

แนวทางการสร้างแบบประเมินการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุอาคารและเครื่องเรือนเพื่อการประหยัด
พลังงานในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น



นายสมพงษ์ เหยียบสุญ

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

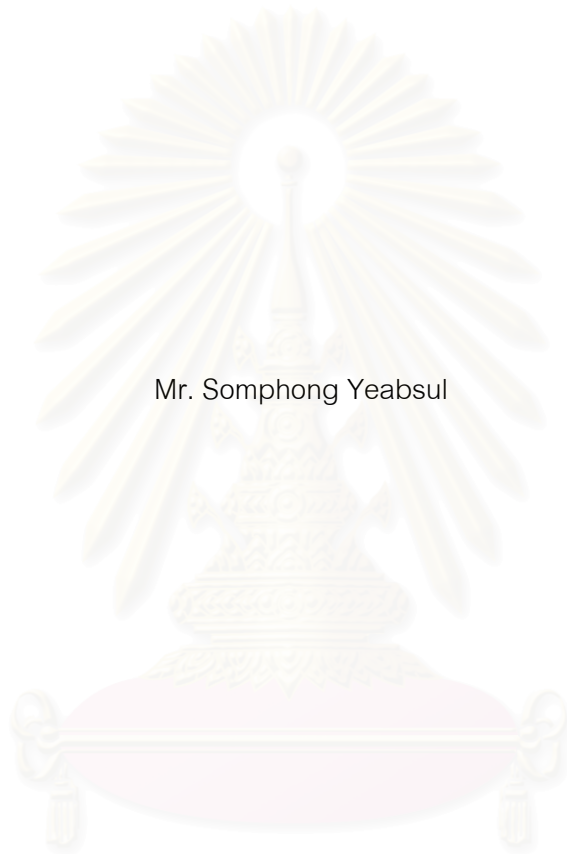
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5243-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR THERMAL AND MOISTURE
ABSORPTION OF BUILDING MATERIALS AND FURNITURES IN A HOT-HUMID CLIMATE



Mr. Somphong Yeabsul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-5243-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการสร้างแบบประเมินการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุอาคารและเครื่องเรือนเพื่อการประหยัดพลังงานในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น
โดย	นาย สมพงษ์ เหยียบสุญ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ฉันทวิลาสวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

..... กรรมการ
(ดร.อรรจน์ เศรษฐบุศุตร)

นาย สมพงษ์ เหยียบสุญญ : แนวทางการสร้างแบบประเมินการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุอาคารและเครื่องเรือนเพื่อการประหยัดพลังงานในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. (AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR THERMAL AND MOISTURE ABSORPTION OF BUILDING MATERIALS AND FURNITURES IN A HOT-HUMID CLIMATE) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสิทธิ์ บุญนากาญจน์, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ 168 หน้า. ISBN 974-17-5243-1.

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จึงส่งผลให้มีความร้อนและความชื้นในอากาศสูงเกือบตลอดทั้งปี เมื่อมีการนำระบบปรับอากาศมาสร้างสภาวะน่าสบายให้กับอาคารพักอาศัย เครื่องปรับอากาศจะต้องปรับลดอุณหภูมิและความชื้นที่สะสมในเนื้อวัสดุอาคารและเครื่องเรือนออกจนเข้าสู่สภาวะสมดุลทางความร้อนและความชื้นที่สภาวะปรับอากาศนั้น แต่เมื่อปิดเครื่องปรับอากาศและเปิดประตูหน้าต่างจะทำให้ความร้อนและความชื้นจากอากาศภายนอกเข้ามาสะสมในเนื้อวัสดุอาคารและเครื่องเรือนอีกครั้งจนเข้าสู่สภาวะสมดุลทางความร้อนและความชื้นที่สภาวะอากาศภายนอก ซึ่งจะเป็นภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเมื่อเริ่มเปิดใช้งานในครั้งต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือ เน้นให้เห็นความสำคัญของการเลือกใช้วัสดุอาคารและเครื่องเรือนเพื่อลดภาระการทำควมเย็นจากการสะสมความร้อนและความชื้น โดยวิธีการรวบรวมข้อมูลการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุ ร่วมกับศึกษาตัวแปรของส่วนประกอบอาคารพักอาศัย แล้วนำมาสร้างเป็นแบบประเมินการดูดซับความร้อนและความชื้นขึ้น แบบประเมินจะใช้เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุอาคารและเครื่องเรือน

ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลาในการดูดซับความชื้นจะใช้เวลาประมาณ 1 ชม. ซึ่งเป็นภาระการทำควมเย็นถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของภาระการทำควมเย็นจากความชื้นทั้งหมด ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการคายความชื้นจะใช้เวลาประมาณ 3-10 ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าถึงประมาณ 3 - 10 เท่าของเวลาในการดูดซับความชื้น ส่วนระยะเวลาในการดูดซับและคายความร้อนจะใช้เวลาใกล้เคียงกันประมาณ 3-5 ชั่วโมง โดยที่มีผลต่างระหว่างเวลาที่ใช้ในกระบวนการดูดซับและคายความร้อนประมาณ 1 ชั่วโมง เมื่อรวมภาระการทำควมเย็นจากการคายความร้อนและความชื้นในชั่วโมงแรกจะมีค่าสูงที่สุด โดยเฉลี่ยประมาณ 63 เปอร์เซ็นต์ ส่วนชั่วโมงที่ 2 ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ ส่วนชั่วโมงที่เหลือในกระบวนการคายความร้อนและความชื้น จะมีภาระการทำควมเย็นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของภาระการทำควมเย็นทั้งหมด จากการศึกษาเรื่องสัดส่วนพื้นที่ของส่วนประกอบอาคารต่อพื้นที่ใช้งาน สามารถสรุปได้ว่า ผนังเป็นส่วนประกอบที่มีพื้นที่มากที่สุดประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือฝ้าเพดาน และพื้น ซึ่งคิดเป็น 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนเครื่องเรือนและวัสดุตกแต่งภายในอาคารพักอาศัยเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญเพราะสามารถสร้างภาระการทำควมเย็นได้ใกล้เคียงกับวัสดุอาคาร กลุ่มวัสดุเครื่องเรือนที่มีภาระการทำควมเย็นมากที่สุดคือ กลุ่มวัสดุธรรมชาติจำพวกกระดาษไม้ และพรมขนแกะ โดยมีภาระการทำควมเย็นต่อตารางเมตรประมาณ 300-340 บีทียู กลุ่มวัสดุที่สร้างภาระการทำควมเย็นน้อยที่สุดคือ กลุ่มวัสดุสังเคราะห์ที่มีลักษณะเคลือบปิด เช่น วอลเลย์เปเปอร์ฟิม พรมสังเคราะห์ ฝ้าลินิน ซึ่งมีภาระการทำควมเย็นต่อตารางเมตรประมาณ 20-30 บีทียู ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุอาคารและเครื่องเรือนรวมทั้งวัสดุตกแต่งสำหรับอาคารปรับอากาศ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาเรื่องคุณสมบัติในการสะสมความร้อนและความชื้นเพื่อลดภาระการทำควมเย็นของระบบปรับอากาศ ซึ่งจะมีผลมากในช่วงแรกของการทำงานของระบบปรับอากาศ

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4574203925 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: HEAT SINK / MOISTURE SINK / HEAT ABSORPTION / MOISTURE ABSORPTION / HOT-HUMID CLIMATE

SOMPONG YEABSUL : AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR THERMAL AND MOISTURE ABSORPTION OF BUILDING MATERIALS AND FURNITURES IN A HOT-HUMID CLIMATE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. VORASUN BURANAKARN, Ph.D , THESIS COADVISOR : PROF. Dr. SOONTORN BOONYATHIKARN., 168 pp. ISBN 947-17-5243-1.

Thailand is located in a hot-humid climate area, resulting in a high level of heat and moisture all year round. In order to provide a comfort zone for a building by operating an air-conditioning system, air-conditioner has to reduce the temperature and moisture absorbed in building and furniture materials until the system is in the heat and moisture equilibrium of the air-conditioned state. However, when an air-conditioner is switched off, and doors and windows are opened, the outdoor heat and moisture will move through the room and be restored to the building and furniture materials, by the time the system reach its equilibrium of outdoor condition. Thus, these two processes probably cause the cooling load for the air-conditioner when operating it next time.

The present study is to explore an approach to formulation of energy conservation index for thermal and moisture absorption of building and furniture materials. It highlights the significance of building and furniture material selection to reduce the cooling load from the heat storage. Data concerning thermal and moisture absorption and factors involving building elements are analysed to build up an energy conservation index corresponding to a hot-humid climate. The index can help indicate the energy-saving efficiency of the materials.

The study reveals that moisture absorption process lasts about one hour which appears to be 80 percent of the total cooling load generated from moisture. While moisture emission lasts about 3 to 10 hours, 3-10 times of moisture absorption process. In contrast, the thermal emission time is rather as long as thermal absorption time, which lasts about 3 to 5 hours. There is a time difference about one hour between thermal absorption and emission. The findings show that the cooling load from thermal and moisture emission is at 63 percent of the total cooling load in the first hour; 17 percent second hour; and 20 percent the remainder hours. From the investigation into the proportion of building element areas to utilized areas, the results show that 50 to 60 percent of the total area is walls; 30 percent is ceilings; and 20 percent is floors. Similar to building materials, furniture materials can also cause the cooling load. Such natural materials as paper, wood, and woolen carpet can cause the most cooling load per square meter – about 300 to 340 BTU. On the contrary, close-cell synthetic materials like wallpaper foam, artificial carpet, and linen bring forth the least cooling load per square meter – about 20 to 30 BTU. It is therefore essential to ponder over the thermal and moisture absorption property of building and furniture materials to reduce the cooling load for an air-conditioner, particularly at the first stage of an air conditioning operation.

Department	Architecture.	Student's signature.....
Field of study	Architecture	Advisor's signature.....
Academic year	2003	Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์ ช่วยเหลือ ความเมตตา จากผู้เกี่ยวข้องมากมาย โดยเฉพาะคณาจารย์ที่ให้ความรู้และให้คำแนะนำที่ดีในการทำวิจัยครั้งนี้ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสิทธิ์ บุรณากาญจน์ อาจารย์ ดร. อรรถจันทร์ เศรษฐบุตร

พี่ที่ให้คำปรึกษาทุกเรื่องเมื่อมีคำถาม ช่วยแนะนำแนวทางให้หน่อยๆ พี่ รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ พี่ ชญาณิน จิตรานุกเคราะห์ พี่ที่กรุณาศึกษาวิจัยเรื่องการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุที่เป็นแหล่งข้อมูลอ้างอิงประกอบการวิจัย พี่ สุวิชา เบญจพร พี่ รังสิมา กาญจนสมบัติ และ พี่ วีรศักดิ์ ศลศิลป์ชัย

เพื่อนๆสาขาเทคโนโลยีอาคารทุกคนที่ร่วมกันทำวิจัยในครั้งนี้ ที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษาช่วยกันคิดเพื่อสร้างงานวิจัยที่เป็นประโยชน์ร่วมกัน

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ นายอำพล เขี้ยบบัญญ คุณแม่ นางแฉล้ม เขี้ยบบัญญ ผู้ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จและเป็นแบบอย่างที่ดีของผู้วิจัยเสมอมา คุณน้ำ อัญชลี นาคเกิด ที่คอยดูแล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย.....	2
1.3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน.....	5
2.2 การวัดการกักเก็บร้อน.....	11
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้น.....	14
2.4 การถ่ายเทความชื้น.....	21
2.5 การวัดค่าการกักเก็บความชื้น.....	24
2.6 ผลกระทบต่ออาคารที่เกิดจากความชื้น.....	27
2.7 การเลือกวัสดุประกอบอาคารสำหรับเขตอากาศร้อนชื้นประเทศไทย.....	29
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	
3.1 การรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์.....	40
3.1.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ.....	41
3.1.2 การดูดซับและคายความร้อน.....	45
3.1.3 การดูดซับและการคายความชื้น.....	63
3.2 แนวทางในการวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อการสร้างแบบประเมิน.....	90
3.2.1 การแบ่งกลุ่มของส่วนประกอบอาคาร.....	90
3.2.2 การประยุกต์ผลการวิจัยเข้ากับส่วนประกอบอาคาร.....	90

3.3 แนวทางในการสร้างแบบประเมิน.....	91
3.3.1 รูปแบบแบบประเมิน.....	91
3.3.2 การใช้แบบประเมิน.....	91
3.4 การทดสอบแบบประเมิน.....	91
บทที่ 4 การประยุกต์ใช้ข้อมูลในการสร้างแบบประเมินอาคาร	
4.1 การประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อการสร้างแบบประเมินผนังอาคาร.....	86
4.2 การประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อการสร้างแบบประเมินพื้นและวัสดุปูพื้นอาคาร.....	87
4.3 การประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อการสร้างแบบประเมินหลังคาและฝ้าเพดาน.....	91
4.4 การประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อการสร้างแบบประเมินเครื่องเรือนและของตกแต่งบ้าน.....	93
4.5 แบบประเมินอาคารและการใช้งานแบบประเมิน.....	94
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการใช้งานแบบประเมินอาคาร.....	95
5.2 แนวทางในการประยุกต์ใช้แบบประเมิน.....	95
5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัย.....	95
รายการอ้างอิง.....	103
ภาคผนวก.....	105
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	125

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
ภาพที่ 2.1 Heat transfer by conduction.....	6
ภาพที่ 2.2 Radiant energy transfer between two surface molecules.....	9
ภาพที่ 2.3 Absorption, reflection, and transmission of radiation striking a semitransparent material	10
ภาพที่ 2.4 ภาพแสดงการพาความร้อนจากจุดที่ร้อนกว่าไปจุดที่เย็นกว่า.....	11
ภาพที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์ของขวด A.....	16
ภาพที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์ของขวด B.....	17
ภาพที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์ของขวด C.....	17
ภาพที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์ของขวด D.....	18
ภาพที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์ของขวด E.....	18
ภาพที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์ของขวด F.....	19
ภาพที่ 4.1 แสดงทัศนียภาพของบ้านลอยชายชั้นครึ่ง.....	113
ภาพที่ 4.2 แสดงผังพื้นบ้านลอยชายชั้นครึ่งที่ใช้ในการทดสอบแบบประเมิน.....	113
ภาพที่ 4.3 แสดงรูปด้านของบ้านลอยชายชั้นครึ่ง.....	114
ภาพที่ 4.4 แสดงทัศนียภาพของบ้านเบ็บบาน.....	120
ภาพที่ 4.5 แสดงผังพื้นและรูปด้านของบ้านเบ็บบาน.....	120

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับความร้อนและคายความร้อนของวัสดุทดสอบ..	61
ตารางที่ 3.2 แสดงร้อยละของปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ใช้ในการดูดซับความร้อนและคายความร้อนของวัสดุทดสอบรายชั่วโมง.....	61
ตารางที่ 3.3 แสดงระยะเวลาในการดูดซับและคายความร้อนของวัสดุทดสอบ.....	85
ตารางที่ 3.4 แสดงร้อยละของการคายความร้อนและความร้อนของวัสดุทดสอบในชั่วโมงที่ 1 ที่ 2 และอื่นๆ.....	85



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระเบื้องแกรนิตและแผ่นยิปซัมเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก	42
แผนภูมิที่ 3.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพรมอะคริลิคและ อิฐก่อฉาบปูนเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก.....	43
แผนภูมิที่ 3.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไม้เนื้อแข็งและเหล็กเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก.....	43
แผนภูมิที่ 3.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาดและอิฐก่อฉาบปูนเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก.....	44
แผนภูมิที่ 3.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐก่อฉาบปูนที่ความลึกต่างๆเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก	45
แผนภูมิที่ 3.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระเบื้องแกรนิตที่ใช้ทดลองขนาด 19x19x0.5 ซม.....	47
แผนภูมิที่ 3.7 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของกระเบื้องแกรนิตช่วงละ 15 นาที....	47
แผนภูมิที่ 3.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระเบื้องเซรามิคช่วงละ 15 นาที.....	48
แผนภูมิที่ 3.9 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของกระเบื้องเซรามิคช่วงละ 15 นาที....	48
แผนภูมิที่ 3.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไม้เนื้อแข็งที่ใช้ทดลองขนาด 19x19x2.0 ซม.....	49
แผนภูมิที่ 3.11 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของไม้เนื้อแข็งช่วงละ 15 นาที.....	49
แผนภูมิที่ 3.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไม้เนื้ออ่อนที่ใช้ทดลองขนาด 19x19x2.0 ซม.....	50
แผนภูมิที่ 3.13 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของไม้เนื้ออ่อนช่วงละ 15 นาที.....	50
แผนภูมิที่ 3.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของยิปซัมที่ใช้ทดลองขนาด 20x20x1 ซม.....	51
แผนภูมิที่ 3.15 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของยิปซัมช่วงละ 15 นาที.....	51
แผนภูมิที่ 3.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแผ่นเหล็กที่ใช้ทดลองขนาด 20x20x0.2 ซม.....	52
แผนภูมิที่ 3.17 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของแผ่นเหล็กช่วงละ 15 นาที.....	52

แผนภูมิที่ 3.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาษสมุดโทรศัพท์ที่ใช้ทดลองขนาด 20x20x2 ซม.....	53
แผนภูมิที่ 3.19 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของสมุดโทรศัพท์ช่วงละ 15 นาที.....	53
แผนภูมิที่ 3.20 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาษ 80 แกรมที่ใช้ทดลองขนาด 20x20x1 ซม.....	54
แผนภูมิที่ 3.21 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของกระดาษ 80 แกรมช่วงละ 15 นาที.....	54
แผนภูมิที่ 3.22 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพรมอะคริลิกที่ใช้ทดลองขนาด 20x20x1 ซม.....	55
แผนภูมิที่ 3.23 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของพรมอะคริลิก ช่วงละ 15 นาที.....	55
แผนภูมิที่ 3.24 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐก่อฉาบปูนที่ใช้ทดลองขนาด 8x16x8.5 ซม.....	56
แผนภูมิที่ 3.25 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของอิฐก่อฉาบปูนช่วงละ 15 นาที.....	56
แผนภูมิที่ 3.26 แสดงแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับความร้อนของกระดาษ 80 แกรม แกรนิต และ เซรามิค.....	57
แผนภูมิที่ 3.27 แสดงแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับความร้อนของอิฐก่อฉาบปูน ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็ง และกระดาษ 50 แกรม.....	57
แผนภูมิที่ 3.28 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับความร้อนของแผ่นเหล็ก พรมอะคริลิก และ แผ่นยิปซัม.....	58
แผนภูมิที่ 3.29 แสดงแสดงระยะเวลาที่ใช้คายความร้อนของกระดาษ 80 แกรม แกรนิต และ เซรามิค.....	58
แผนภูมิที่ 3.30 แสดงแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการคายความร้อนของอิฐก่อฉาบปูน ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็ง และกระดาษ	59
แผนภูมิที่ 3.31 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการคายความร้อนของแผ่นเหล็ก พรมอะคริลิก และ แผ่นยิปซัม.....	59
แผนภูมิที่ 3.32 แสดงร้อยละของการดูดซับความร้อนของวัสดุทดสอบรายชั่วโมง.....	61
แผนภูมิที่ 3.33 แสดงร้อยละของการคายความร้อนของวัสดุทดสอบรายชั่วโมง.....	61
แผนภูมิที่ 3.34 แสดงภาวะการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนของวัสดุทดสอบ.....	62

แผนภูมิที่ 3.35 แสดงภาวะการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นของวัสดุทดสอบ.....	64
แผนภูมิที่ 3.36 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของกระเบื้องแกรนิตที่ใช้ในการทดสอบขนาด 15x15x0.5 ซม.	65
แผนภูมิที่ 3.37 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของกระเบื้องแกรนิตทดสอบขนาด 15x15x0.5 ซม.	65
แผนภูมิที่ 3.38 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของกระเบื้องเซรามิกที่ใช้ทดสอบขนาด 15x15x0.5 ซม.	66
แผนภูมิที่ 3.39 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของกระเบื้องเซรามิกที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x0.5 ซม.	66
แผนภูมิที่ 3.40 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของไม้เนื้อแข็งที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x2 ซม.....	67
แผนภูมิที่ 3.41 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของไม้เนื้อแข็งที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x2 ซม.....	67
แผนภูมิที่ 3. 42 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของไม้เนื้ออ่อนที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x2 ซม.....	68
แผนภูมิที่ 3. 43 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของไม้เนื้ออ่อนที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x2 ซม.....	68
แผนภูมิที่ 3.44 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของยิปซัมที่ใช้ในการทดลอง 15x15x2 ซม.....	69
แผนภูมิที่ 3.45 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของยิปซัมที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x1 ซม...69	69
แผนภูมิที่ 3.46 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแผ่นเหล็กที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x0.2 ซม.....	70
แผนภูมิที่ 3.47 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของแผ่นเหล็กที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x0.2 ซม.....	70
แผนภูมิที่ 3.48 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของกระดาษสมุดโทรศัพท์ที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x2 ซม.	71
แผนภูมิที่ 3.49 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของกระดาษสมุดโทรศัพท์ที่ใช้ทดสอบขนาด 15x15x2 ซม.....	71

แผนภูมิที่ 3.50 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของกระดาษ 80 แกรม ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x2 ซม.....	72
แผนภูมิที่ 3.51 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของกระดาษ 80 แกรม ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x2 ซม.....	72
แผนภูมิที่ 3.52 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักพรมอะคริลิก ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x1 ซม.....	73
แผนภูมิที่ 3.53 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของพรมอะคริลิก ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x2 ซม.....	73
แผนภูมิที่ 3.54 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักพรมAxminster ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x1 ซม.....	74
แผนภูมิที่ 3.55 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของพรมAxminster ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x2 ซม.....	74
แผนภูมิที่ 3.56 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักพรมขนแกะ ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x1 ซม.....	75
แผนภูมิที่ 3.57 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของพรมขนแกะ ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x1 ซม.....	75
แผนภูมิที่ 3.58 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพรม Amoco PP ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x0.5 ซม.....	76
แผนภูมิที่ 3.59 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของพรมAmoco PP ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x0.5 ซม.....	76
แผนภูมิที่ 3.60 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักพรม PES ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x0.5 ซม.....	77
แผนภูมิที่ 3.61 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของพรม PES ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x0.5 ซม.....	77
แผนภูมิที่ 3.62 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของอิฐดินเผา ที่ใช้ในการทดลองขนาด 6.5x10x3 ซม.....	78
แผนภูมิที่ 3.63 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของอิฐดินเผา ที่ใช้ในการทดลองขนาด 6.5x10x3 ซม.....	78

แผนภูมิที่ 3.64 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของปุ๋นฉาบ ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x1 ซม.....	79
แผนภูมิที่ 3.65 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของปุ๋นฉาบ ที่ใช้ในการทดลองขนาด 15x15x1 ซม.....	79
แผนภูมิที่ 3.66 แสดงเวลาที่ใช้ในการดูดซับความชื้นของ พรหมขนแกะและพรหม Axminster.....	80
แผนภูมิที่ 3.67 แสดงเวลาที่ใช้ในการดูดซับความชื้น ปุ๋นฉาบ ยิปซัมและอิฐดินเผา.....	80
แผนภูมิที่ 3.68 แสดงเวลาที่ใช้ในการดูดซับความชื้นของ กระดาษ 80 แกรมและกระดาษ 50 แกรม.....	81
แผนภูมิที่ 3.69 แสดงเวลาที่ใช้ในการดูดซับความชื้นของ ไม้เนื้ออ่อน และไม้เนื้อแข็ง.....	81
แผนภูมิที่ 3.70 แสดงเวลาที่ใช้ในการคายความชื้นของพรหมขนแกะและพรหม Axminster	82
แผนภูมิที่ 3.71 แสดงเวลาที่ใช้ในการคายความชื้นของ ปุ๋นฉาบ ยิปซัมและอิฐดินเผา.....	82
แผนภูมิที่ 3.72 แสดงเวลาที่ใช้ในการคายความชื้นของกระดาษ 80 แกรมและกระดาษ 50 แกรม.....	83
แผนภูมิที่ 3.73 แสดงเวลาที่ใช้ในการคายความชื้นของ ไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน.....	83
แผนภูมิที่ 3.74 แสดงร้อยละของการดูดซับความชื้นของวัสดุทดสอบในชั่วโมงที่ 1 ชั่วโมงที่ 2	85
แผนภูมิที่ 3.75 แสดงร้อยละของการคายความชื้นของวัสดุของวัสดุทดสอบในชั่วโมงที่ 1 ชั่วโมงที่ 2 และชั่วโมงที่เหลือ.....	85
แผนภูมิที่ 3.76 แสดงภาวะการทำความเย็นจากการดูดซับความชื้น.....	86
แผนภูมิที่ 3.77 แสดงภาวะการทำความเย็นรวมจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุทดสอบ.....	86
แผนภูมิที่ 3.78 แสดงค่าภาวะการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุประเภทพรหม.....	87
แผนภูมิที่ 3.79 แสดงค่าภาวะการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุบุเฟอร์นิเจอร์.....	88
แผนภูมิที่ 3.80 แสดงค่าภาวะการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุโครงสร้าง.....	88
แผนภูมิที่ 3.81 แสดงภาวะการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุประเภทวอลล์เปเปอร์.....	89

.แผนภูมิที่ 3.82 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุหนึ่งสัปดาห์.....	89
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงค่าภาระการทำความเย็นรวมจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุผนัง.....	92
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงภาระการทำความเย็นจากการดูดซับ ความร้อนและความชื้น.....	92
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงภาระการทำความเย็นรายชั่วโมงจากการคายความร้อนของผนัง.....	93
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงภาระการทำความเย็นรายชั่วโมงจากการคายความชื้นของผนัง.....	93
แผนภูมิที่ 4.5 แสดงแสดงภาระการทำความเย็นรวมรายชั่วโมงจากการคายความร้อนและความชื้นของผนัง.....	94
แผนภูมิที่ 4.6 แสดงภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของฝ้าเพดาน..	94
แผนภูมิที่ 4.7 แสดงค่าภาระการทำความเย็นรวมจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของฝ้าเพดาน.....	95
แผนภูมิที่ 4.8 แสดงภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของพื้นอาคาร.	95
แผนภูมิที่ 4.9 แสดงค่าภาระการทำความเย็นรวมจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของพื้นอาคาร.....	96
แผนภูมิที่ 4.10 แสดงภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุปูพื้นอาคาร.....	96
แผนภูมิที่ 4.11 แสดงค่าภาระการทำความเย็นรวมจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุปูพื้นอาคาร.....	97
แผนภูมิที่ 4.12 แสดงภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของเครื่องเรือนและของตกแต่งบ้าน.....	97
แผนภูมิที่ 4.13 แสดงค่าภาระการทำความเย็นรวมจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของเครื่องเรือนและของตกแต่งบ้าน.....	98
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงสัดส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานของบ้านตัวอย่าง 20 หลัง.....	98
แผนภูมิที่ 4.15 แสดงสัดส่วน พื้นที่ฝ้าเพดานต่อพื้นที่ใช้งานของบ้านตัวอย่าง 20 หลัง	99
แผนภูมิที่ 4.16 แสดงรูปแบบ แบบประเมินภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นผนังอาคารที่มีค่าอัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานอยู่ในช่วง 0 – 1	100
แผนภูมิที่ 4.17 แสดงแบบประเมินภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นผนังอาคารที่มีค่าอัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานอยู่ในช่วง 0.75-4	101

แผนภูมิที่ 4.18 แสดงร้อยละของภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากการดูดซับความร้อนและความชื้น.....	102
แผนภูมิที่ 4.19 แบบประเมินภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของฝ้าเพดานที่มีค่าอัตราส่วนพื้นที่ฝ้าเพดานต่อพื้นที่ใช้งานอยู่ในช่วง 0-2.5	103
แผนภูมิที่ 4.20 แบบประเมินภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของพื้น	104
แผนภูมิที่ 4.21 แบบประเมินภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุเครื่องเรือนที่มีค่าอัตราส่วนพื้นที่วัสดุเครื่องเรือนต่อพื้นที่ใช้งานอยู่ในช่วง 0.5-7.5.....	105
แผนภูมิที่ 4.22 แสดงกระบวนการหาค่าขอบเขตบนค่ากลางและขอบเขตล่าง.....	106
แผนภูมิที่ 4.23 แสดงการแบ่งช่วงของค่าระดับความสามารถในการประหยัดพลังงานจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุอาคาร.....	109
แผนภูมิที่ 4.24 แสดงการแบ่งช่วงของค่าระดับความสามารถในการประหยัดพลังงานจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของเครื่องเรือนและตกแต่งบ้าน.....	109

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัญหาการบริโภคพลังงาน มีความสำคัญ และถูกนำมาพิจารณาอย่างจริงจังถึงผลกระทบต่อการใช้งานชีวิตของมนุษย์ และระบบเศรษฐกิจทั้งระดับประเทศและระดับโลก ตั้งแต่ทรัพยากรน้ำมันที่มีอยู่อย่างจำกัด มีปริมาณลดลงและมีแนวโน้มว่าจะหมดไป ทำให้โลกต้องลดปริมาณการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไปลง (Non-renewable Energy)

สำหรับประเทศไทยนั้น การใช้พลังงานในบ้านเรือนและธุรกิจการค้ามีอัตราส่วนรวมถึง 21.2 % ของความต้องการการบริโภคพลังงานของประเทศ และเป็นอันดับสาม รองจากการใช้พลังงานจากการขนส่ง (39.8%) และการใช้พลังงานอุตสาหกรรม (33.8%) โดยพลังงานที่ใช้ประกอบด้วยน้ำมันสำเร็จรูป (14.5%) พลังงานไฟฟ้า 38.0 และพลังงานหมุนเวียน (47.5 %) (กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2524: iv) ซึ่งคิดเป็นมูลค่ามหาศาลในการจัดหางบประมาณให้เพียงพอต่อความต้องการดังกล่าว นอกจากนี้ผลกระทบต่อการใช้พลังงานยังเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงและต่อเนื่อง เช่นการเกิดสภาวะเรือนกระจก การลดลงของชั้นบรรยากาศและการเกิดช่องโหว่ของชั้นบรรยากาศ ซึ่งทำให้โลกร้อนขึ้น จากผลกระทบดังกล่าวจึงก่อให้เกิดเป็นแนวคิดที่จะช่วยกันเพื่อการใช้พลังงานให้เป็นประโยชน์คุ้มค่ามากที่สุดและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

แนวคิดที่เกี่ยวกับอาคารประหยัดพลังงานจึงได้รับการพัฒนาให้เกิดขึ้นมา โดยในส่วนต่างๆของโลกก็จะมีลักษณะเฉพาะสำหรับภูมิอากาศและภูมิประเทศแบบนั้นๆ และสำหรับประเทศไทยแนวคิดเรื่องบ้านประหยัดพลังงาน (ที่เหมาะสมกับเขตอากาศแบบร้อนชื้นเช่นประเทศไทย) ก็ได้พัฒนาขึ้น โดยบ้านที่สร้างขึ้นจริงและมีการศึกษาและสรุปผลการวิจัยเป็นเอกสารเผยแพร่ คือ เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า ของ ศ.ดร. สุนทร บุญญานิกการ

แนวคิดเรื่องการสร้างบ้านประหยัดพลังงานได้ให้ความสำคัญเรื่องของการเลือกมวลสารอาคารเป็นสิ่งที่ต้องมีการพิจารณาเป็นอันดับต้นๆ สำหรับการออกแบบอาคาร โดยศึกษาในเรื่องความร้อนและความชื้นที่สะสมในเนื้อวัสดุและที่ถ่ายเทผ่านมวลสารในส่วนประกอบอาคารในส่วนต่างๆ

มวลสาร (Mass) ของอาคาร เป็นส่วนหนึ่งของตัวแปรด้านเปลือกอาคารที่เกี่ยวข้องและมีผลกระทบต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร มวลสารมีความสามารถในการกักเก็บ (Heat sink) และถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับการคุณสมบัติด้านความร้อนของวัสดุ ซึ่งค่าการกักเก็บความร้อนของวัสดุ (Thermal Capacity) ได้จากผลคูณระหว่างคุณสมบัติความร้อนจำเพาะของวัสดุกับมวลของวัสดุ ดังนั้นในกรณีที่วัสดุมีค่าคุณสมบัติความร้อนจำเพาะเท่ากัน วัสดุที่มีมวลมากจะมีความกักเก็บความร้อนมากกว่าของวัสดุของวัสดุที่มีมวลสารน้อยกว่า (สุนทร บุญญานิกการ และคณะ, 2545: 131)

ตัวแปรที่สำคัญสำหรับการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในเขตอากาศเขตร้อนชื้นแบบประเทศไทย คือ ความชื้น จากการศึกษาอิทธิพลความชื้น ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานในการลดความชื้นในมวลสาร

สำหรับอาคารปรับอากาศมีค่ามากกว่าพลังงานที่ใช้ในการลดอุณหภูมิอากาศหลายเท่า ดังนั้นการกักเก็บ ความร้อนและการถ่ายเทความร้อน จึงเป็นเรื่องที่สำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาถึงพฤติกรรมของความร้อนในมวลสาร เพื่อให้สามารถสร้างอาคารที่มีความเหมาะสมกับภูมิอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทย (สุนทร บุญญาธิการ และ คณะ, 2545: 56-59)

เมื่อเราออกแบบอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ปัญหาที่ตามมาคือพฤติกรรมกร ใช้งานอาคาร ที่บางครั้งต้องมีการเปิด-ปิดอาคาร ทำให้ระดับความร้อนและความชื้นภายในอาคารมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นตามสภาพอากาศภายนอก โดยความแตกต่างจะมีมากสำหรับอาคารปรับอากาศ เพราะเมื่อระบบปรับอากาศทำงานภาระการทำความเย็นของห้องจะอยู่ที่การรีดความร้อนและความชื้นที่สะสมในเนื้อวัสดุออก จนถึงระดับที่เกิดสมดุลกับระดับความร้อนและความชื้นที่เราตั้งเอาไว้ที่ระบบปรับอากาศ ซึ่งโดยปกติในประเทศไทยระดับความร้อนและความชื้นของอากาศภายนอกจะมีค่าสูงกว่าอากาศภายในอาคาร ดังนั้นเมื่อเราเปิดห้อง และปิดเครื่องปรับอากาศ ความร้อนและความชื้นจากภายนอกจะเข้ามาสะสมภายในเนื้อวัสดุภายในห้องอีก เมื่อเราเปิดเครื่องปรับอากาศอีกครั้งระบบปรับอากาศก็ต้องรีดความร้อนและความชื้นในเนื้อวัสดุอีก ซึ่งมีผลต่อ การใช้พลังงาน การเลือกวัสดุประกอบอาคารที่เหมาะสมกับการใช้งานจึงมีความสำคัญเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด จากแนวคิดดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการศึกษาเรื่อง แนวทางการสร้างแบบ ประเมินพฤติกรรมการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุประกอบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับ อาคารในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น

แนวทางหนึ่งคือการประเมินอาคารเพื่อให้เห็นภาพรวมในเรื่องการใช้พลังงานของอาคารและแนวทางที่ จะแก้ไขปรับปรุงอาคารให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

การสร้างแบบประเมินความเหมาะสมในการเลือกใช้ พื้น ผนัง และเครื่องเรือน เพื่อลดการสะสมของ ความร้อนและความชื้นในอาคารจึงมีความสำคัญที่จะต้องสร้างขึ้นเพื่อการตรวจสอบและเป็นแนวทางในการปรับปรุง พื้น ผนัง ฝ้าเพดานและเครื่องเรือนให้เกิดความเหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุดกับอาคารปรับอากาศ

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.2.1 ศึกษาปัจจัยและพฤติกรรมการดูดซับและคายความร้อน ของวัสดุประกอบอาคารและวัสดุเครื่อง เรือน เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการสร้างแบบประเมินภาระการทำความเย็นจากความร้อน

1.2.2 ศึกษาปัจจัยและพฤติกรรมการดูดซับและคายความชื้น ของวัสดุประกอบอาคารและวัสดุเครื่อง เรือน เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการสร้างแบบประเมินภาระการทำความเย็นจากความชื้น

1.2.3 ศึกษาอัตราส่วนพื้นที่ส่วนประกอบอาคารต่อพื้นที่ใช้งานของอาคารพักอาศัย

1.2.4 เพื่อสร้างแบบประเมินภาระการทำความเย็นจากการสะสมความร้อนและความชื้นของวัสดุ ประกอบอาคารและเครื่องเรือน

1.3 ระเบียบวิธีวิจัย

1.3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเรื่องการดูดซับและคายความร้อนของวัสดุประกอบอาคารและเครื่อง เรือนจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเรื่องการดูดซับและคายความชื้นของวัสดุประกอบอาคารและเครื่องเรือนจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.3 ศึกษาอัตราส่วนพื้นที่ของประกอบอาคารต่อพื้นที่ใช้งาน จากแบบอาคารพักอาศัยตัวอย่าง

1.3.4 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 กลุ่ม คือตัวแปรกลุ่มวัสดุ (1.3.1 และ 1.3.2) และตัวแปรกลุ่มส่วนประกอบอาคาร (1.3.4) เพื่อสร้างเป็นแบบประเมินภาวะการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้น โดยมีขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินดังต่อไปนี้

1.3.4.1 แบ่ง แบบประเมินจะเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

1. ส่วนประเมินวัสดุอาคาร
2. ส่วนประเมินเครื่องเรือน

1.3.4.2 การแบ่งส่วนประกอบอาคารและเครื่องเรือนเป็น 3 กลุ่มและหาภาวะการทำความเย็นต่อตารางเมตร

1. ผนังอาคาร
2. ฝ้าเพดาน
3. พื้นอาคาร
4. เครื่องเรือน

1.3.4.3 สร้างแบบประเมินจาก ค่าภาวะการทำความเย็นต่อตารางเมตรและอัตราส่วนพื้นที่ส่วนประกอบอาคารต่อพื้นที่ใช้งานของอาคาร ในรูปของแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อหาค่าภาวะการทำความเย็นจากส่วนประกอบอาคารต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน

1.3.4.4 การจัดระดับค่าประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานรวมจากภาวะการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วน เพื่อเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนในการเลือกใช้วัสดุประกอบอาคารและเครื่องเรือนระหว่างอาคารพักอาศัยในแต่ละหลัง

1.3.5 ทดสอบการใช้งานแบบประเมินอาคารในเรื่องการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุประกอบอาคาร เพื่อสรุปข้อดีและข้อเสนอแนะในการพัฒนาแบบประเมินอาคารต่อไป

1.4 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของการสะสมความร้อนและความชื้นที่สะสมพื้น ผนัง ฝ้าเพดานและเครื่องเรือน ซึ่งเป็นการศึกษาพฤติกรรมของการสะสมความร้อนและความชื้นในวัสดุที่นิยมใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยในประเทศไทย โดยมีขอบเขตดังนี้

1.4.1 เป็นการศึกษาบ้านพักอาศัย

1.4.2 ศึกษาเฉพาะลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้นประเทศไทย โดยใช้พื้นที่ กรุงเทพฯ เป็นพื้นที่อ้างอิง

1.4.3 เป็นการศึกษาเฉพาะส่วนประกอบอาคารที่ไม่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง

1.4.4 เป็นการศึกษาเฉพาะอาคารที่มีระบบปรับอากาศ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงปัจจัยที่สำคัญจากการดูดซับและคายความร้อน ความชื้น

1.5.2 เป็นแนวทางการประเมินประสิทธิภาพของอาคารพักอาศัยในประเทศไทยเรื่องภาวะการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อน และความชื้นของวัสดุประกอบอาคารและเครื่องเรือน

1.5.3 เป็นแนวทางในการออกแบบและปรับปรุงอาคารเพื่อลดภาวะการทำความเย็นจากการสะสมความร้อนและความชื้นจาก ส่วนประกอบอาคารและเครื่องเรือน

1.5.4 เป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาพฤติกรรมกรรมการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุอาคารและเครื่องเรือนในเขตร้อนชื้นประเทศไทย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเรื่องแนวทางการสร้างแบบประเมินการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุอาคารและเครื่องเรือนเพื่อการประหยัดพลังงานในภูมิอากาศเขตร้อนชื้นนั้น จะต้องทำความเข้าใจในพื้นฐานของการวิจัยซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาต่าง ๆ ดังนี้

- 2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน
- 2.2 การดูดซับความร้อนของวัสดุ
- 2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความชื้น
- 2.4 การถ่ายเทความชื้น
- 2.5 การวัดค่าความจุความชื้นและการถ่ายเทความชื้น
- 2.6 ผลกระทบต่ออาคารที่เกิดจากความชื้น
- 2.7 การเลือกใช้วัสดุประกอบอาคารสำหรับเขตร้อนชื้นประเทศไทย
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

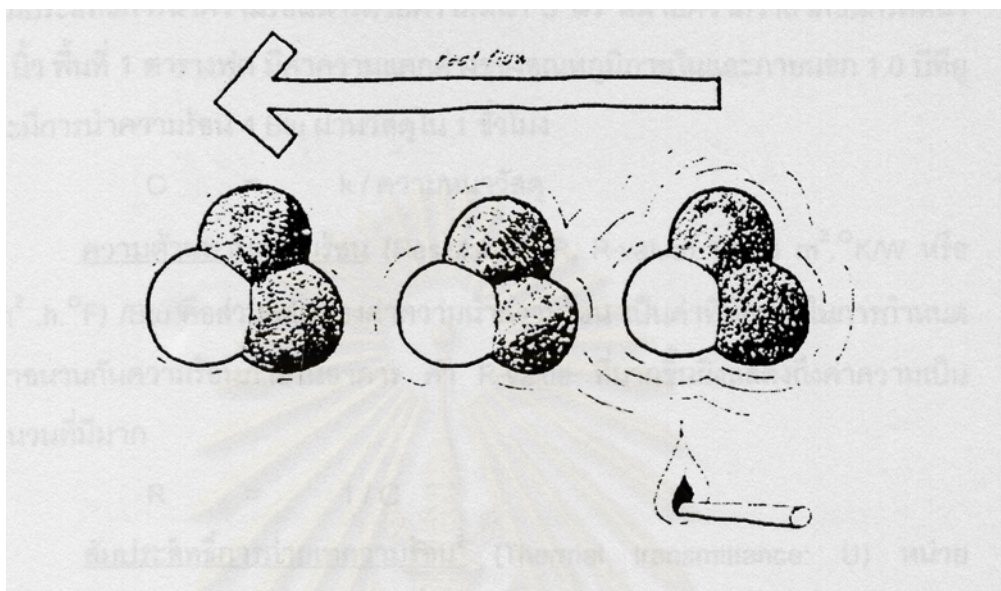
2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

ความร้อนจะเคลื่อนที่จากสสารที่มีอุณหภูมิสูงสู่อุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ และถ้าสสารใด ๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแล้วก็ไม่มีการถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทความร้อนมีอยู่ 3 ประเภท ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

2.1.1 การนำความร้อน (conduction)

การนำความร้อนเกิดจากการเคลื่อนที่ของพลังงานระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกัน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดจากบริเวณที่ร้อนกว่าหรือมีการเคลื่อนไหวของโมเลกุลเร็วกว่า การถ่ายเทความร้อนจะเกิดในทุกทิศทาง และจะไม่ขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของโลก วัสดุจะมีการนำความร้อนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล วัสดุที่มีความ

หนาแน่นมากจะนำความร้อนได้ดี วัสดุโลหะ เช่น อลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง เป็นตัวนำความร้อนที่ดีที่สุด รองลงมาได้แก่คอนกรีต และอิฐ วัสดุธรรมชาติเช่นไม้จะมีค่าการนำความร้อนน้อยกว่า



ภาพที่ 2.1 Heat transfer by conduction. (Moore, F., 1993: 8)

อากาศหรือก๊าซชนิดต่าง ๆ จะเป็นตัวนำความร้อนที่แย่ที่สุด ทำให้อากาศเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี อย่างไรก็ตามค่าการนำความร้อนไม่สามารถผ่านไปยังที่ ๆ ไม่มีโมเลกุลเรียงตัวกันอย่างสุญญากาศได้ ความสามารถในการนำความร้อนจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างได้แก่ คุณสมบัติของวัสดุ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิววัสดุ ความหนาวัสดุ พื้นที่สัมผัสโดยตรงกับความร้อน และช่วงเวลาสัมผัสนั้น เป็นต้น ค่าที่เกี่ยวข้องกับการนำความร้อนได้แก่

1) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (conductivity : k) หน่วย $W/m \cdot ^\circ K$ หรือ $Btu.in / (ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F)$ คือค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในความหนา ช่วงเวลา พื้นที่ และค่าความแตกต่างอุณหภูมิหนึ่ง ๆ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนใช้ในการวัดค่าการนำความร้อนของวัสดุ เช่น คอนกรีตมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ $12.0 Btu.in / (ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F)$ หมายความว่า คอนกรีตขนาด 1 ตารางฟุต หนา 1 นิ้ว มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิของสองด้านคอนกรีตเท่ากับ 1.0 Btu แล้ว จะมีการนำความร้อน 12.0 Btu ผ่านในวัสดุใน 1 ชั่วโมง

2) ความนำความร้อน (conductance : C) หน่วย $W/m \cdot ^\circ K$ หรือ $Btu.in / (ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F) W/m \cdot ^\circ K$ คือค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในความหนาที่กำหนดในช่วงเวลา 1 หน่วย โดยมีค่าความแตกต่าง

ของอุณหภูมิ 1 หน่วย ค่าความนำความร้อนนั้นคล้ายกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนแต่หน่วยของการวัดจะกำหนดตายตัว เช่น คอนกรีตหนา 3 นิ้ว มีค่าความนำความร้อนเท่ากับ 4.0 Btu.in/ (ft² .h. °F) (ซึ่งมาจากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนหารด้วยความหนา 3 นิ้ว) หมายความว่าถ้าคอนกรีตหนา 3 นิ้ว พื้นที่ 1 ตารางฟุต มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอก 1.0 Btu จะมีการนำความร้อน 4 Btu ผ่านวัสดุใน 1 ชั่วโมง

$$C = k/\text{ความหนาวัสดุ}$$

3) ความต้านทานความร้อน (resistance : R, R-value) หน่วย m².°K/W หรือ Btu.in/ (ft² .h. °F)/Btu คือส่วนกลับของค่าความนำความร้อน เป็นค่าที่นิยมใช้ในการกำหนดค่าฉนวนกันความร้อนภายในอาคาร ค่า R-value มีมากขึ้นยิ่งแสดงถึงค่าความเป็นฉนวนที่มีมาก

$$R = 1/C$$

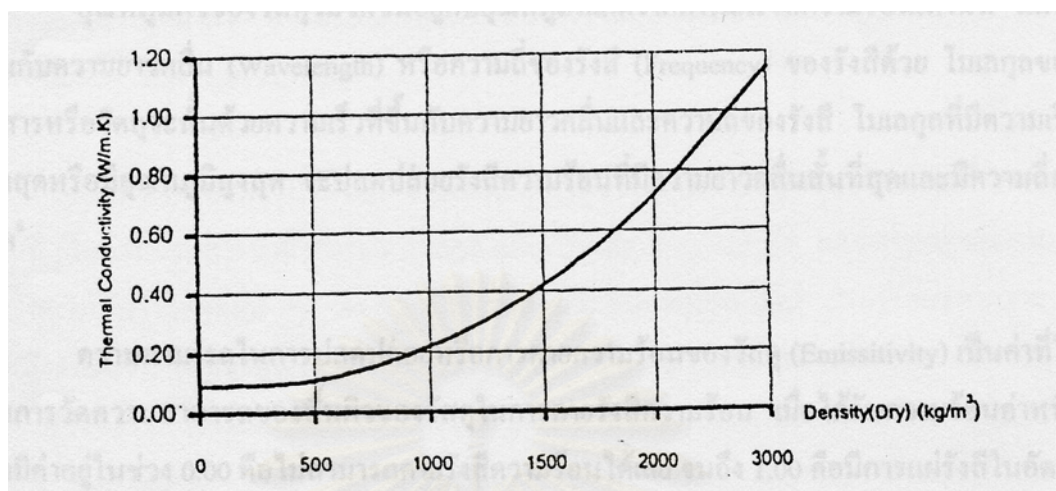
4) สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (thermal transmittance : U) หน่วย W/m².°K หรือ Btu/ (ft² .h. °F) คือหน่วยของการวัดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเข้ามาในอาคารในช่วงเวลาหนึ่ง และพื้นที่หนึ่ง เป็นส่วนกลับของ R

$$U = 1/\sum R$$

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

ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุจะขึ้นอยู่กับ thermal Conductance และความหนาแน่นของวัสดุ วัสดุที่มีการนำความร้อนต่ำจะส่งผ่านความร้อนออกมาได้น้อยและช้ากว่าวัสดุที่มีการนำความร้อนสูง เช่น โลหะ การส่งผ่านความร้อนออกมายังภายนอกจะมีปริมาณมากและรวดเร็ว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



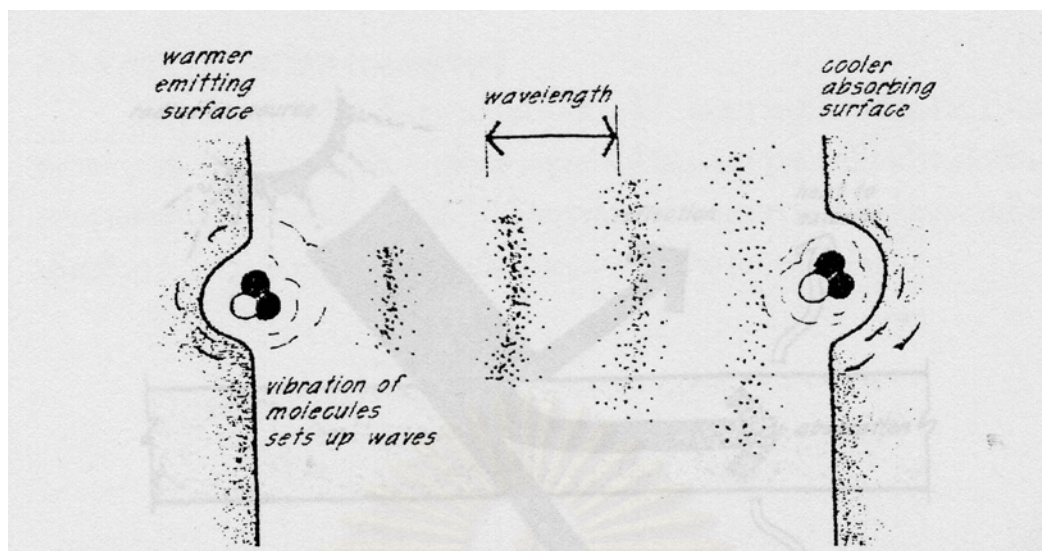
แผนภูมิที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของการนำความร้อนของวัสดุและความหนาแน่นของวัสดุ

(Naren K. Bansal, Gerd Hauser and Gernot Minke, 1994: 38)

2.1.2 การแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อโมเลกุลของสสารเกิดการเคลื่อนไหวจะคายพลังงานคลื่นออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การแผ่รังสีความร้อนจึงเป็นการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งจะเคลื่อนที่จากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเช่นเดียวกับการนำความร้อน แต่การแผ่รังสีความร้อนสามารถส่งความร้อนผ่านสุญญากาศได้

การเคลื่อนที่หรือการสั่นของโมเลกุลพื้นผิวของสสารจะก่อให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเคลื่อนผ่านตัวกลางได้เร็วเท่ากับความเร็วแสง การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจะช้าลงเมื่อเปลี่ยนแปลงไปเป็นคลื่นรังสีความร้อน โดยเมื่อความร้อนเคลื่อนที่ผ่านของแข็ง อากาศ หรือสุญญากาศไปจนกระทบพื้นผิววัสดุอีกด้าน จะผสมพลังงานความร้อนในด้านนั้น ๆ และทำให้โมเลกุลมีการเคลื่อนไหวมากขึ้นจนอุณหภูมิสูงขึ้น และคายความร้อนออกมา การแผ่รังสีความร้อนจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในทุกทิศทาง และไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก



ภาพที่ 2.2 Radiant energy transfer between two surface molecules. (Moore, F. 1993: 13)

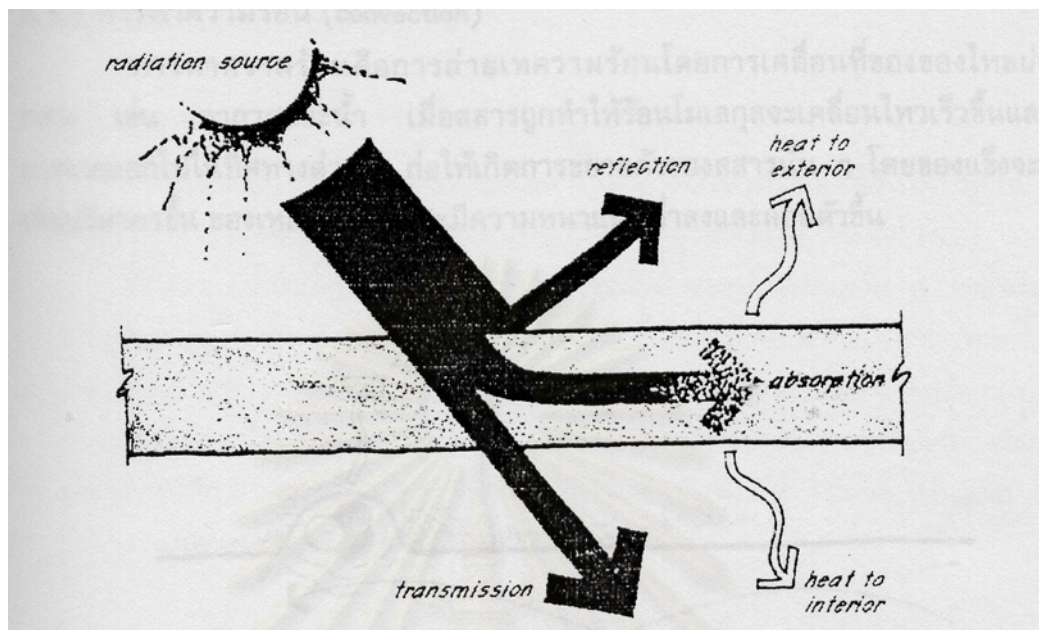
1) ความยาวคลื่น

อุณหภูมิโมเลกุลของพื้นผิววัสดุสามารถให้ความร้อนที่วัดได้เป็นค่าความยาวคลื่น (wave length) หรือความถี่คลื่น (frequency) ได้ โมเลกุลของพื้นผิวแต่ละชนิดจะมีการเคลื่อนไหว หรือการสั่นที่แตกต่างกัน และแผ่รังสีความร้อนออกมาในความเร็วที่คงที่ การเคลื่อนไหวดังกล่าวจะทำให้เกิดความถี่ของคลื่นการแผ่รังสี โมเลกุลที่เคลื่อนที่เร็วที่สุดหรือร้อนที่สุดจะคายคลื่นรังสีสั้น ๆ ออกมา เช่น คลื่นรังสีจากดวงอาทิตย์จะเป็นคลื่นสั้น (ประมาณ 0.4 – 4.0 micron, 1 micron = 10^{-6} เมตร) และโมเลกุลที่เคลื่อนที่ช้า ๆ จะคายรังสีคลื่นยาวซึ่งมีความยาวคลื่น 8 – 50 micron

เมื่อพลังงานการแผ่รังสีความร้อนกระทบพื้นผิว พื้นผิวนั้นจะสามารถดูดซับ (absorption : α) ความร้อน และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนซึ่งจะทำให้ผิววัสดุอุ่นขึ้น และสามารถสะท้อนความร้อน (reflection : β) นั้นกลับไปได้ ถ้าวัสดุมีคุณสมบัติมีความร้อนสามารถผ่านไป ความร้อนจะทะลุผ่าน (transmission : τ) ชั้นวัสดุออกไป ค่าการดูดซับความร้อน การสะท้อนความร้อน และการทะลุผ่านของความร้อนนั้นไม่มีหน่วย และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 – 1.0 ค่าของคุณสมบัติ 3 ส่วนรวมกันจะเท่ากับ 1

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

เมื่อ	α	คือ	ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ
	β	คือ	ค่าการสะท้อนความร้อนของวัสดุ
	τ	คือ	ค่าการทะลุผ่านของความร้อนของวัสดุ



ภาพที่ 2.3 Absorption, reflection, and transmission of radiation striking a semitransparent material

3) การคายความร้อน (emissivity : ϵ)

ค่าการคายความร้อนเป็นหน่วยการวัดความสามารถของผิววัสดุที่จะคายรังสีความร้อนออกมาในอุณหภูมิที่กำหนด ค่าการคายความร้อนสามารถวัดได้เป็น 0.0 ในกรณีที่วัสดุไม่มีการคายความร้อน ไปจนถึง 1.0 ซึ่งเป็นการคายความร้อนที่สูงที่สุดเทียบได้กับวัสดุจำลอง black body ในอุณหภูมิต่าง ๆ กันจะพบว่าค่าการคายความร้อนจะเท่ากับค่าการดูดซับความร้อน (Kirchhoff's law)

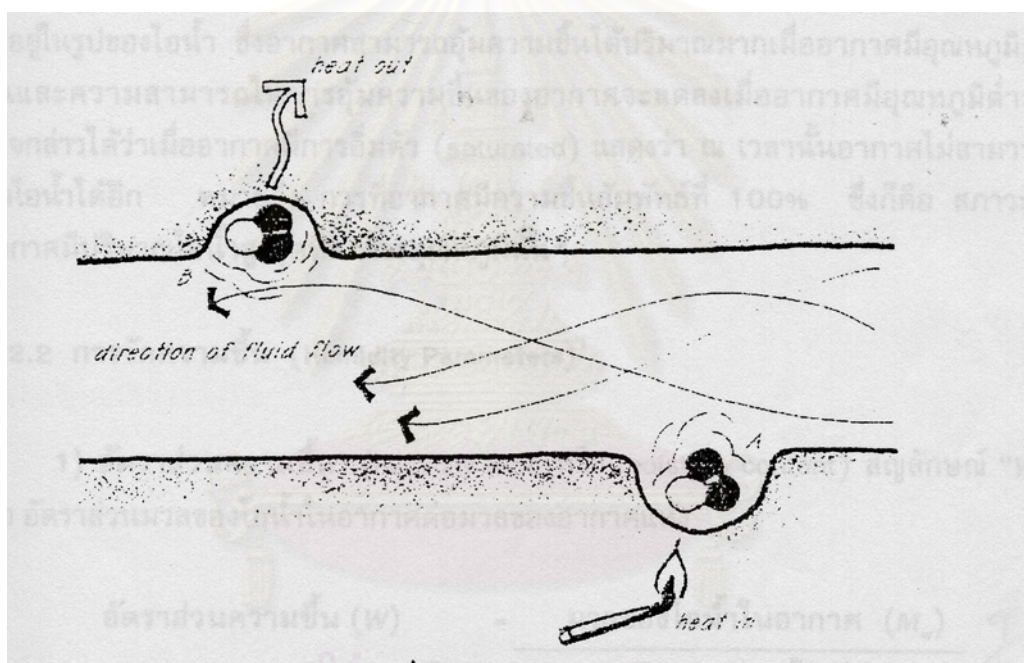
$$\epsilon = \alpha \text{ (black body)}$$

เมื่อ α คือ ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ
 ϵ คือ ค่าการคายความร้อนของวัสดุ

วัสดุที่ผิวไม่มันหรือไม่เป็นโลหะ (no metallic) จะมีความสามารถคายความร้อนได้มากกว่าวัสดุโลหะ เนื่องจากมีพื้นผิวที่ช่วยคายความร้อนได้มาก ส่วนวัสดุสีเข้มจะสามารถดูดซับความร้อนได้ดีทำให้มีอุณหภูมิสูงได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่วัสดุสีอ่อนจะสะท้อนความร้อนได้ดี ทำให้มีอุณหภูมิต่ำ

2.1.3 การพาความร้อน (convection)

การพาความร้อนคือ การถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านตัวกลาง เช่น อากาศและน้ำ เมื่อสสารถูกทำให้ร้อนโมเลกุลจะเคลื่อนไหวเร็วขึ้นและแตกกระจายออกไปในทิศทางต่าง ๆ ก่อให้เกิดการขยายตัวของสสารนั้น ๆ โดยของแข็งจะมีการเพิ่มปริมาตรขึ้น ของเหลวและก๊าซจะมีความหนาแน่นต่ำลงและลอยตัวขึ้น



ภาพที่ 2.4 ภาพแสดงการพาความร้อนจากจุด A ไปยังจุด B (Moore, F. 1993: 17)

จากรูปการถ่ายเทความร้อนจากด้านร้อน A ไปด้านเย็น B มีการเคลื่อนที่ที่เกิดจากการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนจากภายนอกจนมากระทบที่จุด A ความร้อนนี้จะถ่ายเทไปที่อากาศและพาความร้อนผ่านอากาศไปยังจุด B

ความแตกต่างของการนำความร้อนและการพาความร้อนคือ ความแตกต่างของการเคลื่อนที่ของโมเลกุล การนำความร้อนนั้นโมเลกุลจะไม่เปลี่ยนตำแหน่งแต่จะเคลื่อนย้ายพลังงานจากโมเลกุลหนึ่งไปยังโมเลกุลใกล้เคียง ส่วนการพาความร้อนพลังงานจะถูกถ่ายเทไปโดยโมเลกุลจะนำไปด้วยตัวเอง

2.2 การดูดซับและการคายความร้อนของวัสดุ

ค่าการดูดซับและการคายความร้อนของวัสดุ จะเกิดขึ้นจากกระบวนการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 แบบข้างต้น คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน ประกอบกับ ดังนั้นในการพิจารณาการดูดซับและการคายความร้อนของวัสดุจึงต้องพิจารณากระบวนการทั้ง 3 ร่วมกัน

การดูดซับความร้อนของวัสดุ (heat absorption) จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุดังต่อไปนี้

1. ความจุความร้อนจำเพาะ (specific heat ; Cp)
2. ค่าความจุความร้อน (thermal capacity)
3. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (thermal conductivity)
4. ค่าความหนาแน่นของวัสดุ (density)

Moore (1993: 22) ได้กล่าวถึงการดูดซับความร้อน (heat storage) ของวัสดุภายในอาคารว่า เกิดขึ้นในปริมาณที่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคารโดยตรง ผ่านเข้ามาโดยรังสีความร้อน และการรั่วไหลมาจากภายนอก แต่สามารถแสดงให้เห็นได้ในเชิงเปรียบเทียบ ระหว่างมวลสารวัสดุ วัสดุที่มีน้ำหนักเบา ไม้ แก้ว โลหะ เป็นต้น จะสามารถสะสมและคายความร้อนได้เร็วกว่าวัสดุที่มีน้ำหนักมากกว่า เช่น คอนกรีต อิฐ เป็นต้น ความสามารถในการดูดซับความร้อนของวัสดุจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น(density) ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (specific heat ; Cp) และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (thermal conductivity)

การศึกษพบว่าหากอุณหภูมิอากาศภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงมาก การดูดซับความร้อนของวัสดุจะมีผลกระทบต่ออาคารมากขึ้น เช่นในเขตภูมิอากาศหนาวเย็นจะเลือกวัสดุที่มีการเก็บความร้อนมากๆ เพื่อช่วยให้อากาศภายในอาคารอบอุ่นและคงที่เมื่อเทียบกับอากาศภายนอก แต่สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น การเลือกวัสดุประกอบอาคารควรเป็นวัสดุที่มีการสะสมความร้อนน้อยเพื่อให้การปรับอากาศมีประสิทธิภาพดี

เมื่อแสงอาทิตย์หรือรังสีความร้อน (solar radiation) ผ่านเข้ามายังบริเวณภายในอาคารหรือบริเวณที่ต้องการปรับอากาศ กระทบกับวัสดุและพื้นผิวต่างๆ บางส่วนของรังสีความร้อนจะถูกดูดซับอยู่ในรูปของความร้อนอยู่ในวัสดุนั้น รังสีส่วนที่เหลือจะถูกสะท้อนออกมาในรูปของแสง ซึ่งค่าการดูดซับและสะท้อนนี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สีของวัสดุ ลักษณะพื้นผิว มุมที่รังสีตกกระทบต่อพื้นผิว

ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ (heat absorption of material) จะขึ้นอยู่กับค่าความจุความร้อนจำเพาะ (specific heat ; Cp) ของวัสดุ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการวัดความสามารถในการดูดซับความร้อนของวัสดุมีหน่วยเป็น Btu/lb. °F ในการวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะจะใช้ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเป็นมาตรฐาน โดยที่น้ำจะมีค่าความจุความร้อนจำเพาะเท่ากับ 1 Btu/lb. °F วัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนจำเพาะสูง จะดูดซับความร้อนได้มากและมีการคายความร้อนที่ดูดซับอยู่ได้ช้า ในการทำให้วัสดุประเภทนี้มีอุณหภูมิลดลงต้องใช้ความเย็นในปริมาณมากและระยะเวลาาน ค่าจำกัดความของ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ คือ ค่าปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุมวล หนึ่งหน่วย มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ซึ่งสามารถแสดงการคำนวณได้ดังนี้

$$Cp = Q / m \cdot T$$

$$Cp = \text{ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ หน่วยเป็น Btu/lb. } ^\circ\text{F}$$

$$Q = \text{ปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไป (Btu)}$$

$$m = \text{มวลของวัสดุ (lb)}$$

$$T = \text{อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป (} ^\circ\text{F)}$$

การคิดค่าความจุความร้อนของวัสดุเป็นการประยุกต์เอาค่าความจุความร้อนจำเพาะและปริมาตรของวัสดุซึ่งมีผลต่อการดูดซับความร้อนมาคำนวณด้วยกัน ดังนั้นในการวิเคราะห์เรื่องความจุความร้อนของส่วนประกอบอาคารที่เป็นพื้น ผนัง และฝ้าเพดานจะใช้น้ำหนักต่อตารางเมตร (lb/m^2) (ซึ่งสามารถแยกชนิดและวัสดุได้จากค่าน้ำหนักดังกล่าวของพื้น ผนัง และฝ้าเพดานได้) คูณกับค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุที่ทาสวนประกอบอาคารนั้นๆในแต่ละประเภทสามารถสรุปเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$H = Cp \cdot m$$

โดยที่ H คือ ค่าความจุความร้อนต่อตารางเมตร $\text{Btu}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$

Cp คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ $\text{Btu}/\text{lb} \text{ } ^\circ\text{F}$

m คือ น้ำหนักต่อตารางเมตรของวัสดุ lb

มวลสารและการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

มวลสาร (mass) ของวัสดุหมายถึง เนื้อของวัสดุที่อัดแน่นรวมอยู่ในวัสดุนั้น มวลสารของวัสดุจะมีค่าคงที่ไม่่ว่าวัสดุนั้นจะอยู่ไหนก็ตาม ซึ่งต่างกับน้ำหนักของวัสดุที่หมายถึงแรงดึงดูดของโลกที่กระทำกับมวลสารของวัสดุ ดังนั้นเมื่อชั่งน้ำหนักในที่ที่มีความแตกต่างของแรงดึงดูดโลก เช่น ที่ระดับน้ำทะเลและที่ยอดเขาสูง จะได้ค่าน้ำหนักที่ไม่เท่ากันขณะที่มวลสารของวัสดุมีค่าเดียวกัน อย่างไรก็ตามมวลสารและน้ำหนักของวัสดุมีค่าต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้นบนผิวโลก เราจึงสามารถใช้ค่าน้ำหนักของวัสดุแทนค่ามวลสารของวัสดุได้

การหน่วงความร้อน (thermal time lag) หมายถึง ช่วงเวลาที่วัสดุสามารถเก็บกักปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาได้เป็นระยะเวลาหนึ่งจนวัสดุอิมิตัวและคายความร้อนออกมาสู่ภายใน ซึ่งจะทำให้ช่วงเวลาที่เกิดความร้อนสูงสุดภายในเลื่อนออกไปจากช่วงเวลาที่เกิดความร้อนสูงสุดภายนอกได้เป็นระยะเวลาหนึ่ง วัสดุที่มีมวลสารมากกว่าจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากกว่ามวลสารน้อยกว่า

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความชื้น

2.3.1 ความหมายของความชื้น

ความชื้น (humidity) คือ ละอองไอน้ำในอากาศซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ โดยเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ (ตริงใจ บุรณสมภพ, 2539 : 159)

ปริมาณไอน้ำในอากาศจะขึ้นอยู่กับสภาวะของอุณหภูมิในขณะนั้น ความชื้นในอากาศจะอยู่ในรูปของไอน้ำ ซึ่งอากาศสามารถอุ้มความชื้นได้ปริมาณมากเมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น และความสามารถในการอุ้มความชื้นของอากาศจะลดลงเมื่ออากาศมีอุณหภูมิต่ำลงจากกล่าวได้ว่าเมื่ออากาศมีการอิมิตัว (saturated) แสดงว่า ณ เวลานั้นอากาศไม่สามารถอุ้มไอน้ำได้อีก หมายถึง การที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ 100% ซึ่งก็คือ สภาวะที่อากาศมีปริมาณไอน้ำสูงสุดที่สภาวะอุณหภูมินั้นๆ

2.3.2 การวัดความชื้น (humidity parameters)

1) **อัตราส่วนความชื้น** (humidity ratio หรือ moisture content) สัญลักษณ์ "W" คือ อัตราส่วนมวลของไอน้ำในอากาศต่อมวลของอากาศแห้ง

$$\text{อัตราส่วนความชื้น (W)} = \frac{\text{มวลของไอน้ำในอากาศ}(M_w)}{\text{มวลของอากาศแห้ง}(M_a)}$$

หรือสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$W = \frac{0.62198(X_w)}{(X_a)}$$

เมื่อ W = อัตราส่วนความชื้น (humidity ratio)

X_w = อัตราส่วนมวลของไอน้ำ (water vapor) ต่อมวลของอากาศผสม (moist air)

X_a = อัตราส่วนมวลของอากาศแห้ง (dry air) ต่อมวลของอากาศผสม (moist air)

2) ความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity สัญลักษณ์ "d") คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำใน

อากาศต่อปริมาณของอากาศแห้ง หน่วยที่ใช้ในการวัดจะใช้เป็น กรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือเกรนต่อลูกบาศก์ฟุต

สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$d_v = \frac{(M_w)}{V}$$

เมื่อ d_v = ความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity)

M_w = มวลของไอน้ำ (water vapor) ในอากาศผสม (moist air)

V = ปริมาตรของอากาศ

หรืออีกสมการหนึ่งคือ

$$d_v = \frac{[(10)^e]}{R_{\text{Water}} \cdot V_{\text{aioit}}}$$

เมื่อ d_v = ความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity)

e = ความดันไอน้ำ (vapor pressure)

T = อุณหภูมิ (temperature)

R = ค่าก๊าซคงที่ของไอน้ำ

โดยที่⁶

$$R = \frac{623e \text{ (In gram water vapore)}}{\text{Pd (kl logram of dry akr)}}$$

เมื่อ Pd = ความดันของอากาศแห้ง ซึ่งเท่ากับ (P - e)

P = ความบรรยากาศมาตรฐานที่ระดับน้ำทะเล มีค่าเท่ากับ 101.325 บาร์ (bar) โดยที่ 1 บาร์ (bar) เท่ากับ 100 กิโลปาสคาล (kPa)

3) ความชื้นสัมพัทธ์ (humidity ratio สัญลักษณ์ "φ") คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำสูงสุดใน

อากาศต่อมวลของไอน้ำทั้งหมดที่มีอากาศสามารถรับได้ ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ดังนั้น การที่ความชื้นสัมพัทธ์ 0% หมายถึง

ถึง อากาศขณะนั้นไม่มีไอน้ำอยู่เลย ณ อุณหภูมินั้น ๆ หรือการมีความชื้นสัมพัทธ์ 100% แสดงว่า อากาศขณะนั้น อิ่มตัว กล่าวคือไม่สามารถรับไอน้ำมาเก็บไว้ในอากาศได้อีก

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์ } (\phi) = \frac{\text{มวลไอน้ำที่มีในอากาศขณะหนึ่ง}}{\text{มวลไอน้ำสูงสุดที่อากาศสามารถรับได้ ณ อุณหภูมิที่นั้น}}$$

ความชื้นสัมพัทธ์หาได้จากสมการ

$$\phi = \frac{X_w}{X_{ws \text{ at } t_p}}$$

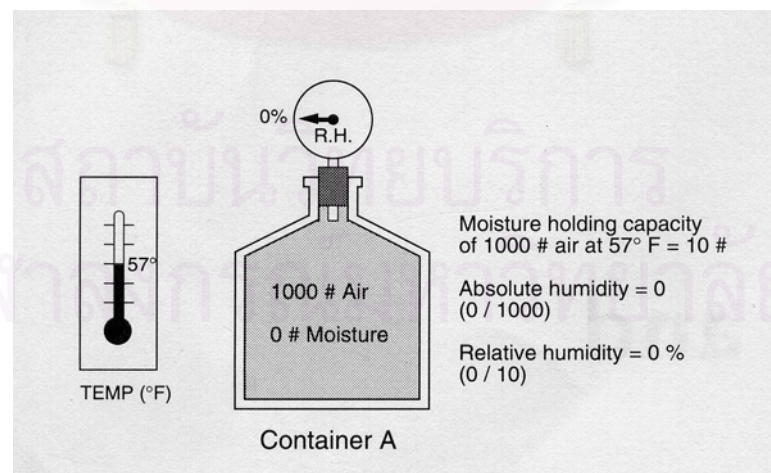
เมื่อ ϕ = ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity)

X_w = อัตราส่วนมวลของไอน้ำ (water vapor) ต่อมวลของอากาศผสม (moist air) ณ อุณหภูมิและความดันหนึ่ง ๆ

$X_{ws \text{ at } t_p}$ = อัตราส่วนของมวลไอน้ำ (Vapor) ต่อมวลของอากาศผสมใน สภาวะอากาศอิ่มตัว (saturated mixture) ณ อุณหภูมิและความดันนั้น ๆ

ปริมาณความชื้นในอากาศมีผลต่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้จากภาพประกอบต่อไปนี้

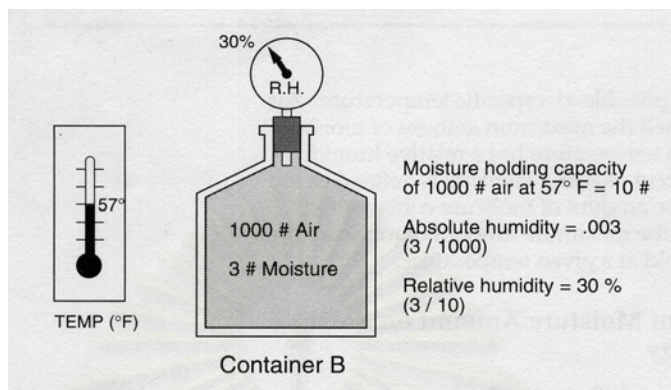
สมมติให้ภายในขวดทั้ง 3 ใบบรรจุอากาศปริมาณ 1,000 ปอนด์ มีอุณหภูมิเท่ากันที่ 57 องศาฟาเรนไฮต์ และขวดทั้ง 3 ใบมีคุณสมบัติในการป้องกันไม่ให้อากาศ น้ำ หรือไอน้ำ ผ่านเข้าออกได้ กำหนดให้ ณ อุณหภูมิที่ 57 องศาฟาเรนไฮต์ อากาศ 1,000 ปอนด์ดังกล่าวสามารถรับอุณหภูมิตั้งสูงสุดได้ประมาณ 10 ปอนด์



ภาพที่ 2.5 แสดงอุณหภูมิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอุณหภูมิตั้งและอุณหภูมิตั้งสัมพัทธ์ของขวด A

(Lsiburek and Carmody, 1993: 2)

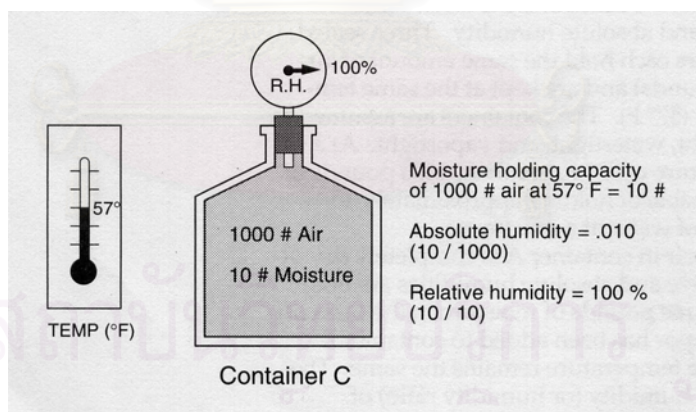
จากภาพที่ 2.5 แสดงให้เห็นว่า ขวด A มีความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์เป็น 0 เนื่องจากไม่มีความชื้นในอากาศอยู่แล้ว ในขณะที่ขวด B บรรจุความชื้นเข้าไป 3 ปอนด์ในรูปของหยดน้ำ ณ อุณหภูมิเท่าเดิม ความชื้นในขวดนี้จะเป็น 0.003 ปอนด์ต่ออากาศ 1,000 ปอนด์ โดยมีความชื้นสัมพัทธ์เท่า 30 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์ของขวด B

(Lsiburek and Carmody, 1993: 2)

สำหรับขวด C เมื่อบรรจุความชื้นลงไป 10 ปอนด์ในรูปของหยดน้ำ อัตราส่วนความชื้นในขวดจะเท่า 0.010 ปอนด์ต่ออากาศ 1,000 ปอนด์ ในขณะที่เดียวกันความชื้นสัมพัทธ์เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าขวด C มีปริมาณความชื้นสูงสุดที่อากาศรับได้ ณ อุณหภูมินี้คือ ความชื้น 10 ปอนด์ ต่อปริมาตรอากาศ 100 ปอนด์ ซึ่งหากมีการเพิ่มความชื้นเข้าไปอีกก็จะเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ

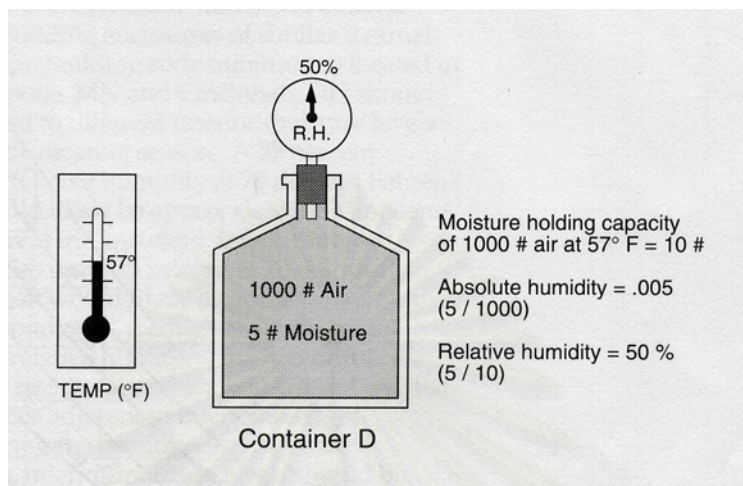


ภาพที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์ของขวด C

(Lsiburek and Carmody, 1993: 2)

นอกจากนี้ปริมาณไอน้ำในอากาศยังสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศอีกด้วย โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงให้เห็นได้จากภาพประกอบ 2.7

