

แนวทางการสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของหลังคาอาคารในภูมิภาคเขตร้อนชื้น



ว่าที่ร้อยตรีสรวิศ จิตต์เจริญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5247-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR ROOF
OF BUILDING IN HOT-HUMID CLIMATE

Acting2Lt. Saravut Chitcharoen



ศูนย์วิทยทรัพยากร
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 974-17-5247-4

ศราวุธ จิตต์เจริญ : แนวทางการสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของหลังคาอาคารในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. (AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR ROOF OF BUILDINGS IN A HOT-HUMID CLIMATE) อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บุญนากาญจน์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ, จำนวน 212 หน้า. ISBN 974-17-5247-4.

หลังคามีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นในปริมาณที่สูงมากในอาคารปรับอากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อตรงต่อการใช้พลังงานของอาคาร การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารของหลังคา และนำมาสร้างเป็นดัชนีในการประเมินประสิทธิภาพของหลังคาอาคารบ้านพักอาศัยในกรณีที่มีการปรับอากาศ

การวิจัยนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่เกี่ยวกับพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านทางหลังคา และตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของอาคารปรับอากาศ โดยเลือกหลังคาที่มีการใช้กันอยู่ทั่วไปมาเป็นที่ศึกษา นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาสร้างเป็น 5 ระดับคะแนน โดยหลังคาที่มีศักยภาพในการประหยัดพลังงานต่ำสุดมีค่าระดับคะแนน 1 จนถึงหลังคาที่มีศักยภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุดมีค่าระดับคะแนน 5 ผลจากการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นที่เกิดจากหลังคามากที่สุด คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน รองลงมา คือ ลักษณะโครงสร้างของหลังคา และการติดตั้งระบบฉนวนกันความร้อนในช่องใต้หลังคา ตามลำดับ

ผลจากการทดสอบแบบประเมินประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของหลังคาที่บ้านพักอาศัยทั่วไปพบว่า มีค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้สอยอยู่ระหว่าง 21.96 Btu/hr-ft² ถึง 26.32 Btu/hr-ft² มีค่าระดับคะแนนตั้งแต่ 3 ถึงระดับคะแนน 1 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานต่ำ ส่วนหลังคาของบ้านพักอาศัยที่คำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุผนังหลังคา และการออกแบบเพื่อเน้นการประหยัดพลังงาน พบว่ามีค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้สอยอยู่ที่ 1.20 Btu/hr-ft² ถือว่ามีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุด

ผลที่ได้จากการทดสอบแบบประเมินที่สร้างขึ้นกับอาคารบ้านพักอาศัยดังกล่าว พบว่าหลังคาที่ดีที่สุดคือหลังคาที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ มีการติดตั้งฝ้าเพดานกับฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันการแผ่รังสีความร้อนอย่างถูกวิธีและมีอัตราส่วนพื้นที่หลังคาต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำ ดังนั้นในการเลือกใช้หลังคาของอาคารให้เหมาะสมกับประเทศไทยจำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุที่มีความต้านทานความร้อนสูง และการออกแบบติดตั้งระบบฉนวนกันความร้อนที่ถูกต้อง ก็จะช่วยในการลดภาระการทำความเย็นให้กับระบบปรับอากาศลงได้

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม
ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อ.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ปรึกษาร่วม.....

457 42051 25 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: HEAT TRANSFER / ROOFING / INSULATION / ANGLE FACTOR / ENERGY CONSERVATION

SARAVUT CHITCHAROEN : AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR ROOF OF BUILDINGS IN A HOT-HUMID CLIMATE. THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR Dr. VORASUN BURANAKARN, THESIS CO-ADVISOR : PROFESSOR Dr. SOONTORN BOONYATIKARN, 212 pp. ISBN 974-17-5247-4.

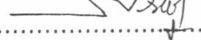
A significant portion of cooling load in air-conditioned buildings in Thailand is due to roofing construction and materials, which affect directly on energy consumption. This research was aimed at studying variables of residential roofing that influent energy consumption of residences. These would lead to weighting of each variable, then formulating indices for efficiency evaluation of the residence roof in air-conditioned buildings.

The research procedure started at studying the influence of variables on heat transfer through residential roofs and other cooling load factors. Typical roof constructions were evaluated to conduct evaluation scale of energy conservation index. Scale 1 to 5 were assigned. Level 1 indicates the lowest energy efficiency while level 5 means the highest energy saving potential. It was found that heat transfer coefficient (U-Value) was the most significant factor of cooling load from roof while roof construction and attic insulation were less significant.

