

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษารูปแบบวัสดุผนังเบา เพื่อการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารพักอาศัย

สำหรับผู้มีรายได้น้อย

กรณีศึกษา : โครงการบ้านเอื้ออาทร การเคหะแห่งชาติ

A STUDY OF LIGHTWEIGHT WALL MATERIAL PATTERNS
FOR HEAT PROTECTION FOR LOW- INCOME HOUSING
CASE STUDY : EUA-ARTHORN HOUSING PROJECT ,
NATIONAL HOUSING AUTHORITY OF THAILAND



1110444

เอภินันท์ เกาสูรัตน์

APINAN KAOSURAT

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 110444
วัน,เดือน,ปี - 2 พ.ย. 2553

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2553

KMITL-2010-AR-M-002-022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A STUDY OF LIGHTWEIGHT WALL MATERIAL PATTERNS
FOR HEAT PROTECTION FOR LOW- INCOME HOUSING
CASE STUDY : EUA-ARTHORN HOUSING PROJECT ,
NATIONAL HOUSING AUTHORITY OF THAILAND**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN TROPICAL ARCHITECTURE
FACULTY OF ARCHITECTURE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2010

KMITL-2010-AR-M-002-022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2010

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และห้ามมิให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษารูปแบบวัสดุผนังเบาเพื่อการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารพักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อย กรณีศึกษา : โครงการบ้านเอื้ออาทร การเคหะแห่งชาติ
A Study of Lightweight Wall Material Patterns for Heat Protection for Low-Income Housing Case Study : EUA-ARTHORN Housing Project, National Housing Authority of Thailand

นักศึกษา นายอภิรักษ์ เกาส์รัตน์
รหัสประจำตัว 50062203
ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ทรงเกียรติ เทียธิทรัพย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.กุสกาณา กุบาย	
รศ.ดร.สมชาย ศรีสมุทร	
รศ.ศุทธา ศรีเผด็จ	
ดร.คณิน หุตานวัตร	
ดร.ทรงเกียรติ เทียธิทรัพย์	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 22 เมษายน 2553 เวลา 08.30 น.

สถานที่สอบ อาคารเรียนรวม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์บุญสนอง รัตนสุนทรากุล)

คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

วันที่ 27 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2553

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.

วันที่ส่งต่อวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

วันที่ 27 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2553

ลงชื่อ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ควรเผยแพร่สู่สาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาต

หากกรณีใดๆทั้งนี้ อีกทั้งหากมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษารูปแบบวัสดุผนังเบา เพื่อการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารพักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อย กรณีศึกษา : โครงการบ้านเอื้ออาทร การเคหะแห่งชาติ
นักศึกษา	นายอภิรักษ์ เกาสุรัตน์
รหัสประจำตัว	50062203
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	อ.ดร.ทรงเกียรติ เทียรทรัพย์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นการศึกษาแบบวัสดุผนังเบา เพื่อการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารพักอาศัย สำหรับผู้มีรายได้น้อย กรณีศึกษา : โครงการบ้านเอื้ออาทร การเคหะแห่งชาติ เนื่องจากปัจจุบันนี้ มีการศึกษาถึงคุณสมบัติการป้องกันความร้อนให้กับตัวอาคารด้วยวัสดุผนังประเภทต่างๆซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อหารูปแบบของการป้องกันความร้อนที่มีประสิทธิภาพที่สุด แต่ความเป็นจริงอีกด้านก็คือ รูปแบบอาคารที่มีการใช้งานเป็นจำนวนมากก็คือ อาคารพักอาศัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารพักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อย ซึ่งเป็นประชากรกลุ่มใหญ่ของประเทศ แม้ผลสรุปที่ได้จากการศึกษาส่วนใหญ่จะให้ผลลัพธ์เป็นรูปแบบผนังที่ดี มีคุณภาพ และประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร แต่ไม่ได้สอดคล้องกับรูปแบบกลุ่มอาคาร หรือ ความเป็นไปได้ในการก่อสร้างที่พักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อย และ ไม่สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจของประเทศในปัจจุบัน จึงทำให้การรณรงค์ให้เกิดการใช้วัสดุประหยัดพลังงานไม่ได้รับการตอบรับจากประชากรผู้มีรายได้น้อย เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านราคาค่าก่อสร้างและเทคโนโลยีการก่อสร้าง ที่สูงเกินไป

การศึกษารูปแบบวัสดุในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงให้ความสนใจไปที่ วัสดุผนังเบา ซึ่งเป็นวัสดุที่ก่อสร้างได้ง่าย รวดเร็ว และ มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน ที่เหมาะกับสภาพอากาศในประเทศไทย รูปแบบผนังที่น่าเสนอ จากการศึกษานี้ จึงมุ่งตอบสนองต่อประโยชน์ 3 ด้าน คือ การประหยัดพลังงานจากการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร , การก่อสร้างที่ง่าย ,มีราคาไม่สูงมาก เหมาะสำหรับผู้มีรายได้น้อย และ ส่งเสริมการใช้วัสดุผนังที่ผลิตได้ในประเทศ ดังนั้น รูปแบบผนังที่ได้จากการศึกษานี้จึงน่าจะเป็นตัวเลือกที่ใช้พิจารณาในการก่อสร้างได้เป็นอย่างดี อีกตัวเลือกหนึ่ง

Thesis A Study of Lightweight Wall Material Patterns for Heat protection for Low income Housing Case study : EUA-ARTHORN Housing Project , National Housing Authority of Thailand

Student Mr.Apinan Kaosurat

Student ID 50062203

Degree Master of Architecture

Program Tropical Architecture

Year 2010

Thesis Advisor Lecturer. Dr. Songkiat Teartisup

ABSTRACT

This thesis on the title of a study of light weight wall material patterns for heat protection for low- income housing Case study : EUA-ARTHORN Housing Project , National Housing Authority. At the present, there are many studies of the heat protection material .The objective of these studies are to explore (or to find) the most effective of the heat protection material. Actually, the heat protection materials have been used in many housing types especially, low- income housing. These studies conclude that the heat protection materials are effective but not comply with low-income housing and the economic situation, causing the campaign of using energy saving materials are not accepted by the low-income population . Due to the limitations in price and construction technology is too high. That is the reason why the energy saving campaign was not responded from the low-income people.

Therefore, this study focus on the lightweightwall material which is easy, quick and effective for the construction in the term of the heat protection, and proper with the weather. From this study which is focus on 3 benefits: 1) energy saving from the heat protection into the building, 2) easy for construction and 3) inexpensive cost that proper for the low-income people and encourage the people to use the material which is produce in the country. The type of the wall that found in this study should be one of the criteria for construction

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยน้ำใจไมตรีและความอนุเคราะห์จากบุคคลต่าง ๆ ดังรายนามต่อไปนี้

ดร.ทรงเกียรติ เทียรทิพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่สอนแนวทางการทำวิทยานิพนธ์และเชิญให้ผู้วิจัยมีความพยายามที่จะทำวิทยานิพนธ์นี้ให้สำเร็จ
รศ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ และ รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ ที่ให้คำปรึกษาและข้อมูลในการจัดทำวิทยานิพนธ์

· อ.พิเชฐ โสวิทยสกุล ผู้ให้ความช่วยเหลือและให้ความอนุเคราะห์ในด้านต่าง ๆ
อ.พรพุดิ สุกอเม และ อ.สุรพล สุวรรณ ผู้ให้คำปรึกษาที่ดี มาตลอด
กรรมการวิทยานิพนธ์ทุกท่าน
คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ให้ข้อมูลด้านเคหการ และความเอื้อเฟื้อในด้านต่าง ๆ
คุณ คำแหง ทองอินทร์ เจ้าหน้าที่การเคหะแห่งชาติ ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลบ้านเอื้ออาทร
บิดา มารดา และครอบครัว ที่เป็นกำลังใจในการศึกษามาโดยตลอด
รุ่นพี่, รุ่นน้อง สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมทุกท่าน รวมทั้งบรรดาน้อง ๆ และบุคคล
ทั้งหลาย ทั้งหลายที่ไม่ได้กล่าวชื่อไว้ ณ ที่นี้ ขอขอบคุณน้ำใจ และ กำลังใจที่มีให้กันมาตลอด
สุดท้ายขอขอบคุณสถาบันแห่งนี้ ที่ให้หลายสิ่งหลายอย่างแก่ข้าพเจ้ามาตลอด
คุณประโยชน์ใด ๆ ที่พึงเกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแก่ ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อภิรักษ์ เกาส์รัตน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	4
1.4 สมมติฐานการศึกษา.....	4
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
1.7 กระบวนการดำเนินงาน.....	7
บทที่ 2 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.1 แนวคิดและทฤษฎีด้านอุณหภูมิ.....	9
2.1.1 ความร้อน.....	9
2.1.2 หลักการถ่ายเทความร้อน.....	10
2.2 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ.....	13
2.2.1 อิทธิพลของมวลสารที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน.....	15
2.2.2 อิทธิพลของช่องว่างอากาศที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน.....	16
2.2.3 การประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร.....	19
2.2.4 แนวความคิด และหลักการทํางานของระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบปิด.....	21
2.3 ปัจจัยด้านอุณหภูมิและสิ่งแวดล้อมกับมนุษย์.....	24
2.3.1 การตอบสนองของร่างกายมนุษย์ต่อภาวะแวดล้อม.....	24
2.3.2 Mean Radiant Temperature (MRT).....	25
2.3.3 Surface conductance.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพื้นผิววัตถุ.....	26
2.3.5 ความจุความร้อน (Heat Capacity).....	28
2.3.6 Sol-air temperature.....	28
2.3.7 การลดอุณหภูมิผิวของอาคารโดยใช้ต้นไม้ปกคลุม.....	31
2.4 นิยามศัพท์ผู้มีรายได้น้อย.....	31
2.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	41
2.6 สรุปผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	32
2.6.1 ผลกระทบจากความไม่เป็นเชิงเส้นของเครื่องขยายสัญญาณกำลังสูง.....	33
บทที่ 3 วิธีการศึกษา.....	43
3.1 วิธีการศึกษา.....	43
3.2 วิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานศึกษา.....	47
3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบวัสดุ.....	47
3.2.2 การเปรียบเทียบหาค่าความคลาดเคลื่อนของหัววัดอุณหภูมิ.....	48
3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	49
3.3 วิธีการศึกษา.....	52
บทที่ 4 การศึกษาและทดสอบวัสดุ.....	55
4.1 การศึกษาการต้านทานความร้อนของวัสดุ.....	55
4.1.1 การศึกษาค่าการต้านทานความร้อนของแต่ละวัสดุ.....	55
4.1.2 การศึกษาค่าการต้านทานความร้อนของแต่ละวัสดุด้วยเครื่องมือ.....	57
4.2 การศึกษาขนาดของช่องอากาศที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการต้านทานความร้อน.....	65
4.3 การศึกษาการเพิ่มฉนวนให้กับผนัง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการต้านทานความร้อน.....	66
4.4 การศึกษาการป้องกันความร้อนด้วยทฤษฎี Mahony table.....	66
4.5 การศึกษาการหน่วงความร้อนของวัสดุ (Time lag).....	66
บทที่ 5 การประยุกต์ผลการทดสอบ.....	68
5.1 ค่าก่อสร้างผนังสำหรับผู้มีรายได้น้อยในปัจจุบัน.....	68
5.2 ค่าก่อสร้างผนัง สำหรับรูปแบบผนังทดสอบที่นำเสนอ.....	69
5.3 การประยุกต์รูปแบบผนังทดสอบ กับ ระดับรายได้ของผู้มีรายได้น้อย.....	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.4 การประยุกต์รูปแบบผนังทดสอบ กับ รูปแบบผนังบ้านเอื้ออาทร.....	71
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	77
6.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาวิจัย.....	77
บรรณานุกรม.....	79
ภาคผนวก.....	81
ภาคผนวก ก. ตารางคำนวณค่า R และค่า U ของวัสดุผนัง 15 ประเภท.....	82
ภาคผนวก ข. ตารางแสดงค่าอุณหภูมิผนังทดสอบ เมื่อทำการทดสอบกับ Thermal Conductivity Tester.....	88
ภาคผนวก ค. ตารางแสดงรายการคำนวณ Mahony table.....	96
ประวัติผู้เขียน.....	101

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงกระบวนการดำเนินการศึกษาดูตลอดทั้งปี.....	8
2.1 แสดงค่าสะท้อนความร้อน ดูดซับความร้อน และเปล่งรังสี ของวัสดุต่างๆ.....	13
2.2 การห้วงความร้อนของผนังหนา 1 ฟุตของวัสดุก่อสร้างอาคารทั่วไป.....	16
2.3 แสดงความต้านทานความร้อนของช่องอากาศ.....	18
2.4 แสดงการเปล่งรังสีของวัสดุต่างๆและสัมประสิทธิ์การเปล่งรังสีของช่องอากาศ.....	19
2.5 Variation in surface heat flux for vertical surfaces at 26.5 with different temperature of surrounding surface (21.1 ambient still air ; 0.83 Emittance).....	26
2.6 เปรียบเทียบนิยามศัพท์ผู้มีรายได้น้อย.....	33
4.1 แสดงตัวอย่างรูปแบบผนัง และคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง.....	56
4.2 แสดงลำดับของผนังที่มีค่าการต้านทานความร้อนมากที่สุด ไปหาน้อยที่สุด.....	57
4.3 แสดงการป้องกันความร้อนตามทฤษฎี Mahony table.....	67
5.1 แสดงราคาค่าก่อสร้างของผนังบ้านเอื้ออาทรแต่ละประเภท.....	68
5.2 แสดงราคาค่าก่อสร้างของผนังทดสอบแต่ละประเภท.....	69
5.3 เปรียบเทียบ ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของรูปแบบผนังแต่ละชนิด.....	70
5.4 แสดงการเปรียบเทียบราคาและส่วนต่างของผนังเดิม กับ ผนังที่ศึกษา.....	74
5.5 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังเดิม กับ ผนังที่ศึกษา.....	75
5.6 เปรียบเทียบเกณฑ์การเลือกผนังที่ศึกษา.....	76

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงเรือนไทยเดิม ที่ใช้ไม้เป็น โครงสร้างพื้นฐานของอาคาร.....	1
1.2 ผนังแบบโครงคร่าที่มีช่องอากาศภายใน.....	2
1.3 แสดงแผนภูมิลำดับขั้นการศึกษา.....	6
2.1 แสดงความร้อนที่กระทำต่ออาคาร.....	9
2.2 การส่งผ่านความร้อนด้วยการนำ เป็นการส่งผ่านโดยโมเลกุล.....	10
2.3 การส่งผ่านความร้อนด้วยการพาความร้อน.....	11
2.4 การส่งผ่านความร้อนด้วยการแผ่รังสีความร้อน.....	11
2.5 แสดงรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อวัตถุ.....	12
2.6 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ.....	14
2.7 แสดงวงจรการถ่ายเทความร้อนผ่านอิฐก่อในแต่ละวัน.....	14
2.8 แผนภูมิแสดงความแตกต่างระหว่างเวลาที่อุณหภูมิภายนอก และอุณหภูมิภายในสูงสุด เรียกว่า การหน่วงความร้อนของวัตถุ.....	15
2.9 แผนภูมิแสดงความกว้างของช่องอากาศที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร.....	17
2.10 แสดงตำแหน่งค่า E_1 และ E_2 ของระบบผนังที่มีช่องอากาศ.....	18
2.11 แสดงส่วนประกอบของระบบผนังที่มีช่องอากาศ.....	21
2.12 แสดงการทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศในเวลากลางวัน.....	23
2.13 แสดงการทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศในเวลากลางคืน.....	23
2.14 แสดงการตอบสนองของร่างกายมนุษย์กับอุณหภูมิโดยรอบ.....	24
2.15 ภาพแสดง Radiant heat penetration into a solid object.....	27
2.16 Surface conductance for different 300mm. square surface as affected by air movement... ..	30
3.1 แสดงแผนภูมิการวิจัยในขั้นตอนที่ 1.....	44
3.2 แสดงแผนภูมิการวิจัยในขั้นตอนที่ 2.....	45
3.3 แสดงแผนภูมิการวิจัยในขั้นตอนที่ 3.....	46
3.4 แสดง Thermal Conductivity Tester.....	47
3.5 แสดง Testo 635.....	48
3.6 การเปรียบเทียบหาค่าความคลาดเคลื่อนของหัววัดอุณหภูมิ.....	48
3.7 ตัวอย่างผนังที่ใช้ในการศึกษา.....	50
3.8 การเตรียมชุดผนังทดสอบ.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ได้ 51

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.10 การประกอบโครงคร่าเข้ากับโฟม.....	51
3.11 แสดงตำแหน่งหัววัดอุณหภูมิ.....	52
3.12 ตัวอย่าง ฟอลด์เมทัลไลท์ (Metalized foil).....	54
4.1 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 1.....	58
4.2 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 2.....	58
4.3 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 3.....	59
4.4 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 4.....	59
4.5 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 5.....	60
4.6 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 6.....	60
4.7 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 7.....	61
4.8 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 8.....	61
4.9 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 9.....	62
4.10 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 10.....	62
4.11 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 11.....	63
4.12 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 12.....	63
4.13 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 13.....	64
4.14 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 14.....	64
4.15 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผังหมายเลข 15.....	65
5.1 แสดงเกณฑ์การเปรียบเทียบ.....	71
5.2 แสดง ผังพื้นที่ชั้นล่างของบ้านเอื้ออาทร.....	72
5.3 แสดง ผังพื้นที่ชั้นบนของบ้านเอื้ออาทร.....	73
5.4 แสดง รูปด้าน ด้านต่าง ๆ ของบ้านเอื้ออาทร.....	74
5.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าก่อสร้าง.....	75
5.6 แสดงกราฟ การเปรียบเทียบสัดส่วน ราคา และ ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน.....	77

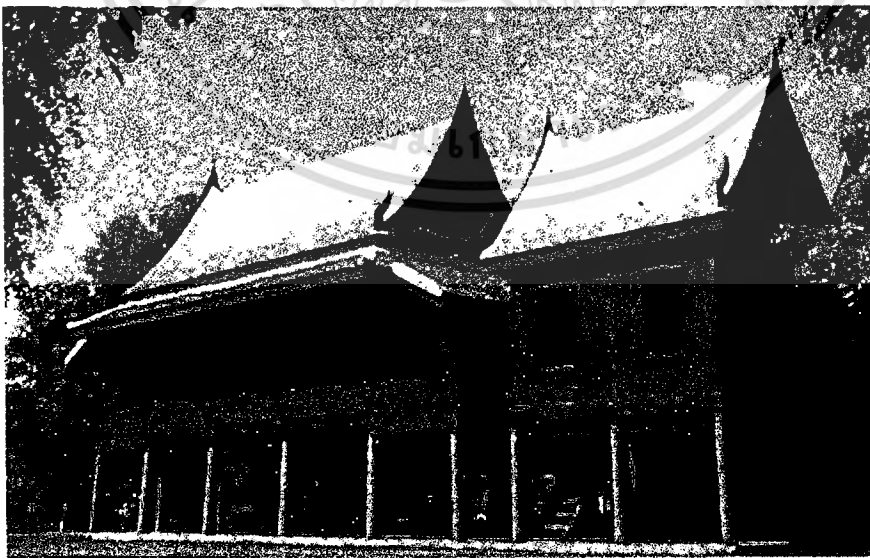
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีการศึกษาวิจัยทางด้านสถาปัตยกรรม การออกแบบอาคารพักอาศัย ในรูปแบบอาคารประหยัดพลังงาน โดยใช้เทคนิควิธีต่างๆ เช่น การลดอุณหภูมิให้กับหลังคา หรือ เปลือกอาคาร การใช้การระบายอากาศเพื่อสร้างภาวะสบายให้กับผู้ใช้สอยในอาคาร หรือ การวิจัยและพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุ เป็นต้น ซึ่งแนวคิดต่าง ๆ เหล่านี้ได้ถูกนำไปพัฒนาทั้งในรูปแบบของหุ่นจำลอง และการก่อสร้างจริง ด้วยวิธีการต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งในการปกป้องอาคาร และ ช่วยในการลดอุณหภูมิให้กับอาคารก็คือ วัสดุที่ใช้กับผนังหรือเปลือกอาคาร (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2547 : 2-2)

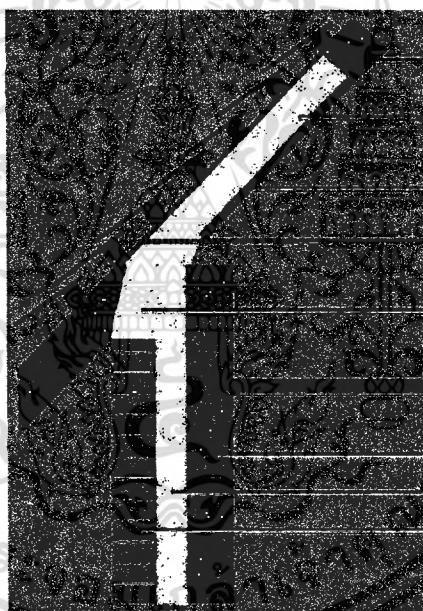
วัสดุที่ใช้กับเปลือก หรือ ผนังอาคารสำหรับการป้องกันความร้อนนั้น มีทั้งที่เป็นแบบมวลหนัก และมวลเบา ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป ในขณะที่วัสดุรูปแบบใหม่ ๆ ก็ยังมีการผลิตออกมาสู่ท้องตลาดอยู่ตลอดเวลา ซึ่งมีผลการป้องกันความร้อนได้ดีเช่นกัน สำหรับรูปแบบโครงสร้างผนังเบา นั้น เป็นรูปแบบโครงสร้างผนังที่มีการใช้มานานแล้ว โดยเฉพาะประเทศไทยที่มีเทคโนโลยีการก่อสร้างจากไม้เป็นพื้นฐานหลักของงานช่างไทย ตัวอย่างเช่น เรือนไทยเดิม ซึ่งก็มีรูปแบบผนังเป็นแบบโครงสร้างผนังเบา และมีวัสดุประกอบผนังที่หาได้จากในท้องถิ่นทั่วไป



รูปที่ 1.1 แสดงเรือนไทยเดิม ที่ใช้ไม้เป็นโครงสร้างพื้นฐานของอาคาร (ที่มา : Google.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบผนังแบบนี้มีความเหมาะสมต่อสภาวะภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นแบบไทย ที่ต้องการการป้องกันความร้อน และการระบายอากาศของตัวผนังได้ในเวลาเดียวกัน รูปแบบผนังแบบนี้ นอกจากความเหมาะสมกับสภาพอากาศของไทยแล้ว ยังมีความเหมาะสมในเชิงการก่อสร้างที่สามารถสร้างได้ง่าย ถอดประกอบได้รวดเร็ว ใช้วัสดุประกอบผนังได้หลากหลาย ขนาดได้ง่าย ลดต้นทุนแรงงานและวัสดุก่อสร้าง ผนังแบบนี้จะเป็นตัวเลือกหลัก สำหรับบ้านพักอาศัยของผู้มีรายได้น้อยเป็นส่วนใหญ่ ถึงแม้ว่ารูปแบบผนังแบบนี้จะมีโครงสร้างที่ง่ายต่อการผลิต และการก่อสร้าง รวมทั้งอาจใช้วัสดุราคาถูก แต่ในเรื่องของการป้องกันความร้อนนั้นก็ไม่ได้ดีไปกว่านี้ด้วยรูปแบบโครงสร้างของวัสดุนั้น ถูกออกแบบให้โปร่งเบา ไม่ทึบตัน มีช่องอากาศอยู่ภายในตัวโครงสร้าง ซึ่งมีผลทางตรงในการลดน้ำหนัก และ ความสิ้นเปลืองของวัสดุ หากแต่ผลทางอ้อมนั้น กลับช่วยเป็นการป้องกันความร้อนได้อย่างดี เนื่องจากวัสดุที่มีช่องอากาศนั้นจะช่วยหน่วงความร้อนให้ช้าลงในการแทรกผ่านเข้ามาในอาคาร



รูปที่ 1.2 ผนังแบบโครงเคร่าที่มีช่องอากาศภายใน (ที่มา : Google.com)

แต่ด้วยเทคโนโลยีการก่อสร้างสมัยใหม่และรูปแบบสถาปัตยกรรมใหม่ที่เข้ามาแทนที่ ส่งผลให้โครงสร้างผนังปรับเปลี่ยนไปใช้ในระบบมวลหนักตามแบบอย่างชาวตะวันตก วัสดุประกอบผนังก็มีความทึบตัน แน่นตัวสูง เพื่อป้องกันสภาวะภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในเขตหนาว การนำรูปแบบผนังเช่นนี้มาใช้ในประเทศไทย จึงก่อให้เกิดความไม่เหมาะสม และนำไปสู่การสิ้นเปลืองพลังงานในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น (วรภัทร จินทกานันท์. 2546 : 118)

การศึกษาแบบวัสดุผนังเบา จะช่วยให้มีการพัฒนาวัสดุก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม เพื่อการประหยัดพลังงานให้กับตัวอาคารมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบอาคารประหยัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานนั้น มีทางเลือกที่หลากหลายมากขึ้นในการกำหนดประเภทวัสดุเพื่อประกอบเป็นเปลือกอาคาร รวมทั้งยังลดความสิ้นเปลืองวัสดุอื่นๆ ได้ดี เช่น ลดปริมาณการใช้ผนังคอนกรีต หรือ ผนังก่ออิฐฉาบ ทำให้โครงสร้างเบาขึ้น นอกจากนี้ ยังช่วยให้การออกแบบรูปแบบของเปลือกอาคารมีความหลากหลาย และสามารถประยุกต์ใช้ในกรณีที่ไม่สามารถก่อสร้างผนังอาคารด้วยวิธีการทั่วไปได้

ในการวิจัยนี้ ได้เลือกโครงการบ้านเอื้ออาทร เป็นกรณีศึกษา เนื่องจาก โครงการบ้านเอื้ออาทร เป็นโครงการสร้างบ้านให้ครอบครัวผู้มีรายได้น้อย ผู้ด้อยโอกาสในชุมชนที่ไม่มีที่อยู่เป็นของตนเอง อย่างไรก็ตามจากการตรวจสอบแบบบ้านดังกล่าว พบว่าแบบที่ใช้ในการก่อสร้างนั้นยังมีได้มีการคำนึงถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งความร้อนสามารถเข้าสู่ตัวบ้านได้ง่าย ซึ่งจะทำให้ผู้อยู่ภายในบ้าน โดยเฉพาะช่วงเวลากลางวันนั้นแคร์ร้อนมิได้มีความรู้สึกสบายเท่าที่ควร นอกจากนี้ โครงสร้างและวัสดุที่นำมาใช้สร้างบ้านนี้จะดูดความร้อนไว้สูงและคายความร้อนออกในช่วงเวลาหัวค่ำและกลางคืนในปริมาณมาก จึงส่งผลให้ผู้อยู่อาศัยจะจำเป็นต้องขวนขวายหาเครื่องปรับอากาศติดตั้งเอง เพื่อบรรเทาภาระความร้อนและหาวิธีการทำให้เกิดความสบาย

ด้วยเหตุนี้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน จึงเห็นว่าการปรับปรุงวัสดุและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่ใช้ในโครงการบ้านเอื้ออาทร ให้มีความเหมาะสม โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ซึ่งนอกจากจะเป็นการช่วยเหลือในการลดภาระค่าใช้จ่ายไฟฟ้าต่อผู้อยู่อาศัยในอนาคตแล้ว ยังเป็นการตอบสนองต่อนโยบายของรัฐบาล ในการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็ผลดีต่อประเทศชาติโดยรวมต่อไป (สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2552)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นกรณีศึกษาได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา ซึ่งจะช่วยสร้างทางเลือกในการช่วยประหยัดพลังงานให้กับบ้านพักอาศัยได้ ลดต้นทุนด้านการบริโภคพลังงานแก่ครัวเรือน อันส่งผลต่อการสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงาน โดยไม่จำเป็นต้องลงทุนในวัสดุที่มีราคาแพง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาปัญหาและปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดอุณหภูมิ จากวัสดุในรูปแบบผนังเบาชนิดต่าง ๆ

1.2.2 เพื่อศึกษารูปแบบของผนังเบาที่ช่วยในการลดอุณหภูมิ

1.2.3 เพื่อศึกษาหาวิธีการประยุกต์รูปแบบผนังเบาเพื่อการลดอุณหภูมิและสอดคล้องกับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารพักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาถึงคุณสมบัติของผนังเบา ในการต้านทานความร้อนที่จะผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร ด้วยวิธีการนำความร้อน

1.3.2 ศึกษาถึงรูปแบบผนังเบา ชนิด โครงเคร่าเหล็ก ในการป้องกันความร้อนให้กับอาคารพักอาศัย

1.3.3 ศึกษาในส่วนของผนังอาคารที่เป็นส่วนที่บดบังแสงเท่านั้น ไม่พิจารณาปัจจัยความร้อนที่มาจากช่องเปิดบนผนัง หรือ จากการใช้งานของผู้อยู่อาศัย

1.3.4 ศึกษาถึงความเหมาะสมของรูปแบบผนังเบา ที่เหมาะสมกับอาคารพักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อย โดยใช้ โครงการบ้านเอื้ออาทร ของการเคหะแห่งชาติเป็นกรณีศึกษา

1.4 สมมติฐานการศึกษา

1.4.1 ผนังเบาที่ทำการศึกษา จะช่วยลดอุณหภูมิเข้าสู่ตัวอาคาร ได้ดีเมื่อเทียบกับวัสดุผนังประเภทอื่น ๆ ได้แก่ ผนังอิฐ และ ผนังคอนกรีต

1.4.2 รูปแบบผนังเบาที่ศึกษาได้ จะช่วยลดต้นทุนค่าก่อสร้างและ ป้องกันความร้อนให้กับอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

1.5.1 การศึกษาเบื้องต้นเพื่อให้ทราบถึงปัญหา แนวความคิด ทฤษฎี และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิด้วยเปลือกอาคาร

1.5.2 ศึกษาปริมาณ ทิศทาง ผลกระทบจากรังสีความร้อนของประเทศไทย (กรณีศึกษา : กรุงเทพมหานคร)

1.5.3 ศึกษาวิธีการทดลองที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับ โดยแบ่งการทดลองเป็นกรณีศึกษาย่อย เพื่อเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองด้วยกล่องควบคุมความร้อน (Thermal Conductivity Tester) และการคำนวณด้วยสมการตามทฤษฎีการนำความร้อนของวัสดุ

1.5.4 ออกแบบการทดลองเพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการลดอุณหภูมิแบบต่าง ๆ โดยกำหนดตัวแปรที่ต้องการศึกษา คือ

1. ขนาด , รูปร่าง และตำแหน่งของเปลือกอาคารที่ต้องการทดสอบ
2. ระดับอุณหภูมิ ที่เกิดขึ้นภายใน ตำแหน่งต่าง ๆ ของวัสดุ
3. การประยุกต์ใช้วิธีการลดอุณหภูมิแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ราคาต่อหน่วยของวัสดุที่นำมาใช้

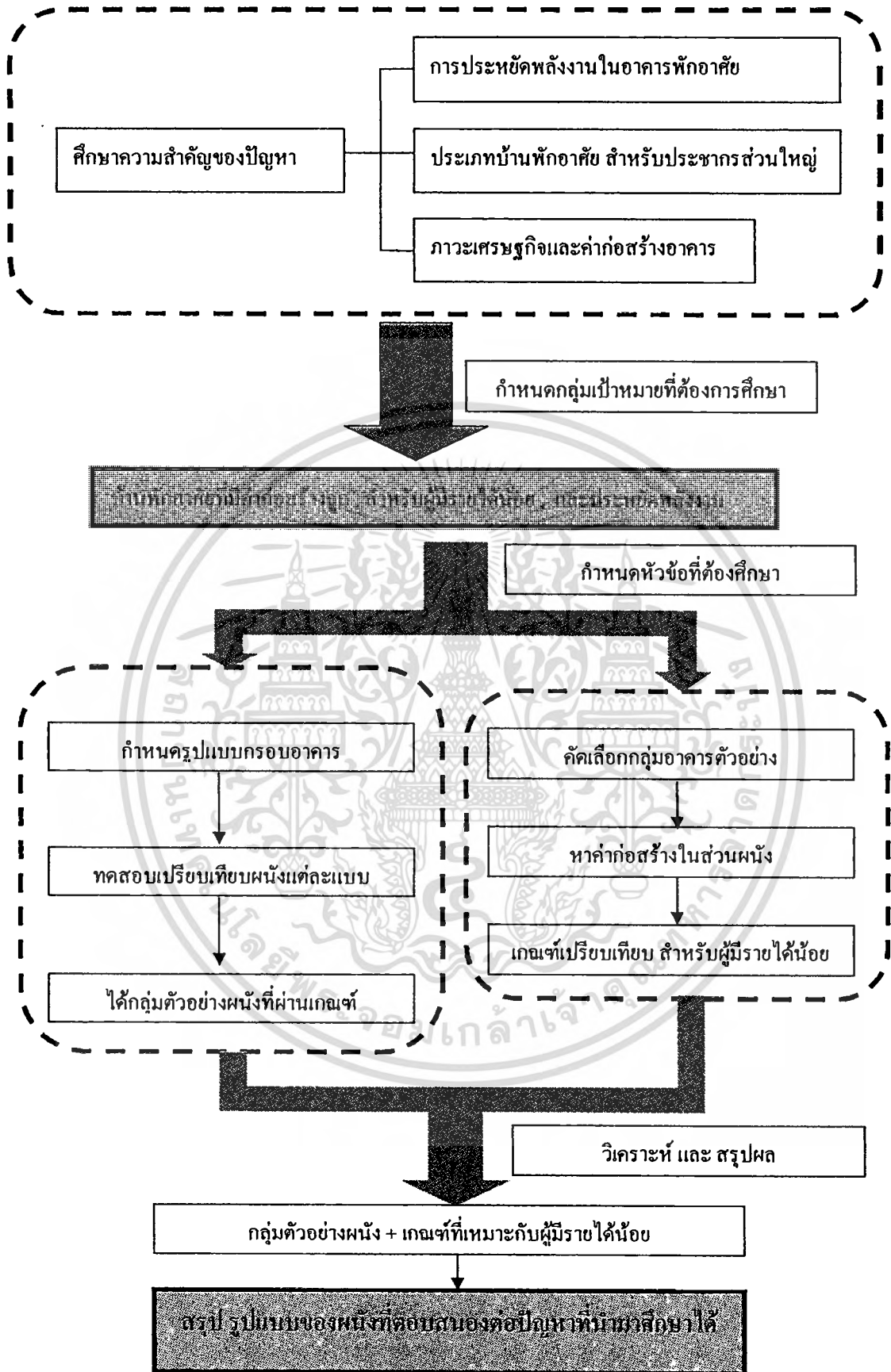
ตัวแปรที่ควบคุมให้เหมือนกัน คือ

1. รูปแบบอาคารที่นำมาศึกษา
2. ขนาด , รูปร่าง และตำแหน่งของเปลือกอาคารที่นำมาเปรียบเทียบ
3. โครงสร้าง , พื้นผิว , วัสดุ ของหุ่นจำลองที่ทำการทดลอง
4. อุปกรณ์การวัดและบันทึกผลการทดลอง
5. สภาพแวดล้อมขณะทำการทดลอง

1.5.5 คัดเลือกรูปแบบผนังเบาที่มีความสามารถในการต้านทานความร้อน ได้ดี มา 5 แบบ และทำการเปรียบเทียบกับค่าการก่อสร้างในส่วนงานผนัง เพื่อหารูปแบบผนังเบาที่เหมาะสมกับบ้านพักอาศัยผู้มีรายได้น้อย

1.5.6 นำผนังที่ศึกษามาเปรียบเทียบ เพื่อหาเกณฑ์ความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพ และราคาต่อก่อสร้าง

1.5.7 นำเสนอรูปแบบผนังเบาที่ทำการคัดเลือกแล้ว เพื่อสรุปเป็นผนังตัวเลือกสำหรับการศึกษาในครั้งนี้



รูปที่ 1.3 แสดงแผนภูมิลำดับขั้นการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 ได้แนวทางการเลือกใช้รูปแบบผนังที่ช่วยลดอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.6.2 ได้รูปแบบผนังเบา เพื่อป้องกันความร้อน สำหรับอาคารพักอาศัยของผู้มีรายได้น้อย

1.7 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ระยะเวลาดำเนินงาน 1 ปี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แสดงกระบวนการดำเนินการศึกษาค้นคว้า

กระบวนการ / เวลา	เดือน / ปี 2552-2553												
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ค.	พ.ค.	มิ.ค.	
ทบทวนวรรณกรรม	■												
เสนอหัวข้อและศึกษานำความ รู้ของวัสดุต่าง ๆ		■											
สำรวจข้อมูล และเก็บข้อมูลที่ เกี่ยวข้อง			■	■									
วิเคราะห์ และสรุปผล ชุดข้อมูล 1					■								
ทดสอบวัสดุเพื่อหาชุดข้อมูล 2						■							
วิเคราะห์ และสรุปผล ชุดข้อมูล 2							■						
ทดสอบและวิเคราะห์ ผลลัพธ์ที่ได้ จากข้อมูลทั้ง 2 ชุด								■	■	■	■	■	■
วิเคราะห์ผลการทดลอง และสรุป													■
นำเสนอผลงาน													■

บทที่ 2

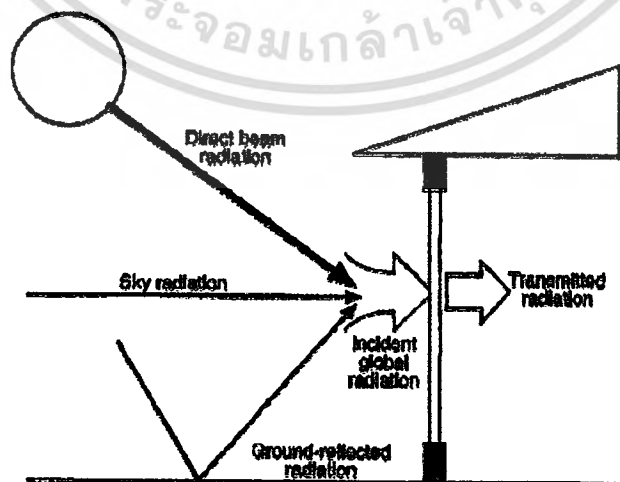
การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจัยที่มีผลต่อการศึกษา การลดอุณหภูมิของผนังนั้น ได้แก่ ทฤษฎีความร้อน และ การส่งผ่านความร้อนด้วยวิธีต่าง ๆ รวมทั้งการพิจารณาปัจจัยประกอบอื่น ๆ ด้วย เช่น ความชื้น กระแสลม ภาวะความสบายของมนุษย์ และ รูปแบบของผนังที่ช่วยลดอุณหภูมิได้

