แนวทางการสร้างแบบประเมินอาคารปรับอากาศ เพื่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น

นาย กัมปนาท กระภูชัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5304-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION EVALUATION INDEX FOR AIR-CONDITIONED BUILDINGS IN A HOT–HUMID CLIMATE

Mr. Kampanart Krapoochai

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 974-17-5304-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการสร้างแบบประเมินอาคารปรับอากาศ เพื่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น
โดย	นาย กัมปนาท กระภูชัย
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ฉันทวิลาสวงศ์)

……... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

……. อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

……. กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กัมปนาท กระภูชัย : แนวทางการสร้างแบบประเมินอาคารปรับอากาศ เพื่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น (AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION EVALUATION INDEX FOR AIR-CONDITONED BUILDINGS IN A HOT-HUMID CLIMATE)
อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ
262 หน้า. ISBN 974-17-5304-7.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก คือ พัฒนาแบบประเมินอาคารพักอาศัยปรับอากาศที่ได้จากการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ต่อภาระการทำความเย็น เพื่อบ่งชี้ถึงศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานของอาคารพักอาศัยปรับอากาศ โดยทำการศึกษาเฉพาะบ้านพักอาศัยที่มีพื้นที่ใช้สอยปรับอากาศ ไม่เกิน 400 ตารางเมตร ในเขตกรุงเทพมหานคร

ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 1.ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลด้านการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานในประเทศไทย 2.ศึกษาและรวบรวมรูปแบบอาคารเพื่อนำมาแบ่งกลุ่มตามพื้นที่การใช้สอยปรับอากาศและคำนวณเปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปร 3.วิเคราะห์สัดส่วนของแต่ละตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่การใช้งาน ซึ่งนำไปสู่การสร้างแบบประเมินการประหยัดพลังงานที่มีระดับศักยภาพ 5 ระดับ ระดับละ 20 คะแนน โดยมีคะแนนรวมทั้งหมด 100 คะแนน อาคารปรับอากาศที่มีศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานดีที่สุดจะอยู่ในระดับ 5 ซึ่งมีคะแนนอยู่ระหว่าง 80.5 – 100 คะแนน

ผลจากการศึกษาพบว่า องค์ประกอบของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของอาคารปรับอากาศ คือ 1.ตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายนอกอาคาร ประกอบด้วย ตัวแปรด้านสภาพแวดล้อม การออกแบบรูปทรงอาคาร หลังคาอาคาร การรั่วซึมของอากาศ ส่วนผนังอาคาร การสะสมความร้อนและความชื้นของวัสดุก่อสร้าง และพื้น ตามลำดับ 2.ตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร ประกอบด้วย ตัวแปรด้านพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า หลอดไฟให้แสงสว่าง และภาระที่เกิดจากผู้ใช้งาน 3.ตัวแปรด้านประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

การวิจัยนี้ได้ทดสอบแบบประเมินโดยเลือกบ้านพักอาศัยปรับอากาศ 3 แบบคือ บ้านเดี่ยวพักอาศัยทั่วไป เรือนไทยประยุกต์ และบ้านชีวาทิตย์ พบว่า เรือนไทยประยุกต์ มีศักยภาพระดับ 2 จัดเป็นระดับต่ำ บ้านเดี่ยวพักอาศัยทั่วไปมีศักยภาพระดับ 3 จัดเป็นระดับกลาง และบ้านชีวาทิตย์มีศักยภาพระดับ 5 จัดเป็นระดับสูงที่สุด แบบประเมินที่สร้างขึ้นนี้สามารถบ่งชี้ถึงศักยภาพรวมของอาคารปรับอากาศได้ และมีความเหมาะสมสำหรับการประเมินบ้านพักอาศัยปรับอากาศที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2546 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4574104425 : MAJOR ARCHITECTURE
KEY WORD: INDEX / ENERGY / AIR-CONDITIONED BUILDINGS / CONSERVATION / HOT-HUMID CLIMATE

KAMPANART KRAPOOCHAI : AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION EVALUATION INDEX FOR AIR-CONDITIONED BUILDINGS IN A HOT-HUMID CLIMATE. THESIS ADVISOR : ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: PROFESSOR, Dr. SOONTORN BOONYATIKARN, 262 pp. ISBN 974-17-5304-7.

The purpose of this study was to develop an energy conservation evaluation index for air-conditioned buildings in hot-humid climates. The study was based upon an analysis of the influences of various variables on cooling load. Air-conditioned houses with a house area of no more than 400 square meters in Bangkok were selected for this study.

The research procedures were as follows: 1. studying and analyzing the literature relevant to the design of energy-efficient buildings in Thailand, 2. studying and collecting various building forms in order to categorize them on the basis of the air-conditioned area used, and then comparing the cooling load of each variable, and 3. analyzing the ratio of each variable which has an influence on the cooling load per used area. The results were used as a basis for developing an energy conservation evaluation index. This index consists of 5 levels with 20 points each. The total score is 100. The buildings with the highest energy conservation efficiency were placed in Level 5. In this level, the range of the scores is 80.5 to 100.

It was found that the variables which had an influence on the cooling load of the air-conditioned buildings were 1. variables from outdoor influences, consisting of microclimate, building forms, roof shapes, infiltration, opaque walls, heat capacity and moisture sink of the building materials and floors, respectively, 2. variables from indoor influences, consisting of electricity operation, the use of appliances, artificial lighting and occupants, and 3. the variables concerning the efficiency of air-conditioners.

In this study, the developed energy conservation evaluation index was validated. To do so, it was tried out with 3 types of houses: typical home, modified Thai style houses and The Bio-solar home. It was found that the modified Thai style houses were at Level 2, which is the lowest level. The typical home were placed in Level 3, which is the moderate level whereas The Bio-solar home were placed in Level 5, which is the highest level. The study concluded that the developed index can be used to identify the efficiency of air-conditioned buildings. It is also appropriate for the evaluation of air-conditioned buildings in Bangkok and surrounding provinces.

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

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำปรึกษาตลอดจนข้อแนะนำต่างๆ ในการศึกษาวิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ซึ่งเป็นผู้ให้คำชี้แนะและเสนอแนวทางต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาในการให้คำแนะนำแนวทางในการศึกษาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ คุณรุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ และคุณชญาณิน จิตรานุเคราะห์ ที่คอยดูแลและให้คำปรึกษาในขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ ที่คอยให้กำลังใจในการทำงานตลอดเวลาตลอดจนเพื่อนๆ ร่วมทำวิจัยและวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ร่วมทุกข์ร่วมสุขตลอดระยะเวลาการทำงาน จึงขอขอบคุณทุกท่านที่เกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์มา ณ โอกาสนี้ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ฎ

สารบัญภาพ.....ฑ

สารบัญแผนภูมิ.....ด

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของการศึกษา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 4

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย..... 5

1.5 ขั้นตอนการทำวิจัย 7

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....9

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร 9

2.2 ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศภายนอกอาคาร 10

2.2.1 เอนทัลปี.....10

2.3 การออกแบบปรับสภาพสิ่งแวดล้อมให้เอื้อต่อการประหยัดพลังงาน..... 13

2.3.1. การใช้ประโยชน์จากต้นไม้ 13

2.3.2 การใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน.....14

2.3.3 การใช้ประโยชน์จากดิน.....17

2.3.4 การใช้ประโยชน์จากกระแสลม 18

2.4 แนวทางการออกแบบรูปทรงของอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน 20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1 แนวทางการออกแบบพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร 21
2.4.2 แนวทางการออกแบบรูปทรงของหลังคา.....22
2.4.3 แนวทางการออกแบบส่วนกันแดด 24
2.5 แนวทางการออกแบบระบบก่อสร้างอาคารปรับอากาศ 24
2.5.1 แนวทางการออกแบบระบบผนังอาคารปรับอากาศ 24
2.5.2 แนวทางการออกแบบระบบกระจกของอาคารปรับอากาศ.....27
2.5.3 แนวทางการออกแบบระบบหลังคาของอาคารปรับอากาศ 29
2.5.4 แนวทางการออกแบบระบบพื้นของอาคารปรับอากาศ.....31
2.6 แนวทางการเลือกใช้ระบบวัสดุฉนวนกันความร้อน..... 32
2.7 ภาระการทำความเย็นที่เกิดภายในอาคารปรับอากาศ..... 34
2.7.1 ความร้อนจากอุปกรณ์ภายในอาคารปรับอากาศ.....35
2.7.2 ภาระการทำความเย็นจากคน.....36
2.8 แนวทางการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพ 38
2.8.1 หลักการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ.....38
2.8.2 การควบคุมความชื้นในระบบปรับอากาศ 39
2.8.3 การนำความร้อนจากการระบายอากาศมาใช้ประโยชน์.....41
2.8.4 คุณภาพของอากาศภายในอาคารปรับอากาศ 42

บทที่ 3 วิธีวิจัยตัวแปรที่ใช้สร้างดัชนี 44
3.1 การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักจากสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย..... 45
3.2 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารปรับอากาศ..... 47
3.3 การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักแต่ละตัวแปรต่อภาระการทำความเย็นของอาคารปรับอากาศ 48
3.3.1 กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับเปลือกอาคาร 49
3.3.2 การสะสมความร้อนของวัสดุ.....55
3.3.4 กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของอาคาร 58
3.3.5 กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า 59

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.6 กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับการใช้หลอดไฟฟ้า 60
3.3.7 กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับผู้ใช้อาคาร 61
3.4 ขั้นตอนการหาค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปร..... 63
3.5 การคำนวณค่าน้ำหนักภาระการทำความเย็นของแต่ละตัวแปร..... 64
3.5.1 การวิเคราะห์เลือกรูปแบบบ้านพักอาศัย.....65
3.5.2 การวิเคราะห์สภาพอากาศที่ใช้ประกอบการคำนวณ.....66
3.5.3 การคำนวณภาระการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ใน 1 ปี.....69
3.5.4 การคำนวณภาระการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ใน 1 วัน.....81
3.5 การเปรียบเทียบอัตราส่วนภาระการทำความเย็นกับบ้านประหยัดพลังงาน..... 100
3.6 การเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นของบ้านประหยัดพลังงาน 2-3 ชั้น..... 101
3.7 การสร้างค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปร..... 105
3.7.1 การสร้างค่าน้ำหนักของการออกแบบรูปทรงอาคาร 105
3.7.2 การสร้างค่าน้ำหนักของสภาพแวดล้อมอาคาร 108
3.7.3 การสร้างค่าน้ำหนักด้านพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า 111
3.7.4 การสร้างค่าน้ำหนักประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ.....113
3.8 การสร้างค่าน้ำหนักของตัวแปรที่นำมาใช้ในแบบประเมิน..... 114

บทที่ 4 การสร้างและวิธีใช้แบบประเมิน..... 116
4.1 เกณฑ์การประเมินค่าระดับศักยภาพของบ้านพักอาศัยปรับอากาศ 116
4.2 การจัดกลุ่มแบบประเมินของอาคารปรับอากาศ..... 119
4.2.1 เกณฑ์การประเมินศักยภาพอาคารปรับอากาศ 120
4.3 วิธีการสร้างแบบประเมิน..... 121
4.3.1 การสร้างแบบประเมินศักยภาพรวมของอาคารปรับอากาศ 122
4.3.2 กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร.....124
4.4 วิธีการใช้แบบประเมิน..... 135
4.5 วิธีการใช้แบบประเมินศักยภาพรวมอาคารปรับอากาศ..... 136

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6 แบบประเมินในส่วนอิทธิพลที่เกิดจากภายในอาคาร 140
4.6.1 แบบประเมินส่วนหลอดไฟฟ้าภายในอาคาร.....141
4.6.2 แบบประเมินส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร 144
4.6.3 แบบประเมินในส่วนผู้ใช้งานภายในอาคาร 151
4.7 แบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ..... 153

บทที่ 5 การทดสอบแบบประเมิน 155
5.1 ขั้นตอนการทดสอบแบบประเมิน..... 155
5.2 ทดสอบแบบประเมินบ้านพักอาศัย 1 ชั้น 146 ตารางเมตร..... 156
5.2.1 รายละเอียดของบ้านเบิกบาน 1 ชั้น 146 ตารางเมตร.....157
5.2.2 แบบประเมินในส่วนอิทธิพลที่เกิดจากภายในอาคาร.....158
5.2.3 แบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ 159
5.2.4 ค่าระดับจากแบบประเมินทั้งหมด.....172
5.2.5 แบบประเมินรวมศักยภาพของบ้านเบิกบาน 176
5.3 การประเมินบ้านชีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์..... 178
5.3.1 รายละเอียดของบ้านชีวาทิตย์ 2 ชั้น 145 ตารางเมตร 179
5.3.2 แบบประเมินในส่วนอิทธิพลที่เกิดจากภายในอาคาร.....180
5.3.3 แบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ 193
5.3.4 ค่าระดับจากแบบประเมินทั้งหมด.....194
5.3.5 แบบประเมินรวมศักยภาพของบ้านชีวาทิตย์.....198
5.4 การประเมินบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 2 ชั้น 141 ตารางเมตร 200
5.4.1 รายละเอียดบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 2 ชั้น 141 ตารางเมตร.....201
5.4.2 สรุปค่าระดับจากแบบประเมินทั้งหมด.....202
5.4.3 แบบประเมินรวมศักยภาพของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 206
5.5 การเปรียบเทียบศักยภาพที่ได้จากบ้านทั้ง 3 หลัง.....208

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 209
6.1 บทสรุป 209
6.2 ข้อเสนอแนะ 217
รายการอ้างอิง 219
ภาคผนวก 222
ภาคผนวก ก 223
แบบบ้านที่ใช้ประกอบการคำนวณภาระการทำความเย็น 224
ภาคผนวก ข 232
แบบประเมินกลุ่มอิทธิพลภายนอกอาคาร 233
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 262

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุฉนวนชนิดต่างๆ 32
ตารางที่ 2-2 แสดงค่าความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝงที่เกิดจากการทำกิจกรรม 37
ตารางที่ 2-3 แสดงปริมาณอากาศบริสุทธิ์ตามมาตรฐาน.....43
ตารางที่ 3-1 แสดงค่า Equipment Heat Gain 59
ตารางที่ 3-2 แสดงค่า Typical lighting power densities..... 60
ตารางที่ 3-3 แสดงค่า Sensible Heat Cooling Load Factor for People 61
ตารางที่ 3-4 แสดงระดับประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ 62
ตารางที่ 3-5 แสดงรายละเอียดของบ้านที่นำมาคำนวณค่าภาระการทำความเย็น..... 65
ตารางที่ 3-6 แสดงอุณหภูมิอากาศภายนอกของปี 2543 ที่นำมาใช้ประกอบการคำนวณ 68
ตารางที่ 3-7 แสดงภาระการทำความเย็นแต่ละตัวแปรของบ้านพักอาศัย 20 หลัง..... 92
ตารางที่ 3-8 แสดงอัตราส่วนแต่ละตัวแปรต่อภาระการทำความเย็นของกลุ่มบ้านพักอาศัย..... 96
ตารางที่ 3-9 แสดงค่าภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรของบ้านพักอาศัย 102
ตารางที่ 3-10 แสดงอัตราส่วนของเปลือกบ้านพักอาศัยต่อภาระการทำความเย็นรวม 106
ตารางที่ 3-11 แสดงค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปรทั้งหมด 114
ตารางที่ 4-1 แสดงค่าภาระการทำความเย็นทั้งหมดของกลุ่มบ้านพักอาศัยในการสร้างค่าระดับ
..... 116
ตารางที่ 4-2 แสดงค่า CLF Cooling Load Factor ของการใช้หลอดไฟฟ้า..... 124
ตารางที่ 4-3 แสดงผลของค่า CLF x A x 3.413 ของการใช้หลอดไฟฟ้า..... 124
ตารางที่ 4-4 แสดงผลของค่าภาระการทำความเย็นจาก CLF x A x 3.413 x L_{wsf}..... 125
ตารางที่ 4-5 แสดงค่า CLF Cooling Load Factor ของการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า..... 127
ตารางที่ 4-6 แสดงผลของค่า CLF x A x 3.413 ของการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า 127
ตารางที่ 4-7 แสดงผลของค่าภาระการทำความเย็นจาก CLF x A x 3.413 x EQ_{wsf}..... 128
ตารางที่ 4-8 แสดงค่า CLF Cooling Load Factor ของผู้ใช้ภายในอาคาร 130
ตารางที่ 4-9 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณ [(SHG_p* CLF_p)+ LHG_p]..... 130
ตารางที่ 4-10 แสดงค่าภาระการทำความเย็นในกิจกรรมต่างและตัวคูณคะแนนที่ได้..... 131
ตารางที่ 4-11 แสดงตารางแบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ 134

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4-12 แสดงรายละเอียดหลอดไฟฟ้าที่ต้องกรอกข้อมูล 141
ตารางที่ 4-13 แสดงรายละเอียดการกรอกแบบประเมินส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า.....144
ตารางที่ 4-14 แสดงเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า..... 147
ตารางที่ 4-15 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องใช้ไฟฟ้า..... 148
ตารางที่ 4-16 แสดงภาระการทำความเย็นจากผู้ใช้งาน..... 151
ตารางที่ 4-17 แสดงเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ..... 153
ตารางที่ 5-1 แสดงคะแนนที่ได้จากการทดสอบแบบประเมินบ้านทั้ง 3 หลัง 208

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 แสดงปริมาณพลังงานที่ใช้ในการลดความชื้นและอุณหภูมิอากาศในแต่ละเดือน..... 11
ภาพที่ 2-2 แสดงอุณหภูมิโดยรอบของต้นไม้ใหญ่ 14
ภาพที่ 2-3 แสดงอุณหภูมิผิวหญ้าเปียกในร่มใต้ต้นไม้และอุณหภูมิกระเปาะเปียก 15
ภาพที่ 2-4 แสดงการใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน เพื่อลดอุณหภูมิบริเวณผิวดิน..... 16
ภาพที่ 2-5 แสดงการใช้วัสดุคลุมดินในการลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บริเวณผิวหน้าดิน 16
ภาพที่ 2-6 แสดงอิทธิพลของอนุภาคดินต่อขนาดของช่องมวลสารภายในดิน 17
ภาพที่ 2-7 แสดงอุณหภูมิดิน และผิวดินแห้ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ..... 18
ภาพที่ 2-8 แสดงกระแสลมเย็นที่พัดมาแทนที่ลมร้อนที่ลอยตัวในช่วงเวลาหลังดวงอาทิตย์ตกดิน19
ภาพที่ 2-9 แสดงระยะอับลมด้านหลังแนวต้านลมเนื่องจากสิ่งก่อสร้างหรือรั้วทึบกั้นบริเวณ..... 20
ภาพที่ 2-10 แสดงรูปทรงต่างๆ ที่ทำให้เกิดความแตกต่างแรงดันอากาศ 20
ภาพที่ 2-11 แสดงสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร 21
ภาพที่ 2-12 แสดงมุมเอียงของหลังคาที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน 22
ภาพที่ 2-13 แสดงพื้นที่แรงกดอากาศที่เป็นบวกและพื้นที่ส่วนที่เป็นแรงดูด 23
ภาพที่ 2-14 แสดงแนวทางการออกแบบผนังในการป้องกันความร้อนจากภายนอก 25
ภาพที่ 2-15 ภาพแสดงการควบแน่นเป็นหยดน้ำในผนังภายนอกที่มีช่องว่างอากาศ..... 26
ภาพที่ 2-16 แสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกชนิดต่างๆ 27
ภาพที่ 2-17 ภาพแสดงคุณสมบัติของกระจก Heat Stop 6 mm + Air + 6 mm..... 28
ภาพที่ 2-18 แสดงการส่วนประกอบของกระจก Heat Stop 29
ภาพที่ 2-19 แสดงวัสดุและระบบกันความร้อนของหลังที่มีประสิทธิภาพในการกันความร้อน 30
ภาพที่ 2-20 แสดงการใช้วัสดุพื้นชั้นล่าง เพื่อป้องกันความชื้นและดึงความเย็นมาใช้งาน..... 31
ภาพที่ 2-21 แสดงการกันความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทจากดินสู่พื้นอาคาร 31
ภาพที่ 2-22 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านภายในฉนวนแบบเส้นใย 33
ภาพที่ 2-23 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านภายในฉนวนผิวสะท้อนรังสี..... 34
ภาพที่ 2-24 แสดงผลของ Thermal Storage ในการเกิด Cooling Load ของอุปกรณ์ไฟฟ้า..... 35
ภาพที่ 2-25 แสดงตัวอย่างการกำเนิดพลังงานและการระบายความร้อนออกจากร่างกาย 36
ภาพที่ 2-26 แสดงวงจรการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ 38
ภาพที่ 2-27 แสดงการเปรียบเทียบหลักการทำงานของระบบปรับอากาศทั่วไปกับระบบฮีตไปป์. 39

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 2-28 แสดงการทำงานของคอยล์เย็นในระบบปรับอากาศที่มีฮีตไปป์ 40
ภาพที่ 2-29 แสดงการทำน้ำร้อนด้วยการคายความร้อนของน้ำยาจากคอมเพรสเซอร์ 42
ภาพที่ 2-30 แสดงการเสริมอากาศบริสุทธิ์เข้ามาภายในห้องปรับอากาศ 43
ภาพที่ 3-1 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 46
ภาพที่ 3-2 แสดงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 รูปแบบ 46
ภาพที่ 3-3 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในบ้านประหยัดพลังงาน 47
ภาพที่ 3-4 แสดงการคำนวณอุณหภูมิผิวของวัสดุแบบ Thermal Gradient 56
ภาพที่ 3-5 แสดงสัดส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้งานของรูปทรงทางเลขาคณิตต่างๆ 57
ภาพที่ 3-6 แสดงแนวทางการปรับอากาศด้วยสภาพแวดล้อม 58
ภาพที่ 3-7 แสดงขั้นตอนการหาค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปร 53
ภาพที่ 3-8 แสดงอุณหภูมิอากาศของปี 2543 ที่ประกอบการคำนวณ CLTD 69
ภาพที่ 3-9 แสดงค่าน้ำหนักตัวคูณตัวแปรการออกแบบรูปทรงอาคาร ใน 5 ระดับ 107
ภาพที่ 3-10 แสดงค่าน้ำหนักตัวคูณตัวแปรการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมอาคาร ใน 5 ระดับ 110
ภาพที่ 3-11 แสดงเกณฑ์ระดับตัวคูณคะแนนในส่วนพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า 112
ภาพที่ 3-12 แสดงค่าน้ำหนักตัวคูณประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ ใน 5 ระดับ 113
ภาพที่ 3-13 แสดงค่าน้ำหนักในแต่ละตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็น และตัวคูณคะแนนของตัวแปร 115
ภาพที่ 4-1 แสดงโครงสร้างเกณฑ์การะประเมินรวมอาคารปรับอากาศ 120
ภาพที่ 4-2 แสดงผังการสร้างแบบประเมินศักยภาพอาคารปรับอากาศ 121
ภาพที่ 4-3 แสดงการให้คะแนนในแต่ละส่วนของแบบประเมิน 122
ภาพที่ 4-4 แสดงแบบประเมินศักยภาพรวมของอาคารปรับอากาศ 123
ภาพที่ 4-5 แสดงตัวอย่างตารางแบบประเมินที่สร้างขึ้น 133
ภาพที่ 4-6 แสดงแบบประเมินศักยภาพอาคาร 138
ภาพที่ 5-1 แสดงขั้นตอนการทดสอบแบบประเมิน 155
ภาพที่ 5-2 แสดงทัศนียภาพของบ้านเบิกบาน 156
ภาพที่ 5-3 แสดงแบบผังพื้นของบ้านเบิกบาน 156

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 5-4 แสดงรูปด้านของบ้านเบิกบาน 157
ภาพที่ 5-5 แสดงผังพื้นชั้น 1..... 178
ภาพที่ 5-6 แสดงผังพื้นชั้น 2..... 178
ภาพที่ 5-7 แสดงรูปด้านทางด้านทิศตะวันตก และทางทิศใต้..... 179
ภาพที่ 5-8 แสดงรายละเอียดแบบบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้..... 200
ภาพที่ 5-9 แสดงรูปด้านของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้.....201
ภาพที่ 6-1 แสดงค่าน้ำหนักในทุกตัวแปรของแบบประเมินศักยภาพอาคารปรับอากาศ 213

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 3-1 แสดงค่าเอนทัลปีในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2543 67
แผนภูมิที่ 3-2 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวแบบประหยัด 2 (ปรับปรุงวัสดุ)..... 70
แผนภูมิที่ 3-3 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเรือนเล็ก (ปรับปรุงวัสดุ)..... 70
แผนภูมิที่ 3-4 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวลอยชาย (ปรับปรุงวัสดุ)..... 71
แผนภูมิที่ 3-5 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยว 2 ชั้นประหยัด 3, (ปรับปรุงวัสดุ) 71
แผนภูมิที่ 3-6 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเบิกบาน (ปรับปรุงวัสดุ) 72
แผนภูมิที่ 3-7 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวแบบประหยัด 2..... 72
แผนภูมิที่ 3-8 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเรือนเล็ก..... 73
แผนภูมิที่ 3-9 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวลอยชายชั้นครึ่ง..... 73
แผนภูมิที่ 3-10 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวแบบประหยัด 3..... 74
แผนภูมิที่ 3-11 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น เรนโบว์..... 74
แผนภูมิที่ 3-12 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเบิกบาน..... 75
แผนภูมิที่ 3-13 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคกลาง 75
แผนภูมิที่ 3-14 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคเหนือ 76
แผนภูมิที่ 3-15 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคใต้ 76
แผนภูมิที่ 3-16 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคอีสานเมตร 77
แผนภูมิที่ 3-17 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ลดาวารี..... 77
แผนภูมิที่ 3-18 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น วรรณวนา..... 78
แผนภูมิที่ 3-19 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ปาล์มเมอร์ 78
แผนภูมิที่ 3-20 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น โมเดิร์น 79
แผนภูมิที่ 3-21 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ทรานสฟอร์ม 79
แผนภูมิที่ 3-22 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวแบบประหยัด 2 (ปรับปรุงวัสดุ)..... 81
แผนภูมิที่ 3-23 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเรือนเล็ก (ปรับปรุงวัสดุ)..... 82
แผนภูมิที่ 3-24 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวลอยชาย (ปรับปรุงวัสดุ)..... 82
แผนภูมิที่ 3-25 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยว 2 ชั้นประหยัด 3 (ปรับปรุงวัสดุ) ... 83
แผนภูมิที่ 3-26 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเบิกบาน (ปรับปรุงวัสดุ) 83

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 3-27 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวแบบประหยัด 2 84
แผนภูมิที่ 3-28 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเรือนเล็ก 84
แผนภูมิที่ 3-29 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวลอยชายชั้นครึ่ง 85
แผนภูมิที่ 3-30 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวแบบประหยัด 3 85
แผนภูมิที่ 3-31 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น เรนโบว์ 86
แผนภูมิที่ 3-32 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเบิกบาน 86
แผนภูมิที่ 3-33 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคกลาง 87
แผนภูมิที่ 3-34 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคเหนือ 87
แผนภูมิที่ 3-35 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคใต้ 88
แผนภูมิที่ 3-36 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคอีสาน 88
แผนภูมิที่ 3-37 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ลดาวารี 89
แผนภูมิที่ 3-38 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น วรรณวนา 89
แผนภูมิที่ 3-39 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ปาล์มเมอร์ 90
แผนภูมิที่ 3-40 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น โมเดิร์น 90
แผนภูมิที่ 3-41 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ทรานสฟอร์ม 91
แผนภูมิที่ 3-42 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัยประกอบการคำนวณ 20 หลัง ในชั่วโมงที่มีค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด ต่อ พื้นที่การใช้งาน 1 ตารางเมตร ... 93
แผนภูมิที่ 3-43 แสดงภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรของบ้านพักอาศัย 20 หลัง 94
แผนภูมิที่ 3-44 แสดงภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรของกลุ่มบ้านพักอาศัย 95
แผนภูมิที่ 3-45 แสดงค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นในอาคาร . 96
แผนภูมิที่ 3-46 แสดงร้อยละของการคายความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร 97
แผนภูมิที่ 3-47 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากการรีดความร้อนจากวัสดุก่อสร้าง 98
แผนภูมิที่ 3-48 แสดงการรีดความร้อนและความชื้นของบ้านพักอาศัย 20 หลัง ในแต่ละชั่วโมง.. 99
แผนภูมิที่ 3-49 แสดงค่าภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นในการสะสมความร้อนและความชื้น... 100
แผนภูมิที่ 3-50 แสดงค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นทั้งหมด .. 101
แผนภูมิที่ 3-51 แสดงอัตราส่วนภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรของบ้านพักอาศัยทั่วไป. 102
แผนภูมิที่ 3-52 แสดงอัตราส่วนภาระการทำความเย็นแต่ละตัวแปรของบ้านประหยัด 2 ชั้น..... 103
แผนภูมิที่ 3-53 แสดงอัตราส่วนภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรของบ้านประหยัด 3 ชั้น. 103

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 3-54 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนแต่ละตัวแปรของบ้านพักอาศัยทั่วไปกับบ้านประหยัดพลังงาน 104
แผนภูมิที่ 3-55 แสดงความแตกต่างของเอนทัลปีที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม 109
แผนภูมิที่ 3-56 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของบ้านพักอาศัย 3 แบบ 111
แผนภูมิที่ 4-1 แสดงการสร้างเส้นแนวโน้มค่าภาระการทำความเย็นของกลุ่มบ้านพักอาศัย 117
แผนภูมิที่ 4-2 แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพของบ้านพักอาศัยปรับอากาศ 118
แผนภูมิที่ 4-3 แสดงภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้งาน 125
แผนภูมิที่ 4-4 แสดงการสร้าค่าระดับศักยภาพของการใช้งานหลอดไฟฟ้า 126
แผนภูมิที่ 4-5 แสดงภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้งาน 128
แผนภูมิที่ 4-6 แสดงการสร้างค่าระดับศักยภาพของการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า 129
แผนภูมิที่ 4-7 แสดงการสร้างค่าระดับประสิทธิภาพด้านภาระการทำความเย็นจากผู้ใช้งาน 131
แผนภูมิที่ 4-8 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของบ้านพักอาศัย 3 แบบ ในรอบ 1 วัน 132
แผนภูมิที่ 4-9 แสดงเกณฑ์การสร้างระดับคะแนนในแบบประเมินพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า 133
แผนภูมิที่ 4-10 แสดงเกณฑ์ในแบบประเมินระดับศักยภาพของอาคารปรับอากาศ 139
แผนภูมิที่ 4-12 แสดงเกณฑ์การประเมินอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารปรับอากาศ 149
แผนภูมิที่ 4-13 แสดงเกณฑ์การประเมินภาระการทำความเย็นจากผู้ใช้งานอาคาร 152
แผนภูมิที่ 6-1 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากการประเมินของบ้านทั้ง 3 หลัง 215
แผนภูมิที่ 6-2 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นจากคะแนนที่ประเมินของบ้านทั้ง 3 หลัง 216

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของการศึกษา

ความต้องการพื้นฐานแรกของมนุษย์ในการสร้างอาคารที่อยู่อาศัย ก็เพื่อต้องการปกป้องตัวเองจากอันตรายและสภาวะอันไม่พึงประสงค์จากสภาพแวดล้อม มนุษย์จึงได้พยายามสร้างอาคารที่สามารถควบคุมสภาวะในอาคารไม่ให้รู้สึกร้อนหรือหนาวเย็นจนเกินไป เพื่อทำให้เกิดความสบายและเหมาะสมแก่การดำรงชีวิตของมนุษย์

บ้านไทยในอดีตนั้นเกิดจากการพึ่งพาระบบธรรมชาติ อยู่ท่ามกลางสภาพแวดล้อมที่เป็นธรรมชาติ อาศัยประโยชน์จากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตของตน บ้านไทยจึงเป็นงานสถาปัตยกรรมที่เหมาะกับสภาพแวดล้อมที่เป็นธรรมชาติและมีคุณค่าต่อการดำรงชีวิตของคนไทยในอดีตเป็นอย่างมาก วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างก็ล้วนแล้วแต่ทำมาจากธรรมชาติทั้งหมด ในส่วนของตัวบ้านนั้นจะใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาและมีค่าการสะสมความร้อนน้อย ทำให้อุณหภูมิภายในบ้านคล้อยตามและเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิไปกับอุณหภูมิภายนอก วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างเป็นวัสดุที่หาได้จากธรรมชาติ เช่น หลังคาจากหรือผนังไม้บางครั้งมีลักษณะเป็นฝาขัดแตะ ที่มีช่องระบายอากาศโดยรอบ เพื่อให้ลมเย็นจากสภาพแวดล้อมที่สมบูรณ์ภายนอกผ่านเข้าสู่ตัวอาคารและสร้างความเย็นสบายให้กับผู้อยู่อาศัย ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ล้วนเป็นผลงานทางสถาปัตยกรรมที่เกิดจากการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ

ผลจากองค์ประกอบทั้งหมดข้างต้นนี้ทำให้บ้านไทยมีสภาพอากาศใกล้เคียงกับสภาพอากาศภายนอก เช่น ร้อนในช่วงกลางวัน และเย็นทันทีที่พระอาทิตย์ตกดินประกอบกับการมีต้นไม้หรือแหล่งน้ำที่ช่วยปรับแต่งสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมและใกล้เคียงกับสภาวะน่าสบายที่ต้องการ จึงนับว่าบ้านไทยมีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับภูมิภาคอากาศแบบร้อนชื้น เมื่อสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติยังอุดมสมบูรณ์อยู่เช่นอดีต (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 8)

ในปัจจุบันนี้สภาพของธรรมชาติได้เปลี่ยนแปลงไปจากอดีตเป็นอย่างมาก จากการพัฒนาด้านการคมนาคม การสื่อสารและวิทยาการเทคโนโลยีในด้านต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเหล่านี้ล้วนมีอิทธิพลต่อการดำเนินชีวิตของคนไทยเป็นอย่างยิ่ง ดังจะเห็นได้จากรูปแบบของอาคารที่อยู่อาศัยที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และการขยายตัวอย่างต่อเนื่องของชุมชนซึ่งทำให้ที่ดินเริ่มขาดแคลนและมีราคาเพิ่มสูงมาก อาคารจึงก่อสร้างในพื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้ไม่สามารถที่จะสร้างสภาพแวดล้อมเพื่อส่งเสริมบรรยากาศให้เหมาะสมในการดำรงชีวิตได้ ในส่วนระบบการก่อสร้างอาคารในประเทศไทยนั้นจะนิยมก่อสร้างตามความคุ้นเคยและสร้างกันมานาน เช่น ระบบการก่อสร้างผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ด้าน ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันมาอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบที่ยอมรับกันโดยทั่วไป แต่ผลกระทบที่ตามมาก็คือความร้อนที่เกิดการถ่ายเทและการสะสมภายในอาคารทำให้ไม่เหมาะสมในการใช้งาน จึงต้องจัดหาเครื่องปรับอากาศมาลดความร้อนที่เกิดขึ้น แต่ผลที่ตามมาก็คือพลังงานที่ต้องสูญเสียไปจำนวนมหาศาล

เมื่อมีการติดตั้งระบบปรับอากาศเพื่อลดความร้อนและความชื้นภายในอาคารแล้ว บางกรณีจะพบว่าเมื่อเครื่องปรับอากาศเริ่มทำงานแล้วต้องใช้เวลานานกว่าจะทำให้ผู้ใช้งานจะรู้สึกสบาย เกิดผลกระทบต่อตัวผู้ใช้งานและตัวอาคารทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งในการแก้ไขปัญหาที่เห็นได้ชัดและเป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบันก็คือ การจัดหาเครื่องปรับอากาศมาเพิ่มเติม ซึ่งการเพิ่มจำนวนเครื่องปรับอากาศส่งผลโดยตรงต่อปริมาณการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายส่วนต่างๆ ของอาคาร โดยสาเหตุเบื้องต้นเกิดจากขาดการศึกษาปัจจัยด้านเทคนิคในการออกแบบอาคารในเขตร้อนชื้นของประเทศไทย จึงส่งผลกระทบต่อสภาวะภายในอาคารที่เกิดขึ้น

การศึกษาถึงปัจจัยและตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นและการใช้พลังงานภายในอาคารปรับอากาศ จึงขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ มากมาย ซึ่งในแต่ละตัวแปรก็มีความสัมพันธ์กันจนไม่สามารถที่จะระบุได้ว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารมากกว่ากัน ในการพิจารณาจึงสามารถแยกหมวดหมู่หลักของตัวแปรด้านการใช้พลังงานในอาคารได้ดังต่อไปนี้ (สุนทร บุญญาธิการ, 2536.)

- ที่ตั้งและสภาพภูมิอากาศ (Site and Climate)
- ตัวอาคารและระบบอาคาร (Building and Building Systems)
- ผู้ใช้อาคารและการใช้งาน (Users and Operation)

ในการศึกษาการออกแบบอาคารตามแนวความคิดด้านการประหยัดพลังงานในภูมิอากาศร้อนชื้นนั้น จะเป็นตัวช่วยกำหนดทิศทางการใช้พลังงานในอาคาร และมีบทบาทสำคัญต่อรูปแบบทางสถาปัตยกรรมในอนาคต ซึ่งการที่จะลดการใช้พลังงานในอาคารนั้นจำเป็นที่จะต้องสร้างความรู้และความเข้าใจในปัจจัยด้านการออกแบบอาคาร โดยการสร้างปัจจัยที่บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในแต่ละองค์ประกอบของอาคาร ที่จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการใช้พลังงานเพื่อลดอิทธิพลด้านความร้อนและความชื้นจากภายนอก อันจะส่งผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายภายในอาคาร

จากประเด็นดังกล่าวก่อให้เกิดการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคารปรับอากาศ เพื่อบ่งชี้และเปรียบเทียบถึงศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานในอาคารที่มีรูปแบบและระบบการก่อสร้างที่หลากหลาย และสามารถบ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญในการออกแบบอาคารที่คำนึงถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ตามแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาถึงหลักการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย เพื่อกำหนดหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารปรับอากาศ
2. ศึกษาและวิเคราะห์ค่าน้ำหนัก (Weighting) ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารปรับอากาศ เพื่อกำหนดเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างระดับ (Scaling) ในการให้คะแนนตัวชี้วัด (Indicator) ถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงานของการออกแบบในแต่ละส่วนของอาคารได้อย่างเหมาะสม
3. ศึกษาแนวทางในการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคารปรับอากาศ และทดสอบหาข้อดีและข้อจำกัดต่างๆ ของแบบประเมิน เพื่อนำไปปรับปรุงในการนำไปประยุกต์ใช้งานสำหรับอาคารพักอาศัยปรับอากาศในประเทศไทย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาอาคารพักอาศัย 3 กลุ่มคือ
   - บ้านพักอาศัยที่มีขนาดพื้นที่การใช้งานน้อยกว่า 100 ตารางเมตร
   - บ้านพักอาศัยที่มีขนาดพื้นที่การใช้งาน 101-200 ตารางเมตร
   - บ้านพักอาศัยที่มีขนาดพื้นที่การใช้งาน 201-400 ตารางเมตร
2. ศึกษาอาคารพักอาศัยที่มีการก่อสร้างจริงด้วยวัสดุก่อสร้างในปัจจุบัน
3. ศึกษาเฉพาะอาคารพักอาศัยปรับอากาศในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย กรณีศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร
4. ควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศที่อุณหภูมิอากาศภายใน 25 องศาเซลเซียส (77 องศาฟาเรนไฮต์) และความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ตลอด 24 ชั่วโมง
5. ข้อมูลด้านสภาพอากาศประกอบการคำนวณของกรมอุตุนิยมวิทยากรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ. 2543

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น
   - ศึกษาองค์ประกอบด้านเทคนิคและคุณสมบัติของการออกแบบอาคาร
   - ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุการก่อสร้างที่มีการใช้ในระบบการก่อสร้างทั่วไป
   - ศึกษาองค์ประกอบด้านเทคนิคการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน
   - ศึกษาทฤษฎีระบบปรับอากาศประเภทต่างๆ ที่มีการนำมาใช้งานในประเทศไทย

2. ศึกษาหลักการและวิธีในการสร้างแบบประเมินตามหลักการทางสถิติและทางวิทยาศาสตร์

3. ศึกษาตัวแปรและทำการรวบรวมจัดหมวดหมู่ของตัวแปร
   - ศึกษาและรวบรวมตัวแปรของข้อมูลต่างๆ ในการสร้างแบบประเมิน
   - จัดหมวดหมู่ของตัวแปรออกเป็นกลุ่มๆ ตามชนิดของกลุ่มตัวแปร เช่น ที่ตั้งและสภาพภูมิอากาศ ตัวอาคาร ระบบอาคาร และผู้ใช้อาคารและการใช้งาน เป็นต้น

4. รวบรวมแบบอาคารพักอาศัยหลากหลายรูปแบบที่มีการก่อสร้างและมีการใช้งานจริง นำมาจัดกลุ่มของอาคารตามขนาดพื้นที่การใช้งาน โดยแบ่งกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้
   - กลุ่มบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก มีพื้นที่การใช้งานภายในไม่เกิน 100 ตารางเมตร
   - กลุ่มบ้านพักอาศัยขนาดกลาง มีพื้นที่การใช้งานภายในตั้งแต่ 101 – 200 ตารางเมตร
   - กลุ่มบ้านพักอาศัยขนาดใหญ่ มีพื้นที่การใช้งานภายในตั้งแต่ 201- 400 ตารางเมตร
   - กลุ่มบ้านพักอาศัยที่ออกแบบตามหลักการประหยัดพลังงาน

5. นำแบบอาคารพักอาศัยที่แบ่งตามกลุ่มพื้นที่การใช้งานภายในปรับอากาศ มาทำการคำนวณภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรตามวิธีการคำนวณ Cooling Load Temperature Different (CLTD) โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาตลอดทั้งปี เพื่อหาภาระการทำความเย็นสูงสุด ตัวแปรที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี CLTD ได้แก่

- ตัวแปรจากภายนอกอาคาร ประกอบด้วย หลังคา ผนัง กระจก พื้น
- ตัวแปรจากภายในอาคาร ประกอบด้วย ผู้ใช้งานภายใน อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และหลอดไฟฟ้า
- ตัวแปรที่เกิดจากการรั่วซึมและการระบายอากาศภายในอาคาร

6. ศึกษาอาคารพักอาศัยที่ออกแบบด้วยแนวความคิดประหยัดพลังงาน เพื่อนำมาสร้างค่ามาตรฐานเปรียบเทียบในแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคาร

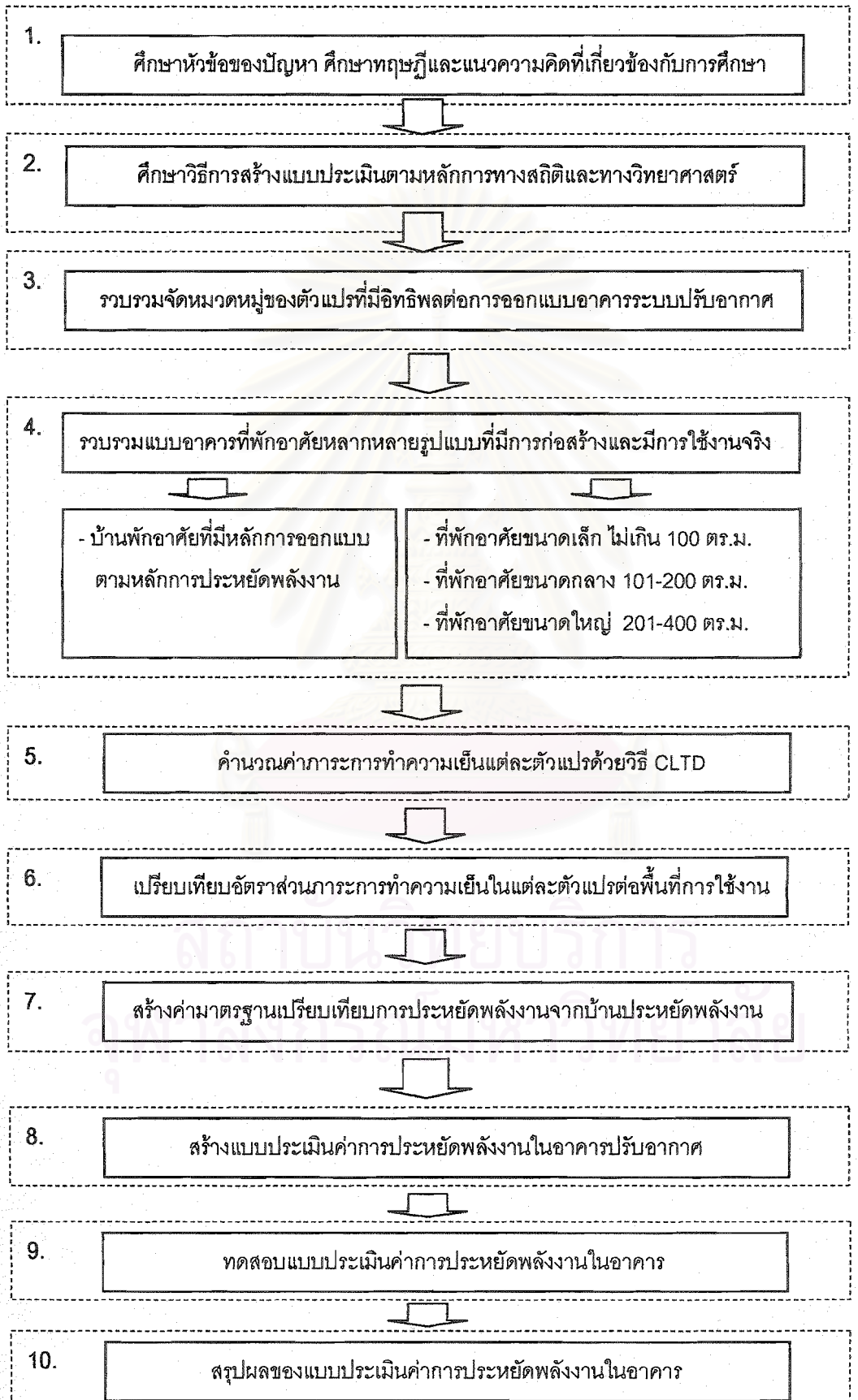
7. เปรียบเทียบอัตราส่วนภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่การใช้งานสำหรับแต่ละตัวแปร ตามกลุ่มของบ้านพักอาศัย
   - ศึกษาวิเคราะห์เพื่อการแจกแจงและแยกหมวดหมู่ของตัวแปรเป็นกลุ่มตามลักษณะร่วมของตัวแปรแต่ละตัว และศึกษาถึงอิทธิพลย่อยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร
   - ศึกษาวิเคราะห์เพื่อกำหนดค่าน้ำหนัก (Weighting) ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร
   - นำข้อมูลจากการศึกษาวิเคราะห์เพื่อกำหนดค่าน้ำหนัก (Weighting) ของตัวแปรต่างๆ

8. สร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงาน โดยการรวบรวมแบบประเมินในแต่ละตัวแปรนำมาจัดกลุ่ม แบ่งตามภาระทำความเย็นที่เกิดจากอิทธิพลภายนอกและภายในอาคาร

9. การทดสอบแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคาร
   - ทดสอบแบบประเมินในอาคารที่ใช้ระบบการก่อสร้างทั่วไป
   - ทดสอบแบบประเมินในอาคารในระบบการก่อสร้างที่ใช้เทคนิคด้านการประหยัดพลังงาน
   - นำผลที่ได้จากแบบประเมินมาทำการวิเคราะห์ถึงศักยภาพในการใช้งาน และวิเคราะห์ถึงข้อดี – และข้อจำกัดต่างๆ

10. สรุปผลของแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคาร เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในการประเมินอาคารประเภทต่างๆ ที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ และเป็นแนวทางด้านเทคนิคในออกแบบอาคารประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย

1.5 ขั้นตอนการทำวิจัย



1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำแบบประเมินที่ได้ไปใช้ประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคารปรับอากาศ เพื่อชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงานในอาคารได้
2. สามารถที่จะแสดงถึงปัจจัยที่สำคัญต่อการใช้พลังงานของอาคารปรับอากาศ
3. เป็นการรวบรวมหลักการและเทคนิควิธีการต่างๆ ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้ง (Latitude) ที่ 5 ถึง 21 องศาเหนือ และเส้นแวง (Longitude) ที่ 97 ถึง 106 องศาตะวันออก ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นแถบเส้นศูนย์สูตร ดังนั้น ความร้อนและความชื้นที่เกิดขึ้นภายในประเทศนั้นมีค่าเฉลี่ยที่สูงมาก สภาพภูมิอากาศที่มีความร้อนและความชื้นที่สูงนั้นส่งผลต่อวิถีการดำรงชีวิตของคนเป็นอย่างมาก

แนวทางในการออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับการใช้งานของอาคารปรับอากาศ เพื่อประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและสร้างคุณภาพของชีวิตที่ดีนั้น การออกแบบอาคารปรับอากาศในภูมิภาคเขตร้อนชื้นจึงประกอบด้วยปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน ซึ่งแต่ละปัจจัยก็มีอิทธิพลมากน้อยแตกต่างกัน ดังนั้นการทำความเข้าใจในแต่ละปัจจัยด้านประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน จึงเป็นแนวคิดการออกแบบอาคารปรับอากาศที่มีความเหมาะสมในการประหยัดพลังงานในสภาวะปัจจุบัน ที่จำเป็นจะต้องตระหนักถึงการแก้ปัญหาด้านการใช้พลังงานในอาคารที่ต้นเหตุของปัญหา ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่จะส่งผลต่อการพัฒนาประเทศต่อไป

2.1 **ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร** (Energy Factors)

จากการศึกษาปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ, 2536) พบว่าการใช้พลังงานในอาคารขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ แต่สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มใหญ่ได้ 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีอิทธิพลซึ่งกันและกันในลักษณะที่มีความซับซ้อนยากที่จะระบุว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลในสถานการณ์นั้นมากหรือน้อยกว่ากัน สามารถแบ่งตัวแปรดังกล่าวได้ดังนี้

1. **ที่ตั้งอาคารและสภาพภูมิอากาศ** (Site and Climate) คือ กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ตัวแปรที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ สภาพดินฟ้าอากาศของท้องถิ่นรวมกับสภาพภูมิอากาศบริเวณที่ตั้งอาคาร (Microclimate) ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานนั้น จำเป็นจะต้องหาแนวทางในการปรับปรุงสภาพภูมิอากาศ ณ ที่ตั้งอาคารให้มีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการนำเอาอิทธิพลของสภาพแวดล้อมดังกล่าว มาเป็นปัจจัยในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

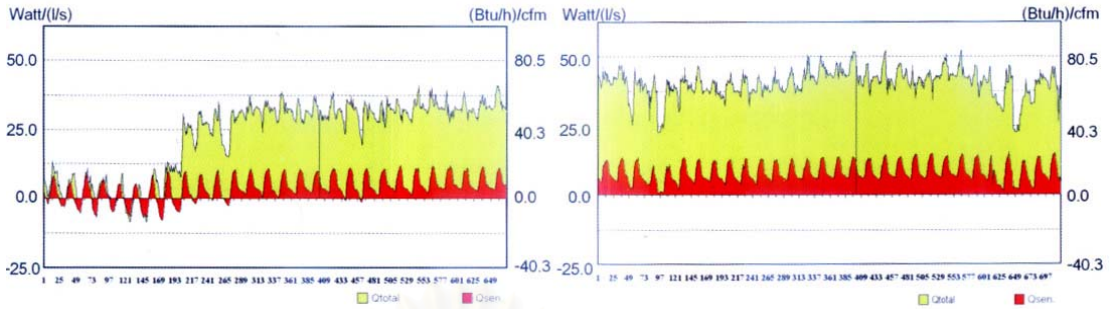
2. **ตัวอาคารและระบบของอาคาร** (Building and Systems) คือ กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับอาคารและระบบของอาคาร ตัวแปรในกลุ่มนี้ได้แก่ ระบบเปลือกอาคาร ระบบโครงสร้าง และระบบเครื่องกล เป็นต้น ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานจำเป็นจะต้องวิเคราะห์รูปแบบของอาคารและงานระบบต่างๆ ให้มีความสอดคล้องกัน เพื่อทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด

3. **ผู้ใช้อาคารและการใช้งาน** (Users and Operation) คือ กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับผู้ใช้อาคาร กลุ่มตัวแปรนี้ได้แก่ ประเภทของผู้ใช้อาคาร รูปแบบการใช้งานหรือลักษณะของกิจกรรมต่างๆ ตลอดจนตารางการใช้งานและการควบคุมงานระบบต่างๆ ภายในอาคาร

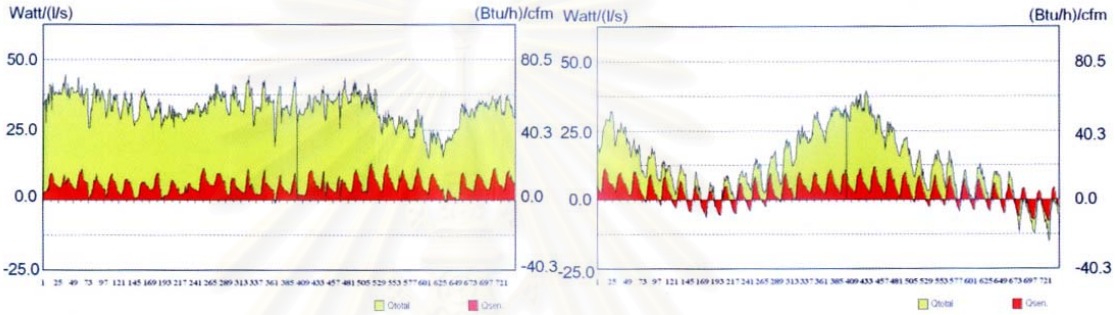
2.2 ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศภายนอกอาคาร

การประหยัดพลังงานในอาคารที่ตั้งอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเช่นประเทศไทยนั้น เมื่อพิจารณาถึงสภาพอากาศจะพบว่ามีข้อดีก็คือ อุณหภูมิของอากาศมีความรุ่นแรงน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับภูมิภาคอื่นๆ ของโลก มีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนไม่มากนัก อีกทั้งยังมีลมที่เป็นปัจจัยช่วยในการลดความรุ่นแรงจากความร้อนที่เกิดขึ้นนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกทางหนึ่ง

เมื่อพิจารณาถึงปัญหาในด้านการประหยัดพลังงานในอาคารที่ตั้งภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ปัญหาที่สำคัญก็คือ ความร้อนและความชื้นที่สูงเกินสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) โดยเฉพาะความชื้นเมื่อเข้ามาในอาคารที่ปรับอากาศจะสร้างปัญหาเป็นอย่างมาก ทั้งด้านการใช้พลังงานในการลดความชื้นที่แทรกซึมเข้ามาและการเสื่อมสภาพของวัสดุภายในอาคารอันเนื่องมากจากความชื้น



กลุ่มเย็นชื้นปานกลาง (ข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์) กลุ่มความชื้นมาก–ลมใต้ (ข้อมูลเดือนเมษายน)



กลุ่มร้อนชื้นมาก-ลมแปรปรวน (ข้อมูลเดือนตุลาคม) กลุ่มเย็น-แห้ง (ข้อมูลเดือนธันวาคม)

ภาพที่ 2-1 แสดงปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการลดความชื้น และลดอุณหภูมิให้กับอากาศในแต่ละเดือน (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 58)

จากภาพที่ 2-1 จะพบว่าพลังงานภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นแต่ละเดือนมีความแตกต่างกัน เดือนที่มีภาระการทำความเย็นสูงที่สุดในรอบปีก็คือเดือนเมษายน และเมื่อวิเคราะห์ถึงค่าพลังงานแล้วจะพบว่าพลังงานที่ต้องใช้ในการลดความชื้นจะมีปริมาณที่สูงกว่าการลดความร้อนอยู่ประมาณ 4 เท่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความชื้นมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานภายในอาคารปรับอากาศเป็นอย่างมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.1 **เอนทัลปี** (Enthalpy)

เอนทาปี (Enthalpy) เป็น คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamics) ที่บ่งบอกถึงพลังงานที่ผสมผสานระหว่างความร้อนสัมผัส (Sensible heat) ความร้อนแฝง (Latent heat) และงานไหล (Flow work) รวมกัน (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 35)

เอนทาปี (Enthalpy) เป็นค่าความจุความร้อนของไอน้ำ (Enthalpy of moist air “h”) คือ ความชื้นที่อยู่ในรูปของไอน้ำในอากาศที่มีความร้อนสะสม ทั้งในส่วนของความร้อนสัมผัส (Sensible heat) และความร้อนแฝง (Latent heat) ซึ่งคุณสมบัติของความร้อนที่กล่าวมานี้ก็เรียกว่าเป็น “Enthalpy” ซึ่งสามารถที่จะคำนวณได้จากสมการ (ASHRAE, 1997: 6.13)

$$h = h_a + Wh_g$$

เมื่อ h = ค่าเอนทาปีของความชื้นในอากาศ (Enthalpy of moist air), มีหน่วยเป็น $Btu/lb_{of\ dry\ air.}$

h_a = ค่าเอนทาปีของอากาศ (Specific enthalpy of dry air), มีหน่วยเป็น Btu/lb

โดยที่

$$h_a = 0.24t$$

t = อุณหภูมิอากาศ (dry bulb temperature), มีหน่วยเป็น ^{o}F

W = อัตราส่วนปริมาณไอน้ำต่อปริมาณอากาศแห้ง (humidity ratio) ,มีหน่วยเป็น $lb_{vapor}/lb_{dry\ air}$

h_g = ค่าเอนทาปีการอิ่มตัวของไอน้ำ (Specific enthalpy of saturated water vapor), มีหน่วยเป็น Btu/lb.

โดยที่

$$h_g = 1061 + 0.444t$$

ดังนั้นสมการที่ใช้หา Enthalpy สามารถสรุปได้ ดังนี้

$$h = 0.24t + W(1061 + 0.444t)$$

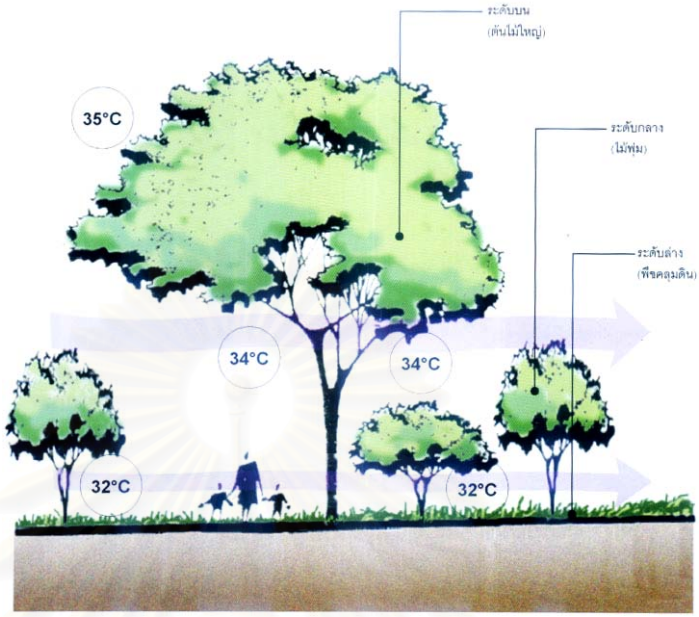
2.3 การออกแบบปรับสภาพสิ่งแวดล้อมให้เอื้อต่อการประหยัดพลังงาน

สภาพแวดล้อมของอาคารเป็นส่วนที่สำคัญในการสร้างสภาวะให้กับอาคารน่าใช้งาน การปรุงแต่งสภาพของสิ่งแวดล้อมจะช่วยลดความรุนแรงจากรังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ ส่งผลให้อาคารที่มีการปรุงแต่งสภาพของสิ่งแวดล้อมที่ดีจะทำให้มีประสิทธิภาพในการใช้งาน การนำปัจจัยทางธรรมชาติ สามารถนำมาแปรเปลี่ยนเป็นความได้เปรียบทางการออกแบบงานสถาปัตยกรรม ถ้าสามารถวิเคราะห์ได้ว่าบริเวณที่ตั้งอาคารมีปัจจัยอะไรที่นำมาเป็นประโยชน์ในการออกแบบ ก็จะนำมาเป็นข้อได้เปรียบของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจัยทางธรรมชาติยังมีอิทธิพลมากต่อสภาวะภายในอาคารอีกด้วย (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 71)

2.3.1. การใช้ประโยชน์จากต้นไม้

การใช้ต้นไม้สามารถลดความร้อนให้กับอาคารได้มาก เนื่องจากการสร้างร่มเงาให้กับตัวอาคาร เมื่อสภาพแวดล้อมเกิดความเย็นแล้วก็จะส่งผลให้ตัวอาคารนั้นเย็นตามมาด้วย ถ้าต้องการที่จะใช้ประโยชน์จากต้นไม้ใหญ่อย่างเต็มที่ จะต้องสร้างสภาพแวดล้อมเบื้องบนของอาคารให้ปกคลุมด้วยต้นไม้ใหญ่ เพราะนอกจากจะสร้างร่มเงาแล้วยังทำให้เกิดการระเหยของน้ำด้วย

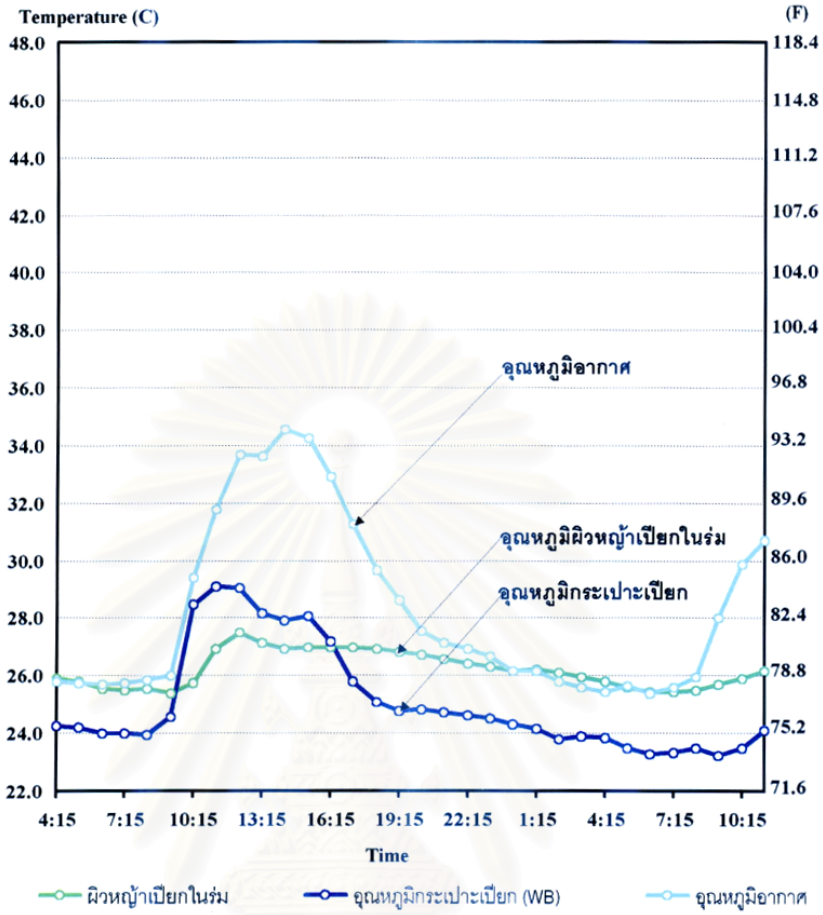
การมีต้นไม้ใหญ่จำนวนมากเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยลดความรุนแรงของอุณหภูมิอากาศในเวลากลางวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้นไม้จะดูดน้ำจากดินขึ้นมาแปรสภาพให้เป็นไอน้ำผ่านออกทางใบกระบวนการสังเคราะห์แสงนี้จะใช้พลังงานประมาณ 2,200 Btu เพื่อที่จะทำน้ำ 1 ลิตรเปลี่ยนเป็นไอน้ำ ในช่วงเวลากลางวัน (12 ชั่วโมง) ถ้าหากต้นไม้ขนาดใหญ่ต้นหนึ่งดูดน้ำขึ้นมาจากดินได้ 65 ลิตรต่อวัน ต้นไม้จะสามารถลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมเทียบเท่ากับเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันได้ (12,000 Btu)



ภาพที่ 2-2 แสดงอุณหภูมิโดยรอบของต้นไม้ใหญ่ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 73)

2.3.2 การใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน

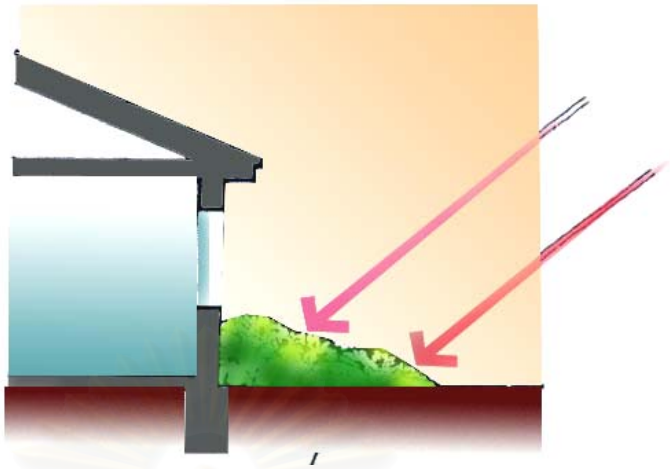
พืชคลุมดินเป็นส่วนที่ลดความร้อนที่จะมาตกกระทบกับผิวดินและยังทำหน้าที่ดูดซับเอาน้ำจากใต้ดินมาระเหย ทำให้ระดับผิวดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศมาก ในบางกรณีอุณหภูมิผิวดินใต้พุ่มใบของใบไม้อาจจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินยังเป็นเสมือนฉนวนป้องกันความร้อนและหน่วงเหนียวนำความเย็นสู่ดินอีกด้วย ซึ่งจะมีผลทางด้านแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนสู่ผิวดินที่เย็นกว่าเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิด้วย



ภาพที่ 2-3 แสดงอุณหภูมิผิวหญ้าเปียกในร่มใต้ต้นไม้และอุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ (บุญญาธิการ, 2542: 73)

2.3.2.1 **การลดรังสีจากดวงอาทิตย์** (Radiant Balance)

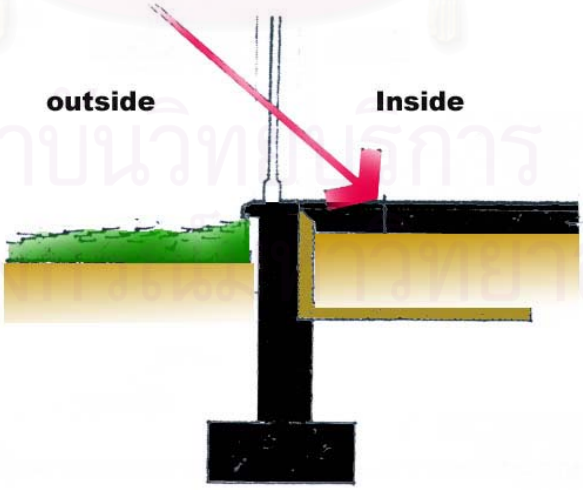
รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์จะถูกลดความรุนแรงลงโดยพืชคลุมดิน ซึ่งมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่ามวลสารของดิน และรวมไปถึงการทำหน้าเป็นที่บังเงา (Shading Device) ให้กับผิวดินด้วย ถ้าเปรียบเทียบระหว่างในช่วงฤดูนั้น ในการปลูกพืชคลุมดินจะให้ผลไม่เท่ากัน คือ ในฤดูร้อนนั้นดินที่มีสิ่งปกคลุมจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าดินแห้งที่ไม่มีสิ่งปกคลุม ส่วนในฤดูหนาวจะมีความแตกต่างกันเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากในฤดูร้อนการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์จะมีความเข้มแสงสูง แต่ในฤดูหนาวจะมีความเข้มน้อยกว่า การนำพืชคลุมดินมาใช้ในบริเวณรอบอาคารจึงเป็นแนวทางที่จะส่งผลดีต่อการกันความร้อนที่จะมาตกกระทบดินในบริเวณโดยรอบอาคาร



ภาพที่ 2-4 แสดงการใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน เพื่อลดอุณหภูมิบริเวณผิวดิน และลดปริมาณความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ในบริเวณผิวหน้าดิน
(Watson, Fair and Labs, 1983: 87)

2.3.2.2 **การลดความร้อนจากการพาความร้อน** (Convection Exchange)

กระแสลมที่มีการพัดผ่านบริเวณผิวดินนั้นเมื่อดินมีอุณหภูมิที่สูงกว่าตัวอาคาร ก็จะเกิดการพัดพาเอาความร้อนจากผิวดินมาสู่ตัวอาคาร ซึ่งการลดความร้อนของผิวดินนั้นจึงมีความจำเป็นเป็นอย่างมาก เพื่อลดความรุนแรงของการพัดพาความร้อนมา การมีสิ่งปกคลุมบางชนิด เช่น กรวดหรือหิน ถึงแม้จะเป็นวัสดุที่ลมพัดผ่านไม่ได้ แต่ก็จะทำหน้าที่เป็นตัวลดการพาความร้อนลงได้



ภาพที่ 2-5 แสดงการใช้วัสดุคลุมดินในการลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บริเวณผิวหน้าดิน
(Watson, Fair and Labs,1983: 138)

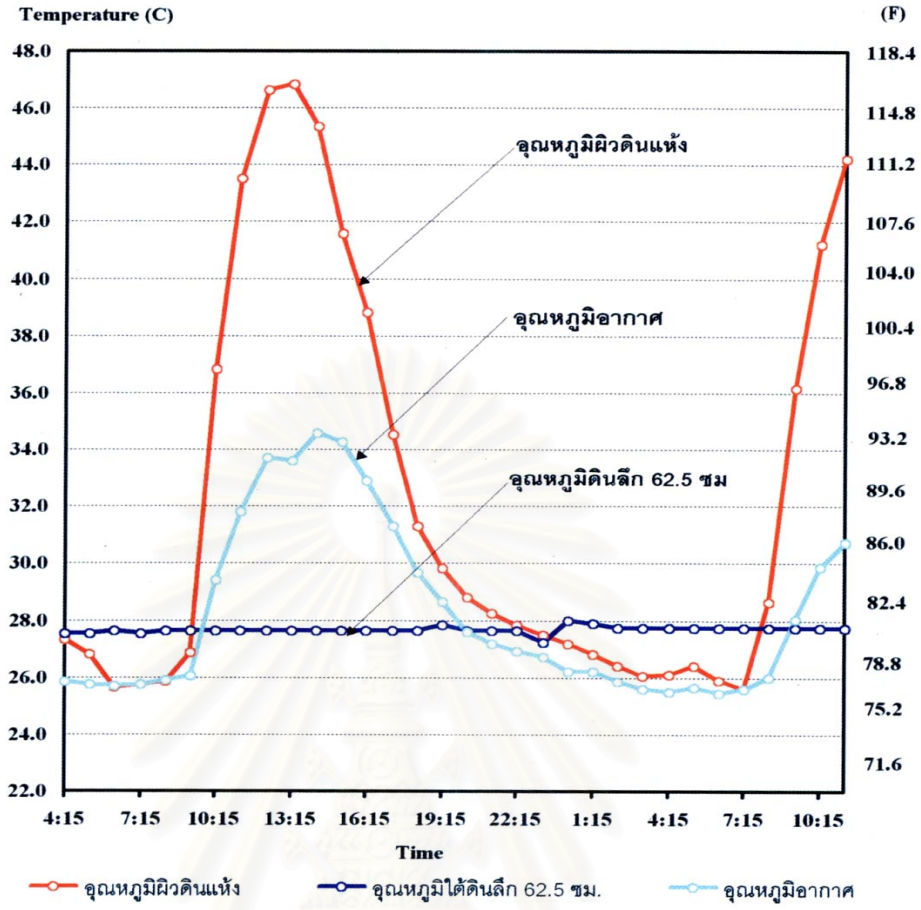
2.3.3 การใช้ประโยชน์จากดิน

การนำดินมาใช้ในงานสถาปัตยกรรมในปัจจุบันจึงเป็นที่สนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากดินมีคุณสมบัติหลายอย่างที่ยังขาดการนำมาใช้อย่างถูกวิธีการ ถ้ามีการศึกษาการนำดินมาใช้ปรุงแต่งสภาพแวดล้อมของอาคารให้เหมาะในการใช้งาน ก็จะสามารถนำดินมาใช้ประโยชน์ในด้านการกันความร้อนและการสร้างความเย็นให้กับอาคารได้ จึงเกิดการสร้างรูปแบบของอาคารที่จะใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติของดินนำมาใช้งานในลักษณะต่างๆ ที่เอื้อประโยชน์ต่อการใช้งานและสร้างความสบาย แต่ปัญหาที่เกิดจากการนำดินมาใช้ที่ไม่เหมาะสมกับวิธีการจะส่งผลเสียมากกว่าผลดี เนื่องจากองค์ประกอบทางกายภาพในด้านมวลสารของดินนั้นเอื้อต่อการเก็บสะสมความร้อนและความชื้นเป็นอย่างมาก การที่จะนำดินมาช่วยสร้างสภาวะน่าสบายนั้น จะต้องมีการกันความร้อนและความชื้นที่ดีมีประสิทธิภาพเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของความชื้นที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายในอาคาร

อนุภาคของดินที่มีขนาดใหญ่ **อนุภาคของดินที่มีขนาดเล็ก**

ภาพที่ 2-6 แสดงอิทธิพลของอนุภาคดินต่อขนาดของช่องมวลสารภายในดิน
(ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541: 58)

จากการศึกษา (อเนก ธีระวิวัฒน์ชัย, 2539) พบว่าประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยของดินประมาณ 26-27 องศาเซลเซียสที่ระดับความลึก 0.60 เมตรจากผิวดิน ในการที่จะนำประโยชน์จากดินมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องมีการศึกษาและปรับปรุงสภาพของดินทั้งในส่วนผิวดินและใต้ดินให้เย็นที่สุด



ภาพที่ 2-7 แสดงอุณหภูมิดิน และผิวดินแห้ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ

(สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 78)

2.3.4 การใช้ประโยชน์จากกระแสลม

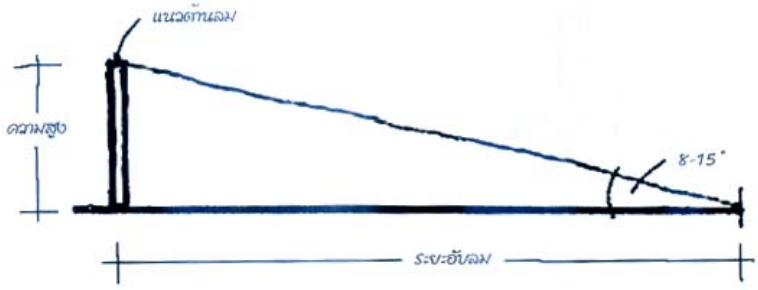
ลม คือ การเคลื่อนที่ไปในแนวนอนของอากาศ เป็นผลที่เกิดจากความไม่สม่ำเสมอของความร้อนที่อากาศได้รับ ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ระดับเดียวกันแตกต่างกัน ลมเย็นที่หนักกว่าจะผลักดันให้ลมร้อนที่เบากว่าลอยตัวขึ้น การเคลื่อนที่ไปทางแนวนอนของลมจะเกิดขึ้นนานเท่าที่อากาศยังคงรับความร้อนที่ไม่สม่ำเสมอกันอยู่ (สุดสวาสดิ์ ศรีสถาปัตย์, 2545: 25)

ในตอนกลางวันพื้นที่กลางแจ้งที่โดดแสงแดดตลอดทั้งวันจึงเกิดการดูดซับความร้อน เมื่อดวงอาทิตย์ตกดินไปแล้วก็จะคายความร้อนออกมาให้กับท้องฟ้า ส่งผลให้กระแสลมที่เย็นกว่าพัดมาแทนที่เกิดการไหลเวียนของกระแสลม ที่สามารถจะระบายความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารได้

ภาพที่ 2-8 (ก) แสดงกระแสลมเย็นที่พัดมาแทนที่ลมร้อนที่ลอยตัวในช่วงเวลาหลังดวงอาทิตย์ตกดิน
(ข) แสดงลมร้อนที่ลอยตัวขึ้นสูงในตอนเย็นและลมเย็นพัดมาแทนที่
(ค) แสดงลมร้อนที่ลอยตัวขึ้นและเกิดแรงดึงดูดจากลมที่พัดผ่านเหนือต้นไม้
(สุดสวาสดิ์ ศรีสถาปัตย์, 2545: 26)

การใช้ประโยชน์จากลมให้ได้มากที่สุดนั้น จะต้องทำให้ลมร้อนจากสภาพแวดล้อมพัดผ่านบริเวณที่เย็นเช่น ใต้ร่มไม้ หรือใกล้ระดับผิวดิน ก่อนที่จะพัดเข้าสู่ตัวอาคารซึ่งจะทำให้อาคารนั้นได้รับอิทธิพลจากอากาศที่ร้อนลดน้อยลง แต่ในขณะเดียวกันถ้าอากาศนั้นมีความชื้นสูงมาก ถ้ามีการนำเอาอากาศดังกล่าวเข้ามาในอาคารปรับอากาศแล้ว ก็จะเกิดผลเสียมากกว่าผลดี เนื่องจากปริมาณความชื้นในอากาศนั้นสูงเกินไปทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานอย่างหนักและใช้พลังงานมากในการขจัดความชื้นที่เข้าสู่อาคาร การปล่อยให้กระแสลมภายนอกที่เย็นและชื้น พัดผ่านเฉพาะรอบอาคารภายนอกกลับจะเป็นผลดีมากกว่าการปล่อยให้อากาศดังกล่าวผ่านเข้ามาภายในอาคาร แต่ต้องมีการป้องกันการรั่วซึมของอากาศเป็นอย่างดี

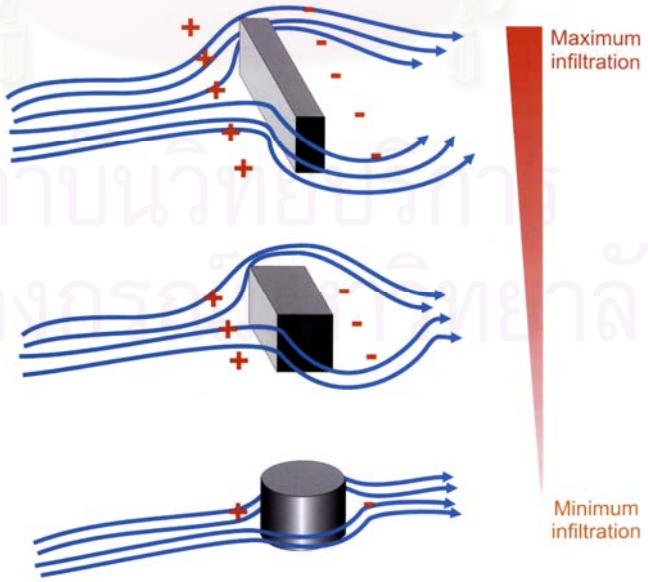
การนำกระแสลมมาช่วยในการระบายความร้อนของบริเวณโดยรอบอาคาร เป็นการช่วยลดปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร การสร้างสภาพโดยรอบให้กระแสลมสามารถพัดได้อย่างสะดวกนั้น จำเป็นจะต้องคำนึงถึงการออกแบบรั้วของอาคารไม่ให้เกิดการอับลมในด้านหลังแนวปะทะของลม จึงจะทำให้ได้ใช้ประโยชน์ในการระบายความร้อนออกจากเปลือกอาคาร โดยการพาความร้อนทำให้ความแตกต่างระหว่างผิวภายนอกกับผิวเปลือกอาคารภายในมีความแตกต่างกันน้อยลง



ภาพที่ 2-9 แสดงระยะอับลมด้านหลังแนวต้านลมเนื่องจากสิ่งก่อสร้างหรือรั้วทึบกั้นบริเวณ (สุดสวาสดิ์ ศรีสถาปัตย์, 2545: 35)

2.4 แนวทางการออกแบบรูปทรงของอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

การออกแบบรูปทรงของอาคารเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ต่อการป้องกันความรุนแรงจากสภาพแวดล้อมภายนอก รูปทรงที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคาร จะต้องเป็นรูปทรงที่มีพื้นที่ผิวน้อยที่สุดและมีพื้นที่การใช้งานมากที่สุด เพื่อลดพื้นที่สัมผัสจากสภาวะภายนอกอันส่งผลต่อความแตกต่างของความดันอากาศ ระหว่างด้านที่ปะทะกระแสลมและด้านอับลม ซึ่งจะส่งผลต่อการเกิดการรั่วซึมของอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เกิดความสูญเสียด้านการใช้พลังงานในการปรับอากาศเป็นอย่างยิ่ง

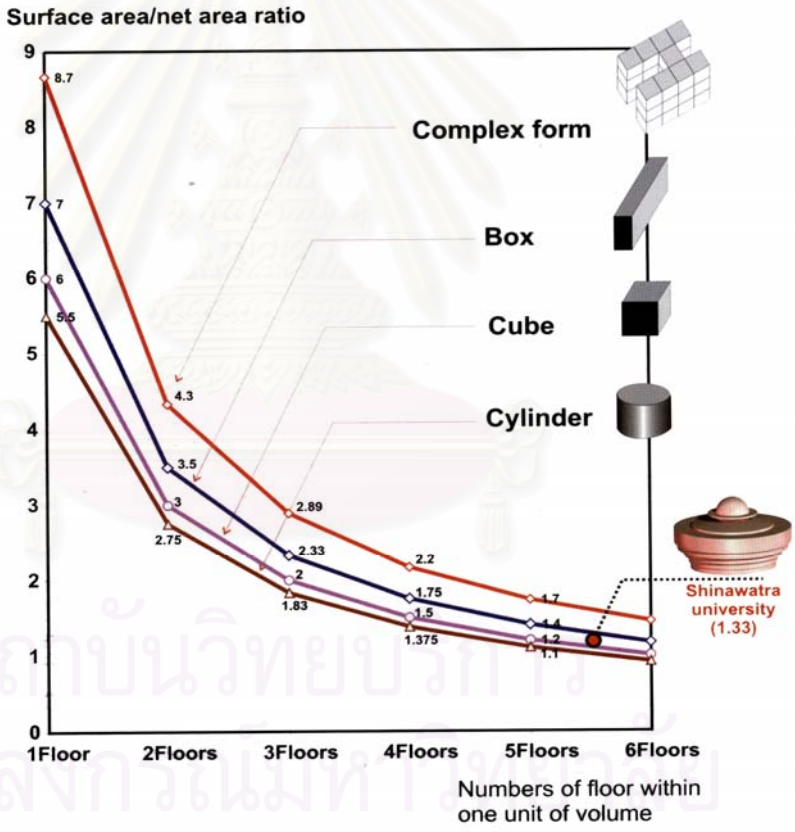


ภาพที่ 2-10 แสดงรูปทรงต่างๆ ที่ทำให้เกิดความแตกต่างแรงดันอากาศ (สุนทร บุญญาธิการ, 2545: 78)

2.4.1 แนวทางการออกแบบพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

2.4.1.1 การออกแบบเพื่อการลดอิทธิพลจากสภาวะภายนอกอาคาร

ปริมาณความร้อนที่เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกของอาคารจะแปรผันตรงกับพื้นที่เปลือกอาคาร แนวทางการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานจึงจำเป็นต้องออกแบบให้มีพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารให้มีค่ามากที่สุดและผิวเปลือกอาคารให้มีพื้นที่น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวภายนอกต่อพื้นที่ผิวภายในให้มีค่าน้อยที่สุด (Minimize Surface Area) เพื่อทำให้มีพื้นที่ผิวที่จะรับปริมาณความร้อนได้น้อย ส่งผลให้ปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารได้ลดน้อยลงด้วย



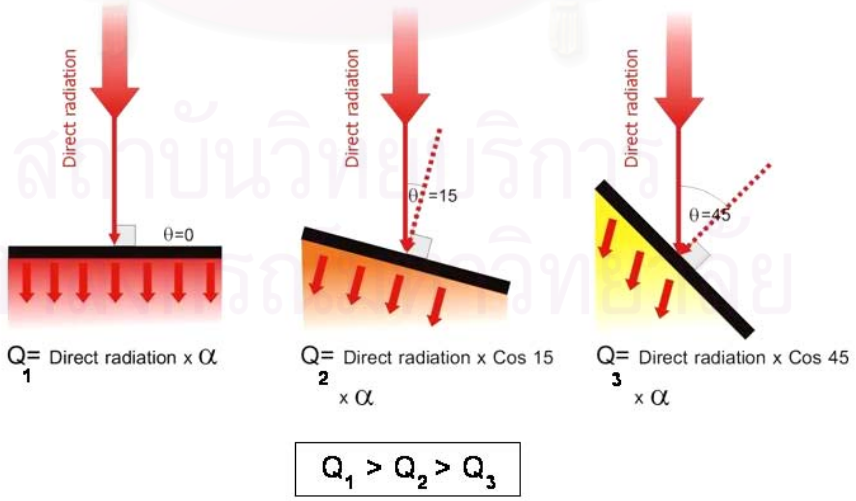
ภาพที่ 2-11 แสดงสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ, 2545: 74)

2.4.1.2 การออกแบบเพื่อการระบายอากาศภายในอาคาร

เนื่องจากการคำนึงถึงการระบายอากาศนี้จะเป็นตัวกำหนดการออกแบบช่องเปิด การที่มีช่องเปิดด้านความกดอากาศสูงนั้น จะได้รับอิทธิพลของกระแสลมที่พัดทั้งความร้อนและความชื้นเข้ามาภายในอาคาร และเกิดการพัดผ่านไปทางด้านช่องเปิดที่อยู่ในด้านความกดอากาศต่ำ การเข้ามาของอากาศนี้ส่งผลกระทบต่อภาระการทำความเย็นในอาคารเป็นอย่างมาก อันเนื่องมาจากการรั่วซึมของอากาศผ่านมาทางช่องเปิดและวัสดุผิวของอาคาร การออกแบบช่องเปิดจึงต้องดูความเหมาะสมและเลือกรูปแบบที่เกิดการรั่วซึมของอากาศได้น้อยที่สุด

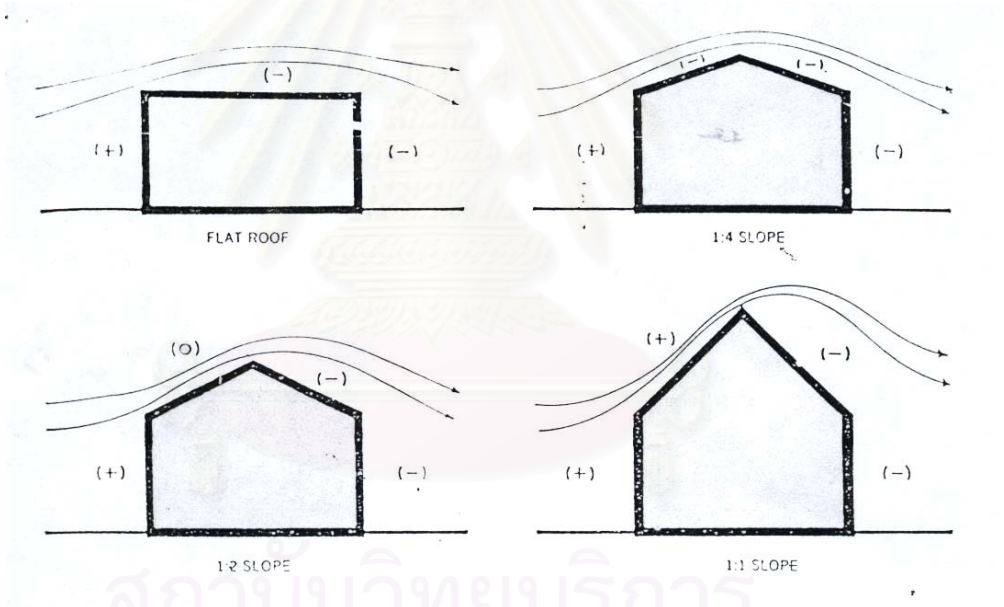
2.4.2 แนวทางการออกแบบรูปทรงของหลังคา

การเกิดกระแสลมจากความแตกต่างของอุณหภูมิ เป็นเทคนิคการทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสลม โดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิ (Stack Ventilation) เป็นแนวความคิดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบส่วนของหลังคา ซึ่งเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนเกือบตลอดทั้งวัน ดังนั้นอากาศบริเวณใต้หลังคาเมื่อได้รับความร้อนก็จะขยายตัวและลอยสูงขึ้น เมื่ออากาศเกิดการอยตัวสูงขึ้นกระแสลมก็จะพัดพาความร้อนออกไป ส่งผลให้อากาศที่เย็นและมีมวลสารมากกว่าพัดเข้ามาแทนที่เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศต่อเนื่องจากชั้นล่างถึงหลังคาในลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง



ภาพที่ 2-12 แสดงมุมเอียงของหลังคาที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน
(เอกสารสัมมนาการศึกษาวิจัยสถาปัตยกรรมในไทยเพื่อการประหยัดพลังงาน, 2547)

การออกแบบหลังคาควรออกแบบให้มีความชันมากกว่า 30 องศา เพื่อทำให้เกิดความกดอากาศต่ำ (Negative Pressure) ที่แรงมากพอที่จะดึงให้กระแสลมพัดผ่านทั้งอาคาร ทำให้เกิดการระบายอากาศโดยการพัดผ่านของกระแสลม การทำให้ผิวหลังคาร้อนจัดทำได้โดยการออกแบบให้มีพื้นที่ผิวหลังขนาดใหญ่รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่ ใช้วัสดุมุงหลังคาเป็นแผ่นโลหะ สีเข้มทึบ ไม่มีการสะท้อนรังสีความร้อน ภายในโครงสร้างไม่มีฉนวนกันความร้อน ก็จะทำให้หลังคามีการสะสมความร้อนตลอดทั้งวันและเกิดการคายความร้อนให้กับท้องฟ้า แต่การออกแบบลักษณะนี้ต้องมีความรู้และความเข้าใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากถ้าออกแบบในลักษณะนี้จะต้องมีการกันความร้อนจากหลังคาเข้าสู่ตัวบ้านโดยการวัสดุที่มีค่าความเป็นฉนวนสูงเป็นฝ้าเพดานติดด้านเดียวกันกับระนาบของหลังคาก็จะเป็นการลดความร้อนที่จะเกิดการถ่ายเทสู่ภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 2-13 แสดงพื้นที่ของแรงกดอากาศที่เป็นบวก (Positive Pressure) และพื้นที่ส่วนที่เป็นแรงดูด (Negative Pressure) ในหลังคาที่มีมุมเอียงต่างกัน (Lechner, 1991: 185)

2.4.3 แนวทางการออกแบบส่วนกันแดด

การกันแดดให้กับอาคารเป็นการป้องกันการรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง เป็นการลดความร้อนที่จะมากระทบต่อเปลือกอาคาร เมื่อผนังโดยทั่วไป (ผนังก่ออิฐฉาบปูน) ที่ไม่โดดแดดโดยตรงจะได้รับปริมาณความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารประมาณ 95 – 158 วัตต์ต่อตารางเมตร ถ้าเป็นกระจกใสทางด้านทิศใต้ที่โดดแดดจะมีความร้อนประมาณ 631 วัตต์ต่อตารางเมตร (ASHRAE, 1997) การกันแสงแดดโดยตรงจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก

รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่กระทำต่ออาคารในมุมต่างๆ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญปัจจัยหนึ่งในการกันแดด เนื่องจากความร้อนที่เข้าสู่อาคารด้วยการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) มีผลกระทบโดยตรงต่อภาระการทำความเย็นภายในอาคาร การจัดวางส่วนของเปลือกอาคารที่เป็นช่องเปิดกระจกควรหลีกเลี่ยงอิทธิพลของด้านทิศใต้และทิศตะวันตก ซึ่งมีทิศทางและมุมแดดที่ลาดเอียงต่ำกว่าด้านอื่นๆ ทำให้แสงแดดเข้ามาภายในอาคารได้ลึก

2.5 แนวทางการออกแบบระบบก่อสร้างอาคารปรับอากาศ

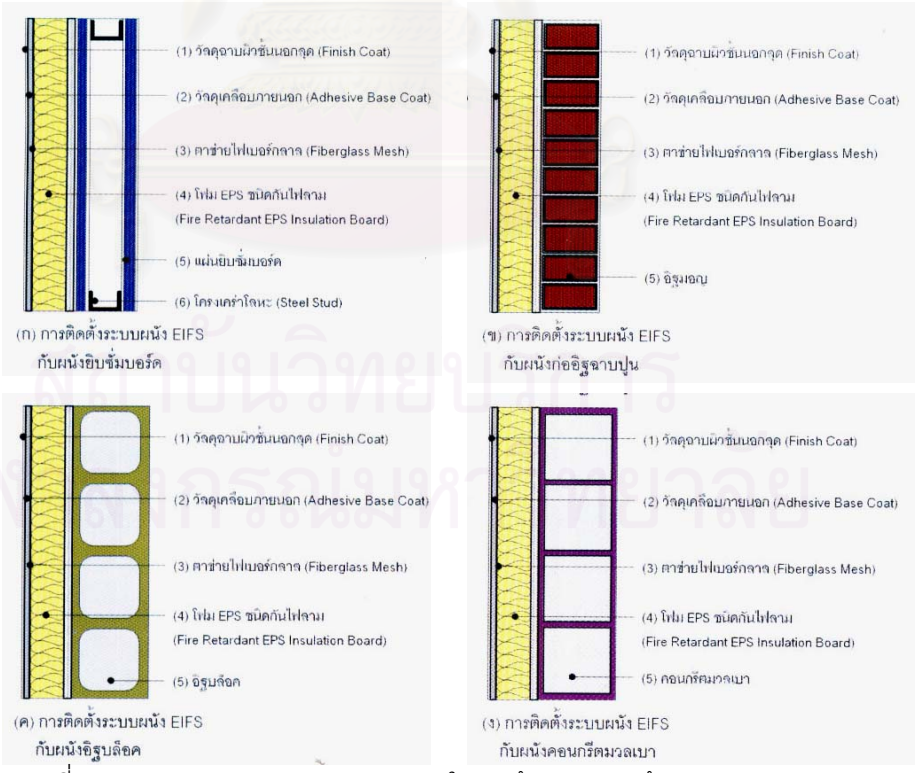
2.5.1 แนวทางการออกแบบระบบผนังอาคารปรับอากาศ

ผนังเป็นส่วนของเปลือกอาคารที่ได้รับอิทธิพลจากการถ่ายเทความร้อนและความชื้นที่สูง การออกแบบและการเลือกวัสดุของผนังจึงมีความสำคัญมาก ในการลดอัตราภาระการทำความเย็นในส่วนผนัง ผนังที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน ควรจะเป็นผนังที่มีค่าความเป็นฉนวนสูง มีมวลสารน้อยเพื่อลดการสะสมความร้อนและความชื้น เป็นวัสดุที่ทนต่อความร้อนและความชื้น ทนทานต่อสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย

ระบบการก่อสร้างผนังในอาคารปัจจุบันนี้ นิยมที่จะใช้ผนังที่มีมวลสารมากเพื่อความแข็งแรง เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังคอนกรีตบล็อก เป็นต้น ผลกระทบด้านการใช้พลังงานในการสร้างความเย็นอันเนื่องมาจากการใช้ผนังเหล่านี้ ล้วนแล้วแต่ใช้พลังงานอย่างมหาศาลจากการที่ต้องลดความร้อนทั้งที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อน การสะสมความร้อนและความชื้น การป้องกันความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทผ่านทางผนัง จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการตัวกำหนดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

ผนังที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ ควรเป็นผนังที่มีฉนวนกันความร้อนอยู่ภายนอก จะทำให้สามารถกันความร้อนและความชื้นได้เป็นอย่างดี ระบบผนังที่มีประสิทธิภาพสูงที่ใช้ในอาคารประหยัดพลังงานในปัจจุบัน คือผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (Exterior Insulation and Finish System หรือ EIFS) เป็นผนังมวลสารเบามีฉนวนโฟมอยู่ภายนอก ส่งผลให้ห้องเย็นเร็วเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศเนื่องจากผนังมีการสะสมความร้อนน้อย ผนังนี้จะมีวัสดุเคลือบภายนอกเป็นสารผสมทรายที่สามารถกันรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ได้ดี และยังมีสารทำหน้าที่ป้องกันการแตกร้าวและความชื้นของผนังได้อีก ทำให้ผนังระบบนี้มีความคงทนสวยงาม ซึ่งประสิทธิภาพของผนังจะแปรผันตามความหนาของฉนวนโฟมภายนอก

ด้านการกันไฟของผนังระบบ EIFS นี้จะมีแผ่นยิบซั่มบอร์ดเพื่อทำหน้าที่ป้องกันไฟ (Fire Protection) ให้กับโครงสร้างเหล็กภายในทั้ง 2 ด้าน โดยยิบซั่มภายในเป็นวัสดุที่สามารถตกแต่งตามความต้องการได้ ระบบโครงสร้างเหล็กที่ประกบด้วยแผ่นยิบซั่ม จึงเป็นระบบผนังที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน ความชื้น ทนไฟไหม้ และยังสามารถกันเสียงจากภายนอกได้ดีเนื่องจากระบบผนังนี้ห่อหุ้มเปลือกอาคารได้เกือบทั้งหมด จึงทำให้เสียงจากภายนอกผ่านเข้ามาได้น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับผนังที่มีการใช้งานทั่วไป

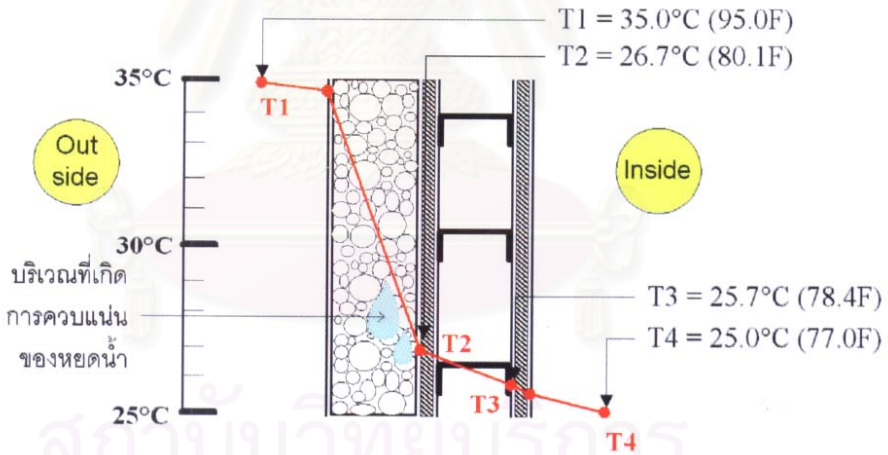


ภาพที่ 2-14 แสดงแนวทางการออกแบบผนังในการป้องกันความร้อนจากภายนอก

(สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 134)

