

การออกแบบแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์
เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร
กรณีศึกษา : อาคารสำนักงานในเขตกรุงเทพมหานคร

DESIGN OF PLANE REFLECTION ADJUSTABLE TO SOLAR ANGLES
TO INCREASE THE ILLUMINATE LEVELS IN BUILDING
CASE STUDY : AN OFFICE BUILDING IN BANGKOK

ชาญชัย โชติชูทิพย์
CHANCHAI CHOTCHUTIP

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร์อื่น

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2671-7

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์
เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร
กรณีศึกษา : อาคารสำนักงานในเขตกรุงเทพมหานคร

DESIGN OF PLANE REFLECTION ADJUSTABLE TO SOLAR ANGLES
TO INCREASE THE ILLUMINATE LEVELS IN BUILDING
CASE STUDY : AN OFFICE BUILDING IN BANGKOK



ชาญชัย โชติชูทิพย์
CHANCHAI CHOTCHUTIP

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2549

ISBN 974-15-2671-7

DESIGN OF PLANE REFLECTION ADJUSTABLE TO SOLAR ANGLES
TO INCREASE THE ILLUMINATE LEVELS IN BUILDING
CASE STUDY : AN OFFICE BUILDING IN BANGKOK

CHANCHAI CHOTCHUTIP

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

ISBN 974-15-2671-7

COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การออกแบบแสงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมมองอาทิตย์เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร
กรณีศึกษา : อาคารสำนักงานในเขตกรุงเทพมหานคร

นักศึกษา

นายชาญชัย โชติชูทิพย์

รหัสนักศึกษา

44063104

ปริญญา

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรมเขตร้อน

พ.ศ.

2549

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ.ธีรมน ไวโรจนิก

บทคัดย่อ

การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสำนักงานมีข้อจำกัดของความส่องสว่างในระยะความลึก การเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารด้วยวิธีการสะท้อนแสงเข้าสู่ส่วนลึกภายในอาคาร โดยการทดลองแบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เวลา 10.00 – 12.00 นาฬิกา และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เวลา 13.00 – 15.00 นาฬิกา ในการทดลองนี้ได้ใช้ค่าความส่องสว่างภายนอก 19,000 – 22,000 ลักซ์

การทดลองแบ่งเป็น 4 ส่วนหลัก ส่วนที่ 1) กำหนดคุณสมบัติของผิวสะท้อนแสง , ตำแหน่งที่ แฉงสะท้อนแสงมุมมองอาทิตย์ , การวิเคราะห์ปริมาณระดับความส่องสว่าง , ทิศทางตำแหน่ง หน่วยทดลอง ส่วนที่ 2) วิเคราะห์รูปแบบการปรับมุมของแสงสะท้อนแสง , วิเคราะห์คุณสมบัติ ของผิวสะท้อนแสง ส่วนที่ 3) วิเคราะห์รูปแบบการปรับมุมทิศทางตะวันออก - ตะวันตก ส่วนที่ 4) ประเมินผลปริมาณแสงธรรมชาติภายในหน่วยทดลอง และสรุปผลการทดลองโดยนำข้อมูลที่ได้

เบื้องต้น งานวิจัยการออกแบบแสงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมมองอาทิตย์เพื่อ เพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการปรับมุมของการ สะท้อนแสง โดยทำการปรับมุมแสงสะท้อนแสง ขนานกับตัวอาคารในองศาที่แตกต่างกันครั้งละ 15 องศา การศึกษาพบว่าในการปรับมุมแต่ละองศา ได้ปริมาณความส่องสว่างที่แตกต่างกัน และ ทิศทางที่ตรงกันข้ามกับการโคจรของดวงอาทิตย์ ภายในหน่วยทดลองมีปริมาณความส่องสว่างลดลง ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งการปรับมุมเป็นตัวแปรที่ทำให้ปริมาณความส่องสว่างเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ อันเป็นผล จากรูปแบบของผิวสะท้อนแสงที่แสงตกกระทบและสะท้อนแสงสู่ภายในหน่วยทดลอง

ขั้นตอนการศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพแสงสะท้อนที่ปรับมุม โดยทำการศึกษาตัวแปร และคุณสมบัติที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ การเพิ่มระดับความส่องสว่าง ซึ่งพบว่าเมื่อทำการปรับมุม ไปในทิศทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกร่วมกับการปรับมุมในระนาบขนานตัวอาคาร พบว่าทำให้ปริมาณของแสงสว่างภายในอาคารมีปริมาณเพิ่มขึ้น

การศึกษาคุณสมบัติของตัวแปรที่มีส่วนช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแผงสะท้อนพบว่าช่วงเข้าแผงสะท้อนแสงชนิดแบน (Flat Type) ปรับมุมระนาบ 0 องศาและทำการเพิ่มการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออก 30 องศา ช่วงบ่ายแผงสะท้อนแสงแบบเว้าปรับมุมระนาบ 30 องศาและทำการเพิ่มการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันตก 30 องศา มีคุณสมบัติในการเพิ่มระดับความส่องสว่างได้ดีที่สุดของการทดลอง

Thesis Title	Design of Plane Reflection Adjustable to Solar Angles to Increase The Illuminate Levels in Building Case Study : An Office Building in Bangkok
Student	Mr.Chanchai Chotchutip
Student ID.	44063104
Degree	Master of Architecture
Programme	Tropical Architecture
Year	2006
Thesis Advisor	Assoc. Prof.Teeramon Wairojanakij

ABSTRACT

Using the natural light in an Office building has the limit of the illumination in the deep space. The experiment in the addition of the illuminate levels in building by reflecting the light into the building's depth was separated in two sections : started at 10 until 12 o'clock in the morning and the second section started at 1until 3 o'clock in the afternoon. In this experiment, the researcher user the external illumination level between 19,000 to 22,000 lux.

The experiment was separated in four main sections : The first section : determining the qualification of plane reflection's surface, the position of plane reflection that reflected the solar angles, analyzing the quantity of the illuminate levels, the direction of the experiment until. The second : analyzing the pattern of plane reflection's angles adjustment, analyzing the qualification of plane reflection's surface. The third section : analyzing the pattern of angles adjustment in the East and the West. The fourth section : evaluating the quantity of natural light inside the experimental until and summarizing.

In the basic of "A study of design of plane reflection adjustable to solar angles to increase the illuminate levels in building" , it compared the pattern of the solar reflection's angled adjustment by adapting the angle of the solar reflector paralleled with the building in the different fifteen degrees in each times. The result of the study was the angled adjustment in each degrees gave the different quantity of light and the opposite direction to the Sun's revolution. There

was the reductive quantity of light in the inside of the experimental unit. The angled adjustment was the variance that effected to the quantity of light in the increasable or the reductive way. That was the result of the pattern of solar reflective surface which the light reflected into the experimental unit.

The procedure of the study and develop the capability of the angled adjusted solar reflector by studying the variance and the qualification which increased the effect and the level of the light. It found that when adapted the angle to the East and the West combined with the angle adjustment paralleled with the building , it effected to the increasable quantity of light inside the building.

The study of the variance's qualification which effected to the capable increasing of solar reflector , it found that the flat type solar reflector adjusted the plane angle at zero degree and increased the solar reflector's adjustment in the East at thirty degrees in the morning , the concave type solar reflector adjusted the plane angle at thirty degrees and increased the solar reflector's adjustment in the West at thirty degrees in the afternoon which had the best qualification in increasing the level of the light in this experiment.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ ผศ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อกิมเต่ง - คุณแม่เจลิยว - คุณแม่พรณี โชติชูทิพย์ - คุณแม่ลิ้นจี่ คนกำลัง และคุณมุกดา คนกำลัง ภรรยาที่เป็นกำลังใจเสมอมา และให้การสนับสนุนทางความคิด

ขอขอบพระคุณ คุณอนันญา โรจนสุทธนันท์ ที่ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในการศึกษา ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ องค์การสะพานปลา กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ฝ่ายพัฒนา กองวิศวกรรม และสิ่งแวดล้อมที่อนุเคราะห์เวลาส่วนหนึ่งในการดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วง

คุณประโยชน์ทั้งหลายที่เกิดขึ้นจากการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณที่ได้กล่าวถึงและมีได้กล่าวถึงทุกท่าน

ชาญชัย โชติชูทิพย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญของการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย.....	6
1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....	6
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	8
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	9
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง.....	11
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ.....	11
2.1.1 แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ.....	11
2.1.2 พฤติกรรมแสง.....	11
2.1.3 สภาพท้องฟ้า.....	13
2.1.4 ทฤษฎีการให้ความสว่างกับอาคารโดยใช้แสงธรรมชาติ.....	14
2.1.5 ปัญหาในการนำแสงธรรมชาติมาใช้สำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น.....	15
2.1.6 มาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES.....	18
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.....	21
3.1 เครื่องมือและหุ่นทดลองในการวิจัย.....	21
3.2 การบันทึกข้อมูล.....	24
3.3 สถานที่ในการทดลอง.....	27
3.4 รูปแบบแผนสะท้อนการปรับมุมตามตำแหน่งมุมมองอาทิตย์ในการวิจัย.....	27
3.5 การตรวจสอบประสิทธิภาพความส่องสว่างของหน่วยทดลอง.....	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและวิเคราะห์.....	33
4.1 การศึกษาเปรียบเทียบมุมสะท้อนแสงของแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุม.....	33
4.2 การศึกษาแนวทางพัฒนาแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุม.....	45
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	58
บรรณานุกรม.....	60
ภาคผนวก.....	63
ประวัติผู้เขียน.....	91

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES(USA) และ มาตรฐานการกำหนดค่า Daylight Factor ตามประเภทการใช้งาน(บางส่วน).....	7
2.1 แสดงค่าเฉลี่ยของท้องฟ้าในลักษณะต่าง ๆ.....	14
2.2 การเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) ตาม ประเภทการใช้งาน.....	18
2.3 การเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) และมาตรฐานการกำหนดค่า Daylight Factor โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%).....	20

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	กราฟแสดงสภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี (2533 – 2542).....2
1.2	แสดงขั้นตอนการประยุกต์การใช้แสงธรรมชาติในการออกแบบอาคาร.....3
1.3	แสดงการเปรียบเทียบความสูงของหน้าต่างที่มีความสัมพันธ์ต่อการส่องผ่านของแสง เข้ามาภายในอาคาร.....3
1.4	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างของหน้าต่าง 2 ด้านที่มีความสูงแตกต่างกัน.....4
1.5	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างจากการปรับเปลี่ยนความยาวของหน้าต่าง.....4
1.6	แสดงรูปแบบทั่วไปของ Light Shelve ที่มีการใช้งานจริง.....5
1.7	แสดงการนำแสงธรรมชาติโดยวิธี LIGHT SHELVE.....7
1.8	แสดงรูปแบบการนำแสงธรรมชาติจากสะท้อน.....7
1.9	แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร.....8
1.10	Light Shelveภายในอาคาร.....8
1.11	แสดงการเพิ่มประสิทธิภาพระดับความส่องสว่างภายในอาคาร.....8
1.12	แผนภูมิแสดงขั้นตอนดำเนินการวิจัย.....9
2.1	การสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบวัตถุ.....12
2.2	การกระจายแสงแบบ Diffuse Reflect และการกระจายแบบ Combine Specula....12
3.1	เครื่องวัดแสงแบบลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter).....21
3.2	คอมพิวเตอร์โน้ตบุค (Computer Notebook).....21
3.3	เข็มทิศ(Compass).....22
3.4	ลักษณะหน่วยทดลอง.....23
3.5	รายละเอียดวัสดุที่ใช้ทำหน่วยทดลอง.....23
3.6	รายละเอียดขนาดหน่วยทดลอง.....23
3.7	ตำแหน่งบันทึกข้อมูลขั้นตอนการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงสะท้อนแสง.....25
3.8	ตำแหน่งบันทึกข้อมูลขั้นตอนการศึกษาพัฒนาแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่ง มุมดวงอาทิตย์.....26
3.9	ตำแหน่งบันทึกข้อมูลผลการทดลอง.....26
3.10	ลักษณะพื้นที่ในการทดลอง.....27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 รูปแบบแผงสะท้อนแสง.....	29
3.12 รูปแบบแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามระนาบปกติ.....	29
3.13 รูปแบบแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์.....	29
3.14 เปรียบเทียบหน่วยทดลองที่ไม่ติดตั้งและติดตั้งแผงสะท้อนแสง.....	30
3.15 เปรียบเทียบแผงสะท้อนแสง.....	31
3.16 กราฟผลการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพหน่วยทดลอง.....	31
3.17 กราฟแสดงผลการตรวจสอบประสิทธิภาพระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลอง.....	32
4.1 หน่วยทดลองที่ 1 กรณีไม่ติดตั้งแผงสะท้อนแสง.....	34
4.2 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 1.....	34
4.3 กราฟแสดงผลการทดลองของหน่วยทดลองที่ 1.....	34
4.4 กราฟสรุปผลทดลองของหน่วยทดลองที่ 1.....	35
4.5 กราฟสรุปผลการทดลองกรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดแบน ชนิดนูน ชนิดเว้า (Flat Type) (Convex Type) (Concave Type).....	36
4.6 หน่วยทดลองที่ 2 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดแบน.....	37
4.7 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 2.....	37
4.8 ทิศทางแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาของหน่วยทดลองที่ 2....	38
4.9 กราฟเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างของแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45, 60,75องศา ของหน่วยทดลองที่ 2 (Flat Type).....	39
4.10 หน่วยทดลองที่ 3 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดนูน.....	40
4.11 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 3.....	40
4.12 ทิศทางแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาของหน่วยทดลองที่ 3....	41
4.13 กราฟเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างของแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45, 60,75 องศา ของหน่วยทดลองที่ 3 (Convex Type).....	42
4.14 หน่วยทดลองที่ 4 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดเว้า.....	43
4.15 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 4.....	43
4.16 ทิศทางแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาของหน่วยทดลองที่ 4....	44
4.17 กราฟเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างของแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45, 60,75 องศา ของหน่วยทดลองที่ 4 (Concave Type).....	45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.18 หน่วยทดลองที่ 2 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดแบน.....	46
4.19 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 2.....	47
4.20 ทิศทางแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาของหน่วยทดลองที่ 2....	47
4.21 กราฟสรุปผลการทดลองของหน่วยทดลองที่ 2.....	48
4.22 หน่วยทดลองที่ 3 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดนูน.....	50
4.23 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 3.....	51
4.24 ทิศทางแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาของหน่วยทดลองที่ 3.....	51
4.25 กราฟสรุปผลการทดลองของหน่วยทดลองที่ 3.....	52
4.26 หน่วยทดลองที่ 4 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดเว้า.....	54
4.27 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 4.....	55
4.28 ทิศทางแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาของหน่วยทดลองที่ 4....	55
4.29 กราฟสรุปผลการทดลองของหน่วยทดลองที่ 4.....	56

บทที่ 1

บทนำ

การออกแบบงานทางด้านสถาปัตยกรรม ในปัจจุบันผู้ออกแบบได้ให้ความสำคัญกับเรื่องของการใช้พลังงานภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งซึ่งมีการใช้งานภายในอาคารอยู่อย่างต่อเนื่องและมีการสิ้นเปลืองพลังงานที่สูง หากสามารถลดการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคารโดยการนำแสงธรรมชาติมาใช้ร่วมกับแสงประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลือง ในการออกแบบการนำพลังงานทดแทนแสงสว่างโดยการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคาร เพื่อลดปริมาณการใช้แสงไฟประดิษฐ์ต้องพิจารณาองค์ประกอบสำคัญหลายประการในการตัดสินใจ ทั้งทางด้านสถาปัตยกรรม วิศวกรรมงบประมาณ และองค์ประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องที่ต้องนำมาพิจารณาร่วมกัน เนื่องจากแสงสว่างที่เราได้จากแสงธรรมชาติไม่ได้ให้แต่ความสว่างเพียงอย่างเดียว แต่ยังอาจจะส่งผลกระทบต่อที่แผ่มาในลักษณะการไม่สบายตาในการมองเห็น การหลีกเลี่ยงแสงจ้าที่จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกตาพร่ามัว ซึ่งเป็นผลกระทบจากรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ เข้ามาภายในอาคาร ความเข้มของการส่องสว่างโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะทำให้เกิดความส่องสว่างที่มากเกินไปกว่าความต้องการใช้งานภายในอาคาร

ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงการควบคุมการแผ่รังสีและแสงตรงจากดวงอาทิตย์ในการออกแบบอาคารที่มีการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพ รวมถึงการออกแบบควบคุมปริมาณและทิศทางการกระจายแสงธรรมชาติให้เป็นไปตามความต้องการ การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติกับภายในอาคาร นอกจากจะช่วยในการประหยัดพลังงานที่อาคารต้องสูญเสียไปกับการใช้แสงประดิษฐ์เป็นสิ่งที่ต้องศึกษาและพิจารณา

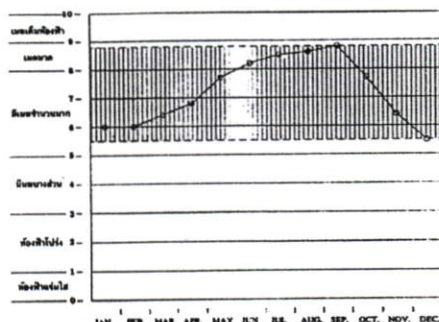
1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญของการวิจัย

ปัจจุบันอาคารสำนักงานค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานสูงมาก จากข้อมูลกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานระบุว่าอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานสำหรับการส่องสว่าง 20 เปอร์เซ็นต์

ในขณะที่การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารโดยตรงในเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทย จะได้ปริมาณแสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการใช้งาน แต่เนื่องจากสภาพท้องฟ้าในประเทศไทยมีปริมาณแสงภายนอกโดยเฉลี่ยสูงตลอดปี การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารโดยตรงอาจจะทำให้ได้ปริมาณแสงที่มีความเข้มเกินไป ทำให้ผู้ใช้อาคารเกิดความรู้สึกไม่สบายต่อสายตา (VISUAL DISCOMFORT) ต้องมีการปรับสายตา (EYE ADAPTATION) มากในการที่จะมองไปยังส่วน

อื่น ๆ ในอาคารที่มีค่าความส่องสว่างของแสงที่อยู่ในเกณฑ์ปกติ นอกจากนี้ยังนำมาซึ่งความร้อนเข้าสู่อาคารด้วยซึ่งจะกลายเป็นภาระอีกส่วนหนึ่งของระบบการทำความเย็นของอาคาร

แสงสว่างเป็นพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่นเดียวกับคลื่นความร้อน แต่เป็นช่วงคลื่นที่ตาคนสามารถสัมผัสคือเห็นได้ เมื่อแสงไปกระทบกับวัตถุแล้วสะท้อนเข้าตาทำให้เห็นเป็นภาพ ความสว่างมีความยาวช่วงคลื่นระหว่าง $0.38 - 0.76 \mu\text{m}^1$

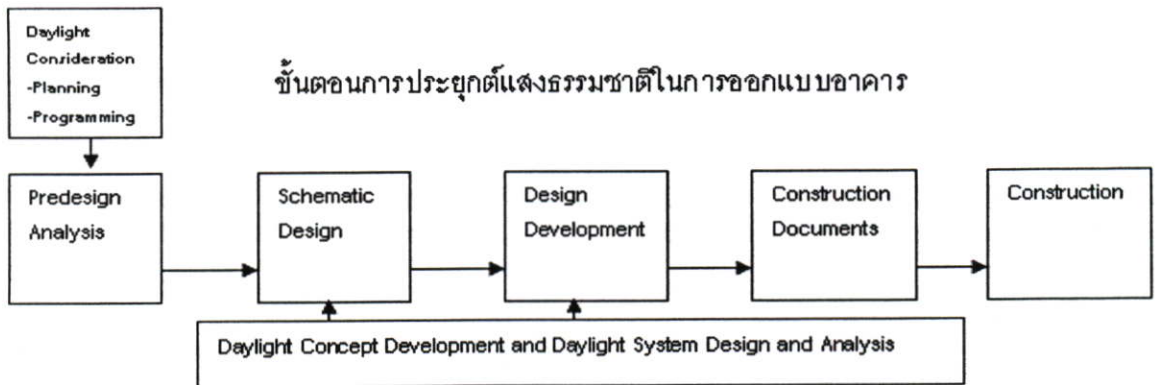


รูปที่ 1.1 กราฟแสดงสภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี (2533 – 2542)

จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาสามารถตรวจสอบสภาพท้องฟ้าที่เกิดขึ้น ในช่วงระยะ 10 ปี (2533 - 2542) พบว่าสภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 5.5 - 8.7 ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) ซึ่งท้องฟ้าในลักษณะนี้จะมีความแปรปรวนของแสงสว่างตลอดเวลา

การใช้แสงธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากจะเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้า แสงสว่างของอาคารแล้วยังไม่เป็นภาระการปรับอากาศภายในอาคาร ดังนั้นการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการควบคุมการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด จะให้ประโยชน์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานสถาปัตยกรรมให้มีการออกแบบที่เหมาะสมในการนำแสงธรรมชาติในปริมาณที่เพียงพอมาใช้ในอาคารและสร้างความสบายทางด้านสายตา (VISUAL COMFORT) ให้แก่ผู้ใช้อาคาร

¹ รศ.ธีระมน ไวโรจนกิจ สภาพแวดล้อมด้านแสงสว่าง เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีสภาพแวดล้อมอาคาร

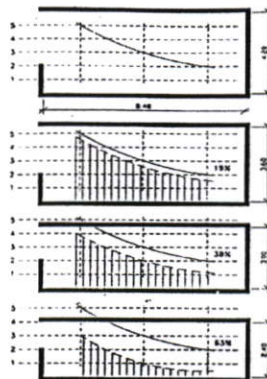


รูปที่ 1.2 แสดงขั้นตอนการประยุกต์การใช้แสงธรรมชาติในการออกแบบอาคาร

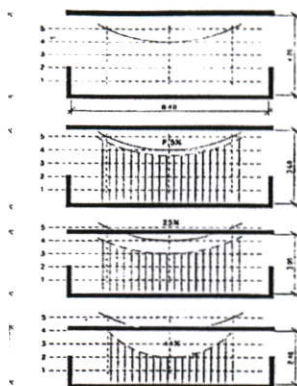
ที่มา : สุรพงษ์ จิระรัตนานนท์ , 2539 : 14

การส่องสว่างสำนักงานต้องให้ได้แสงสว่างสม่ำเสมอ ยกเว้นกรณีที่เป็นห้องต้อนรับหรือเป็นบริเวณที่ไม่ได้ใช้ทำงานก็ไม่จำเป็นต้องให้มีแสงสว่างสม่ำเสมอ

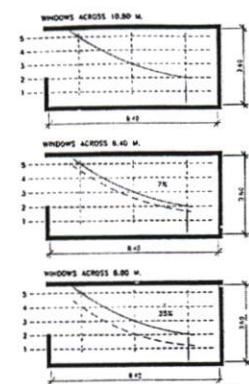
การนำแสงสว่างเข้ามาใช้ทางด้านข้างนั้น ปัจจัยที่สำคัญอีกประการคือ ระยะความลึกของห้องจากช่องเปิด ซึ่งถ้าความลึกของห้องยิ่งมากแสงสว่างธรรมชาติก็ยิ่งเข้าไปได้น้อย



รูปที่ 1.3 แสดงการเปรียบเทียบความสูงของหน้าต่างที่มีความสัมพันธ์ต่อการส่องผ่านของแสงเข้ามาภายในอาคาร



รูปที่ 1.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างของหน้าต่าง 2 ด้านที่มีความสูงแตกต่างกัน



รูปที่ 1.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างจากการปรับเปลี่ยนความยาวของหน้าต่าง

ที่มา : DAYLIGHT IN ARCHITECTURE, BENJAMIN H. EVANS, AIA

การนำแสงธรรมชาติโดยวิธีการสะท้อนเข้ามาใช้เพื่อเพิ่มความส่องสว่างภายในอาคารสำนักงาน มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มความส่องสว่างและมีประสิทธิภาพมากกว่าในเชิงความร้อนที่ลดลงรวมทั้งเกิดความสม่ำเสมอของอุณหภูมิในการใช้สายตา (VISUAL COMFORT)

ดังนั้นแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคารได้ดีก็ ต้องมีการออกแบบแผงสะท้อนแสง ให้แสงธรรมชาติกระทบสู่ฝ้าเพดานมากขึ้น เพื่อช่วยในการเพิ่มอัตราการกระจายแสงภายในอาคารมากขึ้น การออกแบบแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมมองอาทิตย์ เพื่อใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ทำการศึกษาจากทฤษฎีการนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคาร โดยปริมาณความส่องสว่างที่เหมาะสมกับการทำงานตามมาตรฐานของสำนักงาน อยู่ที่ 500 LUX

ปัญหาของอาคารสำนักงาน ขาดการคำนึงถึงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารเนื่องด้วยเหตุผลทางรูปแบบของอาคารและการวางรูปแบบ ทำให้ปัจจุบันอาคารสำนักงานหันมา

ใช้วิธีป้องกันแสงแดดตรงจากดวงอาทิตย์ แทนการนำแสงสว่างจากธรรมชาติ เข้ามาใช้ภายในอาคาร พบว่า หลักการสะท้อนแสงของสภาพท้องฟ้า เมฆบางส่วนจะช่วยเพิ่มความส่องสว่างภายในอาคารบนพื้นผิวอ้างอิง มีความสม่ำเสมอและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้แสงสว่างลง โดยหลักวิธีการสะท้อนแสงเพื่อนำแสงเข้าสู่ส่วนลึกภายในอาคาร

การศึกษาการนำแสงธรรมชาติ มาใช้ในอาคารสำนักงาน พบว่า มีองค์ประกอบที่ช่วยเพิ่มการกระจายแสงเข้าสู่อาคารได้แก่ การสะท้อนแสงจากแผงสะท้อนแสง (PLANE REFLECTION) ซึ่งมีหลักการคล้ายกับหิ้งสะท้อนแสง (LIGHT SHELVE) คือสะท้อนแสงผ่านแผงสะท้อนที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ สะท้อนแสงสู่ฝ้าเพดาน เพื่อช่วยในการกระจายแสงภายในอาคาร อีกส่วนหนึ่งแต่ในการสะท้อนแสงของแผงสะท้อนแสงต้องมียุทธศาสตร์ประกอบของคุณสมบัติผิวสะท้อนที่ให้ค่าการสะท้อนแสงที่ดี และทิศทางที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ตกกระทบลงบนแผงสะท้อนแสงที่เหมาะสมและสอดคล้องจึงจะเกิดประสิทธิภาพในการเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารส่วนที่ลึกได้อย่างสมบูรณ์

เรณู ด่านกุล (2545) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พบว่าการออกแบบหิ้งสะท้อนแสง แบบม่านสะท้อนแสง สามารถเพิ่มระยะความลึกของแสงธรรมชาติ ป้องกันแสงแดดตรงที่มีมุมมองที่ดีและมีการกระจายแสงที่สม่ำเสมอลดแสงบาดตา ควรติดตั้งด้านนอกของอาคาร เพราะนอกจากจะช่วยเพิ่มการสะท้อนแสงแล้วยังช่วยป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ มีความเหมาะสมในการเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติสำหรับประเทศไทย

จากรูปแบบของ หิ้งสะท้อนแสง ข้างต้น คาดว่าหลักการดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์การเพิ่มแสงสว่างภายในอาคารส่วนที่ลึกได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 1.6 แสดงรูปแบบทั่วไปของ Light Shelve ที่มีการใช้งานจริง

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อแก้ไขปัญหาความส่องสว่างภายในอาคารส่วนที่ลึกที่แสงธรรมชาติไม่สามารถเข้าถึง โดยนำแสงผ่านแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ ให้เหมาะสม เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร ซึ่งแนวทางการแก้ไขควรคำนึงถึงระดับความส่องสว่าง แสงบาดตา ความสม่ำเสมอของความสว่าง การตั้งมุมของแผงสะท้อนแสง ความร้อนเข้าสู่อาคาร ทิศทางของแสงธรรมชาติ สภาพท้องฟ้า ซึ่งเหตุผลดังกล่าวส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน ไฟฟ้าระบบแสงสว่าง

แนวทางการออกแบบแผงสะท้อนแสงควรคำนึงถึงความสูง ความลึก ตำแหน่งช่องเปิด ตลอดจนพื้นผิวที่นำมาเป็นตัวสะท้อนแสงและมุมลาดเอียงของแผงสะท้อนแสงเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ และความเหมาะสมในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารต่อไป

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 ปัญหาการนำแสงสว่างเข้าสู่ส่วนลึกภายในอาคารนำมาซึ่งการออกแบบแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร โดยตั้งอยู่บนฐานข้อมูลของสมมติฐานดังนี้

- แผงสะท้อนแสงช่วยเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารส่วนที่ลึกโดยหลักของการสะท้อนแสง เพื่อเพิ่มความสว่างภายในอาคาร

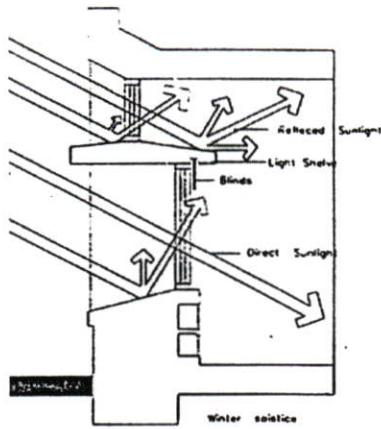
- การปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ของแผงสะท้อนแสงช่วยเพิ่มระดับความสว่างและนำแสงสว่างไปใช้ในส่วนที่ลึกภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมาะสม

1.3.2 แนวทางในการแก้ปัญหาคำนึงถึงสภาพแสงสว่างในเขตร้อนชื้นซึ่งสามารถกำหนดองค์ประกอบการออกแบบดังนี้

- กำหนดการปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ให้เหมาะกับการสะท้อนแสงเข้าสู่ภายในอาคาร

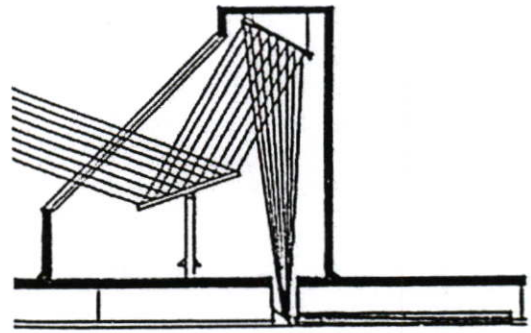
- ป้องกันแสงบาดตาหรือลดความจ้าของแสง เพื่อความสบายตาโดยกำหนดคุณสมบัติผิววัสดุสะท้อนแสง

การแก้ปัญหาการนำแสงธรรมชาติ แสดงการนำแสงธรรมชาติ โดยวิธีหึ่งสะท้อนแสง เข้าสู่ส่วนลึกภายในอาคารสามารถเพิ่มประสิทธิภาพระดับความส่องสว่าง ดังกล่าวได้



รูปที่ 1.7 แสดงการนำแสงธรรมชาติโดยวิธี
ธรรมชาติจาก LIGHT SHELVE

ที่มา : Egan (1983 : 116)



รูปที่ 1.8 แสดงรูปแบบการนำแสง
การสะท้อน

ที่มา : Guzowski (1976 : 247)

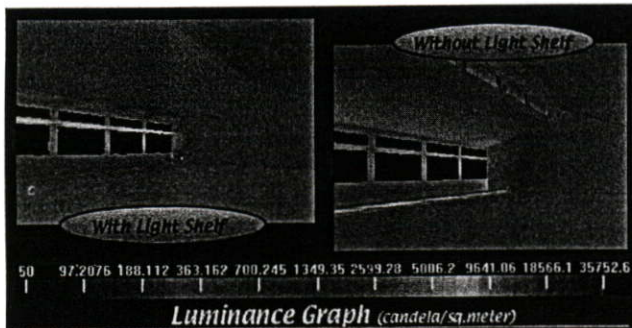
จากสมมติฐานดังกล่าวข้างต้น ได้ให้ความสำคัญกับรายละเอียดของงานวิจัยดังนี้ สภาพแสงจากท้องฟ้า สัดส่วนช่องเปิด การปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ ทิศทางของแสงธรรมชาติ เข้าสู่อาคาร ผิวด้านสะท้อนแสง ระยะความลึกของห้อง แผนควบคุมการสะท้อนแสงจากรายละเอียดดังกล่าวมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพ ระดับความส่องสว่างภายในอาคาร ได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

ตารางที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่างCIEและIES(USA)และ
มาตรฐานการ

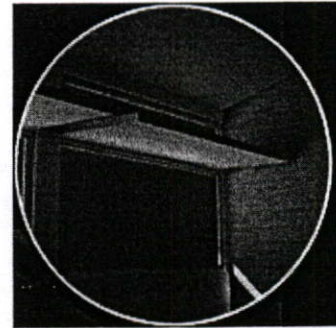
พื้นที่ใช้งาน	ค่าการส่องสว่าง (Lux)		ค่า Daylight Factor		
	ตามมาตรฐาน CIE (ก)	ตามมาตรฐาน IES (ข)	(%)	(ค)	(ง)
			อาคารทั่วไป		
ทางเดิน	50 - 100 - 150	50 - 75 - 100	2	0.6	พื้น
บันได - บันไดเลื่อน	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	2	0.6	ลูกบันได
ที่เก็บของ, ห้องเก็บของ	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	1.5	0.5	Work plane
ห้องน้ำ	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	1.5	0.5	Work plane
			สำนักงาน		
พื้นที่ทั่วไป, พิมพ์ดีด,	300 - 500 - 750	500 - 750 - 1000	5	2.5	Work plane
			คอมพิวเตอร์		
เขียนแบบ	500 - 750 - 1000	500 - 750 - 1000	5	2.5	Work plane
ห้องประชุม	300 - 500 - 750	200 - 300 - 500			
โถงทางเข้า		100 - 150 - 200	2	0.6	Work plane
			ห้องสมุด		
ที่นั่งหนังสือ	150 - 200 - 300	200 - 300 - 500	5	1.5	vertical
โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 500 - 750	200 - 300 - 500	5	1.5	Work plane
เคาน์เตอร์	200 - 300 - 500	200 - 300 - 500	5	2	Work plane
			ห้องประชุม		
เอนกประสงค์	150 - 200 - 300	200 - 300 - 500	5	2.5	Work plane

