ประสิทธิภาพการกันความร้อนของแผงอลูมิเนียมฉลุลาย

ร้อยโทยงยุทธ อิ่มสงวน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THERMAL PERFORMANCE OF PERFORATED ALUMINIUM SCREEN DEVICES

First Lieutenant Yongyut Imsa-nguan

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 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพการกันความร้อนของแผงอลูมิเนียมฉลุลาย
โดย	ร้อยโทยงยุทธ อิ่มสงวน
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ณรงค์วิทย์ อารีมิตร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ยงยุทธ อิ่มสงวน : ประสิทธิภาพการกันความร้อนของแผงอลูมิเนียมฉลุลาย (THERMAL PERFORMANCE OF PERFORATED ALUMINIUM SCREEN DEVICES) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร, 156 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพการกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร โดยใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีขนาดความโปร่งต่างๆกัน และศึกษาถึงความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างรูปแบบแผงกันแดดอลูมิเนียมกับพลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคาร นอกจากนี้เพื่อกำหนดแนวทางการเลือกใช้รูปแบบแผงกันแดดอลูมิเนียม ฉลุลายให้เหมาะสมกับประเภทของอาคาร โดยใช้ตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading coefficient-SC)

การศึกษาวิจัยและจำลองผล ขนาดความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย 4 ขนาดความโปร่ง ได้แก่ ขนาดความโปร่งที่ 20% 35% 50% และ 65% ตามลำดับ รวมถึงสีของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย 3 สี ได้แก่ สีขาว,สีเทา และสีดำ และอาคารอ้างอิง (Reference building) ได้แก่ ตึกแถว ซึ่งมีขนาด กว้าง 4 ม. ลึก 12 ม. สูง 18 ม. โดยขั้นตอนการดำเนินการวิจัยส่วนแรก ทำการวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิจากกล่องทดลอง เพื่อนำมาคำนวณในสมการคณิตศาสตร์ให้ได้ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-value) และสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC) หลังจากนั้นแทนค่าตัวแปรดังกล่าวในขั้นตอนวิจัยส่วนที่สอง ซึ่งจำลองการใช้งานกับอาคารอ้างอิง ผลที่ได้จากการจำลองอาคารนำมาเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละกรณี เพื่อสร้างแนวทางการปรับปรุงอาคารให้สามารถลดการใช้พลังงานได้อย่างเหมาะสม

จากการทดลองสรุปได้ว่า อาคารที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% สามารถกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้ดีกว่าอาคารที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 35% 50% 65% ตามลำดับ และอาคารที่ไม่ได้ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย โดยบ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย สีขาว ที่ความโปร่ง 20% สามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด คือ 20.65% ทิศทางอาคารหันไปทางทิศใต้ และมีระยะเวลาในการคืนทุน 22 ปี 10 เดือน 24 วัน ส่วนสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย สีขาว ที่ความโปร่ง 20% สามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากสุด คือ 9.89% ทิศทางอาคารหันไปทางทิศเหนือ และมีระยะเวลาในการคืนทุน 23 ปี 10 เดือน 24 วัน และ อาคารที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวมีความโปร่งเดียวกันสามารถกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้ดีกว่าอาคารที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5573569725 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: ALUMINIUM PERFORATED / SHADING COEFFICIENT / EXTERNAL SHADING

YONGYUT IMSA-NGUAN: THERMAL PERFORMANCE OF PERFORATED ALUMINIUM SCREEN DEVICES. ADVISOR: ASST. PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 156 pp.

The objective of this research was to study the performance of perforated aluminum shading on reducing indoor heat gain by comparing the shading screens that were different in perforation percentage. In addition, the research was conducted to study the relationship between shading pattern and heat transfer. The other purpose of this study was to determine the proper choice of aluminum shading pattern by considering the building type. Heat transfer coefficient (U-value) and Shading coefficient (SC) were calculated to find out the best solution in this stage. The thermal simulation was carried out by using four different perforation percentages that were 20%, 35%, 50% and 65% in three different colors, white, gray and black. A row-house building was used as a reference building. For the first stage of the experiment, the temperature data of the test box was measured and recorded in order to calculate U-value and Shading coefficient (SC) with mathematical method. U-value and SC from the test box were used as the variables in computer simulation of the reference building. The results of cooling energy consumption in the simulation were compared to establish guidelines for building energy retrofit.

The results demonstrated that the building screen with 20% perforation percentage performed the best for reducing heat gain in building, followed by the building screen with 35%, 50%, 65% and non-shading device, respectively. The residential building using white aluminum shading with 20% perforation showed the highest percentage of energy saving that was 20.65%. However, the result performed most effectively on the South. This offered a payback period of 22 years 10 months and 24 days

Department: Architecture Student's Signature .....

Field of Study: Architecture Advisor's Signature .....

Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นผลมาจากผู้เกี่ยวข้องที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือที่ดีอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่ดีมาโดยตลอดตั้งแต่เริ่มเข้ามาศึกษาในหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ ในฐานะประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ. พรรณชลัท สุริโยธิน, ผศ.ดร.วรภัทร อิงคโรจน์ฤทธิ์ ในฐานะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และดร. ณรงค์วิทย์ อารีมิตร กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัยที่สละเวลาในการให้คำแนะนำและร่วมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่านรวมทั้งรุ่นพี่ เพื่อนๆ และน้องๆ หลักสูตรนวัตกรรมออกแบบนิเวศน์สถาปัตย์ ทุกท่าน ในการให้คำแนะนำการติดต่อประสานงาน สำหรับการศึกษาในระดับมหาบัณฑิต

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจ ช่วยเหลือและสนับสนุนในทุกๆ ด้าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
สารบัญแผนภูมิ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 6
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 6
1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา 7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
2.1 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) 9
2.2 เขตความสบาย (Comfort Zone) 13
2.3 การป้องกันแดด (Solar Control) 15
2.4 คุณสมบัติของวัสดุที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อน 15
2.5 งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 21
3.1 แนวทางการวิจัย 21
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 21
3.4 การกำหนดตัวแปรของงานวิจัย 21
3.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 22
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล 29
4.1 วิธีการรวบรวมข้อมูล 29
4.2 ผลการศึกษาวิจัยจากกล่องทดลอง และวิเคราะห์ผลเชิงเทคนิคด้านอุณหภูมิ 31
4.3 ผลการศึกษาวิจัยจากการจำลองอาคาร และวิเคราะห์ผลเชิงเทคนิคด้านการใช้พลังงานภายในอาคาร 37
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 81
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์และแนวทางในการเลือกใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย 81
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ 83
5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป 83
รายการอ้างอิง 84
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 157

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แสดงผลการบันทึกอุณหภูมิของตำแหน่งที่วัดทั้ง 2 ตำแหน่ง 32

ตารางที่ 2 แสดงค่า U ,ค่า SC และค่า VT 33

ตารางที่ 3 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน และในทิศทางต่างๆ สำหรับบ้านพักอาศัย 44

ตารางที่ 4 แสดงการเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานไฟฟ้า เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน และในทิศทางต่างๆ สำหรับบ้านพักอาศัย 45

ตารางที่ 5 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน และในทิศทางต่างๆ สำหรับสำนักงาน 46

ตารางที่ 6 แสดงการเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานไฟฟ้า เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน และในทิศทางต่างๆ สำหรับสำนักงาน 47

ตารางที่ 7 แสดงระยะเวลาการคืนทุน เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน และในทิศทางต่างๆ สำหรับบ้านพักอาศัย 48

ตารางที่ 8 แสดงระยะเวลาการคืนทุน เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน และ ในทิศทางต่างๆ สำหรับสำนักงาน 48

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวตั้ง 2
ภาพที่ 2 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวตั้ง 2
ภาพที่ 3 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวตั้ง 3
ภาพที่ 4 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวตั้ง 3
ภาพที่ 5 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวนอน 4
ภาพที่ 6 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวนอน 4
ภาพที่ 7 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวนอน 5
ภาพที่ 8 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวนอน 5
ภาพที่ 9 แสดงการความร้อนจากภายนอกอาคารเข้ามาภายในอาคาร 9
ภาพที่ 10 แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการนำความร้อน 10
ภาพที่ 11 แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการพาความร้อน 11
ภาพที่ 12 แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการแผ่รังสีความร้อน 12
ภาพที่ 13 แสดงช่วงของสภาวะน่าสบาย 13
ภาพที่ 14 รูปแบบของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ 23
ภาพที่ 15 กล่องที่ใช้ในการทดลอง 24
ภาพที่ 16 ช่องลมออก ติดตั้งพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ติด sensor วัดอุณหภูมิลมออก 24
ภาพที่ 17 หลอดไฟอินฟราเรด ขนาด 250 W จำนวน 4 หลอด ส่องตั้งฉากกับกล่องทดลอง ระยะห่าง 0.40 ม. 25
ภาพที่ 18 Lutron รุ่น BTM-4208SD 25
ภาพที่ 19 สายวัดอุณหภูมิ ชนิด K-General รุ่น GK-03 Type K-Thermocouple 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 20 Section Plan แสดงความร้อนที่เข้ามาภายในกล่องทดลอง 27
ภาพที่ 21 แปลนและรูปทัศนียภาพ ตึกแถวที่ใช้เป็นอาคารอ้างอิง..... 27
ภาพที่ 22 วัสดุที่ใช้ทำพื้นและผนังของอาคารตึกแถวที่ใช้ในการวิเคราะห์ 29
ภาพที่ 23 แสดงรูปด้านหน้าอาคารและด้านหลังอาคาร 30
ภาพที่ 24 แสดงทิศทางของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานภายในอาคาร..... 30
ภาพที่ 25 แสดงตำแน่งการวัดอุณหภูมิลม เข้า-ออก จากกล่องทดลอง..... 31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาและความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย 34

แผนภูมิที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบ ΔT ของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ที่ใช้ความโปร่ง 20%,35% ,50% ,65% และ Base Case 35

แผนภูมิที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบ ΔT ของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีเทา ที่ใช้ความโปร่ง 20%,35% ,50% ,65% และ Base Case 35

แผนภูมิที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบ ΔT ของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ที่ใช้ความโปร่ง 20%,35% ,50% ,65% และ Base Case 36

แผนภูมิที่ 5 แสดงการพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี ของบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว เปรียบเทียบกับบ้านที่ไม่ได้ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย 37

แผนภูมิที่ 6 แสดงการพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี ของบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ เปรียบเทียบกับบ้านที่ไม่ได้ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย 37

แผนภูมิที่ 7 แสดงการพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี ของสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว เปรียบเทียบกับบ้านที่ไม่ได้ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย 38

แผนภูมิที่ 8 แสดงการพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี ของสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำเปรียบเทียบกับบ้านที่ไม่ได้ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย 38

แผนภูมิที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) บ้าน(ทิศเหนือ) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ 39

แผนภูมิที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) บ้าน(ทิศตะวันออก) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ 40

แผนภูมิที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) บ้าน(ทิศใต้) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียม ฉลุลายสีขาวและสีดำ 40

แผนภูมิที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) บ้าน(ทิศตะวันตก) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียม ฉลุลายสีขาวและสีดำ 41

แผนภูมิที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) สำนักงาน(ทิศเหนือ) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ 42

แผนภูมิที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) สำนักงาน(ทิศตะวันออก) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ 42

แผนภูมิที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) สำนักงาน(ทิศใต้) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ 43

แผนภูมิที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) สำนักงาน(ทิศตะวันตก) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ 43

แผนภูมิที่ 17 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาว เปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศเหนือ 49

แผนภูมิที่ 18 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำ เปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศเหนือ 49

แผนภูมิที่ 19 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศตะวันออก 50

แผนภูมิที่ 20 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศตะวันออก 51

แผนภูมิที่ 21 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศใต้ 52

แผนภูมิที่ 22 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศใต้ 52

แผนภูมิที่ 23 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศตะวันตก 53

แผนภูมิที่ 24 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศตะวันตก 54

แผนภูมิที่ 25 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศเหนือ 55

แผนภูมิที่ 26 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศเหนือ 55

แผนภูมิที่ 27 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศตะวันออก 56

แผนภูมิที่ 28 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศตะวันออก 57

แผนภูมิที่ 29 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศใต้ 58

แผนภูมิที่ 30 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศใต้ 58

แผนภูมิที่ 31 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศตะวันตก 59

แผนภูมิที่ 32 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศตะวันตก 60

แผนภูมิที่ 33 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศเหนือ 61

แผนภูมิที่ 34 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศเหนือ 61

แผนภูมิที่ 35 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศตะวันออก 62

แผนภูมิที่ 36 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศตะวันออก 62

แผนภูมิที่ 37 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศใต้ 63

แผนภูมิที่ 38 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศใต้ 63

แผนภูมิที่ 39 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศตะวันตก 64

แผนภูมิที่ 40 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศตะวันตก 64

แผนภูมิที่ 41 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศเหนือ 65

แผนภูมิที่ 42 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศเหนือ 66

แผนภูมิที่ 43 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศตะวันออก 66

แผนภูมิที่ 44 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศตะวันออก 67

แผนภูมิที่ 45 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศใต้ 67

แผนภูมิที่ 46 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศใต้ 68

แผนภูมิที่ 47 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศตะวันตก 68

แผนภูมิที่ 48 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศตะวันตก 69

แผนภูมิที่ 49 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง 70

แผนภูมิที่ 50 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง 70

แผนภูมิที่ 51 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง 71

แผนภูมิที่ 52 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง 71

แผนภูมิที่ 53 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง 72

แผนภูมิที่ 54 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง 73

แผนภูมิที่ 55 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง 73

แผนภูมิที่ 56 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง 74

แผนภูมิที่ 57 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง 75

แผนภูมิที่ 58 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง..... 75

แผนภูมิที่ 59 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง..... 76

แผนภูมิที่ 60 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง..... 76

แผนภูมิที่ 61 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง..... 78

แผนภูมิที่ 62 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง..... 78

แผนภูมิที่ 63 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง..... 79

แผนภูมิที่ 64 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง..... 79

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

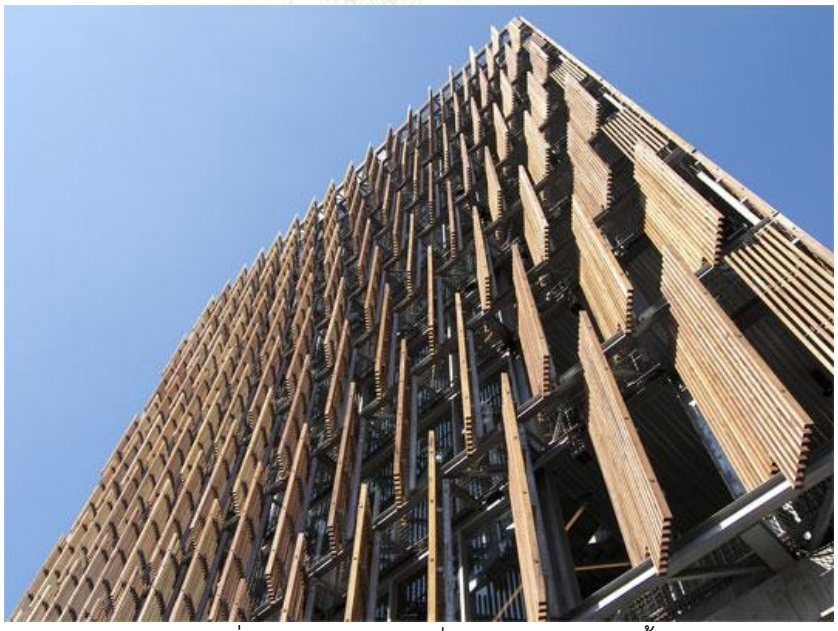
หลักในการออกแบบสถาปัตยกรรมควรคำนึง หรือให้ความสำคัญกับสภาพดินฟ้าอากาศ การบังแดด กันฝน การรับลมธรรมชาติ รวมทั้งคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย และความประหยัด ในอดีตวิถีชีวิตของคนไทยประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก รูปแบบทางสถาปัตยกรรมจึงสอดคล้องกับวิถีชีวิต และลักษณะทางภูมิอากาศที่มีลักษณะร้อนชื้น คือ ตัวอาคารยกพื้นสูงใช้เก็บอุปกรณ์ทางการเกษตรและเพื่อป้องกันน้ำท่วม ชายคามีลักษณะยื่นยาว หลังคาสูงชัน เพื่อให้ระบายน้ำฝนได้ดีในฤดูฝนลักษณะที่มีชายคายื่นยาวนี้ยังสามารถป้องกันแสงแดดและความร้อนที่จะผ่านเข้ามาภายในอาคาร โครงสร้างอาคารเป็นไม้ ซึ่งไม่เก็บกักความร้อน ปัจจุบันรูปแบบการดำเนินชีวิตได้เปลี่ยนไปตามสภาพเศรษฐกิจ การออกแบบอาคารไม่ได้ให้ความสำคัญกับสภาพภูมิอากาศ เน้นแต่รูปแบบภายนอกที่ทันสมัย พื้นที่สำหรับสร้างที่อยู่อาศัยมีราคาสูงขึ้น รูปแบบอาคารเปลี่ยนไปจากในอดีตกลายเป็นอาคารสูง ทำให้การบังแดดเพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารมีรูปแบบที่เปลี่ยนไป

การป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น ใช้กระจกกันความร้อน ใช้วัสดุผนังที่มีฉนวนกันความร้อน ใช้ม่านกันความร้อน หรือแผงกันแดด ซึ่งส่งผลต่อสภาวะน่าสบายภายในอาคาร

แผงกันแดดถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบหนึ่งของตัวสถาปัตยกรรม ซึ่งอาจจะเรียกแตกต่างกันไป เช่น ชายคาที่ยื่นยาว ปีกนก กันสาด เป็นต้น หน้าที่ของแผงกันแดด คือ ป้องกันแสงแดดและความร้อนผ่านเข้าสู่ภายในอาคาร รูปแบบแผงกันแดดมีการปรับเปลี่ยนมาโดยลำดับ ในอดีต รูปแบบแผงกันแดดจะดูเรียบๆ คำนึงถึงการใช้งานเป็นหลัก สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แผงกันแดดแนวนอน แผงกันแดงแนวตั้ง แผงกันแดดแบบผสม แผงกันแดดนอกจากมีหน้าที่หลักในการกันแดดและกันความร้อนแล้ว ยังเป็นส่วนประกอบตกแต่งอาคาร เพื่อความสวยงามให้กับตัวงานสถาปัตยกรรม

ภาพที่ 1 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวตั้ง

ที่มา : http://www.architectureanddesign.com.au/features/list/four-creatiec-facades

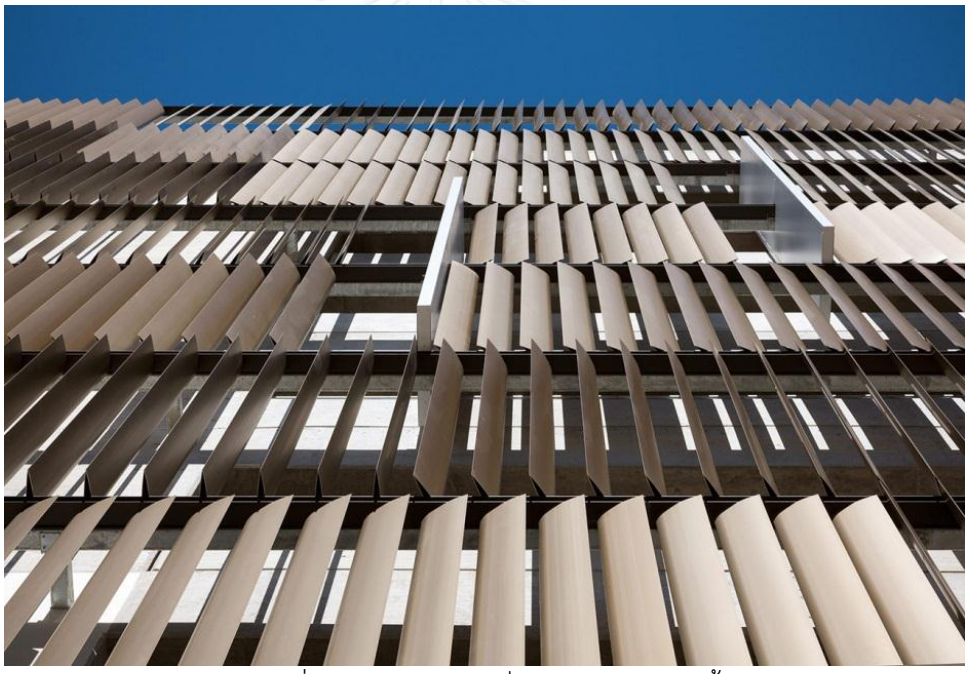


ภาพที่ 2 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวตั้ง

ที่มา : http://www.archinect.com/forum/thread/76147/vertical-sun-shading-system

ภาพที่ 3 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวตั้ง

ที่มา : http://www.openbuildings.com/building/amet-school-profile-43785#!buildings-media/2



ภาพที่ 4 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวตั้ง

ที่มา http://www.azahner.com/portfolio/ucsf-parking-sructure

ภาพที่ 5 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวนอน

ที่มา : http://www.architectureanddesign.com.au/features/list/four-creatiec-facades

ภาพที่ 6 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวนอน

ที่มา : http://www.archdaily.com/35717/baas-general-partnership-monovolume

ภาพที่ 7 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวนอน

ที่มา : http://www.specificationonline.co.uk/newa-article/4455-levolux-levolux-tackles-light-heat-and-sound-in -cardiff

ภาพที่ 8 ตัวอย่างอาคารที่ใช้แผงกันแดดแนวนอน

ที่มา : http://www.archiexpo.com-prod-doralco-product-59444-393284.html

ประโยชน์ของแผงกันแดด (ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2514)

1. ลดปริมาณความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร โดยบังแสงแดดที่จะเข้าทางหน้าต่าง จะทำให้ความร้อนที่เกิดจากแสงแดดน้อยลง

2. ป้องกันน้ำฝนที่จะผ่านเข้าสู่อาคารทางช่องเปิดและหน้าต่างในฤดูฝน หรือเวลาฝนตก

3. เพิ่มความสวยงามให้กับอาคาร ในกรณีนี้นั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบ และความเหมาะสมของรูปแบบของแผงกันแดดกับอาคาร

4. ทำให้ลดการใช้พลังงานแสงสว่าง และปรับอากาศ เนื่องจากแผงกันแดดนั้นบังเงาให้หน้าต่าง จึงสามารถนำแสงสว่างจากแสงแดดเข้ามาใช้ได้ และแผงกันแดดนั้นยังบังเงาให้ผนังบางส่วน จึงทำให้เกิดการลดการถ่ายเทความร้อนจากผนังได้บางส่วน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารโดยใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่งต่างๆ กัน

2. เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ที่เหมาะสม ระหว่างรูปแบบแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายกับพลังงานความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคาร

3. เพื่อกำหนดแนวทางการเลือกใช้รูปแบบของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายให้เหมาะกับประเภทของอาคาร และผลการใช้พลังงานภายในอาคารด้วยการประเมินผลเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์

4. เพื่อศึกษาปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่ตัวอาคาร โดยใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่งต่างๆ กัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษารูปแบบของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย โดยดูตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) และค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC)

2. ศึกษาและจำลองผลการใช้พลังงานของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายกับอาคารอ้างอิง (Reference building)

3. ศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายกับอาคารเดิมที่เปิดใช้งานแล้วเท่านั้น ดังนั้นการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์การคิดต้นทุนจะไม่รวมค่าก่อสร้างอาคาร จะคิดเพียงการปรับปรุงอาคารเท่านั้น

4. การวัดประสิทธิภาพในการใช้งานอาคารที่อยู่ในกรอบของอาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศ

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา

1. ศึกษาข้อมูล ทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ที่ส่งผลต่ออุณหภูมิภายในอาคารและการประหยัดพลังงาน เป็นต้น

2. ศึกษาและกำหนดตัวแปรของงานวิจัย สำหรับกล่องทดลองและการจำลองอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

3. วิเคราะห์ผลจากข้อมูลที่เก็บได้จากกล่องทดลอง ประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดทดลอง และคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อน (U-value) และค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC)

4. ทำการจำลองการใช้พลังงานในอาคาร โดยนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ คือ U-value และค่า SC เพื่อแทนค่าตัวแปรเพื่อสร้างวัสดุใหม่ ในโปรแกรม Visual DOE 4.1 เพื่อใช้กับอาคารอ้างอิง (Reference Building)

5. วิเคราะห์ผลข้อมูล ประเมินประสิทธิภาพรูปแบบของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย เชิงเทคนิค

6. สรุปผลการจำลองทั้งหมดและเสนอแนวทางในการเลือกใช้รูปแบบแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายให้เหมาะสมกับประเภทอาคาร และการใช้พลังงานภายในอาคาร

สมมุติฐานในการวิจัย

ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสามารถแสดงได้ด้วยค่าความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปรต้น : ความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย
สีของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย
ทิศทางการติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ตัวแปรตาม : อุณหภูมิ อากาศภายในกล่องทดลอง แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่งต่างๆกัน ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร ($kWh/m^2.y$) จากการทดลอง

ตัวแปรควบคุม : แหล่งกำเนิดความร้อน เครื่องมือวิจัย ความหนาของแผ่นอลูมิเนียมฉลุลาย ขนาดของพัดลม ขนาดของกล่องทดลอง ระยะที่ติดตั้งแผงอลูมิเนียมฉลุลายกับกล่องทดลอง ชนิดและความหนาของกระจก

วัสดุอุปกรณ์

1. กล่องทดลองที่สร้างมีขนาด 0.60x0.60x0.60 ม.ทำด้วยแผ่นยิปซัมกันความร้อนพิเศษ โครงสร้างภายในเป็นโฟม Expanded Polystyrene ความหนาแน่นสูง (EPS Hi-Dense) หนา 50 มม. โครงภายนอกทำ

ด้วยแผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 10 มม. ผนังกล่องด้านหน้าเจาะช่องขนาด 0.28x0.41 ม. สำหรับติดตั้งชิ้นทดสอบ ด้านหนึ่งของผนังกล่องเจาะเป็นช่องลมเข้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว และฝั่งตรงข้ามเจาะเป็นช่องลมออกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว จำนวน 2 ใบ

2. กระจกใสหนา 3 มม. ขนาด 0.28x0.41 ม. จำนวน 2 แผ่น
3. แผ่นอลูมิเนียมฉลุลาย ขนาด 0.39x0.41 ม. สีขาวความโปร่ง 20%, 35% , 50%และ 65% จำนวน 4 แผ่น, สีเทาความโปร่ง 20%, 35%, 50% และ 65% จำนวน 4 แผ่น และ สีดำความโปร่ง 20%, 35%, 50% และ 65% จำนวน 4 แผ่น
4. พัดลมดูดอากาศขนาดหน้าตัด 3 นิ้ว ที่มีอัตราระบายอากาศ (Cubic foot per minute-CFM) เท่ากับ 20.89 ft^3/min จำนวน 2 เครื่อง
5. เครื่องวัดอุณหภูมิ 12 Channels Temperature Recorder Model BTM-4208SD จำนวน 1 เครื่อง
6. โปรแกรม Visual DOE 4.1

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงประสิทธิภาพการกันความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีขนาดรูต่างๆ กัน

2. ทราบถึงความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างรูปแบบแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายกับพลังงานความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคาร

3. ได้แนวทางการเลือกรูปแบบของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายให้เหมาะสมกับประเภทของอาคารและผลการใช้พลังงานภายในอาคารด้วยการประเมินผลเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้นำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย การศึกษาประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของแผ่นอลูมิเนียมฉลุลาย ซึ่งประกอบไปด้วยขนาดความโปร่งที่แตกต่างกัน

แหล่งกำเนิดความร้อนจากภายนอกอาคารที่สำคัญที่สุดคือดวงอาทิตย์ซึ่งถ่ายเทพลังงานมายังโลกโดยการแผ่รังสี (Radiation) รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศมายังพื้นโลก แบ่งเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

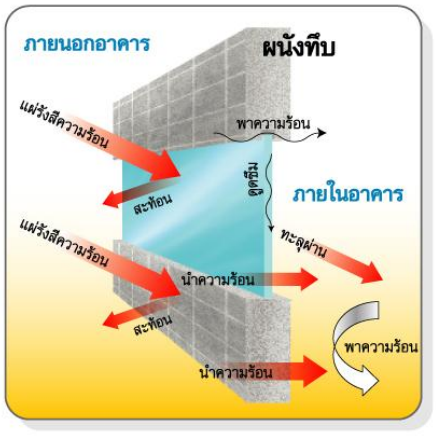
รังสีตรง (Direct Radiation) เป็นรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) คลื่นสั้นโดยมีช่วงความยาวคลื่นประมาณ 0.3-4ไมครอน ซึ่งเคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศพุ่งตรงมายังพื้นผิวโลก ส่วนใหญ่เป็นแสงสว่าง

รังสีกระจาย (Diffuse Radiation) เป็นรังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้นที่ถูกกระเจิง (Scatter)โดยโมเลกุลของอากาศ ไอน้ำ และฝุ่นละอองในบรรยากาศ มีทิศทางไม่แน่นอน

ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจาย เรียกกันโดยทั่วไปว่า รังสีรวม (Global Radiation) เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบวัตถุต่างๆ บนพื้นผิวโลก จะทำให้วัตถุเหล่านั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นและแผ่รังสีออกมาในรูปของรังสีความร้อน หรือรังสีอินฟราเรด ซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาว โดยความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 4-50 ไมครอน

2.1 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

อาศัยกฎของ Thermodynamics คือ การถ่ายเทความร้อนต้องอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นตัวผลักดัน และ ความร้อนจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่ที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ประกอบด้วย การนำความร้อน (Conduction), การพาความร้อน (Convection), การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)



ภาพที่ 9 แสดงการความร้อนจากภายนอกอาคารเข้ามาภายในอาคาร

ที่มา http://www.ameritechfilm.com

2.1.1 การนำความร้อน (Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนภายในวัตถุที่เป็นของแข็งจากอะตอมหนึ่งไปสู่อีกอะตอมหนึ่ง ด้วยการชนกันและแลกเปลี่ยนพลังงานซึ่งกันและกัน โดยที่อะตอมที่มีพลังงานมากกว่าจะสูญเสียพลังงานให้แก่อะตอมที่มีพลังงานน้อยกว่า วัตถุแต่ละชนิดจะนำความร้อนได้ต่างกัน ซึ่งคุณสมบัติในการนำความร้อนของวัตถุขึ้นอยู่กับ ลักษณะของเนื้อวัตถุ, ความชื้นในเนื้อวัตถุ, ความหนาของเนื้อวัตถุ

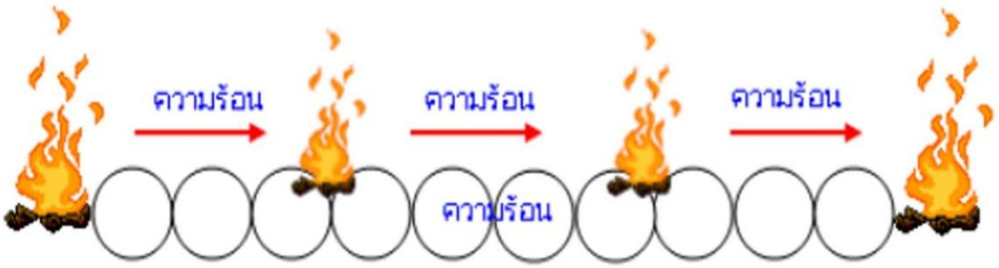
$$Q_{cond.} = UA\Delta T$$

โดยที่ $Q_{cond.}$ = พลังงานความร้อน (W)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (U-value, $W/m^2.^oC$)

A = พื้นที่ที่มีการถ่ายเทความร้อน (m^2)

T = ความแตกต่างของอุณหภูมิ (^oC)



ภาพที่ 10 แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการนำความร้อน
ที่มา http://www.myfirstbrain.com

2.1.2 การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างผิวของแข็งและของไหลในบริเวณใกล้เคียงกันและอุณหภูมิต่างกัน ของไหลในที่นี้ ได้แก่ ก๊าซ หรือของเหลว ซึ่งเกิดขึ้นได้ 2 แบบ (อรรจน์ เศรษฐบุตร, 2552)

2.1.2.1การพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) เกิดขึ้นในกรณีที่ของไหลพาความร้อนผ่านผิวของแข็งด้วยแรงภายนอก

2.1.2.2 การพาความร้อนแบบอิสระ (Free Convection)เป็นการถ่ายเทพลังงานความร้อนผ่านตัวกลางที่มีลักษณะเป็นของไหล เช่น อากาศ ของเหลว โดยเมื่อสสารมีอุณหภูมิสูงขึ้นโมเลกุลจะมีความหนาแน่นลดลงทำให้น้ำหนักเบา จึงเกิดการลอยตัวขึ้น และถูกแทนที่ด้วยสสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และความหนาแน่นมากกว่า จนเกิดเป็นการเคลื่อนทีแบบของไหล

$$Q_{conv..} = hA(T_a - T_s) \quad \text{.....สมการที่ 1}$$

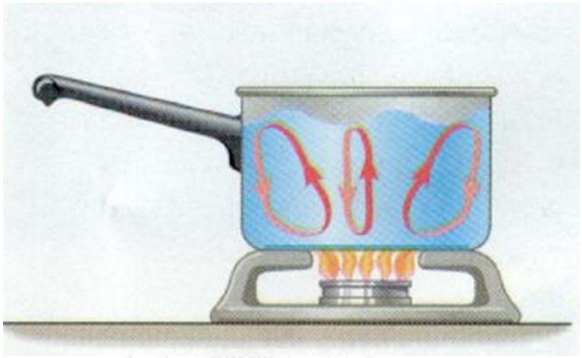
โดยที่ $Q_{conv.}$ = พลังงานความร้อน (W)

h = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของฟิล์มอากาศบริเวณที่มีอากาศไหลผ่าน ($W/m^2.^oC$)

A = พื้นที่ผิววัสดุที่ของไหลผ่าน (m^2)

T_a = ความแตกต่างของอุณหภูมิ (^oC)

T_s = อุณหภูมิพื้นผิววัสดุ (^oC)



ภาพที่ 11 แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการพาความร้อน

ที่มา http://www.thanapat53a25.wikispaces.com

2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) กลไกการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีมีความแตกต่างจากการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนและการพาความร้อน เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนไม่ต้องใช้ตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน สามารถกระจายไปได้ทุกทิศทุกทาง และไม่ขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของโลก แต่เป็นการถ่ายเทความร้อนในรูปของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า จากการสั่นไหวของโมเลกุล โดยจะมีลักษณะคล้ายการนำความร้อนอันเกิดจากความร้อนที่ตกกระทบกับโมเลกุลจนทำให้เกิดการดูดซับพลังงาน จนทำให้วัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้น

$$Q_{Emit} = \boldsymbol{\varepsilon\sigma} A T_S^4 \quad \text{.....สมการที่ 2}$$

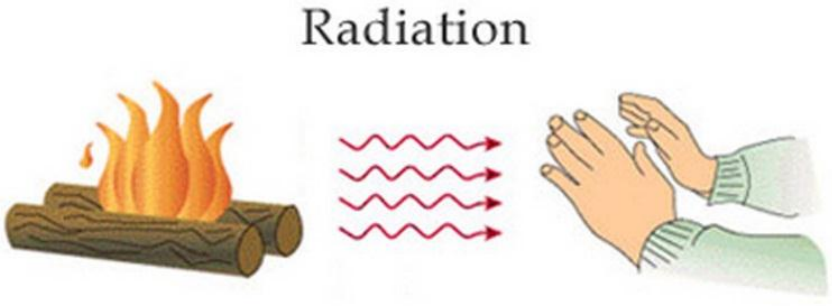
โดยที่ Q_{Emit} = ปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อน

$\boldsymbol{\varepsilon}$ = ค่า Emissivity จะขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัตถุ โดยจะมีค่าจาก 0-1 ($\boldsymbol{\varepsilon}$ = 1 คือวัตถุ Blackbody คือปลดปล่อยความร้อนออกหมด 100%)

$\boldsymbol{\sigma}$ = Stefan-Boltzman Constant มีค่าเท่ากับ 5.67×10^{-8} $W/(m^2.K^4)$

A = พื้นที่ (m^2)

T = อุณหภูมิ



ภาพที่ 12 แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการแผ่รังสีความร้อน

ที่มา http://www.myfirstbrain.com

เมื่อรังสีความร้อนเข้ามากระทบกับพื้นผิววัตถุที่มีลักษณะทึบตัน จะทำให้วัตถุนั้นมีพฤติกรรมการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนโดยจะแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

1.) ความสามารถในการดูดซับรังสีความร้อน (absorptivity, α) คือ คุณสมบัติการกักเก็บความร้อนที่เกิดจากรังสีความร้อนของวัตถุ คุณสมบัตินี้จะเป็นส่วนทำให้อุณหภูมิของวัตถุนั้นๆสูงขึ้น เช่น กระจกใส 3 มม. มีค่าความดูดซับรังสีความร้อนอยู่ที่ร้อยละ 8 ที่มุมตกกระทบปกติ และการแต่งเติมสารในเนื้อกระจกบางชนิด เพื่อประโยชน์ใช้สอยที่แตกต่างกัน จะทำให้กระจกมีค่าการดูดกลืนรังสีความร้อนสูงขึ้น เมื่อโดนแดดอุณหภูมิกระจกก็จะสูงกว่ากระจกใส

2.) ความสามารถในการสะท้อนรังสีความร้อน (reflectivity, β)คือ คุณสมบัติในการสะท้อนรังสีความร้อนเมื่อเกิดการตกกระทบ โดยจะขึ้นอยู่กับลักษณะผิวของวัสดุและมุมตกกระทบ (incident angle) ของรังสี โดยค่าการสะท้อนรังสีโดยทั่วไปของวัตถุชนิดกระจกจะไม่มีความแตกต่างกันมาก อันเนื่องมาจากเทคโนโลยี แต่มีกระจกบางประเภทที่ไม่ต้องการให้มีการสะท้อนรังสีมากเกินไป เช่น กระจกตัดเงา (anti-reflective glass) ซึ่งจะทำให้ค่าการส่องผ่านของกระจกเพิ่มมากขึ้น

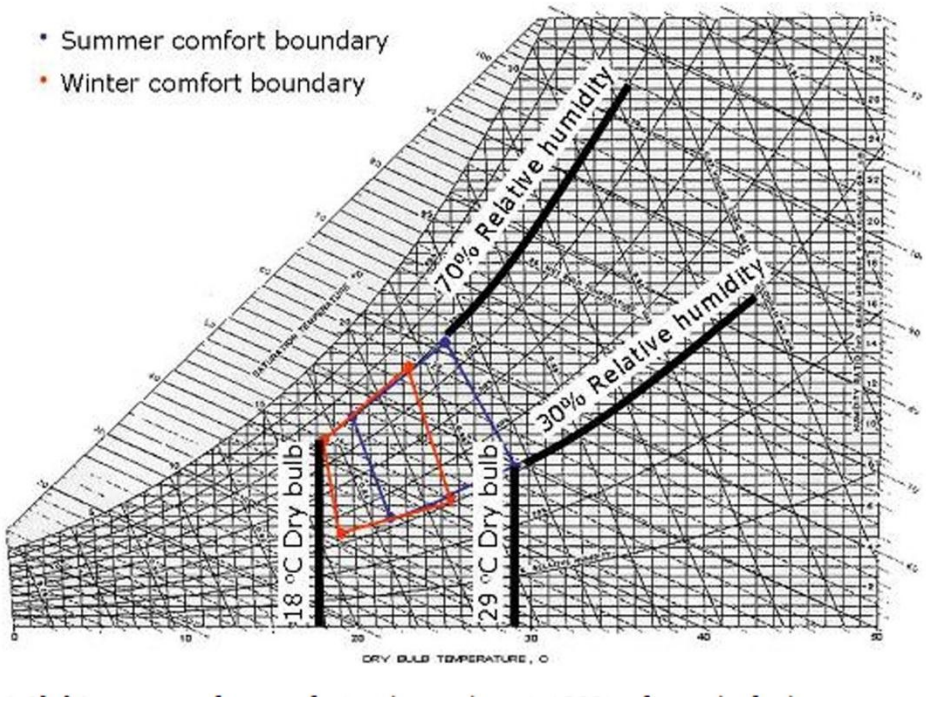
3.) ความสามารถในการส่งผ่านรังสีความร้อน (transmissivity, τ) คือ คุณสมบัติของวัตถุที่ยอมให้รังสีความร้อนผ่านวัตถุ จากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่ง โดยในรังสีความร้อนสามารถแยกสัดส่วนของรังสีได้หลายชนิด เช่น ค่าความส่งผ่านของแสงที่ตามองเห็น (visible transmittance) ค่าความส่งผ่านของรังสีไวโอเลต (UV, transmittance) หรือค่าความส่งผ่านรังสีรวม (total solar transmittance) โดยในแต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทำให้การเลือกวัตถุต้องคำนึงถึงความสามารถในการยอมให้แสงผ่านด้วย เช่น กระจกควรมีค่าการส่องผ่านของแสงที่ตามองเห็นในระดับที่เหมาะสม ในขณะที่มีค่าความส่องผ่านของรังสีไวโอเลตไม่มากจนเกินไป

วัตถุต่างชนิดกันก็จะมีคุณสมบัติในการแผ่รังสีความร้อนจากคุณสมบัติทั้ง 3 ชนิดในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ อุณหภูมิ และความยาวคลื่นรังสีที่ตกกระทบ โดยผลรวมของสัมประสิทธิ์ของทั้ง 3 ค่ารวมกัน จะได้เท่ากับ 1 เสมอ ดังจะเห็นได้จากสมการ

$$\alpha+\beta+\tau = 1 \qquad \text{.....สมการที่ 3}$$

2.2 เขตความสบาย (Comfort Zone)

คือ ขอบเขตของสภาพอากาศในช่วงระยะที่ทำให้ร่างกายมนุษย์อยู่ในสภาวะที่สบาย ซึ่งแต่ละคนจะรู้สึกไม่เหมือนกัน เป็นสภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิ ความเร็วลมและความชื้นในอากาศที่พอเหมาะกับการที่จะทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกสบาย ไม่ร้อนไม่หนาวจนเกินไป ร่างกายไม่มีเหงื่อ ไม่มีไอน้ำในอากาศมากเกินไปจนชื้นหรือน้อยเกินไปจนแห้งหายใจไม่สะดวก อัตราความเร็วลมอยู่ในช่วงที่เหมาะสมไม่ก่อให้เกิดความรำคาญ



ภาพที่ 13 แสดงช่วงของสภาวะน่าสบาย

ที่มา http;//www.air-conditioner-selection.com/comfort-zone-air-conditioner-sizing.html

จากการศึกษาของ Victor Olgyayในปี ค.ศ.1969 พบว่า สภาวะน่าสบายจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ สภาวะภายในร่างกายและสภาวะภายนอกร่างกาย

ส่วนที่ 1 สภาวะภายในร่างกายที่มีผลต่อสภาวะสบายได้แก่ สภาพร่างกายของคนในแต่ละพื้นที่ เช่น การทนต่ออุณหภูมิที่ต่ำของคนเมืองหนาวจะทนได้มากกว่าคนเมืองร้อน เป็นต้น ซึ่งสรุปได้ว่า สภาวะน่าสบายภายในร่างกายของคนแต่ละพื้นที่ต่างกัน

ส่วนที่ 2 สภาวะภายนอกร่างกาย ที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย ได้แก่ อุณหภูมิความชื้น

สัมพัทธ์ แสงแดด

P.O. Fangerในปี ค.ศ. 1967 ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบายเป็น 2 กลุ่ม คือ องค์ประกอบที่เกิดจากมนุษย์และองค์ประกอบที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม

กลุ่มที่ 1 องค์ประกอบที่เกิดจากมนุษย์ ได้แก่

1 กลไกทางร่างกายของมนุษย์ (Metabolism) ซึ่งขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของมนุษย์ เช่น การยืน การเดิน การนั่ง การนอน หรือสภาพธรรมชาติของเผ่าพันธุ์ ซึ่งกลไกทางร่างกายที่แตกต่างจะทำให้สภาวะน่าสบายแตกต่างกันไป

2 เสื้อผ้าที่มนุษย์สวมใส่เป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบาย ถ้าอากาศที่ร้อนอบอ้าว เสื้อผ้าที่มีลักษณะโปร่งบางจะใส่สบายกว่าเสื้อผ้าที่หนา

กลุ่มที่ 2 องค์ประกอบที่เกิดจากสภาพแวดล้อมซึ่ง ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air Temperature) อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) และความเร็วลม (Wind Speed) เป็นหลักสำคัญ

1 อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air Temperature) หมายถึง อุณหภูมิอากาศที่วัดได้จาก Thermometer

2 อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature,MRT) หมายถึง ค่าถ่วงเฉลี่ยของรังสีความร้อนที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ ซึ่งรวมถึงแสงแดดโดยตรงด้วย MRT สามารถคำนวณจากอุณหภูมิพื้นผิวด้านต่างๆ ในห้องและตำแหน่งที่วัด MRT นั้น โดยใช้มุมกระทำ (Solid Angle) ที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่วัดและขอบเขตของแต่ละพื้นผิวโดยหาค่าเฉลี่ยออกมาเป็น MRT

3 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) หมายถึงค่าเปรียบเทียบ สัดส่วนเป็นร้อยละของความชื้นในอากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นสูงสุดที่อากาศสามารถรับได้ โดยปราศจากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ

4 ความเร็วลม (Wind Speed) เป็นความเร็วลมที่ผ่านผู้อาศัย โดยลมที่พัดจะพาความร้อนรอบตัวออกไป ทำให้รู้สึกสบาย นอกจากนั้น ยังพัดพาเอาความชื้นบริเวณผิวร่างกาย ซึ่งจะช่วยให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้น ความเร็วลมที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างสภาวะน่าสบาย หากความเร็วลมน้อยเกินไปจะทำให้ผู้อยู่อาศัยเกิดความรู้สึกอึดอัดไม่มีอากาศถ่ายเท แต่ถ้ามากเกินไปจะทำให้รู้สึกรำคาญ หรือรู้สึกว่าถูกรบกวนได้

โดยทั่วไปการรับรู้ต่อการเคลื่อนไหวของลมตามธรรมชาติ หรือที่เกิดจากพัดลมที่ทำให้เกิดความรู้สึกเย็นลงนั้น ขึ้นอยู่กับอัตราความเร็วของลม โดยมนุษย์จะรู้สึกเย็นลง 0.4 $^{\circ}$C เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือประมาณ 0.25 เมตรต่อวินาที ซึ่งในสภาวะทั่วไปนั้นความรู้สึกต่ออัตราเร็วลมจะเป็นดังนี้

0.00 – 0.25	เมตรต่อวินาที	จะไม่รู้สึกหรือสังเกตได้
0.25 – 0.50	เมตรต่อวินาที	รู้สึกสบาย
0.50 – 1.00	เมตรต่อวินาที	รู้สึกสบายโดยสามารถรับรู้ได้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ
1.00 – 1.50	เมตรต่อวินาที	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อย จนถึงรู้สึกรบกวนได้
> 1.50	เมตรต่อวินาที	รู้สึกว่าถูกรบกวน

อย่างไรก็ตามในประเทศที่อยู่ในเขตร้อนชื้น อัตราความเร็วลม1 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วลมที่รู้สึกสบาย และอัตราความเร็วลมภายในห้อง 1.5 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วลมที่ยอมรับได้ แต่ถ้าเกิน 1.5 เมตรต่อวินาที จะรู้สึกว่าถูกรบกวน

2.3 การป้องกันแดด (Solar Control)

การควบคุมแสงแดดและความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคารเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบ ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังนี้

1 หน้าต่างและช่องแสงกระจกเป็นจุดที่ความร้อนผ่านเข้ามาได้มากที่สุด การระมัดระวังในเรื่องนี้ คือการกำหนดขนาดของช่องแสง การออกแบบและการให้ร่มเงากับช่องแสง

2 การคำนึงถึงลักษณะภูมิประเทศเนื่องจากประเทศไทยอยู่ใกล้เขตศูนย์สูตร ดังนั้นดวงอาทิตย์จะส่องทั้งอ้อมเหนือและอ้อมใต้

3 เวลาสำคัญที่จะตรวจหาร่มเงา (Shading) ทางด้านทิศเหนือคือเวลาบ่ายของวันที่ 21 มิถุนายน ในวันนี้ดวงอาทิตย์จะอ้อมเหนือมากที่สุด (ฤดูร้อน)

4 สำหรับวันสำคัญที่จะตรวจสอบทางด้านทิศใต้คือวันที่ 22 ธันวาคม ซึ่งเป็นวันที่ดวงอาทิตย์อ้อมใต้มากที่สุด และมุมทางตั้งของดวงอาทิตย์จะทอดต่ำกว่าในเดือนมิถุนายนมาก ทางด้านทิศใต้จึงต้องการแผงบังแดดที่ยื่นยาวกว่าทางด้านทิศเหนือ

5 ด้านทิศตะวันออกและตะวันตกจะรับแสงแดดมากในตอนเช้าและบ่าย ซึ่งมุมของแสงแดดที่ทอดต่ำ ทั้งสองทิศนี้จึงทำการบังแดดได้ยาก ในการหลีกเลี่ยงแดดบ่ายทางด้านทิศตะวันตกจึงต้องเปิดช่องแสงเท่าที่จำเป็น

6 ต้นไม้จะช่วยบังร่มเงาให้กับอาคารการปลูกต้นไม้ที่ถูกต้องจึงเป็นเสมือนหลังคาบังแดดผืนใหญ่

7 อาคารข้างเคียงจะช่วยบังแดดให้กับอาคารที่ต้องการได้ ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

8 การยื่นชายคาระเบียง กันสาด ครีบต่างๆ หรือรูปทรงอาคารเองจะช่วยบังแดดได้

9 แผงบังแดดนอกอาคารจะกันแดดและความร้อนได้ดีกว่ากระจกตัดแสง หรือม่านและมู่ลี่ภายในอาคาร

10 รูปแบบหลังคาจะลดพื้นที่ที่รับแดดได้เช่นหลังคาทรงจั่วจะรับแดดเพียงครึ่งเดียว หรือหลังคาทรงฟันเลื่อย จะรับแดดด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งปล่อยให้แสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารได้

11 ถึงแม้จะมีการควบคุมความร้อนเพิ่มแต่ต้องให้มีแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร รวมทั้งการมองเห็นวิวภายนอกอาคาร

12 การใช้กระจกสะท้อนแสง(Reflecting Glazing) จะมีผลกับบริเวณข้างเคียง เพราะจะสะท้อนแสงและความร้อนให้กับบริเวณที่ตั้งอาคารและบริเวณข้างเคียง ต้องระวังในการเลือกใช้ชนิดของกระจก และเปอร์เซ็นต์ของการสะท้อนแสง

2.4 คุณสมบัติของวัสดุที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อน

2.4.1 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity / k) คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัตถุต่างๆ โดยเป็นความสามารถในการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของวัตถุใดๆ หรือปริมาณความร้อนภายใต้สภาวะที่คงที่ ที่ถ่ายเทผ่าน 1 หน่วยพื้นที่ของ

วัตถุที่มีความหนา 1 หน่วย ใน 1 หน่วยเวลา โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิววัตถุทั้ง 2 ด้าน 1 หน่วย มีหน่วยเป็น Btu-In/hr.ft^{2}.$^{\circ}$F หรือมีหน่วย SI เป็น W/m^{2}.$^{\circ}$C

2.4.2 ความต้านทานความร้อน (Thermal Resistance / R-Value) คือ ค่าการต้านทานความร้อนของวัตถุนั้นๆ ถ้าค่า R มาก แสดงถึง ความเป็นฉนวนที่ดี สามารถต้านทานความร้อนที่จะถ่ายเทผ่านวัตถุได้มาก ค่านี้จะเป็นอัตราส่วนระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนกับความหนาของวัตถุ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$R = \Delta x/k$ .....สมการที่ 4

R คือ ค่าความต้านทานความร้อน (m^{2}.$^{\circ}$C/W)

Δx คือ ความหนาของวัตถุ (m.)

K คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของวัตถุ (W/m^{2}.$^{\circ}$C)

2.4.3 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Coefficient of Transmission / U-Value) คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม โดยค่า U-Value สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$U = 1/\Sigma R$ (W/m^{2}.$^{\circ}$C) .....สมการที่ 5

U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

ΣR คือ ผลรวมของ R-Value

2.4.4 ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity) คือ ความสามารถในการเก็บกักความร้อนของวัตถุ หรือปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุหนัก 1 หน่วย มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 $^{\circ}$C โดยสถานะไม่เปลี่ยน ค่าความจุความร้อนของวัตถุต่างๆ ได้จากสมการต่อไปนี้

$C = pc$ โดยที่ $p = m/V$.....สมการที่ 6

C คือ ค่าความจุความร้อนของวัตถุ (kJ/m^{3}.$^{\circ}$C)

p คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (kg/m^{3})

c คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุ (Specific Heat Capacity) (kJ/kg.$^{\circ}$C)

m คือ มวลของวัตถุ (kg)

V คือ ปริมาตรของวัตถุ (m^{3})

ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity) สามารถใช้คำนวณหาปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนอุณหภูมิ ดังสมการต่อไปนี้

$Q = mc\ \Delta T$ .....สมการที่ 7

Q คือ ปริมาณความร้อน (kJ)

m คือ มวลของวัตถุ (kg)

c คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg.$^{\circ}$C)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ต้องการ ($^{\circ}$C)

2.5 งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมของ ธนะชัย ถาวรวัฒน์สกุล (2555) ได้วิจัยประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของสารเคลือบกระจกกันความร้อนกับกระจกหลายชนิดและเปรียบเทียบสารเคลือบกระจกกันความร้อนกับฟิล์มติดกระจกกันความร้อน โดยศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบกระจกกันความร้อนกับอาคารเดิมที่เปิดใช้งานแล้ว ที่ใช้กระจกในกรุงเทพมหานครและอยู่ในกรอบขอบอาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศ โดยศึกษาตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) และค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading coefficient-SC) ในการทำวิจัยนี้ได้แบ่งกระจกออกเป็น 5 ชนิด ได้แก่ กระจกใส 3 มม., กระจกเขียว 6 มม., กระจกสะท้อนความร้อน 6 มม., กระจกอินซูเลทใส, กระจกอินซูเลท Low-E ซึ่งทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระจก 3 กรณี ได้แก่ กระจกต้นแบบที่ไม่ได้เคลือบสาร กระจกติดแผ่นฟิล์ม และกระจกทาสารเคลือบกันความร้อนกับอาคารอ้างอิง ได้แก่ บ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน และรูปแบบการวางผังอาคาร 4 ทิศทาง จากนั้นทำการประเมินผลเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยวิธีการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการทดลองวัดอุณหภูมิลม เข้า – ออก จากกล่องทดลองเมื่อได้รับความร้อนในช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อนำผลต่างของอุณหภูมิ ไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Coefficient-SC) ของกระจกตัวอย่างแต่ละชนิด จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC) ที่ได้ของกระจกตัวอย่างแต่ละชนิดไปใช้ในส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เชิงเทคนิค โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระจกแต่ละชนิดเมื่อนำไปใช้กับอาคารตัวอย่าง ผลสรุปคือ สารเคลือบกระจกกันความร้อนสามารถช่วยลดการใช้ประหยัดพลังงานรวมภายในบ้านพักอาศัยได้จริง เมื่อมีการปรับปรุงด้วยการทาสารเคลือบกระจกกันความร้อน กับกระจกทุกประเภท แต่เมื่อนำไปวิเคราะห์ความคุ้มทนทางเศรษฐศาสตร์แล้ว ปรากฏว่าไม่คุ้มทุนเมื่อใช้กับบ้านพักอาศัย ในขณะกรณีของอาคารสำนักงาน สารเคลือบกระจกกันความร้อนสามารถช่วยลดการใช้ประหยัดพลังงานรวมได้ เมื่อมีการปรับปรุงด้วยการทาสารเคลือบกระจกกันความร้อน กับกระจกทุกประเภท และเมื่อวิเคราะห์ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์แล้ว สรุปได้ว่า สารเคลือบกระจกกันความร้อนเหมาะสมกับอาคารสำนักงานที่มี WWR80% วางผังอาคารเอียง 45° และ135° และเป็นอาคารที่ใช้กระจกใส 3 มม. กระจกอินซูเลท และกระจกอินซูเลท Low-E

ส่วนของอรรถรส ทองงามขำ (2555) ทำการประเมินสมรรถนะในการมองเห็นและความสบายตาของแผงกันแดดฉลุลายที่มีความโปร่ง 20%, 35%, 50% และ 65% ที่มีสีขาว, เทา และดำ ทั้งรูปแบบมาตรฐานและรูปแบบ GRANDIENT โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย 1. เพื่อศึกษาแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ซึ่งเริ่มเป็นที่นิยมใช้ในงานออกแบบสถาปัตยกรรม 2. เพื่อประเมินลักษณะของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายด้านความสบายตาและด้านความชัดเจนในการมองเห็นทัศนียภาพภายนอกในขณะที่มองผ่านแผงกันแดดอลูมิเนียม ฉลุลาย และ 3 เพื่อเสนอแนะแนวทางการเลือกใช้รูปแบบของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายในงานออกแบบสถาปัตยกรรม ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยการทำแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 ดูเรื่องปริมาณความโปร่งและสี ของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายมีผลต่อความชัดเจนในการมองเห็นและความรู้สึกสบายตาขณะที่มองทัศนียภาพภายนอกผ่านกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งและสีต่างๆ กัน กลุ่มที่ 2 ดูเรื่องลายฉลุที่แตกต่างกัน ของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายมีผลต่อ

ความชัดเจนในการมองเห็นและความรู้สึกสบายตาขณะที่มองทัศนียภาพภายนอกผ่านกล่องทดลองที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งและสีต่างๆ กัน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความรู้สึกสบายตากับแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความชัดเจนการมองเห็นกับแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Repeated Measures ANOVA) จากนั้น นำคะแนนความโปร่งของความชัดเจนในการมองเห็นและคะแนนความโปร่งของความรู้สึกสบายตา มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กันด้วยวิธีทางสถิติคือ ใช้ Correlation Analysis ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์

ผลจากการวิเคราะห์สรุปว่า แผงอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% มีประสิทธิภาพในการลดแสงบาดตาจากธรรมชาติได้ดีที่สุด แต่มีความชัดเจนในการมองทัศนียภาพต่ำสุด ส่วนสีของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีผลต่อความชัดเจนในการมองเห็นดีที่สุด คือสีดำ และรูปแบบของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายแบบมาตรฐานมีคะแนนความสบายตาดีกว่าแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายรูปแบบ GRADIENT

อรุณศักดิ์ ด่อนดี (2555) ศึกษาเปรียบเทียบวัสดุและสีของอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อการถ่ายเท ความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร ของแผงกันแดดที่ใช้วัสดุต่างชนิดกัน ได้แก่ สังกะสีรีดลอนและกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ลอนเล็ก สีผิววัสดุด้านนอกและด้านในต่างกัน ได้แก่ สีขาวและสีน้ำเงิน ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้กล่องทดลอง จำนวน 4 กล่องทำการวัดอุณหภูมิ 3 จุด คือ บริเวณใต้แผงกันแดด บริเวณผิวกระจกด้านใน และบริเวณภายในกล่อง จากผลการทดลองสรุปได้ว่า กล่องที่ติดตั้งแผงกันแดดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ต่ำ(เบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ลอนเล็ก) และสีผิวด้านนอกเป็นสีอ่อน สีผิวด้านในเป็นสีเข้ม จะสามารถป้องกันความร้อนได้ดีกว่ากล่องทดลองที่ติดตั้งแผงกันแดดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) สูง (สังกะสีรีดลอน) และสีผิวด้านนอกเป็นสีเข้ม สีผิวด้านในเป็นสีอ่อน

จิรเดช เทพพิพิธ (2555) ทำการวิจัยเปรียบเทียบประสิทธิผลของค่าสัมประสิทธิ์ในกระจกและแผงกันแดด โดยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง วัตถุประสงค์คือการศึกษาและเปรียบเทียบแนวทางการออกแบบวัสดุประกอบช่องเปิดเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดอาคาร ระหว่างการใช้กระจกกันความร้อนและการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดโดยทำการทดลองด้วยห้องทดลอง เพื่อวัดอัตราการใช้พลังงานในการปรับอากาศที่เกิดขึ้นจริงในสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย พร้อมทั้งทำการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาผลกระทบของทิศทางช่องเปิดอาคารที่มีผลต่ออัตราการใช้พลังงานในการปรับอากาศ การศึกษาทั้งหมด 3 กรณีศึกษา ซึ่งกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ของกระจก (SHGC) และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) ที่แตกต่างกัน ผลที่ได้ คือประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในการปรับอากาศของอาคารที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ของกระจก (SHGC) ดีกว่า อาคารที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของแผงกันแดด (SC) ทุกกรณี แต่อาคารที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด จะมีความสามารถในการนำแสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาใช้ในตัวอาคารได้ดีกว่า

นอกจากนี้ Sherif ทำการศึกษาอิทธิพลของความหนาและความโปร่งของแผงกันแดดฉลุลายส่งผลต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในสภาพแวดล้อมที่เป็นทะเลทราย โดยใช้

โปรแกรม EnergyPlusใช้การ simulation ซึ่งผลสรุปที่ได้คือ แผงกันแดดฉลุลายที่มีความโปร่ง 80-90% และอัตราส่วนความหนาอยู่ที่ 1.0 สามารถป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้จริง และสามารถลดภาระของเครื่องปรับอากาศลงได้ถึง 30% เมื่อติดตั้งในทิศตะวันตกและทิศใต้ และ

Tzempelikos ซึ่งได้ทำการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นพร้อมกันจากพื้นที่กระจก คุณสมบัติของอุปกรณ์บังแดด และการควบคุมการบังแดดที่ตั้งอยู่บนความต้องการแสงสว่างและระบบทำความเย็นของอาคาร ซึ่งคำนวณโดยวิธี simulation จากโปรแกรม Energy Plus ผลกระทบของชนิดของอุปกรณ์บังแดด คุณสมบัติและการควบคุมของอุปกรณ์บังแดดที่ส่งผลต่อความต้องการด้านแสงสว่างและระบบทำความเย็นของอาคารถูกนำมาวัดและวิเคราะห์ ผลจากการทดลองชี้ให้เห็นว่าหากนำการควบคุมการบังแดดอัตโนมัติมาใช้ร่วมกับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จะทำให้ความต้องการพลังงานในการระบายความร้อนและแสงสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพภูมิอากาศและทิศทางการวางตำแหน่งอาคาร

Sherif ทำการศึกษาความสมดุลระหว่างการประหยัดพลังงานและประสิทธิของแสงธรรมชาติ เมื่อใช้แผงกันแดดฉลุลาย โดยมีวัตถุประสงค์ 3 ประเด็น คือ 1 ประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานจากการใช้แผงบังแดดในภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ,2 วิเคราะห์อิทธิพลของอัตราส่วนช่องเปิดของแผงบังแดดที่มีต่อการมองเห็น และ 3 ตรวจสอบสัดส่วนที่ฉลุโปร่งของแผงบังแดดสำหรับแสงและผลกระทบต่อพลังงานความร้อน โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ทำการประเมินความเป็นไปได้ของการประหยัดพลังงานจากการใช้แผงบังแดดในภูมิประเทศที่แตกต่างกัน และใช้การจำลองโดยใช้โปรแกรม Design Building และ Energy Plus 3.1 ระบุสถานที่ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานได้สูงสุด ขั้นที่ 2 ตรวจสอบอิทธิพลของสัดส่วนที่เหมาะสมซึ่งค่าความโปร่งของแผงบังแดดเป็นค่าตัวแปรอย่างหนึ่งที่ช่วยในการใช้แผงบังแดดอย่างมีประสิทธิภาพในเวลากลางวัน ในขั้นตอนนี้ใช้โปรแกรม Radiance ในการทำการทดลอง ขั้นที่ 3 นำขั้นที่ 1และขั้นที่ 2 มาวิเคราะห์ร่วมกัน ผลลัพธ์ที่ได้ใช้ในการออกแบบแผงบังแดดที่สมดุลของประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานและประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติ ผลที่ได้จากการทดลอง พบว่าประโยชน์ของการใช้แผงบังแดดฉลุลายสี่เหลี่ยมติดตั้งภายนอกหน้าต่าง สามารถลดการสิ้นเปลืองพลังงานได้ 25% ถึง 35% โดยความลึกของอัตราส่วนฉลุลายที่ 1/1 และ 0.75/0.75 ช่วยประหยัดพลังงานในทิศตะวันตกและทิศใต้ด้วยเปอร์เซ็นต์การฉลุลาย 80% และ 90% แต่ผลการทดลองนี้ใช้ได้กับเมืองที่อยู่ในขอบเขตการทดสอบ(Balancing the Energy Saving and Daylighting Performance of External Perforated Solar Screens โดย Ahmed Sherif ,Hanan Sabry ,Abbas El-Zafarany ,Rasha Arafa ,Tarek Rakha and Mohamed Anees)

Laura Bellia ศึกษาผลกระทบของอุปกรณ์บังแดดที่มีต่อความต้องการใช้พลังงานของกลุ่มอาคารสำนักงานที่ standalone ในภูมิอากาศของอิตาลี วัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อเสนอเกณฑ์สำหรับวิศวกรและสถาปนิกเพื่อ 1 พิจารณาว่าอุปกรณ์บังแดดภายนอกที่ใช้สำหรับอาคารสำนักงานเดี่ยวเหมาะสมหรือไม่ในแง่ความต้องการพลังงานในสภาพอากาศแบบอิตาลี ทั้งนี้การประเมินสามารถนำไปปรับใช้ได้กับที่อื่นๆ ที่มีสภาพอากาศคล้ายกัน 2 ในกรณีความเหมาะสมของการใช้พลังงานนั้น ปริมาณการประหยัดพลังงานที่ได้รับรวมถึงการใช้และตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมเป็นปัจจัยหลักในการวัดค่าพลังงาน การทดลองใช้โปรแกรม Energy Plus ในการวิเคราะห์

ความต้องการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานในสภาพอากาศของอิตาลี ผลสรุป จากการติดตั้งแผงกันแดดกับอาคารที่หันไปทางทิศใต้ และการใช่ช่องระบายอากาศด้านอาคารที่หันไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ประหยัดพลังงานจะสูงขึ้นเมื่อใช้แผงกันแดดที่มีความลึก 1 ม. แต่ความลึกจะต้องสัมพันธ์กับความสูงของหน้าต่าง (Effect of solar shading devices on energy requirements of standalone office buildings for Italian climates โดย Laura Bellia ,Francesco De Falco and Francesco Minichiello)

จากการทบทวนวรรณกรรม ยังไม่พบการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายกับความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร ผู้วิจัยเห็นว่าการนำประเด็นนี้มาศึกษาวิจัยคงเป็นประโยชน์ในอนาคต ในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน ที่ใช้ต้นทุนไม่สูงมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 แนวทางการวิจัย

งานวิจัยศึกษาประสิทธิภาพการกันความร้อนของแผงอลูมิเนียมฉลุลาย ที่มีความโปร่ง 4 แบบ โดยศึกษาและเปรียบเทียบระหว่างกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งแผงกันแดด ,ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ความโปร่ง 20% , 35% ,50% และ 65% โดยแบ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกทำการทดลองด้วยกล่องทดลองควบคุมตัวแปรสภาพแวดล้อมและแหล่งความร้อนภายนอก เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกันความร้อนของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย และส่วนที่ 2 ทำการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 โดยนำข้อมูลรูปแบบอาคารอ้างอิง พร้อมกับนำข้อมูลจากการทดลองส่วนแรกมาใช้ในการจำลองผลในส่วนนี้ ทำการเก็บบันทึกข้อมูลผลการจำลองทั้งหมด และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายกับอาคารอ้างอิงจากการจำลอง จากสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยตลอดทั้งปี ($kWh/m^2.y$) และวิเคราะห์ผลเชิงเทคนิค และเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อสรุปผลและเสนอแนวทางของงานวิจัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เครื่องมือที่ใช้ในส่วนแรก คือ กล่องทดลองประสิทธิภาพแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย โดยใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิ Lutron รุ่น BTM-4208SD พร้อมสายเซนเซอร์ 12 สาย เพื่อเก็บข้อมูลของอุณหภูมิ ในส่วนที่สอง ใช้การจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ในการคำนวณและเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร ที่สร้างตามแบบจำลองอาคารเบื้องต้น ได้แก่ ตึกแถวที่เป็นทีพักอาศัย และตึกแถวที่เป็นอาคารพาณิชย์

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับกล่องทดลอง และระเบียบวิธีการทดลองเพื่อใช้ในการทดลองเบื้องต้น ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนผ่านแผงกันแดด ปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อความร้อนภายในอาคาร เพื่อกำหนดตัวแปรของงานวิจัย รวมถึงการสืบค้นบทความที่เกี่ยวข้องผ่านอินเตอร์เน็ต

3.4 การกำหนดตัวแปรของงานวิจัย

ตัวแปรต้น

ความโปร่งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

สีของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ทิศทางการติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ตัวแปรตาม

อุณหภูมิ ภายในกล่องทดลอง

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร (kWh/m^2.y) จากกล่องทดลอง

ตัวแปรควบคุม

แหล่งกำเนิดความร้อน

เครื่องวัดอุณหภูมิ

ความหนาของแผ่นอลูมิเนียมฉลุลาย

ขนาดของพัดลม

ขนาดของกล่องทดลอง

ระยะที่ติดตั้งแผงอลูมิเนียมฉลุลายกับกล่องทดลอง

ระยะที่ติดตั้งแหล่งกำเนิดความร้อนกับแผงอลูมิเนียมฉลุลาย

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.5.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ศึกษารวบรวมข้อมูล ทฤษฎี และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ งานวิจัยที่ใช้เครื่องมือในการศึกษาเป็นกล่องทดลอง เพื่อจำลองสถานการณ์ และทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุ เช่น ผนัง กระจก แผงกันแดด เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำกล่องทดลองเบื้องต้นของงานวิจัย ศึกษาทฤษฎีด้านการถ่ายเทความร้อนผ่านอาคารที่มีแผงกันแดดและปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่ออุณหภูมิภายในอาคารและการประหยัดพลังงาน เพื่อศึกษาและกำหนดตัวแปรที่ส่งผลต่องานวิจัย และศึกษางานวิจัยที่มีการทดสอบประสิทธิภาพของแผงอลูมิเนียมฉลุลายกับอาคารประเภทเดียวกันแต่มีการใช้งานที่แตกต่างกัน

3.5.2 ทำการกำหนดตัวแปรของงานวิจัย

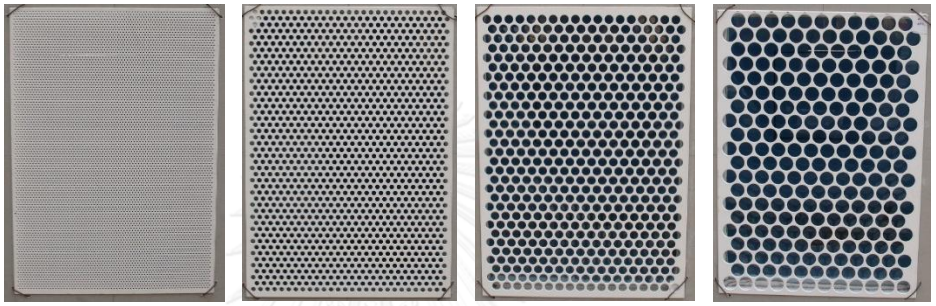
งานวิจัยชิ้นนี้ ศึกษาประสิทธิภาพการกันความร้อนของแผงอลูมิเนียมฉลุลายที่มีค่าความโปร่งต่างๆกัน โดยศึกษา ค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน และค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของแผงอลูมิเนียม ฉลุลาย (Shading Coefficient-SC) เป็นสำคัญ จากการกำหนดตัวแปรข้างต้น

แผงอลูมิเนียมฉลุลายเป็นตัวแปรต้นที่ใช้ในการทดลองมีขนาดความโปร่ง ทั้งหมด 13 แบบ ได้แก่

- กล่องควบคุม (Base Case)
- แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ความโปร่ง 20%
- แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ความโปร่ง 35%
- แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ความโปร่ง 50%
- แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ความโปร่ง 65%
- แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีเทา ความโปร่ง 20%
- แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีเทา ความโปร่ง 35%

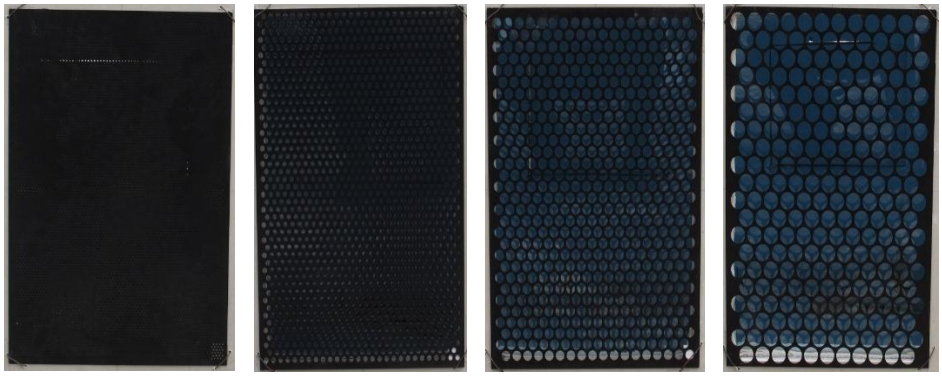
- แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีเทา ความโปร่ง 50%
- แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีเทา ความโปร่ง 65%
- แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ความโปร่ง 20%
- แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ความโปร่ง 35%
- แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ความโปร่ง 50%
- แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ความโปร่ง 65%

สรุปจำนวนของแผงกันแดดอลูมิเนียมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 12 แผ่น โดยแต่ละกรณีจะใช้เวลาในการบันทึกผลอุณหภูมิเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที บันทึกผลทุก 5 นาที และทดลองภายในห้องปิด



แผงกันแดดสีขาว 20% 35% 50% 65%

แผงกันแดดสีเทา 20% 35% 50% 65%

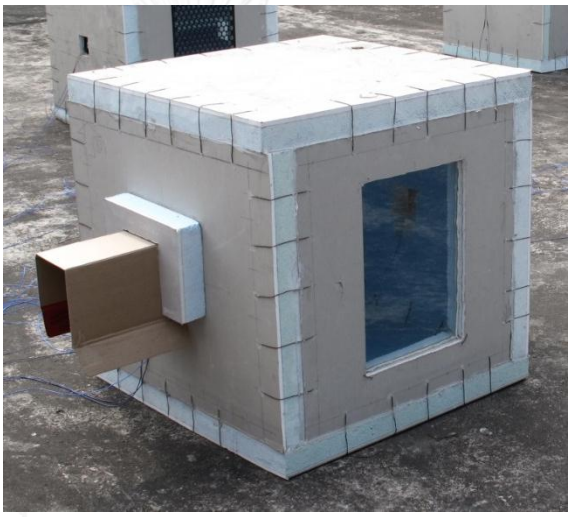


แผงกันแดดสีดำ 20% 35% 50% 65%

ภาพที่ 14 รูปแบบของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ

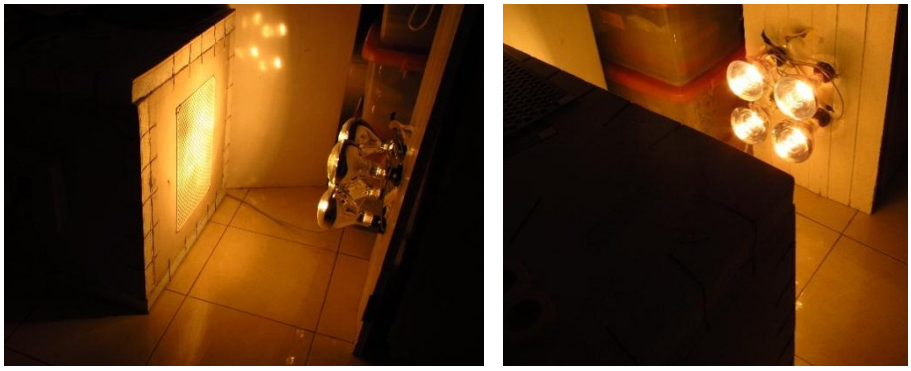
3.5.3 ขั้นตอนทดสอบประสิทธิภาพของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

กล่องทดลองที่สร้างมีขนาด 0.60x0.60x0.60 ม.ทำด้วยแผ่นยิปซัมกันความร้อนพิเศษ โครงสร้างภายในเป็นโฟม Expanded Polystyrene ความหนาแน่นสูง (EPS Hi-Dense) หนา 50 มม. โครงภายนอกทำด้วยแผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 10 มม. ผนังกล่องด้านหน้าเจาะช่องขนาด 0.28x0.41 ม. สำหรับติดตั้งชิ้นทดสอบ ด้านหนึ่งของผนังกล่องเจาะเป็นช่องลมเข้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว และฝั่งตรงข้ามเจาะเป็นช่องลมออกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว จำนวน 2 ช่อง ที่มีค่าอัตราระบายอากาศ เท่ากับ 20.89 ft^3/min โดยติดตั้งหลอดไฟอินฟราเรด (infrared) 250 W จำนวน 4 หลอด ให้หลอดไฟส่องไปตั้งฉากกับกระจกทางแนวราบห่างจากกล่องประมาณ 0.40 ม. (ดูภาพที่ 16 และ ประกอบ)



ภาพที่ 15 กล่องที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 16 ช่องลมออก ติดตั้งพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ติด sensor วัดอุณหภูมิลมออก



ภาพที่ 17 หลอดไฟอินฟราเรด ขนาด 250 W จำนวน 4 หลอด ส่องตั้งฉากกับกล่องทดลอง ระยะห่าง 0.40 ม.

เครื่องมือที่ใช้อ่านค่าและวัดอุณหภูมิ คือ Lutron Temperature Recorder (12 Channels) รุ่น BTM-4208SD มีช่องสำหรับเสียบสายวัดอุณหภูมิ จำนวน 12 ช่อง รองรับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบ Type K, J, T, E, R และS มีจอแสดงผลแบบ real time บันทึกข้อมูลลงใน SD card รองรับพื้นที่ความจุของการ์ด 1-16 GB สามารถบันทึกด้วยการตั้งเวลาแบบอัตโนมัติ ตั้งแต่ 1-3600 วินาที หรือกดบันทึกด้วยมือ ทำงานในช่วงอุณหภูมิ -100 $^{\circ}$C ถึง 1,300 $^{\circ}$C ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลไม่เกิน 1± 0.4 $^{\circ}$C บันทึกในระดับความละเอียด 1 $^{\circ}$C ถึง 0.1 $^{\circ}$C (ดูภาพที่ 18)

ภาพที่ 18 Lutron รุ่น BTM-4208SD

สายวัดอุณหภูมิ ชนิด K-General รุ่น GK-03 Type K-Thermocouple เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิทั่วไป มีความยาว 10 ม. ช่วงการวัดอุณหภูมิ -50 °C ถึง 250 °C (ดูภาพที่ 19)

ภาพที่ 19 สายวัดอุณหภูมิ ชนิด K-General รุ่น GK-03 Type K-Thermocouple

3.5.4 คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของกระจก (Shading coefficient-SC)

วิเคราะห์ผลจากข้อมูลที่เก็บได้ ประเมินประสิทธิภาพของแผงกันแดดฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน เปรียบเทียบข้อมูลชุดการทดลอง และคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของแผงกันแดดอลูมิเนียม ฉลุลาย (SC) เพื่อนำไปแทนค่าในขั้นตอนการจำลองอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 เพื่อคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร ที่ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาต่างๆกัน

$$Q = 1.08 \times CFM \times \Delta T \quad \text{.....สมการที่ 8}$$

โดยที่ Q คือ ค่าการถ่ายเทความร้อน (Btu/hr)

CFM คือ ค่าอัตราการไหลของลมผ่าน เข้า-ออก จากกล่อง ในที่นี้มีค่า เท่ากับ 20.89 ft^3/min

ΔT คือ ค่าเปรียบต่างของอุณหภูมิ ณ จุดลมออก และอุณหภูมิ ณ จุดลมเข้า (องศาฟาเรนไฮต์), Tout - Tin

และนำค่า Q ที่ได้จากสูตรดังกล่าวข้างตน มาหาค่า SC อีกครั้ง

จากสูตร :

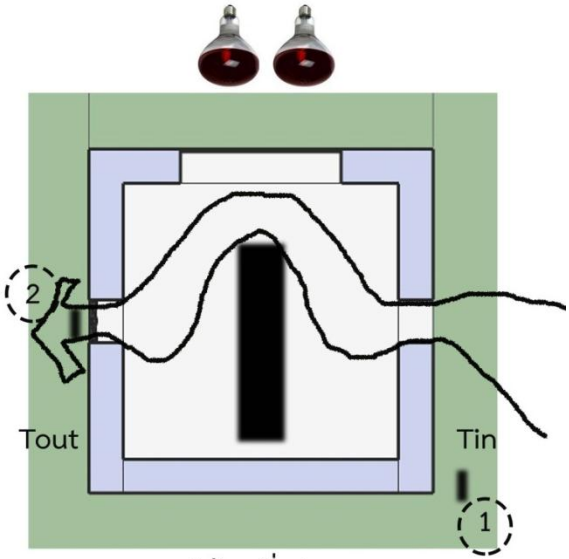
$$SC = Q_{\text{ที่ผ่านแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย+กระจก}} / Q_{\text{ที่ผ่านกระจกใส หนา3มม.}}$$

$$SC = \frac{(1.08 \times CFM \times \Delta T)_{\text{ที่ผ่านแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย+กระจก}}}{(1.08 \times CFM \times \Delta T)_{\text{ที่ผ่านกระจกใส หนา3มม.}}}$$

$$SC = \Delta T_{\text{ที่ผ่านแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย+กระจก}} / \Delta T_{\text{ที่ผ่านกระจกใส หนา3มม.}} \text{สมการที่ 9}$$

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังเงาของแผงบังแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ΔT คือ ค่าเปรียบต่างของอุณหภูมิ ณ จุดลมออกและจุดลมเข้า (องศาฟาเรนไฮต์)



1sensorอุณหภูมิห้อง ที่กล่องทดลองวางอยู่

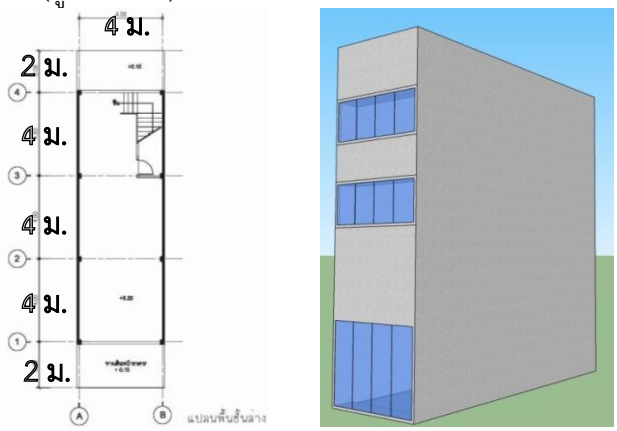
2sensorอุณหภูมิลมออกจากกล่องทดลอง

ภาพที่ 20 Section Plan แสดงความร้อนที่เข้ามาภายในกล่องทดลอง

ภาพที่ 20 แสดงให้เห็นถึงความร้อนจากหลอดไฟอินฟราเรดที่ผ่านเข้ามาทางช่องกระจก ทำให้อุณหภูมิภายในกล่องสูงขึ้น และความร้อนถูกดูดออกจากกล่องด้วยพัดลมดูด ซึ่งมีอัตราการไหลของลม เข้า-ออก จากกล่อง ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 20.89 ft^3/min

3.5.5 ทำการจำลองอาคารอ้างอิง (Reference Building) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 และเก็บข้อมูล

งานวิจัยในขั้นตอนนี้นำใช้รูปแบบอาคารที่เป็นตึกแถวสูง 3 ชั้น ขนาดกว้าง 4 ม. ลึก 12 ม. เป็นอาคารอ้างอิง เนื่องจากอาคารลักษณะนี้มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ราคาค่าก่อสร้างไม่สูง สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้งานได้หลากหลาย เพื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพของแผงบังแดดอลูมิเนียมฉลุลายในการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร โดยนำผลที่ได้จากการคำนวณค่า SC เพื่อแทนค่าตัวแปรในโปรแกรม Visual DOE 4.1 (ดูภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 แปลนและรูปทัศนียภาพ ตึกแถวที่ใช้เป็นอาคารอ้างอิง

3.5.6 ประเมินผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการจำลองอาคาร เปรียบเทียบกับการใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ 65% สีขาว สีเทา และสีดำ มาวิเคราะห์เชิงเทคนิคในด้านอุณหภูมิ ค่า SC และการใช้พลังงานทั้งปีต่อตารางเมตร ($kWh/m^2.y$) วิเคราะห์ รูปแบบการถ่ายเทความร้อน การใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็น และปริมาณแสงสว่างภายใน รายชั่วโมงของอาคารจำลอง เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ขนาดต่างๆ เพื่อตอบสมมุติฐานที่ตั้งไว้

3.5.7 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการจำลองทั้งหมดเป็นการรายงานภาพรวมของการวิเคราะห์เชิงเทคนิค และเสนอแนวทางในการกำหนดการใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิธีการรวบรวมข้อมูล

โดยแบ่งข้อมูลของผลการทดลองเป็น 2 ส่วน คือ (1) ข้อมูลจากกล่องทดลอง และ (2) ข้อมูลจากการจำลองผลด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1

4.1.1 รวบรวมข้อมูลจากกล่องทดลอง

ทำการแยกกลุ่มข้อมูลประเภทของแผงกันแดดอลูมิเนียนฉลุลาย ทั้งหมด 4 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 กล่องทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด (Base Case)

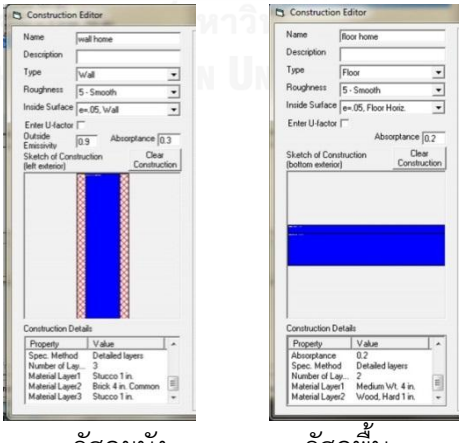
กลุ่มที่ 2 กล่องทดลองที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ที่มีความโปร่ง 20%, 35%, 50% และ65%

กลุ่มที่ 3 กล่องทดลองที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีเทา ที่มีความโปร่ง 20%, 35%, 50% และ65%

กลุ่มที่ 4 กล่องทดลองที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ที่มีความโปร่ง 20%, 35%, 50% และ65%

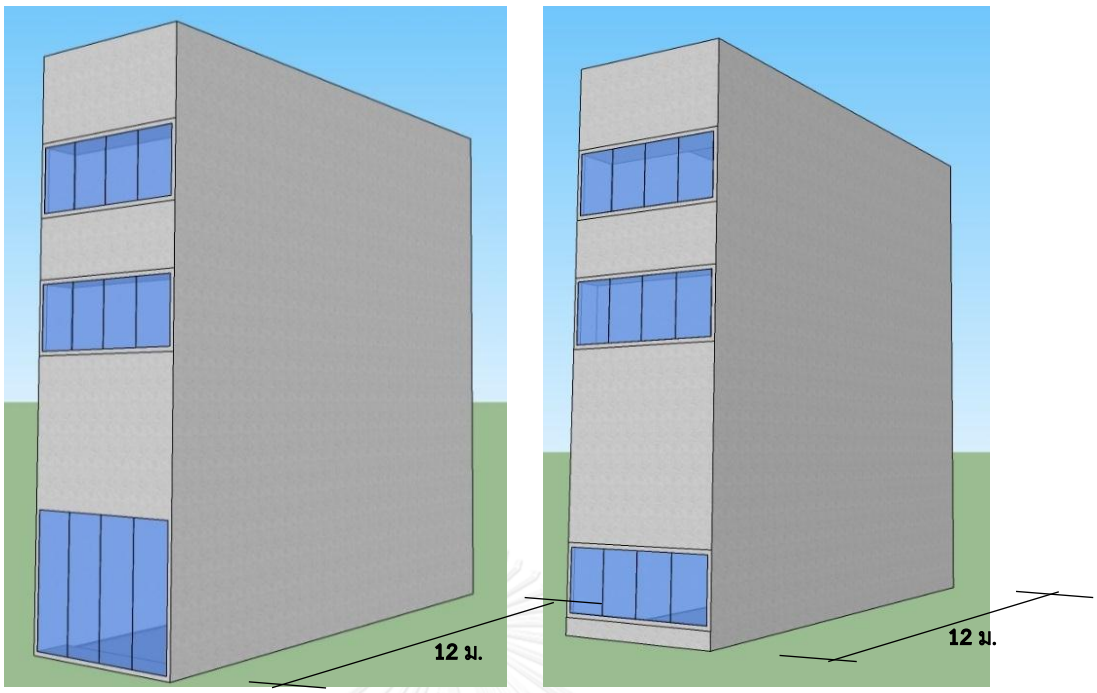
4.1.2 รวบรวมข้อมูลจากการจำลองผลด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1

ทำการแยกกลุ่มข้อมูลตามรูปแบบอาคารอ้างอิง คือ บ้านพักอาศัย และสำนักงาน โดยที่อาคารทั้ง 2 ประเภท จะมีลักษณะเป็นตึกแถว ขนาด กว้างxยาว = 4x12 ม.ความสูง 3 ชั้น ซึ่งจะมีหน้าต่างทางด้านหน้าและด้านหลังเท่านั้น (ภาพที่ 22)



วัสดุผนัง วัสดุพื้น

ภาพที่ 22 วัสดุที่ใช้ทำพื้นและผนังของอาคารตึกแถวที่ใช้ในการวิเคราะห์

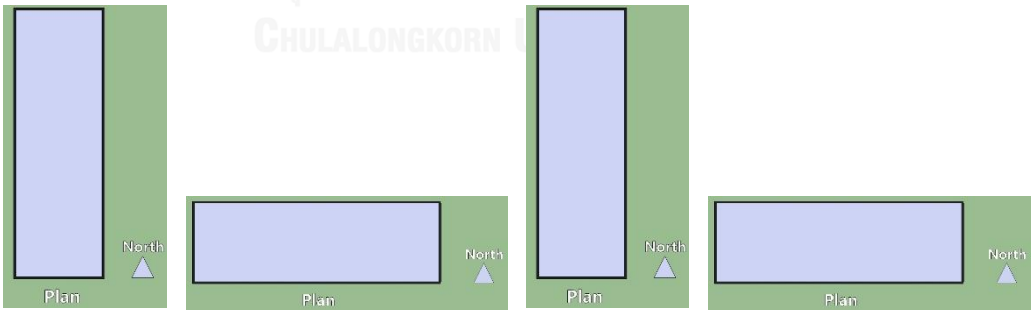


รูปด้านหน้าอาคาร รูปด้านหลังอาคาร

ภาพที่ 23 แสดงรูปด้านหน้าอาคารและด้านหลังอาคาร

ผนัง หนา 6 นิ้ว ประกอบไปด้วย ปูนฉาบด้านนอก หนา 1 นิ้ว อิฐก่อ หนา 4 นิ้ว และปูนฉาบด้านใน หนา 1 นิ้ว พื้น หนา 5 นิ้ว คสล. หนา 4 นิ้ว ปิดทับด้วย ไม้ หนา 1 นิ้ว

ทิศการวางผังอาคาร 4 ทิศทาง ไดแก่ ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก โดยทำการวิเคราะห์เชิงเทคนิคด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละกรณี (ภาพที่ 24)

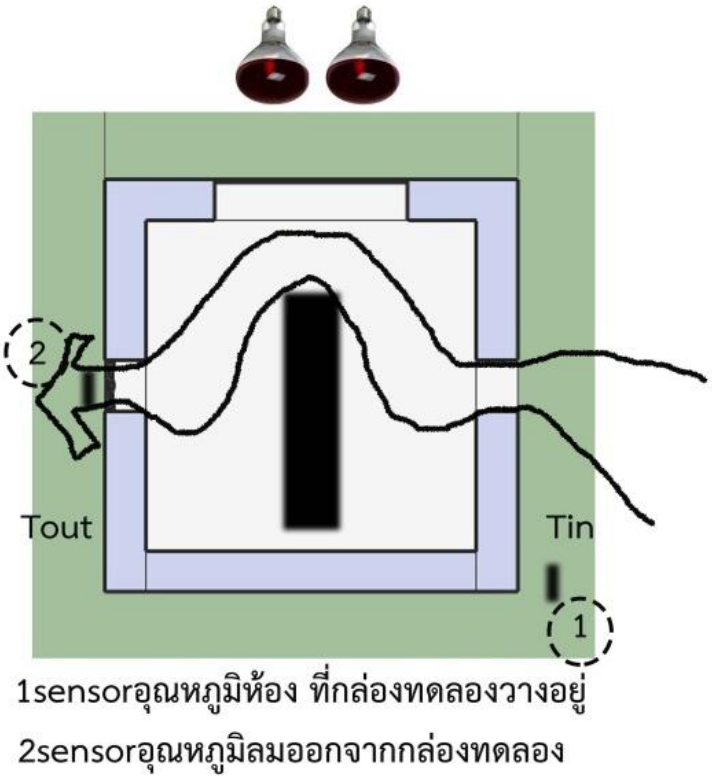


ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ ทิศตะวันตก

ภาพที่ 24 แสดงทิศทางของอาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานภายในอาคาร

4.2 ผลการศึกษาวิจัยจากกล่องทดลอง และวิเคราะห์ผลเชิงเทคนิคด้านอุณหภูมิ

จากการศึกษาด้วยกล่องทดลองกับแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายทั้งหมด 13 กรณีศึกษา โดยผลบันทึกอุณหภูมิจากการทดลองที่ได้นำค่า ณ ช่วงเวลาที่มีค่าอุณหภูมิคงที่จากทั้ง 2 ตำแหน่ง โดยตำแหน่งที่ 1 คือตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิห้องที่กล่องนั้นตั้งอยู่ ตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งช่องลมออกของกล่องทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย (Base Case) และที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายทั้ง 12 ตัวอย่าง (ดูภาพที่ 25 ประกอบ) ผลการเก็บบันทึกอุณหภูมิปรากฏดังตารางที่ 1



ภาพที่ 25 แสดงตำแน่งการวัดอุณหภูมิลม เข้า-ออก จากกล่องทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงผลการบันทึกอุณหภูมิของตำแหน่งที่วัดทั้ง 2 ตำแหน่ง

กล่องทดลองที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย	Outlet Temp. ($^{\circ}$C)	inlet Temp. ($^{\circ}$C)	ΔT ($^{\circ}$C)	ΔT ($^{\circ}$F)	SC
Base Case (ไม่ติดตั้งแผงกันแดด)	47.14	36.65	10.49	50.88	1.00
ความโปร่ง 20% สีขาว	38.47	36.65	1.82	35.27	0.69
ความโปร่ง 35% สีขาว	40.97	36.65	4.32	39.77	0.78
ความโปร่ง 50% สีขาว	43.30	36.65	6.65	43.97	0.86
ความโปร่ง 65% สีขาว	43.86	36.65	7.21	44.98	0.88
ความโปร่ง 20% สีเทา	39.41	36.65	2.76	36.97	0.73
ความโปร่ง 35% สีเทา	39.77	36.65	3.12	37.61	0.74
ความโปร่ง 50% สีเทา	41.53	36.65	4.88	40.78	0.80
ความโปร่ง 65% สีเทา	45.32	36.65	8.67	47.60	0.94
ความโปร่ง 20% สีดำ	39.70	36.65	3.05	37.49	0.74
ความโปร่ง 35% สีดำ	41.55	36.65	4.90	40.82	0.80
ความโปร่ง 50% สีดำ	43.65	36.65	7.00	44.60	0.88
ความโปร่ง 65% สีดำ	44.76	36.65	7.51	45.52	0.89

วิเคราะห์เชิงเทคนิคด้านอุณหภูมิ จากผลการศึกษากล่องทดลองกับแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายทั้ง 13 กรณี จากตำแหน่งที่ได้บันทึกอุณหภูมิทั้ง 2 ตำแหน่ง สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อบอกถึงแนวโน้มของประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของแผงอลูมิเนียมฉลุลายที่ต่างกัน เมื่อมีการปรับเปลี่ยนความโปร่งของแผงอลูมิเนียมฉลุลายส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง จากตารางที่ 1 เป็นการวัดอุณหภูมิ 2 ตำแหน่ง คือ การวัดอุณหภูมิลมเข้า (อุณหภูมิห้องที่กล่องทดลองตั้งอยู่ ,inlet temp.) และอุณหภูมิลมที่ออกจากกล่องทดลอง (outlet temp.) จากกนั้นนำมาหาความแตกต่างของอุณหภูมิ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของอุณหภูมิแปรผันโดยตรงกับความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย กล่าวคือ ความแตกต่างของอุณหภูมิมากขึ้นแสดงว่ามีความร้อนส่งผ่านเข้ามาภายในกล่องมากขึ้น เมื่อมีการใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่งมากขึ้น ซึ่งเป็นเหมือนกันทั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ,สีเทา และสีดำ

จากผลต่างของอุณหภูมิ(ΔT) ที่วัดได้สามารถนำไปคำนวณและแทนค่าในการจำลองอาคารในโปรแกรม Visual DOE 4.1 โดยการคำนวณจากผลต่างของอุณหภูมิลมเข้า และอุณหภูมิลมออก โดยค่า ΔT จะต้องเปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิจาก องศาเซลเซียส($^{\circ}$C) เป็น องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}$F) จากนั้นนำมา

หาค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Coefficient-SC) เพื่อนำไปสร้างแผงกันแดดขึ้นใหม่ที่ไม่มีในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากตารางที่ 1 วิเคราะห์ค่าผลต่างของอุณหภูมิ(ΔT) เป็นการแสดงถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อลมเข้าไปจากช่องลมเข้า อุณหภูมิห้องคงที่ประมาณ 36.65 $^{\circ}$C ผ่านเข้าภายในกล่อง ในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นจากการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก (กรณีเปรียบเทียบ) อย่างเดียว และผ่าน แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ติดตั้งไว้ด้านนอกกับกระจก (กรณีตัวอย่างที่ต้องการศึกษา) สะสมอยู่ภายในกล่อง และลมนั้นถูกดูดออกไปทางช่องลมออกมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันไปในแต่ละกรณี จากผลการทดลอง การใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่งน้อย ส่งผลให้ค่า ΔT ที่มีค่าต่ำ หมายถึง แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่งน้อยนั้นมีประสิทธิภาพการกันความร้อนที่สูงกว่า แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่งมาก

นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย (SC) มีแนวโน้มที่แปรผันตามค่า ΔT ที่มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส โดยแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีค่า ΔTต่ำ ค่า SC ก็จะมีค่าต่ำตามไปด้วย แสดงว่าแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายนั้นมีความสามารถในการต้านทานความร้อนได้มากขึ้น โดยค่า SC ของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว มีค่าต่ำกว่าค่า SC ของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีเทาและสีดำ ตามลำดับ ที่ความโปร่งเดียวกัน โดยการวิเคราะห์ ΔT ของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย 12 ชนิดเปรียบเทียบกับกล่องทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสามารถช่วยลดอุณหภูมิลงได้ ดังแผนภูมิที่ (กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความแตกต่างของอุณหภูมิกล่องทดลองที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว เทา ดำ) ซึ่งค่า SC หาได้จากสมการ

$$SC = \Delta T_{\text{ที่ผ่านแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย+กระจก}} / \Delta T_{\text{ที่ผ่านกระจกใส หนา3มม.}}$$

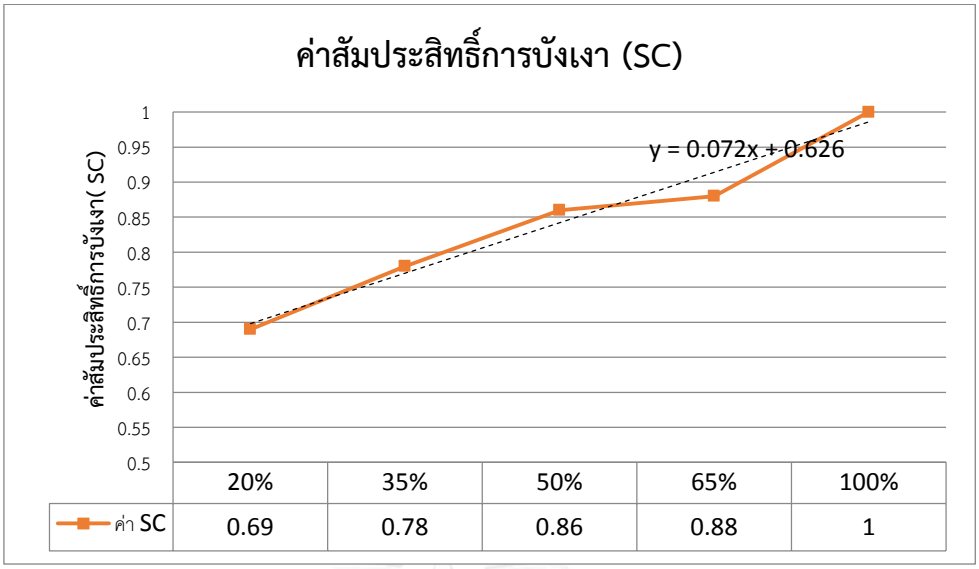
SC คือ สัมประสิทธิ์การบังเงาของแผงบังแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ΔT คือ ค่าเปรียบต่างของอุณหภูมิ ณ จุดลมออกและจุดลมเข้า (องศาฟาเรนไฮต์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 แสดงค่า U ,ค่า SC และค่า VT

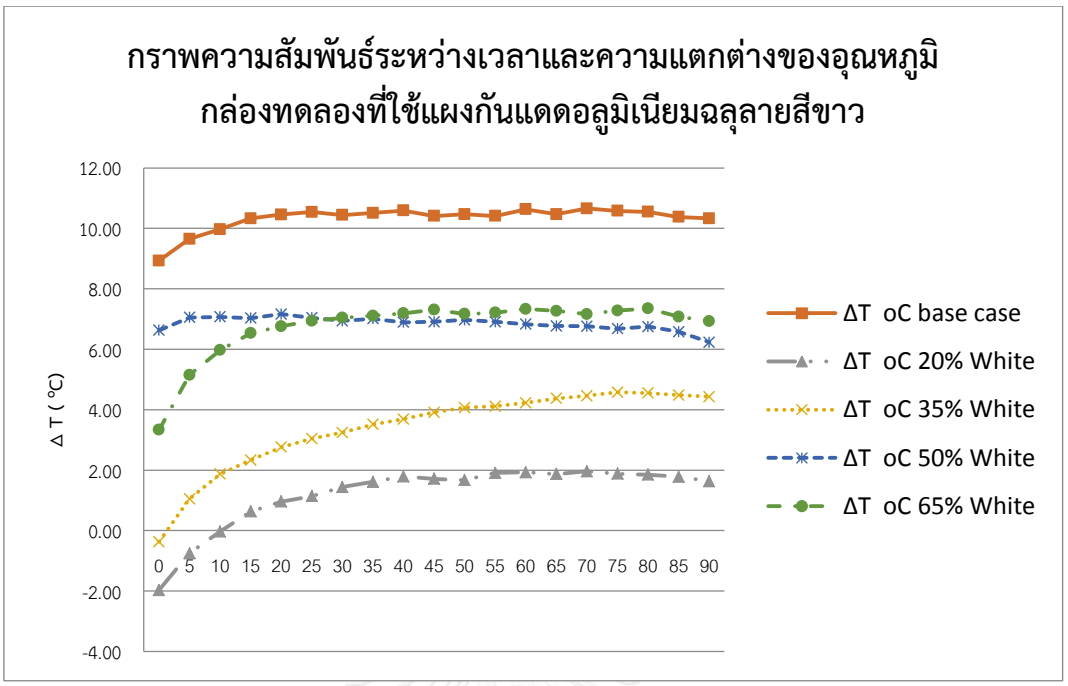
Perforation	ค่า U	ค่า SC	ค่า VT.
20% White	1	0.69	0.14
35% White	1	0.78	0.25
50% White	1	0.86	0.35
65% White	1	0.88	0.46
20% Black	1	0.74	0.14
35% Black	1	0.80	0.25
50% Black	1	0.88	0.35
65% Black	1	0.89	0.46
BC.	1	1.00	0.70



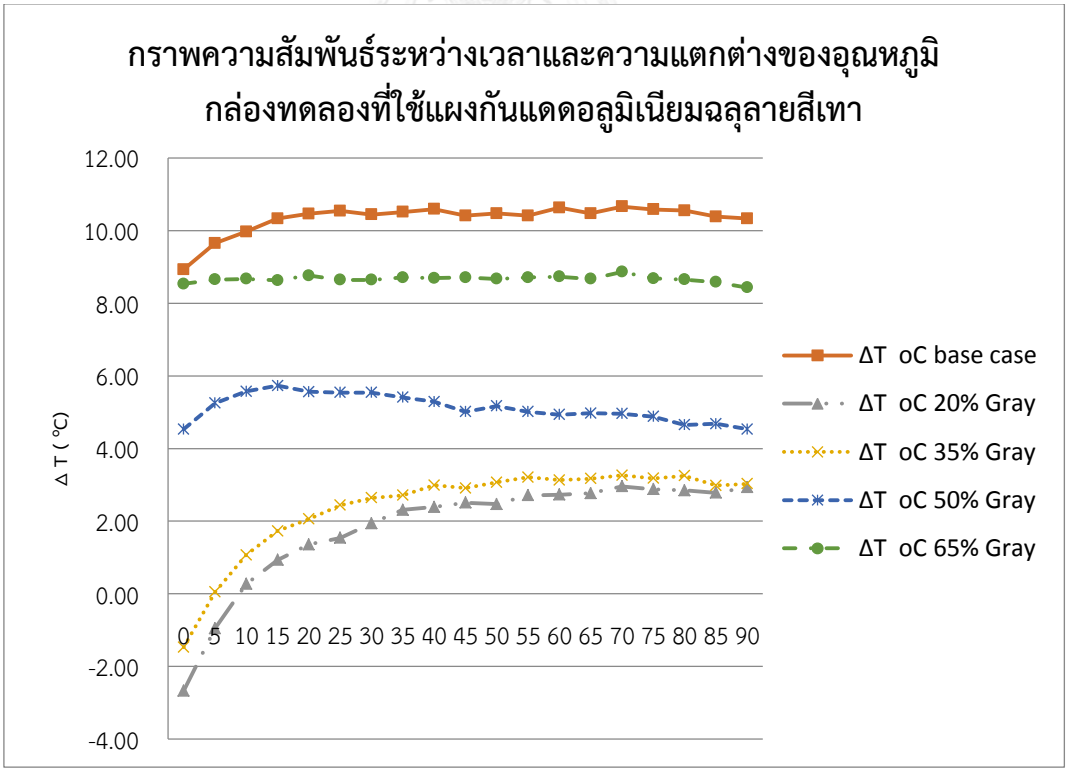
แผนภูมิที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาและความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

จากตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ,ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC) และค่าการส่งผ่านของแสง (VT) ซึ่งค่า SC หาได้จากสมการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ส่วนค่า VT หาได้จากผลคูณระหว่างค่าความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายกับค่า VT ของกระจก 3 มม. ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.70 จากตารางที่ 4.2 ทำให้ทราบว่า ค่า SC และ ค่า VT มีความสอดคล้องกัน คือ เมื่อค่า SC เพิ่มขึ้น ค่า VT ก็จะเพิ่มสูงตามไปด้วย

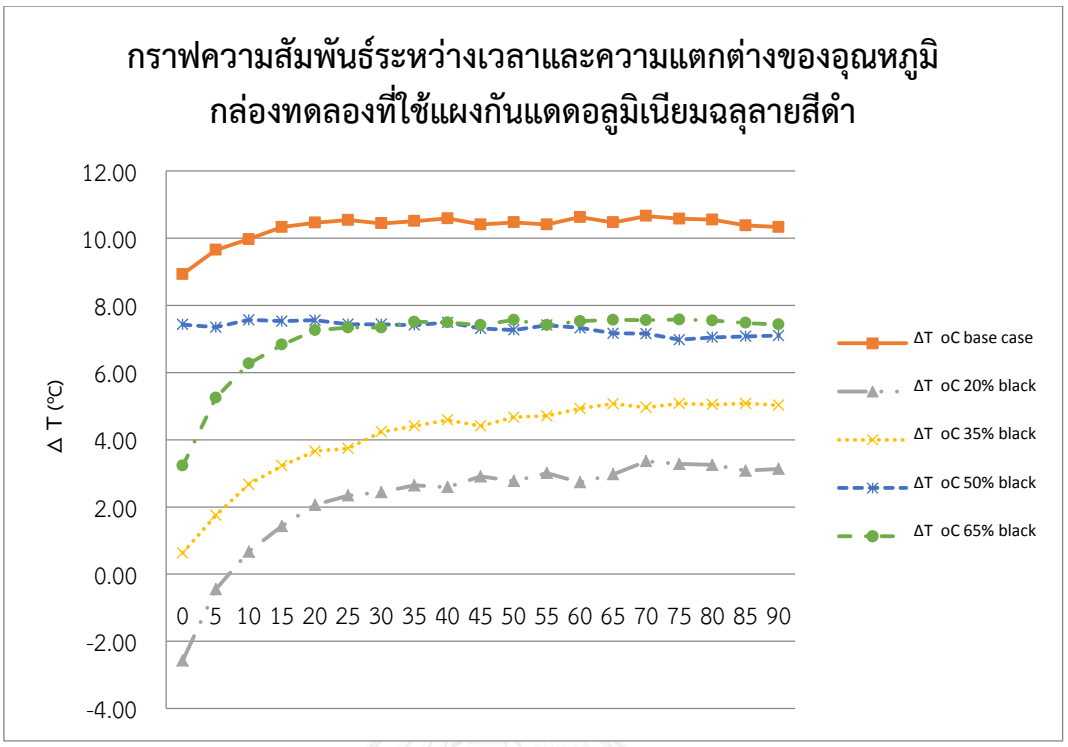
แผนภูมิที่ 1 เป็นการหาความสัมพันธ์กันระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การบังเงากับความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย กราฟที่ได้คือค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาแปรผันตามค่าความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ซึ่งได้เป็นสมการเชิงเส้น ดังนี้ y=0.072x+0.626 โดยที่ค่า x คือ ความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย และค่า y คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC)



แผนภูมิที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบ ΔT ของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ที่ใช้ความโปร่ง 20%,35% ,50% ,65% และ Base Case



แผนภูมิที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบ ΔT ของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีเทา ที่ใช้ความโปร่ง 20%,35% ,50% ,65% และ Base Case



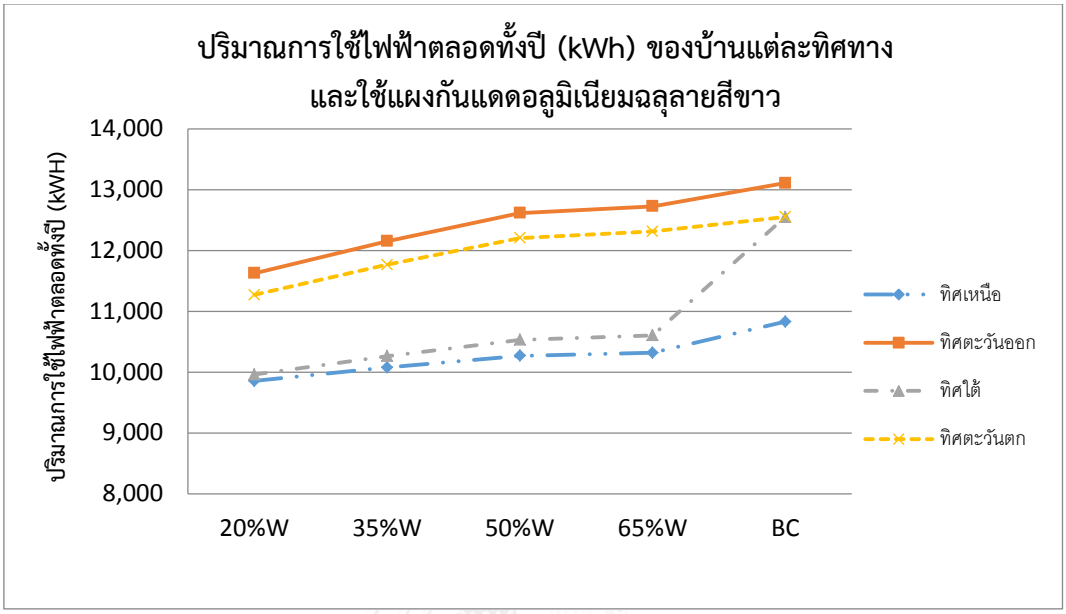
แผนภูมิที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบ ΔT ของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ที่ใช้ความโปร่ง 20%,35% ,50% ,65% และ Base Case

แผนภูมิที่ 2-4 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิลม เข้า-ออก ของกล่องทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายและที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่งและสีต่างๆ กัน ทำการบันทึกอุณหภูมิทุกๆ 5 นาที เป็นเวลา 90 นาที และนำค่าของอุณหภูมิที่เริ่มคงที่ ซึ่งจากแผนภูมิ ความแตกต่างของอุณหภูมิจะเริ่มคงที่ตั้งแต่เนาทีที่ 40 เป็นต้นไป นำไปหาความแตกต่างของอุณหภูมิ (ΔT) โดยเทียบกับอุณหภูมิห้อง (36.65°C) เปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิจาก องศาเซลเซียส เป็นองศาฟาเรนไฮต์ จากนั้นนำค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่เปลี่ยนหน่วยแล้วเอาไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC) ต่อไป

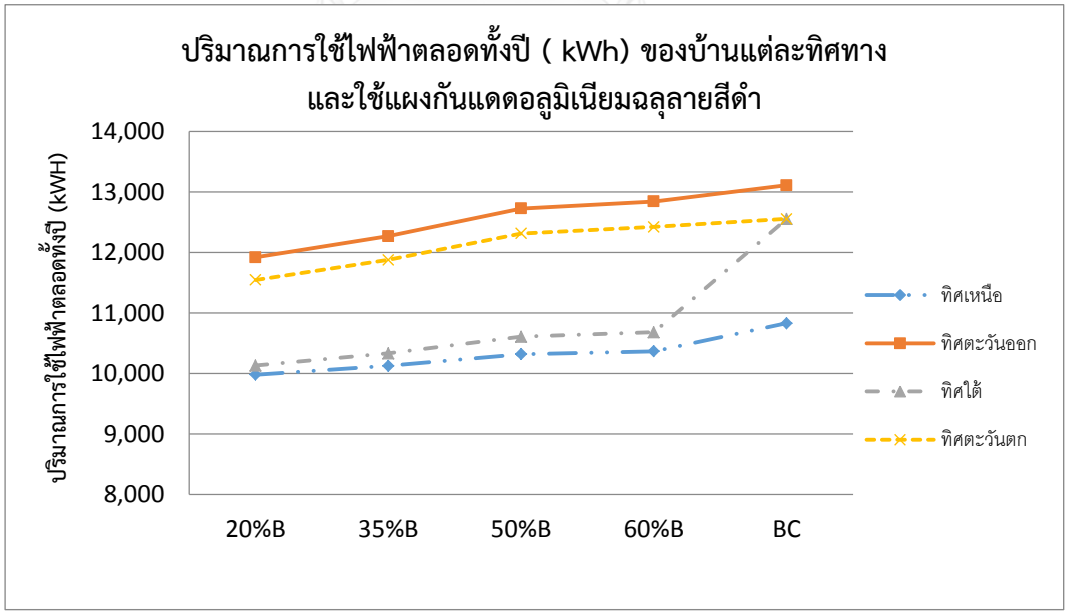
ณ นาทีที่ 0 ความแตกต่างของอุณหภูมิลม เข้า-ออก ของอาคารที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน และอาคารที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ไม่เริ่มที่ 0°C เนื่องจากช่วงที่ทำการเปลี่ยนแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย เพื่อเริ่มการบันทึกอุณหภูมิใหม่ไม่ได้รอให้อุณหภูมิภายในกล่องลดลงเท่ากับอุณหภูมิภายนอกกล่อง ส่งผลให้ ณ นาทีที่ 0 ความแตกต่างของอุณหภูมิลม เข้า-ออก ไม่เริ่มที่ 0 °C

4.3 ผลการศึกษาวิจัยจากการจำลองอาคาร และวิเคราะห์ผลเชิงเทคนิคด้านการใช้พลังงานภายในอาคาร

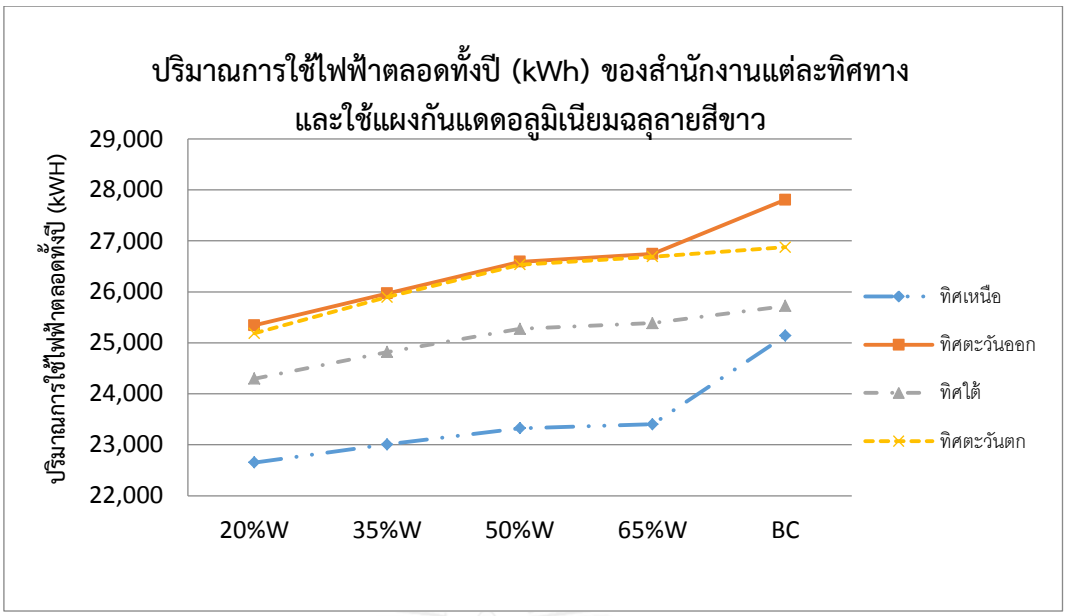
4.3.1 ผลการใช้พลังงานตลอดทั้งปี



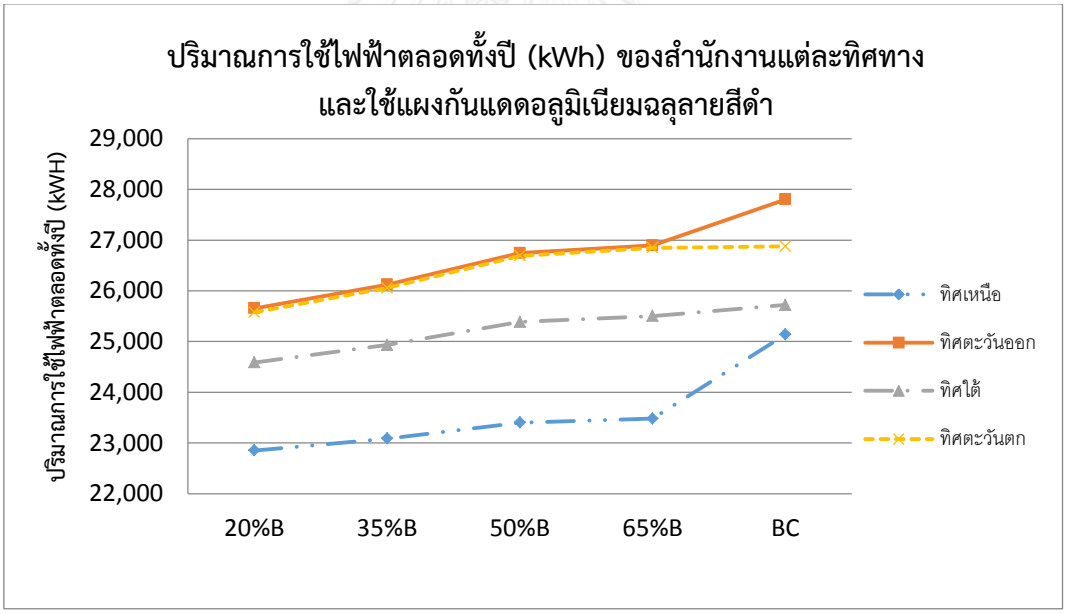
แผนภูมิที่ 5 แสดงการพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี ของบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว เปรียบเทียบกับบ้านที่ไม่ได้ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย



แผนภูมิที่ 6 แสดงการพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี ของบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ เปรียบเทียบกับบ้านที่ไม่ได้ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย



แผนภูมิที่ 7 แสดงการพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี ของสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว เปรียบเทียบกับบ้านที่ไม่ได้ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

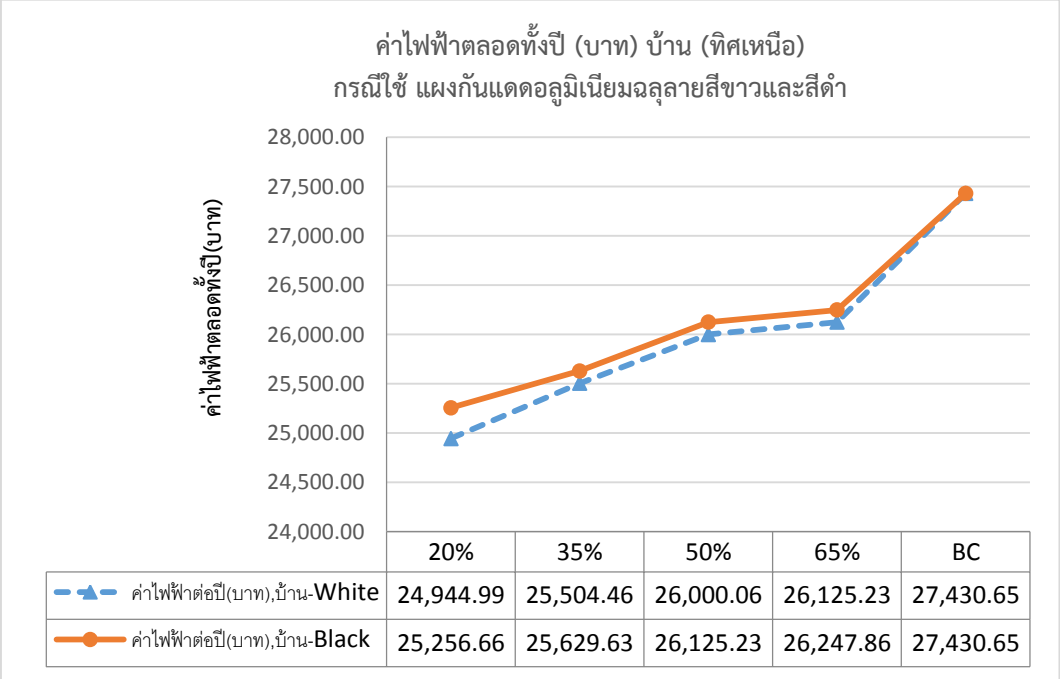


แผนภูมิที่ 8 แสดงการพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี ของสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ เปรียบเทียบกับบ้านที่ไม่ได้ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

จากแผนภูมิที่ 5 และ 6 แสดงถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปี ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ ที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ 65 เปรียบเทียบกับบ้านที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ปรากฏว่า บ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปีน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายและเมื่อเปรียบเทียบกับบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งอื่นๆ

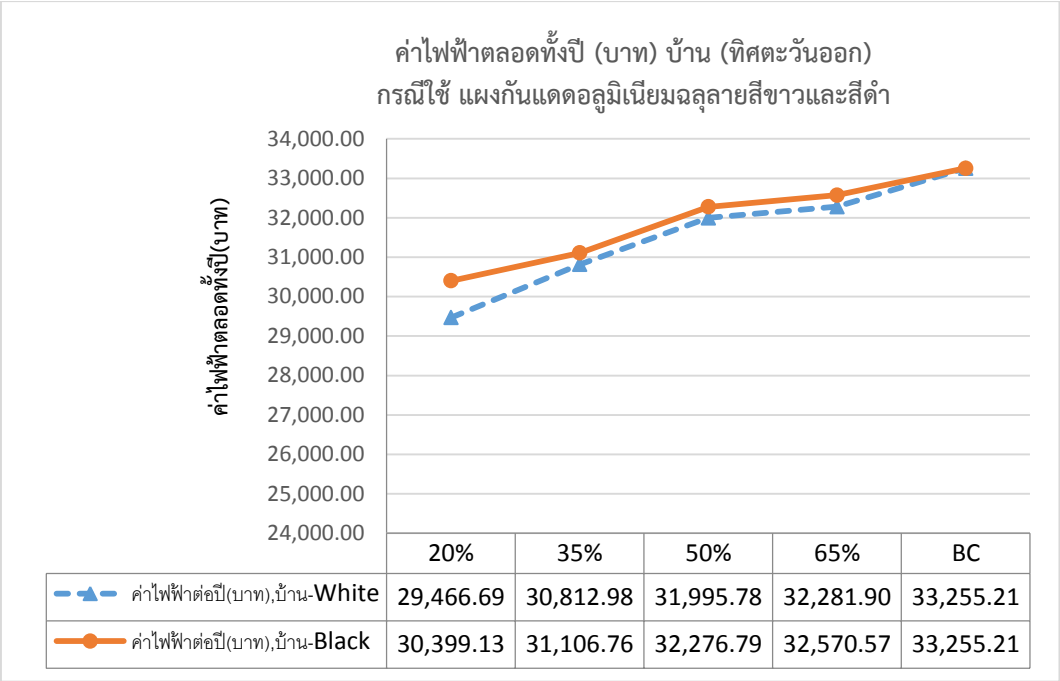
นอกจากนี้บ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปีต่ำกว่าบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ที่ความโปร่งเดียวกัน

จากแผนภูมิที่ 7 และ 8 แสดงถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปี ของสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ ที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ 65 เปรียบเทียบกับสำนักงานที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ปรากฏว่า สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปีน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสำนักงานที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายและเมื่อเปรียบเทียบกับสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งอื่นๆ นอกจากนี้สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปีต่ำกว่าบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ที่ความโปร่งเดียวกัน

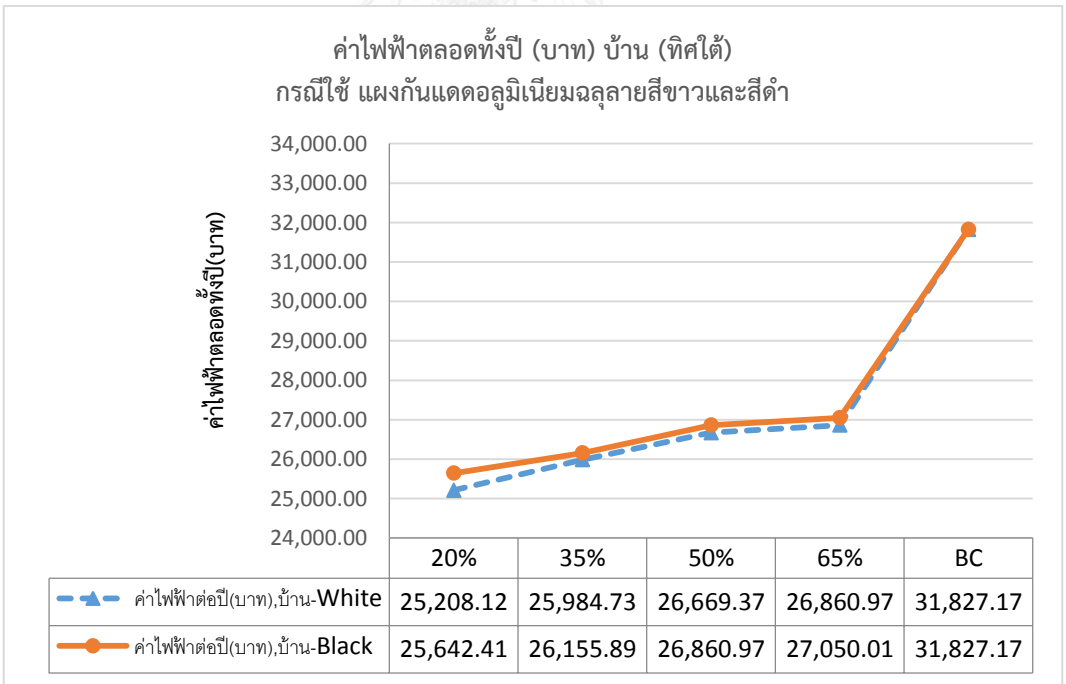


	20%	35%	50%	65%	BC
ค่าไฟฟ้าต่อปี(บาท),บ้าน-White	24,944.99	25,504.46	26,000.06	26,125.23	27,430.65
ค่าไฟฟ้าต่อปี(บาท),บ้าน-Black	25,256.66	25,629.63	26,125.23	26,247.86	27,430.65

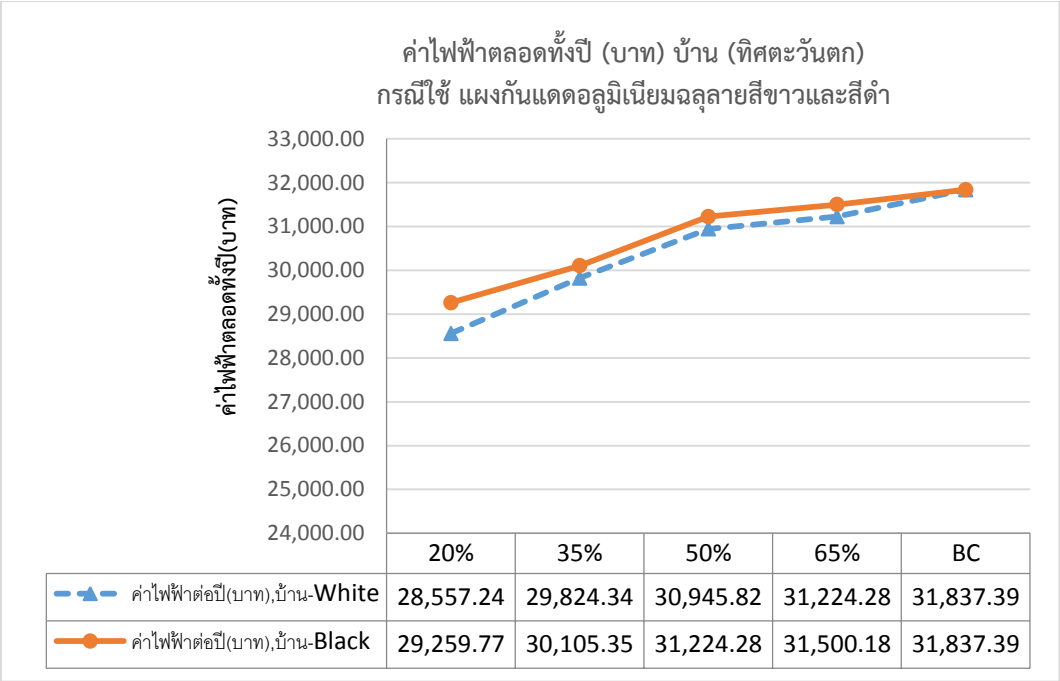
แผนภูมิที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) บ้าน(ทิศเหนือ) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ



แผนภูมิที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) บ้าน(ทิศตะวันออก) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ



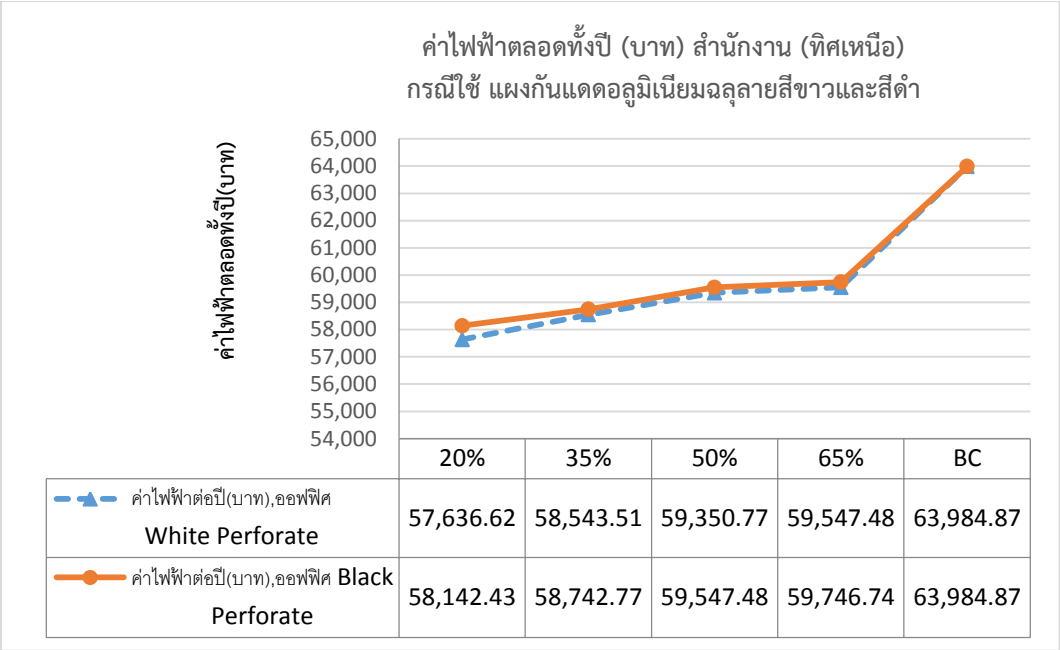
แผนภูมิที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) บ้าน(ทิศใต้) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียม ฉลุลายสีขาวและสีดำ



	20%	35%	50%	65%	BC
ค่าไฟฟ้าต่อปี(บาท),บ้าน-White	28,557.24	29,824.34	30,945.82	31,224.28	31,837.39
ค่าไฟฟ้าต่อปี(บาท),บ้าน-Black	29,259.77	30,105.35	31,224.28	31,500.18	31,837.39

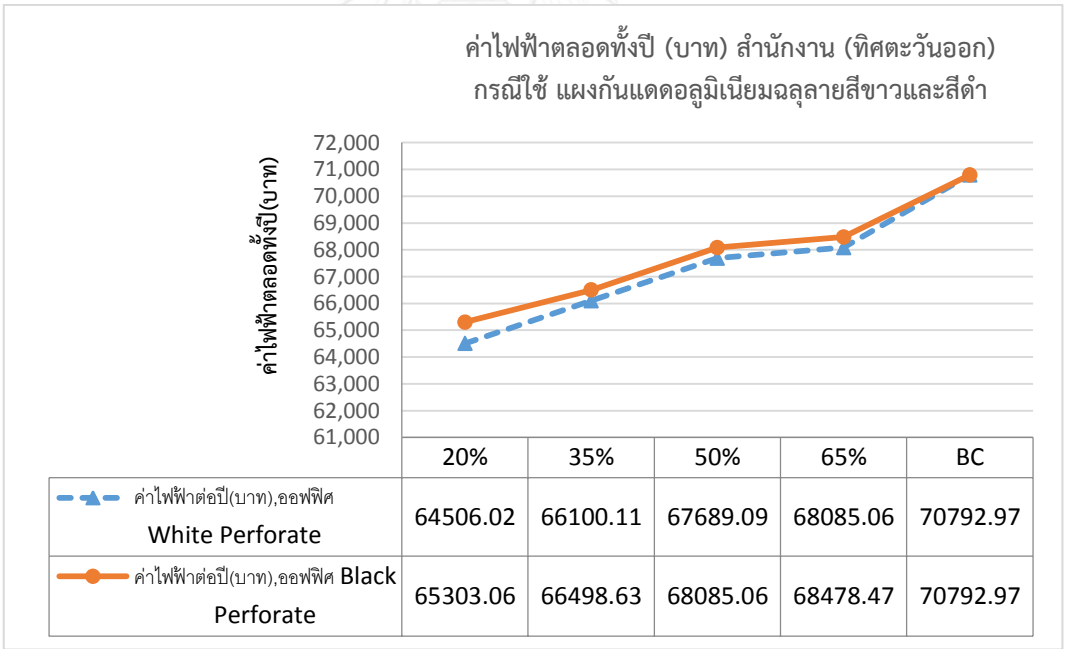
แผนภูมิที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) บ้าน(ทิศตะวันตก) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียม ฉลุลายสีขาวและสีดำ

จากแผนภูมิที่ 9-12 เป็นการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปีของบ้าน ที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย สีขาวและสีดำ ในทิศเหนือ ,ตะวันออก ,ใต้ และตะวันตก เมื่อเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าระหว่างแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ ผลปรากฏว่าบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวช่วยให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากกว่าบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ทุกทิศทาง และเมื่อเปรียบเทียบความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย บ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากที่สุด ในทุกทิศทาง เช่นกัน



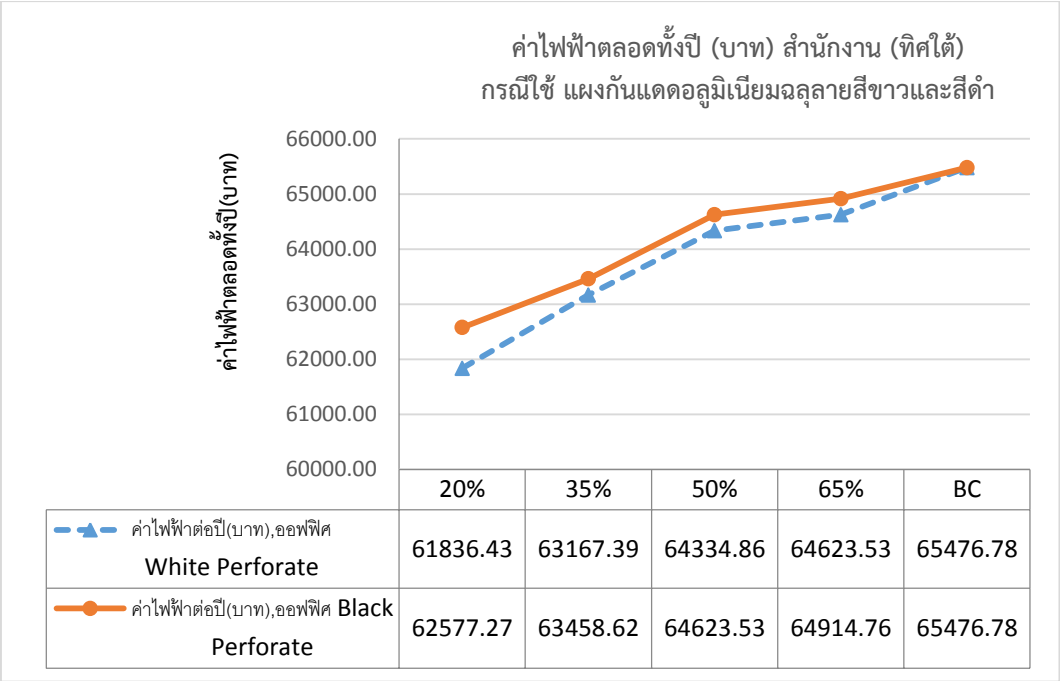
	20%	35%	50%	65%	BC
ค่าไฟฟ้าต่อปี(บาท),ออฟฟิศ White Perforate	57,636.62	58,543.51	59,350.77	59,547.48	63,984.87
ค่าไฟฟ้าต่อปี(บาท),ออฟฟิศ Black Perforate	58,142.43	58,742.77	59,547.48	59,746.74	63,984.87

แผนภูมิที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) สำนักงาน(ทิศเหนือ) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ



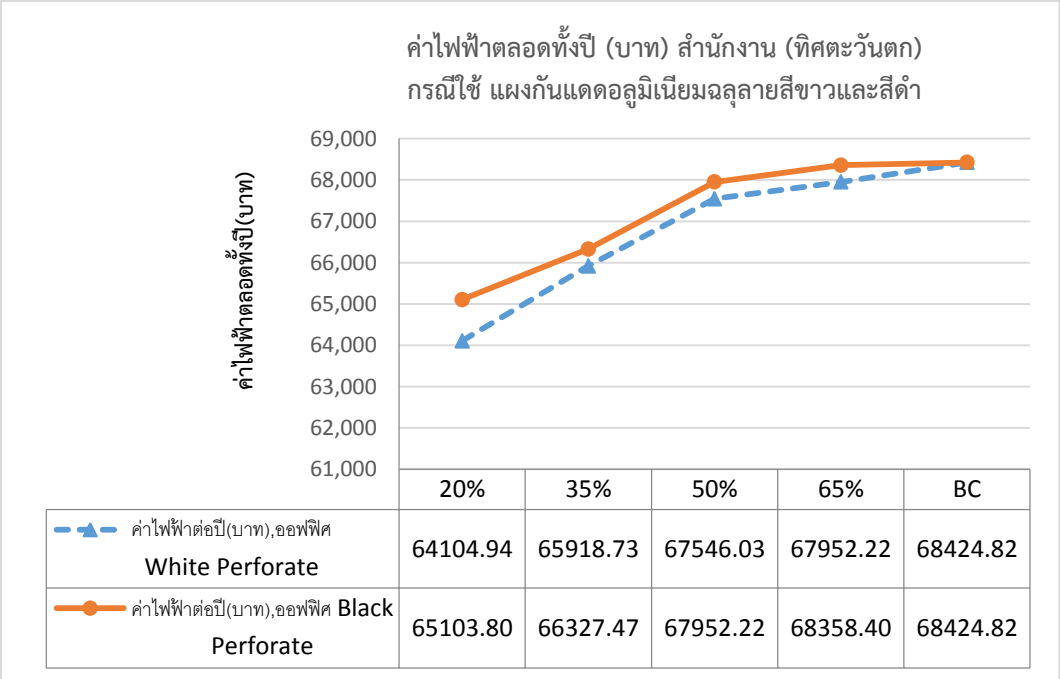
	20%	35%	50%	65%	BC
ค่าไฟฟ้าต่อปี(บาท),ออฟฟิศ White Perforate	64506.02	66100.11	67689.09	68085.06	70792.97
ค่าไฟฟ้าต่อปี(บาท),ออฟฟิศ Black Perforate	65303.06	66498.63	68085.06	68478.47	70792.97

แผนภูมิที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) สำนักงาน(ทิศตะวันออก) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ



	20%	35%	50%	65%	BC
ค่าไฟฟ้าต่อปี(บาท),ออฟฟิศ White Perforate	61836.43	63167.39	64334.86	64623.53	65476.78
ค่าไฟฟ้าต่อปี(บาท),ออฟฟิศ Black Perforate	62577.27	63458.62	64623.53	64914.76	65476.78

แผนภูมิที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) สำนักงาน(ทิศใต้) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ



	20%	35%	50%	65%	BC
ค่าไฟฟ้าต่อปี(บาท),ออฟฟิศ White Perforate	64104.94	65918.73	67546.03	67952.22	68424.82
ค่าไฟฟ้าต่อปี(บาท),ออฟฟิศ Black Perforate	65103.80	66327.47	67952.22	68358.40	68424.82

แผนภูมิที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) สำนักงาน(ทิศตะวันตก) กรณีใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ

จากแผนภูมิที่ 13-16 เป็นการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปีของสำนักงาน ที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย สีขาวและสีดำ ในทิศเหนือ ,ตะวันออก ,ใต้ และตะวันตก เมื่อเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าระหว่างแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ ผลปรากฏว่าสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวช่วยให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากกว่าสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ทุกทิศทาง และเมื่อเปรียบเทียบความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากที่สุด ในทุกทิศทาง เช่นกัน

ตารางที่ 3 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน และในทิศทางต่างๆ สำหรับบ้านพักอาศัย

แผงอลูมิเนียมฉลุลาย	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปีต่อพื้นที่ ($kWh/m^2.y$)-บ้าน			
	การใช้พลังงาน ($kWh/m^2.y$) ทิศเหนือ	การใช้พลังงาน ($kWh/m^2.y$) ทิศตะวันออก	การใช้พลังงาน ($kWh/m^2.y$) ทิศใต้	การใช้พลังงาน ($kWh/m^2.y$) ทิศตะวันตก
20%W	68.44	80.74	69.16	78.26
35%W	69.97	84.40	71.27	81.71
50%W	71.31	87.61	73.13	84.76
65%W	71.65	88.39	73.65	85.51
20%B	69.29	82.77	70.34	80.17
35%B	70.31	85.19	71.74	82.47
50%B	71.65	88.38	73.65	85.51
65%B	71.99	89.17	74.17	86.26
BC	75.20	91.03	87.15	87.18

จากตารางที่ 3 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีต่อพื้นที่ ($kWh/m^2.y$) ของบ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20%, 35%, 50% และ 65% สีขาวและสีดำ ในทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก เปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง ซึ่งค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีต่อพื้นที่ ได้จากการนำค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC) ที่ได้จากการทดลองในส่วนแรก ไปใช้ในการทดลองส่วนที่สอง คือ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านพักอาศัย จากนั้นจึงนำมาคิดการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีต่อพื้นที่ ซึ่งอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีพื้นที่ทั้งหมดของอาคาร เท่ากับ 144 ตร.ม.

ทิศเหนือ บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ความโปร่ง 20% สีขาว มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยที่สุด คือ 68.44 $kWh/m^2.y$ เมื่อเปรียบเทียบกับ บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียม ฉลุลาย ที่ความโปร่ง 35% ,50% และ65% ในทิศทางเดียวกัน และสามารถลด

การใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 6.76 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ทิศตะวันออก บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ความโปร่ง 20% สีขาว มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยที่สุด คือ 80.74 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับ บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ที่ความโปร่ง 35% ,50% และ65% ในทิศทางเดียวกัน และสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 10.29 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ทิศใต้ บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ความโปร่ง 20% สีขาว มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยที่สุด คือ 69.16 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับ บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ที่ความโปร่ง 35% ,50% และ65% ในทิศทางเดียวกัน และสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 17.99 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ทิศตะวันตก บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ความโปร่ง 20% สีขาว มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยที่สุด คือ 78.26 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับ บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ที่ความโปร่ง 35% ,50% และ65% ในทิศทางเดียวกัน และสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 8.92 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ตารางที่ 4 แสดงการเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานไฟฟ้า เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน และในทิศทางต่างๆ สำหรับบ้านพักอาศัย

แผงอลูมิเนียมฉลุลาย	% การประหยัดพลังงานเมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย-บ้าน			
	ประหยัดการใช้พลังงานได้ (%) ทิศเหนือ	ประหยัดการใช้พลังงานได้ (%) ทิศตะวันออก	ประหยัดการใช้พลังงานได้ (%) ทิศใต้	ประหยัดการใช้พลังงานได้ (%) ทิศตะวันตก
20%W	8.99	11.31	**20.65**	10.23
35%W	6.96	7.29	18.22	6.28
50%W	5.17	3.76	16.09	2.78
65%W	4.72	2.91	15.49	1.91
20%B	7.86	9.08	19.29	8.04
35%B	6.51	6.42	17.69	5.40
50%B	4.72	2.92	15.49	1.91
65%B	4.28	2.04	14.90	**1.05**

จากตารางที่ 4 เป็นการนำค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีต่อพื้นที่ (kWh/m^2.y) จากตารางที่ 3 มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน ซึ่งพบว่า บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดด

อลูมิเนียมฉลุลายความโปร่ง 20% สีขาว ทางด้านทิศใต้ สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด คิดเป็น 20.65% และบ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายความโปร่ง 65% สีดำ ทางด้านทิศตะวันตก สามารถประหยัดการใช้พลังงานได้น้อยที่สุด คิดเป็น 1.05%

ตารางที่ 5 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน และในทิศทางต่างๆ สำหรับสำนักงาน

แผงอลูมิเนียมฉลุลาย	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปีต่อพื้นที่ (kWh/m^2.y)-สำนักงาน			
	การใช้พลังงาน (kWh/m^2.y) ทิศเหนือ	การใช้พลังงาน (kWh/m^2.y) ทิศตะวันออก	การใช้พลังงาน (kWh/m^2.y) ทิศใต้	การใช้พลังงาน (kWh/m^2.y) ทิศตะวันตก
20%W	157.31	175.99	168.73	174.90
35%W	159.78	180.32	172.35	179.83
50%W	161.97	184.64	175.52	184.25
65%W	162.51	185.72	176.31	185.35
20%B	158.69	178.15	170.74	177.61
35%B	160.32	181.40	173.14	180.94
50%B	162.51	185.72	176.31	185.35
65%B	163.05	186.78	177.10	186.46
BC	174.57	193.08	178.63	186.64

จากตารางที่ 5 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีต่อพื้นที่ (kWh/m^2.y) ของสำนักงานที่ติดตั้ง แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20%, 35%, 50% และ 65% สีขาวและสีดำ ในทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก เปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง ซึ่งค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีต่อพื้นที่ ได้จากการนำค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC) ที่ได้จากการทดลองในส่วนแรก ไปใช้ในการทดลองส่วนที่สอง คือ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้าของออฟฟิศ จากนั้นจึงนำมาคิดการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีต่อพื้นที่ ซึ่งออฟฟิศที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีพื้นที่ทั้งหมดของอาคาร เท่ากับ 144 m^2

ทิศเหนือ สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ความโปร่ง 20% สีขาว มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยที่สุด คือ 157.31 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับ สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ที่ความโปร่ง 35% ,50% และ65% ในทิศทางเดียวกัน และสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 17.26 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับสำนักงานที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ทิศตะวันออก สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ความโปร่ง 20% สีขาว มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยที่สุด คือ 175.99 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับ สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ที่ความโปร่ง 35% ,50% และ65% ในทิศทางเดียวกัน และสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 17.09 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับสำนักงานที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ทิศใต้ สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ความโปร่ง 20% สีขาว มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยที่สุด คือ 168.73 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับ สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 35% ,50% และ65% ในทิศทางเดียวกัน และสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 9.90 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับสำนักงานที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ทิศตะวันตก สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ความโปร่ง 20% สีขาว มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยที่สุด คือ 174.90 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับ สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ที่ความโปร่ง 35% ,50% และ65% ในทิศทางเดียวกัน และสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 11.74 kWh/m^2.y เมื่อเปรียบเทียบกับสำนักงานที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ตารางที่ 6 แสดงการเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานไฟฟ้า เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน และในทิศทางต่างๆ สำหรับสำนักงาน

แผงอลูมิเนียมฉลุลาย	% การประหยัดพลังงานเมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย-สำนักงาน			
	ประหยัดการใช้พลังงานได้ (%) ทิศเหนือ	ประหยัดการใช้พลังงานได้ (%) ทิศตะวันออก	ประหยัดการใช้พลังงานได้ (%) ทิศใต้	ประหยัดการใช้พลังงานได้ (%) ทิศตะวันตก
20%W	**9.89**	8.85	5.54	6.29
35%W	8.47	6.61	3.51	3.65
50%W	7.22	4.37	1.74	1.28
65%W	6.91	3.81	1.30	0.69
20%B	9.10	7.73	4.41	4.84
35%B	8.16	6.05	3.07	3.05
50%B	6.91	3.81	1.30	0.69
65%B	6.60	3.26	0.86	**0.10**

จากตารางที่ 6 เป็นการนำค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีต่อพื้นที่ (kWh/m^2.y) จากตารางที่ 5 มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน ซึ่งพบว่า สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายความโปร่ง 20% สีขาว ทางด้านทิศเหนือ สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

ได้มากที่สุด คิดเป็น 9.89% และสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายความโปร่ง 65% สีดำ ทางด้านทิศตะวันตก สามารถประหยัดการใช้พลังงานได้น้อยที่สุด คิดเป็น 0.10%

ตารางที่ 7 แสดงระยะเวลาการคืนทุน เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน และในทิศทางต่างๆ สำหรับบ้านพักอาศัย

แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย	Pay Back (ปี) ทิศเหนือ	Pay Back (ปี) ทิศตะวันออก	Pay Back (ปี) ทิศใต้	Pay Back (ปี) ทิศตะวันตก
20%W	61.0	40.0	**22.9**	46.2
35%W	78.8	62.1	26.0	75.4
50%W	106.2	120.5	29.4	170.1
65%W	116.2	155.9	30.5	247.4
20%B	69.8	53.1	24.5	58.9
35%B	84.2	70.6	26.7	87.6
50%B	116.2	155.0	30.5	247.4
65%B	128.3	211.6	31.8	449.9

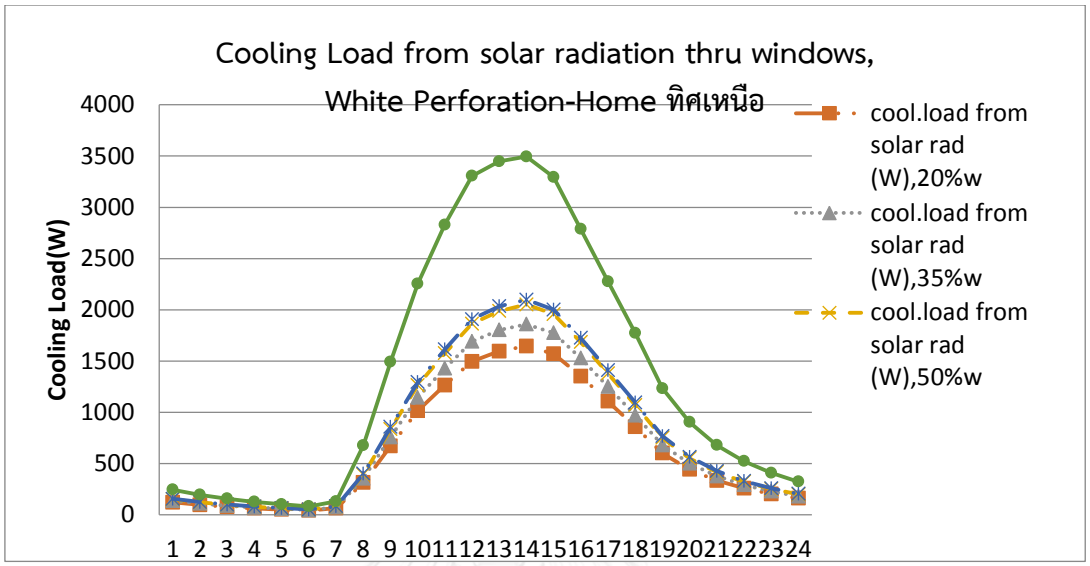
ตารางที่ 8 แสดงระยะเวลาการคืนทุน เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน และในทิศทางต่างๆ สำหรับสำนักงาน

แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย	Pay Back (ปี) ทิศเหนือ	Pay Back (ปี) ทิศตะวันออก	Pay Back (ปี) ทิศใต้	Pay Back (ปี) ทิศตะวันตก
20%W	**23.9**	24.1	41.7	35.1
35%W	27.9	32.3	65.7	60.5
50%W	32.7	48.9	132.8	172.6
65%W	34.2	56.0	177.8	321.0
20%B	26.0	27.6	52.3	45.7
35%B	28.9	35.3	75.2	72.3
50%B	34.2	56.0	177.8	321.0
65%B	35.8	65.5	269.9	2283.9

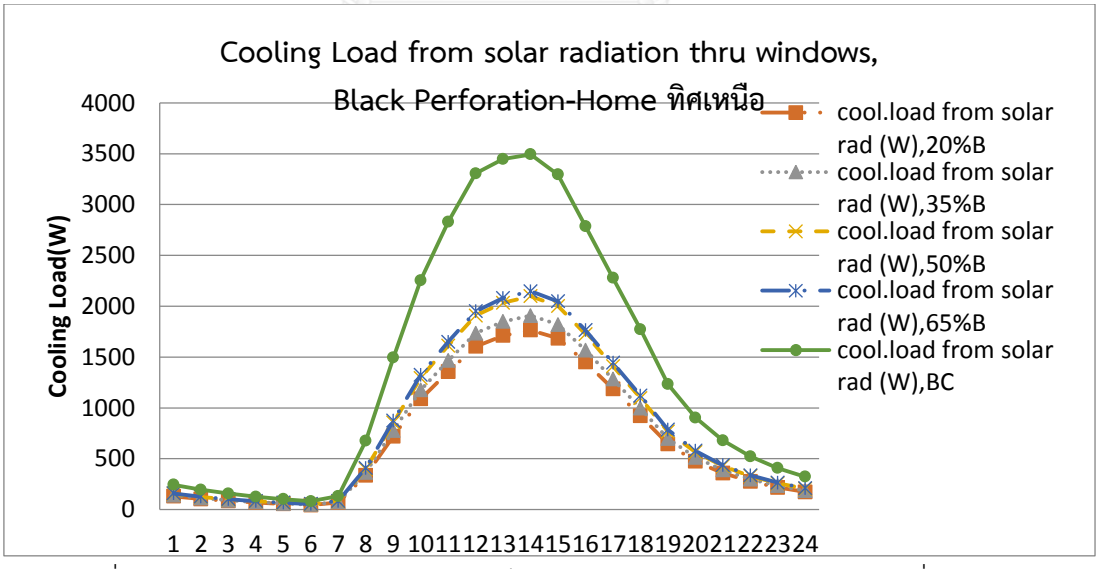
จากตารางที่ 7 แสดงระยะเวลาการคืนทุนของบ้าน เมื่อติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย โดยคิดจากต้นทุนในการติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายเทียบกับค่าไฟฟ้าที่ประหยัดลงมาได้ ปรากฏว่าระยะเวลาที่คืนทุนเร็วที่สุดคือ 22ปี 10เดือน 24วัน ซึ่งเป็นการใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวที่มีความโปร่ง 20% ในขณะที่บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำที่มีความโปร่ง 65% ในระยะเวลาคืนทุนนานที่สุด ส่วนที่ตารางที่ 8 แสดงระยะเวลาการคืนทุนของสำนักงาน เมื่อติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ปรากฏว่าระยะเวลาคืนทุนที่เร็วที่สุดคือ 23ปี 10

เดือน 24วัน ซึ่งเป็นการใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวที่มีความโปร่ง 20% ในขณะที่สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำที่มีความโปร่ง 65% ในระยะเวลาคืนทุนนานที่สุด

4.3.2 วิเคราะห์ผล ภาระการทำความเย็นจากแผ่รังสีความร้อนเข้ามาทางหน้าต่าง ในบ้านพักอาศัยและสำนักงาน ในวันที่ 21 มีนาคม

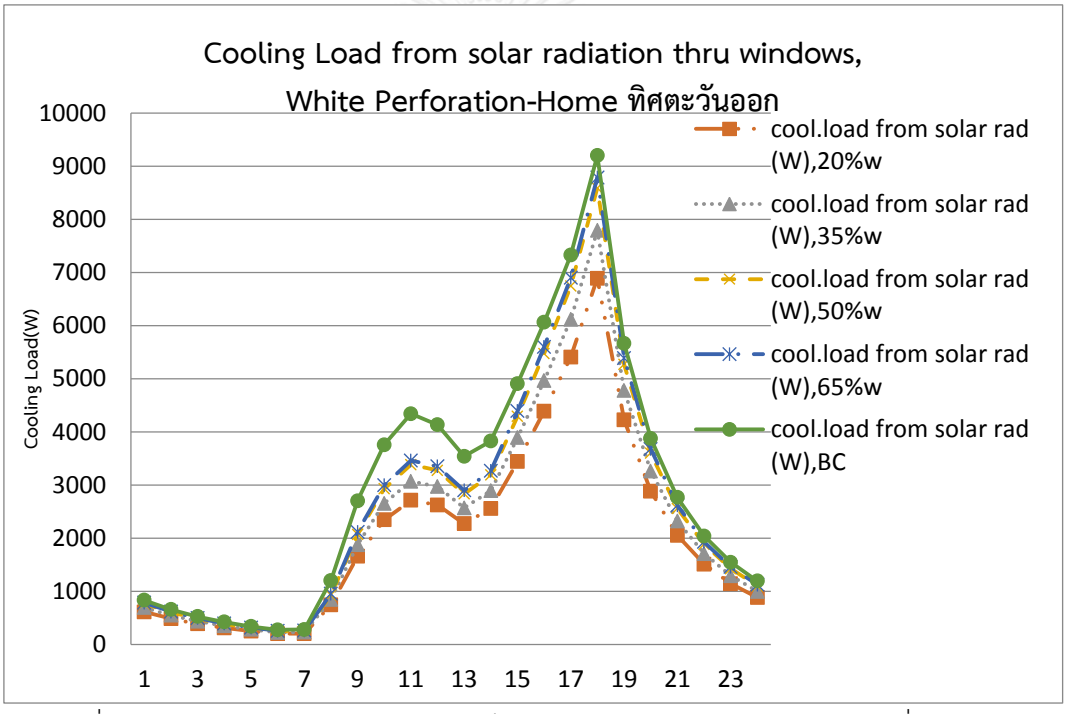


แผนภูมิที่ 17 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาว เปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศเหนือ

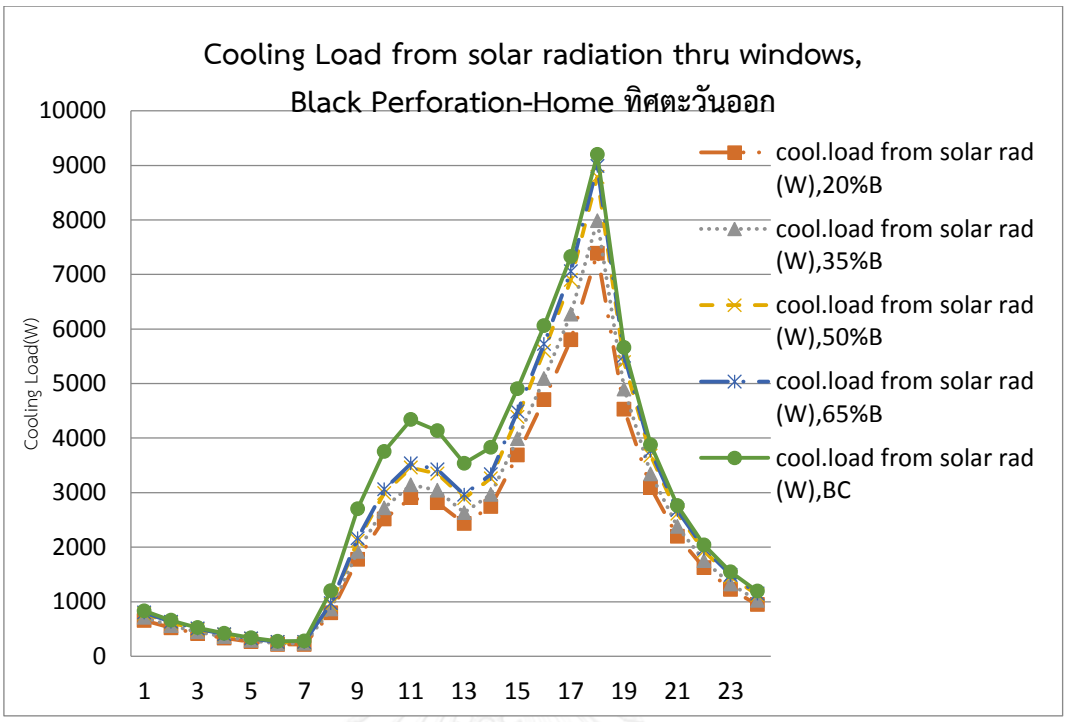


แผนภูมิที่ 18 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำ เปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศเหนือ

แผนภูมิที่ 17 และ18 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายและหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ65% สีขาว และสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมงของบ้านพักอาศัยที่หันด้านหน้าซึ่งติดตั้งกระจกเพียงอย่างเดียว (อาคารอ้างอิง) และบ้านที่ติดตั้งกระจกและติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน ไปทางทิศเหนือ ซึ่งความร้อนจะผ่านหน้าต่างเข้ามาได้สูงสุดในช่วงเวลาประมาณ1300-1400 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาทางช่องหน้าต่างพอดี ทำให้ต้องใช้พลังงานในการทำความเย็นมากสุดในช่วงเวลานั้นด้วยเช่นกัน และเมื่อดวงอาทิตย์โคจรผ่านไปความร้อนที่ผ่านกระจกเข้ามาก็จะค่อยๆลดลงไปเรื่อยๆ พลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นก็จะลดลงตามเช่นกัน โดยที่บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% สามารถลดภาระในการทำความเย็นจากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างได้ดีที่สุด



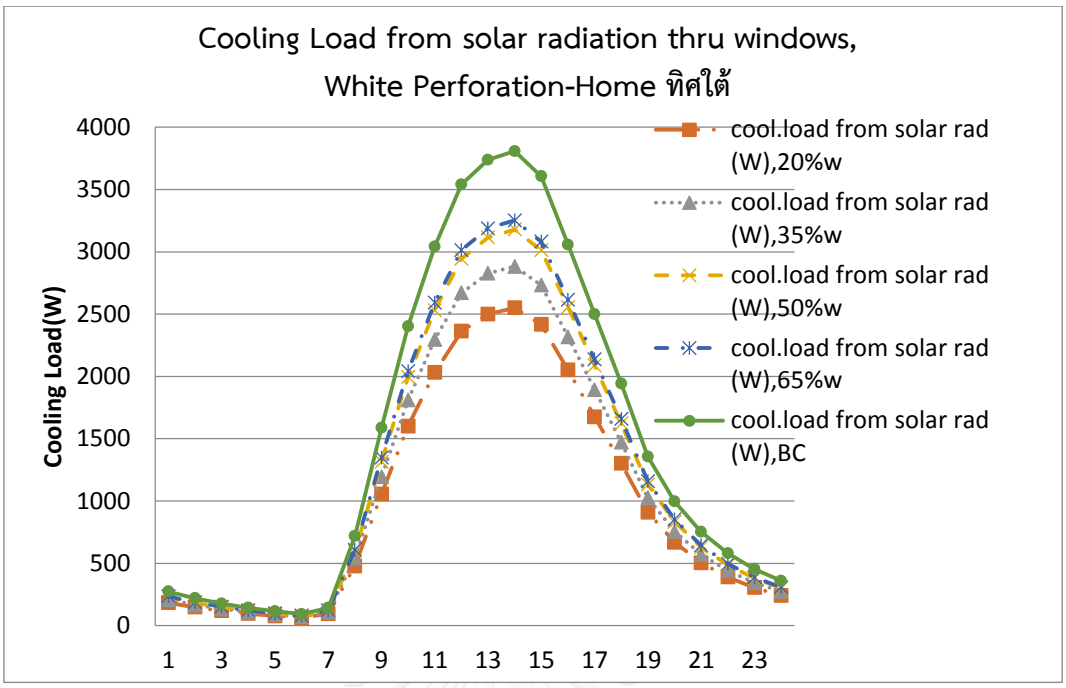
แผนภูมิที่ 19 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศตะวันออก



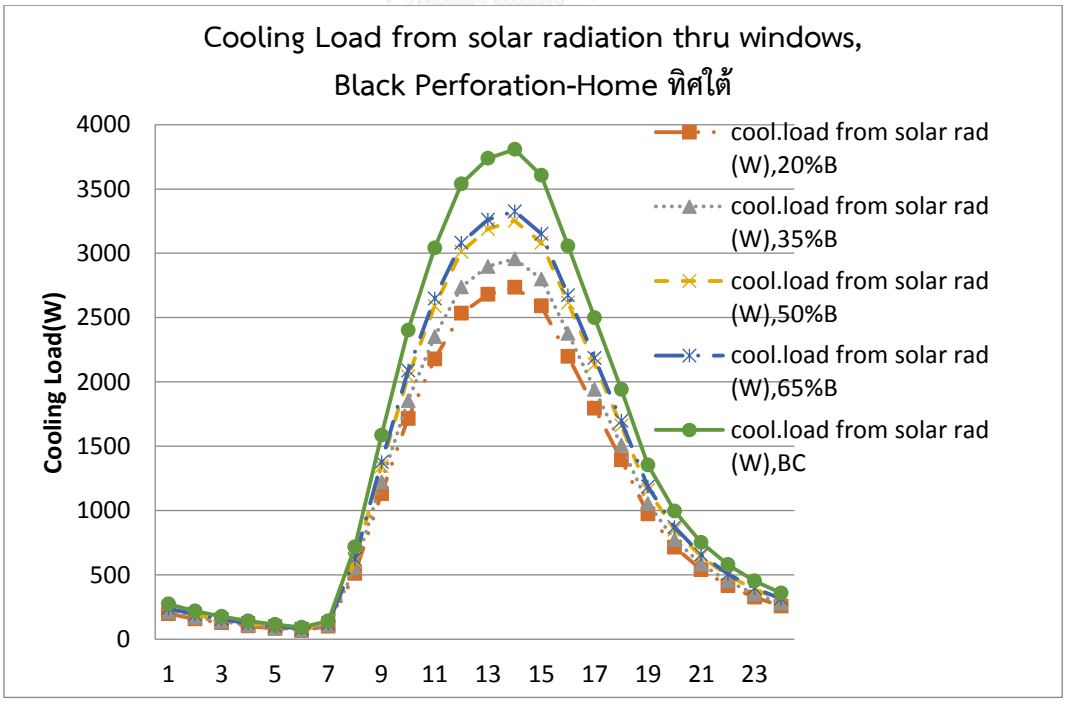
แผนภูมิที่ 20 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศตะวันออก

แผนภูมิที่ 19 และ20 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายและหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ65% สีขาว และสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมงของบ้านพักอาศัยที่หันด้านหน้าซึ่งติดตั้งกระจกเพียงอย่างเดียว (อาคารอ้างอิง) และบ้านที่ติดตั้งกระจกและติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน ไปทางทิศตะวันออก-ตะวันตก ซึ่งกราฟจะมีค่าสูงอยู่ 2 ช่วงเวลา คอ ช่วงเข้าเวลาประมาณ 11.00 น. เป็นช่วงที่แสงอาทิตย์ส่องผ่านหน้าต่างด้านหน้าเข้ามาภายในอาคารและอีกช่วงเวลา คือ ช่วงเย็นเวลาประมาณ 18.00 น. เป็นอีกช่วงหนึ่งที่แสงอาทิตย์ส่องผ่านหน้าต่างเข้ามาทางด้านหลัง

จากกราฟ แสดงให้เห็นภาระที่ใช้ในการทำความเย็นจากความร้อนที่แผ่เข้ามาในช่วงเช้าจะมีค่าน้อยกว่าในช่วงเย็น เนื่องจาก ในช่วงเย็นมีการสะสมของความร้อนที่เข้ามาภายในบ้านตลอดทั้งวัน ทำให้ภาระในการทำความเย็นในช่วงบ่ายมีค่าสูงกว่าในช่วงเช้า โดยที่บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% สามารถลดภาระการทำความเย็นจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างได้ดีที่สุด

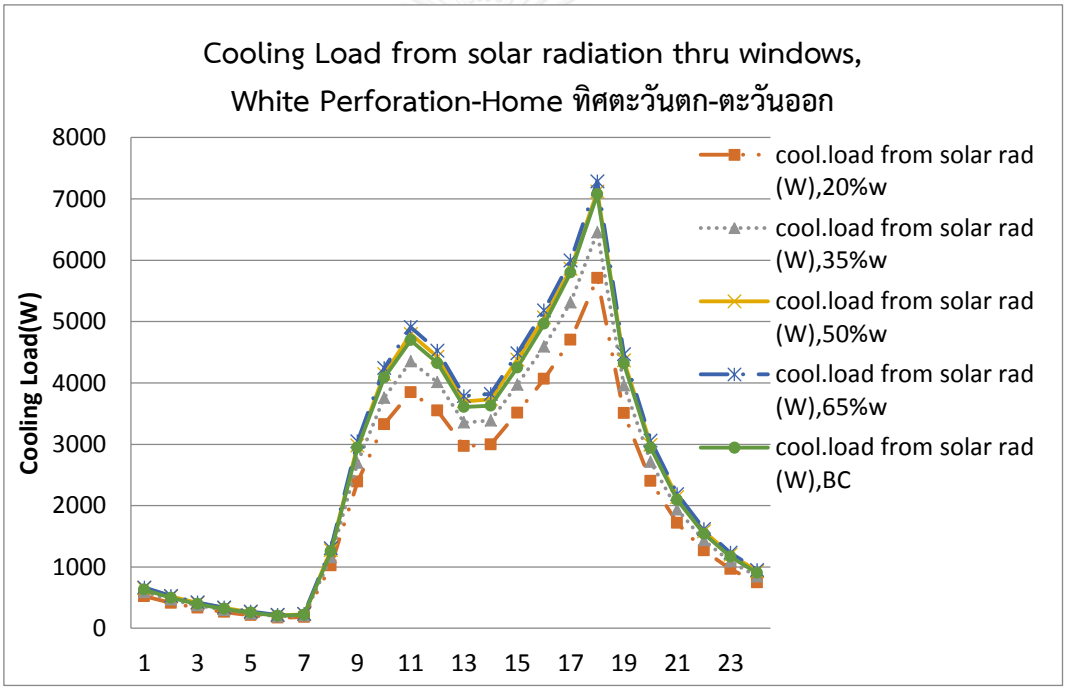


แผนภูมิที่ 21 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศใต้

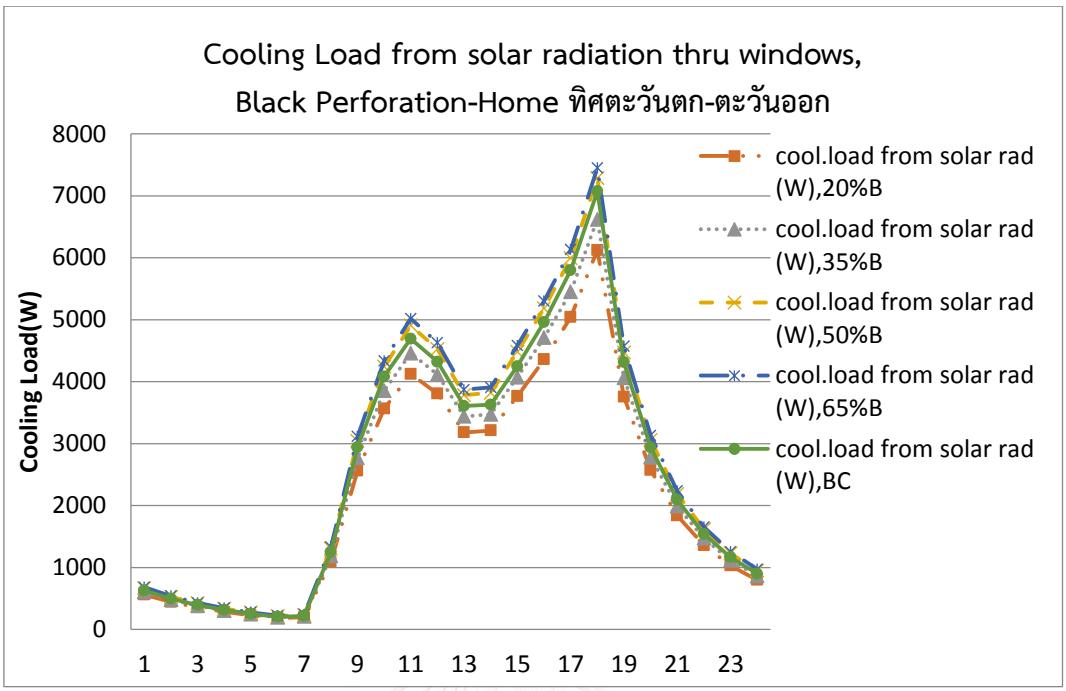


แผนภูมิที่ 22 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศใต้

แผนภูมิที่ 21 และ22 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายและหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ65% สีขาว และสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมงของบ้านพักอาศัยที่หันด้านหน้าซึ่งติดตั้งกระจกเพียงอย่างเดียว (อาคารอ้างอิง) และบ้านที่ติดตั้งกระจกและติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน ไปทางทิศใต้ ซึ่งความร้อนจะผ่านหน้าต่างเข้ามาได้สูงสุดในช่วงเวลาประมาณ1300-1400 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาทางช่องหน้าต่างพอดี ทำให้ต้องใช้พลังงานในการทำความเย็นมากสุดในช่วงเวลานั้นด้วยเช่นกัน และเมื่อดวงอาทิตย์โคจรผ่านไปความร้อนที่ผ่านกระจกเข้ามาก็จะค่อยๆลดลงไปเรื่อยๆ พลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นก็จะลดลงตามเช่นกัน โดยที่บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% สามารถลดภาระในการทำความเย็นจากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างได้ดีที่สุด



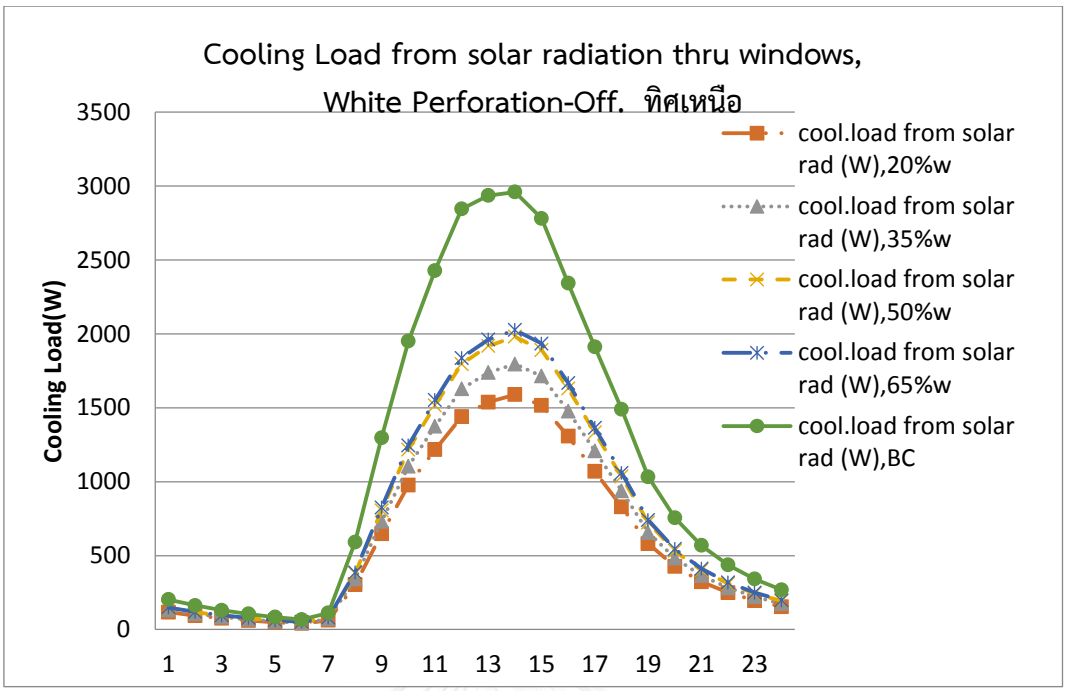
แผนภูมิที่ 23 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศตะวันตก



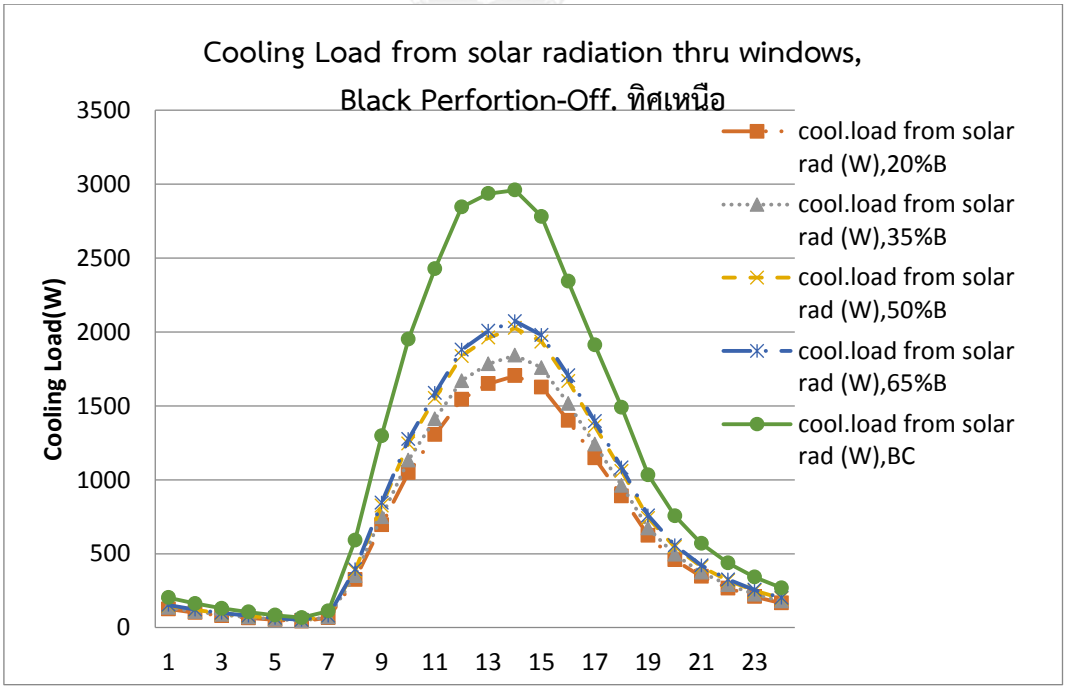
แผนภูมิที่ 24 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของบ้านที่หันไปทางทิศตะวันตก

แผนภูมิที่ 23 และ24 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายและหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ65% สีขาว และสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมงของบ้านพักอาศัยที่หันด้านหน้าซึ่งติดตั้งกระจกเพียงอย่างเดียว (อาคารอ้างอิง) และบ้านที่ติดตั้งกระจกและติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน ไปทางทิศตะวันตก ซึ่งกราฟจะมีค่าสูงอยู่ 2 ช่วงเวลา คอ ช่วงเข้าเวลาประมาณ 11.00 น. เป็นช่วงที่แสงอาทิตย์ส่องผ่านหน้าต่างด้านหน้าเข้ามาภายในอาคาร และอีกช่วงเวลา คือ ช่วงเย็นเวลาประมาณ 18.00 น. เป็นอีกช่วงหนึ่งที่แสงอาทิตย์ส่องผ่านหน้าต่างเข้ามาทางด้านหลัง

จากกราฟ แสดงให้เห็นภาระที่ใช้ในการทำความเย็นจากความร้อนที่แผ่เข้ามาในช่วงเช้าจะมีค่าน้อยกว่าในช่วงเย็น เนื่องจาก ในช่วงเย็นมีการสะสมของความร้อนที่เข้ามาภายในบ้านตลอดทั้งวัน ทำให้ภาระในการทำความเย็นในช่วงบ่ายมีค่าสูงกว่าในช่วงเช้า โดยที่บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% สามารถลดภาระการทำความเย็นจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างได้ดีที่สุด

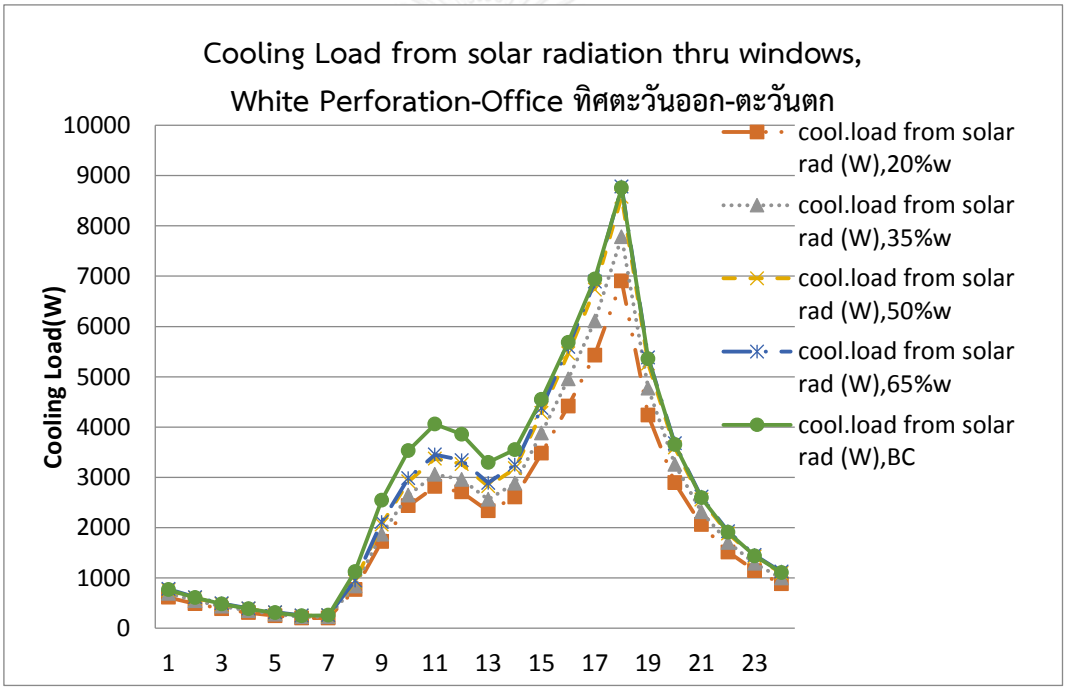


แผนภูมิที่ 25 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศเหนือ

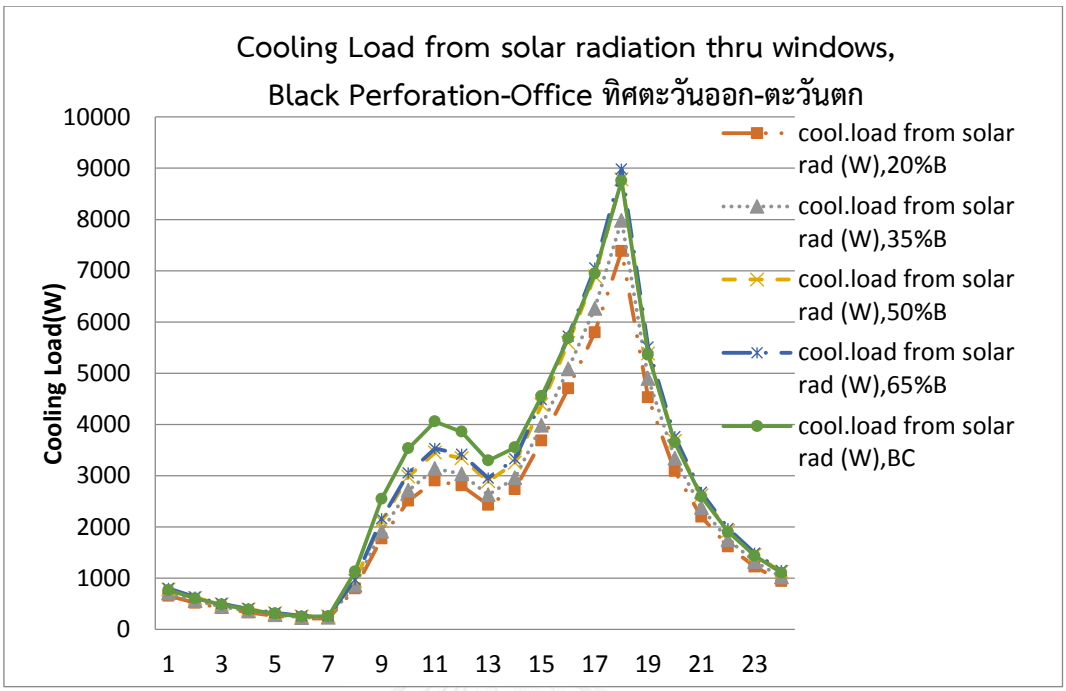


แผนภูมิที่ 26 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศเหนือ

แผนภูมิที่ 25 และ26 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายและหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ65% สีขาว และสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมงของสำนักงานที่หันด้านหน้าซึ่งติดตั้งกระจกเพียงอย่างเดียว (อาคารอ้างอิง) และสำนักงานที่ติดตั้งกระจกและติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน ไปทางทิศเหนือ ซึ่งความร้อนจะผ่านหน้าต่างเข้ามาได้สูงสุดในช่วงเวลาประมาณ1300-1400 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาทางช่องหน้าต่างพอดี ทำให้ต้องใช้พลังงานในการทำความเย็นมากสุดในช่วงเวลานั้นด้วยเช่นกัน และเมื่อดวงอาทิตย์โคจรผ่านไปความร้อนที่ผ่านกระจกเข้ามาก็จะค่อยๆลดลงไปเรื่อยๆ พลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นก็จะลดลงตามเช่นกัน โดยที่บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% สามารถลดภาระในการทำความเย็นจากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างได้ดีที่สุด



