การจัดวางแสงประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับผังห้องเรียน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

นายอานิก สกุลญานนท์วิทยา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974- 17-0628-6
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20197494

THE PLANNING OF ARTIFICIAL LIGHT REGARDING CLASSROOM PLAN INCREASING ENERGY PERFORMANCE

Mr.Arnic Sakulyanondvittaya

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 2001

ISBN 974-17-0628-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**การจัดวางแสงประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับผังห้องเรียน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน**
โดย	นายอานิก สกุลญานนท์วิทยา
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	**อาจารย์พิรัส พัชรเศวต**
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์เลอสม สถาปิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์พิรัส พัชรเศวต)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

..... กรรมการ

(อาจารย์พรรณชลัท สุริโยธิน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายอานิก สกุลญานนท์วิทยา: การจัดวางแสงประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับผังห้องเรียนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน. (THE PLANNING OF ARTIFICIAL LIGHT REGARDING CLASSROOM PLAN FOR INCREASING ENERGY PERFORMANCE) อ. ที่ปรึกษา : พิรัส พัชรเศวต, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ศาสตราจารย์.ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 144 หน้า. ISBN 974-17-0628-6.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยร่วมในโครงการโรงเรียนต้นแบบ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคาร สามารถทำได้ทั้งการใช้แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ จากการพิจารณาแสงธรรมชาติ พบว่ามีความเปลี่ยนแปลง ไม่คงที่ตลอดเวลา ดังนั้นการให้ความสว่างภายในห้องเรียนด้วยแสงธรรมชาติยังคงไม่สามารถควบคุมปริมาณแสงให้คงที่อย่างสมบูรณ์ได้ การออกแบบระบบส่องสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงเป็นการผสมผสานการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับการใช้แสงธรรมชาติ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอิทธิพลของตัวแปรในการออกแบบระบบแสงประดิษฐ์ ด้วยรูปแบบการใช้งาน การจัดวางตำแหน่งดวงโคม รวมทั้งผังการเปิด-ปิดที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยการศึกษาระดับความสว่างในหุ่นจำลอง

ขั้นตอนการศึกษาเริ่มจาก การกระจายแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นในหุ่นจำลอง เมื่อปริมาณแสงธรรมชาติภายนอกอาคารเปลี่ยนแปลง และพิจารณาลักษณะการกระจายแสงของแสงประดิษฐ์ โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ทางเดินโดยรอบ คำนวณหาปริมาณและตำแหน่งติดตั้งดวงโคมในพื้นที่ศึกษา กำหนดระดับความสว่างมาตรฐานที่ระดับใช้งาน (Working Plane) 500 ลักซ์ พิจารณาลักษณะการกระจายแสงจากตำแหน่งติดตั้งดวงโคมในหุ่นจำลอง นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับลักษณะการกระจายแสงธรรมชาติเพื่อหาระดับความสว่างที่ต้องการเพิ่มในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 การส่องสว่างในพื้นที่ศึกษา ศึกษาอิทธิพลของมุมครึ่งลำแสง(Half Beam Angle) และประสิทธิภาพหลอดฟลูออเรสเซนต์ 3 ชนิด ได้แก่ หลอดมาตรฐาน หลอดประสิทธิภาพสูง และหลอดTL5 ส่วนที่ 2 การส่องสว่างบริเวณกระดาน (white board) ศึกษาอิทธิพลของมุมสะท้อนแสงมากที่สุดที่ไม่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนเข้าตาผู้เรียน เพื่อให้ได้ระดับความส่องสว่างสูงสุดที่กระดาน นำผลที่ได้ทั้ง 2 ส่วนมาพิจารณาปริมาณความสว่างและตำแหน่งติดตั้งและผังการเปิด-ปิดดวงโคม