กำหนดค่า Daylight Factor ตามประเภทการใช้งาน (บางส่วน)

ที่มา : (ก) ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ(1-6) , (ข) IES Illuminating Engineering Society
(1983 : A3) , (ค) BSI Draft for Development(73)



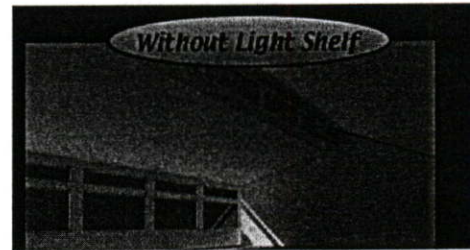
รูปที่ 1.9 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร



รูปที่ 1.10 Light Shelve ภายในอาคาร



a



b

รูปที่ 1.11 a,b แสดงการเพิ่มประสิทธิภาพระดับความส่องสว่างภายในอาคาร

ที่มา : www.reality-alt.com/light_grp/Daylighting.html

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเพื่อหาแนวทางการนำแสงธรรมชาติจาก หิ้งสะท้อนแสง โดยการสะท้อนแสง เป็นแนวคิดหลักในการวิจัย เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุด ทั้งด้านปริมาณความส่องสว่างและคุณภาพของแสงดังนี้

1. ศึกษางานวิจัยและหลักทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. สำรวจ จัดกลุ่มรูปแบบแผงสะท้อนแสงและผิววัตถุสะท้อนแสงในการนำแสงเข้าสู่

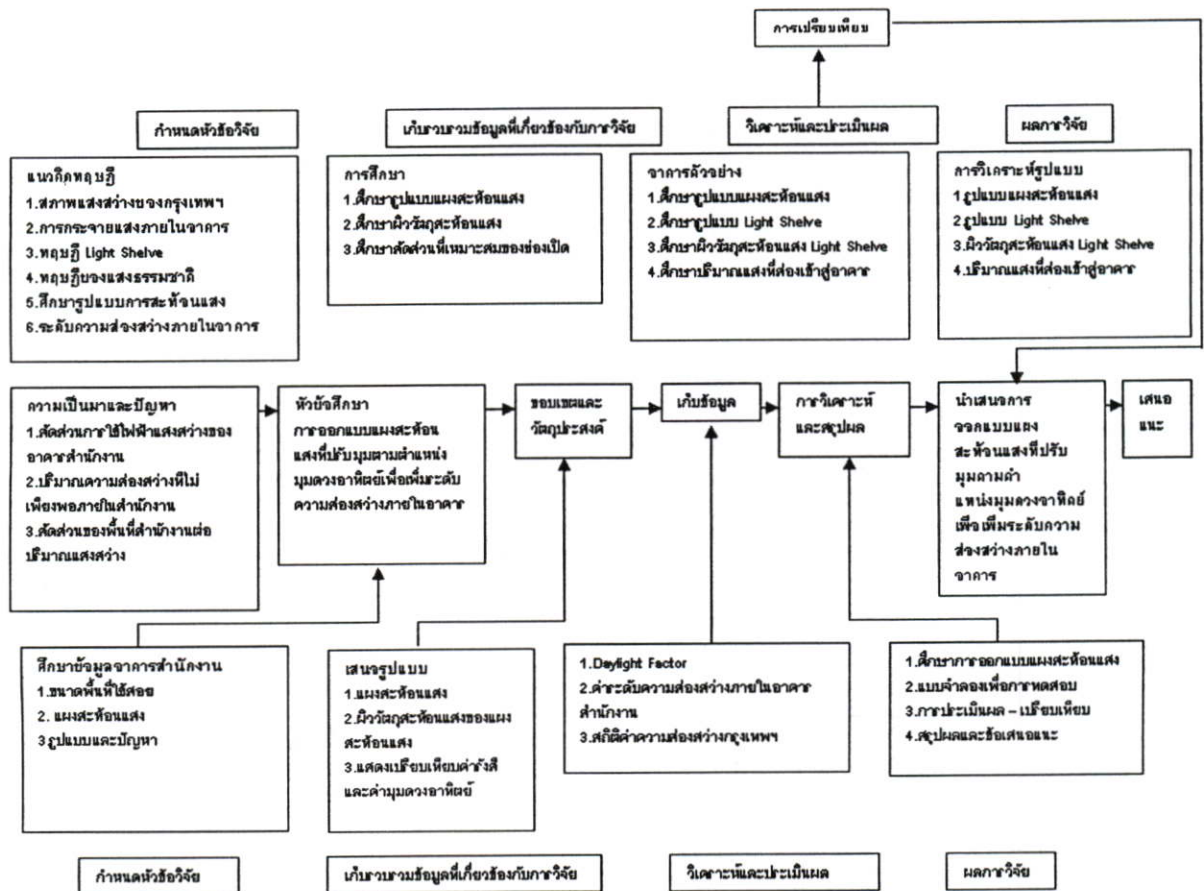
ภายในอาคาร

3. ศึกษาอิทธิพลของรูปแบบแผงสะท้อนแสงเพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในด้านปริมาณความส่องสว่างและคุณภาพของแสง

4. ศึกษาค่าความส่องสว่างจากธรรมชาติที่เกิดขึ้นภายในอาคาร โดยทดสอบจากหุ่นจำลองสภาพเหมือนจริงและใช้แสงธรรมชาติแบบกระจาย ในการทดสอบลักษณะแสงที่เกิดขึ้นกับผิววัตถุสะท้อนแสงและเก็บข้อมูล

5. ประเมินผลตัวแปรในเชิงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร และในเชิงการอนุรักษ์พลังงาน

6. สรุปผลและเสนอแนวทางการออกแบบแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมมองอาทิตย์เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร



รูปที่ 1.12 แสดงขั้นตอนดำเนินการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางในการนำแสงธรรมชาติที่สะท้อนผ่านแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมมองอาทิตย์รับแสงที่เหมาะสมในลักษณะตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถทราบถึงปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารจริง เพื่อให้เกิดการตัดสินใจการเลือกใช้รูปแบบการให้แสงธรรมชาติกับอาคารได้อย่างถูกต้องเหมาะสมดังนี้

1. ทราบแนวทางการนำแสงธรรมชาติที่จะเข้าสู่อาคารให้มีความเหมาะสมและอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการภายในอาคาร
2. ทราบลักษณะการออกแบบแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารอย่างเหมาะสม
3. สามารถนำข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการพิจารณานำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม
4. แนวทางในการศึกษาการนำแสงธรรมชาติซึ่งเป็นรูปแบบของพลังงานทดแทนมาใช้ภายในอาคารเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

2.1.1 แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ

2.1.1.1 แสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Sunlight) เป็นแสงที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์โดยตรง มีความเข้มสูงโดยเฉพาะในช่วงที่สภาพท้องฟ้ามีเมฆน้อย (Clear Sky) ประสิทธิภาพของแสงตรงจะอยู่ในช่วง 80 – 130 ลูเมน /วัตต์ แสงตรงจะไม่ถูกใช้โดยตรงเพื่อให้ความสว่างภายในอาคาร เนื่องจากแสงมีปัญหาเรื่องความแปรปรวนของแสงสูงรวมทั้งปริมาณความร้อนจากรังสีความร้อนดวงอาทิตย์ที่มาพร้อมแสง

2.1.1.2 แสงจากท้องฟ้า (Skylight) เป็นแสงที่เกิดจากการกระจายและสะท้อนของแสงตรงในบรรยากาศ ค่าความส่องสว่างจะอยู่ในช่วง 5 – 70 กิโลลักซ์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ให้ความสว่างภายในอาคาร เนื่องจากมีคุณภาพของแสงที่สูง

2.1.1.3 แสงสะท้อนจากพื้นดินและพื้นผิวใกล้เคียง (Light from Ground and Other Reflecting Surfaces) เป็นแสงที่เกิดจากการสะท้อนของแสงตรงดวงอาทิตย์และแสงจากท้องฟ้าของพื้นดินและสภาพแวดล้อม โดยคิดเป็นประมาณ 10 – 30 %

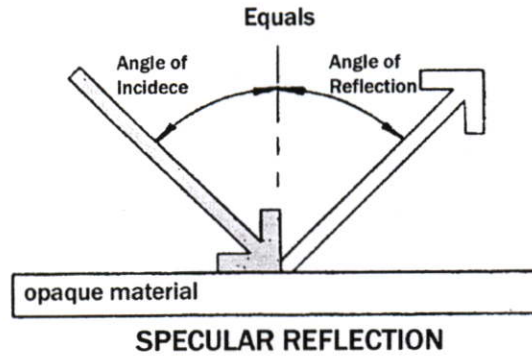
2.1.2 พฤติกรรมแสง

เมื่อแสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงผ่านตัวกลางชนิดต่าง ๆ เช่น อากาศของเหลว วัตถุโปร่งแสง วัตถุทึบแสง ทางเดิน หรือพฤติกรรมของแสงจะเปลี่ยนไปเมื่อกระทบตัวกลางเหล่านั้น พฤติกรรมของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางใด ๆ มีลักษณะที่สามารถจำแนกได้ดังนี้

2.1.2.1 การดูดกลืน (Absorption) เป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลางและเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงาน โดยทั่วไปเมื่อพลังงานแสงถูกดูดกลืนจะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อน (Heat)

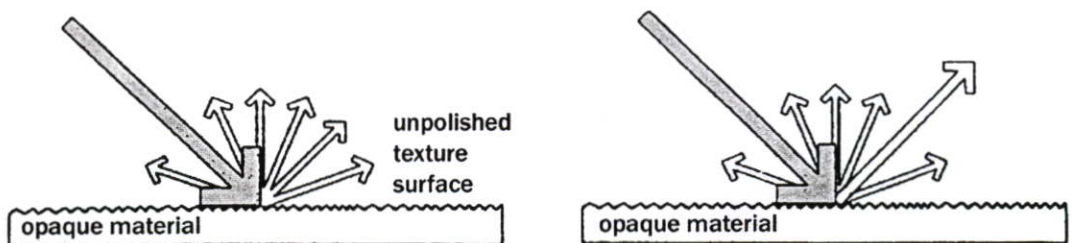
2.1.2.2 การสะท้อน (Reflection) เป็นพฤติกรรมที่แสงตกกระทบบนตัวกลางแล้วสะท้อนออกโดยที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้นไม่เปลี่ยนไป ลักษณะของการสะท้อนพิจารณาออกได้เป็น

1) การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (Specular Reflection) เป็นลักษณะที่เกิดเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่เป็นวัตถุทึบแสง (Opaque material) มีลักษณะเป็นผิวเรียบขัดมัน (Polish Surface) การสะท้อนจะมีลักษณะของมุมของแสงที่ตกกระทบ (Angle of incident) เท่ากับมุมของแสงที่สะท้อน (Angle of Reflection)



รูปที่ 2.1 การสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบวัตถุ

2) การสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) เป็นลักษณะที่เกิดเมื่อแสงตกกระทบวัตถุที่ผิวหยาบไม่เรียบสม่ำเสมอ แสงที่สะท้อนออกมาจะถูกสะท้อนออกไปในหลาย ๆ ทิศทาง ซึ่งส่วนมากมุมของแสงที่สะท้อนที่กระจายออกไปนั้นจะไม่เท่ากับมุมของแสงที่ตกกระทบ หากผิววัตถุที่ไม่เรียบนั้นมีลักษณะไม่เรียบสม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ (Perfectly diffusing surface) แสงสะท้อนที่ได้จะมีลักษณะเป็นการกระจายแสงแบบสมบูรณ์ (perfect diffuse reflection) เป็นการสะท้อนแสงที่ให้ความสว่างเท่า ๆ กัน ในทุกมุมสะท้อน แต่หากผิววัตถุไม่เรียบ ไม่สม่ำเสมอ (Semi diffuse surface) แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะเป็นการสะท้อนแบบกระจาย (Semi Diffuse reflection)



รูปที่ 2.2 การกระจายแสงแบบ Diffuse Reflect และการกระจายแบบ Combine Specula

2.1.2.3 การส่องผ่าน (Transmission) เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบด้านหนึ่งของตัวกลางแล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่ง หากไม่พิจารณาคุณสมบัติหรือลักษณะของตัวกลางที่แสงผ่านแล้ว มุมของแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับมุมของแสงที่ทะลุผ่าน และแสงที่ทะลุผ่านจะมีปริมาณของแสงคงเดิม อย่างไรก็ตามเมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่แสงสามารถส่องผ่านได้ แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับ และส่วนที่เหลือจะทะลุผ่าน หมายถึง ปริมาณแสง

ที่ตกกระทบจะเท่ากับปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนรวมกับปริมาณแสงที่สะท้อนกลับรวมกับปริมาณแสงที่ทะลุผ่าน

2.1.3 สภาพท้องฟ้า

ค่าความส่องสว่างและความจ้าของท้องฟ้าอันเนื่องมาจากธรรมชาติที่แปรเปลี่ยนตลอดเวลา เป็นผลเกิดจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ปริมาณของเมฆ และอนุภาคในอากาศ เช่น ฝุ่น คิวบ์ หรือไอน้ำ โดยทั่วไปสภาพของท้องฟ้าแยกพิจารณาออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

2.1.3.1 **สภาพท้องฟ้าโปร่ง (Overcast Sky)** สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆจนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสง หรือ ดวงอาทิตย์ได้ หรือเรียกว่า CLE Sky ความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้มีความสว่างในปริมาณที่แตกต่างกัน (Non Uniform Brightness) ซึ่งความสว่างในระดับสูงสุด (Zenith – Brightness) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้งถึง 3 เท่ามีผลให้พื้นผิวในระนาบมีความสว่างมากกว่าพื้นผิวในแนวตั้ง ทั้งนี้เนื่องด้วยค่าความสว่างของท้องฟ้าที่จุดใด ๆ จะพิจารณาจากมุม altitude ของดวงอาทิตย์เหนือระดับแนวระนาบซึ่งเราสามารถหาได้จากสมการ

$$L_A = L (1+2 \sin A) / 3$$

โดย L_A คือ ความสว่างของท้องฟ้าที่ตำแหน่งมุม A องศาเหนือแนวระนาบในทุกทิศทาง
 L_Z คือ ความสว่างของท้องฟ้าที่จุดสูงสุด (Zenith)
 ดังนั้น ความสว่างที่ตำแหน่งแนวระนาบ หรือที่มุม $A = 0$ องศาจะมีค่า $= L / 3$

ส่วนค่าความสว่างที่ระดับสูงสุด Zenith Luminance จากการศึกษาค้นคว้า (Krochman and Side) พบว่า

$$L_Z = 123 + 8600 \sin A \text{ (cd/sqm)}$$

2.1.3.2 **สภาพท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky)** ความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้เกิดจาก 2 องค์ประกอบคือ แสงกระจายท้องฟ้า (Diffuse Illumination) และแสงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ซึ่งปริมาณความสว่างของทั้ง 2 องค์ประกอบขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (Solar Altitude) เป็นหลัก โดยมีความสว่างของท้องฟ้าในปริมาณที่แตกต่างกัน ความสว่างในระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบมีค่าน้อยกว่าความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้งประมาณ 3 เท่า หากไม่พิจารณาถึงมุมที่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์

ความส่องสว่างของพื้นผิวแนวระนาบเนื่องจากกระจายของท้องฟ้า หากพิจารณาเพียงครึ่งส่วนของท้องฟ้า (Half Sky) จะมีค่าความส่องสว่างอยู่ระหว่าง 300 ถึง 2,000 ฟุตแคนเดิล และค่าเฉลี่ย 1,000 ฟุตแคนเดิล

2.1.3.3 สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Party Cloudy Sky) การหาค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้จะทำได้ยาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเมฆตลอดเวลา โดยทั่วไปการพิจารณาค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วนนี้ หากเมฆที่ปกคลุมมีลักษณะเบาบาง ไม่หนาทึบ (น้อย) ค่าความส่องสว่างจากท้องฟ้านี้มีค่ามากกว่าค่าความส่องสว่างที่ได้จากท้องฟ้าแบบโปร่ง 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการสะท้อนของเมฆ (Nadanura and Oki, 1983) ในขณะที่การวิจัย (Krochnan, 1968) พบว่าค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วนสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E = 570 A \text{ (2.12)}$$

โดย E คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกที่ระดับระนาบภายใต้ท้องฟ้า Partly Cloudy Sky มีหน่วยเป็นลักซ์
A คือ Solar altitude

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าเฉลี่ยของท้องฟ้าในลักษณะต่าง ๆ

Cloudiness Index (CI)	ความถี่ (ทั้งหมด 4,320 ชม.)	เปอร์เซ็นต์
(0) Clear Sky	3	0.07
(1-5) Scattered Cloud	88	2.00
(6-9) Broken Cloud	1,619	37.50
(10) Overcast Sky	456	10.40

ที่มา : Daylight Asean-us Project on Energy Conservation in Building (2531)

2.1.4 ทฤษฎีการให้ความสว่างกับอาคารโดยอาศัยแสงธรรมชาติ

การนำแสงธรรมชาติมาใช้ให้แสงสว่างภายในอาคาร นับว่าเป็นการนำแสงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดมาใช้งาน เพราะแสงธรรมชาติได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ การให้แสงธรรมชาตินี้จึงเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และภาระการทำความเย็นในอาคารได้อีกส่วนหนึ่งด้วย แต่ถ้าไม่สามารถควบคุมแสงธรรมชาติที่จะนำมาใช้กับอาคารได้ ก็อาจจะทำให้แสงที่เข้ามามีความจ้ามากเกินไปจนเกิดเป็นแสงบาดตา (Glare) ได้ นอกจากนี้ยังนำความร้อนเข้าสู่อาคารอีก

ด้วย ดังนั้นการศึกษาเรื่องการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารให้เหมาะสม จึงเป็นเรื่องที่สถาปนิกควรให้ความสำคัญควบคู่ไปกับการวางมรดกทางสถาปัตยกรรม

แสงธรรมชาติสามารถเข้ามาภายในตัวสถาปัตยกรรมได้ 2 วิธีหลัก ๆ คือ แสงที่เข้ามาจากทางด้านข้าง (Side Lighting) และแสงที่เข้ามาจากทางด้านบน (Top Lighting) การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้นั้นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับอาคารด้วย เช่น อาคารประเภทเก็บสินค้า โรงงานหรืออาคารสาธารณะที่มีความสูงมาก หรือมีโถงสูง เหมาะกับแสงที่เข้ามาจากทางด้านบน ส่วนอาคารประเภท สำนักงาน พักอาศัย อาคารที่มีความสูงหลายชั้นหรืออาคารที่แสงสว่างธรรมชาติไม่สามารถส่องเข้าไปได้ถึงส่วนในสุด การนำแสงเข้าทางด้านข้างจะมีประสิทธิภาพมากกว่า โดยการให้ความสว่างแก่ที่ว่างภายในอาคาร แสงที่มาจากทางด้านบนนั้นถือได้ว่าเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าแสงที่เข้ามาด้านข้าง นอกจากนี้ อาจมีการเพิ่มประสิทธิภาพของแสงสว่างโดยใช้อุปกรณ์ช่วย เช่น ท่อนำแสง และ หิ้งสะท้อนแสง เป็นต้น สิ่งที่ต้องระวัง คือ แสงธรรมชาติของประเทศไทยจะมีความเข้มข้นของการส่องสว่างสูง ดังนั้น ในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร ก็จะต้องมีความร้อนเข้ามาสู่ภายในอาคารด้วย จึงไม่ควรนำแสงธรรมชาติเข้ามาโดยตรง แต่ให้นำเข้ามาในทางอ้อมหรือที่เรียกว่า Indirect Light เท่านั้น คือ ให้แสงอาทิตย์ผ่านการสะท้อนหรือหักเหก่อนที่จะเข้าสู่ภายในอาคาร

- แสงที่เข้ามาจากทางด้านข้าง (Side Lighting) ใช้แสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร คือ เรื่องความลึกของห้องที่ค่อย ๆ ออกห่างจากหน้าต่าง และความสูงของช่องหน้าต่าง อย่างไรก็ตามต้องใช้ทั้งความสูงและความกว้างของหน้าต่างควบคู่กันไป ความสูงของหน้าต่างยิ่งมากแสงที่ส่องเข้าไปภายในอาคารก็ยิ่งลึก และมีการกระจายแสงได้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ

- แสงที่เข้ามาจากทางด้านบน (Top Lighting) การให้แสงทางด้านทิศเหนือ จะทำให้ได้แสงที่สม่ำเสมอมาก และการให้แสงทางด้านทิศใต้จะทำให้ได้ความร้อน (Heat gain) และความจ้า (Glare) เข้ามามาก ในอาคารจำนวนมากต้องการเพียงแสงทางทิศเหนือเท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิอากาศ หรือที่ตั้งว่าอยู่ซีกโลกใด และมีสิ่งที่ต้องพิจารณาควบคู่กันไปคือการจัดวางอาคาร และการใช้พลังงาน โดยมีรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

2.1.5 ปัญหาในการนำแสงธรรมชาติมาใช้สำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น

แสงจากดวงอาทิตย์จะมีทิศทางกระจายไปทั่วท้องฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณและสภาพกระจายตัวของเมฆเป็นหลัก (Cloudiness Factor) ในเขตหนาวจะมีปริมาณเมฆบนท้องฟ้ามาก เรียกว่าท้องฟ้าปิด (Overcast Sky) จะมีปริมาณแสงค่อนข้างคงที่ สำหรับประเทศไทยในเขตร้อนชื้นมักจะมีปริมาณเมฆบนท้องฟ้าปานกลางจนถึงน้อยมาก เรียกว่าท้องฟ้ามีเมฆ (Partly Cloudy Sky) ซึ่งมีปริมาณแสงสว่างที่ไม่ค่อยคงที่และท้องฟ้าแจ่มใส ซึ่งมีปริมาณแสงที่คงที่และความเข้มข้น ในกรณีของท้องฟ้ามีเมฆความคงที่ของแสงจะไม่แน่นอนสลับกันไปมา เมื่อถูกแสงอาทิตย์

โดยตรง (Direct Sun) ปริมาณความส่องสว่างอาจถึง 10,000 FC แต่ในขณะที่เป็นแสงกระจาย (Diffused Sunlight) ปริมาณความส่องสว่างอาจลดลงเหลือเพียง 2,000 FC เท่านั้น ดังนั้น ในการออกแบบแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร จึงต้องคำนึงถึงความคงที่สม่ำเสมอของแสงที่เกิดขึ้น เพราะมีผลต่อการประกอบกิจกรรมภายในอาคาร ในบางครั้งตำแหน่งของแสงอาทิตย์ (Direct Sunlight) ก็สามารถที่จะส่องตรงได้ยังบริเวณพื้นที่ใช้งานได้ เป็นสาเหตุให้เกิดสภาวะที่ไม่สบายต่อสายตา (Visual Uncomfort) ขึ้นได้ และยังทำให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นลดลง การให้แสงสว่างธรรมชาติเข้าไปในอาคารนั้น ควรจะมีการออกแบบที่เหมาะสม เช่น การออกแบบช่องเปิดเพื่อให้ได้รับแสงนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงขนาดของช่องเปิดด้วยหากว่าช่องเปิดมีขนาดใหญ่มาปริมาณแสงที่เข้ามาก็มาก แต่ก็มีความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารดังนั้น การออกแบบช่องเปิดควรที่จะมีขนาดที่เหมาะสมที่แสงสว่างเข้ามาได้อย่างเพียงพอ มีความร้อนเข้ามาน้อยและกำหนดตำแหน่งการใช้แสงสว่างในพื้นที่ที่ต้องการ รวมทั้งไม่ก่อให้เกิดการรบกวนต่อบริเวณที่ทำงาน การให้แสงสว่างในทิศเหนือ - ใต้ (North Lighting-South Lighting) จะไม่ก่อให้เกิด แสงแดด โดยตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดปี ยกเว้นแต่ในตอนเช้าและเย็นของเดือนในฤดูร้อน แต่สำหรับในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นอย่างเช่นในประเทศไทย พบว่าการเปิดหน้าต่างทางเหนือจะได้รับประสิทธิภาพของแสงสว่างที่มีคุณภาพมากกว่าทางทิศใต้ เพราะแสงสว่างจากทิศเหนือมีปริมาณความเข้มของแสงที่มีความคงที่และไม่รุนแรงเท่ากับแสงสว่างจากทางทิศใต้ เมื่อมีปริมาณความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ที่น้อยกว่า ย่อมนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้น้อยกว่าทางทิศเหนือ ส่วนการเปิดหน้าต่างรับแสงทิศใต้นั้น แม้ว่าจะได้ปริมาณความส่องสว่างตลอดทั้งปีที่มากกว่าทางทิศเหนือ เนื่องจากการโคจรของดวงอาทิตย์อ้อมใต้ 8 เดือน ในขณะที่อ้อมเหนือเพียง 4 เดือน แต่ก็เป็แสงที่มีความเข้มของรังสีสูงและมีความร้อนที่เข้ามาสู่อาคารได้มากกว่า ถึงแม้ว่าจะมีการพิจารณาการบังเงา (Shading Devices) ให้แก่ช่องหน้าต่างในส่วนนี้ซึ่งต้องการบังเงาทั้งในแนวอนและแนวตั้ง บังเงาในแนวอนเมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมอัลติจูด (Altitude) ที่สูง (ตอนสายถึงบ่าย) และบังเงาในแนวตั้งเมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมอัลติจูด (Altitude) ที่ต่ำ (ตอนเช้าและตอนเย็น) แต่ก็เป็นการบดบังปริมาณความส่องสว่างจากดวงอาทิตย์ไปด้วย เป็นสาเหตุให้ภายในอาคารได้รับแสงธรรมชาติไม่พอเพียงต่อการทำงาน

ปริมาณความส่องสว่างของแสงธรรมชาติสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น เช่น ประเทศไทย นั้น จะมีฤดูร้อน ฤดูฝน เป็นต้น รวมทั้งองค์ประกอบของท้องฟ้า เช่น ปริมาณเมฆ ฯลฯ ดังนั้น ในการนำแสงธรรมชาติในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นมาใช้ จึงจะต้องมีความระมัดระวังและรอบคอบเป็นพิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องของปริมาณความสว่าง (Brightness) ของท้องฟ้าจะมีปริมาณที่สูง เนื่องจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะอยู่ในแนวเหนือศีรษะ หรือตั้งฉากกับพื้นโลกมากกว่าในเขตภูมิอากาศหนาว ดังนั้นการกำหนดปริมาณแสงที่จะเข้ามาภายในอาคาร ต้อง

เป็นไปตามความต้องการที่จะใช้งานเท่านั้น เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนที่จะเข้าสู่อาคาร ในกรณีที่แสงธรรมชาติเข้ามาสู่ภายในอาคารเกินความจำเป็นในการใช้งาน ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานตามมา จากภาวะการณปรับอากาศและความร้อนสู่สภาพแวดล้อมได้

ดังนั้นสำหรับประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น (Hot-Humid Climate) การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติ ควรต้องมีหลักการสำคัญดังนี้

- หลีกเลี่ยงแสงตรงจากดวงอาทิตย์ โดยเน้นการใช้แสงสว่างที่ได้จากการสะท้อนจากดวงอาทิตย์

- ขนาดของช่องเปิด ไม่ควรมีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น คือมีขนาดพอดีต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาส่องสว่างพื้นที่ภายใน ในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งาน

แนวทางที่จะนำแสงเข้ามาสู่ภายในอาคาร เพื่อหลีกเลี่ยงแสงแดดตรง จึงควรออกแบบอาคารให้มีระดับขอบวงกบกลางของช่องเปิดสูงกว่าระดับสายตา หรือสร้างการบังเงาให้กับปริมาณพื้นที่ช่องเปิดของอาคาร เพื่อควบคุมความสว่างและการสะท้อนของแสงภายนอกที่จะเข้ามาสู่ภายในอาคาร สำหรับประเทศไทย แนวทางหนึ่งที่น่าสนใจคือ การให้แสงธรรมชาติผ่านทางช่องเปิดด้านบน (Top Lighting) ซึ่งเป็นแนวทางที่ใช้กระจายแสงสว่างกว่าแสงที่ผ่านช่องเปิดด้านข้าง (Side Lighting) นอกจากนี้แสงจากทางด้านบน ยังช่วยลดปัญหาในการเกิดแสงจ้าหรือแสงบาดตาและอาจเลือกใช้ระเบียงหรือแผงกันแดดในแนวตั้งและแนวนอน เพื่อควบคุมปริมาณและทิศทางของแสงธรรมชาติที่จะเข้าสู่อาคาร

วิธีการออกแบบเพื่อนำเอาแสงสว่างจากธรรมชาติ (Day Lighting Design) มาใช้ในอาคารโดยทั่วไปมีอยู่ 2 วิธี ได้แก่ Daylight Factor Method, Lumen Method

Daylight Factor Method เป็นการพิจารณาปริมาณความสว่างภายในอาคารที่ได้จากแสงธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ระดับแสงภายในจะขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้าเป็นหลัก ซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อพื้นที่แต่ละที่ (Altitude Azimuth) ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามวันและเวลาที่แตกต่างกันองค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อแสงธรรมชาติ โดยทั่วไปพิจารณาจาก 3 องค์ประกอบ คือ

- องค์ประกอบจากท้องฟ้า Sky Component (SC)

แสงกระจายที่ได้รับจากท้องฟ้าโดยตรง

$$SC = \text{Incident Sky Light} - \text{Window Losses}$$

- องค์ประกอบภายนอก Externally Reflected Component (ERC)

แสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุหรืออาคารที่ตั้งอยู่ภายนอกหรือบริเวณใกล้เคียง

$$ERC = \text{Sky Component} \times RF \text{ (of Obstruction)}$$

- องค์ประกอบภายใน Internally Reflected Component (IRC)

แสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุหรืออาคารที่ตั้งอยู่ภายในอาคารได้รับแสงจาก SC และ ERC การกำหนดค่า Daylight Factor (D.F) ก็คือสัดส่วนของปริมาณแสงที่ตกลงพื้นที่ภายในอาคารแต่ละจุดใด ๆ ต่อปริมาณแสงที่ตกลงพื้นที่แนวระนาบภายนอกอาคาร ภายใต้สภาพ Clear Sky ที่ไม่มีสิ่งกีดขวางไม่รวมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Excluded Direct Sun) ค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์

$$D.F (\%) = \frac{\text{ความสว่างภายใน} \times 100}{\text{ความสว่างภายนอก}}$$

2.1.6 มาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES

ในการกำหนดระดับความส่องสว่างสำหรับการใช้งานต่าง ๆ นั้นมีการกำหนดโดยหน่วยงานแต่ละแห่ง เช่น IES (USA), IES (BS) เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้สอยและสภาพอากาศ ดังนั้นค่าที่กำหนดอาจมีความแตกต่างกันส่วนมาตรฐานที่กำหนดเป็นมาตรฐานสากลไม่ขึ้นกับประเทศใดประเทศหนึ่ง ได้แก่ CIE (International Commission on Illumination) กำหนดความสว่างออกเป็น 3 ค่า โดยค่ากลางเป็นค่าเฉลี่ย ส่วนอีก 2 ค่า ใช้ในกรณีอื่น ๆ คืออาจใช้ค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยขึ้นอยู่กับสภาพต่าง ๆ

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) ตามประเภทการใช้งาน

พื้นที่ใช้งาน (ก)	CIE (Lux)	IES (Lux)	พื้นที่ใช้งาน (ข)
ทางเดิน,พื้นที่ทำงานภายนอก	20-30-50	20-30-50	Public space with dark Surrounding
ทางเดินภายในและการแวะผ่านระยะสั้น	50-75-100	50-75-100	Simple space where visual tasks
ห้องที่ไม่ได้ใช้งานแบบ ต่อเนื่องเป็นเวลานาน	100-150-200	100-150-200	Working space where visual tasks are only occasionally performed
งานที่ใช้สายตาไม่มากเช่น โรงงาน , งานชิ้นใหญ่	200-300-500	200-300-500	Performance of visual tasks of high contrast or Large size
งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่น สำนักงาน	300-500-750	500-750-1000	Performance of visual tasks of medium contrast or Small size

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

พื้นที่ใช้งาน (ก)	CIE (Lux)	IES (Lux)	พื้นที่ใช้งาน (ข)
งานที่ใช้สายตามาก เช่น การเขียน	500-750-1000	1000-1500-2000	Performance of visual tasks of medium contrast or Small size
งานที่ใช้สายตามาก ๆ เช่น การประกอบชิ้นส่วน	750-1000-1500	2000-3000-5000	Performance of visual tasks of low contrast or Very small size
งานที่ใช้สายตาเป็นพิเศษ	1000-1500-2000	5000-7500-10000	Performance of visual tasks of low contrast or Very small size, Prolonged period
งานที่ใช้สายตาพิถีพิถัน เช่นการผ่าตัด	มากกว่า 2000	มากกว่า 10000	Performance of very prolonged and exacting Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size

นอกเหนือจากการกำหนดระดับการส่องสว่างเป็นลักซ์หรือฟุตแคนเดิลแล้ว การกำหนดระดับการส่องสว่างยังสามารถกำหนดมาตรฐานเป็นค่า Daylight Factor โดยกำหนดค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) และมาตรฐานการกำหนดค่า Daylight Factor โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

