

ประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในสำนักงานทั่วไป



นายวิช ควบประเสริฐ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-600-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 15227613

An Effectiveness Of Daylight Utilization For Typical Office Space

Mr. RAVIJ KUANPRASERT

A Thesis submitted In Partial Fullfillment Of The Requirement

For The Degree Of Master Of Architectural

Deaprtment Of Architectural

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-600-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์                    ประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในสำนักงานทั่วไป


โดย    นายรวิช ควประเสริฐ

ภาควิชา                                      สถาปัตยกรรม

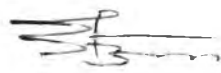


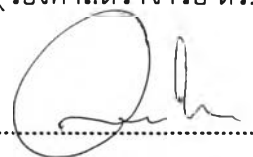
อาจารย์ที่ปรึกษา                    รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ


.....  
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

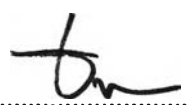
  
..... คณบดีบัณฑิตมหาวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจกุล)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)

  
..... กรรมการ  
(นายธนิต จินดาวณิศ)

## พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



วิช ควบประเสริฐ : ประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในสำนักงานที่ ( AN EFFECTIVENESS OF DAYLIGHT UTILIZATION FOR TYPICAL OFFICE SPACE)  
 อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร.สุนทร บุญญาธิการ, 144 หน้า. ISBN 974-584-600-7

งานวิจัยนี้ มีจุดประสงค์เพื่อการศึกษาถึงการใช้ประโยชน์จากแสงสว่างธรรมชาติในอาคารสำนักงาน ด้านทิศเหนือโดยเน้นการใช้สอยในสภาพท้องฟ้าและภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้มาจากพลังงานแสงอาทิตย์ ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2533 ถึงเดือน พฤศจิกายน 2534 รายชั่วโมงตลอดปี

ข้อมูลจากสภาวะต่างๆ เหล่านี้ ได้แปลงมาเป็นพลังงานแสงสว่างธรรมชาติ โดยนำมาแยกเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนตามสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส (Clear), มีเมฆมาก (Partly Cloudly) และท้องฟ้ามืด (Overcast) โดยใช้เกณฑ์พิจารณาจากปริมาณเมฆในท้องฟ้า (Cloudness Factor) เป็นหลัก นำมาเปรียบเทียบและรวบรวมค่าเฉลี่ยเป็นรายเดือนในสภาวะท้องฟ้าต่างๆ กัน

โดยกรณีศึกษาได้ตั้งสมมติฐานโดยจำลอง ห้องทำงานสมมติที่ใช้กันทั่วไป (Typical Office Space) ในกรุงเทพมหานครมี 3 แบบด้วยกัน คือ แบบเปิดหน้าต่างจากพื้นถึงเพดาน, แบบเปิดหน้าต่างที่มี วงกบล่างสูงจากพื้น 0.90 M และวงกบบนสูงจากพื้น 2.00 M และแบบที่มีวงกบล่างสูงจากพื้น 0.90 M จนจรดเพดาน โดยทั้ง 3 กรณีได้นำมาประเมินผลปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคาร โดยใช้วิธี Lumen Method ในการคำนวณ โดยถือว่าปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคาร เป็นส่วนที่ลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการให้แสงสว่าง ซึ่งในขณะเดียวกันการที่มีช่องเปิดของหน้าต่าง จะเป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็นในอาคาร เนื่องจากพลังงานความร้อนที่เข้ามา ในการประเมินประสิทธิภาพของการเปิดช่องเปิดในการศึกษานี้ ใช้วิธีการเปรียบเทียบพลังงานที่ได้รับจากแสงธรรมชาติ กับภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางช่องหน้าต่าง จากการศึกษาพบว่า การเปิดหน้าต่างที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในช่วง 40% - 70% ของผนัง ซึ่งผลที่ได้นี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับสถาปนิกและผู้ผู้ออกแบบอาคารนำไปประยุกต์ใช้ในงานออกแบบที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานโดยคำนึงถึงการใช้แสงธรรมชาติอย่างถูกวิธี