การออกแบบผนังในระบบปรับอากาศจะต้องมีการควบคุมความชื้นภายในอาคาร ซึ่งประกอบด้วยการควบคุมน้ำและไอน้ำที่จะเข้ามาภายในอาคาร อากาศในภูมิอากาศร้อนชื้นถ้ามีการปรับอากาศภายในอาคาร เครื่องปรับอากาศจะทำหน้าที่ทำความเย็นด้วยการปรับอุณหภูมิและการปรับความชื้นให้ลดลง การทำความเย็นมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศ การลดความชื้นและสัมพันธ์กับอุณหภูมิน้ำค้าง ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องสูงเชื้อราและเชื้อโรคจะสามารถเจริญเติบโตได้ดี

การควบคุมการเกิดการควบแน่นของหยดน้ำในผนังจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ และยากต่อการป้องกัน ผนังระบบฉนวนป้องกันความร้อนภายนอกเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพระบบหนึ่งในการป้องกันปัญหานี้ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 137) การควบแน่นของหยดน้ำในผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก จะพบว่าจุดควบแน่นของหยดจะเกิดขึ้นในโฟมที่ห่อหุ้มภายนอก แต่เนื่องจากระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก สามารถป้องกันความชื้นภายนอกได้ดี การควบแน่นของหยดน้ำในผนังจึงไม่เป็นปัญหา

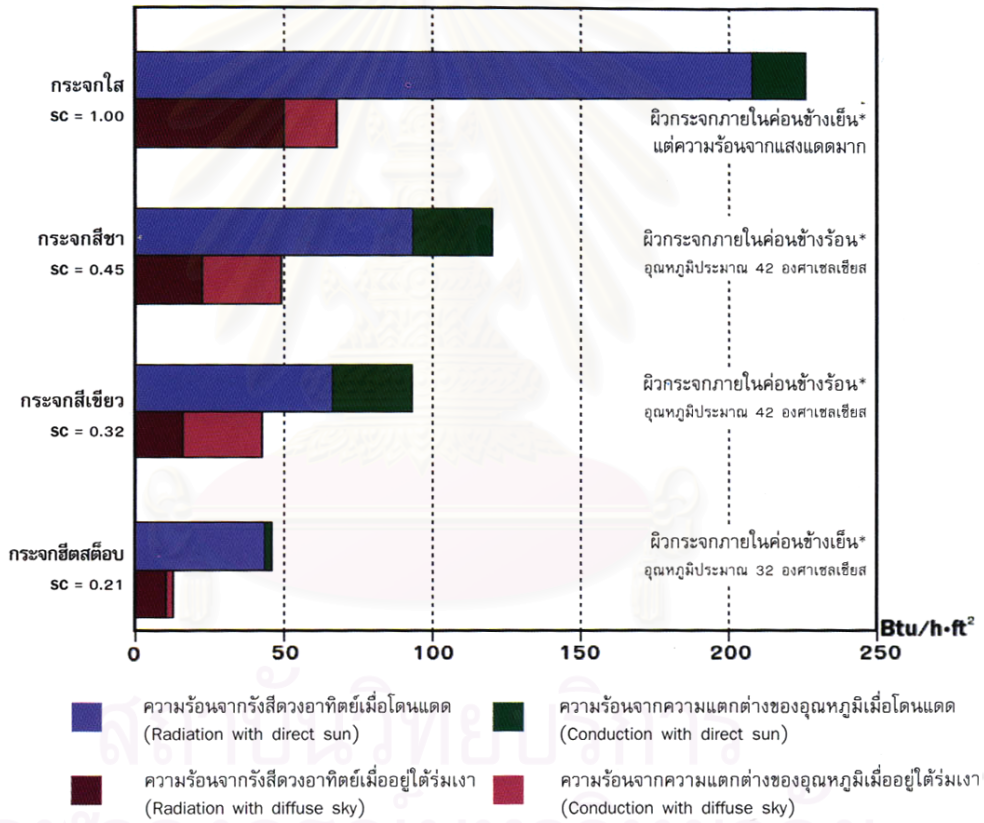


ภาพที่ 2-15 ภาพแสดงการควบแน่นเป็นหยดน้ำในผนังภายนอกที่มีช่องว่างอากาศ
(สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 137)

การป้องกันไอน้ำและความชื้นที่จะแทรกซึมเข้าทางผนัง โดยเลือกวัสดุการก่อสร้างที่มีโพรงของช่องว่างอากาศที่น้อย สามารถที่จะกันน้ำและความชื้นได้ดี และมีการเคลือบและฉาบวัสดุของผิวภายนอกด้วย การป้องกันความชื้นจากภายนอกที่จะเข้าสู่ภายในถ้ามีการป้องกันที่ดีแล้ว การเกิดการควบแน่นของหยดน้ำและการเกิดเชื้อราภายในผนังก็จะไม่เกิดขึ้นหรือเกิดในปริมาณที่น้อยมาก

2.5.2 แนวทางการออกแบบระบบกระจกของอาคารปรับอากาศ

การออกแบบอาคารในปัจจุบันนี้นิยมใช้กระจกกันเป็นอย่างมาก อันเนื่องมาจากเป็นวัสดุที่สามารถสร้างการน่าใช้งานทั้งมุมมองที่มองจากทั้งภายในและภายนอกที่มองดูสวยงาม การออกแบบส่วนเปลือกอาคารที่มีกระจกนั้น ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งทางด้านทิศใต้และทิศตะวันตกเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นทิศที่มีค่ารังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์สูง กระจกเมื่อได้รับรังสีความร้อนโดยตรงจะมีอุณหภูมิที่ผิวสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระจกที่มีสีเข้ม เมื่อผิวกระจกร้อนมากแล้วก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากกระจกเข้าสู่ภายในอาคารจึงทำให้ภายในอาคารมีอากาศที่ร้อน



ภาพที่ 2-16 แสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกชนิดต่างๆ

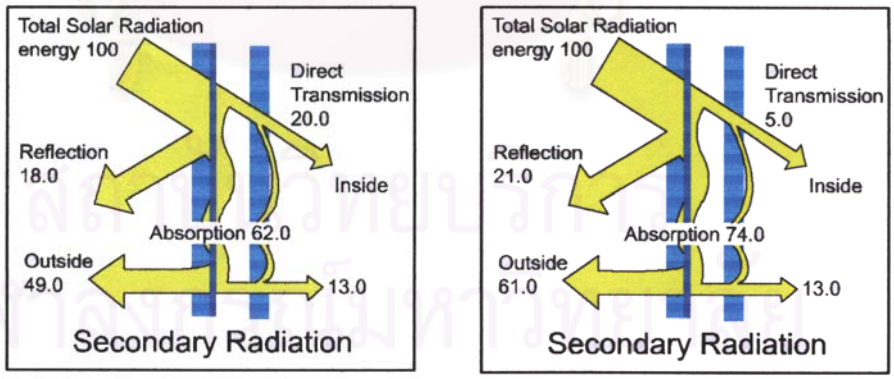
(สุนทร บุญญาธิการ, 2547: 52)

การเลือกกระจกเพื่อประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน ควรพิจารณาถึงความสามารถในการป้องกันความร้อน สามารถตัดคลื่นแสงรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้วัสดุและอุปกรณ์เก่าเร็ว และรังสีอินฟาเรดที่เป็นสาเหตุของความร้อนส่วนใหญ่ที่เข้าสู่ภายในอาคาร และยอมให้แสงสว่างที่เป็นช่วงคลื่นที่มนุษย์สามารถมองเห็นผ่านเข้ามาเพียงพอกับ

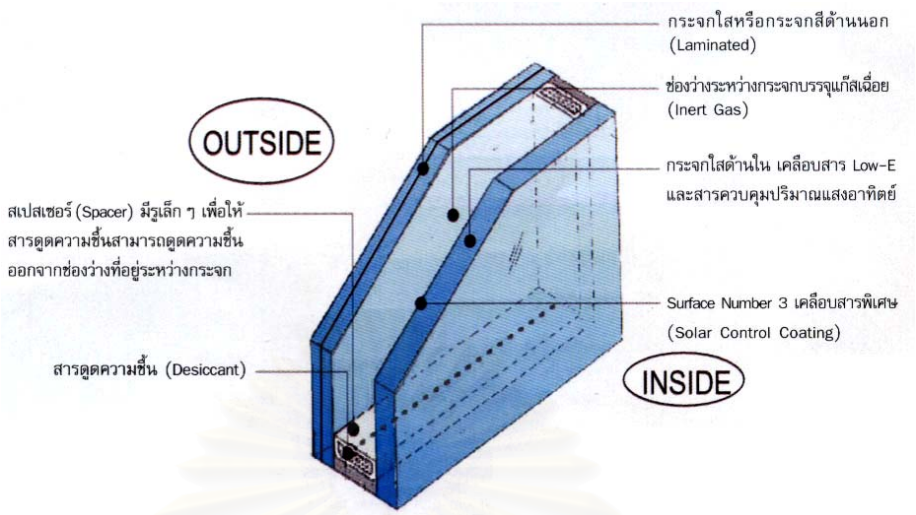
ความต้องการได้ กระจกที่มีประสิทธิภาพจะมีอุณหภูมิที่ผิวต่ำกว่าอุณหภูมิที่ผิวมนุษย์ จึงเกิดการแผ่รังสีความร้อนจากผิวมนุษย์สู่ผิวกระจกที่เย็นกว่า เป็นการลดอิทธิพลจากการแผ่รังสีของพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) จึงส่งผลให้ผู้ใช้งานอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมในการทำกิจกรรมต่างๆ ได้ดี กระจกที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้งานในอาคารเพื่อประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานนั้น สามารถยกตัวอย่างได้ ดังนี้

2.5.2.1 กระจกฮีตสตอป

กระจกฮีตสตอปเป็นกระจกที่มีค่าความเป็นฉนวนสูง และยังมีค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาที่สูงด้วย จึงเหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่ปรับอากาศ เนื่องจากสามารถลดการนำความร้อนและการแผ่รังสีจากภายนอกได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังลดอัตรารังสีดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่นที่ตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็นซึ่งเป็นต้นเหตุของความร้อนส่วนเกินจากแสงสว่าง กระจกชนิดนี้จึงยอมให้แสงสว่างในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visible light) ผ่านได้มาก และในขณะเดียวกันก็เป็นตัวลดทอนช่วงคลื่นความร้อนที่ตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็น (Infrared & Ultra violet) ออกด้วยการเคลือบผิวพิเศษ ในด้านการนำความร้อนของกระจกฮีตสตอป ได้มีการปรับปรุงค่าความเป็นฉนวนของกระจกด้วยการเพิ่มเติมช่องว่างก๊าซเฉื่อย (Inert Gas) ที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ เป็นช่องว่างอากาศที่มีการสะท้อนรังสี(Reflective air space) ทำให้ประสิทธิภาพความเป็นฉนวนกันการนำความร้อนของกระจกสูงขึ้น



ภาพที่ 2-17 ภาพแสดงคุณสมบัติของกระจก Heat Stop 6 mm + Air + 6 mm.
(ทดสอบที่อุณหภูมิอากาศภายนอก 89 ^{o}F อุณหภูมิอากาศภายใน 75 ^{o}F
ความเร็วลมภายนอก 7.5 mph ความเร็วลมภายใน 0 mph ความเข้มของแสงดวงอาทิตย์ที่ 248 Btu/ft^{2} .h)
(แหล่งที่มา : http://www.thai asahi.co.th)



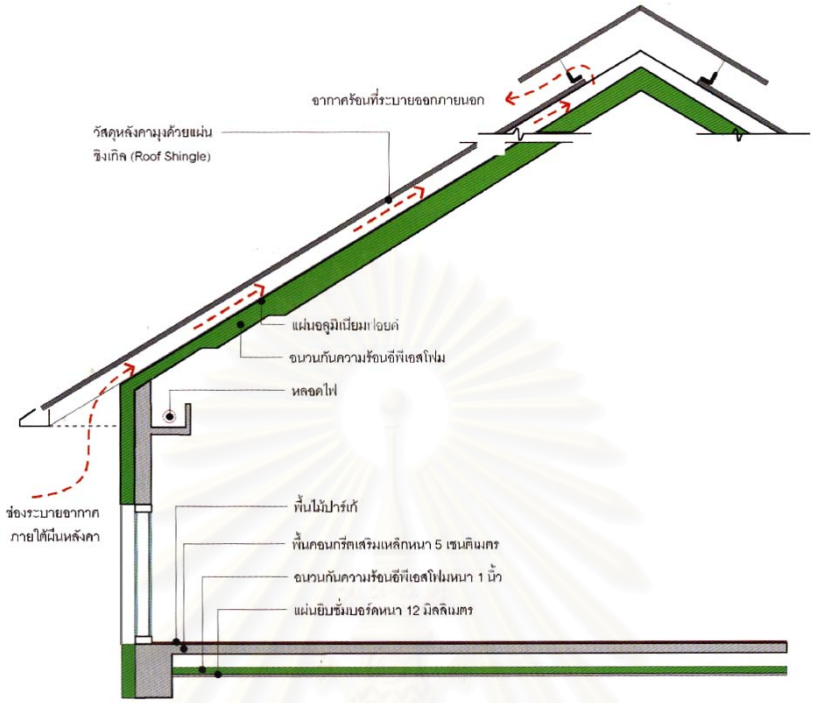
ภาพที่ 2-18 แสดงการส่วนประกอบของกระจก Heat Stop (สุนทร บุญญาธิการ, 2547: 51)

2.5.2.2 กระจกลามิเนต

กระจกลามิเนตเป็นกระจกที่เหมาะกับอาคารที่ไม่ต้องการปรับอากาศภายใน และใช้ประโยชน์พิเศษในบางจุดของการออกแบบ เนื่องจากคุณสมบัติของกระจกลามิเนตมีค่าความเป็นฉนวนที่ต่ำ เพราะไม่มีช่องว่างก๊าซเฉื่อยเหมือนกระจก Heat-stop การใช้งานกระจกลามิเนตจึงใช้ประโยชน์จากความสามารถในการระบายความร้อนของอาคารออกสู่ภายนอก โดยอาศัยการนำความร้อนของกระจกลามิเนตในบางพื้นที่ที่ต้องการให้ความร้อนสามารถระบายออกสู่ภายนอกด้วยวิธีการนำความร้อน (Conduction heat flow)

2.5.3 แนวทางการออกแบบระบบหลังคาของอาคารปรับอากาศ

การออกแบบรูปทรงหลังคามีความสำคัญทั้งในfด้านพื้นที่ผิวในการรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง การเกิดเงาในส่วนที่ไม่รับแสงแดด การเกิดความกดอากาศที่แตกต่างกันทำให้เกิดกระแสลมพัดผ่านระบายความร้อนของผิวหลังคา แต่อีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากันก็คือ วัสดุก่อสร้างของหลังคาที่จะทำหน้าที่กันความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร วัสดุของหลังคาที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานนั้น ควรจะเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อยไม่กักเก็บความร้อน มีค่าความเป็นฉนวนกันความร้อนที่สูง สามารถป้องกันความร้อนและความชื้นได้ดีคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ

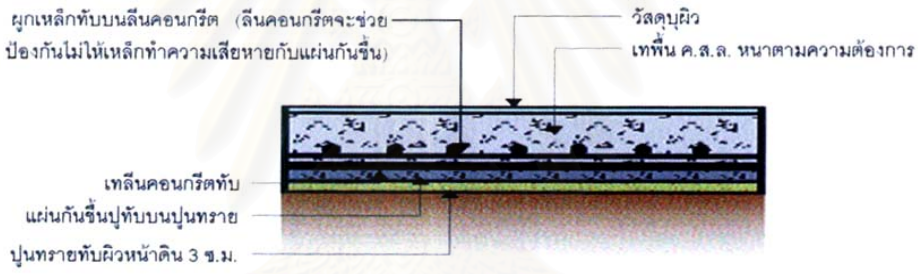


ภาพที่ 2-19 แสดงวัสดุและระบบกันความร้อนของหลังที่มีประสิทธิภาพในการกันความร้อน (สุนทร บุญญาธิการ, 2547: 144)

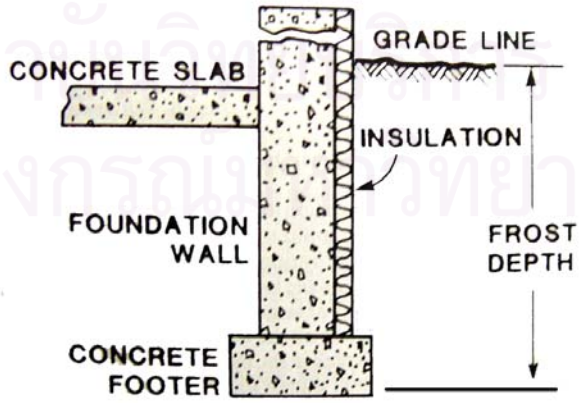
ในการออกแบบช่องระบายอากาศภายใต้หลังคาจะเป็นการช่วยระบายอากาศที่ร้อนออกไป ถึงอุณหภูมิที่ผิวของหลังคาจะสูงมากก็ตาม ทำให้อิทธิพลของความร้อนจากหลังคามีผลต่ออุณหภูมิน้อย เป็นความร้อนที่เหลือจากการระบายออกไปไม่หมด และจะต้องผ่านชั้นที่เป็นฉนวนกันความร้อนอีกชั้นหนึ่งที่อยู่ใต้ช่องว่างของอากาศ ส่งผลให้ความร้อนที่จะผ่านเข้ามาสู่ภายในอาคารลดน้อยลงอย่างมาก ในสภาวะที่ไม่ค่อยมีกระแสลมอุณหภูมิภายใต้หลังคาจะร้อนกว่าวันที่มีลมเล็กน้อย แต่ก็จะมีฉนวนเป็นตัวสกัดกั้นความร้อนอีกชั้นหนึ่ง การออกแบบให้มีช่องว่างใต้หลังคาและมีฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสม จึงเป็นแนวทางในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุหลังคาของอาคาร

2.5.4 แนวทางการออกแบบระบบพื้นของอาคารปรับอากาศ

พื้นอาคารเป็นส่วนที่ร่างกายของผู้ใช้งานสัมผัสโดยตรงเกือบตลอดเวลา การเลือกใช้วัสดุพื้นที่สามารถเป็นตัวนำที่ดี (Conductor) เช่น หินอ่อน แกรนิต หรือกระเบื้อง เพื่อช่วยนำความเย็นจากดินถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร (ในกรณีที่เป็นพื้นชั้นล่างสัมผัสกับดินโดยตรง) แต่การนำระบบนี้มาใช้จะต้องมีการป้องกันความชื้นจากดินได้เป็นอย่างดี การที่จะนำความเย็นของดินใต้พื้นอาคารมาสร้างความเย็นภายในอาคาร จะต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่ส่งผลให้อุณหภูมิดินโดยรอบเย็น ก็จะสามารถออกแบบวัสดุพื้นที่เป็นตัวนำที่ดีมาใช้งาน เมื่ออุณหภูมิผิวของพื้นอาคารได้รับอิทธิพลจากความเย็นของดินและมีอุณหภูมิที่เย็นกว่าผิวกายแล้ว จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวกายกับสภาพแวดล้อมทำให้รู้สึกเย็นกว่าปกติ เป็นการนำเทคนิค Radiative exchange การถ่ายเทความร้อนระหว่างร่างกายกับสิ่งแวดล้อม ถ้าอุณหภูมิรอบข้างเฉลี่ยต่ำกว่าผิวกาย 1 องศาเซลเซียส เราจะรู้สึกเย็นลงกว่าปกติ 1.4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2-20 แสดงการใช้วัสดุพื้นชั้นล่าง เพื่อป้องกันความชื้นและดึงความเย็นมาใช้งาน
(สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 81)



ภาพที่ 2-21 แสดงการกันความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทจากดินสู่พื้นอาคาร (ASHRAE, 1989: 25.7)

2.6 แนวทางการเลือกใช้ระบบวัสดุฉนวนกันความร้อน

ฉนวนความร้อน คือ วัสดุที่ป้องกันการถ่ายเทความร้อนให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด จุดมุ่งหมายของการติดตั้งฉนวนความร้อนคือต้องการเก็บรักษาพลังงานไม่ให้มีการถ่ายเทออกไปหรือเข้ามาภายในบริเวณที่ต้องการ (ตระการ ก้าวกสิกรรม, 2537)

หน้าที่ของฉนวนจะเป็นตัวช่วยลดการเกิดการถ่ายเทความร้อนจากส่วนที่ไม่ต้องการ เข้ามาสร้างภาระในส่วนปรับอากาศที่มีการควบคุมอุณหภูมิ ฉนวนจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการลดปริมาณพลังงานที่ใช้ลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ห้องปรับอากาศ (Turner and Malloy, 1981) ได้กล่าวถึงหน้าที่การทำงานของฉนวนไว้ ดังนี้

- เพื่อการประหยัดพลังงาน (To conserve energy)
- เพื่อควบคุมการถ่ายเทความร้อน (To control heat transfer)
- เพื่อการควบคุมอุณหภูมิ (To control temperature)
- เพื่อการควบคุมความเย็น (To control freezing)
- เพื่อป้องกันการลุกไหม้ (To protection from burn)
- เพื่อการควบคุมความร้อน (To control fire)

การพิจารณาการนำฉนวนกันความร้อนมาใช้งาน จะต้องวิเคราะห์ถึงข้อดีและข้อด้อยของฉนวนชนิดนั้นๆ ฉนวนกันความร้อนที่ดีจะต้องเป็นฉนวนที่มีน้ำหนักเบาประกอบด้วยฟองอากาศเล็กๆ จำนวนมาก ฟองอากาศเหล่านี้จะมีคุณสมบัติการต้านทานความร้อนที่เข้ามา ฉนวนในแต่ละชนิดมีการต้านทานความร้อนที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อน (k) ยิ่งค่า (k) มีค่าน้อยยิ่งเป็นฉนวนที่มีความต้านทานความร้อนได้ดี การพิจารณาเลือกฉนวนสามารถวิเคราะห์ได้จากตารางแดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ดังนี้

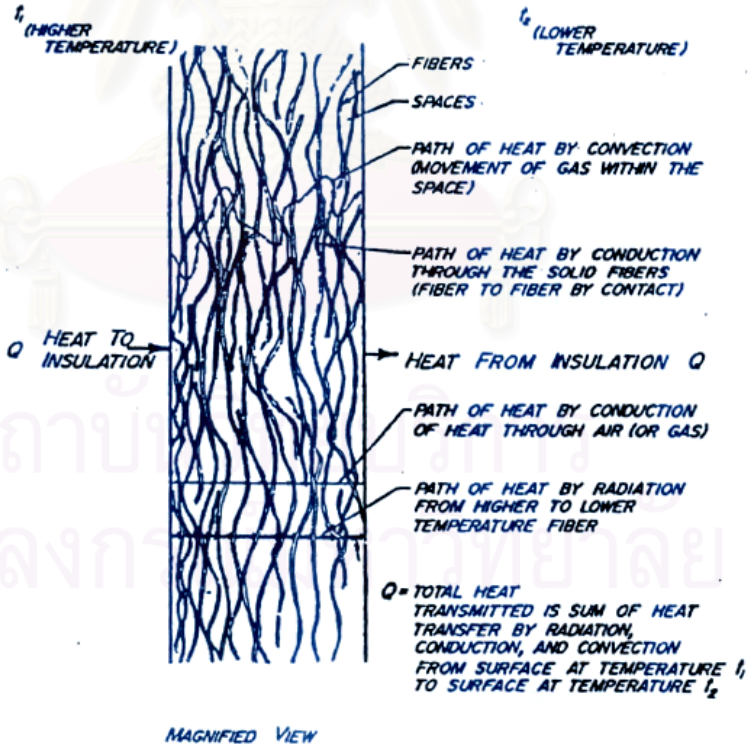
ตารางที่ 2-1 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุฉนวนชนิดต่างๆ

วัสดุฉนวน	**ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) Watt/m.°C**
โฟมฉีด	0.023
โฟมแผ่น	0.031
ฉนวนใยแก้ว	0.035
ไม้อัด	0.123
แผ่นยิบซั่ม	0.191
กระเบื้องแผ่นเรียบ	0.285

(กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กรมวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2538: 4)

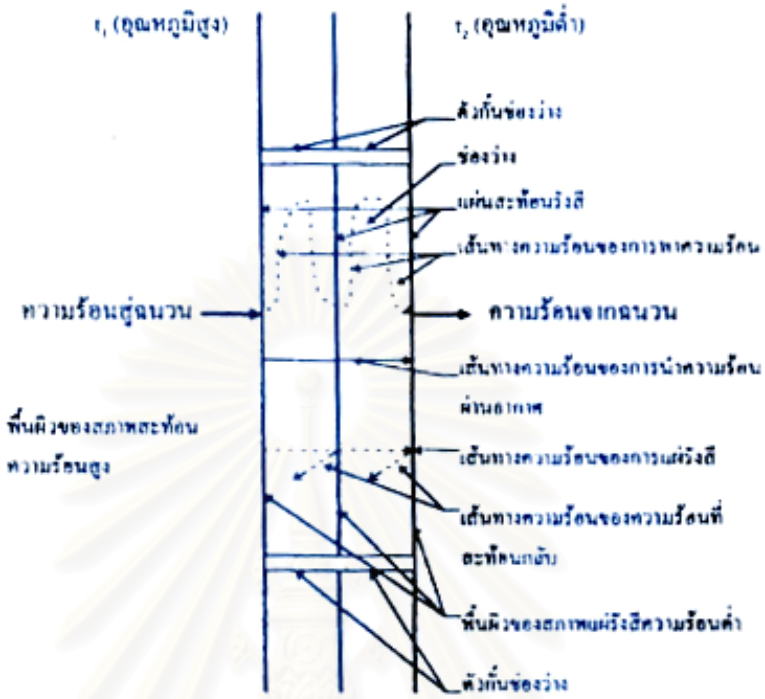
ความร้อนจากด้านที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวน ไปสู่ด้านที่มีความร้อนน้อยกว่า ความร้อนที่ไหลผ่านช่องอากาศระหว่างเส้นใยหรือเซลล์ของฉนวนภายในฉนวนใยแก้ว ทำให้ความร้อนไหลผ่านได้ช้าลงเพราะขนาดที่พอเหมาะของช่องอากาศ จึงเกิดการพาความร้อนจากด้านหนึ่งของเซลล์สู่อีกด้านหนึ่งมีปริมาณลดน้อยลงมาก และเส้นทางการนำความร้อนของฉนวนใยจะมีเส้นทางที่คดเคี้ยว ถ้าวัสดุฉนวนมีความหนาแน่นพอเพียงก็จะทำให้ลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนลงได้

ความหนาแน่นของฉนวนแบบเส้นใยนั้นจะแปรผกผันกับการนำความร้อน เมื่อเส้นใยมีจำนวนมากขึ้น มีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น ก็จะส่งผลให้การแผ่รังสีความร้อนภายในเส้นใยนั้นมีปริมาณที่ลดลง ลักษณะการเกิดการถ่ายเทความร้อนแบบนี้มักจะเกิดกับฉนวนแบบมวล (Mass insulation) การสร้างระยะการคดเคี้ยวและปริมาณของฟองอากาศจึงมีส่วนสำคัญในการต้านทานความร้อน ที่จะถ่ายเทผ่านตัววัสดุฉนวนเข้าสู่ส่วนควบคุมภายในอาคาร



ภาพที่ 2-22 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านภายในฉนวนแบบเส้นใย

(Turner and Malloy,1981)



ภาพที่ 2-23 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านภายในฉนวนผิวสะท้อนรังสี
(ตระการ ก้าวกสิกรรม, 2537)

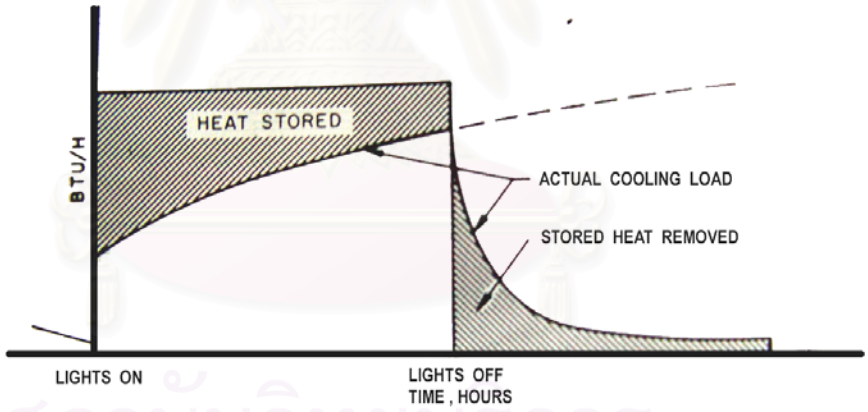
2.7 ภาระการทำความเย็นที่เกิดภายในอาคารปรับอากาศ

การใช้งานอุปกรณ์และหลอดไฟภายในอาคารปรับอากาศ ในการเปลี่ยนรูปของพลังงานจะมีความร้อนเกิดขึ้น เช่น ความร้อนที่เกิดจากโทรทัศน์ ความร้อนที่เกิดจากคอมพิวเตอร์ เป็นต้น หลอดไฟฟ้าแบบไส้ (อินแคนเดสเซนต์) จะมีความร้อนประมาณ 3.4 Btu/h ต่อ 100 คน/วัตต์ และความร้อนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเพิ่มภาระอีก 25 เปอร์เซ็นต์ อันเนื่องมาจากความร้อนของบัลลาสต์ (ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง, 2546: 62) ซึ่งเป็นการสร้างภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศ ภาระการทำความเย็นภายในอาคารส่วนหนึ่งเกิดจากการทำกิจกรรมของคน ในการทำกิจกรรมนั้นจะมีความร้อนและความชื้นออกจากร่างกายมนุษย์ อิทธิพลภาระการทำความเย็นภายในอาคารส่วนมากจะเกิดขึ้นกับอาคารปรับอากาศขนาดใหญ่ หรือเป็นอาคารที่มีเปลือกห่อหุ้มอาคารมีอิทธิพลค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับภายในอาคาร (Internal Dominated Load หรือ IDL)

2.7.1 ความร้อนจากอุปกรณ์ภายในอาคารปรับอากาศ (Appliance)

ความร้อนที่เกิดจากการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องที่ปรับอากาศ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการสร้างภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ในส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกิดความร้อน เช่น โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ ตู้เย็น เครื่องเสียง เครื่องฉายโปรเจคเตอร์ เป็นต้น ความร้อนจากอุปกรณ์เหล่านี้จะอยู่ประมาณ 3-15 Btu/ft^2

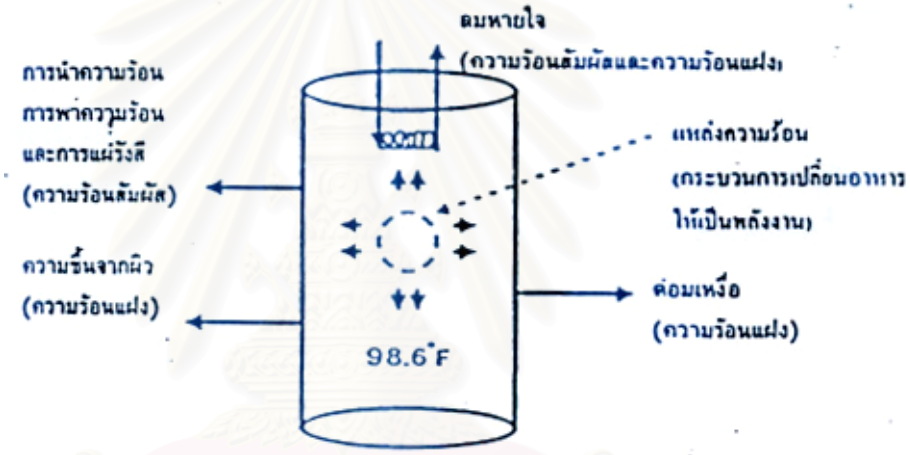
เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำให้เกิดความร้อนนั้นส่วนหนึ่งจะแผ่รังสีความร้อนออกมา หลังจากที่วัสดุต่างๆ ภายในห้องได้ดูดกลืนรังสีเหล่านี้ไว้จนมีอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง ซึ่งก็มีลักษณะคล้ายกับ Cooling Load ของเปลือกอาคาร จึงต้องใช้ Cooling Load Factor เช่นกัน แต่เนื่องจากโดยทั่วไปอาคารมักจะหยุดปรับอากาศพร้อมกับปิดไฟทุกดวงหลังเลิกงาน ความร้อนจึงเกิดการสะสมในตัววัสดุภายในห้องและจะกายเป็นภาระการทำความเย็นในวันถัดไป หากมีการเปิดเครื่องปรับอากาศ 24 ชั่วโมง ค่า Cooling Load Factor จะมีค่าเท่ากับ 1.0



ภาพที่ 2-24 แสดงผลของ Thermal Storage ในการเกิด Cooling Load ของอุปกรณ์ไฟฟ้า
(ASHRAE Handbook Fundamentals SI Edition, 1993: 26.42)

2.7.2 ภาระการทำความเย็นจากคน (OCCUPANT)

การใช้งานระบบปรับอากาศก็เพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านร่างกายของผู้ใช้งาน การเลือกสภาวะการออกแบบภายในที่สามารถทำให้เกิดความสบายในการใช้งานจำเป็นจะต้องทราบถึงลักษณะการตอบสนองของร่างกายมนุษย์ต่อสภาวะแวดล้อม เพื่อความสะดวกในการพิจารณาได้กำหนดให้ทรงกระบอกขนาด 10 x 60 นิ้ว ซึ่งมีพื้นที่ผิวคงที่แทนร่างกายมนุษย์ (สุรพล พฤกพาณิช, 2529: 68) ได้ทำการศึกษาแสดงตัวแทนการระบายความร้อนของร่างกายมนุษย์ ดังนี้



ภาพที่ 2-25 แสดงตัวอย่างการกำเนิดพลังงานและการระบายความร้อนออกจากร่างกาย
(สุรพล พฤกพาณิช, 2529: 68)

ร่างกายของมนุษย์จะมีกระบวนการเผาผลาญอาหารเพื่อทำให้เกิดพลังงานอยู่ตลอดเวลา ซึ่งกระบวนการนี้ทำให้เกิดความร้อนของร่างกายมนุษย์ อัตราการเกิดความร้อนของร่างกายมนุษย์จะแตกต่างกันไปตาม เพศ, อายุ, วัย และกิจกรรมที่ทำ ดังนั้นร่างกายจึงจำเป็นต้องคายความร้อนออกมาตลอดเวลาในอัตราที่เท่ากับการกำเนิดความร้อน เพื่อรักษาอุณหภูมิในร่างกายให้คงที่ 98.6 องศาฟาเรนต์ไฮต์ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของอวัยวะต่างๆ ร่างกายจึงสามารถระบายความร้อนออกได้ทางผิวหนังและทางลมหายใจ รูปแบบของความร้อนที่ระบายออกจากร่างกายมนุษย์มี 2 รูปแบบ คือ

1. ความร้อนสัมผัสสามารถระบายด้วยการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน ปกติอุณหภูมิในร่างกายของคนเราจะสูงกว่าอากาศประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ความร้อนส่วนนี้จะเกิดการแผ่รังสีซึ่งจะไม่กลายเป็น Cooling Load ในทันทีจนกว่าจะผ่านไปหลายชั่วโมง เนื่องจากความร้อนจะถูกดูดกลืนโดยวัสดุต่างๆ ภายในอาคารในวันแรก และจะกลายเป็น Cooling Load ในวันถัดไป (ทวี เวชพฤติ, 2529: 10)
2. ความร้อนแฝงเกิดจากการระเหยความชื้นที่ผิวหนังและการสูญเสียความชื้นไปกับลมหายใจ ร่างกายจะระบายความร้อนแฝงด้วยการพาความร้อนและการระเหยความชื้นจากผิวหนังเป็นส่วนใหญ่ และจะกลายเป็น Cooling Load ในทันที

ความร้อนที่เกิดจากการทำกิจกรรมทั้ง 2 รูปแบบนั้น มีปริมาณที่แตกต่างกันตามลักษณะของกิจกรรมที่ทำ กิจกรรมที่เบาๆ ไม่ต้องใช้กำลังมากค่าความร้อนที่ออกมาก็น้อย การทำกิจกรรมภายในห้องปรับอากาศสามารถพิจารณาค่าภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ในแต่ละกิจกรรมได้ดังนี้

ตารางที่ 2- 2 แสดงค่าความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝงที่เกิดจากการทำกิจกรรม

Activity	Sensible Heat (Btu/h.person)	Latent Heat (Btu/h.person)
Seated at theater	225	105
Seated, very light work	245	155
Moderately active office work	250	200
Standing, light work (retail store)	250	200
Light bench work (factory)	275	475
Walking, 3 mph (factory)	375	625
Bowling	580	870
Heavy machine work, lifting	635	965
Athletics, gymnasium	710	1090

(Simplified Design of HVAC system. Cited in ASHRAE Handbook of Fundamentals, 1989: 26.3)

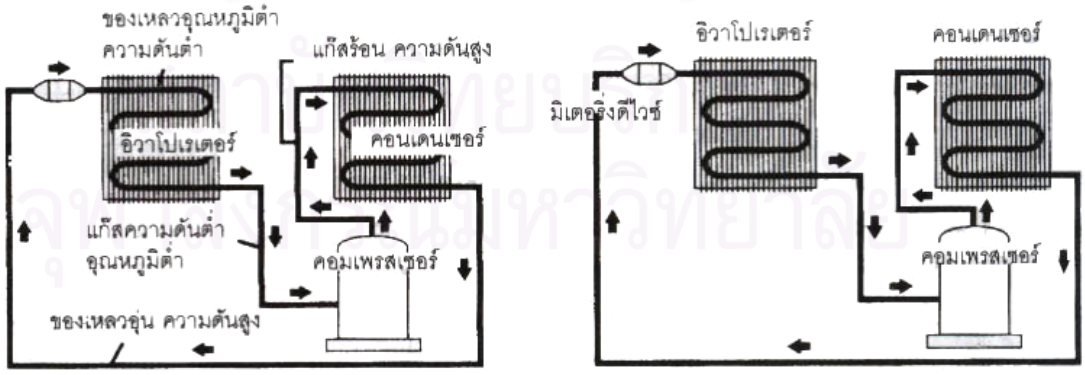
ความสบายของมนุษย์ในการทำกิจกรรมต่างๆ นั้น ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความน่าสบายภายในอาคารจึงขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ความชื้นและความเร็วของอากาศ เป็นปัจจัยที่สำคัญในการระบายความร้อนออกจากร่างกาย ทำให้เกิดสภาวะน่าสบายในการทำกิจกรรม

2.8 แนวทางการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพ

2.8.1 หลักการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

หลักการทำงานของระบบปรับอากาศ เมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านภายในคอยล์เย็น จะทำหน้าที่รับเอาความร้อนจากอากาศที่ผ่านบนผิวนอกของคอยล์เย็น เมื่อสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นเหลวรับเอาความร้อนแล้ว สารทำความเย็นก็จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ เมื่อไอของสารทำความเย็นจะถูกทำให้ร้อนขึ้นโดยการใช้คอมเพรสเซอร์ดูดแล้วจึงอัดออกไปที่ค่าความดันสูงกว่า อุณหภูมิของและความดันของไอสารทำความเย็นจะเพิ่มสูงขึ้น ไอของสารทำความเย็นจะไหลผ่านเข้าสู่คอนเดนเซอร์ ซึ่งทำหน้าที่ดึงเอาความร้อนออกจากไอสารทำความเย็นเพื่อเปลี่ยนสถานะกลับมาเป็นของเหลว เมื่อของเหลวไหลผ่านลิ้นลดความดันส่งผลให้ความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นลดต่ำลงทันที เมื่อสารทำความเย็นมีอุณหภูมิต่ำแล้วก็จะเป็นวงจรกลับไปรับความร้อนภายในห้องปรับอากาศ

เมื่อสารทำความเย็นไหลเข้าสู่คอยล์เย็นอีกครั้งหนึ่ง ในส่วนของคอยล์เย็นนั้นจะมีความดันที่ต่ำพอที่จะทำให้สารทำความเย็นเดือด ซึ่งทำให้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ ขณะที่ผ่านคอยล์เย็น ทำให้เกิดการดูดความร้อนจากอากาศที่ไหลผ่านผิวของคอยล์เย็นภายนอก แล้วส่งลมเย็นออกสู่ห้องปรับอากาศได้ความเย็นตามที่ต้องการใช้งานภายใน ส่วนตัวสารทำความเย็นเมื่อได้รับความร้อนก็จะกลายเป็นไอ จะถูกดึงเข้าสู่คอมเพรสเซอร์อีกครั้งเป็นวัฏจักรเรื่อยไปของระบบปรับอากาศ



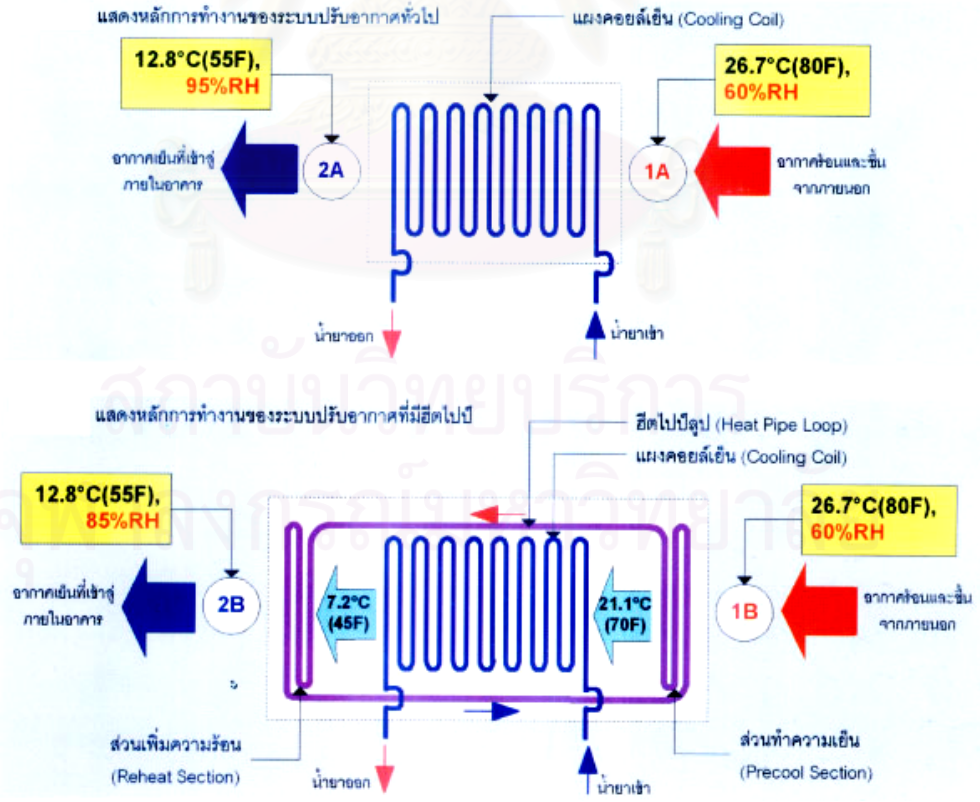
ภาพที่ 2-26 แสดงวงจรการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ

(ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง, 2546: 11)

2.8.2 การควบคุมความชื้นในระบบปรับอากาศ

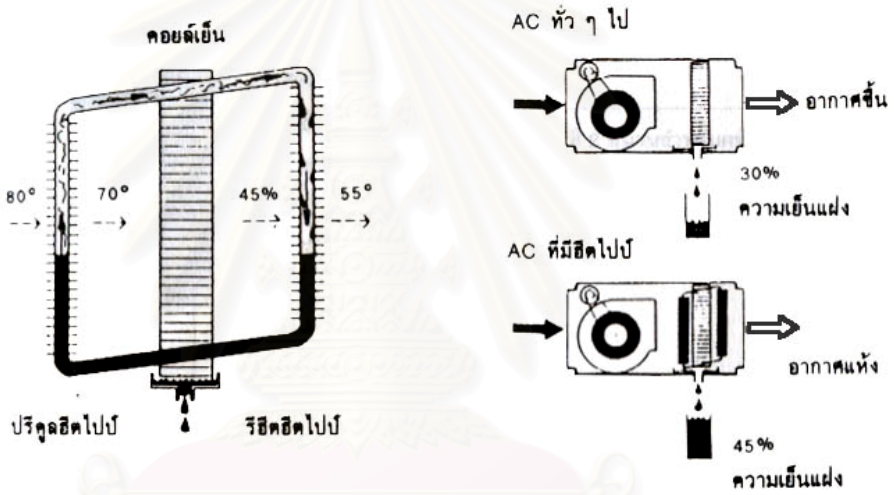
ความชื้นเป็นตัวแปรที่สำคัญในการสร้างภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ การสกัดกั้นความชื้นจึงเป็นแนวทางที่สำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าการกันความร้อน การลดความชื้นที่เกิดขึ้นภายในระบบปรับอากาศจึงเป็นการลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ความชื้นส่วนหนึ่งเกิดจากระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ระบบที่ช่วยลดความชื้นจากระบบปรับอากาศคือระบบฮีตไปป์ (Heat Pipe) ระบบนี้จะช่วยให้อากาศที่ออกจากท่อลมเย็นจะมีระดับความชื้นที่ต่ำกว่าระบบทั่วไป โดยที่ไม่ต้องเสียพลังงานเพิ่มขึ้นกับระบบนี้

หลักการทำงานของระบบฮีตไปป์ (Heat Pipe) อาศัยคุณสมบัติของสารทำความเย็นที่บรรจุในแผ่นทองแดง 2 แผง โดยแผงหนึ่งอยู่ด้านหน้าของคอยล์เย็น และอีกแผงหนึ่งอยู่ด้านหลังของคอยเย็น ทั้ง 2 แผงนี้จะต่อท่อกันเป็นวงจรปิด ในการออกแบบทั่วไปมักจะใช้สารอาร์ 22 (R22) เป็นสารทำความเย็นที่บรรจุภายในฮีตไปป์ลูป (Heat Pipe Loop) ซึ่งเป็นวงจรปิดเพื่อให้สารทำความเย็นสามารถเชื่อมต่อกันได้ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 120)



ภาพที่ 2-27 แสดงการเปรียบเทียบหลักการทำงานของระบบปรับอากาศทั่วไปกับระบบที่มีฮีตไปป์ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 121)

ระบบการทำงานของระบบฮีตไปป์ (Heat Pipe) โดยปกติสารที่อยู่ในฮีตไปป์จะอยู่ในสถานะของเหลว เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศลมที่ร้อนกว่าก็จะปะทะถูกด้าน Precool ทำให้ของเหลวระเหย ขณะที่ของเหลวระเหยก็จะดึงความร้อนจากบริเวณผิวท่อไปด้วย ทำให้อากาศที่ผ่านออกไปมีอุณหภูมิต่ำลง ทำให้ลมที่ผ่านคอยย์เย็นจัดมากขึ้นทำให้เกิดการควบแน่นของหยดน้ำเพิ่มมากขึ้น และเมื่อลมเย็นปะทะกับฮีตไปป์ทางด้าน Reheat ก็จะทำให้ผิวท่อบริเวณนั้นเย็นจัด ของเหลวที่อยู่ในสถานะเป็นไอก็จะมารวมกันควบแน่นเป็นของเหลวเป็นวัฏจักรต่อเนื่อง ขณะที่ควบแน่นเป็นของเหลวก็จะคายความร้อนในการเปลี่ยนสถานะ ทำให้อุณหภูมิที่ออกมาไม่เย็นเกินไปและมีความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม (ทวีศักดิ์ อรุณราษฎร์, 2546: 145)



ภาพที่ 2-28 แสดงการทำงานของคอยล์เย็นในระบบปรับอากาศที่มีฮีตไปป์
(ทวีศักดิ์ อรุณราษฎร์, 2546: 146)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.8.2.1 ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ฮีตไปป์กับเครื่องปรับอากาศ

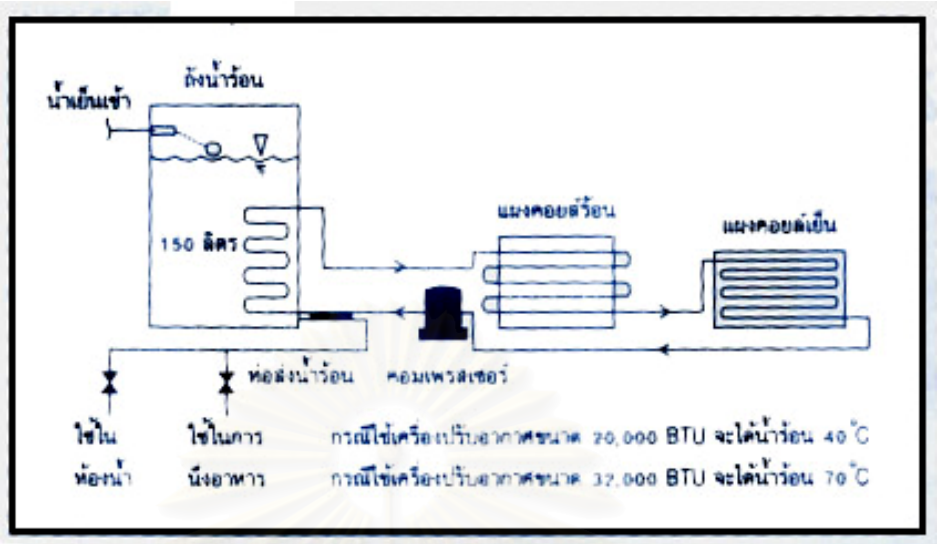
การใช้เครื่องปรับอากาศที่มีระบบฮีตไปป์ สามารถลดขนาดเครื่องปรับอากาศให้มีขนาดที่เล็กกว่าเครื่องปรับอากาศขนาดปกติลงได้ จากการทดลองและวิจัยของสภาวิจัยแห่งชาติ ฮีตไปป์สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ดังนี้ (วิวัฒน์ ตัณฑพานิชกุล, 2546: 137)

1. ขนาดเครื่องปรับอากาศทั่วไปที่ใช้คือ 11,947 บีทียู/ชั่วโมง แต่ถ้ามีระบบฮีตไปป์จะลดลงเหลือเพียง 7,263 บีทียู/ชั่วโมง ก็เย็นสบายได้เหมือนกัน
2. เครื่องปรับอากาศทำงานวันละ 14 ชั่วโมง ใน 1 ชั่วโมงคอมเพรสเซอร์จะหยุด 10 นาที
3. ประหยัดกระแสไฟฟ้า เนื่องจากน้ำยาทำความเย็นที่ไหลกลับมีอุณหภูมิต่ำและมีความดันต่ำ กระแสไฟฟ้าที่ใช้จึงต่ำกว่าเครื่องปรับอากาศทั่วไป
4. คอมเพรสเซอร์มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น เนื่องจากความดันที่ใช้ต่ำลงและอุณหภูมิการทำงานของคอมเพรสเซอร์ก็ต่ำลงด้วย
5. ช่วยลดความรู้สึกอึดอัดขณะที่เครื่องปรับอากาศหยุดการทำงาน ถ้าเป็นเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปจะรู้สึกอึดอัดมาก แต่ถ้าเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีระบบฮีตไปป์จะมีความรู้สึกน้อยมาก
6. ใช้ปริมาณน้ำยาทำความเย็นน้อยลง
7. ให้อากาศที่มีคุณภาพที่ดีกว่าเป็นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุที่เกิดจากความชื้นภายใน
8. การใช้ฮีตไปป์ทำให้ได้ปริมาณการกลั่นน้ำได้เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิที่น้ำกลั่นออกมาประมาณ 18 – 20 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดอุณหภูมิน้ำยาทำความเย็น เพื่อประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่ดีขึ้นอีกทางหนึ่ง

2.8.3 การนำความร้อนจากการระบายอากาศมาใช้ประโยชน์

ความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบปรับอากาศส่วนใหญ่จะเกิดจากอิทธิพลภายนอกอาคาร ภาระภายในห้องปรับอากาศและความร้อนที่เกิดจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยที่คอมเพรสเซอร์จะดูดน้ำยาทำความเย็นที่รับเอาความร้อนจากภายในห้องปรับอากาศ พร้อมกับความร้อนที่เกิดจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์เอง ส่งไปที่คอยล์ร้อนแล้วระบายสู่อากาศภายนอก โดยอาศัยการพาความร้อนออกด้วยกระแสลม ทำให้อุณหภูมิน้ำยาทำความเย็นลดต่ำลง แล้วจึงส่งน้ำยาเข้าไปรับความร้อนอีกเป็นวัฏจักรต่อเนื่องกันไป

ความร้อนที่ระบายจากคอมเพรสเซอร์สู่อากาศสามารถที่จะนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ โดยที่นำความร้อนที่ระบายออกสู่ภายนอกมาใช้ในการทำน้ำร้อน ด้วยการต่อท่อระบายความร้อนสู่ที่เก็บน้ำ เพื่อให้น้ำยาที่ออกจากคอมเพรสเซอร์คายความร้อนสู่น้ำส่งผลให้น้ำร้อนขึ้น ก่อนที่น้ำยาจะไหลวนสู่แผงคอยล์ร้อนอีกทีหนึ่ง ดังนั้นจึงเป็นแนวทางในการนำความร้อนจากระบบปรับอากาศมาสร้างประโยชน์ซึ่งเป็นการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า



ภาพที่ 2-29 แสดงการทำน้ำร้อนด้วยการคายความร้อนของน้ำยาจากคอมเพรสเซอร์

(ทวีศักดิ์ อรุณราษฎร์, 2546: 146.)

ประโยชน์ที่ได้รับจากแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับน้ำเย็น

1. ทำให้อุณหภูมิของคอยล์ร้อนลดลง น้ำยาที่ส่งเข้าไปรับความร้อนจะรับภาระความร้อนจากภายในได้เพิ่มมากขึ้น
2. ความดันในระบบลดลงทำให้ใช้กระแสไฟฟ้าลดลงกว่า 10 เปอร์เซ็นต์
3. ได้ร้อนมาใช้ทำให้ประหยัดพลังงานอีกทางหนึ่ง

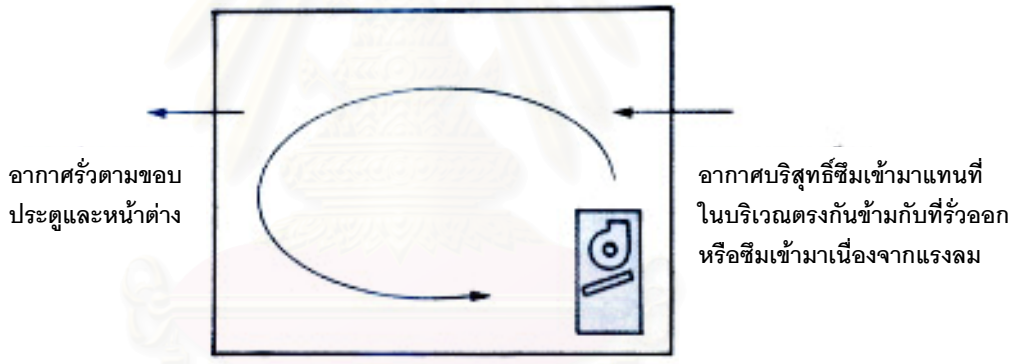
2.8.4 คุณภาพของอากาศภายในอาคารปรับอากาศ

คุณภาพของอากาศภายในห้องปรับอากาศมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ในห้องปรับอากาศนั้นจัดได้ว่าเป็นระบบปิด ดังนั้นการระบายอากาศจึงเป็นสำคัญในระบบปรับอากาศ จากปัจจัยที่ทำให้เกิดมลภาวะส่งผลต่อคุณภาพของอากาศภายในให้ต่ำลงมาจาก ความชื้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์ กลิ่น การสูบบุหรี่ เฟอร์นิเจอร์ สีและมลพิษที่เกิดจากวัสดุก่อสร้างและตกแต่ง รวมถึงการระบายอากาศที่พอเพียงกับความต้องการของผู้ใช้อาคาร จาก ASHARE กำหนดมีปริมาณการระบายอากาศ 15 cfm ต่อผู้ใช้อาคาร 1 คน

ในการรั่วซึมของอากาศนั้นก็มีความสำคัญต่อผู้ใช้งานในอาคารพักอาศัย เนื่องจากตัวอาคารไม่มีระบบระบายอากาศด้วยเครื่องกล Exhaust air ดังนั้นจึงเกิดความจำเป็นที่จะต้องมีปริมาณของอากาศบริสุทธิ์สำหรับผู้ใช้อาคารภายใน 15 cfm ต่อคน จึงเกิดความจำเป็นที่จะต้องมีการรั่วซึมของอากาศผ่านเข้าในอาคาร การควบคุมการรั่วซึมของอากาศจึงต้องคำนึงถึงการไหลเวียนของอากาศบริสุทธิ์ด้วย

2.8.4.1 **การเสริมอากาศบริสุทธิ์เข้ามาในส่วนห้องปรับอากาศ**

1. **การซึมเข้า** (Infiltration) เกิดจากการรั่วซึมเข้ามาของอากาศจากภายนอกผ่านมาทางวัสดุก่อสร้างที่มีช่องหรือรอยแตก และอีกส่วนหนึ่งมาจากการเปิดประตูเข้า-ออกห้องปรับอากาศ
2. **การซึมออก** (Exfiltration) เกิดจากการดูดอากาศบริสุทธิ์ผ่านเครื่องปรับอากาศ จึงทำให้อากาศในห้องมีความชื้นและฝุ่นละอองต่ำกว่าแบบซึมเข้ามา เนื่องจากอากาศบริสุทธิ์ที่เข้ามาจะผ่านคอยล์เย็นก่อนที่จะเข้าสู่ภายในห้องปรับอากาศ



ภาพที่ 2-30 แสดงการเสริมอากาศบริสุทธิ์เข้ามาภายในห้องปรับอากาศ (สุชา อารี, 2542: 121)

ตารางที่ 2-3 แสดงปริมาณอากาศบริสุทธิ์ตามมาตรฐาน (สุชา อารี, 2542: 121)

สถานที่	ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ ลูกบาศก์ฟุต/นาที/คน	ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ ลูกบาศก์ฟุต/นาที/คน
- ที่อยู่อาศัย	15 -20	0.33
- ห้างสรรพสินค้า	5 – 7.5	0.05
- โรงพยาบาล	15 – 30	0.33
- สำนักงาน	10 - 15	0.25

บทที่ 3

วิธีวิจัยตัวแปรที่ใช้สร้างดัชนี

พลังงานที่นิยมใช้กันในอาคารและเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันในปัจจุบันนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานไฟฟ้า รูปแบบของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบด้วยกัน คือ

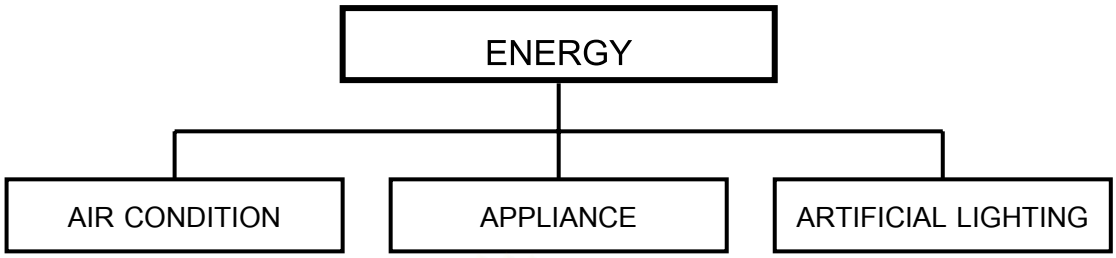
1. **การใช้พลังงานเพื่อให้เกิดแสงสว่าง** (Lighting) เป็นการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงสว่างที่ได้จากหลอดไฟชนิดต่างๆ การใช้พลังงานในส่วนนี้มีความจำเป็นอย่างมากในช่วงเวลาที่แสงจากดวงอาทิตย์ไม่เพียงพอกับความต้องการใช้งาน โดยเฉพาะในตอนกลางคืน แต่ในปัจจุบันการใช้แสงสว่างภายในอาคารมีรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การประดับตกแต่งอาคารสถานที่เพื่อความสวยงาม การสร้างบรรยากาศภายในอาคาร เป็นต้น
2. **การใช้พลังงานในเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ** (Appliance) เป็นการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการที่หลากหลายในการสร้างความสะดวกสบายในการดำรงชีวิตประจำวัน ในปัจจุบันนี้เครื่องใช้ไฟฟ้าจึงมีความต้องการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้นตามความต้องการของผู้ใช้งานตามกระแสของโลกเทคโนโลยี
3. **การใช้พลังงานเพื่อการปรับสภาวะน่าสบายภายในอาคาร** (Comfort Zone) เป็นการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานสร้างสภาวะน่าสบาย โดยการกำหนดให้เขตสบายเป็นขอบเขตของสภาวะที่เหมาะสมกับร่างกายในการทำกิจกรรมของมนุษย์ โดยไม่ทำให้รู้สึกร้อนหรือหนาวจนเกินไปและไม่แห้งหรือชื้นจนเกินไป ซึ่งต้องคำนึงถึงตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ (Human Comfort) 4 ตัวแปรด้วยกัน ประกอบด้วย
    - อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)
    - ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
    - อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature, MRT)
    - ความเร็วลม (Air Velocity)

เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวยต่อการใช้เพื่อทำให้เกิดสภาวะน่าสบาย การนำระบบปรับอากาศมาใช้ในอาคารจึงมีความจำเป็นในการลดสภาวะจากภายนอกอาคาร การลดความรุนแรงจากสภาวะภายนอกขั้นแรกเป็นการลดด้วยการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคาร ให้เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการกรองสภาพอากาศที่จะเข้ามาสู่ตัวอาคาร การลดความรุนแรงของสภาพอากาศภายนอกขั้นต่อมาก็คือ การออกแบบอาคารปรับอากาศเพื่อการลดสภาพของอากาศที่ไม่เหมาะสมต่อสภาวะน่าสบายของผู้ใช้งาน แต่ด้วยสภาพอากาศในปัจจุบันนี้มีความไม่เหมาะสมต่อสภาวะน่าสบายเป็นส่วนมาก ทำให้ต้องพึ่งพาเครื่องปรับอากาศนำมาควบคุมสภาวะภายในอาคารเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งานตลอดเวลา เป็นการนำเครื่องจักรมาแทนที่การพึ่งพาระบบธรรมชาติซึ่งสามารถควบคุมสภาวะภายในได้เป็นอย่างดี แต่ต้องแลกมาด้วยการสูญเสียพลังงานในการปรับอากาศเป็นอย่างมาก

3.1 การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักจากสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย

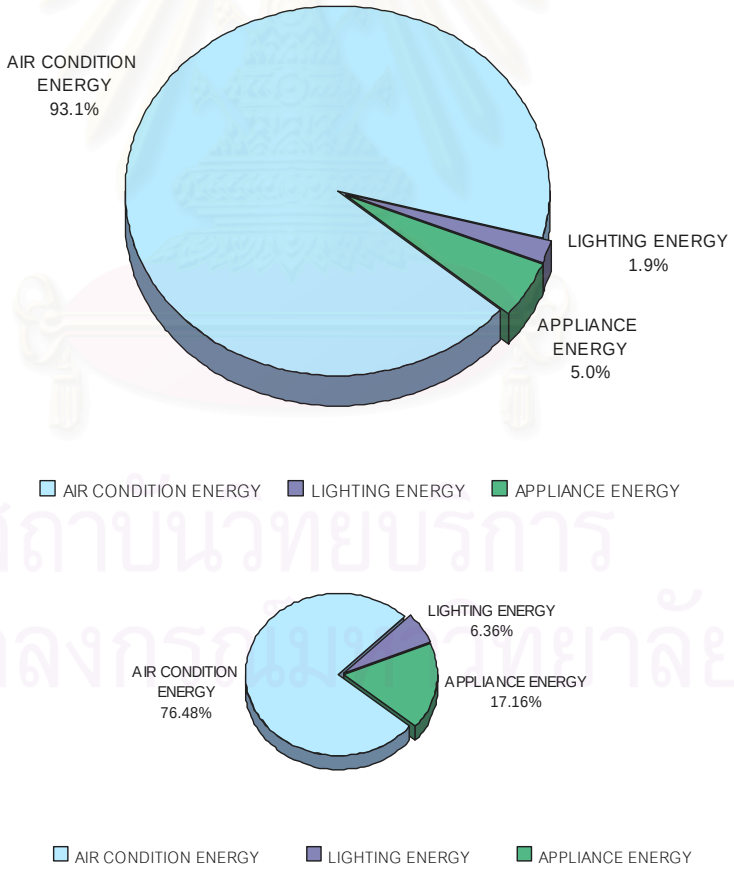
ในการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักและสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย จะเป็นการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านพักอาศัยทั่วไปกับบ้านพักอาศัยที่มีแนวความคิดในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน เพื่อหาอัตราส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการใช้งานในชีวิตประจำวัน

จากการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัยใน 3 รูปแบบ คือ การใช้พลังงานเพื่อให้เกิดแสงสว่าง การใช้พลังงานในเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ และการใช้พลังงานเพื่อการปรับสภาวะน่าสบายภายในอาคาร จากการสำรวจจะพบว่าการใช้พลังงานในการสร้างสภาวะน่าสบายในระบบการปรับอากาศนั้น มีอัตราการใช้พลังงานที่สูงกว่า 2 รูปแบบแรกเป็นอย่างมาก เพราะสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันมีความร้อนและความชื้นมากเกินความรู้สึกน่าสบายของมนุษย์อย่างมาก

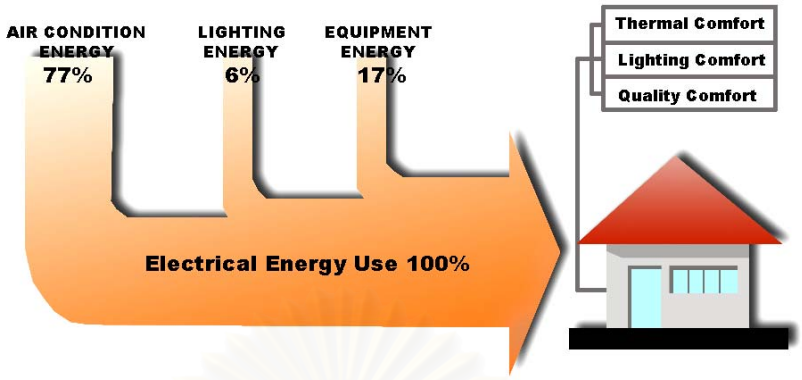


ภาพที่ 3-1 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร (อุษณีย์ มิ่งวิมล, 2540: 68)

การหาอัตราส่วนการใช้พลังงานภายในอาคาร สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภท คำนวณจากจำนวนชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยมีอัตราส่วนการใช้พลังงานดังนี้



ภาพที่ 3-2 แสดงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 รูปแบบ
ของบ้านพักอาศัยทั่วไปเปรียบเทียบกับบ้านประหยัดพลังงาน (อุษณีย์ มิ่งวิมล, 2540: 72)



ภาพที่ 3-3 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในบ้านประหยัดพลังงาน
ในระบบปรับอากาศ : ระบบแสงสว่าง : อุปกรณ์ไฟฟ้า = 77 : 6 :17

ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่ออัตราการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัยทั้ง 3 ปัจจัยนี้ ปัจจัยในด้านการใช้พลังงานในการปรับอากาศมีความสำคัญมากที่สุด เพราะการเพิ่มหรือลดการใช้พลังงานในส่วนนี้จะส่งอิทธิพลต่อการใช้พลังงานโดยรวมของบ้านพักอาศัยเป็นอย่างมาก ปัจจัยทั้ง 3 นี้ยังมีอิทธิพลต่อตัวแปรต่างๆ ทำให้เกิดผลกระทบในการใช้พลังงานแยกย่อยลงไปอีก ซึ่งแต่ละตัวแปรก็มีค่าน้ำหนักของตัวแปรนั้นแตกต่างกันออกไปตามลักษณะในการออกแบบและการใช้งาน

3.2 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารปรับอากาศ

การปรับอากาศภายในอาคารมีความสำคัญต่อการใช้พลังงานเป็นอย่างมาก ในสภาวะที่สภาพของอากาศอยู่นอกเหนือจากสภาวะน่าสบาย การปรับสภาวะอากาศภายในอาคารให้มีระดับของอุณหภูมิและความชื้นที่พอเหมาะจนอยู่ในเขตสภาวะน่าสบายได้นั้น จำเป็นต้องอาศัยเครื่องปรับอากาศเป็นหลัก ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศที่ใช้ภายในอาคารจะต้องใช้พลังงานที่สูงในการลดอุณหภูมิในรูปของความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และลดความชื้นในรูปของความร้อนแฝง (Latent Heat) โดยทั่วไปอุณหภูมิภายในอาคารทั่วไปมักจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเกือบตลอดเวลา ดังนั้นอาคารที่ต้องการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศจึงสามารถพิจารณาได้จากภาระในการทำความเย็น (Cooling Load) ของอาคารนั้น ซึ่งหมายถึง ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่เกิดจากพลังงานความร้อน (Thermal Load) โดยที่ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารแต่ละหลังมากหรือน้อยแตกต่างกัน สามารถที่จะพิจารณาจัดกลุ่มของตัวแปรได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายนอกอาคาร

1. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับเปลือกอาคาร (Envelope)
2. กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับค่าการจุความร้อนของวัสดุ (Heat Storage)
3. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับการออกแบบรูปทรงของอาคาร (Form Design)
4. กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม (Microclimate)

ส่วนที่ 2 กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายนอกอาคาร

5. กลุ่มตัวแปรด้านพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในอาคาร (Operation)
5. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร (Appliance)
6 กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับแสงสว่างในอาคาร (Lighting)
7. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับผู้ใช้อาคาร (Occupant)

ส่วนที่ 3 ตัวแปรด้านประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

8. ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (Efficiency of air condition)

การหาอัตราส่วนของค่าน้ำหนักจากกลุ่มตัวแปรโดยคำนวณค่าภาระการทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศต่อพื้นที่การใช้งาน มีแนวความคิดในการออกแบบที่แตกต่างกัน มีการก่อสร้างและใช้งานโดยทั่วไป และบ้านที่มีแนวความคิดในการก่อสร้างแบบประหยัดพลังงานนำมาวิเคราะห์คิดคำนวณค่าภาระการทำความเย็นภายในบ้านที่มีการปรับอากาศ โดยการคำนวณตามหลักการคำนวณ CLTD (Cooling Load Temperature Different) เพื่อนำมาเปรียบเทียบอัตราส่วนในแต่ละตัวแปรที่ได้จากการคำนวณ โดยทำการวิเคราะห์ภาระการทำความเย็นทั้งหมดต่อพื้นที่การใช้งานภายในปรับอากาศของบ้านพักอาศัย

3.3 การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปรต่อภาระการทำความเย็นของอาคารปรับอากาศ

การใช้พลังงานในการปรับอากาศเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลเป็นอย่างยิ่งต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร เพราะสภาพภูมิอากาศโดยรอบอยู่นอกเหนือจากสภาวะน่าสบายค่อนข้างสูงเกือบตลอดเวลา อาคารโดยทั่วไปจะมีการออกแบบที่มีลักษณะและรูปแบบการก่อสร้างที่คล้ายคลึงกันหรือไม่แตกต่างกันมากนัก สามารถแบ่งองค์ประกอบแต่ละตัวแปรออกได้ 7 กลุ่มด้วยกัน ดังนี้

3.3.1 กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับเปลือกอาคาร (Envelope)

เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศเป็นอย่างมาก เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการใช้พลังงานในการปรับอากาศจะพบว่าปริมาณการใช้พลังงานจะแปรผันตรงกับพื้นที่ของเปลือกอาคาร การวิเคราะห์ถึงอัตราการใช้พลังงานในส่วนของเปลือกอาคารจึงต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้างเปลือกอาคาร ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มตัวแปรของเปลือกอาคารออกได้เป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย

3.3.1.1 ส่วนผนังอาคาร (Opaque)

อาคารในปัจจุบันนี้มีการก่อสร้างผนังหลากหลายรูปแบบมากขึ้น ตัวแปรด้านผนังของอาคารนี้จึงรวมถึงผนังทึบ (Opaque Wall) ซึ่งคุณสมบัติของตัวแปรนี้มีอิทธิพลต่ออัตราการทำความเย็นก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง (U) เป็นตัวบ่งชี้ถึงภาระการทำความเย็นในส่วนของผนังอาคาร โดยสามารถเปรียบเทียบและคำนวณหาอัตราความร้อนที่มีการถ่ายเทผ่านระบบผนัง โดยการใช้สมการดังนี้ (ASHRAE, 1989:26.35)

$$q_{wall} = UA(CLTD_{wall})$$

เมื่อ q_{wall} = ภาระในการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, มีหน่วยเป็น Btu / h. ft^2 . ^{O}F ในระบบ I-P

A = พื้นที่ผิวของผนังภายนอก, มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P

$CLTD_{wall}$ = ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Cooling Load Temperature Difference) , มีหน่วยเป็น ^{O}F ในระบบ I-P

โดยที่ ค่า $CLTD_{wall}$ สามารถคำนวณได้จากสมการ (ASHRAE, 1989: 26.36)

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

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

LM = ค่าการปรับละติจูดและเดือนของที่ตั้งอาคาร

K = ค่าลักษณะสีของผนังอาคาร

K = 1.00 เมื่อ ผนังมีสีเข้ม หรือ ผนังสีอ่อนในอาคารอุตสาหกรรม

K = 0.83 เมื่อ ผนังมีสีปานกลาง

K = 0.65 เมื่อ ผนังมีสีอ่อน

t_R.. = อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศ, มีหน่วยเป็น ^OF ในระบบ I-P

t_O. .= อุณหภูมิภายนอกอาคารปรับอากาศ, มีหน่วยเป็น ^OF ในระบบ I-P

3.3.1.2 **ส่วนกระจกของอาคาร** (Glass)

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของกระจก การพิจารณาถึงคุณสมบัติของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดโดยรวมของช่องเปิด (SC) ที่เป็นกระจก (Glass) และผนังโปร่งแสง (Transparent Wall) ซึ่งสามารถคำนวณหาสัมประสิทธิ์การบังแดดในแต่ละส่วนของช่องเปิดมาเป็นตัวบ่งชี้ถึงภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากตัวแปรนี้ได้ โดยการใช้สมการ (ASHRAE, 1989:26.41)

$$q_{glass\text{-}solar} = A(SC)(SHGF)(CLF)$$

เมื่อ q_{glass} = ภาระการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

A = พื้นที่ผิวของผนังภายนอก, มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P

SC = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient)

SHGF = Solar Heat Gain Factor, มีหน่วยเป็น Btu / h. ft^2 ในระบบ I-P

CLF = Cooling Load Factor (ASHRAE, 1989:26.41)

ในส่วนของกระจกนอกจากค่าภาระทำความเย็นที่เกิดจากรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ยังมีความร้อนที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุกระจก ซึ่งตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U) เป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนของกระจก

สมการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของกระจก (ASHRAE, 1989:26.38)

$$q_{glass\text{-}cond} = UA(CLTD_{glass})$$

เมื่อ $q_{glass\text{-}cond}$ = ภาระการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก, มีหน่วยเป็น Btu / h. $ft^2.{}^{O}F$ ในระบบ I-P

A = พื้นที่ผิวกระจก, มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P

CLTD = ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Cooling Load Temperature Difference) , มีหน่วยเป็น ${}^{O}F$ ในระบบ I-P

3.3.1.3 **ส่วนหลังคาของอาคาร** (Roof)

เป็นส่วนพื้นที่ของเปลือกอาคารที่ได้รับอิทธิพลความร้อนจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน จึงทำให้ตัวแปรนี้มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นให้กับอาคารปรับอากาศค่อนข้างสูง ซึ่งคุณสมบัติของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออัตราภาระการทำความเย็นก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคา (U) เป็นตัวบ่งชี้ถึงภาระการทำความเย็นให้อาคารปรับอากาศ โดยสามารถคำนวณหาอัตราความร้อนที่มีการถ่ายเทผ่านระบบผนัง โดยการใช้สมการดังนี้ (ASHRAE, 1989:26.33)

$$q_{roof} = UA(CLTD_{roof})$$

เมื่อ q_{roof} = ภาระในการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, มีหน่วยเป็น Btu / h .ft^2 .^{O}F ในระบบ I-P

A = พื้นที่ผิวของหลังคาภายนอก, มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P

$CLTD_{roof}$ = ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Cooling Load Temperature Difference), มีหน่วยเป็น ^{O}F ในระบบ I-P

โดยที่ ค่า $CLTD_{roof}$ สามารถคำนวณได้จากสมการ (ASHRAE, 1989: 26.34)

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

$CLTD$ = ค่าจากตารางในการคำนวณหลังคา

LM = ค่าการปรับละติจูดและเดือนของที่ตั้งอาคาร

K = ค่าลักษณะสีของหลังคาอาคาร

K = 1.00 เมื่อ หลังคามีสีเข้ม หรือ ผนังสีอ่อนในอาคารอุตสาหกรรม

K = 0.50 เมื่อ หลังคามีสีอ่อน

t_R = อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศ, มีหน่วยเป็น ^{O}F ในระบบ I-P

t_O = อุณหภูมิภายนอกอาคารปรับอากาศ, มีหน่วยเป็น ^{O}F ในระบบ I-P

f = ค่าการระบายอากาศของหลังคา

f = 1.00 เมื่อ ไม่มีการระบายอากาศของหลังคา

f = 0.75 เมื่อ มีการระบายอากาศภายใต้หลังคา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.1.4 **ส่วนพื้นของอาคาร** (Floor)

ส่วนพื้นอาคารเป็นส่วนที่มีความสำคัญในการลดความร้อนและนำความเย็นมาใช้ พื้นของอาคารมีทั้งส่วนที่สัมผัสดินในชั้นล่างและพื้นที่เป็นชั้นลอยของอาคาร ในส่วนของพื้นชั้นล่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะคิดจากค่าส่วนกลับของความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน และส่วนพื้นชั้นลอยจะคิดค่าผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของชั้นวัสดุทั่วไป ในการพิจารณาเพื่อการบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของพื้นนั้นสามารถพิจารณาได้จากสมการ (ASHRAE, 1989:26.33)

$$q_{floor} = UA(t_0 - t_i)$$

เมื่อ q_{floor} = ภาระในการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, มีหน่วยเป็น Btu / h. ft^2.^OF ในระบบ I-P

A = พื้นที่ผิวของพื้นภายใน, มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P

t_0 = อุณหภูมิผิวพื้นภายนอก, มีหน่วยเป็น มีหน่วยเป็น ^OF ในระบบ I-P

t_i = อุณหภูมิอากาศภายใน, มีหน่วยเป็น ^OF ในระบบ I-P

3.3.1.5 **การรั่วซึมของอากาศ** (Infiltration)

ตัวแปรนี้มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของอาคารเป็นอย่างมาก อากาศจากภายนอกอาคารที่มีความร้อนและความชื้นที่สูงถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร ส่งผลให้ภาระการทำงานของระบบปรับอากาศต้องทำงานเพิ่มมากขึ้นเพื่อที่จะรักษาสภาวะภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่ต้องการตลอดเวลา

การรั่วซึมของอากาศมี 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

1. การรั่วซึมเข้าสู่ภายใน (Infiltration) คือ เป็นการแทรกซึมจากอากาศภายนอกเข้าสู่ภายใน เกิดการนำความร้อนและความชื้นที่สูงกว่าเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเป็นอย่างมาก
2. การรั่วซึมออกสู่ภายนอก (Exfiltration) คือการรั่วซึมของอากาศภายในสู่ภายนอกอาคาร การคำนวณหาภาระการทำความเย็นอันเนื่องมากจากการรั่วซึมของอากาศสามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

การคำนวณหา Sensible Heat Gain from Infiltration

$$q_{oa\text{-}sen} = 1.10 \times cfm \times (t_o - t_i)$$

การคำนวณหา Latent Heat Gain from Infiltration

$$q_{v\text{-}lat} = 4840 \times cfm \times (W_o - W_i)$$

สรุปการคำนวณหา Heat Gain from Infiltration **ได้สมการดังนี้**

$$q_{oa\text{-}tot} = 4.5 \times cfm \times (H_o - H_i)$$

เมื่อ $q_{oa\text{-}tot}$ = ภาระในการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

cfm = ปริมาณการระบายอากาศ, มีหน่วยเป็น ft^3/min ในระบบ I-P

H_o = เอนทัลปีภายนอก, มีหน่วยเป็น $Btu/lb_{dry\ air}$ ในระบบ I-P

H_i = เอนทัลปีภายใน, มีหน่วยเป็น $Btu/lb_{dry\ air}$ ในระบบ I-P

W_i = อัตราส่วนความชื้นภายใน, มีหน่วยเป็น $lb/lb_{dry\ air}$ ในระบบ I-P

W_o = อัตราส่วนความชื้นภายนอก, มีหน่วยเป็น $lb/lb_{dry\ air}$ ในระบบ I-P

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2 **การสะสมความร้อนของวัสดุ** (Heat Capacity)

ในการคำนวณหาค่าการสะสมความร้อนของวัสดุ ตัวแปรที่มีความสำคัญ ได้แก่ มวลสาร (m) ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (c) และค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของผิววัสดุกับอุณหภูมิอากาศ (Δt) โดยอุณหภูมิผิวผนังสามารถคำนวณได้ด้วยวิธีคำนวณแบบ (Thermal Gradient) ดังนี้ (Stein and Reynold, 1992:124)

$$\frac{(T_{out} - T_{in})}{R_{total}} = \frac{T_{out} - T_s}{(R_{total} - R_{air\ film})}$$

โดยที่ $$T_s = T_{out} - \frac{(R_{total} - R_{air\ film})(T_{out} - T_{in})}{R_{total}}$$

T_s = อุณหภูมิผิว, มีหน่วยเป็น ^{o}F ในระบบ I-P

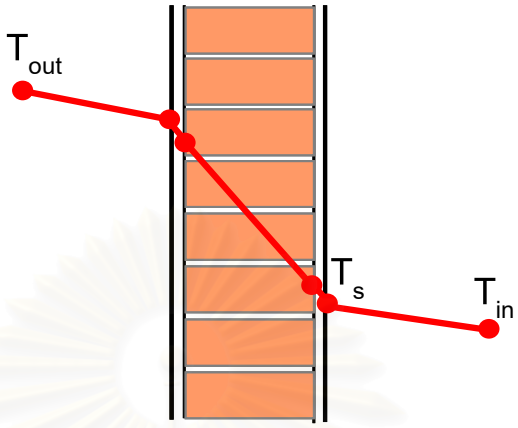
T_{out} = อุณหภูมิอากาศภายนอก, มีหน่วยเป็น ^{o}F ในระบบ I-P

T_{in} = อุณหภูมิอากาศภายใน, มีหน่วยเป็น ^{o}F ในระบบ I-P

R_{total} = ค่าความต้านทานความร้อนรวมของวัสดุ, มีหน่วยเป็น $h.ft^{2}.{}^{o}F/Btu$ ในระบบ I-P

$R_{air\ film}$ = ค่าความต้านทานความร้อนของอากาศ, มีหน่วยเป็น $h.ft^{2}.{}^{o}F/Btu$ ในระบบ I-P

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3-4 แสดงการคำนวณอุณหภูมิผิวของวัสดุแบบ Thermal Gradient

(ประยุกต์จาก Stein and Reynold, 1992:124)

ค่าความจุความร้อนจำเพาะยังสามารถใช้ในการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่วัสดุใช้ในการเปลี่ยนอุณหภูมิ ซึ่งจะทำให้ทราบถึงปริมาณความร้อนที่ต้องการในการเพิ่มหรือการลดอุณหภูมิของวัสดุชนิดนั้นๆ สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าปริมาณความร้อนสะสมของวัสดุ มีดังนี้

$$Q = mc\Delta t$$

เมื่อ Q = ปริมาณความร้อน, มีหน่วยเป็น Btu ในระบบ I-P

m = มวลของวัสดุ, มีหน่วยเป็น lb ในระบบ I-P

c = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ, มีหน่วยเป็น Btu/lb-$^{\circ}$F

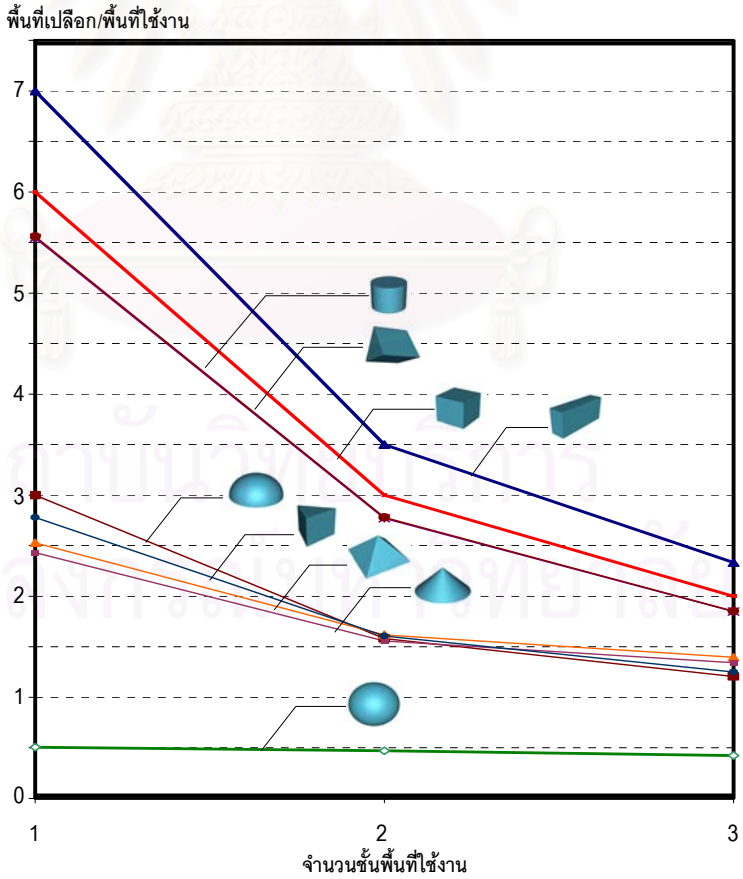
Δt = ความแตกต่างของอุณหภูมิ, มีหน่วยเป็น $^{\circ}$F ในระบบ I-P

3.3.3 กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับการออกแบบรูปทรงของอาคาร (Form Design)

เป็นกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารปรับอากาศเป็นอย่างมาก การออกแบบที่เหมาะสมกับสภาพของภูมิอากาศจะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนและความชื้นที่แทรกซึมผ่านเปลือกอาคาร การพิจารณาคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนและการแทรกซึมความชื้นของวัสดุก่อสร้างอาคารเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมาก

3.3.2.1 สัดส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่การใช้งาน (Surface to Floor Area Ratio)

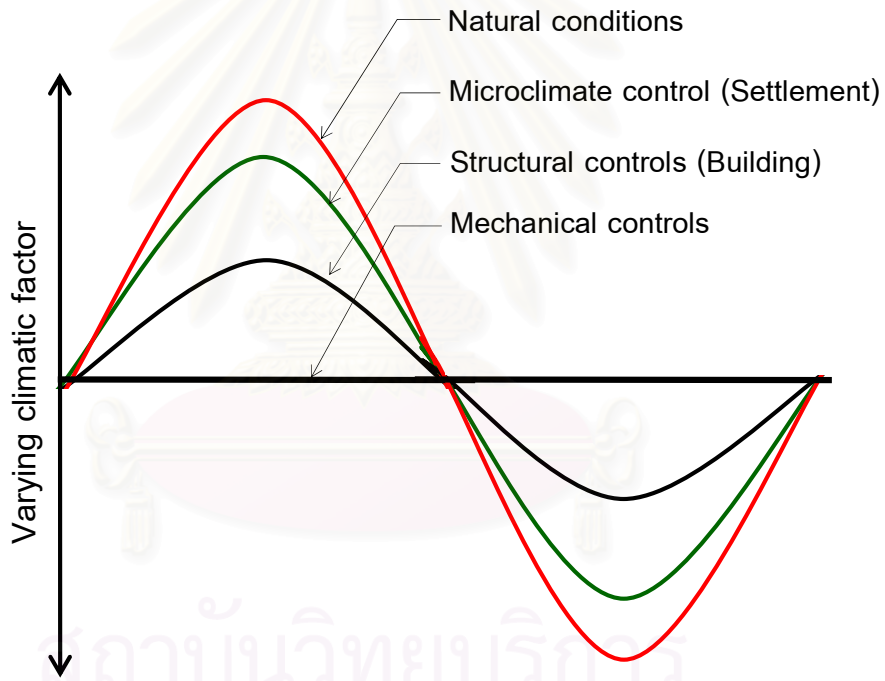
เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร พื้นที่ผิวของอาคารเป็นพื้นที่ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเพิ่ม (Heat Gain) ถ้าอาคารมีพื้นที่มีผิวมากก็จะมีพื้นที่สัมผัสความร้อนมากตามด้วย การคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร จึงเป็นการหาแนวทางการลดความร้อนและความชื้นที่จะมากระทบกับผิวของอาคาร



ภาพที่ 3-5 แสดงสัดส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้งานของรูปทรงทางเลขาคณิตต่างๆ

3.3.4 กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของอาคาร (Microclimate)

เงื่อนไขในการให้ผู้ใช้อาคารอยู่ในสภาวะน่าสบายตลอดระยะเวลานั้น จำเป็นจะต้องใช้เครื่องปรับอากาศมาช่วยในการสร้างสภาวะน่าสบายในอาคาร เพราะการสร้างความเย็นจากสภาพแวดล้อมคงเป็นไปได้ยากในสภาวะปัจจุบัน ในการที่จะพึ่งพาอิทธิพลของสภาวะแวดล้อมเพื่อเป็นการลดความรุนแรงจากความร้อนโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และสร้างร่มเงาให้กับเปลือกอาคารช่วยลดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวของเปลือกอาคารได้



ภาพที่ 3-6 แสดงแนวทางการปรับอากาศด้วยสภาพแวดล้อม (Microclimate)

(ไฟศาล จันเตยูร, 2539: 114)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.5 กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า (Appliance)

ตัวแปรที่เกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารระบบปรับอากาศมีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีวิต เครื่องใช้ไฟฟ้าในปัจจุบันมีหลากหลายชนิดและมีความแตกต่างในการใช้งานมาก เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ ตามความต้องการ ในการเปลี่ยนรูปแบบของพลังงานเหล่านี้มักจะเกิดความร้อนขึ้นกับเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงกับการเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ดังสมการนี้ ((Bobenhausen, 1994: 55)

$$q_{eq} = EQ_{wsf} \times A \times 3.413 \times (CLF_{eq})$$

เมื่อ q_{eq} = ภาระในการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

EQ_{wsf} = ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าจากอุปกรณ์, มีหน่วยเป็น W / ft^2

A = พื้นที่ผิวของหลังคาภายนอก, มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P

CLF_{eq} = Appliance Cooling Load Factor for equipment (ASHRAE, 1989: 26.46)

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นอันเนื่องจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า ค่าความร้อนที่เกิดจากการใช้งาน (EQ_{wsf}) สามารถหาได้จากตารางที่ 3-1 นี้ โดยที่เป็นค่าความร้อนที่เกิดขึ้นต่อพื้นที่การใช้งาน (ft^2)

ตารางที่ 3-1 แสดงค่า Equipment Heat Gain (Bobenhausen, 1994: 55)

Type of Work Environment	Watt/ft^2	Btu/h.ft^2 (max)
General office with only a few typewriters, computers and other electrical items.	0.25 –1.0	1 – 4
Offices where most workers have personal computers.	1.0 – 3.0	3 - 10
Rooms dedicated to large “main-frame” computer	15 – 50	50 – 175
Laboratories.	5 –20	15 – 70
Manufacturing plants	5 – 45	15 - 150

3.3.6 **กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับการใช้หลอดไฟฟ้า** (Artificial Lighting)

หลอดไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่างภายในอาคาร มีอิทธิพลต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งหลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงจะมีอัตราการใช้พลังงานที่น้อยแต่สามารถที่จะให้ความสว่างได้มาก ในการเลือกใช้ชนิดของหลอดไฟภายในอาคารนอกจากแสงสว่างที่ได้รับโดยตรงแล้ว ความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่าง ยังเป็นผลทางอ้อมที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศภายในอาคารอีกด้วย ดังสมการนี้ (Bobenhausen, 1994: 59)

$$q_{lgt} = L_{wsf} \times A \times 3.413 \times (CLF_{lgt})$$

เมื่อ q_{lgt} = ภาระในการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

L_{wsf} = ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าจากหลอดไฟฟ้า,มีหน่วยเป็น W / ft^2

A = พื้นที่ผิวของหลังคาภายนอก, มีหน่วยเป็น ft^2 ในระบบ I-P

CLF_{eq} = Cooling Load Factor for lighting (ASHRAE, 1989: 26.45)

ตารางที่ 3-2 แสดงค่า Typical lighting power densities (L_{wst}) (Bobenhausen, 1994: 57)

Building Type	Watts/Gross Square Foot ($watts/ft^2$)
Office	1.7 – 2.2
Store spaces	2.5 – 3.0
Shopping mall concourse	1.0 – 1.5
Fast food restaurant	1.3 – 2.0
Health/hospital	2.3 – 2.6
Warehouse/storage	1.0 – 1.5
Library	2.2 – 2.6
Public assembly	1.5 – 2.0

3.3.7 **กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับผู้ใช้อาคาร** (Occupants)

ผู้ใช้งานในอาคารจะมีลักษณะในการทำกิจกรรมที่หลากหลาย แต่ละกิจกรรมนั้นจะมีความร้อนจากการเผาผลาญพลังงานของมนุษย์ออกมา ซึ่งสร้างภาระเพิ่มขึ้นให้กับระบบปรับอากาศอีส่วนหนึ่ง ความร้อนที่เกิดจากผู้ใช้งานนั้นมี 2 รูปแบบ คือ ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และความร้อนแฝง (Latent Heat) มีสมการคำนวณดังนี้ (ASHRAE, 1989: 26.43)

1. **สมการคำนวณหาความร้อนสัมผัสจากคน** (Sensible Heat)

$$q_{p\text{-}sen} = N \times SHG_p \times CLF_p$$

เมื่อ $q_{p\text{-}sen}$ = ภาระการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

N = จำนวนคน (คน)

SHG_p = ความร้อนสัมผัสจากคน, มีหน่วยเป็น Btu/h ต่อคน

CLF_p = Cooling Load Factor ของคน (ASHRAE, 1989: 26.44)

2. **สมการคำนวณหาความร้อนแฝงจากคน** (Latent Heat)

$$q_{p\text{-}lat} = N \times LHG_p$$

เมื่อ $q_{p\text{-}lat}$ = ภาระการทำความเย็น, มีหน่วยเป็น Btu/h ในระบบ I-P

N = จำนวนคน (คน)

LHG_p = ค่าความร้อนแฝงจากคน, มีหน่วยเป็น Btu/h ต่อคน

ตารางที่ 3-3 แสดงค่า Sensible Heat Cooling Load Factor for People (ASHRAE, 1989: 26.44)

Total hours	Hours After Each Entry Into Space																							
in space	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21

3.3.8 กลุ่มตัวแปรประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (Air conditioner)

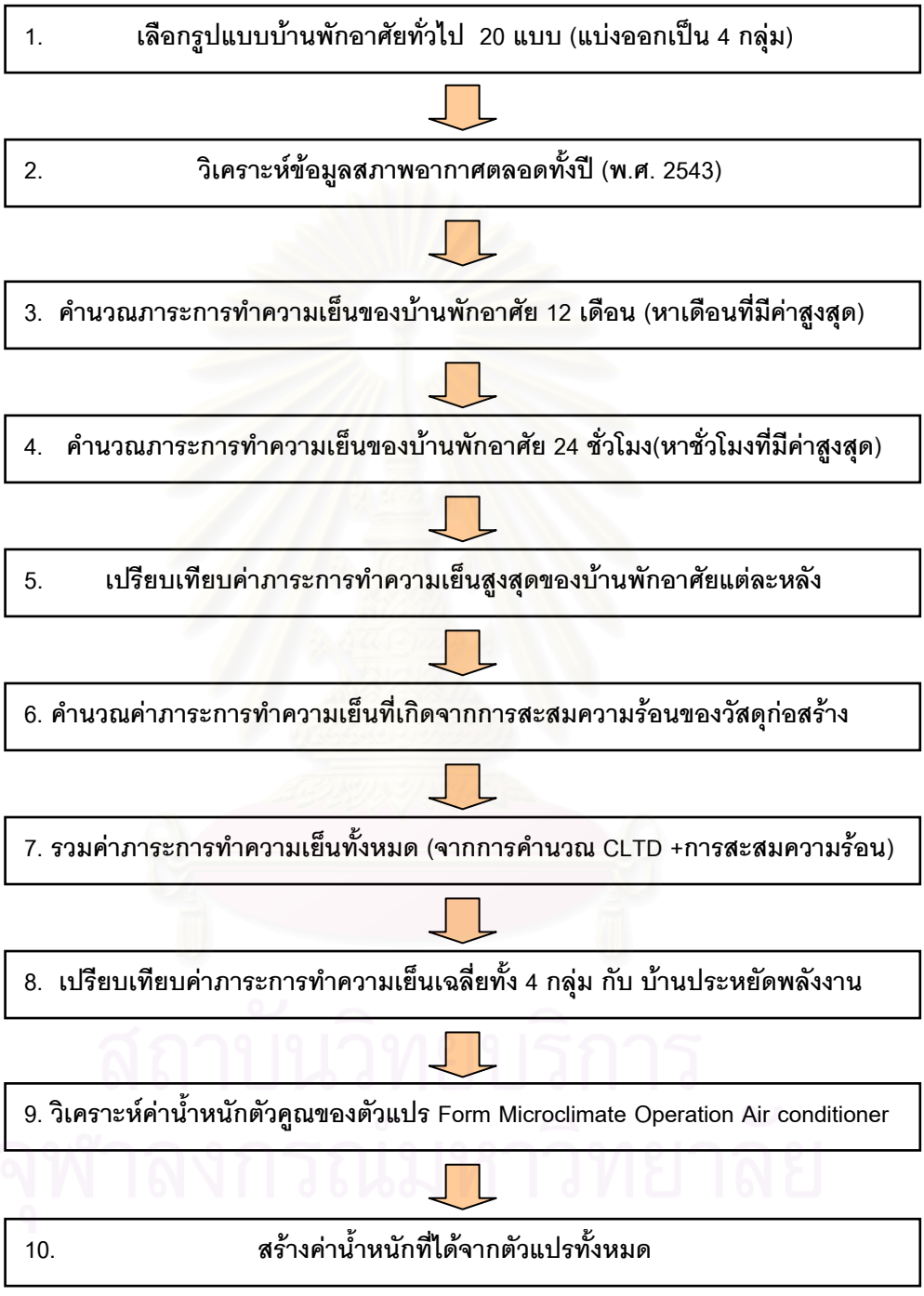
เครื่องปรับอากาศเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรง เพราะเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงจะมีอัตราการใช้พลังงานน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งในปัจจุบันสามารถที่จะพิจารณาได้จากตัวเครื่องปรับอากาศว่ามีเบอร์ประหยัดไฟฟ้าเท่าไหร่ ค่าของเบอร์ประหยัดไฟฟ้ายิ่งมากยิ่งมีประสิทธิภาพดี ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศจะวัดจากอัตราส่วนของพลังงานความเย็นที่ได้จากเครื่องปรับอากาศต่อพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศ ประสิทธิภาพนี้จะเป็นตัวที่จะบ่งชี้ถึงความสามารถในการทำงานว่าคุ่มค่ากับพลังงานที่ต้องสูญเสียไปในการทำความเย็นหรือไม่ ซึ่งในหลักการประหยัดพลังงานนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมากที่ต้องคำนึงถึง สามารถคำนวณได้จากสมการนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{พลังงานความเย็นที่ได้จากเครื่องปรับอากาศ}}{\text{พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศ}}$$

ตารางที่ 3-4 แสดงระดับประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 156)

ระดับประสิทธิภาพ	กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	COP	EER
เบอร์ 5	1.13	2.26	3.10 ขึ้นไป	10.6 ขึ้นไป
เบอร์ 4	1.25	2.50	ตั้งแต่ 2.80 แต่ไม่ถึง 3.10	ตั้งแต่ 9.6 แต่ไม่ถึง 10.6
เบอร์ 3	1.40	2.79	ตั้งแต่ 2.50 แต่ไม่ถึง 2.80	ตั้งแต่ 8.6 แต่ไม่ถึง 9.6
เบอร์ 2	1.58	3.16	ตั้งแต่ 2.20 แต่ไม่ถึง 2.50	ตั้งแต่ 7.6 แต่ไม่ถึง 8.6
เบอร์ 1	1.82	3.64	ต่ำกว่า 2.20	ต่ำกว่า 7.6

3.4 ขั้นตอนการหาค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปร



ภาพที่ 3-7 แสดงขั้นตอนการหาค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปร

3.5 การคำนวณค่าน้ำหนักภาระการทำความเย็นของแต่ละตัวแปร

การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัย เพื่อหาค่าน้ำหนักในการประเมินค่าภาระการทำความเย็นว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุดและน้อยที่สุด และในแต่ละตัวแปรมีค่าน้ำหนักในการสร้างภาระการทำความเย็นในสัดส่วนที่มากหรือน้อยเพียงใด โดยการคำนวณด้วยวิธี CLTD ส่วนประกอบพื้นฐานที่นำมาใช้คำนวณนั้น จะประกอบด้วย แบบของบ้านพักอาศัย และสภาพอากาศภายนอกอาคาร สามารถแสดงรายละเอียดในแต่ละส่วนได้ดังนี้

3.5.1 การวิเคราะห์เลือกรูปแบบบ้านพักอาศัย

การวิเคราะห์อัตราการใช้พลังงานในอาคารระบบปรับอากาศ ได้ทำการวิเคราะห์คำนวณค่าปริมาณภาระการทำความเย็นทั้งหมดของอาคารพักอาศัยปรับอากาศ โดยการเลือกรูปแบบของอาคารพักอาศัยแต่ละชนิดมาวิเคราะห์ปริมาณพลังงาน เพื่อหาอัตราส่วนของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นทั้งหมด รูปแบบของอาคารที่นำมาวิเคราะห์เป็นอาคารพักอาศัยที่มีรูปแบบและมีการใช้งานกันทั่วไป มีขนาดของพื้นที่การใช้งานที่แตกต่างต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์จึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มคือ

- **กลุ่มที่** 1 บ้านพักอาศัยปรับปรุงวัสดุ มีพื้นที่ใช้สอยภายในไม่เกิน 400 ตารางเมตร
- **กลุ่มที่** 2 บ้านพักอาศัยขนาดเล็ก มีพื้นที่ใช้สอยภายในไม่เกิน 100 ตารางเมตร
- **กลุ่มที่** 3 บ้านพักอาศัยขนาดปานกลาง มีพื้นที่ใช้สอยภายใน 101 – 200 ตารางเมตร
- **กลุ่มที่** 4 บ้านพักอาศัยขนาดใหญ่ มีพื้นที่ใช้สอยภายใน 201 – 400 ตารางเมตร

จากการคัดเลือกรูปแบบของบ้านพักอาศัยที่จะนำมาเป็นตัวแทนในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น โดยเลือกรูปแบบบ้านพักอาศัยที่มีพื้นที่ใช้สอยภายในที่แตกต่างกัน มีวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันทั่วไป ในการจัดกลุ่มของบ้านพักอาศัยจะจัดกลุ่มตามขนาดของพื้นที่การใช้งานภายในที่สามารถทำการปรับอากาศได้ แสดงรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ลำดับ	แบบบ้าน	A Opaque ft^2	A Glass ft^3	A Roof ft^4	A Floor ft^5	พื้นที่ใช้งาน ft^6	พื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้งาน	Ua/Area Btu/h. ^0F
1	บ้านกรมโยธา แบบประหยัด 2 (ปรับปรุง)	777.5	134.5	886.6	571.4	571.4	4.1	2.16
2	บ้านเดี่ยวเรือนเล็ก (ปรับปรุง)	855.4	231.3	994.2	581.0	581.0	4.6	2.37
3	บ้านลอยชายชั้นครึ่ง (ปรับปรุง)	1272.4	122.7	871.6	860.8	860.8	3.6	2.04
4	บ้านกรมโยธา แบบประหยัด 3 (ปรับปรุง)	1596.2	131.4	774.7	377.5	706.0	4.1	1.59
5	บ้านเดี่ยวเบิกบาน (ปรับปรุง)	1468.7	414.3	1721.6	1571.0	1571.0	3.3	2.06
6	บ้านกรมโยธา แบบประหยัด 2	777.5	134.5	886.6	571.4	571.4	4.1	2.83
7	บ้านเดี่ยวเรือนเล็ก	855.4	231.3	994.2	581.0	581.0	4.6	3.51
8	บ้านลอยชายชั้นครึ่ง	1272.4	122.7	871.6	860.8	860.8	3.6	2.97
9	บ้านกรมโยธา แบบประหยัด 3	1596.2	131.4	774.7	377.5	706.0	4.1	2.64
10	บ้านเรนโบว์	1941.6	358.3	1291.2	505.7	1102.9	3.7	2.62
11	บ้านเดี่ยวเบิกบาน	1468.7	414.3	1721.6	1571.0	1571.0	3.3	2.76
12	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง	2693.4	291.4	2797.6	492.8	1133.0	5.5	3.14
13	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ	4291.1	296.4	2776.1	930.7	1425.7	5.8	3.59
14	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้	5476.8	200.1	2259.6	1113.7	1517.2	6.0	3.82
15	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน	2101.4	340.0	2350.0	640.2	1092.1	5.0	3.24
16	บ้านลดาวารี	2817.4	389.5	2797.6	946.9	2076.7	3.3	2.40
17	บ้านวรรณวนา	3572.3	383.1	2388.7	1633.4	2814.3	2.8	2.22
18	บ้านปาล์มเมอร์	2738.4	414.3	2044.4	1371.9	2684.6	2.4	1.95
19	บ้านพักโมเดิร์น	3059.6	488.5	2353.2	1571.0	2746.5	2.7	2.34
20	บ้านสองชั้นทราสฟอร์ม	2359.7	1236.3	1345.0	1345.0	2690.0	2.3	2.18

ตารางที่ 3-5 แสดงรายละเอียดของบ้านที่นำมาคำนวณค่าภาระการทำความเย็น

(แบบบ้านพักอาศัยประกอบการคำนวณแสดงอยู่ในภาคผนวก)

การคำนวณภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัย โดยการเลือกแบบบ้านที่มีการออกแบบด้วยวัสดุก่อสร้างต่างๆ และได้ทำการคำนวณตัวแปรที่สร้างภาระการทำความเย็นกับอาคารตามวิธีของ CLTD โดยแบ่งกลุ่มการคำนวณออกเป็น 8 กลุ่ม คือ

กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายนอกอาคาร

1. การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของหลังคา
2. การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของผนัง
3. การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของกระจก
4. การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของพื้น
5. การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในส่วนการรั่วซึมของอากาศ

กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร

6. การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของความร้อนที่เกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้า
7. การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟฟ้า
8. การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของผู้ใช้อาคาร

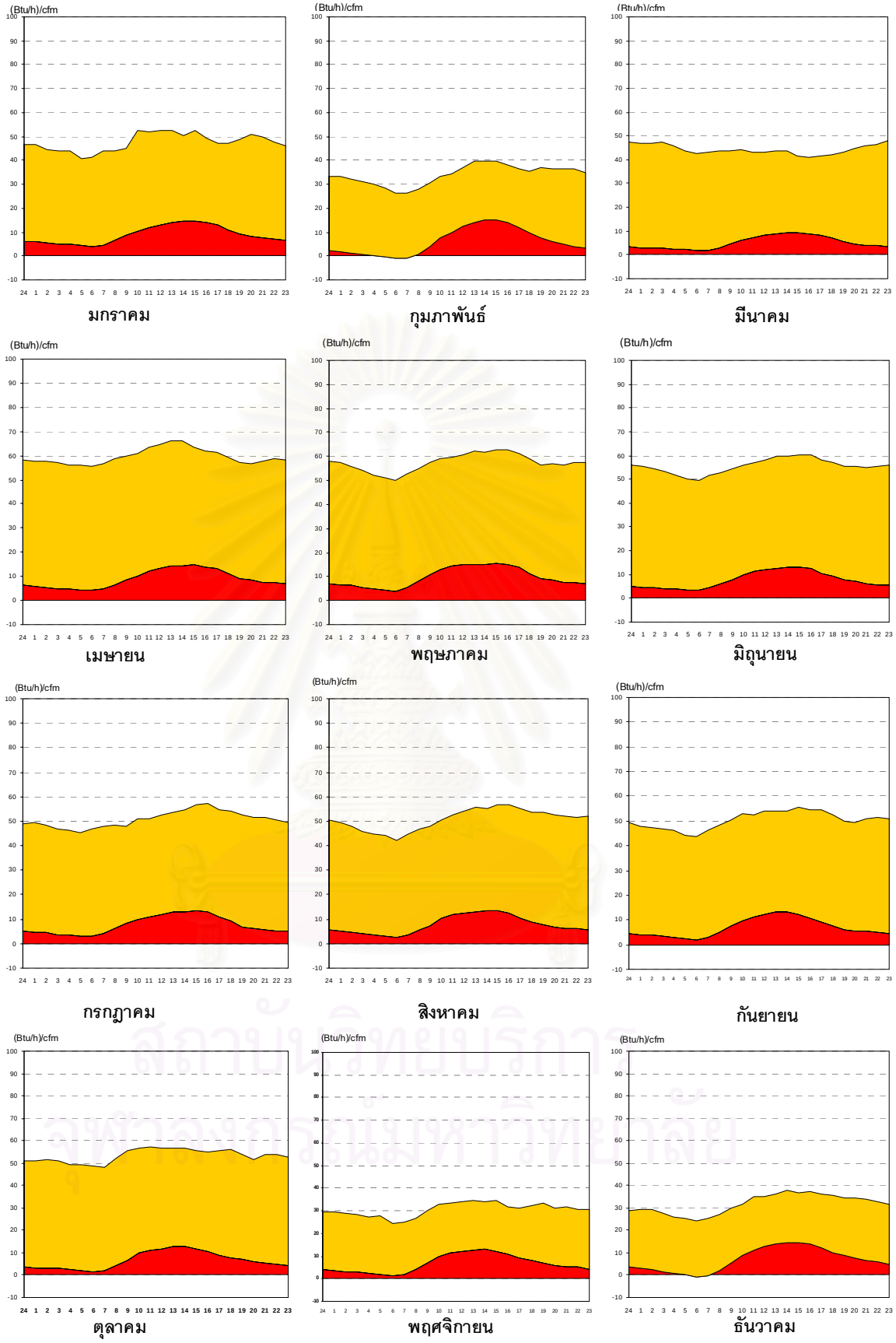
การวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาอัตราส่วนภาระการทำความเย็นของบ้านแต่ละหลัง โดยคำนวณภาระการทำความเย็นใน 8 ตัวแปรข้างต้นของบ้านพักอาศัยทั้ง 20 แบบ ในละเดือนในรอบ 1 ปี เพื่อหาเดือนที่มีค่าภาระการทำความเย็นสูงที่สุด แล้วทำการคำนวณภาระการทำความเย็นในรอบ 1 วัน (24 ชั่วโมง) เพื่อค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของบ้านพักอาศัยทั้ง 20 หลัง

3.5.2 การวิเคราะห์สภาพอากาศที่ใช้ประกอบการคำนวณ

การนำข้อมูลของสภาพอากาศที่นำมาประกอบการคำนวณ ได้นำข้อมูลสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยากรุงเทพมหานครประจำปี พ.ศ. 2543 มาใช้ ในข้อมูลชุดนี้เป็นข้อมูลที่มีความครบถ้วนในการตรวจวัดสภาพอากาศ ความชื้น และความเร็วลมในแต่ละทิศทาง ซึ่งเหมาะในการนำมาวิเคราะห์คำนวณค่าภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัย ในการคำนวณด้วยวิธี CLTD จำเป็นต้องใช้ข้อมูลของสภาพอากาศจริงตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อทำให้สามารถวิเคราะห์ค่าภาระการทำความเย็นในแต่ละรายชั่วโมงได้

3.5.2.1 การวิเคราะห์ค่าเอนทัลปีของสภาพอากาศ

สภาพอากาศของ ปี พ.ศ. 2543 เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าเอนทัลปี (Enthalpy) ในแต่ละเดือน พบว่าเดือนที่มีค่าเอนทัลปีสูงที่สุดคือเดือนเมษายน และเดือนที่มีค่าเอนทัลปีต่ำที่สุดคือเดือนพฤศจิกายน ซึ่งค่าเอนทัลปีนี้จะเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงค่าพลังงานที่ต้องใช้ในการสร้างสภาวะน่าสบายในอาคารปรับอากาศ



แผนภูมิที่ 3-1 แสดงค่าเอนทัลปีในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2543

3.5.2.2 การวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกของ CLTD

จากการคำนวณด้วยวิธีของ CLTD ทั้งในส่วนของสมการคำนวณหลังคา และในสมการคำนวณของผนัง ค่าของอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ใช้ในการคำนวณเป็นค่าที่มีการจำกัดไว้ในสมการ (t_o – 85)

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

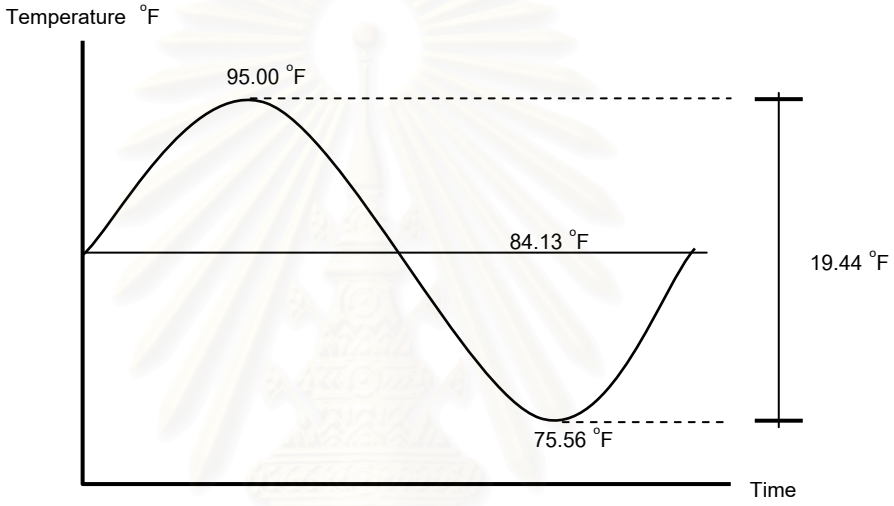
$$CLTD_{wall} = (CLTD + LM)K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

(ASHRAE, 1989: 26.34) สมการอุณหภูมิอากาศภายนอกนี้สามารถใช้ได้กับอุณหภูมิอากาศภายนอกที่สูงที่สุดคือ 95 องศาฟาเรนไฮต์ (35 องศาเซลเซียส) และค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 85 องศาฟาเรนไฮต์ (29.44 องศาเซลเซียส) โดยที่อุณหภูมิอากาศภายนอกนั้นมีการเปลี่ยนแปลง 21 องศาฟาเรนไฮต์ (11.66 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 3-6 แสดงอุณหภูมิอากาศภายนอกของปี 2543 ที่นำมาใช้ประกอบการคำนวณ

เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย ^0F	อุณหภูมิสูงสุด ^0F	อุณหภูมิต่ำสุด ^0F	อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ^0F
มกราคม	86.68	95.00	79.34	15.66
กุมภาพันธ์	82.51	90.86	75.92	14.94
มีนาคม	85.54	92.66	80.24	12.42
เมษายน	85.18	90.68	80.78	9.90
พฤษภาคม	85.84	91.22	80.60	10.62
มิถุนายน	84.07	88.88	80.06	8.82
กรกฎาคม	83.89	89.24	79.70	9.54
สิงหาคม	84.02	89.42	79.16	10.26
กันยายน	83.29	89.06	78.80	10.26
ตุลาคม	83.08	89.06	78.44	10.62
พฤศจิกายน	82.19	88.88	75.56	13.32
ธันวาคม	83.29	90.50	76.28	14.22
ค่าเฉลี่ย	**84.13**	**95.00**	**75.56**	**19.44**

จากตารางที่ 3-4 พบว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของปี 2543 คือ 84.13 องศาฟาเรนไฮต์ อุณหภูมิอากาศสูงสุดที่ 95.00 องศาฟาเรนไฮต์ และอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง คือ 19.44 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการนำอุณหภูมิอากาศของปี 2543 สามารถนำมาใช้คำนวณในสมการของ CLTD ในส่วนค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอก คือ (t_o – 85) ตามสมการคำนวณได้

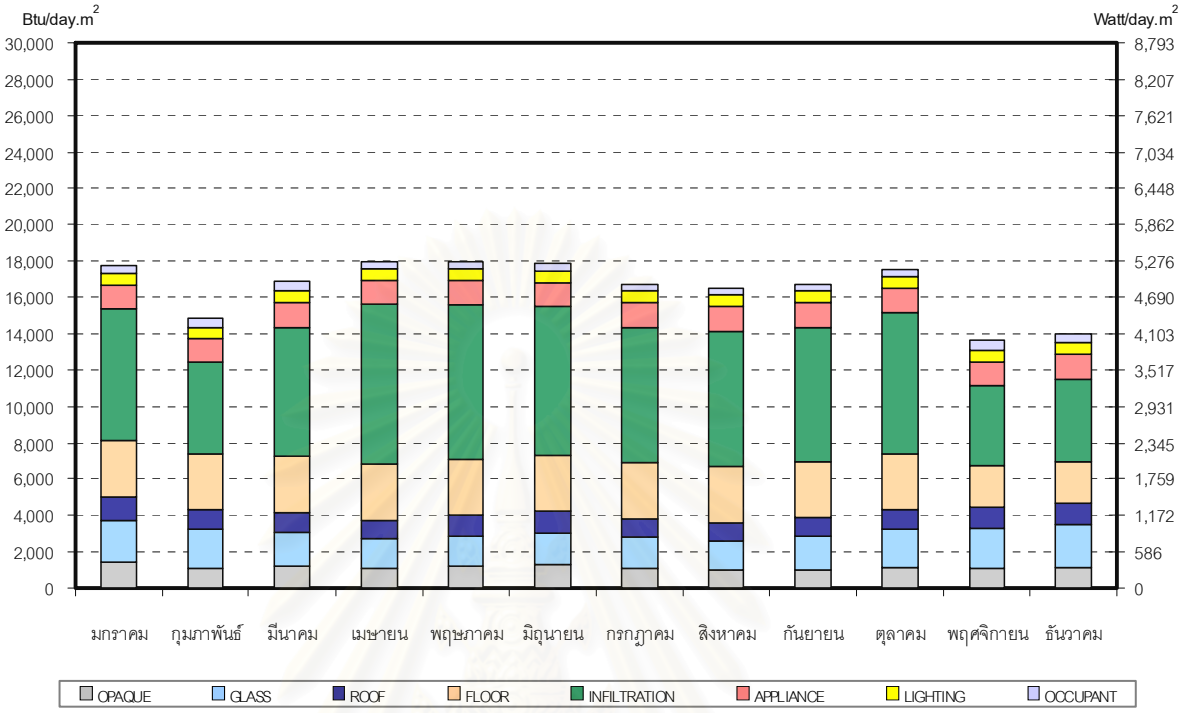


ภาพที่ 3-8 แสดงอุณหภูมิอากาศของปี 2543 ที่ประกอบการคำนวณ CLTD

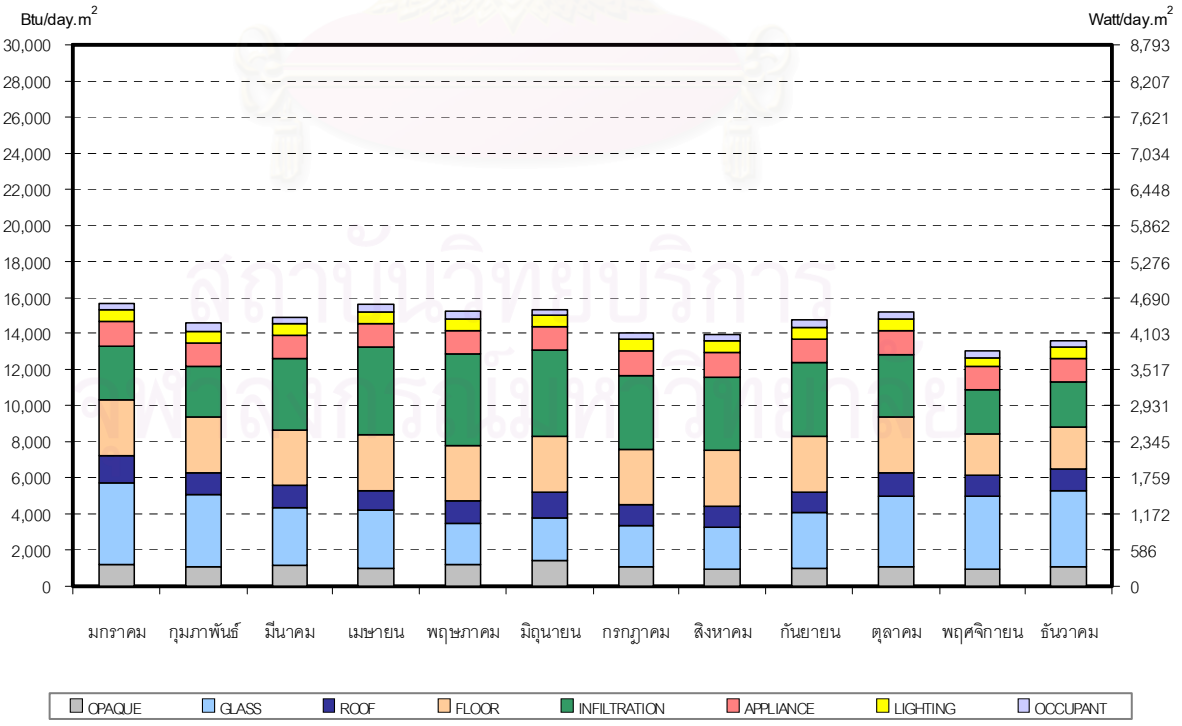
3.5.3 การคำนวณภาระการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ใน 1 ปี

ในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของแต่ละตัวแปร ได้ทำการจัดกลุ่มของบ้านพักอาศัยออกเป็น 4 กลุ่ม เพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์ จากผลการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัยทั้ง 20 หลังใน 1 ปี แสดงผลได้ดังนี้

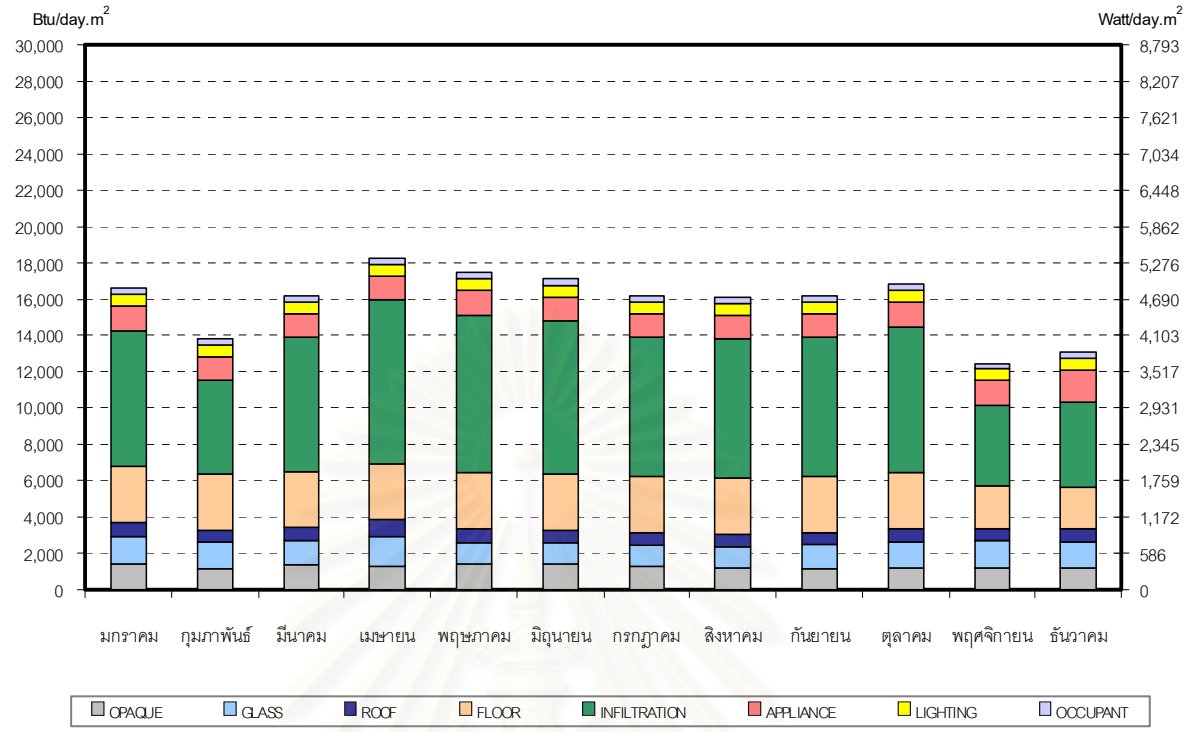
3.5.3.1 กลุ่มบ้านพักอาศัยที่ปรับปรุงวัสดุก่อสร้าง



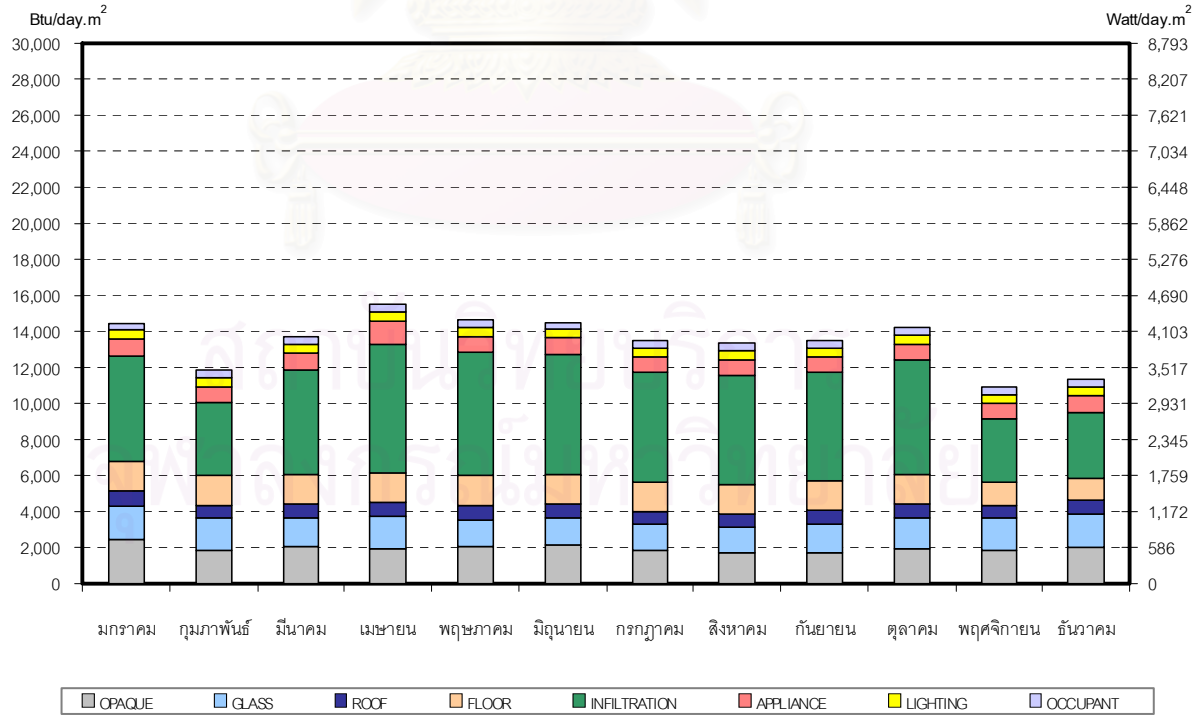
แผนภูมิที่ 3-2 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวแบบประหยัด 2 ,53 ตารางเมตร (ปรับปรุงวัสดุ)



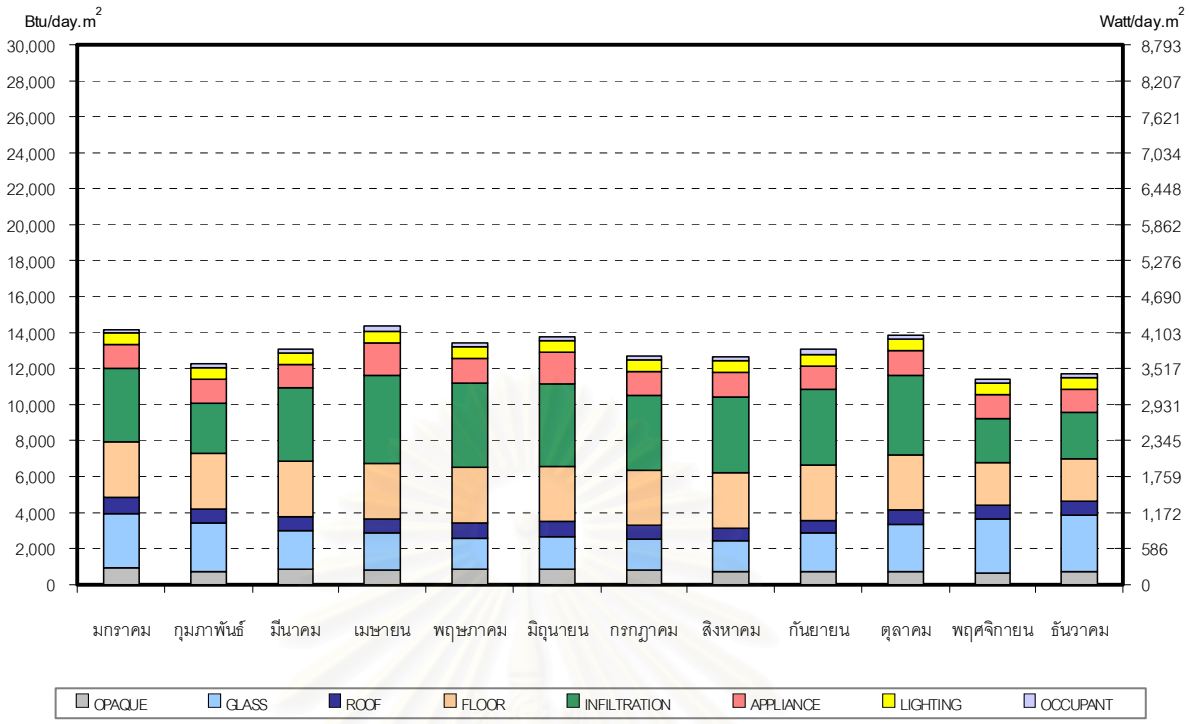
แผนภูมิที่ 3-3 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเรือนเล็ก 54 ตารางเมตร (ปรับปรุงวัสดุ)



แผนภูมิที่ 3-4 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวลอยชาย 80 ตารางเมตร (ปรับปรุงวัสดุ)

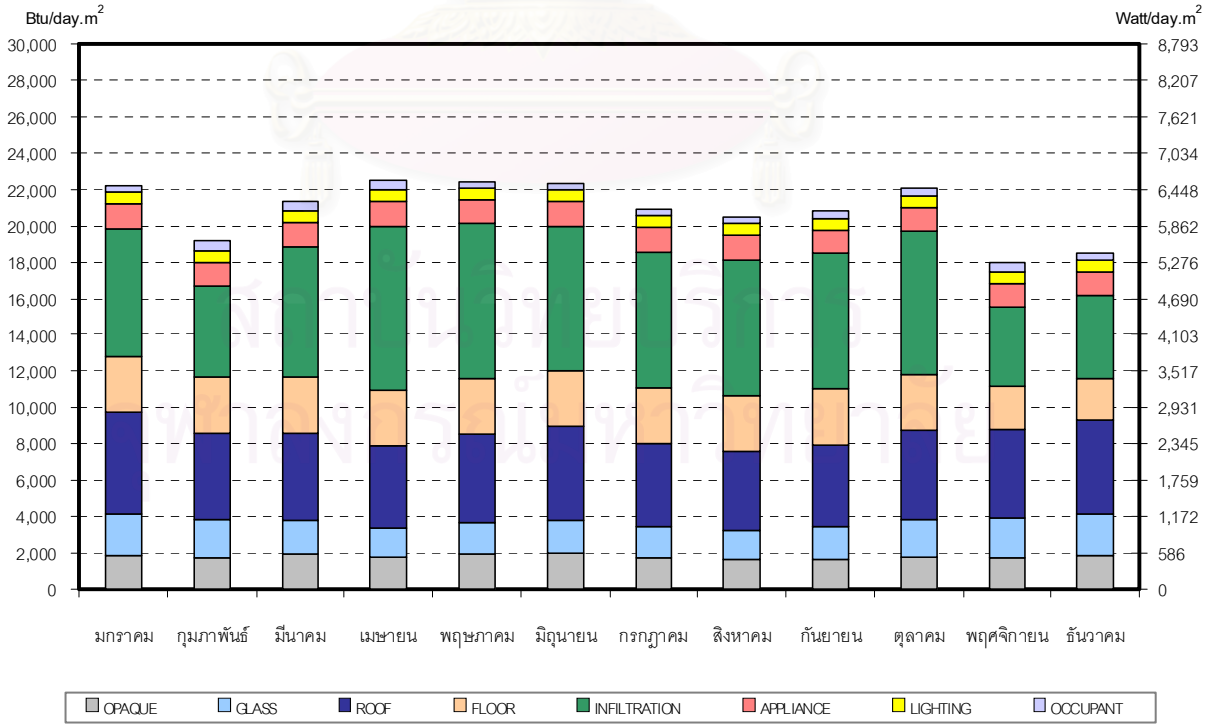


แผนภูมิที่ 3-5 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยว 2 ชั้นแบบประหยัด 3, 65.6 ตารางเมตร (ปรับปรุงวัสดุ)

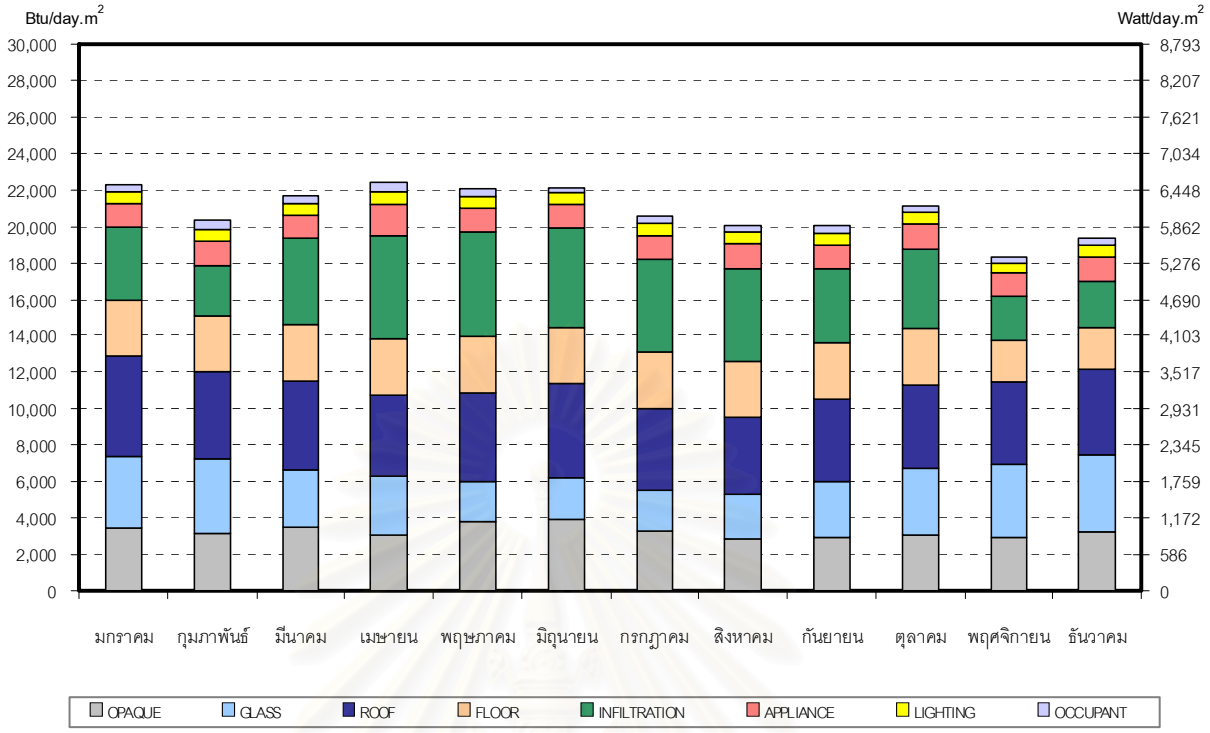


แผนภูมิที่ 3-6 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเบิกบาน 146 ตารางเมตร (ปรับปรุงวัสดุ)

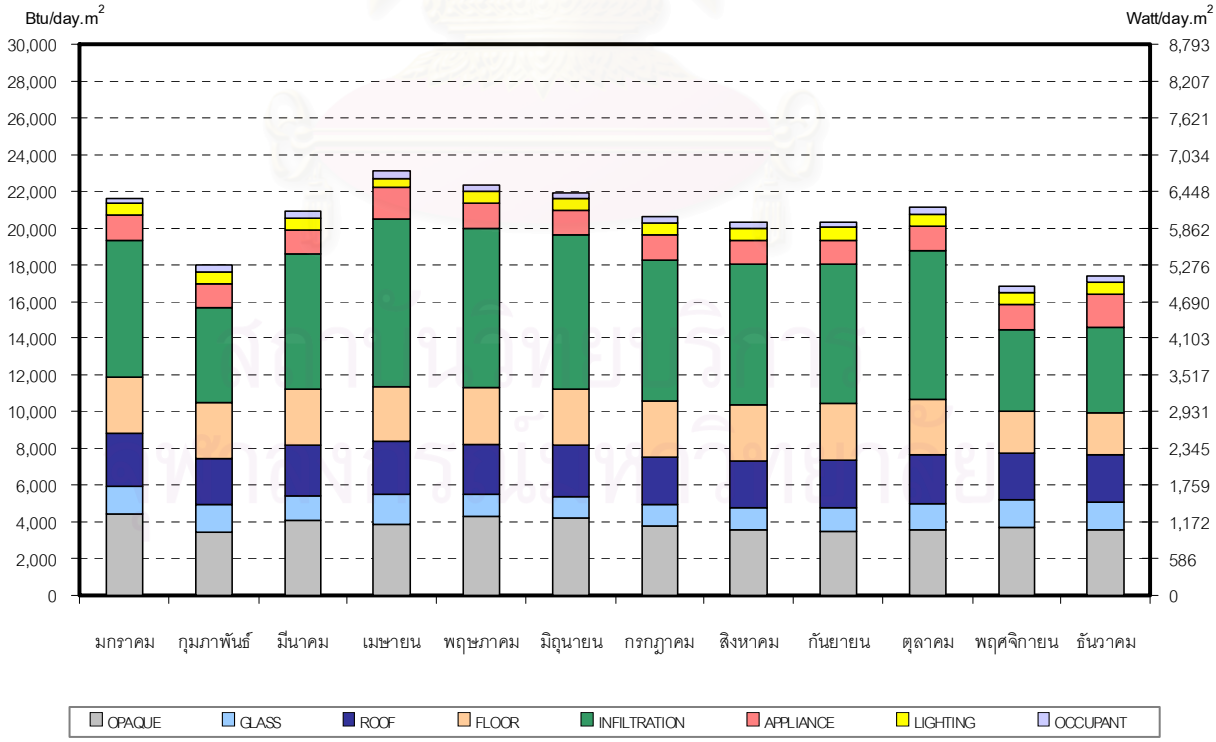
3.5.3.2 กลุ่มบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก พื้นที่การใช้งานภายใน ไม่เกิน 100 ตร.ม.



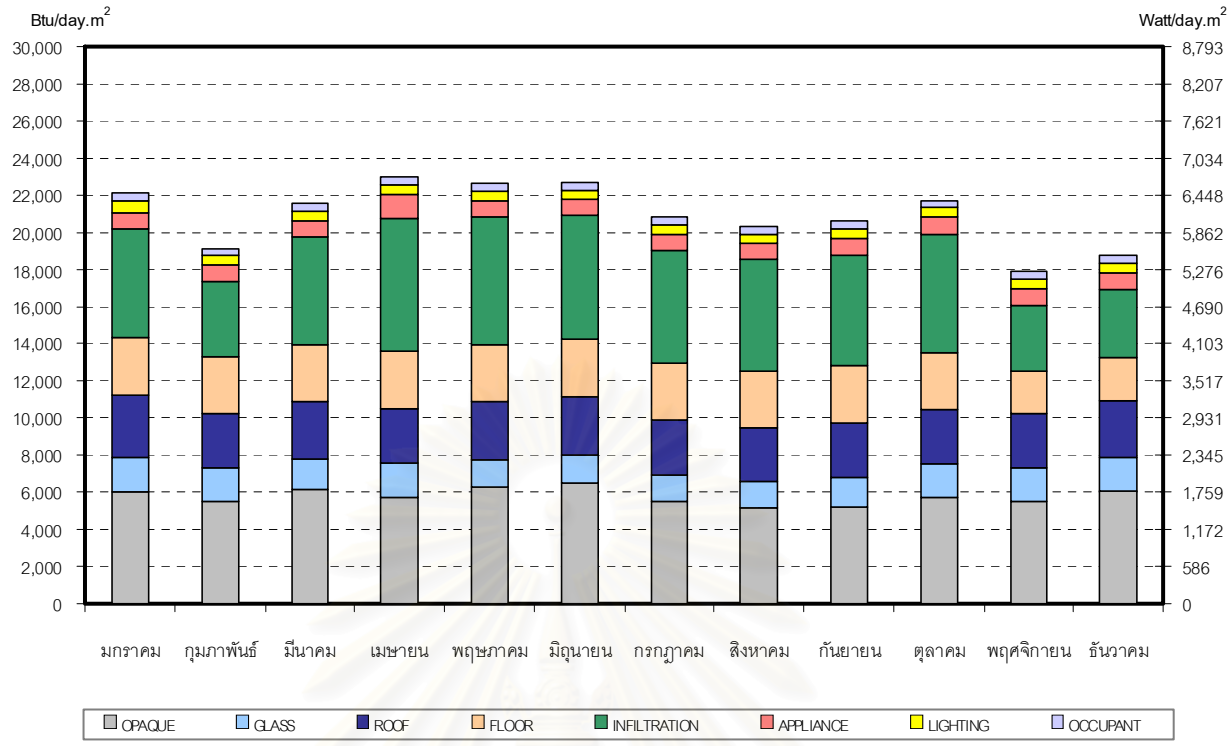
แผนภูมิที่ 3-7 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวแบบประหยัด 2, 53 ตารางเมตร



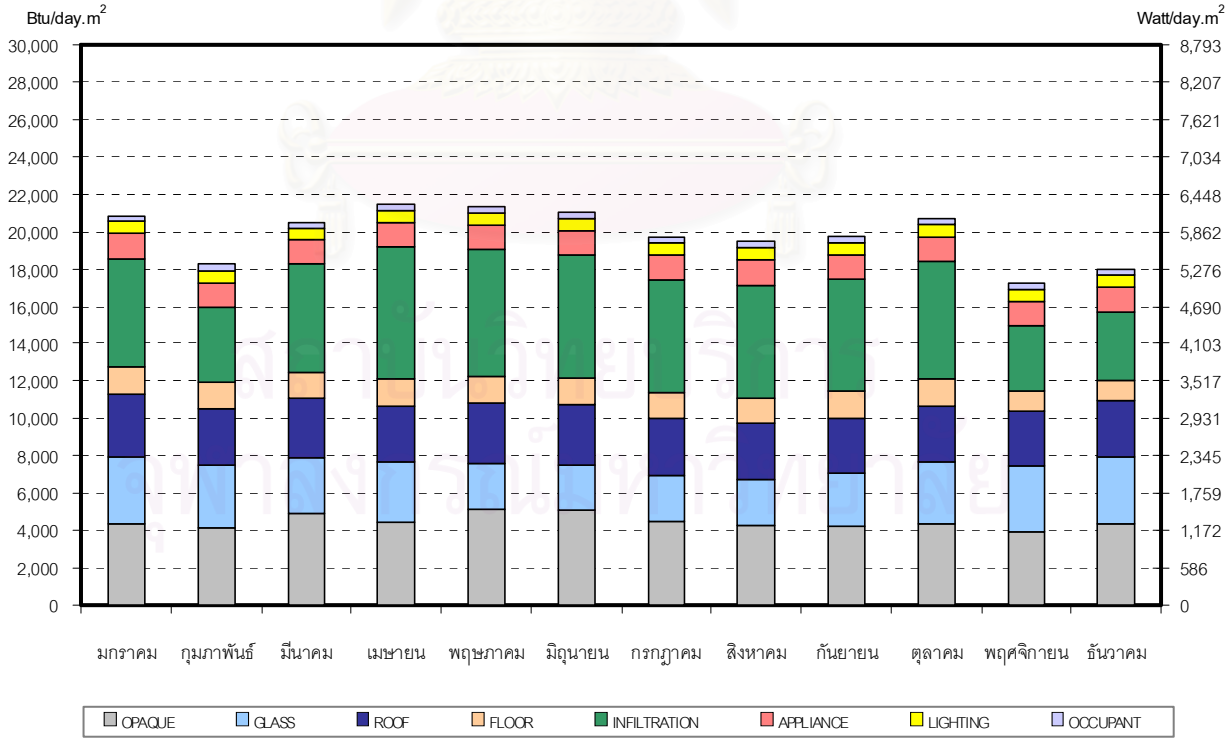
แผนภูมิที่ 3-8 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเรือนเล็ก 54 ตารางเมตร



แผนภูมิที่ 3-9 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวลอยชายชั้นครึ่ง 80 ตารางเมตร

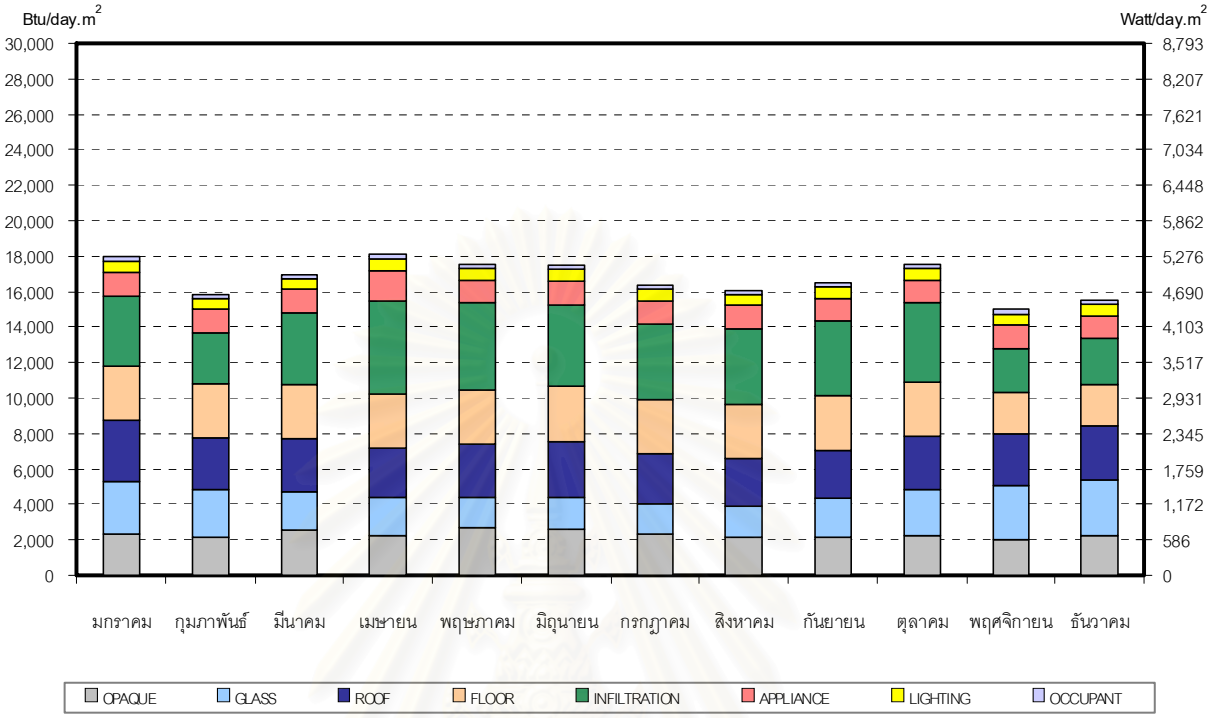


แผนภูมิที่ 3-10 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวแบบประหยัด 3, 65.6 ตารางเมตร

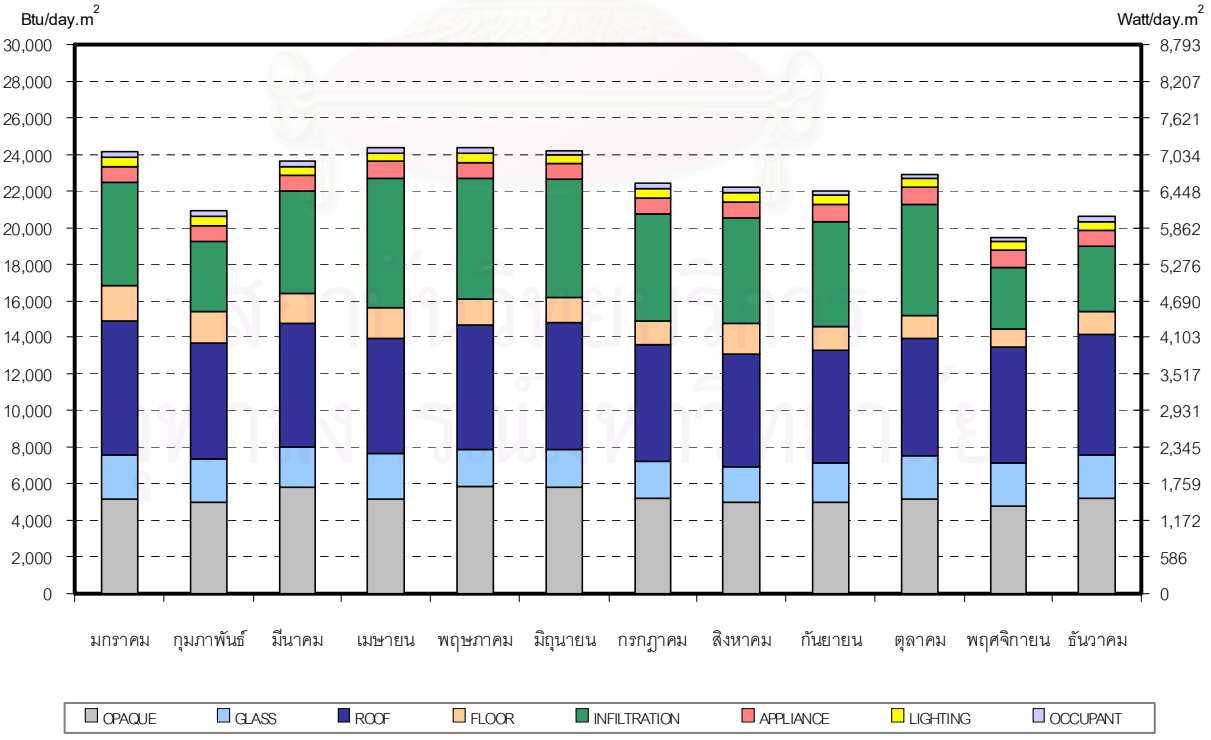


แผนภูมิที่ 3-11 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น เรนโบว์ 102.25 ตารางเมตร

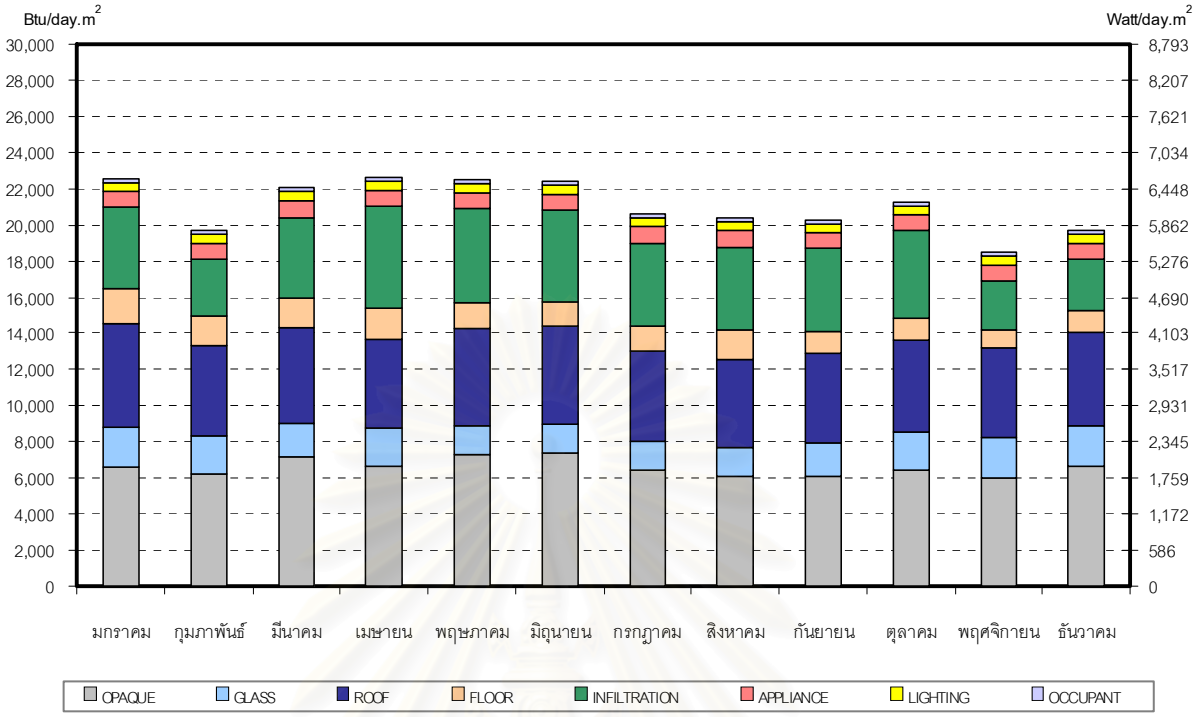
3.5.3.3 กลุ่มบ้านพักอาศัยขนาดกลาง พื้นที่การใช้งานภายใน 101 - 200 ตร.ม.



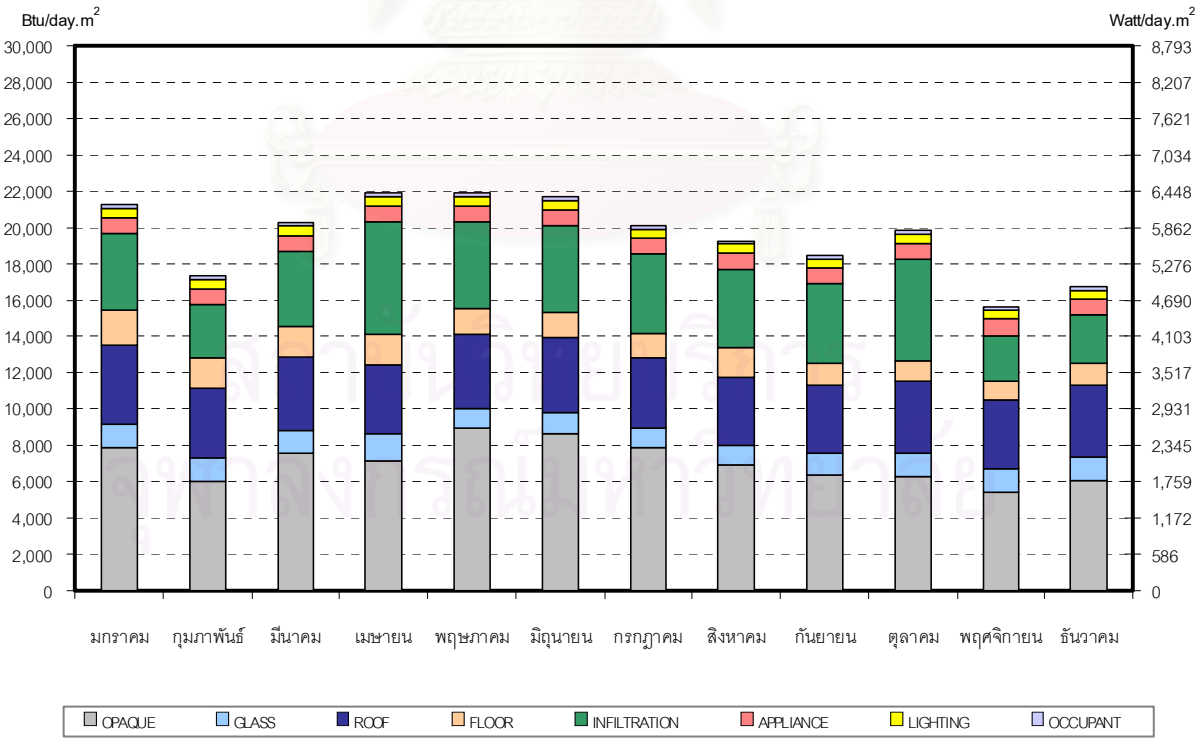
แผนภูมิที่ 3-12 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเบิกบาน 146 ตารางเมตร



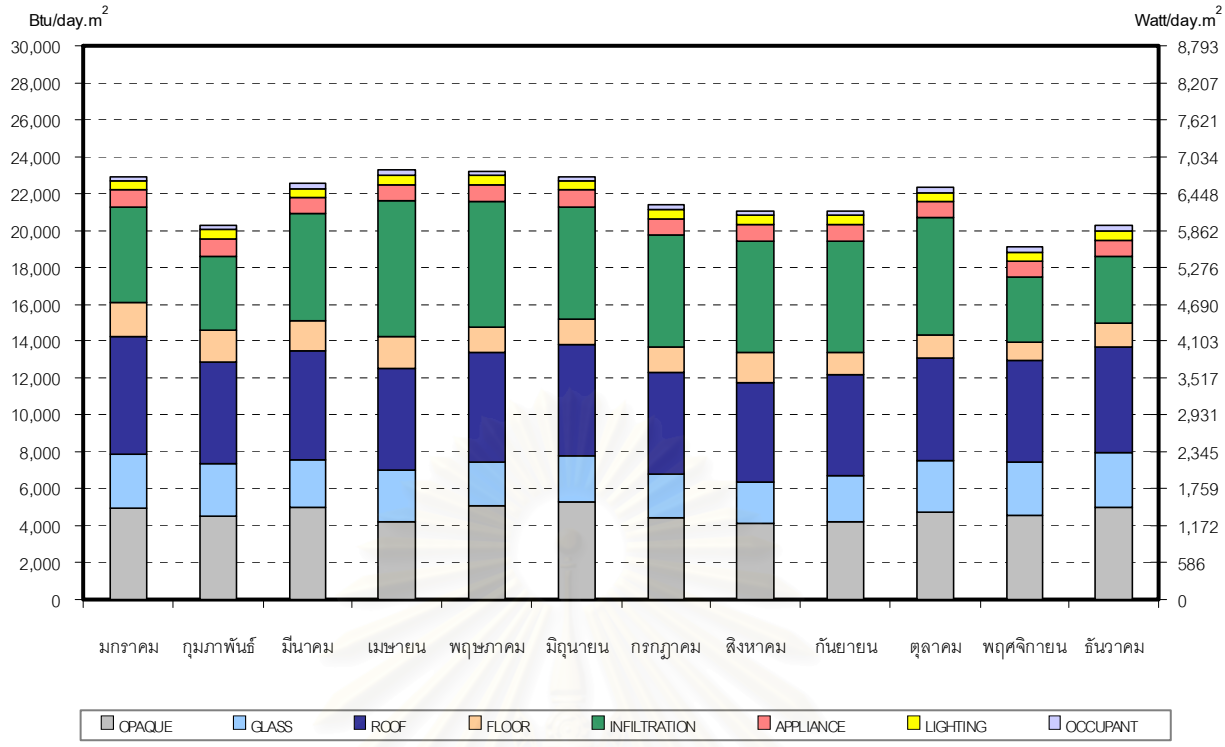
แผนภูมิที่ 3-13 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคกลาง 105.3 ตารางเมตร



แผนภูมิที่ 3-14 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคเหนือ 132.5 ตารางเมตร

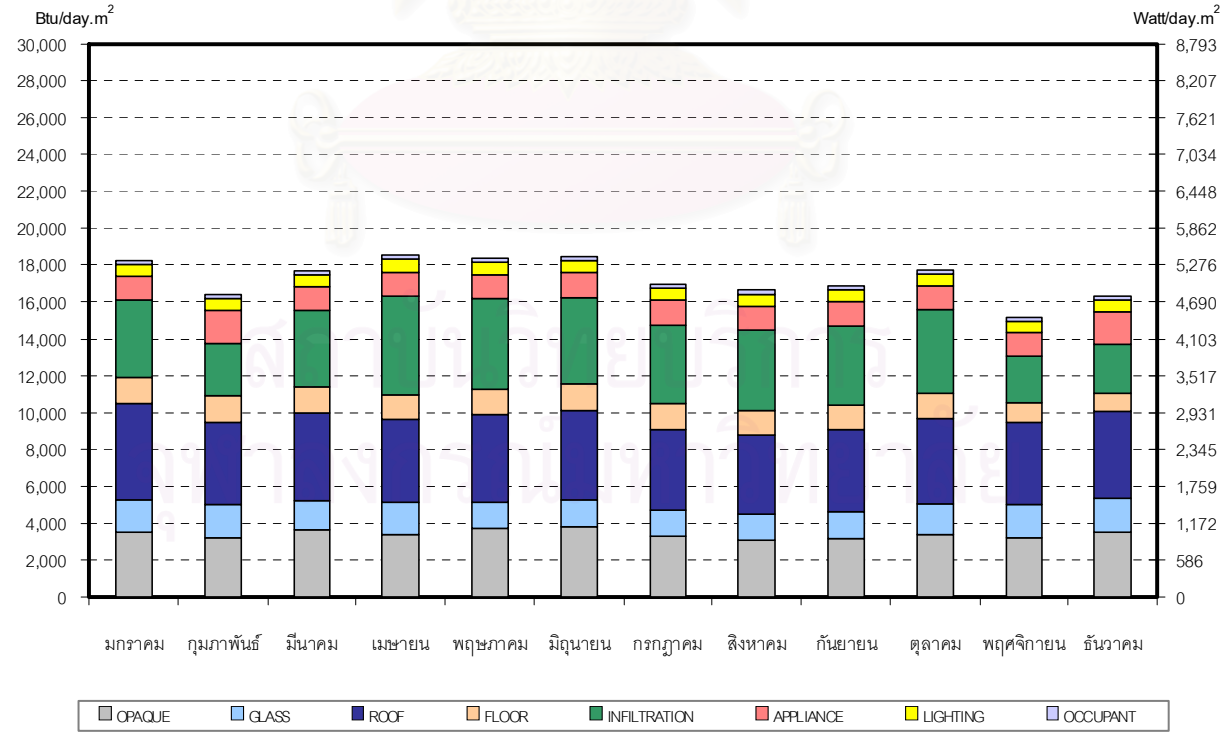


แผนภูมิที่ 3-15 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคใต้ 141 ตารางเมตร

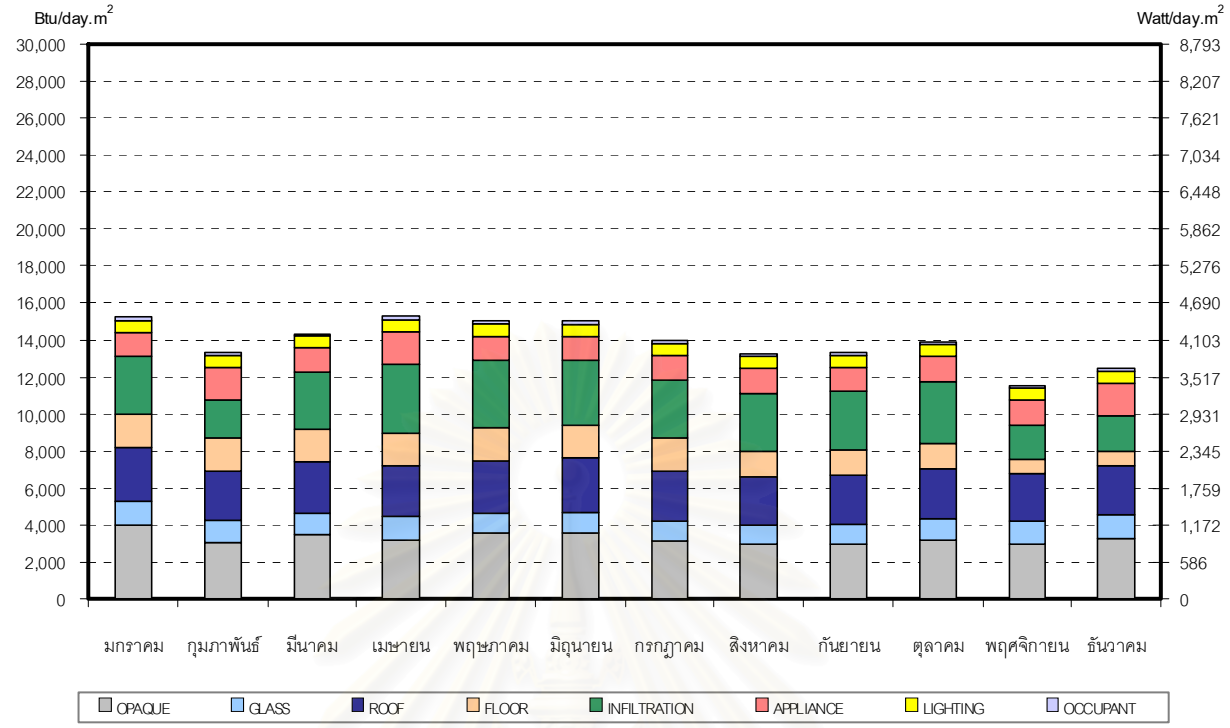


แผนภูมิที่ 3-16 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคอีสาน 101.5 ตารางเมตร

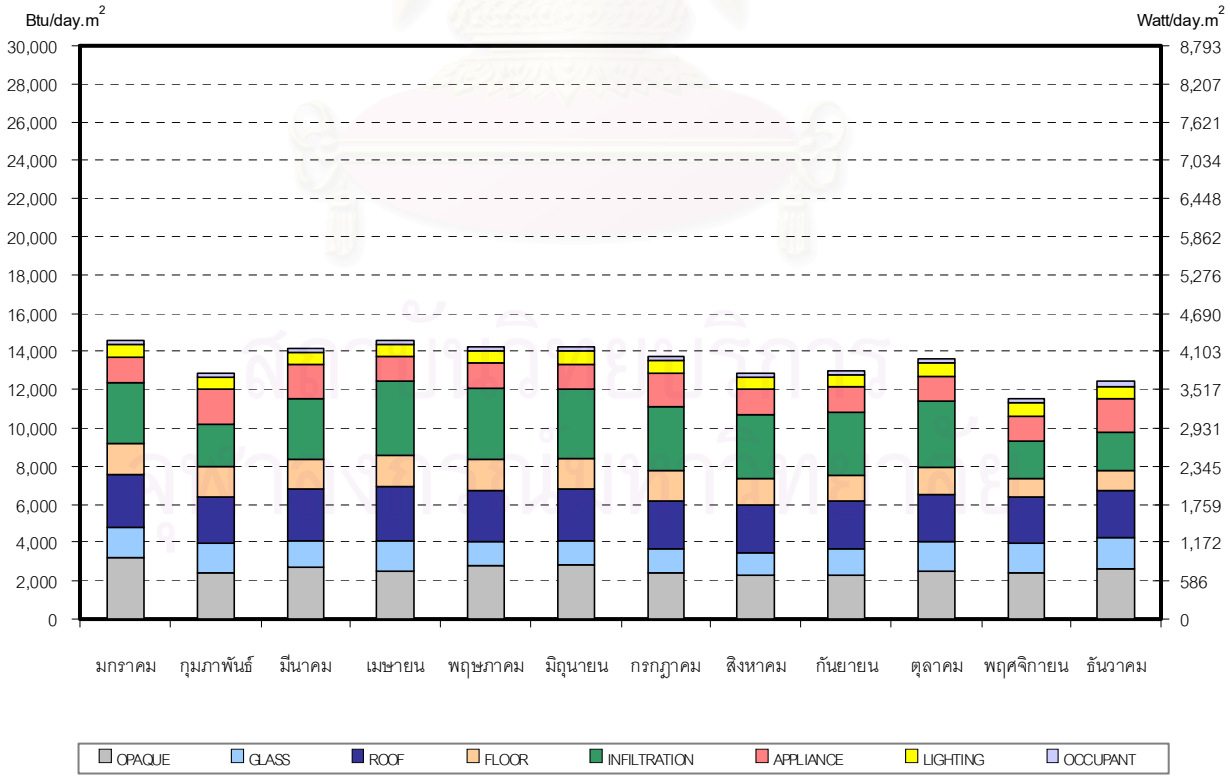
3.5.3.4 กลุ่มบ้านพักอาศัยขนาดใหญ่ พื้นที่การใช้งานภายใน 201-400 ตร.ม.



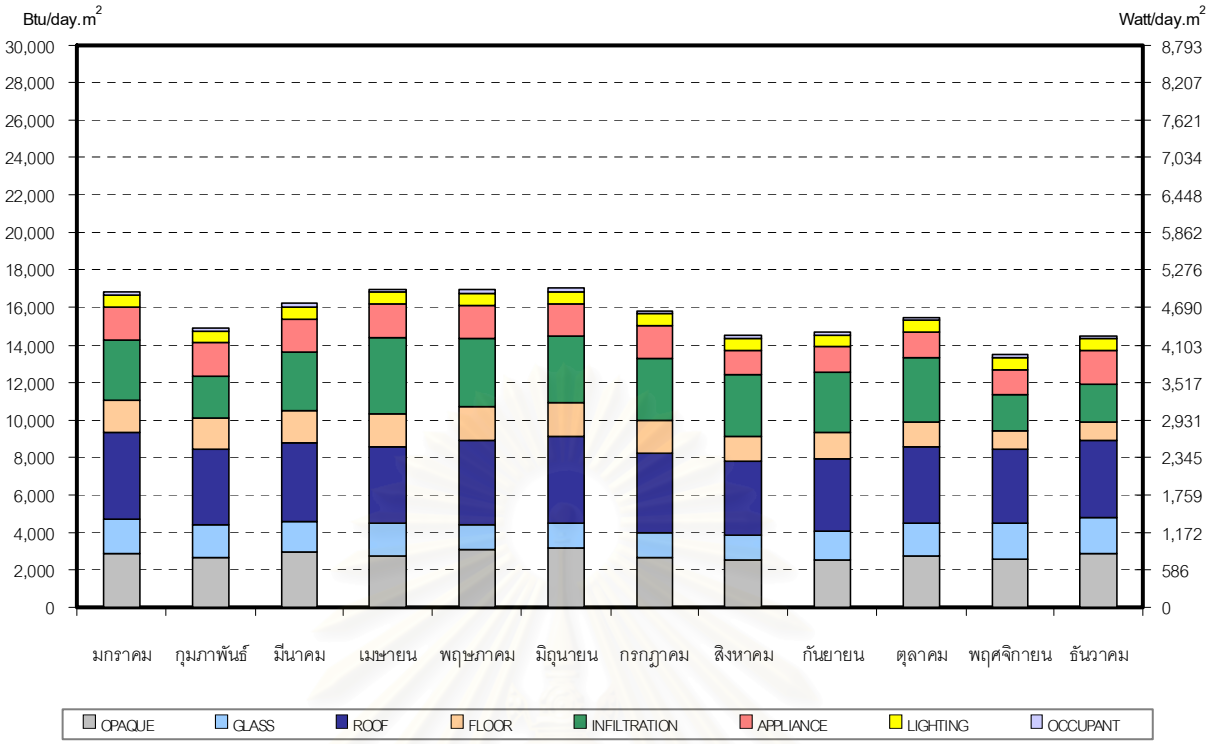
แผนภูมิที่ 3-17 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ลดาวารี 193 ตารางเมตร



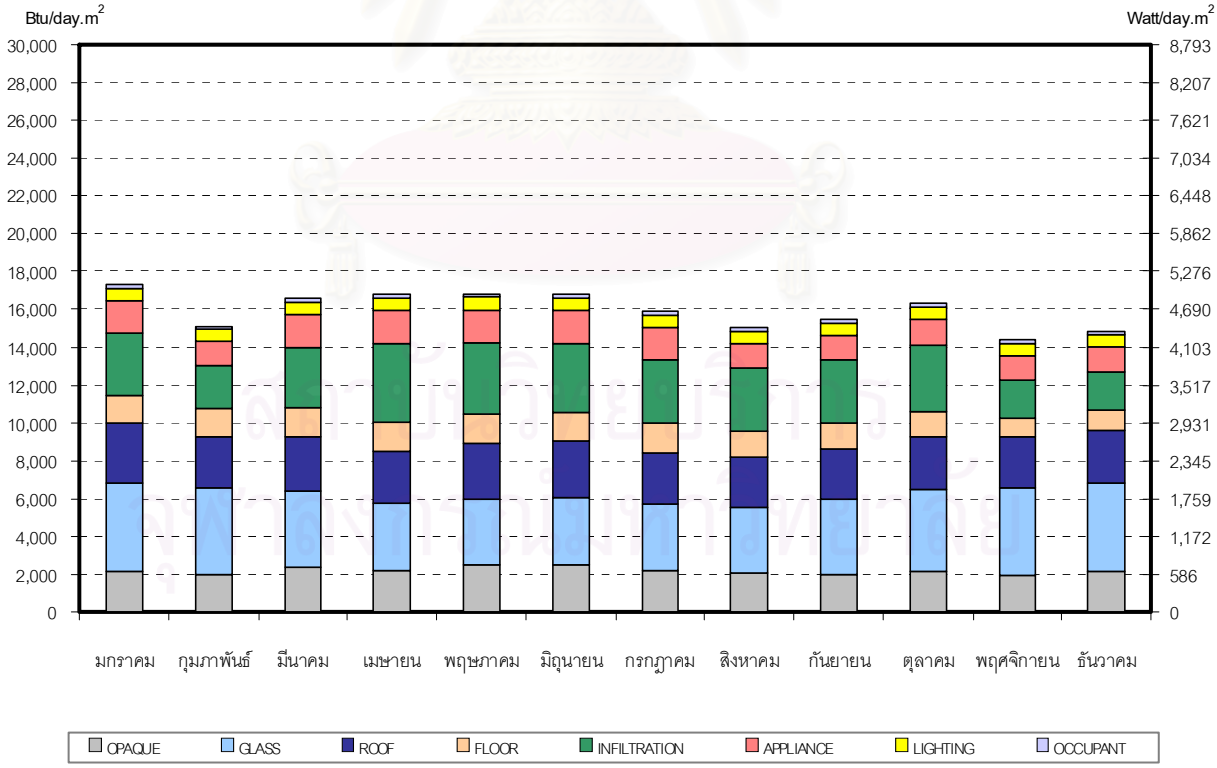
แผนภูมิที่ 3-18 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น วรรณวนา 261.5 ตารางเมตร



แผนภูมิที่ 3-19 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ปาล์มเมอร์ 249.5 ตารางเมตร



แผนภูมิที่ 3-20 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น โมเดิร์น 255.25 ตารางเมตร



แผนภูมิที่ 3-21 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ทรานสฟอร์ม 250 ตารางเมตร

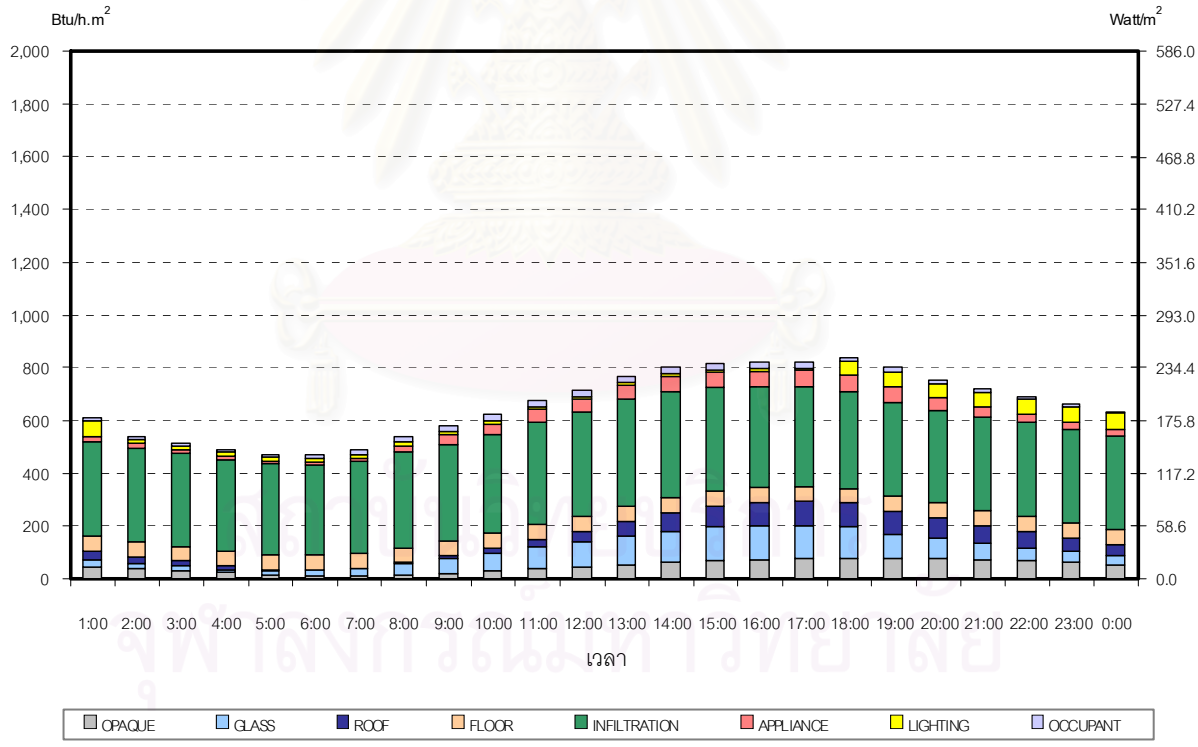
จากผลการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในแต่ละเดือน โดยนำข้อมูลค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิใน 1 วันของเดือนนั้นๆ เป็นตัวแทนของแต่ละเดือนตลอดทั้งปี พบว่าเดือนที่ค่าภาระการทำความเย็นสูงที่สุดคือเดือนเมษายน ซึ่งสอดคล้องกับการคำนวณค่าเอนทัลปี (Enthalpy) ของอากาศปี 2543 ที่เดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีค่าพลังงานที่ต้องใช้ในการสร้างสภาวะน่าสบายภายในอาคารมากที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

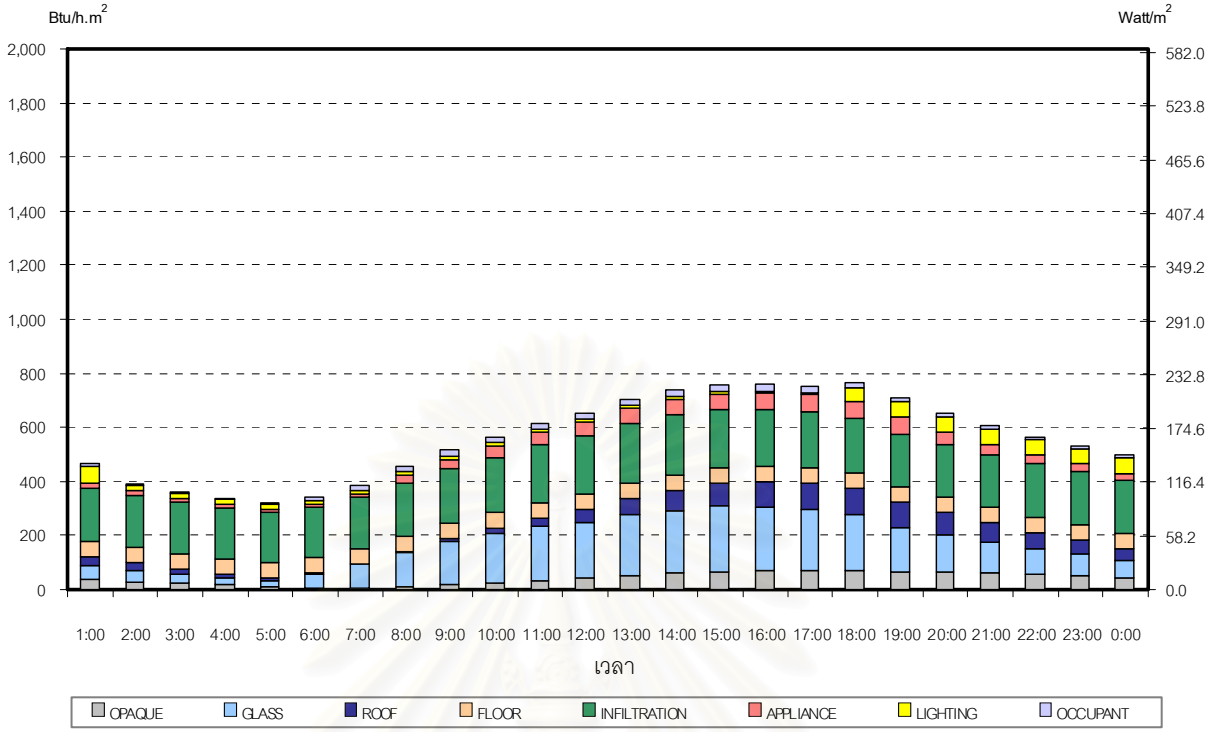
3.5.4 การคำนวณภาระการทำความเย็นของอาคารพักอาศัย ใน 1 วัน

เมื่อคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัยในแต่ละเดือนแล้ว ทำให้ทราบถึงเดือนที่มีค่าสูงที่สุดก็คือเดือนเมษายน จากผลการคำนวณนี้นำไปสู่การวิเคราะห์เปรียบเทียบของบ้านแต่ละหลัง โดยการคำนวณเปรียบเทียบในเดือนเมษายนเป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งวัน เพื่อหาช่วงที่มีภาระการทำความเย็นสูงสุดเปรียบเทียบบ้านแต่ละหลัง และทำให้สามารถทราบถึงขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ต้องใช้ในบ้านหลังนั้นๆ ได้

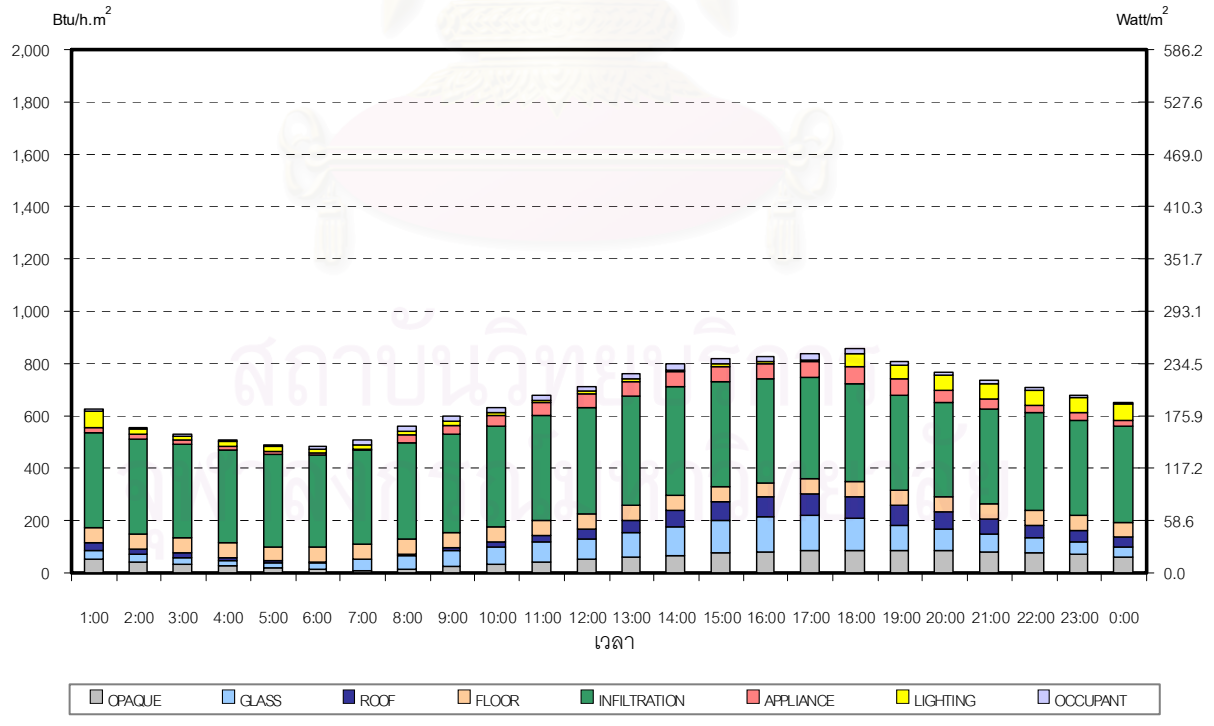
3.5.4.1 กลุ่มบ้านพักอาศัยที่ปรับปรุงวัสดุก่อสร้าง



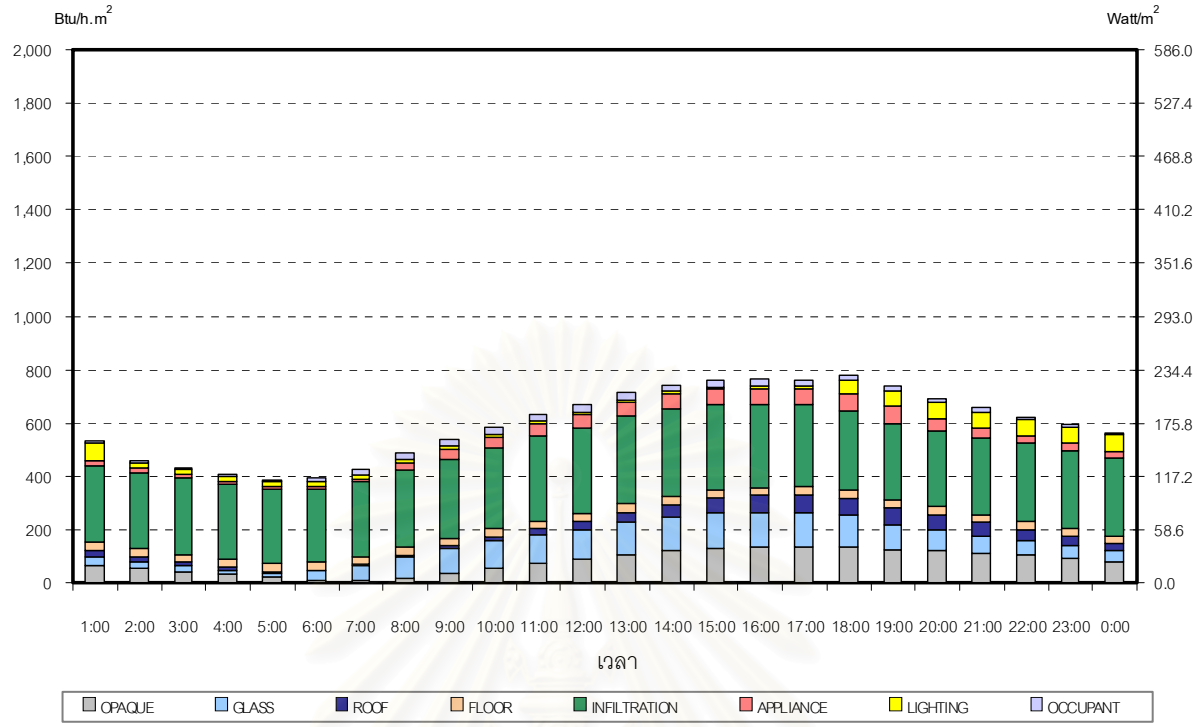
แผนภูมิที่ 3-22 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวแบบประหยัด 2, 53 ตารางเมตร (ปรับปรุงวัสดุ)



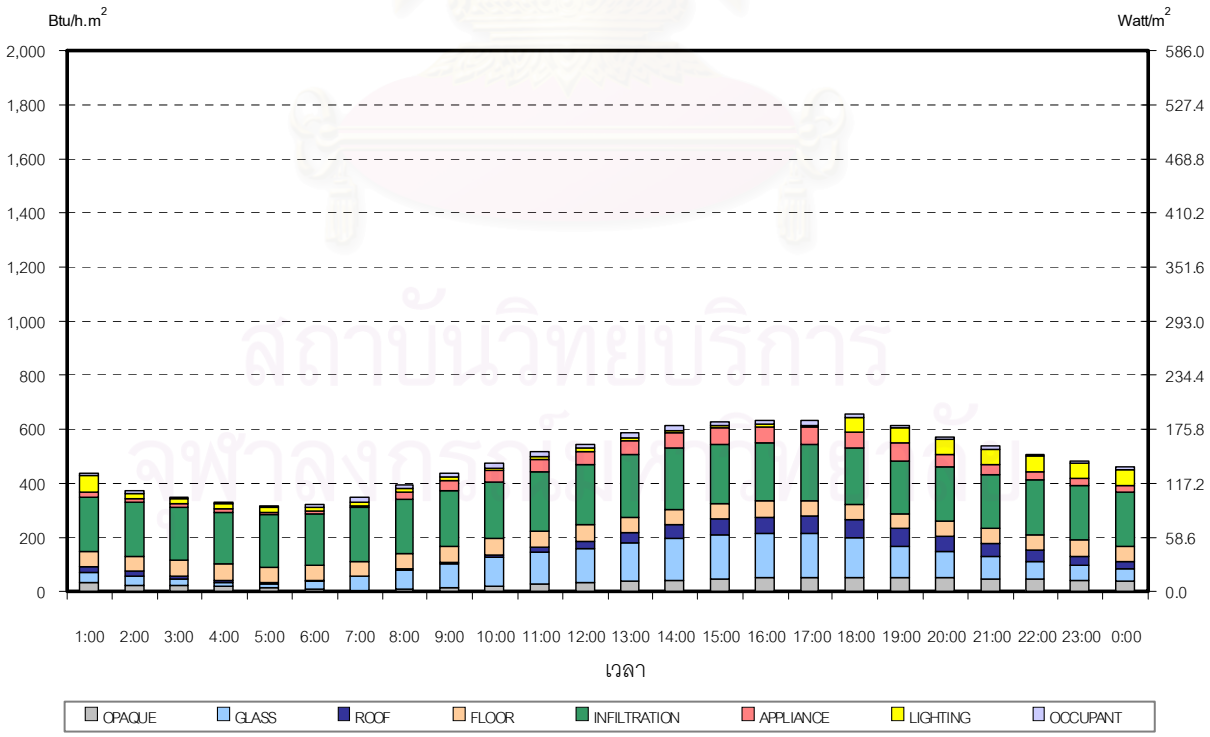
แผนภูมิที่ 3-23 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเรือนเล็ก 54 ตารางเมตร (ปรับปรุงวัสดุ)



แผนภูมิที่ 3-24 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวลอยชาย 80 ตารางเมตร (ปรับปรุงวัสดุ)

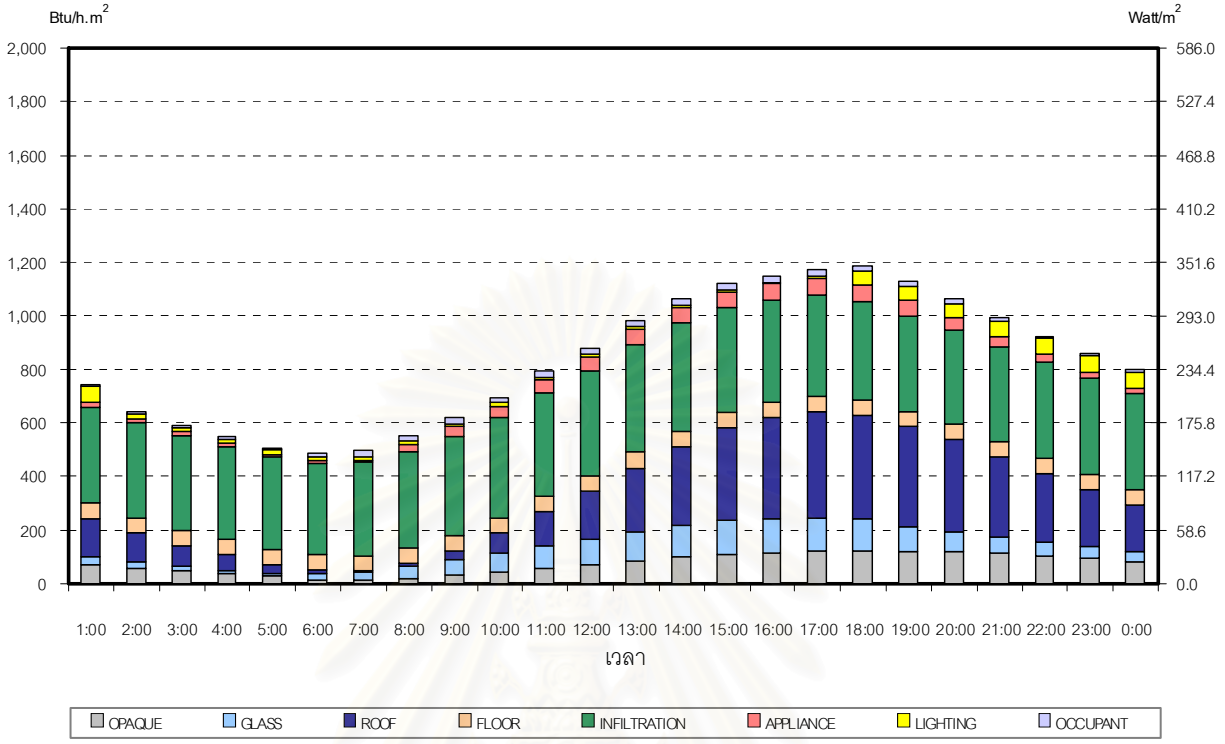


แผนภูมิที่ 3-25 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยว 2 ชั้นประหยัด 3, 65.6 ตารางเมตร (ปรับปรุงวัสดุ)

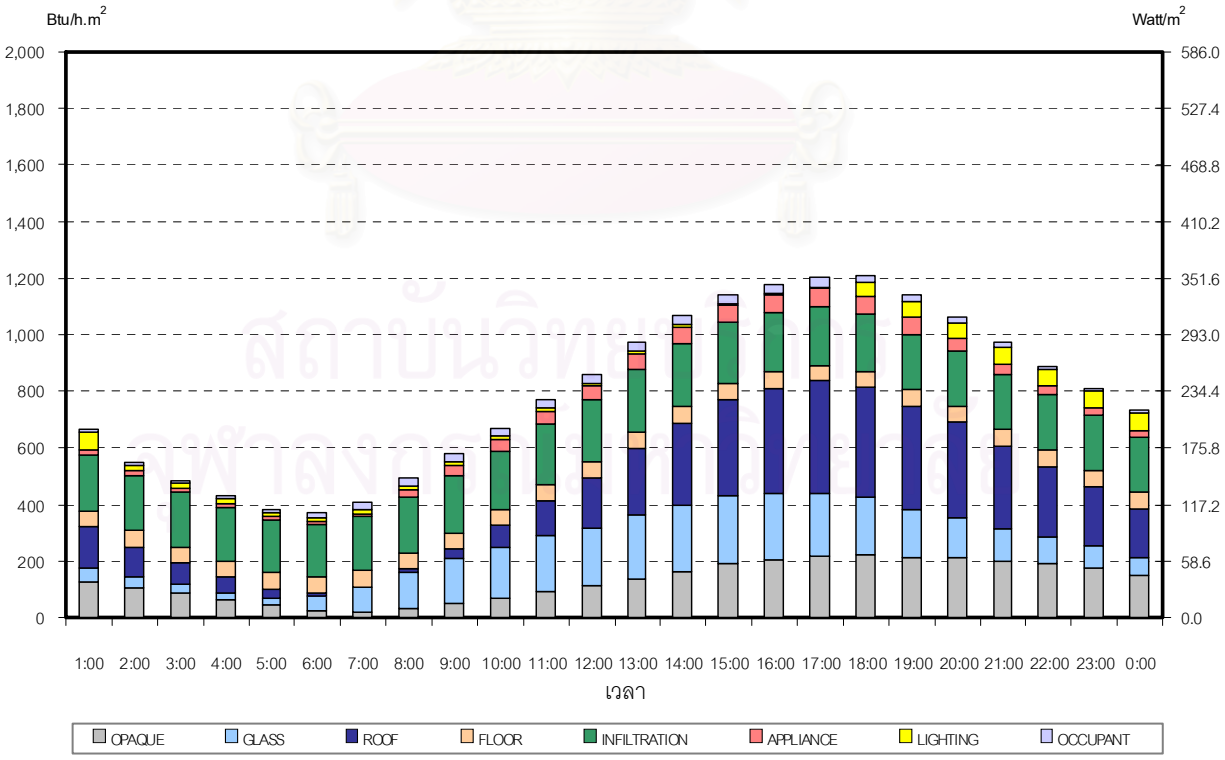


แผนภูมิที่ 3-26 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเบิกบาน 146 ตารางเมตร (ปรับปรุงวัสดุ)

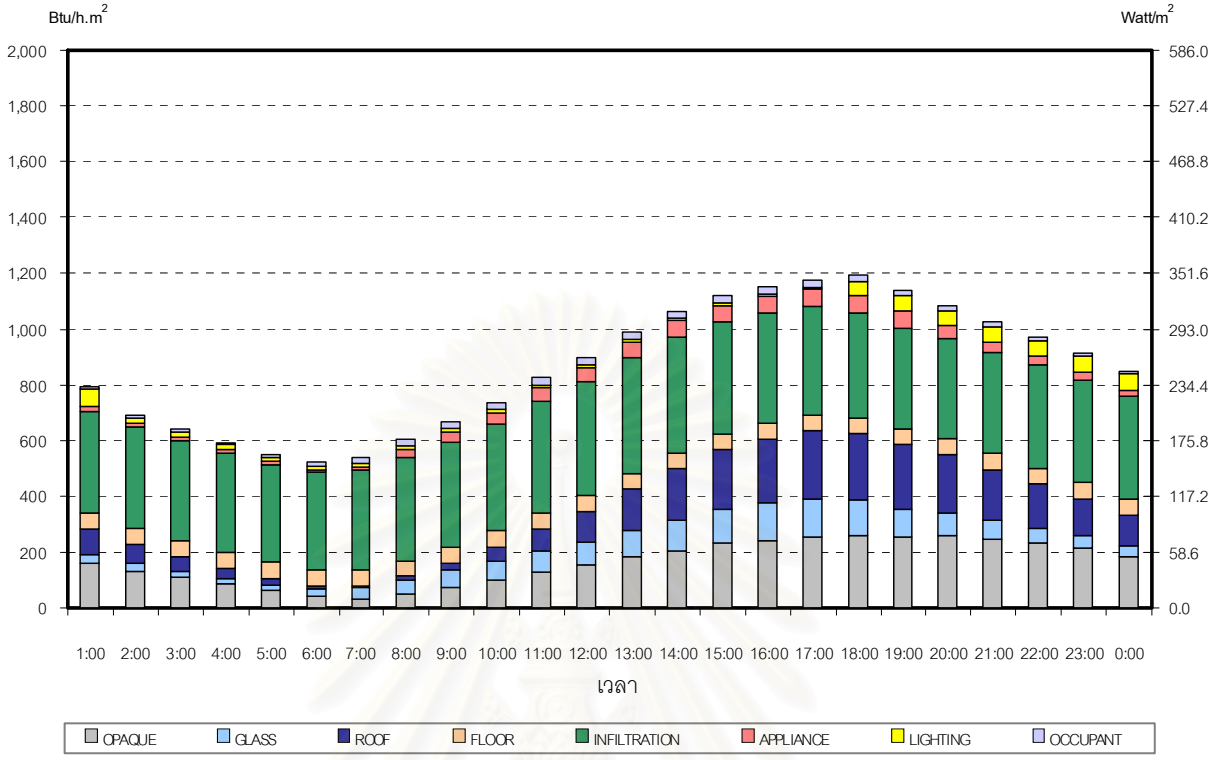
3.5.4.2 กลุ่มบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก พื้นที่การใช้งานภายใน ไม่เกิน 100 ตร.ม.