ผลการวิจัยส่วนที่ 1 การส่องสว่างในพื้นที่ศึกษา พบว่า ตำแหน่งดวงโคมที่ระดับความสูงเดียวกัน การจัดทิศทางดวงโคมตามขวางห้องก่อให้เกิดแสงแยงตาน้อยกว่าแบบตามยาวห้องแต่ไม่เกินระดับที่สายตายอมรับได้ และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของดวงโคมต่อพื้นที่ ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของหลอด บัลลาสต์ และ ผังการเปิด-ปิดดวงโคมที่สัมพันธ์กับแสงธรรมชาติ โดยหลอดมาตรฐานใช้ทั้งหมด 14 หลอด สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 1669.42 กิโลวัตต์ คิดเป็น 78.91% หลอดประสิทธิภาพสูงใช้ทั้งหมด 10 หลอด สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 1797.08 กิโลวัตต์ คิดเป็น 86.61% และหลอดTL5 ใช้ทั้งหมด 10 หลอด สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 1876.70 กิโลวัตต์ คิดเป็น 88.71% หลอดทั้ง 3 ชนิด ใช้งานที่ 1553 ชั่วโมงต่อปี ส่วนที่ 2 การส่องสว่างบริเวณกระดาน พบว่า แสงจากดวงโคมที่ทำมุมตกกระทบกระดาน 55 องศา เป็นมุมมากที่สุดที่ไม่เกิดการสะท้อนเข้าสู่สายตาผู้เรียนและให้ค่าความสว่างที่ระนาบกระดานสูงสุด

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบส่องสว่างด้วยแสงประดิษฐ์ขึ้นอยู่กับความสามารถในการบังคับมุมลำแสงตกตั้งฉากกับพื้นที่ใช้งานด้วยประสิทธิภาพของแผ่นสะท้อนแสง โดยยังคงระดับความสว่างตามมาตรฐาน พื้นที่โดยรอบจะได้รับความสว่างจากแสงสะท้อนขององค์ประกอบภายในห้อง การนำระบบส่องสว่างด้วยแสงประดิษฐ์ไปประยุกต์ใช้ด้วยการจัดผังเปิด-ปิดดวงโคมให้สัมพันธ์กับลักษณะการกระจายแสงธรรมชาติ สามารถช่วยลดอัตราการใช้พลังงานในอาคารได้

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4374234125 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: / ARTIFICIAL LIGHT / ENERGY CONSERVATION

ARNIC SAKULYANONDVITTAYA : THE PLANNING OF ARTIFICIAL LIGHT REGARDING CLASSROOM PLAN INCREASING ENERGY PERFORMANCE. THESIS ADVISOR: PIRAST PACHARASAWATE, THESIS CO-ADVISOR PROFESSOR. DR. SOONTORN BOONYATIKARN. 144 pp. ISBN 974-17-0628-6.

This thesis is a part of a group research of non-airconditioned elementary school design in the northeastern part of Thailand as a main theme. Architectural Lighting Design can be considering in two parts, daylighting and artificial lighting. Since daylight is gradually change and unstable, an attempt to complete control of classroom illumination is hardly succeeded. The answer of high efficiency illumination design is to integrate the use of daylight and artificial light.The objectives are to study the factors influence in artificial lighting design, to optimize the use of energy and to integrate artificial lighting and daylighting design by designing the pattern, the location of artificial lighting and circuit for practical use for increasing energy efficiency by comparing the illumination in model with the calculation.

The first part of methodology is the study daylight distribution curve inside the simulation model, when there is the variation of daylight. In classroom, the area was divided in to the study area and circulation. The calculation was made to find the quantity and location of lamps in study area. At the standard illumination level on the working plane of 500 lux, the lamps distribution curves at their location in model were considered. These results were used to compare with the daylight distribution curve to find how much the illumination to be added. The study area illumination composes of the study of the influence of and half beam angle of both ends of luminaire and the efficiency of 3 types of fluorescent, which are the standard fluorescent (TLD), the high-efficiency fluorescent (SUPER-TLD) and TL5 fluorescent. as a first part. The second part is the study of the white board illumination by studying the diffuse reflection angle from luminaire to the white board and the maximum reflection angle that can not cause the discomfort glare. The results of both parts are analyzed for the required illumination, the location of luminaire and the switching arrangement of luminaire.

First part of results showed that an across the room length lamp arrangement causes less discomfort glare that not exceeded eye reception level, than along the room length lamp arrangement. The electrical energy usage of lamps per area is depends on the lamp efficiency, ballast and the switching arrangement. The results are 14 standard lamps for total illumination. Using the standard lamps can reduce the electrical energy of 1669.42 kilowatts or 78.91%, 10 high-efficiency lamp, 1797.08 kilowatts or 86.61% and 10 TL5 lamp, 1876.70 kilowatts or 88.71% depend on 3 types of ballast the lamp use. And the operation time of the lamps are 1553 hours per year. The second part, the white board illumination, the 55 degree incidence angle is the maximum diffuse reflection angle that can not cause discomfort glare and give the maximum illumination.