ภาควิชา ..... สถาปัตยกรรมศาสตร์  
 สาขาวิชา ..... สถาปัตยกรรมศาสตร์  
 ปีการศึกษา ..... 2536

ลายมือชื่อผู้ผลิต .....  
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

# # c535075 : MAJOR ARCHITECTURE  
KEY WORD: : DAYLIGHT / OFFICE SPACE



RAVIJ KUANPRASERT : AN EFFECTIVENESS OF DAYLIGHT UTILIZATION FOR  
TYPICAL OFFICE SPACE THESIS ADVISOR :  
ASSO.PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, D.Arch.144 pp. ISBN 974-584-600-7

The objective of this research is to investigate the utilization of daylight in an office space. The study emphasis on an application of the office on the north side under the climatic and sky condition in Bangkok. The solar data used in this research on the hourly record of one complete year from December 1990 to November 1991. During that period the recorded data are classified by month into three typical sky condition; clear ,partly cloudy and overcast sky.

Three typical office spaces found in Bangkok were selected ;the space with the window open from floor to ceiling, the space with the window between 3 ft. to 7 ft level and the space with the window from 3 ft.to the ceiling level.

The calculation of daylight availability were performed throughout the year using the Lumen Method Analysis. All the energy gained from daylight were trade of with the electricity used by artificial lighting.

Finally the energy gained from the daylight were compared with the cooling load from the same window. Through this process of investigation, it is found that the ratio of the window which considered a good daylight utilization are those with the opening ratio ranging from 40% to 70%. This finding is the basis for a design criterion in planning an effective daylight office space on the north orientation in Bangkok.

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรม

สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรม

ปีการศึกษา.....2536

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีของ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยด้วยดีมาตลอด คุณพงษ์พัฒน์ มั่งคั่ง เจ้าหน้าที่กรมพลังงาน ที่ได้กรุณาแนะนำการวิจัย คุณนพกุล ปลื้มถนอม เจ้าหน้าที่ฝ่ายกรรมวิธีข้อมูล กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลด้านพลังงาน แสงอาทิตย์ บริษัท ดีไซน์+ดีเวลลอป จำกัด ให้ความสะดวกสบายในการศึกษาและสนับสนุนงานวิจัยในเรื่องนี้ และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้การสนับสนุนการค้นคว้าและวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ คุณวิบูลรัตน์ คุณพรรณนิภา คุณปรีชา คุณศรารุณี คุณธวัช คุณภาสพงษ์ คุณจัญดา และสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตทั้งสิ่งที่ดีและสิ่งที่ไม่ดี ช่วยผลักดันจนสำเร็จ การศึกษา

สารบัญ



	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. ทฤษฎีการคำนวณแสงสว่างและพลังงาน.....	10
3. การคำนวณหาค่าองค์ประกอบต่างๆ ของพลังงานแสงสว่าง.....	32
4. การจำลองสภาพสำนักงานเปรียบเทียบกับการใช้แสงสว่าง ตามธรรมชาติร่วมกับแสงสว่างไฟฟ้า.....	62
5. การศึกษาประสิทธิภาพในการนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้ในสำนักงาน	103
6. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	107
เอกสารอ้างอิง.....	110
ภาคผนวก.....	112
ประวัติผู้เขียน.....	144

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงค่าวันเฉลี่ยของทุกเดือน.....	22
3.1	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ม.ค. 2534....	34
3.2	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ก.พ. 2534....	35
3.3	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน มี.ค. 2534....	36
3.4	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ม.ค. 2534....	37
3.5	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน เม.ย. 2534....	38
3.6	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน พ.ค. 2534....	39
3.7	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน มิ.ย. 2534....	40
3.8	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ก.ค. 2534....	41
3.9	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ส.ค. 2534....	42
3.10	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ต.ค. 2534....	43
3.11	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน พ.ย. 2534....	44
3.12	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ธ.ค. 2533....	45
3.13	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าตลอดปี.....	46
3.14	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าต่อผนังด้านทิศเหนือ.. เดือน ม.ค. 2534	48
3.15	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าต่อผนังด้านทิศเหนือ.. เดือน ก.พ. 2534	49
3.16	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าต่อผนังด้านทิศเหนือ.. เดือน มี.ค. 2534	50
3.17	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าต่อผนังด้านทิศเหนือ.. เดือน เม.ย. 2534	51
3.18	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าต่อผนังด้านทิศเหนือ.. เดือน พ.ค. 2534	52
3.19	แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าต่อผนังด้านทิศเหนือ.. เดือน พ.ค. 2534	53