The proposed energy conservation index for roof was tasted on two samples. It was found that the cooling load values in typical roofs ranged from were 21.96 Btu/h-ft² to 26.32 Btu/h-ft², the ranking from no. 3 to no. 1, which had low potential for energy conservation. Meanwhile, The design of a roof with energy concern was found that the cooling load were at 1.20 Btu/h-ft², the ranking was no. 5, which had the highest potential for energy conservation.

It is concluded that low heat transfer coefficient (U-Value), proper insulation, a presence of ceiling, and the minimum ratio of roofing area to useable area were essential for designing air-conditioned buildings in terms of cooling load reduction. Thus, roof design for energy saving in Thailand should use high heat resistance materials and proper heat prevention system.

Department Architecture
Field of study Architecture
Academic year 2003

Student's signature.....

Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้โดยดี เนื่องด้วยความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสิทธิ์ บุรณากาญจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้คำปรึกษาตลอดจนข้อแนะนำต่างๆ ใน การศึกษาทำวิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำชี้แนะ และแนวทางต่างๆ อัน เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาในการให้คำแนะนำแนวทางในการศึกษาจาก ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร คุณรุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ และคุณชญาณิน จิตรานุเคราะห์ ทั้งนี้รวมถึงเพื่อนร่วมรุ่นทุกๆ ท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจ ทำยที่สุดขอ ขอบคุณทุกคนในครอบครัวที่ให้กำลังใจ และความห่วงใยตลอดเวลา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 ความสำคัญของการวิจัย.....	4
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	6
1.5 ระเบียบวิธีการวิจัย.....	7
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	10
บทที่ 2 งานทฤษฎีและวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนทางหลังคา.....	11
2.1.1 อิทธิพลจากดวงอาทิตย์.....	12
2.1.2 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคา.....	14
2.2 คุณสมบัติการแผ่รังสีความร้อนของพื้นผิว.....	15
2.3 อิทธิพลของมวลสารต่อการถ่ายเทความร้อน.....	18
2.4 อิทธิพลจากรูปทรงและความลาดเอียงของหลังคา.....	20
2.5 การศึกษาแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
2.5.1 ประเภทของวัสดุผนังหลังคา.....	25
2.5.2 ชนิด – ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนังหลังคา.....	28
2.5.3 การเลือกใช้วัสดุผนังหลังคา.....	30
2.6 การมีระบบป้องกันการแผ่รังสีความร้อน(Radiant Barrier System) ในช่องใต้หลังคา.....	31
2.6.1 เทคนิคการใช้วัสดุ “ฉนวน” ในอาคาร.....	31

2.6.2	ข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุฉนวน.....	31
2.6.3	คุณสมบัติของฉนวนประเภทโฟม.....	33
2.6.4	ตำแหน่งการติดตั้งของฉนวนกันความร้อนและฝ้าเพดาน.....	35
บทที่ 3 การสร้างค่าระดับของตัวแปรที่ใช้สร้างดัชนี.....		38
3.1	การศึกษาชนิดของหลังคาในประเทศไทย.....	38
3.1.1	ชนิดของหลังคาที่นิยมใช้กันอยู่ในประเทศไทย.....	38
3.1.2	การคัดเลือกวัสดุฉนวนหลังคาตามลักษณะของพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน....	42
3.2	การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาและการใช้พลังงาน.....	45
3.3	การหาค่าน้ำหนักของตัวแปรในอาคารที่ติดตั้งระบบปรับอากาศ.....	59
บทที่ 4 การสร้างและทดสอบแบบประเมิน.....		100
4.1	รูปแบบของแบบประเมินประสิทธิภาพของหลังคาอาคารและวิธีใช้งาน.....	100
4.2	การทดสอบแบบประเมินประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของหลังคาอาคาร.....	110
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....		138
รายการอ้างอิง.....		144
ภาคผนวก.....		147
	ภาคผนวก ก.....	148
	ภาคผนวก ข.....	156
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....		212