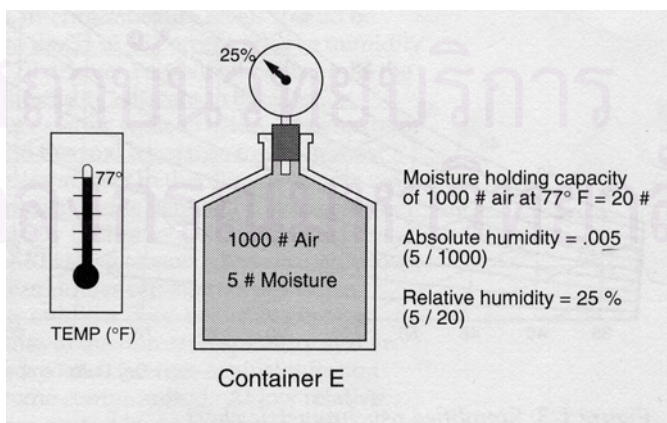
สมมติให้ขวด D, E และ F เป็นขวดที่บรรจุอากาศที่มีปริมาตรเท่ากันที่ 1000 ปอนด์ และมีการผนึกปิดอย่างดีไม่ให้เกิดการรั่วไหลของอากาศ น้ำ หรือไอน้ำได้



ภาพที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและอุณหภูมิอากาศของขวด D

(Lsiburek and Carmody, 1993: 2)

จากภาพที่ 2.8 แสดงให้เห็นว่า ณ อุณหภูมิอากาศที่ 57 องศาฟาเรนไฮด์ ขวด D ซึ่งมีปริมาณความชื้น 5 ปอนด์ ที่อุณหภูมิดังกล่าวเมื่ออากาศอิ่มตัวอากาศจะสามารถรับปริมาณความชื้นได้สูงสุดประมาณ 10 ปอนด์ แสดงว่าอัตราส่วนความชื้นของอากาศในขวด D เท่ากับ 0.005 ปอนด์ต่ออากาศ 1,000 ปอนด์ และจะมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์

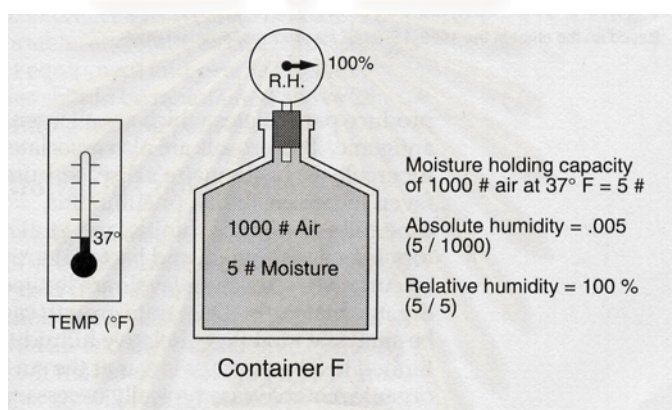


ภาพที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและอุณหภูมิอากาศของขวด E

(Lsiburek and Carmody, 1993: 2)

ที่อุณหภูมิอากาศสูงขึ้นเป็น 77 องศาฟาเรนไฮด์ ขวด E ซึ่งมีปริมาณความชื้น 5 ปอนด์เท่ากับขวด D จากที่อุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงย่อมส่งผลทำให้ปริมาณความชื้นเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งเมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นก็จะทำให้ความสามารถในการรับความชื้นของอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 20 ปอนด์เมื่ออากาศอิ่มตัว ในขณะที่อัตราส่วนความชื้นยังคงเท่าเดิมคือ 0.005 แต่ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงเหลือ 25 เปอร์เซ็นต์

ในทางตรงข้ามเมื่ออุณหภูมิอากาศลดลงเหลือ 27 องศาฟาเรนไฮด์ ในขณะที่ปริมาณความชื้นในขวดยังคงเท่ากับ 5 ปอนด์ เช่นเดียวกันกับขวด D และ E จะทำให้อากาศในขวด F มีความสามารถในการรับความชื้นลดลงเหลือ 5 ปอนด์เมื่ออากาศอิ่มตัว และอัตราส่วนความชื้นยังเท่าเดิมคือ 0.005 ปอนด์ จึงทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในขวด F เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังเห็นได้จากภาพประกอบที่ 2.6



ภาพที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและอุณหภูมิอากาศของขวด F

(Lsiburek and Carmody, 1993: 3)

จากภาพประกอบที่ 2.1 – 2.3 สามารถอธิบายได้ว่า เมื่ออุณหภูมิอากาศคงที่ แต่ปริมาณไอน้ำในอากาศเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้อัตราส่วนความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้นตาม ในขณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศแต่ปริมาณความชื้นและอัตราส่วนความชื้นคงที่ ดังแสดงภาพประกอบที่ 2.4 – 2.6 จะพบว่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์จะเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ คือ เมื่ออุณหภูมิอากาศสูงขึ้นปริมาณความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำลง แต่เมื่ออุณหภูมิอากาศลดต่ำลงก็จะทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้น

4) **อุณหภูมิจุดน้ำค้าง** (dew-point temperature) เป็นอุณหภูมิที่ไอน้ำเกิดการควบแน่นและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศมีอุณหภูมิลดลงแต่ปริมาณไอน้ำในอากาศยังคงเท่าเดิม และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า ณ ขณะนั้นเป็นสภาวะที่อากาศอิ่มตัว คือไม่สามารถรับไอน้ำเพิ่มขึ้นได้อีกหากมีปริมาณไอน้ำเพิ่มสูงขึ้นทำให้ไอน้ำในอากาศเกิดการควบแน่นและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ สภาวะดังกล่าวจึงเรียกว่า

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในกรณีที่พื้นผิวของวัสดุใด ๆ มีอุณหภูมิพื้นผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศจนถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้างก็จะทำให้เกิดหยดน้ำบนพื้นผิววัสดุนั้น

5) ความดันไอน้ำ (vapor pressure) จากการที่อากาศมีส่วนผสมของก๊าซหลากหลายชนิด เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ เป็นต้น โดยผลรวมของความดันอากาศทั้งหมดสามารถแสดงในลักษณะของปริมาตรอากาศที่ผสมผสานจากก๊าซหลาย ๆ ชนิดดังกล่าว และก๊าซแต่ละชนิดก็จะมี ความดันไอน้ำที่ต่างกันออกไปแต่ทั้งหมดก็ประกอบรวมกันเป็นความดันอากาศ โดยที่ความดันไอน้ำก็คือความดันของก๊าซที่เป็นไอน้ำในอากาศนั่นเอง

การคำนวณหาความดันไอน้ำ ตามวิธีการเดียวกันกับกรมอุตุนิยมวิทยา มีวิธีการคำนวณตามสูตรต่อไปนี้

$$es(T) = 0.611 * \text{EXP} \frac{(17.27 * t)}{t + 237.3}$$

$$e = \frac{(M) * es(T)}{100}$$

เมื่อ

es(T) คือ ความดันไอน้ำอิ่มตัว ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ที่บรรยากาศขณะนั้นมี

ความชื้นสูงสุดหน่วย กิโลปาสกาล (kPa)

t คือ อุณหภูมิอากาศ หน่วย องศาเซลเซียส (°C)

e คือ ความดันไอน้ำ (vapor pressure) หน่วย กิโลปาสกาล (kPa)

Rh คือ ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) หน่วย เปอร์เซ็นต์ (%)

6) ค่าความจุความร้อนของไอน้ำ (enthalpy of moist air สัญลักษณ์ "h") ความชื้นที่อยู่ในรูปของไอน้ำในอากาศจะมีความร้อนสะสมอยู่ทั้งในส่วนของการแฝง (latent Heat) และความร้อนสัมผัส (sensible Heat) ซึ่งคุณสมบัติของความร้อนดังกล่าวสามารถรวมเรียกได้ว่า "enthalpy" ซึ่งในการคำนวณสามารถหาได้จากสมการ

$$h = h_a + Wh_g$$

เมื่อ

h = enthalpy of moist air หน่วย Btu per pound of dry air

h_a = specific enthalpy of dry air หน่วย Btu per pound

โดยที่

$$h_a = 0.240 t$$

t = อุณหภูมิอากาศ (dry bulb temperature) หน่วย °F

W = ความชื้นสัมพัทธ์ (humidity ratio)

H_g = specific enthalpy of saturated water vapor หน่วย Btu per pound

โดยที่

$$h_g = 1061 - 0.444 t$$

ดังนั้นสามารถสรุปสมการหา Enthalpy ได้ดังนี้

$$h = 0.240 t + W(1064 - 0.444 t)$$

2.4 การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนซึ่งอยู่ในรูปของไอน้ำนั้น มีรูปแบบที่หลากหลายซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการที่แตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

- 1) ความแตกต่างของความดันอากาศ หรือแรงโน้มถ่วงของโลก
- 2) แรงดูดความชื้นภายในช่องว่างของเนื้อวัสดุ
- 3) ความแตกต่างของค่าความจุความร้อน
- 4) การเคลื่อนตัวของไอน้ำในอากาศที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศ
- 5) ความแตกต่างของความดันไอน้ำ

โดยกระบวนการถ่ายเทความร้อนสกัดกั้นการถ่ายเทความร้อนสามารถทำได้ด้วยการติดตั้งฉนวนป้องกันความชื้น (vapor retarder) เพื่อลดความแตกต่างของความดันอากาศ หรือ แรงโน้มถ่วงของโลก นอกจากนี้การป้องกันการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากกระบวนการแรงดูดความชื้นภายในมวลสาร และการเคลื่อนตัวของไอน้ำที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศก็เป็นกระบวนการที่สำคัญเพราะสามารถนำความชื้นเข้ามาในอากาศได้เป็นจำนวนมากเช่นกัน

2.4.1 การถ่ายเทความร้อนโดยแรงดูดความชื้น

ภายในรูพรุนของวัสดุที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ $0.1 \mu\text{m}$ โมเลกุลของไอน้ำในวัสดุจะสร้างแรงดึงดูดระหว่างผิวของโมเลกุลด้วยกัน ซึ่งแรงดูดความชื้นดังกล่าวสามารถคำนวณได้จากสมการแรงดูดความชื้น

$$S = \frac{2\sigma \cos \theta}{r}$$

เมื่อ

s = แรงดูดความชื้น (capillary suction)

σ = แรงตึงผิวของของเหลว (surface tension of water)

θ = มุมสัมผัส (contact of wetting angle)

r = รัศมีส่วนโค้งของผิว (radius of the capillary)

โดยมุมสัมผัส (contact of wetting angle) มุมระหว่างส่วนผิวหน้าของของเหลวที่เห็นเป็นเส้นโค้ง ซึ่งภายในวัสดุที่มีการดูดซับความชื้น (hydrophilic) มุมสัมผัสจะมีค่าน้อยกว่า 90° และสำหรับวัสดุที่ไม่ดูดซับความชื้น (hydrophobic) มุมสัมผัสจะอยู่ระหว่าง $90^\circ - 180^\circ$ และการถ่ายเทความชื้นที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้เกิดจากความแตกต่างของแรงดูดความชื้น เมื่อแรงดูดความชื้นมีค่ามากกว่าแรงตึงผิวของน้ำ และในส่วนของแรงตึงผิวน้ำนั้นเป็นส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นโดยความแตกต่างของแรงตึงผิวจากบริเวณที่อุณหภูมิสูงกว่าไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

ในสภาวะ isothermal และ non-isothermal แม้ว่าปริมาณแรงดูดความชื้นจะมีจำนวนน้อย แต่กระบวนการถ่ายเทความชื้นยังคงดำเนินการอยู่ ทั้งในส่วนกระบวนการของเหลว และไอน้ำ ซึ่งในส่วนของกระบวนการที่เกิดจากไอน้ำนั้นจะเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของความดันไอน้ำอิ่มตัว (vapor saturation pressure) ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามกฎของทอมสัน (Thomson's law) จากสมการ

$$p'' = p' \exp(s/pRT) = p' \exp(2\sigma \cos\theta / r pT)$$

เมื่อ p'' คือ ความดันไอน้ำอิ่มตัวภายในช่องว่างวัสดุ (Saturation vapor pressure in capillary)

p' คือ ความดันไอน้ำอิ่มตัวในบรรยากาศ (saturation vapor pressure in ambient air at same temperature at p'')

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ (density of water)

R คือ ค่าคงที่สถานะก๊าซของไอน้ำ (gas constant of water vapor)

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (absolute humidity)

จากสมการแสดงให้เห็นว่าความดันไอน้ำอิ่มตัวภายในช่องว่างวัสดุที่มีขนาดใหญ่ จะมีปริมาณสูงกว่าช่องว่างที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากไอน้ำจากช่องว่างขนาดใหญ่จะแพร่กระจาย (diffusion) ไปสู่ช่องว่างที่เล็กกว่า และจาก

สมการแสดงให้เห็นว่าความดันไอน้ำอิ่มตัวภายในช่องว่างวัสดุจะต่ำลงเมื่อวัสดุมีอุณหภูมิลดลง เพราะไอน้ำจะแพร่กระจาย (diffusion) จากช่องว่างที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าไปสู่ช่องว่างที่มีอุณหภูมิสูงกว่า

ถ้าความดันไอน้ำของบรรยากาศเข้าสู่สภาวะสมดุลความชื้น (equilibrium) เทียบเท่ากับความดันไอน้ำอิ่มตัวภายในช่องว่างวัสดุ จะสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$s = \rho R T \ln \phi$$

เมื่อ ϕ คือ ความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศ

และการถ่ายเทความชื้นสามารถแสดงให้เห็นได้ในลักษณะสมการของ suction pressure gradient

$$W_m = -k_m \frac{ds}{dx}$$

เมื่อ W_m คือ water flux

K_m คือ water permeability coefficient

2.4.2 การถ่ายเทความชื้นจากการเคลื่อนที่ของอากาศ (air movement)

การถ่ายเทความชื้นจากการเคลื่อนที่ของอากาศสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$W = w \rho v$$

เมื่อ w คือ water vapor flux (flow per unit area)

W คือ อัตราส่วนความชื้น (humidity ratio)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (density of air)

v คือ ความเร็วลม (airflow velocity)

การเคลื่อนที่ของอากาศและการแพร่ความชื้น (vapor diffusion) จะสามารถนำความชื้นเข้ามาในอาคารได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะมีผลต่อพลังงานที่ใช้ในอาคารแสดงว่าการติดตั้งแผงกำบังลม และการติดตั้งฉนวนกันความชื้นยังคงมีความจำเป็นสำหรับการป้องกันการแทรกซึมความชื้นแก่อาคาร

2.4.3 การแพร่ความชื้น (water vapor diffusion)

ความชื้นที่อยู่ในรูปของไอน้ำในอากาศสามารถแพร่กระจายผ่านอากาศ รวมถึงวัสดุต่าง ๆ ของอาคาร ความชื้นสามารถแพร่กระจายผ่านพื้นที่ที่ต่อเนื่องกัน รวมถึงพื้นผิวที่เกิดการควบแน่นได้อย่างรวดเร็วเมื่อเกิดความแตกต่างของความดันความชื้น ตัวอย่างเช่น พื้นผิวกระจกที่เย็น เป็นต้น เมื่อความชื้นสามารถเคลื่อนที่ผ่านวัสดุต่าง

ๆ เข้ามาในอาคารแล้ว จะเข้ามาผสมกับอากาศภายใน ซึ่งสามารถคำนวณหาการแพร่ความชื้นที่ผ่านวัสดุต่อหน่วยพื้นที่ (water vapor diffusion flux) ตามสมการของ Fick's law

$$w = -\mu \frac{dp}{dx}$$

เมื่อ w คือ การแพร่ความชื้นที่ผ่านวัสดุต่อหน่วยพื้นที่ (water vapor flux)

μ คือ water vapor permeability

p คือ ความดันความชื้น (water vapor pressure)

x คือ ระยะทางการแพร่ความชื้น (distance along flow path)

2.5 การวัดค่าความจุความชื้นและการถ่ายเทความชื้น

ในการวัดค่าความจุความชื้นและการถ่ายเทความชื้น (moisture content and transfer measurement)

สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ

2.5.1 การดูดซับความชื้นของวัสดุ (sorption isotherm)

ค่าของการดูดซับความชื้นของวัสดุจะสัมพันธ์กับสมดุลความชื้นของวัสดุ (equilibrium moisture content หรือ EMC) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิคงที่ ค่าความจุความชื้น (moisture content หรือ MC) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณ (มวล) ของน้ำในวัสดุต่อมวลของวัสดุในสภาวะแห้ง (dry Mass) ในเบื้องต้นการพิจารณาค่าการดูดซับความชื้นจำเป็นที่จะต้องทราบอุณหภูมิและปริมาณความชื้นของสภาพแวดล้อมดังกล่าวจนเข้าสู่สภาวะสมดุลของความจุความชื้น คือ เป็นสภาวะที่เกิดความสมดุลของความชื้นในวัสดุกับความชื้นของสภาพแวดล้อม ผลที่ได้รับจากการวัดจะพบว่าพฤติกรรมของการดูดซับความชื้นของวัสดุแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อวัสดุดูดซับความชื้นจนเข้าสู่ภาวะสมดุลความชื้นแล้ว ผลที่ปรากฏอาจจะพบทั้งปริมาณความชื้นสัมพัทธ์จะสูงขึ้น (adsorption isotherm) หรือลดลง (de-sorption isotherm)

การควบคุมความชื้นของสภาพแวดล้อมจะต้องอาศัยเครื่องปรับอากาศ หรือการใช้สารเคมีจำพวกเกลือ (salt solution) ความแม่นยำในการวัดความชื้นโดยการใช้สารเคมีนั้น จะต้องใช้สารจำพวกเกลือหลาย ๆ ชนิดผสม

กัน ซึ่งใน ASTM Standard E 104 ได้อธิบายไว้ว่าความแม่นยำในการวัดจะพิจารณาจากค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุ การทำให้วัสดุที่ต้องการทดสอบแห้งจะใช้วิธีการอบแห้งด้วยเตาอบหรือวิธีการทำให้แห้ง (discant drying) ซึ่งวิธีการทำให้แห้งนั้นจะทำให้ความชื้นในวัสดุ สามารถระเหยออกมาได้ดีกว่าการใช้ตู้อบ

สำหรับวัสดุที่ต้องใช้เวลานาน ๆ ในการเข้าสู่สภาวะสมดุลความชื้น เช่น ต้องใช้เวลาเป็นสัปดาห์ หรือเป็นเดือน จะทำให้เกิดข้อจำกัดในการวัด เนื่องจากจะมีการระเหยของไอน้ำที่สะสมในเนื้อวัสดุระหว่างกระบวนการเข้าสู่สภาวะสมดุลดังกล่าว ดังนั้น จึงควรพิจารณาเลือกขนาดของวัสดุทดสอบที่เหมาะสมเพื่อจะได้ลดระยะเวลาในการระเหยของไอน้ำในเนื้อวัสดุ

2.5.3 ค่าการแทรกซึมความชื้น (Vapor Permeability)

ค่าการแทรกซึมความชื้นผ่านช่องว่างในวัสดุที่สามารถวัดได้นั้นเป็นคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นของวัสดุมีหน่วยเป็น perm โดย 1 perm จะเท่ากับปริมาณไอน้ำจำนวน 5.72×10^{-11} กิโลกรัม (ประมาณ 1.26×10^{-12} ปอนด์) ที่ถ่ายเทผ่านพื้นผิว 1 ตารางเมตร ในเวลา 1 วินาที โดยผลต่างของความดันไอน้ำเท่ากับ 1 ปาสคาล (Pa) และสามารถอธิบายได้โดยอาศัยกฎของฟิคด์ (Fick's Law) ซึ่งเป็นไปตามสมการ

$$W_v = -\mu \frac{dp}{dx}$$

เมื่อ “ W_v ” = มวลของไอน้ำที่แทรกซึมผ่านวัสดุต่อหน่วยพื้นที่ต่อช่วงเวลา หน่วย gr/h.ft²

μ = vapor Permeability หน่วย gr.in/h.Hg

$\frac{dp}{dx}$ = vapor Gradient หน่วย in.Hg/in

พฤติกรรมการถ่ายเทความชื้นสามารถประมาณได้โดยการพิจารณาจากความหนาของวัสดุและทิศทางการเคลื่อนตัวของไอน้ำ ซึ่งในกระบวนการวัดค่าการแทรกซึมของความชื้นผ่านช่องว่างในวัสดุสามารถวัดได้จากการทดสอบวัสดุ ด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

- 1) Dry cup method
- 2) Wet cup method
- 3) Modified cup test

โดยในการพิจารณาค่าการแทรกซึมความชื้นของวัสดุต่าง ๆ นั้น การทดสอบด้วยวิธี Dry cup และ Wet cup นั้นไม่สามารถนำผลการทดสอบมาพิจารณาเป็นค่าเฉลี่ยของการแทรกซึมความชื้นที่นำมาแสดงเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้เนื่องจากในการทดสอบนั้นจะใช้วิธีการควบคุมความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญ ส่วนการทดสอบด้วยวิธี modified cup test จะสามารถแสดงผลเป็นปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ได้ ซึ่งการทดสอบด้วยวิธีดังกล่าวจะทำให้

ไอน้ำที่ถูกดูดซับออกมาจากกระบวนการทดสอบถูกแทนที่ด้วยสารประเภทเกลืออิ่มตัว ทำให้สามารถอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการวัดวัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความชื้นสูงนั้นขีดจำกัดของอัตราการกระจาย (diffusion) ของไอน้ำผ่านอากาศในกระบวนการเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาว่า air film resistance ซึ่งมีนัยยะสำคัญต่อการต้านทานการถ่ายเทความชื้นของวัสดุ โดยในการทดสอบวัสดุที่มีคุณสมบัติการถ่ายเทความชื้นสูง ๆ นี้จำเป็นต้องใช้การบันทึกค่าการทดสอบอัตราการกระจายความชื้นผ่านช่องว่างอากาศทุก ๆ ช่องจึงจะทำให้สามารถวัดผลได้เที่ยงตรงมากขึ้น

2.5.3 การแทรกซึมของไอน้ำ (Liquid diffusivity)

การแทรกซึมของไอน้ำในวัสดุต่าง ๆ เป็นการเคลื่อนตัวตามรูพรุน หรือช่องว่างในวัสดุซึ่งสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$W_t'' = pD_t \frac{dy}{dx}$$

เมื่อ W_t'' = มวลของไอน้ำที่แทรกซึมผ่านวัสดุต่อหน่วยพื้นที่ต่อ 1 หน่วยเวลา (หน่วย lb/h.ft²)

ρ = ความหนาแน่นของไอน้ำ (liquid density) หน่วย lb/ft³

D_t = ค่าการแทรกซึมผ่านของไอน้ำ หน่วย ft²/h

$\frac{dy}{dx}$ = moisture content Gradient หน่วย ft⁻¹

โดยที่ค่าการแทรกซึมผ่านของไอน้ำ (D_t) จะขึ้นอยู่กับค่าความจุความชื้น (moisture content) ของวัสดุแต่ละชนิด

2.6 ผลกระทบจากความชื้นต่ออาคารและผู้ใช้อาคาร

ความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการใช้พลังงานในอาคาร เพราะความชื้นจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนผ่านของวัสดุและอุปกรณ์อาคาร การบำรุงรักษาอาคาร อายุการใช้งานการเสื่อมสภาพของวัสดุ ซึ่งการเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้นดังกล่าว จะเกิดขึ้นตลอดเวลาทั้งที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า และที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ซึ่งมักพบเห็นได้บ่อยในรูปของการเกิดเชื้อรา สีซีด การผุกร่อนของวัสดุก่อ การเกิดสนิมโลหะ การโก่งตัวของวัสดุ รวมถึงความเสียหายจากการโก่งตัวของวัสดุ การเสื่อมสภาพความเป็นฉนวน การลดกำลังการรับแรงของวัสดุ เป็นต้น

นอกจากนี้ความชื้นยังมีอิทธิพลต่อสภาวะสบายและสุขภาพของผู้ใช้อาคารด้วย เนื่องจากความชื้นจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อรา และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่สามารถแฝงตัวอยู่กับอากาศภายในอาคาร ทำให้เกิดกลิ่นอับชื้น ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร (indoor air quality)

2.6.1 เชื้อรา ไรฝุ่น และสุขภาพของผู้ใช้อาคาร

ความชื้นที่สะสมในอาคารเป็นสาเหตุของการเกิดเชื้อรา ไรฝุ่น ซึ่งเป็นสาเหตุของอาการภูมิแพ้ต่าง ๆ เนื่องจากเชื้อราจะเจริญเติบโตเมื่อมีสภาวะอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม ซึ่งเชื้อราส่วนมากสามารถเจริญได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 4°C ส่วนไรฝุ่นสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ หากสามารถควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ให้ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ไรฝุ่นก็ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งนอกจากการควบคุมปริมาณความชื้นของอากาศภายในอาคารเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อราและไรฝุ่นแล้ว ยังต้องควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของเฟอร์นิเจอร์ และวัสดุตกแต่งภายในอาคารซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เหล่านี้ด้วย ตัวอย่างเช่น หากมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกเฉลี่ยตลอดทั้งเดือนประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงควรควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและพื้นผิวของวัสดุภายในอาคารอยู่ที่ระดับต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ตลอดเวลา

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ผิวของวัสดุจะมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุโดยเฉพาะคุณสมบัติความจุความชื้น (moisture content) เพราะหากพื้นผิวของวัสดุมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้ค่าความจุความชื้นของวัสดุเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับควบคุมปริมาณความชื้นภายในอาคารเพิ่มสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ความชื้นยังเป็นสาเหตุของการหลุดร่อนของสีทาอาคาร การเกิดคราบบนผนัง การโก่งตัวของไม้ รวมถึงการเสี้ยงอของโครงสร้างโดยเฉพาะโครงสร้างไม้ เนื่องจากภายในเนื้อไม้หากมีปริมาณความชื้นสูงจะทำให้เกิดการผุกร่อน นอกจากนี้การยึดโครงสร้างไม้ด้วยการใช้อุปกรณ์ เช่น ตะปู น็อต โลหะ หากมีปริมาณความชื้นที่พอเหมาะบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อไม้กับอุปกรณ์ยึดเหล่านั้น จะทำให้เกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำของความชื้นบริเวณนั้น เมื่อกระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นเวลานานก็จะเกิดสนิมที่อุปกรณ์ยึดโครงสร้างดังกล่าว ซึ่งเป็นการลดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ยึด รวมถึงการลดกำลังรับน้ำหนักของโครงสร้างด้วย

2.6.2 ผลกระทบความชื้นต่อคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อน

ความชื้นที่สะสมภายในเปลือกอาคาร เป็นสาเหตุสำคัญของการลดทอนประสิทธิภาพของความเป็นฉนวนของวัสดุ ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ความจุความร้อน อุณหภูมิ ระยะเวลาการใช้งาน รวมถึงสภาพแวดล้อมทั้งภายนอกและภายในอาคาร

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นที่สามารถแทรกซึมผ่านวัสดุกับคุณสมบัติการเป็นฉนวนของวัสดุ จะเกิดการแปรผันตามช่องว่างในเนื้อฉนวน โดยเฉพาะฉนวนแบบเซลล์เปิด (open cell) หรือประเภทเส้นใยธรรมชาติ เพราะความชื้นสามารถถ่ายเทผ่านฉนวนประเภทดังกล่าวได้อย่างรวดเร็ว การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารที่เกิดจากการถ่ายเทความชื้น จะปรากฏในรูปแบบของความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง ซึ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากความแตกต่างของความดันไอน้ำ (vapor pressure) ที่ถ่ายเทจากบริเวณที่ความดันไอน้ำสูงไปยังบริเวณที่มีความดันไอน้ำต่ำกว่า นอกจากนี้การระเหยของความชื้นจากผนังด้านที่ร้อน หรือการดูดซับความชื้นของผนังด้านที่เย็น จะเพิ่มปริมาณความร้อนแฝงในการถ่ายเทความร้อนเข้ามาในอาคาร

พฤติกรรมของการถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนแบบเซลล์ปิด (closed cell) เช่น ฉนวนโฟมจะเกิดผลแตกต่างกันออกไป เนื่องจากความชื้นไม่สามารถแทรกซึมผ่านฉนวนดังกล่าวได้ ทำให้ไม่มีการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำภายในเนื้อฉนวนเกิดขึ้น ดังนั้น เมื่อความชื้นไม่สามารถถ่ายเทความชื้นผ่านฉนวนเซลล์ปิดดังกล่าวจึงทำให้คุณสมบัติความเป็นฉนวนยังคงอยู่ ซึ่งฉนวนชนิดนี้จึงมีความเหมาะสมในการป้องกันความชื้นได้ดีกว่าฉนวนแบบเซลล์เปิดหรือประเภทเส้นใยธรรมชาติ

2.6.3 ความชื้นที่สะสมในวัสดุ

วัสดุก่อสร้างส่วนมากเป็นวัสดุที่มีความพรุนในเนื้อวัสดุจำนวนมาก ซึ่งรูพรุนดังกล่าวเป็นเสมือนช่องว่างขนาดใหญ่ภายในผนัง ที่ความชื้นจากภายนอกอาคารสามารถแทรกซึมผ่านเข้ามาในอาคารได้โดยง่าย โดยปริมาณความชื้นที่สะสมภายในเนื้อวัสดุจะสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพแวดล้อม กล่าวคือ เมื่อสภาพแวดล้อมมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงรูพรุนอากาศในวัสดุจะถูกแทนที่ด้วยความชื้นที่แทรกซึมเข้ามาในเนื้อวัสดุทำให้วัสดุมีการดูดซับความชื้น (absorption) ไว้มากขึ้น ในทางตรงข้ามเมื่อสภาพแวดล้อมมีปริมาณความชื้นลดลง วัสดุก็จะคายความชื้น (de-sorption) ที่สะสมไว้ออกมา ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นสัมพัทธ์กับปริมาณความจุความชื้นสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้โดยกราฟที่เรียกว่า "sorption isotherm" แต่บางครั้งการเปลี่ยนแปลง

ปริมาณความจุความร้อนของวัสดุก็ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตามที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากวัสดุบางชนิดพยายามรักษาระดับปริมาณความชื้นภายในเนื้อวัสดุไว้จึงไม่มีการคายความชื้นออกมา

ปริมาณความชื้นที่เข้ามาสะสมในเนื้อวัสดุจะทำให้ค่าความจุความร้อนของวัสดุมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในการลดปริมาณความร้อนที่สะสมในมวลสารของวัสดุ ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติไม่สะสมความร้อนและความชื้นจะสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานในอาคารลงได้

2.7 การเลือกใช้วัสดุประกอบอาคารสำหรับเขตอากาศร้อนชื้นประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีฝนตกชุก อุณหภูมิสูงเกือบตลอดทั้งปี ปัญหาใหญ่อย่างหนึ่งของการออกแบบอาคารในประเทศเราคือ การลดปริมาณความร้อนและความชื้นที่เข้ามาภายในอาคารและที่สะสมอยู่ภายในส่วนต่างๆของอาคาร

ในการออกแบบโครงสร้างสำหรับบ้านที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานในเขตร้อนชื้น จะต้องพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

1. การลดการสะสมความร้อนในโครงสร้าง (Thermal inertia)
2. การป้องกันความชื้นให้กับโครงสร้างและส่วนประกอบของเปลือกอาคาร
3. การเลือกระบบที่ลดปัญหาการควบแน่นของไอน้ำ (Condensation) ภายในผนังและโครงสร้าง
4. การหลีกเลี่ยงสะพานความร้อน (Thermal Bridge)
5. การประยุกต์ใช้โครงสร้างอาคารร่วมกับระบบกันแดดให้กับหน้าต่างและช่องแสง

2.7.1 การลดการสะสมความร้อนภายในโครงสร้าง (Thermal Inertia)

ระบบโครงสร้างที่เลือกใช้ต้องเน้นการใช้โครงสร้างที่มีมวลสารน้อย เพื่อลดการดูดซับความร้อนและความชื้นภายในอาคาร แต่บางส่วนก็มีการใช้งานมวลสารมากตามความเหมาะสม เช่น ส่วนคานชั้นล่าง แต่องค์ประกอบส่วนอื่นๆก็เป็นโครงสร้างที่มีมวลสารน้อยกว่าระบบการก่อสร้างทั่วไป ผนังเป็นระบบผนังเบาทั้งส่วนเปลือกอาคารและภายในอาคาร พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความหนาแน่นน้อย

เมื่อออกแบบให้โครงสร้างมีมวลสารน้อยจะทำให้โครงสร้างสะสมความร้อนและความชื้นใว้ น้อย ช่วยให้ลดพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศได้มาก เพราะการใช้งานเครื่องปรับอากาศโดยส่วนใหญ่จะมีการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศตามการใช้งานเมื่อไม่ใช้งานห้องนั้นก็จะปิดระบบปรับอากาศและเปิดใช้งานใหม่เมื่อมีการใช้งานห้อง ดังนั้นทุกๆ ครั้งที่มีการเปิดระบบปรับอากาศก็จะช่วยให้เราประหยัดพลังงานได้มากกว่าการใช้โครงสร้างและส่วนประกอบอาคารที่มีมวลสารมาก การเลือกใช้ระบบโครงสร้างและส่วนประกอบอาคารที่มีมวลสารเบาจะต้องป้องกันแสงแดดไม่ให้เข้าภายในอาคารโดยตรงเพราะจะทำให้อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นกว่าปกติ โดยควรออกแบบให้สามารถกันแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรงเข้ามาภายในบ้านได้ตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 16.00 น. การเลือกใช้โครงสร้างเบาจะช่วยลดน้ำหนักของอาคาร โดยจากบ้านประหยัดพลังงาน สามารถลดน้ำหนักของอาคารลงได้ถึง 70 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โครงสร้างแบบอาคารบ้านพักอาศัยทั่วไปที่ใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและผนังก่ออิฐฉาบปูน

2.7.2 การป้องกันความชื้นให้กับโครงสร้างและองค์ประกอบของเปลือกอาคาร

ในการออกแบบโครงสร้างทั้งหมดโดยใช้ระบบฉนวนกันความร้อนและความชื้นภายนอกอาคาร ทั้งส่วนที่เป็นโครงสร้างผนังรับน้ำหนักและส่วนที่เป็นคานของชั้นล่าง โดยเลือกระบบที่หุ้มภายนอกด้วยโฟม EPS หนา 3 นิ้ว ชนิดมีสารกันไฟลาม (Expanded Polystyrene) และไม่มีสาร CFC ในการผลิต โดยมีตาข่ายไฟเบอร์กลาสห่อหุ้ม

2.7.3 การเลือกระบบที่ลดปัญหาการควบแน่นของไอน้ำภายในผนังและโครงสร้าง

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จะพบว่าเมื่อมีการปรับอากาศภายในอาคารระดับความชื้นภายในอาคารจะต่ำกว่าภายนอกมาก ด้วยเหตุนี้เมื่อภายในถูกปรับอากาศให้เย็นลง จะพบว่าจุดควบแน่นของหยดน้ำจะอยู่ในส่วนของผนังที่เป็นฉนวนกันความร้อน แต่ ผนังโฟมมีความสามารถในการต่อต้านความชื้นได้ดี การควบแน่นที่เกิดขึ้นในเนื้อโฟม จะไม่ทำลายเนื้อโฟม หากมีความชื้นผ่านเข้ามาข้างใน บางครั้งก็จะกลายเป็นไอระเหยออกเมื่อโดนแดด เพราะผนังระบบนี้สามารถยอมให้อิอน้ำทะลุผ่านได้บ้าง ระบบกันความร้อนและความชื้นที่เลือกมานี้เป็นระบบที่มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบเมืองไทย ส่วนวัสดุที่ใช้ในการฉนวนภายนอกเป็นไฟเบอร์กลาสที่ฉาบทับชั้นนอกด้วยเนื้อสีผสมเม็ดทรายหนา 1 มิลลิเมตร ที่ช่วยสกัดกั้นรังสี UV และกันน้ำได้อย่างสมบูรณ์ อีกทั้งสามารถลดการยึดหดตัวให้กับโครงสร้างได้ เพราะการหุ้มโครงสร้างด้วยโฟมจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นของโครงสร้างและส่วนประกอบอาคารน้อย

2.7.4 การหลีกเลี่ยงสะพานความร้อน

ส่วนที่เป็นเสาและคาน และโครงสร้างหลักทั้งหมด ตลอดจนผนังทั้งหมด ถูกห่อหุ้มด้วยโฟม EPS ทั้งหมด จึงเป็นการสกัดกั้นความร้อนที่เกิดจากการนำความร้อนของเสา-คาน และส่วนยื่นของอาคารได้ดี การลดสะพานความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นเรื่องที่มีความสำคัญสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้นแบบประเทศไทย เพราะพื้นที่เสา-คาน ของอาคารที่ก่อสร้างในบ้านเราจะมีพื้นที่สัมผัสกับอากาศภายนอกอยู่มาก และวัสดุประเภทคอนกรีตเสริมเหล็กที่นิยมใช้ในประเทศเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง จึงเป็นส่วนที่นำความร้อนจากอากาศภายนอกเข้าสู่อาคาร ดังนั้นจึงควรมีการป้องกันที่ดี เช่น การใช้ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้

2.7.5 การประยุกต์ใช้โครงสร้างอาคารร่วมกับผนังกันแดดให้กับหน้าต่างและช่องแสง

สำหรับบ้านประหยัดพลังงาน มีการเลือกใช้ระบบโครงสร้างที่มีการผสมผสานระหว่างโครงสร้างแบบเสา-คาน และระบบผนังรับน้ำหนัก (wall bearing system) โดยชั้นล่างเป็นระบบเสา-คานมีการกันความร้อนและความชื้นให้กับ พื้น ผนังและระบบคานยื่นที่ทำหน้าที่กันแดดกันฝนให้กับพื้นที่ชั้นล่างได้เป็นอย่างดี สามารถกันแดดได้ตั้งแต่ 8.00 -16.00 น. ส่วนชั้นบนเป็นโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก ประคบด้วย ยิปซั่มกันไฟทั้ง 2 ด้าน ส่วนอุปกรณ์กันแดด ได้ออกแบบผสมกับโครงสร้างกับส่วนยื่นเข้าด้วยกัน โดยยึดระบบกันแดดเข้ากับผนังโครงสร้างเหล็ก ทำให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพดี

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 อิทธิพลความชื้น

โดย ศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ

ที่มา : เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า

กล่าวถึงความชื้นว่าเป็นตัวแปรสำคัญสำหรับการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะการออกแบบอาคารในเขตร้อนชื้น และแสดงให้เห็นว่าพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศหากเปรียบเทียบกันระหว่างพลังงานที่ใช้ในการลดอุณหภูมิอากาศกับพลังงานที่ใช้ในการลดความชื้นจะพบว่าพลังงานที่ใช้ในการลดความชื้นมากกว่าพลังงานที่ใช้ในการลดอุณหภูมิอากาศหลายเท่า รวมถึงแสดงถึงแหล่งของความชื้นที่เข้ามาในอาคารว่ามาจาก

1. ความชื้นที่ซึมผ่านผนัง

2. ความชื้นที่รั่วซึมผ่านขอบประตู หน้าต่าง และช่องเปิด
3. ความชื้นจากการเปิด ปิด ประตูหน้าต่าง
4. ความชื้นจากการสะสมของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง
5. ความชื้นที่สะสมในวัสดุต่างภายในและเครื่องเรือน

นอกจากนี้ความชื้นยังมีผลต่อคุณสมบัติของวัสดุในการก่อสร้างอาคาร รวมถึงตัวผู้ใช้อาคารด้วย เช่น สีของผนังหลุดร่อน การสะสมความชื้นในผนังจนก่อให้เกิดเชื้อราซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคาร โดยในเนื้อหาส่วนท้ายของหัวข้อนี้ได้ยกตัวอย่างการคำนวณพลังงานที่ต้องใช้ในการลดความชื้นและลดอุณหภูมิให้กับอากาศต่อ 1 ลิตรต่อวินาทีของปริมาณอากาศ ซึ่งได้ยกตัวอย่างของเดือนเมษายนที่มีค่าเฉลี่ยพลังงานประมาณชั่วโมงละ 44.7 วัตต์ต่อลิตรต่อวินาที หรือประมาณ 72 บีทียู ต่อลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ซึ่งหากในการใช้พัดลมดูดอากาศขนาด 100 ลิตรต่อวินาที (212 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จะใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 1.3 ตันความเย็น เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จะให้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 1.3 ตันความเย็น เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และหากพิจารณาเปรียบเทียบจากข้อมูลสภาพอากาศในช่วงเวลาอื่น ๆ ของปีก็ไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นช่วงฤดูหนาวที่จะมีอิทธิพลจากความชื้นและความร้อนที่ค่อนข้างน้อย (เฉพาะในช่วงที่มีลมมาจากทางทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือ)

2.7.2 Fundamental of moisture in building

ที่มา : 1997 ASHRAE Fundamental Handbook

กล่าวถึงแนวทางและความสำคัญของการป้องกันความชื้น เพราะความชื้นนอกจากจะมีอิทธิพลต่อพลังงานที่ใช้ในอาคารแล้วยังมีผลต่อคุณสมบัติของวัสดุรวมถึงสุขภาพของผู้ใช้อาคารด้วย นอกจากนี้ยังแสดงถึงสมการที่ใช้ในการคำนวณความชื้นที่เกิดจากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ Capillary suction, Air movement และ Water vapor diffusion

อีกทั้งยังมีกรกล่าวถึงการทดสอบคุณสมบัติการถ่ายเทความชื้นของวัสดุ (Method for water vapor transmission) ตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM Standard E96 ว่ามี 2 วิธีการ คือ

1) dry cup method เป็นการทดสอบโดยทำให้วัสดุด้านหนึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์ใกล้ 0%Rh มากที่สุด ส่วนอีกด้านหนึ่งควบคุมให้มีระดับความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50% Rh จากนั้นจึงวัดปริมาณความชื้นที่แพร่กระจายจากการแทรกซึมผ่านวัสดุนั้น

2) wet cup method เป็นการทดสอบโดยทำให้วัสดุด้านหนึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50% Rh มากที่สุด ส่วนอีกด้านหนึ่งควบคุมให้มีระดับความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 100% Rh จากนั้นจึงวัดปริมาณความชื้นที่แพร่กระจายจากการแทรกซึมผ่านวัสดุนั้น โดยวัดที่แนวปะทะความชื้นที่ทำการติดตั้งขึ้นอีกชั้นหนึ่ง แต่วิธีการนี้จะจำกัดเฉพาะวัสดุที่มีเนื้อมวลสารชนิดเดียวกัน (homogenous material) และไม่เหมาะสมกับวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้นได้ดี เช่น ไม้ เป็นต้น

โดยปกติการทดสอบแบบ wet cup จะให้ค่ามากกว่าการทดสอบแบบ dry cup ประมาณ 5 เท่า ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าการแทรกซึมความชื้นของวัสดุจึงควรที่จะเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดสอบแบบเดียวกัน และจากทั้ง 2 วิธีที่กล่าวมาทาง ASHRAE ได้แนะนำวิธีการการวัดที่เหมาะสมที่สุดว่าควรเป็นวิธีการพิจารณาจาก temperature gradient ซึ่งจะให้ผลการทดสอบที่น่าเชื่อถือกว่าในสภาวะ Isothermal และสามารถแสดงผลได้ชัดเจนจากการถ่ายเทความชื้นที่เกิดขึ้นในลักษณะต่าง ๆ (mode)

2.7.3. ผลกระทบของการดูดซึมความร้อนและความชื้นของวัสดุตกแต่งภายใน

อาคารต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ

โดย รังสิมา กาญจนสมบัติ

ที่มา : วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากรบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุในอาคารชนิดต่าง ๆ และประเมินผลกระทบต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ เพื่อนำผลจากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการพิจารณาเลือกใช้วัสดุในอาคารที่มีความเหมาะสมในการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารในภูมิอากาศร้อนชื้น การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองโดยจำลองสภาพการการใช้งานของวัสดุภายในห้องปรับอากาศซึ่งมีวัสดุที่เลือกนำมาทำการทดสอบ 10 ชนิด ได้แก่ แกรนิต เซรามิค ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อน ยิปซัม พรม กระดาษ 2 ชนิด เหล็กและอิฐก่อฉาบปูนที่มีขนาดใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมาทำการทดสอบการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุ แล้วจึงทำการประเมินภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ของวัสดุโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์และ linear Regression

จากการวิจัยว่าวัสดุทุกชนิดมีการสะสมความร้อนและความชื้นในสัดส่วนที่แตกต่างกัน กล่าวคือ วัสดุที่มีมวลสารมากจะต้องใช้พลังงานในการปรับอากาศในการลดความร้อนที่กักเก็บในวัสดุต่าง ๆ สูง แต่มีการใช้พลัง

งานในการส่วนของการลดความชื้นต่ำ ขณะที่วัสดุที่มีมวลสารน้อยจะมีการใช้พลังงานในการลดความร้อนน้อยกว่า พลังงานที่ใช้ในส่วนของการลดความชื้นที่สะสมในวัสดุสูงกว่ามาก โดยในการวิจัยนี้พบว่าวัสดุที่มีการดูดซับความร้อนสูงสุด ได้แก่ อิฐก่อฉาบปูน และวัสดุที่มีการดูดซับความชื้นสูงสุด ได้แก่ วัสดุประเภทกระดาษ ซึ่งหากเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นทั้งสองส่วนจะพบว่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากความชื้นของวัสดุมีค่าสูงกว่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อนมาก ดังนั้นในการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในอาคารที่ปรับอากาศจึงควรพิจารณาถึงคุณสมบัติการดูดซับความชื้นของวัสดุเป็นสำคัญ การดูดซับและการคายความร้อนและความชื้นของวัสดุจะเกิดขึ้นมากกว่า 50% ในช่วง 15 – 30 นาทีแรกของกระบวนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

โดยผลของการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าควรเลือกใช้วัสดุในอาคารที่มีการกักความชื้น และมีมวลสารน้อยหรือเป็นวัสดุที่บางและเบา ส่วนการปิดเครื่องปรับอากาศแล้วเปิดประตูหน้าต่าง แม้เพียงระยะเวลาสั้น ๆ จะมีผลต่อภาระการทำความเย็นสูงซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานจำนวนมาก

2.7.4 การป้องกันการเกิดการควบแน่นของฉนวนใยแก้วในระบบผนังอาคาร

โดย : รท.จันทรัฐ มนต์วิเศษ

ที่มา : วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งหาวิธีป้องกันความชื้นที่ซึมผ่านถึงเซลล์ฉนวนโดยมีการทดลองด้วยการติดตั้งฉนวนใยแก้วในผนังทดสอบ ขนาด 0.6 x 0.6 เมตร ผนังที่ใช้ทดสอบได้แก่ ผนังก่ออิฐ ผนังคอนกรีตมวลเบา และผนัง EIFS โดยทำการติดตั้งผนังทดสอบบนอาคารทดลองขนาด 3.00 x 3.00 x 2.40 เมตร ผนังอาคารทำจากวัสดุโพลีเอทิลีน ความหนาแน่นประมาณ 1 ปอนด์ เพื่อป้องกันความร้อน และความชื้นรั่วซึมเข้ามาในอาคารทดลอง ส่วนฝ้าเพดานติดตั้งฉนวนใยแก้วเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากหลังคา โดยภายในอาคารทดลองมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นภายในอาคารดังกล่าวตามแบบอาคารปรับอากาศทั่วไป สำหรับการเก็บข้อมูลจะใช้การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิและความชื้นบริเวณผิวฉนวนฉนวนด้านในและผิวฉนวนฉนวนด้านนอกภายในผนังทดสอบ

ความชื้นจากอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการควบแน่นในผนังอาคาร และจะเกิดการสะสมความชื้นในผนัง โดยเฉพาะอาคารที่มีการปรับอากาศซึ่งเกิดจากการที่อุณหภูมิภายในผนังลดลงถึงจุดน้ำค้างก็จะทำให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำที่แทรกตัวอยู่ในช่องว่างเล็กๆ ในผนัง หากผนังชนิดใดมีอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงก็จะ

เกิดการควบแน่นได้ง่าย แสดงว่ามีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นได้น้อย ซึ่งในการวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางในการป้องกันความชื้นจากภายนอกและลดความชื้นในช่องผนังในการทดลองมีดังนี้

การเปรียบเทียบผนังกับความชื้นที่ขอบฉนวนและผนังไม่กันความชื้นที่ขอบฉนวน จากการวิจัยพบว่า ชุดผนังกันความชื้นที่ขอบฉนวนมีจุดควบแน่นต่ำกว่าชุดผนังไม่กันความชื้นที่ขอบฉนวน โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดควบแน่นระหว่างผนังคอนกรีตมวลเบาด้วยกันพบว่ามีความต่างกัน 1 องศาเซลเซียส ผนังก่ออิฐด้วยกันพบว่ามีความต่างกัน 1 องศาเซลเซียส และระหว่างผนัง EIFS พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อป้องกันความชื้นที่ขอบฉนวน ผนังคอนกรีตมวลเบาที่มีจุดอุณหภูมิควบแน่นเท่ากับ 16 องศาเซลเซียสซึ่งสูงกว่าผนังก่ออิฐ 2 องศาเซลเซียส และสูงกว่าผนัง EIFS 2 องศาเซลเซียส

การเปรียบเทียบผนังทาสีและไม่ทาสี จากการวิจัยพบว่าชุดผนังทาสีมีจุดควบแน่นสูงกว่าชุดผนังไม่ทาสี โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดควบแน่นระหว่างผนังคอนกรีตมวลเบาด้วยกันพบว่าต่างกัน 4 องศาเซลเซียส ระหว่างผนังก่ออิฐไม่ต่างกัน และระหว่างผนัง EIFS ต่างกัน 2 องศาเซลเซียส และพบว่าเมื่อทาสีที่ผนังคอนกรีตมวลเบาจะมีจุดอุณหภูมิควบแน่นที่ 17 องศาเซลเซียส สูงกว่าผนังก่ออิฐ 4 องศาเซลเซียสและสูงกว่าผนัง EIFS 9 องศาเซลเซียส

การเปรียบเทียบผนังมีช่องระบายอากาศและไม่มีช่องระบายอากาศ จากการวิจัยพบว่าชุดผนังช่องระบายอากาศเกิดการควบแน่นทุกผนังที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนผนังที่ไม่มีช่องระบายอากาศยังไม่เกิดการควบแน่นแต่พบว่าอุณหภูมิจุดควบแน่นของผนังคอนกรีตมวลเบาอยู่ที่ 13 องศาเซลเซียส สูงกว่าผนังก่ออิฐ และผนัง EIFS 1 องศาเซลเซียส

โดยในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า ความชื้นที่อยู่ภายนอกอาคารจะมีปริมาณความดันไอน้ำสูงขึ้นจะแทรกซึมผ่านผนังเข้ามากระทบกับความเย็นภายในอาคารที่มีการปรับอากาศทำให้เกิดการควบแน่นในช่องว่างอากาศในผนัง ถ้ามีการป้องกันโดยการลดความชื้นจากผิวผนังภายนอก เช่น การทาสี จะเป็นการช่วยลดการควบแน่นได้ สิ่งที่ไม่เหมาะสมก็คือการสกัดกั้นความชื้นที่ผิวด้านในอาคาร เนื่องจากจะทำให้การระบายปริมาณไอน้ำสู่ภายในอาคารได้ยาก ก่อให้เกิดการสะสมความชื้นในช่องผนังมากขึ้น เช่น การติดตั้งวอลเปเปอร์ที่ผนังด้านในยิ่งทำให้เกิดการควบแน่นได้ง่ายขึ้น ดังนั้น จึงควรปล่อยให้ความชื้นบางส่วนถ่ายเทเข้าผสมกับอากาศแห้งที่อยู่ในอาคารจึงเหมาะสมกว่า

2.7.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการควบแน่นในโบราณสถาน

กรณีศึกษา : พระอุโบสถวัดกำแพง

โดย สุรียน ศิริธรรมปิติ

ที่มา : วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาความชื้นที่เกิดขึ้นกับโบราณสถานโดยวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดความชื้นนั้น ๆ โดยใช้วิธีการศึกษาจากสถานที่จริง และจากการศึกษาพบว่าภายในอาคารมีการสะสมความชื้นในปริมาณที่สูงอยู่ 2 แห่ง ได้แก่ บริเวณผนังด้านล่างที่ติดกับพื้นดิน และบริเวณผนังส่วนบนใกล้กับหลังคาความชื้นที่เกิดขึ้นบริเวณใกล้กับหลังคานี้เกิดจากการควบแน่นที่บริเวณผิวกระเบื้องมุงหลังคาด้านในซึ่งเกิดในช่วงเวลาประมาณ 24:00 น. ถึง 7:00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิผิวกระเบื้องมุงหลังคาด้านในต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศในช่องหลังคา ส่วนความชื้นที่เกิดขึ้นกับผนังด้านล่างยังไม่พบสาเหตุหลักของการควบแน่น แต่คาดว่าความชื้นที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากดินและน้ำฝน ในการเกิดการควบแน่นยังมีสาเหตุมาจากปัจจัยอีกหลาย ๆ ปัจจัย เช่น จากผู้ใช้อาคารซึ่งมีจำนวนมาก การรั่วไหลของอากาศในช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง หรือในช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอกอย่างรวดเร็ว เป็นต้น และจากการสังเกตพบว่าอาคารที่ไม่มีฝ้าเพดานมีแนวโน้มในการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระเบื้องมุงหลังคาด้านในได้ง่ายกว่าอาคารที่มีฝ้าเพดาน

ผลจากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าปัญหาความชื้นที่เกิดขึ้นในอาคารนั้นไม่ได้เกิดจากความชื้นที่มาจากดินเป็นสาเหตุสำคัญเพียงอย่างเดียว แต่ยังพบว่าความชื้นที่เกิดขึ้นยังมีสาเหตุมาจากการเกิดการควบแน่นของไอน้ำที่พื้นผิวด้านในของกระเบื้องมุงหลังคา และยังมีโอกาสที่จะเกิดการควบแน่นที่ผิวผนังภายในได้ด้วย

2.7.6 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสารมาก

โดย : ณัฐกานต์ เกษประทุม

ที่มา : วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อน และระดับความสำคัญที่มาจากปัจจัยดังกล่าวเพื่อหาแนวทางในการประยุกต์ใช้ผนังมวลสารมาก ในอาคารให้เกิดความเหมาะสม ปัจจัยที่นำมาศึกษาคือ ค่าความจุความร้อน และอุณหภูมิพื้นผิวผนัง การทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การศึกษาจากกล่องทดลอง และการ

ศึกษาจากสถานที่จริง โดยมีการเก็บข้อมูลแบบมีการปรับอากาศและไม่มีการปรับอากาศ โดยผนังที่เป็นตัวแทนผนังมวลสารมากคือ ผนังคอนกรีตหนา 10 20 และ 30 เซนติเมตร ในช่วงเวลา 8.00-18.00 20.00-6.00 น. และปรับอากาศ 24 ชั่วโมง ในการทดลองในสถานที่จริง โดยเก็บข้อมูลทั้งที่ผิวผนังโดนแดดและไม่โดนแดด

ผลการทดลองที่ได้

1. อิทธิพลค่าความจุความร้อนมีผลต่อค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน นั่นคือผนังคอนกรีตที่มีความหนามาก จะมีค่าความจุความร้อนมาก ทำให้มีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมาก ผนังคอนกรีตหนา 30 เซนติเมตร จะมีช่วงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนสูงกว่าผนังคอนกรีตหนา 20 และ 10 ซม. เท่ากับ 1 และ 2.5 ชั่วโมง ตามลำดับ
2. อิทธิพลอุณหภูมิผิวผนังมีผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ผนังที่ผิวภายนอกไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรงจะมีอุณหภูมิภายในต่ำกว่าผนังที่รับรังสีความร้อนโดยตรงเท่ากับ 0.6-1.8 องศาเซลเซียส และผนังที่ทาสีขาวจะมีอุณหภูมิภายในเฉลี่ยที่ต่ำกว่า ชุดผนังทาสีดำ 3-4 องศาเซลเซียส การทดลอง ณ. สถานที่จริงพบว่าอิทธิพลดังกล่าวไม่มีผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนถ้าผนังมีความหนามากขึ้น โดยในช่วงเวลากลางวัน วันที่อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดผนังด้านทิศใต้ซึ่งได้รับรังสีความร้อนโดยตรงจะมีอุณหภูมิผิวผนังภายนอกสูงกว่าผนังด้านทิศเหนือ ซึ่งไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรง เท่ากับ 3.04 องศาเซลเซียสแต่จะมีอุณหภูมิผิวผนังภายในเฉลี่ยต่างกันไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส
3. การทดลองในสภาวะปรับอากาศ ผนังคอนกรีตหนา 30 เซนติเมตร จะใช้พลังงานในการลดความร้อนที่ถ่ายเทผนังน้อยกว่าคอนกรีตหนา 20 และ 10 เซนติเมตร เท่ากับ 8 และ 10.7 บีทียู ชั่วโมงต่อวัน นั่นคือผนังที่มีความหนามาก จะมีความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังน้อยกว่าผนังที่มีความหนาน้อยกว่า การเปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลา 8.00-18.00 น. และ 20.00-6.00 น. เท่ากับ 0.3-0.5 บีทียูต่อชั่วโมง นั่นคือความร้อนที่สะสมในผนังช่วงไม่ปรับอากาศทำให้เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานสูงขึ้น เพื่อควบคุมอุณหภูมิในช่วงที่ต้องการ
4. ผนังมวลสารมากเหมาะสมกับการใช้งานในช่วงเวลากลางวัน ผนังภายนอกไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรงหรือทาสีขาว จะมีอุณหภูมิภายในเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน เท่ากับ 30-32 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 0.5-2.7 องศาเซลเซียส ผนังมวลสารมากไม่เหมาะสมกับการใช้งานกลางคืนเนื่องจากจากการทดลองมีอุณหภูมิภายในเฉลี่ยสูงกว่า อุณหภูมิอากาศภายนอก 3.7-8.3 องศาเซลเซียส

ผลการวิจัยสรุปว่า

1. อาคารที่ไม่ปรับอากาศและมีมวลสารมาก เหมาะสมกับการใช้งานในช่วงเวลากลางวัน เพื่อเพิ่มค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนทำให้อุณหภูมิภายในต่ำกว่าภายนอกในช่วงเวลากลางวัน แม้อุณหภูมิภายในจะไม่อยู่ในช่วงภาวะน่าสบายแต่สามารถใช้การพัดพาของอากาศเพื่อปรับอากาศของอุณหภูมิให้เข้าสู่ภาวะน่าสบายได้
2. อาคารที่ไม่ปรับอากาศที่มีการใช้งานในช่วงเวลากลางคืน หรือการใช้งานตลอดทั้งวันไม่เหมาะสมกับการใช้ผนังมวลสารมาก เนื่องจากจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในสูงกว่าภายนอกในช่วงเวลากลางคืน
3. อาคารที่มีการปรับอากาศไม่ตลอด 24 ชั่วโมง ไม่เหมาะสมกับการใช้ผนังมวลสารมาก เนื่องจากเครื่องปรับอากาศจะต้องใช้พลังงานในการลดความร้อนที่สะสมในผนังเป็นจำนวนมาก เพื่อจะควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ

2.7.7 อิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศ

โดย : สุวิชา เบญจพร

ที่มา : วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิจัยนี้เน้นความสำคัญของการป้องกันความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารที่มีการปรับอากาศ โดยการจำลองสภาวะการใช้งานผนังอาคารที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ผนังที่เลือกมาทำการศึกษาคือ ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 8 นิ้ว ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้ว และผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก มีฉนวนหนา 3 นิ้ว เพื่อแสวงหาแนวทางที่เหมาะสมในการป้องกันความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังอาคาร

จากการศึกษาพบว่า ผนังคอนกรีตมวลเบา หนา 4 นิ้วมีความสามารถในการป้องกันความชื้นได้ดีที่สุด เนื่องจากมีมวลสารน้อยมีความพรุนในเนื้อวัสดุมาก จึงทำให้ความชื้นแทรกซึมผ่านเข้ามาได้มาก โดยมีอัตราส่วนความชื้น ที่ผิวภายในอาคารเฉลี่ย 15.74 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นได้ดีที่สุด เนื่องจากมีฉนวนกันความร้อนที่ติดตั้งด้านนอกอาคารจึงมีอัตราส่วนความชื้นที่ผิวผนังภายในอาคารเฉลี่ย 10.6 g/Kg นอกจากนี้พบว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนภายในหนา 8 นิ้ว มีโอกาสเกิดการควบแน่นสูงมาก โดยอุณหภูมิภายในผนังสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยเพียง 0.3 องศาเซลเซียส และผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกนั้นมีโอกาสน้อยที่สุดจากผนังทั้ง 4 ชนิดที่ทำการทดสอบ โดยมีอุณหภูมิภายในผนังสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยประมาณ 6.3 องศาเซลเซียส ในการศึกษาพฤติกรรมของความชื้นที่แทรกซึมผ่าน ผนังคอนกรีตมวลเบา หนา 4 นิ้ว กรณีที่ ทาสี และไม่ทาสี ผนังภายนอกพบว่าการทาสีภายนอกสามารถลดการแทรกซึมผ่านผนังเข้ามาในอาคารให้น้อยลง ผลการทดลองพบว่า ที่ผิวภายในอาคารของผนังที่ทาสีด้านนอกจะมีปริมาณความชื้นโดยเฉลี่ยต่ำกว่าผนังที่ไม่ทาสีภายนอกอาคารตลอดเวลาที่ทำการทดสอบ และในการวิเคราะห์แนวทางการป้องกันความชื้น โดยการติดตั้งฉนวนกันความชื้นที่ผิวผนังด้านนอกอาคารและด้านในอาคาร การติดตั้งด้านนอกจะให้ผลในการลดความชื้นโดยเฉลี่ยที่ผิวผนังภายในได้ดีกว่า การติดตั้งฉนวนด้านในอาคาร

สรุปการทดสอบผนังทั้ง 4 ชนิดพบว่า คอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้วมีศักยภาพในการป้องกันความชื้นและความชื้นต่ำที่สุด โดยมีแอนทัลปีที่ผิวผนังภายในเฉลี่ย 63.82 kJ/Kg รองลงมาคือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 4 นิ้ว ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว โดยมีแอนทัลปี ที่ 60.39 และ 59.99 kJ/Kg และผนังที่มีศักยภาพในการในการป้องกันความชื้นและความชื้นได้ดีที่สุดคือ ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก มีปริมาณแอนทัลปี ที่ 50.12 KJ/Kg สำหรับแนวทางที่เหมาะสมในการป้องกันความชื้น คือ การติดตั้งฉนวนด้านนอกอาคาร แล้ว ยังลดโอกาสเกิดการควบแน่นบริเวณรอยต่อระหว่างผนังอาคารกับฉนวนอีกด้วย

2.7.8 การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น

โดย : อุทัย ศุภิสกุลวงศ์

ที่มา : วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชา

สถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจุบันลักษณะการก่อสร้างผนังของอาคารที่พักอาศัยในประเทศไทย มีการสืบทอดทางการก่อสร้างต่อกันมาโดยมีการคำนึงเรื่องการป้องกันความร้อนของผนังน้อยมาก ส่งผลให้เมื่อใช้งานแบบปรับอากาศระบบปรับอากาศจะต้องมีการทำงานหนักมากในการลดความร้อนที่เข้ามาทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมาก งานวิจัยนี้ศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่ใช้ระบบก่อ และตัวแปรที่ส่งผลต่ออุณหภูมิผิวผนัง โดยเลือกผนังทดสอบดังนี้ ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว ก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว ก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้วแบบมีช่องว่างอากาศ ผนังมวลเบา และผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกหนา 3 นิ้ว (EIFS)

จากการศึกษาพบว่าในกรณีไม่ปรับอากาศ ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้วและผนังมวลเบา มีความสามารถในการกันความร้อนได้น้อยที่สุดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความแตกต่างอุณหภูมิของอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วงกลางวันสูงกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 2.5 องศาเซลเซียส ส่วนผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว และผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้วแบบมีช่องว่างอากาศ มีความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุด ใกล้เคียงกัน แตกต่างกันประมาณ 2 องศาเซลเซียส ซึ่งคงที่และต่ำกว่าผนัง 2 ชนิดแรก อุณหภูมิภายในเขตทดลองเฉลี่ยในช่วงกลางวันต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 0.5 องศาเซลเซียส ส่วนผนังระบบฉนวนกันความร้อนนอกมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในสูงสุดและต่ำสุดใกล้เคียงผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว อุณหภูมิภายในเขตทดลองเฉลี่ยในช่วงกลางวันต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 1 องศาเซลเซียส ส่วนกรณีที่มีการปรับอากาศ 24 ชั่วโมง พบว่าผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกมีค่าความแตกต่างระหว่าง ผิวภายในและอุณหภูมิอากาศภายในห้องเฉลี่ยต่ำสุดประมาณ 1.4 องศาเซลเซียส ผนังวัสดุมวลเบามีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในและอุณหภูมิอากาศในห้องเฉลี่ยต่ำสุดประมาณ 4.3 องศาเซลเซียส และพบว่าในกรณีปรับอากาศ 24 ชั่วโมง และไม่ปรับอากาศ อิทธิพลของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและค่าการดูดซับความร้อนของผิวผนังที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่ออากาศภายในเขตทดลองของผนังที่เป็นวัสดุก่อทั้งหมด แต่สำหรับผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกซึ่งมีค่าการต้านทานความร้อนสูง พบว่าอิทธิพลดังกล่าวส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในน้อยมาก

ผลการวิจัยสรุปว่า ผนังที่เหมาะสมสำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นนั้นควรมีการผสมผสานระหว่างมวลสารของผนังและฉนวนป้องกันความร้อน สำหรับอาคารที่ไม่ปรับอากาศนั้นผนังที่เป็นวัสดุก่อควรมีมวลสารที่เหมาะสมเพื่อช่วยดูดซับและหน่วงความร้อนในเวลากลางวันเพื่อลดความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและใช้การระบายอากาศช่วยลดอุณหภูมิอากาศในเวลากลางคืน สำหรับอาคารปรับอากาศผนังอาคารควรมีการติดตั้ง

คำนวณกันความร้อนที่ผิวผนังภายนอกเพื่อช่วยสกัดกั้นความร้อนจากภายนอกและผิวผนังภายในควรมีมวลสารน้อย
เพื่อลดภาระในการทำความเย็นในช่วงเปิดเครื่องปรับอากาศ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

ในการสร้างแบบประเมินการดูดซับและคายความร้อน ความชื้นของส่วนประกอบอาคารเป็นการศึกษาวัสดุและรูปแบบการก่อสร้างที่นิยมใช้กันในประเทศไทยโดยการวิจัยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. การศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การรวบรวมข้อมูลจากการวิจัยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์
3. แนวทางในการประยุกต์ข้อมูลเพื่อใช้สร้างแบบประเมินอาคาร
4. แบบประเมินอาคารและการใช้งานแบบประเมิน

การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นการศึกษาให้ทราบถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการดูดซับความร้อนและความชื้นของส่วนประกอบอาคาร (รายละเอียดดูในบทที่ 2) ส่วนบทที่ 3 นี้จะเป็นการนำเสนอข้อมูลที่จะใช้วิเคราะห์และแนวทางในการวิเคราะห์เพื่อนำผลไปสร้างเป็นแบบประเมินอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานจากอิทธิพลของพฤติกรรมดูดซับความร้อนและความชื้นของส่วนประกอบอาคารและวัสดุตกแต่งภายในอาคาร โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 3.1 การรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์
- 3.2 แนวทางในการวิเคราะห์ และประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อสร้างแบบประเมิน
- 3.3 แนวทางในการสร้างแบบประเมิน
- 3.4 การทดสอบแบบประเมินเพื่อการใช้งานจริง

3.1 การรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์

จากการศึกษางานวิจัยเรื่อง ผลกระทบของการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุภายในอาคารต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ของ รังสิมา กาญจนสมบัติ ได้ผลการศึกษา ดังนี้

3.1.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ

วิธีการทดลองเพื่อเก็บข้อมูล

เนื่องจากการเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วนคือการดูดซับและการคายความร้อน จึงได้มีการเตรียมสถานที่ไว้ 2 แบบ คือห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิควบคุมประมาณ 25-26 องศาเซลเซียส ความชื้น 45-50 % และภายนอกห้องปรับอากาศที่มีหลังคาคลุมและมีการใส่ฉนวนป้องกันการแผ่รังสีความร้อนจากหลังคา ซึ่งมีอุณหภูมิแปรเปลี่ยนไปตามสภาพภูมิอากาศจริง โดยช่วงที่ทำการเก็บข้อมูล มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดทั้งวันที่ 67 % อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยประมาณ 30.76 องศาเซลเซียส

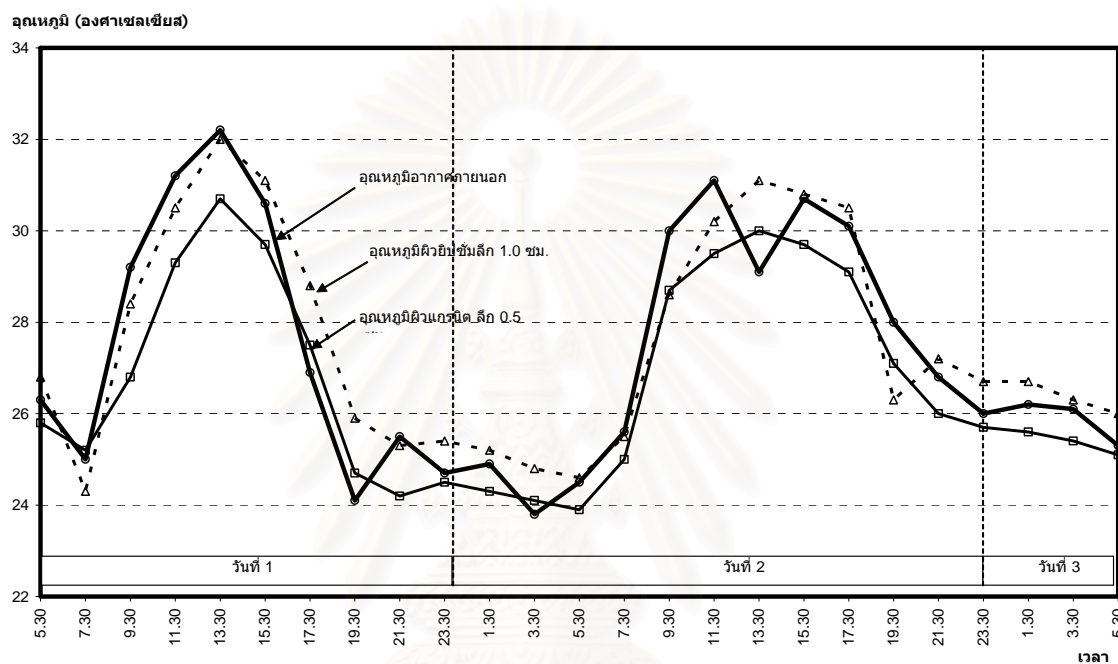
การทดสอบการดูดซับความร้อนทำโดยการนำวัสดุทดสอบที่ได้เก็บเตรียมไว้ในห้องปรับอากาศจนวัสดุมีอุณหภูมิหนึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ จากนั้นจึงนำวัสดุทดสอบออกมาวางไว้ในภายนอกห้องปรับอากาศที่เตรียมไว้ บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุก 1 ชม. แล้วจึงนำผลการทดลองไปวิเคราะห์

การทดสอบการคายความร้อนทำโดยการนำวัสดุทดสอบที่วางไว้ในภายนอกห้องปรับอากาศให้วัสดุได้ดูดซับความร้อนจนเต็มที่ จากช่วง 9.00 น ถึง 13.00 น ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงสุดของวันในช่วงที่ทำการทดลอง จากนั้นจึงนำวัสดุที่มีการสะสมความร้อนเต็มที่มาไว้ในห้องปรับอากาศเพื่อให้เกิดกระบวนการคายความร้อน บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุก 1 ชม. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์

วัสดุที่นำมาทดสอบ มี 10 ชนิด คือ

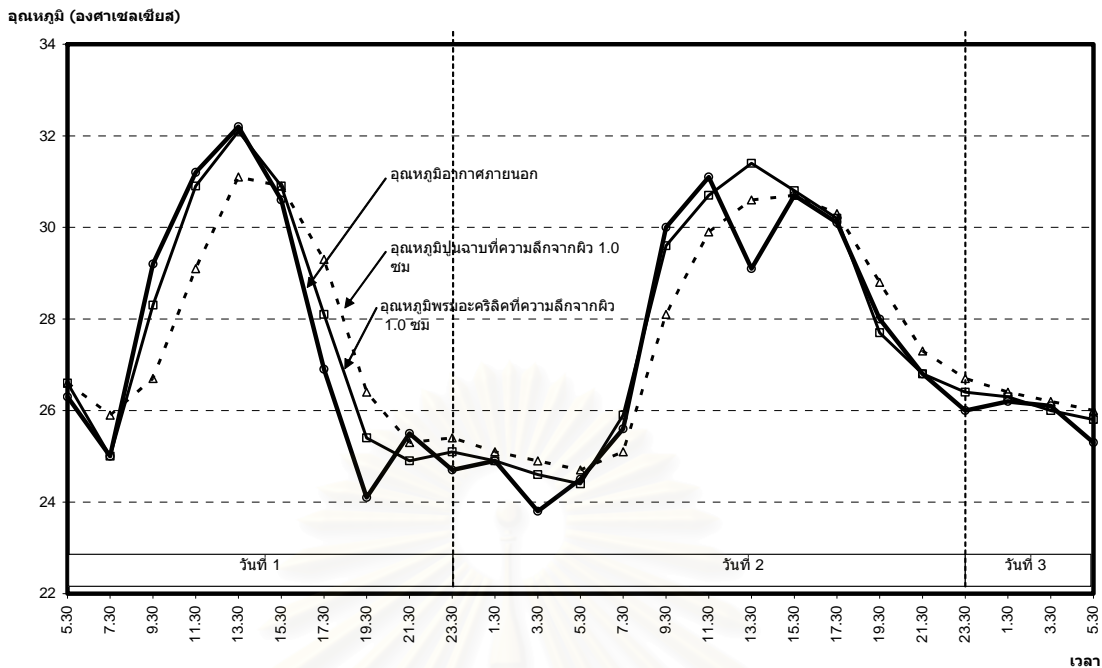
1. กระเบื้องแกรนิต ขนาด กว้าง 19 ซม. ยาว 19 ซม. และหนา 0.5 ซม.
2. กระเบื้องเซรามิค ขนาด กว้าง 19 ซม. ยาว 19 ซม. และหนา 0.5 ซม.
3. ไม้เนื้ออ่อนขนาด กว้าง 19 ซม. ยาว 20 ซม. และหนา 2 ซม.
4. ไม้เนื้อแข็งขนาด กว้าง 18 ซม. ยาว 19 ซม. และหนา 2 ซม.
5. แผ่นยิปซัมขนาด กว้าง 20 ซม. ยาว 20 ซม. และหนา 1 ซม.
6. แผ่นเหล็กขนาด กว้าง 20 ซม. ยาว 20 ซม. และหนา 0.2 ซม.
7. กระดาษสมุดโทรศัพท์ขนาด กว้าง 20 ซม. ยาว 20 ซม. และหนา 2 ซม.
8. กระดาษ 80 แกรมขนาด กว้าง 20 ซม. ยาว 20 ซม. และหนา 1 ซม.
9. พรมอะคริลิคขนาด กว้าง 20 ซม. ยาว 20 ซม. และหนา 1 ซม.
10. อีฐก่อฉาบปูนขนาด กว้าง 8 ซม. ยาว 16 ซม. และหนา 8.5 ซม.