เดือน มี.ย. 2534

3.20 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนังด้านทิศเหนือ . . 54

เดือน ก.ค. 2534

3.21 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนังด้านทิศเหนือ . . 55

เดือน ส.ค. 2534

3.22 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนังด้านทิศเหนือ . . 56

เดือน ก.ย. 2534

3.23 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนังด้านทิศเหนือ . . 57

เดือน ต.ค. 2534

3.24 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนังด้านทิศเหนือ . . 58

เดือน พ.ย. 2534

3.25 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนังด้านทิศเหนือ . . 59

เดือน ธ.ค. 2533

3.26 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยต่อผนังด้านทิศเหนือระหว่างเดือน . . 60  
ธ.ค. 2533-พ.ย. 2534

4.41 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยตามสภาพห้องฟ้า ภายในห้องทำงาน . 71  
ต่อผนังด้านทิศเหนือ เดือน ม.ค. 2534

4.42 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยตามสภาพห้องฟ้า ภายในห้องทำงาน . 72  
ต่อผนังด้านทิศเหนือ เดือน ก.พ. 2534

4.43 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยตามสภาพห้องฟ้า ภายในห้องทำงาน . 73  
ต่อผนังด้านทิศเหนือ เดือน มี.ค. 2534

4.44 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยตามสภาพห้องฟ้า ภายในห้องทำงาน . 74  
ต่อผนังด้านทิศเหนือ เดือน เม.ย. 2534

4.45 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยตามสภาพห้องฟ้า ภายในห้องทำงาน . 75  
ต่อผนังด้านทิศเหนือ เดือน พ.ค. 2534

4.46 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยตามสภาพห้องฟ้า ภายในห้องทำงาน . 76  
ต่อผนังด้านทิศเหนือ เดือน มี.ย. 2534

- 4.47 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยตามสภาพท้องฟ้า ภายในห้องทำงาน . 77  
ต่อผนังด้านทิศเหนือ เดือน ก.ค. 2534
- 4.48 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยตามสภาพท้องฟ้า ภายในห้องทำงาน . 78  
ต่อผนังด้านทิศเหนือ เดือน ส.ค. 2534
- 4.49 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยตามสภาพท้องฟ้า ภายในห้องทำงาน . 79  
ต่อผนังด้านทิศเหนือ เดือน ก.ย. 2534
- 4.410 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยตามสภาพท้องฟ้า ภายในห้องทำงาน . 80  
ต่อผนังด้านทิศเหนือ เดือน ต.ค. 2534
- 4.411 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยตามสภาพท้องฟ้า ภายในห้องทำงาน . 81  
ต่อผนังด้านทิศเหนือ เดือน พ.ย. 2534
- 4.412 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยตามสภาพท้องฟ้า ภายในห้องทำงาน . 82  
ต่อผนังด้านทิศเหนือ เดือน ธ.ค. 2533
- 4.413 แสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยตามสภาพท้องฟ้า ภายในห้องทำงาน . 82  
ต่อผนังด้านทิศเหนือ เดือน ธ.ค. 2533- พ.ย. 2534
- 4.5 แสดงประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติ ด้านทิศเหนือ . . . . . 85  
เดือน ธ.ค. 2533- พ.ย. 2534
- 4.61 แสดงภาวะการทำความเย็นจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด . . . . 86  
ด้านทิศเหนือ เดือน ม.ค. 2534
- 4.62 แสดงภาวะการทำความเย็นจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด . . . . 87  
ด้านทิศเหนือ เดือน ก.พ. 2534
- 4.63 แสดงภาวะการทำความเย็นจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด . . . . 88  
ด้านทิศเหนือ เดือน มี.ค. 2534
- 4.64 แสดงภาวะการทำความเย็นจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด . . . . 89  
ด้านทิศเหนือ เดือน เม.ย. 2534
- 4.65 แสดงภาวะการทำความเย็นจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด . . . . 90  
ด้านทิศเหนือ เดือน พ.ค. 2534
- 4.66 แสดงภาวะการทำความเย็นจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด . . . . 91  
ด้านทิศเหนือ เดือน มิ.ย. 2534