The energy conservation efficiency of the artificial lighting system depends on the ability of the reflectors to control the beam angle of lamp that normal to the working plane with out effect to the 500 lux standard level. Furthermore, the classroom circulation area around also illuminates by the diffuse light and the reflected light from the room component. To apply the switching arrangement in this study together with the natural light distribution curve, will helps reduce the electrical usage in buildings.

Department Architecture Student's signature .....

Field of study Architecture Advisor's signature .....

Academic year 2001 Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องด้วย ความกรุณา ความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือ และ น้ำใจจากหลายหน่วยงาน และ บุคคล ดังนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์ พิรัส พัชรเศวต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อคิดเห็น ตลอดจนข้อมูลเทคนิคต่าง ๆ ในงานวิจัย

ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อคิดเห็นที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ และ อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยโดยตลอด

ขอขอบคุณ Lighting & Equipment Co.,Ltd. โดย คุณอนรรฆ ซื่อยิ่งกาญจน์ ที่ความอนุเคราะห์ ข้อมูลและ อุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ในการเก็บข้อมูล

ขอขอบคุณ คุณอนุช สกุลญานนท์วิทยา ที่ให้คำปรึกษา และ เทคนิคด้านคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิจัยโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณโก้ La Vache Automotive Model และ คุณประยุทธ พัวตระกูลทรัพย์ สำหรับอุปกรณ์ควบคุมระยะไกล ในการเก็บข้อมูลในหุ่นจำลอง

ขอขอบคุณ คุณพุทธพร ศรียะพันธ์ และ ข้อมูลจาก ดร. ชำนาญ ห่อเกียรติ

ขอขอบคุณ เพื่อน พี่ น้อง ปริญญาโท ทุกท่านที่ให้ความบันเทิงใจ และ ความช่วยเหลืออย่างดี

ท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ที่คอยห่วงใยเสมอมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง.
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ.
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตารางประกอบ		ฌ
สารบัญรูปภาพประกอบ		ญ
สารบัญแผนภูมิประกอบ		ฑ
การวิจัยร่วมโครงการโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือภาษาไทย ...		ฒ
การวิจัยร่วมโครงการโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือภาษาอังกฤษ		ด
บทที่ 1	บทนำ	
	1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
	1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	3
	1.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....	4
	1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2	ทฤษฎี และ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	
	2.1 การส่องสว่างพื้นฐาน.....	7
	2.2 พฤติกรรมของแสง.....	7
	2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง.....	10
	2.4 แหล่งกำเนิดแสง.....	14
	2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ.....	19
	2.6 ประสิทธิภาพของหลอดไฟฟ้า.....	32
	2.7 การคำนวณระดับการส่องสว่างของแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร.....	35
	2.8 การศึกษาในด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น.....	41
บทที่ 3	ระเบียบวิธีวิจัย	
	3.1 รายละเอียดอาคารกรณีศึกษา.....	43
	3.2 ปริมาณความสว่างจากแสงธรรมชาติภายในอาคารกรณีศึกษา.....	52

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	57
	3.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	59
	ส่วนที่ 1 ความส่องสว่างระนาบนอน (Horizontal Illumination).....	61
	ส่วนที่ 2 ความส่องสว่างระนาบตั้ง (Vertical Illumination).....	67
บทที่ 4	การวิเคราะห์ผลการส่องสว่างระนาบนอนและการส่องสว่างระนาบตั้ง	
	4.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้วัดแสง (Lux Meter).....	71
	4.2 สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Coefficient of Utilization , CU).....	71
	4.3 พิจารณาความสว่างระนาบนอน (Horizontal Illumination).....	72
	4.4 ระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้จากตำแหน่งของดวงโคม.....	88
	4.5 ปริมาณความส่องสว่างภายในที่ต้องการเพิ่ม.....	90
	4.6 พิจารณาความส่องสว่างระนาบตั้ง (Vertical Illumination).....	103
บทที่ 5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
	5.1 บทสรุป.....	112
	5.2 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน.....	113
	5.3 รูปแบบของผังการเปิด-ปิดดวงโคม.....	116
	5.4 การนำไปประยุกต์ใช้.....	117
	5.5 ข้อเสนอแนะ.....	117
รายการอ้างอิง		119
ภาคผนวก ก. แผนภูมิการกระจายแสงของดวงโคมกล่องเหล็ก.....		122
ภาคผนวก ข. ตารางระดับความสว่างภายในจากข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุด.....		128
ภาคผนวก ค. แผนภูมิเส้นแสง (Ray Diagram).....		134
ภาคผนวก ง. การศึกษาในด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น		135
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....		144