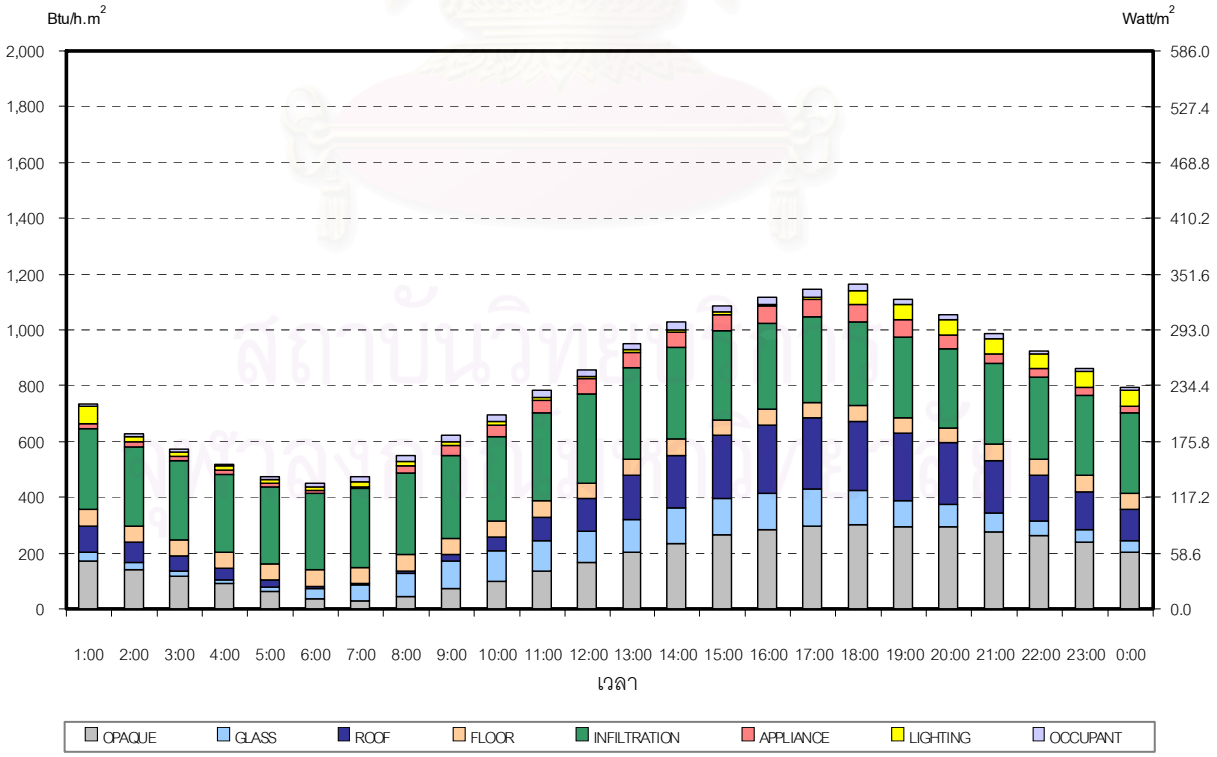
แผนภูมิที่ 3-27 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวแบบประหยัด 2, 53 ตารางเมตร



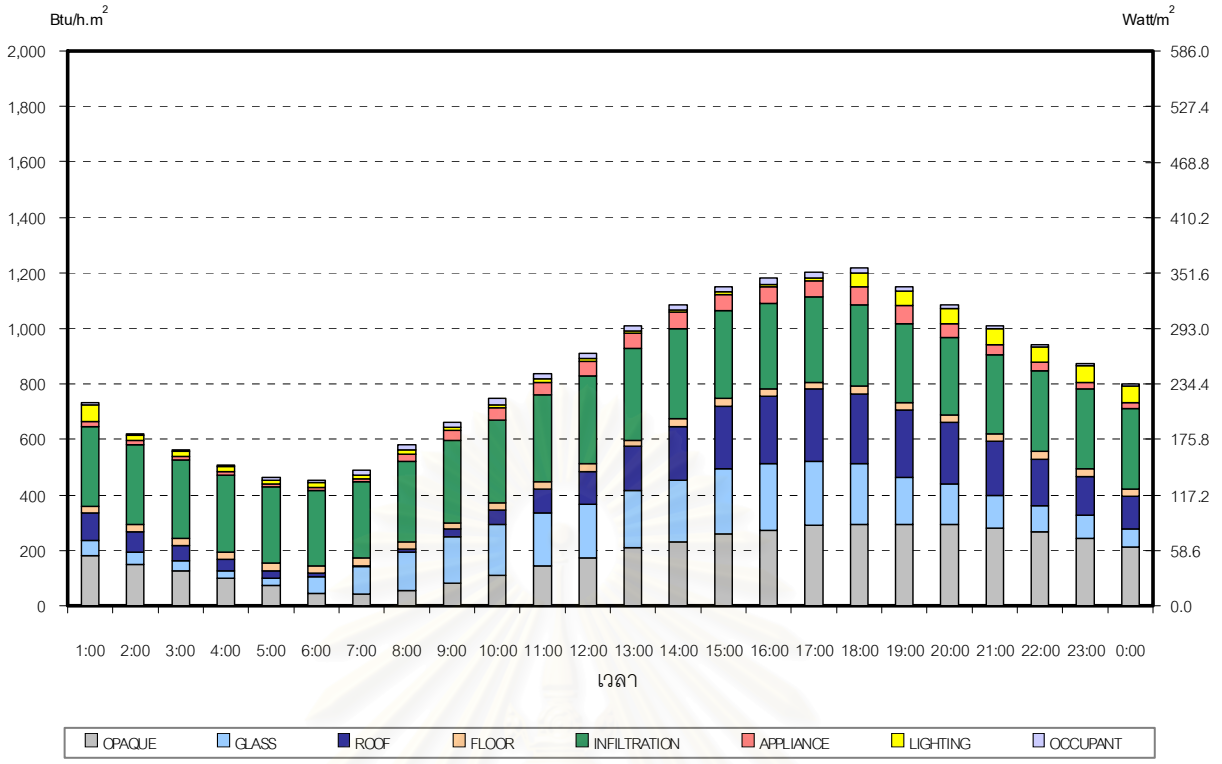
แผนภูมิที่ 3-28 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเรือนเล็ก 54 ตารางเมตร



แผนภูมิที่ 3-29 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวลอยชายชั้นครึ่ง 80 ตารางเมตร

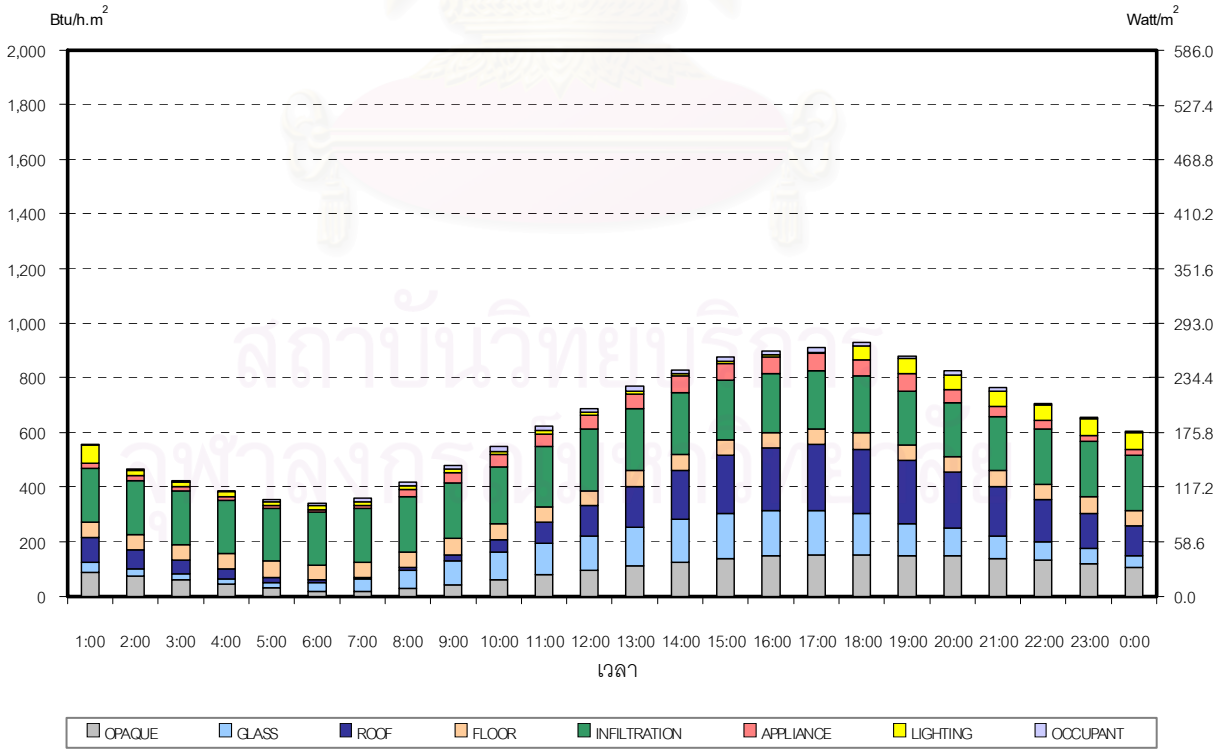


แผนภูมิที่ 3-30 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวแบบประหยัด 3, 65.6 ตารางเมตร

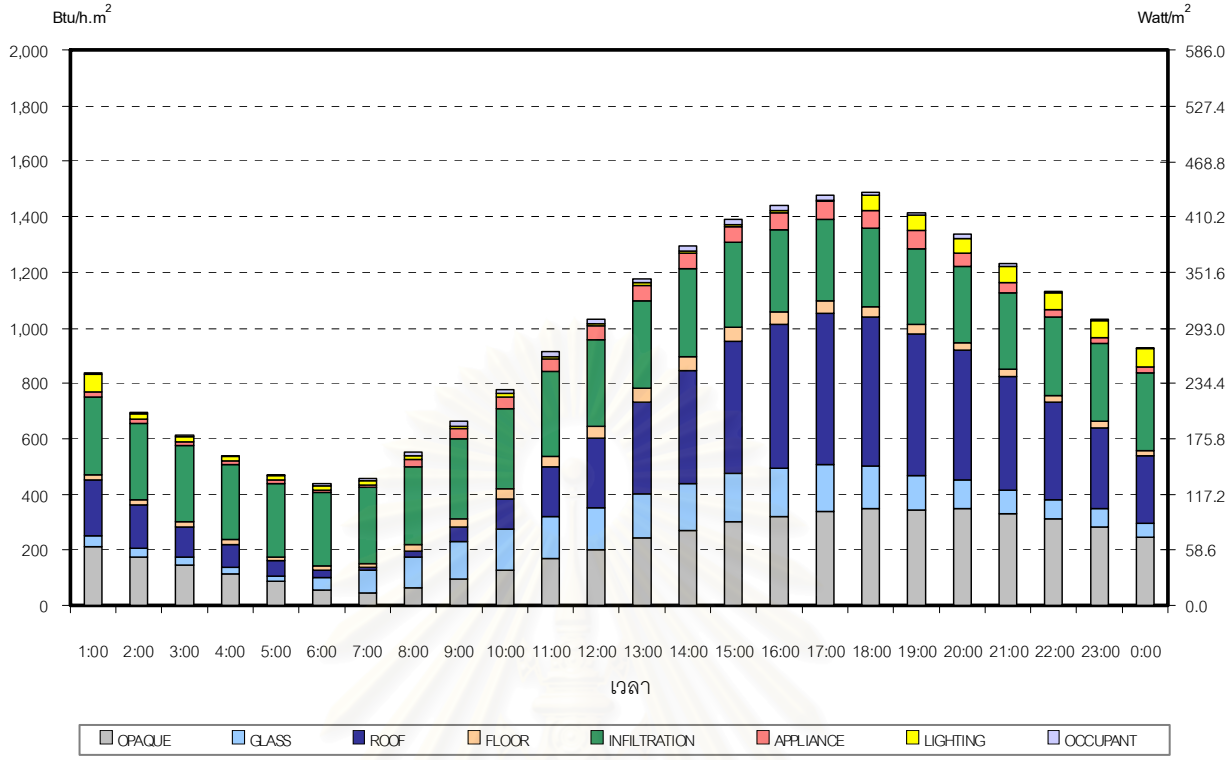


แผนภูมิที่ 3-31 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น เรนโบว์ 102.25 ตารางเมตร

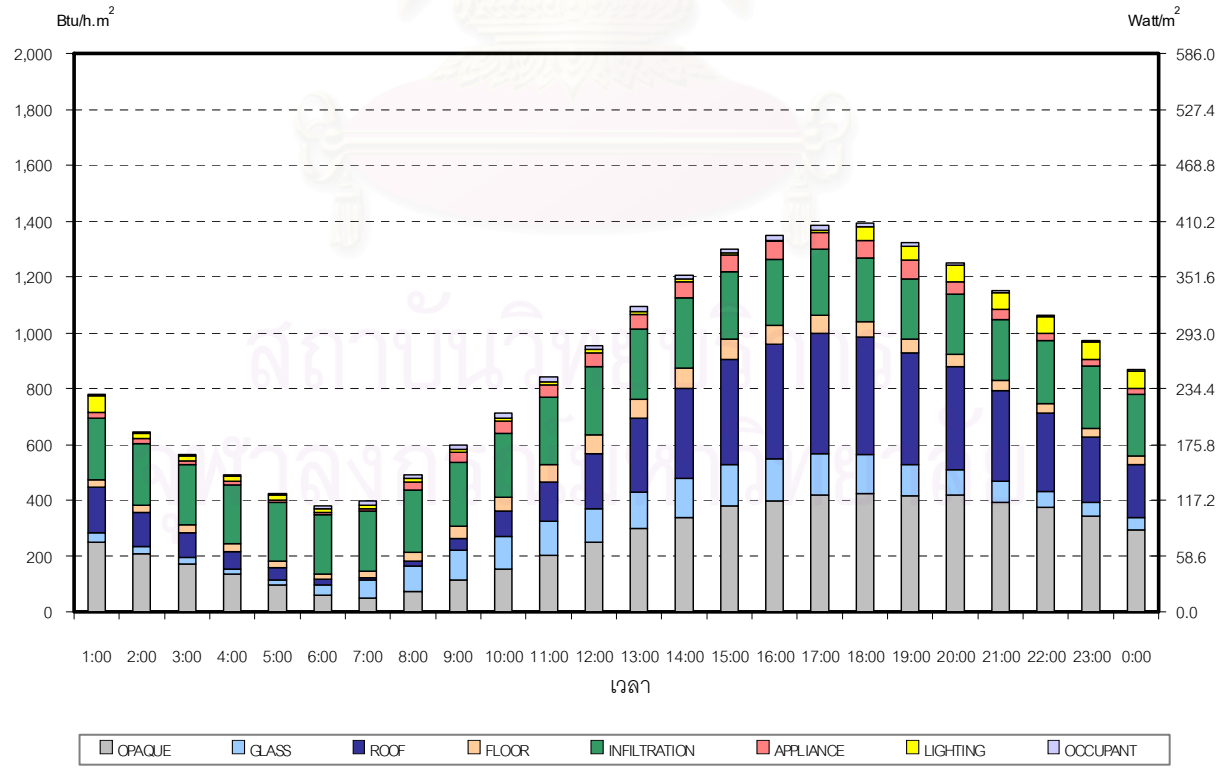
3.5.4.3 กลุ่มบ้านพักอาศัยขนาดกลาง พื้นที่การใช้งานภายใน 101 - 200 ตร.ม.



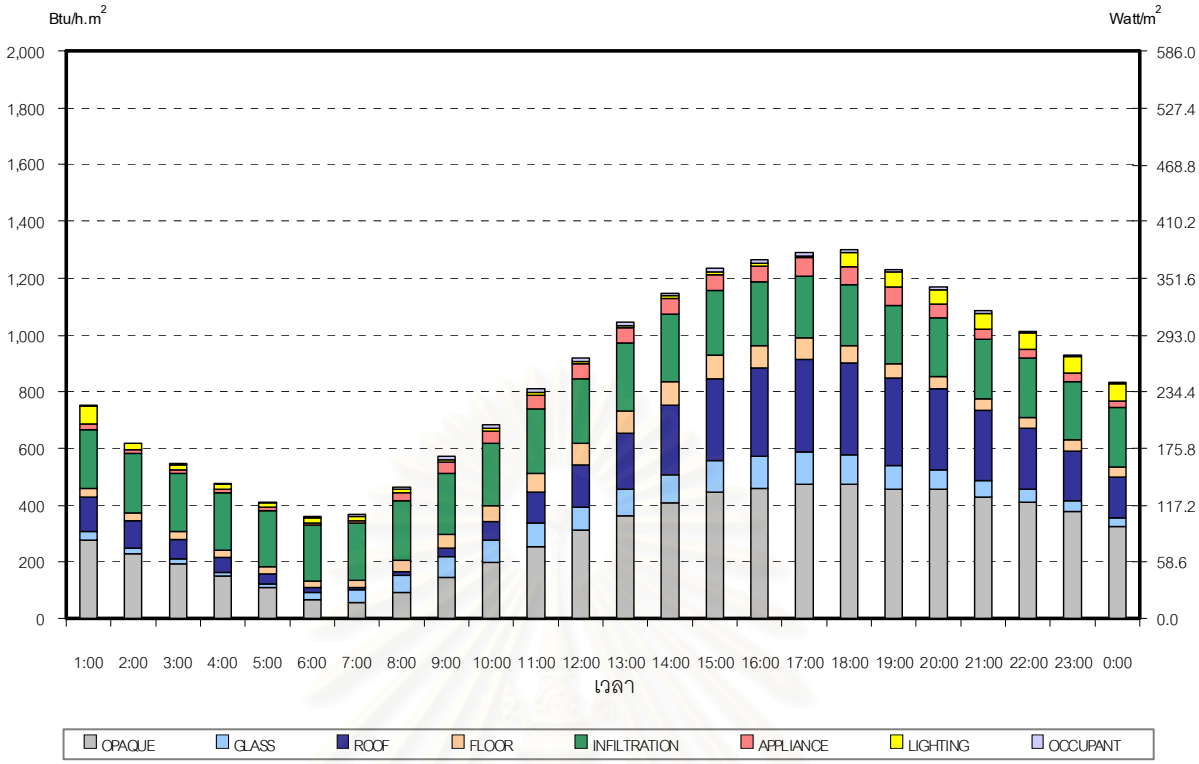
แผนภูมิที่ 3-32 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านเดี่ยวเบิกบาน 146 ตารางเมตร



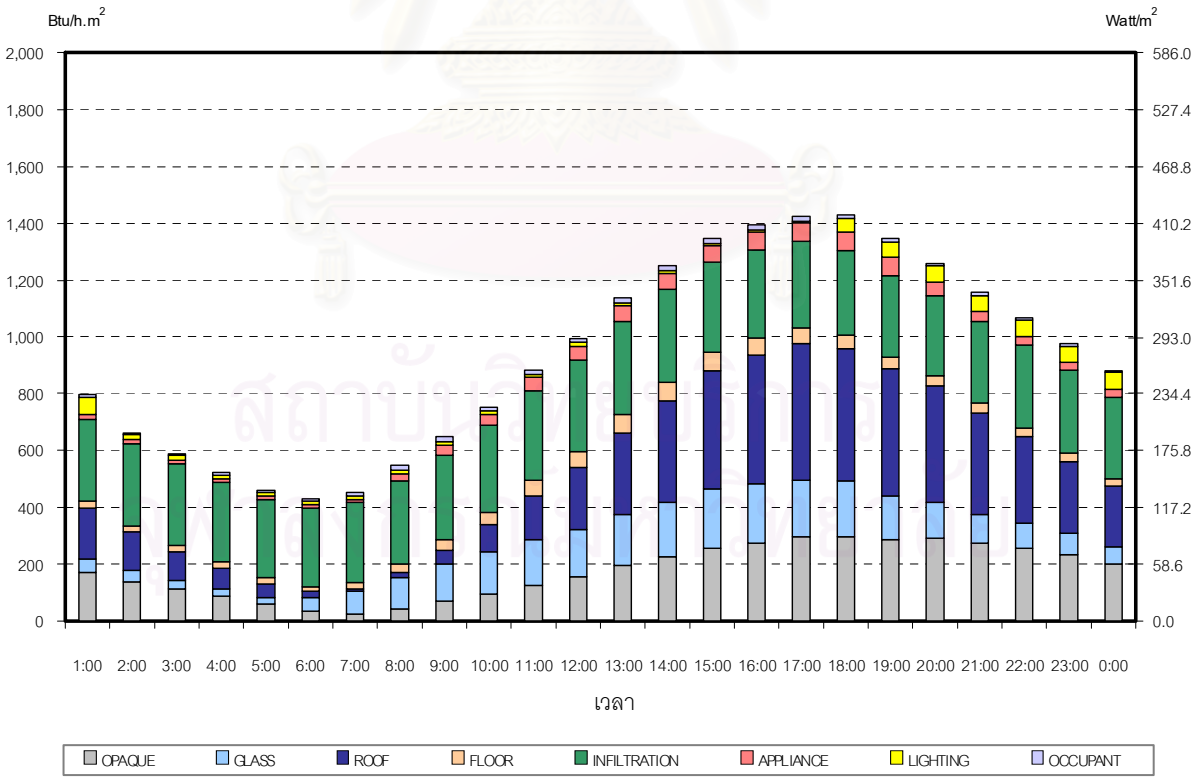
แผนภูมิที่ 3-33 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคกลาง 105.3 ตารางเมตร



แผนภูมิที่ 3-34 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคเหนือ 132.5 ตารางเมตร

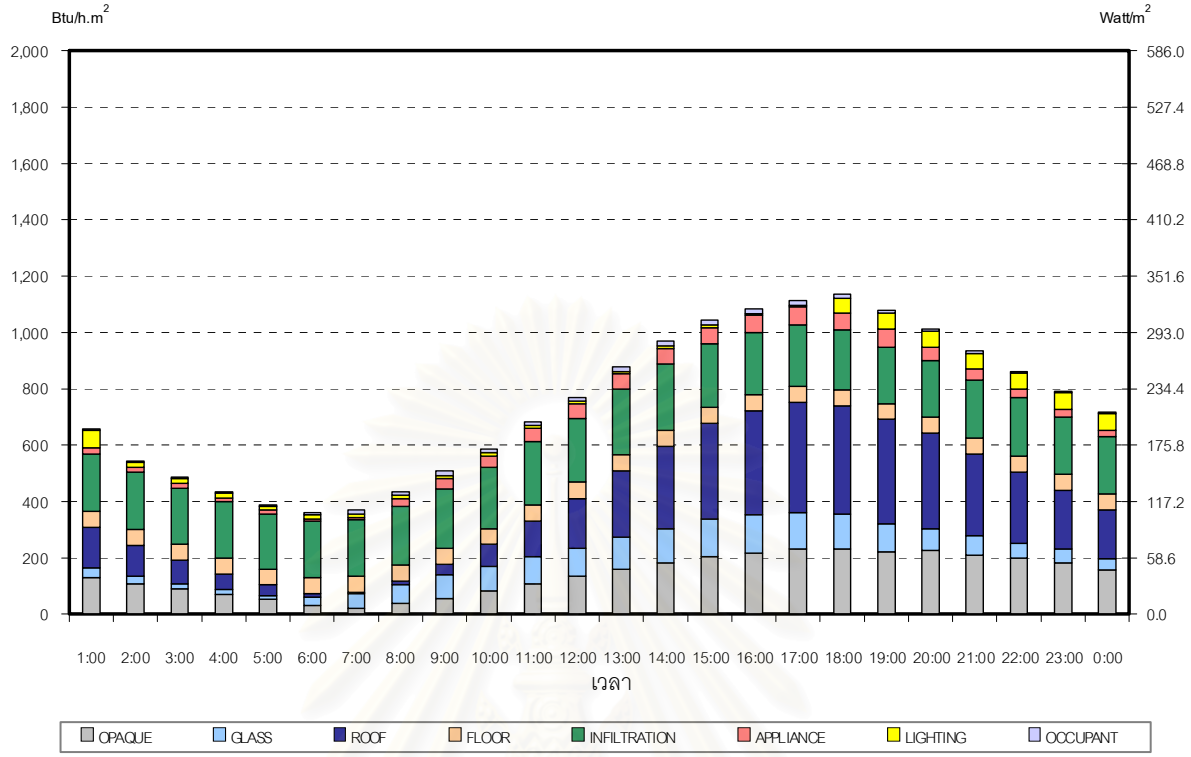


แผนภูมิที่ 3-35 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคใต้ 141 ตารางเมตร

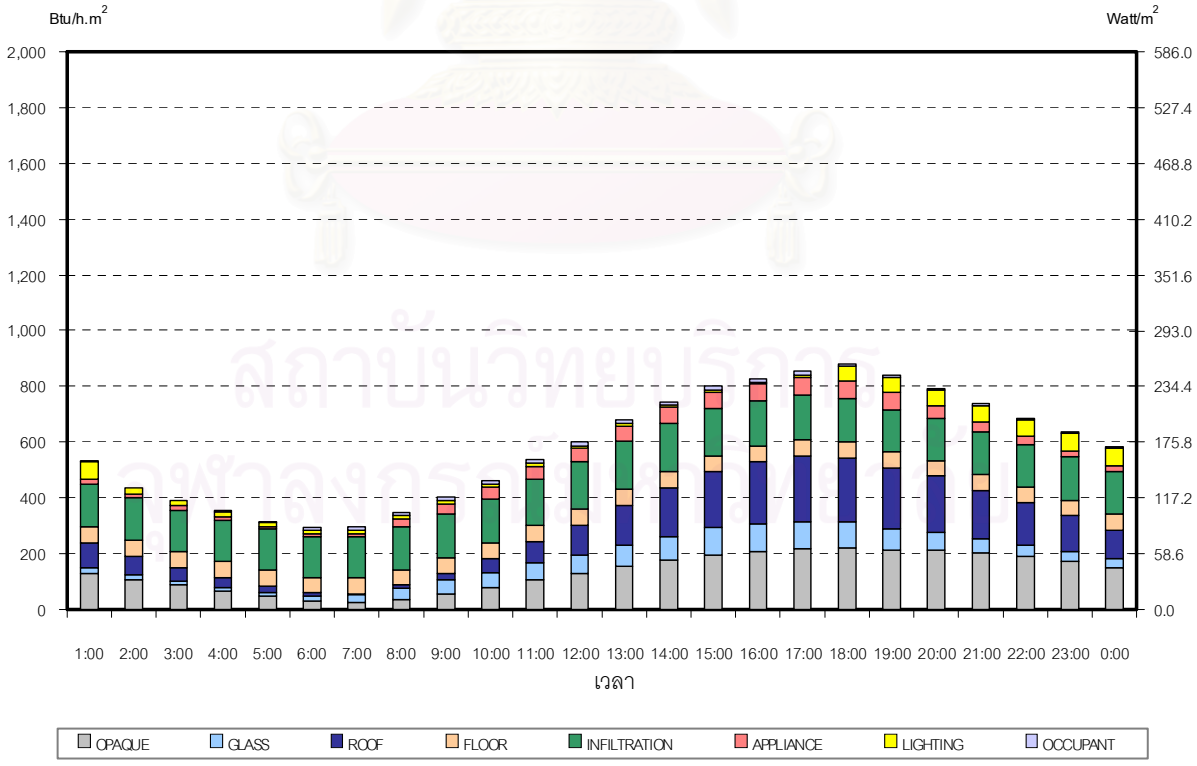


แผนภูมิที่ 3-36 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ไทยอนุรักษ์ภาคอีสาน 101.5 ตารางเมตร

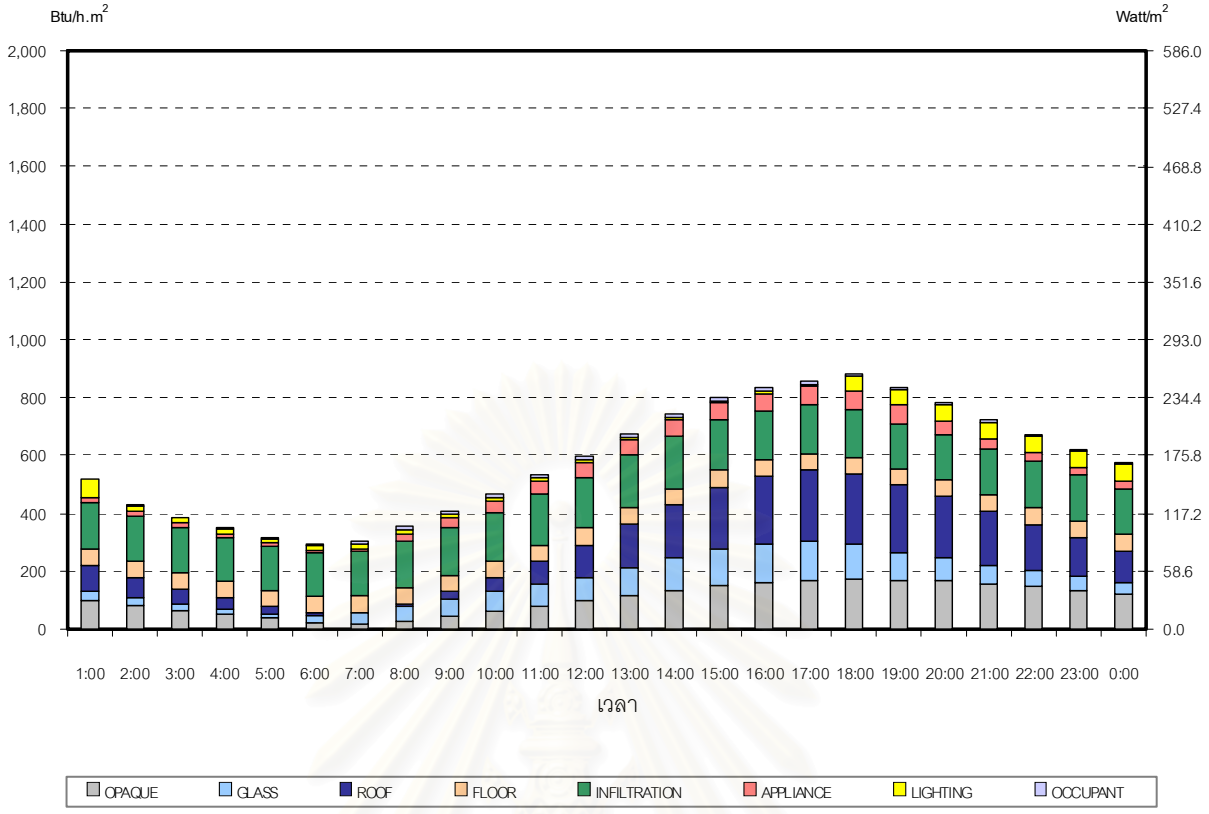
3.5.4.4 กลุ่มบ้านพักอาศัยขนาดใหญ่ พื้นที่การใช้งานภายใน 201-400 ตร.ม.



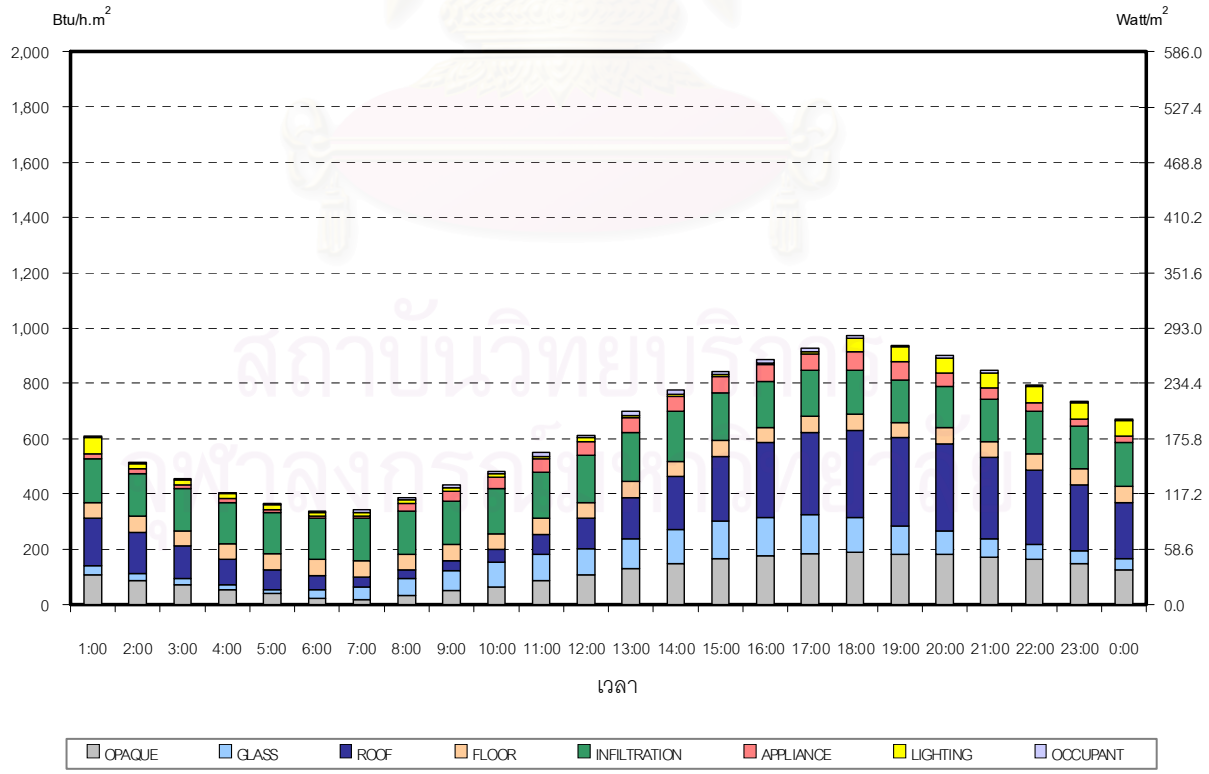
แผนภูมิที่ 3-37 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ลดาวารี 193 ตารางเมตร



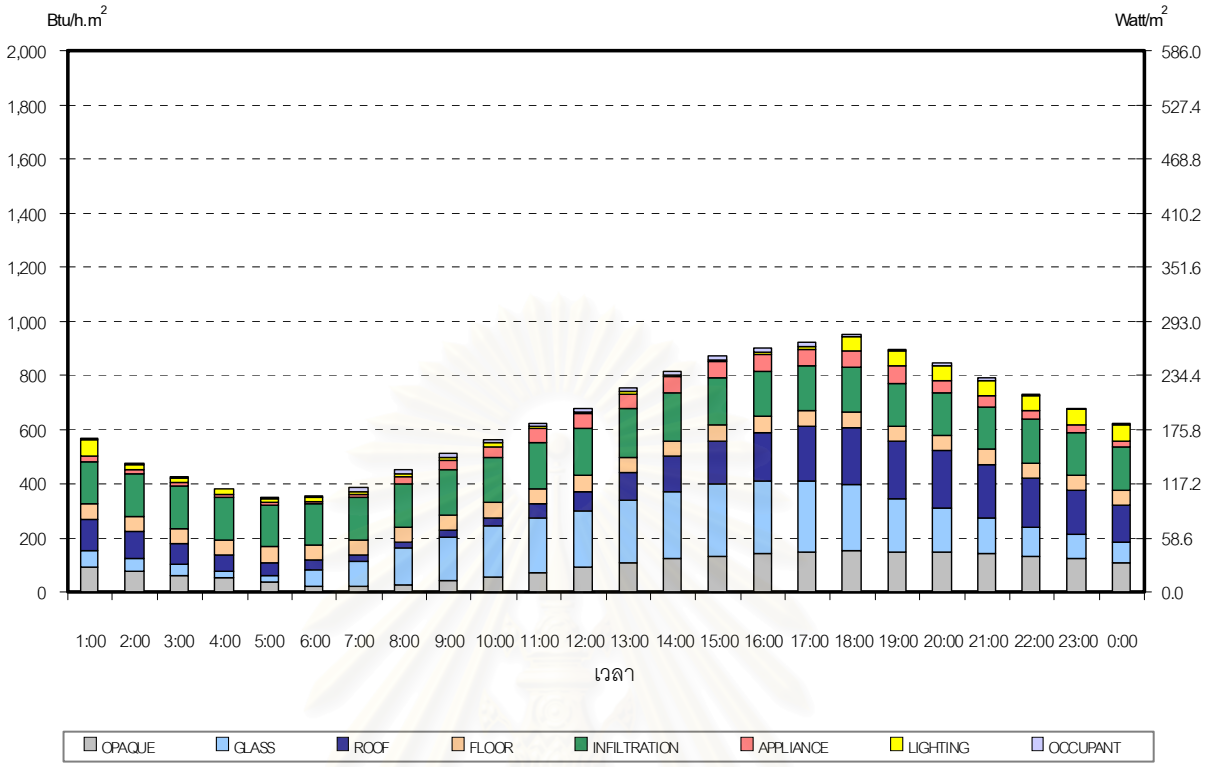
แผนภูมิที่ 3-38 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น วรรณวนา 261.5 ตารางเมตร



แผนภูมิที่ 3-39 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ปาล์มเมอร์ 249.5 ตารางเมตร



แผนภูมิที่ 3-40 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น โมเดิร์น 255.25 ตารางเมตร



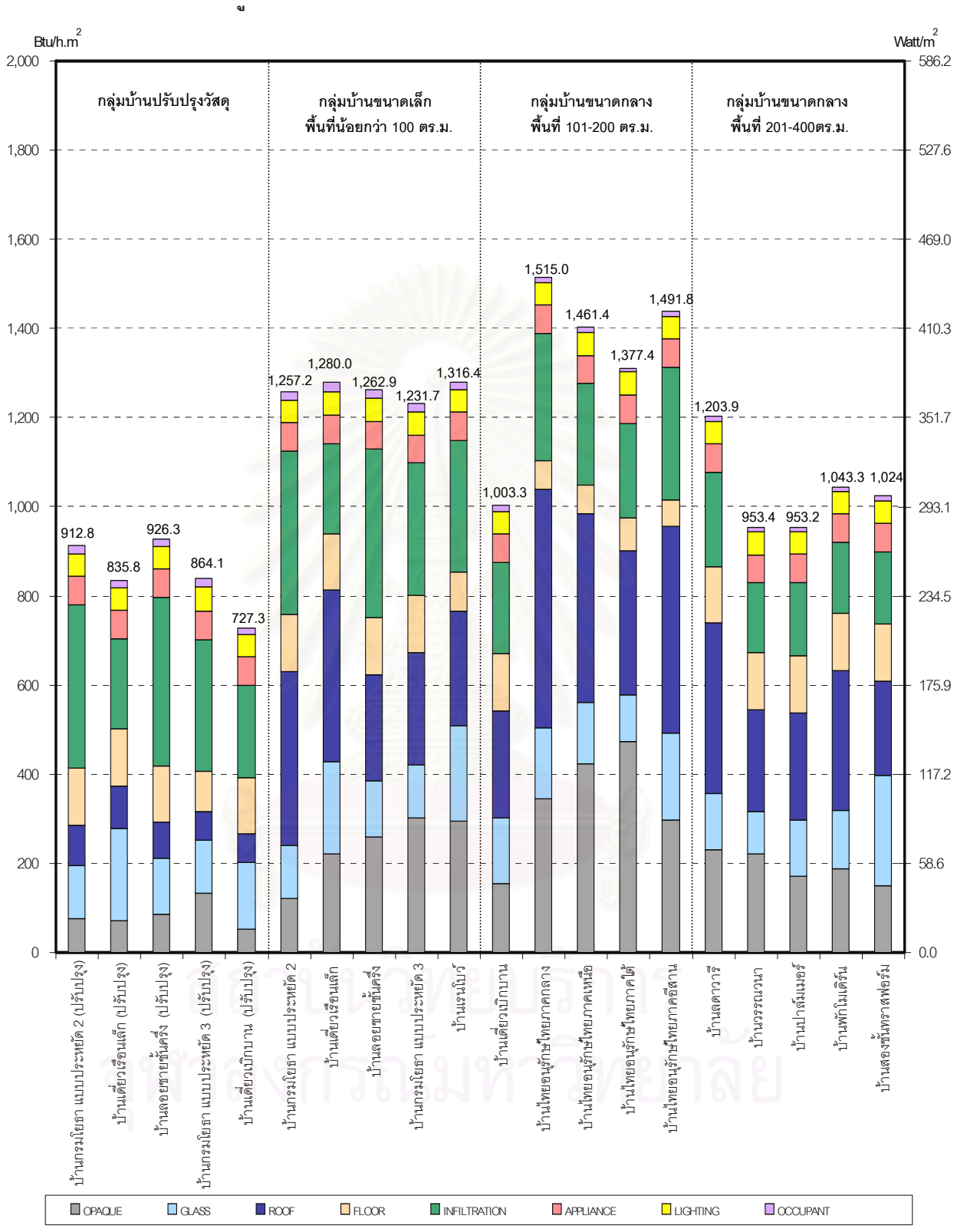
แผนภูมิที่ 3-41 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้าน 2 ชั้น ทรานสฟอร์ม 250 ตารางเมตร

จากผลการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นรายชั่วโมงของบ้านพักอาศัย พบว่าชั่วโมงที่มีค่าภาระการทำความเย็นสูงที่สุดจะอยู่ในช่วงเวลา 18.00 น. ซึ่งได้รับอิทธิพลเพิ่มจากค่าความร้อนที่เกิดจากการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าและแสงสว่างภายในอาคาร ดังนั้นจึงเป็นช่วงชั่วโมงที่จะนำไปเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปรต่อภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัย เพื่อสร้างค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปร

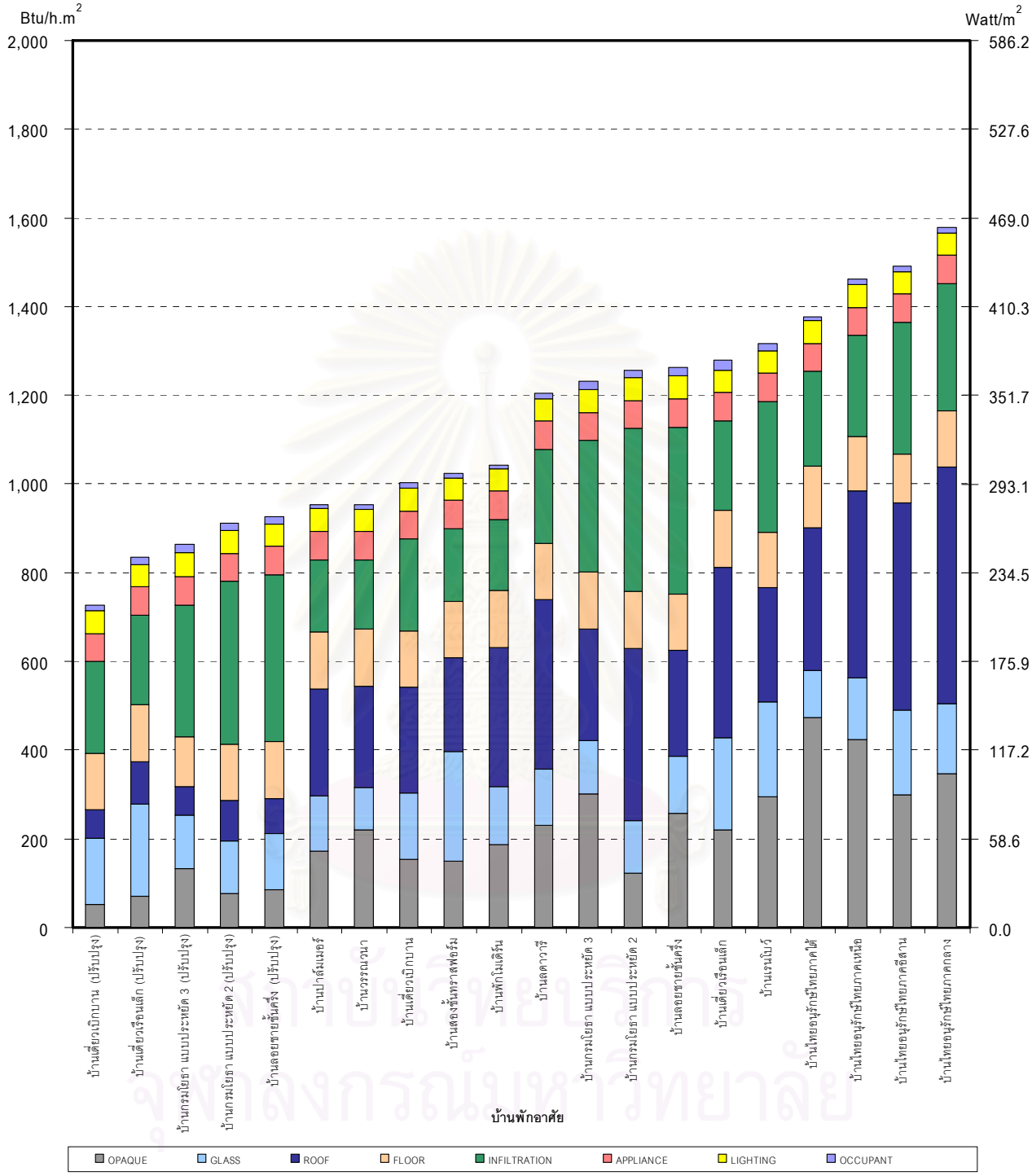
ตารางที่ 3-7 แสดงภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรของบ้านพักอาศัย 20 หลัง ต่อพื้นที่การใช้งาน 1 ตร.ม.

	แบบบ้าน	ผนังทึบ Btu/h.m^2	กระจก Btu/h.m^2	หลังคา Btu/h.m^2	พื้น Btu/h.m^2	การรั่วซึม Btu/h.m^2	อุปกรณ์ Btu/h.m^2	แสงสว่าง Btu/h.m^2	ผู้ใช้งาน Btu/h.m^2	รวม Btu/h.m^2
1	บ้านแบบประหยัด 2 (ปรับปรุง)	76.6	119.2	89.9	128.2	366.4	63.9	50.9	17.7	912.8
2	บ้านเดี่ยวเรือนเล็ก (ปรับปรุง)	70.3	207.3	96.2	128.2	201.5	63.9	50.9	17.4	835.8
3	บ้านลอยชายชั้นครึ่ง (ปรับปรุง)	85.4	127.4	78.7	128.2	376.1	63.9	50.9	15.6	926.3
4	บ้านแบบประหยัด 3 (ปรับปรุง)	132.6	120.4	64.3	113.5	296.5	63.9	53.7	19.1	864.1
5	บ้านเดี่ยวเบิกบาน (ปรับปรุง)	52.8	148.8	63.8	128.2	206.1	63.9	50.9	12.8	727.3
6	บ้านกรมโยธา แบบประหยัด 2	122.1	119.2	388.9	128.2	366.4	63.9	50.9	17.7	1,257.2
7	บ้านเดี่ยวเรือนเล็ก	220.1	207.3	385.0	128.2	201.5	63.9	50.9	23.1	1,280.0
8	บ้านลอยชายชั้นครึ่ง	258.1	127.4	238.7	128.2	376.1	63.9	50.9	19.5	1,262.9
9	บ้านกรมโยธา แบบประหยัด 3	301.6	120.4	251.1	128.2	296.5	63.9	50.9	19.1	1,231.7
10	บ้านเรนโบว์	295.5	214.2	255.9	126.4	294.3	63.9	50.9	15.3	1,316.4
11	บ้านเดี่ยวเบิกบาน	153.5	148.8	239.0	128.2	206.1	63.9	50.9	12.8	1,003.3
12	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง	345.9	158.7	534.4	63.5	285.8	63.9	50.9	11.9	1,515.0
13	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ	424.1	138.0	421.4	124.1	227.1	63.9	50.9	11.8	1,461.4
14	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้	473.6	104.8	322.3	139.5	213.4	63.9	50.9	8.9	1,377.4
15	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน	298.3	192.7	465.7	111.4	296.5	63.9	50.9	12.3	1,491.8
16	บ้านลดาวารี	230.6	126.6	381.4	128.2	211.0	63.9	50.9	11.3	1,203.9
17	บ้านวรรณวนา	220.7	95.0	229.4	128.2	155.7	63.9	50.9	9.6	953.4
18	บ้านปาล์มเมอร์	172.1	124.3	241.7	128.2	163.2	63.9	50.9	8.8	953.2
19	บ้านพักโมเดิร์น	187.2	130.3	314.7	128.2	159.6	63.9	50.9	8.6	1,043.3
20	บ้านสองชั้นทราสฟอร์ม	150.2	246.0	211.8	128.2	162.9	63.9	50.9	10.0	1,024.0

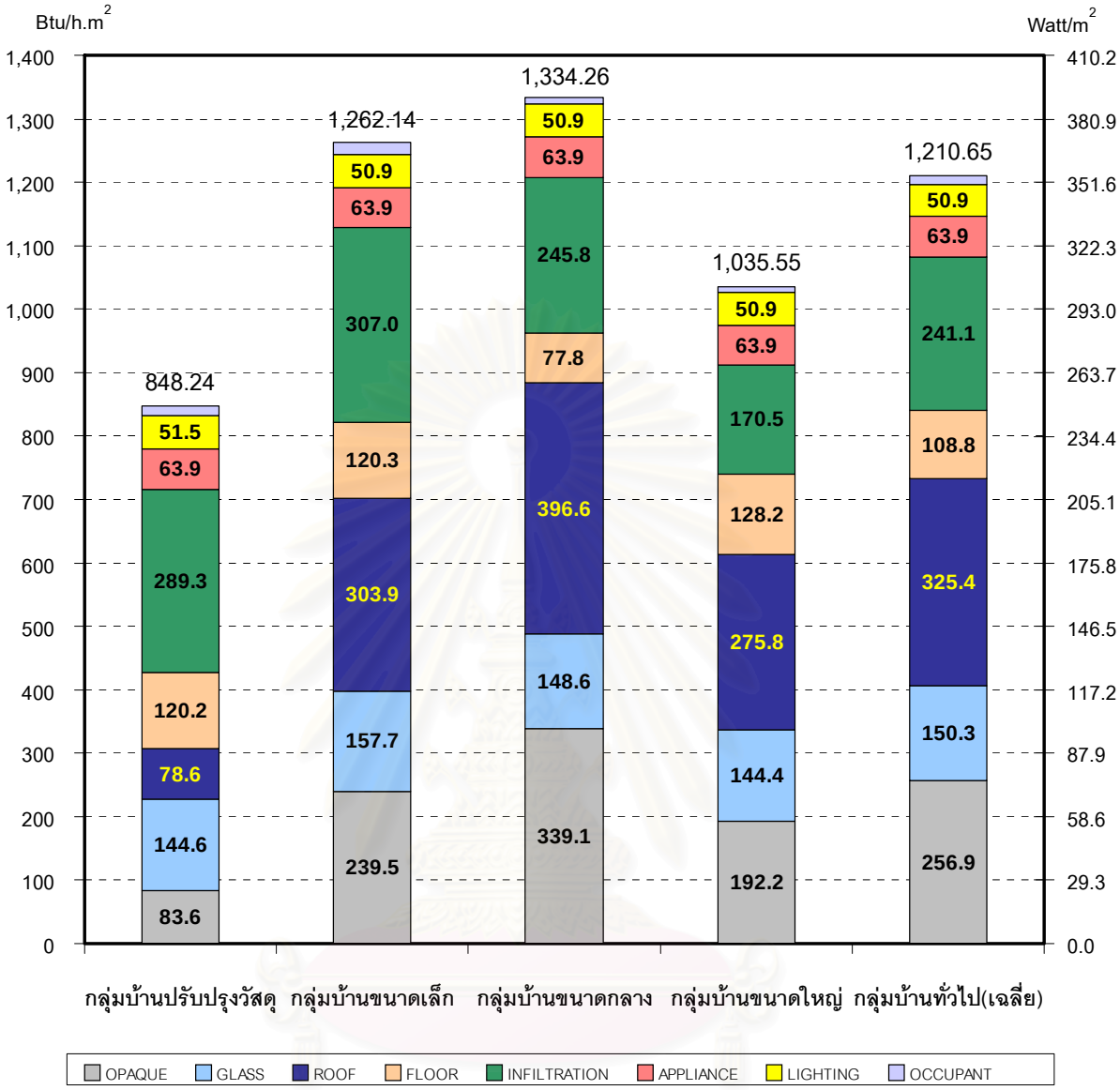
(แบบบ้านพักอาศัยประกอบการคำนวณแสดงอยู่ในภาคผนวก)



แผนภูมิที่ 3-42 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัยประกอบการคำนวณ 20 หลัง ในชั่วโมงที่มีค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด ต่อ พื้นที่การใช้งาน 1 ตารางเมตร



แผนภูมิที่ 3-43 แสดงภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรของบ้านพักอาศัย 20 หลัง ในชั่วโมงที่มีค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด ต่อ พื้นที่การใช้งาน 1 ตารางเมตร (เรียงจากน้อยไปมาก)

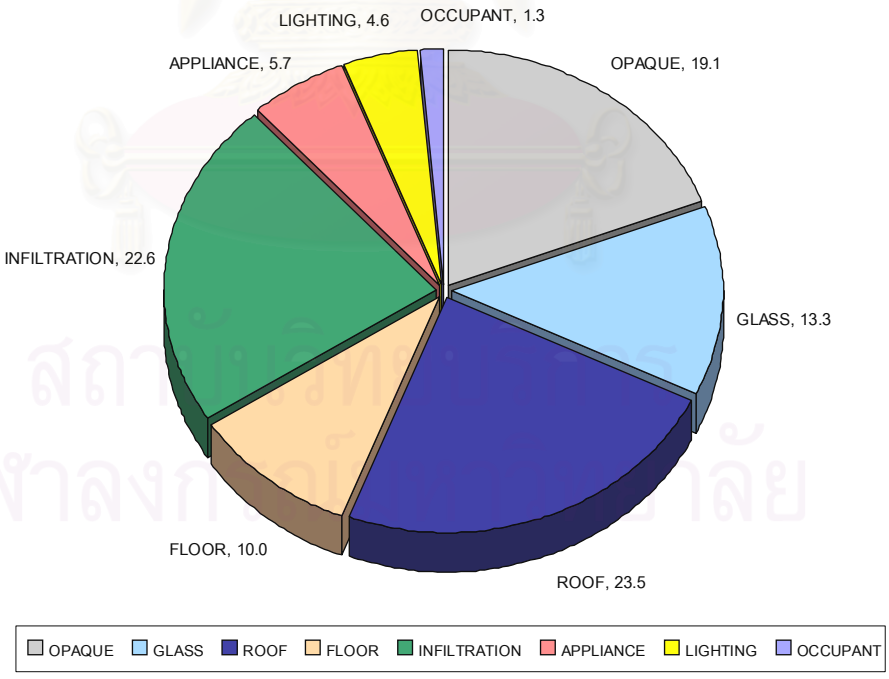


แผนภูมิที่ 3-44 แสดงภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรของกลุ่มบ้านพักอาศัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-8 แสดงอัตราส่วนแต่ละตัวแปรต่อภาระการทำความเย็นของกลุ่มบ้านพักอาศัย

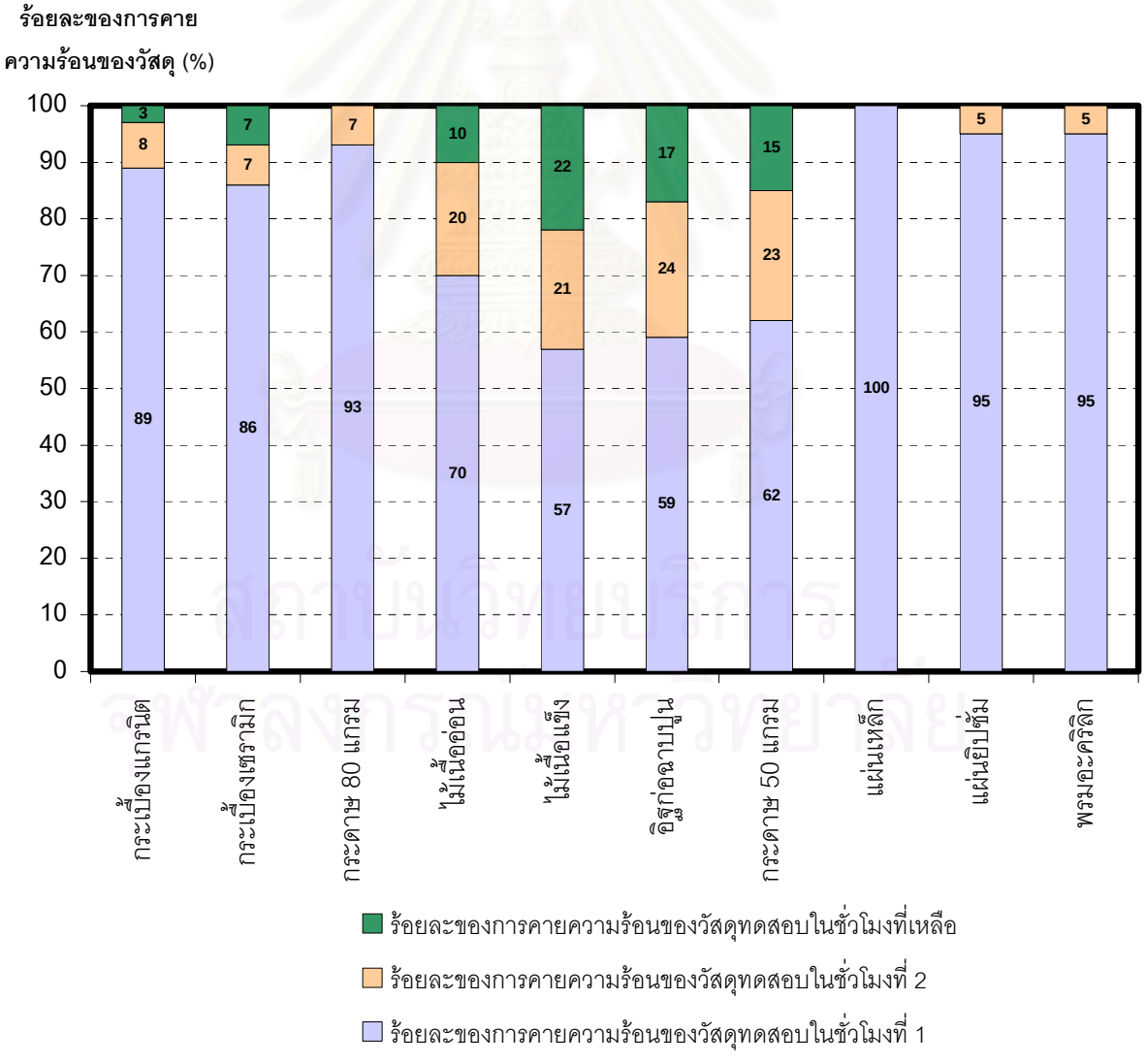
กลุ่มบ้าน	ผนังทึบ %	กระจก %	หลังคา %	พื้น %	การรั่วซึม %	อุปกรณ์ %	แสงสว่าง %	ผู้ใช้งาน %	รวม %
กลุ่มบ้านปรับปรุงวัสดุ	9.8	17.0	9.2	14.1	34.1	7.5	6.0	1.9	100.0
กลุ่มบ้านขนาดเล็ก	18.9	12.5	24.0	9.5	24.3	5.0	4.0	1.5	100.0
กลุ่มบ้านขนาดกลาง	25.4	11.1	29.7	5.8	18.4	4.7	3.8	0.8	100.0
กลุ่มบ้านขนาดใหญ่	18.5	13.9	26.6	12.3	16.4	6.1	4.9	0.9	100.0
กลุ่มบ้านทั่วไป(เฉลี่ย)	21.2	12.4	26.8	8.9	19.9	5.2	4.2	1.1	100.0



แผนภูมิที่ 3-45 แสดงค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นในอาคาร

3.5.5 การคำนวณภาระการทำความเย็นจากค่าการสะสมความร้อนของวัสดุ

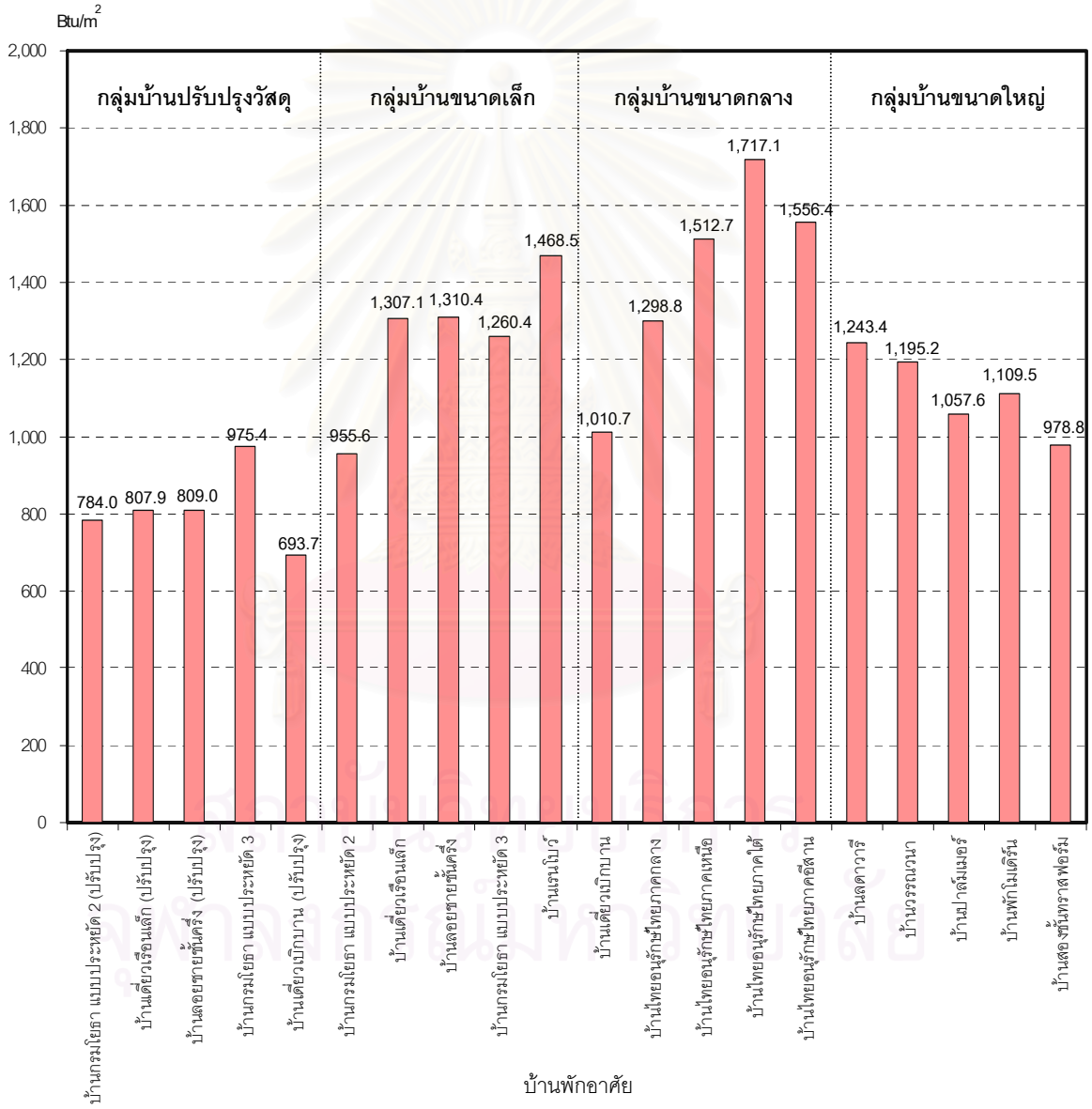
การทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศส่วนหนึ่งจะอยู่ในรูปแบบของการรีดความร้อนและความชื้นออกจากวัสดุก่อสร้าง พลังงานที่ใช้ในส่วนนี้จะมีปริมาณภาระการทำความเย็นที่สูงมากและจะมีอัตราสูงในชั่วโมงแรกที่เปิดเครื่องปรับอากาศ และจะลดปริมาณลงเรื่อยๆ ในชั่วโมงต่อถัดไปและเมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งการรีดความร้อนและความชื้นก็จะคงที่ไปเรื่อยๆ เมื่อยังมีการเปิดเครื่องปรับอากาศอย่างต่อเนื่อง แต่เมื่อมีการปิดเครื่องปรับอากาศและเปิดเครื่องปรับอากาศอีกครั้งก็จะเริ่มทำการรีดความร้อนและความชื้นใหม่ เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลา การคำนวณในส่วนนี้จึงกำหนดให้บ้านแต่ละหลังมีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลาและคำนวณด้วยค่าคงที่ของการรีดความร้อนและความชื้นของวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิด



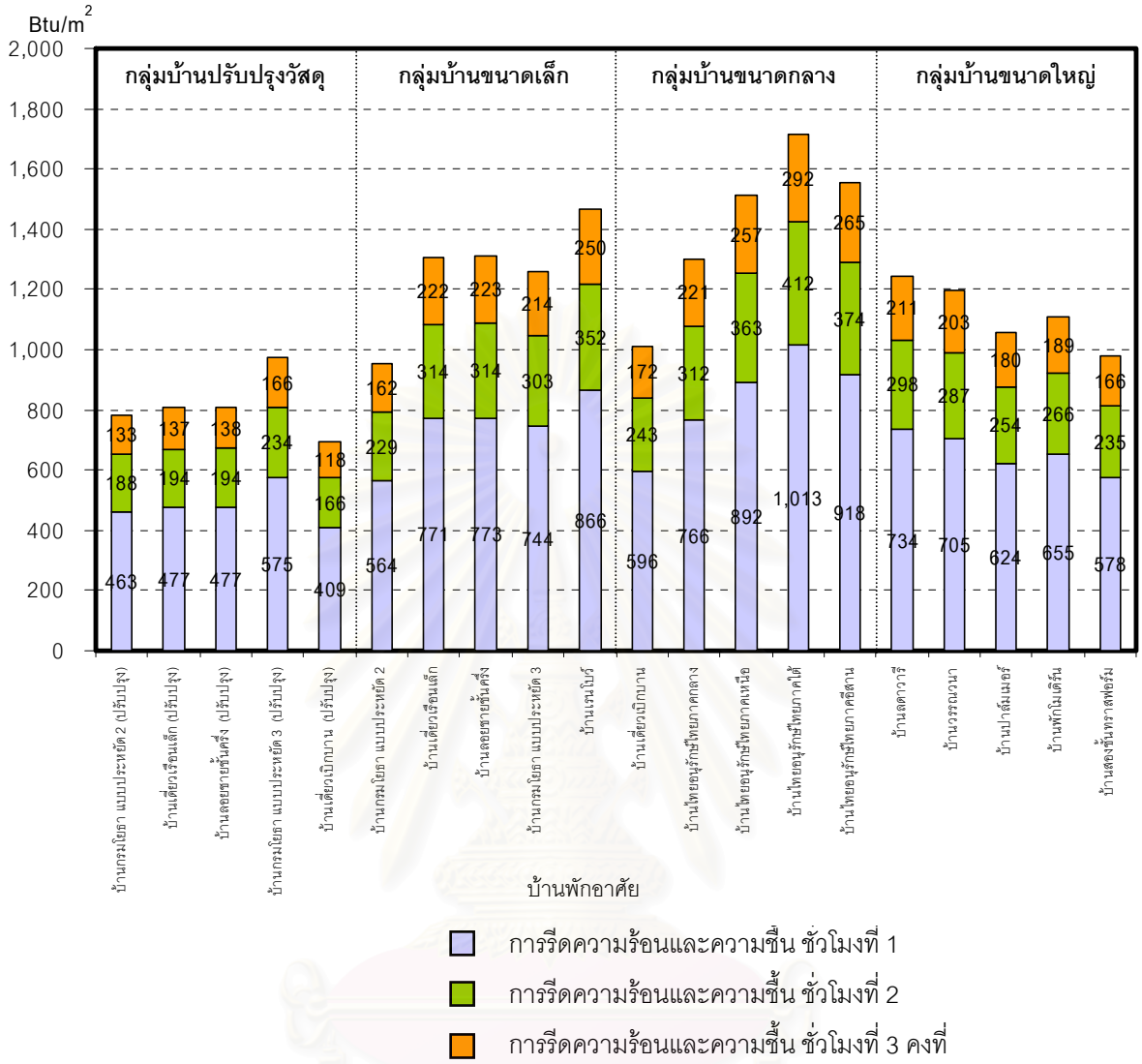
แผนภูมิที่ 3-46 แสดงร้อยละของการคายความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร

ในการคำนวณค่าสะสมความร้อนของวัสดุจะคำนวณหาภาระการทำความเย็นระหว่างอุณหภูมิผิวของเนื้อวัสดุก่อนปรับอากาศ กับอุณหภูมิในการปรับอากาศที่อุณหภูมิ (25 องศาเซลเซียส) ซึ่งผลต่างของอุณหภูมินี้ (Δt) จะมีอิทธิพลต่อค่าการสะสมความร้อนของวัสดุในการวิเคราะห์เปรียบเทียบของบ้านแต่ละหลัง

จากการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นอันเนื่องจากค่าการสะสมความร้อนของวัสดุแสดงดังแผนภูมิดังนี้

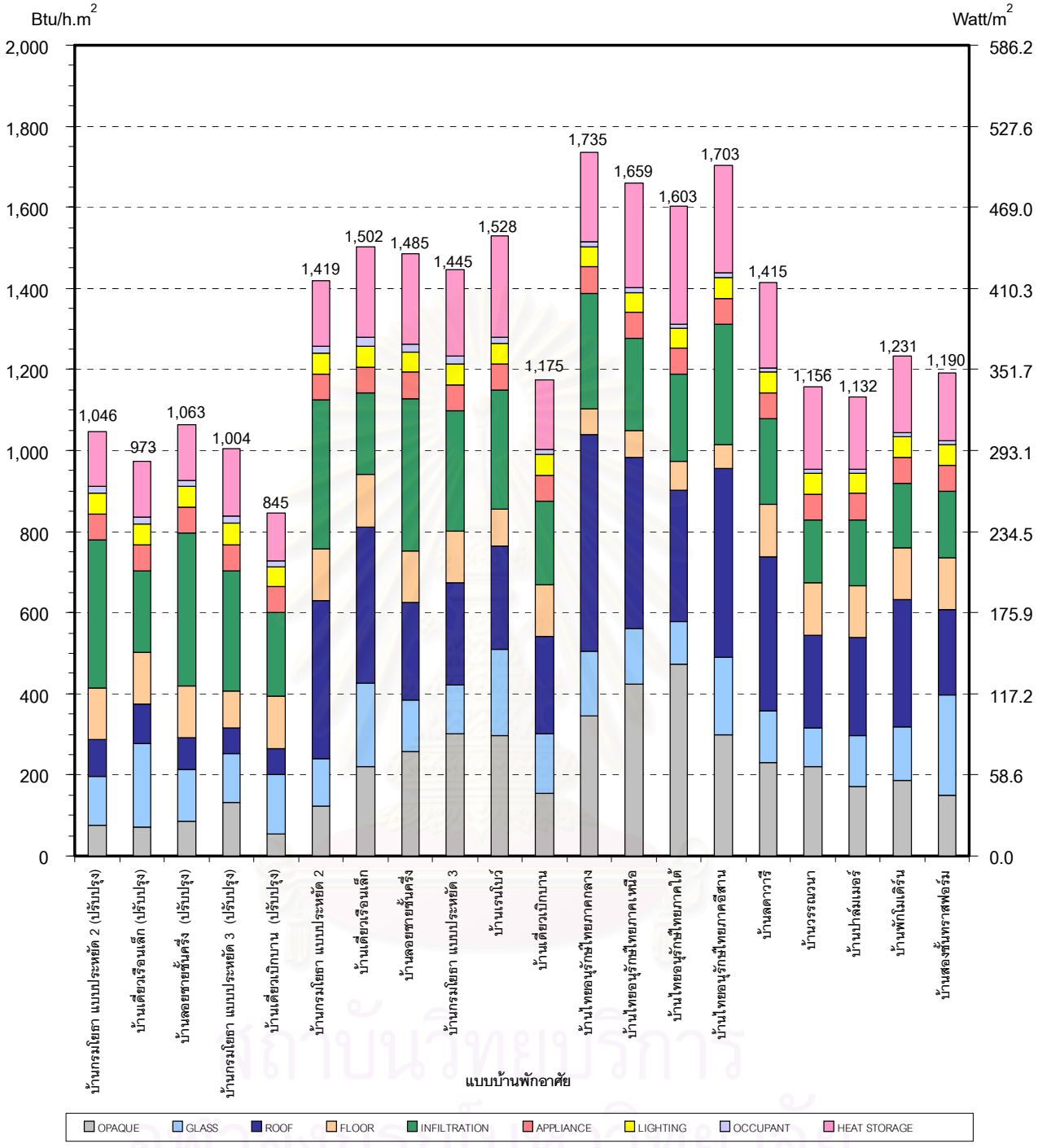


แผนภูมิที่ 3-47 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากการรีดความร้อนจากวัสดุก่อสร้าง



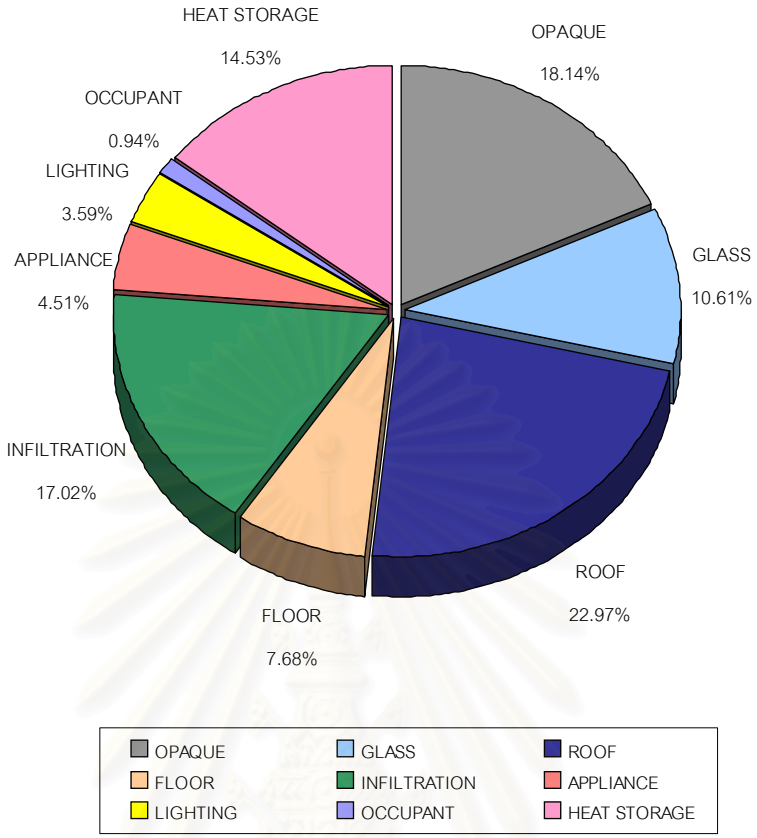
แผนภูมิที่ 3-48 แสดงการรีดความร้อนและความชื้นของบ้านพักอาศัย 20 หลัง ในแต่ละชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 3-49 แสดงค่าภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นในส่วนการสะสมความร้อนและความชื้น

จากแผนภูมิค่าภาระการทำความเย็นรวมทั้งหมดของบ้านพักอาศัย 20 หลัง เมื่อรวมค่าการสะสมความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคารเป็นรายชั่วโมงที่มีค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด แล้วทำการเปรียบเทียบเป็นอัตราส่วนของบ้านแต่ละหลัง โดยนำอัตราส่วนที่ได้ไปรวมกับค่าน้ำหนักภาระการทำความเย็นรวมที่ได้จากการคำนวณ CLTD ในแผนภูมิที่ 3-46 แสดงได้ดังนี้



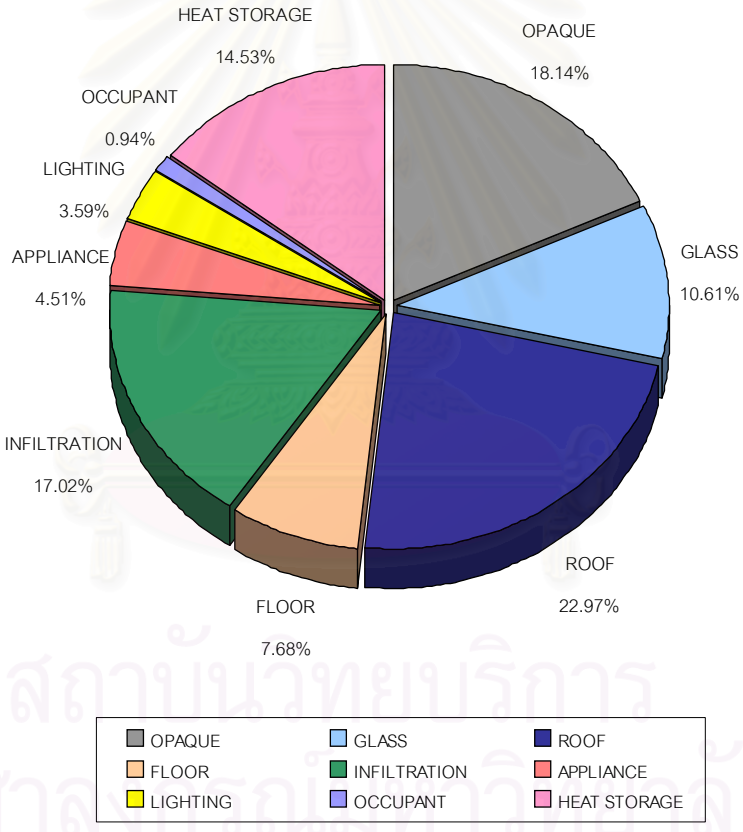
แผนภูมิที่ 3-50 แสดงค่าน้ำหนักของกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นในบ้านทั้งหมด

3.6 การเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นของบ้านประหยัดพลังงาน 2-3 ชั้น

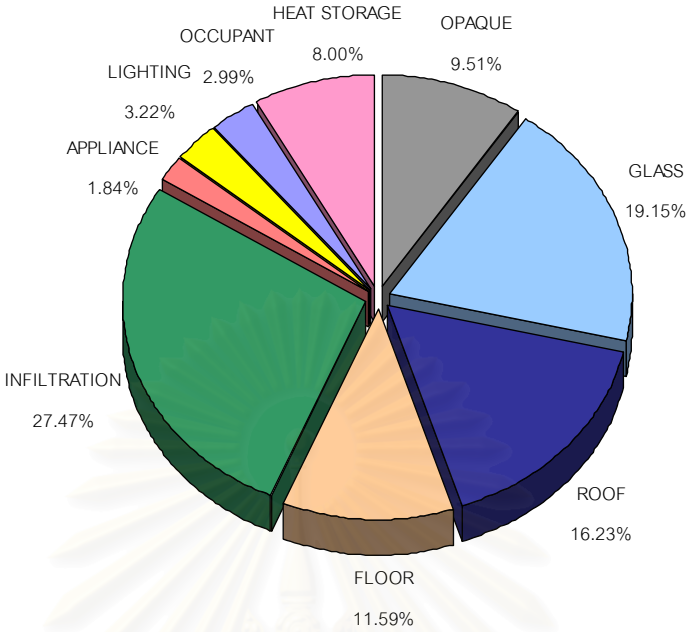
จากการคำนวณอัตราส่วนภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรของบ้านพักอาศัย 20 หลัง เมื่อนำค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปรที่ได้มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับโครงการบ้านประหยัดพลังงาน 2 และ 3 ชั้น ที่มีขนาดพื้นที่การใช้งานภายในใกล้เคียงกับกลุ่มบ้านพักอาศัยตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนภาระการทำความเย็นของแต่ละตัวแปรในกลุ่มบ้านพักอาศัยที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานกับบ้านพักอาศัยทั่วไป ว่าตัวแปรแต่ละตัวมีค่าน้ำหนักมากน้อยเพียงใดต่อภาระการทำความเย็นโดยรวมของบ้านพักอาศัย

ตารางที่ 3-9 แสดงค่าภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรของบ้านพักอาศัย

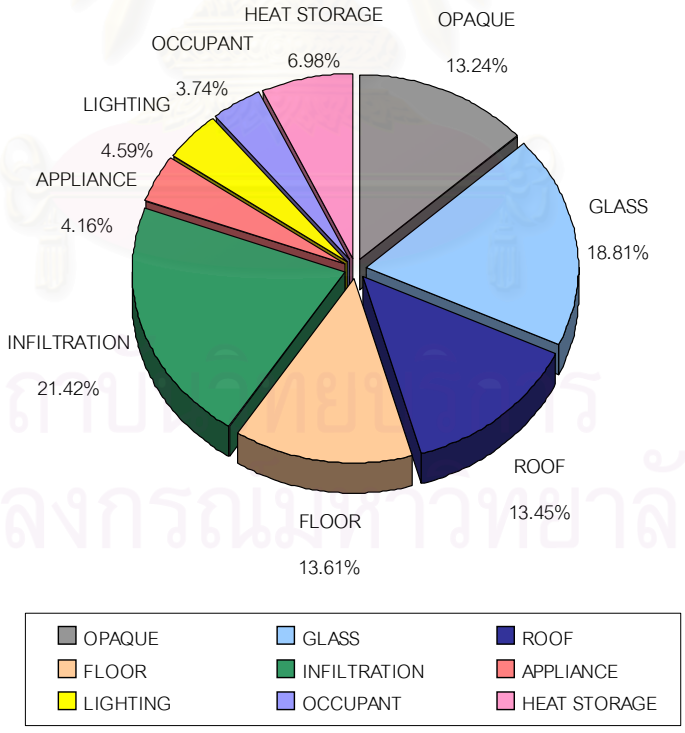
แบบบ้าน	OPAQUE Btu/h.m^2	GLASS Btu/h.m^2	ROOF Btu/h.m^2	FLOOR Btu/h.m^2	INFILTRATION Btu/h.m^2	APPLIANCE Btu/h.m^2	LIGHTING Btu/h.m^2	OCCUPANT Btu/h.m^2	HEAT STORAGE Btu/h.m^2	TOTAL LOADS Btu/h.m^2
บ้านประหยัดพลังงาน 2 ชั้น	25.97	52.27	44.30	31.63	74.97	5.02	8.79	8.17	21.85	272.97
บ้านประหยัดพลังงาน 3 ชั้น	30.77	43.71	31.25	31.63	49.77	9.67	10.65	8.68	16.21	232.36
กลุ่มบ้านทั่วไป	213.58	148.85	263.71	111.63	253.14	63.92	51.06	14.16	195.95	1315.99



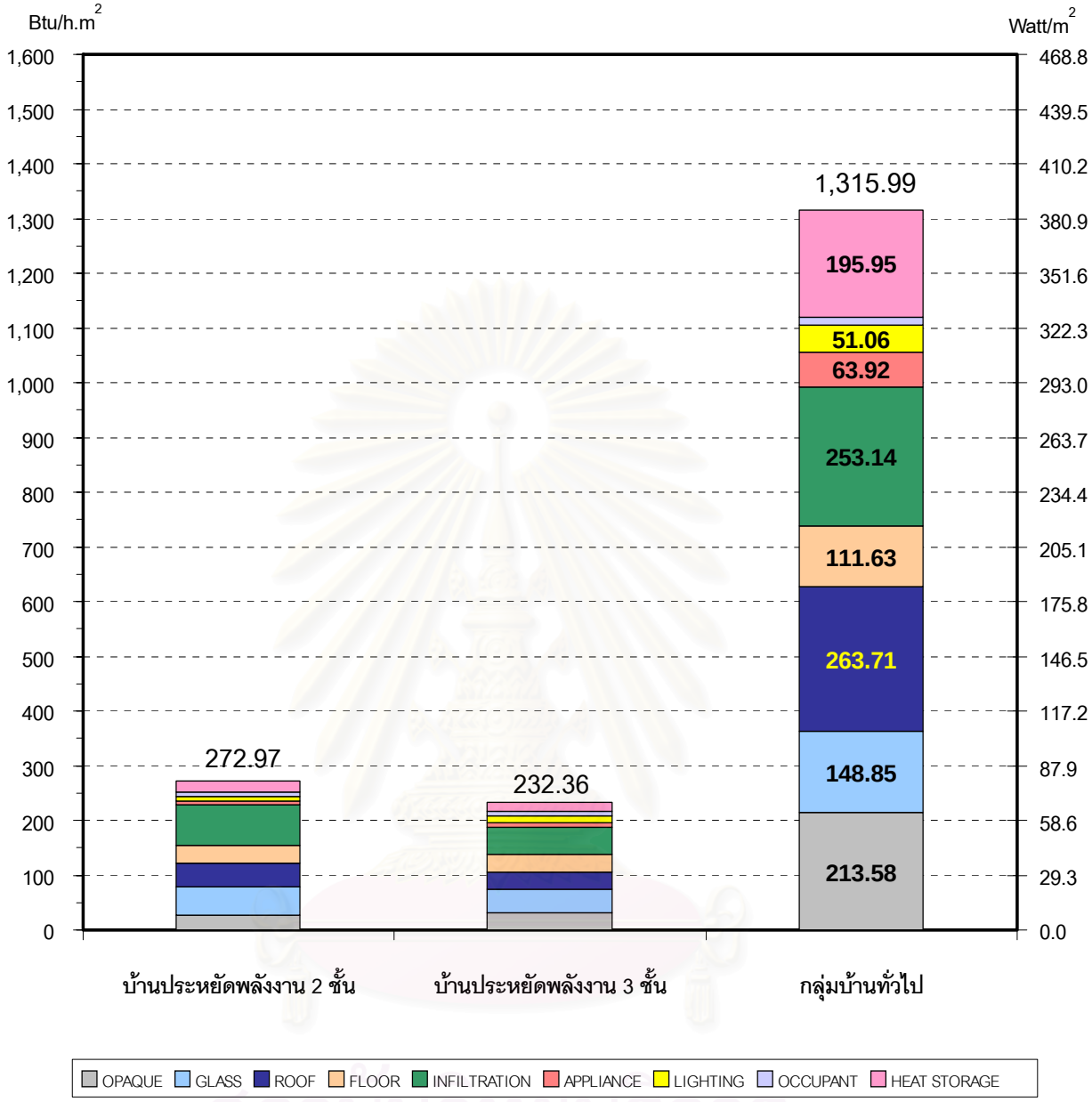
แผนภูมิที่ 3-51 แสดงอัตราส่วนภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรของบ้านพักอาศัยทั่วไป



แผนภูมิที่ 3-52 แสดงอัตราส่วนภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรของโครงการบ้านประหยัด 2 ชั้น



แผนภูมิที่ 3-53 แสดงอัตราส่วนภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปรของโครงการบ้านประหยัด 3 ชั้น



แผนภูมิที่ 3-54 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนแต่ละตัวแปรของบ้านพักอาศัยทั่วไปกับบ้านประหยัดพลังงาน

จากอัตราส่วนภาระการทำความเย็นที่ได้จะพบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นสูงที่สุดของบ้านพักอาศัยทั่วไปในลำดับต้นๆ คือ ส่วนหลังคา ส่วนการรั่วซึมของอากาศ ส่วนผนัง และการสะสมความร้อนของวัสดุ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับโครงการบ้านประหยัดพลังงานก็จัดว่าเป็นตัวแปรลำดับต้นๆ ที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นสูงเช่นกัน

3.7 การสร้างค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปร

3.7.1 การสร้างค่าน้ำหนักของการออกแบบรูปทรงอาคาร

จากการศึกษาตัวแปรที่คำนวณค่าภาระการทำความเย็นจากวิธี CLTD สามารถที่จะแบ่งกลุ่มของตัวแปรออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากภายนอกอาคาร และกลุ่มตัวแปรที่เกิดจากภายในอาคาร ในการออกแบบรูปทรงของอาคารตัวแปรสำคัญก็คือ สัดส่วนของพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่การใช้งานภายใน ซึ่งในความสัมพันธ์ของพื้นที่เปลือกอาคารจะแปรผันโดยตรงกับค่าภาระการทำความเย็น เมื่อมีปริมาณพื้นที่เปลือกอาคารมากขึ้นค่าภาระการทำความเย็นก็จะสูงตามด้วย

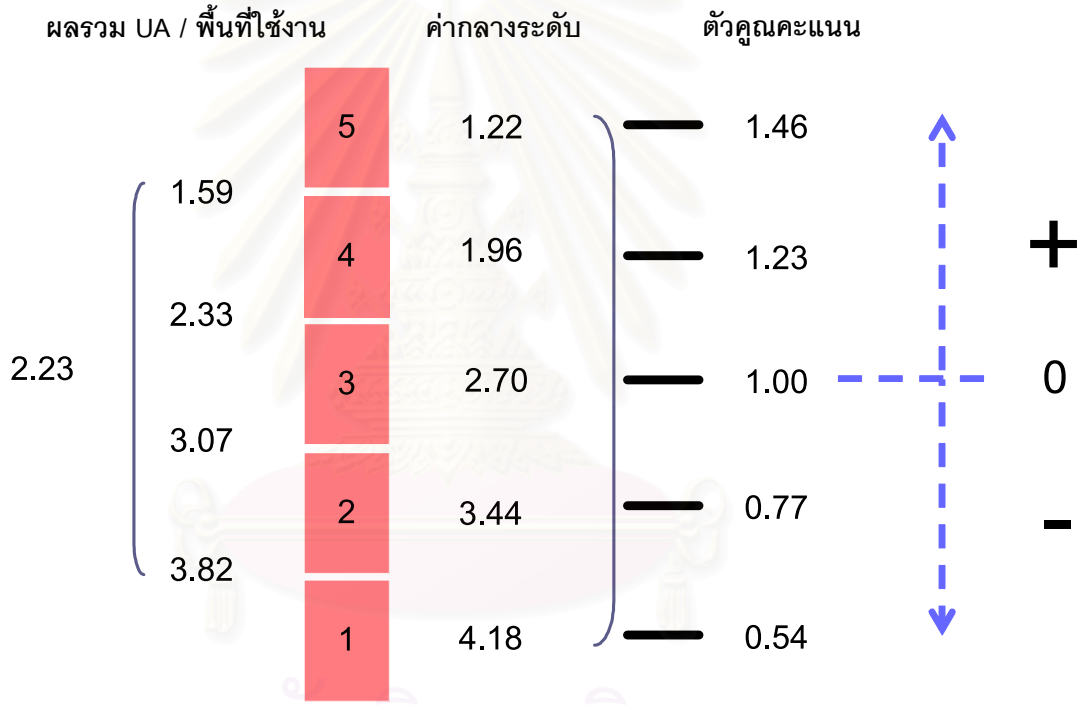
อิทธิพลของรูปทรงอาคารจะมีผลกระทบต่อตัวแปรของเปลือกอาคารทั้งหมด ทั้งพื้นที่ของตัวแปร (A) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (U) ต่อพื้นที่การใช้งานภายใน การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของการออกแบบรูปทรงอาคารจะเป็นตัวคูณที่แสดงค่าของภาระการทำความเย็นรวมทั้งหมดอันเนื่องมาจากรูปทรงของอาคาร

เนื่องจากรูปทรงของอาคารมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งเป็นการผสมผสานรูปทรงทางเลขาคณิต ดังนั้นในการหาค่าน้ำหนักของการออกแบบรูปทรงอาคารจึงเป็นการเปรียบเทียบผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) กับพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่การใช้งานภายใน (A) ของอาคารจริงที่นำมาประกอบการคำนวณ เพื่อหาอัตราส่วนของรูปทรงอาคารที่ส่งผลให้ภาระการทำความเย็นมีการเปลี่ยนแปลง โดยทำการเปรียบเทียบ 5 ระดับและทำการวิเคราะห์ค่าภาระการทำความเย็นต่อผลรวมของ $\sum UA/area$ ที่เกิดจากรูปทรงของอาคาร ในแต่ละระดับว่ามีค่าความแตกต่างของภาระการทำความเย็นที่เปลี่ยนแปลงไปในอัตราส่วนเท่าใด แล้วจึงนำไปเป็นค่าตัวคูณคะแนนในการออกแบบรูปทรงบ้านพักอาศัย

ตารางที่ 3-10 แสดงอัตราส่วนของเปลือกบ้านพักอาศัยต่อภาระการทำความเย็นรวม

ลำดับ	แบบบ้าน	พื้นที่ผิว/ พื้นที่ใช้งาน	Ua/Area Btu/h. ^{0}F	ภาระรวม Btu/h.m^{2}
1	บ้านกรมโยธา แบบประหยัด 2 (ปรับปรุง)	4.15	2.16	780.26
2	บ้านเดี่ยวเรือนเล็ก (ปรับปรุง)	4.58	2.37	703.54
3	บ้านลอยชายชั้นครึ่ง (ปรับปรุง)	3.63	2.04	795.83
4	บ้านกรมโยธา แบบประหยัด 3 (ปรับปรุง)	4.08	1.59	702.40
5	บ้านเดี่ยวเบิกบาน (ปรับปรุง)	3.29	2.06	599.61
6	บ้านกรมโยธา แบบประหยัด 2	4.15	2.83	1124.73
7	บ้านเดี่ยวเรือนเล็ก	4.58	3.51	1142.02
8	บ้านลอยชายชั้นครึ่ง	3.63	2.97	1128.55
9	บ้านกรมโยธา แบบประหยัด 3	4.08	2.64	1097.77
10	บ้านเรนโบว์	3.71	2.62	1148.75
11	บ้านเดี่ยวเบิกบาน	3.29	2.76	875.59
12	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง	5.54	3.14	1388.32
13	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ	5.82	3.59	1275.94
14	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้	5.97	3.82	1187.63
15	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน	4.97	3.24	1311.89
16	บ้านลดาวารี	3.35	2.40	1077.75
17	บ้านวรรณวนา	2.83	2.22	828.96
18	บ้านปาล์มเมอร์	2.45	1.95	829.54
19	บ้านพักโมเดิร์น	2.72	2.34	919.90
20	บ้านสองชั้นทราสฟอร์ม	2.34	2.18	899.13

จากการคำนวณอัตราส่วนค่า $\sum UA/area$ พบว่าอัตราส่วนที่เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย จะมีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นร้อยละ 30.97 ซึ่งค่าของ $\sum UA/area$ สูงสุดมีค่าเท่ากับ 3.82 Btu/h.°F มีค่าภาระการทำความเย็น 1,187.63 Btu/h.m^2 และค่า $\sum UA/area$ ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 1.59 Btu/h.°F มีค่าภาระการทำความเย็น 702.40 Btu/h.m^2 ค่าความแตกต่างของ $\sum UA/area$ มีค่าเท่ากับ 2.23 Btu/h.°F และภาระการทำความเย็น 485.23 Btu/h.m^2 นำมาแบ่งออกเป็น 5 ระดับซึ่งในแต่ละระดับมีค่าความแตกต่างระดับละ 0.74 Btu/h.°F และมีค่าความแตกต่างด้านภาระการทำความเย็น 217.59 Btu/h.m^2 ซึ่งคิดเป็น 22.91 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 3-9 แสดงค่าน้ำหนักตัวคูณตัวแปรการออกแบบรูปทรงอาคาร ใน 5 ระดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