จากแผนภูมิที่ 3.1-3.5 สามารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุทดสอบจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของอากาศภายนอก โดยที่ปริมาณและอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิจะมีความแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด โดยที่ตัวแปรสำคัญในการดูดซับความร้อนของวัสดุจะขึ้นอยู่กับ มวลสารของวัสดุ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุและค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ

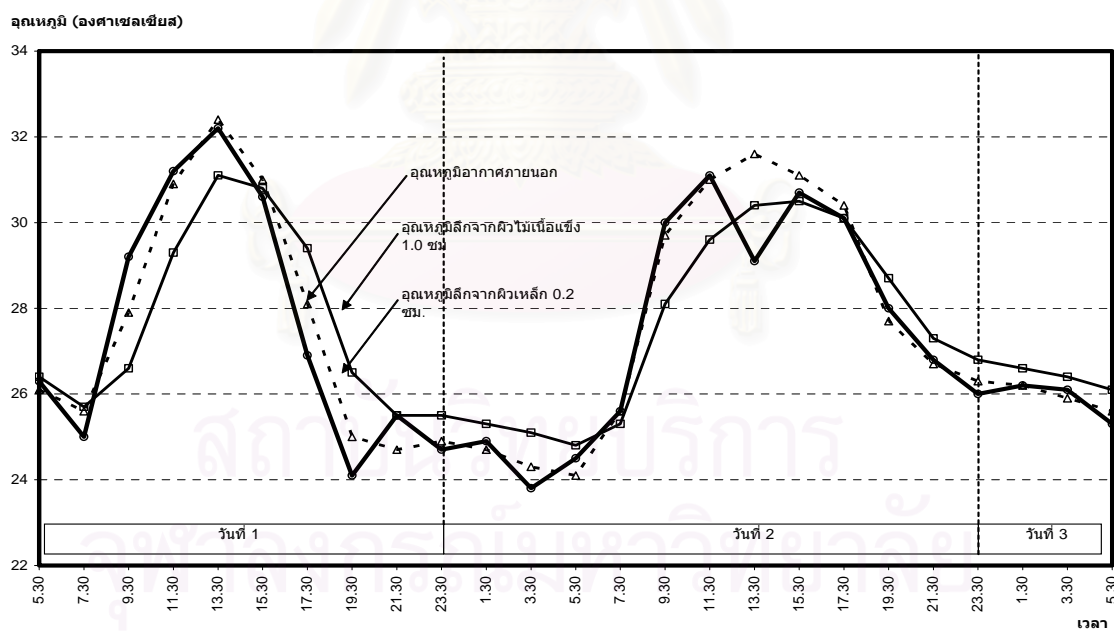


แผนภูมิที่ 3.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระเบื้องแกรนิตและแผ่นอิฐฉาบเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก (รังสีมา กาญจนสมบัติ, 2541)

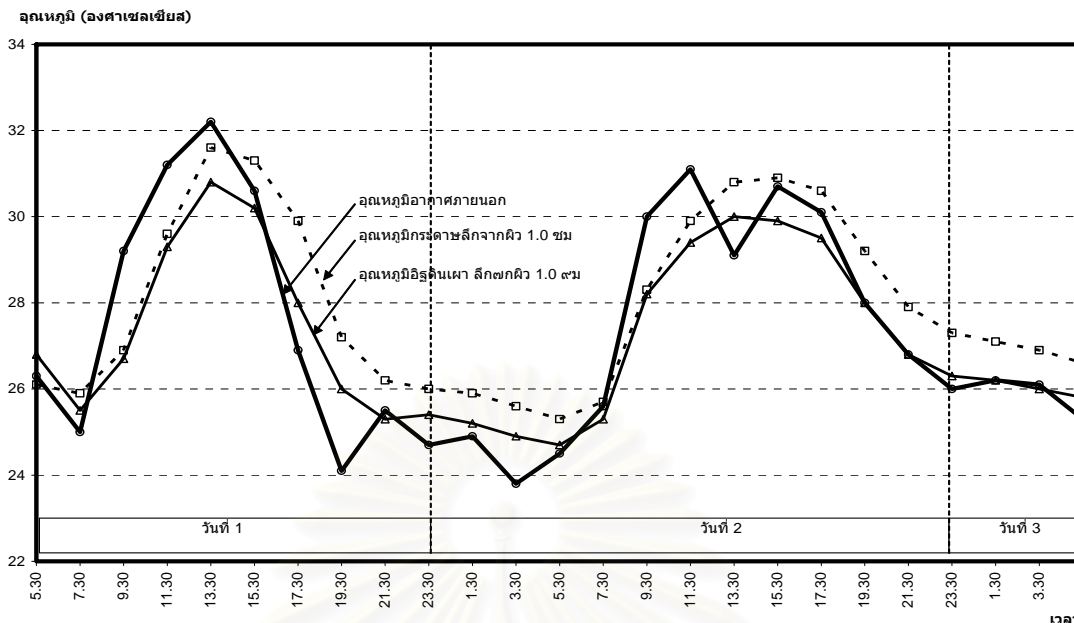
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 3.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพรมอะคริลิกและ อิฐก่อฉาบปูนเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก (รังสีมา กาญจนสมบัติ, 2541)

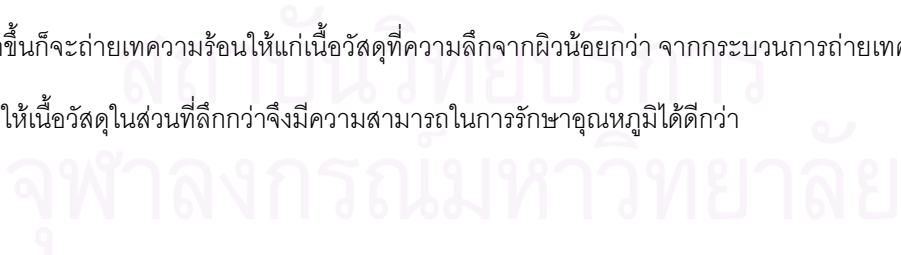


แผนภูมิที่ 3.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไม้เนื้อแข็งและเหล็กเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก (รังสีมา กาญจนสมบัติ, 2541)

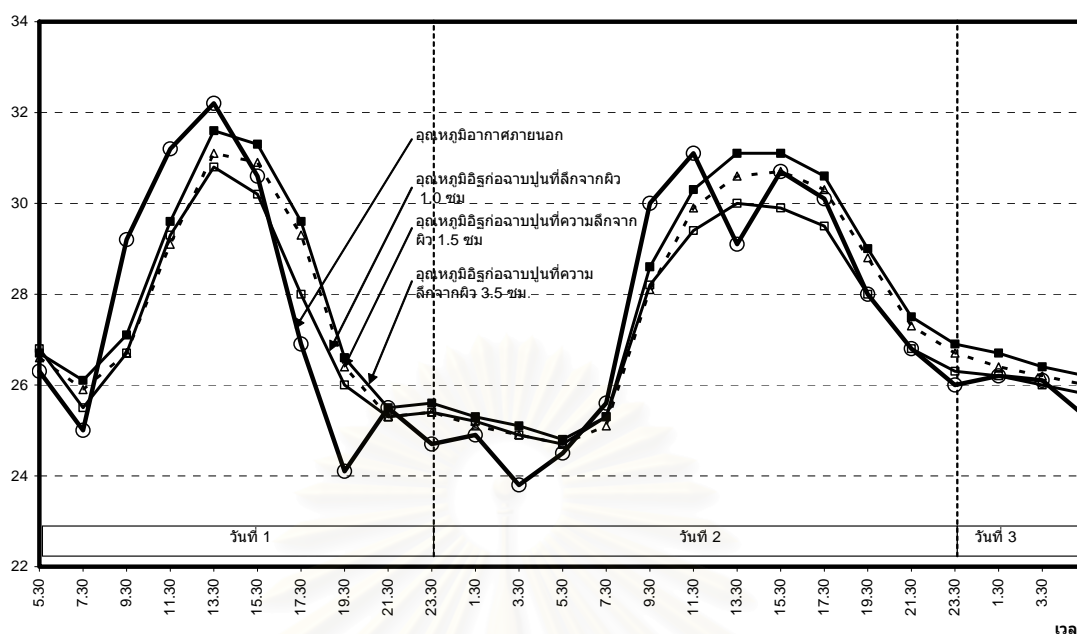


แผนภูมิที่ 3.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาศและอิฐก่อฉาบปูนเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก (รังสีมา กาญจนสมบัติ, 2541)

แผนภูมิที่ 3.5 ได้แสดงให้เห็นว่าที่ความลึกต่างๆ กันของวัสดุทดสอบมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิ จากการศึกษอิฐก่อฉาบปูนที่ความลึกต่างๆ พบว่าตลอดช่วงการทดสอบที่ความลึก 3.5 ซม. มีอุณหภูมิสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับที่ความลึกจากผิวที่ 1.5 ซม. และ 1.0 ซม. ซึ่งเป็นผลจากความสามารถในการกักเก็บความร้อนของเนื้อวัสดุ จากการทดลองเมื่อนำอิฐก่อฉาบปูนมาไว้ในห้องปรับอากาศ ผิวของอิฐก่อฉาบปูนด้านนอกสุดจะเกิดการสูญเสียความร้อนให้กับอากาศภายในห้องปรับอากาศก่อน จากนั้นความร้อนที่สะสมในเนื้ออิฐก่อฉาบปูนที่ความลึกมากขึ้นก็จะถ่ายเทความร้อนให้แก่เนื้อวัสดุที่ความลึกจากผิวน้อยกว่า จากกระบวนการถ่ายเทความร้อนในเนื้อวัสดุทำให้เนื้อวัสดุในส่วนที่ลึกกว่าจึงมีความสามารถในการรักษาอุณหภูมิได้ดีกว่า



อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 3.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐก่อฉาบปูนที่ความลึกต่างๆเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก (รังสีมา กาญจนสมบัติ, 2541)

3.1.2 การดูดซับและคายความร้อน

วิธีการทดลองเพื่อเก็บข้อมูล

เป็นการศึกษาเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของวัสดุทดสอบในช่วงเวลาทุกๆ 15 นาทีเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้อย่างละเอียด โดยใช้ 2 สภาวะการทดลองเหมือนเดิม และวัสดุที่ทำการทดลองชุดเดิม เริ่มจากการนำวัสดุวางไว้ในห้องปรับอากาศเป็นเวลา 9 ชั่วโมง เพื่อให้รีดความร้อนออกจากเนื้อวัสดุทดสอบให้มีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายในห้องมากที่สุด แล้วบันทึกค่าเริ่มต้น ก่อนนำวัสดุทดสอบออกไปวางไว้ในห้องปรับอากาศในเวลา 9.00 น ถึงไว้จนกระทั่ง 13.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่วัสดุมีการสะสมความร้อนเต็มที่ บันทึกผลทุก 15 นาที ส่วนการทดสอบการคายความร้อนของวัสดุทดสอบทำโดยการนำวัสดุทดสอบมาไว้ในห้องปรับอากาศแล้วบันทึกผลทุกๆ 15 นาทีโดยเป็นการทดสอบที่ต่อเนื่องจากการทดสอบการดูดซับความร้อน

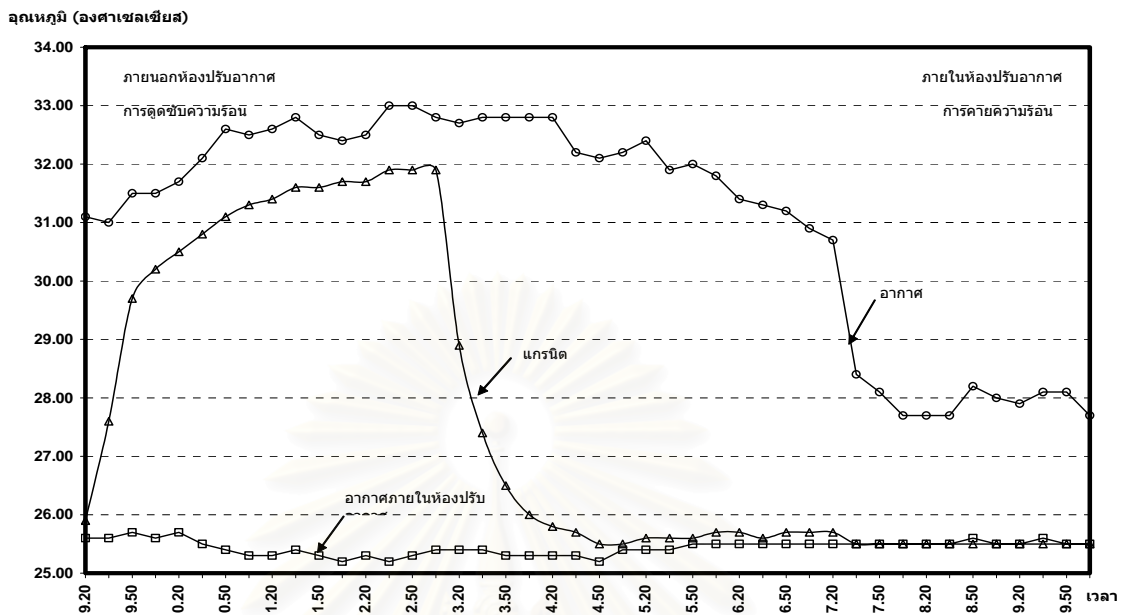
ผลการทดลอง สามารถสรุปได้ว่าช่วงแรกของการดูดซับความร้อนและคายความร้อนจะมีอัตราที่เกิดขึ้นสูงที่สุดเพราะว่ามีความแตกต่างของอุณหภูมิของเนื้อวัสดุและอุณหภูมิอากาศรอบ ๆ วัสดุมาก (ทั้งอากาศ

ภายในห้องและอากาศภายนอกห้องปรับอากาศ) แต่ปริมาณมากน้อยไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับวัสดุแต่ละชนิด และเวลาที่ใช้ในกระบวนการถ่ายเทความร้อนจนตัววัสดุทดสอบมีอุณหภูมิลดลงใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศ (ทั้งปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ) มีระยะเวลาไม่เท่ากัน โดยการสร้างแบบประเมินครั้งนี้จะต้องอาศัยข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการดูดซับและคายความร้อน และร้อยละของการคายความร้อนในชั่วโมงที่ 1 ชั่วโมงที่ 2 และชั่วโมงที่เหลือของปริมาณการดูดซับและคายความร้อนเพื่อนำไปคิดเป็นภาระการทำความร้อนรายชั่วโมง เพื่อนำไปคำนวณขนาดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมต่อไป และยังใช้เป็นแนวทางในการใช้งานอาคารและระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับพฤติกรรมการดูดซับความร้อนของวัสดุเพื่อการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ



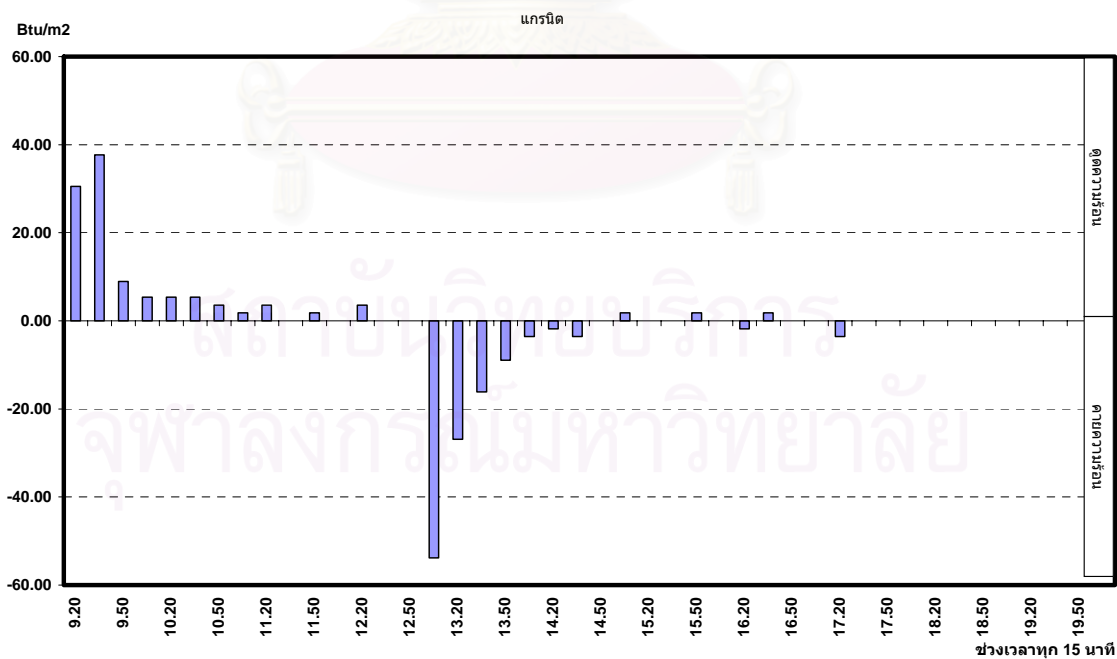
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. กระเบื้องแกรนิต



แผนภูมิที่ 3.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระเบื้องแกรนิตที่ใช้ทดลองขนาด 19x19x0.5 ซม.

(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

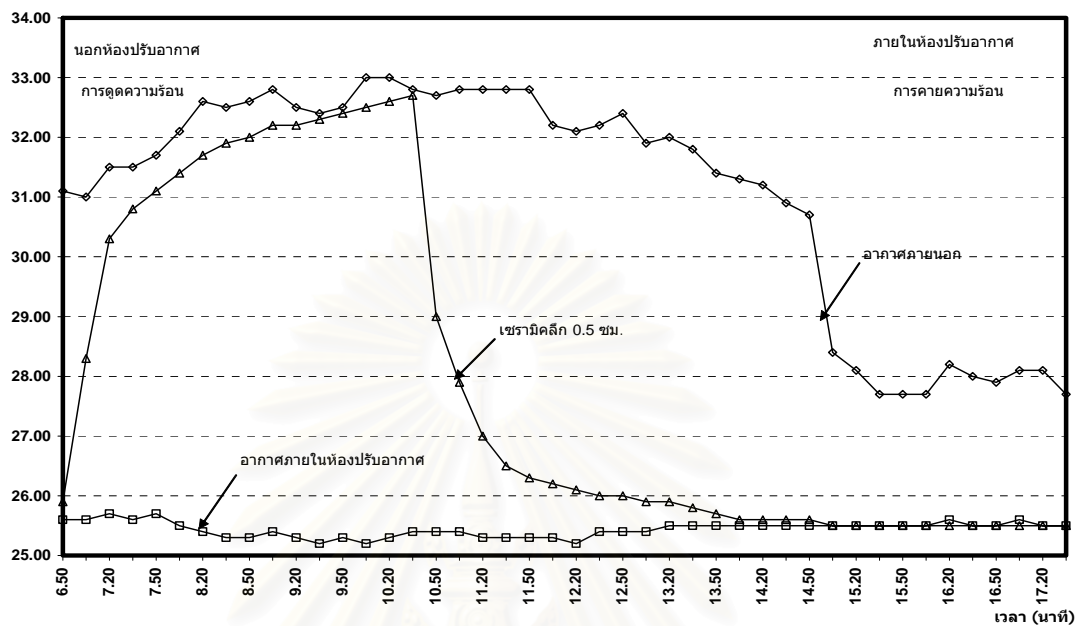


แผนภูมิที่ 3.7 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของกระเบื้องแกรนิตช่วงละ 15 นาที

(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

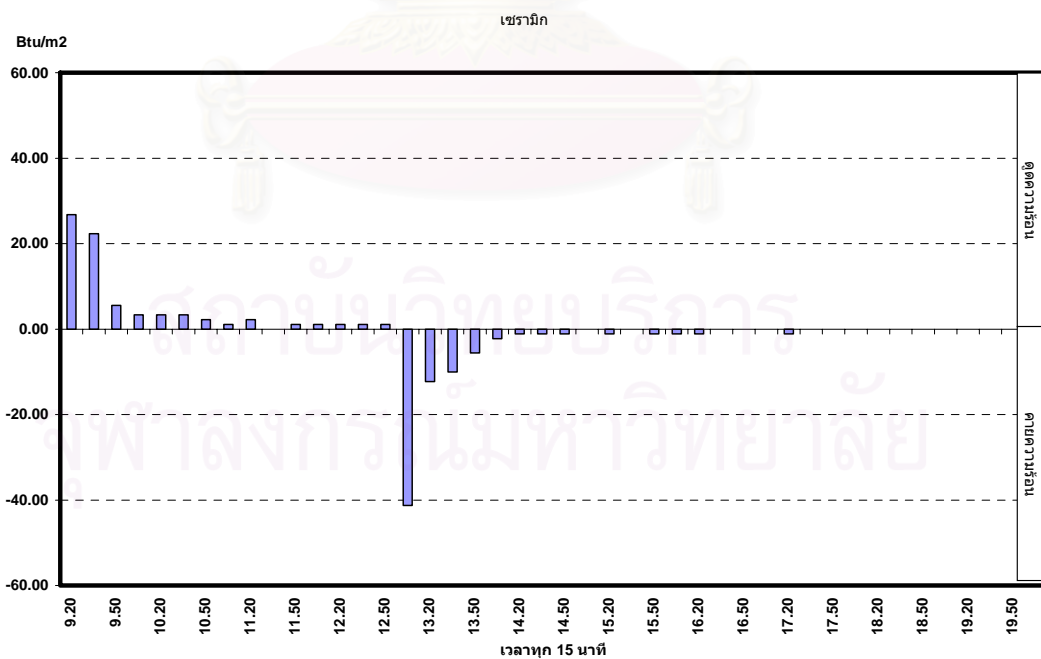
2. กระเบื้องเซรามิก

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 3.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระเบื้องเซรามิกช่วงละ 15 นาที

(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

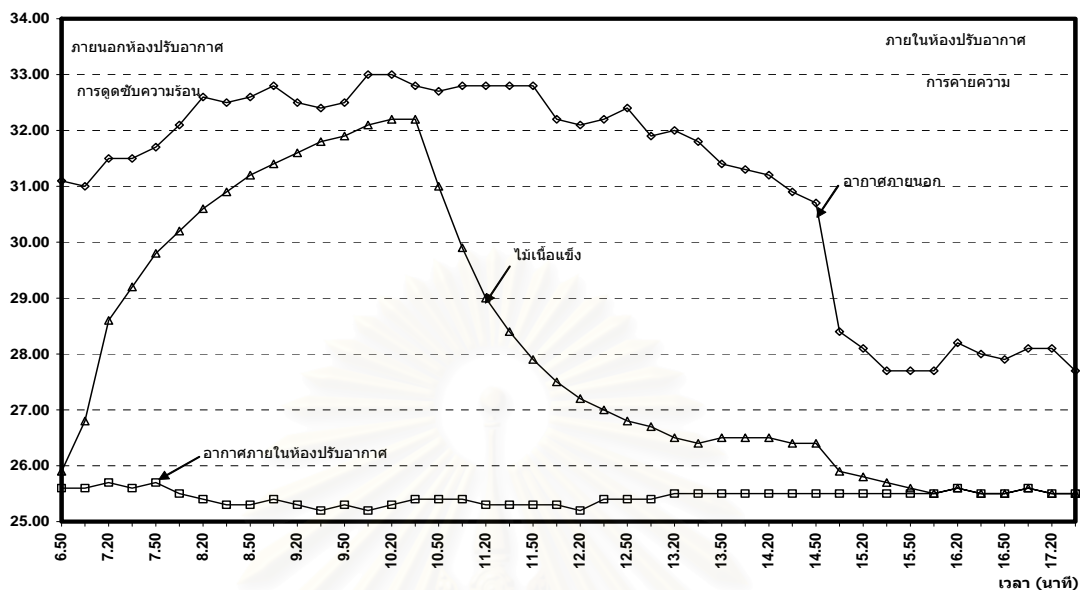


แผนภูมิที่ 3.9 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของกระเบื้องเซรามิกช่วงละ 15 นาที

(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

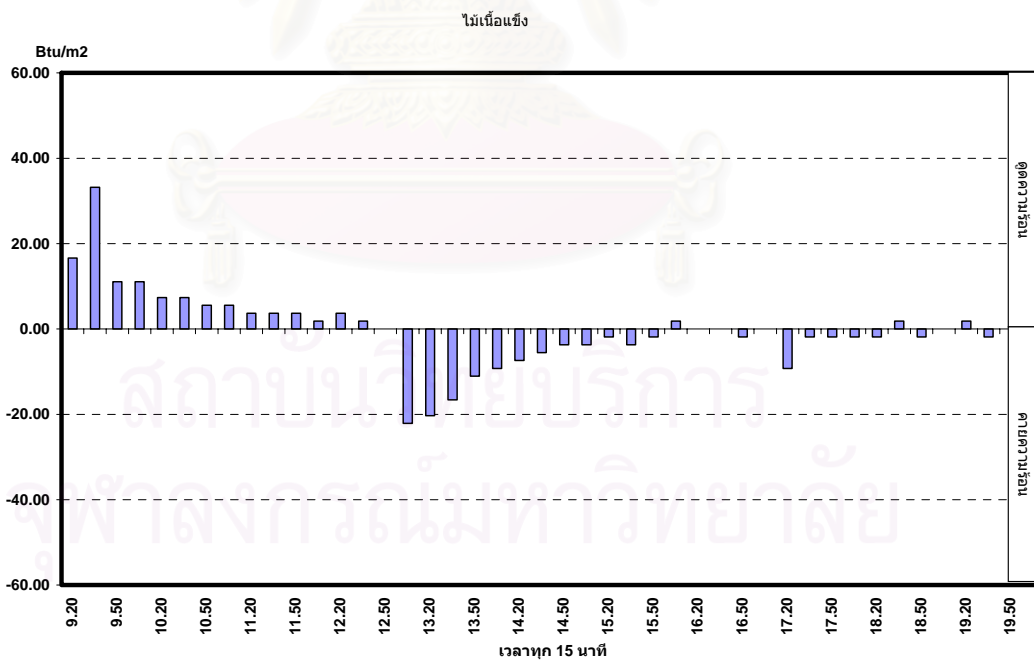
3. ไม้เนื้อแข็ง

ลูกหนีงมิ (องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 3.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไม้เนื้อแข็งที่ใช้ทดลองขนาด 19x19x2.0 ซม.

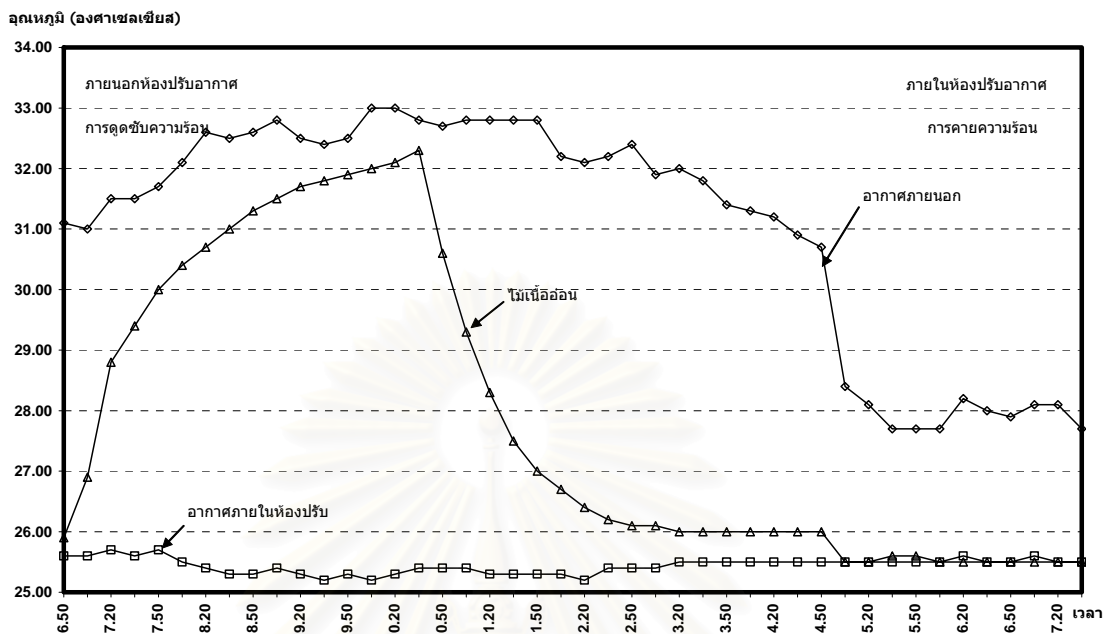
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.11 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของไม้เนื้อแข็งช่วงละ 15 นาที

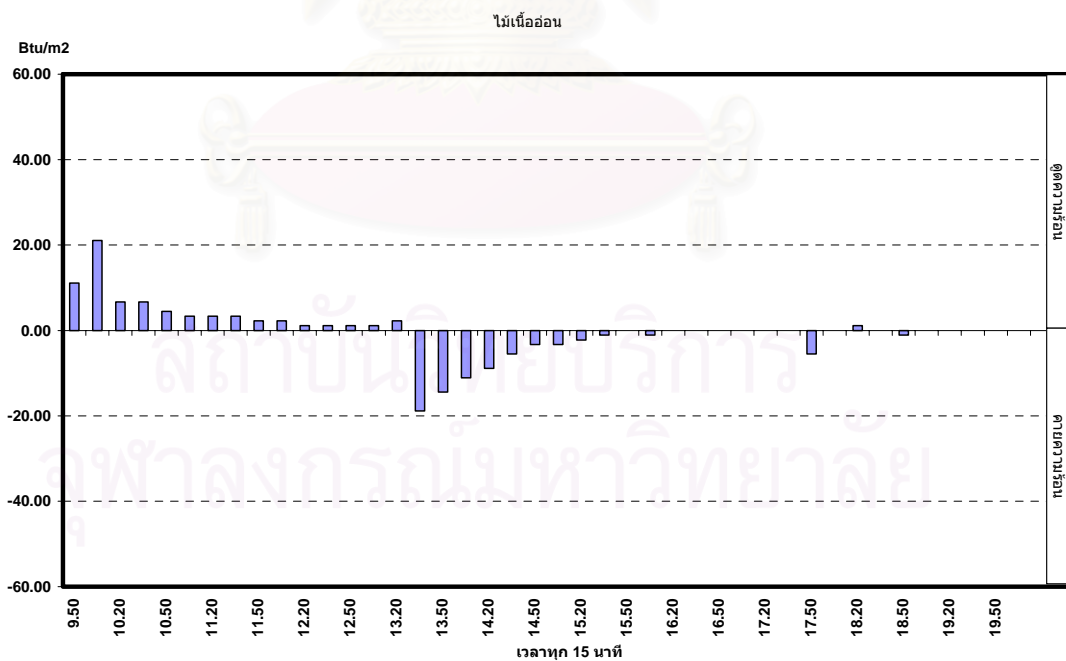
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

4. ไม้เนื้ออ่อน



แผนภูมิที่ 3.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไม้เนื้ออ่อนที่ใช้ทดลองขนาด 19x19x2.0 ซม.

(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

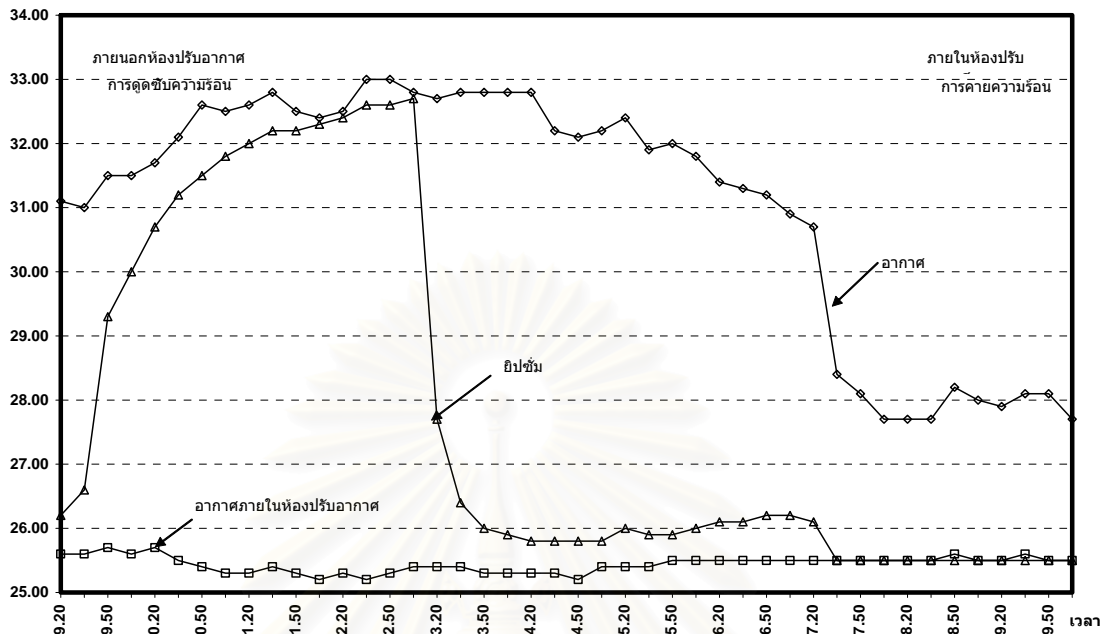


แผนภูมิที่ 3.13 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของไม้เนื้ออ่อนช่วงละ 15 นาที

(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

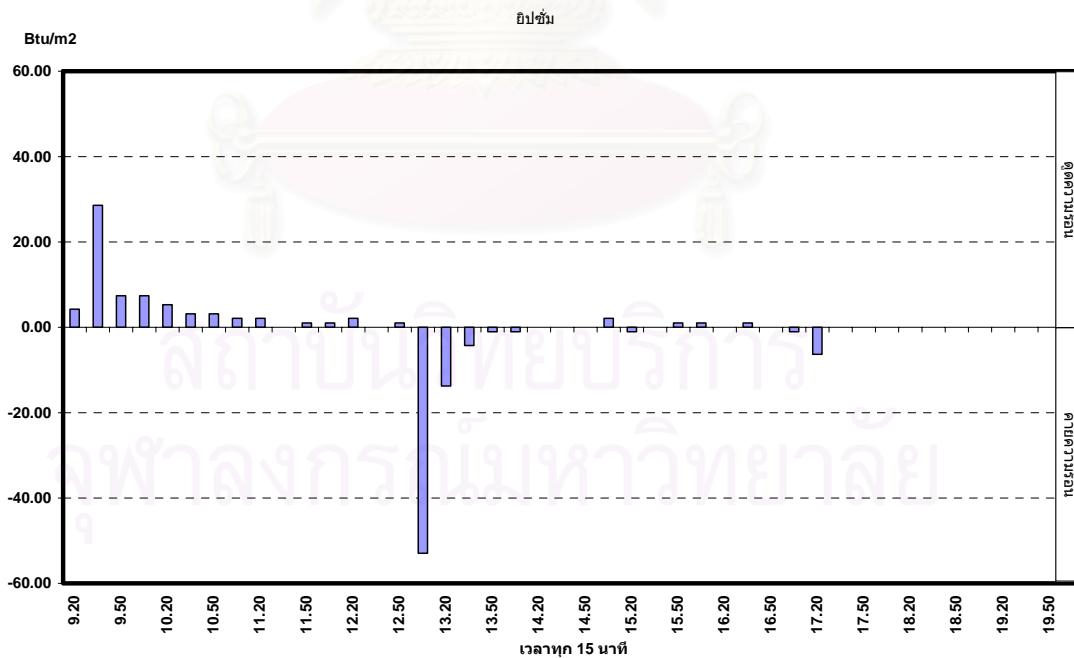
5. ยิปซั่ม

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 3.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของยิปซั่มที่ใช้ทดลองขนาด 20x20x1 ซม.

(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

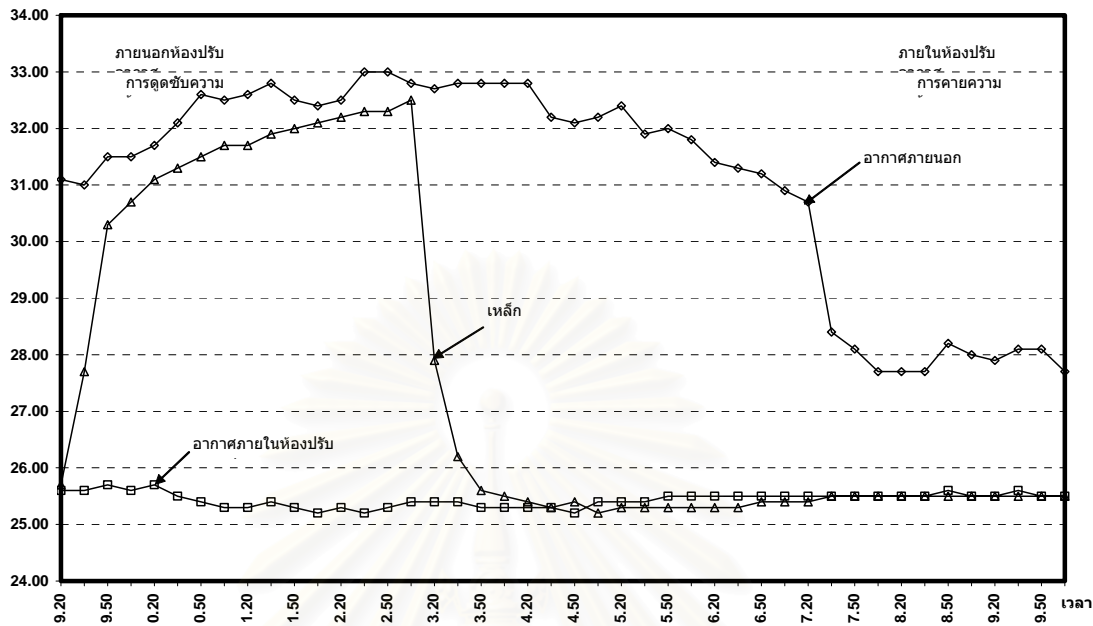


แผนภูมิที่ 3.15 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของยิปซั่มช่วงละ 15 นาที

(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

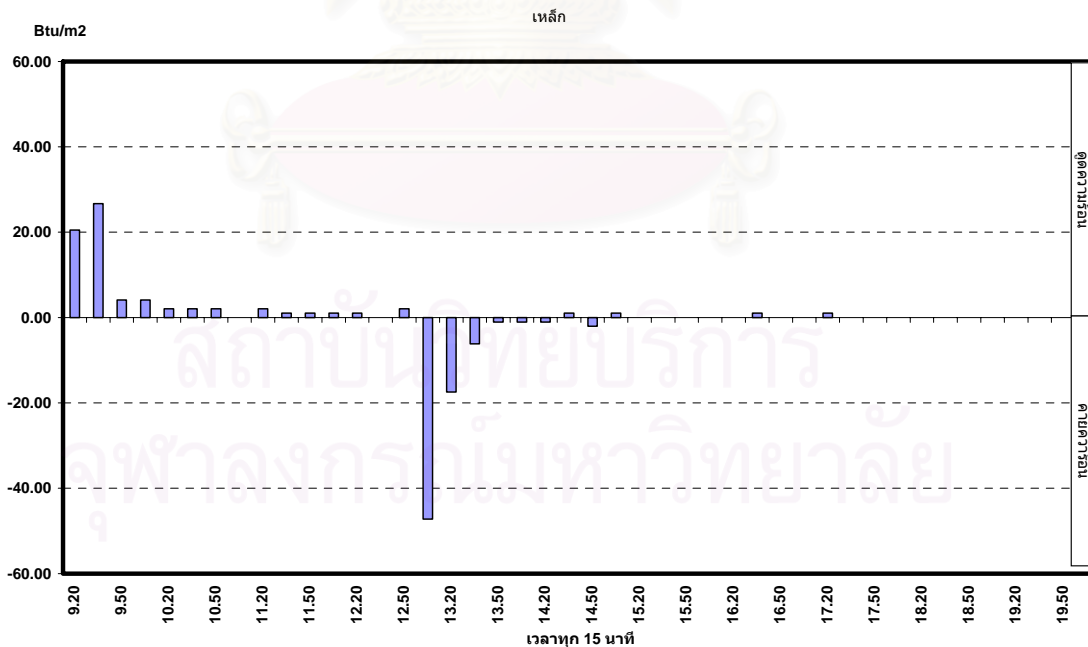
6. แผ่นเหล็ก

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 3.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแผ่นเหล็กที่ใช้ทดลองขนาด 20x20x0.2 ซม.

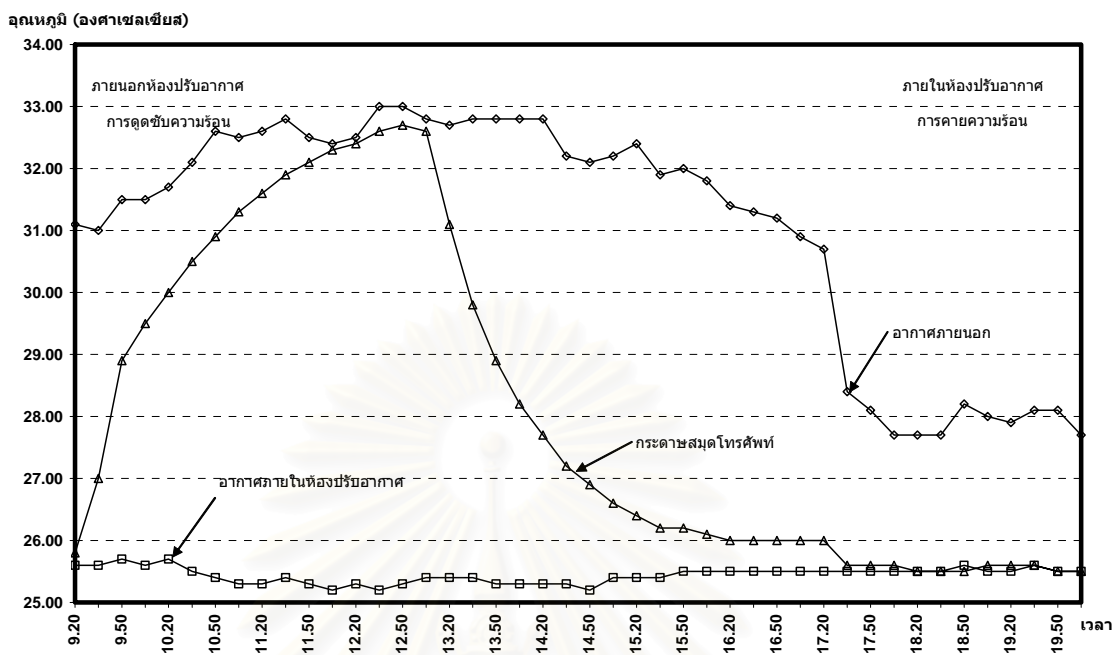
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



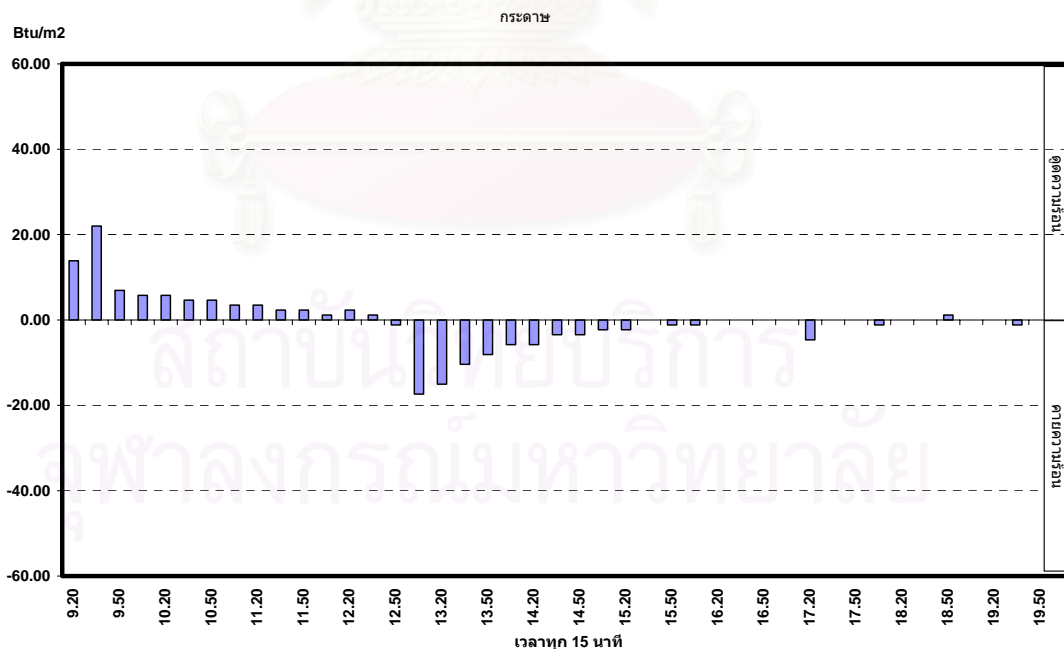
แผนภูมิที่ 3.17 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของแผ่นเหล็กช่วงละ 15 นาที

(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

7. กระดาษสมุดโทรศัพท์

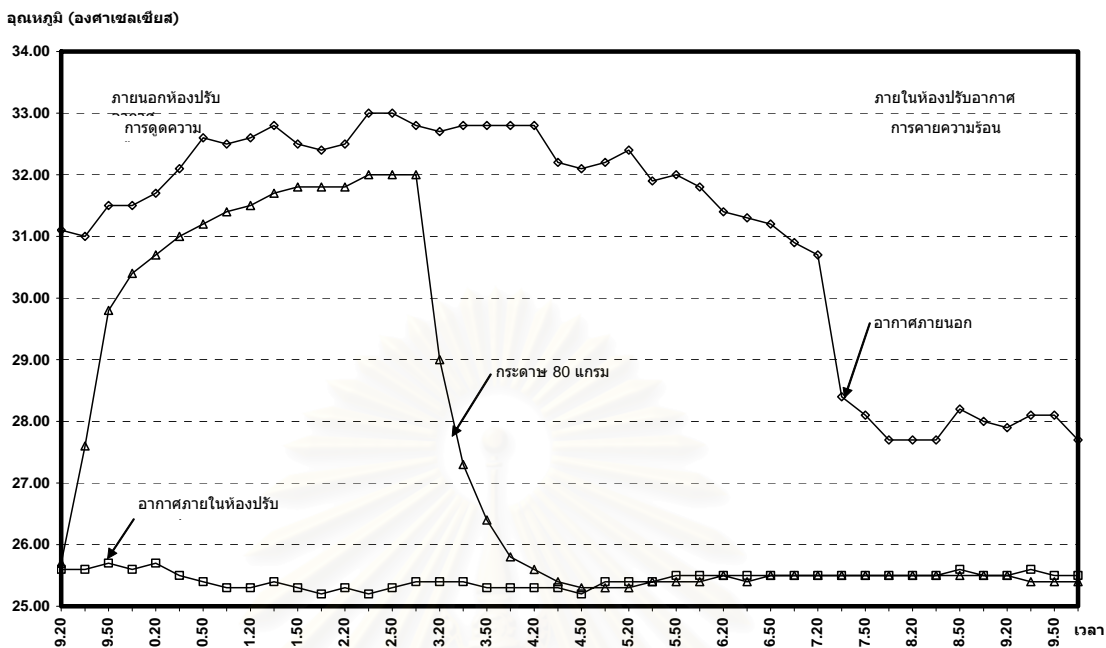


แผนภูมิที่ 3.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาษสมุดโทรศัพท์ที่ใช้ทดลองขนาด 20x20x2 ซม. (รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

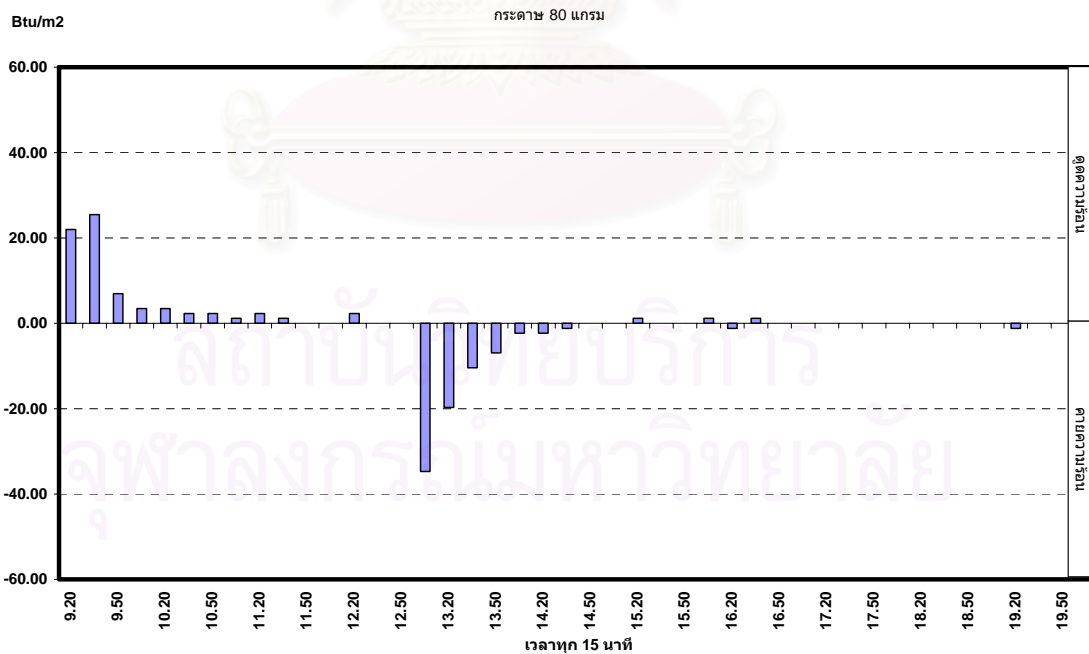


แผนภูมิที่ 3.19 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของกระดาษสมุดโทรศัพท์ช่วงละ 15 นาที (รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

8. กระดาษ 80 แกรม

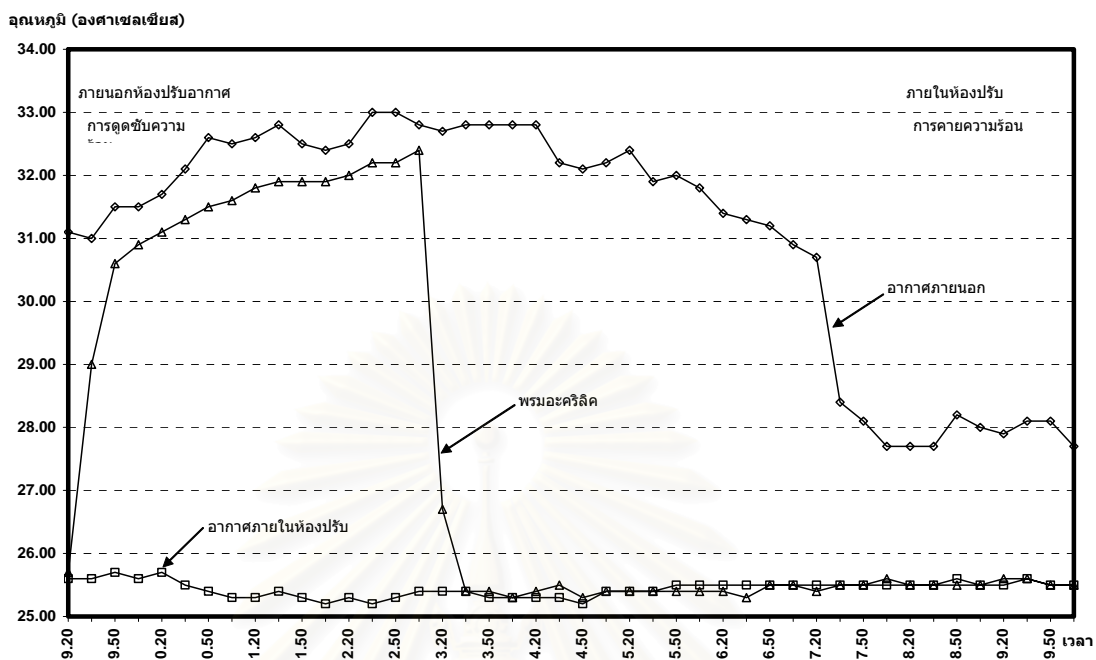


แผนภูมิที่ 3.20 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกระดาษ 80 แกรมที่ใช้ทดลองขนาด 20x20x1 ซม. (รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



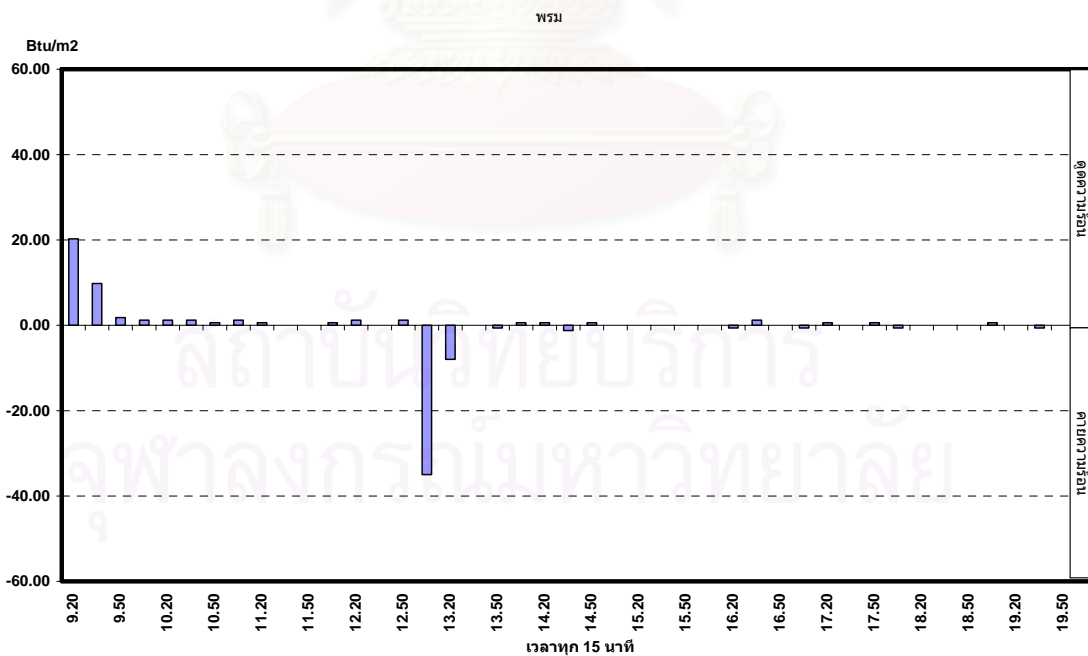
แผนภูมิที่ 3.21 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของกระดาษ 80 แกรมช่วงละ 15 นาที (รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

9. พรอมอะคริลิค



แผนภูมิที่ 3.22 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพรอมอะคริลิคที่ใช้ทดสอบขนาด 20x20x1 ซม.

(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

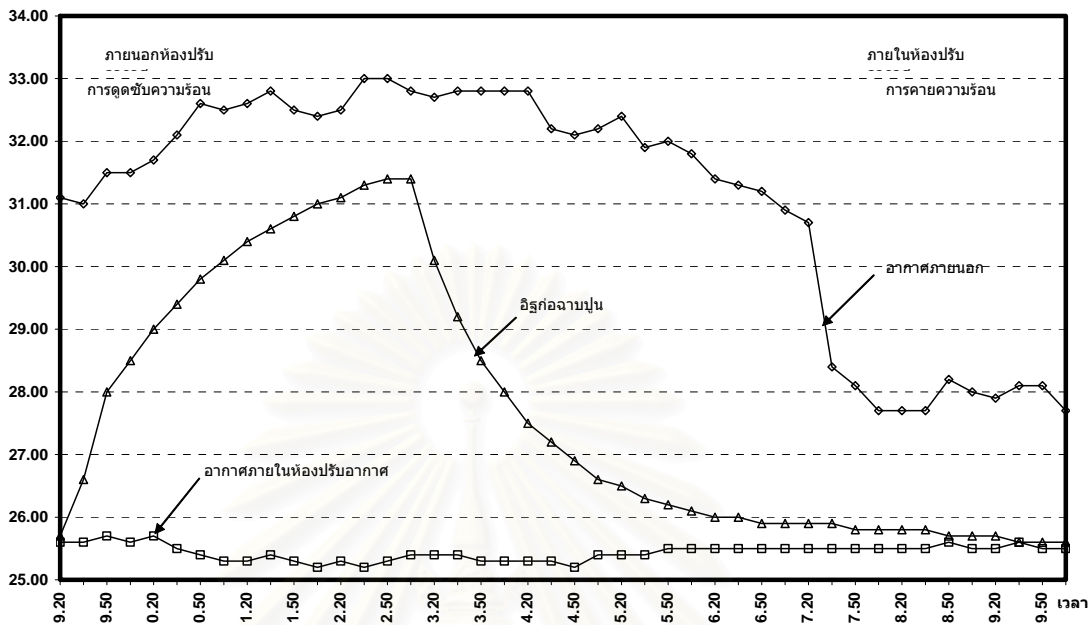


แผนภูมิที่ 3.23 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของพรอมอะคริลิค ช่วงละ 15 นาที

(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

10. อิฐก่อฉาบปูน

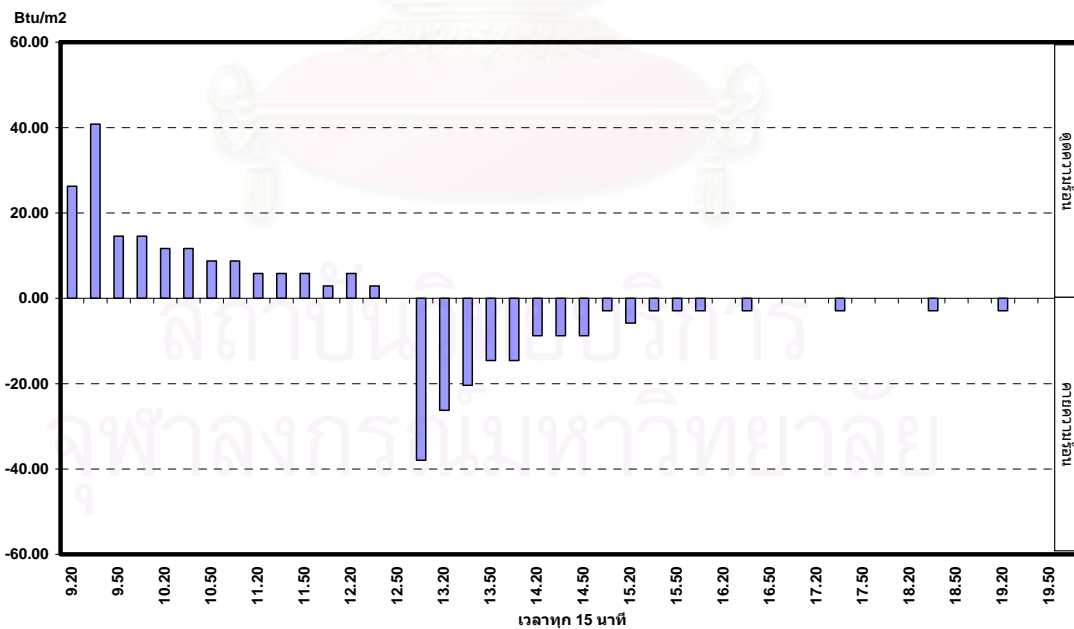
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 3.24 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐก่อฉาบปูนที่ใช้ทดลองขนาด 8x16x8.5 ซม.

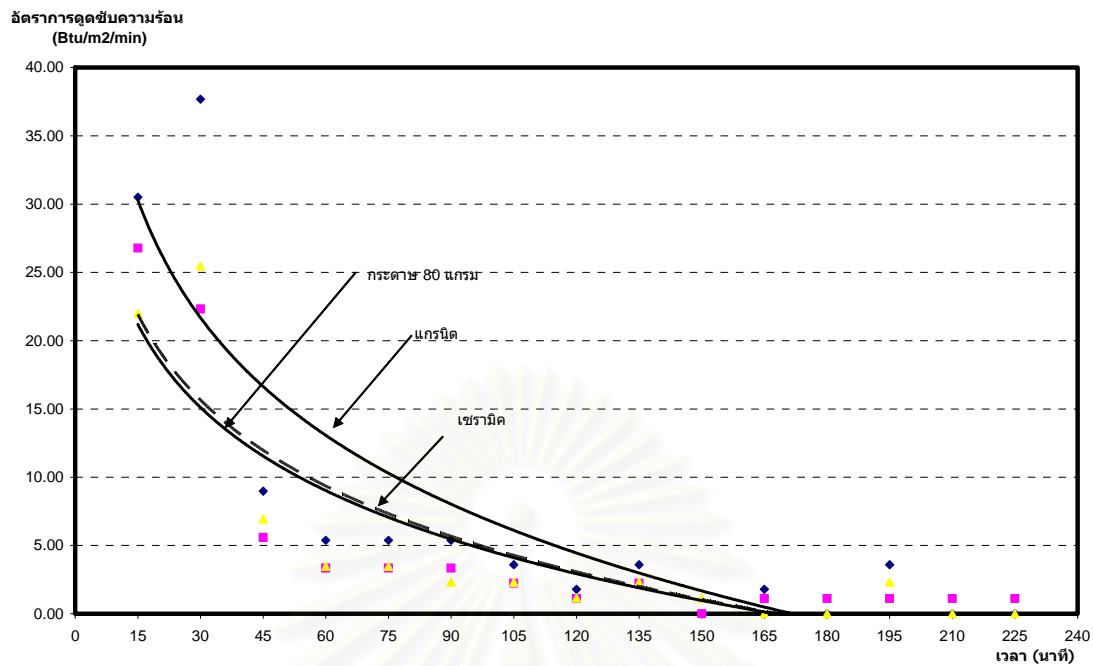
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

อิฐก่อฉาบปูน

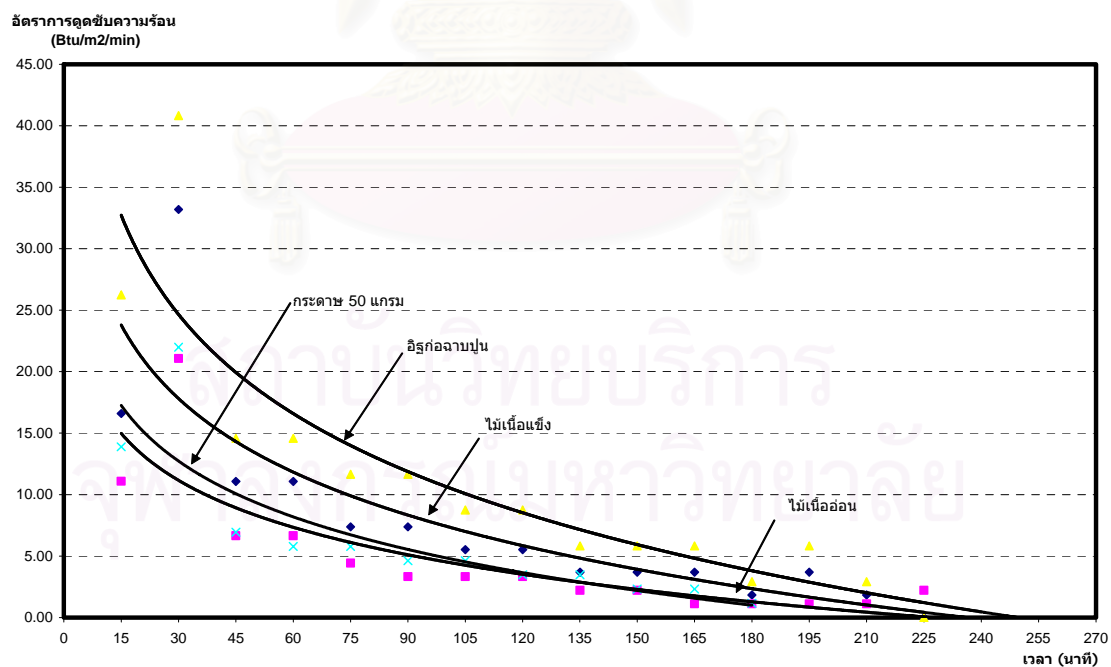


แผนภูมิที่ 3.25 แสดงอัตราการดูดซับและคายความร้อนของอิฐก่อฉาบปูนช่วงละ 15 นาที

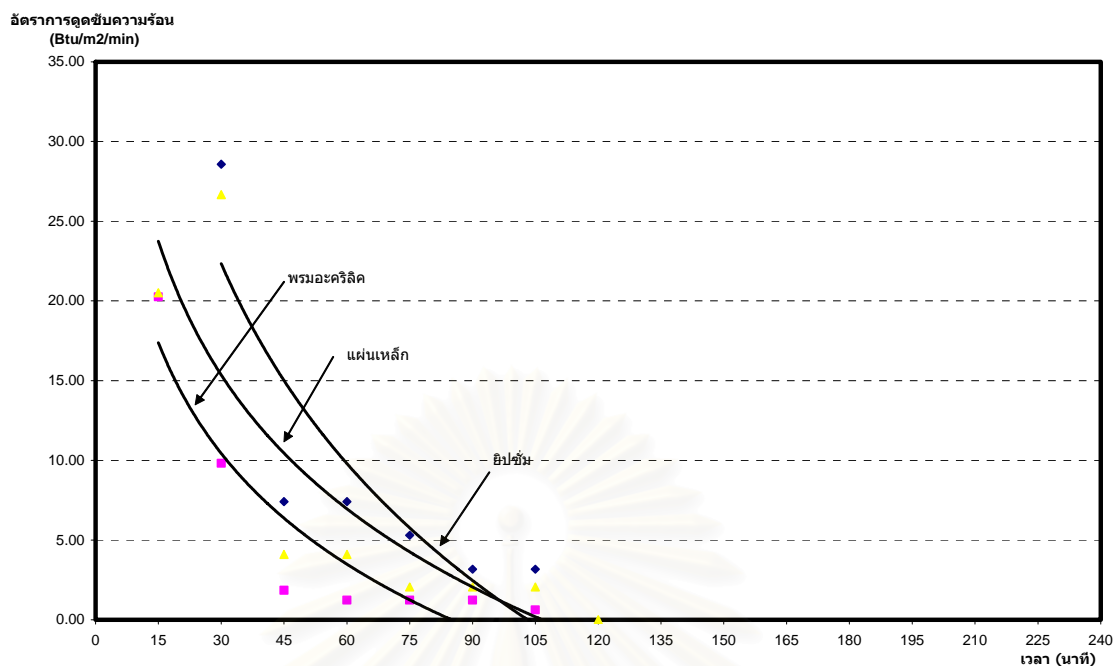
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



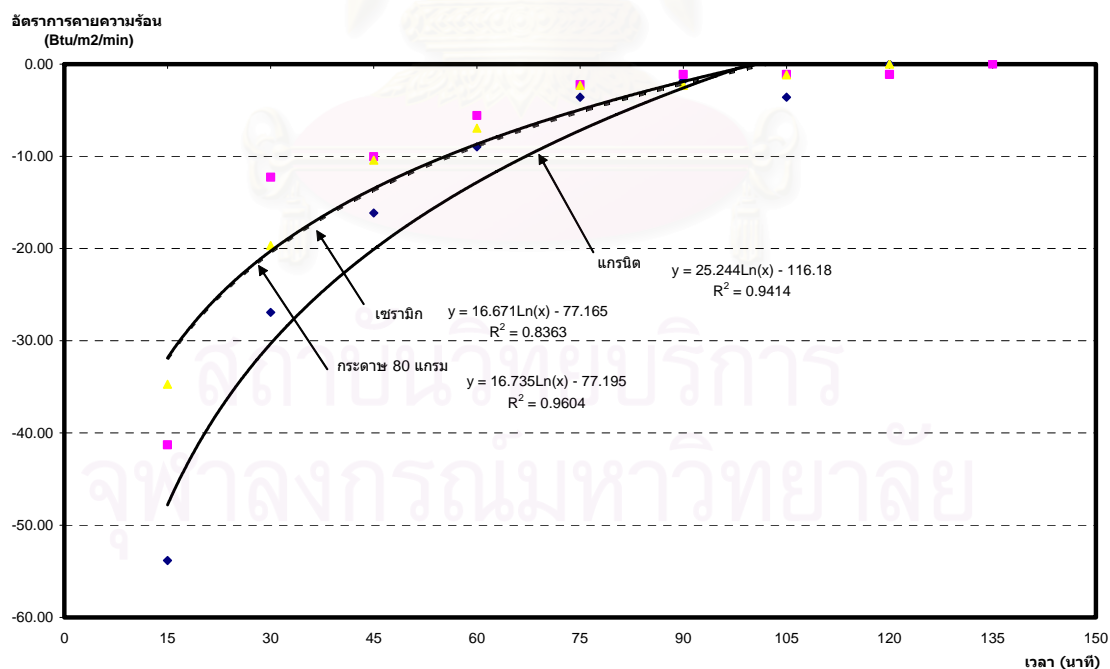
แผนภูมิที่ 3.26 แสดงแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับความร้อนของกระจก 80 แกรม แกรนิต และ เซรามิค



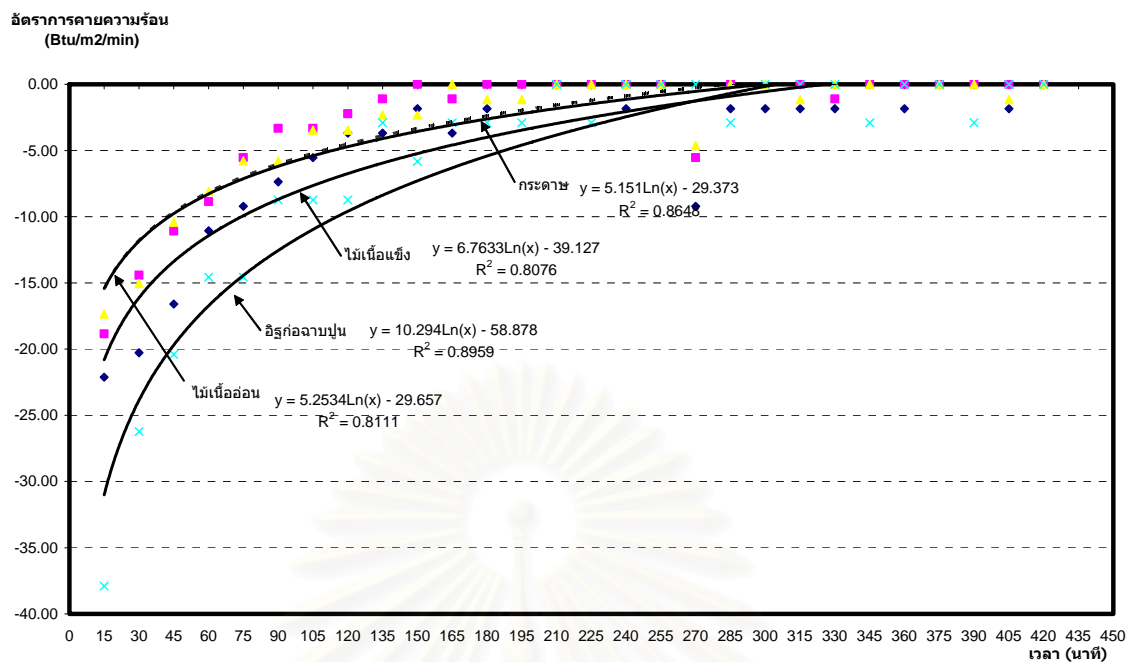
แผนภูมิที่ 3.27 แสดงแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับความร้อนของอิฐก่อฉาบปูน ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็ง และ กระจก 50 แกรม



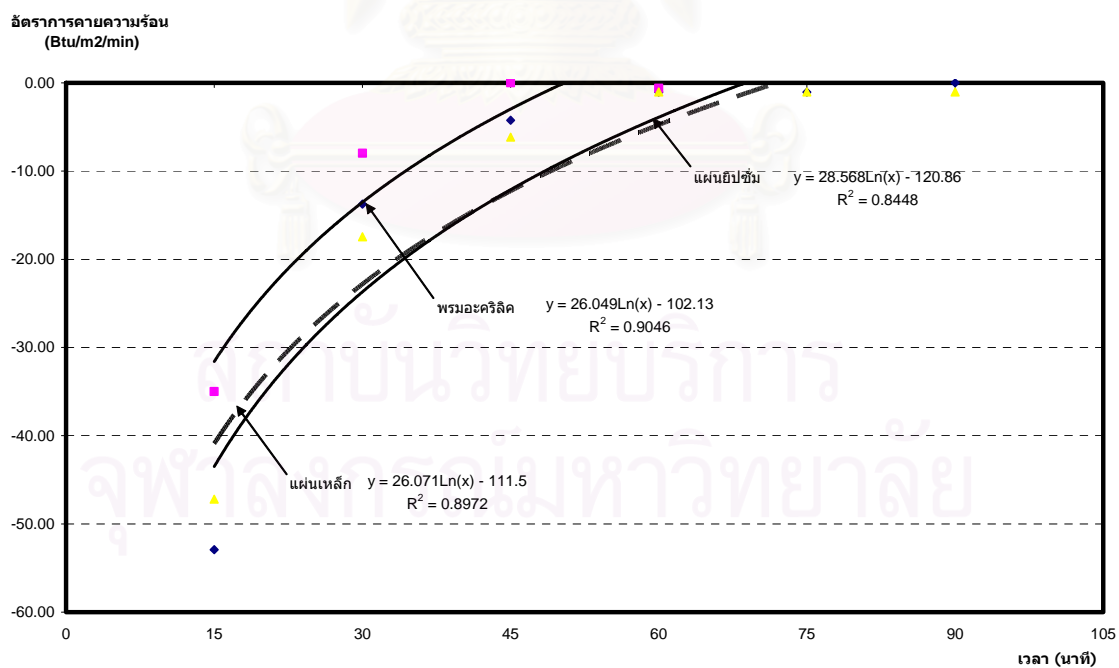
แผนภูมิที่ 3.28 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับความร้อนของแผ่นเหล็ก พรมอะคริลิค และ แผ่นยิปซัม



แผนภูมิที่ 3.29 แสดงแสดงระยะเวลาที่ใช้คายความร้อนของกระดาษ 80 แกรม แกรนิต และ เซรามิก



แผนภูมิที่ 3.30 แสดงแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการคายความร้อนของอิฐก่อฉาบปูน ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็ง และ กระจก



แผนภูมิที่ 3.31 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการคายความร้อนของแผ่นเหล็ก พรมอะคริลิก และ แผ่นยิปซัม

จากแผนภูมิที่ 3.26-3.31 เราสามารถสรุปเวลาที่ใช้ในการดูดซับและคายความร้อนได้ดังนี้

วัสดุทดสอบ	เวลาที่ใช้ในการดูดซับความร้อน (ชั่วโมง)	เวลาที่ใช้ในการคายความร้อน(ชั่วโมง)
กระเบื้องแกรนิต	2-3 ชั่วโมง	1-2 ชั่วโมง
กระเบื้องเซรามิก	2-3 ชั่วโมง	1-2 ชั่วโมง
กระดาด 80 แกรม	2-3 ชั่วโมง	1-2 ชั่วโมง
ไม้เนื้ออ่อน	3-4 ชั่วโมง	4-5 ชั่วโมง
ไม้เนื้อแข็ง	4-5 ชั่วโมง	5-6 ชั่วโมง
อิฐก่อฉาบปูน	4-5 ชั่วโมง	5-6 ชั่วโมง
กระดาด 50 แกรม	3-4 ชั่วโมง	4-5 ชั่วโมง
แผ่นเหล็ก	1-2 ชั่วโมง	ภายใน 1 ชั่วโมง
แผ่นยิปซัม	1-2 ชั่วโมง	1-1.30 ชั่วโมง
พรมอะคริลิก	1-2 ชั่วโมง	1-1.30 ชั่วโมง

ตารางที่ 3-1 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับความร้อนและคายความร้อนของวัสดุทดสอบ

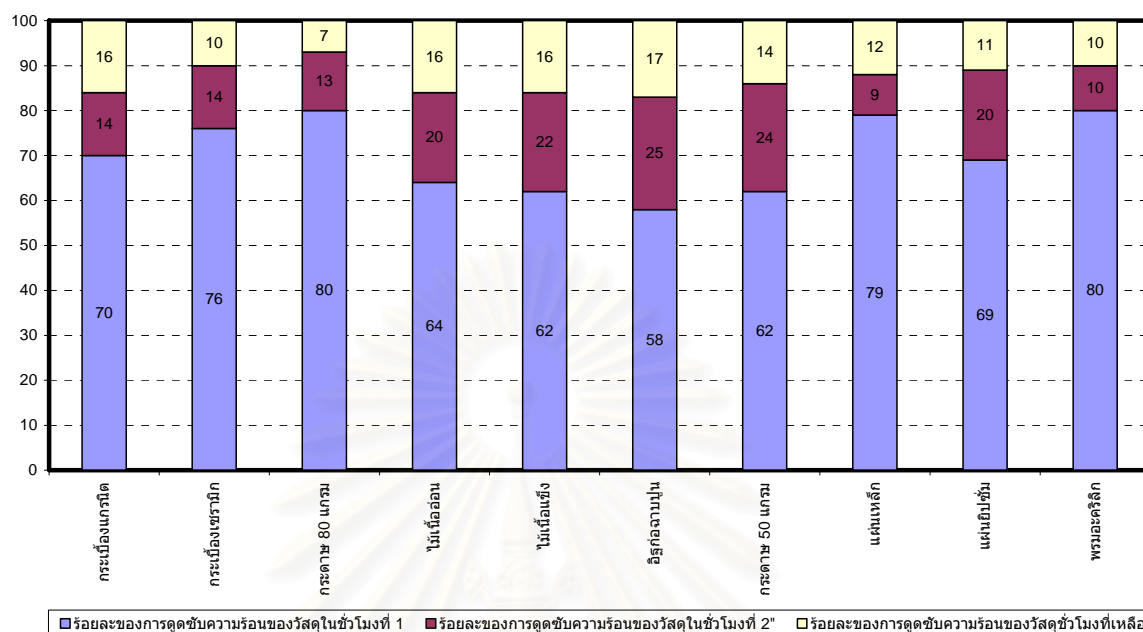
จากแผนภูมิที่ 3.6-3.31 ข้อมูลอัตราการดูดซับความร้อน และคายความร้อนของวัสดุสามารถสรุปร้อยละของการดูดซับและคายความร้อนรายชั่วโมงได้ ดังนี้

วัสดุทดสอบ	ปริมาณการดูดซับความร้อนคิดเป็นร้อยละปริมาณความร้อนทั้งหมด			ปริมาณการคายความร้อนคิดเป็นร้อยละปริมาณความร้อนทั้งหมด		
	ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงอื่นๆ	ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงอื่นๆ
กระเบื้องแกรนิต	70	14	16	89	8	13
กระเบื้องเซรามิก	76	14	10	86	7	7
กระดาด 80 แกรม	80	13	7	93	7	0
ไม้เนื้ออ่อน	64	20	16	70	20	10
ไม้เนื้อแข็ง	62	22	16	57	21	22
อิฐก่อฉาบปูน	58	25	17	59	24	17
กระดาด 50 แกรม	62	24	14	62	23	15
แผ่นเหล็ก	79	9	12	100	0	0
แผ่นยิปซัม	69	20	11	95	5	0
พรมอะคริลิก	80	10	10	95	5	0

ตารางที่ 3-2 แสดงร้อยละของปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ใช้ในการดูดซับความร้อนและคายความร้อนของวัสดุ

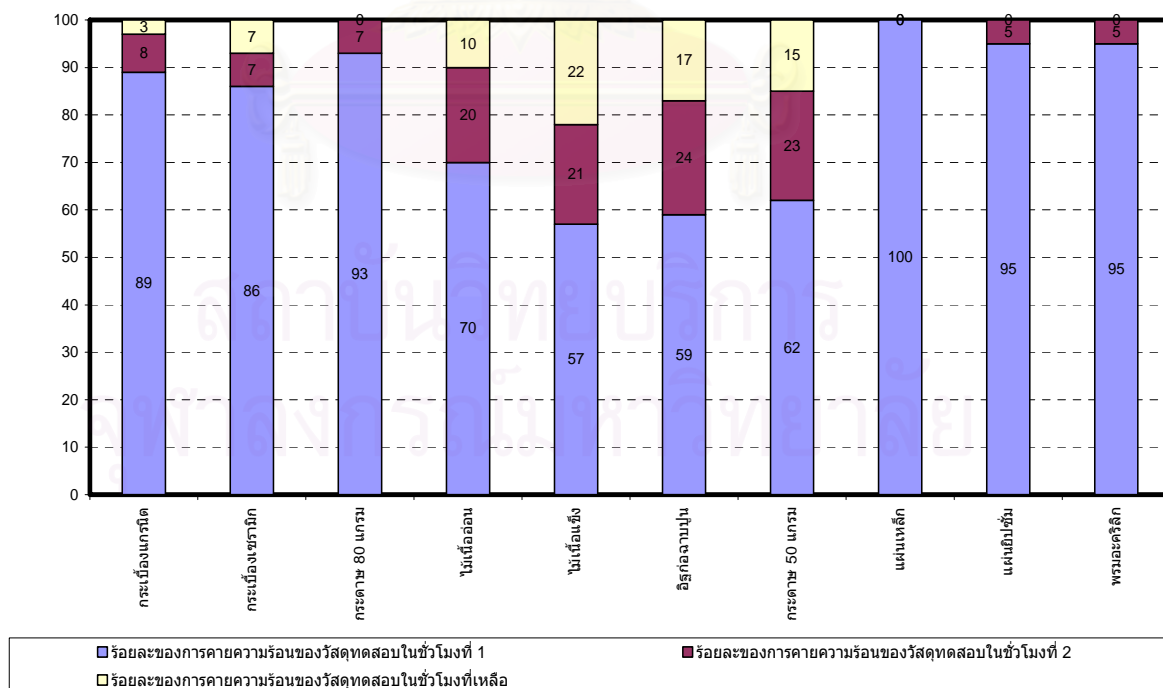
ทดสอบรายชั่วโมง

ร้อยละของการดูดซับความร้อนรายชั่วโมง

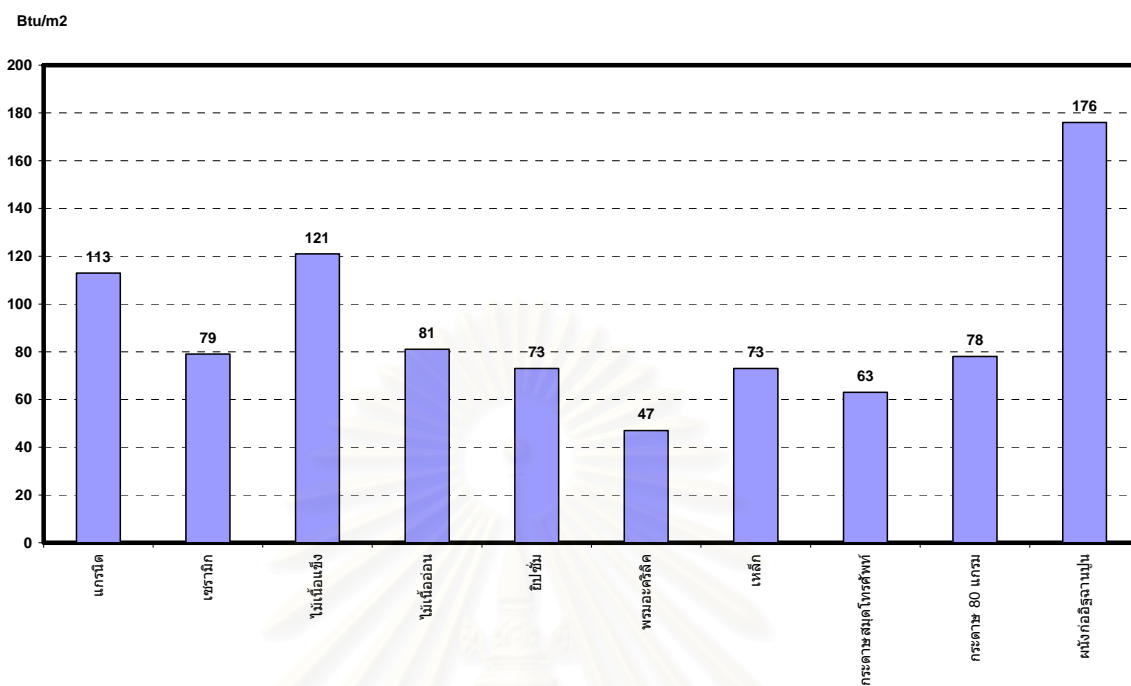


แผนภูมิที่ 3.32 แสดงร้อยละของการดูดซับความร้อนของวัสดุทดสอบรายชั่วโมง

ร้อยละของการคายความร้อนของวัสดุทดสอบ (%)



แผนภูมิที่ 3.33 แสดงร้อยละของการคายความร้อนของวัสดุทดสอบรายชั่วโมง



แผนภูมิที่ 3.34 แสดงภาวะการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนของวัสดุทดสอบ

(รังสีมา กาญจนสมบัติ, 2541)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.3 การดูดซับและการคายความชื้น

วิธีการทดลองเพื่อเก็บข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ส่วนที่ศึกษาพฤติกรรมการดูดซับและคายความร้อนของวัสดุเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในภาพรวม โดยสังเกตผลทุกๆ 2 ชั่วโมง โดยการศึกษาการดูดซับความชื้น จะนำวัสดุทดสอบไปวางไว้ในห้องปรับอากาศจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นจึงนำมาทิ้งไว้นอกห้องปรับอากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อให้วัสดุดูดซับความชื้นในอากาศภายนอกห้องปรับอากาศที่มีความชื้นสูง บันทึกผลการชั่งน้ำหนักทุก 2 ชั่วโมง ส่วนการคายความชื้นทดสอบ โดยการนำวัสดุเมวางในห้องปรับอากาศแล้วชั่งน้ำหนักทุก 2 ชั่วโมง

ผลการศึกษาพบว่าน้ำหนักของวัสดุจะเพิ่มขึ้นมากในช่วง 2 ชั่วโมงแรกของการทดสอบการดูดซับความชื้น และน้ำหนักก็จะลดลงมากในช่วง 2 ชั่วโมงแรกของการทดสอบการคายความชื้น โดยคิดเป็น 80-90 % ของน้ำหนักทั้งหมดที่มีการเปลี่ยนแปลงของวัสดุนั้นๆ ดังนั้นเพื่อให้สามารถเห็นพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงน้ำหนักจากการดูดซับและคายความชื้นอย่างละเอียด จึงมีการศึกษาต่อในส่วนที่ 2

2. ส่วนนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความชื้นโดยละเอียดขึ้นซึ่งเป็นผลต่อเนื่องจากการศึกษาในส่วนแรกที่พบว่าใน 2 ชั่วโมงแรกของการทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักมากที่สุด โดยมีการทดลองดังนี้

นำวัสดุทดสอบไปวางไว้ในห้องปรับอากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อให้ความชื้นในเนื้อวัสดุถูกรีดออกมา โดยระบบปรับอากาศ จนกระทั่งน้ำหนักของวัสดุทดสอบมีค่าคงที่ จากนั้นชั่งน้ำหนักไว้ก่อนที่จะนำออกไปวางนอกห้องปรับอากาศ เมื่อนำวัสดุออกไปตั้งภายนอกห้องปรับอากาศเพื่อทดสอบการดูดซับความชื้นให้บันทึกค่าน้ำหนักทุก 15 นาที เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำผลที่ได้มาวิเคราะห์

ผลการทดลอง สามารถแบ่งวัสดุออกเป็นกลุ่มๆ ได้ดังนี้

1. กลุ่มที่ไม่เกิดการดูดซับความชื้นเลยได้แก่ แผ่นเหล็ก เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงมาก ทำให้เนื้อวัสดุไม่มีช่องว่างที่จะทำให้น้ำแทรกตัวเข้าไปได้

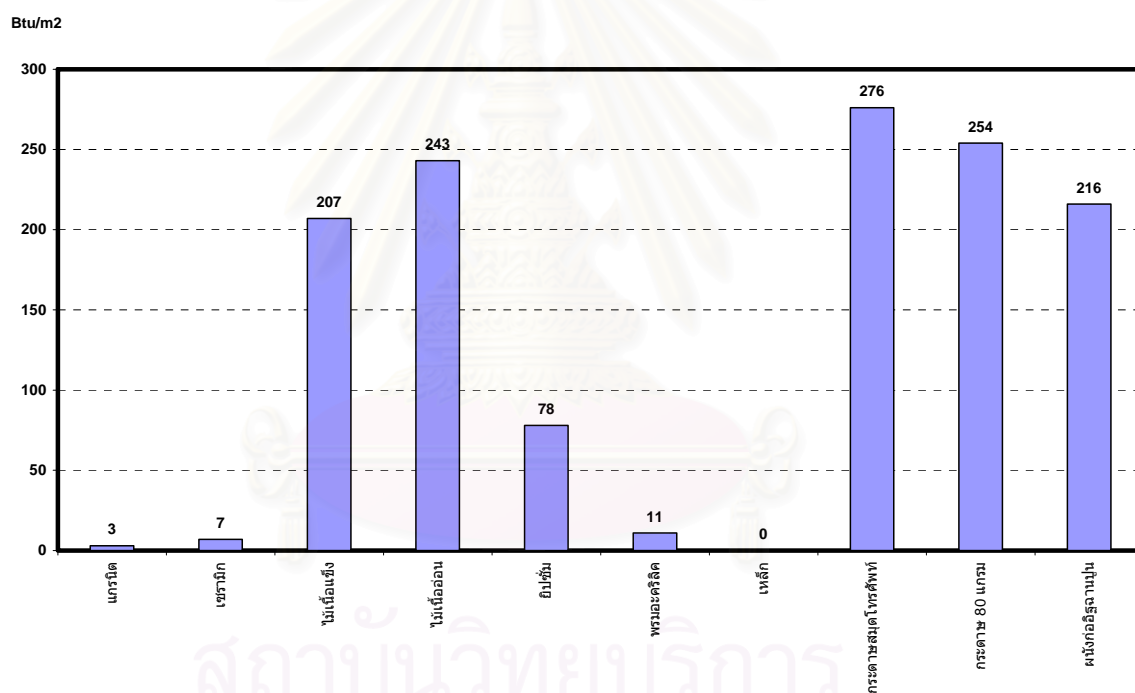
2. กลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ประมาณ 0-0.03 กรัม ได้แก่กระเบื้อง เซรามิค และกระเบื้องแกรนิต ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความหนาแน่นรองลงมาจากเหล็ก ซึ่งไอน้ำสามารถแทรกตัวเข้าไปในเนื้อวัสดุได้ยากและมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น พรม Amoco PP พรม PES เนื่องจากเป็นวัสดุสังเคราะห์ แบบเซลล์ปิด จึงมีการดูดซับความชื้นได้น้อย โดยวัสดุกลุ่มนี้การดูดซับและคายความชื้นจะเกิดขึ้นภายใน 1 ชม.

3. กลุ่มวัสดุ ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็ง กระดาษ 80 แกรม และกระดาษ 50 แกรม มีพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่เหมือนกันคือ ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและมีระยะเวลานานในกระบวนการดูดซับและคายความชื้น

4. กลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอย่างรวดเร็วในช่วง 30 นาที แรก แล้วหลังจากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมา วัสดุกลุ่มนี้ได้แก่ ยิปซั่ม

5. กลุ่มที่เกิดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักรวดเร็วในช่วง 30 นาทีแรก แล้วหลังจากนั้นก็ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักไปอีกระยะหนึ่ง ประมาณ 4-5 ชั่วโมง วัสดุกลุ่มนี้ได้แก่ พรมขนแกะ พรม Axminster ปูนฉาบและอิฐดินเผา

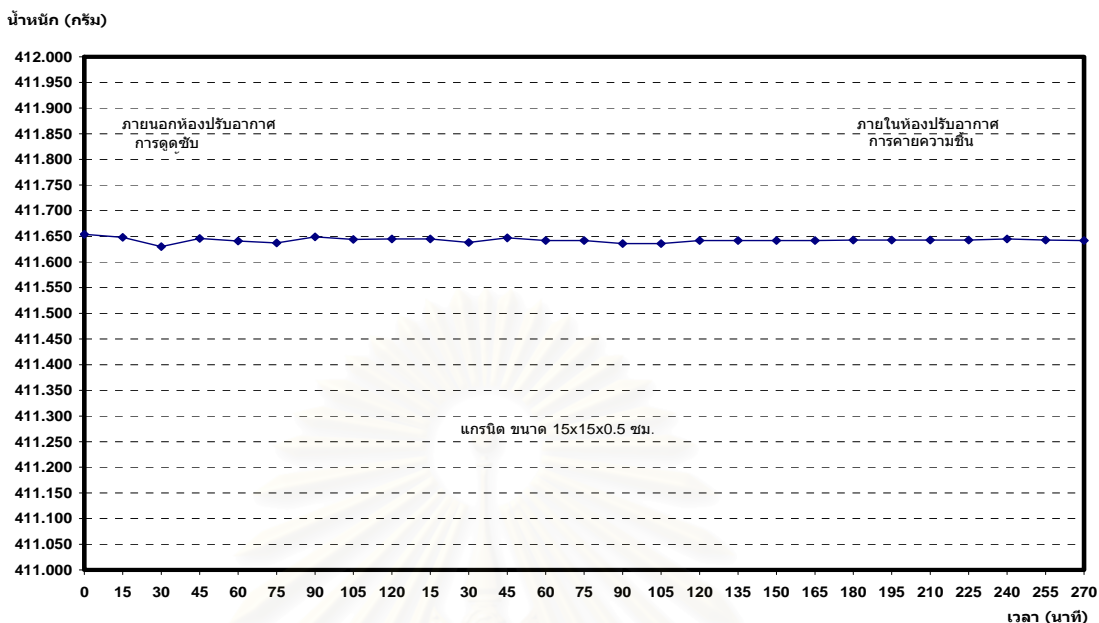
โดยผลการวิจัยได้สรุปภาวะการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้น ไว้ดังนี้



แผนภูมิที่ 3.35 แสดงภาวะการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความชื้นของวัสดุทดสอบ (รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

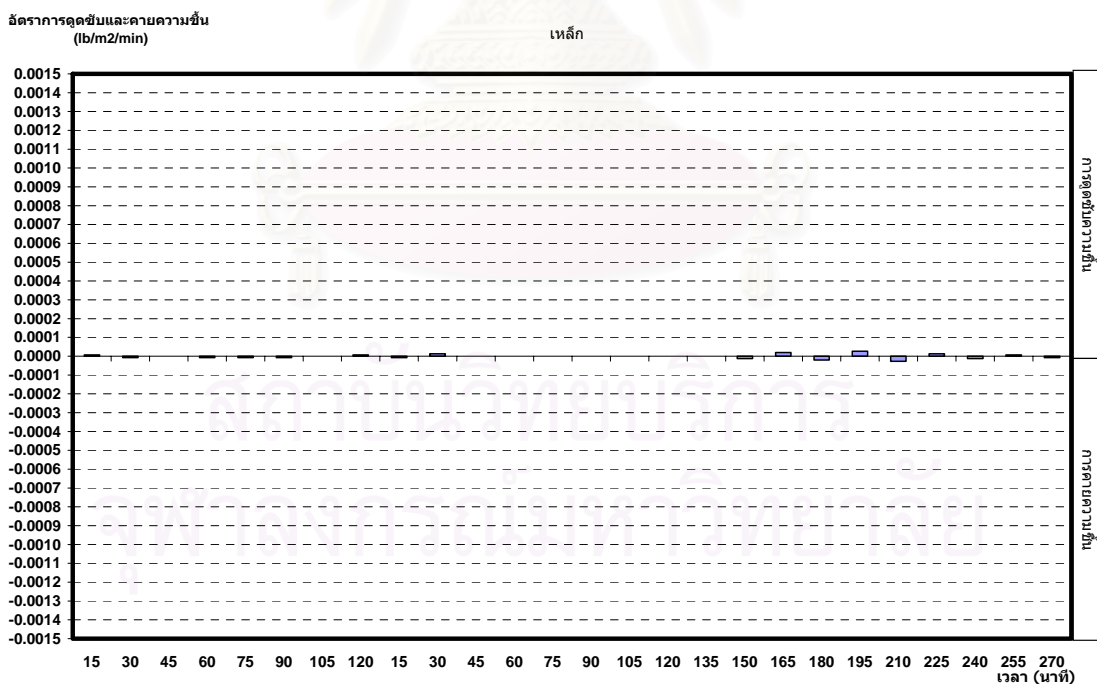
รายละเอียดการศึกษาวัสดุทดสอบเรื่องการดูดซับความร้อนของวัสดุมีดังนี้

1. กระจกเบี่ยงแกรนิต



แผนภูมิที่ 3.36 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของกระจกเบี่ยงแกรนิตที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x0.5 ซม.

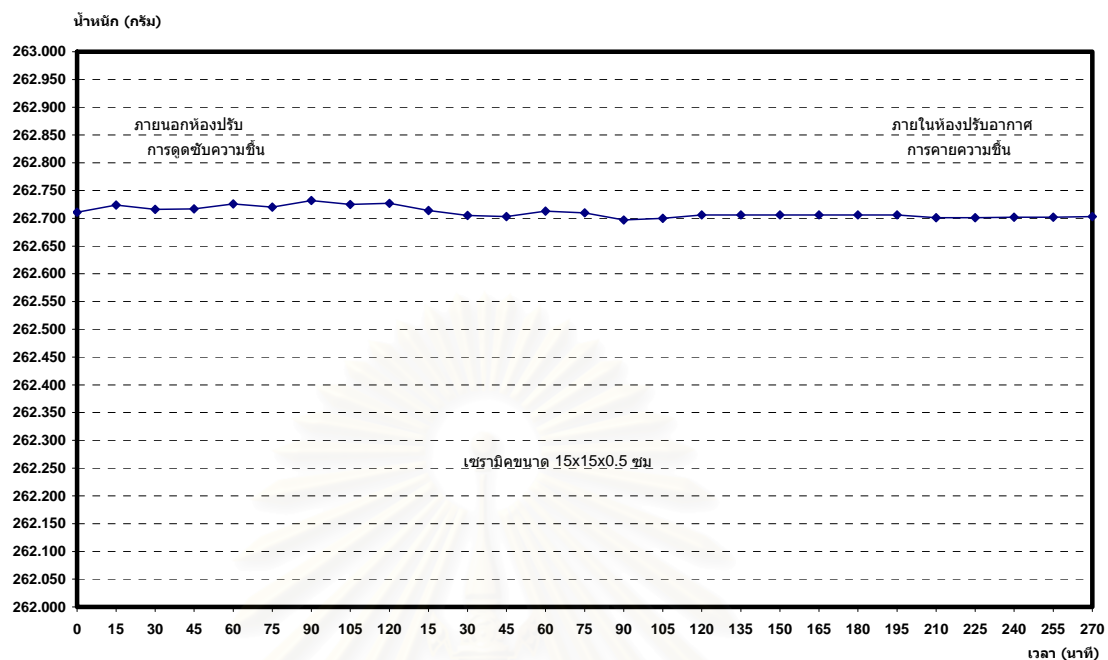
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.37 แสดงอัตราการดูดซึบ-คายความชื้นของกระจกเบี่ยงแกรนิตที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x0.5 ซม.

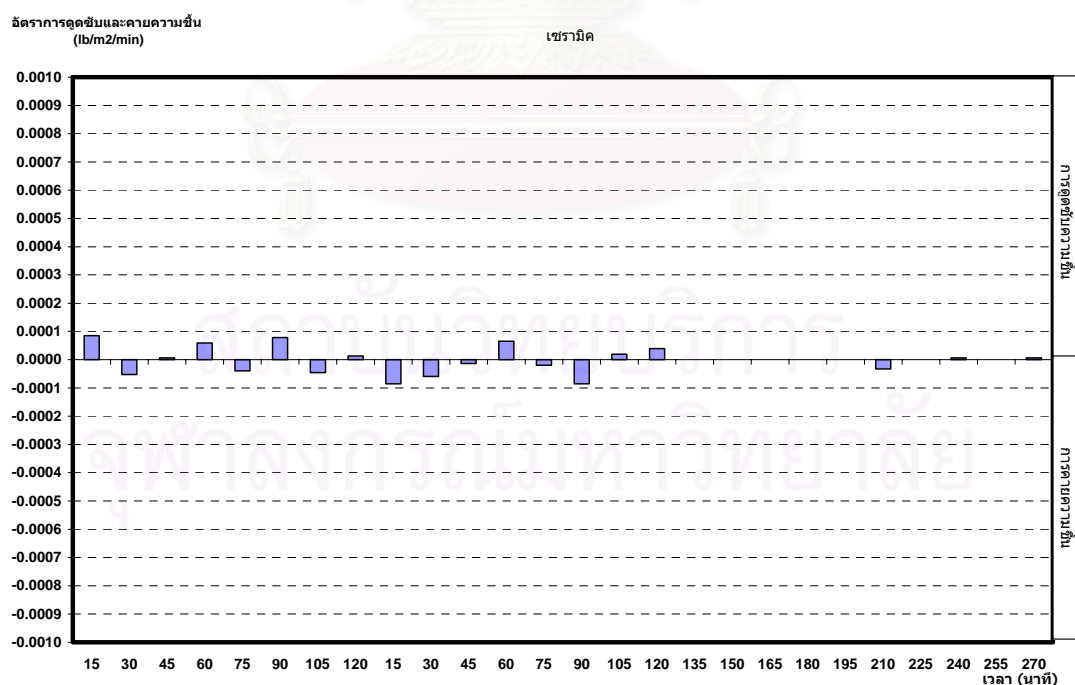
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

2. กระเบื้องเซรามิก



แผนภูมิที่ 3.38 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของกระเบื้องเซรามิกที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x0.5 ซม..

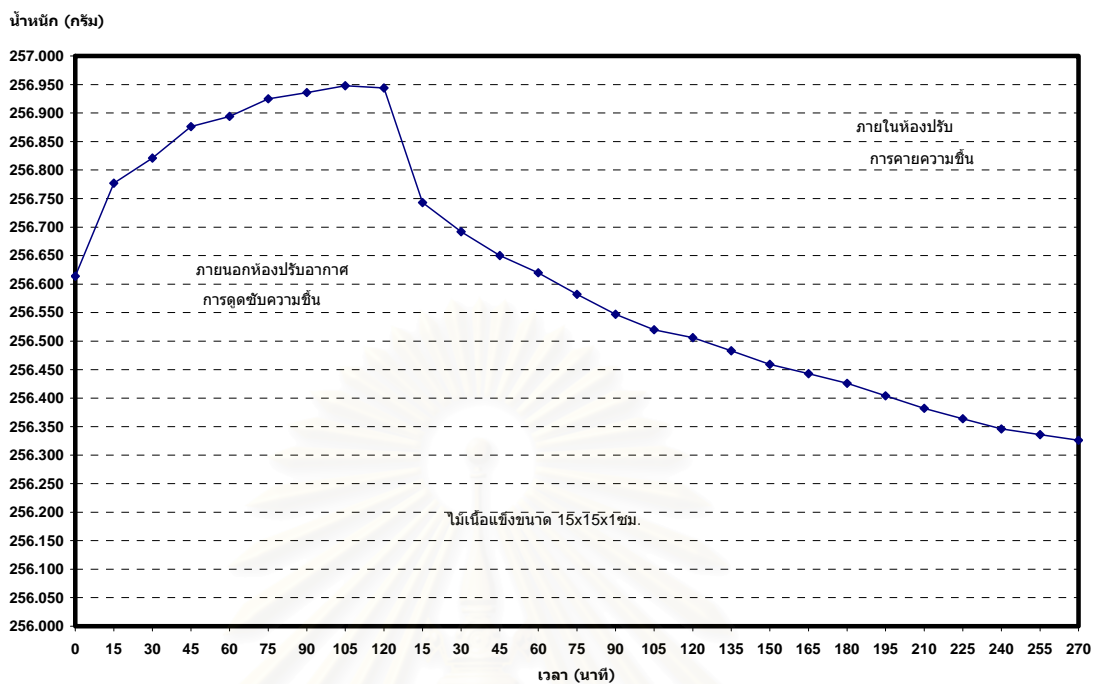
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.39 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของกระเบื้องเซรามิกที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x0.5 ซม..

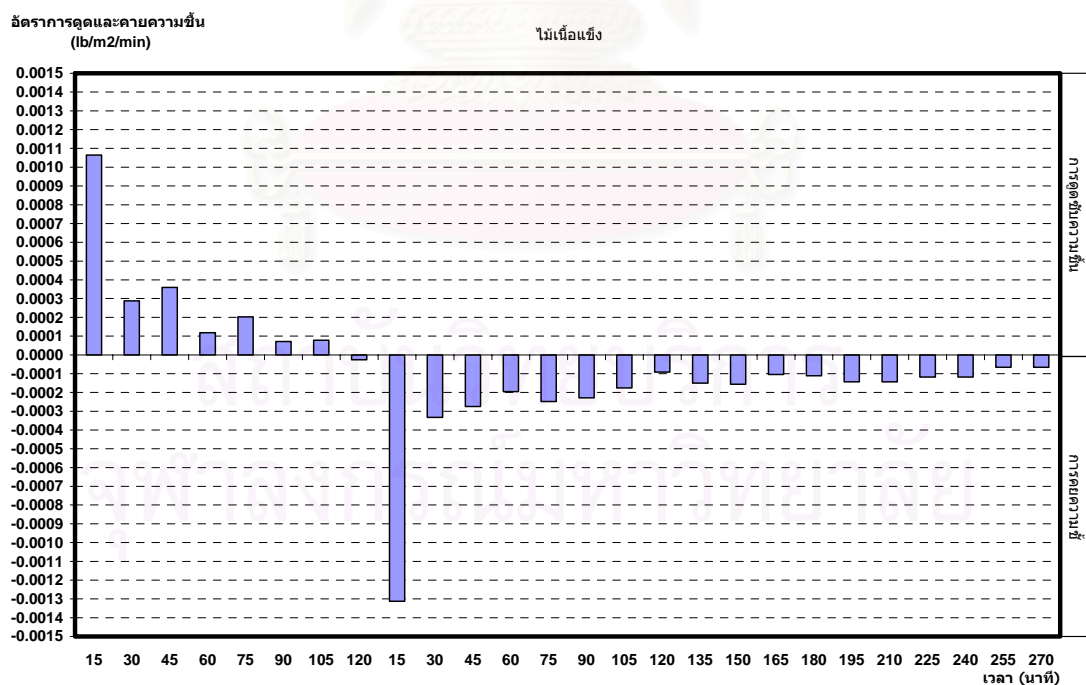
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

3. ไม้เนื้อแข็ง



แผนภูมิที่ 3.40 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของไม้เนื้อแข็งที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x2 ซม..

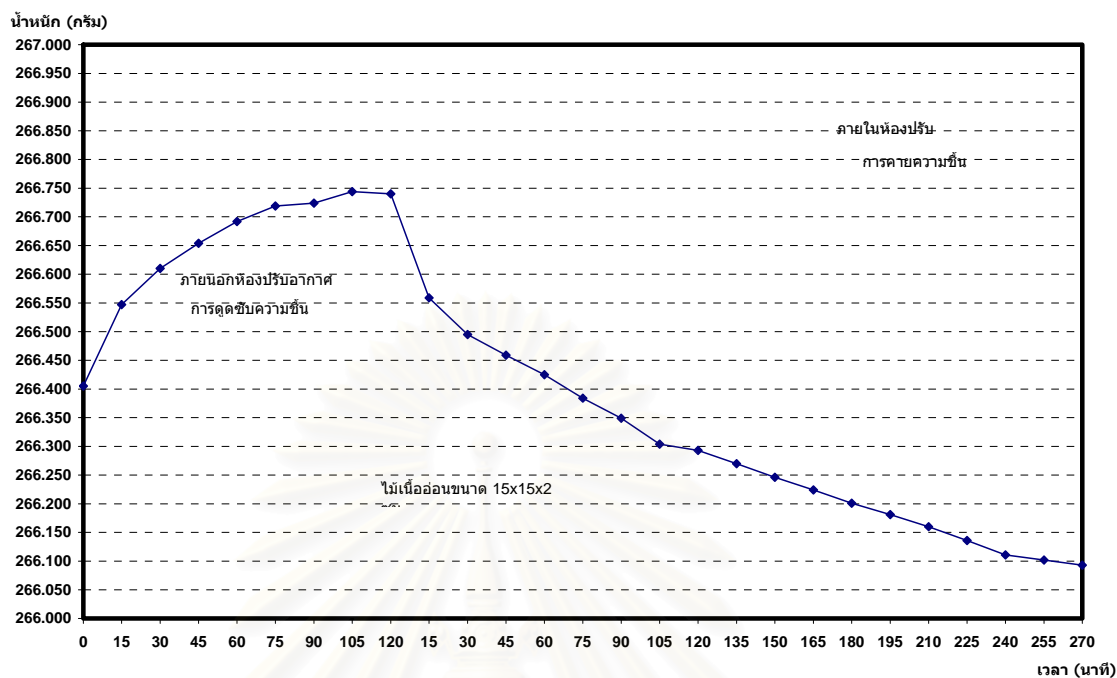
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.41 แสดงอัตราการดูด-คายความชื้นของไม้เนื้อแข็งที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x2 ซม..

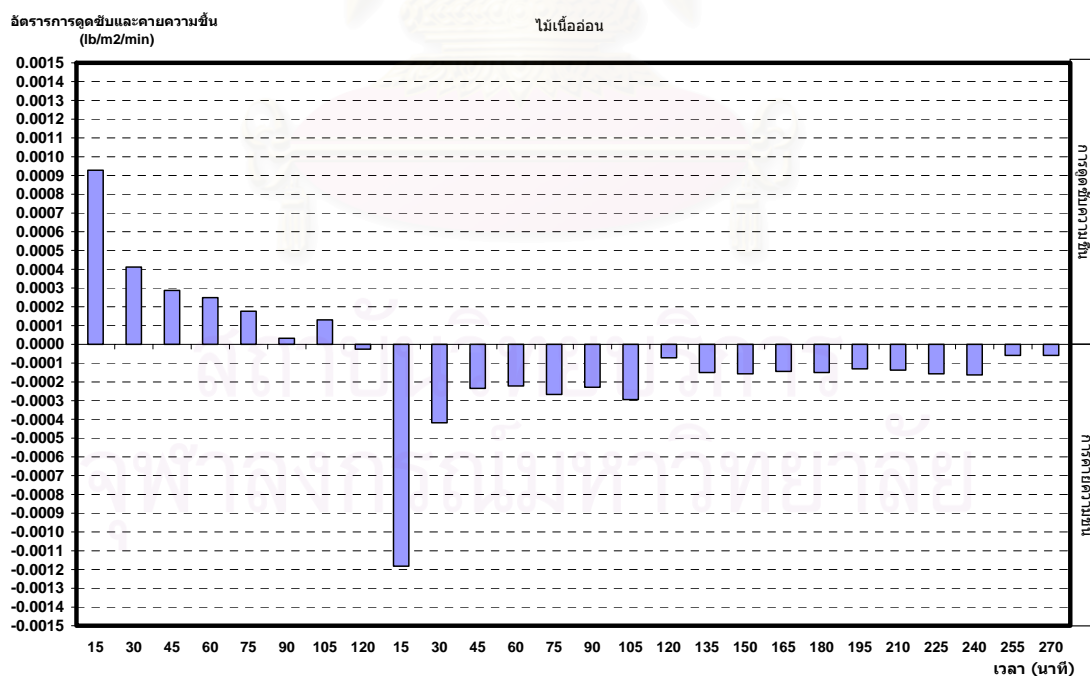
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

4. ไม้เนื้ออ่อน



แผนภูมิที่ 3.42 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของไม้เนื้ออ่อนที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x2 ซม..

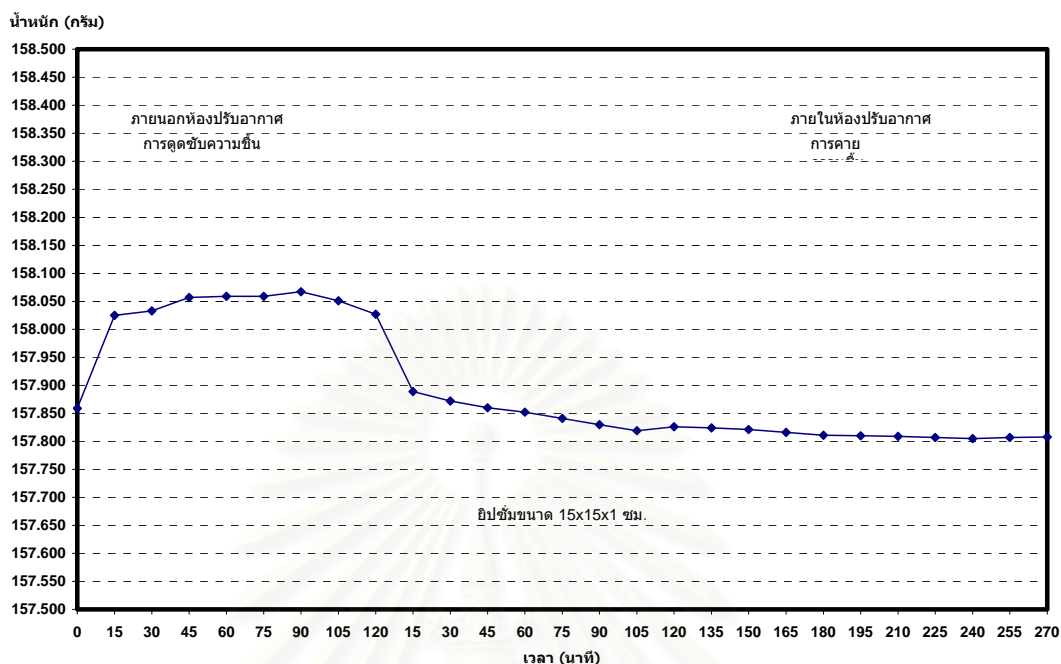
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.43 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของไม้เนื้ออ่อนที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x2 ซม..

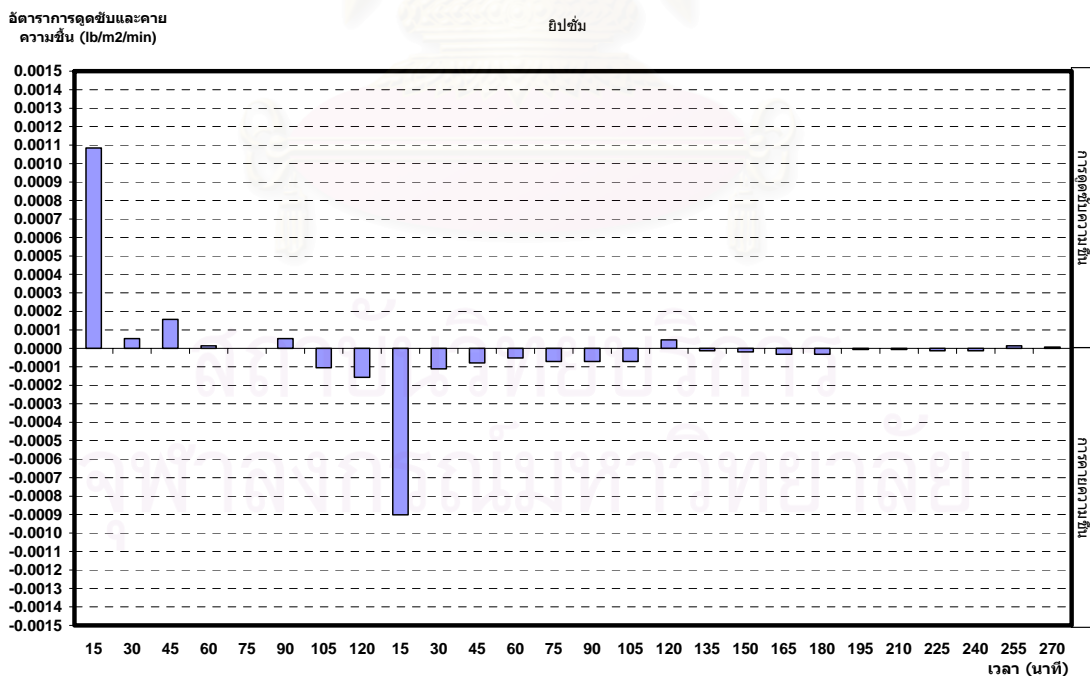
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

5. ยิปซั่ม



แผนภูมิที่ 3.44 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของยิปซั่มที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x1 ซม..

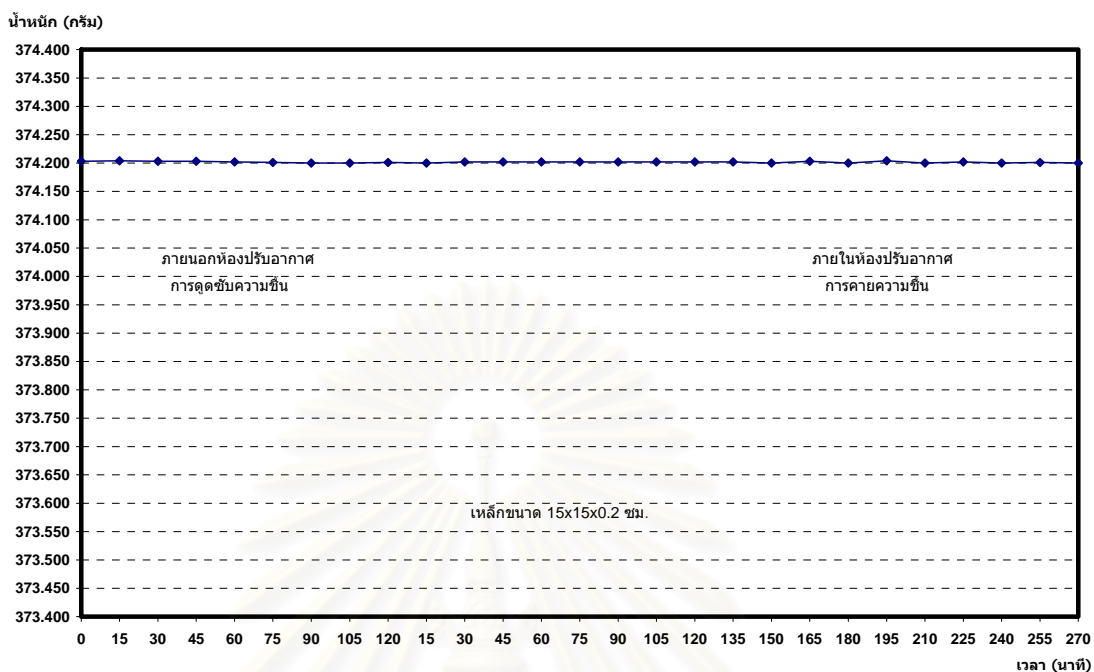
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.45 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของยิปซั่มที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x1 ซม..

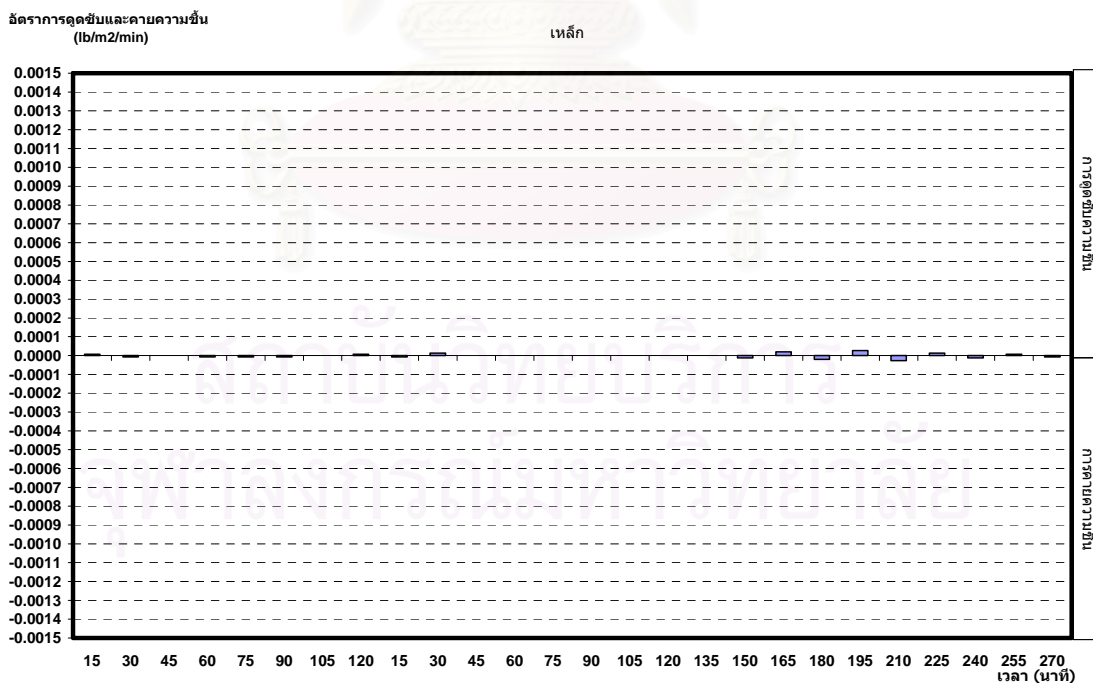
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

6. แผ่นเหล็ก



แผนภูมิที่ 3.46 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแผ่นเหล็กที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x0.2 ซม..

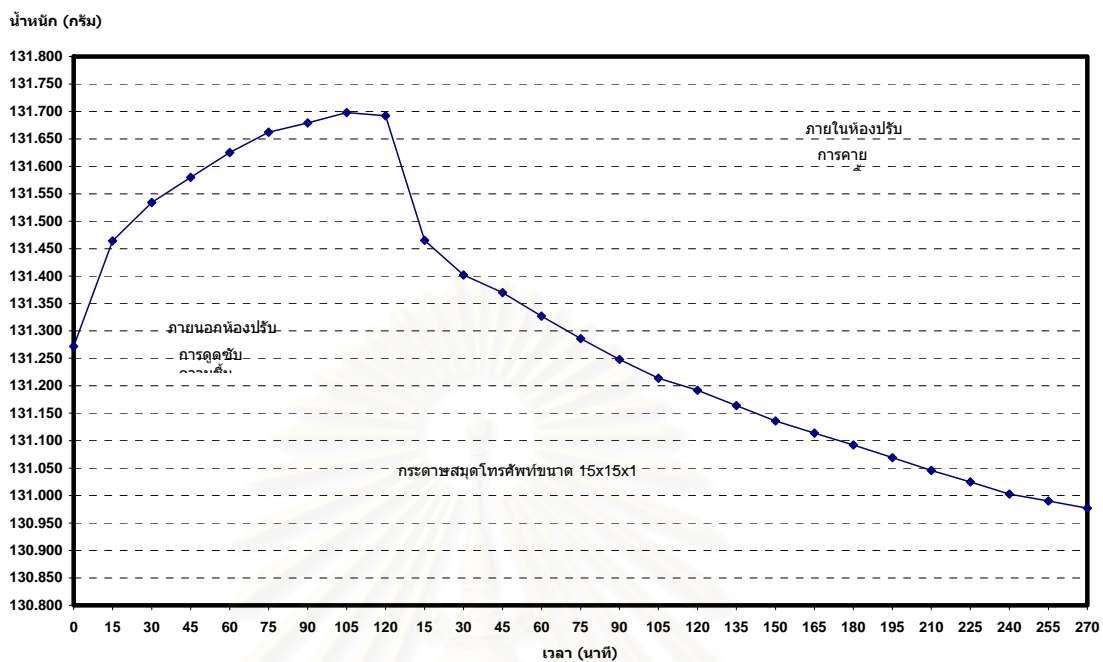
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.47 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของแผ่นเหล็กที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x0.2 ซม..

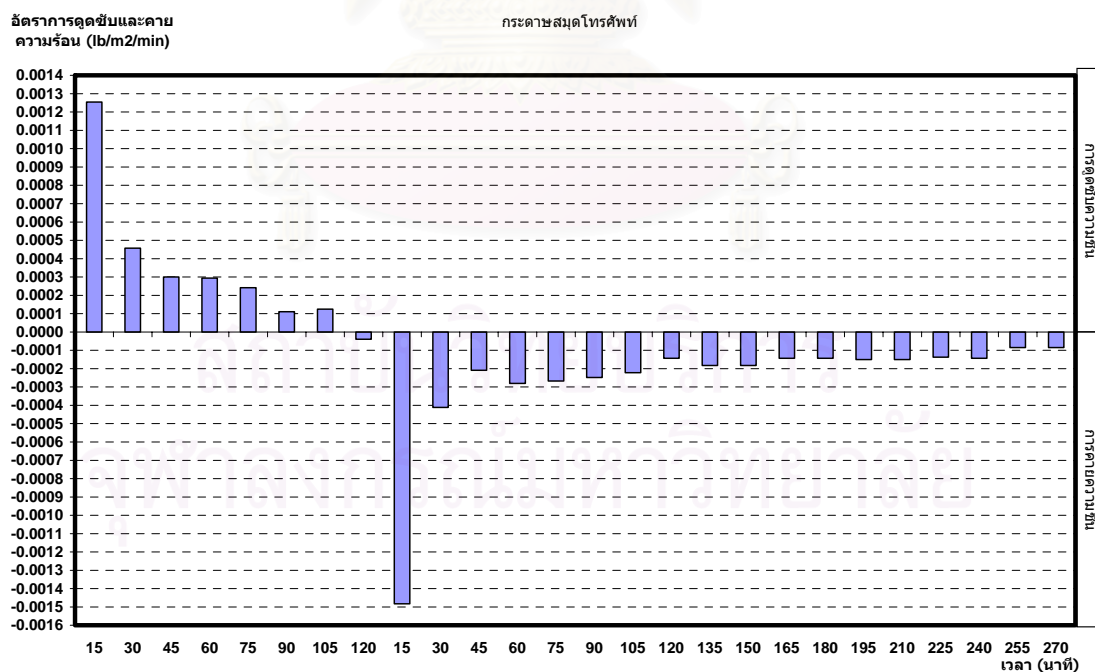
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

7. กระดาษสมุดโทรศัพท์



แผนภูมิที่ 3.48 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของกระดาษสมุดโทรศัพท์ที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x2 ซม..

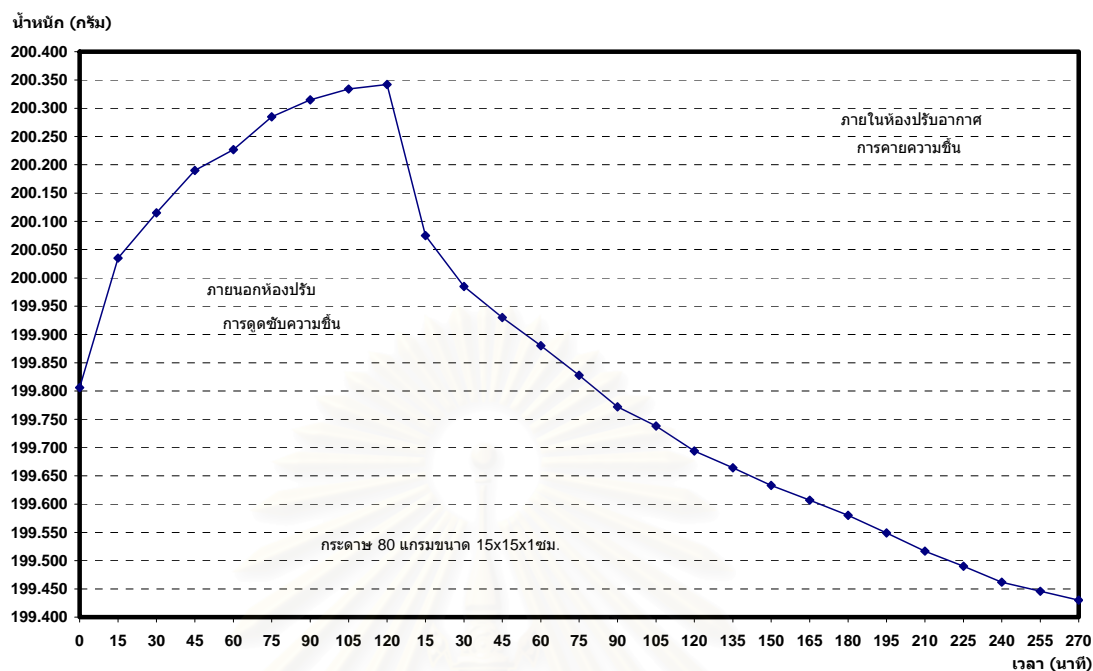
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.49 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของกระดาษสมุดโทรศัพท์ที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x2 ซม.

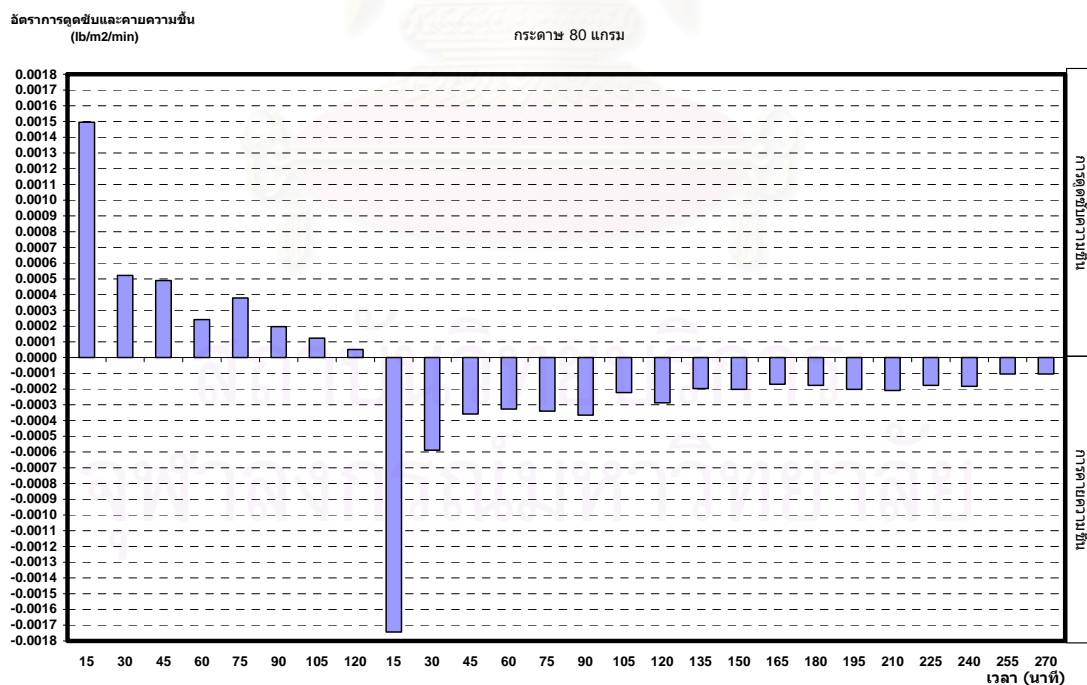
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

8. กระดาษ 80 แกรม



แผนภูมิที่ 3.50 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของกระดาษ 80 แกรม ที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x2 ซม.

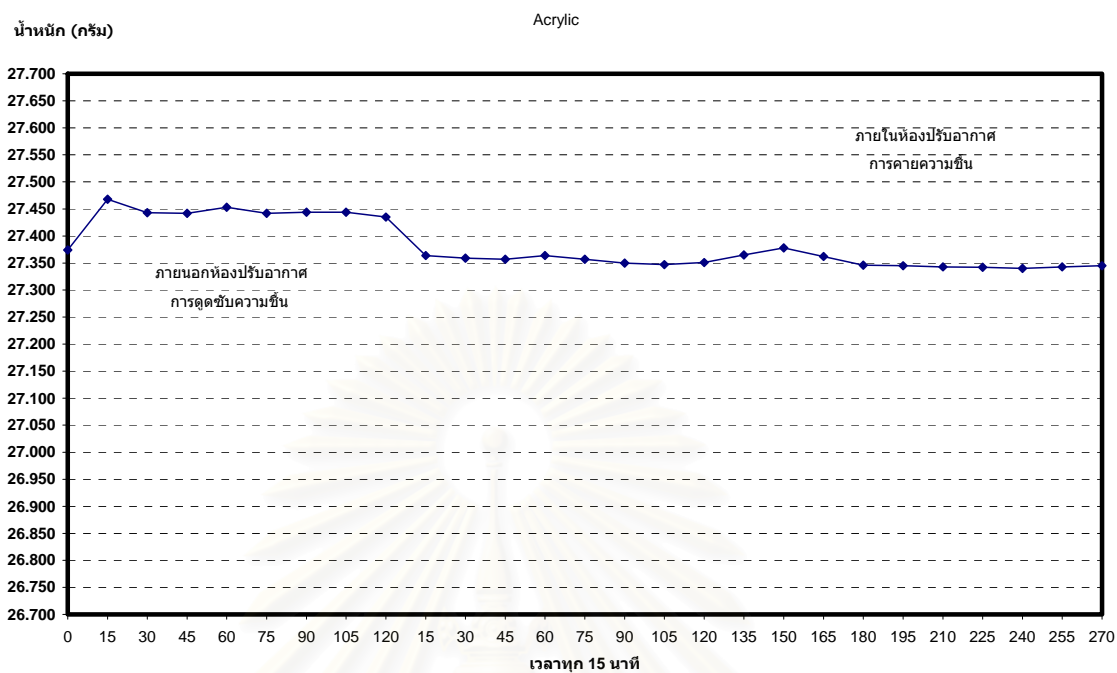
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.51 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของกระดาษ 80 แกรม ที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x2 ซม.

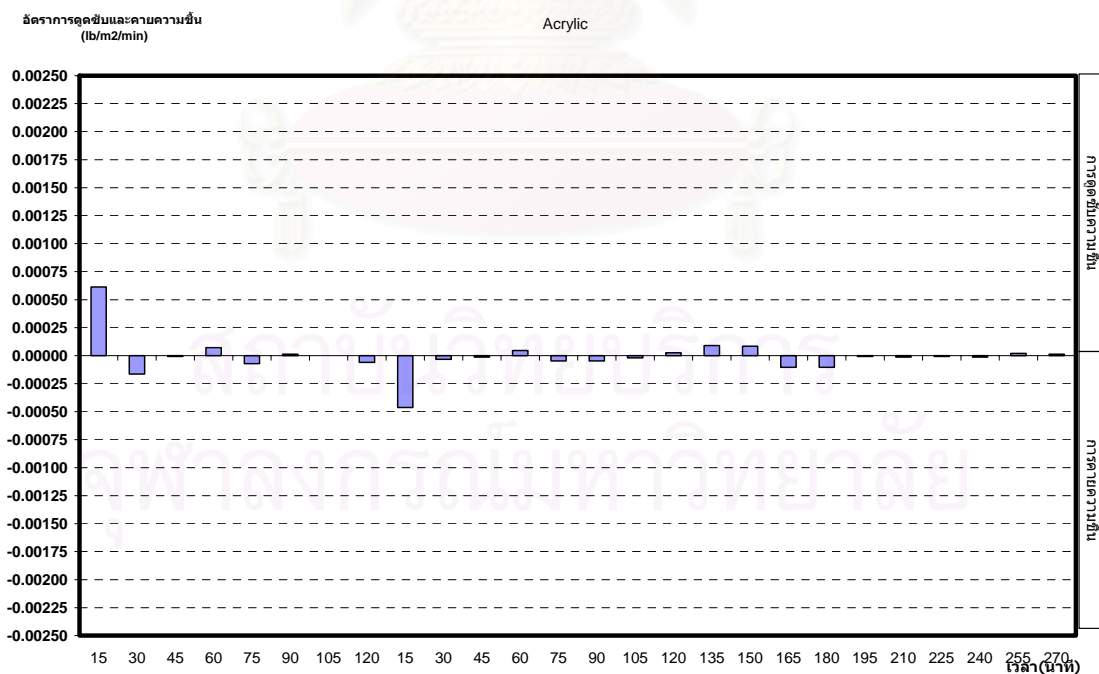
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

9. พรมอะคริลิก



แผนภูมิที่ 3.52 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพรมอะคริลิกที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x1 ซม..

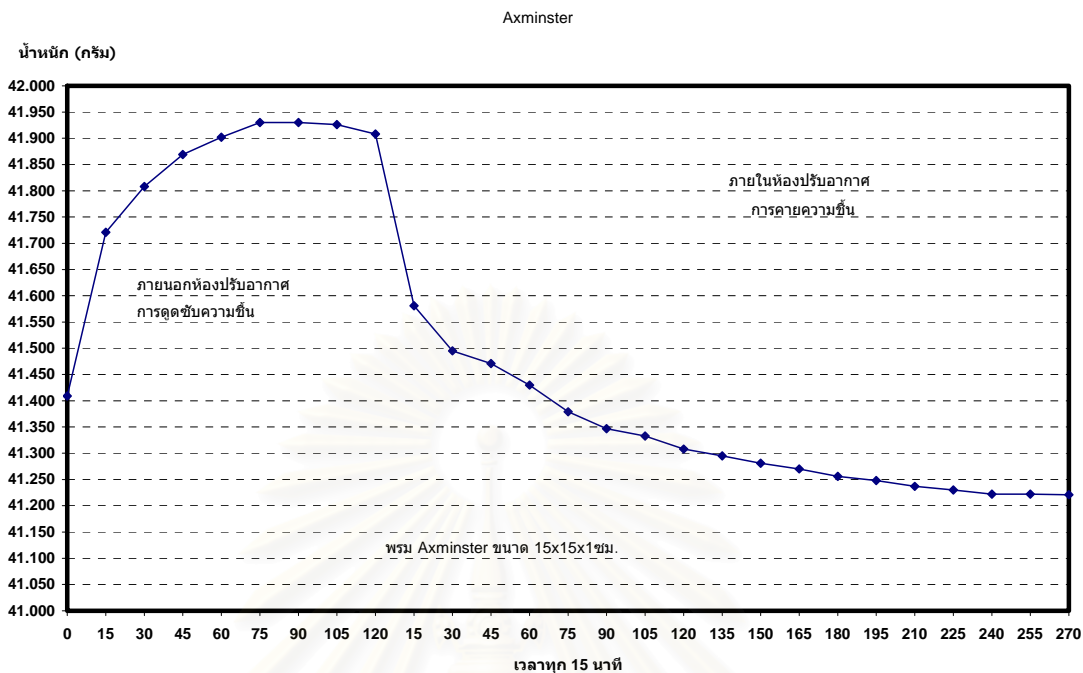
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.53 แสดงอัตราการดูดซับ-คาย ความชื้นของพรมอะคริลิกที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x1 ซม..

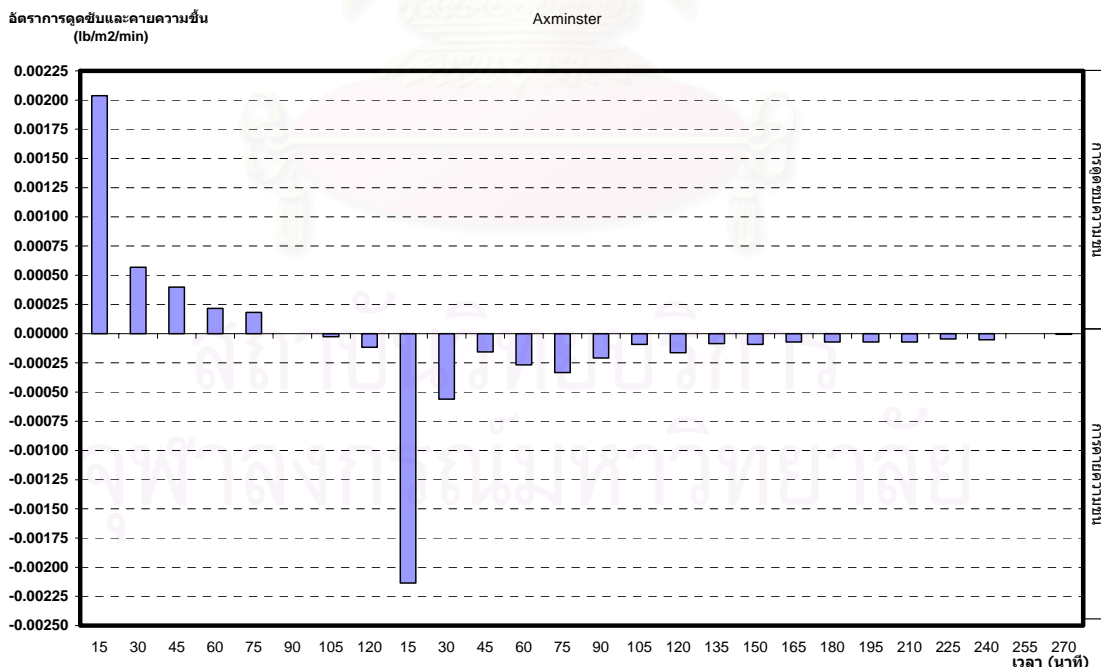
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

10. พรม Axminster



แผนภูมิที่ 3.54 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพรมAxminsterที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x1 ซม..

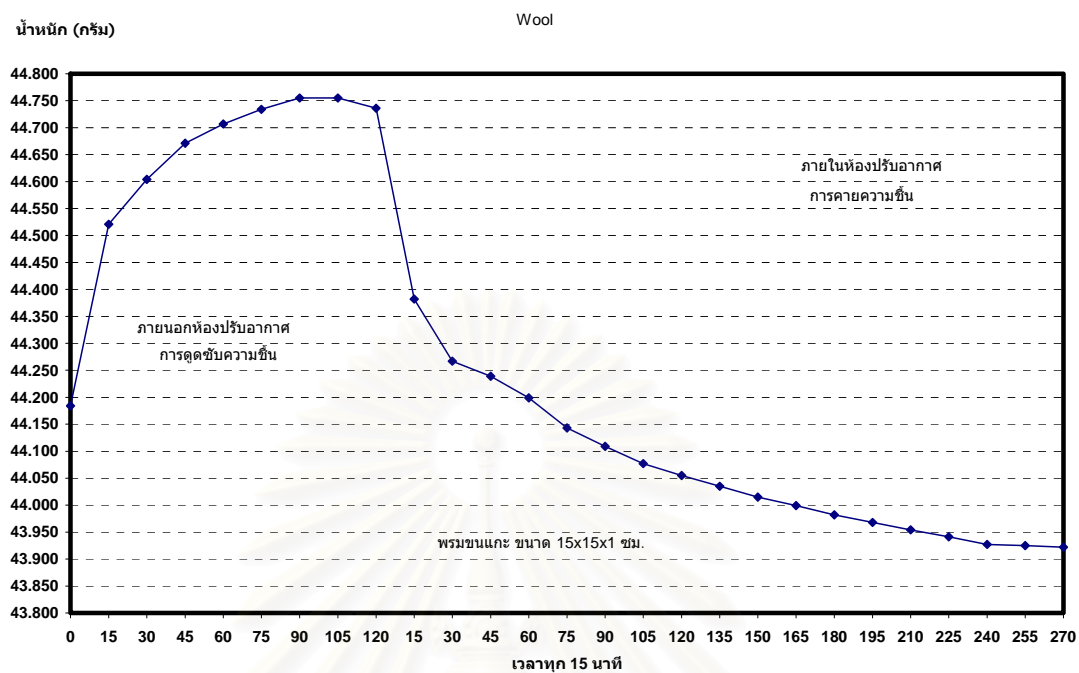
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.55 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของพรมAxminsterที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x1 ซม..

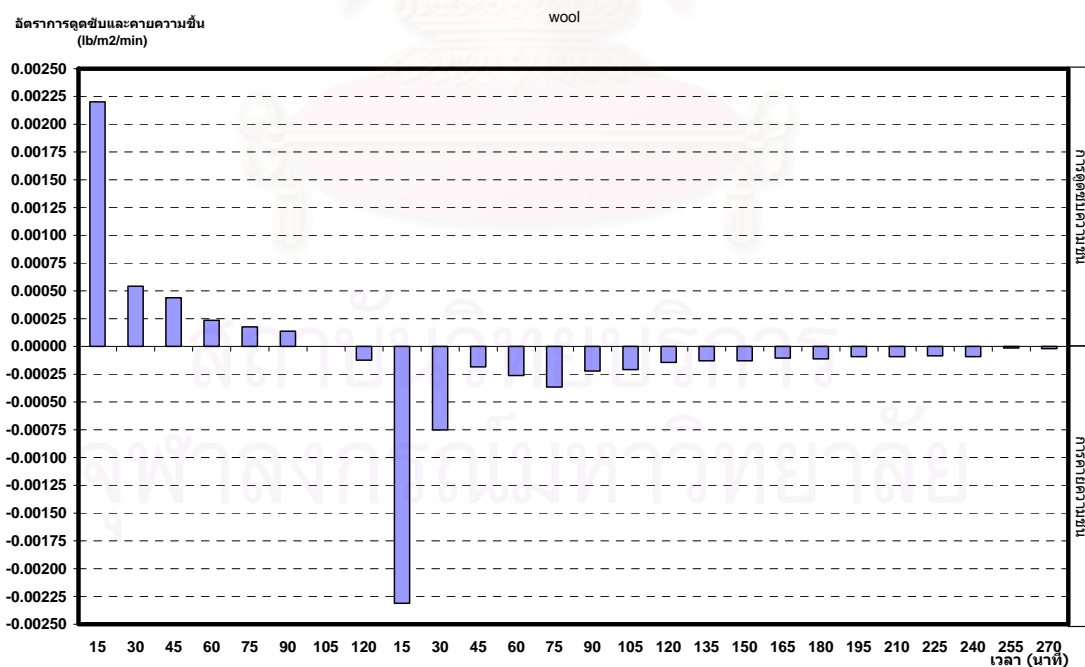
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

11. พรหมขนแกะ (Wool)



แผนภูมิที่ 3.56 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพรหมขนแกะที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x1 ซม..

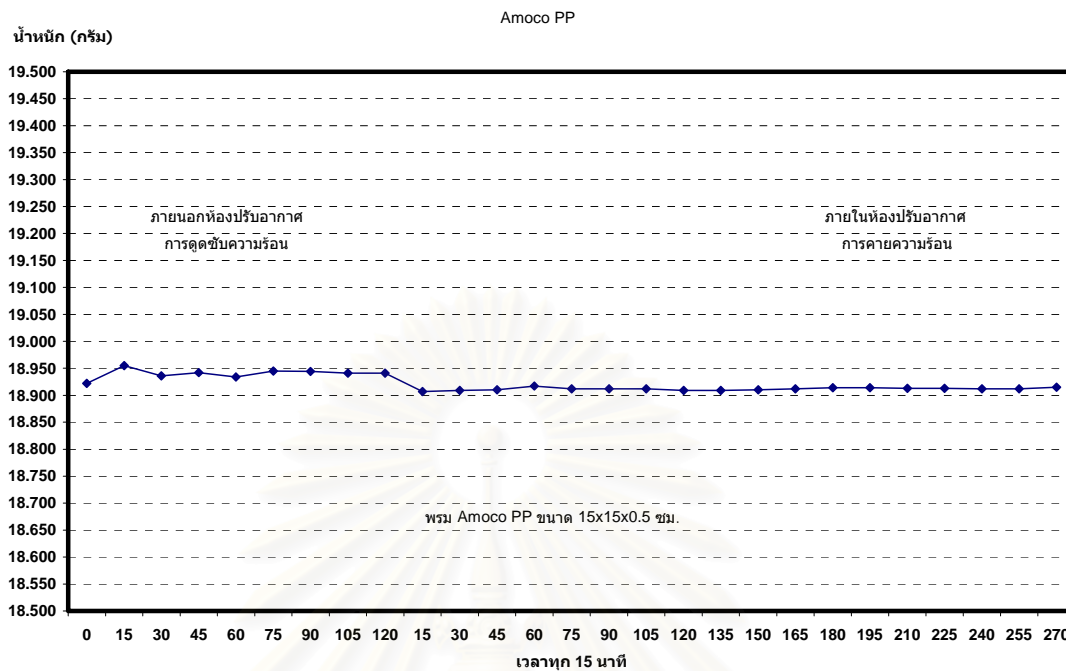
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.57 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของพรหมขนแกะที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x1 ซม..

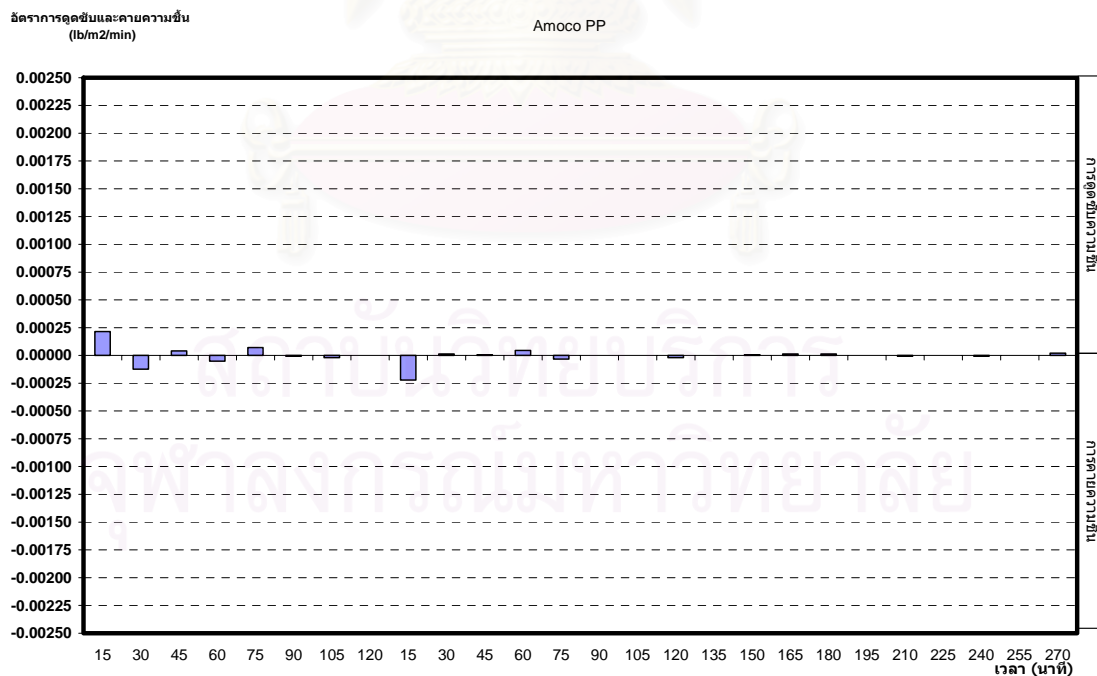
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

12. พรม Amoco PP



แผนภูมิที่ 3.58 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพรม Amoco PP ที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x0.5 ซม..

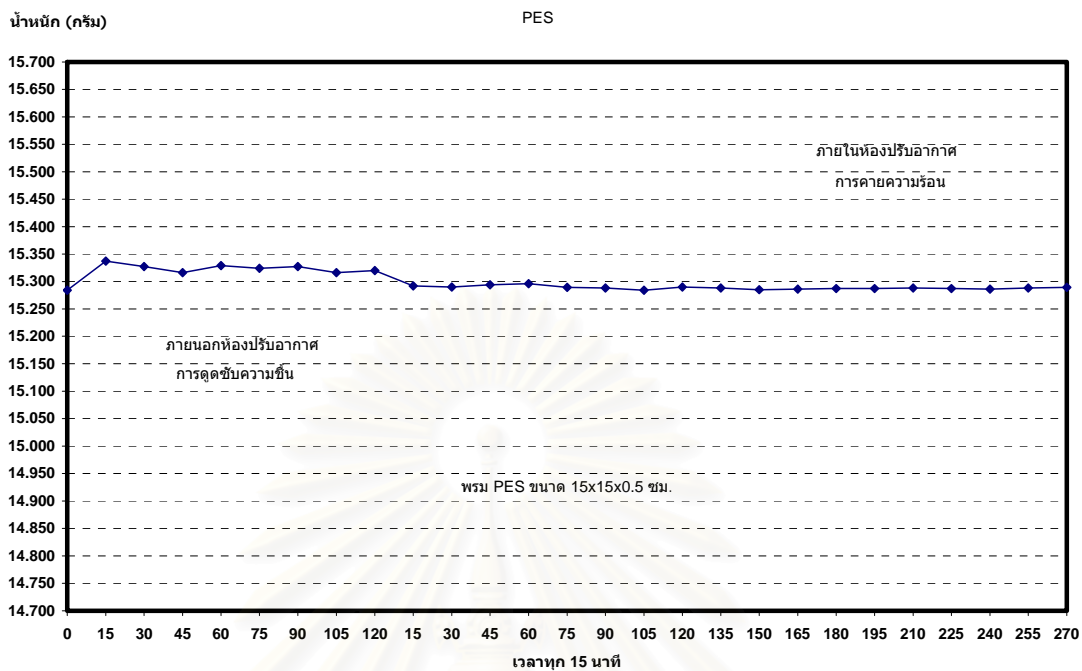
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.59 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความร้อนของพรม Amoco PP ที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x0.5

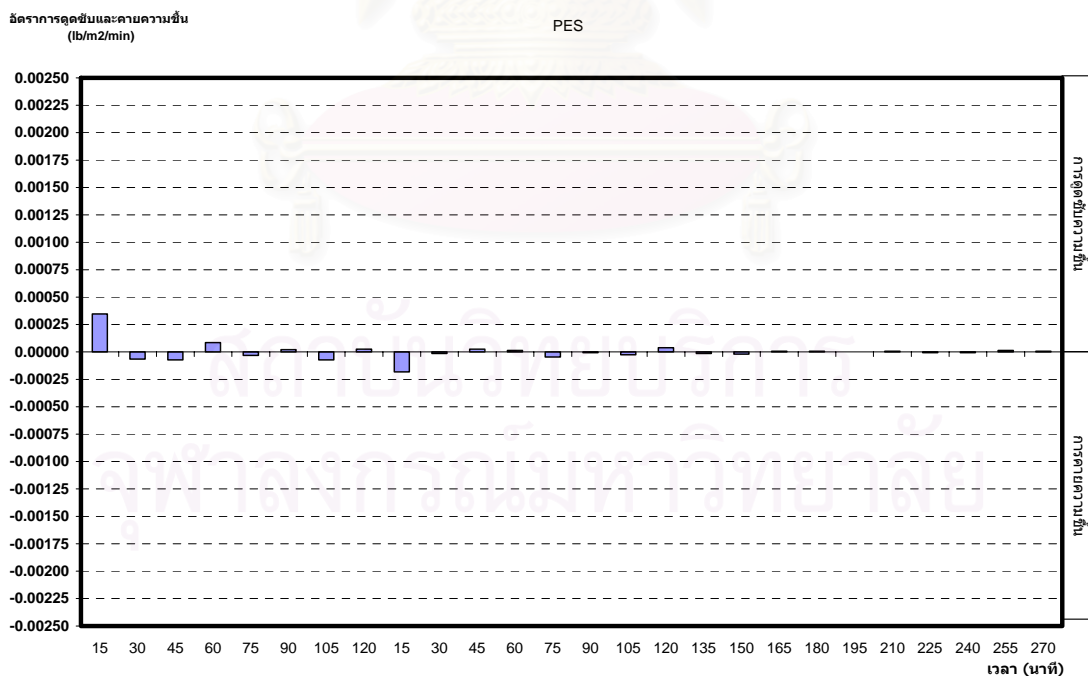
ซม.(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

13. พรหม PES



แผนภูมิที่ 3.60 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพรหม PES ที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x0.5 ซม.

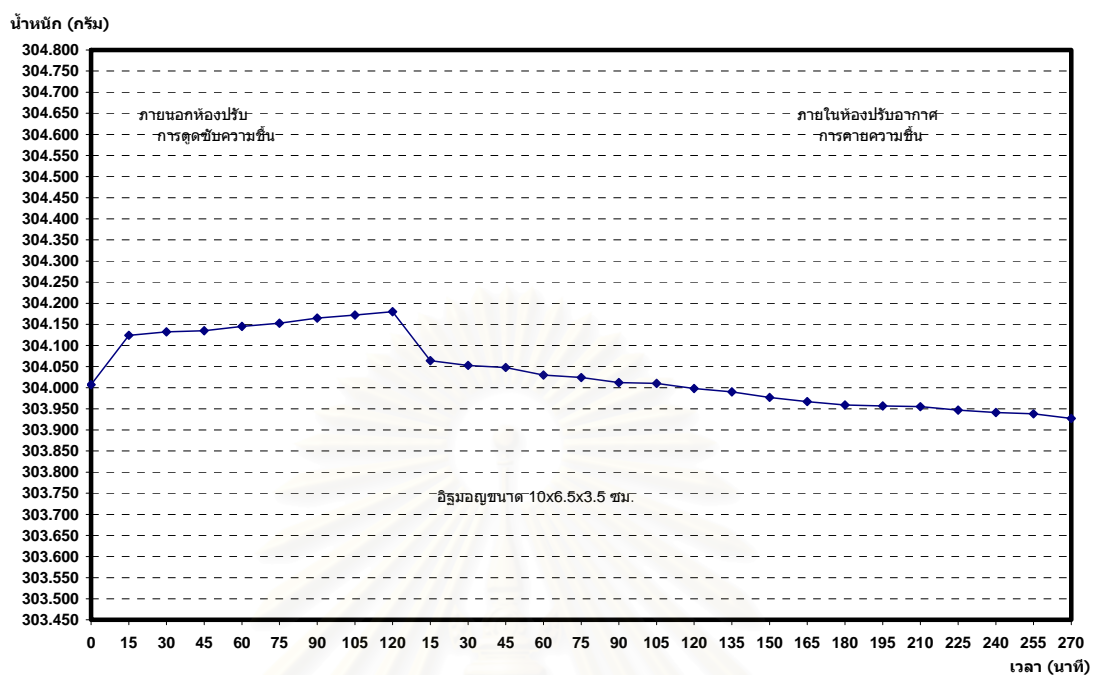
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.61 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของพรหม PES ที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x0.5 ซม.

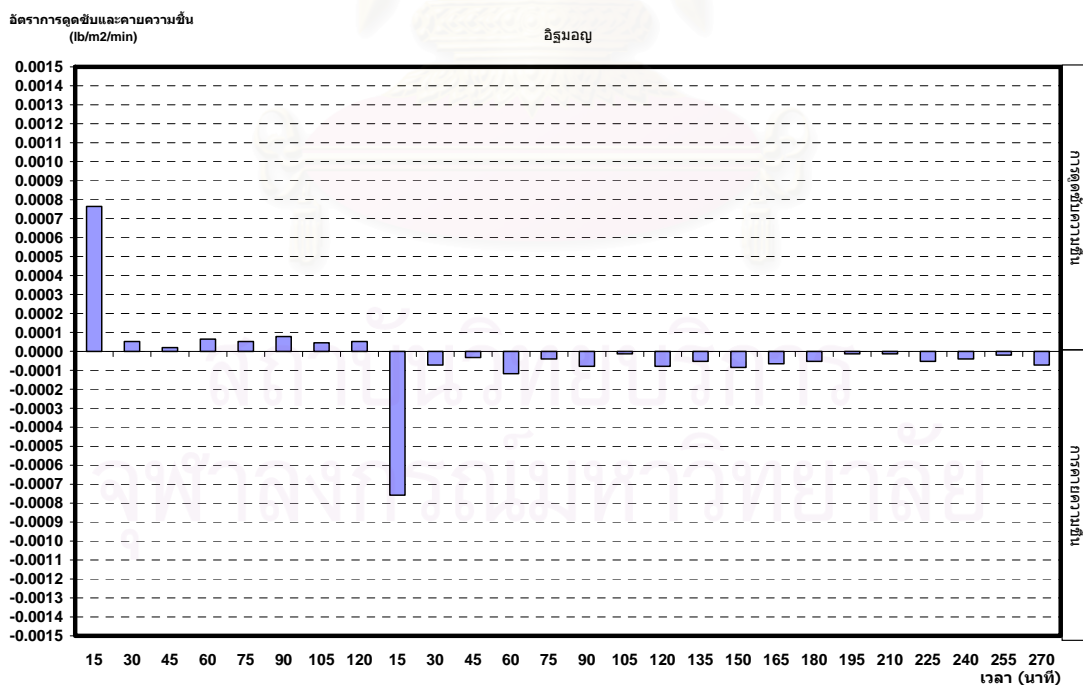
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

14. อีฐดินเผา



แผนภูมิที่ 3.62 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของอิฐดินเผาที่ใช้ทดลองขนาด 6.5x10x3 ซม.

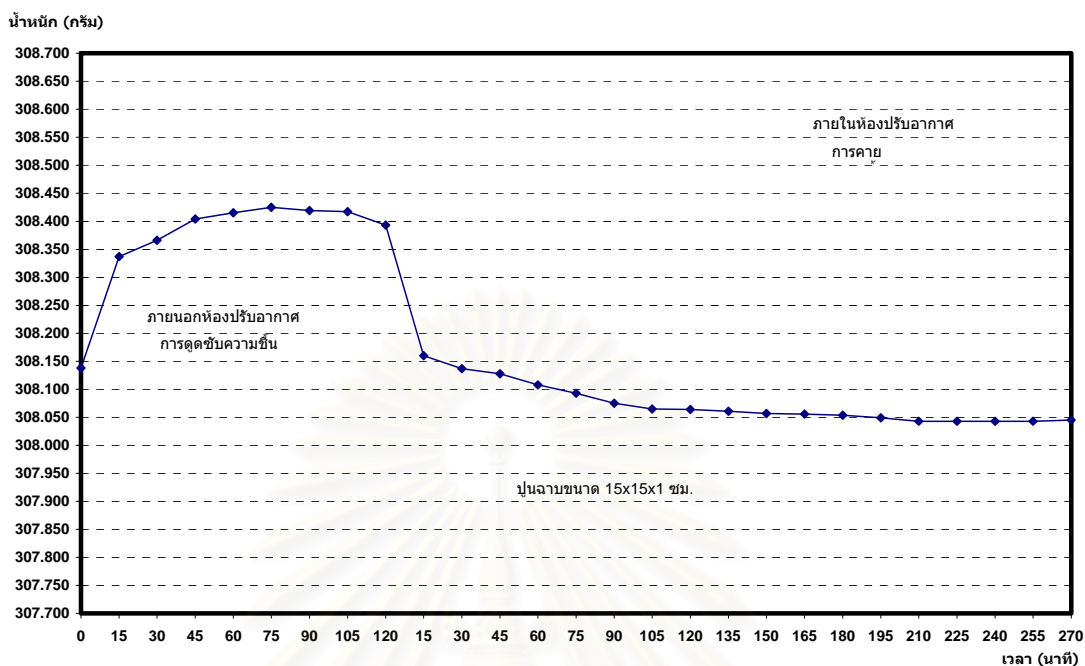
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



แผนภูมิที่ 3.63 แสดงอัตราการดูดซับ-คายความชื้นของอิฐดินเผาที่ใช้ทดลองขนาด 6.5x10x3 ซม.