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างหลอดTL5 กับหลอดประสิทธิภาพสูง.....	18
2.2	แสดงการสะท้อนและการดูดกลืนของวัสดุ.....	24
3.1	แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ภายในอาคารกรณีศึกษา.....	44
3.2	แสดงค่าความสว่างที่ใช้ในการคำนวณ จากประสิทธิภาพของหลอดกรณีต่างๆ	62
3.3	แสดงค่าปริมาณพลังงานรวมทั้งระบบของหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	62
3.4	แสดงมุมครึ่งความเข้มแสง(Half Beam Angle)ของดวงโคมชนิดต่างๆ.....	63
4.1	แสดงค่าความสว่างที่ใช้ในการคำนวณ เมื่อคิดประสิทธิภาพแล้วของหลอดกรณีต่างๆ.....	73
4.2	แสดงปริมาณพลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่เกิดจากบัลลาสต์ชนิดต่างๆต่อประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์มาตรฐาน.....	74
4.3	แสดงปริมาณพลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่เกิดจากบัลลาสต์ชนิดต่างๆต่อประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง.....	78
4.4	แสดงปริมาณพลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่เกิดจากบัลลาสต์ชนิดต่างๆต่อประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ TL 5.....	83
4.5	แสดงค่าค่าเฉลี่ยโดยประมาณของความสว่างที่สายตายอมรับได้.....	88
4.6	แสดงการเปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์ในกรณีต่างๆ.....	89
4.7	แสดงจำนวนหลอดไฟที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลาของเดือน(14 ดวงโคม).....	103
4.8	แสดงจำนวนหลอดไฟที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลาของเดือน(10 ดวงโคม).....	104
5.1	แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีของหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	114
5.2	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานต่อปีที่ลดลงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 ชนิด.....	114

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
2.1	แสดงสเปกตรัมของคลื่นต่าง ๆ เรียงลำดับความยาวคลื่น.....	7
2.2	แสดงลักษณะของมุมของแสงที่ตกกระทบเท่ากับมุมของแสงที่สะท้อน.....	8
2.3	แสดงการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา และการสะท้อนแบบกระจาย.....	9
2.4	แสดงการส่องผ่าน.....	10
2.5	แสดง Solid Angle.....	11
2.6	แสดงค่ามุม 1 สเตอเรเดียน.....	12
2.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง candelas, lumens, lux and foot – candles....	13
2.8	แสดงไดอะแกรมแสดงการแบ่งประเภทของหลอด.....	15
2.9	แสดงหลอดอินแคนเดสเซนท์.....	16
2.10	แสดงสเปกตรัมของหลอดอินแคนเดสเซนท์.....	16
2.11	แสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	17
2.12	แสดงสเปกตรัมของหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	17
2.13	แสดงการสะท้อน และมุมลำแสง.....	27
2.14	แสดงรูปประกอบการคำนวณแสงสว่างแบบจุดต่อจุด.....	36
2.15	แสดงการคำนวณจุดต่อจุดจากโคม.....	36
2.16	แสดงการหาค่าความส่องสว่างจากหลายๆดวงโคม.....	37
2.17	แสดงการแบ่งส่วนพื้นที่ภายในห้องตามวิธี zonal cavity method.....	39
2.18	แสดงขั้นตอนการหาค่า coefficient of utilization จากแสงประดิษฐ์ตามวิธี zonal cavity method.....	40
2.19	แสดงการคำนวณความเข้มแสงบนระนาบ.....	41
3.1	แสดงผังพื้นแสดงพื้นที่ตามปริมาณความสว่าง.....	44
3.2	แสดงผังพื้นอาคารกรณีศึกษา ชั้นที่ 1.....	45
3.3	แสดงผังพื้นอาคารกรณีศึกษา ชั้นที่ 2.....	46
3.4	แสดงรูปตัด ก-ก ของอาคารกรณีศึกษา.....	47
3.5	แสดงรูปตัด ข-ข ของอาคารกรณีศึกษา.....	47
3.6	แสดงรูปตัด ค-ค ของอาคารกรณีศึกษา.....	48
3.7	แสดงทัศนียภาพภายนอกอาคารกรณีศึกษา.....	48