พื้นที่ใช้งาน	ค่าการส่องสว่างตามมาตรฐาน IES (ช)	ค่าการส่องสว่าง(Lux)ตามมาตรฐาน IES (ช)	CIE ค่าDaylight Factor (%) ,(ค)		
			เฉลี่ย	ต่ำ	จุดที่วัด
อาคารทั่วไป					
ทางเดิน	50-100-150	50-75-100	2	0.6	พื้น
บันได-บันไดเลื่อน	100-150-200	100-150-200	5	0.6	ลูกนอน
ที่เก็บของ,ห้องเก็บของ	100-150-200	100-150-200	1.5	0.5	Work plane
ห้องน้ำ	100-150-200	100-150-200	1.5	0.5	Work plane
สำนักงาน					
พื้นที่ทั่วไป,พิมพติด	300-500-750	500-750-1000	5	2.5	Work plane
คอมพิวเตอร์					
เขียนแบบ	500-750-1000	500-750-1000	5	2.5	Work plane
ห้องประชุม	300-500-750	200-300-500			
โถงทางเข้า		100-150-200	2	0.6	Work plane
ห้องสมุด					
ที่นั่งหนังสือ	150-200-300	200-300-500	5	1.5	Vertical
โต๊ะอ่านหนังสือ	300-500-750	200-300-500	5	1.5	Work plane
เคาน์เตอร์	200-300-500	200-300-500	5	2	Work plane
ห้องประชุม					
เอนกประสงค์	140-200-300	200-300-500	5	2.5	Work plane

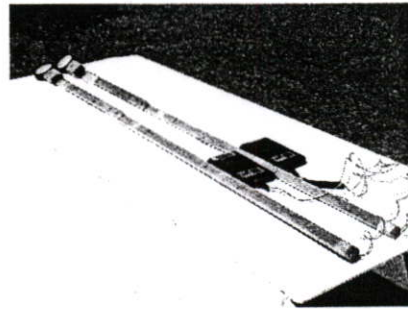
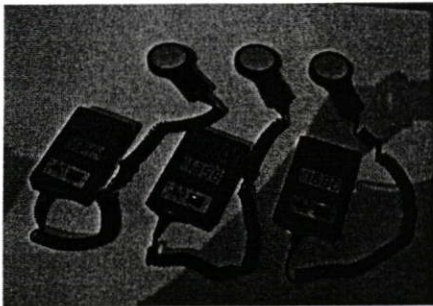
ที่มา : IES Illuminating Engineering Society (1983 : A3)

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและหุ่นทดลองในการวิจัย

3.1.1 ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter)

ลักซ์มิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณแสงสว่าง มีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux) โดยการทำงานเริ่มจากที่อนุภาคของแสง (Flux) ตกกระทบในบริเวณจุดรับแสงแล้วทำให้เกิดค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้าในบริเวณจุดรับแสงดังกล่าว ส่งผลให้เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดจะอ่านว่าความต่างศักย์ของไฟฟ้าที่เกิดขึ้นแล้วแปลงข้อมูลดังกล่าวออกมาเป็นหน่วยความสว่างของแสงตามที่เราต้องการ โดยในการวิจัยจะใช้ลักซ์มิเตอร์ ที่มีช่วงการวัดแสง อยู่ระหว่าง 19,000 – 22,000 ลักซ์ ซึ่งมีคุณสมบัติที่เพียงพอสำหรับการทดลอง



รูปที่ 3.1 เครื่องวัดแสงแบบลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter)

3.1.2 คอมพิวเตอร์โน้ตบุค(Computer Notebook)

เป็นเครื่องบันทึกการแสดงผลและเก็บข้อมูล วิเคราะห์การกระจายแสง



รูปที่ 3.2 คอมพิวเตอร์โน้ตบุค (Computer Notebook)

3.1.3 เข็มทิศ (Compass)

เป็นเครื่องมือในการกำหนดทิศทางการทดลอง



รูปที่ 3.3 เข็มทิศ (Compass)

3.1.4 หน่วยทดลองที่ใช้ในการวิจัย (Model)

งานวิจัยชิ้นนี้มีจุดมุ่งหมายที่สามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้กับลักษณะอาคารแบบต่างๆ ที่ให้แสงธรรมชาติด้านข้าง และสามารถนำไปใช้กับกิจกรรมที่หลากหลายขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้อาคารนั้น ๆ ในการออกแบบลักษณะหน่วยจำลองมี ขนาด 4.00 x 8.00 x 3.50 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน 3.50 เมตร ผนังด้านทิศใต้ที่ทำการติดตั้งแผงสะท้อนแสงสูงจากระดับพื้น 2.05เมตร ช่องเปิดสูงจากพื้น 2.05 เมตร ขนาด 1.10 x 1.30 เมตร ซึ่งจะประกอบแผงสะท้อนแสงเข้ากับผนังอาคาร โดยมีแผงสะท้อนแสงขนาด 0.40 x 1.10 เมตร ระยะห่างระหว่างแผงสะท้อนแสง 0.05 เมตร ที่นำมาสู่การวิจัยเพื่อหาเทคนิค การนำแสงสว่างผ่านทางช่องเปิดด้านข้าง

3.1.4.1 เงื่อนไขในการออกแบบหน่วยทดลอง

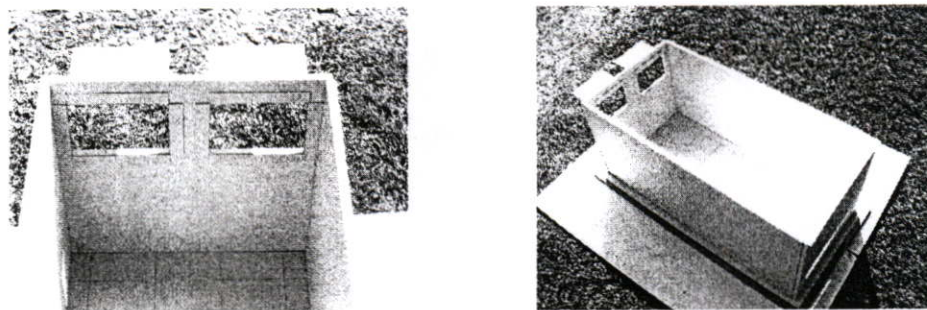
- หน่วยทดลองต้องมิดชิดไม่มีช่องว่างต่างๆ เพื่อไม่ให้แสงจากจุดที่ไม่ต้องการเล็ดลอดเข้าไปภายในหน่วยทดลอง
- ค่าการสะท้อนแสงภายในต้องมีปริมาณที่เท่ากัน ในทุกหน่วยทดลอง
- ขนาดมีความเหมาะสมต่อการเก็บข้อมูลและการเก็บข้อมูลนอก

สถานที่

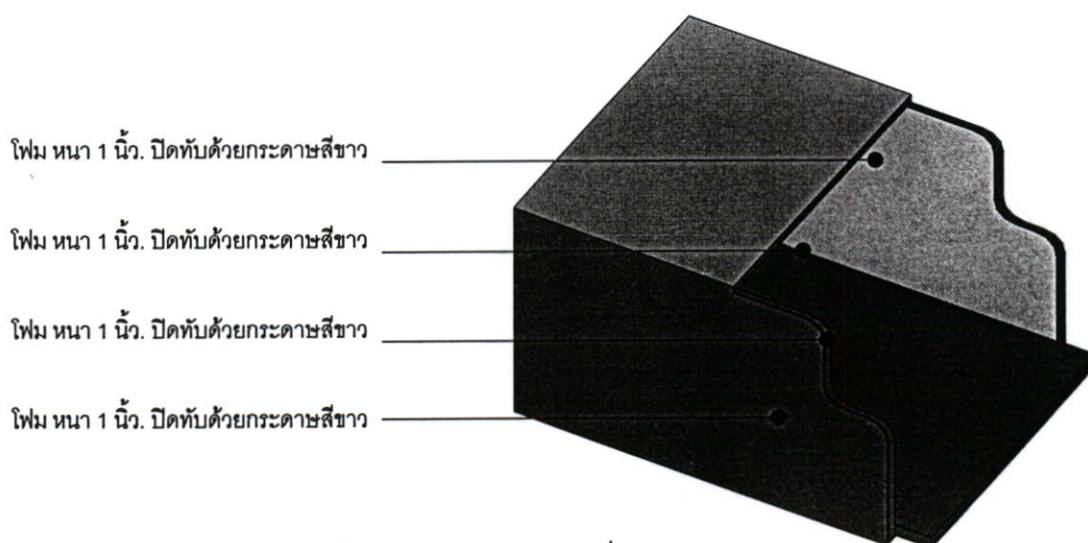
3.1.4.2 รายละเอียดของหน่วยทดลอง

หน่วยทดลองที่ใช้ในการวิจัยมีรายละเอียดวัสดุดังนี้

- วัสดุโครงสร้างหน่วยทดลองเป็นโฟม ขนาดหนา 1 นิ้ว
- วัสดุปิดผิวภายในทั้งหมดเป็นกระดาษสีขาว
- วัสดุปิดผิวภายนอกทั้งหมดเป็นกระดาษสีขาว

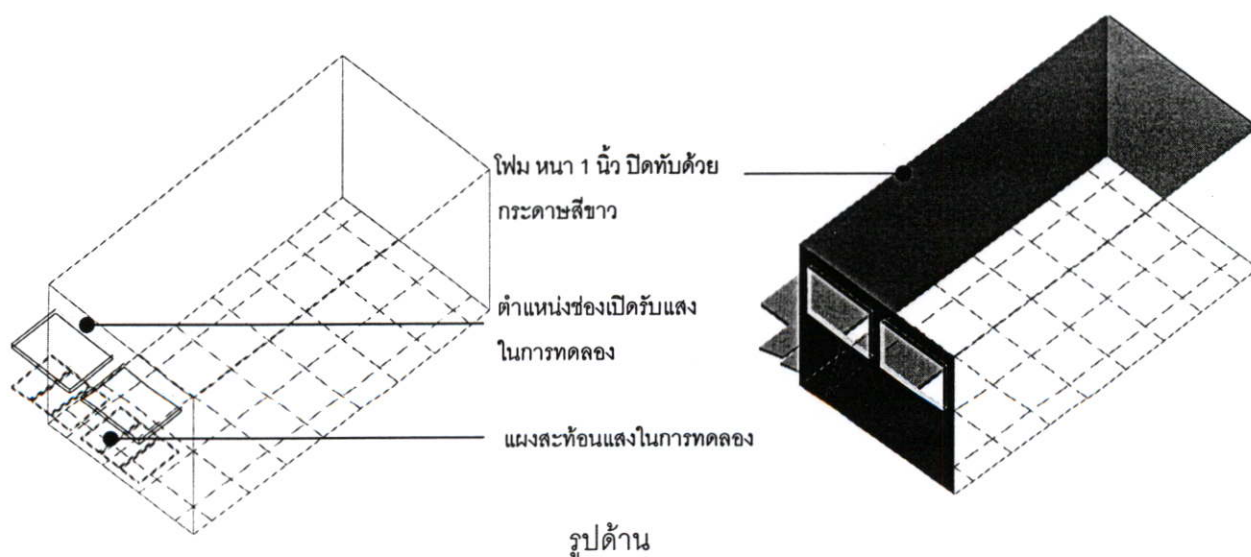


รูปที่ 3.4 ลักษณะหน่วยทดลอง



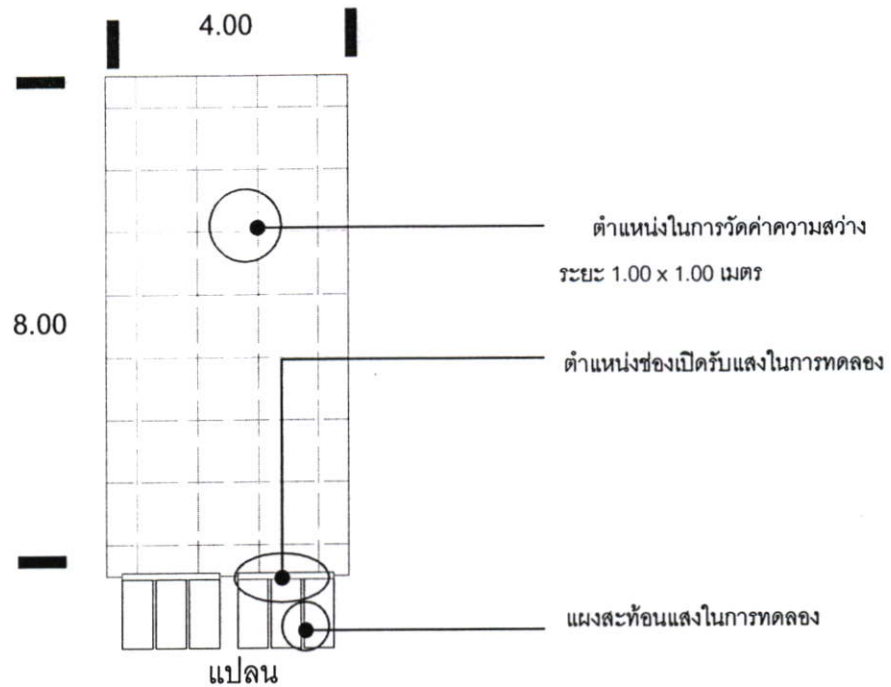
รูปที่ 3.5 รายละเอียดวัสดุที่ใช้ทำหน่วยทดลอง

การศึกษามุ่งเน้นการศึกษาประสิทธิภาพ การนำแสงสว่างของแผงสะท้อนแสงเพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างเป็นหลัก แนวทางการออกแบบหน่วยจำลองวัสดุภายในปิดผิวที่เป็นสีขาว



รูปด้าน

รูปที่ 3.6 รายละเอียดขนาดหน่วยทดลอง



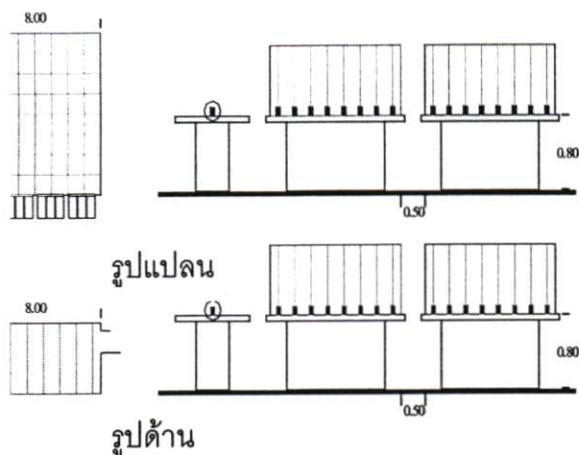
รูปที่ 3.6 (ต่อ)

3.2 การบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูลต้องคำนึงสภาพท้องฟ้า ค่าความส่องสว่างที่คงที่ซึ่งต้องมีค่าความส่องสว่างแตกต่างกันไม่เกิน 3,000 lux เพื่อให้ได้ค่าความส่องสว่างของสภาพท้องฟ้าที่ คงที่ทุกครั้งในการบันทึกข้อมูล

การเก็บข้อมูลจะทำการเก็บข้อมูลของค่าความส่องสว่างภายในของหน่วยทดลอง โดยจุดเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ภายนอกและภายในหน่วยทดลอง โดยจุดที่จะทำการเก็บข้อมูลจะแบ่งออกตามขั้นตอนการทดลองดังนี้

ขั้นตอนการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามระนาบ 0, 15,30,45,60,75 องศาที่ทำการศึกษาพัฒนา โดยจะใช้หน่วยทดลองในการศึกษา จำนวน 2 ชุด การทดลอง จุดที่ทำการบันทึกข้อมูลแบ่งเป็น 2 จุดหลักดังนี้ คือจุดที่ 1 ภายในหน่วยทดลองที่ทุก ระยะ 1.00 เมตร สูงจากระดับพื้นหน่วยทดลอง 0.75 ม. (ระยะบนพื้นที่การทำงาน Working Plane) จุดที่ 2 ภายนอกหน่วยทดลองจุดระนาบเดียวกันกับจุดที่ 1 โดยมีระยะห่างระหว่างชุดทดลองอยู่ที่ 0.50 เมตร และสูงจากระดับพื้นดินที่ระดับ 0.80 เมตร

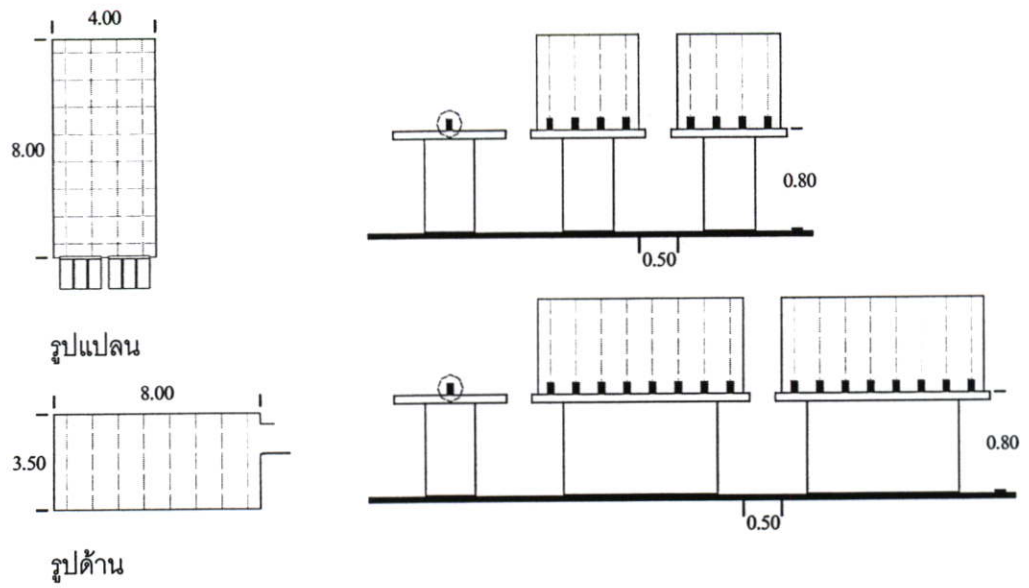


รูปที่ 3.7 ตำแหน่งบันทึกข้อมูลขั้นตอนการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแสงสะท้อนแสง

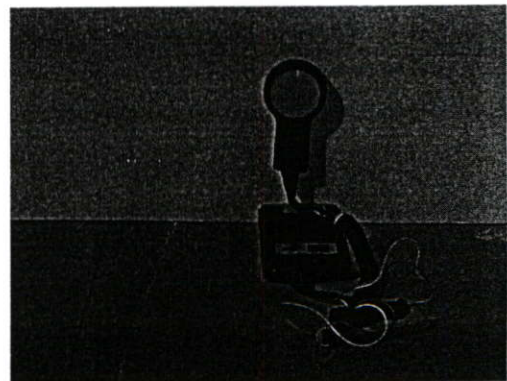
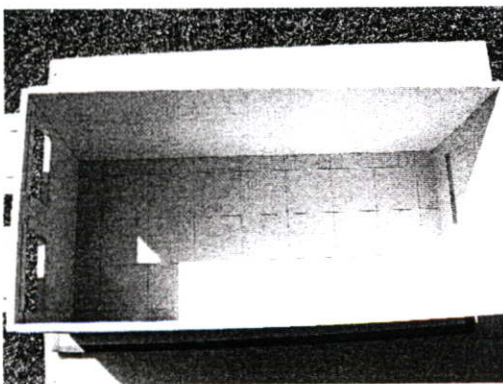
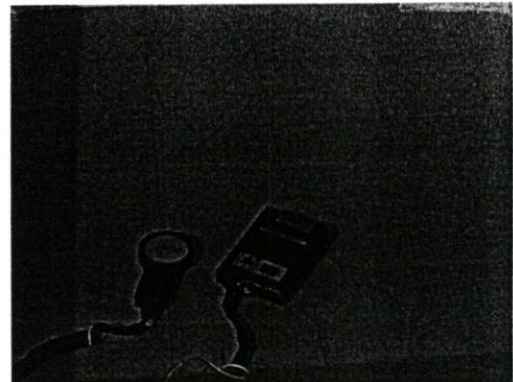
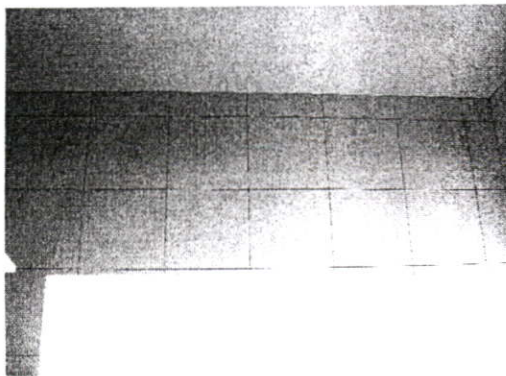
ขั้นตอนการพัฒนาแสงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ การบันทึกข้อมูลต้องคำนึงสภาพท้องฟ้า ค่าความส่องสว่างที่คงที่ซึ่งต้องมีค่าความส่องสว่างแตกต่างกันไม่เกิน 3,000 lux เพื่อให้ได้ค่าความส่องสว่างของสภาพท้องฟ้าที่ คงที่ทุกครั้งในการบันทึกข้อมูล

การเก็บข้อมูลจะทำการเก็บข้อมูลของค่าความส่องสว่างภายในของหน่วยทดลอง โดยจุดเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ภายนอกและภายในหน่วยทดลอง โดยจุดที่จะทำการเก็บข้อมูลจะแบ่งออกตามขั้นตอนการทดลองดังนี้

ขั้นตอนการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแสงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามระนาบ 0, 15, 30, 45, 60, 75 องศาที่ทำการศึกษาพัฒนา ซึ่งจะทำการปรับแสงสะท้อนแสงให้มีทิศทางการปรับตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ ในการทดลองจะทำการปรับแสงสะท้อนแสงตามแนวระนาบ จากนั้นจะทำการปรับไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตกตามระนาบ 0, 15, 30, 45, 60, 75 องศา โดยใช้หน่วยทดลองในการศึกษา จำนวน 2 ชุดการทดลอง จุดที่ทำการบันทึกข้อมูลแบ่งเป็น 2 จุดหลักดังนี้ คือจุดที่ 1 ภายในหน่วยทดลองที่ทุกระยะ 1.00 เมตร สูงจากระดับพื้นหน่วยทดลอง 0.75 ม. (ระยะบนพื้นที่การทำงาน Working Plane) จุดที่ 2 ภายนอกหน่วยทดลองจุดระนาบเดียวกันกับจุดที่ 1 โดยมีระยะห่างระหว่างชุดทดลอง อยู่ที่ 0.50 เมตร และสูงจากระดับพื้นดินที่ระดับ 0.80 เมตร



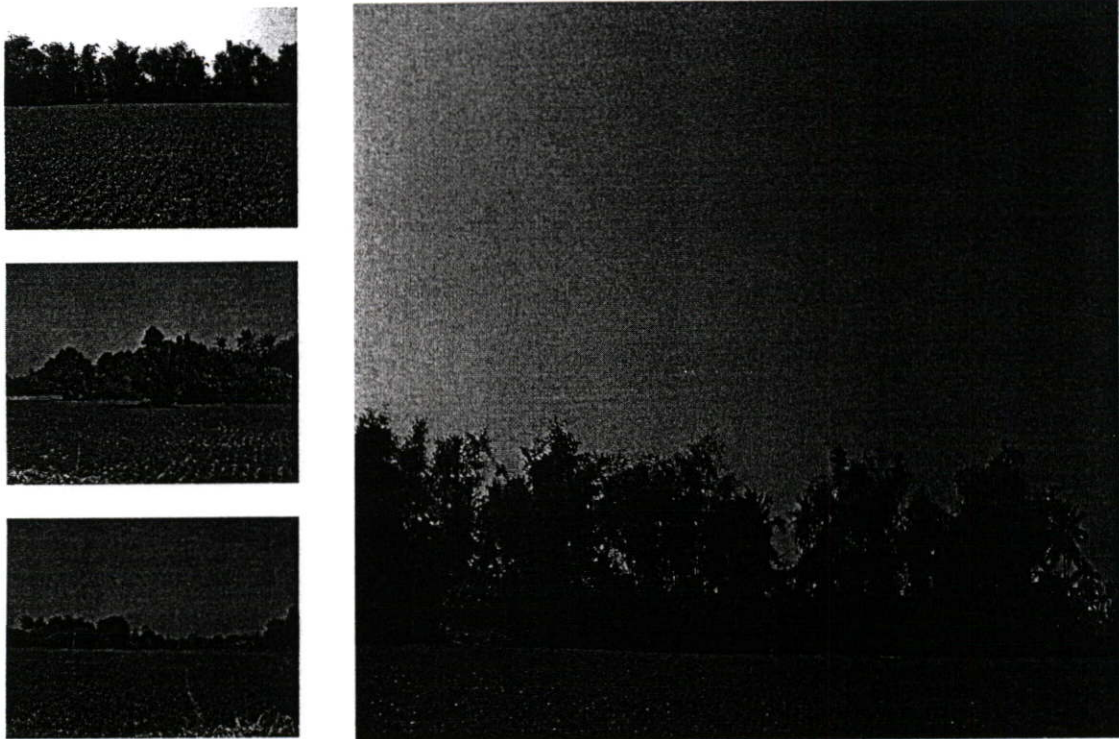
รูปที่ 3.8 ตำแหน่งบันทึกข้อมูลขั้นตอนการศึกษาพัฒนาแสงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่ง มุมดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งบันทึกข้อมูลผลการทดลอง

3.3 สถานที่ในการทดลอง

สถานที่ทำการวิจัยมีลักษณะเป็นที่เปิดโล่งไม่มีส่วนของอาคาร หรือสิ่งที่ยึดบังที่จะส่งผลกระทบต่อปริมาณแสงสว่างที่จะเข้าสู่หน่วยทดลอง โดยในการทดลองวิจัยนี้จะใช้พื้นที่โล่งกลางแจ้ง อันปราศจากสิ่งยึดบัง



รูปที่ 3.10 ลักษณะพื้นที่ในการทดลอง

3.4 รูปแบบแสงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมมองอาทิตย์ในการวิจัย

แนวความคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างบทบาทของช่องเปิดกับปัจจัยภายนอกนั้น พบว่าปัญหาการนำแสงธรรมชาติเข้ามาทางด้านข้างนั้นอยู่ที่ความลึกของห้องเป็นสำคัญทำให้ต้องหาแนวทางการแก้ปัญหา เช่น การใช้ Clerestories Window เป็นต้น แต่การแก้ปัญหาด้วยวิธีดังกล่าวก็ส่งผลให้เกิดความไม่สบายตาในการมองจากแสงจ้า (Glare) และความไม่สม่ำเสมอของแสง (Non Uniformity) ซึ่งส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าทางสายตา (Eye Fatigue) เพราะเมื่อเพิ่มพื้นที่ของช่องเปิดขึ้นมากก็จะทำให้ระดับความส่องสว่างบริเวณใกล้ช่องเปิดมีค่าสูงชันมากกว่า บริเวณที่ลึกเข้าไปอีกทั้งแสงสว่างตรงจากดวงอาทิตย์ก็ทำให้เกิดภาวะไม่สบายทางสายตาอีกด้วย

ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นรูปแบบในการปรับปรุงสภาพคุณภาพของแสง เช่น การใช้ม่านสะท้อนแสง (Reflected Blinds)

รูปแบบแผงสะท้อนแสงที่ทำการศึกษาคือ การใช้ Light Shelve เป็นการเพิ่มการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารได้ดีขึ้นและในขณะเดียวกันก็ช่วยลดแสงบาดตาลงได้ในสภาพท้องฟ้าโปร่ง

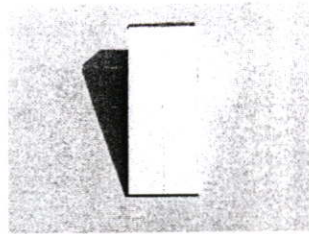
จากการศึกษาต่อมาพบว่าประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติจาก Light Shelve จากท้องฟ้าทั่วไปนั้นมีปริมาณและคุณภาพดีกว่าแสงสว่างที่ส่องผ่านเข้ามาโดยรอบกรอบอาคาร (Perimeter Lighting) หรือดีกว่าแสงสว่างที่ส่องผ่านช่องเปิด

แนวทางการออกแบบ Light Shelves Light Shelves เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะการยื่นออกจากตัวอาคาร เพื่อประโยชน์ในการบังแดดและการสะท้อนแสง แนวทางการเลือกรูปแบบจึงมักคำนึงถึงความสูง ความลึก ตำแหน่งของช่องเปิด ตลอดจนพื้นที่ผิวที่นำมาเป็นตัวสะท้อนแสง และมุมลาดเอียงของ Light Shelve ระดับความสูงของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสม จะต้องติดตั้ง Light Shelve ที่ระดับเหนือสายตา 1.65 – 2.00 เมตร ซึ่งเป็นระดับเหนือสายตาและเป็นระดับความสูงโดยทั่วไปของประตู หน้าต่าง จะเป็นช่วงระดับความสูงที่ดีที่สุด ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ เป็นแนวทางการพิจารณา ส่วนความลึก ของ Light Shelve ขึ้นอยู่กับพื้นที่ใช้สอยของหน้าต่างหรือช่องเปิด ตลอดจนความสูงของช่องเปิด ที่ต้องการให้ร่วมเงาในการออกแบบ Light Shelve ที่มีความลึกมากๆ นอกจากจะช่วยป้องกันความร้อนและให้ร่วมเงากับอาคารแล้ว ยังช่วยลดปริมาณแสงที่มีความจ้ามากเกินไปบริเวณใกล้หน้าต่าง

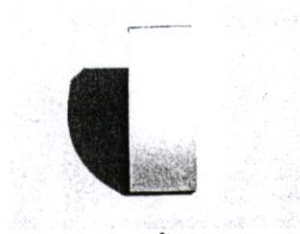
จากการศึกษาวิเคราะห์รูปแบบแผงสะท้อนแสงที่นำมาใช้กับอาคารในปัจจุบัน พบว่าเป็นรูปแบบที่ปรับได้ในระนาบเดียวส่งผลให้การนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารบางตำแหน่งอาจไม่เพียงพอ ซึ่งการวิจัยนี้ได้้นำประเด็นดังกล่าวมาทำการศึกษาค้นคว้า โดยคำนึงเรื่องของตำแหน่งที่ดวงอาทิตย์โคจร ปริมาณแสงสว่าง การศึกษาค้นคว้ารูปแบบแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณระดับแสงสว่างที่เหมาะสม จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยทำการศึกษเปรียบเทียบรูปแบบแผงสะท้อนแสงที่ปรับองศาระนาบเดียวในลักษณะพื้นผิวที่แตกต่างกันมาทำการศึกษาค้นคว้า โดยทำการควบคุมปรับแผงสะท้อนแสงให้มีทิศทางการปรับแผงสะท้อนแสงให้มีการปรับได้หลายระนาบ ภายในหน่วยทดลองให้มีขนาดพื้นที่รับแสงสว่างเท่ากัน และมีรูปแบบการปรับมุมที่ทำการศึกษาค้นคว้าเป็นตัวอย่าง โดยสามารถแบ่งรายละเอียดของแผงสะท้อนแสงที่ทำการศึกษาดังนี้

3.4.1 แผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามระนาบปกติแบบพื้นผิวแบนราบ, ผิวนูน, ผิวเว้า

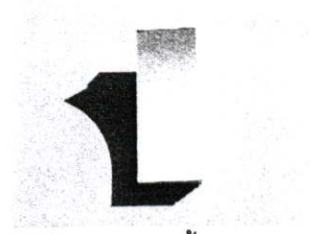
แผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ได้ทำการควบคุมแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามแนวระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา



พื้นผิวแบนราบ

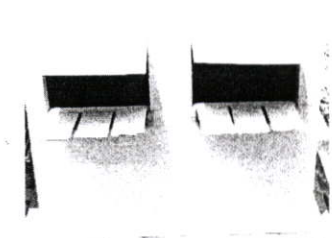


พื้นผิวนูน

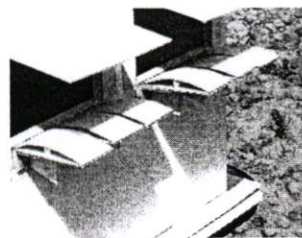


พื้นผิวเว้า

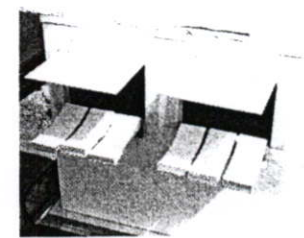
รูปที่ 3.11 รูปแบบผังสะท้อนแสง



พื้นผิวแบนราบ



พื้นผิวนูน



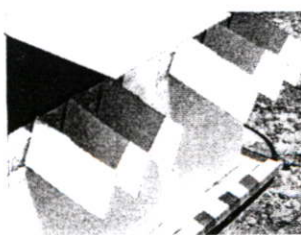
พื้นผิวเว้า

รูปที่ 3.12 รูปแบบผังสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามระนาบปกติ

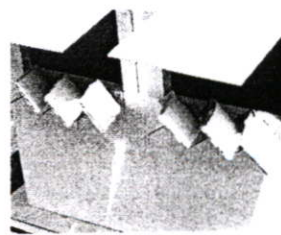
3.4.2 ผังสะท้อนแสงปรับที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์

แบบพื้นผิวแบนราบ , ผิวนูน , ผิวนูน

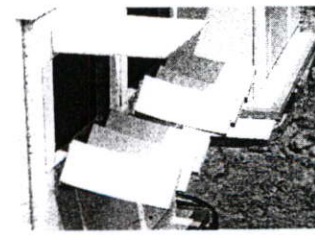
ผังสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ได้ทำการควบคุมผังสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา ซึ่งจะทำให้การปรับผังสะท้อนแสงให้มีทิศทางการปรับตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ ในการทดลองจะทำการปรับผังสะท้อนแสงตามแนวระนาบดังกล่าวจากนั้นจะทำการปรับไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตกตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา การปรับผังสะท้อนแสงไปในทิศทางตะวันออกและทิศตะวันตกนั้นได้กำหนดตามช่วงเวลาเพื่อให้สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของทิศทางตำแหน่งดวงอาทิตย์



พื้นผิวแบนราบ



พื้นผิวนูน

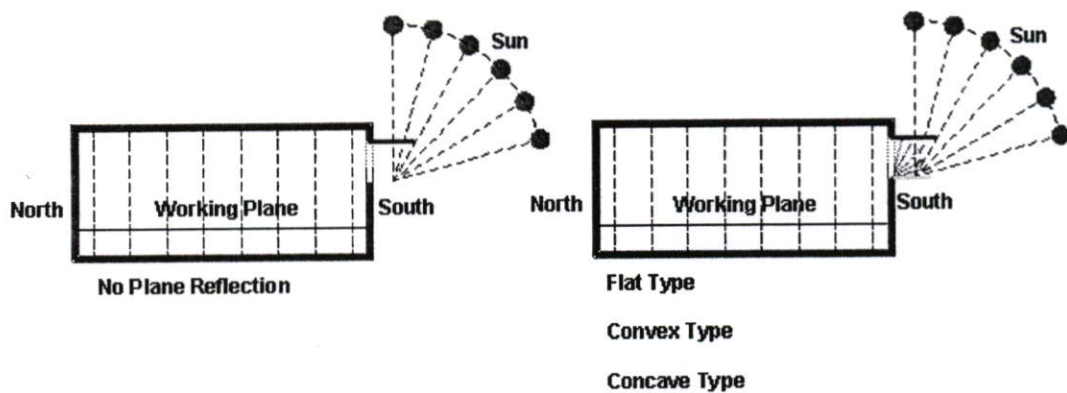


พื้นผิวเว้า

รูปที่ 3.13 รูปแบบผังสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์

3.5 การตรวจสอบประสิทธิภาพระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลอง

ขั้นตอนการตรวจสอบประสิทธิภาพระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลอง เป็นขั้นตอนที่ตรวจสอบเพื่อใช้เป็นข้อมูลที่สามารถอ้างอิงในคุณสมบัติของหน่วยทดลอง ซึ่งแต่ละหน่วยทดลองจะมีค่าความส่องสว่างที่ต่างกัน โดยมีแผงสะท้อนแสงในระนาบ เป็นตัวแปรของค่าความส่องสว่างที่ต่างกันของแต่ละหน่วยทดลองที่ทำการศึกษา



รูปที่ 3.14 เปรียบเทียบหน่วยทดลองที่ไม่ติดตั้งและติดตั้งแผงสะท้อนแสง

3.5.1 การเก็บข้อมูล

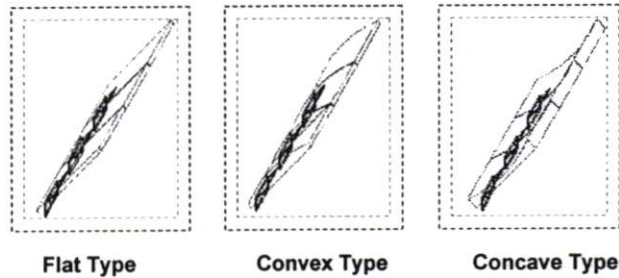
การเก็บข้อมูลในขั้นตอนการทดลองนี้มีเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างคือ ลักมิเตอร์ โดยการเก็บข้อมูลจะใช้สภาพท้องฟ้าจริง ๆ โดยเก็บข้อมูลจำนวน 72 ครั้ง ต่อหน่วยการทดลอง ในช่วงเวลา 10.00 ถึง 12.00 นาฬิกา และช่วงเวลา 13.00 ถึง 15.00 นาฬิกาของวัน เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าความส่องสว่างของหน่วยทดลองที่ทำการศึกษา

3.5.2 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติของหน่วยทดลอง
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- สภาพแวดล้อมขณะทำการทดลอง
- ตำแหน่งการเก็บข้อมูล
- ขนาดพื้นที่รับแสงภายใน
- รูปแบบการปรับมุมของแผงสะท้อนแสง

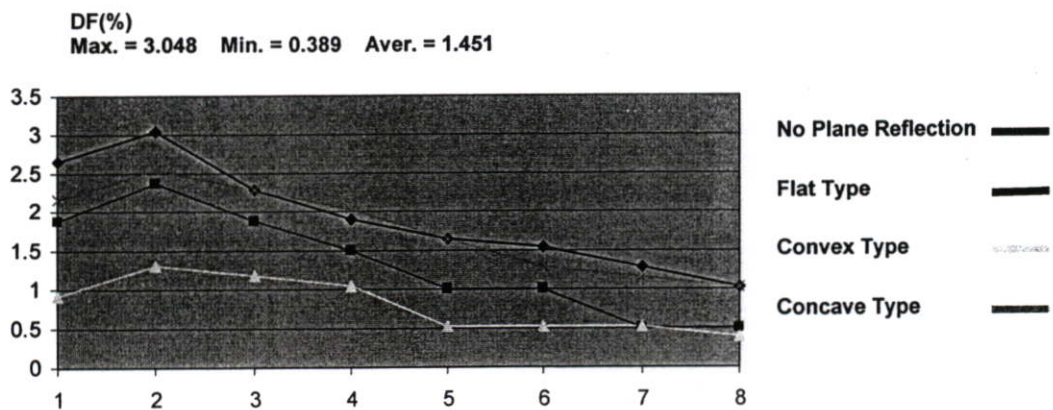
3.5.3 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

- มุมแนวราบและมุมแนวตั้ง
- ผิวแผงสะท้อนแสงชนิดพื้นผิวแบนราบ, พื้นผิวนูน, พื้นผิวเว้า



รูปที่ 3.15 เปรียบเทียบแผงสะท้อนแสง

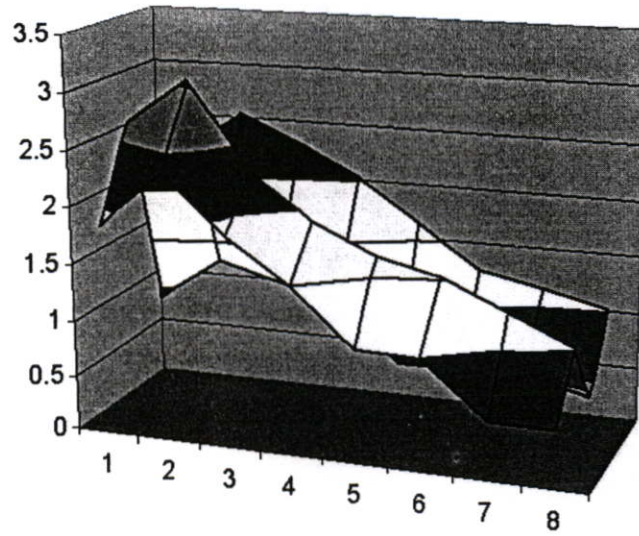
3.5.4 ผลการเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.16 กราฟผลการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพหน่วยทดลอง

3.5.5 สรุปผลการตรวจสอบประสิทธิภาพความส่องสว่างของหน่วยทดลอง

จากขั้นตอนการทดลองการตรวจสอบประสิทธิภาพความส่องสว่างและคุณสมบัติหน่วยทดลอง โดยทำการควบคุมรูปแบบแผงสะท้อนแสง รวมทั้งสภาวะแวดล้อมขณะทำการทดลอง พบว่าปริมาณของค่าความส่องสว่างภายในหน่วยทดลอง ทั้ง 4 ชุด มีปริมาณที่ความส่องสว่างที่แตกต่างกันและมีการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์ และเป็นไปในทิศทางเดียวกันในแต่ละครั้งของการเก็บข้อมูล จากการทดลองพบว่า บริเวณใกล้ช่องเปิดจะมีปริมาณความส่องสว่างมากกว่าส่วนที่ลึกภายใน จึงสรุปได้ว่าประสิทธิภาพและคุณสมบัติของหน่วยทดลองที่จะใช้ในการวิจัยนี้ มีศักยภาพในการที่จะพัฒนาเพื่อใช้ในการทดลอง การเพิ่มความส่องสว่างในส่วนที่ลึกภายในอาคารได้ต่อไป



รูปที่ 3.17 กราฟแสดงผลการตรวจสอบประสิทธิภาพระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลอง

บทที่ 4

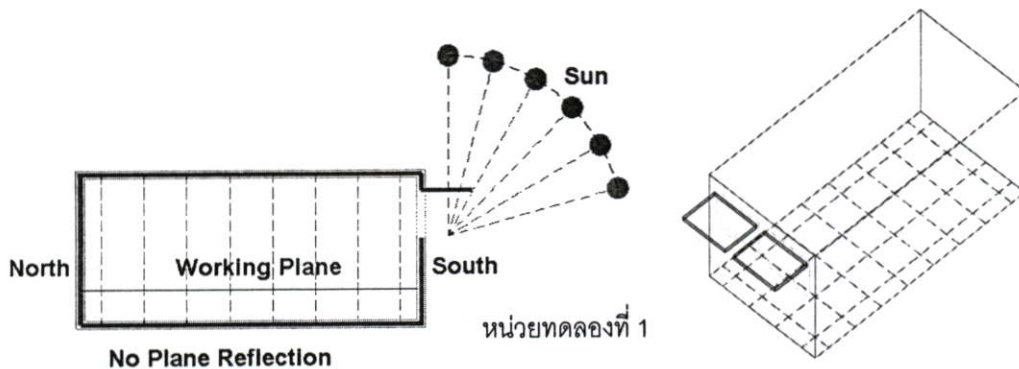
การทดลองและวิเคราะห์

4.1 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงสะท้อนแสง

การทดลองขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงสะท้อนแสงในแนวระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา และแผงสะท้อนแสงที่ทำการศึกษาพัฒนา โดยการปรับแผงสะท้อนแสงให้มีทิศทางการปรับตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ซึ่งในการทดลองจะทำการปรับแผงสะท้อนแสงตามแนวระนาบดังกล่าว จากนั้นจะทำการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา เพื่อตรวจสอบการเพิ่มระดับความส่องสว่าง โดยทำการศึกษา 4 ลักษณะการทดลองดังนี้

4.1.1 การศึกษาเปรียบเทียบระดับความส่องสว่าง กรณีไม่ติดตั้งแผงสะท้อนแสง

การทดลองนี้เป็นการศึกษาข้อมูลของปริมาณค่าระดับความส่องสว่าง โดยใช้หน่วยทดลองที่ไม่ติดตั้งแผงสะท้อนแสง เพื่อทำการศึกษาข้อมูลระดับความส่องสว่างภายในหน่วยทดลอง ทำการเก็บข้อมูลภายในหน่วยทดลองชุดละ 32 จุด และภายนอก 32 จุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

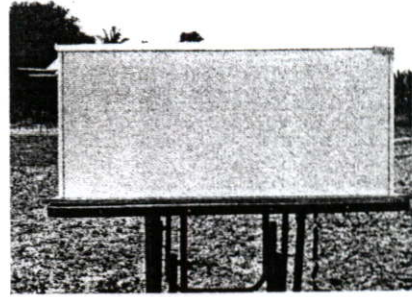
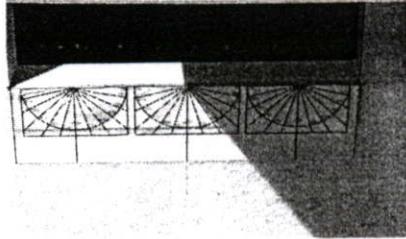


รูปที่ 4.1 หน่วยทดลองที่ 1 กรณีไม่ติดตั้งแผงสะท้อนแสง

4.1.1.1 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

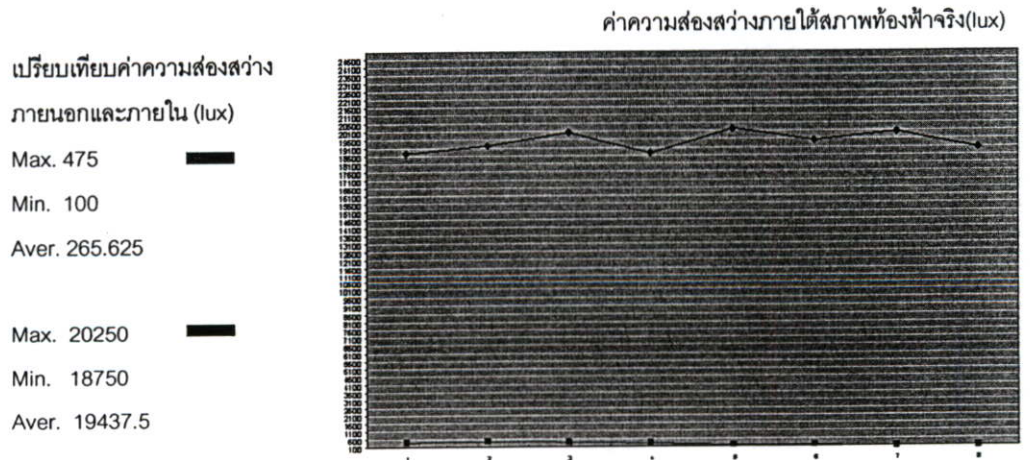
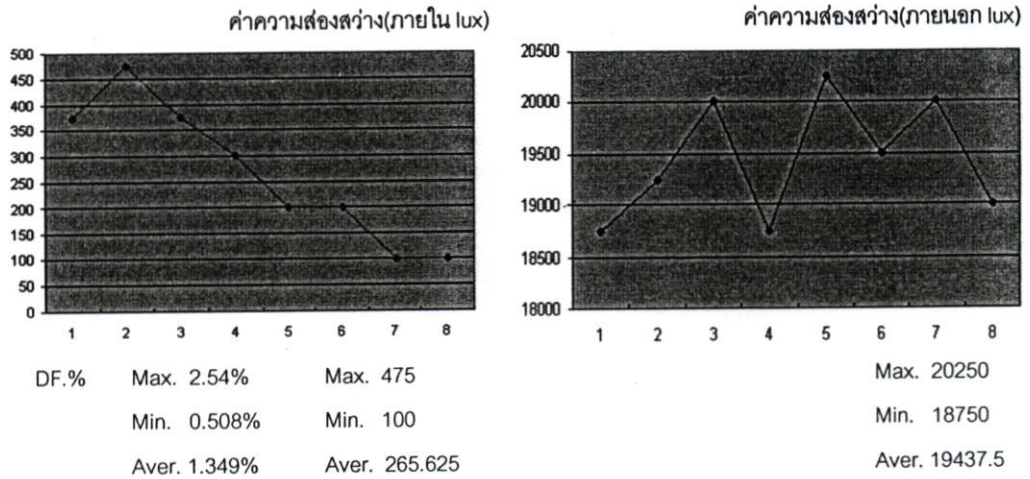
- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการทดลอง
- ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- ขนาดพื้นที่รับแสงภายใน

4.1.1.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา
ระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลองที่ 1
- ค่าความส่องสว่าง



รูปที่ 4.2 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 1

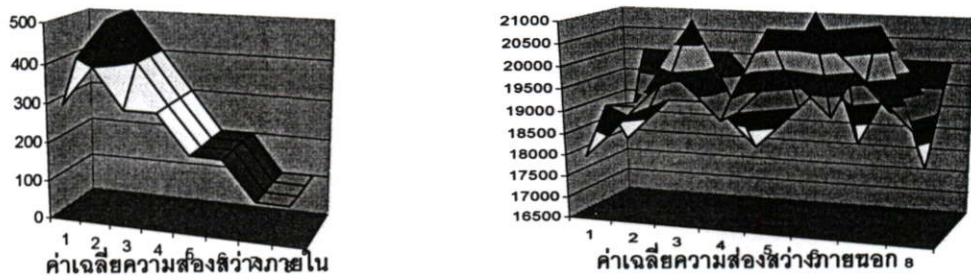
4.1.1.3 ผลการทดลอง



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลการทดลองของหน่วยทดลองที่ 1

4.1.1.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองของหน่วยทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาเปรียบเทียบระดับความส่องสว่างแสงสว่างธรรมชาติ ผลการเก็บข้อมูลสามารถสรุปได้ว่าค่าความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 20,250 ลักซ์ ต่ำสุดอยู่ที่ 18,750 ลักซ์ ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 19,437.50 ลักซ์กับค่าความส่องสว่างภายในเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 475 ลักซ์ ต่ำสุดอยู่ที่ 100 ลักซ์ ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 265.625 ลักซ์ และคิดเป็น DF. เฉลี่ยสูงสุด 2.54 % เฉลี่ยต่ำสุด 0.508 % ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 1.349 % จากข้อมูลดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ค่าความส่องสว่างภายนอกในสภาพท้องฟ้าจริง มีค่าความสว่างที่แปรปรวน ซึ่งจะมีผลต่อสภาพความส่องสว่างภายใน เมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับค่าความส่องสว่างภายในที่มีปริมาณความส่องสว่างลดลงในส่วนที่ลึกเข้าไปภายในของหน่วยทดลอง ทำให้ค่า DF. มีปริมาณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่ 1.349% ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจะเป็นข้อมูลในการพิจารณาในการออกแบบแสงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารของการทดลองช่วงต่อไป

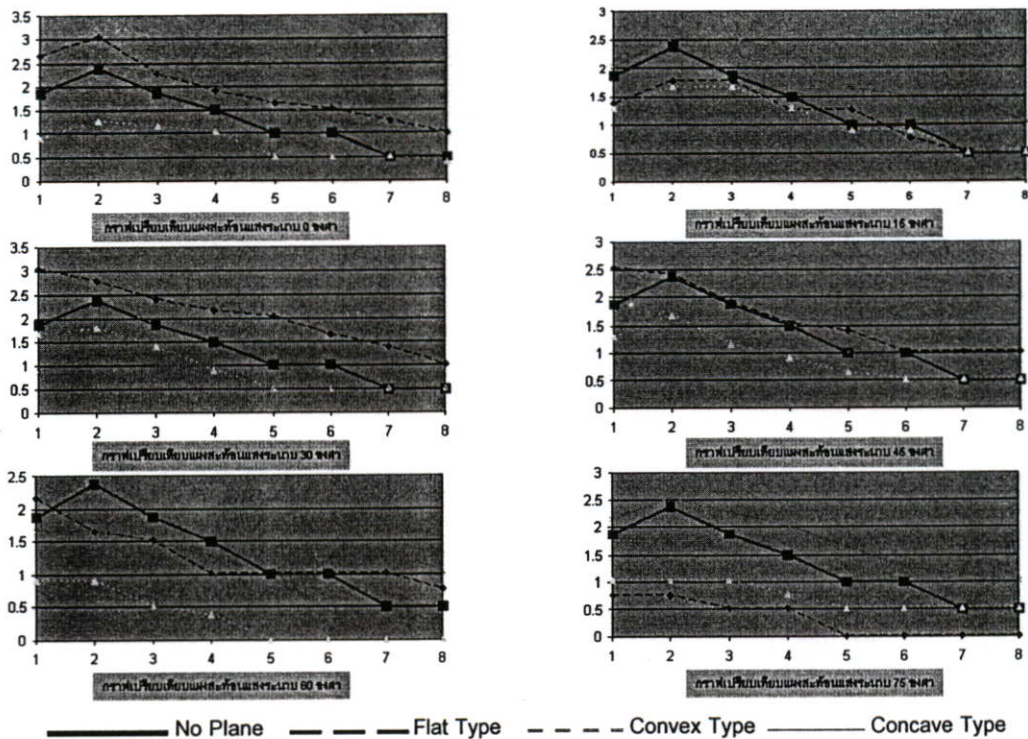


รูปที่ 4.4 กราฟสรุปผลทดลองของหน่วยทดลองที่ 1

4.1.2 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงสะท้อนแสงชนิดแบน ชนิดนูน ชนิดเว้า (Flat Type – Convex Type – Concave Type)

การทดลองนี้ได้ทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพแผงสะท้อนแสงปรับมุมในระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา และการสะท้อนของแสง สามารถสรุปได้ว่า แผงสะท้อนแสงชนิดแบน สามารถเพิ่มระดับความส่องสว่างได้ดีในระนาบ 0,30,45 องศา ชนิดนูนสามารถเพิ่มระดับความส่องสว่างได้ในระดับที่ต่ำกว่าระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งแผงสะท้อนแสงในทุกๆระนาบองศา โดยการสะท้อนของแสงที่มีต่อแผงสะท้อนแสงชนิดนูนในลักษณะการสะท้อนแสงแบบกระจาย จึงทำให้ขีดความสามารถการเพิ่มระดับความส่องสว่างลดลง ส่วนแผงสะท้อนชนิดเว้าสามารถเพิ่มระดับความส่องสว่างได้ดีในระนาบ 0,15,75 องศา โดยที่ระนาบ 60 องศา มีผลการสะท้อนแสงที่ระดับความส่องสว่างต่ำกว่าระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งแผงสะท้อนแสง จากผลการวิเคราะห์นำมาเป็นแนวทางประยุกต์ในการปรับแผงสะท้อน

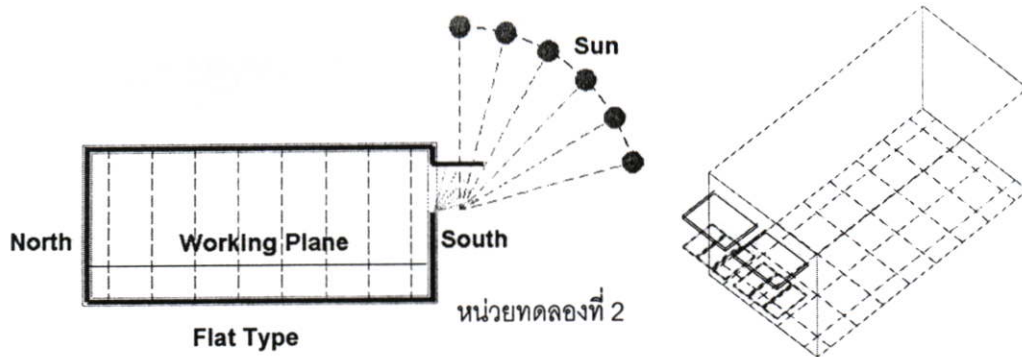
แสง ไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารของการทดลองช่วงต่อไป



รูปที่ 4.5 กราฟสรุปผลการทดลองกรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดแบน ชนิดนูน ชนิดเว้า (Flat Type) (Convex Type) (Concave Type)

4.1.3 การศึกษาเปรียบเทียบระดับความส่องสว่าง กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดแบน (Flat Type)

การทดลองนี้จะทำการศึกษาข้อมูลของปริมาณค่าระดับความส่องสว่าง โดยใช้หน่วยทดลองที่ติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดแบน เพื่อทำการศึกษาข้อมูลระดับความส่องสว่างภายในหน่วยทดลอง ทำการเก็บข้อมูลภายในหน่วยทดลองชุดละ 32 จุด และภายนอก 32 จุด โดยมีรายละเอียดในการทดลองปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา ดังนี้ เพื่อเป็นแนวทางประยุกต์ในการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารของการทดลองช่วงต่อไป



หน่วยทดลองที่ 2 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา

รูปที่ 4.6 หน่วยทดลองที่ 2 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดแบน

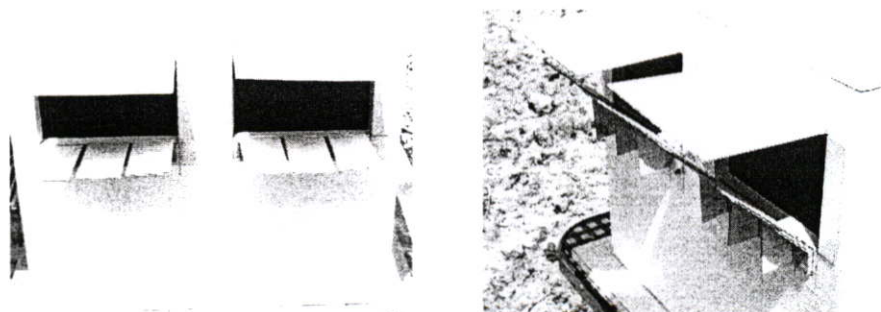
4.1.3.1 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการทดลอง
- ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- ขนาดพื้นที่รับแสงภายใน
- แผงสะท้อนแสงชนิดแบน (Flat Type)

4.1.3.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

ระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลองที่ 2

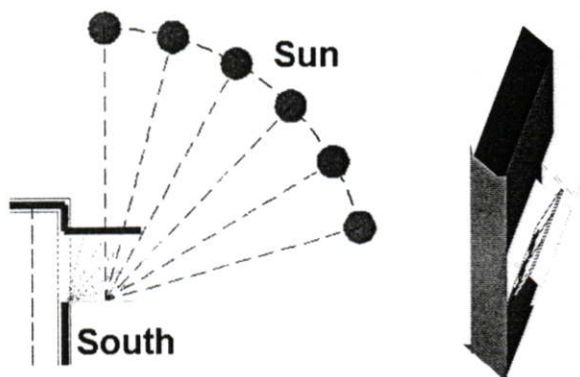
- ค่าความส่องสว่าง



รูปที่ 4.7 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 2

4.1.3.3 ผลการทดลอง

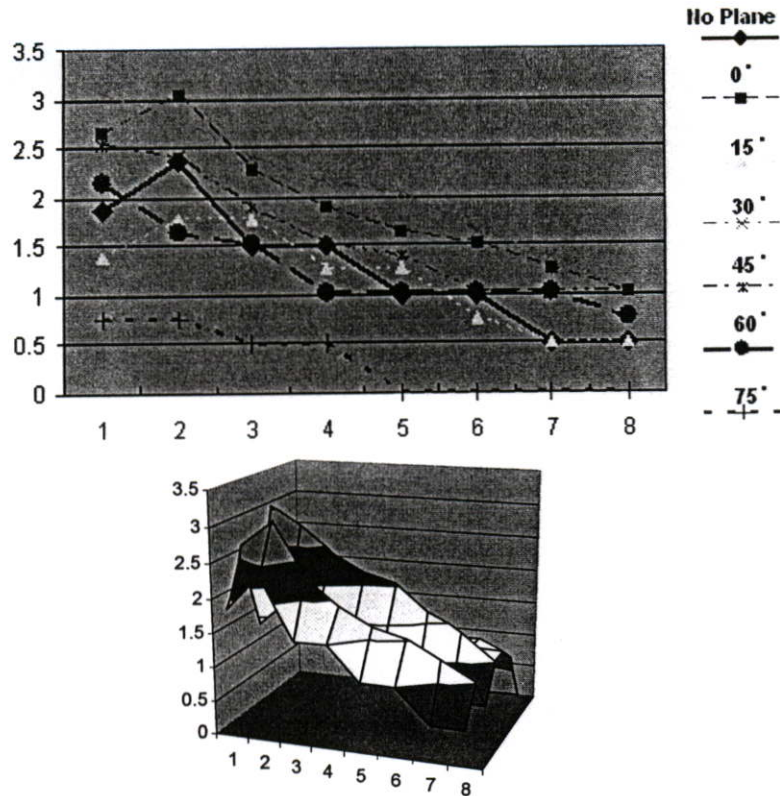
การเก็บข้อมูลขณะแสงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบทางทิศใต้ขณะดวงอาทิตย์เดินทางอ้อมใต้



รูปที่ 4.8 ทิศทางแสงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาของหน่วยทดลองที่ 2

4.1.3.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

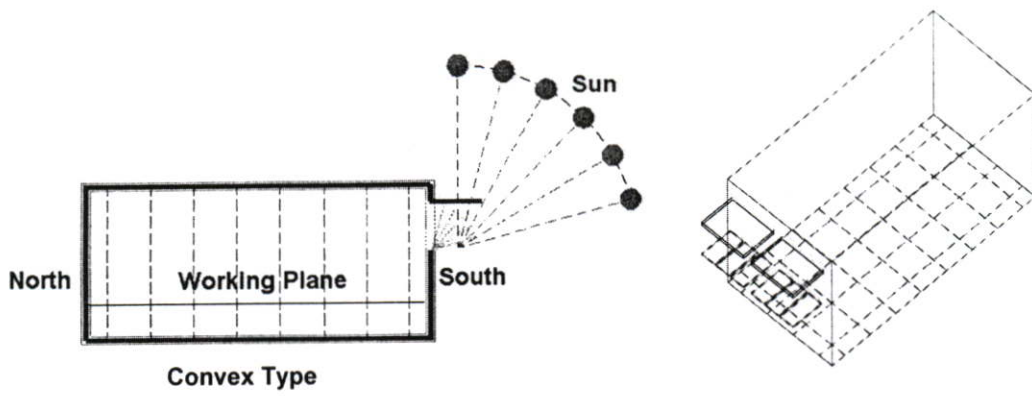
การทดลองนี้ทำการศึกษาข้อมูลและเปรียบเทียบปริมาณค่าระดับความส่องสว่าง โดยการปรับมุมแสงสะท้อนแสงชนิดแบน (Flat Type) ในระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาในสภาพท้องฟ้าจริงภายในหน่วยทดลอง จากการทดลองสามารถวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองว่าแสงสะท้อนแสงปรับมุมในระนาบ 30 องศา ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 406.25 ลักซ์ และคิดเป็น DF. เฉลี่ยสูงสุด 3.048% เฉลี่ยต่ำสุด 1.016 % ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 2.064 % ให้ปริมาณค่าระดับความส่องสว่างมากกว่าแสงสะท้อนแสงปรับมุมในระนาบอื่นๆ จากการเปรียบเทียบข้อมูลกรณีที่ไม่ติดตั้งแสงสะท้อนแสงค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 265.625 ลักซ์ และคิดเป็น DF. เฉลี่ยสูงสุด 2.54 % เฉลี่ยต่ำสุด 0.508 % ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 1.349 % เมื่อทำการเปรียบเทียบทั้ง 2กรณี สรุปได้ว่าปริมาณระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติมีปริมาณระดับความส่องสว่างลดลงตามระยะความลึกซึ่งมีผลต่อระดับความส่องสว่างภายใน ซึ่งหน่วยทดลองที่ 2 เมื่อทำการเปรียบเทียบระดับความส่องสว่าง กรณีติดตั้งแสงสะท้อนแสงชนิดแบน(Flat Type)มีปริมาณระดับความส่องสว่างเฉลี่ยในทุกะนาบ0,30,45 องศา ที่สูงกว่าหน่วยทดลองที่ 1 ซึ่งไม่ได้ติดตั้งแสงสะท้อนแสง เพื่อเป็นแนวทางประยุกต์ในการปรับแสงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารของการทดลองช่วงต่อไป



รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างของแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา ของหน่วยทดลองที่ 2 (Flat Type)

4.1.4 การศึกษาเปรียบเทียบระดับความส่องสว่าง กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสง ชนิดนูน (Convex Type)

การทดลองนี้จะทำการศึกษาค่าของปริมาณค่าระดับความส่องสว่าง โดยใช้หน่วยทดลองที่ติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดแบนราบ เพื่อทำการศึกษาค่าของระดับความส่องสว่างภายในหน่วยทดลอง ทำการเก็บข้อมูลภายในหน่วยทดลองชุดละ 32 จุด และภายนอก 32 จุด โดยมีรายละเอียดในการทดลองปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา ดังนี้ เพื่อเป็นแนวทางประยุกต์ในการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารของการทดลองช่วงต่อไป



หน่วยทดลองที่ 3 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา

รูปที่ 4.10 หน่วยทดลองที่ 3 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดนูน

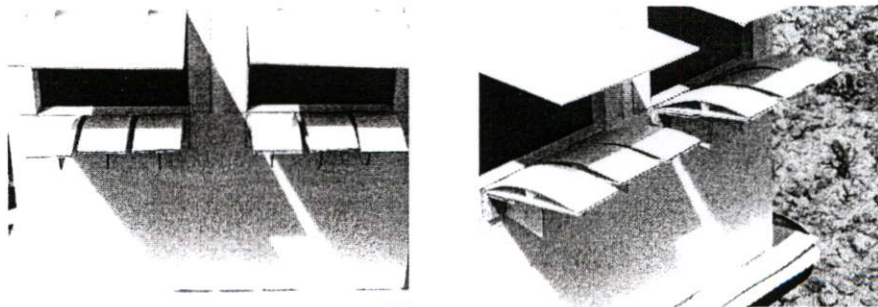
4.1.4.1 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการทดลอง
- ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- ขนาดพื้นที่รับแสงภายใน
- แผงสะท้อนแสงชนิดนูน (Convex Type)

4.1.4.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

ระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลองที่ 3

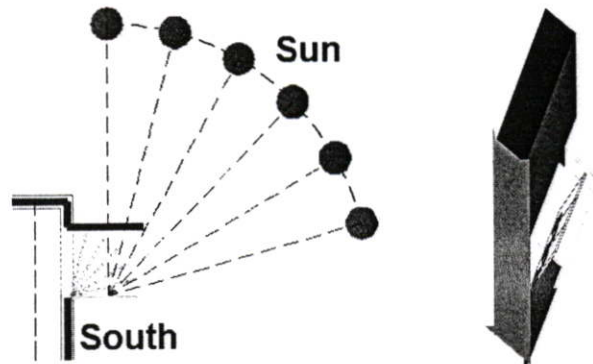
- ค่าความส่องสว่าง



รูปที่ 4.11 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 3

4.1.4.3 ผลการทดลอง

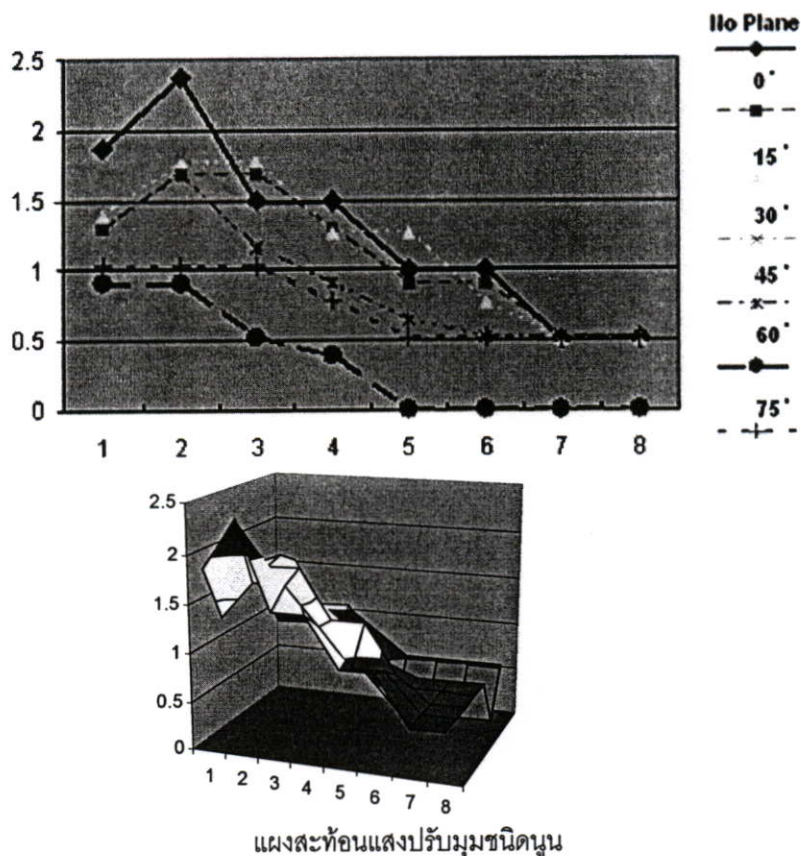
การเก็บข้อมูลขณะแสงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบทางทิศใต้ขณะดวงอาทิตย์เดินทางอ้อมใต้