2.1 แนวคิดและทฤษฎีด้านอุณหภูมิ

2.1.1 ความร้อน

ความร้อน (กรกฎ ทองพรหม. 2549) คือ พลังงานซึ่งมีแหล่งกำเนิดแตกต่างกันออกไป ความร้อนที่มีผลกระทบต่ออาคารโดยตรง คือความร้อนที่มาจากพลังงานของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะถูกส่งมายังโลกโดยการแผ่รังสี แบ่งเป็นรังสีตรง (Direct radiation) ที่พุ่งผ่านมายังผิวโลกโดยตรง, รังสีกระจาย (Diffuse radiation) ที่เป็นรังสีที่ถูกกระเจิงโดยโมเลกุลของอากาศ เมฆ หรือฝุ่นธุลีต่างๆ ก่อนถูกส่งมายังพื้นโลก และรังสีสะท้อน (Reflected radiation) ซึ่งเป็นรังสีตรงและรังสีกระจายที่ถูกสะท้อนจากอาคารหรือพื้นที่ข้างเคียงเข้ามา ผลรวมของรังสีทั้งสามนี้จะเรียกว่า รังสีรวม (Global radiation) ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความร้อนขึ้น จากนั้นความร้อนจะเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งโดยอาศัยความต่างของอุณหภูมิ โดยจะเคลื่อนจากบริเวณที่ร้อนกว่าไปที่เย็นกว่าเสมอ



รูปที่ 2.1 แสดงความร้อนที่กระทำต่ออาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

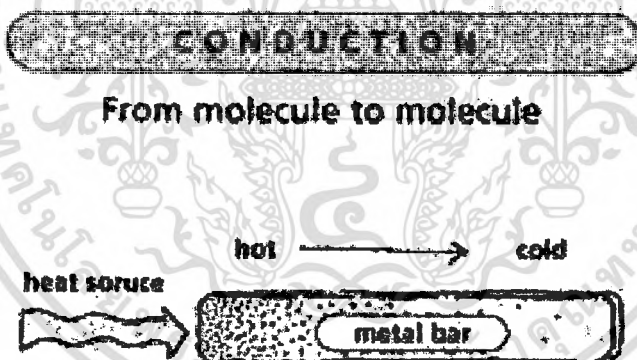
2.1.2 หลักการถ่ายเทความร้อน

ปัจจัยทางภูมิอากาศมีส่วนสำคัญในการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนผ่านวัตถุหรืออาคาร เช่น รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ กระแสลม และความชื้น แต่โดยหลักแล้วความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านวัตถุจะอาศัยการนำ (Conduction) การพา (Convection) และการแผ่รังสี (Radiation) ซึ่งเป็นหลักของการถ่ายเทความร้อนผ่านวัตถุ

2.1.2.1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ

คือ การไหลของพลังงานจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งโดยการเคลื่อนที่ของโมเลกุล โมเลกุลที่ร้อนจะเคลื่อนที่เร็วกว่าโมเลกุลที่เย็น เมื่อโมเลกุลที่เคลื่อนที่เร็วไปชนโมเลกุลที่เคลื่อนช้ากว่าจึงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่และชนกันต่อไปเรื่อยๆ ส่งผลให้วัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อโมเลกุลเริ่มหมดแรงเคลื่อนที่ก็ทำให้วัตถุมีอุณหภูมิลดลง

ของแข็ง เช่น โลหะ อิฐ หิน คอนกรีต เป็นต้นำที่ตี ความร้อนสามารถไหลจากวัตถุหนึ่งไปสู่อีกวัตถุหนึ่งที่ติดกันได้เมื่อใดก็ตามที่อุณหภูมิมีความแตกต่างกันระหว่างด้านตรงข้ามของวัตถุ ความร้อนก็จะไหลจากด้านที่อุ่นไปสู่ด้านที่เย็น เช่น โครมคร่ำผนังกับวัสดุผนัง



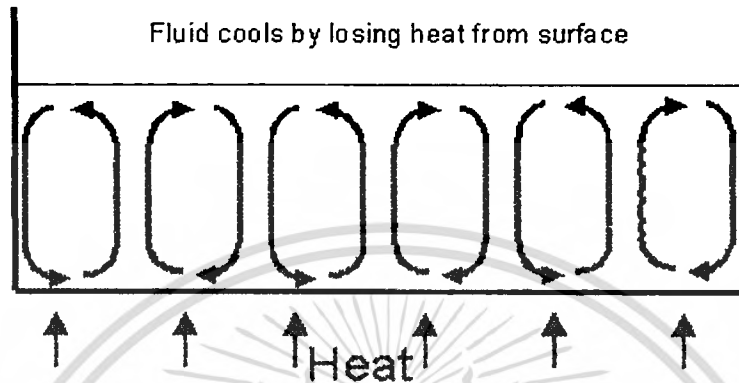
รูปที่ 2.2 การส่งผ่านความร้อนด้วยการนำ เป็นการส่งผ่านโดยโมเลกุล

2.1.2.2 การถ่ายเทความร้อนโดยการพา

คือการถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของของไหล เช่น อากาศ หรือน้ำ การถ่ายเทความร้อนโดยการพาจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้โดยปราศจากอากาศหรือของไหล ถ้าการเคลื่อนที่ของของเหลว หรือมวลอากาศเกิดขึ้นโดยความแตกต่างของอุณหภูมิและความหนาแน่น จะเรียกว่า “การพาโดยแรงธรรมชาติ” แต่ถ้าการเคลื่อนที่ของของเหลวหรืออากาศเกิดขึ้นโดยเครื่องจักร เช่นพัดลม เครื่องอัดอากาศ การเคลื่อนที่นี้จะเรียกว่า “การพาโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงกล” การเคลื่อนที่ของอากาศเหนือพื้นผิวเป็นผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการพา และเมื่อการเคลื่อนที่ของอากาศมีความเร็วเพิ่มขึ้นก็จะเป็นการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนจากพื้นผิว ดังนั้นการเคลื่อนที่ของอากาศจึงมีความสัมพันธ์กับการถ่ายเทความร้อนจากพื้นผิวของกรอบอาคาร

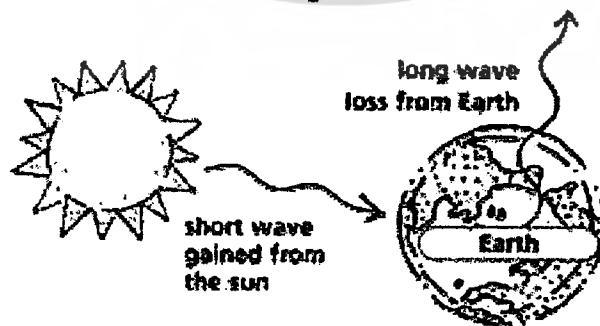


รูปที่ 2.3 การส่งผ่านความร้อนด้วยการพาความร้อน

2.1.2.3 การแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีคือการเคลื่อนที่ของพลังงานในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะมีความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน เช่น การแผ่รังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือรังสีอินฟราเรด การแผ่รังสีความร้อนสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านที่ว่างโดยปราศจากการทำให้อากาศร้อนขึ้น และสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านสุญญากาศได้อีกด้วย

RADIATION
Energy passing from one object
to another without a
connecting medium



รูปที่ 2.4 การส่งผ่านความร้อนด้วยการแผ่รังสีความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รังสีจากดวงอาทิตย์จะกระทบพื้นผิวที่ขรุขระของอาคาร โดยส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับและอีกส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับไปที่วัสดุโปร่งแสงหรือโปร่งใสจะยอมให้รังสีบางส่วนทะลุผ่านไป ผลรวมของการดูดซับ การสะท้อน และการส่องผ่านรังสี ที่กระทำต่อวัตถุนี้จะมีค่าเท่ากับ 1 และถ้าแสดงออกมาในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์จะมีค่าเท่ากับ 100 % ถึงแม้ว่าวัตถุที่มีพื้นผิวที่ขรุขระที่มีการส่องผ่านเท่ากับศูนย์ แต่ผลรวมของการสะท้อนรังสีและการดูดซับรังสีก็จะเท่ากับ 1 เสมอ

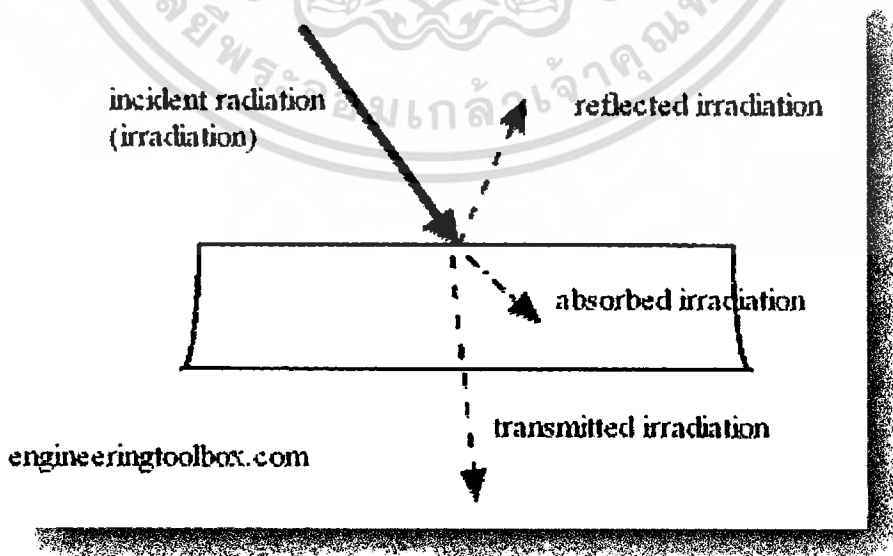
$$\alpha + \beta + \tau = 1$$

α = การดูดซับรังสีความร้อนของวัตถุ

β = การสะท้อนรังสีความร้อนของวัตถุ

τ = การทะลุผ่านรังสีความร้อนของวัตถุ

เมื่อได้รับพลังงานจากการแผ่รังสีบางส่วนก็จะถูกดูดซับเอาไว้ และหลังจากนั้นวัตถุจะแผ่รังสีกลับออกมาหรือที่เรียกว่าการเปล่งรังสี (Emissivity : ϵ) วัตถุที่มีการดูดซับรังสีได้ดีคือ วัตถุที่เปล่งรังสีได้ดี โดยความสามารถในการดูดซับและเปล่งรังสีของวัตถุจะสัมพันธ์กับธรรมชาติของพื้นผิวของวัสดุ พื้นผิวที่มีสีเข้มจะมีการดูดซับรังสีได้ดีกว่าสีอ่อน โดยที่พื้นผิวสีดำมีอัตราการดูดซับมากที่สุด (Ideal black body) คือเท่ากับ 1 ส่วนวัตถุที่มีอัตราการดูดซับน้อยที่สุดจะมีค่าเท่ากับ 0 และวัตถุที่มีพื้นผิวหยาบจะมีอัตราการดูดซับรังสีที่สูงกว่าพื้นผิวที่เรียบ เนื่องจากวัตถุที่มีพื้นผิวหยาบจะมีคุณสมบัติการสะท้อนน้อยกว่าวัตถุที่มีพื้นผิวที่เรียบนั่นเอง



รูปที่ 2.5 แสดงรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าสะท้อนความร้อน ดูดซับความร้อน และเปล่งรังสี ของวัสดุต่างๆ

Material	Solar reflectance	Solar absorptance	Thermal emittance
Aluminium, clear finish	0.4	0.6	0.08-0.15
Aluminium paint	0.6	0.4	0.50-0.54
Mineral board, natural	0.25	0.75	
Mineral board, white	0.39	0.61	
Brick, light buff	0.30-0.50	0.50-0.70	0.95
Brick, red	0.15-0.35	0.65-0.85	0.95
Concrete, natural	0.35	0.65	0.92-0.95
Copper, tarnished	0.2	0.8	0.2
Copper, patina	0.35	0.65	0.15
Galvanized steel	0.1	0.9	0.9
Galvanized steel, white	0.74	0.26	0.9
Glass, clear ()	0.5-0.70	0.93-0.95	0.84
Glass, tinted	0.40-0.60	0.64-0.96	
Glass, clear, low-e	0.6-0.9	0.91-0.94	0.2
Glass, reflective	0.8-0.36	0.64-0.92	
Marble, white	0.42	0.58	0.85
Surface color			
Black	0.5	0.95	0.95
Dark gray	0.2	0.8	0.93
Light gray	0.35	0.65	0.9
White	0.55	0.45	0.9
Tinned surface	0.95	0.5	0.88
Wood, smooth	0.22	0.78	0.91-0.93

ที่มา : Christine Beall. Thermal and Moisture Protection. New York : McGrawHill. 1998

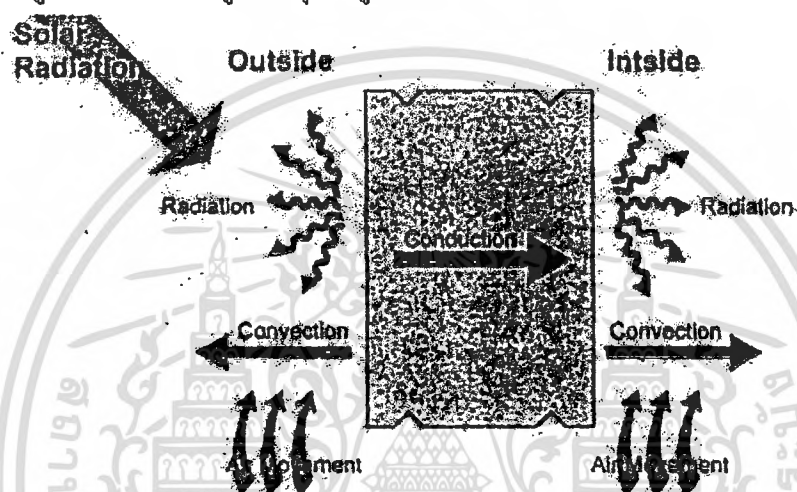
2.2 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ

จากที่กล่าวมาแล้วว่าการถ่ายเทความร้อนในวัสดุอาคารเกิดขึ้นจากหลักการถ่ายเทความร้อน 3 ประการ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน ความร้อนจะเข้าสู่วัสดุ

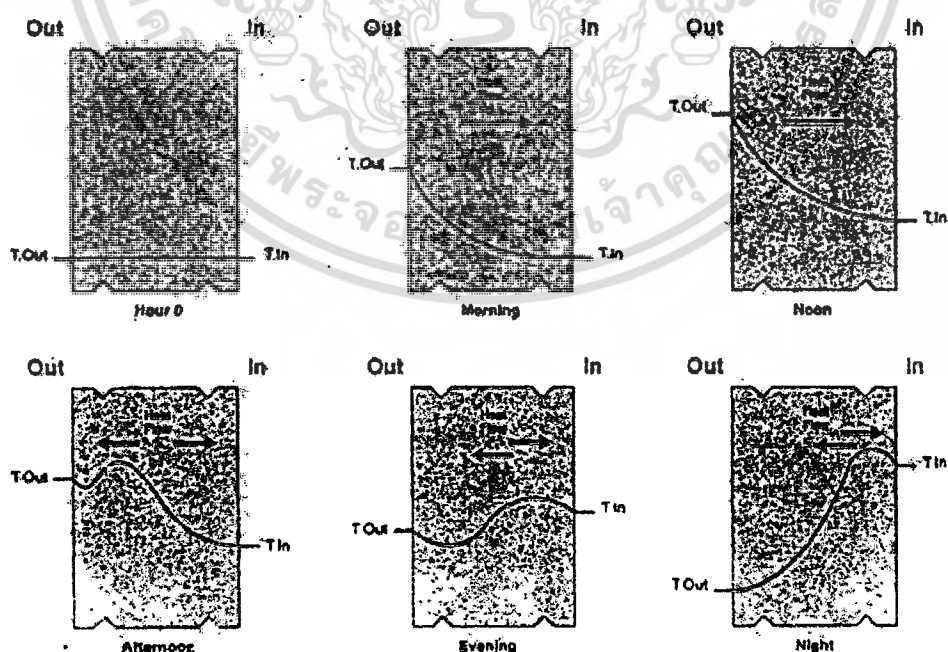
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ และการพาโดยมวลอากาศหรือลมเข้าสู่วัสดุอาคาร จากนั้นก็จะผ่านวัสดุอาคารด้วยการนำความร้อน และเข้าสู่อาคารด้วยการพาและการแผ่รังสีอีกทีหนึ่ง

พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุนั้นยังขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิในแต่ละวัน โดยในช่วงเวลาเช้าอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในจะใกล้เคียงกัน ในเวลาสายอุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มสูงขึ้น ความร้อนเริ่มเคลื่อนที่ผ่านผิวของเปลือกอาคาร โดยการนำความร้อน ในเวลาบ่ายอุณหภูมิอากาศภายนอกถึงจุดสูงสุดและเริ่มที่จะลดลงในช่วงเย็น แต่ภายในเปลือกอาคารยังมีอุณหภูมิสูงอยู่และเริ่มที่จะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร ในเวลาเย็นและค่าที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ส่งผลให้ในเวลาค่าอุณหภูมิภายในอาคารสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก



รูปที่ 2.6 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ

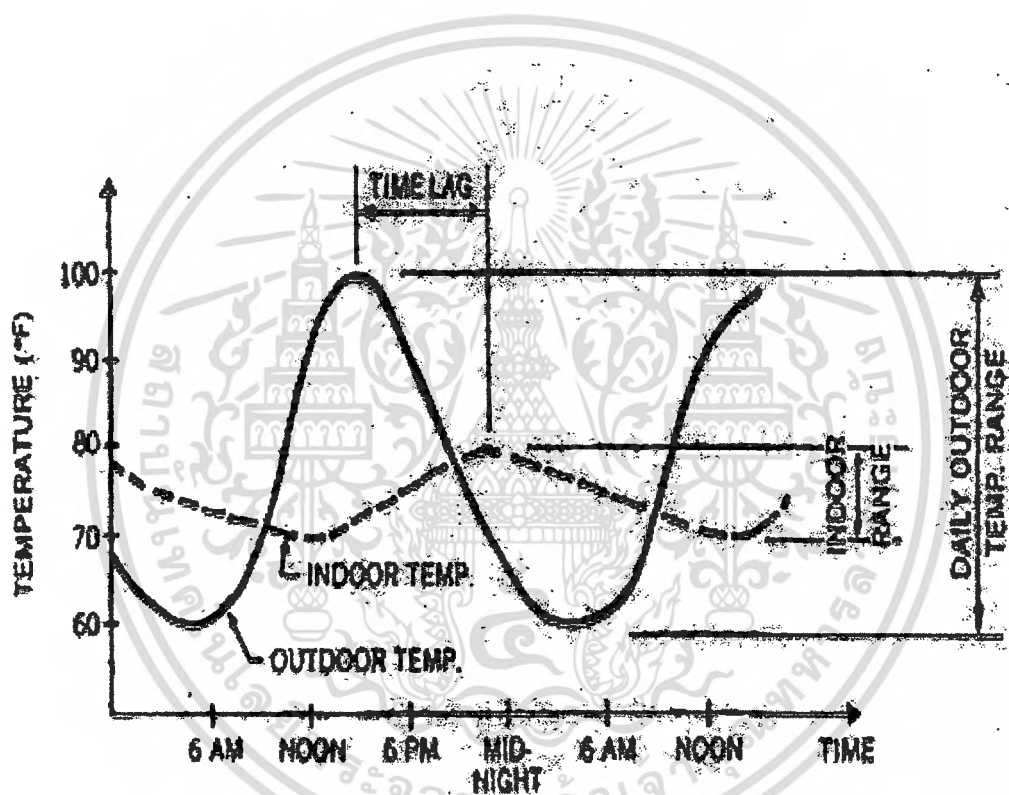


รูปที่ 2.7 แสดงวงจรการถ่ายเทความร้อนผ่านอิฐก่อในแต่ละวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 อิทธิพลของมวลสารที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

ความร้อนไม่สามารถไหลผ่านวัตถุไปอย่างทันทีทันใด กว่าที่ความร้อนจะส่งผ่านวัตถุจากด้านหนึ่ง ไปสู่อีกด้านหนึ่ง ได้สำเร็จต้องอาศัยระยะเวลา ซึ่งเรียกว่า “การหน่วงความร้อนของวัตถุ” (Thermal lag) ระยะเวลาในการหน่วงความร้อนนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักของวัสดุ อิฐและคอนกรีตมีน้ำหนักมากจึงทำให้มันดูดซับและกักเก็บความร้อนไว้จำนวนหนึ่ง และจะชะดขวางการเคลื่อนที่ของความร้อนให้ช้าลง ลักษณะทางกายภาพนี้จะเรียกว่า “ความจุในการกักเก็บความร้อน” (Thermal storage capacity)



รูปที่ 2.8 แผนภูมิแสดงความแตกต่างระหว่างเวลาที่อุณหภูมิภายนอก และอุณหภูมิภายในสูงสุด เรียกว่า การ หน่วงความร้อนของวัตถุ

วัสดุที่มีความหนาแน่นและมวลสารที่มากกว่าจะเป็นสาเหตุของการดูดซับความร้อนให้ เป็น ไปอย่างช้ากว่า และการกักเก็บความร้อนที่นานกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นและมวลสารที่ น้อยกว่า ดังนั้นถึงแม้ว่าความหนาแน่นของวัตถุจะทำให้การต้านความร้อนหรือ R-Value ลดลง แต่ก็จะทำให้การดูดซับความร้อน การกักเก็บความร้อน และการหน่วงความร้อนดีขึ้น

ตารางที่ 2.2 การหน่วงความร้อนของผนังหนา 1 ฟุตของวัสดุก่อสร้างอาคารทั่วไป

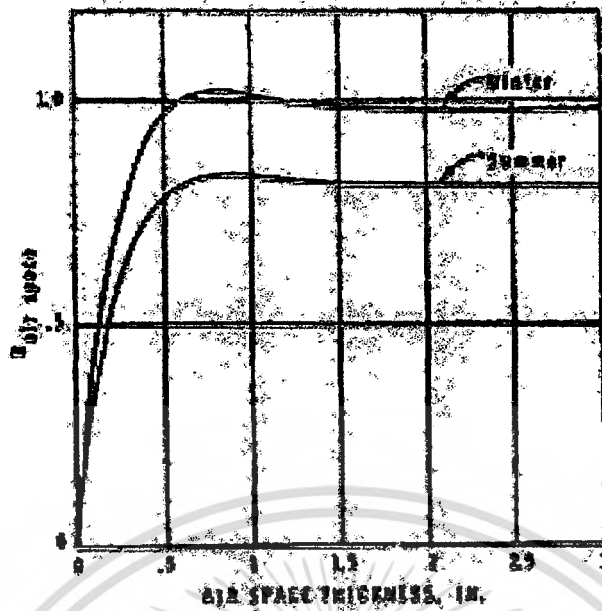
Material	Time Lag (hours)
Adobe	10
Brick (Common)	10
Brick (face)	10
Concrete (Heavyweight)	8
Wood	20*
*Wood has such a long time lag because of its moisture content.	

ที่มา : Norbert Lechner. Heating Cooling Light Design method for Architects. New York : John Wiley&Sons, Inc. 2001

2.2.2 อิทธิพลของช่องว่างอากาศที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

ขนาดช่องว่างอากาศระหว่างผนังมีผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนได้ทั้งการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำ และการถ่ายเทความร้อนด้วยการพา การที่มีช่องว่างอากาศที่กว้างจะทำให้ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านโดยการนำลดลง แต่ก็จะทำให้การถ่ายเทความร้อนโดยการพาเพิ่มขึ้นในทางกลับกันการที่มีช่องว่างอากาศที่แคบจะทำให้การถ่ายเทความร้อนโดยการนำเป็นไปอย่างดี แต่กับการถ่ายเทความร้อนโดยการพาจะไม่เป็นผลมากเท่าใดนัก

การที่จะทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการนำและพาลดเหลือน้อยที่สุดคือการที่ทำให้ความกว้างของช่องอากาศอยู่ที่ประมาณ 5/8 นิ้ว (1.50 เซนติเมตร) เมื่อช่องอากาศมีความกว้างมากกว่า 1 1/4 นิ้ว (3.20 เซนติเมตร) การส่งผ่านความร้อนทั้งการนำและการพาจะไม่ขึ้นอยู่กับความกว้างของช่องอากาศอีกต่อไป



รูปที่ 2.9 แผนภูมิแสดงความกว้างของช่องอากาศที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร (ที่มา : Christine Beall. Thermal and Moisture Protection. New York : McGrawHill. 1998)

ความกว้างของช่องอากาศจะไม่มีผลกับการส่งผ่านความร้อนด้วยการแผ่รังสี แต่สิ่งที่มีผลต่อการแผ่รังสีคืออัตราการเปล่งรังสีของพื้นผิววัตถุ โลหะขัดเงาหรือพื้นผิวโลหะจะมีอัตราการเปล่งรังสีที่ต่ำกว่าวัสดุอาคารทั้งหมด ดังนั้นพื้นผิวที่มีคุณสมบัติการสะท้อนสามารถใช้เป็นเกราะป้องกันในการลดการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องอากาศ นอกจากนี้การต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศยังขึ้นอยู่กับตำแหน่งของผนัง (แนวนอน แนวตั้ง หรือแนวลาดเอียง) และทิศทางของความร้อน (ขึ้น ลง หรือแนวระดับ) ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 2.3 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศในลักษณะต่างๆ ทั้งความหนา ตำแหน่ง ทิศทางของความร้อนที่ผ่าน อุณหภูมิภายในช่องอากาศ และอัตราการเปล่งรังสีของวัสดุชนิดต่างๆ

$$C \text{ (ค่าความนำความร้อน)} = h_c + E h_r$$

$$R = 1/C$$

$$h_c = \text{สัมประสิทธิ์การนำความร้อน และการพาความร้อน}$$

$$E h_r = \text{สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน}$$

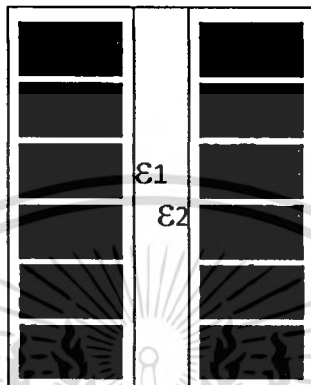
$$= 0.00686 E [(t_m + 460)/100]^3$$

$$T_m = \text{อุณหภูมิเฉลี่ยของช่องอากาศ}$$

E = ค่าการเปล่งรังสีของวัตถุ เป็นค่าที่ได้มาจากความสัมพันธ์ของค่า ϵ ของวัตถุทั้งสองในช่องอากาศ

$$i/E = \epsilon_1 + 1/\epsilon_2^{-1}$$

ϵ_1 และ ϵ_2 คือค่าอัตราการเปล่งรังสีของวัตถุภายในช่องอากาศซึ่งสามารถดูได้จากตารางที่ 2.4



รูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่งค่า ϵ_1 และ ϵ_2 ของระบบผนังที่มีช่องอากาศ

ตารางที่ 2.3 แสดงความต้านทานความร้อนของช่องอากาศ

Table 2.4 Thermal resistance of plane airspaces, R-F factors (From ASHRAE Handbook of Fundamentals)

Faces of Airspace	Direction of Flow	Airspace Mean Depth, ft	Room Depth, ft	0.5-in. Airspace					0.75-in. Airspace					1.0-in. Airspace					1.5-in. Airspace									
				Effective Emittance, ϵ_{eff}					Effective Emittance, ϵ_{eff}					Effective Emittance, ϵ_{eff}					Effective Emittance, ϵ_{eff}									
				ϵ_1	ϵ_2	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_{eff}	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_{eff}	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_{eff}	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_{eff}					
Horizontal	Up	10	10	2.17	2.03	2.28	2.09	0.77	2.16	2.27	1.88	1.98	0.75	2.15	2.21	1.71	1.85	0.71	2.04	2.04	1.83	1.77	0.68	2.04	2.04	1.77	1.77	0.68
		10	20	1.63	1.57	1.73	1.54	0.81	1.71	1.76	1.35	1.47	0.77	1.70	1.73	1.25	1.35	0.69	1.69	1.69	1.35	1.35	0.67	1.69	1.69	1.35	1.35	0.67
		10	30	1.31	1.26	1.39	1.21	0.84	1.37	1.39	1.14	1.21	0.81	1.36	1.37	1.03	1.07	0.67	1.35	1.35	1.03	1.03	0.67	1.35	1.35	1.03	1.03	0.67
		10	40	1.10	1.05	1.13	1.01	0.84	1.17	1.17	0.97	1.07	0.81	1.16	1.16	0.93	0.97	0.67	1.15	1.15	0.93	0.93	0.67	1.15	1.15	0.93	0.93	0.67
		10	50	1.00	0.96	1.00	0.97	0.84	1.07	1.07	0.97	1.00	0.81	1.00	1.00	0.93	0.97	0.67	1.00	1.00	0.93	0.93	0.67	1.00	1.00	0.93	0.93	0.67
		10	60	0.94	0.90	0.93	0.91	0.84	0.97	0.97	0.97	0.97	0.81	0.97	0.97	0.93	0.97	0.67	0.97	0.97	0.93	0.93	0.67	0.97	0.97	0.93	0.93	0.67
45° Slope	Up	10	10	2.47	2.31	2.63	2.44	0.76	2.46	2.57	2.20	2.21	0.69	2.45	2.51	2.04	2.14	0.69	2.34	2.34	2.04	2.04	0.69	2.34	2.34	2.04	2.04	0.69
		10	20	1.86	1.80	1.94	1.76	0.82	1.84	1.87	1.57	1.60	0.69	1.83	1.84	1.41	1.41	0.69	1.81	1.81	1.41	1.41	0.69	1.81	1.81	1.41	1.41	0.69
		10	30	1.58	1.54	1.61	1.43	0.86	1.56	1.57	1.28	1.28	0.69	1.55	1.55	1.18	1.18	0.69	1.54	1.54	1.18	1.18	0.69	1.54	1.54	1.18	1.18	0.69
		10	40	1.39	1.34	1.38	1.30	0.86	1.37	1.37	1.10	1.09	0.69	1.36	1.36	1.03	1.03	0.69	1.35	1.35	1.03	1.03	0.69	1.35	1.35	1.03	1.03	0.69
		10	50	1.23	1.18	1.20	1.14	0.86	1.22	1.22	0.97	0.97	0.69	1.21	1.21	0.93	0.93	0.69	1.20	1.20	0.93	0.93	0.69	1.20	1.20	0.93	0.93	0.69
		10	60	1.09	1.04	1.07	1.01	0.86	1.08	1.08	0.97	0.97	0.69	1.07	1.07	0.93	0.93	0.69	1.07	1.07	0.93	0.93	0.69	1.07	1.07	0.93	0.93	0.69
Vertical	Horizontal	10	10	2.17	2.03	2.28	2.09	0.77	2.16	2.27	1.88	1.98	0.75	2.15	2.21	1.71	1.85	0.71	2.04	2.04	1.83	1.77	0.68	2.04	2.04	1.77	1.77	0.68
		10	20	1.63	1.57	1.73	1.54	0.81	1.71	1.76	1.35	1.47	0.77	1.70	1.73	1.25	1.35	0.69	1.69	1.69	1.35	1.35	0.67	1.69	1.69	1.35	1.35	0.67
		10	30	1.31	1.26	1.39	1.21	0.84	1.37	1.39	1.14	1.21	0.81	1.36	1.37	1.03	1.07	0.67	1.35	1.35	1.03	1.03	0.67	1.35	1.35	1.03	1.03	0.67
		10	40	1.10	1.05	1.13	1.01	0.84	1.17	1.17	0.97	1.07	0.81	1.16	1.16	0.93	0.97	0.67	1.15	1.15	0.93	0.93	0.67	1.15	1.15	0.93	0.93	0.67
		10	50	1.00	0.96	1.00	0.97	0.84	1.07	1.07	0.97	1.00	0.81	1.00	1.00	0.93	0.97	0.67	1.00	1.00	0.93	0.93	0.67	1.00	1.00	0.93	0.93	0.67
		10	60	0.94	0.90	0.93	0.91	0.84	0.97	0.97	0.97	0.97	0.81	0.97	0.97	0.93	0.97	0.67	0.97	0.97	0.93	0.93	0.67	0.97	0.97	0.93	0.93	0.67
45° Slope	Down	10	10	2.47	2.31	2.63	2.44	0.76	2.46	2.57	2.20	2.21	0.69	2.45	2.51	2.04	2.14	0.69	2.34	2.34	2.04	2.04	0.69	2.34	2.34	2.04	2.04	0.69
		10	20	1.86	1.80	1.94	1.76	0.82	1.84	1.87	1.57	1.60	0.69	1.83	1.84	1.41	1.41	0.69	1.81	1.81	1.41	1.41	0.69	1.81	1.81	1.41	1.41	0.69
		10	30	1.58	1.54	1.61	1.43	0.86	1.56	1.57	1.28	1.28	0.69	1.55	1.55	1.18	1.18	0.69	1.54	1.54	1.18	1.18	0.69	1.54	1.54	1.18	1.18	0.69
		10	40	1.39	1.34	1.38	1.30	0.86	1.37	1.37	1.10	1.09	0.69	1.36	1.36	1.03	1.03	0.69	1.35	1.35	1.03	1.03	0.69	1.35	1.35	1.03	1.03	0.69
		10	50	1.23	1.18	1.20	1.14	0.86	1.22	1.22	0.97	0.97	0.69	1.21	1.21	0.93	0.93	0.69	1.20	1.20	0.93	0.93	0.69	1.20	1.20	0.93	0.93	0.69
		10	60	1.09	1.04	1.07	1.01	0.86	1.08	1.08	0.97	0.97	0.69	1.07	1.07	0.93	0.93	0.69	1.07	1.07	0.93	0.93	0.69	1.07	1.07	0.93	0.93	0.69
Horizontal	Down	10	10	2.46	2.34	2.67	2.48	0.77	2.45	2.56	2.21	2.22	0.69	2.44	2.50	2.05	2.15	0.69	2.33	2.33	2.05	2.05	0.69	2.33	2.33	2.05	2.05	0.69
		10	20	1.87	1.81	1.95	1.77	0.82	1.85	1.88	1.58	1.61	0.69	1.84	1.85	1.42	1.42	0.69	1.82	1.82	1.42	1.42	0.69	1.82	1.82	1.42	1.42	0.69
		10	30	1.60	1.55	1.63	1.45	0.86	1.58	1.59	1.28	1.28	0.69	1.57	1.57	1.18	1.18	0.69	1.56	1.56	1.18	1.18	0.69	1.56	1.56	1.18	1.18	0.69
		10	40	1.40	1.35	1.39	1.31	0.86	1.38	1.38	1.10	1.09	0.69	1.37	1.37	1.03	1.03	0.69	1.36	1.36	1.03	1.03	0.69	1.36	1.36	1.03	1.03	0.69
		10	50	1.25	1.21	1.23	1.17	0.86	1.23	1.23	0.97	0.97	0.69	1.22	1.22	0.93	0.93	0.69	1.21	1.21	0.93	0.93	0.69	1.21	1.21	0.93	0.93	0.69
		10	60	1.12	1.08	1.10	1.04	0.86	1.10	1.10	0.97	0.97	0.69	1.09	1.09	0.93	0.93	0.69	1.09	1.09	0.93	0.93	0.69	1.09	1.09	0.93	0.93	0.69

ที่มา: American Society of heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering, Inc.

ASHRAE Handbook of Fundamentals. Atlanta. 1989

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงการเปล่งรังสีของวัสดุต่างๆและสัมประสิทธิ์การเปล่งรังสีของช่องอากาศ

Surface	Average emittance ϵ	Effective emittance ϵ of air space	
		One surface emittance ϵ ; the other 0.9	Both surfaces emittance ϵ
Aluminum foil, bright	0.05	0.05	0.03
Aluminum foil, with condensate just visible ($>0.7 \text{ gr/ft}^2$)	0.30†	0.29	
Aluminum foil, with condensate clearly visible ($>2.9 \text{ gr/ft}^2$)	0.70†	0.65	
Aluminum sheet	0.12	0.12	0.06
Aluminum coated paper, polished	0.20	0.20	0.11
Steel, galvanized, bright	0.25	0.24	0.15
Aluminum paint	0.50	0.47	0.35
Building materials: wood, paper, masonry, nonmetallic paints	0.90	0.82	0.82
Regular glass	0.84	0.77	0.72

†These values apply in the 4- to 40- μm range of the electromagnetic spectrum. Values are based on data presented by Bassett and Trothowen (1964).

ที่มา : American Society of heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering, Inc. AHRAE Handbook of Fundamentals. Atlanta. 1989

2.2.3 การประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร

2.2.3.1 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K)

คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุต่างๆ นั่นคือ อัตราความร้อนที่ไหลผ่านวัตถุ 1 ตารางฟุต และหนา 1 นิ้ว ที่ทำให้อุณหภูมิภายนอกและภายในแตกต่างกัน 1 องศาฟาเรนไฮต์

2.2.3.2 ความนำความร้อน (Conductivity, C)

คือ ค่าความนำความร้อนของวัสดุใด นั่นคือ อัตราความร้อนที่ไหลผ่านวัตถุพื้นที่ 1 ตารางฟุต ที่ทำให้อุณหภูมิภายนอกและภายในแตกต่างกัน 1 องศาฟาเรนไฮต์ ที่ความหนาใดๆค่าความนำความร้อนสามารถหาได้จาก อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนกับความหนาของวัสดุ

$$C = K/n$$

C = ความนำความร้อน ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ หรือ $\text{Btu} / \text{hft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$)

K = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ หรือ $\text{Btu/hft}^2 \text{ } ^\circ\text{F in.}$)

n = ความหนาของวัสดุ (เมตร หรือ นิ้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงพาณิชย์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.3 ความต้านทานความร้อน (Resistance,R)

คือ ส่วนกลับของค่าความนำความร้อน (C) ความต้านทานความร้อนแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิภายในและภายนอกที่แตกต่างกัน 1 องศาฟาเรนไฮต์ กำหนดระยะเวลา (ชั่วโมง) ที่ใช้สำหรับให้ความร้อนผ่านวัสดุพื้นที่ 1 ตารางฟุต โดยปกติความต้านทานความร้อนจะเรียกกันว่า R-Value

$$R = 1/C \text{ หรือ } n/K$$

R = ค่าความต้านทานความร้อน ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$ หรือ $ft^2 \text{ h } ^\circ\text{F} / \text{Btu}$)

C = ความนำความร้อน ($\text{W}/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ หรือ $\text{Btu}/\text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$)

n = ความหนาของวัตถุ (เมตร หรือ นิ้ว)

K = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ($\text{W}/m \text{ } ^\circ\text{C}$ หรือ $\text{Btu}/\text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F inh.}$)

การหาความต้านทานความร้อนของผนังอาคารสามารถทำได้โดยการรวมกันของ R-Value ในแต่ละชั้นของวัสดุสร้างผนัง ($R = R_1+R_2+R_3\dots+R_n$) ความต้านทานความร้อนของผนังขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้ทำผนัง กล่าวคือ วัสดุที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจะทำให้ความต้านทานความร้อนลดลง

2.2.3.4 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)

คือ ส่วนกลับของความต้านทานความร้อน โดยแสดงให้เห็นว่าการไหลของความร้อนที่เกิดขึ้นในเวลา 1 ชั่วโมง ผ่านวัสดุ 1 ตารางฟุต ที่ทำให้อุณหภูมิแตกต่างระหว่างด้านนอกและด้านใน องศาฟาเรนไฮต์ การหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะได้อาจการนำความต้านทานความร้อนของวัตถุแต่ละชั้นมารวมกัน รวมถึงความต้านทานความร้อนของชั้นอากาศที่เคลือบวัสดุ

$$U = 1/R_T$$

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($\text{Btu} / \text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$ หรือ $\text{W}/\text{hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

RT = ความต้านทานความร้อนรวม ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$ หรือ $ft^2 \text{ h } ^\circ\text{F} / \text{Btu}$)

2.2.3.5 ปริมาณการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (Q)

ปริมาณการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ หรือปริมาณความร้อนที่เข้าออกอาคารนั้น มีผลมาจากความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (U) ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายใน และพื้นที่ผิวที่ได้รับความร้อนของวัตถุ

ในกรณีที่ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในคงที่ (Steady state) หรือมีอิทธิพลจากองค์ประกอบภายนอกไม่รุนแรงมากนัก จะใช้สมการในการคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อนดังนี้

$$Q = U \times A \times (t_o - t_i)$$

Q = ปริมาณการถ่ายเทความร้อน (W)

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (W/hm² °C)

A = พื้นที่ผิวที่ได้รับความร้อน

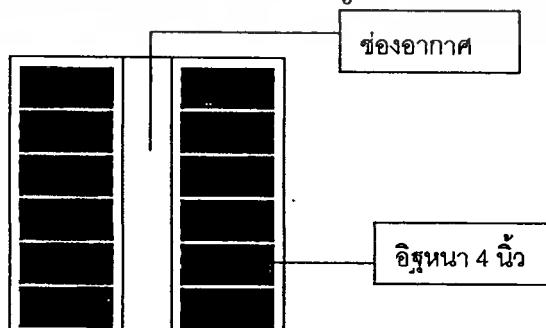
t_o = อุณหภูมิอากาศภายนอก (°C)

t_i = อุณหภูมิอากาศภายใน (°C)

2.2.4 แนวความคิด และหลักการทํางานของระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบปิด

2.2.4.1 การทํางานของระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าความสามารถในการต้านทานความร้อนผ่านช่องอากาศนั้น ขึ้นอยู่กับความสามารถในการพาความร้อน และการนำความร้อนของช่องอากาศซึ่งเป็นผลมาจากขนาดความกว้างของช่องอากาศที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ปัจจัยในด้านวัสดุที่ประกอบกันขึ้นเป็นระบบผนังที่มีช่องอากาศก็มีส่วนสำคัญกับความสามารถในการต้านทานความร้อนของผนัง



รูปที่ 2.11 แสดงส่วนประกอบของระบบผนังที่มีช่องอากาศ

1. ผนังชั้นนอก (Outer Leaf) วัสดุผนังชั้นนอกต้องเผชิญกับสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนอยู่ตลอดเวลาตลอดทั้งวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอิทธิพลจากแสงแดด จึงจำเป็นต้องกำหนดคุณสมบัติที่เหมาะสมของวัสดุที่จะนำมาใช้กับระบบผนังที่มีช่องอากาศ ดังนี้

- มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ เช่น แดด ลม ฝน
- มีความแข็งแรงทนทานต่อแรงที่กระทำจากภายนอก
- สามารถป้องกันความชื้นได้
- หาซื้อและก่อสร้างได้สะดวก
- ผนังชั้นนอก ทำหน้าที่เป็นตัวรับแสงแดดโดยตรง โดยจะทำให้อุณหภูมิในช่องอากาศสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก ทำให้เกิดการไหลของอากาศภายนอกเข้ามาแทนที่ในช่องอากาศอย่างต่อเนื่องทำให้ภายในช่องอากาศมีอุณหภูมิเท่ากับหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก และผนังชั้นนอกยังทำหน้าที่เป็นร่มเงา (Shading) ให้กับผนังชั้นในไปในตัว

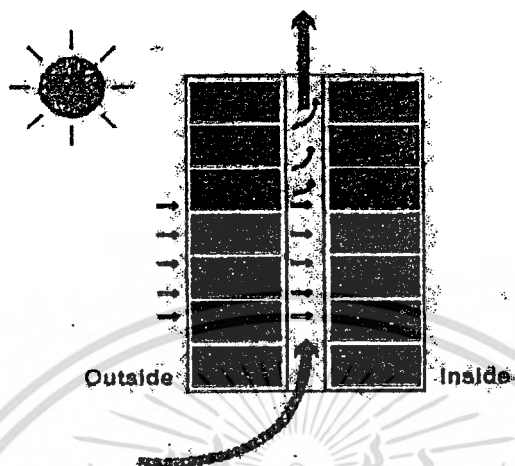
2. ช่องอากาศ (Cavity) เป็นช่องอากาศแบบเปิด (Vented Cavity) อยู่ระหว่างผนังชั้นนอกกับผนังชั้นในเปิดโล่งตลอดแนวผนัง ถ้าเป็นผนังแบบโครงเคร่าช่องอากาศจะเปิดโล่งขนานกับโครงเคร่าแนวนอน โดยไม่มีโครงเคร่าแนวนอนมาปิดกั้น ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนออกจากผนังไม่ให้ความร้อนเข้าสู่ภายใน โดยการเคลื่อนที่ของอากาศภายในช่องอากาศ

3. ผนังชั้นใน (Inner Leaf) เป็นผนังชั้นในสุดของระบบผนังที่มีช่องอากาศ เป็นผนังที่มีด้านหนึ่งสัมผัสกับอากาศภายในอาคาร ซึ่งจะไม่โดนแดดโดยตรงเลย เพราะมีผนังชั้นนอกทำหน้าที่เสมือนเป็นแผงกันแดดให้ และมีช่องอากาศแบบเปิดเป็นตัวปรับอุณหภูมิภายในช่องอากาศให้ใกล้เคียงหรือเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก ผนังชั้นในจึงไม่จำเป็นต้องมีความแข็งแรงเท่ากับผนังภายนอก ควรมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนจากภายในช่องอากาศ และควรเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อยเพื่อไม่ให้เกิดการกักเก็บความร้อนในผนังชั้นใน

2.2.4.2 พฤติกรรมของระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด

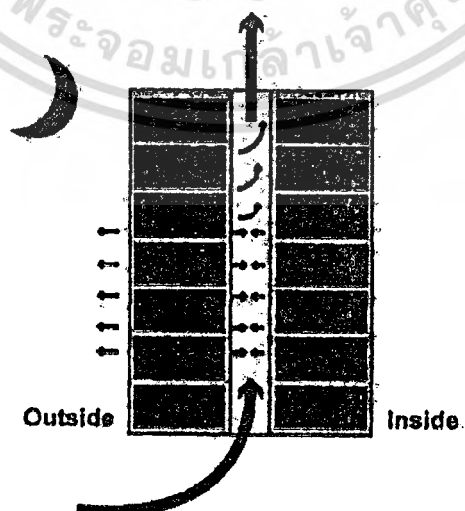
ในเวลากลางวัน ผนังชั้นนอก (Outer leaf) ซึ่งโดนแดดโดยตรงตลอดทั้งวัน โดยเฉพาะอุณหภูมิอากาศที่ติดอยู่กับพื้นผิวจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปสู่ช่องอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้อุณหภูมิภายในช่องอากาศสูงขึ้น ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเช่นกัน ดังนั้นจึงเกิดความต่างศักย์ของ

อุณหภูมิขึ้น ทำให้อากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเคลื่อนเข้าไปแทนที่อากาศภายในช่องอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิภายในช่องอากาศจึงมีค่าใกล้เคียงหรืออาจเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก



รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศในเวลากลางวัน

ในเวลากลางวัน อุณหภูมิที่ผิวของผนังชั้นนอกจะเย็นกว่าอากาศ เพราะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับชั้นบรรยากาศ (Longwave Radiation Heat Exchange) เป็นผลให้อุณหภูมิภายในช่องอากาศเย็นลง ซึ่งอาจใกล้เคียงหรือเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก ส่วนอุณหภูมิที่ผิวผนังชั้นในที่สูงกว่าอุณหภูมิภายในช่องอากาศ จะค่อยๆ ถ่ายเทความร้อนให้กับช่องอากาศที่เย็นกว่า จนอุณหภูมิผิวผนังชั้นในมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิช่องอากาศ และอุณหภูมิอากาศภายนอก จึงไม่เกิดการสะสมความร้อนมากนักในระบบผนัง เป็นผลทำให้อุณหภูมิภายในอาคารเย็นสบาย



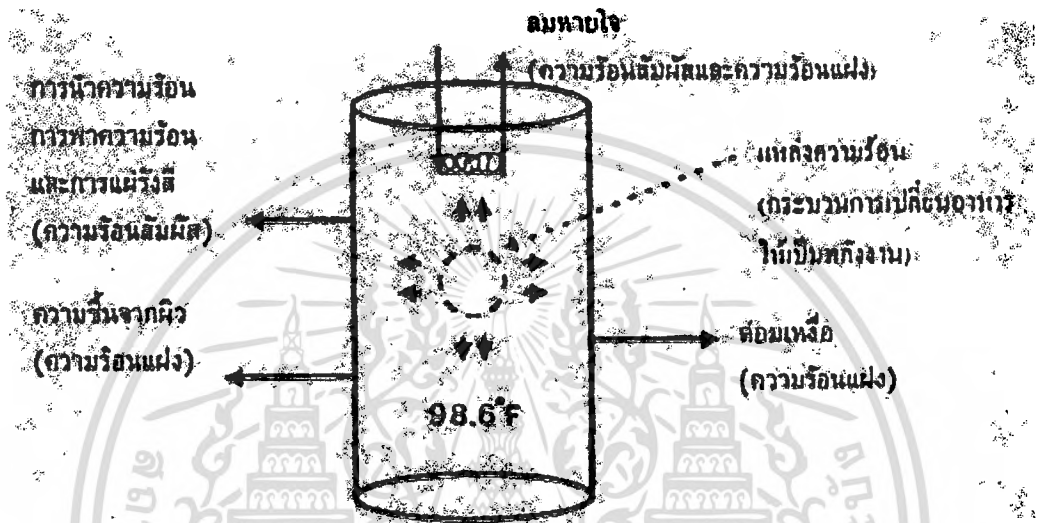
รูปที่ 2.13 แสดงการทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศในเวลากลางคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ปัจจัยด้านอุณหภูมิและสิ่งแวดล้อมกับมนุษย์

2.3.1 การตอบสนองของร่างกายมนุษย์ต่อภาวะแวดล้อม (วันเอก กิจสมใจ. 2538)

การเลือกภาวะออกแบบสามารถทำให้ผู้อาศัยรู้สึกสบาย จำเป็นต้องทราบลักษณะการตอบสนองของร่างกายต่อภาวะแวดล้อม เพื่อความสะดวกในการพิจารณาจะกำหนดให้ทรงกระบอกขนาด 10 นิ้ว x 5 ฟุต ซึ่งมีพื้นที่ผิวคงที่แทนร่างกายคนดังรูป



รูปที่ 2.14 แสดงการตอบสนองของร่างกายมนุษย์กับอุณหภูมิโดยรอบ

ร่างกายของคนคล้ายกับเครื่องจักรซึ่งกำเนิดพลังงานความร้อนโดยกระบวนการเปลี่ยนอาหารให้เป็นพลังงานตลอดเวลา อัตรากำเนิดความร้อนของร่างกายอาจแปรผันได้บ้างตามสภาพของกิจกรรม อย่างไรก็ตาม ร่างกายจำเป็นต้องคายความร้อนออกตลอดเวลาในอัตราเท่ากับอัตราการกำเนิด เพื่อรักษาอุณหภูมิร่างกายให้คงที่ที่ 98.6°F ซึ่งเป็นอุณหภูมิเหมาะสมสำหรับการทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย ร่างกายอาจระบายความร้อนออกได้สองทางด้วยกัน คือ ทางผิวหนัง และทางลมหายใจ ความร้อนที่ระบายออกมีทั้งความร้อนในรูปความร้อนสัมผัสและในรูปความร้อนแฝง การระบายความร้อนสัมผัสเกิดขึ้นโดยวิธีการถ่ายเทความร้อนทั้งสามวิธีคือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การนำความร้อนเกิดขึ้นเมื่อร่างกายสัมผัสกับวัสดุที่เป็นของแข็ง การพาความร้อนเกิดขึ้นเมื่อร่างกายสัมผัสกับอากาศหรือของไหลอื่น การแผ่รังสีความร้อนเกิดขึ้นเมื่อร่างกายมีอุณหภูมิต่างกับวัสดุอื่น ส่วนการระบายความร้อนแฝงนั้นเกิดจากการระเหยของน้ำที่ผิวหนังและการสูญเสียความร้อนไปกับลมหายใจ

จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมเป็นส่วนประกอบสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการระบายความร้อนของร่างกายมนุษย์ อุณหภูมิผิวของวัสดุ โดยรอบของสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิของร่างกายจะทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนออกจากร่างกายเป็นไปได้ยาก หรือระบายต่ำกว่าอัตราการกำเนิดความร้อนภายในอุณหภูมิร่างกายมีแนวโน้มที่จำสูงกว่า 98.6 °F ร่างกายจะลดอัตราการกำเนิดความร้อนภายในให้ต่ำลงโดยธรรมชาติ ซึ่งปรากฏให้เห็นโดยลักษณะการเคลื่อนไหวที่ช้าลงหรือรู้สึกอ่อนเพลียเป็นต้น ในเวลาเดียวกันร่างกายจะกระตุ้นกลไกการระบายความร้อนออกจากร่างกายเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มการไหลเวียนของโลหิตได้ผิวหนังให้สูงขึ้น ถ้าหากปฏิบัติการดังกล่าวยังไม่เพียงพอ ร่างกายจะเริ่มหลังห้องเพื่อระบายความร้อนในรูปความร้อนแฝงเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง สำหรับในวันที่หนาวจัดจะเกิดเหตุการณ์ตรงข้าม ในกรณีดังกล่าวนี้คนจะรู้สึกไม่สบาย

จากสภาพความเป็นจริงการออกแบบอาคารให้อยู่ในภาวะน่าสบายนั้น ควรจะต้องคำนึงถึงสภาวะของสิ่งแวดล้อมภายนอกอีกด้วย เนื่องจากร่างกายมนุษย์สามารถปรับอัตราการกำเนิดพลังงานและการระบายความร้อนได้อย่างช้าๆ การเปลี่ยนแปลงสภาวะอุณหภูมิโดยที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงโดยกะทันหันจากภายในอาคารมาสู่ภายนอกอาคารที่อุณหภูมิแตกต่างกันมากเนื่องจากอุณหภูมิผิวภายนอกอาคารสูงทำให้ MRT (Mean Radiant Temperature) ของบริเวณภายนอกอาคารสูงอาจทำให้ผู้อาศัยภายในอาคารปรับตัวไม่ทันในขณะที่เดินเข้าหรือออกจากอาคาร ทำให้เกิดอาการไม่สบายได้

2.3.2 Mean Radiant Temperature (MRT)

อุณหภูมิของพื้นผิวสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิร่างกายโดยที่ปัจจัยส่วนหนึ่งที่ประกอบขึ้นเป็นสภาวะน่าสบายของมนุษย์คือการแผ่รังสีความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ การคิดค่าการแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแวดล้อมนี้คิดเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ของการแผ่รังสีจากแหล่งต่างๆในสภาวะแวดล้อม

สูตรการคำนวณ Mean Radiant Temperature (MRT)

$$MRT = \sum T \theta / 360 = (T_1 \theta_1 + T_2 \theta_2 + \dots + T_n \theta_n) / 360$$

เมื่อ T = อุณหภูมิผิวของวัสดุ (Surface temperature)

θ = มุมที่เปิดรับกับพื้นผิววัสดุ ณ จุดที่ทำกรวัด

(Surface exposure angle relative to occupant in degrees)

2.3.3 Surface conductance

Surface conductance คือ กระบวนการที่ความร้อนจะถูกส่งผ่านไปสู่อุณหภูมิผิว หรือถูกพาออกไปจากผิวด้วยกระบวนการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) ทั้งหมดผสมผสานกัน ซึ่งแต่ละหนทางของการส่งผ่านความร้อนที่กล่าวมาแล้วนั้นต่างเป็นอิสระไม่เกี่ยวข้องกัน (Vary independent)

การแลกเปลี่ยนความร้อนของผิวหน้ากับสภาพแวดล้อมโดยการแผ่รังสีความร้อน (Long wave radiation heat exchange) นั้นถูกควบคุมด้วยลักษณะของพื้นผิวหน้าคือ Emittance และ Reflectivity และค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและค่าของมุม (Solid angle) ระหว่างผิววัสดุกับสภาวะแวดล้อม

การแลกเปลี่ยนความร้อนของผิวหน้ากับสภาพแวดล้อมโดยการนำความร้อน (Surface conduction) และการพาความร้อน (Surface convection) ถูกควบคุมด้วยลักษณะความหยาบของพื้นผิว (Surface roughness) ความเร็วลมที่พัดผ่าน

จากตารางที่ 2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวที่เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีความร้อน

ตารางที่ 2.5 Variation in surface heat flux for vertical surfaces at 26.5 with different temperature of surrounding surface (21.1 ambient still air ; 0.83 Emittance)

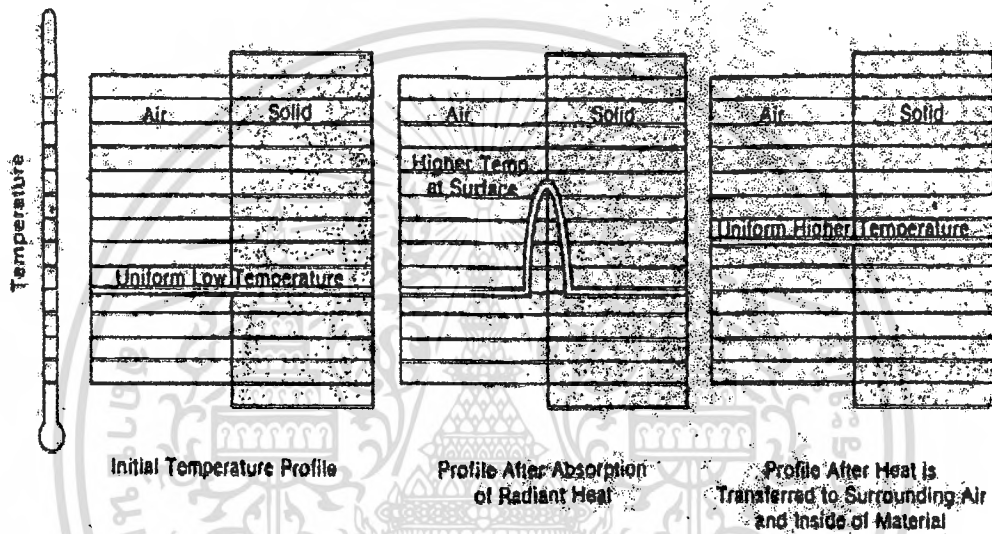
Surrounding surface	Surface heat flux, W/m ²				
Temperature	23.9	21.2	18.3	15.6	10
Convection	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8
Radiation	13.9	27.1	40.4	53.6	78.5
Total	34.7	47.9	61.2	74.4	99.3

2.3.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพื้นผิววัสดุ

จากการศึกษาในเบื้องต้น พบว่า ในความเป็นจริงความร้อนจำนวนมากจากสภาวะแวดล้อมโดยทั่วไปทั้งจากภายนอก และภายในอาคาร ได้แก่ จากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์, มนุษย์, เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ไม่ได้ทำให้อุณหภูมิของอากาศร้อนขึ้นมาอย่างทันที ในเบื้องต้น

รังสีความร้อนเหล่านั้นจะต้องกระทบกับพื้นผิวของวัตถุ (Solid surface) ที่ง่หลายเสียก่อนและถูกดูดกลืนเข้าไปในมวลสารของวัตถุนั้น ก่อนที่จะแผ่รังสีความร้อนกลับออกมาสู่ภายนอก

ความร้อนจำนวนหนึ่งที่ถูดูดกลืนเข้าไปในมวลสารของวัตถุทำให้อุณหภูมิผิวภายนอกของวัตถุสูงขึ้นกว่าภายในและได้ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่อยู่ติดกับผนังนั้นสูงขึ้นด้วย จากความแตกต่างของอุณหภูมินี้ทำให้ความร้อนถูกส่งผ่านเข้าไปในตัววัตถุโดยการนำความร้อน (Conduction) และสู่อากาศโดยการพาความร้อน (Convection) จนกระทั่งอุณหภูมิทั้งภายนอกและภายในเท่ากัน ดังรูปที่แสดงดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.15 ภาพแสดง Radiant heat penetration into a solid object

ในขณะที่เดียวกันที่ความร้อนถูกนำ (Conduction) เข้าสู่วัตถุได้ถูกสะสมไว้ในตัววัตถุเอง ความร้อนนั้นก็ถูกนำพาออกไป (Convection) สู่อากาศด้วยในขณะเดียวกันเป็นการถ่ายเทความร้อน (Heat gain) เข้าสู่สิ่งแวดล้อม ถัดส่วนของความร้อนจากสิ่งแวดล้อมที่จะสะสมเนื้อวัสดุมากหรือน้อยนั้น ต่างก็ขึ้นอยู่กับ

1. อัตราส่วนของค่าความต้านทานความร้อน (Thermal resistance) ของวัตถุนั้นกับค่าความต้านทานของความร้อน ที่ชั้นบางๆของอากาศ (Air film) ที่สัมผัสตัววัตถุนั้นอยู่
2. ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ผิววัตถุกับอุณหภูมิในเนื้อวัสดุเปรียบเทียบกับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิจึงกับอุณหภูมิของอากาศรอบๆ

ปกติแล้วค่าความต้านทานต่อความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่เนื้อวัสดุของอาคารส่วนใหญ่ที่ไม่ใช่ฉนวนนั้นมักจะน้อยกว่าค่าความต้านทานของ Air film ที่ผิววัตถุนั้นๆมาก ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิของวัตถุและอุณหภูมิของอากาศเริ่มจะปรับตัวให้เข้ากัน ความร้อนส่วนใหญ่ก็ยังคงสะสมอยู่ในตัววัตถุนั้นเอง อย่างไรก็ตาม เมื่อกระบวนการสะสมความร้อนดำเนินต่อไปเรื่อยๆอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในของเนื้อวัสดุก็เริ่มจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้กระบวนการส่งผ่านความร้อน อุณหภูมิภายในของเนื้อวัสดุก็เริ่มจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้กระบวนการส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุเป็นไปอย่างช้าๆ และเริ่มเป็นการสะสมความร้อนภายในตัววัสดุเอง และในสภาพดังกล่าว ถ้าอุณหภูมิของอากาศที่สัมผัสอยู่กับพื้นผิววัสดุสูงขึ้นมากๆ ความร้อนที่จะถูกพา (Convected) จากพื้นผิวก็ยิ่งน้อยลง แต่กลับถูกสะสมอยู่ในตัววัสดุมากขึ้น

ดังนั้นนอกจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผิวจะเกิดขึ้นเนื่องจาก Radiant Heat แล้วอุณหภูมิผิวยังสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการพาความร้อนเข้ามาจากอากาศที่สัมผัสอยู่โดยรอบที่อุณหภูมิสูงกว่าอีกด้วย และความร้อนดังกล่าวนี้ยังอาจจะถูกสะสมเข้าไปในตัววัสดุได้อีกส่วนหนึ่ง อย่างไรก็ตามเมื่อค่าการส่งผ่านความร้อนผ่าน Air film ยังเป็นไปได้น้อยอยู่ ผลกระทบของการแผ่รังสีความร้อนนั้นก็ยังเป็นสิ่งที่เห็นได้ชัดเจนกว่า

2.3.5 ความจุความร้อน (Heat Capacity)

ค่าความจุความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุหนึ่งหน่วยปริมาตร หรือพื้นที่ผิว 1 หน่วยพื้นที่ มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศา มีหน่วยเป็น Kcal/m³ หรือ Kcal/m² วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูงจะกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งช้าลง และจะมีผลทำให้อุณหภูมิผิววัสดุที่มีค่าความจุความร้อนแตกต่างกัน มีค่าแตกต่างกัน

2.3.6 Sol-air temperature

Sol-air temperature คือ อุณหภูมิทางทฤษฎีของอากาศที่ติดกับผิววัสดุตอนที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงแดดและการแลกเปลี่ยนรังสีจากดวงอาทิตย์ จากการแลกเปลี่ยนความร้อนจากท้องฟ้าจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบ และจากการถ่ายเทความร้อนจากอากาศ

การกำหนดค่า Sol-air temperature สามารถทำได้โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\text{Sol-air temperature } (T_s) = T_{out} + I \times \alpha / h_0 - \epsilon \Delta R / h_0$$

โดยที่	T_s	=	Sol-air temperature
	T_{out}	=	อุณหภูมิอากาศภายนอก
	α	=	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนความร้อนของผิววัสดุ (ไม่มีหน่วย)
	h_0	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิวภายนอกทั้งหมด
			ซึ่ง รวมทั้ง Long Wave Radiation และ Convection (Btu/HR.SF.)

ΔR = ค่าความแตกต่างระหว่างอัตราแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุและท้องฟ้า (Btu/HR.SF.)

ϵ = สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนออกจากพื้นผิว

กรณีพื้นผิวแนวตั้ง (Vertical surfaces) เนื่องจากพื้นผิวแนวตั้งรับ Long wave radiation ทั้งจากพื้นดินและอาคารที่แวดล้อมอยู่โดยรอบพอๆกันกับได้รับจากท้องฟ้า สามารถกำหนดค่า ΔR ที่แน่นอนได้โดยยาก เมื่อปริมาณความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์สูงขึ้น พื้นผิวของวัสดุโดยทั่วไปส่วนใหญ่จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเสมอ ด้วยเหตุนี้ปริมาณการแผ่รังสีคลื่นยาวออกจากวัตถุ (Long Wave Radiation) ที่เพิ่มขึ้นต่างก็ชดเชยไปกับค่าการกระจายความร้อนของท้องฟ้าที่มีค่าต่ำ ด้วยเหตุนี้ ในการคำนวณปกติ จึงคิดเสมือนว่าค่า $\Delta R = 0$ สำหรับพื้นผิวแนวตั้ง

สมการที่ใช้คำนวณปริมาณความร้อนเข้าออกจากอาคารโดยทั่วไป ใช้สมการต่อไปนี้ คือ

$$Q = U \times A \times \Delta T \dots\dots\dots (1)$$

$$Q = U \times A \times CLTD \dots\dots\dots (2)$$

โดยที่

Q = ปริมาณความร้อนที่เข้าหรือออกจากอาคาร

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง

ΔT = ความแตกต่างระหว่างความร้อนภายนอกและภายใน

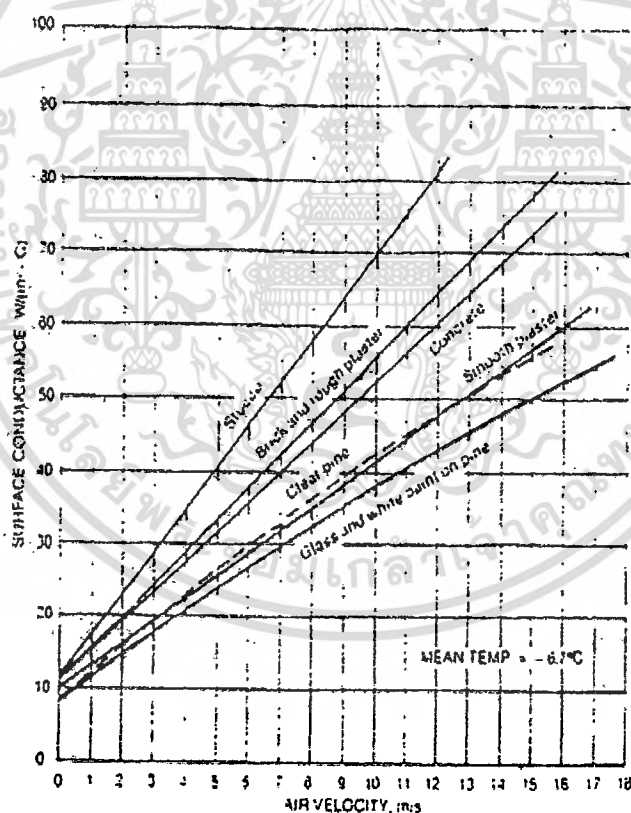
CLTD = ภาวะความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า หรือ Cooling Load Temperature Different

ทั้งสองสมการข้างบนนี้ จะพบว่า การคำนวณจะใช้สมการที่ 1 ในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างความร้อนภายนอกและภายในมีค่าคงที่ (Steady state condition) หรืออิทธิพลจากองค์ประกอบภายนอกไม่รุนแรงนัก ในสมการที่ 2 ค่า ΔT ถูกเปลี่ยนเป็น CLTD เพื่อปรับให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น เพราะในทางปฏิบัติแล้วความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในไม่เคยคงที่แต่จะเปลี่ยนไปตามสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้การคำนวณค่า Peak load ของอาคารจึงใช้ค่า CLTD แทน ΔT จากการศึกษารายละเอียดในการคำนวณ จะพบว่า ค่า CLTD นั้นเป็นค่าที่ดัดแปลงมาจาก ΔT หากแต่ปรับเปลี่ยนให้เข้ากับอิทธิพลภายนอกหลายองค์ประกอบ เช่น เวลา, วัน, เดือน และเขต

ละติจูดที่เกิด Peak Load , มวลสารของผนัง, สีของผนัง, การหน่วงเวลาของผนังตลอดจนผลกระทบของแสงแดด อุณหภูมิและสภาพแวดล้อม หรือ ถ้าจะมองกันอย่างลึกซึ้ง ก็คือ ค่า CLTD นั้นพยายามจะปรับให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยการคำนวณได้พยายามคำนึงถึงตัวแปรต่างๆที่มีต่ออิทธิพลการถ่ายความร้อน

จากสมการที่ได้กล่าวถึงในข้างต้น จะเห็นได้ว่า ถ้าพื้นที่ผิว A ที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีส่วนทำให้ค่าของปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าหรือออกจากวัสดุหรืออาคารมีปริมาณเปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อปัจจัยอื่นๆคงที่

Parmelee and Huebcher (1947) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของความเร็วลม (Air movement) ที่มีอย่างเห็นได้ชัดต่อการนำความร้อนของพื้นผิววัสดุพบว่าพื้นที่ผิว (Surface Length) ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่ออุณหภูมิผิวและการพาความร้อนของพื้นผิวดังภาพตารางที่แสดงต่อไปนี้



รูปที่ 2.16 Surface conductance for different 300mm. square surface as affected by air movement

จากผลของการศึกษาดังกล่าวเราจะเห็นได้ว่า ผิวของผนัง Stucco ซึ่งเป็นผนังที่มีผิวขรุขระจะเป็นผนังที่มีค่า Surface conductance มากที่สุด เมื่อความเร็วลมเพิ่มมากขึ้น และผนัง Glass and white paint on pine ซึ่งเป็นผนังที่ผิวเรียบที่สุดค่า Surface conductance จะต่ำที่สุดในขณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วลมที่เท่าๆกัน อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นการศึกษาที่ค่า Mean temperature ต่ำมาก คือ -6.7 °c ดังค่าที่แสดงในตารางจึงเป็นที่น่าสงสัยว่าถ้าในสภาวะที่มีตัวแปรอื่นๆมากระทบด้วยและมีผลต่ออุณหภูมิผิววัสดุเช่นกัน เช่น การทดลองในสภาวะอุณหภูมิปกติของประเทศไทย ผลสุดท้ายอุณหภูมิผิววัสดุที่วัดได้จากการทดลองจะเป็นอย่างไร ในทางปฏิบัติจริง ลักษณะของพื้นผิวจะเป็นปัจจัยหลักในการทำให้อุณหภูมิผิวของวัสดุเปลี่ยนแปลงเนื่องจาก Surface conductance หรือ ไม่

2.3.7 การลดอุณหภูมิผิวของอาคารโดยใช้ต้นไม้ปกคลุม

เถาไม้เลื้อย (Vines) เป็นพืชที่สามารถปลูกให้ปกคลุมอาคารได้เป็นบริเวณกว้างในระยะเวลาที่ไม่นาน สามารถใช้ประโยชน์ได้ในกรณีที่มีพื้นที่ในบริเวณพื้นดินจำกัด หรืออาคารสูง ซึ่งไม่สามารถใช้ประโยชน์ร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่โดยรอบได้

เถาไม้เลื้อยที่ปกคลุมอยู่กับผนังอาคารสามารถที่จะลดอุณหภูมิของผนังได้อย่างน่าเชื่อถือ โดยการบังเงาให้กับผนังและการระเหยของน้ำ (Shading and Evapotranspiration) อุณหภูมิของผนังสามารถลดลงได้ 5° -10° F (3° -6° C) จากการวัดอุณหภูมิของเถาไม้เลื้อยที่ไม่หนาแน่นมาก (หนาประมาณ 3 นิ้ว หรือ 7.6 เซนติเมตร และหนาแน่นประมาณ 80%) ในสภาวะที่ไม่โดนแสงโดยตรง (Indirect Light) และเมื่อปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงสูงสุด อุณหภูมิที่วัดได้จากผนังที่มีเถาไม้เลื้อยปกคลุมต่ำกว่าผนังที่ไม่มีอะไรปกคลุมถึง 10° -15° F (6° -8° C) (Bradshaw, 1993)

2.4 นิยามศัพท์ผู้มีรายได้น้อย

ศัพทานุกรมการวิจัยทางประชากรและสังคม ของสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. 2552) ได้ให้ความหมายของคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

รายได้ (Income)

หมายถึง ผลประโยชน์หรือรายได้ที่เกิดจากการประกอบธุรกิจ การทำงาน การออม หรือการลงทุน รวมทั้งการได้รับมรดกหรือได้โดยเสน่หา

ความยากจน (Poverty)

หมายถึง สภาพขาดแคลนทรัพยากรที่จำเป็นต่อการยังชีพ ในทางสังคมวิทยา “ความยากจน” มีความหมายในเชิงสัมพัทธ์ คือ หมายถึงการที่บุคคลหรือกลุ่มคนขาดแคลนทรัพยากรเมื่อเปรียบเทียบกับคนหรือกลุ่มอื่นในสังคม คนที่มีทรัพยากรที่จำเป็นต่ำกว่ามาตรฐานการครองชีพของคนในสังคมนั้นเรียกว่า “คนยากจน”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ ยังมีคำอื่น ที่พาดพิง หรือ ให้ความหมายของ ผู้มีรายได้น้อย หมายถึง คนยากจนในเมือง เช่น

“คนจนเมือง คือ ผู้มีรายได้น้อย ไม่เพียงพอต่อการครองชีพและภาระค่าใช้จ่ายของครอบครัว มีสภาพที่อยู่อาศัยไม่ถูกสุขลักษณะ ซึ่งส่วนใหญ่จะพบในชุมชนแออัดของกรุงเทพมหานคร” (วิจิตร ระวิวงศ์ และคณะ. 2542)

ความหมายอื่น เช่น

“สภาพคนจนในเมือง พอจำแนกได้ดังนี้

1. ทางสังคม คนจนเมืองไม่ได้รับการยอมรับจากสังคม มีความรู้สึกต่ำต้อยเป็นอีกชั้นหนึ่งของสังคม มีการศึกษาน้อย ทำให้ขาดความรู้ความเข้าใจในระบบต่าง ๆ ของสังคม
2. อาชีพ คนจนเมืองถือว่าเป็น ผู้มีรายได้น้อย และมีรายได้น้อย เนื่องจากมีอาชีพที่ไม่มั่นคง หาเช้ากินค่ำ ขาดความรู้ความชำนาญในวิชาชีพ อาศัยการขายแรงงานเป็นหลัก
3. การเมือง ไม่เคยรับรู้เรื่องสิทธิขั้นพื้นฐาน ไม่ค่อยมีโอกาสหรือมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ขาดโอกาสที่จะได้รับบริการพื้นฐานจากรัฐ
4. ที่อยู่อาศัย ขาดความมั่นคงในที่อยู่อาศัยเป็นผลให้มาตรฐานการอยู่อาศัยต่ำลงเรื่อย ๆ และแออัดมากขึ้น” (สุวัฒน์ คงแป้น. 2545)

ข้อความที่พาดพิงเกี่ยวกับ นิยาม ของความยากจน เช่น

“คนจน โดยความหมายทั่วไปหมายถึง บุคคลที่มีรายได้น้อยไม่เพียงพอในการใช้จ่ายเพื่อสนองความต้องการพื้นฐานขั้นต่ำในการดำรงชีพ” (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ)

ในอีกความหมายอื่น เช่น

“ความยากจน โดยทั่วไปจะ หมายถึง ความยากจนในเชิงเศรษฐกิจ (Monetary Dimension) นั่นคือพิจารณา ที่ระดับรายได้ หรือฐานะทางเศรษฐกิจของบุคคลว่ามีรายได้น้อยไม่เพียงพอกับการดำรงชีพได้ตามมาตรฐานขั้นต่ำ หรือมีรายได้น้อย ต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพชีวิตขั้นต่ำที่ยอมรับในแต่ละสังคม (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. 2551)

หรืออีกตัวอย่าง เช่น

“ความยากจน หมายถึง ความไร้สมรรถภาพของผู้คนที่เข้าถึงทรัพยากรอันจำเป็นในการดำรงชีวิต เพราะตัวนโยบายการพัฒนาได้แย่งเอาทรัพยากรที่เขาใช้อยู่ไปให้คนอื่นใช้ เช่น เอาแหล่งจับปลาไปทำเขื่อนไฟฟ้า หรือทำลายทรัพยากรชายฝั่งเพื่อตั้งเวทยานายทุนเลี้ยงกุ้ง หรือนายทุนเรือปลากะตัก เป็นต้น ในที่สุดคนเหล่านี้ก็พึ่งตนเองไม่ได้ และไร้อำนาจทั้งในตลาดและในการเมือง” (นิธิ เอียวศรีวงศ์. 2543)

นอกจากนี้ ยังพบว่า มีการนิยามศัพท์ “ผู้มีรายได้น้อย” รวมไปถึงคำว่า ชุมชน เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“การเคหะแห่งชาติได้กำหนดนิยามของ “ชุมชนผู้มีรายได้น้อย” ว่าเป็นชุมชนที่มีลักษณะ ดังนี้ คือ บ้านเรือนตั้งอยู่อย่างหนาแน่นในที่ที่ไม่ใช่ของตนเอง สภาพบ้านเรือนไม่มั่นคง ถนนหรือทางเดินแคบ ไม่มีทางระบายน้ำ คนในชุมชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพที่ไม่เป็นทางการ และคนที่อยู่อาศัยรู้สึกร่วมกันว่าเป็นชุมชนเดียวกัน ทำกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมกัน”(การเคหะแห่งชาติ. 2551)

และยังมีการนิยามถึงผู้มีรายได้น้อย ขึ้นใช้ภายในหน่วยงานนั้น ๆเอง เช่น

“ผู้มีรายได้น้อยหมายถึง ผู้มีรายได้ต่อครัวเรือนไม่เกินเดือนละ ๑๕,๐๐๐ บาท (ณ ปี ๒๕๔๖-๒๕๔๗) หรือไม่เกิน ๑๗,๕๐๐ บาท (ณ ปี ๒๕๔๘) หรือไม่เกิน ๒๒,๐๐๐ บาท (ณ ปี ๒๕๔๙)” (การเคหะแห่งชาติ. 2551)