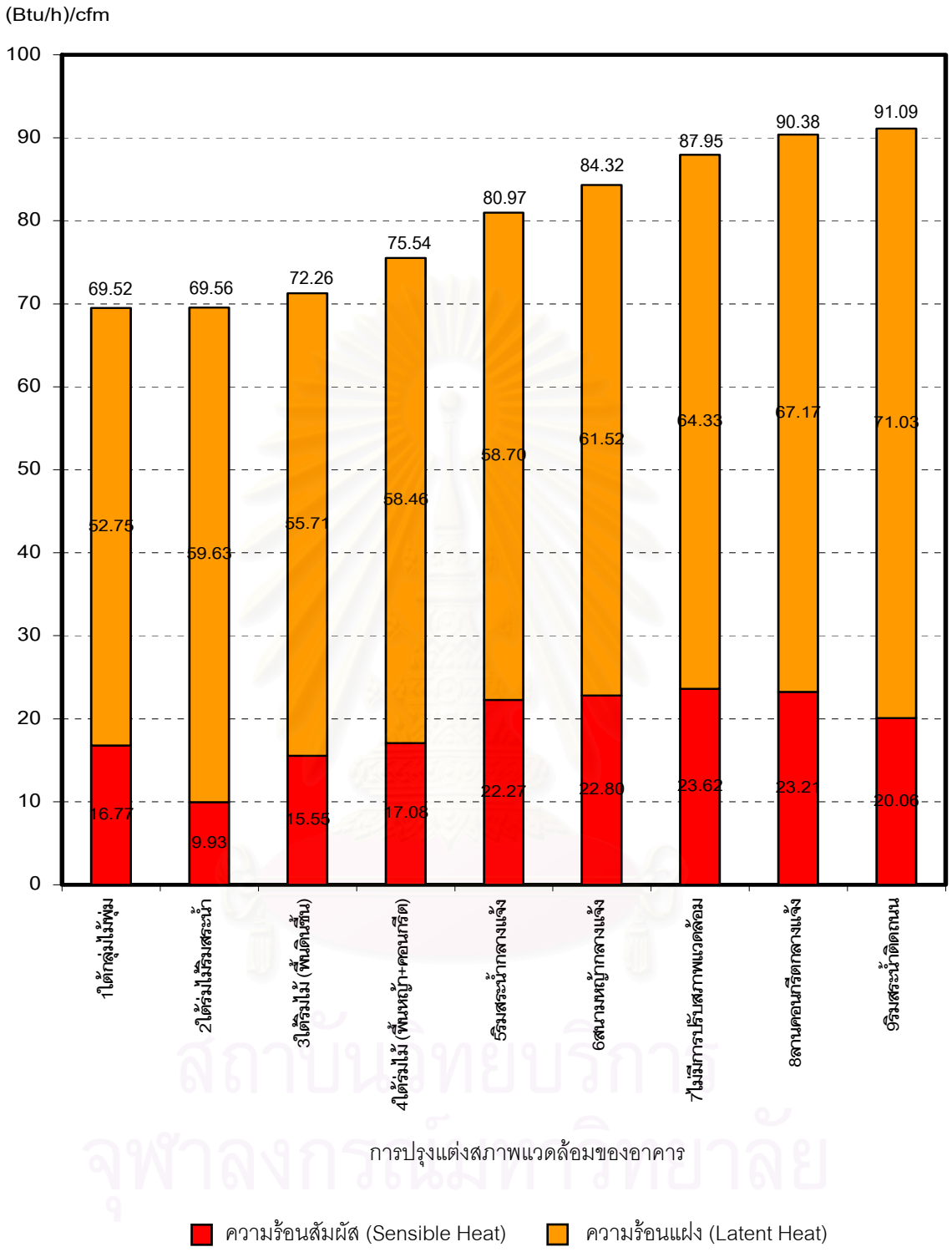
3.7.2 การสร้างค่าน้ำหนักของสภาพแวดล้อมอาคาร

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นภายในอาคารปรับอากาศ เมื่อพิจารณาจากสมการคำนวณจะพบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นคือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร (Δt) ซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้พลังงานในการปรับอากาศเป็นอย่างมาก ค่า (Δt) นี้เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมของอาคารที่สามารถจะสร้างความแตกต่างของค่า (Δt) สภาพแวดล้อมของอาคารที่มีการปรุงแต่งที่ดีมีความเหมาะสมกับอาคารจะช่วยลดปริมาณภาระการทำความเย็นภายในได้เป็นอย่างดี

การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมจะวิเคราะห์ถึงการปรุงแต่งด้านสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยการกำหนดอุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศคงที่ในสภาวะน่าสบายที่ 25 องศาฟาเรนไฮต์ ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (Δt) และค่าความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์ ประกอบการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมของอาคาร

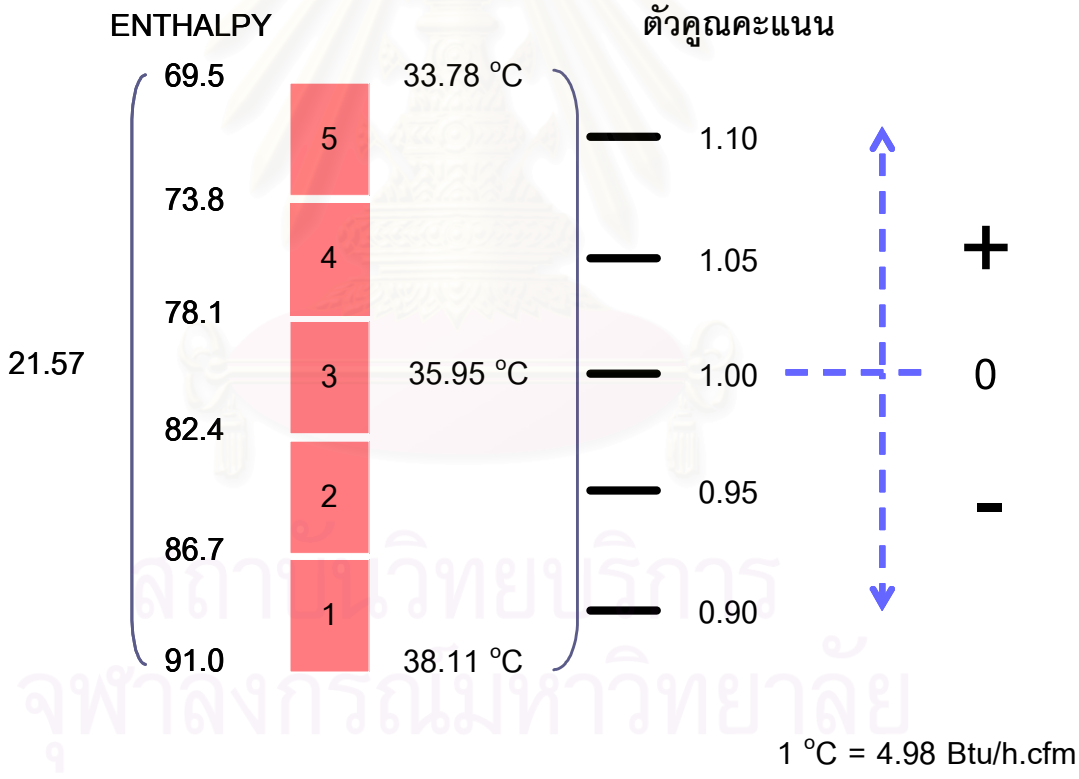
จากการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมของอาคาร เมื่อนำค่าของตัวแปรที่วัดและวิเคราะห์ออกมาในรูปของค่าเอนทัลปี (Enthalpy) มาประกอบการคำนวณเพื่อหาค่าภาระการทำความเย็นอันเนื่องจากการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงดังได้ดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 3-55 แสดงค่าความแตกต่างของเอนทัลปี (Enthalpy) ที่ได้รับอิทธิพลจากการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม

เมื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของเอนทัลปี (Enthalpy) ที่เกิดจากการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมจากแผนภูมิจะพบว่า สภาพแวดล้อมใต้กลุ่มไม้พุ่มมีค่า เอนทัลปี (Enthalpy) ต่ำที่สุดคือ 69.5 Btu/h.cfm มีอุณหภูมิอากาศ 33.78 °C และสภาพแวดล้อมริมสระน้ำติดถนนมีค่าเอนทัลปี (Enthalpy) สูงที่สุดคือ 91.0 Btu/h.cfm มีอุณหภูมิอากาศ 38.11 °C ค่าความแตกต่างจะอยู่ที่ 21.57 Btu/h.cfm และมีค่าความแตกต่างอุณหภูมิอากาศ 4.33 °C ในการแบ่งช่วงออกเป็น 5 ระดับโดยตั้งค่ากลางของสภาพแวดล้อมอยู่ที่ระดับ 3 (เป็นสภาพแวดล้อมที่ไม่มีการปรุงแต่ง) ใน 1 ระดับ หรือ 1 องศาเซลเซียสนั้น จะส่งอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นโดยรวมของอาคาร 4.98 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพด้านล่างนี้



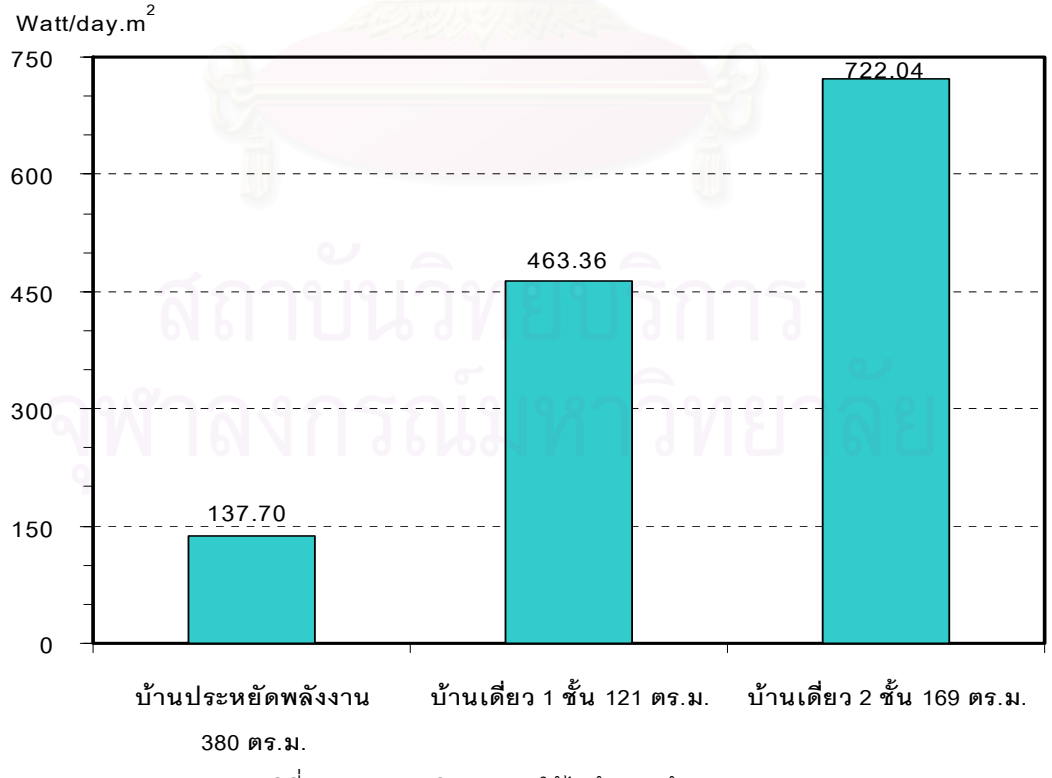
ภาพที่ 3-10 แสดงค่าน้ำหนักตัวคูณตัวแปรการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมของอาคาร ใน 5 ระดับ

3.7.3 การสร้างค่าน้ำหนักด้านพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า

พฤติกรรมด้านการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร ปรับอากาศ ทั้งด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าและภาระการทำความเย็นที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า การบ่งชี้ถึงพฤติกรรมด้านการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าจะพิจารณาถึงอัตราการใช้ไฟฟ้าภายใน 1 วัน โดยการคำนวณกำลังเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ คูณด้วยเวลาที่ใช้งานภายในรอบ 1 วัน แล้วหาอัตราส่วนต่อพื้นที่การใช้งาน 1 ตารางเมตร

การสร้างค่าระดับคะแนนในส่วนนี้จะเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าใน 1 วัน ของบ้านพักอาศัย 3 แบบ ที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าเหมาะสมกับการดำรงชีวิตในปัจจุบันและมีผู้พักอาศัยใกล้เคียงกัน ประกอบด้วย บ้านประหยัดพลังงาน (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 196) บ้านเดี่ยว 1 ชั้น และบ้านสองชั้นทั่วไป โดยการคำนวณเปรียบเทียบค่าการใช้ไฟฟ้าที่ต่ำสุดและสูงสุด และนำมาสร้างค่าระดับคะแนน 5 ระดับ ผลการคำนวณแสดงดังนี้

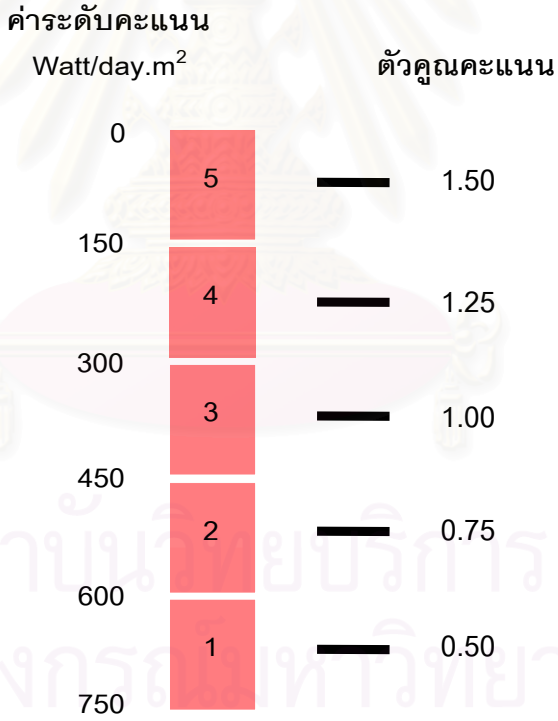
	Watt/day	Watt/day-m^2
บ้านประหยัดพลังงาน	52,325	137.70
บ้านเดี่ยว 1 ชั้น	56,066	463.36
บ้านเดี่ยว 2 ชั้น	121,707	722.04



แผนภูมิที่ 3-56 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของบ้านพักอาศัย 3 แบบ

จากการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของบ้านแต่ละหลัง เมื่อนำค่าสูงสุดและต่ำสุดมาหาช่วงคะแนน 722.04 – 137.70 = 584.34 Watt/day.m^2 แล้วนำไปแบ่งช่วงคะแนนออกเป็น 5 ช่วง :ซึ่งมีคะแนนช่วงละ 146.09 Watt/day.m^2 และทำการปรับระดับเป็น 150 Watt/day.m^2 เพื่อให้สะดวกต่อการให้คะแนนประเมิน

จากค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านพักอาศัยคือ 441.03 Watt/day.m^2 จะพบว่าเป็นคะแนนที่อยู่ระดับกลางกลางในระดับ 3 โดยกำหนดให้ช่วงคะแนนในระดับ 3 นี้ มีค่าเท่ากับ 1 เป็นตัวคูณคะแนนค่ากลางของการใช้ไฟฟ้าในบ้านพักอาศัยทั่วไป ในการสร้างค่าน้ำหนักของตัวแปรพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า แสดงดังนี้



ภาพที่ 3-11 แสดงเกณฑ์ระดับตัวคูณคะแนนในส่วนพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.7.4 การสร้างค่าน้ำหนักประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเป็นปัจจัยที่ชี้วัดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศจะบ่งบอกถึงความสามารถในการทำความเย็นต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (COP หรือ EER) ซึ่งในปัจจุบันสามารถจะพิจารณาจากตัวเครื่องปรับอากาศทั่วไป เครื่องปรับอากาศเบอร์ยิ่งสูงยิ่งมีประสิทธิภาพสูงตามด้วย

เทคโนโลยีการปรับอากาศในปัจจุบันนี้ได้พัฒนาด้านการประหยัดพลังงานกับเครื่องปรับอากาศ โดยมีการติดตั้งระบบฮีตไปป์ (Heat Pipe) ที่ทำหน้าที่ลดความชื้นที่เกิดขึ้นของระบบปรับอากาศ จากการศึกษา (วิวัฒน์ ตัณฑพานิชกุล, 2546: 147) พบว่าการติดตั้งระบบนี้จะสามารถลดขนาดเครื่องปรับอากาศจาก 11,947 Btu/h เป็น 7,263 Btu/h และสามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้ 10-20 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลนี้จึงนำไปสร้างค่าน้ำหนักของแบบประเมินแสดงดังนี้

		ค่า COP		ตัวคูณคะแนน
เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 + Heat Pipe	5	ประสิทธิภาพเพิ่ม 10 %	—	3.58
เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5	4	มากกว่า 3.10	—	3.25
เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 4	3	2.81 - 3.10	—	2.95
เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 3	2	2.51 - 2.80	—	2.65
เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 2 หรือ ต่ำกว่า	1	ต่ำกว่า 2.50	—	2.35

ภาพที่ 3-12 แสดงค่าน้ำหนักตัวคูณประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ ใน 5 ระดับ

3.8 การสร้างค่าน้ำหนักของตัวแปรที่นำมาใช้ในแบบประเมิน

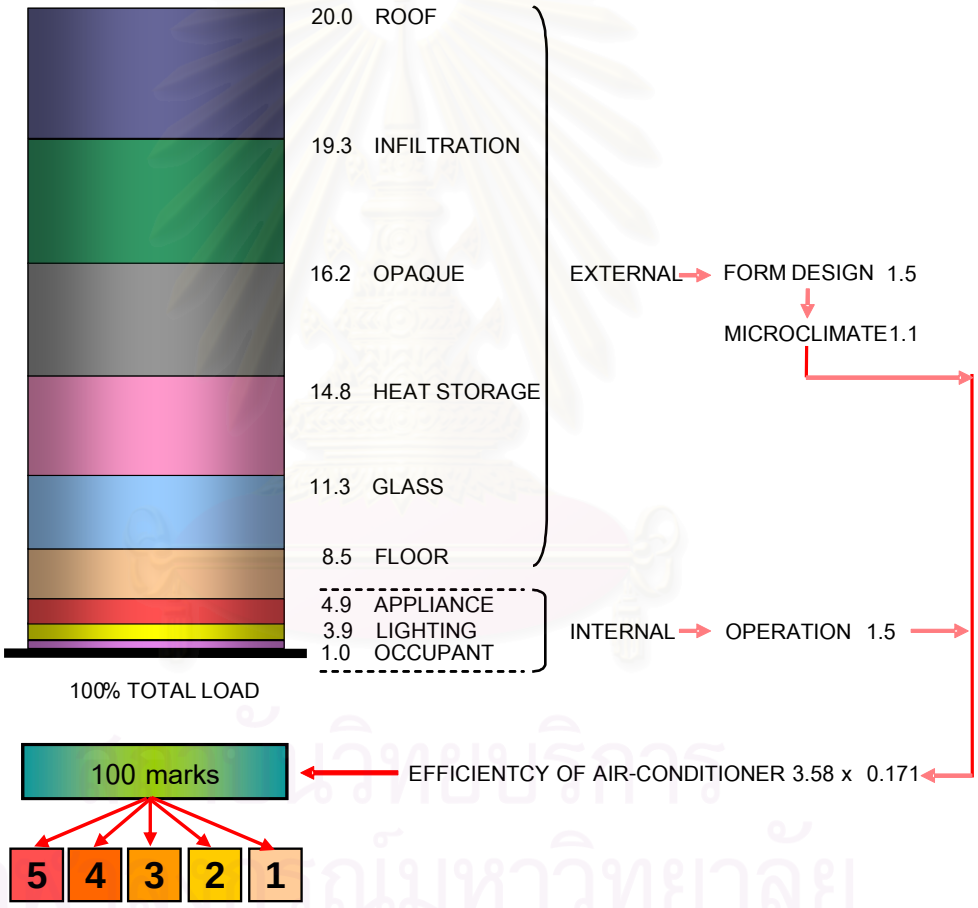
การวิเคราะห์แบบบ้านพักอาศัยในแต่ละรูปแบบ ค่าที่ได้จากการคำนวณวิเคราะห์ผลของบ้านแต่ละหลังที่จะนำมาเปรียบเทียบนั้น จำเป็นจะต้องมีการเปรียบเทียบอัตราส่วนของค่าภาระการทำความเย็นในแต่ละตัวแปร โดยเปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่การใช้งาน 1 ตารางเมตร เพื่อทำให้เกิดความยุติธรรมระหว่าง 3 กลุ่มบ้านพักอาศัย โดยนำค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นนั้นมาทำการเฉลี่ยเป็นอัตราส่วนต่อพื้นที่การใช้งานปรับอากาศของบ้านแต่ละหลัง การเปรียบเทียบจะทำให้ทราบถึงกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัย

ค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณภาระการทำความเย็นในช่วงที่มีภาระการทำความเย็นสูงที่สุดในรอบวัน ซึ่งจากข้อมูลจะพบว่าช่วงเวลาที่มีค่าภาระการทำความเย็นสูงที่สุดคือ ช่วงเวลาประมาณ 17.00 - 18.00 น. ในการนำช่วงเวลาที่มีค่าภาระการทำความเย็นสูงมาทำการเปรียบเทียบนี้ก็จะสามารถทำการหาขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในบ้านพักอาศัยได้ ค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปรสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 3-11 แสดงค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปรทั้งหมด

ตัวแปรต่อภาระการทำความเย็น	ร้อยละค่าน้ำหนัก
1. ROOF	20.05
1. INFILTRATION	19.25
2. OPAQUE	16.24
3. HEAT STORAGE	14.84
4. GLASS	11.32
5. FLOOR	8.49
6. APPLIANCE	4.86
7. LIGHTING	3.88
8. OCCUPANT	1.08

จากการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักในแต่ละตัวแปรต่อภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัย จะพบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นสูงที่สุดคือ ส่วนหลังคา (Roof) 20.05 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่มีค่าน้อยที่สุดคือ ในส่วนผู้ใช้งาน (Occupant) 1.08 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยสามารถแสดงลำดับของค่าน้ำหนักในแต่ละตัวแปร ที่จะนำไปใช้ในการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคารปรับอากาศ สามารถสรุปได้ดังนี้



ภาพที่ 3-13 แสดงค่าน้ำหนักในแต่ละตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็น และตัวคูณคะแนนของตัวแปร

บทที่ 4

การสร้างและวิธีใช้แบบประเมิน

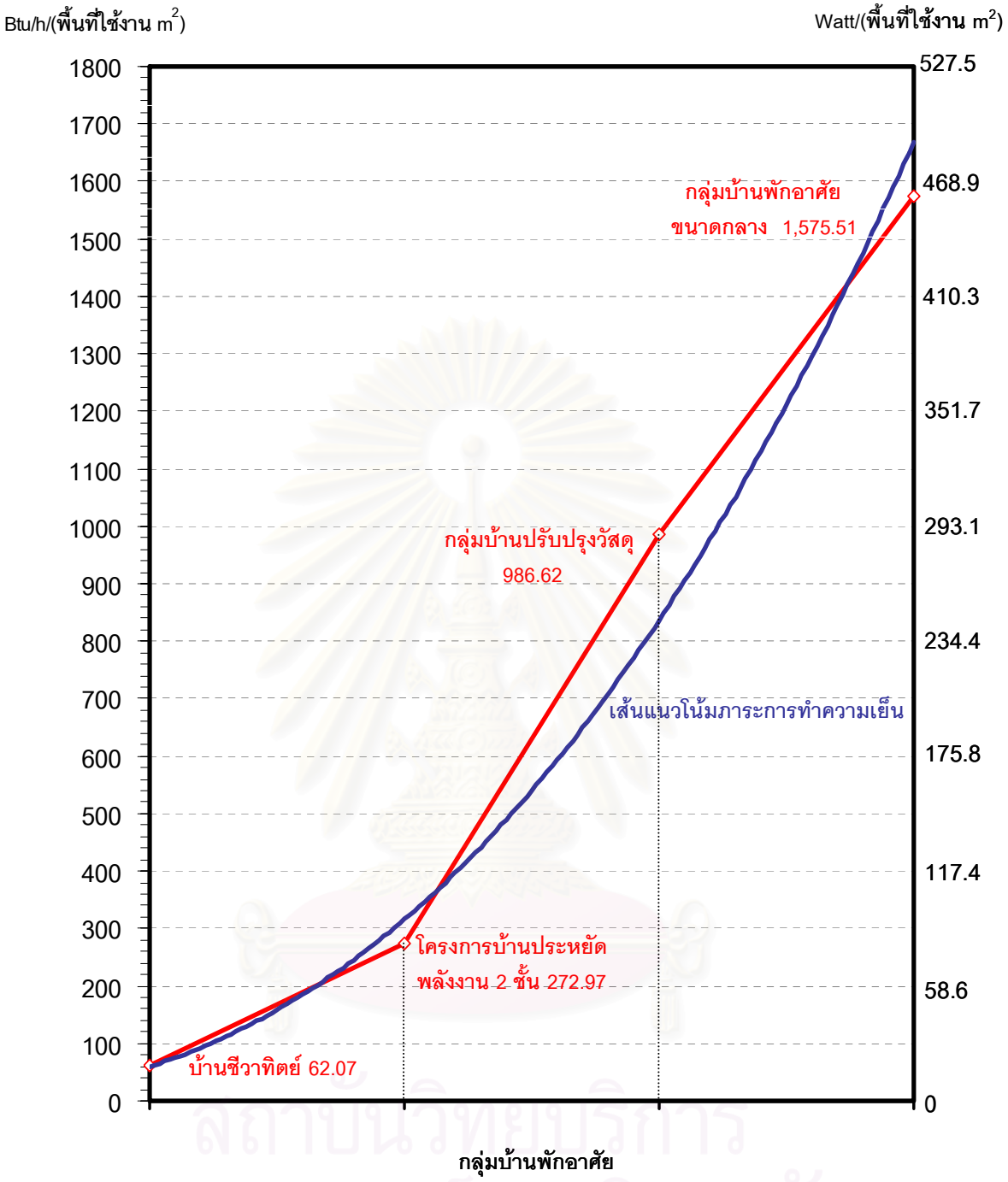
จากการคำนวณภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัย ค่าน้ำหนักที่ได้จากการคำนวณและเปรียบเทียบออกมาเป็นค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปร จะเป็นส่วนที่ชี้ให้เห็นถึงลำดับความสำคัญของแต่ละตัวแปรว่ามีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัยมากน้อยเพียงใด การสร้างแบบประเมินค่าประหยัดพลังงานนั้นจะเป็นตัวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในแต่ละส่วนของบ้านพักอาศัยได้อย่างชัดเจน และสามารถระบุถึงประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานในแต่ละองค์ประกอบของบ้านพักอาศัยได้อย่างเหมาะสม

4.1 เกณฑ์การประเมินค่าระดับศักยภาพของบ้านพักอาศัยปรับอากาศ

เมื่อได้ค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัยจากบทที่ 3 แล้ว นำค่าน้ำหนักของตัวแปรทั้งหมดมาสร้างระดับประเมินค่าการประหยัดพลังงาน โดยนำปริมาณภาระการทำความเย็นรวมของบ้านพักอาศัย 4 กลุ่มที่มีค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่การใช้งานต่ำที่สุด จนถึงกลุ่มบ้านพักอาศัยที่มีค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้งานสูงที่สุด มาสร้างแผนภูมิแสดงเส้นแนวโน้มภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัย เพื่อสร้างระดับของคะแนนที่เกิดจากการประเมินค่า

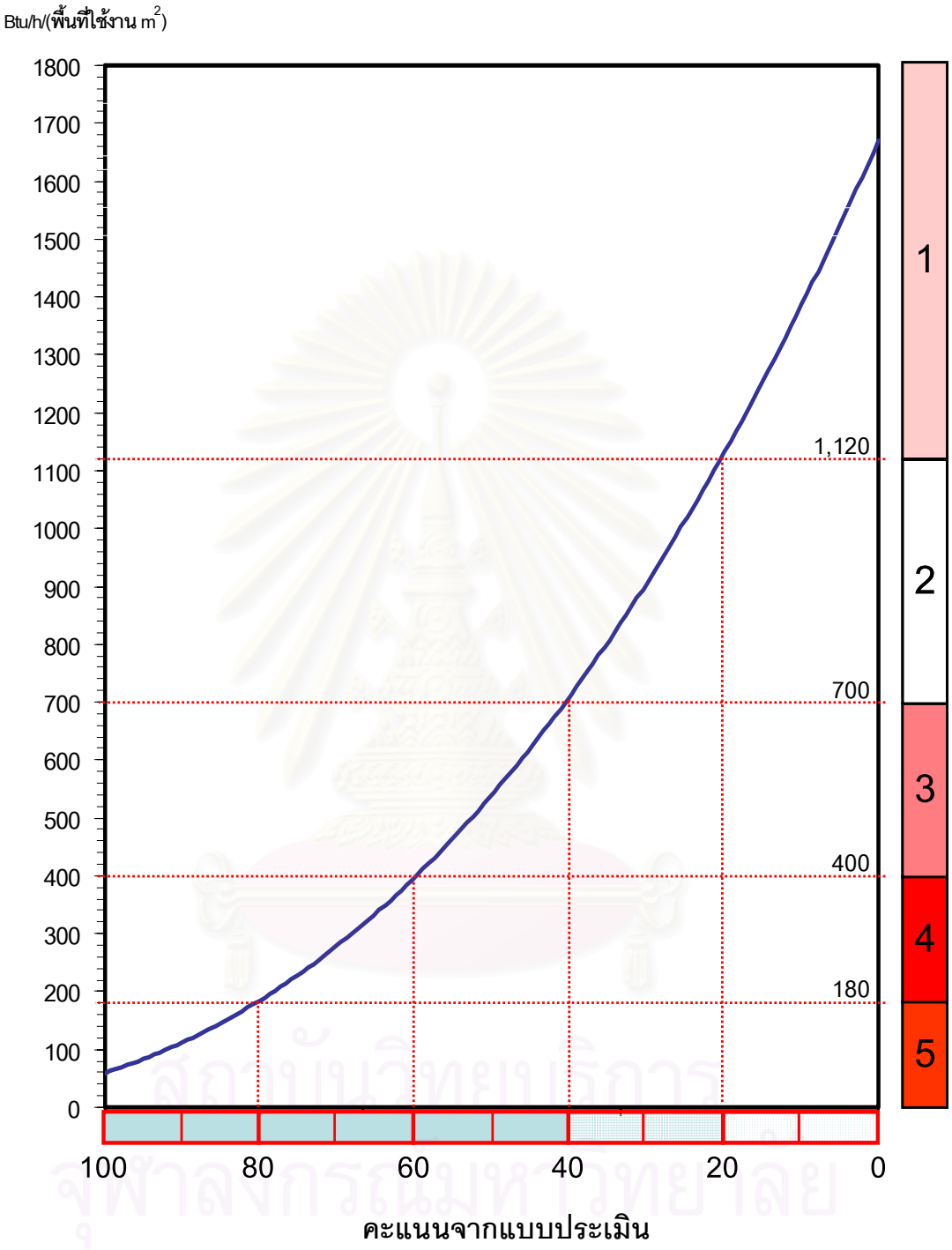
ตารางที่ 4-1 แสดงค่าภาระการทำความเย็นรวมทั้งหมดของกลุ่มบ้านพักอาศัยในการสร้างค่าระดับ

กลุ่มบ้านพักอาศัย	ภาระการทำความเย็นรวม Btu/h/พื้นที่ใช้งาน m^2	ภาระการทำความเย็นรวม Watt/พื้นที่ใช้งาน m^2
1. บ้านชีวาทิตย์	62.07	18.19
2. โครงการบ้านประหยัดพลังงาน 2 ชั้น	272.97	80.00
3. กลุ่มบ้านพักอาศัยปรับปรุงวัสดุ	986.62	289.18
4. กลุ่มบ้านพักอาศัยขนาดกลาง	1,575.51	461.78



แผนภูมิที่ 4-1 แสดงการสร้างเส้นแนวโน้มค่าภาระการทำความเย็นของกลุ่มบ้านพักอาศัย

เมื่อสร้างเส้นแนวโน้มภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัยแล้ว ในแกน X จะเป็นค่าระดับคะแนนที่ใช้วัดศักยภาพของบ้านพักอาศัยมีคะแนนทั้งหมด 100 คะแนน 5 ระดับ มีระดับละ 20 คะแนน ซึ่งจะเป็นค่าคะแนนรวมที่ได้จากแบบประเมินในแต่ละส่วน สามารถสร้างเกณฑ์วัดระดับศักยภาพของอบ้านพักอาศัยปรับอากาศได้ดังนี้



แผนภูมิที่ 4-2 แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพของบ้านพักอาศัยปรับอากาศ

4.2 การจัดกลุ่มแบบประเมินของอาคารปรับอากาศ

จากการวิเคราะห์อัตราการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัยในกลุ่มตัวแปรต่างๆ ในตัวแปรแต่ละตัวมีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นมากน้อยแตกต่างกัน ทั้งอิทธิพลที่เกิดจากภายนอกและภายในอาคาร แนวทางการสร้างแบบค่าการประหยัดพลังงานในอาคารปรับอากาศ จึงจัดแบ่งตัวแปรออกเป็นกลุ่มๆ เพื่อสะดวกในการประเมินค่าดังนี้

แบบประเมินด้านกลุ่มตัวแปรที่ได้รับอิทธิพลจากภายนอกอาคารปรับอากาศ

1. กลุ่มการสร้างแบบประเมินค่าในส่วนเปลือกอาคาร
   - การสร้างแบบประเมินค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของหลังคา
   - การสร้างแบบประเมินค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของผนัง
   - การสร้างแบบประเมินค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของกระจก
   - การสร้างแบบประเมินค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของพื้น
   - กลุ่มสร้างแบบประเมินค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของการรั่วซึมของอากาศ
2. กลุ่มการสร้างแบบประเมินค่าด้านการสะสมความร้อนของวัสดุ
3. กลุ่มการสร้างแบบประเมินค่าการออกแบบรูปทรงอาคาร
4. กลุ่มการสร้างแบบประเมินค่าสภาพแวดล้อมของอาคาร

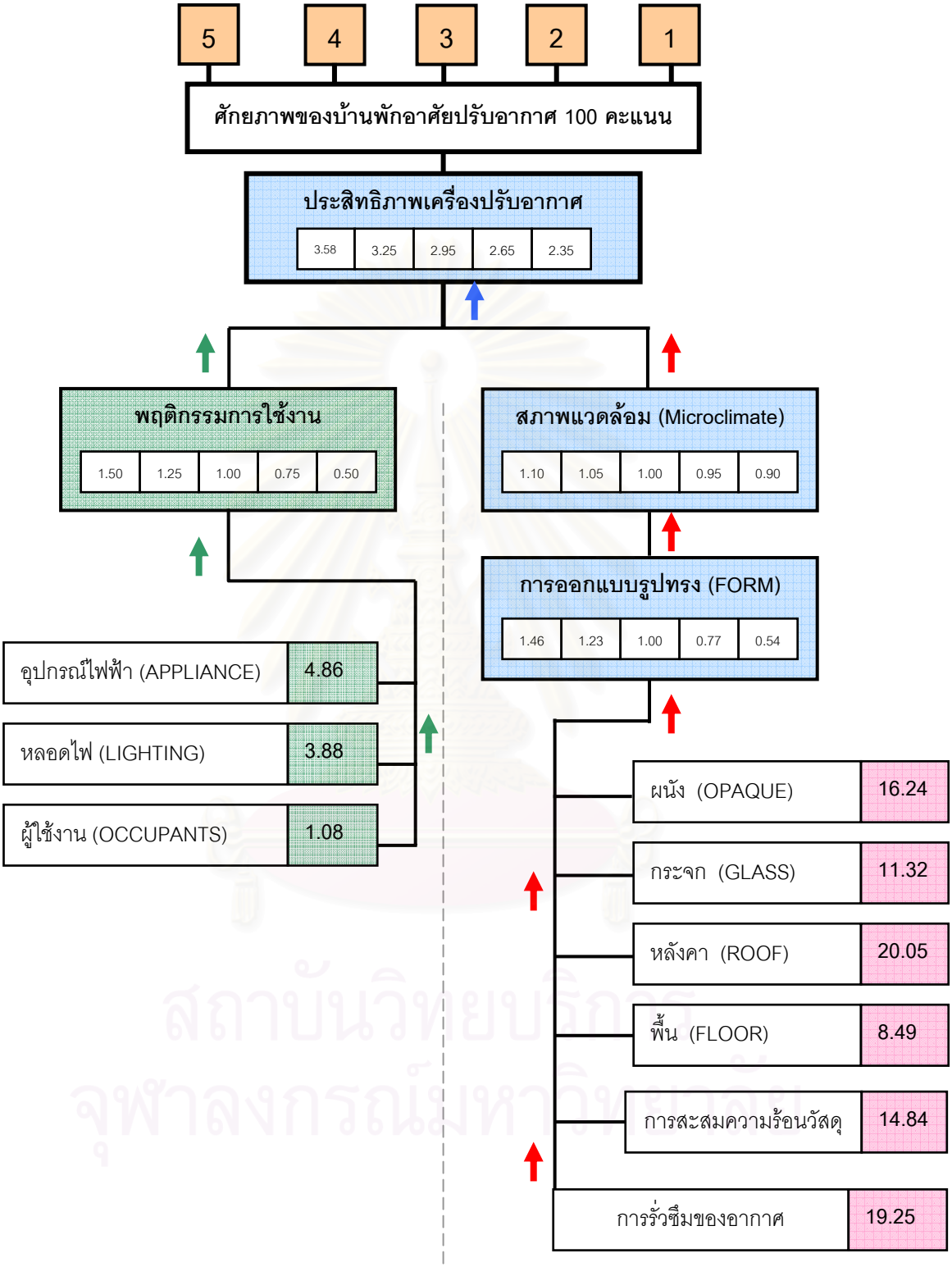
แบบประเมินด้านกลุ่มตัวแปรที่ได้รับอิทธิพลจากภายในอาคารปรับอากาศ

5. กลุ่มการสร้างแบบประเมินค่าในส่วนภาระภายในอาคาร
   - การสร้างแบบประเมินค่าภาระการทำความเย็นในส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า
   - การสร้างแบบประเมินค่าภาระการทำความเย็นในส่วนหลอดไฟ
   - การสร้างแบบประเมินค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของผู้ใช้อาคาร

แบบประเมินกลุ่มตัวแปรด้านประสิทธิภาพที่เกี่ยวกับระบบปรับอากาศ

6. การสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

4.2.1 เกณฑ์การประเมินศักยภาพอาคารปรับอากาศ



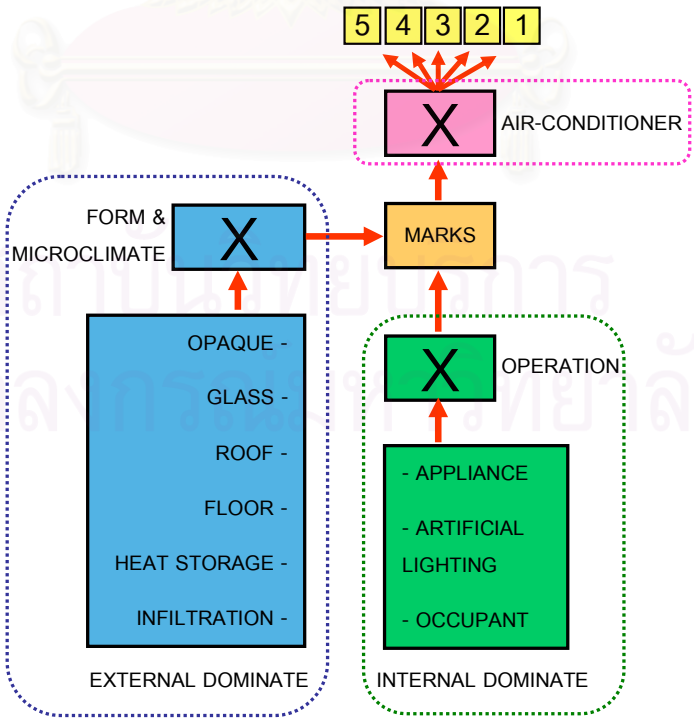
ภาพที่ 4-1 แสดงโครงสร้างเกณฑ์การประเมินรวมอาคารปรับอากาศ

4.3 วิธีการสร้างแบบประเมิน

การทำวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคารปรับอากาศ โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายนอก และกลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร

ในการสร้างแบบประเมินในส่วนอิทธิพลที่เกิดจากภายนอกอาคารนั้น ได้มีการทำวิจัยวิทยานิพนธ์ในการสร้างแบบประเมินในแต่ละส่วน โดยกลุ่มนิสิตปริญญาโท ภาควิชาสถาปัตยกรรม สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2546 ซึ่งเป็นการสร้างแบบประเมินในแต่ละส่วน ประกอบด้วย ส่วนผนัง กระจก หลังคา พื้น การรั่วซึมของอากาศ การออกแบบรูปทรงอาคาร และการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม รายละเอียดในการสร้างแบบประเมินในส่วนสามารถศึกษาได้จากวิทยานิพนธ์ดังกล่าว

การสร้างแบบประเมินในบทนี้จะเป็นการสร้างแบบประเมินในภาพรวมทั้งหมดของอาคาร ที่จะเป็นแบบประเมินสุดท้ายในการวัดศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานของอาคาร ซึ่งเป็นแบบประเมินที่บ่งชี้ออกมาในรูปของคะแนนทั้งหมด 100 คะแนนเต็ม ใน 5 ระดับ และในการทำวิจัยนี้ได้สร้างแบบประเมินในส่วนตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร ประกอบด้วย แบบประเมินพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้ารวมถึงอุปกรณ์ไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า ผู้ใช้งานในอาคาร และในส่วนตัวแปรด้านประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ มีรายละเอียดในการสร้างแบบประเมินดังนี้



ภาพที่ 4-2 แสดงผังการสร้างแบบประเมินศักยภาพอาคารปรับอากาศ

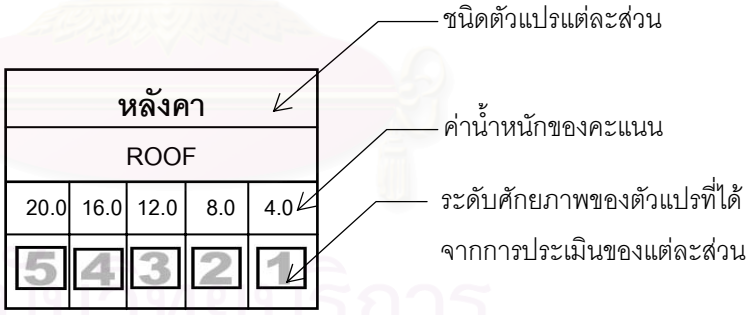
4.3.1 การสร้างแบบประเมินศักยภาพรวมของอาคารปรับอากาศ

การสร้างแบบประเมินอาคารปรับอากาศจะมีรูปแบบในการสร้างที่ประยุกต์มาจากรูปแบบของเกณฑ์การประเมินในภาพที่ 4-1 ซึ่งได้นำรูปแบบนี้มาสร้างเป็นแบบประเมินเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจและการใช้งานของแบบประเมิน ประกอบด้วยขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดกลุ่มของแบบประเมินออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายนอก และกลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร ซึ่งมีรูปแบบตามภาพที่ 4-1

ขั้นตอนที่ 2 จัดกลุ่มตัวแปรย่อยตามค่าน้ำหนักที่ได้แบ่งเอาไว้ คือ กลุ่มที่เป็นคะแนนของแต่ละส่วน และกลุ่มตัวแปรที่เป็นตัวคูณ จัดวางรูปแบบของผังตารางคะแนนในแต่ละกลุ่มตัวแปร

ขั้นตอนที่ 3 สร้างช่องให้คะแนนในแต่ละตัวแปร โดยในแต่ตัวแปรจะมีค่าระดับ 5 ระดับ และมีค่าน้ำหนักคะแนนของแต่ละระดับกำกับอยู่ด้วย โดยค่าน้ำหนักของตัวแปรส่วนนั้นจะเป็นคะแนนเต็มของระดับที่ 5 และในระดับที่ 1 จะมีค่าน้ำหนักคะแนนต่างจากระดับที่ 5 ซึ่งเป็นระดับสูงสุด 5 เท่า แสดงตัวอย่างดังนี้

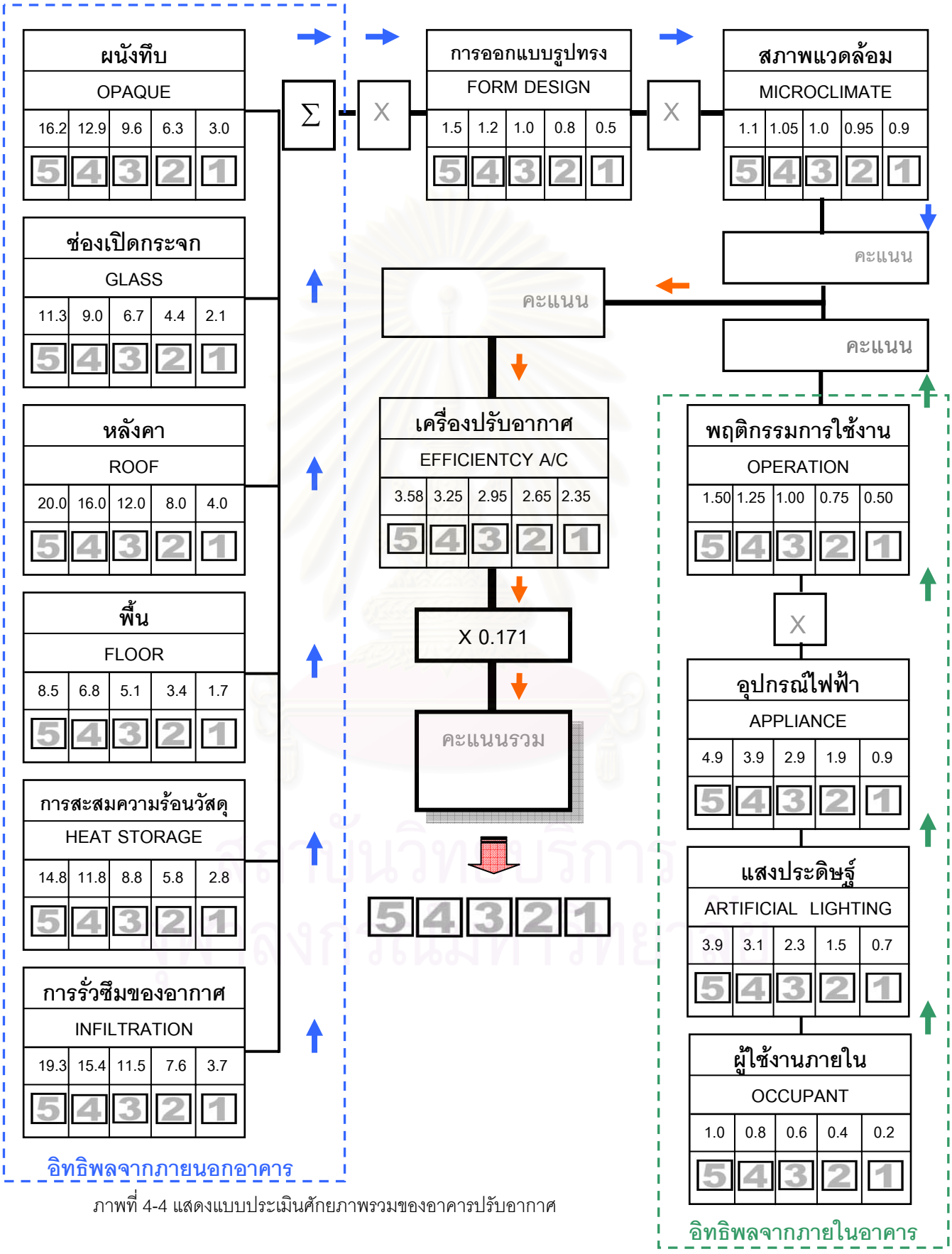


ภาพที่ 4-3 แสดงการให้คะแนนในแต่ละส่วนของแบบประเมิน

ขั้นตอนที่ 4 จัดวางช่องคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ลงในช่องที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 2 แล้วรวมคะแนนทุกขั้นตอนตามทิศทางของลูกศร เพื่อหาตัวคูณปรับค่าคะแนนให้มีคะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งจากแบบประเมินนี้คะแนนดิบที่ออกมา คือ 584.85 คะแนน ตัวคูณคะแนน มีค่า 0.171

ขั้นตอนที่ 5 นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 มาหาจุดตัดที่แผนภูมิ เพื่อหาระดับศักยภาพของอาคาร 1 ถึง 5 ระดับ

4.3.1.1 แบบประเมินรวมศักยภาพของบ้านพักอาศัยปรับอากาศ



ภาพที่ 4-4 แสดงแบบประเมินศักยภาพรวมของอาคารปรับอากาศ

4.3.2 กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร

การสร้างแบบประเมินในส่วนนี้มีรูปแบบในการสร้างจากการคำนวณด้วยวิธี CLTD ในแต่ละตัวแปร โดยการสร้างออกมาเป็นแผนภูมิแสดงแนวโน้มของภาระการทำความเย็นต่อปริมาณของตัวแปรต้นของแกน X และทำการเปรียบเทียบต่อพื้นที่การใช้งานของอาคาร ซึ่งมีรายละเอียดในการสร้างแบบประเมินที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร ดังนี้

4.3.2.1 การสร้างแบบประเมินส่วนหลอดไฟฟ้าในอาคาร

ในการสร้างแบบประเมินในส่วนนี้มีวิธีการสร้างโดยการคำนวณภาระการทำความเย็นออกมาในรูปของแผนภูมิเส้นตรงในแต่ละรายชั่วโมง ซึ่งค่าจากแกน X จะเป็นค่ากำลังของหลอดไฟฟ้าทั้งหมดต่อพื้นที่การใช้งาน (Lighting Power Densities มีหน่วยเป็น Watt/ft^2) เป็นค่าที่หาได้จากรายละเอียดของหลอดไฟฟ้าของอาคารที่จะต้องเติมค่าในแบบประเมิน

จากการศึกษาถึงภาระการทำความเย็นที่เกิดจากหลอดไฟฟ้าด้วยการคำนวณวิธี CLTD จากสมการ $q_{lgt} = L_{wsf} \times A \times 3.413 \times (CLF_{lgt})$ โดยการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นออกมาสร้างแผนภูมิ แสดงขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์การใช้ค่า CLF จากตาราง (ASHRAE, 1989:26.45)

Light Are	Hours After Each Entry Into Space																							
Turn on	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
8	0.09	0.63	0.66	0.68	0.70	0.71	0.73	0.75	0.76	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10
10	0.12	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.75	0.77	0.78	0.79	0.81	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13
12	0.15	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	0.83	0.84	0.85	0.30	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16
14	0.19	0.73	0.75	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	0.86	0.87	0.88	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21
16	0.24	0.77	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.88	0.89	0.90	0.90	0.91	0.37	0.34	0.32	0.30	0.29	0.27	0.25

ตารางที่ 4-2 แสดงค่า CLF Cooling Load Factor ของการใช้หลอดไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์หาค่า A*CLF*3.413 สูงสุด โดยกำหนด A เท่ากับ 1 ft^2

Light Are	Hours After Each Entry Into Space																							
Turn on	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
8	0.31	2.15	2.25	2.32	2.39	2.42	2.49	2.56	2.59	0.78	0.72	0.68	0.65	0.61	0.58	0.55	0.51	0.48	0.44	0.41	0.38	0.38	0.34	0.34
10	0.41	2.25	2.32	2.39	2.46	2.53	2.56	2.63	2.66	2.70	2.76	0.92	0.85	0.82	0.75	0.72	0.68	0.65	0.58	0.55	0.51	0.48	0.48	0.44
12	0.51	2.35	2.42	2.49	2.56	2.59	2.66	2.70	2.73	2.76	2.83	2.87	2.90	1.02	0.99	0.92	0.85	0.82	0.75	0.72	0.68	0.65	0.58	0.55
14	0.65	2.49	2.56	2.59	2.66	2.70	2.73	2.76	2.83	2.87	2.90	2.94	2.94	2.97	3.00	1.16	1.09	1.02	0.96	0.89	0.85	0.78	0.75	0.72
16	0.82	2.63	2.70	2.73	2.76	2.80	2.83	2.87	2.90	2.94	2.97	3.00	3.00	3.04	3.07	3.07	3.11	1.26	1.16	1.09	1.02	0.99	0.92	0.85

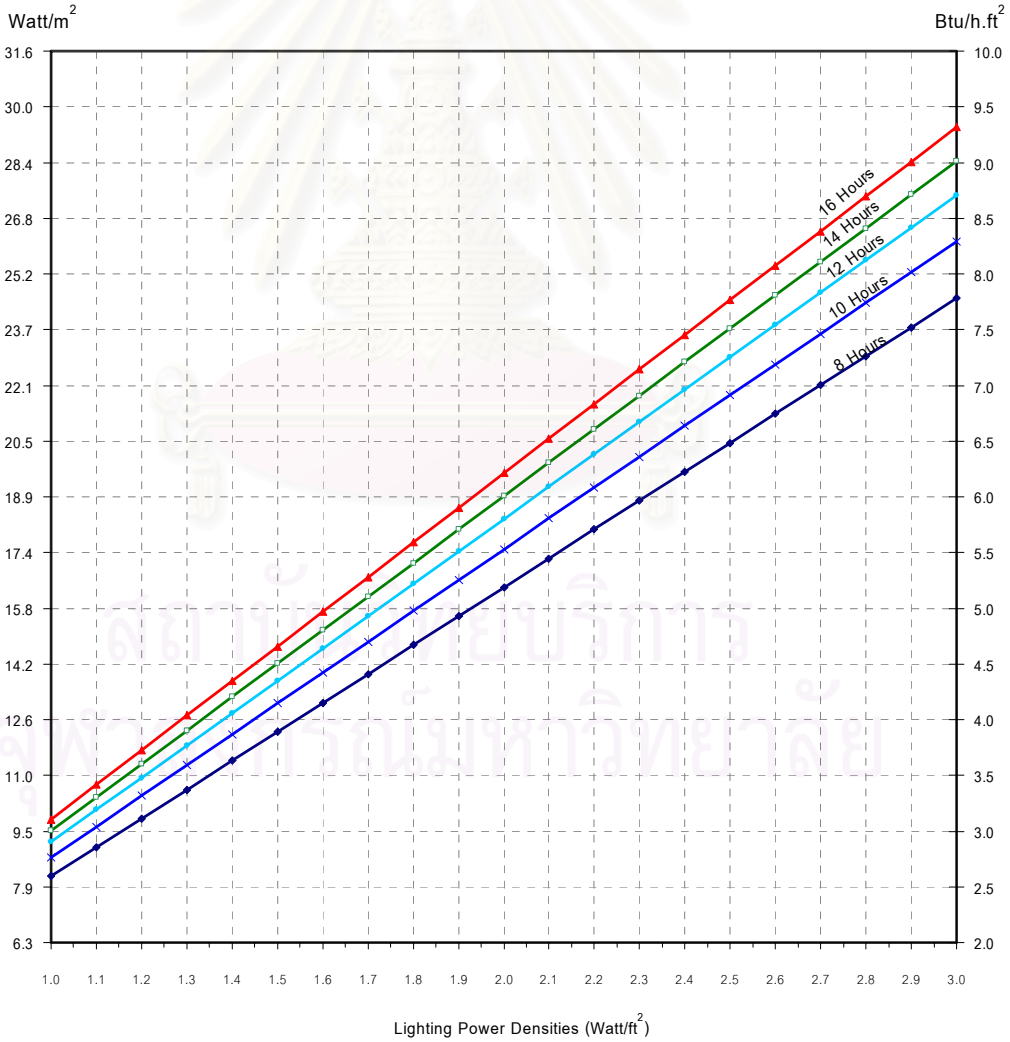
ตารางที่ 4-3 แสดงผลของค่า CLF x A x 3.413 ของการใช้หลอดไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าภาระการทำความเย็นจากค่า (L_{wsf}) ตั้งแต่ 1.0 – 3.0 จากค่าต่ำสุดถึงสูงสุดที่มีการใช้งานในอาคารทั่วไป (Bobenhausen, 1994: 57)

Light Are	CLF	Typical Lighting Power Densities																				
Turn on	24	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
8 Hours	2.59	2.59	2.85	3.11	3.37	3.63	3.89	4.15	4.41	4.67	4.93	5.19	5.45	5.71	5.97	6.23	6.48	6.74	7.00	7.26	7.52	7.78
10 Hours	2.76	2.76	3.04	3.32	3.59	3.87	4.15	4.42	4.70	4.98	5.25	5.53	5.81	6.08	6.36	6.63	6.91	7.19	7.46	7.74	8.02	8.29
12 Hours	2.90	2.90	3.19	3.48	3.77	4.06	4.35	4.64	4.93	5.22	5.51	5.80	6.09	6.38	6.67	6.96	7.25	7.54	7.83	8.12	8.41	8.70
14 Hours	3.00	3.00	3.30	3.60	3.90	4.20	4.51	4.81	5.11	5.41	5.71	6.01	6.31	6.61	6.91	7.21	7.51	7.81	8.11	8.41	8.71	9.01
16 Hours	3.11	3.11	3.42	3.73	4.04	4.35	4.66	4.97	5.28	5.59	5.90	6.21	6.52	6.83	7.14	7.45	7.76	8.08	8.39	8.70	9.01	9.32

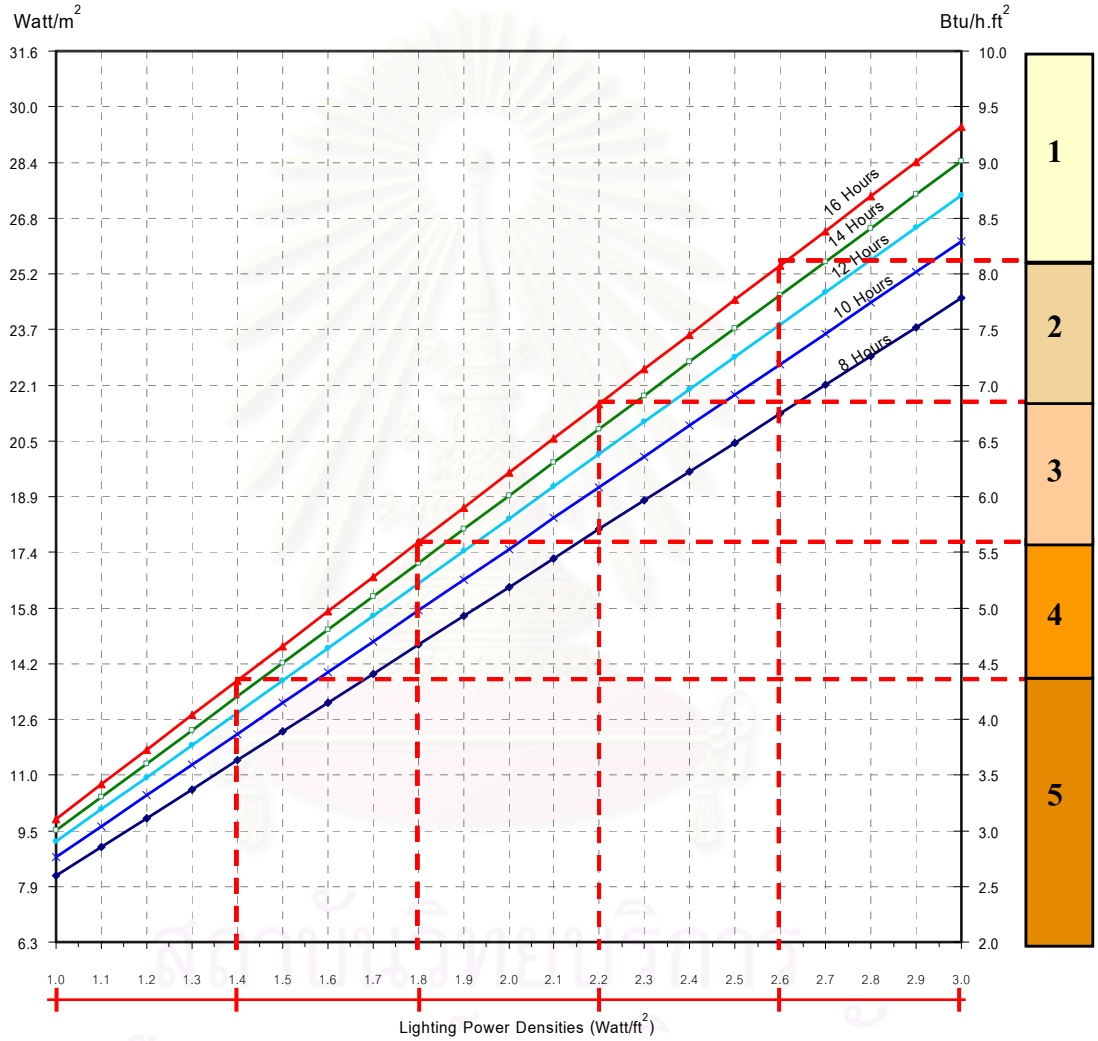
ตารางที่ 4-4 แสดงผลของค่าภาระการทำความเย็นจาก CLF x A x 3.413 x L_{wsf}

ขั้นตอนที่ 4 สร้างแผนภูมิแสดงภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่การใช้งานภายในอาคาร



แผนภูมิที่ 4-3 แสดงภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้งาน

ขั้นตอนที่ 5 แบ่งช่วงค่า (L_{wsf}) ในแกน X ออกเป็น 5 ช่วง ช่วงละ 0.40 Watt/ft^2 แล้วลากเส้นตรงไปชนกับเส้นแผนภูมิของชั่วโมงที่ 18 ซึ่งเป็นชั่วโมงมีค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด จากนั้นลากเส้นตรงจากจุดตัดไปทางแกน Y ทางด้านขวา ซึ่งก็จะได้ระดับศักยภาพตั้งแต่ 1 ถึง 5 ระดับ



แผนภูมิที่ 4-4 แสดงการสร้าค่าระดับศักยภาพของการใช้งานหลอดไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 6 จากแผนภูมิ 4-4 นี้ทำให้ทราบถึงตัวแปรต่างๆ ที่ต้องการจากการใช้หลอดไฟฟ้าภายในในอาคาร ซึ่งนำไปสร้างเป็นแบบประเมินเพื่อเติมค่าที่ต้องการใช้ประกอบในแบบประเมินได้

4.3.2.2 การสร้างแบบประเมินในส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า

ในการสร้างแบบประเมินในส่วนนี้มีวิธีการสร้างโดยการคำนวณภาระการทำความเย็นออกมาในรูปของแผนภูมิเส้นตรงในแต่ละรายชั่วโมง ซึ่งค่าจากแกน X จะเป็นค่ากำลังรวมของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดต่อพื้นที่การใช้งาน (Equipment Power Densities มีหน่วยเป็น Watt/ft^2) เป็นค่าที่หาได้จากรายละเอียดของอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคารที่จะต้องเติมค่าในแบบประเมินที่จะสร้างขึ้นมา

จากการศึกษาถึงภาระการทำความเย็นที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยการคำนวณวิธี CLTD จากสมการ $q_{eq} = EQ_{wsf} \times A \times 3.413 \times (CLF_{eq})$ โดยการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นออกมาสร้างแผนภูมิ แสดงขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์การใช้ค่า CLF จากตาราง (ASHRAE, 1989: 26.46)

Total hours	Hours After Appliances are on																							
in space	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.27	0.40	0.25	0.19	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.28	0.41	0.51	0.59	0.39	0.30	0.24	0.19	0.16	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
6	0.29	0.42	0.52	0.59	0.65	0.70	0.48	0.37	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
8	0.31	0.44	0.54	0.61	0.66	0.71	0.75	0.78	0.55	0.43	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06
10	0.33	0.46	0.55	0.62	0.68	0.72	0.76	0.79	0.81	0.84	0.60	0.48	0.39	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
12	0.36	0.49	0.58	0.64	0.69	0.74	0.77	0.80	0.82	0.85	0.87	0.88	0.64	0.51	0.42	0.36	0.31	0.26	0.23	0.20	0.18	0.15	0.13	0.12
14	0.40	0.52	0.61	0.67	0.72	0.76	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.67	0.54	0.45	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19	0.16
16	0.45	0.57	0.65	0.70	0.75	0.78	0.81	0.84	0.86	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.69	0.56	0.46	0.39	0.34	0.29	0.25	0.22
18	0.52	0.63	0.70	0.75	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.71	0.58	0.48	0.41	0.35	0.30

ตารางที่ 4-5 แสดงค่า CLF Cooling Load Factor ของการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์หาค่า A*CLF*3.413 สูงสุด โดยกำหนด A เท่ากับ 1 ft^2

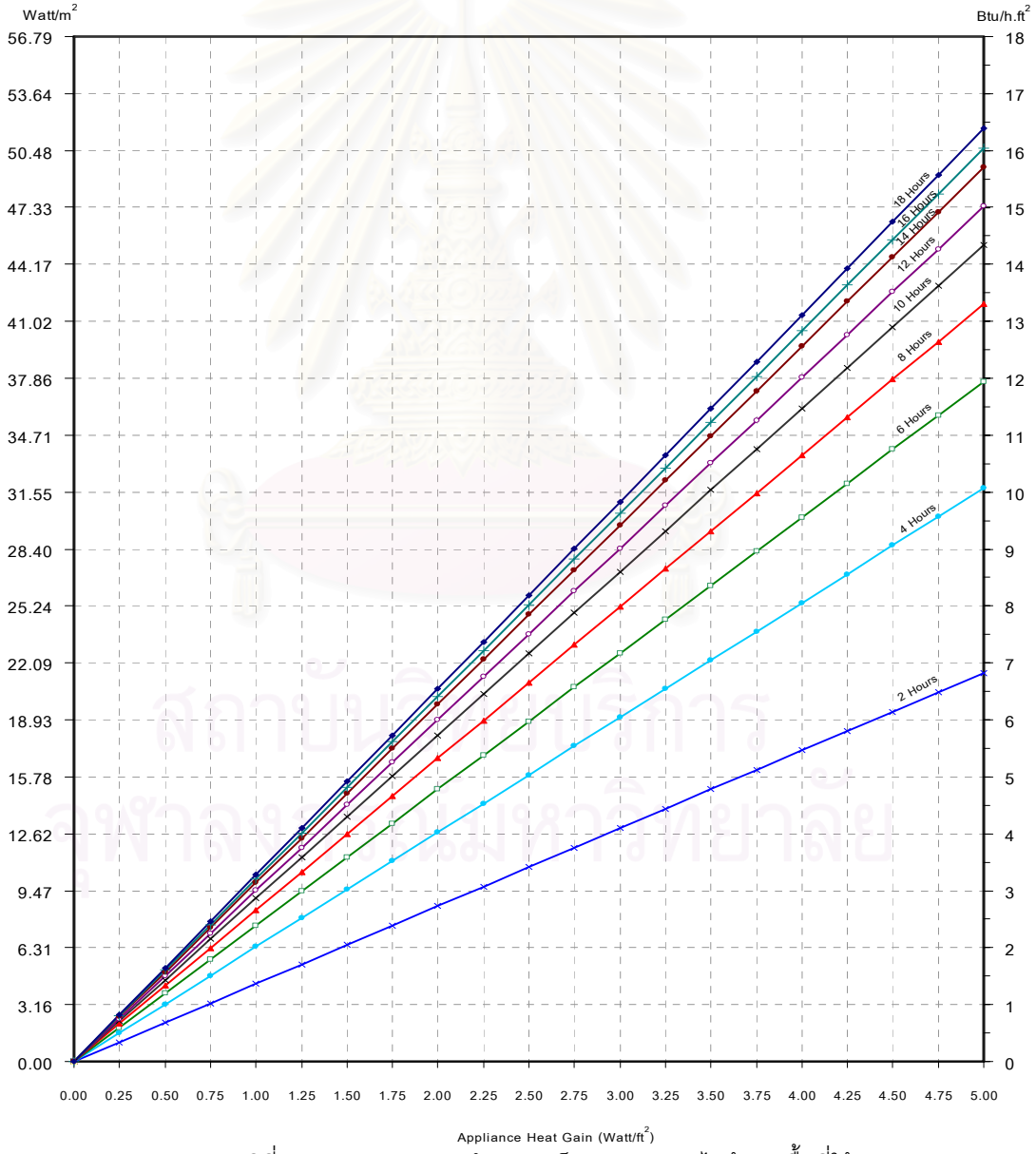
Total hours	Hours After Appliances are on																							
in space	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.92	1.37	0.85	0.65	0.48	0.38	0.31	0.27	0.24	0.20	0.17	0.14	0.14	0.10	0.10	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03
4	0.96	1.40	1.74	2.01	1.33	1.02	0.82	0.65	0.55	0.48	0.41	0.34	0.31	0.27	0.24	0.20	0.17	0.17	0.14	0.14	0.10	0.10	0.07	0.07
6	0.99	1.43	1.77	2.01	2.22	2.39	1.64	1.26	1.02	0.85	0.72	0.61	0.55	0.48	0.41	0.38	0.31	0.27	0.24	0.20	0.17	0.17	0.14	0.14
8	1.06	1.50	1.84	2.08	2.25	2.42	2.56	2.66	1.88	1.47	1.19	1.02	0.85	0.75	0.65	0.55	0.48	0.44	0.38	0.34	0.27	0.24	0.20	0.20
10	1.13	1.57	1.88	2.12	2.32	2.46	2.59	2.70	2.76	2.87	2.05	1.64	1.33	1.13	0.96	0.82	0.72	0.61	0.55	0.48	0.41	0.38	0.31	0.27
12	1.23	1.67	1.98	2.18	2.35	2.53	2.63	2.73	2.80	2.90	2.97	3.00	2.18	1.74	1.43	1.23	1.06	0.89	0.78	0.68	0.61	0.51	0.44	0.41
14	1.37	1.77	2.08	2.29	2.46	2.59	2.70	2.80	2.87	2.94	3.00	3.04	3.11	3.14	2.29	1.84	1.54	1.30	1.09	0.96	0.82	0.72	0.65	0.55
16	1.54	1.95	2.22	2.39	2.56	2.66	2.76	2.87	2.94	2.97	3.04	3.07	3.14	3.17	3.21	3.21	2.35	1.91	1.57	1.33	1.16	0.99	0.85	0.75
18	1.77	2.15	2.39	2.56	2.70	2.80	2.87	2.94	3.00	3.04	3.11	3.14	3.17	3.21	3.24	3.24	3.28	3.28	2.42	1.98	1.64	1.40	1.19	1.02

ตารางที่ 4-6 แสดงผลของค่า CLF x A x 3.413 ของการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าภาระการทำความเย็นจากค่า (EQ_{wsf}) ตั้งแต่ 0.25–5.0 จากค่าต่ำสุดถึงระดับที่มีการใช้งานในอาคารทั่วไป (Bobenhausen, 1994: 55)

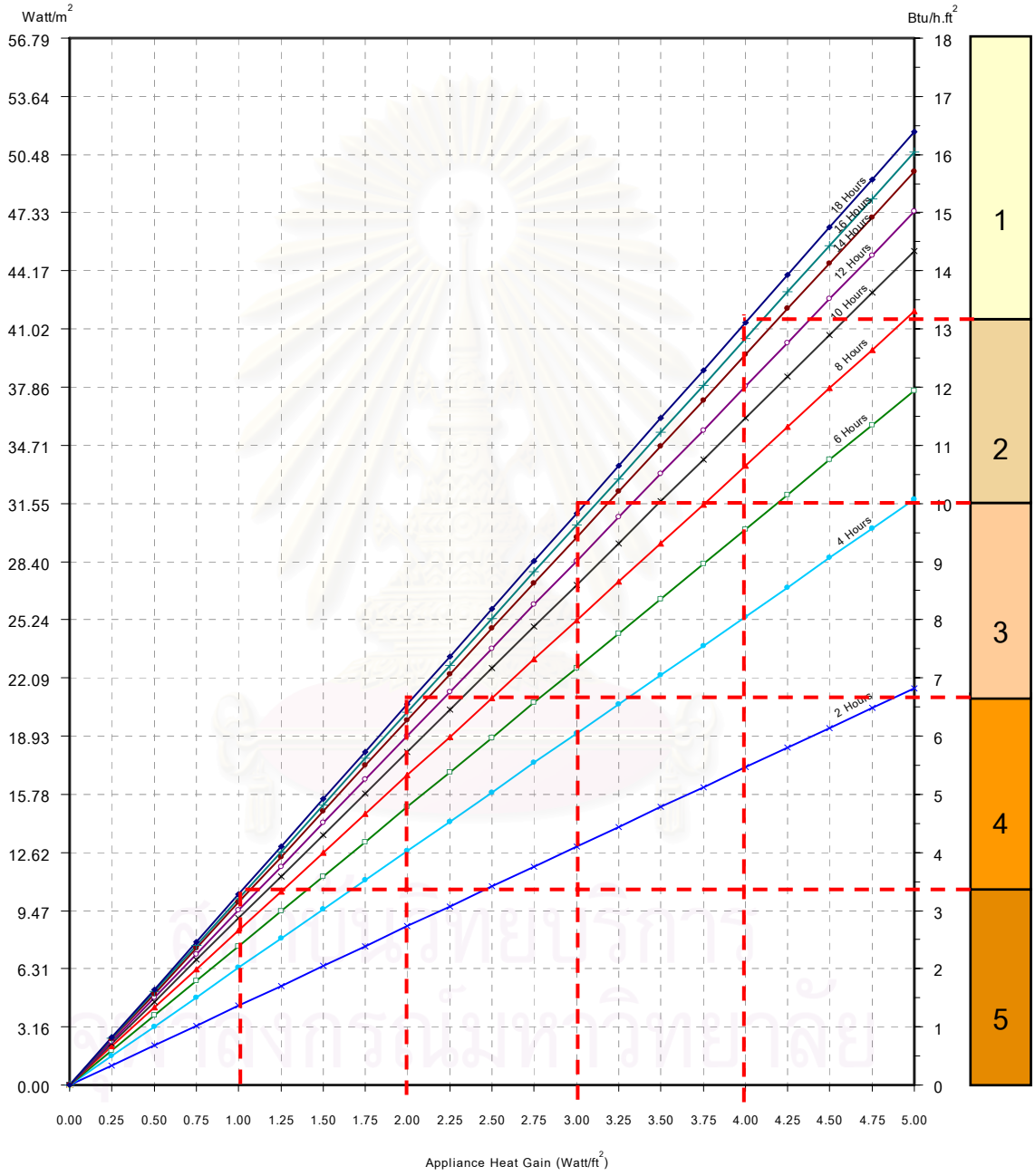
Total hours	CLF	Hours After Appliances are on																				
in space	24	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00
2 Hours	1.37	0.00	0.34	0.68	1.02	1.37	1.71	2.05	2.39	2.73	3.07	3.41	3.75	4.10	4.44	4.78	5.12	5.46	5.80	6.14	6.48	6.83
4 Hours	2.01	0.00	0.50	1.01	1.51	2.01	2.52	3.02	3.52	4.03	4.53	5.03	5.54	6.04	6.54	7.05	7.55	8.05	8.56	9.06	9.56	10.07
6 Hours	2.39	0.00	0.60	1.19	1.79	2.39	2.99	3.58	4.18	4.78	5.38	5.97	6.57	7.17	7.76	8.36	8.96	9.56	10.15	10.75	11.35	11.95
8 Hours	2.66	0.00	0.67	1.33	2.00	2.66	3.33	3.99	4.66	5.32	5.99	6.66	7.32	7.99	8.65	9.32	9.98	10.65	11.31	11.98	12.65	13.31
10 Hours	2.87	0.00	0.72	1.43	2.15	2.87	3.58	4.30	5.02	5.73	6.45	7.17	7.88	8.60	9.32	10.03	10.75	11.47	12.18	12.90	13.62	14.33
12 Hours	3.00	0.00	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.51	5.26	6.01	6.76	7.51	8.26	9.01	9.76	10.51	11.26	12.01	12.76	13.52	14.27	15.02
14 Hours	3.14	0.00	0.78	1.57	2.35	3.14	3.92	4.71	5.49	6.28	7.06	7.85	8.63	9.42	10.20	10.99	11.77	12.56	13.34	14.13	14.91	15.70
16 Hours	3.21	0.00	0.80	1.60	2.41	3.21	4.01	4.81	5.61	6.42	7.22	8.02	8.82	9.62	10.43	11.23	12.03	12.83	13.63	14.44	15.24	16.04
18 Hours	3.28	0.00	0.82	1.64	2.46	3.28	4.10	4.91	5.73	6.55	7.37	8.19	9.01	9.83	10.65	11.47	12.29	13.11	13.93	14.74	15.56	16.38

ตารางที่ 4-7 แสดงผลของค่าภาระการทำความเย็นจาก CLF x A x 3.413 x EQ_{wsf}



แผนภูมิที่ 4-5 แสดงภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้งาน

ขั้นตอนที่ 5 แบ่งช่วงค่า (EQ_{wsf}) ในแกน X ออกเป็น 5 ช่วง ช่วงละ 1.0 Watt/ft^2 แล้วลากเส้นตรงไปชนกับเส้นแผนภูมิของชั่วโมงที่ 18 ซึ่งเป็นชั่วโมงมีค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด จากนั้นลากเส้นตรงจากจุดตัดไปทางแกน Y ทางด้านขวา ซึ่งก็จะได้ระดับศักยภาพตั้งแต่ 1 ถึง 5 ระดับ



แผนภูมิที่ 4-6 แสดงการสร้างค่าระดับศักยภาพของการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 6 จากแผนภูมิ 4-6 นี้ทำให้สามารถทราบถึงตัวแปรต่างๆ ที่จะนำไปสร้างเป็นแบบประเมิน เพื่อเติมค่าที่ต้องการใช้ประกอบในแบบประเมินได้

4.3.2.3 การสร้างแบบประเมินในส่วนผู้ใช้ภายในอาคาร

การสร้างแบบประเมินในส่วนนี้มีวิธีสร้างโดยการคำนวณภาระการทำความเย็นออกมาในรูปของแผนภูมิเส้นตรงในแต่ละรายชั่วโมง ค่าจากแกน X จะเป็นจำนวนคนใช้งาน

จากการศึกษาถึงภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผู้ใช้อาคารด้วยการคำนวณวิธี CLTD จากการเกิดความร้อนสัมผัสในสมการ $q_{p\text{-}sen} = N \times SHG_p \times CLF_p$ ความร้อนแฝงจากสมการ $q_{p\text{-}lat} = N \times LHG_p$ สรุปสมการรวมได้ $q_p = Nx[(SHG_p * CLF_p) + LHG_p]$ โดยการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นออกมาสร้างแผนภูมิ แสดงขั้นตอนได้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์การใช้ค่า CLF จากตาราง (ASHRAE, 1989:26.43)

Total hours	Hours After Each Entry Into Space																							
in space	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21

ตารางที่ 4-8 แสดงค่า CLF Cooling Load Factor ของผู้ใช้ภายในอาคาร

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์หาค่า $[(SHG_p * CLF_p) + LHG_p]$ จากสมการ โดยกำหนด SHG_p มีค่า 250 Btu/h.occupant และ LHG_p มีค่า 200 Btu/h.occupant ซึ่งเป็นค่าที่เกิดจากการทำกิจกรรมทั่วไปในอาคาร (Bobenhausen, 1994: 50)

Total hours	Hours After Each Entry Into Space																							
in space	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	322.5	345.0	242.5	232.5	225.0	220.0	217.5	215.0	212.5	210.0	210.0	207.5	207.5	205.0	205.0	205.0	205.0	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5
4	322.5	347.5	365.0	377.5	267.5	252.5	240.0	235.0	227.5	225.0	220.0	217.5	215.0	215.0	212.5	210.0	210.0	207.5	207.5	207.5	205.0	205.0	205.0	202.5
6	325.0	350.0	367.5	380.0	390.0	397.5	285.0	265.0	252.5	245.0	237.5	232.5	227.5	225.0	220.0	217.5	215.0	215.0	212.5	210.0	210.0	207.5	207.5	207.5
8	327.5	352.5	367.5	380.0	390.0	400.0	405.0	410.0	295.0	275.0	262.5	252.5	245.0	237.5	232.5	230.0	225.0	222.5	220.0	217.5	215.0	212.5	212.5	210.0
10	332.5	355.0	372.5	385.0	392.5	400.0	407.5	412.5	417.5	422.5	305.0	285.0	270.0	257.5	250.0	242.5	237.5	232.5	227.5	225.0	222.5	220.0	217.5	215.0
12	337.5	360.0	375.0	387.5	397.5	402.5	410.0	415.0	420.0	422.5	427.5	430.0	312.5	290.0	275.0	262.5	252.5	247.5	240.0	235.0	230.0	227.5	222.5	220.0
14	345.0	365.0	380.0	392.5	400.0	407.5	412.5	417.5	422.5	425.0	427.5	430.0	432.5	435.0	317.5	295.0	277.5	265.0	257.5	250.0	242.5	237.5	232.5	227.5
16	355.0	375.0	387.5	397.5	405.0	412.5	417.5	420.0	425.0	427.5	430.0	432.5	435.0	437.5	437.5	440.0	322.5	297.5	282.5	270.0	260.0	250.0	245.0	240.0
18	365.0	385.0	397.5	405.0	412.5	417.5	422.5	425.0	430.0	432.5	435.0	435.0	437.5	440.0	440.0	442.5	442.5	442.5	325.0	300.0	282.5	270.0	260.0	252.5

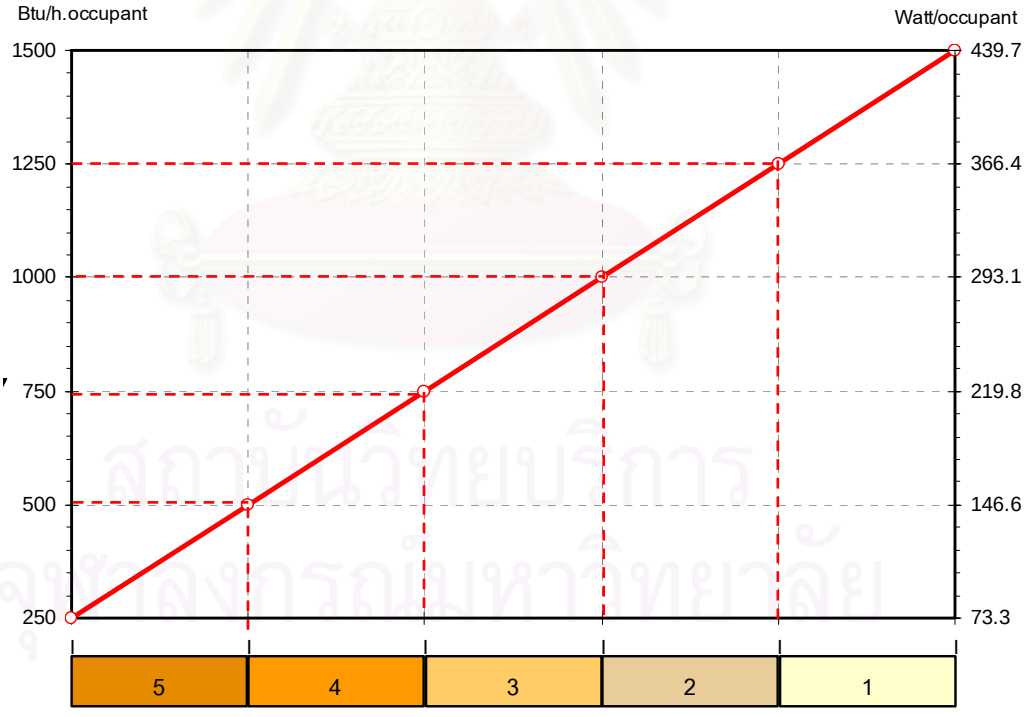
ตารางที่ 4-9 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณ $[(SHG_p * CLF_p) + LHG_p]$

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์หาตัวคูณที่เกิดจากแต่ละกิจกรรมที่ทำภายในอาคาร เพื่อนำไปคูณกับค่าที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 2 ซึ่งเป็นตัวปรับค่า

Activity	Sensible Heat (Btu/h.person)	Latent Heat (Btu/h.person)	ค่าตัวคูณ
Seated at theater	225	105	0.73
Seated, very light work	245	155	0.89
Moderately active office work	250	200	1.00
Light bench work (factory)	275	475	1.67
Walking, 3 mph (factory)	375	625	2.22
Heavy machine work, lifting	635	965	3.55

ตารางที่ 4-10 แสดงค่าภาระการทำความเย็นในกิจกรรมต่างและตัวคูณคะแนนที่ได้

ขั้นตอนที่ 4 สร้างแผนภูมิที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 2 แล้วคูณด้วยค่าตัวคูณที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ดังนี้



แผนภูมิที่ 4-7 แสดงการสร้างค่าระดับประสิทธิภาพด้านภาระการทำความเย็นจากผู้ใช้งาน

ขั้นตอนที่ 5 จากแผนภูมิ 4-7 นี้ทำให้สามารถทราบถึงตัวแปรต่างๆ ที่จะนำไปสร้างเป็นแบบประเมิน เพื่อเติมค่าที่ต้องการใช้ประกอบในแบบประเมินได้

4.3.2.4 การสร้างแบบประเมินด้านพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า

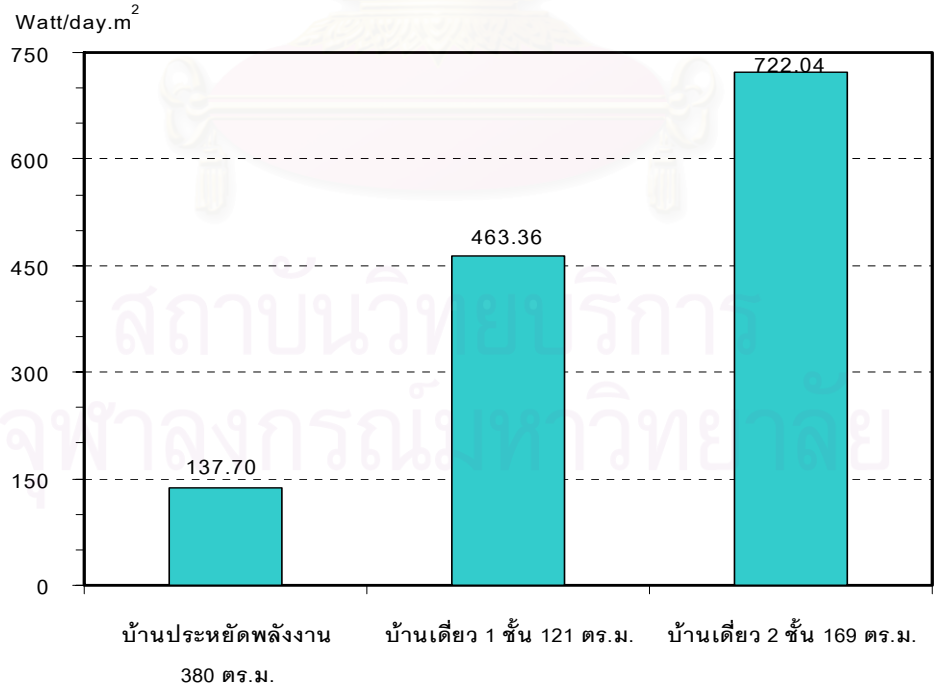
ในการสร้างแบบประเมินในส่วนนี้มีวิธีการสร้างโดยการคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งวัน โดยนำกำลังของเครื่องใช้ไฟฟ้าคูณด้วยเวลาที่ใช้งานในแต่ละวัน เพื่อหาปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมต่อพื้นที่ใช้งาน ดังสมการนี้

$$\frac{[(\text{Artificial Lighting} \times \text{Time})] + [(\text{Appliance} \times \text{Time})]}{\text{Areas}} = \text{Energy / day}$$

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในบทที่ 3 นำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นแบบประเมิน โดยตัวแปรที่มีความสำคัญบางส่วนจะถูกรวบรวมในส่วนแบบประเมินการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแล้ว ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการรวมค่าการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งวัน มีขั้นตอน ดังนี้

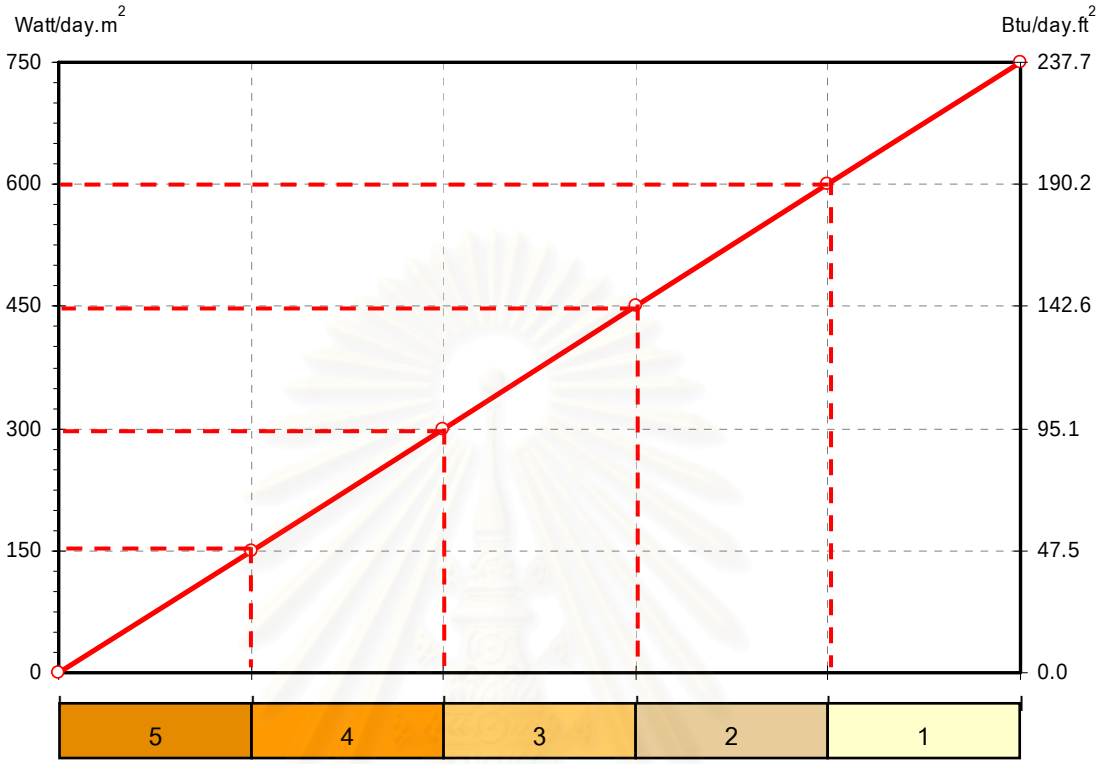
ขั้นตอนที่ 1 สร้างตารางของชนิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดเพื่อกรอกรายละเอียดต่างๆ ซึ่งตารางนี้สามารถใช้ร่วมกับตารางการประเมินในส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ด้วย

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าใน 1 วัน (จากแผนภูมิที่ 3-56)



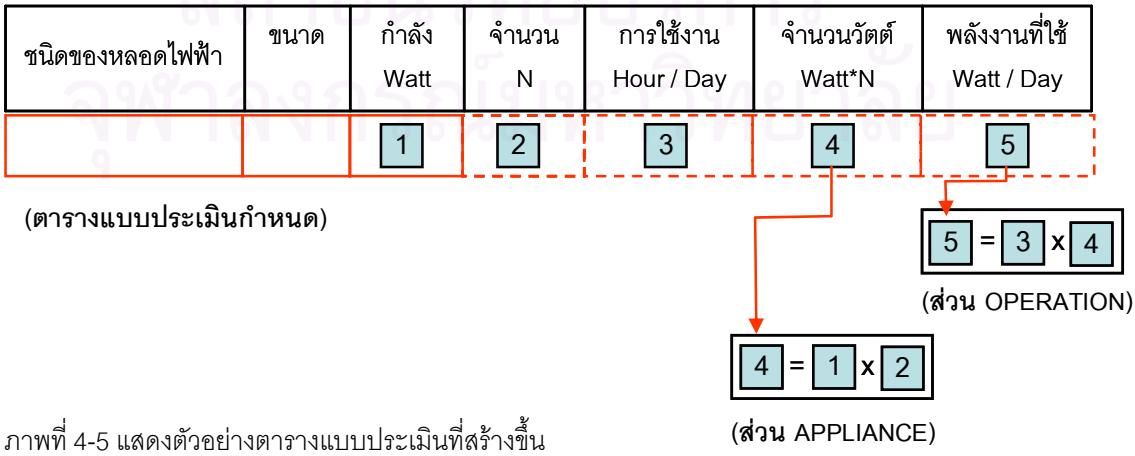
แผนภูมิที่ 4-8 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของบ้านพักอาศัย 3 แบบ ในรอบ 1 วัน

ขั้นตอนที่ 3 สร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ของการใช้ไฟฟ้า และแบ่งช่วงออกเป็น 5 ระดับ ระดับละ 150 Watt/day.m^2 (ข้อมูลจากบทที่ 3)



แผนภูมิที่ 4-9 แสดงเกณฑ์การสร้างระดับคะแนนในแบบประเมินพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 4 สร้างแบบประเมินโดยการนำข้อมูลของเครื่องใช้ไฟฟ้ารวมทั้งหลอดไฟฟ้าต่างๆ ที่ระบุถึงชนิด กำลังไฟฟ้า มาสร้างเป็นตารางเพื่อให้ผู้ประเมินเติมข้อมูลลงในตาราง ซึ่งในส่วนนี้มีความสัมพันธ์กับส่วนการประเมินอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถใช้ร่วมกันได้ แสดงหัวเรื่องตัวอย่างได้ ดังนี้



ภาพที่ 4-5 แสดงตัวอย่างตารางแบบประเมินที่สร้างขึ้น

4.3.2.5 การสร้างแบบประเมินด้านประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

แบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ จะมี 5 ระดับ โดยการบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพนั้นจะแบ่งตามเบอร์ด้านประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ระดับที่มีศักยภาพสูงสุดจะเพิ่มระบบ Heat pipe ซึ่งจะเพิ่มประสิทธิภาพในการลดอัตราการใช้ไฟฟ้าลงได้ 20 เปอร์เซ็นต์ เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแสดงได้ดังนี้ (ข้อมูลจากบทที่ 3)

ตารางที่ 4-11 แสดงตารางแบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

ประสิทธิภาพ	ระบบของเครื่องปรับอากาศ	ระดับคะแนน
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 และมีระบบฮีตไปป์ Heat pipe เพิ่มประสิทธิภาพ 20 เปอร์เซ็นต์ COP มีค่า 3.10 ขึ้นไป EER มีค่า 10.60 ขึ้นไป	5
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 COP มีค่า 3.10 ขึ้นไป EER มีค่า 10.60 ขึ้นไป	4
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 4 COP มีค่า 2.80 – 3.10 EER มีค่า 9.60 – 10.60	3
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 3 COP มีค่า 2.50 – 2.80 EER มีค่า 8.60 – 9.60	2
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 2 ลงไป ถึง เบอร์ 1 COP มีค่า 2.20 – 2.50 EER มีค่า 7.60 – 8.60	1

4.4 วิธีการใช้แบบประเมิน

แบบประเมินที่สร้างขึ้นมานี้จะเป็นการรวบรวมแบบประเมินในทุกตัวแปรของอาคารปรับอากาศ โดยมีวิธีการสร้างออกมาในรูปของแผนภูมิแสดงค่าตัวแปรต่างๆ ผลที่ได้ออกมาจะอยู่ในรูปของค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่การใช้งาน ซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายที่แสดงออกมาในแต่ละแบบประเมินนี้จะเป็นค่าระดับศักยภาพตั้งแต่ระดับ 1 ถึง 5 ซึ่งจะเป็นค่าที่แสดงน้ำหนักในแต่ละตัวแปรของอาคารปรับอากาศ

การใช้แบบประเมินค่าจะมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

1. นำแบบแปลน ผังบริเวณ รูปด้าน รูปตัด ของอาคารที่แสดงรายละเอียดของอาคารและวัสดุก่อสร้าง มาประกอบการประเมินในขั้นต้น
2. นำข้อมูลเกี่ยวกับอาคารที่ต้องการประเมิน ได้แก่ พื้นที่และวัสดุก่อสร้างในส่วนต่างๆ ของหลังคา ผนัง กระจก พื้น มาเติมลงในช่องว่าง
3. ข้อมูลที่เกิดจากการเติมลงในช่องว่างสามารถที่จะนำมาแสดงค่าในแต่ละส่วนได้ ด้วยการนำมาหาค่าจากกราฟค่าคงที่ในแต่ละตัวแปร ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาก็จะเป็นค่าภาระการทำความเย็นในแต่ละส่วนที่ทำการประเมิน
4. นำข้อมูลที่ได้จากข้อที่ 3 นำมาหาค่าระดับศักยภาพ 1 ถึง 5 ระดับ เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินค่าในแต่ละตัวแปร
5. รวบรวมค่าระดับที่ได้จากทุกตัวแปรนำมาประเมินถึงศักยภาพโดยรวมของอาคารปรับอากาศ โดยการนำค่าระดับที่ได้ในแต่ละตัวแปร มาเติมลงในช่องว่างที่มีค่าระดับกำกับ 1 ถึง 5 ระดับ แล้วรวมค่าคะแนนที่ได้ออกมานำมาคูณกับตัวคูณที่มีในแบบประเมินในขั้นตอนสุดท้าย
6. รวมค่าคะแนนทั้งหมดนำมาหาค่าระดับจากกราฟการประเมินค่าศักยภาพอาคารปรับอากาศ เพื่อบ่งชี้ถึงศักยภาพของอาคารปรับอากาศใน 5 ระดับ

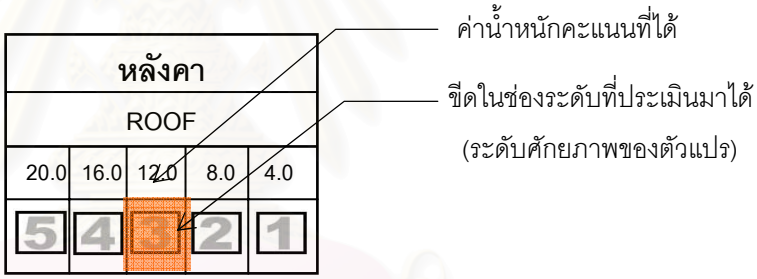
วิธีการใช้แบบประเมินนี้จะแสดงเฉพาะรายละเอียดในส่วนกลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคารเป็นหลัก ซึ่งเป็นแบบประเมินที่ได้สร้างจากการวิจัยนี้ ในแบบประเมินส่วนอื่นๆ จะแสดงรูปแบบที่สร้างออกมาเท่านั้น

4.5 วิธีการใช้แบบประเมินศักยภาพรวมอาคารปรับอากาศ

จากการประเมินในแต่ละส่วนของอาคารปรับอากาศจะได้ระดับศักยภาพ 1 ถึง 5 ระดับ ซึ่งจะเป็นการบ่งชี้ถึงศักยภาพของแต่ละตัวแปรว่ามีมากน้อยเพียงใด การวิจัยในครั้งนี้จะเป็นการรวบรวมค่าระดับในแต่ละส่วน เพื่อนำมาประเมินศักยภาพรวมของอาคารปรับอากาศ

ในการใช้แบบประเมินนี้จะมีขั้นตอนการใช้งานที่ต้องนำค่าระดับ 1 ถึง 5 ที่ได้จากการประเมินในแต่ละส่วน นำมาเติมลงในช่องว่างที่จะมีค่าระดับให้เติม โดยจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่เกิดจากอิทธิพลภายนอกอาคารและกลุ่มที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร สามารถสรุปขั้นตอนการใช้แบบประเมินรวมศักยภาพของอาคารปรับอากาศได้ดังนี้

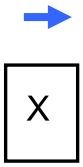
1. รวบรวมค่าระดับศักยภาพ 1 ถึง 5 ระดับ ในแต่ละส่วน
2. นำค่าระดับศักยภาพที่ได้ในแต่ละส่วนมาเติมลงในช่องว่าง จะมีระดับ 1 ถึง 5 กำกับ โดยในแต่ละช่องจะมีค่าน้ำหนักของแต่ละส่วนระดับที่สูงก็จะมีค่าน้ำหนักที่สูงด้วย



3. เมื่อเติมค่าระดับลงในช่องว่างครบแล้ว จึงทำการรวบรวมคะแนนค่าน้ำหนักในแต่ละส่วนให้ครบตามทิศทางของลูกศร

สัญลักษณ์การรวบรวมคะแนนที่ได้กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายนอกอาคาร ประกอบด้วย การรั่วซึมของอากาศ การสะสมความร้อน พื้น หลังคา กระจก และผนัง (เรียงตามลำดับตามแบบประเมิน)

4. เมื่อรวมค่าน้ำหนักแต่ละส่วนมาถึงสัญลักษณ์ [x] ซึ่งจะเป็นตัวคูณคะแนนรวมที่ได้ ตัวคูณนี้จะมีในส่วนอิทธิพลที่เกิดจากภายนอก คือ การออกแบบรูปทรง สภาพแวดล้อมของอาคาร และในส่วนอิทธิพลที่เกิดภายในอาคาร คือ พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

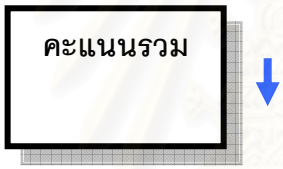


สัญลักษณ์ จากคะแนนรวมที่ได้ก่อหน้านั้นนำมาคูณกับค่าน้ำหนักที่ได้ของตัวแปรที่เป็นตัวคูณ

5. รวบรวมคะแนนใน 2 ส่วน คือส่วนที่เกิดจากอิทธิพลจากภายนอกอาคารและส่วนอิทธิพลที่เกิดจากภายในอาคาร แล้วนำมาคูณกับค่าน้ำหนักคะแนนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

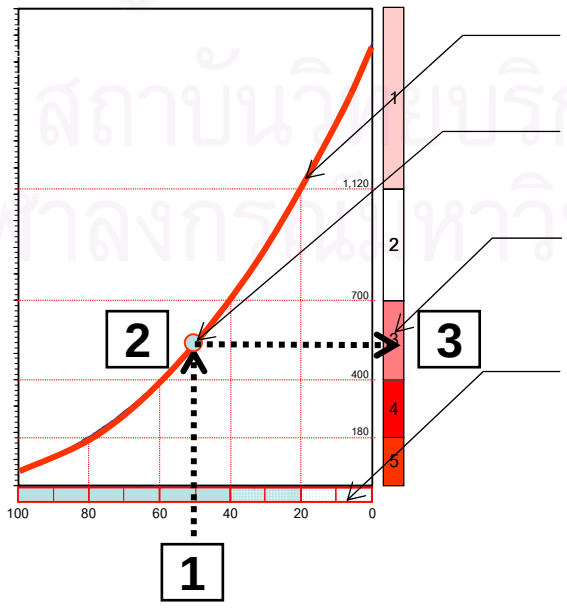
สัญลักษณ์ รวมคะแนนจาก 2 ส่วน

6. จากคะแนนที่ได้จากข้อ 5 นำมาคูณกับค่าคงที่ 0.171 (ค่าปรับระดับคะแนน 100 คะแนน) คะแนนที่ได้จะเป็นคะแนนที่แท้จริงของอาคารปรับอากาศ โดยมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน มีช่วงละ 20 คะแนนแบ่งออกเป็น 5 ระดับศักยภาพ



คะแนนรวมที่ได้จากการประเมินทั้งหมด

7. นำคะแนนที่ได้จากข้อ 6 มาหาจุดตัดบนแผนภูมิประเมินศักยภาพอาคารปรับอากาศ (คะแนน 0 – 100 คะแนน ในแกน X ของแผนภูมิ) ลากเส้นไปชนกับเส้นแนวโน้มแล้วลากต่อไปทางด้านขวาก็จะได้ระดับศักยภาพอาคารปรับอากาศ 1 ถึง 5 ระดับ



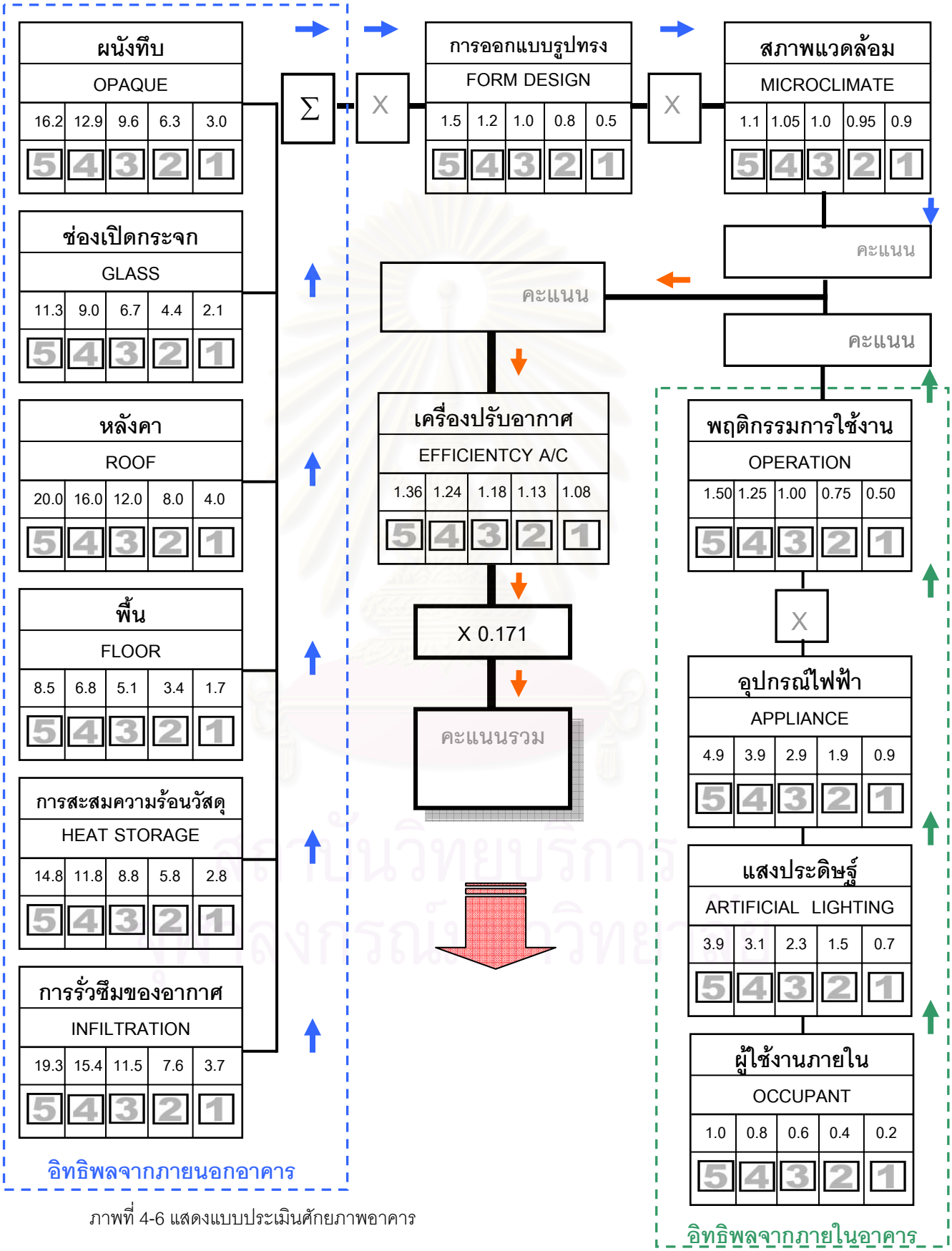
เส้นแนวโน้มภาระการทำความเย็น

จุดตัดของคะแนนกับเส้นแนวโน้ม

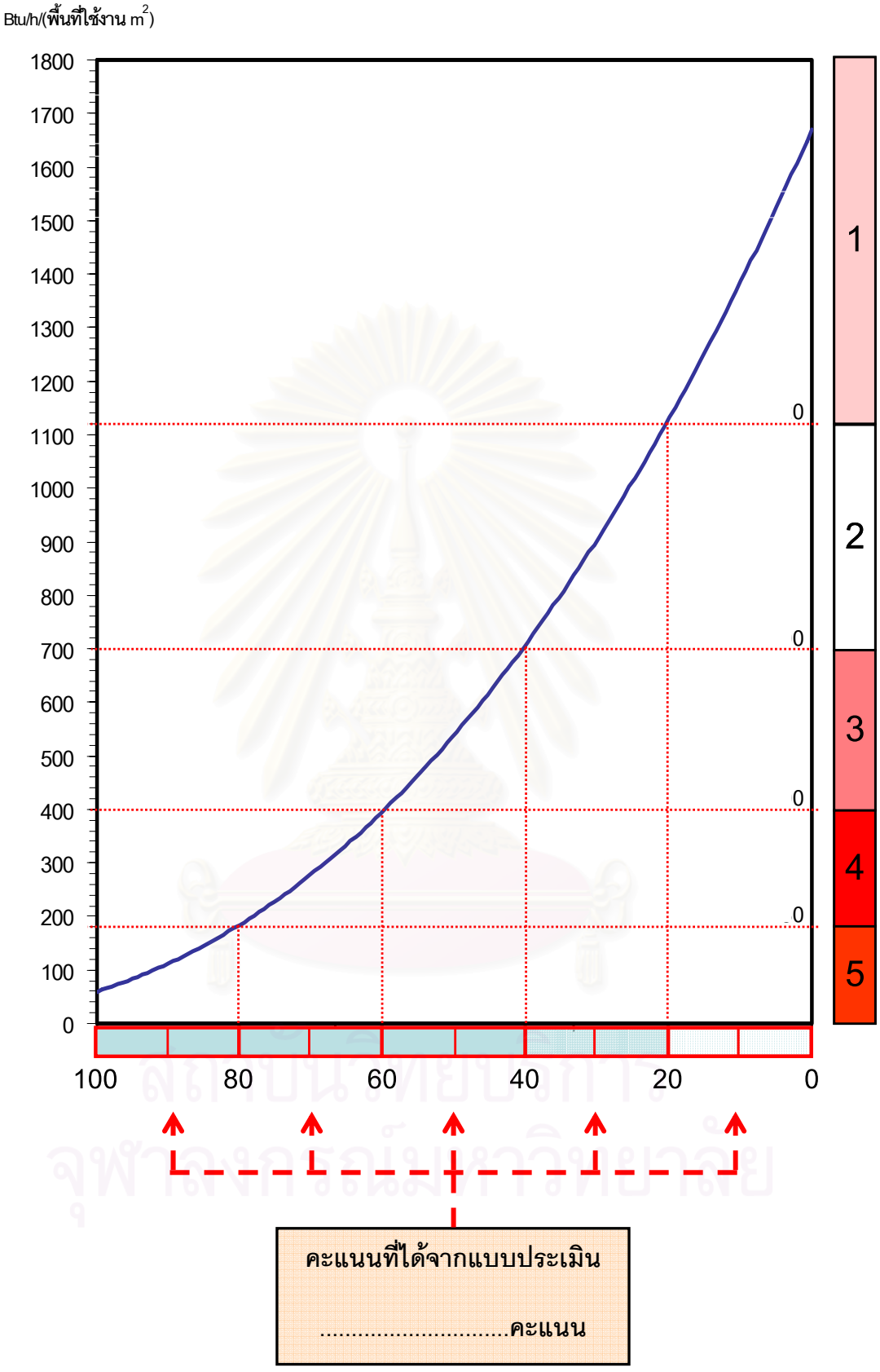
ระดับศักยภาพอาคารที่ได้

คะแนนรวมที่ได้จากแบบประเมิน (คะแนนจากข้อ 6)

4.5.1 แบบประเมินศักยภาพรวมของอาคารปรับอากาศ



ภาพที่ 4-6 แสดงแบบประเมินศักยภาพอาคาร



แผนภูมิที่ 4-10 แสดงเกณฑ์ในแบบประเมินระดับศักยภาพของอาคารปรับอากาศ

4.6 แบบประเมินในส่วนอิทธิพลที่เกิดจากภายในอาคาร

การประเมินค่าภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารและภาระการทำความเย็นจากผู้ใช้งาน ในส่วนนี้จะรวมไปถึงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าด้วย โดยตัวแปรที่ใช้ประกอบการประเมินค่าหาได้จากรายละเอียดดังต่อไปนี้

ในส่วนแรกจะเป็นการกรอกข้อมูลรายละเอียดของอาคาร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปประกอบการคำนวณในส่วนต่างๆ

1. รายละเอียดของบ้านพักอาศัย

ชื่อบ้านพักอาศัย.....