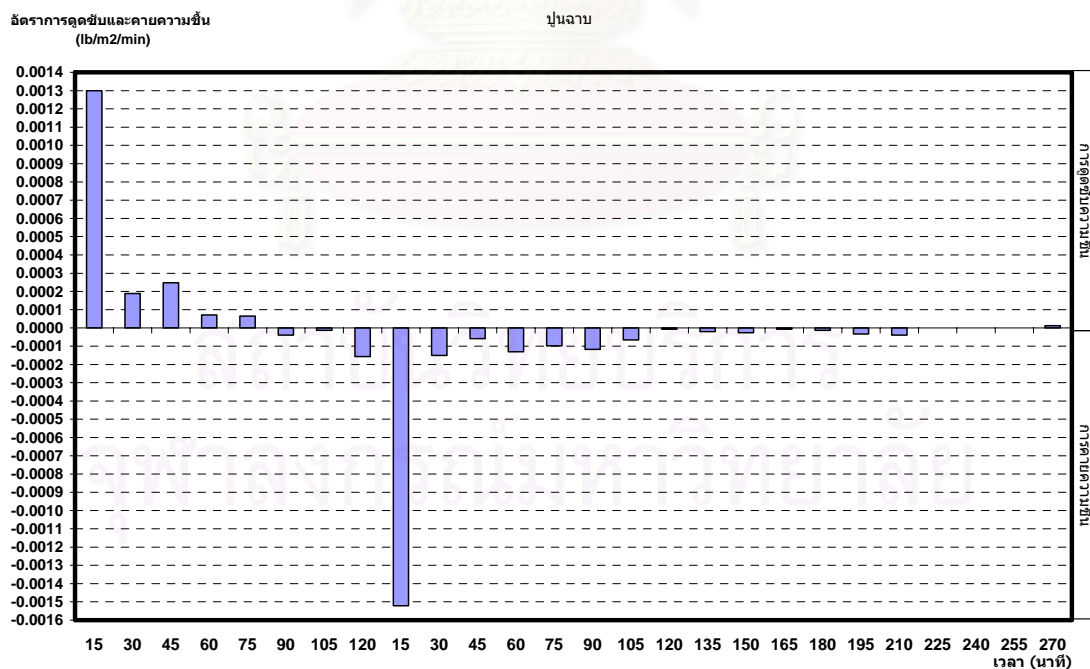
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

15. ปูนฉาบ



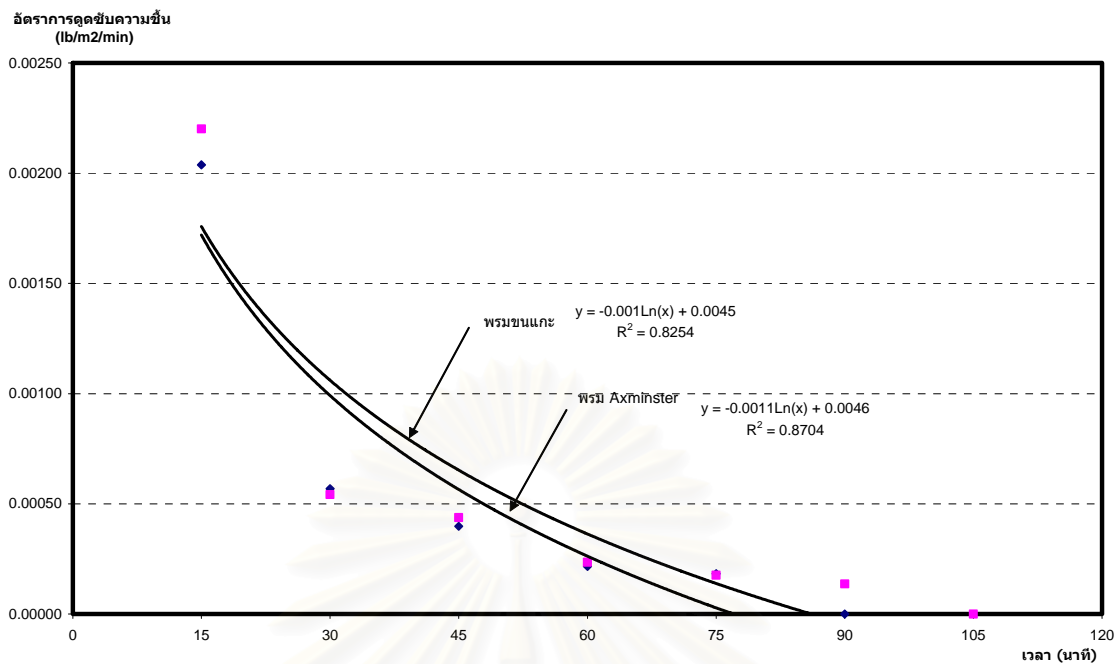
แผนภูมิที่ 3.64 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของปูนฉาบที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x1 ซม.

(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

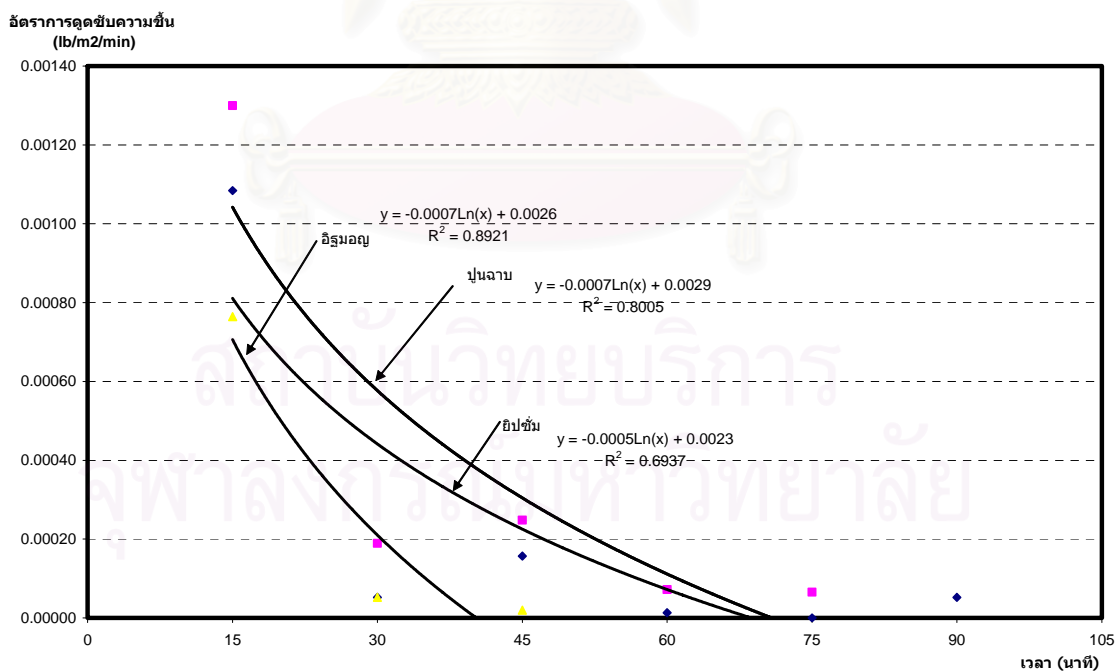


แผนภูมิที่ 3.65 แสดงอัตราการดูดซึมน้ำ-คายความชื้นของปูนฉาบที่ใช้ทดลองขนาด 15x15x1 ซม.

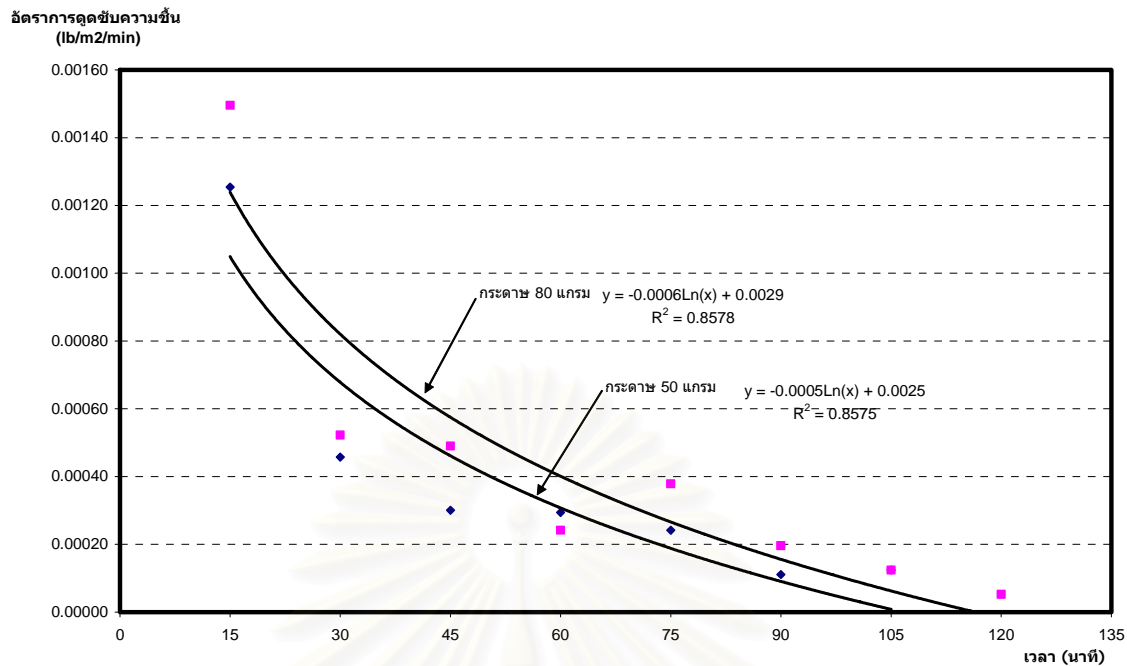
(รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)



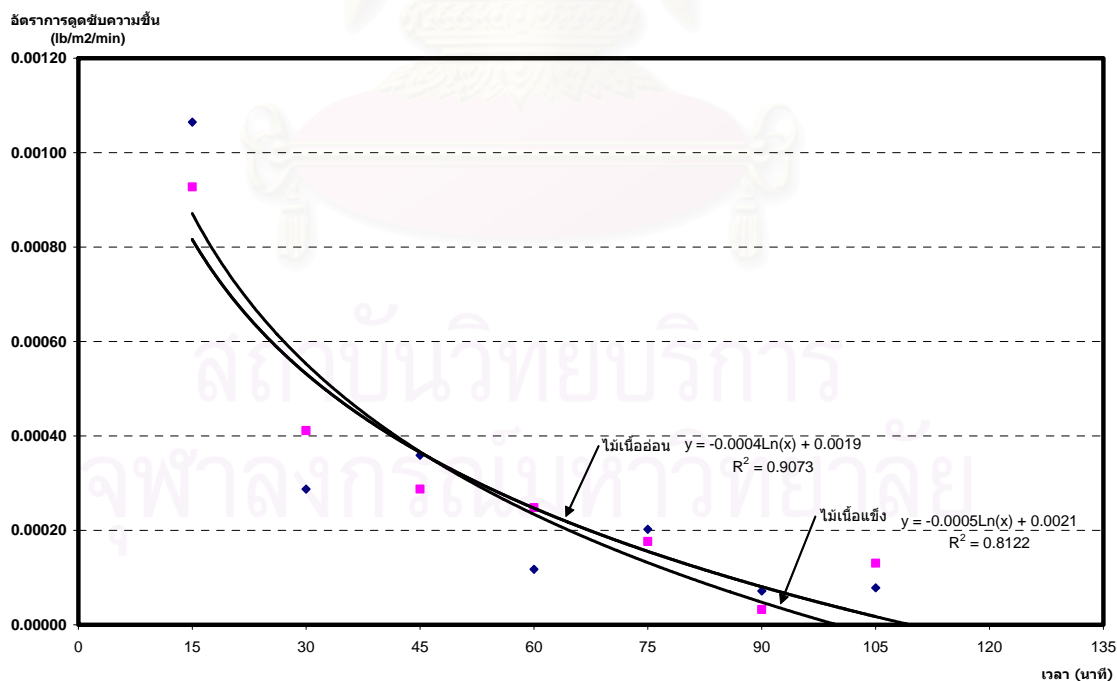
แผนภูมิที่ 3.66 แสดงเวลาที่ใช้ในการดูดซับความชื้น ของ พรมขนแกะ และพรม Axminster



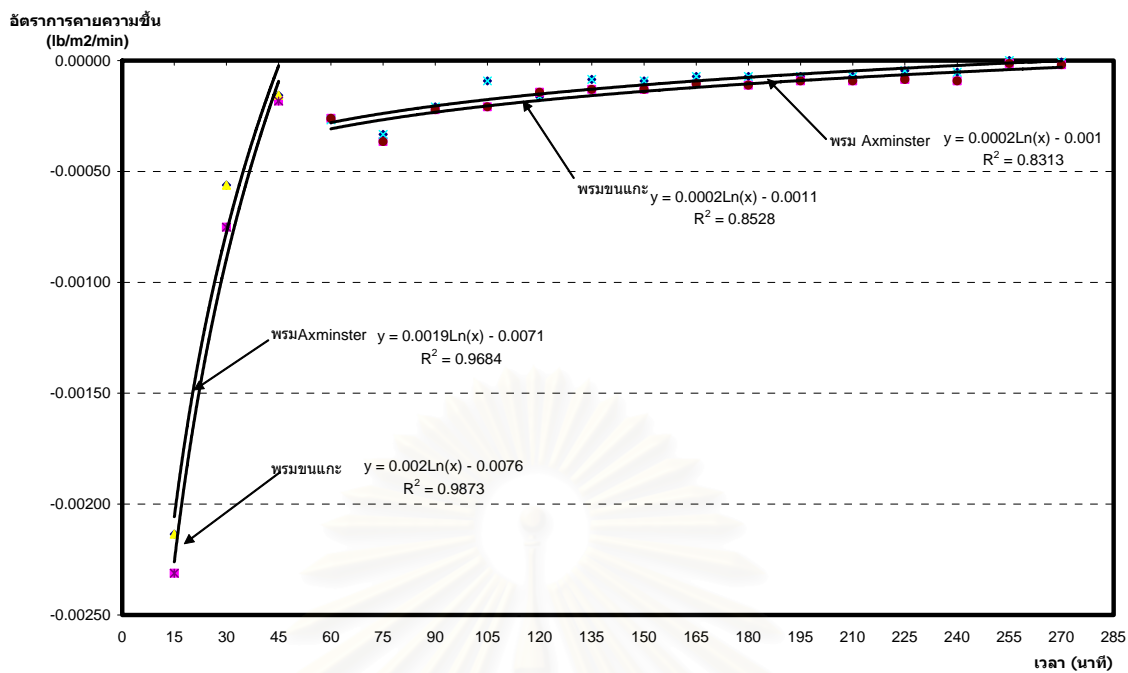
แผนภูมิที่ 3.67 แสดงเวลาที่ใช้ในการดูดซับความชื้น ของ ปูนฉาบ ยิปซัม และอิฐดินเผา



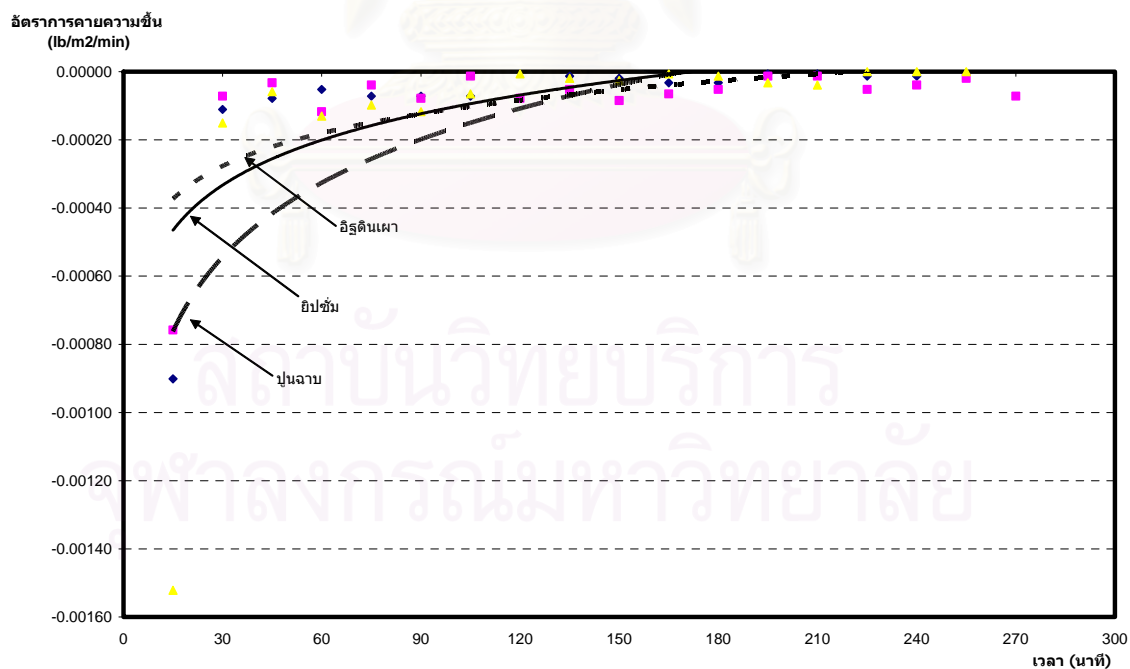
แผนภูมิที่ 3.68 แสดงเวลาที่ใช้ในการดูดซับความชื้น ของ กระดาษ 80 กรัม และกระดาษ 50 กรัม



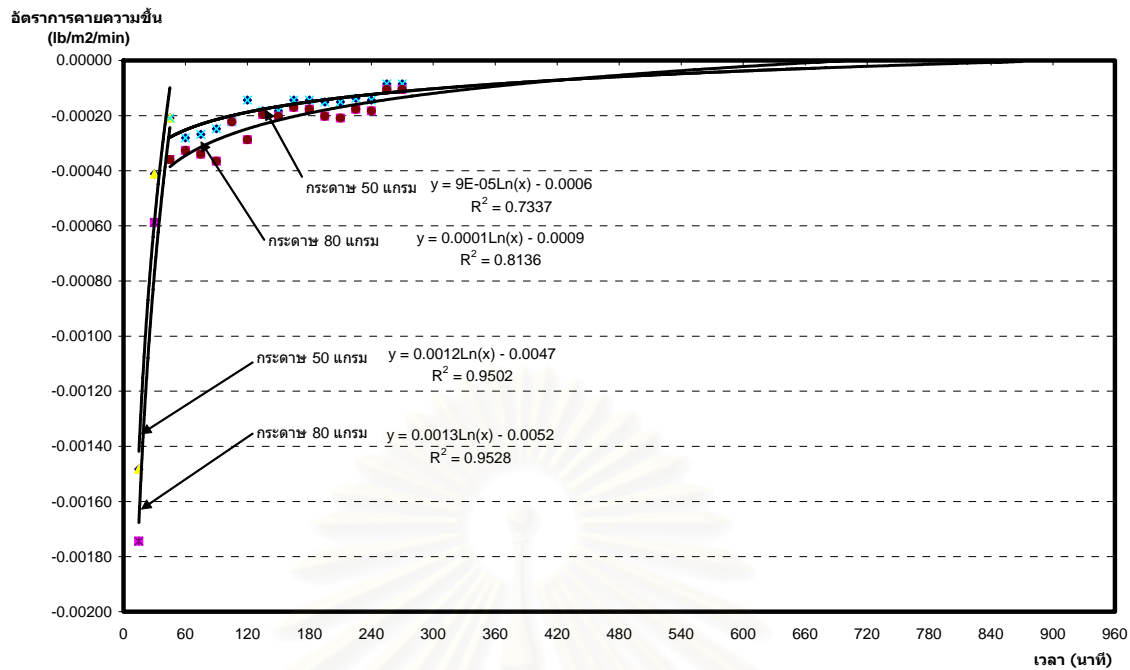
แผนภูมิที่ 3.69 แสดงเวลาที่ใช้ในการดูดซับความชื้น ของ ไม่เนื้ออ่อน และไม่เนื้อแข็ง



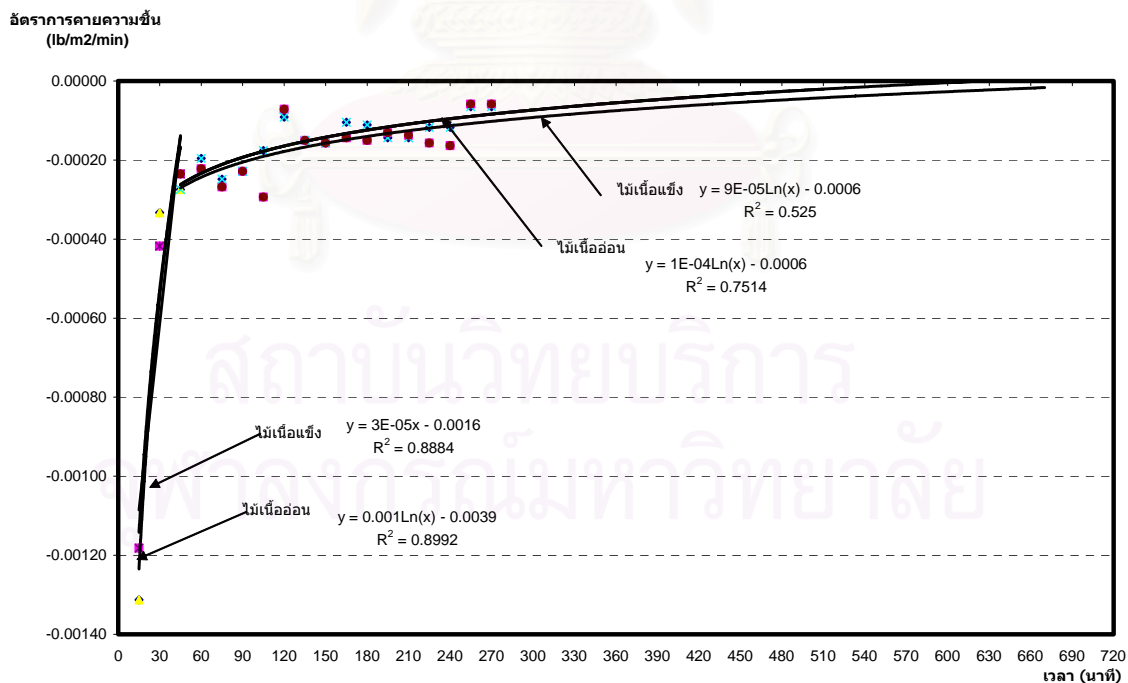
แผนภูมิที่ 3. 70 แสดงเวลาที่ใช้ในการคายความชื้น ของ พรมขนแกะ และพรม Axminster



แผนภูมิที่ 3. 71 แสดงเวลาที่ใช้ในการคายความชื้น ของ ปูนฉาบ ยิปซั่มและอิฐดินเผา



แผนภูมิที่ 3. 72 แสดงเวลาที่ใช้ในการคายความชื้น ของ กระดาษ 80 กรัม และกระดาษ 50 กรัม



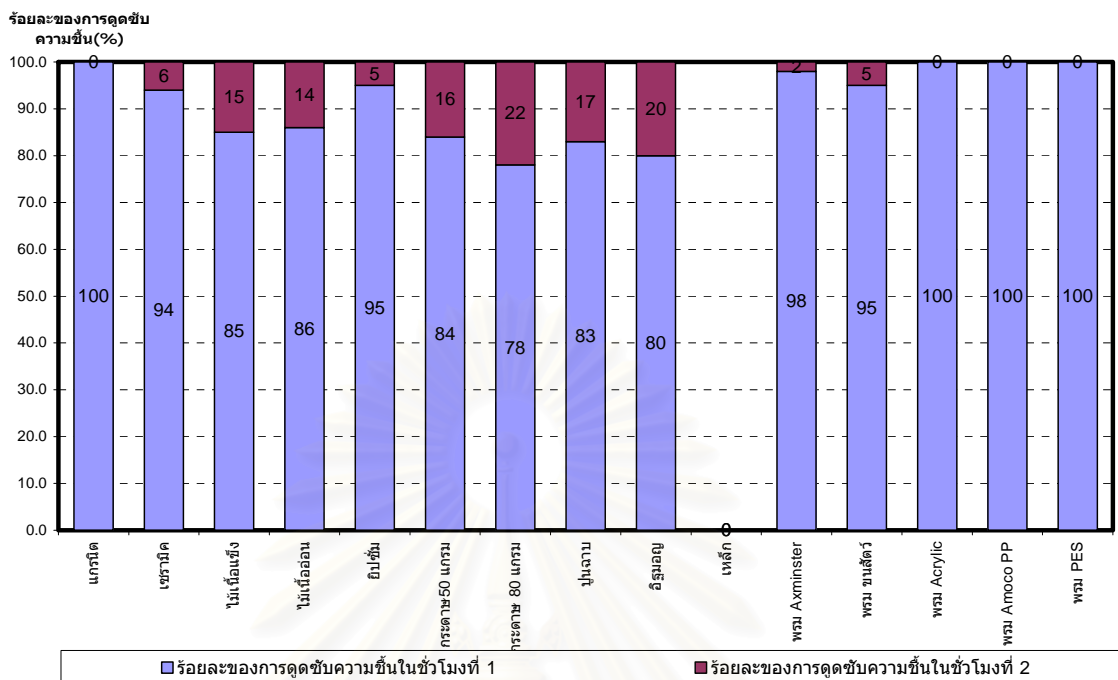
แผนภูมิที่ 3. 73 แสดงเวลาที่ใช้ในการคายความชื้น ของ ไม้เนื้ออ่อน และไม้เนื้อแข็ง

วัสดุทดสอบ	เวลาที่ใช้ในการดูดซับความชื้น (ชั่วโมง)	เวลาที่ใช้ในการคายความชื้น(ชั่วโมง)
กระเบื้องแกรนิต	1 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง
กระเบื้องเซรามิก	1-2 ชั่วโมง	1-2 ชั่วโมง
กระดาศ 80 แกรม	1-2 ชั่วโมง	มากกว่า 10 ชม.
ไม้เนื้ออ่อน	1-2 ชั่วโมง	8-10 ชั่วโมง
ไม้เนื้อแข็ง	1-2 ชั่วโมง	มากกว่า 10 ชม.
ปูนฉาบ	1-2 ชั่วโมง	2-3 ชั่วโมง
อิฐดินเผา	1-2 ชั่วโมง	3-4 ชั่วโมง
กระดาศ 50 แกรม	1-2 ชั่วโมง	มากกว่า 10 ชม.
แผ่นเหล็ก	0	0
แผ่นยิปซัม	1-2 ชั่วโมง	2-3 ชั่วโมง
พรมขนแกะ	1-2 ชั่วโมง	4-5 ชั่วโมง
พรมAxminster	1-2 ชั่วโมง	4-5 ชั่วโมง
พรมอะคริลิก	1 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
พรมAmoco PP	1 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง
พรมPES	1 ชั่วโมง	15-30 นาที

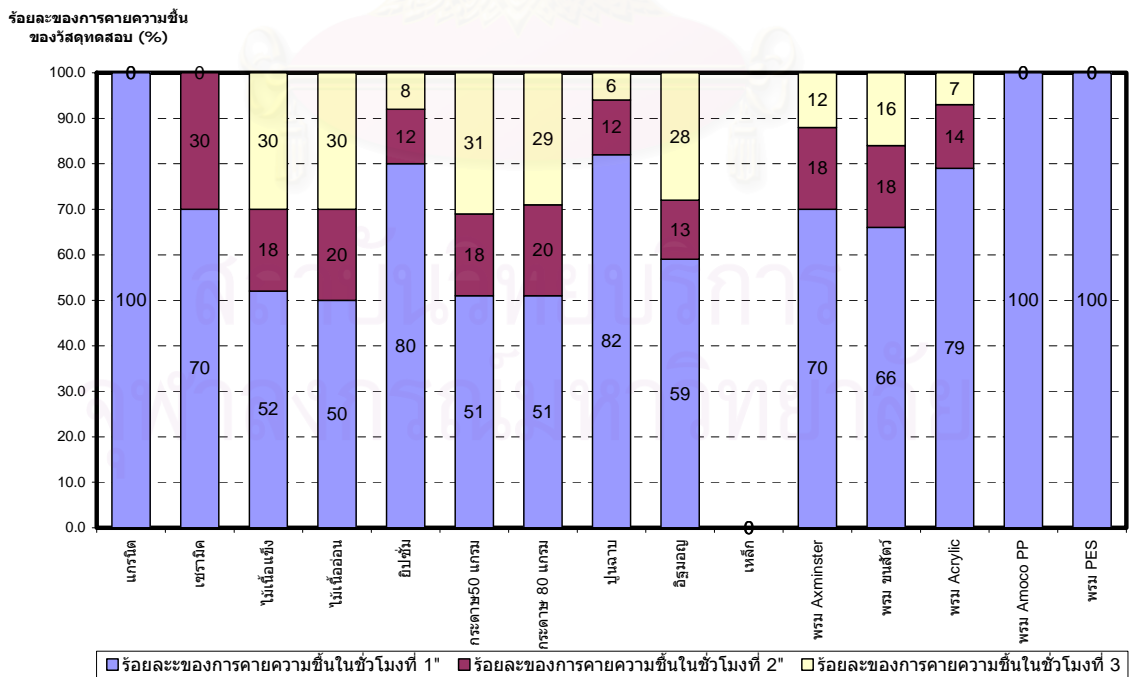
ตารางที่ 3-3 แสดงระยะเวลาในการดูดซับและคายความชื้นของวัสดุทดสอบ

วัสดุทดสอบ	ร้อยละของการดูดซับความชื้น		ร้อยละของการคายความชื้น		
	ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงอื่นๆ
แกรนิต	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0
เซรามิก	94.0	6.0	70	30.0	0.0
ไม้เนื้อแข็ง	85.0	15.0	52.0	18.0	30.0
ไม้เนื้ออ่อน	86.0	14.0	50.0	20.0	30.0
ยิปซัม	95.0	5.0	80.0	12.0	8.0
กระดาศ50 แกรม	84.0	16.0	51.0	18.0	31.0
กระดาศ 80 แกรม	78.0	22.0	51.0	20.0	29.0
ปูนฉาบ	83.0	17.0	82.0	12.0	6.0
อิฐมอญ	80.0	20.0	59.0	13.0	28.0
เหล็ก	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
พรม Axminster	98.0	2.0	70.0	18.0	12.0
พรม ขนสัตว์	95.0	5.0	66.0	18.0	16.0
พรม Acrylic	100.0	0.0	79.0	14.0	7.0
พรม Amoco PP	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0
พรม PES	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0

ตารางที่ 3-4 แสดงร้อยละของการคายความร้อนและความชื้นของวัสดุทดสอบในชั่วโมงที่ 1 ที่ 2 และอื่นๆ

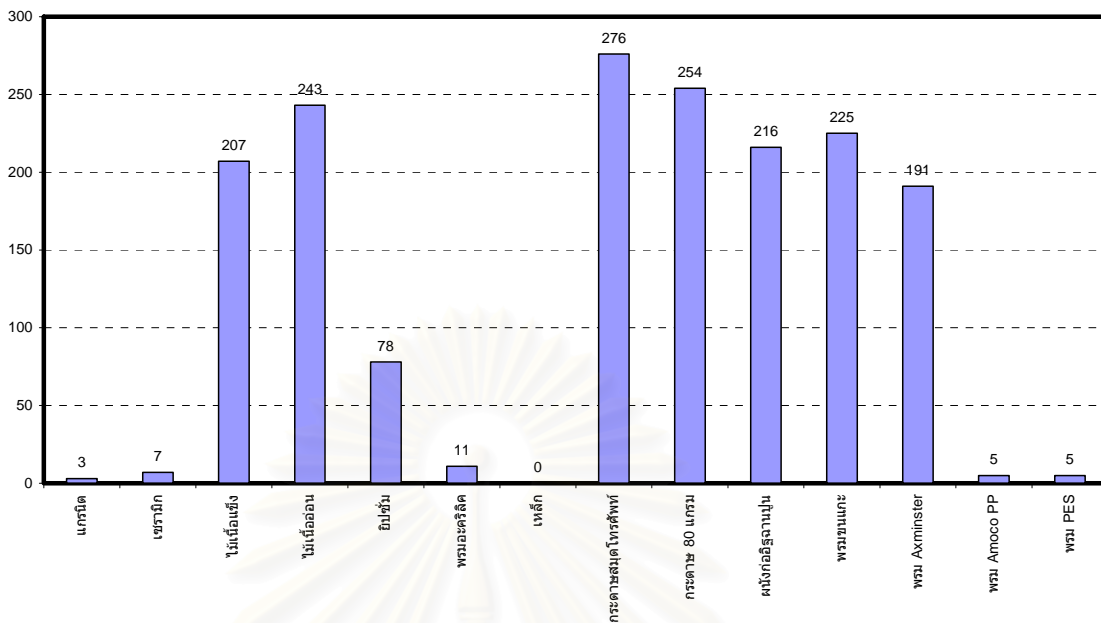


แผนภูมิที่ 3.74 แสดงร้อยละของการดูดซับความชื้นของวัสดุทดสอบในชั่วโมงที่ 1 ชั่วโมงที่ 2



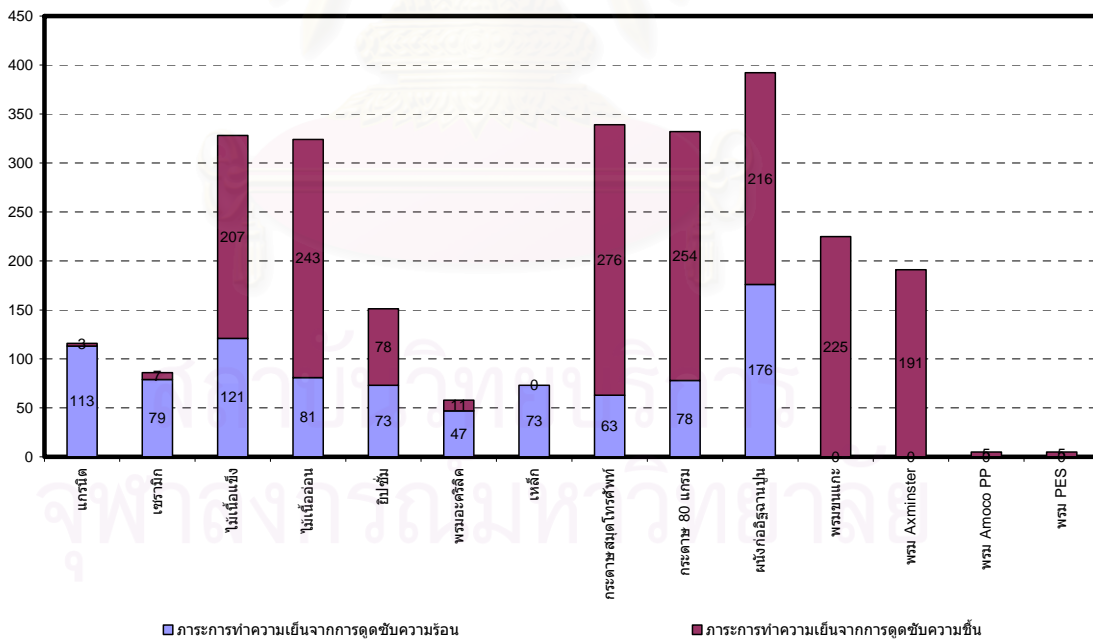
แผนภูมิที่ 3.75 แสดงร้อยละของการคายความชื้นของวัสดุทดสอบในชั่วโมงที่ 1 ชั่วโมงที่ 2 และชั่วโมงที่ 3

ภาระการทำความเย็น (Btu/m2)



แผนภูมิที่ 3.76 แสดงภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความชื้น (รังสีมา กาญจนสมบัติ, 2541)

ภาระการทำความเย็นรวมBtu/m2

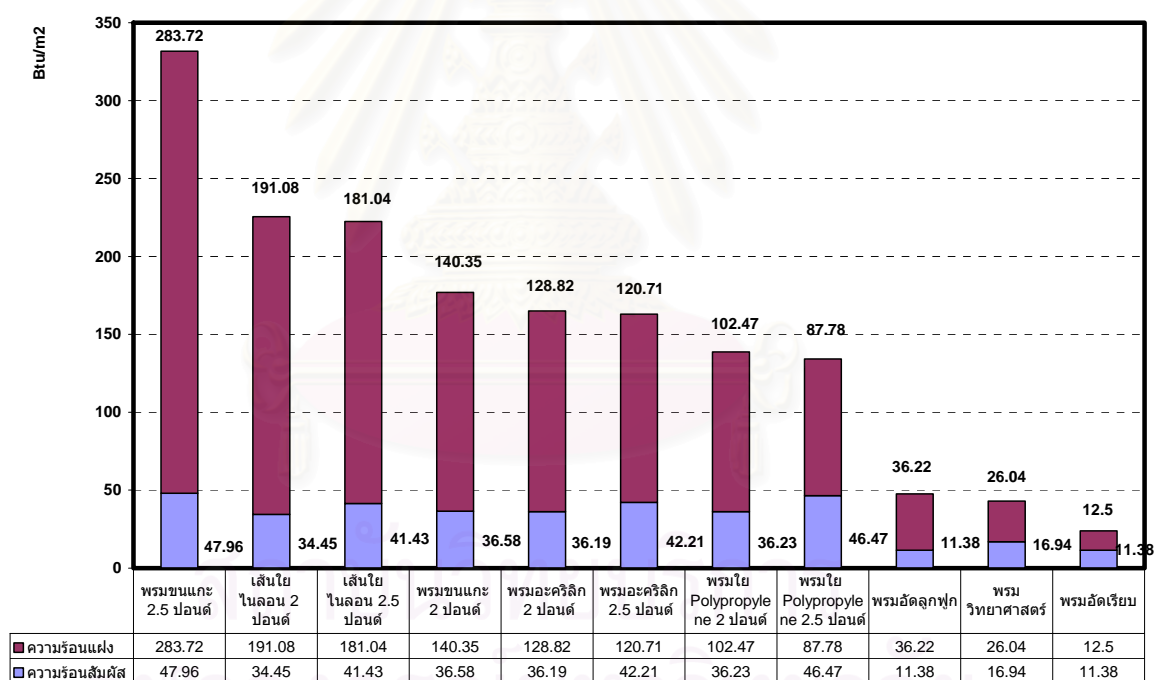


แผนภูมิที่ 3.77 แสดงภาระการทำความเย็นรวมจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุทดสอบ

ภาระการทำความเย็นของเครื่องเรือนที่เคยมีการศึกษาในงานวิจัยเรื่อง “ ผลกระทบของวัสดุตกแต่งภายในต่อการสะสมความร้อนและความชื้นภายในอาคาร” (วีรศักดิ์ ศลศิลป์ชัย, 2540) ได้ผลการศึกษาดังนี้

1. วัสดุประเภทพรม
2. วัสดุบุเฟอร์นิเจอร์
3. วัสดุประเภทผ้า
4. วัสดุประเภทโครงสร้าง
5. วัสดุประเภทวอลล์เปเปอร์
6. วัสดุประเภทหนังสือ

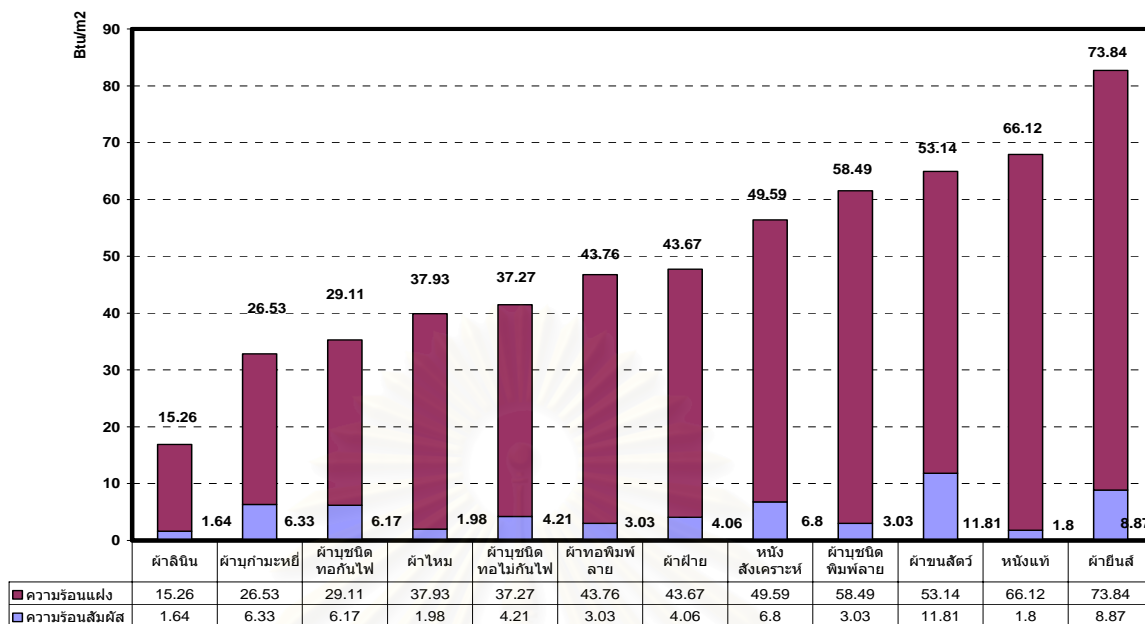
1. วัสดุประเภทพรม



แผนภูมิที่ 3.78 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุ

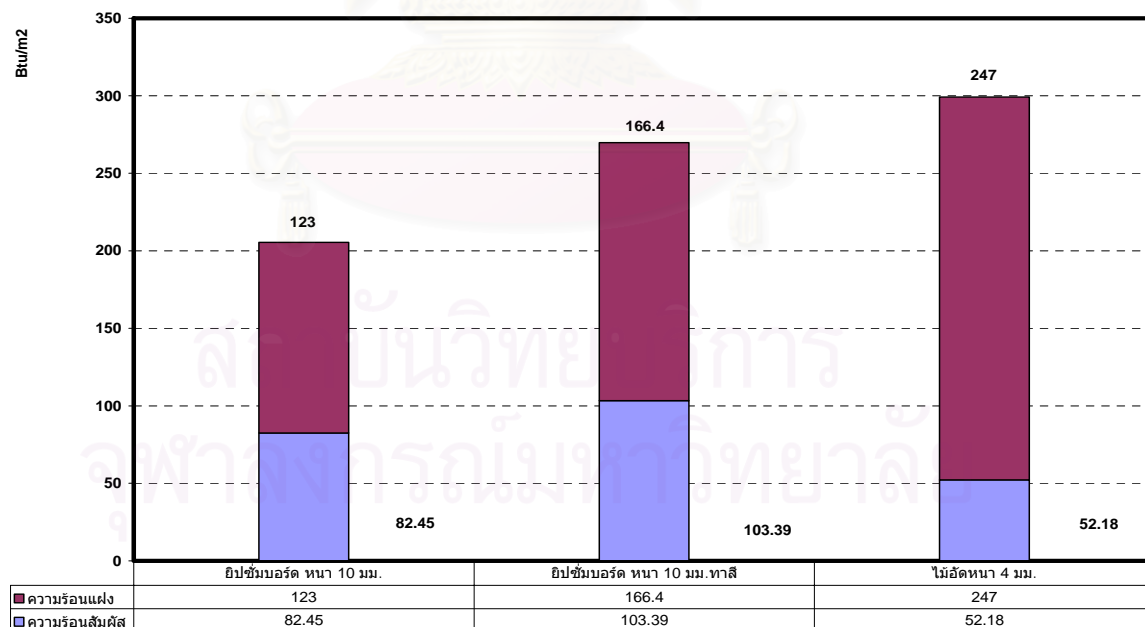
ประเภทพรม (วีรศักดิ์ ศลศิลป์ชัย, 2540)

2. วัสดุบุเฟอร์นิเจอร์



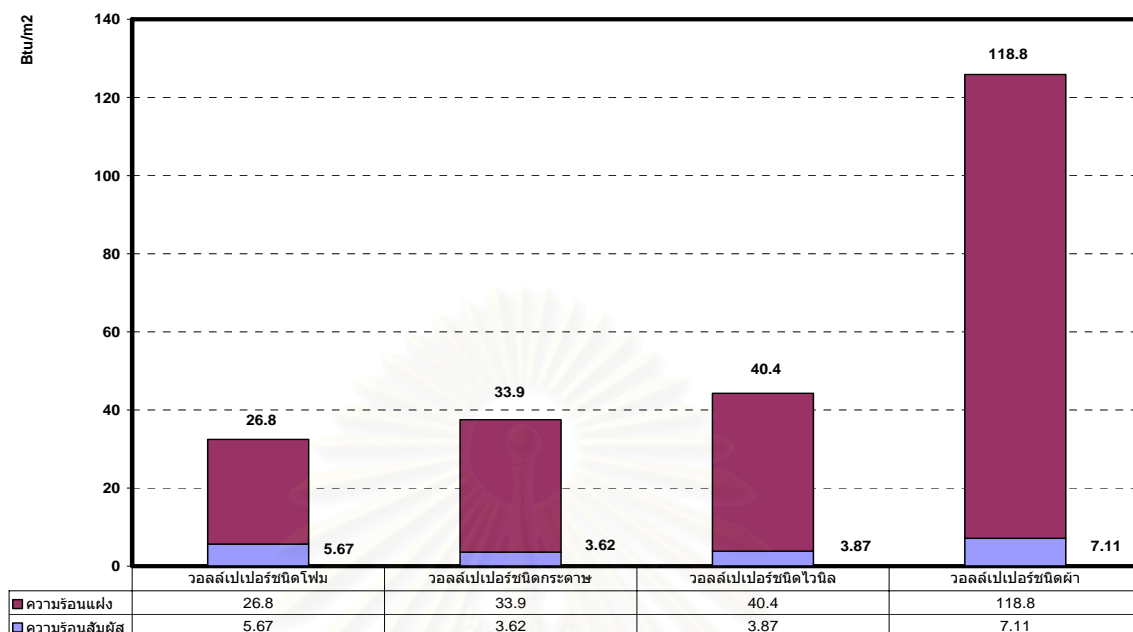
แผนภูมิที่ 3.79 แสดงค่าภาระการทำความร้อนจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุบุเฟอร์นิเจอร์ (วีรศักดิ์ ศลศิลป์ชัย, 2540)

3. วัสดุประเภทโครงสร้าง



แผนภูมิที่ 3.80 แสดงค่าภาระการทำความร้อนจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุโครงสร้าง (วีรศักดิ์ ศลศิลป์ชัย, 2540)

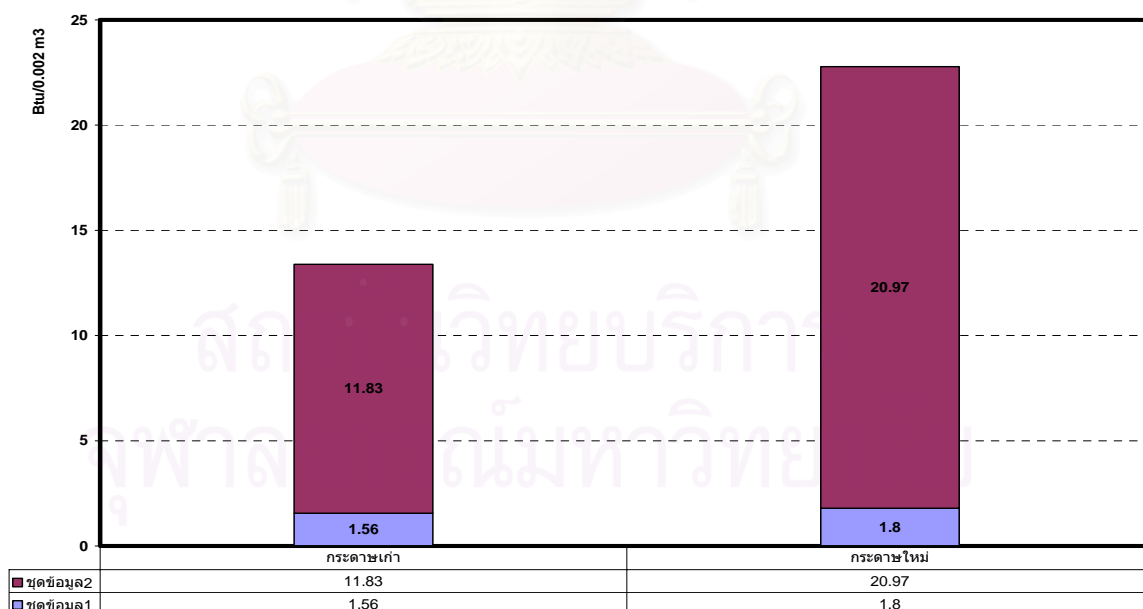
4. วัสดุประเภทวอลล์เปเปอร์



แผนภูมิที่ 3.81 แสดงค่าการกระทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุ

ประเภทวอลล์เปเปอร์ (วีรศักดิ์ ศลศิลป์ชัย, 2540)

5. วัสดุประเภทหนังสือ



แผนภูมิที่ 3.82 แสดงค่าการกระทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุ

หนังสือ. (วีรศักดิ์ ศลศิลป์ชัย, 2540)

3.2 แนวทางในการวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อการสร้างแบบประเมิน

3.2.1 การแบ่งกลุ่มของส่วนประกอบอาคาร

การแบ่งส่วนประกอบอาคารแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนโครงสร้างอาคาร

1. ส่วนผนังอาคาร
2. ส่วนพื้นอาคาร
3. ส่วนฝ้าเพดาน

2. ส่วนเครื่องเรือนและของตกแต่งบ้าน

3.2.2 การประยุกต์ผลการวิจัยเข้ากับส่วนประกอบอาคาร

1. เป็นการนำค่าการดูดซับความร้อนและความชื้นที่ได้จากการวิจัยมาใช้กับส่วนประกอบอาคารในรูปแบบของผนัง พื้นและวัสดุปู ฝ้าเพดานและหลังคา และเครื่องเรือน เพื่อสร้างค่าระดับคะแนนที่จะใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินอาคารในส่วนนั้นๆ
2. การศึกษาอัตราส่วนพื้นที่ส่วนประกอบอาคารต่อพื้นที่ใช้งานของอาคารเพื่อใช้ข้อมูลสร้างเป็นแผนภูมิสำหรับหาค่าการกระทำความเย็นที่เกิดขึ้นต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน (ดูรายละเอียดในบทที่ 4)

3.3 แนวทางในการสร้างแบบประเมิน

จุดประสงค์ในการแบ่งแบบประเมินอาคารออกเป็น 2 ส่วนเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบการกระทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากทั้ง 2 ส่วนได้ชัดเจน เพื่อให้สามารถปรับปรุงอาคารได้ถูกต้อง เช่นการพิจารณาการกระทำความเย็นจากส่วนอาคารเราต้องพิจารณาตั้งแต่การออกแบบและเลือกใช้วัสดุที่มีการดูดซับความร้อนและความชื้นที่น้อย เมื่อเราออกแบบส่วนประกอบอาคารที่เหมาะสมแล้วเราจึงพิจารณาเรื่องการเลือกใช้วัสดุตกแต่งอาคารและเครื่องเรือนที่สร้างภาระในการทำความเย็นในการปรับอากาศที่น้อย เป็นต้น

3.3.1 รูปแบบของแบบประเมิน

แบบประเมินจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนโครงสร้างอาคารและส่วนเครื่องเรือนซึ่ง
รูปแบบ
แบบประเมินทั้ง 2 ส่วนจะมีโครงสร้างที่เหมือนกัน คือ

1. ส่วนกรอกรายละเอียด
2. ส่วนประเมิน ซึ่งประกอบด้วย
 1. แผนภูมิหาค่าภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน
 2. แผนภูมิแสดงอัตราส่วนภาระการทำความเย็นจากความร้อนและความชื้น
 3. รายการแสดงชนิดวัสดุและภาระการทำความเย็น
 4. การแบ่งค่าระดับจาก ระดับ 1-ระดับ 5
 5. แผนภูมิหาค่าภาระการทำความเย็นในแต่ละชั่วโมง

3.3.2 การใช้แบบประเมิน

การประเมินจะมีขั้นตอน 2 ขั้นตอนคือ การกรอกรายละเอียดอาคารและเครื่องเรือนเพื่อเป็นข้อมูลของอาคารหรือห้องนั้นๆที่เราจะทำการคำนวณภาระการทำความเย็น และอีกส่วนจะเป็นการประเมินภาระการทำความเย็นจากแผนภูมิที่เราสร้างขึ้น โดยการอาศัยข้อมูลจากส่วนที่ 1 เป็นพื้นฐานในการคำนวณ

3.4 การทดสอบแบบประเมิน

เป็นการนำแบบประเมินที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับอาคารจริง เพื่อให้ทราบถึงข้อดีข้อบกพร่องของแบบประเมินเพื่อนำมาสรุปและเสนอแนะในการสร้างแบบประเมินการดูดซับความร้อนและความชื้นของอาคารต่อไป โดยบ้านที่นำมาทำการประเมินเป็นบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก 2 หลัง ซึ่งเป็นตัวแทนของบ้านพักอาศัยที่มีการสร้างและใช้งานจริงและเป็นรูปแบบที่มีความใกล้เคียงการใช้งานจริงมากที่สุด

(ดูรายละเอียดตัวอย่างการประเมินอาคารตัวอย่างในบทที่ 5)

บทที่ 4

การสร้างและทดสอบแบบประเมินอาคาร

การสร้างแบบประเมินมีจุดประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวัดประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของส่วนประกอบอาคารและเครื่องเรือนจากการดูระดับความร้อนและความชื้น แบบประเมินจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนแยกจากกัน ส่วนแรกจะเป็นส่วนที่ใช้ในการประเมินวัสดุประกอบอาคาร ส่วนที่ 2 จะเป็นแบบประเมินเครื่องเรือนและของตกแต่งอาคาร ซึ่งการแบ่งการประเมินดังกล่าวเพื่อให้สะดวกในการใช้งาน และสามารถปรับปรุงอาคารบ้านพักอาศัยได้อย่างถูกต้อง คือหากภาระการทำความเย็นเกิดจากการตกแต่งภายในหรือเครื่องเรือนเป็นส่วนใหญ่นั้นก็จะได้แก้ไขที่การเลือกใช้ของตกแต่งและเครื่องเรือนเหล่านั้น แต่หากภาระการทำความเย็นโดยส่วนใหญ่มาจากส่วนวัสดุประกอบอาคารที่เป็นพื้น ผนัง ฝ้าเพดานก็ควรที่จะแก้ไขที่โครงสร้างเป็นต้น โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

ขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินส่วนประกอบอาคารมีดังต่อไปนี้

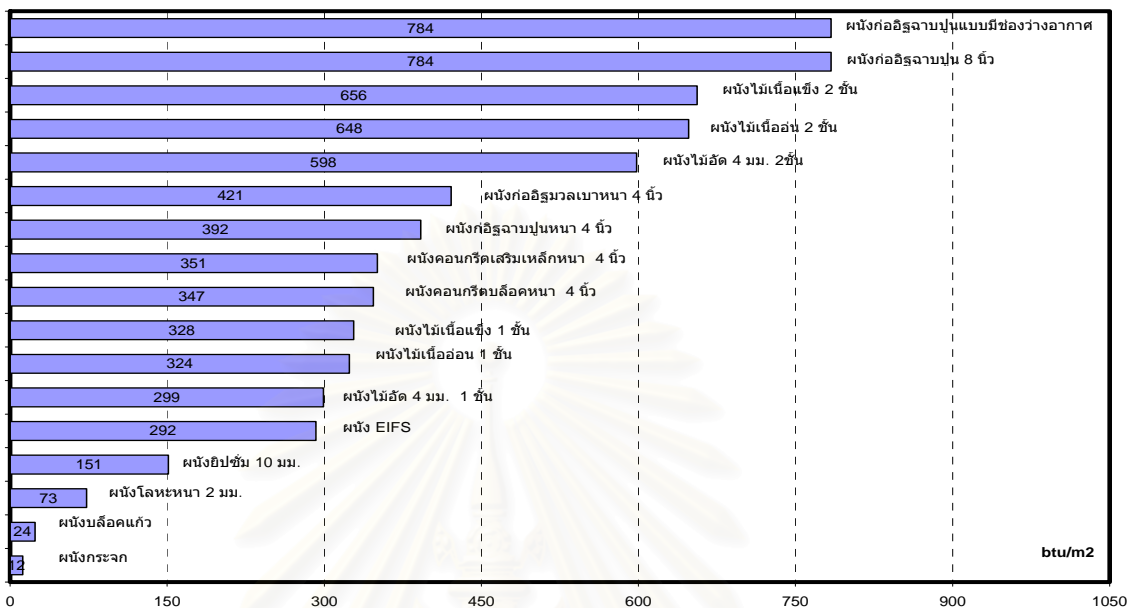
1. การแบ่งส่วนประกอบอาคารและการหาค่าภาระการทำความเย็นจากวัสดุที่ใช้ทำส่วนประกอบอาคารเหล่านั้นจากวัสดุพื้นฐานที่มีการศึกษามา การแบ่งส่วนประกอบอาคารจะประกอบด้วย
 - 1.1 ส่วนผนังอาคาร
 - 1.2 ส่วนพื้นอาคาร
 - 1.3 ส่วนฝ้าเพดานของอาคารโดยภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจะเป็นการศึกษาจากงานวิจัยและส่วนที่คำนวณขึ้นโดยใช้ค่าภาระการทำความเย็นจากงานวิจัยที่เคยศึกษามา
2. การศึกษาเรื่องสัดส่วนพื้นที่ของส่วนประกอบอาคารในแต่ละส่วนเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ใช้งานของส่วนที่ทำการปรับอากาศ
 - 2.1 สัดส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งาน
 - 2.2 สัดส่วนพื้นที่ฝ้าเพดานต่อพื้นที่ใช้งาน
 - 2.3 สัดส่วนพื้นที่พื้นต่อพื้นที่ใช้งาน
3. การนำส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 มารวมกันเพื่อสร้างเป็นแบบประเมินในรูปแบบของแผนภูมิที่ใช้ได้สะดวก
4. การทดสอบแบบประเมินที่สร้างขึ้น

ขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินเครื่องเรือนและของตกแต่งภายในมีดังต่อไปนี้

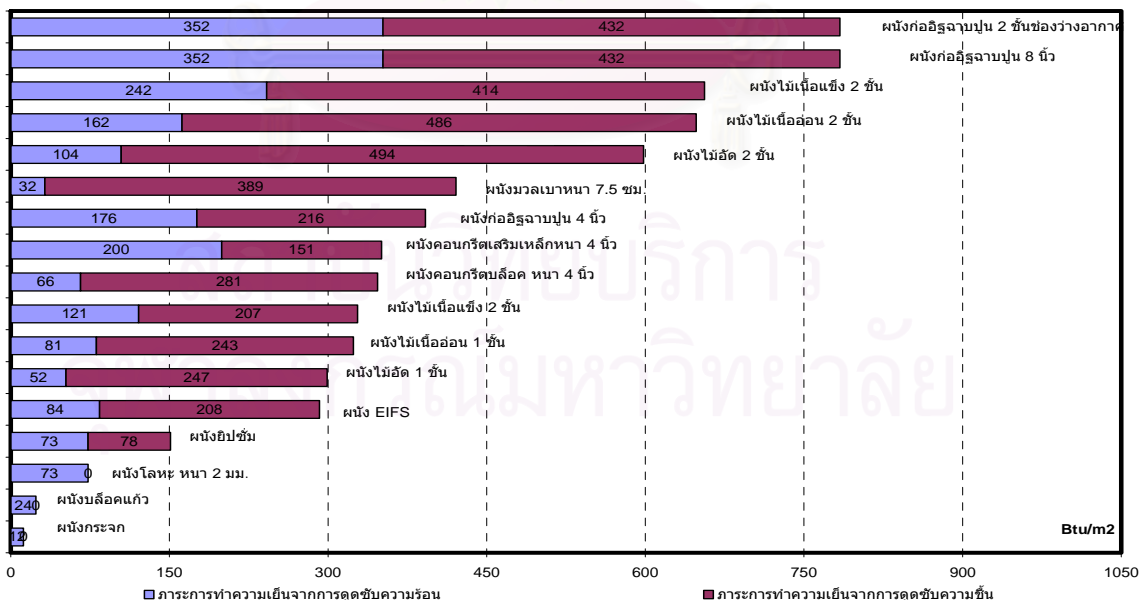
1. การศึกษารวบรวมข้อมูลภาระการทำความเย็นจากการดูระดับความร้อนและความชื้นที่มีการทดสอบมาแล้วจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การศึกษาสัดส่วนของพื้นที่ผิวของเครื่องเรือนและพื้นที่ผิวของวัสดุตกแต่งภายใน ต่อพื้นที่ใช้งาน
3. การนำส่วนที่ 1 และ 2 มาสร้างเป็นแบบประเมินในรูปแบบของแผนภูมิที่สามารถใช้งานได้สะดวก
4. การทดสอบแบบประเมินเครื่องเรือนและวัสดุตกแต่งที่สร้างขึ้น

4.1 การแบ่งส่วนประกอบอาคารเพื่อการสร้างแบบประเมิน

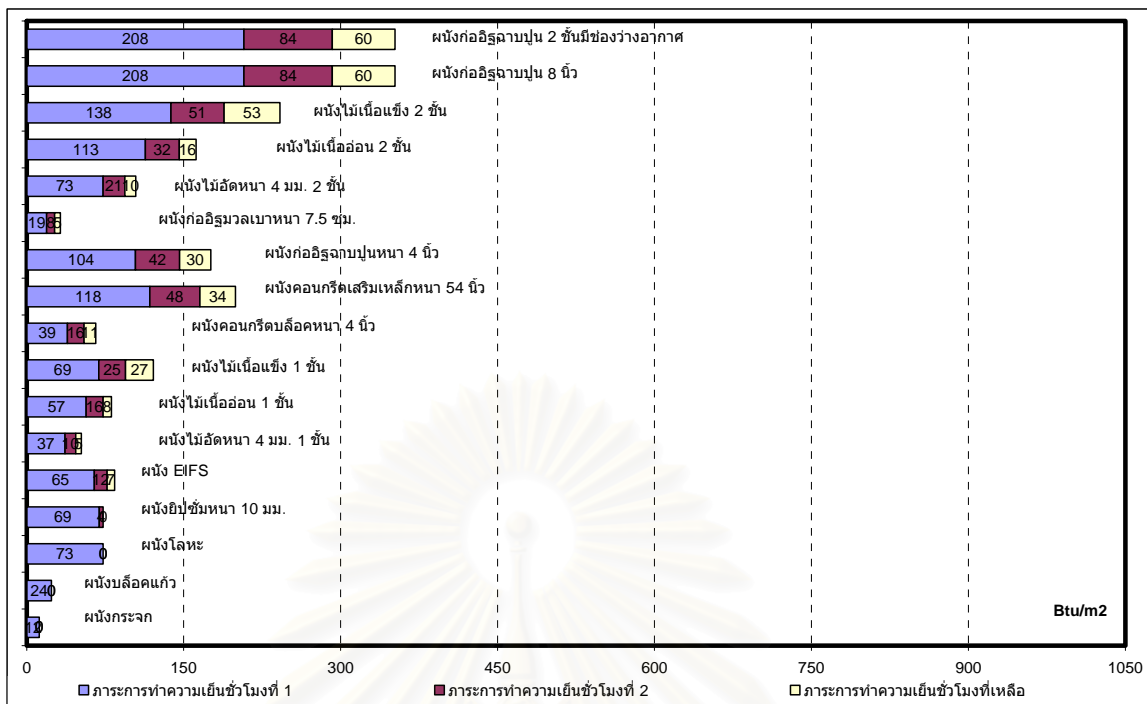
4.1.1 ผนังอาคารและค่าภาระการทำความเย็น



แผนภูมิที่ 4.1 แสดงค่าภาระการทำความเย็นรวมจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุผนัง

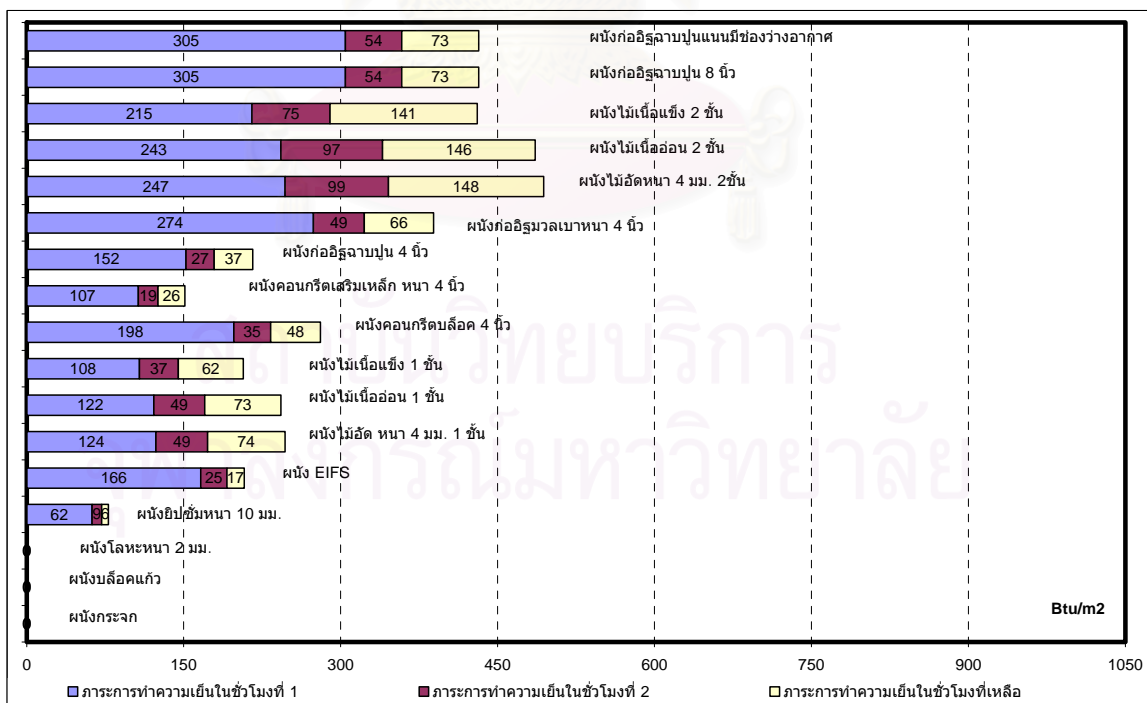


แผนภูมิที่ 4.2 แสดงค่าภาระการทำความเย็นโดยแยกเป็นส่วนการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุผนัง



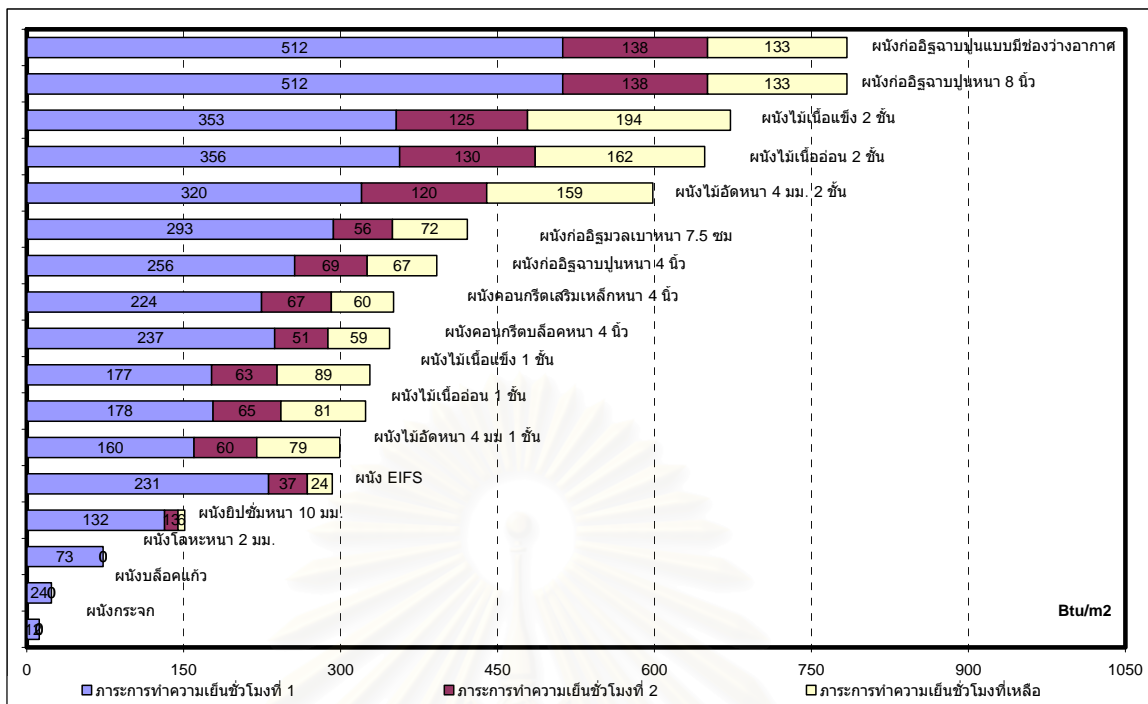
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงภาวะการทำความเย็นรายชั่วโมงจากส่วนการคายความร้อนต่อตารางเมตรของวัสดุผนัง

*** ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีความหนา มากกว่า 4 นิ้วเป็นการเปรียบเทียบค่าและพฤติกรรมมาจากอิฐก่อฉาบปูนที่มีการทดสอบ



แผนภาพที่ 4.4 แสดงภาวะการทำความเย็นรายชั่วโมงจากการคายความร้อนขึ้นต่อตารางเมตรของวัสดุผนัง

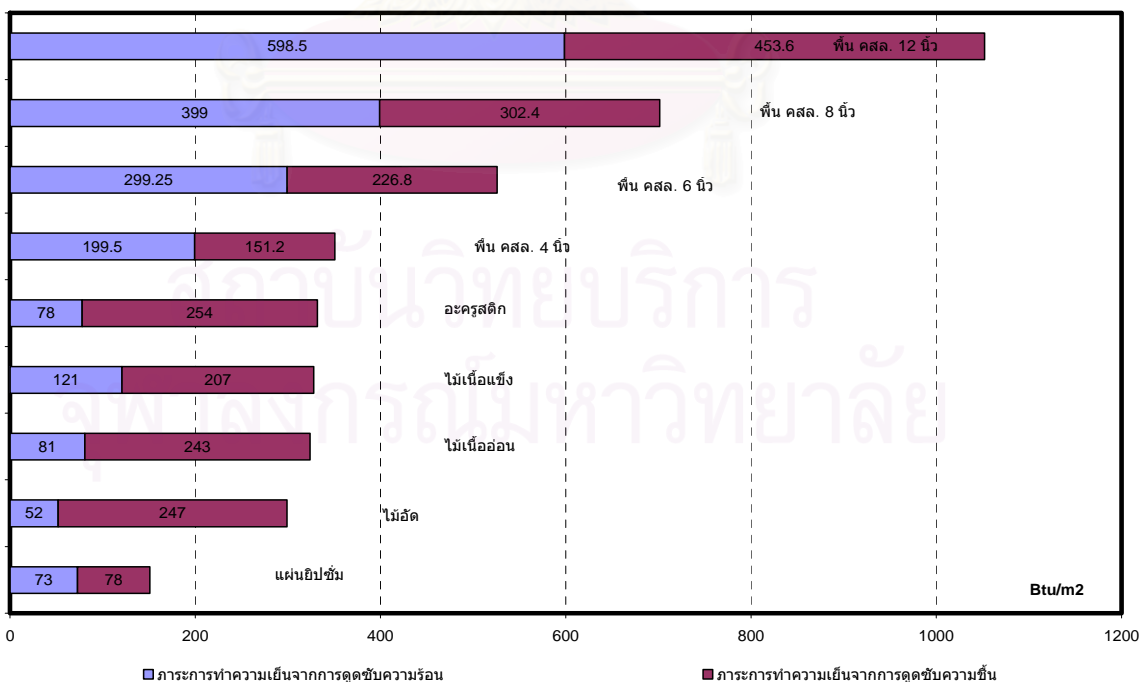
*** ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีความหนา มากกว่า 4 นิ้วเป็นการเปรียบเทียบค่าและพฤติกรรมมาจากอิฐก่อฉาบปูนที่มีการทดสอบ



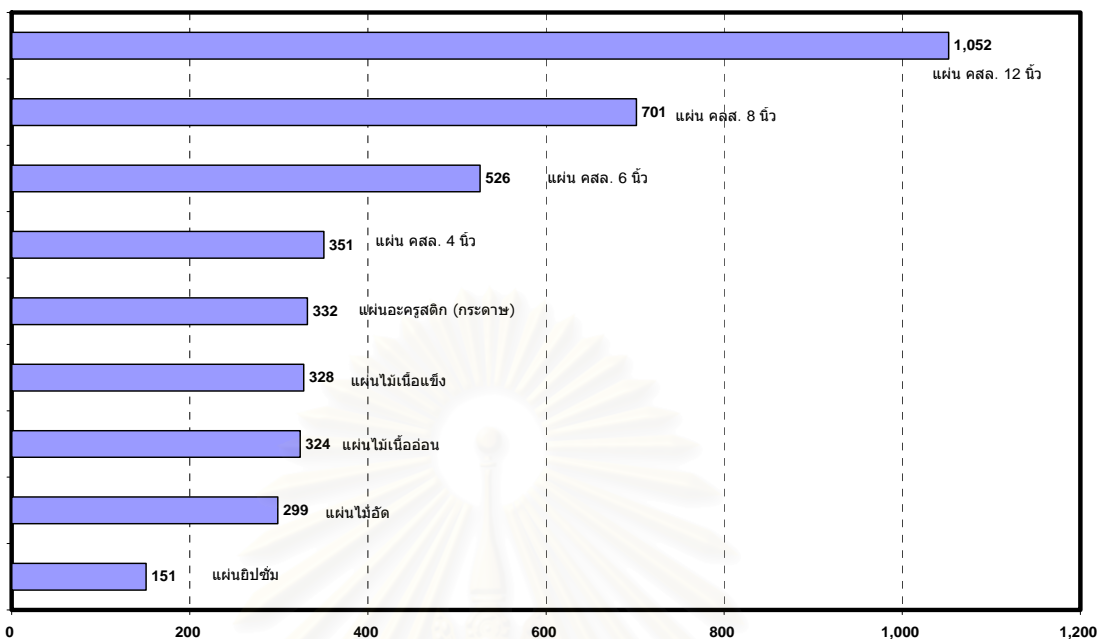
แผนภาพที่ 4.5 แสดงภาระการทำความเย็นรวมรายชั่วโมงจากการคายความร้อนรวมกับการคายความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุผนัง

*** ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีความหนา มากกว่า 4 นิ้วเป็นการเปรียบเทียบค่าและพฤติกรรมมาจากอิฐก่อฉาบปูนที่มีการทดสอบ

4.1.2 ฝ้าเพดานและค่าภาระการทำความเย็น

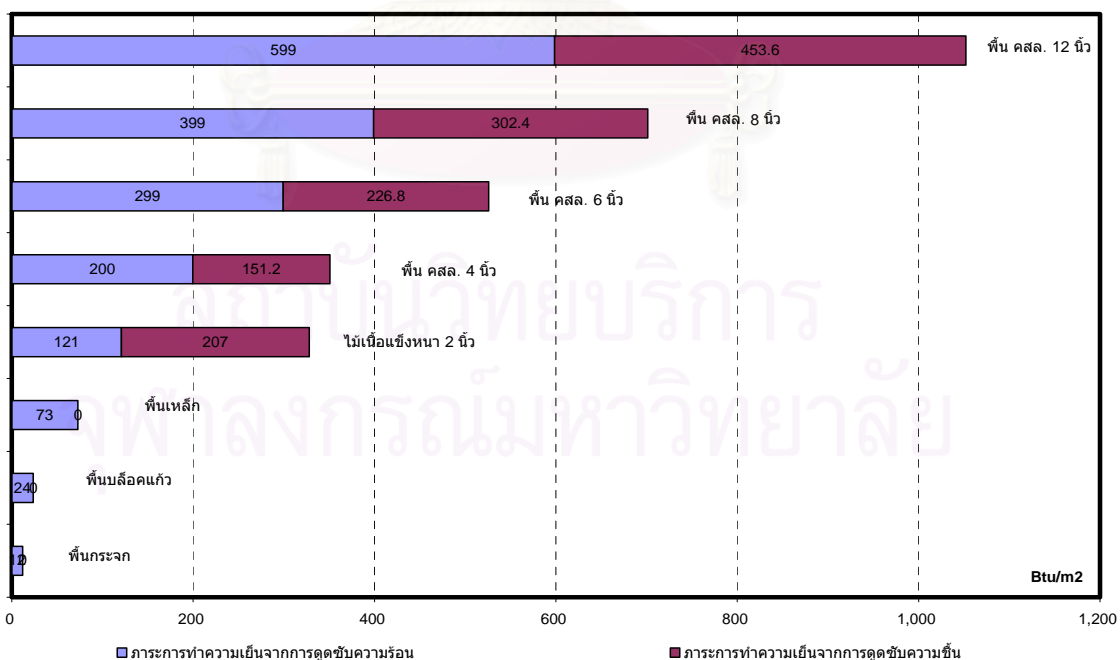


แผนภูมิที่ 4.6 แสดงภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุฝ้าเพดาน

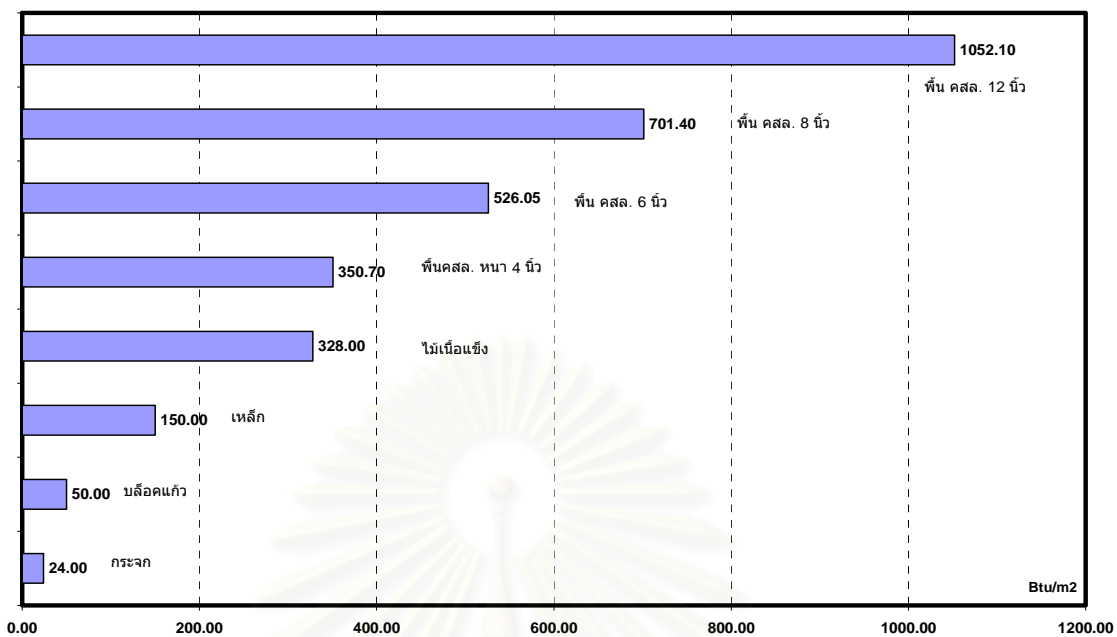


แผนภูมิที่ 4.7 แสดงค่าภาระการทำความเย็นรวมจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุฝ้าเพดาน

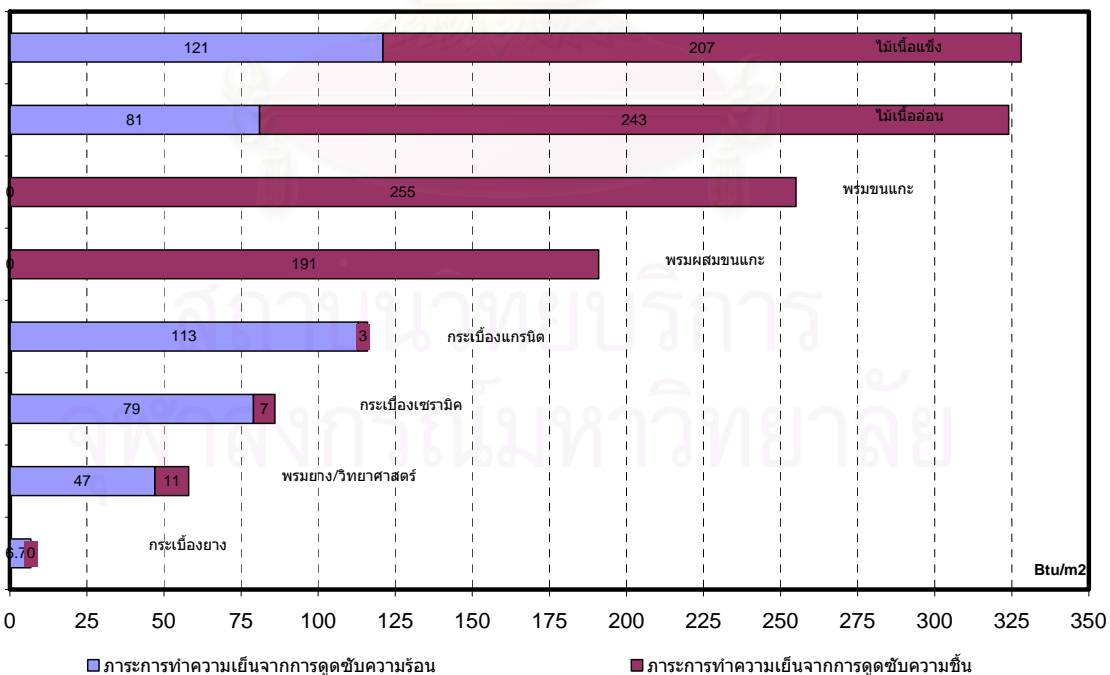
4.1.3 ฝ้าอาคารและค่าภาระการทำความเย็น



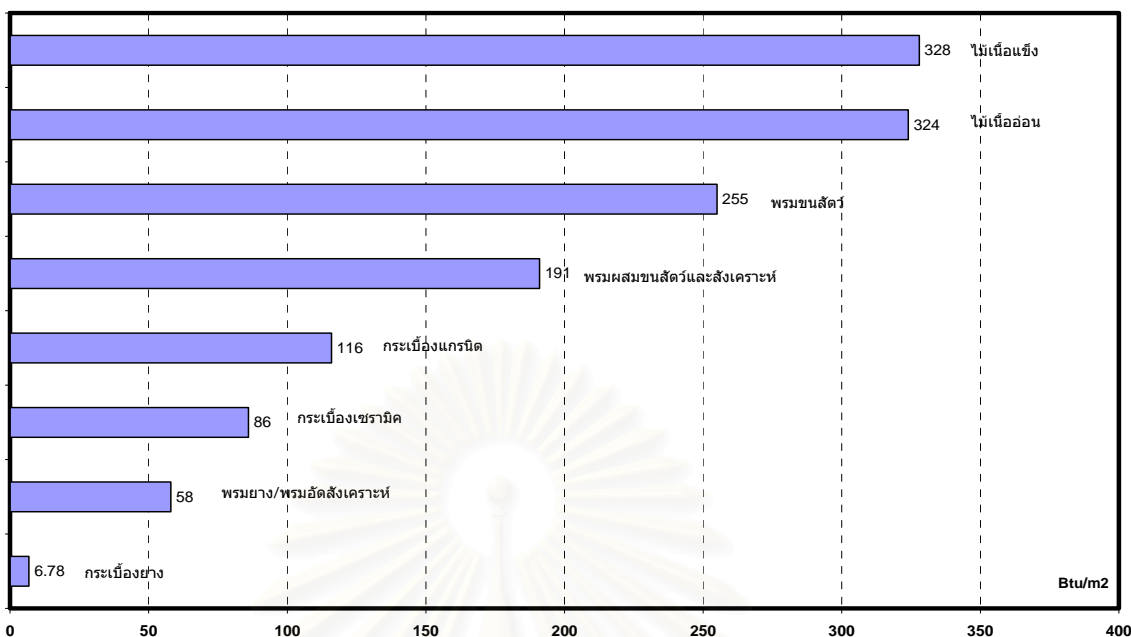
แผนภูมิที่ 4.8 แสดงภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุฝ้าอาคาร
 ***ฝ้า คสล. ทุกความหนา เป็นการเปรียบเทียบค่าและพฤติกรรมจากอิฐก่อฉาบปูนที่มีการทดสอบ



แผนภูมิที่ 4.9 แสดงค่าภาระการทำความเย็นรวมจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุพื้น
 ***พื้น คสล.ทุกความหนา เป็นการเปรียบเทียบค่าและพฤติกรรมจากอิฐก่อฉาบปูนที่มีการทดสอบ

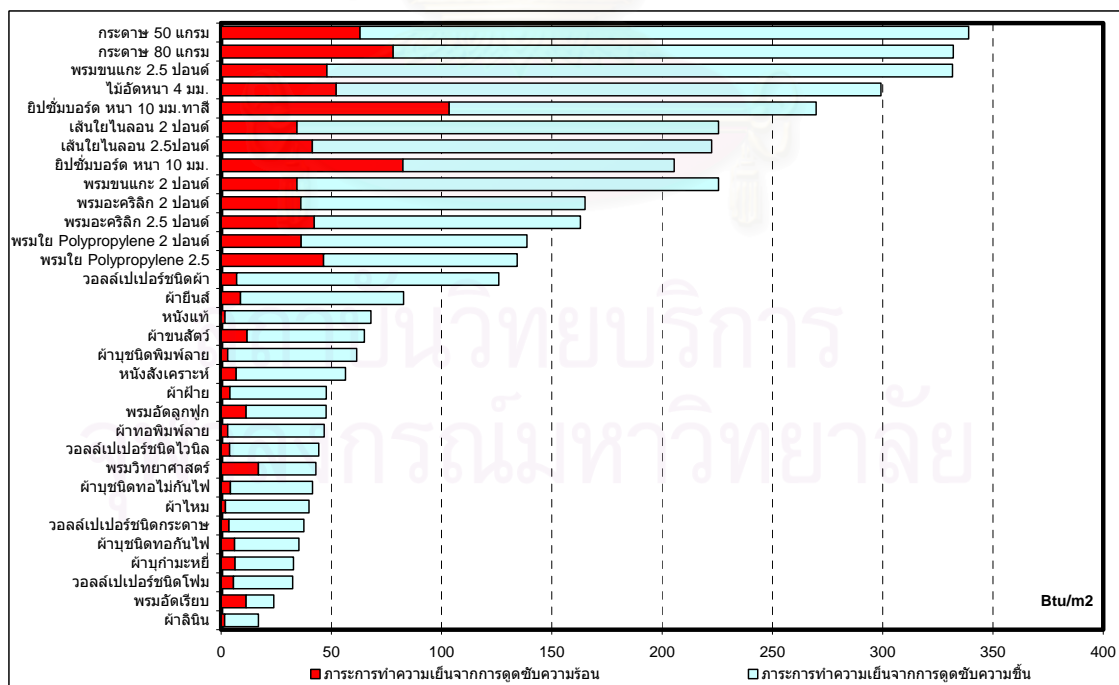


แผนภูมิที่ 4.10 แสดงภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุปูพื้น
 อาคาร

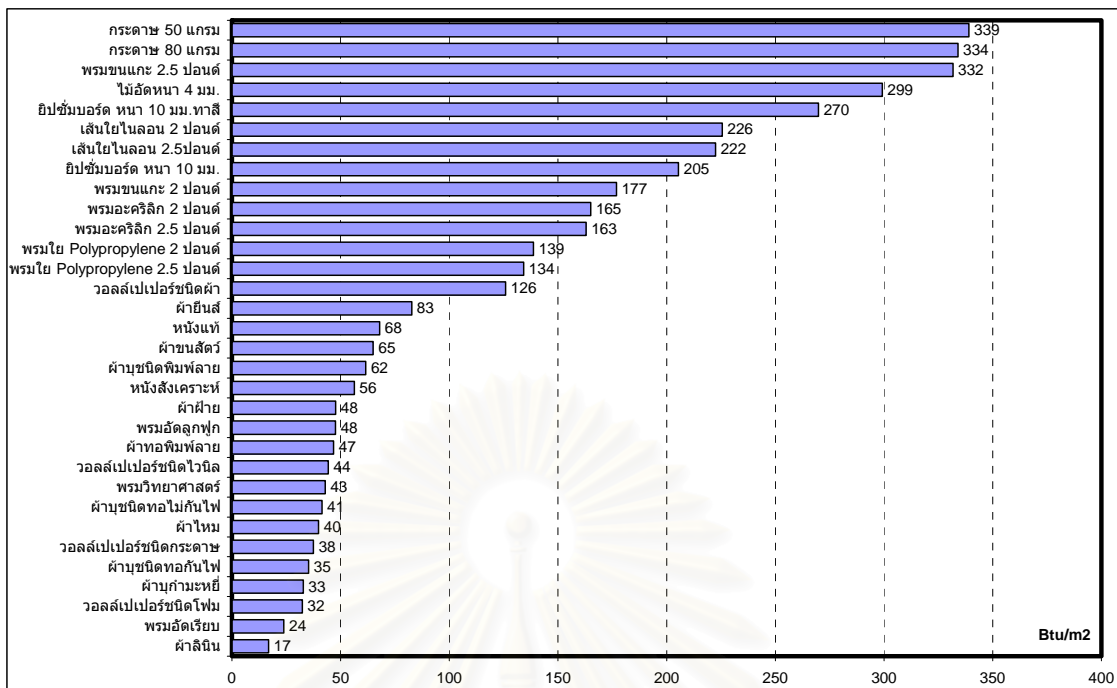


แผนภูมิที่ 4.11 แสดงภาวะการทำความเย็นรวมจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุปูพื้น

4.1.4 เครื่องเรือนและวัสดุตกแต่งภายใน



แผนภูมิที่ 4.12 แสดงภาวะการทำความเย็นรวมจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุเครื่องเรือนและของตกแต่งบ้าน

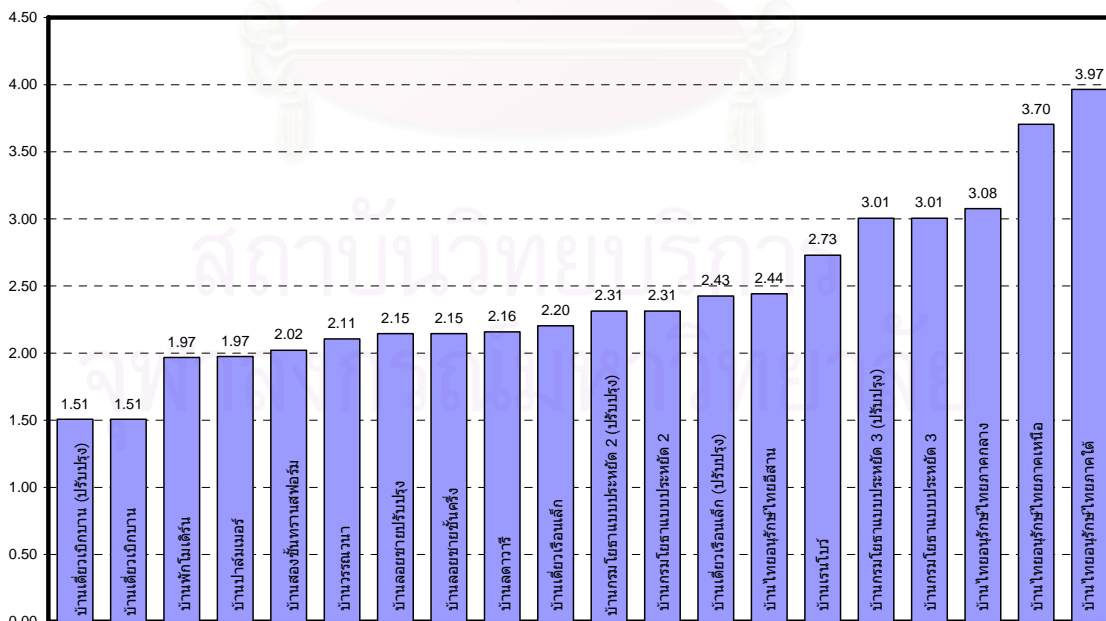


แผนภูมิที่ 4.13 แสดงภาระการทำความเย็นรวมจากการดูดซับความร้อนและความชื้นต่อตารางเมตรของวัสดุ เครื่องเรือนและของตกแต่งบ้าน

4.2 สัดส่วนพื้นที่วัสดุประกอบอาคารต่อพื้นที่ใช้งาน

4.2.1 สัดส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานของอาคาร

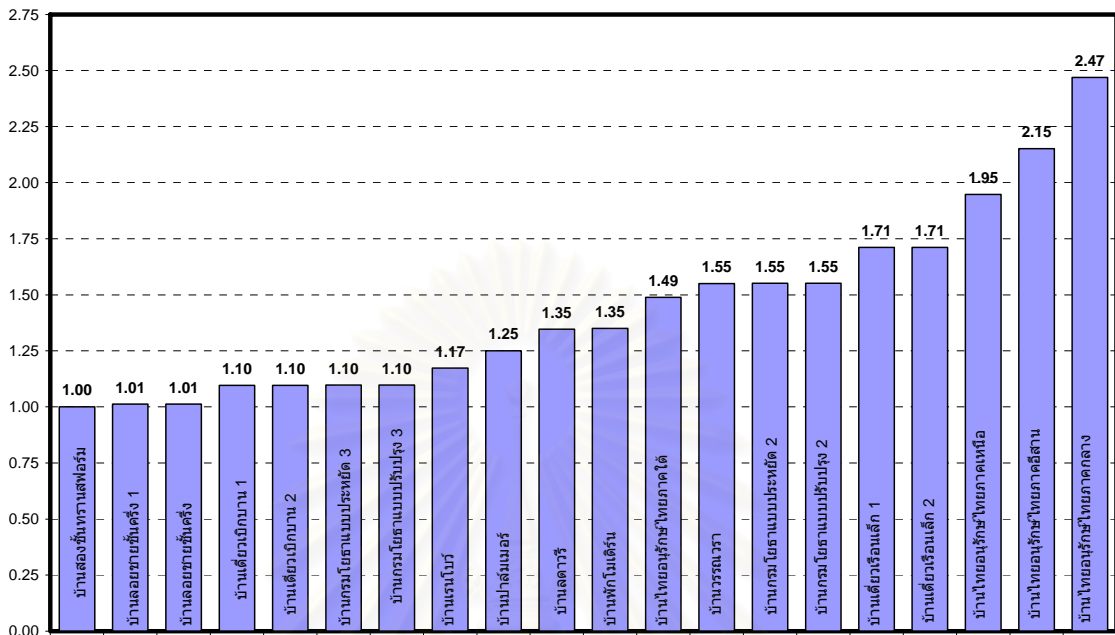
อัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งาน



แผนภูมิที่ 4.14 แสดงสัดส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานของบ้านตัวอย่าง 20 หลัง (ดูรายละเอียดรูปแบบอาคารในภาคผนวก)

4.2.2 สัดส่วนพื้นที่ฝ้าเพดานต่อพื้นที่ใช้งานของอาคาร

อัตราส่วนพื้นที่ฝ้า/พื้นที่ใช้งาน



แผนภูมิที่ 4.15 แสดงสัดส่วนพื้นที่ฝ้าเพดานต่อพื้นที่ใช้งานของบ้านตัวอย่าง 20 หลัง

4.2.3 สัดส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานอาคาร

สัดส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานเป็น 1

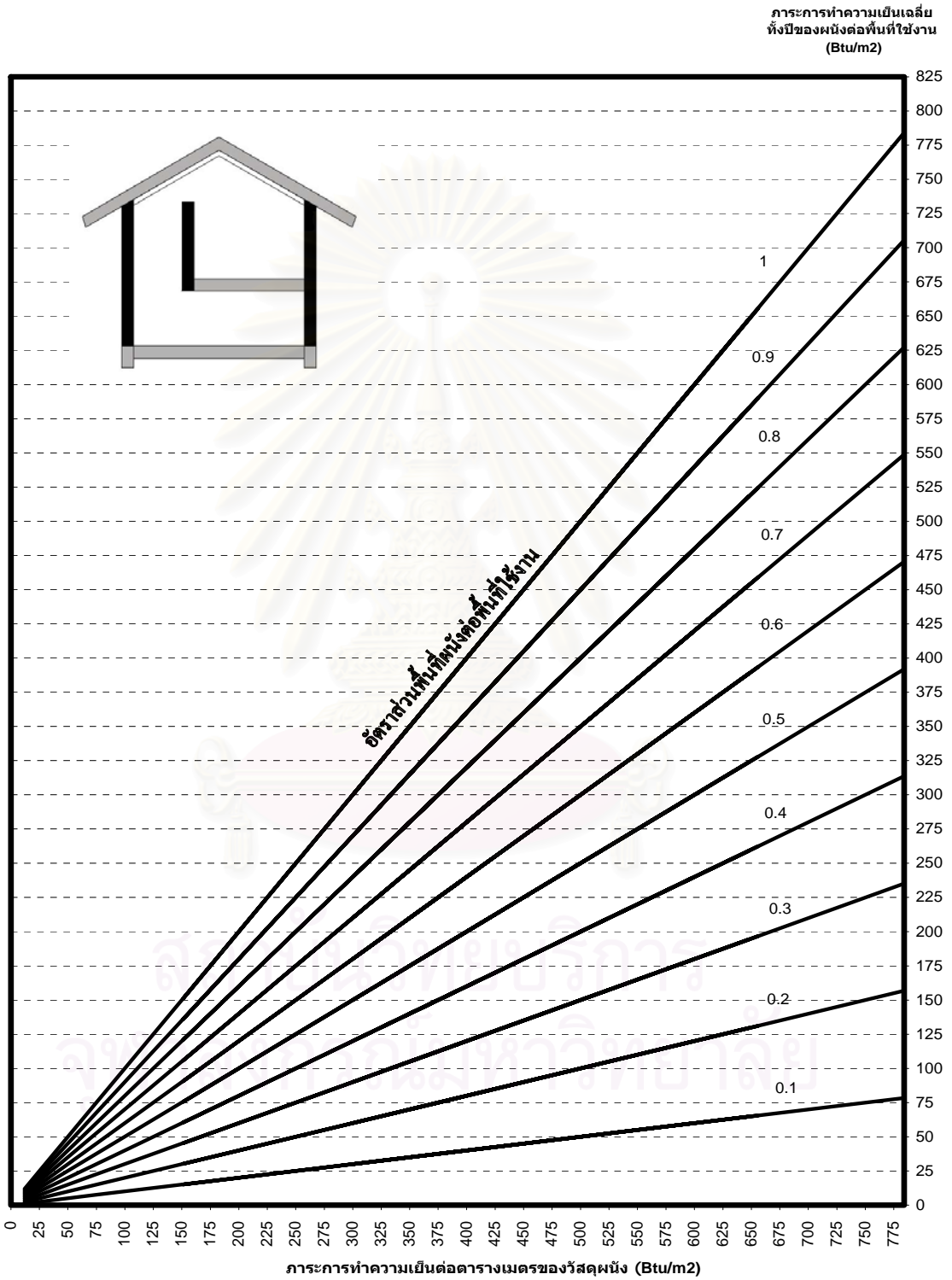
4.3 การสร้างแบบประเมินอาคารและการใช้งาน

4.3.1 แบบประเมินผนังอาคารและการใช้งาน

แบบประเมินผนังเป็นการสร้างแผนภูมิประเมินค่าจากข้อมูลภาระการทำความเย็นของผนังแต่ละประเภท ซึ่งจะอยู่ในแกน X ของแผนภูมิประเมิน กับค่าอัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานของอาคารจากอาคารตัวอย่าง 20 หลังที่ทำการศึกษาคจริงเพื่อสร้างเป็นเส้นอัตราส่วนในแผนภูมิประเมินผนัง ซึ่งผลคูณของค่าภาระทำความเย็นและอัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานจะได้ภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้งานหนึ่งหน่วย ซึ่งจะอยู่ในแกน Y ของแผนภูมิประเมิน

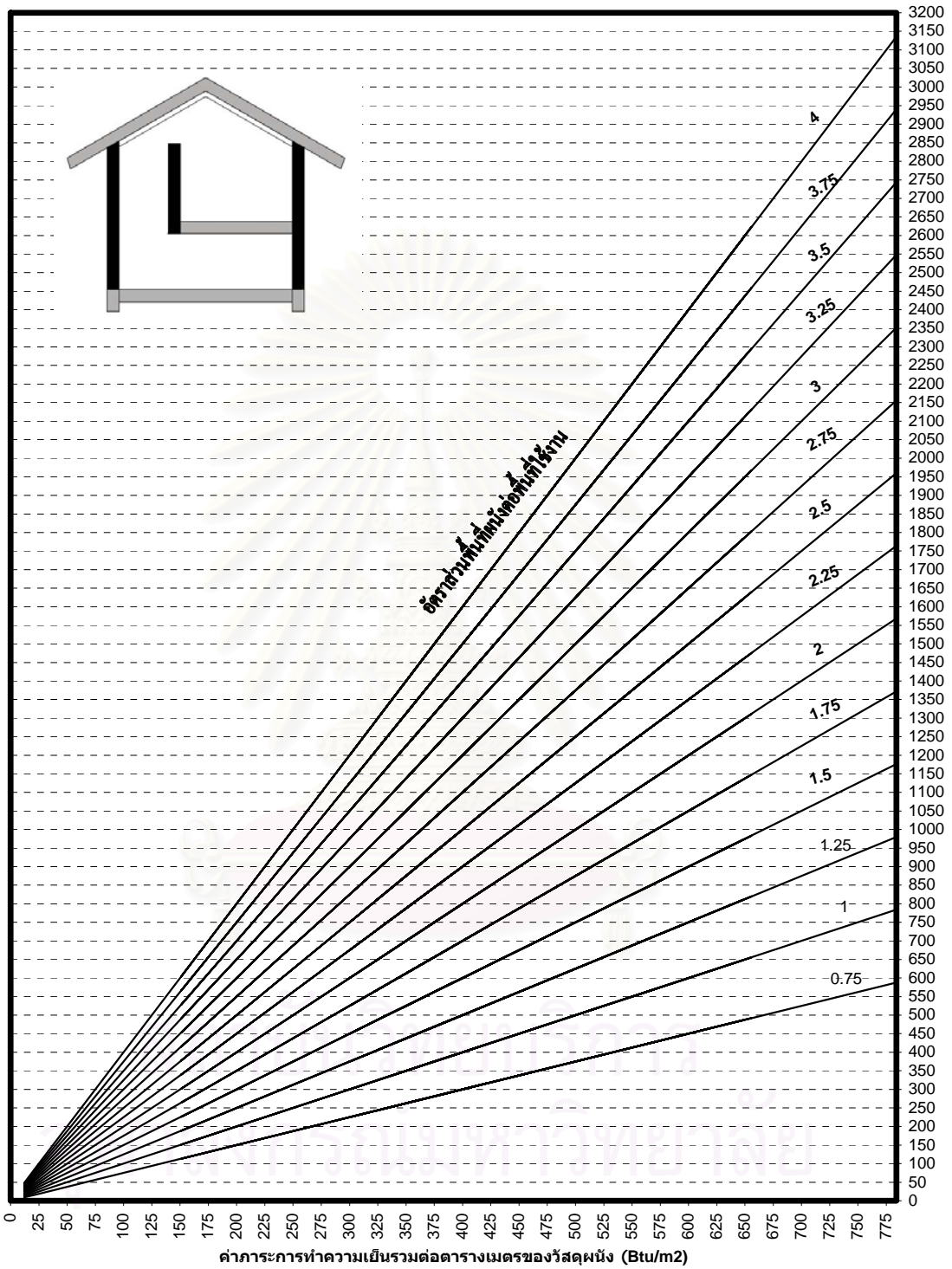
การใช้งานแผนภูมิประเมินอาคารคือ เมื่อเราทราบภาระการทำความเย็นของผนังประเภทนั้นๆ ก็ให้หาค่าว่าอยู่บนแกน X ที่ไหน จากนั้นเริ่มลากเส้นจากค่าดังกล่าวไปตัดกับแกนอัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานของอาคารที่เราประเมิน เมื่อลากมาตัดเส้นอัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานแล้วให้ลากไปทางขวามือ ไปที่แกน Y จะได้ค่าภาระการทำความเย็นจากผนังต่อพื้นที่ใช้งาน 1 ตารางเมตร

ใช้วิธีการเดียวกันนี้กับส่วนอื่นของอาคารที่เราทำการประเมิน แล้วนำค่าที่ได้ทั้งหมดมารวมกัน จากนั้นจึงนำค่าภาระการทำความเย็นรวมทั้งหมดไปเทียบกับเสถียรระดับ จากเบอร์ 1 –เบอร์ 5 ที่จัดเอาไว้เพื่อแสดงประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของอาคาร

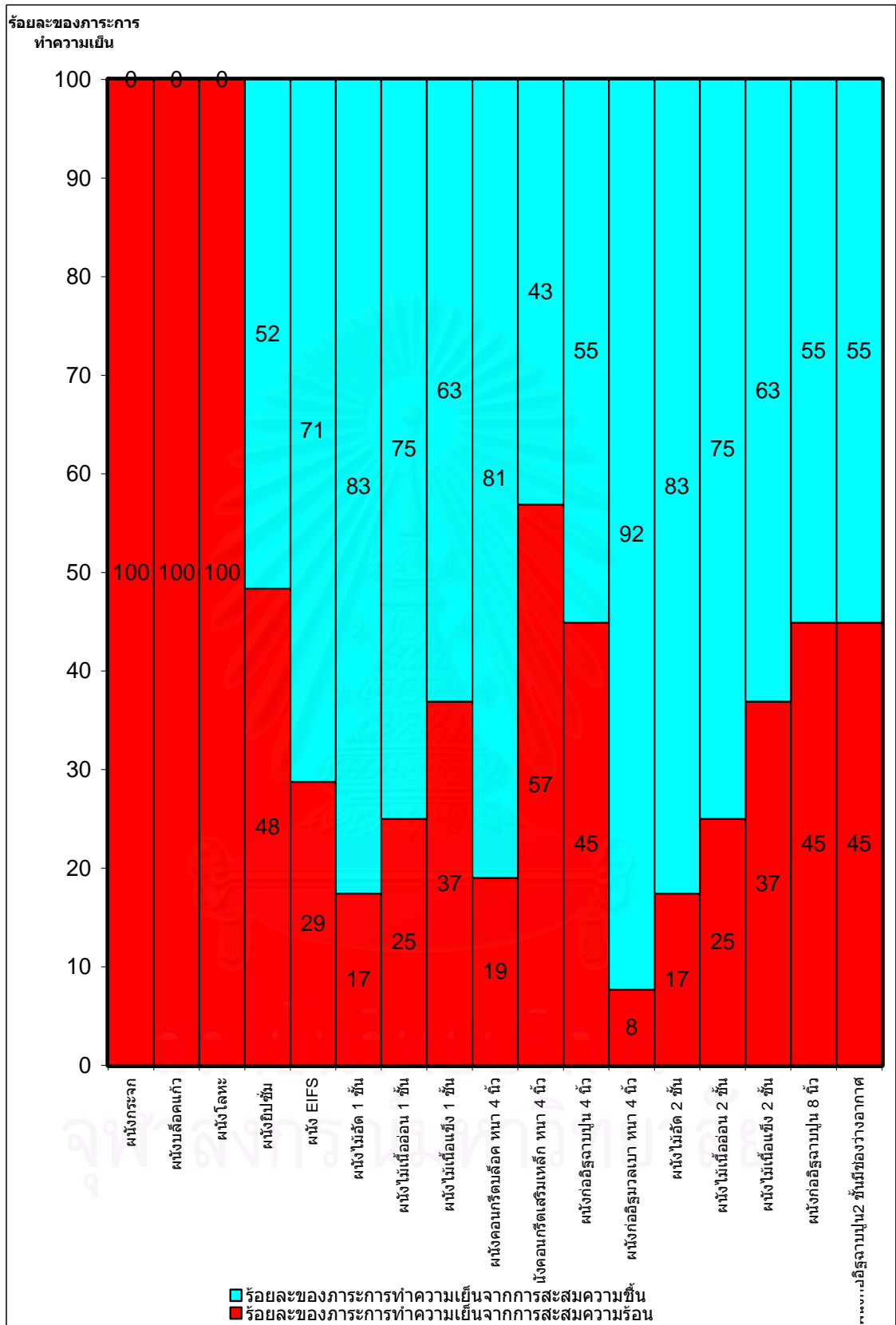


แผนภูมิที่ 4.16 แสดงรูปแบบ แบบประเมินภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นผนังอาคาร ที่มีค่าอัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานอยู่ในช่วง 0-1

ภาระการทำความเย็นเฉลี่ย
 ทั้งปีของผนังต่อพื้นที่ใช้งาน
 (Btu/m²)

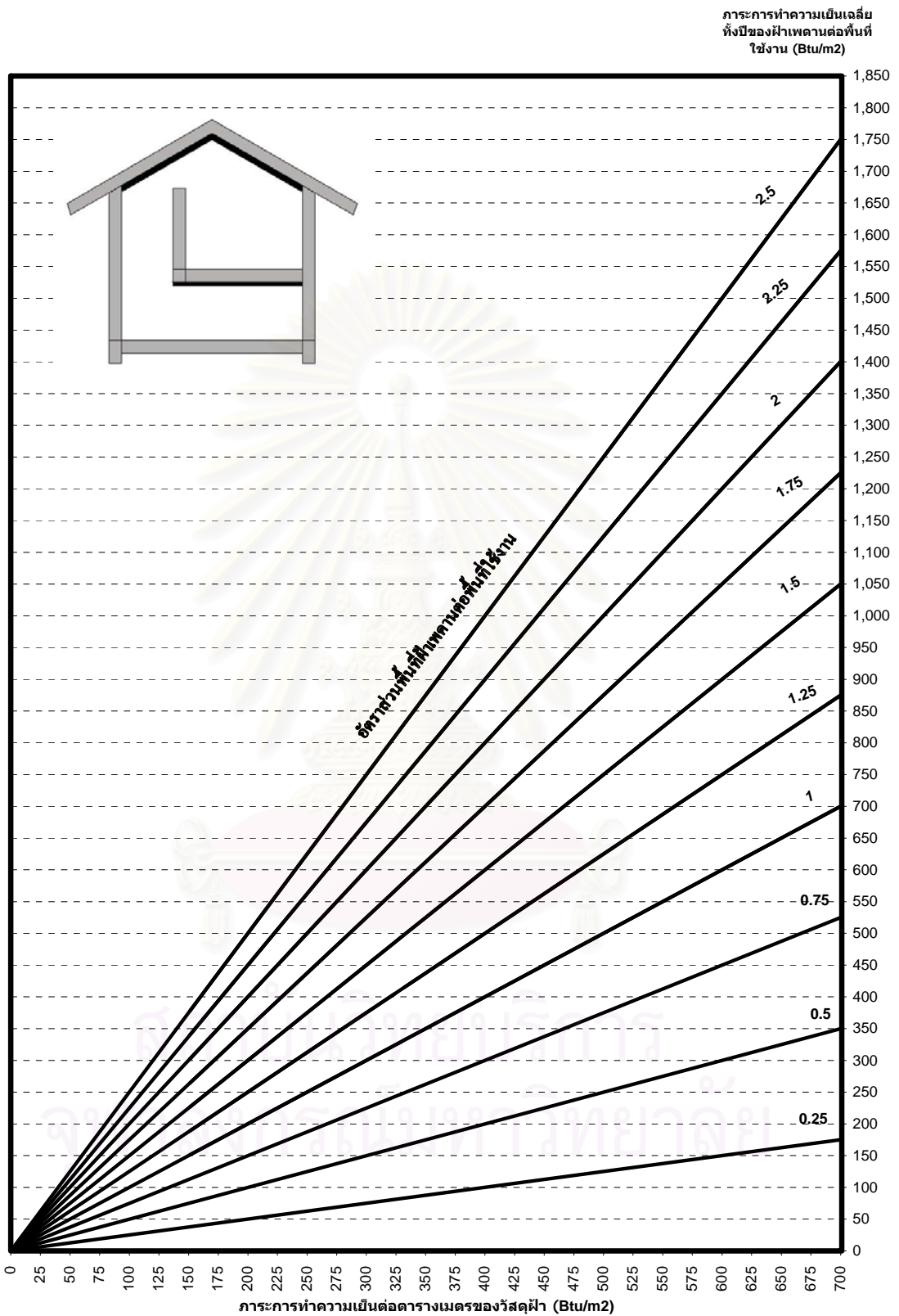


แผนภูมิที่ 4.17 แบบประเมินภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นผนังอาคารที่มีค่าอัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานอยู่ในช่วง 0.75-4



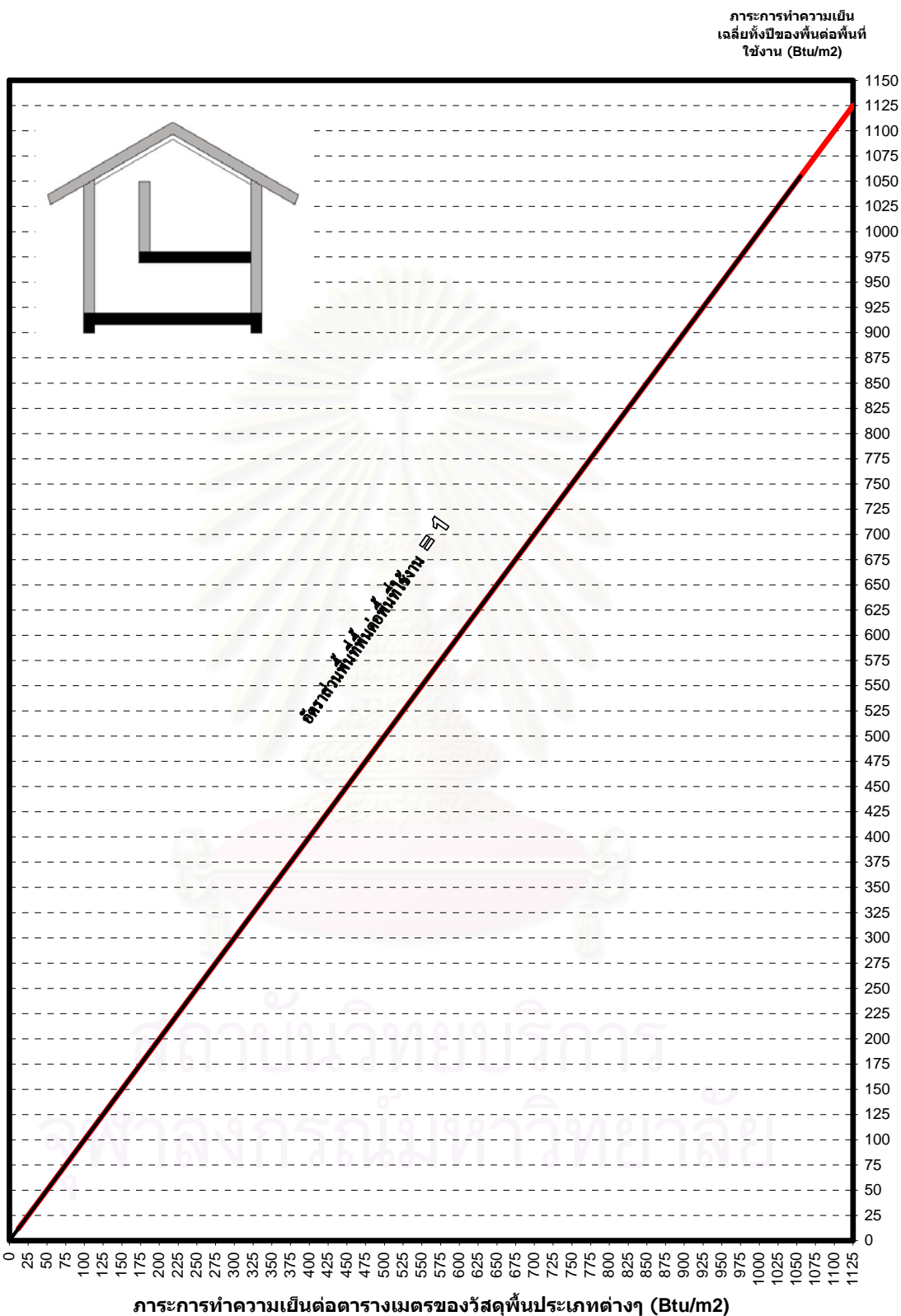
แผนภูมิที่ 4.18 แสดงร้อยละของภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการดูดซับความชื้นและความร้อน

4.3.2 แบบประเมินฝ้าเพดานและการใช้งาน



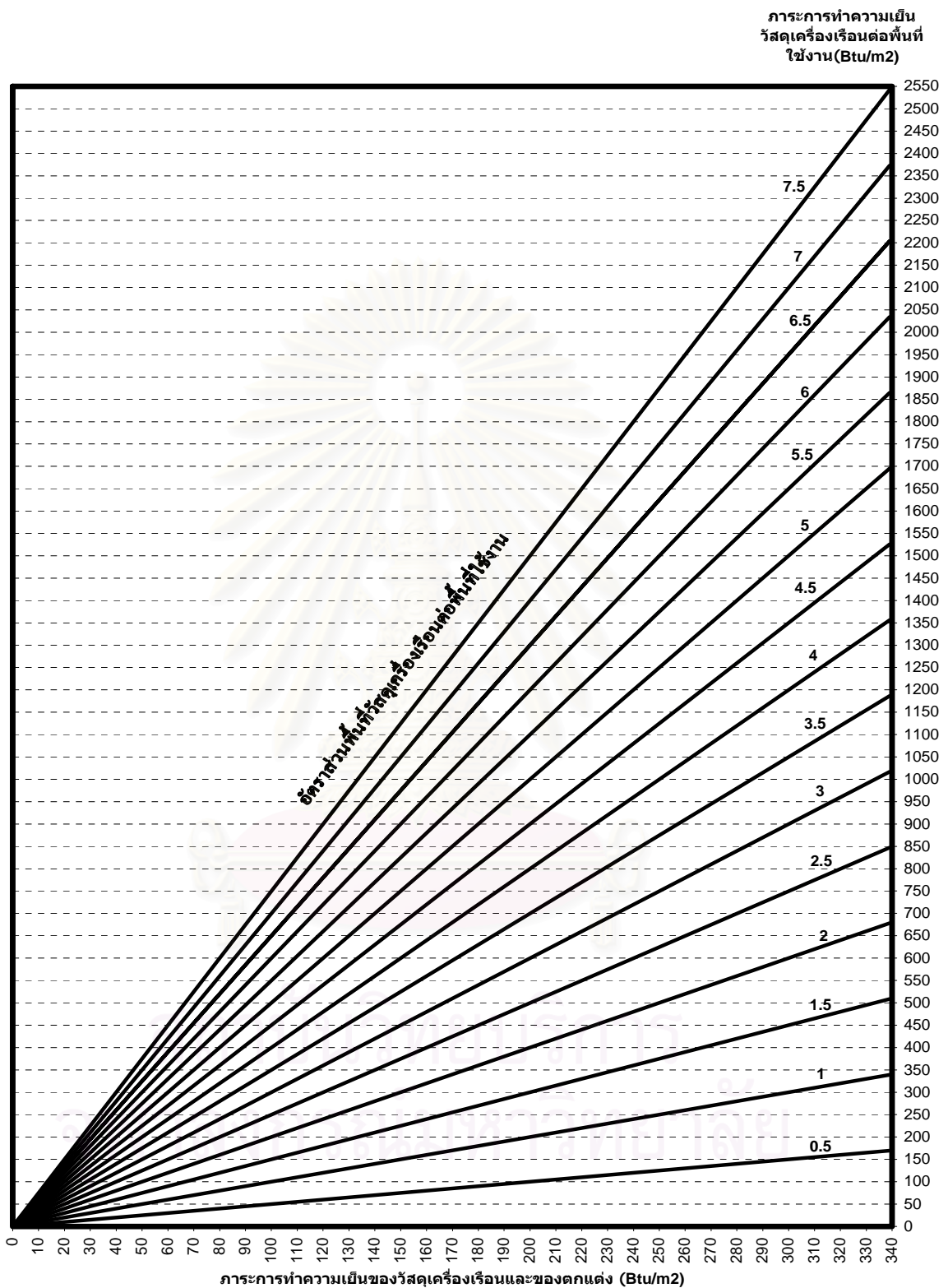
แผนภูมิที่ 4.19 แบบประเมินการประเมินค่าความเข้มแสงจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของฝ้าเพดานที่มีค่าอัตราส่วนพื้นที่ฝ้าเพดานต่อพื้นที่ใช้งานอยู่ในช่วง 0-2.5

4.3.3 แบบประเมินพื้นที่และการใช้งาน



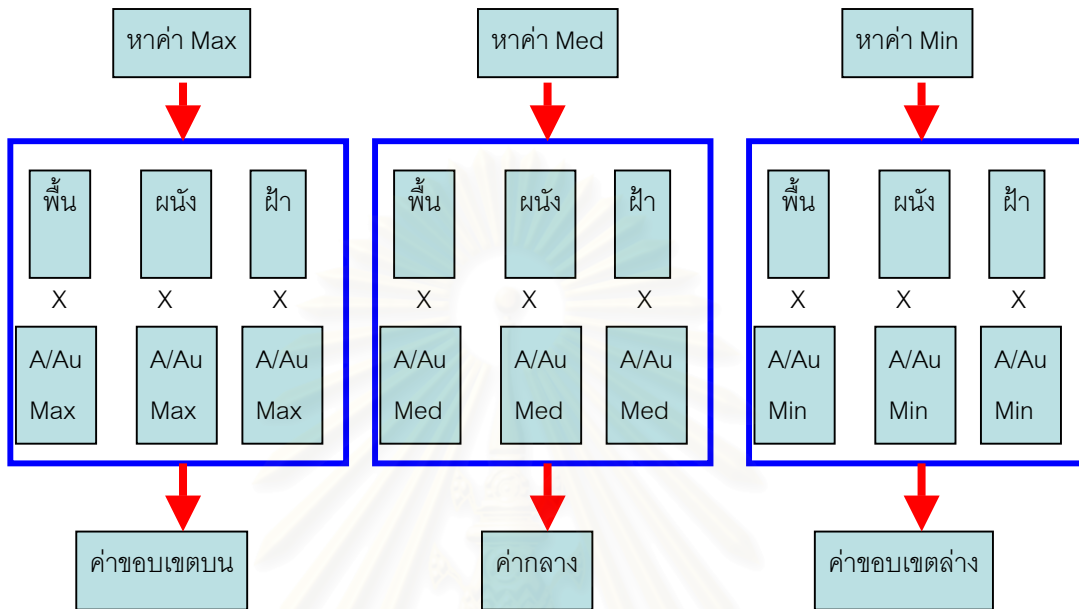
แผนภูมิที่ 4.20 แบบประเมินภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของพื้นที่ที่มีค่าอัตราส่วนพื้นที่ที่พื้นที่ต่อพื้นที่ใช้งานเป็น 1

4.3.4 แบบประเมินเครื่องเรือนและวัสดุตกแต่งภายในกับการใช้งานแบบประเมิน



แผนภูมิที่ 4.21 แบบประเมินภาระการทำความร้อนจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุเครื่องเรือนที่มีค่าอัตราส่วนพื้นที่วัสดุเครื่องเรือนต่อพื้นที่ใช้งานอยู่ในช่วง 0.5-7.5

4.4 การแบ่งค่าระดับเพื่อบอกระดับความสามารถในการประหยัดพลังงาน



แผนภูมิที่ 4.22 แสดงกระบวนการหาค่าขอบเขตบน ค่ากลาง และขอบเขตล่าง

4.4.1 การหาขอบเขตมากที่สุด

การหาขอบเขตบนเป็นการกำหนดค่ามากที่สุดของภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นที่จะสามารถเกิดขึ้นได้จากส่วนประกอบอาคารต่างๆ เพื่อสร้างค่าระดับการประหยัดพลังงานที่แคบที่สุดคือเบอร์ 1 โดยสามารถหาได้จากภาระการทำความเย็นของ

1. ผนังชนิดที่มีภาระการทำความเย็นมากที่สุดสำหรับบ้านพักอาศัย x อัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานที่มากที่สุด ซึ่งจากงานวิจัยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ภาระการทำความเย็นของผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 8 นิ้ว} &= 784 \text{ Btu/m}^2 \\ \text{อัตราส่วนพื้นที่ผนังที่ทับต่อพื้นที่ใช้งานที่มากที่สุด} &= 4 \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าภาระการทำความเย็นมากที่สุดจากผนังที่สามารถเกิดได้คือ = 3136 Btu/m² ของพื้นที่ใช้งาน

2. ฝ้าเพดานชนิดที่มีภาระการทำความเย็นมากที่สุดสำหรับบ้านพักอาศัย x อัตราส่วนพื้นที่ฝ้าเพดานต่อพื้นที่ใช้งานที่มากที่สุด

$$\begin{aligned} \text{ภาระการทำความเย็นของฝ้ามากที่สุดพื้น คสล.หนา 12 นิ้ว} &= 1052 \text{ Btu/m}^2 \\ \text{อัตราส่วนพื้นที่ฝ้าเพดานต่อพื้นที่ใช้งานที่มากที่สุด} &= 2.5 \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าภาระการทำความเย็นมากที่สุดจากฝ้าเพดานที่สามารถเกิดได้คือ = 2630 Btu/m² ของพื้นที่ใช้งาน

3. พื้นชนิดที่มีภาระการทำความเย็นมากที่สุดสำหรับบ้านพักอาศัย x อัตราส่วนพื้นที่พื้นต่อพื้นที่ใช้งานที่มากที่สุด

$$\begin{aligned} \text{ภาระการทำความเย็นของพื้นมากที่สุดคือพื้น คสล.หนา 12 นิ้ว} &= 1052.6 \text{ Btu/m}^2 \\ \text{อัตราส่วนพื้นที่พื้นต่อพื้นที่ใช้งานที่มากที่สุด} &= 1 \\ \text{ดังนั้นค่าภาระการทำความเย็นมากที่สุดจากพื้นที่ที่สามารถเกิดได้คือ} &= 1052.6 \text{ Btu/m}^2 \text{ ของพื้นที่ใช้งาน} \\ \text{สรุปว่าขอบเขตมากที่สุดของภาระการทำความเย็น คือ } &3,136+2,630+1,052 = 6,818 \text{ Btu/m}^2 \text{ ของพื้นที่ใช้งาน} \end{aligned}$$

4.4.2 การหาค่ากลาง

การหาค่ากลางของภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นโดยการเลือกวัสดุที่มีค่าภาระการทำความเย็นที่เป็นค่ากลางกับค่าอัตราส่วนพื้นที่ต่อพื้นที่ใช้งานที่เป็นค่ากลางมาหาค่าเพื่อกำหนดเป็นค่าระดับความสามารถในการประหยัดพลังงานเป็นเบอร์ 3 โดยแบ่งเป็น

1. ผนังชนิดที่มีภาระการทำความเย็นเป็นค่ากลางสำหรับบ้านพักอาศัย x อัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานที่เป็นค่ากลางซึ่งจากงานวิจัยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ภาระการทำความเย็นของผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว} &= 400 \text{ Btu/m}^2 \\ \text{อัตราส่วนพื้นที่ผนังที่ต่อพื้นที่ใช้งานที่มีค่าปานกลาง } (1.5+4)/2 &= 2.75 \\ \text{ดังนั้นค่าภาระการทำความเย็นมากที่สุดจากผนังที่สามารถเกิดได้คือ} &= 1100 \text{ Btu/m}^2 \text{ ของพื้นที่ใช้งาน} \end{aligned}$$

2. ฝ้าเพดานชนิดที่มีภาระการทำความเย็นเป็นค่ากลางสำหรับบ้านพักอาศัย x อัตราส่วนพื้นที่ฝ้าเพดานต่อพื้นที่ใช้งานที่เป็นค่ากลาง

$$\begin{aligned} \text{ภาระการทำความเย็นของฝ้าเป็นค่ากลางคือพื้น คสล.หนา 6 นิ้ว} &= 525 \text{ Btu/m}^2 \\ \text{อัตราส่วนพื้นที่ฝ้าเพดานต่อพื้นที่ใช้งานที่มีค่ากลาง } (1+2.5)/2 &= 1.75 \\ \text{ดังนั้นค่าภาระการทำความเย็นที่เป็นค่ากลางจากฝ้าเพดานที่สามารถเกิดได้คือ} &= 918.75 \text{ Btu/m}^2 \text{ ของพื้นที่ใช้งาน} \end{aligned}$$

3. พื้นชนิดที่มีภาระการทำความเย็นเป็นค่ากลางสำหรับบ้านพักอาศัย x อัตราส่วนพื้นที่พื้นต่อพื้นที่ใช้งานที่เป็นค่ากลาง

$$\begin{aligned} \text{ภาระการทำความเย็นของพื้นค่าปานกลางพื้น คสล.หนา 6 นิ้ว} &= 525 \text{ Btu/m}^2 \\ \text{อัตราส่วนพื้นที่พื้นต่อพื้นที่ใช้งานที่เป็นค่ากลาง} &= 1 \\ \text{ดังนั้นค่าภาระการทำความเย็นที่เป็นค่ากลางจากพื้นที่ที่สามารถเกิดได้คือ} &= 525 \text{ Btu/m}^2 \text{ ของพื้นที่ใช้งาน} \\ \text{สรุปว่าค่ากลางของภาระการทำความเย็น คือ } &1100+918.75+525 = 2543.75 \text{ Btu/m}^2 \text{ ของพื้นที่ใช้งาน} \end{aligned}$$

4.4.3 การหาขอบเขตน้อยที่สุด

ค่าภาระการทำความเย็นน้อยที่สุดจะนำไปใช้เป็นขอบเขตล่างเพื่อการจัดช่วงระดับคะแนนเบอร์ 5 เพื่อแสดงช่วงที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานมากที่สุด

1. ผนังชนิดที่มีภาวะการทำความเย็นที่น้อยที่สุดสำหรับบ้านพักอาศัย x อัตราส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานที่น้อยที่สุดซึ่งจากงานวิจัยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ภาวะการทำความเย็นของผนังกระจกที่ความหนา 5 มม.} = 12 \quad \text{Btu/m}^2$$

$$\text{อัตราส่วนพื้นที่ผนังที่ทับต่อพื้นที่ใช้งานที่น้อยที่สุด} = 1.5$$

$$\text{ดังนั้นค่าภาวะการทำความเย็นที่น้อยที่สุดจากผนังที่สามารถเกิดได้คือ} = 18 \text{ Btu/m}^2 \text{ ของพื้นที่ใช้งาน}$$

2. ฝ้าเพดานชนิดที่มีภาวะการทำความเย็นที่น้อยที่สุดสำหรับบ้านพักอาศัย x อัตราส่วนพื้นที่ฝ้าเพดานต่อพื้นที่ใช้งานที่น้อยที่สุด

$$\text{ภาวะการทำความเย็นของฝ้าที่น้อยที่สุดคือยิปซัมบอร์ด หนา 10 มม.} = 151 \quad \text{Btu/m}^2$$

$$\text{อัตราส่วนพื้นที่ฝ้าเพดานต่อพื้นที่ใช้งานที่น้อยที่สุด} = 1$$

$$\text{ดังนั้นค่าภาวะการทำความเย็นที่เป็นค่าน้อยที่สุดจากฝ้าเพดานที่สามารถเกิดได้คือ} = 151 \text{ Btu/m}^2 \text{ ของพื้นที่ใช้งาน}$$

3. พื้นชนิดที่มีภาวะการทำความเย็นที่น้อยที่สุดสำหรับบ้านพักอาศัย x อัตราส่วนพื้นที่พื้นต่อพื้นที่ใช้งานที่น้อยที่สุด

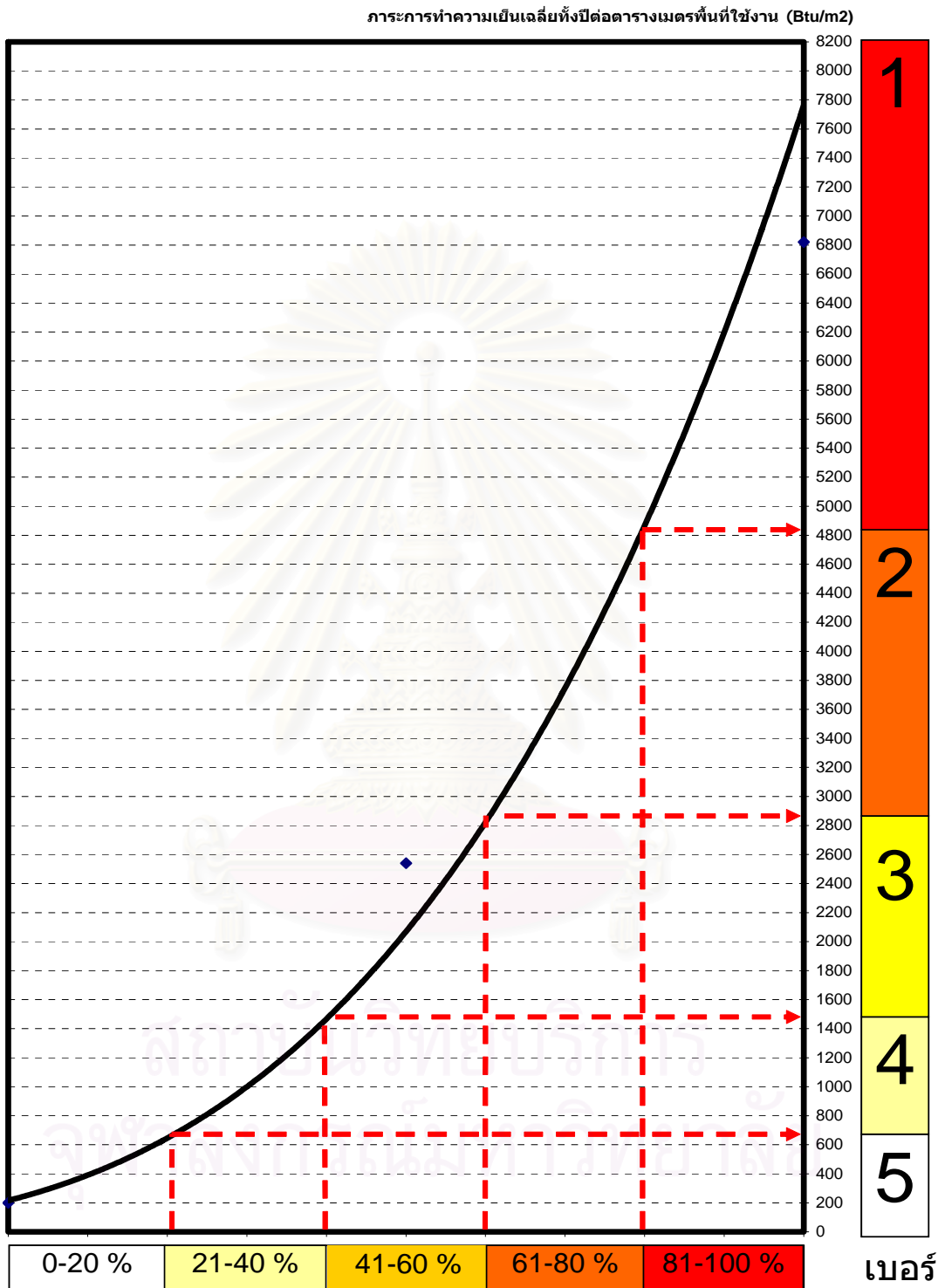
$$\text{ภาวะการทำความเย็นของพื้นน้อยที่สุดจากกระจก} = 24 \text{ Btu/m}^2$$

$$\text{อัตราส่วนพื้นที่พื้นต่อพื้นที่ใช้งานที่เป็นค่ากลาง} = 1$$

$$\text{ดังนั้นค่าภาวะการทำความเย็นที่เป็นค่ากลางจากพื้นที่สามารถเกิดได้คือ} = 24 \text{ Btu/m}^2 \text{ ของพื้นที่ใช้งาน}$$

$$\text{สรุปว่าค่าน้อยที่สุดของภาวะการทำความเย็น คือ } 18+151+24 = 193.0 \text{ Btu/m}^2 \text{ ของพื้นที่ใช้งาน}$$

4.4.4 การหาช่วงของค่าระดับความสามารถในการประหยัดพลังงานของโครงสร้างอาคาร



แผนภูมิที่ 4.23 แสดงการแบ่งช่วงของค่าระดับความสามารถในการประหยัดพลังงานจากการดูดซับความร้อนและความชื้นวัสดุอาคาร

จากแผนภูมิที่ 4.19 สามารถสรุปช่วงค่าระดับความสามารถในการประหยัดพลังงานจากการสะสมความร้อน และ ความชื้นของโครงสร้างอาคารได้ดังนี้

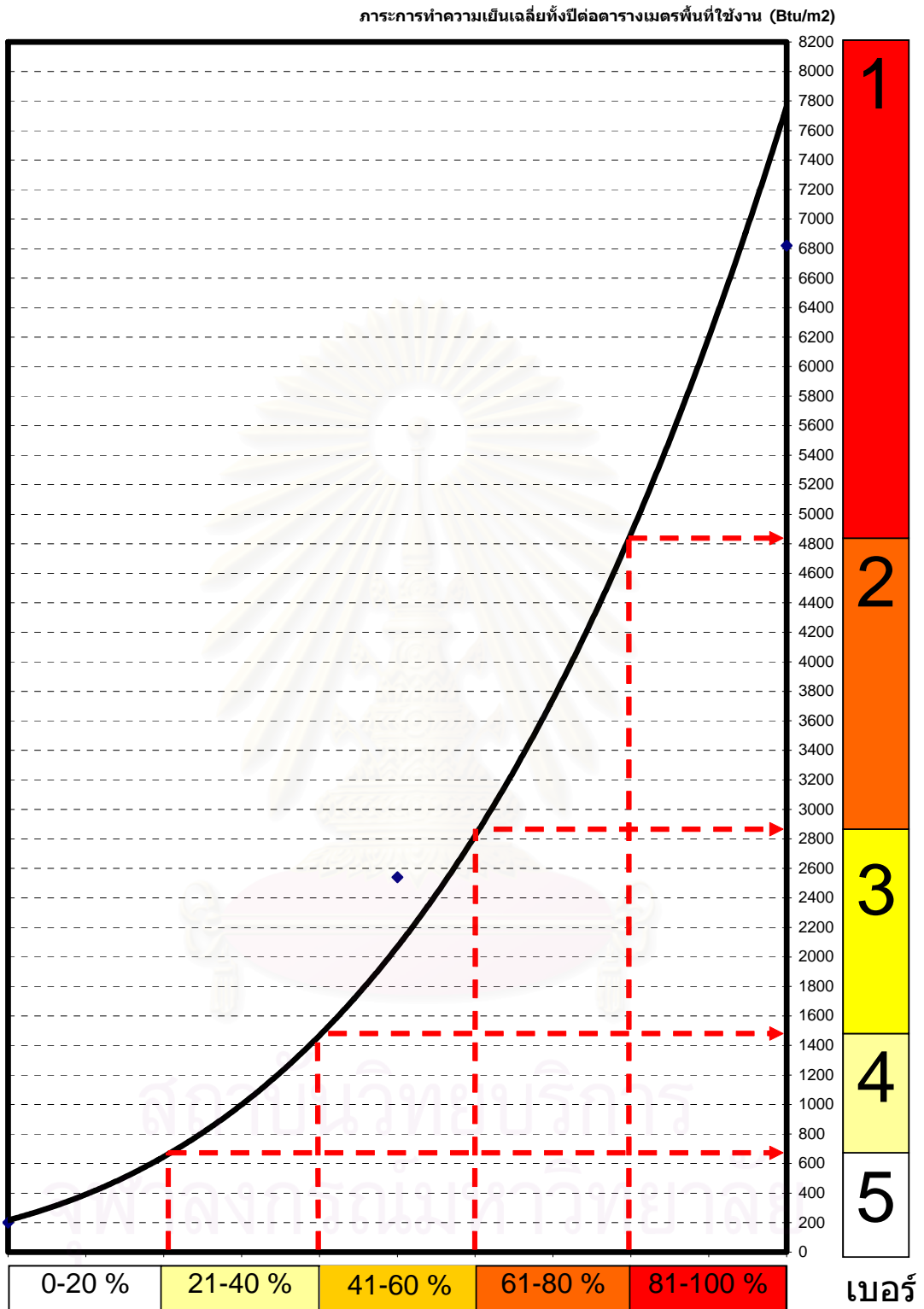
เบอร์ 5 ช่วงภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรอยู่ที่	น้อยกว่า 700	Btu/m ²
เบอร์ 4 ช่วงภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรอยู่ที่	701 - 1500	Btu/m ²
เบอร์ 3 ช่วงภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรอยู่ที่	1501 - 2900	Btu/m ²
เบอร์ 2 ช่วงภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรอยู่ที่	2901 - 4800	Btu/m ²
เบอร์ 1 ช่วงภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรอยู่ที่	มากกว่า 4800	Btu/m ²

4.4.5 การหาช่วงของค่าระดับความสามารถในการประหยัดพลังงานของเครื่องเรือนและของตกแต่งบ้าน

เนื่องจากภาระการทำความเย็นของเครื่องเรือนมีค่าใกล้เคียงกับภาระการทำความเย็นจากส่วนวัสดุอาคาร การจัดค่าระดับความสามารถในการประหยัดพลังงานจึงใช้การแบ่งช่วงระดับด้วย ค่าระดับเดียวกัน

เบอร์ 5 ช่วงภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรอยู่ที่	น้อยกว่า 700	Btu/m ²
เบอร์ 4 ช่วงภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรอยู่ที่	701 - 1500	Btu/m ²
เบอร์ 3 ช่วงภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรอยู่ที่	1501 - 2900	Btu/m ²
เบอร์ 2 ช่วงภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรอยู่ที่	2901 - 4800	Btu/m ²
เบอร์ 1 ช่วงภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรอยู่ที่	มากกว่า 4800	Btu/m ²

การแบ่งประเมินส่วนประกอบอาคารออกเป็น 2 ส่วนเพื่อให้เกิดความสะดวกในการประเมินและการปรับปรุงอาคารหากกลุ่มเครื่องเรือนเป็นกลุ่มที่สร้างภาระการทำความเย็นมากก็ควรจะมาปรับปรุงในส่วนเครื่องเรือน หากโครงสร้างอาคารเป็นกลุ่มที่สร้างภาระการทำความเย็นมากก็จะได้ปรับปรุงที่โครงสร้างอาคาร



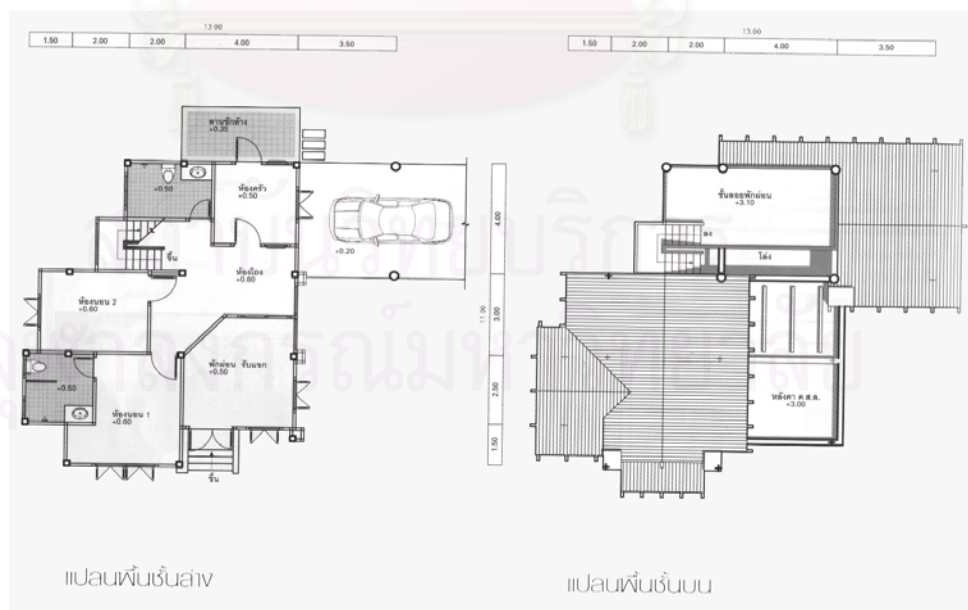
แผนภูมิที่ 4.24 แสดงการแบ่งช่วงของค่าระดับความสามารถในการประหยัดพลังงานจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของเครื่องเรือนและของตกแต่งบ้าน

4.5 การทดสอบทดสอบแบบประเมิน

4.5.1 การประเมินบ้านลอยชาย



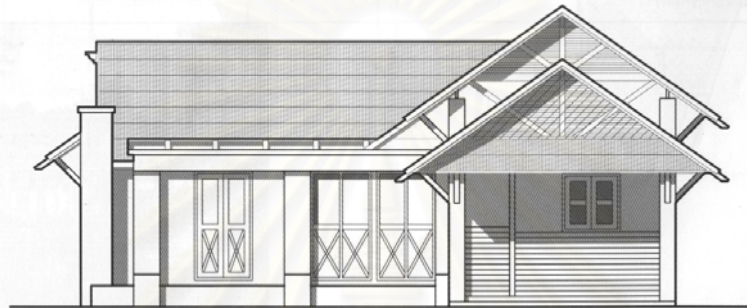
ภาพที่ 4-1 แสดงทัศนียภาพของบ้านลอยชายชั้นครึ่ง



ภาพที่ 4-2 แสดงผังบ้านลอยชายชั้นครึ่งที่ใช้ในการทดสอบแบบประเมิน



แปลนรูปด้านหน้า



แปลนรูปด้านขวา

ภาพที่ 4-3 แสดงรูปด้านของบ้านลอยชายชั้นครึ่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินความเหมาะสมในการเลือกใช้ส่วนประกอบอาคารเพื่อลดภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้น

แบบประเมินฝ้าเพดานอาคาร				
ชนิดฝ้า	พื้นที่ (A) m ²	พื้นที่พื้น(Au) m ²	อัตราส่วน A/Au	พลังงาน Load/Au
1 ยิปซัมบอร์ด 10 มม.	65	80	0.80	120
2 ไม้เนื้อแข็ง	15	80	0.20	65
3				
4				
5				
			รวม	185 Btu/m ²

แบบประเมินพื้นอาคาร				
ชนิดพื้น	พื้นที่ (A) m ²	พื้นที่พื้น(Au) m ²	อัตราส่วน A/Au	พลังงาน Load/Au
1 คสล. 6 นิ้ว	80	80	1.00	527
2 ไม้เนื้อแข็ง	15	80	0.20	329
3				
4				
5				
			รวม	856 Btu/m ²

แบบประเมินผนังอาคาร				
ชนิดผนัง	พื้นที่ (A) m ²	พื้นที่พื้น(Au) m ²	อัตราส่วน A/Au	พลังงาน Load/Au
1 ก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว	160	80	2.00	800
2 กระจก	16	80	0.20	2.4
3 ไม้เนื้อแข็ง	60	80	0.75	250
4				
5				
			รวม	1052.4 Btu/m ²



มากกว่า 4800
Btu/m²



2901-4800
Btu/m²



1501-2900
Btu/m²

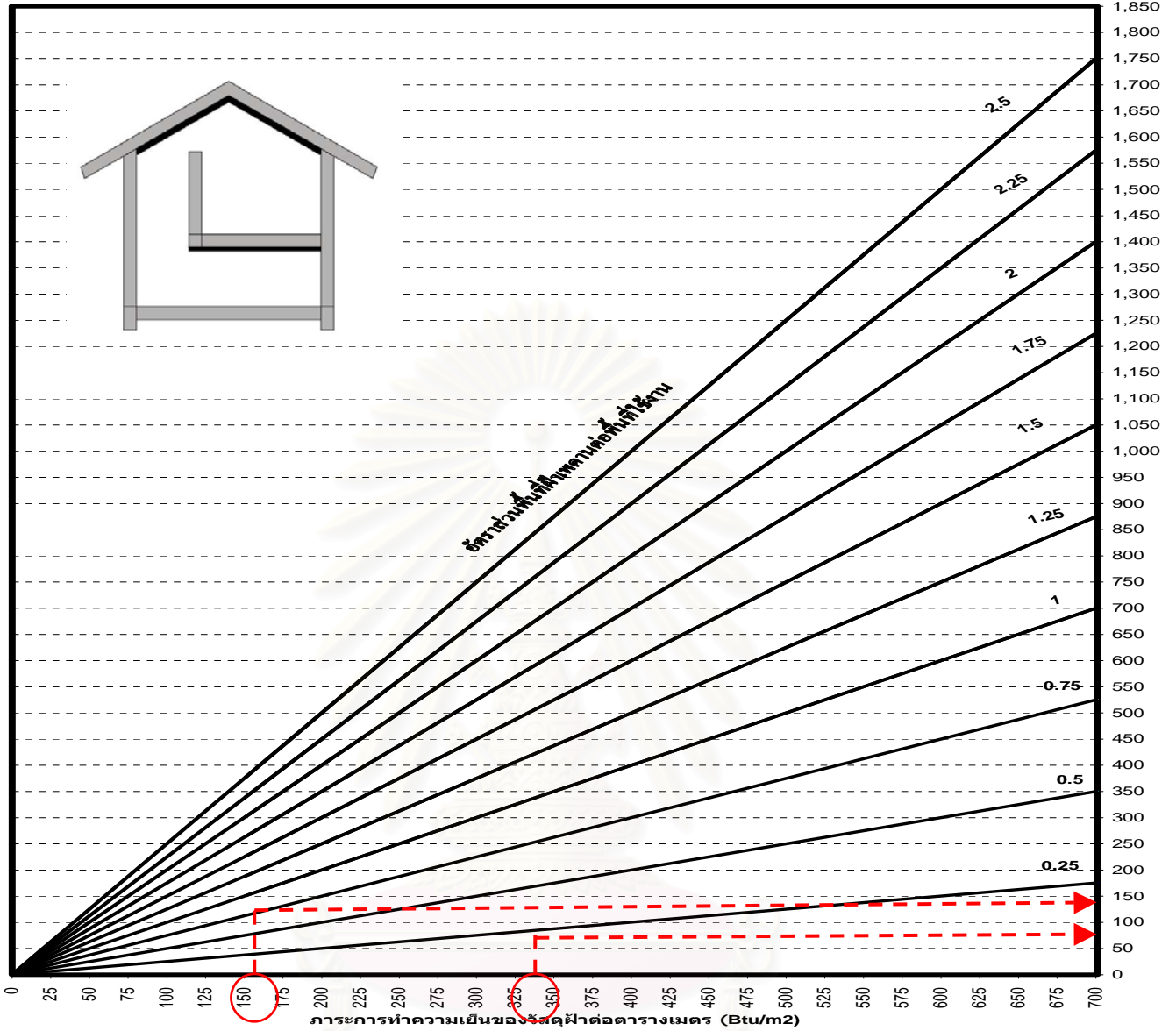


701-1500
Btu/m²

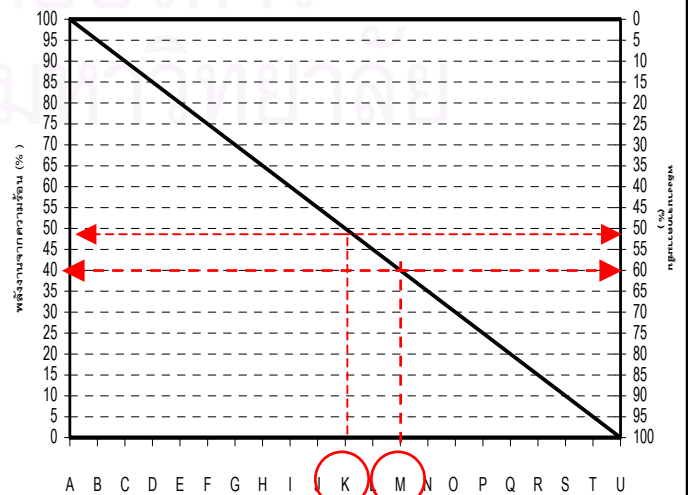


น้อยกว่า 700
Btu/m²

การการทำความเย็น
ต่อตารางเมตรของ
พื้นที่ใช้งาน (Btu/m²)

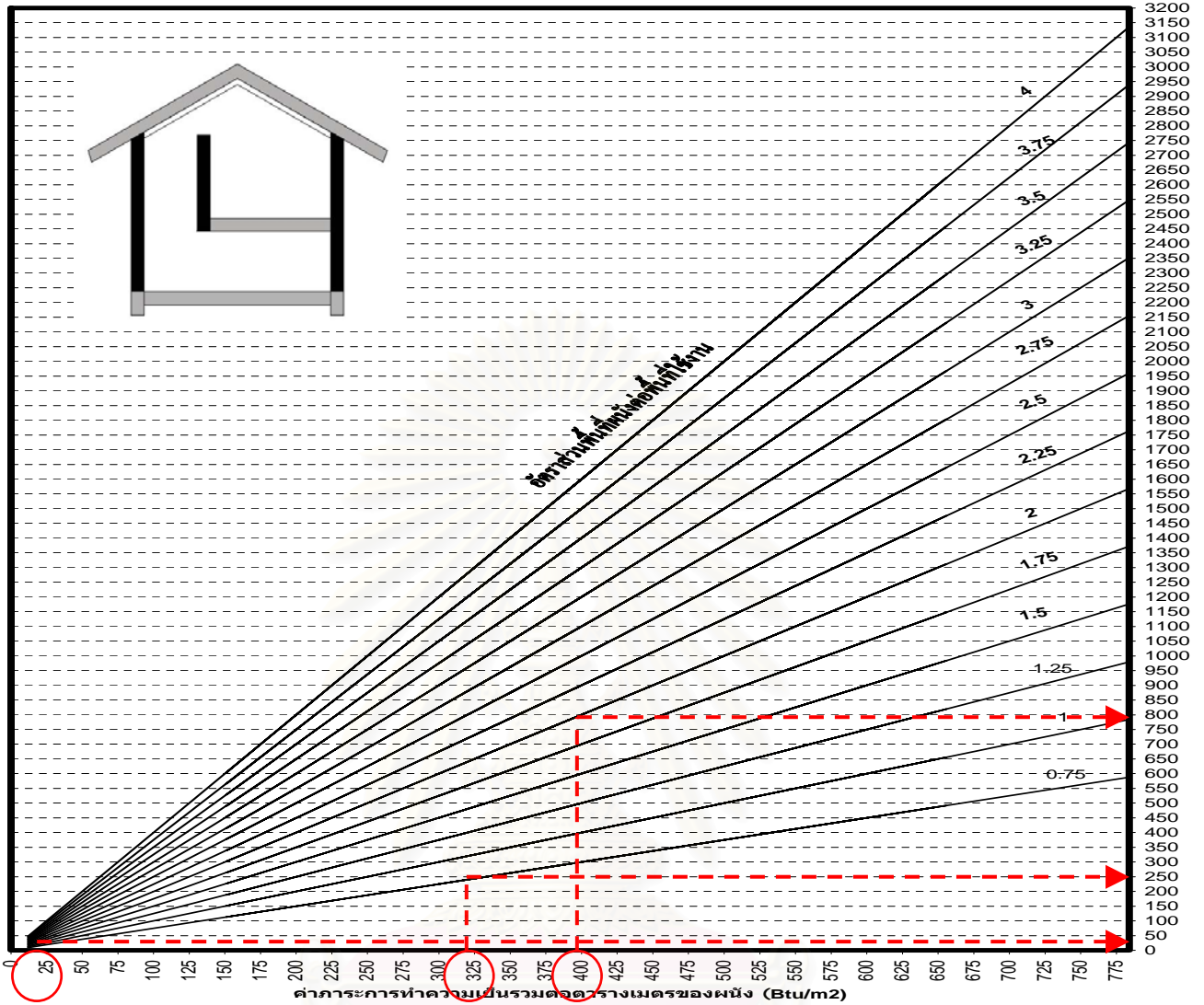


กลุ่มผ้า	ชนิดผ้าเพดาน	การการทำความเย็น Btu/m ²
K	แผ่นยิปซัม	151.00
E	แผ่นไม้อัด	299.00
P	แผ่นไม้เนื้ออ่อน	324.00
M	แผ่นไม้เนื้อแข็ง	328.00
Q	แผ่นอะคริลิก (กระดาษ)	332.00
I	แผ่นพื้น คสล.หนา 4 นิ้ว	351.00
I	แผ่นพื้น คสล.หนา 6 นิ้ว	526.00
I	แผ่นพื้น คสล.หนา 8 นิ้ว	701.00

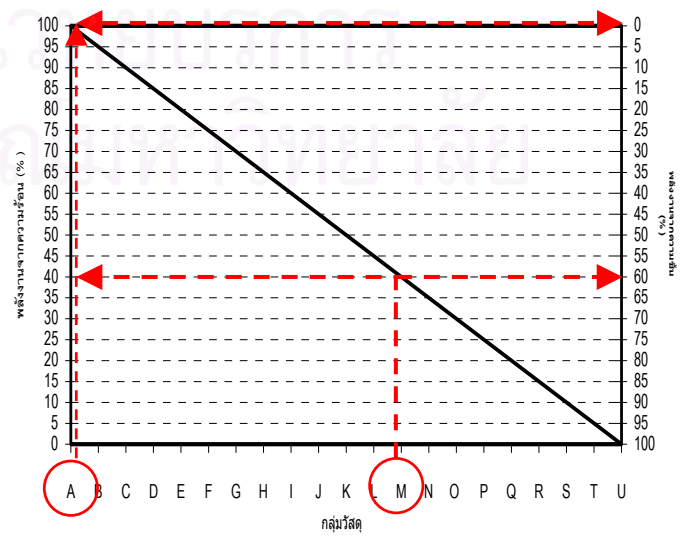


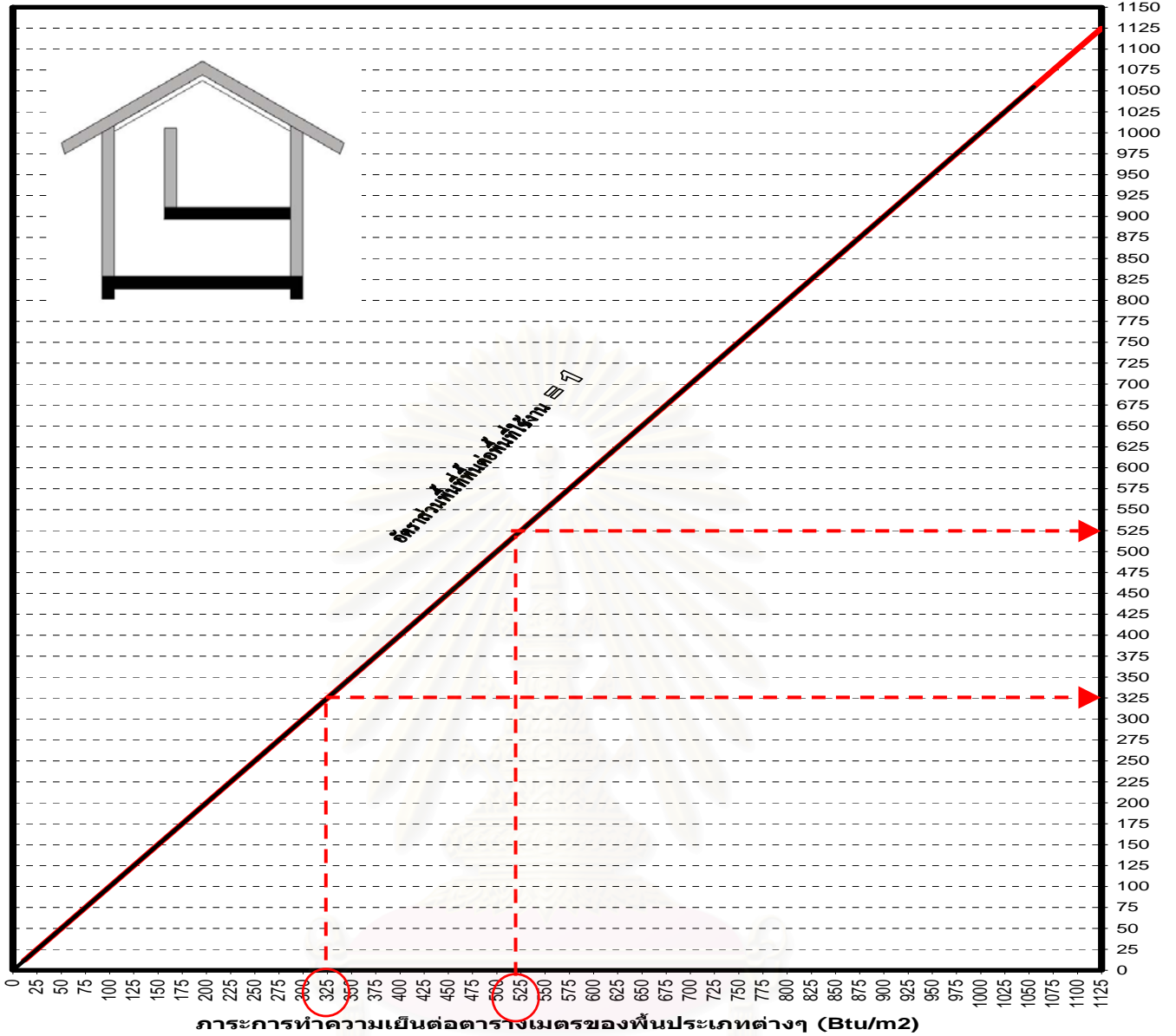
กลุ่มผ้า

ภาระการทำความเย็น
ของผนังต่อพื้นที่ใช้งาน
(Btu/m²)

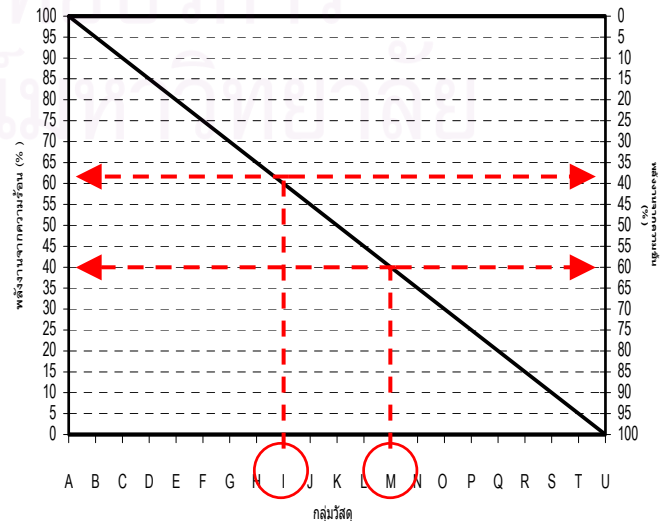


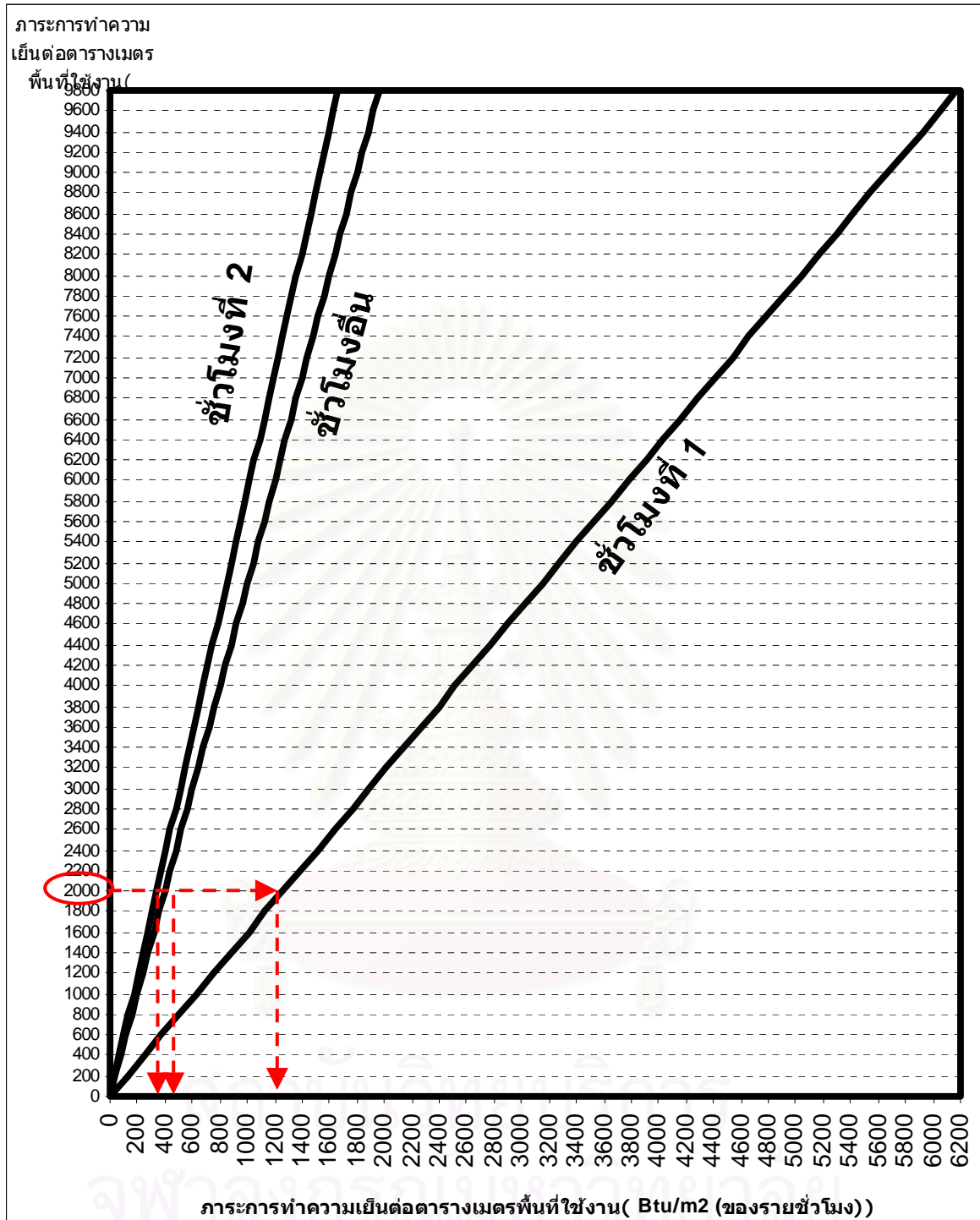
กลุ่มผนัง	ชนิดผนัง	Load (Btu/m ²)
A	กระฉาก บล็อกแก้ว โลหะ	12 24 73
I	คสล. 4 นิ้ว	351
K	ผนังยิปซั่ม	151
M	ไม้เนื้อแข็ง 1 ชั้น/2 ชั้น ก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว ก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว	328/656 392 784
O	ผนังระบบ EIFS	292
P	ผนังไม้เนื้ออ่อน 1 ชั้น/2 ชั้น	324/658
Q	คอนกรีตบล็อก 4 นิ้ว ผนังไม้ซัด 4 มม. 1 ชั้น/2 ชั้น	347 299/598
S	ผนังมวลเบา 4 นิ้ว	421





กลุ่มพื้นที่	ชนิดพื้นที่	ภาระการทำความเย็น
		Btu/m ²
A	พื้นที่กระจก	24
A	พื้นที่ลือคั่ว	50
A	พื้นที่เหล็กหนา 5 มม.	182.5
M	พื้นที่ไม้เนื้อแข็งหนา 2 ซม.	328
	พื้นที่ คสล. หนา 4 นิ้ว	352
I	พื้นที่ คสล. หนา 6 นิ้ว	527
I	พื้นที่ คสล. หนา 8 นิ้ว	702
I	พื้นที่ คสล. หนา 12 นิ้ว	1055



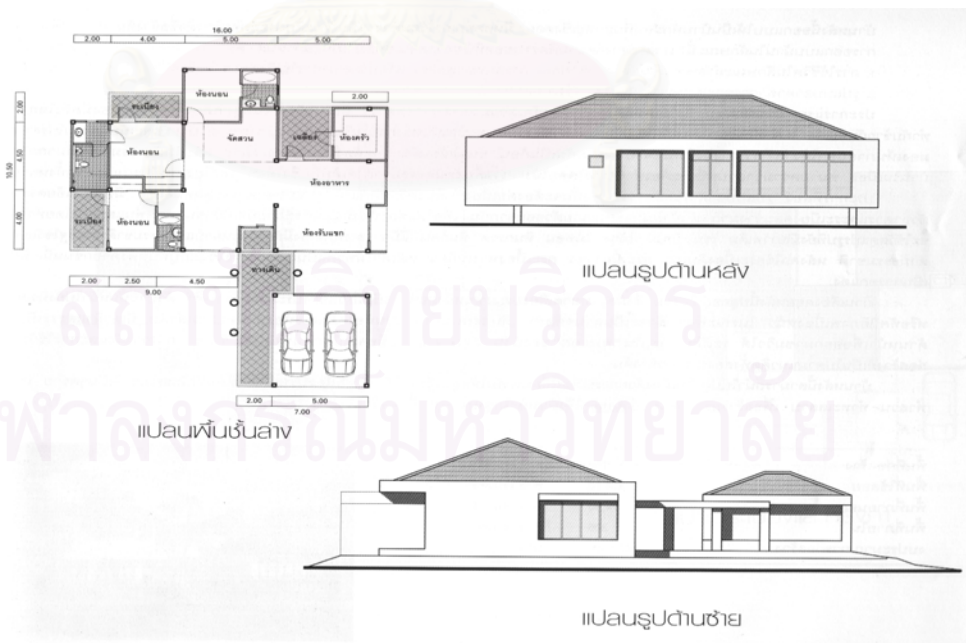


การหาค่าภาระการทำความเย็นในชั่วโมงต่างๆสามารถหาได้จาก แผนภูมิประเมินภาระการทำความเย็นรายชั่วโมง โดยการนำค่าภาระการทำความเย็นรวมทั้งหมด มาดูค่าที่แกนตั้ง จากนั้นลากเส้นตัดกับเวลาชั่วโมงที่เราต้องการทราบ ภาระการทำความเย็นก็จะได้อ่านค่าภาระการทำความเย็นในชั่วโมงต่างๆออกมา โดยจากตัวอย่าง ภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรพื้นที่ใช้งานของบ้านลอยชายชั้นครึ่งอยู่ที่ประมาณ 2000 Btu/m² เมื่อลากเส้นตัดแกนเวลาที่ชั่วโมงที่ 1 ที่ 2 และชั่วโมงที่เหลือ จะได้ภาระการทำความเย็นประมาณ 1200. Btu/m² 400 และ 400. Btu/m² ตามลำดับ

4.5.2 การประเมินบ้านเบิกบาน



ภาพที่ 4-4 แสดงทัศนียภาพของบ้านเบิกบาน



ภาพที่ 4-5 แสดงผังอาคารบ้านและรูปด้านของบ้านเบิกบาน

แบบประเมินความเหมาะสมในการเลือกใช้ส่วนประกอบอาคารเพื่อลดภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้น

แบบประเมินฝ้าเพดานอาคาร				
ชนิดฝ้า	พื้นที่ (A) m ²	พื้นที่พื้น(Au) m ²	อัตราส่วน A/Au	พลังงาน Load/Au
1 ยิปซัมบอร์ด 10 มม.	146	146	1	151
2				
3				
4				
5				
			รวม	151 Btu/m ²

แบบประเมินพื้นอาคาร				
ชนิดพื้น	พื้นที่ (A) m ²	พื้นที่พื้น(Au) m ²	อัตราส่วน A/Au	พลังงาน Load/Au
1 คสล. 4 นิ้ว	146	146	1.00	351
2 ไม้เนื้อแข็ง	146	146	1.00	139
3				
4				
5				
			รวม	490 Btu/m ²

แบบประเมินผนังอาคาร				
ชนิดผนัง	พื้นที่ (A) m ²	พื้นที่พื้น(Au) m ²	อัตราส่วน A/Au	พลังงาน Load/Au
1 ก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว	181.5	146	1.25	500
2 กระฉก	38.5	146	0.26	18
3				
4				
5				
			รวม	518 Btu/m ²



มากกว่า 4800
Btu/m²



2901-4800
Btu/m²



1501-2900
Btu/m²

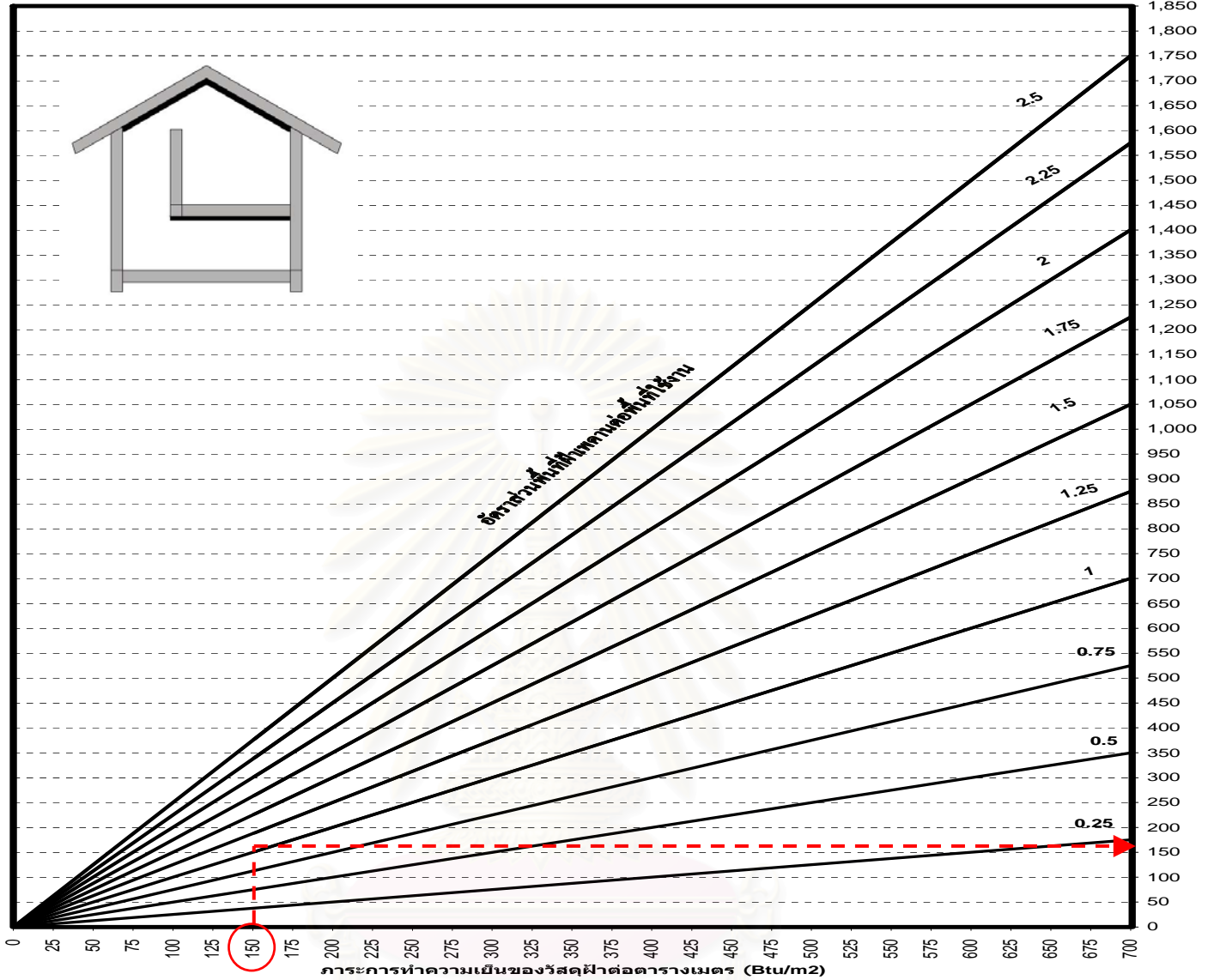


701-1500
Btu/m²

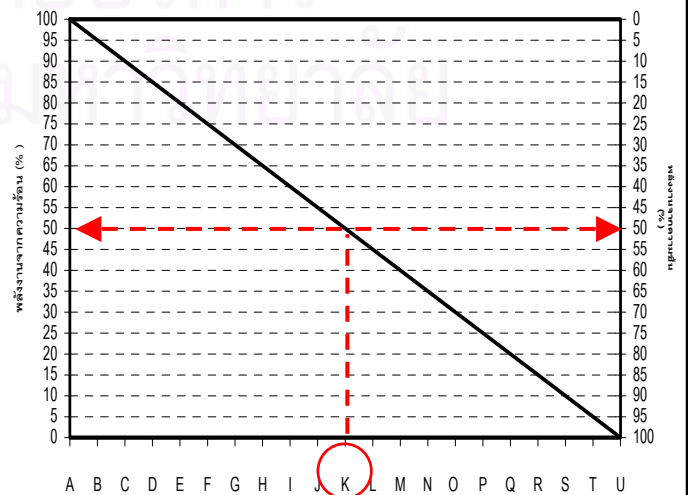


น้อยกว่า 700
Btu/m²

ภาระการทำความเย็น
ต่อตารางเมตรของ
พื้นที่ใช้งาน (Btu/m²)

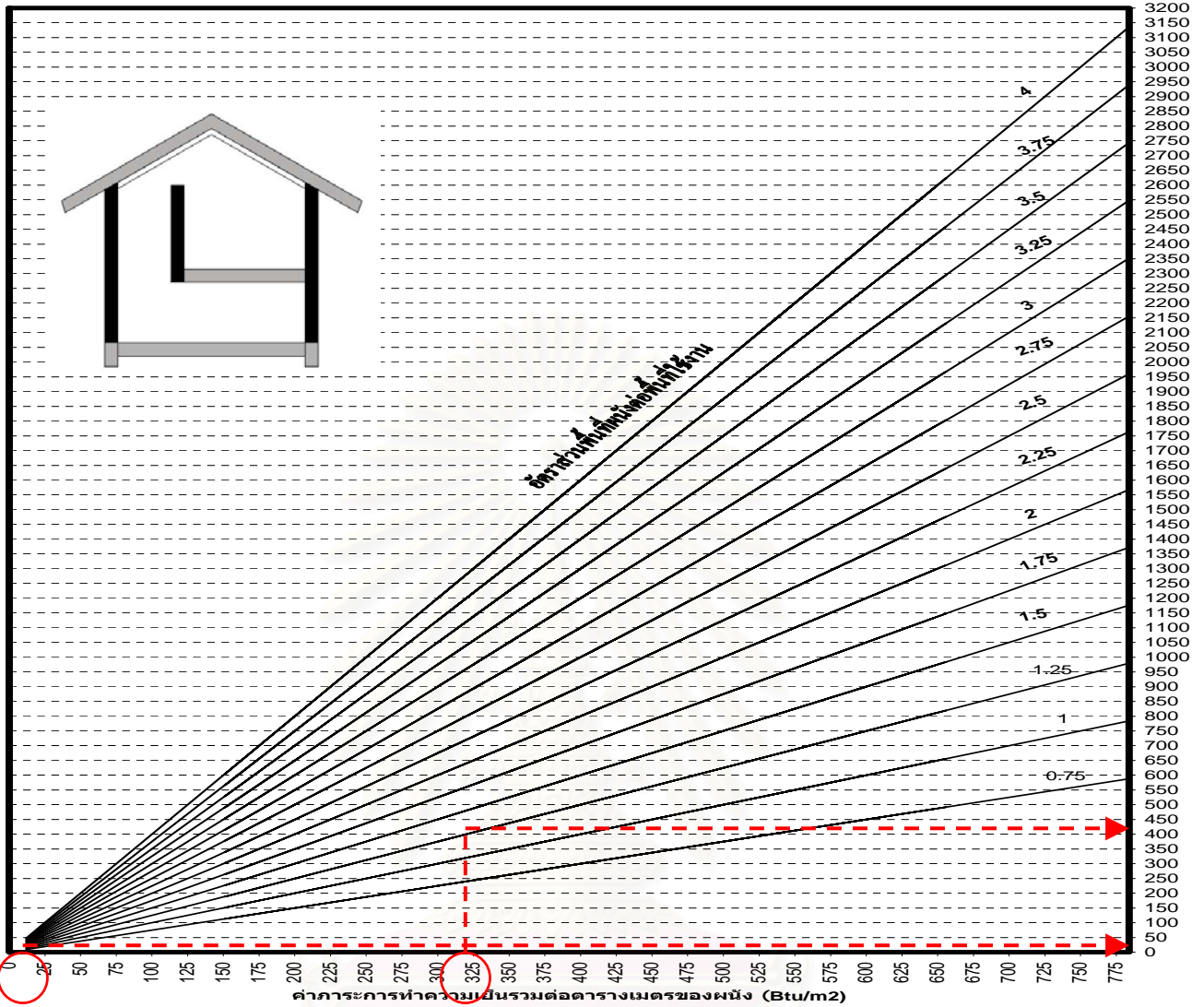


กลุ่มฝ้า	ชนิดฝ้าเพดาน	ภาระการทำความเย็น Btu/m ²
K	แผ่นยิปซัม	151.00
E	แผ่นไม้อัด	299.00
P	แผ่นไม้เนื้ออ่อน	324.00
M	แผ่นไม้เนื้อแข็ง	328.00
Q	แผ่นอะคริลิก (กระดาษ)	332.00
I	แผ่นพื้น คสล.หนา 4 นิ้ว	351.00
I	แผ่นพื้น คสล.หนา 6 นิ้ว	526.00
I	แผ่นพื้น คสล.หนา 8 นิ้ว	701.00

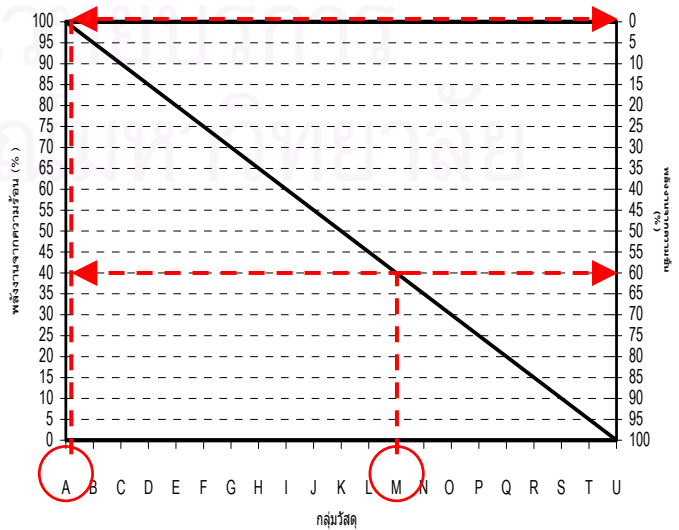


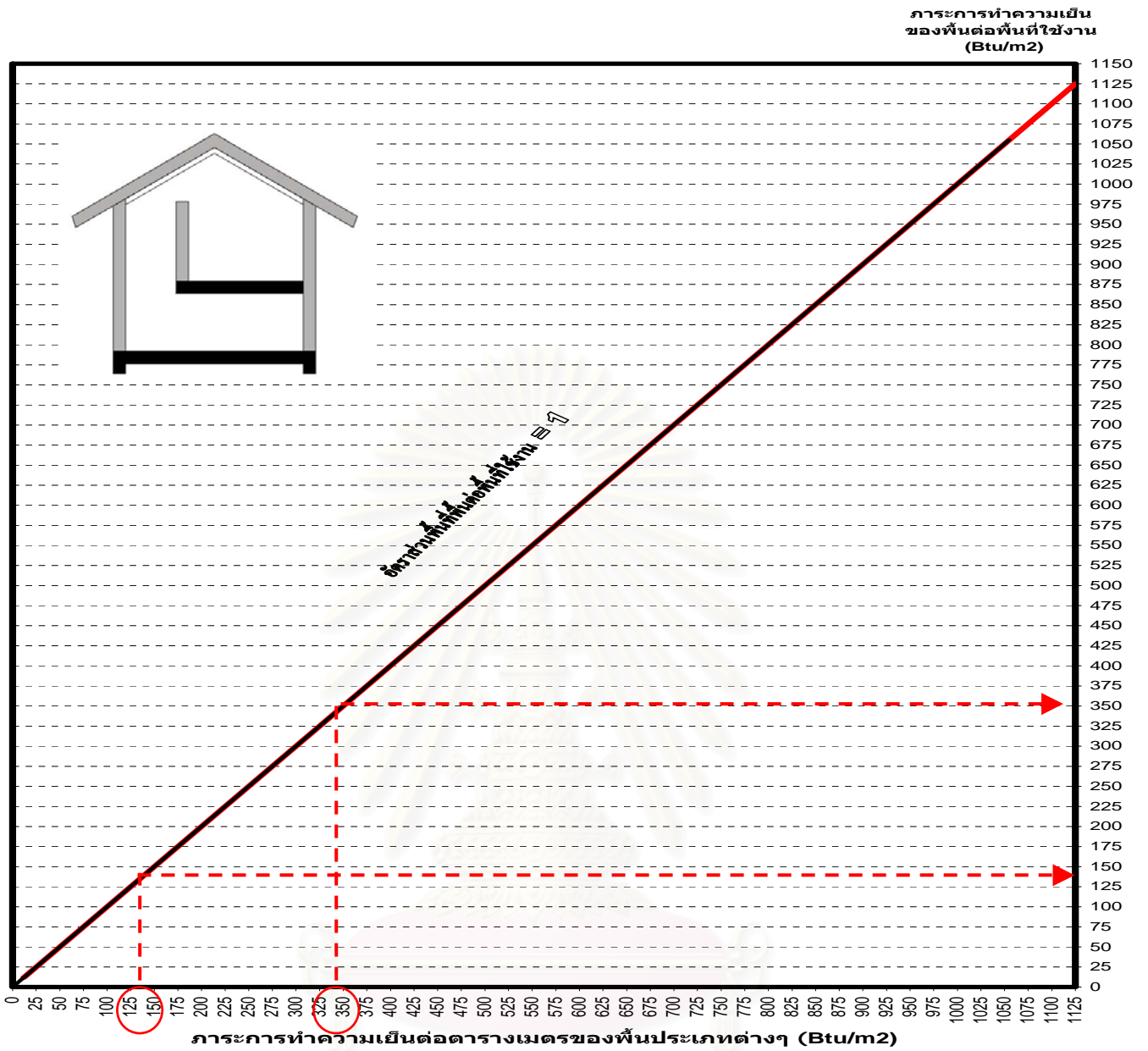
กลุ่มฝ้า

ภาระการทำความเย็น
ของผนังต่อพื้นที่ใช้งาน
(Btu/m²)

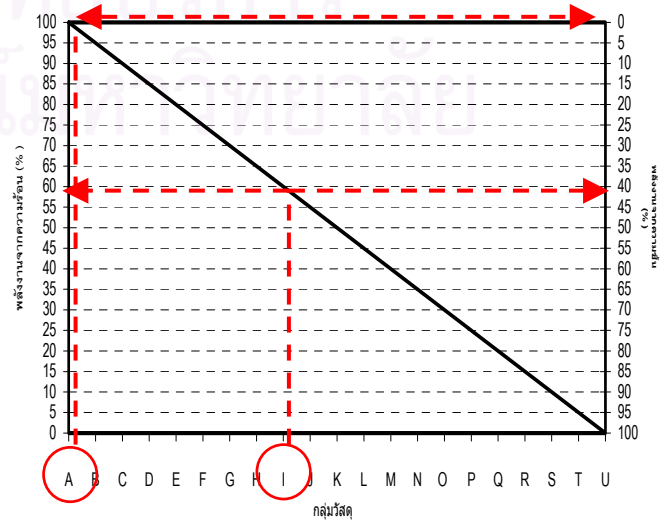


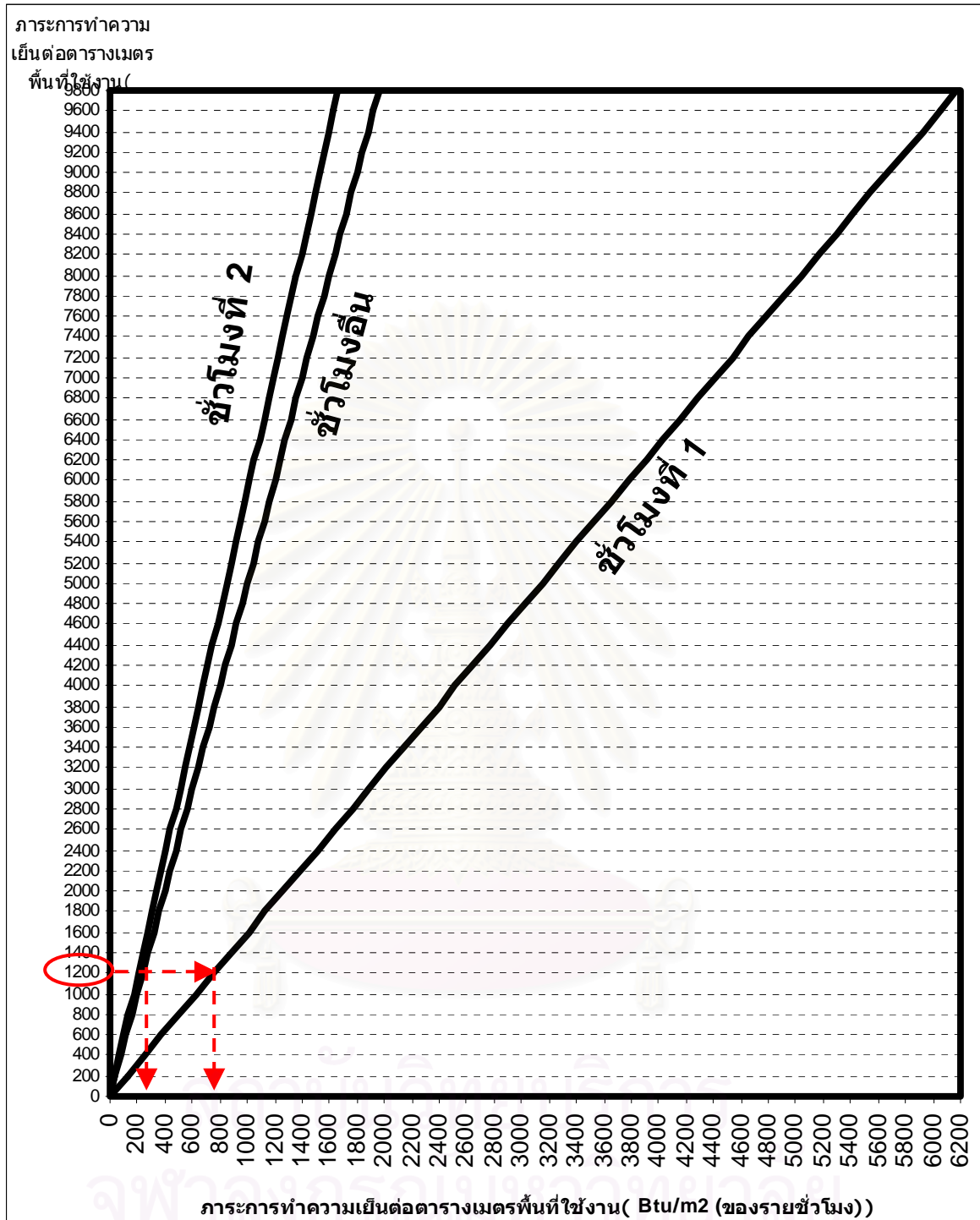
กลุ่มผนัง	ชนิดผนัง	Load (Btu/m ²)
A	กระจาก	12
	บล็อกแก้ว	24
	โลหะ	73
I	คสล. 4 นิ้ว	351
K	ผนังยิปซั่ม	151
M	ไม้เนื้อแข็ง 1 ชั้น/2 ชั้น	328/656
	ก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว	392
	ก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว	784
O	ผนังระบบ EIFS	292
P	ผนังไม้เนื้ออ่อน 1 ชั้น/2 ชั้น	324/658
Q	คอนกรีตบล็อก 4 นิ้ว	347
	ผนังไม้ซัด 4 มม. 1 ชั้น/2 ชั้น	299/598
S	ผนังมวลเบา 4 นิ้ว	421





กลุ่มพื้นที่	ชนิดพื้นที่	ภาระการทำความเย็น
		Btu/m ²
A	พื้นที่กระจก	24
A	พื้นที่คอคกั่ว	50
A	พื้นที่หลังคา 5 มม.	182.5
M	พื้นที่ไม้เนื้อแข็งหนา 2 ซม.	328
I	พื้นที่ คสล. หนา 4 นิ้ว	352
I	พื้นที่ คสล. หนา 6 นิ้ว	527
I	พื้นที่ คสล. หนา 8 นิ้ว	702
I	พื้นที่ คสล. หนา 12 นิ้ว	1055





การหาค่าภาระการทำความเย็นในชั่วโมงต่างๆสามารถหาได้จาก แผนภูมิประเมินภาระการทำความเย็นรายชั่วโมง โดยการนำค่าภาระการทำความเย็นรวมทั้งหมด มาดูค่าที่แกนตั้ง จากนั้นลากเส้นตัดกับเวลาชั่วโมงที่เราต้องการทราบภาระการทำความเย็นก็จะได้อาภาระการทำความเย็นในชั่วโมงต่างๆออกมา โดยจากตัวอย่าง ภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรพื้นที่ใช้งานของบ้านเบิกบาน ประมาณ 2000 Btu/m² เมื่อลากเส้นตัดแกนเวลาที่ชั่วโมงที่ 1 ที่ 2 และชั่วโมงที่เหลือ จะได้ภาระการทำความเย็นประมาณ 750 Btu/m² 225 และ 225 Btu/m² ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 ปัจจัยและพฤติกรรมของการดูดซับ-คายความร้อน

5.1.1 ปัจจัยที่เกิดจากคุณสมบัติวัสดุ

1. มวลของวัสดุประกอบอาคาร
2. ค่าความจุความร้อนของวัสดุประกอบอาคารแต่ละประเภท
3. ลักษณะของโครงสร้างมวลสารของวัสดุแต่ละชนิดซึ่งทำให้วัสดุแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตัวในการดูดซับและคายความร้อน

5.1.2 ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมที่วัสดุอาศัยอยู่

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิววัสดุและอุณหภูมิอากาศที่สัมผัสผิววัสดุ

5.1.3 พฤติกรรมการดูดซับและคายความร้อน

อัตราการดูดซับความร้อนจะเกิดสูงที่สุดในช่วงแรกเพราะมีความแตกต่างอุณหภูมิผิววัสดุและอุณหภูมิอากาศรอบวัสดุมีมากที่สุด โดยที่ปริมาณความร้อนที่วัสดุดูดซับในช่วงแรกสูงถึง 60-80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากระบวนการดูดซับความร้อน และในช่วงที่ 2 จะอยู่ที่ประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการดูดซับความร้อนใช้เวลาประมาณ 1-5 ชั่วโมงแล้วแต่คุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิด

การคายความร้อนของวัสดุประกอบอาคารจะเกิดขึ้นสูงสุดในช่วงแรกประมาณ 60-100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิววัสดุและอุณหภูมิอากาศมากที่สุดและจะมีปริมาณเหลือค่อยลงมากในช่วงที่สองคือประมาณ 5-20 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีวัสดุกลุ่มไม้ธรรมชาติ กระดาษและอิฐก่อฉาบปูน ที่ใช้เวลาในการคายเป็นเวลานานกว่าเวลาในการดูดซับความร้อนประมาณ 1 ชั่วโมง

5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ-คายความร้อน

5.2.1 ปัจจัยที่เกิดจากคุณสมบัติวัสดุ

ลักษณะโครงสร้างภายในเนื้อวัสดุ โดยวัสดุที่มีความหนาแน่นมากจะมีการดูดซับความร้อนได้น้อยกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นน้อย เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างเนื้อวัสดุน้อยกว่า สำหรับวัสดุที่มีความหนาแน่นเท่ากันวัสดุที่มีมวลสารมากจะสามารถดูดซับความร้อนได้มากกว่า

5.1.2 ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมที่วัสดุอาศัยอยู่

สภาพภูมิอากาศที่ประกอบด้วยความชื้นในอากาศ

5.1.3 พฤติกรรมการดูดซับและคายความร้อน

การดูดซับความร้อนของวัสดุประกอบอาคารจะเกิดขึ้นมากในช่วงแรกคือประมาณ 80-100 เปอร์เซ็นต์ และเวลาที่ใช้ในกระบวนการดูดซับความร้อนจะไม่เกิน 2 ชั่วโมง สาเหตุที่กระบวนการดูดซับความร้อนเกิดขึ้นมากในช่วงแรกเพราะมีความแตกต่างระหว่างความชื้นในเนื้อวัสดุและในอากาศภายนอกมาก เมื่อวัสดุที่อยู่ในสภาวะ

ปรับอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ ประมาณ 50 % เจอกับอากาศภายนอกห้องปรับอากาศที่มีความชื้นสูงกว่าจึงเกิดการดูดซับความชื้นที่อยู่ในอากาศภายนอกเข้าไปในเนื้อวัสดุจนจนกระทั่งเกิดสภาวะสมดุลกับความชื้นที่มีในอากาศภายนอกห้องปรับอากาศกระบวนการดูดซับความชื้นจึงหยุด

กระบวนการคายความชื้นของวัสดุจะใช้เวลานานกว่ากระบวนการดูดซับความชื้นมากโดยเฉพาะกลุ่มวัสดุธรรมชาติ เช่น ไม้ กระดาษ อิฐดินเผา และพรมขนแกะ ที่ใช้เวลาตั้งแต่ประมาณ 4-10 ชั่วโมง ในขณะที่กระบวนการดูดซับความชื้นใช้เวลาไม่เกิน 2 ชั่วโมง และวัสดุธรรมชาติกลุ่มนี้จะมีปริมาณการทำความเย็นมากที่สุดด้วย

5.3 ส่วนประกอบอาคารและอิทธิพลจากส่วนประกอบอาคาร

จากการศึกษาพบว่า ส่วนประกอบอาคารที่มีน้ำหนักมากที่สุดคือ ส่วนผนังทึบของอาคาร เพราะเป็นส่วนที่มีพื้นที่มากที่สุดคือประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนพื้นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และส่วนฝ้าเพดานประมาณ 30-20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคิดเป็นสัดส่วนพื้นที่ผนังต่อพื้นที่ใช้งานจะมีค่าอยู่ที่ 1.50-4.00 สัดส่วนพื้นที่ฝ้าเพดานต่อพื้นที่ใช้งานจะมีค่า 1.00-2.50 และสัดส่วนพื้นที่พื้นต่อพื้นที่ใช้งานมีค่าเป็น 1 ซึ่งค่าสัดส่วนพื้นที่ต่อพื้นที่ใช้งานที่มากขึ้นจะทำให้ภาระการทำความเย็นมากขึ้น ดังนั้นการออกแบบรูปทรงที่เหมาะสมสำหรับอาคารปรับอากาศ ต้องมีเปลือกอาคารน้อย มีการกั้นผนังภายในน้อย การตีฝ้าอาคารโดยฝ้าเพดานแบบตัดเรียบในระนาบนอนจะมีพื้นที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับฝ้าเพดานแบบอื่นๆ

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการเลือกวัสดุประกอบอาคารและเครื่องเรือนสำหรับอาคารปรับอากาศ

การเลือกวัสดุประกอบอาคารและเครื่องเรือนควรเลือกวัสดุที่มีมวลสารน้อยเพื่อลดภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและเป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นเซลล์ปิด มีความเป็นรูพรุนน้อยน้อย เพื่อลดภาระการทำความเย็นจากการดูดซับความชื้น จากการศึกษพบว่า กลุ่มวัสดุที่มีภาระการทำความเย็นมากที่สุดจะเป็นกลุ่มวัสดุธรรมชาติ ประเภท กระดาษและไม้ รวมทั้งพรมขนแกะ ที่มีภาระการทำความเย็นต่อตารางเมตรประมาณ 300-340 บีทียู ส่วนวัสดุกลุ่มที่มีภาระการทำความเย็นน้อยที่สุดจะเป็นกลุ่มวัสดุสังเคราะห์ที่มีลักษณะเป็นเซลล์ปิดและมีความหนาแน่นสูง เช่น กลุ่มโฟม กระฉก ยางสังเคราะห์ พรมอัดเรียบ มีภาระการทำความเย็นประมาณ 20-50 บีทียูต่อตารางเมตรของวัสดุ เป็นต้น

สำหรับการออกแบบรูปทรงอาคารปรับอากาศก็เป็นส่วนที่สำคัญเพราะการใช้รูปทรงที่มีพื้นที่ส่วนประกอบอาคารต่อพื้นที่ใช้งานที่ต่ำ จะทำให้เกิดภาระการทำความเย็นน้อยลง โดยเฉพาะส่วนผนังอาคารที่ควรออกแบบให้เปลือกอาคารภายนอกมีพื้นผิวน้อยๆ และมีการกั้นผนังภายในน้อยๆ หรือเลือกวัสดุผนังที่เบาแทนระบบก่ออิฐฉาบปูน ที่มีภาระการทำความเย็นสูงและน้ำหนักมาก เป็นต้น

5.5 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัย

5.5.1 ควรทำการศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลในแต่ละฤดูให้ครบถ้วน เนื่องจากในแต่ละฤดูมีอัตราส่วนความร้อนและความชื้นไม่เท่ากันทำให้พฤติกรรมและปริมาณความร้อนและความชื้นที่เกิดจากการดูดซับและการคายไม่เท่ากันในแต่ละฤดู

5.5.2 เก็บข้อมูลทั้งช่วงเวลากลางและช่วงเวลากลางคืนเพื่อให้ครอบคลุมทุกช่วงเวลากาการใช้งานอาคารจริง

5.5.3 เก็บข้อมูลการคายความร้อนและความชื้นโดยเริ่มเก็บข้อมูลเมื่อเราเริ่มเปิดระบบอากาศเพื่อให้ใกล้เคียงสภาวะการใช้งานจริงเพื่อวิเคราะห์หำร้อยละของการคายความร้อนและความชื้นรายชั่วโมงที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงให้มากที่สุด

5.5.4 เก็บข้อมูลการดูดซับความร้อนและความชื้นโดยเริ่มเก็บจากเมื่อเริ่มปิดระบบปรับอากาศ โดยแยกเป็น 2 กรณีคือเมื่อเราเปิดประตูหน้าต่างและเราปิดประตูหน้าต่างเพื่อวิเคราะห์หำร้อยละของการดูดความร้อนรายชั่วโมงที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงให้มากที่สุด

5.5.5 ควรทำการศึกษาวัสดุอื่นก่อนสร้างให้กว้างขวางขึ้นเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการคำนวณภาระในการทำความเย็นจากการดูดซับความร้อนและความชื้นของส่วนประกอบอาคาร โดยเฉพาะคอนกรีตเสริมเหล็กให้เกิดความชัดเจนในเรื่องการดูดซับความร้อนและความชื้นเพราะเป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมมากในระบบการก่อสร้างในสมัยปัจจุบันแต่ยังขาดการศึกษาภายใต้ภูมิอากาศแบบร้อนชื้นประเทศไทย

5.5.6 ศึกษาลักษณะตามสภาวะการใช้งานจริง เช่นกลุ่มวัสดุผนังหลังคาที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงก็ควรมีการศึกษาภายใต้สภาวะการได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงในตอนกลางวันและการสูญเสียความร้อนให้แก่ท้องฟ้าในตอนกลางคืน กลุ่มผนังอาคารภายนอกที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2538.
- ตริงใจ บุรณสมภพ. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพฯ : นำอักษรกรพิมพ์, 2521.
- รังสิมา กาญจนสมบัติ. ผลกระทบของการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุภายในอาคารต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2541.
- วีรศักดิ์ ศลศิลป์ชัย. ผลกระทบของวัสดุตกแต่งภายในต่อการสะสมความร้อนและความชื้นภายในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- สุนทร บุญญาธิการและคณะ. พลังงานใกล้ตัว. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เฟิร์ท ออฟเซท จำกัด, 2545.
- สุวิชา เบญจพร. อิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังที่บอบของอาคารปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ภาษาอังกฤษ

- America Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineering, Inc. ASHRAE Handbook Fundamental. Atlanta: Geogia, 2001.
- Fuller Moore. Environmental Control Systems: Heating Cooling. Singapore: McGraw-Hill Book Co., 1993.
- Givoni, B. Man Climate and Architecture. New York: American Elsevier, 1993.
- Koennigsberger, O., H. and Others. Manual of Tropical Housing and Building part one: Climate Design. Hong Kong: Dai Nippon Printing, 1974.
- Lstiburek Joseph and Camody John. Moisture Control Handbook. New York : Van Nostrand Rienhold , 1993.
- Olgray, Victor. Design with Climate. New Jersey : Printon University Press, 1973.

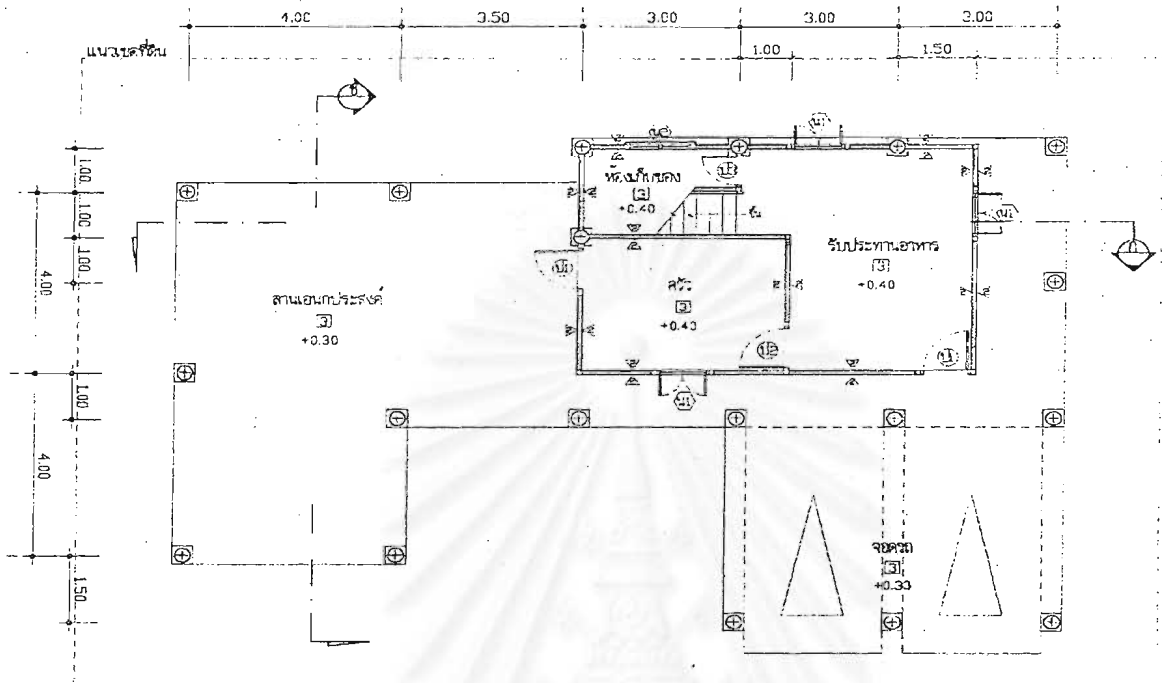
ภาคผนวก



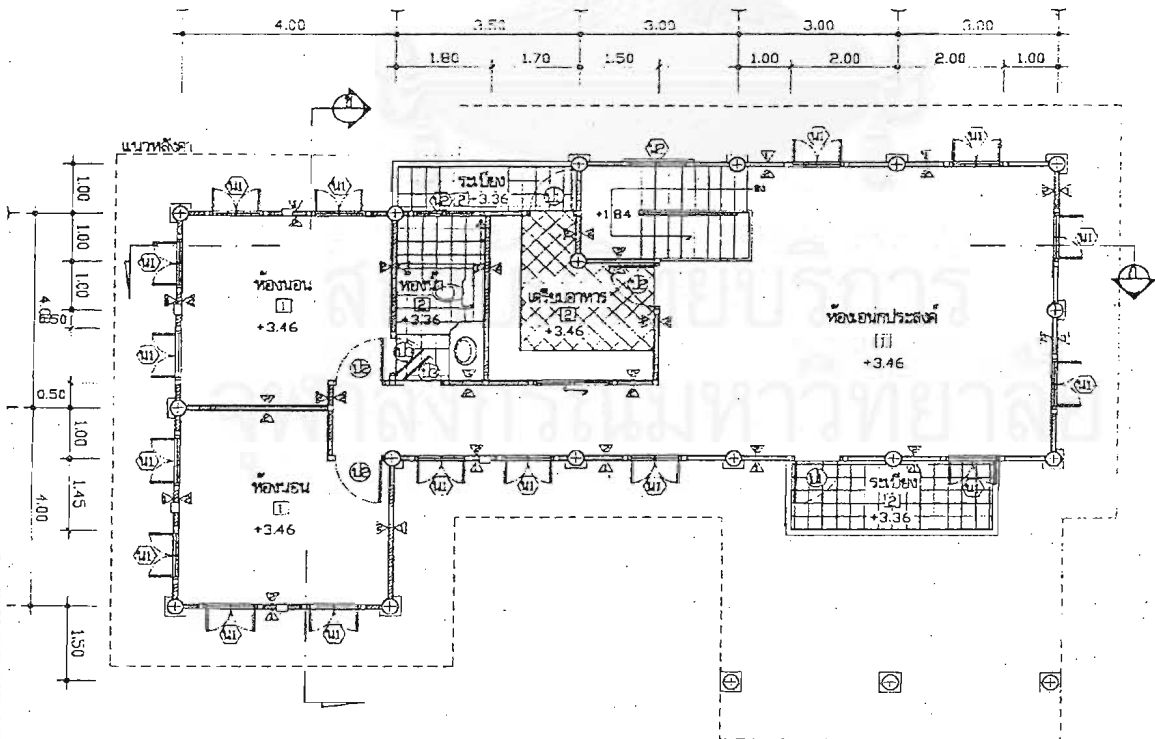
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบบ้านที่ใช้ในการวิจัย

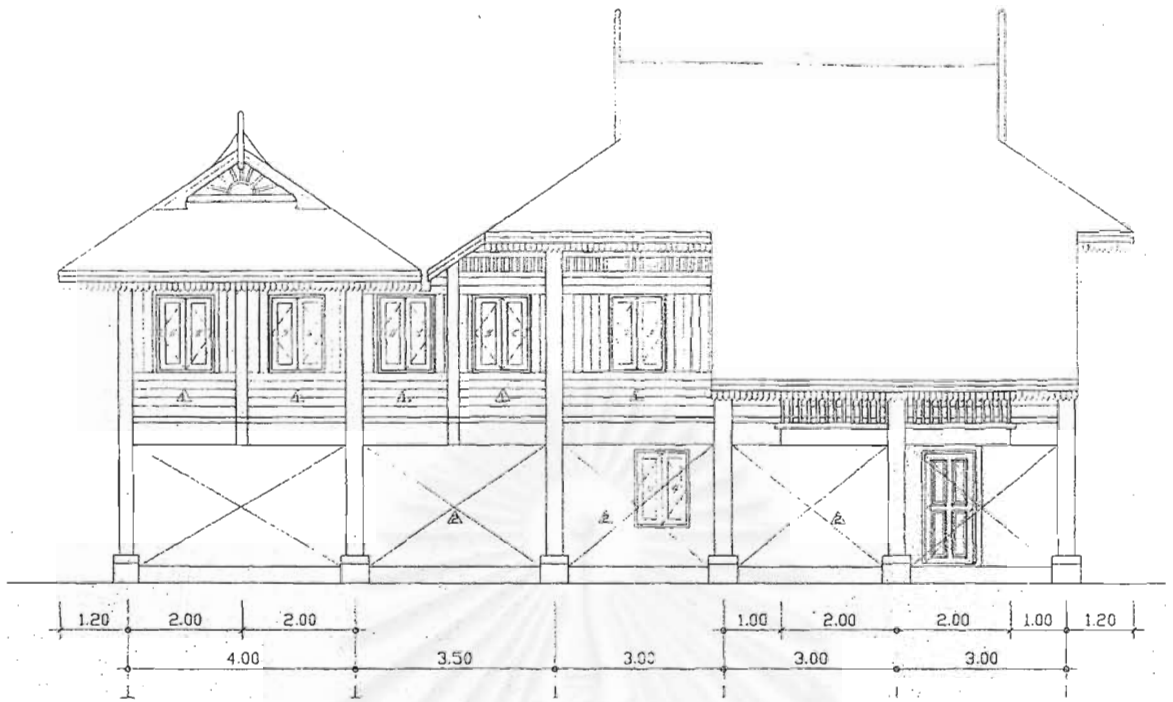
1.ภาคไทยอนุรักษ์ภาคใต้



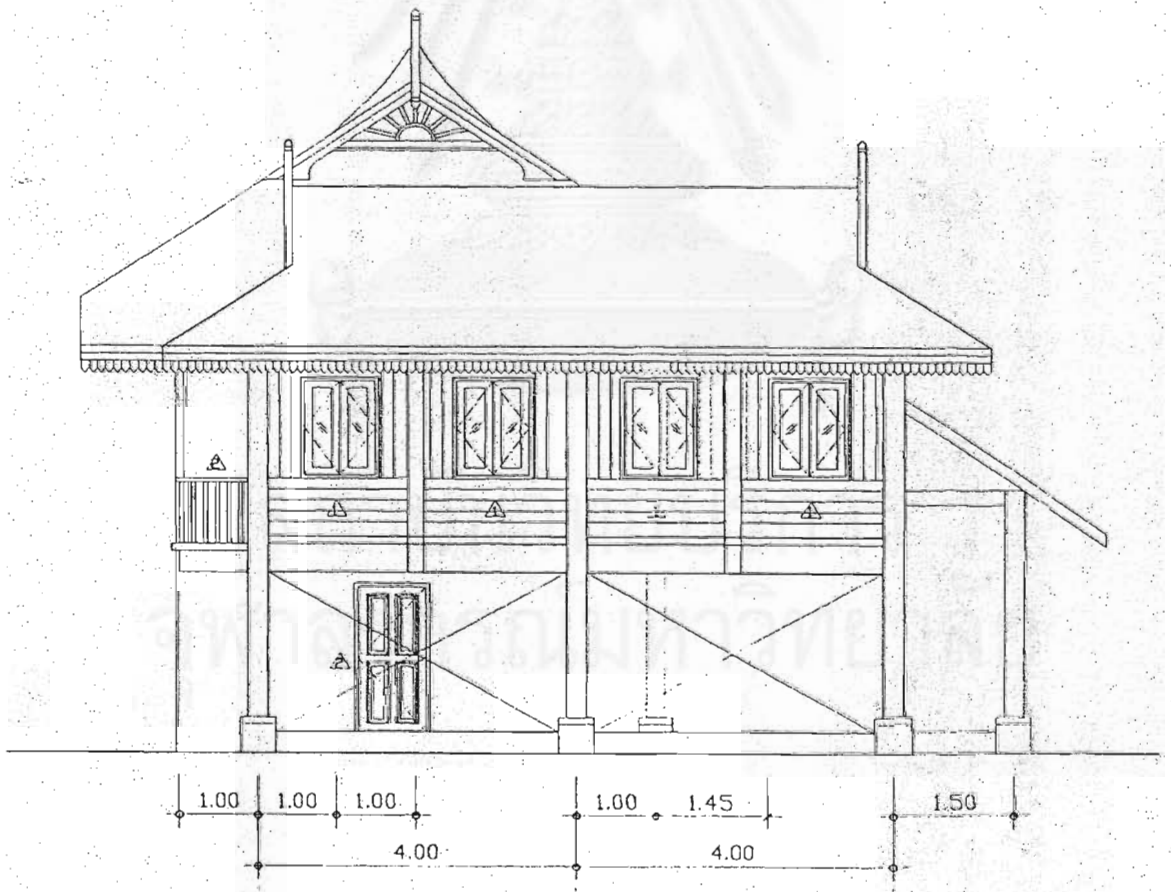
ภาพที่ 1 แสดงผังพื้นชั้นล่างของบ้านไทยอนุรักษ์ภาคใต้ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



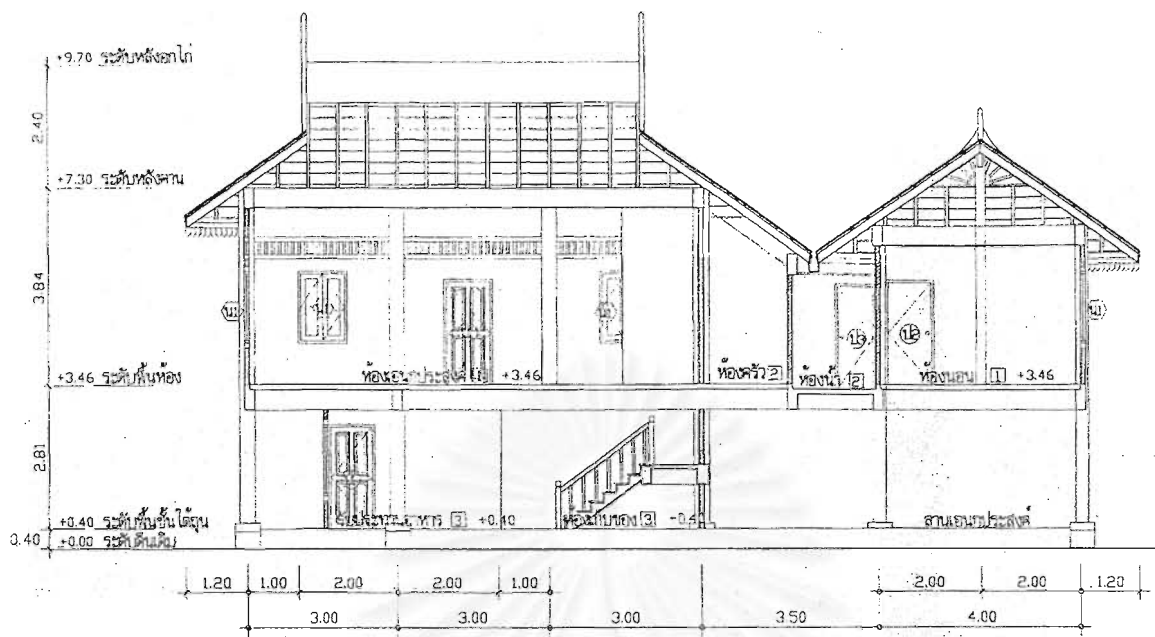
ภาพที่ 2 แสดงผังพื้นชั้น 2 ของบ้านไทยอนุรักษ์ภาคใต้ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



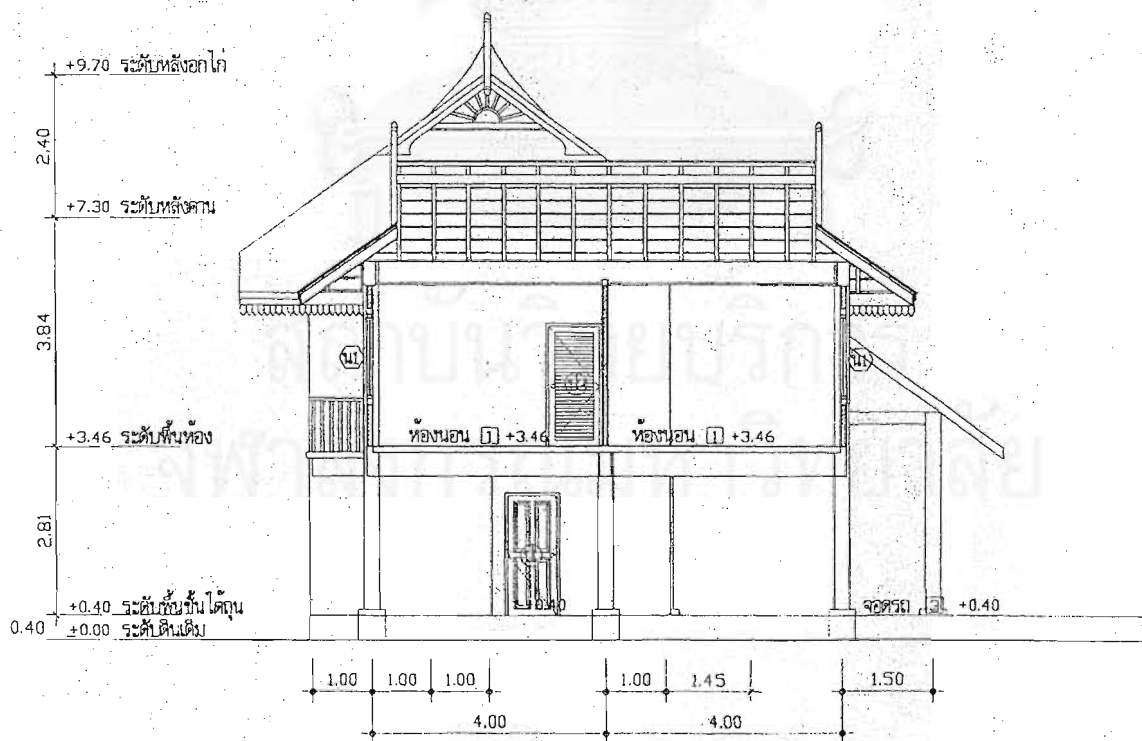
ภาพที่ 3 แสดงรูปด้านหน้า บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



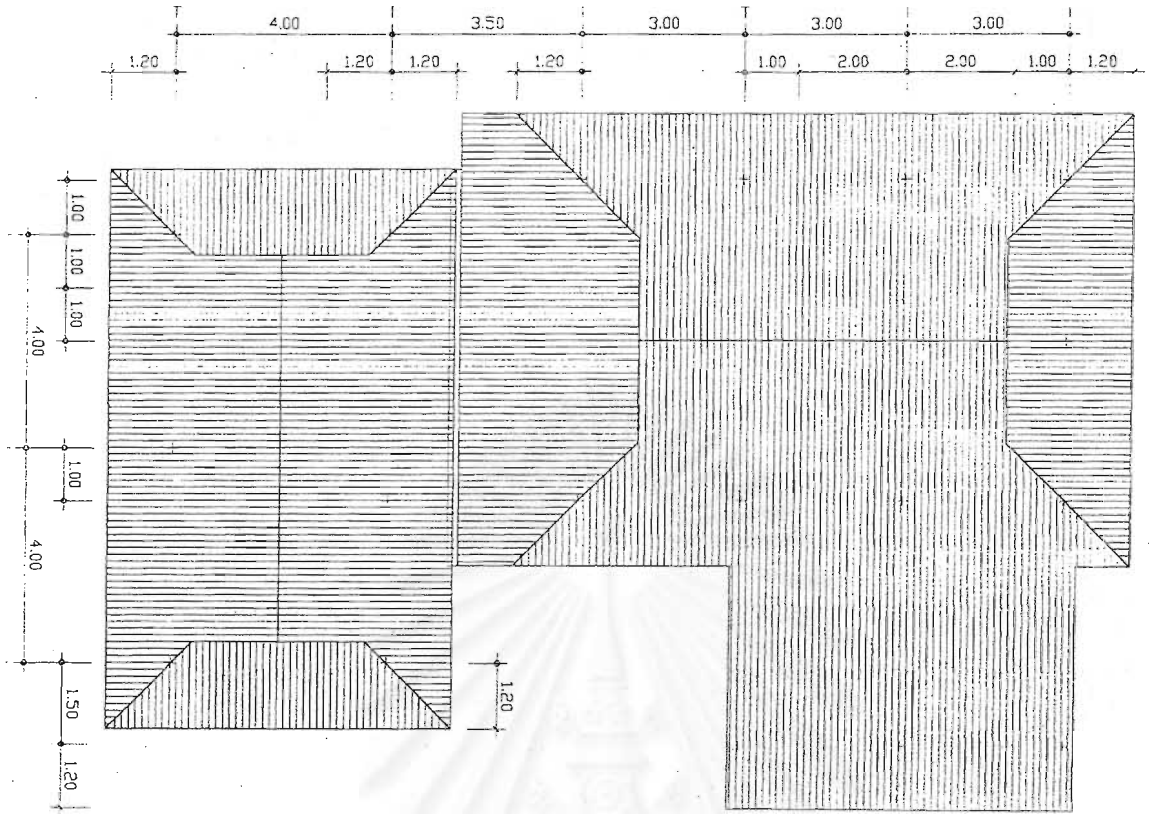
ภาพที่ 4 แสดงรูปด้านข้างของ บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



ภาพที่ 5 แสดงรูปตัดของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



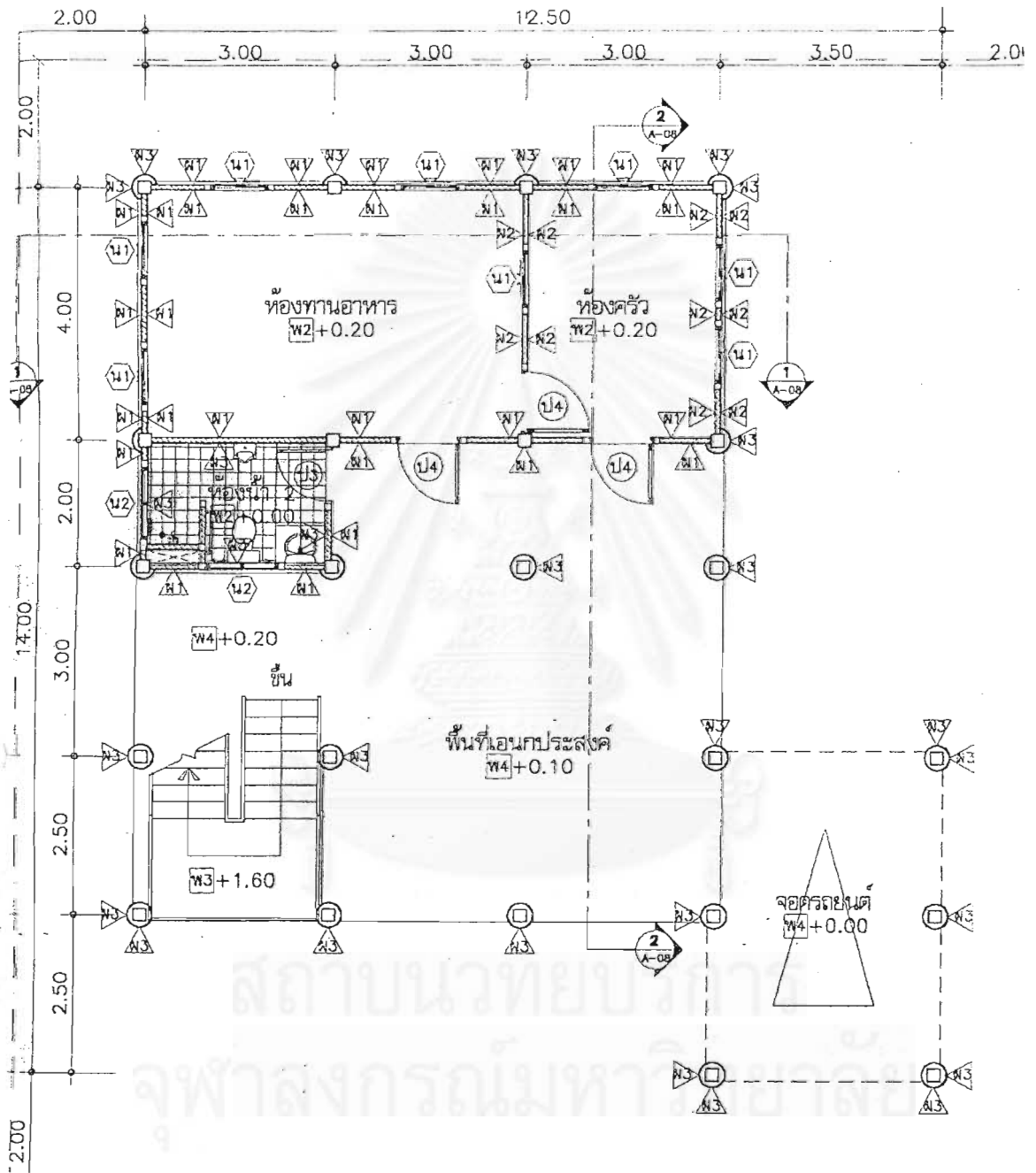
ภาพที่ 6 แสดงรูปตัดของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



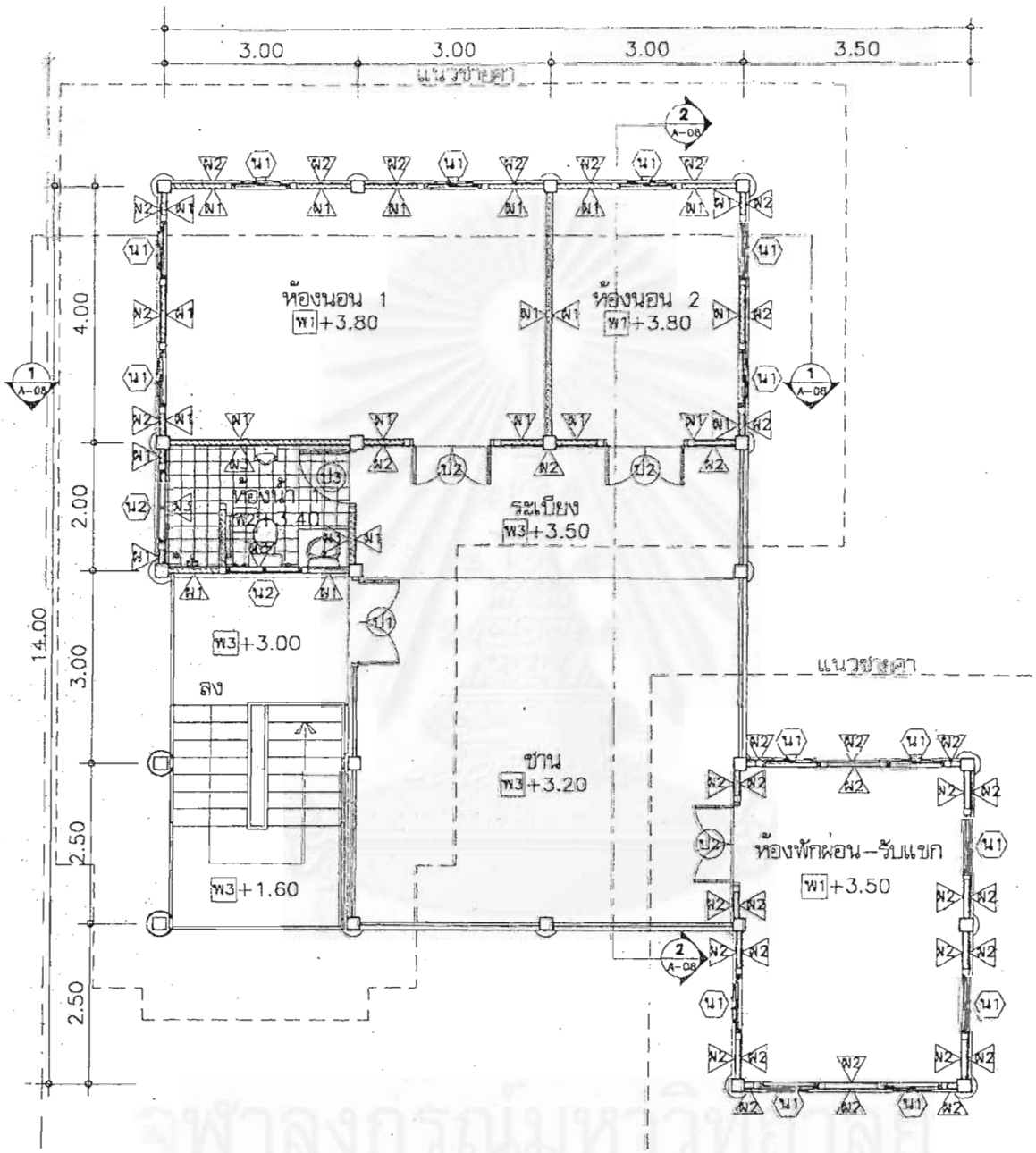
ภาพที่ 7 แสดงผังพื้นหลังคาของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง



ภาพที่ 8 แสดงผังพื้นที่ชั้นล่างของบ้านไทยอนุรักษ์ภาคกลาง (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



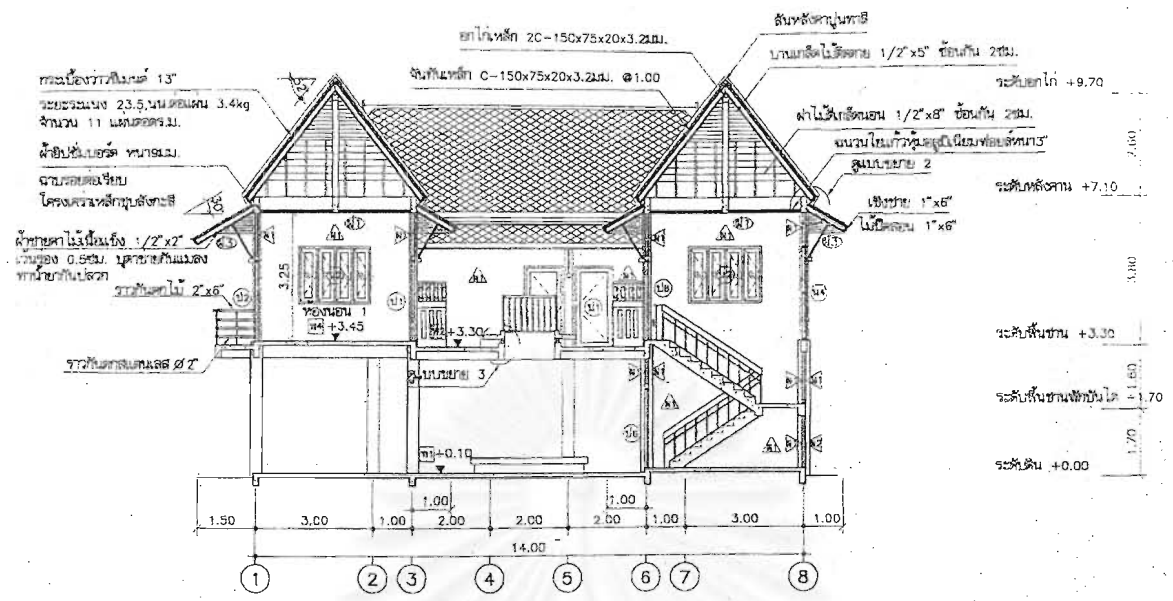
ภาพที่ 9 แสดงผังพื้นชั้น 2 ของบ้านไทยอนุรักษ์ภาคกลาง (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



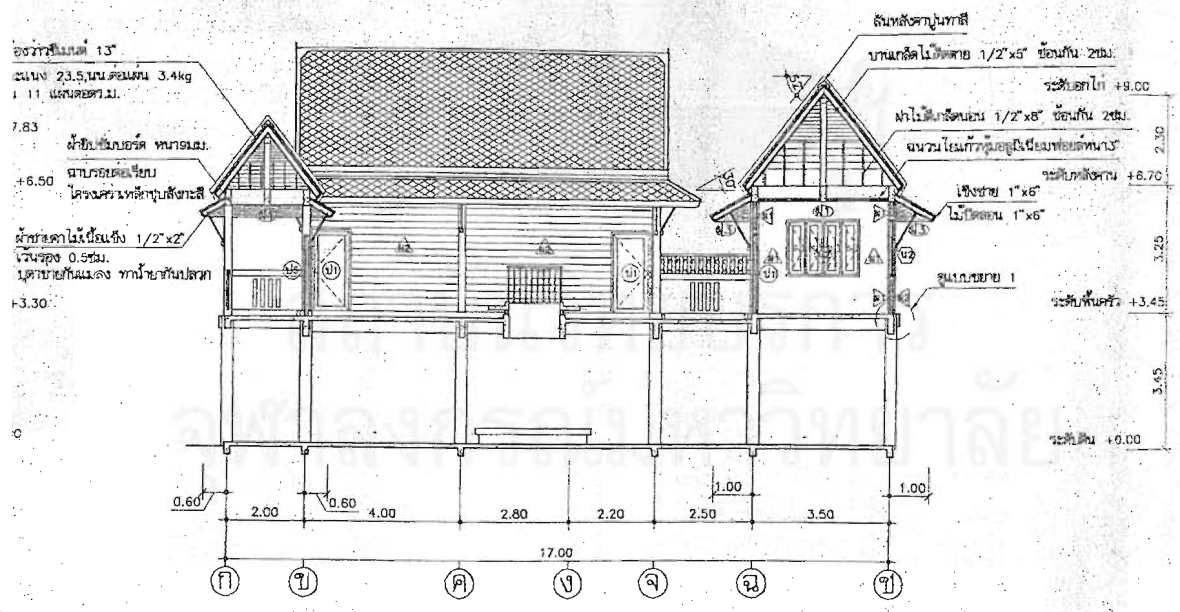
ภาพที่ 10 แสดงรูปด้านหน้าของบ้านไทยอนุรักษ์ภาคกลาง (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



ภาพที่ 11 แสดงรูปด้านข้างของบ้านไทยอนุรักษ์ภาคกลาง (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)

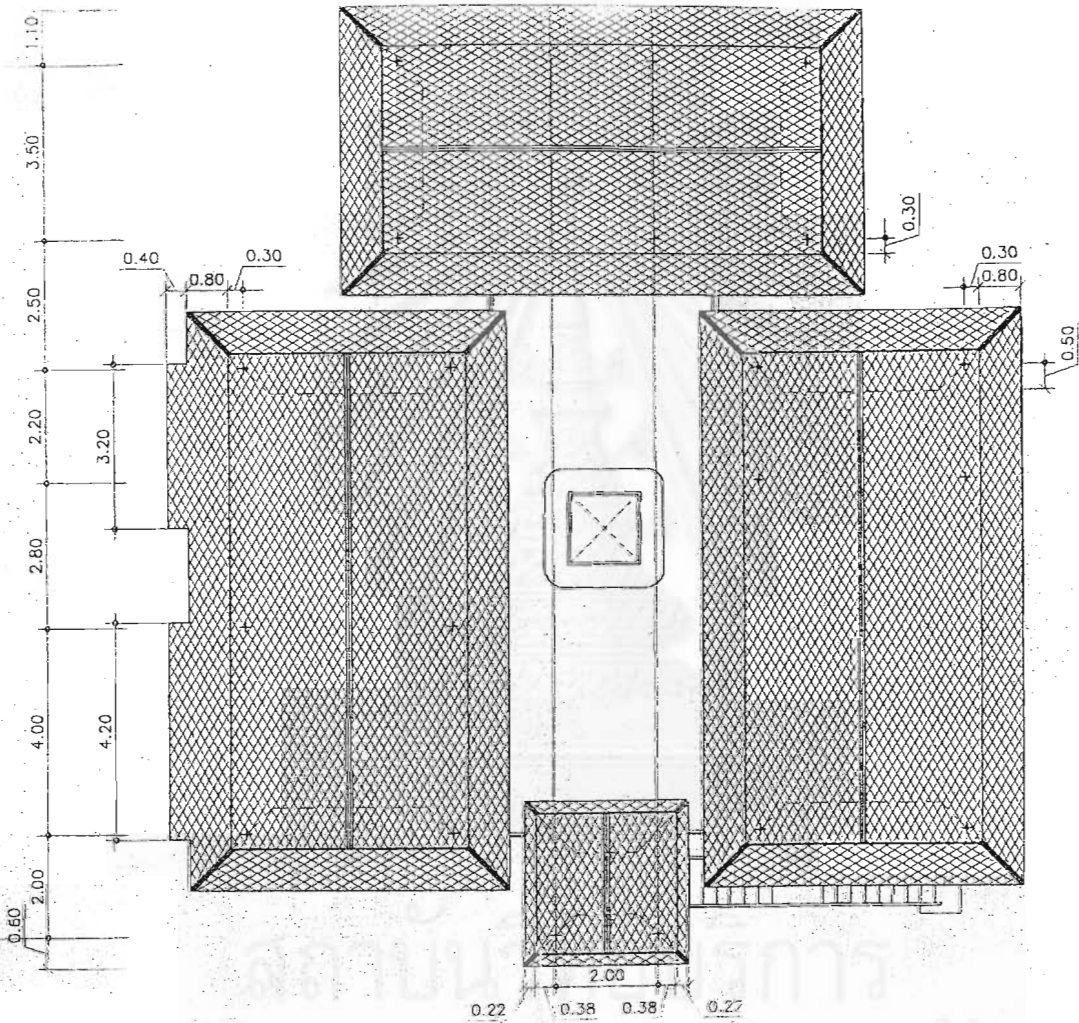


ภาพที่ 12 แสดงรูปตัดของบ้านไทยอนุรักษ์ภาคกลาง (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



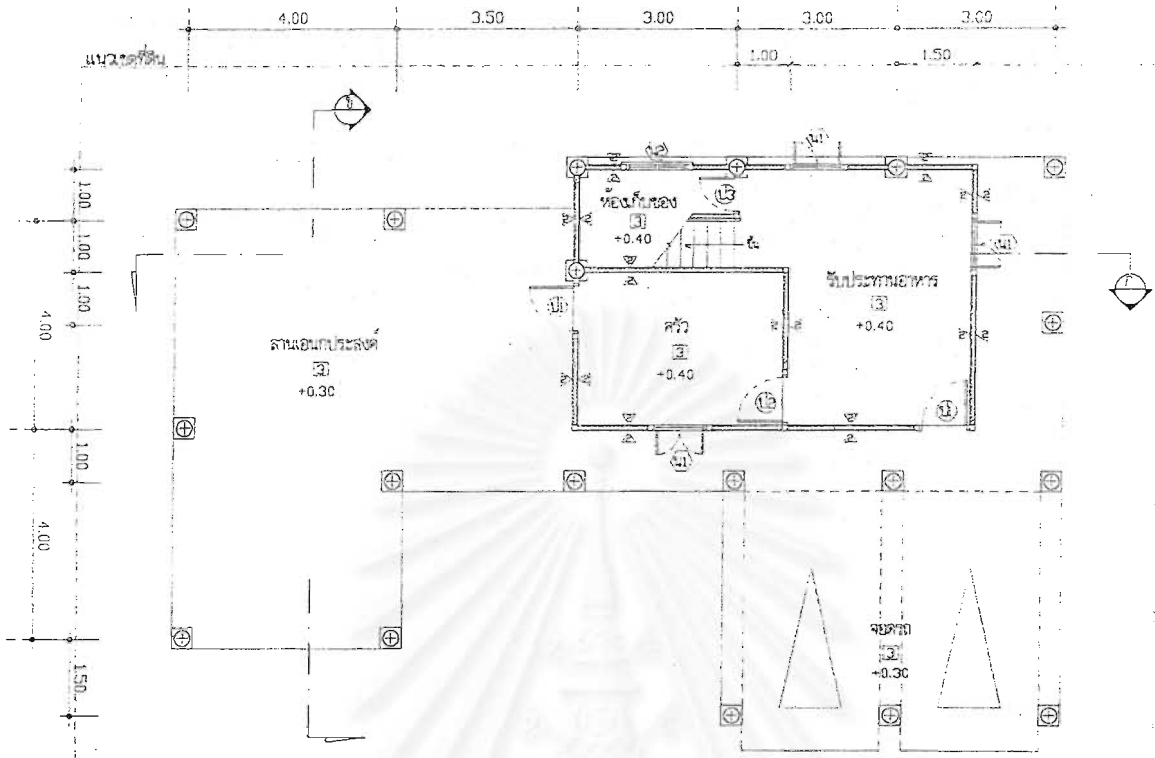
รูปตัด 2
มาตราส่วน 1:100

ภาพที่ 13 แสดงรูปตัดของบ้านไทยอนุรักษ์ภาคกลาง (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)

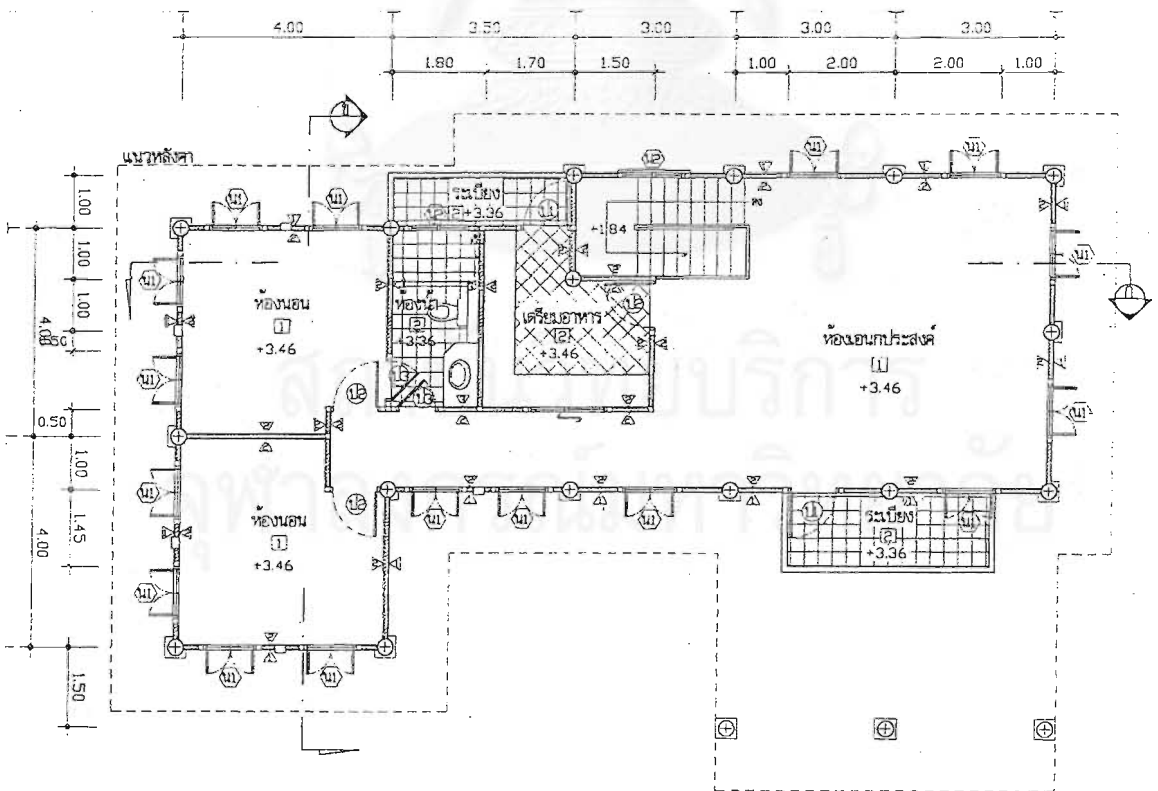


ภาพที่ 14 แสดงผังพื้นหลังคาของบ้านไทยอนุรักษ์ภาคกลาง (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)

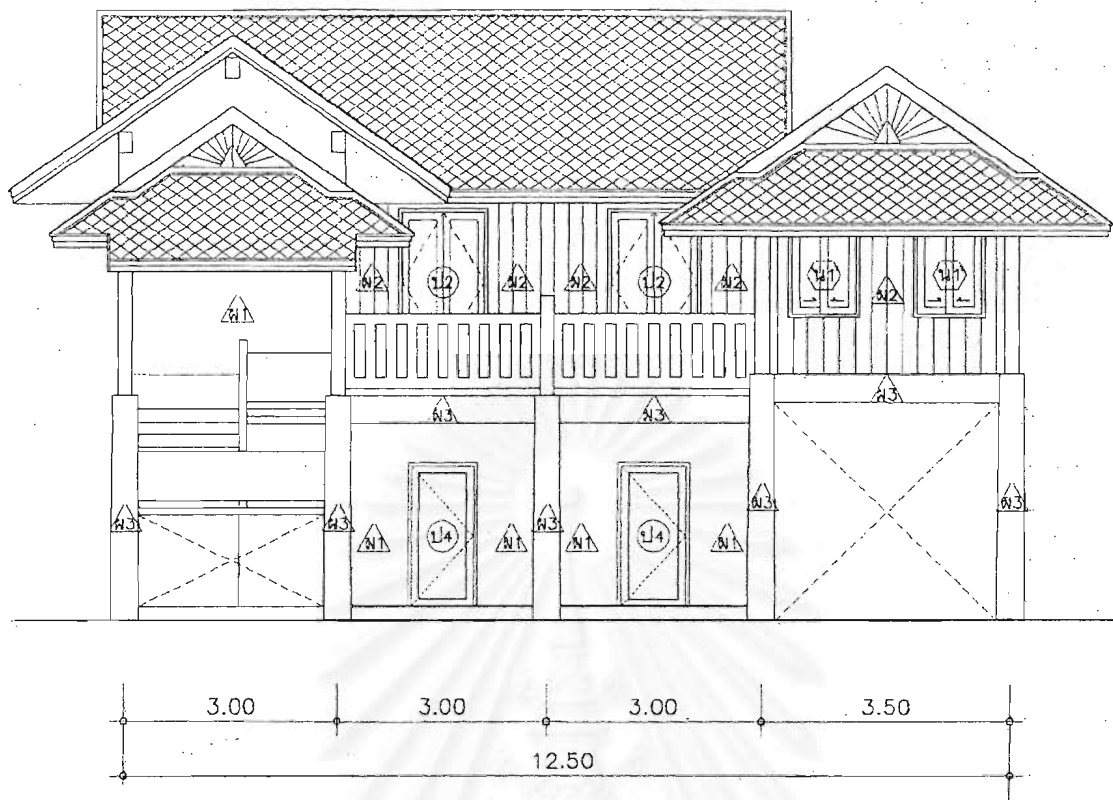
3.บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน



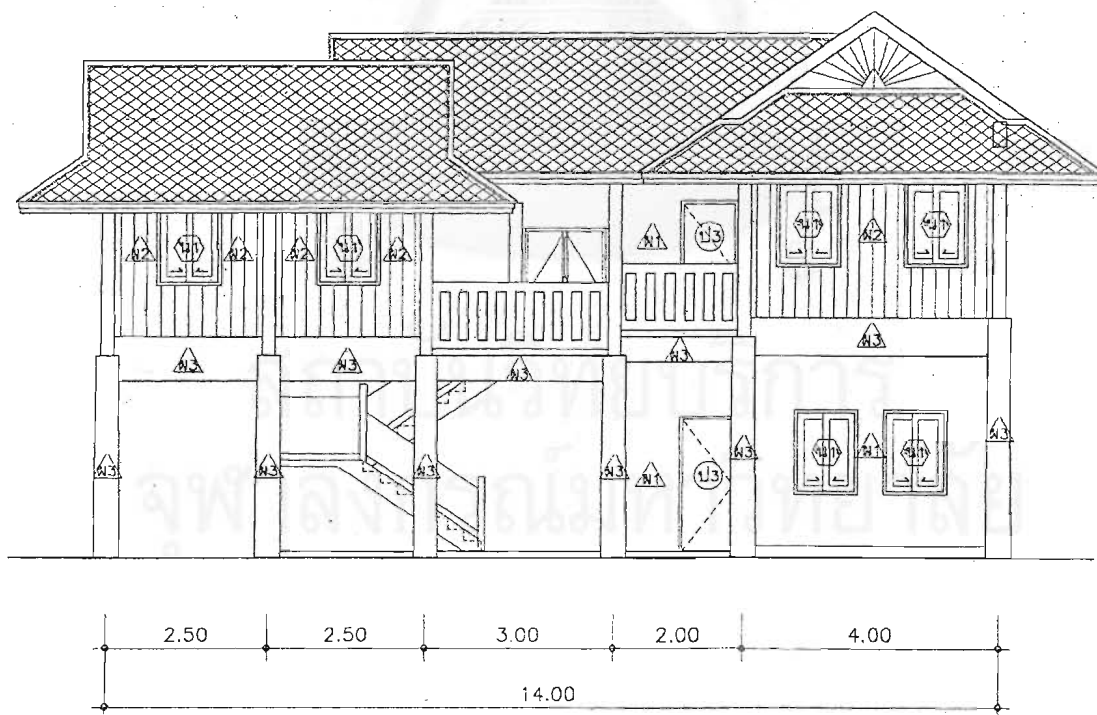
ภาพที่ 15 แสดงผังพื้นชั้นล่างของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



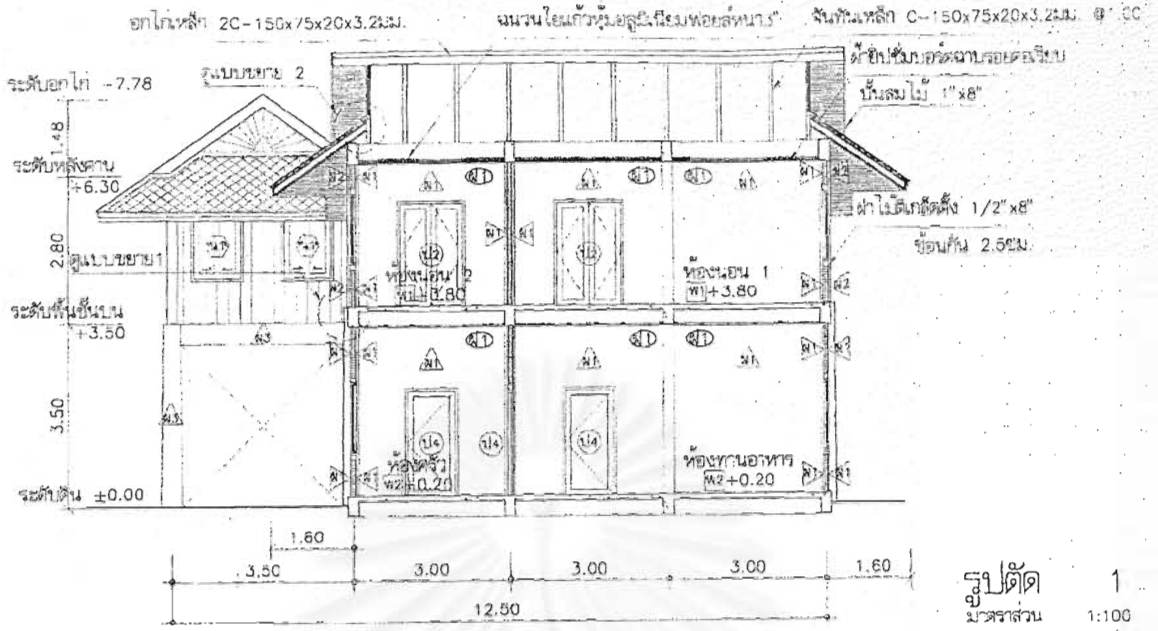
ภาพที่ 16 แสดงผังพื้นชั้น 2 ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



ภาพที่ 17 แสดงรูปด้านหน้าของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)

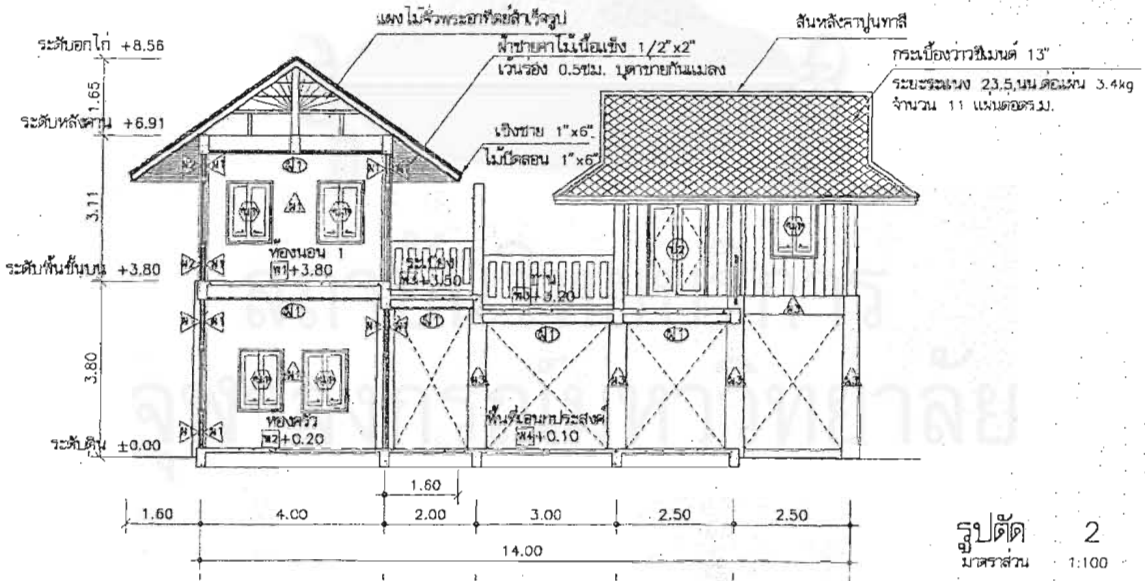


ภาพที่ 18 แสดงรูปด้านข้างของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



รูปตัด 1
มาตราส่วน 1:100

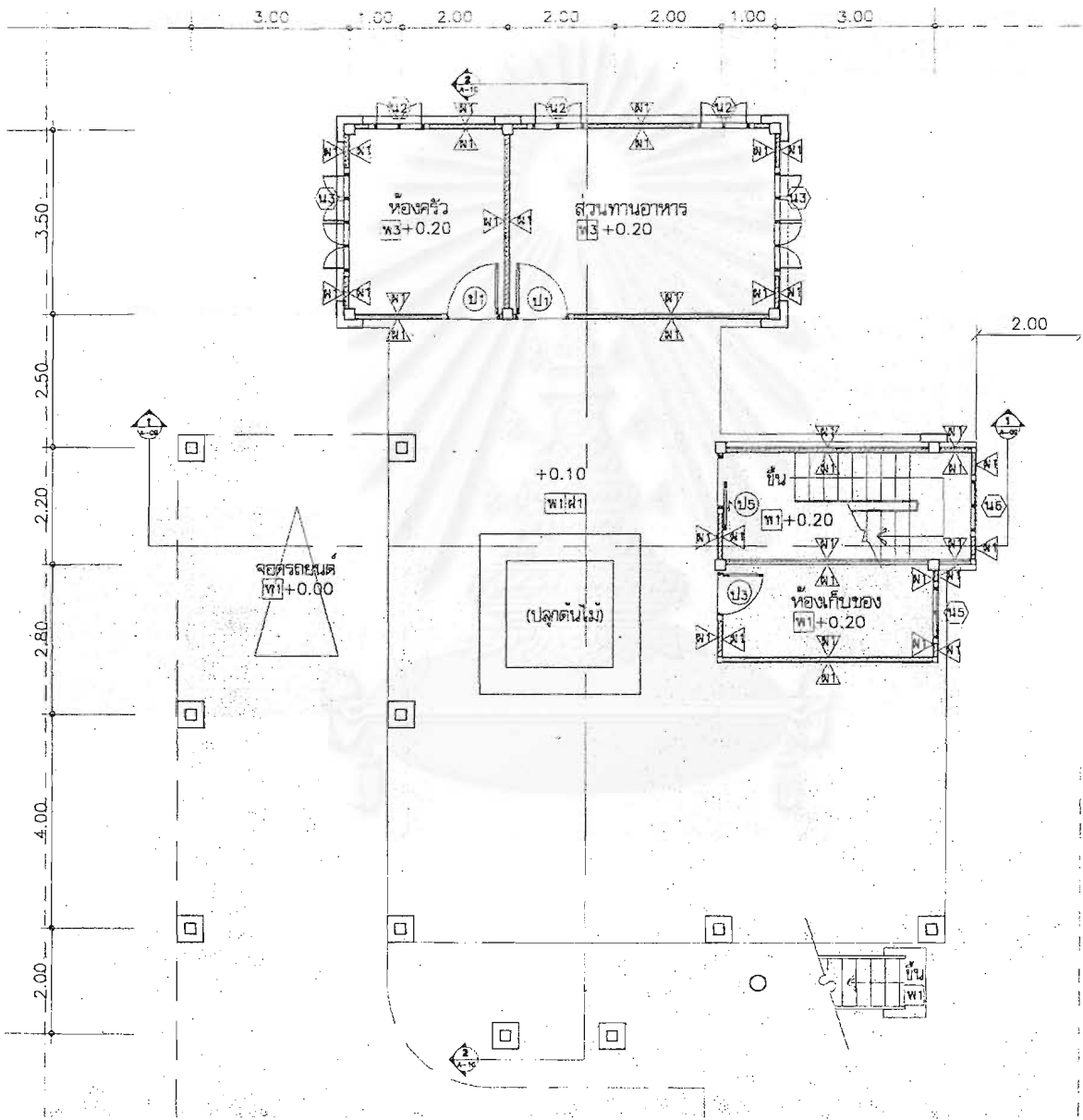
ภาพที่ 19 แสดงรูปตัดของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



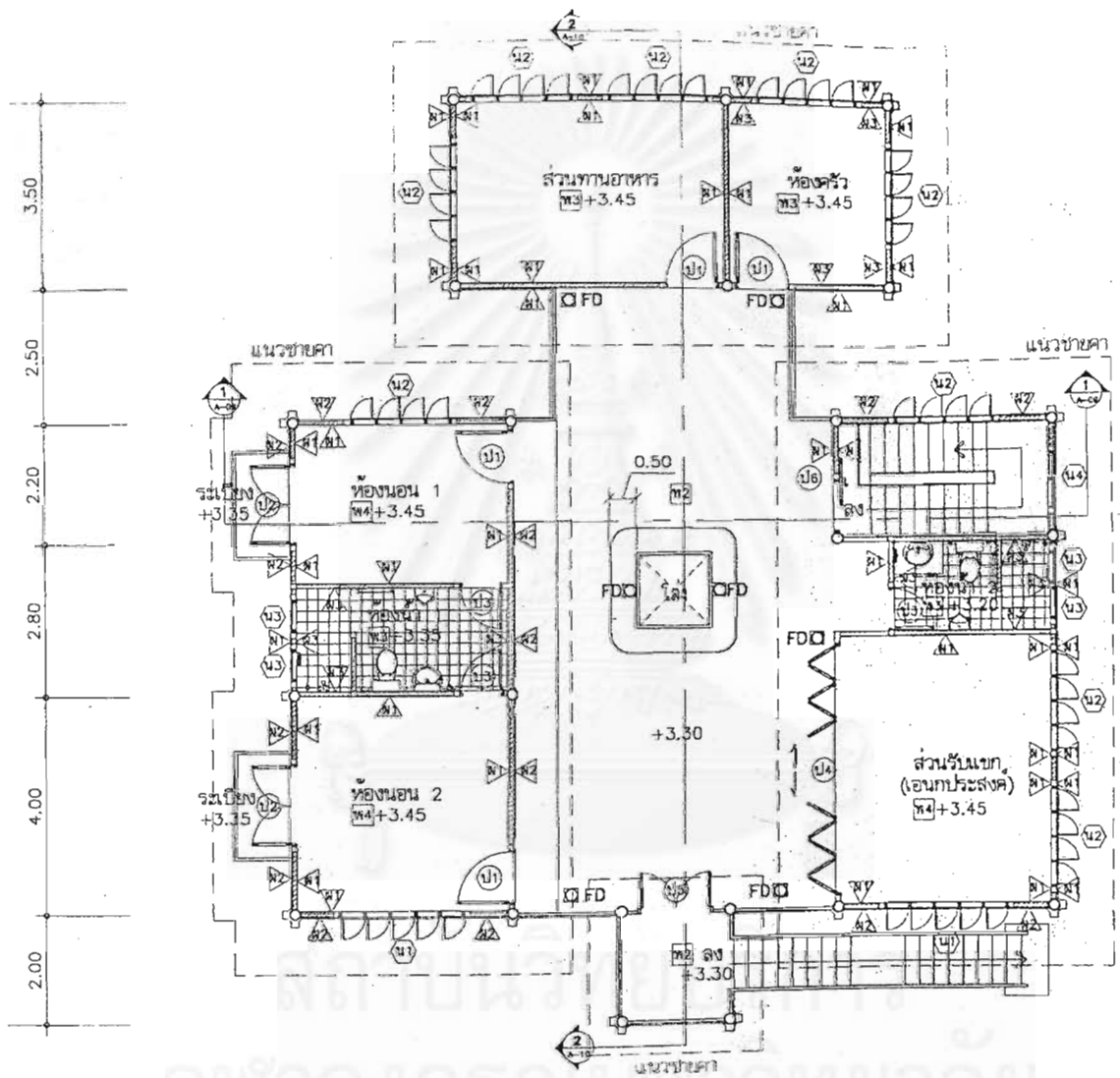
รูปตัด 2
มาตราส่วน 1:100

ภาพที่ 20 แสดงรูปตัดของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)

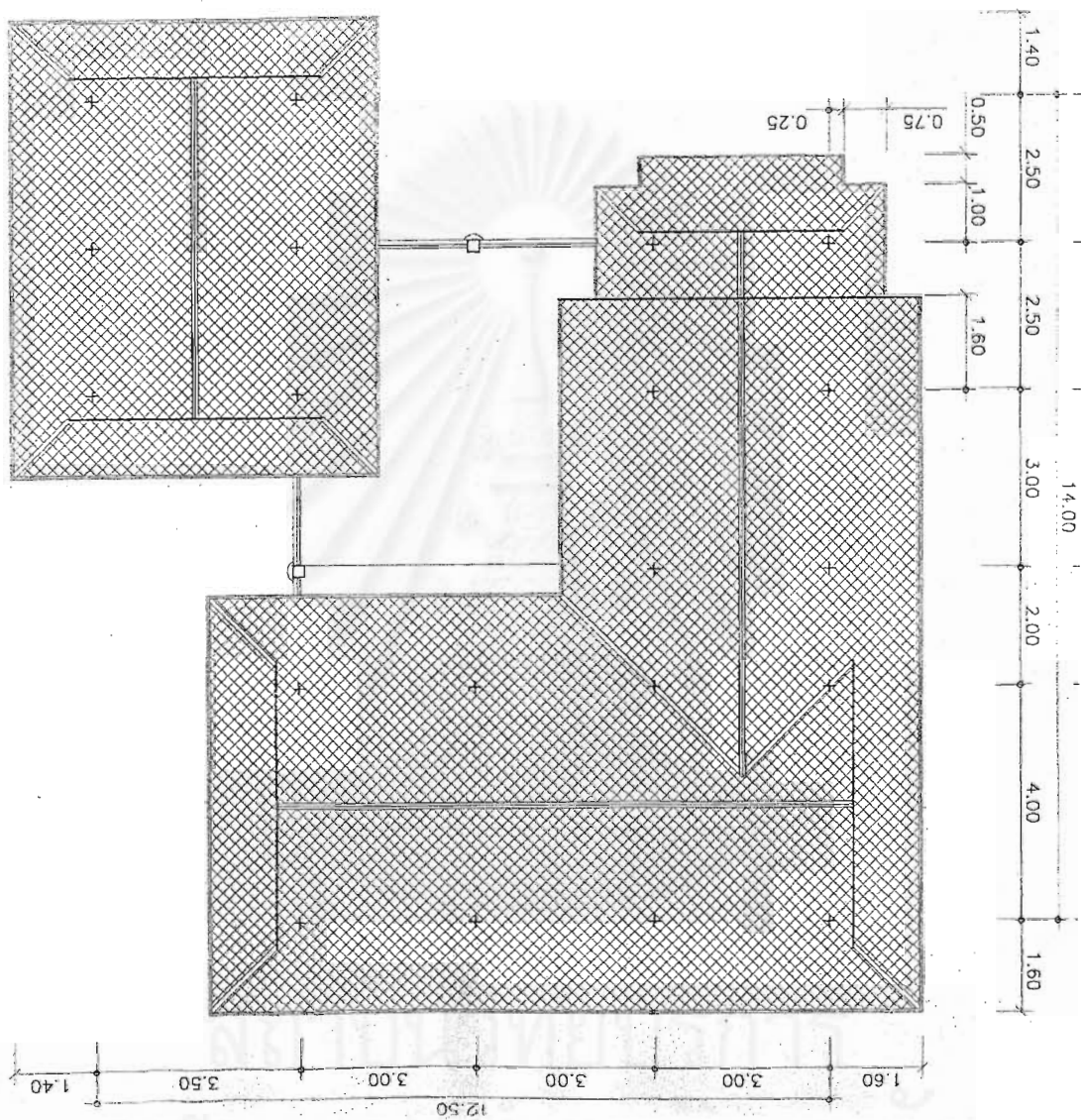
4.บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ



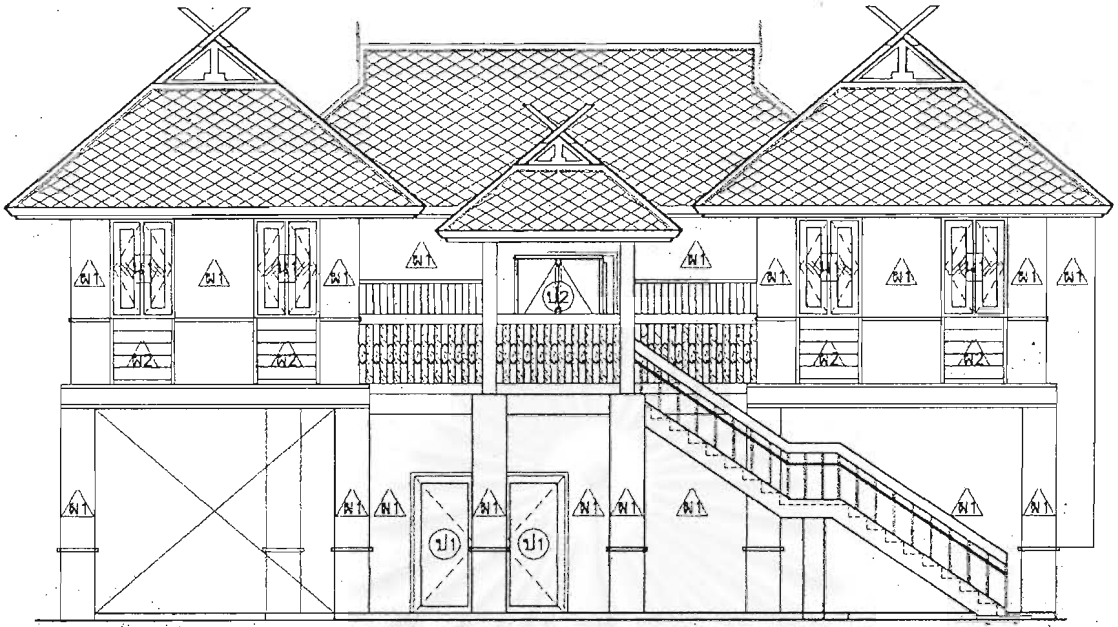
ภาพที่ 22 แสดงผังพื้นชั้นล่างของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



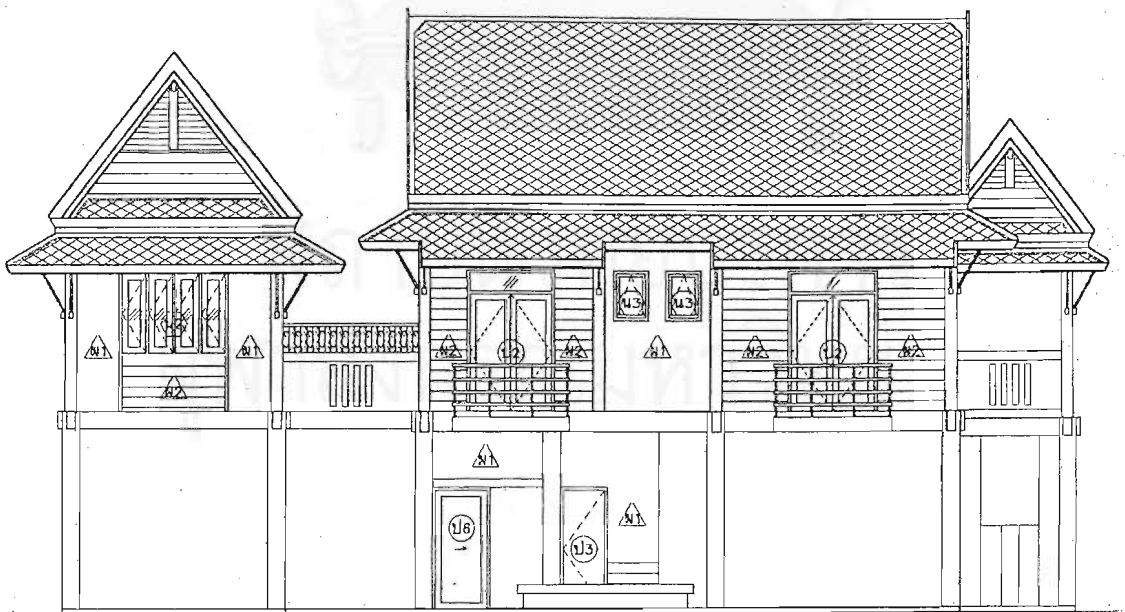
ภาพที่ 23 แสดงผังพื้นชั้น 2 ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



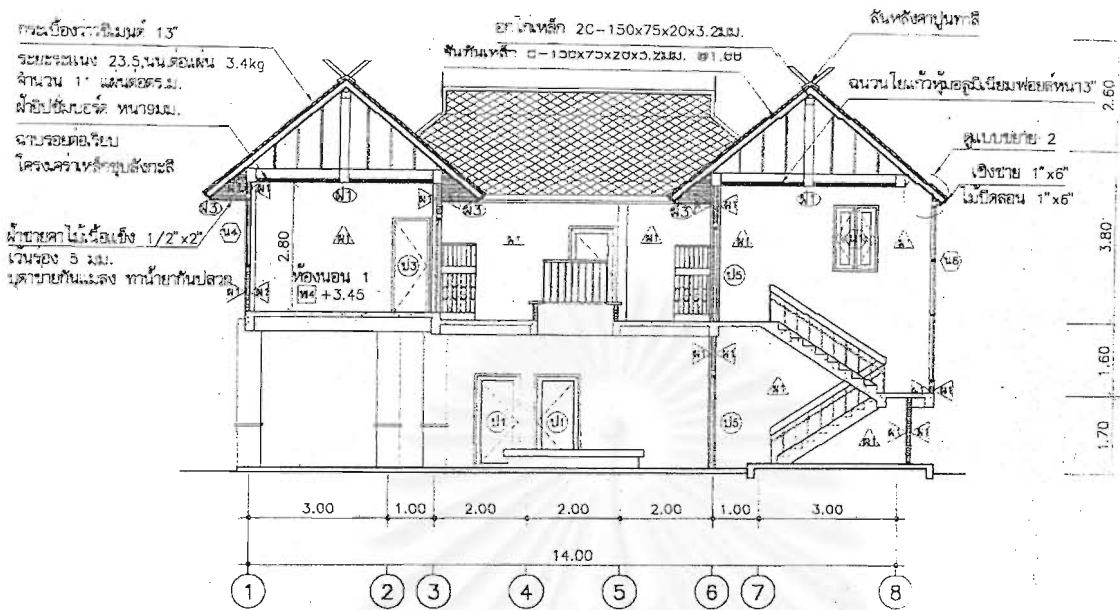
ภาพที่ 21 แสดงผังหลังคาของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



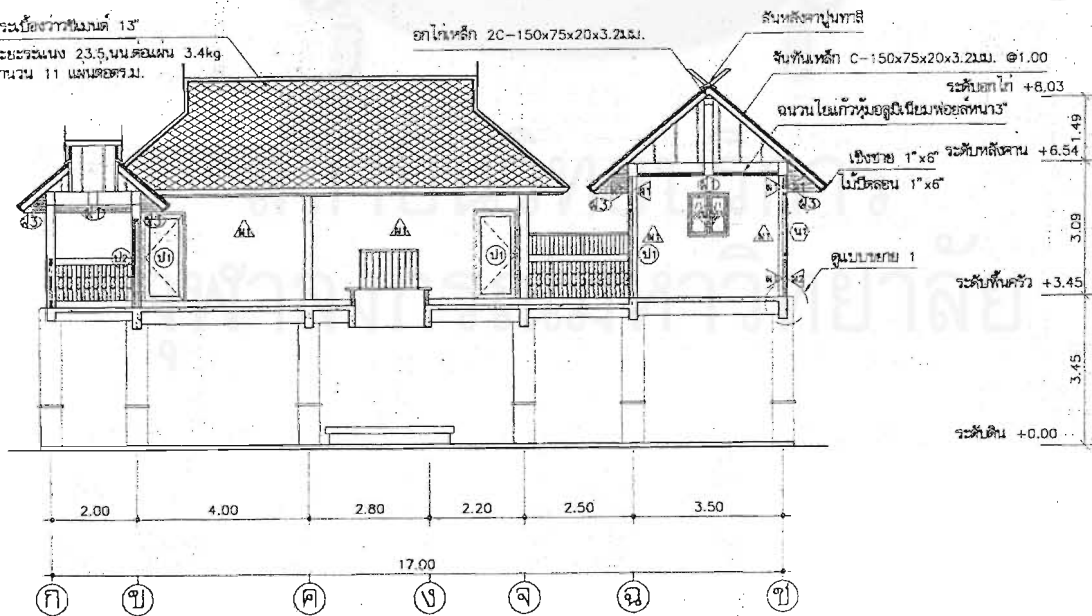
ภาพที่ 24 แสดงรูปด้านหน้าของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



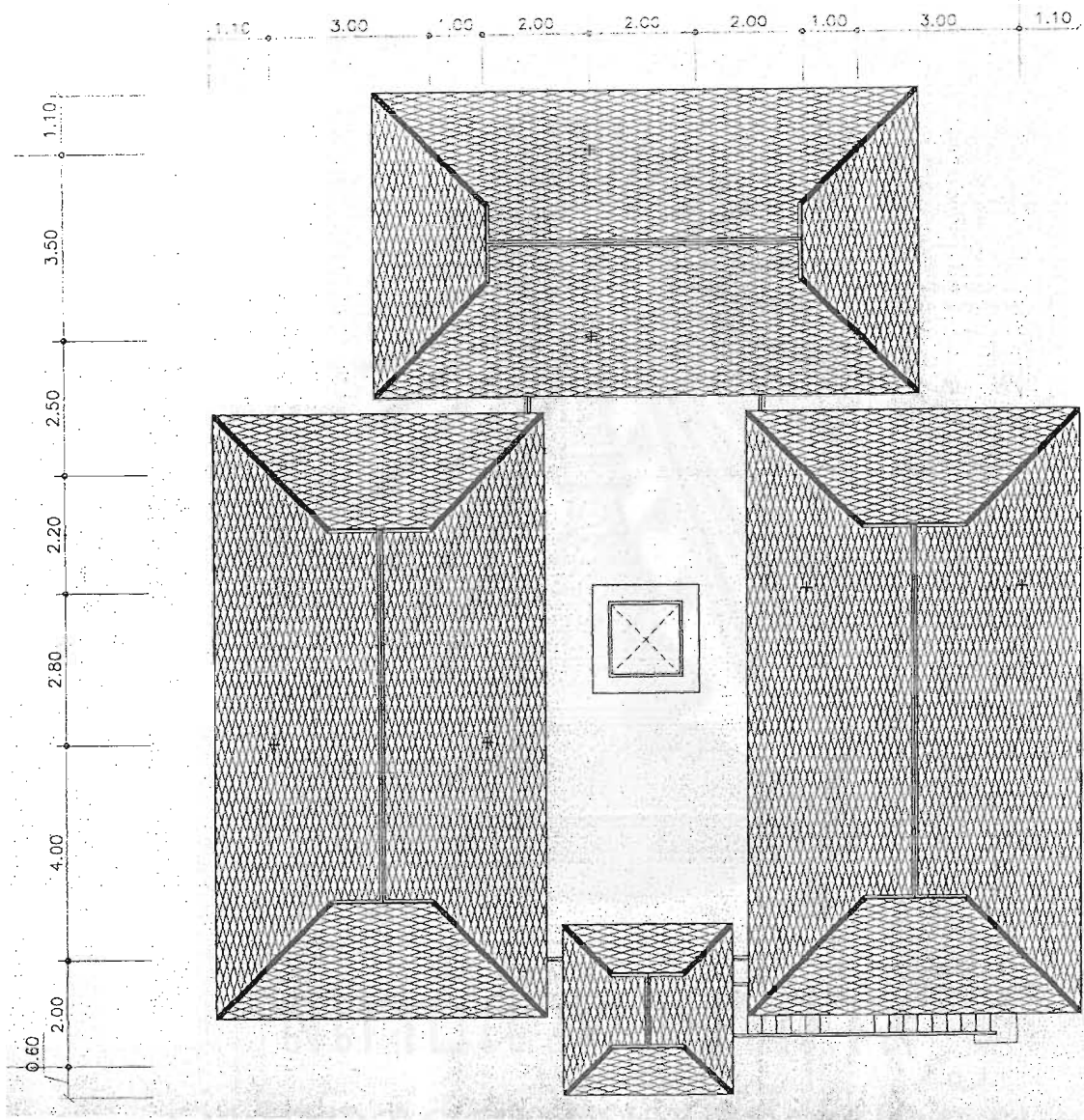
ภาพที่ 25 แสดงรูปด้านข้างของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



ภาพที่ 26 แสดงรูปตัดของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



ภาพที่ 27 แสดงรูปตัดของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)



ภาพที่ 28 แสดงผังหลังคาของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2546)

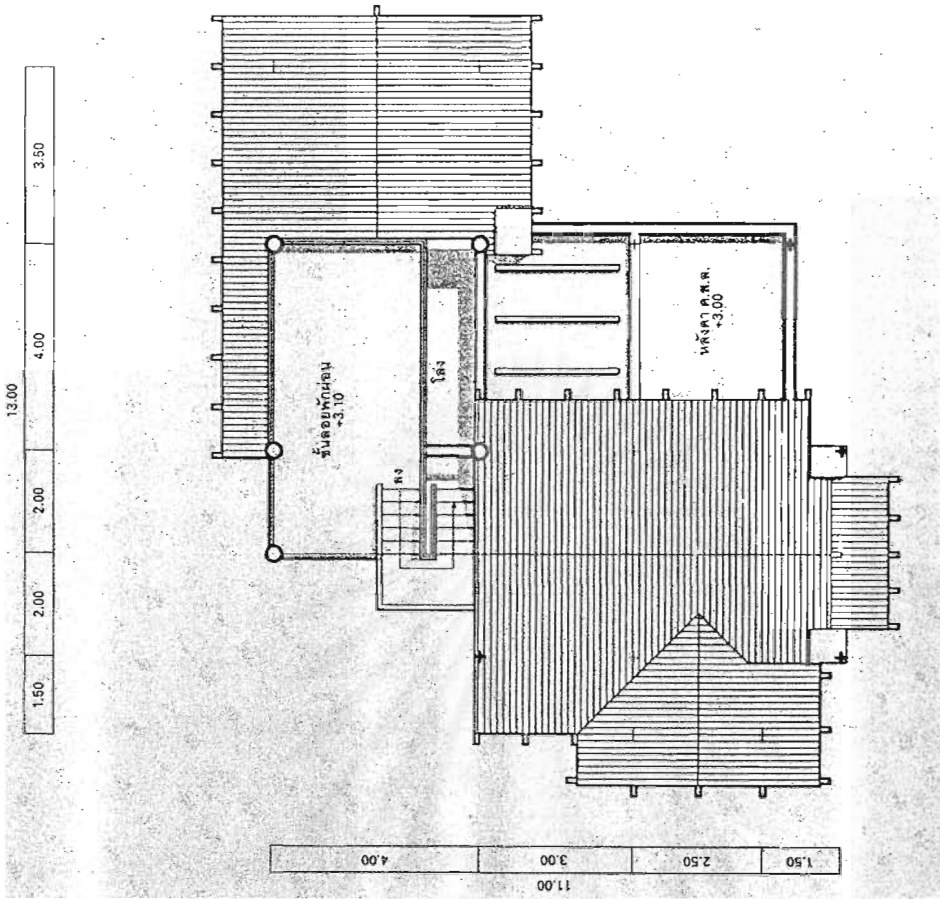
5.บ้านลอยชายชั้นครึ่ง



ภาพที่ 29 แสดงภาพทัศนียภาพของบ้านลอยชายชั้นครึ่ง (บ้านและสวน , 2545)



ภาพที่ 30 แสดงรูปด้านหน้าของบ้านลอยชายชั้นครึ่ง (บ้านและสวน , 2545)



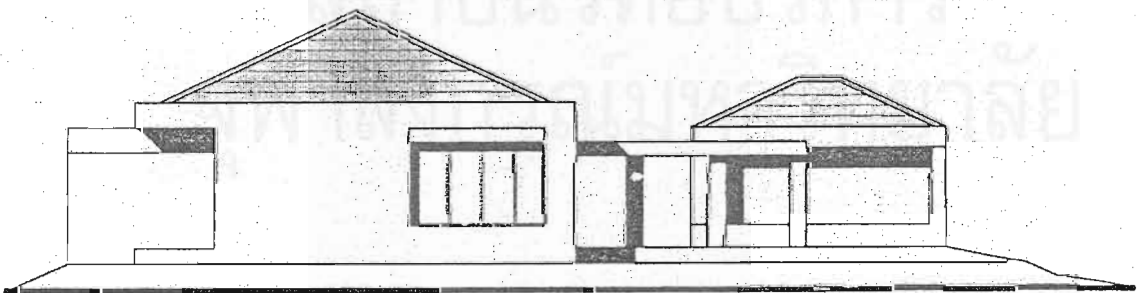
ภาพที่ 33 แสดงผังหลังคาของบ้านลอยชายชั้นครึ่ง (บ้านและสวน , 2545)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

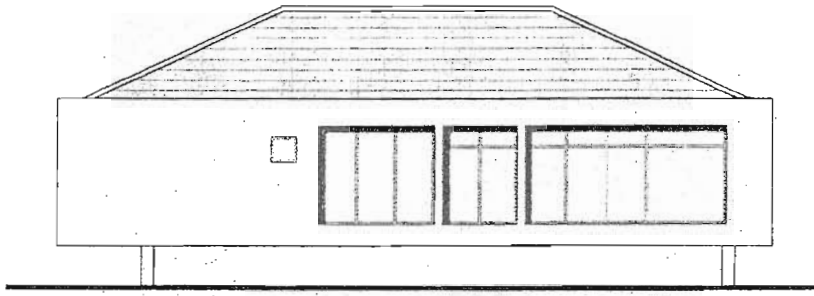
6. บ้านเดี่ยวเบิกบาน



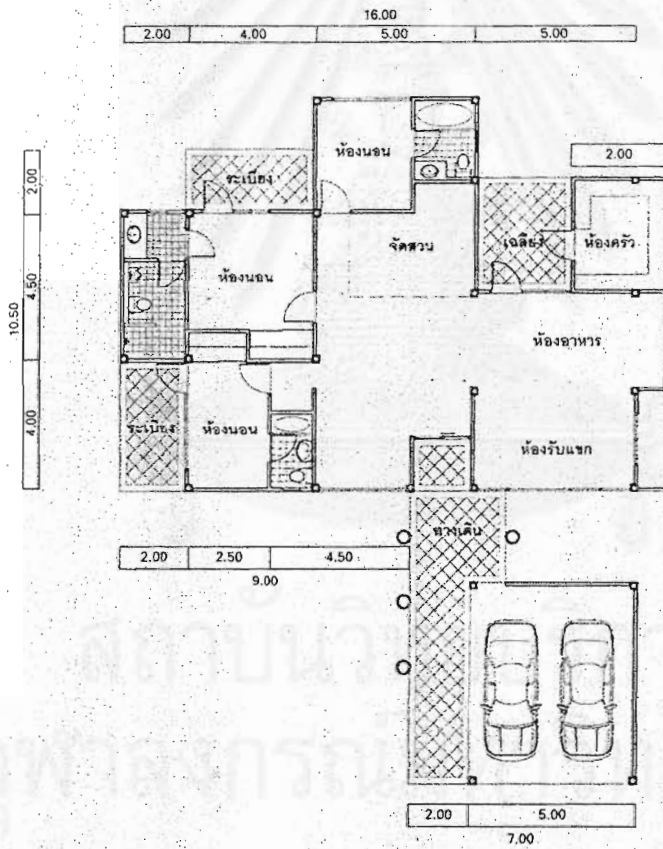
ภาพที่ 34 แสดงทัศนียภาพของบ้านเดี่ยวเบิกบาน (บ้านและสวน , 2545)



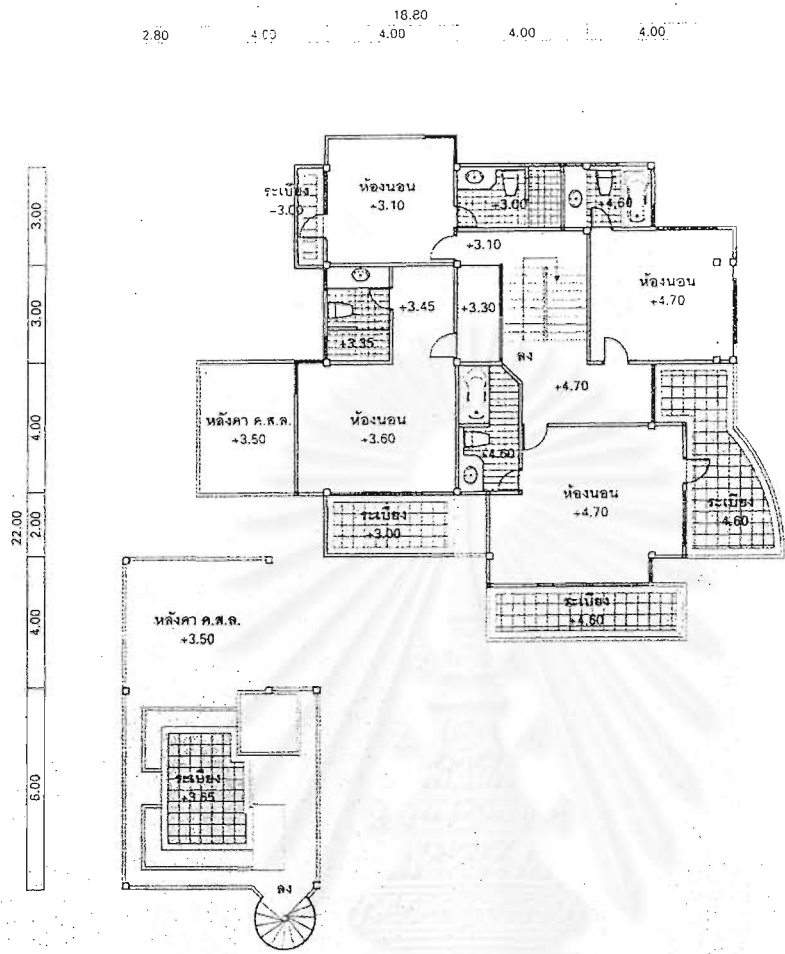
ภาพที่ 35 แสดงรูปด้านหน้าของบ้านเดี่ยวเบิกบาน (บ้านและสวน , 2545)



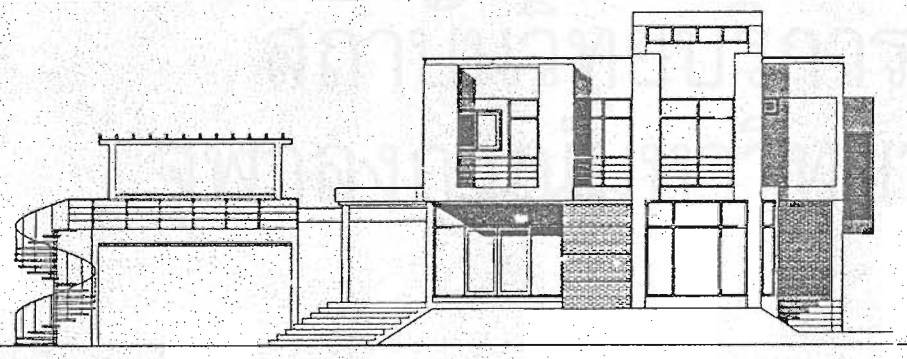
ภาพที่ 36 แสดงรูปด้านของบ้านเดี่ยวเบิกบาน (บ้านและสวน , 2545)



ภาพที่ 37 แสดงผังพื้นของบ้านเดี่ยวเบิกบาน (บ้านและสวน , 2545)



ภาพที่ 40 แสดงผังพื้นที่ชั้น 2 ของบ้าน Transform (บ้านและสวน , 2545)

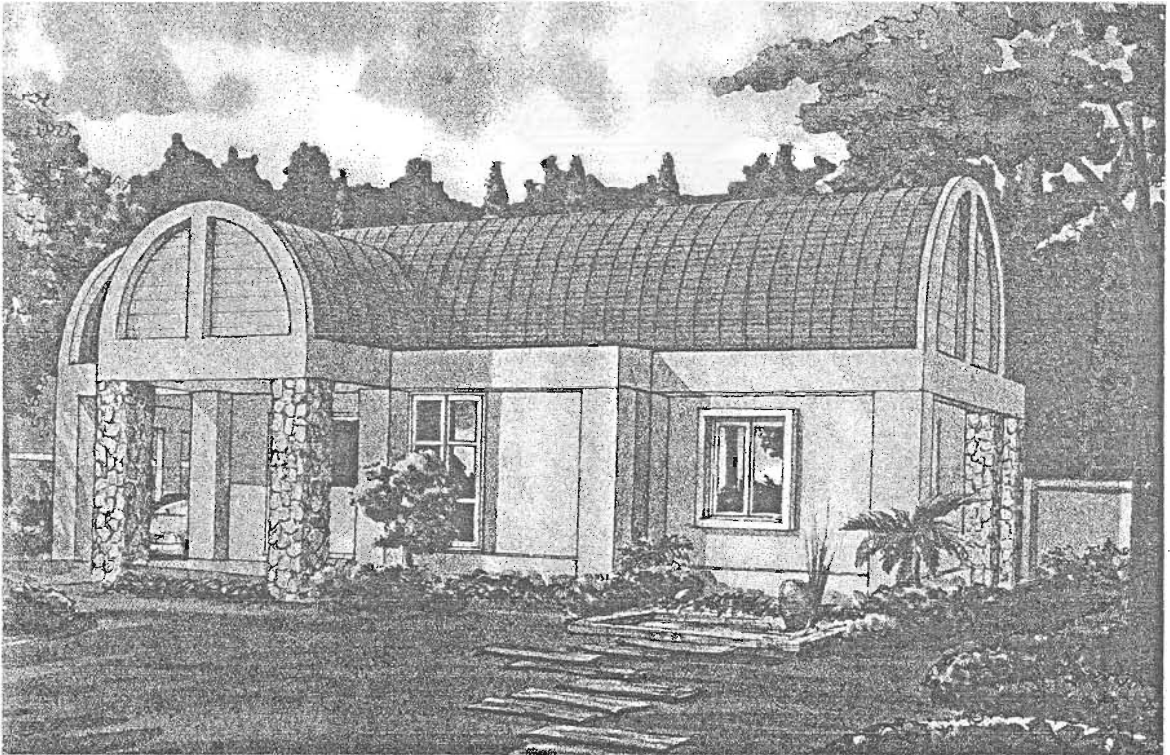


ภาพที่ 41 แสดงรูปด้านหน้าของบ้าน Transform (บ้านและสวน , 2545)

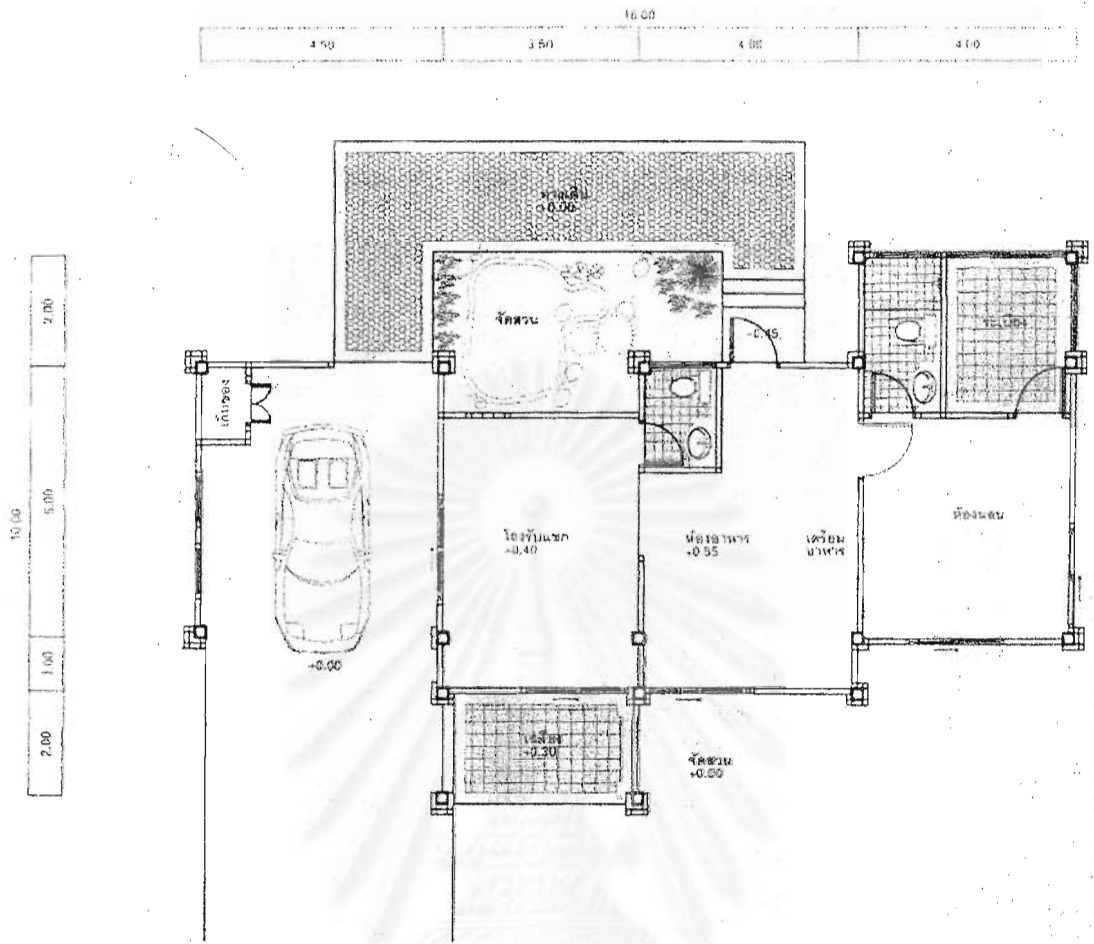


ภาพที่ 42 แสดงรูปด้านข้างของบ้าน Transform (บ้านและสวน , 2545)

8. บ้านเดี่ยวเรือนเล็ก

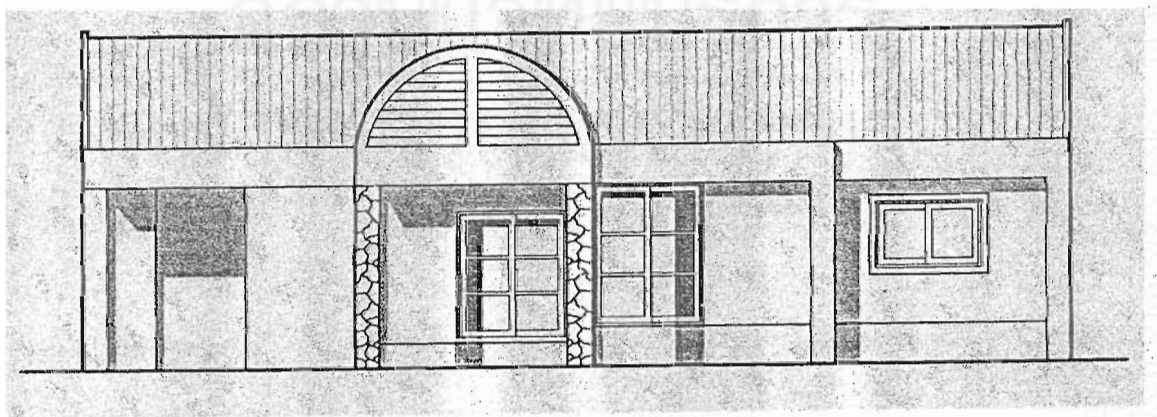


ภาพที่ 43 แสดงทัศนียภาพของบ้านเดี่ยวเรือนเล็ก (บ้านและสวน , 2545)

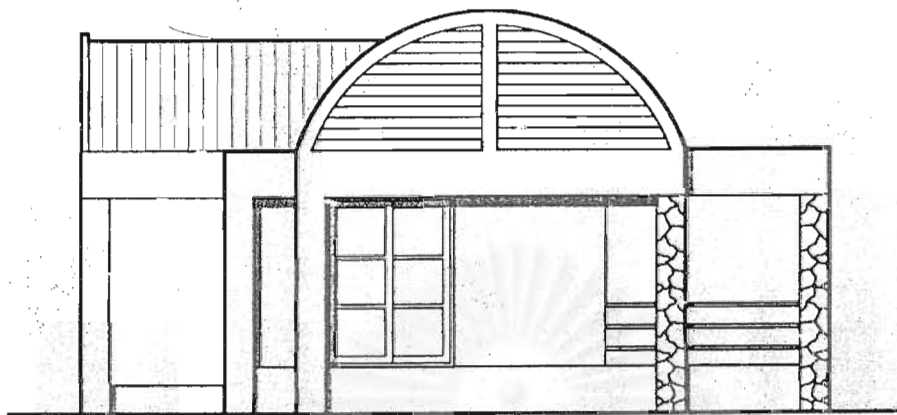


แปลนพื้นชั้นล่าง

ภาพที่ 44 แสดงผังพื้นชั้นล่างของบ้านเดี่ยวเรือนเล็ก (บ้านและสวน , 2545)



ภาพที่ 45 แสดงรูปด้านหน้าของบ้านเดี่ยวเรือนเล็ก (บ้านและสวน , 2545)

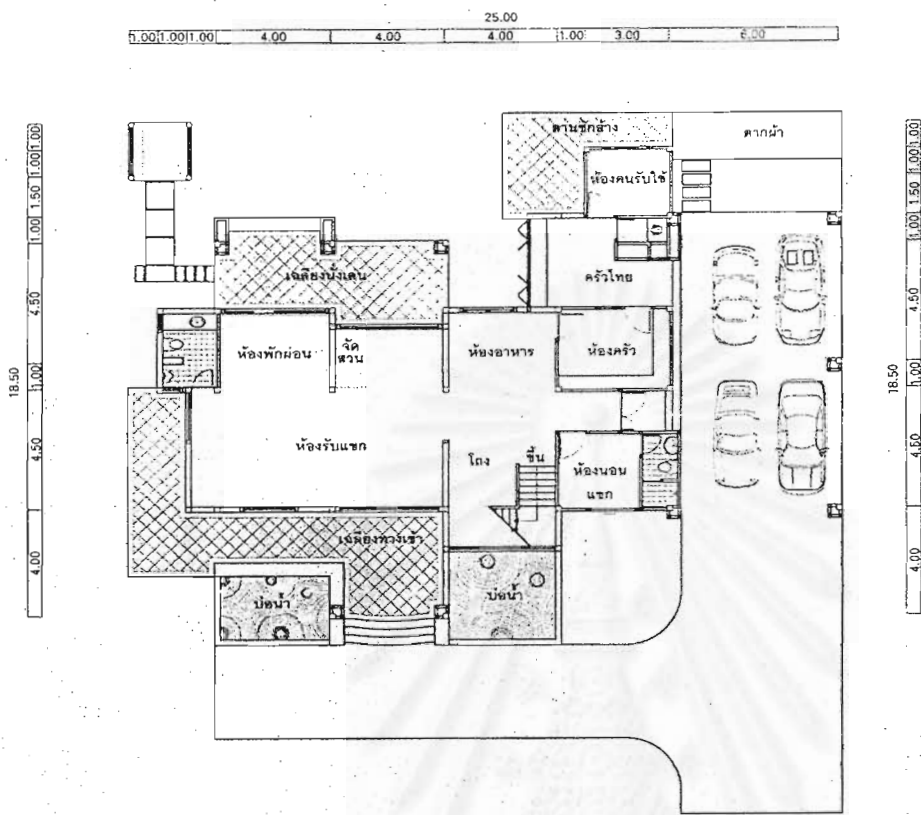


ภาพที่ 46 แสดงรูปด้านข้างของบ้านเดี่ยวเรือนเล็ก (บ้านและสวน , 2545)

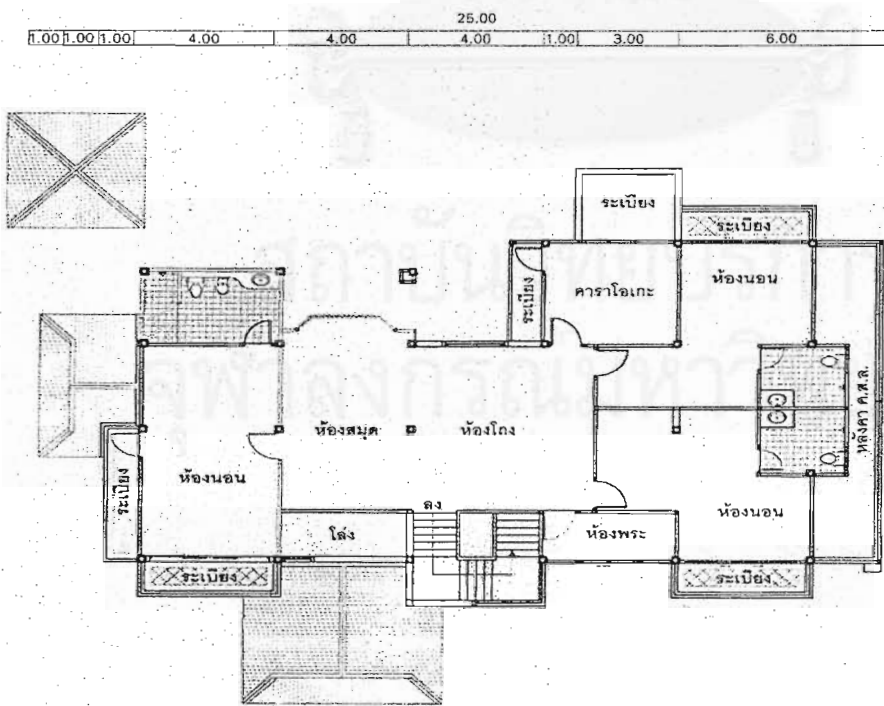
9. บ้านเรือนกลาง



ภาพที่ 47 แสดงทัศนียภาพของบ้านเรือนกลาง (บ้านและสวน , 2545)



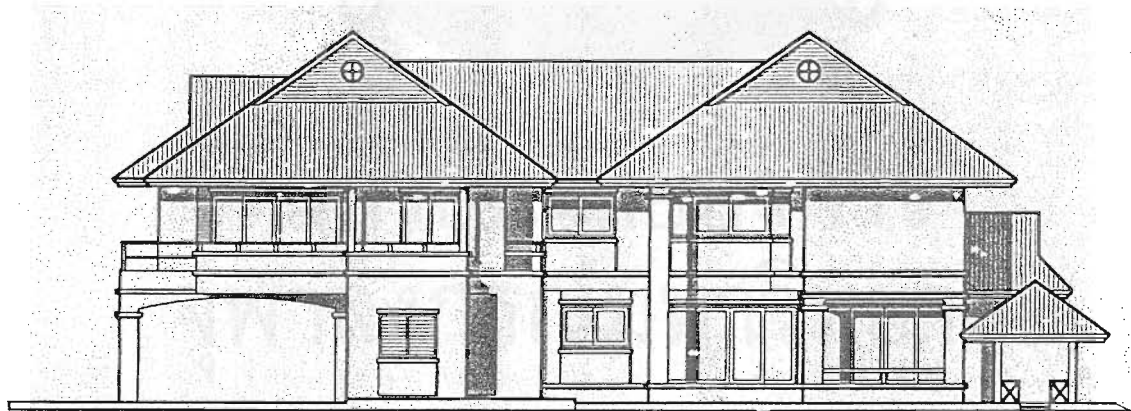
ภาพที่ 48
แสดงผังพื้นที่
1 ของ
บ้านเรือนกลาง
(บ้านและสวน ,
2545)



ภาพที่ 49 แสดง
ผังพื้นที่
2 ของ
บ้านเรือนกลาง
(บ้านและสวน ,
2545)



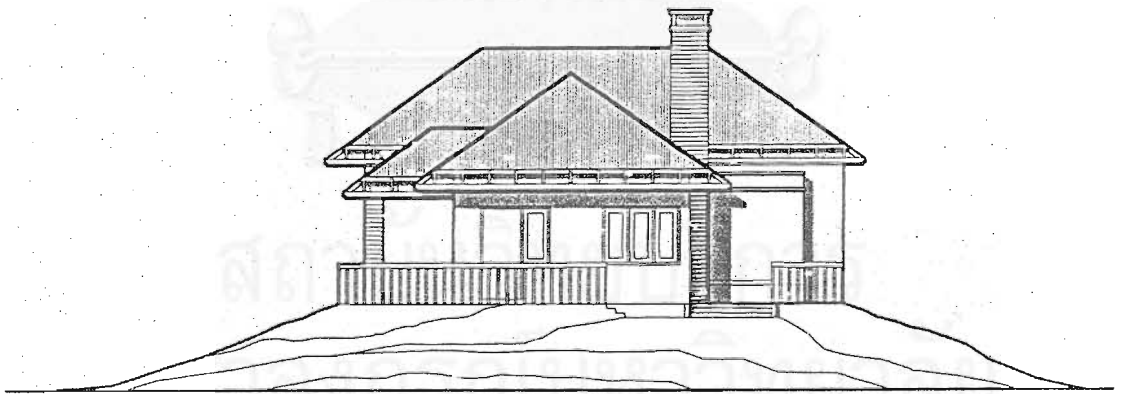
ภาพที่ 50 แสดงรูปด้านหน้าของบ้านเรือนกลาง (บ้านและสวน , 2545)



ภาพที่ 51 แสดงรูปด้านข้างของบ้านเรือนกลาง (บ้านและสวน , 2545)



ภาพที่ 54 แสดงรูปด้านหน้าของบ้าน Traditional Modernism (บ้านและสวน , 2545)



ภาพที่ 55 แสดงรูปด้านข้างของบ้าน Traditional Modernism (บ้านและสวน , 2545)

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

ค่าที่ใช้ในการคำนวณการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อน

วัสดุทดสอบ	มวล g (lb)	พื้นที่ m ² (ft ²)	Specific Heat J/kg.K (Btu/lb.F)
แกรนิต	805.1 (1.8)	0.0361 (0.39)	670 (0.2)
เซรามิค	578.8 (1.3)	0.0400 (0.43)	800 (0.19)
ไม้เนื้อแข็ง	399.6 (0.9)	0.0342 (0.37)	1632 (0.39)
ไม้เนื้ออ่อน	291.2 (0.6)	0.0380 (0.41)	1633 (0.39)
ยิปซัม	391.9 (0.9)	0.0400 (0.43)	1080 (0.26)
พรมอะคริลิก	201.9 (0.4)	0.0400 (0.43)	1139 (0.34)
เหล็ก	875.9 (1.9)	0.0400 (0.43)	500 (0.12)
กระดาษ	347.0 (0.8)	0.0400 (0.43)	1300 (0.32)
กระดาษ 80 แก			
นม	370.6 (0.8)	0.0400 (0.43)	1300 (0.32)
อิฐก่อฉาบปูน	554.7 (1.2)	0.0145 (0.16)	670 (0.20)

ตารางแสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณการทำความเย็นเนื่องจากการดูดซับความร้อน

ตารางแสดงค่าอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆจากการทดสอบการดูดซับความร้อนของวัสดุ เมื่อวันที่ 14 กันยายน 2541

ที่มา รังสิมา กาญจนสมบัติ

เวลา	อากาศภายนอก	อากาศภายใน	แกรนิต	เซรามิก	ไม้เนื้อแข็ง	ไม้เนื้ออ่อน	ยิปซัม	พรม	เหล็ก	กระดาษ	อิฐก่อฉาบปูน	กระดาษ 80 แกรม
6.50	25.60	25.40	25.40	25.50	25.50	25.50	25.60	25.60	25.60	25.50	25.80	25.50
7.05	26.00	25.40	25.40	25.60	25.50	25.50	25.60	25.60	25.60	25.50	25.80	25.50
7.20	27.60	25.40	25.40	25.50	25.50	25.50	25.60	25.70	25.60	25.50	25.80	25.50
7.35	28.60	25.40	25.50	25.60	25.50	25.50	25.70	25.70	25.60	25.50	25.70	25.50
7.50	30.20	25.50	25.50	25.70	25.60	25.50	25.70	25.80	25.70	25.50	25.70	25.50
8.05	31.20	25.50	25.60	25.70	25.60	25.50	25.70	25.90	25.60	25.50	25.80	25.50
8.20	31.20	25.60	25.60	25.80	25.60	25.50	25.80	25.90	25.50	25.50	25.70	25.60
8.35	31.10	25.70	25.70	25.80	25.60	25.50	25.80	25.80	26.00	25.60	25.70	25.60
8.50	31.30	25.60	25.70	25.80	25.70	25.70	25.70	25.80	25.70	25.70	25.70	25.60
9.05	31.10	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.70	25.70	25.70	25.60	25.70
9.20	31.10	25.60	25.90	25.90	25.90	25.90	26.20	25.70	25.70	25.80	25.70	25.70
9.35	31.00	25.60	27.60	28.30	26.80	26.90	26.60	29.00	27.70	27.00	26.60	27.60
9.50	31.50	25.70	29.70	30.30	28.60	28.80	29.30	30.60	30.30	28.90	28.00	29.80
10.05	31.50	25.60	30.20	30.80	29.20	29.40	30.00	30.90	30.70	29.50	28.50	30.40
10.20	31.70	25.70	30.50	31.10	29.80	30.00	30.70	31.10	31.10	30.00	29.00	30.70
10.35	32.10	25.50	30.80	31.40	30.20	30.40	31.20	31.30	31.30	30.50	29.40	31.00
10.50	32.60	25.40	31.10	31.70	30.60	30.70	31.50	31.50	31.50	30.90	29.80	31.20
11.05	32.50	25.30	31.30	31.90	30.90	31.00	31.80	31.60	31.70	31.30	30.10	31.40
11.20	32.60	25.30	31.40	32.00	31.20	31.30	32.00	31.80	31.70	31.60	30.40	31.50
11.35	32.80	25.40	31.60	32.20	31.40	31.50	32.20	31.90	31.90	31.90	30.60	31.70
11.50	32.50	25.30	31.60	32.20	31.60	31.70	32.20	31.90	32.00	32.10	30.80	31.80
12.05	32.40	25.20	31.70	32.30	31.80	31.80	32.30	31.90	32.10	32.30	31.00	31.80
12.20	32.50	25.30	31.70	32.40	31.90	31.90	32.40	32.00	32.20	32.40	31.10	31.80
12.35	33.00	25.20	31.90	32.50	32.10	32.00	32.60	32.20	32.30	32.60	31.30	32.00
12.50	33.00	25.30	31.90	32.60	32.20	32.10	32.60	32.20	32.30	32.70	31.40	32.00
13.05	32.80	25.40	31.90	32.70	32.20	32.30	32.70	32.40	32.50	32.60	31.40	32.00

ตารางแสดงน้ำหนักของวัสดุ (g) จากการดูดซับความชื้น เมื่อ 6-7 ตุลาคม 2541

เวลา	แกรนิต	เซรามิค	ไม้เนื้อแข็ง	ไม้เนื้ออ่อน	ยิปซัม	กระดาษสมุดโทรศัพท์	กระดาษ 80 แกรม	ปูนฉาบ	อิฐมอญ	เหล็ก
0	411.654	262.711	256.614	266.405	157.859	131.272	199.806	308.138	304.007	374.203
15	411.648	262.724	256.777	266.547	158.025	131.464	200.035	308.337	304.124	374.204
30	411.630	262.716	256.821	266.610	158.033	131.534	200.115	308.366	304.132	374.203
45	411.646	262.717	256.876	266.654	158.057	131.580	200.190	308.404	304.135	374.203
60	411.641	262.726	256.894	266.692	158.059	131.625	200.227	308.415	304.145	374.202
75	411.637	262.720	256.925	266.719	158.059	131.662	200.285	308.425	304.153	374.201
90	411.649	262.732	256.936	266.724	158.067	131.679	200.315	308.419	304.165	374.200
105	411.644	262.725	256.948	266.744	158.051	131.698	200.334	308.417	304.172	374.200
120	411.645	262.727	256.944	266.740	158.027	131.692	200.342	308.393	304.180	374.201
15	411.645	262.714	256.743	266.559	157.889	131.465	200.075	308.160	304.064	374.200
30	411.638	262.705	256.692	266.495	157.872	131.402	199.985	308.137	304.053	374.202
45	411.647	262.703	256.650	266.459	157.860	131.370	199.930	308.128	304.048	374.202
60	411.642	262.713	256.620	266.425	157.852	131.327	199.880	308.108	304.030	374.202
75	411.642	262.710	256.582	266.384	157.841	131.286	199.828	308.093	304.024	374.202
90	411.636	262.697	256.547	266.349	157.830	131.248	199.772	308.075	304.012	374.202
105	411.636	262.700	256.520	266.304	157.819	131.214	199.738	308.065	304.010	374.202
120	411.642	262.706	256.506	266.293	157.826	131.192	199.694	308.064	303.998	374.202
135	411.642	262.706	256.483	266.270	157.824	131.164	199.664	308.061	303.990	374.202
150	411.642	262.706	256.459	266.246	157.821	131.136	199.633	308.057	303.977	374.200
165	411.642	262.706	256.443	266.224	157.816	131.114	199.607	308.056	303.967	374.203
180	411.643	262.706	256.426	266.201	157.811	131.092	199.580	308.054	303.959	374.200
195	411.643	262.706	256.404	266.181	157.810	131.069	199.549	308.049	303.957	374.204
210	411.643	262.701	256.382	266.160	157.809	131.046	199.517	308.043	303.955	374.200
225	411.643	262.701	256.364	266.136	157.807	131.025	199.490	308.043	303.947	374.202
240	411.645	262.702	256.346	266.111	157.805	131.003	199.462	308.043	303.941	374.200
255	411.643	262.702	256.336	266.102	157.807	130.990	199.446	308.043	303.938	374.201
270	411.642	262.703	256.326	266.093	157.808	130.977	199.430	308.045	303.927	374.200
Max	411.654	262.732	256.948	266.744	158.067	131.698	200.342	308.425	304.180	374.204
Min	411.630	262.697	256.326	266.093	157.805	130.977	199.430	308.043	303.927	374.200

ตารางแสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัสดุทดสอบ (รังสิมา กาญจนสมบัติ, 2541)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ – นามสกุล	นายสมพงษ์ เขียวสุญ
ปีเกิด	28 กันยายน 2521
2545 – ปัจจุบัน	นิสิตปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2545 – 2540	นิสิตปริญญาตรี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย