การศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานเขตร้อนชื้น

นายการุณย์ ศุภมิตรโยธิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-5148-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I22610510 13 มี.ย. 255

THE STUDY OF ENERGY INDICATOR IN HOT-HUMID CLIMATE OFFICE BUILDING

Mr.Karun Suphamityotin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic year 2005

ISBN 974-17-5148-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานเขตร้อนชื้น
โดย	นายการุณย์ ศุภมิตรโยธิน
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

..... กรรมการ

(นาง ดวงขวัญ จารุดุล)

นายการุณย์ ศุภมิตรโยธิน : การศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานเขตร้อนชื้น. (THE STUDY OF ENERGY INDICATOR IN HOT-HUMID CLIMATE OFFICE BUILDING) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศ. ดร.สุนทร บุญญาธิการ 99 หน้า. ISBN 974-17-5148-6.

การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อการประหยัดพลังงาน ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การศึกษาและรวบรวมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเปลือกอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อสรุปเป็นเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบ ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบอาคารที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร คือ 1) อัตราส่วนพื้นที่ผิวอาคารภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอย ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะรูปทรงอาคาร พื้นที่ใช้สอย และจำนวนชั้น เช่นอาคารรูปทรงกระบอกความกว้างและความสูงใกล้เคียงกันพื้นที่ใช้สอย 10,000 ตารางเมตร ที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 0.59 จะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุด สำหรับอาคารทรงสี่เหลี่ยมพื้นผ้ามีคอร์ดกลาง ค่าอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 2.3 มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานต่ำสุด 2) วัสดุเปลือกอาคาร ต้องลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุควรมีค่าต่ำ เช่น ผนัง EIFS (0.06 Btu/h.ft^2 F) เป็นต้น 3) การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ พิจารณาจากอัตราส่วนปริมาณพลังงานที่เพิ่มขึ้นจากช่องแสงต่อพลังงานที่ประหยัดลงได้ โดยประมาณข้อมูลจากสมมุติฐาน อัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ 0.8 ซึ่งอัตราส่วนนี้ไม่ควรมีค่ามากกว่า 1

ดังนั้นอาคารที่มีประสิทธิภาพดีจะต้องมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำที่สุด (0.59) วัสดุมีค่า U-Value ต่ำสุด(0.06 Btu/h.ft^2.F) และมีอัตราส่วนการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด (0.8) จะใช้พลังงานเฉลี่ย 0.1 kWh/m^{2}yr ของพื้นที่ใช้สอย เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่ไม่มีการคำนึงถึงปัจจัยการประหยัดพลังงานที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยสูงที่สุด (2.3) ค่า U-Value สูงที่สุด (0.60 Btu/h.ft^2 F)และอัตราส่วนการใช้แสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด (1.2) จะทำให้ใช้พลังงานเฉลี่ยสูงถึง 4.1 kWh/m^{2}yr ของพื้นที่ใช้สอย ซึ่งใช้พลังงาน 41 เท่าของอาคารที่มีประสิทธิภาพดี

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา..2548.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4774104625 : MAJOR ARCHITECTURE
KEY WORD: ENERGY INDICATOR/ INDICATOR OFFICE BUILDING

KARUN SUPHAMITYOTIN: THE STUDY OF ENERGY INDICATOR IN HOT-HUMID CLIMATE OFFICE BUILDING. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. VORASUN BURANAKARN, Ph. D., THESIS COADVISOR: PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph. D., 99 pp. ISBN 974-17-5148-6.

The objective of this study is to develop guidelines and criteria for designing energy-saving office building. The research procedures were to collect and analyze variables that affect the design of building envelopes. The results showed that there are 3 factors concerning building envelopes which affected the minimum energy consumption. The first factor is the surface to floor area ratio which is affected by building form, the floor to floor ratio, and a number of floors. For example, a 10,000 m^2, cylinder office with an equal proportion of width and height is the best form in this study because of the lowest surface to floor area ratio of 0.59. A multi-courtyard office building with a maximum surface to floor area ratio of 2.3 is the worst form. The second factor is the type of building envelope materials, which should have low heat transfer coefficient such as EIFS wall (0.06 Btu/hr/ft^2F), etc. The last factor is an appropriate introduction of daylight into space by considering the ratio of total energy loss from fenestration to total energy saving gain. The estimated data suggested that the ratio should not be greater than 1.0, where the most energy efficient ratio should be 0.8

In conclusion, the high energy – efficient building should have a minimum surface-to-floor-area ratio of 0.59, a low U-Value of 0.06 Btu/h.ft^2F, and the ratio of total energy loss from fenestration to total energy saving gain of 0.8. The average energy consumption of the office building is 0.1 kWh/m^2yr. In contrast, inefficient office building designed by not considering energy saving approach might have the minimum surface to floor area ratio of 2.3 , maximum in U-Value (0.60 Btu/h.ft^2F) , and the least efficient in terms of the ratio of light utilization (1.20). The average energy consumption will be 4.1 kWh/m^2yr more than the most efficient building by 41 times.

Department.....Architecture.....Student's signature .....
Field of study.....Architecture.....Advisor's signature .....
Academic year...2005.....Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ประสบผลสำเร็จได้เนื่องจากได้รับการประสิทธิ์ประสาทวิชา จาก ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมถึงคณาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจกุล รองศาสตราจารย์ ดร. ประพาส พฤทธิประภา และคุณดวงขวัญ จารุดุล ที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณ คุณปรรัตน์ เซ็นกลาง และคุณชญาณิน จิตรานุเคราะห์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคุณพระศรีพระรัตนตรัยและคุณบิดามารดาที่เป็นที่พึ่งที่ระลึกระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณสำนักงานแผนและนโยบายพลังงานแห่งชาติและสถาบันพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้การส่งเสริมทางด้านทุนวิจัย และขอบคุณผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุกท่าน ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการออกแบบงานทางด้านสถาปัตยกรรมต่อไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูปภาพ..... ญ

สารบัญแผนภูมิ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 6

1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... 6

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย..... 6

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 7

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8

2.1 ปรัชญาในการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อการประหยัดพลังงาน..... 8

2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร..... 9

2.3 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร..... 10

2.4 แนวทางการออกแบบเปลือกอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน..... 16

2.5 ทฤษฎีและหลักการให้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน..... 27

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัยและการวิเคราะห์ตัวแปร..... 36

3.1 ทฤษฎีและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณพลังงาน..... 36

3.2 การวิเคราะห์ตัวแปร..... 38

บทที่ 4 การศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคาร..... 44
4.1 การศึกษารูปทรงที่เหมาะสมต่อการประหยัดพลังงาน..... 44
4.2 การพิจารณาคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร..... 58
4.3 การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม..... 69
4.4 การคำนวณการใช้พลังงานที่เกิดจากเปลือกอาคาร..... 74
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 79
รายการอ้างอิง..... 85
ภาคผนวก..... 88
ภาคผนวก ก..... 89
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 99

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่2.1	แสดงค่าการสะท้อนความร้อน(Reflectivity)ของวัสดุต่างๆที่มีทั้งการทาสี วัสดุและที่เป็นผิวธรรมชาติ.....	30
ตารางที่ 2.2	การเปรียบเทียบค่าความสว่างในอาคารสำนักงานตามมาตรฐาน CIE ,IES และ BS.....	31
ตารางที่ 4.1	แสดงอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำที่สุดของอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอย ตั้งแต่ 1,000 – 10,000 ตรม.ของแต่ละรูปทรง.....	49
ตารางที่ 4.2	จำนวนชั้นที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำ ที่สุด และความเป็นไปได้ในการก่อสร้าง.....	51
ตารางที่ 4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอย กับพื้นที่ใช้ สอยอาคาร , จำนวนชั้น และขนาดอาคาร กรณีอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยม จัตุรัส สัดส่วน 1 : 1.....	52
ตารางที่ 4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอย กับพื้นที่ใช้ สอยอาคาร , จำนวนชั้น และขนาดอาคาร กรณีอาคารรูปทรง สี่เหลี่ยมผืนผ้า สัดส่วน 1 : 2.....	53
ตารางที่ 4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอย กับพื้นที่ใช้ สอยอาคาร , จำนวนชั้น และขนาดอาคาร กรณีอาคารรูปทรง ลี่เหลี่ยมผืนผ้า สัดส่วน 1 : 4.....	54
ตารางที่ 4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอย กับพื้นที่ใช้ สอยอาคาร , จำนวนชั้น และขนาดอาคาร กรณีอาคารรูปทรงกระบอก...	55
ตารางที่ 4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอย กับพื้นที่ใช้ สอยอาคาร , จำนวนชั้น และขนาดอาคาร กรณีอาคารรูปทรงตัวแอล...	56
ตารางที่ 4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอย กับพื้นที่ใช้ สอยอาคาร จำนวนชั้น และขนาดอาคาร กรณีอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมมี คอร์ดกลาง	57
ตารางที่ 4.9	แสดงรายละเอียดอาคารที่เป็นกรณีศึกษา.....	77
ตารางที่ 4.10	แสดงผลการคำนวณพลังงานที่เกิดจากอาคารทั้ง 2 กรณี.....	78

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1	แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร (Energy Factor).....	10
ภาพที่ 2.2	แสดงคุณสมบัติของวัสดุ (Absorption, reflection, and transmission or radiation striking a semitransparent material).....	15
ภาพที่ 2.3	แสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของผนัง (ค่า R-Valueต่ำ และค่า R-Valueสูง).....	18
ภาพที่ 2.4	แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติการสะสมความร้อนของผนัง	18
ภาพที่ 2.5	แสดงถึงการวางผังพื้นของอาคารสำนักงานในรูปแบบต่างๆที่ส่งผลต่อรูปแบบการนำแสงธรรมชาติมาใช้.....	29
ภาพที่ 2.6	รูปแบบหน้าต่างช่วงล่างและการส่องสว่าง.....	32
ภาพที่ 2.7	ลักษณะการส่องผ่านแสงของหน้าต่างช่วงกลาง.....	32
ภาพที่ 2.8	ลักษณะการส่องผ่านแสงของหน้าต่างช่วงบน.....	33
ภาพที่ 2.9	แสดงความสัมพันธ์ของช่องเปิดที่มีผลต่อการส่องสว่างภายในห้อง.....	33
ภาพที่ 4.1	แสดงการลักษณะอาคารที่ใช้ในการคำนวณอัตราส่วนพื้นที่ผิวภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอย.....	44
ภาพที่ 4.2	แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานส่วนต่างๆเนื่องจากการเปิดช่องแสง.....	69
ภาพที่ 4.3	ภาพประกอบการคำนวณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างกรณีไม่เปิดช่องแสง.....	72
ภาพที่ 4.4	ภาพประกอบการคำนวณพลังงานไฟฟ้าส่วนต่างๆกรณีเปิดช่องแสง.....	72
ภาพที่ 4.5	ภาพอาคารจำลองที่ใช้ในการหาค่าตัวคูณพลังงานไฟฟ้า.....	75

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1.1	แสดงจำนวนอาคารสำนักงานแบ่งตามลักษณะการใช้งานในเขต กรุงเทพฯ.....	10
แผนภูมิที่ 1.2	แสดงพื้นที่อาคารสำนักงานที่ได้รับอนุญาตก่อสร้างในเขต กรุงเทพฯ (สูงกว่า 4 ชั้น).....	15
แผนภูมิที่ 1.3	แสดงผลรวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่อาคารทั้งหมดรายปียกเว้น พื้นที่จอดรถ.....	18
แผนภูมิที่ 1.4	แสดงค่าเฉลี่ยของสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารประเภทต่างๆ	18
แผนภูมิที่ 1.5	แสดงสัดส่วนตัวแปรที่ส่งผลต่อค่าภาระการทำความเย็นในอาคาร สำนักงาน.....	29
แผนภูมิที่ 1.6	แสดงขั้นตอนในการวิจัย.....	32
แผนภูมิที่ 2.1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังปัจจุบัน ผนังปรับปรุง โดยเพิ่มช่องว่างอากาศ ผนังปรับปรุงโดยเพิ่มฉนวน และผนังระบบ ฉนวน.....	32
แผนภูมิที่ 4.1	แสดงอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารรูปทรงต่างๆ กรณี อาคารขนาดพื้นที่ใช้สอย 10,000 ตารางเมตร	33
แผนภูมิที่ 4.2	แสดงอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารรูปทรงจัตุรัสกรณี อาคารขนาดพื้นที่ใช้สอย 1,000 5,000 และ 10,000 ตารางเมตร.....	33
แผนภูมิที่ 4.3	แสดงอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารที่มีพื้นที่ระหว่างชั้น ต่างกัน(3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 m) อาคารขนาดพื้นที่ใช้สอย 10,000 m^2	44
แผนภูมิที่ 4.4	แสดงรายละเอียดอาคารจำลองที่ใช้ในการคำนวณภาระการทำความ เย็น ในส่วนเปลือกอาคารทึบแสง	69
แผนภูมิที่ 4.5	แสดงการแบ่งกลุ่มวัสดุผนังตามค่า U-Value	72
แผนภูมิที่ 4.6	แสดงการแบ่งกลุ่มวัสดุหลังคาตามค่า U-Value.....	72
แผนภูมิที่ 4.7	แสดงการแบ่งกลุ่มวัสดุพื้นตามค่า U-Value	75