

การประเมินแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติของสำนักงานที่มีการติดตั้งแผงบังแดดภายนอก



นางสาว ณัฏฐจิรา สมิตาสุนันท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



5 3 7 4 1 4 6 9 2 5

DAYLIGHT GLARE EVALUATION OF OFFICES WITH EXTERNAL SHADING DEVICE



Miss Nutjira Smidasutanun

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University


Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

530599

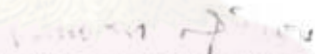
หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติของสำนักงานที่มีการติดตั้ง แผงบังแดดภายนอก
โดย	นางสาว ณัฏฐจิรา สมิตาสุตามันท์
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทสถาปัตยกรรมศาสตร์

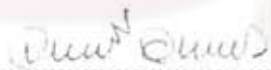


.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. บันทิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)



.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)



.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

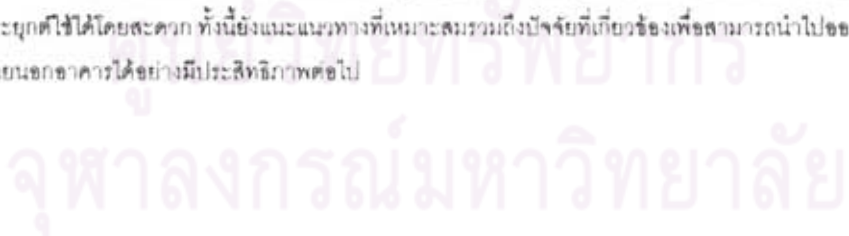


.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. นवलวรรณ ทวยเจริญ)

ณัฐจิรา สมิตาสุดานันท์ : การประเมินแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติของสำนักงานที่มีการติดตั้ง
แผงบังแดดภายนอก. (DAYLIGHT GLARE EVALUATION OF OFFICES WITH EXTERNAL
SHADING DEVICE) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ. ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ , 193 หน้า.

แผงบังแดดภายนอกอาคารเป็นอุปกรณ์ที่สามารถลดพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาในอาคารและลดปริมาณ
ของแสงที่เข้ามาในอาคารได้ จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ได้มีการค้นคว้าเกี่ยวกับผลกระทบของแผงบังแดดที่มี
ผลต่อประสิทธิภาพทางด้านพลังงานของอาคาร แต่ทว่าผลกระทบทางด้านคุณภาพยังไม่ได้รับความสนใจมากนัก งานวิจัยนี้
จึงมีจุดประสงค์หลักเพื่อศึกษาหาลักษณะของแผงบังแดดภายนอกอาคารที่เหมาะสมในอาคารประเภทสำนักงาน ซึ่งจะ
ประเมินจากค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) และปริมาณ
ความส่องสว่างที่เกิดขึ้นโดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานทางด้านแสงสว่างของ Illuminating Engineering Society of North
America (IESNA) งานวิจัยชิ้นนี้ใช้การจำลองค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติและปริมาณความส่อง
สว่างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งหาค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ โดยใช้โปรแกรม Radiance คู่กับ
Evalglare และหาค่าความส่องสว่าง โดยใช้โปรแกรม DIALux 4.8 โดยทดสอบกับห้องทำงานมาตรฐานขนาด 3.65 x 4.60 x
3.00 เมตร ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนการใช้แผงบังแดดรูปแบบต่างๆ จำนวน 9 รูปแบบ จากข้อมูลพบว่าที่ระยะยื่น 1 เมตร การใช้
แผงบังแดดแบบทางตั้งผลทางนอนสามารถลดค่าแสงบาดตาที่เกิดขึ้นได้ในทุกทิศทางได้มากที่สุด และการใช้แผงบังแดด
แนวอนที่มุม Vertical Shadow Angle (VSA) ที่มีค่าน้อย (ระยะยื่นมาก) ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสง
ธรรมชาติที่เกิดขึ้นก็จะมีแนวโน้มน้อยลง โดยมุมที่ VSA ต่ำกว่า 40 องศา จะทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสง
ธรรมชาติ มีค่าน้อยกว่า 0.4 และการเพิ่มจำนวนแผงบังแดดแนวอนที่มากขึ้นต่อบานหน้าต่าง มุม Vertical Shadow Angle
(VSA) ที่ใช้อาจจะมีส่วนที่มากขึ้นก็ได้ (ระยะยื่นของแผงบังแดดน้อยลง) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ระแนงที่ความถี่เพิ่มมาก
ขึ้นทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติมีแนวโน้มลดลง ในทิศทางอื่นออก การใช้ระแนงที่ความถี่ที่ร้อยละ
25 -70 ไม่สามารถทำให้ค่า ความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติเฉลี่ยทั้งวันต่ำกว่าค่ามาตรฐานได้ ส่วนใน
ทิศทางอื่น การใส่ระแนงที่ความถี่ 75% สามารถทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติมีค่าน้อยกว่า
0.4 โดยในทุกๆ กรณีที่มีการจำลองพบว่าความส่องสว่างเฉลี่ยบนโต๊ะทำงาน และภายในห้อง มีค่าความเกณฑ์มาตรฐานที่
กำหนด

งานวิจัยนี้ได้มีการนำเสนอผลงานวิจัยในรูปแบบของตารางสรุป เพื่อให้สถาปนิกและนักออกแบบสามารถนำไป
ประยุกต์ใช้ได้โดยสะดวก ทั้งนี้ยังแนะแนวทางที่เหมาะสมรวมถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อสามารถนำไปออกแบบแผงบังแดด
ภายนอกอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป



ภาควิชา สถาปัตยกรรม..... ลายมือชื่อนิสิต..... ณัฐจิรา สมิตาสุดานันท์
สาขาวิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... (อ.ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)
ปีการศึกษา 2553.....

5374146925 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : DISCOMFORT GLARE / EXTERNAL SHADING / DAYLIGHTING / OFFICE

NUTJIRA SMIDASUTANUN : DAYLIGHT GLARE EVALUATION OF OFFICES WITH
EXTERNAL SHADING DEVICE. ADVISOR : VORAPAT INKAROJRIT, Ph. D., 193 pp.

The use of an external shading device lowers the amount of interior heating and daylight from outside buildings. Previous studies have focused on the effects of the shading device on building energy consumption; however little attention has been paid to the effectiveness of the shading device. The main purpose of this research was to study the characteristics of an external shading device that is appropriate for office buildings considering Daylight Glare Probability (DGP) and Illuminating Engineering Society of North America guidelines (IESNA). Two computational tools, 'Radiance' and 'Evalglare', were adopted to compute the DGP while 'DIALux 4.8' was employed to calculate the IESNA parameter. The data was collected in a standard 3.65x4.6x3 meter office with nine different layouts of the external shading device.

Findings suggest that the combination of vertical and horizontal shielded panels at a one-meter distance from the window pane can reduce daylight glare most from all directions. Similarly, the use of horizontal shielded panels of low Vertical Shadow Angle (VSA) (greater distance from the wall) tends to lower daylight glare effectively. A VSA of less than 40 degrees causes the DGP to be below 0.4. Further, the higher the number of horizontal shielded panels per window, the higher the degree of VSA, which permitted a placement closer to the window pane. In addition, it was found that the more pergolas covered, the lower the level of daylight glare tends to be. On the east side of the building, 25-70% coverage with pergolas does not reduce the average daylight glare below the standard. On the west side, on the other hand, 75% pergola coverage can bring the DGP down to under 0.4. In all experimental conditions, average luminance onto office desks and interior lighting met the standard.

Summary tables of the findings and recommendations for further studies in the field of architectural design are discussed.

Department :Architecture.....

Student's Signature

Nutjira Smidasutanun

Field of Study :Architecture.....

Advisor's Signature

Vorapat Inkarojrit

Academic Year :2010.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือของอาจารย์ที่ให้คำปรึกษาทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ ดร. วรภัทร อิงคโรจน์ฤทธิ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่ดีมาโดยตลอดในทุกๆด้าน ตั้งแต่เริ่มต้นทำการวิจัย ระหว่างการทำข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ รวมถึงอาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน อาจารย์อรรจน์ เศรษฐบุศร ที่ให้คำปรึกษา และขอบคุณเพื่อนทุกคนที่ร่วมเป็นกำลังใจ ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ในความห่วงใยและกำลังใจที่ดีตลอดมา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ณ
สารบัญแผนภูมิ.....	ต
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความส่องสว่างและการมองเห็นของมนุษย์.....	5
2.1.1 คุณสมบัติและพฤติกรรมของแสง.....	5
2.1.1.1 คุณสมบัติของแสง.....	5
2.1.1.2 พฤติกรรมของแสง.....	5
2.1.2 ดวงอาทิตย์และสภาพท้องฟ้า.....	8
2.1.2.1 แสงจากดวงอาทิตย์ (Sunlight).....	8
2.1.2.2 สภาพท้องฟ้า.....	9
2.1.3 ทฤษฎีและศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับความส่องสว่าง.....	10
2.1.3.1 ปริมาณแสง (Luminous Flux).....	10
2.1.3.2 มุมตัน (Solid Angle: ω).....	11
2.1.3.3 ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity).....	11
2.1.3.4 ความส่องสว่าง (Illuminance).....	11

2.1.3.5 กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law).....	12
2.1.3.6 ความสว่าง (Luminance).....	13
2.1.3.7 ความจ้า(Brightness).....	13
2.1.3.6 ความเปรียบต่าง (Contrast).....	13
2.1.3.7 ความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity).....	14
2.1.3.8 แสงบาดตา (Glare).....	14
2.2 ปัจจัยที่นำมาประเมินคุณภาพแสงภายในอาคาร.....	19
2.2.1 เกณฑ์ทางด้านแสงสว่าง (Illuminance).....	19
2.2.2 เกณฑ์ทางด้านแสงบาดตา (Discomfort Glare).....	21
2.2.3 ค่าความสม่ำเสมอของแสงสว่าง (Uniformity of Illumination).....	21
2.2.4 ความสว่างจ้าและความสว่าง (Luminance and Brightness).....	21
2.3 การศึกษาเกี่ยวกับแผงบังแดด.....	22
2.3.1 การศึกษาเกี่ยวกับการโคจรของดวงอาทิตย์.....	22
2.3.2 แสงธรรมชาติที่เข้าช่องเปิดทางด้านข้าง.....	24
2.3.2.1 แสงธรรมชาติที่เข้าทางช่องเปิดด้านข้างอาคาร.....	24
2.3.2.3 ขนาดของช่องเปิดทางด้านข้าง.....	25
2.3.2.4 การกำหนดทิศทางของช่องเปิด.....	26
2.3.3 การออกแบบแผงบังแดด.....	27
2.3.3.1 มุมต่างๆที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแผงบังแดด.....	27
2.3.3.2 รูปแบบของแผงบังแดด.....	29
2.4 การทบทวนวรรณกรรมต่างประเทศ.....	31
2.4.1 Dynamic Daylight Glare Evaluation โดย Jan Wienold ในปีค.ศ. 2009.....	31
2.5 โปรแกรม Radiance.....	32
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	
3.1 การกำหนดห้องมาตรฐาน.....	33
3.2 สรุปรูปแบบของแผงบังแดดที่ทำการศึกษา.....	36
3.2.1 สรุปรูปแบบคำถามวิจัยที่ 1.....	36

3.2.2	สรุปรูปแบบตามคำถามวิจัยที่ 2	38
3.2.3	สรุปรูปแบบตามคำถามวิจัยที่ 3	41
3.2.4	สรุปรูปแบบตามคำถามวิจัยที่ 4	43
3.3	การเก็บรวบรวมข้อมูล	44
3.3.1	การหาค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	44
3.3.2	การหาค่าความส่องสว่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	45
3.4	การวิเคราะห์ข้อมูล	46
บทที่ 4 ผลการวิจัย		
4.1	ผลการจำลองค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP)	51
4.1.1	ผลการจำลองค่า Daylight Glare Probability (DGP) ของห้องมาตรฐาน	51
4.1.2	ผลการจำลองค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) ตามคำถามวิจัยที่ 1	53
4.1.2.4	การเปรียบเทียบค่า DGP ระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดและห้องที่มีแผงบังแดด ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร	83
4.1.3	ผลการจำลองค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP)ตาม คำถามวิจัยที่ 2	92
4.1.4	ผลการจำลองค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) ตามคำถามวิจัยที่ 3	94
4.1.5	ผลการจำลองค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP)ตาม คำถามวิจัยที่ 4	99
4.2	ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง	103
4.2.1	ผลการจำลองค่าความส่องสว่างของห้องมาตรฐาน	103
4.2.1	ผลการจำลองตามคำถามวิจัยที่ 1	106
4.2.1.1	ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A (แผงบังแดดแนวนอน) ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร	106
4.2.1.2	ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B (แผงบังแดดแนวตั้ง 2 ซ้ำง) ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร	108

4.2.1.3 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C (แผงบังแดดแนวนอน และแนวตั้ง 1 ซ้ำ) ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร	110
4.2.1.4 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D (แผงบังแดดแนวนอน และแนวตั้ง 1 ซ้ำ) ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร	112
4.2.1.5 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E (แผงบังแดดแนวนอน และแนวตั้ง 2 ซ้ำ) ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร	114
4.2.1.6 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A (แผงบังแดดแนวนอน) ที่ มีระยะยื่น 1.00 เมตร	116
4.2.1.7 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B (แผงบังแดดแนวตั้ง 2 ซ้ำ) ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร	118
4.2.1.8 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C (แผงบังแดดแนวนอน และแนวตั้ง 1 ซ้ำ) ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร	120
4.2.1.9 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D (แผงบังแดดแนวนอน และแนวตั้ง 1 ซ้ำ) ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร	122
4.2.1.10 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E (แผงบังแดดแนวนอน และแนวตั้ง 2 ซ้ำ) ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร	124
4.2.1.6 การเปรียบเทียบกับค่าความส่องสว่างของห้องมาตรฐาน	126
4.2.2 ผลการจำลองตามคำถามวิจัยที่ 2	128
4.2.2.1 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดด แนวนอนที่มุม VSA องศาต่างๆ ทางทิศใต้ของวันที่ 21 ธันวาคม	128
4.2.3 ผลการจำลองตามคำถามวิจัยที่ 3	131
4.2.3.1 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดด แนวนอนที่มุม VSA 30 องศา ของ ช่องเปิดทางทิศใต้	131
4.2.3.2 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดด แนวนอนที่มุม VSA 40 องศา ของ ช่องเปิดทางทิศใต้	133
4.2.3.3 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดด แนวนอนที่มุม VSA 50 องศา ของ ช่องเปิดทางทิศใต้	135
4.2.4 ผลการจำลองตามคำถามวิจัยที่ 4	137

4.2.4.1 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความที่ร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก.....	137
4.2.4.2 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความที่ร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก.....	139
4.3 การวิเคราะห์เพื่อหาความเหมาะสมระหว่างค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) กับค่าความส่องสว่าง	141
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	144
5.2 การนำข้อมูลไปใช้สำหรับสถาปนิก.....	148
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	149
รายการอ้างอิง.....	151
ภาคผนวก.....	153
ภาคผนวก ก แสดงรายละเอียดขั้นตอนการจำลองโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	154
ภาคผนวก ข แสดงค่าความส่องสว่างที่ได้จากการจำลอง โดยโปรแกรม DIALux 4.8	157
ภาคผนวก ค ภาพที่ได้จากการจำลอง โดยโปรแกรม Radiance.....	176
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	193

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงสภาพท้องฟ้าลักษณะต่างๆ.....	9
ตารางที่ 2 แสดงระดับการวัดค่าของเกณฑ์ต่างๆ.....	19
ตารางที่ 3 แสดงค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย Illuminating Engineering Society of North America (IESNA)	20
ตารางที่ 4 แสดงค่าความสว่างมาตรฐานของ Illuminating Engineering Society of North America (IESNA)	20
ตารางที่ 5 แสดงระดับการรับรู้ ที่ช่วงค่า DGP ต่างๆ.....	21
ตารางที่ 6 แสดงรายละเอียดการจำลองห้องมาตรฐาน.....	35
ตารางที่ 7 แสดงรายละเอียดการจำลองตามค่าตามวิจัยที่ 1 ที่ระยะยื่น 0.50 เมตร.....	37
ตารางที่ 8 แสดงรายละเอียดการจำลองตามค่าตามวิจัยที่ 1 ที่ระยะยื่น 1.00 เมตร.....	38
ตารางที่ 9 แสดงการหาค่า HSA และ VSA ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่างๆในประเทศไทย.....	39
ตารางที่ 10 แสดงรายละเอียดการจำลองตามค่าตามวิจัยที่ 2.....	40
ตารางที่ 11 แสดงรายละเอียดการจำลองตามค่าตามวิจัยที่ 3.....	41
ตารางที่ 12 แสดงรายละเอียดการจำลองตามค่าตามวิจัยที่ 4.....	43
ตารางที่ 13 ตัวอย่างตารางการแสดงผลค่า DGP.....	47
ตารางที่ 14 ตัวอย่างข้อมูลที่แสดงในภาคผนวก ข.....	48
ตารางที่ 15 ตัวอย่างตารางการแสดงผลค่าความส่องสว่าง.....	49
ตารางที่ 16 แสดงผลการจำลองค่า DGP กรณีห้องมาตรฐาน.....	51
ตารางที่ 17 แสดงรูปแบบแผงบังแดดต่างๆที่ระยะยื่น 0.50 เมตร.....	53
ตารางที่ 18 แสดงรูปแบบแผงบังแดดต่างๆที่ระยะยื่น 1.00 เมตร.....	53
ตารางที่ 19 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ A.....	54
ตารางที่ 20 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ B.....	56
ตารางที่ 21 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ C.....	58
ตารางที่ 22 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ D.....	60
ตารางที่ 23 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ E.....	62
ตารางที่ 24 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ A.....	64
ตารางที่ 25 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ B.....	66
ตารางที่ 26 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ C.....	68
ตารางที่ 27 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ D.....	70
ตารางที่ 28 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ E.....	72
ตารางที่ 29 แสดงผลการจำลองค่า DGP เฉลี่ย กรณีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A B C D และ E ยื่น 0.50 เมตร	74

ตารางที่ 30 แสดงผลการจำลองค่า DGP เฉลี่ยตลอดทั้งปี แยกตามทิศ.....	74
ตารางที่ 31 แสดงผลการจำลองค่า DGP เฉลี่ย กรณีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A B C D และ E ยื่น 1.00 เมตร	83
ตารางที่ 32 แสดงผลการจำลองค่า DGP เฉลี่ยตลอดทั้งปี แยกตามทิศ.....	83
ตารางที่ 33 แสดงรูปแบบแผงบังแดดแนวอนที่มีมุม Vertical Shadow Angle (VSA) ที่ต่างกัน	92
ตารางที่ 34 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของหน้าต่างทางด้านทิศใต้ ในวันที่ 21 ธันวาคม ตั้งแต่เวลา 8.00 – 16.00 น.	92
ตารางที่ 35 แสดงผลการจำลองค่า DGP เฉลี่ย ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับห้องที่ไม่มีแผงบังแดด (Base case)	93
ตารางที่ 36 แสดงรูปแบบการเก็บข้อมูลของแผงบังแดดของหน้าต่างทางด้านทิศใต้ ในวันที่ 21 ธันวาคม	94
ตารางที่ 37 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของหน้าต่างทางด้านทิศใต้ ในวันที่ 21 ธันวาคม ตั้งแต่เวลา 8.00 – 16.00 น.	95
ตารางที่ 38 แสดงค่า DGP เฉลี่ย พร้อมค่า DGP ที่ลดลงเมื่อเทียบกับการใช้แผงบังแดด 1 อัน ในวันที่ 21 ธันวาคม ทางช่องเปิดทิศใต้	98
ตารางที่ 39 แสดงค่า DGP ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับห้องมาตรฐาน ในวันที่ 21 ธันวาคม ทางช่องเปิดทิศใต้.....	98
ตารางที่ 40 แสดงรูปแบบการเก็บข้อมูลของแผงบังแดด.....	99
ตารางที่ 41 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของหน้าต่างทางด้านทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ในวันที่ 21 ธันวาคม ตั้งแต่เวลา 8.00 – 16.00 น.....	100
ตารางที่ 42 แสดงค่า DGP เฉลี่ย พร้อมค่า DGP ที่ลดลงเมื่อเทียบกับห้องมาตรฐาน	101
ตารางที่ 43 แสดงข้อมูลของความส่องสว่างของห้องมาตรฐานทางทิศเหนือ	103
ตารางที่ 44 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องมาตรฐานทางทิศเหนือ	104
ตารางที่ 45 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องมาตรฐานทางทิศใต้	104
ตารางที่ 46 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องมาตรฐานทางทิศตะวันออก.....	104
ตารางที่ 47 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องมาตรฐานทางทิศตะวันตก.....	104
ตารางที่ 48 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทางทิศเหนือ	106
ตารางที่ 49 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทางทิศใต้	106
ตารางที่ 50 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทางทิศตะวันออก	106
ตารางที่ 51 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทางทิศตะวันตก	106
ตารางที่ 52 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทางทิศเหนือ	108
ตารางที่ 53 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทางทิศใต้	108
ตารางที่ 54 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทางทิศตะวันออก.....	108
ตารางที่ 55 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทางทิศตะวันตก.....	108
ตารางที่ 56 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทางทิศเหนือ	110

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง	6
ภาพที่ 2 แสดงการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงา.....	6
ภาพที่ 3 แสดงการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงาบางส่วนหรือแบบมีทิศทางบางส่วน	7
ภาพที่ 4 แสดงการสะท้อนแบบกระจายอย่างสมบูรณ์.....	7
ภาพที่ 5 แสดงการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย.....	8
ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงสว่างธรรมชาติกับร้อยละของพื้นที่ในประเทศไทย.....	10
ภาพที่ 7 แสดงมุมตัน (Solid Angle: ω)	11
ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยวัดแสงสว่าง ในรูปของฟุตแคนเดิลและลักซ์	12
ภาพที่ 9 แสดงการกระจายของฟลักซ์ที่ลดลง ตามกฎกำลังสองผกผัน	13
ภาพที่ 10 แสดงความแตกต่างระหว่างการส่องสว่างกับความจ้า	13
ภาพที่ 11 แสดงการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์.....	23
ภาพที่ 12 แสดงตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ตำแหน่งละติจูดที่ 14 องศาเหนือ	23
ภาพที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณค่าความส่องสว่างภายในจากช่องเปิดที่ระดับต่างๆ.....	25
ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ของแสงกับความกว้างของช่องเปิด	26
ภาพที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของห้องและความสูงของช่องเปิด	26
ภาพที่ 16 แสดงมุมเบี่ยง (Azimuth) และมุมกระทำ (Altitude Angle).....	27
ภาพที่ 17 แสดงมุม Horizontal Shadow Angle (HSA).....	28
ภาพที่ 18 แสดงการหามุม Vertical Shadow Angle	28
ภาพที่ 19 แสดงมุม Vertical Shadow Angle (VSA).....	28
ภาพที่ 20 แสดงระยะต่างๆที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแผงบังแดด.....	29
ภาพที่ 21 แสดงมุม Horizontal Shadow Angle (HSA) และ Vertical Shadow Angle (VSA).....	29
ภาพที่ 22 แสดงมุม Shading Mask ในลักษณะต่างๆ.....	30
ภาพที่ 23 แสดงตัวอย่างแผงบังแดดภายนอกอาคาร	30
ภาพที่ 24 รูปแบบแผงบังแดดรูปแบบระแนงที่ความถี่ต่างๆ	31
ภาพที่ 25 แสดงตัวอย่างภาพที่ได้จากการจำลองจากโปรแกรม Radiance.....	31
ภาพที่ 26 ภาพ Image และ False Color จากการทำจำลองโปรแกรม Radiance.....	32
ภาพที่ 28 แสดงผังพื้นของห้อง พร้อมตำแหน่งที่ใช้เก็บภาพ	34
ภาพที่ 29 แสดงรูปตัดห้อง พร้อมตำแหน่งที่ใช้เก็บภาพ.....	Error! Bookmark not defined.
ภาพที่ 30 แสดงขนาดห้องมาตรฐาน	35
ภาพที่ 31 แสดงรูปแบบหลักของอุปกรณ์บังแดดที่ใช้ในการจำลอง	36
ภาพที่ 32 แสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์	44
ภาพที่ 33 แสดงตัวอย่างภาพที่ได้จากการจำลองใน Radiance.....	44

ภาพที่ 34 แสดงตำแหน่ง Calculation Grid ที่ 1 และ 245

ภาพที่ 35 แสดงตำแหน่งที่วัดความส่องสว่างบนโต๊ะ.....45

ภาพที่ 36 แสดงตำแหน่งที่วัดความส่องสว่างภายในห้อง46

ภาพที่ 37 แสดงความแตกต่างของความสว่างที่เกิดขึ้น ระหว่างห้องที่ไม่ใช้แผงบังแดด และห้องที่ใช้แผงบังแดด
.....144



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 46 แสดงค่า DGP ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดดเปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ D (ยื่น 1.00 ม.)	87
.....	87
แผนภูมิที่ 47 แสดงค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ D (ยื่น 1.00 ม.)	87
.....	88
แผนภูมิที่ 48 แสดงค่า DGP ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ E (ยื่น 1.00 ม.)	88
.....	88
แผนภูมิที่ 49 แสดงค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ E (ยื่น 1.00 ม.)	88
.....	89
แผนภูมิที่ 50 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP เฉลี่ย กรณี A B C D และ E ในวันที่ 21 มิถุนายน	89
.....	89
แผนภูมิที่ 51 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP เฉลี่ย กรณี A B C D และ E ในวันที่ 21 มีนาคม	89
.....	90
แผนภูมิที่ 52 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP เฉลี่ย กรณี A B C D และ E ในวันที่ 21 ธันวาคม	90
.....	91
แผนภูมิที่ 53 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี กรณี A B C D และ E	91
.....	93
แผนภูมิที่ 54 แสดงผลของ DGP เฉลี่ยที่เกิดขึ้น ที่มุม VSA ต่างๆ	93
.....	96
แผนภูมิที่ 55 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดจำนวน 1 อัน 2 อัน และ 3 อัน ที่ VSA 30 องศา	96
.....	96
แผนภูมิที่ 56 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดจำนวน 1 อัน 2 อัน และ 3 อัน ที่ VSA 40 องศา	96
.....	97
แผนภูมิที่ 57 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดจำนวน 1 อัน 2 อัน และ 3 อัน ที่ VSA 50 องศา	97
.....	97
แผนภูมิที่ 58 แสดงค่า DGP เฉลี่ย ที่ VSA 30 40 และ 50 องศา	97
.....	100
แผนภูมิที่ 59 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของการใช้ระแนง ทางทิศตะวันออก	100
.....	101
แผนภูมิที่ 60 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของการใช้ระแนง ทางทิศตะวันตก	101
.....	105
แผนภูมิที่ 61 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องมาตรฐาน	105
.....	105
แผนภูมิที่ 62 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องมาตรฐาน	105
.....	107
แผนภูมิที่ 63 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A	107
.....	107
แผนภูมิที่ 64 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A	107
.....	109
แผนภูมิที่ 65 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B	109
.....	109
แผนภูมิที่ 66 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B	109
.....	111
แผนภูมิที่ 67 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C	111
.....	111
แผนภูมิที่ 68 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C	111
.....	113
แผนภูมิที่ 69 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D	113
.....	113
แผนภูมิที่ 70 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D	113
.....	115
แผนภูมิที่ 71 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E	115

แผนภูมิที่ 96 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความที่ร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก 138

แผนภูมิที่ 97 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงาน ภายในห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความที่ร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก..... 138

แผนภูมิที่ 98 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความที่ร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก 140

แผนภูมิที่ 99 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงาน ภายในห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความที่ร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก..... 140



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน ปัญหาสิ่งแวดล้อมและพลังงานเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสภาพความเป็นอยู่ของมนุษย์ และจะส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังคนรุ่นต่อไป หากมีการใช้ทรัพยากรอย่างฟุ่มเฟือย โดยเฉพาะทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป การใช้พลังงานทดแทนและพลังงานจากธรรมชาติจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เข้ามามีบทบาทและมีส่วนช่วยในด้านการใช้พลังงาน เช่น พลังงานจากลม พลังงานจากน้ำ พลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นต้น

ในการออกแบบอาคารได้มีการนำแสงธรรมชาติมาใช้ โดยในอดีตนั้นได้มีการให้ความสำคัญต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร เนื่องจากแสงสามารถให้ความสว่างที่จำเป็นต่อการทำกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการพัฒนาแสงประดิษฐ์ขึ้น การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารก็ได้ออกแบบมาอย่างเหมาะสม จนเมื่อเกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน คนส่วนใหญ่เริ่มตระหนักถึงการให้พลังงานอย่างคุ้มค่า จึงได้มีการพิจารณาถึงการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งการนำแสงธรรมชาติเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในอาคารจึงได้ออกแบบกลับมาพิจารณาในขั้นตอนการออกแบบอีกครั้งด้วยเช่นกัน

ในประเทศไทยนั้นมีศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติค่อนข้างสูง ซึ่งการนำแสงเข้ามาภายในอาคารมากเกินไปจะทำให้เกิดการนำความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่ภายในอาคาร ส่งผลให้เป็นภาระในการทำความเย็นในการปรับอากาศให้แก่อาคารมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นต้นเหตุทำให้เกิดความไม่สบายตาจากแสงบาดตา (Velds, 1999) การเกิดภาวะแสงบาดตาที่ทำให้ไม่สบาย (Discomfort Glare) สามารถส่งผลกระทบต่อคุณภาพการใช้ชีวิตภายในอาคาร โดยเฉพาะในอาคารที่เป็นพื้นที่ทำงาน อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคาร เช่น เป็นสาเหตุให้มีอาการปวดหัว สายตาเมื่อยล้า และทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง

อุปกรณ์บังแดดทั้งภายนอกและภายในอาคารได้นำมาใช้เพื่อบังแสงแดดที่ไม่พึงประสงค์เข้าสู่อาคาร และเป็นการลดความสว่างของหน้าต่างเพื่อควบคุมการเกิดแสงบาดตาด้วย โดยอุปกรณ์เหล่านี้สามารถลดปริมาณแสงโดยรวมที่เข้าสู่ในอาคารลงได้ในปริมาณมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณพลังงานที่จะสามารถประหยัดลงไปได้ แต่การใช้อุปกรณ์บังแดดที่ทึบมากเกินไปอาจเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้แสงประดิษฐ์ภายในอาคารเนื่องจากปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคารมีปริมาณที่ไม่พอเพียงต่อการใช้งาน จึงต้องเปิดไฟเพิ่มการใช้อุปกรณ์บังแดดภายในอาคารมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร เนื่องจากการใช้การใช้อุปกรณ์บังแดดภายในอาคาร ทำให้เกิดการสะสมพลังงานความร้อนในอาคารมากขึ้น จากการเปลี่ยนรูปของแสงเป็นคลื่นยาวหลังจากแสงผ่านกระจกเข้ามา ดังนั้นการเลือกใช้ อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร จึงมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า ซึ่งจะเห็นได้ว่าการออกแบบแผงบังแดดที่เหมาะสมสามารถส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคารได้เป็นอย่างมาก เพราะนอกจากจะช่วยประหยัดพลังงานงานให้แก่อาคารแล้ว อีกทั้งยังเป็นการสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีให้กับผู้ใช้อาคารได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังนี้

- 1.2.1 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารในด้านแสงบาดตาและปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายในอาคาร
- 1.2.2 เพื่อเสนอแนะแนวทางการใช้รูปแบบแผงบังแดดในทิศทางต่างๆ
- 1.2.3 เพื่อสร้างตารางสรุปรูปแบบแผงบังแดดที่เหมาะสมกับทิศทางต่างๆ เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้ได้โดยง่าย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีขอบเขตของการศึกษา ดังนี้

- 1.3.1 กำหนดให้อาคารที่จะศึกษาเป็นอาคารประเภทอาคารสำนักงานที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานครซึ่งตั้งอยู่ในเขตละติจูดที่ 14° องศาเหนือ
- 1.3.2 ห้องที่ใช้พิจารณาเป็นห้องสำนักงานขนาดเล็ก (3.65 เมตร x 4.60 เมตร สูง 3.00 เมตร) ที่มีขนาดช่องเปิด 1.50 เมตร กำหนดให้สูงจากพื้น 0.70 เมตร
- 1.3.3 สภาพท้องฟ้าที่ทำการศึกษามีลักษณะเป็นท้องฟ้าแบบโปร่ง (Clear Sky) โดยเวลาที่ทำการทดสอบนั้นบันทึกข้อมูลในหลายๆช่วงเวลา เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของปริมาณแสงที่เข้าสู่ภายในห้อง ในที่นี้กำหนดให้วัดค่าทุกๆ 2 ชั่วโมง ในระหว่างช่วงเวลาทำงาน 8.00 - 16.00 น. ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้เป็น 5 เวลา ดังนี้ 8.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. และ 16.00 น.
- 1.3.4 พิจารณาช่องเปิดที่หันหน้าไปทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก และพิจารณารูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับแต่ละทิศทาง โดยพิจารณาจากเกณฑ์
 - 1) ความสว่างที่พอเพียง ณ ตำแหน่งพื้นที่ใช้งาน (Working Plane)
 - 2) แสงบาดตาที่เกิดขึ้นในตำแหน่งสายตาระยะนั่งทำงาน
- 1.3.5 งานวิจัยชิ้นนี้ไม่พิจารณาเรื่องความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ค่าการส่องสว่าง (Illuminance) คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบน 1 หน่วยพื้นที่ใดๆ มีหน่วยเป็น ลักซ์ (lux) หรือ ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) โดยในการวิจัยนี้จะทำการวัดค่าการส่องสว่างทั้ง 3 ชนิด คือ ค่าการส่องสว่างสูงสุด (E_{max}), ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}), ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{av}) มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux)

ค่าดัชนีแสงบาดตา (Glare Index) คือ ค่าที่ใช้ในการประเมินความพอใจของผู้ใช้อาคารที่เกี่ยวข้องกับความสบายทางสายตา (Visual Comfort) โดยในการวิจัยนี้จะใช้ดัชนี Daylight Glare Probability (DGP) เป็นดัชนีชี้วัด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้มีประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ดังนี้

- 1.5.1 เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารในด้านแสงบาดตาและปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายในอาคาร
- 1.5.2 ทราบถึงแนวทางการใช้รูปแบบแผงบังแดดในทิศทางต่างๆ
- 1.5.3 สามารถนำไปเป็นแนวทางการออกแบบสำหรับอาคารสำนักงาน และอาคารที่มีการใช้งานลักษณะใกล้เคียงกัน

1.6 คำถามในการวิจัย

ในงานวิจัยชิ้นนี้ แบ่งคำถามในการวิจัยออก เป็น 4 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

- คำถามวิจัยที่ 1 : แผงบังแดดรูปแบบต่างๆนั้น ส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) หรือไม่อย่างไร
- คำถามวิจัยที่ 2 : แผงบังแดดแนวอนที่มีระยะยื่นต่างกัน จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) หรือไม่อย่างไร
- คำถามวิจัยที่ 3 : จำนวนแผงบังแดดแนวอนที่เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) หรือไม่อย่างไร
- คำถามวิจัยที่ 4 : ระแนงที่มีความทึบที่ต่างกัน จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) หรือไม่อย่างไร

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีระเบียบวิธีการศึกษา ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักดังนี้

ส่วนที่ 1 การทบทวนวรรณกรรม เพื่อศึกษาลักษณะของแสงบาดตาจากธรรมชาติ (Daylight Glare) โดย การจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยขึ้นแบบจำลองในโปรแกรม Ecotect 5.6 แล้วจำลองสถานการณ์ออกมาเป็นภาพในช่วงเวลาที่ต้องการเก็บข้อมูล แล้วนำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ค่าแสงบาดตาโดยใช้โปรแกรม Evalglare ซึ่งสามารถหาค่าดัชนีต่างๆได้ดังนี้

DGP - Daylight Glare Probability

DGI - Daylight Glare Index

UGR - Unified Glare Rating

VCP - Visual Comfort Probability

CGI - CIE Glare Index

ซึ่งในการศึกษาค้นครั้งนี้จะใช้ค่า DGP - Daylight Glare Probability ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้วัดแสงบาดตาที่เกิดจากจำนวนคนที่ได้รับผลกระทบจากแสงบาดตา

ส่วนที่ 2 ในส่วนนี้จะเป็นการทบทวนเกณฑ์ในการออกแบบระบบแสงสว่างในอาคารสำนักงานที่มีอยู่ อาทิ เกณฑ์และมาตรฐานจากหน่วยงานนานาชาติ

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วน ดังนี้

1) ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) ที่เกิดขึ้น

2) ความส่องสว่าง (Illuminance) ที่เกิดขึ้น

โดยข้อมูลในแต่ละส่วนจะถูกวิเคราะห์ตามคำถามวิจัยที่ได้ตั้งขึ้นไว้เป็นลำดับ

ส่วนที่ 4 การสรุปผลงานวิจัย

ในการสรุปผลงานวิจัย จะสรุปตามคำถามวิจัยที่ได้ตั้งขึ้นไว้ โดย

1) ประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารในด้านค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) และปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายในอาคาร

2) เสนอแนวทางการใช้รูปแบบแผงบังแดดในทิศทางต่างๆ

3) สร้างตารางสรุปรูปแบบแผงบังแดดที่เหมาะสมกับทิศทางต่างๆเพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้โดยสะดวก



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การศึกษาทฤษฎีของแสงสว่างและการมองเห็นของมนุษย์ แหล่งกำเนิดของแสง ลักษณะของแสงจากธรรมชาติ โดยศึกษาในเรื่องเกี่ยวกับแสงบาดตาเป็นหลัก

ส่วนที่ 2 การศึกษาปัจจัยที่นำมาใช้วิเคราะห์คุณภาพแสง โดยศึกษาเกณฑ์ มาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่างจากองค์กรต่างๆ โดยศึกษาเฉพาะการใช้งานภายในอาคารสำนักงานเท่านั้น

ส่วนที่ 3 การศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์บังคับ แสง ศึกษาการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ การออกแบบแผงบังแดดรวมถึงรูปแบบแผงบังแดดในปัจจุบัน

ส่วนที่ 4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ 5 การศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

โดยข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยทั้งหมดนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่จะทำให้ทราบถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา, วัตถุประสงค์ของการวิจัย, ขอบเขตของการวิจัย และการกำหนดตัวแปรในการวิจัย

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความส่องสว่างและการมองเห็นของมนุษย์

2.1.1 คุณสมบัติและพฤติกรรมของแสง

2.1.1.1 คุณสมบัติของแสง

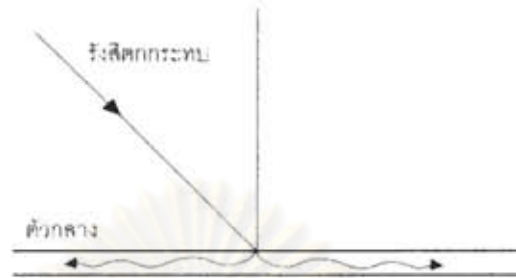
แสงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอยู่ในรูปของคลื่น ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 380-760 นาโนเมตร ซึ่งประกอบด้วย Spectrum หลายสีอันเกิดจากความถี่และความยาวคลื่นของการแผ่รังสีที่แตกต่างกัน ซึ่งพลังงานดังกล่าวจะช่วยให้เกิดการมองเห็น

2.1.1.2 พฤติกรรมของแสง

แสงจะมีพฤติกรรมที่ต่างกันออกไปเมื่อผ่านตัวกลางชนิดต่างๆ เช่นเดียวกับแสงจากดวงอาทิตย์เมื่อส่องผ่านอนุภาคชั้นบรรยากาศของโลกก็จะเกิดการหักเห และสะท้อนก่อนที่จะส่องลงมายังผิวโลก โดยแสงสามารถแสดงพฤติกรรมได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1) การดูดกลืน (Absorption)

การดูดกลืนเป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลางและเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงาน และเมื่อมีการดูดกลืนพลังงานแสงเข้าไปในวัตถุใดๆ จะเกิดการเปลี่ยนรูปพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน ดังภาพที่ 1



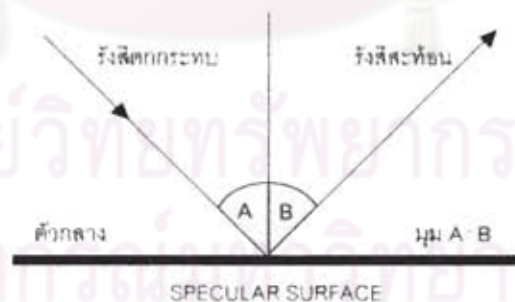
ภาพที่ 1 แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง

2) การสะท้อน (Reflection)

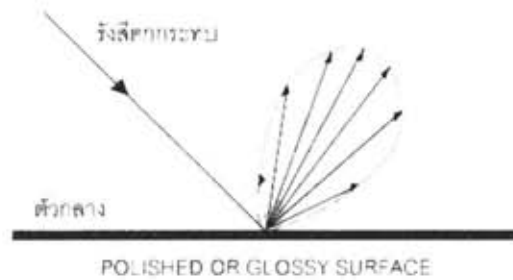
การสะท้อนเป็นพฤติกรรมของแสงที่ตกกระทบบนตัวกลางแล้วสะท้อนกลับออกมาโดยที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้น ไม่เปลี่ยนแปลง ลักษณะของการสะท้อนอาจแบ่งได้ 3 แบบดังนี้

2.1) การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (Specular Reflection)

การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงาเกิดขึ้น เมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่เป็นวัสดุทึบแสง (Opaque Material) มีลักษณะเป็นผิวเรียบมันวาว (Polished Surface) การสะท้อนจะมีมุมของแสงที่ตกกระทบเท่ากับมุมของแสงที่สะท้อน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงา



ภาพที่ 3 แสดงการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงาบางส่วนหรือแบบมีทิศทางบางส่วน

2.2) การสะท้อนแบบกระจายอย่างสมบูรณ์ (Diffuse Reflection)

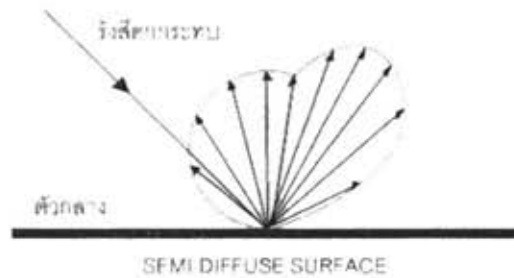
การสะท้อนแบบกระจายเกิดขึ้น เมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่มีผิวหยาบแสงจะสะท้อนออกไปในหลายๆทิศทาง ซึ่งส่วนมากมุมของแสงสะท้อนที่กระจายออกไปนั้นจะไม่เท่ากับมุมของแสงที่ตกกระทบ หากผิววัตถุมีลักษณะหยาบอย่างสมบูรณ์คือ หยาบทั่วกันทั้งผิว (Perfectly Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้จะมีลักษณะเป็นการกระจายแสงสมบูรณ์ (Perfectly Diffuse Reflection) เป็นการสะท้อนแสงที่ให้ความสว่างเท่าๆกันในทุกมุมสะท้อน ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงการสะท้อนแบบกระจายอย่างสมบูรณ์

2.3) การสะท้อนแบบกระจัดกระจาย (Semi Diffuse Reflection)

แต่ถ้าหากผิววัตถุไม่เรียบอย่างสม่ำเสมอ (Semi Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะเป็นการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย (Semi Diffuse Reflection) โดยทั่วไปแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ มักจะมีลักษณะผสมผสานกันระหว่างการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา และการสะท้อนแบบกระจาย ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย

3) การส่องผ่าน (Transmission)

การส่องผ่านเป็นเกิดขึ้น เมื่อแสงตกกระทบบนด้านหนึ่งของตัวกลาง แล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่ง หากไม่พิจารณาคุณสมบัติหรือลักษณะของตัวกลางที่แสงผ่านแล้ว มุมของแสงที่ตกกระทบบจะเท่ากับมุมของแสงที่ทะลุผ่าน และแสงที่ผ่านออกมานั้น จะยังมีปริมาณคงเดิม การส่องผ่านของแสงสามารถจำแนกได้ตามลักษณะของตัวกลางดังนี้

3.1) ตัวกลางโปร่งใส (Transparent Medium)

การส่องผ่านลักษณะนี้แสงจะเกิดการหักเห (Refraction) หรือเปลี่ยนทิศทาง (Bent) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลาง และทะลุผ่านในลักษณะเดิมของลำแสงที่ตกกระทบบ โดยยังสามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน เช่น กระจกใส เป็นต้น

3.2) ตัวกลางโปร่งแสง (Translucent Medium)

การส่องผ่านของแสงลักษณะนี้แสงที่ส่องผ่านจะเกิดการกระจาย (Diffuse Transmission) โดยไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน เช่น กระจกฝ้า เป็นต้น

เมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่แสงส่องผ่านได้ แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับและส่วนที่เหลือจะทะลุผ่านตัวกลาง หมายความว่า ปริมาณของแสงที่ตกกระทบบจะเท่ากับปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนและปริมาณแสงที่สะท้อนกลับ รวมกับปริมาณแสงที่ทะลุผ่านเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Absorptance} + \text{Reflectance} + \text{Transmittance} = 1$$

..... (1)

2.1.2 ดวงอาทิตย์และสภาพท้องฟ้า

2.1.2.1 แสงจากดวงอาทิตย์ (Sunlight)

แสงจากดวงอาทิตย์ตรงหรือแสงแดด คือแสงดวงอาทิตย์ที่ผ่านมายังผิวโลกโดยไม่มี การเปลี่ยนทิศทางและการกระเจิงในชั้นบรรยากาศ แสงแดดมีความเข้มแสงสูงมาก จึงไม่ควรนำแสงแดด มาให้แสงสว่างโดยตรงเพราะถ้าไม่มีการควบคุมการให้แสงสว่างที่ถูกต้องจะทำให้เกิดปัญหาของแสง บาดตาได้

2.1.2.2 สภาพท้องฟ้า

สภาพท้องฟ้า สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

2.1.2.2.1 สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก (Overcast Sky)

ในสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมากนั้น จะไม่สามารถมองเห็นตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้ชัดเจนอันเนื่องมาจากความหนาแน่นของเมฆ ลักษณะแสงที่เกิดขึ้นเป็นแสงกระจาย และแสงที่เกิดขึ้นค่อนข้างเท่ากันทั้ง โดยบริเวณยอดโดมจะมีความสว่างมากกว่าบริเวณฐานโดมประมาณ 3 เท่า

2.1.2.2.2 สภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky)

ความสว่างจากสภาพท้องฟ้าแบบโปร่งนั้น มีค่าแปรเปลี่ยนไปตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ ลักษณะแสงที่เกิดขึ้นจะตรงข้ามกับแสงในสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆมาก คือบริเวณฐานโดมจะมีความสว่างมากกว่าบริเวณยอดโดมประมาณ 3 เท่า

2.1.2.2.3 สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)

เป็นสภาพท้องฟ้าโดยทั่วไปที่พบเห็น ซึ่งที่ค่าที่แปรเปลี่ยนตลอดเวลา ซึ่งท้องฟ้าในลักษณะนี้อาจมีแสงมาก หากเกิดแสงตรงจากดวงอาทิตย์และแสงสะท้อนจากเมฆพร้อมๆกัน

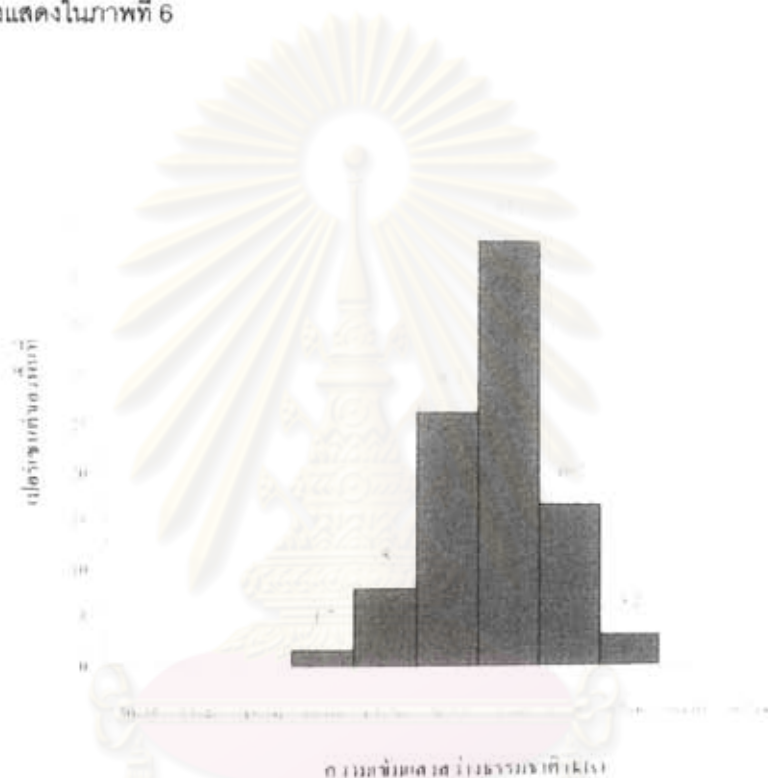
ตารางที่ 1 แสดงสภาพท้องฟ้าลักษณะต่างๆ

สภาพท้องฟ้า	
	สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก (Overcast Sky)
	สภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky)
	สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)

ที่มา G.Z. Brown and Mark DeKay. 2000. Sun, Wind & Light. Architectural Design Strategies. 2nd ed.

United States of America : John Wiley & Sons, หน้า 27

จากการศึกษาข้อมูลแสงสว่างธรรมชาติในประเทศไทย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547: v) พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ได้รับแสงสว่างธรรมชาติสูงสุดในเดือนเมษายน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 80-100 klx ซึ่งหากสามารถนำแสงมาใช้เพียง 1% ก็เพียงพอต่อการใช้แสงเพื่อทำกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร เมื่อพิจารณาจากแผนที่รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อปีพบว่า 44.1% ของพื้นที่ของประเทศได้รับแสงสว่างธรรมชาติในช่วง 75-80 klx โดยบริเวณที่มีค่าความเข้มแสงสว่างสูงสุดที่ตอนกลางของภาคกลางและภาคใต้ตอนล่าง สำหรับบริเวณภูเขาในภาคเหนือซึ่งคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 1.7% ของพื้นที่ของประเทศได้รับแสงสว่างค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 50-65 klx ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติค่อนข้างสูง ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงสว่างธรรมชาติดังกับร้อยละของพื้นที่ในประเทศไทย ที่มา : กระทรวงพลังงาน 2547. แผนที่และฐานข้อมูลศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย. กรุงเทพฯ : จีรังซ์, หน้า 98

2.1.3 ทฤษฎีและศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับความส่องสว่าง

2.1.3.1 ปริมาณแสง (Luminous Flux)

คือรังสีหรือกำลังของแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง ใน 1 หน่วยเวลา เป็นการบอกค่าพลังงาน หรือกำลังงานของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง ในรูปแบบของเส้นแรงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด มีหน่วยเป็น ลูเมน (Lumen, lm)

2.1.3.2 มุมตัน (Solid Angle: ω)

หมายถึงมุมยอดที่ถูกรองรับด้วยพื้นผิวใดๆ มีหน่วยเป็นสเตอเรเดียน (Steradian) ใช้ อักษรย่อ Sr และสามารถหาค่าได้จากสมการที่ 2

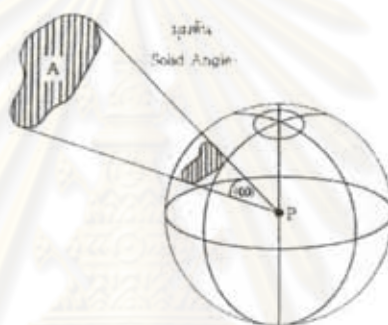
$$\omega = \frac{A}{r^2} \quad \dots (2)$$

เมื่อ

ω = มุมตัน

A = พื้นที่ที่รองรับมุม

r = รัศมี หรือระยะทางจากจุดยอดมุมถึงพื้นที่ที่รองรับมุม



ภาพที่ 7 แสดงมุมตัน (Solid Angle: ω)

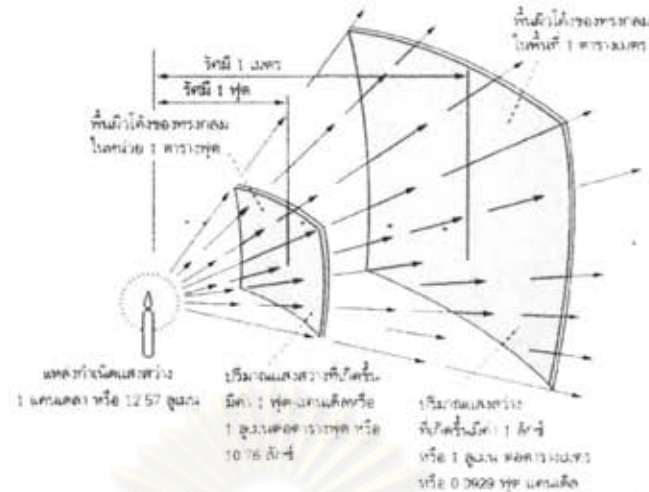
ที่มา : ชาญศักดิ์ อภัยนิพัทธ์, เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง (ฉบับปรับปรุง), พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545, 141.

2.1.3.3 ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity)

ความเข้มแห่งการส่องสว่าง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากำลังส่องสว่าง (Candle Power) เป็นค่าปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในมุมตันใดๆ ในทิศทางหนึ่งทิศทางใด ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความมากน้อยของปริมาณแสงในทิศทางต่างๆของแหล่งกำเนิดแสงมีหน่วยเป็นลูเมนต่อสเตอเรเดียน (Lumen per Steradian) หรือ แคนเดลลา (Candela)

2.1.3.4 ความส่องสว่าง (Illuminance)

หมายถึงปริมาณแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่หน่วยใดๆ มีหน่วยเป็นลูเมนต่อหน่วยพื้นที่ หากทรงกลมสมมติมีรัศมี 1 ฟุต ปริมาณแสง 1 ลูเมนที่ตกกระทบพื้นผิวทรงกลมในพื้นที่ 1 ตารางฟุต ความส่องสว่างจะมีค่า 1 ลูเมนต่อตารางฟุต หรือ 1 ฟุตแคนเดิล แต่หากทรงกลมสมมติมีรัศมี 1 เมตร ปริมาณแสง 1 ลูเมนที่ตกกระทบพื้นผิวทรงกลมในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ความส่องสว่างจะมีค่า 1 ลักซ์ โดยความส่องสว่าง 1 ฟุตแคนเดิล เท่ากับ 10.76 ลักซ์



ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยวัดแสงสว่าง ในรูปของฟุตแคนเดิลและลักซ์

ที่มา : ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์, เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง (ฉบับปรับปรุง), พิมพ์ครั้งที่ 4 (กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545, 8.

2.1.3.5 กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law)

เป็นกฎที่อธิบายว่า ปริมาณแห่งการส่องสว่างบนพื้นผิวใดๆ จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง และแปรผกผันกับค่าระยะทางยกกำลังสองระหว่างพื้นผิวนั้นกับแหล่งกำเนิดแสง ดังสมการที่ 3

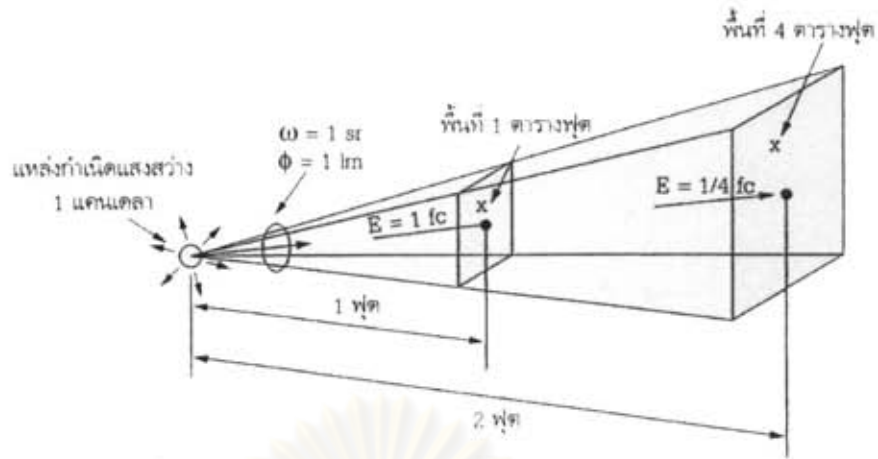
$$E = \frac{I}{d^2} \quad \dots (3)$$

เมื่อ

E คือ ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นบนพื้นงาน

I คือ ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิด ในทิศทางที่พุ่งไปหาจุดที่พิจารณาบนพื้นงาน

d คือ ระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับจุดที่ต้องการคำนวณหาค่าปริมาณแห่งการส่องสว่าง



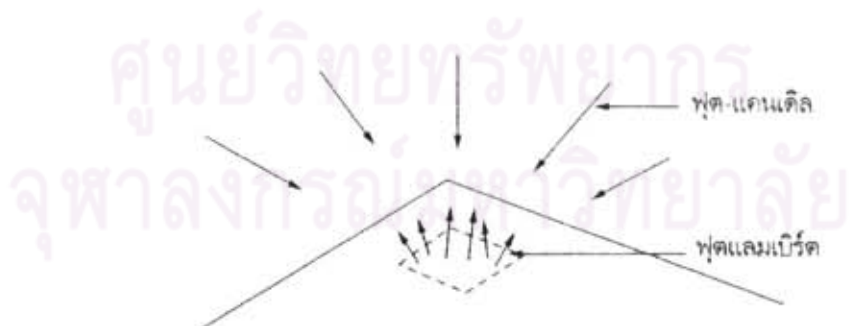
ภาพที่ 9 แสดงการกระจายของฟลักซ์ที่ลดลง ตามกฎกำลังสองผกผัน
ที่มา : ชาญศักดิ์ อภัยนิพัทธ์, เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง (ฉบับปรับปรุง), 15.

2.1.3.6 ความสว่าง (Luminance)

ความสว่างที่สะท้อนหรือส่องผ่านออกมาจากวัตถุ ซึ่งสามารถทำให้มองเห็นวัตถุได้ โดยวัตถุนั้นจะมีคุณสมบัติเป็นแหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m²) หรือ แคนเดลาต่อตารางฟุต (Foot-Lambert) ปริมาณแสงที่เท่ากันเมื่อตกกระทบลงมาบนวัตถุที่มีสีต่างกัน จะมีปริมาณแสงสะท้อนกลับที่ต่างกัน คือความสว่างต่างกัน สาเหตุที่ต่างกันเนื่องมาจากการที่วัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุที่ต่างกัน

2.1.3.7 ความจ้า(Brightness)

เมื่อแสงตกกระทบวัตถุใดๆ แสงบางส่วนจะถูกดูดกลืนและบางส่วนที่เหลือจะสะท้อนออกมา ถ้าแสงที่สะท้อนออกมามีปริมาณมากก็อาจกล่าวได้ว่ามีความจ้ามาก เราวัดความจ้าของวัตถุใดๆด้วยปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาต่อพื้นที่หนึ่งตารางหน่วย มีหน่วยเป็นฟุตแลมเบิร์ต (Foot-Lambert) ซึ่งก็คือค่าที่สายตาคนเราเห็น ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงความแตกต่างระหว่างการส่องสว่างกับความจ้า
ที่มา : ชาญศักดิ์ อภัยนิพัทธ์, เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง (ฉบับปรับปรุง), 16.

2.1.3.6 ความเปรียบต่าง (Contrast)

คือความแตกต่างระหว่างค่า-ขาวระหว่างวัตถุกับสิ่งต่างๆที่อยู่รอบตัวมัน ยิ่งมีความแตกต่างมาก จะยิ่งทำให้การมองเห็นง่ายขึ้น ในขณะที่ความต้องการปริมาณแสงและเวลาในการปรับภาพมี

น้อยลง แต่ในขณะเดียวกันถ้าความเปรียบต่างมากจนเกินไปจนสายตาดำเกิดการปรับตัวมาก อาจทำให้เกิดการระคายเคืองของสายตา ความเปรียบต่างสามารถหาค่าได้ ดังแสดงในสมการที่ 4

$$Contrast = \frac{L_B - L_T}{L_T} \quad \dots (4)$$

เมื่อ

L_B คือ ความสว่างของสภาพแวดล้อม

L_T คือ ความสว่างของวัตถุ

2.1.3.7 ความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity)

ลักษณะของแสงที่มีความสว่างใกล้เคียงกัน ทำให้มีการปรับสายตาบ่อย กรณีความสว่างเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การเคลื่อนที่จากที่มืดไปที่สว่าง ระยะเวลาในการปรับตัวของสายตาจะมากกว่า ในพื้นที่ทำงานต้องการความสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ห้องเนื่องจากอาจมีการเคลื่อนที่ทำงานไปยังจุดต่างๆภายในห้อง โดยอัตราความส่องสว่างต่ำสุดต่อความส่องสว่างเฉลี่ยไม่ควรต่ำกว่า 0.8 ทั้งนี้พื้นที่ใช้งานที่มีรูปแบบการใช้งานที่ต่างกัน ย่อมต้องการความสม่ำเสมอในระดับที่ต่างกันด้วย เช่น ความสว่างบริเวณพื้นที่รอบจุดการทำงาน ควรมีความส่องสว่างไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความส่องสว่างพื้นที่รอบจุดการทำงาน หรือพื้นที่ใช้สอยที่อยู่ใกล้เคียงกัน เช่น ทางเดินภายนอก ระเบียง ไม่ควรมีความส่องสว่างต่างจากพื้นที่ใช้สอยมากกว่า 5:1 เป็นต้น

2.1.3.8 แสงบาดตา (Glare)

แสงบาดตา (Glare) หมายถึง แสงที่เข้าตาแล้วทำให้มองเห็นวัตถุได้ยากหรือมองไม่เห็นเลย ซึ่งสามารถเกิดจากแสงประดิษฐ์และแสงธรรมชาติ ในกรณีแสงบาดตาที่เกิดจากแสงประดิษฐ์นั้น การจัดโคมให้ส่องสว่างโดยทั่วไปต้องการแสงบาดตาน้อยที่สุด โคมไฟฟ้าแต่ละชนิดให้แสงบาดตาไม่เหมือนกัน ตามมาตรฐานที่กำหนด

โดยทั่วไป แสงบาดตาที่เกิดจากแสงธรรมชาตินั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ

2.1.3.8.1 แสงบาดตาแบบไม่สามารถมองเห็นได้ (Disability Glare)

เป็นแสงบาดตาที่ทำให้การสมรรถภาพในการมองเห็นลดลง เกิดจากการกระจายของแสงภายในดวงตา เนื่องจากการความโปร่งใสที่ไม่สมบูรณ์ขององค์ประกอบภายในตา แสงกระจายภาพซ้อนทับภาพวัตถุที่จอประสาทตาทำให้ความคมชัดของภาพลดลง (CIE, 2002; Van den Berg et al., 1991) แสงบาดตาชนิดนี้เกิดเมื่อมีแสงปริมาณมากอยู่ในช่วงขอบเขตของการมองเห็น (Field of View) ซึ่งในพื้นที่สำนักงานอาจสามารถเกิดขึ้นได้ในกรณีที่มองเห็นแสงจากดวงอาทิตย์

2.1.3.8.2 แสงบาดตาแบบทำให้ไม่สบายตา (Discomfort Glare)

เป็นแสงบาดตาที่ทำให้ระคายเคืองหรือทำให้รำคาญ แต่ไม่จำเป็นต้องทำให้สมรรถภาพในการมองเห็นลดลง (CIE, 2002) ดังนั้นคนส่วนใหญ่จะไม่ค่อยรับรู้ถึงแสงบาดตาชนิดนี้เท่ากับแสง

บาดตาแบบไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งแสงบาดตาแบบไม่สบายตานี้ สามารถประเมินได้โดยการวัดแบบรายบุคคล เช่นการใช้แบบสอบถาม แสงบาดตาประเภทนี้ในปัจจุบันนับว่ามีความสำคัญมากในการประเมินความสบายตา เนื่องจากการออกแบบอาคารในปัจจุบันที่มีแนวโน้มนิยมเปิดรับแสงธรรมชาติในปริมาณที่มากขึ้น ดังนั้นเพื่อการออกแบบที่มีประสิทธิภาพ จึงได้มีการพัฒนาสมการและเครื่องมือเพื่อหาค่าแสงบาดตาที่เหมาะสม

ดัชนีส่วนใหญ่ที่มีนั้นถูกพัฒนาขึ้นมาจากการทดลองที่ใช้แสงประดิษฐ์และสมมติให้มีการกระจายแสงอย่างคงที่ที่บริเวณหน้าต่าง ซึ่งในความเป็นจริงแล้วแสงบนหน้าต่างไม่ได้มีการกระจายแสงเท่ากันทั่วทั้งผืน ทั้งนี้ แสงบาดตาอาจเกิดได้จากปัจจัยอื่นๆได้อีก เช่น อาจเกิดจากการใช้อุปกรณ์บังแดดภายนอกหรือการใช้อุปกรณ์บังแดดภายในอาคาร หรืออาจเกิดจากการสะท้อนจากโต๊ะทำงานก็ได้ ซึ่งแสงจากธรรมชาติจะมีความแตกต่างทั้งความเข้มและทิศทางที่มีการแปรเปลี่ยนไปตลอดทั้งวัน

2.1.3.8.3 แสงบาดตาที่เกิดจากการสะท้อน (Glare Reflections)

แสงบาดตาประเภทนี้จะลดความคมชัดบนพื้นที่แสดงภาพ ในที่นี้คือหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญในอาคารสำนักงาน แต่ในปัจจุบันปัญหาเหล่านี้ได้ถูกแก้ไขโดยเทคโนโลยีของจอภาพที่มีการป้องกันแสงสะท้อน การเลือกตำแหน่งในการวางหน้าจอคอมพิวเตอร์จึงเป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณาเพื่อหลีกเลี่ยงความเปรียบต่างที่มากเกินไปอันเนื่องมาจากแสงภายนอก ซึ่งการที่มีการใช้จอที่สามารถป้องกันแสงสะท้อนได้นั้น ทำให้มีแนวโน้มการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารมากขึ้น ดังนั้นการพิจารณาแสงบาดตาที่เกิดขึ้นในอาคารสำนักงานจึงนับว่าเป็นตัวแปรที่สำคัญในการประเมินความสบายตาในสำนักงาน

จากการทบทวนเอกสารเรื่องแสงบาดตา สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. เป็นการพัฒนาเพื่อหาเครื่องมือที่ใช้ประเมินค่าแสงบาดตาในรูปแบบต่างๆ
2. เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาสูตรในเรื่องแสงบาดตาจากแสงประดิษฐ์และแสงบาดตาจากธรรมชาติ
3. การศึกษาในเชิงคุณภาพของแสงธรรมชาตินั้น ส่วนใหญ่ทำในต่างประเทศ โดยเน้นศึกษาในเรื่องความสัมพันธ์ของแสงบาดตากับอุปกรณ์บังแดดภายในอาคาร ซึ่งต่างจากประเทศไทยที่มีอากาศร้อน มีความต้องการใช้อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารมากกว่า
4. ในประเทศไทย ยังไม่มีการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ของคุณภาพของแสงภายในอาคารกับอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร โดยการศึกษาเรื่องอุปกรณ์บังแดดส่วนมากจะเน้นศึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานเป็นหลัก

ในการวิจัยนี้จะเน้นศึกษาในเรื่องของแสงบาดตาแบบทำให้ไม่สบายตาเป็นหลัก โดยมีรายละเอียดดังนี้

ในส่วนของดัชนีของแสงบาดตาที่ทำให้ไม่สบายตา (Discomfort Glare) มีการคิดค้นสมการที่ใช้อธิบายและ หาค่าแสงบาดตาที่เกิดขึ้นอยู่หลายดัชนี ซึ่งส่วนมากเป็นการหาค่าจากห้องปฏิบัติการ โดยทั่วไปแล้วสมการที่เกิดขึ้นเหล่านั้น ได้มีการนำเอาตัวแปร 4 ตัวมาใช้อธิบายอยู่เสมอ ดังสมการที่ 5

$$G = \left(\frac{L_s^e \omega_s^f}{L_b^g f(\psi)} \right) \quad \dots (5)$$

ค่าคงตัว G คือค่า Glare Index ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความรู้สึกของแต่ละบุคคล

โดยมี ค่า e f และ g นั้น เป็นค่าเวกซ์น้ำหนัก

ในขณะที่ $f(\psi)$ คือ ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนของการเคลื่อนของมุม

ค่าความสว่าง (L_s) ของแหล่งกำเนิดแสงบาดตา ในกรณีที่เป็นหน้าต่างให้ใช้เป็น

ค่าความสว่างของท้องฟ้าที่มองเห็นผ่านหน้าต่างนั้นๆ มีหน่วยเป็น (Cd/m²)

ค่ามุมตันของแหล่งกำเนิด (ω_s) ในกรณีที่เป็นหน้าต่างให้ใช้เป็นขนาดท้องฟ้าที่
ตาผู้สังเกตการณ์สามารถมองเห็นได้

ค่ามุมการเคลื่อน (ψ) ของแหล่งกำเนิดแสงจากเส้นระดับสายตา (Line of Sight)
ของผู้สังเกตการณ์ ในกรณีที่เป็นหน้าต่างให้ใช้เป็นตำแหน่งของท้องฟ้าที่มองเห็นภายในพื้นที่การมองเห็น (Field
of View)

ความสว่างทั่วไป (L_b) ซึ่งเป็นค่าที่ควบคุมการปรับตัวของสายตาของผู้สังเกตการณ์
ซึ่งก็คือความสว่างของฉากหลัง (Background Luminance) นั้นเอง ในกรณีที่เป็นหน้าต่างให้ใช้ค่าความสว่าง
เฉลี่ยภายในห้อง โดยไม่รวมค่าความสว่างจากท้องฟ้าที่มองเห็น

ซึ่งดัชนีชี้วัดที่มีการใช้ให้เห็นบ่อย ได้แก่ ดัชนีดังต่อไปนี้

- BRS Glare Equation (BRS หรือ BGI)
- Cornell Equation หรือ Daylight Glare Index (DGI)
- CIE Glare Index (CGI)
- CIE's Unified Glare Rating System (UGR)
- Visual Comfort Probability (VCP)
- Daylight Glare Probability (DGP)

โดยมีรายละเอียดดัชนีของแสงบาดตา ดังนี้

1. BRS Glare Equation (BRS หรือ BGI)

ถูกพัฒนาขึ้นที่ประเทศอังกฤษในปี ค.ศ. 1950 โดย Petherbridge และ
Hopkinson ค่าที่ได้นั้นประเมินจากความสัมพันธ์ของระดับการวัดความรู้สึกที่ต่างกัน ได้แก่ ระดับ just
noticeable ระดับ just acceptable ระดับ just uncomfortable และ ระดับ just intolerable ซึ่งจากการทดลอง
สามารถพัฒนาสมการได้เป็น

$$BGI = 10 \log_{10} 0.478 \sum_{i=1}^n \frac{L_s^{1.6} \omega_s^{0.8}}{L_b P^{1.6}} \quad \dots (6)$$

โดยที่

P คือ Guth's Position Index ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของแสงบาดตาที่ทำให้ไม่สบายตา สัมพันธ์ระหว่างมุมอะซิมุทกับรูปด้านของแหล่งกำเนิดแสง และตำแหน่งของเส้นระดับสายตาของผู้สังเกตการณ์

n คือ จำนวนของแหล่งกำเนิดแสงบาดตา

ค่า BRI นี้มีข้อจำกัดคือ สามารถใช้ได้กับแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กที่มีมุมตันน้อยกว่า 0.027 สเตอริเดียน นอกจากนี้ Chauvel และคณะ ได้กล่าวว่า BGI ไม่สามารถคาดคะเนแสงบาดตาที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงแบบกว้าง ได้โดยถูกต้อง และไม่ได้มีการคิดคำนึงถึงเรื่องการปรับสายตาของคน โดย Iwata และคณะ ได้เปรียบเทียบ BGI กับ DGI และ CGI และได้พิสูจน์ว่า BGI มีความแม่นยำน้อยที่สุดในกรณีแหล่งกำเนิดแสงบาดตามีขนาดใหญ่

2. Cornell Equation หรือ Daylight Glare Index (DGI)

Hopkinson (1972) ได้พัฒนาสมการของ DGI โดยปรับปรุงจาก British Glare Index โดยทำให้สามารถคาดคะเนแสงบาดตาที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดใหญ่ เช่น หน้าต่าง สมการนี้ได้ถูกพัฒนาจากการทดลองโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์อยู่หลังจากสีขาวทึบ โดยสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 7

$$DGI = 10 \log_{10} 0.48 \sum_{i=1}^n \frac{L_s^{1.6} \Omega_s^{0.8}}{L_b + 0.07 \omega_s^{0.5} L_s} \quad \dots (7)$$

ซึ่ง

Ω_s (sr) เป็นค่ามุมตันของแหล่งกำเนิด ซึ่งถูกปรับเปลี่ยนโดยตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสง โดยเนื่องมาจากพื้นที่การมองเห็น (Field of View) และ Guth's Position Index