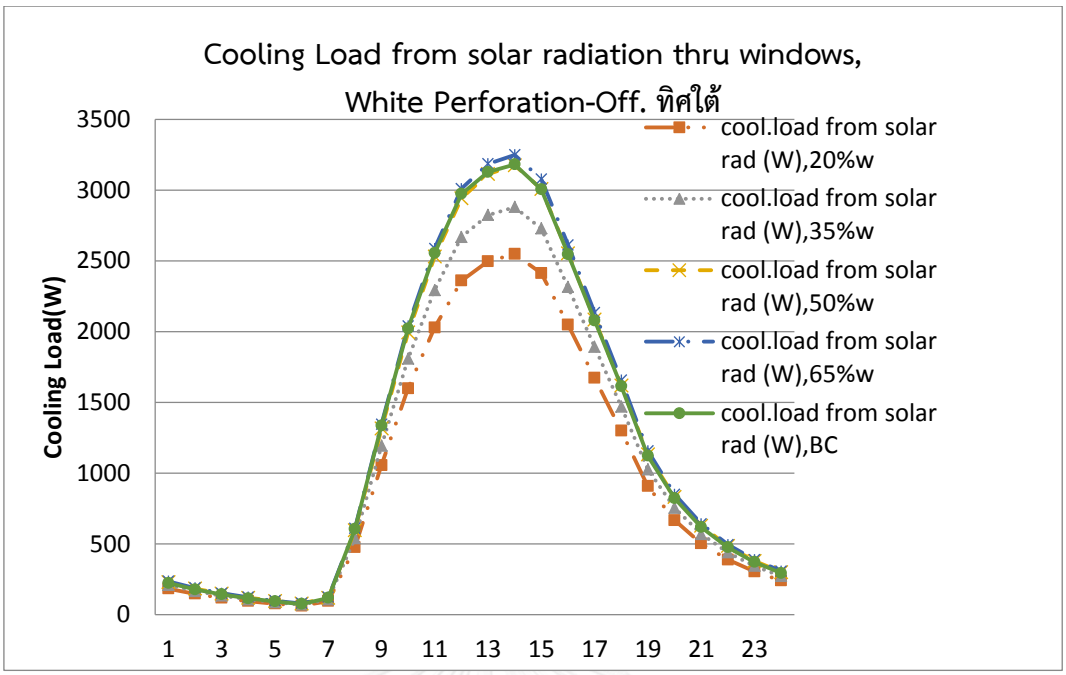
แผนภูมิที่ 27 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศตะวันออก



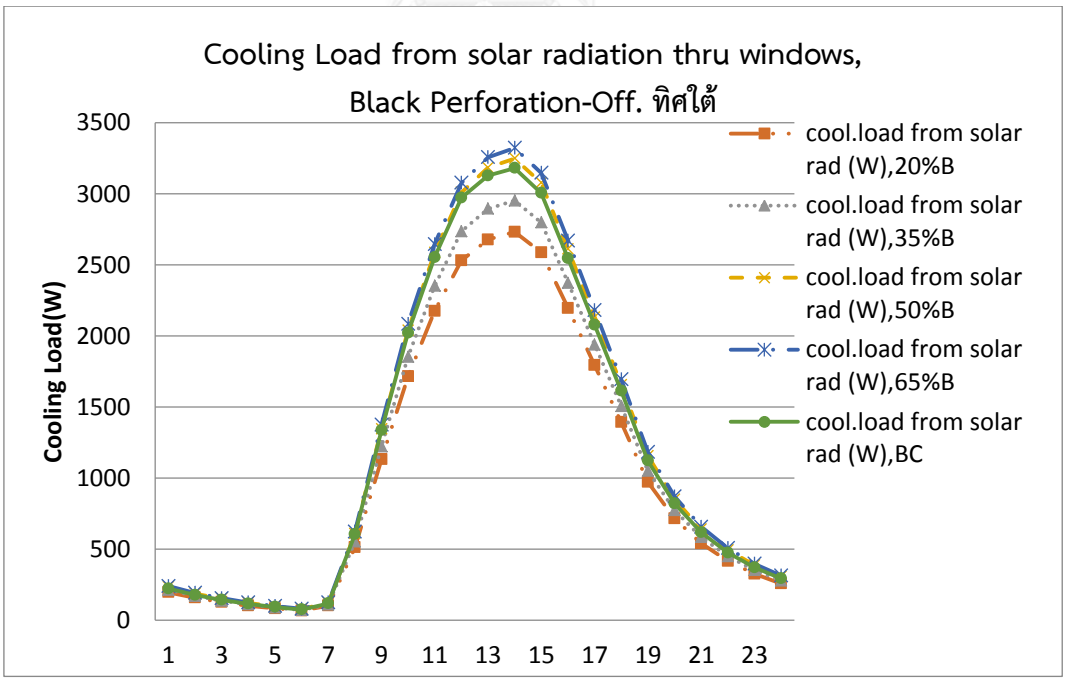
แผนภูมิที่ 28 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศตะวันออก

แผนภูมิที่ 27 และ28 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายและหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ65% สีขาว และสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมงของสำนักงานที่หันด้านหน้าซึ่งติดตั้งกระจกเพียงอย่างเดียว (อาคารอ้างอิง) และสำนักงานที่ติดตั้งกระจกและติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน ไปทางทิศตะวันออก ซึ่งกราฟจะมีค่าสูงอยู่ 2 ช่วงเวลา คอ ช่วงเข้าเวลาประมาณ 11.00 น. เป็นช่วงที่แสงอาทิตย์ส่องผ่านหน้าต่างด้านหน้าเข้ามาภายในอาคารและอีกช่วงเวลา คือ ช่วงเย็นเวลาประมาณ 18.00 น. เป็นอีกช่วงหนึ่งที่แสงอาทิตย์ส่องผ่านหน้าต่างเข้ามาทางด้านหลัง

จากกราฟ แสดงให้เห็นภาระที่ใช้ในการทำความเย็นจากความร้อนที่แผ่เข้ามาในช่วงเช้าจะมีค่าน้อยกว่าในช่วงเย็น เนื่องจาก ในช่วงเย็นมีการสะสมของความร้อนที่เข้ามาภายในสำนักงานตลอดทั้งวัน ทำให้ภาระในการทำความเย็นในช่วงบ่ายมีค่าสูงกว่าในช่วงเช้า โดยที่สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% สามารถลดภาระการทำความเย็นจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างได้ดีที่สุด

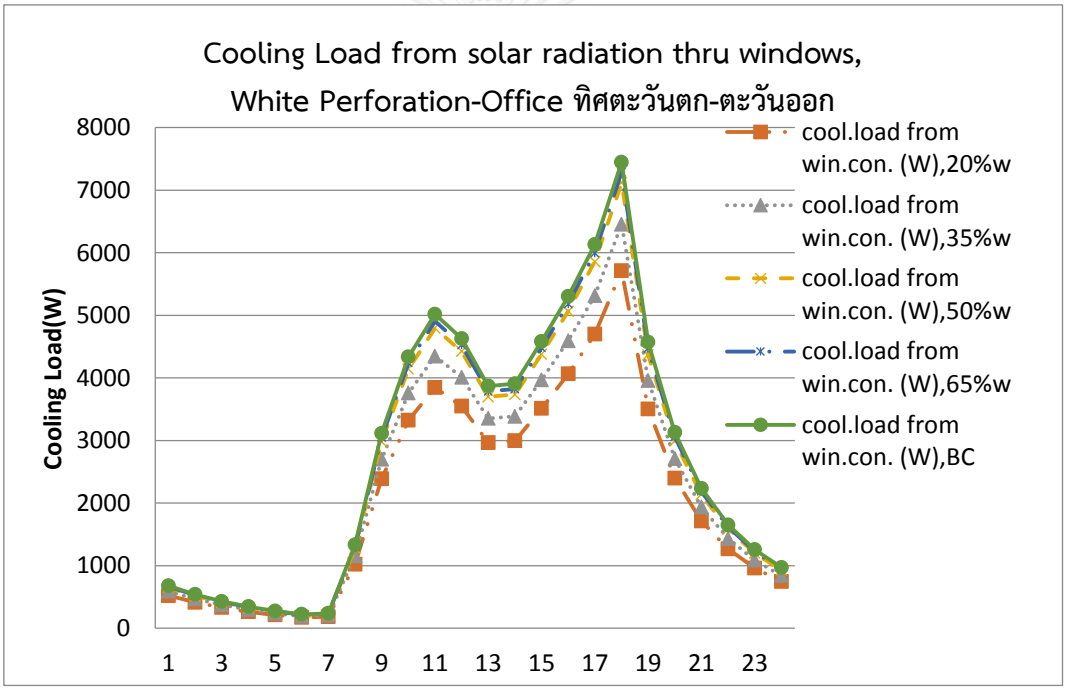


แผนภูมิที่ 29 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศใต้

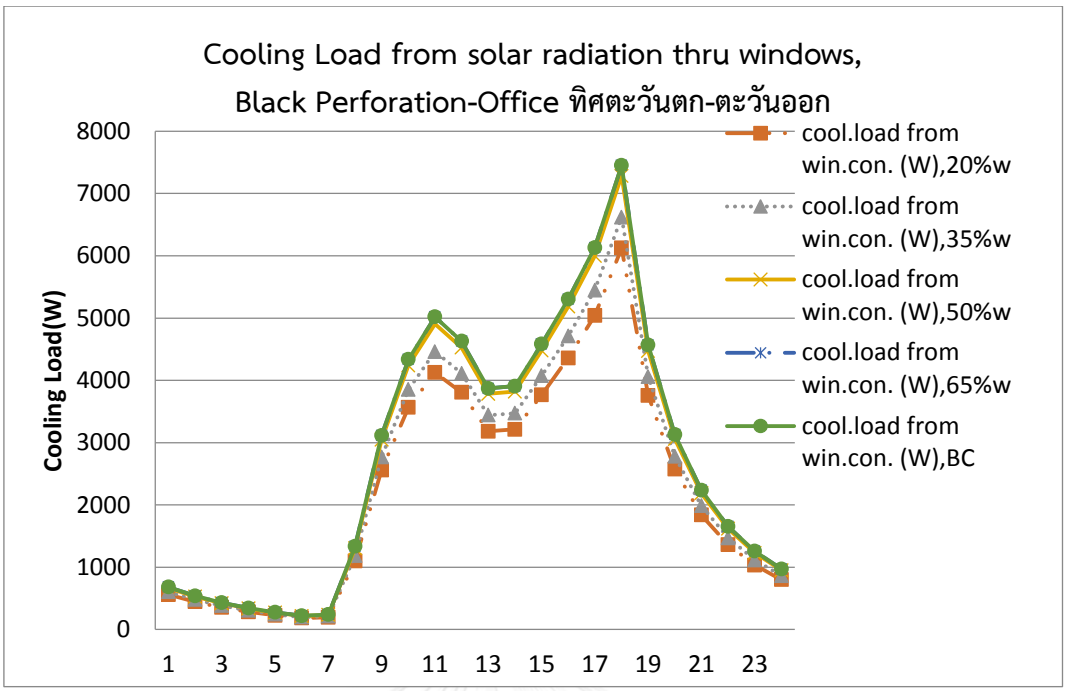


แผนภูมิที่ 30 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศใต้

แผนภูมิที่ 29 และ30 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายและหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ65% สีขาว และสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมงของสำนักงานที่หันด้านหน้าซึ่งติดตั้งกระจกเพียงอย่างเดียว (อาคารอ้างอิง) และสำนักงานที่ติดตั้งกระจกและติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน ไปทางทิศใต้ ซึ่งความร้อนจะผ่านหน้าต่างเข้ามาได้สูงสุดในช่วงเวลาประมาณ1300-1400 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาทางช่องหน้าต่างพอดี ทำให้ต้องใช้พลังงานในการทำความเย็นมากสุดในช่วงเวลานั้นด้วยเช่นกัน และเมื่อดวงอาทิตย์โคจรผ่านไปความร้อนที่ผ่านกระจกเข้ามาก็จะค่อยๆลดลงไปเรื่อยๆ พลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นก็จะลดลงตามเช่นกัน โดยที่สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% สามารถลดภาระในการทำความเย็นจากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างได้ดีที่สุด



แผนภูมิที่ 31 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีขาวเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศตะวันตก

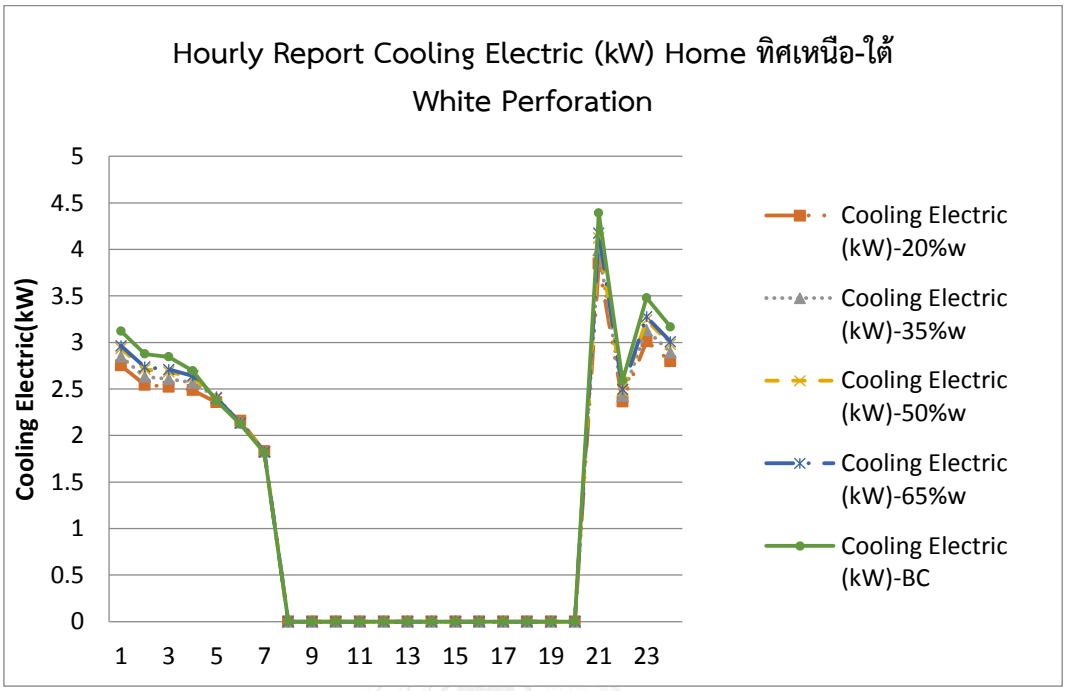


แผนภูมิที่ 32 กราฟแสดงภาระการทำความเย็น จากความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดสีดำเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดด ของสำนักงานที่หันไปทางทิศตะวันตก

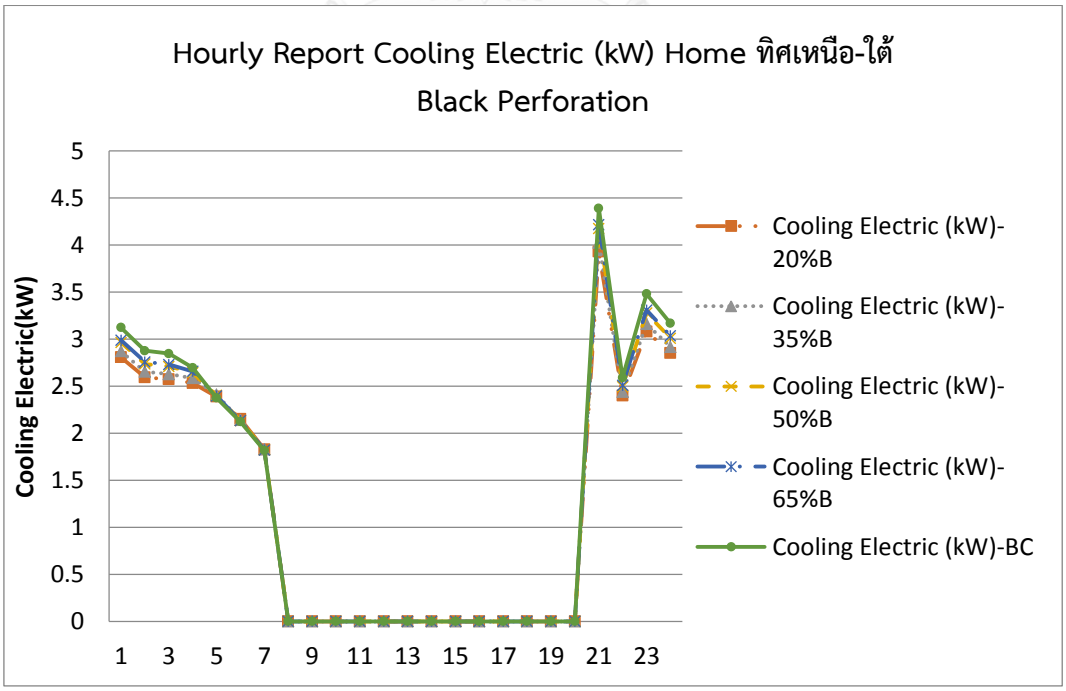
แผนภูมิที่ 31 และ32 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายและหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ65% สีขาว และสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมงของบ้านพักอาศัยที่หันด้านหน้าซึ่งติดตั้งกระจกเพียงอย่างเดียว (อาคารอ้างอิง) และบ้านที่ติดตั้งกระจกและติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน ไปทางทิศตะวันตก ซึ่งกราฟจะมีค่าสูงอยู่ 2 ช่วงเวลา คอ ช่วงเข้าเวลาประมาณ 11.00 น. เป็นช่วงที่แสงอาทิตย์ส่องผ่านหน้าต่างด้านหน้าเข้ามาภายในอาคาร และอีกช่วงเวลา คือ ช่วงเย็นเวลาประมาณ 18.00 น. เป็นอีกช่วงหนึ่งที่แสงอาทิตย์ส่องผ่านหน้าต่างเข้ามาทางด้านหลัง

จากกราฟ แสดงให้เห็นภาระที่ใช้ในการทำความเย็นจากความร้อนที่แผ่เข้ามาในช่วงเช้าจะมีค่าน้อยกว่าในช่วงเย็น เนื่องจาก ในช่วงเย็นมีการสะสมของความร้อนที่เข้ามาภายในบ้านตลอดทั้งวัน ทำให้ภาระในการทำความเย็นในช่วงบ่ายมีค่าสูงกว่าในช่วงเช้า โดยที่บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% สามารถลดภาระการทำความเย็นจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างได้ดีที่สุด

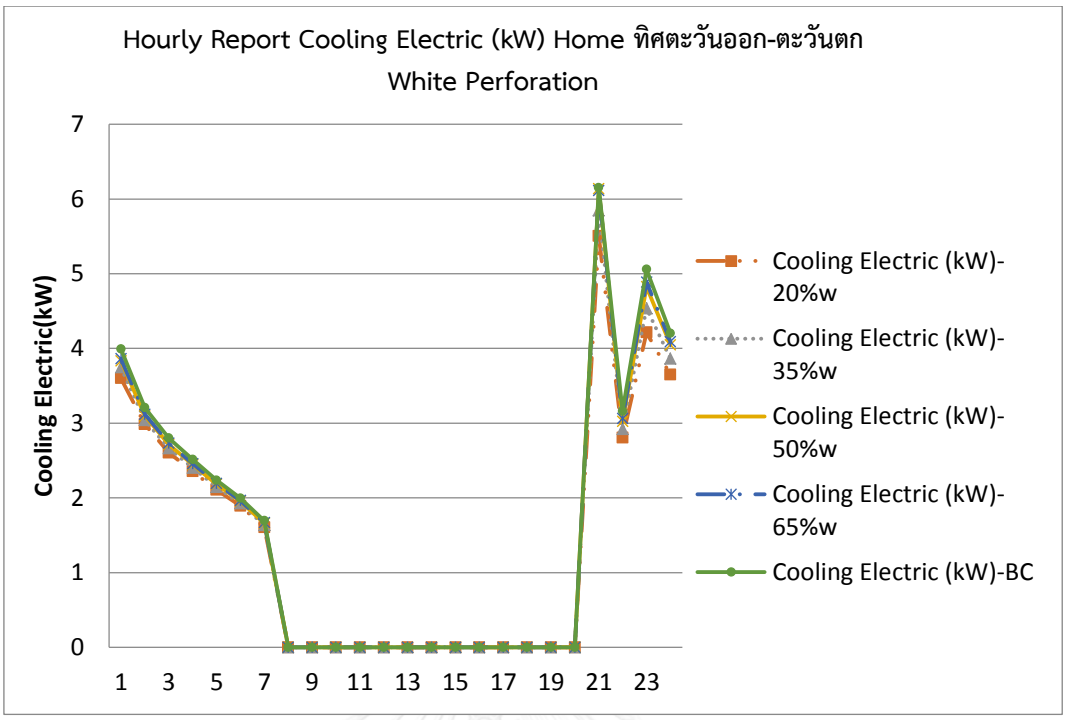
4.3.3 วิเคราะห์ผลการใช้ไฟฟ้าในการทำความเย็นในบ้านพักอาศัยและออฟฟิศ ตลอด 24 ชั่วโมง ในวันที่ 21 มีนาคม



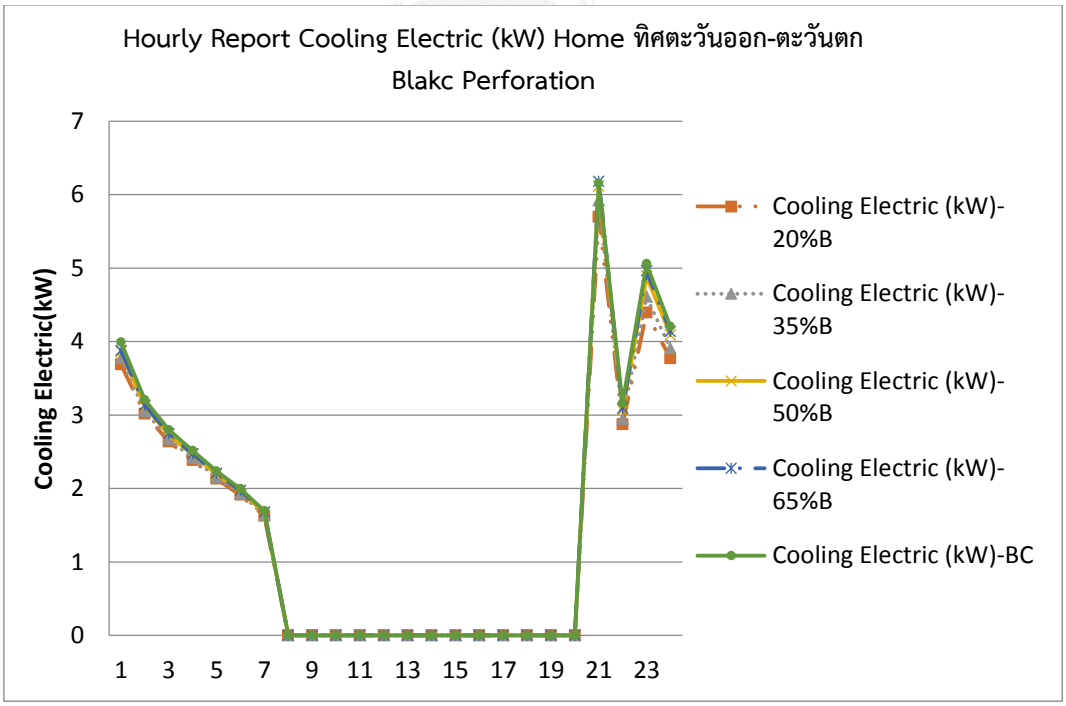
แผนภูมิที่ 33 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศเหนือ



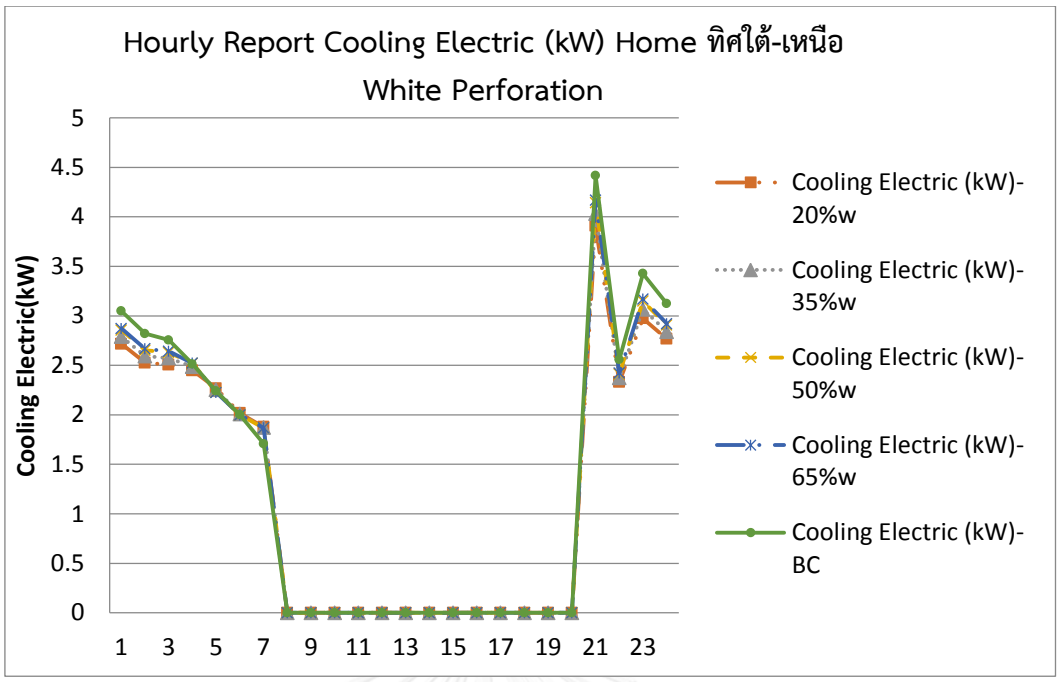
แผนภูมิที่ 34 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศเหนือ



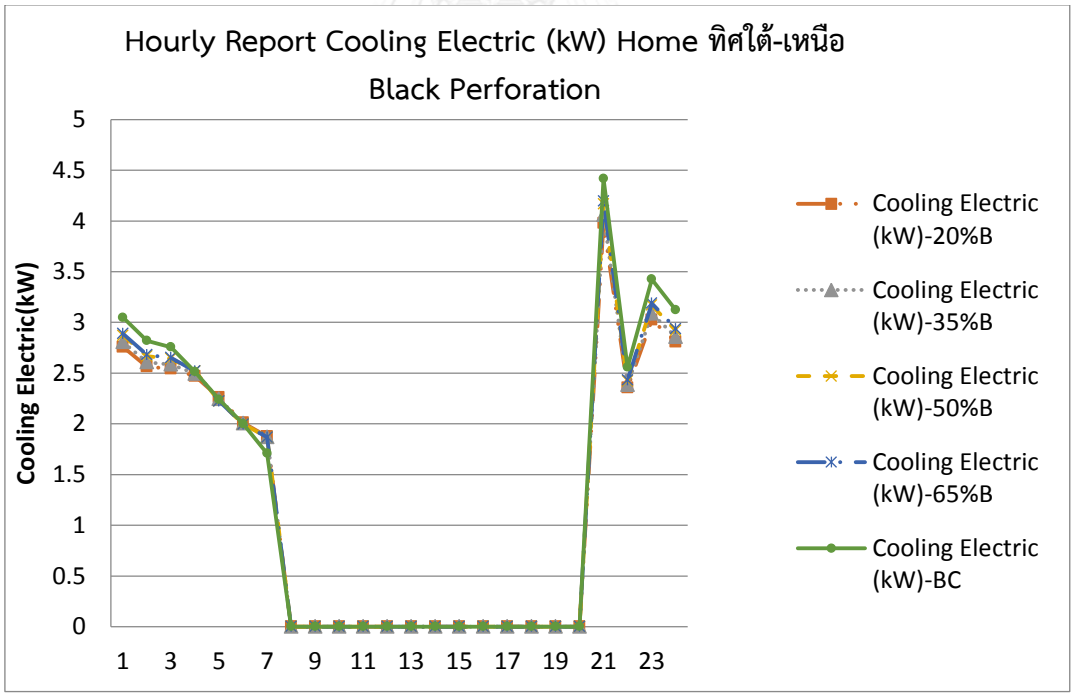
แผนภูมิที่ 35 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศตะวันออก



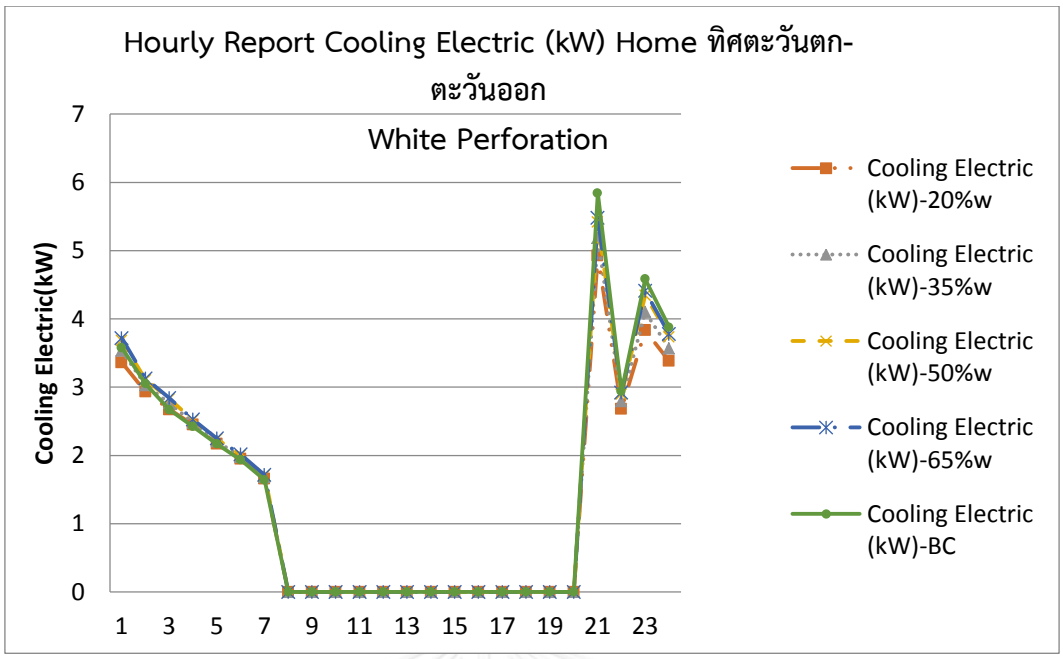
แผนภูมิที่ 36 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศตะวันออก



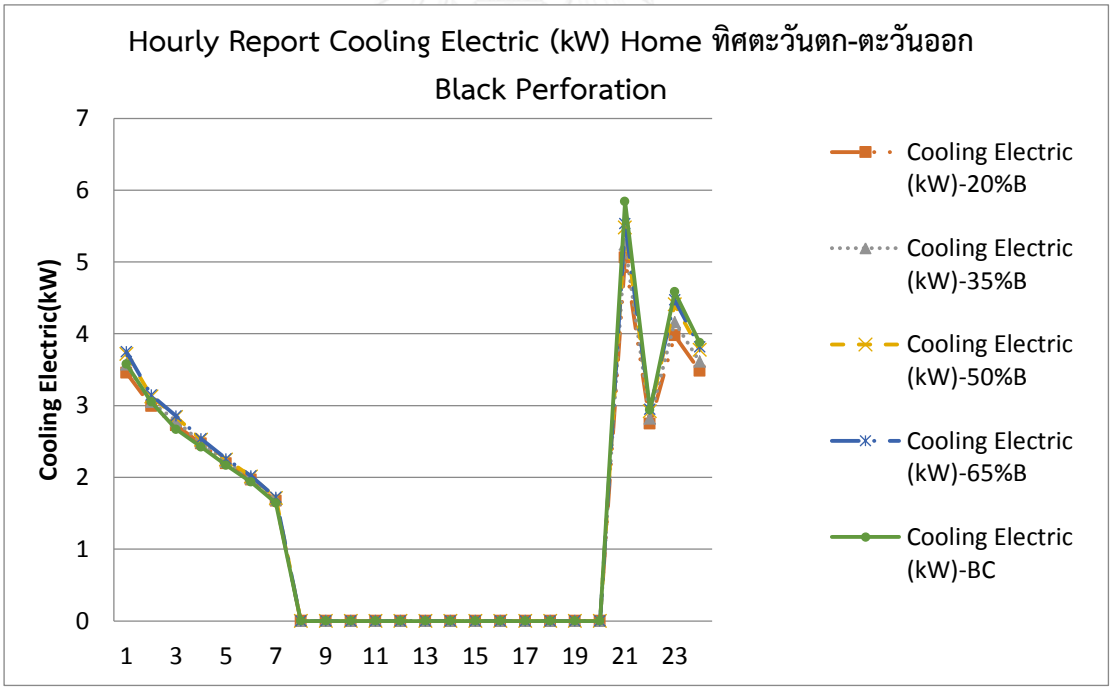
แผนภูมิที่ 37 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศใต้



แผนภูมิที่ 38 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศใต้

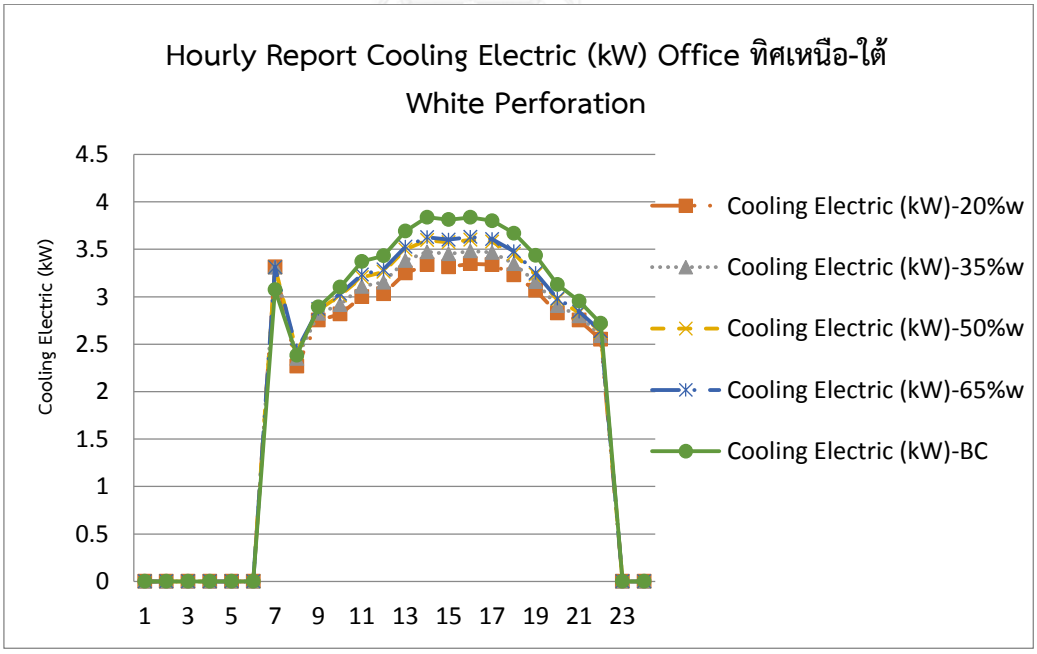


แผนภูมิที่ 39 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศตะวันตก

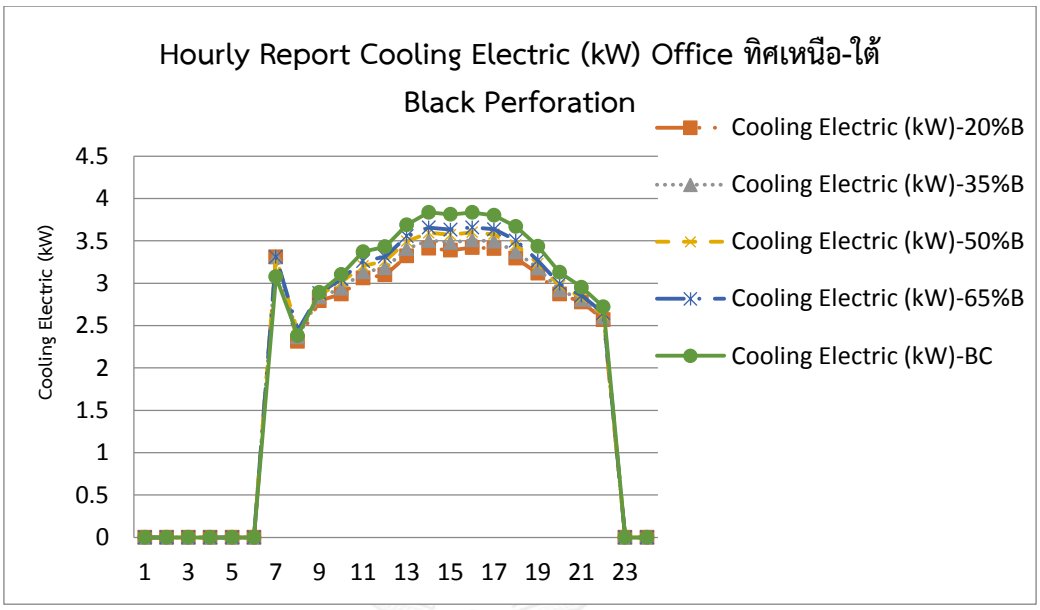


แผนภูมิที่ 40 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของบ้านพักอาศัยที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศตะวันตก

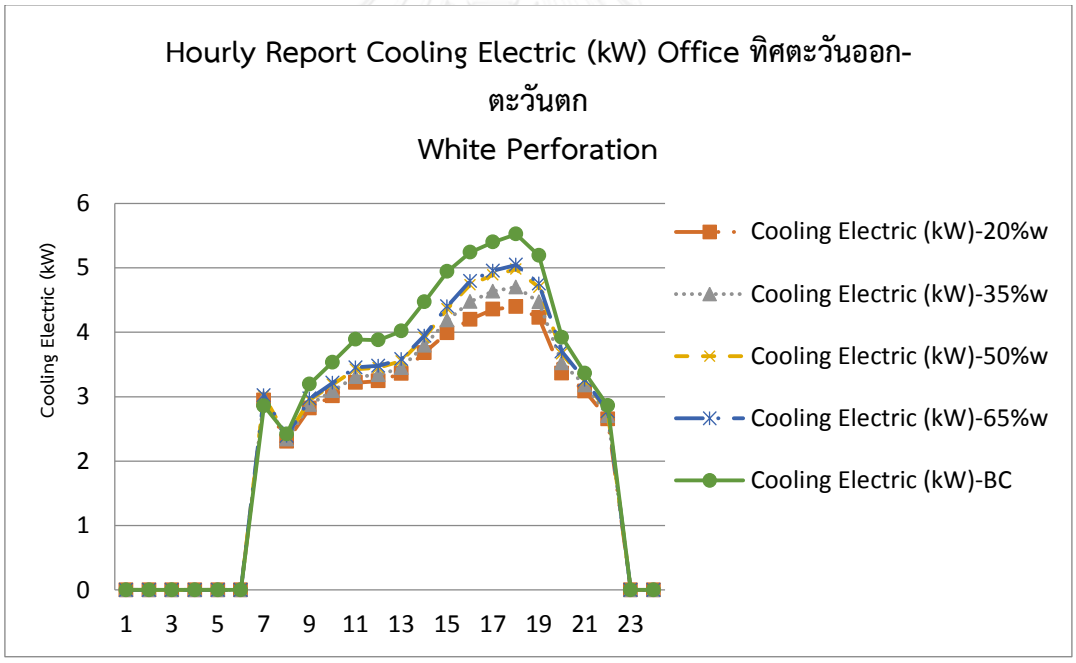
แผนภูมิที่ 33-40 แสดงการใช้ไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมงของบ้านพักอาศัยที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย เปรียบเทียบกับ บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ที่มีความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ 65% สีขาวและสีดำ ในทิศต่างๆ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองผลการใช้ไฟฟ้า ซึ่งกำหนดค่าตั้งต้นว่า ตัวบ้านจะเปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเย็นจนถึงเช้า ส่วนในช่วงเวลากลางวันจะไม่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศ (ไม่มีคนอยู่บ้าน) จากกราฟที่ได้จากการจำลองผล โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่ามีการใช้ไฟฟ้ามากสุดอย่างรวดเร็ว ในช่วงค่ำเวลาประมาณ 21.00 น. เนื่องจากความร้อนที่สะสมมาตลอดทั้งวัน ทำให้ช่วงนี้มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด เพื่อกำจัดความร้อนที่สะสมมาตลอดทั้งวันให้หมดไป เมื่อได้อุณหภูมิความเย็นที่ตั้งไว้ ตัวควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจะทำงานตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาประมาณ 22.00 น. เมื่อบ้านเริ่มมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากอุปกรณ์ไฟฟ้าและความร้อนจากร่างกาย ตัวควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศก็จะทำงานอีกครั้ง ส่งผลให้มีการใช้พลังงานจากกาใช้ไฟฟ้าสูงขึ้นมาอีกช่วงหนึ่งแต่ไม่เท่ากับครั้งแรก คือช่วงเวลาประมาณ 23.00 น. จากนั้นพลังงานจากการใช้ไฟฟ้าจะลดลงเรื่อยๆจนถึงช่วงเช้าและจนปิดเครื่องปรับอากาศ ผลจากการใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ทำให้การใช้กระแสไฟฟ้าลดลง ช่วยให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ โดยที่บ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% จะช่วยประหยัดไฟฟ้าได้มากสุด ส่วนการใช้ไฟฟ้าของบ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว เปรียบเทียบกับสีดำ ที่ความโปร่งเดียวกัน มีค่าไม่แตกต่างกัน



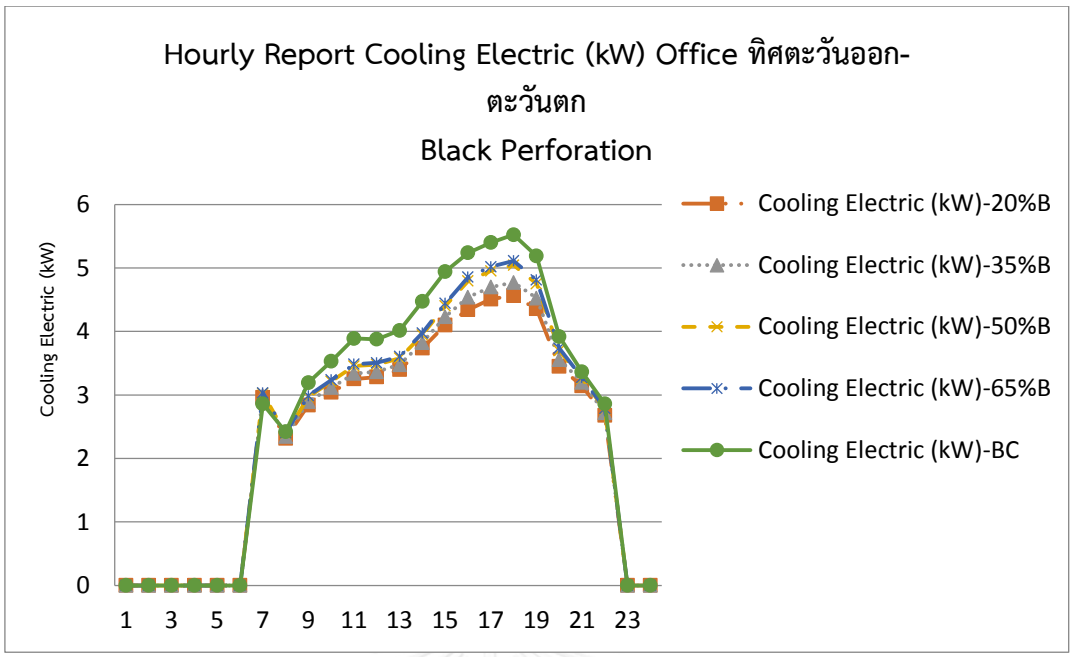
แผนภูมิที่ 41 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศเหนือ



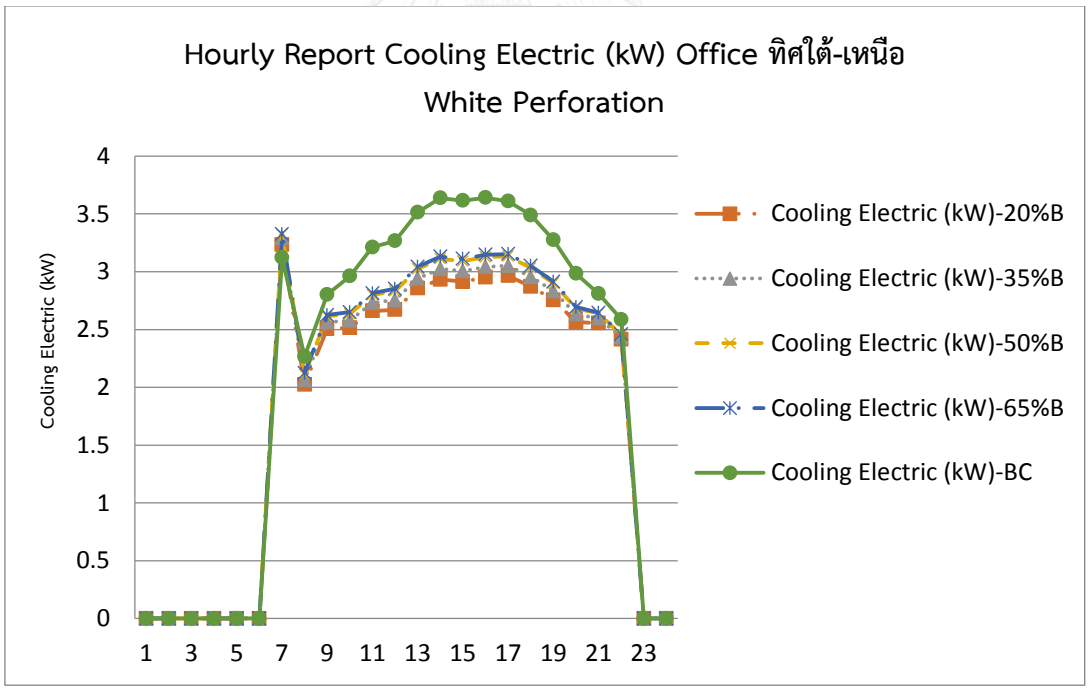
แผนภูมิที่ 42 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศเหนือ



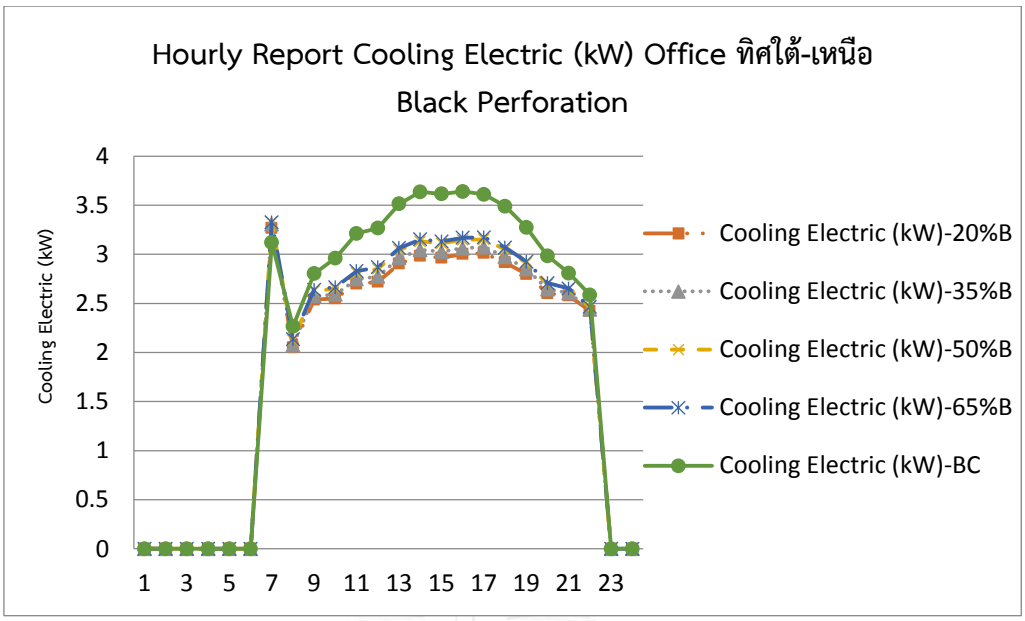
แผนภูมิที่ 43 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศตะวันออก



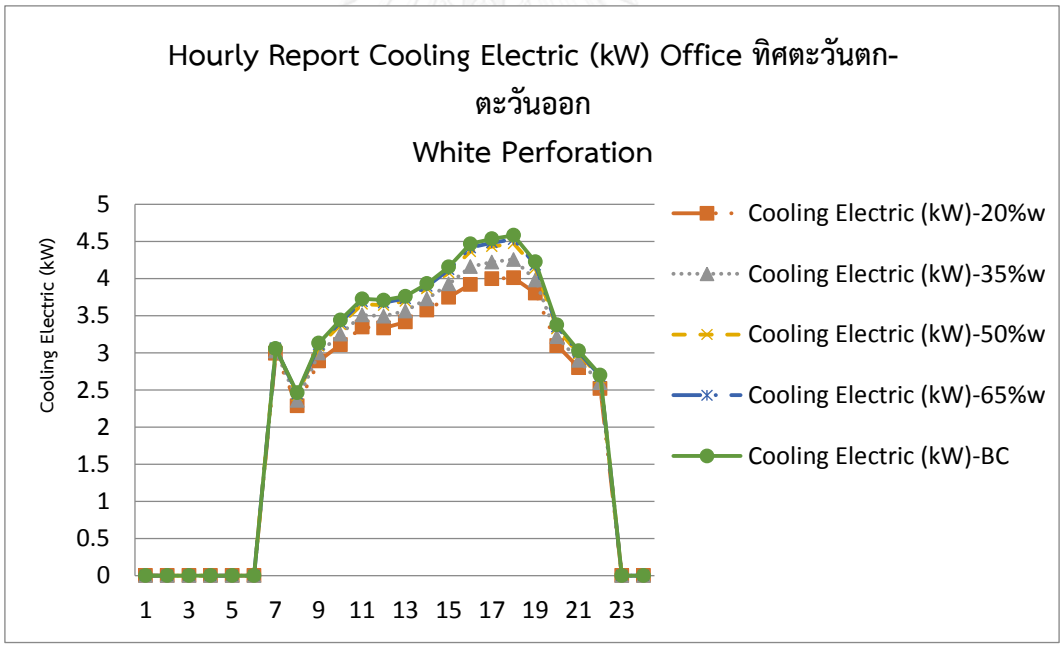
แผนภูมิที่ 44 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศตะวันออก



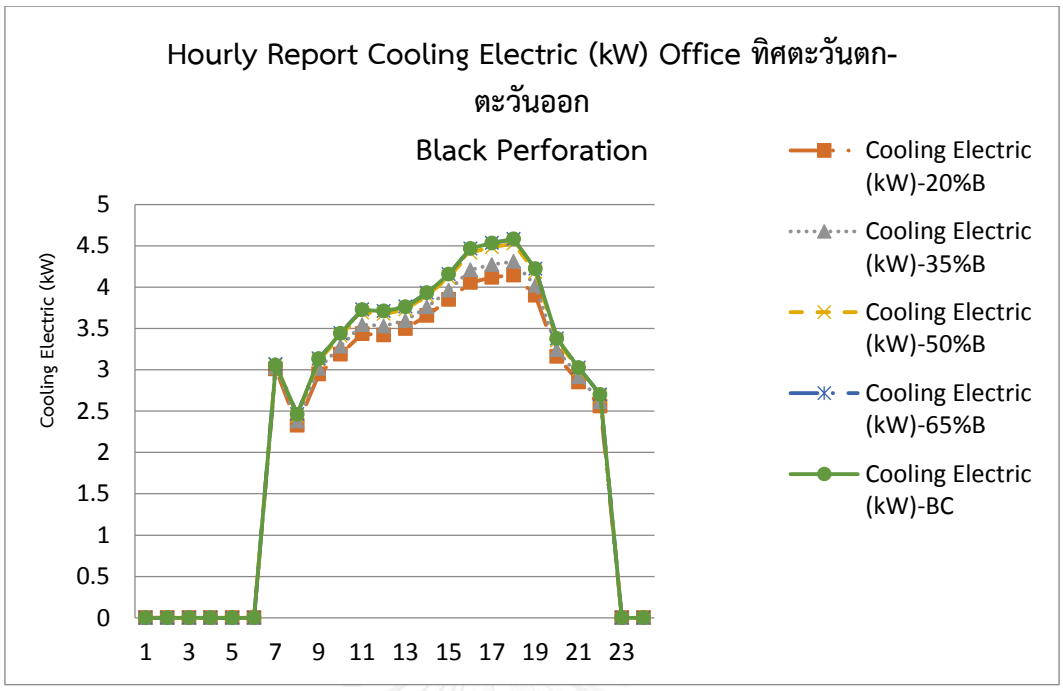
แผนภูมิที่ 45 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศใต้



แผนภูมิที่ 46 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศใต้



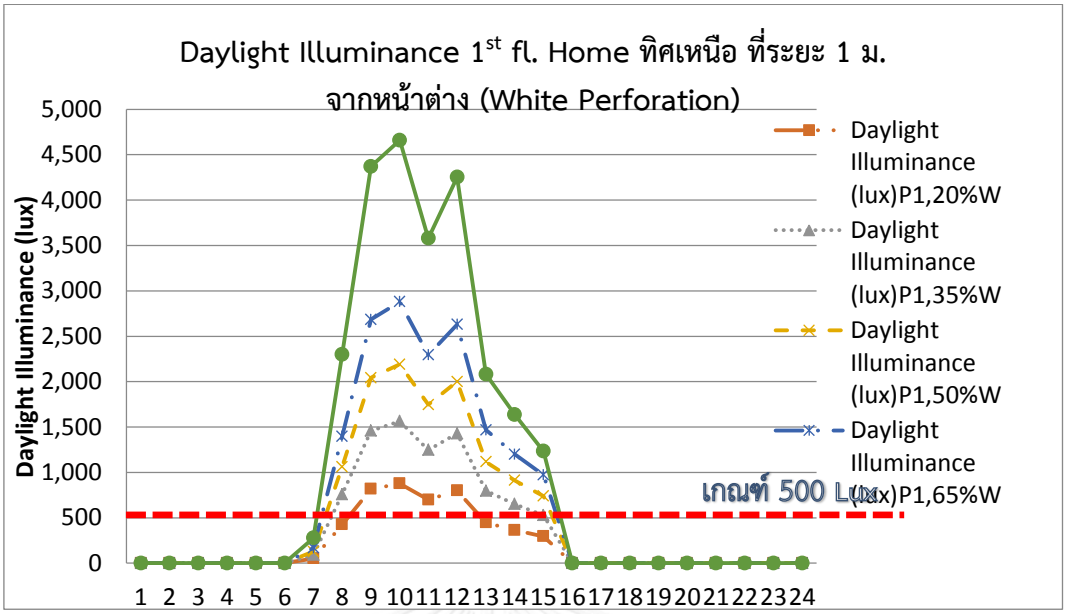
แผนภูมิที่ 47 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว โดยหันไปทางทิศตะวันตก



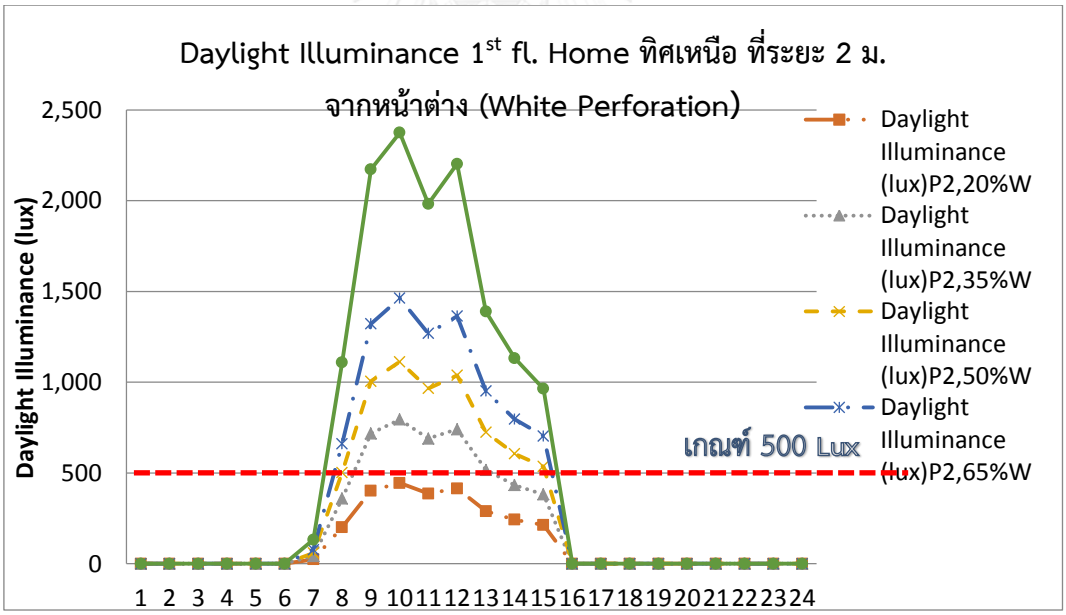
แผนภูมิที่ 48 แสดงการใช้ไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง ของออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ โดยหันไปทางทิศตะวันตก

แผนภูมิที่ 41-48 แสดงการใช้ไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมงของสำนักงานที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย เปรียบเทียบกับ สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ที่มีความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ 65% สีขาวและสีดำ ในทิศต่างๆ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองผลการใช้ไฟฟ้า ซึ่งกำหนดค่าตั้งต้นว่า ตัวสำนักงานจะเปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลากลางวัน ส่วนในช่วงเวลาเช้าและช่วงเย็นจะไม่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศ จากกราฟที่ได้จากการจำลองผล โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่ามีการใช้ไฟฟ้ามากอย่างรวดเร็ว ในช่วงเช้าเวลาประมาณ 08.00 น. เนื่องจากความร้อนจากอุปกรณ์สำนักงานที่สะสมในช่วงเย็นจนถึงกลางคืน ทำให้ช่วงนี้มีการใช้ไฟฟ้าสูง เพื่อกำจัดความร้อนที่สะสมมาในช่วงเวลาดังกล่าวให้หมดไป เมื่อได้อุณหภูมิความเย็นที่ตั้งไว้ ตัวควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจะทำงานตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาประมาณ 09.00 น. เมื่อสำนักงานเริ่มมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากอุปกรณ์ไฟฟ้า ,ความร้อนจากภายนอกและความร้อนจากร่างกาย ตัวควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศก็จะทำงานอีกครั้ง ส่งผลให้มีการใช้พลังงานจากกาใช้ไฟฟ้าสูงเรื่อยๆ จนไปสูงที่สุดที่ช่วงเวลาประมาณ 18.00 น. จากนั้นพลังงานจากการใช้ไฟฟ้าจะลดลงเรื่อยๆ ผลจากการใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ทำให้การใช้กระแสไฟฟ้าลดลง ช่วยให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ โดยที่สำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% จะช่วยประหยัดไฟฟ้าได้มากสุด ส่วนการใช้ไฟฟ้าของสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว เปรียบเทียบกับสีดำ ที่ความโปร่งเดียวกัน มีค่าไม่แตกต่างกัน

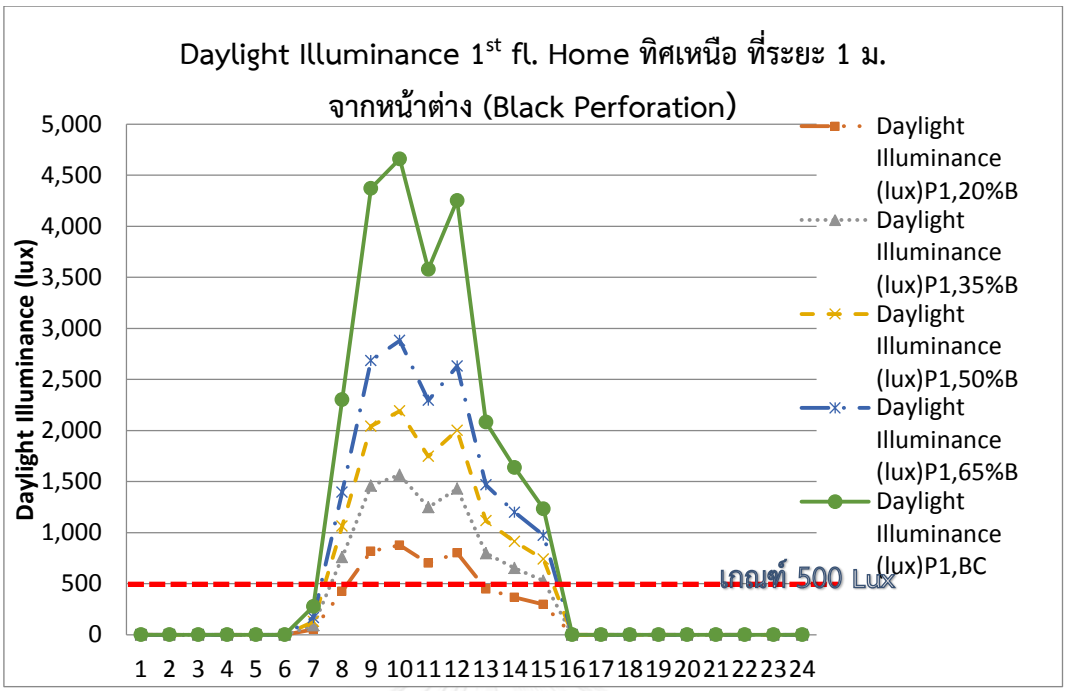
4.3.4 วิเคราะห์ผลการจำลองแสงสว่างภายในบ้านพักอาศัยและออฟฟิศ ตลอด 24 ชั่วโมงในวันที่ 21 มีนาคม



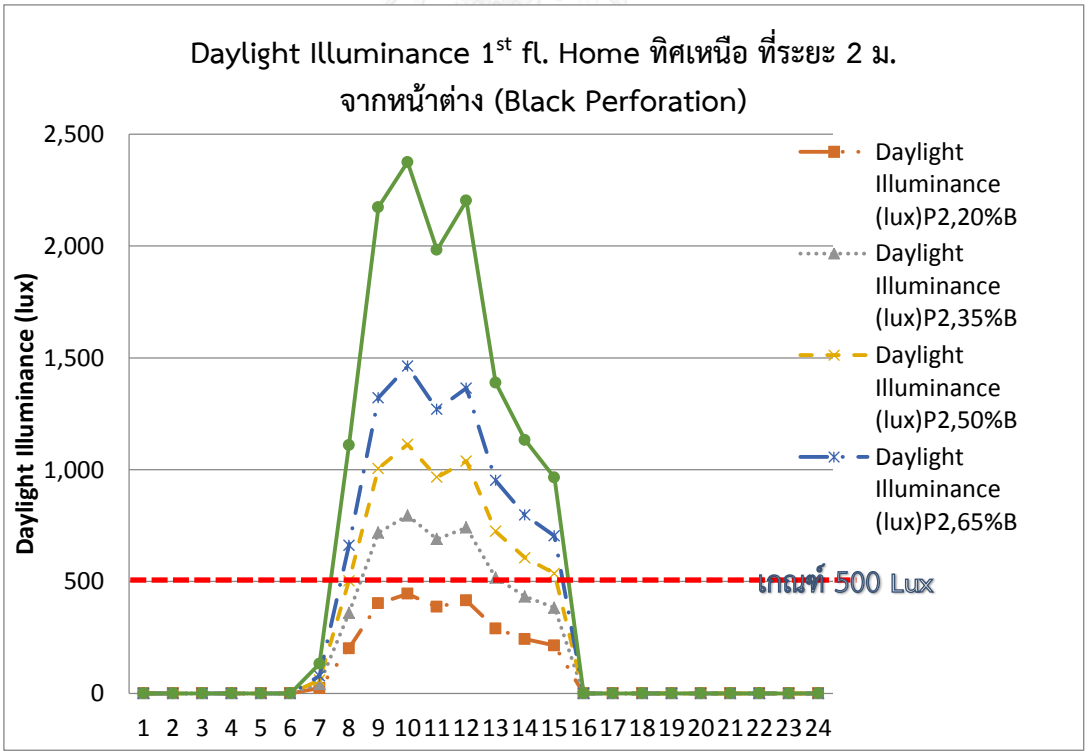
แผนภูมิที่ 49 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง



แผนภูมิที่ 50 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง



แผนภูมิที่ 51 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง

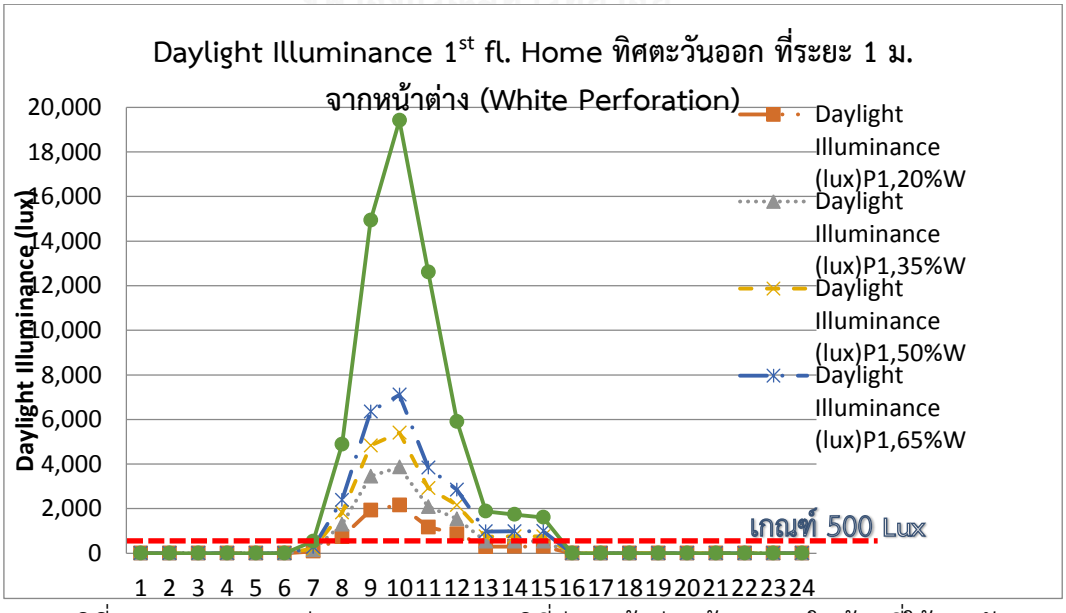


แผนภูมิที่ 52 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง

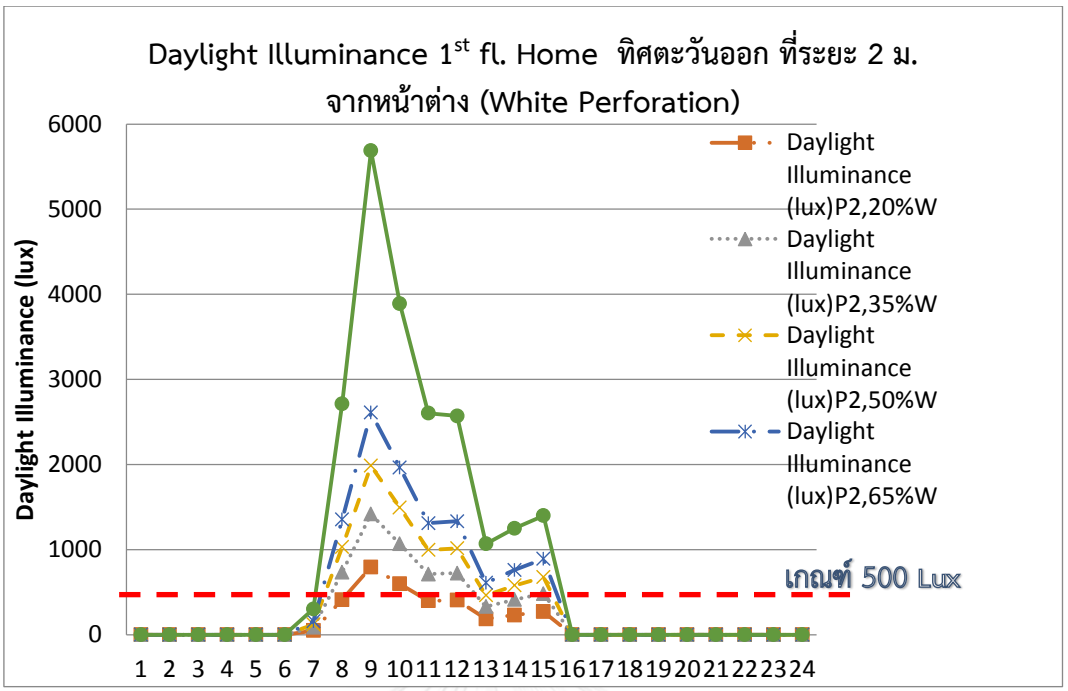
แผนภูมิที่ 49-52 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านพักอาศัยที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย กับบ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว และสีดำ ที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ65% ในทิศเหนือ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองผล ทำการวัดความสว่าง 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 1 วัดห่างจากหน้าต่างเป็นระยะทาง 1 ม. และสูงจากพื้น 0.75 ม. ตำแหน่งที่ 2 วัดห่างจากหน้าต่างเป็นระยะทาง 2 ม. และสูงจากพื้น 0.75 ม. เช่นกัน ส่วนเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาคือ ในห้องทำงานควรมีความสว่างที่ 500 Lux (จากกฎหมายกระทรวงพลังงาน)

ที่ระยะ 1 ม. จากหน้าต่าง และความสูงจากพื้น 0.75 ม. บ้านพักอาศัยที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย จะมีความสว่างจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาสูงที่สุด ประมาณ 4,700 Lux ที่เวลาประมาณ 10.00 น. แต่เมื่อติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 65% ,50% ,35% และ 20% ความสว่างที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านพักอาศัย มีค่าที่ลดลงไปตามลำดับ ซึ่งเมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% ความสว่างที่เข้ามาภายในบ้านพักอาศัย ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 500 Lux วิธีแก้อาจจะต้องขยับตำแหน่งให้ห่างจากหน้าต่างมากขึ้น หรืออาจจะต้องลดความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายลง เป็นต้น

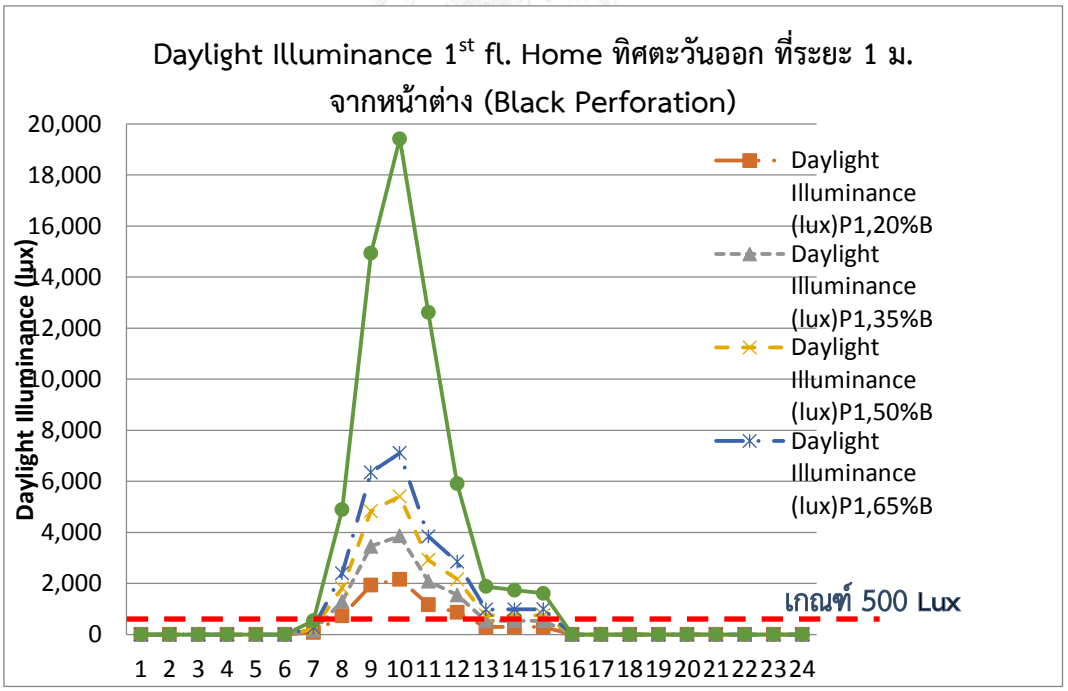
ที่ระยะ 2 ม. จากหน้าต่าง และความสูงจากพื้น 0.75 ม. บ้านพักอาศัยที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย จะมีความสว่างจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาสูงที่สุด ประมาณ 2,400 Lux ที่เวลาประมาณ 10.00 น. ซึ่งความสว่างจะลดลงจากที่ระยะ 1 ม. โดยที่ความสว่างจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะห่างจากหน้าต่างเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 65% ,50% ,35% และ 20% ความสว่างที่เข้ามาภายในบ้านพักอาศัยก็มีความสว่างลดลงไปตามลำดับ และเมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% ความสว่างที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านพักอาศัยต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้เล็กน้อย



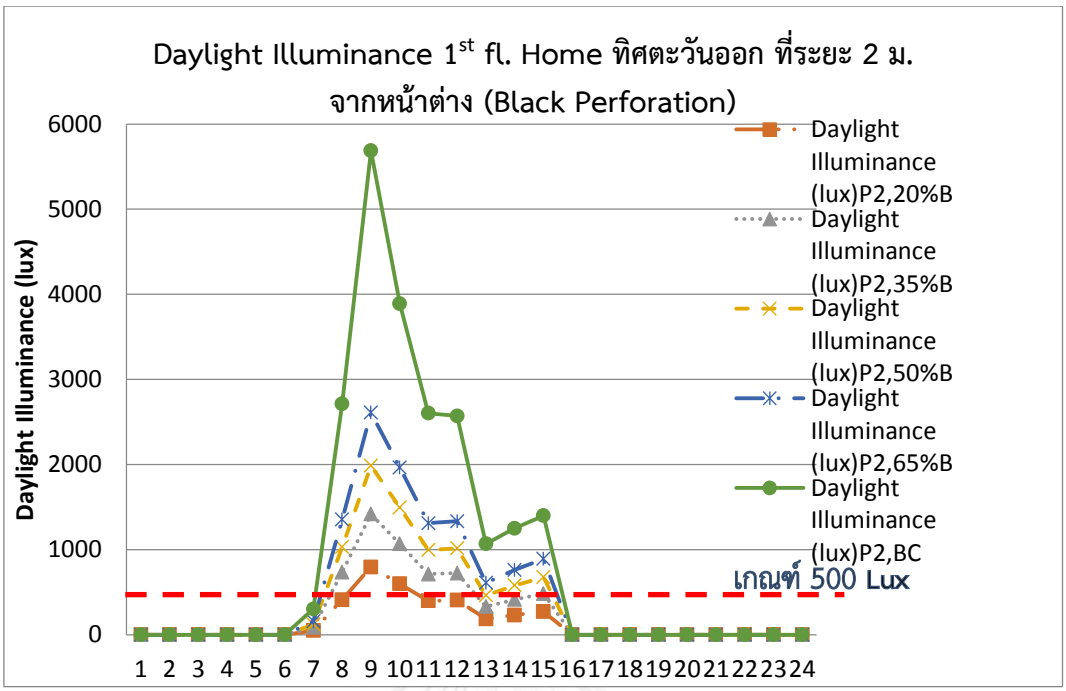
แผนภูมิที่ 53 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง



แผนภูมิที่ 54 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง



แผนภูมิที่ 55 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง



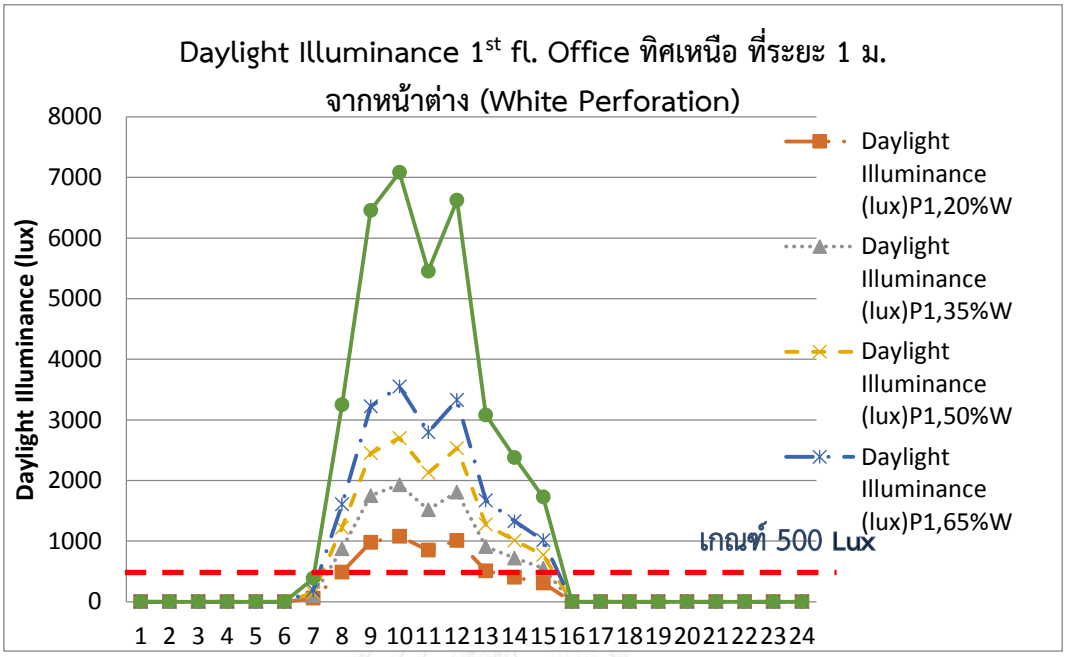
แผนภูมิที่ 56 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง

แผนภูมิที่ 53-56 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในบ้านพักอาศัยที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย กับบ้านพักอาศัยที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว และสีดำ ที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ65% ในทิศตะวันออก โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองผล ทำการวัดความสว่าง 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 1 วัดห่างจากหน้าต่างเป็นระยะทาง 1 ม. และสูงจากพื้น 0.75 ม. ตำแหน่งที่ 2 วัดห่างจากหน้าต่างเป็นระยะทาง 2 ม. และสูงจากพื้น 0.75 ม. เช่นกัน ส่วนเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาคือ ในห้องทำงานควรมีความสว่างที่ 500 Lux (จากกฎหมายกระทรวงพลังงาน)

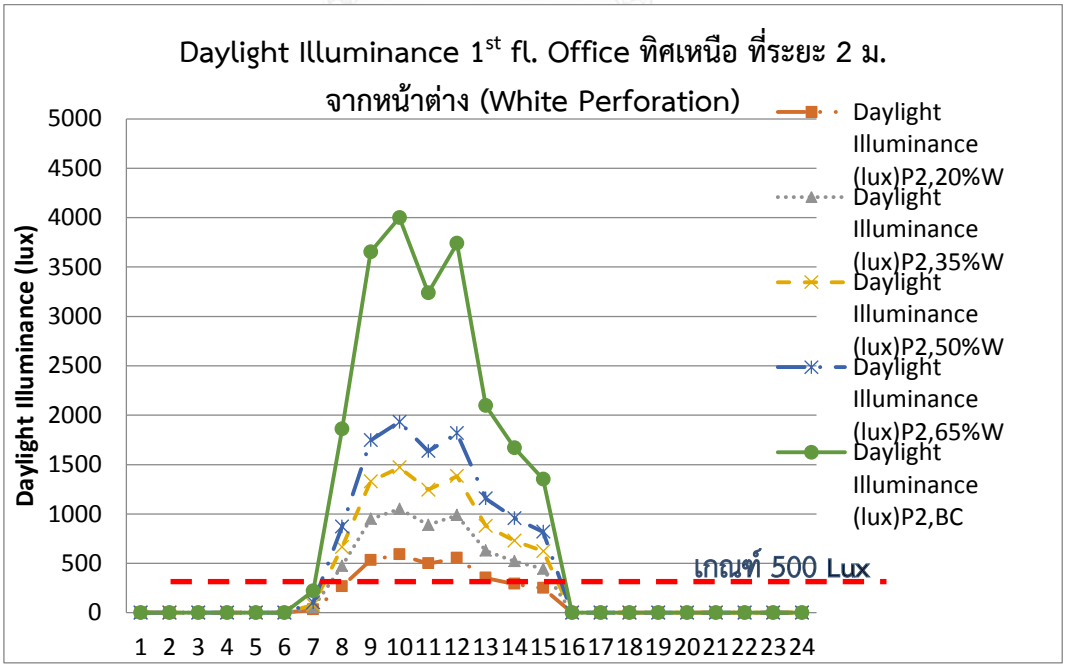
ที่ระยะ 1 ม. จากหน้าต่าง และความสูงจากพื้น 0.75 ม. บ้านพักอาศัยที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย จะมีความสว่างจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาสูงที่สุด ประมาณ 4,700 Lux ที่เวลาประมาณ 10.00 น. แต่เมื่อติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 65% ,50% ,35% และ 20% ความสว่างที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านพักอาศัย มีค่าที่ลดลงไปตามลำดับ ซึ่งเมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% ความสว่างที่เข้ามาภายในบ้านพักอาศัย ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 500 Lux วิธีแก้อาจจะต้องขยับตำแหน่งให้ห่างจากหน้าต่างมากขึ้น หรืออาจจะต้องลดความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายลง เป็นต้น

ที่ระยะ 2 ม. จากหน้าต่าง และความสูงจากพื้น 0.75 ม. บ้านพักอาศัยที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย จะมีความสว่างจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาสูงที่สุด ประมาณ 2,400 Lux ที่เวลาประมาณ 10.00 น. ซึ่งความสว่างจะลดลงจากที่ระยะ 1 ม. โดยที่ความสว่างจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะห่างจากหน้าต่างเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 65% ,50% ,35% และ 20% ความสว่างที่เข้ามาภายในบ้านพักอาศัยก็มีความสว่างลดลงไปตามลำดับ และ

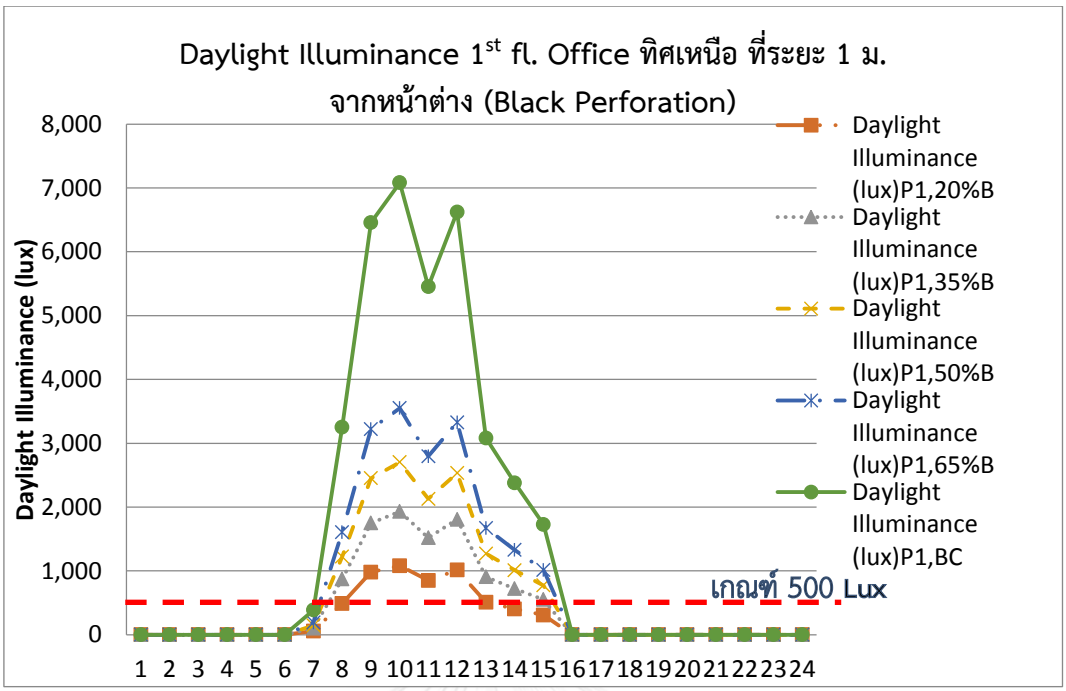
เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% ความสว่างที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านพักอาศัยต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้เล็กน้อย



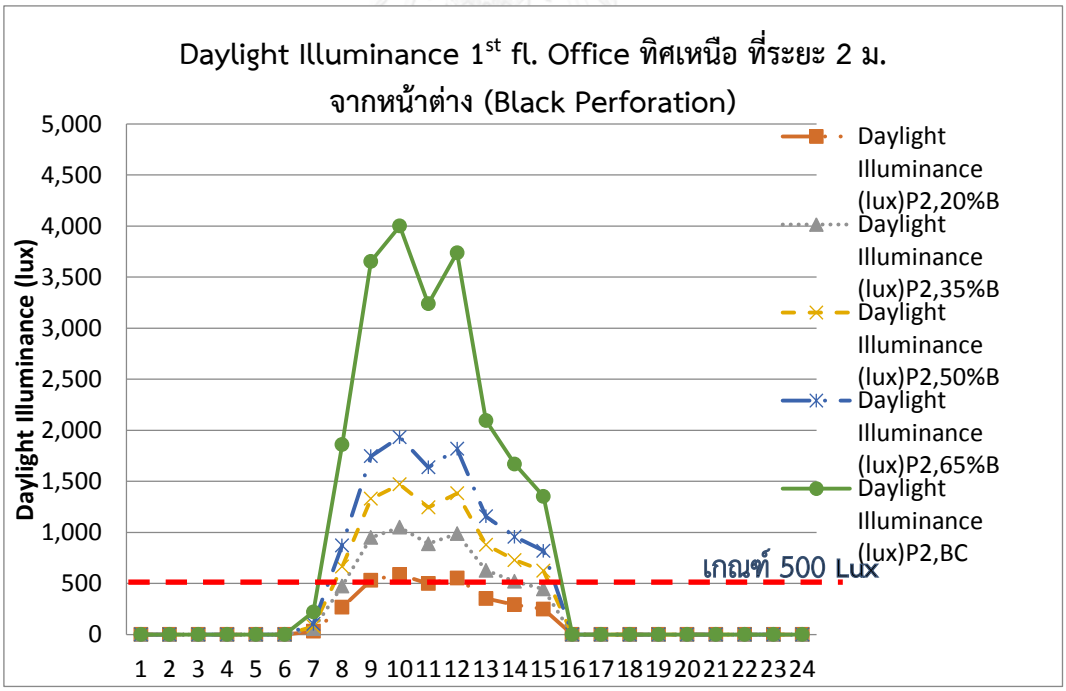
แผนภูมิที่ 57 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง



แผนภูมิที่ 58 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง



แผนภูมิที่ 59 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง



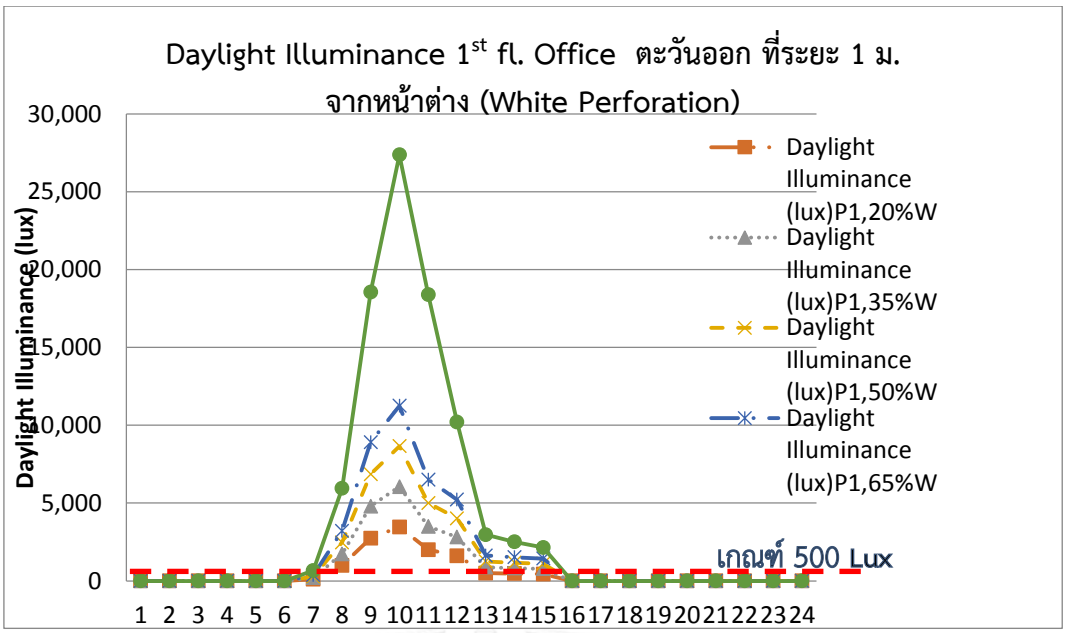
แผนภูมิที่ 60 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศเหนือ ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง

แผนภูมิที่ 57-60 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย กับสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย สีขาว และสีดำ ที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ65% ในทิศเหนือ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองผล ทำการวัดความสว่าง 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 1 วัดห่างจากหน้าต่างเป็นระยะทาง 1 ม. และสูงจากพื้น 0.75 ม. ตำแหน่งที่ 2 วัดห่างจากหน้าต่างเป็นระยะทาง 2 ม. และสูงจากพื้น 0.75 ม. เช่นกัน ส่วนเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาคือ ในห้องทำงานควรมีความสว่างที่ 500 Lux (จากกฎหมายกระทรวงพลังงาน)

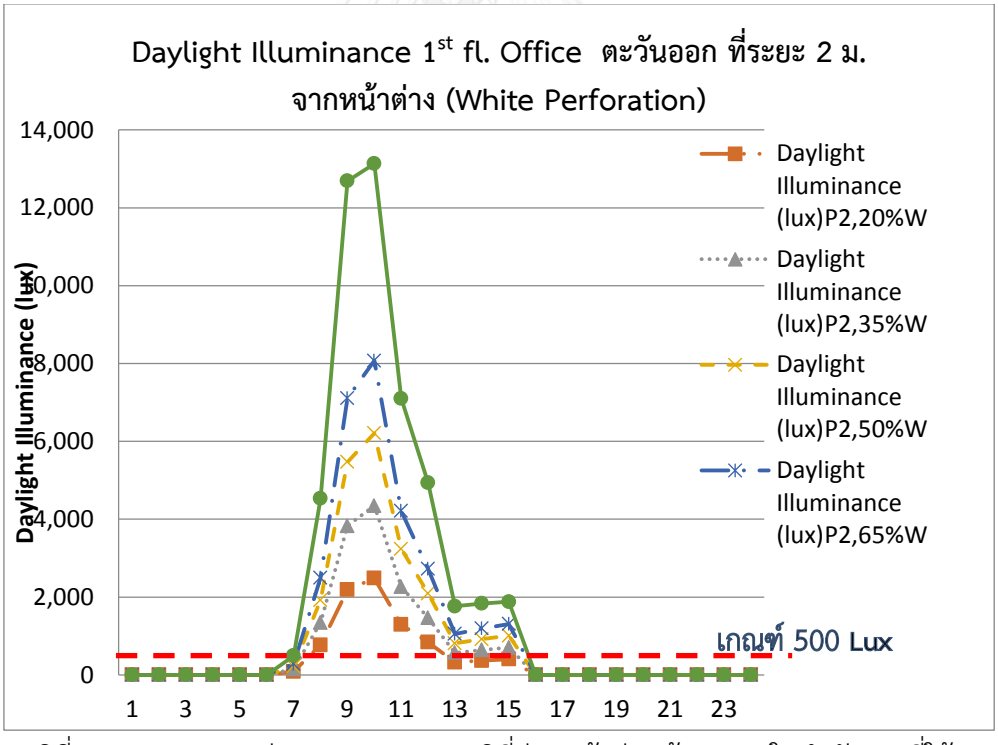
ที่ระยะ 1 ม. จากหน้าต่าง และความสูงจากพื้น 0.75 ม. สำนักงานที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย จะมีความสว่างจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาสูงที่สุด ประมาณ 7,000 Lux ที่เวลาประมาณ 10.00 น. แต่เมื่อติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 65% ,50% ,35% และ 20% ทั้งสีขาว และสีดำ ความสว่างที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านพักอาศัย มีค่าที่ลดลงไปตามลำดับ ซึ่งเมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% ความสว่างที่เข้ามาภายในสำนักงาน อยู่ที่ 1,000 Lux ซึ่งยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 500 Lux วิธีแก้ไขอาจจะต้องขยับตำแหน่งให้ห่างจากหน้าต่างมากขึ้น หรืออาจจะต้องลดความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายลง เป็นต้น

ที่ระยะ 2 ม. จากหน้าต่าง และความสูงจากพื้น 0.75 ม. สำนักงานที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย จะมีความสว่างจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาสูงที่สุด ประมาณ 4,000 Lux ที่เวลาประมาณ 10.00 น. ซึ่งความสว่างจะลดลงจากที่ระยะ 1 ม. โดยที่ความสว่างจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะห่างจากหน้าต่างเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 65% ,50% ,35% และ 20% ทั้งสีขาว และสีดำ ความสว่างที่เข้ามาภายในสำนักงานก็มีความสว่างลดลงไปตามลำดับ และเมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% ทั้งสีขาว และสีดำ ความสว่างที่ผ่านเข้ามาภายในสำนักงานอยู่ที่ 500 Lux ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และบริเวณนี้มีความสว่างที่เหมาะสมกับการนั่งทำงาน

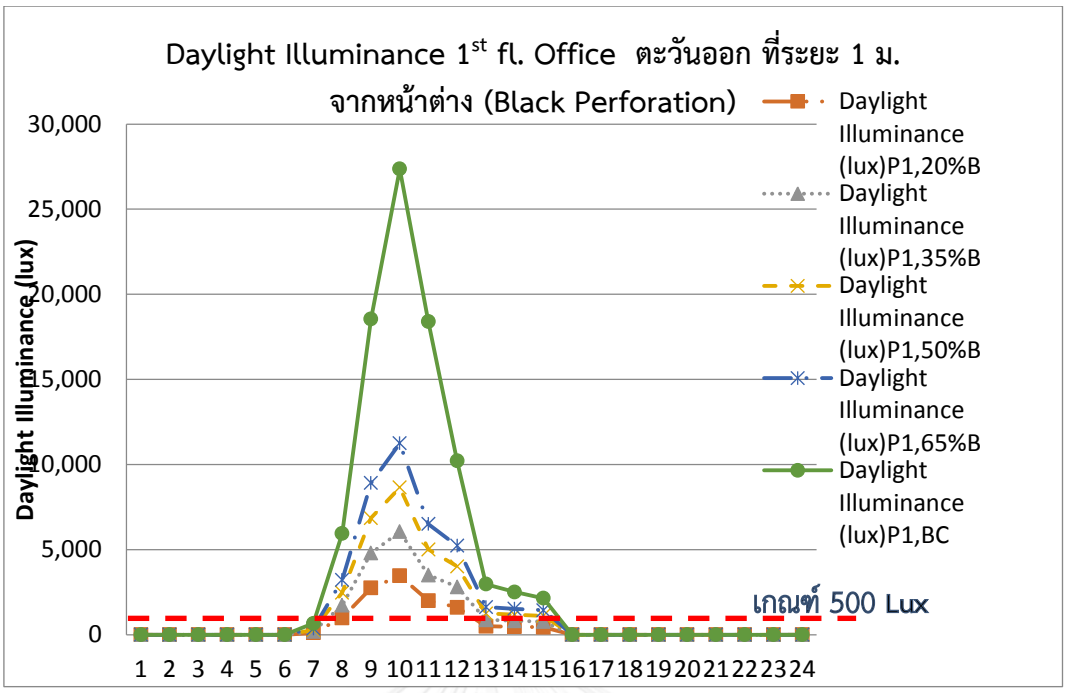
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



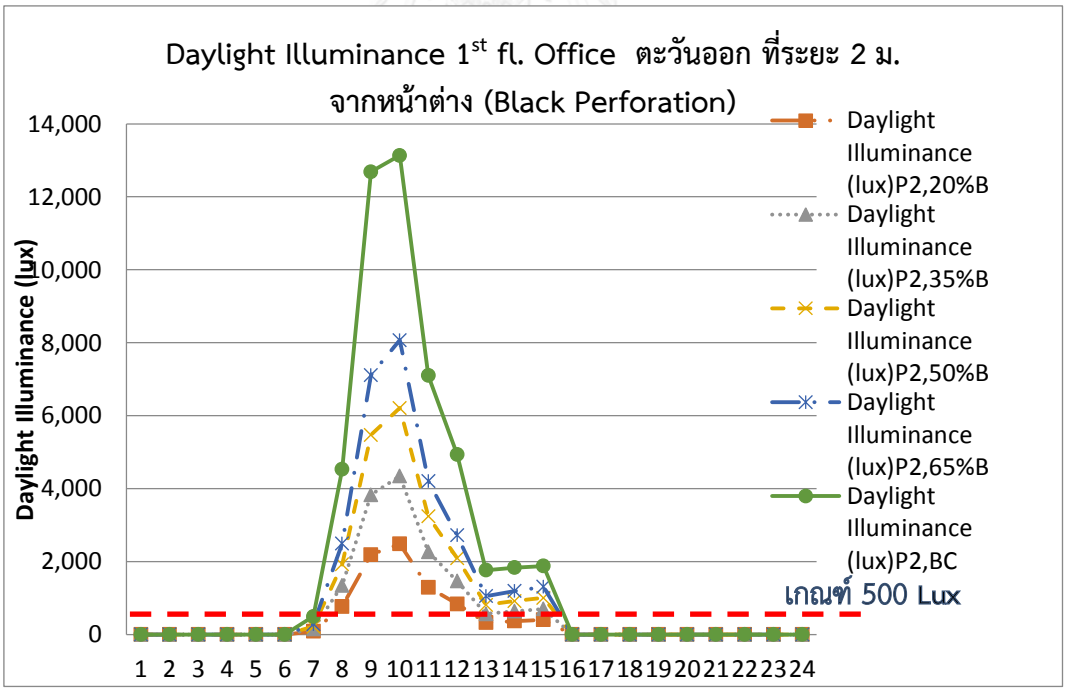
แผนภูมิที่ 61 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง



แผนภูมิที่ 62 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง



แผนภูมิที่ 63 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 1 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง



แผนภูมิที่ 64 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในออฟฟิศที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ หันไปทางทิศตะวันออก ที่ระยะ 2 ม. ตลอด 24 ชั่วโมง

จากแผนภาพที่ 61-64 แสดงความสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในสำนักงานที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย กับสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย สีขาว และสีดำ ที่ความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ65% ในทิศตะวันออก โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองผล ทำการวัดความสว่าง 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 1 วัดห่างจากหน้าต่างเป็นระยะทาง 1 ม. และสูงจากพื้น 0.75 ม. ตำแหน่งที่ 2 วัดห่างจากหน้าต่างเป็นระยะทาง 2 ม. และสูงจากพื้น 0.75 ม. เช่นกัน ส่วนเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาคือ ในห้องทำงานควรมีความสว่างที่ 500 Lux (จากกฎหมายกระทรวงพลังงาน)

ที่ระยะ 1 ม. จากหน้าต่าง และความสูงจากพื้น 0.75 ม. สำนักงานที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย จะมีความสว่างจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาสูงที่สุด ประมาณ 27,000 Lux ที่เวลาประมาณ 10.00 น. แต่เมื่อติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 65% ,50% ,35% และ 20% ทั้งสีขาวและสีดำ ความสว่างที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านพักอาศัย มีค่าที่ลดลงไปตามลำดับ ซึ่งเมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% ทั้งสีขาวและสีดำความสว่างที่เข้ามาภายในสำนักงาน อยู่ที่ 3,000 Lux ซึ่งยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 500 Lux วิธีแก้ไขอาจจะต้องขยับตำแหน่งให้ห่างจากหน้าต่างมากขึ้น หรืออาจจะต้องลดความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายลง เป็นต้น

ที่ระยะ 2 ม. จากหน้าต่าง และความสูงจากพื้น 0.75 ม. สำนักงานที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย จะมีความสว่างจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาสูงที่สุด ประมาณ 13,000 Lux ที่เวลาประมาณ 10.00 น. ซึ่งความสว่างจะลดลงจากที่ระยะ 1 ม. โดยที่ความสว่างจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะห่างจากหน้าต่างเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 65% ,50% ,35% และ 20% ทั้งสีขาวและสีดำ ความสว่างที่เข้ามาภายในสำนักงานก็มีความสว่างลดลงไปตามลำดับ และเมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% ทั้งสีขาวและสีดำ ความสว่างที่ผ่านเข้ามาภายในสำนักงานอยู่ที่ 2,500 Lux ซึ่งยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 500 Lux วิธีแก้ไขอาจจะต้องขยับตำแหน่งให้ห่างจากหน้าต่างมากขึ้น หรืออาจจะต้องลดความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายลง เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคุณอรรถรส ที่งานวิจัยสรุปว่าแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% ส่งผลต่อความสบายตามากที่สุด เมื่อต้องมองผ่านหน้าต่างออกไป ส่วนสีของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ทั้งสีขาวและสีดำที่ความโปร่งเดียวกัน ไม่ส่งผลต่อปริมาณความสว่างที่เข้ามาภายในอาคาร

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ด้วยกล่องทดลอง และจำลองผลบ้านพักอาศัยและออฟฟิศ ที่มีการติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ในทิศทาง ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตกด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1 โดยเก็บบันทึกอุณหภูมิของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% ,35% ,50% และ 65% ด้วยกล่องทดลอง เพื่อนำผลต่างของอุณหภูมิลมเข้า-ออก ไปคำนวณหาสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC) จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC) ไปวิเคราะห์เชิงเทคนิค โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์
เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกันความร้อนของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาสามารถแสดงได้ด้วยค่าความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย จากบทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการดูปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง โดยการอภิปรายแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์และแนวทางในการเลือกใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้
5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์และแนวทางในการเลือกใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

ผลการวิเคราะห์เชิงเทคนิคด้านอุณหภูมิ จากการทดสอบแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายด้วยกล่องทดลอง โดยใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20%, 35%, 50% และ 65% แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายมีประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อน ช่วยให้ภายในอาคารที่มีการติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายมีอุณหภูมิที่ลดลงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่ไม่ได้มีการติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย โดยที่แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% สามารถต้านทานความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างได้ดีที่สุด

ในการวิจัยครั้งนี้ยังวิเคราะห์เชิงเทคนิคด้านการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคาร จากการจำลองอาคารด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1 ในส่วนของบ้านพักอาศัย เมื่อติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย สามารถช่วยให้การใช้พลังงานลดลงได้ โดยที่แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% สามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้มากที่สุด คือ 20.65% เมื่อหันอาคารไปทางทิศใต้ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสีขาวและสีดำ แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวสามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้ดีกว่าสีดำ เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียม ฉลุลายที่ความโปร่งเดียวกัน และระยะเวลาในการคืนทุน คือ 22ปี 10 เดือน 24 วัน

ส่วนสำนักงาน เมื่อติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย สามารถช่วยให้การใช้พลังงานลดลงได้ โดยที่แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% สามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้มากที่สุด คือ 9.89% เมื่อหันอาคารไปทางทิศเหนือ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสีขาวและสีดำ แผงกันแดด

อลูมิเนียมฉลุลายสีขาวสามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้ดีกว่าสีดำ เมื่อใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งเดียวกัน และระยะเวลาในการคืนทุน คือ 23 ปี 10 เดือน 24 วัน

ในส่วนการใช้พลังงานในการทำความเย็นเพื่อลดความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้ามาทางหน้าต่าง ตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อติดตั้งอุปกรณ์แผงบังแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน ผลปรากฏว่าทั้งบ้านพักอาศัยและสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% สามารถช่วยลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นเพื่อลดความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาทางหน้าต่าง เมื่อเทียบกับการติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 35% ,50% และ65% ตามลำดับ

ในส่วนการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ในช่วงเวลาต่างๆ ตลอด 24 ชั่งโมง ซึ่งช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าในบ้านพักอาศัยคือช่วงเวลาเช้าและค่ำ ส่วนของสำนักงานจะเป็นส่วนเวลากลางวัน ในส่วนของบ้านพักอาศัยในเวลากลางวันจะมีการสะสมของความร้อนที่ผ่านเข้ามาทั้งวัน ทำให้เมื่อถึงช่วงเย็นต้องมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นเพื่อกำจัดความร้อนเหล่านั้นออกไป ส่วนสำนักงานเนื่องจากเป็นการใช้อาคารในช่วงกลางวันซึ่งเป็นช่วงที่ความร้อนผ่านเข้ามาในขณะทำงาน จึงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศ ในการไล่ความร้อนเหล่านั้นออกไป จากผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 อาคารที่มีการติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 20% สามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นลงได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับ อาคารที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่ง 35% ,50% ,65% และอาคารที่ไม่ได้ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

นอกจากนี้ยังศึกษารูปแบบปริมาณแสงสว่างที่ผ่านแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆกัน เข้ามาภายในอาคารเปรียบเทียบกับอาคารที่ไม่ได้มีการติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย โดยทำการวัดความสว่างที่ระยะ 1 ม. และ 2 ม. จากหน้าต่าง ความสว่างจะลดลงไปเรื่อยๆ เมื่อระยะห่างจากหน้าต่างเพิ่มขึ้น จากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์ ปริมาณแสงสว่างจะเข้ามามากที่สุดในช่วงเวลา 10.00-11.00 น. เมื่อนำแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายมาติดตั้งที่หน้าต่าง ผลที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์คือ ความสว่างที่เข้ามาภายในอาคารลดลง เมื่อความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลายลดลงความสว่างที่เข้ามาภายในอาคารก็ลดลงตามไปด้วย โดยอาคารที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่มีความโปร่ง 20% จะสามารถช่วยลดความสว่างของแสงแดดที่เข้ามาภายในอาคารได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรรถรสที่ศึกษาเกี่ยวกับความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายส่งผลต่อความชัดเจนในการมองเห็นและความสบายตาในการมองอย่างไร เมื่อมองสิ่งต่างๆ ผ่านแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ความโปร่งต่างๆ กัน โดยใช้แบบสอบถามในการเก็บของมูลและวิเคราะห์ผล ผลของงานวิจัยชิ้นนี้แสดงให้เห็นว่าแผงกันแดดอลูมิเนียมที่ความโปร่ง 20% ให้ความสบายตาได้ดีที่สุดในการมองสิ่งต่างๆ ผ่านแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

สุดท้ายนี้จึงสรุปได้ว่าสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาสามารถแสดงได้ด้วยค่าความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลลุลาย ได้จริง กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC) แปรผันตาม ความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย โดยค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC) สามารถหาได้จากสมการเชิงเส้น $y=0.072x+0.626$ เมื่อทราบค่าความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย

(ค่า x) ก็จะทราบค่า ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC) และทำให้สามารถนำไปใช้ในการใช้วัสดุประกอบอาคารเพื่อช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้

ผลการศึกษาวิจัยนี้ ผู้ที่สนใจสามารถนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขกับอาคารสำนักงานหรืออาคารประเภทอื่นๆ เพื่อให้อาคารประหยัดพลังงานตามความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่แตกต่างกันไป และทิศทางการวางผังอาคาร แต่ในการใช้งานจริงผู้ออกแบบอาจจะต้องมีการเปลี่ยนค่าตัวแปรบางอย่าง เช่น รูปแบบของรู ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตแผงกันแดด ค่าสมมุติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่นำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้

5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ประสิทธิภาพการกันความร้อนแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย ดังนั้นงานวิจัยในอนาคต สามารถทำการศึกษาแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายกับอาคารขนาดใหญ่ที่เป็นอาคารกระจก ทำการเปรียบเทียบการมองเห็นทัศนียภายนอกอาคาร การกันความร้อนเข้ามาภายในอาคาร ความคุ้มค่ากับการลงทุน กับอาคารที่ใช้กระจกประเภทต่างๆ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
2. รูปแบบความโปร่งของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ เลือกศึกษาเพียง 4 ขนาดความโปร่ง คือ 20%, 35%, 50% และ 65% สีขาวและสีดำ และประเภทอาคารที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ ตึกแถว ดังนั้นงานวิจัยต่อไปควรเพิ่มประเภทของอาคารและรูปแบบของแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย นอกเหนือจากที่ได้กล่าวมา เพื่อศึกษาให้ได้ผลที่มีความละเอียดและหลากหลาย
3. ผลการจำลองอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ถึงแม้จะทำการตรวจสอบด้วยความแม่นยำในการจำลองผลแล้วก็ตาม เพื่อตรวจสอบผลข้อมูลการวิจัย ควรมีการเปรียบเทียบและวัดผลค่าที่แท้จริงในอาคารที่เปิดใช้งาน
4. งานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์เชิงเทคนิคด้านอุณหภูมิและการใช้พลังงาน และวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของอาคารที่มีกฎหมายอาคารเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งงานวิจัยนี้ยังไม่ได้ศึกษาเปรียบเทียบ ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตอานศึกษาเปรียบเทียบให้สอดคล้องกับกฎกระทรวง การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
5. งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยใช้กล่องทดลองขนาดเล็ก และเป็นการทำการทดลองในห้องโดยใช้หลอดไฟอินฟราเรดเป็นตัวให้ความร้อน ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตควรจะมีการทำการทดลองกับอาคารขนาดเท่าจริง และควรทดลองกับแสงธรรมชาติ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ธนะชัย ถาวรวัฒน์สกุล. (2555). ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของสารเคลือบกระจกกันความร้อนของอาคารในเขตสภาพอากาศแบบร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. (2514). ประโยชน์ของแผงกันแดด. แนวความคิดในการออกแบบกรอบอาคาร, 50.

อรรจน์ เศรษฐบุตร. (2552). การพาความร้อนแบบบังคับ.

อรรถรส ทองงามขำ. (2555). การประเมินสมรรถนะในการมองเห็นและความสบายตาของแผงบังแดดฉลุลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรุณศักดิ์ ด่อนดี. (2555). การศึกษาเปรียบเทียบวัสดุและสีของอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

จิรเดช เทพพิพิธ. (2555). เปรียบเทียบประสิทธิผลของค่าสัมประสิทธิ์ในกระจกและแผงบังแดด. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Sherifa, A., El-Zafarany, A., & Arafa, R. (2012). External perforated window Solar Screens:The effect of screen depth and perforation ratio on energy performance in extreme desert environments. *Energy and buildings, 52*, 1-10.

Tzempelikos & Athienitis, A. K. (2007). The impact of shading design and control on building cooling and lighting demand. SOLAR ENERGY. 81: 369-382.

Sherif, A., Sabry, H., Zafarany, A. E., Arafa, R., & Rakha, T. (2011). Balancing the Energy Savings and Daylighting Performance of External Perforated Solar Screens Evaluation of Screen Opening Proportions. 27th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Louvain-la-Neuve, Belgium.

Bellia, L., Falco, F. D., & Minichiello, F., (2013). Effects of solar shading devices on energy requirements of standalone office buildings for Italian climates. Applied Thermal Engineering. 54:190-201.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก1 ตารางบันทึกอุณหภูมิ ลมเข้า-ออก จากกล่องทดลองที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว เป็นเวลา 90 นาที

Time	**ค่าอุณหภูมิ ลมเข้า-ลมออก ที่วัดได้ จากกล่องทดลองที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวเป็นเวลา 90 นาที**										
	Ambient Temp. (T. in,°C)	Outlet T. B.C. (°c)	ΔT °C base case	Outlet T. 20% white	ΔT °C 20% White	Outlet T. 35% white	ΔT °C 35% White	Outlet T. 50% white	ΔT °C 50% White	Outlet T. 65% white	ΔT °C 65% White
0	35.37	44.3	8.93	33.40	-1.97	35.00	-0.37	42.00	6.63	38.70	3.33
5	35.55	45.2	9.65	34.80	-0.75	36.60	1.05	42.60	7.05	40.70	5.15
10	35.73	45.7	9.97	35.70	-0.03	37.60	1.87	42.80	7.07	41.70	5.97
15	35.87	46.2	10.33	36.50	0.63	38.20	2.33	42.90	7.03	42.40	6.53
20	35.94	46.4	10.46	36.90	0.96	38.70	2.76	43.10	7.16	42.70	6.76
25	36.06	46.6	10.54	37.20	1.14	39.10	3.04	43.10	7.04	43.00	6.94
30	36.16	46.6	10.44	37.60	1.44	39.40	3.24	43.10	6.94	43.20	7.04
35	36.19	46.7	10.51	37.80	1.61	39.70	3.51	43.20	7.01	43.30	7.11
40	36.31	46.9	10.59	38.10	1.79	40.00	3.69	43.20	6.89	43.50	7.19
45	36.39	46.8	10.41	38.10	1.71	40.30	3.91	43.30	6.91	43.70	7.31
50	36.43	46.9	10.47	38.10	1.67	40.50	4.07	43.40	6.97	43.60	7.17
55	36.49	46.9	10.41	38.40	1.91	40.60	4.11	43.40	6.91	43.70	7.21
60	36.57	47.2	10.63	38.50	1.93	40.80	4.23	43.40	6.83	43.90	7.33
65	36.63	47.1	10.47	38.50	1.87	41.00	4.37	43.40	6.77	43.90	7.27
70	36.64	47.3	10.66	38.60	1.96	41.10	4.46	43.40	6.76	43.80	7.16
75	36.72	47.3	10.58	38.60	1.88	41.30	4.58	43.40	6.68	44.00	7.28
80	36.75	47.3	10.55	38.60	1.85	41.30	4.55	43.50	6.75	44.10	7.35
85	36.92	47.3	10.38	38.70	1.78	41.40	4.48	43.50	6.58	44.00	7.08
90	36.97	47.3	10.33	38.60	1.63	41.40	4.43	42.30	5.33	43.90	6.93

ตาราง ก2 ตารางบันทึกอุณหภูมิ ลมเข้า-ออก จากกล่องทดลองที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีเทา เป็นเวลา 90 นาที

Time	ค่าอุณหภูมิ ลมเข้า-ลมออก ที่วัดได้ จากกล่องทดลองที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีเทา เป็นเวลา 90 นาที										
	Ambient Temp. (T. in, °C)	Outlet T. B.C. (°c)	ΔT °C base case	Outlet T. 20% gray	ΔT °C 20% gray	Outlet T. 35% gray	ΔT °C 35% gray	Outlet T. 50% gray	ΔT °C 50% gray	Outlet T. 65% gray	ΔT °C 65% gray
0	35.37	44.3	8.93	32.70	-2.67	33.90	-1.47	39.90	4.53	43.90	8.53
5	35.55	45.2	9.65	34.60	-0.95	35.60	0.05	40.80	5.25	44.20	8.65
10	35.73	45.7	9.97	36.00	0.27	36.80	1.07	41.30	5.57	44.40	8.67
15	35.87	46.2	10.33	36.80	0.93	37.60	1.73	41.60	5.73	44.50	8.63
20	35.94	46.4	10.46	37.30	1.36	38.00	2.06	41.50	5.56	44.70	8.76
25	36.06	46.6	10.54	37.60	1.54	38.50	2.44	41.60	5.54	44.70	8.64
30	36.16	46.6	10.44	38.10	1.94	38.80	2.64	41.70	5.54	44.80	8.64
35	36.19	46.7	10.51	38.50	2.31	38.90	2.71	41.60	5.41	44.90	8.71
40	36.31	46.9	10.59	38.70	2.39	39.30	2.99	41.60	5.29	45.00	8.69
45	36.39	46.8	10.41	38.90	2.51	39.30	2.91	41.40	5.01	45.10	8.71
50	36.43	46.9	10.47	38.90	2.47	39.50	3.07	41.60	5.17	45.10	8.67
55	36.49	46.9	10.41	39.20	2.71	39.70	3.21	41.50	5.01	45.20	8.71
60	36.57	47.2	10.63	39.30	2.73	39.70	3.13	41.50	4.93	45.30	8.73
65	36.63	47.1	10.47	39.40	2.77	39.80	3.17	41.60	4.97	45.30	8.67
70	36.64	47.3	10.66	39.60	2.96	39.90	3.26	41.60	4.96	45.50	8.86
75	36.72	47.3	10.58	39.60	2.88	39.90	3.18	41.60	4.88	45.40	8.68
80	36.75	47.3	10.55	39.60	2.85	40.00	3.25	41.40	4.65	45.40	8.65
85	36.92	47.3	10.38	39.70	2.78	39.90	2.98	41.60	4.68	45.50	8.58
90	36.97	47.3	10.33	39.90	2.93	40.00	3.03	41.50	4.53	45.40	8.43

ตาราง ก3 ตารางบันทึกอุณหภูมิ ลมเข้า-ออก จากกล่องทดลองที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ เป็นเวลา 90 นาที

Time	**ค่าอุณหภูมิ ลมเข้า-ลมออก ที่วัดได้ จากกล่องทดลองที่ใช้แผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ เป็นเวลา 90 นาที**										
	Ambient Temp. (T. in, °C)	Outlet T. B.C.	ΔT °C base case	Outlet T. 20% black	ΔT °C 20% black	Outlet T. 35% black	ΔT °C 35% black	Outlet T. 50% black	ΔT °C 50% black	Outlet T. 65% black	ΔT °C 65% black
0	35.37	44.30	8.93	32.80	-2.57	36.00	0.63	42.80	7.43	38.60	3.23
5	35.55	45.20	9.65	35.10	-0.45	37.30	1.75	42.90	7.35	40.80	5.25
10	35.73	45.70	9.97	36.40	0.67	38.40	2.67	43.30	7.57	42.00	6.27
15	35.87	46.20	10.33	37.30	1.43	39.10	3.23	43.40	7.53	42.70	6.83
20	35.94	46.40	10.46	38.00	2.06	39.60	3.66	43.50	7.56	43.20	7.26
25	36.06	46.60	10.54	38.40	2.34	39.80	3.74	43.50	7.44	43.40	7.34
30	36.16	46.60	10.44	38.60	2.44	40.40	4.24	43.60	7.44	43.50	7.34
35	36.19	46.70	10.51	38.80	2.61	40.60	4.41	43.60	7.41	43.70	7.51
40	36.31	46.90	10.59	38.90	2.59	40.90	4.59	43.80	7.49	43.80	7.49
45	36.39	46.80	10.41	39.30	2.91	40.80	4.41	43.70	7.31	43.80	7.41
50	36.43	46.90	10.47	39.20	2.77	41.10	4.67	43.70	7.27	44.00	7.57
55	36.49	46.90	10.41	39.50	3.01	41.20	4.71	43.90	7.41	43.90	7.41
60	36.57	47.20	10.63	39.30	2.73	41.50	4.93	43.90	7.33	44.10	7.53
65	36.63	47.10	10.47	39.60	2.97	41.70	5.07	43.80	7.17	44.20	7.57
70	36.64	47.30	10.66	40.00	3.36	41.60	4.96	43.80	7.16	44.20	7.56
75	36.72	47.30	10.58	40.00	3.28	41.80	5.08	43.70	6.98	44.30	7.58
80	36.75	47.30	10.55	40.00	3.25	41.80	5.05	43.80	7.05	44.30	7.55
85	36.92	47.30	10.38	40.00	3.08	42.00	5.08	44.00	7.08	44.40	7.48
90	36.97	47.30	10.33	40.10	3.13	42.00	5.03	42.20	5.23	44.40	7.43

ตาราง ก4 ตารางแสดงการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปี (kWh) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและ สีดำ

ความโปร่งแผ่นอลูมิเนียมฉลุลาย	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปี (kWh) ทิศทางการหันของตัวอาคาร(บ้าน)			
	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศใต้	ทิศตะวันตก
20%W	9,856	11,626	9,959	11,270
35%W	10,075	12,153	10,263	11,766
50%W	10,269	12,616	10,531	12,205
65%W	10,318	12,728	10,606	12,314
20%B	9,978	11,919	10,129	11,545
35%B	10,124	12,268	10,330	11,876
50%B	10,318	12,726	10,606	12,314
60%B	10,366	12,841	10,680	12,422
BC	10,829	13,109	12,550	12,554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก5 ตารางแสดงการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปี (kWh) ของออฟฟิศที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและสีดำ

ความโปร่งแผ่นอลูมิเนียมฉลุลาย	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งปี (kWh) ทิศทางการหันของตัวอาคาร(สำนักงาน)			
	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศใต้	ทิศตะวันตก
20%W	22,653	25,342	24,297	25,185
35%W	23,008	25,966	24,818	25,895
50%W	23,324	26,588	25,275	26,532
65%W	23,401	26,743	25,388	26,691
20%B	22,851	25,654	24,587	25,576
35%B	23,086	26,122	24,932	26,055
50%B	23,401	26,743	25,388	26,691
65%B	23,479	26,897	25,502	26,850
BC	25,138	27,803	25,722	26,876

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก6 ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว และ สีดำ ทิศเหนือ

White 20% ทิศเหนือ-บ้าน				**Black 20% ทิศเหนือ-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	9456	2.423	22,908.11	ส่วนเกิน 400 หน่วย	9578	2.423	23,203.66
			23,655.75				**23,951.31**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,289.24	รวมเป็นเงิน			1,305.35
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***24,944.99***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***25,256.66***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2078.75	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2104.72
White 35% ทิศเหนือ-บ้าน				**Black 35% ทิศเหนือ-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	9675	2.423	23,438.66	ส่วนเกิน 400 หน่วย	9724	2.423	23,557.36
			24,186.30				**24,305.01**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,318.15	รวมเป็นเงิน			1,324.62
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***25,504.46***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***25,629.63***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2125.37	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2135.80
White 50% ทิศเหนือ-บ้าน				**Black 50% ทิศเหนือ-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	9869	2.423	23,908.64	ส่วนเกิน 400 หน่วย	9918	2.423	24,027.35
			24,656.29				**24,775.00**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,343.77	รวมเป็นเงิน			1,350.24
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***26,000.06***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***26,125.23***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2166.67	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2177.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก6 (ต่อ) ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและ สีดำ ทิศเหนือ

White 65% ทิศเหนือ-บ้าน				**Black 65% ทิศเหนือ-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	9918	2.423	24,027.35	ส่วนเกิน 400 หน่วย	9966	2.423	24,143.63
			24,775.00				**24,891.28**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงินค่าไฟฟ้าทั้งปี			1,350.24	รวมเป็นเงินค่าไฟฟ้าทั้งปี			1,356.57
(บาท)			***26,125.23***	(บาท)			***26,247.86***
ค่าไฟต่อเดือน (บาท)			2177.10	ค่าไฟต่อเดือน (บาท)			2187.32
BC ทิศเหนือ-บ้าน				**BC ทิศเหนือ-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	10429	2.423	25,265.30	ส่วนเกิน 400 หน่วย	10429	2.423	25,265.30
			26,012.94				**26,012.94**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงินค่าไฟฟ้าทั้งปี			1,417.71	รวมเป็นเงินค่าไฟฟ้าทั้งปี			1,417.71
(บาท)			***27,430.65***	(บาท)			***27,430.65***
ค่าไฟต่อเดือน (บาท)			2285.89	ค่าไฟต่อเดือน (บาท)			2285.89

ตาราง ก7 ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว และ สีดำ ทิศตะวันออก

White 20% ทิศตะวันออก-บ้าน				**Black 20% ทิศตะวันออก-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	11226	2.423	27,196.11	ส่วนเกิน 400 หน่วย	11591	2.423	28,080.36
			27,943.76				**28,828.01**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,522.93	รวมเป็นเงิน			1,571.13
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***29,466.69***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***30,399.13***
ค่าไฟต่อเดือน (บาท)			2455.56	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2533.26
White 35% ทิศตะวันออก-บ้าน				**Black 35% ทิศตะวันออก-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	11753	2.423	28,472.82	ส่วนเกิน 400 หน่วย	11868	2.423	28,751.42
			29,220.47				**29,499.07**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,592.52	รวมเป็นเงิน			1,607.70
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***30,812.98***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***31,106.76***
ค่าไฟต่อเดือน (บาท)			2567.75	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2592.23
White 50% ทิศตะวันออก-บ้าน				**Black 50% ทิศตะวันออก-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	12216	2.423	29,594.48	ส่วนเกิน 400 หน่วย	12326	2.423	29,860.97
			30,342.13				**30,608.62**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,653.65	รวมเป็นเงิน			1,668.17
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***31,995.78***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***32,276.79***
ค่าไฟต่อเดือน (บาท)			2666.31	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2689.73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก7 (ต่อ) ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย สีขาว และ สีดำ ทิศตะวันออก

White 65% ทิศตะวันออก-บ้าน				**Black 65% ทิศตะวันออก-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	12328	2.423	29,865.81	ส่วนเกิน 400 หน่วย	12441	2.423	30,139.57
			30,613.46				**30,887.22**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,668.43	รวมเป็นเงิน			1,683.35
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***32,281.90***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***32,570.57***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2690.16	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2714.21
BC ทิศตะวันออก-บ้าน				**BC ทิศตะวันออก-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	12709	2.423	30,788.82	ส่วนเกิน 400 หน่วย	12709	2.423	30,788.82
			31,536.47				**31,536.47**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,718.74	รวมเป็นเงิน			1,718.74
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***33,255.21***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***33,255.21***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2771.27	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2771.27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก8 ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว และ สีดำ ทิศใต้

White 20% ทิศใต้-บ้าน				**Black 20% ทิศใต้-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	9559	2.423	23,157.63	ส่วนเกิน 400 หน่วย	9729	2.423	23,569.48
			23,905.28				**24,317.12**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,302.84	รวมเป็นเงิน			1,325.28
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***25,208.12***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***25,642.41***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2100.68	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2136.87
White 35% ทิศใต้-บ้าน				**Black 35% ทิศใต้-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	9863	2.423	23,894.10	ส่วนเกิน 400 หน่วย	9930	2.423	24,056.42
			24,641.75				**24,804.07**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,342.98	รวมเป็นเงิน			1,351.82
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***25,984.73***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***26,155.89***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2165.39	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2179.66
White 50% ทิศใต้-บ้าน				**Black 50% ทิศใต้-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	10131	2.423	24,543.36	ส่วนเกิน 400 หน่วย	10206	2.423	24,725.06
			25,291.01				**25,472.70**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,378.36	รวมเป็นเงิน			1,388.26
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***26,669.37***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***26,860.97***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2222.45	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2238.41

ตาราง ก8 (ต่อ) ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี ([บาท) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและ สีดำ ทิศใต้

White 65% ทิศใต้-บ้าน				**Black 65% ทิศใต้-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	10206	2.423	24,725.06	ส่วนเกิน 400 หน่วย	10280	2.423	24,904.33
			25,472.70				**25,651.98**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,388.26	รวมเป็นเงิน			1,398.03
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***26,860.97***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***27,050.01***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2238.41	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2254.17
BC ทิศใต้-บ้าน				**BC ทิศใต้-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	12150	2.423	29,434.59	ส่วนเกิน 400 หน่วย	12150	2.423	29,434.59
			30,182.24				**30,182.24**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,644.93	รวมเป็นเงิน			1,644.93
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***31,827.17***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***31,827.17***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2652.26	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2652.26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก9 ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว และ สีดำ ทิศตะวันตก

White 20% ทิศตะวันตก-บ้าน				**Black 20% ทิศตะวันตก-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	10870	2.423	26,333.66	ส่วนเกิน 400 หน่วย	11145	2.423	26,999.88
			27,081.31				**27,747.53**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,475.93	รวมเป็นเงิน			1,512.24
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***28,557.24***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***29,259.77***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2379.77	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2438.31
White 35% ทิศตะวันตก-บ้าน				**Black 35% ทิศตะวันตก-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	11366	2.423	27,535.27	ส่วนเกิน 400 หน่วย	11476	2.423	27,801.76
			28,282.92				**28,549.41**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,541.42	รวมเป็นเงิน			1,555.94
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***29,824.34***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***30,105.35***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2485.36	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2508.78
White 50% ทิศตะวันตก-บ้าน				**Black 50% ทิศตะวันตก-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	11805	2.423	28,598.79	ส่วนเกิน 400 หน่วย	11914	2.423	28,862.86
			29,346.44				**29,610.51**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,599.38	รวมเป็นเงิน			1,613.77
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***30,945.82***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***31,224.28***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2578.82	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2602.02

ตาราง ก9 (ต่อ) ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและ สีดำ ทิศตะวันตก

White 65% ทิศตะวันตก-บ้าน				**Black 65% ทิศตะวันตก-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	11914	2.423	28,862.86	ส่วนเกิน 400 หน่วย	12022	2.423	29,124.50
			29,610.51				**29,872.15**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,613.77	รวมเป็นเงิน			1,628.03
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***31,224.28***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***31,500.18***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2602.02	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2625.01
BC ทิศตะวันตก-บ้าน				**BC ทิศตะวันตก-บ้าน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	12154	2.423	29,444.28	ส่วนเกิน 400 หน่วย	12154	2.423	29,444.28
			30,191.93				**30,191.93**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			1,645.46	รวมเป็นเงิน			1,645.46
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***31,837.39***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***31,837.39***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2653.12	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			2653.12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก10 ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของ**สำนักงาน**ที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและ สีดำ ทิศเหนือ

White 20% ทิศเหนือ-สำนักงาน				**Black 20% ทิศเหนือ-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	22253	2.423	53,910.12	ส่วนเกิน 400 หน่วย	22451	2.423	54,389.79
							55,137.44
			54,657.77				
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			2,978.85	รวมเป็นเงิน			3,004.99
							58,142.43
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***57,636.62***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			4803.05	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			4845.20
White 35% ทิศเหนือ-สำนักงาน				**Black 35% ทิศเหนือ-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	22608	2.423	54,770.14	ส่วนเกิน 400 หน่วย	22686	2.423	54,959.10
							55,706.75
			55,517.79				
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,025.72	รวมเป็นเงิน			3,036.02
							58,742.77
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***58,543.51***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			4878.63	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			4895.23
White 50% ทิศเหนือ-สำนักงาน				**Black 50% ทิศเหนือ-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	22924	2.423	55,535.68	ส่วนเกิน 400 หน่วย	23001	2.423	55,722.22
							56,469.87
			56,283.33				
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,067.44	รวมเป็นเงิน			3,077.61
							59,547.48
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***59,350.77***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			4945.90	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			4962.29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก10 (ต่อ) ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของ**สำนักงาน**ที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย สีขาวและสีดำ ทิศเหนือ

White 65% ทิศเหนือ-สำนักงาน				**Black 65% ทิศเหนือ-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	23001	2.423	55,722.22	ส่วนเกิน 400 หน่วย	23079	2.423	55,911.19
			56,469.87				**56,658.83**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,077.61	รวมเป็นเงิน			3,087.91
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***59,547.48***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***59,746.74***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			4962.29	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			4978.90
BC ทิศเหนือ-สำนักงาน				**BC ทิศเหนือ-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	24738	2.423	59,930.28	ส่วนเกิน 400 หน่วย	24738	2.423	59,930.28
			60,677.93				**60,677.93**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,306.95	รวมเป็นเงิน			3,306.95
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***63,984.87***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***63,984.87***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5332.07	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5332.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก11 ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของ**สำนักงาน**ที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและ สีดำ ทิศตะวันออก

White 20%ทิศตะวันออก-สำนักงาน				**Black 20% ทิศตะวันออก-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	24942	2.423	60,424.49	ส่วนเกิน 400 หน่วย	25254	2.423	61,180.34
			61,172.14				**61,927.99**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,333.88	รวมเป็นเงิน			3,375.08
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***64,506.02***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***65,303.06***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5375.50	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5441.92
White 35%ทิศตะวันออก-สำนักงาน				**Black 35% ทิศตะวันออก-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	25566	2.423	61,936.19	ส่วนเกิน 400 หน่วย	25722	2.423	62,314.12
			62,683.84				**63,061.77**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,416.27	รวมเป็นเงิน			3,436.87
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***66,100.11***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***66,498.63***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5508.34	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5541.55
White 50%ทิศตะวันออก-สำนักงาน				**Black 50% ทิศตะวันออก-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	26188	2.423	63,443.05	ส่วนเกิน 400 หน่วย	26343	2.423	63,818.55
			64,190.70				**64,566.20**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,498.39	รวมเป็นเงิน			3,518.86
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***67,689.09***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***68,085.06***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5640.76	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5673.75

ตาราง ก11 (ต่อ) ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของ**สำนักงาน**ที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย สีขาวและ สีดำ ทิศตะวันออก-ตะวันตก

White 65% ทิศตะวันออก-สำนักงาน				**Black 65% ทิศตะวันออก-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	26343	2.423	63,818.55	ส่วนเกิน 400 หน่วย	26497	2.423	64,191.63
			64,566.20				**64,939.28**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,518.86	รวมเป็นเงิน			3,539.19
ค่าไฟฟ้าทั้งปี (บาท)			***68,085.06***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***68,478.47***
ค่าไฟต่อเดือน (บาท)			5673.75	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5706.54
BC ทิศตะวันออก-สำนักงาน				**BC ทิศตะวันออก-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	27403	2.423	66,386.51	ส่วนเกิน 400 หน่วย	27403	2.423	66,386.51
			67,134.16				**67,134.16**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,658.81	รวมเป็นเงิน			3,658.81
ค่าไฟฟ้าทั้งปี (บาท)			***70,792.97***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***70,792.97***
ค่าไฟต่อเดือน (บาท)			5899.41	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5899.41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก12 ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของ**สำนักงาน**ที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและ สีดำ ทิศใต้

White 20% ทิศใต้-สำนักงาน				**Black 20% ทิศใต้-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	23897	2.423	57,892.87	ส่วนเกิน 400หน่วย	24187	2.423	58,595.43
			58,640.52				**59,343.08**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,195.91	รวมเป็นเงิน			3,234.20
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***61,836.43***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***62,577.27***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5153.04	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5214.77
White 35% ทิศใต้-สำนักงาน				**Black 35% ทิศใต้-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	24418	2.423	59,155.05	ส่วนเกิน 400หน่วย	24532	2.423	59,431.22
			59,902.70				**60,178.87**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,264.70	รวมเป็นเงิน			3,279.75
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***63,167.39***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***63,458.62***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5263.95	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5288.22
White 50% ทิศใต้-สำนักงาน				**Black 50% ทิศใต้-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	24875	2.423	60,262.18	ส่วนเกิน 400หน่วย	24988	2.423	60,535.93
			61,009.82				**61,283.58**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,325.04	รวมเป็นเงิน			3,339.95
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***64,334.86***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***64,623.53***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5361.24	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5385.29

ตาราง ก12 (ต่อ) ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของ**สำนักงาน**ที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียม ฉลุลาย สีขาวและ สีดำ ทิศใต้-เหนือ

White 65% ทิศใต้-สำนักงาน				**Black 65% ทิศใต้-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	24988	2.423	60,535.93	ส่วนเกิน 400 หน่วย	25102	2.423	60,812.11
			61,283.58				**61,559.75**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,339.95	รวมเป็นเงิน			3,355.01
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***64,623.53***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***64,914.76***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5385.29	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5409.56
BCทิศใต้-สำนักงาน				**BC ทิศใต้-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	25322	2.423	61,345.08	ส่วนเกิน 400 หน่วย	25322	2.423	61,345.08
			62,092.73				**62,092.73**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,384.05	รวมเป็นเงิน			3,384.05
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***65,476.78***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***65,476.78***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5456.40	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5456.40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก13 ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของ**สำนักงาน**ที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวและ สีดำ ทิศตะวันตก

White 20% ทิศตะวันตก-สำนักงาน				**Black 20% ทิศตะวันตก-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	24785	2.423	60,044.14	ส่วนเกิน 400 หน่วย	25176	2.423	60,991.38
			60,791.79				**61,739.03**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,313.15	รวมเป็นเงิน			3,364.78
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***64,104.94***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***65,103.80***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5342.08	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5425.32
White 35% ทิศตะวันตก-สำนักงาน				**Black 35% ทิศตะวันตก-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	25495	2.423	61,764.19	ส่วนเกิน 400 หน่วย	25655	2.423	62,151.80
			62,511.84				**62,899.45**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,406.90	รวมเป็นเงิน			3,428.02
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***65,918.73***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***66,327.47***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5493.23	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5527.29
White 50% ทิศตะวันตก-สำนักงาน				**Black 50% ทิศตะวันตก-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	26132	2.423	63,307.38	ส่วนเกิน 400 หน่วย	26291	2.423	63,692.58
			64,055.03				**64,440.23**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,491.00	รวมเป็นเงิน			3,511.99
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***67,546.03***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***67,952.22***

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5628.84	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5662.68

ตาราง ก13 (ต่อ) ตารางแสดงค่าไฟฟ้าตลอดทั้งปี (บาท) ของ**สำนักงาน**ที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลาย สีขาวและ สีดำ ทิศตะวันตก

White 65% ทิศตะวันตก-สำนักงาน				**Black 65% ทิศตะวันตก-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	26291	2.423	63,692.58	ส่วนเกิน 400 หน่วย	26450	2.423	64,077.77
			64,440.23				**64,825.42**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,511.99	รวมเป็นเงิน			3,532.99
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***67,952.22***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***68,358.40***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5662.68	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5696.53
BC ทิศตะวันตก-สำนักงาน				**BC ทิศตะวันตก-สำนักงาน**			
35 หน่วยแรก			85.21	35 หน่วยแรก			85.21
115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21	115 หน่วยต่อไป	115	1.124	129.21
250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23	250 หน่วยต่อไป	250	2.133	533.23
ส่วนเกิน 400 หน่วย	26476	2.423	64,140.76	ส่วนเกิน 400 หน่วย	26476	2.423	64,140.76
			64,888.41				**64,888.41**
Ft			0.0545	Ft			0.0545
รวมเป็นเงิน			3,536.42	รวมเป็นเงิน			3,536.42
ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***68,424.82***	ค่าไฟฟ้าทั้งปี(บาท)			***68,424.82***
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5702.07	ค่าไฟต่อเดือน(บาท)			5702.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 14 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของบ้าน ทิศเหนือ เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	Home-North (White Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%w	cool.load from solar rad (W),35%w	cool.load from solar rad (W),50%w	cool.load from solar rad (W),65%w	cool.load from solar rad (W),BC
1	121	137	151	155	244
2	97	110	121	124	195
3	78	89	98	100	157
4	63	72	79	81	126
5	51	58	64	65	102
6	41	47	52	53	82
7	65	73	81	82	131
8	314	355	391	400	677
9	671	759	836	856	1493
10	1014	1146	1264	1294	2254
11	1264	1429	1575	1612	2829
12	1495	1691	1864	1907	3306
13	1595	1803	1988	2034	3448
14	1645	1860	2051	2099	3494
15	1570	1775	1957	2002	3295
16	1352	1529	1685	1725	2787
17	1106	1251	1379	1411	2277
18	859	971	1071	1096	1773
19	601	680	750	767	1233
20	442	500	551	564	903
21	334	378	417	427	679
22	258	292	322	329	522
23	202	229	252	258	408
24	160	181	200	204	322

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก 15 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของบ้าน ทิศเหนือ เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	Home-North (Black Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%B	cool.load from solar rad (W),35%B	cool.load from solar rad (W),50%B	cool.load from solar rad (W),65%B	cool.load from solar rad (W),BC
1	130	141	155	158	244
2	104	113	124	127	195
3	84	91	100	102	157
4	68	73	81	83	126
5	55	59	65	67	102
6	44	48	53	54	82
7	69	75	82	84	131
8	336	364	400	409	677
9	720	778	856	875	1493
10	1088	1176	1294	1323	2254
11	1355	1465	1612	1649	2829
12	1604	1734	1907	1951	3306
13	1711	1849	2034	2081	3448
14	1765	1908	2099	2147	3494
15	1684	1820	2002	2048	3295
16	1450	1568	1725	1764	2787
17	1187	1283	1411	1443	2277
18	921	996	1096	1121	1773
19	645	697	767	785	1233
20	474	513	564	577	903
21	359	388	427	436	679
22	277	299	329	337	522
23	217	234	258	264	408
24	172	186	204	209	322

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 16 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของบ้าน ทิศตะวันออก เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	Home-East (White Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%w	cool.load from solar rad (W),35%w	cool.load from solar rad (W),50%w	cool.load from solar rad (W),65%w	cool.load from solar rad (W),BC
1	613	693	764	782	831
2	485	549	605	619	658
3	387	437	482	494	525
4	310	351	386	395	421
5	249	282	311	318	339
6	201	227	250	256	273
7	202	229	252	258	281
8	744	843	929	951	1203
9	1657	1877	2070	2118	2701
10	2344	2654	2927	2995	3755
11	2710	3069	3384	3462	4340
12	2623	2969	3274	3350	4134
13	2270	2569	2833	2899	3538
14	2557	2893	3190	3264	3827
15	3441	3891	4291	4391	4906
16	4389	4963	5472	5600	6061
17	5407	6114	6742	6899	7325
18	6888	7788	8587	8787	9200
19	4224	4776	5266	5388	5663
20	2884	3261	3596	3679	3877
21	2052	2320	2558	2617	2764
22	1510	1708	1883	1927	2039
23	1142	1292	1424	1457	1544
24	882	997	1099	1125	1193

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 17 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของบ้าน ทิศตะวันออก เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	Home-East (Black Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%B	cool.load from solar rad (W),35%B	cool.load from solar rad (W),50%B	cool.load from solar rad (W),65%B	cool.load from solar rad (W),BC
1	657	711	782	799	831
2	520	563	619	633	658
3	415	449	493	505	525
4	332	359	395	404	421
5	267	289	318	325	339
6	215	233	256	262	273
7	217	235	258	264	281
8	798	863	949	971	1203
9	1777	1922	2114	2162	2701
10	2514	2718	2990	3058	3755
11	2907	3143	3457	3536	4340
12	2813	3042	3346	3422	4134
13	2435	2633	2896	2962	3538
14	2743	2965	3262	3336	3827
15	3690	3990	4389	4489	4906
16	4707	5089	5599	5726	6061
17	5800	6270	6898	7055	7325
18	7388	7987	8787	8986	9200
19	4530	4898	5388	5510	5663
20	3093	3344	3679	3763	3877
21	2200	2379	2617	2677	2764
22	1620	1751	1927	1971	2039
23	1225	1325	1457	1490	1544
24	946	1022	1125	1150	1193

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 18 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของบ้าน ทิศใต้ เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	Home-South (White Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%w	cool.load from solar rad (W),35%w	cool.load from solar rad (W),50%w	cool.load from solar rad (W),65%w	cool.load from solar rad (W),BC
1	184	208	230	235	274
2	148	167	184	188	220
3	119	134	148	151	177
4	96	108	119	122	142
5	77	87	96	98	115
6	62	70	78	80	93
7	95	108	119	122	143
8	478	540	595	609	718
9	1055	1194	1316	1347	1586
10	1601	1810	1995	2042	2402
11	2031	2296	2531	2591	3041
12	2362	2671	2944	3014	3541
13	2500	2827	3116	3189	3738
14	2550	2883	3179	3253	3808
15	2416	2732	3012	3082	3606
16	2051	2318	2556	2615	3058
17	1675	1894	2088	2137	2499
18	1301	1471	1622	1660	1943
19	909	1027	1133	1159	1356
20	668	755	832	852	996
21	504	570	629	643	752
22	389	440	485	496	580
23	305	344	380	388	454
24	241	272	300	307	359

ตาราง ก 19 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของบ้าน ทิศใต้ เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	Home-South (Black Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%B	cool.load from solar rad (W),35%B	cool.load from solar rad (W),50%B	cool.load from solar rad (W),65%B	cool.load from solar rad (W),BC
1	198	214	235	240	274
2	158	171	188	193	220
3	127	138	151	155	177
4	103	111	122	125	142
5	83	89	98	101	115
6	67	72	80	81	93
7	102	111	122	124	143
8	512	554	609	623	718
9	1132	1224	1346	1377	1586
10	1717	1856	2042	2089	2402
11	2178	2354	2590	2650	3041
12	2534	2739	3013	3082	3541
13	2681	2899	3189	3262	3738
14	2735	2957	3253	3327	3808
15	2591	2802	3082	3152	3606
16	2199	2378	2616	2675	3058
17	1796	1942	2137	2185	2499
18	1396	1509	1660	1698	1943
19	975	1054	1159	1186	1356
20	716	774	852	871	996
21	541	585	643	658	752
22	417	451	496	507	580
23	327	353	388	397	454
24	258	279	307	314	359

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก 20 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของบ้าน ทิศตะวันตก เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	Home-West (White Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%w	cool.load from solar rad (W),35%w	cool.load from solar rad (W),50%w	cool.load from solar rad (W),65%w	cool.load from solar rad (W),BC
1	523	591	652	667	629
2	414	469	517	529	497
3	331	374	412	422	396
4	265	299	330	338	316
5	213	240	265	271	253
6	171	193	213	218	204
7	184	208	229	235	220
8	1023	1156	1275	1305	1252
9	2388	2700	2977	3046	2941
10	3324	3758	4143	4240	4084
11	3847	4350	4796	4908	4694
12	3548	4012	4423	4526	4321
13	2967	3355	3699	3785	3608
14	2996	3387	3734	3821	3629
15	3513	3971	4379	4481	4250
16	4064	4594	5066	5184	4962
17	4700	5314	5859	5996	5799
18	5711	6456	7119	7285	7074
19	3504	3961	4367	4469	4313
20	2399	2712	2990	3060	2939
21	1714	1938	2137	2187	2091
22	1268	1434	1581	1618	1541
23	963	1089	1201	1229	1166
24	746	843	930	951	900

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 21 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของบ้าน ทิศตะวันตก เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	Home-West (Black Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%B	cool.load from solar rad (W),35%B	cool.load from solar rad (W),50%B	cool.load from solar rad (W),65%B	cool.load from solar rad (W),BC
1	561	606	667	682	629
2	445	481	529	541	497
3	354	383	422	431	396
4	284	307	338	345	316
5	228	246	271	277	253
6	183	198	218	223	204
7	197	213	235	240	220
8	1097	1186	1305	1334	1252
9	2561	2769	3046	3115	2941
10	3565	3854	4240	4336	4084
11	4126	4461	4908	5019	4694
12	3806	4114	4526	4629	4321
13	3182	3441	3785	3871	3608
14	3213	3474	3821	3908	3629
15	3767	4073	4481	4583	4250
16	4359	4712	5184	5302	4962
17	5041	5450	5996	6132	5799
18	6125	6622	7285	7450	7074
19	3758	4062	4469	4571	4313
20	2573	2782	3060	3130	2939
21	1838	1988	2187	2236	2091
22	1360	1470	1618	1654	1541
23	1033	1117	1229	1257	1166
24	800	865	951	973	900

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 22 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของสำนักงาน ทิศเหนือ เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	สำนักงาน North (White Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%w	cool.load from solar rad (W),35%w	cool.load from solar rad (W),50%w	cool.load from solar rad (W),65%w	cool.load from solar rad (W),BC
1	117	132	146	149	203
2	94	106	117	120	163
3	76	85	94	96	130
4	61	69	76	78	105
5	49	56	61	63	84
6	40	45	50	51	68
7	62	71	78	80	112
8	303	342	378	386	591
9	647	731	806	825	1298
10	977	1105	1218	1246	1951
11	1217	1375	1517	1552	2428
12	1440	1628	1796	1837	2845
13	1538	1739	1918	1962	2936
14	1589	1796	1981	2027	2960
15	1517	1715	1891	1935	2781
16	1307	1478	1630	1668	2343
17	1070	1209	1333	1364	1913
18	830	938	1035	1059	1491
19	581	657	724	741	1034
20	427	483	532	545	756
21	323	365	402	412	569
22	249	282	310	318	437
23	195	221	243	249	341
24	154	175	193	197	269

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 23 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของสำนักงาน ทิศเหนือ เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	สำนักงาน North (Black Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%B	cool.load from solar rad (W),35%B	cool.load from solar rad (W),50%B	cool.load from solar rad (W),65%B	cool.load from solar rad (W),BC
1	126	136	149	153	203
2	101	109	120	122	163
3	81	88	96	99	130
4	65	71	78	80	105
5	53	57	63	64	84
6	43	46	51	52	68
7	67	72	80	81	112
8	325	351	386	395	591
9	694	750	825	844	1298
10	1048	1133	1246	1275	1951
11	1305	1411	1552	1587	2428
12	1545	1670	1837	1879	2845
13	1650	1784	1962	2007	2936
14	1704	1842	2027	2073	2960
15	1627	1759	1935	1979	2781
16	1402	1516	1668	1706	2343
17	1147	1240	1364	1396	1913
18	890	962	1059	1083	1491
19	623	673	741	758	1034
20	458	495	545	557	756
21	346	374	412	421	569
22	267	289	318	325	437
23	209	226	249	255	341
24	166	179	197	202	269

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 24 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของสำนักงาน ทิศตะวันออก เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	สำนักงาน East (White Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%w	cool.load from solar rad (W),35%w	cool.load from solar rad (W),50%w	cool.load from solar rad (W),65%w	cool.load from solar rad (W),BC
1	616	692	763	781	769
2	487	548	604	618	608
3	389	437	482	493	484
4	311	350	386	395	387
5	250	282	310	318	311
6	202	227	250	256	250
7	204	229	252	258	258
8	770	841	927	949	1127
9	1723	1872	2064	2112	2545
10	2436	2647	2919	2987	3532
11	2816	3060	3374	3453	4057
12	2709	2961	3265	3341	3858
13	2333	2561	2824	2890	3297
14	2606	2884	3180	3254	3552
15	3480	3883	4281	4381	4550
16	4419	4955	5464	5591	5683
17	5431	6107	6734	6891	6945
18	6906	7782	8581	8781	8756
19	4237	4772	5261	5384	5359
20	2894	3258	3592	3676	3653
21	2059	2318	2556	2615	2593
22	1516	1706	1881	1925	1906
23	1147	1290	1423	1456	1438
24	885	996	1098	1124	1108

ตาราง ก 25 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของสำนักงาน ทิศตะวันออก เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	สำนักงาน East (Black Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%B	cool.load from solar rad (W),35%B	cool.load from solar rad (W),50%B	cool.load from solar rad (W),65%B	cool.load from solar rad (W),BC
1	657	710	781	799	769
2	520	562	618	632	608
3	414	448	493	504	484
4	332	359	395	404	387
5	267	289	318	325	311
6	215	233	256	262	250
7	217	235	258	264	258
8	798	862	949	970	1127
9	1776	1920	2112	2160	2545
10	2511	2715	2987	3055	3532
11	2903	3138	3453	3531	4057
12	2809	3037	3341	3417	3858
13	2430	2627	2890	2955	3297
14	2736	2958	3254	3328	3552
15	3684	3983	4381	4481	4550
16	4701	5083	5591	5718	5683
17	5794	6264	6891	7048	6945
18	7383	7982	8781	8981	8756
19	4527	4894	5384	5506	5359
20	3091	3342	3676	3760	3653
21	2199	2377	2615	2674	2593
22	1619	1750	1925	1969	1906
23	1224	1324	1456	1489	1438
24	945	1022	1124	1149	1108

ตาราง ก 26 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของสำนักงาน ทิศใต้ เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	สำนักงาน South (White Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%w	cool.load from solar rad (W),35%w	cool.load from solar rad (W),50%w	cool.load from solar rad (W),65%w	cool.load from solar rad (W),BC
1	184	208	229	235	223
2	147	167	184	188	178
3	118	134	148	151	143
4	95	108	119	122	115
5	77	87	96	98	93
6	62	70	78	79	75
7	95	108	119	122	118
8	477	539	595	609	604
9	1055	1192	1315	1345	1336
10	1599	1808	1993	2040	2022
11	2028	2293	2529	2587	2554
12	2360	2668	2942	3010	2973
13	2497	2823	3113	3185	3128
14	2547	2880	3175	3249	3181
15	2413	2728	3008	3078	3006
16	2047	2315	2552	2612	2546
17	1672	1891	2085	2133	2078
18	1299	1469	1619	1657	1614
19	907	1026	1131	1157	1122
20	667	754	831	850	821
21	503	569	628	642	618
22	388	439	484	495	475
23	304	344	379	388	371
24	240	272	300	307	293

ตาราง ก 27 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของสำนักงาน ทิศใต้ เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	สำนักงาน South (Black Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%B	cool.load from solar rad (W),35%B	cool.load from solar rad (W),50%B	cool.load from solar rad (W),65%B	cool.load from solar rad (W),BC
1	197	213	235	240	223
2	158	171	188	192	178
3	127	137	151	155	143
4	102	111	122	125	115
5	83	89	98	100	93
6	67	72	79	81	75
7	102	110	122	124	118
8	512	553	609	623	604
9	1131	1223	1345	1376	1336
10	1715	1854	2040	2086	2022
11	2176	2352	2587	2646	2554
12	2531	2736	3010	3078	2973
13	2678	2895	3185	3258	3128
14	2732	2953	3249	3323	3181
15	2588	2798	3078	3148	3006
16	2196	2374	2612	2671	2546
17	1794	1939	2133	2182	2078
18	1393	1506	1657	1695	1614
19	973	1052	1157	1184	1122
20	715	773	850	870	821
21	540	584	642	657	618
22	416	450	495	507	475
23	326	352	388	397	371
24	258	279	307	314	293

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 28 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของสำนักงาน ทิศตะวันตก เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาวเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	สำนักงาน West (White Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%w	cool.load from solar rad (W),35%w	cool.load from solar rad (W),50%w	cool.load from solar rad (W),65%w	cool.load from solar rad (W),BC
1	523	591	652	667	682
2	414	469	517	529	541
3	331	374	412	422	431
4	265	299	330	338	345
5	213	240	265	271	277
6	171	193	213	218	223
7	184	208	229	235	240
8	1023	1156	1275	1305	1334
9	2388	2700	2977	3046	3115
10	3324	3758	4143	4240	4336
11	3847	4350	4796	4908	5019
12	3548	4012	4423	4526	4629
13	2967	3355	3699	3785	3871
14	2996	3387	3734	3821	3908
15	3513	3971	4379	4481	4583
16	4064	4594	5066	5184	5302
17	4700	5314	5859	5996	6132
18	5711	6456	7119	7285	7450
19	3504	3961	4367	4469	4571
20	2399	2712	2990	3060	3130
21	1714	1938	2137	2187	2236
22	1268	1434	1581	1618	1654
23	963	1089	1201	1229	1257
24	746	843	930	951	973

ตาราง ก 29 ตารางแสดงภาระการทำความเย็นของสำนักงาน ทิศตะวันตก เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางหน้าต่างที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำเข้ามา (ในวันที่ 21 มีนาคม)

เวลา	สำนักงาน West (Black Perforation)				
	cool.load from solar rad (W),20%B	cool.load from solar rad (W),35%B	cool.load from solar rad (W),50%B	cool.load from solar rad (W),65%B	cool.load from solar rad (W),BC
1	561	606	667	682	682
2	445	481	529	541	541
3	354	383	422	431	431
4	284	307	338	345	345
5	228	246	271	277	277
6	183	198	218	223	223
7	197	213	235	240	240
8	1097	1186	1305	1334	1334
9	2561	2769	3046	3115	3115
10	3565	3854	4240	4336	4336
11	4126	4461	4908	5019	5019
12	3806	4114	4526	4629	4629
13	3182	3441	3785	3871	3871
14	3213	3474	3821	3908	3908
15	3767	4073	4481	4583	4583
16	4359	4712	5184	5302	5302
17	5041	5450	5996	6132	6132
18	6125	6622	7285	7450	7450
19	3758	4062	4469	4571	4571
20	2573	2782	3060	3130	3130
21	1838	1988	2187	2236	2236
22	1360	1470	1618	1654	1654
23	1033	1117	1229	1257	1257
24	800	865	951	973	973

ตาราง ก 30 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศเหนือ

เวลา	Plant Ent Use Home ทิศเหนือ วันที่ 21 มีนาคม White Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%w	Cooling Electric (kW)-35%w	Cooling Electric (kW)-50%w	Cooling Electric (kW)-65%w	Cooling Electric (kW)-BC
1	2.752	2.849	2.935	2.964	3.122
2	2.544	2.632	2.71	2.735	2.876
3	2.523	2.608	2.683	2.709	2.845
4	2.487	2.568	2.627	2.642	2.696
5	2.357	2.409	2.408	2.401	2.374
6	2.159	2.139	2.138	2.134	2.123
7	1.831	1.826	1.826	1.823	1.816
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	3.846	3.993	4.123	4.175	4.389
22	2.365	2.425	2.478	2.495	2.59
23	3.012	3.133	3.241	3.275	3.479
24	2.797	2.895	2.981	3.009	3.167

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 31 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศเหนือ

เวลา	Plant Ent Use Home ทิศเหนือ วันที่ 21 มีนาคม Black Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%B	Cooling Electric (kW)-35%B	Cooling Electric (kW)-50%B	Cooling Electric (kW)-65%B	Cooling Electric (kW)-BC
1	2.806	2.871	2.964	2.988	3.122
2	2.593	2.652	2.735	2.757	2.876
3	2.571	2.627	2.709	2.73	2.845
4	2.532	2.585	2.642	2.657	2.696
5	2.388	2.408	2.401	2.395	2.374
6	2.151	2.139	2.134	2.132	2.123
7	1.828	1.826	1.823	1.822	1.816
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	3.928	4.026	4.175	4.215	4.389
22	2.399	2.439	2.495	2.509	2.59
23	3.079	3.16	3.275	3.307	3.479
24	2.852	2.917	3.009	3.033	3.167

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 32 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันออก

เวลา	Plant Ent Use Home ทิศตะวันออก วันที่ 21 มีนาคม White Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%w	Cooling Electric (kW)-35%w	Cooling Electric (kW)-50%w	Cooling Electric (kW)-65%w	Cooling Electric (kW)-BC
1	3.601	3.746	3.833	3.861	3.992
2	2.983	3.039	3.096	3.117	3.205
3	2.605	2.661	2.713	2.73	2.798
4	2.354	2.402	2.445	2.459	2.513
5	2.107	2.146	2.182	2.193	2.235
6	1.892	1.925	1.954	1.964	1.995
7	1.606	1.634	1.66	1.668	1.694
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	5.503	5.846	6.135	6.111	6.152
22	2.806	2.92	3.022	3.061	3.16
23	4.212	4.535	4.825	4.887	5.057
24	3.647	3.861	4.045	4.088	4.202

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 33 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันออก

เวลา	Plant Ent Use Home ทิศตะวันออก วันที่ 21 มีนาคม Black Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%B	Cooling Electric (kW)-35%B	Cooling Electric (kW)-50%B	Cooling Electric (kW)-65%B	Cooling Electric (kW)-BC
1	3.686	3.771	3.86	3.878	3.992
2	3.013	3.051	3.116	3.133	3.205
3	2.635	2.673	2.729	2.743	2.798
4	2.38	2.412	2.459	2.47	2.513
5	2.128	2.154	2.193	2.202	2.235
6	1.91	1.932	1.964	1.971	1.995
7	1.622	1.641	1.668	1.675	1.694
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	5.695	5.92	6.111	6.179	6.152
22	2.869	2.946	3.06	3.087	3.16
23	4.391	4.607	4.887	4.96	5.057
24	3.767	3.907	4.088	4.133	4.202

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก 34 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศใต้

เวลา	Plant Ent Use Home ทิศใต้ วันที่ 21 มีนาคม White Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%w	Cooling Electric (kW)-35%w	Cooling Electric (kW)-50%w	Cooling Electric (kW)-65%w	Cooling Electric (kW)-BC
1	2.716	2.79	2.855	2.871	3.048
2	2.526	2.593	2.652	2.667	2.82
3	2.506	2.572	2.629	2.642	2.756
4	2.448	2.487	2.519	2.521	2.513
5	2.267	2.252	2.228	2.225	2.24
6	2.016	2.007	1.999	1.998	2
7	1.878	1.872	1.868	1.867	1.708
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	3.909	4.033	4.142	4.169	4.418
22	2.33	2.374	2.412	2.421	2.557
23	2.973	3.066	3.148	3.169	3.426
24	2.766	2.84	2.905	2.921	3.123

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 35 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศใต้

เวลา	Plant Ent Use Home ทิศใต้ วันที่ 21 มีนาคม Black Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%B	Cooling Electric (kW)-35%B	Cooling Electric (kW)-50%B	Cooling Electric (kW)-65%B	Cooling Electric (kW)-BC
1	2.757	2.806	2.871	2.888	3.048
2	2.563	2.608	2.667	2.681	2.82
3	2.543	2.586	2.642	2.652	2.756
4	2.471	2.495	2.521	2.52	2.513
5	2.26	2.246	2.225	2.225	2.24
6	2.011	2.005	1.998	1.997	2
7	1.875	1.871	1.867	1.867	1.708
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	3.978	4.06	4.169	4.197	4.418
22	2.355	2.384	2.421	2.431	2.557
23	3.025	3.087	3.169	3.189	3.426
24	2.808	2.857	2.921	2.937	3.123

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 36 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันตก

เวลา	Plant Ent Use Home ทิศใต้ วันที่ 21 มีนาคม White Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%w	Cooling Electric (kW)-35%w	Cooling Electric (kW)-50%w	Cooling Electric (kW)-65%w	Cooling Electric (kW)-BC
1	3.363	3.533	3.684	3.719	3.577
2	2.932	3.03	3.109	3.127	3.05
3	2.672	2.763	2.828	2.84	2.667
4	2.451	2.481	2.516	2.526	2.423
5	2.171	2.207	2.24	2.248	2.169
6	1.949	1.979	2.006	2.013	1.934
7	1.657	1.683	1.707	1.713	1.642
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	4.926	5.184	5.42	5.478	5.842
22	2.683	2.795	2.895	2.921	2.937
23	3.833	4.1	4.347	4.409	4.583
24	3.383	3.569	3.736	3.777	3.877

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 37 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันตก

เวลา	Plant Ent Use Home ทิศใต้ วันที่ 21 มีนาคม Black Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%B	Cooling Electric (kW)-35%B	Cooling Electric (kW)-50%B	Cooling Electric (kW)-65%B	Cooling Electric (kW)-BC
1	3.456	3.571	3.719	3.749	3.577
2	2.992	3.05	3.127	3.148	3.05
3	2.724	2.783	2.84	2.853	2.667
4	2.469	2.488	2.526	2.536	2.423
5	2.192	2.215	2.248	2.257	2.169
6	1.966	1.986	2.013	2.02	1.934
7	1.672	1.689	1.713	1.72	1.642
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	5.061	5.244	5.478	5.534	5.842
22	2.745	2.82	2.921	2.946	2.937
23	3.977	4.161	4.409	4.472	4.583
24	3.484	3.611	3.777	3.819	3.877

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 38 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศเหนือ

เวลา	สำนักงาน ทิศเหนือ White Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%w	Cooling Electric (kW)-35%w	Cooling Electric (kW)-50%w	Cooling Electric (kW)-65%w	Cooling Electric (kW)-BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	3.314	3.311	3.311	3.312	3.076
8	2.267	2.349	2.419	2.434	2.383
9	2.753	2.824	2.861	2.871	2.891
10	2.817	2.916	3.014	3.032	3.102
11	3.001	3.109	3.205	3.233	3.372
12	3.03	3.153	3.262	3.287	3.431
13	3.249	3.38	3.496	3.526	3.69
14	3.337	3.474	3.596	3.626	3.837
15	3.315	3.451	3.572	3.602	3.813
16	3.347	3.481	3.6	3.63	3.836
17	3.339	3.467	3.579	3.607	3.801
18	3.228	3.347	3.452	3.479	3.669
19	3.068	3.157	3.232	3.25	3.436
20	2.828	2.904	2.969	2.98	3.129
21	2.753	2.798	2.832	2.843	2.953
22	2.55	2.59	2.626	2.636	2.72
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 39 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศเหนือ

เวลา	สำนักงาน ทิศเหนือ Black Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%B	Cooling Electric (kW)-35%B	Cooling Electric (kW)-50%B	Cooling Electric (kW)-65%B	Cooling Electric (kW)-BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	3.311	3.311	3.311	3.312	3.076
8	2.313	2.367	2.419	2.445	2.383
9	2.795	2.837	2.861	2.883	2.891
10	2.871	2.94	3.014	3.051	3.102
11	3.061	3.133	3.205	3.261	3.372
12	3.098	3.181	3.262	3.313	3.431
13	3.321	3.409	3.496	3.555	3.69
14	3.413	3.505	3.596	3.657	3.837
15	3.39	3.481	3.572	3.633	3.813
16	3.421	3.51	3.6	3.66	3.836
17	3.41	3.495	3.579	3.636	3.801
18	3.294	3.373	3.452	3.505	3.669
19	3.117	3.177	3.232	3.268	3.436
20	2.871	2.92	2.969	2.992	3.129
21	2.779	2.807	2.832	2.854	2.953
22	2.572	2.599	2.626	2.646	2.72
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 40 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันออก

เวลา	สำนักงาน ทิศตะวันออก White Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%w	Cooling Electric (kW)-35%w	Cooling Electric (kW)-50%w	Cooling Electric (kW)-65%w	Cooling Electric (kW)-BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	2.946	2.975	3.012	3.021	2.857
8	2.305	2.337	2.378	2.388	2.418
9	2.82	2.877	2.95	2.969	3.194
10	3.012	3.089	3.188	3.212	3.532
11	3.218	3.309	3.424	3.454	3.888
12	3.243	3.337	3.449	3.478	3.877
13	3.359	3.449	3.553	3.579	4.016
14	3.682	3.794	3.914	3.944	4.47
15	3.99	4.187	4.363	4.403	4.942
16	4.198	4.473	4.734	4.795	5.238
17	4.354	4.636	4.888	4.953	5.399
18	4.396	4.7	4.976	5.044	5.522
19	4.225	4.469	4.695	4.752	5.188
20	3.365	3.52	3.663	3.698	3.92
21	3.085	3.181	3.242	3.256	3.363
22	2.653	2.704	2.758	2.772	2.86
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

ตาราง ก 41 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันออก

เวลา	สำนักงาน ทิศตะวันออก Black Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%B	Cooling Electric (kW)-35%B	Cooling Electric (kW)-50%B	Cooling Electric (kW)-65%B	Cooling Electric (kW)-BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	2.959	2.984	3.021	3.031	2.857
8	2.317	2.347	2.388	2.399	2.418
9	2.841	2.895	2.969	2.987	3.194
10	3.04	3.114	3.212	3.237	3.532
11	3.252	3.338	3.454	3.483	3.888
12	3.281	3.365	3.478	3.506	3.877
13	3.398	3.475	3.579	3.605	4.016
14	3.735	3.824	3.944	3.974	4.47
15	4.1	4.231	4.403	4.442	4.942
16	4.341	4.539	4.795	4.855	5.238
17	4.51	4.698	4.953	5.018	5.399
18	4.562	4.77	5.044	5.112	5.522
19	4.356	4.525	4.752	4.809	5.188
20	3.448	3.556	3.698	3.734	3.92
21	3.139	3.199	3.256	3.271	3.363
22	2.678	2.718	2.772	2.785	2.86
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

ตาราง ก 42 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศใต้

เวลา	สำนักงาน ทิศใต้ White Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%B	Cooling Electric (kW)-35%B	Cooling Electric (kW)-50%B	Cooling Electric (kW)-65%B	Cooling Electric (kW)-BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	3.235	3.292	3.322	3.325	3.122
8	2.025	2.066	2.11	2.124	2.265
9	2.506	2.563	2.615	2.626	2.803
10	2.515	2.578	2.636	2.651	2.962
11	2.66	2.732	2.798	2.814	3.213
12	2.671	2.755	2.833	2.852	3.266
13	2.856	2.943	3.024	3.044	3.514
14	2.933	3.025	3.111	3.131	3.637
15	2.914	3.006	3.091	3.112	3.615
16	2.951	3.042	3.127	3.147	3.64
17	2.964	3.052	3.134	3.153	3.61
18	2.872	2.955	3.032	3.05	3.49
19	2.755	2.833	2.9	2.913	3.275
20	2.565	2.633	2.682	2.694	2.984
21	2.555	2.597	2.639	2.645	2.809
22	2.413	2.434	2.452	2.458	2.586
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 43 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศใต้

เวลา	สำนักงาน ทิศใต้ Black Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%B	Cooling Electric (kW)-35%B	Cooling Electric (kW)-50%B	Cooling Electric (kW)-65%B	Cooling Electric (kW)-BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	3.267	3.306	3.325	3.327	3.122
8	2.05	2.074	2.124	2.137	2.265
9	2.537	2.576	2.626	2.638	2.803
10	2.55	2.592	2.651	2.665	2.962
11	2.7	2.748	2.814	2.83	3.213
12	2.718	2.774	2.852	2.869	3.266
13	2.905	2.963	3.044	3.064	3.514
14	2.984	3.046	3.131	3.152	3.637
15	2.965	3.027	3.112	3.132	3.615
16	3.002	3.063	3.147	3.168	3.64
17	3.013	3.072	3.153	3.173	3.61
18	2.918	2.974	3.05	3.069	3.49
19	2.798	2.85	2.913	2.926	3.275
20	2.603	2.646	2.694	2.707	2.984
21	2.579	2.607	2.645	2.652	2.809
22	2.424	2.439	2.458	2.464	2.586
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก 44 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันตก

เวลา	สำนักงาน ทิศตะวันตก White Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%w	Cooling Electric (kW)-35%w	Cooling Electric (kW)-50%w	Cooling Electric (kW)-65%w	Cooling Electric (kW)-BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	2.991	3.023	3.053	3.061	3.056
8	2.285	2.36	2.428	2.445	2.461
9	2.89	2.996	3.09	3.113	3.132
10	3.109	3.252	3.38	3.412	3.441
11	3.344	3.508	3.655	3.692	3.726
12	3.334	3.494	3.639	3.675	3.709
13	3.414	3.563	3.696	3.73	3.761
14	3.574	3.726	3.863	3.897	3.93
15	3.748	3.926	4.08	4.119	4.157
16	3.919	4.159	4.364	4.416	4.466
17	3.997	4.221	4.43	4.482	4.533
18	4.007	4.255	4.472	4.527	4.581
19	3.803	3.979	4.141	4.182	4.223
20	3.097	3.215	3.323	3.349	3.377
21	2.8	2.896	2.984	3.006	3.027
22	2.519	2.596	2.666	2.683	2.7
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก 45 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็น(kW) ของสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันตก

เวลา	สำนักงาน ทิศตะวันตก Black Perforation				
	Cooling Electric (kW)-20%B	Cooling Electric (kW)-35%B	Cooling Electric (kW)-50%B	Cooling Electric (kW)-65%B	Cooling Electric (kW)-BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	3.009	3.03	3.061	3.068	3.056
8	2.327	2.377	2.445	2.462	2.461
9	2.949	3.019	3.113	3.137	3.132
10	3.188	3.284	3.412	3.445	3.441
11	3.435	3.545	3.692	3.729	3.726
12	3.422	3.53	3.675	3.712	3.709
13	3.496	3.596	3.73	3.763	3.761
14	3.658	3.76	3.897	3.931	3.93
15	3.849	3.964	4.119	4.157	4.157
16	4.054	4.21	4.416	4.467	4.466
17	4.118	4.273	4.482	4.534	4.533
18	4.145	4.309	4.527	4.581	4.581
19	3.899	4.02	4.182	4.222	4.223
20	3.162	3.242	3.349	3.376	3.377
21	2.852	2.918	3.006	3.027	3.027
22	2.561	2.613	2.683	2.7	2.7
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก 46 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศเหนือ ที่ระยะ 1 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance White Perforation 1st fl. P1				
	Daylight Illuminance (lux)P1,20%W	Daylight Illuminance (lux)P1,35%W	Daylight Illuminance (lux)P1,50%W	Daylight Illuminance (lux)P1,65%W	Daylight Illuminance (lux)P1,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	51.1	91.3	127.8	167.9	277.8
8	425	759	1062.6	1396.5	2300.7
9	817	1459	2042.6	2684.5	4370.8
10	876.6	1565.4	2191.6	2880.4	4658.8
11	698.5	1247.4	1746.3	2295.1	3577.8
12	800.3	1429.1	2000.8	2629.6	4252.5
13	446.5	797.3	1116.2	1467	2081.2
14	364.9	651.6	912.3	1199	1636.3
15	296.1	528.8	740.3	972.9	1232.8
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 47 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศเหนือ ที่ระยะ 2 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance White Perforation 1st fl. P2				
	Daylight Illuminance (lux)P2,20%W	Daylight Illuminance (lux)P2,35%W	Daylight Illuminance (lux)P2,50%W	Daylight Illuminance (lux)P2,65%W	Daylight Illuminance (lux)P2,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	23.8	42.5	59.5	78.3	132.3
8	201.3	359.5	503.3	661.5	1109.4
9	402.2	718.3	1005.6	1321.6	2172.9
10	445.1	794.9	1112.9	1462.6	2374.4
11	386.3	689.9	965.8	1269.4	1982.1
12	415.2	741.4	1038	1364.2	2202.3
13	289.6	517.2	724.1	951.7	1389
14	242.5	433	606.2	796.8	1132.3
15	214.2	382.5	535.6	703.9	964.4
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 48 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศเหนือ ที่ระยะ 1 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance Black Perforation 1st fl. P1				
	Daylight Illuminance (lux)P1,20%B	Daylight Illuminance (lux)P1,35%B	Daylight Illuminance (lux)P1,50%B	Daylight Illuminance (lux)P1,65%B	Daylight Illuminance (lux)P1,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	51.1	91.3	127.8	167.9	277.8
8	425	759	1062.6	1396.5	2300.7
9	817	1459	2042.6	2684.5	4370.8
10	876.6	1565.4	2191.6	2880.4	4658.8
11	698.5	1247.4	1746.3	2295.1	3577.8
12	800.3	1429.1	2000.8	2629.6	4252.5
13	446.5	797.3	1116.2	1467	2081.2
14	364.9	651.6	912.3	1199	1636.3
15	296.1	528.8	740.3	972.9	1232.8
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 49 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศเหนือ ที่ระยะ 2 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance Black Perforation 1st fl. P2				
	Daylight Illuminance (lux)P2,20%B	Daylight Illuminance (lux)P2,35%B	Daylight Illuminance (lux)P2,50%B	Daylight Illuminance (lux)P2,65%B	Daylight Illuminance (lux)P2,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	23.8	42.5	59.5	78.3	132.3
8	201.3	359.5	503.3	661.5	1109.4
9	402.2	718.3	1005.6	1321.6	2172.9
10	445.1	794.9	1112.9	1462.6	2374.4
11	386.3	689.9	965.8	1269.4	1982.1
12	415.2	741.4	1038	1364.2	2202.3
13	289.6	517.2	724.1	951.7	1389
14	242.5	433	606.2	796.8	1132.3
15	214.2	382.5	535.6	703.9	964.4
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 50 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันออก ที่ระยะ 1 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance White Perforation 1st fl. P1				
	Daylight Illuminance (lux)P1,20%W	Daylight Illuminance (lux)P1,35%W	Daylight Illuminance (lux)P1,50%W	Daylight Illuminance (lux)P1,65%W	Daylight Illuminance (lux)P1,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	82.8	147.8	207	272	536.6
8	728.2	1300.4	1820.6	2392.8	4887.8
9	1932.5	3451	4831.4	6349.8	14930
10	2163	3862.4	5407.4	7106.9	19412.2
11	1168.8	2087.2	2922	3840.4	12614.6
12	865.4	1545.4	2163.6	2843.6	5907.6
13	297.1	530.5	742.7	976.2	1878.5
14	300.1	535.8	750.2	986	1735
15	300.4	536.5	751.1	987.2	1608.9
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 51 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันออก ที่ระยะ 2 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance White Perforation 1st fl. P2				
	Daylight Illuminance (lux)P2,20%W	Daylight Illuminance (lux)P2,35%W	Daylight Illuminance (lux)P2,50%W	Daylight Illuminance (lux)P2,65%W	Daylight Illuminance (lux)P2,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	48.1	85.9	120.3	158.1	303.4
8	411.9	735.6	1029.8	1353.5	2714
9	794.5	1418.7	1986.1	2610.4	5686.5
10	598.1	1068.1	1495.3	1965.2	3890.8
11	398.8	712.2	997.1	1310.5	2602.9
12	405.9	724.8	1014.7	1333.6	2571.7
13	185.4	331	463.4	609.1	1067.3
14	232	414.2	579.9	762.1	1250.2
15	271	483.9	677.5	890.4	1399.6
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 52 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันออก ที่ระยะ 1 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance Black Perforation 1st fl. P1				
	Daylight Illuminance (lux)P1,20%B	Daylight Illuminance (lux)P1,35%B	Daylight Illuminance (lux)P1,50%B	Daylight Illuminance (lux)P1,65%B	Daylight Illuminance (lux)P1,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	82.8	147.8	207	272	536.6
8	728.2	1300.4	1820.6	2392.8	4887.8
9	1932.5	3451	4831.4	6349.8	14930
10	2163	3862.4	5407.4	7106.9	19412.2
11	1168.8	2087.2	2922	3840.4	12614.6
12	865.4	1545.4	2163.6	2843.6	5907.6
13	297.1	530.5	742.7	976.2	1878.5
14	300.1	535.8	750.2	986	1735
15	300.4	536.5	751.1	987.2	1608.9
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 53 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในบ้านที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันออก ที่ระยะ 2 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance Black Perforation 1st fl. P2				
	Daylight Illuminance (lux)P2,20%B	Daylight Illuminance (lux)P2,35%B	Daylight Illuminance (lux)P2,50%B	Daylight Illuminance (lux)P2,65%B	Daylight Illuminance (lux)P2,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	48.1	85.9	120.3	158.1	303.4
8	411.9	735.6	1029.8	1353.5	2714
9	794.5	1418.7	1986.1	2610.4	5686.5
10	598.1	1068.1	1495.3	1965.2	3890.8
11	398.8	712.2	997.1	1310.5	2602.9
12	405.9	724.8	1014.7	1333.6	2571.7
13	185.4	331	463.4	609.1	1067.3
14	232	414.2	579.9	762.1	1250.2
15	271	483.9	677.5	890.4	1399.6
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 54 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศเหนือ ที่ระยะ 1 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance White Perforation 1st fl. P1				
	Daylight Illuminance (lux)P1,20%W	Daylight Illuminance (lux)P1,35%W	Daylight Illuminance (lux)P1,50%W	Daylight Illuminance (lux)P1,65%W	Daylight Illuminance (lux)P1,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	57.8	103.3	144.6	190.1	385.9
8	489.1	873.4	1222.8	1607.1	3251.1
9	980.5	1750.9	2451.2	3221.6	6456.5
10	1080.8	1930	2702	3551.3	7081.4
11	851.1	1519.9	2127.8	2796.6	5453.8
12	1012.6	1808.1	2531.4	3327	6622.9
13	508.8	908.6	1272.1	1671.9	3082.5
14	404.2	721.9	1010.6	1328.2	2378.6
15	308.9	551.6	772.3	1015	1726.6
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก 55 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศเหนือ ที่ระยะ 2 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance White Perforation 1st fl. P2				
	Daylight Illuminance (lux)P2,20%W	Daylight Illuminance (lux)P2,35%W	Daylight Illuminance (lux)P2,50%W	Daylight Illuminance (lux)P2,65%W	Daylight Illuminance (lux)P2,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	31.4	56.1	78.5	103.2	221.2
8	265.7	474.5	664.3	873.1	1858.8
9	531.4	949	1328.6	1746.2	3652.9
10	588.1	1050.3	1470.4	1932.5	4000.1
11	497.8	888.9	1244.4	1635.5	3237.8
12	553.1	987.6	1382.7	1817.2	3737.9
13	351.8	628.2	879.5	1156	2096.1
14	291.3	520.1	728.2	957.1	1668.4
15	249.3	445.3	623.4	819.3	1351.9
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก 56 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศเหนือ ที่ระยะ 1 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance Black Perforation 1st fl. P1				
	Daylight Illuminance (lux)P1,20%B	Daylight Illuminance (lux)P1,35%B	Daylight Illuminance (lux)P1,50%B	Daylight Illuminance (lux)P1,65%B	Daylight Illuminance (lux)P1,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	57.8	103.3	144.6	190.1	385.9
8	489.1	873.4	1222.8	1607.1	3251.1
9	980.5	1750.9	2451.2	3221.6	6456.5
10	1080.8	1930	2702	3551.3	7081.4
11	851.1	1519.9	2127.8	2796.6	5453.8
12	1012.6	1808.1	2531.4	3327	6622.9
13	508.8	908.6	1272.1	1671.9	3082.5
14	404.2	721.9	1010.6	1328.2	2378.6
15	308.9	551.6	772.3	1015	1726.6
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 57 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศเหนือ ที่ระยะ 2 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance Black Perforation 1st fl. P2				
	Daylight Illuminance (lux)P2,20%B	Daylight Illuminance (lux)P2,35%B	Daylight Illuminance (lux)P2,50%B	Daylight Illuminance (lux)P2,65%B	Daylight Illuminance (lux)P2,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	31.4	56.1	78.5	103.2	221.2
8	265.7	474.5	664.3	873.1	1858.8
9	531.4	949	1328.6	1746.2	3652.9
10	588.1	1050.3	1470.4	1932.5	4000.1
11	497.8	888.9	1244.4	1635.5	3237.8
12	553.1	987.6	1382.7	1817.2	3737.9
13	351.8	628.2	879.5	1156	2096.1
14	291.3	520.1	728.2	957.1	1668.4
15	249.3	445.3	623.4	819.3	1351.9
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 58 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันออก ที่ระยะ 1 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance White Perforation 1st fl. P1				
	Daylight Illuminance (lux)P1,20%W	Daylight Illuminance (lux)P1,35%W	Daylight Illuminance (lux)P1,50%W	Daylight Illuminance (lux)P1,65%W	Daylight Illuminance (lux)P1,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	112.7	197.3	281.9	366.4	663
8	989.1	1730.9	2472.7	3214.5	5938
9	2742.3	4798.9	6855.6	8912.3	18545.2
10	3461.3	6057.3	8653.3	11249.3	27368.5
11	2002.9	3505.1	5007.3	6509.5	18397.6
12	1607.2	2812.6	4018.1	5223.5	10208.7
13	501.6	877.7	1253.9	1630.1	2967.5
14	468.1	819.2	1170.3	1521.3	2508.6
15	442.3	774	1105.7	1437.4	2145.8
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

ตาราง ก 59 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีขาว ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันออก ที่ระยะ 2 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance White Perforation 1st fl. P2				
	Daylight Illuminance (lux)P2,20%W	Daylight Illuminance (lux)P2,35%W	Daylight Illuminance (lux)P2,50%W	Daylight Illuminance (lux)P2,65%W	Daylight Illuminance (lux)P2,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	86.7	151.8	216.8	281.8	494.2
8	768.4	1344.8	1921.1	2497.4	4530.5
9	2188.1	3829.1	5470.2	7111.3	12687.2
10	2483.4	4345.9	6208.4	8070.9	13134.7
11	1295.1	2266.4	3237.7	4209.1	7100.2
12	837.6	1465.7	2093.9	2722	4934.8
13	324.4	567.6	810.9	1054.1	1765.7
14	367	642.2	917.4	1192.6	1834.3
15	402.2	703.9	1005.5	1307.2	1877.3
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

ตาราง ก 60 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันออก ที่ระยะ 1 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance Black Perforation 1st fl. P1				
	Daylight Illuminance (lux)P1,20%B	Daylight Illuminance (lux)P1,35%B	Daylight Illuminance (lux)P1,50%B	Daylight Illuminance (lux)P1,65%B	Daylight Illuminance (lux)P1,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	112.7	197.3	281.9	366.4	663
8	989.1	1730.9	2472.7	3214.5	5938
9	2742.3	4798.9	6855.6	8912.3	18545.2
10	3461.3	6057.3	8653.3	11249.3	27368.5
11	2002.9	3505.1	5007.3	6509.5	18397.6
12	1607.2	2812.6	4018.1	5223.5	10208.7
13	501.6	877.7	1253.9	1630.1	2967.5
14	468.1	819.2	1170.3	1521.3	2508.6
15	442.3	774	1105.7	1437.4	2145.8
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก 61 ตารางแสดงปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ (lux) ที่ผ่านเข้ามาภายในสำนักงานที่ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียมฉลุลายสีดำ ตลอด 24 ชั่วโมง (ในวันที่ 21 มีนาคม) ทิศตะวันออก ที่ระยะ 2 ม. จากหน้าต่าง

เวลา	Hourly Report Daylight Illuminance Black Perforation 1st fl. P2				
	Daylight Illuminance (lux)P2,20%B	Daylight Illuminance (lux)P2,35%B	Daylight Illuminance (lux)P2,50%B	Daylight Illuminance (lux)P2,65%B	Daylight Illuminance (lux)P2,BC
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	86.7	151.8	216.8	281.8	494.2
8	768.4	1344.8	1921.1	2497.4	4530.5
9	2188.1	3829.1	5470.2	7111.3	12687.2
10	2483.4	4345.9	6208.4	8070.9	13134.7
11	1295.1	2266.4	3237.7	4209.1	7100.2
12	837.6	1465.7	2093.9	2722	4934.8
13	324.4	567.6	810.9	1054.1	1765.7
14	367	642.2	917.4	1192.6	1834.3
15	402.2	703.9	1005.5	1307.2	1877.3
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายยงยุทธ อิ่มสงวน เกิดวันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2520 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมไทย มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2545 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University