การพัฒนาดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของกรอบอาคาร

นางสาวสุธีวัน โล่ห์สุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0662-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A METHOD TO DEVELOP AN ENVELOPE INDEX FOR ENERGY EFFICIENCY BUILDING

Miss Suteewan Lohasuwan

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 2001

ISBN 974-17-0662-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของกรอบอาคาร
โดย	นางสาวสุธีวัน โล่ห์สุวรรณ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ พิรัส พัชรเศวต)

นางสาวสุธีวัน โล่ห์สุวรรณ : การพัฒนาดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของกรอบอาคาร (A METHOD TO DEVELOP AN ENVELOPE INDEX FOR ENERGY EFFICIENCY BUILDING) อ. ที่ปรึกษา: ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ จำนวนหน้า 302 หน้า. ISBN 974-17-0662-6

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการโครงการโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จากการที่สภาพภูมิอากาศส่วนใหญ่ของปีอยู่นอกสภาวะน่าบายส่งผลให้สภาพในอาคารไม่อยู่ในสภาวะน่าสบายซึ่งไม่เหมาะสมต่อการใช้งานอาคาร จากแนวคิดที่ว่าอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานมากที่สุดคืออาคารที่ใช้ระบบธรรมชาติโดยใช้พลังงานเข้าใกล้ศูนย์ หากมีการออกแบบที่ถูกต้องจะมีความเชื่อมั่นว่าอาคารจะสามารถสร้างสภาพภายในอาคารให้อยู่ในเขตสบายได้มากขึ้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอิทธิพลของตัวแปร ลำดับต่อไปคือเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร และสุดท้ายเพื่อพัฒนาสร้างเป็นดัชนีในการประเมินประสิทธิภาพของอาคาร

การพัฒนาดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพอาคารแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ (1) ศึกษาหาอิทธิพลของตัวแปรต่อการปรุงแต่งสภาพภายในอาคารทั้งด้านความร้อน-หนาว และด้านแสงสว่าง (2) หาความสัมพันธ์ของการปรุงแต่งสภาพภายในอาคารกับตัวแปรในข้อที่ 1 และ(3) เป็นการสร้างดัชนีในการประเมินประสิทธิภาพของอาคาร

จากการวิจัยโดยการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างอาคารจำลองกับอาคารทั่วไปพบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการสภาวะสบายในอาคารและความสัมพันธ์ของตัวแปร แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้ กลุ่มตัวแปรที่ 1 ที่เกี่ยวกับปัจจัยภายนอกอาคาร เมื่อมีการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มชั่วโมงให้อยู่ในเขตสบายได้มากขึ้นประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มตัวแปรที่ 2 ที่เกี่ยวกับปัจจัยภายในอาคารและการออกแบบ โดยเทคนิคการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติและการเลือกใช้วัสดุ เมื่อมีการออกแบบที่ถูกต้องสามารถช่วยเพิ่มจำนวนชั่วโมงให้อยู่ในเขตสบายได้มากขึ้นประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ ด้านแสงสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์อย่างเหมาะสมพบว่าอาคารจำลองจะมีประสิทธิภาพด้านแสงสว่างมากกว่าอาคารทั่วไปประมาณ 4 เท่า กลุ่มตัวแปรที่ 3 สภาวะน่าสบายในระดับต่างๆของกิจกรรมการใช้งาน เมื่อมีการปรับปรุงระดับความสบายให้เหมาะสม โดยการเพิ่มขอบเขตสบายที่ไม่มีผลกระทบต่อกิจกรรมในอาคาร พบว่าสามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่สภาพภายในอาคารอยู่ในเขตสบายได้เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์

ดัชนีสำหรับประเมินประสิทธิภาพอาคารที่ได้จากการวิจัยนี้ประกอบด้วย (1) ปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร (2) ค่าระดับของขอบเขตสบาย และ (3) ค่าคะแนนในการประเมินที่แสดงประสิทธิภาพของอาคาร และเมื่อนำดัชนีที่ได้มาประเมินอาคารกรณีศึกษาพบว่าอาคารจำลองมีประสิทธิภาพประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อาคารทั่วไปมีประสิทธิภาพประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ จากการพัฒนาดัชนีสามารถนำตัวแปรที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบอาคารต่อไปในอนาคต ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากในการประเมินศักยภาพของอาคารก่อนการก่อสร้างอาคาร

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

437 42130 25: MAJOR ARCHITECTURE
KEY WORD: ENERGY EVALUATION INDEX / ENERGY EFFICIENCY BUILDING
SUTEEWAN LOHASUWAN: A METHOD TO DEVELOP AN ENVELOPE INDEX FOR ENERGY EFFICIENCY BUILDING. THESIS ADVISOR: PROFESSOR DR. SOONTORN BOONYATIKARN, 302 pp. ISBN 974-17-0662-6

This thesis is a part of an integrated group research of non-air conditioned elementary school design in the northeastern part of Thailand as a main theme. A hot humid climate mostly is not in comfort zone, which that effects the comfort zone in building. The concepts of efficiency building means building that optimize the natural asset and use nearly zero energy. It believes that from appropriate design, building will be able to create the comfort condition. Therefore, the objectives of this research are to seek the influence variables in energy consumption, to examine the relations between major factor and energy consumption, and to develop an envelope index for efficiency building.

This research attempts to develop the building efficiency index for buildings, which can be divided into three parts: first, the study of the influences on comfort conditions included thermal comfort and lighting comfort. The second part of the study examines the relationship between influenced factors. The third part focuses on the development of an index for efficiency building.

Research results from the study of two building, the simulation model, that design with efficiency building concept and the common building, showed that the influenced factors and the relationship value of these factors. First, the external factors, microclimate modification. There is the potential to increase comfort hours about 4 %. Second, internal and building designs factors, utilization of natural assets the integration between and material selection techniques can increase comfort hours up to 16 %. And the integration between natural lighting and artificial lighting in building design, can improve the lighting efficiency about 4 times. Third, the comfort level, the activities adjustment can extend the comfort zone hour almost 100%.

An efficiency-building index from this research illustrates: First energy consumption in building. Then, comfort level and the evaluation marks that show the efficiency of building. From this study showed, that the simulation model has efficiency about 75% while the common building has efficiency about 11%. Eventually, this research can be applied in the efficiency building design for the future by optimizes the proper variable to improve efficiency in building.

Department Architecture
Field of study Architecture
Academic year 2001

Student's signature สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ
Advisor's signature
Co-advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยมาด้วยดีตลอด ตลอดจนได้รับคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยครั้งนี้จาก รองศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ การวิจัยครั้งนี้ได้รับความร่วมมือในการขอใช้เครื่องมือในการวิจัยจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นอย่างดี นอกจากนี้การวิจัยครั้งนี้ยังได้รับความช่วยเหลือด้านสถานที่ในการทดลองเป็นอย่างดีจากครอบครัว วุฒิสุวรรณ และได้รับความร่วมมือในการเก็บข้อมูลภาคสนามของอาคารกรณีศึกษาจากโรงเรียนคชเผือกอนุสรณ์ และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ. ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา และครอบครัว ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา ตลอดจนรุ่นพี่ และเพื่อนร่วมรุ่น ที่ให้ความช่วยเหลือ และร่วมกันทำวิจัยร่วมในโครงการโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

สารบัญแผนภูมิ ..... ฐ

การวิจัยร่วมโครงการโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือภาษาไทย ..... ต

การวิจัยร่วมโครงการโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือภาษาอังกฤษ ..... ท

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 3

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย 5

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 9

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 12

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 13

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร 14

2.2 แนวทางการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน 17

2.3 แนวคิดในการประมาณปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร 20

2.4 ข้อกำหนดเกี่ยงกับการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร 21

2.5 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับพลังงานด้านความร้อน-หนาว 23

2.6 ปัจจัยภายนอกอาคารที่มีอิทธิพลต่อพลังงานด้านความร้อน-หนาว 24

2.7 ปัจจัยภายในอาคารที่มีอิทธิพลต่อพลังงานด้านความร้อน-หนาว 30

2.8 ปัจจัยด้านความรู้สึกร้อน-หนาวที่เหมาะสม 44

2.9 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับพลังงานด้านแสงสว่าง 50

2.10 ปัจจัยภายนอกอาคารที่มีอิทธิพลต่อพลังงานด้านแสงสว่าง 51

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.11 ปัจจัยภายในอาคารที่มีอิทธิพลต่อพลังงานด้านแสงสว่าง 52
2.12 ปัจจัยด้านแสงสว่างที่เพียงพอและเหมาะสม 56
3 วิธีดำเนินการวิจัย 59
3.1 การหาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร 59
3.2 การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรกับการใช้พลังงานในอาคาร 69
3.3 การสร้างดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงาน 69
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 71
4.1 อิทธิผลของตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร 71
4.2 ความสัมพันธ์ของตัวแปรกับการใช้พลังงานในอาคาร 141
4.3 ดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงาน 152
5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 157
5.1 สรุปผลการวิจัย 157
5.2 ข้อเสนอแนะ 164
รายการอ้างอิง 165
ภาคผนวก 168
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 302

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงค่ามาตรฐานกำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดจำแนกตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน 22

ตารางที่ 2.2 แสดง Overall heat transmission coefficient (U) and time lag characteristic data for homogeneous walls 38

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและความรู้สึกด้านความร้อนหนาว 49

ตารางที่ 2.4 แสดง IES Illuminance Category for Generic Type of Activities in Interior 56

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 1 101

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 2 102

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทั่วไป ห้องชั้นที่ 3 103

ตารางที่ 4.4 แสดงสรุปปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทั่วไป 103

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 1 104

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทดสอบ ห้องชั้นที่ 2 105

ตารางที่ 4.7 แสดงสรุปปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนทดสอบ 105

ตารางที่ 4.8 สรุปจำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้พัดลมปรับสภาพภายใน 106

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณพลังงานที่ต้องใช้พัดลมในการปรับความรู้สึกร้อน-หนาวที่พอเหมาะของอาคารเรียนทั่วไป 107

ตารางที่ 4.10 สรุปจำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้พัดลมปรับสภาพภายใน 111

ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณพลังงานที่ต้องใช้พัดลมในการปรับความรู้สึกร้อน-หนาวที่พอเหมาะของอาคารเรียนทดสอบ 112

ตารางที่ 4.12 สรุปจำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้ระบบปรับอากาศในการปรับสภาพภายใน 117

ตารางที่ 4.13 ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ของระบบปรับอากาศในการปรับความรู้สึกร้อน-หนาวที่พอเหมาะ ของอาคารเรียนทั่วไป 117

ตารางที่ 4.14 สรุปจำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศในการปรับสภาพภายใน 118

ตารางที่ 4.15 ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ของระบบปรับอากาศในการปรับความรู้สึกร้อน-หนาวที่พอเหมาะของอาคารเรียนทดสอบ 119

ตารางที่ 4.16 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายมาตรฐาน (21-27C) สำหรับอาคารเรียนทั่วไป 119

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.17 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C) สำหรับอาคารเรียนทั่วไป 120
ตารางที่ 4.18 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 C) สำหรับอาคารเรียนทั่วไป 120
ตารางที่ 4.19 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C) สำหรับอาคารเรียนทั่วไป 121
ตารางที่ 4.20 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายมาตรฐาน (21-27C) สำหรับอาคารเรียนทดสอบ 121
ตารางที่ 4.21 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C) สำหรับอาคารเรียนทดสอบ 122
ตารางที่ 4.22 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 C) สำหรับอาคารเรียนทดสอบ 122
ตารางที่ 4.23 แสดงปริมาณพลังงานด้านความร้อน-หนาว สำหรับระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C) สำหรับอาคารเรียนทดสอบ 123
ตารางที่ 4.24 แสดงปริมาณหลอดไฟที่ต้องใช้และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ในระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ของอาคารเรียนทั่วไป ตลอดเวลา 1 ปี 133
ตารางที่ 4.25 แสดงปริมาณหลอดไฟที่ต้องใช้และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ในระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ของอาคารเรียนทดสอบ ตลอดเวลา 1 ปี 134
ตารางที่ 4.26 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารกรณีศึกษาต้องใช้เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้อยู่ในระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C) 135
ตารางที่ 4.27 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารกรณีศึกษาต้องใช้เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้อยู่ในระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C) 136
ตารางที่ 4.28 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารกรณีศึกษาต้องใช้เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้อยู่ในระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 C) 137
ตารางที่ 4.29 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารกรณีศึกษาต้องใช้เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้อยู่ในระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C) 137
ตารางที่ 4.30 แสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบายเพิ่มขึ้น เมื่ออาคารทดสอบมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอก 138
ตารางที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของระบบอาคารด้านความรู้สึกร้อน-หนาว 147

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.32 แสดงการให้คะแนนกับปริมาณพลังงานที่อาคารใช้ 154

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงรูปแบบความต้องการการใช้พลังงานในอาคารสำหรับปรุงแต่งสภาพแวดล้อมภายในอาคารและคุณภาพชีวิตที่มนุษย์ต้องการ 2

รูปที่ 1.2 แสดงแนวคิดในการทำวิจัย 8

รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร (energy factor) 15

รูปที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้รับจากการออกแบบทั่วไปที่ไม่เน้นการประหยัดพลังงานทำให้สภาวะภายในอาคารร้อนกว่าอากาศภายนอก และใช้แนวความคิดใหม่ในการออกแบบที่เน้นการประหยัดพลังงาน ซึ่งทำให้สภาวะภายในอาคารเข้าใกล้เขตสบายมากที่สุด จึงทำให้ประหยัดพลังงานในการปรับสภาวะอากาศภายในให้อยู่ในระดับที่ต้องการ 19

รูปที่ 2.3 แสดงแนวคิดในการประเมินปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร 20

รูปที่ 2.4 แสดงการแผ่รังสีอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศและบนพื้นผิวโลก 26

รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ 27

รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการใช้ต้นไม้ เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็น 28

รูปที่ 2.7 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร 32

รูปที่ 2.8 การถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกเมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบ 34

รูปที่ 2.9 แสดงแหล่งที่มาของความร้อน สำหรับการคิดภาระการทำวามเย็น 41

รูปที่ 2.10 แสดงขั้นตอนในการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี cooling load temperature difference / solar cooling load / cooling load factor 43

รูปที่ 2.11 แสดง แผนภูมิไบโอไคลแมติก 45

รูปที่ 2.12 แสดงระดับของตัวแปรต่างๆในพื้นที่แต่ละระดับความสบาย 47

รูปที่ 2.13 แสดงระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้ในมุมมอง (angle of degrees) ที่แตกต่างกัน ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยโดยประมาณของแสงสว่าง (average luminance) ที่สายตายอมรับได้ หน่วยเป็น ฟุต-แลมเบิร์ต (footlamberts) เลขที่แสดงเป็นการประมาณการ ในการประยุกต์เพื่อใช้งานต้องพิจารณาปัจจัยแวดล้อมอื่นๆอีกหลายประการ 57

รูปที่ 2.14 แสดงปริมาณความต้องการแสงสว่างกับกิจกรรมการใช้งาน 58

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะอาคารกรณีศึกษาที่ 1 62

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะอาคารกรณีศึกษาที่ 2 63

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 4.1 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศภายนอกอาคารที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00 – 16:00 73

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 76

แผนภูมิที่ 4.3 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 77

แผนภูมิที่ 4.4 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 3 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 78

แผนภูมิที่ 4.5 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน 81

แผนภูมิที่ 4.6 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน 82

แผนภูมิที่ 4.7 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน 85

แผนภูมิที่ 4.8 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน 86

แผนภูมิที่ 4.9 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน และมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม 89

แผนภูมิที่ 4.10 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน และมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม xxx

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4.11 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน และมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม 90

แผนภูมิที่ 4.12 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน และมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม 91

แผนภูมิที่ 4.13 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และมีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบ 92

แผนภูมิที่ 4.14 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และมีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบ 94

แผนภูมิที่ 4.15 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และมีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบ 95

แผนภูมิที่ 4.16 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และมีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบ 97

แผนภูมิที่ 4.17 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม 108

แผนภูมิที่ 4.18 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม 109

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4.19 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทั่วไปห้องชั้นที่ 3 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม 110

แผนภูมิที่ 4.20 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม มีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบ และมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม 113

แผนภูมิที่ 4.21 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อไม่มีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม มีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบ และมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม 114

แผนภูมิที่ 4.22 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม มีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบและมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม ... 115

แผนภูมิที่ 4.23 แสดงจำนวนชั่วโมงของสภาพอากาศของอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบายและที่อยู่นอกเขตสบาย โดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-16:00 เมื่อมีแหล่งความร้อนภายใน มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม มีอิทธิพลอุณหภูมิผิวโดยรอบและมีการปรับความรู้สึกเย็นลงด้วยอิทธิพลความเร็วลมจากพัดลม ... 116

แผนภูมิที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณระดับแสงสว่างภายในห้องเรียน โดยใช้วิธี Daylight factor 125

แผนภูมิที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณระดับแสงสว่างภายในห้องเรียน ช่วงเวลาที่พิจารณา 8.00 น. 126

แผนภูมิที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณระดับแสงสว่างภายในห้องเรียน ช่วงเวลาที่พิจารณา 10.00 น. 126

แผนภูมิที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณระดับแสงสว่างภายในห้องเรียน ช่วงเวลาที่พิจารณา 12.00 น. 127

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณระดับแสงสว่างภายในห้องเรียน ช่วงเวลาที่พิจารณา 14.00 น. 128
แผนภูมิที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณระดับแสงสว่างภายในห้องเรียน ช่วงเวลาที่พิจารณา 16.00 น. 128
แผนภูมิที่ 4.30 แสดงระดับความส่องสว่างจากระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ในสภาพเดิมของอาคารทั่วไป 129
แผนภูมิที่ 4.31 แสดงระดับความส่องสว่างจากระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ของอาคารทดสอบ 131
แผนภูมิที่ 4.32 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ในส่วนต่างๆ ในระดับสบายมาตรฐาน (21-27 C) 139
แผนภูมิที่ 4.33 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ในส่วนต่างๆ ในระดับสบายแบบควบคุม (24-26 C) 139
แผนภูมิที่ 4.34 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ในส่วนต่างๆ ในระดับสบายแบบกึ่งควบคุม (22-28 C) 140
แผนภูมิที่ 4.35 แสดงปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ในส่วนต่างๆ ในระดับสบายแบบระบบธรรมชาติ (20-32 C) 140
แผนภูมิที่ 4.36 การเปรียบเทียบปริมาณชั่วโมงที่สภาพภายในอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 1 ที่อยู่ในเขตสบาย ระหว่างอาคารที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และที่ไม่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม 142
แผนภูมิที่ 4.37 การเปรียบเทียบปริมาณชั่วโมงที่สภาพภายในอาคารเรียนทดสอบห้องชั้นที่ 2 ที่อยู่ในเขตสบาย ระหว่างอาคารที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และที่ไม่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม 143
แผนภูมิที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสบาย ระหว่างอาคารทั่วไป กับอาคารทดสอบ 145
แผนภูมิที่ 4.39 แสดงปริมาณภาระการทำวามเย็นของอาคาร เนื่องมาจากแหล่งความร้อนภายนอก 148
แผนภูมิที่ 4.40 แสดงปริมาณภาระการทำวามเย็นของอาคาร เนื่องมาจากแหล่งความร้อนภายใน 149

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ด้านความรู้สึกร้อน-หนาว ในระดับความสบายต่างๆ 151
แผนภูมิที่ 4.42 แสดงเส้นระดับความสบายที่ใช้ดัชนีการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงาน 156
แผนภูมิที่ 5.1 แสดงดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของกรอบอาคารที่ได้จากการวิจัย 163

การวิจัยร่วมโครงการโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยร่วมเพื่อสร้างเป็นโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประกอบด้วย

เทคนิคการออกแบบส่วนของอาคารและการเลือกใช้วัสดุ โดยมีแนวคิดในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุต่างๆของอาคารเพื่อการนำประโยน์จากธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างสูงสุด ซึ่งแบ่งเป็น

- การพัฒนารูปแบบและระบบการไหลเวียนอากาศของหลังคาเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร (อภิธัช พรหมสิริแสง, 2544)
- การพัฒนาผนังวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร กรณีศึกษา อาคารเรียนไม่ปรับอากาศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2544)
- การปรุงแต่งสภาวะน่าสบาย โดยอาศัยอิทธิพลจากผิวสัมผัสดิน (ไพบูลย์ วังรุ่งเรืองกิจ, 2544)

เทคนิคการออกแบบด้านแสงสว่างและการมองเห็น โดยมีแนวคิดในการออกแบบโดยแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงความสบายทางการมองเห็นเพื่อให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็น

- การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างภายในห้องเรียนในชนบท (อวิรุทธ์ อุรุพงศา, 2544)
- การจัดวางแสงประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับผังห้องเรียนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (อานิก สกุลญานนท์วิทยา, 2544)
- แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของแสงภายในห้องเรียนเพื่อความสบายตาและเป็นแนวทางการออกแบบห้องเรียนในชนบท (ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ, 2544)

เทคนิคการออกแบบเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร โดยนำปัจจัยธรรมชาติมาใช้ในการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเพิ่มช่วงเวลาที่อยู่ในสภาวะสบายของที่ตั้งอาคารให้มากขึ้น ประกอบด้วย

- การปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อห้องเรียนธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (มนต์ชัย อัชชพันธ์, 2544)
- การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยวิธีการระเหย (เลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ, 2544)

เทคนิคการประเมินอาคาร ประกอบด้วย

- การพัฒนาดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของกรอบอาคาร (สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ, 2544)
- การเปรียบเทียบทางเลือกการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในห้องเรียนไม่ปรับอากาศ (รุจิยา มุสิกะลักษณ์,2544)
- ดัชนีพลังงานสะสมรวมของอาคารและวัสดุก่อสร้างในช่วงการก่อสร้างและรื้อถอน (พิมลมาศ วรรณคนาพล, 2544)
- แนวทางในการประเมินค่าเสียงในอาคารเรียนระดับประถมศึกษา (จันสอน สุลิวง, 2544)

การออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการธรรมชาติ (นรากร พุทธโฆษ์, 2544) เป็นการออกแบบโรงเรียน ที่นำเอาเทคนิคต่างๆ ในการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ มาวิเคราะห์ ผสมผสาน เป็นแบบอาคารโรงเรียนที่มีความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

RELATED RESEARCH OF NON-AIR CONDITIONED ELEMENTARY SCHOOL DESIGN IN NORTHEASTERN THAILAND

This thesis is a part of group research, consists of:

Concepts of building and building materials are to utilize and optimize the natural assets by considered:

- THE DELELOPEMENT OF ROOF DESIGN AND AIR CIRCULATION SYSTEM TO REDUCE TEMPERATURE IN BUILDING (PROMSIRISANG,APITOUCH, 2001)
- A DEVELOPMENT OF BUILDING THERMAL WALL FROM LOCAL NATURAL MATERIALS , CASE STUDY : NON-AIR CONDITIONED STUDY ROOM NORTHEASTERN REGION , THAILAND (THONGKAMSAMUT, CHOOPONG, 2001)
- A BENEFIT OF THERMAL COMFORT FROM EARTH CONTACT SURFACE (WANGRUNGRUANGKIT, PAIBOON, 2001)

Concepts of lighting design and visual comfort are to integrated daylight and artificial light by considered:

- DAYLIGHT UTILIZATION FROM CLERESTORY IN RURAL CLASSROOM (URUPONGSA, AVIRUTH, 2001)
- THE PLANING OF ARTIFICIAL LIGHT REGARDING CLASSROOM PLAN FOR INCREASING ENERGY PERFORMANCE (SAKULYANONDVITTAYA, ARNIC. 2001)
- AN APPROACH TO IMPROVE VISUAL COMFORT IN CLASSROOM IN RURAL AREAS (TANGPOONSUPSIRI, TIPPAWAN, 2001)

Concept of modifying microclimate is to improve the comfort condition by natural assets considered:

- THE USE OF SITE TO MODIFY THERMAL COMFORT CONDITION FOR NATURE CLASSROOM IN LOWER NORTHEASTERN REGION (AUTCHAPUN, MONCHAI, 2001)
- EXTERIOR SURFACE TEMPERATURE REDUCTION THROUGH EVAPOLATION PROCESS (VUTTISUWAN, LERTLUX, 2001)

Concept of evaluation school performance is considered:

- A METHOD TO DEVELOP AN ENVELOPE INDEX FOR ENERGY EFFICIENCY BUILDING. (LOHASUWAN,SUTEEWAN, 2001)
- COMPARATIVE SOLUTION TO ACHIEVE THERMAL COMFORT IN NON-AIR CONDITIONED CLASSROOM (MUSIKALUCK, ROUJIYA. 2001)
- THE EMERGY INDEX OF BUILDINGS AND BUILDING MATERIALS DURING CONSTRUCTION AND DEMOLITION (WANKANAPON, PIMONMART. 2001)
- AN APPROACH TO FORMULATE ACOUSTIC EVALUATION INDEX IN PRIMARY SCHOOL (SOULIVONG, CHANSONE, 2001)

PASSIVE DESIGN FOR SCHOOL IN NORTHEASTERN REGION (PUTTHACO, NARAKORN, 2001) is the design of school which integrated, analyzed and optimized all natural factors, and techniques to create appropriate school for better learning environment.