3. International Commission on Illumination Glare Index (CGI)

ในปี ค.ศ. 1969 Einhorn ได้เสนอดัชนีที่ใช้วัดแสงบาดตาของ International Commission on Illumination (CIE) ดังแสดงในสมการที่ 8

$$CGI = 8 \log_{10} 2 \frac{1 + (E_d/500)}{E_d + E_i} \sum_{i=1}^n \frac{L_s^2 \omega_s}{P^2} \quad \dots (8)$$

ซึ่ง

E_d (lux) คือค่าความส่องสว่างโดยตรง ที่ตำแหน่งสายตาวัดในระนาบตั้งอันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดแสงทั้งหมด

E_i (lux) คือค่าความส่องสว่างโดยอ้อม ที่ตำแหน่งสายตา $E_i = \pi L_b$

เป็นการพัฒนาสมการ BRS โดยสามารถใช้ได้ในแหล่งกำเนิดแสงบาดตาที่มี แหล่งกำเนิดหลายตำแหน่ง

4. CIE's Unified Glare Rating System (UGR)

สมการนี้ถูกเสนอโดย International Commission on Illumination (CIE) ในปี 1995 เป็นสมการเพื่อใช้ประเมินแสงบาดตาจากแสงประดิษฐ์ ดังแสดงในสมการที่ 9

$$UGR = 8 \log_{10} \frac{0.25}{L_b} \sum_{i=1}^n \frac{L_s^2 \omega_s}{P^2} \quad \dots (9)$$

5. Visual Comfort Probability (VCP)

ถูกพัฒนาโดย Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) โดยคิดเป็นค่าร้อยละของผู้ใช้อาคารที่รู้สึกสบายตาในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งจะใช้กับแหล่งกำเนิดที่เป็นดวงโคมซึ่งมีขนาด ปกติเท่านั้น ดังแสดงในสมการที่ 10

$$VCP = 279 - 110 \left[\log_{10} \sum_{i=1}^n \left(\frac{0.5L_{si}(20.4\omega_{si} + 1.52\omega_{si}^{0.2} - 0.075)}{P \times E_{avg}^{0.44}} \right)^{(n^{-0.0914})} \right] \quad \dots (10)$$

6. Daylight Glare Probability (DGP)

Jan Wienold และ Jens Christoffersen, 2008 ได้เสนอวิธีการใหม่ที่ศึกษาวัดสภาวะ สบายตา โดยอ้างอิงจากความน่าจะเป็นของจำนวนคนที่ถูกแสงบาดตาบกวน แทนวิธีการอื่นที่วัดสภาวะสบาย ตาจากแสงบาดตาเท่านั้น ทั้งนี้ได้มีการใช้ความส่องสว่างทางระนาบตั้งที่ตำแหน่งระดับสายตา (Vertical Eye Illuminance - E_v) แทนการใช้ความสว่างทั่วไป (L_b) เนื่องจากให้ความสัมพันธ์ที่ดีกว่า เรียกดัชนีนี้ว่าความ น่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ดังแสดงในสมการที่ 11 และ 12

$$DGP = c_1 E_v + c_2 \log \left(1 + \sum_i \frac{L_{s,i}^2 \omega_{s,i}}{E_v^{1.87} P_i^2} \right) + c_3 \quad \dots (11)$$

โดยเมื่อแทนค่าคงที่จะได้

$$DGP = 5.87 \times 10^{-5} E_v + 9.18 \times 10^{-2} \log \left(1 + \sum_i \frac{L_{s,i}^2 \omega_{s,i}}{E_v^{1.87} P_i^2} \right) + 0.16 \quad \dots (12)$$

ซึ่ง

E_v (lux) คือความส่องสว่างทางระนาบตั้งที่ตำแหน่งระดับสายตา

L_s (cd/m^2) คือความสว่างของแหล่งกำเนิด

ω_s (Sr) คือค่ามุมตันของแหล่งกำเนิด

P คือ Position Index

จะเห็นว่าในการคำนวณนั้นสามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

- 1) การคำนวณแสงบาดตาโดยทั่วไป
- 2) การคำนวณ eye illuminance โดยแบ่งแยกออกมา

ตารางที่ 2 แสดงระดับการวัดค่าของเกณฑ์ต่างๆ

Level	Glare Value Ranges				
	DGP	DGI	UGR	CGI	VCP
Imperceptible Glare	< 0.35	< 18	< 13	< 13	80-100
Perceptible Glare	0.35-0.40	18-24	13-22	13-22	60-80
Disturbing Glare	0.40-0.45	24-31	22-28	22-28	40-60
Intolerable Glare	>0.45	>31	>28	>28	<40

2.2 ปัจจัยที่นำมาประเมินคุณภาพแสงภายในอาคาร

2.2.1 เกณฑ์ทางด้านแสงสว่าง (Illuminance)

ตารางระดับค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) ได้แสดงค่าการส่องสว่าง (Illuminance) ที่บนพื้นผิวในแนวนอน (Horizontal Illuminance) และบนพื้นผิวในแนวตั้ง (Vertical Illuminance) โดยในงานวิจัยนี้พิจารณาเฉพาะพื้นที่สำนักงานขนาดเล็ก (Private Office) เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 3 จะพบว่าค่าแสงบาดตาโดยตรง (Direct Glare) เป็นประเด็นหนึ่งในการออกแบบ (Design Issues) ที่สำคัญมาก ซึ่งในเรื่องของความส่องสว่างนั้นได้แนะนำค่าความส่องสว่างบนพื้นผิวในแนวนอน (Horizontal Illuminance) อยู่ในหมวด E โดยมีค่า 500 lux และ แนะนำค่าความส่องสว่างบนพื้นผิวในแนวตั้ง (Vertical Illuminance) อยู่ในหมวด B โดยมีค่า 50 lux

ตารางที่ 3 แสดงค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย Illuminating Engineering Society of North America (IESNA)

INTERIOR LOCATIONS AND TASKS	Very Important <input type="checkbox"/> Important <input type="checkbox"/> Somewhat important <input type="checkbox"/> Blank = Not important or not applicable																								
	Design Issues	Appearance of Space and Luminaires	Color Appearance (and Color Contrast)	Daylighting Integration and Control	Direct Glare	Flicker (and Strobe)	Light Distribution on Surfaces	Light Distribution on Task Plane (Uniformity)	Luminances of Room Surfaces	Modeling of Faces or Objects	Point(s) of Interest	Reflected Glare	Shadows	Source/Task/Eye Geometry	Sparks/Desirable Reflected Highlights	Surface Characteristics	System Control and Flexibility	Special Considerations	Notes on Special Considerations	Illuminance (Horizontal)	Category or Value (lux)	Illuminance (Vertical)	Category or Value (lux)	Notes on Illuminance - see end of section	Reference Chapter(s)
Offices (13) Filing (see Reading) General and private offices (see Reading) Open plan office Intensive VDT use Open plan office Intermittent VDT use Private office Libraries (see Libraries) Lobbies, lounges, and reception areas Mail sorting Copy rooms																									5, 11

ที่มา : IESNA lighting handbook(9th edition). IESNA publication. New York. 2000

ตารางที่ 4 แสดงค่าความสว่างมาตรฐานของ Illuminating Engineering Society of North America (IESNA)

กิจกรรมที่ใช้สายตาบ่อย	
A พื้นที่สาธารณะ	30 lx
B พื้นที่ใช้สายตาระยะสั้น	50 lx
C พื้นที่ทำงาน	100 lx
กิจกรรมทั่วไป	
D การทำงานที่มีความแปรปรวนสูงและตัวหนังสือมีขนาดใหญ่	300 lx
E การทำงานที่มีความแปรปรวนสูงและตัวหนังสือมีขนาดเล็ก หรือการทำงานที่มีความแปรปรวนต่ำและตัวหนังสือมีขนาดใหญ่	500 lx
F การทำงานที่มีความแปรปรวนต่ำและตัวหนังสือมีขนาดเล็ก	1000 lx
กิจกรรมที่ใช้สายตาเป็นพิเศษ	
G การทำงานที่มีความละเอียดมาก	3000-10000 lx

จากตารางที่ 4 จะแสดงค่าส่องสว่างที่แนะนำในพื้นที่ส่วนต่างๆของสำนักงาน ค่าดังกล่าวเป็นค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ยที่แนะนำ ที่แสดงถึงค่าความส่องสว่างที่ใช้ทำกิจกรรมนั้นๆ โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 4

ในงานวิจัยนี้จะทำการจำลองสภาพแสงที่จะใช้ในห้องสำนักงานขนาดเล็ก (Private Office) ที่ใช้กิจกรรมทำงานที่มีความแปรปรวนของงานที่ใช้สายตาปานกลาง หรือตัวหนังสือที่มองมีขนาดเล็ก จึงเลือกใช้เกณฑ์ความสว่างในระดับพื้นที่ทำงานที่ 500 ลักซ์

2.2.2 เกณฑ์ทางด้านแสงบาดตา (Discomfort Glare)

เกณฑ์ของแสงบาดตามีทั้งเกณฑ์ทางด้านแสงประดิษฐ์และทางด้านแสงจากธรรมชาติ ซึ่งในการวิจัยนี้เลือกใช้เกณฑ์ความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) เป็นดัชนีชี้วัด เนื่องจาก

- 1) เป็นเกณฑ์ที่พัฒนามาจากแสงธรรมชาติโดยตรง
- 2) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ค่าจากทั้งปีนำมาเฉลี่ย ไม่ใช่ค่า ณ จุดใดในช่วงเวลาหนึ่ง

เกณฑ์นี้ถูกพัฒนาโดย Jan Wienold และ Jens Christoffersen, 2008 โดยค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ที่ได้จะมีค่า 0-1 ซึ่งบ่งบอกถึงร้อยละของผู้ใช้อาคารที่รู้สึกถูกแสงบาดตาบกรวน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงระดับการรับรู้ ที่ช่วงค่า DGP ต่างๆ

DGP	
Level	Glare Value Ranges
Imperceptible Glare	< 0.35
Perceptible Glare	0.35-0.40
Disturbing Glare	0.40-0.45
Intolerable Glare	>0.45

จากตารางพบว่าค่าที่ผู้ใช้อาคารสามารถยอมรับค่าแสงบาดตาได้รับได้ มีค่าไม่เกิน 0.40 คือน้อยกว่าระดับ Disturbing Glare ดังนั้น ค่า DGP ที่มากกว่า 0.40 ถือว่าเป็นค่าที่ผู้ใช้งานอาคารเริ่มถูกแสงบาดตาบกรวน ในการประเมินค่า DGP ที่ถือว่าเป็นค่าที่รับได้ คือมีค่า DGP ไม่เกิน 0.40

2.2.3 ค่าความสม่ำเสมอของแสงสว่าง (Uniformity of Illumination)

ในพื้นที่ทำงานต้องการความสม่ำเสมอของแสงสว่างในบริเวณต่างๆใกล้เคียงกัน และมีปริมาณแสงสว่างพอเหมาะกับการใช้งาน โดยความสม่ำเสมอของแสงสว่างสามารถหาได้จากสมการที่ 13

$$U = \frac{E_m}{E_m + E_{SD}} \times 100 \quad \dots (13)$$

- โดย U คือ ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง
- E_m คือ ค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างทุกๆจุดที่ทำกรวัด
- E_{SD} คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความส่องสว่างทุกๆจุดที่ทำกรวัด

2.2.4 ความสว่างจ้าและความสว่าง (Luminance and Brightness)

การมองเห็นวัตถุต่างๆ ได้ชัดเจนหรือไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุหรือสีของวัตถุ ถ้าความสว่างไม่เพียงพอจะทำให้เราสามารถแยกแยะวัตถุนั้นๆ ได้ลำบาก ยิ่งถ้าวัตถุนั้นกำลังเคลื่อนที่อยูก็จะต้องใช้แสงสว่าง

มากขึ้นเพื่อที่จะได้เห็นวัตถุได้ชัดเจน ถ้ามีความเปรียบต่างของความขาว - ดำ น้อย หรือมีลักษณะคล้ายๆ กัน หรือขนาดของวัตถุยิ่งเล็กลงก็ต้องการแสงสว่างมาก และเวลาในการมองเห็นก็ต้องเพิ่มมากขึ้น

องค์ประกอบเหล่านี้จะต้องนำไปพิจารณาในการออกแบบระบบแสงสว่าง การออกแบบแสงสว่างที่ดีได้ ปริมาณแสงที่เหมาะสมถูกต้องกับการใช้งาน จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ มากมาย ในที่นี้จะพิจารณาถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นที่มีผลกระทบต่อการเห็น

ในการออกแบบระบบแสงสว่างทั่วไปต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่อยู่รอบๆ ในบริเวณที่กำลังออกแบบ ได้แก่ พื้น ผนัง ฝ้าเพดาน โต๊ะ และชิ้น งานต่าง ๆ โดยต้องจัดให้สิ่งเหล่านี้มีความสว่างจ้าสอดคล้องกลมกลืนกัน เพื่อสร้างความสะดวกสบายทางสายตา (Visual Comfort) จึงมีการศึกษาเพื่อหาสัดส่วนความแตกต่างของความสว่างจ้าที่ต้องการในสัดส่วนที่แตกต่างกันออกไปของมุมมองปกติซึ่งมีอัตราส่วนดังต่อไปนี้

อัตราส่วนความสว่างจ้า (Brightness Ratio) ในที่นี้หมายถึงอัตราส่วนระหว่างความสว่างจ้าของชิ้นงานกับสิ่งที่อยู่รอบชิ้นงานนั้น โดยเฉพาะชิ้นงานที่มีสีค่อนข้างมืดกว่าพื้นที่ที่อยู่ข้างเคียง โดยพยายามจัดให้ชิ้นงานมีความสว่างจ้าน้อยกว่าพื้นที่ที่อยู่ข้างเคียงไม่เกินอัตราส่วน 1/3 : 1

การกระจายความสว่าง (Luminance Distribution) 3 ในมุมมองของการมองเห็น (Field of View) ได้ควบคุมการปรับตัวของสายตา (Adaptation) ซึ่งมีผลต่อการมองเห็นชิ้นงาน (Task Visibility) โดยการปรับความสว่างที่มีสมมูลนั้น จะช่วยในการเพิ่มความคมชัด (ความชัดเจนของวิสัยทัศน์), ความรู้สึกไวต่อความเปรียบต่าง (การแยกแยะในเรื่องความแตกต่างเล็กน้อยของความสว่าง) และประสิทธิภาพในการมองเห็น (เช่นการหดรอดม่านตา, การปรับรับสายตา)

นอกจากนี้การกระจายความสว่าง (Luminance Distribution) ในมุมมองของการมองเห็นยังมีผลต่อความสะดวกสบายทางสายตา ซึ่งสมควรที่จะหลีกเลี่ยงความสว่างที่มีค่าสูงมาก (ซึ่งอาจให้ความจ้าที่สูงเช่นกัน), ความเปรียบต่างของความสว่างที่มีค่าสูงมาก (ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ดวงตาเกิดความเมื่อยล้า เนื่องจากการปรับตัวของสายตาที่ไม่คงที่), ความสว่างและความเปรียบต่างของความสว่างที่มีค่าต่ำมาก (ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในการทำงาน) ความแตกต่างของความสว่างสามารถระบุหรือวัดในแง่ของอัตรา โดยอัตราส่วนความสว่างระหว่างงานกับพื้นที่ข้างเคียง (Task-to-Immediate Surround) คือ 3:1 และอัตราส่วนความสว่างระหว่างงานกับพื้นที่โดยรอบทั่วไป (Task-to-General Background) คือ 10:1 และในส่วนของค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) และอัตราส่วนความส่องสว่าง (Illuminance Ratio) นั้น ให้พิจารณาตามอัตราส่วนความสว่าง (Luminance Ratio)

2.3 การศึกษาเกี่ยวกับแมงบังแดด

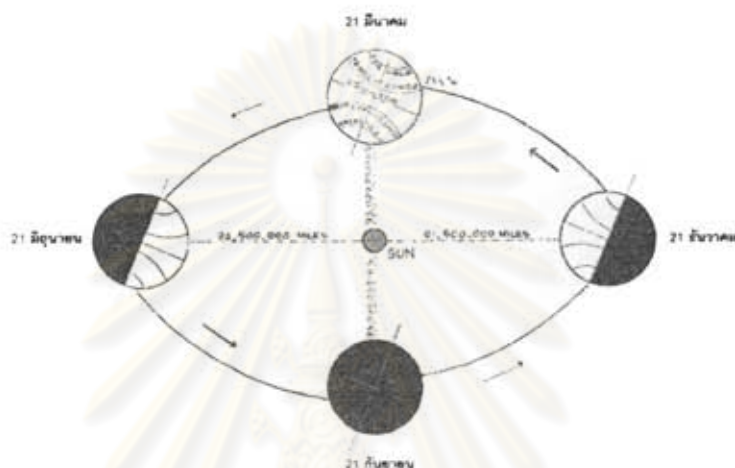
2.3.1 การศึกษาเกี่ยวกับการโคจรของดวงอาทิตย์

โลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบใช้เวลา 1 วัน ซึ่งทำให้เกิดปรากฏการณ์กลางวันและกลางคืน โลกหมุนรอบดวงอาทิตย์ 1 รอบในเวลา 365 วัน โดยจะหมุนรอบแกนเหนือ-ใต้ทำมุมกับเส้นตั้งฉาก $23 \frac{1}{2}$ องศา และมีลักษณะการหมุนเป็นวงรีรอบดวงอาทิตย์

ในวันที่ 21 ธันวาคม ขั้วโลกเหนือจะอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์มากที่สุด ด้ต่อมา 4 เดือน วันที่ 21 มีนาคม ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์เท่ากัน ด้ต่อมา 4 เดือน ในวันที่ 21 มิถุนายน ขั้วโลก

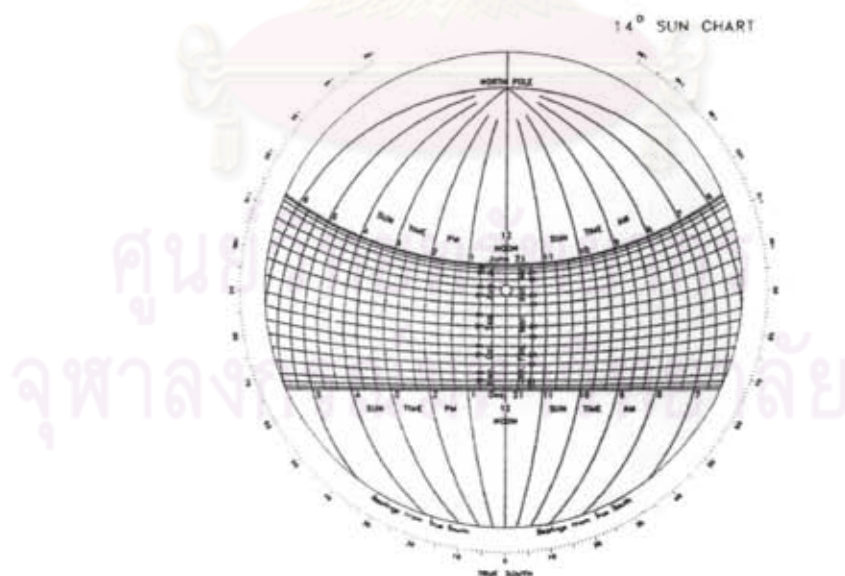
เหนือจะอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด และอีก 4 เดือนถัดมา ในวันที่ 21 กันยายน ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้จะอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์เท่ากันอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งตำแหน่งของโลกที่เปลี่ยนไปนั้นมีผลต่อแสงที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถสรุปวันสำคัญที่กล่าวมาได้ดังนี้คือ

วันที่ 21 ธันวาคม	เรียกว่า เหมายัน (Winter Solstice)
วันที่ 21 มีนาคม และ 21 กันยายน	เรียกว่า วิษุวัต (Equinox)
วันที่ 21 มิถุนายน	เรียกว่า คีรีมายัน (Summer Solstice)



ภาพที่ 11 แสดงการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

ที่มา : ศรีงใจ บุรณสมภพ. 2514. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, หน้า 61



ภาพที่ 12 แสดงตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ตำแหน่งละติจูดที่ 14 องศาเหนือ

ที่มา : ศรีงใจ บุรณสมภพ. 2514. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, หน้า 64

แสงสว่างจากท้องฟ้าในบริเวณตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะมีค่ามากกว่าบริเวณอื่นๆของท้องฟ้า และตำแหน่งดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบวัน ทั้งนี้เพราะรังสีดวงอาทิตย์บริเวณใกล้เคียงดวงอาทิตย์จะถูกกระเจิง (Scatter) จากโมเลกุลอากาศ ผู้คนละอองเมฆ มากกว่าบริเวณที่ห่างออกไป สำหรับการเปลี่ยนแปลงของแสงสว่างตามฤดูกาลในรอบปีจะขึ้นกับสภาพดินฟ้าอากาศ ซึ่งมีผลมาจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยมรสุมดังกล่าวจะมีผลต่อปริมาณเมฆซึ่งมีผลโดยตรงต่อปริมาณแสงจากท้องฟ้า นอกจากนี้ยังขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงทางเดินปรากฏ (Apparent Path) ของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าด้วย กล่าวคือ ทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์จะค่อยๆเลื่อนจากทิศใต้เข้าหาเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าตั้งแต่ต้นปี และเคลื่อนที่ขึ้นไปสูงสุดในเดือนมิถุนายน จากนั้นจะเคลื่อนที่กลับมายังซีกฟ้าใต้ถึงจุดต่ำสุดในเดือนธันวาคม การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้ปริมาณแสงสว่างจากท้องฟ้าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

2.3.2 แสงธรรมชาติที่เข้าช่องเปิดทางด้านข้าง

การให้แสงธรรมชาติในอาคารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างอย่างมีคุณภาพ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และช่วยส่งเสริมคุณภาพที่ดีในการทำงานในอาคาร รูปแบบการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสามารถแบ่งตามทิศทางได้ 2 รูปแบบ คือ แสงธรรมชาติที่เข้าช่องเปิดด้านข้างอาคาร (Side Lighting) และแสงธรรมชาติที่เข้าช่องเปิดด้านบน (Top Lighting) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะแสงธรรมชาติที่เข้าช่องเปิดด้านข้างอาคารเท่านั้น

2.3.2.1 แสงธรรมชาติที่เข้าทางช่องเปิดด้านข้างอาคาร

แหล่งกำเนิดแสงมาได้จากหลายจุด เช่น แสงจากท้องฟ้า แสงสะท้อนจากภายนอก และการสะท้อนแสงภายในอาคาร จากการศึกษาพบว่าข้อดีคือช่วยเสริมสร้างมุมมองที่ดีในการทำงาน สามารถมองออกสู่ภายนอก แต่มีข้อเสียคืออาจเกิดแสงบาดตาบวมน

2.3.2.2 ตำแหน่งช่องเปิดทางด้านข้าง

Egan and Olgyay (2002) ได้กล่าวไว้ว่าตำแหน่งช่องเปิดทางด้านข้างมีผลต่อแสงที่เข้ามาในห้อง ซึ่งสามารถจำแนกตำแหน่งของช่องเปิดได้ 3 แบบดังนี้

2.3.2.2.1 ช่องเปิดช่วงล่าง

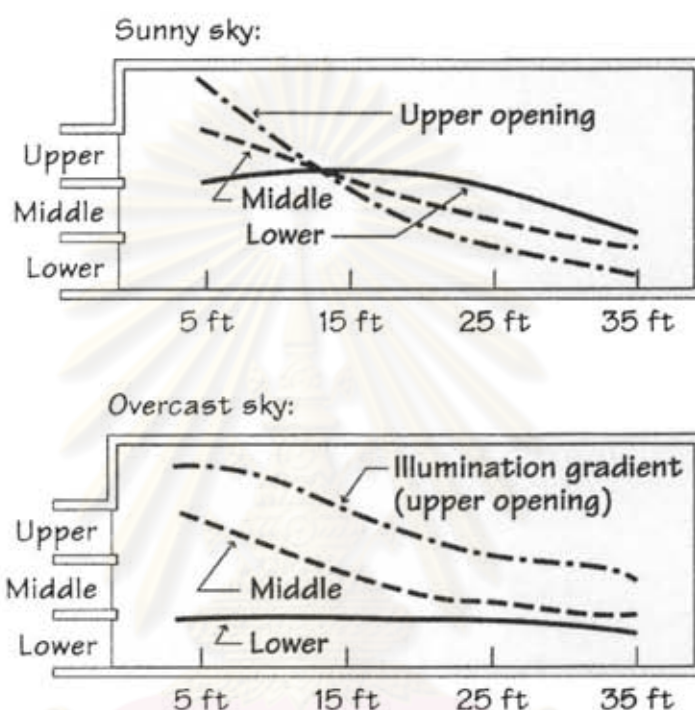
ช่องเปิดช่วงล่างจะมีการเปิดช่องเปิดที่ความสูงจากระดับพื้นห้องถึงระดับที่ 0.90 เมตร โดยจะได้ระบบแสงสะท้อนจากบริเวณที่อยู่ใกล้โดยรอบ หรือบริเวณที่อยู่ต่ำกว่าระดับสายตา เช่น แสงสะท้อนจากพื้นดินและผิวสะท้อนแสง โดยจะไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องความจ้าและความร้อนจากแสงแดด แต่มีข้อเสียคือ จะเกิดลักษณะของความเปรียบต่าง (Contrast) ระหว่างผนังช่วงบนช่องเปิดกับบริเวณฝ้าเพดาน และยังจำกัดทัศนวิสัยที่เกิดขึ้นอีกด้วย

2.3.2.2.2 ช่องเปิดช่วงกลาง

ช่องเปิดช่วงกลางสามารถพบเห็นได้ทั่วไป โดยจะมีการเปิดช่องเปิดที่ความสูงจากพื้นห้องประมาณ 0.90-2.00 เมตร ได้รับแสงสะท้อนจากบริเวณโดยรอบ แต่จะมีการสะท้อนแสงจากพื้นดินเข้ามาภายในน้อยกว่าการเปิดช่องเปิดช่วงล่าง แต่มีทัศนวิสัยที่ดีกว่าแบบอื่น เนื่องจากอยู่ที่ระดับแนวสายตา ข้อเสียคือมีปริมาณแสงจ้ามาก โดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้กับหน้าต่าง ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการใช้อุปกรณ์บังแดด หรือการปรับความลาดเอียงของกระจก

2.3.2.2.2 ช่องเปิดช่วงบน

ช่องเปิดช่วงบนจะมีการเปิดช่องเปิดที่ความสูงจากระดับพื้นห้อง 2.00 เมตรขึ้นไป แสงธรรมชาติสามารถส่องเข้ามาภายในได้ลึกกว่าการเจาะช่องเปิด ประเภทอื่น ทั้งจากแสงแดดตรง แสงกระจาย โดยมีข้อเสียคือปริมาณแสงจะไม่เพียงพอในบริเวณที่มีการใช้งานใกล้ช่องเปิด มีทัศนวิสัยที่ไม่ดีนัก ไม่มีปัญหาเรื่องความจ้าเนื่องจากอยู่เหนือระดับสายตา



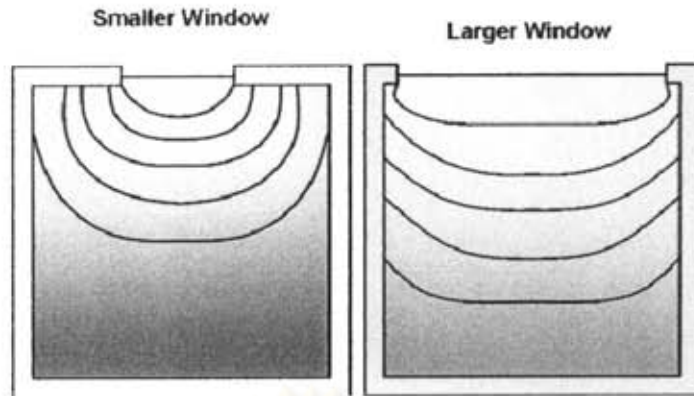
ภาพที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณค่าความส่องสว่างภายในจากช่องเปิดที่ระดับต่างๆ

ที่มา : M. David Egan, Victor Olgyay. 2002. *Architectural Lighting*. 2nd ed. New York : McGraw-Hill,

หน้า 110

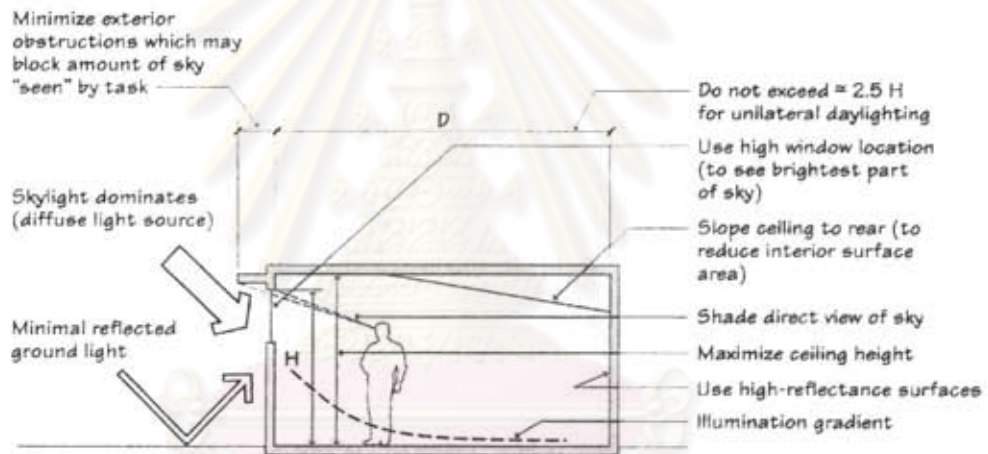
2.3.2.3 ขนาดของช่องเปิดทางด้านข้าง

โดยทั่วไปสัดส่วนของช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับลักษณะการส่องสว่าง 2 กรณี คือ ความสัมพันธ์กับปริมาณแสง และลักษณะการกระจายแสงที่ส่องผ่านเข้ามาถึงพื้นที่ภายในทั้งแนวกว้าง ยาว และแนวตั้ง โดยความลึกของห้องไม่ควรเกิน $2.5 H$ เมื่อ H คือระดับสูงสุดของช่องเปิด ดังแสดงในภาพที่ 14 และ 15



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ของแสงกับความกว้างของช่องเปิด

ที่มา : Mohamed Boubekri. 2008. Daylighting, Architecture and Health: Building Design Strategies. 1st ed. Great Britain : Architectural Press, 113



ภาพที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของห้องและความสูงของช่องเปิด

ที่มา : M. David Egan, Victor Olgyay. 2002. Architectural Lighting. 2nd ed. New York : McGraw-Hill,

หน้า 100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.2.4 การกำหนดทิศทางของช่องเปิด

การกำหนดทิศทางของช่องเปิดเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ประโยชน์นั้น มีผลแตกต่างกันดังนี้

กันดังนี้

มาน้อยที่สุด

ทำมุมต่ำ

- (1) ทิศเหนือ ให้แสงธรรมชาติคุณภาพสูง มีความสม่ำเสมอ และมีความร้อนเข้ามาน้อยที่สุด
- (2) ทิศใต้ มีการให้แสงสว่างที่ค่อนข้างเข้มข้น ออกแบบอุปกรณ์บังแดดได้ง่าย
- (3) ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก ออกแบบอุปกรณ์บังแดดได้ยากที่สุดเนื่องจากแสงทำมุมต่ำ

2.3.3 การออกแบบแผงบังแดด

2.3.3.1 มุมต่างๆที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแผงบังแดด

ในการออกแบบแผงบังแดดนั้น สิ่งสำคัญคือ การทราบถึง มุมต่างๆที่เกิดจากตำแหน่งโคจรของดวงอาทิตย์

2.3.3.1.1 มุมกระทำ (Altitude Angle) คือมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำจริงในแนวตั้งกับระนาบขอบฟ้า อ่านค่าได้ด้วยมุมตัด (Profile Angle) กับมุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle)

2.3.3.1.2 มุมเบี่ยง (Azimuth Angle) คือ มุมที่ทิศทางดวงอาทิตย์ในแนวราบ ทำกับทิศเหนือหรือใต้ (True North, True South) ส่วนมากใช้ทิศใต้ เพราะในเขตละติจูดเหนือ ด้านทิศใต้จะเป็นด้านที่สำคัญ

2.3.3.1.3 มุมตัด (Profile Angle) คือ มุมที่ระดับของดวงอาทิตย์กระทำในแนวระนาบที่ตั้งฉากกับผนังอาคาร ค่าของมุมตัดจะแตกต่างไปจากค่าของมุมกระทำ และในการออกแบบ ค่ามุมตัดมีความสำคัญมากกว่ามุมกระทำ เพราะสามารถนำไปหาค่าความลึกของแผงบังแดดแน่นอนได้



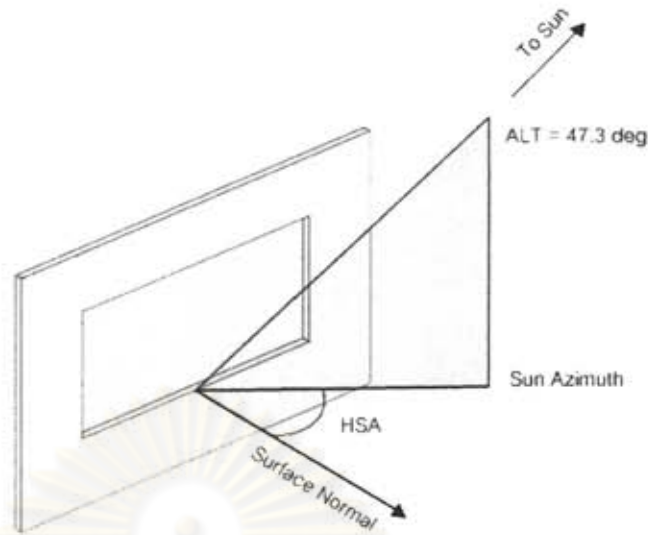
ภาพที่ 16 แสดงมุมเบี่ยง (Azimuth) และมุมกระทำ (Altitude Angle)

2.3.3.1.4 Horizontal Shadow Angle หรือ HSA. คือความแตกต่างระหว่างมุมเบี่ยงของผนังกับมุมเบี่ยงของดวงอาทิตย์ ดังแสดงในสมการที่ 14

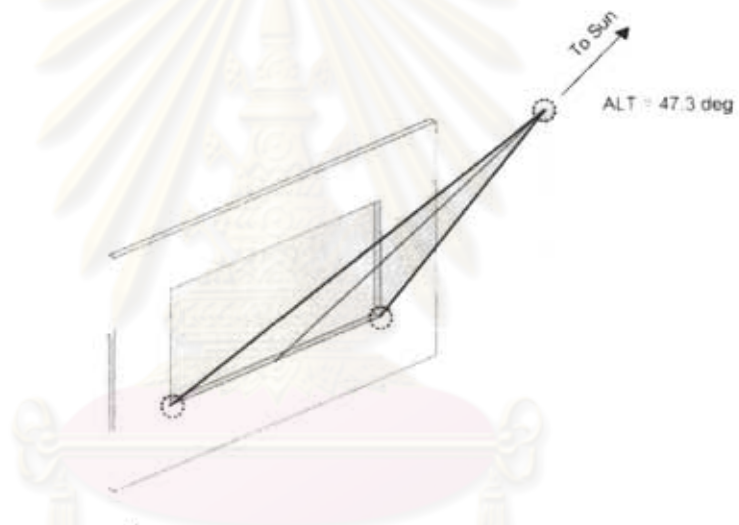
$$HSA = Sun_{azimuth} - Surface_{orientation} \quad \dots (14)$$

2.3.3.1.5 Vertical Shadow Angle หรือ VSA. เป็นมุมที่วัดจากกึ่งกลางของวงกลมถึงจุดสูงสุดที่อยู่บนระนาบที่เกิดจากมุมล่างสุดของมุมของช่องเปิดและจุดกึ่งกลางของดวงอาทิตย์ ดังแสดงในสมการที่ 15

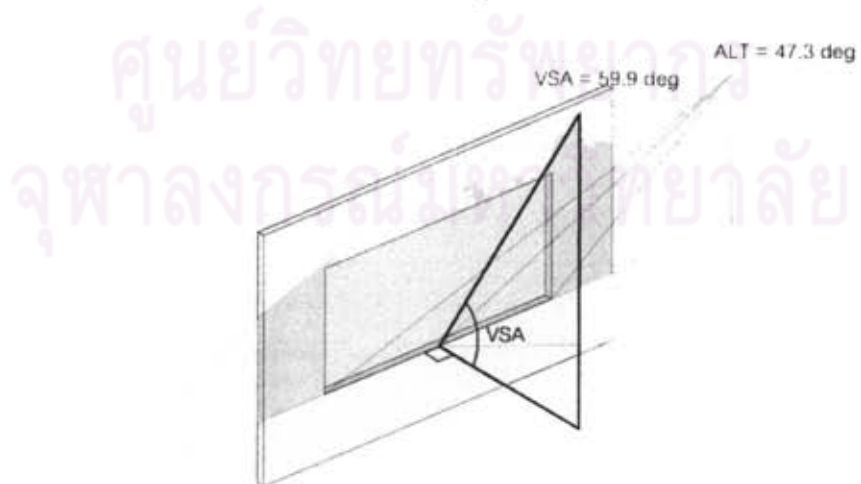
$$VSA = \arctan\left(\frac{\tan(Sun_{altitude})}{\cos(HSA)}\right) \quad \dots (15)$$



ภาพที่ 17 แสดงมุม Horizontal Shadow Angle (HSA)



ภาพที่ 18 แสดงการหามุม Vertical Shadow Angle

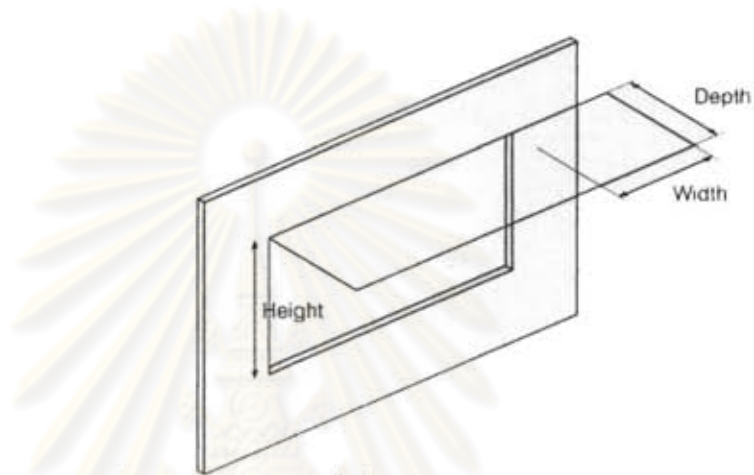


ภาพที่ 19 แสดงมุม Vertical Shadow Angle (VSA)

ในการออกแบบแผงบังแดดในทิศเหนือได้นั้นสามารถคำนวณค่ามุมหลักตรีโกณมิติได้ดังแสดงในสมการที่ 16 และ 17

$$depth = \left(\frac{height}{\tan(VSA)} \right) \quad \dots (16)$$

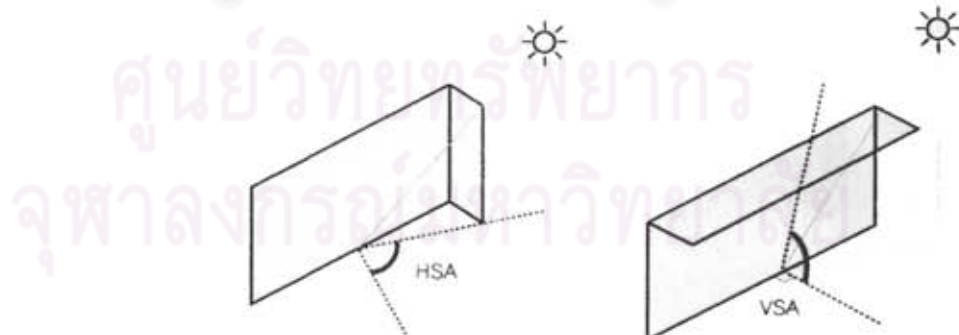
$$width = depth \times \tan(HSA) \quad \dots (17)$$



ภาพที่ 20 แสดงระยะต่างๆที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแผงบังแดด

ในส่วนการออกแบบสำหรับแผงบังแดดทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกนั้น มีความซับซ้อนกว่ามาก ซึ่งต้องพิจารณาถึงช่วงเวลาที่ใช้งาน และช่วงเวลาที่ยอมให้แสงผ่าน กับขนาดของแผงบังแดดที่เกิดขึ้น

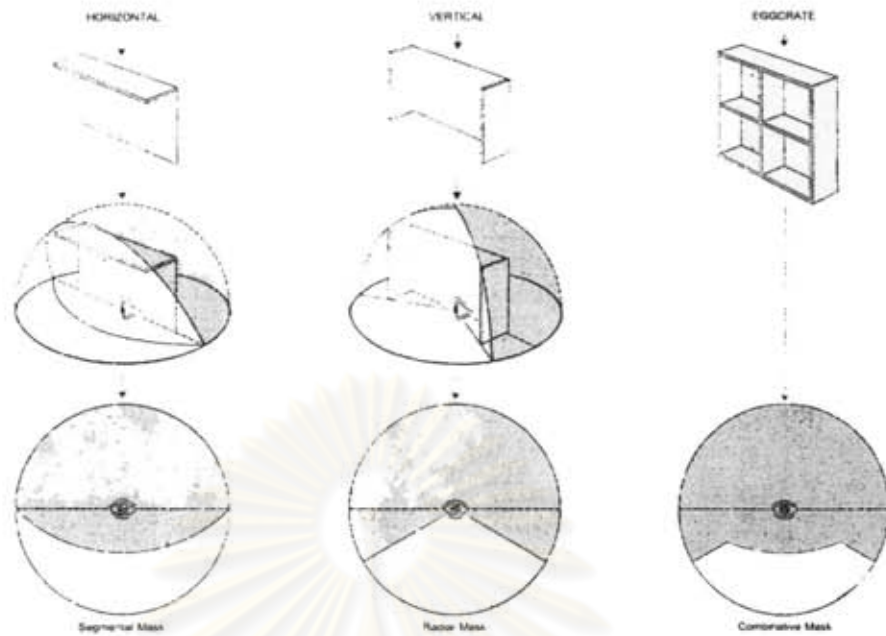
ในการออกแบบแผงบังแดด มุม Shadow Angles จึงมีความสำคัญกว่ามุมเฉียงและมุมกระทำของดวงอาทิตย์ เนื่องจากมุมทางตั้งและทางนอนที่เกิดขึ้น มีความสัมพันธ์กับผนังที่ต้องการออกแบบ



ภาพที่ 21 แสดงมุม Horizontal Shadow Angle (HSA) และ Vertical Shadow Angle (VSA)

2.3.3.2 รูปแบบของแผงบังแดด

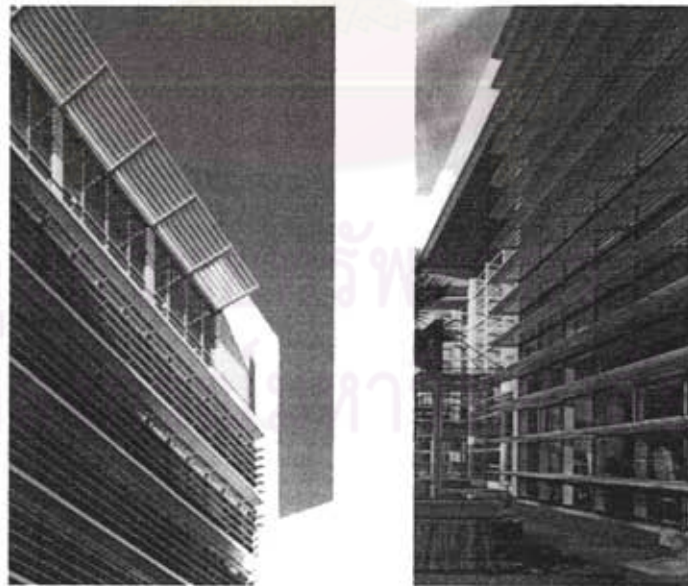
รูปแบบของแผงบังแดดที่มีการใช้งานโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ แผงบังแดดแบบแนวนอน แผงบังแดดแบบแนวตั้ง และแผงบังแดดแบบผสมแนวนอนและแนวตั้ง ดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 แสดงมุม Shading Mask ในลักษณะต่างๆ

ที่มา : ตริังใจ บุรณสมภพ. 2514. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, หน้า 64

นอกจากแผงบังแดดรูปแบบมาตรฐานดังกล่าว ยังมีแผงบังแดดที่ใช้ในปัจจุบัน ที่คำนึงถึงการป้องกันแสงบังแดดในรูปแบบที่หลากหลาย ดังต่อไปนี้



KING POWER HEAD OFFICE

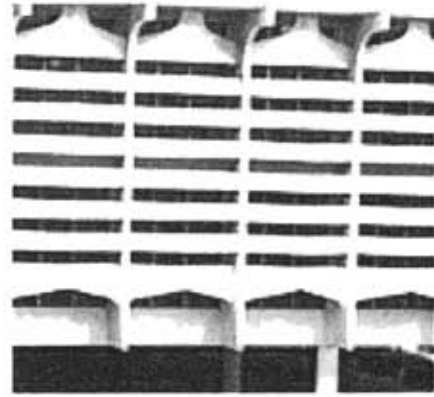
MCOT

: A49

: A49

ภาพที่ 23 แสดงตัวอย่างแผงบังแดดภายนอกอาคาร

ที่มา : <http://www.a49.com>



The New York Times Building
: Renzo Piano

AUA Rajadamri
: Adul Pinsavana

ภาพที่ 24 รูปแบบผังบังแดดรูปแบบระแนงที่ความชันต่างๆ

ที่มา <http://www.lbl.gov/Science-Articles/Archive/sb-EETD-NYT-building.html> และ
<http://thaiwebsites.com>

2.4 การทบทวนวรรณกรรมต่างประเทศ

2.4.1 Dynamic Daylight Glare Evaluation โดย Jan Wienold ในปีค.ศ. 2009

ได้เลือกใช้โปรแกรม Radiance (Ward and Shakespeare, 1998) ในการทำวิจัย ซึ่งโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ทำงานโดยอาศัยหลักของ Backward Raytracer ทำให้สามารถจำลองกรณีที่ใช้วัสดุมันวาวได้ ซึ่งมีความสำคัญต่อการหาแสงบาดตาที่เกิดขึ้น เนื่องจากงานวิจัยนี้เน้นการใช้อุปกรณ์บังแดดภายในอาคารเป็นหลัก โดยมุมมองที่เลือกใช้ เป็นมุม 45 องศา ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 แสดงตัวอย่างภาพที่ได้จากการจำลองจากโปรแกรม Radiance

ที่มา Wienold, J. 2009. Dynamic Daylight Glare Evaluation. Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow, 2009, pp.944-950.

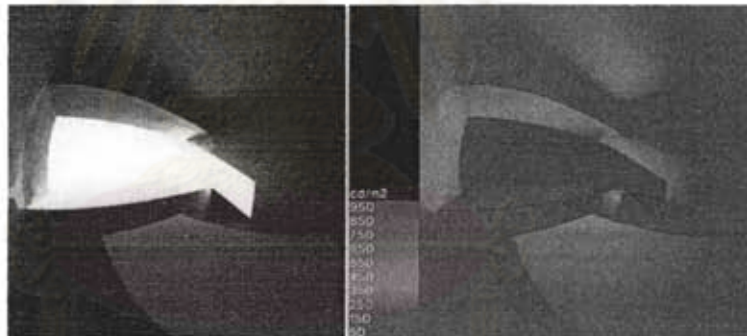


2.5 โปรแกรม Radiance

โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในการวิจัย เนื่องจากสามารถจำลองสภาพแวดล้อมและเงื่อนไขต่างๆ ได้อย่างสมจริง (Ward and Shakespeare, 1998) โดยสามารถใช้เพื่อประเมินอาคารทั้งก่อนออกแบบ และหลังออกแบบได้ จึงทำให้การใช้โปรแกรมต่างๆ ที่จำลองลักษณะแสงธรรมชาติรวมถึงแสงประดิษฐ์ได้รับความนิยม โปรแกรมเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์เกี่ยวกับแสงสว่างที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เช่น Lightscape, DIALux, Ecotect เป็นต้น โดยโปรแกรม Radiance ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นโปรแกรมเสริมที่มากพร้อมกับโปรแกรม Ecotect โดยโปรแกรมสามารถระบุเลือกวัสดุประกอบอาคารต่างๆ ได้ เช่นผนัง กระดาษเพอร์นิเจอร์ เป็นต้น รวมถึงการกำหนดการวางทิศทางตัวของอาคาร โปรแกรมสามารถจำลองมุมมองที่เกิดขึ้น โดยตั้งกล้องและเปลี่ยนชนิดของเลนส์ได้ เมื่อโปรแกรมคำนวณค่าความสว่างเรียบร้อยแล้ว สามารถดูรายละเอียดของข้อมูลการจำลองได้ในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

ภาพ Image คือภาพที่จำลองตามวัน เวลาที่กำหนด ซึ่งสามารถแสดงภาพในลักษณะในมุมมองการเห็นของมนุษย์

ภาพในรูปแบบ False Color เป็นภาพที่แสดงผลเป็นค่าช่วงสีต่างๆ ที่แสดงระดับความส่องสว่าง และตำแหน่งที่ที่ค่าความส่องสว่างมากที่สุด และต่ำที่สุดในภาพ



ภาพที่ 26 ภาพ Image และ False Color จากการจำลองโปรแกรม Radiance

โดยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้นำภาพที่จำลองได้จากโปรแกรม Radiance ไปจำลองต่อในโปรแกรม Evalglare เพื่อนำไปหาค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ที่เกิดขึ้น โดยจากงานวิจัยของ Wienold, J. 2009. ได้ทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือแล้ว พบว่ามีความเที่ยงตรง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้วิธีการวิจัยเชิงจำลองสถานการณ์ (Simulation Research) เพื่อจำลองหาลักษณะของแสงสว่างที่เกิดขึ้นภายในอาคารประเภทสำนักงานในช่วงเวลาต่างๆ โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การกำหนดขนาดห้องมาตรฐาน และตัวแปรควบคุม ที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนที่ 2 การกำหนดตัวแปรที่จะใช้ในการทดลอง ซึ่งได้แก่รูปแบบแผงบังแดด เวลา และทิศทาง

ส่วนที่ 3 จำลองสถานการณ์โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

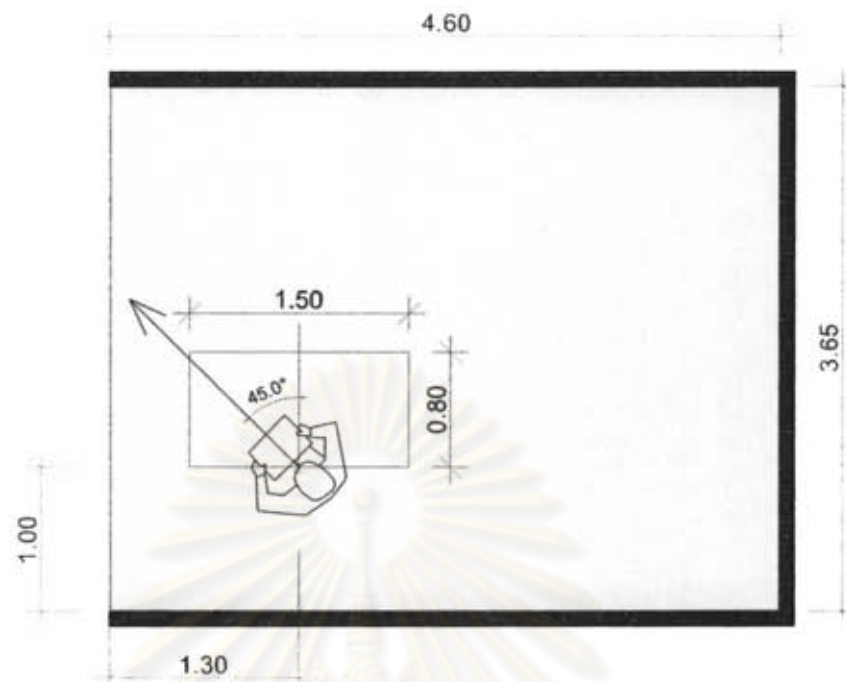
ส่วนที่ 4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ส่วนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

3.1 การกำหนดห้องมาตรฐาน

ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้กำหนดขนาดของห้องมาตรฐานโดยอ้างอิงจากห้องทดลองทางด้านแสงธรรมชาติในงานวิจัยที่มีลักษณะคล้ายกัน (Jan Wienold, 2009) โดยมีรายละเอียดดังนี้

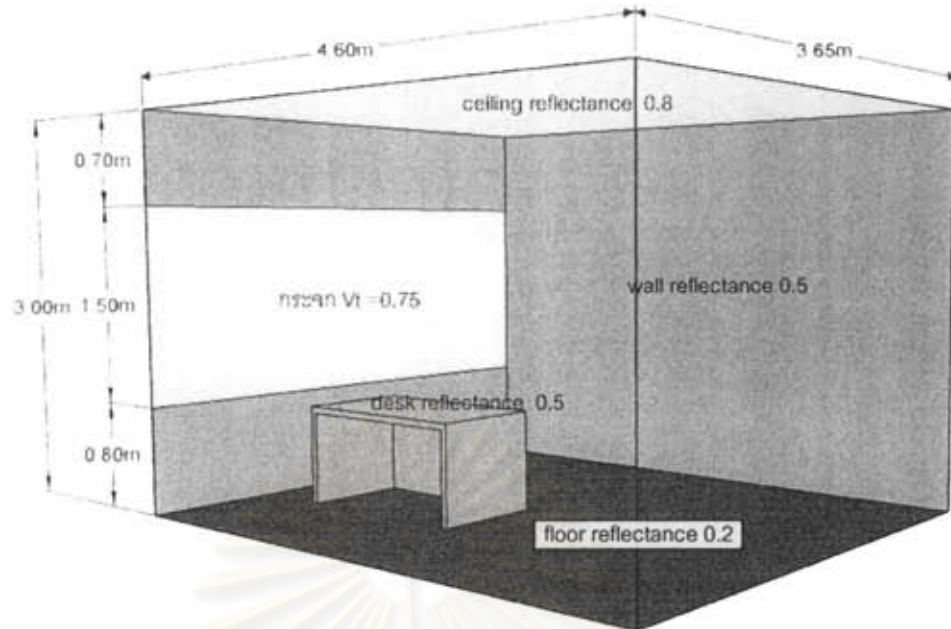
ความกว้างห้อง	3.65 เมตร
ความยาวห้อง	4.60 เมตร
ความสูงของห้อง	3.00 เมตร
พื้นที่กระจก	5.47 ตร.ม.
พื้นที่ผนังภายนอก	10.95 ตร.ม.
อัตราส่วนพื้นที่หน้าต่างต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR)	50 %
ค่าการสะท้อนแสงภายในของผนัง	0.5
ค่าการสะท้อนแสงภายในของฝ้าเพดาน	0.8
ค่าการสะท้อนแสงภายในของพื้น	0.2
ค่าการสะท้อนแสงภายในของโต๊ะทำงาน	0.5
Visual Transmission ของกระจก	0.75



ภาพที่ 27 แสดงผังพื้นของห้อง พร้อมตำแหน่งที่ใช้เก็บภาพ



ภาพที่ 28 แสดงรูปตัดห้อง พร้อมตำแหน่งที่ใช้เก็บภาพ




ภาพที่ 29 แสดงขนาดห้องมาตรฐาน

ตัวแปรควบคุมอื่นๆที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้แก่ สภาพท้องฟ้า โดยเลือกใช้สภาพท้องฟ้าเป็นแบบท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) เพื่อให้เห็นผลกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์ได้อย่างชัดเจนที่สุด เนื่องจากการโคจรของดวงอาทิตย์ และทิศทางของช่องเปิดอาคาร มีผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) และค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้น

โดยในการจำลองห้องมาตรฐานจะจำลองใน 4 ทิศทางตามทิศที่ช่องเปิดหันเข้าหา ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก และจำลองใน 3 วันสำคัญได้แก่วันที่ 21 มีนาคม 21 มิถุนายน และ 21 ธันวาคม ซึ่งในการจำลองแต่ละวันจะจำลองทุกๆ 2 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00-16.00 น. ได้แก่เวลา 8.00 10.00 12.00 14.00 และ 16.00 น. ดังรายละเอียดที่ได้แสดงตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงรายละเอียดการจำลองห้องมาตรฐาน

รูปแบบกรณีศึกษา	No.	รายละเอียดแผนผังแสดงการเก็บข้อมูล			
		ทิศ	21-มี.ค.	21-มิ.ย.	21-ธ.ค.
	BC_01	เหนือ	●	●	●
	BC_02	ใต้	●	●	●
	BC_03	ตะวันออก	●	●	●
	BC_04	ตะวันตก	●	●	●

3.2 สรุปรูปแบบของแผงบังแดดที่ทำการศึกษา

ประเทศไทยมีพื้นที่อยู่ ระหว่างละติจูด 5 องศา 30 ลิปดา เหนือ ถึง 20 องศา 30 ลิปดา เหนือ และลองจิจูดประมาณ 97 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก ถึง 105 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ได้เลือกตำแหน่งของกรุงเทพมหานคร คือตำแหน่งที่ละติจูด 14 องศา ลองจิจูดที่ 100.5 องศา ในการจำลอง โดยสามารถสรุปรูปแบบของแผงบังแดดได้ตามคำถามวิจัยต่างๆ ว่าแผงบังแดดรูปแบบต่างๆส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) อย่างไร โดยมุ่งเน้นไปที่ระยะยื่นรูปแบบของแผงบังแดด และทิศทางของห้อง โดยมีรูปแบบดังต่อไปนี้

3.2.1 สรุปรูปแบบคำถามวิจัยที่ 1

ในคำถามวิจัยที่ 1 แผงบังแดดรูปแบบต่างๆนั้นส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) หรือไม่อย่างไร

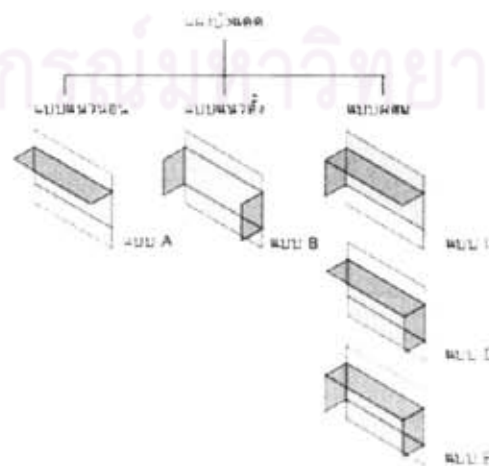
โดยการศึกษาหาความเหมาะสมของแผงบังแดดรูปแบบต่างๆ ในแต่ละทิศทาง นั้นได้เลือกอุปกรณ์บังแดดรูปแบบหลัก ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไป ซึ่งประกอบด้วย

อุปกรณ์บังแดดแนวนอน

อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง

อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนและแนวตั้งประกอบกัน

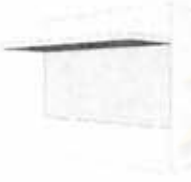




ในการเปรียบเทียบแผงบังแดดที่มีรูปแบบแตกต่างกันนั้น การพิจารณาตัวแปรควบคุมโดยใช้แสงตรงจากดวงอาทิตย์นั้นสามารถกระทำได้อย่าง จึงพิจารณาแผงบังแดดต่างๆที่ระยะยื่นเท่ากัน โดยยื่นเป็นระยะ 0.50 เมตร ซึ่งมีมุม Vertical Shadow Angle (VSA) ของแผงบังแดดแนวนอนที่ 56 องศา และ 1.00 เมตร เมตร ซึ่งมีมุม Vertical Shadow Angle (VSA) ของแผงบังแดดแนวนอนที่ 72 องศา โดยสามารถแบ่งออกได้เป็นแผงบังแดด 5 รูปแบบได้แก่ แผงบังแดดรูปแบบ A (แผงบังแดดแนวนอน) แผงบังแดดรูปแบบ B (แผงบังแดดแนวตั้ง 2 ซ้ำ) แผงบังแดดรูปแบบ C (แผงบังแดดแนวนอนและแนวตั้ง 1 ซ้ำ) แผงบังแดดรูปแบบ D (แผงบังแดดแนวนอนและแนวตั้ง 1 ซ้ำ) แผงบังแดดรูปแบบ E (แผงบังแดดแนวนอนและแนวตั้ง 2 ซ้ำ) โดยให้ระยะยื่นของแผงบังแดดแนวตั้งมีระยะเท่ากับระยะขงแผงบังแดดในแนวนอน ดังแสดงในภาพที่ 30



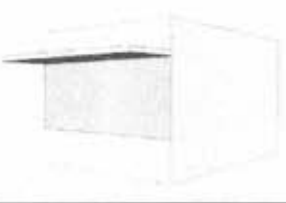




ภาพที่ 30 แสดงรูปแบบหลักของอุปกรณ์บังแดดที่ใช้ในการจำลอง

ในการจำลองจะจำลองใน 4 ทิศทางตามทิศที่ช่องเปิดหันเข้าหา ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก และจำลองใน 3 วันสำคัญได้แก่วันที่ 21 มีนาคม 21 มิถุนายน และ 21 ธันวาคม ซึ่งในการจำลองแต่ละวันจะจำลองทุกๆ 2 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00-16.00 น. ได้แก่เวลา 8.00 10.00 12.00 14.00 และ 16.00 น. ดังรายละเอียดที่ได้แสดงตามตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 7 แสดงรายละเอียดการจำลองตามคำถามวิจัยที่ 1 ที่ระยะยื่น 0.50 เมตร

รูปแบบกรณีศึกษา		No.	รายละเอียดแมงมิ่งแดดการเก็บข้อมูล			
			ทิศ	21-มี.ค.	21-มิ.ย.	21-ธ.ค.
รูปแบบ A		A_01	เหนือ	●	●	●
		A_02	ใต้	●	●	●
		A_03	ตะวันออก	●	●	●
		A_04	ตะวันตก	●	●	●
รูปแบบ B		B_01	เหนือ	●	●	●
		B_02	ใต้	●	●	●
		B_03	ตะวันออก	●	●	●
		B_04	ตะวันตก	●	●	●
รูปแบบ C		C_01	เหนือ	●	●	●
		C_02	ใต้	●	●	●
		C_03	ตะวันออก	●	●	●
		C_04	ตะวันตก	●	●	●
รูปแบบ D		D_01	เหนือ	●	●	●
		D_02	ใต้	●	●	●
		D_03	ตะวันออก	●	●	●
		D_04	ตะวันตก	●	●	●
รูปแบบ E		E_01	เหนือ	●	●	●
		E_02	ใต้	●	●	●
		E_03	ตะวันออก	●	●	●
		E_04	ตะวันตก	●	●	●

ตารางที่ 8 แสดงรายละเอียดการจำลองตามคำถามวิจัยที่ 1 ที่ระยะยื่น 1.00 เมตร

รูปแบบกรณีศึกษา		No.	รายละเอียดแผงบังแดดการเก็บข้อมูล			
			ทิศ	21-มี.ค.	21-มิ.ย.	21-ธ.ค.
รูปแบบ A		A_01	เหนือ	●	●	●
		A_02	ใต้	●	●	●
		A_03	ตะวันออก	●	●	●
		A_04	ตะวันตก	●	●	●
รูปแบบ B		B_01	เหนือ	●	●	●
		B_02	ใต้	●	●	●
		B_03	ตะวันออก	●	●	●
		B_04	ตะวันตก	●	●	●
รูปแบบ C		C_01	เหนือ	●	●	●
		C_02	ใต้	●	●	●
		C_03	ตะวันออก	●	●	●
		C_04	ตะวันตก	●	●	●
รูปแบบ D		D_01	เหนือ	●	●	●
		D_02	ใต้	●	●	●
		D_03	ตะวันออก	●	●	●
		D_04	ตะวันตก	●	●	●
รูปแบบ E		E_01	เหนือ	●	●	●
		E_02	ใต้	●	●	●
		E_03	ตะวันออก	●	●	●
		E_04	ตะวันตก	●	●	●

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 สรุปรูปแบบตามคำถามวิจัยที่ 2

ในคำถามวิจัยที่ 2 แผงบังแดดแนวอนที่มีระยะยื่นต่างกัน จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) หรือไม่อย่างไร

เนื่องจากแผงบังแดดแนวอนมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย จึงเลือกพิจารณาละเอียดลงไปในการใช้แผงบังแดดชนิดนี้ที่ Vertical Shadow Angle (VSA) ต่างๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ของมุม VSA และค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) รวมถึงค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้น

การทราบมุมกระทำ (Altitude Angle) และมุมเบี่ยง (Azimuth Angle) ที่เกิดขึ้น ทำให้สามารถหาค่ามุม Horizontal Shadow Angle (HSA) และมุม Vertical Shadow Angle (VSA) ได้ จากสมการที่ 14 และ 15 ซึ่งมีค่าตามตารางที่ 9 เพื่อหาว่าที่มุม VSA และ HSA ไคสามารถกันแสงแดดจากดวงอาทิตย์ได้ทั้งหมด โดยจะพิจารณาหาค่าเฉพาะในทิศเหนือและทิศใต้ เนื่องจากทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตก ไม่สามารถกันแสงแดดจากดวงอาทิตย์ได้ทั้งหมด

ตารางที่ 9 แสดงการหาค่า HSA และ VSA ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่างๆในประเทศไทย

ทิศเหนือ	เวลา	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	MIN	MAX
วันที่ 21 มิถุนายน	HSA	71.0	71.3	69.3	61.2	26.2	-44.8	-65.2	-70.4	-71.4	26.2	71.4
	VSA	58.8	70.5	76.9	79.6	80.7	80.6	78.7	74.8	67.3	58.8	80.7
วันที่ 21 มีนาคม	HSA	96.6	101.6	109.0	122.9	156.3	-148.7	-119.9	-107.6	-100.7	-	-
	VSA	-74.7	-75.2	-75.3	-75.4	-75.5	-75.4	-75.4	-75.3	-75.1	-	-
วันที่ 21 ธันวาคม	HSA	120.7	127.8	138.3	153.6	174.1	-163.9	-145.8	-132.9	-124.1	-	-
	VSA	-30.9	-42.1	-48.0	-51.0	-52.1	-51.8	-49.9	-45.7	-37.8	-	-
ทิศใต้	เวลา	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	MIN	MAX
วันที่ 21 มิถุนายน	HSA	-109.0	-108.7	-110.7	-118.8	-153.8	135.2	114.8	109.6	108.6	-	-
	VSA	-83.6	-83.8	-82.4	-75.2	-28.7	54.5	79.0	83.2	83.9	-	-
วันที่ 21 มีนาคม	HSA	83.4	78.4	-71.0	57.1	23.7	31.3	60.1	72.4	79.3	23.7	83.4
	VSA	74.7	75.2	75.3	75.4	75.5	75.4	75.4	75.3	75.1	74.7	75.5
วันที่ 21 ธันวาคม	HSA	-59.1	-52.2	-41.7	-26.4	-5.9	16.1	34.2	47.1	55.9	5.9	59.3
	VSA	30.9	42.1	47.8	51.0	52.1	51.8	49.9	45.7	37.8	30.9	52.1

พบว่าในทิศเหนือแสงแดดจะเข้าสู่ภายในอาคารในช่วงเดือน มิถุนายน โดยมีค่ามุม Vertical Shadow Angle (VSA) น้อยที่สุดที่ 58.8 องศา ในทิศใต้ แสงแดดจะเข้าสู่ภายในอาคารในช่วงเดือน มีนาคม และ ธันวาคม โดยมีค่ามุม VSA น้อยที่สุดที่ 30.9 องศา

ดังนั้นในการจำลอง จึงเลือกมุมที่น้อยที่สุดในการกำหนดระยะการยื่นของอุปกรณ์บังแดด นั่นคือมุม VSA ที่ 30 องศา (ระยะยื่น 2.60 เมตร) ซึ่งจะพิจารณาว่าเป็นกรณีที่ดีที่สุดในการออกแบบ จากนั้นจึงเพิ่มองศาของมุม VSA ทีละ 10 องศา เป็นมุม 40 องศา (ระยะยื่น 1.79 เมตร) มุม 50 องศา (ระยะยื่น 1.26 เมตร) มุม 60 องศา (ระยะยื่น 0.87 เมตร) มุม 70 องศา (ระยะยื่น 0.55 เมตร) มุม 80 องศา (ระยะยื่น 0.26 เมตร) เนื่องจากทำให้สามารถพิจารณาแนวโน้มของตัวแปรต้นที่แปรเปลี่ยนไปได้ โดยมีรายละเอียดของแผงบังแดดแนวนอน

โดยพิจารณาเฉพาะช่องเปิดทางด้านทิศใต้ ในวันที่ 21 ธันวาคม เนื่องจากเป็นด้านที่ได้รับผลกระทบจากแสงอาทิตย์มากที่สุด จำลองทุกๆ 2 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00-16.00 น. ได้แก่เวลา 8.00 10.00 12.00 14.00 และ 16.00 น. ดังรายละเอียดที่ได้แสดงตามตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงรายละเอียดการจำลองตามค่าตามวิจัยที่ 2

รูปแบบกรณีศึกษา	No.	รายละเอียดแผนผังเหตุการณ์เก็บข้อมูล					
		จำนวนแผนผังเหตุการณ์	ระยะขึ้น (น.)	ทิศ	21-มี.ค.	21-มี.ย.	21-ธ.ค.
VSA 30	V30_1	1	2.60	ใต้	-	-	●
VSA 40	V40_1	1	1.79	ใต้	-	-	●
VSA 50	V50_1	1	1.26	ใต้	-	-	●
VSA 60	V60_1	1	0.87	ใต้	-	-	●
VSA 70	V70_1	1	0.55	ใต้	-	-	●
VSA 80	V80_1	1	0.26	ใต้	-	-	●



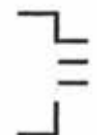
3.2.3 สรุปรูปแบบตามคำถามวิจัยที่ 3


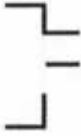
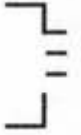



ในคำถามวิจัยที่ 3 จำนวนแผงบังแดดแนวนอนที่เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) หรือไม่อย่างไร

ในมุม Vertical Shadow Angle (VSA) ที่ต่ำ การใช้แผงบังแดดแนวนอนเพียงอันเดียว จะทำให้แผงบังแดดมีระยะยื่นที่ยาวมาก เช่นที่มุม VSA ที่ 30 องศา แผงบังแดดจะมีระยะยื่นถึง 2.50 เมตร การเพิ่มจำนวนการใช้แผงบังแดดที่มุม VSA คงเดิม ทำให้ระยะยื่นของแผงบังแดดลดลง โดยในการศึกษานี้จะเพิ่มจำนวนแผงบังแดดเป็นจำนวน 2 และ 3 อัน โดยพิจารณาในแผงบังแดดที่มีระยะยื่นเกิน 1 เมตร ซึ่งได้แก่แผงบังแดดที่มีมุม VSA ที่ 30 40 และ 50 องศา เพื่อดูว่าการเพิ่มจำนวนแผงบังแดดที่มากขึ้นจะส่งผลกระทบต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) ที่เกิดขึ้นอย่างไร

โดยพิจารณาเฉพาะช่องเปิดทางด้านทิศใต้ ในวันที่ 21 ธันวาคม เนื่องจากเป็นด้านที่ได้รับผลกระทบจากแสงอาทิตย์มากที่สุด จำลองทุกๆ 2 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00-16.00 น. ได้แก่เวลา 8.00 10.00 12.00 14.00 และ 16.00 น. ดังรายละเอียดที่ได้แสดงตามตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงรายละเอียดการจำลองตามคำถามวิจัยที่ 3

รูปแบบกรณีศึกษา	No.	รายละเอียดแผงบังแดดการเก็บข้อมูล					
		จำนวนแผงบังแดด	ระยะยื่น (ม.)	ทิศ	21-มี.ค.	21-มี.ย.	21-ธ.ค.
VSA 30	 V30_1	1	2.60	ใต้	-	-	●
	 V30_2	2	1.21	ใต้	-	-	●
	 V30_3	3	0.75	ใต้	-	-	●

รูปแบบกรณีศึกษา		No.	รายละเอียดแผนผังอาคารเก็บข้อมูล					
			จำนวนแผง บังแดด	ระยะยื่น (ม.)	ทิศ	21-มี.ค.	21-มิ.ย.	21-ธ.ค.
VSA 40		V40_1	1	1.79	ใต้	-	-	●
		V40_2	2	0.83	ใต้	-	-	●
		V40_3	3	0.52	ใต้	-	-	●
VSA 50		V50_1	1	1.26	ใต้	-	-	●
		V50_2	2	0.59	ใต้	-	-	●
		V50_3	3	0.36	ใต้	-	-	●

3.2.4 สรุปรูปแบบตามคำถามวิจัยที่ 4

ในคำถามวิจัยที่ 4 กระจกที่มีความทึบที่ต่างกัน จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) หรือไม่อย่างไร

ศึกษารูปแบบแผงบังแดดรูปแบบกระจกที่มีการใช้มากในช่องเปิดอาคารด้านทิศตะวันออกและตะวันตก เพื่อกันแสงดวงอาทิตย์ที่โคจรในมุมต่ำ โดยพิจารณาที่ความทึบของกระจกที่ร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 เพื่อที่จะสามารถหาแนวโน้มความสัมพันธ์ของผลการทดลองที่เกิดขึ้น โดยมีระยะห่างจากผนัง 1 เมตร ดังรายละเอียดที่ได้แสดงตามตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงรายละเอียดการจำลองตามคำถามวิจัยที่ 4

รูปแบบกรณีศึกษา	No.	รายละเอียดแผงบังแดดการเก็บข้อมูล					
		ความกว้าง ระแนง (ซม.)	ระยะห่าง ระแนง(ซม.)	ทิศ	21-มี.ค.	21-มี.ย.	21-ธ.ค.
ความทึบ 25%	R1_01	3.75	11.25	ตะวันออก	-	-	●
	R1_02			ตะวันตก	-	-	●
ความทึบ 50%	R1_01	7.50	7.50	ตะวันออก	-	-	●
	R1_02			ตะวันตก	-	-	●
ความทึบ 75%	R1_01	11.25	3.75	ตะวันออก	-	-	●
	R1_02			ตะวันตก	-	-	●

โดยในกระจกที่ความทึบ 25% นั้นมีมุม Vertical Shadow Angle (VSA) อยู่ระหว่าง 10.4 – 14.0 องศา ในกระจกที่ความทึบ 50% มีมุม Vertical Shadow Angle (VSA) อยู่ระหว่าง 7.0 – 14.0 องศา ในกระจกที่ความทึบ 75% มีมุม Vertical Shadow Angle (VSA) อยู่ระหว่าง 3.5 – 14.0 องศา

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

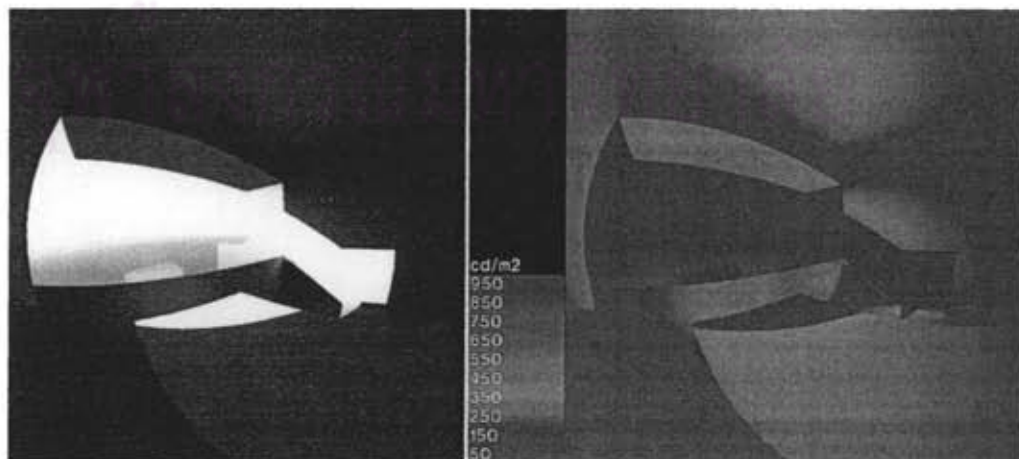
ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จะแบ่งเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การหาค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) และการหาค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 แสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.3.1 การหาค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการหาค่าแสงบาดตานี้สามารถหาค่าได้จากการจำลองห้องมาตรฐานรวมถึงลักษณะผนัง แดดในรูปแบบต่างๆตามคำถามการวิจัยที่ได้ตั้งไว้ โดยสร้างแบบจำลองในโปรแกรม Autodesk Ecotect 5.6 จากนั้นส่งออกไปยังโปรแกรม Radiance เพื่อจำลองลักษณะแสงที่เกิดขึ้นภายในห้องในช่วงเวลาต่างๆ

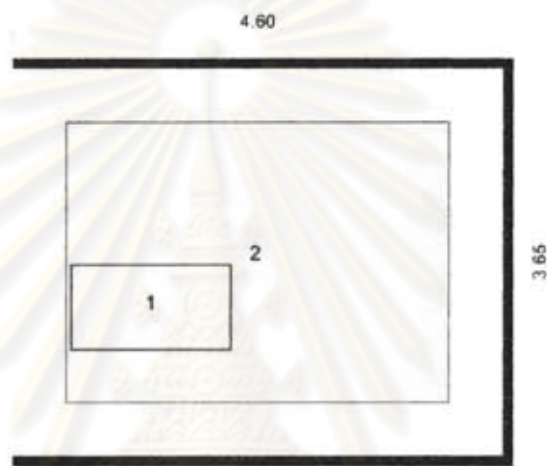


ภาพที่ 32 แสดงตัวอย่างภาพที่ได้จากการจำลองใน Radiance

หลังจากนั้นนำภาพที่ได้จาก Radiance ไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Evalglare เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) ที่เกิดขึ้น โดยมีรายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ตามภาคผนวก ก

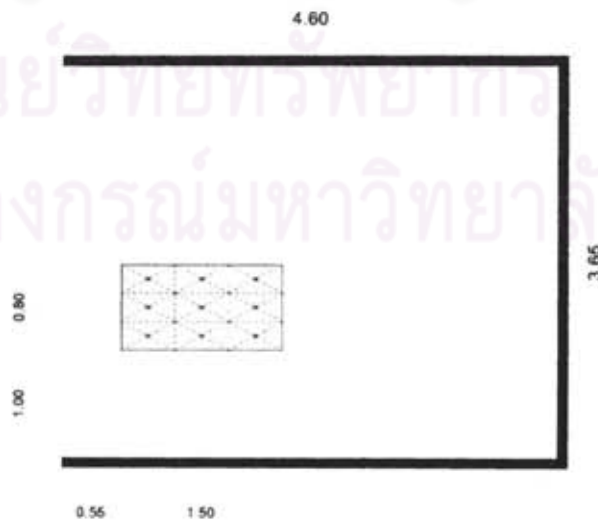
3.3.2 การหาค่าความส่องสว่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการหาค่าความส่องสว่างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น สามารถสร้างแบบจำลองในโปรแกรม DIALux 4.8 เพื่อจำลองลักษณะของแสงที่ได้ตลอดทั้งปี ใช้ลักษณะท้องฟ้าแบบโปร่ง (Clear Sky) โดยทำการจำลองทุก 2 ชั่วโมงตั้งแต่เวลา 8.00 – 16.00 น. ซึ่งจะพิจารณาค่าความสว่างบนภายในห้อง และความสว่างบนระนาบโต๊ะทำงาน คือที่ระดับสูงจากพื้นห้อง 0.75 เมตร ดังภาพที่ 33



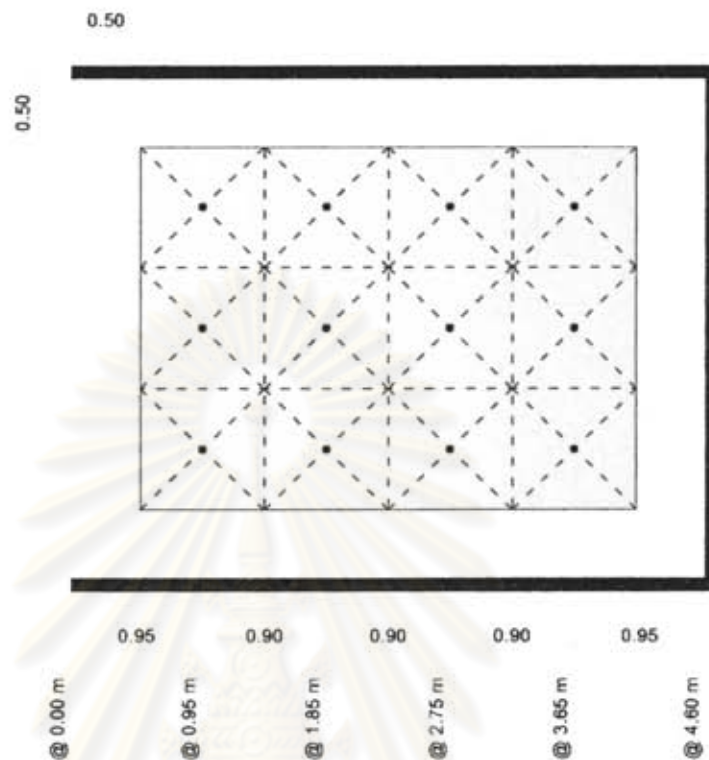
ภาพที่ 33 แสดงตำแหน่ง Calculation Grid ที่ 1 และ 2

3.3.2.1 ในการหาค่าความส่องสว่าง ใช้การหาค่าความสว่างบนระนาบโต๊ะทำงาน คือที่ระดับสูงจากพื้นห้อง 0.75 เมตร โดยแบ่งการวัดค่าเป็น 9 ตำแหน่งทั่วโต๊ะ



ภาพที่ 34 แสดงตำแหน่งที่วัดความส่องสว่างบนโต๊ะ

3.3.2.2 หาความส่องสว่างภายในห้อง ที่ระดับสูงจากพื้นห้อง 0.75 เมตร โดยแบ่งการวัดค่าเป็น 12 ตำแหน่งทั่วห้อง



ภาพที่ 35 แสดงตำแหน่งที่วัดความส่องสว่างภายในห้อง

ค่าความส่องสว่างที่จุด 5 6 7 และ 8 นั้น เป็นค่าที่นำมาเป็นตัวแทนความส่องสว่างที่ตำแหน่งห่างจากหน้าต่าง 0.95ม. 1.85ม. 2.75ม. และ 3.65 ม.ตามลำดับ

ในการหาค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างของทั้งห้อง หาโดยเฉลี่ยจากความส่องสว่างทั้ง 12 จุด และหาค่าความส่องสว่างต่ำสุด ค่าความส่องสว่างสูงสุด ค่าความสม่ำเสมอของแสงสว่าง จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ว่ามีค่าพอเพียงหรือไม่

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2007 เพื่อจัดทำแผนภูมิ และจัดทำข้อมูลทางสถิติอื่นๆ โดยวิเคราะห์ข้อมูลตามคำถามการวิจัยที่ตั้งขึ้นไว้ ซึ่งในแต่ละผลการวิจัยจะนำเสนอผลที่ได้เป็น 2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 แสดงผลค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) ที่ได้จากการจำลอง โดยนำเสนอเรียงตามคำถามการวิจัยที่ได้ตั้งไว้ พร้อมทำการเปรียบเทียบข้อมูลกับห้องมาตรฐาน

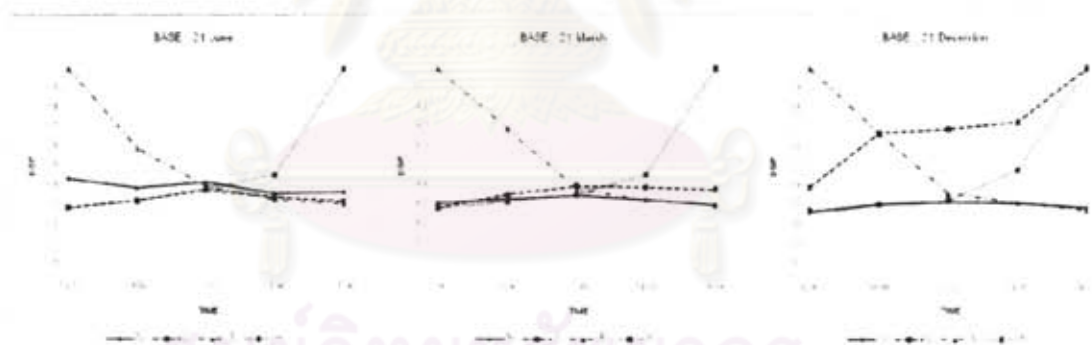
โดยในแต่ละกรณีจะแสดงผลออกเป็น 3 ส่วน คือ

1) ข้อมูลส่วนที่ 1 เป็นตารางแสดงผลค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 8.00 10.00 12.00 14.00 และ 16.00 น. ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม พร้อมค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 13 ตัวอย่างตารางการแสดงผลค่า DGP

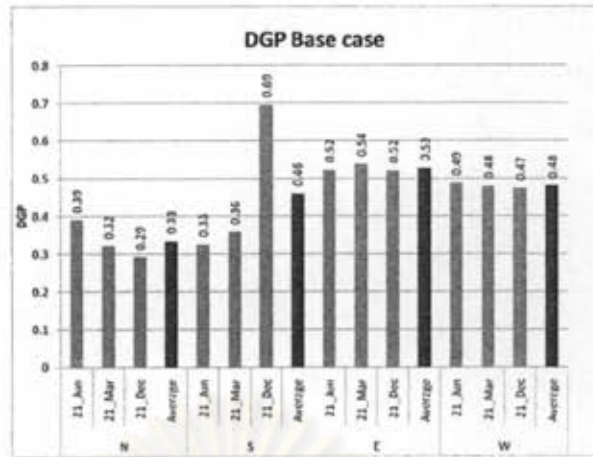
วันที่	ทิศ	DGP					average
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
21-Jun	N	0.4336	0.3838	0.4147	0.3594	0.3631	0.391
	S	0.2832	0.3204	0.3736	0.3362	0.3158	0.326
	E	1	0.5914	0.3924	0.3242	0.3016	0.522
	W	0.2823	0.3165	0.3843	0.4532	1	0.487
21-Mar	N	0.3085	0.3283	0.3466	0.3254	0.2969	0.321
	S	0.2819	0.3515	0.3957	0.3881	0.3776	0.359
	E	1	0.6912	0.3797	0.324	0.295	0.538
	W	0.2777	0.3131	0.3491	0.4564	1	0.479
21-Dec	N	0.2595	0.3002	0.3132	0.3077	0.2829	0.293
	S	0.3898	0.6694	0.6881	0.7243	1	0.694
	E	1	0.6619	0.3568	0.3113	0.2692	0.520
	W	0.27	0.302	0.3215	0.4774	1	0.474

2) ข้อมูลส่วนที่ 2 เป็นแผนภูมิแสดงค่า DGP ที่เกิดขึ้นทั้งวัน ใน 3 วันสำคัญ



แผนภูมิที่ 1 แสดงค่า DGP ตลอดทั้งวัน ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม

3) ข้อมูลส่วนที่ 3 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่า DGP ที่เกิดขึ้น โดยแยกตามทิศทาง เพื่อพิจารณาว่ามีค่าเกินเกณฑ์ที่กำหนด (DGP มีค่าเกิน 0.4) หรือไม่



แผนภูมิที่ 2 แสดงค่า DGP ที่เกิดขึ้น โดยแยกตามทิศ

ขั้นตอนที่ 2 แสดงผลค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ที่ได้จากการจำลอง โดยนำเสนอเรียงตามคำถามการวิจัยที่ได้ตั้งไว้ พร้อมทำการเปรียบเทียบข้อมูลกับห้องมาตรฐาน

โดยในแต่ละกรณีจะแสดงข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน คือ

1) ข้อมูลส่วนที่ 1 เป็นตารางแสดงค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ที่ได้จากการจำลองในกรณีนั้นๆ หากจากการเฉลี่ยค่าความส่องสว่างในวันนั้นๆ จากข้อมูลที่แสดงในภาคผนวก ข โดยข้อมูลส่วนในนี้จะแสดงค่าความส่องสว่างที่มากที่สุด (Emax) ค่าความส่องสว่างที่น้อยที่สุด (Emin) และค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างที่เกิดขึ้น (Eav) มีรูปแบบดังตารางที่ 14

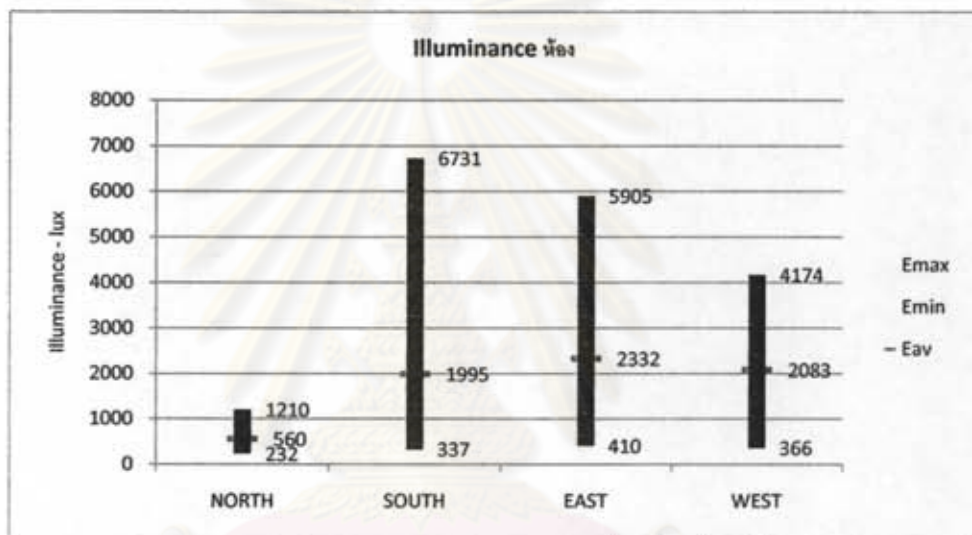
ตารางที่ 14 ตัวอย่างข้อมูลที่แสดงในภาคผนวก ข

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax
21_Jun	8.00	1649	818	497	357	821	325	2038	0.4	0.16	2561	873	12209	0.34	0.07
	10.00	1742	818	484	344	822	317	1841	0.39	0.17	1426	860	2118	0.6	0.41
	12.00	1578	739	440	314	745	300	1578	0.4	0.19	1239	753	1825	0.61	0.41
	14.00	1681	788	469	336	794	311	1729	0.39	0.18	1269	748	1917	0.59	0.39
	16.00	1791	868	525	381	871	346	2071	0.4	0.17	1289	770	1980	0.6	0.39
21_Mar	8.00	831	409	246	177	406	168	878	0.41	0.19	688	429	1006	0.62	0.43
	10.00	1067	514	307	222	512	212	1076	0.41	0.2	861	536	1252	0.62	0.43
	12.00	1009	485	291	210	484	203	1009	0.42	0.2	796	495	1156	0.62	0.43
	14.00	1043	502	300	217	500	207	1043	0.41	0.2	804	493	1186	0.61	0.42
	16.00	1017	494	296	214	492	202	1056	0.41	0.19	767	473	1140	0.62	0.41
21_Dec	8.00	573	302	188	138	292	131	573	0.45	0.23	464	307	644	0.66	0.48
	10.00	848	447	280	207	433	197	848	0.45	0.23	686	453	951	0.66	0.48
	12.00	855	452	284	211	438	203	855	0.46	0.24	688	456	958	0.66	0.48
	14.00	858	453	284	210	439	202	858	0.46	0.23	686	458	958	0.67	0.48
	16.00	700	369	229	169	357	161	700	0.45	0.23	558	374	778	0.67	0.48

ตารางที่ 15 ตัวอย่างตารางการแสดงผลค่าความส่องสว่าง

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โถง		
	Emax	Emin	Eav	Emax	Emin	Eav
21_Jun	1851	320	811	4010	801	1557
21_Mar	1012	198	479	1148	485	783
21_Dec	767	179	392	858	410	616
เฉลี่ยทั้งปี	1210	232	560	2005	565	985

2) ข้อมูลส่วนที่ 2 เป็นการนำข้อมูลจากส่วนที่ 1 มาสรุปเป็น แผนภูมิ โดยแยกเป็น 2 แผนภูมิ ได้แก่แผนภูมิที่แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้อง และแผนภูมิที่แสดงค่าความส่องสว่างภายในโถง



แผนภูมิที่ 3 แสดงค่า ความส่องสว่างเฉลี่ยทั้งปี ที่เกิดขึ้น

จากนั้นนำผลที่ได้ ทั้งในเรื่องค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) และ ความส่องสว่าง มาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น กับแสงบังแดดในรูปแบบที่แตกต่างกัน หรือวิเคราะห์ถึงปัจจัยอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้องต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้เกิดขึ้นจากการจำลองโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยผลการจำลองห้องมาตรฐาน รวมถึงการจำลองรูปแบบห้องที่ได้แบ่งออกตามคำถามวิจัยทั้ง 4 คำถาม ดังตารางที่ได้แจกแจงไว้ในบทที่ 3 โดยแยกผลการวิจัยออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability ,DGP) ที่เกิดขึ้น โดยเรียงลำดับผลตามคำถามวิจัยที่ได้ตั้งไว้ ดังมีรายละเอียดในบทที่ 3

ส่วนที่ 2 ผลค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ที่เกิดขึ้น โดยเรียงลำดับผลตามคำถามวิจัยที่ได้ตั้งไว้ เช่นกัน

ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลกระทบต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP)

ส่วนที่ 4 การวิเคราะห์เพื่อหาความเหมาะสมระหว่างค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) กับค่าความส่องสว่าง

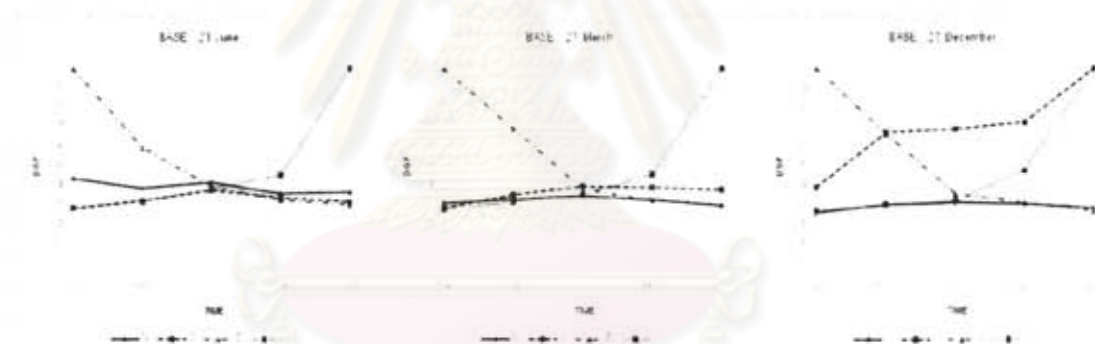
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



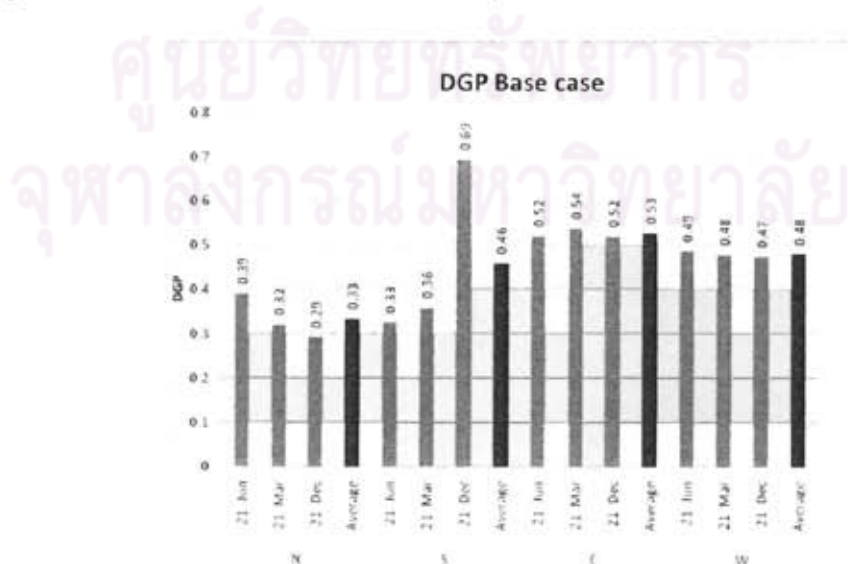
4.1 ผลการจำลองค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP)

4.1.1 ผลการจำลองค่า Daylight Glare Probability (DGP) ของห้องมาตรฐาน ตารางที่ 16 แสดงผลการจำลองค่า DGP กรณีห้องมาตรฐาน

วันที่	ทิศ	DGP					average
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
21-Jun	N	0.4336	0.3838	0.4147	0.3594	0.3631	0.391
	S	0.2832	0.3204	0.3736	0.3362	0.3158	0.326
	E	1	0.5914	0.3924	0.3242	0.3016	0.522
	W	0.2823	0.3165	0.3843	0.4532	1	0.487
21-Mar	N	0.3085	0.3263	0.3466	0.3254	0.2969	0.321
	S	0.2819	0.3515	0.3957	0.3881	0.3776	0.359
	E	1	0.6912	0.3797	0.324	0.295	0.538
	W	0.2777	0.3131	0.3491	0.4564	1	0.479
21-Dec	N	0.2595	0.3002	0.3132	0.3077	0.2829	0.293
	S	0.3896	0.6694	0.6881	0.7243	1	0.694
	E	1	0.6619	0.3568	0.3113	0.2692	0.520
	W	0.27	0.302	0.3215	0.4774	1	0.474



แผนภูมิที่ 4 แสดงค่า DGP ตลอดทั้งวัน ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม ของห้องมาตรฐาน



แผนภูมิที่ 5 แสดงค่า DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม ของห้องมาตรฐาน แยกตามทิศ

เมื่อพิจารณาตามวันที่ทำการทดลองพบว่า

- ในวันที่ 21 มิถุนายน DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ช่วงเวลา ก่อน 12.00 และในทิศตะวันตก ช่วงเวลาหลัง 12.00
- ในวันที่ 21 มีนาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ช่วงเวลา ก่อน 12.00 และในทิศตะวันตก ช่วงเวลาหลัง 12.00
- ในวันที่ 21 ธันวาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ช่วงเวลา ก่อน 12.00 ในทิศตะวันตก ช่วงเวลาหลัง 12.00 และ ในทิศใต้ ในช่วงเวลา 10.00 – 16.00 น.

เมื่อพิจารณาตามทิศที่ทำการทดลองพบว่า

- ในทิศเหนือ DGP มีค่าเกิน 0.4 ในเวลา 8.00 และ 12.00 ของวันที่ 21 มิถุนายน
- ในทิศใต้ DGP มีค่าเกิน 0.4 ในเวลา 10.00 12.00 14.00 และ 16.00 ของวันที่ 21 ธันวาคม
- ในทิศตะวันออก DGP มีค่าเกิน 0.4 ในเวลา 8.00 และ 10.00 ของวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม
- ในทิศตะวันตก DGP มีค่าเกิน 0.4 ในเวลา 14.00 และ 16.00 ของวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย DGP ทั้งปี พบว่า

- ทิศใต้ ค่า DGP เฉลี่ยสูงสุดของทั้งปี อยู่ที่ ในวันที่ 21 ธันวาคม มีค่าเท่ากับ 0.6762
- ทิศเหนือ ค่า DGP เฉลี่ยต่ำสุดของทั้งปี อยู่ที่ ในวันที่ 21 ธันวาคม มีค่าเท่ากับ 0.2964
- ในทิศตะวันออก ค่า DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม มีค่าเท่ากับ 0.4934 0.5319 และ 0.5160 ตามลำดับ
- ในทิศตะวันตก ค่า DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม มีค่าเท่ากับ 0.4625 0.4571 และ 0.4429 ตามลำดับ


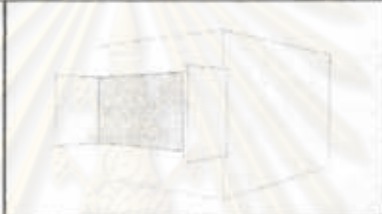


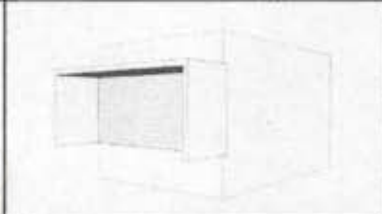
4.1.2 ผลการจำลองค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) ตามคำถามวิจัยที่ 1

คำถามวิจัยที่ 1 : แฉงบังแดดรูปแบบต่างๆนั้น ส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) หรือไม่อย่างไร



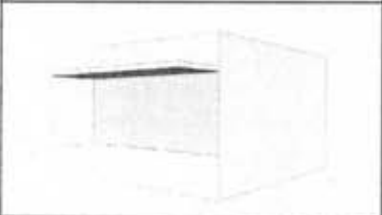
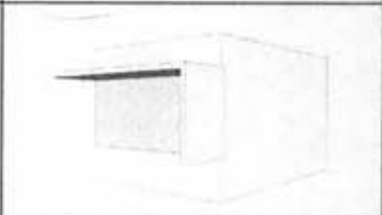
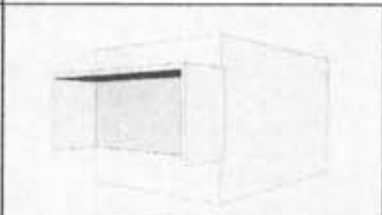
ประกอบด้วยกรจำลองแฉงบังแดดรูปแบบต่างๆ ที่ระยะยื่น 0.50 เมตรและ 1.00 เมตร โดยมีรูปแบบดังนี้

- แฉงบังแดดรูปแบบ A (แฉงบังแดดแนวนอน)
- แฉงบังแดดรูปแบบ B (แฉงบังแดดแนวตั้ง 2 ข้าง)
- แฉงบังแดดรูปแบบ C (แฉงบังแดดแนวนอนและแนวตั้ง 1 ข้าง)
- แฉงบังแดดรูปแบบ D (แฉงบังแดดแนวนอนและแนวตั้ง 1 ข้าง)
- แฉงบังแดดรูปแบบ E (แฉงบังแดดแนวนอนและแนวตั้ง 2 ข้าง)

ตารางที่ 17 แสดงรูปแบบแฉงบังแดดต่างๆที่ระยะยื่น 0.50 เมตร

		
รูปแบบ A	รูปแบบ B	
		
รูปแบบ C	รูปแบบ D	รูปแบบ E

ตารางที่ 18 แสดงรูปแบบแฉงบังแดดต่างๆที่ระยะยื่น 1.00 เมตร

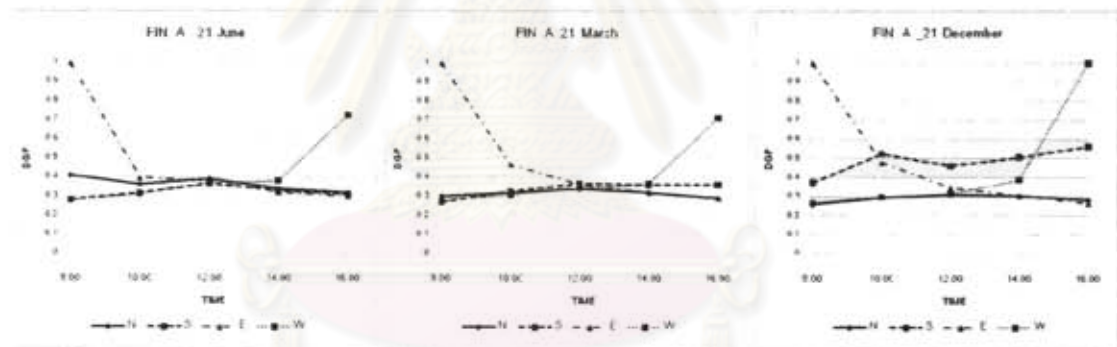
		
รูปแบบ A	รูปแบบ B	
		
รูปแบบ C	รูปแบบ D	รูปแบบ E

4.1.2.1 ผลการจำลองอุปกรณ์บังแดดรูปแบบ A B C D และ E ที่ระยะยื่น 0.50 เมตร

อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ A

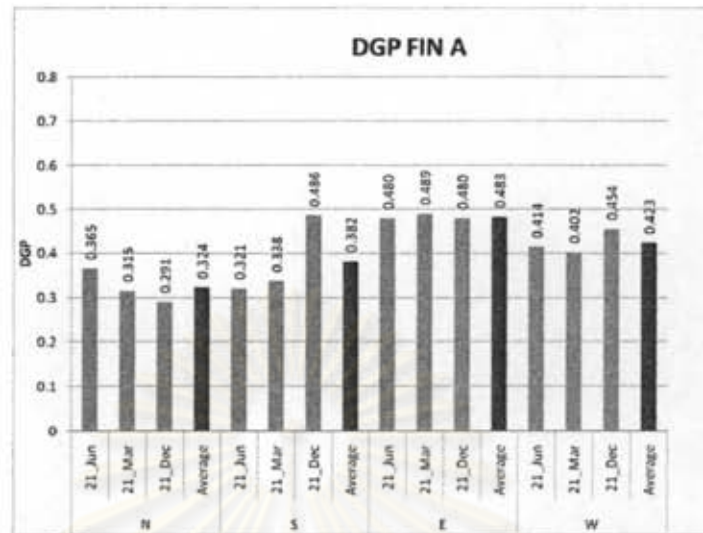
ตารางที่ 19 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการให้อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ A

วันที่	ทิศ	DGP					average
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
21-Jun	N	0.410	0.364	0.392	0.341	0.320	0.365
	S	0.284	0.316	0.366	0.330	0.311	0.321
	E	1.000	0.399	0.378	0.322	0.301	0.480
	W	0.279	0.314	0.372	0.381	0.726	0.414
21-Mar	N	0.302	0.321	0.341	0.322	0.291	0.315
	S	0.271	0.328	0.368	0.361	0.361	0.338
	E	1.000	0.468	0.365	0.321	0.292	0.489
	W	0.275	0.310	0.344	0.369	0.713	0.402
21-Dec	N	0.259	0.297	0.311	0.304	0.282	0.291
	S	0.374	0.526	0.462	0.508	0.562	0.486
	E	1.000	0.479	0.349	0.306	0.265	0.480
	W	0.267	0.299	0.316	0.388	1.000	0.454



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 6 แสดงค่า DGP ตลอดทั้งวัน ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ A



แผนภูมิที่ 7 แสดงค่า DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ A แยกตามทิศ

เมื่อพิจารณาตามวันที่ทำการทดลองพบว่า

- ในวันที่ 21 มิถุนายน DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 มีนาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และ 10.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 ธันวาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ช่วงเวลา 8.00-10.00 น. ในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น. และ ในทิศใต้ ในช่วงเวลา 10.00 14.00 และ 16.00 น.

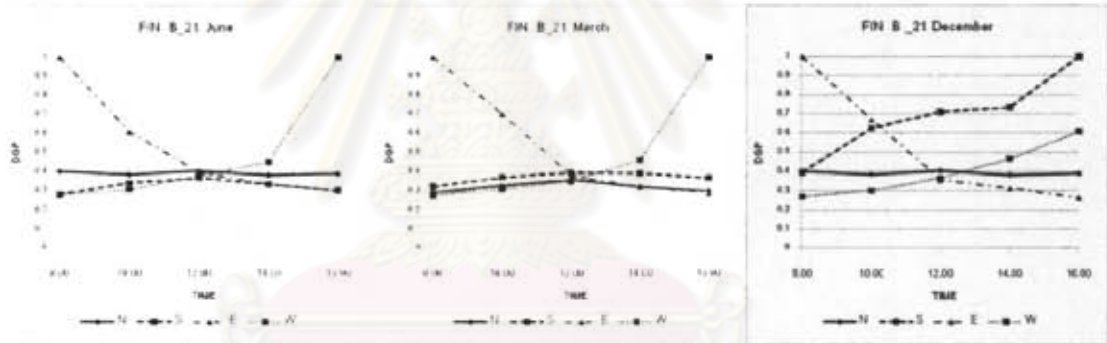
เมื่อพิจารณาตามทิศที่ทำการทดลอง การหาค่า DGP เฉลี่ย ทั้ง 3 วันสำคัญ พบว่า

- ในทิศเหนือ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน (DGP=0.36) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม (DGP=0.29) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.32
- ในทิศใต้ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม (DGP=0.48) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน (DGP=0.32) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.38
- ในทิศตะวันออก DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.48
- ในทิศตะวันตก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม (DGP=0.45) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน (DGP=0.40) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.42

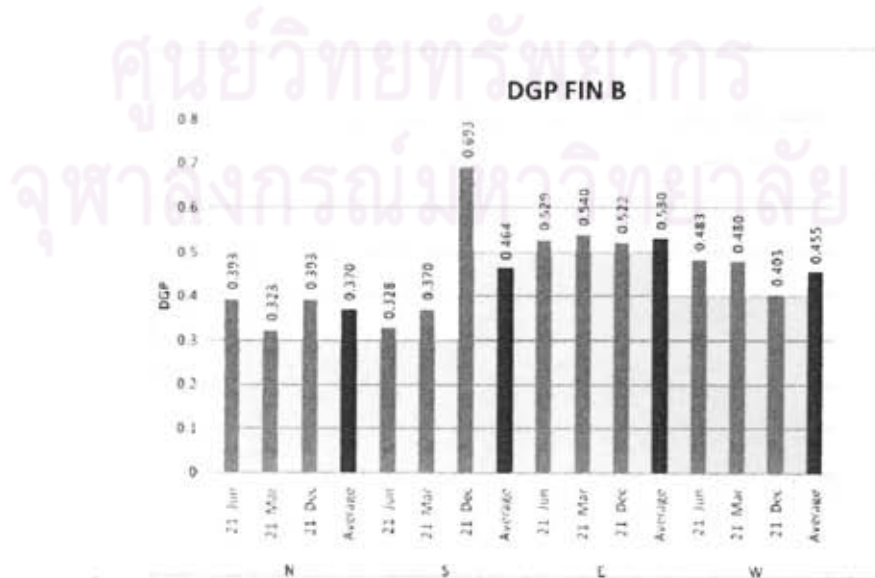
อุปกรณ์บังคับรูปแบบ B

ตารางที่ 20 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังคับรูปแบบ B

วันที่	ทิศ	DGP					average
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
21-Jun	N	0.402	0.386	0.404	0.383	0.391	0.393
	S	0.285	0.343	0.370	0.337	0.307	0.328
	E	1.000	0.609	0.395	0.337	0.303	0.529
	W	0.280	0.309	0.378	0.450	1.000	0.483
21-Mar	N	0.295	0.330	0.360	0.325	0.304	0.323
	S	0.326	0.372	0.394	0.392	0.370	0.370
	E	1.000	0.701	0.380	0.325	0.291	0.540
	W	0.277	0.310	0.351	0.460	1.000	0.480
21-Dec	N	0.402	0.386	0.404	0.383	0.391	0.393
	S	0.395	0.625	0.710	0.734	1.000	0.693
	E	1.000	0.671	0.358	0.316	0.266	0.522
	W	0.271	0.303	0.367	0.465	0.608	0.403



แผนภูมิที่ 8 แสดงค่า DGP ตลอดทั้งวัน ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ B



แผนภูมิที่ 9 แสดงค่า DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ B แยกตามทิศ

เมื่อพิจารณาตามวันที่ทำการทดลองพบว่า

- ในวันที่ 21 มิถุนายน DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 และ 10.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 14.00 และ 16.00 น.
- ในวันที่ 21 มีนาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และ 10.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 14.00 และ 16.00 น.
- ในวันที่ 21 ธันวาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ช่วงเวลา 8.00 และ 10.00 น. ในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น. และ ในทิศใต้ ในช่วงเวลา 10.00 12.00 14.00 และ 16.00 น.

เมื่อพิจารณาตามทิศที่ทำการทดลอง การหาค่า DGP เฉลี่ย ทั้ง 3 วันสำคัญ พบว่า

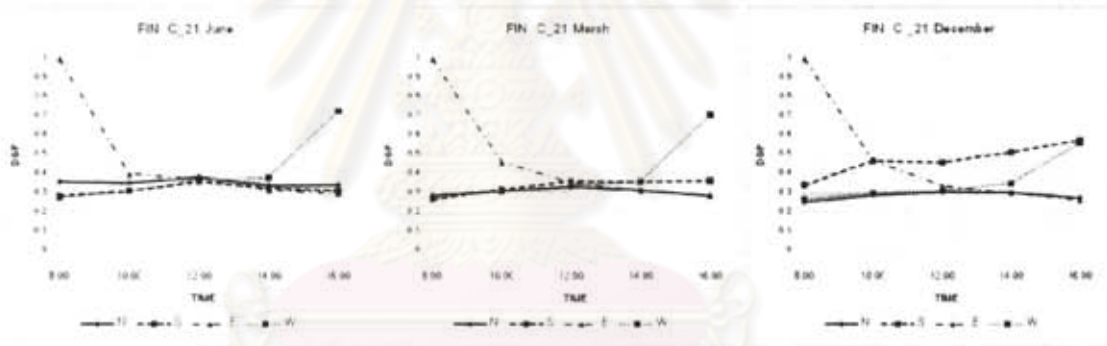
- ในทิศเหนือ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.39$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มีนาคม ($DGP=0.32$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.37
- ในทิศใต้ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.69$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.32$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.46
- ในทิศตะวันออก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มีนาคม ($DGP=0.54$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.52$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.53
- ในทิศตะวันตก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.48$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.40$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.45

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

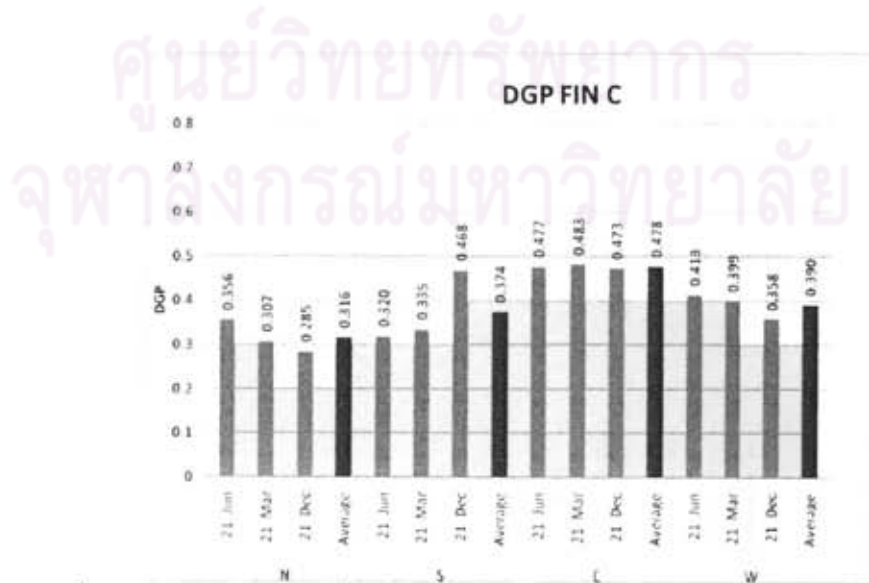
อุปกรณ์บังคับรูปแบบ C

ตารางที่ 21 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังคับรูปแบบ C

วันที่	ทิศ	DGP					average
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
21-Jun	N	0.361	0.354	0.383	0.341	0.343	0.356
	S	0.266	0.313	0.361	0.327	0.311	0.320
	E	1.000	0.398	0.372	0.318	0.298	0.477
	W	0.279	0.312	0.370	0.379	0.727	0.413
21-Mar	N	0.289	0.313	0.333	0.316	0.286	0.307
	S	0.267	0.321	0.363	0.361	0.364	0.335
	E	1.000	0.457	0.354	0.315	0.288	0.483
	W	0.276	0.310	0.341	0.362	0.706	0.399
21-Dec	N	0.252	0.290	0.304	0.303	0.275	0.285
	S	0.342	0.464	0.457	0.510	0.569	0.468
	E	1.000	0.463	0.338	0.302	0.262	0.473
	W	0.267	0.303	0.312	0.351	0.557	0.358



แผนภูมิที่ 10 แสดงค่า DGP ตลอดทั้งวัน ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ C



แผนภูมิที่ 11 แสดงค่า DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ C แยกตามทิศ

เมื่อพิจารณาตามวันที่ทำการทดลองพบว่า

- ในวันที่ 21 มิถุนายน DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 มีนาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 และ 10.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 ธันวาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ช่วงเวลา 8.00 และ 10.00 น. ในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น. และ ในทิศใต้ ในช่วงเวลา 10.00 12.00 14.00 และ 16.00 น.

เมื่อพิจารณาตามทิศที่ทำการทดลอง การหาค่า DGP เฉลี่ย ทั้ง 3 วันสำคัญ พบว่า

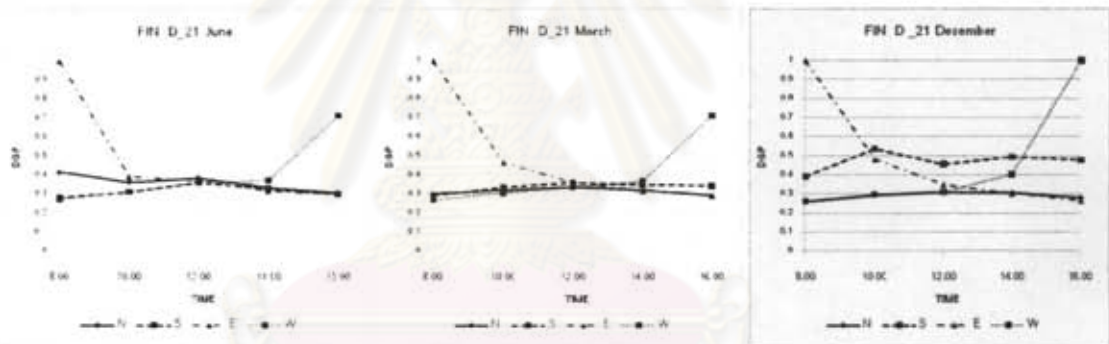
- ในทิศเหนือ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.36$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.28$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.32
- ในทิศใต้ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.47$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.32$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.37
- ในทิศตะวันออก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มีนาคม ($DGP=0.48$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.47$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.48
- ในทิศตะวันตก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.41$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.36$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.39

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

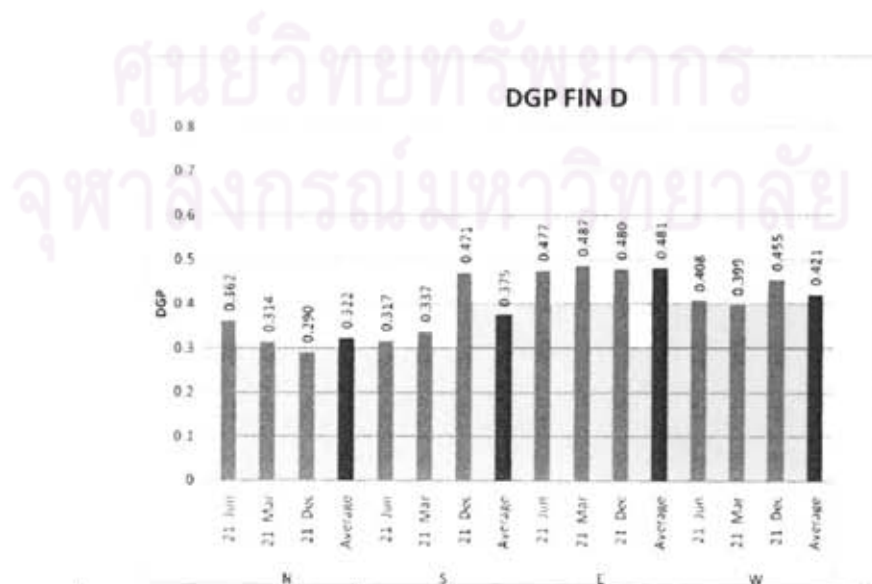
อุปกรณ์บังคับรูปแบบ D

ตารางที่ 22 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังคับรูปแบบ D

วันที่	ทิศ	DGP					average
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
21-Jun	N	0.417	0.364	0.386	0.334	0.310	0.362
	S	0.282	0.312	0.361	0.330	0.301	0.317
	E	1.000	0.393	0.372	0.318	0.300	0.477
	W	0.276	0.312	0.364	0.373	0.714	0.408
21-Mar	N	0.301	0.320	0.338	0.321	0.292	0.314
	S	0.294	0.338	0.362	0.350	0.343	0.337
	E	1.000	0.467	0.361	0.317	0.291	0.487
	W	0.272	0.305	0.337	0.368	0.711	0.399
21-Dec	N	0.262	0.294	0.308	0.307	0.281	0.290
	S	0.392	0.536	0.457	0.495	0.478	0.471
	E	1.000	0.483	0.350	0.303	0.266	0.480
	W	0.262	0.299	0.310	0.403	1.000	0.455



แผนภูมิที่ 12 แสดงค่า DGP ตลอดทั้งวัน ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ D



แผนภูมิที่ 13 แสดงค่า DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ D แยกตามทิศ

เมื่อพิจารณาตามวันที่ทำการทดลองพบว่า

- ในวันที่ 21 มิถุนายน DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 มีนาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 และ 10.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 ธันวาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ช่วงเวลา 8.00 และ 10.00 น. ในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 14.00 และ 16.00 น. และ ในทิศใต้ ในช่วงเวลา 10.00 12.00 14.00 และ 16.00 น.

เมื่อพิจารณาตามทิศที่ทำการทดลอง การหาค่า DGP เฉลี่ย ทั้ง 3 วันสำคัญ พบว่า

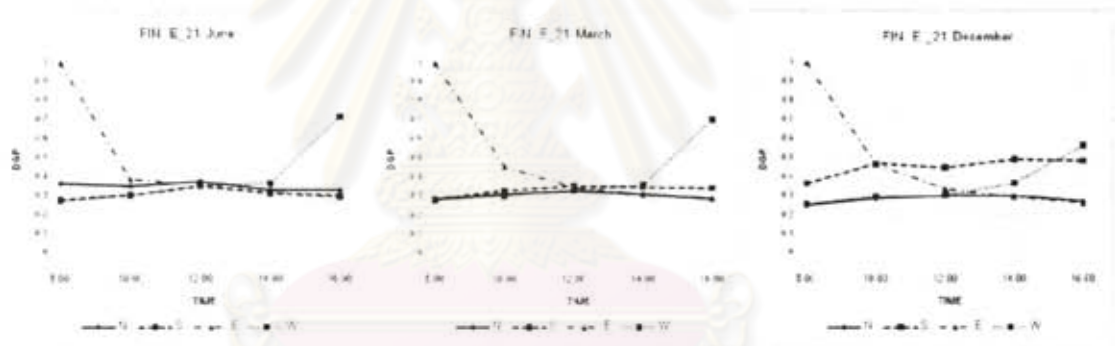
- ในทิศเหนือ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.36$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.29$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.32
- ในทิศใต้ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.47$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.32$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.38
- ในทิศตะวันออก DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.48
- ในทิศตะวันตก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.46$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.40$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

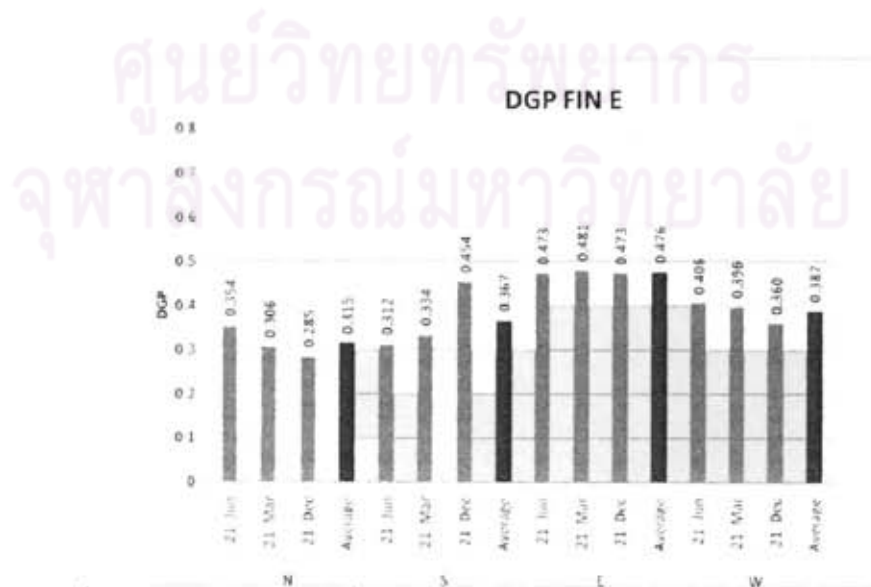
อุปกรณ์บังคับรูปแบบ E

ตารางที่ 23 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังคับรูปแบบ E

วันที่	ทิศ	DGP					average
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
21-Jun	N	0.367	0.355	0.381	0.335	0.333	0.354
	S	0.280	0.307	0.353	0.318	0.303	0.312
	E	1.000	0.392	0.364	0.313	0.297	0.473
	W	0.277	0.305	0.359	0.368	0.719	0.406
21-Mar	N	0.289	0.313	0.329	0.312	0.289	0.306
	S	0.287	0.330	0.357	0.350	0.345	0.334
	E	1.000	0.456	0.351	0.311	0.288	0.481
	W	0.279	0.305	0.332	0.362	0.703	0.396
21-Dec	N	0.254	0.289	0.304	0.304	0.274	0.285
	S	0.367	0.472	0.451	0.496	0.485	0.454
	E	1.000	0.467	0.339	0.296	0.265	0.473
	W	0.262	0.300	0.306	0.368	0.566	0.360



แผนภูมิที่ 14 แสดงค่า DGP ตลอดทั้งวัน ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ E



แผนภูมิที่ 15 แสดงค่า DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ E แยกตามทิศ

เมื่อพิจารณาตามวันที่ทำการทดลองพบว่า

- ในวันที่ 21 มิถุนายน DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 มีนาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 และ 10.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 ธันวาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ช่วงเวลา 8.00 และ 10.00 น. ในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น. และ ในทิศใต้ ในช่วงเวลา 10.00 12.00 14.00 และ 16.00 น.

เมื่อพิจารณาตามทิศที่ทำการทดลอง การหาค่า DGP เฉลี่ย ทั้ง 3 วันสำคัญ พบว่า

- ในทิศเหนือ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.35$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.29$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.32
- ในทิศใต้ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.45$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.31$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.37
- ในทิศตะวันออก DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.48
- ในทิศตะวันตก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.41$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.36$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.39

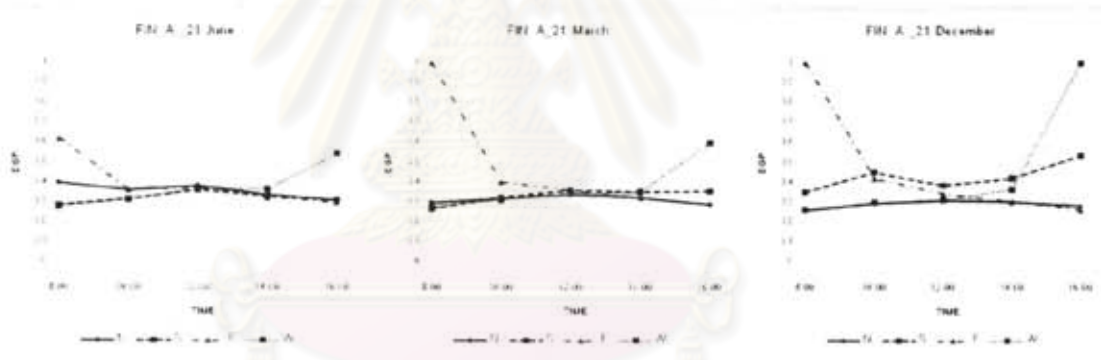
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2.2 ผลการจำลองอุปกรณ์บังแดดรูปแบบ A B C D และ E ที่ระยะยื่น 1.00 เมตร

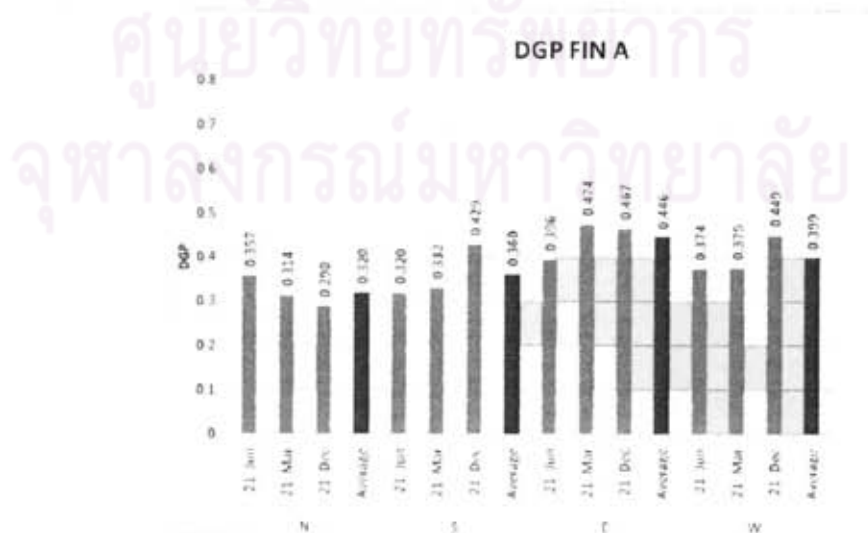
อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ A

ตารางที่ 24 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังแดดรูปแบบ A

วันที่	ทิศ	DGP					average
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
21-Jun	N	0.399	0.360	0.383	0.337	0.309	0.357
	S	0.284	0.316	0.362	0.330	0.309	0.320
	E	0.622	0.362	0.372	0.322	0.300	0.396
	W	0.277	0.314	0.369	0.365	0.545	0.374
21-Mar	N	0.299	0.318	0.341	0.322	0.288	0.314
	S	0.266	0.324	0.361	0.353	0.355	0.332
	E	1.000	0.401	0.359	0.321	0.291	0.474
	W	0.273	0.310	0.342	0.353	0.597	0.375
21-Dec	N	0.258	0.295	0.311	0.304	0.280	0.290
	S	0.352	0.452	0.384	0.423	0.536	0.429
	E	1.000	0.421	0.346	0.304	0.263	0.467
	W	0.265	0.300	0.315	0.385	1.000	0.449



แผนภูมิที่ 16 แสดงค่า DGP ตลอดทั้งวัน ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ A



แผนภูมิที่ 17 แสดงค่า DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ A แยกตามทิศ

เมื่อพิจารณาตามวันที่ทำการทดลองพบว่า

- ในวันที่ 21 มิถุนายน DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 มีนาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 ธันวาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ช่วงเวลา 8.00-10.00 น. ในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น. และ ในทิศใต้ ในช่วงเวลา 10.00 14.00 และ 16.00 น.

เมื่อพิจารณาตามทิศที่ทำการทดลอง การหาค่า DGP เฉลี่ย ทั้ง 3 วันสำคัญ พบว่า

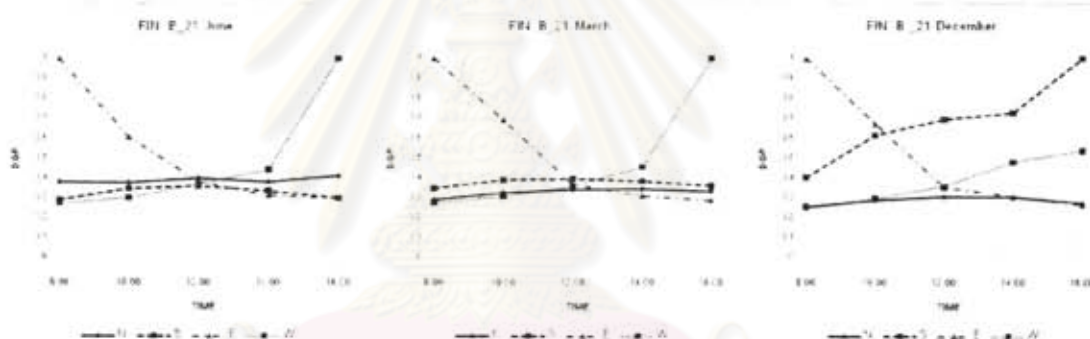
- ในทิศเหนือ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.36$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.29$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.32
- ในทิศใต้ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.43$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.32$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.36
- ในทิศตะวันออก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มีนาคม ($DGP=0.47$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.40$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.45
- ในทิศตะวันตก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.45$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.37$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.40

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

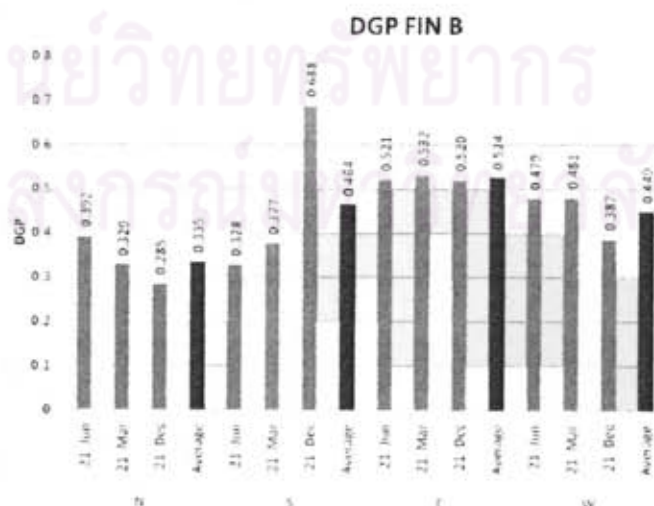
อุปกรณ์บังคับรูปแบบ B

ตารางที่ 25 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังคับรูปแบบ B

วันที่	ทิศ	DGP					average
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
21-Jun	N	0.383	0.380	0.401	0.383	0.411	0.392
	S	0.290	0.349	0.363	0.338	0.301	0.328
	E	1.000	0.606	0.383	0.316	0.300	0.521
	W	0.276	0.304	0.371	0.444	1.000	0.479
21-Mar	N	0.291	0.329	0.343	0.345	0.336	0.329
	S	0.348	0.391	0.397	0.385	0.362	0.377
	E	1.000	0.693	0.369	0.311	0.288	0.532
	W	0.276	0.310	0.360	0.457	1.000	0.481
21-Dec	N	0.251	0.289	0.307	0.303	0.273	0.285
	S	0.403	0.616	0.694	0.726	1.000	0.688
	E	1.000	0.672	0.354	0.308	0.265	0.520
	W	0.260	0.300	0.359	0.480	0.537	0.387



แผนภูมิที่ 18 แสดงค่า DGP ตลอดทั้งวัน ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ B



แผนภูมิที่ 19 แสดงค่า DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ B แยกตามทิศ

เมื่อพิจารณาตามวันที่ทำการทดลองพบว่า

- ในวันที่ 21 มิถุนายน DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 และ 10.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 14.00 และ 16.00 น.
- ในวันที่ 21 มีนาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 และ 10.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 14.00 และ 16.00 น.
- ในวันที่ 21 ธันวาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ช่วงเวลา 8.00 และ 10.00 น. ในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 14.00 และ 16.00 น. และ ในทิศใต้ ในทุกช่วงเวลา

เมื่อพิจารณาตามทิศที่ทำการทดลอง การหาค่า DGP เฉลี่ย ทั้ง 3 วันสำคัญ พบว่า

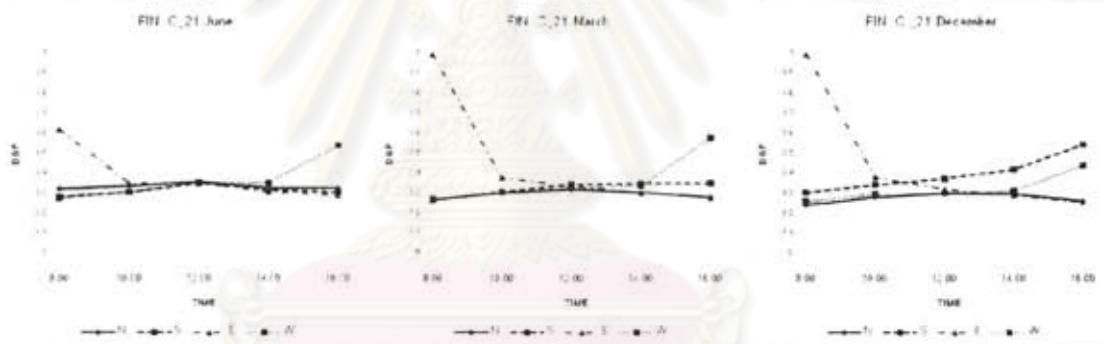
- ในทิศเหนือ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน (DGP=0.39) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม (DGP=0.28) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.33
- ในทิศใต้ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม (DGP=0.69) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน (DGP=0.33) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.46
- ในทิศตะวันออก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มีนาคม (DGP=0.53) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม (DGP=0.52) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.52
- ในทิศตะวันตก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน (DGP=0.48) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม (DGP=0.39) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.45

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุปกรณ์บังคับรูปแบบ C

ตารางที่ 26 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังคับรูปแบบ C

วันที่	ทิศ	DGP					average
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
21-Jun	N	0.326	0.339	0.361	0.329	0.328	0.336
	S	0.283	0.308	0.352	0.321	0.308	0.314
	E	0.624	0.354	0.353	0.308	0.292	0.386
	W	0.278	0.307	0.358	0.356	0.542	0.368
21-Mar	N	0.271	0.305	0.322	0.306	0.283	0.297
	S	0.269	0.310	0.348	0.352	0.354	0.327
	E	1.000	0.383	0.339	0.305	0.282	0.462
	W	0.275	0.307	0.332	0.340	0.580	0.367
21-Dec	N	0.244	0.284	0.301	0.297	0.264	0.278
	S	0.306	0.345	0.376	0.423	0.547	0.399
	E	1.000	0.382	0.324	0.291	0.258	0.451
	W	0.265	0.301	0.305	0.316	0.441	0.326



แผนภูมิที่ 20 แสดงค่า DGP ตลอดทั้งวัน ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ C



แผนภูมิที่ 21 แสดงค่า DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ C แยกตามทิศ

เมื่อพิจารณาตามวันที่ทำการทดลองพบว่า

- ในวันที่ 21 มิถุนายน DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 มีนาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 ธันวาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ช่วงเวลา 8.00 น. ในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น. และ ในทิศใต้ ในช่วงเวลา 14.00 และ 16.00 น.

เมื่อพิจารณาตามทิศที่ทำการทดลอง การหาค่า DGP เฉลี่ย ทั้ง 3 วันสำคัญ พบว่า

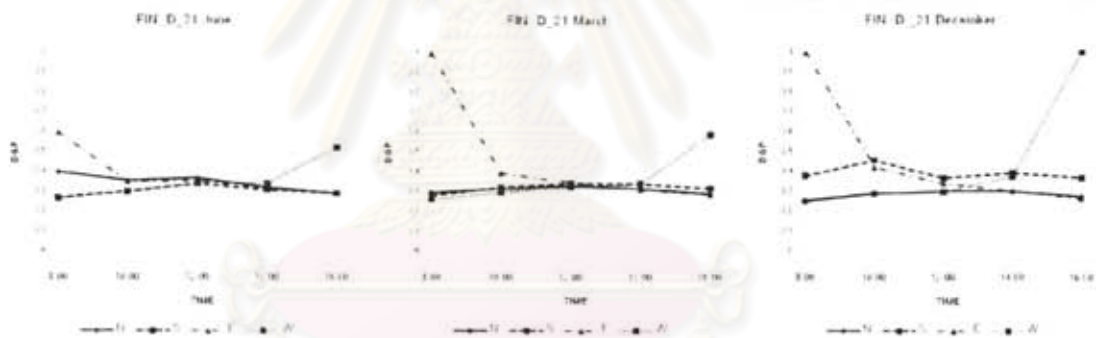
- ในทิศเหนือ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.34$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.28$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.30
- ในทิศใต้ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.40$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.31$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.35
- ในทิศตะวันออก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มีนาคม ($DGP=0.46$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.39$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.43
- ในทิศตะวันตก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.37$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.33$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.35

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

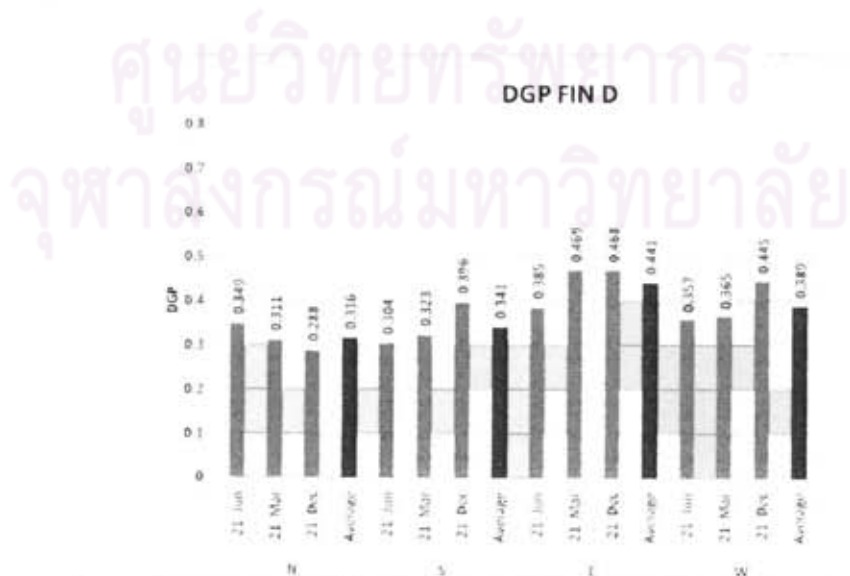
อุปกรณ์บังคับรูปแบบ D

ตารางที่ 27 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังคับรูปแบบ D

วันที่	ทิศ	DGP					average
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
21-Jun	N	0.402	0.358	0.370	0.323	0.293	0.349
	S	0.271	0.304	0.342	0.312	0.293	0.304
	E	0.600	0.351	0.359	0.317	0.298	0.385
	W	0.270	0.299	0.346	0.345	0.523	0.357
21-Mar	N	0.299	0.319	0.331	0.317	0.292	0.311
	S	0.284	0.325	0.345	0.340	0.319	0.323
	E	1.000	0.397	0.348	0.313	0.289	0.469
	W	0.266	0.300	0.325	0.342	0.590	0.365
21-Dec	N	0.260	0.293	0.305	0.305	0.277	0.288
	S	0.382	0.459	0.372	0.397	0.372	0.396
	E	1.000	0.424	0.344	0.306	0.268	0.468
	W	0.253	0.293	0.301	0.378	1.000	0.445



แผนภูมิที่ 22 แสดงค่า DGP ตลอดทั้งวัน ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ D



แผนภูมิที่ 23 แสดงค่า DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ D แยกตามทิศ

เมื่อพิจารณาตามวันที่ทำการทดลองพบว่า

- ในวันที่ 21 มิถุนายน DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 มีนาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 ธันวาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ช่วงเวลา 8.00 และ 10.00 น. ในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น. และ ในทิศใต้ ในช่วงเวลา 10.00 น.

เมื่อพิจารณาตามทิศที่ทำการทดลอง การหาค่า DGP เฉลี่ย ทั้ง 3 วันสำคัญ พบว่า

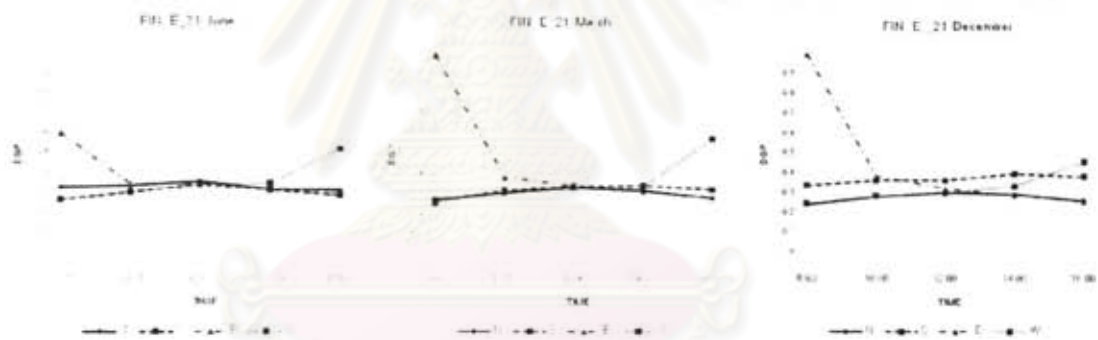
- ในทิศเหนือ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.35$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.29$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.32
- ในทิศใต้ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.40$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.30$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.34
- ในทิศตะวันออก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มีนาคม ($DGP=0.47$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.39$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.44
- ในทิศตะวันตก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.44$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.36$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.39

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุปกรณ์บังคับรูปแบบ E

ตารางที่ 28 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของการใช้อุปกรณ์บังคับรูปแบบ E

วันที่	ทิศ	DGP					average
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
21-Jun	N	0.332	0.337	0.360	0.320	0.316	0.333
	S	0.270	0.305	0.346	0.319	0.289	0.306
	E	0.605	0.346	0.348	0.318	0.288	0.381
	W	0.270	0.306	0.347	0.349	0.523	0.359
21-Mar	N	0.270	0.305	0.330	0.314	0.279	0.300
	S	0.269	0.315	0.337	0.340	0.320	0.316
	E	1.000	0.381	0.338	0.313	0.282	0.463
	W	0.255	0.305	0.330	0.333	0.575	0.360
21-Dec	N	0.244	0.285	0.305	0.295	0.264	0.279
	S	0.342	0.365	0.366	0.399	0.385	0.371
	E	1.000	0.387	0.324	0.291	0.258	0.452
	W	0.253	0.289	0.303	0.336	0.458	0.328



แผนภูมิที่ 24 แสดงค่า DGP ตลอดทั้งวัน ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ E

ศูนย์วิจัยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 25 แสดงค่า DGP ในวันที่ 21 มิถุนายน 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม รูปแบบ E แยกตามทิศ

เมื่อพิจารณาตามวันที่ทำการทดลองพบว่า

- ในวันที่ 21 มิถุนายน DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 มีนาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ในเวลา 8.00 น. และในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น.
- ในวันที่ 21 ธันวาคม DGP มีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออก ช่วงเวลา 8.00 และ 10.00 น. ในทิศตะวันตก ช่วงเวลา 16.00 น. และ ในทิศใต้ ในช่วงเวลา 10.00 น.

เมื่อพิจารณาตามทิศที่ทำการทดลอง การหาค่า DGP เฉลี่ย ทั้ง 3 วันสำคัญ พบว่า

- ในทิศเหนือ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.35$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.29$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.32
- ในทิศใต้ DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.40$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.30$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.34
- ในทิศตะวันออก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 มีนาคม ($DGP=0.47$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.39$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.44
- ในทิศตะวันตก DGP มีค่าสูงสุดที่วันที่ 21 ธันวาคม ($DGP=0.44$) มีค่าต่ำสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน ($DGP=0.36$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.39

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2.3 การเปรียบเทียบค่า DGP ระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดและห้องที่มีแผงบังแดด ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร

FIN A

FIN B

FIN C

FIN D

FIN E

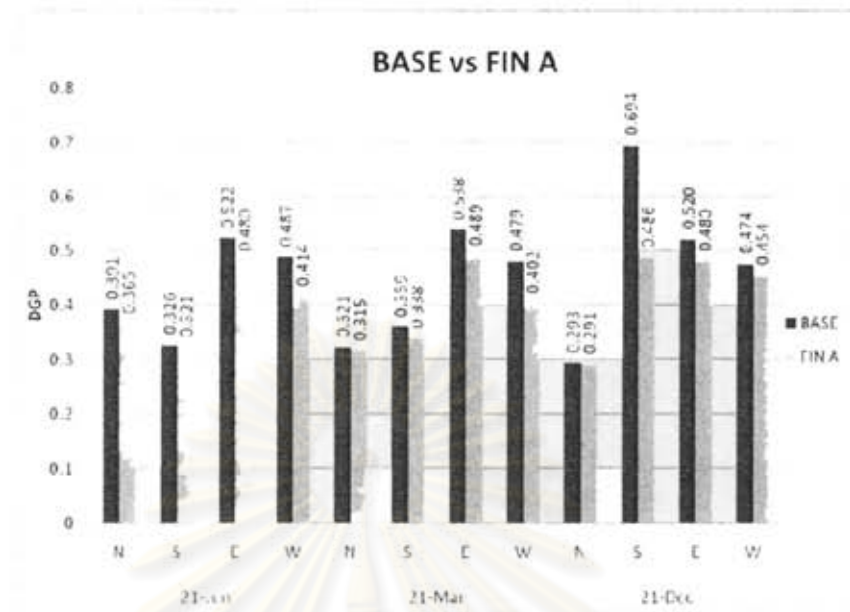
ตารางที่ 29 แสดงผลการจำลองค่า DGP เฉลี่ย กรณีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A B C D และ E ยื่น 0.50 เมตร

วันที่	ทิศ	DGP Average					
		BASE	FIN A	FIN B	FIN C	FIN D	FIN E
21-Jun	เหนือ	0.391	0.365	0.393	0.356	0.362	0.354
	ใต้	0.326	0.321	0.328	0.320	0.317	0.312
	ตะวันออก	0.522	0.480	0.529	0.477	0.477	0.473
	ตะวันตก	0.487	0.414	0.483	0.413	0.408	0.406
21-Mar	เหนือ	0.321	0.315	0.323	0.307	0.314	0.306
	ใต้	0.359	0.338	0.370	0.335	0.337	0.334
	ตะวันออก	0.538	0.489	0.540	0.483	0.487	0.481
	ตะวันตก	0.479	0.402	0.480	0.399	0.399	0.396
21-Dec	เหนือ	0.293	0.291	0.393	0.285	0.290	0.285
	ใต้	0.694	0.486	0.693	0.468	0.471	0.454
	ตะวันออก	0.520	0.480	0.522	0.473	0.480	0.473
	ตะวันตก	0.474	0.454	0.403	0.358	0.455	0.360

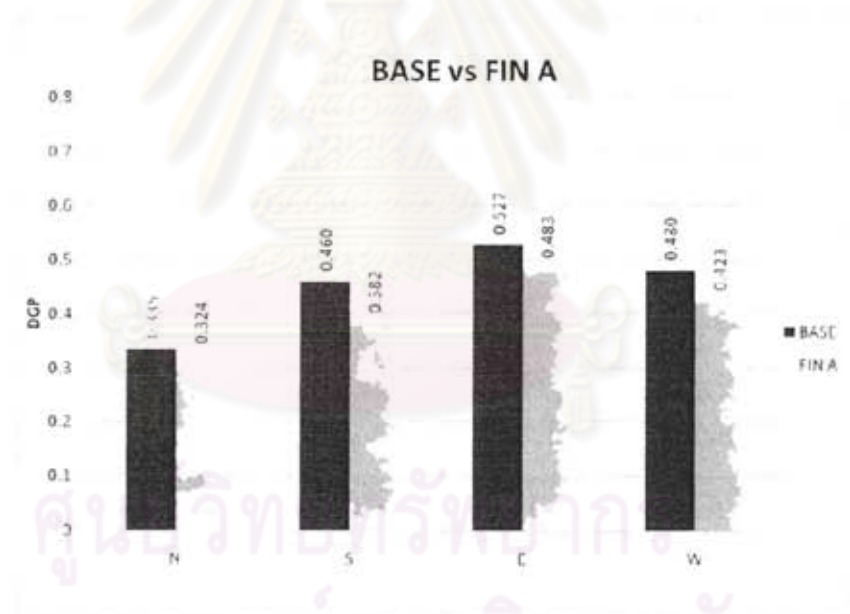
ตารางที่ 30 แสดงผลการจำลองค่า DGP เฉลี่ยตลอดทั้งปี แยกตามทิศ

ทิศ	DGP Average ทั้งปี					
	BASE	FIN A	FIN B	FIN C	FIN D	FIN E
เหนือ	0.335	0.324	0.370	0.316	0.322	0.315
ใต้	0.460	0.382	0.464	0.374	0.375	0.367
ตะวันออก	0.527	0.483	0.530	0.478	0.481	0.476
ตะวันตก	0.480	0.423	0.455	0.390	0.421	0.387

การเปรียบเทียบค่า DGP ของห้องมาตรฐาน (ไม่มีแผงบังแดด) กับห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A



แผนภูมิที่ 26 แสดงค่า DGP ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ A (ยื่น 0.50 ม.)

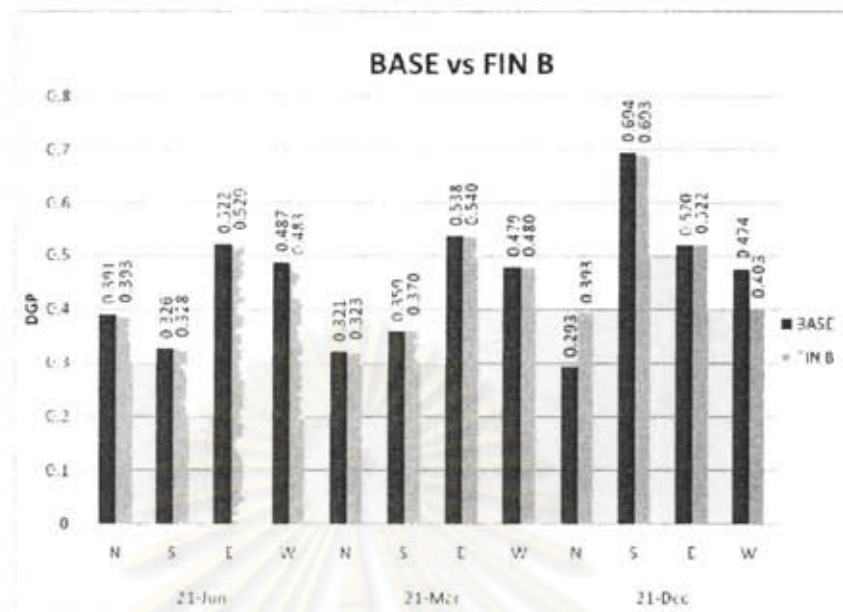


แผนภูมิที่ 27 แสดงค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ A (ยื่น 0.50 ม.)

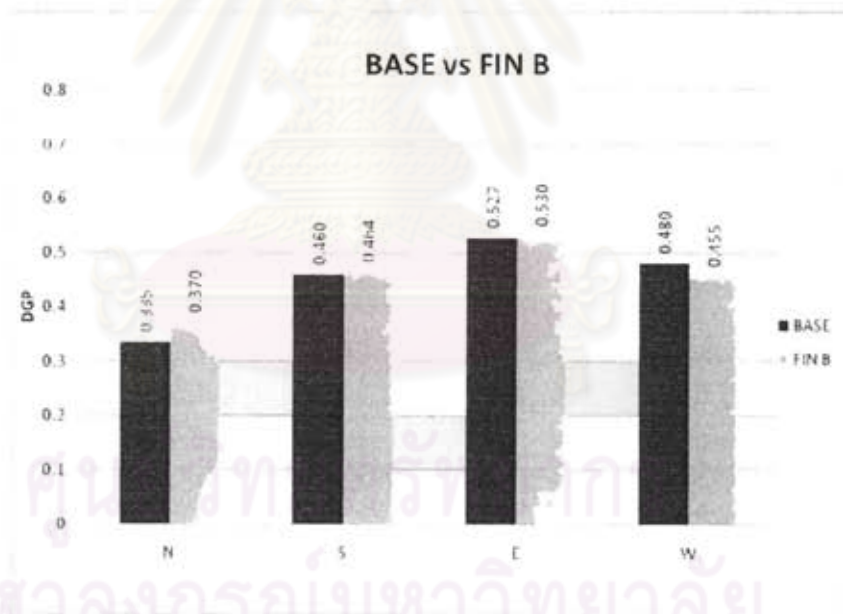
พบว่า การใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร ส่งผลต่อค่า DGP ดังนี้

ทิศเหนือ	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.33 เป็น 0.32
ทิศใต้	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.46 เป็น 0.38
ทิศตะวันออก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.53 เป็น 0.48
ทิศตะวันตก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.42

การเปรียบเทียบค่า DGP ของห้องมาตรฐาน (ไม่มีแผงบังแดด) กับห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B



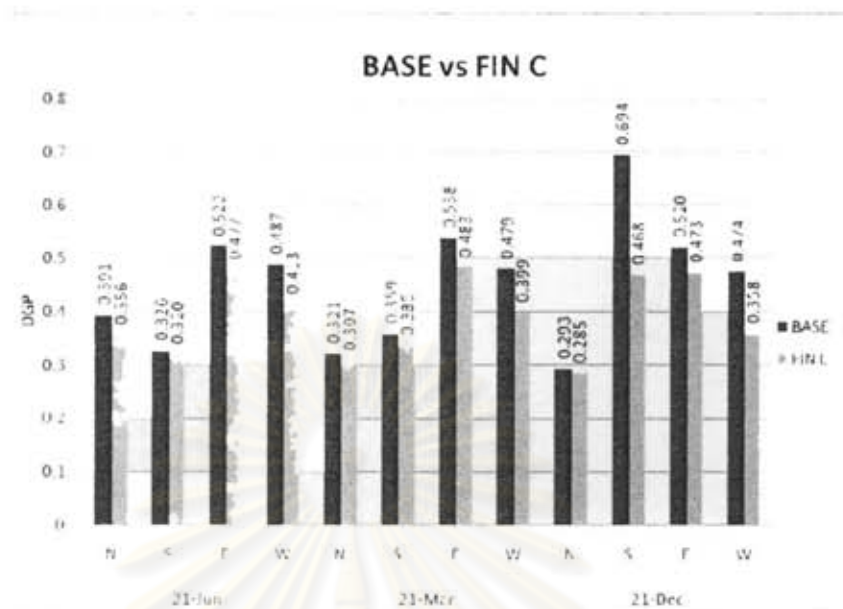
แผนภูมิที่ 28 แสดงค่า DGP ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ B (ยื่น 0.50 ม.)



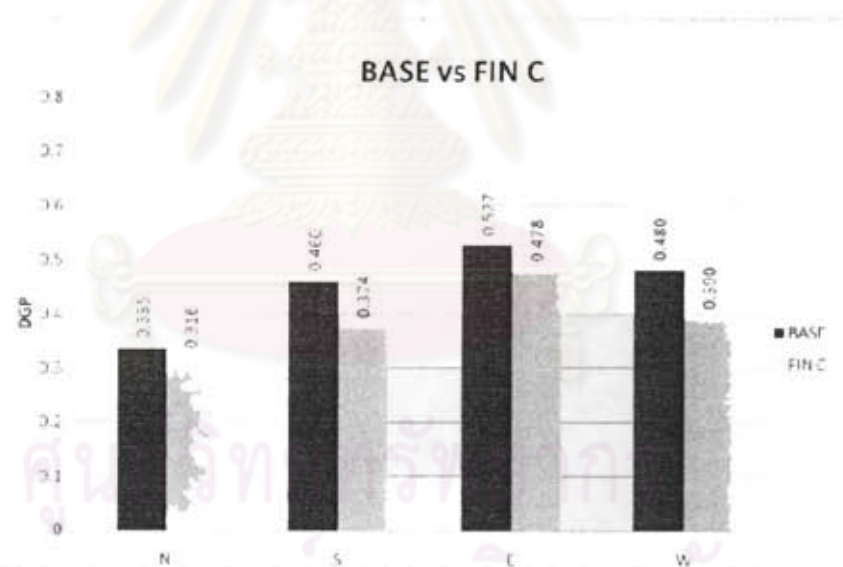
แผนภูมิที่ 29 แสดงค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ B (ยื่น 0.50 ม.)

แผนภูมิที่ 28 และ 29 แสดงค่า DGP เฉลี่ยที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดกับห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร โดยจากแผนภูมิ พบว่า ในทิศใต้และทิศตะวันออก การใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ไม่ส่งผลใดๆต่อค่า DGP และส่งผลน้อยมากในทิศตะวันตก โดยทิศตะวันตก ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.46

การเปรียบเทียบค่า DGP ของห้องมาตรฐาน (ไม่มีแผงบังแดด) กับห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C



แผนภูมิที่ 30 แสดงค่า DGP ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดดเปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ C (ยื่น 0.50 ม.)

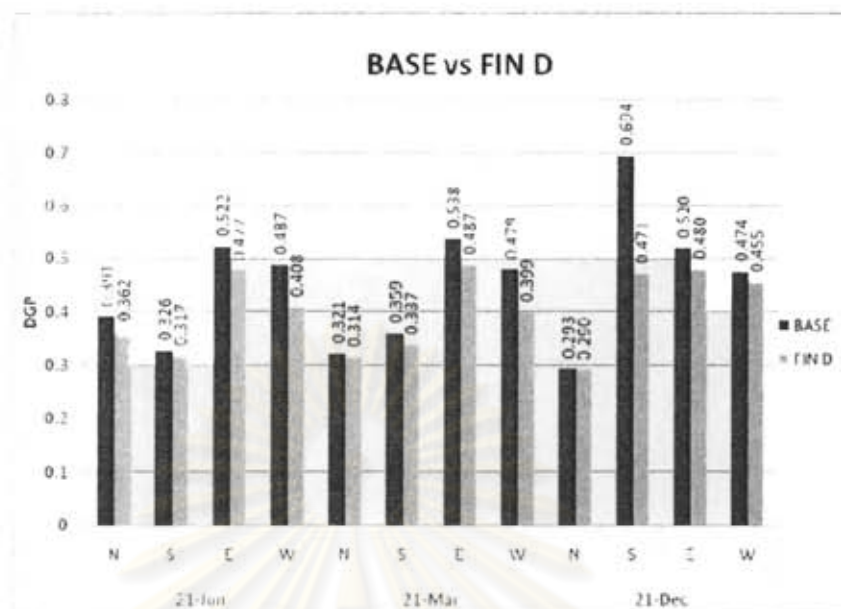


แผนภูมิที่ 31 แสดงค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ C (ยื่น 0.50 ม.)

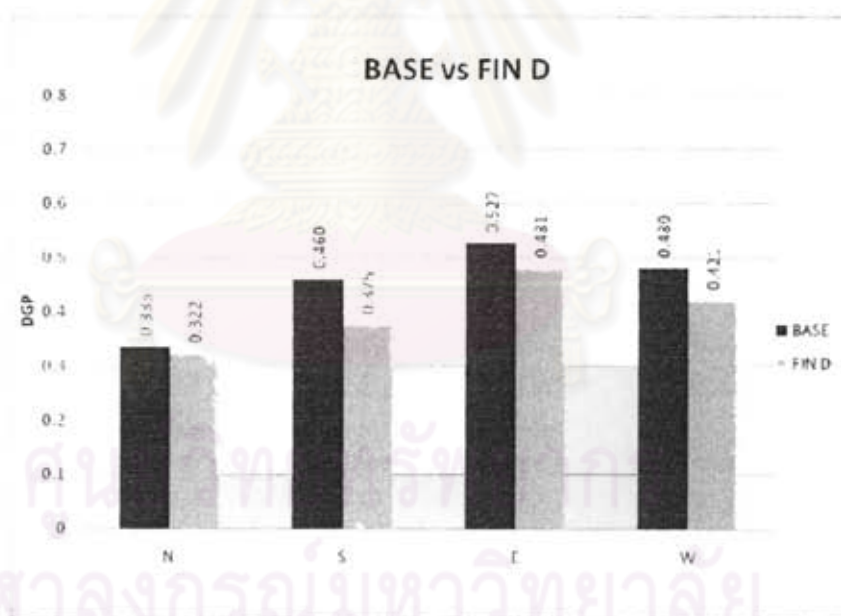
พบว่า การใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร ส่งผลต่อค่า DGP ดังนี้

ทิศเหนือ	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.33 เป็น 0.32
ทิศใต้	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.46 เป็น 0.37
ทิศตะวันออก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.53 เป็น 0.48
ทิศตะวันตก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.39

การเปรียบเทียบค่า DGP ของห้องมาตรฐาน (ไม่มีแผงบังแดด) กับห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D



แผนภูมิที่ 32 แสดงค่า DGP ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดดเปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ D (ยื่น 0.50 ม.)

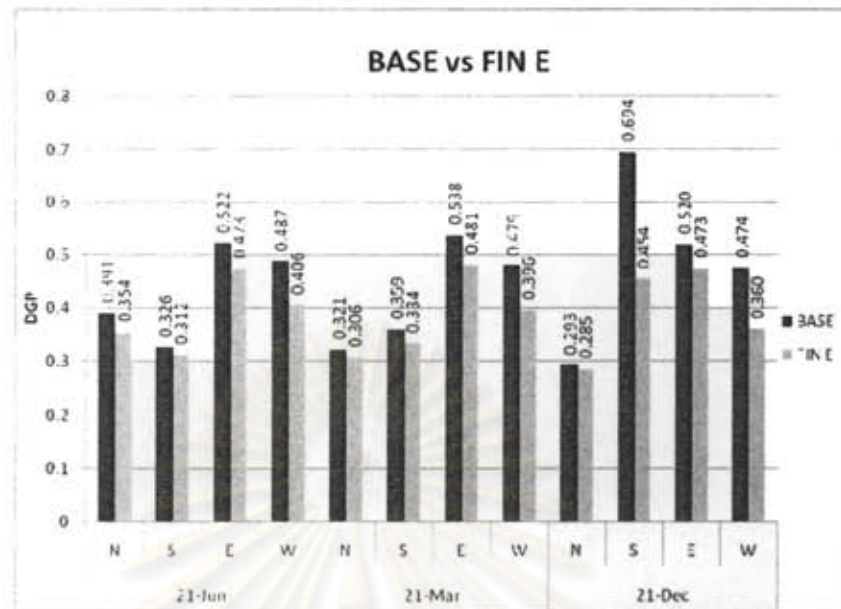


แผนภูมิที่ 33 แสดงค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ D (ยื่น 0.50 ม.)

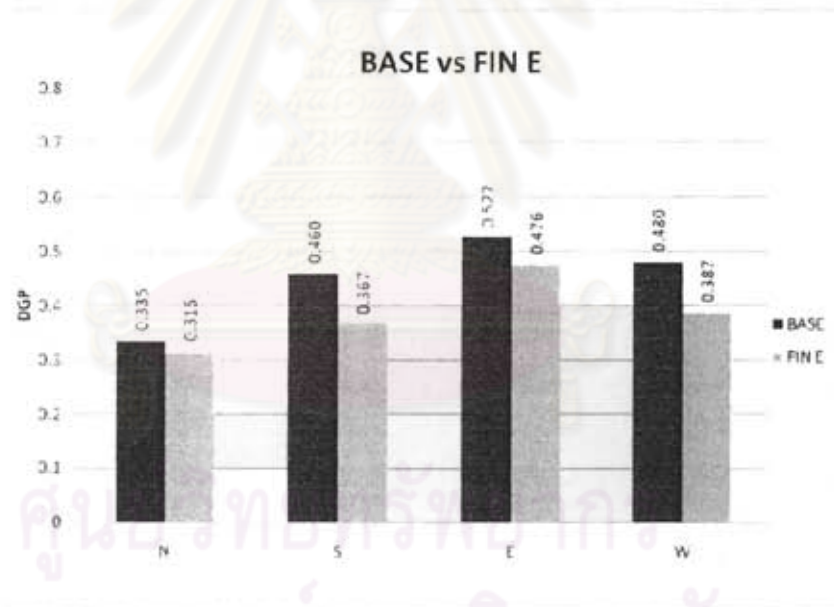
พบว่า การใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร ส่งผลต่อค่า DGP ดังนี้

ทิศเหนือ	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.33 เป็น 0.32
ทิศใต้	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.46 เป็น 0.38
ทิศตะวันออก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.53 เป็น 0.48
ทิศตะวันตก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.42

การเปรียบเทียบค่า DGP ของห้องมาตรฐาน (ไม่มีแผงบังแดด) กับห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E



แผนภูมิที่ 34 แสดงค่า DGP ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ E (ยื่น 0.50 ม.)

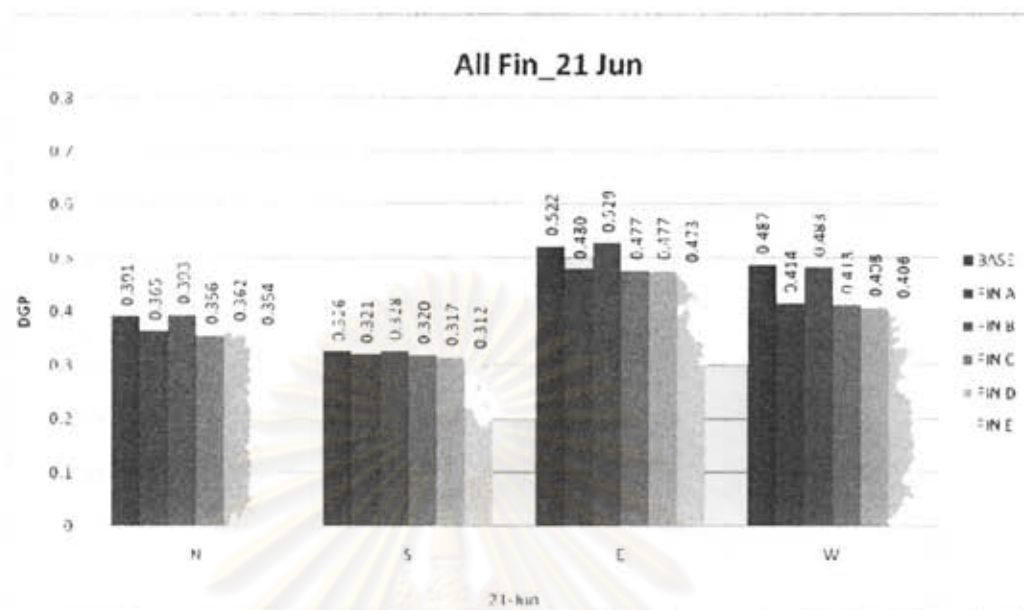


แผนภูมิที่ 35 แสดงค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ E (ยื่น 0.50 ม.)

พบว่า การใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร ส่งผลต่อค่า DGP ดังนี้

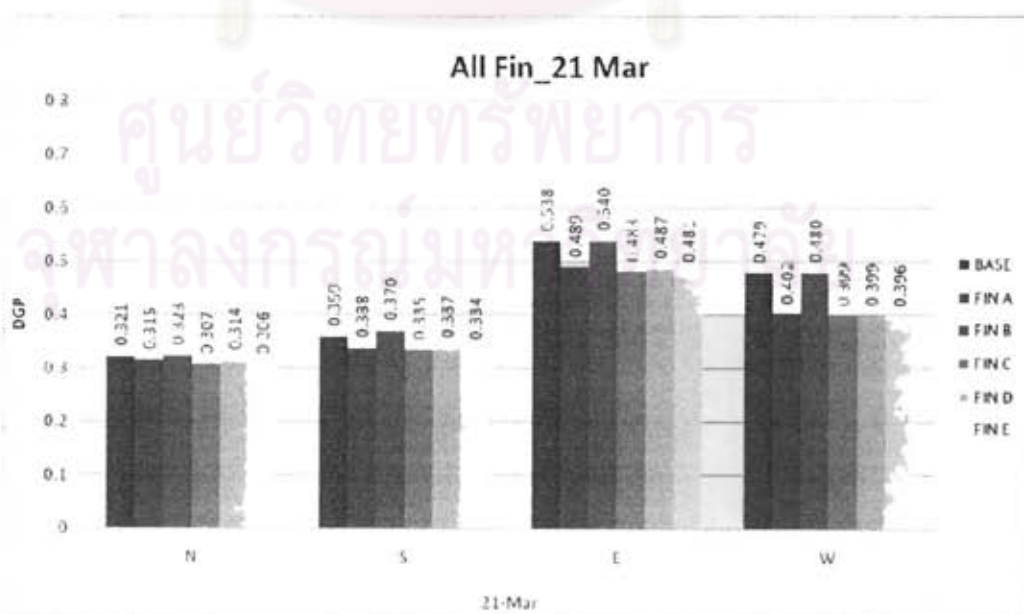
ทิศเหนือ	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.33 เป็น 0.32
ทิศใต้	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.46 เป็น 0.37
ทิศตะวันออก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.53 เป็น 0.48
ทิศตะวันตก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.39

การเปรียบเทียบค่า DGP ระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดและห้องที่มีแผงบังแดด ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร (แผงบังแดดรูปแบบ A B C D และ E)



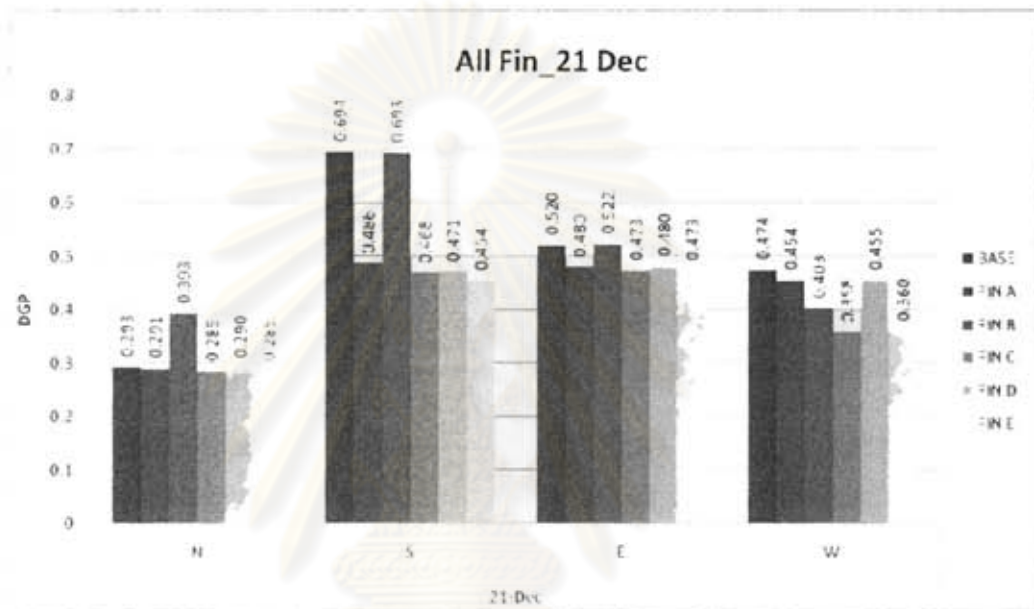
แผนภูมิที่ 36 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP เฉลี่ย กรณี A B C D และ E ในวันที่ 21 มิถุนายน

จากผลการจำลองการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (DGP) ระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดและห้องที่มีแผงบังแดด (รูปแบบ A B C D และ E) ที่ระยะยื่น 0.50 เมตร ในวันที่ 21 มิถุนายน พบว่าในห้องที่ไม่มีแผงบังแดด DGP จะมีค่าเกิน 0.4 ในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A C D และ E ที่ระยะยื่น 0.50 เมตร สามารถลดค่า DGP ได้ใกล้เคียงกัน โดยการใช้แผงบังแดดรูปแบบ E สามารถลดค่า DGP ได้มากที่สุด ส่วนการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B นั้น ส่งผลต่อค่า DGP น้อยมาก ดังแสดงในแผนภูมิที่ 36



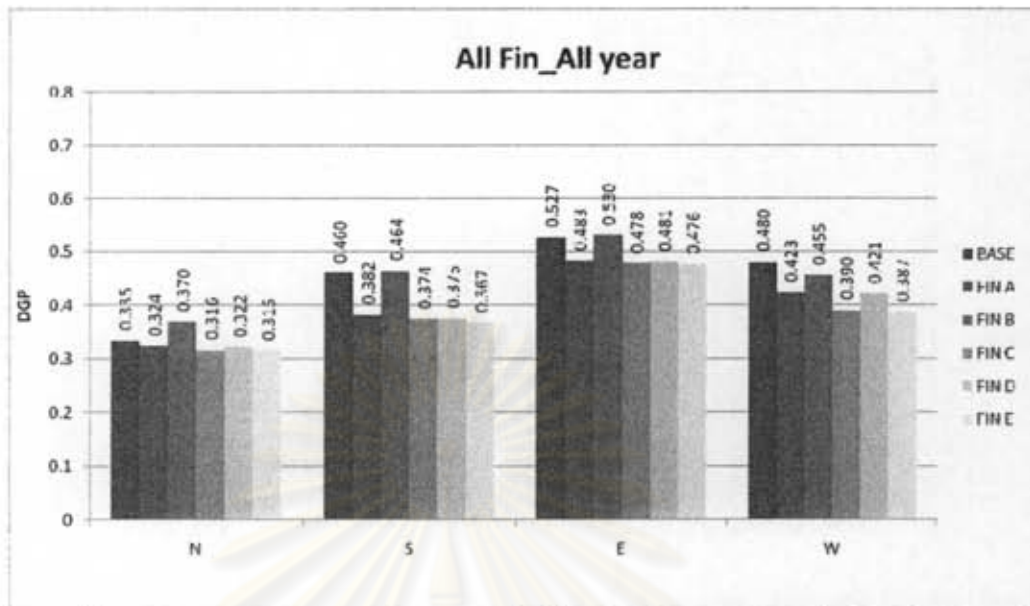
แผนภูมิที่ 37 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP เฉลี่ย กรณี A B C D และ E ในวันที่ 21 มีนาคม

จากผลการจำลองการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (DGP) ระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดและห้องที่มีแผงบังแดด (รูปแบบ A B C D และ E) ในวันที่ 21 มีนาคม พบว่าในห้องที่ไม่มีแผงบังแดด DGP จะมีค่าเกินค่ามาตรฐานในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยในทิศตะวันออกการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A C D และ E ที่ระยะ 0.50 เมตร สามารถลดค่า DGP ลงได้ 0.058-0.049 และในทิศตะวันตกการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A C D และ E ที่ระยะ 0.50 เมตร สามารถลดค่า DGP ลงได้ 0.083-0.077 ส่วนการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B นั้น ส่งผลต่อค่า DGP น้อยมาก ดังแสดงในแผนภูมิที่ 37



แผนภูมิที่ 38 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP เฉลี่ย กรณี A B C D และ E ในวันที่ 21 ธันวาคม

จากผลการจำลองการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (DGP) ระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดและห้องที่มีแผงบังแดดที่ระยะยื่น 0.50 เมตร (รูปแบบ A B C D และ E) ในวันที่ 21 ธันวาคม พบว่าในห้องที่ไม่มีแผงบังแดด DGP จะมีค่าเกิน 0.40 ในทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยในทิศใต้การใช้แผงบังแดดรูปแบบ A สามารถลดค่า DGP ลงได้จาก 0.694 เหลือ 0.486 แผงบังแดดรูปแบบ C และ D สามารถลดค่า DGP ลงได้เหลือ 0.468 และ 0.471 ตามลำดับ ส่วนการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B นั้น ส่งผลต่อค่า DGP น้อยมาก ในทิศตะวันออกแผงบังแดดทุกรูปแบบไม่สามารถทำให้ค่า DGP มีค่าต่ำกว่า 0.45 ได้ โดยการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A C D และ E สามารถลดค่า DGP ลงได้ เหลือ 0.480 0.473 0.480 และ 0.473 ตามลำดับ ส่วนในทิศตะวันตก การใช้แผงบังแดดรูปแบบ A และ D ส่งผลต่อค่า DGP ค่อนข้างน้อย การใช้แผงบังแดดรูปแบบ B สามารถลดค่า DGP ลงได้ จาก 0.474 เหลือ 0.403 การใช้แผงบังแดดรูปแบบ C และ E สามารถลดค่า DGP ลงได้เหลือ 0.358 และ 0.360 ตามลำดับ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 38



แผนภูมิที่ 39 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี กรณี A B C D และ E ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร

จากผลการจำลองการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (DGP) ระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดและห้องที่มีแผงบังแดดที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร (รูปแบบ A B C D และ E) เมื่อพิจารณาทั้งปี พบว่าในห้องที่ไม่มีแผงบังแดด DGP จะมีค่าเกินค่า 0.45 ในทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยในทิศใต้การใช้แผงบังแดดรูปแบบ E สามารถลดค่า DGP ลงได้มากที่สุด รองลงมาคือการใช้แผงบังแดดรูปแบบ D C และ A โดยลดลงจาก 0.460 เหลือ 0.367 0.374 0.375 และ 0.382 ตามลำดับ ส่วนการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B นั้น ส่งผลต่อค่า DGP น้อยมาก

ในทิศตะวันออกแผงบังแดดทุกรูปแบบไม่สามารถทำให้ค่า DGP มีค่าต่ำกว่า 0.45 ได้ โดยการใช้แผงบังแดดรูปแบบ E สามารถลดค่า DGP ลงได้มากที่สุด รองลงมาคือการใช้แผงบังแดดรูปแบบ C A และ D โดยลดลงจาก 0.527 เหลือ 0.476 0.478 0.483 และ 0.481 ตามลำดับ ส่วนการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B นั้น ส่งผลต่อค่า DGP น้อยมาก

ส่วนในทิศตะวันตก การใช้แผงบังแดดรูปแบบ E สามารถลดค่า DGP ลงได้มากที่สุด รองลงมาคือการใช้แผงบังแดดรูปแบบ C A และ D โดยลดลงจาก 0.480 เหลือ 0.387 0.390 0.421 และ 0.423 ตามลำดับ ส่วนการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B นั้น ส่งผลต่อค่า DGP น้อยมาก

4.1.2.4 การเปรียบเทียบค่า DGP ระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดและห้องที่มีแผงบังแดด ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร

FIN A

FIN B

FIN C

FIN D

FIN E

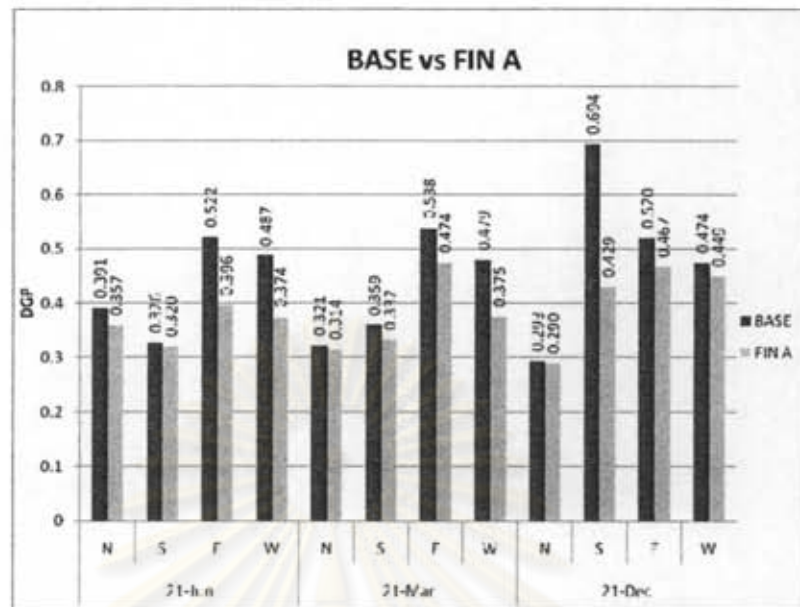
ตารางที่ 31 แสดงผลการจำลองค่า DGP เฉลี่ย กรณีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A B C D และ E ยื่น 1.00 เมตร

วันที่	ทิศ	DGP Average					
		BASE	FIN A	FIN B	FIN C	FIN D	FIN E
21-Jun	เหนือ	0.391	0.357	0.392	0.336	0.349	0.333
	ใต้	0.326	0.320	0.328	0.314	0.304	0.306
	ตะวันออก	0.522	0.396	0.521	0.386	0.385	0.381
	ตะวันตก	0.487	0.374	0.479	0.368	0.357	0.359
21-Mar	เหนือ	0.321	0.314	0.329	0.297	0.311	0.300
	ใต้	0.359	0.332	0.377	0.327	0.323	0.316
	ตะวันออก	0.538	0.474	0.532	0.462	0.469	0.463
	ตะวันตก	0.479	0.375	0.481	0.367	0.365	0.360
21-Dec	เหนือ	0.293	0.290	0.285	0.278	0.288	0.279
	ใต้	0.694	0.429	0.688	0.399	0.396	0.371
	ตะวันออก	0.520	0.467	0.520	0.451	0.468	0.452
	ตะวันตก	0.474	0.449	0.387	0.326	0.445	0.328

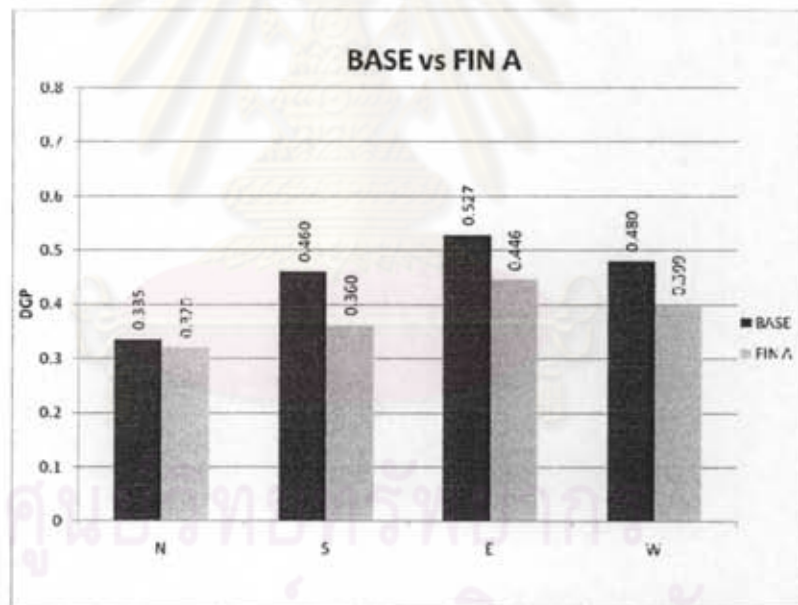
ตารางที่ 32 แสดงผลการจำลองค่า DGP เฉลี่ยตลอดทั้งปี แยกตามทิศ

ทิศ	DGP Average ทั้งปี					
	BASE	FIN A	FIN B	FIN C	FIN D	FIN E
เหนือ	0.335	0.320	0.335	0.304	0.316	0.304
ใต้	0.460	0.360	0.464	0.347	0.341	0.331
ตะวันออก	0.527	0.446	0.524	0.433	0.441	0.432
ตะวันตก	0.480	0.399	0.449	0.354	0.389	0.349

การเปรียบเทียบค่า DGP ของห้องมาตรฐาน (ไม่มีแผงบังแดด) กับห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A



แผนภูมิที่ 40 แสดงค่า DGP ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ A (ยื่น 1.00 ม.)

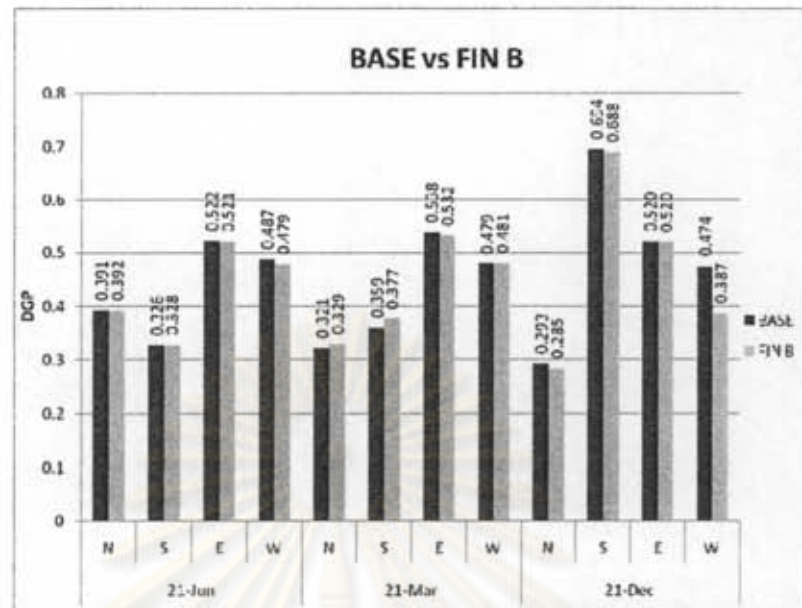


แผนภูมิที่ 41 แสดงค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ A (ยื่น 1.00 ม.)

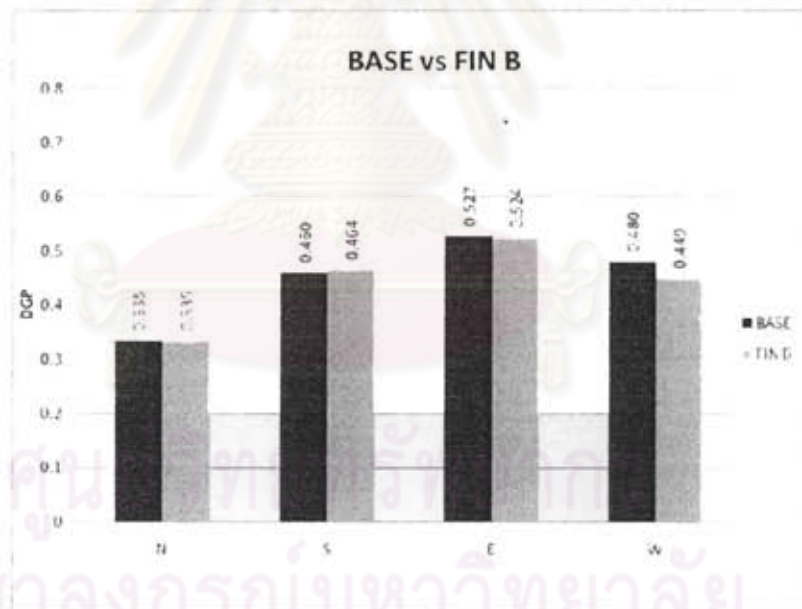
พบว่า การใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร ส่งผลต่อค่า DGP ดังนี้

ทิศเหนือ	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.33 เป็น 0.32
ทิศใต้	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.46 เป็น 0.36
ทิศตะวันออก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.53 เป็น 0.45
ทิศตะวันตก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.40

การเปรียบเทียบค่า DGP ของห้องมาตรฐาน (ไม่มีแผงบังแดด) กับห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B



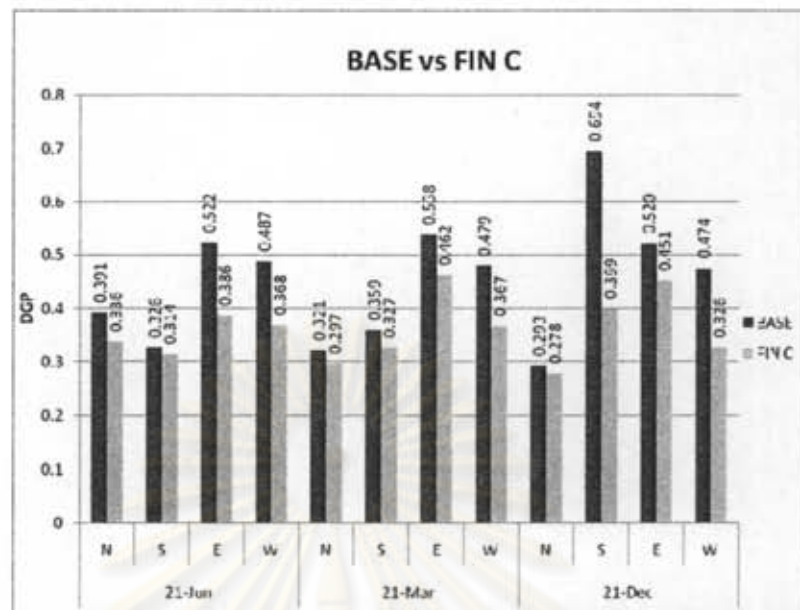
แผนภูมิที่ 42 แสดงค่า DGP ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ B (ยื่น 1.00 ม.)



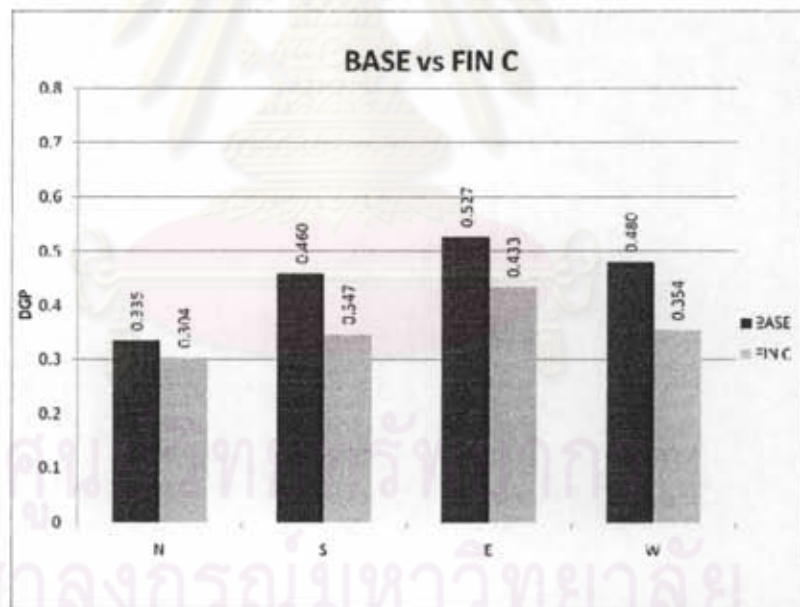
แผนภูมิที่ 43 แสดงค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ B (ยื่น 1.00 ม.)

แผนภูมิที่ 42 และ 43 แสดงค่า DGP เฉลี่ยที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดกับห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร โดยจากแผนภูมิพบว่า ในทิศเหนือและใต้ การใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ไม่ส่งผลใดๆต่อค่า DGP และส่งผลน้อยมากในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยทิศตะวันตก ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.45

การเปรียบเทียบค่า DGP ของห้องมาตรฐาน (ไม่มีแผงบังแดด) กับห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C



แผนภูมิที่ 44 แสดงค่า DGP ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดดเปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ C (ยื่น 1.00 ม.)

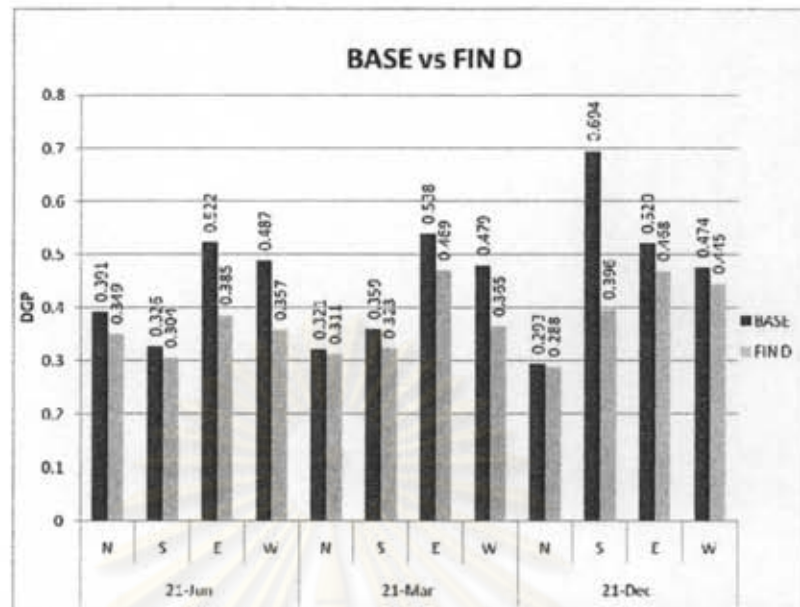


แผนภูมิที่ 45 แสดงค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ C (ยื่น 1.00 ม.)

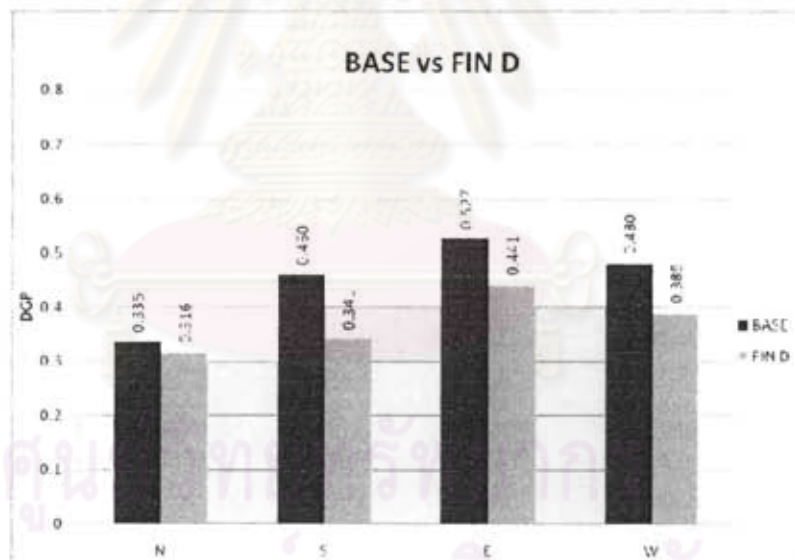
พบว่า การใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร ส่งผลต่อค่า DGP ดังนี้

ทิศเหนือ	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.33 เป็น 0.30
ทิศใต้	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.46 เป็น 0.35
ทิศตะวันออก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.53 เป็น 0.43
ทิศตะวันตก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.35

การเปรียบเทียบค่า DGP ของห้องมาตรฐาน (ไม่มีแผงบังแดด) กับห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D



แผนภูมิที่ 46 แสดงค่า DGP ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดดเปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ D (ยื่น 1.00 ม.)

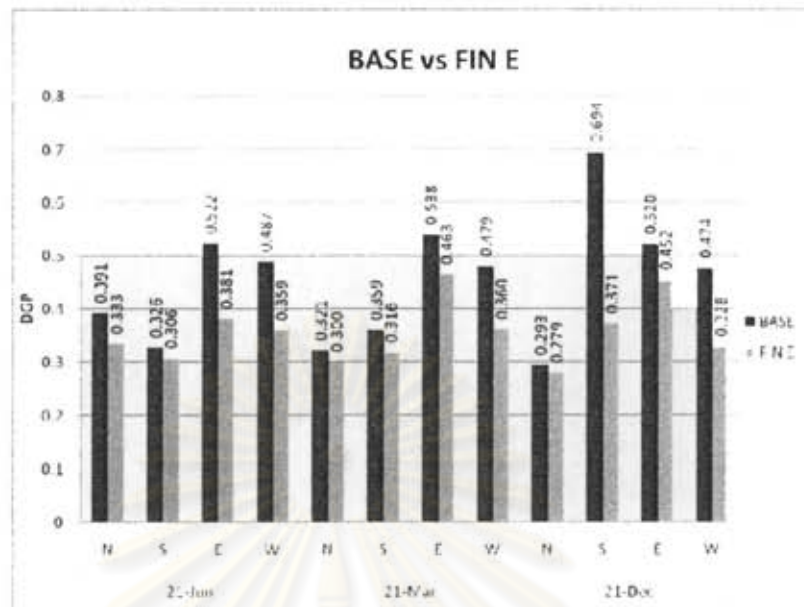


แผนภูมิที่ 47 แสดงค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ D (ยื่น 1.00 ม.)

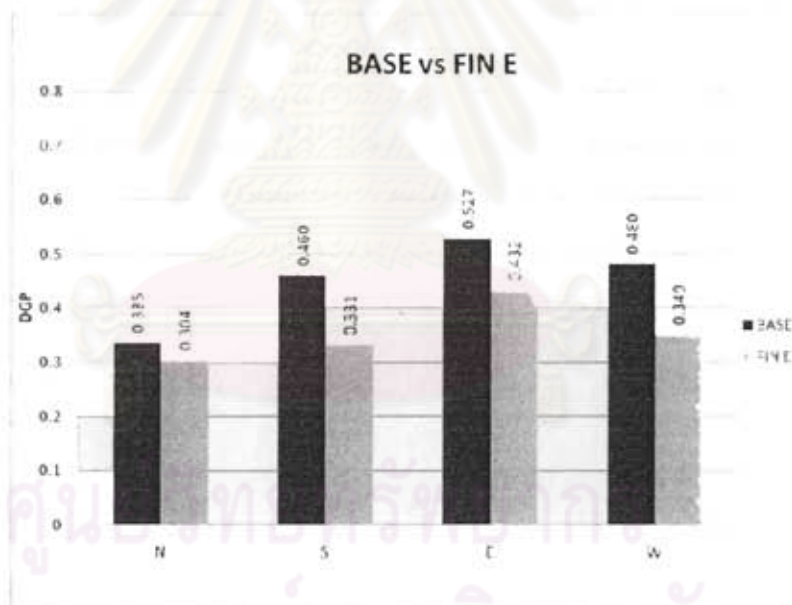
พบว่า การใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร ส่งผลต่อค่า DGP ดังนี้

ทิศเหนือ	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.33 เป็น 0.32
ทิศใต้	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.46 เป็น 0.34
ทิศตะวันออก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.53 เป็น 0.44
ทิศตะวันตก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.39

การเปรียบเทียบค่า DGP ของห้องมาตรฐาน (ไม่มีแผงบังแดด) กับห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E



แผนภูมิที่ 48 แสดงค่า DGP ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ E (ยื่น 1.00 ม.)

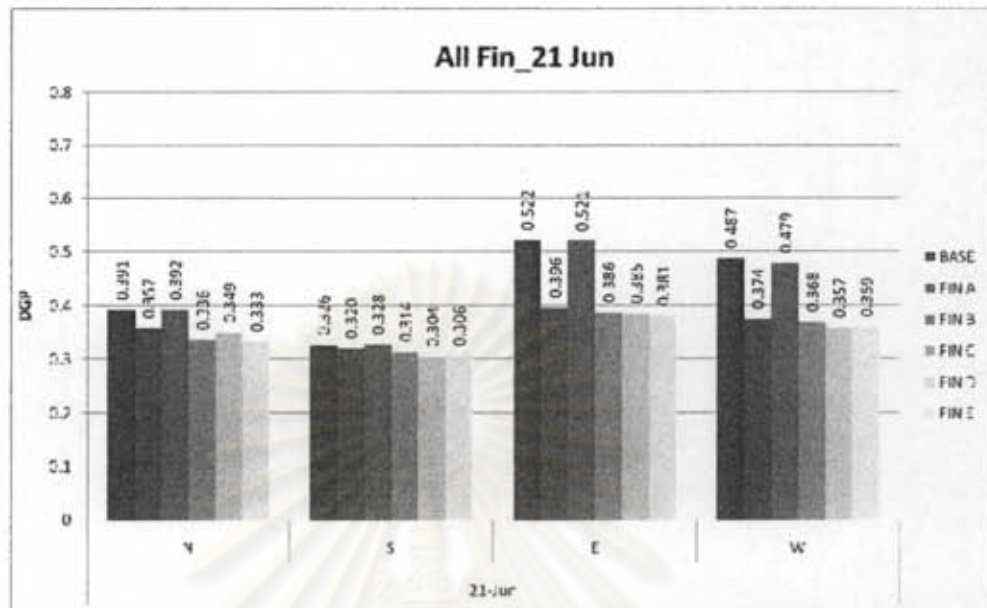


แผนภูมิที่ 49 แสดงค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี ของห้องที่ไม่มีแผงบังแดด เปรียบเทียบกับห้องที่ใช้แผงบังแดดแบบ E (ยื่น 1.00 ม.)

พบว่า การใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร ส่งผลต่อค่า DGP ดังนี้

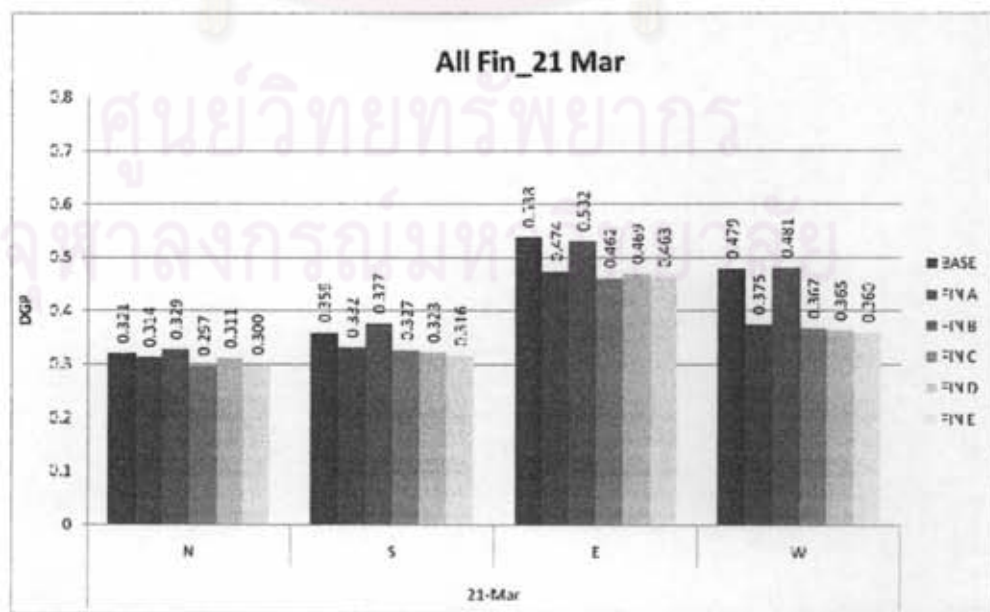
ทิศเหนือ	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.33 เป็น 0.30
ทิศใต้	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.46 เป็น 0.33
ทิศตะวันออก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.53 เป็น 0.43
ทิศตะวันตก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.35

การเปรียบเทียบค่า DGP ระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดและห้องที่มีแผงบังแดด ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร (แผงบังแดดรูปแบบ A B C D และ E)



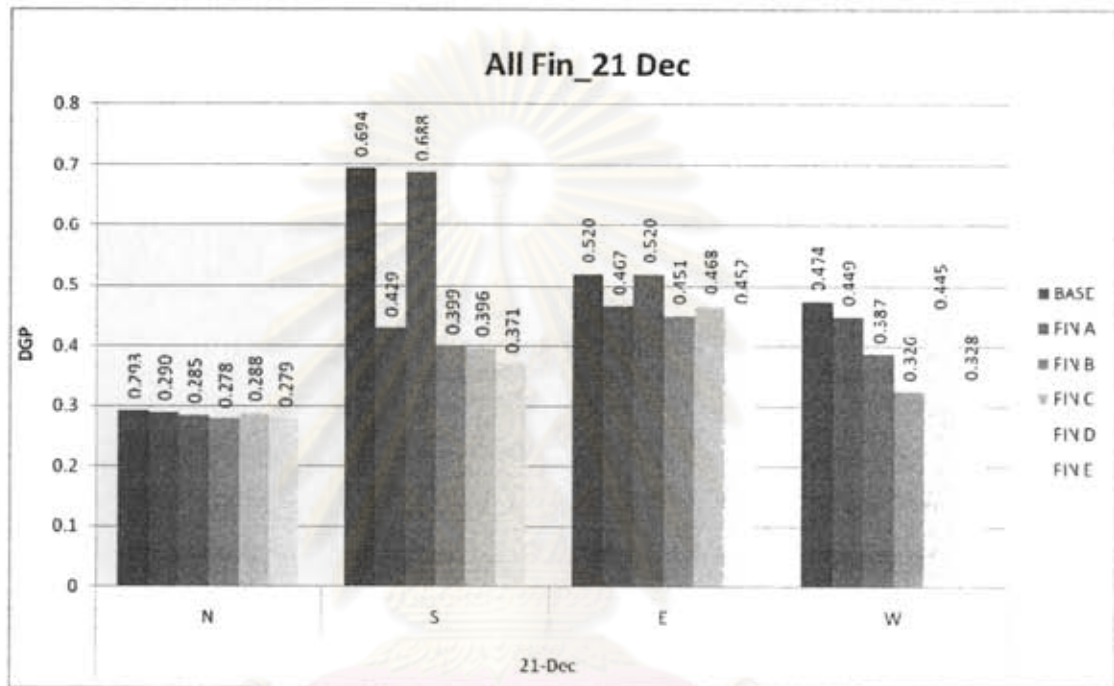
แผนภูมิที่ 50 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP เฉลี่ย กรณี A B C D และ E ในวันที่ 21 มิถุนายน

จากผลการจำลองการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (DGP) ระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดและห้องที่มีแผงบังแดด (รูปแบบ A B C D และ E) ในวันที่ 21 มิถุนายน พบว่าในห้องที่ไม่มีแผงบังแดด DGP จะมีค่าเกินค่ามาตรฐานในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A C D และ E ที่ระยะ 1 เมตร สามารถลดค่า DGP ให้อยู่ภายในค่ามาตรฐานที่กำหนดได้ ส่วนการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B นั้น ส่งผลต่อค่า DGP น้อยมาก ดังแสดงในแผนภูมิที่ 50



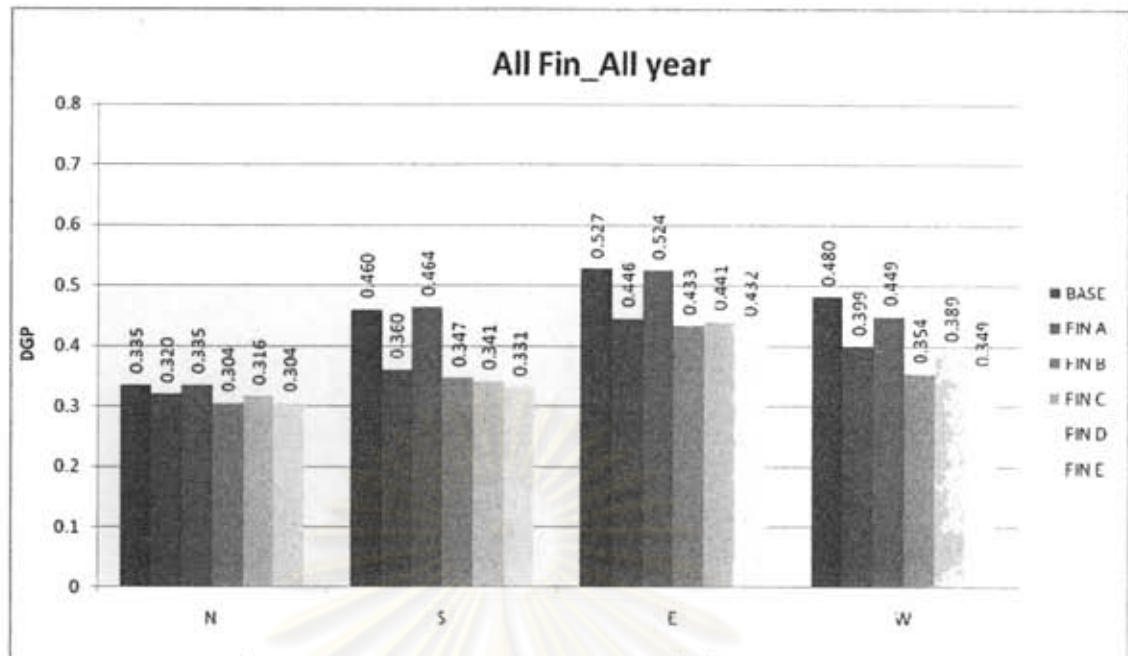
แผนภูมิที่ 51 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP เฉลี่ย กรณี A B C D และ E ในวันที่ 21 มีนาคม

จากผลการจำลองการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (DGP) ระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดและห้องที่มีแผงบังแดด (รูปแบบ A B C D และ E) ในวันที่ 21 มีนาคม พบว่าในห้องที่ไม่มีแผงบังแดด DGP จะมีค่าเกินค่ามาตรฐานในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยในทิศตะวันออกการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A C D และ E ที่ระยะ 1 เมตร สามารถลดค่า DGP ลงได้ 0.064-0.076 และในทิศตะวันตกการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A C D และ E ที่ระยะ 1 เมตร สามารถลดค่า DGP ลงได้ 0.104-0.119 ส่วนการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B นั้น ส่งผลต่อค่า DGP น้อยมาก ดังแสดงในแผนภูมิที่ 51



แผนภูมิที่ 52 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP เฉลี่ย กรณี A B C D และ E ในวันที่ 21 ธันวาคม

จากผลการจำลองการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (DGP) ระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดและห้องที่มีแผงบังแดด (รูปแบบ A B C D และ E) ในวันที่ 21 ธันวาคม พบว่าในห้องที่ไม่มีแผงบังแดด DGP จะมีค่าเกินค่ามาตรฐานในทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยในทิศใต้การใช้แผงบังแดดรูปแบบ A สามารถลดค่า DGP ลงได้ เหลือ 0.429 แผงบังแดดรูปแบบ C และ D สามารถลดค่า DGP ลงได้เหลือ 0.399 และ 0.396 ตามลำดับ ส่วนการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B นั้น ส่งผลต่อค่า DGP น้อยมาก ในทิศตะวันออกแผงบังแดดทุกรูปแบบไม่สามารถทำให้ค่า DGP มีค่าต่ำกว่า 0.4 ได้ โดยการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A C D และ E สามารถลดค่า DGP ลงได้ เหลือ 0.467 0.451 0.468 และ 0.452 ตามลำดับ ส่วนในทิศตะวันตก การใช้แผงบังแดดรูปแบบ A และ D ส่งผลต่อค่า DGP ค่อนข้างน้อย การใช้แผงบังแดดรูปแบบ B สามารถลดค่า DGP ลงได้เหลือ 0.387 การใช้แผงบังแดดรูปแบบ C และ E สามารถลดค่า DGP ลงได้เหลือ 0.326 และ 0.328 ตามลำดับ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 52



แผนภูมิที่ 53 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP เฉลี่ยทั้งปี กรณี A B C D และ E

จากผลการจำลองการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (DGP) ระหว่างห้องที่ไม่มีแผงบังแดดและห้องที่มีแผงบังแดด (รูปแบบ A B C D และ E) เมื่อพิจารณาทั้งปี พบว่าในห้องที่ไม่มีแผงบังแดด DGP จะมีค่าเกินค่ามาตรฐานในทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยในทิศใต้การใช้แผงบังแดดรูปแบบ E สามารถลดค่า DGP ลงได้มากที่สุด รองลงมาคือการใช้แผงบังแดดรูปแบบ D C และ A โดยลดลงจาก 0.460 เหลือ 0.334 0.341 0.347 และ 0.360 ตามลำดับ ส่วนการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B นั้น ส่งผลต่อค่า DGP น้อยมาก

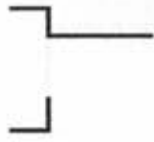

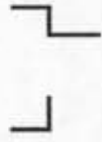
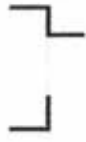


ในทิศตะวันออกแผงบังแดดทุกรูปแบบไม่สามารถทำให้ค่า DGP มีค่าต่ำกว่า 0.4 ได้ โดยการใช้แผงบังแดดรูปแบบ E สามารถลดค่า DGP ลงได้มากที่สุด รองลงมาคือการใช้แผงบังแดดรูปแบบ C D และ A โดยลดลงจาก 0.527 เหลือ 0.432 0.433 0.441 และ 0.449 ตามลำดับ ส่วนการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B นั้น ส่งผลต่อค่า DGP น้อยมาก

ส่วนในทิศตะวันตก การใช้แผงบังแดดรูปแบบ E สามารถลดค่า DGP ลงได้มากที่สุด รองลงมาคือการใช้แผงบังแดดรูปแบบ C D และ A โดยลดลงจาก 0.480 เหลือ 0.349 0.389 0.347 และ 0.399 ตามลำดับ ส่วนการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B นั้น ส่งผลต่อค่า DGP น้อยมาก

4.1.3 ผลการจำลองค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP)ตาม คำถามวิจัยที่ 2

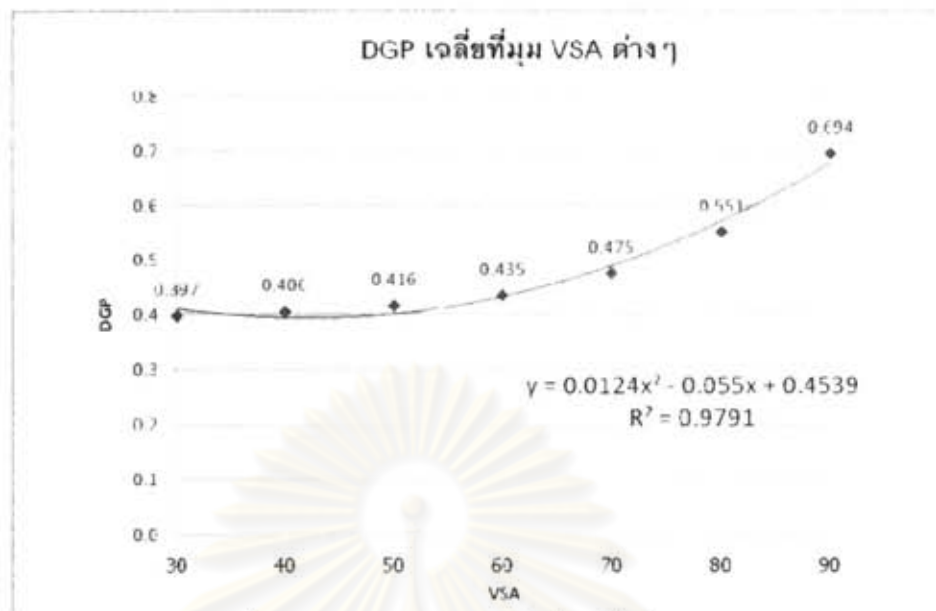
คำถามวิจัยที่ 2 : แฉงบังแดดแนวนอนที่มีระยะยื่นต่างกัน จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) อย่างไร
ประกอบด้วยกรจำลองแฉงบังแดดแนวนอนที่มีมุม Vertical Shadow Angle (VSA) ที่ต่างกัน ดังนี้

ตารางที่ 33 แสดงรูปแบบแฉงบังแดดแนวนอนที่มีมุม Vertical Shadow Angle (VSA) ที่ต่างกัน

		
VSA = 30	VSA = 40	VSA = 50
		
VSA = 60	VSA = 70	VSA = 80

ตารางที่ 34 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของหน้าต่างทางด้านทิศใต้ ในวันที่ 21 ธันวาคม ตั้งแต่เวลา 8.00 – 16.00 น.

มุม	DGP					ค่าเฉลี่ย
	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
Base case (VSA 90)	0.390	0.669	0.688	0.724	1.000	0.694
VSA 80	0.386	0.602	0.575	0.615	0.579	0.551
VSA 70	0.371	0.516	0.443	0.489	0.558	0.475
VSA 60	0.356	0.459	0.390	0.429	0.541	0.435
VSA 50	0.342	0.434	0.370	0.410	0.525	0.416
VSA 40	0.330	0.425	0.361	0.399	0.513	0.406
VSA 30	0.325	0.419	0.352	0.389	0.504	0.397



แผนภูมิที่ 54 แสดงผลของ DGP เฉลี่ยที่เกิดขึ้น ที่มุม VSA ต่างๆ

ข้อมูลจากแผนภูมิที่ 54 แสดงให้เห็นว่า มุม Vertical Shadow Angle (VSA) ของแผงบังแดดที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) เพิ่มขึ้น ตามไปด้วย โดยค่า DGP จะเพิ่มจาก 0.397 เป็น 0.406 0.416 0.435 0.475 0.511 0.694 ในมุม Vertical Shadow Angle (VSA) ที่ 30 40 50 60 70 80 และ 90 องศา ตามลำดับ

ตารางที่ 35 แสดงผลการจำลองค่า DGP เฉลี่ย ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับห้องที่ไม่มีแผงบังแดด (Base case)

มุม	DGP average	DGP av ที่ลดลง จาก Basecase
Base case (VSA 90)	0.694	-
VSA 80	0.551	0.143
VSA 70	0.475	0.219
VSA 60	0.435	0.259
VSA 50	0.416	0.278
VSA 40	0.406	0.289
VSA 30	0.397	0.297

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้แผงบังแดด พบว่า แผงบังแดดที่มุม Vertical Shadow Angle (VSA) 80 องศา ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) มีค่าลดลงจาก 0.694 เหลือ 0.551 คิดเป็นปริมาณที่ลดลง 0.143 (14.3%) ที่มุม VSA 70 องศา ค่า DGP มีค่าลดลงจาก 0.694 เหลือ 0.475 คิดเป็นปริมาณที่ลดลง 0.219 (21.9%) ที่มุม VSA 60 องศา ค่า DGP มีค่าลดลงจาก 0.694 เหลือ 0.435 คิดเป็นปริมาณที่ลดลง 0.259 (25.9%) ที่มุม VSA 50 องศา ค่า DGP มีค่าลดลงจาก 0.694 เหลือ 0.416 คิดเป็นปริมาณที่ลดลง 0.278 (27.8%) ที่มุม VSA 40 องศา ค่า DGP มีค่าลดลงจาก 0.694 เหลือ 0.406 คิดเป็นปริมาณที่ลดลง 0.289 (28.9%) ที่มุม VSA 30 องศา ค่า DGP มีค่าลดลงจาก 0.694 เหลือ 0.397 คิดเป็นปริมาณที่ลดลง 0.297 (29.7%)

4.1.4 ผลการจำลองค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) ตามคำถามวิจัยที่ 3

คำถามวิจัยที่ 3 จำนวนแผงบังแดดแนวอนที่เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) อย่างไร

ตารางที่ 36 แสดงรูปแบบการเก็บข้อมูลของแผงบังแดดของหน้าต่างทางด้านทิศใต้ ในวันที่ 21 ธันวาคม

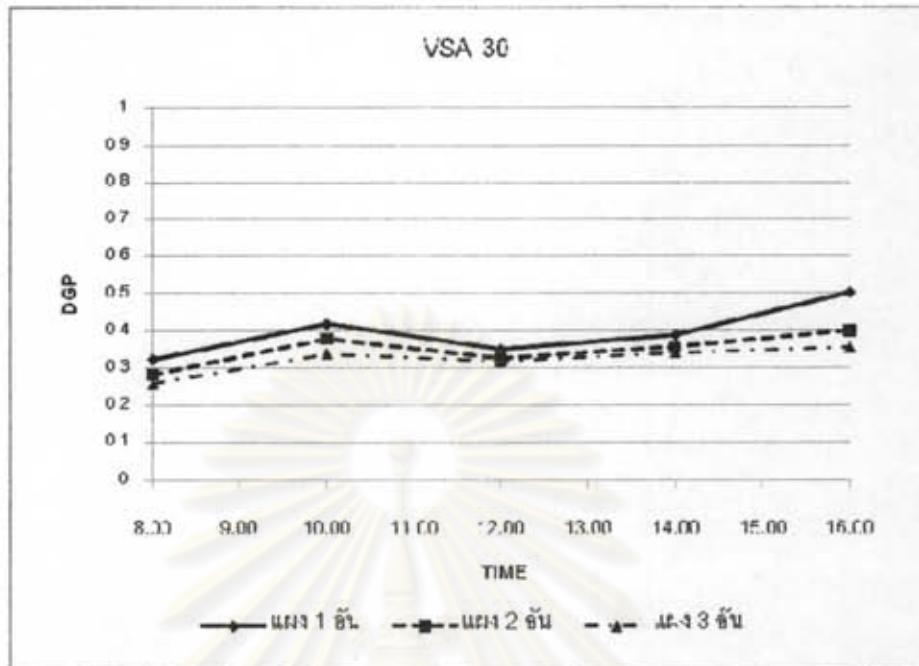
		
จำนวนแผงบังแดด 1 อัน	จำนวนแผงบังแดด 2 อัน	จำนวนแผงบังแดด 3 อัน

ตารางที่ 37 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของหน้าต่างทางด้านทิศใต้ ในวันที่ 21 ธันวาคม ตั้งแต่เวลา 8.00 – 16.00 น.

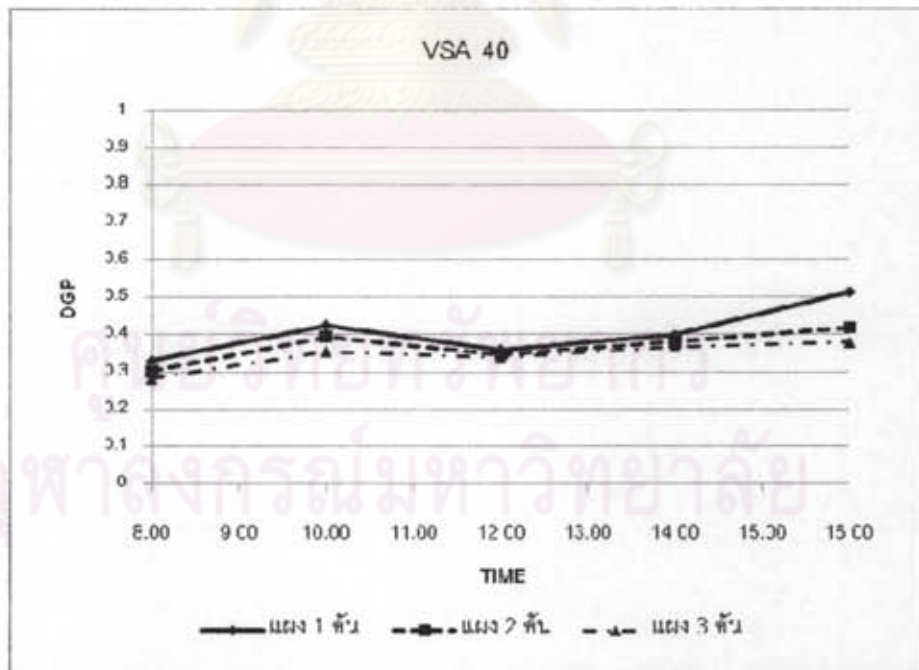
มุม	จำนวนแผงบังแดดแนวนอน	DGP					average
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	
VSA 30	แผง 1 ชั้น	0.325	0.419	0.352	0.389	0.504	0.397
	แผง 2 ชั้น	0.282	0.379	0.327	0.356	0.400	0.349
	แผง 3 ชั้น	0.259	0.338	0.319	0.341	0.355	0.322
VSA 40	แผง 1 ชั้น	0.330	0.425	0.361	0.399	0.513	0.406
	แผง 2 ชั้น	0.302	0.394	0.348	0.380	0.418	0.368
	แผง 3 ชั้น	0.284	0.355	0.340	0.369	0.379	0.345
VSA 50	แผง 1 ชั้น	0.342	0.434	0.370	0.410	0.525	0.416
	แผง 2 ชั้น	0.323	0.414	0.366	0.399	0.436	0.388
	แผง 3 ชั้น	0.306	0.378	0.361	0.392	0.413	0.370

ข้อมูลจากตารางที่ 37 เมื่อนำค่าเฉลี่ยของค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) มาพิจารณา จะแสดงให้เห็นว่าที่มุม Vertical Shadow Angle (VSA) เท่าเดิม การเพิ่มจำนวน ของแผงบังแดด จะส่งผลให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) มีค่าลดลง โดยที่มุม VSA ที่ 30 องศา การใช้แผงบังแดดจำนวน 2 และ 3 ชั้น ทำให้ค่า DGP ลดลงจากการใช้แผงบังแดดจำนวน 1 ชั้น จาก 0.397 เป็น 0.349 และ 0.322 ตามลำดับ ที่มุม VSA ที่ 40 องศา การใช้แผงบังแดดจำนวน 2 และ 3 ชั้น ทำให้ค่า DGP ลดลงจากการใช้แผงบังแดดจำนวน 1 ชั้น จาก 0.406 เป็น 0.368 และ 0.345 ตามลำดับ ที่มุม VSA ที่ 50 องศา การใช้แผงบังแดดจำนวน 2 และ 3 ชั้น ทำให้ค่า DGP ลดลงจากการใช้แผงบังแดดจำนวน 1 ชั้น จาก 0.416 เป็น 0.388 และ 0.370 ตามลำดับ

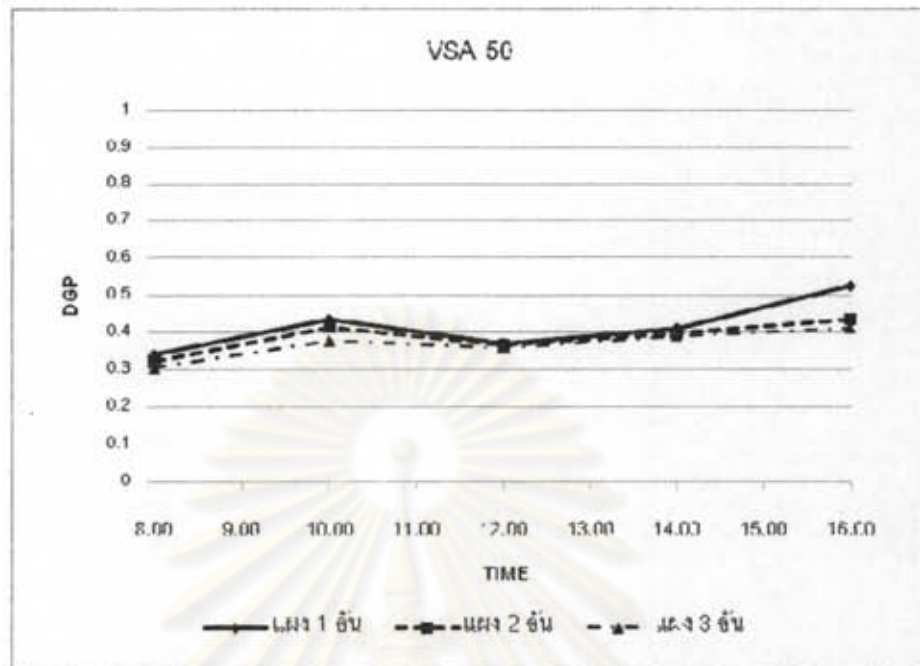
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 55 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดจำนวน 1 ชั้น 2 ชั้น และ 3 ชั้น ที่ VSA 30 ของศา

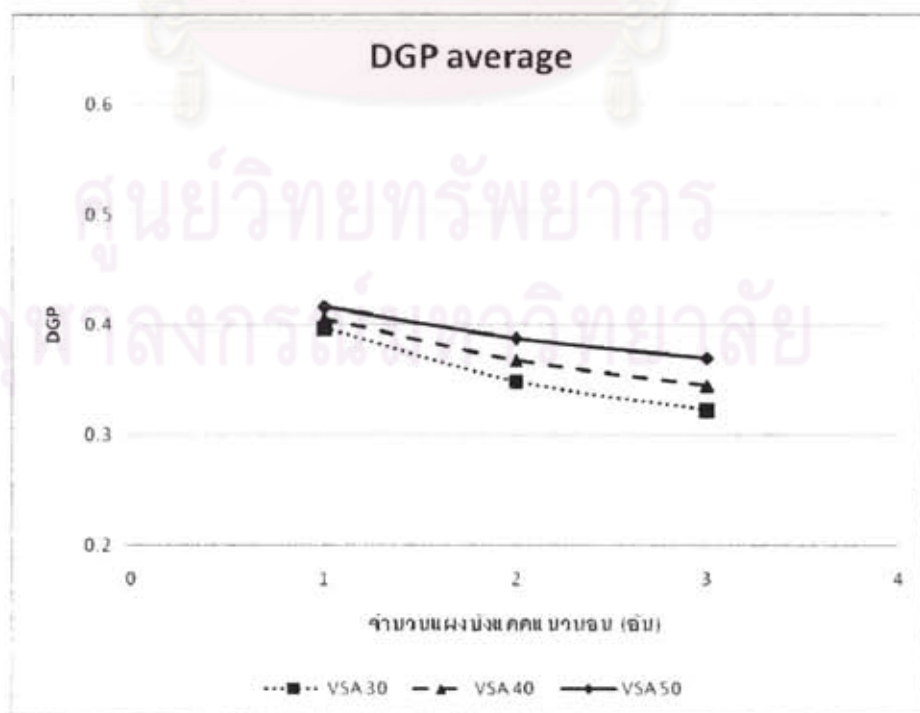


แผนภูมิที่ 56 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดจำนวน 1 ชั้น 2 ชั้น และ 3 ชั้น ที่ VSA 40 ของศา



แผนภูมิที่ 57 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของแผงบังแดดจำนวน 1 ชั้น 2 ชั้น และ 3 ชั้น ที่ VSA 50 ของคา

จากแผนภูมิที่ 55-57 พบว่า ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) จะมีค่ามากที่สุดในช่วงเวลา 16.00 น. รองลงมาคือ 10.00 14.00 และ 8.00 น. ตามลำดับ และการใช้แผงบังแดดจำนวนที่เพิ่มมากขึ้น สามารถช่วยลดค่า DGP ได้ตลอดทุกช่วงเวลา โดยสามารถลดได้มากที่สุดในช่วงเวลา 16.00 น.



แผนภูมิที่ 58 แสดงค่า DGP เฉลี่ย ที่ VSA 30 40 และ 50 ของคา

ตารางที่ 38 แสดงค่า DGP เฉลี่ย พร้อมค่า DGP ที่ลดลงเมื่อเทียบกับการใช้แผงบังแดด 1 ชั้น ในวันที่ 21 ธันวาคม ทางช่องเปิดทิศใต้

มุม	จำนวนแผงบังแดดแนวนอน	DGP average	DGP av ลดลง
VSA 30	แผง 1 ชั้น	0.397	-
	แผง 2 ชั้น	0.349	0.049
	แผง 3 ชั้น	0.322	0.075
VSA 40	แผง 1 ชั้น	0.406	-
	แผง 2 ชั้น	0.368	0.037
	แผง 3 ชั้น	0.345	0.060
VSA 50	แผง 1 ชั้น	0.416	-
	แผง 2 ชั้น	0.388	0.029
	แผง 3 ชั้น	0.370	0.047

เมื่อพิจารณาที่ค่า DGP เฉลี่ย พบว่า

การเพิ่มจำนวนแผงบังแดดเป็น 2 ชั้น ที่มุม VSA เดียวกัน สามารถลดค่า DGP เฉลี่ย ลงได้ 0.049 0.037 และ 0.029 ของการใช้แผงบังแดดจำนวน 1 ชั้น ในมุม VSA ที่ 30 40 และ 50 องศา ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการลดลงอยู่ที่ 0.038 (3.8%)

การเพิ่มจำนวนแผงบังแดดเป็น 3 ชั้น ที่มุม VSA เดียวกัน สามารถลดค่า DGP เฉลี่ย ลงได้ 0.075 0.060 และ 0.047 ของการใช้แผงบังแดดจำนวน 1 ชั้น ในมุม VSA ที่ 30 40 และ 50 องศา ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการลดลงอยู่ที่ 0.067 (6.7%)

การเปรียบเทียบกับห้องมาตรฐาน

ตารางที่ 39 แสดงค่า DGP ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับห้องมาตรฐาน ในวันที่ 21 ธันวาคม ทางช่องเปิดทิศใต้

มุม	จำนวนแผงบังแดดแนวนอน	DGP average	DGP av ลดลง
-	Basecase (ไม่มีแผงบังแดด)	0.676	-
VSA 30	แผง 1 ชั้น	0.397	0.279
	แผง 2 ชั้น	0.349	0.327
	แผง 3 ชั้น	0.322	0.354
VSA 40	แผง 1 ชั้น	0.406	0.271
	แผง 2 ชั้น	0.368	0.308
	แผง 3 ชั้น	0.345	0.331
VSA 50	แผง 1 ชั้น	0.416	0.260
	แผง 2 ชั้น	0.388	0.289
	แผง 3 ชั้น	0.370	0.307

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้กับค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ของวันที่ 21 ธันวาคม ในทิศใต้ ที่มีค่า 0.676 ดังแสดงในตารางที่ 39 พบว่าที่มุม Vertical Shadow Angle (VSA) ที่ 30 องศา การใช้แผงบังแดดจำนวน 1 อัน 2 อัน และ 3 อัน ทำให้ค่า DGP ลดลงจากการไม่ใช้แผงบังแดดลดลงเป็นปริมาณ 0.279 0.327 และ 0.354 ตามลำดับ ที่มุม VSA 40 องศา การใช้แผงบังแดดจำนวน 1 อัน 2 อัน และ 3 อัน ทำให้ค่า DGP ลดลงจากการไม่ใช้แผงบังแดดลดลงเป็นปริมาณ 0.271 0.380 และ 0.331 ตามลำดับ และที่มุม VSA 50 องศา การใช้แผงบังแดดจำนวน 1 อัน 2 อัน และ 3 อัน ทำให้ค่า DGP ลดลงจากการไม่ใช้แผงบังแดดลดลงเป็นปริมาณ 0.260 0.289 และ 0.307 ตามลำดับ

ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้ว การใช้แผงบังแดดจำนวน 1 อันในทิศใต้สามารถทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) มีค่าลดลงจากห้องที่ไม่มีการใช้แผงบังแดดเป็นปริมาณ 0.270 (27%) การใช้แผงบังแดดจำนวน 2 อันสามารถทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) มีค่าลดลงจากห้องที่ไม่มีการใช้แผงบังแดดเป็นปริมาณ 0.308 (30.8%) การใช้แผงบังแดดจำนวน 3 อันสามารถทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) มีค่าลดลงจากห้องที่ไม่มีการใช้แผงบังแดดเป็นปริมาณ 0.331(33.1%)

4.1.5 ผลการจำลองค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP)ตาม คำถามวิจัยที่ 4

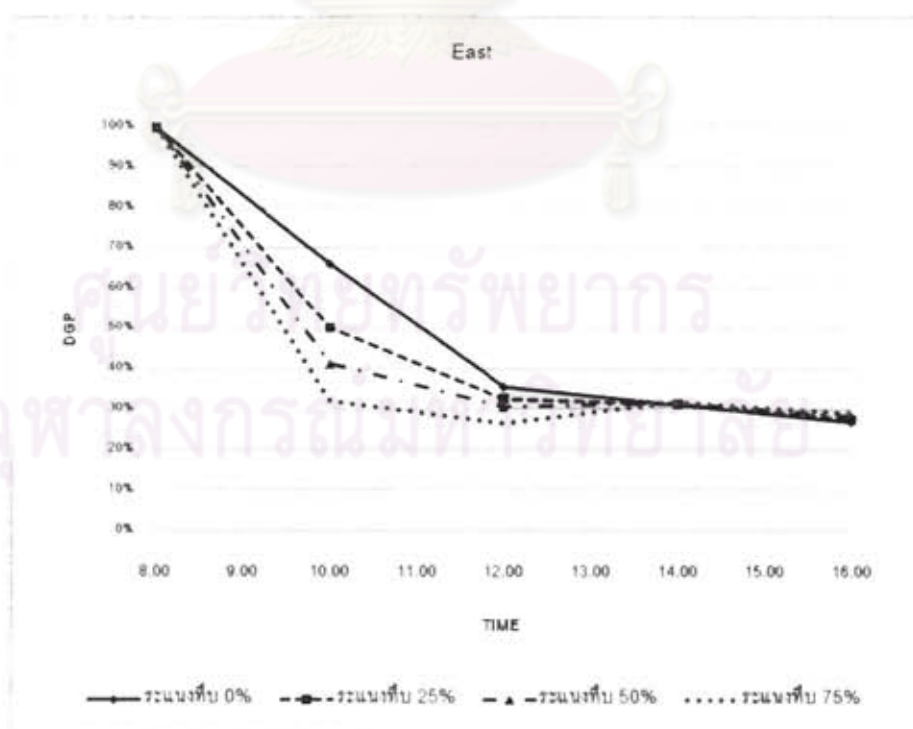
คำถามวิจัยที่ 4 ระบุว่ามีความทับที่ต่างกัน จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) อย่างไร

ตารางที่ 40 แสดงรูปแบบการเก็บข้อมูลของแผงบังแดด

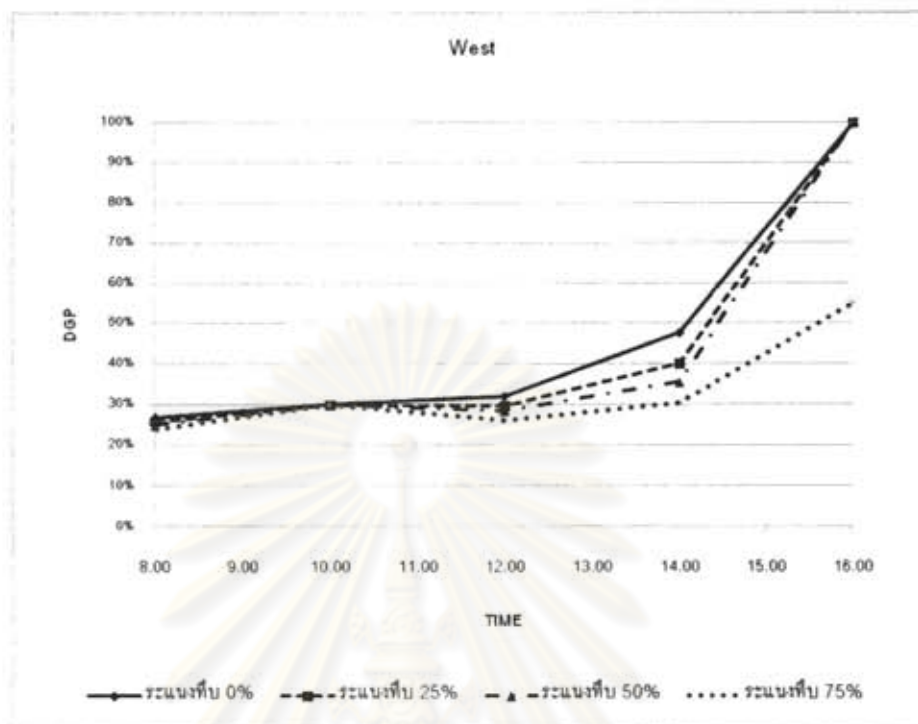
		
ระแนงที่ความทับ 25 %	ระแนงที่ความทับ 50 %	ระแนงที่ความทับ 75 %

ตารางที่ 41 แสดงผลการจำลองค่า DGP ของหน้าต่างทางด้านทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ในวันที่ 21 ธันวาคม ตั้งแต่เวลา 8.00 – 16.00 น.

มุม	ร้อยละความถี่ของระแนง	DGP					DGP
		8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	average
S	Base case	0.390	0.669	0.688	0.724	1.000	0.694
	ระแนงทึบ 25%	0.348	0.505	0.514	0.542	1.000	0.582
	ระแนงทึบ 50%	0.299	0.406	0.428	0.438	0.787	0.471
	ระแนงทึบ 75%	0.276	0.316	0.330	0.337	0.306	0.313
E	Base case	1.000	0.662	0.357	0.311	0.269	0.520
	ระแนงทึบ 25%	1.000	0.502	0.327	0.314	0.276	0.484
	ระแนงทึบ 50%	1.000	0.414	0.307	0.317	0.284	0.464
	ระแนงทึบ 75%	1.000	0.322	0.266	0.320	0.290	0.440
W	Base case	0.270	0.302	0.322	0.477	1.000	0.474
	ระแนงทึบ 25%	0.260	0.300	0.297	0.401	1.000	0.452
	ระแนงทึบ 50%	0.251	0.300	0.286	0.356	1.000	0.439
	ระแนงทึบ 75%	0.241	0.300	0.261	0.306	0.550	0.331



แผนภูมิที่ 59 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของการใช้ระแนง ทางทิศตะวันออก



แผนภูมิที่ 60 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า DGP ของการใช้ระแนง ทางทิศตะวันตก

ตารางที่ 42 แสดงค่า DGP เฉลี่ย พร้อมค่า DGP ที่ลดลงเมื่อเทียบกับห้องมาตรฐาน

มุม	ร้อยละความทึบของระแนง	DGP average	DGP av ลดลง
E	Base case	0.520	-
	ระแนงทึบ 25%	0.484	0.036
	ระแนงทึบ 50%	0.464	0.056
	ระแนงทึบ 75%	0.440	0.080
W	Base case	0.474	-
	ระแนงทึบ 25%	0.452	0.023
	ระแนงทึบ 50%	0.439	0.036
	ระแนงทึบ 75%	0.331	0.143

เมื่อพิจารณาตามทิศทางพบว่า

ในทิศตะวันออก การใช้ระแนงบังแดดสามารถช่วยลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ได้ตลอดทั้งวัน โดยสามารถลดค่า DGP ได้มากที่สุดในช่วงเวลา 10.00 น.

ในทิศตะวันตก การใช้ระแนงบังแดดสามารถช่วยลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ได้ตลอดทั้งวัน โดยสามารถลดค่า DGP ได้มากที่สุดในช่วงเวลา 14.00 น. และการใช้ระแนงที่ความทึบ 75 % สามารถลดค่า DGP ในช่วง 16.00 น. ได้อีกด้วย

เมื่อพิจารณาที่ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) เฉลี่ย พบว่า

ในทิศตะวันออก

ความทึบของระแนงเป็น 25 % สามารถทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) เฉลี่ย มีค่าลดลงจากจาก 0.520 เป็น 0.484 (ลดลง 0.036)

ความทึบของระแนงเป็น 50 % สามารถทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) เฉลี่ย มีค่าลดลงจากจาก 0.520 เป็น 0.464 (ลดลง 0.056)

ความทึบของระแนงเป็น 75 % สามารถทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) เฉลี่ย มีค่าลดลงจากจาก 0.520 เป็น 0.440 (ลดลง 0.080)

ในทิศตะวันตก

ความทึบของระแนงเป็น 25 % สามารถทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) เฉลี่ย มีค่าลดลงจากจาก 0.474 เป็น 0.484 (ลดลง 0.023)

ความทึบของระแนงเป็น 50 % สามารถทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) เฉลี่ย มีค่าลดลงจากจาก 0.474 เป็น 0.464 (ลดลง 0.036)

ความทึบของระแนงเป็น 75 % สามารถทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) เฉลี่ย มีค่าลดลงจากจาก 0.474 เป็น 0.440 (ลดลง 0.143)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง

ในการจำลองค่าความส่องสว่าง (Illuminance) เพื่อหาค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมตามมาตรฐาน โดยยึดตามมาตรฐานของ Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) เป็นหลัก

4.2.1 ผลการจำลองค่าความส่องสว่างของห้องมาตรฐาน

ในส่วนของการจำลองค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ที่จำลองได้ในแต่ละกรณีจะมีผลดังแสดงตามตารางที่ 43

ตารางที่ 43 แสดงข้อมูลของความส่องสว่างของห้องมาตรฐานทางทิศเหนือ

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระดับต่างๆ				พิจารณาความสว่างภายในห้อง (lx)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lx)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	E _{av}	E _{min}	E _{max}	U	E _{min} /E _{max}	E _{av}	E _{min}	E _{max}	U	E _{min} /E _{max}
21-ธ.ค.	8.00	1648	818	497	357	821	325	2038	0.4	0.16	2561	873	12209	0.34	0.07
	10.00	1742	818	484	344	822	317	1841	0.39	0.17	1426	860	2118	0.6	0.41
	12.00	1578	739	440	314	745	300	1578	0.4	0.19	1239	753	1825	0.61	0.41
	14.00	1681	788	469	336	794	311	1729	0.39	0.18	1269	748	1917	0.59	0.39
	16.00	1791	868	525	381	871	346	2071	0.4	0.17	1289	770	1980	0.6	0.39
21-ธ.ค.	8.00	831	409	246	177	408	168	878	0.41	0.19	688	429	1008	0.62	0.43
	10.00	1067	514	307	222	512	212	1076	0.41	0.2	861	536	1252	0.62	0.43
	12.00	1009	485	291	210	484	203	1009	0.42	0.2	796	495	1158	0.62	0.43
	14.00	1043	502	300	217	500	207	1043	0.41	0.2	804	493	1186	0.61	0.42
	16.00	1017	494	296	214	492	202	1056	0.41	0.19	767	473	1140	0.62	0.41
21-ธ.ค.	8.00	573	302	188	138	292	131	573	0.45	0.23	464	307	644	0.66	0.48
	10.00	848	447	280	207	433	197	848	0.45	0.23	686	453	951	0.66	0.48
	12.00	855	452	284	211	438	203	855	0.46	0.24	688	456	958	0.66	0.48
	14.00	858	453	284	210	439	202	858	0.46	0.23	686	458	958	0.67	0.48
	16.00	700	369	229	169	357	161	700	0.45	0.23	558	374	778	0.67	0.48

ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำเสนอข้อมูลเฉพาะค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (Average Illuminance, E_{av}) ค่าความส่องสว่างที่มากที่สุด (Maximum Illuminance, E_{max}) และ ค่าความส่องสว่างที่ต่ำที่สุด (Minimum Illuminance, E_{min}) โดยนำค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{av}) ค่าความส่องสว่างที่มากที่สุด (E_{max}) และ ค่าความส่องสว่างที่ต่ำที่สุด (E_{min}) มาหาค่าเฉลี่ยของทั้งปี เพื่อนำมาวิเคราะห์ โดยนำเสนอในรูปแบบดังตารางที่ 43 ซึ่งข้อมูลของความส่องสว่างของห้องที่จำลองได้ในกรณีต่าง ๆ นั้น จะรวบรวมผลไว้ในภาคผนวก ข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 44 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องมาตรฐานทางทิศเหนือ

วันที่	Illuminance ทิศ			Illuminance ใต้		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1851	320	811	4010	801	1557
21_Mar	1012	198	479	1148	485	783
21_Dec	767	179	392	858	410	616
เฉลี่ยทั้งปี	1210	232	560	2005	565	985

ตารางที่ 45 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องมาตรฐานทางทิศใต้

วันที่	Illuminance ทิศ			Illuminance ใต้		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	999	200	479	1139	487	781
21_Mar	1641	288	734	1805	722	1202
21_Dec	17551	523	4770	17558	1277	7851
เฉลี่ยทั้งปี	6731	337	1985	6834	829	3278

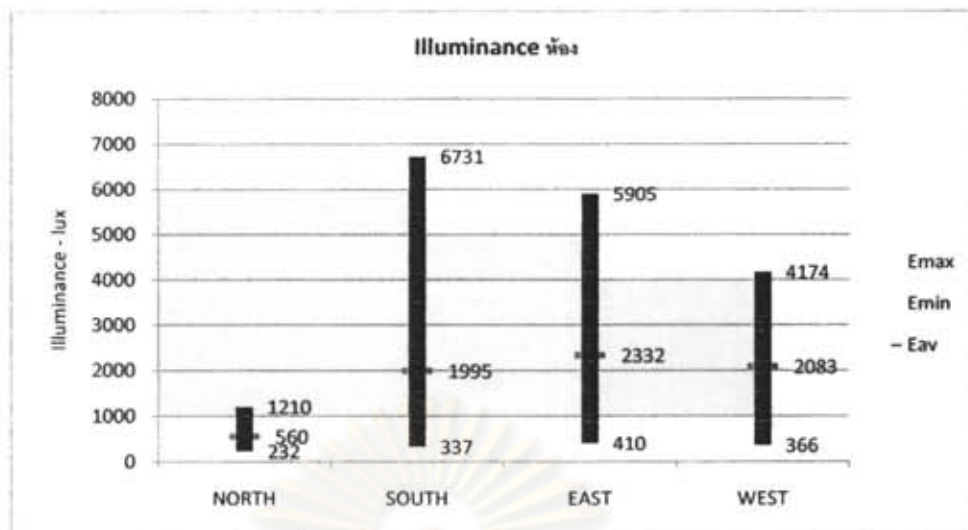
ตารางที่ 46 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องมาตรฐานทางทิศตะวันออก

วันที่	Illuminance ทิศ			Illuminance ใต้		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	3847	418	1941	9183	2946	5163
21_Mar	7937	459	3167	8123	2382	4418
21_Dec	5932	353	1888	6062	1627	3224
เฉลี่ยทั้งปี	5905	410	2332	7790	2318	4269

ตารางที่ 47 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องมาตรฐานทางทิศตะวันตก

วันที่	Illuminance ทิศ			Illuminance ใต้		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	4851	371	2425	5033	4063	4511
21_Mar	4548	390	2303	4695	3768	4202
21_Dec	3124	337	1522	7179	751	3365
เฉลี่ยทั้งปี	4174	368	2083	5638	2861	4026

เมื่อนำค่าเฉลี่ยความส่องสว่างทั้งปีของทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก จากตารางที่ 44 ถึง 47 มาพลอตเป็นแผนภูมิ จะได้ผลดังแสดงในแผนภูมิที่ 61 ดังนี้



แผนภูมิที่ 61 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องมาตรฐาน

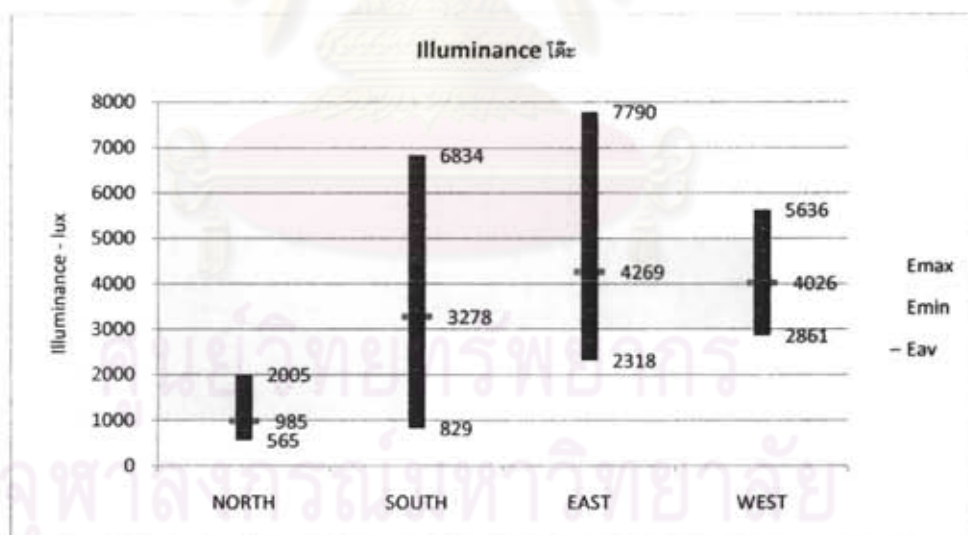
จากแผนภูมิที่ 61 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องมาตรฐานพบว่า

ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างอยู่ 232-1210 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 560 lux

ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 337-6731 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1995 lux

ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 410-5905 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2332 lux

ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 366-4174 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2083 lux



แผนภูมิที่ 62 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องมาตรฐาน

จากแผนภูมิที่ 62 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องมาตรฐานพบว่า

ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างอยู่ 565-2005 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 985 lux

ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 829-6834 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3278 lux

ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 2318-7790 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4269 lux

ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 2861-5636 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4026 lux

4.2.1 ผลการจำลองตามคำถามวิจัยที่ 1

FIN A

FIN B

FIN C

FIN D

FIN E

4.2.1.1 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A (แผงบังแดด
แนวนอน) ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 48 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทางทิศเหนือ

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1958	585	1103	4147	1174	1843
21_Mar	1334	459	800	1457	857	1134
21_Dec	878	312	529	957	563	746
เฉลี่ยทั้งปี	1390	452	811	2187	865	1241

ตารางที่ 49 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทางทิศใต้

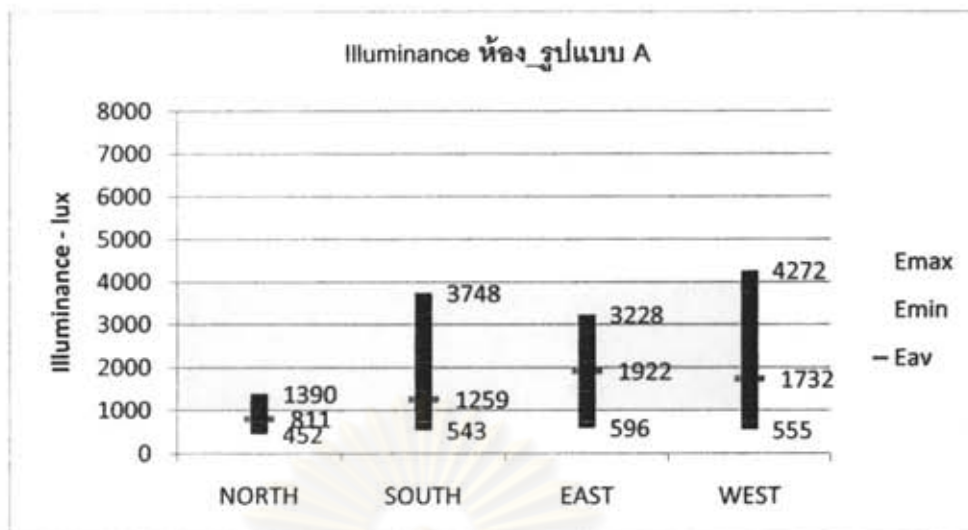
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1353	467	813	1472	870	1151
21_Mar	1795	532	1014	1968	1075	1487
21_Dec	8096	631	1951	8304	1341	3993
เฉลี่ยทั้งปี	3748	543	1259	3915	1095	2210

ตารางที่ 50 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทางทิศตะวันออก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	3999	643	2171	4124	3233	3658
21_Mar	3271	649	2166	3432	2602	2993
21_Dec	2413	495	1429	2541	1766	2129
เฉลี่ยทั้งปี	3228	596	1922	3366	2534	2927

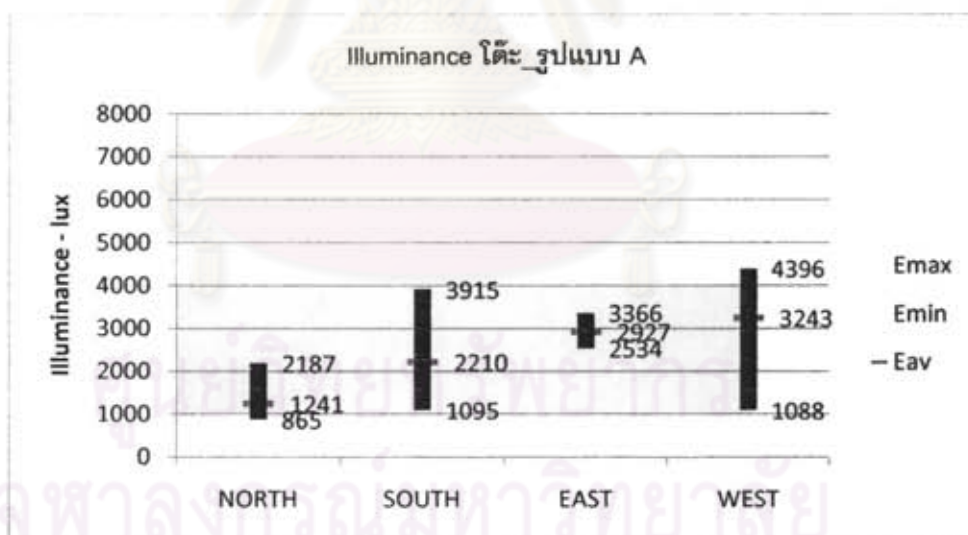
ตารางที่ 51 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทางทิศตะวันตก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	5010	593	1875	5170	1184	3673
21_Mar	4698	588	1792	4844	1142	3453
21_Dec	3110	483	1530	3173	937	2602
เฉลี่ยทั้งปี	4272	555	1732	4396	1088	3243



แผนภูมิที่ 63 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A

จากแผนภูมิที่ 63 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A พบว่า
 ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างที่ 452-1390 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 811 lux
 ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 543-3748 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1259 lux
 ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 596-3228 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1922 lux
 ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 555-4272 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1732 lux



แผนภูมิที่ 64 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A

จากแผนภูมิที่ 64 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A พบว่า
 ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างอยู่ 865-2187 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1241 lux
 ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 1095-3915 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2210 lux
 ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 2534-3366 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2927 lux
 ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 1088-4396 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3243 lux

4.2.1.2 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B (แผงบังแดด แนวตั้ง 2 ชั้น) ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 52 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทางทิศเหนือ

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	2393	633	1212	2493	1262	1795
21_Mar	1337	448	781	1451	829	1108
21_Dec	897	319	547	984	581	768
เฉลี่ยทั้งปี	1542	467	847	1643	891	1224

ตารางที่ 53 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทางทิศใต้

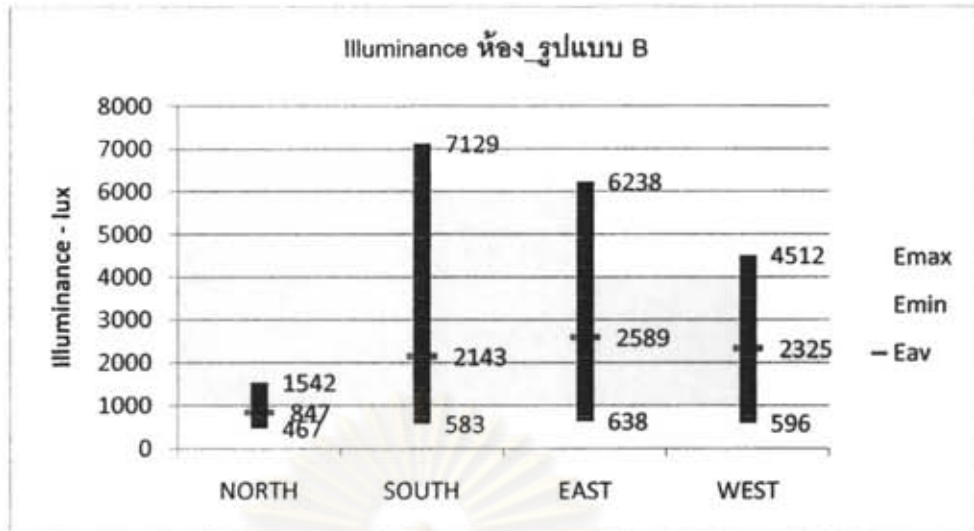
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1325	453	766	1447	834	1112
21_Mar	2158	573	1108	2267	1151	1637
21_Dec	17902	723	4536	17129	1556	7322
เฉลี่ยทั้งปี	7129	583	2143	6948	1180	3357

ตารางที่ 54 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทางทิศตะวันออก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	4209	672	2254	9520	3296	5502
21_Mar	8267	700	3459	8454	2711	4748
21_Dec	6238	542	2052	6367	1881	3493
เฉลี่ยทั้งปี	6238	638	2589	8114	2629	4581

ตารางที่ 55 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทางทิศตะวันตก

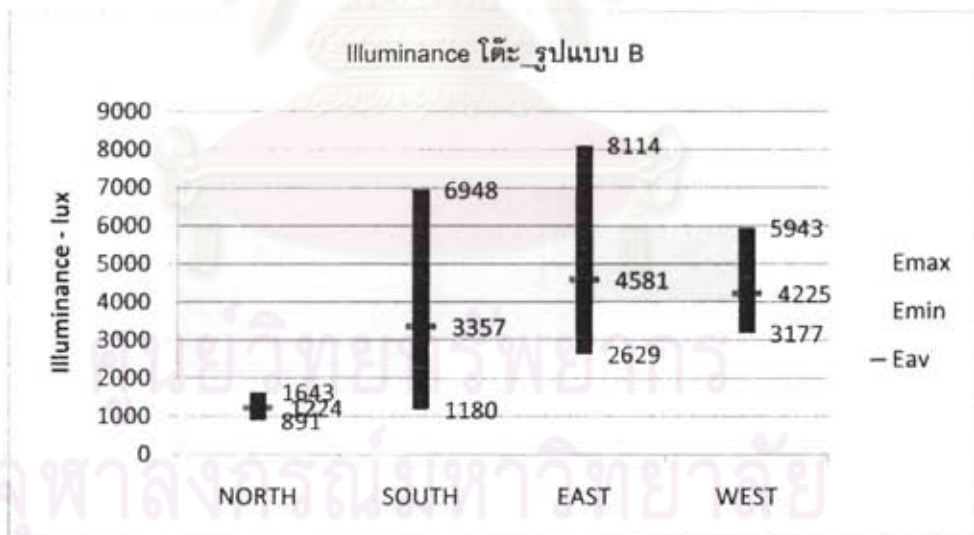
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	5216	634	2746	5399	4421	4874
21_Mar	4885	628	2600	5017	4101	4527
21_Dec	3435	528	1630	7412	1008	3274
เฉลี่ยทั้งปี	4512	596	2325	5943	3177	4225



แผนภูมิที่ 65 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B

จากแผนภูมิที่ 65 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B พบว่า

- ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างที่ 467-1542 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 847 lux
- ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 583-7129 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2143 lux
- ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 638-6238 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2589 lux
- ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 596-4512 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2325 lux



แผนภูมิที่ 66 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B

จากแผนภูมิที่ 66 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B พบว่า

- ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างอยู่ 891-1643 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1224 lux
- ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 1180-6948 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3357 lux
- ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 2629-8114 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4581 lux
- ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 3177-5943 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4225 lux

4.2.1.3 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C (แผงบังแดด
แนวนอนและแนวตั้ง 1 ชั้น) ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 56 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทางทิศเหนือ

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1923	576	1079	2096	1148	1580
21_Mar	1278	449	774	1397	829	1091
21_Dec	841	306	515	920	543	719
เฉลี่ยทั้งปี	1347	444	789	1471	840	1130

ตารางที่ 57 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทางทิศใต้

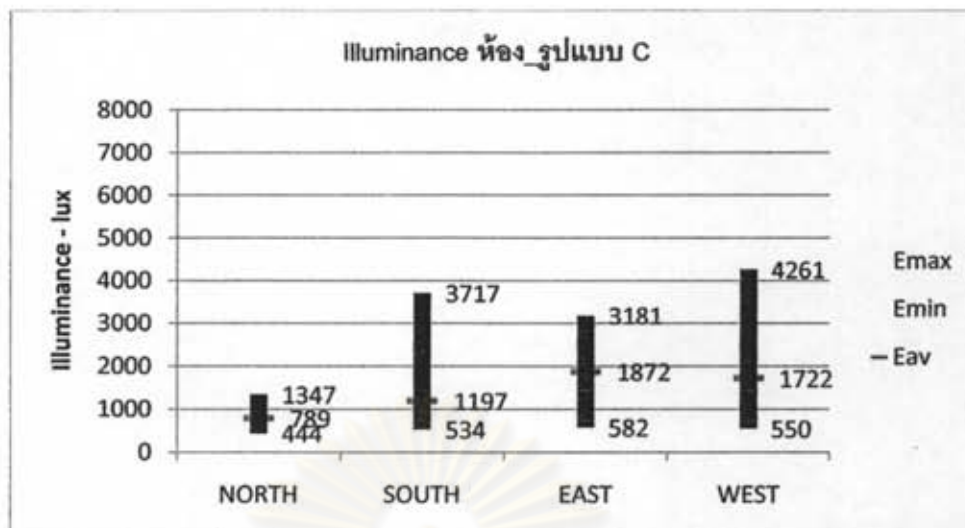
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1298	455	788	1417	839	1110
21_Mar	1764	523	993	1926	1053	1454
21_Dec	8089	623	1809	8290	1319	3643
เฉลี่ยทั้งปี	3717	534	1197	3877	1070	2069

ตารางที่ 58 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทางทิศตะวันออก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	3989	638	2164	4115	3225	3648
21_Mar	3216	633	2134	3382	2570	2952
21_Dec	2339	474	1318	2459	1708	2058
เฉลี่ยทั้งปี	3181	582	1872	3319	2501	2888

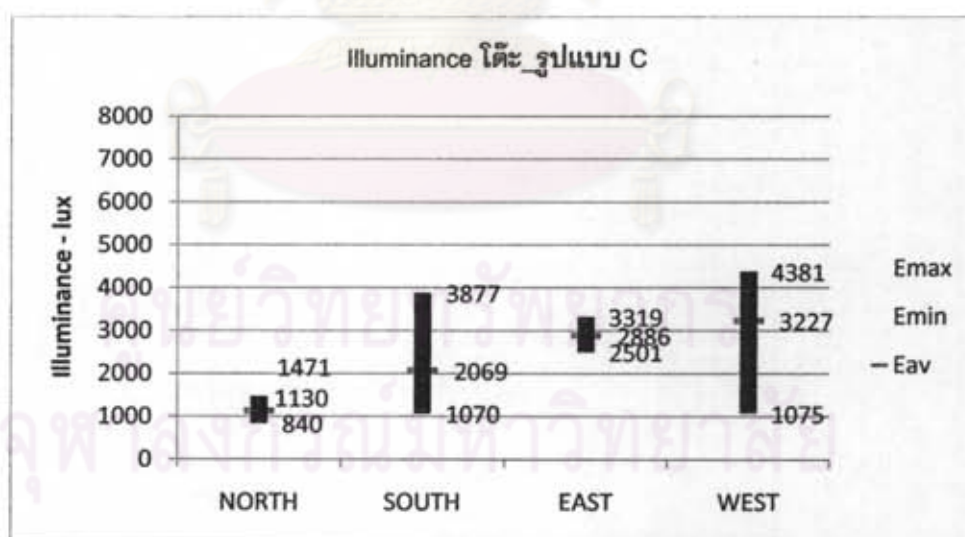
ตารางที่ 59 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทางทิศตะวันตก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	4955	579	1842	5115	1148	3628
21_Mar	4674	582	1780	4827	1129	3436
21_Dec	3153	489	1542	3199	949	2618
เฉลี่ยทั้งปี	4261	550	1722	4381	1075	3227



แผนภูมิที่ 67 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C

จากแผนภูมิที่ 67 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C พบว่า
 ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างที่ 444-1647 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 789 lux
 ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 534-3717 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1197 lux
 ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 582-3181 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1872 lux
 ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 550-4261 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1722 lux



แผนภูมิที่ 68 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C

จากแผนภูมิที่ 68 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C พบว่า
 ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างอยู่ 840-1471 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1130 lux
 ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 1070-3877 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2069 lux
 ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 2501-3319 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2886 lux
 ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 1075-4381 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3227 lux

4.2.1.4 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D (แผงบังแดด แนวนอนและแนวตั้ง 1 ซ้ำ) ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 60 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทางทิศเหนือ

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1945	579	1089	4119	1168	1819
21_Mar	1280	448	775	1395	838	1093
21_Dec	838	304	513	916	552	719
เฉลี่ยทั้งปี	1354	444	792	2143	852	1210

ตารางที่ 61 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทางทิศใต้

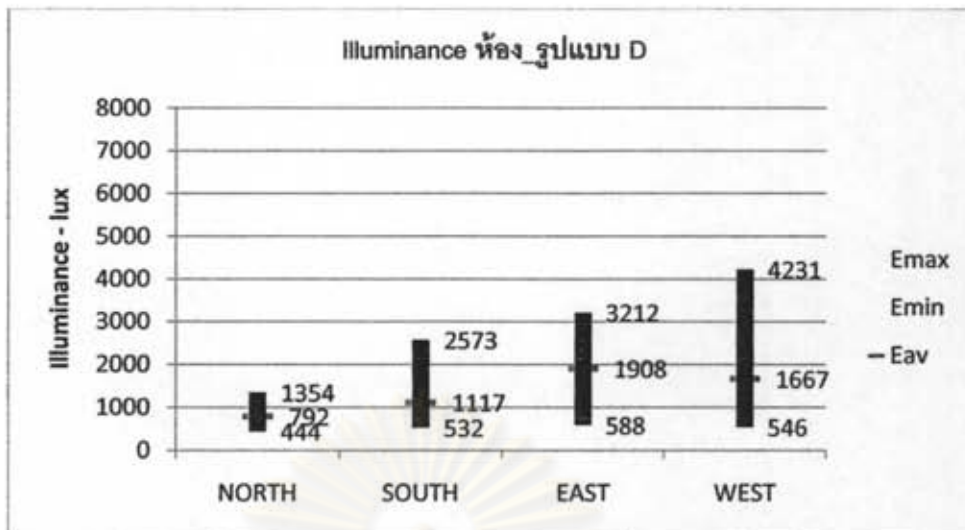
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1292	456	788	1409	850	1109
21_Mar	1751	520	987	1908	1056	1443
21_Dec	4674	621	1575	7550	1324	3482
เฉลี่ยทั้งปี	2573	532	1117	3822	1077	2011

ตารางที่ 62 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทางทิศตะวันออก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	3941	621	2133	4054	3195	3597
21_Mar	3243	642	2151	3410	2589	2974
21_Dec	2452	500	1440	2593	1782	2155
เฉลี่ยทั้งปี	3212	588	1908	3352	2522	2909

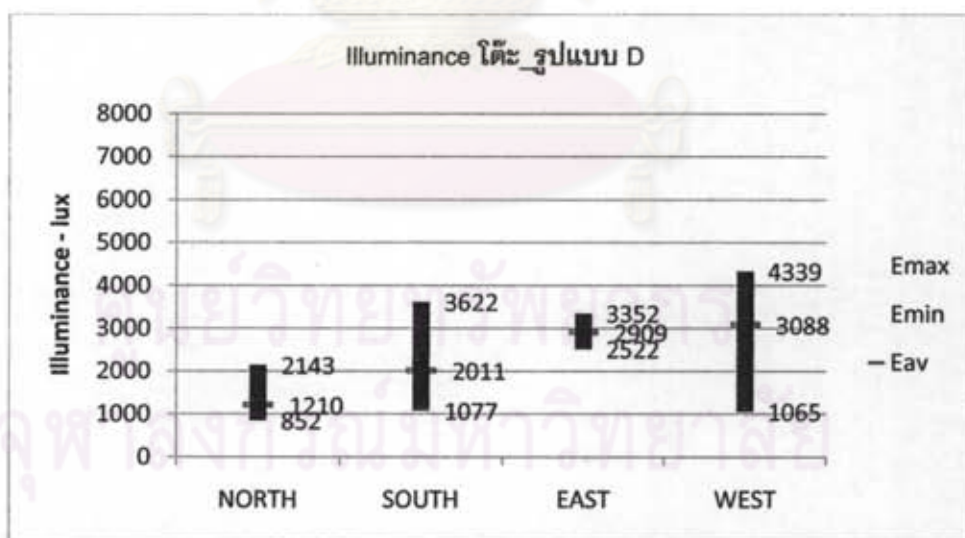
ตารางที่ 63 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทางทิศตะวันตก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	5000	595	1872	5165	1182	3667
21_Mar	4651	578	1768	4789	1119	3407
21_Dec	3041	466	1362	3063	893	2190
เฉลี่ยทั้งปี	4231	546	1667	4339	1065	3088



แผนภูมิที่ 69 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D

จากแผนภูมิที่ 69 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D พบว่า
 ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างที่ 444-1354 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 792 lux
 ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 532-2573 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1117 lux
 ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 588-3212 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1908 lux
 ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 546-4231 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1667 lux



แผนภูมิที่ 70 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D

จากแผนภูมิที่ 70 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D พบว่า
 ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างอยู่ 852-2143 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1210 lux
 ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 1077-3622 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2011 lux
 ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 2522-3352 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2909 lux
 ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 1065-4339 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3088 lux

4.2.1.5 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E (แผงบังแดด แนวนอนและแนวตั้ง 2 ชั้น) ที่มีระยะยื่น 0.50 เมตร

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 64 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทางทิศเหนือ

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1915	571	1065	2069	1142	1556
21_Mar	1222	439	748	1332	807	1048
21_Dec	801	299	498	876	531	691
เฉลี่ยทั้งปี	1313	436	770	1426	827	1098

ตารางที่ 65 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทางทิศใต้

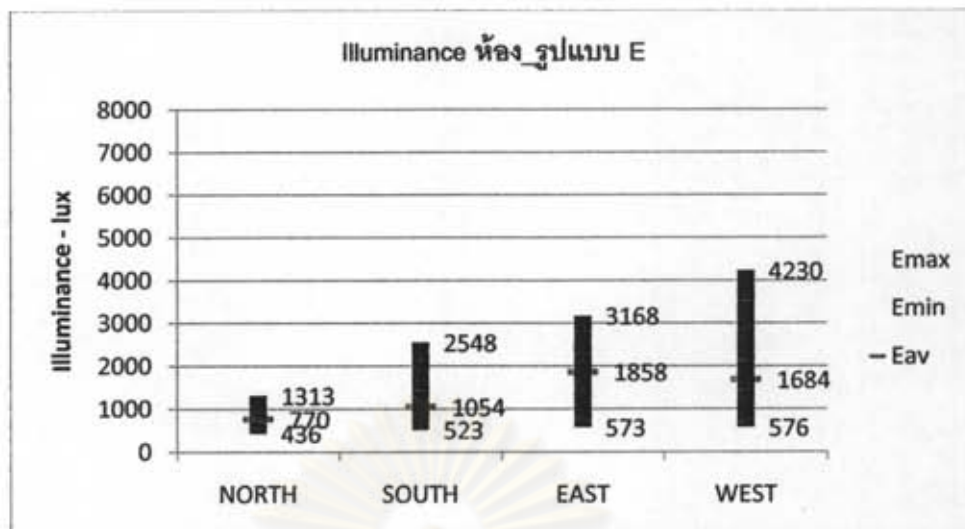
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1235	444	761	1350	819	1065
21_Mar	1725	512	966	1866	1033	1409
21_Dec	4686	614	1434	7534	1303	3132
เฉลี่ยทั้งปี	2548	523	1054	3583	1052	1869

ตารางที่ 66 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทางทิศตะวันออก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	3932	615	2125	4042	3186	3585
21_Mar	3189	626	2119	3359	2558	2932
21_Dec	2383	479	1329	2509	1723	2083
เฉลี่ยทั้งปี	3168	573	1858	3303	2489	2867

ตารางที่ 67 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทางทิศตะวันตก

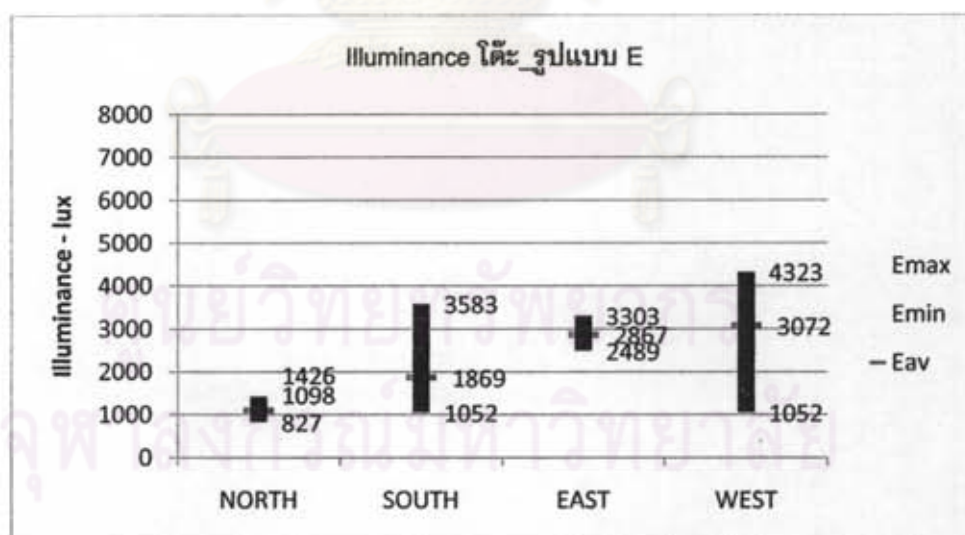
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	4974	684	1922	5110	1146	3621
21_Mar	4628	572	1755	4771	1105	3390
21_Dec	3088	472	1375	3088	904	2205
เฉลี่ยทั้งปี	4230	576	1684	4323	1052	3072



แผนภูมิที่ 71 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E

จากแผนภูมิที่ 71 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E พบว่า

- ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างที่ 365-950 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 595 lux
- ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 423-1268 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 738 lux
- ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 468-2679 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1288 lux
- ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 435-2689 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1067 lux



แผนภูมิที่ 72 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E

จากแผนภูมิที่ 72 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E พบว่า

- ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างอยู่ 827-1426 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1098 lux
- ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 1052-3583 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1869 lux
- ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 2489-3303 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2867 lux
- ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 1052-4323 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3072 lux

4.2.1.6 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A (แผงบังแดด แนวนอน) ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 68 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทางทิศเหนือ

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1822	570	1054	3993	1129	1755
21_Mar	1279	448	771	1392	828	1090
21_Dec	843	303	511	917	544	718
เฉลี่ยทั้งปี	1314	440	779	2100	834	1188

ตารางที่ 69 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทางทิศใต้

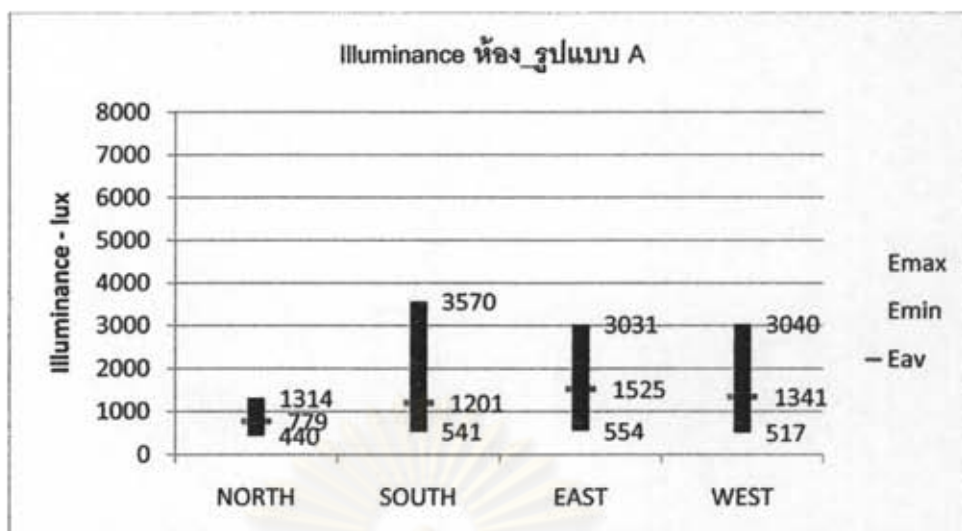
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1328	541	859	1415	845	1111
21_Mar	1690	524	975	1846	1044	1418
21_Dec	7692	559	1771	7874	1176	2938
เฉลี่ยทั้งปี	3570	541	1201	3711	1022	1822

ตารางที่ 70 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทางทิศตะวันออก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	3781	596	1564	3912	1128	2639
21_Mar	3081	603	1726	3215	2489	2832
21_Dec	2231	461	1285	2331	1675	1982
เฉลี่ยทั้งปี	3031	554	1525	3153	1764	2551

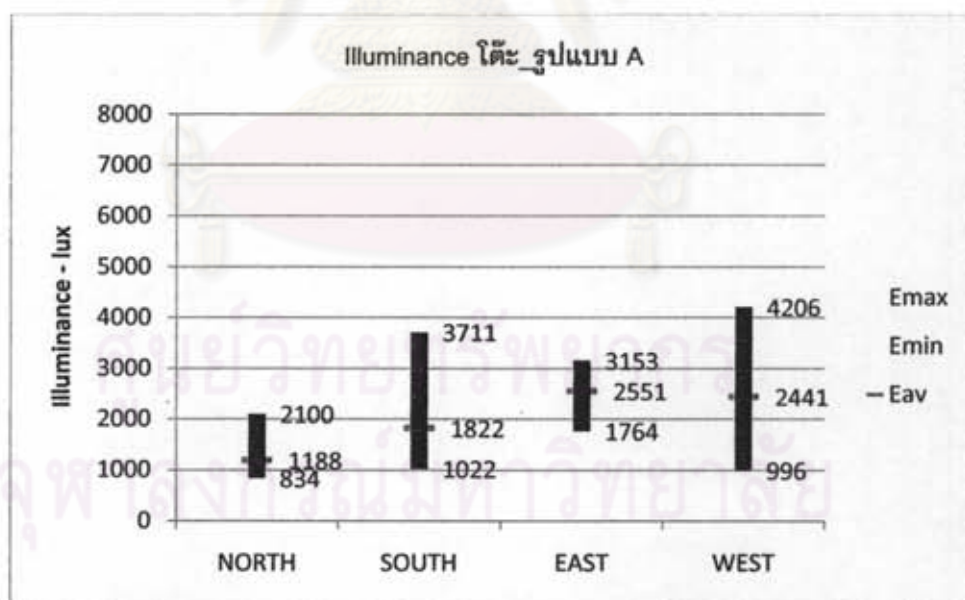
ตารางที่ 71 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทางทิศตะวันตก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1677	555	997	4949	1076	2470
21_Mar	4517	549	1696	4651	1044	2354
21_Dec	2925	449	1327	3018	868	2498
เฉลี่ยทั้งปี	3040	517	1341	4206	996	2441



แผนภูมิที่ 73 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A

จากแผนภูมิที่ 73 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A พบว่า
 ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างที่ 440-1314 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 779 lux
 ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 541-3570 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1201 lux
 ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 554-3031 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1525 lux
 ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 517-3040 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1341 lux



แผนภูมิที่ 74 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A

จากแผนภูมิที่ 74 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ A พบว่า
 ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างอยู่ 834-2100 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1188 lux
 ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 1022-3711 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1822 lux
 ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 1764-3153 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2551 lux
 ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 996-4206 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2441 lux

4.2.1.7 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B (แผงบังแดด แนวตั้ง 2 ซ้ำง) ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 72 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทางทิศเหนือ

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	2253	608	1145	2334	1190	1685
21_Mar	1289	433	749	1391	791	1059
21_Dec	825	295	501	896	530	700
เฉลี่ยทั้งปี	1456	445	798	1540	837	1148

ตารางที่ 73 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทางทิศใต้

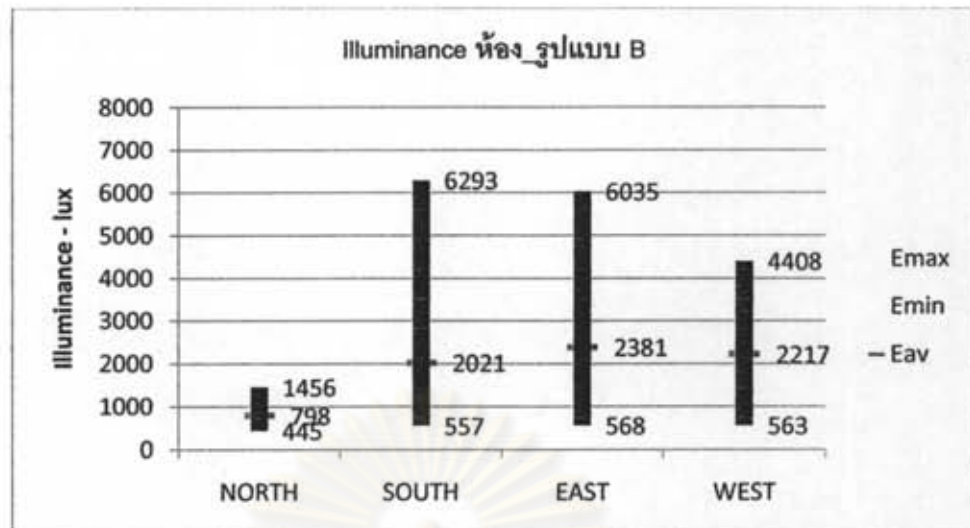
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1265	430	744	1376	785	1051
21_Mar	2042	550	1050	2137	1088	1544
21_Dec	15570	690	4269	15483	1465	6699
เฉลี่ยทั้งปี	6293	557	2021	6332	1113	3098

ตารางที่ 74 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทางทิศตะวันออก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	4001	597	1948	9313	3133	5303
21_Mar	8052	623	3322	8238	2561	4567
21_Dec	6052	483	1873	6171	1746	3329
เฉลี่ยทั้งปี	6035	568	2381	7907	2480	4400

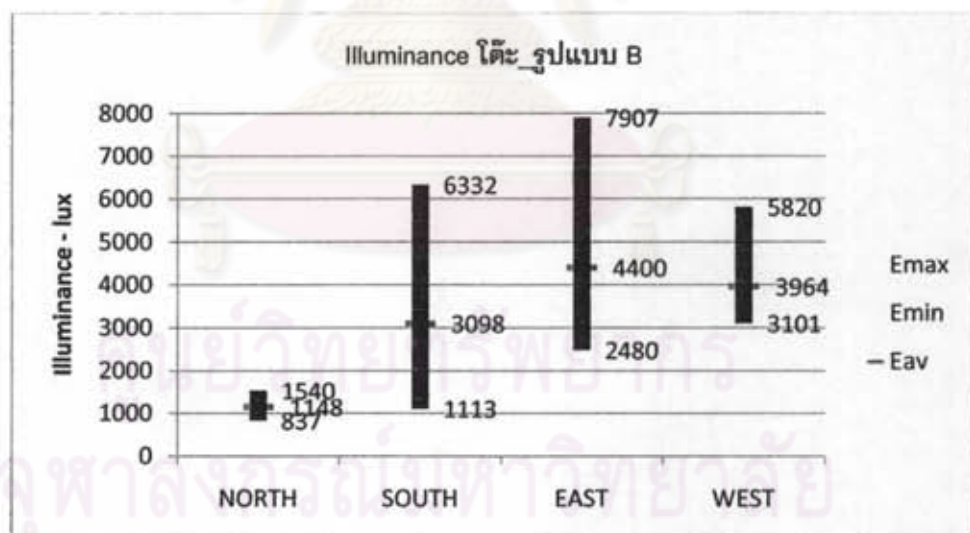
ตารางที่ 75 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทางทิศตะวันตก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	5106	594	2673	5282	4342	4777
21_Mar	4781	594	2535	4900	4025	4430
21_Dec	3336	500	1445	7278	935	2686
เฉลี่ยทั้งปี	4408	563	2217	5820	3101	3964



แผนภูมิที่ 75 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B

จากแผนภูมิที่ 75 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B พบว่า
 ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างที่ 445-1456 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 798 lux
 ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 557-6293 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2021 lux
 ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 568-6035 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2381 lux
 ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 563-4408 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2217 lux



แผนภูมิที่ 76 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B

จากแผนภูมิที่ 76 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ B พบว่า
 ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างอยู่ 837-1540 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1148 lux
 ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 1113-6332 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3098 lux
 ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 2480-7907 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4400 lux
 ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 3101-5820 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3964 lux

4.2.1.8 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C (แผงบังแดด แนวนอนและแนวตั้ง 1 ซ้ำง) ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 76 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทางทิศเหนือ

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1489	499	882	1626	947	1262
21_Mar	1030	393	646	1119	693	893
21_Dec	697	271	440	758	467	605
เฉลี่ยทั้งปี	1072	388	656	1167	702	920

ตารางที่ 77 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทางทิศใต้

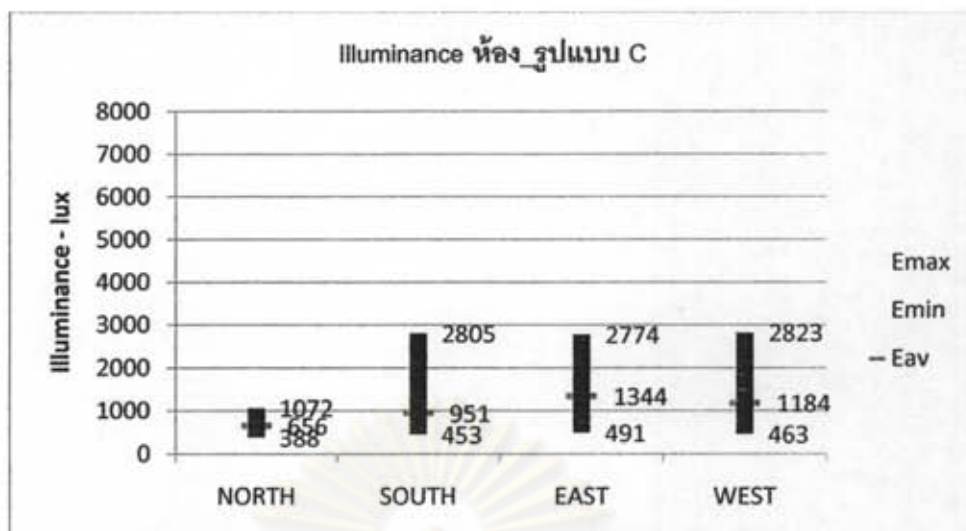
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1050	400	659	1140	707	911
21_Mar	1387	458	818	1515	876	1172
21_Dec	5977	500	1376	2638	1014	1510
เฉลี่ยทั้งปี	2805	453	951	1764	866	1198

ตารางที่ 78 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทางทิศตะวันออก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	3547	536	1443	3671	1000	2657
21_Mar	2818	538	1581	2938	2339	2622
21_Dec	1956	398	1007	2042	1505	1753
เฉลี่ยทั้งปี	2774	491	1344	2884	1615	2344

ตารางที่ 79 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทางทิศตะวันตก

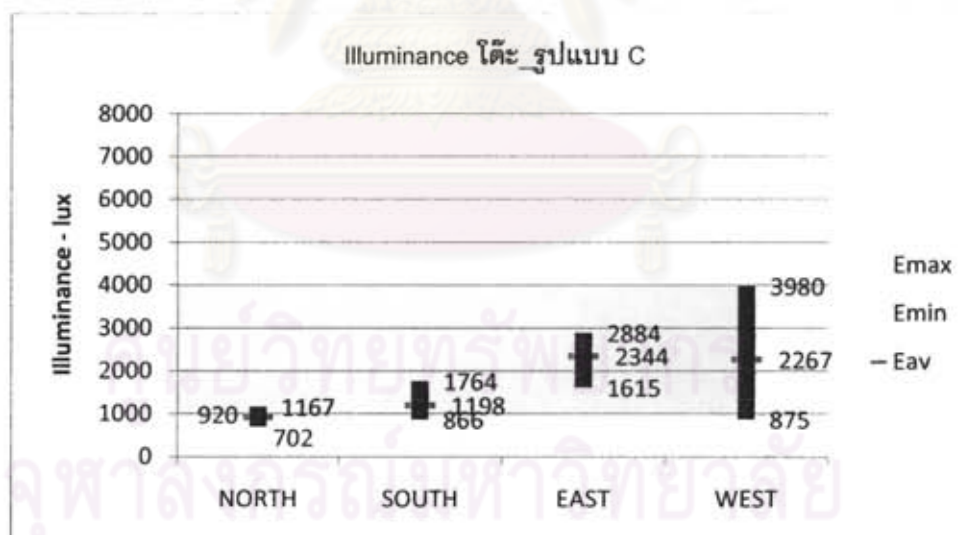
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1395	487	842	4659	917	2246
21_Mar	4288	490	1578	4417	920	2176
21_Dec	2785	414	1132	2865	788	2379
เฉลี่ยทั้งปี	2823	463	1184	3980	875	2267



แผนภูมิที่ 77 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C

จากแผนภูมิที่ 77 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C พบว่า

- ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างที่ 388-1072 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 656 lux
- ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 453-2805 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 951 lux
- ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 491-2774 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1344 lux
- ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 463-2823 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1184 lux



แผนภูมิที่ 78 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C

จากแผนภูมิที่ 78 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ C พบว่า

- ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างอยู่ 702-1167 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 920 lux
- ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 866-1764 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1198 lux
- ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 1615-2884 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2344 lux
- ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 875-3980 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2267 lux

4.2.1.9 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D (แผงบังแดด แนวนอนและแนวตั้ง 1 ซ้ำ) ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 80 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทางทิศเหนือ

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1509	506	893	3610	962	1482
21_Mar	1029	394	647	1102	701	885
21_Dec	693	269	438	739	471	595
เฉลี่ยทั้งปี	1077	390	659	1817	712	987

ตารางที่ 81 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทางทิศใต้

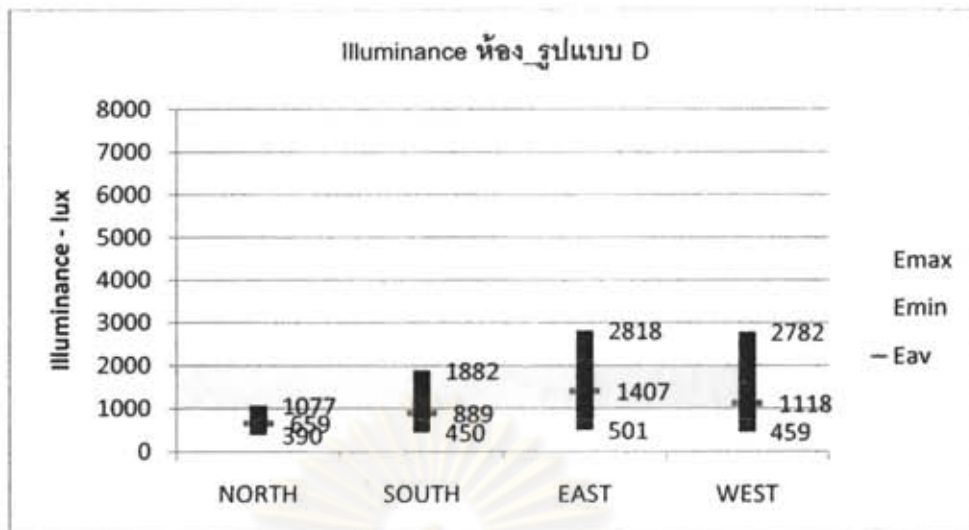
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1044	398	656	1113	710	896
21_Mar	1370	455	811	1465	874	1146
21_Dec	3231	496	1201	3297	1013	2201
เฉลี่ยทั้งปี	1882	450	889	1958	866	1414

ตารางที่ 82 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทางทิศตะวันออก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	3502	524	1403	3563	949	2568
21_Mar	2855	548	1605	2952	2357	2636
21_Dec	2096	431	1214	2181	1598	1869
เฉลี่ยทั้งปี	2818	501	1407	2898	1635	2357

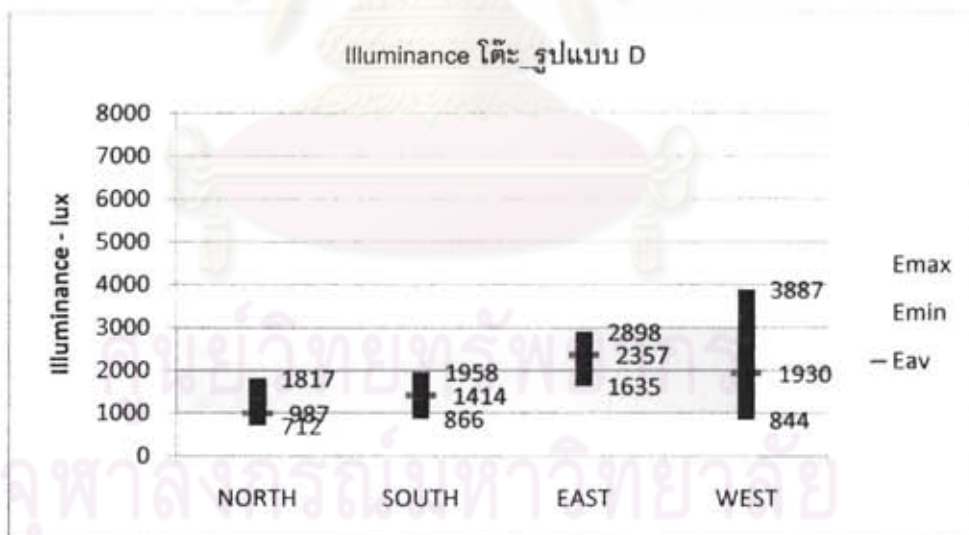
ตารางที่ 83 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทางทิศตะวันตก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1444	503	874	4684	946	2271
21_Mar	4252	487	1555	4335	889	2113
21_Dec	2651	386	925	2643	696	1406
เฉลี่ยทั้งปี	2782	459	1118	3887	844	1930



แผนภูมิที่ 79 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D

จากแผนภูมิที่ 79 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D พบว่า
 ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างที่ 390-1077 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 659 lux
 ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 450-1882 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 889 lux
 ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 501-2818 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1407 lux
 ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 459-2782 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1118 lux



แผนภูมิที่ 80 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D

จากแผนภูมิที่ 80 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ D พบว่า
 ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างอยู่ 712-1817 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 987 lux
 ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 866-1958 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1414 lux
 ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 1635-2898 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2357 lux
 ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 844-3887 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1930 lux

4.2.1.10 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E (แผงบังแดด แนวนอนและแนวตั้ง 2 ซ้ำ) ที่มีระยะยื่น 1.00 เมตร

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 84 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทางทิศเหนือ

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1352	476	813	1441	881	1137
21_Mar	895	368	580	957	627	780
21_Dec	604	250	392	644	420	525
เฉลี่ยทั้งปี	950	365	595	1014	643	814

ตารางที่ 85 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทางทิศใต้

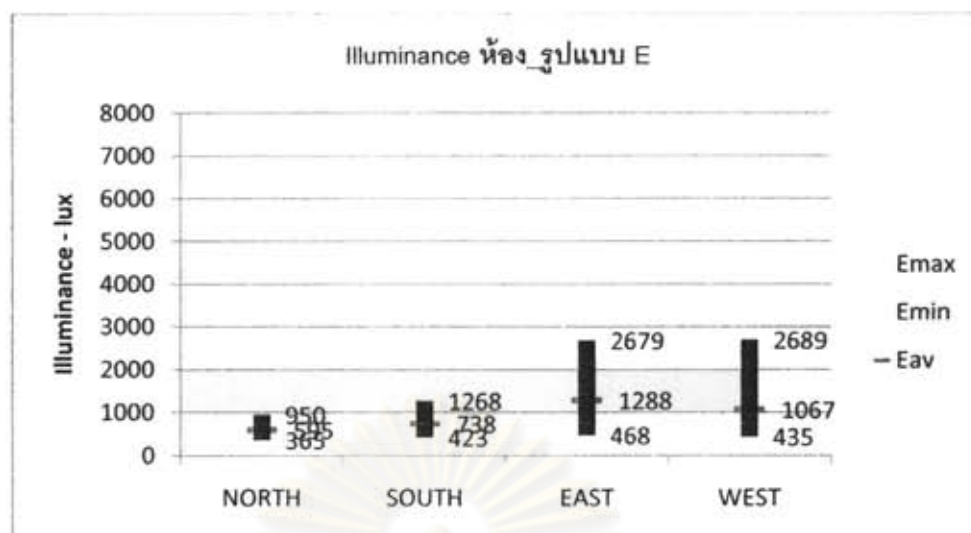
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	912	371	589	975	637	794
21_Mar	1231	428	741	1317	800	1038
21_Dec	1663	471	885	1720	937	1287
เฉลี่ยทั้งปี	1268	423	738	1337	791	1040

ตารางที่ 86 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทางทิศตะวันออก

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	3406	500	1352	3477	897	2500
21_Mar	2708	513	1525	2813	2276	2530
21_Dec	1921	390	987	1999	1482	1719
เฉลี่ยทั้งปี	2679	468	1288	2763	1552	2250

ตารางที่ 87 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทางทิศตะวันตก

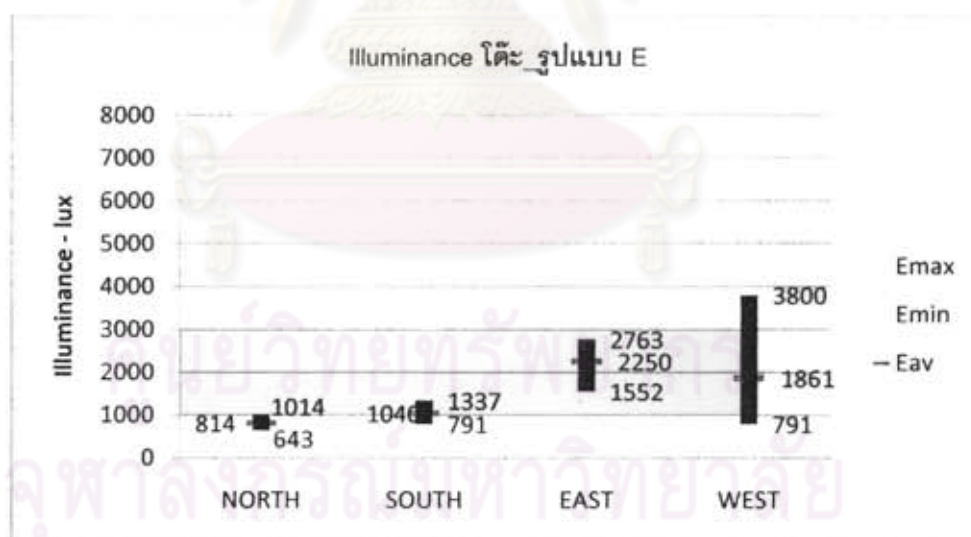
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1300	467	792	4545	862	2162
21_Mar	4150	462	1502	4246	835	2044
21_Dec	2616	377	905	2610	675	1378
เฉลี่ยทั้งปี	2689	435	1067	3800	791	1861



แผนภูมิที่ 81 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E

จากแผนภูมิที่ 81 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E พบว่า

- ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างที่ 365-950 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 595 lux
- ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 423-1268 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 738 lux
- ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 468-2679 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1288 lux
- ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 435-2689 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1067 lux

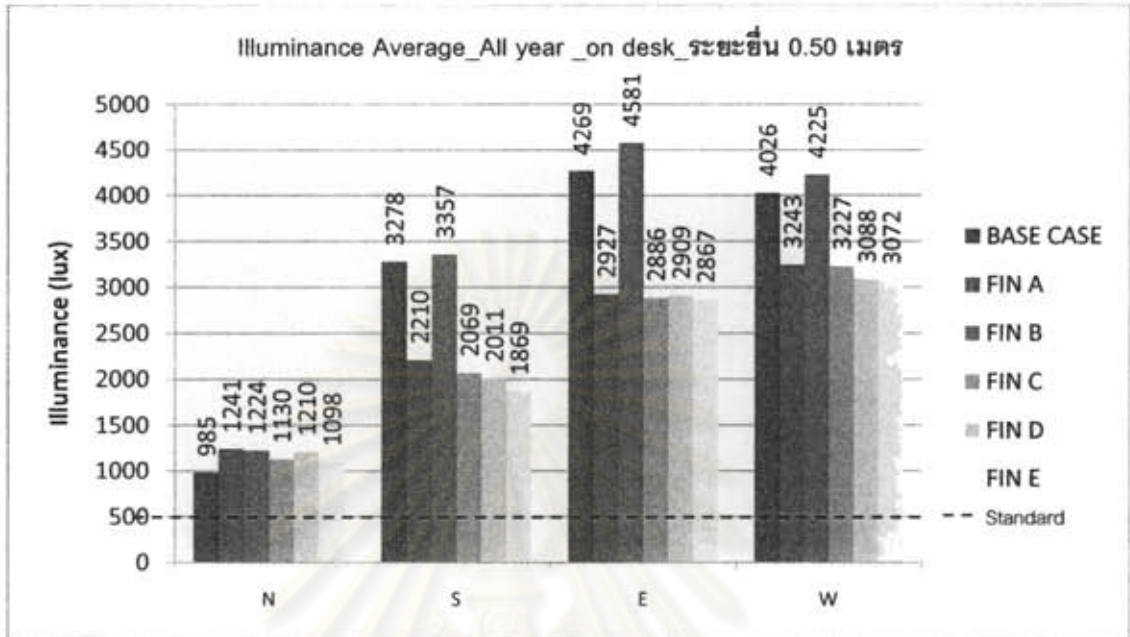


แผนภูมิที่ 82 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E

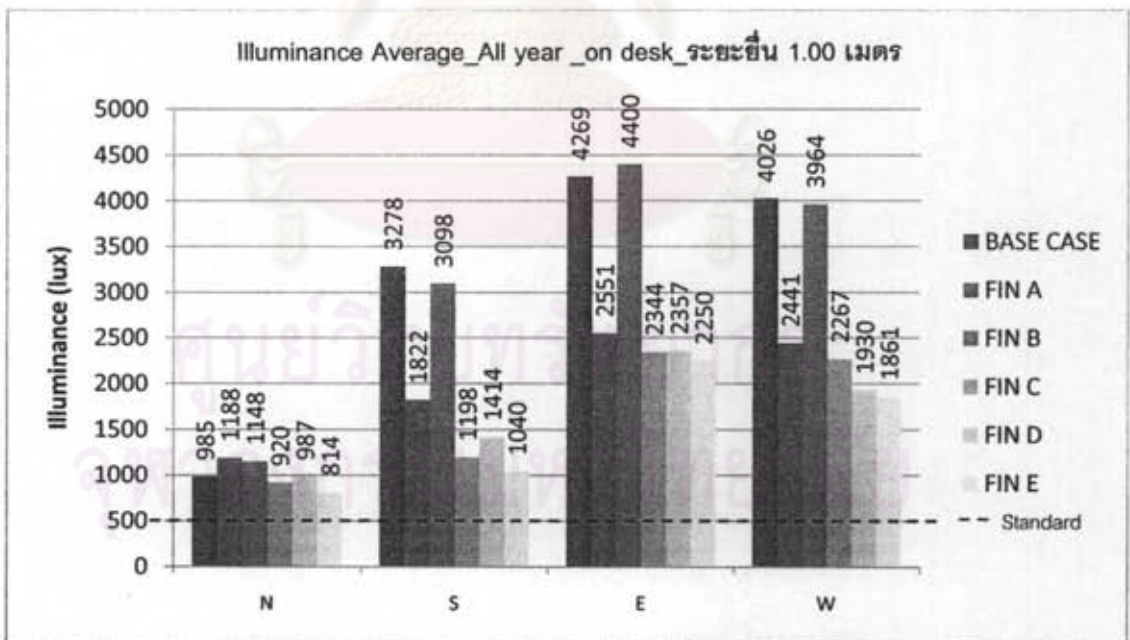
จากแผนภูมิที่ 82 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานในห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ E พบว่า

- ในทิศเหนือ มีค่าความส่องสว่างอยู่ 643-1014 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 814 lux
- ในทิศใต้ มีค่าความส่องสว่างที่ 791-1337 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1040 lux
- ในทิศตะวันออก มีค่าความส่องสว่างที่ 1552-2763 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2250 lux
- ในทิศตะวันตก มีค่าความส่องสว่างที่ 791-3800 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1861 lux

4.2.1.6 การเปรียบเทียบกับค่าความส่องสว่างของห้องมาตรฐาน
เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงาน

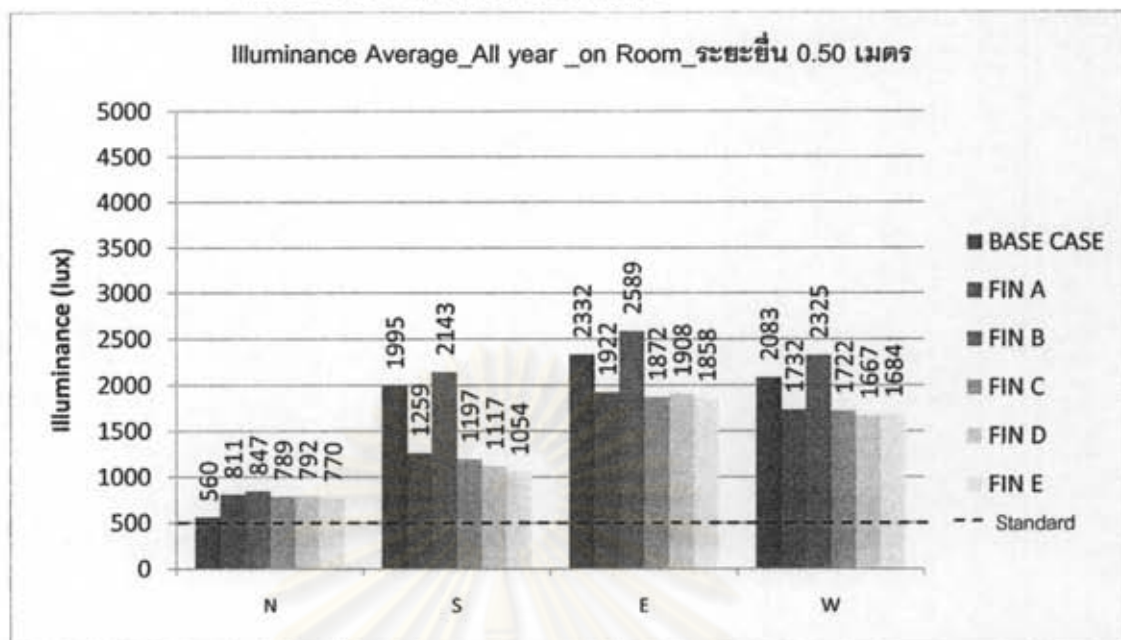


แผนภูมิที่ 83 แสดงการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างเฉลี่ย บนพื้นที่ทำงานของแผงบังแดดรูปแบบ A B C D และ E ที่ระยะยื่น 0.50 เมตร

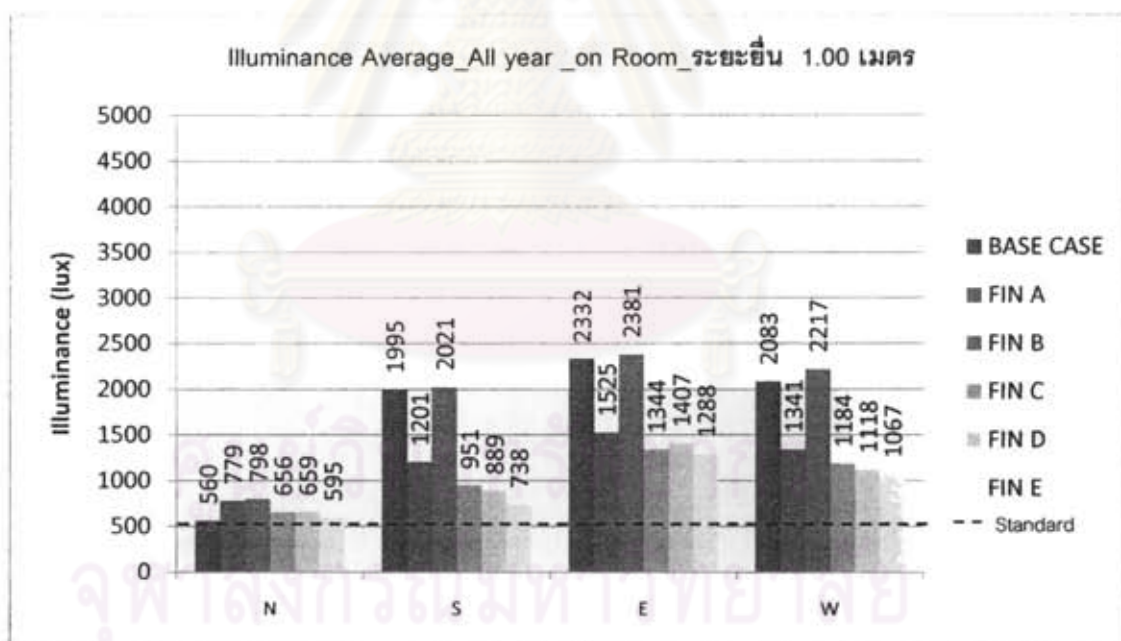


แผนภูมิที่ 84 แสดงการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างเฉลี่ย บนพื้นที่ทำงานของแผงบังแดดรูปแบบ A B C D และ E ที่ระยะยื่น 1.00 เมตร

เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างภายในห้อง



แผนภูมิที่ 85 แสดงการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างเฉลี่ย ภายในห้องของแผงบังแดดรูปแบบ A B C D และ E ที่ระยะยื่น 0.50 เมตร



แผนภูมิที่ 86 แสดงการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างเฉลี่ย ภายในห้องของแผงบังแดดรูปแบบ A B C D และ E ที่ระยะยื่น 1.00 เมตร

จากการทดลองดังแสดงในแผนภูมิที่ 85 และ 86 พบว่า การใช้แผงบังแดดรูปแบบ A B C D และ E ที่ระยะยื่น 0.50 และ 1.00 เมตรนั้น ทำให้ค่าความสว่างบนโต๊ะลดลงแต่ยังมีค่าไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด (500 lux) โดยในทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก แผงบังแดดรูปแบบ E (แผงบังแดดแนวนอนและแนวตั้ง 2 ข้าง) ทำให้ความส่องสว่างบนโต๊ะลดลงมากที่สุด ส่วนแผงบังแดดรูปแบบ B (แผงบังแดดแนวตั้ง 2 ข้าง) นั้นทำให้ความส่องสว่างบนโต๊ะเพิ่มขึ้นได้ ในทิศเหนือและทิศตะวันออก

4.2.2 ผลการจำลองตามคำถามวิจัยที่ 2

4.2.2.1 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดด แนวนอนที่มุม VSA องศาต่างๆทางทิศใต้ของวันที่ 21 ธันวาคม

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 88 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 30 จำนวน 1 อัน

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	861	346	550	926	586	746
21_Mar	1086	394	669	1178	710	929
21_Dec	7010	418	1429	7113	820	2384
เฉลี่ยทั้งปี	2986	386	883	3072	705	1353

ตารางที่ 89 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 40 จำนวน 1 อัน

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	956	388	613	1027	653	828
21_Mar	1220	438	748	1322	793	1041
21_Dec	7163	462	1517	7289	906	2515
เฉลี่ยทั้งปี	3113	429	959	3213	784	1481

ตารางที่ 90 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 50 จำนวน 1 อัน

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1001	397	636	1074	677	864
21_Mar	1308	452	789	1415	837	1109
21_Dec	7292	475	1573	7430	959	2616
เฉลี่ยทั้งปี	3200	441	999	3308	824	1530

ตารางที่ 91 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 60 จำนวน 1 อัน

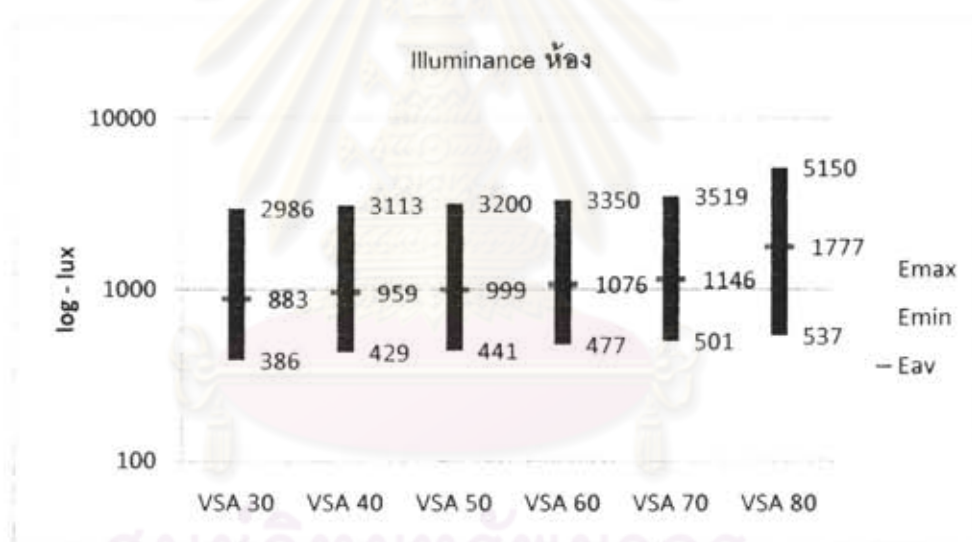
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1086	422	686	1176	732	940
21_Mar	1424	475	845	1555	896	1205
21_Dec	7541	535	1696	7704	1081	2809
เฉลี่ยทั้งปี	3350	477	1078	3478	903	1651

ตารางที่ 92 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 70 จำนวน 1 อัน

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1160	434	721	1262	769	998
21_Mar	1542	484	888	1690	938	1284
21_Dec	7854	585	1830	8025	1211	3022
เฉลี่ยทั้งปี	3519	501	1146	3659	973	1768

ตารางที่ 93 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 80 จำนวน 1 อัน

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1253	447	759	1365	804	1063
21_Mar	1740	512	964	1895	1004	1410
21_Dec	12459	652	3606	17441	1369	7068
เฉลี่ยทั้งปี	5150	537	1777	6900	1059	3180



แผนภูมิที่ 87 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ VSA 30-80 องศา

จากแผนภูมิที่ 87 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ Vertical Shadow Angle (VSA) 30-80 องศา พบว่า ยิ่งมุม VSA มีค่ามากขึ้น ค่าความส่องสว่างภายในห้องจะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

ที่ VSA 30 องศา มีค่าความส่องสว่างที่ 386-2986 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 883 lux

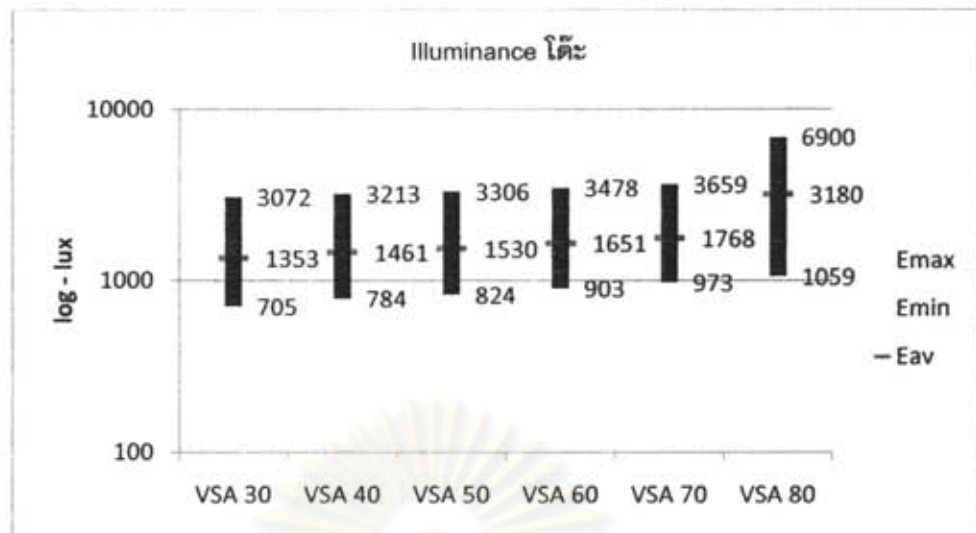
ที่ VSA 40 องศา มีค่าความส่องสว่างที่ 429-3113 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 959 lux

ที่ VSA 50 องศา มีค่าความส่องสว่างที่ 441-3200 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 999 lux

ที่ VSA 60 องศา มีค่าความส่องสว่างที่ 477-3350 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1076 lux

ที่ VSA 70 องศา มีค่าความส่องสว่างที่ 501-3519 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1146 lux

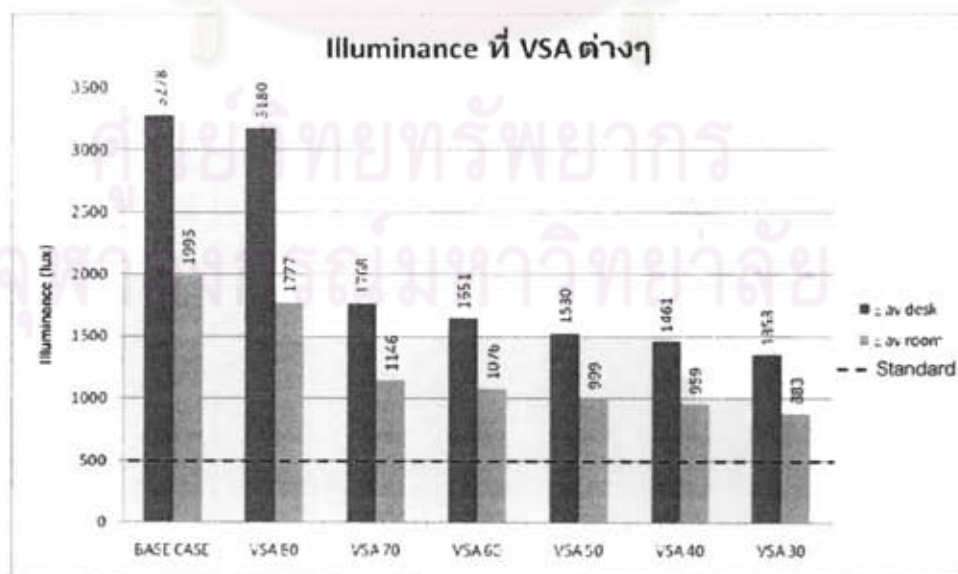
ที่ VSA 80 องศา มีค่าความส่องสว่างที่ 537-5150 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1777 lux



แผนภูมิที่ 88 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานที่ VSA 30-80 องศา

จากแผนภูมิที่ 88 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานที่ Vertical Shadow Angle (VSA) 30-80 องศา พบว่ายิ่งมุม VSA มีค่ามากขึ้น ค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานจะมีแนวโน้มมากขึ้นตามไปด้วย

- ที่ VSA 30 องศา มีค่าความส่องสว่างที่ 705-3072 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1353 lux
- ที่ VSA 40 องศา มีค่าความส่องสว่างที่ 784-3213 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1461 lux
- ที่ VSA 50 องศา มีค่าความส่องสว่างที่ 824-3306 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1530 lux
- ที่ VSA 60 องศา มีค่าความส่องสว่างที่ 903-3478 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1651 lux
- ที่ VSA 70 องศา มีค่าความส่องสว่างที่ 973-3659 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1768 lux
- ที่ VSA 80 องศา มีค่าความส่องสว่างที่ 1059-6900 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3180 lux



แผนภูมิที่ 89 แสดงการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี ของแผงบังแดดบนงานที่มีมุม VSA ต่างกัน

เมื่อพิจารณาที่ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี พบว่าการใช้แผงบังแดดที่มีมุม Vertical Shadow Angle (VSA) ยิ่งน้อยลง ทำให้ค่าความส่องสว่างมีค่าลดลงด้วย แต่ยังมีค่าไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด (500 lux) ซึ่งการใช้แผงบังแดดที่มีมุมต่ำกว่า 70 จะทำให้ค่าความส่องสว่างลดลงจากห้องมาตรฐานมากกว่าร้อยละ 50

4.2.3 ผลการจำลองตามคำถามวิจัยที่ 3

4.2.3.1 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดด แบบอนที่มีมุม VSA 30 องศา ของช่องเปิดทางทิศใต้

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 94 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 30 จำนวน 1 อัน

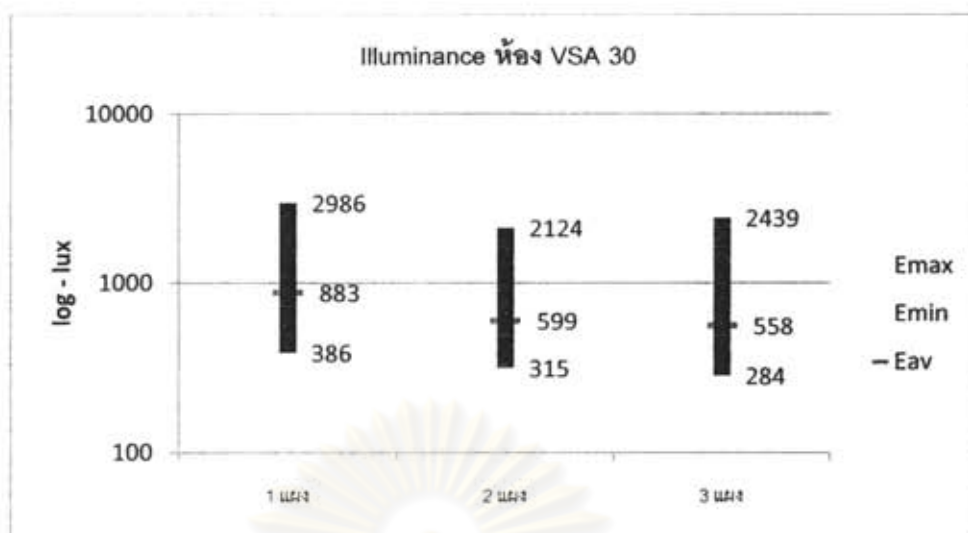
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	861	346	550	926	586	746
21_Mar	1086	394	669	1178	710	929
21_Dec	7010	418	1429	7113	820	2384
เฉลี่ยทั้งปี	2986	386	683	3072	705	1353

ตารางที่ 95 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 30 จำนวน 2 อัน

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	555	275	389	599	408	493
21_Mar	731	323	491	785	515	638
21_Dec	5087	348	916	6564	593	1535
เฉลี่ยทั้งปี	2124	315	599	2649	505	889

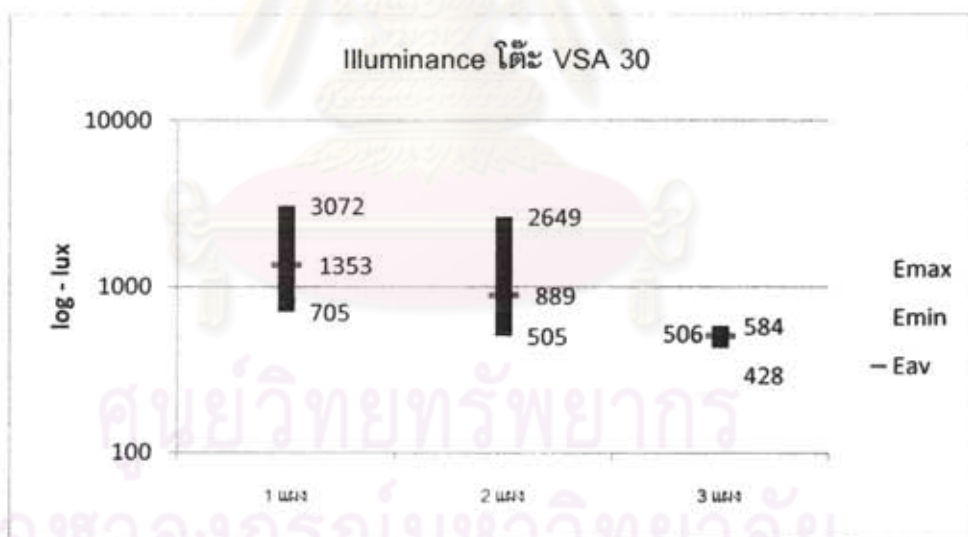
ตารางที่ 96 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 30 จำนวน 3 อัน

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	427	243	321	454	338	396
21_Mar	553	285	404	597	431	513
21_Dec	6336	323	949	700	515	609
เฉลี่ยทั้งปี	2439	284	558	584	428	506



แผนภูมิที่ 90 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดแนวอนที่มุม VSA 30 องศา

จากแผนภูมิที่ 90 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดแนวอนที่มุม VSA 30 องศาพบว่า
 ในการใช้แผงบังแดด 1 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 365-2986 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 883 lux
 ในการใช้แผงบังแดด 2 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 315-2124 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 599 lux
 ในการใช้แผงบังแดด 3 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 284-2439 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 558 lux



แผนภูมิที่ 91 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงาน ภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดแนวอนที่มุม VSA 30 องศา

จากแผนภูมิที่ 91 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงาน ภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดแนวอนที่มุม VSA 30 องศาพบว่า

ในการใช้แผงบังแดด 1 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 705-3072 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1353 lux
 ในการใช้แผงบังแดด 2 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 505-2649 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 889 lux
 ในการใช้แผงบังแดด 3 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 428-584 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 506 lux

4.2.3.2 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดด แนวนอนที่มุม VSA 40 องศา ของช่องเปิดทางทิศใต้

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 97 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 40 จำนวน 1 อัน

วันที่	Illuminance ทิศ			Illuminance ใต้		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	956	388	613	1027	653	828
21_Mar	1220	438	748	1322	793	1041
21_Dec	7163	462	1517	7289	906	2515
เฉลี่ยทั้งปี	3113	429	959	3213	784	1461

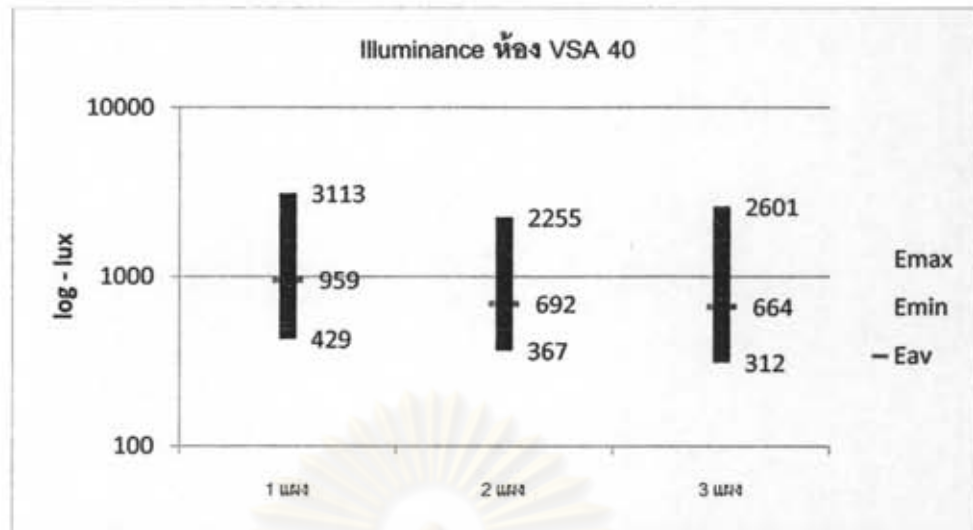
ตารางที่ 98 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 40 จำนวน 2 อัน

วันที่	Illuminance ทิศ			Illuminance ใต้		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	656	318	459	704	495	597
21_Mar	856	370	577	922	626	772
21_Dec	5252	414	1040	6762	755	1733
เฉลี่ยทั้งปี	2255	367	692	2796	625	1034

ตารางที่ 99 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 40 จำนวน 3 อัน

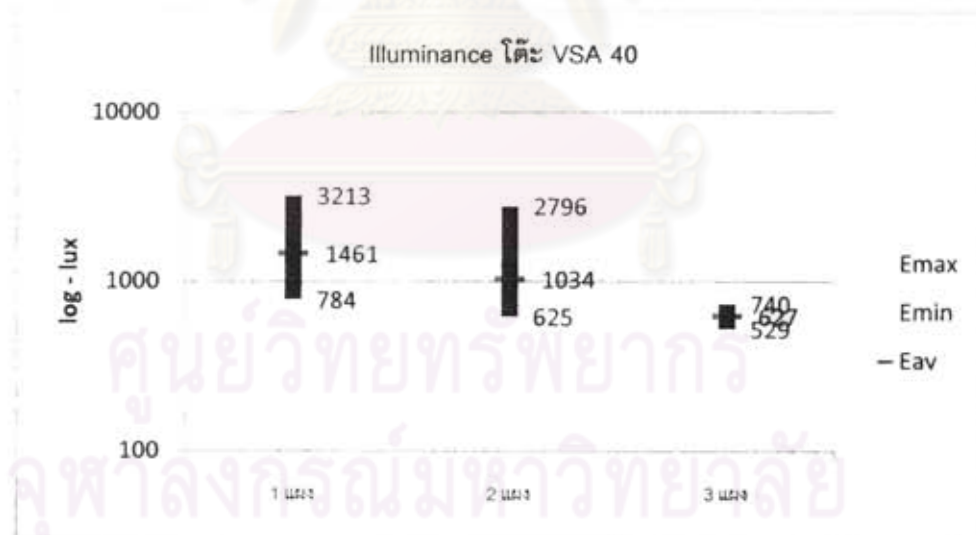
วันที่	Illuminance ทิศ			Illuminance ใต้		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	521	265	374	547	403	470
21_Mar	701	312	481	735	520	621
21_Dec	6580	360	1138	937	663	792
เฉลี่ยทั้งปี	2601	312	664	740	529	627

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 92 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แสงบั๊งดัดแนวอนที่มุม VSA 40 องศา

จากแผนภูมิที่ 92 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แสงบั๊งดัดแนวอนที่มุม VSA 40 องศาพบว่า
 ในการใช้แสงบั๊งดัด 1 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 429-3113 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 959 lux
 ในการใช้แสงบั๊งดัด 2 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 367-2255 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 692 lux
 ในการใช้แสงบั๊งดัด 3 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 312-2601 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 664 lux



แผนภูมิที่ 93 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงาน ภายในห้องที่ใช้แสงบั๊งดัดแนวอนที่มุม VSA 40 องศา

จากแผนภูมิที่ 93 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงาน ภายในห้องที่ใช้แสงบั๊งดัดแนวอนที่มุม VSA 40 องศาพบว่า

ในการใช้แสงบั๊งดัด 1 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 784-3213 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1461 lux
 ในการใช้แสงบั๊งดัด 2 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 625-2796 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1034 lux
 ในการใช้แสงบั๊งดัด 3 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 529-740 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 627 lux

4.2.3.3 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้แผงบังแดด แนวนอนที่มุม VSA 50 องศา ของช่องเปิดทางทิศใต้

จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถจัดเรียงผลได้ดังนี้

ตารางที่ 100 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 50 จำนวน 1 อัน

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	1001	397	636	1074	677	864
21_Mar	1308	452	789	1415	837	1109
21_Dec	7292	475	1573	7430	959	2616
เฉลี่ยทั้งปี	3200	441	999	3306	824	1530

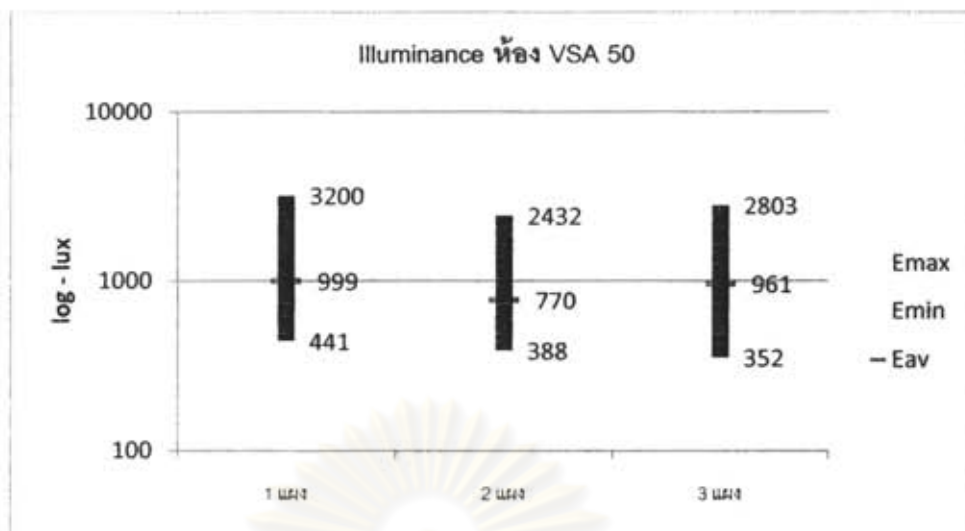
ตารางที่ 101 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 50 จำนวน 2 อัน

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	757	332	504	787	544	663
21_Mar	1016	388	645	1058	700	875
21_Dec	5524	445	1161	6978	881	1912
เฉลี่ยทั้งปี	2432	388	770	2941	708	1150

ตารางที่ 102 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้แผงบังแดดรูปแบบ VSA 50 จำนวน 3 อัน

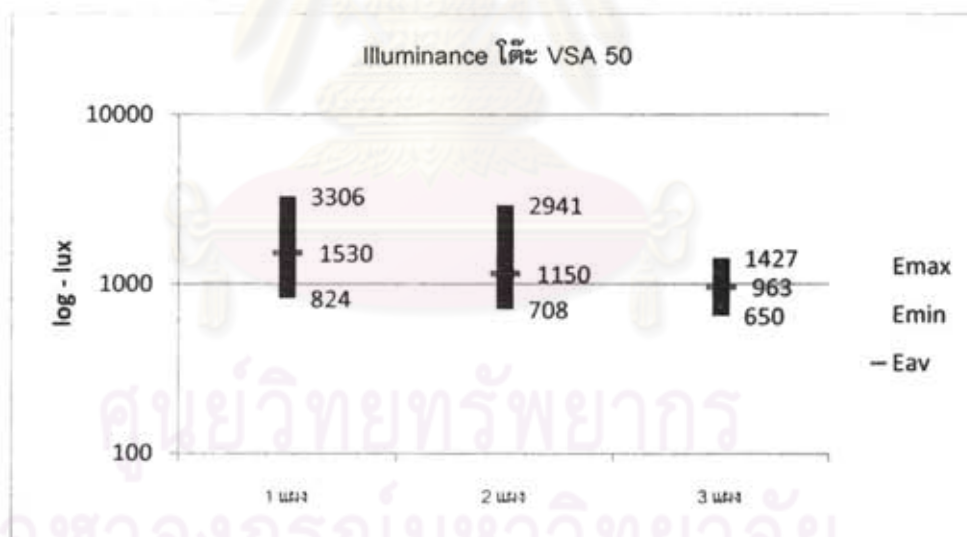
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	655	300	450	681	492	589
21_Mar	884	349	575	916	632	778
21_Dec	6869	408	1859	2685	825	1522
เฉลี่ยทั้งปี	2803	352	961	1427	650	963

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 94 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดแนวอนที่มุม VSA 50 องศา

จากแผนภูมิที่ 94 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดแนวอนที่มุม VSA 50 องศาพบว่า
 ในการใช้แผงบังแดด 1 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 441-3200 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 999 lux
 ในการใช้แผงบังแดด 2 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 388-2432 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 770 lux
 ในการใช้แผงบังแดด 3 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 352-2803 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 961 lux



แผนภูมิที่ 95 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงาน ภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดแนวอนที่มุม VSA 50 องศา

จากแผนภูมิที่ 95 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงาน ภายในห้องที่ใช้แผงบังแดดแนวอนที่มุม VSA 50 องศาพบว่า

ในการใช้แผงบังแดด 1 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 824-3306 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1530 lux
 ในการใช้แผงบังแดด 2 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 708-2941 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1150 lux
 ในการใช้แผงบังแดด 3 อัน มีค่าความส่องสว่างที่ 650-1427 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 963 lux

4.2.4 ผลการจำลองตามคำถามวิจัยที่ 4

4.2.4.1 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความทึบร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก

ตารางที่ 103 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความทึบร้อยละ 25

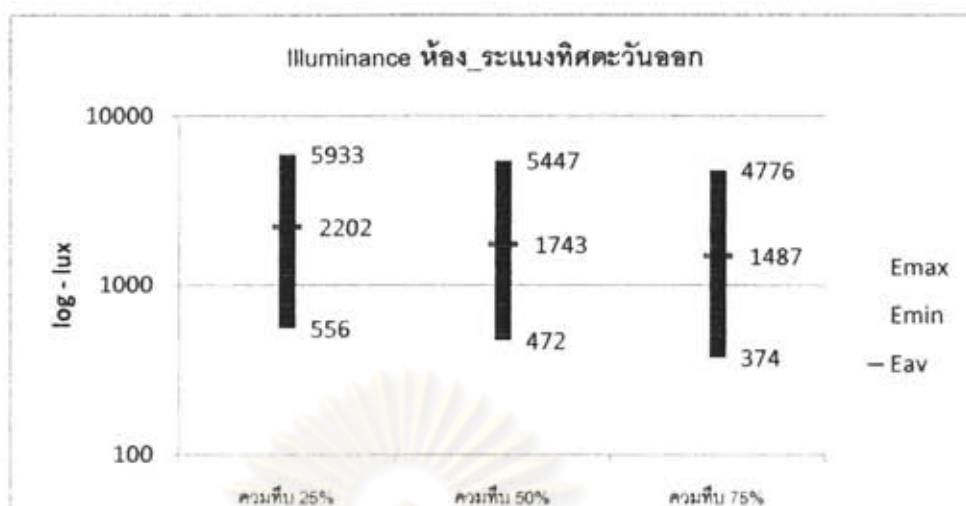
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	3922	598	1599	9186	1314	4637
21_Mar	7968	606	3290	3397	1142	2459
21_Dec	5890	463	1716	6039	1681	3239
เฉลี่ยทั้งปี	5933	556	2202	6207	1379	3445

ตารางที่ 104 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความทึบร้อยละ 50

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	3668	512	1440	7066	965	3118
21_Mar	7755	515	2456	3090	978	1816
21_Dec	4919	389	1332	2287	810	1634
เฉลี่ยทั้งปี	5447	472	1743	4148	918	2189

ตารางที่ 105 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความทึบร้อยละ 75

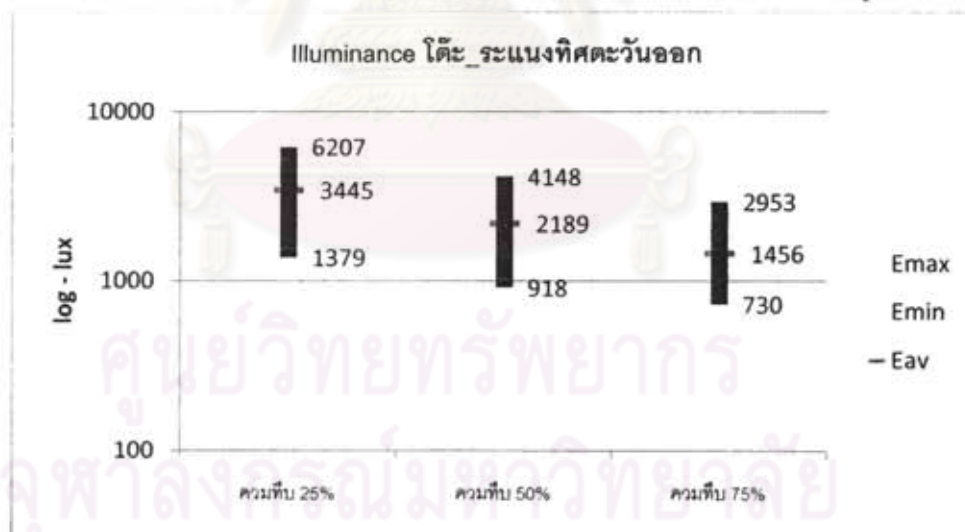
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	3450	412	1294	5266	727	2017
21_Mar	6167	404	1968	1567	810	1162
21_Dec	4691	305	1198	2025	653	1189
เฉลี่ยทั้งปี	4776	374	1487	2953	730	1456



แผนภูมิที่ 96 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้ระเนงบังแดดที่ความทึบร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก

จากแผนภูมิที่ 96 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้ระเนงบังแดดที่ความทึบร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก พบว่า

การใช้ระเนงที่ความทึบร้อยละ 25 มีค่าความส่องสว่างที่ 556-5933 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2202 lux
 การใช้ระเนงที่ความทึบร้อยละ 50 มีค่าความส่องสว่างที่ 472-5447 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1743 lux
 การใช้ระเนงที่ความทึบร้อยละ 75 มีค่าความส่องสว่างที่ 374-4776 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1487 lux



แผนภูมิที่ 97 แสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงาน ภายในห้องที่ใช้ระเนงบังแดดที่ความทึบร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก

จากแผนภูมิที่ 97 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโต๊ะทำงาน ภายในห้องที่ใช้ระเนงบังแดดที่ความทึบร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก พบว่า

การใช้ระเนงที่ความทึบร้อยละ 25 มีค่าความส่องสว่างที่ 1379-6207 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3445 lux
 การใช้ระเนงที่ความทึบร้อยละ 50 มีค่าความส่องสว่างที่ 918-4148 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2189 lux
 การใช้ระเนงที่ความทึบร้อยละ 75 มีค่าความส่องสว่างที่ 730-2953 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1456 lux

4.2.4.2 ผลการจำลองค่าความส่องสว่าง ของห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความทึบร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และ ร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก

ตารางที่ 106 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความทึบร้อยละ 25

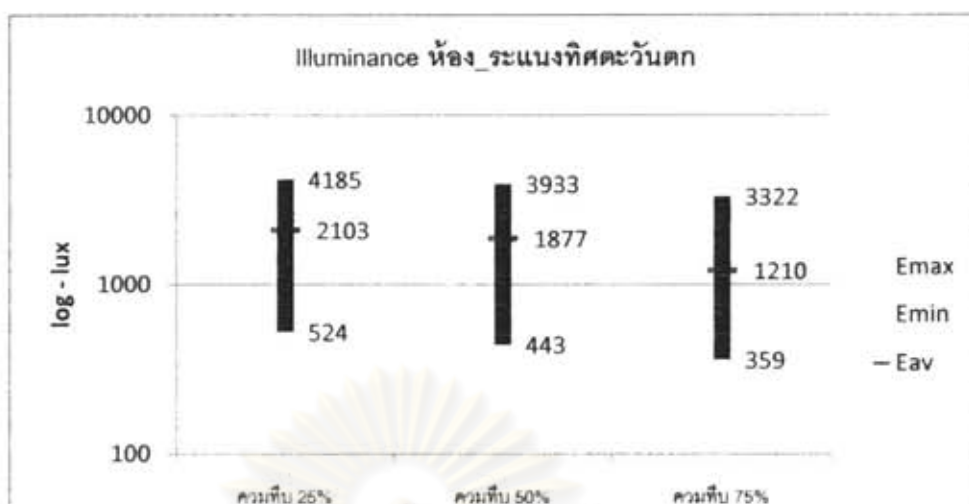
วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	4975	561	2611	5179	1105	3630
21_Mar	4643	557	2459	4820	1157	3385
21_Dec	2937	453	1239	7203	854	3108
เฉลี่ยทั้งปี	4185	524	2103	5734	1039	3375

ตารางที่ 107 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความทึบร้อยละ 50

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	4739	479	2464	4819	960	2397
21_Mar	4413	471	2311	4600	997	3214
21_Dec	2646	379	857	6983	732	2458
เฉลี่ยทั้งปี	3933	443	1877	5467	896	2689

ตารางที่ 108 แสดงข้อมูลความส่องสว่างของห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความทึบร้อยละ 75

วันที่	Illuminance ห้อง			Illuminance โต๊ะ		
	E _{max}	E _{min}	E _{av}	E _{max}	E _{min}	E _{av}
21_Jun	4555	395	1558	4634	820	2222
21_Mar	4226	381	1465	4262	834	2086
21_Dec	1185	301	607	6784	612	2294
เฉลี่ยทั้งปี	3322	359	1210	5227	755	2201



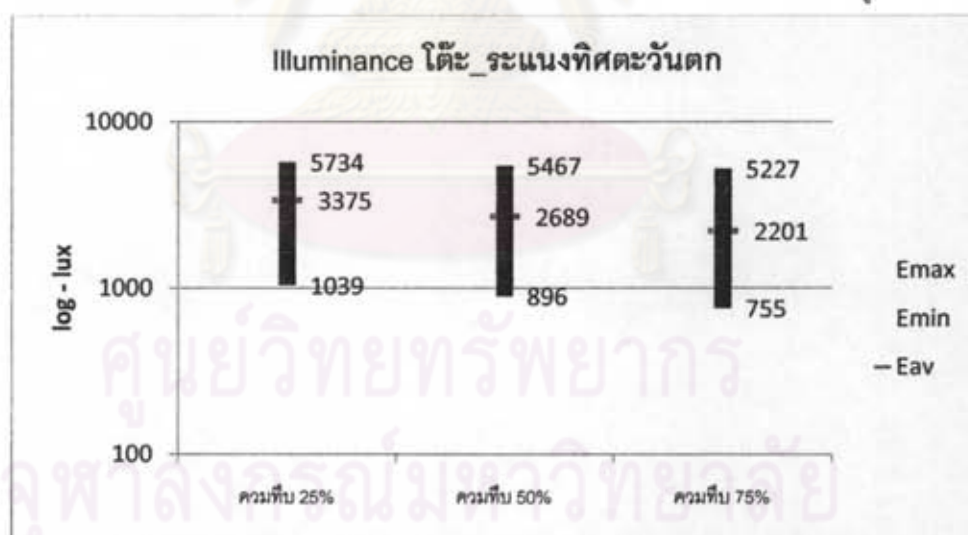
แผนภูมิที่ 98 แสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความถี่ร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก

จากแผนภูมิที่ 98 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างภายในห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความถี่ร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก พบว่า

การใช้ระแนงที่ความถี่ร้อยละ 25 มีค่าความส่องสว่างที่ 524-4185 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2103 lux

การใช้ระแนงที่ความถี่ร้อยละ 50 มีค่าความส่องสว่างที่ 443-3933 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1877 lux

การใช้ระแนงที่ความถี่ร้อยละ 75 มีค่าความส่องสว่างที่ 359-3322 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1210 lux



แผนภูมิที่ 99 แสดงค่าความส่องสว่างบนโถงใต้ทำงาน ภายในห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความถี่ร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก

จากแผนภูมิที่ 99 ซึ่งแสดงค่าความส่องสว่างบนโถงใต้ทำงาน ภายในห้องที่ใช้ระแนงบังแดดที่ความถี่ร้อยละ 25 ร้อยละ 50 และร้อยละ 75 ทางช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก พบว่า

การใช้ระแนงที่ความถี่ร้อยละ 25 มีค่าความส่องสว่างที่ 1039-5734 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3375 lux

การใช้ระแนงที่ความถี่ร้อยละ 50 มีค่าความส่องสว่างที่ 896-5467 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2689 lux

การใช้ระแนงที่ความถี่ร้อยละ 75 มีค่าความส่องสว่างที่ 755-5227 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2201 lux

4.3 การวิเคราะห์เพื่อหาความเหมาะสมระหว่างค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) กับค่าความส่องสว่าง

ในการการวิเคราะห์เพื่อหาความเหมาะสมระหว่างค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) กับค่าความส่องสว่างนั้น จะนำมาจัดเรียงข้อมูลของค่าเฉลี่ยทั้งปีที่ได้ของแผงบังแดดรูปแบบ A (แผงบังแดดแนวนอน) แผงบังแดดรูปแบบ B (แผงบังแดดแนวตั้ง 2 ซ้ำ) แผงบังแดดรูปแบบ C (แผงบังแดดแนวนอนและแนวตั้ง 1 ซ้ำ) แผงบังแดดรูปแบบ D (แผงบังแดดแนวนอนและแนวตั้ง 1 ซ้ำ) และ แผงบังแดดรูปแบบ E (แผงบังแดดแนวนอนและแนวตั้ง 2 ซ้ำ)

ในส่วนของค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (DGP) นั้น จะนำค่าเฉลี่ยที่จำลองได้มาจัดเรียงข้อมูลลงในตาราง แล้วแบ่งแยกระดับความเหมาะสมตามเกณฑ์ที่มีอยู่ดังแสดงในตารางที่ 109

ตารางที่ 109 แสดงค่าเฉลี่ย DGP ที่เกิดขึ้นทั้งปีของการใช้แผงบังแดดรูปแบบต่างๆที่ระยะยื่น 1.00 เมตร

รูปแบบแผงบังแดด		North	South	East	West
ระยะยื่น 0.50 เมตร	A	0.324	0.382	0.483	0.423
	B	0.370	0.464	0.530	0.455
	C	0.316	0.374	0.478	0.390
	D	0.322	0.375	0.481	0.421
	E	0.315	0.367	0.476	0.387
ระยะยื่น 1.00 เมตร	A	0.320	0.360	0.446	0.399
	B	0.335	0.464	0.524	0.449
	C	0.304	0.347	0.433	0.354
	D	0.316	0.341	0.441	0.389
	E	0.304	0.331	0.432	0.349

โดยการให้เกณฑ์ในงานวิจัยนี้ จะอ้างอิงจากเกณฑ์ที่กำหนดตามตารางที่ 5 ที่มีอยู่เดิม เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้โดยสะดวก คือ

- DGP มีค่าน้อยกว่า 0.35 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- DGP มีค่าระหว่าง 0.35-0.40 อยู่ในเกณฑ์ดี
- DGP มีค่าระหว่าง 0.40-0.45 อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- DGP มีค่ามากกว่า 0.45 อยู่ในเกณฑ์ควรปรับปรุง

ในส่วนของค่าความส่องสว่าง(Illuminance) จะนำค่าเฉลี่ยที่จำลองได้มาจัดเรียงข้อมูลลงในตาราง แล้วแบ่งแยกระดับความเหมาะสมตามเกณฑ์ที่มีอยู่ดังแสดงในตารางที่ 110 และตารางที่ 111 โดยพิจารณาทั้งที่ความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน และความส่องสว่างภายในห้อง

ตารางที่ 110 แสดงค่าเฉลี่ยความส่องสว่างที่เกิดขึ้นทั้งปีที่เกิดขึ้นภายในห้อง ของการใช้แผงบังแดดรูปแบบต่างๆ

รูปแบบแผงบังแดด		ความส่องสว่างเฉลี่ย (Eav) ห้อง			
		North	South	East	West
ระยะยื่น 0.50 เมตร	A	811	1259	1922	1732
	B	847	2143	2589	2325
	C	789	1197	1872	1722
	D	792	1117	1908	1667
	E	770	1054	1858	1684
ระยะยื่น 1.00 เมตร	A	779	1201	1525	1341
	B	798	2021	2381	2217
	C	656	951	1344	1184
	D	659	889	1407	1118
	E	595	738	1288	1067

ตารางที่ 111 แสดงค่าเฉลี่ยความส่องสว่างที่เกิดขึ้นทั้งปีที่เกิดขึ้นบนโต๊ะ ของการใช้แผงบังแดดรูปแบบต่างๆ

รูปแบบแผงบังแดด		ความส่องสว่างเฉลี่ย (Eav) โต๊ะ			
		North	South	East	West
ระยะยื่น 0.50 เมตร	A	1241	2210	2927	3243
	B	1224	3357	4581	4225
	C	1130	2069	2886	3227
	D	1210	2011	2909	3088
	E	1098	1869	2867	3072
ระยะยื่น 1.00 เมตร	A	1188	1822	2551	2441
	B	1148	3098	4400	3964
	C	920	1198	2344	2267
	D	987	1414	2357	1930
	E	814	1040	2250	1861

เมื่อพิจารณาค่าความส่องสว่างเฉลี่ยมากที่สุด และค่าความส่องสว่างเฉลี่ยน้อยที่สุด พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 500 – 4500 lux ดังนั้นเพื่อง่ายแก่การพิจารณาเพื่อนำไปเลือกใช้ จึงแบ่งโดยอ้างอิงจากเกณฑ์ของ Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) ที่ว่าความส่องสว่างของพื้นที่ทำงานไม่ควรมีค่าน้อยกว่า 500 lux ส่วนค่าที่มีค่ามากกว่านั้น ก็จะเป็นความเหมาะสมที่รองลงมา เนื่องจากปริมาณแสงอาจมีค่ามากเกินไปเกินความต้องการได้ โดยโดยการให้เกณฑ์ในงานวิจัยนี้ สามารถแบ่งได้ดังนี้ คือ

ความส่องสว่าง มีค่าระหว่าง 500-2000 lux

อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

ความส่องสว่าง มีค่าระหว่าง 2000-3500 lux

อยู่ในเกณฑ์ดี

ความส่องสว่าง มีค่าระหว่าง 3500-5000 lux

อยู่ในเกณฑ์พอใช้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

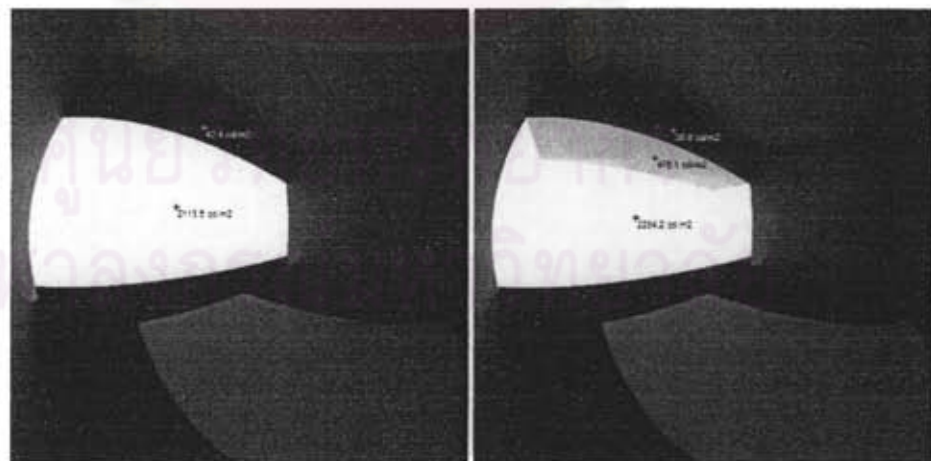
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารรูปแบบต่างๆ ในด้านแสงบาดตาและปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายในอาคาร รวมถึงการแนะนำการใช้รูปแบบแผงบังแดดที่เหมาะสมในทิศทางต่างๆ พร้อมทั้งสร้างตารางสรุปรูปแบบแผงบังแดดที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้ได้โดยง่าย โดยใช้วิธีวิจัยแบบเชิงจำลองสถานการณ์ (Simulation Research) โดยใช้โปรแกรม Evalglare และโปรแกรม DIALux 4.8 จำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร ซึ่งจากผลการจำลองสามารถสรุปผลการวิจัยได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่

- ส่วนที่ 1 สรุปผลการวิจัยเพื่อหารูปแบบแผงบังแดดที่เหมาะสมสำหรับทิศทางต่างๆ
- ส่วนที่ 2 การนำข้อมูลไปใช้สำหรับสถาปนิก
- ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การใช้แผงบังแดดภายนอกอาคารสามารถช่วยลดค่าความเปรียบต่างระหว่างความสว่างที่ผนังอาคารกับความสว่างจากท้องฟ้าได้ โดยในห้องที่ไม่ได้ใช้แผงบังแดดจะมีอัตราส่วนความเปรียบต่างระหว่างความสว่างภายในอาคารและความสว่างภายนอกอาคารอยู่ที่ประมาณ 1:50 ส่วนการใช้แผงบังแดดจะทำให้มีค่าอัตราส่วนความเปรียบต่างมีการแปรเปลี่ยนแบบเป็นลำดับขั้น คือเกิดความเปรียบต่างของความสว่างที่เกิดจากแผงบังแดดขึ้น ทำให้ค่าความเปรียบต่างระหว่างภายในอาคารและแผงบังแดดอยู่ที่ 1:12 ส่วนค่าความเปรียบต่างระหว่างความสว่างของแผงบังแดดและความสว่างภายนอกอาคารอยู่ที่ 1:5 ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของแสงที่เกิดขึ้น และส่งผลให้เกิดการเมื่อยล้าดวงตาที่ลดลง ดังแสดงในภาพที่ 36



ภาพที่ 36 แสดงความแตกต่างของความสว่างที่เกิดขึ้น ระหว่างห้องที่ไม่ใช้แผงบังแดด และห้องที่ใช้แผงบังแดด

โดยในการวิจัยนี้สามารถสรุปผลได้ตามคำถามวิจัยที่ได้ตั้งไว้ โดยมีผลดังนี้

คำถามวิจัยที่ 1 : แฉงบังแดดรูปแบบต่าง ๆ นั้น ส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) หรือไม่อย่างไร

แฉงบังแดดรูปแบบต่าง ๆ นั้น ส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) โดยจากผลการทดลองพบว่า แฉงบังแดดรูปแบบ E (แฉงบังแดดแบบผสมแนวนอนและแนวตั้ง 2 ข้าง) มีประสิทธิภาพในการลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ได้ดีที่สุดใน รองลงมาคือแฉงบังแดดรูปแบบ A (แฉงบังแดดแนวนอน) แฉงบังแดดรูปแบบ C และ D สามารถลดค่า ความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ได้ใกล้เคียงกัน ส่วนในแฉงบังแดดรูปแบบ B (แฉงบังแดดแนวตั้ง 2 ข้าง) มีประสิทธิภาพในการลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ ได้ต่ำที่สุด โดยที่ทั้งนี้ความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานมีค่าไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด (500 lux)

ประสิทธิภาพของแฉงบังแดดรูปแบบต่าง ๆ

แฉงบังแดดรูปแบบ A (แฉงบังแดดแนวนอน) สามารถช่วยลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) จากห้องมาตรฐานได้

ทิศเหนือ	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.33 เป็น 0.32
ทิศใต้	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.46 เป็น 0.36
ทิศตะวันออก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.53 เป็น 0.45
ทิศตะวันตก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.40

แฉงบังแดดรูปแบบ B (แฉงบังแดดแนวตั้ง 2 ข้าง) ไม่สามารถช่วยลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ได้ ในทิศเหนือและใต้ และส่งผลน้อยมากในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยทิศตะวันตก ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.45

แฉงบังแดดรูปแบบ C (แฉงบังแดดแนวนอนและแนวตั้ง 1 ข้าง) สามารถช่วยลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) จากห้องมาตรฐานได้

ทิศเหนือ	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.33 เป็น 0.30
ทิศใต้	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.46 เป็น 0.35
ทิศตะวันออก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.53 เป็น 0.43
ทิศตะวันตก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.35

แฉงบังแดดรูปแบบ D (แฉงบังแดดแนวนอนและแนวตั้ง 1 ข้าง) สามารถช่วยลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) จากห้องมาตรฐานได้

ทิศเหนือ	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.33 เป็น 0.32
----------	--

ทิศใต้	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.46 เป็น 0.34
ทิศตะวันออก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.53 เป็น 0.44
ทิศตะวันตก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.39

แผงบังแดดรูปแบบ E (แผงบังแดดแนวนอนและแนวตั้ง 2 ชั้น) สามารถช่วยลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) จากห้องมาตรฐานได้

ทิศเหนือ	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.33 เป็น 0.30
ทิศใต้	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.46 เป็น 0.33
ทิศตะวันออก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.53 เป็น 0.43
ทิศตะวันตก	ค่า DGP ลดลงจากห้องมาตรฐานจาก 0.48 เป็น 0.35

คำถามวิจัยที่ 2 : แผงบังแดดแนวนอนที่มีระยะยื่นต่างกัน จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) หรือไม่อย่างไร

แผงบังแดดแนวนอนที่มีระยะยื่นต่างกัน จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) โดยจากผลการทดลองพบว่า ในแผงบังแดดแนวนอนที่มีมุม Vertical Shadow Angle (VSA) มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ยิ่งมีค่ามาก โดยมุมที่ VSA ต่ำกว่า 40 องศา จะทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ มีค่าไม่เกินมาตรฐาน (DGP น้อยกว่า 0.4) โดยที่ความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานมีค่าไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด (500 lux)

การลดขนาดมุม Vertical Shadow Angle (VSA) ทุก 10 องศา สามารถช่วยลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ได้แตกต่างกันโดยสามารถลดค่าได้ระหว่างร้อยละ 0.8 – ร้อยละ 14.3 โดยการลดขนาดมุมจาก 90 องศา เป็น 80 องศา สามารถลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ได้มากที่สุดคือร้อยละ 14.3 และการลดขนาดมุมจาก 40 องศา เป็น 30 องศา สามารถลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ได้มากที่สุดคือร้อยละ 0.80

คำถามวิจัยที่ 3 : จำนวนแผงบังแดดแนวนอนที่เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) หรือไม่อย่างไร

จำนวนแผงบังแดดแนวนอนที่เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) โดยจากผลการทดลองพบว่า การเพิ่มจำนวนแผงบังแดดเป็น 2 อัน ที่มีมุม Vertical Shadow Angle (VSA) เดียวกัน สามารถลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติเฉลี่ย ลงได้ร้อยละ 4.90 ร้อยละ 3.70 และร้อยละ 2.90 ของการใช้แผงบังแดดจำนวน 1 อัน ในมุม Vertical Shadow Angle (VSA) ที่ 30 40 และ 50 องศา ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการลดลงอยู่ที่ร้อยละ 3.83

การเพิ่มจำนวนแผงบังแดดเป็น 3 อัน ที่มีมุม Vertical Shadow Angle (VSA) เดียวกัน สามารถลดค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) เฉลี่ย ลงได้ร้อยละ

7.50 ร้อยละ 6.00 และร้อยละ 4.70 ของการใช้แผงบังแดดจำนวน 1 อัน ในมุม VSA ที่ 30 40 และ 50 องศา ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการลดลงอยู่ที่ร้อยละ 6.07 โดยที่ความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานก็มีค่าลดลงเช่นเดียวกัน แต่ว่ามีค่าไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด (500 lux)

จากแนวโน้มของข้อมูลที่เกิดขึ้นสามารถสรุปได้ว่า ในการทำให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด การเพิ่มจำนวนแผงบังแดดที่มากขึ้น มุม Vertical Shadow Angle (VSA) ที่ใช้อาจจะให้มากขึ้นก็ได้ (ระยะยื่นของแผงบังแดดน้อยลง) จากการทดลองคือ การใช้แผงบังแดดที่มุม VSA 40 องศา จำนวน 2 แผง มีค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์เดียวกับการใช้แผงบังแดดที่มุม VSA 30 องศา จำนวน 1 แผง การใช้แผงบังแดดที่มุม VSA 50 องศา จำนวน 3 แผง มีค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์เดียวกับการใช้แผงบังแดดที่มุม VSA 40 องศา จำนวน 2 แผง และอยู่ในเกณฑ์เดียวกับการใช้แผงบังแดดที่มุม VSA 30 องศา จำนวน 1 แผง ดังตารางที่ 112

ตารางที่ 112 แสดงเกณฑ์ค่า DGP จากการจำลองที่ใช้จำนวนแผงบังแดดแนวนอนต่างกัน

มุม	จำนวนแผงบังแดดแนวนอน		
	1 แผง	2 แผง	3 แผง
VSA 30			
VSA 40			
VSA 50			

DGP	
	ดีมาก < 0.35
	ดี 0.35-0.40
	พอใช้ 0.40-0.45
	ควรปรับปรุง >0.45

คำถามวิจัยที่ 4 : ระแนงที่มีความทึบที่ต่างกัน จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) หรือไม่อย่างไร

ระแนงที่มีความทึบที่ต่างกัน จะส่งผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) โดยจากผลการทดลองพบว่า ในทิศตะวันออก การใช้ระแนงที่ความทึบต่างๆ ไม่สามารถทำให้ค่า ความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ เฉลี่ยทั้งวันต่ำกว่าค่ามาตรฐานได้ ส่วนในทิศตะวันตกและทิศใต้ การใช้ระแนงที่ความทึบ 75% สามารถทำให้ค่า ความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ น้อยกว่า 0.4 ซึ่งผ่านตามมาตรฐาน โดยที่ความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานก็มีค่าลดลงเช่นเดียวกัน แต่ว่ามีค่าไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด (500 lux)

ตารางที่ 113 แสดงเกณฑ์ค่า DGP จากการจำลองที่การใช้ระแนงที่ความทึบแตกต่างกัน

ความทึบ ระแนง	ทิศ	
	E	W
25%		
50%		
75%		

DGP	
ดีมาก	< 0.35
ดี	0.35-0.40
พอใช้	0.40-0.45
ควรปรับปรุง	>0.45

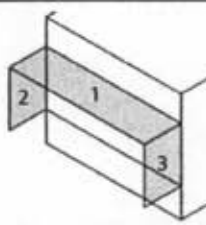
5.2 การนำข้อมูลไปใช้สำหรับสถาปนิก

ในการทำตารางสรุปเพื่อการนำไปใช้นั้น ได้นำตารางที่แสดงค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) ดังแสดงในตารางที่ 3 มาเป็นตัวอย่างในการจัดทำตารางสำหรับการนำไปใช้จริง โดยจัดเรียงเป็นตารางแสดงความเข้มของสีที่ต่างไป เพื่อแสดงถึงความสำคัญอย่างเป็นลำดับ

จากผลการวิจัยที่สรุปได้สามารถสรุปออกมาได้เป็นตารางเพื่อให้สถาปนิกและผู้ออกแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้โดยสะดวก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 114 โดยแบ่งตามเกณฑ์ดังนี้

เกณฑ์	DGP	Illuminance
ดีมาก	< 0.35	500-2000 lux
ดี	0.35-0.40	2000-3500 lux
พอใช้	0.40-0.45	3500-5000 lux
ควรปรับปรุง	>0.45	-

ตารางที่ 114 แสดงรูปแบบที่เหมาะสมของแผงบังแดดทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก

		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง </div>										
		DGP	illuminance ห้อง	illuminance โต๊ะ								
	องค์ประกอบแผงบังแดด	1	2+3	1+2	1+3	1+2+3	1	2+3	1+2	1+3	1+2+3	
	Vertical Shadow Angle (VSA) 72 องศา	North										
	South											
	East											
	West											
Vertical Shadow Angle (VSA) 56 องศา	North											
South												
East												
West												

จากตารางที่ 114 เป็นการแจกแจงการใช้แผงบังแดดในรูปแบบต่างๆ กับหน้าต่างที่ความสูง 1.50 เมตร ที่มีการใช้แผงบังแดดที่มุม Vertical Shadow Angle (VSA) ที่ต่างกัน 2 มุม คือมุม VSA ที่ 56 องศา และมุม VSA ที่ 72 องศา ทั้งนี้การนำข้อมูลไปใช้นั้น ควรพิจารณาถึงปัจจัยอื่นๆ ประกอบด้วย เช่น ความสูงหน้าต่างของอาคาร ทิศนัยภาพและลักษณะสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร ลักษณะสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร รวมถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ถึงเรื่อง วัสดุที่แตกต่างกันของแผงบังแดด การจัดวางโต๊ะในระยะต่างๆ รวมถึงมุมมองที่มีการปรับเปลี่ยนไป ซึ่งล้วนแต่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแสงที่เกิดขึ้นภายในอาคารทั้งสิ้น

ตัวอย่างการใช้ข้อมูลจากตาราง เช่น การหารูปแบบที่เหมาะสมของแผงบังแดดทางด้านทิศใต้ สามารถหาได้โดยพิจารณาจาก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) ซึ่งจากตารางพบว่าในมุม Vertical Shadow Angle (VSA) ที่ 56 องศา การใช้แผงบังแดดแนวอนผสมกับแผงบังแดดแนวตั้งเพียงข้างใดด้านหนึ่ง (1+2 หรือ 1+3) ให้ผลอยู่ในเกณฑ์เดียวกันกับการใช้แผงบังแดดแนวอนผสมกับแผงบังแดดแนวตั้ง 2 ข้าง (1+2+3) คืออยู่ในเกณฑ์ดีมาก ซึ่งเมื่อพิจารณาประกอบกับปัจจัยที่สองและปัจจัยที่สาม คือค่าความส่องสว่างภายในห้องและค่าความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงานพบว่าอยู่ในเกณฑ์ดีมากเช่นกัน ทั้งนี้หากผู้ออกแบบต้องการใช้แผงบังแดดที่มีระยะยื่นน้อยลง ผู้ออกแบบสามารถพิจารณาที่มุม Vertical Shadow Angle (VSA) ที่ 72 องศา ซึ่งจะพบว่าทางด้านทิศใต้การใช้แผงบังแดดแนวอนให้ค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability, DGP) อยู่ในเกณฑ์ที่ดี เช่นเดียวกันกับการใช้แผงบังแดดแนวอนที่มุม VSA 56 องศา

5.3 ข้อเสนอแนะ

เพื่อเป็นประโยชน์แก่การวิจัยต่อไป จึงขอเสนอแนะแนวทางดังต่อไปนี้

1. เนื่องจากในงานวิจัยมีระยะเวลาที่จำกัด ดังนั้นจึงไม่ได้มีการทดสอบผลการทดลองกับอาคารสำนักงานจริง ดังนั้นในงานวิจัยต่อไปอาจศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2. ในงานวิจัยขึ้นไป อาจพิจารณาถึงรูปแบบแผงบังแดดอื่นๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของแสงภายในอาคาร รวมถึงการใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติต่างๆกันเพื่อหาความเหมาะสมสำหรับแผงบังแดดภายนอกอาคารในรูปแบบอื่นต่อไป ทั้งนี้อาจพิจารณาถึงการนำไปใช้ในทิศทางอื่นๆเพิ่มเติม ได้แก่ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้

3. ในงานวิจัยนี้ใช้มุมมอง 45 องศากับหน้าต่างในการจำลอง ซึ่งส่งผลให้ค่าที่ได้อาจมีค่าไม่สมมาตร ในงานวิจัยขึ้นไปอาจจำลองมุมมองในมุมที่กลับกัน เพื่อเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) ที่เกิดขึ้น

4. ศึกษารูปแบบของแผงบังแดดภายนอกอาคารที่ส่งผลต่อการใช้ไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคารทั้งพลังงานแสงสว่างและพลังงานในการปรับอากาศ โดยพิจารณาค่าความส่องสว่างที่ไม่พอเพียงตามเกณฑ์มาคำนวณเป็นค่าการใช้พลังงาน ในแง่ของเศรษฐศาสตร์และการคืนทุน

5. ศึกษาเพิ่มเติมถึงเกณฑ์เพื่อความสะดวกสบายตาของผู้ใช้อาคารในเกณฑ์อื่นๆ เช่น ความสม่ำเสมอของแสง ความเปรียบต่าง เป็นต้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กนกวรรณ อู่สันโน. 2539. รูปแบบของอุปกรณ์บังคับแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน: การให้แสงสว่างธรรมชาติ และลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2545. เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง (ฉบับปรับปรุง). พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ตริงใจ บุรณสมภพ. 2514. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมือร้อนในประเทศไทย. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ผการัตน์ โกสล์ประไพ. 2551. แนวทางการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในห้องอ่านหนังสือกรณีศึกษาหอสมุดแห่งชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- พรรณชลัท สุริโยธิน. 2547. วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พลังงาน,กระทรวง . 2547. แผนที่และฐานข้อมูลศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : จีรังซ์.
- พิบูลย์ ดิษฐอุตม. 2540. การออกแบบระบบแสงสว่าง. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- พิรุฬห์รัตน์ บุรีประเสริฐ. 2543. รูปแบบช่องเปิดด้านข้างเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสำนักงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมสิทธิ์ นิตยะ. 2541. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Boyce, PR., and others. 2006. Lighting quality and office work: two field simulation experiments. Lighting Res. Technol 38,3 (2006) :191-223.
- Brown, G. and DeKay, M. 2000. Sun, Wind & Light Architectural Design Strategies. 2nd ed. United States of America : John Wiley & Sons.
- Chauvel, P., Collins, J., Dogniaux, R., and Longmore, J. 1982. Glare from windows: Current views of the problem. Light. Res. Tech. 14(1):13-46.
- Egan, D., and Olgyay, V. 2002. Architectural Lighting. 2nd ed. New York : McGraw-Hill.
- Inanici, MN. 2006. Evaluation of High Dynamic Range Photography as a Luminance Data Acquisition System. Lighting Res. Technol 38,2 (2006) :123-136.

- Mohamed, B. 2008. Daylighting, Architecture and Health: Building Design Strategies. 1st ed. Great Britain : Architectural Press.
- Nazzari, A. and Chaturat, A. 2001. A New Daylight Glare Evaluation Method : A Comparison of the Existing Glare Index and the Proposed Method, and an Exploration of Daylighting Control Strategies. Architectural Science Review. 44(2001): 71-82.
- Sutter, Y., Dumortier, D., and Fontoynt, M. 2006. The use of shading systems in VDU task office: A pilot study. Energy and Building 38 (2006): 780-789.
- Tuaycharoen, N. and Tregenza, PR. 2005. Discomfort glare from interesting images. Lighting Res. Technol 37,4 (2005) pp.329-341.
- Velds, M. and Christoffersen, J. 2001. Monitoring Procedures for the Assessment of Daylighting Performance of Building. A Report of IEA SHC TASK 21/ECBCS ANNEX 29 (February,2001).
- Wienold, J. and Christoph, F. 2010. The Daylighting Dashboard – A Simulation-Based Design Analysis for Daylit Spaces. Building and Environment (August 2010)
- Wienold, J. and Christoffersen, J. 2006. Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. Energy and Building 38 (2006): 780-789.
- Wienold, J. 2009. Dynamic Daylight Glare Evaluation. Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow. (2009): 944-950.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

แสดงรายละเอียดขั้นตอนการจำลองโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงรายละเอียดขั้นตอนการจำลองโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้แก่

1. การหาความน่าจะเป็นของแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability หรือ DGP) จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการหาค่าแสงบาดตานี้สามารถหาค่าได้จากการจำลองห้องมาตรฐานรวมถึงลักษณะแสงบ่ง แต่ในรูปแบบต่างๆตามที่ได้ตั้งสมมติฐานไว้ โดยสร้างแบบจำลองในโปรแกรม Autodesk Ecotect 5.6 จากนั้นส่งออกไปยังโปรแกรม Radiance เพื่อจำลองลักษณะแสงที่เกิดขึ้นภายในห้องในช่วงเวลาต่างๆ หลังจากนั้นนำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Evalglare เพื่อหาค่า DGP ที่เกิดขึ้น โดยมีรายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.1 โปรแกรม Ecotect 5.6

ใช้สร้างโมเดลตามระยะที่กำหนด สภาพท้องฟ้าที่ใช้เป็นแบบท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky)

1.2 โปรแกรม Radiance

กำหนดค่าคุณสมบัติต่างๆดังนี้

Leave blank for default values.		OK
Parameter	Value	Cancel
-dp	512	Add
-ar	43	Insert
-ms	0.23	Delete
-ds	.3	Copy All
-dt	.1	Paste All
-dc	5	Clear
-dr	1	
-sj	.7	
-st	.1	
-ab	2	
-af	RCP.amb	
-aa	.15	
-ad	800	
-as	128	
-av	0.01 0.01 0.01	
-lr	8	
-lw	.002	
Load Current Default Values...		Help

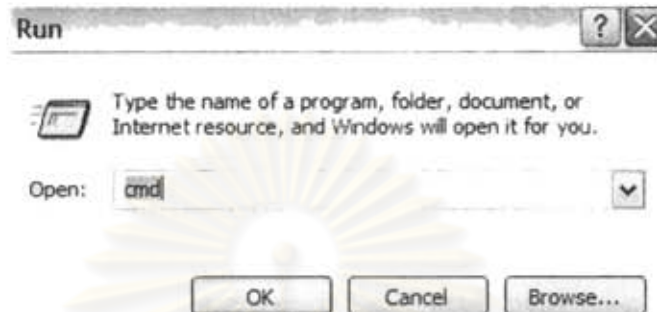
1.3 โปรแกรม Evalglare

เมื่อจำลองภาพจากโปรแกรม Radiance เสร็จแล้ว ให้นำไฟล์ที่ได้ (*.pic) ไปวิเคราะห์หาค่าแสงบาดตา ในโปรแกรม Evalglare โดยในการใช้โปรแกรม Evalglare นั้น ต้องดาวน์โหลดโปรแกรม Daysim 3.0 ขึ้นไป ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย โดยมีวิธีการดังนี้

1.3.1 บันทึกไฟล์ภาพที่ต้องการวิเคราะห์ใน Folder บนหน้าจอ ตั้งชื่อว่า PIC

1.3.2 กดที่ Start > Run...

1.3.3 พิมพ์ cmd จากนั้นกด ok แล้วจะปรากฏหน้าต่าง DOS ขึ้น



1.3.4 การเข้าสู่ Folder PIC บนหน้าจอ นั้นให้ใช้คำสั่งดังต่อไปนี้ โดยกด Enter หลังจากพิมพ์คำสั่งเสร็จทุกครั้ง

cd = change directory

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Asus>cd desktop
C:\Documents and Settings\Asus\Desktop>cd PIC
C:\Documents and Settings\Asus\Desktop\PIC>_
  
```

รูปที่ทำการวิเคราะห์ต้องมีขนาดเล็กกว่า 800x800 pixels โดยสามารถตรวจสอบได้โดย

```

C:\Documents and Settings\Asus\Desktop\PIC>getinfo -d 00.pic
00.pic: -Y 400 +X 400
  
```

1.3.5 วิเคราะห์ภาพที่ต้องการโดยพิมพ์

Evalglare [ชื่อไฟล์.pic]

```

C:\Documents and Settings\Asus\Desktop\PIC>evalglare 00.pic
dgp,dgi,ugr,vcp,cgi: 0.347699 16.807878 21.609653 12.859417 27.193624
  
```



ภาคผนวก ข

แสดงค่าความส่องสว่างที่ได้จากการจำลอง โดยโปรแกรม DIALux 4.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค่าความส่องสว่างที่ได้จากการจำลอง โดยโปรแกรม DIALux 4.8

ห้องมาตรฐาน (ไม่มีแผงบังแดด)

ห้องมาตรฐานทิศเหนือ

วันที่	เวลา	ค่าความส่องสว่างในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความส่องสว่างในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	minEma	Eav	Emin	Emax	U	minEma
21_Jun	8.00	1649	818	497	357	821	325	2038	0.4	0.16	2561	873	12209	0.34	0.07
	10.00	1742	818	484	344	822	317	1841	0.39	0.17	1426	860	2118	0.6	0.41
	12.00	1578	739	440	314	745	300	1578	0.4	0.19	1239	753	1825	0.61	0.41
	14.00	1681	788	469	336	794	311	1729	0.39	0.18	1289	748	1917	0.59	0.39
	16.00	1791	868	525	381	871	346	2071	0.4	0.17	1289	770	1980	0.6	0.39
21_Mar	8.00	831	409	246	177	406	168	878	0.41	0.19	688	429	1006	0.62	0.43
	10.00	1067	514	307	222	512	212	1076	0.41	0.2	861	536	1252	0.62	0.43
	12.00	1009	485	291	210	484	203	1009	0.42	0.2	796	495	1156	0.62	0.43
	14.00	1043	502	300	217	500	207	1043	0.41	0.2	804	493	1186	0.61	0.42
	16.00	1017	494	296	214	492	202	1056	0.41	0.19	767	473	1140	0.62	0.41
21_Dec	8.00	573	302	188	138	292	131	573	0.45	0.23	464	307	644	0.66	0.48
	10.00	848	447	280	207	433	197	848	0.45	0.23	686	453	951	0.66	0.48
	12.00	855	452	284	211	438	203	855	0.46	0.24	688	456	958	0.66	0.48
	14.00	858	453	284	210	439	202	858	0.46	0.23	686	458	958	0.67	0.48
	16.00	700	369	229	169	357	161	700	0.45	0.23	558	374	778	0.67	0.48

ห้องมาตรฐานทิศใต้

วันที่	เวลา	ค่าความส่องสว่างในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความส่องสว่างในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	minEma	Eav	Emin	Emax	U	minEma
21_Jun	8.00	834	420	256	186	413	179	843	0.43	0.21	644	414	930	0.64	0.44
	10.00	1059	509	305	220	507	209	1059	0.41	0.2	810	497	1200	0.61	0.41
	12.00	1060	501	297	214	502	204	1060	0.41	0.19	826	503	1215	0.61	0.41
	14.00	1065	508	303	218	507	208	1065	0.41	0.2	849	528	1232	0.62	0.43
	16.00	956	474	286	208	468	200	969	0.43	0.21	778	493	1120	0.63	0.44
21_Mar	8.00	1044	516	312	226	515	208	1192	0.4	0.17	763	470	1148	0.52	0.41
	10.00	1713	807	481	345	811	315	1833	0.39	0.17	1263	741	1934	0.59	0.38
	12.00	1748	816	487	347	825	327	1748	0.4	0.19	1351	807	2012	0.6	0.4
	14.00	1756	824	488	347	829	322	1820	0.39	0.16	1421	861	2107	0.61	0.41
	16.00	1433	689	411	294	691	270	1614	0.39	0.17	1213	730	1826	0.6	0.4
21_Dec	8.00	5142	843	527	382	1440	341	5706	0.24	0.06	1497	696	5219	0.46	0.13
	10.00	20405	1528	921	686	5844	592	20772	0.1	0.03	11905	1342	20845	0.11	0.06
	12.00	27650	1542	946	679	7664	638	27650	0.08	0.02	10608	1534	27987	0.14	0.05
	14.00	23418	1555	932	667	6606	606	23676	0.09	0.03	9319	1629	23952	0.17	0.07
	16.00	9332	1099	677	488	2296	438	9953	0.19	0.04	5924	1185	9987	0.2	0.12

ห้องมาตรฐานทิศตะวันออก

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax
21_Jun	8.00	13011	12022	1352	1012	6818	879	13274	0.13	0.07	12510	11867	13143	0.95	0.9
	10.00	2804	1370	831	599	1364	555	2847	0.41	0.19	10864	1322	29253	0.12	0.05
	12.00	1384	640	374	267	645	253	1384	0.39	0.16	1062	631	1589	0.59	0.4
	14.00	929	465	283	208	457	201	929	0.44	0.22	730	465	1047	0.64	0.44
	16.00	801	441	281	211	421	201	801	0.48	0.25	650	447	884	0.69	0.51
21_Mar	8.00	9341	8625	8110	1073	6753	993	9380	0.15	0.11	9079	8672	9513	0.96	0.91
	10.00	27064	1545	938	676	7515	627	27121	0.08	0.02	10473	1610	27482	0.15	0.06
	12.00	1473	690	408	292	693	275	1473	0.4	0.19	1166	718	1713	0.62	0.42
	14.00	925	454	283	208	456	201	925	0.44	0.22	736	473	1045	0.64	0.45
	16.00	785	438	280	211	416	201	785	0.48	0.26	638	439	864	0.69	0.51
21_Dec	8.00	5657	5045	4603	745	3716	613	6019	0.16	0.1	5562	5129	6012	0.92	0.85
	10.00	20211	1372	817	589	4254	530	20577	0.12	0.03	8132	1461	20814	0.18	0.07
	12.00	1405	655	384	274	657	254	1466	0.39	0.17	1138	690	1693	0.61	0.41
	14.00	924	469	287	211	459	204	924	0.44	0.22	744	484	1052	0.65	0.46
	16.00	672	373	236	177	354	166	672	0.47	0.25	544	369	740	0.68	0.5

ห้องมาตรฐานทิศตะวันตก

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax
21_Jun	8.00	726	408	260	196	386	185	726	0.48	0.26	590	408	798	0.69	0.51
	10.00	879	456	282	209	443	201	879	0.45	0.23	704	461	986	0.66	0.47
	12.00	1147	533	312	223	535	213	1147	0.4	0.19	898	547	1318	0.61	0.42
	14.00	2242	1062	636	455	1067	427	2247	0.4	0.19	1782	1102	2613	0.62	0.42
	16.00	19047	17712	1258	918	9693	829	19255	0.09	0.04	18583	17800	19451	0.96	0.92
21_Mar	8.00	657	375	241	182	353	174	657	0.49	0.26	539	379	719	0.7	0.53
	10.00	859	454	283	211	439	202	859	0.46	0.24	687	457	958	0.67	0.48
	12.00	1121	525	308	221	527	211	1121	0.4	0.19	861	519	1281	0.6	0.4
	14.00	2300	1091	655	470	1097	437	2326	0.4	0.19	1762	1053	2620	0.6	0.4
	16.00	17708	16490	1366	1006	9100	924	17776	0.1	0.05	17160	16430	17896	0.96	0.92
21_Dec	8.00	553	310	197	147	293	138	553	0.47	0.25	454	319	607	0.7	0.53
	10.00	864	451	279	206	437	197	864	0.45	0.23	685	453	962	0.66	0.47
	12.00	1193	561	328	236	561	220	1216	0.39	0.18	895	533	1353	0.6	0.39
	14.00	2371	1149	686	496	1142	447	2639	0.39	0.17	6258	1020	23003	0.16	0.04
	16.00	9875	8962	1097	808	5175	685	10346	0.13	0.07	8532	1429	9972	0.17	0.14

แผงบังแดดรูปแบบ A (แผงบังแดดแนวนอน)

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทิศเหนือ

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	minEma	Eav	Emin	Emax	U	minEma
21_Jun	8.00	1432	816	53	419	779	385	1453	0.49	0.27	2330	856	11628	0.37	0.07
	10.00	1938	1224	866	661	1136	619	1938	0.54	0.32	1651	1252	2110	0.76	0.59
	12.00	2019	1326	959	737	1222	696	2019	0.57	0.35	1730	1326	2182	0.77	0.61
	14.00	2000	1283	916	703	1189	663	2000	0.56	0.33	1697	1266	2172	0.75	0.58
	16.00	1700	993	686	523	942	485	1700	0.52	0.29	1369	948	1872	0.69	0.51
21_Mar	8.00	853	508	352	270	482	256	853	0.53	0.3	726	529	968	0.73	0.55
	10.00	1397	907	663	519	846	492	1397	0.58	0.35	1192	916	1512	0.77	0.61
	12.00	1498	1008	758	597	937	568	1498	0.61	0.38	1289	1008	1614	0.78	0.62
	14.00	1461	968	722	566	901	540	1461	0.6	0.37	1255	968	1582	0.77	0.61
	16.00	1184	734	522	404	690	384	1184	0.58	0.32	987	725	1293	0.73	0.56
21_Dec	8.00	521	315	221	173	300	166	521	0.55	0.32	438	319	573	0.73	0.56
	10.00	950	614	454	362	580	346	950	0.6	0.36	807	613	1029	0.76	0.6
	12.00	1060	701	527	422	660	406	1060	0.61	0.38	908	701	1147	0.77	0.61
	14.00	995	649	483	386	612	370	995	0.6	0.37	855	655	1082	0.77	0.61
	16.00	687	426	303	236	403	226	687	0.57	0.33	581	433	752	0.74	0.58

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทิศใต้

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	minEma	Eav	Emin	Emax	U	minEma
21_Jun	8.00	888	545	386	300	518	289	888	0.58	0.33	742	545	972	0.73	0.56
	10.00	1421	923	675	525	1213	918	1421	0.76	0.59	1213	918	1544	0.76	0.59
	12.00	1587	1059	766	612	962	583	1587	0.59	0.37	1363	1055	1713	0.77	0.62
	14.00	1506	994	734	589	923	542	1506	0.59	0.36	1289	994	1626	0.77	0.61
	16.00	1116	702	502	390	659	374	1116	0.57	0.33	948	713	1218	0.75	0.59
21_Mar	8.00	1004	578	395	301	554	284	1019	0.51	0.28	800	568	1100	0.69	0.5
	10.00	1871	1152	809	614	1076	575	1871	0.53	0.31	1558	1124	2046	0.72	0.55
	12.00	2087	1344	957	728	1242	690	2087	0.56	0.33	1777	1337	2263	0.75	0.59
	14.00	2006	1275	901	685	1181	646	2006	0.55	0.32	1706	1290	2179	0.76	0.59
	16.00	1466	872	600	454	822	425	1466	0.52	0.29	1250	909	1640	0.73	0.55
21_Dec	8.00	4830	665	462	353	1272	323	5009	0.26	0.06	1326	610	4929	0.46	0.12
	10.00	2289	1347	915	690	2730	630	19627	0.23	0.03	3837	1288	20007	0.34	0.06
	12.00	2453	1508	1040	784	1410	744	2453	0.53	0.3	2074	1516	2687	0.75	0.56
	14.00	2373	1433	975	732	1344	674	2373	0.5	0.26	2000	1484	2597	0.74	0.57
	16.00	8915	925	615	464	2097	422	8996	0.2	0.05	5452	961	9150	0.18	0.11

ห้องที่มีการใช้แสงบังคับรูปแบบ A ทิศตะวันออก

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	min/Ema	Eav	Emin	Emax	U	min/Ema
21_Jun	8.00	12455	1585	1124	865	3976	780	12508	0.2	0.06	8750	1544	12635	0.18	0.12
	10.00	2333	1438	1054	762	1346	717	2333	0.53	0.31	1962	1424	2540	0.73	0.56
	12.00	1924	1271	925	716	1172	679	1924	0.58	0.35	1646	1257	2071	0.76	0.61
	14.00	1299	899	656	522	814	501	1299	0.62	0.39	1119	869	1401	0.78	0.62
	16.00	841	541	397	319	511	305	841	0.6	0.36	720	545	913	0.76	0.6
21_Mar	8.00	8945	8262	1123	687	4775	526	8956	0.17	0.09	8682	8297	9110	0.96	0.91
	10.00	2430	1488	1034	784	1395	731	2430	0.52	0.3	2048	1513	2642	0.74	0.57
	12.00	1947	1276	928	717	1180	678	1947	0.57	0.35	1664	1279	2092	0.77	0.61
	14.00	1267	846	640	511	794	490	1267	0.62	0.39	1085	843	1362	0.78	0.62
	16.00	805	516	377	302	488	292	805	0.6	0.36	683	515	869	0.75	0.59
21_Dec	8.00	5290	4758	4410	614	3157	523	5504	0.17	0.1	5158	4815	5541	0.93	0.87
	10.00	2184	1278	865	656	1203	599	2184	0.5	0.27	1816	1332	2365	0.73	0.58
	12.00	1726	1092	780	601	1016	566	1726	0.56	0.33	1466	1112	1866	0.76	0.6
	14.00	1115	723	535	423	679	408	1115	0.6	0.36	946	723	1202	0.76	0.6
	16.00	628	394	281	222	372	213	628	0.57	0.34	528	392	680	0.74	0.58

ห้องที่มีการใช้แสงบังคับรูปแบบ A ทิศตะวันตก

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	min/Ema	Eav	Emin	Emax	U	min/Ema
21_Jun	8.00	695	441	316	251	415	242	695	0.58	0.35	587	440	751	0.75	0.59
	10.00	1114	737	557	448	695	428	1114	0.62	0.38	951	734	1199	0.77	0.61
	12.00	1720	1147	843	655	1058	621	1720	0.59	0.36	1474	1139	1846	0.77	0.62
	14.00	2233	1412	996	754	1309	711	2233	0.54	0.32	1893	1422	2413	0.75	0.59
	16.00	2621	1603	1115	838	1509	771	2621	0.51	0.29	2447	1646	18538	0.22	0.09
21_Mar	8.00	599	379	268	211	355	203	599	0.57	0.34	509	383	649	0.75	0.59
	10.00	1047	690	517	414	650	398	1047	0.61	0.38	898	691	1132	0.77	0.61
	12.00	1664	1108	818	635	1024	605	1664	0.59	0.36	1427	1097	1792	0.77	0.61
	14.00	2237	1409	991	750	1308	708	2237	0.54	0.32	1889	1362	2424	0.74	0.57
	16.00	17037	1665	1167	884	5153	828	17037	0.18	0.05	7048	1658	17260	0.24	0.1
21_Dec	8.00	480	297	208	163	280	156	480	0.56	0.32	408	304	524	0.74	0.58
	10.00	982	633	466	369	596	353	982	0.59	0.36	841	636	1068	0.76	0.6
	12.00	1574	1009	724	559	938	530	1574	0.57	0.34	1331	994	1709	0.75	0.58
	14.00	2068	1230	841	637	1155	591	2068	0.51	0.29	1702	1177	2269	0.69	0.52
	16.00	9375	8620	918	697	3666	613	9523	0.17	0.06	8208	1227	9519	0.15	0.13

แผงบังแดดรูปแบบ B (แผงบังแดดแนวตั้ง)

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทิศเหนือ

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระบบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	minEma	Eav	Emin	Emax	U	minEma
21_Jun	8.00	1718	1011	672	503	972	482	2207	0.5	0.22	1588	1058	2346	0.67	0.45
	10.00	2156	1270	882	676	1211	645	2338	0.53	0.28	1878	1309	2615	0.7	0.5
	12.00	2045	1266	901	702	1191	672	2045	0.56	0.33	1724	1266	2270	0.73	0.55
	14.00	2152	1299	913	698	1228	664	2267	0.54	0.29	1723	1243	2344	0.72	0.53
	16.00	1985	1176	797	600	1123	575	2408	0.51	0.24	1514	1085	2096	0.72	0.52
21_Mar	8.00	809	541	366	278	513	270	874	0.53	0.28	789	556	1082	0.7	0.51
	10.00	1371	867	632	500	821	475	1411	0.58	0.34	1190	883	1574	0.74	0.56
	12.00	1384	918	696	533	865	528	1384	0.61	0.38	1188	915	1508	0.77	0.51
	14.00	1402	909	675	532	858	511	1414	0.6	0.36	1170	893	1518	0.76	0.59
	16.00	1189	731	509	394	690	381	1263	0.55	0.3	959	709	1277	0.74	0.58
21_Dec	8.00	554	336	231	179	319	172	554	0.54	0.31	465	337	606	0.72	0.55
	10.00	921	594	434	344	561	331	921	0.59	0.36	784	592	1002	0.75	0.59
	12.00	992	658	495	399	623	385	992	0.62	0.39	845	652	1072	0.77	0.61
	14.00	954	622	460	368	589	357	954	0.61	0.37	813	626	1034	0.77	0.61
	16.00	703	439	306	238	414	232	703	0.56	0.33	593	445	763	0.75	0.58

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทิศใต้

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระบบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	minEma	Eav	Emin	Emax	U	minEma
21_Jun	8.00	871	538	371	288	507	280	893	0.55	0.31	715	530	942	0.74	0.56
	10.00	1374	870	630	493	821	474	1410	0.58	0.34	1133	848	1485	0.75	0.57
	12.00	1456	943	704	552	890	533	1456	0.6	0.37	1233	938	1587	0.76	0.59
	14.00	1440	919	676	531	868	508	1453	0.58	0.36	1241	927	1622	0.75	0.57
	16.00	1085	669	473	371	635	357	1115	0.56	0.32	934	681	1244	0.73	0.55
21_Mar	8.00	1157	664	449	332	648	321	1379	0.5	0.23	892	641	1223	0.72	0.52
	10.00	2097	1234	847	643	1174	611	2339	0.52	0.26	1628	1158	2259	0.71	0.51
	12.00	2206	1316	921	706	1249	678	2206	0.54	0.31	1806	1288	2435	0.71	0.53
	14.00	2211	1302	903	686	1240	658	2338	0.53	0.28	1900	1334	2624	0.7	0.51
	16.00	1668	984	664	501	937	484	1947	0.52	0.25	1494	1020	2144	0.68	0.48
21_Dec	8.00	1395	853	548	395	823	387	2046	0.45	0.18	1025	729	1413	0.71	0.52
	10.00	20560	1777	1157	663	4590	806	21101	0.18	0.04	10075	1579	20713	0.16	0.08
	12.00	27945	1890	1265	945	7953	962	27945	0.11	0.03	10896	1859	28244	0.17	0.07
	14.00	23651	1844	1204	910	6853	849	24021	0.12	0.04	9615	1920	24295	0.2	0.08
	16.00	1953	1168	760	560	1127	526	2739	0.47	0.19	1882	1239	2752	0.66	0.45

ห้องที่มีการใช้แสงบังคับรูปแบบ B หิตะวันออก

วัน/ปี	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	min/Ema	Eav	Emin	Emax	U	min/Ema
21_Jun	8.00	12966	12010	1352	1035	5953	901	13257	0.15	0.07	12397	11798	13081	0.95	0.9
	10.00	3024	1670	1119	860	1610	806	3068	0.5	0.26	11072	1509	29447	0.14	0.05
	12.00	1773	1079	777	610	1024	561	1773	0.57	0.33	1449	1054	1957	0.73	0.54
	14.00	1119	726	545	443	685	424	1119	0.62	0.38	940	718	1220	0.76	0.59
	16.00	788	496	352	286	467	275	788	0.59	0.35	659	495	860	0.75	0.58
21_Mar	8.00	8273	8594	8093	1065	6709	980	9273	0.15	0.11	9008	8631	9411	0.96	0.92
	10.00	27221	1789	1186	909	7714	853	27254	0.11	0.03	10666	1842	27610	0.17	0.07
	12.00	1868	1132	810	633	1072	604	1868	0.56	0.32	1585	1142	2116	0.72	0.54
	14.00	1105	718	539	438	677	418	1105	0.62	0.38	941	716	1213	0.76	0.59
	16.00	780	477	337	273	448	261	780	0.58	0.34	634	473	830	0.75	0.57
21_Dec	8.00	5527	4935	918	704	3025	599	5967	0.2	0.1	5478	5018	5956	0.90	0.84
	10.00	20224	1541	1011	775	4394	724	20770	0.16	0.03	8273	1624	20984	0.2	0.08
	12.00	1746	1036	722	564	986	539	1895	0.55	0.28	1523	1070	2119	0.7	0.51
	14.00	1004	631	458	368	598	352	1004	0.59	0.35	854	635	1112	0.74	0.57
	16.00	626	385	264	211	361	200	626	0.55	0.32	519	381	685	0.73	0.56

ห้องที่มีการใช้แสงบังคับรูปแบบ B หิตะวันตก

วัน/ปี	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	min/Ema	Eav	Emin	Emax	U	min/Ema
21_Jun	8.00	726	464	327	256	435	247	726	0.57	0.34	611	458	786	0.75	0.58
	10.00	1036	685	515	414	649	398	1036	0.61	0.38	867	680	1129	0.77	0.6
	12.00	1597	1021	750	584	962	561	1597	0.58	0.35	1369	1024	1789	0.75	0.58
	14.00	2661	1543	1059	800	1470	789	2698	0.52	0.28	2235	1552	3066	0.69	0.51
	16.00	19200	17907	1441	1070	9649	990	19473	0.1	0.05	18784	17997	19669	0.96	0.91
21_Mar	8.00	645	410	283	221	383	218	645	0.57	0.34	551	417	701	0.76	0.59
	10.00	980	646	483	389	613	378	980	0.62	0.39	841	649	1066	0.77	0.61
	12.00	1564	1004	739	577	946	555	1566	0.59	0.35	1308	986	1703	0.75	0.58
	14.00	2720	1557	1076	810	1497	768	2788	0.51	0.28	2174	1502	3009	0.69	0.5
	16.00	17848	16670	1529	1130	9234	1050	17926	0.11	0.06	17276	16571	18023	0.96	0.92
21_Dec	8.00	532	330	227	177	311	171	532	0.55	0.32	455	340	562	0.75	0.58
	10.00	941	604	440	349	573	340	941	0.59	0.36	797	606	1024	0.76	0.59
	12.00	1576	973	688	534	919	513	1674	0.56	0.31	1270	938	1702	0.74	0.55
	14.00	2634	1501	1066	762	1441	723	3066	0.5	0.24	6506	1369	23189	0.21	0.06
	16.00	9850	1706	1140	846	3960	753	10455	0.19	0.07	4450	1422	9893	0.32	0.14

แผงบังแดดรูปแบบ C (แผงบังแดดแนวอนและแนวตั้ง 1 ด้าน)

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทิศเหนือ

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	minEma	Eav	Emin	Emax	U	minEma
21_Jun	8.00	988	626	438	337	586	317	1077	0.54	0.29	897	656	1175	0.74	0.56
	10.00	1493	997	725	560	917	532	1511	0.58	0.35	1315	1020	1660	0.78	0.61
	12.00	1634	1115	826	640	1022	609	1534	0.6	0.37	1428	1113	1768	0.78	0.63
	14.00	1685	1111	806	622	1023	585	1685	0.57	0.35	1443	1088	1831	0.75	0.59
	16.00	1536	914	636	485	860	451	1536	0.52	0.29	1237	860	1694	0.7	0.51
21_Mar	8.00	635	411	294	230	385	223	646	0.58	0.35	556	421	715	0.76	0.59
	10.00	1060	733	554	441	680	423	1060	0.62	0.4	930	735	1147	0.79	0.64
	12.00	1202	849	653	522	784	499	1202	0.64	0.42	1059	845	1294	0.8	0.65
	14.00	1213	834	631	499	772	476	1213	0.62	0.39	1058	826	1314	0.78	0.63
	16.00	1027	654	471	368	611	346	1027	0.57	0.34	863	639	1123	0.74	0.57
21_Dec	8.00	428	274	196	154	258	147	428	0.57	0.34	366	272	468	0.74	0.58
	10.00	760	519	391	317	487	302	760	0.62	0.4	658	510	821	0.77	0.62
	12.00	871	608	464	377	566	380	871	0.64	0.41	762	600	940	0.79	0.64
	14.00	835	568	428	345	531	333	835	0.63	0.4	732	569	912	0.78	0.62
	16.00	590	379	275	216	356	211	590	0.59	0.36	507	383	648	0.76	0.59

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทิศใต้

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	minEma	Eav	Emin	Emax	U	minEma
21_Jun	8.00	768	487	349	272	457	261	768	0.57	0.34	649	482	843	0.74	0.57
	10.00	1188	794	593	464	739	443	1188	0.6	0.37	1025	787	1291	0.77	0.61
	12.00	1278	883	674	532	819	510	1278	0.62	0.4	1120	883	1380	0.79	0.64
	14.00	1171	810	617	489	753	469	1171	0.62	0.4	1026	812	1264	0.78	0.64
	16.00	845	566	419	332	529	319	845	0.6	0.36	736	569	923	0.77	0.62
21_Mar	8.00	968	532	367	279	507	264	928	0.52	0.28	724	504	996	0.7	0.51
	10.00	1613	1015	720	550	943	515	1613	0.55	0.32	1349	977	1766	0.72	0.55
	12.00	1716	1137	825	632	1045	597	1716	0.57	0.35	1480	1126	1864	0.76	0.6
	14.00	1565	1041	757	581	957	554	1572	0.58	0.35	1371	1059	1732	0.77	0.61
	16.00	1059	687	490	378	639	360	1106	0.56	0.33	938	712	1214	0.76	0.59
21_Dec	8.00	4827	690	453	302	1272	326	5033	0.26	0.06	1318	609	4921	0.46	0.12
	10.00	2116	1258	860	647	2639	594	19436	0.22	0.03	1745	1190	2332	0.68	0.51
	12.00	2113	1316	920	695	1224	681	2113	0.54	0.31	1805	1323	2342	0.73	0.56
	14.00	1901	1169	813	616	1089	577	1966	0.53	0.29	1652	1223	2171	0.74	0.58
	16.00	1116	687	473	364	655	340	1339	0.52	0.25	1028	727	1426	0.71	0.51

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ C หิตะวันออก

วัน/SL	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax
21_Jun	8.00	12323	1511	1075	818	3899	735	12361	0.19	0.06	8640	1463	12501	0.17	0.12
	10.00	2027	1272	899	683	1185	641	2627	0.54	0.32	1726	1254	2223	0.73	0.56
	12.00	1573	1076	803	624	989	591	1573	0.6	0.36	1369	1063	1700	0.78	0.63
	14.00	1063	740	570	460	691	438	1063	0.63	0.41	936	738	1150	0.79	0.64
	16.00	710	478	358	288	449	277	713	0.62	0.39	622	480	780	0.77	0.62
21_Mar	8.00	8741	8135	7032	611	4548	766	8905	0.16	0.09	8530	8182	8935	0.96	0.92
	10.00	2025	1268	896	682	1182	648	2046	0.55	0.32	1748	1298	2259	0.74	0.57
	12.00	1548	1064	794	617	977	588	1548	0.6	0.38	1357	1063	1674	0.78	0.63
	14.00	1012	710	550	447	665	425	1012	0.64	0.42	888	702	1090	0.79	0.64
	16.00	679	459	343	277	432	263	679	0.61	0.39	587	451	734	0.77	0.61
21_Dec	8.00	5017	4558	660	509	2383	455	5329	0.19	0.09	4957	4630	5340	0.93	0.87
	10.00	1640	1015	711	544	951	508	1745	0.53	0.29	1447	1066	1912	0.74	0.56
	12.00	1303	884	652	509	815	486	1317	0.6	0.37	1150	896	1442	0.78	0.62
	14.00	867	596	453	366	559	349	867	0.62	0.4	755	589	938	0.78	0.63
	16.00	531	351	265	203	329	193	531	0.58	0.36	454	343	576	0.75	0.59

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ C หิตะวันตก

วัน/SL	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax
21_Jun	8.00	587	392	287	230	368	218	587	0.59	0.37	505	383	636	0.76	0.6
	10.00	896	626	482	392	586	372	896	0.63	0.41	784	617	968	0.79	0.64
	12.00	1357	944	717	563	871	536	1357	0.62	0.4	1191	942	1463	0.79	0.64
	14.00	1815	1187	850	649	1092	620	1815	0.57	0.34	1577	1200	2003	0.76	0.6
	16.00	2238	1383	967	736	1293	687	2319	0.53	0.3	2173	1444	18224	0.2	0.08
21_Mar	8.00	507	333	239	189	310	183	507	0.59	0.36	441	336	563	0.76	0.6
	10.00	860	592	450	360	553	348	860	0.63	0.4	755	590	937	0.78	0.63
	12.00	1352	933	706	554	861	528	1352	0.61	0.39	1181	926	1462	0.78	0.63
	14.00	1905	1230	876	666	1134	625	1905	0.55	0.33	1629	1211	2081	0.74	0.58
	16.00	16815	1543	1087	823	5030	765	16815	0.15	0.05	6878	1538	17041	0.22	0.09
21_Dec	8.00	410	264	188	148	247	145	413	0.59	0.35	357	269	459	0.75	0.59
	10.00	832	567	416	332	522	318	832	0.61	0.38	723	557	910	0.77	0.61
	12.00	1319	870	636	493	805	465	1319	0.58	0.35	1125	849	1438	0.75	0.59
	14.00	1864	1127	777	590	1054	543	1864	0.52	0.29	1533	1068	2052	0.7	0.52
	16.00	9322	1335	902	682	3033	599	9497	0.2	0.06	8156	1197	9464	0.15	0.13

แผงบังแดดรูปแบบ D (แผงบังแดดแนวอนและแนวตั้ง 1 ด้าน)

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทิศเหนือ

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax
21_Jun	8.00	1344	772	528	402	738	371	1385	0.5	0.27	2263	806	11556	0.36	0.07
	10.00	1663	1071	771	596	994	562	1663	0.57	0.34	1419	1098	1795	0.77	0.51
	12.00	1647	1119	831	646	1029	611	1647	0.59	0.37	1411	1115	1756	0.79	0.54
	14.00	1563	1056	779	605	972	576	1567	0.59	0.37	1323	1037	1660	0.78	0.52
	16.00	1212	783	561	433	730	409	1283	0.56	0.32	992	754	1282	0.76	0.59
21_Mar	8.00	745	454	320	248	431	234	745	0.54	0.31	638	470	837	0.74	0.56
	10.00	1174	786	588	463	731	440	1174	0.6	0.38	1008	798	1256	0.79	0.64
	12.00	1213	852	656	525	789	500	1213	0.63	0.41	1049	850	1285	0.81	0.66
	14.00	1135	796	612	490	739	467	1135	0.63	0.41	983	798	1202	0.81	0.66
	16.00	875	585	434	343	547	329	878	0.6	0.37	745	589	930	0.79	0.63
21_Dec	8.00	446	260	201	157	265	153	446	0.58	0.34	376	285	481	0.76	0.59
	10.00	803	540	407	328	507	314	803	0.62	0.39	684	541	854	0.75	0.63
	12.00	865	598	459	373	560	366	866	0.64	0.41	742	598	916	0.8	0.65
	14.00	797	550	419	342	517	323	797	0.62	0.41	696	561	849	0.81	0.66
	16.00	552	362	265	211	341	199	552	0.58	0.36	477	371	594	0.78	0.62

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทิศใต้

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax
21_Jun	8.00	674	442	323	255	415	244	674	0.59	0.36	576	450	720	0.78	0.62
	10.00	1084	745	564	448	693	429	1084	0.62	0.4	932	746	1151	0.8	0.65
	12.00	1264	878	671	531	814	507	1264	0.62	0.4	1092	880	1342	0.81	0.66
	14.00	1239	838	633	498	781	476	1239	0.61	0.38	1062	846	1321	0.8	0.64
	16.00	958	617	449	351	578	335	958	0.58	0.35	816	630	1032	0.77	0.61
21_Mar	8.00	703	446	316	242	419	232	743	0.55	0.31	577	436	740	0.76	0.58
	10.00	1401	922	668	514	853	468	1431	0.57	0.34	1189	897	1489	0.77	0.6
	12.00	1683	1121	820	628	1032	588	1683	0.58	0.36	1428	1111	1799	0.78	0.62
	14.00	1691	1095	789	605	1014	568	1691	0.56	0.34	1441	1115	1824	0.77	0.61
	16.00	1302	784	546	417	739	389	1302	0.53	0.3	1115	811	1466	0.73	0.55
21_Dec	8.00	803	494	340	260	477	243	1043	0.51	0.23	618	450	832	0.73	0.54
	10.00	1767	1080	754	573	1013	534	1870	0.53	0.29	1495	1018	1884	0.73	0.54
	12.00	2076	1293	907	688	1205	658	2076	0.55	0.32	1729	1285	2248	0.74	0.57
	14.00	2155	1301	896	677	1223	653	2155	0.51	0.29	1814	1347	2351	0.74	0.57
	16.00	8888	511	608	460	2086	422	9011	0.2	0.05	5439	963	9172	0.18	0.1

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทิศตะวันออก

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax
21_Jun	8.00	12138	1377	967	754	3777	684	12264	0.18	0.06	8409	1288	12262	0.15	0.11
	10.00	1930	1214	866	661	1131	627	1936	0.55	0.32	1593	1188	2067	0.75	0.57
	12.00	1541	1058	799	622	974	593	1541	0.61	0.38	1317	1046	1631	0.79	0.64
	14.00	1045	730	568	462	664	439	1045	0.64	0.42	908	736	1105	0.81	0.67
	16.00	705	476	359	293	450	279	705	0.62	0.4	611	487	749	0.8	0.65
21_Mar	8.00	8799	8168	1601	838	4685	786	8799	0.17	0.09	8536	8169	8912	0.96	0.92
	10.00	2144	1324	934	713	1240	667	2144	0.54	0.31	1797	1341	2317	0.75	0.58
	12.00	1612	1086	810	630	1052	595	1612	0.59	0.37	1379	1086	1712	0.79	0.63
	14.00	1042	719	567	452	674	430	1042	0.64	0.41	893	717	1099	0.8	0.65
	16.00	678	451	338	273	425	263	678	0.62	0.39	573	451	718	0.79	0.63
21_Dec	8.00	5264	4732	4394	605	3138	519	5484	0.17	0.09	5134	4790	5529	0.93	0.87
	10.00	2032	1189	816	623	1124	571	2032	0.51	0.26	1695	1239	2209	0.73	0.56
	12.00	1474	949	691	530	883	503	1474	0.57	0.34	1254	972	1580	0.77	0.62
	14.00	961	634	479	383	596	366	961	0.61	0.39	811	638	1012	0.79	0.63
	16.00	540	349	256	204	329	198	540	0.6	0.37	452	360	573	0.77	0.61

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทิศตะวันตก

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax	Eav	Emin	Emax	U	min/Emax
21_Jun	8.00	591	388	286	230	265	224	591	0.61	0.38	498	389	627	0.78	0.62
	10.00	914	628	485	394	590	379	914	0.64	0.42	782	626	967	0.8	0.65
	12.00	1389	954	725	569	883	543	1389	0.62	0.39	1192	954	1471	0.8	0.65
	14.00	1894	1220	877	670	1130	635	1894	0.58	0.34	1602	1227	2030	0.77	0.6
	16.00	2434	1492	1049	797	1404	733	2434	0.52	0.3	2283	1532	28325	0.21	0.08
21_Mar	8.00	517	339	247	197	319	190	517	0.6	0.37	444	347	562	0.78	0.63
	10.00	849	586	451	369	552	353	849	0.64	0.42	737	595	899	0.81	0.66
	12.00	1308	908	695	550	842	528	1308	0.63	0.4	1125	906	1383	0.8	0.65
	14.00	1820	1179	849	649	1090	618	1820	0.57	0.34	1621	1158	1943	0.76	0.6
	16.00	16726	1474	1048	797	4970	747	16764	0.15	0.04	8737	1440	16896	0.21	0.09
21_Dec	8.00	416	267	192	153	252	145	416	0.58	0.35	358	275	449	0.77	0.61
	10.00	773	523	396	322	493	308	773	0.62	0.4	668	534	822	0.8	0.65
	12.00	1183	804	605	475	746	455	1183	0.61	0.38	1004	795	1252	0.79	0.63
	14.00	1554	979	697	532	914	499	1622	0.55	0.31	1255	934	1649	0.74	0.57
	16.00	8971	1060	753	577	2220	621	9061	0.23	0.06	3743	944	9044	0.25	0.1

แผงบังแดดรูปแบบ E (แผงบังแดดนวนอนและแนวตั้ง 2 ด้าน)

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทิศเหนือ

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	E _{max}	U	min/E _{max}	Eav	Emin	E _{max}	U	min/E _{max}
21_Jun	8.00	1099	639	446	343	599	325	1107	0.54	0.29	908	666	1210	0.74	0.55
	10.00	1420	953	699	545	879	520	1422	0.59	0.37	1247	976	1562	0.76	0.63
	12.00	1494	1034	776	603	947	578	1494	0.61	0.39	1298	1033	1599	0.8	0.65
	14.00	1471	1001	744	577	926	550	1471	0.6	0.37	1252	982	1566	0.78	0.63
	16.00	1199	776	555	426	722	406	1254	0.56	0.32	981	744	1270	0.76	0.59
21_Mar	8.00	582	384	278	218	359	211	591	0.59	0.36	511	394	648	0.77	0.61
	10.00	971	682	520	416	633	403	971	0.64	0.41	852	687	1040	0.81	0.56
	12.00	1073	775	603	466	715	471	1073	0.66	0.44	943	772	1140	0.82	0.58
	14.00	1033	738	570	457	682	442	1033	0.65	0.43	904	736	1097	0.81	0.57
	16.00	806	548	406	323	510	313	806	0.61	0.39	691	545	859	0.79	0.64
21_Dec	8.00	379	250	181	143	235	140	379	0.6	0.37	324	250	407	0.77	0.61
	10.00	675	474	361	295	444	285	681	0.64	0.42	585	468	718	0.8	0.65
	12.00	753	540	416	344	502	334	753	0.66	0.44	657	533	799	0.81	0.67
	14.00	706	500	383	314	467	302	712	0.65	0.42	627	510	758	0.81	0.67
	16.00	492	332	245	196	312	189	496	0.61	0.38	433	340	538	0.79	0.63

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทิศใต้

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	E _{max}	U	min/E _{max}	Eav	Emin	E _{max}	U	min/E _{max}
21_Jun	8.00	611	409	301	236	383	232	611	0.61	0.38	527	416	656	0.79	0.63
	10.00	986	690	525	417	641	406	986	0.63	0.41	858	689	1053	0.8	0.65
	12.00	1136	803	613	489	740	474	1130	0.64	0.42	989	802	1204	0.81	0.67
	14.00	1060	747	570	453	691	439	1060	0.64	0.41	926	748	1134	0.81	0.66
	16.00	769	523	391	309	489	302	769	0.62	0.39	670	530	828	0.79	0.64
21_Mar	8.00	678	435	308	236	407	227	716	0.56	0.32	558	422	721	0.76	0.58
	10.00	1337	883	641	494	815	470	1349	0.58	0.35	1117	857	1425	0.77	0.6
	12.00	1551	1044	771	590	959	567	1551	0.59	0.37	1328	1036	1665	0.78	0.62
	14.00	1472	983	720	553	905	527	1472	0.58	0.36	1284	997	1607	0.78	0.62
	16.00	1021	665	476	366	619	349	1068	0.56	0.33	905	687	1169	0.76	0.59
21_Dec	8.00	865	531	363	275	511	260	1126	0.51	0.23	663	454	896	0.73	0.54
	10.00	1777	1083	754	572	1015	537	1871	0.53	0.29	1411	1021	1897	0.72	0.54
	12.00	1951	1219	856	649	1132	626	1951	0.55	0.32	1628	1215	2126	0.74	0.57
	14.00	1879	1151	800	607	1073	571	1926	0.53	0.3	1625	1199	2130	0.74	0.56
	16.00	1186	728	458	382	693	360	1439	0.52	0.25	1096	767	1543	0.7	0.5

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทิศตะวันออก

วัน/ปี	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	minEma	Eav	Emin	Emax	U	minEma
21_Jun	8.00	12121	1365	875	742	3763	676	12244	0.18	0.06	8399	1277	12257	0.15	0.1
	10.00	1834	1160	831	631	1078	599	1834	0.56	0.33	1526	1136	1081	0.74	0.57
	12.00	1407	981	745	581	901	557	1407	0.62	0.4	1218	972	1501	0.8	0.65
	14.00	922	661	517	424	614	409	922	0.67	0.44	814	663	981	0.81	0.68
	16.00	614	427	325	266	402	259	624	0.64	0.41	544	438	664	0.8	0.66
21_Mar	8.00	8679	8089	999	783	4603	744	8679	0.16	0.09	8454	8120	8823	0.96	0.92
	10.00	1940	1214	861	667	1131	626	1940	0.55	0.32	1559	1236	2132	0.75	0.58
	12.00	1429	991	748	582	910	557	1429	0.61	0.39	1247	991	1534	0.79	0.65
	14.00	895	642	502	411	597	396	895	0.66	0.44	783	634	951	0.81	0.67
	16.00	589	407	308	251	383	243	598	0.63	0.41	507	401	626	0.79	0.64
21_Dec	8.00	5049	4574	668	514	2397	463	5362	0.19	0.09	4983	4643	5387	0.93	0.86
	10.00	1656	1020	715	547	957	514	1758	0.54	0.29	1458	1067	1937	0.73	0.56
	12.00	1221	833	622	484	759	463	1223	0.6	0.38	1076	848	1336	0.79	0.63
	14.00	782	547	420	341	513	329	782	0.64	0.42	680	543	836	0.8	0.65
	16.00	469	317	235	188	296	182	482	0.61	0.38	399	310	500	0.78	0.62

ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทิศตะวันตก

วัน/ปี	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	minEma	Eav	Emin	Emax	U	minEma
21_Jun	8.00	516	352	262	212	331	205	527	0.62	0.39	441	346	550	0.78	0.63
	10.00	785	562	438	360	525	348	785	0.66	0.44	686	554	836	0.81	0.66
	12.00	1230	868	667	527	801	507	1230	0.63	0.41	1077	868	1314	0.81	0.66
	14.00	1706	1120	814	620	1032	595	1706	0.58	0.35	1473	1131	1855	0.77	0.61
	16.00	2209	1356	953	726	1272	662	2250	0.54	0.3	7133	1412	18168	0.2	0.08
21_Mar	8.00	449	304	223	179	285	177	454	0.62	0.39	395	312	492	0.79	0.63
	10.00	739	527	406	336	493	327	739	0.66	0.44	656	532	791	0.81	0.67
	12.00	1186	836	645	512	775	494	1186	0.64	0.42	1034	834	1263	0.81	0.66
	14.00	1717	1122	812	619	1034	589	1717	0.57	0.34	1447	1099	1847	0.76	0.59
	16.00	18625	1429	1012	768	4924	723	16652	0.15	0.04	6689	1400	16838	0.21	0.08
21_Dec	8.00	364	242	176	140	227	137	372	0.6	0.37	321	249	403	0.78	0.62
	10.00	690	481	367	299	452	291	690	0.66	0.42	608	487	742	0.8	0.66
	12.00	1095	753	570	448	699	429	1095	0.61	0.39	937	744	1166	0.79	0.64
	14.00	1537	970	689	527	905	498	1601	0.55	0.31	1244	924	1640	0.74	0.56
	16.00	9019	1107	767	585	2244	531	9324	0.24	0.06	3780	969	9100	0.26	0.11

กรณีใช้แผงบังแดดแนวอนทิมุม Vertical Shadow Angle (VSA) ที่ต่างกัน

ทิมุม VSA 30 จำนวนแผงบังแดด 1 ชั้น

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	E _{max}	U	E _{min} /E _{max}	Eav	Emin	E _{max}	U	E _{min} /E _{max}
21-มิ.ย.	8.00	651	421	311	245	396	236	651	0.59	0.36	551	417	707	0.76	0.59
	10.00	933	638	491	396	598	378	933	0.63	0.41	811	632	1008	0.78	0.63
	12.00	973	691	536	439	642	419	973	0.65	0.43	856	685	1041	0.8	0.66
	14.00	957	667	517	419	623	400	957	0.64	0.42	830	664	1019	0.8	0.65
	16.00	791	523	393	311	492	298	791	0.61	0.38	682	532	855	0.78	0.62
21-มิ.ค.	8.00	746	447	318	246	427	232	751	0.54	0.31	602	426	817	0.71	0.52
	10.00	1209	792	590	459	740	434	1209	0.59	0.36	1037	772	1331	0.74	0.58
	12.00	1210	851	652	516	789	495	1210	0.63	0.41	1065	845	1299	0.79	0.65
	14.00	1217	834	632	497	777	472	1217	0.61	0.39	1049	837	1299	0.8	0.64
	16.00	1042	648	468	361	610	338	1042	0.55	0.32	892	670	1145	0.75	0.59
21-ธ.ค.	8.00	4508	515	306	279	1101	256	4552	0.23	0.06	1095	458	4594	0.42	0.1
	10.00	1487	956	677	513	2344	470	19004	0.2	0.02	3249	921	19246	0.28	0.05
	12.00	1442	1005	745	569	924	540	1454	0.56	0.37	1275	1000	1585	0.78	0.63
	14.00	1485	998	714	546	919	503	1582	0.55	0.32	1267	1006	1571	0.79	0.64
	16.00	8460	679	464	353	1856	320	8460	0.17	0.04	5036	717	8589	0.14	0.08

ทิมุม VSA 30 จำนวนแผงบังแดด 2 ชั้น

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	E _{max}	U	E _{min} /E _{max}	Eav	Emin	E _{max}	U	E _{min} /E _{max}
21-มิ.ย.	8.00	414	293	234	185	279	188	414	0.68	0.45	363	289	451	0.8	0.64
	10.00	600	446	363	310	421	298	600	0.71	0.5	540	440	662	0.82	0.67
	12.00	639	488	402	348	461	334	639	0.73	0.52	576	485	688	0.84	0.7
	14.00	624	473	385	331	444	318	625	0.72	0.51	554	467	662	0.84	0.71
	16.00	497	361	290	243	342	235	498	0.69	0.47	434	358	530	0.83	0.68
21-มิ.ค.	8.00	494	324	248	201	309	188	494	0.61	0.38	413	310	534	0.75	0.58
	10.00	807	575	456	378	541	353	807	0.65	0.44	711	557	894	0.78	0.62
	12.00	836	636	513	429	591	411	836	0.7	0.49	751	622	902	0.83	0.69
	14.00	828	623	496	412	579	389	847	0.67	0.46	730	614	877	0.84	0.7
	16.00	670	462	358	291	435	273	670	0.63	0.41	583	472	720	0.81	0.66
21-ธ.ค.	8.00	4187	368	277	223	655	200	4187	0.3	0.05	869	325	4231	0.37	0.08
	10.00	963	695	542	436	2105	395	18488	0.19	0.02	2818	665	18611	0.24	0.04
	12.00	966	737	598	488	689	463	981	0.67	0.47	874	728	1057	0.83	0.69
	14.00	954	725	569	458	671	421	1037	0.63	0.41	849	727	1019	0.86	0.71
	16.00	743	499	364	289	462	260	743	0.56	0.35	2263	518	7901	0.23	0.07

กลุ่ม VSA 30 จำนวนแผงบังแดด 3 ชั้น

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax
21-มิ.ย.	8.00	298	238	199	173	224	167	302	0.74	0.55	281	235	331	0.84	0.71
	10.00	461	373	314	276	349	265	464	0.76	0.57	434	366	508	0.84	0.72
	12.00	518	421	350	313	393	300	518	0.76	0.58	483	413	551	0.85	0.75
	14.00	477	388	327	289	363	277	483	0.76	0.57	442	382	497	0.86	0.77
	16.00	364	294	246	214	276	206	370	0.75	0.56	340	293	384	0.86	0.76
21-มิ.ค.	8.00	350	263	211	176	246	166	354	0.67	0.47	315	250	383	0.79	0.65
	10.00	607	486	395	336	446	313	609	0.7	0.51	569	466	684	0.82	0.68
	12.00	658	543	444	384	497	364	658	0.73	0.55	623	530	714	0.85	0.74
	14.00	636	523	426	366	477	342	651	0.72	0.52	600	519	670	0.87	0.77
	16.00	492	380	305	259	353	240	492	0.68	0.49	460	389	534	0.85	0.73
21-ธ.ค.	8.00	4029	309	241	197	587	177	4029	0.3	0.04	365	271	450	0.74	0.6
	10.00	724	608	490	403	2005	369	18250	0.18	0.02	706	578	862	0.82	0.67
	12.00	764	659	549	459	599	439	782	0.73	0.56	743	649	836	0.87	0.78
	14.00	732	631	511	426	569	391	801	0.69	0.49	711	639	780	0.9	0.82
	16.00	7819	418	321	266	987	237	7819	0.24	0.03	521	440	573	0.84	0.77

กลุ่ม VSA 40 จำนวนแผงบังแดด 1 ชั้น

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax
21-มิ.ย.	8.00	699	451	332	265	426	255	699	0.6	0.36	591	446	759	0.75	0.59
	10.00	1041	715	550	442	670	425	1041	0.63	0.41	904	709	1122	0.78	0.63
	12.00	1111	792	619	503	736	484	1111	0.66	0.44	975	786	1186	0.81	0.66
	14.00	1076	755	584	471	704	454	1076	0.65	0.42	936	752	1148	0.8	0.65
	16.00	853	565	423	338	536	323	853	0.61	0.38	735	571	922	0.78	0.62
21-มิ.ค.	8.00	799	477	338	265	457	249	811	0.55	0.31	642	453	673	0.71	0.52
	10.00	1354	887	655	515	827	481	1354	0.58	0.36	1155	857	1480	0.74	0.58
	12.00	1413	990	751	593	913	561	1413	0.61	0.4	1234	976	1515	0.79	0.64
	14.00	1395	956	719	565	885	531	1395	0.6	0.38	1207	957	1494	0.79	0.64
	16.00	1126	701	502	393	660	366	1126	0.56	0.33	967	723	1247	0.75	0.58
21-ธ.ค.	8.00	4581	556	387	304	1143	277	4654	0.24	0.06	1147	491	4669	0.43	0.11
	10.00	1666	1051	736	568	2438	517	19142	0.21	0.03	3378	998	19409	0.3	0.05
	12.00	1711	1152	833	647	1065	613	1711	0.58	0.36	1483	1141	1872	0.77	0.61
	14.00	1691	1110	783	606	1027	556	1752	0.54	0.32	1445	1127	1814	0.78	0.62
	16.00	8556	733	499	385	1910	348	8556	0.18	0.04	5125	771	8682	0.15	0.09

หุ้ม VSA 40 จำนวนแผงบังแดด 2 ชั้น

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระดับต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax
21-มิ.ย.	8.00	469	343	264	221	318	213	469	0.67	0.46	422	340	509	0.81	0.67
	10.00	718	545	426	362	501	347	718	0.69	0.48	654	538	776	0.82	0.69
	12.00	776	603	479	408	554	392	776	0.71	0.51	713	596	829	0.84	0.72
	14.00	747	578	454	387	529	371	747	0.7	0.5	680	573	795	0.84	0.72
	16.00	571	426	330	278	393	267	571	0.68	0.47	515	426	612	0.83	0.7
21-มิ.ค.	8.00	555	380	279	227	351	213	555	0.61	0.38	475	361	600	0.76	0.6
	10.00	949	697	529	431	635	406	949	0.64	0.43	852	673	1031	0.79	0.65
	12.00	1015	788	603	495	710	475	1015	0.67	0.47	933	775	1085	0.83	0.71
	14.00	990	759	578	471	685	447	990	0.65	0.45	903	760	1058	0.84	0.72
	16.00	770	548	405	330	502	310	770	0.62	0.4	606	561	834	0.81	0.67
21-ธ.ค.	8.00	4295	458	330	268	733	241	4295	0.33	0.06	964	401	4340	0.42	0.09
	10.00	1164	884	640	515	2241	467	18649	0.21	0.03	3624	831	18801	0.27	0.04
	12.00	1217	986	726	587	862	559	1217	0.65	0.46	1154	964	1329	0.84	0.73
	14.00	1179	931	677	545	820	499	1227	0.61	0.41	1107	944	1265	0.85	0.75
	16.00	871	604	425	340	546	302	871	0.55	0.35	2414	633	8073	0.26	0.08

หุ้ม VSA 40 จำนวนแผงบังแดด 3 ชั้น

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระดับต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax
21-มิ.ย.	8.00	376	290	222	189	265	181	376	0.68	0.48	337	283	399	0.84	0.71
	10.00	563	443	349	302	465	267	563	0.71	0.51	516	432	603	0.85	0.72
	12.00	617	488	390	341	449	325	617	0.72	0.53	558	481	648	0.86	0.74
	14.00	588	465	370	321	427	306	588	0.72	0.52	532	462	610	0.87	0.76
	16.00	458	356	277	236	326	226	458	0.69	0.49	412	355	476	0.86	0.75
21-มิ.ค.	8.00	442	322	235	194	293	178	453	0.61	0.39	378	301	461	0.8	0.65
	10.00	772	589	442	369	531	343	772	0.65	0.44	683	559	825	0.82	0.68
	12.00	836	659	500	422	591	400	836	0.68	0.48	752	639	879	0.85	0.73
	14.00	809	633	478	402	569	377	811	0.66	0.46	728	630	839	0.87	0.75
	16.00	621	462	344	285	419	262	633	0.63	0.41	563	471	672	0.84	0.7
21-ธ.ค.	8.00	4192	418	295	237	983	210	4287	0.21	0.05	476	358	607	0.75	0.59
	10.00	996	789	559	450	2140	402	18478	0.19	0.02	893	723	1093	0.81	0.66
	12.00	1074	876	637	515	759	486	1077	0.64	0.45	969	843	1122	0.87	0.75
	14.00	1030	836	597	480	722	436	1052	0.6	0.41	940	836	1076	0.89	0.78
	16.00	8007	537	378	302	1085	265	8007	0.24	0.03	680	556	789	0.82	0.7

กลุ่ม VSA 50 จำนวนแผงบังแดด 1 ชั้น

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระดับต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax
21-มิ.ย.	8.00	736	467	340	269	442	259	736	0.59	0.35	618	453	797	0.75	0.58
	10.00	1085	737	565	453	692	433	1085	0.63	0.4	937	731	1167	0.78	0.63
	12.00	1160	819	639	519	764	495	1160	0.65	0.43	1015	814	1238	0.8	0.66
	14.00	1128	783	604	487	732	466	1128	0.64	0.41	979	783	1203	0.8	0.65
	16.00	895	586	433	345	551	331	895	0.6	0.37	770	595	967	0.77	0.62
21-มิ.ค.	8.00	841	494	346	268	475	254	857	0.53	0.3	671	470	917	0.7	0.51
	10.00	1447	931	680	529	870	494	1447	0.57	0.34	1221	898	1573	0.74	0.57
	12.00	1542	1056	793	618	976	586	1542	0.6	0.38	1335	1042	1651	0.78	0.63
	14.00	1508	1013	752	585	939	551	1508	0.59	0.37	1301	1024	1617	0.79	0.63
	16.00	1187	727	515	399	686	373	1187	0.54	0.31	1019	750	1318	0.74	0.57
21-ธ.ค.	8.00	4664	596	409	317	1186	290	4788	0.24	0.06	1201	527	4748	0.44	0.11
	10.00	1825	1108	766	583	2500	530	19244	0.21	0.03	3477	1049	19537	0.3	0.05
	12.00	1883	1208	857	655	1127	624	1883	0.55	0.33	1607	1198	2050	0.75	0.58
	14.00	1855	116	806	614	1086	555	1855	0.52	0.3	1568	1191	1997	0.76	0.6
	16.00	8664	787	531	406	1965	368	8692	0.19	0.04	5225	830	8816	0.16	0.09

กลุ่ม VSA 50 จำนวนแผงบังแดด 2 ชั้น

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระดับต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax
21-มิ.ย.	8.00	549	380	279	234	353	224	549	0.63	0.41	474	377	574	0.8	0.66
	10.00	821	592	450	379	546	360	821	0.66	0.44	718	584	854	0.81	0.68
	12.00	893	661	508	430	607	410	893	0.68	0.46	788	654	924	0.83	0.71
	14.00	855	627	479	404	577	385	855	0.67	0.45	753	627	885	0.83	0.71
	16.00	665	470	350	294	436	281	665	0.64	0.42	584	478	700	0.82	0.68
21-มิ.ค.	8.00	644	419	293	239	389	222	646	0.57	0.34	527	399	671	0.76	0.59
	10.00	1125	775	580	456	709	425	1125	0.6	0.38	957	747	1166	0.78	0.64
	12.00	1223	878	647	527	800	501	1223	0.63	0.41	1063	870	1255	0.82	0.69
	14.00	1184	842	618	501	768	470	1184	0.61	0.4	1035	858	1224	0.83	0.7
	16.00	900	607	428	349	557	324	900	0.58	0.36	794	625	972	0.79	0.64
21-ธ.ค.	8.00	4450	539	371	298	814	267	4450	0.33	0.06	1059	471	4473	0.44	0.11
	10.00	1479	1023	693	557	2371	499	18874	0.21	0.03	3205	957	19011	0.3	0.05
	12.00	1594	1143	775	628	1011	589	1594	0.58	0.37	1365	1124	1584	0.82	0.71
	14.00	1506	1074	725	582	951	525	1506	0.55	0.35	1328	1099	1534	0.83	0.72
	16.00	1086	713	483	387	657	344	1198	0.52	0.29	2805	752	8286	0.28	0.09

หุ้มม VSA 50 จำนวนแผงบังแดด 3 ชั้น

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระดับต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax
21-มี.ย.	8.00	466	342	258	207	312	200	466	0.64	0.43	413	337	466	0.82	0.69
	10.00	715	539	417	342	492	328	715	0.67	0.46	642	531	746	0.83	0.71
	12.00	785	599	469	389	547	374	785	0.68	0.48	708	595	813	0.84	0.73
	14.00	744	564	440	363	515	348	744	0.68	0.47	672	568	769	0.85	0.74
	16.00	568	420	322	260	385	251	568	0.65	0.44	511	428	591	0.84	0.72
21-มี.ค.	8.00	542	379	270	210	343	196	563	0.57	0.35	460	355	568	0.77	0.62
	10.00	963	703	519	406	633	383	963	0.61	0.4	846	670	1007	0.79	0.66
	12.00	1062	798	597	471	715	453	1062	0.63	0.43	953	786	1100	0.83	0.72
	14.00	1031	764	570	446	686	424	1031	0.62	0.41	927	779	1064	0.84	0.73
	16.00	776	547	399	310	497	291	799	0.59	0.36	705	567	840	0.8	0.68
21-ธ.ค.	8.00	4350	513	355	269	1075	243	4547	0.23	0.05	598	438	770	0.73	0.57
	10.00	18776	962	662	501	5203	452	18781	0.09	0.02	1149	879	1385	0.78	0.63
	12.00	1401	1064	751	571	923	544	1401	0.59	0.39	1279	1053	1464	0.82	0.72
	14.00	1367	1013	703	530	880	483	1372	0.55	0.35	1242	1046	1421	0.84	0.74
	16.00	8245	670	465	352	1215	316	8245	0.26	0.04	3342	709	8383	0.21	0.08

หุ้มม VSA 60 จำนวนแผงบังแดด 1 ชั้น

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระดับต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax	Eav	Emin	Emax	U	Emin/Emax
21-มี.ย.	8.00	786	497	358	284	469	272	786	0.58	0.35	660	491	857	0.74	0.57
	10.00	1175	800	605	482	745	460	1175	0.62	0.39	1013	787	1269	0.78	0.62
	12.00	1284	910	698	558	839	535	1284	0.64	0.42	1125	897	1378	0.8	0.65
	14.00	1230	857	652	521	793	497	1230	0.63	0.4	1075	852	1326	0.79	0.64
	16.00	956	623	458	363	585	348	956	0.6	0.36	827	632	1050	0.77	0.6
21-มี.ค.	8.00	899	526	365	283	505	267	929	0.53	0.29	715	496	983	0.69	0.5
	10.00	1570	998	717	559	932	521	1570	0.56	0.33	1315	959	1712	0.73	0.56
	12.00	1692	1143	839	653	1052	617	1692	0.59	0.36	1466	1123	1837	0.77	0.61
	14.00	1647	1090	791	617	1008	579	1647	0.57	0.35	1429	1102	1796	0.77	0.61
	16.00	1268	771	541	419	728	390	1281	0.54	0.3	1098	799	1445	0.73	0.55
21-ธ.ค.	8.00	4777	658	448	347	1252	316	5007	0.25	0.06	1279	578	4865	0.45	0.12
	10.00	2097	1256	867	669	2646	605	19425	0.23	0.03	3676	1179	19781	0.32	0.06
	12.00	2176	1385	965	743	1285	702	2176	0.55	0.32	1870	1366	2412	0.73	0.57
	14.00	2139	1324	911	698	1239	640	2139	0.52	0.3	1831	1354	2367	0.74	0.57
	16.00	8818	880	592	454	2058	411	8956	0.2	0.05	5390	926	9995	0.17	0.1

กลุ่ม VSA 70 จำนวนแผงบังแดด 1 ชั้น

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	Imin/Emax	Eav	Emin	Emax	U	Imin/Emax
21-มิ.ย.	8.00	844	524	371	294	496	282	844	0.57	0.33	703	518	922	0.74	0.56
	10.00	1256	841	626	497	783	471	1256	0.6	0.38	1073	825	1360	0.77	0.61
	12.00	1375	957	726	578	884	551	1375	0.62	0.4	1197	946	1481	0.79	0.64
	14.00	1302	889	668	532	825	507	1302	0.61	0.39	1134	890	1410	0.78	0.63
	16.00	1023	654	472	374	615	358	1023	0.58	0.35	883	668	1135	0.76	0.59
21-มิ.ค.	8.00	964	555	377	292	533	274	1014	0.51	0.27	760	522	1057	0.69	0.49
	10.00	1689	1045	734	571	979	530	1689	0.54	0.31	1392	998	1852	0.72	0.54
	12.00	1832	1193	854	666	1105	628	1832	0.57	0.34	1562	1173	2001	0.75	0.59
	14.00	1779	1138	809	630	1059	591	1779	0.56	0.33	1532	1160	1961	0.76	0.59
	16.00	1357	805	554	430	765	399	1394	0.52	0.29	1176	838	1577	0.71	0.53
21-ธ.ค.	8.00	4909	735	488	374	1327	338	5255	0.26	0.06	1368	836	5001	0.46	0.13
	10.00	2419	1420	952	739	2803	669	19650	0.24	0.03	3899	1319	20061	0.34	0.07
	12.00	2568	1556	1057	815	1462	767	2568	0.52	0.3	2144	1541	2838	0.72	0.54
	14.00	2483	1478	999	769	1400	705	2519	0.5	0.28	2121	1526	2815	0.72	0.54
	16.00	9005	976	646	495	2158	447	9280	0.21	0.05	5580	1035	9408	0.19	0.11

กลุ่ม VSA 80 จำนวนแผงบังแดด 1 ชั้น

วันที่	เวลา	ค่าความสว่างภายในห้องที่ระยะต่างๆ				พิจารณาค่าความสว่างภายในห้อง (lux)					พิจารณาที่ระนาบโต๊ะ (lux)				
		0.95	1.85	2.75	3.65	Eav	Emin	Emax	U	Imin/Emax	Eav	Emin	Emax	U	Imin/Emax
21-มิ.ย.	8.00	918	566	385	302	528	292	920	0.55	0.32	752	545	1000	0.72	0.55
	10.00	1349	877	640	508	821	464	1349	0.59	0.36	1134	853	1461	0.75	0.58
	12.00	1475	996	743	589	924	564	1475	0.61	0.38	1265	980	1593	0.78	0.62
	14.00	1416	938	694	549	875	525	1416	0.6	0.37	1221	942	1539	0.77	0.61
	16.00	1105	686	486	384	649	369	1105	0.57	0.33	845	700	1234	0.74	0.57
21-มิ.ค.	8.00	1062	596	397	305	577	287	1141	0.5	0.25	821	557	1155	0.68	0.48
	10.00	1890	1128	774	600	1065	561	1923	0.53	0.29	1520	1064	2070	0.7	0.51
	12.00	2049	1281	899	701	1198	666	2049	0.56	0.33	1717	1255	2250	0.73	0.56
	14.00	1999	1223	853	662	1150	624	1999	0.54	0.31	1695	1247	2220	0.74	0.56
	16.00	1512	871	586	452	831	422	1586	0.51	0.27	1296	899	1779	0.69	0.51
21-ธ.ค.	8.00	5075	830	537	405	1420	370	5531	0.26	0.07	1475	706	5156	0.48	0.14
	10.00	20327	1633	1067	814	5921	751	20534	0.13	0.04	8064	1481	20567	0.18	0.07
	12.00	3053	1772	1176	901	1683	858	3053	0.51	0.28	10694	1739	27939	0.16	0.06
	14.00	23350	1698	1121	856	6717	789	23475	0.12	0.03	9291	1748	23768	0.19	0.07
	16.00	9254	1106	720	541	2291	494	9700	0.22	0.05	5817	1172	9775	0.2	0.12



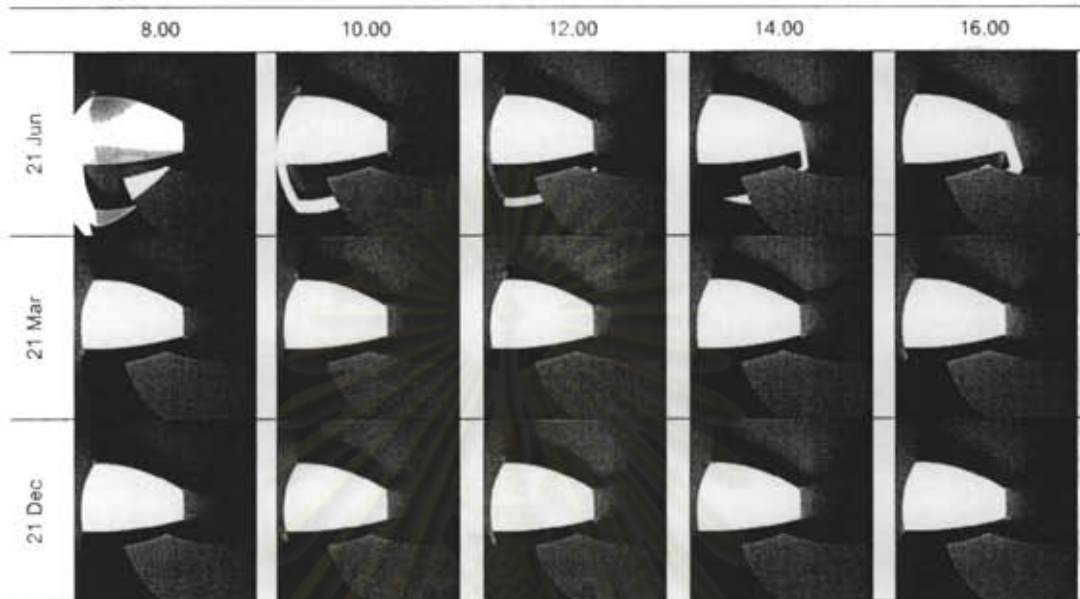
ภาคผนวก ค

ภาพที่ได้จากการจำลอง โดยโปรแกรม Radiance

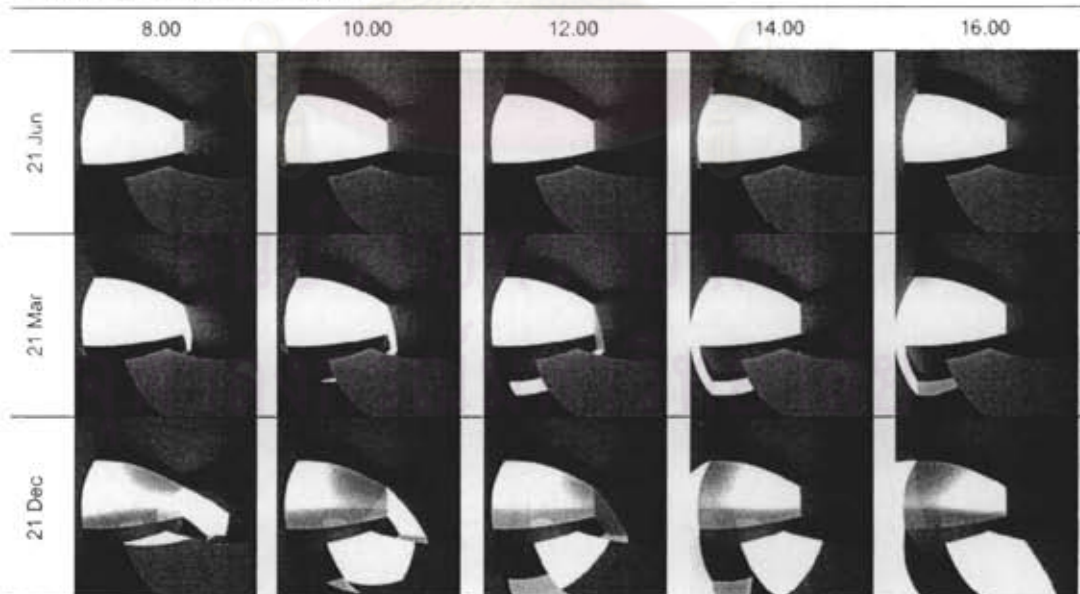
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องมาตรฐาน (ไม่มีแผงบังแดด)

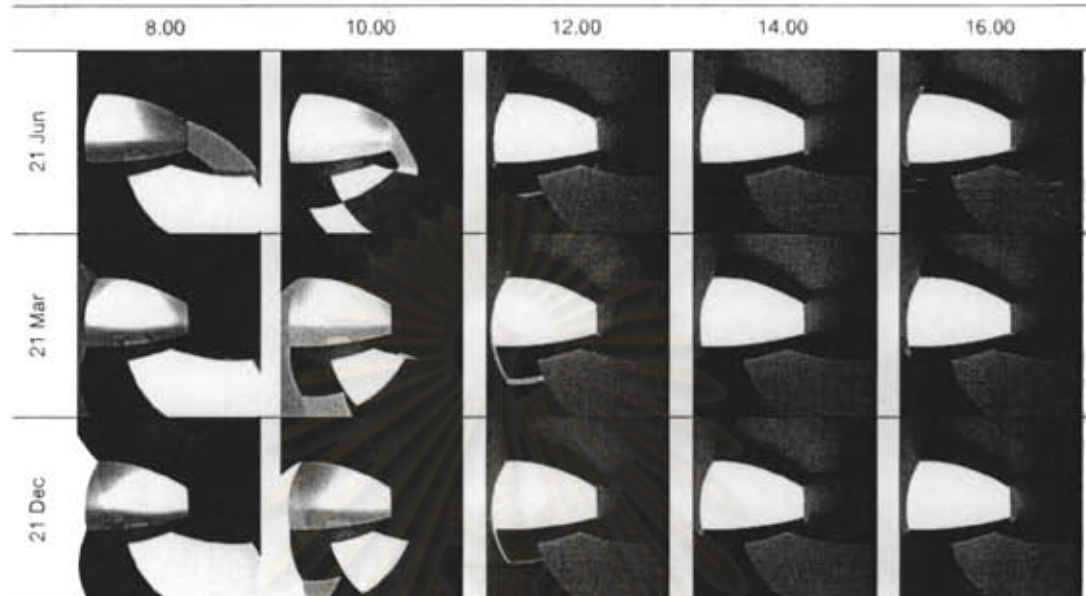
ห้องมาตรฐาน (base case) ทิศเหนือ



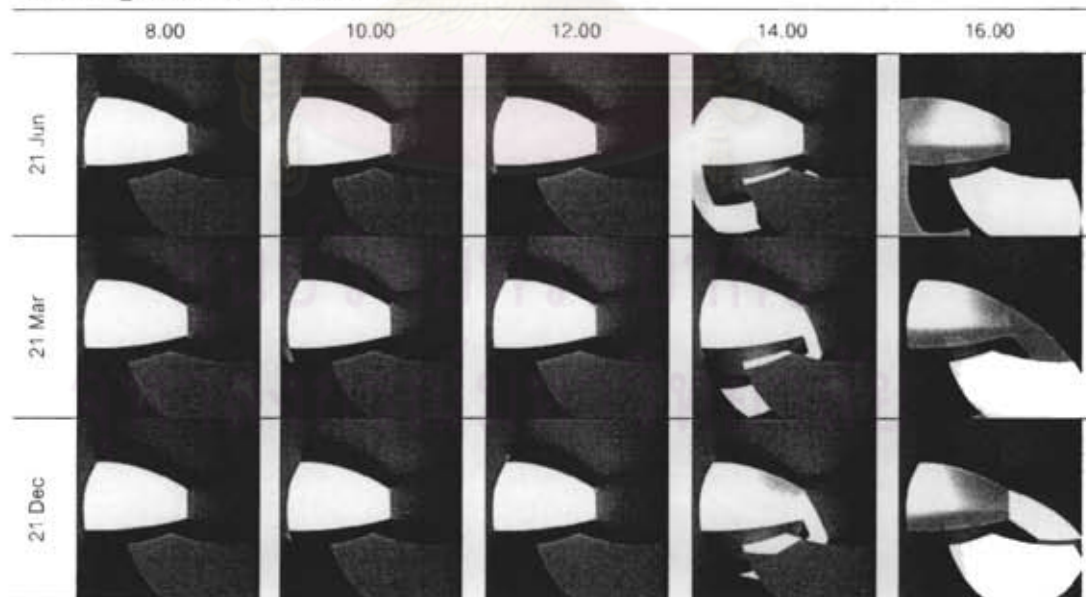
ห้องมาตรฐาน (base case) ทิศใต้



ห้องมาตรฐาน (base case) ทิศตะวันออก

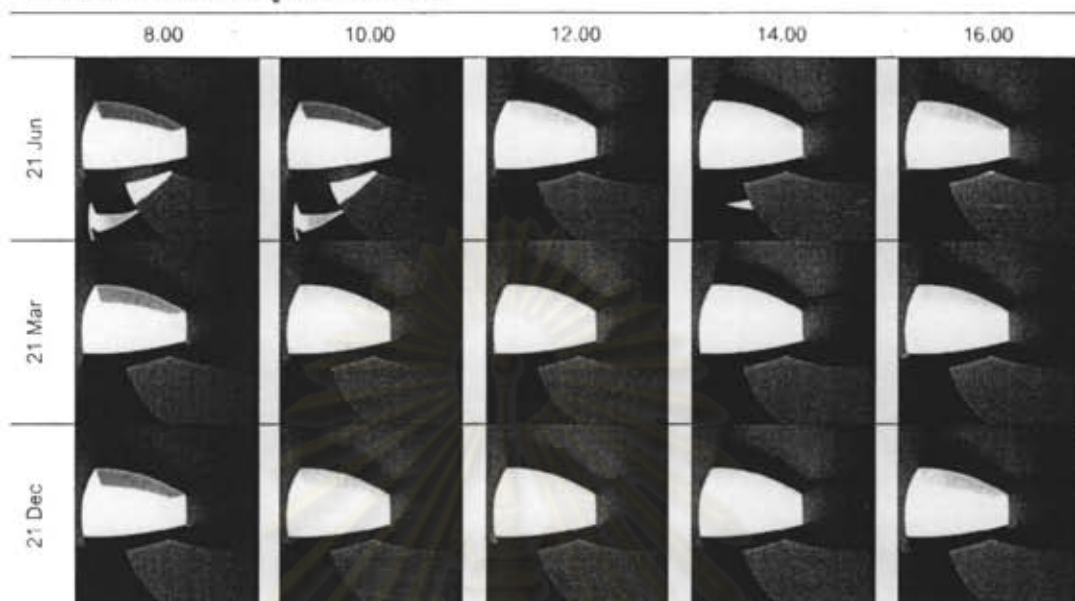


ห้องมาตรฐาน (base case) ทิศตะวันตก

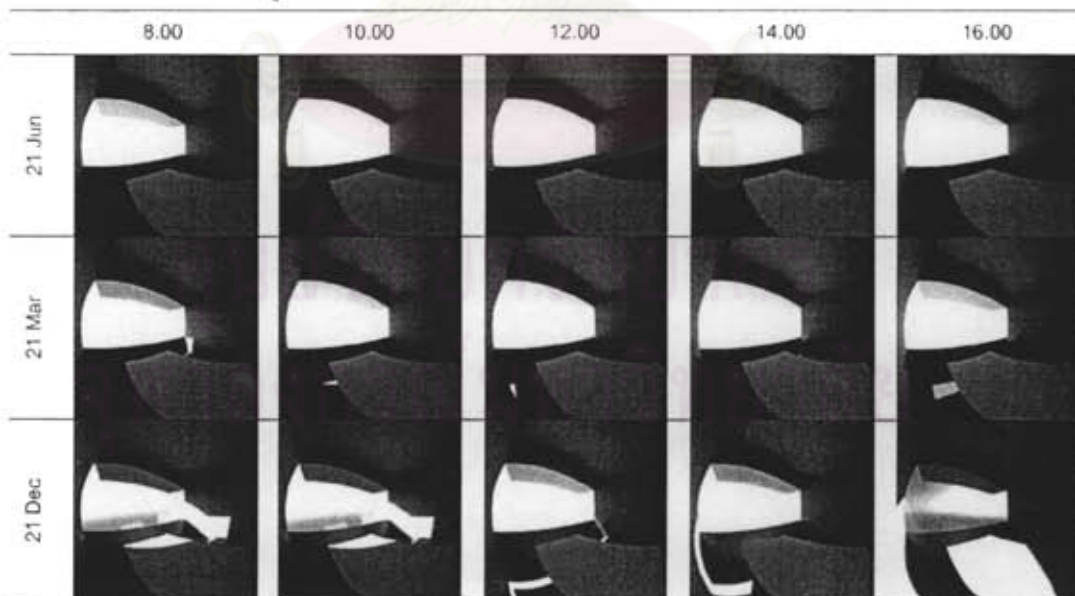


แผงบังแดดรูปแบบ A (แผงบังแดดแนวนอน)

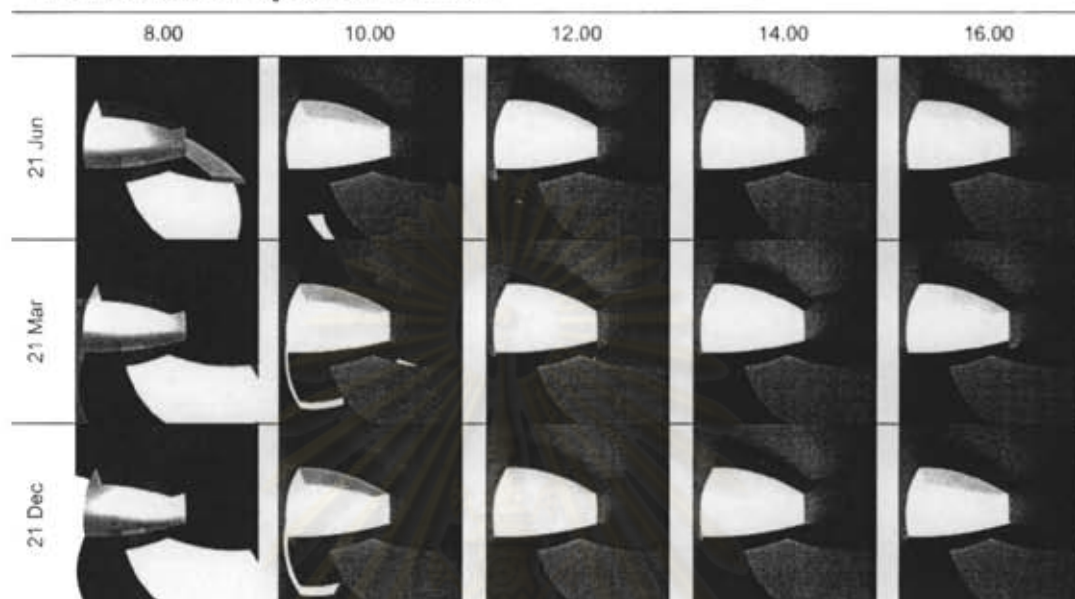
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทิศเหนือ



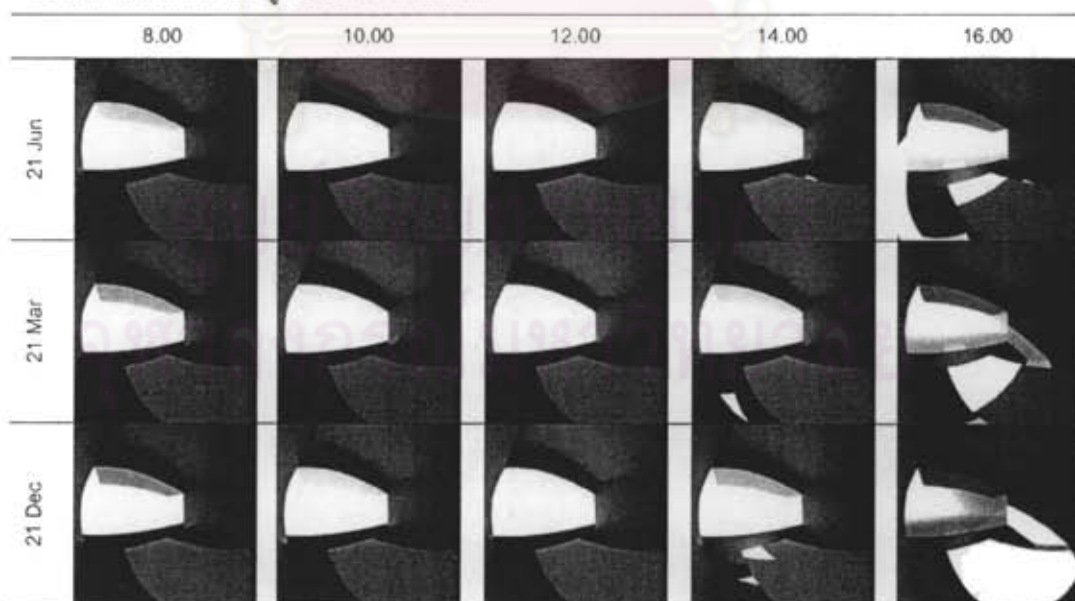
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทิศใต้



ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทิศตะวันออก

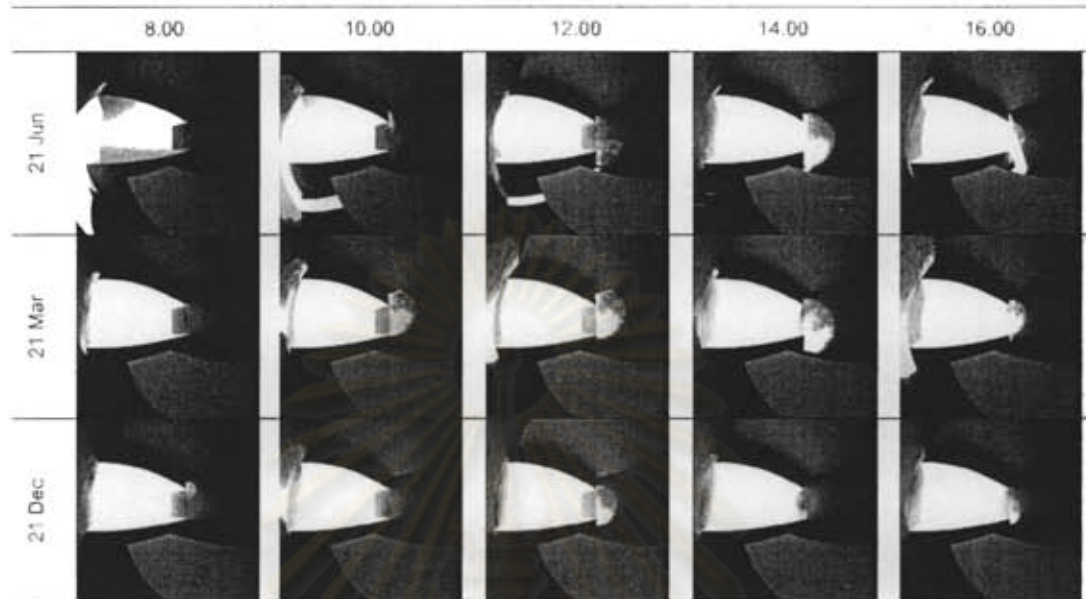


ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ A ทิศตะวันตก

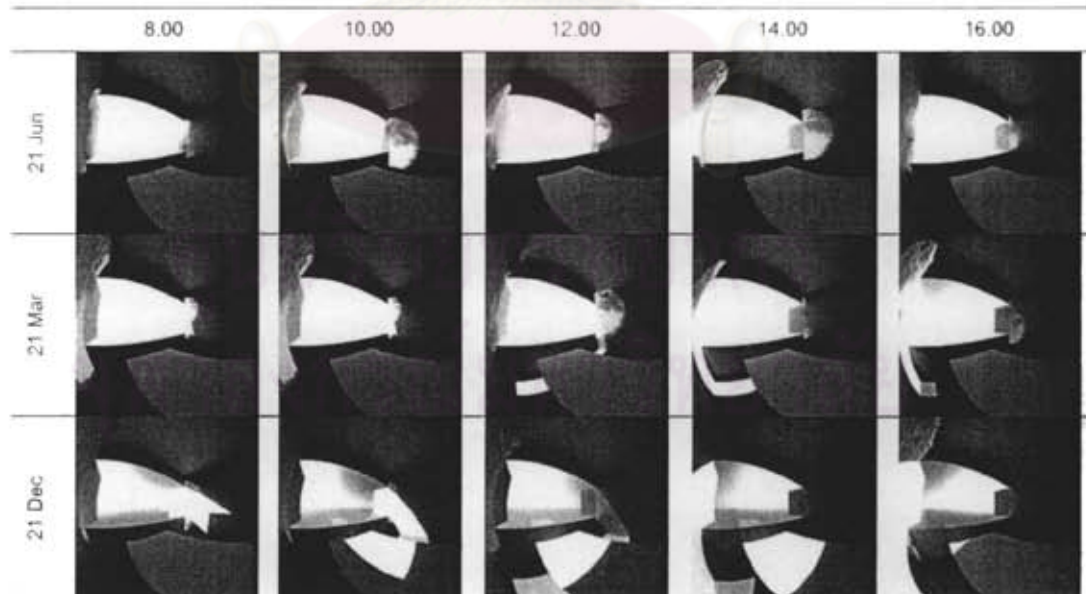


แผงบังแดดรูปแบบ B (แผงบังแดดแนวตั้ง)

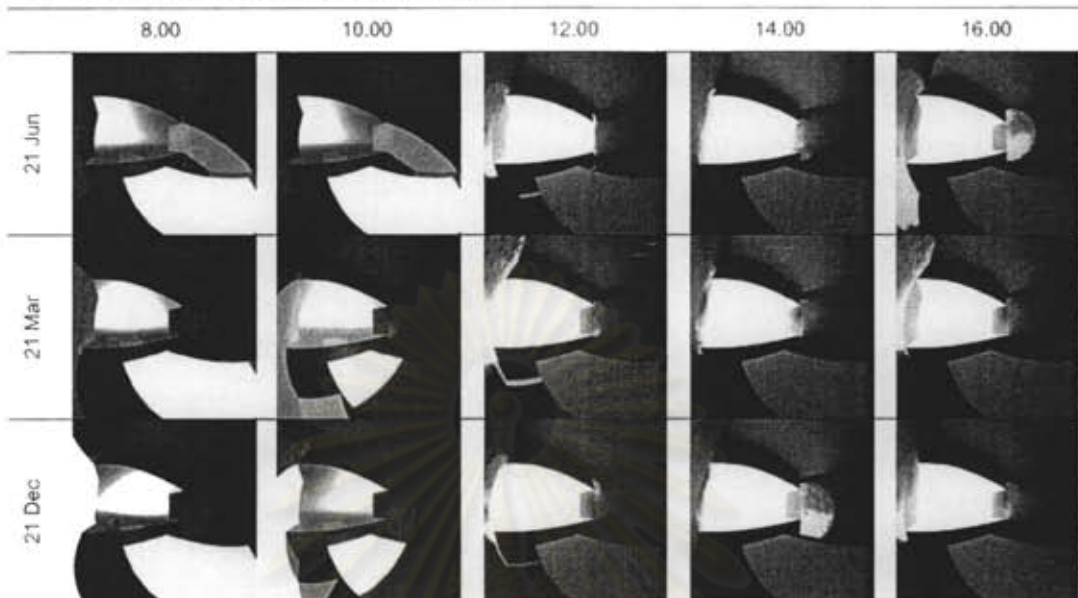
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทิศเหนือ



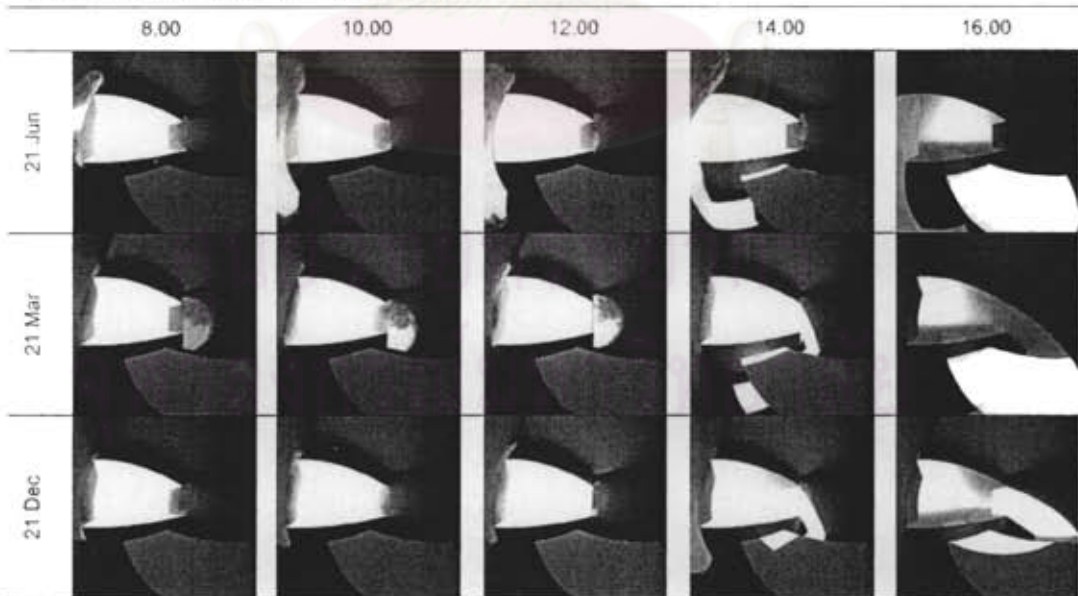
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทิศใต้



ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทิศตะวันออก

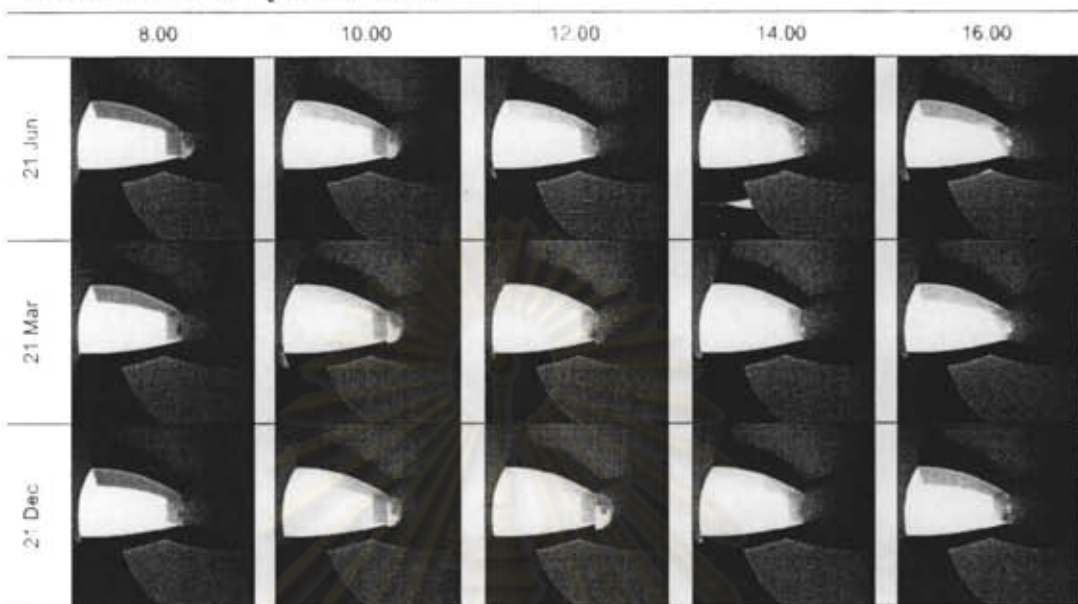


ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ B ทิศตะวันตก

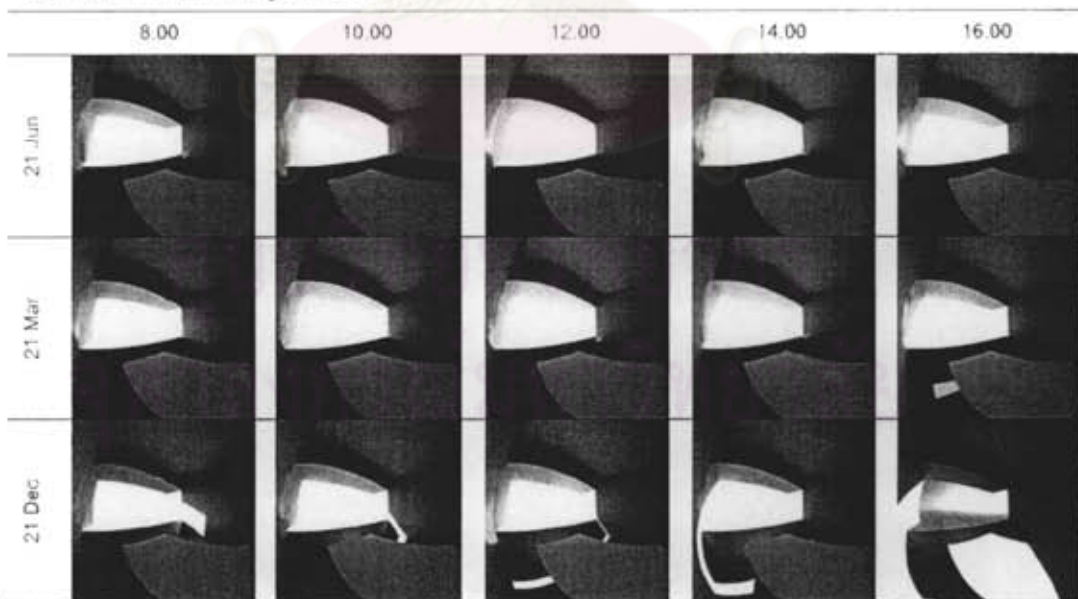


แผงบังแดดรูปแบบ C (แผงบังแดดแนวนอน และ แผงบังแดดแนวตั้ง 1 ด้าน)

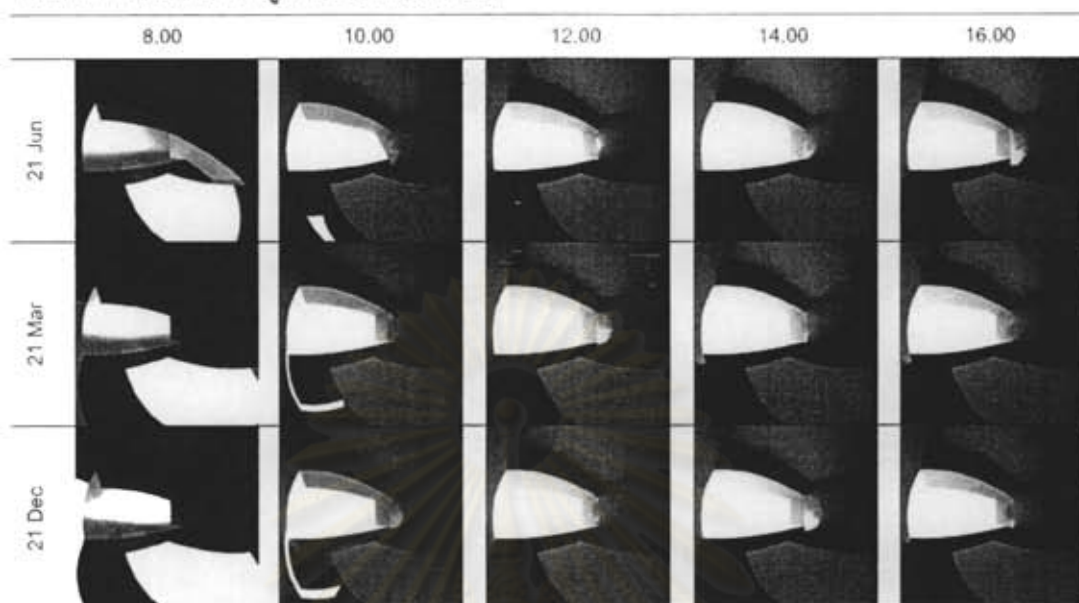
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทิศเหนือ



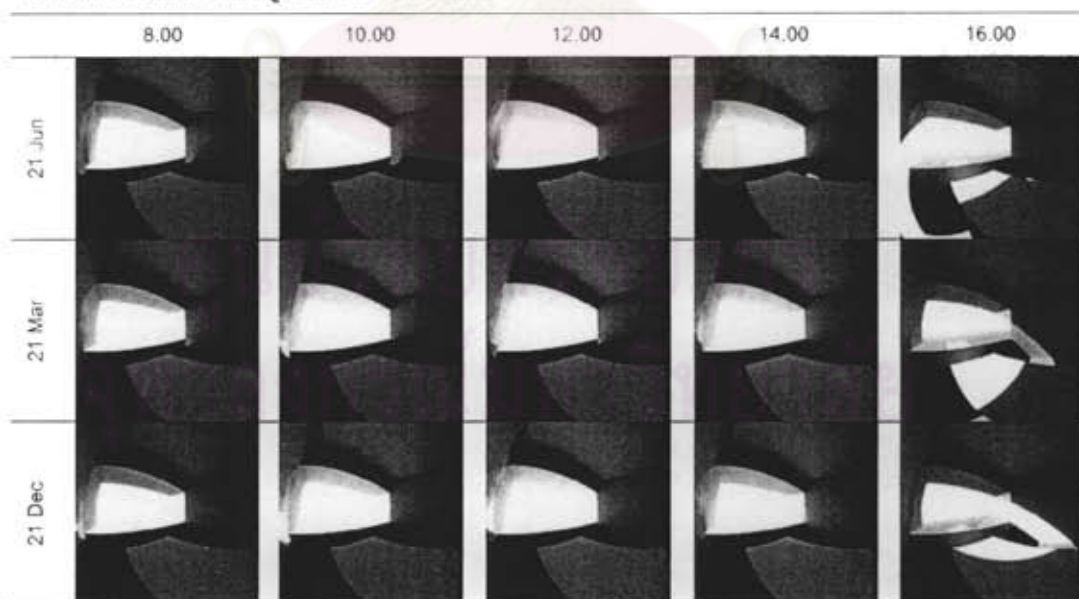
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทิศใต้



ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทิศตะวันออก

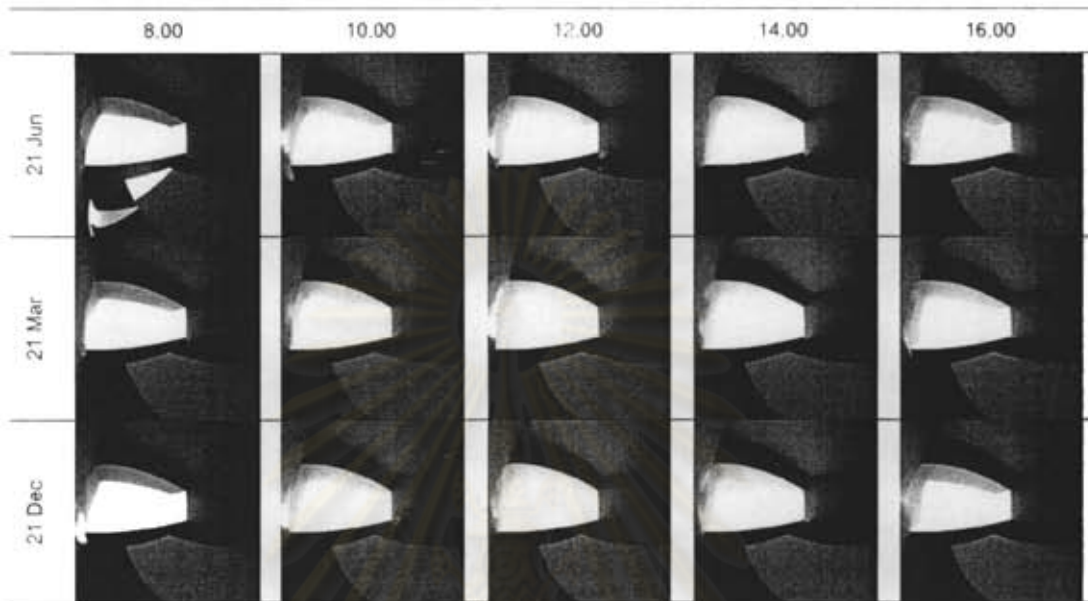


ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ C ทิศตะวันตก

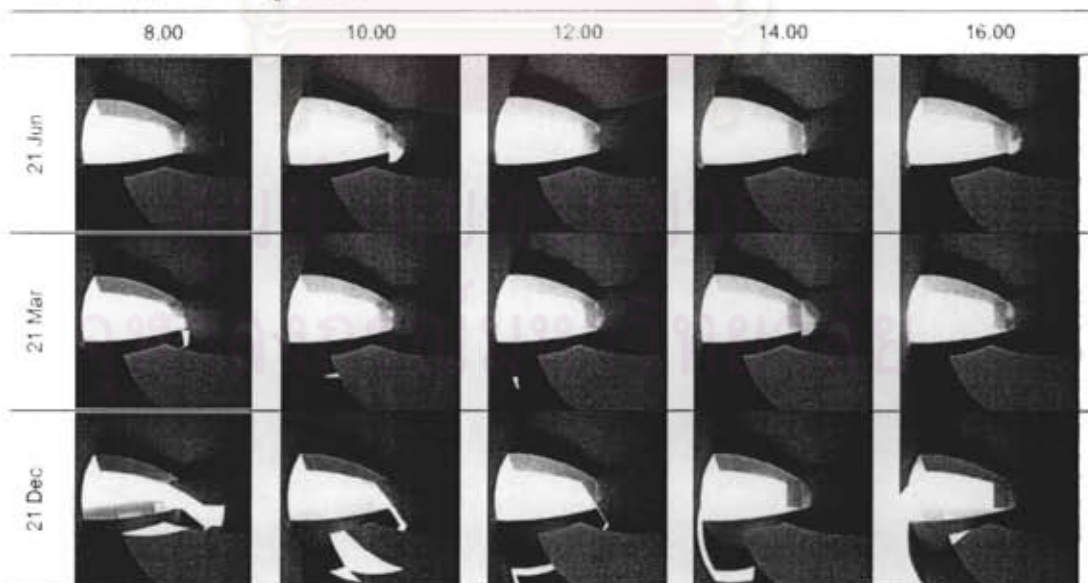


แผงบังแดดรูปแบบ D (แผงบังแดดแนวนอน และ แผงบังแดดแนวตั้ง 1 ด้าน)

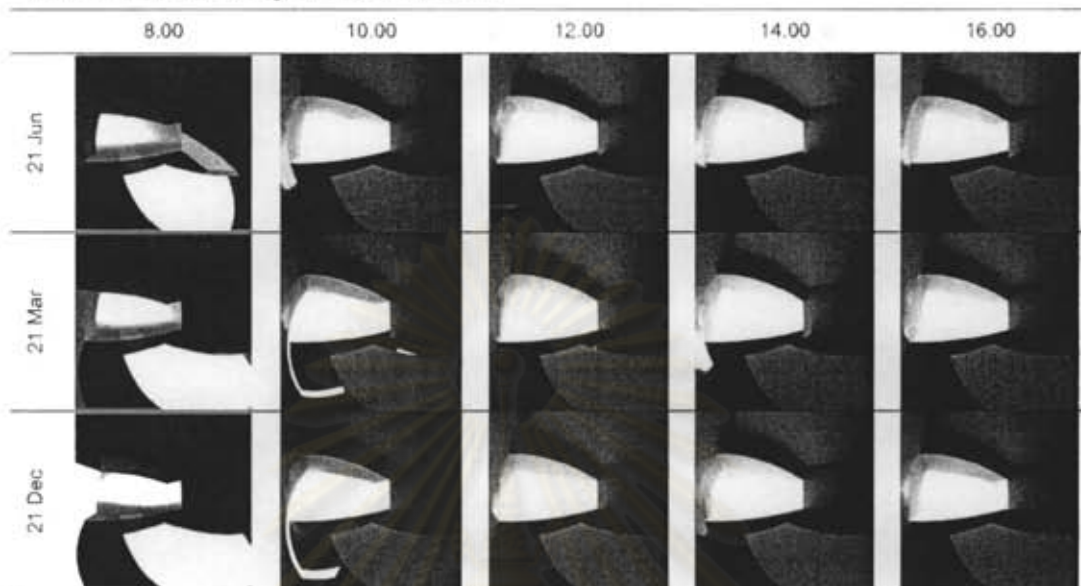
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทิศเหนือ



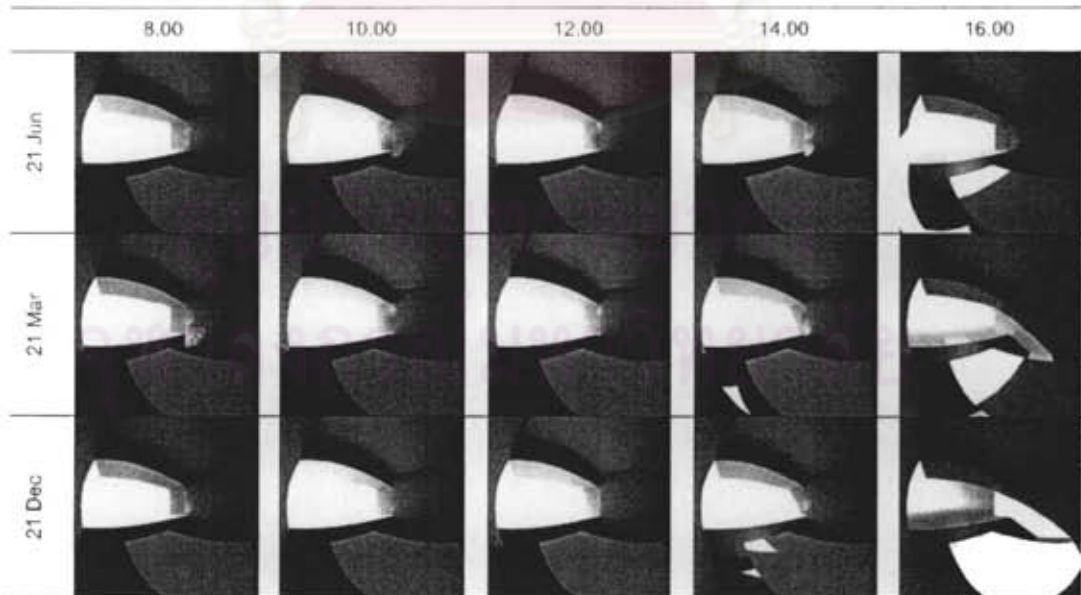
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทิศใต้



ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทิศตะวันออก

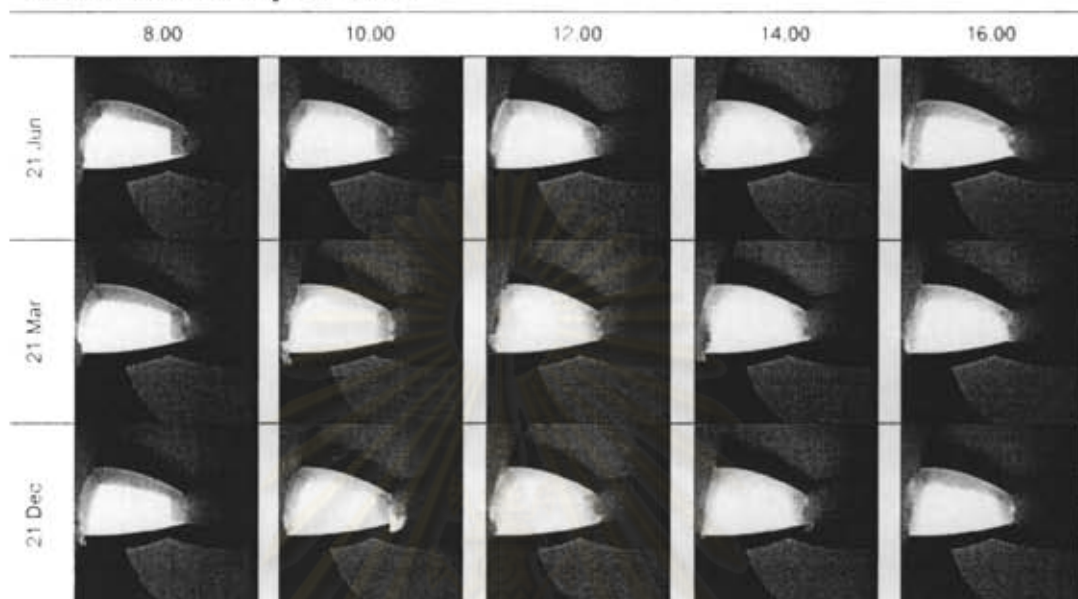


ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ D ทิศตะวันตก

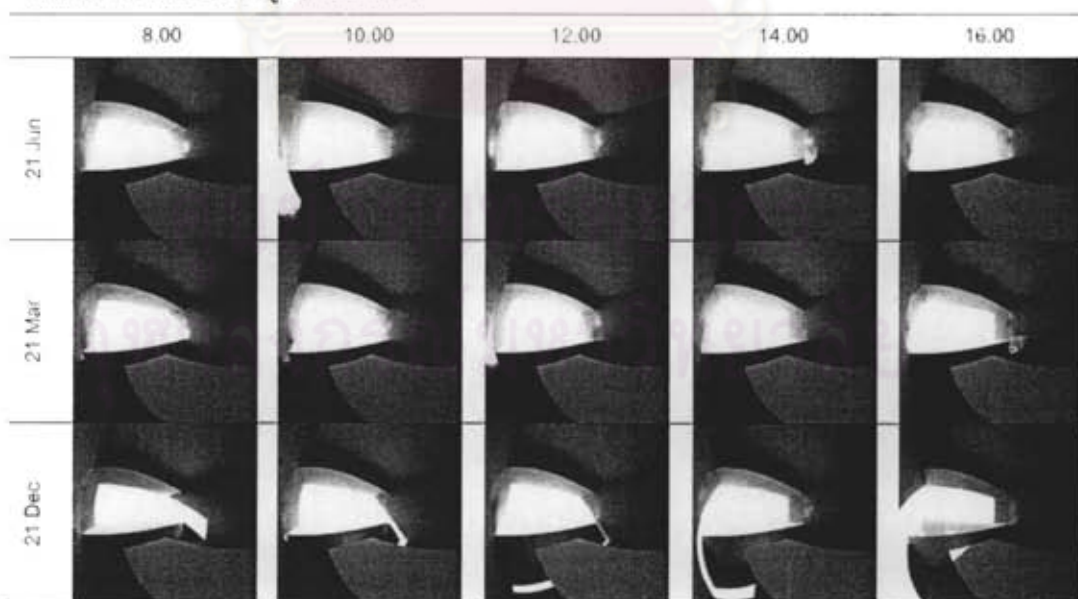


แผงบังแดดรูปแบบ E (แผงบังแดดแนวนอน และแผงบังแดดแนวตั้ง 2 ด้าน)

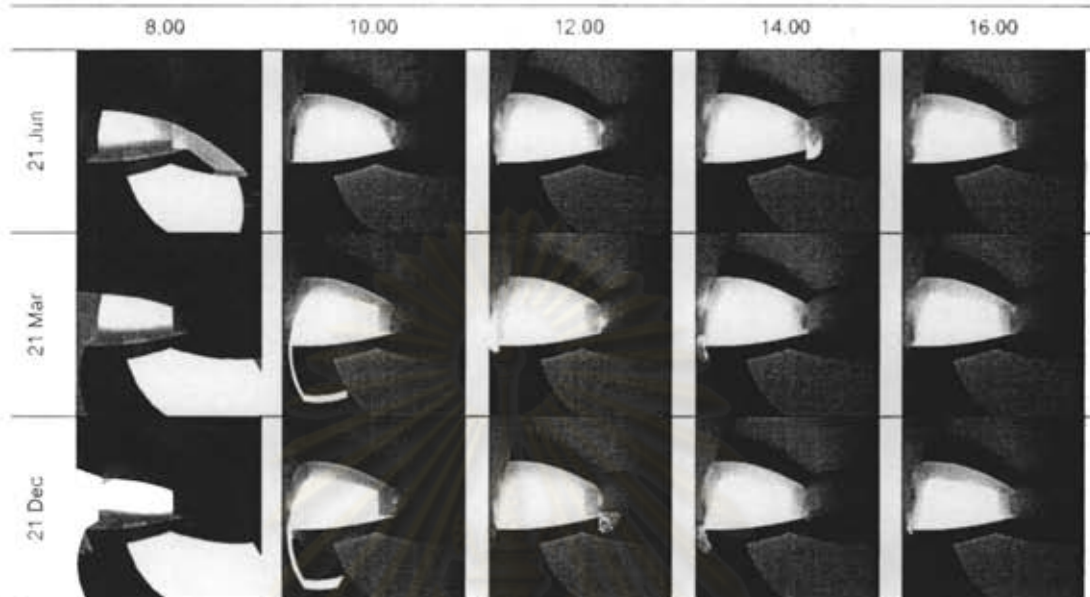
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทิศเหนือ



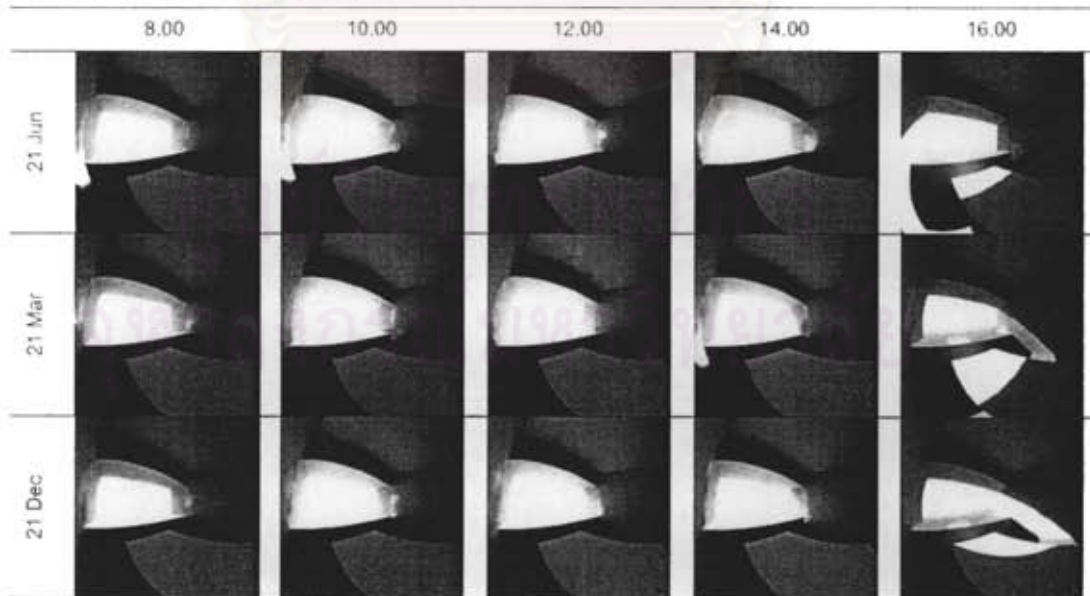
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทิศใต้



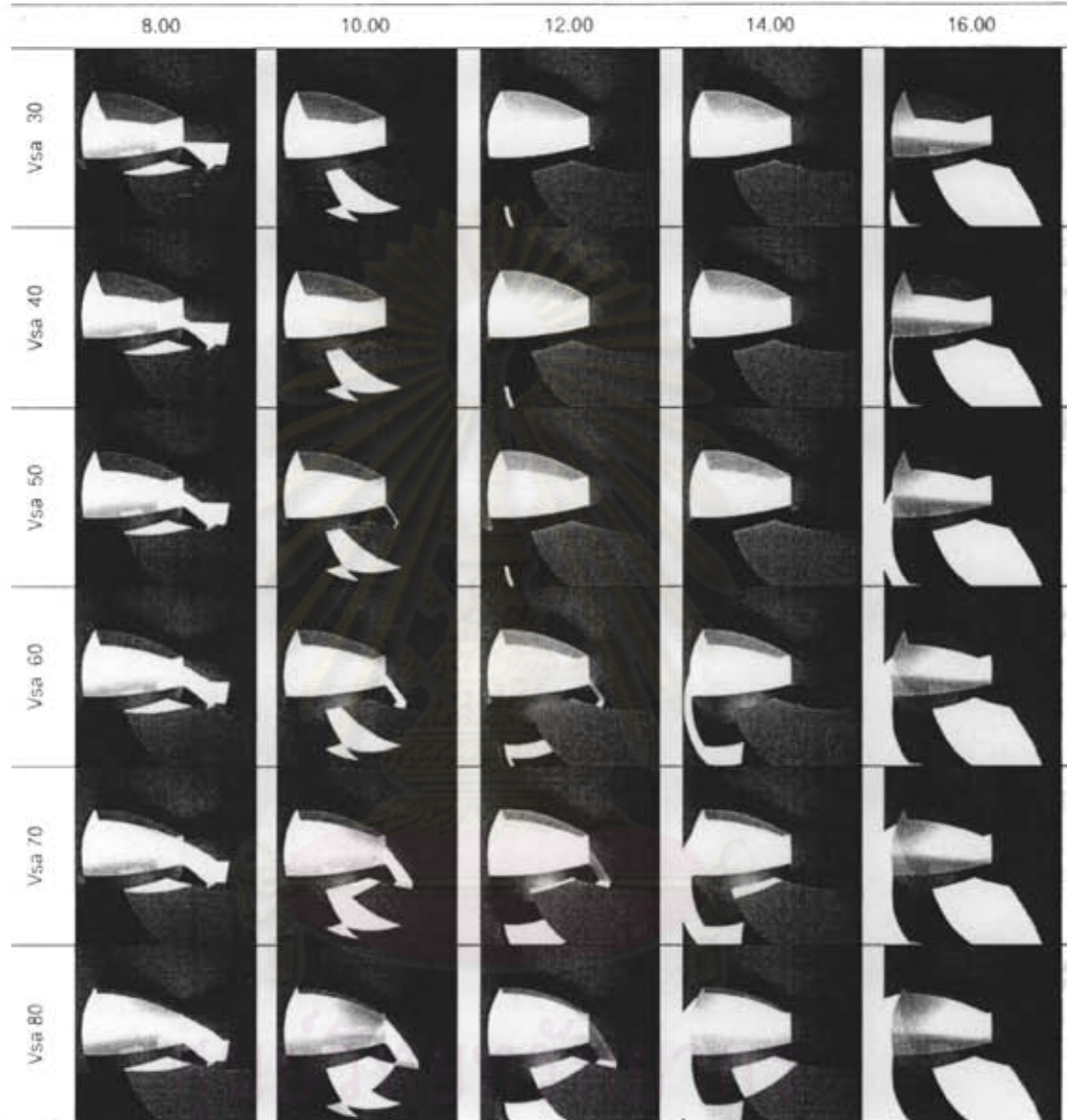
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทิศตะวันออก



ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดรูปแบบ E ทิศตะวันตก

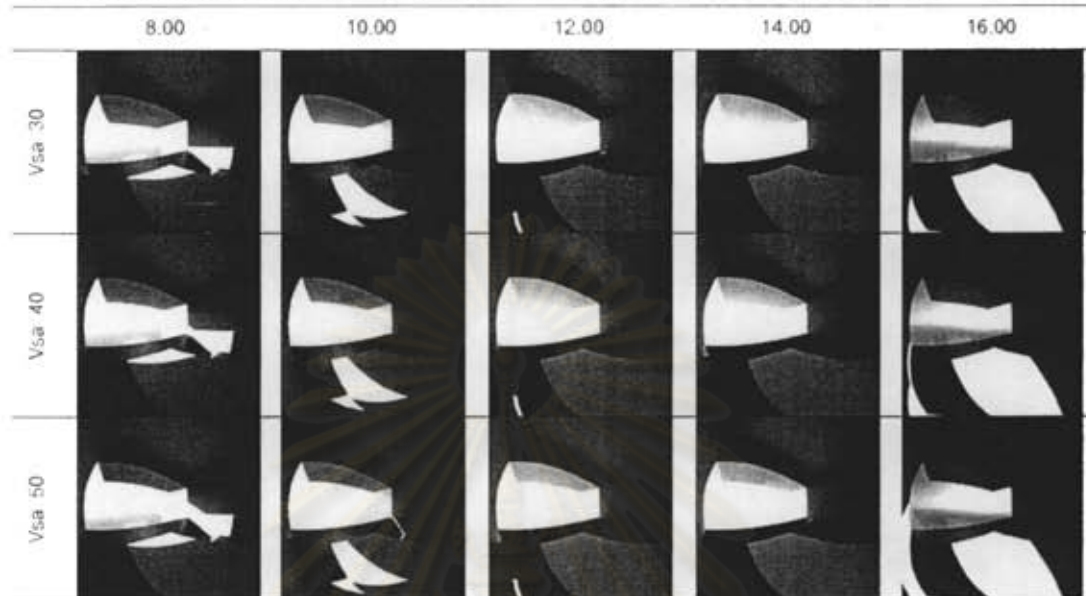


ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดแนวอนที่มุม: vertical shadow angle (VSA) จำนวน 1 อันทางทิศใต้

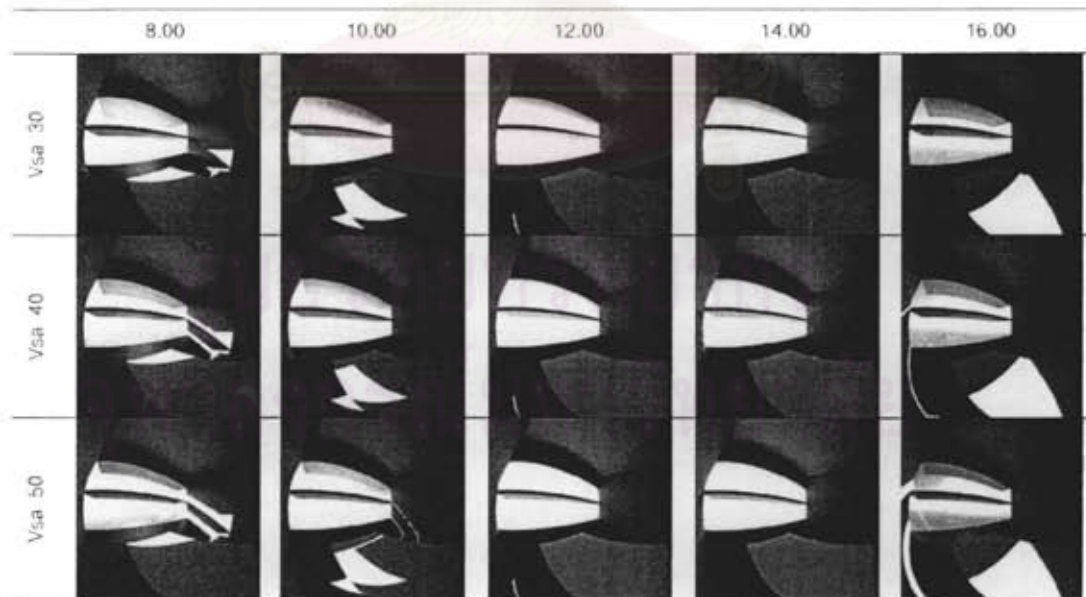


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

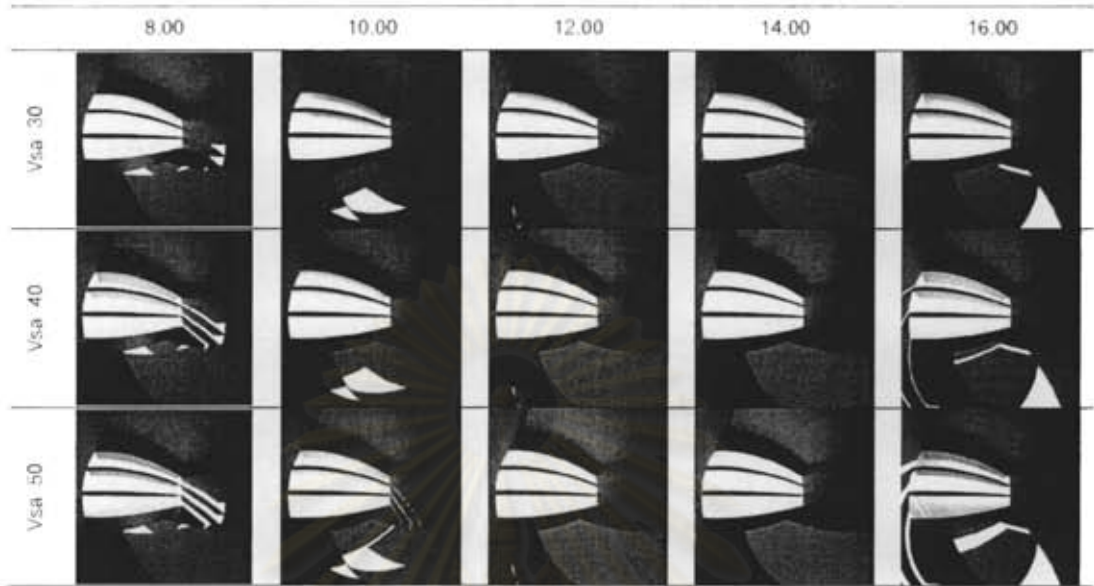
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดแนวอนที่มุม vertical shadow angle (VSA) 30 องศาจำนวน 1 อัน



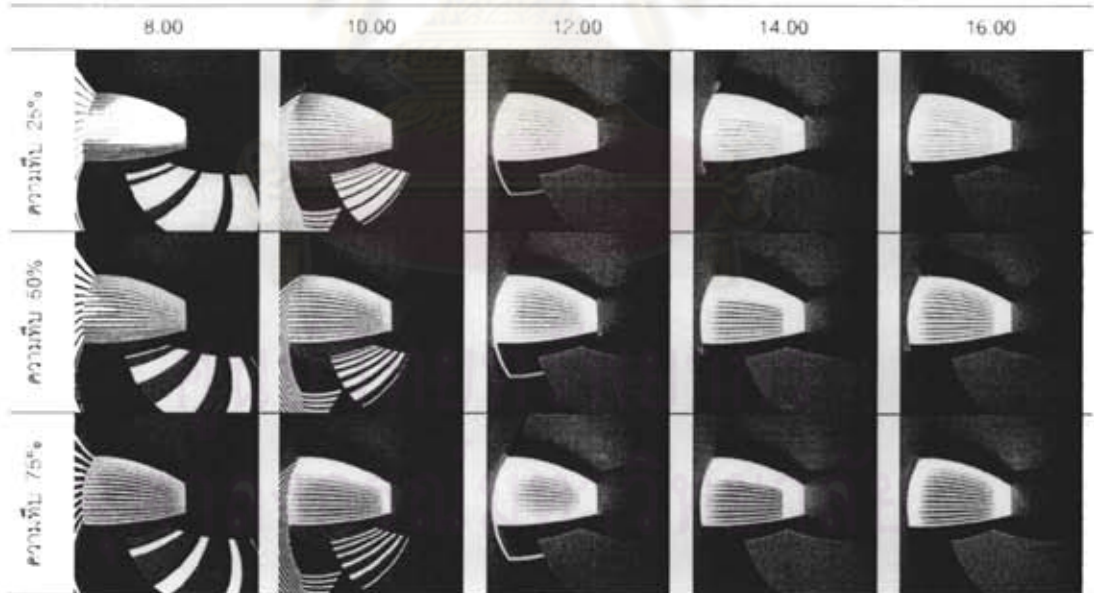
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดแนวอนที่มุม vertical shadow angle (VSA) 30 องศาจำนวน 2 อัน



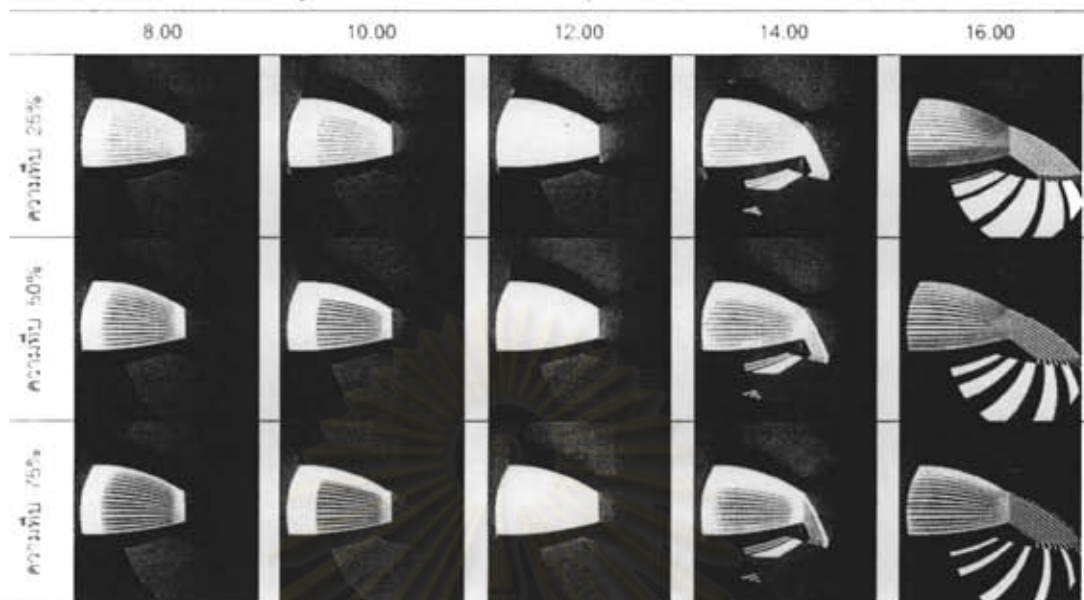
ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดแนวอนติรูม vertical shadow angle (VSA) 30 องศาจำนวน 3 ชั้น



ห้องที่มีการใช้แผงบังแดดในรูปแบบระแนงที่ความชันต่างๆ ในทิศตะวันออกของวันที่ 21 ธันวาคม



ห้องที่มีการใช้แสงบังแดดในรูปแบบระแนงที่ความถี่ต่างๆ ในทิศตะวันตกของวันที่ 21 ธันวาคม



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวณัฏฐจิรา สมิตาสุตานันท์ เกิดเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2530 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2552 ด้วยเกียรตินิยมอันดับ 2 และเข้าศึกษาคณะหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (หลักสูตรต่อเนื่อง) สาขาวิชาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2553



ศูนย์วิทยพัทธยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