- 4.67 แสดงภาวะการทำความเย็นจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด.... 92  
ด้านทิศเหนือ เดือน ก.ค. 2534
- 4.68 แสดงภาวะการทำความเย็นจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด.... 93  
ด้านทิศเหนือ เดือน ส.ค. 2534
- 4.69 แสดงภาวะการทำความเย็นจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด.... 94  
ด้านทิศเหนือ เดือน ก.ย. 2534
- 4.610 แสดงภาวะการทำความเย็นจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด.... 95  
ด้านทิศเหนือ เดือน ต.ค. 2534
- 4.611 แสดงภาวะการทำความเย็นจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด.... 96  
ด้านทิศเหนือ เดือน พ.ย. 2534
- 4.612 แสดงภาวะการทำความเย็นจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด.... 97  
ด้านทิศเหนือ เดือน ธ.ค. 2533
- 4.71 แสดงค่าปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าช่องเปิด เนื่องจากผลต่างของ 98  
อุณหภูมิของ ROOM TYPE 1
- 4.72 แสดงค่าปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าช่องเปิด เนื่องจากผลต่างของ 99  
อุณหภูมิของ ROOM TYPE 2
- 4.73 แสดงค่าปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าช่องเปิด เนื่องจากผลต่างของ 100  
อุณหภูมิของ ROOM TYPE 3
- 4.8 แสดงภาวะการทำความเย็นทั้งหมด ผ่านช่องเปิดด้านทิศเหนือ 101  
เดือน ธ.ค. 2533-พ.ย. 2534
- 5.1 แสดงปริมาณพลังงานแสงสว่างที่ได้รับจากแสงธรรมชาติ.... 104  
ด้านทิศเหนือ
- 5.2 แสดงปริมาณพลังงานในการปรับอากาศเนื่องจากการใช้แสงสว่าง 104  
ที่ได้รับจากแสงธรรมชาติด้านทิศเหนือ (ธ.ค. 2533- พ.ย. 2534)

## สารบัญรูป

2.1	แสดงตัวอย่างการแบ่งเส้นศูนย์สูตร.....	11
	เส้นรุ้งและเส้นแวงรอบโลก	
2.2	แสดงตัวอย่างตำแหน่งของดวงอาทิตย์ .....	12
	มุมแนวตั้งเหนือระดับขอบฟ้า(ALTITUDE)	
	และมุมในแนวราบของดวงอาทิตย์ (AZIMUTH)	
2.3	แสดงผลของการเกิดฤดูกาล.....	14
2.4	แสดงความส่องสว่างและความสว่างของท้องฟ้า	18
	ตามสภาวะของท้องฟ้า ทั้งท้องฟ้ามืดและท้องฟ้าแจ่มใส	
2.5	แสดงสมการเวลา, E .....	22
2.6	แสดงมุมต่างๆ ของระนาบกับดวงอาทิตย์.....	24
2.7	แสดงโมโนแกรม.....	24
2.8	แฟคเตอร์.....	25
2.9	แสดงกระบวนการวิธีการคำนวณของ LUMEN METHOD.....	27
2.10	วิธีการคำนวณ IES แบ่งระยะตามมาตรฐานของ วิธี.....	29
2.11	แสดงสมมูลย์ความร้อนของกระจกที่ถูกแสงแดดเวลาใดๆ....	31
3.1	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ม.ค. 2534	34
3.2	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ก.พ. 2534	35
3.3	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน มี.ค. 2534	36
3.4	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน เม.ย. 2534	37
3.5	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน พ.ค. 2534	38
3.6	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน มิ.ย. 2534	39
3.7	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ก.ค. 2534	40
3.8	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ส.ค. 2534	41
3.9	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ก.ย. 2534	42
3.10	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ต.ค. 2534	43
3.11	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน พ.ย. 2534	44
3.12	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้าเดือน ธ.ค. 2533	45

3.13	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าตลอดปี . . . . .	46
3.14	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนังด้าน ทิศเหนือเดือน ม.ค. 2534 . . . . .	48
3.15	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนังด้าน . . . . .	49
	ทิศเหนือเดือน ก.พ. 2534	
3.16	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนังด้าน . . . . .	50
	ทิศเหนือเดือน มี.ค. 2534	
3.17	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนัง . . . . .	51
	ด้านทิศเหนือเดือน เม.ย. 2534	
3.18	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนัง . . . . .	52
	ด้านทิศเหนือเดือน พ.ค. 2534	
3.19	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนัง . . . . .	53
	ด้านทิศเหนือ เดือน มิ.ย. 2534	
3.20	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนัง . . . . .	54
	ด้านทิศเหนือเดือน ก.ค. 2534	
3.21	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนัง . . . . .	55
	ด้านทิศเหนือเดือน ส.ค. 2534	
3.22	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนัง . . . . .	56
	ด้านทิศเหนือเดือน ก.ย. 2534	
3.23	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนัง . . . . .	57
	ด้านทิศเหนือเดือน ต.ค. 2534	
3.24	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนัง . . . . .	58
	ด้านทิศเหนือเดือน พ.ย. 2534	
3.25	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของห้องฟ้าต่อผนัง . . . . .	59
	ด้านทิศเหนือเดือน ธ.ค. 2533	
3.26	แผนภูมิแสดงค่าการส่องสว่างเฉลี่ยต่อผนังด้าน . . . . .	60
	ทิศเหนือระหว่างเดือน ธ.ค. 2533-พ.ย. 2534	
4.1	แสดงการเปิดช่องเปิด ของสำนักงานจำลอง 3 แบบ . . . . .	64

4.2.ก.	ตัวอย่างอาคารสำนักงานที่มีการใช้กระจกเต็มพื้นที่ช่องเปิด อาคารปัญจธานีทาวเวอร์ ถนนรัชดาภิเษก.....	65
4.2.ข.	ตัวอย่างอาคารสำนักงานที่มีการใช้กระจกเต็มพื้นที่ช่องเปิด.... อาคารเสริมมิตรทาวเวอร์ ถนนอโศก	65
4.3.ก.	ตัวอย่างอาคารสำนักงานที่มีการเปิดกระจกแบบที่ 2.....	66
4.3.ข.	ตัวอย่างอาคารสำนักงานที่มีการเปิดกระจกแบบที่ 2..... สำนักงานใหญ่เซลล์แห่งประเทศไทย	66
4.4.ก.	ตัวอย่างอาคารสำนักงานที่มีการเปิดกระจกแบบที่ 3..... อาคารบางนาคอมเพล็กซ์ ส่วนทาวเวอร์ ถนนบางนา-ตราด	67
4.4.ข.	ตัวอย่างอาคารสำนักงานที่มีการเปิดกระจกแบบที่ 3..... อาคาร K-SIT ถนนสีลม	67
4.5	อาคารที่มีการเจาะช่องกระจก แบบที่ 1 และแบบที่ 3 ร่วมกัน... ธนาคารทหารไทย จำกัด สำนักงานใหญ่ ถนนพหลโยธิน	68
4.6	แสดงการจัดสำนักงานที่ผิดวิธี โดยนำเฟอร์นิเจอร์ไปบัง..... แสงธรรมชาติ	68
4.7	แสดงลักษณะของแสงธรรมชาติที่เข้ามาในห้อง.....	84
4.8	แผนภูมิแสดงการทำความเย็นทั้งหมด ผ่านช่องเปิดด้าน ทิศเหนือ เดือน ธ.ค. 2533 - พ.ย. 2534.....	101
5.1	แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้พลังงานแสงสว่าง..... ที่ได้รับกับพลังงานเพื่อปรับอากาศ	105
6.1	แสดงปริมาณของแสงสว่างธรรมชาติที่เข้ามาผ่านช่องเปิดเทียบกับ ภาระทำความเย็นของการปรับอากาศที่มี COP ต่างๆ กัน.....	108