รูปที่ 4.12 ทิศทางแสงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาของหน่วยทดลองที่ 3

4.1.4.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

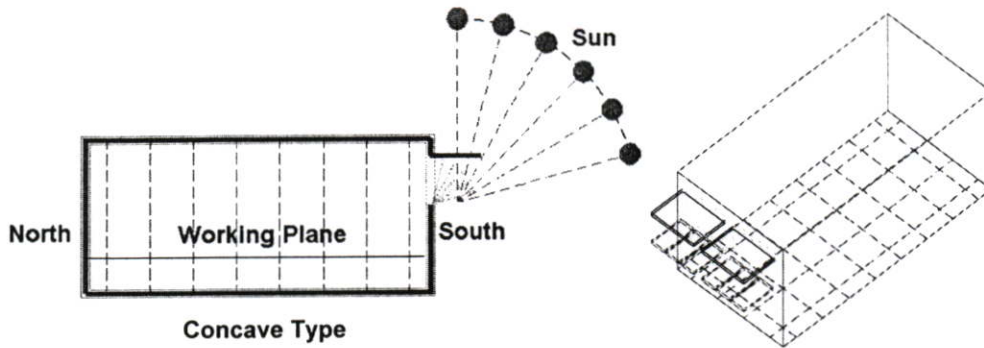
การทดลองนี้ทำการศึกษาข้อมูลและเปรียบเทียบปริมาณค่าระดับความส่องสว่าง โดยการปรับมุมแสงสะท้อนชนิดนูน (Convex Type) ในระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาในสภาพท้องฟ้าจริงภายในหน่วยทดลอง จากการทดลองสามารถวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองว่าแสงสะท้อนแสงปรับมุมในระนาบ 15 องศา ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 212.50 ลักซ์ และคิดเป็น DF. เฉลี่ยสูงสุด 1.778% เฉลี่ยต่ำสุด 0.508 % ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 1.158 % ให้ปริมาณค่าระดับความส่องสว่างมากกว่าแสงสะท้อนแสงปรับมุมในระนาบอื่นๆ จากการเปรียบเทียบข้อมูลกรณีที่ไม่ติดตั้งแสงสะท้อนค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 265.625 ลักซ์ และคิดเป็น DF. เฉลี่ยสูงสุด 2.54 % เฉลี่ยต่ำสุด 0.508 % ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 1.349 % เมื่อทำการเปรียบเทียบทั้ง 2 กรณี สรุปได้ว่าปริมาณระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติมีปริมาณระดับความส่องสว่างลดลงตามระยะความลึกซึ่งมีผลต่อระดับความส่องสว่างภายในซึ่งหน่วยทดลองที่ 3 เมื่อทำการเปรียบเทียบระดับความส่องสว่าง กรณีติดตั้งแสงสะท้อนชนิดนูน (Convex Type) มีปริมาณระดับความส่องสว่างเฉลี่ยในทุกะนาบองศาที่ต่ำกว่าหน่วยทดลองที่ 1 ซึ่งไม่ได้ติดตั้งแสงสะท้อน เพื่อเป็นแนวทางประยุกต์ในการปรับแสงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารของการทดลองช่วงต่อไป



รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างของแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ
0,15,30,45,60,75 องศา ของหน่วยทดลองที่ 3 (Convex Type)

4.1.5 การศึกษาเปรียบเทียบระดับความส่องสว่าง กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดเว้า (Concave Type)

การทดลองนี้จะทำการศึกษาข้อมูลของปริมาณค่าระดับความส่องสว่าง โดยใช้หน่วยทดลองที่ติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดแบนราบ เพื่อทำการศึกษาข้อมูลระดับความส่องสว่างภายในหน่วยทดลอง ทำการเก็บข้อมูลภายในหน่วยทดลองชุดละ 32 จุด และภายนอก 32 จุด โดยมีรายละเอียดในการทดลองปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา ดังนี้ เพื่อเป็นแนวทางประยุกต์ในการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารของการทดลองช่วงต่อไป



หน่วยทดลองที่ 4 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา

รูปที่ 4.14 หน่วยทดลองที่ 4 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดเว้า

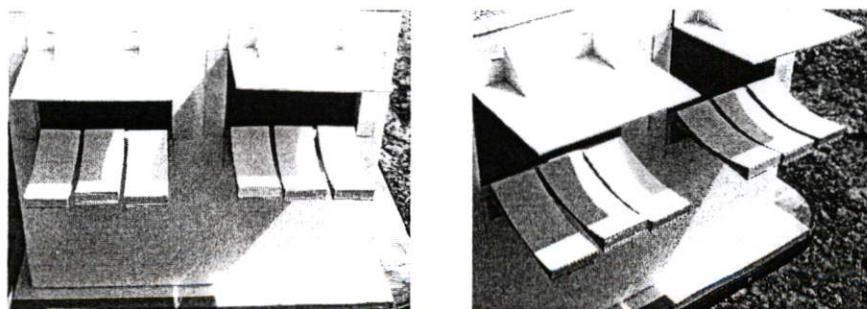
4.1.5.1 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- สภาพแวดล้อมขณะทำการทดลอง
- ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- ขนาดพื้นที่รับแสงภายใน
- แผงสะท้อนแสงชนิดเว้า (Concave Type)

4.1.5.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

ระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลองที่ 4

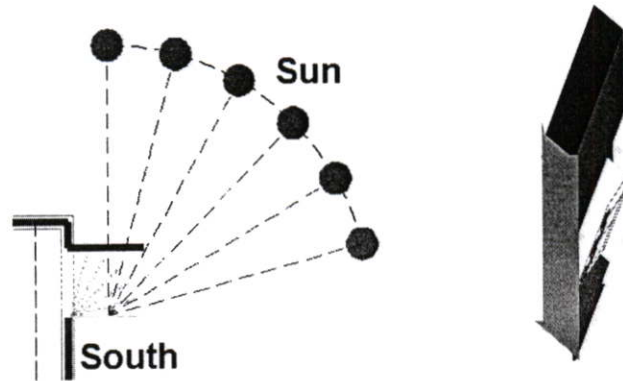
- ค่าความส่องสว่าง



รูปที่ 4.15 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 4

4.1.5.3 ผลการทดลอง

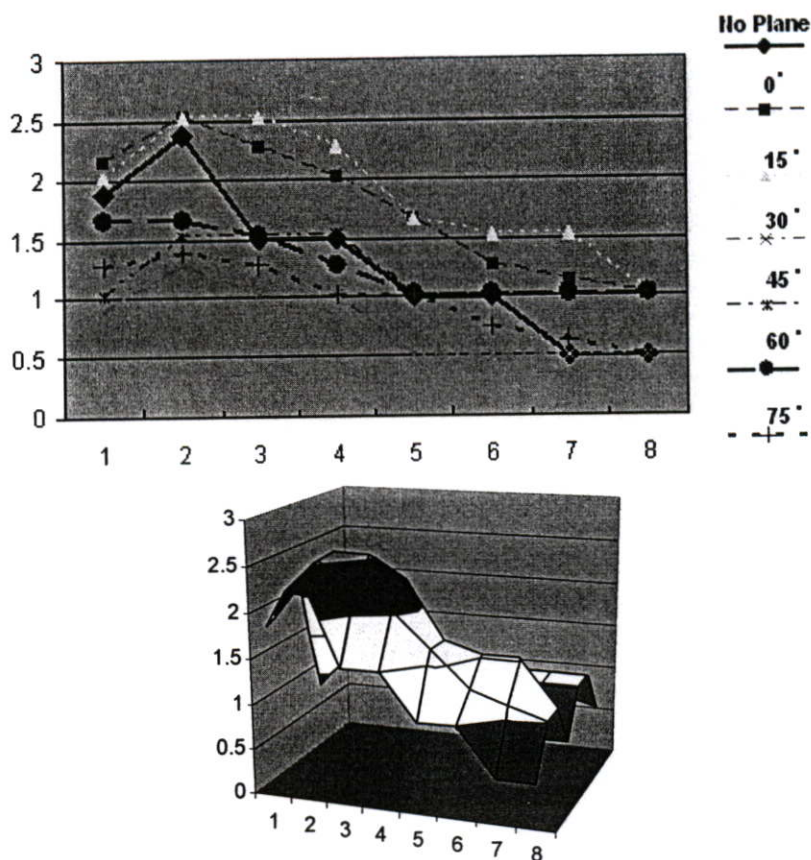
การเก็บข้อมูลขณะแสงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบทางทิศใต้ขณะดวงอาทิตย์เดินทางอ้อมใต้



รูปที่ 4.16 ทิศทางแสงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาของหน่วยทดลองที่ 4

4.1.5.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองนี้ทำการศึกษาข้อมูลและเปรียบเทียบปริมาณค่าระดับความส่องสว่าง โดยการปรับมุมแสงสะท้อนแสงชนิดเว้า (Concave Type) ในระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาในสภาพท้องฟ้าจริงภายในหน่วยทดลอง จากการทดลองสามารถวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองว่าแสงสะท้อนแสงปรับมุมในระนาบ 15 องศา ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 371.875 ลักซ์ และคิดเป็น DF. เฉลี่ยสูงสุด 2.539% เฉลี่ยต่ำสุด 1.016 % ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 1.888 % ให้ปริมาณค่าระดับความส่องสว่างมากกว่าแสงสะท้อนแสงปรับมุมในระนาบอื่นๆ จากการเปรียบเทียบข้อมูลกรณีที่ไม่ติดตั้งแสงสะท้อนแสงค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 265.625 ลักซ์ และคิดเป็น DF. เฉลี่ยสูงสุด 2.54 % เฉลี่ยต่ำสุด 0.508 % ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างอยู่ที่ 1.349 % เมื่อทำการเปรียบเทียบทั้ง 2 กรณี สรุปได้ว่าปริมาณระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติมีปริมาณระดับความส่องสว่างลดลงตามระยะความลึก ซึ่งมีผลต่อระดับความส่องสว่างภายใน ซึ่งหน่วยทดลองที่ 4 เมื่อทำการเปรียบเทียบระดับความส่องสว่าง กรณีติดตั้งแสงสะท้อนแสงชนิดเว้า (Concave Type) มีปริมาณระดับความส่องสว่างเฉลี่ยในทุกะนาบ 0,15 องศาที่สูงกว่าหน่วยทดลองที่ 1 ซึ่งไม่ได้ติดตั้งแสงสะท้อนแสง เพื่อเป็นแนวทางประยุกต์ในการปรับแสงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารของการทดลองช่วงต่อไป

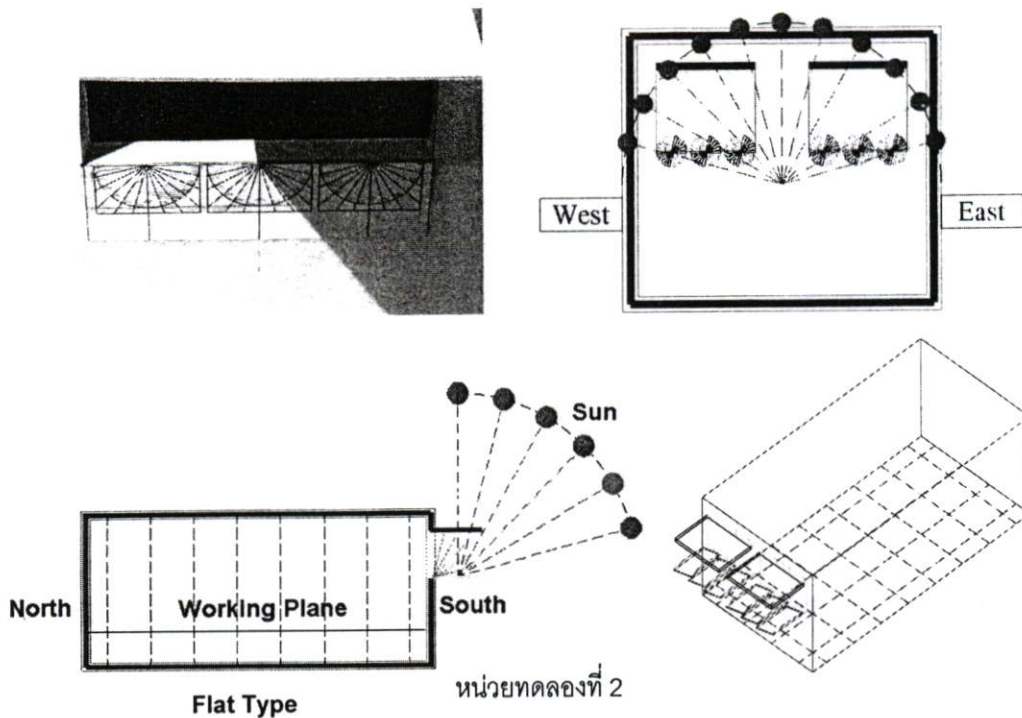


รูปที่ 4.17 กราฟเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างของแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา ของหน่วยทดลองที่ 4 (Concave Type)

4.2 การศึกษาแนวทางการพัฒนาแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุม

4.2.1 การศึกษาเปรียบเทียบระดับความส่องสว่าง กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดแบน (Flat Type) ร่วมกับการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา

การทดลองนี้จะทำการศึกษาข้อมูลของปริมาณค่าระดับความส่องสว่าง โดยใช้หน่วยทดลองที่ติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดแบน (Flat Type) เพื่อทำการศึกษาข้อมูลระดับความส่องสว่างภายในหน่วยทดลอง ทำการเก็บข้อมูลภายในหน่วยทดลองชุดละ 32 จุด และภายนอก 32 จุด โดยมีรายละเอียดในการทดลองปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา ร่วมกับการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร



หน่วยทดลองที่ 2 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา ร่วมกับการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา

รูปที่ 4.18 หน่วยทดลองที่ 2 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดแบน

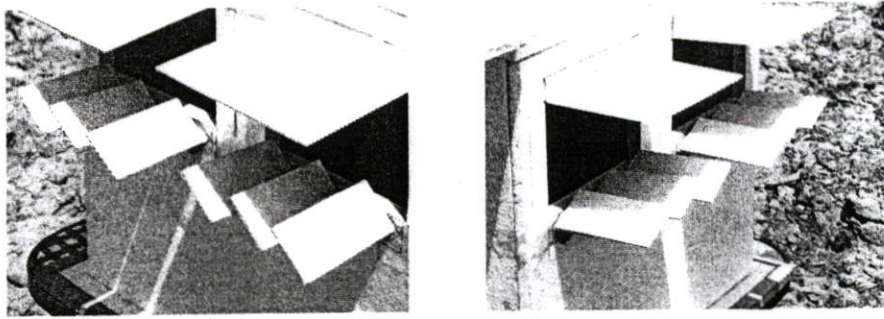
4.2.1.1 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- สภาพแวดล้อมขณะทำการทดลอง
- ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- ขนาดพื้นที่รับแสงภายใน
- แผงสะท้อนแสงชนิดแบน (Flat Type)

4.2.1.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

ระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลองที่ 2

- ค่าความส่องสว่าง
- การปรับมุมแผงสะท้อนแสง

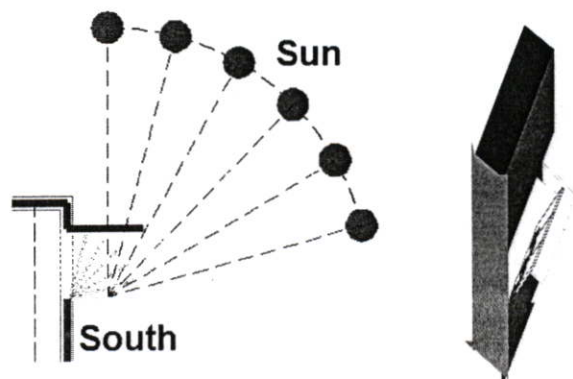


การปรับ แฉงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา

รูปที่ 4.19 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 2

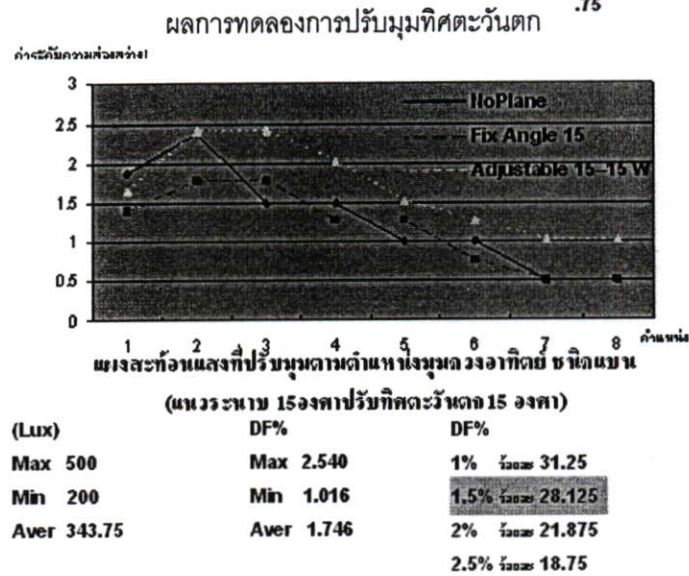
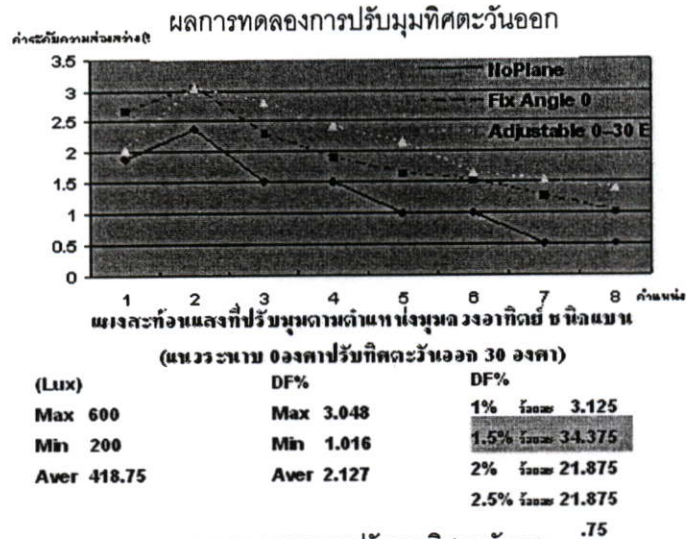
4.2.1.3 ผลการทดลอง

การเก็บข้อมูลขณะแฉงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบทางทิศใต้ขณะดวงอาทิตย์เดินทางอ้อมใต้



รูปที่ 4.20 ทิศทางแฉงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาของหน่วยทดลองที่ 2

4.2.1.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง



รูปที่ 4.21 กราฟสรุปผลการทดลองของหน่วยทดลองที่ 2

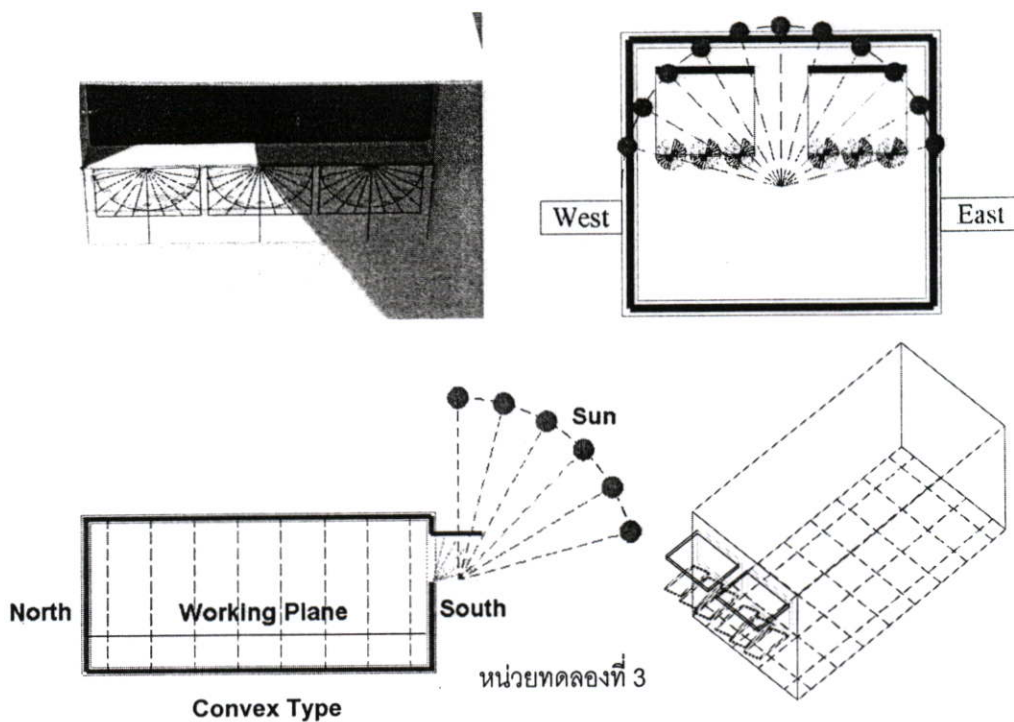
4.2.1.5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 4.2.1 เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเพิ่มระดับความส่องสว่างของแสงสว่างธรรมชาติ ในการนำแสงสว่างธรรมชาติจากการสะท้อนกับแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุม ทำการเก็บข้อมูลโดยติดตั้งแผงสะท้อนแสงในทางด้านทิศใต้ขณะที่ดวงอาทิตย์เดินทางอ้อมใต้ เพื่อศึกษาทิศทางการปรับมุมของแผงสะท้อนแสงในระนาบที่เหมาะสมในการพัฒนาการออกแบบและติดตั้ง ผลจากการเก็บข้อมูลพบว่าในช่วงเช้าแผงสะท้อนแสงชนิดแบนปรับมุมระนาบ 0 องศา และทำการเพิ่มการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออก 30 องศา มีค่าความส่องสว่างเมื่อทำการปรับมุมตามระนาบที่ทดลอง ให้ค่าความส่องสว่าง DF(%)1.5 อยู่ที่ 34.375 % และพบว่า

ในช่วงบ่ายแสงสะท้อนแสงชนิดแบนปรับมุมระนาบ 15 องศาและทำการเพิ่มการปรับแสงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันตก 15 องศา มีค่าความส่องสว่างเมื่อทำการปรับมุมตามระนาบที่ทดลอง ให้ค่าความส่องสว่าง DF.(%)1.5 อยู่ที่ 28.125 % จากข้อมูลดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ตำแหน่งทิศทางของดวงอาทิตย์ ตำแหน่งช่องเปิดของหน่วยทดลองและการปรับมุมของแสงสะท้อนแสงมีผลต่อการเพิ่มระดับความส่องสว่างตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ในการทดลอง หน่วยทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งแสงสะท้อนแสงจะมีค่าความส่องสว่าง DF.(%)อยู่ที่ 1.349% และหน่วยทดลองที่ติดตั้งแสงสะท้อนแสงในระนาบ 0 องศาจะมีค่าความส่องสว่าง DF.(%)อยู่ที่ 1.921% พบว่าการติดตั้งแสงสะท้อนแสงมีผลต่อการเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร จากการทดลองพบว่าการปรับมุมของแสงสะท้อนแสงไปในทิศทางที่ตำแหน่งดวงอาทิตย์ ทำให้ประสิทธิภาพการเพิ่มระดับความส่องสว่างของแสงสว่างธรรมชาติเพิ่ม ซึ่งเพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมที่เหมาะสมในงานสถาปัตยกรรมต่อไป

4.2.2 การศึกษาเปรียบเทียบระดับความส่องสว่าง กรณีติดตั้งแสงสะท้อนชนิดแบน (Convex Type) ร่วมกับการปรับแสงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา

การทดลองนี้จะทำการศึกษาข้อมูลของปริมาณค่าระดับความส่องสว่าง โดยใช้หน่วยทดลองที่ติดตั้งแสงสะท้อนชนิดนูน (Convex Type) เพื่อทำการศึกษาข้อมูลระดับความส่องสว่างภายในหน่วยทดลอง ทำการเก็บข้อมูลภายในหน่วยทดลองชุดละ 32 จุด และภายนอก 32 จุด โดยมีรายละเอียดในการทดลองปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา ร่วมกับการปรับแสงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร



หน่วยทดลองที่ 3 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาพร้อมกับการปรับ
 แผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา

รูปที่ 4.22 หน่วยทดลองที่ 3 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดนูน

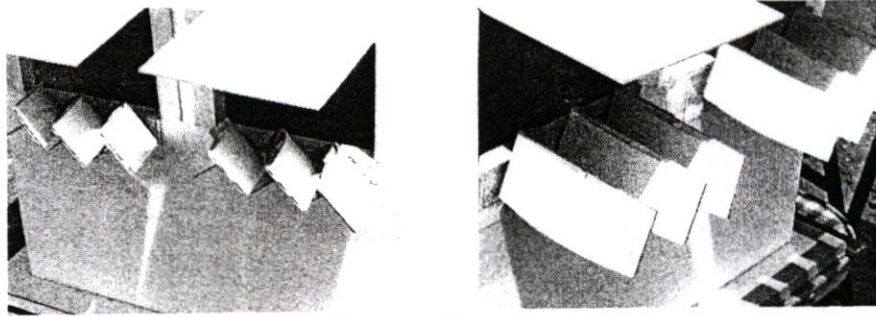
4.2.2.1 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการทดลอง
- ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- ขนาดพื้นที่รับแสงภายใน
- แผงสะท้อนแสงชนิดนูน (Convex Type)

4.2.2.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

ระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลองที่ 3

- ค่าความส่องสว่าง
- การปรับมุมแผงสะท้อนแสง

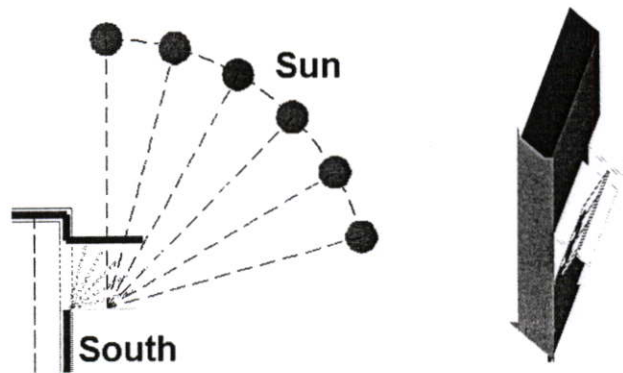


การปรับ แผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา

รูปที่ 4.23 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 3

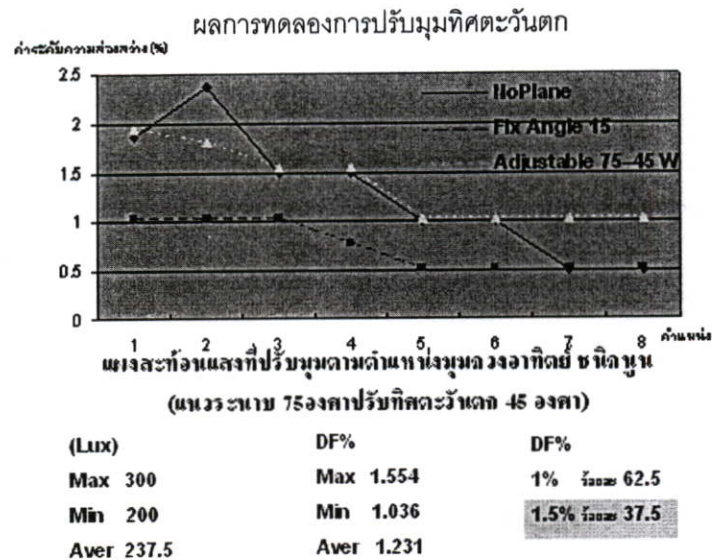
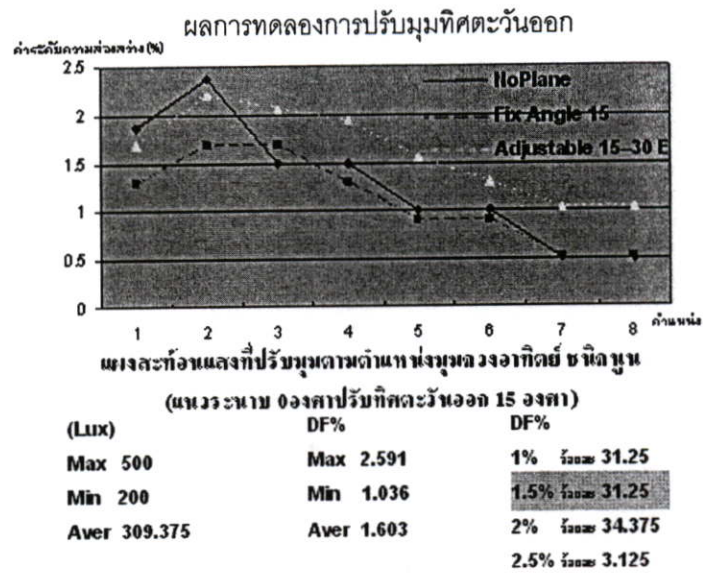
4.2.2.3 ผลการทดลอง

การเก็บข้อมูลขณะแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบทางทิศใต้ขณะดวงอาทิตย์เดินทางอ้อมใต้



รูปที่ 4.24 ทิศทางแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาของหน่วยทดลองที่ 3

4.2.2.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง



รูปที่ 4.25 กราฟสรุปผลการทดลองของหน่วยทดลองที่ 3

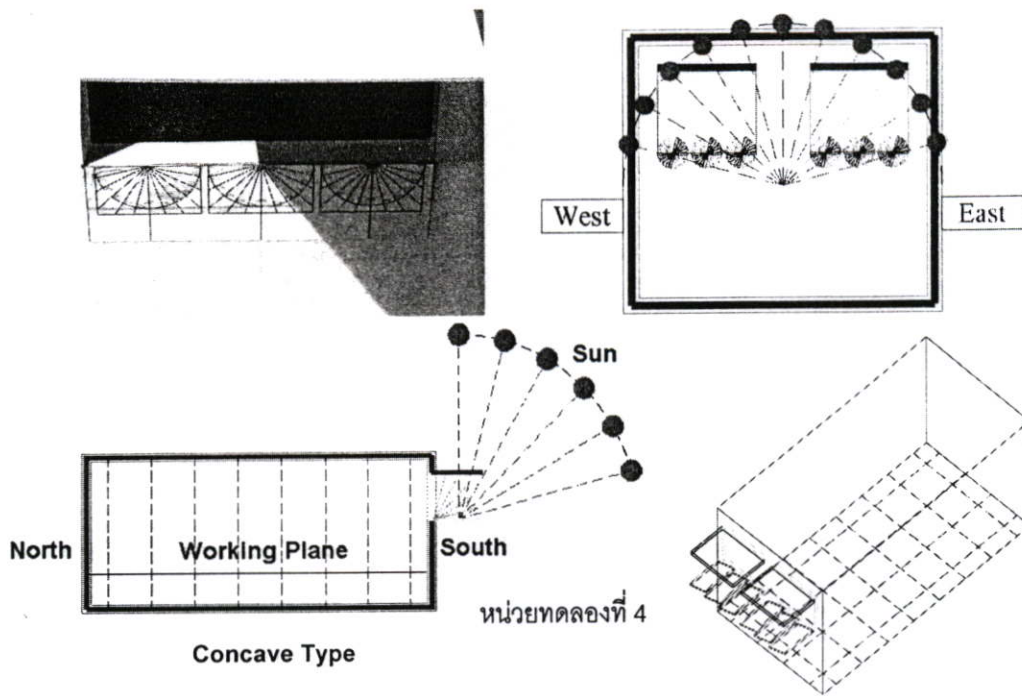
4.2.2.5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 4.2.2 เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเพิ่มระดับความส่องสว่างของแสงสว่างธรรมชาติ ในการนำแสงสว่างธรรมชาติจากการสะท้อนกับแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุม ทำการเก็บข้อมูลโดยติดตั้งแผงสะท้อนแสงในทางด้านทิศใต้ขณะที่ดวงอาทิตย์เดินทางอ้อมใต้ เพื่อศึกษาทิศทางการปรับมุมของแผงสะท้อนแสงในระนาบที่เหมาะสมในการพัฒนาการออกแบบและติดตั้ง ผลจากการเก็บข้อมูลพบว่าในช่วงเช้าแผงสะท้อนแสงชนิดหมุนปรับมุมระนาบ 0 องศา และทำการเพิ่มการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออก 15 องศา มีค่าความส่องสว่างเมื่อทำการปรับมุมตามระนาบที่ทดลอง ให้ค่าความส่องสว่าง DF.(%)1.5 อยู่ที่ 31.25 % และพบว่า

ในช่วงบ่ายแสงสะท้อนแสงชนิดนูนปรับมุมระนาบ 75 องศาและทำการเพิ่มการปรับแสงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันตก 45 องศา มีค่าความส่องสว่างเมื่อทำการปรับมุมตามระนาบที่ทดลอง ให้ค่าความส่องสว่าง DF.(%)1.5 อยู่ที่ 37.5 % จากข้อมูลดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ตำแหน่งทิศทางของดวงอาทิตย์ ตำแหน่งช่องเปิดของหน่วยทดลองและการปรับมุมของแสงสะท้อนแสงมีผลต่อการเพิ่มระดับความส่องสว่างตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ในการทดลอง หน่วยทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งแสงสะท้อนแสงจะมีค่าความส่องสว่าง DF.(%) อยู่ที่ 1.349% และหน่วยทดลองที่ติดตั้งแสงสะท้อนแสงในระนาบ 0 องศาจะมีค่าความส่องสว่าง DF.(%) อยู่ที่ 1.23% พบว่าการติดตั้งแสงสะท้อนแสงมีผลต่อการเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร จากการทดลองพบว่าการปรับมุมของแสงสะท้อนแสงไปในทิศทางที่ตำแหน่งดวงอาทิตย์โคจร ทำให้ประสิทธิภาพการเพิ่มระดับความส่องสว่างของแสงสว่างธรรมชาติเพิ่มขึ้น ซึ่งเพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมที่เหมาะสมในงานสถาปัตยกรรมต่อไป

4.2.3 การศึกษาเปรียบเทียบระดับความส่องสว่าง กรณีติดตั้งแสงสะท้อนแสงชนิดแบน (Concave Type)ร่วมกับการปรับแสงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา

การทดลองนี้จะทำการศึกษาข้อมูลของปริมาณค่าระดับความส่องสว่าง โดยใช้หน่วยทดลองที่ติดตั้งแสงสะท้อนแสงชนิดเว้า (Concave Type) เพื่อทำการศึกษาข้อมูลระดับความส่องสว่างภายในหน่วยทดลอง ทำการเก็บข้อมูลภายในหน่วยทดลองชุดละ 32 จุด และภายนอก 32 จุด โดยมีรายละเอียดในการทดลองปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา ร่วมกับการปรับแสงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร



หน่วยทดลองที่ 4 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา ร่วมกับการปรับ
 แผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา

รูปที่ 4.26 หน่วยทดลองที่ 4 กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงชนิดเว้า

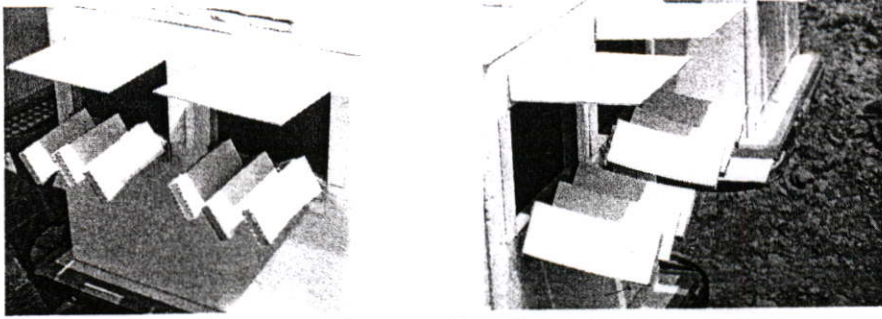
4.2.3.1 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- สภาพแวดล้อมขณะทำการทดลอง
- ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- ขนาดพื้นที่รับแสงภายใน
- แผงสะท้อนแสงชนิดเว้า (Concave Type)

4.2.3.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

ระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลองที่ 4

- ค่าความส่องสว่าง
- การปรับมุมแผงสะท้อนแสง

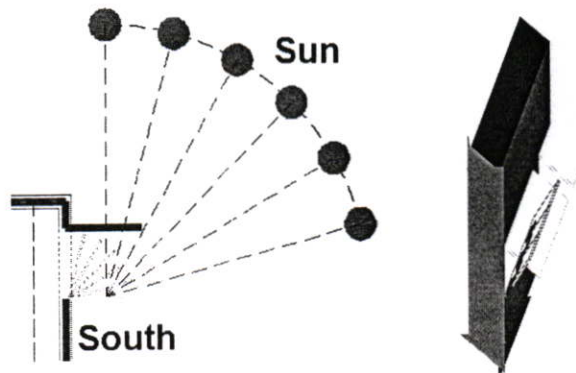


การปรับ แผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ตามระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศา

รูปที่ 4.27 การทดลองของหน่วยทดลองที่ 4

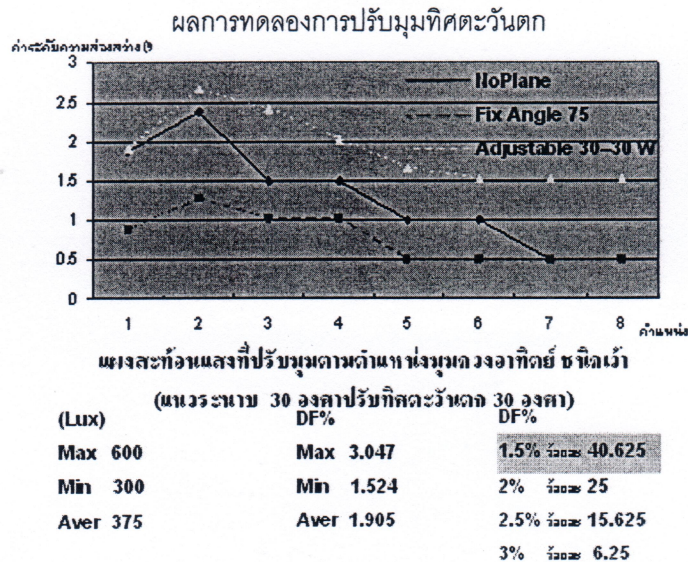
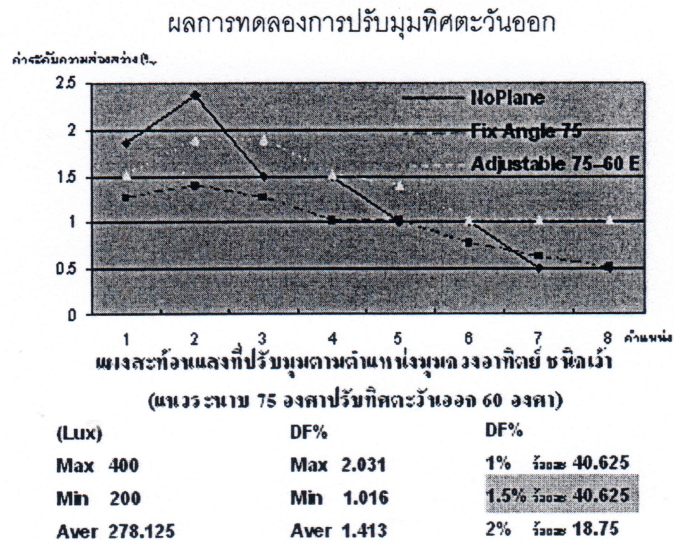
4.2.3.3 ผลการทดลอง

การเก็บข้อมูลขณะแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบทางทิศใต้ขณะดวงอาทิตย์เดินทางอ้อมใต้



รูปที่ 4.28 ทิศทางแผงสะท้อนแสงปรับมุมระนาบ 0,15,30,45,60,75 องศาของหน่วยทดลองที่ 4

4.2.3.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง



รูปที่ 4.29 กราฟสรุปผลการทดลองของหน่วยทดลองที่ 4

4.2.3.5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 4.2.3 เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเพิ่มระดับความส่องสว่างของแสงสว่างธรรมชาติ ในการนำแสงสว่างธรรมชาติจากการสะท้อนกับแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุม ทำการเก็บข้อมูลโดยติดตั้งแผงสะท้อนแสงในทางด้านทิศใต้ขณะที่ดวงอาทิตย์เดินทางอ้อมใต้ เพื่อศึกษาทิศทางการปรับมุมของแผงสะท้อนแสงในระนาบที่เหมาะสมในการพัฒนาการออกแบบและติดตั้ง ผลจากการเก็บข้อมูลพบว่าในช่วงเช้าแผงสะท้อนแสงชนิดเว้าระนาบ 75 องศาและทำการเพิ่มการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออก 60 องศา มีค่าความส่องสว่างเมื่อทำการปรับมุมตามระนาบที่ทดลอง ให้ค่าความส่องสว่าง DF(%)1.5 อยู่ที่ 40.625 %ของพื้นที่ภายในหน่วยทดลอง และพบว่าในช่วงบ่ายแผงสะท้อนแสงแบบเว้าปรับมุมระนาบ 30 องศาและทำการ

เพิ่มการปรับแสงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันตก 30 องศา มีค่าความส่องสว่างเมื่อทำการปรับมุมตามระนาบที่ทดลอง ให้ค่าความส่องสว่าง DF(%)1.5 อยู่ที่ 40.625 % ของพื้นที่ภายในหน่วยทดลองจากข้อมูลดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ตำแหน่งทิศทางของดวงอาทิตย์ ตำแหน่งช่องเปิดของหน่วยทดลอง และการปรับมุมของแผงสะท้อนแสงมีผลต่อการเพิ่มระดับความส่องสว่างตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ในการทดลอง หน่วยทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งแผงสะท้อนแสงจะมีค่าความส่องสว่างอยู่ที่ 1.349% ของพื้นที่ภายในหน่วยทดลองและหน่วยทดลองที่ติดตั้งแผงสะท้อนแสงในระนาบ 0 องศาจะมีค่าความส่องสว่างอยู่ที่ 1.761% ของพื้นที่ภายในหน่วยทดลอง พบว่าการติดตั้งแผงสะท้อนแสงมีผลต่อการเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร จากการทดลองพบว่าการปรับมุมของแผงสะท้อนแสงไปในทิศทางที่ตำแหน่งดวงอาทิตย์ ทำให้ประสิทธิภาพการเพิ่มระดับความส่องสว่างของแสงสว่างธรรมชาติเพิ่ม ซึ่งเพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมที่เหมาะสมในงานสถาปัตยกรรมต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

- จากการศึกษาการออกแบบแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร พบว่า 1.) แผงสะท้อนแสงชนิดแบน (Flat Type) สามารถเพิ่มระดับความส่องสว่างได้ดีในระนาบ 0,30,45 องศา 2.) แผงสะท้อนแสงชนิดนูน (Convex Type) สามารถเพิ่มระดับความส่องสว่างได้ในระดับที่ต่ำกว่าระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งแผงสะท้อนแสงในทุกระนาบองศา โดยแผงสะท้อนแสงชนิดนูน (Convex Type) มีลักษณะการสะท้อนแสงแบบกระจาย จึงทำให้ขีดความสามารถการเพิ่มระดับความส่องสว่างลดลง 3.) แผงสะท้อนแสงชนิดเว้า (Concave Type) สามารถเพิ่มระดับความส่องสว่างได้ดีในระนาบ 0,15,75 องศา โดยที่ระนาบ 60 องศา มีผลการสะท้อนแสงที่ระดับความส่องสว่างต่ำกว่าระดับความส่องสว่างของหน่วยทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งแผงสะท้อนแสง ผลการสรุปข้างต้นเป็นการสรุปโดยใช้ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของปริมาณแสงสว่างมาเป็นเกณฑ์การพิจารณา

- การทดลองช่วงแรกที่ทำกรปรับมุมแผงสะท้อนแสงระนาบองศาต่างๆ ที่ขนานกับตัวหน่วยทดลองได้ทำการพัฒนารูปแบบของการทดลองเพิ่ม โดยทำการปรับมุมแผงสะท้อนแสงเพิ่มจากการปรับมุมระนาบขนานตัวอาคารแล้ว แผงสะท้อนแสงจะต้องมีศักยภาพในการปรับมุมไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เพื่อที่จะนำแสงธรรมชาติสะท้อนเข้าสู่ภายในหน่วยทดลอง โดยปัจจัยหลักสำคัญคือตำแหน่งทิศทางของดวงอาทิตย์ เพื่อให้ได้ปริมาณระดับความส่องสว่างซึ่งมีค่า DF.(%) ที่ 1.5 เป็นข้อกำหนดค่าความส่องสว่างบริเวณพื้นที่การทำงานของกรทดลองนี้

- การศึกษาคุณสมบัติของตัวแปรที่มีส่วนช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแผงสะท้อนพบว่าช่วงเข้าแผงสะท้อนแสงชนิดแบน (Flat Type) ปรับมุมระนาบ 0 องศาและทำการเพิ่มการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันออก 30 องศา มีค่าความส่องสว่างเมื่อทำการปรับมุมตามระนาบที่ทดลอง ให้ค่าความส่องสว่าง DF.(%)1.5 อยู่ที่ 34.375 % ของพื้นที่ภายในหน่วยทดลองช่วงบ่ายแผงสะท้อนแสงแบบเว้าปรับมุมระนาบ 30 องศาและทำการเพิ่มการปรับแผงสะท้อนแสงไปทางทิศตะวันตก 30 องศา มีค่าความส่องสว่างเมื่อทำการปรับมุมตามระนาบที่ทดลอง ให้ค่าความส่องสว่าง DF(%)1.5 อยู่ที่ 40.625 %ของพื้นที่ภายในหน่วยทดลอง

- แผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ เป็นแนวทางเพิ่มคุณภาพของแสงสว่างที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบแสงสว่างกับอาคารให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งพบว่าเมื่อทำการปรับมุมแผงสะท้อนแสงตามระนาบที่ขนานกับหน่วยทดลองพร้อมปรับแผงสะท้อนแสงไปตำแหน่งทิศทางดวงอาทิตย์

- เนื่องจากการศึกษาเป็นการจำลองขนาดของแผงสะท้อนแสงที่มีขนาดที่ความเหมาะสม ในขณะที่ทำการทดลอง แนวทางการประยุกต์ใช้แผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ ต้องมีการคำนึงถึงขนาดแผงสะท้อนแสง คุณสมบัติของวัสดุ มุมของการสะท้อนแสงและการติดตั้งที่มีความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นสำคัญ

- การประยุกต์ใช้แผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ ในแนวระนาบ โดยการปรับมุมในช่วงการทดลองได้มีการปรับมุม 72 ครั้ง ต่อการทดลองแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุม 1 ชุด ทำให้ทราบว่า การปรับมุมของแผงสะท้อนแสงในการวิจัยทดลองนี้ หากมีการปรับมุมไปในทิศทางตะวันออก และตะวันตกร่วมกับการปรับมุมในระนาบที่ขนานตัวอาคารจะสามารถช่วยเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคารได้อีกวิธีหนึ่ง

บรรณานุกรม

- ตริงใจ บรณสมภพ ; การออกแบบอาคารเพื่อประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน
 ทำศึกษาเรื่อง แสงธรรมชาติและการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ อ้างอิง
 เนื้อหา การให้แสงธรรมชาติภายในอาคารและหลักการการให้แสงธรรมชาติ
- ธนิต จินดาวณิศ ; สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยีทำศึกษาเรื่อง การออกแบบเพื่อการประหยัด
 พลังงาน อ้างอิงเนื้อหา การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารและประสิทธิภาพของแสงสว่าง
 ธรรมชาติ
- ธีรมน ไวโรจนกิจ ; เอกสารคำสอนวิชาเทคโนโลยีสภาพแวดล้อมอาคารทำศึกษาเรื่อง สภาพแวดล้อม
 ด้านแสงสว่าง อ้างอิงเนื้อหา วิธีการให้แสงธรรมชาติ DAYLIGHT FACTOR, การควบคุม
 การให้แสงสว่างแบบแสงสะท้อน
- พรพนชลัท สุริโยธิน ; เอกสารคำสอนวิชา BLDG ENV TECH II ทำศึกษาเรื่อง การคำนวณ
 แสงไฟฟ้า โดยวิธีลูเมนวัตต์ต่อตารางเมตรและจุดต่อจุดอ้างอิงเนื้อหา ความสม่ำเสมอ
 ของการส่องสว่างของพื้นที่ทำงานกับการพิจารณาความส่องสว่างบริเวณรอบข้าง
- พิบูลย์ ดิษฐอุตม ; การออกแบบระบบแสงสว่างทำศึกษาเรื่อง การออกแบบระบบแสงสว่าง
 ภายในสำนักงาน อ้างอิงเนื้อหา ค่าระดับความส่องสว่างที่เหมาะสมตามมาตรฐาน IES
 และค่าสะท้อนแสงที่เหมาะสมของผิววัสดุ
- วิเชียร สุวรรณรัตน์; ภูมิอากาศวิทยาและการออกแบบสถาปัตยกรรม ทำศึกษาเรื่อง แสงแดด
 ความร้อนและตัวอาคาร, การใช้แผนภูมิดวงอาทิตย์กับการออกแบบอ้างอิงเนื้อหา
 การอ่านมุมของแสงแดด ,การโคจรของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า
- วรวรรณ โรจนไพบูลย์ ; คู่มือการใช้ เครื่องมือและอุปกรณ์ การวิจัยทางเทคโนโลยีอาคาร
 ทำศึกษาเรื่อง การวิจัยโดยการใช้กล่องจำลองแสงอาทิตย์ อ้างอิงเนื้อหา ข้อแตกต่าง
 ของการทดสอบMODELภายใต้ท้องฟ้าจริงและท้องฟ้าจำลอง
- มาลินี ศรีสุวรรณ ; ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบอาคารสาธารณะประเภทต่าง ๆ ทำศึกษาเรื่อง
 อาคารสำนักงาน (OFFICE BUILDING) อ้างอิงเนื้อหา ระยะเวลาปลีกของส่วนทำงาน
 และการให้ระบบแสงธรรมชาติภายในอาคาร
- สุนทร บุญญาริการ ; เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า
 ทำศึกษาเรื่อง การใช้แสงภายในบ้าน อ้างอิงเนื้อหา แนวคิดในการสะท้อนแสงจาก
 ท้องฟ้าที่ปราศจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์
- สมสิทธิ์ นิตยะ ; การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้นทำศึกษาเรื่อง ตารางโคจร
 ดวงอาทิตย์ อ้างอิงเนื้อหา วิธีการใช้ SUN ANGLE CALCULATOR เพื่อหามุมแดด

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย ILLUMINATING ENGINEERING ASSOCIATION OF THAILAND (TIEA) ทำศึกษาเรื่อง การส่องสว่างสำนักงานอ้างอิงเนื้อหา ระดับความส่องสว่างภายในอาคารสำนักงานและพื้นที่สำนักงานเปิด

ANDRAS MAJOROS ; DAYLIGHTING ทำศึกษาเรื่อง LIGHT SHELVES, REFLECTIVE LOUVERS อ้างอิงเนื้อหา รูปแบบการใช้ LIGHTSHELVE ในการสะท้อนแสงสู่ภายในอาคารโดยใช้ ROLLER ปรับพื้นผิวการสะท้อน

BENJAMIN H. EVANS,AIA; DAYLIGHT IN ARCHTECTURE ทำศึกษาเรื่อง WINDOW HEIGHT อ้างอิงเนื้อหา WINDOW , ROOM DEPTH การเปรียบเทียบแสงและความส่องสว่างที่เข้าสู่ภายในอาคารโดยมีความยาวและความสูงของหน้าต่างเป็นตัวแปร

FULLER MOORE ; ENVIRONMENT CONTROL SYSTEMS ทำศึกษาเรื่อง DAYLIGHTING : DESIGN STRATEGIES อ้างอิงเนื้อหา SIDELIGHTING การใช้ LIGHTSHELVE ร่วมกับ PLANE REFLECTOR ในการเพิ่มระดับความส่องสว่างภายในอาคาร

KENNETH E. MILLER, ARCHITECT ; BUILDING CONTROL SYSTEMS ทำศึกษาเรื่อง LIGHTING LEVELS อ้างอิงเนื้อหา ระดับความส่องสว่างของพื้นที่ทำงานของอาคารสำนักงาน

[HTTP://WWW.REALITY-ALT.COM/LIGHT_GRP/DAYLIGHT4.HTML](http://www.reality-alt.com/light_grp/daylight4.html) ทำศึกษาเรื่อง LIGHTSHELVE อ้างอิงเนื้อหา การเปรียบเทียบความส่องสว่างภายในอาคารโดยหลัก LIGHTSHELVE

[HTTP://WWW.TIEA.NET/KNOW/CH/205.TM](http://www.tiea.net/KNOW/CH/205.TM) ทำศึกษาเรื่อง การส่องสว่างสำนักงาน อ้างอิงเนื้อหา ระดับความส่องสว่างภายในอาคารสำนักงาน

Andrew Marsh & Caralie "Lighting Design" [online] Available : <http://www.squ1.com> , 2004

Chirarattannon, Surapong and Chaiwivatworakul, Pipat. 2001. "Daylight Availability Model for Global and Diffuse Horizontal Illuminance and Irradiance and Model for Sky Luminance for Bangkok" 1st. ed. Pathum Thani. School of Environment Resources and Development Asian Institute of Technology.

Joshi, Manoj. 1998. "A study of the Lumen Method for Daylight From and Overhead Aperture" The Degree of Master of Science, School of Environment, Resources and Development, Asian Institute of Technology.

Norbert Lechner. 1991. "Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architects" John Wiley & Son.

P Oteiza, C Brito. 1999. "Skylights and Solar Protection" (PLEA'99) Departamento de Física y Instalaciones Aplicadas Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad Politécnica de Madrid.

Szokolay, S.V. 1998. "Daylighting : Passive and Low Energy Architecture International, Design Tools and Techniques (PLEA Note) 1st. ed. Queensland : The University of Queensland Printery, Managerian Taylor

ภาคผนวก ก

กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์
ชนิดแบน (Flat Type)

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

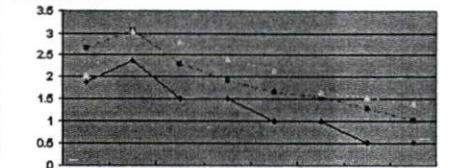
400	400	400	400
600	600	600	600
600	500	600	500
500	500	500	400
500	500	400	300
300	300	400	300
300	300	300	300
200	300	300	300

กรณีวัดถึงผนังกระจกที่ห้องกลางที่ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก 30 องศา

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

2.032	2.032	2.032	2.032
3.048	3.048	3.048	3.048
3.048	2.540	3.048	2.540
2.540	2.540	2.540	2.032
2.540	2.540	2.032	1.524
1.524	1.524	2.032	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.016	1.524	1.524	1.524

ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน



ผนังกระจกที่ห้องกลางที่ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก 30 องศา

(Lux)	DF%	DF%
Max 600	Max 3.048	1% โหมด 3.125
Min 200	Min 1.016	1.5% โหมด 34.375
Aver 418.75	Aver 2.127	2% โหมด 21.875
		2.5% โหมด 18.75

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

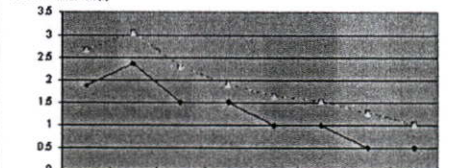
300	400	500	500
700	600	400	400
500	500	300	500
400	400	300	400
400	300	300	300
300	300	300	300
200	300	200	300
200	200	200	200

กรณีวัดถึงผนังกระจกที่ห้องกลางที่ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก 0 องศา

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

2.032	2.032	2.540	2.540
3.048	3.048	2.032	2.032
2.540	2.540	1.524	2.540
2.032	2.032	1.524	2.032
2.032	1.524	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.016	1.524	1.016	1.524
1.016	1.016	1.016	1.016

ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน



ผนังกระจกที่ห้องกลางที่ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก 0 องศา

(Lux)	DF%	DF%
Max 500	Max 2.540	1% โหมด 15.62
Min 200	Min 1.016	1.5% โหมด 37.50
Aver 343.75	Aver 1.746	2% โหมด 34.38
		2.5% โหมด 12.50

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

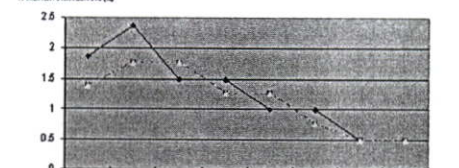
200	300	300	300
300	400	400	300
300	400	400	300
200	300	300	200
200	300	300	200
100	200	200	100
100	100	100	100
100	100	100	100

กรณีวัดถึงผนังกระจกที่ห้องกลางที่ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก 0 องศา

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.016	1.524	1.524	1.524
1.524	2.032	2.032	1.524
1.524	2.032	2.032	1.524
1.016	1.524	1.524	1.016
1.016	1.524	1.524	1.016
0.508	1.016	1.016	0.508
0.508	0.508	0.508	0.508
0.508	0.508	0.508	0.508

ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน



ผนังกระจกที่ห้องกลางที่ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก 0 องศา

(Lux)	DF%	DF%
Max 400	Max 2.032	.5% โหมด 31.5
Min 100	Min 0.508	1% โหมด 21.875
Aver 228.125	Aver 1.159	1.5% โหมด 34.375
		2% โหมด 12.5

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

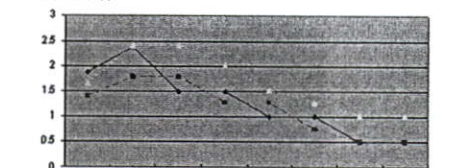
300	400	300	300
500	500	500	400
500	500	500	400
400	400	400	400
300	300	300	300
300	200	300	200
200	200	200	200
200	200	200	200

กรณีวัดถึงผนังกระจกที่ห้องกลางที่ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก 15 องศา

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.524	2.032	1.524	1.524
2.540	2.540	2.540	2.032
2.540	2.540	2.540	2.032
2.032	2.032	2.032	2.032
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.016	1.524	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016

ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน



ผนังกระจกที่ห้องกลางที่ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก 15 องศา

(Lux)	DF%	DF%
Max 500	Max 2.540	1% โหมด 31.25
Min 200	Min 1.016	1.5% โหมด 28.125
Aver 343.75	Aver 1.746	2% โหมด 21.875
		2.5% โหมด 18.75

ค่าความสว่างภายใน(Lux)

600	600	600	600
500	600	600	500
500	500	500	400
400	500	500	300
400	500	400	300
300	400	300	300
300	300	300	200
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

3.048	3.048	3.048	3.048
2.540	3.048	3.048	2.540
2.540	2.540	2.540	2.032
2.032	2.540	2.540	1.524
2.032	2.540	2.032	1.524
1.524	2.032	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016



ตารางค่าความสว่างภายใน (หน่วย: ลักซ์) และค่าความสว่างภายใน (หน่วย: DF%)

(Lux)	DF%	DF%
Max 600	Max 3.048	1% โคม 15.625
Min 200	Min 1.016	1.5% โคม 25
Aver 406.25	Aver 2.064	2% โคม 15.625
		2.5% โคม 25
		3% โคม 18.75

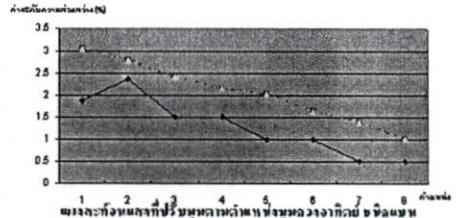
กรณีวัดแสงบริเวณที่รับมุมความสว่างของวงจรถัดขึ้น
(หน่วย: 30 องศา ปริมาตร: 0 องศา)

ค่าความสว่างภายใน(Lux)

600	600	600	600
500	600	600	500
500	500	500	400
400	500	500	300
400	500	400	300
300	400	300	300
300	300	300	200
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

3.048	3.048	3.048	3.048
2.540	3.048	3.048	2.540
2.540	2.540	2.540	2.032
2.032	2.540	2.540	1.524
2.032	2.540	2.032	1.524
1.524	2.032	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016



ตารางค่าความสว่างภายใน (หน่วย: ลักซ์) และค่าความสว่างภายใน (หน่วย: DF%)

(Lux)	DF%	DF%
Max 600	Max 3.048	1% โคม 15.625
Min 200	Min 1.016	1.5% โคม 25
Aver 406.25	Aver 2.064	2% โคม 15.625
		2.5% โคม 25
		3% โคม 18.75

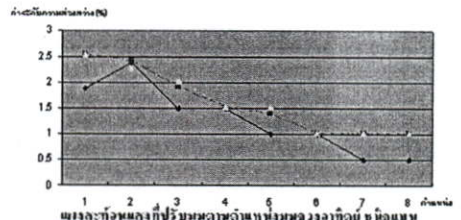
กรณีวัดแสงบริเวณที่รับมุมความสว่างของวงจรถัดขึ้น
(หน่วย: 30 องศา ปริมาตร: 0 องศา)

ค่าความสว่างภายใน(Lux)

500	500	500	500
400	500	500	400
400	400	400	400
300	300	300	300
300	300	300	300
200	200	200	200
200	200	200	200
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

2.540	2.540	2.540	2.540
2.032	2.540	2.540	2.032
2.032	2.032	2.032	2.032
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016



ตารางค่าความสว่างภายใน (หน่วย: ลักซ์) และค่าความสว่างภายใน (หน่วย: DF%)

(Lux)	DF%	DF%
Max 500	Max 2.54	1% โคม 37.5
Min 200	Min 1.016	1.5% โคม 25
Aver 318.75	Aver 1.649	2% โคม 18.75
		2.5% โคม 18.75

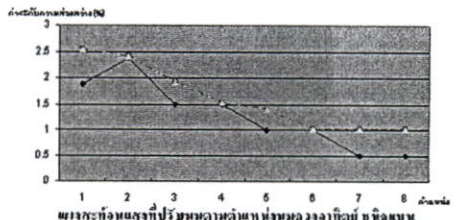
กรณีวัดแสงบริเวณที่รับมุมความสว่างของวงจรถัดขึ้น
(หน่วย: 45 องศา ปริมาตร: 30 องศา)

ค่าความสว่างภายใน(Lux)

400	400	600	500
400	500	500	500
300	400	400	400
300	300	300	300
200	300	300	300
200	200	200	200
200	200	200	200
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

2.032	2.540	3.048	2.540
2.032	2.540	2.540	2.540
1.524	2.032	2.032	2.032
1.524	1.524	1.524	1.524
1.016	1.524	1.524	1.524
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016



ตารางค่าความสว่างภายใน (หน่วย: ลักซ์) และค่าความสว่างภายใน (หน่วย: DF%)

(Lux)	DF%	DF%
Max 600	Max 3.048	1% โคม 40.625
Min 200	Min 1.016	1.5% โคม 25
Aver 315.625	Aver 1.603	2% โคม 15.625
		2.5% โคม 15.625
		3% โคม 3.125

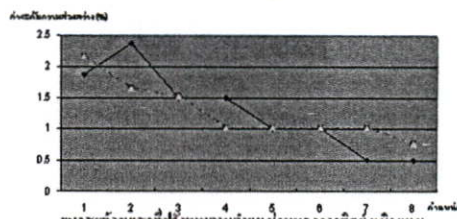
กรณีวัดแสงบริเวณที่รับมุมความสว่างของวงจรถัดขึ้น
(หน่วย: 45 องศา ปริมาตร: 0 องศา)

ค่าความสว่างภายใน(Lux)

300	500	400	500
300	300	400	300
300	300	300	300
200	200	200	200
200	200	200	200
200	200	200	200
200	200	200	200
100	100	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.524	2.540	2.032	2.540
1.524	1.524	2.032	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016
0.508	0.508	1.016	1.016



(หมายเหตุ 60 นาที ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 60 นาที)

(Lux)	DF%	DF%
Max 500	Max 2.54	0.5% ถึง 6.25
Min 100	Min 0.508	1% ถึง 43.75
Aver 250	Aver 1.27	1.5% ถึง 25
		2% ถึง 6.25
		2.5% ถึง 6.25

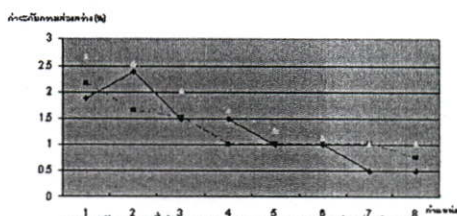
กรณีวัดแสงบริเวณที่จอดรถที่ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 60 นาที ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 60 นาที ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 60 นาที

ค่าความสว่างภายใน(Lux)

500	400	600	600
500	500	500	500
400	400	400	400
300	300	300	400
200	200	300	300
200	200	200	300
200	200	200	200
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

2.540	2.032	3.048	3.048
2.540	2.540	2.540	2.540
2.032	2.032	2.032	2.032
1.524	1.524	1.524	2.032
1.016	1.016	1.524	1.524
1.016	1.016	1.016	1.524
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016



(หมายเหตุ 75 นาที ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 75 นาที)

(Lux)	DF%	DF%
Max 600	Max 3.048	1% ถึง 40.625
Min 200	Min 1.016	1.5% ถึง 18.75
Aver 328.125	Aver 1.667	2% ถึง 15.625
		3% ถึง 6.25

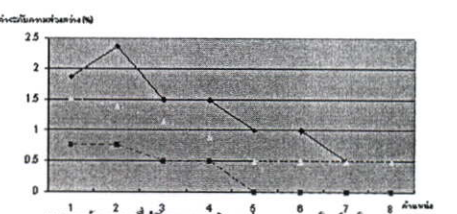
กรณีวัดแสงบริเวณที่จอดรถที่ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 75 นาที ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 75 นาที ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 75 นาที

ค่าความสว่างภายใน(Lux)

200	200	200	600
200	300	300	300
200	300	200	200
100	200	200	200
100	100	100	100
100	100	100	100
100	100	100	100
100	100	100	100
100	100	100	100

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.016	1.016	1.016	3.048
1.016	1.524	1.524	1.524
1.016	1.524	1.016	1.016
0.508	1.016	1.016	1.016
0.508	0.508	0.508	0.508
0.508	0.508	0.508	0.508
0.508	0.508	0.508	0.508
0.508	0.508	0.508	0.508
0.508	0.508	0.508	0.508



(หมายเหตุ 75 นาที ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 75 นาที)

(Lux)	DF%	DF%
Max 600	Max 3.048	0.5% ถึง 40.625
Min 100	Min 0.508	1% ถึง 31.25
Aver 171.875	Aver 0.873	1.5% ถึง 12.5
		3% ถึง 3.125

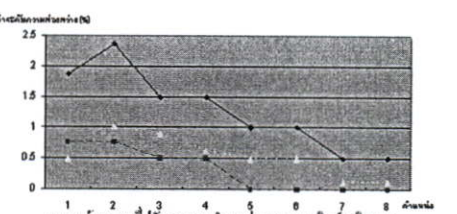
กรณีวัดแสงบริเวณที่จอดรถที่ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 75 นาที ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 75 นาที ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 75 นาที

ค่าความสว่างภายใน(Lux)

100	100	100	100
200	200	200	200
200	200	200	100
200	100	100	100
100	100	100	100
100	100	100	100
100	0	0	0
100	0	0	0

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

0.508	0.508	0.508	0.508
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	0.508
1.016	0.508	0.508	0.508
0.508	0.508	0.508	0.508
0.508	0.508	0.508	0.508
0.508	0.000	0.000	0.000
0.508	0.000	0.000	0.000



(หมายเหตุ 75 นาที ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 75 นาที)

(Lux)	DF%	DF%
Max 200	Max 1.016	0% ถึง 18.75
Min 0	Min 0	0.5% ถึง 56.25
Aver 106.25	Aver 0.54	1% ถึง 25

กรณีวัดแสงบริเวณที่จอดรถที่ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 75 นาที ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 75 นาที ปริมาณการวัดแสงทั้งหมด 75 นาที

ภาคผนวก ข

สรุปผลการวิเคราะห์

กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์

ชนิดแบน (Flat Type)

กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ ชนิดแบน

(แนวระนาบ 0 องศา ปรับมุมทิศตะวันออก 30 องศา)

กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ ชนิดแบน

(แนวระนาบ 15 องศา ปรับมุมทิศตะวันตก 15 องศา)

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

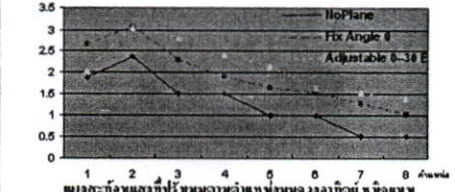
400	400	400	400
600	600	600	600
600	500	600	500
500	500	600	400
500	500	400	300
300	300	400	300
300	300	300	300
200	300	300	300

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

2.032	2.032	2.032	2.032
3.048	3.048	3.048	3.048
3.048	2.540	3.048	2.540
2.540	2.540	2.540	2.032
2.540	2.540	2.032	1.524
1.524	1.524	2.032	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.016	1.524	1.524	1.524

กรณีวัดความสว่างที่จุดกลางที่ปรับมุมความเงาของหลอดวงจักษ์ ชนิดผสม
(มุมระนาบ องศาปรับที่ค่าเฉลี่ย 30 องศา)

ค่าความสว่างภายใน



ตารางสรุปค่าความสว่างภายใน (Lux) และค่าความสว่างภายใน (DF%)

(Lux)	DF%	DF%
Max 600	Max 3.048	1% โคม 3.125
Min 200	Min 1.016	1.5% โคม 3.125
Aver 418.75	Aver 2.127	2% โคม 21.875
		2.5% โคม 21.875
		3% โคม 18.75

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

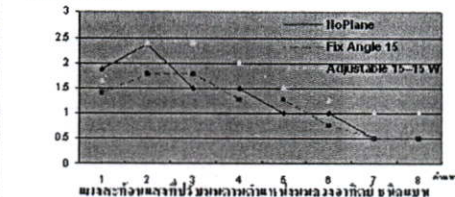
300	400	300	300
500	500	500	400
500	500	500	400
400	400	400	400
300	300	300	300
300	200	300	200
200	200	200	200
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.524	2.032	1.524	1.524
2.540	2.540	2.540	2.032
2.540	2.540	2.540	2.032
2.032	2.032	2.032	2.032
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.016	1.524	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016

กรณีวัดความสว่างที่จุดกลางที่ปรับมุมความเงาของหลอดวงจักษ์ ชนิดผสม
(มุมระนาบ 15 องศาปรับที่ค่าเฉลี่ย 15 องศา)

ค่าความสว่างภายใน



ตารางสรุปค่าความสว่างภายใน (Lux) และค่าความสว่างภายใน (DF%)

(Lux)	DF%	DF%
Max 500	Max 2.540	1% โคม 3.125
Min 200	Min 1.016	1.5% โคม 28.125
Aver 343.75	Aver 1.746	2% โคม 21.875
		2.5% โคม 18.75

ภาคผนวก ค

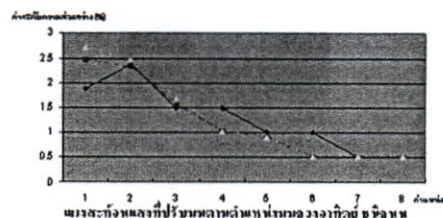
กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์
ชนิดนูน (Convex Type)

ค่าความสว่างภายใน(Lux)

300	300	600	500
400	300	500	500
300	300	400	300
200	200	200	200
100	200	200	200
100	100	100	100
100	100	100	100
100	100	100	100

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.554	1.554	3.109	2.591
2.072	1.554	2.591	2.591
1.554	1.554	2.072	1.554
1.036	1.036	1.036	1.036
0.518	1.036	1.036	1.036
0.518	0.518	0.518	0.518
0.518	0.518	0.518	0.518
0.518	0.518	0.518	0.518



ตารางค่าความสว่างภายในที่ปริมาณความสว่างทั้งหมดของวงจรกิจย ชติลบุญ (ณระยะเวลา 05.00-19.00 น. รวม 15 ชั่วโมง)

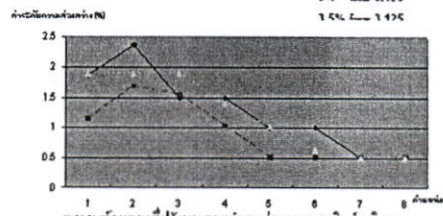
(Lux)	DF%	DF%
Max 700	Max 3.627	0.5% ถึง 40.625
Min 100	Min 0.518	1% ถึง 21.875
Aver 250	Aver 1.295	1.5% ถึง 12.8
		2% ถึง 6.25
		2.5% ถึง 12.5
		3% ถึง 3.125
		1.5% ถึง 1.406

ค่าความสว่างภายใน(Lux)

300	400	500	700
400	400	500	500
300	300	300	300
200	200	200	200
200	100	200	200
100	100	100	100
100	100	100	100
100	100	100	100

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.554	2.072	2.591	3.627
2.072	2.072	2.591	3.627
1.554	1.554	1.554	1.554
1.036	1.036	1.036	1.036
1.036	0.518	1.036	1.036
0.518	0.518	0.518	0.518
0.518	0.518	0.518	0.518
0.518	0.518	0.518	0.518



ตารางค่าความสว่างภายในที่ปริมาณความสว่างทั้งหมดของวงจรกิจย ชติลบุญ (ณระยะเวลา 15.00-00.00 น. รวม 09 ชั่วโมง)

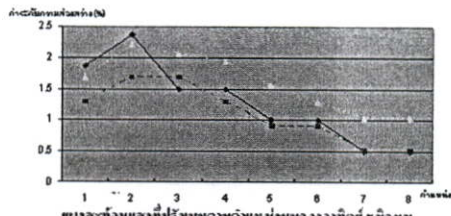
(Lux)	DF%	DF%
Max 700	Max 3.627	0.5% ถึง 40.625
Min 100	Min 0.518	1% ถึง 21.875
Aver 237.5	Aver 1.231	1.5% ถึง 15.625
		2% ถึง 9.375
		2.5% ถึง 9.375
		3% ถึง 3.125
		1.5% ถึง 1.406

ค่าความสว่างภายใน(Lux)

300	300	300	400
400	400	500	400
400	400	400	400
300	400	400	400
300	300	300	300
200	300	300	200
200	200	200	200
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.554	1.554	1.554	2.072
2.072	2.072	2.591	2.072
2.072	2.072	2.072	2.072
1.554	2.072	2.072	2.072
1.554	1.554	1.554	1.554
1.036	1.554	1.554	1.036
1.036	1.036	1.036	1.036
1.036	1.036	1.036	1.036



ตารางค่าความสว่างภายในที่ปริมาณความสว่างทั้งหมดของวงจรกิจย ชติลบุญ (ณระยะเวลา 05.00-19.00 น. รวม 15 ชั่วโมง)

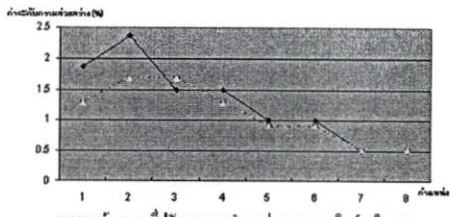
(Lux)	DF%	DF%
Max 500	Max 2.591	1% ถึง 31.25
Min 200	Min 1.036	1.5% ถึง 31.25
Aver 309.375	Aver 1.603	2% ถึง 34.375
		2.5% ถึง 3.125

ค่าความสว่างภายใน(Lux)

300	300	200	200
400	400	200	300
300	400	300	300
200	300	300	200
200	200	200	100
200	200	200	100
100	100	100	100
100	100	100	100

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.554	1.554	1.036	1.036
2.072	2.072	1.036	1.554
1.554	2.072	1.554	1.554
1.036	1.554	1.554	1.036
1.036	1.036	1.036	0.518
1.036	1.036	1.036	0.518
0.518	0.518	0.518	0.518
0.518	0.518	0.518	0.518



ตารางค่าความสว่างภายในที่ปริมาณความสว่างทั้งหมดของวงจรกิจย ชติลบุญ (ณระยะเวลา 15.00-00.00 น. รวม 09 ชั่วโมง)

(Lux)	DF%	DF%
Max 300	Max 2.072	0.5% ถึง 31.25
Min 100	Min 0.518	1% ถึง 34.375
Aver 212.5	Aver 1.101	1.5% ถึง 25
		2% ถึง 9.375

ตารางค่าความสว่างภายในที่ปริมาณความสว่างทั้งหมดของวงจรกิจย ชติลบุญ (ณระยะเวลา 05.00-19.00 น. รวม 15 ชั่วโมง)

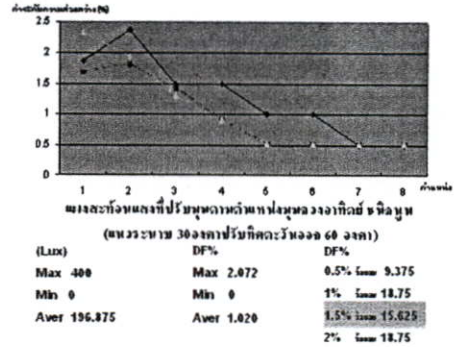
ตารางค่าความสว่างภายในที่ปริมาณความสว่างทั้งหมดของวงจรกิจย ชติลบุญ (ณระยะเวลา 15.00-00.00 น. รวม 09 ชั่วโมง)

ตารางค่าความสว่างภายในที่ปริมาณความสว่างทั้งหมดของวงจรกิจย ชติลบุญ (ณระยะเวลา 15.00-00.00 น. รวม 09 ชั่วโมง)

ตารางค่าความสว่างภายในที่ปริมาณความสว่างทั้งหมดของวงจรกิจย ชติลบุญ (ณระยะเวลา 15.00-00.00 น. รวม 09 ชั่วโมง)

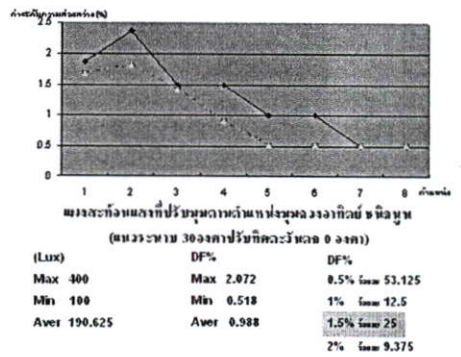
ค่าความสว่างภายใน(Lux)				ค่าความสว่างภายใน(DF%)			
300	400	400	400	1.554	2.072	2.072	2.072
300	400	400	400	1.554	2.072	2.072	2.072
200	300	300	300	1.036	1.554	1.554	1.554
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036
100	100	100	200	0.518	0.518	0.518	1.036
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518
100	100	100	0	0.518	0.518	0.518	0.000
0	0	100	100	0.000	0.000	0.518	0.518

กรณีวัดแสงที่ห้องประชุมที่รับมุมมองด้านหน้าของวงจรวาดเขียน (ขนาดหน้า 30 องศา ปริมาตร 60 องศา)



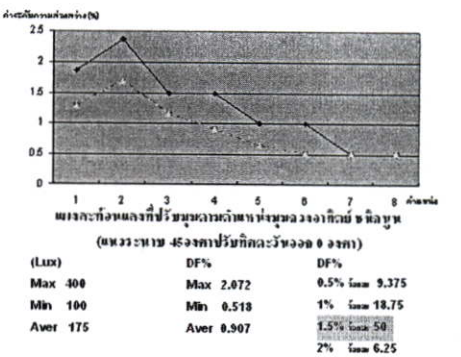
ค่าความสว่างภายใน(Lux)				ค่าความสว่างภายใน(DF%)			
300	400	300	300	1.554	2.072	1.554	1.554
300	300	400	400	1.554	1.554	2.072	2.072
200	300	300	300	1.036	1.554	1.554	1.554
100	200	200	200	0.518	1.036	1.036	1.036
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518

กรณีวัดแสงที่ห้องประชุมที่รับมุมมองด้านหน้าของวงจรวาดเขียน (ขนาดหน้า 30 องศา ปริมาตร 0 องศา)



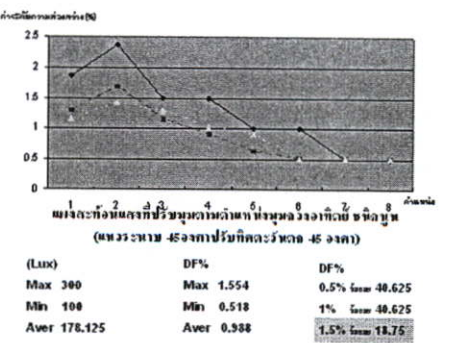
ค่าความสว่างภายใน(Lux)				ค่าความสว่างภายใน(DF%)			
200	400	200	200	1.036	2.072	1.036	1.036
300	400	300	300	1.554	2.072	1.554	1.554
200	200	300	200	1.036	1.036	1.554	1.036
100	200	200	200	0.518	1.036	1.036	1.036
100	100	200	100	0.518	0.518	1.036	0.518
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518

กรณีวัดแสงที่ห้องประชุมที่รับมุมมองด้านหน้าของวงจรวาดเขียน (ขนาดหน้า 45 องศา ปริมาตร 0 องศา)



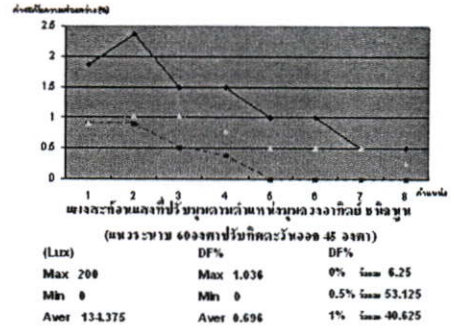
ค่าความสว่างภายใน(Lux)				ค่าความสว่างภายใน(DF%)			
300	200	200	200	1.554	1.036	1.036	1.036
300	300	300	200	1.554	1.554	1.554	1.036
300	300	200	200	1.554	1.554	1.036	1.036
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036
200	200	100	200	1.036	1.036	0.518	1.036
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518

กรณีวัดแสงที่ห้องประชุมที่รับมุมมองด้านหน้าของวงจรวาดเขียน (ขนาดหน้า 45 องศา ปริมาตร 45 องศา)



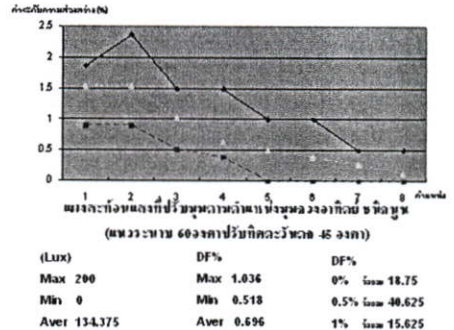
ค่าความสว่างภายใน(LUX)				ค่าความสว่างภายใน(DF%)			
200	200	200	100	1.036	1.036	1.036	0.518
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036
100	200	200	100	0.518	1.036	1.036	0.518
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518
100	100	0	0	0.518	0.518	0.000	0.000

กรณีวัดค่าความสว่างที่ห้องกลางที่ปริมาณความสว่างทั้งหมดรวมจากพื้นที่ห้อง
(หน่วย: พิกเซล 60 องศา ปริมาตร: 45 องศา)



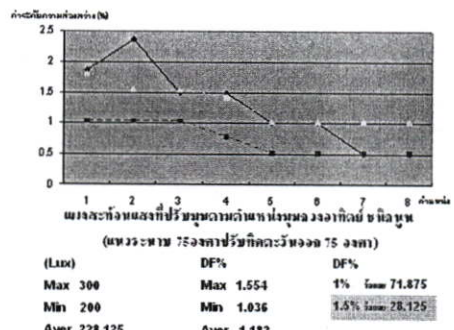
ค่าความสว่างภายใน(LUX)				ค่าความสว่างภายใน(DF%)			
300	300	300	300	1.554	1.554	1.554	1.554
300	300	300	300	1.554	1.554	1.554	1.554
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036
100	100	100	200	0.518	0.518	0.518	1.036
100	100	100	100	0.518	0.518	0.518	0.518
100	100	0	100	0.518	0.518	0.000	0.518
100	100	0	0	0.518	0.518	0.000	0.000
100	0	0	0	0.518	0.000	0.000	0.000

กรณีวัดค่าความสว่างที่ห้องกลางที่ปริมาณความสว่างทั้งหมดรวมจากพื้นที่ห้อง
(หน่วย: พิกเซล 60 องศา ปริมาตร: 45 องศา)



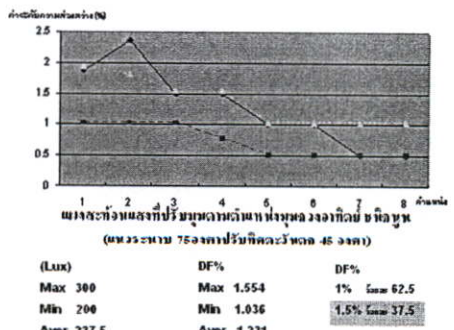
ค่าความสว่างภายใน(LUX)				ค่าความสว่างภายใน(DF%)			
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036
300	300	300	300	1.554	1.554	1.554	1.554
200	300	300	300	1.036	1.554	1.554	1.554
200	200	300	300	1.036	1.036	1.554	1.554
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036

กรณีวัดค่าความสว่างที่ห้องกลางที่ปริมาณความสว่างทั้งหมดรวมจากพื้นที่ห้อง
(หน่วย: พิกเซล 75 องศา ปริมาตร: 75 องศา)



ค่าความสว่างภายใน(LUX)				ค่าความสว่างภายใน(DF%)			
300	300	300	200	1.554	1.554	1.554	1.036
300	300	300	300	1.554	1.554	1.554	1.554
300	300	200	300	1.554	1.554	1.036	1.554
300	300	200	200	1.554	1.554	1.036	1.036
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036
200	200	200	200	1.036	1.036	1.036	1.036

กรณีวัดค่าความสว่างที่ห้องกลางที่ปริมาณความสว่างทั้งหมดรวมจากพื้นที่ห้อง
(หน่วย: พิกเซล 75 องศา ปริมาตร: 45 องศา)



ภาคผนวก ง

สรุปผลการวิเคราะห์

กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์

ชนิดนูน (ConvexType)

กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ ชนิดนูน

(แนวระนาบ 15 องศา ปรับมุมทิศตะวันออก 30 องศา)

กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ ชนิดนูน

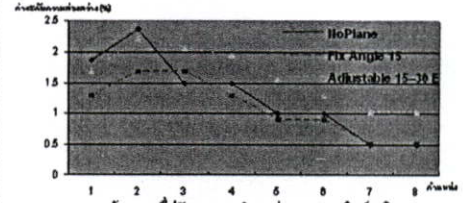
(แนวระนาบ 75 องศา ปรับมุมทิศตะวันตก 45 องศา)

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

300	300	300	400
400	400	500	400
400	400	400	400
300	400	400	400
300	300	300	300
200	300	300	200
200	200	200	200
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.554	1.554	1.554	2.072
2.072	2.072	2.591	2.072
2.072	2.072	2.072	2.072
1.554	2.072	2.072	2.072
1.554	1.554	1.554	1.554
1.036	1.554	1.554	1.036
1.036	1.036	1.036	1.036
1.036	1.036	1.036	1.036



ตารางเปรียบเทียบค่าความสว่างภายใน (Lux) และค่าความสว่างภายใน (DF%)

(Lux)	DF%	DF%
Max 500	Max 2.591	1% โคม 31.25
Min 200	Min 1.036	1.5% โคม 31.25
Aver 309.375	Aver 1.603	2% โคม 34.375
		2.5% โคม 3.125

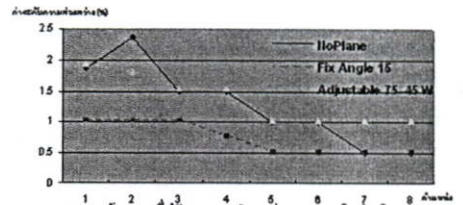
กรณีติดตั้งโคมระย้าที่บริเวณกลางที่ปรับมุมการส่องสว่างของโคมได้ 15 องศา (มุมระย้า 15 องศาปรับที่โคมระย้า 30 องศา)

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

300	300	300	200
300	300	300	300
300	300	200	300
300	300	200	200
200	200	200	200
200	200	200	200
200	200	200	200
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.554	1.554	1.554	1.036
1.554	1.554	1.554	1.554
1.554	1.554	1.036	1.554
1.554	1.554	1.036	1.036
1.036	1.036	1.036	1.036
1.036	1.036	1.036	1.036
1.036	1.036	1.036	1.036
1.036	1.036	1.036	1.036



ตารางเปรียบเทียบค่าความสว่างภายใน (Lux) และค่าความสว่างภายใน (DF%)

(Lux)	DF%	DF%
Max 300	Max 1.554	1% โคม 62.5
Min 200	Min 1.036	1.5% โคม 37.5
Aver 237.5	Aver 1.231	

กรณีติดตั้งโคมระย้าที่บริเวณกลางที่ปรับมุมการส่องสว่างของโคมได้ 15 องศา (มุมระย้า 75 องศาปรับที่โคมระย้า 45 องศา)

ภาคผนวก จ

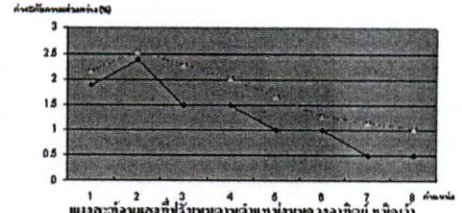
กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์
ชนิดเว้า (Concave Type)

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

300	400	400	600
400	500	500	600
400	400	500	500
300	400	400	500
300	300	300	400
200	200	200	400
200	200	200	300
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.524	2.031	2.031	3.047
2.031	2.539	2.539	3.047
2.031	2.031	2.539	2.539
1.524	2.031	2.031	2.539
1.524	1.524	1.524	2.031
1.016	1.016	1.016	2.031
1.016	1.016	1.016	1.524
1.016	1.016	1.016	1.016



ตารางค่าความสว่างภายในที่รับมุลความสว่างที่มุมดวงอาทิตย์ ชติลวัน (หน่วย:ฟุต คองคาปริ่มที่คิดะวันออก 0 องศา)

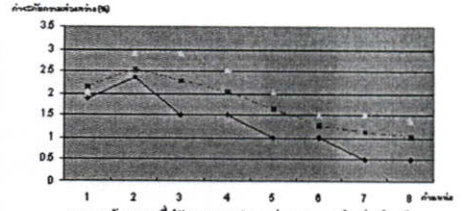
(Lux)	DF%	DF%
Max 600	Max 3.047	1% โคม 21.875
Min 200	Min 1.016	1.5% โคม 18.75
Aver 346.875	Aver 1.762	2% โคม 28.125
		2.5% โคม 15.625
		3% โคม 6.25

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

400	400	400	400
600	600	600	500
600	600	600	500
500	500	500	500
400	400	400	400
300	300	300	300
300	300	300	300
300	300	300	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

2.031	2.031	2.031	2.031
3.047	3.047	3.047	2.539
3.047	3.047	3.047	2.539
2.539	2.539	2.539	2.539
2.031	2.031	2.031	2.031
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.016



ตารางค่าความสว่างภายในที่รับมุลความสว่างที่มุมดวงอาทิตย์ ชติลวัน (หน่วย:ฟุต คองคาปริ่มที่คิดะวันออก 45 องศา)

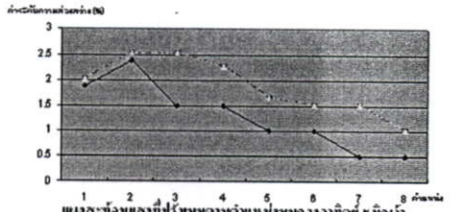
(Lux)	DF%	DF%
Max 600	Max 3.047	1% โคม 3.125
Min 200	Min 1.016	1.5% โคม 34.375
Aver 415.625	Aver 2.111	2% โคม 25
		2.5% โคม 18.75
		3% โคม 18.75

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

400	500	400	300
500	500	500	500
500	500	500	500
400	500	500	400
300	400	300	300
300	300	300	300
300	300	300	300
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

2.031	2.539	2.031	1.524
2.539	2.539	2.539	2.539
2.539	2.539	2.539	2.539
2.031	2.539	2.539	2.031
1.524	2.031	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.016	1.016	1.016	1.016



ตารางค่าความสว่างภายในที่รับมุลความสว่างที่มุมดวงอาทิตย์ ชติลวัน (หน่วย:ฟุต คองคาปริ่มที่คิดะวันออก 0 องศา)

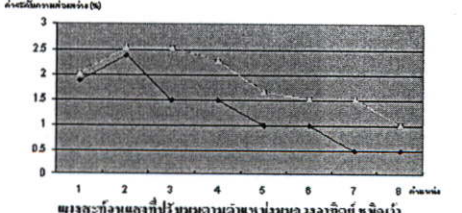
(Lux)	DF%	DF%
Max 500	Max 2.539	1% โคม 12.5
Min 200	Min 1.016	1.5% โคม 37.5
Aver 371.875	Aver 1.889	2% โคม 15.625
		2.5% โคม 40.625

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

400	500	400	300
500	500	500	500
500	500	500	500
400	500	500	400
300	400	300	300
300	300	300	300
300	300	300	300
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

2.031	2.539	2.031	1.524
2.539	2.539	2.539	2.539
2.539	2.539	2.539	2.539
2.031	2.539	2.539	2.031
1.524	2.031	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.016	1.016	1.016	1.016



ตารางค่าความสว่างภายในที่รับมุลความสว่างที่มุมดวงอาทิตย์ ชติลวัน (หน่วย:ฟุต คองคาปริ่มที่คิดะวันออก 0 องศา)

(Lux)	DF%	DF%
Max 500	Max 2.539	1% โคม 12.5
Min 200	Min 1.016	1.5% โคม 37.5
Aver 371.875	Aver 1.889	2% โคม 15.625
		2.5% โคม 40.625

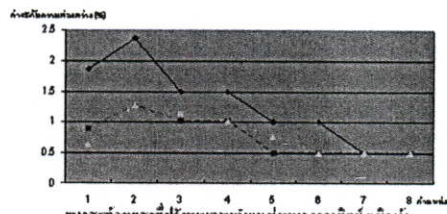
ตารางค่าความสว่างภายในที่รับมุลความสว่างที่มุมดวงอาทิตย์ ชติลวัน (หน่วย:ฟุต คองคาปริ่มที่คิดะวันออก 0 องศา)

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

100	100	200	100
200	300	300	200
200	200	300	200
200	200	200	200
100	200	200	100
100	100	100	100
100	100	100	100
100	100	100	100

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

0.508	0.508	1.016	0.508
1.016	1.524	1.524	1.016
1.016	1.016	1.524	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016
0.508	1.016	1.016	0.508
0.508	0.508	0.508	0.508
0.508	0.508	0.508	0.508
0.508	0.508	0.508	0.508



ตารางค่าความสว่างภายใน (หน่วย: ลักซ์) (หมายเหตุ: 30 องศา ปริมาณการเปิดไฟ 45 ชั่วโมง)

(Lux)	DF%	DF%
Max 300	Max 1.524	0.5% ถึง 53.125
Min 100	Min 0.508	1% ถึง 37.5
Aver 156.25	Aver 0.794	1.5% ถึง 9.375

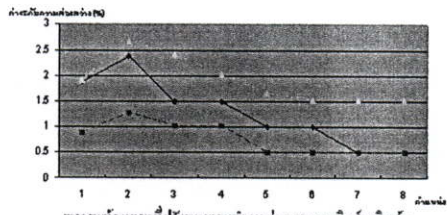
กรณีติดตั้งแผงระถังแสงที่ปริมาณการเปิดไฟตามตารางเวลาที่ขีดตัว (หมายเหตุ: 30 องศา ปริมาณการเปิดไฟ 45 ชั่วโมง)

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

400	400	400	300
600	600	500	400
500	500	500	400
400	500	400	300
300	400	300	300
300	300	300	300
300	300	300	300
300	300	300	300
300	300	300	300

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

2.031	2.031	2.031	1.524
3.047	3.047	2.539	2.031
2.539	2.539	2.539	2.031
2.031	2.539	2.031	1.524
1.524	2.031	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524



ตารางค่าความสว่างภายใน (หน่วย: ลักซ์) (หมายเหตุ: 30 องศา ปริมาณการเปิดไฟ 30 ชั่วโมง)

(Lux)	DF%	DF%
Max 600	Max 3.047	1.5% ถึง 40.625
Min 300	Min 1.524	2% ถึง 25
Aver 375	Aver 1.995	2.5% ถึง 15.625
		3% ถึง 6.25

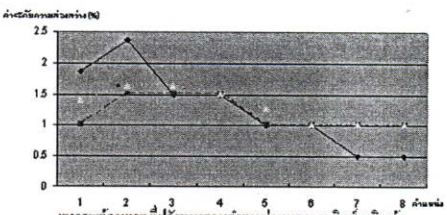
กรณีติดตั้งแผงระถังแสงที่ปริมาณการเปิดไฟตามตารางเวลาที่ขีดตัว (หมายเหตุ: 30 องศา ปริมาณการเปิดไฟ 30 ชั่วโมง)

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

300	300	300	200
300	300	400	300
300	300	400	300
300	300	300	300
200	200	300	300
200	200	200	200
200	200	200	200
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.524	1.524	1.524	1.016
1.524	1.524	2.031	1.524
1.524	1.524	2.031	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.016	1.016	1.524	1.524
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016



ตารางค่าความสว่างภายใน (หน่วย: ลักซ์) (หมายเหตุ: 45 องศา ปริมาณการเปิดไฟ 30 ชั่วโมง)

(Lux)	DF%	DF%
Max 400	Max 2.031	1% ถึง 46.875
Min 200	Min 1.016	1.5% ถึง 46.875
Aver 259.375	Aver 1.317	2% ถึง 6.25

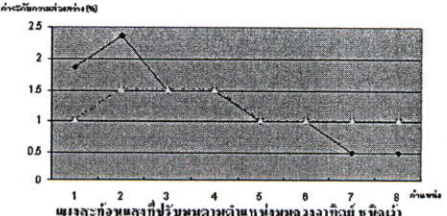
กรณีติดตั้งแผงระถังแสงที่ปริมาณการเปิดไฟตามตารางเวลาที่ขีดตัว (หมายเหตุ: 45 องศา ปริมาณการเปิดไฟ 30 ชั่วโมง)

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

200	200	200	200
300	300	300	300
300	300	300	300
300	300	300	300
200	200	200	200
200	200	200	200
200	200	200	200
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.016	1.016	1.016	1.016
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016



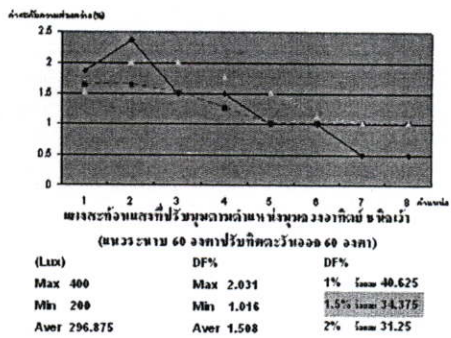
ตารางค่าความสว่างภายใน (หน่วย: ลักซ์) (หมายเหตุ: 45 องศา ปริมาณการเปิดไฟ 0 ชั่วโมง)

(Lux)	DF%	DF%
Max 300	Max 1.524	1% ถึง 62.5
Min 200	Min 1.016	1.5% ถึง 37.5
Aver 237.5	Aver 1.206	

กรณีติดตั้งแผงระถังแสงที่ปริมาณการเปิดไฟตามตารางเวลาที่ขีดตัว (หมายเหตุ: 45 องศา ปริมาณการเปิดไฟ 0 ชั่วโมง)

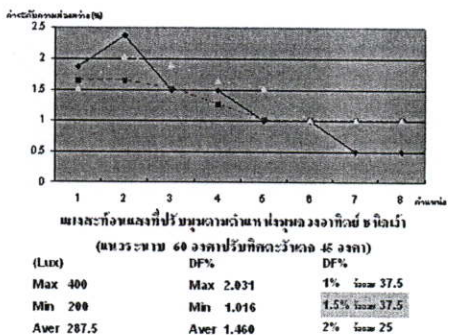
ค่าความสว่างภายใน(Lux)				ค่าความสว่างภายใน(DF%)			
300	300	300	300	1.524	1.524	1.524	1.524
400	400	400	400	2.031	2.031	2.031	2.031
400	400	400	400	2.031	2.031	2.031	2.031
300	300	400	400	1.524	1.524	2.031	2.031
300	300	300	300	1.524	1.524	1.524	1.524
200	300	200	200	1.016	1.524	1.016	1.016
200	200	200	200	1.016	1.016	1.016	1.016
200	200	200	200	1.016	1.016	1.016	1.016

กรณีวัดค่าแสงที่ห้องประชุมที่บริเวณหน้างานห้องประชุมวงจรกิจภัย ขีดตัว (ณระยะห่าง 60 องศาปริซึมที่ละวันออก 60 องศา)



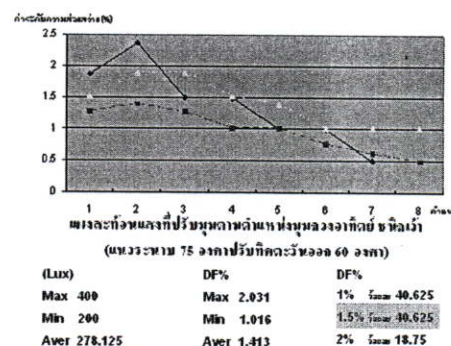
ค่าความสว่างภายใน(Lux)				ค่าความสว่างภายใน(DF%)			
300	300	300	300	1.524	1.524	1.524	1.524
400	400	400	400	2.031	2.031	2.031	2.031
400	400	400	300	2.031	2.031	2.031	1.524
300	400	300	300	1.524	2.031	1.524	1.524
300	300	300	300	1.524	1.524	1.524	1.524
200	200	200	200	1.016	1.016	1.016	1.016
200	200	200	200	1.016	1.016	1.016	1.016
200	200	200	200	1.016	1.016	1.016	1.016

กรณีวัดค่าแสงที่ห้องประชุมที่บริเวณหน้างานห้องประชุมวงจรกิจภัย ขีดตัว (ณระยะห่าง 60 องศาปริซึมที่ละวันออก 45 องศา)



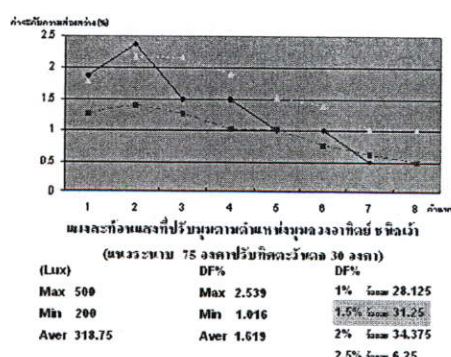
ค่าความสว่างภายใน(Lux)				ค่าความสว่างภายใน(DF%)			
300	300	300	300	1.524	1.524	1.524	1.524
300	400	400	400	1.524	2.031	2.031	2.031
300	400	400	400	1.524	2.031	2.031	2.031
300	300	300	300	1.524	1.524	1.524	1.524
300	200	300	300	1.524	1.016	1.524	1.524
200	200	200	200	1.016	1.016	1.016	1.016
200	200	200	200	1.016	1.016	1.016	1.016
200	200	200	200	1.016	1.016	1.016	1.016

กรณีวัดค่าแสงที่ห้องประชุมที่บริเวณหน้างานห้องประชุมวงจรกิจภัย ขีดตัว (ณระยะห่าง 75 องศาปริซึมที่ละวันออก 60 องศา)



ค่าความสว่างภายใน(Lux)				ค่าความสว่างภายใน(DF%)			
400	300	400	300	2.031	1.524	2.031	1.524
400	300	400	400	2.031	2.031	2.031	2.031
400	300	400	400	2.031	2.031	2.031	2.031
400	400	400	300	2.031	2.031	2.031	1.524
300	300	300	300	1.524	1.524	1.524	1.524
200	300	300	300	1.016	1.524	1.524	1.524
200	200	200	200	1.016	1.016	1.016	1.016
200	200	200	200	1.016	1.016	1.016	1.016

กรณีวัดค่าแสงที่ห้องประชุมที่บริเวณหน้างานห้องประชุมวงจรกิจภัย ขีดตัว (ณระยะห่าง 75 องศาปริซึมที่ละวันออก 30 องศา)



ภาคผนวก จ

สรุปผลการวิเคราะห์

กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์

ชนิดเว้า (ConcaveType)

กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ ชนิดเว้า

(แนวระนาบ 75 องศา ปรับมุมทิศตะวันออก 60 องศา)

กรณีติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์ ชนิดเว้า

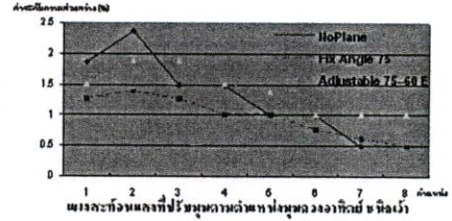
(แนวระนาบ 30 องศา ปรับมุมทิศตะวันตก 30 องศา)

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

300	300	300	300
300	400	400	400
300	400	400	400
300	300	300	300
300	200	300	300
200	200	200	200
200	200	200	200
200	200	200	200

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	2.031	2.031	2.031
1.524	2.031	2.031	2.031
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.016	1.524	1.524
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016
1.016	1.016	1.016	1.016



ตารางเปรียบเทียบค่าความสว่างภายใน (Lux) และค่าความสว่างภายใน (DF%)

(Lux)	DF%	DF%
Max 300	Max 2.031	1% โคม 40.625
Min 200	Min 1.016	1.5% โคม 40.625
Aver 278.125	Aver 1.413	2% โคม 18.75

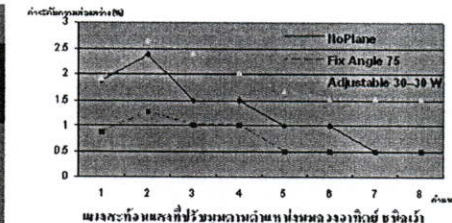
กรณีติดตั้งแผงระถังบนรางที่ปรับมุมความสว่างได้ทั้งหมดจากที่เดิม ชนิด W (ขนาดระถัง 75 องศาปรับที่หลอด 60 องศา)

ค่าความสว่างภายใน(LUX)

400	400	400	300
600	600	500	400
500	500	300	400
400	300	400	300
300	400	300	300
300	300	300	300
300	300	300	300
300	300	300	300

ค่าความสว่างภายใน(DF%)

2.031	2.031	2.031	1.524
3.047	3.047	2.031	2.031
2.031	2.031	2.031	2.031
2.031	2.031	2.031	1.524
1.524	2.031	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524
1.524	1.524	1.524	1.524



ตารางเปรียบเทียบค่าความสว่างภายใน (Lux) และค่าความสว่างภายใน (DF%)

(Lux)	DF%	DF%
Max 600	Max 3.047	1.5% โคม 30.625
Min 300	Min 1.524	2% โคม 25
Aver 375	Aver 1.905	2.5% โคม 15.625
		3% โคม 6.25

กรณีติดตั้งแผงระถังที่ปรับมุมความสว่างได้ทั้งหมดจากที่เดิม ชนิด W (ขนาดระถัง 30 องศาปรับที่หลอด 30 องศา)

ภาคผนวก ช

สรุปผลการวิเคราะห์

การเปรียบเทียบระดับความส่องสว่าง

กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ระนาบ 0 – 75 องศา

ชนิดไม่ติดตั้งแผงสะท้อนแสง (No Plane Reflection)

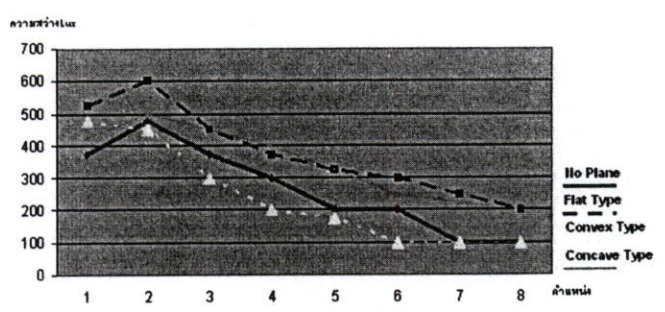
แผงสะท้อนแสงชนิดแบน (Flat Type)

แผงสะท้อนแสงชนิดนูน (Convex Type)

แผงสะท้อนแสงชนิดเว้า (Concave Type)

No Plane	Flat	Convex	Concave
375	525		475
475	600		500
375	450		450
300	375		400
200	325		525
200	300		250
100	250		225
100	200		210

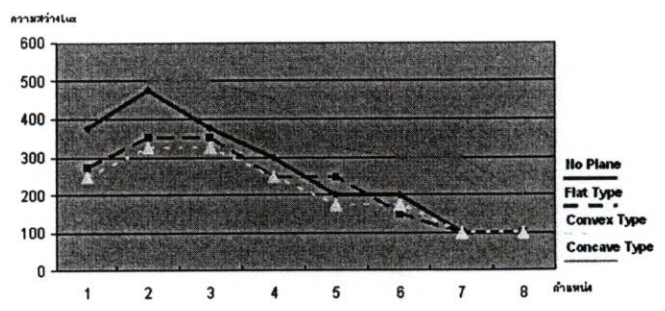
กราฟเปรียบเทียบพื้นที่ของแพลงตอน 0 องศา



กราฟเปรียบเทียบพื้นที่ของแพลงตอน 0 องศา

No Plane	Flat	Convex	Concave
375	275		400
475	350		500
375	350		500
300	250		450
200	250		375
200	150		300
100	100		300
100	100		200

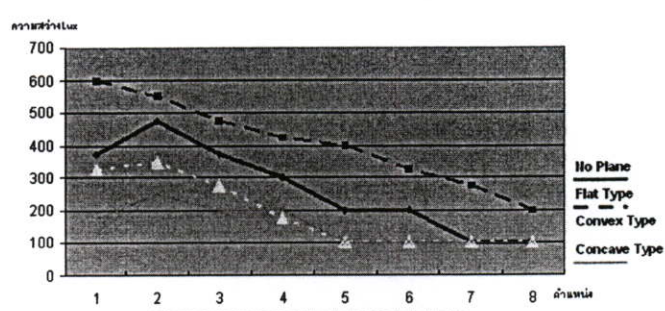
กราฟเปรียบเทียบพื้นที่ของแพลงตอน 15 องศา



กราฟเปรียบเทียบพื้นที่ของแพลงตอน 15 องศา

No Plane	Flat	Convex	Concave
375	600		375
475	550		250
375	475		200
300	425		200
200	400		100
200	325		100
100	275		100
100	200		100

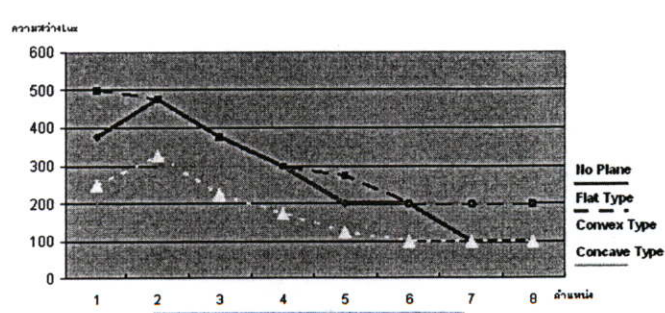
กราฟเปรียบเทียบพื้นที่ของแพลงตอน 30 องศา



กราฟเปรียบเทียบพื้นที่ของแพลงตอน 30 องศา

No Plane	Flat	Convex	Concave
375	500		200
475	475		200
375	375		300
300	300		300
200	275		200
200	200		200
100	200		200
100	200		200

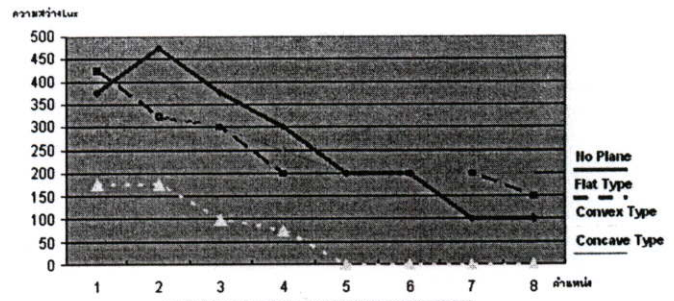
กราฟเปรียบเทียบพื้นที่ของแพลงตอน 45 องศา



กราฟเปรียบเทียบพื้นที่ของแพลงตอน 45 องศา

No Plane	Flat	Convex	Concave
375	425		325
475	325		305
375	300		300
300	200		250
200	200		200
200	200		200
100	200		200
100	150		200

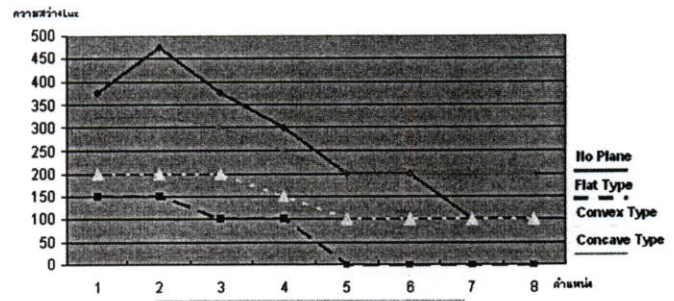
กราฟเปรียบเทียบพื้นที่ของระนาบ 80 องศา



กราฟเปรียบเทียบพื้นที่ของระนาบ 80 องศา

No Plane	Flat	Convex	Concave
375	150		325
475	150		325
375	100		300
300	100		250
200	0		200
200	0		200
100	0		200
100	0		200

กราฟเปรียบเทียบพื้นที่ของระนาบ 75 องศา



กราฟเปรียบเทียบพื้นที่ของระนาบ 75 องศา

ภาคผนวก ซ

ตารางสรุปผลการวิเคราะห์การปรับมุม
การเปรียบเทียบระดับความส่องสว่าง
กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งแผงสะท้อนแสง
ชนิดไม่ติดตั้งแผงสะท้อนแสง (No Plane Reflection)
แผงสะท้อนแสงชนิดแบน (Flat Type)
แผงสะท้อนแสงชนิดนูน (Convex Type)
แผงสะท้อนแสงชนิดเว้า (Concave Type)

ตารางที่ ข.1 สรุปผลการวิเคราะห์การปรับมุมระนาบ 0 – 75 องศา

Plane Reflection Type	Degree	Max.	Min.	Aver.
PLANE REFLECTION ADJUSTABLE FLAT TYPE	0	3.556	1.016	1.921
	15	2.032	0.508	1.159
	30	3.048	1.016	2.064
	45	3.048	1.016	1.603
	60	2.540	0.508	1.270
	75	1.016	0.000	0.318
PLANE REFLECTION ADJUSTABLE CONVEX TYPE	0	3.627	0.518	1.231
	15	2.072	0.518	1.101
	30	2.072	0.518	0.908
	45	2.072	0.518	0.907
	60	1.036	0.000	0.340
	75	1.036	0.518	0.745
PLANE REFLECTION ADJUSTABLE CONCAVE TYPE	0	3.047	1.016	1.762
	15	2.539	1.016	1.889
	30	1.524	0.508	0.778
	45	1.524	1.016	1.206
	60	2.539	1.016	1.270
	75	1.524	0.508	0.984
NO PLANE REFLECTION ADJUSTABLE		2.500	0.500	1.281

ตารางที่ ข.2 สรุปผลการวิเคราะห์การปรับมุมระนาบ 0 – 75 องศา ร่วมกับการปรับมุมทางทิศตะวันออก

Plane Reflection Type	Degree	East Degree					East Aver.					
		15	30	45	60	75	15	30	45	60	75	
PLANE REFLECTION ADJUSTABLE FLAT TYPE	0	Max.	3.556	3.048	2.540	2.540	3.048	2.096	2.127	1.889	1.746	1.905
		Min.	1.524	1.016	1.016	1.016	1.016					
	15	Max.	2.540	2.540	2.032	1.524	1.524	0.984	0.953	0.889	0.826	0.730
		Min.	0.508	0.508	0.508	0.508	0.000					
	30	Max.	2.032	2.032	2.032	1.524	1.524	1.191	1.127	1.048	1.000	0.778
		Min.	0.508	0.508	0.508	0.508	0.000					
	45	Max.	4.064	2.540	2.540	3.556	3.048	1.683	1.619	1.572	1.508	1.445
		Min.	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016					
	60	Max.	0.508	1.016	1.016	1.016	1.016	0.254	0.492	0.492	0.508	1.429
		Min.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
	75	Max.	2.032	2.032	1.524	1.524	3.048	0.445	0.540	0.730	0.730	0.873
		Min.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.508					
PLANE REFLECTION ADJUSTABLE CONVEX TYPE	0	Max.	3.627	3.627	2.072	2.591	2.591	1.295	1.214	0.988	1.101	0.874
		Min.	0.518	0.518	0.518	0.518	0.000					
	15	Max.	3.109	2.591	2.072	2.072	2.072	1.635	1.603	1.498	1.441	1.392
		Min.	1.036	1.036	1.036	1.036	1.036					
	30	Max.	3.109	2.591	2.072	2.072	2.591	1.069	0.955	0.923	1.020	0.696
		Min.	0.518	0.518	0.000	0.000	0.000					
	45	Max.	2.072	2.591	2.591	3.627	2.591	0.988	1.052	1.069	1.133	1.101
		Min.	0.518	0.518	0.518	0.518	0.518					
	60	Max.	1.036	1.036	1.036	1.036	1.036	0.291	0.453	0.696	0.550	0.550
		Min.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
	75	Max.	1.554	1.544	3.109	2.072	1.554	0.971	1.004	1.311	1.279	1.182
		Min.	0.518	0.518	1.036	1.036	1.036					
PLANE REFLECTION ADJUSTABLE CONCAVE TYPE	0	Max.	2.539	2.539	2.539	2.031	2.031	1.651	1.682	1.587	1.428	1.397
		Min.	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016					
	15	Max.	2.539	2.539	2.031	2.031	2.031	1.587	1.635	1.539	1.524	1.460
		Min.	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016					
	30	Max.	1.524	1.524	1.524	1.524	1.016	0.794	0.746	0.794	0.730	0.603
		Min.	0.508	0.000	0.508	0.000	0.000					
	45	Max.	2.031	2.031	2.031	2.031	1.524	1.286	1.317	1.301	1.238	1.190
		Min.	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016					
	60	Max.	2.031	2.031	2.539	2.031	2.031	1.492	1.365	1.460	1.508	1.476
		Min.	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016					
	75	Max.	2.031	2.031	2.031	2.031	2.031	1.286	1.333	1.381	1.413	1.397
		Min.	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016					

ตารางที่ ข.3 สรุปผลการวิเคราะห์การปรับมุมระนาบ 0 – 75 องศา ร่วมกับการปรับมุมทางทิศตะวันตก

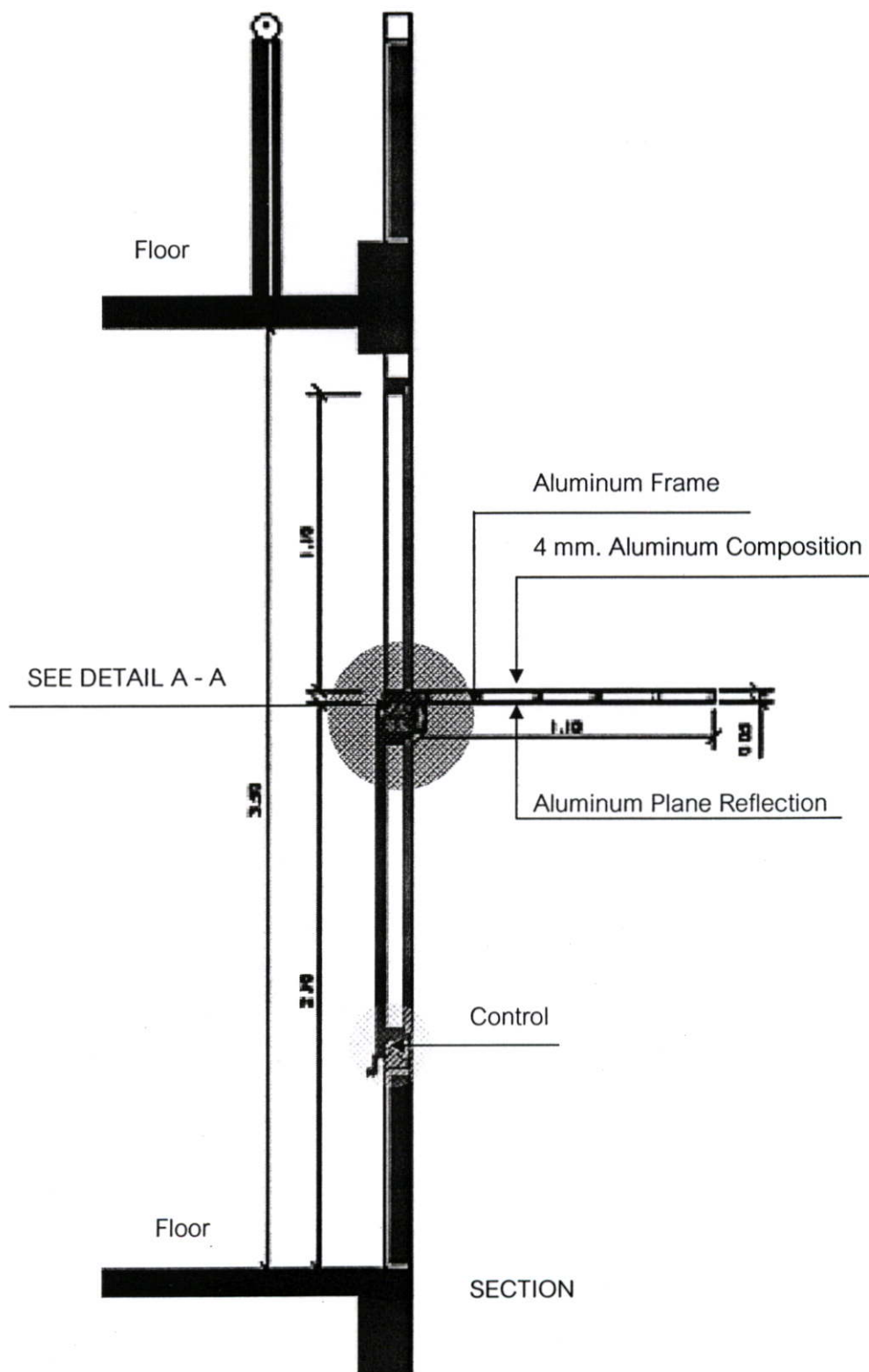
Plane Reflection Type	Degree	West Degree					West Aver.					
		15	30	45	60	75	15	30	45	60	75	
PLANE REFLECTION ADJUSTABLE FLAT TYPE	0	Max.	4.062	2.032	2.032	1.524	2.032	1.222	1.064	0.984	0.953	0.937
		Min.	0.508	0.508	0.508	0.508	0.508					
	15	Max.	2.540	2.540	2.540	2.540	2.032	1.667	1.635	1.667	1.508	1.429
		Min.	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016					
	30	Max.	3.048	3.048	4.064	4.064	2.540	2.064	1.937	1.937	1.699	1.635
		Min.	1.016	1.016	1.016	0.508	1.016					
	45	Max.	1.524	1.524	2.032	2.032	2.032	0.826	0.905	1.080	1.080	0.984
		Min.	0.000	0.508	0.508	0.508	0.508					
	60	Max.	4.064	2.540	2.032	3.556	3.048	1.429	1.381	1.397	1.588	1.667
		Min.	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016					
	75	Max.	1.016	1.016	1.016	2.032	1.016	0.302	0.365	0.524	0.603	0.540
		Min.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
PLANE REFLECTION ADJUSTABLE CONVEX TYPE	0	Max.	2.072	1.554	2.072	1.554	1.554	1.004	0.971	0.907	0.907	0.793
		Min.	0.518	0.518	0.518	0.518	0.000					
	15	Max.	2.072	2.072	1.554	1.554	1.554	1.133	1.117	0.988	0.939	0.893
		Min.	0.518	0.518	0.518	0.518	0.518					
	30	Max.	2.591	4.145	1.554	2.591	2.591	0.761	0.923	0.874	0.793	0.761
		Min.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
	45	Max.	2.591	2.591	1.554	2.072	2.591	0.939	0.971	0.923	0.923	0.923
		Min.	0.518	0.518	0.518	0.518	0.518					
	60	Max.	1.554	1.554	1.554	2.072	1.554	0.437	0.502	0.761	0.712	0.664
		Min.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
	75	Max.	1.554	1.554	1.554	1.554	3.109	0.907	1.117	1.231	1.263	1.376
		Min.	0.518	0.518	1.036	1.036	1.036					
PLANE REFLECTION ADJUSTABLE CONCAVE TYPE	0	Max.	3.047	3.047	3.047	3.047	2.539	1.841	1.889	2.111	1.905	1.762
		Min.	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016					
	15	Max.	3.047	2.539	2.539	3.047	2.539	1.793	1.809	1.698	1.698	1.603
		Min.	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016					
	30	Max.	2.539	3.047	2.539	2.539	2.539	1.873	1.905	1.889	1.746	1.587
		Min.	1.016	1.524	1.016	1.016	1.016					
	45	Max.	2.031	1.524	1.524	4.063	3.047	0.825	0.825	0.794	0.968	0.857
		Min.	0.508	0.508	0.508	0.508	0.508					
	60	Max.	2.539	2.034	2.031	2.031	2.539	1.413	1.381	1.460	1.428	1.444
		Min.	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016					
	75	Max.	2.031	2.539	2.539	2.031	2.031	1.286	1.619	1.571	1.524	1.492
		Min.	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016					

ตารางที่ ๕.4 สรุปผลการวิเคราะห์การรับมุมระนาบ 0 – 75 องศา ร่วมกับการปรับมุมทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก

Plane Reflection Type	Degree	East	West	Max.		Min.		Aver.	
				East	West	East	West	East	West
PLANE REFLECTION ADJUSTABLE FLAT TYPE	0	30	15	3.048	4.062	1.016	0.508	2.127	1.222
	15	15	15	2.540	2.540	0.508	1.016	0.984	1.667
	30	15	15	2.032	3.048	0.508	1.016	1.191	2.064
	45	15	60	4.064	2.032	1.016	0.508	1.683	1.080
	60	75	75	1.016	3.048	0.000	1.016	1.429	1.667
	75	75	60	3.048	2.032	0.508	0.000	0.873	0.603
PLANE REFLECTION ADJUSTABLE CONVEX TYPE	0	15	15	3.627	2.072	0.518	0.518	1.295	1.004
	15	15	15	3.109	2.072	1.036	0.518	1.635	1.133
	30	15	30	3.109	4.145	0.518	0.000	1.069	0.923
	45	60	30	3.627	2.591	0.518	0.518	1.133	0.971
	60	45	45	1.036	1.554	0.000	0.000	0.696	0.761
	75	45	75	3.109	3.109	1.036	1.036	1.311	1.376
PLANE REFLECTION ADJUSTABLE CONCAVE TYPE	0	30	45	2.539	3.047	1.016	1.016	1.682	2.111
	15	30	15	2.539	2.539	1.016	1.016	1.635	1.809
	30	45	30	1.524	3.047	0.508	1.524	0.794	1.905
	45	30	60	2.031	4.063	1.016	0.508	1.317	0.968
	60	60	45	2.031	2.031	1.016	1.016	1.508	1.460
	75	75	30	2.031	2.539	1.016	1.016	1.413	1.619
NO PLANE REFLECTION ADJUSTABLE					2.540		0.508		1.349

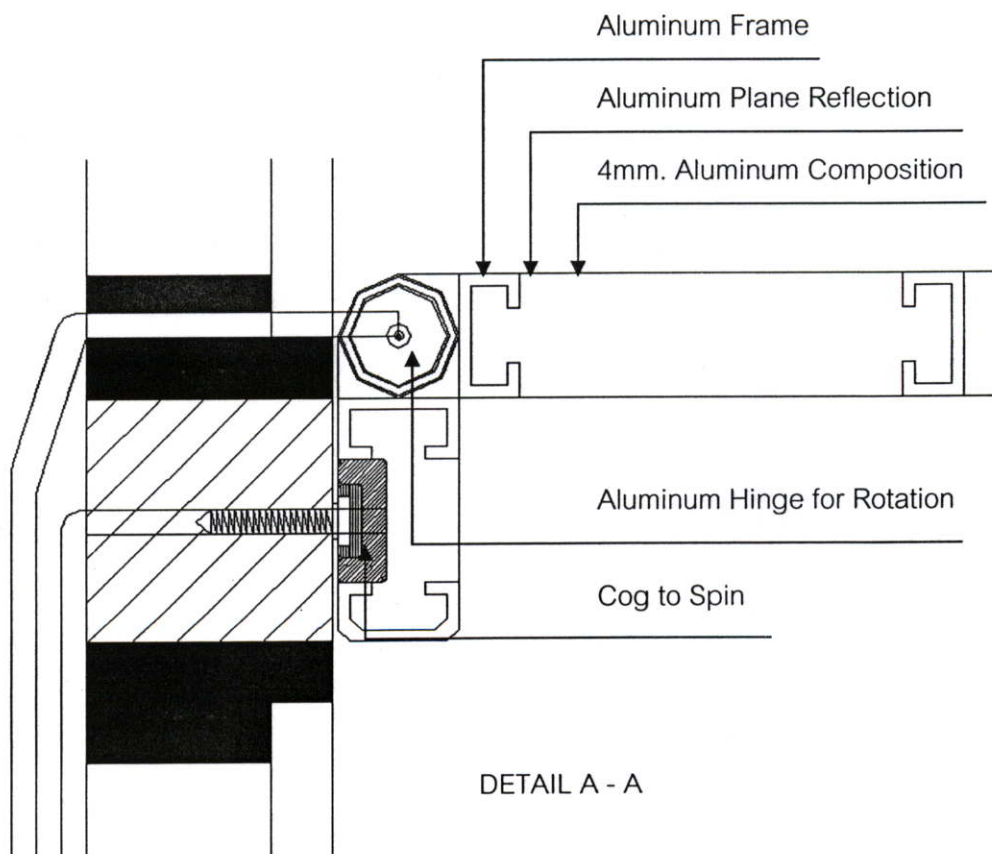
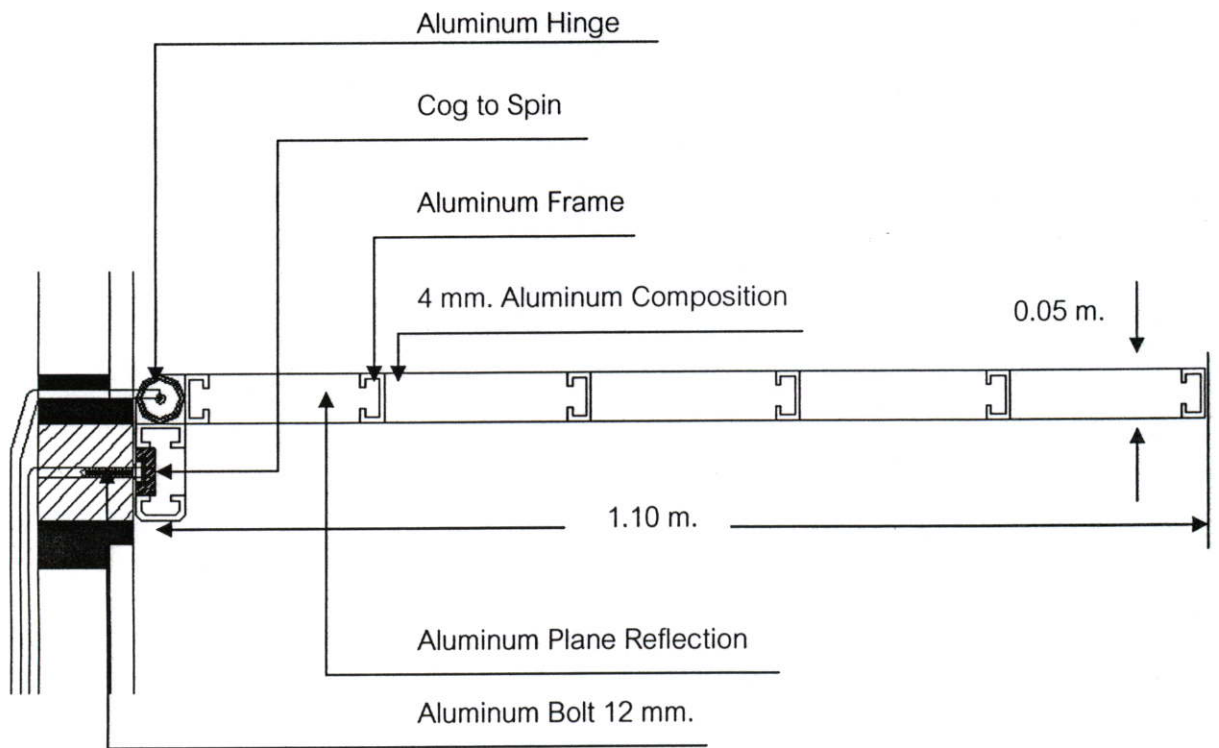
รูปแบบการพัฒนา

แผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมมองอาทิตย์เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่าง



รูปแบบการพัฒนา

แผงสะท้อนแสงที่ปรับมุมตามตำแหน่งมุมดวงอาทิตย์เพื่อเพิ่มระดับความส่องสว่าง



ประวัติผู้เขียน

นายชาญชัย โชติชูทิพย์ เกิดเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม 2517 ที่จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษา Bachelor of Science in Architecture (B.s.Arch) จาก University of Northern Philippines ปีการศึกษา 2541 Bachelor of Science (B.s.) Industrial Technology (Architecture) จาก Rajabhat Institute Chandrakasem ปีการศึกษา 2539 และประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (เทคนิคสถาปัตยกรรม) จากโรงเรียนไทยวิจิตรศิลป์

ปี พ.ศ. 2541 – ปัจจุบัน เป็นอาจารย์พิเศษโรงเรียนเทคโนโลยีนครปฐม

ปี พ.ศ. 2545 เป็นผู้ช่วยสถาปนิก บริษัทบ้านอบอุ่น

ปี พ.ศ. 2546 – ปัจจุบัน เป็นพนักงานรัฐวิสาหกิจ แผนกสถาปัตยกรรม กองวิศวกรรม และสิ่งแวดล้อม ฝ่ายพัฒนา องค์การสะพานปลา กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ตำแหน่งสถาปนิกออกแบบ)