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3.8	แสดงทัศนียภาพภายนอกอาคารกรณีศึกษา 2.....	49
3.9	แสดงทัศนียภาพภายนอกอาคารกรณีศึกษา 3.....	49
3.10	แสดงทัศนียภาพภายในอาคารกรณีศึกษา 1.....	50
3.11	แสดงทัศนียภาพภายในอาคารกรณีศึกษา 2.....	50
3.12	แสดงทัศนียภาพภายนอกหุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษา.....	51
3.13	แสดงทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองอาคารกรณีศึกษา.....	51
3.14	แสดงผังแสดงตำแหน่งตารางพิกัดที่ใช้ในการวัดความสว่างของแสงธรรมชาติ	52
3.15	แสดงเครื่องมือที่วัดปริมาณแสงสว่าง Illumination Meter (Minolta - Lux Meter)	57
3.16	แสดงเครื่องมือที่วัดปริมาณแสงสว่าง Illumination Meter (Minolta T -10).....	58
3.17	แสดงแผนภูมิการกระจายแสงของดวงโคม.....	63
3.18	แสดงแนวทางการจัดวางทิศทางดวงโคมแบบตามขวางของห้อง.....	64
3.19	แสดงแนวทางการจัดวางทิศทางดวงโคมแบบตามขวางของห้อง.....	64
3.20	แสดงระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้ในมุมมองที่แตกต่างกัน.....	65
3.21	แสดงการหาค่ามุมมอง เพื่อเปรียบเทียบกับระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้.	65
3.22	แสดงกล่องทดลองที่ใช้ในหามุมการสะท้อนและกระจายแสงออกจากกระดาน	68
3.23	แสดงกล่องทดลองมุมการสะท้อนและกระจายแสง 1.....	69
3.24	แสดงกล่องทดลองมุมการสะท้อนและกระจายแสง 2.....	69
3.25	แสดงตำแหน่งและองศาที่ก่อให้เกิดแสงแยงตา.....	70
4.1	แสดงผังพื้นและรูปตัดการจัดทิศทางดวงโคมแบบตามขวางของห้อง กรณีที่ 1.1	75
4.2	แสดงรูปตัดตามยาวของห้อง กรณีที่1.1.....	76
4.3	แสดงผังพื้นและรูปตัดการจัดทิศทางดวงโคมแบบตามขวางของห้อง กรณีที่ 2.1	79
4.4	แสดงผังพื้นและรูปตัดการจัดทิศทางดวงโคมแบบตามยาวของห้อง กรณีที่ 2.2	80
4.5	แสดงรูปตัดตามยาวของห้อง กรณีที่ 2.1.....	81
4.6	แสดงรูปตัดตามยาวของห้อง กรณีที่ 2.2.....	82
4.7	แสดงผังพื้นและรูปตัดการจัดทิศทางดวงโคมแบบตามขวางของห้อง กรณีที่ 3.1	84
4.8	แสดงผังพื้นและรูปตัดการจัดทิศทางดวงโคมแบบตามยาวของห้อง กรณีที่ 3.2	85
4.9	แสดงรูปตัดตามยาวของห้อง กรณีที่ 3.1.....	86

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

4.10 แสดงรูปตัดตามยาวของห้อง กรณีที่ 3.2..... 87
4.11 แสดงตำแหน่ง 10 ดวงโคม-เดือนมกราคม..... 91
4.12 แสดงตำแหน่ง 10 ดวงโคม-เดือนกุมภาพันธ์..... 91
4.13 แสดงตำแหน่ง 10 ดวงโคม-เดือนมีนาคม..... 92
4.14 แสดงตำแหน่ง 10 ดวงโคม-เดือนเมษายน..... 92
4.15 แสดงตำแหน่ง 10 ดวงโคม-เดือนพฤษภาคม..... 93
4.16 แสดงตำแหน่ง 10 ดวงโคม-เดือนมิถุนายน..... 93
4.17 แสดงตำแหน่ง 10 ดวงโคม-เดือนกรกฎาคม..... 94
4.18 แสดงตำแหน่ง 10 ดวงโคม-เดือนสิงหาคม..... 94
4.19 แสดงตำแหน่ง 10 ดวงโคม-เดือนกันยายน..... 95
4.20 แสดงตำแหน่ง 10 ดวงโคม-เดือนตุลาคม..... 95
4.21 แสดงตำแหน่ง 10 ดวงโคม-เดือนพฤศจิกายน..... 96
4.22 แสดงตำแหน่ง 10 ดวงโคม-เดือนธันวาคม..... 96
4.23 แสดงตำแหน่ง 8 ดวงโคม-เดือนมกราคม..... 97
4.24 แสดงตำแหน่ง 8 ดวงโคม-เดือนกุมภาพันธ์..... 97
4.25 แสดงตำแหน่ง 8 ดวงโคม-เดือนมีนาคม..... 98
4.26 แสดงตำแหน่ง 8 ดวงโคม-เดือนเมษายน..... 98
4.27 แสดงตำแหน่ง 8 ดวงโคม-เดือนพฤษภาคม..... 99
4.28 แสดงตำแหน่ง 8 ดวงโคม-เดือนมิถุนายน..... 99
4.29 แสดงตำแหน่ง 8 ดวงโคม-เดือนกรกฎาคม..... 100
4.30 แสดงตำแหน่ง 8 ดวงโคม-เดือนสิงหาคม..... 100
4.31 แสดงตำแหน่ง 8 ดวงโคม-เดือนกันยายน..... 101
4.32 แสดงตำแหน่ง 8 ดวงโคม-เดือนตุลาคม..... 101
4.33 แสดงตำแหน่ง 8 ดวงโคม-เดือนพฤศจิกายน..... 102
4.34 แสดงตำแหน่ง 8 ดวงโคม-เดือนธันวาคม..... 102
4.35 แสดงผลกระทบของมุมกระจายแสงที่เกิดจากมุมแสงตกกระทบ 15 องศา..... 108
4.36 แสดงผลกระทบของมุมกระจายแสงที่เกิดจากมุมแสงตกกระทบ 30 องศา..... 109

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
4.37	แสดงผลกระทบของมุมกระจายแสงที่เกิดจากมุมแสงตกกระทบ 45 องศา.....	109
4.38	แสดงผลกระทบของมุมกระจายแสงที่เกิดจากมุมแสงตกกระทบ 60 องศา.....	110
4.39	แสดงผลกระทบของมุมกระจายแสงที่เกิดจากมุมแสงตกกระทบ 55 องศา.....	111
5.1	แสดงผังการเปิด-ปิดวงจร.....	116
5.2	แสดงการนำดวงโคมไปประยุกต์ใช้.....	117

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิประกอบ

แผนภูมิประกอบ		หน้า
3.1	แสดงค่า Daylight Factor (DF).....	53
3.2	แสดงระดับความส่องสว่างภายใน (Lux) เมื่อระดับความส่องสว่างภายนอก 5000 Lux.....	53
3.3	แสดงระดับความส่องสว่างภายใน (Lux)เมื่อระดับความส่องสว่างภายนอก 10000 Lux.....	54
3.4	แสดงระดับความส่องสว่างภายใน (Lux)เมื่อระดับความส่องสว่างภายนอก 15000 Lux.....	54
3.5	แสดงระดับความส่องสว่างภายใน (Lux)เมื่อระดับความส่องสว่างภายนอก 20000 Lux.....	55
3.6	แสดงระดับความส่องสว่างภายใน (Lux)เมื่อระดับความส่องสว่างภายนอก 25000 Lux.....	55
3.7	แสดงมุมการสะท้อนและกระจายแสงออกจากผิวกระดาน.....	68
4.1	แสดงค่าความจ้าจากดวงโคมรูปแบบต่าง ๆ.....	88
4.2	แสดงมุมกระจายแสงที่เกิดจากมุมแสงตกกระทบ 15 องศา.....	105
4.3	แสดงมุมกระจายแสงที่เกิดจากมุมแสงตกกระทบ 30 องศา.....	106
4.4	แสดงมุมกระจายแสงที่เกิดจากมุมแสงตกกระทบ 45 องศา.....	106
4.5	แสดงมุมกระจายแสงที่เกิดจากมุมแสงตกกระทบ 60 องศา.....	107
4.6	แสดงมุมกระจายแสงที่เกิดจากมุมแสงตกกระทบ 75 องศา.....	107
5.1	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ TL5 และหลอดฟลูออเรสเซนต์มาตรฐาน.....	115

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 รวมถึงความสบายทางการมองเห็น เพื่อให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ 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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RELATED RESEARCH OF NON-AIR CONDITIONED ELEMENTARY SCHOOL DESIGN PROJECT 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.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย