ -ไม่เป็นพิษ -อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 1300 องศาเซลเซียส	-ตัวประสาน (Binder) ลุกไหม้ได้ -การแทรกซึมของไอน้ำสูง ควรมีวัสดุหุ้มกันน้ำ
ใยเซลลูโลส (Cellulose)	-สภาพการนำความร้อนต่ำ -ไม่เป็นพิษ	-ติดไฟได้ -การดูดซึมน้ำสูง -อาจมีการยุบตัวตามอายุการใช้งาน
โฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene Foam)	-สภาพการนำความร้อนต่ำ -ใช้เป็นฉนวนกันหรือกันซึมได้ -การแทรกซึมของไอน้ำ และการดูดซึมน้ำต่ำ -ไม่เป็นพิษ	-ติดไฟได้ -อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 82 องศาเซลเซียส
โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane Foam)	-สภาพการนำความร้อนต่ำที่สุด -ใช้เป็นฉนวนกันหรือกันซึมได้ -การแทรกซึมของไอน้ำ และการดูดซึมน้ำต่ำ	-ติดไฟได้ -เกิดครันที่เป็นพิษ ขณะลุกไหม้ แก๊สโดยใส่สารกันไฟลาม
โฟมชนิดยืดหยุ่น (Elastomeric Foam)	-สภาพการนำความร้อนต่ำ -ไม่เป็นพิษ -ติดตั้งง่าย	-ติดไฟได้และเกิดครันมาก -ไวต่อรังสีอัลตราไวโอเลต -อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 105 องศาเซลเซียส
แคลเซียมซิลิเกต (Calcium Silicate)	-ไม่ติดไฟ -อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 650 องศาเซลเซียส	-สภาพการนำความร้อนปานกลาง -ไอน้ำแทรกซึมได้ง่าย -การดูดซึมน้ำสูง
เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite)	-ไม่ติดไฟ -ไม่เป็นพิษ	-สภาพการนำความร้อนสูง -การดูดซึมน้ำสูง -อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 405 องศาเซลเซียส

² ข้อมูลปรับปรุงจาก คู่มือฉนวนกันความร้อน, 2537.

แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ

ลำดับที่	วัสดุ	ความหนาแน่น kg/m ³	ค่า k W/m-°C
1	แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส	1860	0.198
2	แผ่นฉนวนกันความร้อนแอสเบสตอส	720	0.108
3	วัสดุฉนวนหลังคาที่ทำด้วยแอสฟัลท์	2240	1.226
4	อิฐ		
	(ก) แห้ง และฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นโมเสค	1760	0.807
	(ข) ความชื้น 6%	1872	1.211
	(ค) ผึ่ง (ไม่ฉาบปูน)		1.154
5	คอนกรีต	2400	1.442
6	คอนกรีตชนิดเบาขนาดความหนาแน่นต่าง ๆ	960	0.303
		1120	0.346
		1280	0.476
7	แผ่นไฟเบอร์ (fibre board)	264	0.052
8	ไฟเบอร์กลาส (ดูไขแก้วและ ใยแร่)		
9	แผ่นกระฉก	2512	1.053
10	ใยแก้ว สานเป็นแผ่น หรือสอดใส่อยู่ระหว่าง วัสดุอื่น 2 แผ่น (แห้ง)	32	0.035
11	แผ่นยิบซัม	880	0.191
12	วัสดุใช้ฉาบหรือปิดผิว		
	(ก) ยิบซัม	880	0.191
	(ข) ปูนฉาบ น้ำหนักเบา น้ำหนักขนาดกลาง	300 1104	0.063 0.274
	(ค) เพอร์ไลต์	616	0.115
	(ง) ปูนผสมทราย	1568	0.533
	(จ) เวอร์มิคูไลท์	640-690	0.202-0.303
13	โพลีสไตรีน เบ่งขยายตัว	16	0.035
14	โพลียูรีเทน โฟม	24	0.024
15	กระเบื้อง หลังคา	1890	0.836

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ

ชนิดของผิววัสดุ	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)
ก. กรณีของผนังอาคาร	
ก. 1 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังด้านใน (R_i)	
ก. 1.1 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.120
ก. 1.2 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299
ก. 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังด้านนอก (R_o) (ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง)	0.044
ข. กรณีของหลังคา	
ข. 1 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังด้านใน (R_i)	
ข. 1.1 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	
ข.1.1.1 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	
ข.1.1.1.1 หลังคาราบ	0.162
ข.1.1.1.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ	0.148
ข. 1.2 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	
ข.1.2.1 หลังคาราบ	0.801
ข.1.2.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ	0.595
ข. 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังด้านนอกของหลังคา (R_o) (ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูงและเอียงทำมุมใด ๆ)	0.055

ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา

ชนิดของช่องว่างอากาศ	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)		
	5 มม.	20 มม.	100 มม.
ก. กรณีช่องว่างอากาศในผนัง			
ก.1 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.110	0.148	0.160
ก.2 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.250	0.578	0.606
ข. กรณีช่องว่างอากาศในหลังคา			
ข.1 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง			
ข.1.1 ช่องว่างอากาศแนวราบ	0.110	0.148	0.174
ข.1.2 ช่องว่างอากาศเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ	0.110	0.148	0.165
ข.2 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ			
ข.2.1 ช่องว่างอากาศแนวราบ	0.250	0.572	1.423
ข.2.2 ช่องว่างอากาศเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ	0.250	0.571	1.095
ค. กรณีช่องว่างอากาศในเพดาน			
ค.1 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง		0.458	
ค.2 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ		1.356	

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TDeq) สำหรับผนัง

มวลของผนัง Kg/M ²	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า				
	ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์				
	0.1 (0-0.2)	0.3 (0.2-0.4)	0.5 (0.4-0.6)	0.7 (0.6-0.8)	0.9 (0.8-1.0)
0-125	14	15	16	17	18
126-195	11	12	13	14	15
เกินกว่า 195	9	10	11	12	13

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TDeq) สำหรับหลังคา

มวลของหลังคา Kg/M ²	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า			
	ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์			
	0.1 (0-0.2)	0.3 (0.2-0.4)	0.5 (0.2-0.4)	0.6 และมากกว่า (0.6-1.0)
0-50	20	24	28	32
50-200	16	20	24	28
เกินกว่า 200	12	16	20	24

ประวัติผู้เขียน

นายพิสันต์ ไตรติลานันท์ เกิดเมื่อวันที่ 5 กันยายน พ.ศ.2521 ที่อำเภอบางกอกน้อย จังหวัดกรุงเทพมหานคร ฯ

ศึกษาการศึกษาระดับมัธยมศึกษา ตอนต้น และตอนปลายที่โรงเรียน สวนกุหลาบวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2536

ได้ผ่านการสอบเทียบจากโรงเรียนทวิธาภิเศกวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.2535

เข้าศึกษาระดับอุดมศึกษาที่มหาวิทยาลัยรังสิต เมื่อปี พ.ศ.2539

ปี พ.ศ.2543-2544 ทำงานในตำแหน่งสถาปนิก ฝ่ายออกแบบ บริษัท พ.ภักดีวิบูล จำกัด

สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาโท จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
เขตร้อน จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปีการศึกษา 2548