นอกจากนี้ หากเราไปดูเกณฑ์มาตรฐานของผู้ที่จะทำสัญญาในโครงการ บ้านเอื้ออาทร ซึ่งเป็นโครงการบ้านพักอาศัยของผู้มีรายได้น้อย เราจะพบว่า การเคหะแห่งชาติ ได้กำหนดให้ผู้ทำสัญญาต้องเป็นผู้ที่มีรายได้ต่อเดือนไม่เกิน 30,000 บาท

โดยสรุปแล้ว คำนิยามของคำว่า ผู้มีรายได้น้อย จะขึ้นอยู่กับว่า อ้างอิงจากอะไร หรือ จากหน่วยงานใด เนื่องจากคำนี้ โดยปกติแล้ว ไม่สามารถ จำกัดความได้แน่นอน เพราะ ในแต่ละที่ ความหมายของผู้มีรายได้น้อยก็จะแตกต่างกันไปตามรายได้เฉลี่ยของที่นั้น ๆ หรือ ของปี พ.ศ.นั้น ๆ หากนำความหมายทั้งหมดมาสรุปเป็นตารางจะได้ดังนี้

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบนิยามศัพท์ผู้มีรายได้น้อย (ที่มา : ผู้วิจัย)

แหล่งอ้างอิง	ความหมายที่พาดพิง หรือ ระดับรายได้				
	คนจน	สภาพที่อยู่อาศัย	ระดับรายได้	สาธารณูปโภคพื้นฐาน	กรมเมือง และสังคม
นิยาม [1]	●		●	●	
นิยาม [2]	●	●	●		
นิยาม [3]	●	●	●	●	●
นิยาม [4]	●		●		
นิยาม [5]	●		●	●	
นิยาม [6]	●			●	●
นิยาม [7]		●		●	●
นิยาม [8]			●		
นิยาม [9]			●		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนิยาม และ ตารางข้างต้น เราจึงอาจสรุปได้ว่า ผู้มีรายได้น้อย คือ คนยากจนในเมืองที่มีระดับรายได้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดโดยภาวะทางเศรษฐกิจในปีนั้น ๆ และมีสภาพของการอยู่อาศัยและใช้ชีวิตได้อย่างจำกัด ดังนั้นการกำหนดมาตรฐานของผู้มีรายได้น้อยในการศึกษาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงกำหนดเทียบตามปี พ.ศ.2552

2.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 กรกฎ ทอชม. 2549. “การใช้พัดลมไฟฟ้าเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนังแบบช่องอากาศภายในสำหรับบ้านพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการป้องกันความร้อนด้วยผนังที่มีช่องอากาศภายในกับพัดลมระบายความร้อน ที่มีช่องอากาศภายในประกอบกับพัดลมระบายความร้อน ที่มีประสิทธิภาพในการลดความร้อนที่ผ่านผนังทางด้านตะวันตกได้มากที่สุด

สมมติฐานการทดลอง

1. ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายใน น่าจะลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคาร ได้ดีกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียว
2. การใช้พัดลมไฟฟ้าเข้ามาช่วยระบายอากาศภายในช่องว่างของผนังน่าจะช่วยให้การถ่ายเทความร้อนดีกว่า แบบช่องอากาศที่ไม่มีพัดลมไฟฟ้า
3. ระยะห่างของช่องอากาศระหว่างผนัง ยิ่งมากเท่าไรยิ่งมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้ดียิ่งขึ้น
4. ความเร็วลมในช่องอากาศ ยิ่งมากเท่าไร ประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อนจะยิ่งมากตาม
5. ระยะเวลาและช่วงเวลาที่พัดลมทำงาน จะมีผลต่อประสิทธิภาพของการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง
6. รูปแบบผนังคังกล่าว จะช่วยลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในอาคารได้ และน่าจะลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ทำให้ประหยัดไฟฟ้าให้กับอาคารได้

การดำเนินการวิจัย

วิธีการวิจัยทำการทดลองกับแบบจำลองผนังของบ้านพักอาศัยที่ใช้ระบบช่องอากาศภายในผนัง นำมาทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยแบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ เป้าหมายของการทดลองก็คือการศึกษาหารูปแบบผนังที่มีความสามารถในการลดการถ่ายเทความร้อน โดยยังคงใช้วัสดุที่ทำได้ง่ายในท้องถิ่น ราคาถูก ทำการทดสอบคุณลักษณะของช่องอากาศ และความกว้างของ

ช่องอากาศที่เหมาะสม โดยใช้พัดลมไฟฟ้ามาเสริมเพื่อเหนี่ยวนำอากาศภายในช่องผนัง ป้องกันอื่น ๆ ที่ไม่ได้ครอบคลุมในการศึกษา ได้แก่

1. ความหนาของวัสดุทดสอบ
2. ความชื้นที่เกิดจากการกลั่นตัว (Condensation) ที่อาจเกิดขึ้นภายในช่องอากาศ
3. ประสิทธิภาพของผนังกับอาคารที่ปรับอากาศ
4. แผลงหรือสัตว์เลื้อยคลานต่าง ๆ ที่อาจเข้ามาทางช่องอากาศ ทำให้มีผลต่อภาระระบายความร้อนและประสิทธิภาพการลดการถ่ายเทความร้อนของผนังลดลง
5. ทิศทางที่เหมาะสมกับระบบผนังที่มีช่องอากาศตรงกลาง
6. ความเร็วลมภายนอกที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการลดความร้อนผ่านผนัง
7. ฤดูกาลที่เหมาะสมต่อการใช้ผนัง 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายใน

วิธีการทดลองกระทำโดยนำแบบจำลองผนังมาทดลองกลางแจ้ง โดยหันไปทางด้านทิศตะวันตก ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ พบว่า วัสดุที่เหมาะสมในการสร้างผนังที่มีช่องอากาศภายใน คือ ผนังภายนอกเป็นฝาไม้เทียม และภายในเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน โดยมีความกว้างของช่องอากาศที่เหมาะสมคือ 5 – 7 ซม. ความเร็วลมที่ใช้ระบายความร้อน ยิ่งมีความเร็วมาก ยิ่งระบายความร้อนได้รวดเร็ว แต่ก็เป็นการนำความร้อนเข้ามาในผนังเร็วเช่นกัน เวลาเปิดพัดลมที่เหมาะสมคือระหว่างเวลา 13.00 – 01.00 น. และการใช้อากาศเย็นช่วยช่วยระบายความร้อนสามารถช่วยลดความร้อนที่ผ่านภายในผนังลงได้

ผลการวิจัยสรุปว่า ระบบผนังที่มีช่องอากาศภายในประกอบกับพัดลมไฟฟ้าสามารถลดความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางผนังได้ และสามารถทำให้อุณหภูมิภายในอาคารลดลงได้ แต่ผลจากที่อุณหภูมิลดลงก็ไม่เป็นการคุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับราคาค่าก่อสร้างผนังเพิ่มเติม และค่าใช้จ่ายในระบบพัดลมไฟฟ้า การใช้แค่ผนังที่มีช่องอากาศภายในที่ภายนอกเป็นฝาไม้เทียม และภายในเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนจะคุ้มค่ากว่า ทั้งในด้านราคาค่าก่อสร้าง และประสิทธิภาพในการลดความร้อน

2.5.2 ชนิดา สืบพานิช. 2548. “การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารมวลสารน้อยสำหรับอาคารปรับอากาศเขตภูมิอากาศร้อน.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิจัยนี้เป็นการทดลองในสภาพการใช้งานจริง เพื่อศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและความชื้นของผนังมวลสารน้อย (น้ำหนักไม่เกิน 50 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) 3 ประเภทในอาคารปรับอากาศ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) อยู่ระหว่าง 0.3 - 0.45 Btu/hr.ft². °F3 ได้แก่ 1. ผนังไม้ฝาสำเร็จรูป (U = 0.34 Btu/ft² .hr. °F) 2. ผนังอิฐฉาบปูนเคลือบฉนวน (U = 0.43 Btu/ft² .hr. °F) และ 3. ผนัง 3 นิ้ว-EIFS (Exterior Insulation and Finished System, U=0.07 Btu/ft² .hr. °F)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนพบว่า ผนังมวลสารน้อยทั้ง 3 ประเภท มีระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time lag) น้อยกว่า 1 ชั่วโมง กรณีปรับอากาศ 24 ชั่วโมง ผนังมวลสารน้อยที่ไม่ติดฉนวนและติดฉนวน 3 นิ้ว-EIFS สามารถลดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในช่วงสูงสุดลงได้ร้อยละ 20-30 และ 80-85 ตามลำดับ กรณีเปิดเครื่องปรับอากาศช่วงเวลา 8:00 – 18:00 น. ผนังมวลสารน้อยมีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดของผนังอลูมินัมเคลดคิง 24-26 Btu/hr.ft² ผนังไม้ฝาสำเร็จรูป 19-20 Btu/hr.ft² และผนัง EIFS 6-7 Btu/hr.ft² ในกรณีปิดเครื่องปรับอากาศช่วงเวลา 20:00 – 6:00 น. ผนังมวลสารน้อยจะคายความร้อนที่สะสมในช่วงกลางวันอย่างรวดเร็วส่งผลให้มีการทำความเย็นในช่วงเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศต่ำโดยมีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดของผนังอลูมินัมเคลดคิง 4-5 Btu/hr.ft² ผนังไม้ฝาสำเร็จรูป 5-6 Btu/hr.ft² และผนัง EIFS 3-4 Btu/hr.ft² การศึกษาการถ่ายเทความร้อนขึ้นจากการรั่วซึมของอากาศพบว่าภาระการทำความเย็นจากการรั่วซึมของอากาศเฉลี่ย ของผนัง ไม้ฝาสำเร็จรูปเท่ากับ 5.62 Btu/hr.ft² ผนัง EIFS เท่ากับ 0.67 Btu/hr.ft² และผนังอลูมินัมเคลดคิงเท่ากับ 0.25 Btu/hr.ft²

ผลการวิจัยสรุปว่า กรณีปรับอากาศ 24 ชั่วโมง เมื่อไม่พิจารณาภาระการทำความเย็นในช่วงเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ ผนังที่มีการติดฉนวน 3”-EIFS ของทุกมวลสารจะมีภาระการทำความเย็นใกล้เคียงกันแต่ในกรณีที่มีการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศพบว่า ผนังมวลสารน้อยมีภาระการทำความเย็นในช่วงเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศต่ำกว่าผนังมวลสารปานกลาง 2 เท่า และต่ำกว่าผนังมวลสารมาก 3 เท่า

2.5.3 วรภัทร ฉันทกานันท์. 2546. “แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานใน ส่วนผนังอาคาร (AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR EXTERIOR WALL).” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารของส่วนที่เป็นผนังทึบ และนำมาสร้างเป็นดัชนีในการประเมินค่าประสิทธิภาพของอาคารบ้านพักอาศัยในกรณีปรับอากาศ เนื่องจาก อาคารที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ สูญเสียพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศไปกับผนังอาคารเป็นส่วนใหญ่

ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การศึกษาอิทธิพลที่เกี่ยวกับพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ ตัวแปรที่มีอิทธิพลในการป้องกันความร้อนของผนังอาคาร และตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ โดยเลือกผนังทึบที่มีการใช้งานกันทั่วไปในปัจจุบันมาทำการศึกษา นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาสร้างเป็น 5 ระดับคะแนน โดยเริ่มจากระดับคะแนน 1 แสดงศักยภาพในการประหยัดพลังงานต่ำสุด จนถึงระดับคะแนน 5 แสดงศักยภาพในการประหยัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานสูงสุด ผลจากการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังที่มากที่สุด คือ และสัดส่วนของพื้นที่ผนังที่ติดกับพื้นที่ใช้สอย ทิศทางของผนังที่ติด และลักษณะการซ้อนชั้นของฉนวนและวัสดุผนังที่ติด เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลรองลงมาตามลำดับ

จากการทดสอบแบบประเมินกับอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้ระบบผนังทั่วไปจะมีค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ตั้งแต่ 17.24 Btu/h-ft^2 ถึง 59.95 Btu/h-ft^2 มีระดับคะแนนตั้งแต่ระดับคะแนน 3 ถึงระดับคะแนน 1 ซึ่งถือว่า มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานต่ำ ส่วนอาคารพักอาศัยที่มีการคำนึงถึงการเลือกใช้ผนังอาคารและการออกแบบที่เน้นการประหยัดพลังงาน พบว่ามีค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่อยู่ที่ 2.88 Btu/h-ft^2 อยู่ที่ระดับคะแนน 5 ซึ่งถือว่า มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุด

การเลือกใช้ผนังอาคารที่เหมาะสมกับประเทศไทยจำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุที่มีความต้านทานความร้อนสูง เช่น ผนังระบบฉนวนป้องกันความร้อน เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงาน ที่เกิดจากส่วนผนังอาคารของเครื่องปรับอากาศ และหลีกเลี่ยงวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ และมีการสะสมความร้อนในตัววัสดุสูง เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังไม้ นอกจากการคำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุแล้ว การออกแบบพื้นที่ส่วนผนังที่ติด และตำแหน่งทิศทางก็มีผลในการช่วยลดค่าภาระการทำความเย็นอีกด้วย

2.5.4 อธิคม วิมลวัตรเวที. 2547. “แนวทางการออกแบบปรับปรุงบ้านเอื้ออาทร เพื่อสภาวะน่าสบายและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (DESIGN GUIDELINES FOR IMPROVE THERMAL COMFORT AND ENERGY EFFICIENCY OF BAAN EUR AH-TORN)” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสวงหากลยุทธ์ และเสนอแนะแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารที่พักอาศัยของผู้มีรายได้น้อย ทำให้เกิดประสิทธิภาพการใช้พลังงานและสร้างสภาวะน่าสบายซึ่งมีความเหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ โดยใช้อาคารพักอาศัยเดี่ยวสองชั้น ในโครงการบ้านเอื้ออาทรเป็นอาคารกรณีศึกษา การศึกษาวิจัยประกอบด้วยสองส่วนหลัก ส่วนแรกเป็นการสำรวจ ประเมินและวิเคราะห์ระดับสภาวะแวดล้อมด้านอุณหภูมิ และการใช้พลังงานในอาคาร โดยทำการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE 2.1 E ซึ่งใช้เป็นตัวแทนอาคารกรณีศึกษาในการประเมินประสิทธิภาพอาคาร การศึกษาในส่วนหลังเป็นการพิจารณาแนวทางการปรับปรุงองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม และเสนอแนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสมกับอาคารกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิจัยพบว่า ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร มาจากองค์ประกอบของอาคารที่ไม่มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพเพียงพอที่จะต้านทานความร้อนจากภายนอกได้ ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารเกิดขึ้นสูง ซึ่งองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่พบสภาพปัญหาและควรนำมาพิจารณาปรับปรุงได้แก่ ฉนวนที่บดและช่องเปิดหน้าต่าง จากสภาพปัญหาดังกล่าวนั้น ส่งผลให้อุณหภูมิภายในบางช่วงเวลาอยู่สูงกว่าระดับสภาวะน่าสบาย โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน ซึ่งมีอัตราส่วนจำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่สภาวะน่าสบายร้อยละ 66.69 ของชั่วโมงที่ใช้สอยพื้นที่ในช่วงเวลากลางวัน และร้อยละ 86.50 ของชั่วโมงที่ใช้สอยพื้นที่ในช่วงเวลากลางคืน

จากการศึกษา สามารถสรุปเป็นแนวทางการปรับปรุงอาคาร เพื่อสภาวะน่าสบายและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถเพิ่มอัตราส่วนจำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่สภาวะน่าสบายได้ถึงร้อยละ 69.29 ของชั่วโมงที่ใช้สอยพื้นที่ในช่วงเวลากลางวัน และร้อยละ 93.97 ของชั่วโมงที่ใช้สอยพื้นที่ในช่วงเวลากลางคืน โดยมีอัตราค่าก่อสร้างอาคารเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 7.4 และได้ทำการขยายผลการศึกษา โดยการนำแนวทางปรับปรุงอาคารกรณีศึกษามาใช้ร่วมกับการระบายอากาศเฉพาะช่วงกลางคืน (night ventilation) ซึ่งทำให้มีอัตราส่วนชั่วโมงที่เข้าสู่สภาวะน่าสบายเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 79.54 ของชั่วโมงที่ใช้สอยพื้นที่ในช่วงกลางวัน และร้อยละ 94.65 ของของชั่วโมงที่ใช้สอยพื้นที่ในช่วงเวลากลางคืน

2.5.5 จริยทัศน์ ภูวนันท์ และคณะ. 2550. “การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย”, เอกสารงานวิจัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อการศึกษาและออกแบบชิ้นส่วนประกอบผนังและระบบการก่อสร้าง Structural Insulated Panels (SIP) สำหรับใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย รวมทั้งศึกษาราคาก่อสร้างและประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของบ้านตัวอย่างที่ออกแบบขึ้น เพื่อให้ทราบความเป็นไปได้เบื้องต้นที่จะพัฒนาและนำมาใช้ผลิตทางอุตสาหกรรมต่อไป

วิธีการวิจัย ศึกษาภาพรวมของอุตสาหกรรม คุณสมบัติ และราคาของวัสดุที่ใช้ประกอบ เป็น SIP ที่ใช้วัสดุแตกต่างกันในห้องปฏิบัติการ เพื่อเลือกวัสดุที่เหมาะสมสำหรับโครงการ ออกแบบชิ้นส่วนผนังและระบบรอยต่อ ทำการทดสอบกำลังวัสดุ ตามสภาพการใช้งานของชิ้นตัวอย่างผนังที่ทดลองผลิตขึ้น แล้วจึงออกแบบและคำนวณ โครงสร้างบ้านตัวอย่าง เขียนแบบและประมาณราคาก่อสร้าง ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณและ วิเคราะห์ค่าพลังงานที่ใช้ในบ้านตัวอย่าง (SIP) เปรียบเทียบกับบ้านซึ่งใช้วัสดุและระบบก่อสร้างทั่วไป แล้วจึงคำนวณค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้และระยะเวลาการคืนทุน

ผลการศึกษสามารถสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วัสดุแผ่นที่พิจารณาเห็นว่ามีศักยภาพการใช้งาน มีอุตสาหกรรมรองรับ และมีแนวโน้มการพัฒนาที่ดี เพื่อใช้ในการผลิตผนัง SIP สำหรับการก่อสร้างบ้านพักอาศัยในประเทศไทย ได้แก่ เหล็กแผ่นเคลือบและแผ่นซีเมนต์เสริมแรง ส่วนโฟมที่ใช้เป็นแกนกลางของ SIP และผลิตได้ในประเทศนั้น ได้แก่ Expanded Polystyrene (EPS) และ Polyurethane (PU) แต่โฟม EPS มีกำลังการผลิตหรือจำนวนผู้ผลิตมากกว่า และมีราคาต่ำกว่าโฟม PU ด้วย
2. ผลการทดสอบชิ้นส่วนตัวอย่าง SIP ห้องปฏิบัติการ พบว่า SIP ที่ประกอบขึ้นจากแผ่นไม้อัด มีกำลังวัสดุสำหรับการออกแบบบ้านพักอาศัยได้สูงกว่าแผ่นซีเมนต์เสริมแรงและเหล็กแผ่นเคลือบ ตามลำดับ แต่ไม้อัดไม่สามารถทนทานต่อความชื้น และปลวกหรือแมลงได้ดี จึงไม่นำมาพิจารณาเพื่อใช้ศึกษาต่อไป โดย SIP ที่ประกอบขึ้นจากเหล็กแผ่นเคลือบทั้ง 2 ด้าน ให้ค่า Ultimate Compressive Strength ต่ำ และให้ค่า Flexural Strength ต่ำกว่าการใช้แผ่นซีเมนต์เสริมแรงมาก จึงไม่ประหยัดที่จะนำมาใช้ในการศึกษานี้ ส่วนผลการทดสอบชิ้นส่วนตัวอย่าง SIP จะให้ค่า Bending Moment สูงกว่าที่ใช้โฟม PU โฟม EPS จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ประกอบเป็นชิ้นส่วนผนัง หรือพื้นของอาคาร ได้ดีกว่า
3. ชิ้นส่วนประกอบผนัง SIP ที่ออกแบบขึ้นเบื้องต้นเพื่อใช้กับอาคารพักอาศัย มีขนาดมาตรฐาน $1.20 \times 2.40 \times 1.10$ เมตร (ความกว้าง \times ความยาว \times ความหนา) ประกอบขึ้นจากแผ่นซีเมนต์เส้นใย (Fiber cement board) หนา 10 มิลลิเมตร ทั้ง 2 ด้าน และใช้โฟม EPS (ความหนาแน่น 32 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) เป็นไส้กลาง เมื่อทำการทดสอบชิ้นส่วนตัวอย่างตามสภาพการใช้งาน ได้ค่า Ultimate Compressive Strength เฉลี่ย 9,978 กิโลกรัม/เมตร ซึ่งสามารถใช้ออกแบบเป็นผนังรับน้ำหนักสำหรับอาคารพักอาศัยได้
4. บ้าน SIP ที่ออกแบบขึ้นเบื้องต้น เป็นบ้านเดี่ยว 2 ชั้น เนื้อที่ใช้สอย 167 ตารางเมตร พื้นที่และโครงสร้างชั้นล่างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก พื้นชั้น 2 และหลังคาเป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณขึ้นรูปเย็น และใช้ SIP เป็นผนังรับน้ำหนักทั้ง 2 ชั้น ผลการประมาณราคาของบ้าน SIP มีค่าก่อสร้างรวมทั้งสิ้น 1,904,900 บาท หรือเฉลี่ย 11,400 บาท/ ตารางเมตร และมีสัดส่วนราคาของโครงสร้าง 37.5% เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไปที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน บ้าน SIP มีค่าก่อสร้างแพงกว่าบ้านทั่วไป 20%
5. การคำนวณ และวิเคราะห์ค่าพลังงานเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไป พบว่า ถ้าเปิดใช้เครื่องปรับอากาศตามปกติ (ช่วงกลางคืนเป็นส่วนใหญ่) บ้าน SIP จะใช้พลังงานไฟฟ้ารวมปีละ 8,130 กิโลวัตต์ชั่วโมง (ต้องเสียค่าไฟฟ้า 24,480 บาท/ปี) ในขณะที่บ้านทั่วไปใช้พลังงานไฟฟ้าปีละ 8,750 กิโลวัตต์ชั่วโมง (เสียค่าไฟฟ้า 30,850 บาท/ปี) บ้าน SIP จึงช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณปีละ 2,370 บาท แต่ในกรณีที่เปิดใช้เครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง บ้าน SIP จะใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้นปีละ 13,070 กิโลวัตต์ชั่วโมง (เสียค่าไฟฟ้า 47,230 บาท/ปี) ในขณะที่บ้านทั่วไปใช้พลังงานไฟฟ้าปีละ 14,200 กิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมง (เสียดค่าไฟฟ้า 51,510 บาท/ปี) บ้าน SIP จึงประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณปีละ 4,280 บาท

6. สำหรับบ้านที่มีความสูงเพียง 2 ชั้น สามารถปรับรูปแบบผนัง SIP ให้มีต้นทุนถูกลงได้ โดยการใช้วัสดุแผ่นประกบด้านนอกที่มีความหนาเพียง 6 มิลลิเมตร และถ้าปรับปรุงแบบก่อสร้างโดยใช้ Matt Foundation และยกเลิกเสาไม้ประดับที่บุไว้ภายนอก จะลดราคาค่าก่อสร้างเฉลี่ยของบ้าน SIP ลงได้เหลือประมาณ 10,600 บาท/ตารางเมตร (แพงกว่าบ้านทั่วไป 11.6%) ซึ่งในกรณีเปิดใช้เครื่องปรับอากาศ 24 ชั่วโมง จะประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 4,330 บาท/ปี (ระยะเวลาคืนทุน 42 ปี) แต่ในกรณีเปิดเครื่องเปิดอากาศตามปกติ (ช่วงกลางวันเป็นส่วนใหญ่) จะประหยัดค่าไฟฟ้าได้เพียง 2,990 บาท/ปี (ระยะเวลาคืนทุน 61.5 ปี)
7. ถ้าเปลี่ยนวัสดุหรือระบบผนังและหลังคาของบ้าน SIP ให้มีค่าความต้านทานความร้อนสูงขึ้น มีแนวโน้มว่า ในกรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศตามปกติจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น หรือประหยัดพลังงานได้ลดลง ซึ่งผลที่ได้นั้นมีแนวโน้มตรงกันข้ามกับบ้าน SIP ที่เปิดใช้เครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การประยุกต์ระบบการก่อสร้าง SIP เพื่อใช้กับอาคารพักอาศัยในประเทศไทยนั้น สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้จริง และยังประหยัดได้น้อย เมื่อเปรียบเทียบกับราคาค่าก่อสร้างที่แพงขึ้น ทำให้มีระยะเวลาคืนทุนนานเกิน 30 ปี จึงไม่คุ้มค่า การลงทุนสำหรับผู้ประกอบการหรือเจ้าของอาคาร โดยทั่วไป

อย่างไรก็ตาม SIP เป็นระบบการก่อสร้างที่มีน้ำหนักเบา ก่อสร้างได้ง่ายและรวดเร็ว จึงอาจนำมาใช้ในโครงการที่มีความต้องการเฉพาะ หรือ มีจำนวนมากพอให้ก่อสร้างเป็นระบบอุตสาหกรรมได้ ประสิทธิภาพของการประหยัดพลังงานของอาคาร SIP มีแนวโน้มสูงขึ้น และอาจมีระยะคืนทุนได้เร็วขึ้น ถ้านำมาประยุกต์ใช้กับบ้านผู้มีรายได้สูง และอาคารประเภทอื่นที่ไม่ใช่อาคารพักอาศัย ซึ่งจำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศมาก และเปิดใช้งานในช่วงกลางวันหรือตลอด 24 ชั่วโมง

2.6 สรุปผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปเป็นประเด็นต่างๆ ได้ดังนี้

1. ปัญหาหลักของการป้องกันความร้อน หรือสร้างความสะดวกสบายทางอุณหภูมิให้แก่อาคารนั้น ควรพิจารณาถึงรูปแบบ และ โครงสร้างของผนังอาคารเป็นสำคัญ เนื่องจาก ผนังอาคารนั้นเป็นกรอบอาคารที่มีพื้นที่ในการรับความร้อนและสะสมความร้อนค่อนข้างสูง (อริคม วิมลวัตรเวที. 2547) การลดความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารจากผนังได้ จึงช่วยทำให้เกิดความสะดวกสบายทางอุณหภูมิภายใน

อาคารได้ และยังช่วยประหยัดการทำความเย็นด้วยเครื่องกลต่าง ๆ อีก อันส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลดลง

2.ผนังอาคารที่เป็นลักษณะทึบตัน และมีมวลมากนั้นแม้จะสามารถต้านทานความร้อนได้ดี แต่ก็มีผลกระทบความร้อนได้ดีเช่นกัน ซึ่งส่งผลให้เกิดภาระการทำความเย็นที่มากขึ้น เมื่อผนังนั้นคายความร้อนที่สะสมไว้เข้าสู่ภายในอาคาร ในขณะที่ผนังเบาหรือ ผนังที่มีมวลสารน้อยจะมีการดูดกลืนและคายความร้อนที่เร็วทำให้ไม่เป็นการสะสมความร้อนในผนัง นอกจากนี้วัสดุสำหรับผนังเบาในปัจจุบันมีการพัฒนามากขึ้น ช่วยในการต้านทานความร้อนได้ดี และมีน้ำหนักเบา ซึ่งช่วยในการลดต้นทุนทั้งทางด้านพลังงาน และการก่อสร้างลงได้

3.การวิจัยการประหยัดพลังงาน จากผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้น พบว่า มีความพยายามที่จะหาวิธีในการลดความร้อนเข้าสู่อาคาร และประหยัดพลังงานด้านการทำความเย็นลง แต่ในทางตรงข้าม ต้นทุนการก่อสร้างก็เพิ่มขึ้นจากรูปแบบการก่อสร้างตามปกติทั่วไป ทำให้รูปแบบผนังอาคารที่เหมาะสมกับการประหยัดพลังงาน ไม่เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมกับผู้มีรายได้น้อย หรือระบบงานก่อสร้างที่มีต้นทุนต่ำ ซึ่งในความเป็นจริง ผู้มีรายได้น้อยและความต้องการในการสร้างอาคารที่มีต้นทุนต่ำนั้น มีอยู่ค่อนข้างมาก หากสามารถเสนอวิธีการใช้รูปแบบผนังอาคารที่เหมาะสมกับงานก่อสร้างและระดับรายได้แล้ว ย่อมส่งผลให้การเลือกใช้วัสดุประหยัดพลังงานได้รับความนิยมนมากขึ้น และส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานที่เป็นรูปธรรมได้ในวงกว้าง

4.รูปแบบของวัสดุประกอบผิวผนังอาคารนั้น มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนแตกต่างกันออกไป การเลือกใช้วัสดุประกอบผิวผนังนั้น อาจใช้ในลักษณะของการผสมผสานกัน เพื่อใช้คุณสมบัติที่มีอยู่ในตัววัสดุชิ้นนั้น ในการเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน

5.ผนังที่มีช่องว่างของอากาศอยู่ภายในผนัง จะมีส่วนช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้ เนื่องจากอากาศนั้นเป็นฉนวนในการป้องกันความร้อนในตัว ดังนั้น การเลือกใช้ผนังที่มีช่องว่างอากาศ นอกจะจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนแล้ว ยังสอดคล้องกับการเลือกใช้รูปแบบผนัง ที่เป็น ชนิดผนัง โครงสร้างเบา อีกด้วย

6.การเลือกใช้รูปแบบผนังให้สอดคล้องกับการประหยัดพลังงานและการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารนอกจากพิจารณาทิศทางการวางตัวอาคารแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงการระบายอากาศ และ การทำความเย็นให้เกิดขึ้นภายในอาคาร ว่าเป็นรูปแบบใด หากเป็นรูปแบบ Passive cooling แล้ว รูปแบบผนังอาคารก็ควรมีการคายความร้อนออกจากตัววัสดุที่เร็ว เพราะจะช่วยให้ความร้อนไม่สะสมอยู่ในตัวผนังนาน โดยมีค่าความต่างของอุณหภูมิภายในกับภายนอกที่ไม่ต่างกันมากนัก แต่หากเป็นการระบายอากาศและทำความเย็นให้กับตัวอาคารในระบบ Active Cooling หรือ มีการนำเครื่องปรับอากาศมาใช้กับห้องพักอาศัยในอาคารแล้ว ผนังก็ควรมีประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนที่ดี เนื่องจากค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในอาคาร และ ภายนอกอาคารนั้น มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก หากผนังไม่สามารถต้านทานความร้อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันได้ จะทำให้ความร้อนที่สะสมอยู่ในตัวผนังส่งผ่านเข้ามาภายในอาคารและก่อให้เกิดความร้อนในตัวอาคารได้

7. การประยุกต์ใช้วัสดุผนังประเภทใดก็ตาม ควรคำนึงถึงปัจจัยของการผลิต การขนส่ง และเงื่อนไขต่างๆ ในระบบอุตสาหกรรมการก่อสร้าง เพราะถึงแม้ตัวผนังจะมีราคาและประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนที่ดีเพียงใด แต่ไม่สะดวกหรือ คุ่มค่าในระบบการผลิตอุตสาหกรรมแล้ว ย่อมส่งผลให้การเลือกใช้ผนังประเภทนั้นเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติจริง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

3.1 วิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้ จะเป็นการนำเสนอรูปแบบของผนังเบาที่เหมาะสมสำหรับผู้มีรายได้น้อย โดยการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านระบบผนังที่มีช่องอากาศ และผนังทึบตัน เปรียบเทียบกับความคุ้มค่าด้านการก่อสร้างผนังอาคารแบบอื่น ๆ โดยการทดสอบหาวัสดุที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบผนังที่มีช่องอากาศตลอดไปจนถึงความกว้างของช่องอากาศ เพื่อที่จะสรุปผล หาแนวทางของผนังระบบที่มีช่องอากาศที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน เป็นการศึกษาทดลอง โดยการสร้างแบบจำลองของผนังที่มีลักษณะต่างๆ กันตามตัวแปรหลักที่ต้องการทดลอง และเก็บข้อมูลด้วยการใช้เครื่องมือในการวัดตัวแปรตามที่ต้องการทราบ เช่น อุณหภูมิ ความกว้างช่องอากาศ ชนิดของวัสดุผิว เป็นต้น แล้วนำข้อมูลที่วัดค่าได้มาวิเคราะห์เทียบกับค่างานก่อสร้าง เพื่อหาบทสรุปต่อไป

ในการศึกษารูปแบบผนังที่เหมาะสม สำหรับผู้มีรายได้น้อยนั้น แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

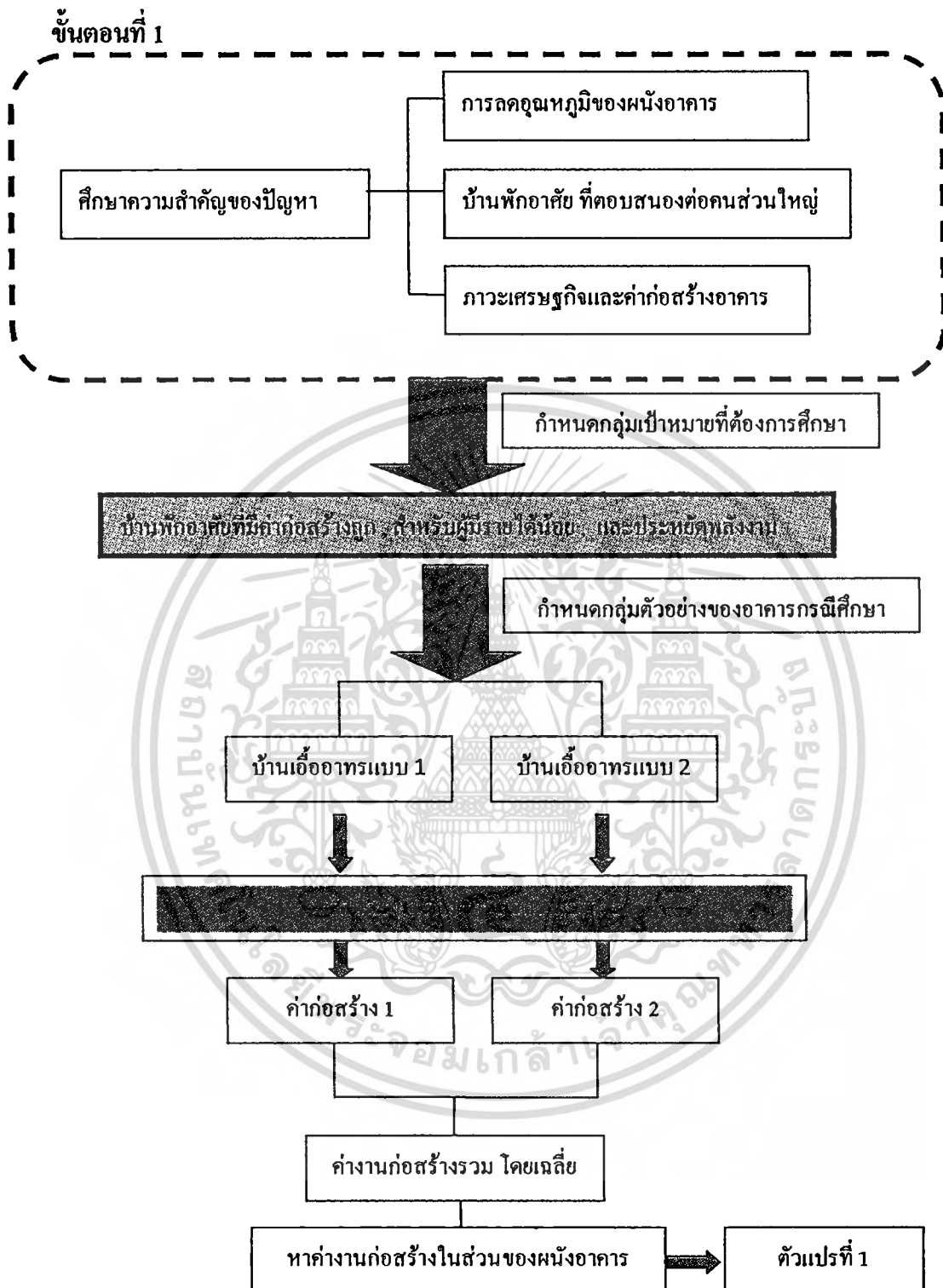
1. การศึกษารูปแบบผนังอาคารที่ใช้กับบ้านพักอาศัยทั่วไปในปัจจุบัน
2. การศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของรูปแบบผนังเบาประเภทต่าง ๆ
3. การศึกษาเปรียบเทียบ รูปแบบผนังเบาที่เหมาะสมกับค่าใช้จ่ายด้านการก่อสร้างและมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิ

การศึกษาเฉพาะกลุ่มผู้มีรายได้น้อยนั้น ได้ใช้ค่าการก่อสร้างอาคารมาเป็นมาตรฐานในการแบ่งเกณฑ์เนื่องจาก เป้าหมายของการศึกษาในครั้งนี้ มุ่งไปที่การค้นหารูปแบบผนังอาคารที่เหมาะสมทั้งในด้านการลดอุณหภูมิ และ ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้าง จึงเลือกใช้มาตรฐานงานก่อสร้างของ โครงการบ้านเอื้ออาทร การเคหะแห่งชาติ มาใช้พิจารณา

วิธีการศึกษา จะพิจารณาในประเด็นของการเลือกใช้วัสดุ และ รูปแบบกรอบผนังอาคารในการก่อสร้างทั่วไป เพื่อมาเปรียบเทียบกับ รูปแบบของผนังอาคารที่ต้องการนำเสนอ และแสดงออกมาให้เห็นถึงตัวเลขค่าสถิติเปรียบเทียบ ความคุ้มค่าทางด้านการลงทุนในงานก่อสร้าง , อุณหภูมิที่ลดลง และ การประยุกต์ใช้รูปแบบผนังเบาด้วยวิธีต่าง ๆ

ผลของการศึกษาดังกล่าว จะชี้ให้เห็นรูปแบบผนังที่เหมาะสมทั้งในด้านต้นทุนงานก่อสร้าง และ ต้นทุนของภาระการใช้พลังงานในอาคาร ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำหรับพิจารณาเลือกใช้รูปแบบผนังที่เหมาะสมได้กับงานก่อสร้างในประเทศไทย

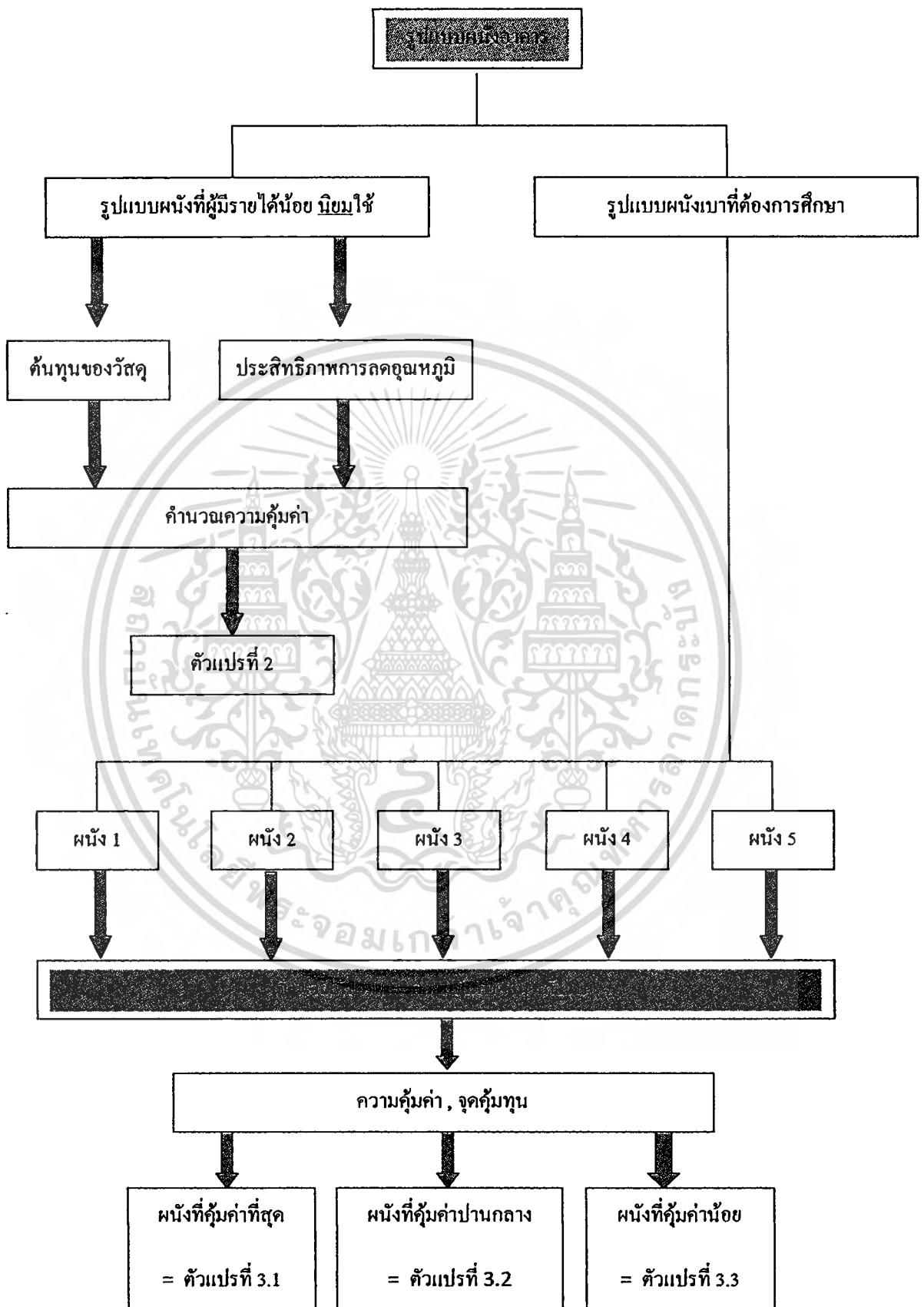
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงแผนภูมิการวิจัยในขั้นตอนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

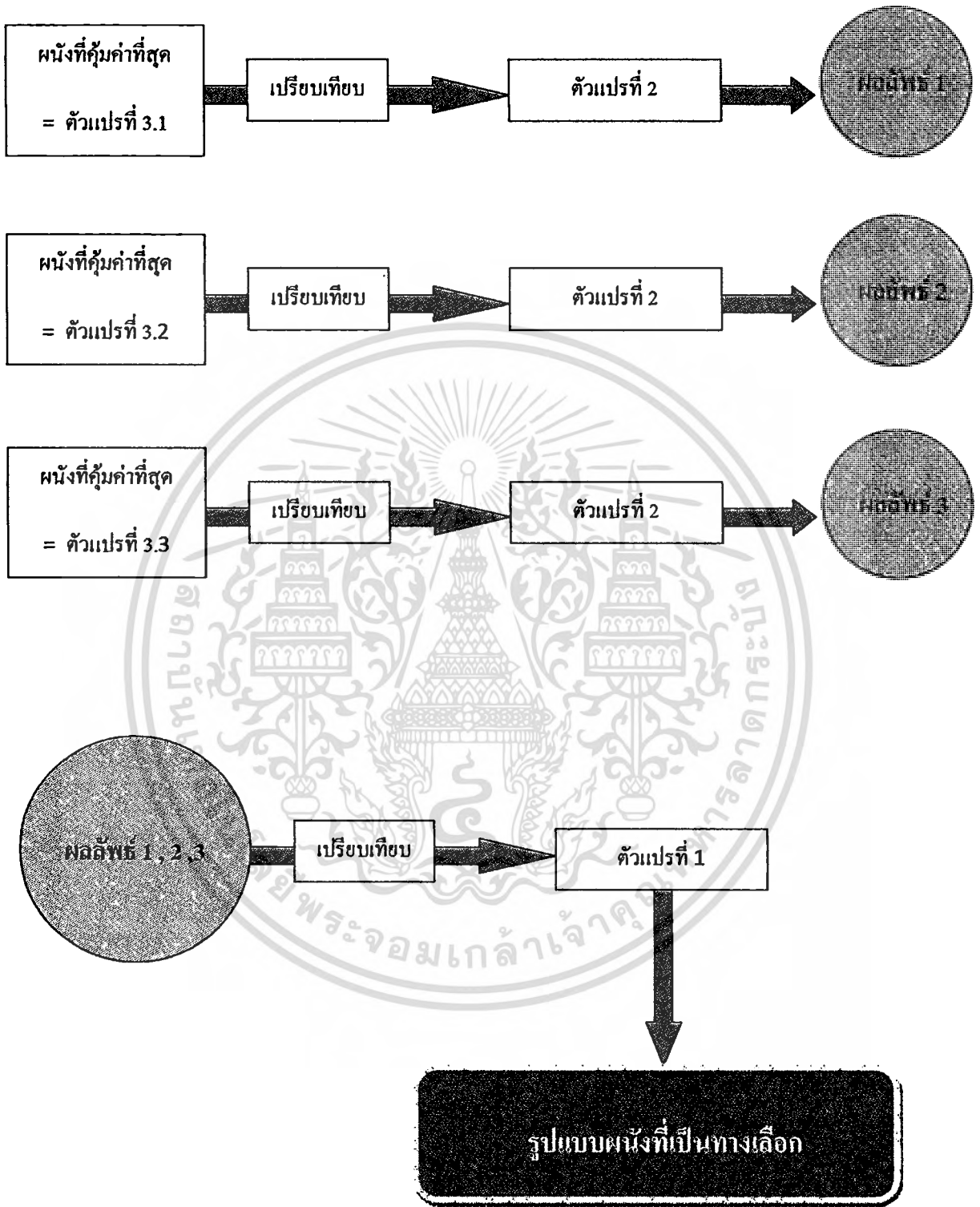
ขั้นตอนที่ 2



รูปที่ 3.2 แสดงแผนภูมิการวิจัยในขั้นตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานในเพื่อกิจศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3



รูปที่ 3.3 แสดงแผนภูมิการวิจัยในขั้นตอนที่ 3

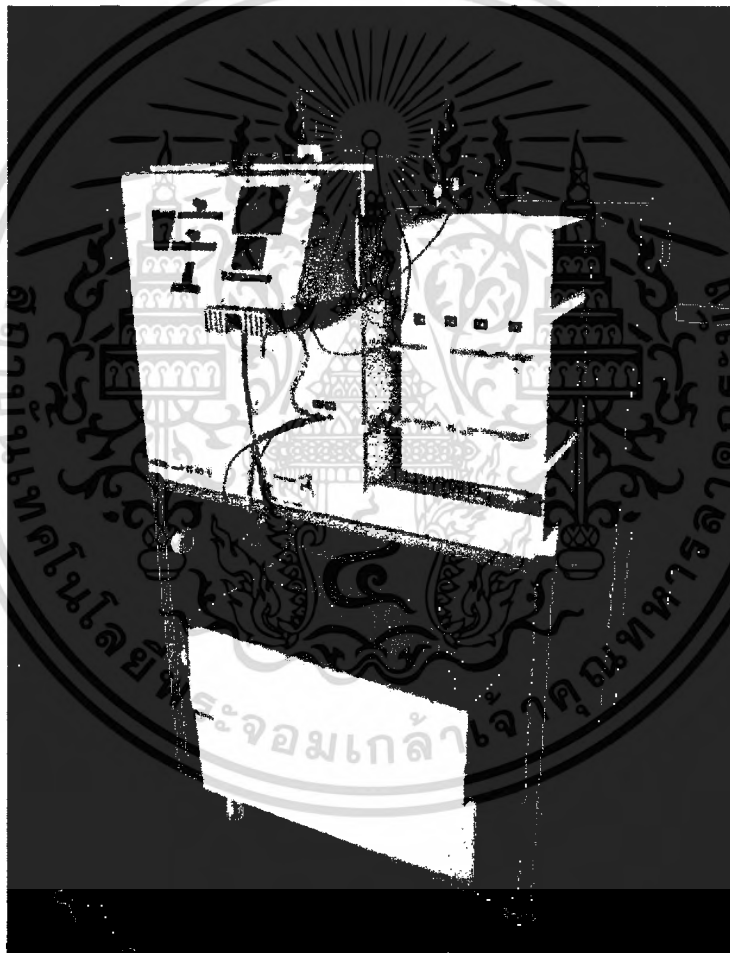
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบวัสดุ และ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบวัสดุ

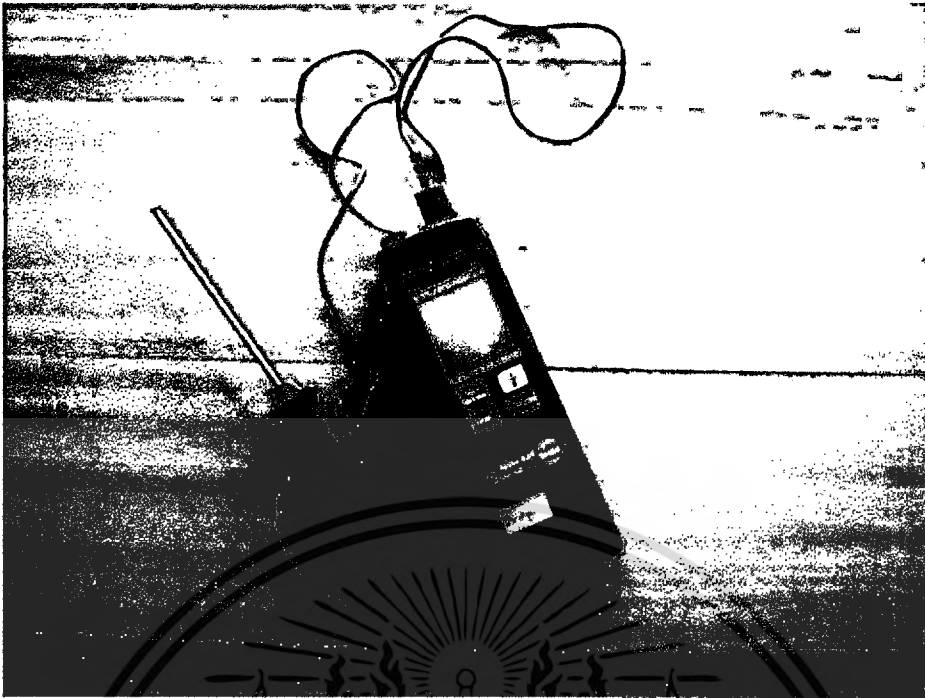
เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบวัสดุ คือ Thermal Conductivity Tester โดยเครื่องมือนี้ จะมีหน้าที่ในการสร้างแหล่งความร้อน และส่งผ่านความร้อนผ่านตัวอย่างของผนังทดสอบ เพื่อหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ



รูปที่ 3.4 แสดง Thermal Conductivity Tester

นอกจากเครื่องมือดังกล่าวแล้ว จำเป็นที่จะต้องมีการทดสอบเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของของหัวอุณหภูมิอากาศของ Thermal Conductivity Tester โดยใช้ชุดทดสอบ Testo 635 ในการเปรียบเทียบหาค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดง Testo 635

3.2.2 การเปรียบเทียบหาค่าความคลาดเคลื่อนของหัววัดอุณหภูมิ

จุดประสงค์เพื่อกำหนดให้การหาค่าอุณหภูมิของหัววัดอุณหภูมิมีมาตรฐานเดียวกัน



รูปที่ 3.6 การเปรียบเทียบหาค่าความคลาดเคลื่อนของหัววัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 การคัดเลือกวัสดุ

การคัดเลือกวัสดุที่ใช้ทำผนังนั้น ใช้วัสดุหลัก 5 ประเภทด้วยกัน เพื่อคัดเลือกวัสดุที่ป้องกันความร้อน ได้ดีที่สุดวัสดุ 5 ประเภท ได้แก่

- 1.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้สำเร็จรูป – ฝวในไม้สำเร็จรูป
- 2.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้จริง – ฝวในยิปซัมบอร์ด
- 3.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้พลาสติก – ฝวในไม้พลาสติก
- 4.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้พลาสติก – ฝวใน ยิปซัมบอร์ด
- 5.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้พลาสติก – ฝวใน วิวบอร์ด
- 6.ผนังโครงคร่าว ฝวนอก ไม้พลาสติก – ฝวใน สมาร์ทบอร์ด
- 7.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกยิปซัมบอร์ด – ฝวในยิปซัมบอร์ด
- 8.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกยิปซัมบอร์ด – ฝวในวิวบอร์ด
- 9.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกยิปซัมบอร์ด – ฝวในสมาร์ทบอร์ด
- 10.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกวิวบอร์ด – ฝวในยิปซัมบอร์ด
- 11.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกวิวบอร์ด – ฝวในวิวบอร์ด
- 12.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกวิวบอร์ด – ฝวในสมาร์ทบอร์ด
- 13.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกสมาร์ทบอร์ด – ฝวในยิปซัมบอร์ด
- 14.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกสมาร์ทบอร์ด – ฝวในวิวบอร์ด
- 15.ผนังโครงคร่าว ฝวนอกสมาร์ทบอร์ด – ฝวในสมาร์ทบอร์ด

การแบ่งกลุ่มผนัง แบ่งได้ดังนี้

ผนังหมายเลข 1,2 คือ กลุ่มตัวอย่างผนังพื้นฐานอย่างง่าย

ผนังหมายเลข 3-6 คือ กลุ่มตัวอย่างผนังรูปแบบที่ 2

ผนังหมายเลข 7-9 คือ กลุ่มตัวอย่างผนังรูปแบบที่ 3

ผนังหมายเลข 10-12 คือ กลุ่มตัวอย่างผนังรูปแบบที่ 4

ผนังหมายเลข 13-15 คือ กลุ่มตัวอย่างผนังรูปแบบที่ 5



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างผนังที่ใช้ในการศึกษา

ขั้นตอนที่ 2 การประกอบชุดวัสดุ

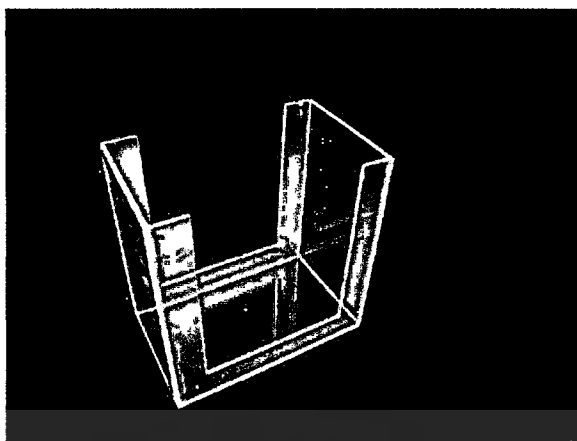
1. จัดเตรียมวัสดุ และ โครงสร้างของผนังทดสอบ โดยวัสดุทดสอบจะมีขนาด กว้าง x ยาว เท่ากับ 0.20×0.20 ม. ความหนาโดยเฉลี่ยของวัสดุ $0.9 - 1.00$ ซม.



รูปที่ 3.8 การเตรียมชุดผนังทดสอบ

2. จัดเตรียมโครงสร้างผนังทดสอบ โดยทำเป็นโครงคร่าวขนาด ต่างๆ กัน 3 ชุดเพื่อใช้ทดสอบหาความกว้างของโครงคร่าวผนังที่แตกต่างกันคือ 3 ซม. , 7.5 ซม. และ 12.5 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ตัวอย่าง โครงเคร่าผนัง

3.ประกอบโครงเคร่าเข้ากับวัสดุผนัง และ ปิดด้านขอบโดยรอบด้วยโฟมหนาขนาด 1 นิ้ว เพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนจากทางด้านข้างของวัสดุ



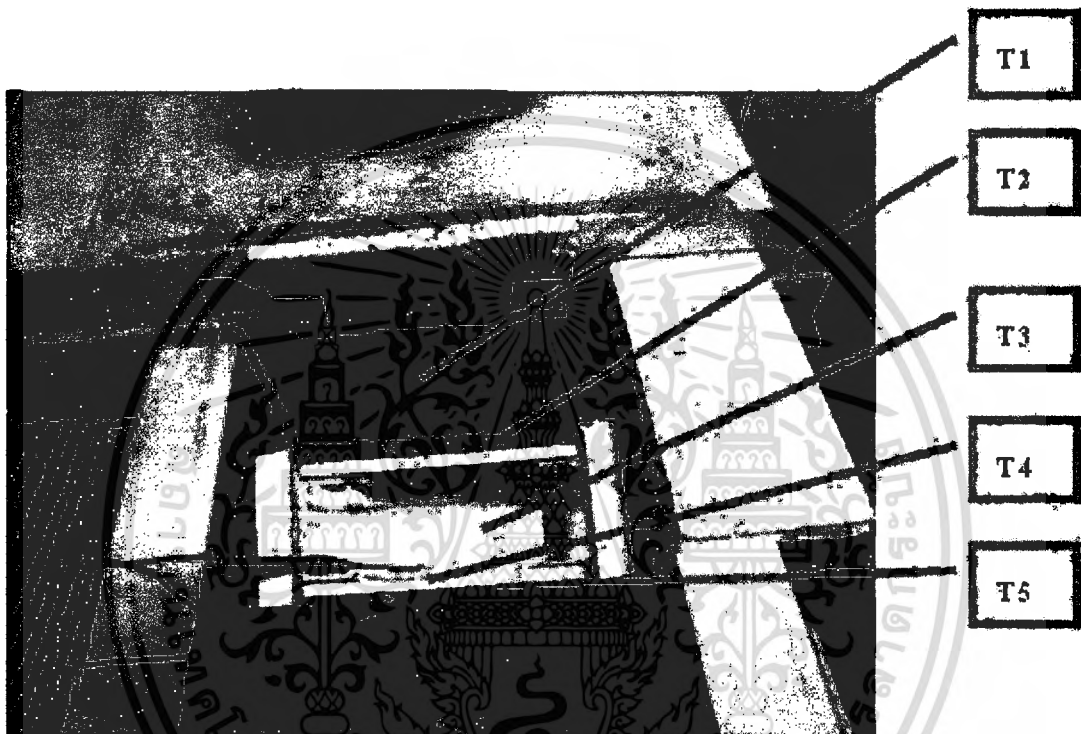
รูปที่ 3.10 การประกอบโครงเคร่าเข้ากับโฟม

4.นำผนังทดสอบติดตั้งเข้ากับ Thermal Conductivity Tester และติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ

ทั้งหมด 5 จุด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- T1 – เป็นตำแหน่งอุณหภูมิในตัวเครื่อง
- T2 – เป็นตำแหน่งอุณหภูมิที่ผิวหน้าของผนังทดสอบ
- T3 – เป็นตำแหน่งอุณหภูมิในช่องว่างอากาศของผนัง
- T4 – เป็นตำแหน่งอุณหภูมิ ที่ผิวด้านในช่องอากาศของผนังทดสอบ
- T5 – เป็นตำแหน่งอุณหภูมิที่ผิวนอกผนังทดสอบอีกด้าน



รูปที่ 3.11 แสดงตำแหน่งหัววัดอุณหภูมิ

3.3 วิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้ จะใช้รูปแบบผนังเบา 15 ประเภท มาเป็นตัวอย่างในการทดสอบ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ในส่วนของการหาค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ จากค่าการต้านทานความร้อนที่ถูกกำหนดไว้ในแต่ละวัสดุ (ค่า R) และทดสอบการต้านทานความร้อน ด้วยเครื่องมือ Thermal Conductivity Tester

ขั้นตอนที่ 1 การหาค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ

ค่าการต้านทานความร้อนที่ถูกระบุไว้ในแต่ละวัสดุนั้น จะบ่งบอกประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร แต่ค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องมือ นั้น จะบอกถึงความแตกต่างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอุณหภูมิในแต่ละจุด ของชุดวัสดุผนังทดสอบ และ การคายความร้อนของผนัง ซึ่งค่าทั้งหมดนี้ จะถูกนำไปพิจารณาในการเลือกวัสดุผนัง

นำผนังทั้ง 15 ประเภทมาทดสอบด้วยวิธีการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาค่าสถิติการป้องกันความร้อนจากการคำนวณ และ ทดสอบด้วย Thermal Conductivity Tester นำผลสรุปที่ได้ สรุปเป็นชุดข้อมูลที่ 1 และคัดเลือกผนังที่ดีที่สุดของแต่ละประเภท จะได้ผนังออกมา 5 ประเภทตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 2 การหาความกว้างของช่องอากาศ

ขั้นตอนการทดลองระยะความกว้างของช่องอากาศ ที่เหมาะสมในการต้านทานความร้อนมากที่สุด รูปแบบของหน่วยทดลอง จะเพิ่มช่องอากาศที่สามารถปรับระยะได้สะดวก โดยจะทำการทดลองแยกออกเป็น 3 หน่วยทดลองด้วยกัน เพื่อการเปรียบเทียบคุณสมบัติของความกว้างของช่องอากาศที่แตกต่างกันคือ 3 ซม. , 7.5 ซม. และ 12.5 ซม. ซึ่งมาจากระยะที่เหลือจากที่ว่างบนคานในการก่อผนังชั้นนอก และผนังชั้นใน แล้วแบ่งเป็น 3 ระดับเท่าๆกัน ซึ่งโครงสร้างคานของบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่จะมีขนาด 20 ซม. โดยใช้ความกว้างของโครงคร่าวเป็นเกณฑ์ในการขยายช่องอากาศ โดยทดลองภายใต้ตัวแปร ด้วยสภาพภูมิอากาศที่เหมือนกัน

นำผนังทั้ง 5 ประเภทมาทดสอบด้วยวิธีการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาค่าสถิติการป้องกันความร้อนจากการคำนวณ และ ทดสอบด้วย Thermal Conductivity Tester นำผลสรุปที่ได้ สรุปเป็นชุดข้อมูลที่ 2

ขั้นตอนที่ 3 การใช้ฉนวนอย่างง่ายในการป้องกันความร้อน

นำผนังทั้ง 5 ชนิด ที่มีระยะห่างของช่องอากาศที่ป้องกันความร้อนดีที่สุด มาทดสอบด้วยการใส่วัสดุกันความร้อนเข้าไปที่ด้านหลังของผนัง เพื่อหาการต้านทานความร้อนเมื่อมีการเพิ่มวัสดุฉนวนเข้าไป ฉนวนตัวนี้ที่ คือ ฟอยล์เมทัลไลต์ (Metalized foil) หรือ ฟอยล์ตัวฉนวนทัวไป การทดสอบนี้เพื่อหาเหตุผลที่ว่า ถ้าเอามาประยุกต์ใช้กับตัวผนังแบบนี้ จะได้ผลหรือไม่ เนื่องจากฟอยล์ฉนวนเป็นขยะที่หาง่าย ไม่ต้องลงทุนมาก กันความร้อนได้ดี

ทดสอบด้วย Thermal Conductivity Tester นำผลสรุปที่ได้ สรุปเป็นชุดข้อมูลที่ 3



รูปที่ 3.12 ตัวอย่าง ฟอลด์ยเมทัลไลต์ (Metalized foil)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การศึกษาและทดสอบวัสดุ

4.1 การศึกษาการต้านทานความร้อนของวัสดุ

ในการศึกษานี้ จะใช้รูปแบบผนังเบา 15 ประเภท มาเป็นตัวอย่างในการทดสอบ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ในส่วนของการหาค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ จากค่าการต้านทานความร้อนที่ถูกกำหนดไว้ในแต่ละวัสดุ (ค่า R) และทดสอบการต้านทานความร้อน ด้วยเครื่องมือ Thermal Conductivity Tester

ค่าการต้านทานความร้อนที่ถูกระบุไว้ในแต่ละวัสดุนั้น จะบ่งบอกประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร แต่ค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องมือ นั้น จะบอกถึงความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละจุด ของชุดวัสดุผนังทดสอบ และ การคายความร้อนของผนัง ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะถูกนำไปพิจารณาในการเลือกวัสดุผนัง

4.1.1 การศึกษาค่าการต้านทานความร้อนของแต่ละวัสดุ

การคัดเลือกวัสดุที่ใช้ทำผนังนั้น ใช้วัสดุหลัก 5 ประเภทด้วยกัน เพื่อคัดเลือกวัสดุที่ป้องกันความร้อนได้ดีที่สุดวัสดุ 5 ประเภทได้แก่

- 1.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไม้สำเร็จรูป – ผิวใน ไม้ไม่สำเร็จรูป
- 2.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไม้สำเร็จรูป – ผิวใน ยิปซัมบอร์ด
- 3.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไม้พลาสติก – ผิวใน ไม้พลาสติก
- 4.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไม้พลาสติก – ผิวใน ยิปซัมบอร์ด
- 5.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไม้พลาสติก – ผิวใน วัสดุซีเมนต์บอร์ด
- 6.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไม้พลาสติก – ผิวใน ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด
- 7.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ยิปซัมบอร์ด – ผิวใน ยิปซัมบอร์ด
- 8.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ยิปซัมบอร์ด – ผิวใน วัสดุซีเมนต์บอร์ด
- 9.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ยิปซัมบอร์ด – ผิวใน ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด
- 10.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก วัสดุซีเมนต์บอร์ด – ผิวใน ยิปซัมบอร์ด
- 11.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก วัสดุซีเมนต์บอร์ด – ผิวใน วัสดุซีเมนต์บอร์ด
- 12.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก วัสดุซีเมนต์บอร์ด – ผิวใน ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด
- 13.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด – ผิวใน ยิปซัมบอร์ด
- 14.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด – ผิวใน วัสดุซีเมนต์บอร์ด
- 15.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด – ผิวใน ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ ผนังหมายเลข 1,2 คือ กลุ่มตัวอย่างผนังพื้นฐานอย่างง่าย

ผนังหมายเลข 3-6 คือ กลุ่มตัวอย่างผนังรูปแบบที่ 2

ผนังหมายเลข 7-9 คือ กลุ่มตัวอย่างผนังรูปแบบที่ 3

ผนังหมายเลข 10-12 คือ กลุ่มตัวอย่างผนังรูปแบบที่ 4

ผนังหมายเลข 13-15 คือ กลุ่มตัวอย่างผนังรูปแบบที่ 5

นำผนังทั้ง 15 ประเภทมาทดสอบด้วยวิธีการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาค่าสถิติการป้องกันความร้อนจากการคำนวณ และ ทดสอบด้วย Thermal Conductivity Tester นำผลสรุปที่ได้ สรุปเป็นชุดข้อมูลที่ 1 และคัดเลือกผนังที่ดีที่สุดของแต่ละประเภท จะได้ผนังออกมา 5 ตัวอย่าง จากแต่ละกลุ่มประเภทของผนัง

ตารางที่ 4.1 แสดงตัวอย่างรูปแบบผนัง และคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง

รูปแบบผนัง 1 ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้สำเร็จรูป – ฝวในไม้สำเร็จรูป				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.01	วัสดุไม้จริง	0.217	0.046
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.01	วัสดุไม้จริง	0.217	0.046
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.10			0.416
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		2.403

รูปแบบผนัง 2 ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้สำเร็จรูป – ฝวในอิปซัมบอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.01	วัสดุไม้จริง	0.217	0.046
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.009	อิปซัมบอร์ด	0.282	0.03
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.099			0.814
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		1.229

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานความร้อน รวม ($\sum R$) และสัมประสิทธิ์ค่าการนำความร้อนรวม (U) สามารถลำดับ ประเภทของวัสดุผนัง จากผนังที่มี ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานความร้อน รวม ($\sum R$) มากที่สุด ไปหา ผนังที่มี ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานความร้อน รวม ($\sum R$) น้อยที่สุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงลำดับของผนังที่มีค่าการต้านทานความร้อนมากที่สุด ไปหาน้อยที่สุด

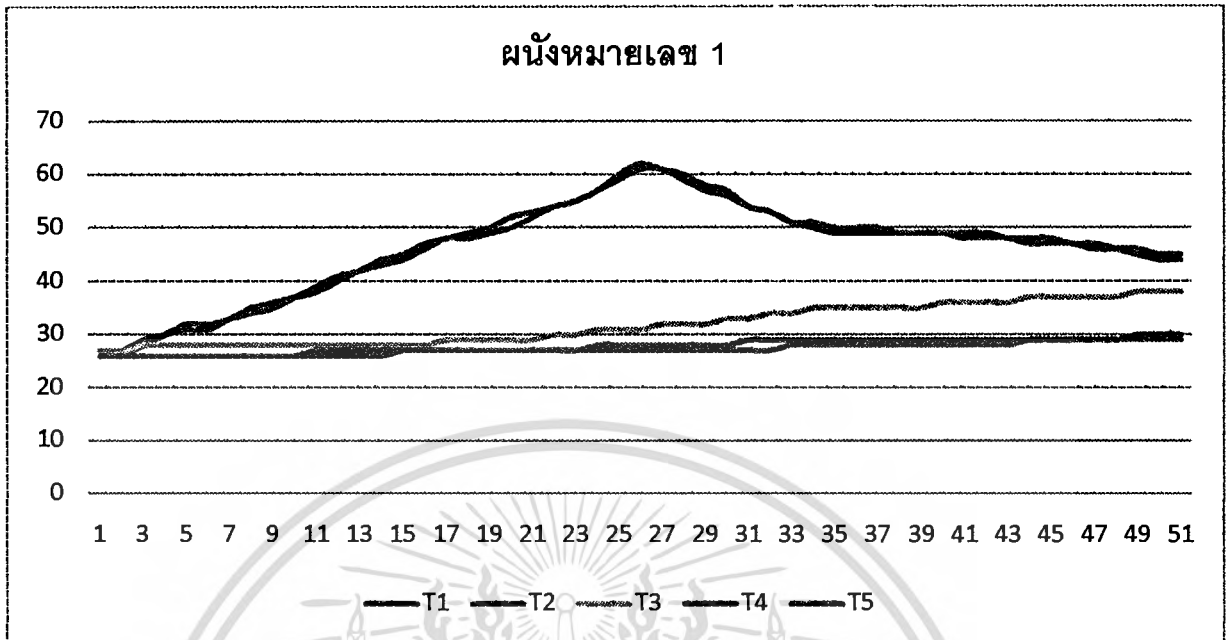
$\sum R$	วัสดุผนัง
0.824	3.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอกไม้พลาสติก – ผิวในไม้พลาสติก
0.693	6.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอกไม้พลาสติก – ผิวใน ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด
0.654	5.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอกไม้พลาสติก – ผิวใน วัสดุซีเมนต์บอร์ด
0.604	4.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอกไม้พลาสติก – ผิวใน ยิปซัมบอร์ด
0.562	15.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด – ผิวใน ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด
0.523	12.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก วัสดุซีเมนต์บอร์ด – ผิวใน ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด
0.523	14.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด – ผิวใน วัสดุซีเมนต์บอร์ด
0.484	11.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก วัสดุซีเมนต์บอร์ด – ผิวใน วัสดุซีเมนต์บอร์ด
0.473	9.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ยิปซัมบอร์ด – ผิวใน ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด
0.473	13.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด – ผิวใน ยิปซัมบอร์ด
0.434	8.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ยิปซัมบอร์ด – ผิวใน วัสดุซีเมนต์บอร์ด
0.434	10.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก วัสดุซีเมนต์บอร์ด – ผิวใน ยิปซัมบอร์ด
0.416	1.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไม้ไม้สำเร็จรูป – ผิวใน ไม้ไม้สำเร็จรูป
0.4	2.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ไม้ไม้สำเร็จรูป – ผิวใน ยิปซัมบอร์ด
0.384	7.ผนัง โครงเคร่า ผิวนอก ยิปซัมบอร์ด – ผิว ใน ยิปซัมบอร์ด

และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วย Thermal Conductivity Tester จะพบว่า วัสดุผนังไม้พลาสติกนั้น ช่วงกราฟระหว่างอุณหภูมิภายนอก และ อุณหภูมิภายใน มีความห่างกันมากกว่าวัสดุประเภทอื่นเล็กน้อย โดยมีค่าไม่เกิน 1 องศา และ มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผนังภายในที่เกิดจากค่าการหน่วงความร้อนของผนังน้อย โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิเพียง 0.7 องศา เท่านั้น

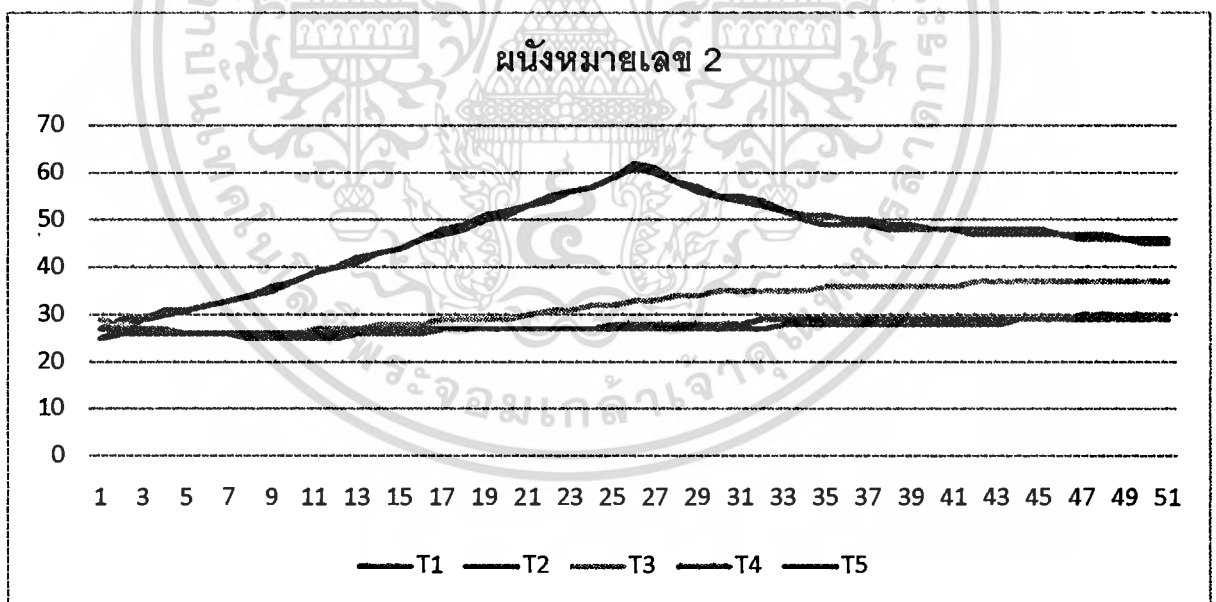
4.1.2 การศึกษาค่าการต้านทานความร้อนของแต่ละวัสดุด้วยเครื่องมือ

ในการศึกษานี้ ได้นำวัสดุทั้ง 15 ประเภท ทดสอบด้วยวิธีการตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 และได้ชุดข้อมูลออกมาดังนี้ แกนตั้งคือ อุณหภูมิ , แกนนอน คือ ระยะเวลาเป็น นาที (รายการแสดงอุณหภูมิการทดสอบ คู่มือภาคผนวก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

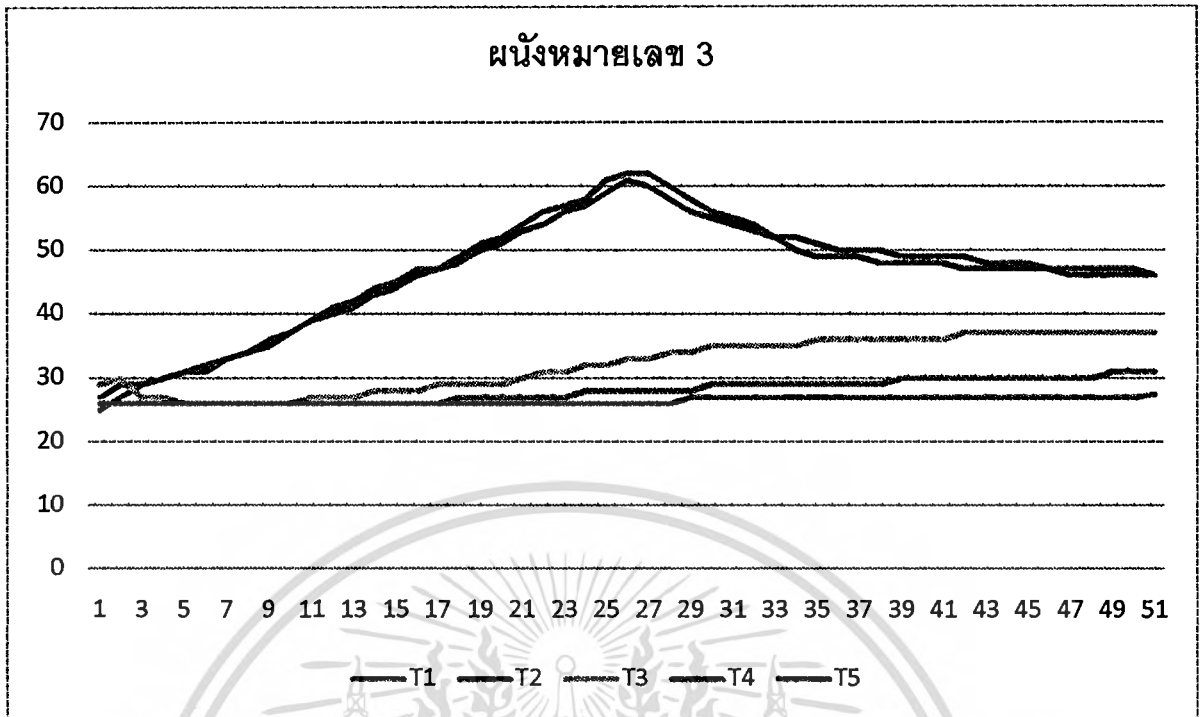


รูปที่ 4.1 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 1

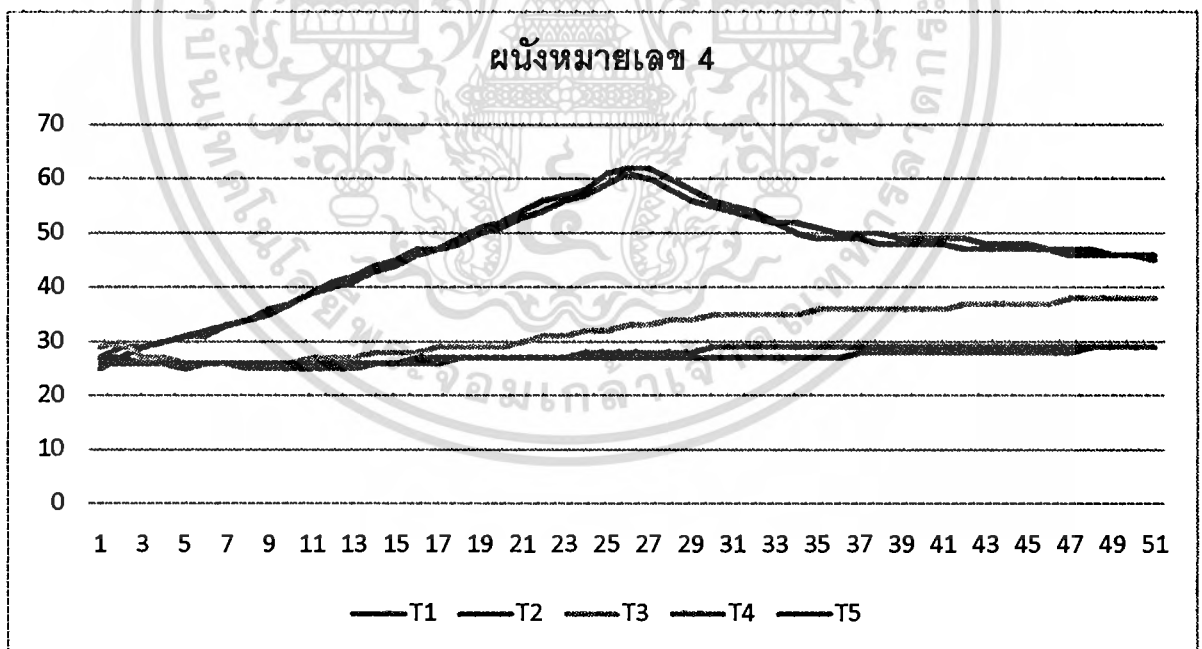


รูปที่ 4.2 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

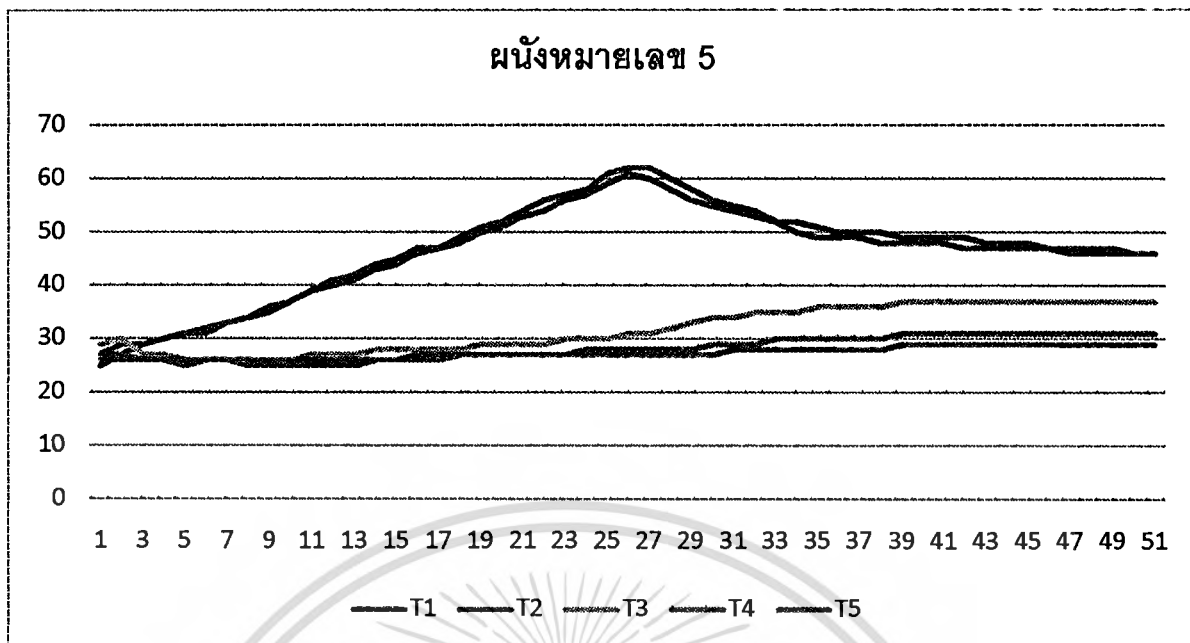


รูปที่ 4.3 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 3

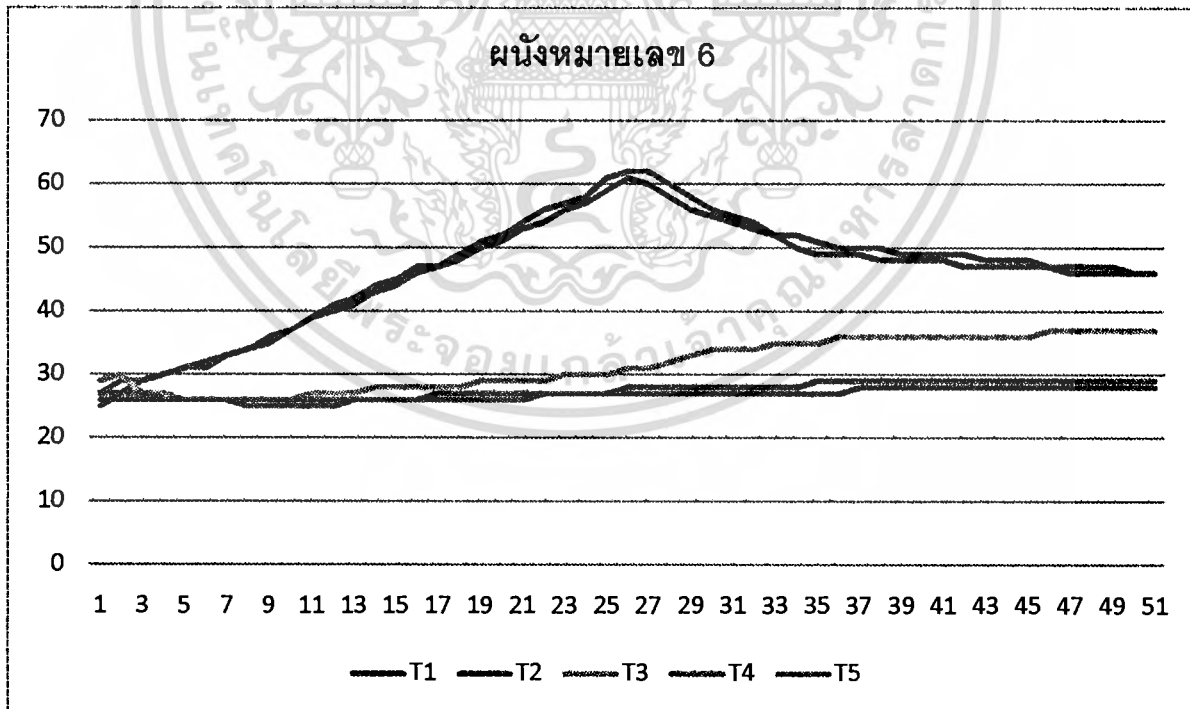


รูปที่ 4.4 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

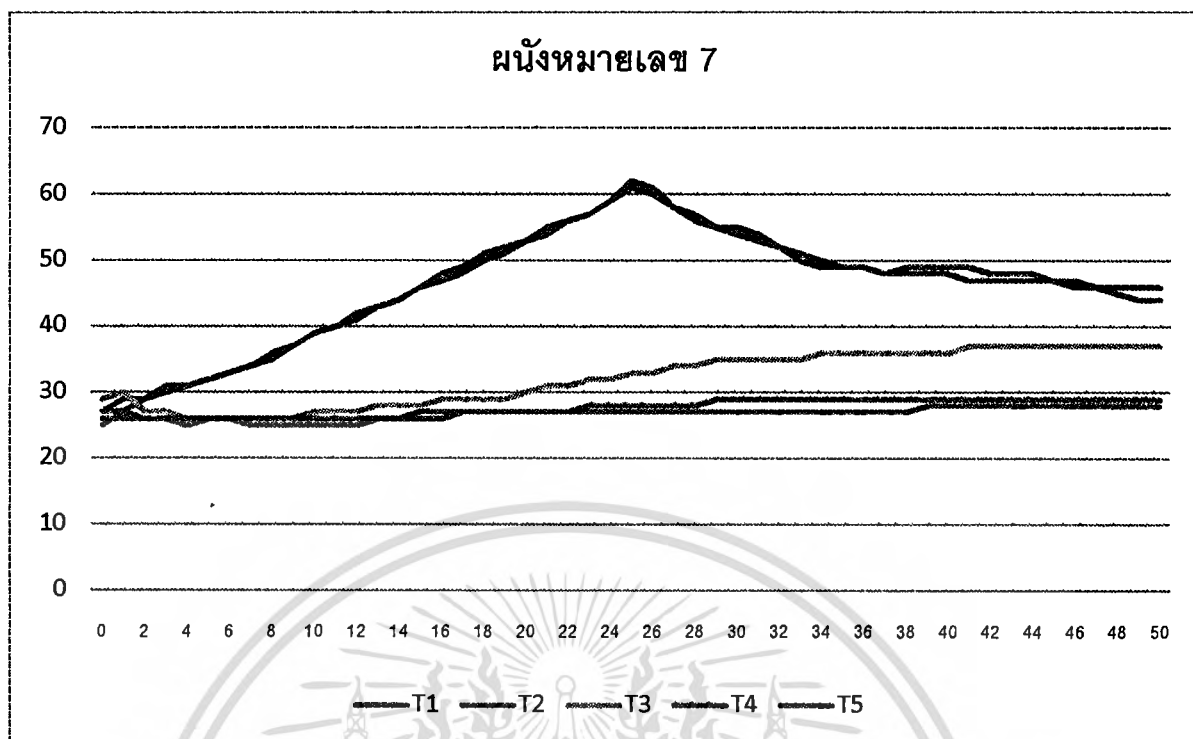


รูปที่ 4.5 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 5

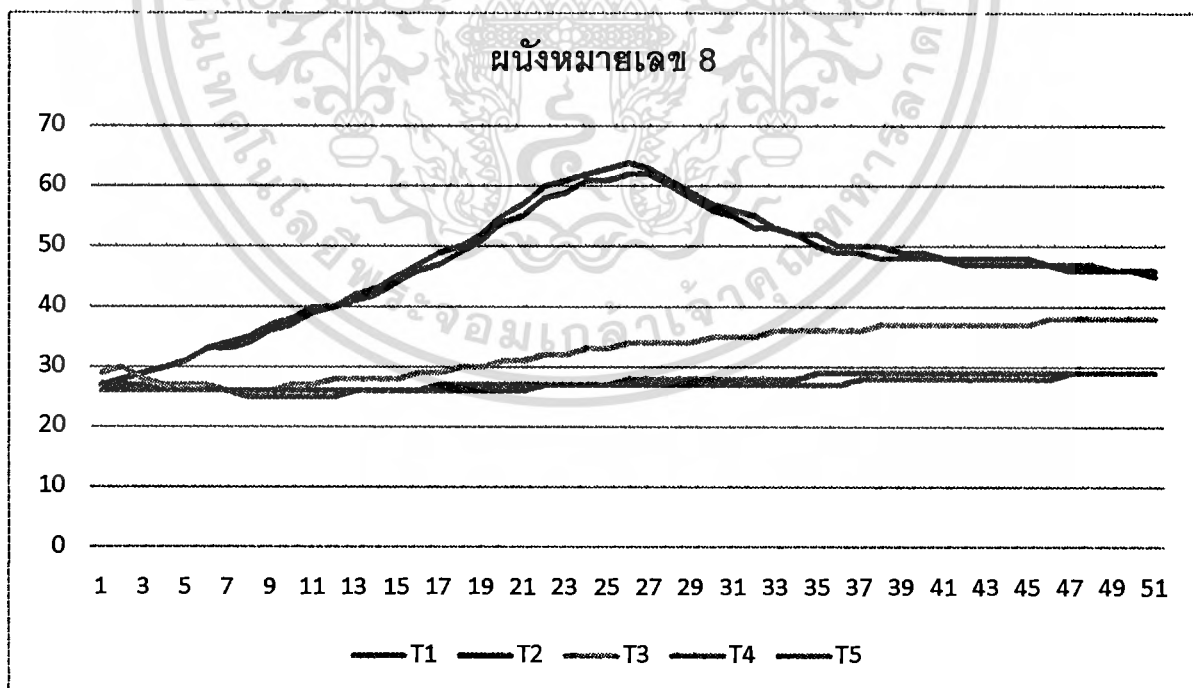


รูปที่ 4.6 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

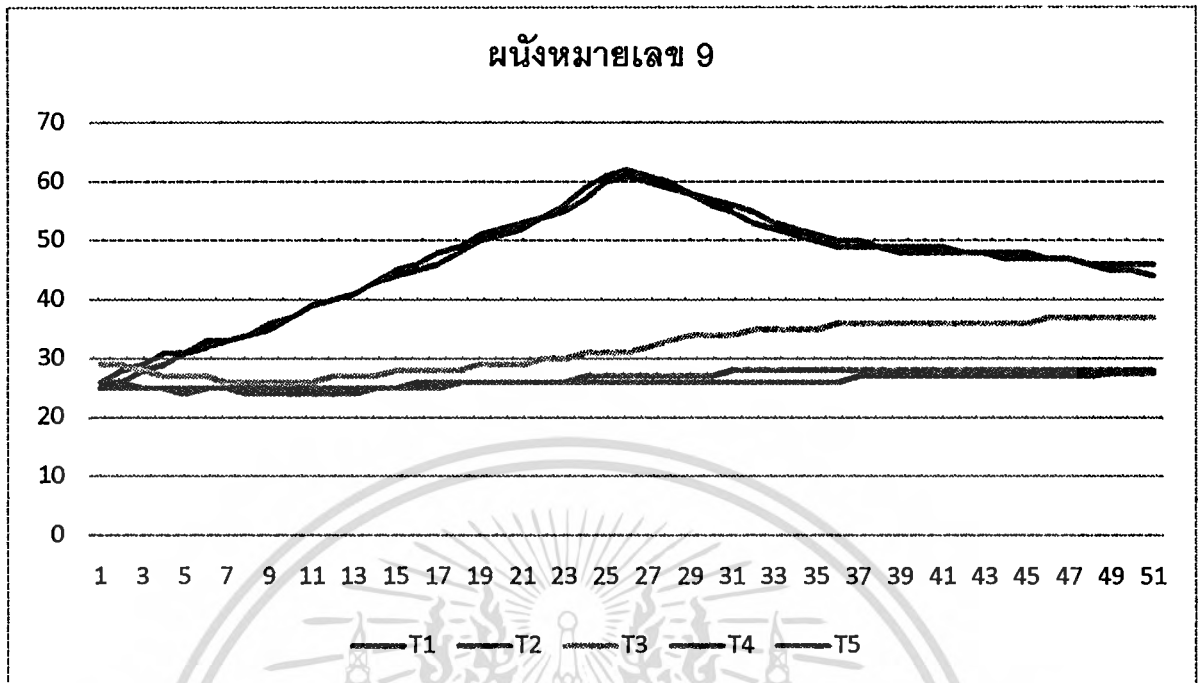


รูปที่ 4.7 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 7

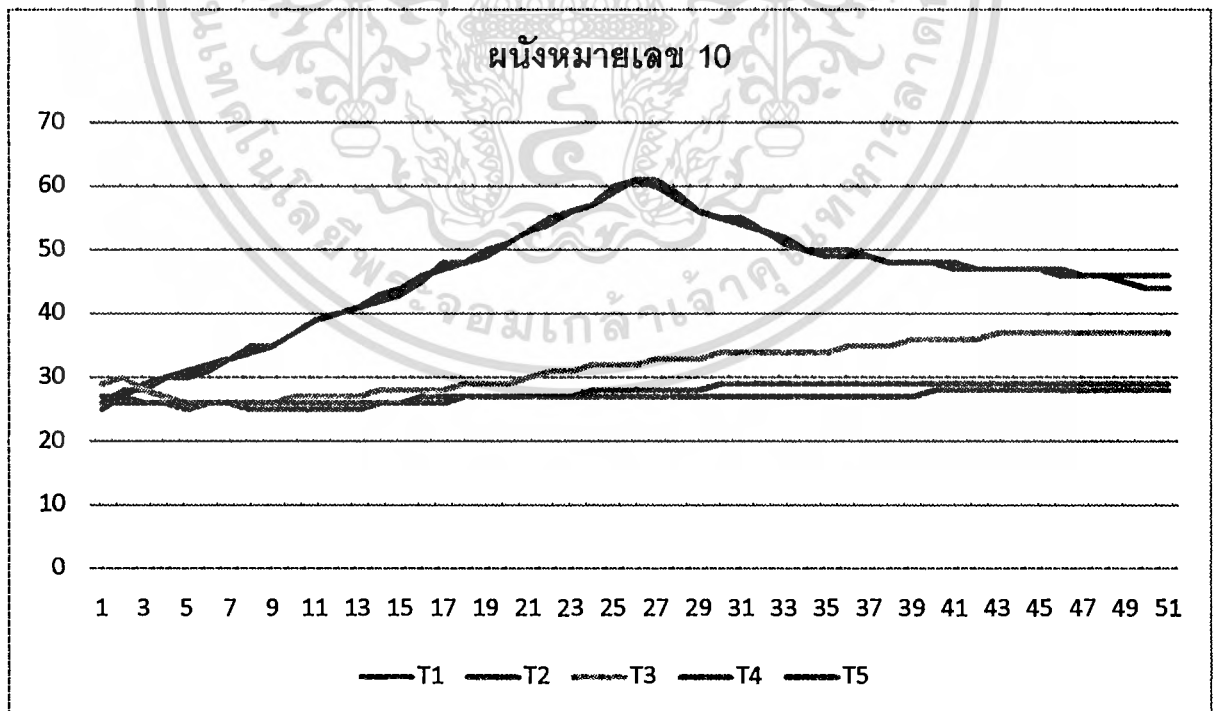


รูปที่ 4.8 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

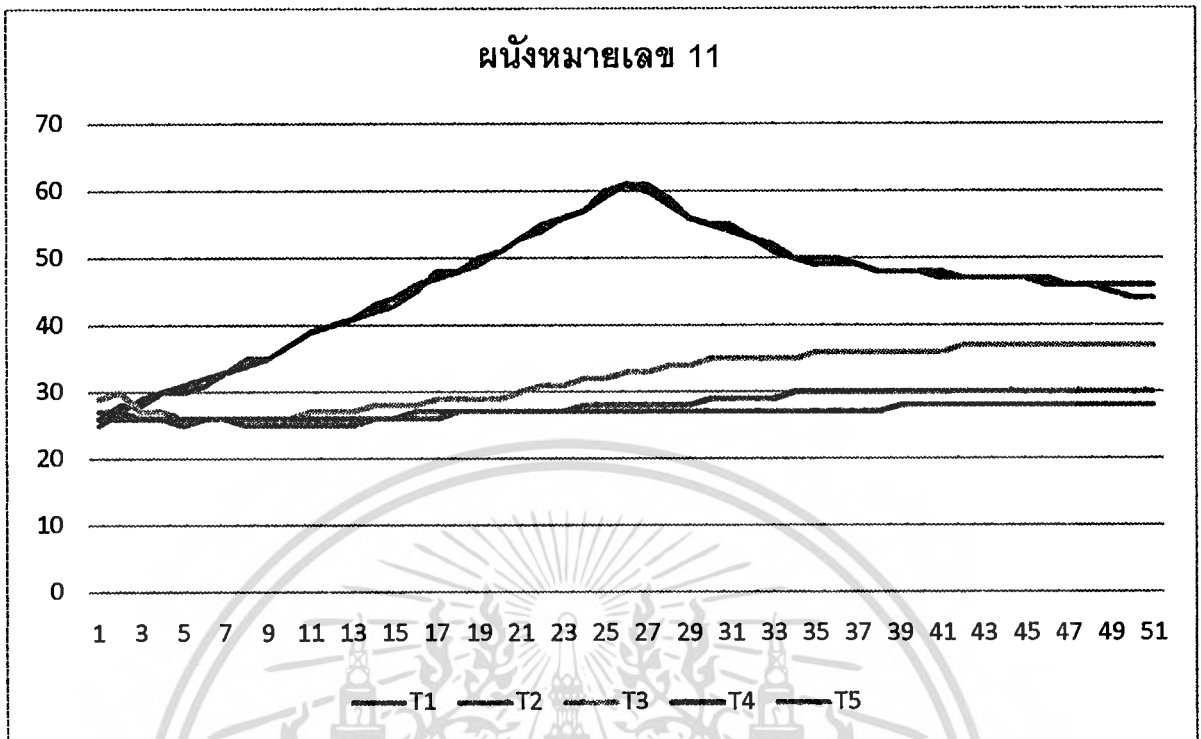


รูปที่ 4.9 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 9

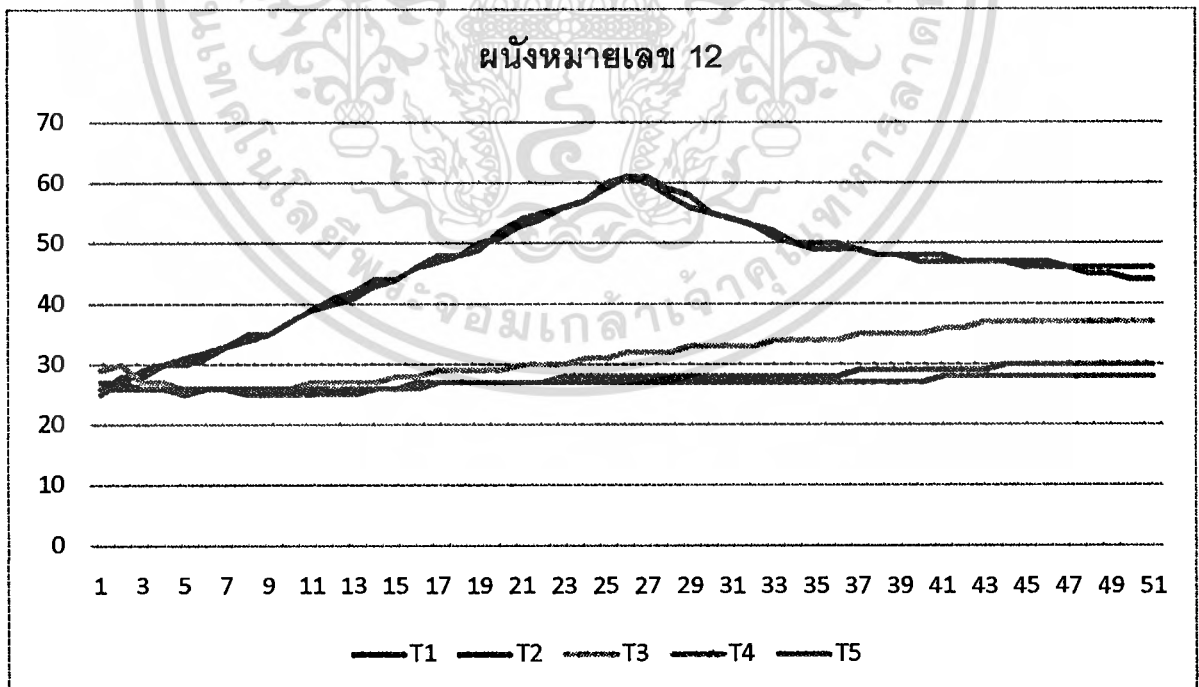


รูปที่ 4.10 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

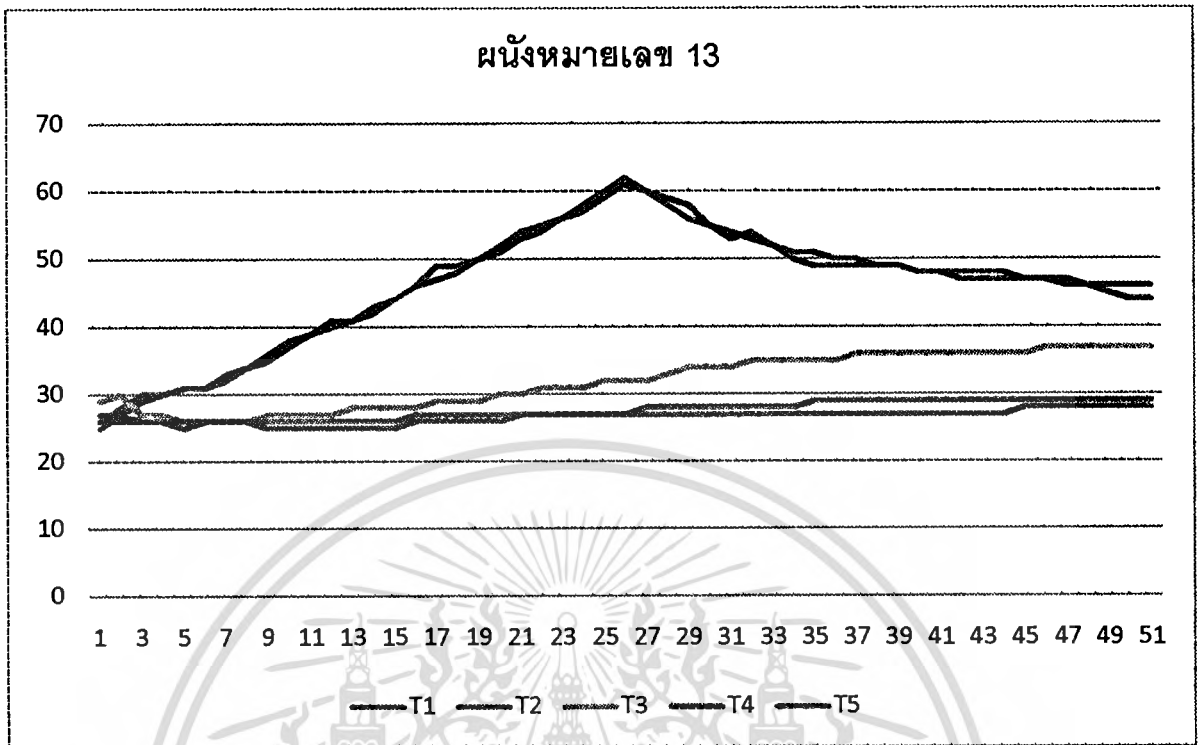


รูปที่ 4.11 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 11

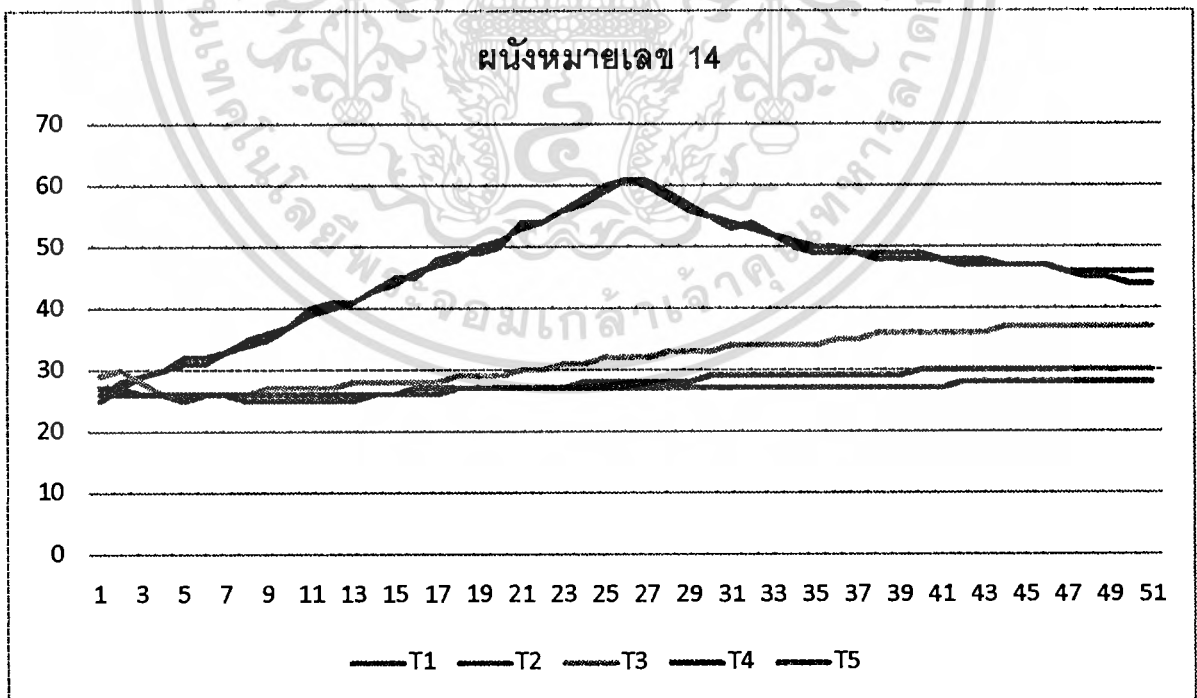


รูปที่ 4.12 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

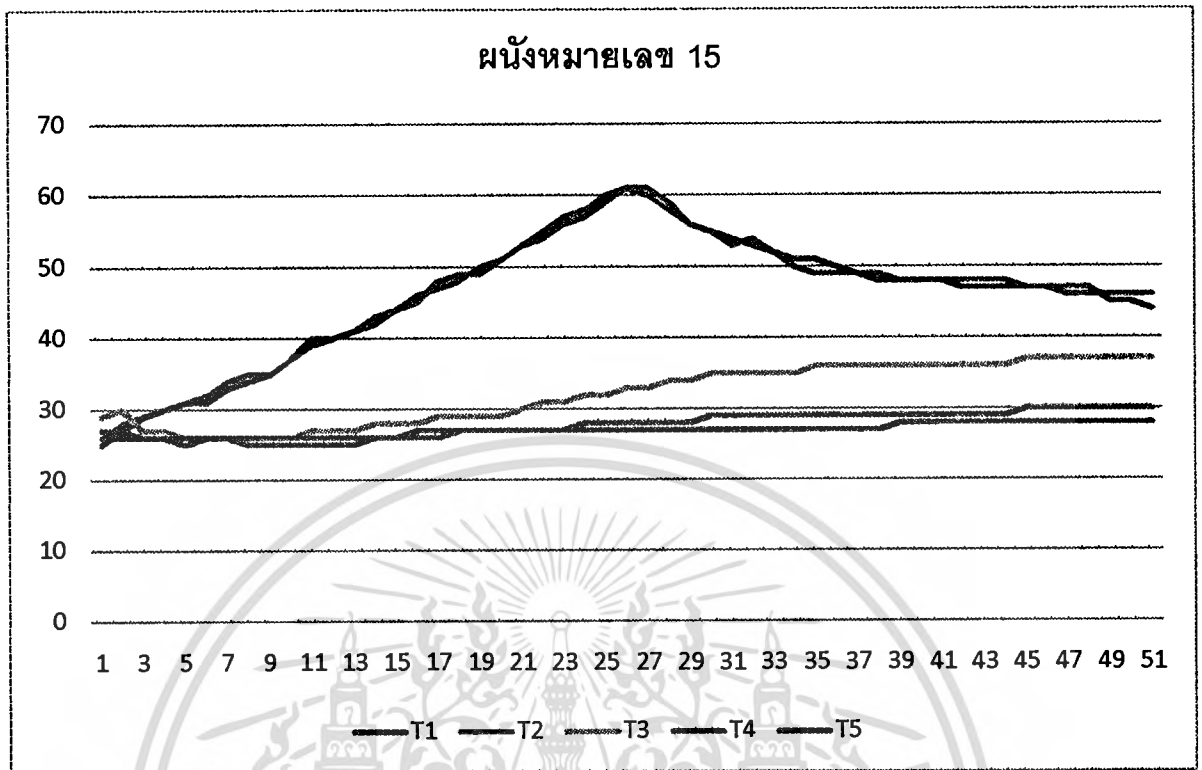


รูปที่ 4.13 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 13



รูปที่ 4.14 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงกราฟอุณหภูมิทดสอบ ผนังหมายเลข 15

ทั้งนี้หากสรุปชุดข้อมูลที่ 1 โดยเลือกผนังที่มีค่าการต้านทานความร้อนดีที่สุดจากชุดตัวอย่างผนัง 5 ประเภท จะได้ดังนี้

1. ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้พลาสติก – ฝวในไม้พลาสติก
2. ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด – ฝวในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด
3. ผนังโครงคร่าว ฝวนอกวูดซีเมนต์บอร์ด – ฝวในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด
4. ผนังโครงคร่าว ฝวนอกชิปบอร์ด – ฝวในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด
5. ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้สำเร็จรูป – ฝวในไม้สำเร็จรูป

4.2 การศึกษาขนาดของช่องอากาศที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการต้านทานความร้อน

การหาชุดข้อมูลที่ 2 ของวัสดุผนังนั้น เป็นการหาขนาดความกว้างของช่องอากาศ ผลการทดสอบ สรุปได้ว่า

1. ขนาดความกว้างของช่องอากาศที่มีค่า 3 ซม. มีผลทำให้อุณหภูมิผนังภายในที่ได้จากการทดสอบ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.4-0.7 องศา

2. ขนาดความกว้างของช่องอากาศที่มีค่า 12.5 ซม. มีผลทำให้อุณหภูมิผนังภายในที่ได้จากการทดสอบ มีอุณหภูมิลดลงขึ้น 0.6 - 1 องศา

ผลการทดสอบข้างต้น ชี้ให้เห็นว่า ความกว้างของช่องอากาศนั้น มีผลต่อการหน่วงความร้อน และ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับผนังที่มีค่าการต้านทานความร้อนต่ำได้ กล่าวคือ หากใช้ผนังโครงเคร่า ผิวนอกไม้สำเร็จรูป – ผิวนในไม้สำเร็จรูป ซึ่งมีค่าการต้านทานความร้อนต่ำสุดในชุดข้อมูลที่ 1 ก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันการความร้อนเพิ่มให้กับผนังได้ด้วยการขยายช่องอากาศภายในผนังเพิ่มขึ้น เป็นต้น

4.3 การศึกษาการเพิ่มฉนวนให้กับผนัง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการต้านทานความร้อน

การหาชุดข้อมูลที่ 3 คือการนำผนังทั้ง 5 ชนิด มาทดสอบด้วยการใส่วัสดุกันความร้อนเข้าไปที่ด้านหลังของผนัง เพื่อหาการต้านทานความร้อนเมื่อมีการเพิ่มวัสดุฉนวนเข้าไป ฉนวนตัวนี้ก็คือ ฟอลด์เมทัลไลต์ (Metalized foil) หรือ ฟอลด์ตัวฉนวนทั่วไป

ผลการทดสอบ ปรากฏว่า อุณหภูมิผนังภายใน ในทุกวัสดุผนังทดสอบนั้น มีการเปลี่ยนแปลงน้อย และไม่เปลี่ยนแปลงเลย โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 0.5 องศา ทั้งนี้ผู้ทดสอบ ได้ทดสอบเพิ่มเติมจากวิธีการทดลอง ทำโดยเพิ่มจำนวนชั่วโมงของการให้ความร้อนแก่ผนังโครงเคร่า ผิวนอกไม้สำเร็จรูป – ผิวนในไม้สำเร็จรูป จาก 25 นาที เป็น 1 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิผนังภายในเพิ่มขึ้น 1 องศา

กรณีข้างต้นอาจสันนิษฐานได้อย่างคร่าวๆ ว่า ฟอลด์เมทัลไลต์ (Metalized foil) นั้น ไม่มีผลในการลดอุณหภูมิที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนในลักษณะเดียวกับการทดลอง ซึ่งอาจจะจะต้องมีการศึกษาการป้องกันความร้อนในลักษณะการแผ่รังสีความร้อน จึงจะทำให้ ฟอลด์เมทัลไลต์ (Metalized foil) มีผลต่อการลดอุณหภูมิได้

4.4 การศึกษาการป้องกันความร้อนด้วยทฤษฎี Mahony table

วิธีการนี้เกิดจากการประมวลตัวแปรทางสภาวะอุณหภูมิอากาศผนวกเข้ากับการเปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิของมนุษย์ จะได้วิธีการออกแบบที่เหมาะสมในลักษณะที่ออกมาเป็นข้อสรุป (รายการคำนวณ คู่มือภาคผนวก)

ตารางที่ 4.3 แสดงการป้องกันความร้อนตามทฤษฎี Mahony table

table 5

Sketch Design Recommendation

Indicator total from table 4						Recommendation
Humid			Arid			
H1	H2	H3	A1	A2	A3	
12.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	
Lay Out						
			0 - 10			1. Buildings orientated on east-west axis to reduce exposure to sun
			11 or 12		5 - 12	2. Compact courtyard planning
					0 - 4	
Spacing						
11 or 12						3. Open spacing for breeze penetration
2 - 10						4. As 3 ,But protect from cold/hot wind
0 or 1						5. Compact planning
Air movement						
3 - 12						6. Rooms single banked. Permanent provision for air movement
1 or 2			0 - 5			7. Double - banked room with temporary provision for air movement
	2 - 12		6 - 12			8. No air movement requirement
0	0 or 1					
Openings						
			0 or 1		0	9. Large openings , 40 - 80% of N and S wall
			11 or 12		0 or 1	10. Very small openings , 10 - 20%
			Any other Condition			11. Medium openings , 20 - 40%
Walls						
			0 - 2			12. Light walls ; shot time lag
			3 - 12			13. Heavy external and internal walls
Roofs						
			0 - 5			14. Light insulated roof
			6 - 12			15. Heavy roofs ; over 8 hours ' time lag
Out door sleeping						
				2 - 12		16. Space for outdoor sleeping required
Rain protection						
			3 - 12			17. Protection from heavy rain needed

จากตารางในข้อ 12 จะเห็นว่า ผนังที่เหมาะสมคือ ผนังเบา ที่มีค่าการกักความร้อนต่ำ เพื่อให้อาคารถ่ายเทความร้อนออกจากผนังและหลังคาได้รวดเร็วในเวลากลางวัน

4.5 การศึกษาการหน่วงความร้อนของวัสดุ (Time lag)

การศึกษานี้ เพื่อหาระยะเวลา ที่ความร้อนถูกส่งผ่านจากผิวผนังภายนอก สู่วัสดุผนังด้านใน ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง หรือ 1 วัน เนื่องด้วยข้อจำกัดของระยะเวลาในการศึกษาทดลอง ผู้ศึกษาจึงได้นำผลการทดลองของ การหาค่าการหน่วงความร้อนของวัสดุไม้สังเคราะห์ ที่ได้มีการทดสอบไว้ (ชนิศา สืบพานิช. 2548 : 68) มาเทียบเคียง พบว่า วัสดุในกลุ่มไม้สังเคราะห์ ที่มีรูปแบบผนังลักษณะ โครงเคร่า มีช่องอากาศตรงกลางนั้น มีค่าการหน่วงความร้อนของวัสดุ อยู่ที่ประมาณ 1 ชั่วโมง

บทที่ 5

การประยุกต์ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบผนังในบทที่ 4 จะได้รูปแบบผนังประเภทต่าง ๆ ที่มีลักษณะของการป้องกันความร้อนแตกต่างกันออกไป ผนังบางชนิดซึ่งโดยคุณสมบัติของวัสดุผิวแล้ว มีค่าการต้านทานความร้อนไม่มากนัก แต่หากเพิ่มองค์ประกอบอื่น เช่น ความกว้างของช่องอากาศที่เพิ่มขึ้น ก็ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนผนังได้เป็นอย่างดี ส่วนค่าการหน่วงความร้อน (time lag) ของวัสดุ ก็มีระยะเวลาเฉลี่ยอยู่ 1 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการระบายอากาศแบบ Passive Cooling ที่ตัววัสดุ จะต้องไม่อมความร้อน และ ระบายความร้อนออกได้เร็ว

แต่การทดสอบค่าการป้องกันความร้อนของผนังเพียงอย่างเดียว นั้น ยังไม่เพียงพอที่จะตอบ โจทย์ความต้องการในสภาพความเป็นจริงของการใช้งานได้ ดังนั้น จะต้องมีการประยุกต์ผลการทดสอบที่ได้ เข้ากับ ราคาค่าก่อสร้างผนัง เพื่อพิจารณาถึงการนำไปใช้งานที่ได้คุณประโยชน์กับผู้ มีรายได้น้อยที่เป็นเป้าหมายหลักของชุดผนังทดสอบเหล่านี้

5.1 ค่าก่อสร้างผนังสำหรับผู้มีรายได้น้อยในปัจจุบัน

ผนังอาคารสำหรับที่พักอาศัยของผู้มีรายได้น้อยในปัจจุบันนั้น หากพิจารณาจากรูปแบบ ผนังที่ใช้ในโครงการบ้านเอื้ออาทร ของการเคหะแห่งชาติ ที่สร้างให้สำหรับผู้มีรายได้น้อยน้อยได้ อยู่อาศัยนั้น พบว่านิยมทำจากผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ และ ผนังก่ออิฐมวลเบา โดยมีราคา ค่าก่อสร้าง ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงราคาค่าก่อสร้างของผนังบ้านเอื้ออาทรแต่ละประเภท

หมายเลข	ประเภทของผนัง	ราคาวัสดุรวม (ต่อ 1 ตรม.) (บาท)	ราคาค่าแรงงาน (ต่อ 1 ตรม.) (บาท)	ราคารวม (ต่อ 1 ตรม.) (บาท)	หมายเหตุ
ผ.1	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ	176	155	331	(1)
ผ.2	ผนังก่ออิฐมวลเบา	264	130	394	(2)

หมายเหตุ – (1) อ้างอิงหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลาง งานก่อสร้างอาคาร ของ กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง กุมภาพันธ์ พ.ศ.2550 , อ้างอิงราคาวัสดุจาก สำนักดัชนีเศรษฐกิจ การค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ เดือนมกราคม 2553 และราคาเฉลี่ยจากร้านค้าวัสดุก่อสร้าง ในท้องตลาด

(2) อ้างอิงราคาจาก ผู้ผลิตคอนกรีตมวลเบา Q-Con

(<http://www.qcon.co.th/products/contrast.php> 12 กุมภาพันธ์ 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ค่าก่อสร้างผนัง สำหรับรูปแบบผนังทดสอบที่นำเสนอ

ราคาค่าก่อสร้างผนังในชุดรูปแบบผนังทดสอบที่นำเสนอ นั้น มีราคาค่าก่อสร้างโดยอ้างอิงจากราคาจากร้านค้าวัสดุก่อสร้างในท้องตลาดทั่วไป เมื่อวันที่ .. กุมภาพันธ์ พ.ศ.2553 มีราคาค้างนี้

ตารางที่ 5.2 แสดงราคาค่าก่อสร้างของผนังทดสอบแต่ละประเภท (1)

หมายเลข	ประเภทของผนัง	ราคาวัสดุ (ต่อ 1 ตรม.) (บาท)	ราคาโครงคร่าว (ต่อ 1 ตรม.) (บาท)	ราคาฉาบ (ต่อ 1 ตรม.) (บาท)	ราคารวม (ต่อ 1 ตรม.) (บาท)	หมายเหตุ
ผ.1ท	ผนังโครงคร่าว ผิวนอกไม้ พลาสติก - ผิวในไม้ พลาสติก	1,240 x 2	35	165	2,680	(2)
ผ.2ท	ผนังโครงคร่าว ผิวนอกไฟ เบอร์ซีเมนต์บอร์ด - ผิว ในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด	196 x 2	35	165	592	
ผ.3ท	ผนังโครงคร่าว ผิวนอกฉูด ซีเมนต์บอร์ด - ผิวในไฟ เบอร์ซีเมนต์บอร์ด	153+196	35	165	549	
ผ.4ท	ผนังโครงคร่าว ผิวนอกฉาบ ฉาบบอร์ด - ผิวในไฟเบอร์ ซีเมนต์บอร์ด	82+196	35	165	478	
ผ.5ท	ผนังโครงคร่าว ผิวนอกไม้ สำเร็จรูป - ผิวในไม้ สำเร็จรูป	166 x 2	35	165	532	

หมายเหตุ -

- (1) ราคาค้างกล่าวไม่รวม ค่าขนส่ง , อุปกรณ์พิเศษ , ภาษีมูลค่าเพิ่ม อ้างอิงราคามาตรฐานจากจากผู้ผลิตสินค้า
- (2) อ้างอิงหลักเกณฑ์จากบัญชีค่าแรงงาน / ค่าดำเนินการสำหรับการถอดแบบคำนวณราคากลาง ฉบับปรับปรุงสิงหาคม 2551 ของกรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง

5.3 การประยุกต์รูปแบบผนังทดสอบ กับ ระเบียบรายได้ของผู้มีรายได้น้อย

จากผลสรุปการทดสอบตัวอย่างในบทที่ 4 สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบ ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของรูปแบบผนังแต่ละชนิด

รูปแบบผนัง	อุณหภูมิผนังภายในที่เพิ่มขึ้น (องศาเซลเซียส)							
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้พลาสติก - ฝวในไม้พลาสติก			•					
ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด - ฝวในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด				•				
ผนังโครงคร่าว ฝวนอกวูดซีเมนต์บอร์ด - ฝวในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด				•				
ผนังโครงคร่าว ฝวนอกชิปซัมบอร์ด - ฝวในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด					•			
ผนังโครงคร่าว ฝวนอก/ใน ไม้สำเร็จรูป								•
เมื่อทำการปรับช่องว่างอากาศในผนังเพิ่มขึ้นเป็น 12.5 ซม.								
ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้พลาสติก - ฝวในไม้พลาสติก		•						
ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด - ฝวในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด			•					
ผนังโครงคร่าว ฝวนอกวูดซีเมนต์บอร์ด - ฝวในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด			•					
ผนังโครงคร่าว ฝวนอกชิปซัมบอร์ด - ฝวในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด				•				
ผนังโครงคร่าว ฝวนอก/ใน ไม้สำเร็จรูป						•		
เมื่อทำการเพิ่มฉนวนโฟลล์เมทัลไลท์								
ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้พลาสติก - ฝวในไม้พลาสติก		•						
ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด - ฝวในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด			•					
ผนังโครงคร่าว ฝวนอกวูดซีเมนต์บอร์ด - ฝวในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด			•					
ผนังโครงคร่าว ฝวนอกชิปซัมบอร์ด - ฝวในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด			•					
ผนังโครงคร่าว ฝวนอก/ใน ไม้สำเร็จรูป						•		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

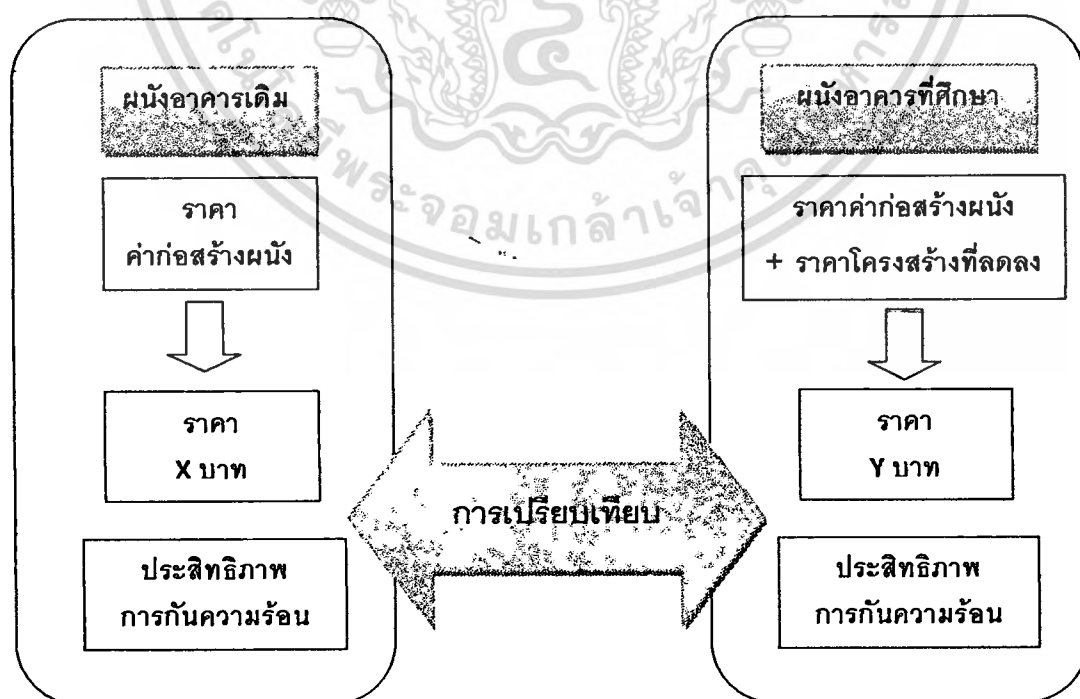
จากตารางสรุปดังกล่าวข้างต้น จะพบว่า ตัวอย่างผนังแต่ละประเภทมีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนต่างกันไป ทั้งนี้ หากประยุกต์ใช้โดยเปรียบเทียบทั้งประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน และ ระดับราคาค่าก่อสร้างผนังแล้ว อาจประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น

ผนังโครงคร่าว ฝิวนอกไม้พลาสติก – ฝิวนใน ไม้พลาสติก (ผ.1ท) มีราคาก่อสร้าง 2,680 บาท ต่อตารางเมตร หากต้องการได้ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนในระดับนี้ ในราคาที่ถูกลง อาจใช้ผนังโครงคร่าว ฝิวนอกไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด – ฝิวนในไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด (ผ.2ท) ราคา ประมาณ 592 บาทต่อตารางเมตรแทน โดยเพิ่มขนาดช่องอากาศเป็น 12.5 ซม. ซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีกประมาณไม่เกิน 50 บาทต่อตารางเมตร เป็นต้น

การประยุกต์ผนังในลักษณะนี้จะช่วยให้ผู้มีรายได้น้อย มีทางเลือกในการเลือกใช้ผนังป้องกันความร้อนที่มีประสิทธิภาพปานกลาง พอเหมาะกับระดับรายได้ของตนเองได้

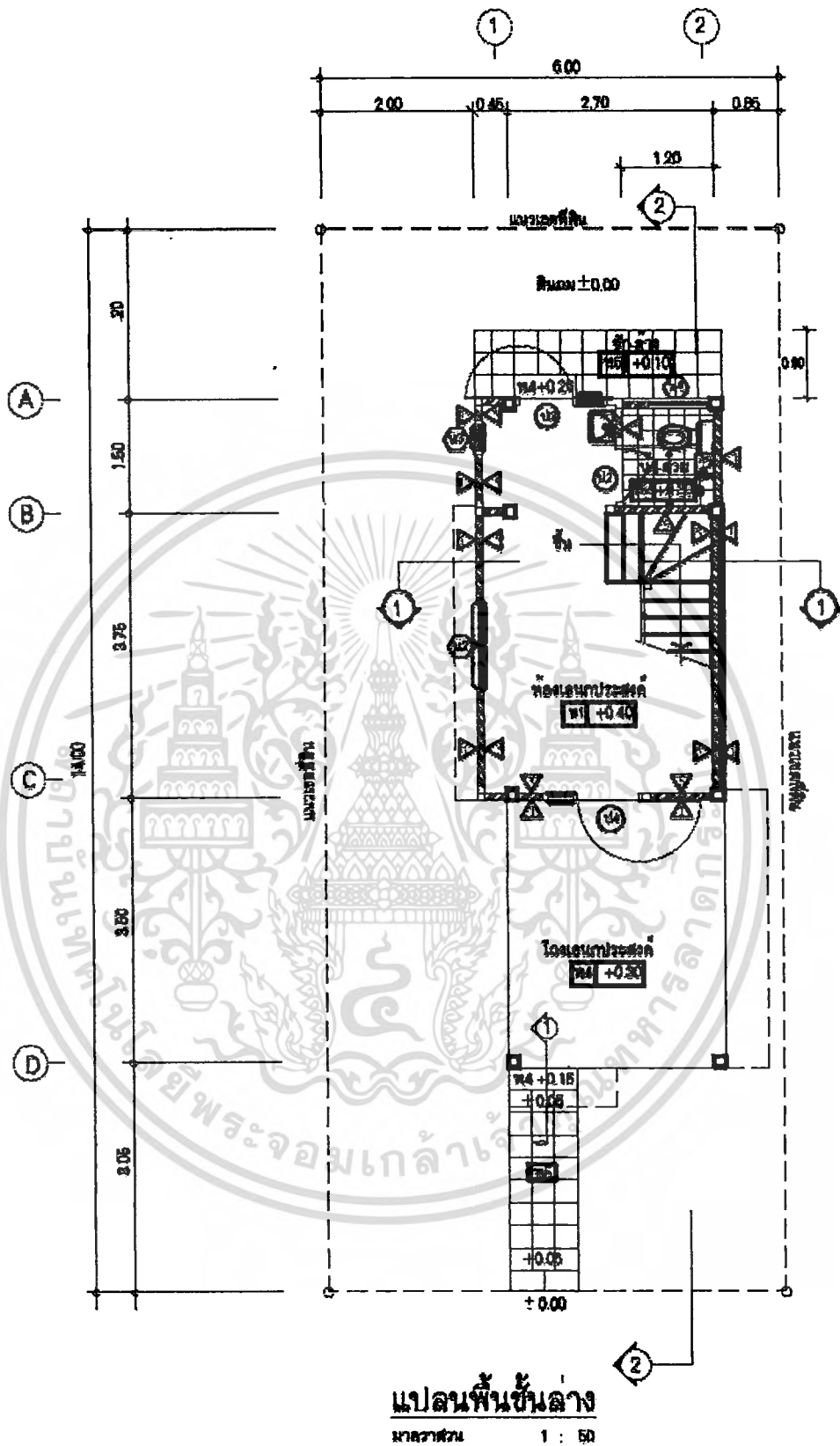
5.4 การประยุกต์รูปแบบผนังทดสอบ กับ รูปแบบผนังบ้านเอื้ออาทร

การศึกษาในหัวข้อนี้ เป็นการเปรียบเทียบในระดับราคาก่อสร้าง กับอาคารที่มีการสร้างจริงสำหรับผู้มีรายได้น้อย โดยใช้อาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้นในโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติมาเป็นกรณีศึกษา การศึกษาได้ใช้วิธีการนำ ราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดที่ใช้ในการก่อสร้าง บ้านพักอาศัยโครงการบ้านเอื้ออาทรฯ มาเปรียบเทียบกับค่าก่อสร้างที่ใช้วัสดุตัวอย่างที่ได้ศึกษาไว้ บวกกับ ราคาค่าก่อสร้างคานคอนกรีตที่ลดลง มาเปรียบเทียบ และเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านผนังทั้ง 2 รูปแบบ



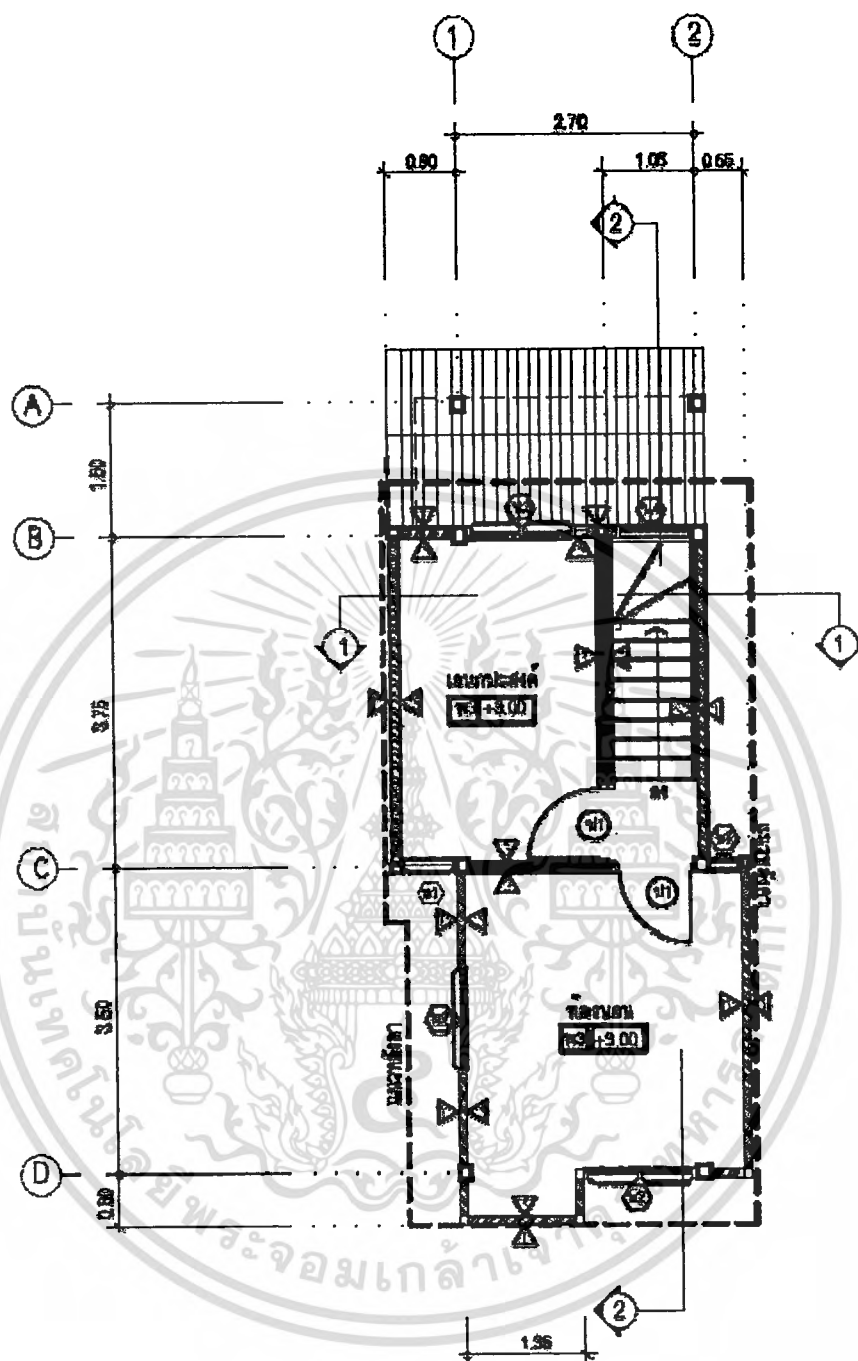
รูปที่ 5.1 แสดงเกณฑ์การเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดง ผังพื้นที่ชั้นล่างของบ้านเอื้ออาทร

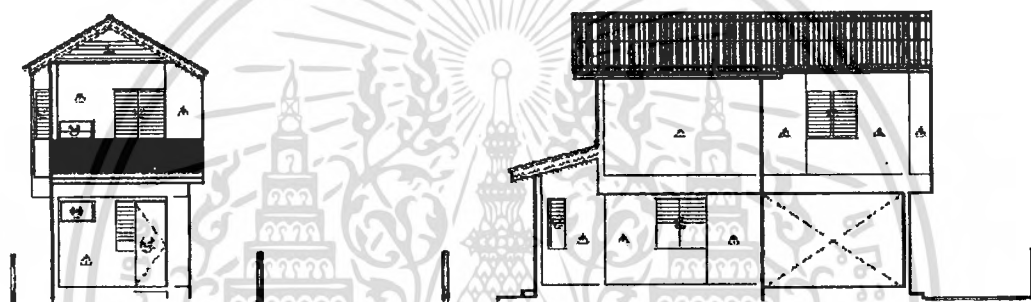
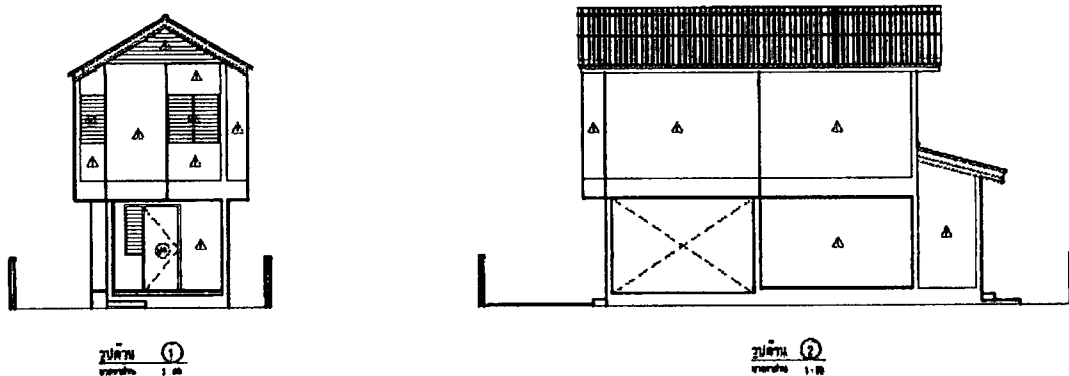
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แปลนพื้นที่ชั้นบน
 มาตรฐาน 1 : 50

รูปที่ 5.3 แสดง ผังพื้นที่ชั้นบนของบ้านเอื้ออาทร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดง รูปด้าน ด้านต่าง ๆ ของบ้านเอื้ออาทร

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบราคาและส่วนต่างของผนังเดิม กับ ผนังที่ศึกษา

ผนัง	พื้นที่ (ตร.ม.)	ราคา คอททอล	รวมรวม	โครงสร้าง ลดลง	รวมรวม ใหม่	ส่วนต่าง	ผลสรุป เมื่อเทียบับ ผนังเดิม
ผ.1 (ผนังเดิม)	83.72	331	27,711.32	-	27,711.32	0	ผนังเดิม
ชุดผนังที่ศึกษา							
ผ.1ก	83.72	2,680	224,369.6	30 %	67,310.88	39,599.56	เพิ่มขึ้น 2 เท่า
ผ.2ก	83.72	592	49,562.24	30 %	14,868.672	-12,842.6	ลดลง 25.91 %
ผ.3ก	83.72	549	45,962.28	30 %	13,788.684	-13,922.6	ลดลง 30.29 %
ผ.4ก	83.72	478	40,018.16	30 %	12,005.448	-15,705.9	ลดลง 39.24 %
ผ.5ก	83.72	532	44,539.04	30 %	13,361.712	-14,349.6	ลดลง 32.21 %

หมายเหตุ – หน่วยที่ใช้ : บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุ กับ ราคาก่อสร้าง

คอนกรีตที่ใช้หล่อฐาน สูตร 1: 2 : 4

คอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร, ราคาประมาณ 1,400 บาท *

กรณีผนังก่ออิฐ

หน้าตัดฐาน ขนาด 0.20 x 0.40 ม. ยาว 1 เมตร สำหรับรับผนังเนื้อที่ 1 ตร.ม.

มีปริมาตรคอนกรีต = 0.08 ลบ. ม.

ราคาค่าก่อสร้างฐาน = 0.08 x 1,400 = **112 บาท**

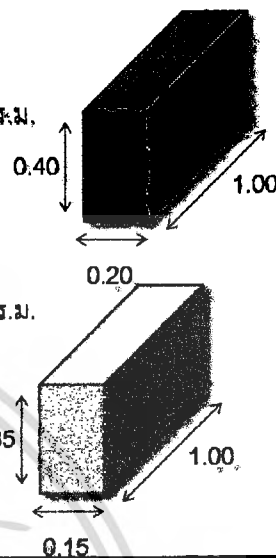
กรณีผนังเบา

หน้าตัดฐาน ขนาด 0.15 x 0.35 ม. ยาว 1 เมตร สำหรับรับผนังเนื้อที่ 1 ตร.ม.

มีปริมาตรคอนกรีต = 0.053 ลบ. ม.

ราคาค่าก่อสร้างฐาน = 0.053 x 1,400 = **74.2 บาท**

* คำนวณตามมาตรฐานกรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง



รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าก่อสร้าง

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังเดิม กับ ผนังที่ศึกษา

ผนัง	พื้นที่ (ตร.ม.)	ราคา ค่าก่อสร้างรวม *	ค่าความต้านทาน ความร้อน (R)	ผลสรุปประสิทธิภาพ การป้องกันความร้อน เมื่อเทียบกับผนังเดิม
ผ.1 (ผนังเดิม)	83.72	27,711.32	0.281	
ชุดผนังที่ศึกษา				
ผ.1ท	83.72	67,310.88	0.824	เพิ่มขึ้น 193.24 %
ผ.2ท	83.72	14,868.672	0.562	เพิ่มขึ้น 100 %
ผ.3ท	83.72	13,788.684	0.523	เพิ่มขึ้น 86.12 %
ผ.4ท	83.72	12,005.448	0.473	เพิ่มขึ้น 68.33 %
ผ.5ท	83.72	13,361.712	0.416	เพิ่มขึ้น 48.04 %

หมายเหตุ - * ใช้ราคาจากตารางที่ 5.1 (หน่วย : บาท)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.1 และ ตารางที่ 5.2 พบว่า ในประเด็นของราคาค่าก่อสร้างนั้น หากเทียบกัน เฉพาะราคาวัสดุ ผลสรุปคือ ราคาของวัสดุผนังที่ศึกษานั้น มีราคาแพงกว่าวัสดุผนังที่เป็นอิฐ มอญแบบเดิม

แต่เมื่อคิดราคาในองค์รวมของการก่อสร้าง ที่รวมราคาของโครงสร้างคานรับน้ำหนักที่ ลดลงแล้ว จะพบว่า มีเพียงผนัง โครงเคร่า ฝิวนอกไม้พลาสติก – ฝิวนในไม้พลาสติก (ผ.1ท) เท่านั้น ที่ยังคงมีราคาที่สูงกว่าผนังก่ออิฐมอญอยู่ แต่ ผนังที่นำมาศึกษาในประเภทอื่นๆ นั้น มีราคาค่า ก่อสร้าง ต่ำกว่า การก่อสร้างด้วยผนังอิฐมอญ

ในประเด็นของการศึกษาเรื่องประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของวัสดุผนังนั้น พบว่า ผนังทดสอบแต่ละประเภท มีค่าประสิทธิภาพการห่อหุ้มความร้อนสูงกว่า ผนังอิฐมอญทั้งสิ้น โดยเฉพาะผนัง โครงเคร่า ฝิวนอกไม้พลาสติก – ฝิวนในไม้พลาสติก (ผ.1ท) มีค่าประสิทธิภาพสูง กว่า เกือบ 200 %

เมื่อนำผลสรุปในเรื่องของราคาค่าก่อสร้าง และ ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน มา เปรียบเทียบแล้ว อาจสร้างเกณฑ์ทางเลือกให้กับผู้มียรายได้น้อย ในการเลือกผนังป้องกันความร้อนที่ ใ้กับบ้านพักอาศัยได้ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.6 เปรียบเทียบเกณฑ์การเลือกผนังที่ศึกษา

รูปแบบผนัง	ราคา ค่าก่อสร้างรวม *	ค่าความต้านทาน ความร้อน (R)	สัดส่วนระหว่าง ราคา / ประสิทธิภาพ
ผนังก่ออิฐ	27,711.32	0.281	98,616.79
ผ.1ท	67,310.88	0.824	81,687.96
ผ.2ท	14,868.672	0.562	26,456.71
ผ.3ท	13,788.684	0.523	26,364.59
ผ.4ท	12,005.448	0.473	25,381.49
ผ.5ท	13,361.712	0.416	32,119.5

หมายเหตุ - * ใช้ราคาจากตารางที่ 5.1 (หน่วย : บาท)

จากตารางจะพบว่า ผนัง ผ.4ท. หรือ ผนังโครงเคร่า ฝิวนอกชิพซัมบอร์ด – ฝิวนไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด นั้น มีสัดส่วนของราคา ต่อประสิทธิภาพต่างกันน้อยที่สุด ซึ่งเป็นสัดส่วนที่แสดงให้เห็นความคุ้มค่าของ การลงทุน ต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนที่ได้รับจากชุดผนัง

เมื่อนำข้อมูลจากตารางข้างต้น มาเขียนกราฟ จะพบว่า ผนัง ผ.2ท. – ผนัง ผ.4 ท. ได้แก่

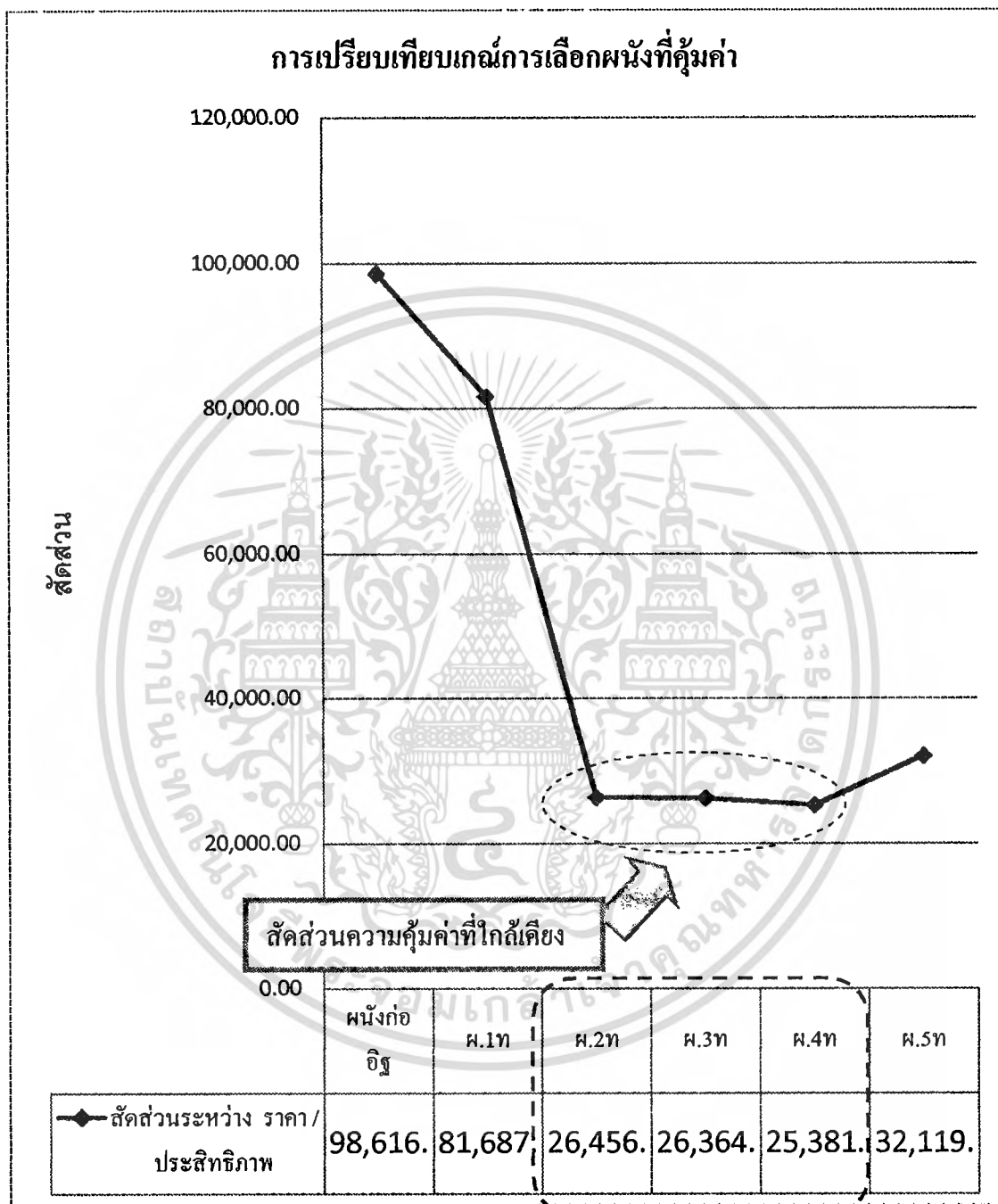
ผนังโครงเคร่า ฝิวนอกไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด – ฝิวนไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด

ผนังโครงเคร่า ฝิวนอกวู้ดซีเมนต์บอร์ด – ฝิวนไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด

ผนังโครงเคร่า ฝิวนอกชิพซัมบอร์ด – ฝิวนไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความคุ้มค่าในการเลือกใช้อุปกรณ์ในเกณฑ์ใกล้เคียงกัน ดังนั้นอาจใช้ปัจจัยอื่นเป็นเกณฑ์ในการเลือกเพิ่มเติมตามแต่ความต้องการของผู้ใช้ เช่น ความสวยงาม , ราคาขนส่ง เป็นต้น



รูปที่ 5.6 แสดงกราฟ การเปรียบเทียบสัดส่วน ราคา และ ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการทดสอบผนังในบทที่ 4 และการประยุกต์ใช้รูปแบบผนังในบทที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ผนังเบาที่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการลดอุณหภูมิที่จะผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร โดยมีรูปแบบที่สามารถประยุกต์ใช้ให้เหมาะกับราคา และ ประสิทธิภาพที่ต้องการได้ตามแต่ผู้ใช้งานจะพิจารณา

ทั้งนี้การเลือกใช้ผนังเบาที่ทำการศึกษามาเป็นองค์ประกอบในการออกแบบ นอกจากจะ ช่วยในการลดอุณหภูมิที่จะผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร แล้ว ยังมีผลในการลดปริมาณของโครงสร้างที่รองรับผนังอาคารได้อีกด้วย ซึ่งส่งผลโดยตรงในการลดความสิ้นเปลืองวัสดุก่อสร้างและ ช่วยให้ ประหยัดค่าก่อสร้างลงได้

ผลการศึกษา เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ

1. ผนังเบาที่ทำการศึกษา จะช่วยลดอุณหภูมิเข้าสู่อาคาร ได้ดีเมื่อเทียบกับวัสดุผนังหนัก ประเภทอื่น ๆ ได้แก่ ผนังอิฐ และ ผนังคอนกรีต
2. รูปแบบผนังเบาที่ศึกษาได้ จะช่วยลดต้นทุนค่าก่อสร้างและ ป้องกันความร้อนให้กับอาคาร ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ การศึกษาดังกล่าวได้เสนอข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เพื่อประยุกต์ใช้ ใน 2 ข้อ คือ

1. ได้แนวทางการเลือกใช้รูปแบบผนังที่ช่วยลดอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วย 5 แนวทาง ตามตารางที่ 5.6
2. ได้รูปแบบผนังเบา เพื่อป้องกันความร้อน สำหรับอาคารพักอาศัยของผู้มีรายได้น้อย ตามตารางที่ 5.3

ผลการศึกษาดังกล่าว สามารถสรุปทางเลือกผนังที่เหมาะสมทั้งในด้านราคา และ ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน คือ ผนังโครงเคร่า ผิวนอกยิปซัมบอร์ด – ผิวนในไฟเบอร์ซีเมนต์ บอร์ด โดยมีชุดผนังรูปแบบอื่น เป็นตัวเลือกในอีก 4 ตัวเลือก

ผลการศึกษาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีข้อจำกัดในการศึกษาที่ควรทราบ หากจะนำผลการศึกษาไปอ้างอิง หรือ ทำการศึกษาวิจัยต่อ ดังนี้

1. การศึกษานี้ ทดสอบเพียงวัสดุ ขนาด 20 x 20 ซม. ในเครื่องมือทดสอบ ที่มีการควบคุมปริมาณความร้อน ดังนั้นผลการศึกษาอาจเปลี่ยนไปหากมีการทดสอบ ในขนาดพื้นที่ของวัสดุที่แตกต่างกันไปจากนี้ หรือ ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างออกไป
2. การศึกษานี้ มุ่งเน้นเพียงประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของตัววัสดุผิว แต่ ไม่ได้มีการศึกษาในเรื่องของอายุการใช้งานเมื่อเทียบกับวัสดุประเภทอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การศึกษานี้ ทำการคำนวณราคาก่อสร้างวัสดุ ในส่วนผนังและ โครงสร้างที่รองรับ เท่านั้น หากมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง ผลสรุปอาจเปลี่ยนไปได้

4. การศึกษานี้ ไม่ได้ทำการเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของความคงทนของวัสดุ , ความแข็งแรงในการรับน้ำหนักและแรงกระทำของวัสดุ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจมีผลทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้างแปรเปลี่ยนไปได้

ทั้งนี้ผู้วิจัยมีความเห็นเสนอแนะว่า หากมีการศึกษาในเรื่องของการใช้วัสดุในธรรมชาติ หรือ วัสดุพื้นถิ่นมาเป็นวัสดุสำหรับผิวผนังเบา ตัวอย่างเช่น การทำผนังเบาจากวัสดุธรรมชาติที่มีช่องอากาศอยู่ภายใน โครงสร้าง เช่น ไม้ไผ่ หรือ การใช้วัสดุรีไซเคิลมาสังเคราะห์ขึ้นเป็นวัสดุผนังเบา เป็นต้น จะช่วยให้การประยุกต์ใช้รูปแบบของผนังเบา มีความหลากหลายมากขึ้น และยังช่วยในการรณรงค์ให้เกิดการใช้วัสดุก่อสร้างที่หาได้ในประเทศ ช่วยลดราคาก่อสร้างในส่วนผนังและ โครงสร้างที่รองรับผนัง ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่ออุตสาหกรรมการผลิตวัสดุก่อสร้างในประเทศ และการรณรงค์ให้วัสดุประหยัดพลังงาน ได้อย่างเป็นรูปธรรม

6.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาวิจัย

6.1.1 ในการศึกษาวัสดุผนังของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาเพียงผนังเบา สำหรับผู้มีรายได้น้อย ที่ใช้ในระบบ Passive Cooling หากมีการศึกษาต่อและสร้างเกณฑ์ทางเลือก ผนังเบาในระบบ Active Cooling จะทำให้มีทางเลือกในการใช้วัสดุผนังที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้มากขึ้น

6.1.2 ในการศึกษาวัสดุผนังของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ศึกษาได้ศึกษาเพียงปัจจัยของการป้องกันความร้อนด้วยการลดอุณหภูมิที่ผ่านเข้าสู่ผนังด้วยการนำความร้อนเท่านั้น หากมีการศึกษา ในประเด็นของการป้องกันความชื้นของผนัง และ การป้องกันความร้อนด้วยวิธีอื่น จะช่วยให้ การศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบผนังเบา มีความครอบคลุมมากขึ้น

6.1.3 การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีข้อจำกัด ในเรื่องของสถานที่ เวลา และงบประมาณ หากมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยนำวัสดุทดสอบไปใช้จริงในการก่อสร้าง มีการคำนวณประมาณราคาการ ก่อสร้างในสถานการณ์จริง และ ทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนด้วยสภาพอากาศจริง จะส่งผลให้การศึกษาเรื่องนี้ เป็นประโยชน์อย่างมากต่ออุตสาหกรรมก่อสร้างและผลิตวัสดุก่อสร้าง รวมทั้งการออกแบบอาคารพักอาศัยให้กับผู้มีรายได้น้อยในประเทศ

บรรณานุกรม

- กรกฎ ทองพรม. 2549. “การใช้พัดลมไฟฟ้าเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนังแบบช่องอากาศภายในสำหรับบ้านพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2547. แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง และ ฉนวน เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. พิมพ์ครั้งแรก. กรุงเทพฯ : บริษัท แกรนด์ เพรส แอนด์ แพคกิ้ง จำกัด
- การเคหะแห่งชาติ. 2551. การทำสัญญาบ้านเอื้ออาทร. [Online].Available : http://www.nhancet.or.th/main.php?filename=house_type_02
- ชนิศา สืบพานิช. 2548. “การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารมวลสารน้อยสำหรับอาคารปรับอากาศเขตภูมิอากาศร้อน.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัย สาขาวิชาสถาปัตยกรรม, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิธิ เอียวศรีวงศ์. 2543. คนจนกับนโยบายการทำให้จนของรัฐ. กรุงเทพฯ ฯ : เรือนแก้วการพิมพ์
- ปีทมา ว่าพัฒน์วงศ์. 2551. การกระจายรายได้ในชุมชนผู้มีรายได้น้อย [Online].Available : <http://www.popterms.mahidol.ac.th/newsletter/showarticle.php?articleid=70>
- วรภัทร ฉินทกานันท์. 2546. “แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังอาคาร.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัย สาขาวิชาสถาปัตยกรรม, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วันเอก กิจสมใจ. 2538. “ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิภายนอกของผนังอาคาร.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัย สาขาวิชาสถาปัตยกรรม, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิจิตร ระวิวงศ์, วิไลวัฒน์ กฤษณะภูติ, ประดิษฐ์ ศิลาบุตร . 2542. รายงานโครงการวิจัยเรื่อง สถานการณ์คนจนและการ จัดการแก้ปัญหาคนจนในภาวะวิกฤติทางเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. 2552. ศัพทานุกรมการวิจัยทางประชากรและสังคม. [Online].Available : <http://www.popterms.mahidol.ac.th> - Revised: April 7, 2008
- สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. [Online].Available : <http://www.tdri.or.th/poverty/report1.htm>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ . [Online].Available :

http://poverty.nesdb.go.th/poverty_new/nesdb/2476/index.html

สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2552. โครงการบ้านเอื้ออาทรอนุรักษ์พลังงาน. [Online].Available :

<http://www2.dede.go.th/new-homesafe/webban/ueoyarthorn.htm>

สุวรรณ คงแป้น. 2545. วิถีไทวิถีทางสู่ชุมชนพึ่งตนเอง. กทม. : สำนักงานสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, [Online].Available :

http://www.chumchonhai.or.th/Information/Infmb3106_10.html

อริคม วิมลวัตรเวที. 2547. “แนวทางการออกแบบปรับปรุงบ้านเอื้ออาทร เพื่อสภาวะน่าสบายและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

American Society of heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering, Inc. 1989. **ASHRAE Handbook of Fundamentals**. Atlanta.

Christine Beall. 1998. **Thermal and Moisture Protection**. New York : McGrawHill

Moore Fuller. 1993. **Enviromental Control System**. Singapore : McGrawHill.

Norbert Lechner. 2001. **Heating Cooling Light Design method for Architects**. New York : John Wiley&Sons, Inc.

Thairssfeed [Online].Available : <http://www.thairssfeed.com/news/0000003273BZKQH/>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

ตารางคำนวณค่า R และค่า U ของวัสดุผนัง 15 ประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบผนัง 1 ผนังโครงคร่าว คิวนอกไม้สำเร็จรูป – คิวในไม้สำเร็จรูป				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m · °C)	ค่า R (m ² · °C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.01	วัสดุไม้จริง	0.217	0.046
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.01	วัสดุไม้จริง	0.217	0.046
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.10			0.416
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		2.403

รูปแบบผนัง 2 ผนังโครงคร่าว คิวนอกไม้สำเร็จรูป – คิวในอิปซัมบอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m · °C)	ค่า R (m ² · °C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.01	วัสดุไม้จริง	0.217	0.046
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.009	อิปซัมบอร์ด	0.282	0.03
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.099			0.814
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		1.229

รูปแบบผนัง 3 ผนังโครงคร่าว คิวนอกไม้พลาสติก – คิวในไม้พลาสติก				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m · °C)	ค่า R (m ² · °C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.0125	ไม้พลาสติก	0.05	0.25
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.0125	ไม้พลาสติก	0.05	0.25
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.105			0.824
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		1.213

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบผนัง 4 ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้พลาสติก – ฝวในชิปซัมบอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.0125	ไม้พลาสติก	0.05	0.25
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.009	ชิปซัมบอร์ด	0.282	0.03
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.1015			0.604
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		1.655

รูปแบบผนัง 5 ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้พลาสติก – ฝวในวีวบอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.0125	ไม้พลาสติก	0.05	0.25
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.01	วีวบอร์ด	0.125	0.08
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.1025			0.654
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		1.529

รูปแบบผนัง 6 ผนังโครงคร่าว ฝวนอกไม้พลาสติก – ฝวในสมาร์ทบอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.0125	ไม้พลาสติก	0.05	0.25
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.01	สมาร์ทบอร์ด	0.084	0.119
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.1025			0.693
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		1.443

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบผนัง 7 ผนังโครงคร่าว คิวนอก ยิปซัมบอร์ด- คิวในยิปซัมบอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ² ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.009	ยิปซัมบอร์ด	0.282	0.03
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.009	ยิปซัมบอร์ด	0.282	0.03
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.098			0.384
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		2.604

รูปแบบผนัง 8 ผนังโครงคร่าว คิวนอกยิปซัมบอร์ด - คิวในวีวบอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ² ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.009	ยิปซัมบอร์ด	0.282	0.03
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.01	วีวบอร์ด	0.125	0.08
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.099			0.434
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		2.304

รูปแบบผนัง 9 ผนังโครงคร่าว คิวนอก ยิปซัมบอร์ด- คิวในสมาร์ทบอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ² ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.009	ยิปซัมบอร์ด	0.282	0.03
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.01	สมาร์ทบอร์ด	0.084	0.119
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.099			0.473
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		2.114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบผนัง 10 ผนังโครงคร่าว คิวโนควี่วอร์ด – คิวโนชิพซัมบอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.01	วี่วอร์ด	0.125	0.08
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.009	ชิพซัมบอร์ด	0.282	0.03
R _i	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.099			0.434
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		2.304

รูปแบบผนัง 11 ผนังโครงคร่าว คิวโนควี่วอร์ด – คิวโนวี่วอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.01	วี่วอร์ด	0.125	0.08
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.01	วี่วอร์ด	0.125	0.08
R _i	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.10			0.484
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		2.066

รูปแบบผนัง 12 ผนังโครงคร่าว คิวโนควี่วอร์ด – คิวโนสมาร์ทบอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.01	วี่วอร์ด	0.125	0.08
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.01	สมาร์ทบอร์ด	0.084	0.119
R _i	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.10			0.523
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		1.912

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบผนัง 13 ผนังโครงคร่าว คิวนอก สมาร์ทบอร์ด- คิวในชิปซัมบอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ² ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.01	สมาร์ทบอร์ด	0.084	0.119
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.009	ชิปซัมบอร์ด	0.282	0.03
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.099			0.473
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		2.114

รูปแบบผนัง 14 ผนังโครงคร่าว คิวนอกสมาร์ทบอร์ด- คิวในวีวบอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ² ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.01	สมาร์ทบอร์ด	0.084	0.119
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.01	วีวบอร์ด	0.125	0.08
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.10			0.523
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		1.912

รูปแบบผนัง 15 ผนังโครงคร่าว คิวนอกสมาร์ทบอร์ด- คิวในสมาร์ทบอร์ด				
ตำแหน่ง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	รายการวัสดุ	ค่า K (W/m ² ·C)	ค่า R (m ² ·C/W)
R ₀	-	ฟิล์มอากาศภายนอก	-	0.044
R ₁	0.01	สมาร์ทบอร์ด	0.084	0.119
R ₂	0.08	ช่องว่างอากาศ	-	0.16
R ₃	0.01	สมาร์ทบอร์ด	0.084	0.119
R ₄	-	ฟิล์มอากาศภายใน	-	0.120
รวม	0.10			0.562
$U = 1 / \sum R$		ดังนั้น ค่า U มีค่า		1.779

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิผนังทดสอบ 1

0	26	27	27	26	26
1	26	27	27	26	26
2	28	29	28	26	26
3	30	30	28	26	26
4	32	31	28	26	26
5	32	31	28	26	26
6	33	33	28	26	26
7	35	34	28	26	26
8	36	35	28	26	26
9	37	37	28	26	26
10	38	39	28	27	26
11	40	41	28	27	26
12	42	42	28	27	26
13	43	44	28	27	26
14	44	45	28	27	27
15	46	47	28	27	27
16	48	48	29	27	27
17	48	49	29	27	27
18	49	50	29	27	27
19	50	52	29	27	27
20	52	53	29	27	27
21	54	54	30	27	27
22	55	55	30	27	27
23	57	57	31	28	27
24	59	60	31	28	27
25	61	62	31	28	27
26	61	61	32	28	27
27	59	60	32	28	27
28	57	58	32	28	27
29	56	57	33	28	27
30	54	54	33	29	27
31	53	53	34	29	27
32	51	51	34	29	28
33	50	51	35	29	28
34	49	50	35	29	28
35	49	50	35	29	28
36	49	50	35	29	28
37	49	49	35	29	28
38	49	49	35	29	28
39	49	49	36	29	28
40	48	49	36	29	28
41	48	49	36	29	28
42	48	48	36	29	28
43	47	48	37	29	29
44	47	48	37	29	29
45	47	47	37	29	29
46	46	47	37	29	29
47	46	46	37	29	29
48	46	45	38	30	29
49	45	44	38	30	29
50	45	44	38	30	29

ตอนที่ เปิด เครื่องทำความร้อน

ช่วงเวลา ที่ ปิด เครื่องทำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิห้องสอบ 2

0	25	27	29	27	25
1	27	29	28	27	26
2	29	29	27	27	26
3	30	31	27	27	26
4	31	31	26	26	26
5	32	32	26	26	26
6	33	33	26	26	26
7	34	34	26	25	26
8	35	36	26	25	26
9	37	37	26	25	26
10	39	39	27	25	26
11	40	40	27	25	26
12	41	42	27	26	27
13	43	43	28	26	27
14	44	44	28	26	27
15	46	46	28	26	27
16	47	48	29	27	27
17	48	49	29	27	27
18	50	51	29	27	27
19	51	52	29	27	27
20	53	53	30	27	27
21	54	55	31	27	27
22	56	56	31	27	27
23	57	57	32	27	27
24	59	59	32	28	27
25	61	62	33	28	27
26	60	61	33	28	27
27	58	58	34	28	27
28	56	57	34	28	27
29	55	55	35	28	27
30	54	55	35	28	27
31	53	54	35	29	27
32	52	52	35	29	28
33	50	51	35	29	28
34	49	51	36	29	28
35	49	50	36	29	28
36	49	50	36	29	28
37	48	49	36	29	28
38	48	49	36	29	28
39	48	48	36	29	28
40	48	48	36	29	28
41	47	48	37	29	28
42	47	48	37	29	28
43	47	48	37	29	29
44	47	48	37	29	29
45	47	47	37	29	29
46	46	47	37	30	29
47	46	47	37	30	29
48	46	46	37	30	29
49	46	45	37	30	29
50	46	45	37	30	29

ช่วงที่ เปิด เครื่องทำความเย็น

ช่วงเวลาที่ ปิด เครื่องทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิผนังทดสอบ 3

0	25	27	29	26	26
1	27	29	30	26	26
2	29	29	27	26	26
3	30	30	27	26	26
4	31	31	26	26	26
5	32	31	26	26	26
6	33	33	26	26	26
7	34	34	26	26	26
8	35	36	26	26	26
9	37	37	26	26	26
10	39	39	27	26	26
11	40	41	27	26	26
12	41	42	27	26	26
13	43	44	28	26	26
14	44	45	28	26	26
15	46	47	28	26	26
16	47	47	29	26	26
17	48	49	29	27	26
18	50	51	29	27	26
19	51	52	29	27	26
20	53	54	30	27	26
21	54	56	31	27	26
22	56	57	31	27	26
23	57	58	32	28	26
24	59	61	32	28	26
25	61	62	33	28	26
26	60	62	33	28	26
27	58	60	34	28	26
28	56	58	34	28	27
29	55	56	35	29	27
30	54	55	35	29	27
31	53	54	35	29	27
32	52	52	35	29	27
33	50	52	35	29	27
34	49	51	36	29	27
35	49	50	36	29	27
36	49	50	36	29	27
37	48	50	36	29	27
38	48	49	36	30	27
39	48	49	36	30	27
40	48	49	36	30	27
41	47	49	37	30	27
42	47	48	37	30	27
43	47	48	37	30	27
44	47	48	37	30	27
45	47	47	37	30	27
46	46	47	37	30	27
47	46	47	37	30	27
48	46	47	37	31	27
49	46	47	37	31	27
50	46	46	37	31	27.5

ผนังที่ เปิด เครื่องทำความร้อน

ผนังเขตที่ ปิด เครื่องทำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิผนังทดสอบ 4

0	25	27	29	27	26
1	27	29	30	27	26
2	29	29	27	26	26
3	30	30	27	26	26
4	31	31	26	25	26
5	32	31	26	26	26
6	33	33	26	26	26
7	34	34	26	25	26
8	35	36	26	25	26
9	37	37	26	25	26
10	39	39	27	25	26
11	40	41	27	25	26
12	41	42	27	25	26
13	43	44	28	26	26
14	44	45	28	26	26
15	46	47	28	26	27
16	47	47	29	26	27
17	48	49	29	27	27
18	50	51	29	27	27
19	51	52	29	27	27
20	53	54	30	27	27
21	54	56	31	27	27
22	56	57	31	27	27
23	57	58	32	28	27
24	59	61	32	28	27
25	61	62	33	28	27
26	60	62	33	28	27
27	58	60	34	28	27
28	56	58	34	28	27
29	55	56	35	29	27
30	54	55	35	29	27
31	53	54	35	29	27
32	52	52	35	29	27
33	50	52	35	29	27
34	49	51	36	29	27
35	49	50	36	29	27
36	49	50	36	29	28
37	48	50	36	29	28
38	48	49	36	29	28
39	48	49	36	29	28
40	48	49	36	29	28
41	47	49	37	29	28
42	47	48	37	29	28
43	47	48	37	29	28
44	47	48	37	29	28
45	47	47	37	29	28
46	46	47	38	29	28
47	46	47	38	29	29
48	46	46	38	29	29
49	46	46	38	29	29
50	46	45	38	29	29

ผนังที่ 1 บัด เครื่องทดสอบ

ผนังที่ 2 บัด เครื่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิผนังทดสอบ 5

0	25	27	29	27	26
1	27	29	30	27	26
2	29	29	27	26	26
3	30	30	27	26	26
4	31	31	26	25	26
5	32	31	26	26	26
6	33	33	26	26	26
7	34	34	26	25	26
8	35	36	26	25	26
9	37	37	26	25	26
10	39	39	27	25	26
11	40	41	27	25	26
12	41	42	27	25	26
13	43	44	28	26	26
14	44	45	28	26	26
15	46	47	28	26	27
16	47	47	28	26	27
17	48	49	28	27	27
18	50	51	29	27	27
19	51	52	29	27	27
20	53	54	29	27	27
21	54	56	29	27	27
22	56	57	30	27	27
23	57	58	30	28	27
24	59	61	30	28	27
25	61	62	31	28	27
26	60	62	31	28	27
27	58	60	32	28	27
28	56	58	33	28	27
29	55	56	34	29	27
30	54	55	34	29	28
31	53	54	35	29	28
32	52	52	35	30	28
33	50	52	35	30	28
34	49	51	36	30	28
35	49	50	36	30	28
36	49	50	36	30	28
37	48	50	36	30	28
38	48	49	37	31	29
39	48	49	37	31	29
40	48	49	37	31	29
41	47	49	37	31	29
42	47	48	37	31	29
43	47	48	37	31	29
44	47	48	37	31	29
45	47	47	37	31	29
46	46	47	37	31	29
47	46	47	37	31	29
48	46	47	37	31	29
49	46	46	37	31	29
50	46	46	37	31	29

ผนังที่ 105 - หลังคาสามชั้น

ผนังที่ 106 - เสาพักสามชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิผนังทดสอบ 6

0	25	27	29	27	26
1	27	29	30	27	26
2	29	29	27	27	26
3	30	30	27	26	26
4	31	31	26	26	26
5	32	31	26	26	26
6	33	33	26	26	26
7	34	34	26	25	26
8	35	36	26	25	26
9	37	37	26	25	26
10	39	39	27	25	26
11	40	41	27	25	26
12	41	42	27	26	26
13	43	44	28	26	26
14	44	45	28	26	26
15	46	47	28	26	26
16	47	47	28	27	26
17	48	49	28	27	26
18	50	51	29	27	26
19	51	52	29	27	26
20	53	54	29	27	26
21	54	56	29	27	27
22	56	57	30	27	27
23	57	58	30	27	27
24	59	61	30	27	27
25	61	62	31	28	27
26	60	62	31	28	27
27	58	60	32	28	27
28	56	58	33	28	27
29	55	56	34	28	27
30	54	55	34	28	27
31	53	54	34	28	27
32	52	52	35	28	27
33	50	52	35	28	27
34	49	51	35	29	27
35	49	50	36	29	27
36	49	50	36	29	28
37	48	50	36	29	28
38	48	49	36	29	28
39	48	49	36	29	28
40	48	49	36	29	28
41	47	49	36	29	28
42	47	48	36	29	28
43	47	48	36	29	28
44	47	48	36	29	28
45	47	47	37	29	28
46	46	47	37	29	28
47	46	47	37	29	28
48	46	47	37	29	28
49	46	46	37	29	28
50	46	46	37	29	28

ผนังที่ 16 เครื่องทดสอบรับ

ผนังที่ 16 เครื่องความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิผนังทดสอบ 7

0	25	27	29	27	26
1	27	29	30	27	26
2	29	29	27	26	26
3	30	31	27	26	26
4	31	31	26	25	26
5	32	32	26	26	26
6	33	33	26	26	26
7	34	34	26	25	26
8	35	36	26	25	26
9	37	37	26	25	26
10	39	39	27	25	26
11	40	40	27	25	26
12	41	42	27	25	26
13	43	43	28	26	26
14	44	44	28	26	26
15	46	46	28	26	27
16	47	48	29	26	27
17	48	49	29	27	27
18	50	51	29	27	27
19	51	52	29	27	27
20	53	53	30	27	27
21	54	55	31	27	27
22	56	56	31	27	27
23	57	57	32	28	27
24	59	59	32	28	27
25	61	62	33	28	27
26	60	61	33	28	27
27	58	58	34	28	27
28	56	57	34	28	27
29	55	55	35	29	27
30	54	55	35	29	27
31	53	54	35	29	27
32	52	52	35	29	27
33	50	51	35	29	27
34	49	50	36	29	27
35	49	49	36	29	27
36	49	49	36	29	27
37	48	48	36	29	27
38	48	49	36	29	27
39	48	49	36	29	28
40	48	49	36	29	28
41	47	49	37	29	28
42	47	48	37	29	28
43	47	48	37	29	28
44	47	48	37	29	28
45	47	47	37	29	28
46	46	47	37	29	28
47	46	46	37	29	28
48	46	45	37	29	28
49	46	44	37	29	28
50	46	44	37	29	28

ผนังที่ 16 เครื่องทำความเย็น

ผนังที่ 16 เครื่องทำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิผนังทดสอบ 8

0	26	27	29	27	26
1	28	28	30	27	26
2	29	29	28	27	26
3	30	30	27	26	26
4	31	31	27	26	26
5	33	33	27	26	26
6	33	34	26	26	26
7	34	35	26	25	26
8	36	37	26	25	26
9	37	38	27	25	26
10	39	40	27	25	26
11	40	40	28	25	26
12	41	42	28	26	26
13	42	43	28	26	26
14	44	45	28	26	26
15	46	47	29	26	26
16	47	49	29	27	26
17	49	50	30	27	26
18	51	52	30	27	26
19	54	55	31	27	26
20	55	57	31	27	26
21	58	60	32	27	27
22	59	61	32	27	27
23	61	62	33	27	27
24	61	63	33	27	27
25	62	64	34	28	27
26	62	63	34	28	27
27	60	61	34	28	27
28	58	59	34	28	27
29	56	57	35	28	27
30	55	56	35	28	27
31	53	55	35	28	27
32	53	53	36	28	27
33	52	52	36	28	27
34	50	52	36	29	27
35	49	50	36	29	27
36	49	50	36	29	28
37	48	50	37	29	28
38	48	49	37	29	28
39	48	49	37	29	28
40	48	48	37	29	28
41	47	48	37	29	28
42	47	48	37	29	28
43	47	48	37	29	28
44	47	48	37	29	28
45	47	47	38	29	28
46	46	47	38	29	29
47	46	47	38	29	29
48	46	46	38	29	29
49	46	46	38	29	29
50	46	45	38	29	29

ช่วงที่ เปิด เครื่องทำความร้อน

ช่วงเวลาที่ ปิด เครื่องทำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิผนังทดสอบ 9

0	25	26	29	26	25
1	26	28	29	26	25
2	28	29	28	25	25
3	29	31	27	25	25
4	31	31	27	24	25
5	32	33	27	25	25
6	33	33	26	25	25
7	34	34	26	24	25
8	35	36	26	24	25
9	37	37	26	24	25
10	39	39	26	24	25
11	40	40	27	24	25
12	41	41	27	24	25
13	43	43	27	25	25
14	44	45	28	25	25
15	45	46	28	25	26
16	46	48	28	25	26
17	48	49	28	26	26
18	50	51	29	26	26
19	51	52	29	26	26
20	52	53	29	26	26
21	54	54	30	26	26
22	55	56	30	26	26
23	57	59	31	27	26
24	60	61	31	27	26
25	61	62	31	27	26
26	60	61	32	27	26
27	59	60	33	27	26
28	58	58	34	27	26
29	56	57	34	27	26
30	55	56	34	28	26
31	53	55	35	28	26
32	52	53	35	28	26
33	51	52	35	28	26
34	50	51	35	28	26
35	49	50	36	28	26
36	49	50	36	28	27
37	49	49	36	28	27
38	48	49	36	28	27
39	48	49	36	28	27
40	48	49	36	28	27
41	48	48	36	28	27
42	48	48	36	28	27
43	47	48	36	28	27
44	47	48	36	28	27
45	47	47	37	28	27
46	47	47	37	28	27
47	46	46	37	28	27
48	46	45	37	28	27.5
49	46	45	37	28	27.5
50	46	44	37	28	27.5

ช่วงที่ 1 ถึง เครื่องทำความเย็น

ช่วงที่ 2 ถึง เครื่องทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิผนังทดสอบ 10

0	25	26	29	27	26
1	27	28	30	27	26
2	29	28	28	26	26
3	30	30	27	26	26
4	31	30	26	25	26
5	32	31	26	26	26
6	33	33	26	26	26
7	34	35	26	25	26
8	35	35	26	25	26
9	37	37	27	25	26
10	39	39	27	25	26
11	40	40	27	25	26
12	41	41	27	25	26
13	43	42	28	26	26
14	44	43	28	26	26
15	46	45	28	26	27
16	47	48	28	26	27
17	48	48	29	27	27
18	50	49	29	27	27
19	51	51	29	27	27
20	53	53	30	27	27
21	54	55	31	27	27
22	56	56	31	27	27
23	57	57	32	28	27
24	59	60	32	28	27
25	61	61	32	28	27
26	60	61	33	28	27
27	58	59	33	28	27
28	56	56	33	28	27
29	55	55	34	29	27
30	54	55	34	29	27
31	53	53	34	29	27
32	52	51	34	29	27
33	50	50	34	29	27
34	49	50	34	29	27
35	49	50	35	29	27
36	49	49	35	29	27
37	48	48	35	29	27
38	48	48	36	29	27
39	48	48	36	29	28
40	48	47	36	29	28
41	47	47	36	29	28
42	47	47	37	29	28
43	47	47	37	29	28
44	47	47	37	29	28
45	47	46	37	29	28
46	46	46	37	29	28
47	46	46	37	29	28
48	46	45	37	29	28
49	46	44	37	29	28
50	46	44	37	29	28

ช่วงที่ 1 ได้ เครื่องทดสอบใหม่

ช่วงเวลาที่ 1 ได้ เครื่องทดสอบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิผนังทดสอบ II

0	25	26	29	27	26
1	27	28	30	27	26
2	29	28	27	26	26
3	30	30	27	26	26
4	31	30	26	25	26
5	32	31	26	26	26
6	33	33	26	26	26
7	34	35	26	25	26
8	35	35	26	25	26
9	37	37	26	25	26
10	39	39	27	25	26
11	40	40	27	25	26
12	41	41	27	25	26
13	43	42	28	26	26
14	44	43	28	26	26
15	46	45	28	26	27
16	47	48	29	26	27
17	48	48	29	27	27
18	50	49	29	27	27
19	51	51	29	27	27
20	53	53	30	27	27
21	54	55	31	27	27
22	56	56	31	27	27
23	57	57	32	28	27
24	59	60	32	28	27
25	61	61	33	28	27
26	60	61	33	28	27
27	58	59	34	28	27
28	56	56	34	28	27
29	55	55	35	29	27
30	54	55	35	29	27
31	53	53	35	29	27
32	52	51	35	29	27
33	50	50	35	30	27
34	49	50	36	30	27
35	49	50	36	30	27
36	49	49	36	30	27
37	48	48	36	30	27
38	48	48	36	30	28
39	48	48	36	30	28
40	48	47	36	30	28
41	47	47	37	30	28
42	47	47	37	30	28
43	47	47	37	30	28
44	47	47	37	30	28
45	47	46	37	30	28
46	46	46	37	30	28
47	46	46	37	30	28
48	46	45	37	30	28
49	46	44	37	30	28
50	46	44	37	30	28

ช่วงที่ 10 เครื่องทดสอบ

ช่วงที่ 16 เครื่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิผนังทดสอบ 12

0	25	26	29	27	26
1	27	28	30	27	26
2	29	28	27	26	26
3	30	30	27	26	26
4	31	30	26	25	26
5	32	31	26	26	26
6	33	33	26	26	26
7	34	35	26	25	26
8	35	35	26	25	26
9	37	37	26	25	26
10	39	39	27	25	26
11	40	41	27	25	26
12	41	42	27	25	26
13	43	44	27	26	26
14	44	44	28	26	26
15	46	46	28	26	27
16	47	48	29	27	27
17	48	48	29	27	27
18	50	49	29	27	27
19	51	52	29	27	27
20	53	54	30	27	27
21	54	55	30	27	27
22	56	56	30	28	27
23	57	57	31	28	27
24	59	60	31	28	27
25	61	61	32	28	27
26	60	61	32	28	27
27	58	59	32	28	27
28	56	58	33	28	27
29	55	55	33	28	27
30	54	54	33	28	27
31	53	53	33	28	27
32	52	51	34	28	27
33	50	50	34	28	27
34	49	50	34	28	27
35	49	50	34	28	27
36	49	49	35	29	27
37	48	48	35	29	27
38	48	48	35	29	27
39	48	47	35	29	27
40	48	47	36	29	28
41	47	47	36	29	28
42	47	47	37	29	28
43	47	47	37	30	28
44	46	47	37	30	28
45	46	47	37	30	28
46	46	46	37	30	28
47	46	45	37	30	28
48	46	45	37	30	28
49	46	44	37	30	28
50	46	44	37	30	28

ตารางที่ 11. เครื่องทดสอบ

ตารางที่ 12. เครื่องวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิผนังทดสอบ 13

0	25	26	29	27	26
1	27	28	30	27	26
2	29	30	27	26	26
3	30	30	27	26	26
4	31	31	26	25	26
5	31	31	26	26	26
6	33	32	26	26	26
7	34	34	26	26	26
8	35	36	27	25	26
9	37	38	27	25	26
10	39	39	27	25	26
11	40	41	27	25	26
12	41	41	28	25	26
13	43	42	28	25	26
14	44	44	28	25	26
15	46	46	28	26	27
16	47	49	29	26	27
17	48	49	29	26	27
18	50	50	29	26	27
19	51	52	30	26	27
20	53	54	30	27	27
21	54	55	31	27	27
22	56	56	31	27	27
23	57	58	31	27	27
24	59	60	32	27	27
25	61	62	32	27	27
26	60	60	32	28	27
27	58	59	33	28	27
28	56	58	34	28	27
29	55	55	34	28	27
30	54	53	34	28	27
31	53	54	35	28	27
32	52	52	35	28	27
33	50	51	35	28	27
34	49	51	35	29	27
35	49	50	35	29	27
36	49	50	36	29	27
37	49	49	36	29	27
38	49	49	36	29	27
39	48	48	36	29	27
40	48	48	36	29	27
41	47	48	36	29	27
42	47	48	36	29	27
43	47	48	36	29	27
44	47	47	36	29	28
45	47	47	37	29	28
46	46	47	37	29	28
47	46	46	37	29	28
48	46	45	37	29	28
49	46	44	37	29	28
50	46	44	37	29	28

ช่วงที่ เปิด เครื่องทำความร้อน

ช่วงเวลาที่ ปิด เครื่องทำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกคุณสมบัติพนักงานทดสอบ 14

0	25	26	29	27	26
1	27	28	30	27	26
2	29	29	28	26	26
3	30	30	26	26	26
4	31	32	26	25	26
5	31	32	26	26	26
6	33	33	26	26	26
7	34	35	26	25	26
8	35	36	27	25	26
9	37	37	27	25	26
10	39	40	27	25	26
11	40	41	27	25	26
12	41	41	28	25	26
13	43	43	28	26	26
14	44	45	28	26	26
15	46	45	28	26	27
16	47	48	28	26	27
17	48	49	29	27	27
18	50	49	29	27	27
19	51	50	29	27	27
20	53	54	30	27	27
21	54	54	30	27	27
22	56	56	31	27	27
23	57	58	31	28	27
24	59	60	32	28	27
25	61	61	32	28	27
26	60	61	32	28	27
27	58	59	33	28	27
28	56	57	33	28	27
29	55	55	33	29	27
30	54	53	34	29	27
31	53	54	34	29	27
32	52	52	34	29	27
33	50	51	34	29	27
34	49	50	34	29	27
35	49	50	35	29	27
36	49	49	35	29	27
37	48	49	36	29	27
38	48	49	36	29	27
39	48	49	36	30	27
40	48	48	36	30	27
41	47	48	36	30	28
42	47	48	36	30	28
43	47	47	37	30	28
44	47	47	37	30	28
45	47	47	37	30	28
46	46	46	37	30	28
47	46	45	37	30	28
48	46	45	37	30	28
49	46	44	37	30	28
50	46	44	37	30	28

ช่วงที่ 1 ปี 1 เดือน/ผลรวมก่อน

ช่วงที่ 2 ปี 1 เดือน/ผลรวมก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิห้องทดสอบ 15

0	25	26	29	27	26
1	27	28	30	27	26
2	29	29	27	26	26
3	30	30	27	26	26
4	31	31	26	25	26
5	31	32	26	26	26
6	33	34	26	26	26
7	34	35	26	25	26
8	35	35	26	25	26
9	37	37	26	25	26
10	39	40	27	25	26
11	40	40	27	25	26
12	41	41	27	25	26
13	43	42	28	26	26
14	44	44	28	26	26
15	46	45	28	26	27
16	47	48	29	26	27
17	48	49	29	27	27
18	50	49	29	27	27
19	51	51	29	27	27
20	53	53	30	27	27
21	54	55	31	27	27
22	56	57	31	27	27
23	57	58	32	28	27
24	59	60	32	28	27
25	61	61	33	28	27
26	60	61	33	28	27
27	58	59	34	28	27
28	56	56	34	28	27
29	55	55	35	29	27
30	54	53	35	29	27
31	53	54	35	29	27
32	52	52	35	29	27
33	50	51	35	29	27
34	49	51	36	29	27
35	49	50	36	29	27
36	49	49	36	29	27
37	48	49	36	29	27
38	48	48	36	29	28
39	48	48	36	29	28
40	48	48	36	29	28
41	47	48	36	29	28
42	47	48	36	29	28
43	47	48	36	29	28
44	47	47	37	30	28
45	47	47	37	30	28
46	46	47	37	30	28
47	46	47	37	30	28
48	46	45	37	30	28
49	46	45	37	30	28
50	46	44	37	30	28

ช่วงที่ 1 ได้ เครื่องทดสอบใหม่

ช่วงเวลาที่ 1 ได้ เครื่องทดสอบเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการคำนวณ Mahony table

1. การหาอุณหภูมิอากาศ

Temp.	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Monthly mean	34.9	35.2	36.5	37.2	36.3	35.0	34.9	34.8	34.4	34.6	34.5	34.3
max.	7	3	7	5	4	1	5	9	4	8	2	6
Monthly mean	20.5	21.6	23.1	24.8	24.5	24.3	24.2	24.0	24.0	23.7	21.7	19.4
min.	5	6	3	8	8		5	8	6	2	7	4
Monthly mean	14.4	13.5	13.4	12.3	11.7	10.7		10.8	10.3	10.9	12.7	14.9
range	2	7	4	7	6	1	10.7	1	8	6	5	2

Highest	AMR
37.25	28.35
9.44	17.81
Lowest	AMT

2. ความชื้น ปริมาณน้ำฝน และลม

RH	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Monthly mean max.	74.4	79.2	78.9	78.8	79.6	79.0	78.4	78.2	83.0	82.5	74.	69.
	8	0	9	9	5	6	3	3	4	4	58	98
Monthly mean min.	60.1	64.0	65.0	65.8	70.4	70.8	70.7	70.3	73.5	71.6	62.	57.
	1	1	5	5	9	8	7	6	5	8	73	39
Average	67.3	71.6	72.0	72.3	75.0	74.9	74.6	74.3	78.3	77.1	68.	63.
	0	0	2	7	7	7	0	0	0	1	66	69
Humidity Group	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
Rainfall (mm.)	17.0	30.1	55.6	85.4	252.	175	164	207	272	270	52.	9.7
	56	26	73	01	091	394	195	887	819	870	12	32
Wind Direction	SW	SW	S	S	S	S	S	SW	W	N	NE	NE

Total Rainfall
1593.283

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่า “ระดับความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity Group) HG” จะแบ่งระดับได้ดังนี้

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย	กลุ่มระดับความชื้นสัมพัทธ์
ต่ำกว่าร้อยละ 30	1
ร้อยละ 30 – 50	2
ร้อยละ 50 – 70	3
ร้อยละ 70 ขึ้นไป	4

3.การวินิจฉัย สภาพอากาศ

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Humidity Group	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
Temp												
Monthly mean max.	34.9	35.2	36.5	37.2	36.3	35.0	34.9	34.8	34.4	34.6	34.5	34.3
Day comfort Max.	7	3	7	5	4	1	5	9	4	8	2	6
Day comfort Min.	29.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	29.0	29.0
Monthly mean min.	20.5	21.6	23.1	24.8	24.5	24.3	24.2	24.0	24.0	23.7	21.7	19.4
Night comfort Max.	5	6	3	8	8	5	8	6	2	7	4	
Night comfort Min.	23.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	23.0	23.0
Thermal stress day	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
Thermal stress night	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	-	-

การหาค่า “thermal stress” จะแบ่งระดับได้ดังนี้

1. ถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า comfort limits ให้ใส่ H ในช่อง thermal stress
2. ถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง comfort limits ให้ใส่ - ในช่อง thermal stress
3. ถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า comfort limits ให้ใส่ C ในช่อง thermal stress

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่า "Comfort limits" จะแบ่งได้ดังนี้

Average RH (Percentage)	HG	AMT over 20°C		AMT over 15 - 20°C		AMT under 15°C		HG
		Day	Night	Day	Night	Day	Night	
0 - 30	1	26 - 34	17 - 25	23 - 32	14 - 23	21 - 30	12 - 21	1
30 - 50	2	25 - 31	17 - 24	22 - 30	14 - 22	20 - 27	12 - 20	2
50 - 70	3	23 - 29	17 - 23	21 - 28	14 - 21	19 - 26	12 - 19	3
70 - 100	4	22 - 27	17 - 21	20 - 25	14 - 20	18 - 24	12 - 18	4

การหาค่า "indicators" จะแบ่งระดับได้ดังนี้

Humid

- H1. ถ้า 1. day thermal stress = H และ HG = 4
หรือ 2. day thermal stress = H และ HG = 2 หรือ 3 และ DR < 10°C
- H2. ถ้า day thermal stress = - และ HG = 4
- H3. แสดงถึงการป้องกันน้ำฝน เมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกเริ่มตั้งแต่ 200 มิลลิเมตร

Arid

- A1. ถ้า HG = 1, 2 หรือ 3 และ DR มากกว่าหรือเท่ากับ 10°C
- A2. ถ้า night thermal stress = H และ HG = 1 หรือ 2
- A3. ถ้า day thermal stress = C

4.INDICATORS

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Humid													
H1													9
H2													9
H3													4
Arid													
A1													3
A2													0
A3													0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายอภิรักษ์ เกาส์รัตน์
วัน/เดือน/ปีเกิด	18 ธันวาคม 2525 จ.นราธิวาส
ที่อยู่	23/2 หมู่ 1 ต.มะรือโอบอก อ.เจาะไอร้อง จ.นราธิวาส 96130
ประวัติการศึกษา	2544 -2549 สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	2549 - 2551 ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2552 – ปัจจุบัน บริษัท วิจัยและออกแบบสถาปัตยกรรมที่เหมาะสม จำกัด
ทุน และ เกียรติบัตร	2548 รางวัลที่ 2 การประกวดออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2551 วุฒิบัตรอบรมวิชาชีพจากสมาคมสถาปนิกสยามฯ “BAS ระบบควบคุมอาคาร” , “Universal design” 2553 วุฒิบัตรอบรมวิชาชีพจากสมาคมสถาปนิกสยามฯ “Workshop OTTV & RTTV รุ่นที่ 2”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้