ตารางที่ 2.1	แสดงคุณสมบัติในการดูดซึมและการคายรังสีจากดวงอาทิตย์ และ Far-Infrared ของวัสดุที่ต่างกันต่างๆ ที่ใช้ในอาคาร.....	17
ตารางที่ 2.2	แสดงคุณสมบัติการดูดซับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์กับการแผ่รังสีคลื่นยาวจากผิววัสดุ.....	17
ตารางที่ 2.3	แสดงคุณสมบัติเปรียบเทียบของฉนวนกันความร้อนประเภทต่างๆ.....	30
ตารางที่ 2.4	แสดงเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุฉนวน.....	32
ตารางที่ 3.1	แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนที่ผิววัสดุ (h) และค่าความต้านทานความร้อนของอากาศที่ผิววัสดุ(R).....	49
ตารางที่ 3.2	แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวมของช่องอากาศ.....	50
ตารางที่ 3.3	แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวมของช่องว่างอากาศ.....	51
ตารางที่ 3.4	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุหลังคาแต่ละชนิด.....	60
ตารางที่ 3.5	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุหลังคาแต่ละชนิด.....	68
ตารางที่ 3.6	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุหลังคาแต่ละชนิด.....	70
ตารางที่ 3.7	แสดงการปรับค่าละติจูดและเดือน.....	71
ตารางที่ 3.7	แสดงมวลของหลังคาแต่ละชนิด.....	75
ตารางที่ 3.8	แสดงค่าภาวะความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า.....	76
ตารางที่ 3.9	แสดงผลการคำนวณอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยของบ้านตัวอย่างที่คัดเลือกมาเป็นกรณีศึกษา.....	86

ภาพที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโลกและดวงอาทิตย์.....	12
ภาพที่ 2.2 แสดงการสะท้อนรังสี การดูดซึมรังสี การส่งผ่านรังสี และการคายรังสีในวัตถุที่ปัดตัน.....	15
ภาพที่ 2.3 แสดงความลาดเอียงของหลังคา กับอุณหภูมิผิวที่แตกต่างกัน.....	20
ภาพที่ 2.4 แสดงความลาดเอียงของหลังคา กับอุณหภูมิผิวที่แตกต่างกัน.....	21
ภาพที่ 2.5 แสดงความลาดเอียงของหลังคาทรงสูงที่มีมุมการแผ่รังสี กับท้องฟ้า น้อยกว่าหลังคามุมราบ.....	21
ภาพที่ 2.3 แสดงความลาดเอียงของหลังคาทรงสูงที่ช่วยลดอิทธิพล ที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนจากผิวหลังคา.....	22
ภาพที่ 2.4 แสดงการใช้ความลาดเอียงของหลังคาทรงสูง เพื่อช่วยลดความร้อน ในเวลากลางวันของเรือนไทย.....	22
ภาพที่ 2.5 แสดงรังสีตรงบนระนาบนอน และระนาบเอียง.....	23
ภาพที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Solar radiation incidence on the surface ของแต่ละมุมเอียงหลังคาในเดือนเมษายน ที่ได้จากการคำนวณ.....	24
ภาพที่ 2.10 แสดงการค่าเปรียบเทียบ R-Value ของฉนวนกันความร้อนและวัสดุต่างๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว.....	29
ภาพที่ 2.11 แสดงการติดตั้งฉนวนและการระบายอากาศในพื้นที่ใต้หลังคา.....	36
ภาพที่ 3.1 แสดงระบบหลังคาในกรณีที่ไม่มีการระบายอากาศภายในช่องว่างใต้หลังคา.....	41
ภาพที่ 3.2 แสดงระบบหลังคาในกรณีที่มีการระบายอากาศภายในช่องว่างใต้หลังคา.....	41
ภาพที่ 3.3 แสดงหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กไม่มีฝ้าเพดาน.....	43
ภาพที่ 3.4 แสดงหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กมีการติดตั้งฝ้าเพดาน.....	43
ภาพที่ 3.5 แสดงหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กมีการติดตั้งฝ้าเพดานและฉนวนกันความร้อน.....	43
ภาพที่ 3.6 แสดงหลังคาบ้านทั่วไปที่ไม่มีการติดตั้งฝ้าเพดาน.....	44
ภาพที่ 3.7 แสดงหลังคาบ้านทั่วไปที่มีการติดตั้งฝ้าเพดาน.....	44
ภาพที่ 3.8 แสดงหลังคาบ้านทั่วไปที่มีการติดตั้งฝ้าเพดานและฉนวนกันความร้อน.....	44
ภาพที่ 3.9 แสดงหลังคาบ้านประหยัดพลังงานที่มีการติดตั้งฝ้าเพดานและฉนวนกันความร้อน.....	45

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-VALUE) ของหลังคาที่ติดตั้งฝ้าเพดานแนวราบกับหลังคาที่ติดตั้งฝ้าเพดานแนวเอียง.....64

แผนภูมิที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....65

แผนภูมิที่ 3.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-VALUE) ของหลังคาแต่ละชนิด เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก.....72

แผนภูมิที่ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-VALUE) ของหลังคาไม่มีฝ้าเพดานกับหลังคามีการติดตั้งฝ้าเพดานหนา 9 มม. และหลังคามีการติดตั้งฝ้าเพดานหนา 9 มม.+ฉนวนหนา 2 นิ้ว.....73

แผนภูมิที่ 3.5 แสดงอุณหภูมิสภาพภูมิอากาศ ประจำปี 2543 จากกรมอุตุนิยมวิทยา.....78

แผนภูมิที่ 3.6 แสดงการหาค่า CLTD correction สูงสุดของวัสดุผนังหลังคาที่ไม่มีฝ้าเพดาน แต่ละประเภทจากสภาพภูมิอากาศ ประจำปี 254380

แผนภูมิที่ 3.7 แสดงค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้งาน 1 ตารางฟุตของวัสดุหลังคาที่ไม่มีฝ้าเพดานแต่ละกลุ่ม.....81

แผนภูมิที่ 3.8 แสดงการหาค่า CLTD correction สูงสุดของวัสดุผนังหลังคาที่มีฝ้าเพดาน แต่ละประเภทจากสภาพภูมิอากาศ ประจำปี 254382

แผนภูมิที่ 3.9 แสดงค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้งาน 1 ตารางฟุตของวัสดุหลังคาที่มีฝ้าเพดานแต่ละกลุ่ม.....83

แผนภูมิที่ 3.10 แสดงอัตราส่วนพื้นที่หลังคาต่อพื้นที่ใช้งานที่มีการปรับอากาศของบ้านตัวอย่างที่ทำการคัดเลือกมาเป็นกรณีศึกษา.....87

แผนภูมิที่ 3.11 แสดงการต่อแผนภูมิค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้งาน 1 ตารางฟุต คู่กับอัตราส่วนพื้นที่ใช้งานที่มีการปรับอากาศของวัสดุหลังคาที่ไม่มีฝ้าเพดานแต่ละกลุ่ม.....88

แผนภูมิที่ 3.12 แสดงการต่อแผนภูมิค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้งาน 1 ตารางฟุต คู่กับอัตราส่วนพื้นที่ใช้งานที่มีการปรับอากาศของวัสดุหลังคาที่มีฝ้าเพดานแต่ละกลุ่ม.....89

แผนภูมิที่ 3.13 แสดงการแบ่งช่วงคะแนนค่าภาระการทำความเย็น (ค่าQ) ต่อพื้นที่ใช้งานที่มีการปรับอากาศ.....98

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 3.14 แสดงสรุปค่าระดับคะแนนค่าภาระการทำความเย็น (ค่าQ) ของหลังคา ต่อพื้นที่ใช้สอยที่มีการปรับอากาศ.....	99
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็น (ค่าQ) ต่อพื้นที่ใช้งาน ที่มีการปรับอากาศ.....	115
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงสรุปค่าภาระการทำความเย็น (ค่าQ) ต่อพื้นที่ใช้งาน ที่มีการปรับอากาศ.....	116
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็น (ค่าQ) ต่อพื้นที่ใช้งาน ที่มีการปรับอากาศ.....	122
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงสรุปค่าภาระการทำความเย็น (ค่าQ) ต่อพื้นที่ใช้งาน ที่มีการปรับอากาศ.....	123
แผนภูมิที่ 4.5 แสดงการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็น (ค่าQ) ต่อพื้นที่ใช้งาน ที่มีการปรับอากาศ.....	129
แผนภูมิที่ 4.6 แสดงสรุปค่าภาระการทำความเย็น (ค่าQ) ต่อพื้นที่ใช้งาน ที่มีการปรับอากาศ.....	130
แผนภูมิที่ 4.7 แสดงสรุปค่าภาระการทำความเย็น (ค่าQ) ต่อพื้นที่ใช้งาน ที่มีการปรับอากาศ.....	137