ที่ตั้ง.....

.....

.....

1. **พื้นที่การใช้งานภายในอาคาร**

- พื้นที่ปรับอากาศภายในอาคาร ☐ ตารางเมตร
- พื้นที่ไม่ปรับอากาศภายในอาคาร ☐ ตารางเมตร
- พื้นที่การใช้งานทั้งหมดภายในอาคาร ☐ ตารางเมตร

2. **จำนวนชั่งโมงใช้งานเฉลี่ยต่อวัน** ☐ ชั่วโมง

3. **จำนวนผู้ใช้งาน**

- ผู้ใช้งานภายในอาคาร ☐ คน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6.1 แบบประเมินส่วนหลอดไฟฟ้าภายในอาคาร (Artificial Lighting)

2. รายละเอียดของหลอดไฟฟ้า

ตารางที่ 4-12 แสดงรายละเอียดหลอดไฟฟ้าที่ต้องกรอกข้อมูล

ชนิดของหลอดไฟฟ้า	ขนาด	จำนวน Watt	จำนวน N	การใช้งาน Hour / Day	จำนวนวัตต์ Watt*N	พลังงานที่ใช้ Watt / Day
- หลอดไส้	-	15				
	-	40				
	-	60				
	-	100				
- หลอดฟลูออเรสเซนท์	10	20				
	18	28				
	20	30				
	32	42				
	36	46				
	40	50				
- หลอดคอมแพค (บัลลาสต์ภายนอก)	9	13.5				
	11	16				
- อื่นๆ						
รวมพลังงานของหลอดไฟฟ้า						
					(ข้อมูล 2.1)	(ข้อมูล 2.2)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. หาค่ากำลังของหลอดไฟฟ้าต่อพื้นที่การใช้งาน

(ข้อมูล 2.1)

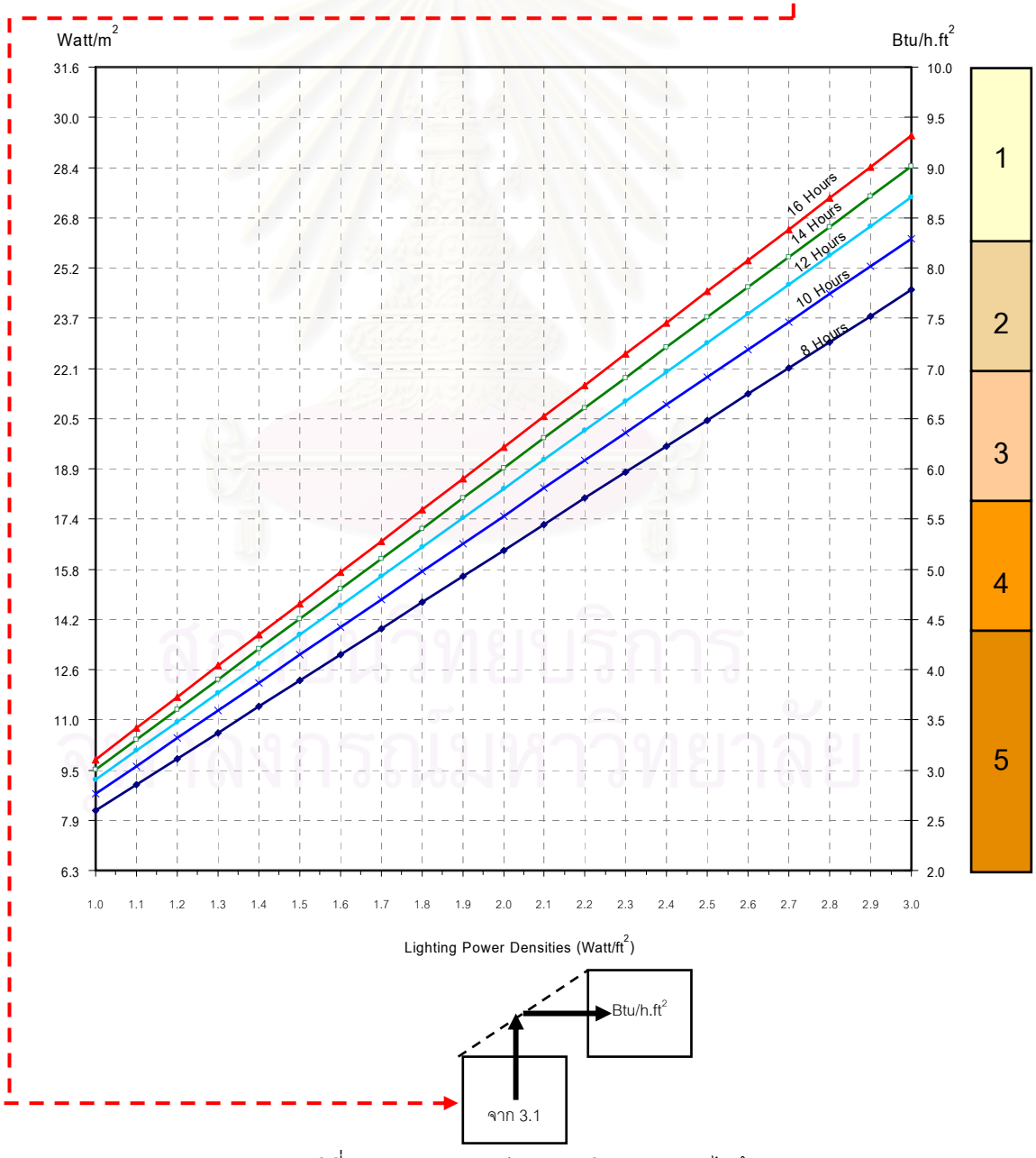
จำนวน Watt ของหลอดไฟฟ้าทั้งหมด ☐ Watt

พื้นที่การใช้งานภายในปรับอากาศ ☐ X 10.76 ft^2

(ข้อมูล 1.1)

(ข้อมูล 3.1)

ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร ☐ $Watt/ft^2$



แผนภูมิที่ 4-11 แสดงเกณฑ์การประเมินส่วนหลอดไฟฟ้า

4. การหาค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากหลอดไฟฟ้า

1. พื้นที่ใช้งานภายในปรับอากาศ [ ] ตารางเมตร (จากข้อ 1.1)

2. ค่าภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟฟ้า [ ] $Btu/h.ft^2$ (จากข้อ 3.2)

ค่าภาระการทำความเย็น (q) = [ ] X [ ] X 10.76 Btu/h

(ข้อมูล 4.1) (ข้อมูล 4.2)

ค่าภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟฟ้า [ ] Btu/h.day

5. สรุปศักยภาพหลอดไฟฟ้าในบ้านพักอาศัย

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	**เบอร์ 2**	**เบอร์ 3**	**เบอร์ 4**	**เบอร์ 5**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6.2 แบบประเมินส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร

6. รายละเอียดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	ขนาด	จำนวน Watt	จำนวน N	การใช้งาน Hour / Day	จำนวนวัตต์ Watt*N	พลังงานที่ใช้ Watt / Day
1.อุปกรณ์เพื่อความบันเทิง						
- โทรทัศน์	14 นิ้ว	50				
	20 นิ้ว	63				
	26 นิ้ว	95				
- วีดีโอเทป		30				
- วิทยุ		15				
- เครื่องเสียง		40				
		60				
		100				
- คอมพิวเตอร์		230				
- จอภาพ (ขณะใช้งาน)	15 นิ้ว	110				
	17 นิ้ว	102				
- จอภาพ (ขณะพักการใช้งาน)	15 นิ้ว	85				
	17 นิ้ว	78				
- เครื่องพิมพ์ (Printer)		18				
- อื่นๆ						
รวมพลังงานอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อความบันเทิง					(ข้อมูล 6.1)	(ข้อมูล 6.2)

ตารางที่ 4-13 แสดงรายละเอียดการกรอกแบบประเมินส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	ขนาด	จำนวน Watt	จำนวน N	การใช้งาน Hour / Day	จำนวนวัตต์ Watt*N	พลังงานที่ใช้ Watt / Day
2.อุปกรณ์เพื่อความสะดวก						
- ตู้เย็น 2.4 ลบ.ฟ		60				
- ตู้เย็น 4.5 - 6.0 ลบ.ฟ		65				
- ตู้เย็น 6.7 - 7.7 ลบ.ฟ		78				
- ตู้เย็น 9.0 – 10 ลบ.ฟ		115				
- ตู้เย็น 12. ลบ.ฟ		165				
- พัดลม	12 นิ้ว	45				
	16 นิ้ว	68				
- พัดลมติดเพดาน	48 นิ้ว	80				
	56 นิ้ว	104				
- เตารีด		750				
		1000				
- เตาหุงต้มไฟฟ้า		400				
		800				
		1000				
		1500				
- หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	1.0 ล.	500				
	1.5 ล.	600				
	2.8 ล.	1000				
- กาต้มน้ำ		500				
		700				
		1300				
		2000				
- เครื่องปิ้งขนมปัง		700				
		1000				
- เตาไมโครเวฟ		960				
		1500				

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	ขนาด	จำนวน Watt	จำนวน N	การใช้งาน Hour / Day	จำนวนวัตต์ Watt*N	พลังงานที่ใช้ Watt / Day
- เครื่องเป่าผม		300				
		400				
		1300				
- กระติกน้ำร้อนไฟฟ้า	2.4 ล.	600				
- เครื่องดูดฝุ่น	2.0 ล.	625				
	5.0 ล.	1000				
***เฉพาะส่วนการใช้ไฟฟ้า**						
- เครื่องปรับอากาศ	24000	2264				
	12000	1132				
	9000	849				
- อื่นๆ						
รวมพลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อความสะดวก					(ข้อมูล 6.3)	(ข้อมูล 6.4)

รวมทั้งหมด (Watt) [ ] [ ]

(ข้อมูล 6.5) (ข้อมูล 6.6)

รวมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด (Watt) [ ]

(ข้อมูล 6.7)

หมายเหตุ ข้อมูล 6.7 เป็นข้อมูลที่รวมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด (หลอดไฟฟ้า + อุปกรณ์ไฟฟ้า) โดยการนำ (ข้อมูล 2.2 + ข้อมูล 6.4 = ข้อมูล 6.7)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. การหาอัตราการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้ารวม

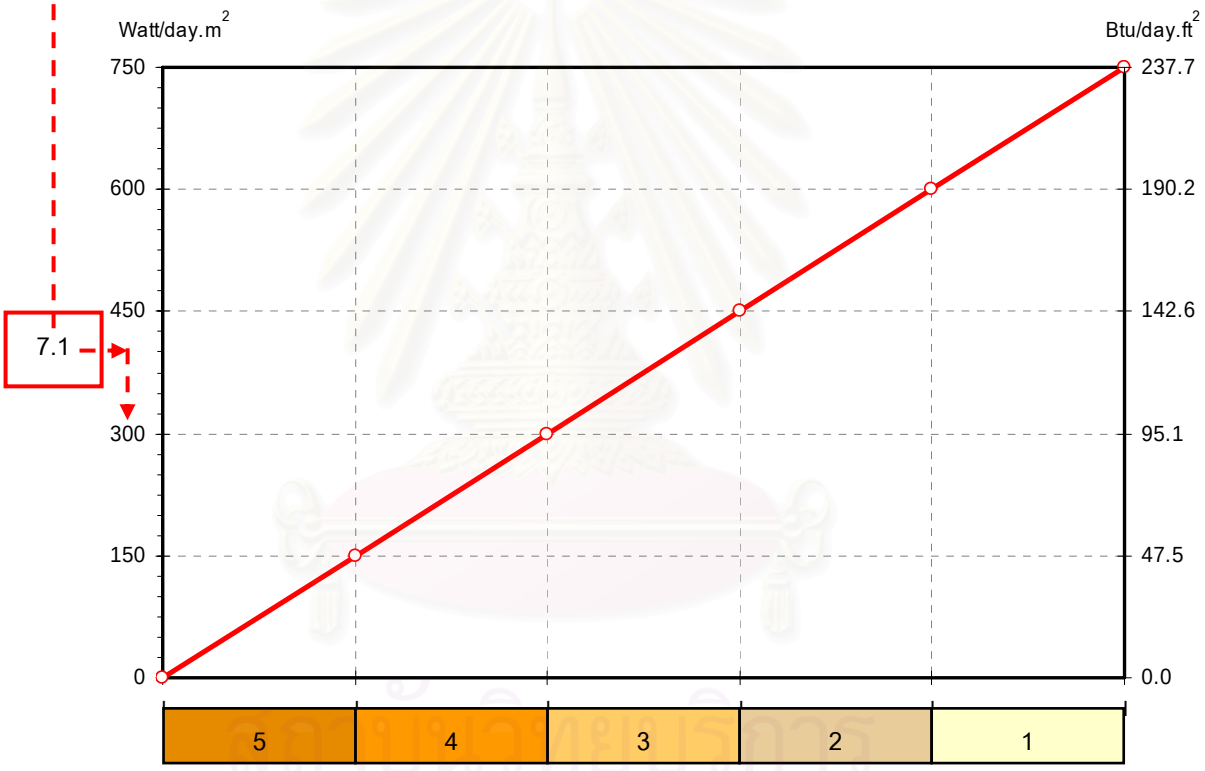
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพื่อทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้งาน โดยการหาอัตราส่วนต่อพื้นที่การใช้งาน จากนั้นนำไปหาค่าระดับคะแนนในแผนภูมิที่ 2

(ข้อมูล 6.7)

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า / พื้นที่การใช้งาน (Watt/day) / (m^2)

(ข้อมูล 1.1)

อัตราการใช้พลังงานต่อพื้นที่ Watt/day.m^2 (ข้อมูล 7.1)



ตารางที่ 4-14 แสดงเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า

8. สรุปศักยภาพพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า (Operation)

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

9. การหาค่าการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่อพื้นที่การใช้งาน

(ข้อมูล 6.5)

จำนวน Watt ของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด [ ] Watt

พื้นที่การใช้งานภายในปรับอากาศ [ ] X 10.76 ft^2

(ข้อมูล 1.1)

ปริมาณอุปกรณ์ไฟฟ้าไฟฟ้าภายในอาคาร [ ] $Watt/ft^2$ (ข้อมูล 9.1)

ตารางแสดงค่าภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ไฟฟ้า (Btu/h)

ตารางที่ 4-15 แสดงค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องใช้ไฟฟ้า

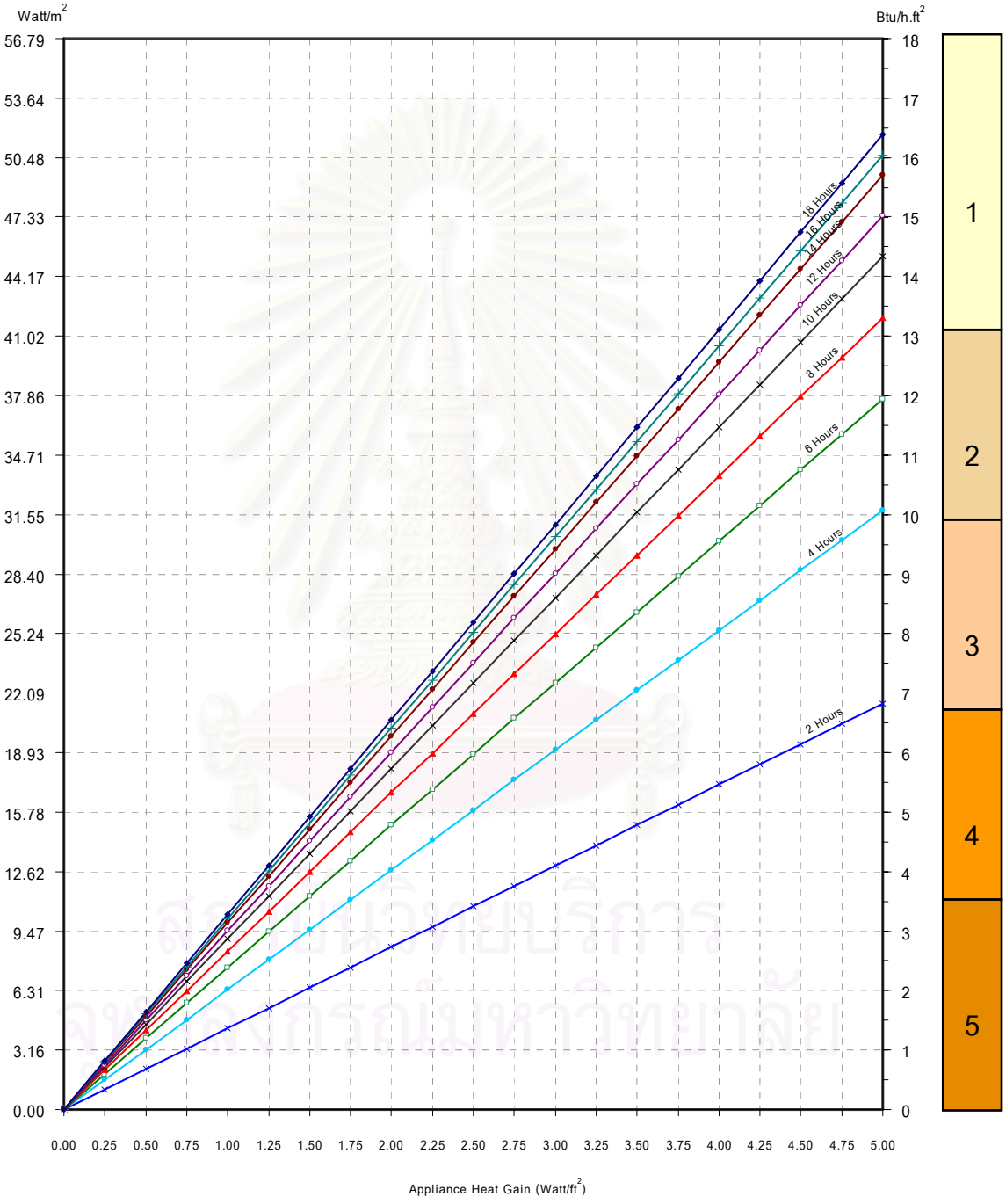
Total hours	CLF	Hours After Appliances are on																				
in space	24	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00
2 Hours	1.37	0.00	0.34	0.68	1.02	1.37	1.71	2.05	2.39	2.73	3.07	3.41	3.75	4.10	4.44	4.78	5.12	5.46	5.80	6.14	6.48	6.83
4 Hours	2.01	0.00	0.50	1.01	1.51	2.01	2.52	3.02	3.52	4.03	4.53	5.03	5.54	6.04	6.54	7.05	7.55	8.05	8.56	9.06	9.56	10.07
6 Hours	2.39	0.00	0.60	1.19	1.79	2.39	2.99	3.58	4.18	4.78	5.38	5.97	6.57	7.17	7.76	8.36	8.96	9.56	10.15	10.75	11.35	11.95
8 Hours	2.66	0.00	0.67	1.33	2.00	2.66	3.33	3.99	4.66	5.32	5.99	6.66	7.32	7.99	8.65	9.32	9.98	10.65	11.31	11.98	12.65	13.31
10 Hours	2.87	0.00	0.72	1.43	2.15	2.87	3.58	4.30	5.02	5.73	6.45	7.17	7.88	8.60	9.32	10.03	10.75	11.47	12.18	12.90	13.62	14.33
12 Hours	3.00	0.00	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.51	5.26	6.01	6.76	7.51	8.26	9.01	9.76	10.51	11.26	12.01	12.76	13.52	14.27	15.02
14 Hours	3.14	0.00	0.78	1.57	2.35	3.14	3.92	4.71	5.49	6.28	7.06	7.85	8.63	9.42	10.20	10.99	11.77	12.56	13.34	14.13	14.91	15.70
16 Hours	3.21	0.00	0.80	1.60	2.41	3.21	4.01	4.81	5.61	6.42	7.22	8.02	8.82	9.62	10.43	11.23	12.03	12.83	13.63	14.44	15.24	16.04
18 Hours	3.28	0.00	0.82	1.64	2.46	3.28	4.10	4.91	5.73	6.55	7.37	8.19	9.01	9.83	10.65	11.47	12.29	13.11	13.93	14.74	15.56	16.38

ค่าภาระการทำความเย็น [ ] $Btu/h.ft^2$

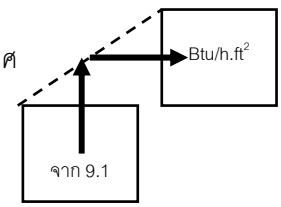
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10. การหาค่าภาระการทำความเย็นจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า

เมื่อได้ค่าปริมาณอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคารปรับอากาศ (จากข้อ 9.1) นำมาหาจุดตัดเพื่อหาค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาค่าที่จากปริมาณอุปกรณ์ไฟฟ้าจากแกน X



แผนภูมิที่ 4-12 แสดงเกณฑ์การประเมินอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารปรับอากาศ



11. การหาค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้น

1. พื้นที่ใช้งานภายในปรับอากาศ [ ] ตารางเมตร (จากข้อ 1.1)
2. ค่าภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ [ ] Btu/h.ft^2 (จากข้อ 10.1)

ค่าภาระการทำความเย็น (q) = (ข้อมูล 11.1) [ ] X (ข้อมูล 11.2) [ ] x 10.76

ค่าภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ [ ] Btu/h.day

12. สรุปศักยภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย (Appliance)

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	**เบอร์** 2	**เบอร์** 3	**เบอร์** 4	**เบอร์** 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6.3 แบบประเมินในส่วนผู้ใช้งานภายในอาคาร (Occupant)

13. ข้อมูลเบื้องต้นของบ้านพักอาศัย

ขนาดของพื้นที่การใช้งานภายในปรับอากาศ ☐ ตารางเมตร

จำนวนผู้ใช้งาน ☐ คน

เวลาที่ทำกิจกรรมในพื้นที่ปรับอากาศ ☐ ชั่วโมง

14. ลักษณะของกิจกรรมทั่วไปที่ทำในพื้นที่ปรับอากาศ

☐ นั่งพักผ่อนแบบสบาย (ตัวคูณ 0.73)

☐ กิจกรรมที่ทำงานแบบเบาๆ (ตัวคูณ 0.89)

☐ กิจกรรมทั่วไป (ตัวคูณ 1.00)

☐ กิจกรรมที่ออกแรงค่อนข้างมาก (ตัวคูณ 1.67)

☐ กิจกรรมที่ออกแรงมาก, เดินออกกำลังกาย (ตัวคูณ 2.22)

☐ กิจกรรมที่ออกแรงสูงมาก, ยกของ (ตัวคูณ 3.55)

15. การหาค่าภาระการทำความเย็นจากผู้ใช้งาน

ตารางที่ 4-16 แสดงภาระการทำความเย็นจากผู้ใช้งาน

Total Hours	Number of User									
in space	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 Hours	345.0	690.0	1035.0	1380.0	1725.0	2070.0	2415.0	2760.0	3105.0	3450.0
4 Hours	377.5	755.0	1132.5	1510.0	1887.5	2265.0	2642.5	3020.0	3397.5	3775.0
6 Hours	397.5	795.0	1192.5	1590.0	1987.5	2385.0	2782.5	3180.0	3577.5	3975.0
8 Hours	410.0	820.0	1230.0	1640.0	2050.0	2460.0	2870.0	3280.0	3690.0	4100.0
10 Hours	422.5	845.0	1267.5	1690.0	2112.5	2535.0	2957.5	3380.0	3802.5	4225.0
12 Hours	430.0	860.0	1290.0	1720.0	2150.0	2580.0	3010.0	3440.0	3870.0	4300.0
14 Hours	435.0	870.0	1305.0	1740.0	2175.0	2610.0	3045.0	3480.0	3915.0	4350.0
16 Hours	440.0	880.0	1320.0	1760.0	2200.0	2640.0	3080.0	3520.0	3960.0	4400.0
18 Hours	442.5	885.0	1327.5	1770.0	2212.5	2655.0	3097.5	3540.0	3982.5	4425.0

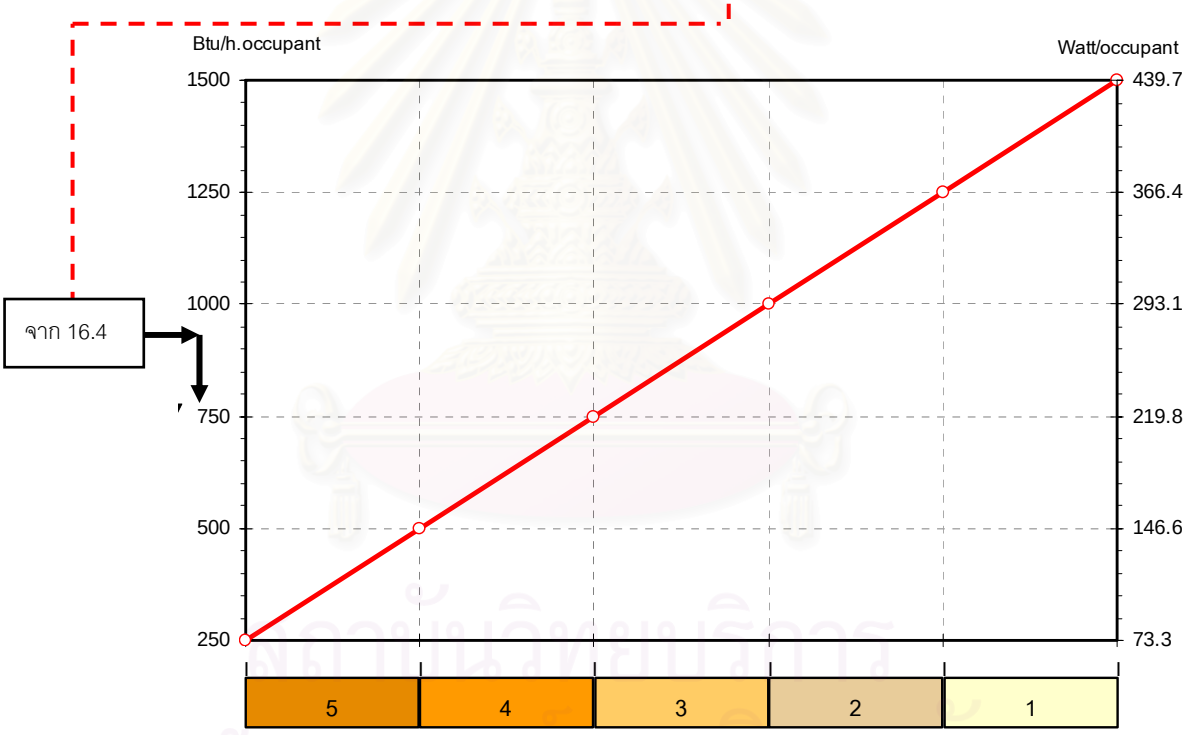
16. การหาระดับประสิทธิภาพจากผู้ใช้งานภายในอาคาร

จากค่าภาระการทำความเย็นทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากผู้ใช้งานในข้อ 15 นำมาหาอัตราส่วนภาระการทำความเย็นต่อคน เพื่อนำข้อมูลไปหาระดับประสิทธิภาพในกราฟต่อไป

1. ภาระการทำความเย็น ____ Btu/h (ข้อมูล 16.1)
2. จำนวนผู้ใช้งาน ____ **คน** (ข้อมูล 16.2)
3. ระดับตัวคูณของกิจกรรม ____ (ข้อมูล 16.3)

นำ [(ข้อมูล 16.1) x (ข้อมูล 16.3)] / (ข้อมูล 16.2) = (ข้อมูล 16.4)

4. ภาระการทำความเย็นต่อคน ____ **Btu/h.คน** (ข้อมูล 16.4)



แผนภูมิที่ 4-13 แสดงเกณฑ์การประเมินภาระการทำความเย็นจากผู้ใช้งานอาคาร

17. สรุปศักยภาพผู้ใช้งานภายในบ้านพักอาศัย

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

4.7 แบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

แบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ จะมี 5 ระดับ โดยการบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพนั้นจะแบ่งตามเบอร์ด้านประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ระดับที่มีศักยภาพสูงสุดจะเพิ่มระบบ Heat pipe ซึ่งจะเพิ่มประสิทธิภาพในการลดอัตราการใช้ไฟฟ้าลงได้ 20 เปอร์เซ็นต์ เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 4-17 แสดงเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ประสิทธิภาพ	ระบบของเครื่องปรับอากาศ	ระดับคะแนน
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 และมีระบบฮีตไปป์ Heat pipe เพิ่มประสิทธิภาพ 20 เปอร์เซ็นต์ COP มีค่า 3.10 ขึ้นไป EER มีค่า 10.60 ขึ้นไป	5
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 COP มีค่า 3.10 ขึ้นไป EER มีค่า 10.60 ขึ้นไป	4
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 4 COP มีค่า 2.80 – 3.10 EER มีค่า 9.60 – 10.60	3
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 3 COP มีค่า 2.50 – 2.80 EER มีค่า 8.60 – 9.60	2
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 2 ลงไป ถึง เบอร์ 1 COP มีค่า 2.20 – 2.50 EER มีค่า 7.60 – 8.60	1

จากแบบประเมินที่สร้างขึ้นในการประเมินศักยภาพรวมของอาคารปรับอากาศ กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร และแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ เพื่อเป็นการทดสอบว่าแบบประเมินที่สร้างขึ้นมานี้สามารถใช้งานได้จริง ขึ้นตอนต่อไปจึงเป็นการทดสอบแบบประเมินการประหยัดพลังงานของอาคารปรับอากาศ กลุ่มอาคารตัวอย่างที่เลือกมาทำการทดสอบจะมีรูปแบบและแนวความคิดในการออกแบบที่ต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มบ้านจัดสรรรูปแบบทั่วไป กลุ่มบ้านไทยประยุกต์ และกลุ่มบ้านประหยัดพลังงาน และทำการเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบประเมิน เพื่อวัดระดับศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานของอาคารปรับอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

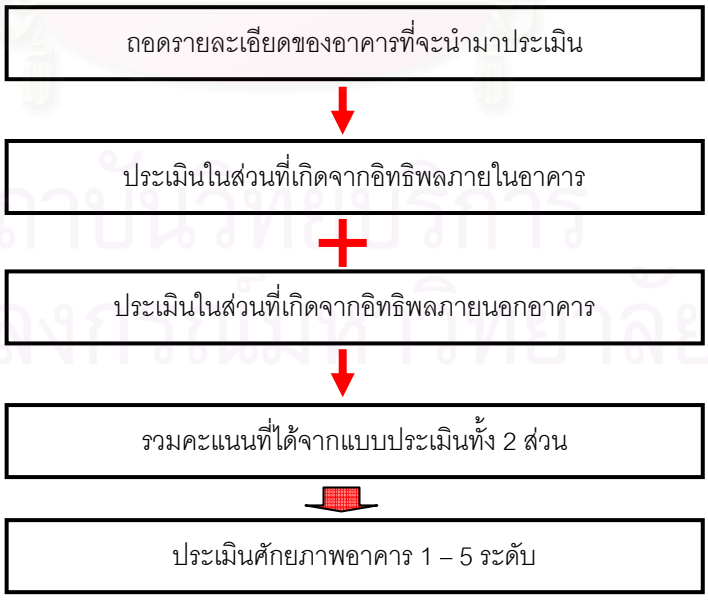
บทที่ 5

การทดสอบแบบประเมิน

จากการสร้างและวิธีใช้แบบประเมินจากบทที่ 4 เมื่อได้รูปแบบของแบบประเมินแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการทดสอบแบบประเมินที่สร้างขึ้นมากับบ้านพักอาศัย 3 แบบ ที่มีลักษณะแตกต่างกันในด้านแนวความคิดในการออกแบบ ระบบการก่อสร้างและรูปลักษณ์ภายนอก

โดยการประเมินในส่วนอิทธิพลที่เกิดจากภายนอกอาคาร ประกอบด้วย ส่วนผนัง กระจก หลังคา พื้น การรั่วซึมของอากาศ การออกแบบรูปทรง และสภาพแวดล้อมอาคาร ได้นำข้อมูลในการประเมินในแต่ละส่วนนี้จากการทำวิทยานิพนธ์ ปี 2546 แนวทางการสร้างแบบประเมิน ของสาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มาประกอบการประเมินอาคารปรับอากาศ ซึ่งรายละเอียดปลีกย่อยสามารถทำการศึกษาเพิ่มเติมได้

5.1 ขั้นตอนการทดสอบแบบประเมิน



ภาพที่ 5-1 แสดงขั้นตอนการทดสอบแบบประเมิน

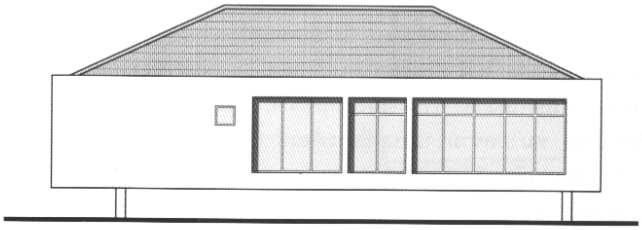
5.2 ทดสอบแบบประเมินบ้านพักอาศัย 1 ชั้น 146 ตารางเมตร

ภาพที่ 5-2 แสดงทัศนียภาพของบ้านเบิกบาน

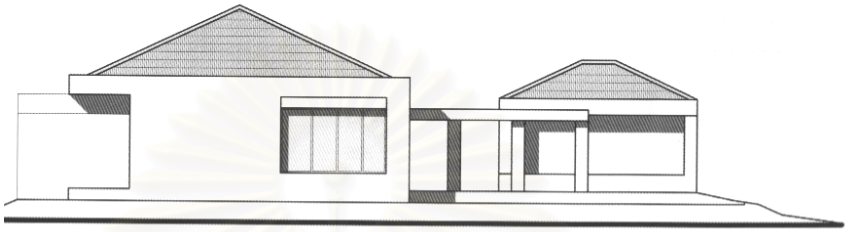
บ้านเดี่ยวเบิกบาน 146 ตารางเมตร

ผังพื้น

ภาพที่ 5-3 แสดงแบบผังพื้นของบ้านเบิกบาน



รูปด้านทิศใต้



รูปด้านทิศตะวันตก

ภาพที่ 5-4 แสดงรูปด้านของบ้านเบิกบาน

5.2.1 รายละเอียดของบ้านเบิกบาน 1 ชั้น 146 ตารางเมตร

มีพื้นที่การใช้งานภายใน 146 ตาราเมตร
ผู้พักอาศัย 4 คน
พื้นที่หลังคา 166 ตารางเมตร

	ทิศเหนือ m^2	ทิศตะวันออก m^2	ทิศใต้ m^2	ทิศตะวันตก m^2
พื้นที่ผนังทึบ	42.0	35.5	28.0	31.0
พื้นที่ช่องเปิดกระจก	6.0	6.0	20.0	6.5

วัสดุก่อสร้าง

หลังคา ซีแพคโมเนีย
ฝ้าเพดาน ยิปซั่มบอร์ด 9 มิลลิเมตร
ผนัง ก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูน 2 ด้าน
กระจก บานเลื่อนใส 6 มิลลิเมตร
พื้น คอนกรีตเสริมเหล็ก 0.15 เมตร ปูกระเบื้องเซรามิก 0.30 x 0.30 เมตร

5.2.2 แบบประเมินในส่วนอิทธิพลที่เกิดจากภายในอาคาร

การประเมินค่าภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร ในส่วนนี้จะรวมไปถึงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าด้วย โดยตัวแปรที่ใช้ประกอบการประเมินค่าหาได้จากรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. **รายละเอียดของบ้านพักอาศัย**

ชื่อบ้านพักอาศัย.....**บ้านเบิกบาน**
ที่ตั้ง.....**กรุงเทพมหานคร**

1. **พื้นที่การใช้งานภายในอาคาร**

- พื้นที่ปรับอากาศภายในอาคาร	146	ตารางเมตร
- พื้นที่ไม่ปรับอากาศภายในอาคาร	40	ตารางเมตร
- พื้นที่การใช้งานทั้งหมดภายในอาคาร	206	ตารางเมตร

2. **จำนวนชั่งโมงใช้งานเฉลี่ยต่อวัน**	10	ชั่วโมง
3. **จำนวนผู้ใช้งาน**		
- ผู้ใช้งานภายในอาคาร	4	คน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.2.1 แบบประเมินในส่วนหลอดไฟฟ้าภายในอาคาร (Artificial Lighting)

2. รายละเอียดของหลอดไฟฟ้า

ชนิดของหลอดไฟฟ้า	ขนาด	จำนวน Watt	จำนวน N	การใช้งาน Hour / Day	จำนวนวัตต์ Watt*N	พลังงานที่ใช้ Watt / Day
- หลอดไส้	-	15	-	-	-	-
	-	40	-	-	-	-
	-	60	3	1	180	180
	-	100	5	4	500	2000
- หลอดฟลูออเรสเซนท์	10	20	-	-	-	-
	18	28	5	8	140	1120
	20	30	-	-	-	-
	32	42	10	8	420	3360
	36	46	4	2	184	368
	40	50	-	-	-	-
- หลอดคอมแพค (บัลลาสต์ภายนอก)	9	13.5	-	-	-	-
	11	16	-	-	-	-
- อื่นๆ						
รวมพลังงานของหลอดไฟฟ้า					1,424	7,028
					(ข้อมูล 2.1)	(ข้อมูล 2.2)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. หาค่ากำลังของหลอดไฟฟ้าต่อพื้นที่การใช้งาน

(ข้อมูล 2.1)

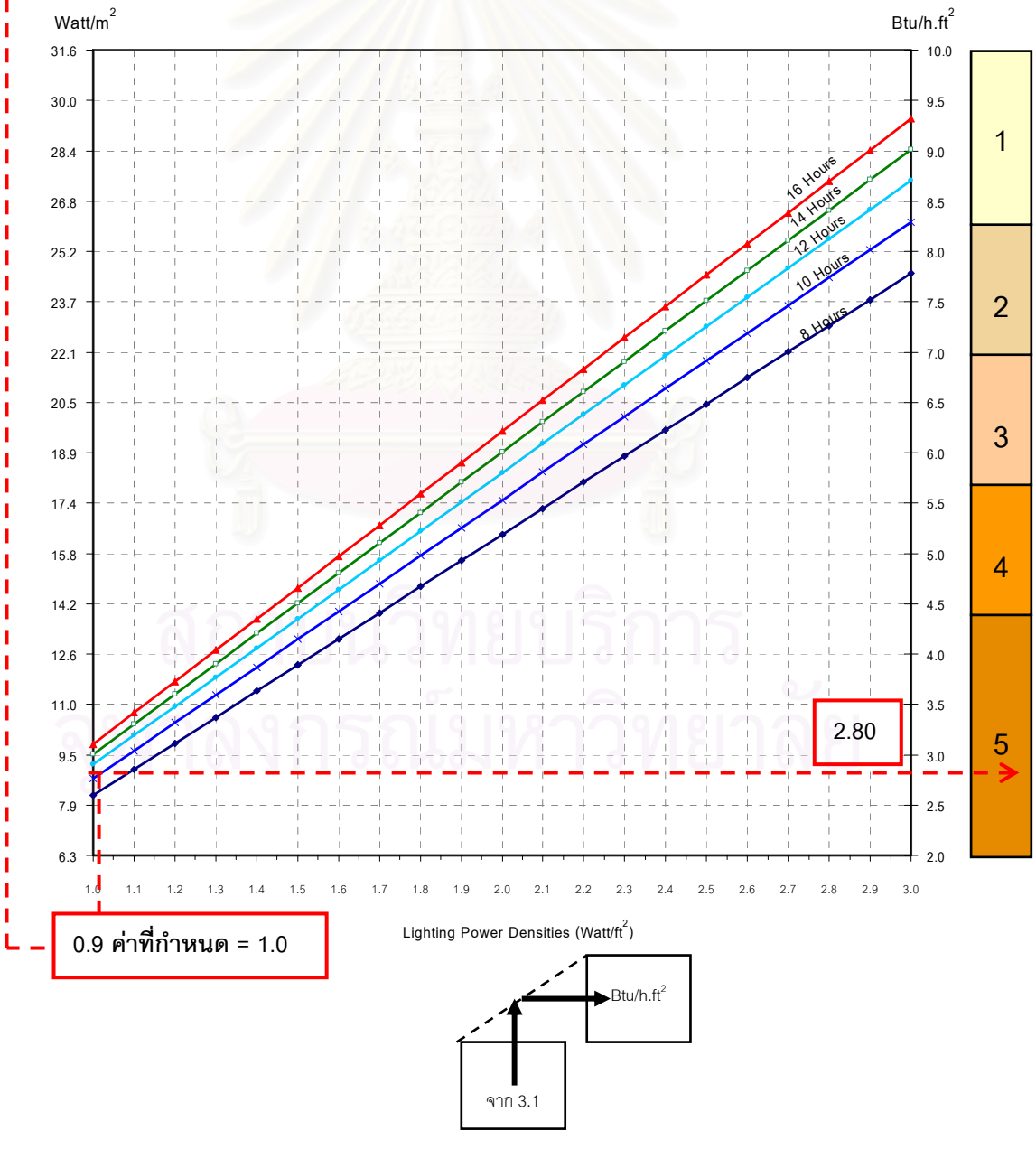
จำนวน Watt ของหลอดไฟฟ้าทั้งหมด | 1,424 | Watt

พื้นที่การใช้งานภายในปรับอากาศ | 146 | X 10.76 ft^2

(ข้อมูล 1.1)

(ข้อมูล 3.1)

ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร | 0.90 | Watt/ft^2



4. การหาค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากหลอดไฟฟ้า

1. พื้นที่ใช้งานภายในปรับอากาศ | 146 | ตารางเมตร (จากข้อ 1.1)

2. ค่าภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟฟ้า | 2.80 | Btu/h.ft^2 (จากข้อ 3.2)

ค่าภาระการทำความเย็น (q) = 146 (ข้อมูล 4.1) X 2.80 (ข้อมูล 4.2) X 10.76 Btu/h

ค่าภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟฟ้า 4,398.69 Btu/h

5. สรุปศักยภาพหลอดไฟฟ้าในบ้านพักอาศัย

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.2.2 แบบประเมินส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารปรับอากาศ

6. รายละเอียดของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	ขนาด	จำนวน Watt	จำนวน N	การใช้งาน Hour / Day	จำนวนวัตต์ Watt*N	พลังงานที่ใช้ Watt / Day
1.อุปกรณ์เพื่อความบันเทิง						
- โทรทัศน์	14 นิ้ว	50	1	4	50	200
	20 นิ้ว	63	2	5	126	630
	26 นิ้ว	95	-	-	-	-
- วีดีโอเทป		30	1	2	30	60
- วิทยุ		15	2	2	30	60
- เครื่องเสียง		40	-	-	-	-
		60	-	-	-	-
		100	1	2	100	200
- คอมพิวเตอร์		230	2	3	460	1380
- จอภาพ (ขณะใช้งาน)	15 นิ้ว	110	1	3	110	330
	17 นิ้ว	102	1	3	102	306
- จอภาพ (ขณะพักการใช้งาน)	15 นิ้ว	85	-	-	-	-
	17 นิ้ว	78	-	-	-	-
- เครื่องพิมพ์ (Printer)		18	2	1	36	36
- อื่นๆ						
รวมพลังงานอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อความบันเทิง					1,044 (ข้อมูล 6.1)	3,202 (ข้อมูล 6.2)

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	ขนาด	จำนวน Watt	จำนวน N	การใช้งาน Hour / Day	จำนวนวัตต์ Watt*N	พลังงานที่ใช้ Watt / Day
2.อุปกรณ์เพื่อความสะดวก						
- ตู้เย็น 2.4 ลบ.ฟ		60	-	-	-	-
- ตู้เย็น 4.5 - 6.0 ลบ.ฟ		65	1	24	65	1040
- ตู้เย็น 6.7 - 7.7 ลบ.ฟ		78	-	-	-	-
- ตู้เย็น 9.0 – 10 ลบ.ฟ		115	-	-	-	-
- ตู้เย็น 12. ลบ.ฟ		165	-	-	-	-
- พัดลม	12 นิ้ว	45	1	2	45	90
	16 นิ้ว	68	-	-	-	-
- พัดลมติดเพดาน	48 นิ้ว	80	1	1	80	80
	56 นิ้ว	104	-	-	-	-
- เตารีด		750	1	2	750	1500
		1000	-	-	-	-
- เตาหุงต้มไฟฟ้า		400	-	-	-	-
		800	1	0.5	800	400
		1000	-	-	-	-
		1500	-	-	-	-
- หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	1.0 ล.	500	-	-	-	-
	1.5 ล.	600	1	0.5	600	300
	2.8 ล.	1000	-	-	-	-
- กาต้มน้ำ		500	-	-	-	-
		700	-	-	-	-
		1300	-	-	-	-
		2000	-	-	-	-
- เครื่องปิ้งขนมปัง		700	-	-	-	-
		1000	-	-	-	-
- เตาไมโคเวฟ		960	-	-	-	-
		1500	1	0.25	1500	375

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	ขนาด	จำนวน Watt	จำนวน N	การใช้งาน Hour / Day	จำนวนวัตต์ Watt*N	พลังงานที่ใช้ Watt / Day
- เครื่องเป่าผม		300	-	-	-	-
		400	1	0.20	400	80
		1300	-	-	-	-
- กระติกน้ำร้อนไฟฟ้า	2.4 ล.	600	1	0.25	600	125
- เครื่องดูดฝุ่น	2.0 ล.	625	-	-	-	-
	5.0 ล.	1000	1	0.5	1000	500
***เฉพาะส่วนการใช้ไฟฟ้า**						
- เครื่องปรับอากาศ	24000	2264	-	-	-	-
	12000	1132	3	8	3,396	27,168
	9000	849	-	-	-	-
- อื่นๆ						
รวมพลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อความสะดวก					5,840 1,044	31,658 3,202 L 7,028

รวมทั้งหมด (Watt) | 6,884 | 34,860

(ข้อมูล 6.5) (ข้อมูล 6.6)

รวมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด (Watt) | 41,888

(ข้อมูล 6.7)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ ข้อมูล 6.7 เป็นข้อมูลที่รวมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด (หลอดไฟฟ้า + อุปกรณ์ไฟฟ้า) โดยการนำ (ข้อมูล 2.2 + ข้อมูล 6.4 = ข้อมูล 6.7)

7. การหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพื่อทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้งาน โดยการหาอัตราส่วนต่อพื้นที่การใช้งาน จากนั้นนำไปหาค่าระดับคะแนนในแผนภูมิที่ 2

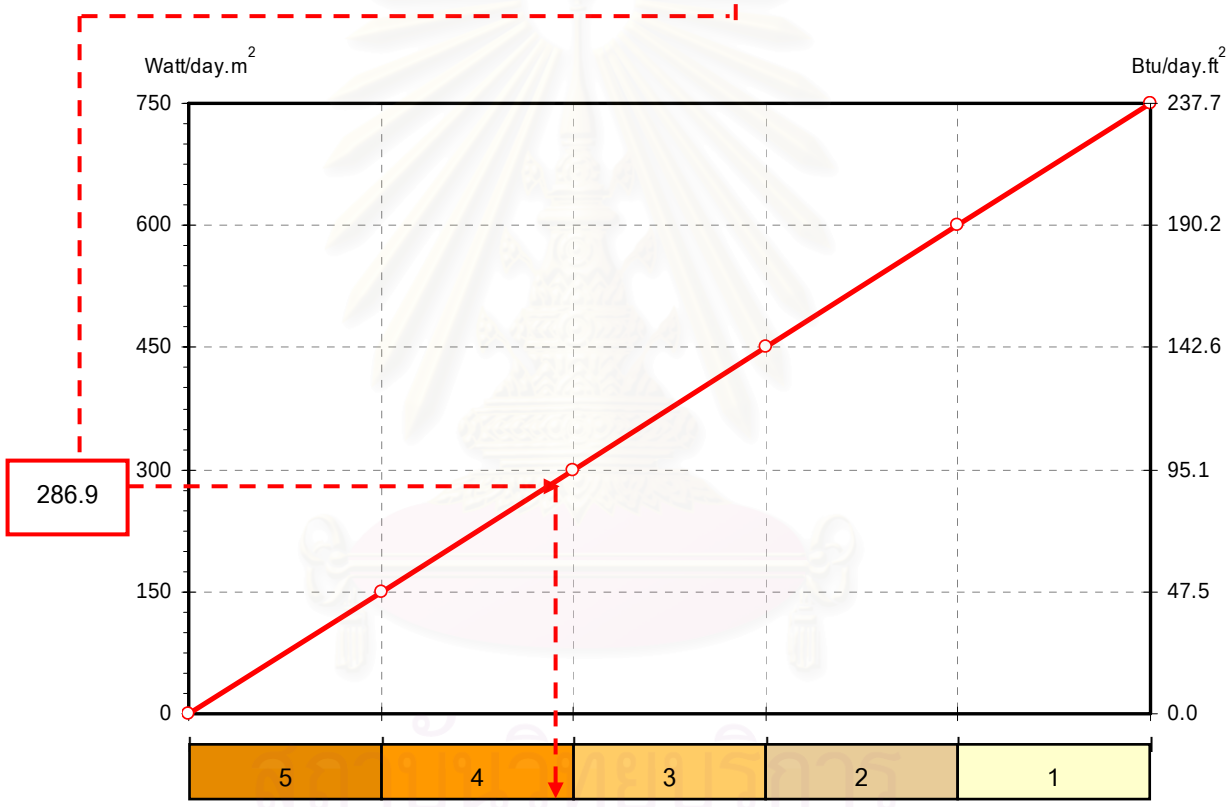
(ข้อมูล 6.7)

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 41,888 (Watt/day)

พื้นที่การใช้งาน 146 (m^2)

(ข้อมูล 1.1)

อัตราการใช้พลังงานต่อพื้นที่ 286.90 $Watt/day.m^2$ (ข้อมูล 7.1)



8. สรุปศักยภาพพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า (Operation)

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

9. หาค่าการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่อพื้นที่การใช้งาน

(ข้อมูล 6.5)

จำนวน Watt ของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด **6,884** Watt

พื้นที่การใช้งานภายในปรับอากาศ **146** X 10.76 ft^2

(ข้อมูล 1.1)

ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายใน **4.38** $Watt/ft^2$ (ข้อมูล 9.1)

ตารางแสดงค่าภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ไฟฟ้า (Btu/h)

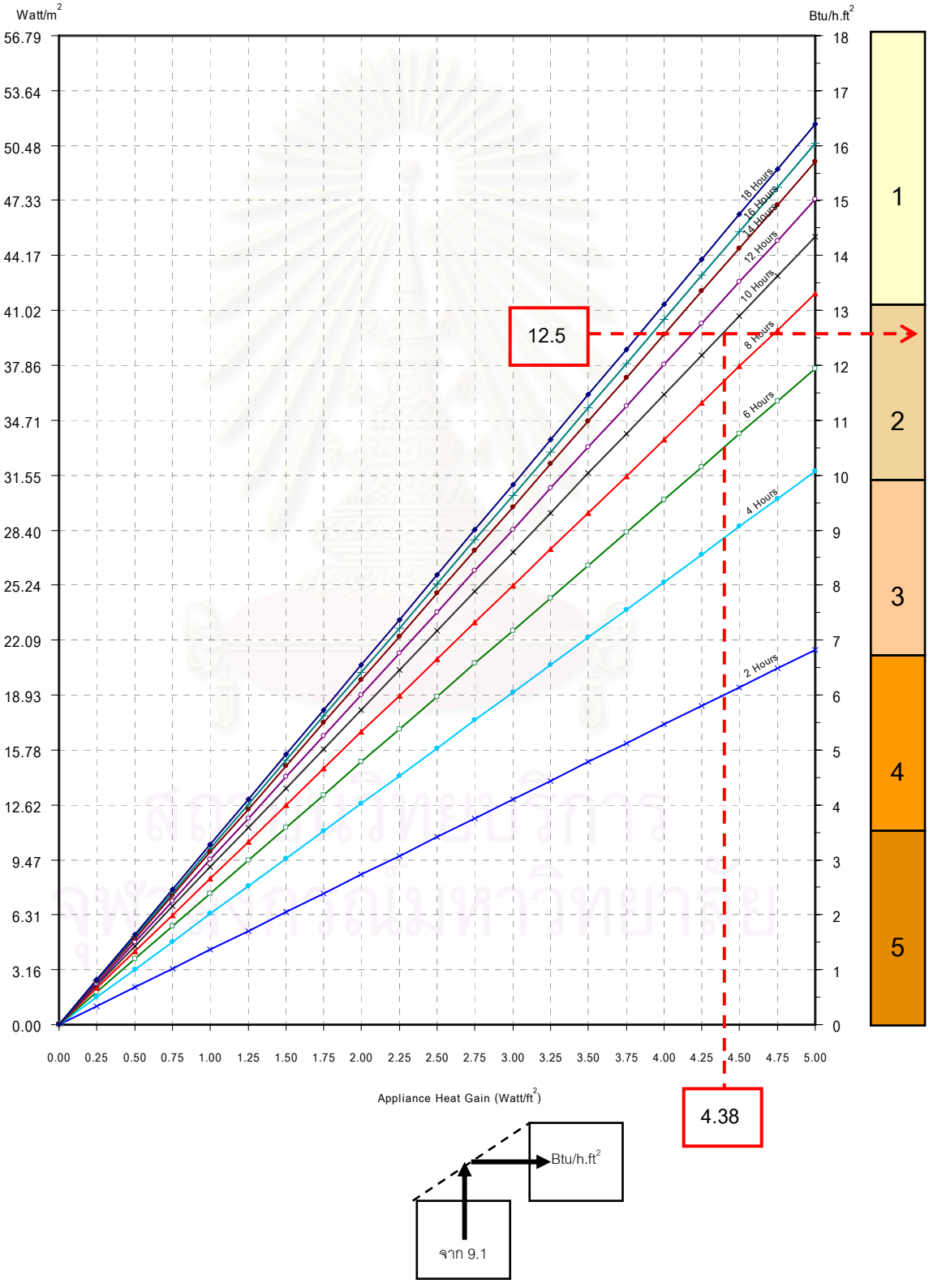
Total hours	CLF	Hours After Appliances are on																				
in space	24	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00
2 Hours	1.37	0.00	0.34	0.68	1.02	1.37	1.71	2.05	2.39	2.73	3.07	3.41	3.75	4.10	4.44	4.78	5.12	5.46	5.80	6.14	6.48	6.83
4 Hours	2.01	0.00	0.50	1.01	1.51	2.01	2.52	3.02	3.52	4.03	4.53	5.03	5.54	6.04	6.54	7.05	7.55	8.05	8.56	9.06	9.56	10.07
6 Hours	2.39	0.00	0.60	1.19	1.79	2.39	2.99	3.58	4.18	4.78	5.38	5.97	6.57	7.17	7.76	8.36	8.96	9.56	10.15	10.75	11.35	11.95
8 Hours	2.66	0.00	0.67	1.33	2.00	2.66	3.33	3.99	4.66	5.32	5.99	6.66	7.32	7.99	8.65	9.32	9.98	10.65	11.31	11.98	12.65	13.31
10 Hours	2.87	0.00	0.72	1.43	2.15	2.87	3.58	4.30	5.02	5.73	6.45	7.17	7.88	8.60	9.32	10.03	10.75	11.47	12.18	12.90	13.62	14.33
12 Hours	3.00	0.00	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.51	5.26	6.01	6.76	7.51	8.26	9.01	9.76	10.51	11.26	12.01	12.76	13.52	14.27	15.02
14 Hours	3.14	0.00	0.78	1.57	2.35	3.14	3.92	4.71	5.49	6.28	7.06	7.85	8.63	9.42	10.20	10.99	11.77	12.56	13.34	14.13	14.91	15.70
16 Hours	3.21	0.00	0.80	1.60	2.41	3.21	4.01	4.81	5.61	6.42	7.22	8.02	8.82	9.62	10.43	11.23	12.03	12.83	13.63	14.44	15.24	16.04
18 Hours	3.28	0.00	0.82	1.64	2.46	3.28	4.10	4.91	5.73	6.55	7.37	8.19	9.01	9.83	10.65	11.47	12.29	13.11	13.93	14.74	15.56	16.38

ค่าภาระการทำความเย็น **12.55** $Btu/h.ft^2$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10. การหาค่าภาระการทำความเย็นจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า

เมื่อได้ค่าปริมาณอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคารปรับอากาศ (จากข้อ 9.1) นำมาหาจุดตัดเพื่อหาค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาค่าที่จากปริมาณอุปกรณ์ไฟฟ้าจากแกน X



11. การหาค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้น

1. พื้นที่ใช้งานภายในปรับอากาศ | 146 | ตารางเมตร (จากข้อ 1.1)
2. ค่าภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ | 12.55 | Btu/h.ft^2 (จากข้อ 10.1)

(ข้อมูล 11.1) (ข้อมูล 11.2)

ค่าภาระการทำความเย็น (q) = 146 X 12.55 x 10.76

ค่าภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ 19,715.55 Btu/h.day

12. สรุปศักยภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย (Appliance)

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.2.3 แบบประเมินในส่วนผู้ใช้งานภายในอาคารปรับอากาศ

13. ข้อมูลเบื้องต้นของบ้านพักอาศัย

ขนาดของพื้นที่การใช้งานภายในปรับอากาศ	146	ตารางเมตร
จำนวนผู้ใช้งาน	4	คน
เวลาที่ทำกิจกรรมในพื้นที่ปรับอากาศ	12	ชั่วโมง

14. ลักษณะของกิจกรรมทั่วไปที่ทำในพื้นที่ปรับอากาศ

- ☐ นั่งพักผ่อนแบบสบาย (ตัวคูณ 0.73)
- ☐ กิจกรรมที่ทำงานแบบเบาๆ (ตัวคูณ 0.89)
- ■ กิจกรรมทั่วไป (ตัวคูณ 1.00)
- ☐ กิจกรรมที่ออกแรงค่อนข้างมาก (ตัวคูณ 1.67)
- ☐ กิจกรรมที่ออกแรงมาก, เดินออกกำลังกาย (ตัวคูณ 2.22)
- ☐ กิจกรรมที่ออกแรงสูงมาก, ยกของ (ตัวคูณ 3.55)

15. การหาค่าภาระการทำความเย็นจากผู้ใช้งาน

Total Hours	Number of User									
in space	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 Hours	345.0	690.0	1035.0	1380.0	1725.0	2070.0	2415.0	2760.0	3105.0	3450.0
4 Hours	377.5	755.0	1132.5	1510.0	1887.5	2265.0	2642.5	3020.0	3397.5	3775.0
6 Hours	397.5	795.0	1192.5	1590.0	1987.5	2385.0	2782.5	3180.0	3577.5	3975.0
8 Hours	410.0	820.0	1230.0	1640.0	2050.0	2460.0	2870.0	3280.0	3690.0	4100.0
10 Hours	422.5	845.0	1267.5	1690.0	2112.5	2535.0	2957.5	3380.0	3802.5	4225.0
12 Hours	430.0	860.0	1290.0	1720.0	2150.0	2580.0	3010.0	3440.0	3870.0	4300.0
14 Hours	435.0	870.0	1305.0	1740.0	2175.0	2610.0	3045.0	3480.0	3915.0	4350.0
16 Hours	440.0	880.0	1320.0	1760.0	2200.0	2640.0	3080.0	3520.0	3960.0	4400.0
18 Hours	442.5	885.0	1327.5	1770.0	2212.5	2655.0	3097.5	3540.0	3982.5	4425.0

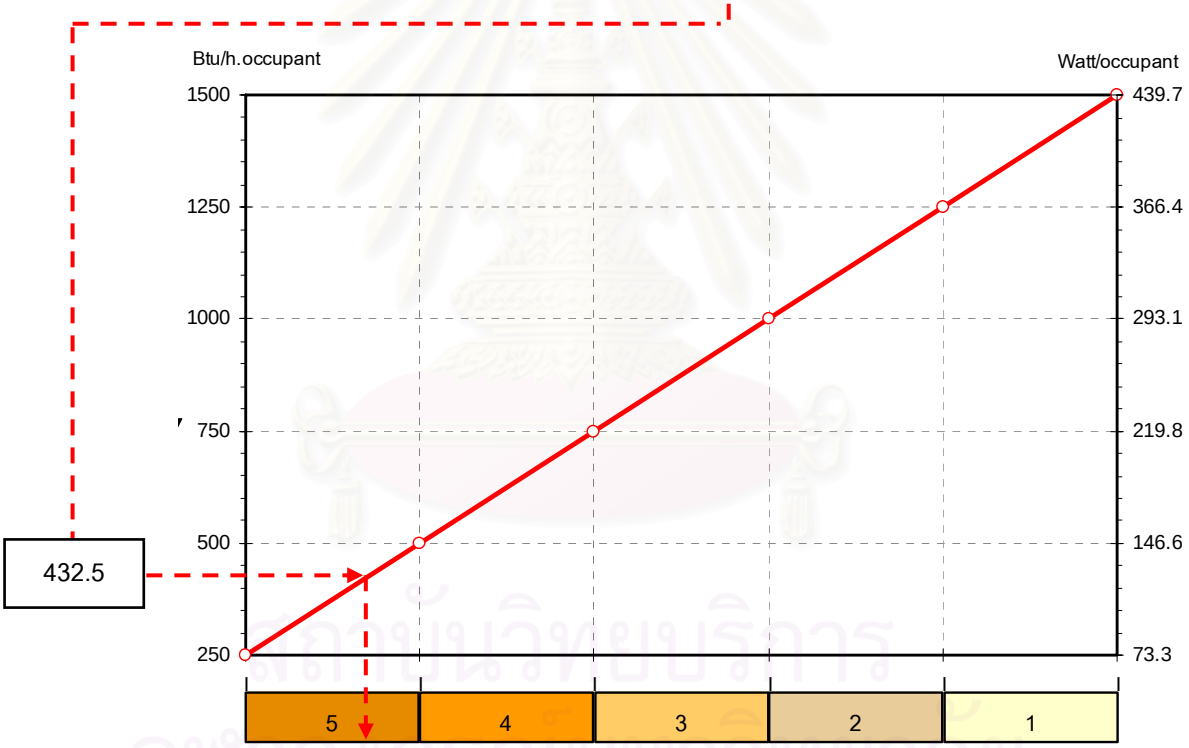
16. การหาระดับประสิทธิภาพจากผู้ใช้งานภายในอาคาร

จากค่าภาระการทำความเย็นทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากผู้ใช้งานในข้อ 15 นำมาหาอัตราส่วนภาระการทำความเย็นต่อคน เพื่อนำข้อมูลไปหาระดับประสิทธิภาพในกราฟต่อไป

1. ภาระการทำความเย็น	1,730	Btu/h	(ข้อมูล 16.1)
2. จำนวนผู้ใช้งาน	4	**คน**	(ข้อมูล 16.2)
3. ระดับตัวคูณของกิจกรรม	1.0		(ข้อมูล 16.3)

นำ [(ข้อมูล 16.1) x (ข้อมูล 16.3)] / (ข้อมูล 16.2) = (ข้อมูล 16.4)

4. ภาระการทำความเย็นต่อคน 432.5 Btu/h.**คน** (ข้อมูล 16.4)



17. สรุปศักยภาพผู้ใช้งานภายในบ้านพักอาศัย

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

5.2.3 แบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

แบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ จะมี 5 ระดับ โดยการบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพนั้นจะแบ่งตามเบอร์ด้านประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ขีดเครื่องหมายลงในช่องคะแนนตามรายระเอียดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ ดังนี้

ประสิทธิภาพ	ระบบของเครื่องปรับอากาศ	ระดับคะแนน
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 และมีระบบฮีตไปป์ Heat pipe เพิ่มประสิทธิภาพ 20 เปอร์เซ็นต์ COP มีค่า 3.10 ขึ้นไป EER มีค่า 10.60 ขึ้นไป	5
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 COP มีค่า 3.10 ขึ้นไป EER มีค่า 10.60 ขึ้นไป	4
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 4 COP มีค่า 2.80 – 3.10 EER มีค่า 9.60 – 10.60	3
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 3 COP มีค่า 2.50 – 2.80 EER มีค่า 8.60 – 9.60	2
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 2 ลงไป ถึง เบอร์ 1 COP มีค่า 2.20 – 2.50 EER มีค่า 7.60 – 8.60	1

5.2.4 ค่าระดับจากแบบประเมินทั้งหมด

5.2.4.1 กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายนอกอาคาร

1. **การประเมินค่าส่วนผนังอาคารปรับอากาศ (Opaque)** (วรภัทร ฉินทกานันท์, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนผนังอาคารปรับอากาศ นำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนผนังอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	1

2. **การประเมินค่าส่วนกระจกอาคารปรับอากาศ (Glass)** (จิตติมา กลั่นหอม, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนกระจกของอาคารปรับอากาศ นำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนกระจกของอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	1

3. **การประเมินค่าส่วนหลังอาคารปรับอากาศ (Roof)** (สราวุธ จิตต์เจริญ, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนหลังคาของอาคารปรับอากาศ นำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนหลังคาของอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	1

4. **การประเมินค่าส่วนพื้นอาคารปรับอากาศ** (Floor) (ปิยะชาติ แก้วแดง, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนพื้นของอาคารปรับอากาศ นำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนพื้นของอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	1

5. **การประเมินการรั่วซึมของอากาศ** (Infiltration) (สมพงษ์ นามทวีสุข, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนการรั่วซึมของอากาศจากภายนอกอาคาร โดยนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนการรั่วซึมของอากาศ

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	1

6. **กลุ่มตัวแปรการสะสมความร้อนของวัสดุ** (Heat storage) (สมพงษ์ เหยียบสูญ, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนการสะสมความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคารปรับอากาศ โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนการสะสมความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคารปรับอากาศ

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	1

5.2.4.2 กลุ่มตัวแปรที่ใช้เป็นตัวคูณคะแนน

7. **กลุ่มตัวแปรด้านการออกแบบรูปทรง** (Form) (ปิยะชาติ แก้วแดง, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนการออกแบบรูปทรงของอาคารปรับอากาศ โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์	1

8. **กลุ่มตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมอาคาร** (Microclimate) (ฤชิมน ธนบุญสมบัติ, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนสะภาพแวดล้อมของอาคาร โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์	1

9. **การประเมินค่าในพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า** (Operation)

จากแบบประเมินในส่วนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์	1

5.2.4.3 กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร

10. การประเมินค่าส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร (Appliance)

จากแบบประเมินในส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	1

11. การประเมินค่าส่วนหลอดไฟฟ้าภายในอาคาร (Artificial Lighting)

จากแบบประเมินในส่วนหลอดไฟฟ้า โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนหลอดไฟฟ้า

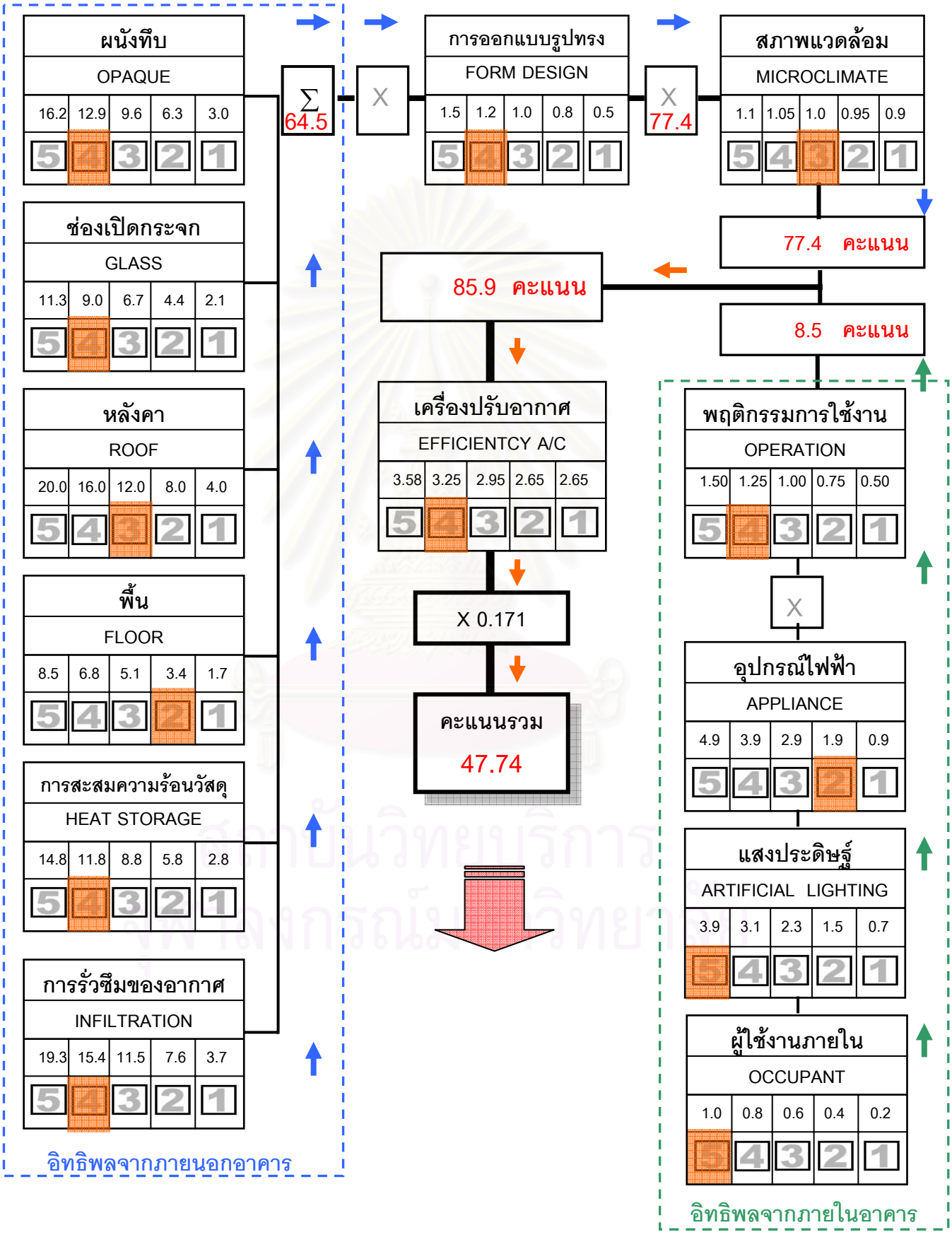
	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	1

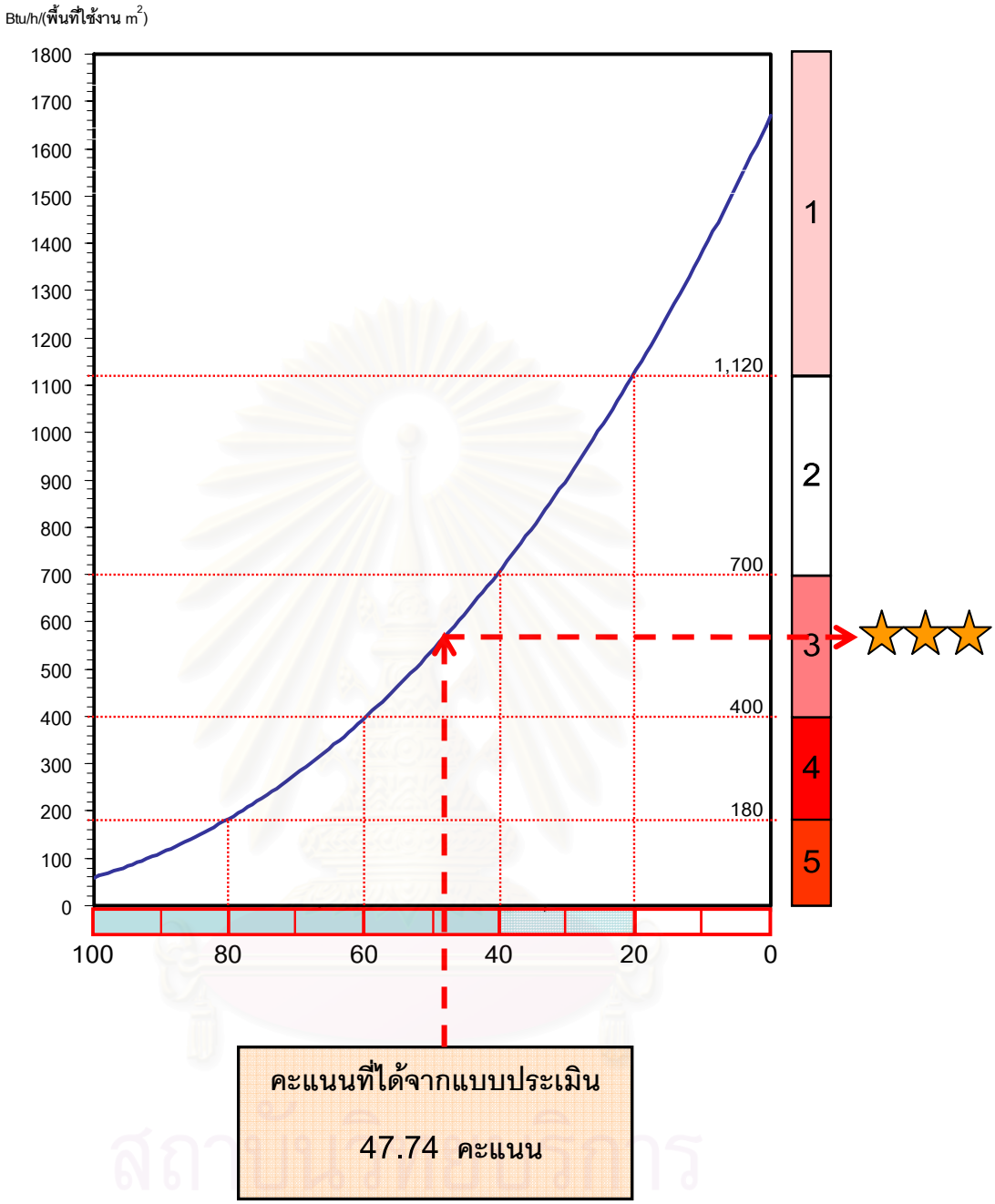
12. การประเมินค่าส่วนผู้ใช้งานภายในอาคาร (Occupant)

จากแบบประเมินในส่วนผู้ใช้งานภายในอาคาร โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนผู้ใช้งานภายในอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	1

5.2.5 แบบประเมินรวมศักยภาพของบ้านเบิกบาน

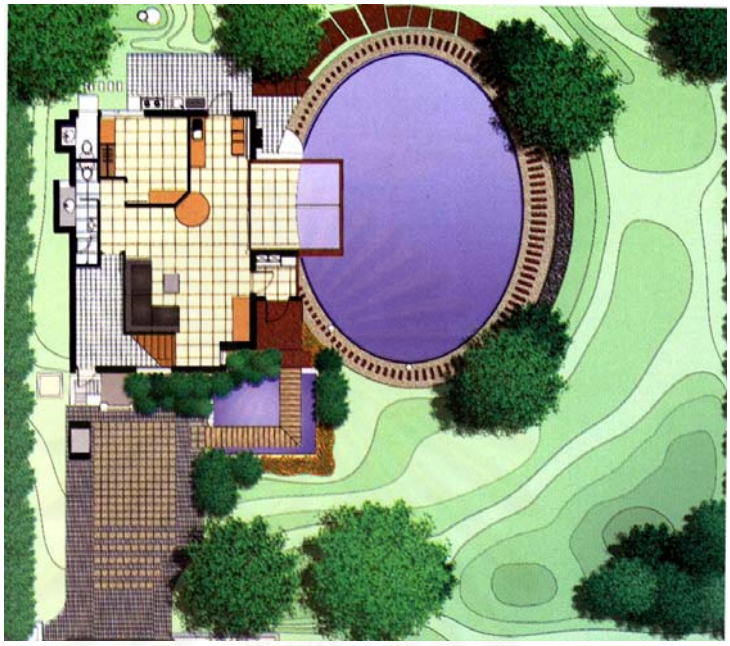




สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปศักยภาพของบ้านเดี่ยวเนื้อที่ 146 ตารางเมตร

5.3 การประเมินบ้านชีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 5-5 แสดงผังพื้นชั้น 1

ภาพที่ 5-6 แสดงผังพื้นชั้น 2

ภาพที่ 5-7 แสดงรูปด้านทางด้านทิศตะวันตก และทางทิศใต้

5.3.1 รายละเอียดของบ้านชีวาทิตย์ 2 ชั้น 145 ตารางเมตร

มีพื้นที่การใช้งานภายใน 145 ตาราเมตร

ผู้พักอาศัย 4 คน

พื้นที่หลังคา 149.87 ตารางเมตร

	ทิศเหนือ m^2	ทิศตะวันออก m^2	ทิศใต้ m^2	ทิศตะวันตก m^2
พื้นที่ผนังทึบ	38.43	48.00	30.50	48.87
พื้นที่ช่องเปิดกระจก	6.30	17.92	10.52	9.35

วัสดุก่อสร้าง

หลังคา อลูมิเนียมอะโนไดซ์หนา 1 มม. (Anodized aluminum)

ฝ้าเพดาน ยิปซั่มบอร์ด 12 มิลลิเมตร

ผนัง ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS)

กระจก Heat stop

พื้น คอนกรีตเสริมเหล็ก มีฉนวนกันความร้อนรองพื้น ปูกระเบื้อง

5.3.2 แบบประเมินในส่วนอิทธิพลที่เกิดจากภายในอาคาร

การประเมินค่าภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารและภาระการทำความเย็นจากผู้ใช้งาน ในส่วนนี้จะรวมไปถึงพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าด้วย โดยตัวแปรที่ใช้ประกอบการประเมินค่าหาได้จากรายละเอียดดังต่อไปนี้

ในส่วนแรกจะเป็นการกรอกข้อมูลรายละเอียดของอาคาร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปประกอบการคำนวณในส่วนต่างๆ

1. **รายละเอียดของบ้านพักอาศัย**

ชื่อบ้าน.....**บ้านซีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์**
ที่ตั้ง.....**คลอง 5 จังหวัดปทุมธานี**
แนวความคิดการออกแบบ... ....มีแนวความคิดในการประหยัดพลังงาน และการสร้างพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ มีระบบหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้เอง

1. **พื้นที่การใช้งานภายในอาคาร**
   - พื้นที่ปรับอากาศภายในอาคาร 145 ตารางเมตร
   - พื้นที่ไม่ปรับอากาศภายในอาคาร 10 ตารางเมตร
   - พื้นที่การใช้งานทั้งหมดภายในอาคาร 145 ตารางเมตร

2. **จำนวนชั่งโมงใช้งานเฉลี่ยต่อวัน** 12 ชั่วโมง
3. **จำนวนผู้ใช้งาน**
   - ผู้ใช้งานภายในอาคาร 4 คน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.2.1 แบบประเมินส่วนหลอดไฟฟ้าภายในอาคาร (Artificial Lighting)

2. รายละเอียดของหลอดไฟฟ้า

ชนิดของหลอดไฟฟ้า	ขนาด	จำนวน Watt	จำนวน N	การใช้งาน Hour / Day	จำนวนวัตต์ Watt*N	พลังงานที่ใช้ Watt / Day
- หลอดไส้	-	15	-	-	-	-
	-	40	-	-	-	-
	-	60	-	-	-	-
	-	100	-	-	-	-
- หลอดฟลูออเรสเซนท์	10	20	-	-	-	-
	18	28	-	-	-	-
	20	30	-	-	-	-
	32	42	-	-	-	-
	36	46	-	-	-	-
	40	50	-	-	-	-
- หลอดคอมแพค (บัลลาสต์ภายนอก)	9	13.5	-	-	-	-
	11	16	15	5	240	1200
- อื่นๆ			-	-	-	-
รวมพลังงานของหลอดไฟฟ้า					240	1,200
					ข้อมูล 2.1	ข้อมูล 2.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. หาค่ากำลังของหลอดไฟฟ้าต่อพื้นที่การใช้งาน

(ข้อมูล 2.1)

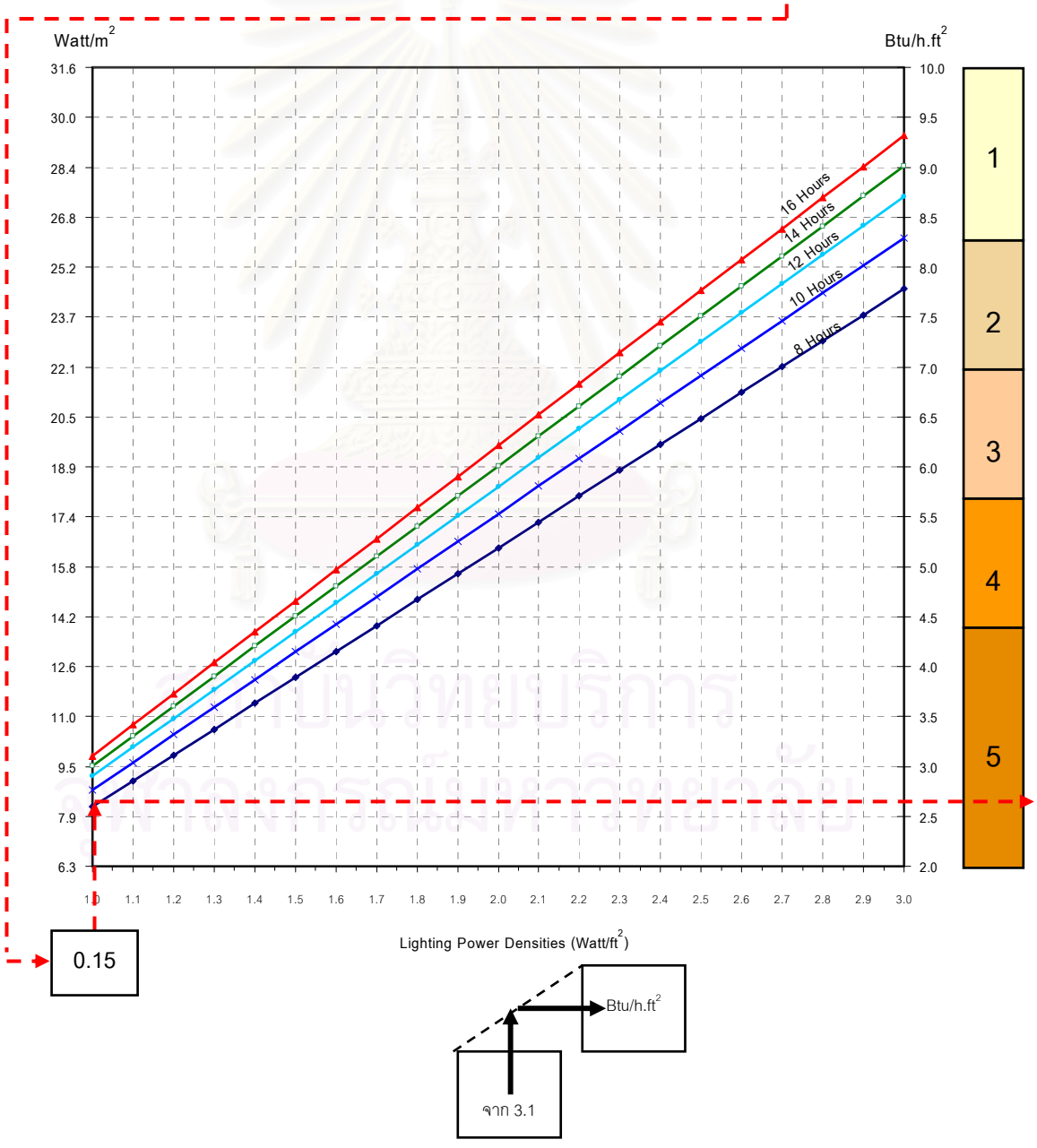
จำนวน Watt ของหลอดไฟฟ้าทั้งหมด **240** Watt

พื้นที่การใช้งานภายในปรับอากาศ **145** X 10.76 ft^2

(ข้อมูล 1.1)

(ข้อมูล 3.1)

ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร **0.15** $Watt/ft^2$



4. การหาค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากหลอดไฟฟ้า

1. พื้นที่ใช้งานภายในปรับอากาศ | 145 | ตารางเมตร (จากข้อ 1.1)

2. ค่าภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟฟ้า | 2.60 | Btu/h.ft^2 (จากข้อ 3.2)

ค่าภาระการทำความเย็น (q) = 145 (ข้อมูล 4.1) X 2.60 (ข้อมูล 4.2) X 10.76 Btu/h

ค่าภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟฟ้า 4,056.52 Btu/h.day

5. สรุปศักยภาพหลอดไฟฟ้าในบ้านพักอาศัย

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.2.2 แบบประเมินในส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารปรับอากาศ

6. รายละเอียดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านพัก

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	ขนาด	จำนวน Watt	จำนวน N	การใช้งาน Hour / Day	จำนวนวัตต์ Watt*N	พลังงานที่ใช้ Watt / Day
1.อุปกรณ์เพื่อความบันเทิง						
- โทรทัศน์	14 นิ้ว	50	-	-	-	-
	20 นิ้ว	63	2	4	126	504
	26 นิ้ว	95	-	-	-	-
- วีดีโอเทป		30	1	2	30	60
- วิทยุ		15	-	-	-	-
- เครื่องเสียง		40	-	-	-	-
		60	-	-	-	-
		100	1	2	100	200
- คอมพิวเตอร์		230	1	2	230	460
- จอภาพ (ขณะใช้งาน)	15 นิ้ว	110	-	-	-	-
	17 นิ้ว	102	1	2	102	204
- จอภาพ (ขณะพักการใช้งาน)	15 นิ้ว	85	-	-	-	-
	17 นิ้ว	78	-	-	-	-
- เครื่องพิมพ์ (Printer)		18	1	1	18	18
- อื่นๆ						
					(ข้อมูล 6.1)	(ข้อมูล 6.2)
รวมพลังงานอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อความบันเทิง					606	1,446

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	ขนาด	จำนวน Watt	จำนวน N	การใช้งาน Hour / Day	จำนวนวัตต์ Watt*N	พลังงานที่ใช้ Watt / Day
2.อุปกรณ์เพื่อความสะดวก						
- ตู้เย็น 2.4 ลบ.ฟ		60	-	-	-	-
- ตู้เย็น 4.5 - 6.0 ลบ.ฟ		65	1	24/16	อยู่ภายนอก	1040
- ตู้เย็น 6.7 - 7.7 ลบ.ฟ		78	-	-	-	-
- ตู้เย็น 9.0 – 10 ลบ.ฟ		115	-	-	-	-
- ตู้เย็น 12. ลบ.ฟ		165	-	-	-	-
- พัดลม	12 นิ้ว	45	-	-	-	-
	16 นิ้ว	68	-	-	-	-
- พัดลมติดเพดาน	48 นิ้ว	80	-	-	-	-
	56 นิ้ว	104	-	-	-	-
- เตารีด		750	1	1	อยู่ภายนอก	750
		1000	-	-	-	-
- เตาหุงต้มไฟฟ้า		400	-	-	-	-
		800	1	0.5	อยู่ภายนอก	400
		1000	-	-	-	-
		1500	-	-	-	-
- หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	1.0 ล.	500	-	-	-	-
	1.5 ล.	600	1	0.5	อยู่ภายนอก	300
	2.8 ล.	1000	-	-	-	-
- กาต้มน้ำ		500	-	-	-	-
		700	-	-	-	-
		1300	-	-	-	-
		2000	-	-	-	-
- เครื่องปิ้งขนมปัง		700	-	-	-	-
		1000	-	-	-	-
- เตาไมโครเวฟ		960	-	-	-	-
		1500	1	0.25	อยู่ภายนอก	375

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	ขนาด	จำนวน Watt	จำนวน N	การใช้งาน Hour / Day	จำนวนวัตต์ Watt*N	พลังงานที่ใช้ Watt / Day
- เครื่องเป่าผม		300	-	-	-	-
		400	1	0.20	400	80
		1300	-	-	-	-
- กระติกน้ำร้อนไฟฟ้า	2.4 ล.	600	1	0.25	อยู่ภายนอก	125
- เครื่องดูดฝุ่น	2.0 ล.	625	1	0.5	625	312.5
	5.0 ล.	1000	-	-	-	-
***เฉพาะส่วนการใช้ไฟฟ้า**						
- เครื่องปรับอากาศ	9000	849	1	24/18.9	849	16,080
- เครื่องปั้มน้ำ	-	533	1	24/19	533	10,243
*** พลังงานไฟฟ้าจาก**						
Solar cells		6,450	-	5	-	+32,250
รวมพลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อความสะดวก					1,025 606	+32,250 31,151.5 1,200

รวมทั้งหมด (Watt) | 1,631 (ข้อมูล 6.5) | +1,098.5 (ข้อมูล 6.6)

รวมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด (Watt) | 101.5 (ข้อมูล 6.7)

หมายเหตุ ข้อมูล 6.7 เป็นข้อมูลที่รวมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด (หลอดไฟฟ้า + อุปกรณ์ไฟฟ้า) โดยการนำ (ข้อมูล 2.2 + ข้อมูล 6.4 = ข้อมูล 6.7)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. การหาอัตราการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้ารวม

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพื่อทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้งาน โดยการหาอัตราส่วนต่อพื้นที่การใช้งาน จากนั้นนำไปหาค่าระดับคะแนนในแผนภูมิที่ 2

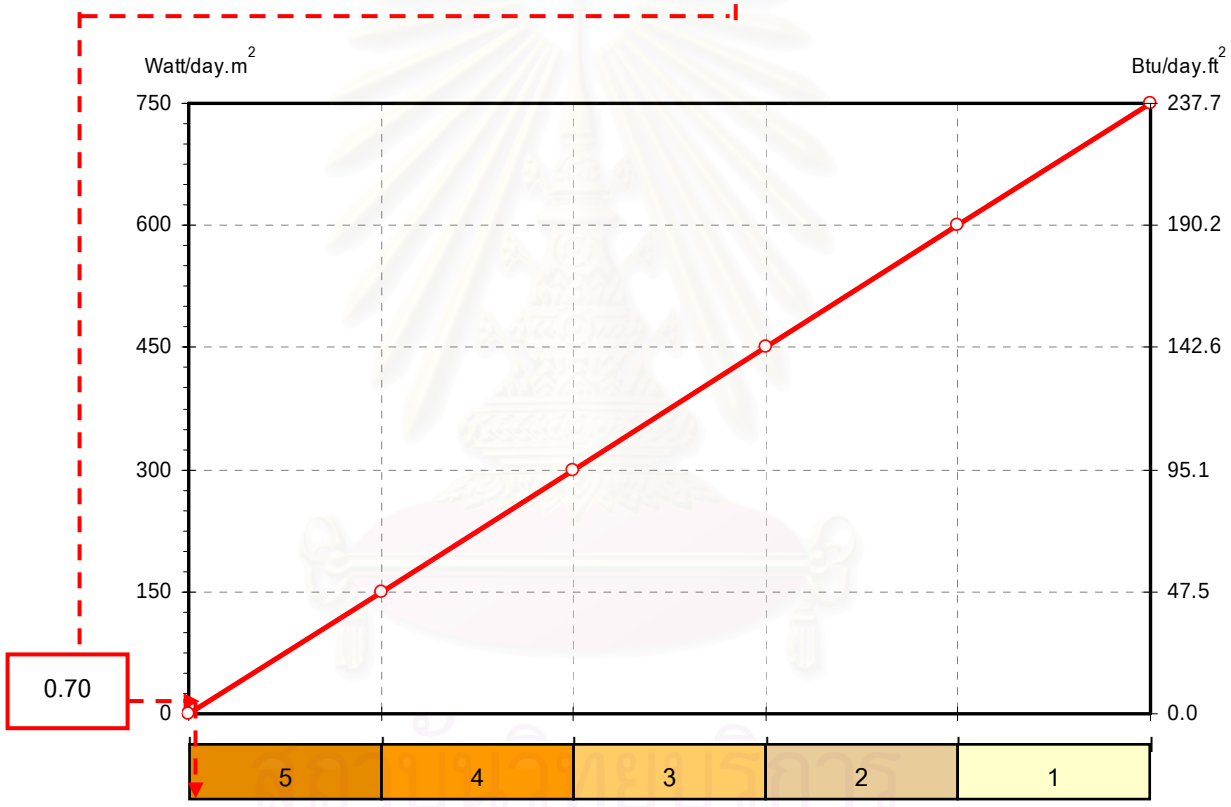
(ข้อมูล 6.7)

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 101.5 (Watt/day)

พื้นที่การใช้งาน 145 (m^2)

(ข้อมูล 1.1)

อัตราการใช้พลังงานต่อพื้นที่ 0.70 Watt/day.m^2 (ข้อมูล 7.1)



8. สรุปศักยภาพพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า (Operation)

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

9. การหาค่าการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่อพื้นที่การใช้งาน

จำนวน Watt ของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด (ข้อมูล 6.5) 1,631 Watt

พื้นที่การใช้งานภายในปรับอากาศ 145 (ข้อมูล 1.1) X 10.76 ft^2

ปริมาณอุปกรณ์ไฟฟ้าไฟฟ้าภายในอาคาร 1.05 $Watt/ft^2$ (ข้อมูล 9.1)

ตารางแสดงค่าภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ไฟฟ้า (Btu/h)

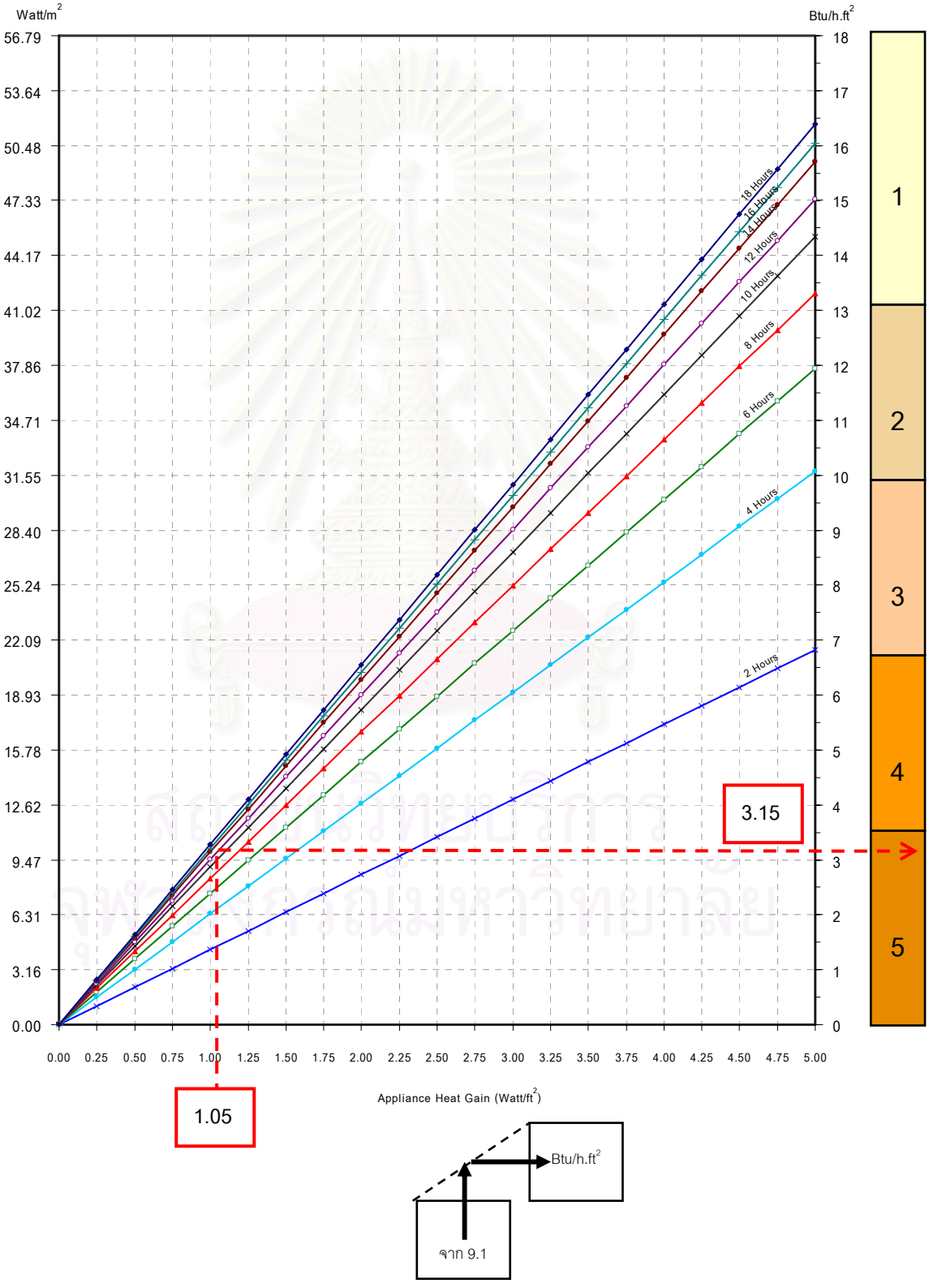
Total hours	CLF	Hours After Appliances are on																				
in space	24	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00
2 Hours	1.37	0.00	0.34	0.68	1.02	1.37	1.71	2.05	2.39	2.73	3.07	3.41	3.75	4.10	4.44	4.78	5.12	5.46	5.80	6.14	6.48	6.83
4 Hours	2.01	0.00	0.50	1.01	1.51	2.01	2.52	3.02	3.52	4.03	4.53	5.03	5.54	6.04	6.54	7.05	7.55	8.05	8.56	9.06	9.56	10.07
6 Hours	2.39	0.00	0.60	1.19	1.79	2.39	2.99	3.58	4.18	4.78	5.38	5.97	6.57	7.17	7.76	8.36	8.96	9.56	10.15	10.75	11.35	11.95
8 Hours	2.66	0.00	0.67	1.33	2.00	2.66	3.33	3.99	4.66	5.32	5.99	6.66	7.32	7.99	8.65	9.32	9.98	10.65	11.31	11.98	12.65	13.31
10 Hours	2.87	0.00	0.72	1.43	2.15	2.87	3.58	4.30	5.02	5.73	6.45	7.17	7.88	8.60	9.32	10.03	10.75	11.47	12.18	12.90	13.62	14.33
12 Hours	3.00	0.00	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.51	5.26	6.01	6.76	7.51	8.26	9.01	9.76	10.51	11.26	12.01	12.76	13.52	14.27	15.02
14 Hours	3.14	0.00	0.78	1.57	2.35	3.14	3.92	4.71	5.49	6.28	7.06	7.85	8.63	9.42	10.20	10.99	11.77	12.56	13.34	14.13	14.91	15.70
16 Hours	3.21	0.00	0.80	1.60	2.41	3.21	4.01	4.81	5.61	6.42	7.22	8.02	8.82	9.62	10.43	11.23	12.03	12.83	13.63	14.44	15.24	16.04
18 Hours	3.28	0.00	0.82	1.64	2.46	3.28	4.10	4.91	5.73	6.55	7.37	8.19	9.01	9.83	10.65	11.47	12.29	13.11	13.93	14.74	15.56	16.38

ค่าภาระการทำความเย็น 3.15 $Btu/h.ft^2$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10. การหาค่าภาระการทำความเย็นจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า

เมื่อได้ค่าปริมาณอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคารปรับอากาศ (จากข้อ 9.1) นำมาหาจุดตัดเพื่อหาค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาค่าที่จากปริมาณอุปกรณ์ไฟฟ้าจากแกน X



11. การหาค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้น

1. พื้นที่ใช้งานภายในปรับอากาศ | 145 | ตารางเมตร (จากข้อ 1.1)
2. ค่าภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ | 3.15 | Btu/h.ft^2 (จากข้อ 10.1)

ค่าภาระการทำความเย็น (q) = (ข้อมูล 11.1) 145 X (ข้อมูล 11.2) 3.15 x 10.76

ค่าภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ 4,914.63 Btu/h.day

12. สรุปศักยภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย (Appliance)

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.2.3 แบบประเมินส่วนผู้ใช้งานภายในอาคาร

13. ข้อมูลเบื้องต้นของบ้านพักอาศัย

ขนาดของพื้นที่การใช้งานภายในปรับอากาศ	145	ตารางเมตร
จำนวนผู้ใช้งาน	4	คน
เวลาที่ทำกิจกรรมในพื้นที่ปรับอากาศ	12	ชั่วโมง

14. ลักษณะของกิจกรรมทั่วไปที่ทำในพื้นที่ปรับอากาศ

- ☐ นั่งพักผ่อนแบบสบาย (ตัวคูณ 0.73)
- ☐ กิจกรรมที่ทำงานแบบเบาๆ (ตัวคูณ 0.89)
- ■ กิจกรรมทั่วไป (ตัวคูณ 1.00)
- ☐ กิจกรรมที่ออกแรงค่อนข้างมาก (ตัวคูณ 1.67)
- ☐ กิจกรรมที่ออกแรงมาก, เดินออกกำลังกาย (ตัวคูณ 2.22)
- ☐ กิจกรรมที่ออกแรงสูงมาก, ยกของ (ตัวคูณ 3.55)

15. การหาค่าภาระการทำความเย็นจากผู้ใช้งาน

Total Hours	Number of User									
in space	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 Hours	345.0	690.0	1035.0	1380.0	1725.0	2070.0	2415.0	2760.0	3105.0	3450.0
4 Hours	377.5	755.0	1132.5	1510.0	1887.5	2265.0	2642.5	3020.0	3397.5	3775.0
6 Hours	397.5	795.0	1192.5	1590.0	1987.5	2385.0	2782.5	3180.0	3577.5	3975.0
8 Hours	410.0	820.0	1230.0	1640.0	2050.0	2460.0	2870.0	3280.0	3690.0	4100.0
10 Hours	422.5	845.0	1267.5	1690.0	2112.5	2535.0	2957.5	3380.0	3802.5	4225.0
12 Hours	430.0	860.0	1290.0	1720.0	2150.0	2580.0	3010.0	3440.0	3870.0	4300.0
14 Hours	435.0	870.0	1305.0	1740.0	2175.0	2610.0	3045.0	3480.0	3915.0	4350.0
16 Hours	440.0	880.0	1320.0	1760.0	2200.0	2640.0	3080.0	3520.0	3960.0	4400.0
18 Hours	442.5	885.0	1327.5	1770.0	2212.5	2655.0	3097.5	3540.0	3982.5	4425.0

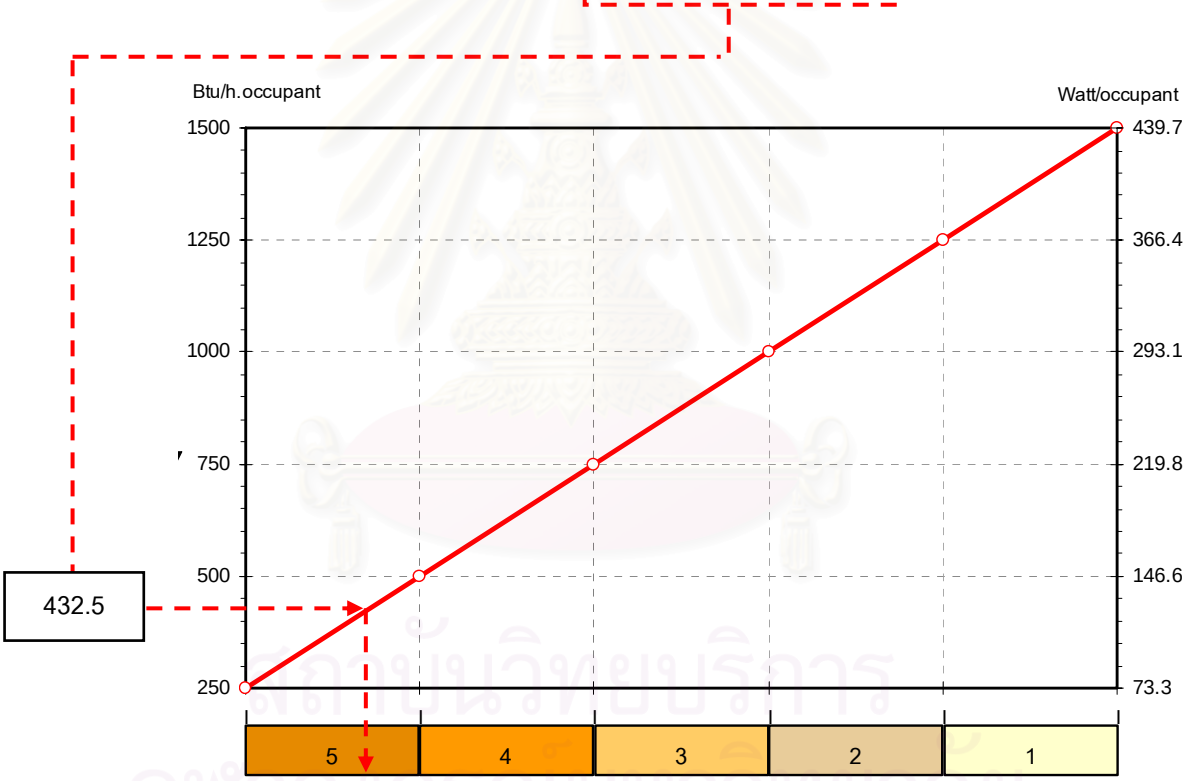
16. การหาระดับประสิทธิภาพจากผู้ใช้งานภายในอาคาร

จากค่าภาระการทำความเย็นทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากผู้ใช้งานในข้อ 15 นำมาหาอัตราส่วนภาระการทำความเย็นต่อคน เพื่อนำข้อมูลไปหาระดับประสิทธิภาพในกราฟต่อไป

1. ภาระการทำความเย็น	1,730	Btu/h	(ข้อมูล 16.1)
2. จำนวนผู้ใช้งาน	4	**คน**	(ข้อมูล 16.2)
3. ระดับตัวคูณของกิจกรรม	1.0		(ข้อมูล 16.3)

นำ [(ข้อมูล 16.1) x (ข้อมูล 16.3)] / (ข้อมูล 16.2) = (ข้อมูล 16.4)

4. ภาระการทำความเย็นต่อคน 432.5 Btu/h.**คน** (ข้อมูล 16.4)



17. สรุปศักยภาพผู้ใช้งานภายในบ้านพักอาศัย

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

5.3.3 แบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

แบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ จะมี 5 ระดับ โดยการบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพนั้นจะแบ่งตามเบอร์ด้านประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ขีดเครื่องหมายลงในช่องคะแนนตามรายระเอียดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ ดังนี้

ประสิทธิภาพ	ระบบของเครื่องปรับอากาศ	ระดับคะแนน
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 และมีระบบฮีตไปป์ Heat pipe เพิ่มประสิทธิภาพ 20 เปอร์เซ็นต์ COP มีค่า 3.10 ขึ้นไป EER มีค่า 10.60 ขึ้นไป	5
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 COP มีค่า 3.10 ขึ้นไป EER มีค่า 10.60 ขึ้นไป	4
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 4 COP มีค่า 2.80 – 3.10 EER มีค่า 9.60 – 10.60	3
	เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 3 COP มีค่า 2.50 – 2.80 EER มีค่า 8.60 – 9.60	2
	- เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 2 ลงไป ถึง เบอร์ 1 COP มีค่า 2.20 – 2.50 EER มีค่า 7.60 – 8.60	1

5.3.4 ค่าระดับจากแบบประเมินทั้งหมด

5.3.4.1 กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายนอกอาคาร

1. **การประเมินค่าส่วนผนังอาคารปรับอากาศ (Opaque)** (วรภัทร ฉินทกานันท์, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนผนังอาคารปรับอากาศ นำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนผนังอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	1

2. **การประเมินค่าส่วนกระจกอาคารปรับอากาศ (Glass)** (จิตติมา กลั่นหอม, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนกระจกของอาคารปรับอากาศ นำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนกระจกของอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	1

3. **การประเมินค่าส่วนหลังอาคารปรับอากาศ (Roof)** (สราวุธ จิตต์เจริญ, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนหลังคาของอาคารปรับอากาศ นำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนหลังคาของอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	1

4. **การประเมินค่าส่วนพื้นอาคารปรับอากาศ** (Floor) (ปิยะชาติ แก้วแดง, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนพื้นของอาคารปรับอากาศ นำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนพื้นของอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	1

5. **การประเมินการรั่วซึมของอากาศ** (Infiltration) (สมพงษ์ นามทวีสุข, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนการรั่วซึมของอากาศจากภายนอกอาคาร โดยนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนการรั่วซึมของอากาศ

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	1

6. **กลุ่มตัวแปรการสะสมความร้อนของวัสดุ** (Heat storage) (สมพงษ์ เหยียบสูญ, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนการสะสมความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคารปรับอากาศ โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนการสะสมความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคารปรับอากาศ

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	1

5.3.4.2 กลุ่มตัวแปรที่ใช้เป็นตัวคูณคะแนน

7. **กลุ่มตัวแปรด้านการออกแบบรูปทรง** (Form) (ปิยะชาติ แก้วแดง, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนการออกแบบรูปทรงของอาคารปรับอากาศ โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง

ค่าระดับ

- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์ 5
- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์ 4
- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์ 3
- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์ 2
- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์ 1

8. **กลุ่มตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมอาคาร** (Microclimate) (ฤชิมน ธนบุญสมบัติ, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนสะภาพแวดล้อมของอาคาร โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม

ค่าระดับ

- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์ 5
- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์ 4
- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์ 3
- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์ 2
- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์ 1

9. **การประเมินค่าในพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า** (Operation)

จากแบบประเมินในส่วนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

ค่าระดับ

- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์ 5
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์ 4
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์ 3
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์ 2
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์ 1

5.3.4.3 กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร

10. การประเมินค่าส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร (Appliance)

จากแบบประเมินในส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	1

11. การประเมินค่าส่วนหลอดไฟฟ้าภายในอาคาร (Artificial Lighting)

จากแบบประเมินในส่วนหลอดไฟฟ้า โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนหลอดไฟฟ้า

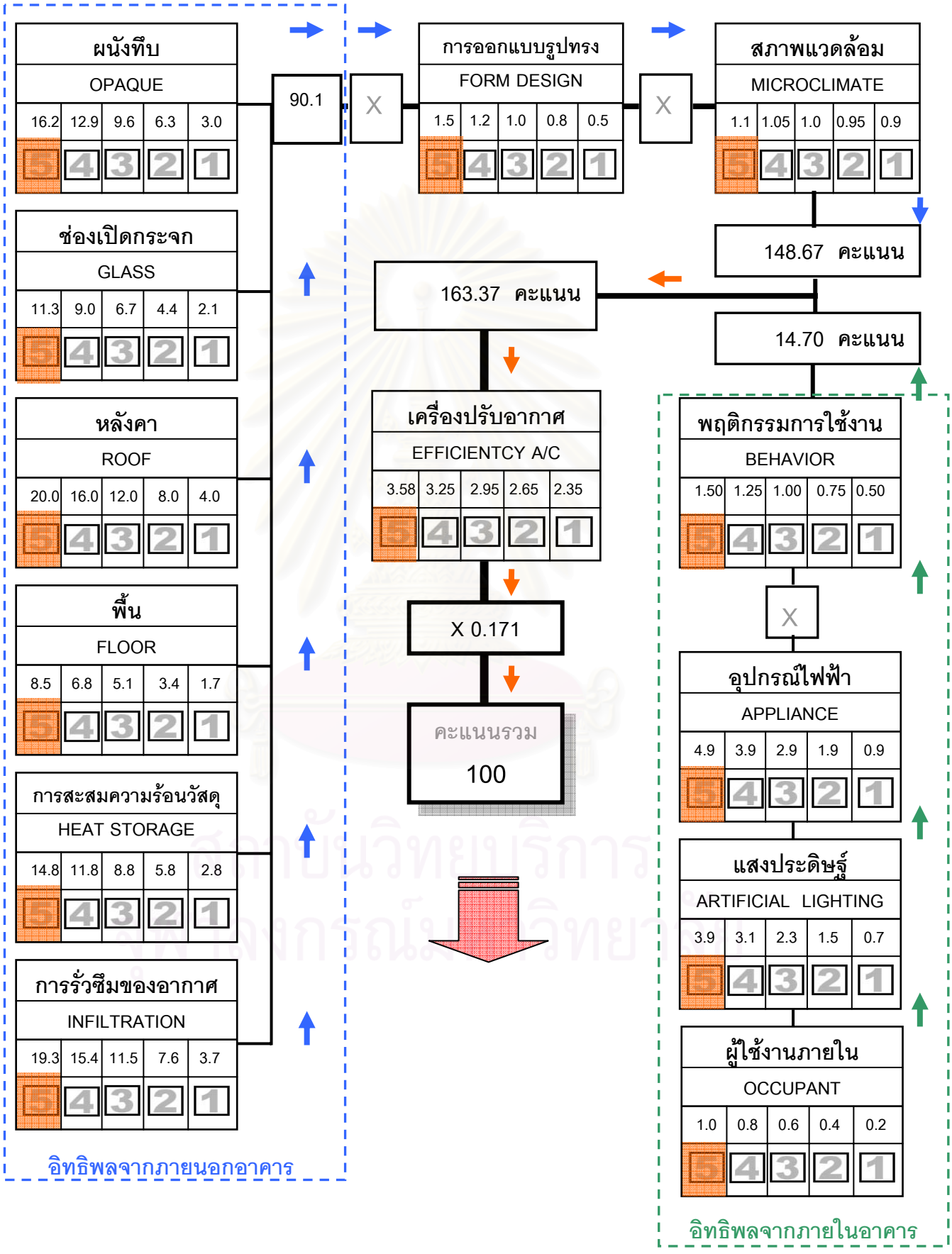
	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	1

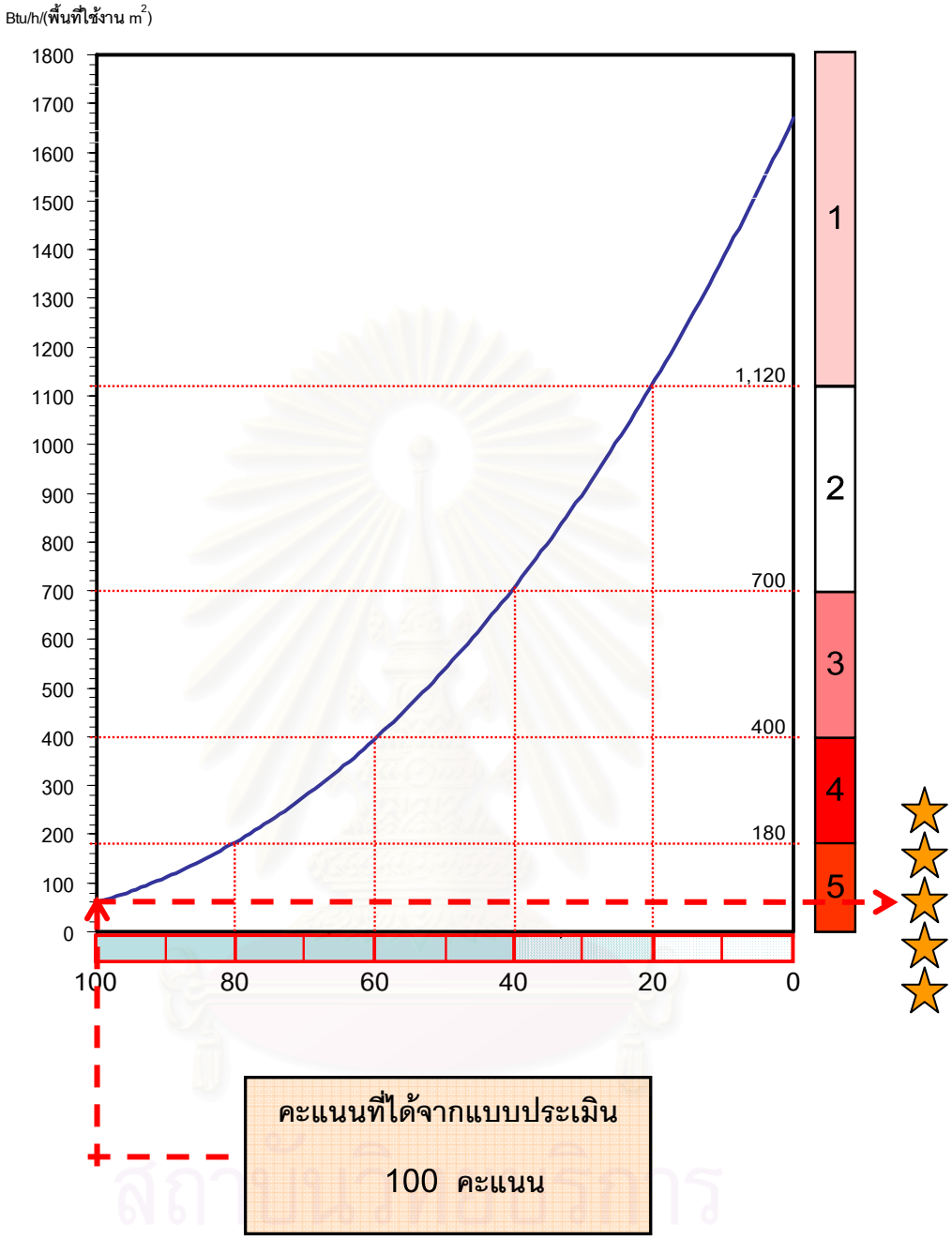
12. การประเมินค่าส่วนผู้ใช้งานภายในอาคาร (Occupant)

จากแบบประเมินในส่วนผู้ใช้งานภายในอาคาร โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนผู้ใช้งานภายในอาคาร

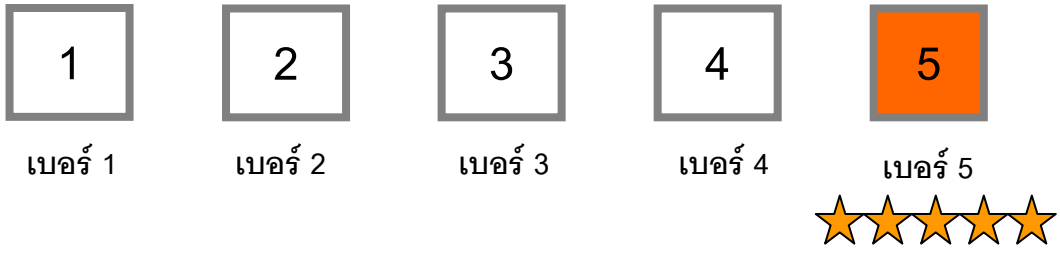
	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	1

5.3.5 แบบประเมินรวมศักยภาพของบ้านชีวาทิตย์

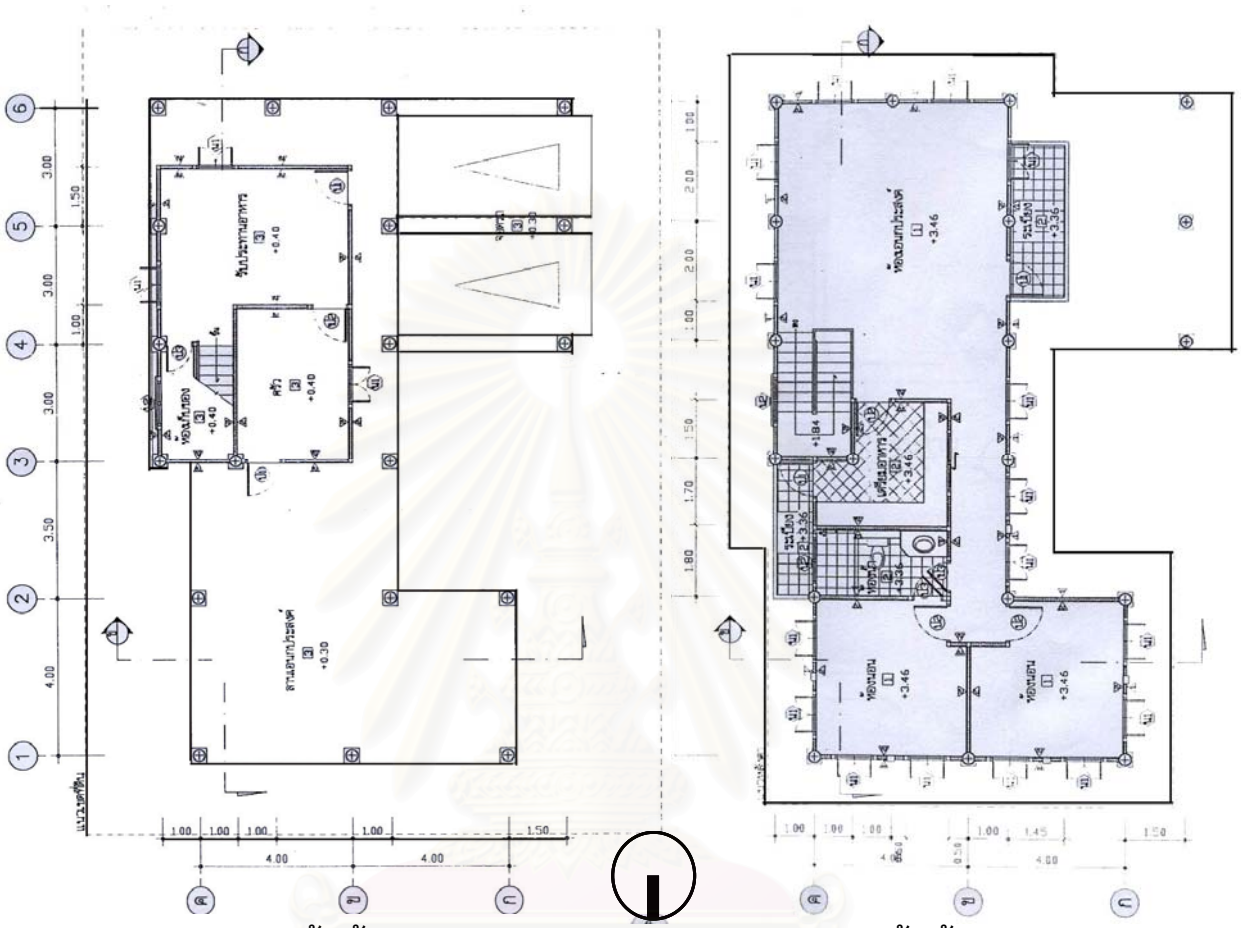


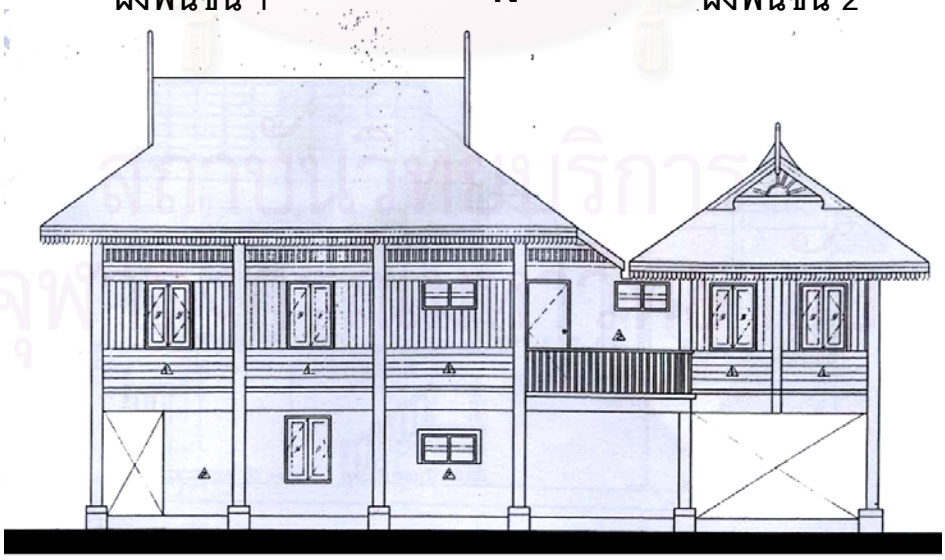


สรุปศักยภาพของบ้านชีวาทิตย์ 145 ตารางเมตร



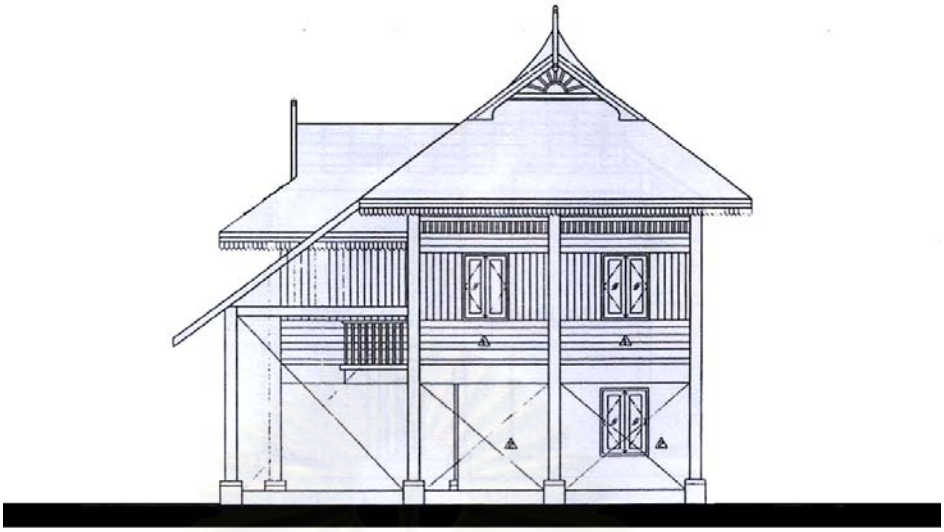
5.4 การประเมินบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 2 ชั้น 141 ตารางเมตร





รูปด้านทิศตะวันตก

ภาพที่ 5-8 แสดงรายละเอียดแบบบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้



รูปด้านทิศใต้

ภาพที่ 5-9 แสดงรูปด้านของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้

5.4.1 รายละเอียดบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 2 ชั้น 141 ตารางเมตร

มีพื้นที่การใช้งานภายใน 141 ตาราเมตร

ผู้พักอาศัย 4 คน

พื้นที่หลังคา 210 ตารางเมตร

	ทิศเหนือ m^2	ทิศตะวันออก m^2	ทิศใต้ m^2	ทิศตะวันตก m^2
พื้นที่ผนังทึบ	47.46	88.68	46.56	88.98
พื้นที่ช่องเปิดกระจก	2.70	6.30	3.60	6.00

วัสดุก่อสร้าง

หลังคา กระเบื้องว่าว

ฝ้าเพดาน ยิปซั่มบอร์ด 9 มิลลิเมตร

ผนัง ก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนกรุไม้เฌอร่าด้านนอก

กระจก บานเปิดใส 6 มิลลิเมตร

พื้น คอนกรีตเสริมเหล็ก 0.15 เมตร ปูกระเบื้องเซรามิก 0.30 x 0.30 เมตร

5.4.2 สรุปค่าระดับจากแบบประเมินทั้งหมด

5.4.2.1 กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายนอกอาคาร

1. **การประเมินค่าส่วนผนังอาคารปรับอากาศ (Opaque)** (วรภัทร ฉินทกานันท์, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนผนังอาคารปรับอากาศ นำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนผนังอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพผนัง เบอร์	1

2. **การประเมินค่าส่วนกระจกอาคารปรับอากาศ (Glass)** (จิตติมา กลั่นหอม, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนกระจกของอาคารปรับอากาศ นำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนกระจกของอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพกระจก เบอร์	1

3. **การประเมินค่าส่วนหลังอาคารปรับอากาศ (Roof)** (สราวุธ จิตต์เจริญ, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนหลังคาของอาคารปรับอากาศ นำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนหลังคาของอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพหลังคา เบอร์	1

4. **การประเมินค่าส่วนพื้นอาคารปรับอากาศ** (Floor) **(ปิยะชาติ แก้วแดง, 2546)**

จากแบบประเมินในส่วนพื้นของอาคารปรับอากาศ นำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนพื้นของอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพพื้น เบอร์	1

5. **การประเมินการรั่วซึมของอากาศ** (Infiltration) (สมพงษ์ นามทวีสุข, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนการรั่วซึมของอากาศจากภายนอกอาคาร โดยนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนการรั่วซึมของอากาศ

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของอากาศ เบอร์	1

6. **กลุ่มตัวแปรการสะสมความร้อนของวัสดุ** (Heat storage) (สมพงษ์ เหยียบสูญ, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนการสะสมความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคารปรับอากาศ โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในส่วนการสะสมความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคารปรับอากาศ

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพลดการสะสมความร้อน เบอร์	1

5.4.2.2 กลุ่มตัวแปรที่ใช้เป็นตัวคูณคะแนน

7. **กลุ่มตัวแปรด้านการออกแบบรูปทรง** (Form) (ปิยะชาติ แก้วแดง, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนการออกแบบรูปทรงของอาคารปรับอากาศ โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง

ค่าระดับ

- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์ 5
- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์ 4
- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์ 3
- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์ 2
- ระดับประสิทธิภาพการออกแบบรูปทรง เบอร์ 1

8. **กลุ่มตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมอาคาร** (Microclimate) (ฤชิมน ธนบุญสมบัติ, 2546)

จากแบบประเมินในส่วนสะภาพแวดล้อมของอาคาร โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพในการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม

ค่าระดับ

- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์ 5
- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์ 4
- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์ 3
- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์ 2
- ระดับประสิทธิภาพด้านสภาพแวดล้อม เบอร์ 1

9. **การประเมินค่าในพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า** (Operation)

จากแบบประเมินในส่วนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

ค่าระดับ

- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์ 5
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์ 4
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์ 3
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์ 2
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์เครื่องใช้ภายใน เบอร์ 1

5.4.2.3 กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร

10. การประเมินค่าส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร (Appliance)

จากแบบประเมินในส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน เบอร์	1

11. การประเมินค่าส่วนหลอดไฟฟ้าภายในอาคาร (Artificial Lighting)

จากแบบประเมินในส่วนหลอดไฟฟ้า โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนหลอดไฟฟ้า

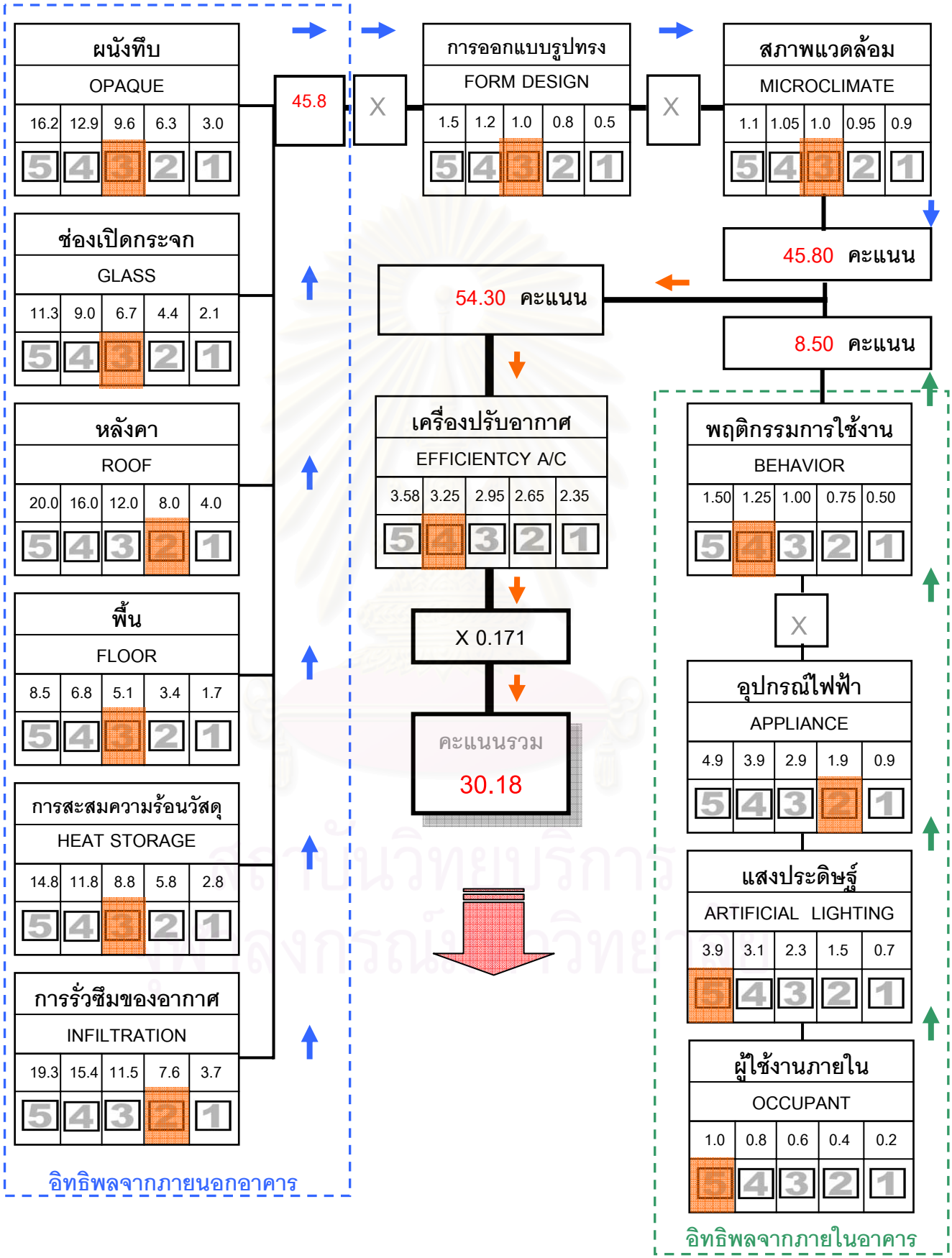
	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้าภายใน เบอร์	1

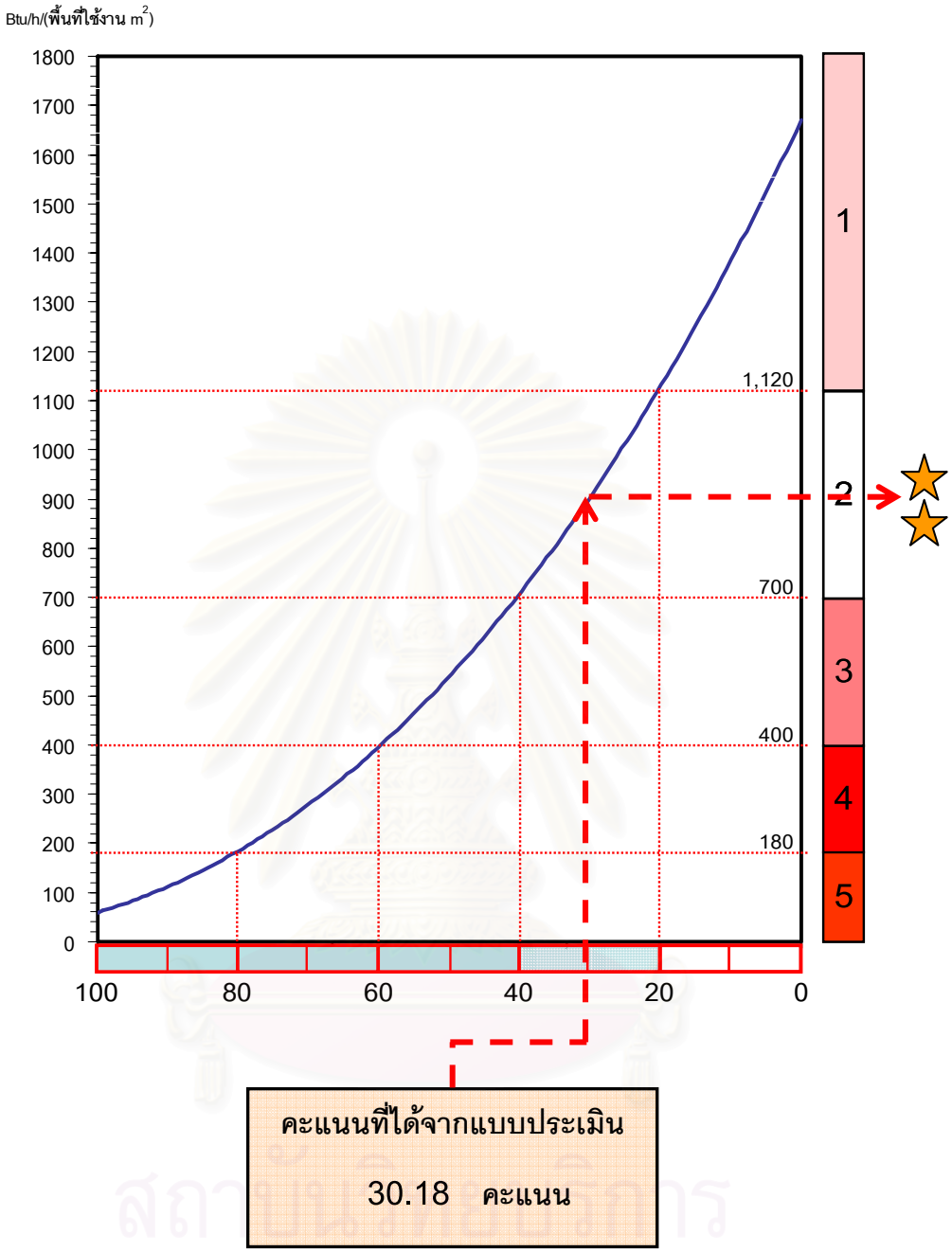
12. การประเมินค่าส่วนผู้ใช้งานภายในอาคาร (Occupant)

จากแบบประเมินในส่วนผู้ใช้งานภายในอาคาร โดยการนำค่าที่ได้จากการประเมินมาเติมลงในช่องว่าง เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพส่วนผู้ใช้งานภายในอาคาร

	ค่าระดับ
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	5
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	4
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	3
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	2
- ระดับประสิทธิภาพผู้ใช้งานภายใน เบอร์	1

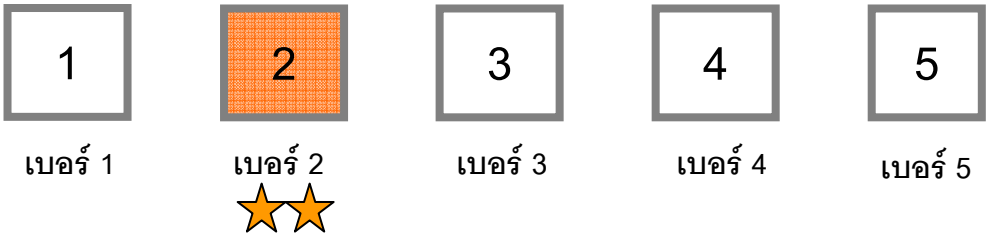
5.4.3 แบบประเมินรวมศักยภาพของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้





สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปศักยภาพของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 141 ตารางเมตร



5.5 การเปรียบเทียบศักยภาพที่ได้จากบ้านทั้ง 3 หลัง

จากการทดลองใช้แบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในบ้านพักอาศัยทั้ง 3 หลัง พบว่า บ้านชีวาทิตย์ มีคะแนนเต็ม 100 คะแนน มีศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานดีเยี่ยม ระดับ 5 ส่วนบ้านเดี่ยวเบิกบาน มีคะแนน 47.74 คะแนน มีศักยภาพระดับ 3 แสดงว่ามีศักยภาพการประหยัดพลังงานปานกลาง และบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ มีคะแนน 30.18 คะแนน ซึ่งมีศักยภาพระดับ 2 จัดว่าเป็นบ้านที่มีศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานต่ำเมื่อมีการปรับอากาศ

ตารางที่ 5-1 แสดงคะแนนที่ได้จากการทดสอบแบบประเมินบ้านทั้ง 3 หลัง

บ้าน	พื้นที่ใช้งานภายใน (ตารางเมตร)	คะแนนประเมิน (คะแนน)	ระดับศักยภาพ
1. บ้านเดี่ยวเบิกบาน	146	47.74	**เบอร์ 3**
2. บ้านชีวาทิตย์	145	100.00	**เบอร์ 5**
3. บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง	141	30.18	**เบอร์ 2**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ในการสร้างดัชนีสำหรับแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคารปรับอากาศ เพื่อใช้บ่งชี้ถึงศักยภาพของอาคารปรับอากาศแต่ละหลัง โดยแบ่งการประเมินออกเป็นกลุ่มๆ ตามลักษณะภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้น สามารถแบ่งกลุ่มในการประเมินศักยภาพของอาคารปรับอากาศ ดังนี้

ส่วนที่ 1 กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายนอกอาคาร

เป็นกลุ่มตัวแปรที่ได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมที่เกิดจากภายนอกอาคาร ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นภายในอาคารปรับอากาศ กลุ่มตัวแปรเหล่านี้ประกอบด้วย

1. **กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับเปลือกอาคาร** (Envelope)

   1.1 **ผนังอาคาร** (Opaque) เป็นการประเมินประสิทธิภาพในด้านการป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคาร ได้พิจารณาถึงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุก่อสร้างผนัง (U) และการจัดวางทิศทางของผนังอาคาร โดยการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากส่วนผนังต่อพื้นที่การใช้งานภายในอาคารปรับอากาศ

   1.2 **กระจก** (Glass) ได้พิจารณาและประเมินถึงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะของตัวกระจก ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด การออกแบบจัดวางทิศทางของช่องกระจก และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U) อันเนื่องมาจากการนำความร้อนของกระจก โดยการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากส่วนช่องเปิดกระจกต่อพื้นที่การใช้งานภายในอาคารปรับอากาศ

1.3 **หลังคาอาคาร** (Roof) พิจารณาประเมินถึงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุหลังคาอาคาร (U) รวมถึงฉนวนกันความร้อนและวัสดุฝ้าเพดานอาคาร โดยการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากส่วนหลังคาต่อพื้นที่การใช้งานภายในอาคารปรับอากาศ

1.4 **พื้นอาคาร** (Floor) ได้พิจารณาประเมินถึงประสิทธิภาพในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากดินเข้าสู่ภายในอาคารปรับอากาศ วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุพื้นอาคาร (U) โดยการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากส่วนพื้นอาคารต่อพื้นที่การใช้งานภายในอาคารปรับอากาศ

1.5 **การรั่วซึมของอากาศ** (Infiltration) ประเมินถึงประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนและความชื้นที่เกิดจากการรั่วซึมจากอากาศภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารปรับอากาศ โดยพิจารณาถึง ค่าความเร็วลมที่แทรกซึมผ่านภายในอาคาร (cfm) ค่าความแตกต่างของระดับเอนทัลปี (Enthalpy) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร และพิจารณาถึงขนาดและชนิดของช่องเปิดอาคารปรับอากาศ โดยการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากส่วนการรั่วซึมของอากาศต่อพื้นที่การใช้งานภายในอาคารปรับอากาศ

2. **กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับค่าการจุความร้อนของวัสดุ** (Heat Storage)

ในส่วนนี้จะพิจารณาถึงมวลสารของวัสดุก่อสร้างอาคารปรับอากาศ (m) ค่าความร้อนจำเพาะ (c) และความแตกต่างของอุณหภูมิผิววัสดุก่อสร้างภายในกับอุณหภูมิปรับอากาศ (Δt) โดยการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการสะสมความร้อนต่อพื้นที่การใช้งานภายในอาคารปรับอากาศ

3. **กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับการออกแบบรูปทรงของอาคาร** (Form Design)

ส่วนนี้จะเป็นค่าระดับที่นำไปเป็นตัวคูณคะแนน ในการพิจารณาถึงสัดส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่การใช้งานภายในอาคารปรับอากาศ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุก่อสร้างอาคารทั้งหมด $\sum UA/area$ และการจัดวางทิศทางของอาคารปรับอากาศ โดยการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการออกแบบรูปทรงอาคารต่อพื้นที่การใช้งานภายในอาคารปรับอากาศ

4. **กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม** (Microclimate)

ส่วนนี้จะเป็นค่าระดับที่นำไปเป็นตัวคูณคะแนน สภาพแวดล้อมนี้จะส่งอิทธิพลโดยรวมต่ออาคารเป็นอย่างมาก ในการพิจารณาถึงตัวแปรนี้จะวิเคราะห์ถึงลักษณะของสภาพแวดล้อมของอาคารปรับอากาศ ค่าความเร็วลมที่แทรกซึมผ่านภายในอาคาร (cfm) ค่าความแตกต่างของระดับเอนทัลปี (Enthalpy) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร และความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้น โดยการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของระดับเอนทัลปี (Enthalpy) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารที่เกิดจากการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม

ส่วนที่ 2 กลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร

เป็นกลุ่มตัวแปรที่ได้รับอิทธิพลจากพฤติกรรมการใช้งานและการทำกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคารปรับอากาศ ซึ่งเป็นกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาในการใช้งานและทำกิจกรรม กลุ่มตัวแปรเหล่านี้ประกอบด้วย

5. **กลุ่มตัวแปรด้านพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า** (Operation)

เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยเกิดจากตัวแปรด้านปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องใช้ไฟฟ้าใน 1 วัน ต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ซึ่งสามารถจะชี้ให้เห็นถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมได้

6. **กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ในอาคาร** (Appliance)

การพิจารณาตัวแปรนี้จะวิเคราะห์ถึงปริมาณเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่การใช้งาน (EQ) และค่าสัมประสิทธิ์ภาระการทำความเย็นของการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า (CLF) โดยการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่อพื้นที่การใช้งานภายในอาคารปรับอากาศ

7. **กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับหลอดไฟฟ้าในอาคาร** (Artificial Lighting)

การพิจารณาตัวแปรนี้จะวิเคราะห์ถึงปริมาณหลอดไฟฟ้าฟ้าต่อพื้นที่การใช้งาน (L_{wsf}) และค่าสัมประสิทธิ์ภาระการทำความเย็นของใช้หลอดไฟฟ้า (CLF) โดยการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการใช้หลอดไฟฟ้าต่อพื้นที่การใช้งานภายในอาคารปรับอากาศ

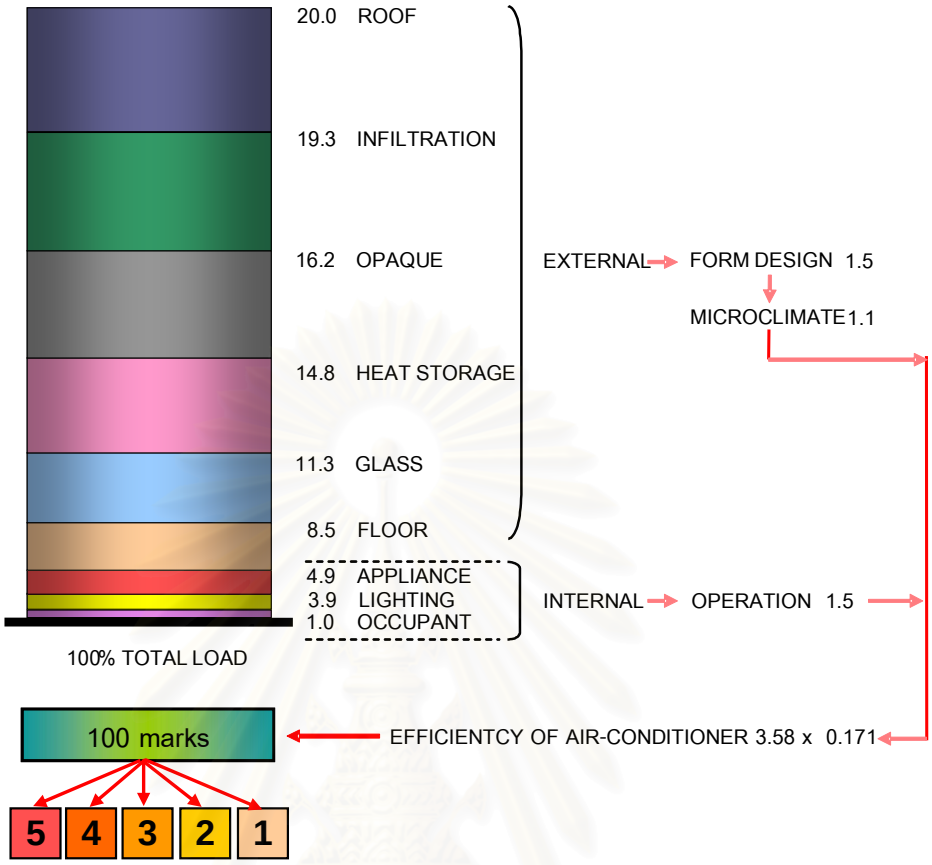
7. **กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับผู้ใช้อาคาร** (Occupant)

การพิจารณาตัวแปรนี้จะวิเคราะห์ถึงจำนวนผู้ใช้งานภายในอาคาร ระยะเวลาในการใช้งาน และลักษณะของกิจกรรมต่างๆ ที่ทำ โดยการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผู้ใช้งานต่อคน

ส่วนที่ 3 ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเป็นตัวที่ชี้ให้เห็นถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการทำความเย็น จัดเป็นตัวคูณคะแนนในขั้นตอนสุดท้ายของแบบประเมิน ซึ่งเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงจะมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งระบบฮีตไปป์ (Heat Pipe) จะมีประสิทธิภาพสูงสุด 20 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเป็นปัจจัยสำคัญในการประหยัดพลังงานในอาคารปรับอากาศ

จากการทำวิจัยนี้ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ประกอบด้วย สภาพแวดล้อมของอาคาร (Microclimate) การออกแบบรูปทรงอาคาร (Form) ซึ่งเป็นตัวคูณคะแนนค่าน้ำหนักตัวแปร กลุ่มอิทธิพลจากภายนอกอาคาร ภาระการทำความเย็นจากหลังคา (Roof) การรั่วซึมของอากาศ (Infiltration) ผนังอาคาร (Opaque wall) การสะสมความร้อนของวัสดุก่อสร้าง (Heat storage) ส่วนกระจก (Glass) และพื้นอาคาร เรียงตามลำดับ ส่วนกลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายในอาคาร ประกอบด้วย พฤติกรรมด้านการใช้ไฟฟ้า ซึ่งเป็นตัวคูณค่าน้ำหนักคะแนน การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า การใช้หลอดไฟฟ้า และความร้อนที่เกิดจากผู้ใช้งาน ตามลำดับ และตัวคูณลำดับสุดท้ายคือ ตัวแปรด้านประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ จึงได้คะแนนออกมาเป็นผลสุดท้าย 100 คะแนน ที่จะเป็นตัวชี้วัดศักยภาพของอาคารปรับอากาศที่ทำการประเมิน สรุปค่าน้ำหนักและขั้นตอนการประเมิน ดังนี้



ภาพที่ 6-1 แสดงค่าน้ำหนักในทุกตัวแปรของแบบประเมินศักยภาพอาคารปรับอากาศ

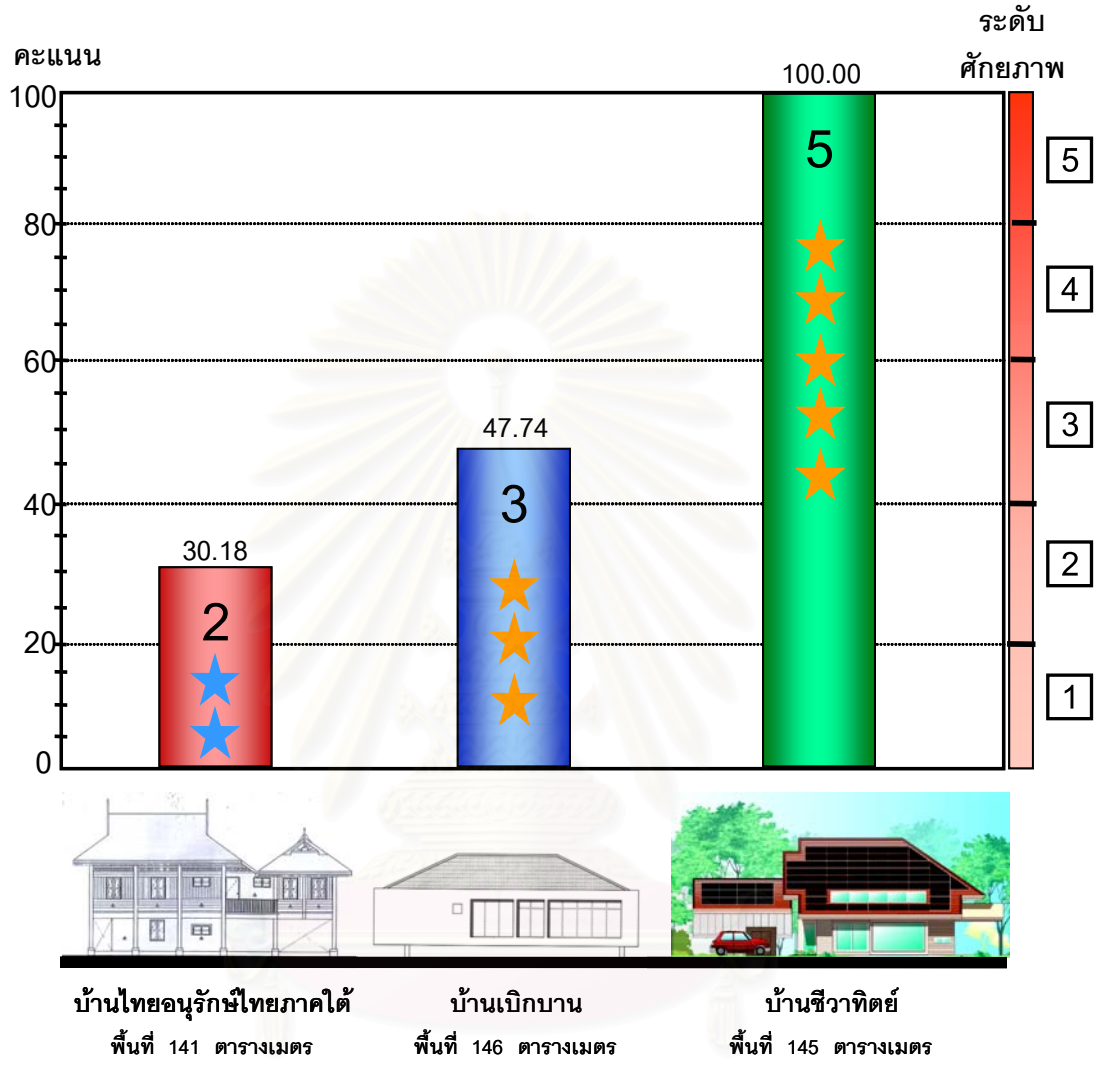
ผลที่ได้จากการประเมินศักยภาพของอาคารปรับอากาศ จะเป็นการประเมินที่ออกมาในรูปของระดับคะแนนในแต่ละส่วน โดยในแต่ละส่วนจะมีค่าระดับศักยภาพ 1-5 ระดับ ซึ่งระดับ 5 จะเป็นระดับที่มีศักยภาพสูงสุด ส่วนระดับ 1 จะเป็นระดับที่มีศักยภาพต่ำที่สุดของตัวแปร ระดับที่ประเมินในแต่ละตัวแปรนั้นจะเป็นค่าน้ำหนักของคะแนนในแต่ละส่วน ซึ่งค่าน้ำหนักที่ได้ในแต่ละส่วนจะเป็นคะแนนเบื้องต้น เมื่อรวบรวมคะแนนครบทุกส่วนแล้ว ผลรวมของคะแนนที่ได้จะเป็นคะแนนศักยภาพที่แท้จริง โดยมีคะแนนเต็มเท่ากับ 100 คะแนน อาคารที่มีคะแนนในการประเมินสูงแสดงว่ามีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ดี ส่วนอาคารที่ได้คะแนนประเมินน้อยแสดงว่ามีศักยภาพการประหยัดพลังงานต่ำและใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลือง

เมื่อได้คะแนนรวมทั้งหมดจากแบบประเมินที่มีคะแนนเต็มทั้งหมด 100 คะแนน จึงได้กำหนดค่าระดับศักยภาพอาคารปรับอากาศออกเป็น 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์คะแนนระดับศักยภาพ ดังนี้

1. **อาคารปรับอากาศที่มีระดับคะแนนไม่เกิน 20 คะแนน** จัดอยู่ในอาคารระดับ 1 หมายถึง อาคารที่มีศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานต่ำที่สุด
2. **อาคารปรับอากาศที่มีระดับคะแนนตั้งแต่ 20.5 ถึง 40 คะแนน** จัดอยู่ในอาคารระดับ 2 หมายถึง อาคารที่มีศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานต่ำ
3. **อาคารปรับอากาศที่มีระดับคะแนนตั้งแต่ 40.5 ถึง 60 คะแนน** จัดอยู่ในอาคารระดับ 3 หมายถึง อาคารที่มีศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานปานกลาง
4. **อาคารปรับอากาศที่มีระดับคะแนนตั้งแต่ 60.5 ถึง 80 คะแนน** จัดอยู่ในอาคารระดับ 4 หมายถึง อาคารที่มีศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานดีมาก
5. **อาคารปรับอากาศที่มีระดับคะแนนตั้งแต่ 80.5 ถึง 100 คะแนน** จัดอยู่ในอาคารระดับ 5 หมายถึง อาคารที่มีศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานดีเยี่ยม

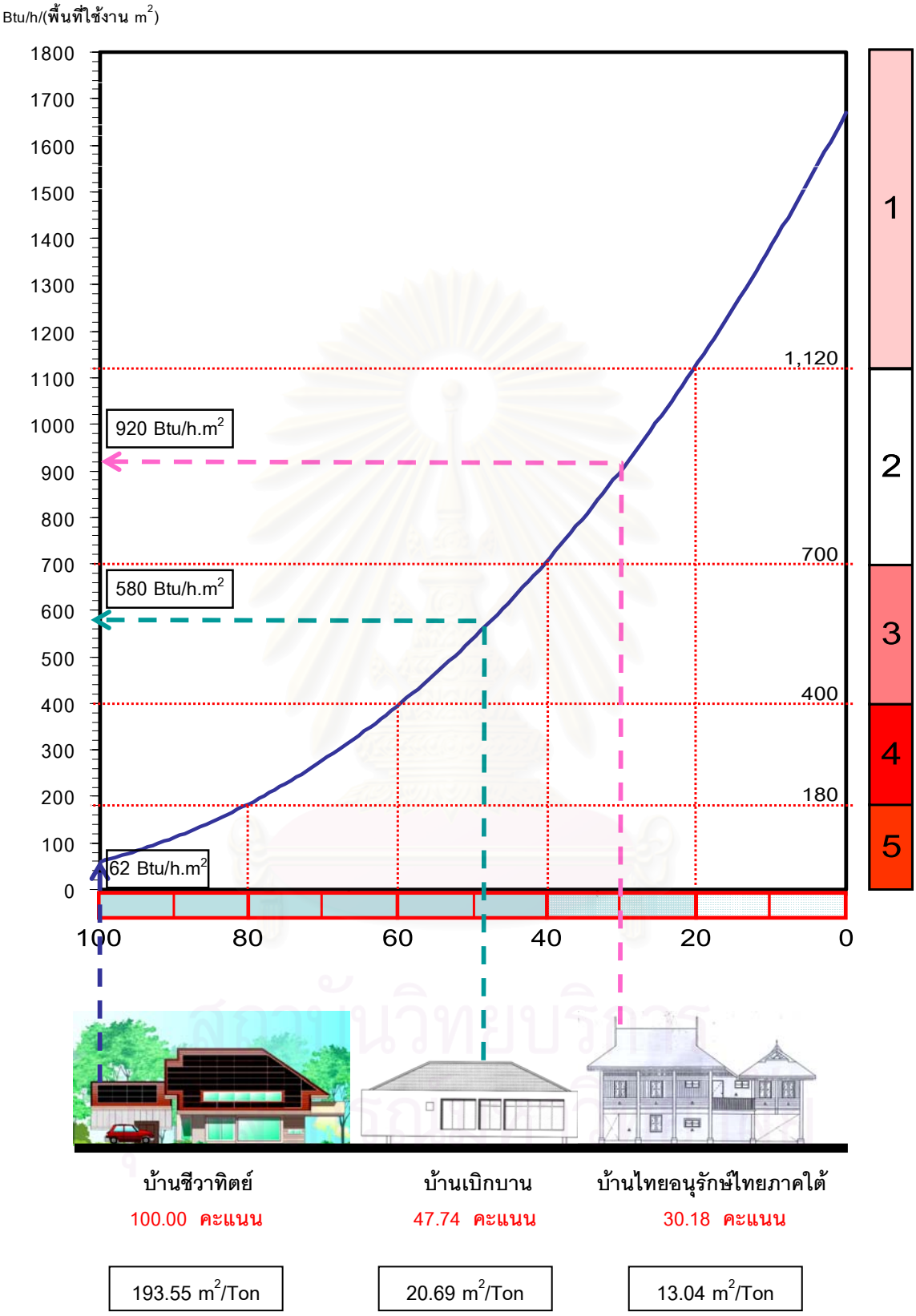
จากการทดสอบแบบประเมินจากการทำวิจัยในครั้งนี้ โดยทำการประเมินบ้านพักอาศัยที่มีแนวความคิดและระบบการก่อสร้างที่แตกต่างกัน 3 หลัง คือ บ้านเดี่ยวจัดสรรแบบเบิกบาน 1 ชั้น พื้นที่ใช้งานภายใน 146 ตารางเมตร ซึ่งเป็นรูปแบบของบ้านพักอาศัยทั่วไป บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 2 ชั้น มีลักษณะเป็นเรือนไทยประยุกต์ มีพื้นที่การใช้งานภายใน 141 ตารางเมตร และบ้านชีวาทิตย์ 2 ชั้น ที่มีแนวความคิดการออกแบบด้านการผลิตและประหยัดพลังงานในอาคารเขตร้อนชื้น มีพื้นที่การใช้งานภายใน 145 ตารางเมตร

ผลที่ได้จากการทดสอบแบบประเมินพบว่า บ้านชีวาทิตย์ได้คะแนน 100 คะแนนเต็ม มีศักยภาพระดับ 5 ซึ่งจัดว่าเป็นอาคารที่มีศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานดีเยี่ยม แสดงให้เห็นว่าบ้านหลังนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยมากในการปรับอากาศเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายภายในบ้าน ส่วนบ้านเดี่ยวจัดสรรแบบเบิกบานได้คะแนน 47.74 คะแนน มีศักยภาพระดับ 3 จัดเป็นอาคารที่มีศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานปานกลาง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าบ้านหลังนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองในการปรับอากาศเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายในบ้าน และการประเมินบ้านไทยอนุรักษ์ภาคใต้ ที่มีลักษณะเป็นเรือนไทยประยุกต์ได้ 30.18 คะแนน มีศักยภาพระดับ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าบ้านหลังนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองมากในการปรับอากาศเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายในบ้านพักอาศัย



แผนภูมิที่ 6-1 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากการประเมินของบ้านทั้ง 3 หลัง

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากการประเมินแล้ว จะพบว่าบ้านพักอาศัยที่มีคะแนนสูงจะมีศักยภาพด้านการประหยัดพลังงานดีกว่าบ้านพักอาศัยที่ได้คะแนนน้อยกว่า ยิ่งมีคะแนนที่ต่างกันมากศักยภาพก็จะต่างกันมากด้วย และเมื่อเปรียบเทียบด้านภาระการทำความเย็นแล้ว จะพบว่า คะแนนที่ประเมินได้จะแปรผกผันกับค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้งาน คือ ยิ่งคะแนนสูงค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้งานก็จะต่ำ ถ้าคะแนนประเมินได้น้อยอาคารนั้นก็จะมีค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้งานสูง



แผนภูมิที่ 6-2 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นจากคะแนนที่ประเมินได้ของบ้านทั้ง 3 หลัง

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทำวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคารปรับอากาศ เพื่อให้สามารถนำแบบประเมินที่สร้างขึ้นนี้นำไปใช้ประเมินอาคารปรับอากาศ ทำให้สามารถชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพในแต่ละส่วนของอาคารด้านการลดภาระการทำความเย็นได้ และนำไปสู่การปรับปรุงเทคนิคในการออกแบบด้านการประหยัดพลังงานในอาคารปรับอากาศ โดยได้วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เพื่อการสร้างแบบประเมินจากแบบบ้านพักอาศัยทั่วไป แบบบ้านจัดสรร แบบบ้านไทยประยุกต์ และแบบบ้านที่มีแนวความคิดด้านการประหยัดพลังงาน คำนวณค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้งานภายในด้วยการใช้ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานครของกรมอุตุนิยมวิทยา ปี พ.ศ. 2543 ในการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ต่อภาระการทำความเย็น ข้อมูลของสภาพอากาศอาจจะมีความแปรปรวน เนื่องจากเป็นข้อมูลใน 1 ปีเท่านั้น การใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ควรเลือกใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่เฉลี่ยในรอบ 10 ปี จะทำให้ข้อมูลมีความชัดเจนในแต่ละฤดูยิ่งขึ้น

เนื่องจากการสร้างแบบประเมินในกลุ่มตัวแปรที่เกิดจากอิทธิพลภายนอกอาคาร ที่ได้จากการรวบรวมจากวิทยานิพนธ์ในแต่ละหัวข้อ ประกอบด้วย แบบประเมินส่วนผนังอาคาร (Opaque) ส่วนกระจก (Glass) ส่วนหลังคา (Roof) ส่วนพื้น (Floor) ส่วนการรั่วซึมของอากาศ (Infiltration) และค่าสะสมความร้อนของวัสดุ (Heat storage) ในส่วนตัวแปรที่เป็นตัวคูณคะแนนประกอบด้วย การออกแบบรูปทรงอาคาร (Form) และสภาพแวดล้อมอาคาร (Microclimate) ในการรวบรวมแบบประเมินในแต่ละส่วนนั้นมีข้อจำกัดอยู่มาก ทั้งในเรื่องของตัวแปรที่มีความซ้ำซ้อนกัน ค่าน้ำหนักที่ได้ออกมา รูปแบบของแบบประเมิน และเวลาที่มีอยู่จำกัดในการรวบรวมแบบประเมินดังกล่าว ซึ่งค่าระดับคะแนนที่ประเมินออกมาในแต่ละส่วนนั้นมีการเปลี่ยนทั้งค่าระดับและรูปแบบการประเมิน การรวบรวมคะแนนจึงมีความคลาดเคลื่อนบางส่วนของคะแนนดิบที่ได้มาจากการประเมิน ซึ่งอาจจะส่งผลให้ระดับในการวัดศักยภาพในแต่ละส่วนเปลี่ยนแปลงบ้าง แต่เมื่อวัดศักยภาพรวมของอาคารจากแบบประเมินที่สร้างขึ้นแล้ว ค่าระดับที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจากการประเมินน้อย ซึ่งสามารถนำรูปแบบนี้ไปปรับปรุงให้สามารถทราบถึงภาระการทำความเย็นในแต่ละส่วนได้

แบบประเมินที่สร้างขึ้นนี้เหมาะสำหรับประเมินบ้านพักอาศัย ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับอาคารปรับอากาศชนิดอื่นๆ ได้ โดยการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของอาคาร ตัวแปรแต่ละตัวก็มีอิทธิพลมากน้อยแตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงตามชนิดของอาคาร ในการสร้างแบบประเมินนั้นควรจะแยกแบบประเมินตามชนิดของอาคาร ภูมิภาคที่ตั้งของอาคาร เป็นต้น

เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานของคนทั่วไปควรนำโครงสร้างของการให้คะแนนและแบ่งระดับศักยภาพของแบบประเมินนี้ นำไปประยุกต์สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวัดศักยภาพการประหยัดพลังงานในอาคารปรับอากาศ เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานอันจะส่งผลต่อการเรียนรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จิตติมา กลั่นหอม. แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานสำหรับช่องเปิดอาคารในเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ตระการ ก้าวกสิกรรม. คู่มือฉนวนความร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์ , 2537.

ทวีศักดิ์ อรุณราษฎร์. เทคนิคระบบปรับอากาศ ชุดที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: เอ็ม แอนด์อี, 2546.

ปิยชาติ แก้วแดง. แนวทางการสร้างแบบประเมินลักษณะรูปทรงภายนอกและการจัดวางทิศทางอาคารที่เหมาะสม เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2546.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเกษตร. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น . พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.

วรภัทร ฉินทกานันท์. แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กรม. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536.

ศุภชัย ปัญญาวีร์. การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์, 2546.

สมพงษ์ นามทวีสุข. แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการรั่วซึมอากาศผ่านทางประตู-หน้าต่างและผนังอาคารพักอาศัยที่มีการปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

สมพงษ์ เหยียบสูญ. แนวทางการสร้างแบบประเมินการดูดซับความร้อนและความชื้นของวัสดุอาคารและเครื่องเรือน เพื่อการประหยัดพลังงานในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

สมสิทธิ์ นิตยะ. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

สราวุธ จิตต์เจริญ. แนวทางการสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของหลังคาอาคารในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

สุดสวาสดิ์ ศรีสถาปัตย์. การออกแบบวัสดุพืชพันธุ์และการประหยัดพลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุนทร บุญญาธิการ และคนอื่นๆ. การออกแบบประสานระบบ มหาวิทยาลัยชินวัตร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โอเอส พริ้นติ้งเฮ้าส์, 2545.

สุนทร บุญญาธิการ และคนอื่นๆ. พลังงานใกล้ตัว. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: เฟิสท์ ออฟเซท (1993) จำกัด, 2545.

สุนทร บุญญาธิการ. บ้านพลังงานแสงอาทิตย์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

อุษณีย์ มิ่งวิมล. แนวทางในการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคารพักอาศัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ฤชิมน ธนบุญสมบัติ. แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงาน เนื่องจากสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติโดยรอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ภาษาอังกฤษ

American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers. ASHARE HANDBOOK FUDAMENTAL. Alanta Geogia: (n.p.), 1985.

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook of Fundamental. I-P Edition. Atlanta Georgia: (n.p.), 1989.

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook of Fundamental. I-P Edition. Atlanta Georgia, (n.p.), 2001.

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

Donald Watson, Fair and Kenneth Labs. Climate Design: Energy Efficient Building Principles and Practices. New York: McGraw-Hill, 1983.

Lstiburek and Carmody. Moisture Control Handbook: Principles and Practices for Residentials and Small Comercial Buildings. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.

Walter F. W, Jr. and The others. Energy – Efficent Building. New York: McGraw-Hill, 1980.

William C. T and John F. M. Thermal insulation handbook. Malabar, Fla: R.E Krieger, 1981.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

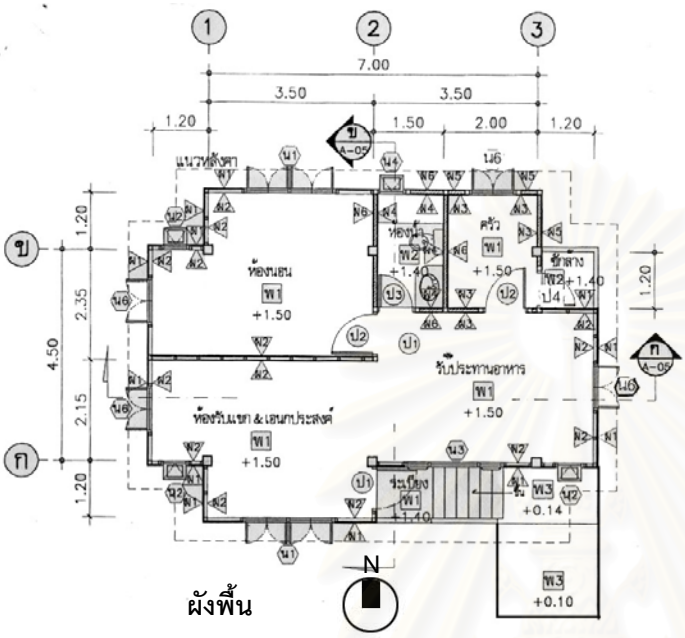
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

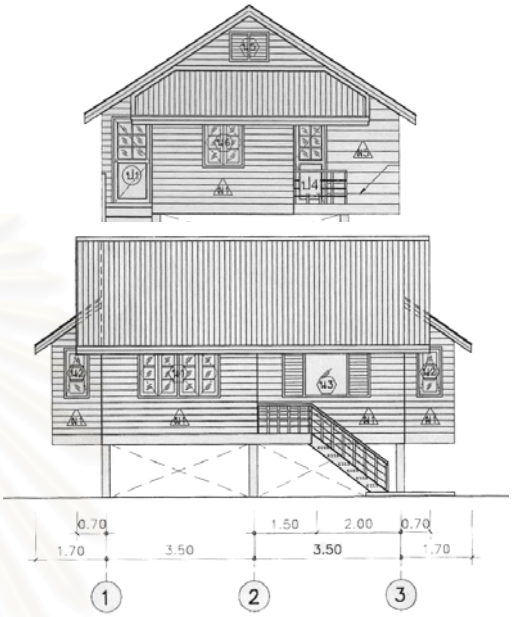
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบบ้านที่ใช้ประกอบการคำนวณภาระการทำความเย็น

1. บ้านเดี่ยวแบบประหยัด 2 พื้นที่ใช้งาน 53 ตารางเมตร



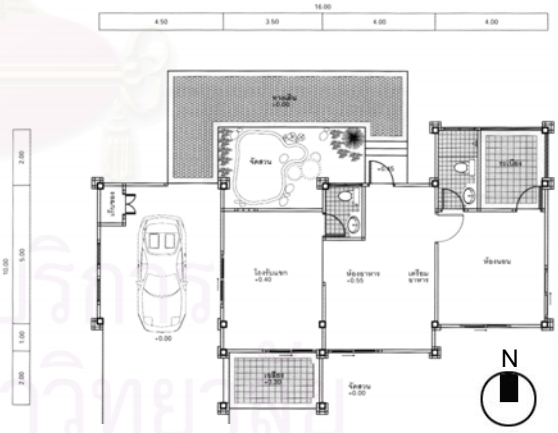
ผังพื้น



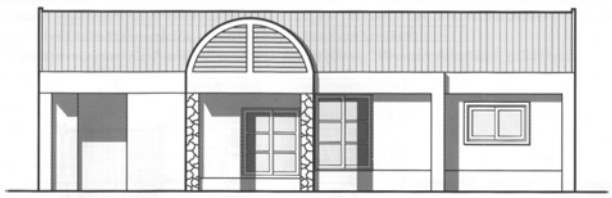
รูปด้านทิศใต้

2. บ้านเดี่ยวเรือนเล็ก พื้นที่ใช้งาน 54 ตารางเมตร

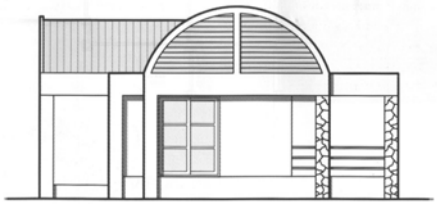
ทัศนียภาพ



ผังพื้น



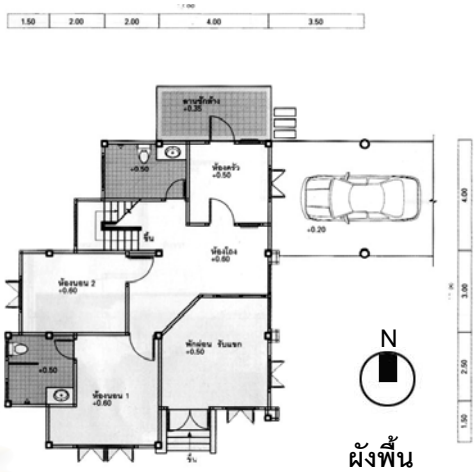
รูปด้านทิศใต้



รูปด้านทิศตะวันออก

3. บ้านลอยชายชั้นครึ่ง พื้นที่ใช้งาน 80 ตารางเมตร

ทัศนียภาพ

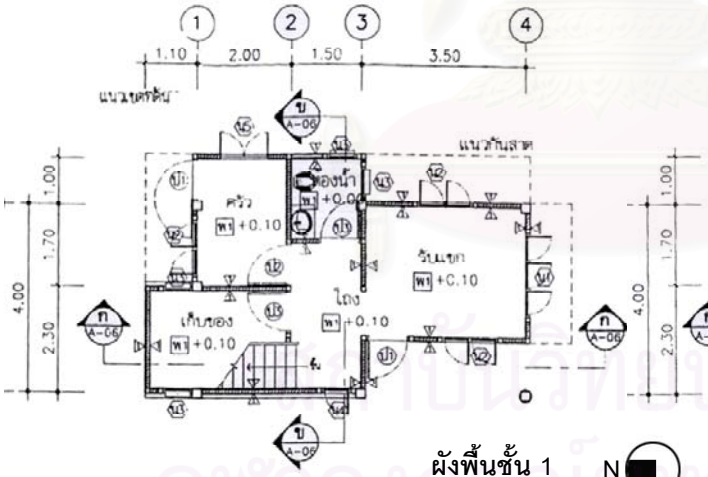


ผังพื้น

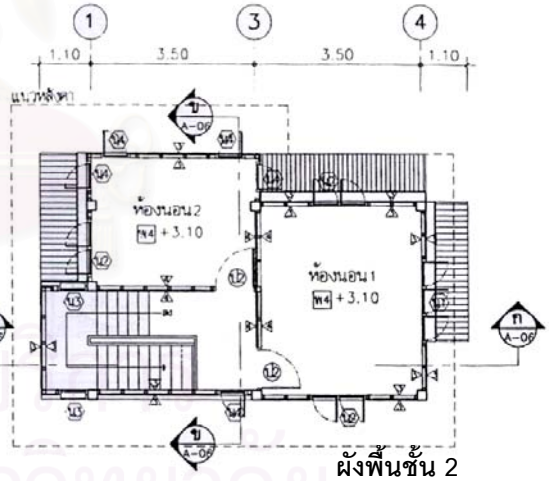
รูปด้านทิศใต้

รูปด้านทิศตะวันออก

4. บ้านเดี่ยวแบบประหยัด 3 พื้นที่ใช้งาน 80 ตารางเมตร

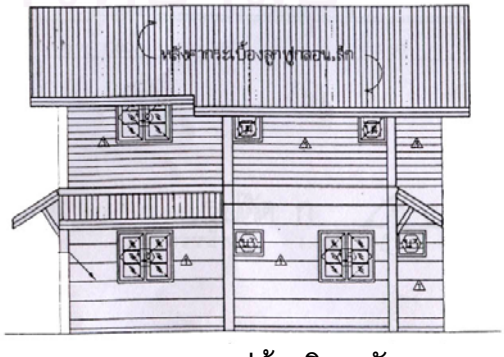


ผังพื้นชั้น 1



ผังพื้นชั้น 2

รูปด้านทิศใต้

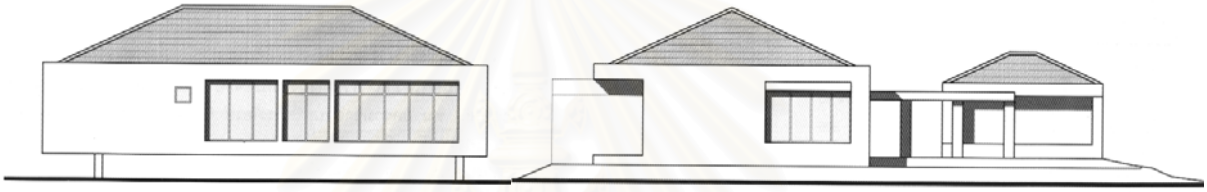


รูปด้านทิศตะวันออก

5. บ้านเบิกบาน พื้นที่ใช้งาน 46 ตารางเมตร

ทัศนียภาพ

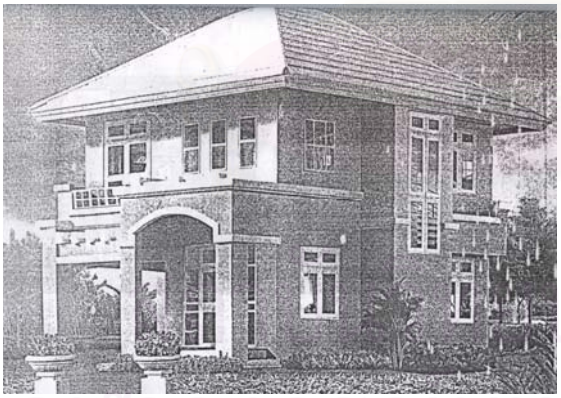
ผังพื้น



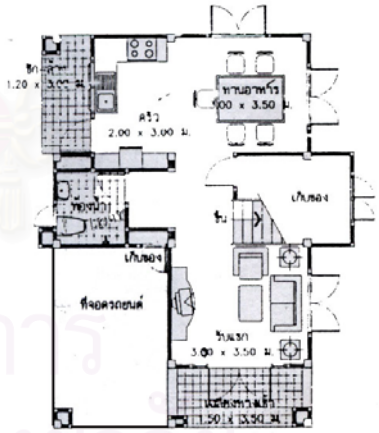
รูปด้านทิศใต้

รูปด้านทิศตะวันตก

6. บ้านเรนโบว์ พื้นที่ใช้งาน 102.25 ตารางเมตร



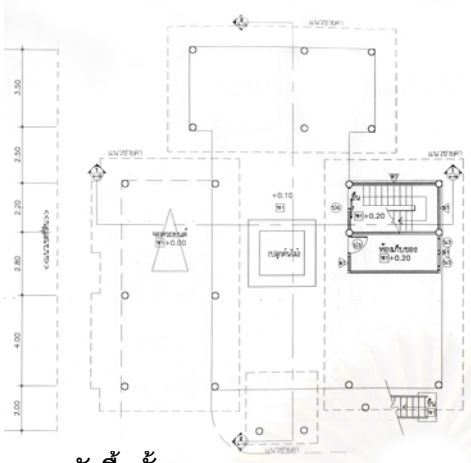
ทัศนียภาพ



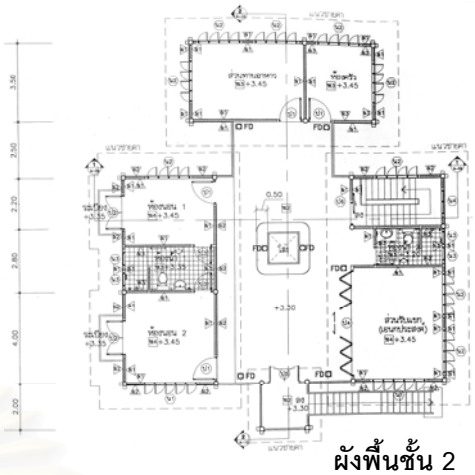
ผังพื้นชั้น 1

ผังพื้นชั้น 2

7. บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง พื้นที่ใช้งาน 105.30 ตารางเมตร



ผังพื้นชั้น 1

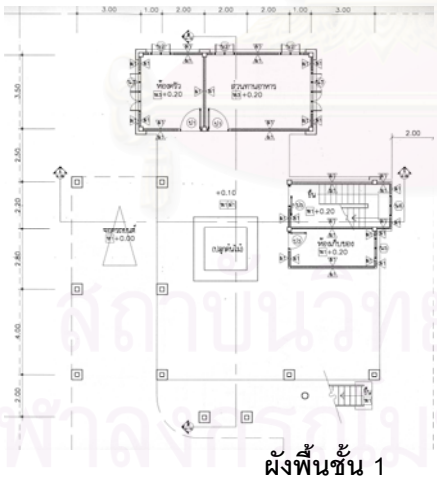


ผังพื้นชั้น 2

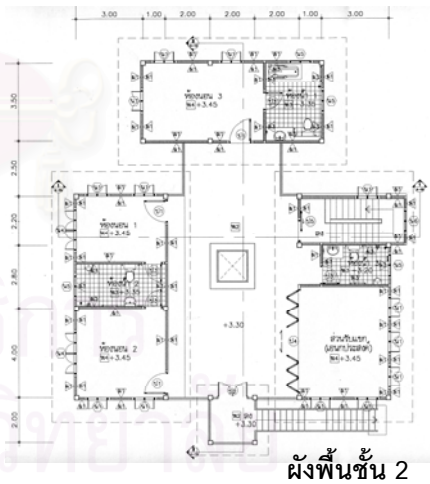
รูปด้านทิศใต้

รูปด้านทิศตะวันตก

8. บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ พื้นที่ใช้งาน 132.50 ตารางเมตร



ผังพื้นชั้น 1

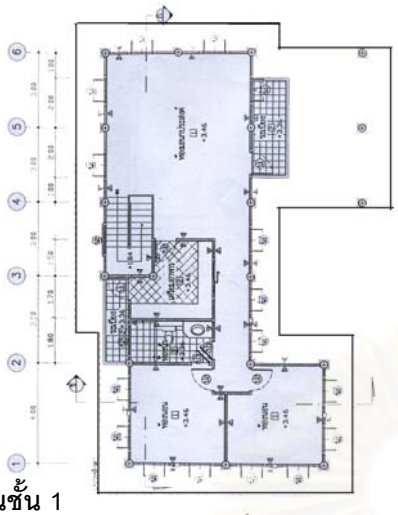


ผังพื้นชั้น 2

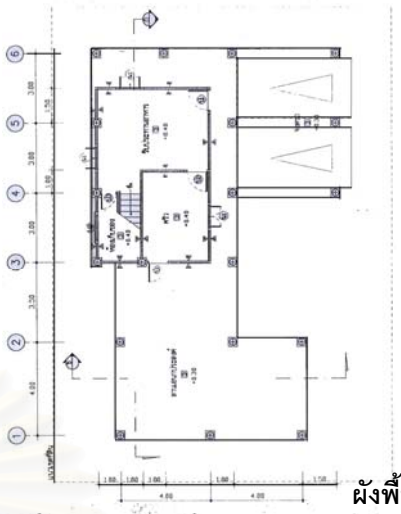
รูปด้านทิศใต้

รูปด้านทิศเหนือ

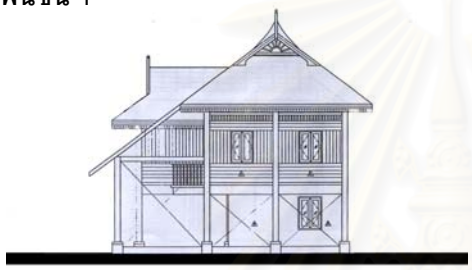
9. บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ พื้นที่ใช้งาน 141 ตารางเมตร



ผังพื้นชั้น 1



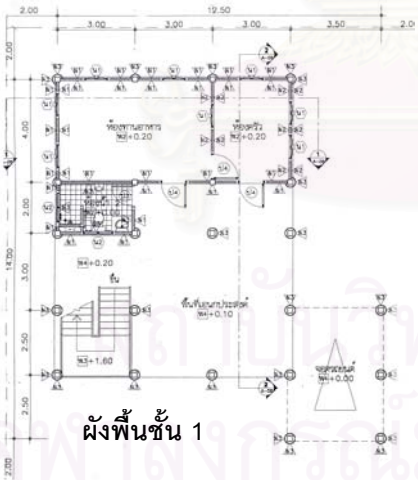
ผังพื้นชั้น 2



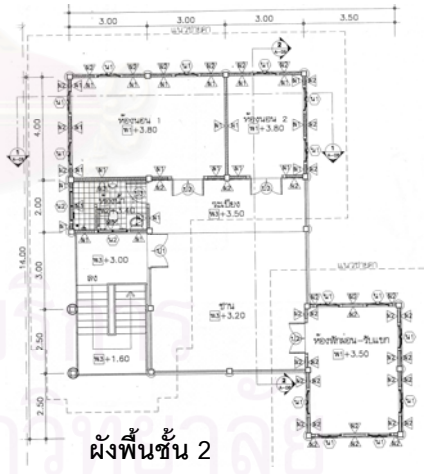
รูปด้านทิศใต้

รูปด้านทิศตะวันออก

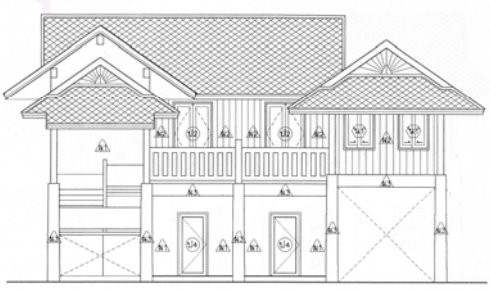
10. บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน พื้นที่ใช้งาน 101.50 ตารางเมตร



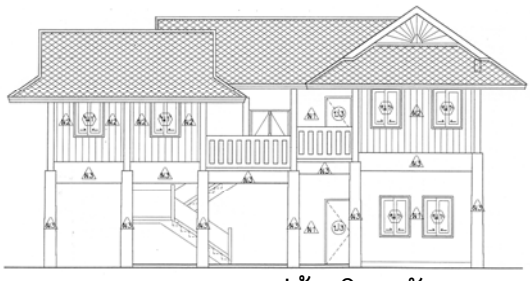
ผังพื้นชั้น 1



ผังพื้นชั้น 2

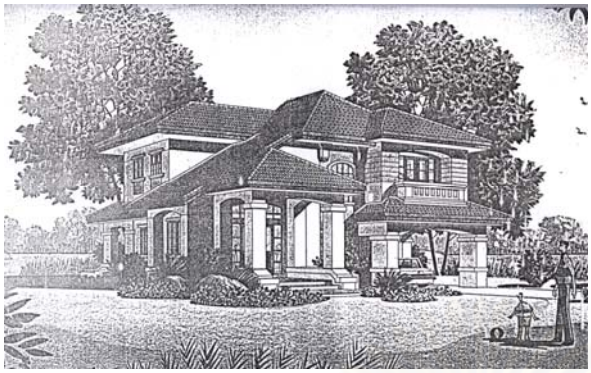


รูปด้านทิศใต้



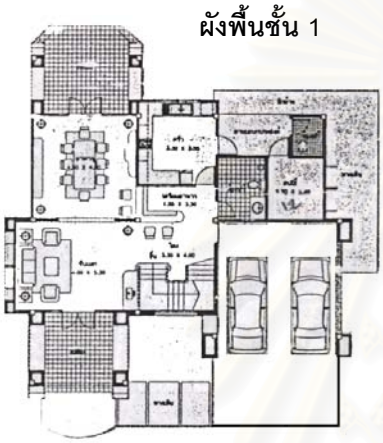
รูปด้านทิศตะวันออก

11. บ้านลดาวารี พื้นที่ใช้งาน 193 ตารางเมตร

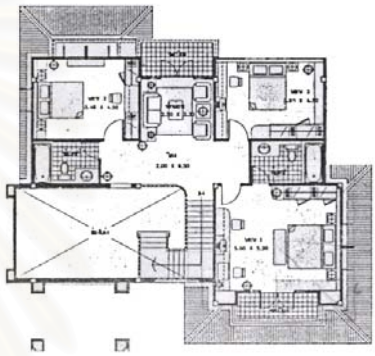


ทัศนียภาพ

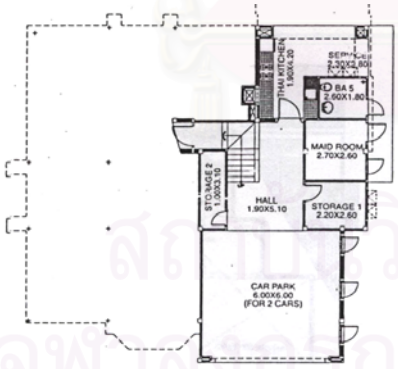
ผังพื้นชั้น 1

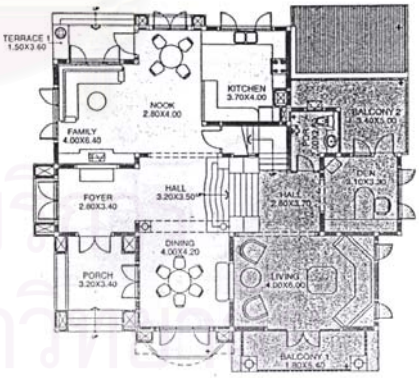


ผังพื้นชั้น 2



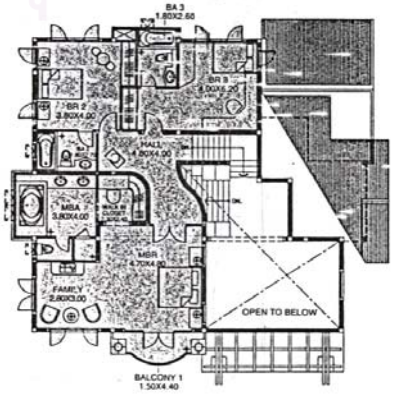
12. บ้านวรรณวนา พื้นที่ใช้งาน 261.50 ตารางเมตร





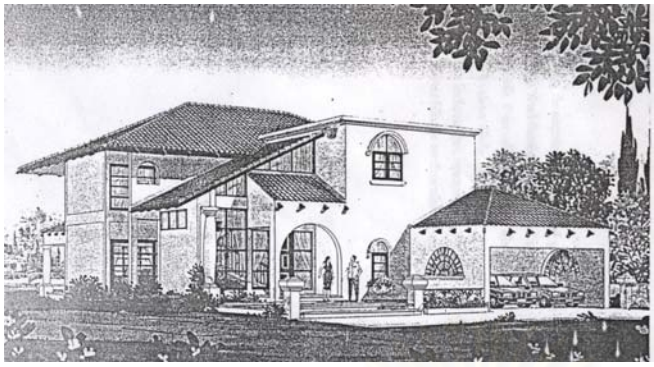
ผังพื้นชั้น 1

ผังพื้นชั้น 2



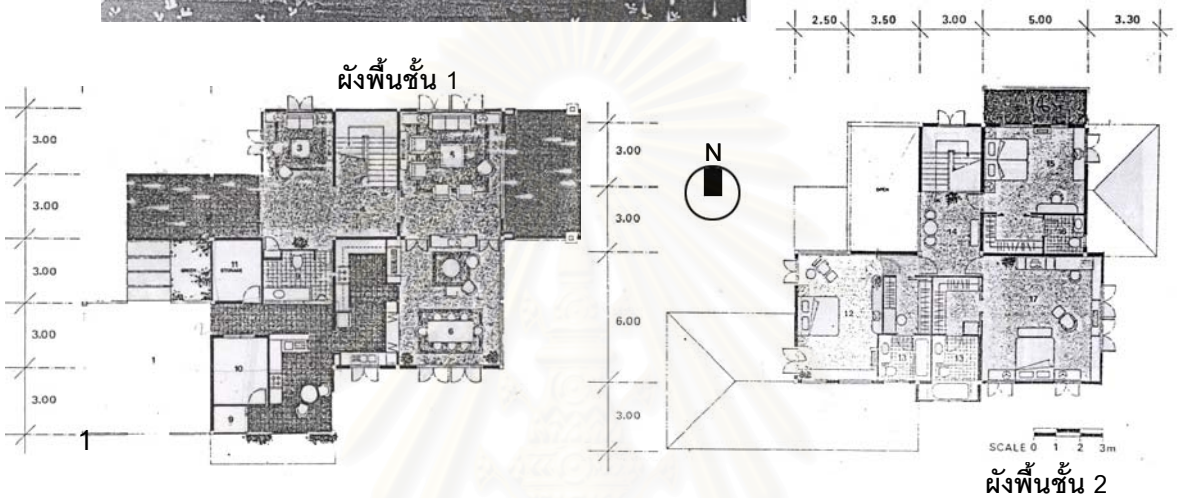
ผังพื้นชั้น 3

13. บ้านปาล์มเมอร์ พื้นที่ใช้งาน 249.50 ตารางเมตร



ทัศนียภาพ

ผังพื้นชั้น 1

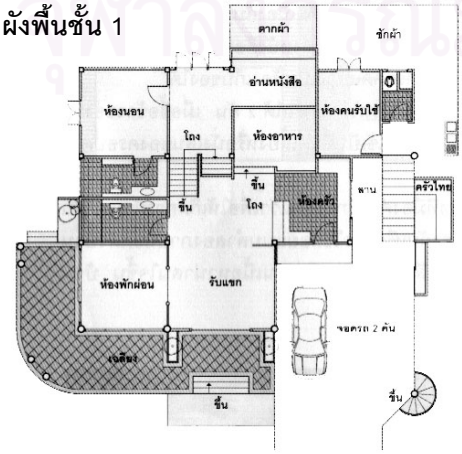


ผังพื้นชั้น 2

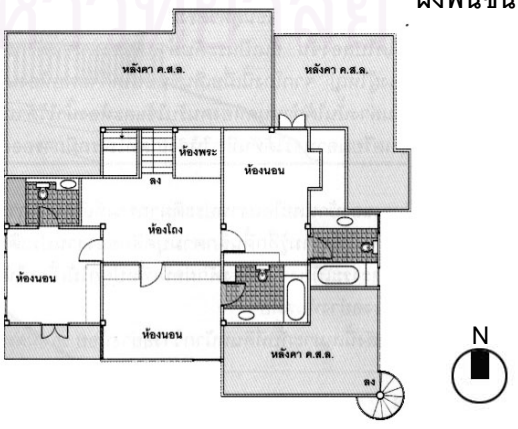
14. บ้านโมเดิร์น พื้นที่ใช้งาน 255.25 ตารางเมตร

ทัศนียภาพ

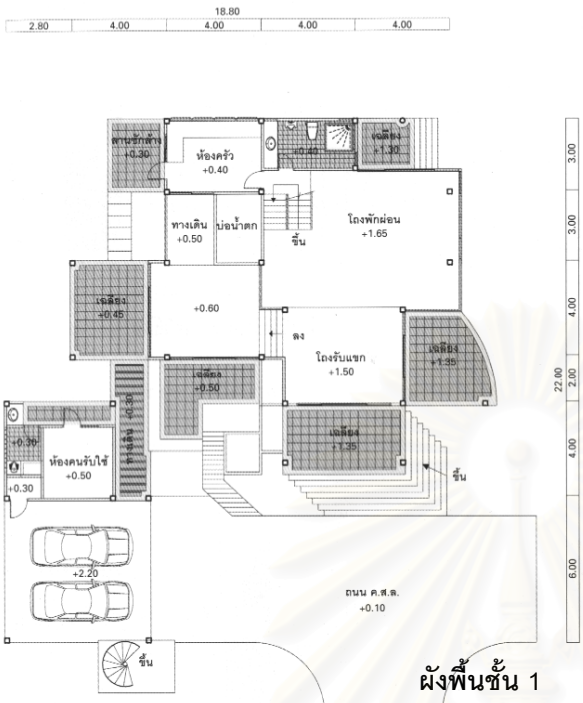
ผังพื้นชั้น 1



ผังพื้นชั้น 2

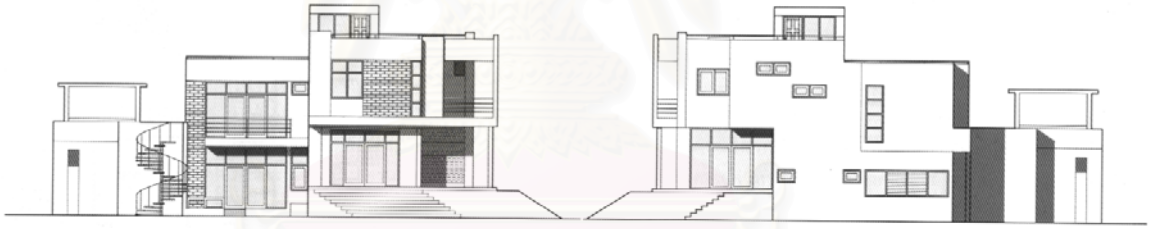


15. บ้านทราสฟอร์ม พื้นที่ใช้งาน 250 ตารางเมตร



ผังพื้นชั้น 1

ผังพื้นชั้น 2



รูปด้านทิศใต้

รูปด้านทิศเหนือ

รูปด้านทิศตะวันออก

รูปด้านทิศตะวันตก

ภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินกลุ่มอิทธิพลภายนอกอาคาร

1 แบบประเมินส่วนผนัง (Opaque)

ค่าภาระการทำความเย็นในการใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันของผนังอาคารทั้ง 32 ประเภทตามทิศทางต่างๆทั้งหมด 8 ทิศ (วรภัทร ฉินทกานันท์, 2546)

ตารางที่ 1 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q หน่วย Btu/h ft2) ของการใช้ระบบปรับอากาศทั้งวัน และในช่วงเวลากลางวัน (ค่า Q หน่วย Btu/h ft2) ของผนังทึบจำนวน 32 ประเภท

type	ผนังอาคารประเภทต่างๆ	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
G	ผนังโลหะลูกฟูก	37.76	47.87	63.19	55.85	15.37	35.76	51.85	48.64
G	ผนังไม้ชั้นเดียว	24.28	30.78	40.64	35.92	9.89	23.00	33.35	31.28
G	ผนังไม้ 2 ชั้น	12.53	15.88	20.97	18.53	5.10	11.86	17.20	16.14
G	ผนังยิปซั่มบอร์ด	14.15	17.93	23.67	20.93	5.76	13.40	19.43	18.22
D	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร	14.44	19.72	22.77	19.72	13.55	19.63	23.30	20.40
B	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.175 เมตร	9.21	12.73	13.61	10.97	6.65	10.10	12.53	11.34
C	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.30 เมตร	7.32	10.19	11.23	9.55	6.31	8.97	10.88	9.60
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.50 เมตร	4.66	6.15	6.37	5.05	2.85	4.35	5.54	5.17
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.70 เมตร	3.56	4.69	4.86	3.85	2.17	3.32	4.23	3.95
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	5.11	6.41	7.71	6.94	4.48	7.31	8.73	7.40
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	2.97	3.73	4.49	4.04	2.61	4.26	5.08	4.30
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	2.11	2.64	3.18	2.86	1.85	3.02	3.60	3.05
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น มีช่องว่างอากาศตรงกลาง	6.87	9.05	9.38	7.43	4.19	6.41	8.16	7.61
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตรตกแต่งด้วยวีว่า บอร์ด	9.29	11.65	14.03	12.62	8.16	13.31	15.88	13.46
F	ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร	7.15	8.75	11.36	9.98	5.67	10.83	13.51	11.27
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	3.43	4.31	5.18	4.66	3.01	4.92	5.87	4.97
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	2.31	2.90	3.48	3.14	2.03	3.31	3.95	3.34
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	1.76	2.21	2.66	2.39	1.54	2.52	3.01	2.55
E	ผนังก่ออิฐบล็อกหนา 0.10 เมตร	14.32	17.95	21.60	19.44	12.56	20.50	24.47	20.73
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 1 นิ้ว*	4.85	6.08	7.32	6.58	4.25	6.94	8.29	7.02
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 2 นิ้ว*	2.89	3.62	4.36	3.92	2.53	4.13	4.93	4.18
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 3 นิ้ว*	2.05	2.57	3.09	2.78	1.80	2.93	3.50	2.97
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร	21.79	27.32	32.89	29.59	19.12	31.20	37.24	31.55
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	5.22	6.55	7.88	7.09	4.58	7.48	8.93	7.56
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	3.00	3.76	4.53	4.08	2.63	4.30	5.13	4.35
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	2.11	2.64	3.18	2.86	1.85	3.02	3.60	3.05
G	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยแผ่นอลูมิเนียม	16.01	20.30	26.80	23.68	6.52	15.16	21.99	20.62
G	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยวีว่า บอร์ด	12.81	16.24	21.44	18.95	5.21	12.13	17.59	16.50
G	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยแผ่นอลูมิเนียมเพิ่มฉนวนตรงกลาง	4.01	5.09	6.71	5.93	1.63	3.80	5.51	5.17
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 1 นิ้ว	5.38	6.83	9.01	7.96	2.19	5.10	7.39	6.93
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 2 นิ้ว	3.31	4.19	5.54	4.89	1.35	3.13	4.54	4.26
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 3 นิ้ว	2.39	3.03	4.00	3.54	0.97	2.27	3.29	3.08

หลังจากใส่ค่า Q ลงในตารางที่ 1 ตรงตามประเภทของผนังทึบ ระบบการใช้งานของอาคาร และทิศทางแล้ว ให้เติมพื้นที่ผนังทึบในทิศนั้น ตามจริงที่หาได้จากผังอาคาร โดยใส่ให้ตรงกับทิศทางที่ผนังทึบนั้นๆ ตั้งอยู่ และทำการคูณค่า Q กับพื้นที่ของผนังทึบด้านนั้น และรวมค่า Q* พื้นที่ผนังทึบตามจำนวนด้านที่มีผนังทึบตั้งอยู่ และนำค่าที่ได้หารจากพื้นที่ใช้สอยอาคารตามจริง นำค่าที่ได้สุดท้ายไปเปรียบเทียบกับแผนภูมิที่ 2 เพื่อจะทราบระดับคะแนนค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังทึบ: กรณีมีการใช้ระบบปรับอากาศ

ตารางที่ 2 แสดงแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังทึบ ในกรณีที่มีการใช้ระบบปรับอากาศ โดยนำค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q หน่วย Btu/h ft2) ซึ่งแยกตามสภาพการใช้งานหากมีการใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือในช่วงเวลากลางวัน ให้นำค่า Q จากตารางที่ 15 มาใส่ให้ตรงกับผนังอาคารนั้นๆ และหากมีการใช้ระบบปรับอากาศในช่วงเวลากลางคืน ให้นำค่า Q จากตารางที่ 16 มาใส่ให้ตรงกับผนังอาคารนั้นๆ

type	ผนังอาคารประเภทต่างๆ	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
G	ผนังโลหะลูกฟูก								
G	ผนังไม้ชั้นเดียว								
G	ผนังไม้ 2 ชั้น								
G	ผนังยิปซัมบอร์ด								
D	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร								
B	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.175 เมตร								
C	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.30 เมตร								
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.50 เมตร								
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.70 เมตร								
E	ผนังก่ออิฐเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*								
E	ผนังก่ออิฐเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*								
E	ผนังก่ออิฐเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*								
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น มีช่องว่างอากาศตรงกลาง								
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตรตกแต่งด้วยวีว่า บอร์ด								
F	ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร								
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*								
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*								

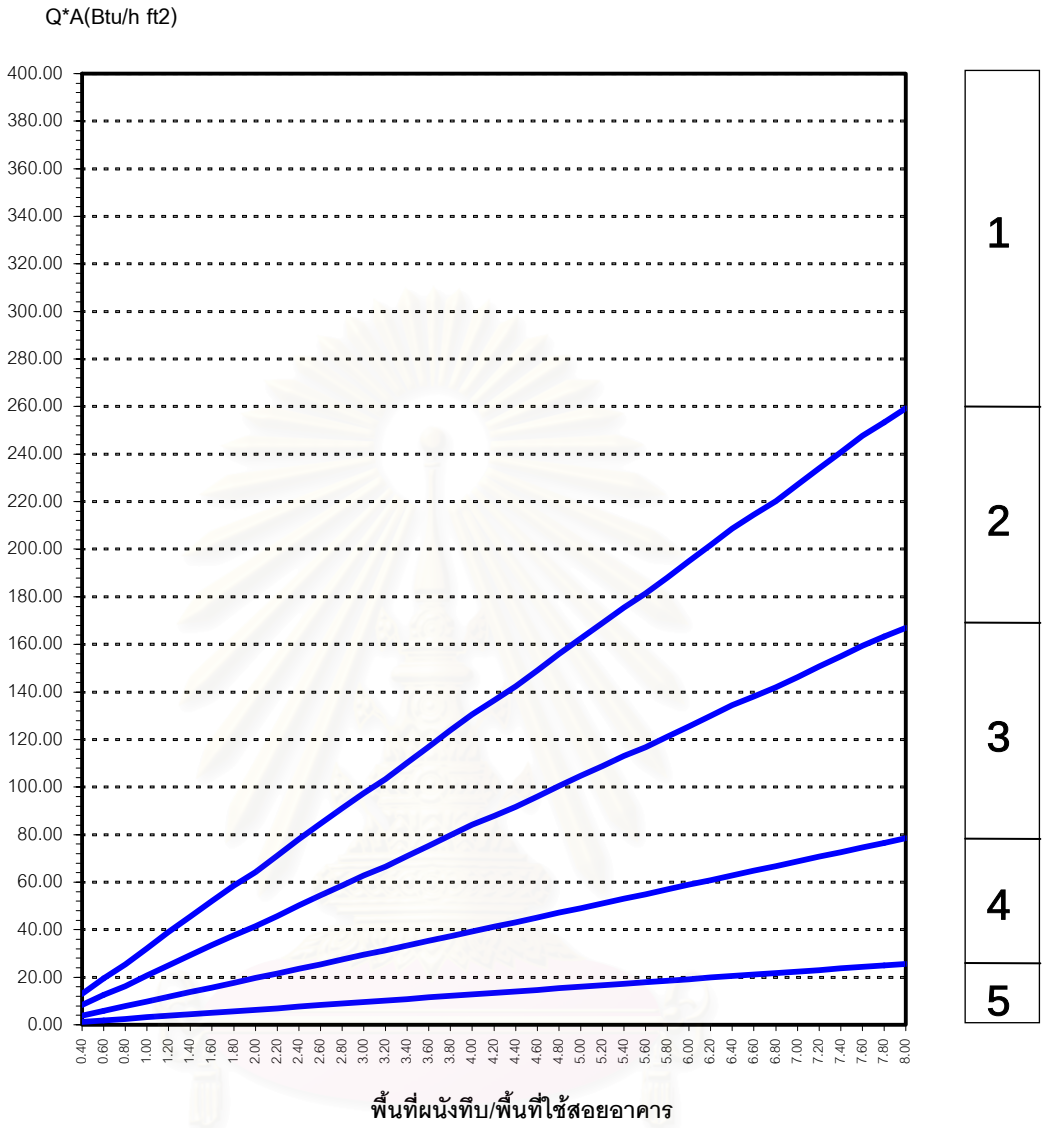
type	ผนังอาคารประเภทต่างๆ	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
E	ผนังก่ออิฐบล็อกหนา 0.10 เมตร								
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 1 นิ้ว*								
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 2 นิ้ว*								
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 3 นิ้ว*								
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร								
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*								
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*								
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*								
G	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยแผ่นอลูมิเนียม								
G	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยวีว่า บอร์ด								
G	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยแผ่นอลูมิเนียมเพิ่มฉนวนตรงกลาง								
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 1 นิ้ว								
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 2 นิ้ว								
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 3 นิ้ว								
	อื่นๆ								
	พื้นที่ผนังทึบทิศต่างๆ								

ผลรวมของค่า Q*พื้นที่ผนังทึบทิศต่าง ๆ	
พื้นที่ใช้สอยอาคาร	

(ผลรวมค่า Q*พื้นที่ผนังทึบทิศต่างๆ)/พื้นที่ใช้สอยอาคาร	

นำผลที่ได้จากขั้นตอนสุดท้ายคือ ค่า(ผลรวมค่า Q* พื้นที่ผนังทึบทิศต่างๆ)/พื้นที่ใช้สอยอาคาร ไปเปรียบเทียบกับแผนภูมิที่ 40 เพื่อจะได้สรุปค่าระดับคะแนนของอาคารที่ทำการประเมินว่ามีค่าระดับพลังงานอยู่ที่ระดับคะแนนที่เท่าใด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 1 แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพของผนังอาคาร

ระดับศักยภาพผนังของบ้านพักอาศัยปรับอากาศ

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

2. แบบประเมินส่วนกระจก (Glass)

กรอกรายละเอียดลงในช่องว่างตามแบบช่องเปิดกระจกอาคารปรับอากาศ ที่ทำการประเมิน (จิตติมา กลั่นหอม, 2546)

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดกระจกประกอบแบบประเมิน

ส่วนที่ 1 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้							
ชนิดวัสดุ	ความหนากระจก (mm)	ช่องว่างอากาศ (mm)	ความหนาแผ่นที่ระบายใน (mm)	ความหนารวม (mm)	U (Overall Heat	SC (Shading	ระดับคะแนน
กระจกใส	6			6	1.03	0.96	
	8			8	1.02	0.92	
	6	6	6	18	0.63	0.81	
	8	6	8	22	0.62	0.79	
	8	12	8	28	0.56	0.79	
กระจกสีเทาอ่อน	6			6	1.10	0.64	
	8			8	1.10	0.57	
	6	6	6	18	0.65	0.53	
	6	12	6	24	0.58	0.52	
	8	6	8	22	0.64	0.45	
	8	12	8	28	0.58	0.44	
กระจกสีเทาเข้ม	6			6	1.10	0.63	
	6	6	6	18	0.65	0.46	
	6	12	6	24	0.58	0.45	
กระจกสีฟ้า	6			6	1.09	0.68	
	8			8	1.09	0.61	
	6	6	6	18	0.65	0.55	
	6	12	6	24	0.58	0.54	
	8	6	8	22	0.64	0.47	
	8	12	8	28	0.57	0.46	
กระจกสีเขียว	6			6	1.10	0.65	
	8			8	1.09	0.59	
	6	6	6	18	0.65	0.52	
	6	12	6	24	0.58	0.51	
	8	6	8	22	0.64	0.46	
	8	12	8	28	0.57	0.45	

คุณสมบัติวัสดุที่ใช้							
ชนิดวัสดุ	ความหนา	ช่องว่าง	ความหนา	ความ	U	SC	ระดับคะแนน
กระจกใส/กระจกสีเคลือบ Low-E ภายนอก							
กระจกใส Low-E	3	14	ใส, 3mm	20	0.30	0.69	
	6	12	ใส, 6mm	24	0.34	0.65	
กระจกสีบรอนซ์ Low-E	6	12	ใส, 6mm	24	0.36	0.43	
กระจกสีเขียวน้ำทะเล Low-E	6	12	ใส, 6mm	24	0.36	0.44	
กระจกสีเทาอ่อน Low-E	6	12	ใส, 6mm	24	0.35	0.42	
	6	12	ใส, 6mm	24	0.35	0.33	
กระจกใส Reflective, แผ่นในเคลือบLow-E							
กระจกใส Reflective 12%	6	12	ใสLow-E, 3mm	24	0.35	0.32	
กระจกใสReflective 19%	6	12	ใสLow-E, 3mm	24	0.34	0.26	
กระจกใสReflective 21%	6	12	ใสLow-E, 3mm	24	0.34	0.14	
กระจกสีเขียวน้ำทะเล, แผ่นในเคลือบLow-E							
กระจกสีเขียวน้ำทะเล Reflective 10%	6	12	ใสLow-E, 3mm	24	0.35	0.19	
กระจกสีฟ้าReflective, แผ่นในเคลือบLow-E							
กระจกสีฟ้าReflective 9%	6	12	ใสLow-E, 3mm	24	0.35	0.20	
กระจกสีฟ้าReflective 10%	6	12	ใสLow-E, 3mm	24	0.35	0.15	

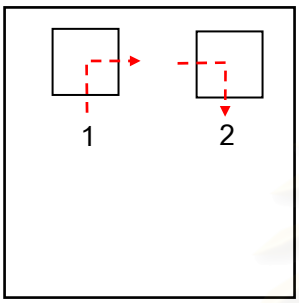
ตารางที่ 4 แสดงรายละเอียดพื้นที่กระจกประกอบแบบประเมิน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลพื้นฐาน								
พื้นที่ใช้สอย	พื้นที่ช่องเปิดอาคาร (A2) รวม (m)	สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิด ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร (A2/A1)	ทิศของช่องเปิด	ขนาดของช่องเปิด	ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 4
ส่วนที่ 3 ค่าพลังงานที่ได้และผลคะแนน								

รวมพื้นที่ใช้สอยอาคาร	ตารางเมตร (m)	ตางรางฟุต (ft)	คิดเป็นสัดส่วน	รวม
รวมพื้นที่ช่องเปิดอาคาร				
ทิศ				
ทิศเหนือ N				
ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ NE				
ทิศตะวันออก E				
ทิศตะวันออกเฉียงใต้ NE				
ทิศใต้ S				
ทิศตะวันตกเฉียงใต้ SW				
ทิศตะวันตก W				
ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ NW				
รวม				

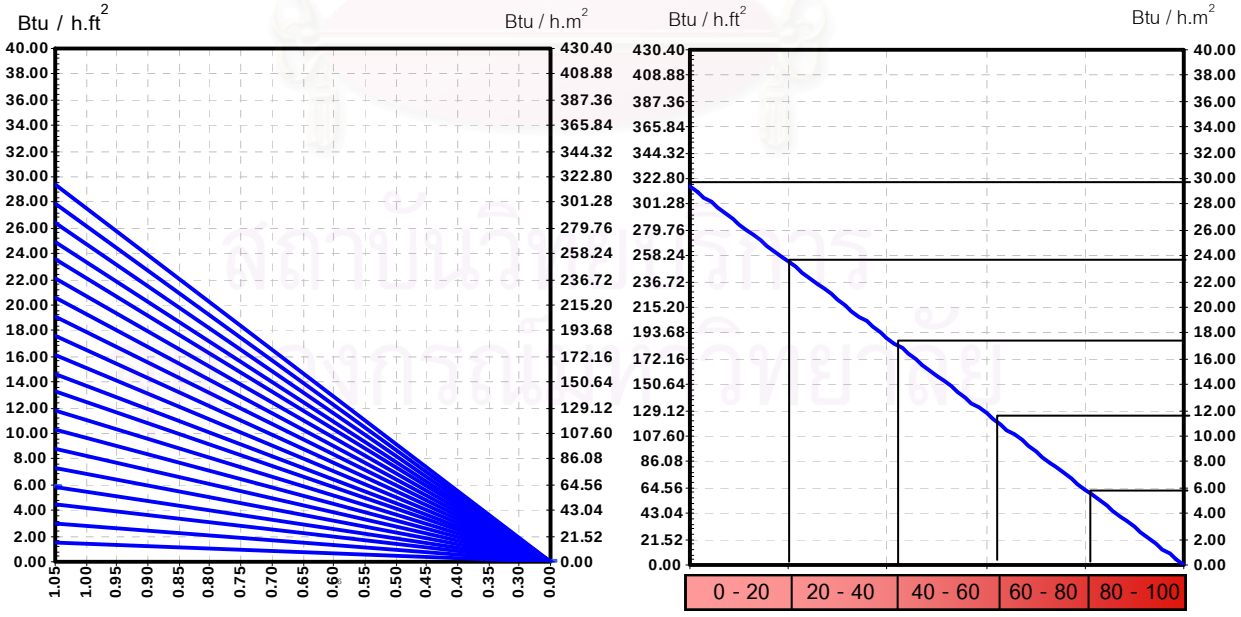
1 การประเมินค่ากระจกในนำความร้อนของวัสดุ

การประเมินในส่วนนี้จะเป็นการนำข้ามูลมาหาความสัมพันธ์จากแผนภูมิ โดยนำค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจกมาหาค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้น จากนั้นก็นำไปหาค่าระดับศักยภาพจากแผนภูมิที่ 2 ว่าอยู่ในระดับที่เท่าไหร่



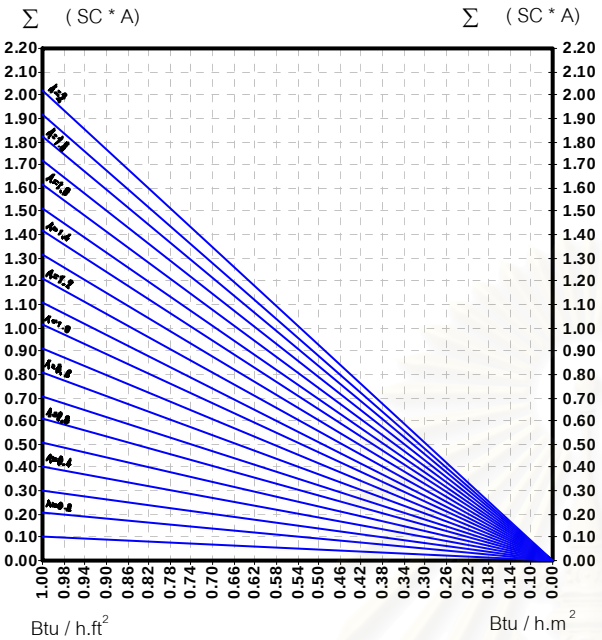
ขั้นตอนในการใช้แบบประเมินศักยภาพในส่วนการนำความร้อนของกระจก จากแผนภูมิที่ 1 ไปยังแผนภูมิที่ 2

ทิศทางของช่องเปิด	พื้นที่ช่องเปิด / พื้นที่ใช้งานอาคาร		ค่าพลังงานที่ได้
	ตร.ฟุต	ตรม.	
N			
NE			
NW			
E			
S			
SE			
SW			
W			
หมายเหตุ	คะแนนที่ได้ 0 - 20 เบอร์ 1		
	คะแนนที่ได้ 20 - 40 เบอร์ 2		
	คะแนนที่ได้ 40 - 60 เบอร์ 3		
	คะแนนที่ได้ 60 - 80 เบอร์ 4		
	คะแนนที่ได้ 80 - 100 เบอร์ 5		

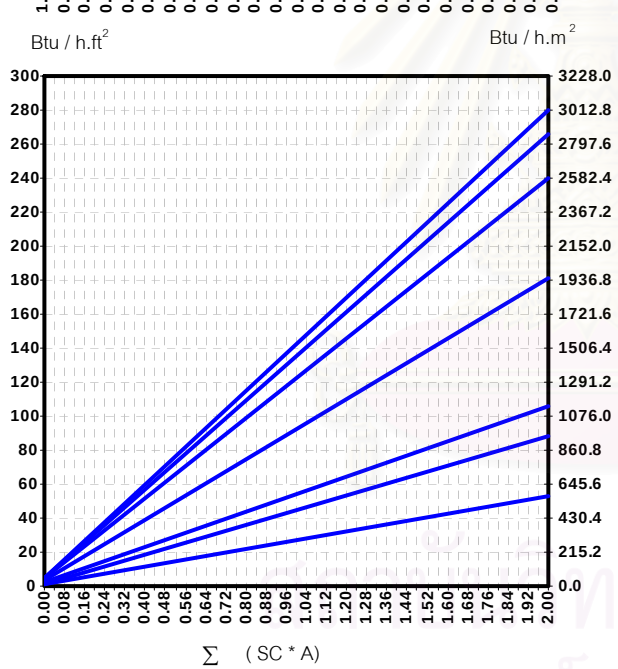


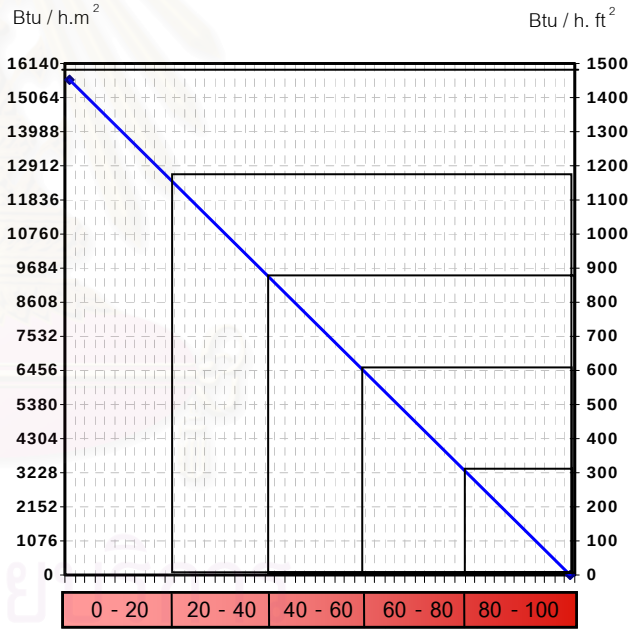
แผนภูมิที่ 2 แบบประเมินค่าการนำความร้อนกระจกของอาคารปรับอากาศ

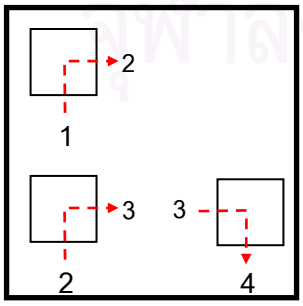
2 ประเมินค่ากระจกของค่าการแผ่รังสีความร้อน



ทิศทางของช่องเปิด	พื้นที่ช่องเปิด / พื้นที่ใช้งานอาคาร		ค่าพลังงานที่ได้
	ตร.ฟุต	ตรม.	
N			
NE			
NW			
E			
S			
SE			
SW			
W			
หมายเหตุ	คะแนนที่ได้ 0 - 20 เบอร์ 1		
	คะแนนที่ได้ 20 - 40 เบอร์ 2		
	คะแนนที่ได้ 40 - 60 เบอร์ 3		
	คะแนนที่ได้ 60 - 80 เบอร์ 4		
	คะแนนที่ได้ 80 - 100 เบอร์ 5		



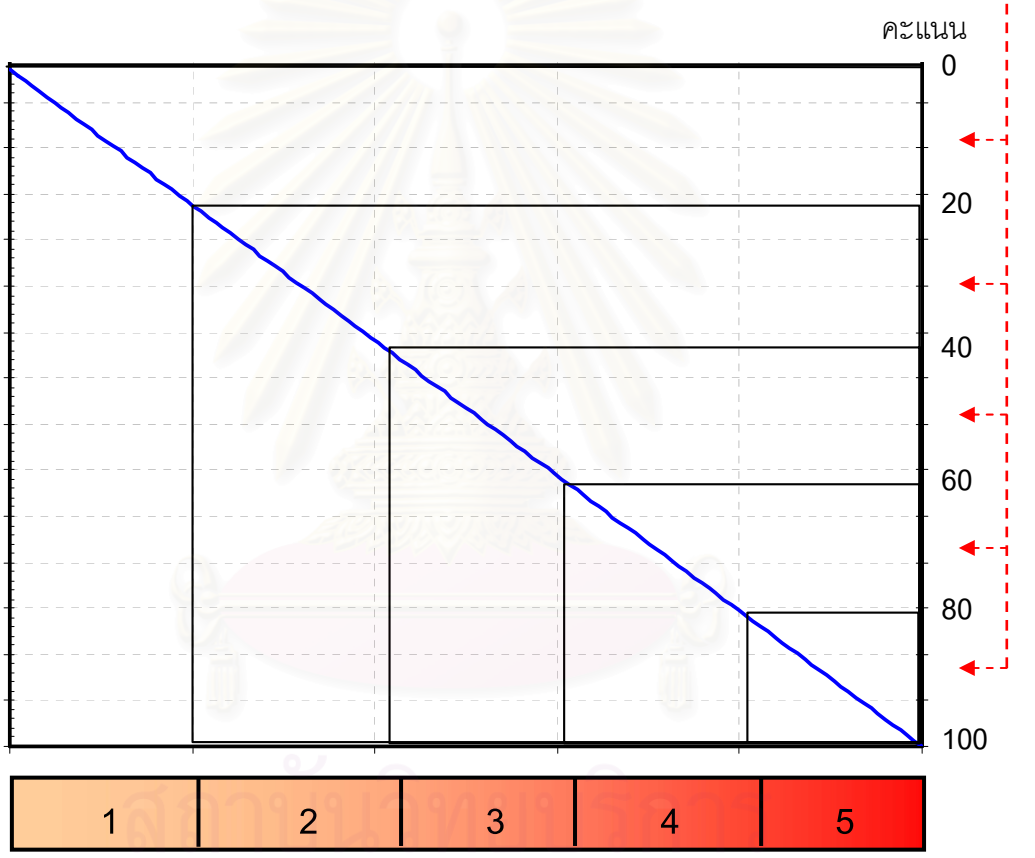




แผนภูมที่ 4-1 แบบประเมินค่าการกันความร้อนของกระจกจากแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์

3 ระดับศักยภาพกระจกของบ้านพักอาศัยปรับอากาศ

	ระดับคะแนน	ตัวคูณคะแนน	รวม
- การนำความร้อนของกระจก		4	
- การแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก		16	
		รวมคะแนนศักยภาพของกระจก	



แผนภูมิที่ 3 แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพของกระจกอาคารปรับอากาศ

ระดับศักยภาพกระจกของบ้านพักอาศัยปรับอากาศ

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

3. แบบประเมินหลังคา (Roof)

1. กรอกข้อมูลเกี่ยวกับหลังคาอาคารตามตาราง (สราวุธ จิตต์เจริญ, 2546)

1.1 ขนาดพื้นที่ใช้งานภายในที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ ☐ ตารางเมตร

1.2 ขนาดพื้นที่หลังคาที่คลุมเฉพาะส่วนที่มีการปรับอากาศ ☐ ตารางเมตร

ชนิดของหลังคา	ค่า R ($Btu/h \cdot ft^2 \cdot {}^oF$)	ค่า U-VALUE ($Btu/h \cdot ft^2 \cdot {}^oF$)
☐ หลังคาแผ่นแอสฟัลท์ มีฝ้าเพดานหนา 12 มม.+ฉนวน หนา 6 นิ้ว	25.620	0.039
☐ หลังคาแผ่นโลหะ มีฝ้าเพดาน+ฉนวน PU โฟม หนา 2 นิ้ว	14.990	0.067
☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 30 ซม มีฝ้าเพดาน+ฉนวนหนา 2 นิ้ว	11.690	0.086
☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 ซมมีฝ้าเพดาน+ฉนวนหนา 2 นิ้ว	11.090	0.090
☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 12 ซม มีฝ้าเพดาน+ฉนวนหนา 2 นิ้ว	10.970	0.091
☐ หลังคากระเบื้องซีแพคโมเนีย มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.+ฉนวน หนา 2 นิ้ว	10.550	0.095
☐ หลังคากระเบื้องลอนคู่ มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.+ฉนวน หนา2นิ้ว	10.540	0.095
☐ หลังคากระเบื้องดินเผา มีฝ้าเพดาน+ฉนวน หนา2นิ้ว	10.522	0.095
☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 30 ซม มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.	3.690	0.271
☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 ซม มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.	3.090	0.324
☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 12 ซม มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.	2.970	0.337
☐ หลังคากระเบื้องซีแพคโมเนีย มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.	2.550	0.392
☐ หลังคากระเบื้องลอนคู่ มีฝ้าเพดาน ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.	2.540	0.394
☐ **หลังคากระเบื้องดินเผา มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.**	2.522	0.397
☐ หลังคาแผ่นโลหะ มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.	2.490	0.402
☐ หลังคาสังกะสี มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.	2.490	0.402
☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 30 ซม ไม่มีฝ้าเพดาน	2.370	0.422
☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 ซมไม่มีฝ้าเพดาน	1.770	0.565
☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 12 ซม ไม่มีฝ้าเพดาน	1.650	0.606
☐ หลังคากระเบื้องซีแพคโมเนีย ไม่มีฝ้าเพดาน	1.070	0.935
☐ หลังคากระเบื้องลอนคู่ ไม่มีฝ้าเพดาน	1.060	0.943
☐ หลังคากระเบื้องดินเผาไม่มีฝ้าเพดาน	1.042	0.960
☐ หลังคาแผ่นโลหะไม่มีฝ้าเพดาน	1.010	0.990
☐ หลังคาสังกะสี ไม่มีฝ้าเพดาน.	1.010	0.990

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ข้อมูลเกี่ยวกับค่าภาระการทำความเย็นจากมวลสารของวัสดุที่ใช้มุงหลังคา

ตารางที่ 5 แสดงรายละเอียดของหลังคาอาคาร

☐ หลังคาแผ่นแอสฟัลท์ มีฝ้าเพดานหนา 12 มม.+ฉนวน หนา 6 นิ้ว (ตัวคูณ 58.9)

☐ หลังคาแผ่นโลหะ มีฝ้าเพดาน+ฉนวน PU โฟม หนา 2 นิ้ว (ตัวคูณ 79.9)

☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 30 ซม มีฝ้าเพดาน+ฉนวนหนา 2 นิ้ว (ตัวคูณ 32.9)

☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 ซมมีฝ้าเพดาน+ฉนวนหนา 2 นิ้ว (ตัวคูณ 32.9)

☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 12 ซม มีฝ้าเพดาน+ฉนวนหนา 2 นิ้ว (ตัวคูณ 39.9)

☐ หลังคากระเบื้องซีแพคโมเนีย มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.+ฉนวน หนา 2 นิ้ว (ตัวคูณ 58.9)

☐ หลังคากระเบื้องลอนคู่ มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.+ฉนวน หนา2นิ้ว (ตัวคูณ 58.9)

☐ หลังคากระเบื้องดินเผา มีฝ้าเพดาน+ฉนวน หนา2นิ้ว (ตัวคูณ 58.9)

☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 30 ซม มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. (ตัวคูณ 32.9)

☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 ซม มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. (ตัวคูณ 32.9)

☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 12 ซม มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. (ตัวคูณ 39.9)

☐ หลังคากระเบื้องซีแพคโมเนีย มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. (ตัวคูณ 58.9)

☐ หลังคากระเบื้องลอนคู่ มีฝ้าเพดาน ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. (ตัวคูณ 58.9)

☐

หลังคากระเบื้องดินเผา มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.
(ตัวคูณ 58.9)

☐ หลังคาแผ่นโลหะ มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. (ตัวคูณ 79.9)

☐ หลังคาสังกะสี มีฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. (ตัวคูณ 79.9)

☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 30 ซม ไม่มีฝ้าเพดาน (ตัวคูณ 45.9)

☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 15 ซมไม่มีฝ้าเพดาน (ตัวคูณ 45.9)

☐ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 12 ซม ไม่มีฝ้าเพดาน (ตัวคูณ 54.9)

☐ หลังคากระเบื้องซีแพคโมเนีย ไม่มีฝ้าเพดาน (ตัวคูณ 65.9)

☐ หลังคากระเบื้องลอนคู่ ไม่มีฝ้าเพดาน (ตัวคูณ 65.9)

☐ หลังคากระเบื้องดินเผาไม่มีฝ้าเพดาน (ตัวคูณ 65.9)

☐ หลังคาแผ่นโลหะไม่มีฝ้าเพดาน (ตัวคูณ 80.9)

☐ หลังคาสังกะสี ไม่มีฝ้าเพดาน (ตัวคูณ 80.9)

หมายเหตุ ค่าตัวคูณได้จากการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็น (CLTD) ในช่วงเวลาสูงสุด (PEAK) ของมวลสารวัสดุมุงหลังคาแต่ละชนิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ข้อมูลการหาค่าภาระการทำความเย็นของหลังคาที่เกิดขึ้นต่อพื้นที่ใช้ งานที่มีการปรับอากาศ 1 ตารางฟุต

1. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (ค่า U) ของวัสดุมุงหลังคา [ ] (จากข้อ 2)
2. ตัวคูณที่เกิดจาดมวลสารของวัสดุที่ใช้มุงหลังคา [ ] (จากข้อ 3)

ค่าภาระการทำความเย็น (ค่าq) ของหลังคาต่อพื้นที่ 1 ตารางฟุต = [ค่าจากข้อ 2] x 1 x [ค่าจากข้อ 3]

ค่าภาระการทำความเย็นจากวัสดุมุงหลังคาขึ้นต่อพื้นที่ใช้งานภายในอาคาร

ที่มีการปรับอากาศ1 ตารางฟุตเท่ากับ [ ] Btu/hr.-ft^2

4. ข้อมูลการหาค่าอัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาต่อพื้นที่ใช้งานที่มีการปรับอากาศ

$$\frac{\textbf{ขนาดพื้นที่ของหลังคาอาคาร}\ [\text{จากข้อ 1.2}]}{\textbf{ขนาดพื้นใช้งานภายในอาคาร}\ [\text{จากข้อ 1.1}]}$$

ค่าอัตราส่วนพื้นที่ผิวของหลังคาต่อพื้นที่ใช้งานภายในอาคาร [ ]

5. ข้อมูลการหาค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้งานที่มีการปรับอากาศภายในอาคาร

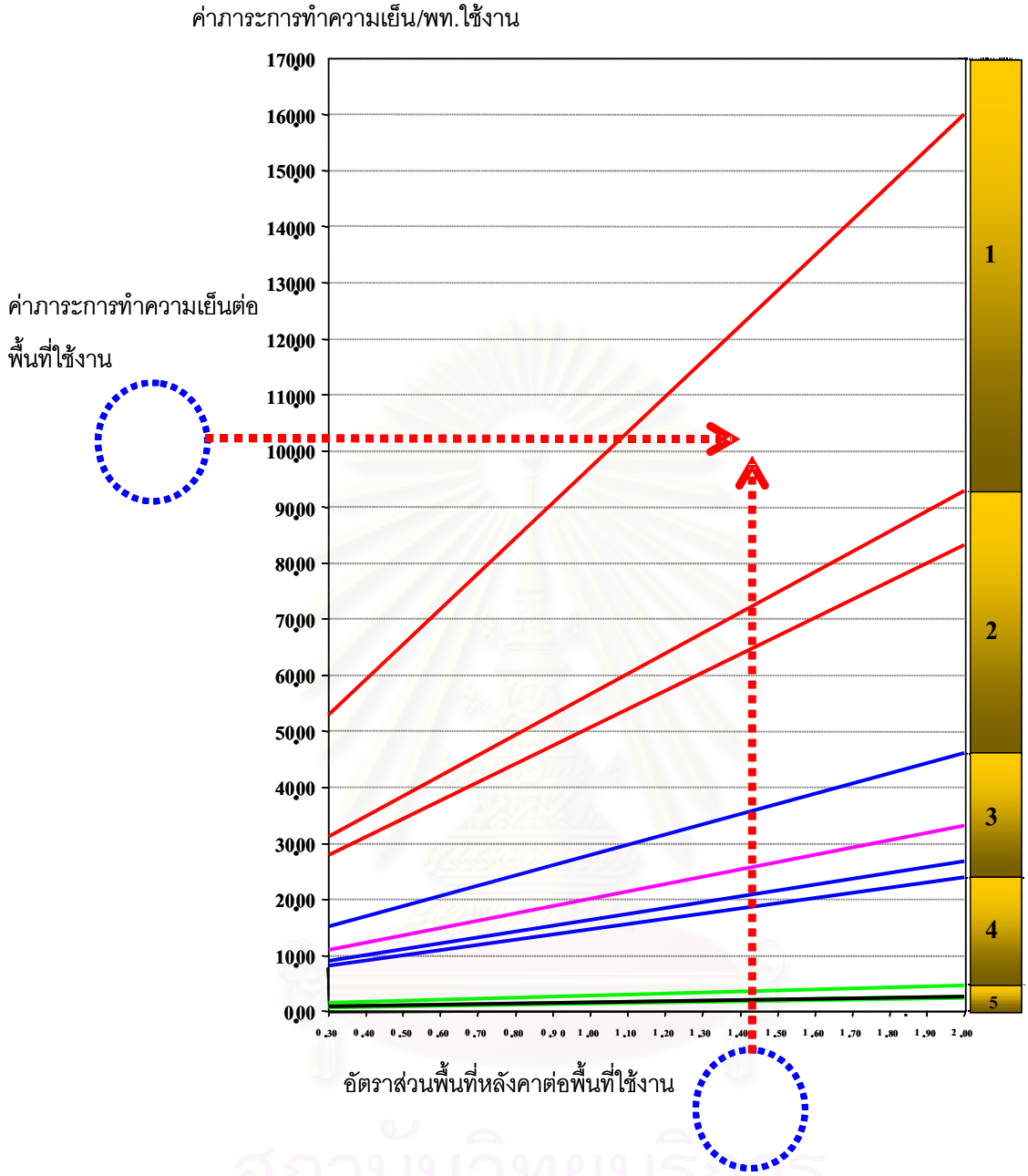
ค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ 1 ตารางฟุต [จากข้อ 4] คูณกับ

อัตราส่วนพื้นที่หลังคาต่อพื้นที่ใช้งานภายในอาคาร [จากข้อ 5]

สรุปค่าภาระการทำความเย็น (ค่าq) ต่อพื้นที่ใช้งานภายในอาคาร

ที่มีการปรับอากาศเท่ากับ [ ] Btu/hr-ft^2 **(พท.ใช้งาน)**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4 แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพของหลังคาอาคาร

6. ระดับศักยภาพพื้นบ้านพักอาศัยปรับอากาศ

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

4. แบบประเมินส่วนพื้น (Floor)

เติมรายละเอียดระบบการก่อสร้างพื้นของอาคารในช่องว่างที่กำหนด เพื่อหาประสิทธิภาพของพื้นอาคาร โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นคือ ฉนวนกันความร้อนที่จะยื่นลงในดินเพื่อกันความร้อนจากผิวดิน การเทลีนคอนกรีตและแผ่นกันความชื้นเพื่อกันความชื้นจากดินและสร้างปัญหาให้กับโครงสร้างเหล็กของพื้นด้วย รายละเอียดของแบบประเมินพื้นแสดงดังนี้ (ปิยชาติ แก้วแดง, 2546)

1. ระบบก่อสร้างพื้นอาคาร

ตารางที่ 6 แสดงคะแนนในแต่ละระบบของพื้นอาคาร

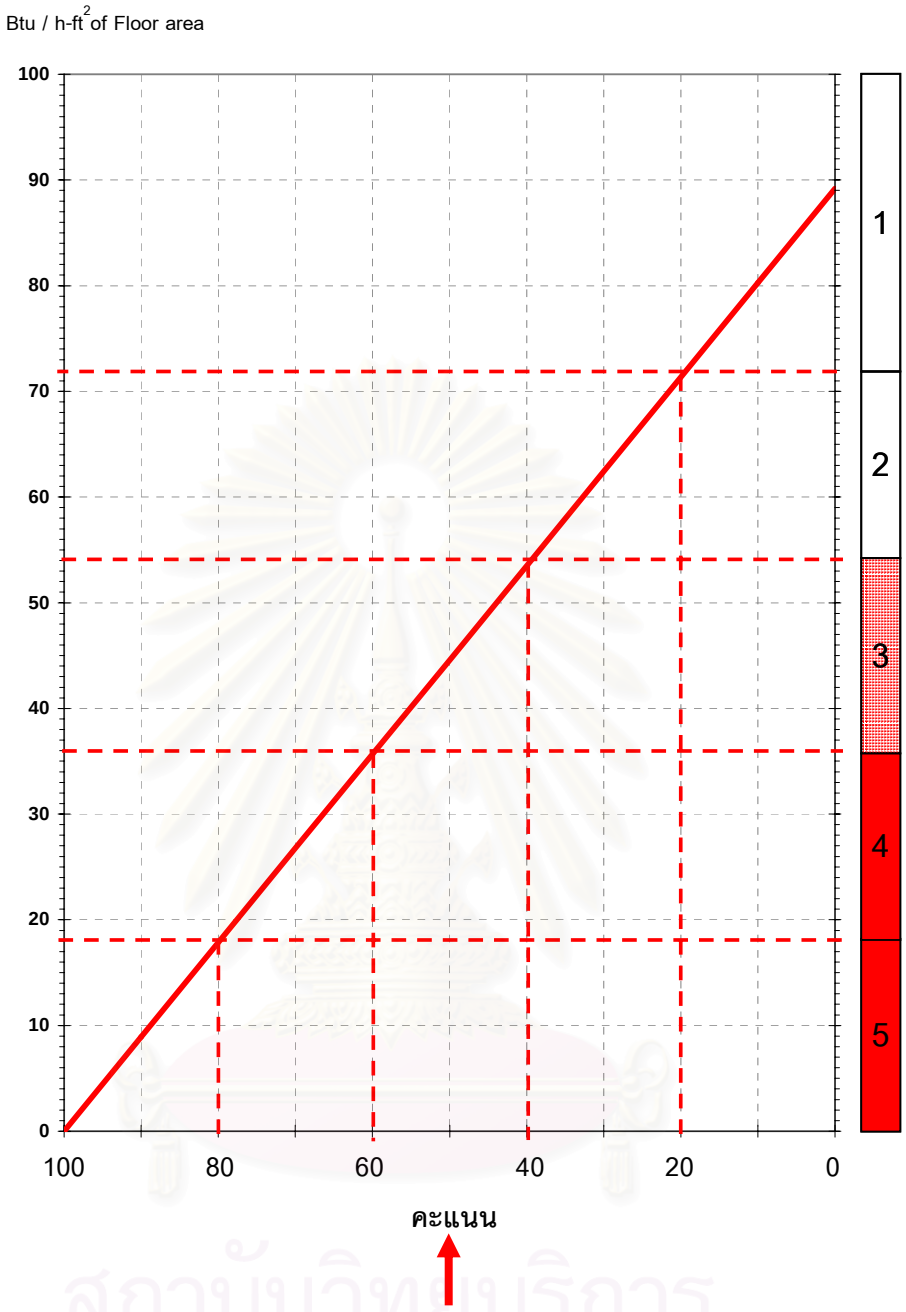
ชนิดพื้นอาคาร	คะแนน
- พื้นคอนกรีตปูกระเบื้อง	☐ 5
- พื้นคอนกรีตปูกระเบื้องยาง	☐ 4
- พื้นคอนกรีต (ธรรมดา)	☐ 3
- พื้นคอนกรีตปูพรม	☐ 2
- พื้นไม้	☐ 1

ตารางที่ 7 แสดงตัวคูณคะแนนค่าน้ำหนักของพื้นอาคาร

คะแนน	วัสดุกันความร้อน		วัสดุกันความชื้น	
		ตัวคูณ		ตัวคูณ
	-ฉนวนกันความร้อน + TP 60	5	- เทลีนคอนกรีต + แผ่นกันชื้น	4
	-ฉนวนกันความร้อน	4	- แผ่นกันชื้น	3
	- พื้นคอนกรีตทั่วไป	3	- พื้นคอนกรีตทั่วไป	2

คูณคะแนน **คูณคะแนน**

คะแนน



แผนภูมิที่ 5 แสดงเกณฑ์การประเมินพื้นอาคารปรับอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ระดับศักยภาพพื้นบ้านพักอาศัยปรับอากาศ

1	2	3	4	5
เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5

5. แบบประเมินส่วนการสะสมความร้อนของวัสดุ (Heat Storage)

การประเมินในส่วนนี้จะเป็นการกรอกข้อมูลด้านพื้นที่และวัสดุก่อสร้างอาคาร ได้แก่ ชนิดผนัง ชนิดฝ้าเพดาน และชนิดของพื้นอาคาร นำมาหาค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากกราฟความสัมพันธ์ เพื่อชี้วัดถึงระดับศักยภาพของอาคารปรับอากาศด้านการสะสมความร้อน (สมพงษ์ เหยียบสูญ, 2546)

1. การใช้แบบประเมินค่าการสะสมความร้อนของวัสดุ

แบบประเมินฝ้าเพดานอาคาร				
ชนิดฝ้า	พื้นที่ (A) m^2	พื้นที่พื้น(Au) m^2	อัตราส่วน A/Au	พลังงาน Load/Au
1				
2				
3				
4				
5				
			รวม	Btu/m^2

ตารางที่ 8 แสดงรายละเอียดข้อมูลของฝ้าเพดาน

แบบประเมินพื้นอาคาร				
ชนิดพื้น	พื้นที่ (A) m^2	พื้นที่พื้น(Au) m^2	อัตราส่วน A/Au	พลังงาน Load/Au
1				
2				
3				
4				
5				
			รวม	Btu/m^2

ตารางที่ 9 แสดงรายละเอียดข้อมูลพื้นอาคาร

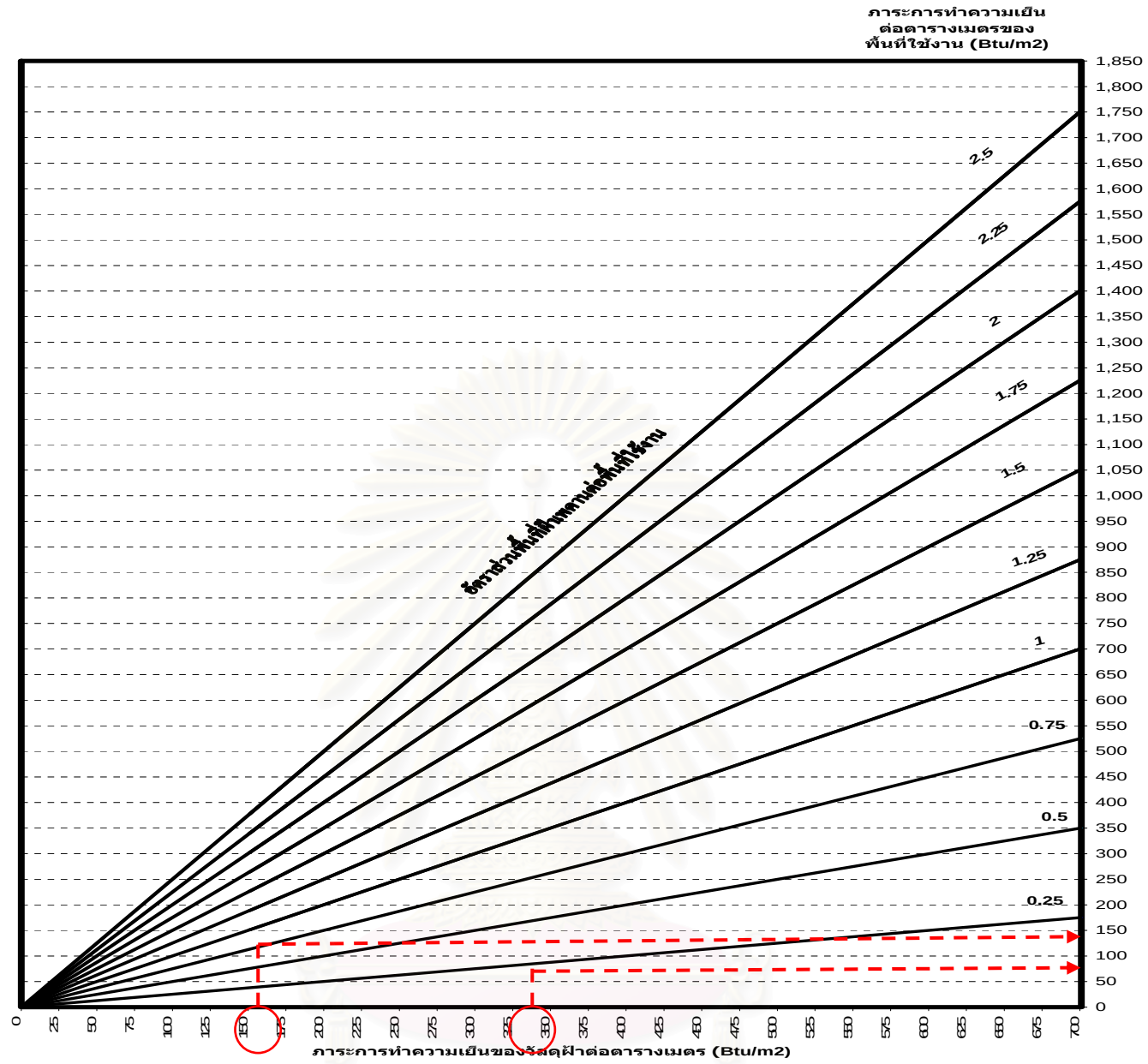
ตารางที่ 10 แสดงรายละเอียดผนังอาคาร

แบบประเมินผนังอาคาร				
ชนิดผนัง	พื้นที่ (A) m^2	พื้นที่พื้น(Au) m^2	อัตราส่วน A/Au	พลังงาน Load/Au
1 2 3 4 5				
			รวม	Btu/m^2

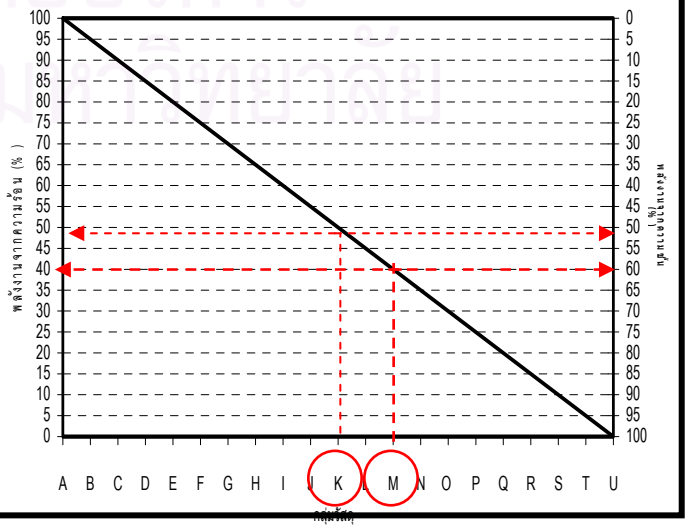
2. ระดับศักยภาพด้านการสะสมความร้อนของบ้านพักอาศัยปรับอากาศ

1	2	3	4	5
มากกว่า 4800 Btu/m2	2901-4800 Btu/m2	1501-2900 Btu/m2	701-1500 Btu/m2	น้อยกว่า 700 Btu/m2

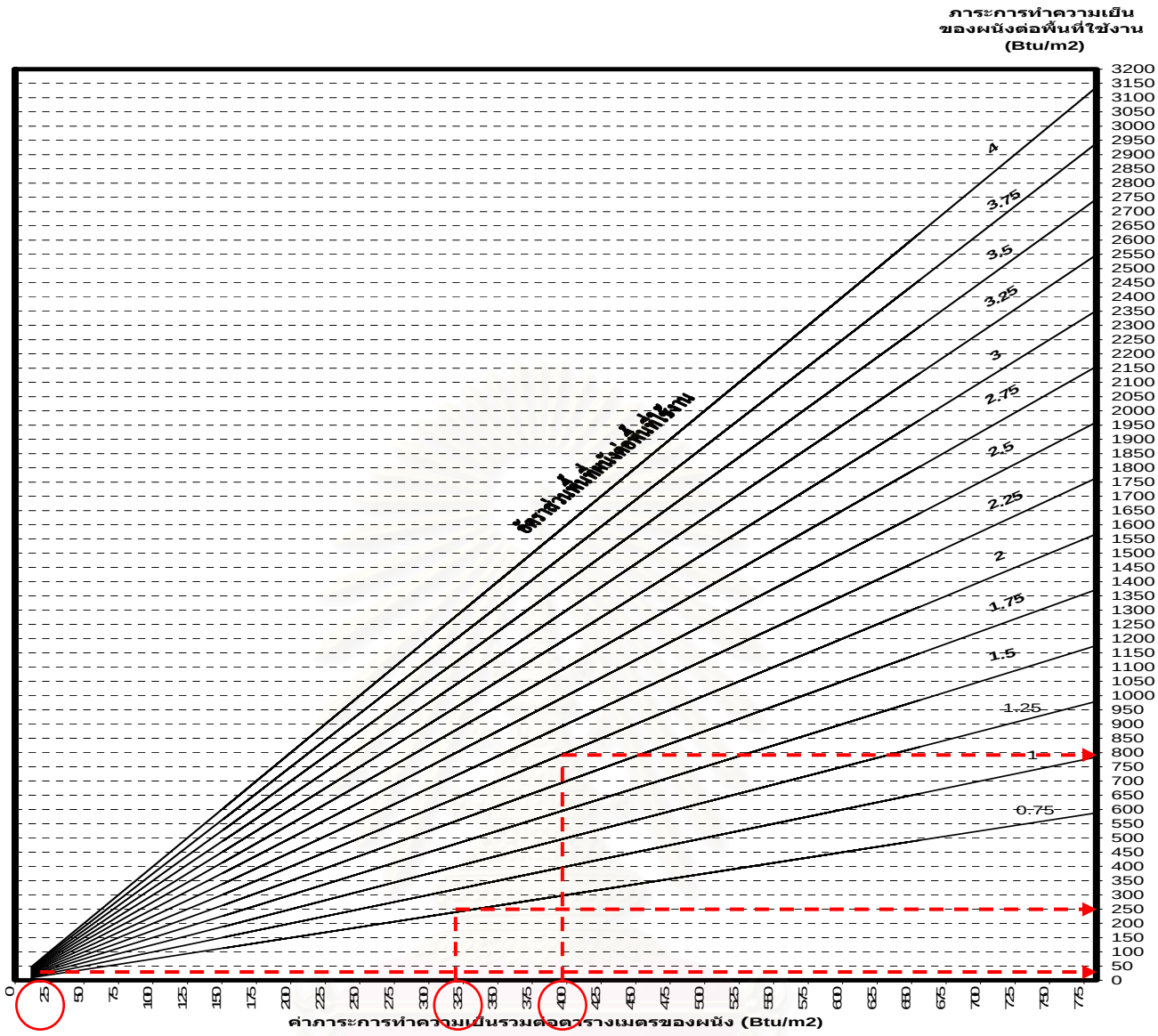
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กลุ่มฝ้า	ชนิดฝ้าเพดาน	ภาระการทำความเย็น Btu/m2
K	แผ่นยิปซั่ม	151.00
E	แผ่นไม้อัด	299.00
P	แผ่นไม้เนื้ออ่อน	324.00
M	แผ่นไม้เนื้อแข็ง	328.00
Q	แผ่นอะคูรูสติก (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

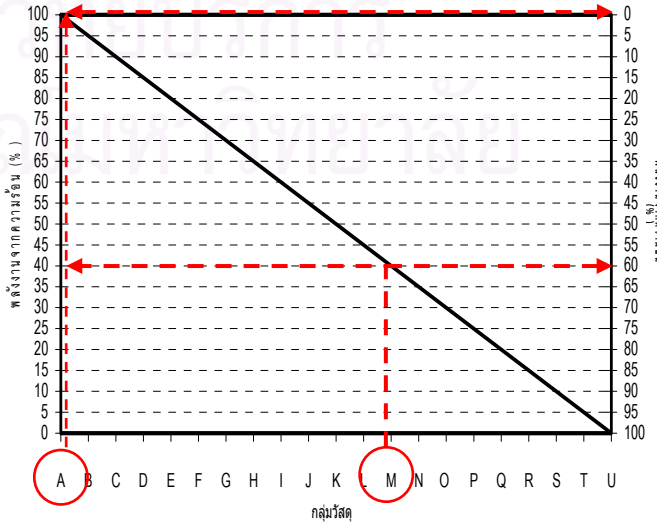


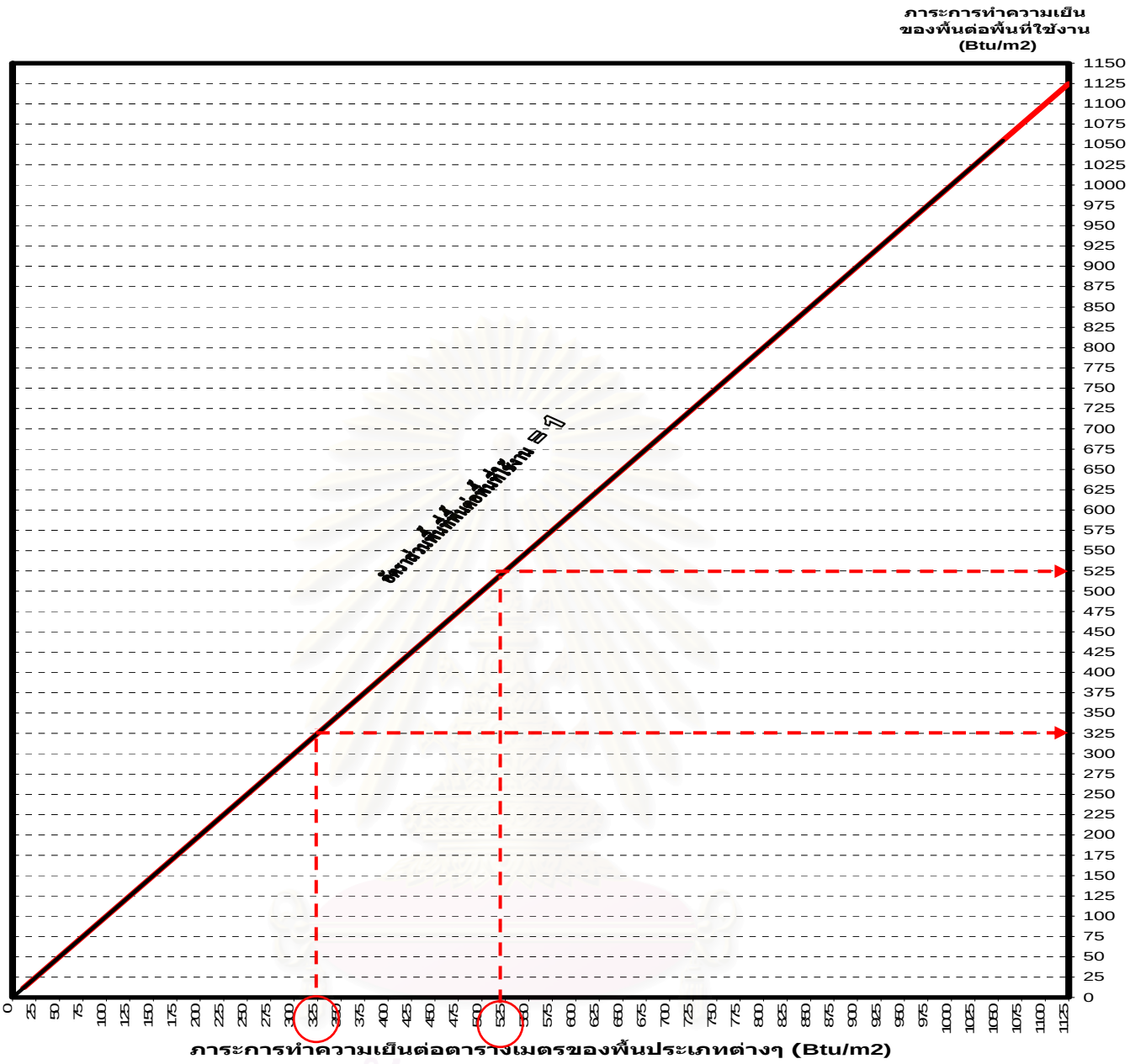
แผนภูมิที่ 6 แสดงเกณฑ์คะแนนในส่วนฝ้าเพดานอาคาร



แผนภูมิที่ 7 แสดงเกณฑ์คะแนนในส่วนพื้นอาคาร

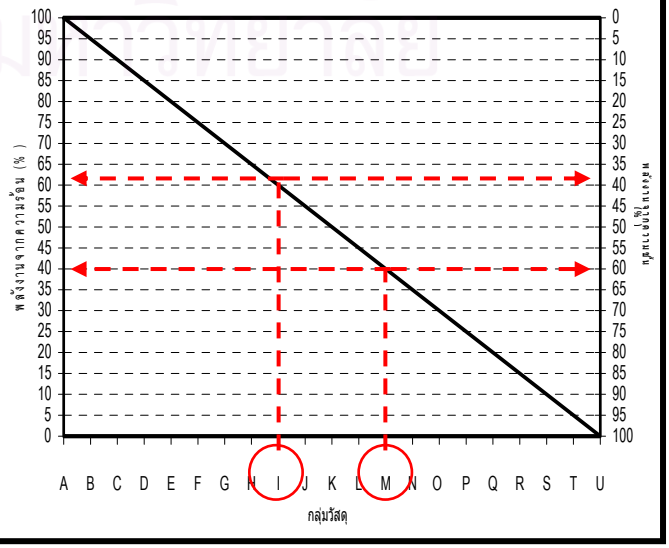
กลุ่มผนัง	ชนิดผนัง	Load (Btu/m2)
A	กระจก	12
	บล็อคแก้ว	24
	โลหะ	73
I	คสล. 4 นิ้ว	351
K	ผนังยิปซั่ม	151
M	ไม้เนื้อแข็ง 1ชั้น/2ชั้น	328/656
	ก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว	392
	ก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว	784
O	ผนังระบบ EIFS	292
P	ผนังไม้เนื้ออ่อน 1ชั้น/2ชั้น	324/658
Q	คอนกรีตบล็อค 4 นิ้ว	347
	ผนังไม้อัด 4 มม.1ชั้น/2ชั้น	299/598
S	ผนังมวลเบา 4 นิ้ว	421

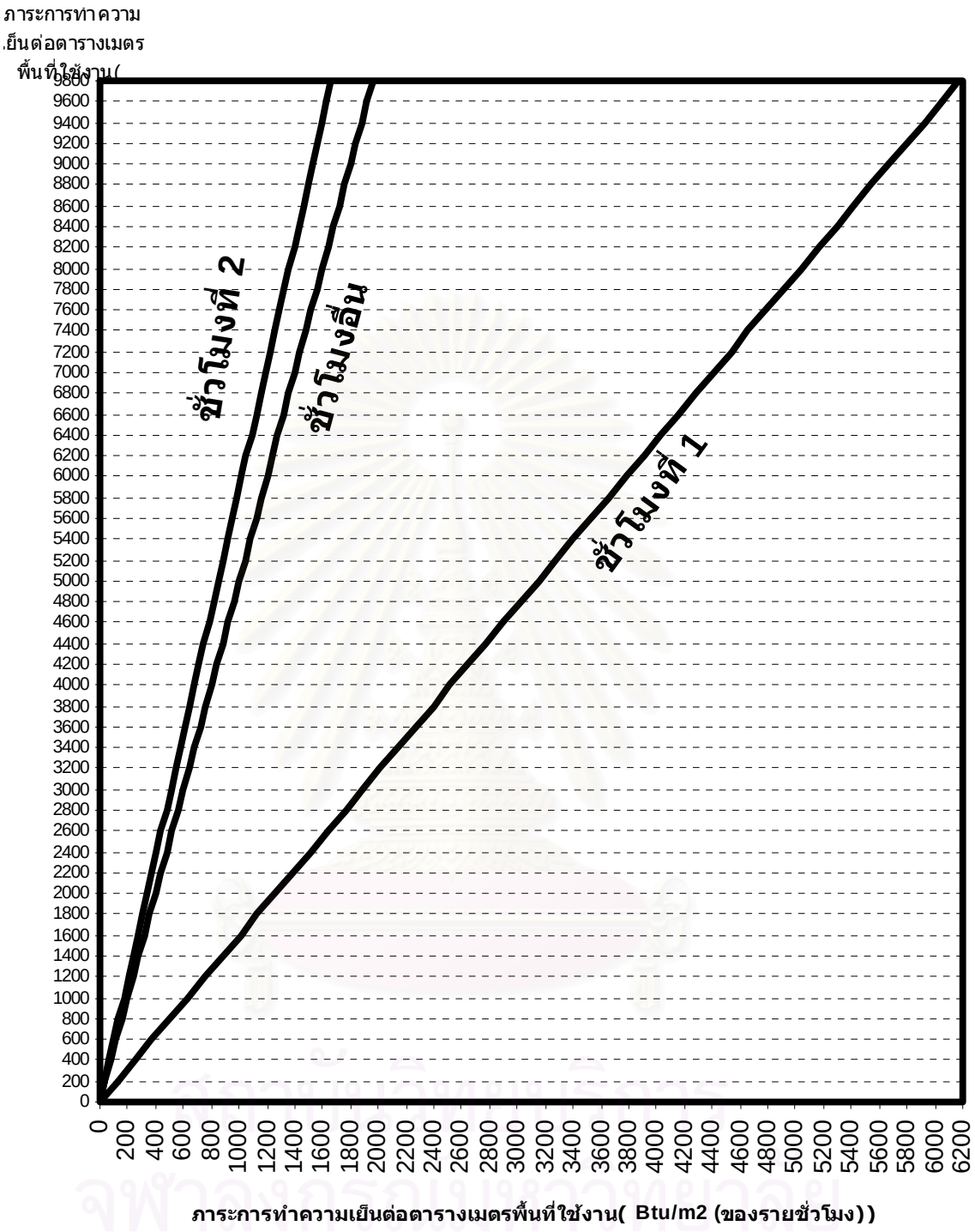




แผนภูมิที่ 8 แสดงเกณฑ์คะแนนในส่วนผนังอาคาร

กลุ่มพื้น	ชนิดพื้น	ภาระการทำความเย็น Btu/m2
A	พื้นกระจก	24
A	พื้นบล็อคแก้ว	50
A	พื้นเหล็กหนา 5 มม.	182.5
M	พื้นไม้เนื้อแข็งหนา 2 ซม.	328
I	พื้น คสล. หนา 4 นิ้ว	352
I	พื้น คสล. หนา 6 นิ้ว	527
I	พื้น คสล. หนา 8 นิ้ว	702
I	พื้น คสล. หนา 12 นิ้ว	1055





แผนภูมิที่ 9 แสดงภาระการทำความเย็นเนื่องจากการสะสมความร้อนของวัสดุก่อสร้าง

โดยการนำค่าภาระการทำความเย็นรวมทั้งหมด มาดูค่าที่แกนตั้ง จากนั้นลากเส้นตัดกับเวลาชั่วโมงที่เราต้องการทราบภาระการทำความเย็นก็จะได้ค่าภาระการทำความเย็นในชั่วโมงต่างๆออกมา ตัดแกนเวลาที่ชั่วโมงที่ 1 ที่ 2 และชั่วโมงที่เหลือ

6. แบบประเมินส่วนการรั่วซึมของอากาศ (Infiltration)

แบบประเมินศักยภาพในส่วนการรั่วซึมของอากาศ โดยการกรอกข้อมูลตามแบบก่อสร้างอาคารตามรายละเอียดในตาราง (สมพงษ์ นามทวีสุข, 2546)

ตารางที่ 11 แสดงค่าภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการรั่วซึมของอากาศ

ผนัง+ประตู-หน้าต่าง	พลังงานรวม (บีทียู/สัดส่วนเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย)
ซ้อนเกล็ด+กระจกเปลือย	30204.57
ซ้อนเกล็ด+บานเกล็ด	28996.38
ซ้อนเกล็ด+บานเปิด	25371.84
ซ้อนเกล็ด+บานเลื่อน	20368.42
ซ้อนเกล็ด+บานติดตาย	20289.87
ไม้อัด+กระจกเปลือย	12132.59
มวลเบา+กระจกเปลือย	11424.07
ไม้อัด+บานเกล็ด	10924.4
ก่ออิฐ+กระจกเปลือย	10880.43
EIFS+กระจกเปลือย	10877.33
มวลเบา+บานเกล็ด	10215.88
ก่ออิฐ+บานเกล็ด	9672.24
EIFS+บานเกล็ด	9669.14
ไม้อัด+บานเปิด	7299.86
มวลเบา+บานเปิด	6591.34
ก่ออิฐ+บานเปิด	6047.7
EIFS+บานเปิด	6044.6
ไม้อัด+บานเลื่อน	2296.44
ไม้อัด+บานติดตาย	2217.89
มวลเบา+บานเลื่อน	1587.92
มวลเบา+บานติดตาย	1509.37
ก่ออิฐ+บานเลื่อน	1044.28
EIFS+บานเลื่อน	1041.18
ก่ออิฐ+บานติดตาย	965.73
EIFS+บานติดตาย	978.68

ตารางที่ 12 แสดงตารางกรอกรายละเอียดในแบบประเมินการรั่วซึมของอากาศ

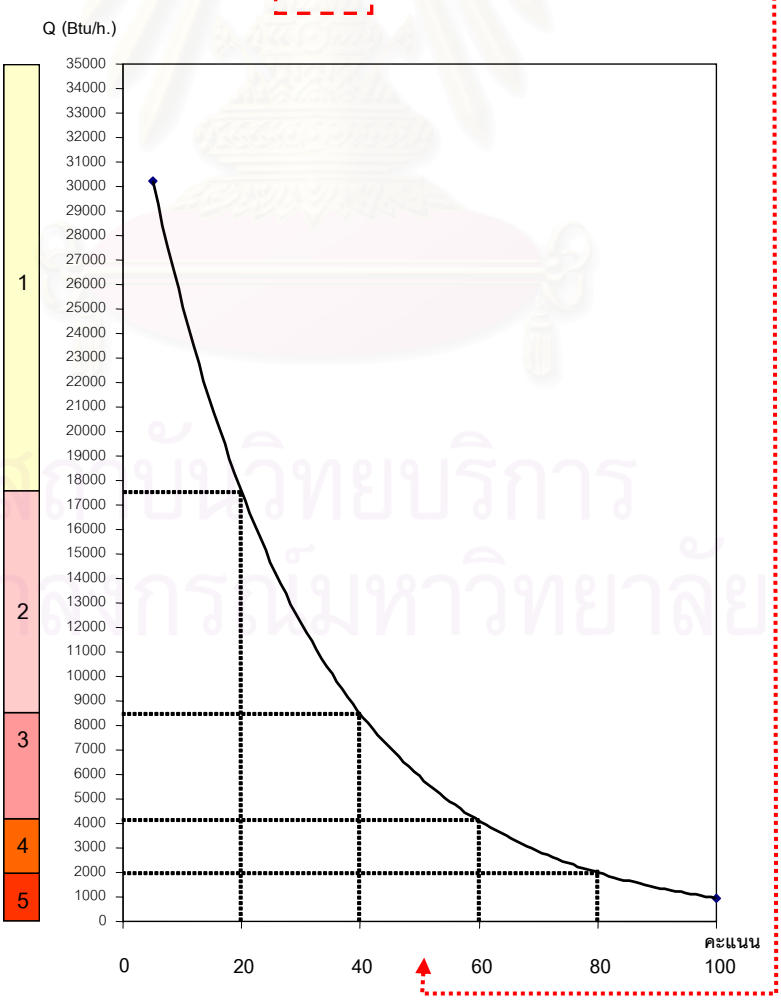
ประตู-หน้าต่าง	ทิศ N		ทิศ NE		ทิศ E		ทิศ SE		ทิศ S		ทิศ SW		ทิศ W		ทิศ NW		TOTAL	TOTAL
	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)
กระจกเปลือย																		
บานเกล็ด																		
บานเปิด																		
บานเลื่อน																		
ช่องแสงติดตาย																		
รวม																		

ผนัง	ทิศ N		ทิศ NE		ทิศ E		ทิศ SE		ทิศ S		ทิศ SW		ทิศ W		ทิศ NW		TOTAL	TOTAL
	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)	A/F	Q.(Btu.)
ไม้ตีซ้อนเกล็ด																		
ไม้อัด 2 ด้าน																		
คอนกรีตมวลเบา																		
ก่ออิฐ																		
EIFS																		
รวม																		

A/F = พื้นที่ประตู-หน้าต่าง หรือผนัง / พื้นที่ใช้สอยที่มีการปรับอากาศ, Q = พลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึม

ผลรวมพลังงานที่สูญเสียจากการรั่วซึมผ่านประตู-หน้าต่างและผนัง		

ระดับประสิทธิภาพการป้องกันการรั่วซึมของอากาศของอาคาร



แผนภูมิที่ 10 แสดงเกณฑ์การประเมินการรั่วซึมของอากาศ

7. แบบประเมินส่วนการออกแบบรูปทรง (Form)

กรอกข้อมูลของแบบอาคารปรับอากาศลงในช่องว่าง เพื่อทำการประเมินค่าศักยภาพการออกแบบรูปทรงอาคาร ตามลำดับ (ปิยชาติ แก้วแดง, 2546)

1. ข้อมูลรายละเอียดอาคาร

พื้นที่ (**ตารางเมตร**)

พื้นที่ใช้สอยภายในส่วนปรับอากาศ

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
พื้นที่ผนังทึบ								
พื้นที่กระจก								

พื้นที่หลังคา

อัตราส่วนพื้นที่ต่อใช้สอยภายในส่วนปรับอากาศ

อัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบต่อพื้นที่ใช้สอยภายในส่วนปรับอากาศ

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW

อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ใช้สอยภายในส่วนปรับอากาศ

อัตราส่วนหลังคาต่อพื้นที่ใช้สอยภายในส่วนปรับอากาศ

อัตราส่วนเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในส่วนปรับอากาศ

2. ข้อมูลวัสดุอาคาร

วัสดุ

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
ผนังทึบ								
ค่า U Btu/h-ft^2 ^{o}F								
กลุ่มของผนังทึบ (Type)								
กระจก								
ค่า U Btu/h-ft^2 ^{o}F								
ค่าSC								

หลังคา

ค่า U Btu/h-ft^2 ^{o}F

กลุ่มของหลังคา (Type)

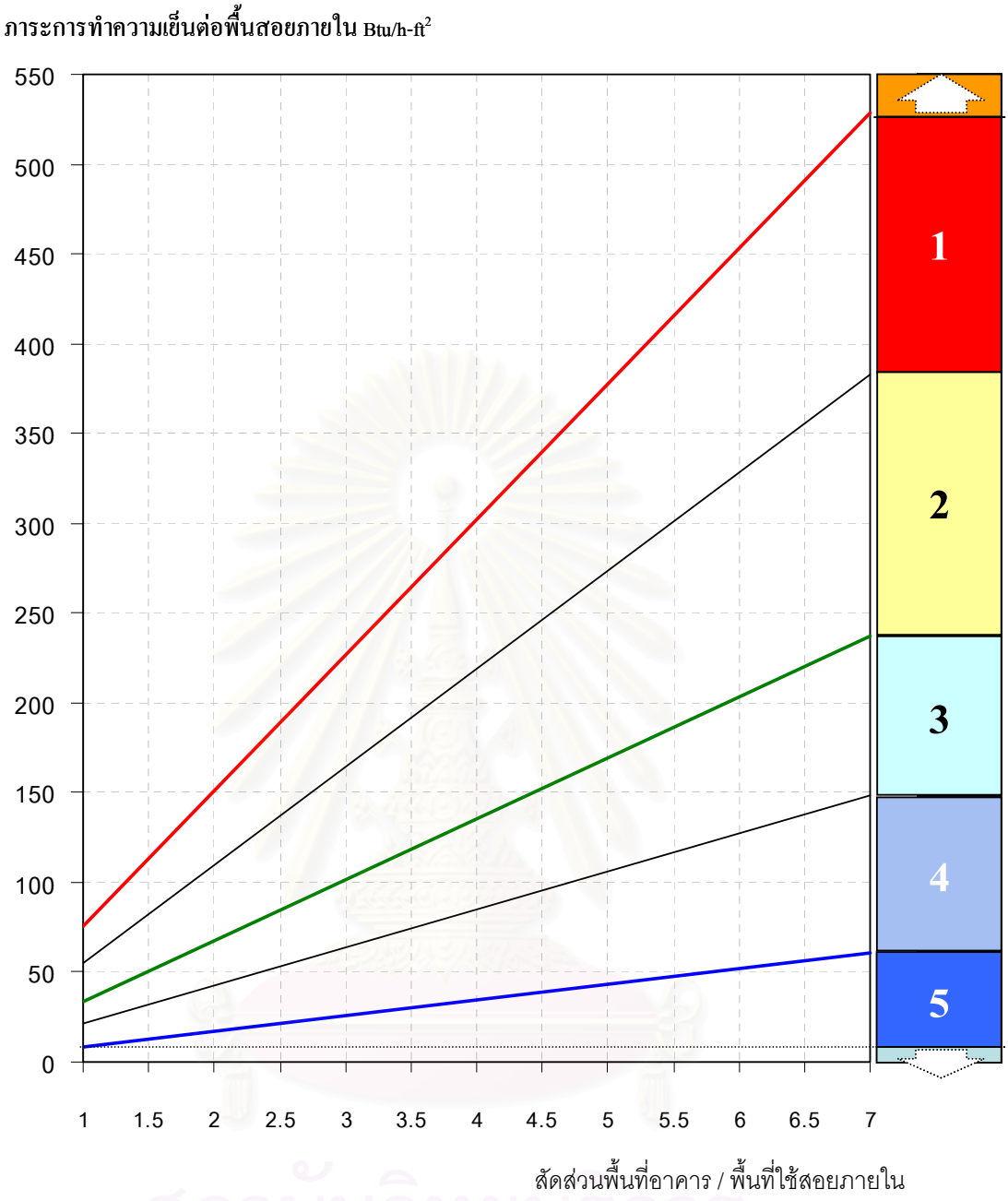
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. **ค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในอาคาร**

ค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้สอยภายในส่วนปรับอากาศ

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
ผนังทึบ Btu/h-ft^2 **พื้นที่ใช้สอยภายในส่วนปรับอากาศ**								
กระจก Btu/h-ft^2 **พื้นที่ใช้สอยภายในส่วนปรับอากาศ**								
การนำความร้อน								
Btu/h-ft^2 **พื้นที่ใช้สอยภายในส่วนปรับอากาศ**								
การแผ่รังสี								
หลังคา Btu/h-ft^2 **พื้นที่ใช้สอยภายในส่วนปรับอากาศ**								
.....								
ผลรวม Btu/h-ft^2 **พื้นที่ใช้สอยภายในส่วนปรับอากาศ**								

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



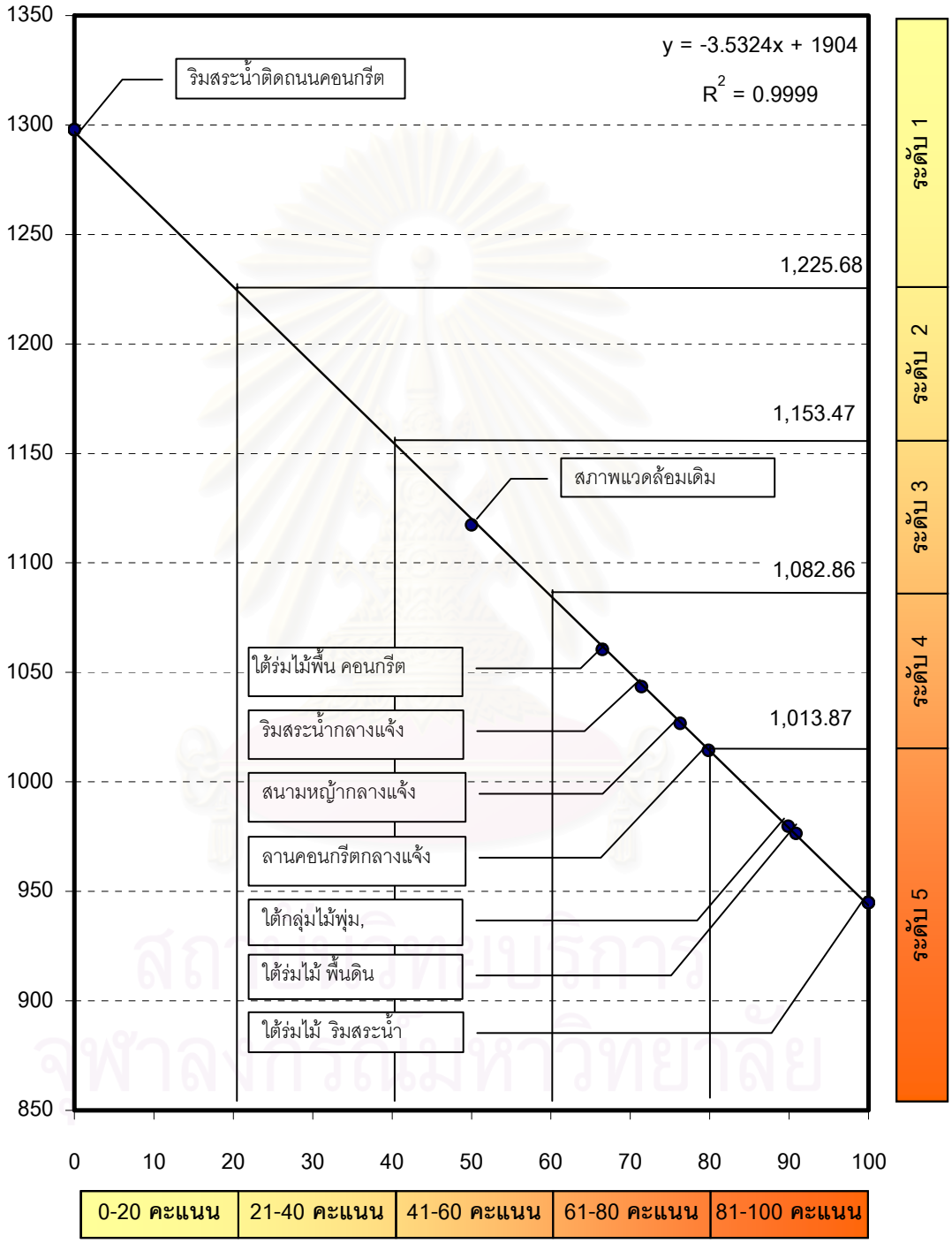
แผนภูมิที่ 11 แสดงเกณฑ์การประเมินรูปทรงอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ระดับศักยภาพของรูปทรงอาคาร

1	2	3	4	5

8. แบบประเมินส่วนสภาพแวดล้อมอาคาร (Microclimate)



แผนภูมิที่ 12 การกำหนดระดับคะแนนจากสภาพภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติโดยรอบอาคาร ที่มีการปรุงแต่งโดยองค์ประกอบทางธรรมชาติที่ต่างกัน สำหรับอาคารปรับอากาศภาคกลางหรือภาคตะวันออก

แบบประเมินสภาพแวดล้อมของอาคารปรับอากาศ

สถานที่ตั้ง :	ศักยภาพเดิม (เปอร์เซ็นต์)
☐ ภาคเหนือ	100.00
☐ ภาคกลาง หรือภาคตะวันออก	0.00
☐ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	62.90
☐ ภาคใต้	24.53

สภาพแวดล้อมส่วนใหญ่โดยรอบอาคาร :	ระดับคะแนน
☐ สภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบอาคารมีกลุ่มไม้พุ่ม	5
☐ สภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบอาคารมีร่มไม้ อยู่ใกล้แหล่งน้ำ	5
☐ สภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบอาคารมีร่มไม้ พื้นดินหรือมีหญ้าคลุมดิน	5
☐ สภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบอาคารมีร่มไม้ พื้นคอนกรีต	4
☐ สภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบอาคารไม่มีร่มไม้ อยู่ใกล้แหล่งน้ำ	4
☐ สภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบอาคารไม่มีร่มไม้ พื้นดินหรือมีหญ้าคลุมดิน	4
☐ สภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบอาคารไม่มีร่มไม้ พื้นคอนกรีต	4
☐ สภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบอาคารไม่มีร่มไม้ อยู่ใกล้แหล่งน้ำ ติดถนนคอนกรีต	1
☐ สภาพแวดล้อมเดิม (ไม่มีการปรับสภาพแวดล้อม)	3

ระดับคะแนน..... ☐

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล	กัมปนาท กระภูชัย
ปีเกิด	18 ตุลาคม พ.ศ. 2521
2545 – ปัจจุบัน	นิสิตปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2544 – 2545	สถาปนิก บริษัท ซีพียู พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป จำกัด
2539 – 2544	สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2539	จบมัธยมศึกษา ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนจังหวัดอุดรธานี
2537 – 2539	มัธยมศึกษา โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล จ.อุดรธานี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย