การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient; SC) โดยใช้โปรแกรม 2E-Building Energy Code

Analysis of Shading Coefficient using 2E-Building Energy Code

นางสาววราภรณ์ อินอำไพ

นายจิรพงศ์ อนุจร

นางสาวณัฐธิดา มีรุ่งเรือง

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 24 มิ.ย. 2554
เลขทะเบียน 1551686
เลขเรียกหนังสือ วร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 232/17 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน : การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดโดยใช้โปรแกรม 2E-Building Energy Code

ผู้ดำเนินโครงงาน : นางสาววราภรณ์ อินอำไพ รหัสนิสิต 50364171
นายจิรพงศ์ อนุจร รหัสนิสิต 50380157
นางสาวณัฐธิดา มีรุ่งเรือง รหัสนิสิต 50380256

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : อาจารย์ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา)

.....กรรมการ
(รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี)

.....กรรมการ
(ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

หัวข้อโครงงาน : การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient; SC) โดยใช้โปรแกรม 2E-Building Energy Code

ผู้ดำเนินงาน : นางสาววราภรณ์ อินอำไพ รหัสนิสิต 50364171

: นายจิรพงศ์ อนุจร รหัสนิสิต 50380157

: นางสาวณัฐธิดา มีรุ่งเรือง รหัสนิสิต 50380256

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : อาจารย์ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา

คณะกรรมการ : รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี

: ดร.อนันตชัย อยู่แก้ว

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2553

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด 4 ชนิด คือ อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน แบบแนวตั้ง แบบผสม และ แบบแนวนอนผสมหักมุมด้านหน้า โดยใช้โปรแกรม 2E- Building Energy Code ของกระทรวงพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2550

ผลจากการศึกษาสามารถสร้างตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดแต่ละชนิดที่ขนาดและระยะยื่นต่างๆ นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ภาระความร้อนเมื่อติดตั้งอุปกรณ์บังแดดแต่ละชนิดในทิศทั้ง 8 ของอาคารตัวอย่างที่ติดตั้งกระจกขนาด 2m × 4m เพื่อเป็นการลดปริมาณความร้อนที่จะเข้าสู่กรอบอาคาร อีกทั้งเป็นประโยชน์ต่อ วิศวกร สถาปนิก หรือผู้ที่จะทำการออกแบบหรือติดตั้งอุปกรณ์บังแดดด้วย

Project Title : Analysis of shading coefficient using 2E-Building Energy Code

Name : Miss. Waraporn In-umpai Code 50364171

Mr. Jirapong Anujorn Code 50380157

Miss. Nuttida Meerungrueang Code 50380256

Project Advisor : Mr. Sitphan Kanla

Directors : Asst. Prof. Dr. Mathanee Sanguansermsri

: Dr. Anunchai U-kaew

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2010

ABSTRACT

The objective of this project is to calculate the Shading Coefficient of shading devices the four types is Horizontal shading devices, Vertically shading devices, Mixed shading devices and Horizontal mixing Disjunctive shading devices using 2E-Building Energy Code. Department of Energy under the Energy Conservation Promotion Act (No.2) BE 2550.

Results of this study can create a table showing the shading coefficient of type which have the size and length various. In addition, remain have analysis of the heat load on installation shading devices in the direction all 8 direction of the building sample glass installed size 2m.x4m. to reduce the amount of heat that goes into building. Also be useful to engineers and architects who will design or install shading devices.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำโครงงาน ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ศิษฐ์ภัณฑ์ แดนลา ที่ได้กรุณาสละเวลาในการให้คำปรึกษาทั้งทางทฤษฎีทางปฏิบัติ พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือและนะนำอย่างดีตลอดการทำโครงงานและขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และท่านอาจารย์ทุกท่านที่เกี่ยวข้องที่คอยดูแลรวมทั้งให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการศึกษาเล่าเรียนและการทำโครงงานในครั้งนี้ รวมไปถึงขอขอบพระคุณทางครอบครัวของผู้ทำโครงงานที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนทำให้โครงงานนี้ดำเนินการไปได้ด้วยดีตลอดมา

นางสาววราภรณ์ อินอำไพ

นายจิรพงศ์ อนุจร

นางสาวณัฐธิดา มีรุ่งเรือง

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ฏ
สารบัญกราฟ	ฑ
ลำดับสัญลักษณ์	ด
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน	2
1.4 กิจกรรมการดำเนินงาน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 งบประมาณที่ใช้	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 บทนำ	4
2.2 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์	4
2.3 ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์	7
2.3.1 รังสีดวงอาทิตย์	7
2.3.2 การแบ่งรังสีดวงอาทิตย์ตามคุณสมบัติและช่วงคลื่น	7
2.3.2.1 รังสีแสงสว่าง (Visible Radiation)	7

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.2.2 รังสีอัลตราไวโอเลต 7

2.3.2.3 รังสีโลก (Terrestrial Radiation) 7

2.4 ปริมาณรังสีที่เข้าสู่บ้านและอาคาร 7

2.4.1 ความร้อนจากรังสีตรง 7

2.4.2 ความร้อนจากรังสีกระจาย 8

2.4.3 ความร้อนจากรังสีรวม 8

2.5 อิทธิพลของรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจก 9

2.5.1 การนำความร้อน 9

2.5.2 การแผ่รังสีความร้อน 11

2.6 ชนิดของอุปกรณ์บังแดด 13

2.6.1 อุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Overhang) 13

2.6.2 อุปกรณ์บังแดดแนวดิ่ง (Fin) 13

2.6.3 อุปกรณ์บังแดดผสม (Setback) 14

2.6.4 อุปกรณ์บังแดดแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า 15

2.7 โปรแกรม 2E-Building (Energy Efficient Building) 15

บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 โปรแกรม 2E-Building Energy Code (BEC) 17

3.2 การใช้งานโปรแกรม 2E-Building Energy Code (BEC) 18

3.2.1 การเข้าสู่ระบบ 18

3.2.2 การลงทะเบียนอาคารใหม่ 19

3.2.3 หน้าหลักของโปรแกรม 20

3.2.4 เครื่องมือช่วยในการหาค่า Shading Coefficient 24

3.3 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร 25

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3.1 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของหน้าต่างโดยใช้โปรแกรม 2E-Building Energy Code (BEC) 29

3.3.2 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) 30

3.3.3 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวดิ่ง (Fin) 32

3.3.4 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) 33

3.4 การคำนวณหาค่าหาค่าความร้อนจากดวงอาทิตย์ Cooling Load 34

บทที่ 4 ผลการดำเนินการทดสอบและวิเคราะห์ผล

4.1 การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ที่ระยะยื่นต่างๆของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร 36

4.2 การวิเคราะห์ค่าความร้อนของการบังแสงอาทิตย์ของอุปกรณ์บังแดด 43

บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบ

5.1 สรุปผลในด้านค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) 58

5.1.1 อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนและแบบแนวนอนผสมหักมุมด้านหน้า 58

5.1.2 อุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง 58

5.1.3 อุปกรณ์บังแดดแบบผสม 58

5.2 สรุปผลในด้านค่าความร้อน (Q) 58

5.2.1 อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนและแบบแนวนอนผสมหักมุมด้านหน้า 58

5.2.2 อุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง 59

5.2.3 อุปกรณ์บังแดดแบบผสม 59

5.3 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ 60

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	61
ภาคผนวก ก. ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดทั้ง 4 แบบ	62
ภาคผนวก ข. ตารางที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความร้อน (Q)	75
ภาคผนวก ค. วิธีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) โดยการคำนวณมือ	83

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์	5
รูปที่ 2.2 แสดงแนวโคจรของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนต่างๆ	6
รูปที่ 2.3 แสดงมุมของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนต่างๆ	6
รูปที่ 2.4 รังสีตรง	8
รูปที่ 2.5 รังสีกระจาย	8
รูปที่ 2.6 รังสีรวม	8
รูปที่ 2.7 ความร้อนที่เข้ามาในอาคาร โดยการนำความร้อนผ่านกระจก	9
รูปที่ 2.8 แสดงความร้อนที่ได้จากการนำความร้อนผ่านกระจก	10
รูปที่ 2.9 ความร้อนที่เข้ามาในอาคาร โดยการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก	11
รูปที่ 2.10 แสดงความร้อนที่ได้จากการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก	12
รูปที่ 2.11 แสดงความร้อนรวมของกระจก	12
รูปที่ 2.12 อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	13
รูปที่ 2.13 อุปกรณ์บังแดดแนวดิ่ง	14
รูปที่ 2.14 อุปกรณ์บังแดดแบบผสม	14
รูปที่ 2.15อุปกรณ์บังแดดแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า	15
รูปที่ 2.16 โปรแกรม 2E-Building Energy Code	16
รูปที่ 2.17 ตารางในการหาค่า SC	16
รูปที่ 3.1 หน้าเข้าสู่โปรแกรม	18
รูปที่ 3.2 หน้าการลงทะเบียนอาคารใหม่	19
รูปที่ 3.3 หน้าหลักของโปรแกรม	20
รูปที่ 3.4 หน้าต่างรายละเอียดของ Shading Coefficient Calculation	24
รูปที่ 3.5 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน	26
รูปที่ 3.6 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า	26

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.7 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง 27

รูปที่ 3.8 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม 27

รูปที่ 3.9 แสดงมุมอะซิมุท (Azimuth Angle) 28

รูปที่ 3.10 แสดงมุมเอียงของระนาบ (Inclination Angle) 28

รูปที่ 3.11 แสดงหน้าต่างกว้าง 1m.สูง 1m.และหน้าต่างหันไปทางทิศเหนือ 29

รูปที่ 3.12 แสดงการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของหน้าต่างทาง ด้านทิศเหนือ 30

รูปที่ 3.13 แสดงพิกัดของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน 30

รูปที่ 3.14 แสดงการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของหน้าต่างทาง ด้านทิศใต้ 31

รูปที่ 3.15 แสดงพิกัดของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง 32

รูปที่ 3.16 แสดงการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของหน้าต่างทาง ด้านทิศตะวันออก 33

รูปที่ 3.17 แสดงพิกัดของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม 33

รูปที่ 3.18 แสดงการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของหน้าต่างทาง ด้านทิศตะวันตก 34

รูปที่ 3.19 แสดงตัวอย่างอาคารที่นำมาคำนวณหาค่าความร้อน 35

รูปที่ 1ก. อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน 63

รูปที่ 2ก. อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมหักมุมด้านหน้า 65

รูปที่ 3ก. อุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง 71

รูปที่ 4ก. อุปกรณ์บังแดดแบบผสม 73

รูปที่ 1ค. แสดงความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตของดวงอาทิตย์อ้างอิงจากจุดบนโลก 85

รูปที่ 2ค. การหาค่าจากตารางที่ 1ค มา Plot กราฟ 86

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3ค. แสดงเส้นทางการโคจรของดวงอาทิตย์ ตามวันที่อ้างอิงจากตารางที่ 1 สำหรับกรุงเทพฯ	86
รูปที่ 4ค. ตำแหน่งและทิศทางของระนาบและจุดต่าง ๆ บนระนาบที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์	87
รูปที่ 5ค. การบังแดดโดยอุปกรณ์บังแดดแนวนอนที่ติดตั้งอยู่ด้านหน้าของหน้าต่าง	89

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 กิจกรรมการดำเนินงาน 3

ตารางที่ 2.1 แสดงมุมดวงอาทิตย์ที่กระทำกับแนวดิ่งผนังอาคารในช่วงเวลาต่างๆ ของประเทศไทย 5

ตารางที่ 5.1 อุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมในทิศต่างๆที่ระยะยื่นและช่วงค่า SC ที่เหมาะสม 60

ตารางที่ 1ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) 64

ตารางที่ 2ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน ผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.1m. 66

ตารางที่ 3ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน ผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.2m. 67

ตารางที่ 4ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน ผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.3m. 68

ตารางที่ 5ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน ผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.4m. 69

ตารางที่ 6ก.ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน ผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.5m. 70

ตารางที่ 7ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) 72

ตารางที่ 8ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) 74

Table 1. Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Walls 76

Table 2. CLTD Correction for Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitudes 78

Table 3. Cooling Load Factor for Glass without Interior, North Latitudes (ไม่มีม่าน) 79

Table 4. Shading Coefficient for glass without or with interior Shading devices 81

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

Table 5. Maximum Solar Heat Gain Factor, BTU/(h-ft^2), for Sunlit Glass, North Latitudes 82

ตารางที่ 1ค. แสดงมุมอัลติจูดและมุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์ ณ เวลาต่างๆในแต่ละวันโดยอ้างอิง4 วัน คือ 21 มีนาคม, 21 มิถุนายน, 21 กันยายน และ 21 ธันวาคม 85

ตารางที่ 2ค. แสดงค่ารังสีตรงและรังสีกระจายของดวงอาทิตย์บนผิวแนวนอน 91

สารบัญกราฟ

หน้า

กราฟที่ 4.1 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน(Overhang) ที่ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0m,1m,3m และ 5m ของระยะยื่น 0-1m. 37

กราฟที่ 4.2 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.1mที่ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0m,1m,3mและ 5mของระยะยื่น 0-1m. 38

กราฟที่ 4.3 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.3mที่ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0m,1m,3m และ 5mของระยะยื่น 0-1m. 39

กราฟที่ 4.4 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.5mที่ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0m,1m,3m และ 5mของระยะยื่น 0-1m. 40

กราฟที่ 4.5 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง(Fin) ที่ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0m,1m,3m และ 5m ของระยะยื่น 0-1m. 41

กราฟที่ 4.6 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม(Setback) ที่ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0m,1m,3m และ 5m ของระยะยื่น 0-1m. 42

กราฟที่ 4.7 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตกของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน 44

กราฟที่ 4.8 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน 45

สารบัญกราฟ(ต่อ)

หน้า

กราฟที่ 4.9 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.1m 46

กราฟที่ 4.10 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ของอุปกรณ์บังแดด แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.1m 47

กราฟที่ 4.11 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.3m 48

กราฟที่ 4.12 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.3m 49

กราฟที่ 4.13 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.5m 50

กราฟที่ 4.14 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า 0.5m 51

กราฟที่ 4.15 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง 52

กราฟที่ 4.16 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง 53

สารบัญกราฟ(ต่อ)

หน้า

กราฟที่ 4.17 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม 54

กราฟที่ 4.18 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม 55

ลำดับสัญลักษณ์

Q = ภาระการทำความเย็นจากกระจก หน่วยเป็น Btu/hr

U = สัมประสิทธิ์ความร้อนของกระจก หน่วยเป็น Btu/hr

A = พื้นที่ของกระจก หน่วยเป็น ft^2

CLTD = ผลต่างอุณหภูมิของภาระการทำความเย็นสำหรับการนำความร้อนผ่านทางกระจก

LM = การแก้ไขเส้นศูนย์สูตรและเดือน

t_r = อุณหภูมิห้อง

t_a = อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย

t_0 = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง

DR = อุณหภูมิประจำวัน

CLF = Cooling load factor เป็นตัวประกอบภาระการทำความเย็นของกระจก

SC = อัตราส่วนของรังสีความร้อนที่ผ่านกระจกนั้นๆต่อรังสีความร้อนที่ผ่านกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร ที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด

SC_1 = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

SC_2 = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก

SHGF = ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์

พิกัดของหน้าต่างและอุปกรณ์บังแดด

W = ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด

B = ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง

A = ความสูงของหน้าต่าง

C = ระยะหักมุมด้านหน้า

Ah = ความสูงของหน้าต่าง

Bh = ระยะห่างจากขอบหน้าต่างด้านบน

Bv = ระยะห่างจากขอบหน้าต่างด้านข้าง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงงาน

ในปัจจุบันนี้โลกได้เผชิญกับปัญหาสภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ของโลก โดยส่งผลทำให้อาคารบ้านเรือนและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ มีความร้อนสูง ก่อให้เกิดปัญหาและอุปสรรคต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง ด้วยเหตุนี้การหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจะใช้เป็นแนวทางในการหาค่าความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่จะเข้าสู่ตัวอาคารเพื่อช่วยลดความร้อนที่จะเข้าสู่ตัวอาคาร ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความรู้สึกสบายของมนุษย์และการประหยัดพลังงานแต่เนื่องจากอาคารในส่วนใหญ่นั้นมักนิยมใช้กระจกเป็นกรอบอาคารเพื่อความสวยงาม เพิ่มความโดดเด่นให้กับตัวอาคาร อีกทั้งยังช่วยให้สามารถมองเห็นทัศนียภาพภายนอกได้ดีและยังเป็นการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในการช่วยให้ความสว่างแก่ห้องต่างๆภายในตัวอาคาร แต่เนื่องจากหน้าต่างกระจกที่ติดตั้งกับตัวอาคารนั้น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกเข้าสู่ตัวอาคารเป็นจำนวนมาก ทั้งการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกโดยการนำความร้อน (Conduction Heat Gain) ซึ่งเป็นการนำความร้อนโดยตรง และการแผ่รังสีความร้อนของกระจก (Solar Radiation) ซึ่งเป็นวิธีการส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Factor)เข้าสู่ตัวอาคาร โดยปริมาณความร้อนในส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ในการบังแดดของกระจก (Shading Coefficient) รวมทั้งค่ารังสีจากดวงอาทิตย์ในแต่ละทิศทางที่ตกกระทบมายังกระจกโดยตรง ซึ่งโดยเฉพาะการแผ่รังสีความร้อนของกระจกนั้นจะมีปริมาณของการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารเป็นจำนวนมาก จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ภายในตัวอาคารมีความร้อนสูง

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดโดยใช้โปรแกรม 2E-Building Energy Code ช่วยในการหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด(SC) เพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณความร้อนให้กับตัวอาคารได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังเป็นการช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศได้ ส่งผลทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า แต่ทั้งนี้การศึกษาและวิเคราะห์ค่า

สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงตำแหน่งและทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์เพื่อที่จะได้หาพิกัดการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดให้มีความเหมาะสมและสามารถบังแสงแดดได้ในทุกทิศทางอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนการได้รับแสงธรรมชาติได้อย่างเพียงพอและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient; SC) โดยใช้โปรแกรม 2E-Building Energy Code ใช้เป็นแนวทางในการลดความร้อนเข้าสู่อาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดความร้อนเข้าสู่อาคาร

1.3.2 ศึกษาการใช้โปรแกรม 2E-Building Energy Code เพื่อช่วยในหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด

1.3.3 คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient; SC) โดยใช้โปรแกรม 2E-Building Energy Code สำหรับอุปกรณ์บังแดด 4 แบบได้แก่ แบบแนวนอน (Overhang) แบบแนวตั้ง (Fin) แบบผสม (Setback) และแบบแนวนอนผสมกับแบบหักมุมด้านหน้าในทิศทางต่างๆ ทั้ง 8 ทิศ

1.3.4 คำนวณหาค่าความร้อน (Cooling Load; Q) ในอาคารตัวอย่างที่ตั้งอยู่ในจังหวัดพิษณุโลกและมีหน้าต่างที่ติดกระจกใสหนา 3mm. ขนาด 4x2m.

1.4 กิจกรรมการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 กิจกรรมการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	มิ.ย.				ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	←							→																																
2. ศึกษาการใช้โปรแกรม									←							→																								
3. ทำการหาค่าShading Coefficient													←							→																				
4. ทำการหาค่าCooling Load																	←							→																
5. ประเมิน วิเคราะห์ผลการออกแบบ																									←					→										
6. สรุปผลการออกแบบ																															←	→								
7. รวบรวมข้อมูลจัดทำรูปเล่ม																																	←			→				

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถใช้งานโปรแกรม 2E-Building Energy Code ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดได้

1.5.2 ได้รูปแบบอุปกรณ์บังแดดที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานเพื่อการประหยัดพลังงาน

1.6 งบประมาณที่ใช้

1.6.1 ค่ากระดาษ	200 บาท
1.6.2 ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่ม	1,300 บาท
1.6.3 ค่าหมึกเครื่องพิมพ์	1,500 บาท
รวมทั้งสิ้น	**3,000 บาท**

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 บทนำ

สำหรับประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ทำให้สภาพอากาศมีอุณหภูมิสูง และสิ่งที่มีผลทำให้อุณหภูมิสูงนั้นส่วนใหญ่มาจากดวงอาทิตย์ ส่งผลทำให้กรอบอาคารบ้านเรือนมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉพาะกรอบอาคารที่เป็นกระจก การป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการปลูกต้นไม้บัง การทาผิวผนังอาคารภายนอกด้วยสีอ่อน ลดการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า หรือติดตั้งเครื่องปรับอากาศก็ตาม ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบัน แต่มันก็เป็นวิธีที่สูญเสียพลังงานมากที่สุด ดังนั้นการลดหรือป้องกันไม่ให้ความร้อนเข้าสู่อาคาร จึงช่วยให้อาคารมีมีความร้อนลดลง และสามารถลดขนาดของเครื่องปรับอากาศที่จะติดตั้งทำให้ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ซึ่งแนวทางในการให้ลดความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารคือ การลดปริมาณรังสีความร้อนที่จะผ่านเข้าทางกระจกหน้าต่างโดยการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร เพื่อไม่ให้หน้าต่าง ประตู หรือผนังที่เป็นกระจกถูกแสงแดดโดยตรง

ด้วยเหตุนี้จึงได้ใช้โปรแกรม 2E-BUILDING (Energy Efficient Building) ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน มาช่วยในการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ที่จะเข้าสู่อาคารผ่านทางกระจกเพื่อเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงาน

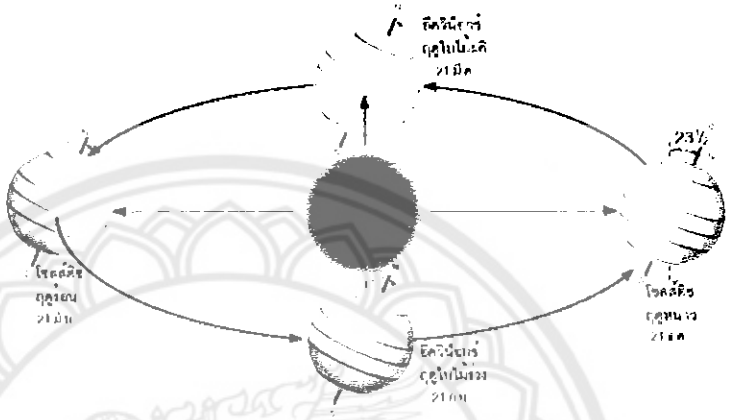
2.2 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลกตามแกนเหนือไปใต้ ทิศทางบนโลกจึงแบ่งเป็น 4 ทิศคือ ทิศตะวันออก (East), ทิศตะวันตก (West), ทิศเหนือ (North) และทิศใต้ (South)

แต่เนื่องจากแกนหมุนของโลกเอียง ดวงอาทิตย์จึงไม่ได้ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตกทุกวัน ดวงอาทิตย์จะขึ้นตรงทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตกเฉพาะช่วงฤดูใบไม้ผลิ และฤดูใบไม้ร่วงเท่านั้น

ในฤดูหนาว ดวงอาทิตย์จะขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และตกทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยอยู่ทางทิศใต้มากสุดในช่วงฤดูหนาว

ในฤดูร้อน ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตกทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยอยู่ทางทิศเหนือมากสุดในช่วงฤดูร้อน

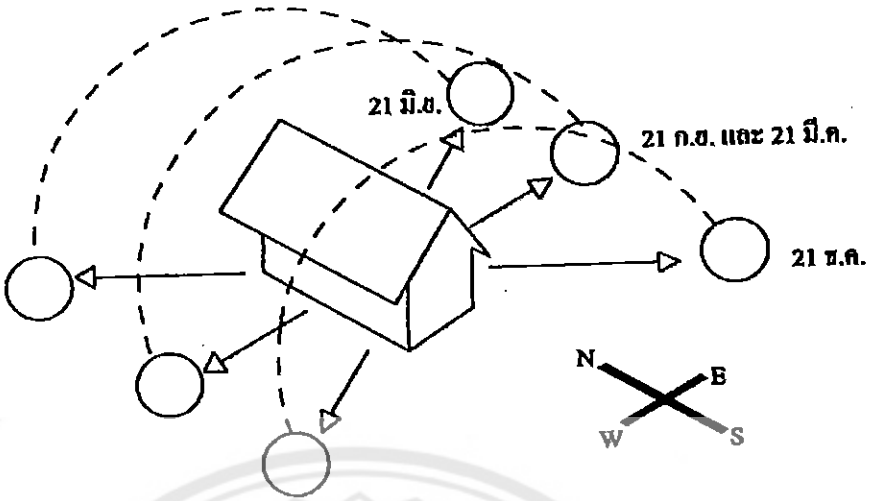


รูปที่2.1 แสดงการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

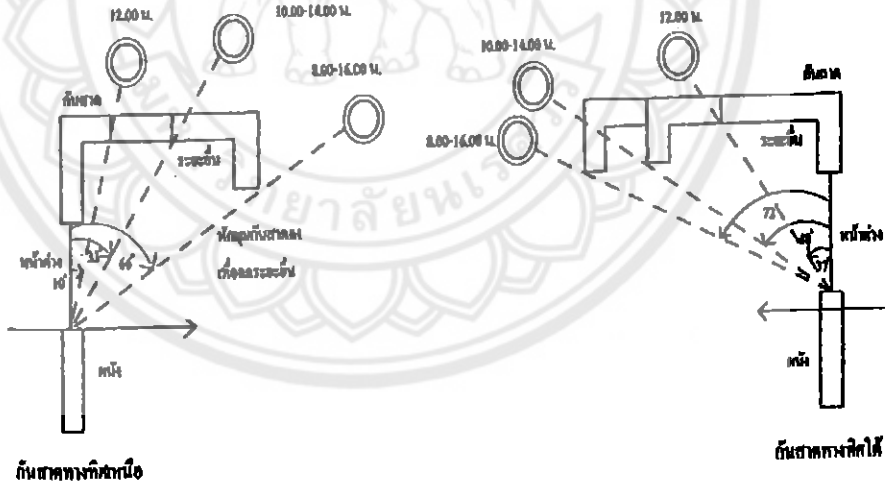
แนวโคจรของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนต่างๆเป็นแนวทางในการออกแบบอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงมุมดวงอาทิตย์ที่ทำกับแนวดิ่งผนังอาคารในช่วงเวลาต่างๆของประเทศไทย

วัน / เดือน	มุมองศาของดวงอาทิตย์กับผนังในแนวดิ่งตามช่วงเวลาต่างๆ				
	8.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.
21 มิถุนายน	66	33	10	33	66
22 ธันวาคม	72	48	37	48	72



รูปที่ 2.2 แสดงแนวโคจรของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนต่างๆ เพื่อพิจารณาองศาของ**ดวงอาทิตย์กับผนัง** แนวดิ่งตามช่วงเวลาต่าง (พัชรินทร์ มณีรัตน์, 2546: 49-50)



รูปที่ 2.3 แสดงมุมของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ (พัชรินทร์ มณีรัตน์, 2546: 49-50)

2.3 ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ อาจแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามแหล่งกำเนิด คือ

2.3.1 รังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation)

รังสีดวงอาทิตย์เป็นคลื่นสั้นและเป็นพลังงานที่ปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์ รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบขอบบรรยากาศเรียกว่า รังสีที่นอกโลก (Extraterrestrial Solar Radiation) ซึ่งประกอบด้วย ช่วงคลื่นสั้น ตั้งแต่ 290-300 นาโนเมตร ถึง 97 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของรังสีนอกโลกที่ผ่านชั้นบรรยากาศมาถึงผิวโลกจะถูกกระจายและดูดกลืนโดยโมเลกุลของกาซต่างๆ อนุภาคฝุ่นและเมฆที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ

2.3.2 การแบ่งรังสีดวงอาทิตย์ตามคุณสมบัติและช่วงคลื่น

2.3.2.1 รังสีแสงสว่าง (Visible Radiation)

แสงสว่างเป็นรังสีที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ช่วงสเปคตรัมของแสงสว่างต่ำสุด เริ่มตั้งแต่ 360 ถึง 400 นาโนเมตร และสูงสุดอยู่ระหว่าง 360-830 นาโนเมตร

2.3.2.2 รังสีอัลตราไวโอเลต

มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

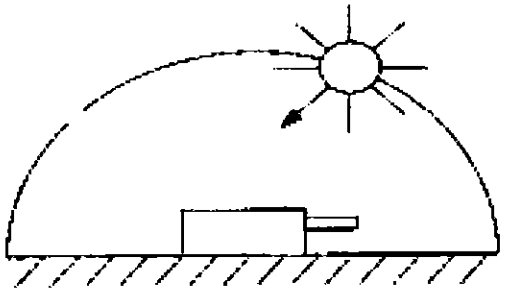
UV-A: 315...400 ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตมากนัก UV-B: 280...315 มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และ UV-C: 100...280 ถูกดูดกลืนโดยชั้นบรรยากาศทั้งหมดไม่พบที่ผิวพื้นโลก

2.3.2.3 รังสีโลก (Terrestrial Radiation)

รังสีโลกเป็นคลื่นยาวและเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นยาวที่ปลดปล่อยออกที่ผิวโลกและโดยก๊าซต่างๆ ฝุ่นละออง และเมฆในบรรยากาศ โดยบางส่วนถูกดูดกลืนภายในบรรยากาศ

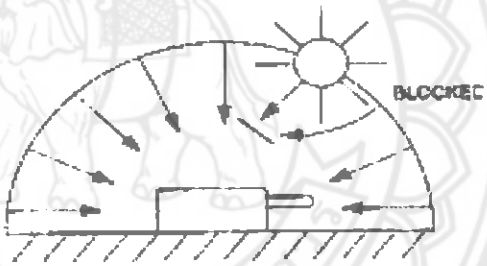
2.4 ปริมาณรังสีที่เข้าสู่อาคารบ้านเรือน

2.4.1 ความร้อนจากรังสีตรง (Direct Solar Radiation) คือลำแสงที่พุ่งตรงจากดวงอาทิตย์มาตกยังหน้าต่างโดยตรง ซึ่งนำความร้อนผ่านหน้าต่างเข้ามาในบ้านหรืออาคารจำนวนมาก



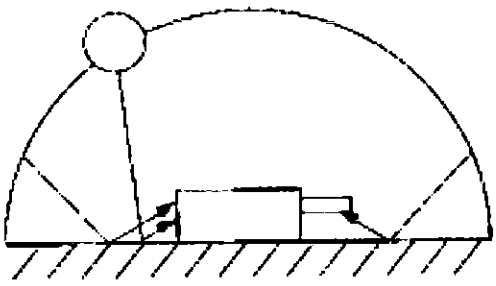
รูปที่ 2.4 รังสีตรง

2.4.2 ความร้อนจากรังสีกระจาย (Diffuse Solar Radiation) คือลำแสงจากดวงอาทิตย์ที่สะท้อนมาจากชั้นบรรยากาศของโลก หรือจากเมฆหมอก ละอองน้ำ และก๊าซต่างๆ ในชั้นบรรยากาศก่อนที่จะตกลงบนหน้าต่าง โดยลำแสงกระจายที่ตกบนหน้าต่างจะเข้ามาทุกทิศทุกทาง แต่ในกรณีหน้าต่างที่เป็นกระจก ความร้อนที่ผ่านกระจกหน้าต่างเข้ามาในอาคารจะน้อยกว่าความร้อนจากลำแสงตรง และเป็นประโยชน์ในการส่องสว่างภายในอาคารเวลากลางวัน



รูปที่ 2.5 รังสีกระจาย

2.4.3 ความร้อนจากรังสีรวม (Total Radiation) คือ ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายที่ตกกระทบผิวรับรังสี

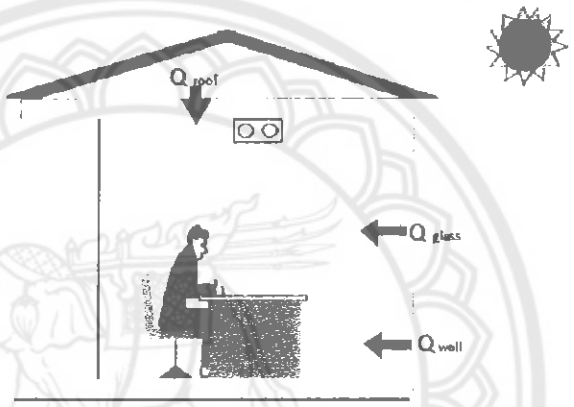


รูปที่ 2.6 รังสีรวม

2.5 อิทธิพลของรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจก

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่มีผลกระทบโดยตรงต่ออาคารบ้านเรือน โดยผลกระทบดังกล่าวจะอยู่ในรูปของ

2.5.1 การนำความร้อน (Conduction Heat Gain loss:Q_c) เกิดจากการนำความร้อนเข้ามาภายในอาคาร หรือ การสูญเสียความร้อนสู่ภายนอกอาคาร โดยจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ความร้อนที่เข้ามาในอาคารโดยการนำความร้อนผ่านกระจก

สมการการการหาค่าการนำความร้อนผ่านกระจก คือ

$$Q = (U)(A)(CLTD_c) \qquad \text{สมการที่ 1.1}$$

โดยที่ Q คือภาระการทำความเย็นจากกระจก หน่วยเป็น Btu/hr

U คือสัมประสิทธิ์ความร้อนของกระจก หน่วยเป็น Btu/hr

A คือพื้นที่ของกระจก หน่วยเป็น ft^2

$CLTD_c$ คือค่าการแก้ไขผลต่างอุณหภูมิ $(CLTD)$ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

$$CLTD_c = (CLTD + LM) + (78 - t_r) + (t_a - 85) \qquad \text{สมการที่ 1.2}$$

โดยที่ $CLTD$ คือ ผลต่างอุณหภูมิของภาระการทำความเย็นสำหรับการนำความร้อนผ่านทางกระจก หาได้จาก Table 1 (ภาคผนวก ข.)

LM คือ การแก้ไขเส้นศูนย์สูตรและเดือน หาได้จาก Table 2 (ภาคผนวก ข.)

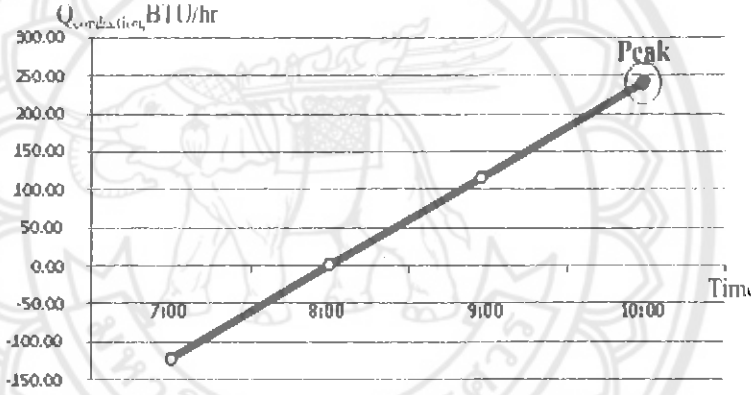
t_r คือ อุณหภูมิห้อง

t_a คือ อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย ซึ่งหาได้จากสมการ

$$t_a = t_0 - \frac{DR}{2}(t_0) \qquad \text{สมการที่ 1.3}$$

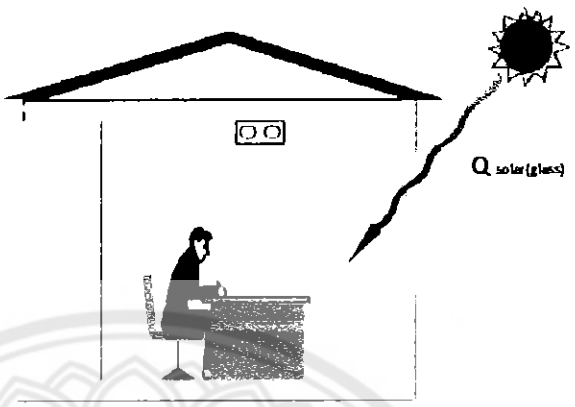
โดยที่ t_0 คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ซึ่งประเทศไทยจะใช้ค่า $t_0 = 95°F$

DR คือ อุณหภูมิประจำวัน ซึ่งประเทศไทยจะใช้ค่า $DR = 18°F$



รูปที่ 2.8 แสดงความร้อนที่ได้จากการนำความร้อนผ่านกระจก ณ.เวลาต่างๆของหอพัก Good Land หลังม.นเรศวรที่มีขนาดหน้าต่างเท่ากับ $6ft^2$ และหันไปทางด้านทิศตะวันออก

2.5.2 การแผ่รังสีความร้อน (Solar Radiation: Q_s) คือรังสีแสงอาทิตย์ในกรณีที่ประเทศไทยต้องอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจะได้รับผลกระทบจากรังสีแสงอาทิตย์โดยตรงดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารโดยการแผ่รังสีผ่านกระจก

สมการการหาค่าการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก คือ

$$Q = (A)(SC)(SHGF)(CLF) \qquad \text{สมการที่ 1.4}$$

โดยที่ Q คือภาระการทำความเย็นจากกระจก หน่วยเป็น Btu/hr

A คือพื้นที่ของกระจก หน่วยเป็น ft^2

CLF คือ Cooling load factor เป็นตัวประกอบภาระการทำความเย็นของกระจก หาได้จาก Table 3 (ภาคผนวก ข.)

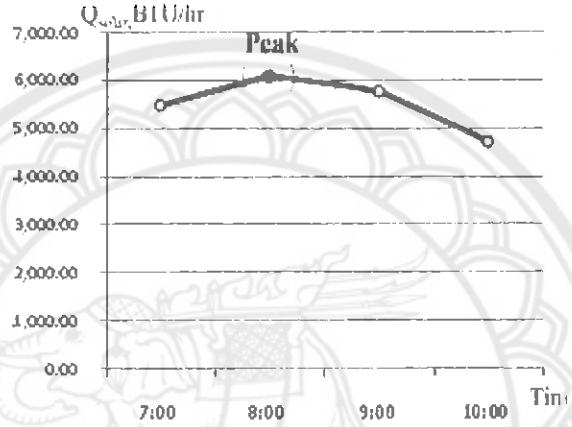
สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก ; SC คืออัตราส่วนของรังสีความร้อนที่ผ่านกระจกนั้นๆต่อรังสีความร้อนที่ผ่านกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตรที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด

เราสามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดได้จา $SC = SC_1 \times SC_2$ สมการที่ 1.5

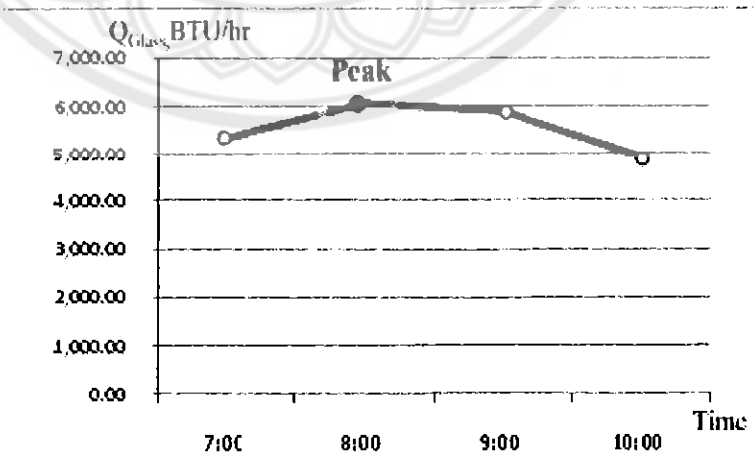
โดยที่ SC_1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

SC_2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก ซึ่งกระจกแต่ละชนิดมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกระจกชนิดนั้นๆหาได้จาก Table 4 (ภาคผนวก ข.)

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain factor; SHGF) คือค่าตัวประกอบการคูณปริมาณแสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก ซึ่งใช้บ่งบอกความสามารถในการยอมให้ปริมาณความร้อนเนื่องจากแสงอาทิตย์ส่องผ่านเนื้อกระจกที่รวมกับรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านโดยตรง และความร้อนที่ถ่ายเทจากเนื้อกระจกโดยการนำและการแผ่รังสีความร้อน ค่าดังกล่าวมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1.0



รูปที่ 2.10 แสดงความร้อนที่ได้จากการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก ณ.เวลาต่างๆของหอพัก Good Land หลังม.นเรศวรที่มีขนาดหน้าต่างเท่ากับ $6ft^2$ และหันไปทางด้านทิศตะวันออก



รูปที่ 2.11 แสดงความร้อนรวมของกระจก ณ.เวลาต่างๆของหอพัก Good Land หลังม.นเรศวรที่มีขนาดหน้าต่างเท่ากับ $6ft^2$ และหันไปทางด้านทิศตะวันออก

จะเห็นได้ว่าค่าความร้อนจากการนำความร้อนของกระจกดังรูปที่ 2.8 มีค่าน้อยกว่าความร้อนที่ได้รับจากการแผ่รังสีของกระจกดังรูปที่ 2.10 เป็นอย่างมากและค่าความร้อนส่วนใหญ่มาจากการแผ่รังสีของกระจกซึ่งจะเห็นได้ดังรูปที่ 2.11

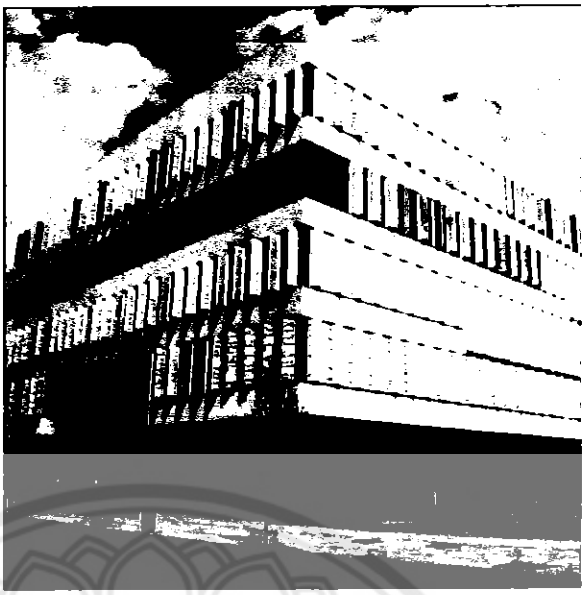
2.6 ชนิดของอุปกรณ์บังแดด

อุปกรณ์บังแดดสามารถช่วยป้องกันลำแสงตรง ของแสงอาทิตย์ไม่ให้เข้าสู่ตัวบ้านหรือตัวอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ การติดตั้งอุปกรณ์บังแดดให้กับหน้าต่างมีทั้งในแนวราบ(Overhang) แนวดิ่ง(Fin) และ แบบผสมทั้งแนวราบและแนวดิ่ง(Set-back)รวมไปถึงการนำต้นไม้มาช่วยในการบังแสงแดดอีกด้วยเพราะต้นไม้ดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยการสังเคราะห์แสงและจะคายน้ำออกมาโดยการใช้รากใต้ดินดูดเอาความร้อนรอบๆขึ้นมาแล้วคายน้ำออกทางปากใบทำให้อุณหภูมิบริเวณต้นไม้นั้นเย็นลงจึงเป็นการช่วยลดความร้อนให้สภาพแวดล้อมได้

2.6.1 อุปกรณ์บังแดดแนวราบ (Overhang) เหมาะสำหรับหน้าต่างที่อยู่ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้เพราะสามารถบังแสงอาทิตย์ในช่วงเที่ยงและช่วงบ่ายได้ดี

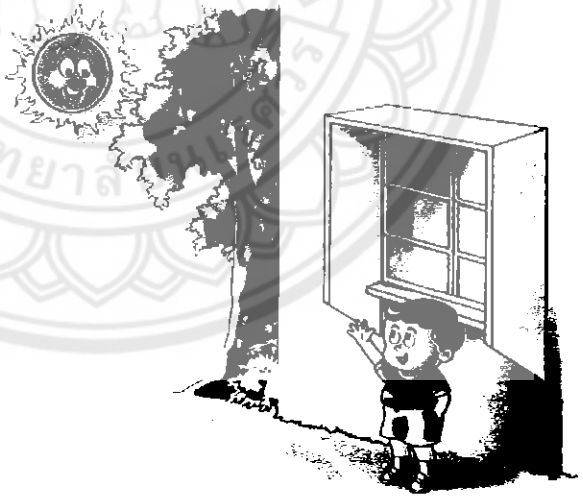
รูปที่ 2.12 อุปกรณ์บังแดดแนวราบ

2.6.2 อุปกรณ์บังแดดในแนวดิ่ง (Fin) เหมาะสำหรับหน้าต่างที่อยู่ด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เพราะสามารถบังแสงอาทิตย์ในช่วงเช้าและช่วงเย็นได้ดี แต่การออกแบบอุปกรณ์บังแดดในแนวดิ่งให้สามารถบังแสงแดดทุกช่วงเวลานั้นทำได้ยากทั้งนี้เพราะตำแหน่งของ ดวงอาทิตย์ ณ ประเทศไทยที่เวลาต่างๆ ในแนวทิศตะวันออกและทิศตะวันตกจะมีการเบี่ยงเบนมาก



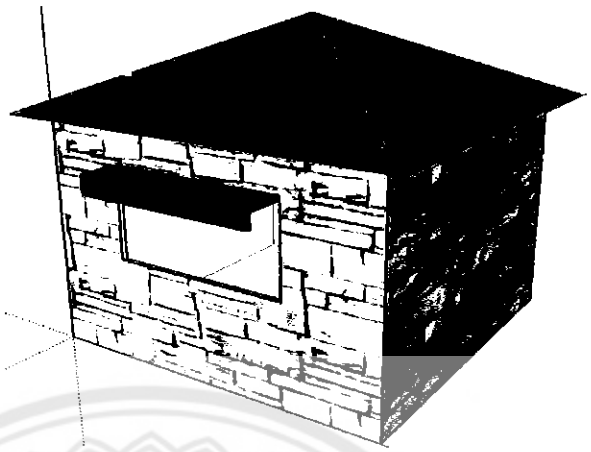
รูปที่ 2.13 อุปกรณ์บังแดดแนวดิ่ง

2.6.3 อุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) สามารถป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน



รูปที่ 2.14 อุปกรณ์บังแดดแบบผสม

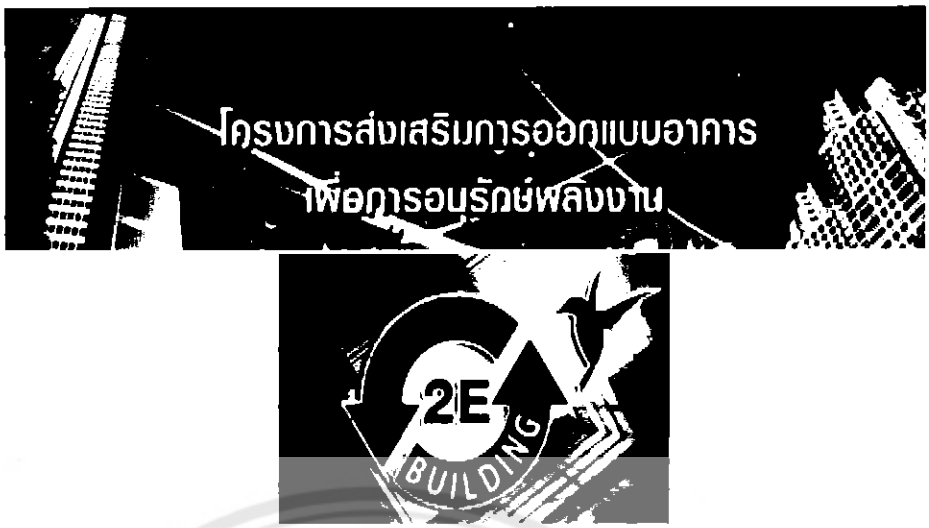
2.6.4 อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า



รูปที่ 2.15 อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า

2.7 โปรแกรม 2E-BUILDING (Energy Efficient Building)

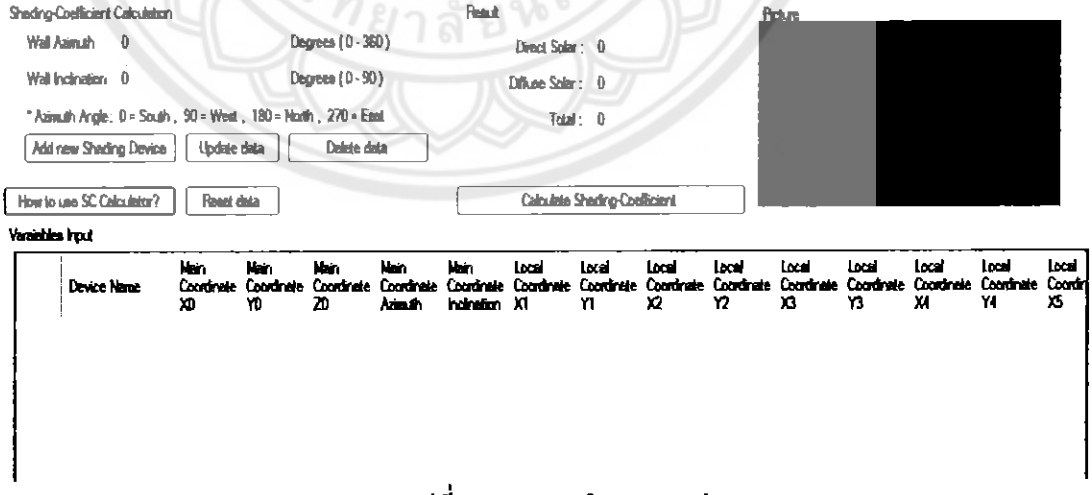
โปรแกรม BEC หรือ Building Energy Code เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับตรวจสอบความสอดคล้องของแบบอาคารต่อเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคารซึ่งจัดทำขึ้นใหม่ภายใต้ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่2) พ.ศ.2550 และมีผลบังคับใช้ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ.2552 ที่ผ่านมา โดยหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารให้เป็นไปตามประกาศกฎกระทรวง ทั้งนี้เกณฑ์มาตรฐานได้พัฒนาปรับปรุงจากเดิมให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นสอดคล้องกับความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีปัจจุบัน และยังเพิ่มความยืดหยุ่นในการพิจารณา สำหรับการออกแบบตามวิชาชีพสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เนื่องจากสามารถนำระบบที่มีประสิทธิภาพดีกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาชดเชยให้กับระบบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ได้



รูปที่ 2.16 โปรแกรม 2E-Building Energy Code

ความหมายของ 2E- building หรือ Energy Efficient Building คือ อาคาร**ที่มีการใช้พลังงาน**อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการผสมผสานอย่างลงตัวระหว่างศิลปะการออกแบบ**อาคารและศาสตร์**ทางด้านการอนุรักษ์พลังงาน โดยผลงานที่ได้รับจะสอดคล้องกับคำพูดที่ว่า "**อาคารสวย อยู่สบาย ปฏิบัติตามกฎหมาย และลดค่าใช้จ่ายในอนาคต**"

โดยจะใส่พิกัดของอุปกรณ์บังแดดลงไปในตารางดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ตารางในการหาค่า SC

บทที่ 3
วิธีดำเนินการทดลอง

การออกแบบอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร จำเป็นที่จะต้องคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient) ของอุปกรณ์บังแดด โดยใช้โปรแกรม 2E-Building Energy Code (BEC) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

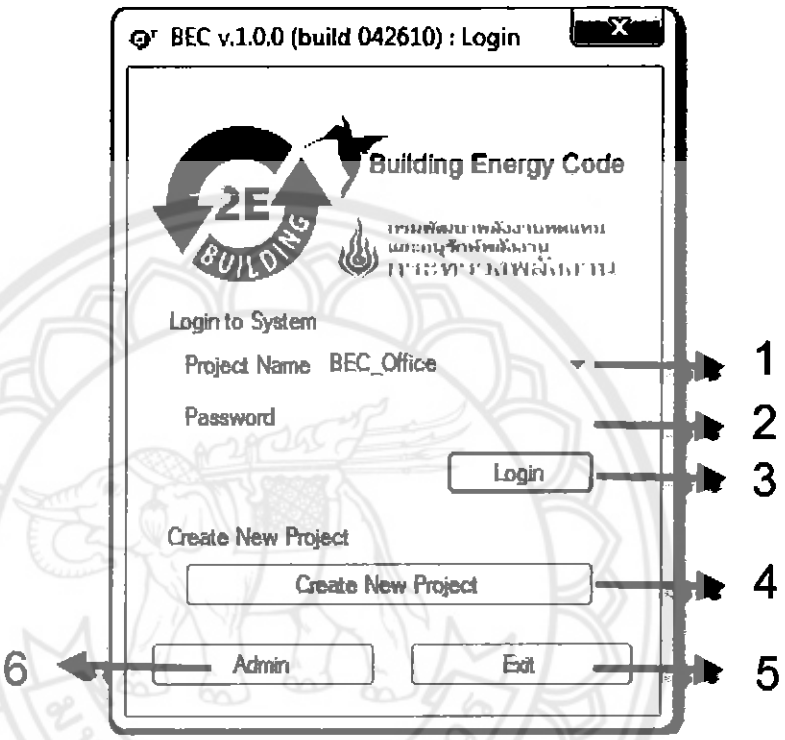
3.1 โปรแกรม 2E-Building Energy Code (BEC)

โปรแกรม (BEC) หรือ Building Energy Code เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้มีเครื่องมือช่วยในการประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคารตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีคำนวณที่กฎหมายกำหนดได้โดยง่าย หรือเป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของอาคารต่อเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 6) พ.ศ. 2550 ที่มีผลบังคับใช้จริงตั้งแต่วันที่ 20 มิถุนายน 2552 เป็นต้นไป ตามกฎกระทรวง

ความหมายของ 2E-Building หรือ Energy Efficient Building คือ อาคารที่มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการผสมผสานอย่างลงตัวระหว่างศิลปะการออกแบบอาคารและศาสตร์ทางด้านการอนุรักษ์พลังงาน

3.2 การใช้งานโปรแกรม 2E-Building Energy Code (BEC)

3.2.1 การเข้าสู่ระบบ



รูปที่ 3.1 หน้าการเข้าสู่ระบบ

เมื่อผู้ใช้กดการใช้งานโปรแกรม จะปรากฏหน้าการเข้าสู่ระบบ (Login) ดังปรากฏในรูปที่ 3.1เพื่อให้ผู้ใช้ทำการเข้าสู่โปรแกรม โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้ใช้ทำการเลือกชื่ออาคาร/โครงการที่ต้องการ (Project Name)

2. ผู้ใช้ทำการใส่รหัสผ่าน (Password)

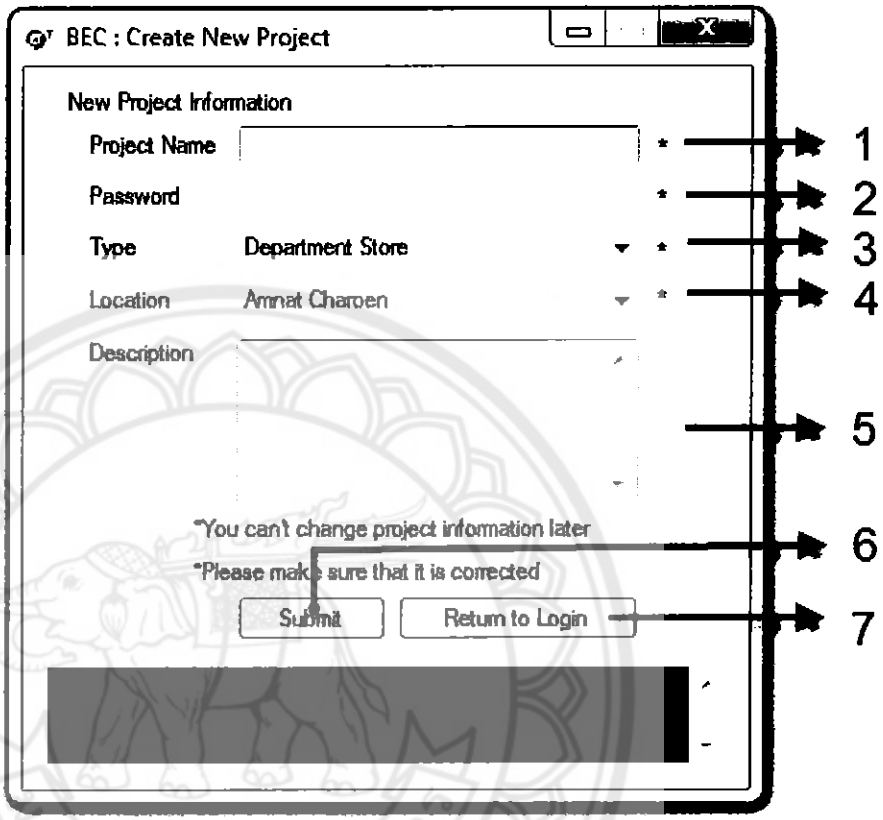
3. กดปุ่ม Login เพื่อทำการเข้าสู่โครงการที่ได้เลือกไว้แล้ว

4. กดปุ่ม Creat New Project หากผู้ใช้เริ่มใช้งานโปรแกมครั้งแรก ผู้ใช้จะต้องลงทะเบียนอาคาร/โครงการใหม่

5. กดปุ่ม Exit หากผู้ใช้ต้องการออกจากโปรแกรม

6. ปุ่ม Admin สำหรับผู้ดูแลระบบ เพื่อเข้าสู่หน้า Admin Page เพื่อแก้ไขข้อมูลสำคัญ

3.2.2 การลงทะเบียนอาคารใหม่



รูปที่ 3.2 หน้าการลงทะเบียนอาคารใหม่

เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Creat New Project แล้ว โปรแกรมจะเปลี่ยนมาที่หน้าการลงทะเบียนอาคาร/โครงการใหม่ ผู้ใช้สามารถลงทะเบียนอาคาร/โครงการใหม่ โดยป้อนข้อมูลดังนี้

1. ชื่ออาคาร/โครงการ (Project Name)

2. รหัสผ่าน (Password)

3. ระบุประเภทของอาคาร หรือ โครงการ (Type)

4. ระบุที่ตั้งของอาคาร หรือ โครงการ (Location)

5. เขียนคำอธิบายโครงการ (Description)

6. กดปุ่ม Submit เมื่อป้อนข้อมูลครบถ้วน เพื่อทำการลงทะเบียน ซึ่งข้อมูลของอาคาร หรือโครงการ จะไปปรากฏอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม

7. กดปุ่ม Return to Login เพื่อกลับไปหน้าการเข้าสู่ระบบ (Login)

* หมายเหตุ: ดอกจันสีแดง หมายถึง ผู้ใช้จำเป็นต้องกรอกข้อมูลลงในช่องว่าง

3.2.3 หน้าหลักของโปรแกรม

รูปที่ 3.3 หน้าหลักของโปรแกรม

หลังจากที่ผู้ใช้เข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้จะเข้ามาสู่หน้าหลักของโปรแกรม ซึ่งสามารถแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สถานะ แสดงรายละเอียดของอาคาร/โครงการปัจจุบันที่กำลังดำเนินการอยู่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. Current Project: แสดงรายละเอียดอาคาร หรือโครงการปัจจุบัน ประกอบด้วย
   1.1 ชื่ออาคาร/โครงการ

1.2 ประเภทของอาคาร/โครงการ

1.3 สถานที่ตั้งของอาคาร/โครงการ

2. Logout: ใช้เมื่อต้องการออกจากระบบ(จะแสดงเมื่อหน้าจอมีขนาดมากกว่า 1024x768 Pixels)

ส่วนที่ 2 เมนูหลัก

เมนูหลักแสดงหัวข้อต่างๆที่ใช้สำหรับป้อนข้อมูลอาคาร หรือโครงการ ดังนี้

1. Database- อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดของวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ

1.1 Envelop- อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดวัสดุ และส่วนประกอบต่างๆของกรอบอาคารที่ประกอบกันเป็นเขตพื้นที่

1.1.1 Material: รายละเอียดของวัสดุที่จะประกอบเป็นส่วนของผนัง

1.1.2 Component of Section: รายละเอียดของส่วนประกอบผนังทึบและผนังโปร่งแสงที่ประกอบเป็นSection

1.1.3 Section of Wall: รายละเอียดของ Section ที่ประกอบเป็นด้านของผนัง

1.1.4 Wall: รายละเอียดของด้านผนัง

1.2 Lighting System – อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดของชุดโคมไฟ

1.2.1 Lighting Equipment: รายละเอียดของชุดโคมไฟ

1.3 A/C System- อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดของชุดอุปกรณ์ปรับอากาศต่างๆ

1.3.1 Split Type& Window Type: รายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Split Type และ Window Type

1.3.2 Package Air-Cooled Unit: รายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Package Air-Cooled

1.3.3 Package Water-Cooled Unit: รายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดประเภท Package Water-Cooled

1.3.4 Central Air-Conditioning System: รายละเอียดของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

1.4 PV System- อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

1.4.1 PV Equipment: รายละเอียดการใช้พลังงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

1.5 Hot Water System- อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดของระบบเครื่องทำน้ำร้อน

1.5.1 Hot Water Equipment: รายละเอียดการใช้พลังงานของระบบเครื่องทำน้ำร้อน

1.6 Other- อธิบายการป้อนข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์อื่นๆ

1.6.1 Other Equipment: รายละเอียดของอุปกรณ์อื่นๆ

2. Building Model- อธิบายรายละเอียดของเขตพื้นที่ภายใน การกำหนดส่วนประกอบของกรอบผนัง และการป้อนรายละเอียดของอุปกรณ์ที่อยู่ในแต่ละเขตพื้นที่

2.1 Building Zone: รายละเอียดพื้นที่ของเขตภายในอาคาร

3. Report- การแสดงการประเมินการใช้พลังงานของอาคาร โดยโปรแกรมสามารถแสดงผลการใช้พลังงานของแต่ละระบบ หรือแสดงผลค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาของอาคารแต่ละส่วน ในแต่ละเขตพื้นที่ หรือของทั้งอาคาร ตลอดจนแสดงผลประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเปรียบเทียบกับอาคารอ้างอิง

3.1 Envelop System: รายงานสมรรถนะด้านการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง และหลังคาโดยรวมของอาคาร และแบ่งตามด้านของผนัง รวมถึงผลการประเมินเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกรอบอาคาร (ค่า OTTV หรือ RTTV แบ่งตามด้านของผนังหรือหลังคา)

3.2 Lighting System: รายงานสมรรถนะด้านพลังงานและผลการประเมินเปรียบเทียบกับ เกณฑ์มาตรฐานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

3.3 DX Air-Conditioning Unit: รายงานสมรรถนะด้านพลังงานและผลการประเมินเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของระบบปรับอากาศแบบเป็นชุด

3.4 Central Air-Conditioning Unit: รายงานสมรรถนะด้านพลังงานและผลการประเมินเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

3.5 PV System Report: รายงานสมรรถนะด้านพลังงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

3.6 Hot Water System Report: รายงานสมรรถนะด้านพลังงานของระบบเครื่องทำน้ำร้อน

3.7 Whole Building Energy: รายงานสมรรถนะด้านพลังงานและผลการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของทั้งอาคาร หรือโครงการ

ส่วนที่ 3 เมนูบาร์

เมนูบาร์จะแสดงหัวข้อต่างๆ ซึ่งจะประกอบไปด้วย

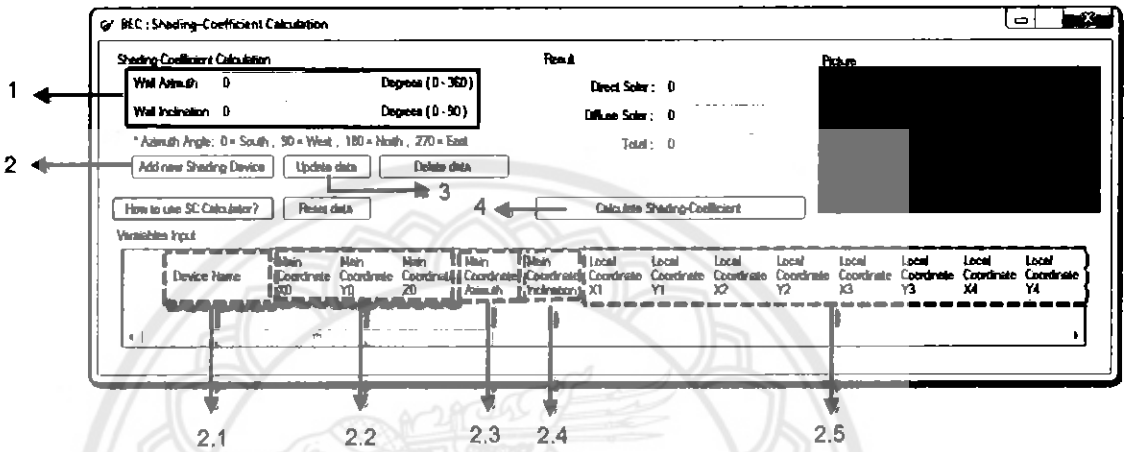
1. File- แสดงการจัดการโปรแกรม
   1.1 Save Project- บันทึกการเปลี่ยนแปลงข้อมูล
   1.2 Save Project as- บันทึกการเปลี่ยนแปลงข้อมูลไปยังอาคาร/โครงการใหม่
   **หมายเหตุ: เมื่อทำการ Save Project as แล้ว Password ของโครงการที่บันทึกใหม่จะเหมือนกับโครงการต้นฉบับ ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนรหัสผ่านได้ภายในโปรแกรม
   1.3 Change Password- เปลี่ยนรหัสผ่าน
   1.4 Logout- ออกจากระบบ เพื่อเข้าสู่อาคาร หรือโครงการใหม่
   1.5 Delete Project- ลบอาคาร หรือโครงการ ที่ดำเนินการอยู่
   1.6 Print- ทำการพิมพ์ข้อมูลของอาคาร
   1.7 Exit Program- ออกจากโปรแกรม
2. View- แสดงตารางข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องภายในอาคาร ในหน้า View แต่ละหน้าผู้ใช้สามารถทำการพิมพ์ข้อมูลและส่งออกข้อมูลไปยังโปรแกรม Excel ได้
3. Tool- แสดงเครื่องมือช่วยเหลือต่างๆ
   3.1 Shading Coefficient Calculate: เครื่องมือช่วยเหลือสำหรับการประเมินการใช้พลังงานของอาคาร โดยช่วยในการหาคำนวณค่า Shading Coefficient (SC)
4. Help- แสดงข้อมูลอื่นๆเกี่ยวกับโปรแกรมและการทำงาน

ส่วนที่ 4 แสดงผล

ส่วนนี้เป็นส่วนที่จะแสดงผล หลังจากที่มีการเลือกหัวข้อจากเมนูหลัก เพื่อเป็นการป้อนข้อมูล หรือการแสดงผลต่างๆ

ทั้งนี้กลุ่มของเราจะเลือกศึกษาเฉพาะหัวข้อที่3.1เรื่อง Shading Coefficient Calculate เท่านั้น เนื่องจากว่าการคำนวณหาค่า Shading Coefficient เป็นการคำนวณที่ค่อนข้างยากและซับซ้อนถ้าเราจะทำการคำนวณด้วยมือ

3.2.4 เครื่องมือช่วยในการหาค่า Shading Coefficient



รูปที่ 3.4 หน้าต่างรายละเอียดของ Shading Coefficient Calculation

ในหน้า Shading Coefficient Calculation จะมีตารางการแสดงข้อมูลเกี่ยวกับการคำนวณหาค่า Shading Coefficient Calculation ซึ่งผู้ใช้สามารถคำนวณได้ดังนี้

1. ผู้ใช้ทำการกรอกมุม Wall Azimuth และ Wall Inclination มีหน่วยเป็น Degrees
2. กดปุ่ม Add new Shading Device เพื่อทำการเพิ่มส่วนประกอบ การกดปุ่มนี้ครั้งแรก จะเป็นการสร้างหน้าต่างหลักขึ้นมา และครั้งต่อๆไป จะเป็นการเพิ่มส่วนประกอบอื่นๆ ที่ใช้เป็นส่วนกำบังแดด ซึ่งมีเขตข้อมูลต่างๆดังนี้

2.1) Device Name

ระบุชื่อของส่วนประกอบต่างๆ

2.2) Main Coordination

ระบุจุดเชื่อมต่อหลัก

2.3) Main Coordination Azimuth

i5516286
น/ร.
ว32ก7
2553

ระบุจุดเชื่อมต่อหลักมุม Azimuth มีหน่วยเป็น Degrees

2.4) Main coordination Inclination

ระบุจุดเชื่อมต่อหลักมุม Inclination มีหน่วยเป็น Degrees

2.5) Local Coordination

ระบุจุดเชื่อมต่อรองซึ่งมีจำนวนจุด X1,Y1 จนถึง X16,Y16 ซึ่งเลือกกรอกตามจุดที่ผู้ใช้ต้องการ

3. กดปุ่ม Update Data ใช้เพื่อบันทึกข้อมูล

4. กดปุ่ม Calculate Shading Co-efficient เพื่อทำการคำนวณ ซึ่งผลการคำนวณจะแสดงตรงกรอบ Result ด้านบน ซึ่งค่าที่จะนำมาใช้กรอกข้อมูลได้ คือค่า Total

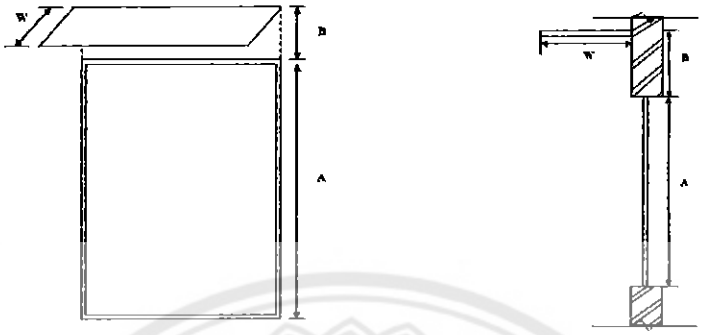
** หมายเหตุ: เมื่อส่งค่า SC กลับมายังหน้า Wall แล้ว ให้กดปุ่ม Save Date ใน Wall Details อีกครั้ง เพื่อเป็นการอัพเดทข้อมูล SC

3.3 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร

การคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร โดยกำหนดให้ขนาดของกระจกหน้าต่างมีความกว้าง 1 เมตร สูง 1 เมตรและความหนาของกระจกใส หนา 3 มิลลิเมตรเพื่อใช้สำหรับอ้างอิงในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารแบบต่างๆ ซึ่งอุปกรณ์บังแดดที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด มีรูปแบบทั้งหมด 4 รูปแบบ ได้แก่ อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้าอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) อุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) โดยทำการศึกษาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระยะยื่นและระยะห่างจากขอบหน้าต่างของอุปกรณ์ในทุกทิศที่ทำการศึกษาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc)

รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร

1.อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)



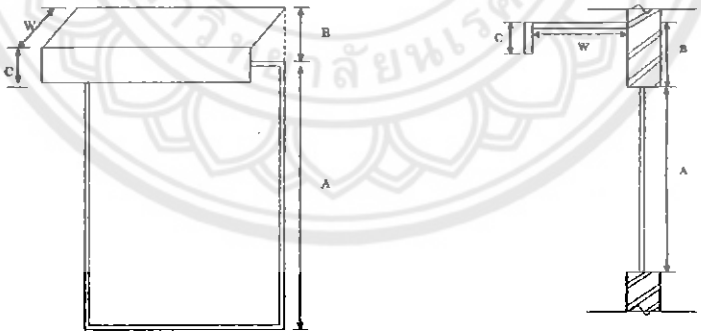
รูปที่ 3.5 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน

W คือ ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด

B คือ ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง

A คือ ความสูงของหน้าต่าง

2. อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมหักมุมด้านหน้า



รูปที่ 3.6 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า

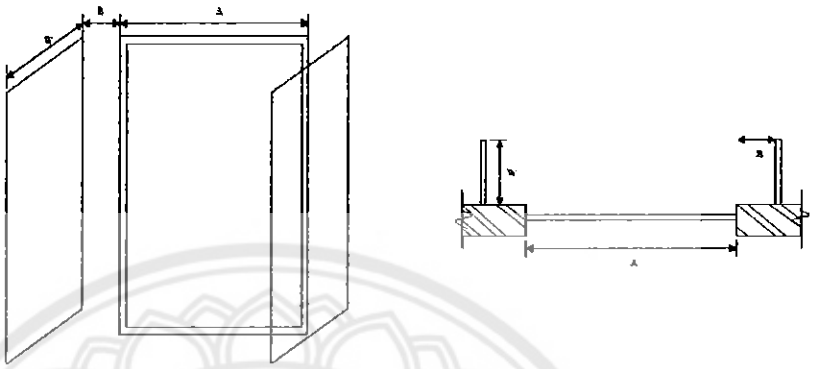
A คือ ความสูงของหน้าต่าง

B คือ ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง

W คือ ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด

C คือ ระยะหักมุมด้านหน้า

3.อุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin)



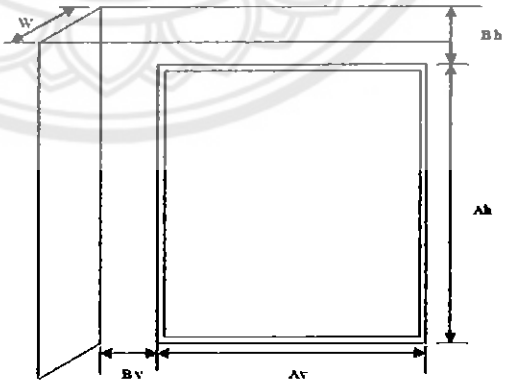
รูปที่ 3.7 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง

A คือ ความสูงของหน้าต่าง

B คือ ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง

W คือ ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด

4.อุปกรณ์บังแดดแบบผสม



รูปที่ 3.8 แสดงรูปแบบการกำหนดตัวแปรของอุปกรณ์บังแดดผสม

Ah คือ ความสูงของหน้าต่าง

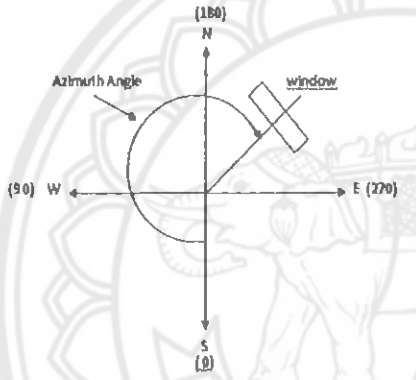
Bh คือ ระยะห่างจากขอบหน้าต่างด้านบน

Bv คือ ระยะห่างจากขอบหน้าต่างด้านข้าง

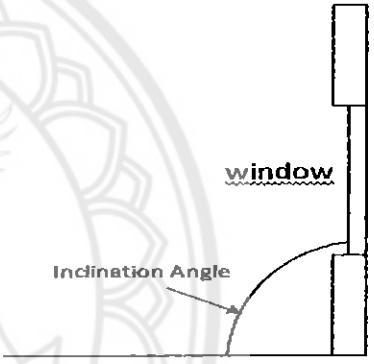
W คือ ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด

วิธีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) โดยใช้โปรแกรม 2E-Building Energy Code

1. กำหนดมุมอะซิมุทและมุมเอียงของทุกหลักของหน้าต่าง ซึ่งมุมอะซิมุทของหน้าต่างเป็นมุมที่ตำแหน่งของหน้าต่างในแนวระนาบกระทำกับทิศใต้และมุมเอียงของหน้าต่างคือ มุมที่เป็นแนวเส้นตรงซึ่งลากจากจุดบนพื้นโลกเทียบกับหน้าต่างกระทำกับพื้นราบ



รูปที่ 3.9 แสดงมุมอะซิมุท (Azimuth Angle)

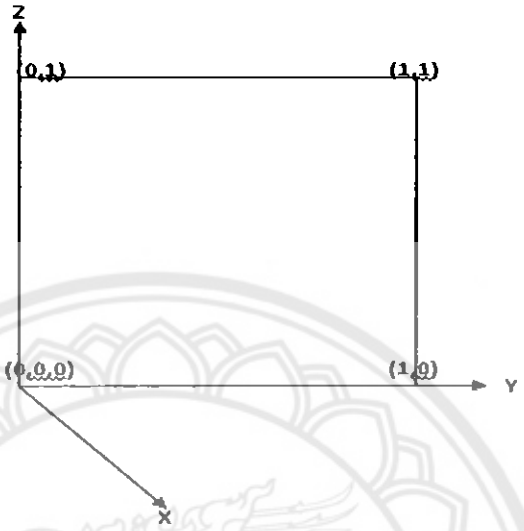


รูปที่ 3.10 แสดงมุมเอียงของระนาบ (Inclination Angle)

ขั้นตอนการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด SC ของหน้าต่างและอุปกรณ์บังแดด

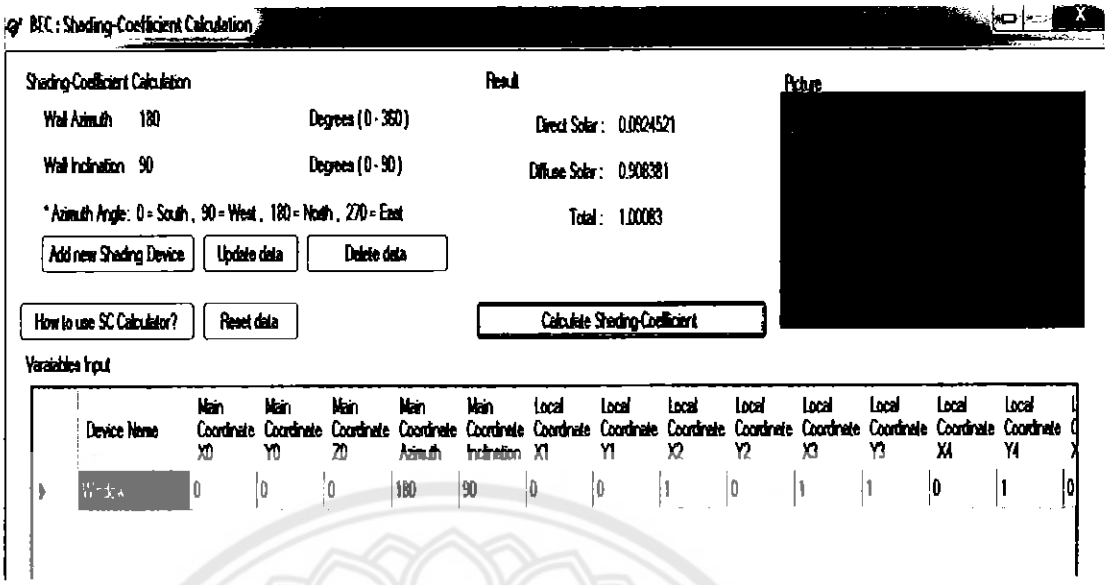
1. กำหนดตำแหน่ง ทิศทางของหน้าต่างที่พิจารณา ซึ่งจะทำให้ทราบค่ามุมอะซิมุทและมุมเอียง
2. กำหนดจุดกำเนิดของแกนหลักของหน้าต่างที่อยู่มุมซ้ายล่างของหน้าต่าง
3. แกน X ของแกนหลักชี้ตามมุมอะซิมุทของหน้าต่าง
4. กำหนดแกนรองของอุปกรณ์บังแดดแต่ละชิ้นและกำหนดมุมของแผงบังแดดในทิศของแกนรองให้ครบ
5. ป้อนข้อมูลของอุปกรณ์บังแดดแต่ละชิ้นให้ครบ

3.3.1 ตัวอย่างการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของหน้าต่างโดยใช้โปรแกรม 2E-Building Energy Code



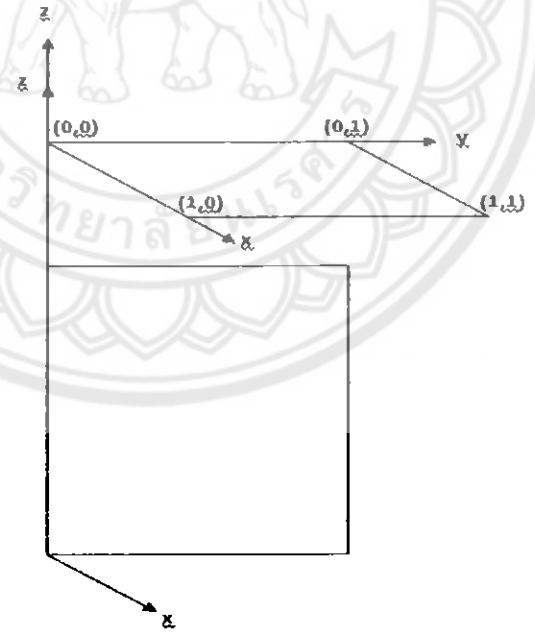
รูปที่ 3.11 แสดงหน้าต่างกว้าง 1 m. สูง 1 m. และหน้าต่างหันหน้าไปทาง**ทิศเหนือ**

จากรูป 3.11 หน้าต่างอยู่บนระนาบแกน Y และแกน Z พิกัดแรกของ**หน้าต่างคือพิกัดที่**อยู่ตรงจุด origin ของแกนหลัก (0,0,0) พิกัดที่สองของหน้าต่างคือ (1,0) บน**ระนาบแกน Y และ Z** มุมที่สามและสี่ของหน้าต่างอยู่ที่ตำแหน่ง (1,1) และ 0,1) ตามลำดับ เมื่อทราบ**พิกัดจุดต่างๆของ**หน้าต่างแล้วจึงทำการเข้าสู่โปรแกรม BEC เลือกในส่วนของ Shading Calculation **และทำการป้อน**ข้อมูลของ และในเมื่อกำหนดให้หน้าต่างหันไปทางด้านทิศเหนือ ดังนั้นมุมอะซิมุทของหน้าต่างจะเท่ากับ 180 องศาและมุมเอียงจะเท่ากับ 90 องศา โดยมุมแรกของหน้าต่างอยู่ที่ $(X_1,Y_1) = (0,0)$ มุมถัดไปจะเรียงทวนเข็มนาฬิกาจะได้ $(X_2,Y_2) = (1,0)$ $(X_3,Y_3) = (1,1)$ และ$(X_4,Y_4) = (0,1)$ ดังแสดงใน**รูปที่ 3.12 ดังนี้**



รูปที่ 3.12 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของหน้าต่างทาง**ด้านทิศเหนือ**

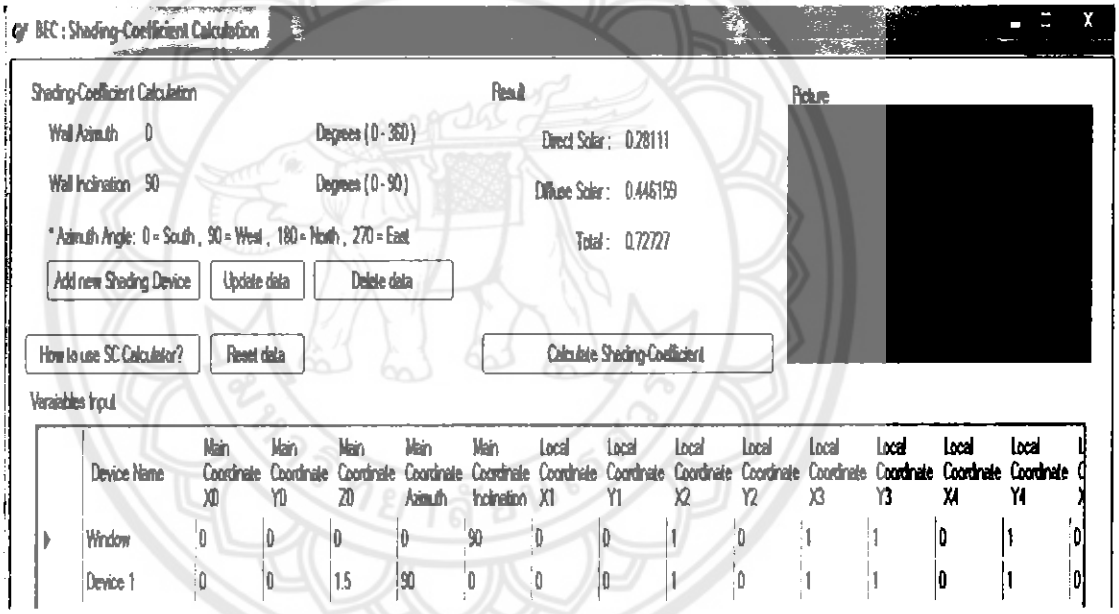
3.3.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)



รูปที่ 3.13 แสดงพิกัดของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)

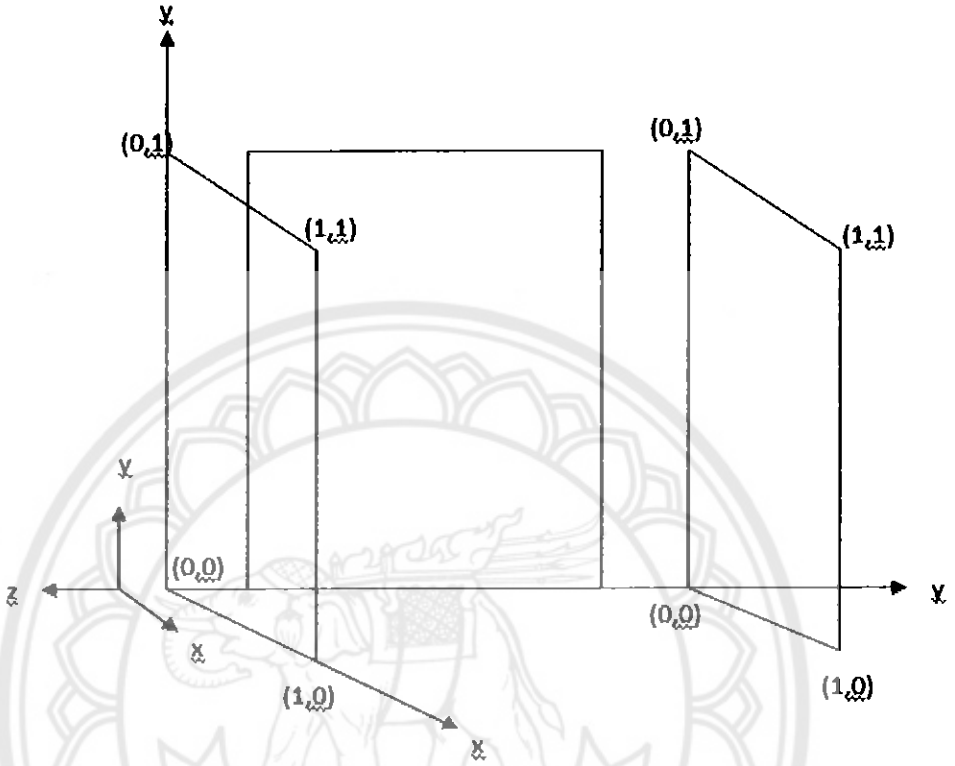
กำหนดให้อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนมีระยะยื่น 1 เมตร และระยะห่างจากขอบ 0.5 เมตร เมื่อหน้าต่างด้านทิศใต้ มุมอะซิมุทเท่ากับ 0 องศา และมุมเอียง เท่ากับ 0 องศา

จากรูปที่ 3.13 พิกัดของแกนรองของอุปกรณ์บังแดด # 1 บนแกนหลัก คือ (0, 0, 1.5) มุมอะซิมุทของอุปกรณ์บังแดด # 1 รอบแกน X ทิศที่แกน Z ชี้คือทิศของมุมอะซิมุทของอุปกรณ์บังแดด # 1 เท่ากับ 0 องศา มุมที่ 1 ของแผงบังแดดบนแกนรอง คือ (0, 0) และมุมต่อๆ ไปอยู่ที่ (1, 0) ; (1, 1) ; (0, 1) 9 ตามลำดับ เมื่อป้อนค่าพิกัดของหน้าต่างและอุปกรณ์บังแดดแล้วก็สามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด # 1 ได้ ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดทางด้านทิศใต้

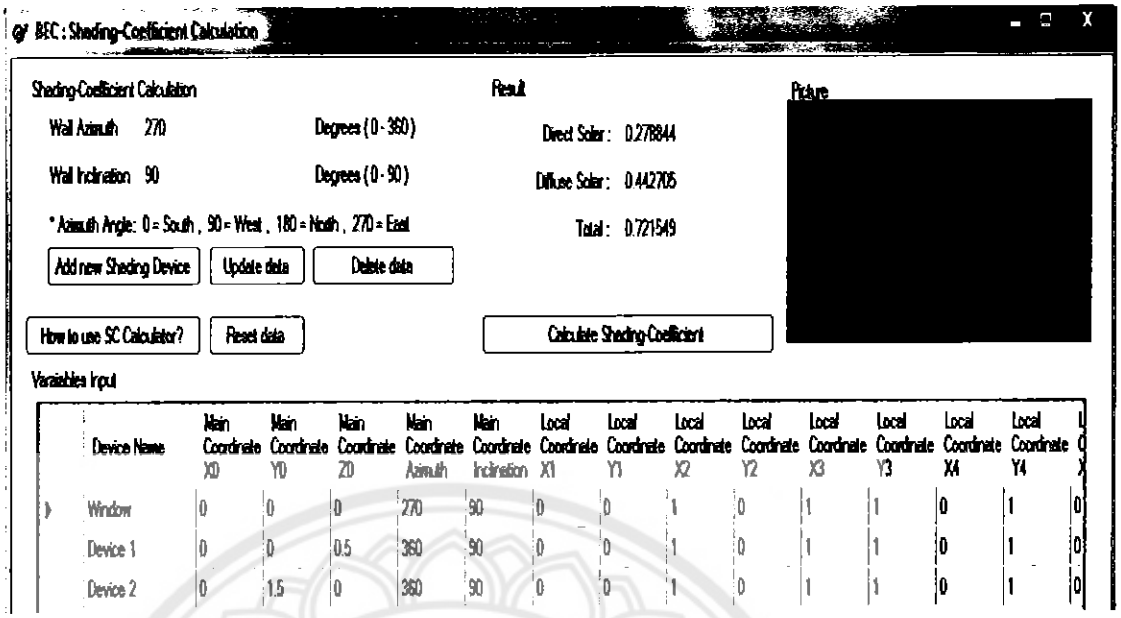
3.3.3 ตัวอย่างการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin)



รูปที่ 3.15 แสดงพิกัดของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin)

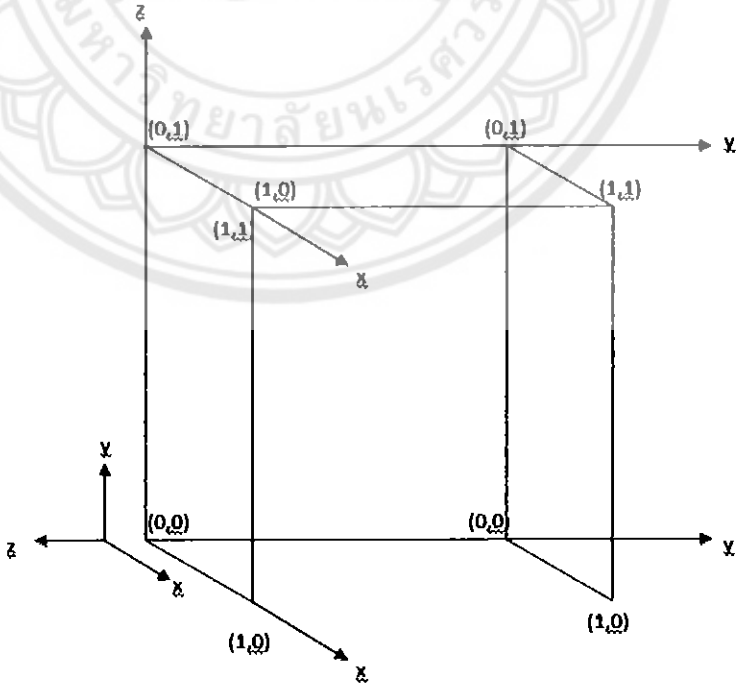
กำหนดให้อุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง มีระยะยื่น 1 เมตร และระยะห่างจากขอบ 0.5 เมตร เมื่อหน้าต่างหันทางด้านทิศตะวันออก มุมอะซิมุท เท่ากับ 270 องศา และมุมเอียง เท่ากับ 90 องศา

จากรูปที่ 3.15 พิกัดของแกนรองของอุปกรณ์บังแดด # 2 บนแกนหลัก คือ (0, 0, 0.5) มุมอะซิมุทของอุปกรณ์บังแดด #2 หาได้จากทิศที่แกน Z ชี้ซึ่งคือมุม 270 มุมที่ 1 ของอุปกรณ์บังแดดบนแกนรอง คือ (0, 0) และมุมถัดๆ ไป คือ (1, 0) ; (1, 1) ; (0, 1) ตามลำดับ และพิกัดของแกนรองของอุปกรณ์บังแดด #3 คือ (0, 1.5, 0) พิกัดมุมของอุปกรณ์บังแดดบนแกนรองเท่ากับพิกัดของแกนรองของอุปกรณ์บังแดด #2 เมื่อเติมค่าพิกัดของหน้าต่างของอุปกรณ์บังแดด #2 และ #3 ก็สามารถคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดดจากทั้งสองแผงได้ ดังรูปที่ 3.16



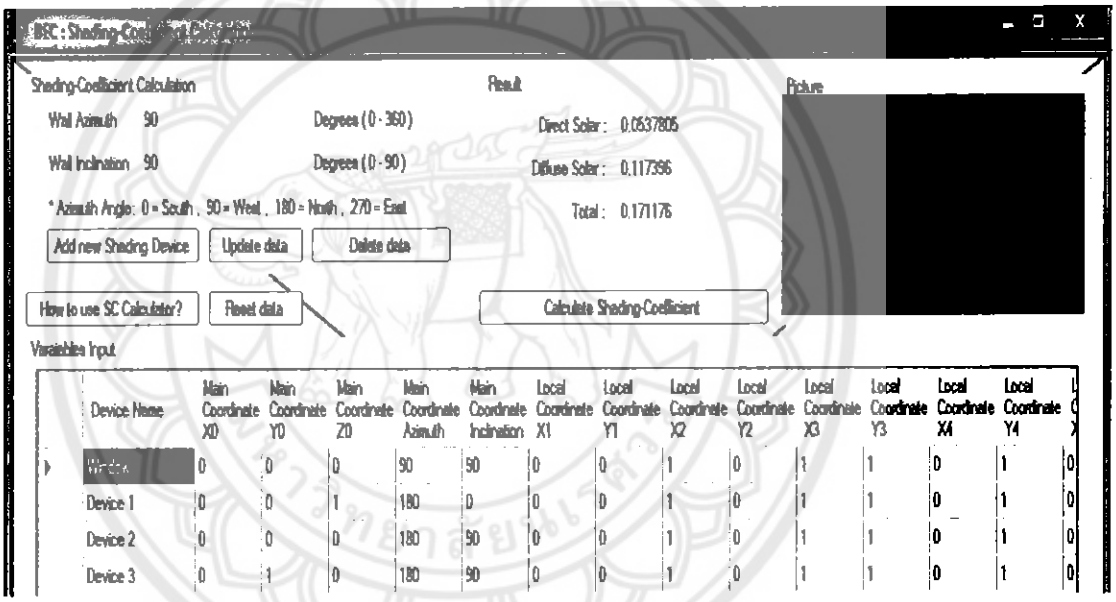
รูปที่ 3.16 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดทางด้านทิศตะวันออก

3.3.4 ตัวอย่างการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback)



รูปที่ 3.17 แสดงพิกัดของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback)

กำหนดให้อุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง มีระยะยื่น 1 เมตร และระยะห่างจากขอบ 0 เมตร เมื่อหน้าต่างหันทางด้านทิศตะวันตก มุมอะซิมุท เท่ากับ 90 องศา และมุมเอียง เท่ากับ 0 องศา ในอุปกรณ์บังแดดแนวราบ และ90 องศา ในอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง จากรูปที่ 3.17 พิกัดของแกนรองของอุปกรณ์บังแดด #1 บนแกนหลัก คือ (0, 0, 1) และพิกัดของแกนรองของอุปกรณ์บังแดด #2 และ #3 คือ (0, 0, 0) ; (0, 1, 0) ตามลำดับ และมุมที่ 1 ของอุปกรณ์บังแดดบนแกนรอง คือ (0, 0) มุมถัดๆ ไป คือ (1, 0) ; (1, 1) ; (0, 1) เมื่อเติมค่าพิกัดของหน้าต่างและของอุปกรณ์บังแดด #1 , #2 และ#3 ก็สามารถคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดดจากทั้งสามอุปกรณ์บังแดดได้ ดังรูป 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดทางด้านทิศตะวันตก

3.4 การคำนวณหาความร้อนจากดวงอาทิตย์ Cooling Load (Q)

ซึ่งการคำนวณหาความร้อนจากดวงอาทิตย์นี้จะขอพิจารณาเฉพาะในส่วนของค่าที่ได้จากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Radiation) เท่านั้น เนื่องจากว่าปริมาณความร้อนที่เข้ามาสู่อาคารส่วนมากจะมีผลมาจากค่าแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งกล่าวมาแล้วในบทที่ผ่านมา

จากการที่ได้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด(SC) มาแล้วนั้น ต่อไปก็จะนำค่าSCนี้ไปคำนวณหาค่าความร้อนที่เข้าสู่อาคาร โดยจะคำนวณจากสมการที่1.4 (บทที่2) ดังนี้

$$Q = SC \times A \times SHGF \times CLF$$

ซึ่งจะยกตัวอย่างการคำนวณค่าความร้อนจากอาคารที่ตังอยู่ในจังหวัดพิษณุโลก ที่มีขนาด 5m.× 4m.× 3m. และมีทางผนังของอาคารด้านหนึ่งติดกระจกขนาด4m.× 2m. ซึ่งเป็นกระจกใส หนา 3mm.และไม่มีม่านบังด้านในอาคาร ซึ่งผลการคำนวณจะแสดงดังกราฟในบทที่4

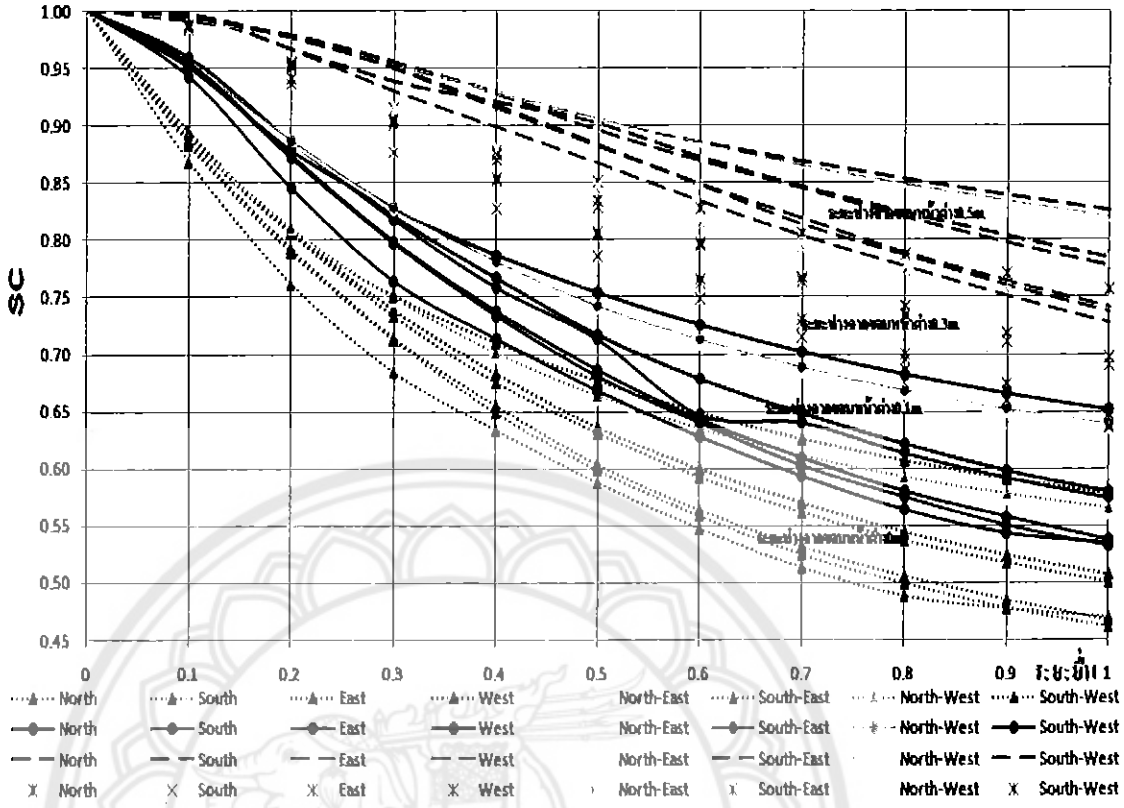
รูปที่ 3.19 แสดงตัวอย่างอาคารที่นำมาคำนวณหาค่าความร้อน (Cooling Load; Q)

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล

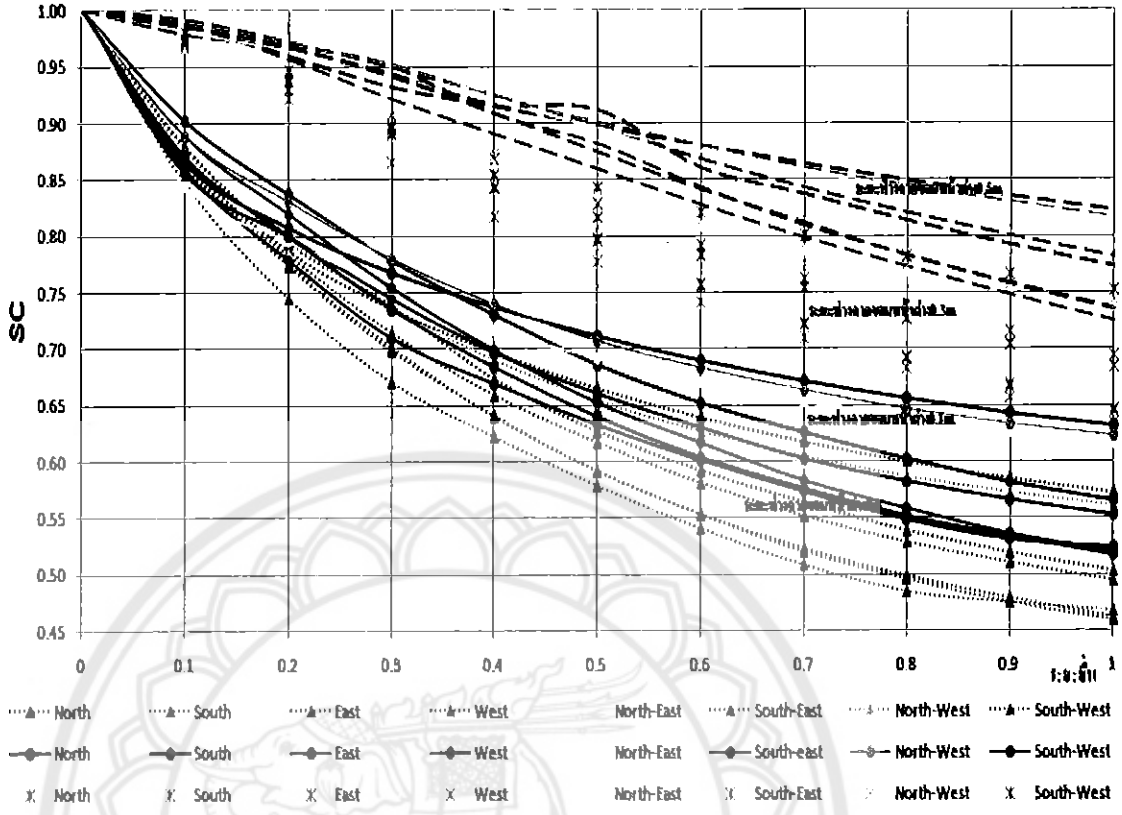
4.1 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ที่ระยะยื่นต่างๆ ของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ที่ระยะยื่นต่างๆ ของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร เพื่อทำการศึกษา วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด และระยะห่างจากขอบหน้าต่าง โดยทำการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารแบบต่างๆซึ่งได้แก่ อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) อุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) อุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) และอุปกรณ์บังแดดแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ซึ่งการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) โดยเริ่มคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดตั้งแต่ระยะยื่นเริ่มต้นเท่ากับ 0-1 เมตรและที่ระยะห่างจากขอบหน้าต่างตั้งแต่ 0-0.5 เมตรใน8ทิศที่ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด ซึ่งจะแสดงดังกราฟต่อไปนี้

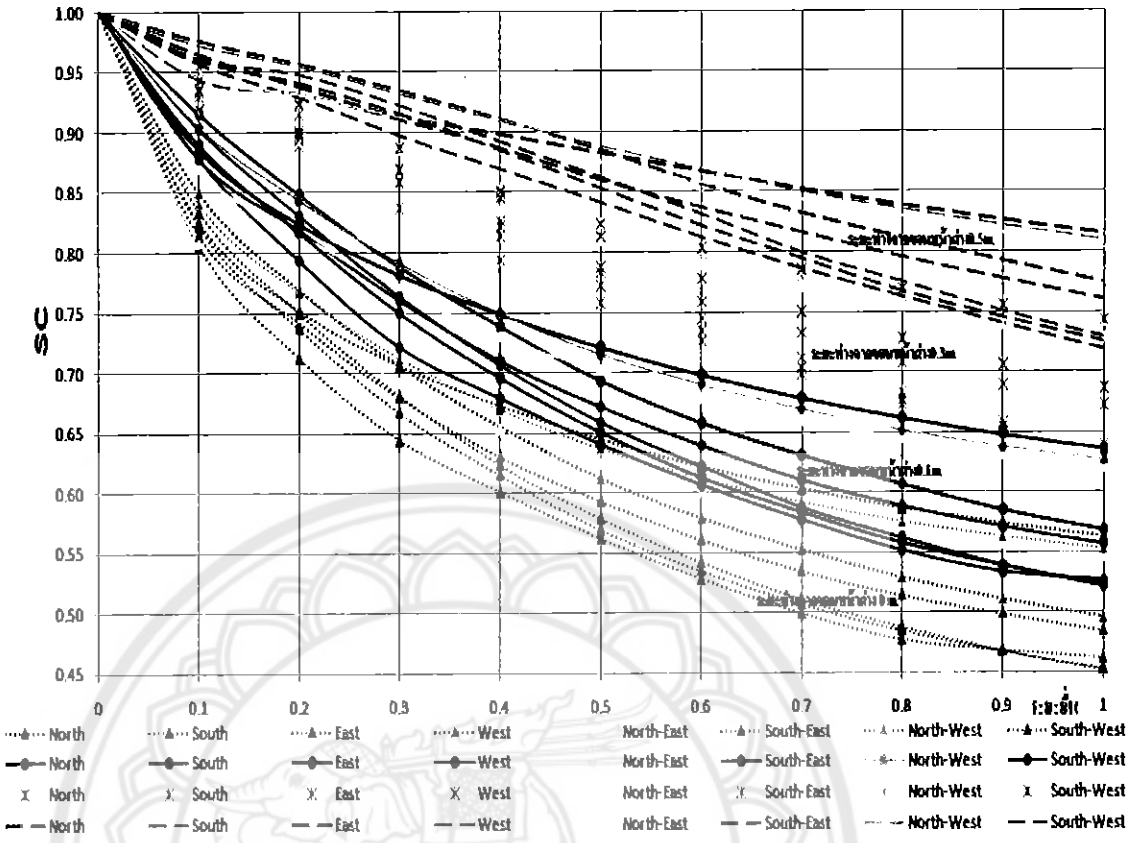


แผนภาพที่ 4.1 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)ที่ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m. ,1m. , 3m. และ5m.ของระยะยื่น0-1m.

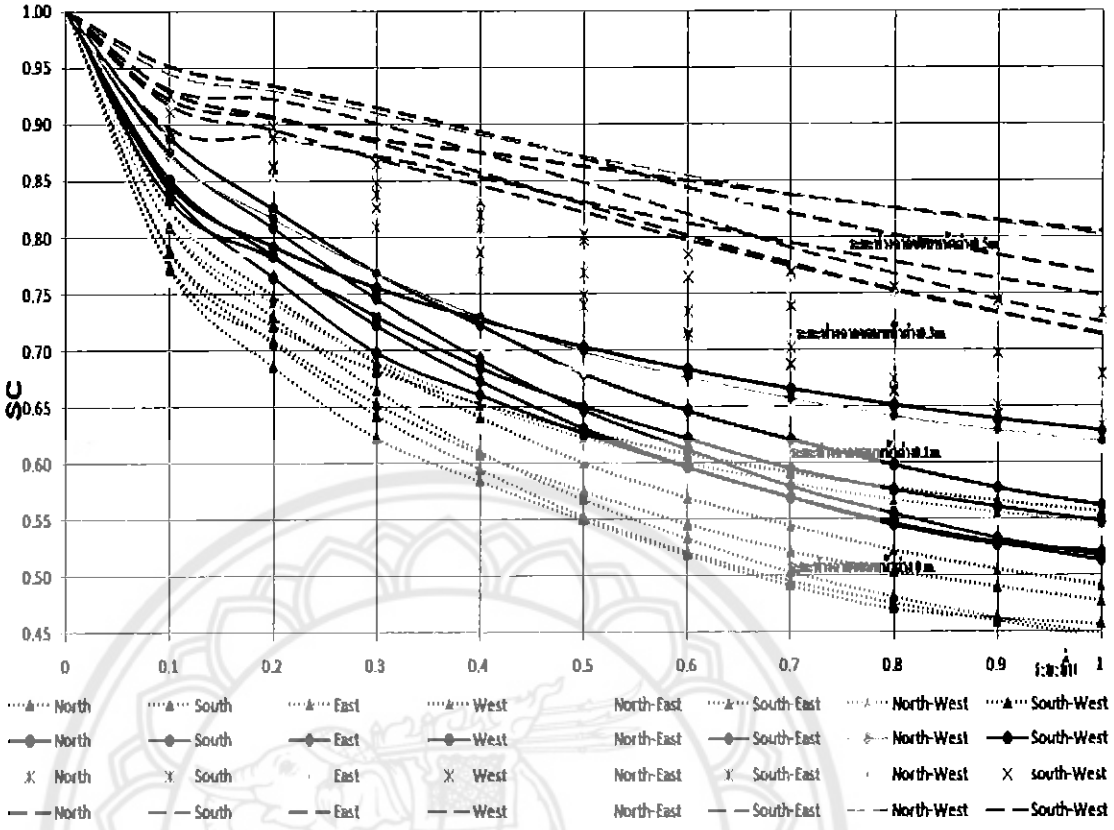
จากแผนภาพที่ 4.1 แนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจะลดลงเมื่อระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดเพิ่มขึ้น โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ต่ำสุดทางด้านทิศใต้ และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) สูงสุดทางด้านทิศเหนือ กล่าวคือ อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) มีความเหมาะสมสำหรับหน้าต่างทางด้านทิศใต้มากที่สุด เนื่องจากว่าทิศใต้เป็นทิศที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อนของดวงอาทิตย์มากที่สุด เหตุผลคือดวงอาทิตย์จะขึ้นทางด้านทิศตะวันออกแล้วโคจรอ้อมทางด้านทิศใต้แล้วตกทางด้านทิศตะวันตก ส่งผลทำให้เมื่อมีการใส่อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารทางด้านทิศใต้จะทำให้สามารถบังรังสีจากดวงอาทิตย์หรือลดค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ได้มากกว่าทิศอื่นๆ เมื่อเทียบกับทิศเหนือที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อนของดวงอาทิตย์น้อยที่สุด ซึ่งเมื่อทำการใส่อุปกรณ์บังแดดทางด้านทิศเหนือจึงบังรังสีจากดวงอาทิตย์ได้น้อยหรือลดค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ได้น้อย โดยอุปกรณ์บังแดดแบบดังกล่าวนี้เหมาะสำหรับบังรังสีอาทิตย์ในช่วงสายจนถึงช่วงบ่าย



แผนภาพที่ 4.2 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดด**แบบแนวนอนผสม**กับแบบหักมุมด้านหน้า 0.1m.ที่ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0m, 0.1m. ,0.3m. และ0.5m. ของระยะขึ้น0-1m.

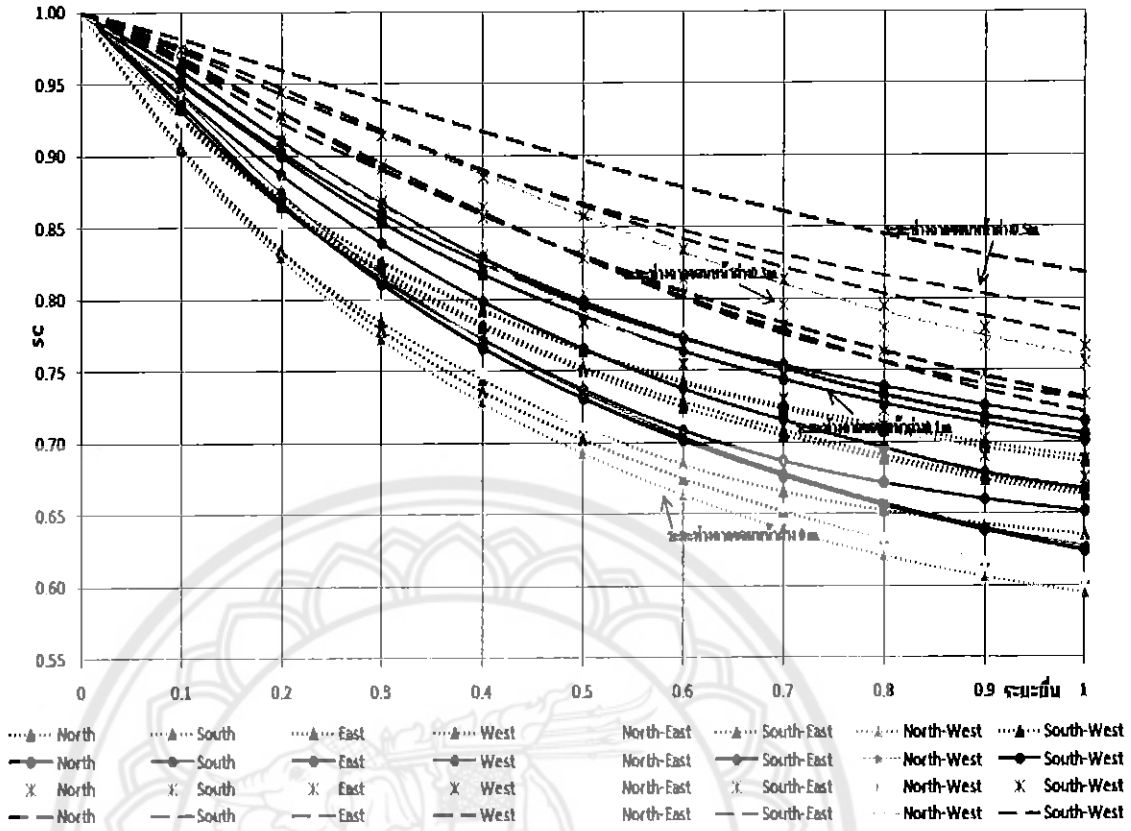


แผนภาพที่ 4.3 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมกับแบบหักมุมด้านหน้า 0.3m.ที่ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0m, 0.1m. ,0.3m. และ0.5m. ของระยะยื่น0-1m.



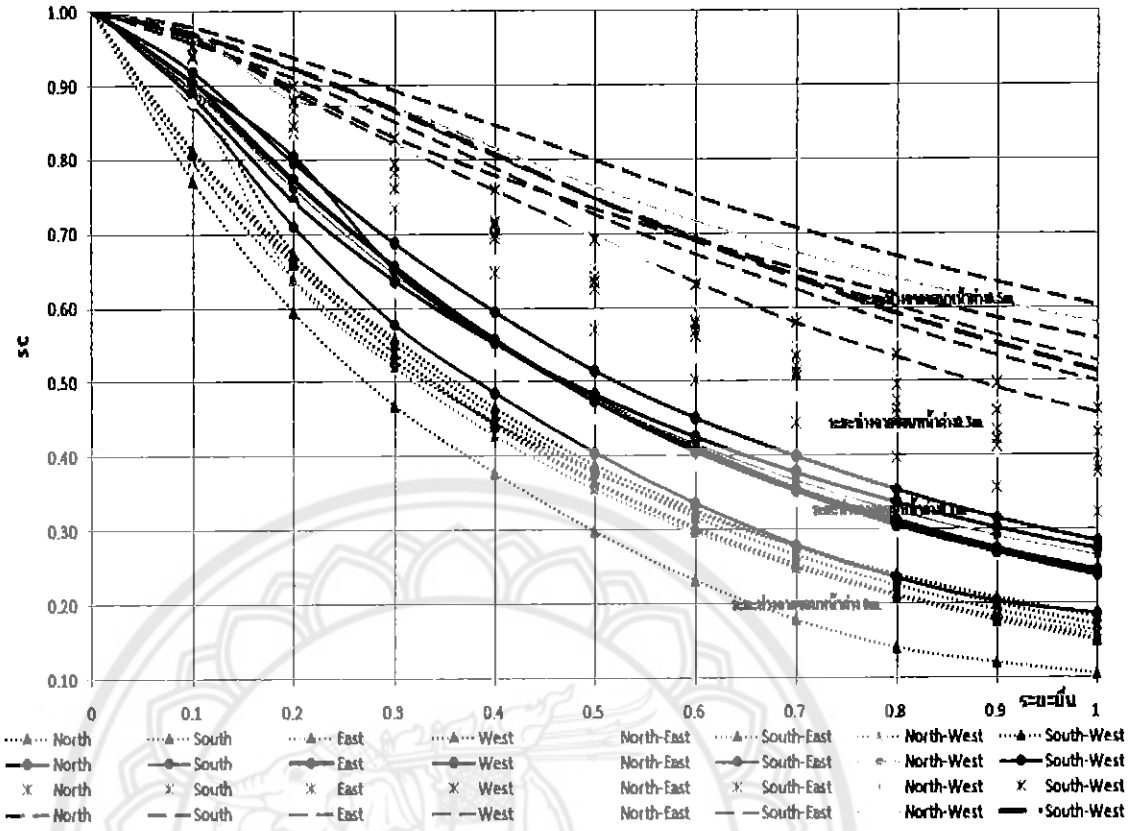
แผนภาพที่ 4.4 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมกับแบบหักมุมด้านหน้า 0.5m.ที่ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0m, 0.1m. ,0.3m. และ 0.5m ของระยะขึ้น0-1m.

อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า จากแผนภาพที่ 4.2 ถึง 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดแบบหักมุมจะมีแนวโน้มลดลงคล้ายกับอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) และยังมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) อยู่ในช่วงใกล้เคียงกันในแต่ละทิศ เพียงแต่ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดแบบหักมุมจะมีค่าที่ต่ำกว่าอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) แต่ความสามารถในการบังแดดในแต่ละทิศจะเหมือนกับอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)



แผนภาพที่ 4.5 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ที่ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m, 1m, 3m. และ 5m.ของระยะยื่น 0-1m.

อุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) จากแผนภาพที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดมีค่าลดลงต่ำที่สุดทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศเหนือตามลำดับ กล่าวคืออุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้งมีความสามารถในการบังรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้ดีในทิศดังกล่าวและมีค่า sc มากที่สุดที่สุดทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ นั่นคือการเพิ่มระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดในทิศนี้มากๆ จึงมีผลต่อการลดค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ได้น้อยเมื่อเทียบกับทิศอื่นๆ



แผนภาพที่ 4.6 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ที่ระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m. ,1m. , 3m. และ 5m. ของระยะยื่น 0-1m.

อุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) จากแผนภาพที่ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดผสมจะมีค่าลงลดมาก เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์บังแดดแบบอื่นๆที่ระยะยื่นเท่ากัน สังเกตได้จากค่าความชันของกราฟที่ลดลงจะมีค่ามากและมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ลดลงต่ำที่สุดทางด้านทิศใต้ ซึ่งโดยภาพรวมแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) จะมีค่าต่ำในทุกทิศเมื่อเทียบกับอุปกรณ์บังแดดแบบอื่นๆ จึงมีความเหมาะสมกับหน้าต่างในทุกทิศ แต่เมื่อทำการเพิ่มระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดมากขึ้นจนถึงระยะยื่นที่ความยาวจุดหนึ่ง การลดลงของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง สังเกตได้จากค่าความชันของกราฟที่ลดลง แสดงว่าถ้าเพิ่มความยาวของระยะยื่นเกินจากจุดดังกล่าว มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิ์การบังแดดน้อยมากๆ ทั้งนี้อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจะมีความแตกต่างกันมากหรือน้อยยังขึ้นอยู่กับทิศต่างๆที่ทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด

ผลจากกการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ที่ระยะยื่นต่างๆ ของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารแบบต่างๆ เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด ดังแผนภาพที่ 4.1 ถึง 4.6

พบว่าเมื่อเพิ่มระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารแบบต่างๆ จะส่งผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดมีค่าลดลง และเมื่อทำการเพิ่มระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระยะยื่นที่ความยาวจุดหนึ่ง การลดลงของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลงมากหรือลดค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (sc) ได้น้อยมาก

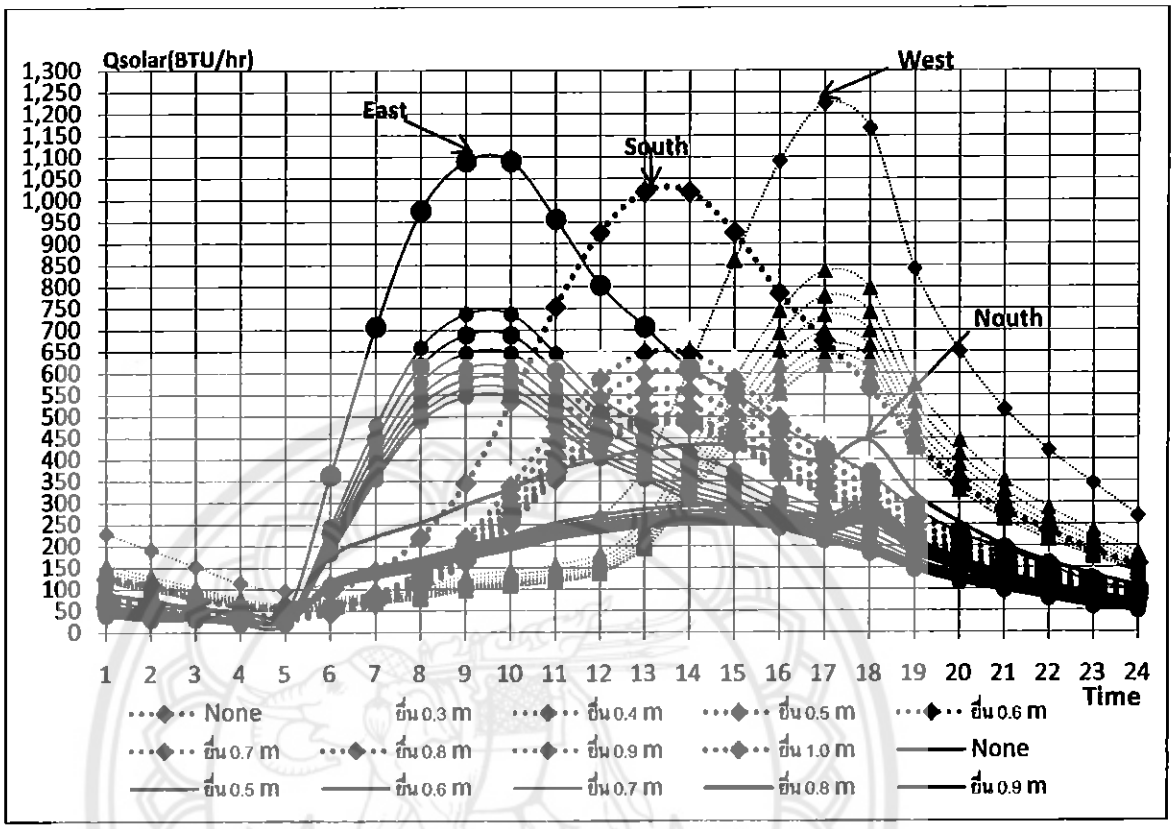
เนื่องจากการเพิ่มระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร เป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ในการบังรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ให้กับหน้าต่างได้มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสังเกตได้ว่ากรณีที่อุปกรณ์บังแดดชนิดเดียวกันแต่มีระยะห่างจากขอบหน้าต่างแตกต่างกันค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจะมีค่าน้อยที่สุดที่ระยะที่ชิดขอบหน้าต่างมากที่สุด

4.2 การวิเคราะห์ค่าความร้อนของการบังแสงอาทิตย์ของอุปกรณ์บังแดด

หลังจากที่คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) มาเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำค่า SC ที่ได้และ อยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือ 0.3-0.7 มาคำนวณหาค่าความร้อนของรังสีอาทิตย์ (Q) ที่ส่องเข้ามาสู่อาคารในทิศทางต่างๆทั้ง 8 ทิศ คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยกระจกตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์มีขนาด 4m × 2m หนา 3mm. ในระยะห่างจากขอบหน้าต่าง 0 m ระยะยื่นต่างๆ พิกัดที่ 16° ที่ จังหวัด พิษณุโลก ตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อทำการวิเคราะห์ผลจากค่าความร้อนของรังสีอาทิตย์ที่ได้ในแต่ละทิศ ในกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดกับกรณีที่มีอุปกรณ์บังแดด กำหนดให้เส้นสีแดงที่ปรากฏในกราฟ แสดงค่าปริมาณความร้อนในกรณีที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด แกน X เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แกน Y เป็นปริมาณความร้อน ซึ่งจะแสดงดังกราฟในรูปของปริมาณความร้อนได้ดังต่อไปนี้

แผนภาพในรูปของปริมาณความร้อนที่ผ่านกระจกในทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้

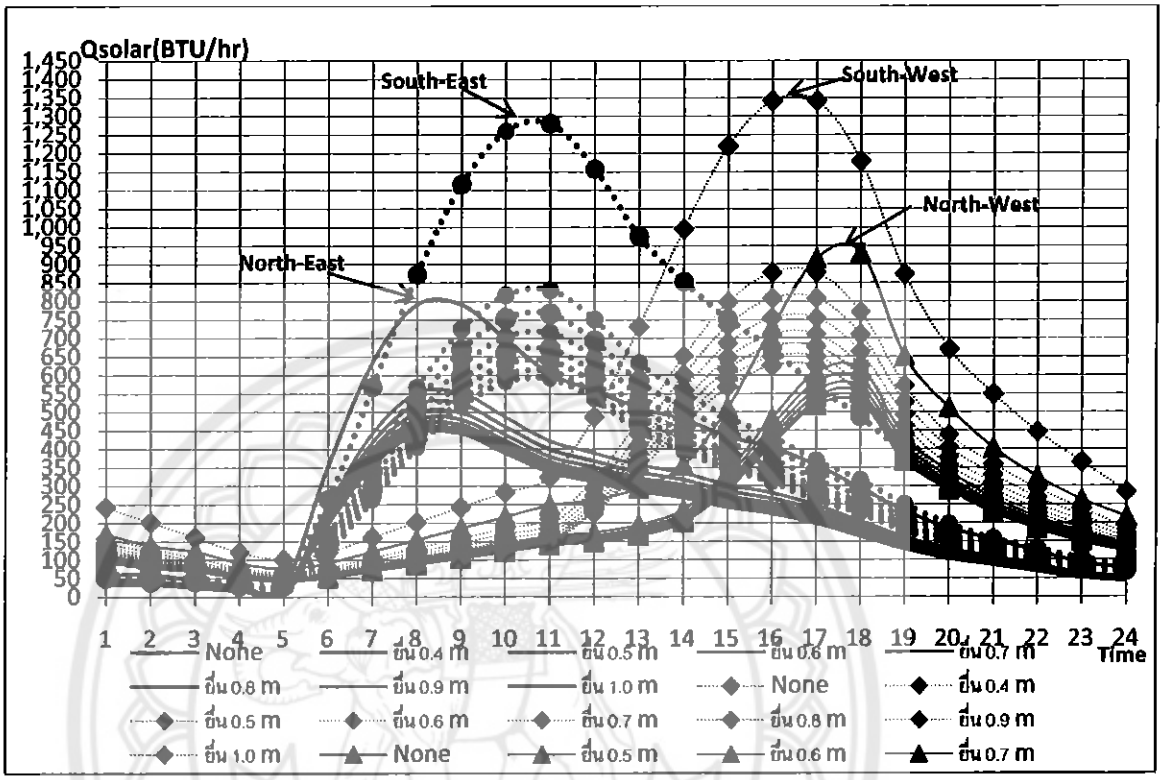
แบบแนวนอน (Overhang) ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก



แผนภาพที่ 4.7 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)

จากแผนภาพที่ 4.7 กราฟจะแบ่งเป็นสี่ส่วนอย่างเห็นได้ชัดโดยทิศตะวันออกจะมีปริมาณความร้อนสูงในช่วงเช้า คือ 7.00- 13.00น. และทิศใต้ จะมีปริมาณความร้อนสูงในช่วงกลางวัน คือ 10.00 – 17.00 น. เป็นช่วงที่มีปริมาณความร้อนยาวนานที่สุด ทิศตะวันตก มีปริมาณความร้อนสูงในช่วง 14.00 – 20.00 น. ส่วนทิศเหนือจะมีปริมาณความร้อนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ สามทิศที่กล่าวไว้ แต่เมื่อติดอุปกรณ์บังแดดโดยภาพรวมจะลดค่าความร้อนได้ประมาณ 32.5 % ระยะยื่นที่ใช้ติดในแต่ละทิศอยู่ที่ 0.3-1.0 m

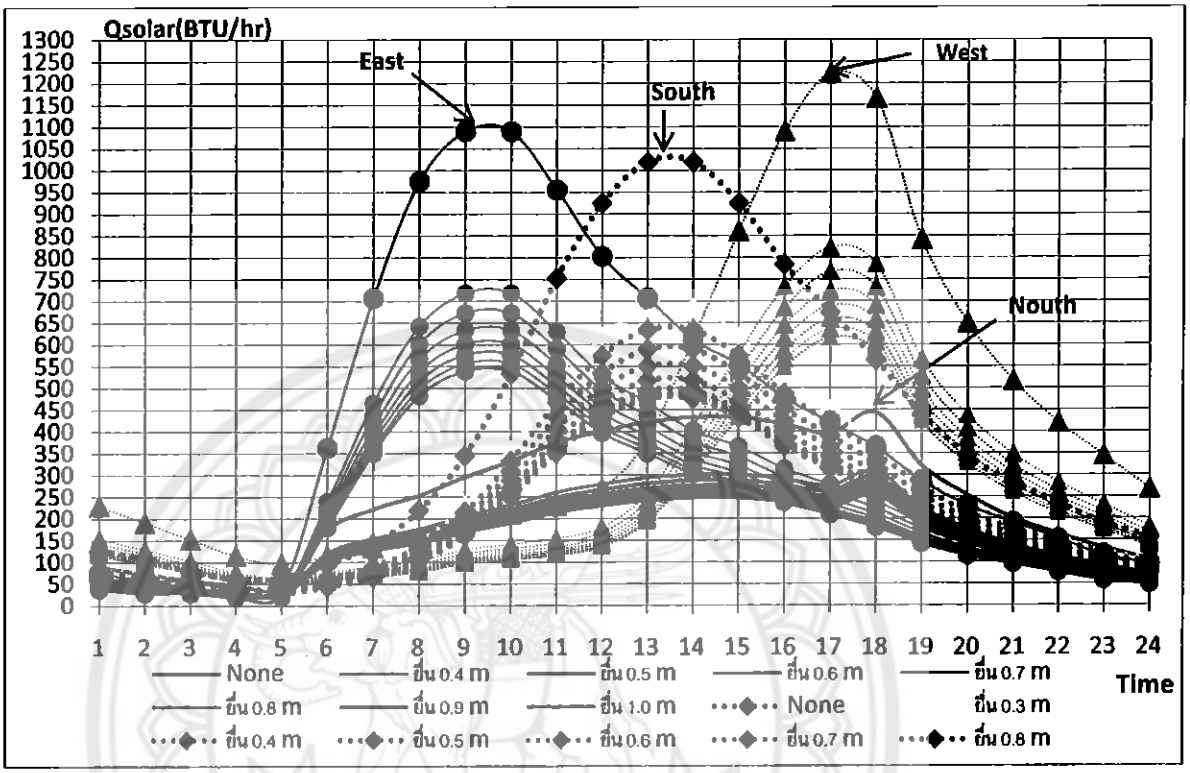
แบบแนวนอน (Overhang) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้



แผนภาพที่ 4.8 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ แบบแนวนอน (Overhang)

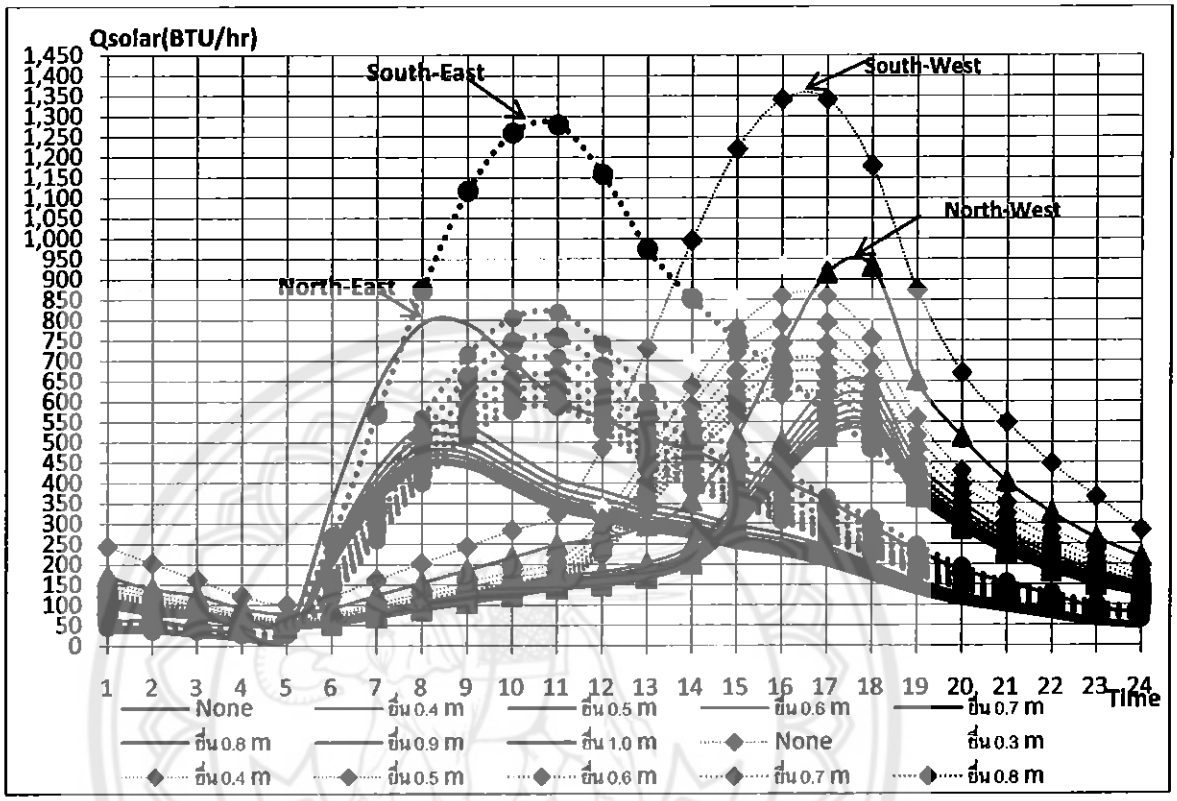
จากแผนภาพที่ 4.8 แบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มใหญ่กล่าวคือปริมาณความร้อนที่สูงในช่วง 07.00 –15.00 น.และ ปริมาณความร้อนที่สูงในช่วง 12.00 - 20.00 น. กลุ่มที่ร้อนในช่วง 07.00 – 15.00 น. คือกลุ่มทางทิศตะวันออก ได้แก่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ โดยทิศตะวันออกเฉียงเหนือจะมีค่าปริมาณความร้อนต่ำกว่าตะวันออกเฉียงใต้ และ กลุ่มที่ร้อนในช่วง 12.00 - 20.00 น. คือกลุ่มทางทิศตะวันตก ได้แก่ทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ โดยทิศตะวันตกเฉียงเหนือจะมีค่าปริมาณความร้อนต่ำกว่าตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้มีค่าปริมาณความร้อนสูงที่สุด แต่เมื่อติดอุปกรณ์บังแดดโดยภาพรวมจะลดค่าความร้อนได้ประมาณ 34 % ระยะยื่นที่ใช้ติดในแต่ละทิศอยู่ที่ 0.4-1.0 m

แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.1 m ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก



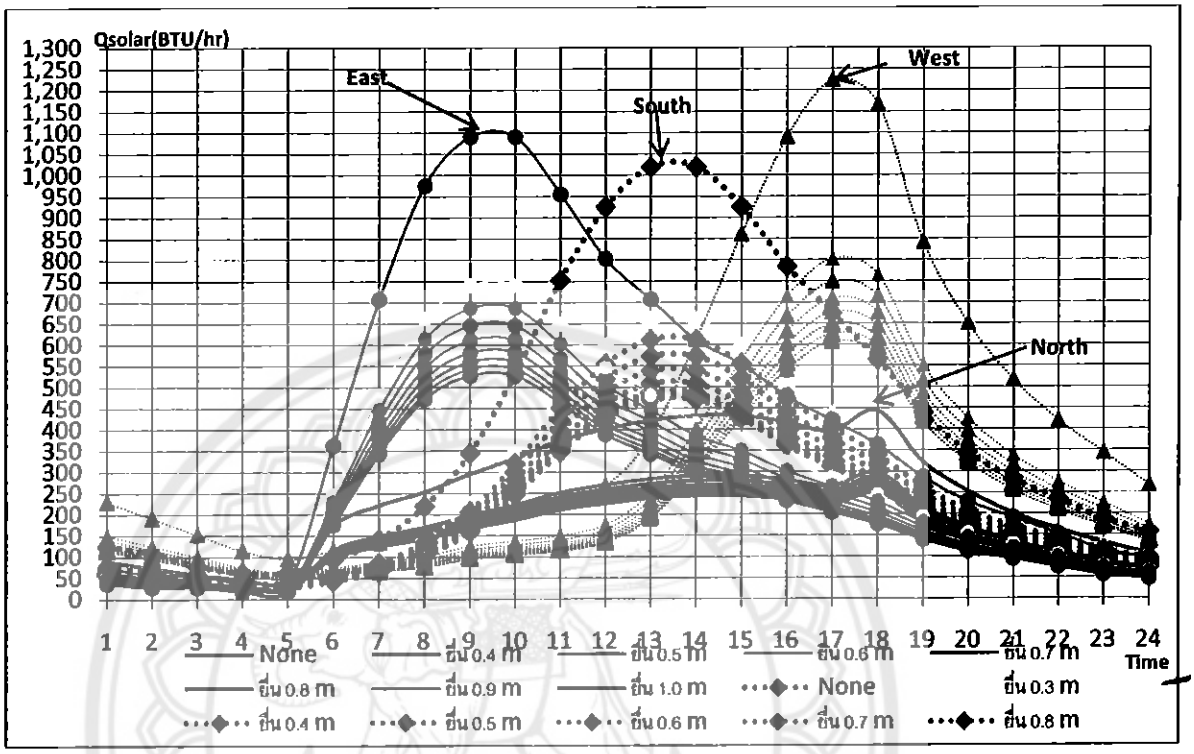
แผนภาพที่ 4.9 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ **ทิศตะวันออกและทิศตะวันตกแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.1 m**

แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.1 m ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้



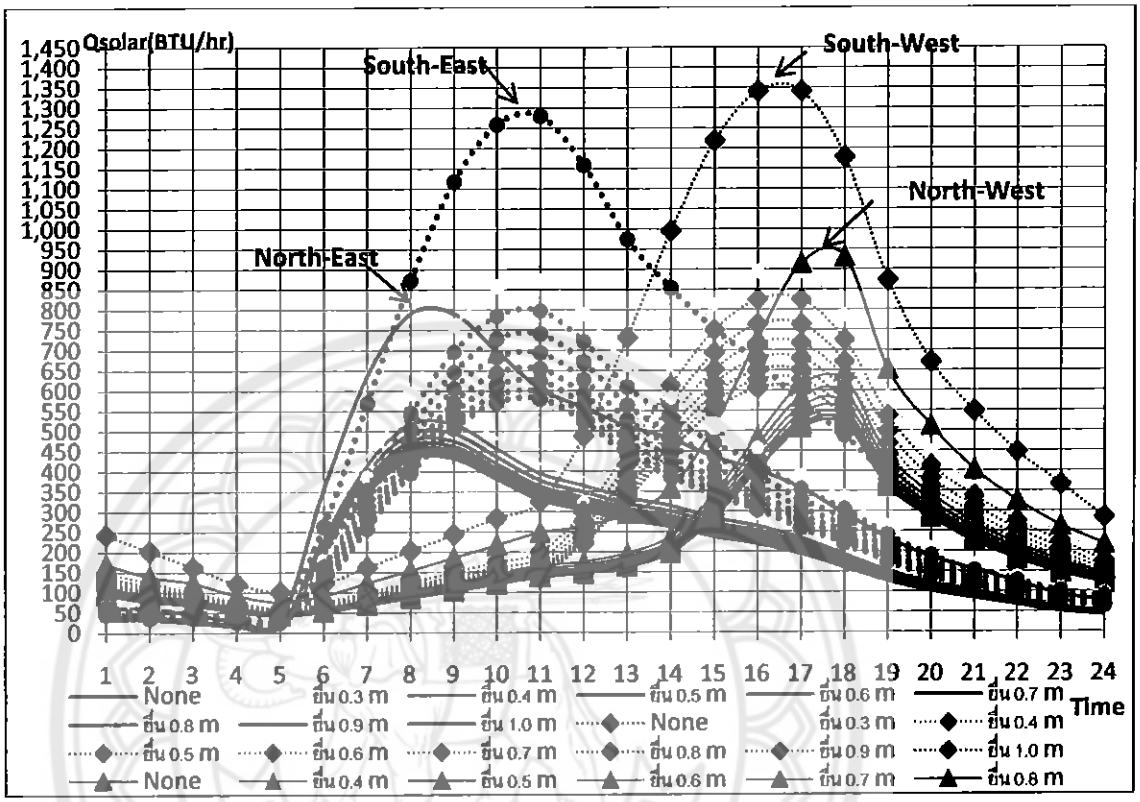
แผนภาพที่ 4.10 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.1 m

แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.3 m ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก



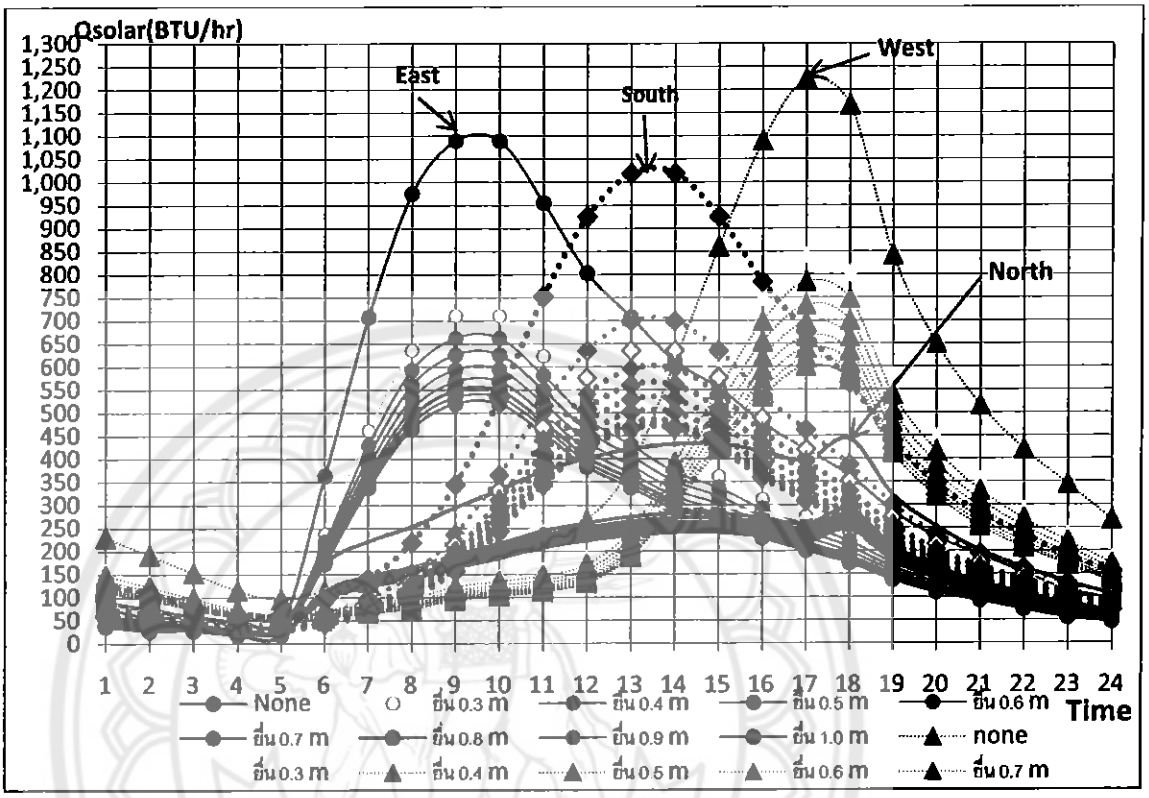
แผนภาพที่ 4.11 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตกแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.3 m

แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.3 m ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้



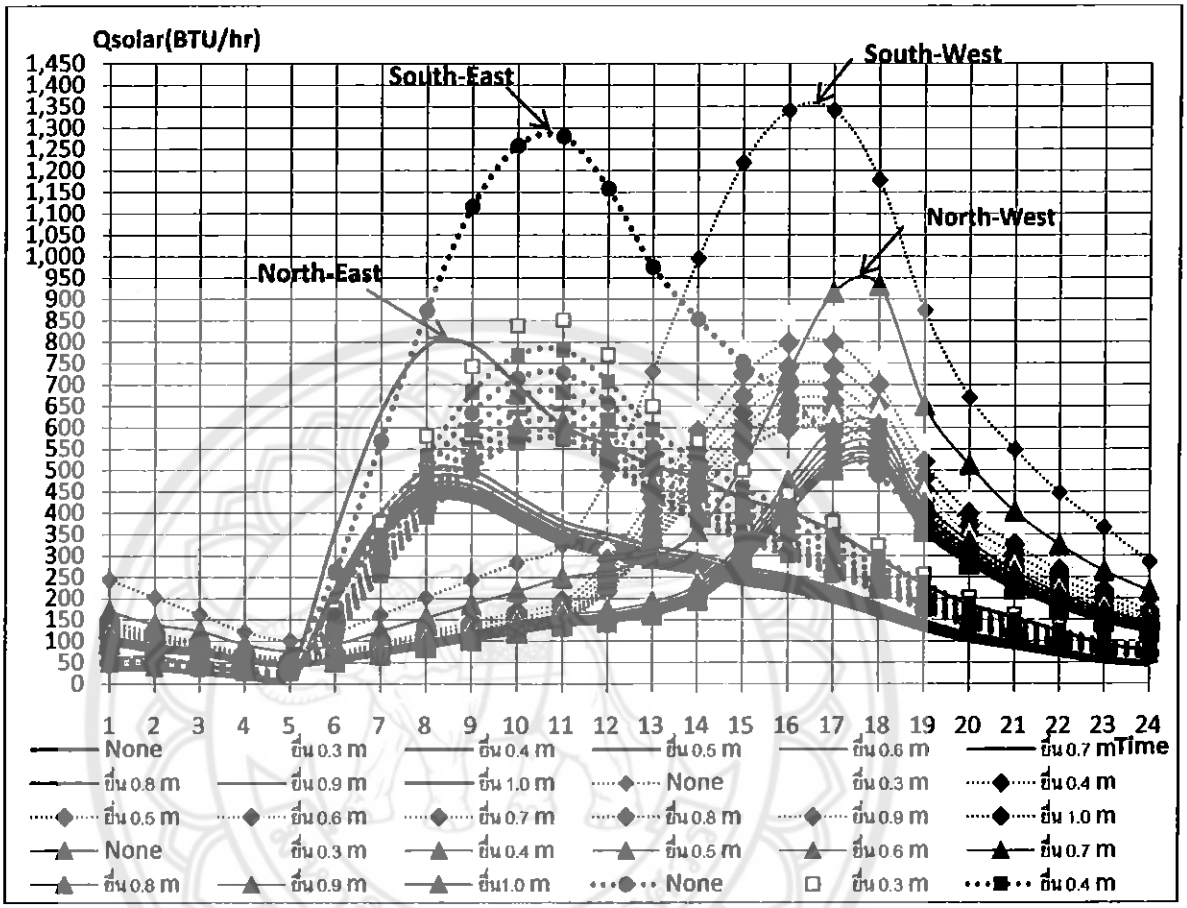
แผนภาพที่ 4.12 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.3 m

แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.5 m ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก



แผนภาพที่ 4.13 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตกแบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.5 m

แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.5 m ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้

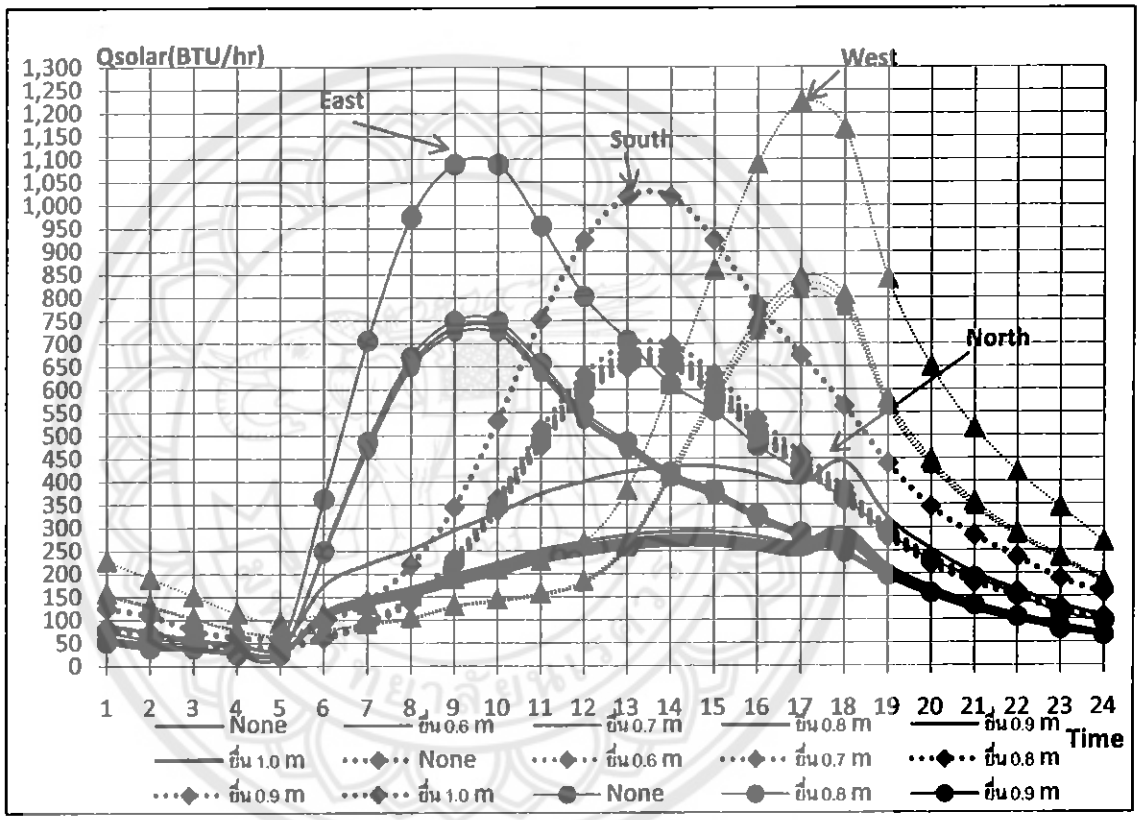


แผนภาพที่ 4.14 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.5 m

จากแผนภาพที่ 4.9, แผนภาพที่ 4.11, แผนภาพที่ 4.13 ปริมาณความร้อนในทิศต่างๆจะมีทิศทางเดียวกับแบบ Overhang ทั้งทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก แต่ปริมาณความร้อนจะลดลงจากแบบ Overhang ตามลำดับจากน้อยไปมาก คือ แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.1, 0.3, 0.5 m แต่เมื่อติดอุปกรณ์บังแดด โดยภาพรวมจะลดค่าความร้อนได้ประมาณ 32 % ระยะยื่นที่ใช้ติดในแต่ละทิศอยู่ที่ 0.3-1.0 m ส่วนแผนภาพที่ 4.10, แผนภาพที่ 4.12, แผนภาพที่ 4.14 แบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ เหมือน แบบ Overhang ทั้งทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ แต่ปริมาณความร้อนจะลดลง

จากแบบ Overhang ตามลำดับจากน้อยไปมาก คือ แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้า ระยะ 0.1, 0.3, 0.5 m แต่เมื่อติดอุปกรณ์บังแดด โดยภาพรวมจะลดค่าความร้อนได้ประมาณ 32.5%ระยะยื่นที่ใช้ติดในแต่ละทิศอยู่ที่ 0.3-1.0 m

แบบแนวตั้ง (Fin) ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก

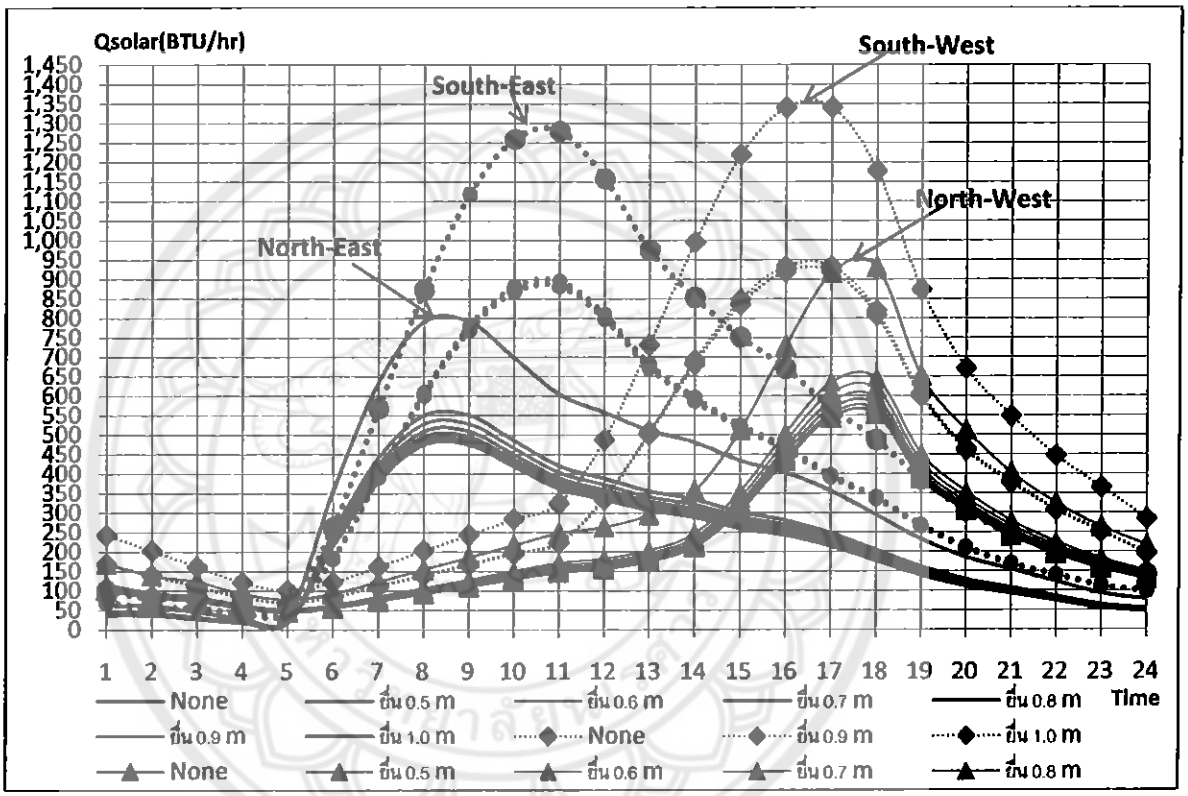


แผนภาพที่ 4.15 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก แบบแนวตั้ง (Fin)

จากแผนภาพที่ 4.15 กราฟจะแบ่งเป็นสี่ส่วนอย่างเห็นได้ชัดโดยทิศตะวันออกจะมีปริมาณความร้อนสูงในช่วงเช้า คือ 7.00- 13.00น. และทิศใต้ จะมีปริมาณความร้อนสูงในช่วงกลางวัน คือ 10.00 – 17.00 น. เป็นช่วงที่มีปริมาณความร้อนยาวนานที่สุด ทิศตะวันตก มีปริมาณความร้อนสูงในช่วง 14.00 – 20.00 น. ส่วนทิศเหนือจะมีปริมาณความร้อนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ สามทิศที่กล่าวไว้ แต่เมื่อติดอุปกรณ์บังแดดโดยภาพรวมจะลดค่าความร้อนได้ประมาณ 31.5% แต่ปริมาณความร้อนเมื่อเทียบในทิศเดียวกันและระยะชิดขอบหน้าต่างกับแบบแนวนอน(Overhang) แบบแนวนอน

ผสมแบบหักมุมด้านหน้าในระยะต่างๆ ต้องติดอุปกรณ์แบบแนวตั้ง (Fin) ในระยะยื่นที่ยาวกว่า และระยะยื่นที่ใช้ติดในทิศตะวันออกและทิศตะวันตกอยู่ที่ 0.8-1.0 m ระยะยื่นที่ใช้ติดในทิศเหนือและทิศใต้อยู่ที่ 0.6-1.0 m

แบบแนวตั้ง (Fin) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้

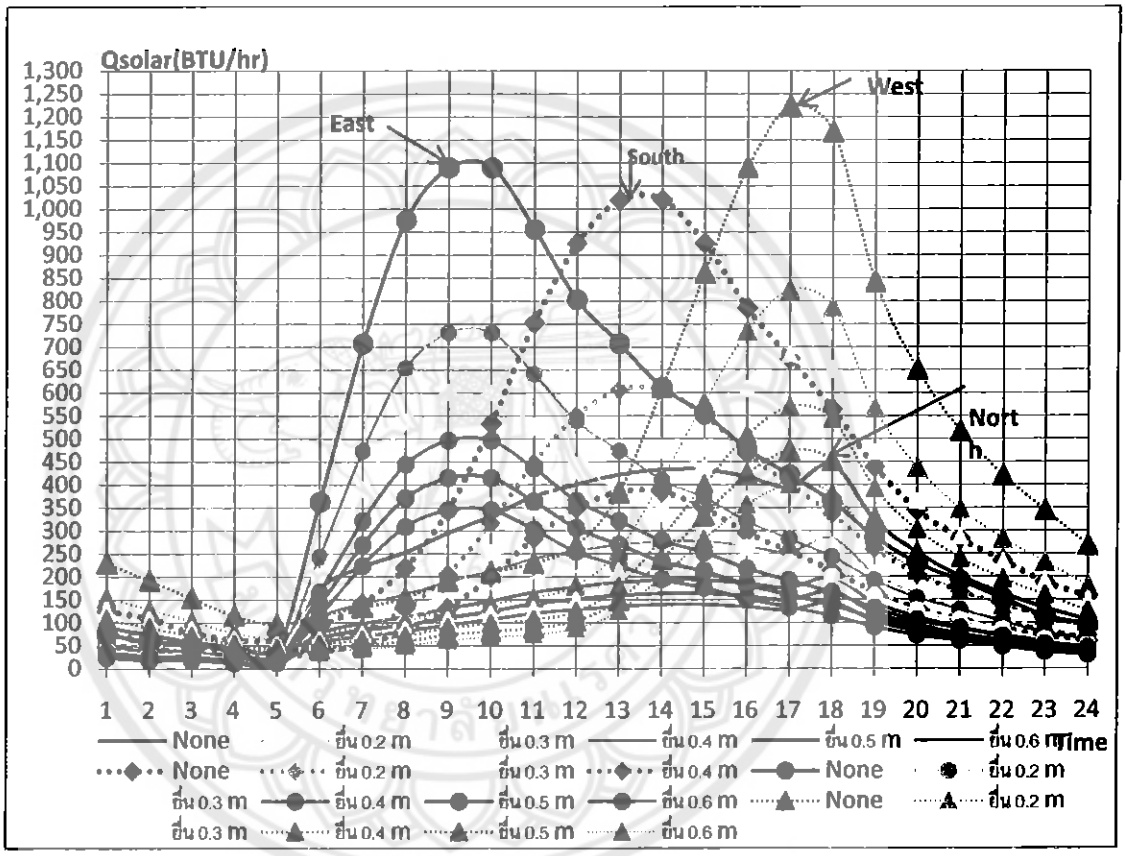


แผนภาพที่ 4.16 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ แบบแนวตั้ง (Fin)

จากแผนภาพที่ 4.16 แบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มใหญ่กล่าวคือปริมาณความร้อนที่สูงในช่วง 07.00 –15.00 น.และ ปริมาณความร้อนที่สูงในช่วง 12.00 - 20.00 น. กลุ่มที่ร้อนในช่วง 07.00 – 15.00 น. คือกลุ่มทางทิศตะวันออก ได้แก่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ โดยทิศตะวันออกเฉียงเหนือจะมีค่าปริมาณความร้อนต่ำกว่าตะวันออกเฉียงใต้ และ กลุ่มที่ร้อนในช่วง 12.00 - 20.00 น. คือกลุ่มทางทิศตะวันตก ได้แก่ทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ โดยทิศตะวันตกเฉียงเหนือจะมีค่าปริมาณความร้อนต่ำกว่าตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้มีค่าปริมาณความร้อนสูงที่สุด แต่เมื่อติดอุปกรณ์บังแดดโดยภาพรวมจะลดค่าความร้อนได้ประมาณ

30% แต่ปริมาณความร้อนเมื่อเทียบในทิศเดียวกันและระยะชิดขอบหน้าต่างกับแบบแนวนอน (Overhang) แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้าในระยะต่างๆ ต้องติดอุปกรณ์แบบแนวตั้ง (Fin) ในระยะยื่นที่ยาวกว่า ระยะยื่นที่ใช้ติดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงเหนืออยู่ที่ 0.4-1.0 m ระยะยื่นที่ใช้ติดในทิศตะวันออกใต้และทิศตะวันตกใต้อยู่ที่ 0.9-1.0 m

แบบผสม (Set back) ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก

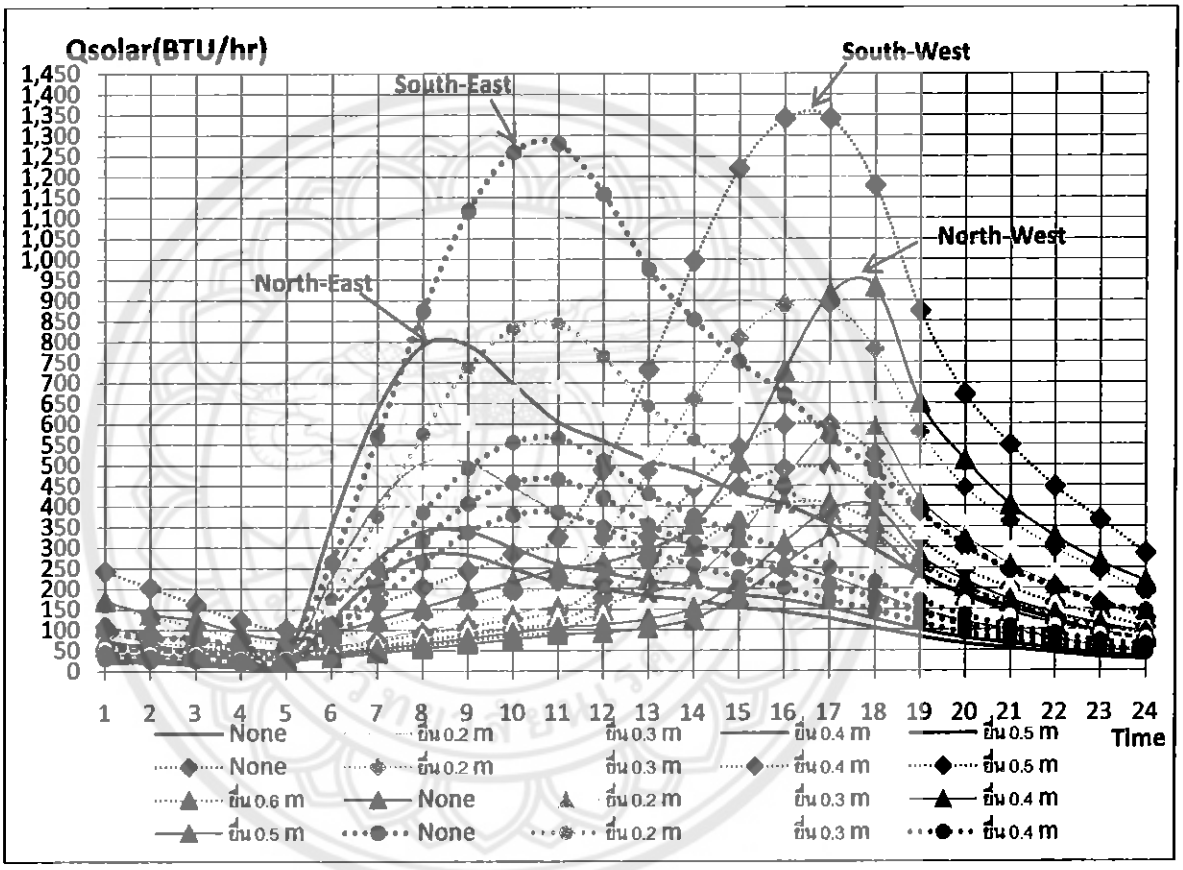


แผนภาพที่ 4.17 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตกแบบผสม (Setback)

จากแผนภาพที่ 4.17 กราฟจะแบ่งเป็นสี่ส่วนอย่างเห็นได้ชัดโดยทิศตะวันออกจะมีปริมาณความร้อนสูงในช่วงเช้า คือ 7.00- 13.00น. และทิศใต้ จะมีปริมาณความร้อนมากในช่วงกลางวัน คือ 10.00 – 17.00 น. เป็นช่วงที่มีปริมาณความร้อนยาวนานที่สุด ทิศตะวันตก มีปริมาณความร้อนมากในช่วง 14.00 – 20.00 น. ส่วนทิศเหนือจะมีปริมาณความร้อนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ สามทิศที่กล่าวไว้ แต่เมื่อติดอุปกรณ์บังแดดโดยภาพรวมจะลดค่าความร้อนได้ประมาณ 35.5% ระยะยื่นที่ใช้ติดในทิศใต้อยู่ที่ 0.2-0.4 m และทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตกอยู่ที่ 0.2-0.6 m เมื่อเปรียบเทียบกับ

แบบแนวนอน (Overhang) แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้าในระยะต่างๆ แบบแนวตั้ง (Fin) จะเห็นได้ว่าที่ปริมาณความร้อนที่เท่ากันระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) จะมีระยะยื่นที่น้อยกว่า

แบบผสม (Set back) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้



แผนภาพที่ 4.18 แสดงค่าความร้อนผ่านกระจกทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้แบบผสม (Setback)

จากแผนภาพที่ 4.18 แบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มใหญ่กล่าวคือปริมาณความร้อนที่สูงในช่วง 07.00 –15.00 น.และ ปริมาณความร้อนที่สูงในช่วง 12.00 - 20.00 น. กลุ่มที่ร้อนในช่วง 07.00 – 15.00 น. คือกลุ่มทางทิศตะวันออก ได้แก่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ โดยทิศตะวันออกเฉียงเหนือจะมีค่าปริมาณความร้อนต่ำกว่าตะวันออกเฉียงใต้ และ กลุ่มที่ร้อนในช่วง 12.00 - 20.00 น. คือกลุ่มทางทิศตะวันตก ได้แก่ทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ โดยทิศตะวันตกเฉียงเหนือจะมีค่าปริมาณความร้อนต่ำกว่าตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้มีค่า

ปริมาณความร้อนสูงที่สุด แต่เมื่อติดอุปกรณ์บังแดดโดยภาพรวมจะลดค่าความร้อนได้ประมาณ 34.9% แต่ปริมาณความร้อนเมื่อเทียบในทิศเดียวกันและระยะชิดขอบหน้าต่างกับแบบแนวนอน (Overhang) แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้าในระยะต่างๆ แบบแนวตั้ง (Fin) จะเห็นได้ว่าที่ปริมาณความร้อนที่เท่ากันระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) จะมีระยะยื่นที่น้อยกว่าระยะยื่นที่ใช้ติดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงเหนืออยู่ที่ 0.2-0.5 m และระยะยื่นที่ใช้ติดในทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้อยู่ที่ 0.2-0.6 m จากการปริมาณความร้อนที่ระยื่นต่างๆ ทั้งกรณีที่ไม่ได้ติดตั้งและติดตั้งอุปกรณ์บังแดด ผลของการวิเคราะห์ได้ผลดังนี้

กลุ่มของอุปกรณ์บังแดดในทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก ปริมาณความร้อนจะแบ่งออกเป็นสี่กลุ่มใหญ่ตามทิศ โดยทิศตะวันออกจะมีปริมาณความร้อนจะสูงในช่วงเช้า คือ 7.00- 13.00น. และทิศใต้ จะมีปริมาณความร้อนมากในช่วงกลางวัน คือ 10.00 – 17.00 น. เป็นช่วงที่มีปริมาณความร้อนยาวนานที่สุด ทิศตะวันตก มีปริมาณความร้อนมากในช่วง 14.00 – 20.00 น. ส่วนทิศเหนือจะมีปริมาณความร้อนน้อยที่สุด ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ขึ้นทางทิศตะวันออกอ้อมทางทิศใต้ และตกทางทิศตะวันตก ทำให้ทิศเหนือมีปริมาณของความร้อนไม่สูงนัก แต่ปริมาณความร้อนมีค่าสูงทางด้านทิศตะวันตก และระยื่นที่เหมาะสมของแบบแนวนอน (Overhang) ทุกทิศคือ 0.3-1.0 m แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้าในระยะต่างๆทุกทิศคือ 0.3-1.0 m แบบแนวนอน (Fin) ของทิศเหนือและทิศใต้คือ 0.6-1.0 ทิศตะวันออกและทิศตะวันตกคือ 0.8-1.0 m แบบผสม (Setback) ของทิศใต้คือ 0.2-0.4 m ทิศเหนือ ทิศตะวันออกทิศตะวันตกคือ 0.2-0.6 m ที่ปริมาณความร้อนเท่ากัน อุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ใช้ระยะยื่นที่ต่ำที่สุดก็สามารถบังแดดได้แล้ว

กลุ่มของอุปกรณ์บังแดดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ปริมาณความร้อน จะแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มทางทิศตะวันออก และทางทิศตะวันตก ปริมาณความร้อนของทิศตะวันออก จะมีค่าสูงในช่วง 07.00 – 15.00 น. และ ปริมาณความร้อนทางทิศตะวันตกจะมีค่าสูงในช่วง 12.00 - 20.00 น. แต่ค่าปริมาณความร้อนที่เกี่ยวข้องกับทางทิศใต้จะมีค่าสูงกว่าทางทิศเหนือ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งทางทิศตะวัน ตกเฉียงใต้มีค่าสูงที่สุด เนื่องจากอยู่ในแนวการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ระยะยื่นที่เหมาะสมของแบบแนวนอน (Overhang) ทุกทิศคือ 0.4-1.0 m แบบแนวนอนผสมแบบหักมุมด้านหน้าในระยะต่างๆทุกทิศคือ 0.3-1.0 m แบบแนวนอน (Fin)

ของทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงเหนือคือ 0.4-1.0mทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้คือ 0.9-1.0m แบบผสม(Setback) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงเหนืออยู่ที่ 0.2-0.5 m ทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้อยู่ที่ 0.2-0.6 m ที่ปริมาณความร้อนเท่ากัน อุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) ใช้ระยะยื่นที่ต่ำที่สุดก็สามารถบังแดดได้แล้ว

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลในด้านค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)

จากผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient; SC) ของอุปกรณ์บังแดด 4แบบ เมื่อแยกพิจารณาในด้านความสามารถในการบังรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ พบว่า

5.1.1 อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) และ แบบแนวนอนผสมหักมุมด้านหน้า สามารถบังแสงอาทิตย์ได้ดีทางด้านกลุ่มทิศใต้ นั่นคือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ เช่นเดียวกับอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมหักมุมด้านหน้าที่ให้ผลสอดคล้องกับอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน แต่จะสามารถบังแสงอาทิตย์ได้ดีกว่าอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนเพียงเล็กน้อย

5.1.2 อุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) จะมีประสิทธิภาพในการบังแสงอาทิตย์ได้ดีทางด้านกลุ่มทิศเหนือ นั่นคือ ทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

5.1.3 อุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) มีประสิทธิภาพในการบังแสงอาทิตย์ได้ดีที่สุดในทุกทิศเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์บังแดดในรูปแบบอื่นๆ เนื่องจากอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) เป็นการรวมคุณสมบัติที่ดีของอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน (Overhang) และแบบแนวตั้ง (Fin) เข้าไว้ด้วยกัน โดยอุปกรณ์บังแดดนี้สามารถบังแสงอาทิตย์ได้ดีที่สุดทางด้านทิศใต้

ดังนั้นอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ต่ำๆก็จะบังแดดได้ดี

5.2 สรุปผลในด้านค่าปริมาณความร้อน (Q)

5.2.1 อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) และ แบบแนวนอนผสมหักมุมด้านหน้า ปริมาณความร้อนของทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก แบ่งเป็นสี่กลุ่ม มีค่าความร้อนสูงและสูงที่สุดทางทิศตะวันตก และปริมาณความร้อนมีช่วงยาวนานที่สุดคือทิศใต้ และเมื่อติดอุปกรณ์บังแดดจะลดได้ประมาณ 30% ส่วนในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ปริมาณความร้อนจะแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ทิศตะวันออกปริมาณความร้อนสูงในช่วงเช้า และทิศตะวันตกจะสูงในช่วงที่ยงลงไป แต่ทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ จะมีค่าความร้อนสูงกว่าทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เมื่อติดอุปกรณ์บังแดดจะลดได้ประมาณ 30%

5.2.2 อุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin) ปริมาณหรือค่าความร้อนที่เกิดขึ้น จะเหมือนกับอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) และ แบบแนวนอนผสมหักมุมด้านหน้า แต่ระยานที่ใช้ในการบังแดดจะใช้ระยะยื่นมากกว่า คือในทิศเหนือทิศใต้ ใช้ระยื่นตั้งแต่ 0.6 m ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกใช้ระยื่นตั้งแต่ 0.8 m และทิศตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงใต้ใช้ระยะยื่นที่ 0.9 m จึงจะสามารถบังแดดได้

5.2.3 อุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback) แนวโน้มของปริมาณหรือค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจะเหมือนกับอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang) และ แบบแนวนอนผสมหักมุมด้านหน้าแบบแนวตั้ง (Fin) แต่อุปกรณ์บังแดดแบบผสมใช้ระยะยื่น เพียง 0.2-0.6 m ซึ่งระยะยื่นเพียงเล็กน้อยก็สามารถบังแดดได้

ทิศใต้อยู่ในแนวการเคลื่อนที่มากที่สุด ทำให้ช่วงฐานของกราฟกว้างที่สุดใน ทิศที่เป็นแนวการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์คือ ดวงอาทิตย์จะขึ้นทางทิศตะวันออกอ้อมทางทิศใต้ และตกทางทิศตะวันตก ทำให้ปริมาณความร้อนทางด้านทิศที่อยู่ในแนวการเคลื่อนที่มีค่าสูง

ซึ่งสามารถแสดงผลสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 อุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมในทิศต่างๆที่ระยะยื่นและช่วงค่า SC ที่เหมาะสม

ชนิดของอุปกรณ์	ทิศทางการบังแดดที่เหมาะสม	ระยะยื่นที่เหมาะสม(m)	ค่า SC	ปริมาณความร้อนที่ลดได้(%)
แบบแนวนอน(Overhang)	-South	0.3-1.0	0.6845-0.4700	31.55
	-South-East	0.4-1.0	0.6489-0.4619	31.10
	-South-West	0.4-1.0	0.6546-0.4666	35.36
แบบแนวนอนผสมหักมุม0.1m	-South	0.3-1.0	0.6700-0.4671	33.00
	-South-East	0.4-1.0	0.6397-0.4589	32.10
	-South-West	0.4-1.0	0.6975-0.4612	36.30
แบบแนวนอนผสมหักมุม0.3m	-South	0.3-1.0	0.6441-0.4617	35.59
	-South-East	0.3-1.0	0.6814-0.4533	33.03
	-South-West	0.4-1.0	0.6673-0.4512	36.90
แบบแนวนอนผสมหักมุม0.5m	-South	0.2-1.0	0.6862-0.4575	36.38
	-South-East	0.3-1.0	0.6654-0.4490	34.00
	-South-West	0.3-1.0	0.6424-0.4454	37.76

ตารางที่ 5.1 อุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมในทิศต่างๆที่ระยะยื่นและช่วงค่า SC ที่เหมาะสม (ต่อ)

ชนิดของอุปกรณ์	ทิศทางการบังแดดที่เหมาะสม	ระยะยื่นที่เหมาะสม(m)	ค่า SC	ปริมาณความร้อนที่ลดได้(%)
แบบแนวตั้ง(Fin)	-North	0.6-1.0	0.6745-0.6045	32.55
	-North-East	0.5-1.0	0.6964-0.6005	30.36
	-North-West	0.5-1.0	0.6929-0.5949	30.76
แบบถอย(Setback)	-North	0.2-0.6	0.6391-0.3222	36.09
	-South	0.2-0.4	0.5950-0.3774	40.5
	-East	0.2-0.6	0.6706-0.3171	32.94
	-West	0.2-0.6	0.6733-0.3269	32.67
	-North-East	0.2-0.5	0.6395-0.3560	36.05
	-North-West	0.2-0.6	0.6593-0.3012	34.07
	-South-East	0.2-0.5	0.6392-0.3558	36.08
	-South-West	0.2-0.6	0.6636-0.3037	33.63

5.3 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

5.3.1 โปรแกรมยังพัฒนาได้ไม่สมบูรณ์เนื่องจากโปรแกรมนี้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) เฉลี่ยรวมของประเทศไทยเท่านั้นเราไม่สามารถที่จะแยกพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) เป็นแต่ละจังหวัดได้

5.3.2 ทั้งนี้ไม่สามารถที่จะย้ายพิกัดแกนหลักและแกนรองของอุปกรณ์บังแดดได้เนื่องจากว่าทางโปรแกรมได้มีการกำหนดจุดเริ่มต้นของพิกัดแกนหลักและแกนรองไว้แล้ว

เอกสารอ้างอิง

[1] สักการ ราศีสุทธิ์. การศึกษาและวิจัยเพื่อจัดทำหลักเกณฑ์การประเมินการใช้แผงกันแดดกับอาคาร
เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2] เศรษฐวัฒก์ ศรีวิโรจน์. ผลกระทบของความร้อนที่เกิดจากการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารโดยผ่านช่องแสงกระจกด้านข้าง. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท 2545

[3]ณันทมน โพธิพิทักษ์. การศึกษารูปแบบของอุปกรณ์บังแดดและช่องแสงทางด้านข้างเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างธรรมชาติภายในห้องเรียน :กรณีศึกษาอาคารเรียนคณะวิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือนครราชสีมา สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา

[4] วีรศักดิ์ เชี่ยวเชิงชล. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคารและการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท 2546

[5] กฎกระทรวง.กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน,พ.ศ. 2552

[6] เอกสารเผยแพร่. การออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน (Passive Design for Buildings). ภาคอาคารธุรกิจ

[7] นุภาพ แย้มไตรพัฒน์. การวิเคราะห์พื้นที่เกิดเงาบนหน้าต่างของอุปกรณ์บังแดดโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ร่วมกับแบบจำลอง. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่1, 2548

[8] พระราชบัญญัติกรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

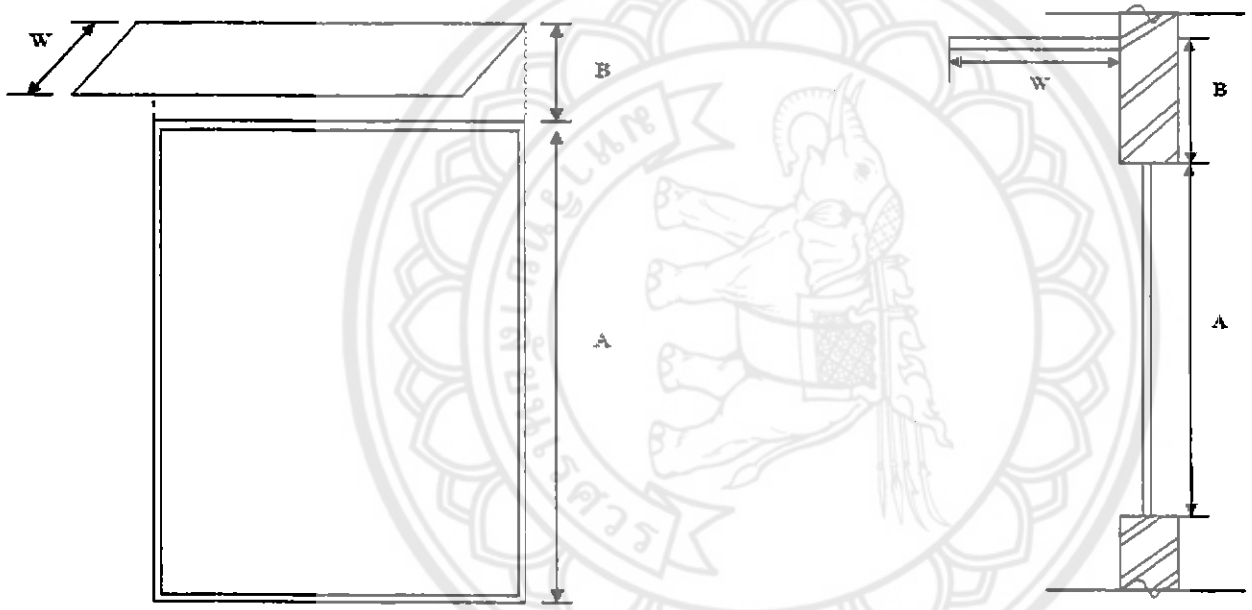
[9] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน. กระทรวงพลังงาน

[10] Professor Surapong Chirarattananon. Energy Fieid of Study. School of Environment Resources and Development. Asian Institute of Technology,(August 2005).

ภาคผนวก ก.

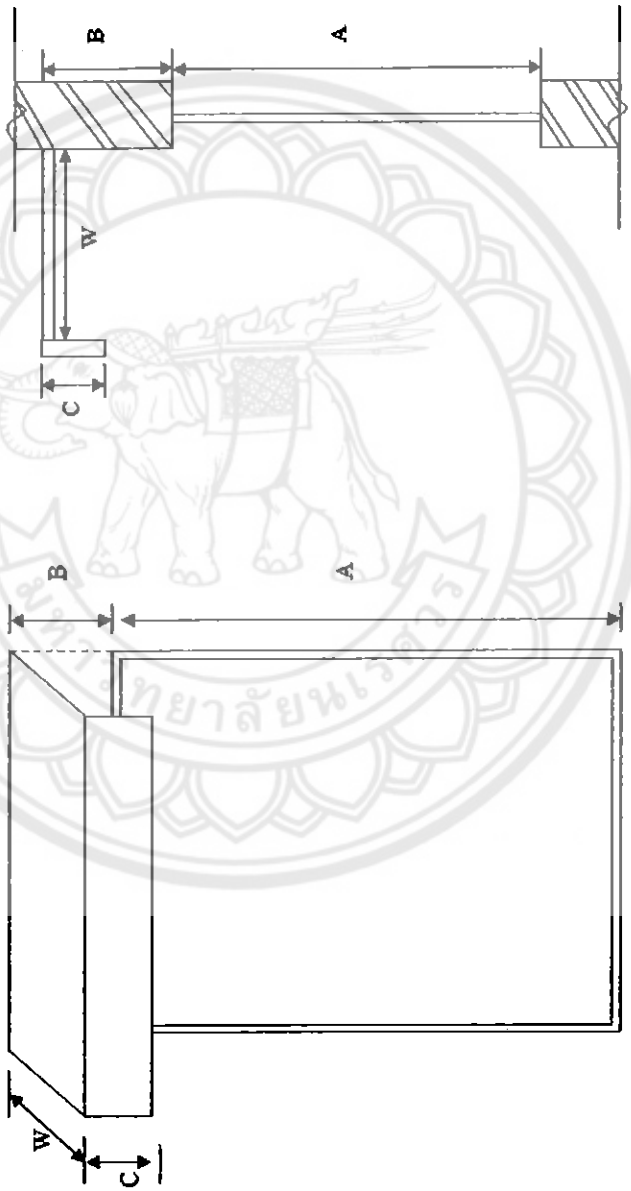
ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดทั้ง 4 แบบ

รูปที่ 1ก. อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)



ตารางที่1ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอน (Overhang)

อัตราส่วน W:A	ทิศทางหน้าต่างหันสู่ ทิศเหนือ						[illegible]																	
	อัตราส่วน B:A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8911	0.9506	0.9727	0.9840	0.9914	0.9962	0.8686	0.9425	0.9701	0.9856	0.9975	0.9985	0.8894	0.9545	0.9763	0.9857	0.9889	0.9913	0.8939	0.9592	0.9804	0.9883	0.9936	0.9968
0.2	0.8058	0.8782	0.8923	0.9410	0.9561	0.9670	0.7618	0.8452	0.9039	0.9364	0.9531	0.9669	0.8057	0.8855	0.9308	0.9559	0.9689	0.9790	0.8070	0.8863	0.9306	0.9541	0.9690	0.9773
0.3	0.7511	0.8268	0.8746	0.9048	0.9247	0.9386	0.6845	0.7638	0.8257	0.8770	0.9138	0.9304	0.7336	0.8178	0.8766	0.9146	0.9401	0.9558	0.7381	0.8208	0.8776	0.9146	0.9384	0.9544
0.4	0.7101	0.7869	0.8404	0.8771	0.9027	0.9208	0.6336	0.7136	0.7769	0.8274	0.8681	0.8969	0.6756	0.7586	0.8223	0.8697	0.9029	0.9276	0.6827	0.7666	0.8299	0.8750	0.9072	0.9294
0.5	0.6763	0.7538	0.8102	0.8512	0.8811	0.9032	0.5876	0.6680	0.7330	0.7862	0.8304	0.8672	0.6315	0.7130	0.7788	0.8295	0.8682	0.8960	0.6355	0.7171	0.7836	0.8350	0.8732	0.9023
0.6	0.6485	0.7258	0.7836	0.8276	0.8607	0.8857	0.5475	0.6277	0.6937	0.7483	0.7946	0.8338	0.5929	0.6473	0.7413	0.7952	0.8368	0.8696	0.5968	0.6786	0.7448	0.7974	0.8311	0.8724
0.7	0.6257	0.7021	0.7608	0.8062	0.8418	0.8691	0.5135	0.5932	0.6596	0.7153	0.7629	0.8034	0.5619	0.6403	0.7078	0.7643	0.8095	0.8455	0.5693	0.6484	0.7141	0.7674	0.8115	0.8465
0.8	0.6066	0.6824	0.7411	0.7875	0.8245	0.8537	0.4886	0.5640	0.6304	0.6687	0.7351	0.7767	0.5373	0.6137	0.6783	0.7347	0.7824	0.8205	0.5437	0.6218	0.6876	0.7424	0.7871	0.8241
0.9	0.5909	0.6654	0.7244	0.7711	0.8091	0.8395	0.4776	0.5434	0.6030	0.6595	0.7084	0.7507	0.5180	0.5922	0.6554	0.7107	0.7581	0.7982	0.5236	0.5982	0.6635	0.7189	0.7651	0.8036
1.0	0.5778	0.6514	0.7098	0.7567	0.7953	0.8265	0.4700	0.5350	0.5891	0.6360	0.6845	0.7273	0.5009	0.5745	0.6370	0.6906	0.7384	0.7783	0.5067	0.5798	0.6425	0.6974	0.7449	0.7846
อัตราส่วน W:A	[illegible]																							
	อัตราส่วน B:A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8905	0.9535	0.9756	0.9856	0.9905	0.9934	0.8829	0.9524	0.9771	0.9866	0.9916	0.9941	0.8924	0.9549	0.9769	0.9858	0.9909	0.9940	0.8859	0.9541	0.9785	0.9878	0.9925	0.9950
0.2	0.8092	0.8851	0.9281	0.9524	0.9662	0.9759	0.7889	0.8713	0.9226	0.9515	0.9677	0.9783	0.8107	0.8872	0.9321	0.9527	0.9672	0.9764	0.7923	0.8737	0.9230	0.9507	0.9674	0.9766
0.3	0.7463	0.8258	0.8798	0.9145	0.9373	0.9529	0.7126	0.7966	0.8582	0.9011	0.9294	0.9495	0.7495	0.8286	0.9260	0.9146	0.9377	0.9525	0.7141	0.7965	0.8606	0.9035	0.9316	0.9503
0.4	0.6978	0.7770	0.8359	0.8778	0.9073	0.9284	0.6489	0.7334	0.8007	0.8517	0.8890	0.9153	0.7011	0.7812	0.8776	0.8797	0.9083	0.9288	0.6546	0.7375	0.8036	0.8541	0.8908	0.9177
0.5	0.6604	0.7397	0.7994	0.8446	0.8783	0.9044	0.5991	0.6802	0.7419	0.8043	0.8483	0.8817	0.6636	0.7424	0.8351	0.8479	0.8812	0.9059	0.6030	0.6859	0.7536	0.8073	0.8499	0.8831
0.6	0.6297	0.7088	0.7698	0.8145	0.8543	0.8819	0.5588	0.6396	0.7072	0.7628	0.8089	0.8480	0.6346	0.7131	0.7973	0.8202	0.8563	0.8848	0.5631	0.6427	0.7091	0.7657	0.8122	0.8489
0.7	0.6069	0.6837	0.7452	0.7942	0.8335	0.8636	0.5249	0.6020	0.6689	0.7262	0.7753	0.8134	0.6110	0.6888	0.7657	0.7980	0.8356	0.8647	0.5308	0.6091	0.6476	0.7308	0.7772	0.8188
0.8	0.5884	0.6647	0.7249	0.7739	0.8144	0.8467	0.4998	0.5746	0.6391	0.6952	0.7449	0.7868	0.5922	0.6682	0.7405	0.7784	0.8177	0.8485	0.5053	0.5798	0.6442	0.7002	0.7478	0.7887
0.9	0.5728	0.6480	0.7085	0.7572	0.7973	0.8306	0.4782	0.5499	0.6135	0.6686	0.7168	0.7603	0.5774	0.6521	0.7190	0.7612	0.8015	0.8337	0.4848	0.5576	0.6204	0.6746	0.7240	0.7642
1.0	0.5596	0.6341	0.6941	0.7430	0.7836	0.8167	0.4619	0.5318	0.5921	0.6473	0.6947	0.7375	0.5651	0.6391	0.7009	0.7468	0.7871	0.8201	0.4666	0.5375	0.5992	0.6523	0.6998	0.7415



รูปที่ 2ก. อุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม

ตารางที่2ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม

ในกรณีที่ C/A =0.1

อัตราส่วน W:A	ทิศเหนือ						ทิศที่หน้าต่างหันสู่																	
	อัตราส่วน B:A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8686	0.9301	0.9565	0.9715	0.9811	0.9881	0.8465	0.9209	0.9514	0.9699	0.9837	0.9868	0.8633	0.9290	0.9542	0.9670	0.9732	0.9785	0.8788	0.9453	0.9695	0.9798	0.9867	0.9914
0.2	0.7871	0.8609	0.9032	0.9294	0.9465	0.9593	0.7441	0.8276	0.8878	0.9222	0.9406	0.9561	0.7830	0.8629	0.9101	0.9376	0.9533	0.9660	0.7939	0.8740	0.9203	0.9458	0.9622	0.9718
0.3	0.7356	0.8122	0.8624	0.8948	0.9163	0.9319	0.6700	0.7495	0.8123	0.8648	0.9027	0.9208	0.7140	0.7978	0.8578	0.8975	0.9249	0.9431	0.7381	0.8100	0.8683	0.9068	0.9318	0.9490
0.4	0.6970	0.7745	0.8297	0.8683	0.8951	0.9148	0.6216	0.7015	0.7655	0.8170	0.8582	0.8900	0.6591	0.7417	0.8059	0.8545	0.8892	0.9139	0.6730	0.7573	0.8216	0.8679	0.9009	0.9242
0.5	0.6653	0.7430	0.8009	0.8433	0.8742	0.8976	0.5781	0.6581	0.7257	0.7773	0.8218	0.8592	0.6174	0.6984	0.7646	0.8162	0.8560	0.9113	0.6271	0.7090	0.7763	0.8284	0.8674	0.8973
0.6	0.6391	0.7165	0.7756	0.8205	0.8544	0.8805	0.5401	0.6200	0.6862	0.7413	0.7876	0.8270	0.5810	0.6618	0.7290	0.7835	0.8260	0.8600	0.5919	0.6716	0.7384	0.7915	0.8338	0.8678
0.7	0.6178	0.6941	0.7538	0.7999	0.8362	0.8644	0.5079	0.5872	0.6596	0.7096	0.7572	0.7979	0.5517	0.6294	0.6971	0.7539	0.7996	0.8367	0.5634	0.6423	0.7085	0.7621	0.8066	0.8422
0.8	0.5998	0.6824	0.7350	0.7820	0.8195	0.8495	0.4843	0.5594	0.6258	0.6822	0.7305	0.7722	0.5288	0.6047	0.6695	0.7260	0.7740	0.8129	0.5386	0.6166	0.6828	0.7378	0.7827	0.8201
0.9	0.5850	0.6595	0.7190	0.7662	0.8046	0.8356	0.4742	0.5399	0.5997	0.6562	0.7050	0.7473	0.5107	0.5848	0.6482	0.7036	0.7511	0.7919	0.5191	0.5937	0.6592	0.7148	0.7651	0.8000
1.0	0.5727	0.6464	0.7051	0.7524	0.7914	0.8230	0.4671	0.5320	0.5864	0.6334	0.6818	0.7245	0.4947	0.5682	0.6308	0.6845	0.7324	0.7728	0.5026	0.5759	0.6387	0.6938	0.7415	0.7813
อัตราส่วน W:A	[illegible]						[illegible]						[illegible]											
	อัตราส่วน B:A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8618	0.9262	0.9525	0.9666	0.9748	0.9809	0.8659	0.9360	0.9629	0.9743	0.9806	0.9846	0.8750	0.9392	0.9651	0.9767	0.9838	0.9885	0.8639	0.9332	0.9610	0.9737	0.9809	0.9859
0.2	0.7857	0.8622	0.9077	0.9348	0.9514	0.9639	0.7750	0.8577	0.9103	0.9406	0.9088	0.9692	0.7957	0.8734	0.9181	0.9439	0.9602	0.9709	0.7730	0.8547	0.9062	0.9366	0.9556	0.9671
0.3	0.7270	0.8069	0.8627	0.8897	0.9237	0.9417	0.7013	0.7852	0.8478	0.8916	0.9202	0.9495	0.7366	0.8165	0.8705	0.9064	0.9309	0.9525	0.6975	0.7819	0.8453	0.8902	0.9200	0.9407
0.4	0.6819	0.7614	0.8216	0.8647	0.8956	0.9185	0.6397	0.7241	0.7921	0.8437	0.8812	0.9080	0.6901	0.7708	0.8305	0.8723	0.9019	0.9257	0.6405	0.7375	0.7899	0.8418	0.8799	0.9065
0.5	0.6474	0.7266	0.7875	0.8337	0.8683	0.8959	0.5917	0.6726	0.7409	0.7977	0.8418	0.8817	0.6543	0.7333	0.7951	0.8412	0.8754	0.9012	0.5910	0.6734	0.7416	0.7962	0.8400	0.8745
0.6	0.6194	0.6964	0.7603	0.8086	0.8460	0.8747	0.5529	0.6334	0.7014	0.7572	0.8035	0.8429	0.6267	0.7053	0.7666	0.8142	0.8510	0.8804	0.5529	0.6320	0.6967	0.7559	0.8032	0.8410
0.7	0.5986	0.6752	0.7452	0.7869	0.8267	0.8574	0.5199	0.5968	0.6642	0.7216	0.7708	0.8090	0.6043	0.6820	0.7498	0.7927	0.8309	0.8607	0.5221	0.5998	0.6655	0.7221	0.7692	0.8117
0.8	0.5816	0.6576	0.7184	0.7677	0.8085	0.8414	0.4956	0.5702	0.6351	0.6914	0.7412	0.7831	0.5864	0.6624	0.7241	0.7737	0.8135	0.8449	0.4979	0.5719	0.6365	0.6926	0.7478	0.7824
0.9	0.5671	0.6480	0.7028	0.7518	0.7921	0.8306	0.4747	0.5462	0.6101	0.6653	0.7136	0.7573	0.5724	0.6472	0.7076	0.7571	0.7978	0.8304	0.4785	0.5506	0.6137	0.6680	0.7177	0.7585
1.0	0.5547	0.6290	0.6891	0.7381	0.7789	0.8124	0.4589	0.5287	0.5893	0.6446	0.6921	0.7349	0.5608	0.6349	0.6946	0.7432	0.7837	0.8172	0.4612	0.5317	0.5935	0.6466	0.6945	0.7366

ตารางที่3ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม

ในกรณีที่ C/A =0.2

อัตราส่วน W:A	ทิศเหนือ						ทิศทิศน้ำต่างพันธุ์																	
	อัตราส่วน B:A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8469	0.9076	0.9360	0.9551	0.9684	0.9778	0.8257	0.8988	0.9299	0.9512	0.9679	0.9780	0.8384	0.9028	0.9288	0.9449	0.9545	0.9628	0.8641	0.9302	0.9556	0.9730	0.9782	0.9845
0.2	0.7692	0.8422	0.8858	0.9151	0.9349	0.9498	0.7277	0.8098	0.8702	0.9061	0.9264	0.9436	0.7616	0.8401	0.8874	0.9169	0.9350	0.9504	0.7813	0.8609	0.9080	0.9391	0.9539	0.9649
0.3	0.7207	0.7967	0.8478	0.8826	0.9062	0.9234	0.6565	0.7348	0.7979	0.8515	0.8905	0.9096	0.6960	0.7783	0.8378	0.8787	0.9078	0.9280	0.7162	0.7988	0.8575	0.9004	0.9240	0.9424
0.4	0.6845	0.7615	0.8173	0.8577	0.8863	0.9072	0.6107	0.6896	0.7535	0.8056	0.8477	0.8800	0.6438	0.7251	0.7890	0.8362	0.8740	0.9113	0.6640	0.7477	0.8123	0.8619	0.8938	0.9179
0.5	0.6547	0.7320	0.7901	0.8340	0.8663	0.8907	0.5694	0.6485	0.7138	0.7680	0.8129	0.8506	0.6045	0.6843	0.7500	0.8021	0.8428	0.8834	0.6193	0.7008	0.7681	0.8230	0.8609	0.8915
0.6	0.6301	0.7072	0.7663	0.8124	0.8473	0.8743	0.5336	0.6126	0.6784	0.7358	0.7803	0.8199	0.5701	0.6496	0.7165	0.7712	0.8142	0.8491	0.5852	0.6646	0.7314	0.7866	0.8279	0.8624
0.7	0.6102	0.6861	0.7457	0.7929	0.8299	0.8588	0.5032	0.5816	0.6477	0.7058	0.7515	0.7922	0.5425	0.6192	0.6863	0.7432	0.7892	0.8270	0.5578	0.6364	0.7024	0.7577	0.8014	0.8373
0.8	0.5932	0.6687	0.7281	0.7759	0.8140	0.8444	0.4805	0.5551	0.6213	0.6777	0.7260	0.7676	0.5209	0.5962	0.6605	0.7172	0.7653	0.8046	0.5338	0.6115	0.6876	0.7339	0.7782	0.8157
0.9	0.5794	0.6536	0.7244	0.7609	0.7997	0.8311	0.4710	0.5365	0.6030	0.6529	0.7017	0.7439	0.5042	0.5776	0.6408	0.6964	0.7440	0.7849	0.5150	0.5892	0.6547	0.7113	0.7571	0.7961
1.0	0.5678	0.6413	0.7001	0.7478	0.7870	0.8191	0.4643	0.5291	0.5835	0.6307	0.6792	0.7218	0.4891	0.5620	0.6244	0.6782	0.7263	0.7668	0.4992	0.5720	0.6348	0.6900	0.7378	0.7778
อัตราส่วน W:A	[redacted]																							
	อัตราส่วน B:A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8344	0.8975	0.9251	0.9435	0.9559	0.9652	0.8499	0.9190	0.9466	0.9601	0.9683	0.9736	0.8580	0.9217	0.9494	0.9647	0.9748	0.9814	0.8427	0.9112	0.9400	0.9562	0.9668	0.9743
0.2	0.7634	0.8387	0.8849	0.9145	0.9339	0.9491	0.7621	0.8439	0.8967	0.9283	0.9466	0.9591	0.7812	0.8583	0.9042	0.9327	0.9513	0.9638	0.7545	0.8354	0.8873	0.9198	0.9415	0.9552
0.3	0.7089	0.7877	0.8438	0.8820	0.9083	0.9282	0.6908	0.7739	0.8364	0.8812	0.9107	0.9320	0.7243	0.8037	0.8583	0.8964	0.9227	0.9404	0.6818	0.7654	0.8287	0.8749	0.9066	0.9291
0.4	0.6670	0.7454	0.8059	0.8504	0.8825	0.9066	0.6312	0.7150	0.7829	0.8351	0.8732	0.9002	0.6796	0.7597	0.8200	0.8633	0.8944	0.9174	0.6273	0.7090	0.7756	0.8282	0.8676	0.8975
0.5	0.6354	0.7137	0.7745	0.8219	0.8574	0.8838	0.5849	0.6652	0.7333	0.7907	0.8353	0.8692	0.6454	0.7240	0.7861	0.8334	0.8687	0.8954	0.5797	0.6614	0.7291	0.7842	0.8289	0.8646
0.6	0.6097	0.6881	0.7498	0.7991	0.8371	0.8664	0.5472	0.6274	0.6952	0.7514	0.7980	0.8375	0.6191	0.6974	0.7588	0.8074	0.8450	0.8751	0.5434	0.6218	0.6880	0.7455	0.7934	0.8320
0.7	0.5910	0.6670	0.7290	0.7791	0.8194	0.8505	0.5153	0.6020	0.6589	0.7168	0.7662	0.8045	0.5979	0.6753	0.7371	0.7868	0.8256	0.8560	0.5142	0.5911	0.6562	0.7130	0.7604	0.8036
0.8	0.5754	0.6509	0.7113	0.7612	0.8024	0.8355	0.4916	0.5660	0.6307	0.6873	0.7373	0.7795	0.5809	0.6567	0.7183	0.7685	0.8088	0.8406	0.4910	0.5645	0.6286	0.6849	0.7331	0.8855
0.9	0.5618	0.6363	0.6968	0.7461	0.7866	0.8206	0.4712	0.5426	0.6064	0.6619	0.7103	0.7541	0.5774	0.6422	0.7027	0.7526	0.7937	0.8266	0.4726	0.5445	0.6070	0.6613	0.7111	0.7522
1.0	0.5501	0.6241	0.6840	0.7332	0.7740	0.8167	0.4560	0.5256	0.5862	0.6418	0.6894	0.7323	0.5567	0.6306	0.6904	0.7393	0.7801	0.8139	0.4563	0.5263	0.5878	0.6409	0.6888	0.7313

ตารางที่4ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม

ในกรณีที่ C/A =0.3

อัตราส่วน W:A	ทิศเหนือ						ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ						ทิศตะวันออก						ทิศตะวันออกเฉียงใต้					
	อัตราส่วน B:A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8261	0.8859	0.9135	0.9346	0.9522	0.9651	0.8062	0.8780	0.9078	0.9297	0.9493	0.9572	0.8150	0.8779	0.9026	0.9195	0.9324	0.9441	0.8501	0.9156	0.9405	0.9550	0.9673	0.9760
0.2	0.7523	0.8243	0.8672	0.8977	0.9206	0.9382	0.7126	0.7934	0.8525	0.8884	0.9103	0.9294	0.7420	0.8187	0.8646	0.8942	0.9142	0.9321	0.7695	0.8483	0.8950	0.9233	0.9041	0.9566
0.3	0.7067	0.7819	0.8323	0.8680	0.8940	0.9134	0.6441	0.7213	0.7834	0.8370	0.8772	0.8974	0.6798	0.7603	0.8183	0.8587	0.8890	0.9109	0.7062	0.7881	0.8463	0.8868	0.9147	0.9346
0.4	0.6728	0.7490	0.8043	0.8453	0.8757	0.8984	0.6009	0.6786	0.7415	0.7935	0.8363	0.8696	0.6302	0.7099	0.7724	0.8212	0.8576	0.8870	0.6555	0.7386	0.8026	0.8503	0.9041	0.9108
0.5	0.6448	0.7214	0.7791	0.8232	0.8570	0.8828	0.5619	0.6399	0.7042	0.7581	0.8035	0.8417	0.5931	0.6713	0.7358	0.7874	0.8287	0.8602	0.6121	0.6930	0.7600	0.8130	0.8536	0.8850
0.6	0.6218	0.6961	0.8923	0.8031	0.8392	0.8672	0.5281	0.6061	0.6937	0.7261	0.7729	0.8127	0.5606	0.6390	0.7046	0.7587	0.8019	0.8374	0.5792	0.6580	0.7244	0.7781	0.8215	0.8566
0.7	0.6031	0.6756	0.7578	0.7848	0.8229	0.8525	0.4991	0.5769	0.6422	0.6977	0.7457	0.7865	0.5343	0.6100	0.6761	0.7324	0.7785	0.8165	0.5526	0.6308	0.6964	0.7504	0.7958	0.8321
0.8	0.5873	0.6621	0.7212	0.7690	0.8079	0.8389	0.4770	0.5513	0.6169	0.6731	0.7215	0.7631	0.5141	0.5883	0.6520	0.7082	0.7565	0.7959	0.5294	0.6066	0.6725	0.7278	0.7871	0.8111
0.9	0.5744	0.6480	0.7073	0.7550	0.7944	0.8262	0.4680	0.5333	0.5929	0.6495	0.6984	0.7406	0.4986	0.5710	0.6336	0.6890	0.7368	0.7778	0.5113	0.5851	0.6502	0.7060	0.7529	0.7920
1.0	0.5634	0.6364	0.6950	0.7427	0.7824	0.8148	0.4617	0.5263	0.5805	0.6278	0.6765	0.7192	0.4845	0.5565	0.6183	0.6719	0.7200	0.7606	0.4961	0.5684	0.6310	0.6861	0.7341	0.7742
อัตราส่วน W:A	[redacted]						[redacted]						[redacted]						[redacted]					
	อัตราส่วน B:A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8085	0.8701	0.8965	0.9161	0.9327	0.9462	0.8350	0.9030	0.9296	0.9438	0.9542	0.9614	0.8417	0.9047	0.9319	0.9490	0.9628	0.9723	0.8227	0.8900	0.9161	0.9352	0.9493	0.9602
0.2	0.7427	0.8164	0.8613	0.8916	0.9135	0.9316	0.7503	0.8310	0.8829	0.9148	0.9344	0.9481	0.7674	0.8436	0.8892	0.9188	0.9402	0.9550	0.7374	0.8170	0.8680	0.9009	0.9246	0.9412
0.3	0.6921	0.7696	0.8245	0.8630	0.8912	0.9128	0.6814	0.7635	0.8251	0.8698	0.9003	0.9225	0.7125	0.7913	0.8455	0.8843	0.9126	0.9322	0.6673	0.7497	0.8122	0.8583	0.8913	0.9157
0.4	0.6534	0.7305	0.7900	0.8347	0.8682	0.8935	0.6236	0.7065	0.7737	0.8259	0.8646	0.8922	0.6697	0.7492	0.8090	0.8529	0.8855	0.9099	0.6152	0.6958	0.7614	0.8136	0.8540	0.8853
0.5	0.6246	0.7017	0.7616	0.8089	0.8455	0.8750	0.5788	0.6584	0.7259	0.7830	0.8282	0.8627	0.6370	0.7150	0.7767	0.8243	0.8609	0.8887	0.5696	0.6501	0.7170	0.7717	0.8169	0.8534
0.6	0.6010	0.6784	0.7396	0.7887	0.8276	0.8575	0.5422	0.6217	0.6892	0.7452	0.7922	0.8320	0.6121	0.6898	0.7510	0.7996	0.8382	0.8692	0.5350	0.6123	0.6778	0.7348	0.7830	0.8221
0.7	0.5840	0.6593	0.7207	0.7706	0.8116	0.8432	0.5111	0.5872	0.6540	0.7116	0.7614	0.7999	0.5920	0.6689	0.7304	0.7800	0.8197	0.8507	0.5070	0.5831	0.6476	0.7037	0.7514	0.7949
0.8	0.5698	0.8897	0.7046	0.7542	0.7959	0.8293	0.4880	0.5620	0.6391	0.6829	0.7332	0.7755	0.5758	0.6512	0.7125	0.7627	0.8037	0.8360	0.4850	0.5577	0.6212	0.6770	0.7254	0.7676
0.9	0.5572	0.6310	0.6911	0.7401	0.7809	0.8152	0.4682	0.5392	0.6028	0.6582	0.7068	0.7508	0.5634	0.6375	0.6977	0.7476	0.7892	0.8225	0.4677	0.5387	0.6007	0.6546	0.7045	0.7457
1.0	0.5461	0.6195	0.6791	0.7281	0.7690	0.8028	0.4533	0.5227	0.5832	0.6387	0.6865	0.7296	0.5529	0.6265	0.6861	0.7350	0.7762	0.8102	0.4521	0.5214	0.5824	0.6352	0.6831	0.7256

ตารางที่5ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม

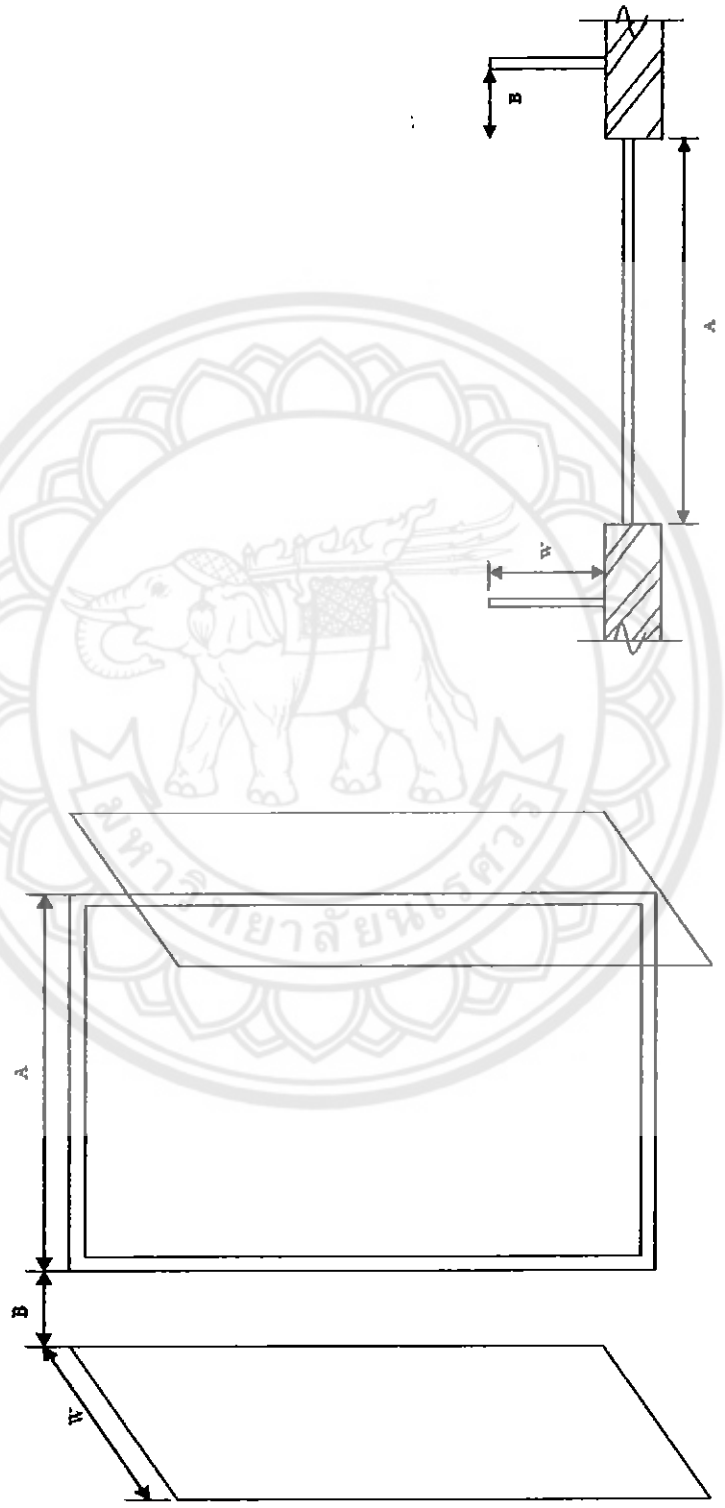
ในกรณีที่ C/A =0.4

อัตราส่วน W:A	ทิศทิศน้ำล่างทันสู่																					
	ทิศเหนือ						[illegible]															
	อัตราส่วน B:A																					
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.8064	0.8651	0.8918	0.9121	0.9317	0.9489	0.7883	0.8585	0.8870	0.9076	0.9277	0.9386	0.8369	0.9016	0.9259	0.9399	0.9534	0.9566	0.7935	0.8545	0.8777	0.8933	0.9070	0.9220
0.2	0.7364	0.8074	0.8493	0.8790	0.9032	0.9239	0.6988	0.7784	0.8360	0.8707	0.8926	0.9133	0.7584	0.8365	0.8824	0.9102	0.9314	0.9396	0.7245	0.7992	0.8433	0.8714	0.8916	0.9113
0.3	0.6937	0.7678	0.8175	0.8525	0.8794	0.9012	0.6330	0.7089	0.7699	0.8225	0.8627	0.8841	0.6969	0.7781	0.8356	0.8755	0.9040	0.9199	0.6654	0.7440	0.8003	0.8392	0.8691	0.8920
0.4	0.6621	0.7373	0.7918	0.8322	0.8632	0.8878	0.5923	0.6688	0.7305	0.7816	0.8243	0.8582	0.6478	0.7301	0.7936	0.8407	0.8761	0.8983	0.6183	0.6962	0.7572	0.8047	0.8407	0.8707
0.5	0.6358	0.7115	0.7685	0.8121	0.8462	0.8735	0.5556	0.6324	0.6956	0.7485	0.7957	0.8324	0.6057	0.6859	0.7522	0.8048	0.8455	0.8745	0.5834	0.6600	0.7229	0.7733	0.8140	0.8460
0.6	0.6142	0.6898	0.7479	0.7938	0.8300	0.8591	0.5235	0.6006	0.6645	0.7187	0.7651	0.8052	0.5738	0.6519	0.7178	0.7711	0.8145	0.8478	0.5526	0.6296	0.6937	0.7467	0.7894	0.8251
0.7	0.5968	0.6715	0.7302	0.7769	0.8148	0.8454	0.4954	0.5728	0.6375	0.6922	0.7396	0.7807	0.5481	0.6256	0.6908	0.7444	0.7896	0.8247	0.5273	0.6019	0.6669	0.7222	0.7677	0.8059
0.8	0.5819	0.6562	0.7147	0.7622	0.8010	0.8328	0.4739	0.5478	0.6131	0.6668	0.7169	0.7567	0.5257	0.6023	0.6676	0.7226	0.7681	0.8050	0.5063	0.5815	0.6441	0.6997	0.7475	0.7870
0.9	0.5698	0.6430	0.7017	0.7491	0.7885	0.8209	0.4654	0.5304	0.5896	0.6460	0.6950	0.7373	0.5061	0.5814	0.6461	0.7016	0.7483	0.7869	0.4939	0.5654	0.6270	0.6818	0.7294	0.7706
1.0	0.5595	0.6320	0.6901	0.7377	0.7773	0.8101	0.4594	0.5237	0.5777	0.6248	0.6736	0.7165	0.4933	0.5652	0.6273	0.6823	0.7302	0.7698	0.4805	0.5518	0.6127	0.6657	0.7137	0.7544
อัตราส่วน W:A	[illegible]																					
	อัตราส่วน B:A																					
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.7841	0.8442	0.8691	0.8875	0.9053	0.9231	0.8213	0.8881	0.9135	0.9268	0.9378	0.9472	0.8260	0.8884	0.9149	0.9316	0.9471	0.9603	0.8040	0.8700	0.8969	0.9133	0.9283	0.9427
0.2	0.7236	0.7957	0.8391	0.8681	0.8907	0.9112	0.7395	0.8192	0.8700	0.9009	0.9208	0.9359	0.7543	0.8301	0.8747	0.9038	0.9263	0.9438	0.7215	0.7998	0.8495	0.8816	0.9058	0.9244
0.3	0.6769	0.7527	0.8064	0.8438	0.8723	0.8956	0.6729	0.7541	0.8147	0.8585	0.8889	0.9121	0.7017	0.7796	0.8332	0.8714	0.9005	0.9221	0.6542	0.7352	0.7965	0.8417	0.8747	0.9004
0.4	0.6415	0.7170	0.7751	0.8188	0.8526	0.8792	0.6169	0.6989	0.7652	0.8167	0.8554	0.8836	0.6607	0.7394	0.7985	0.8418	0.8750	0.9010	0.6044	0.6837	0.7482	0.7996	0.8396	0.8855
0.5	0.6150	0.6909	0.7496	0.7959	0.8325	0.8631	0.5754	0.6525	0.7191	0.7757	0.8206	0.8556	0.6295	0.7067	0.7678	0.8150	0.8518	0.8809	0.5605	0.6399	0.7058	0.7596	0.8044	0.8415
0.6	0.5933	0.6697	0.7299	0.7784	0.8171	0.8479	0.5377	0.6168	0.6835	0.7392	0.7859	0.8261	0.6057	0.6828	0.7433	0.7917	0.8304	0.8624	0.5275	0.6039	0.6683	0.7246	0.7725	0.8118
0.7	0.5779	0.6523	0.7130	0.7624	0.8031	0.8354	0.5073	0.5830	0.6493	0.7066	0.7562	0.7951	0.5866	0.6630	0.7240	0.7733	0.8129	0.8448	0.5007	0.5759	0.6396	0.6951	0.7421	0.7859
0.8	0.5650	0.6391	0.6984	0.7474	0.7888	0.8226	0.4848	0.5584	0.6225	0.6787	0.7288	0.7714	0.5713	0.6461	0.7070	0.7570	0.7978	0.8308	0.4799	0.5517	0.6143	0.6696	0.7175	0.7599
0.9	0.5531	0.6264	0.6858	0.7344	0.7749	0.8095	0.4655	0.5361	0.5993	0.6546	0.7031	0.7473	0.5596	0.6332	0.6950	0.7427	0.7842	0.8180	0.4648	0.5337	0.5949	0.6483	0.6978	0.7390
1.0	0.5426	0.6155	0.6745	0.7232	0.7640	0.7979	0.4510	0.5201	0.5802	0.6356	0.6834	0.7267	0.5496	0.6227	0.6820	0.7308	0.7719	0.8063	0.4485	0.5172	0.5775	0.6298	0.6774	0.7199

ตารางที่6ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวนอนผสมแบบหักมุม

ในกรณีที่ C/A =0.5

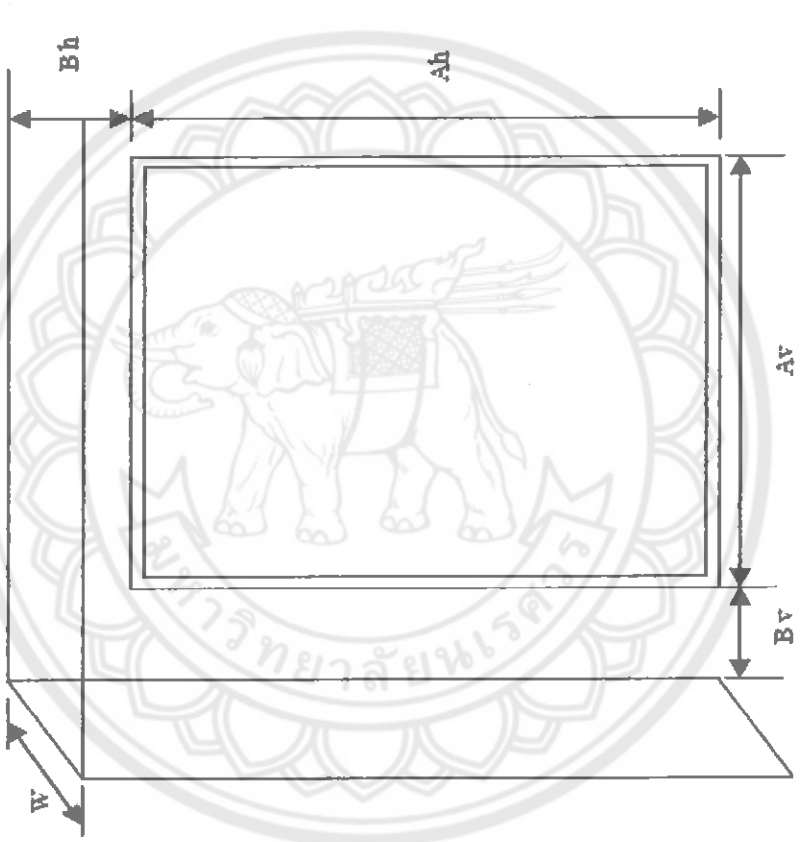
อัตราส่วน W:A	ทิศเหนือ						ทิศทิศน้ำต่างสันสู่																	
	อัตราส่วน B:A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.7878	0.8454	0.8710	0.8904	0.9092	0.9284	0.7718	0.8406	0.8675	0.8868	0.9056	0.9170	0.7739	0.8330	0.8543	0.8684	0.8808	0.8965	0.8243	0.8883	0.9119	0.9253	0.9383	0.9512
0.2	0.7215	0.7914	0.8323	0.8611	0.8845	0.9065	0.6862	0.7645	0.8210	0.8543	0.8749	0.8957	0.7088	0.7816	0.8237	0.8501	0.8688	0.8887	0.7480	0.8254	0.8706	0.8977	0.9163	0.9341
0.3	0.6817	0.7549	0.8034	0.8377	0.8639	0.8866	0.6251	0.6979	0.7575	0.8090	0.8482	0.8697	0.6526	0.7296	0.7840	0.8212	0.8495	0.8721	0.6884	0.7688	0.8256	0.8649	0.8928	0.9146
0.4	0.6523	0.7266	0.7801	0.8197	0.8502	0.8753	0.5849	0.6602	0.7207	0.7706	0.8123	0.8462	0.6080	0.6843	0.7435	0.7894	0.8241	0.8537	0.6408	0.7224	0.7851	0.8316	0.8665	0.8932
0.5	0.6276	0.7026	0.7586	0.8016	0.8352	0.8627	0.5502	0.6261	0.6881	0.7399	0.7841	0.8225	0.5749	0.6502	0.7115	0.7604	0.7999	0.8314	0.5999	0.6794	0.7450	0.7971	0.8373	0.8695
0.6	0.6074	0.6823	0.7396	0.7847	0.8206	0.8498	0.5194	0.5960	0.6591	0.7122	0.7577	0.7974	0.5456	0.6214	0.6843	0.7359	0.7775	0.8126	0.5690	0.6466	0.7117	0.7645	0.8075	0.8432
0.7	0.5911	0.6652	0.7232	0.7693	0.8069	0.8374	0.4921	0.5691	0.6334	0.6875	0.7341	0.7746	0.5216	0.5948	0.6588	0.7130	0.7575	0.7950	0.5442	0.6211	0.6857	0.7388	0.7837	0.8204
0.8	0.5772	0.6508	0.7087	0.7556	0.7941	0.8259	0.4711	0.5447	0.6097	0.6650	0.7126	0.7540	0.5037	0.5758	0.6373	0.6918	0.7390	0.7781	0.5224	0.5986	0.6633	0.7178	0.7630	0.8011
0.9	0.5658	0.6384	0.6966	0.7435	0.7826	0.8150	0.4631	0.5277	0.5867	0.6428	0.6916	0.7339	0.4901	0.5608	0.6214	0.6752	0.7222	0.7632	0.5054	0.5782	0.6424	0.6974	0.7439	0.7832
1.0	0.5561	0.6281	0.6857	0.7328	0.7723	0.8051	0.4575	0.5214	0.5751	0.6220	0.6707	0.7136	0.4772	0.5478	0.6081	0.6602	0.7075	0.7481	0.4910	0.5625	0.6242	0.6787	0.7263	0.7666
อัตราส่วน W:A	อัตราส่วน B:A																							
	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000
0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.7617	0.8198	0.8451	0.8600	0.8767	0.8897	0.8087	0.8744	0.8987	0.9107	0.9208	0.9308	0.8112	0.8728	0.8986	0.9146	0.9296	0.9446	0.7866	0.8513	0.8769	0.8921	0.9064	0.9218
0.2	0.7064	0.7766	0.8184	0.8458	0.8671	0.8883	0.7299	0.8084	0.8582	0.8880	0.9069	0.9223	0.7421	0.8170	0.8609	0.8893	0.9113	0.9299	0.7070	0.7839	0.8323	0.8631	0.8865	0.9055
0.3	0.6634	0.7376	0.7896	0.8257	0.8530	0.8767	0.6654	0.7456	0.8053	0.8481	0.8776	0.9007	0.6916	0.7688	0.8214	0.8591	0.8877	0.9100	0.6424	0.7220	0.7820	0.8260	0.8582	0.8838
0.4	0.6310	0.7050	0.7616	0.8039	0.8367	0.8636	0.6109	0.6922	0.7576	0.8082	0.8462	0.8744	0.6524	0.7304	0.7886	0.8313	0.8640	0.8905	0.5949	0.6730	0.7362	0.7864	0.8255	0.8573
0.5	0.6065	0.6813	0.7388	0.7839	0.8196	0.8501	0.5685	0.6469	0.7130	0.7689	0.8132	0.8480	0.6226	0.6992	0.7595	0.8060	0.8425	0.8718	0.5526	0.6309	0.6956	0.7484	0.7923	0.8289
0.6	0.5866	0.6620	0.7212	0.7687	0.8068	0.8375	0.5337	0.6123	0.6786	0.7335	0.7800	0.8199	0.6000	0.6764	0.7363	0.7840	0.8225	0.8545	0.5211	0.5964	0.6598	0.7151	0.7621	0.8010
0.7	0.5726	0.6462	0.7212	0.7547	0.7948	0.8269	0.5039	0.5792	0.6451	0.7020	0.7512	0.7899	0.5819	0.6576	0.7181	0.7669	0.8062	0.8380	0.4954	0.5697	0.6324	0.6871	0.7334	0.7766
0.8	0.5608	0.6343	0.6928	0.7412	0.7821	0.8158	0.4820	0.5553	0.6189	0.6747	0.7247	0.7670	0.5673	0.6416	0.7020	0.7515	0.7921	0.8250	0.4755	0.5466	0.6084	0.6627	0.7101	0.7520
0.9	0.5496	0.6223	0.6812	0.7291	0.7692	0.8035	0.4631	0.5334	0.5963	0.6511	0.6995	0.7436	0.5562	0.6294	0.6887	0.7380	0.7793	0.8130	0.4596	0.5294	0.5899	0.6425	0.6915	0.7323
1.0	0.5397	0.6120	0.6705	0.7186	0.7591	0.7928	0.4490	0.5177	0.5776	0.6327	0.6804	0.7236	0.5468	0.6194	0.6783	0.7266	0.7677	0.8021	0.4454	0.5136	0.5733	0.6249	0.6720	0.7142



รูปที่ 3ก. อุปกรณ์บังเคดแบบแนวตั้ง (Fin)

ตารางที่7ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบแนวตั้ง (Fin)

อัตราส่วน W:A	ทิศเหนือ																		ทิศที่หน้าต่างหันสู่					
	อัตราส่วน B:A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.9063	0.9354	0.9483	0.9566	0.9626	0.9683	0.9032	0.9319	0.9436	0.9513	0.9583	0.9649	0.9246	0.9430	0.9504	0.9561	0.9612	0.9662	0.9250	0.9595	0.9691	0.9744	0.9785	0.9818
0.2	0.8341	0.8672	0.8890	0.9048	0.9181	0.9302	0.8336	0.8652	0.8862	0.9013	0.9126	0.9233	0.8655	0.8872	0.9004	0.9112	0.9210	0.9308	0.8669	0.9104	0.9320	0.9445	0.9527	0.9600
0.3	0.7784	0.8111	0.8358	0.8573	0.8751	0.8914	0.7843	0.8146	0.8384	0.8583	0.8756	0.8904	0.8184	0.8394	0.8545	0.8683	0.8818	0.8951	0.8210	0.8666	0.8960	0.9140	0.9276	0.9386
0.4	0.7356	0.7661	0.7936	0.8174	0.8747	0.8585	0.7443	0.7724	0.7977	0.8195	0.8403	0.8597	0.7807	0.7988	0.8149	0.8299	0.8452	0.8611	0.7834	0.8287	0.8612	0.8847	0.9026	0.9171
0.5	0.7021	0.7307	0.7561	0.7837	0.8076	0.8303	0.7110	0.7372	0.7614	0.7846	0.8069	0.8285	0.7503	0.7657	0.7814	0.7965	0.8124	0.8296	0.7528	0.7983	0.8311	0.8578	0.8791	0.8969
0.6	0.6745	0.7012	0.7286	0.7548	0.7804	0.8051	0.6847	0.7085	0.7314	0.7546	0.7768	0.8001	0.7247	0.7376	0.7525	0.7673	0.7836	0.8020	0.7266	0.7731	0.8063	0.8340	0.8562	0.8760
0.7	0.6516	0.6765	0.7031	0.7301	0.7566	0.7830	0.6656	0.6868	0.7075	0.7299	0.7522	0.7754	0.7048	0.7154	0.7287	0.7436	0.7595	0.7788	0.7081	0.7515	0.7853	0.8132	0.8388	0.8612
0.8	0.6329	0.6559	0.6815	0.7068	0.7361	0.7635	0.6524	0.6715	0.6910	0.7119	0.7334	0.7564	0.6879	0.6960	0.7076	0.7216	0.7374	0.7562	0.6907	0.7328	0.7665	0.7944	0.8209	0.8451
0.9	0.6172	0.6385	0.6636	0.6905	0.7180	0.7462	0.6429	0.6601	0.6779	0.6979	0.7185	0.7404	0.6738	0.6789	0.6896	0.7028	0.7180	0.7367	0.6767	0.7181	0.7514	0.7792	0.8056	0.8308
1.0	0.6043	0.6240	0.6482	0.6748	0.7025	0.7311	0.6354	0.6516	0.6686	0.6878	0.7080	0.7296	0.6628	0.6672	0.6759	0.6881	0.7032	0.7215	0.6650	0.7054	0.7384	0.7659	0.7922	0.8182
อัตราส่วน W:A	[illegible]																							
	อัตราส่วน B:A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.9037	0.9243	0.9340	0.9415	0.9487	0.9559	0.9268	0.9521	0.9599	0.9647	0.9689	0.9731	0.9034	0.9420	0.9580	0.9663	0.9722	0.9772	0.9272	0.9507	0.9603	0.9667	0.9713	0.9757
0.2	0.8310	0.8533	0.8698	0.8837	0.8966	0.9094	0.8710	0.9030	0.9177	0.9272	0.9357	0.9433	0.8292	0.8748	0.9036	0.9241	0.9372	0.9475	0.8718	0.8999	0.9166	0.9288	0.9386	0.9477
0.3	0.7752	0.7956	0.8140	0.8315	0.8488	0.8662	0.8273	0.8599	0.8809	0.8957	0.9048	0.9158	0.7724	0.8180	0.8520	0.8787	0.9009	0.9172	0.8259	0.8539	0.8744	0.8909	0.9053	0.9182
0.4	0.7314	0.7487	0.7673	0.7865	0.8064	0.8267	0.7932	0.8251	0.8476	0.8646	0.8773	0.8898	0.7282	0.7719	0.8092	0.8382	0.8645	0.8876	0.7916	0.8174	0.8390	0.8572	0.8742	0.8905
0.5	0.6964	0.7109	0.7282	0.7478	0.7690	0.7913	0.7651	0.7958	0.8186	0.8377	0.8531	0.8665	0.6929	0.7351	0.7730	0.8050	0.8330	0.8584	0.7638	0.7885	0.8092	0.8269	0.8471	0.8651
0.6	0.6679	0.6793	0.6951	0.7140	0.7356	0.7592	0.7429	0.7723	0.7951	0.8145	0.8321	0.8475	0.6636	0.7041	0.7418	0.7760	0.8055	0.8328	0.7410	0.7635	0.7834	0.8033	0.8225	0.8420
0.7	0.6447	0.6537	0.6681	0.6865	0.7080	0.7325	0.7252	0.7538	0.7762	0.7954	0.8133	0.8307	0.6397	0.6787	0.7159	0.7509	0.7819	0.8106	0.7231	0.7437	0.7628	0.7823	0.8019	0.8220
0.8	0.6262	0.6331	0.6463	0.6641	0.6857	0.7109	0.7117	0.7390	0.7612	0.7801	0.7980	0.8160	0.6209	0.6578	0.6943	0.7292	0.7617	0.7912	0.7080	0.7266	0.7446	0.7634	0.7829	0.8034
0.9	0.6121	0.6173	0.6296	0.6471	0.6685	0.6939	0.6995	0.7256	0.7476	0.7669	0.7848	0.8030	0.6064	0.6403	0.6760	0.7107	0.7436	0.7744	0.6959	0.7129	0.7298	0.7478	0.7669	0.7877
1.0	0.6008	0.6044	0.6157	0.6328	0.6542	0.6797	0.6892	0.7143	0.7359	0.7555	0.7732	0.7913	0.5949	0.6274	0.6609	0.6953	0.7284	0.7600	0.6856	0.7010	0.7166	0.7335	0.7522	0.7728



รูปที่ 4ก. อุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback)

ตารางที่8ก. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดแบบผสม (Setback)

อัตราส่วน W:A	ทิศเหนือ						[illegible]																	
	อัตราส่วน B:A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.7966	0.8852	0.9201	0.9396	0.9532	0.9636	0.7713	0.8739	0.9133	0.9365	0.9553	0.9629	0.8135	0.8969	0.9262	0.9412	0.9496	0.9569	0.8939	0.9182	0.9548	0.9622	0.9716	0.9781
0.2	0.6391	0.7447	0.8057	0.8449	0.8733	0.8964	0.5950	0.7100	0.7697	0.8371	0.8651	0.8897	0.6706	0.7722	0.8307	0.8666	0.8894	0.9093	0.6733	0.7961	0.8621	0.8961	0.9212	0.9368
0.3	0.5286	0.6371	0.7104	0.7613	0.7990	0.8292	0.4683	0.5779	0.6636	0.7348	0.7889	0.8203	0.5514	0.6566	0.7305	0.7824	0.8213	0.8504	0.5586	0.6869	0.7730	0.8281	0.8655	0.8925
0.4	0.4449	0.5522	0.6331	0.6937	0.7406	0.7765	0.3774	0.4855	0.5741	0.6465	0.7079	0.7581	0.4558	0.5568	0.6366	0.6990	0.7475	0.7881	0.4655	0.5948	0.6906	0.7592	0.8093	0.8459
0.5	0.3775	0.4837	0.5675	0.6341	0.6879	0.7327	0.2961	0.4047	0.4940	0.5703	0.6368	0.6956	0.3812	0.4782	0.5596	0.6252	0.6801	0.7250	0.3876	0.5148	0.6142	0.6923	0.7518	0.7987
0.6	0.3222	0.4261	0.5112	0.5816	0.6402	0.6900	0.2317	0.3358	0.4246	0.5027	0.5710	0.6334	0.3171	0.4113	0.4932	0.5620	0.6199	0.6711	0.3269	0.4512	0.5506	0.6309	0.6967	0.7499
0.7	0.2765	0.3778	0.4631	0.5355	0.5976	0.6513	0.1786	0.2795	0.3666	0.4448	0.5146	0.5783	0.2662	0.3551	0.4360	0.5073	0.5686	0.6238	0.2769	0.3993	0.4988	0.5801	0.6497	0.7072
0.8	0.2387	0.3375	0.4221	0.4955	0.5599	0.6164	0.1405	0.2350	0.3209	0.3961	0.4680	0.5326	0.2247	0.3091	0.3853	0.4558	0.5192	0.5762	0.2338	0.3541	0.4535	0.5363	0.6075	0.6687
0.9	0.2072	0.3031	0.3872	0.4607	0.5262	0.5848	0.1200	0.2030	0.2804	0.3569	0.4264	0.4907	0.1912	0.2715	0.3446	0.4130	0.4756	0.5343	0.1997	0.3157	0.4143	0.4975	0.5702	0.6339
1.0	0.1813	0.2747	0.3572	0.4308	0.4970	0.5568	0.1050	0.1861	0.2572	0.3233	0.3921	0.4566	0.1631	0.2412	0.3124	0.3781	0.4410	0.4993	0.1712	0.2847	0.3803	0.4627	0.5366	0.6022
อัตราส่วน W:A	[illegible]																							
	อัตราส่วน B:A																							
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0007	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005	1.0005
0.1	0.7934	0.8772	0.9089	0.9265	0.9386	0.9486	0.8092	0.9040	0.9366	0.9508	0.9600	0.9667	0.8800	0.8961	0.9344	0.9514	0.9624	0.9705	0.8126	0.9043	0.9383	0.9540	0.9633	0.9702
0.2	0.6395	0.7377	0.7972	0.8354	0.8621	0.8846	0.6593	0.7739	0.8398	0.8782	0.9030	0.9211	0.6392	0.7613	0.8322	0.8761	0.9037	0.9230	0.6636	0.8050	0.8391	0.8790	0.9055	0.9238
0.3	0.5208	0.6207	0.6931	0.7453	0.7854	0.8184	0.5394	0.6560	0.7386	0.7943	0.8337	0.8648	0.5212	0.6459	0.7318	0.7926	0.8378	0.8690	0.5394	0.6519	0.7346	0.7939	0.8365	0.8680
0.4	0.4285	0.5250	0.6024	0.6635	0.7132	0.7730	0.4416	0.5580	0.6478	0.7159	0.7658	0.8046	0.4286	0.5524	0.6479	0.7172	0.7721	0.8158	0.4457	0.5544	0.6421	0.7108	0.7646	0.8077
0.5	0.3560	0.4498	0.5269	0.5917	0.6466	0.6950	0.3636	0.4755	0.5661	0.6414	0.7009	0.7478	0.3558	0.4768	0.5753	0.6522	0.7135	0.7637	0.3664	0.4740	0.5624	0.6357	0.6965	0.7478
0.6	0.2968	0.3874	0.4642	0.5308	0.5892	0.6404	0.3012	0.4114	0.5019	0.5768	0.6406	0.6950	0.2974	0.4165	0.5146	0.5955	0.6610	0.7169	0.3037	0.4057	0.4921	0.5686	0.6342	0.6904
0.7	0.2509	0.3368	0.4126	0.4800	0.5408	0.5954	0.2496	0.3553	0.4447	0.5210	0.5881	0.6436	0.2500	0.3667	0.4650	0.5482	0.6168	0.7315	0.2535	0.3523	0.4368	0.5126	0.5786	0.6405
0.8	0.2139	0.2971	0.3705	0.4372	0.4994	0.5566	0.2109	0.3130	0.3998	0.4748	0.5425	0.6023	0.2124	0.3253	0.4229	0.5069	0.5787	0.6390	0.2128	0.3060	0.3884	0.4631	0.5303	0.5917
0.9	0.1842	0.2646	0.3374	0.4036	0.4651	0.5237	0.1772	0.2750	0.3606	0.4350	0.5011	0.5628	0.1830	0.2918	0.3874	0.4712	0.5446	0.6074	0.1802	0.2699	0.3497	0.4219	0.4904	0.5514
1.0	0.1597	0.2378	0.3091	0.3751	0.4371	0.4957	0.1506	0.2456	0.3275	0.4023	0.4675	0.5284	0.1592	0.2658	0.3587	0.4414	0.5148	0.5795	0.1518	0.2380	0.3154	0.3855	0.4515	0.5138

ภาคผนวก ข.

ตารางที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความร้อน (Q)

TABLE 1 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Walls

North latitude wall facing	Solar time, h																							Max. CLTD, h	Min. CLTD	Max. CLTD	Difference CLTD
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400				
Group A Walls																												
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	3	10	14	4
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	24	6
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7
Group B Walls																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7
NE	19	18	17	16	16	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	23	12	21	9
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	28	27	27	26	26	25	24	30	15	27	12
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12
S	21	20	19	18	17	16	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	26	24	13	28	15
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	23	23	23	24	11	23	9
Group C Walls																												
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13
E	22	21	19	17	16	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	30	9	26	17
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	13	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	27	26	22	10	27	17
Group D Walls																												
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	5	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16	21	6	19	13
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	23	20	18	19	7	23	16
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	5	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	23	9	41	32
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25

TABLE 1 (Continued)

North latitude wall facing	Solar time, h																							Max. CLTD, h	Min. CLTD	Max. CLTD	Difference CLTD
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400				
Group E Walls																												
N	12	10	8	7	6	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	18	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	25	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22
E	14	12	10	8	6	6	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33
SE	15	12	10	8	7	6	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32
S	15	12	10	8	7	6	4	3	4	5	9	13	19	24	28	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40
W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	35	32	28	24	20	5	38	33
Group F Walls																												
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	18	1	25	24
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	28	22	18	15	12	16	1	39	38
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	46	37	28	23	18	14	2	53	51
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	16	21	27	35	42	46	43	35	28	22	16	13	2	46	44
Group G Walls																												
N	3	2	1	0	−1	2	7	9	9	12	15	16	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	−1	26	27
NE	3	2	1	0	−1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	6	9	1	39	38
E	4	2	1	0	−1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	−1	55	56
SE	4	2	1	0	−1	5	18	32	42	48	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	−1	51	52
S	4	2	1	0	−1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	23	20	15	12	10	8	5	14	−1	46	47
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	20	28	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	15	0	63	63
W	6	5	3	2	1	1	2	6	8	11	15	18	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	53	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55

1. *Direct application of the table without adjustments:* Values in the table were calculated using the same conditions for walls as outlined for the roof CLTD table, Table 1. These values may be used for all normal air-conditioning estimates, usually without correction (except as noted below) when the load is calculated for the hottest weather. For totally shaded walls, use the north orientation values.

2. *Adjustments to table values:* The following equation makes adjustments for conditions other than those listed in note 1.

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)K + (78 - T_R) + (T_m - 85)$$

where CLTD is from Table 1 at the wall orientation.
LM is the latitude-month correction from Table 4
K is a color adjustment factor applied after first making month-latitude adjustment
$K = 1.0$ if dark colored or light in an industrial area
$K = 0.83$ if permanently medium-colored (rural area)
$K = 0.65$ if permanently light-colored (rural area)
Credit should not be taken for wall color other than dark except where permanence of color is established by experience, as in rural areas or where there is little smoke.

SOURCE: Copyright 1989, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org. Abstracted by permission from ASHRAE Handbook, *1989 Fundamentals*, Chap. 26, Table 31. (Subsequent editions provide more extensive data.)

TABLE 2 CLTD Correction for Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitudes

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
8	Dec	4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Jan/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	4
	Feb/Oct	3	4	3	3	1	1	1	2	4	1
	Mar/Sept	-3	-2	1	1	1	2	-2	3	4	0
	Apr/Aug	2	2	2	0	-1	-4	5	7	7	1
	May/Jul	7	5	4	0	2	5	7	9	7	-2
	Jun	9	6	4	0	2	6	8	9	-7	-2
16	Dec	4	6	-8	8	4	1	4	9	13	-9
	Jan/Nov	4	-6	-7	7	-4	1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	5	4	-2	0	2	5	7	4
	Mar/Sept	-3	3	-2	2	-1	-1	0	0	0	1
	Apr/Aug	-1	0	-1	-1	1	3	3	5	6	0
	May/Jul	4	3	3	0	1	4	5	7	7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
24	Dec	5	7	9	10	7	3	3	9	13	13
	Jan/Nov	4	6	8	9	6	3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	4	-5	-6	6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	3
	Apr/Aug	-2	-1	0	-1	-1	-2	1	2	3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	Dec	5	7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	17
	Jan/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	2	4	8	11	10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Apr/Aug	2	2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	4	2
40	Dec	-6	-8	-10	13	-10	7	0	7	10	-21
	Jan/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	8
	Apr/Aug	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
48	Dec	6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	25
	Jan/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	11
	Apr/Aug	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
56	Dec	-7	-9	-12	-16	-16	-14	-9	5	3	28
	Jan/Nov	-6	-8	-11	-15	-14	-12	6	-1	2	-27
	Feb/Oct	-6	-8	-10	-12	-10	-7	0	6	9	-22
	Mar/Sept	-5	-6	7	-8	-5	2	4	8	12	15
	Apr/Aug	3	-4	-4	4	-1	1	5	7	9	8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	2
	Jun	3	1	2	1	3	3	4	5	6	1

(1) Corrections in this table are in °F. The correction is applied directly to the CLTD for a wall or roof as given in Tables 1 and 3.

(2) The CLTD correction given in this table is not applicable to Table 6, Cooling Load Temperature Differences for Conduction through Glass.

(3) For south latitudes, replace Jan. through Dec. by July through June.

SOURCE: Copyright 1989, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org. Abstracted by permission from ASHRAE Handbook, *1989 Fundamentals*, Chap. 26, Table 32.

TABLE 3 Cooling Load Factors for Glass without Interior Shading, North Latitudes (โหลดไม่ผ่าน)

Fenestration facing	Room construction	Solar time, h																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N (Shaded)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.75	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.19	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.39	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.39	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.25	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.46	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.09	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
	H	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.19	0.32	0.43	0.50	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.46	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
SSE	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.08	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	0.29	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08
	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12
	H	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.12	0.19	0.29	0.40	0.49	0.54	0.56	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SSW	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.16	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.16	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.56	0.49	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.26	0.40	0.52	0.62	0.66	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	0.55	0.42	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.26	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.38	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.19	0.16
WNW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.63	0.62	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.47	0.55	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.25	0.36	0.46	0.53	0.52	0.38	0.30	0.24	0.20	0.18	0.16
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.42	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15	
	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14

TABLE 3 (*Continued*)

Fenestration facing	Room construction	Solar time, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
NNW	M	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.50	0.56	0.48	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.26	0.28	0.28	0.31	0.38	0.49	0.53	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16
	L	0.12	0.09	0.07	0.06	0.06	0.07	0.14	0.24	0.36	0.46	0.58	0.66	0.72	0.74	0.77	0.67	0.59	0.47	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13
NNE	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.15	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.56	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.28	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

L = Light construction: frame exterior wall, 2-in concrete floor slab, approximately 30 lb of material/ft² of floor area.
M = Medium construction: 4-in concrete exterior wall, 4-in concrete floor slab, approximately 70 lb of building material/ft² of floor area.
H = Heavy construction: 6-in concrete exterior wall, 6-in concrete floor slab, approximately 130 lb of building materials/ft² of floor area.

SOURCE: Copyright 1989, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org. Abstracted by permission from ASHRAE Handbook, *1989 Fundamentals*, Chap. 26, Table 36.

Cooling Load Factors for Glass with Interior Shading, North Latitudes (ต่อหน้า)

Fenestration facing	Solar time, h																							
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
N	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.76	0.78	0.91	0.24	0.16	0.15	0.13	0.11	0.10
NNE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.64	0.77	0.62	0.42	0.37	0.37	0.37	0.36	0.35	0.32	0.28	0.23	0.17	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
NE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
ENE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.52	0.76	0.80	0.71	0.52	0.31	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
E	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
ESE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.41	0.67	0.79	0.80	0.72	0.54	0.34	0.27	0.24	0.21	0.19	0.15	0.12	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03
SE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
SSE	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.12	0.31	0.54	0.72	0.81	0.81	0.71	0.54	0.38	0.32	0.27	0.22	0.16	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
S	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.25	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
SSW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.09	0.14	0.18	0.22	0.27	0.43	0.63	0.78	0.84	0.80	0.66	0.46	0.25	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
SW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
WSW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.23	0.44	0.64	0.78	0.84	0.78	0.55	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
W	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
WNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.22	0.43	0.65	0.80	0.84	0.66	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.11	0.17	0.22	0.26	0.30	0.32	0.33	0.34	0.34	0.39	0.61	0.82	0.76	0.17	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
HOR	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

SOURCES: Copyright 1989, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org. Abstracted by permission from ASHRAE Handbook, *1989 Fundamentals*, Chap. 26, Table 39.

TABLE 4 SHADING COEFFICIENTS FOR GLASS WITHOUT OR WITH INTERIOR SHADING DEVICES

Type of Glazing	Nominal Thickness, in. (Each light)	Without Shading	With Interior Shading: Venetian Blinds, Medium	Venetian Blinds, Light	Roller Shades, Opaque, Dark	Roller Shades, Opaque, Light	Roller Shades, Translucent, Light
Single glass							
Clear	⅛	0.94	0.74	0.67	0.81	0.39	0.44
Heat absorbing	⅛	0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
Double glass							
Clear	⅛	0.81	0.62	0.58	0.71	0.35	0.40
Heat absorbing	⅛	0.55	0.39	0.36	0.40	0.22	0.30

Note: Venetian blinds are assumed set at a 45° position. Adapted with permission from the *1993 ASHRAE Handbook—Fundamentals*

TABLE 5 Maximum Solar Heat Gain Factors, Btu/(h · ft²), for Sunlit Glass, North Latitudes

12°N Lat.

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	31	31	63	155	217	246	247	212	182	262
Feb.	34	34	105	186	235	248	228	177	133	286
Mar.	36	58	148	210	240	233	190	124	73	297
Apr.	40	108	178	219	227	200	142	64	40	290
May	60	139	194	220	212	173	106	40	40	280
June	75	149	198	217	204	161	90	40	40	274
July	63	139	191	215	207	168	102	41	41	275
Aug.	42	109	174	212	218	191	135	62	142	282
Sept.	37	57	142	201	229	222	182	121	73	287
Oct.	34	34	103	180	227	238	219	172	130	280
Nov.	32	32	63	153	214	241	243	209	179	260
Dec.	30	30	47	141	207	242	251	223	197	250

16°N Lat.

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	30	30	55	147	210	244	251	223	199	248
Feb.	33	33	96	190	231	247	233	188	154	276
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Apr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
June	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
July	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Aug.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sept.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dec.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

20°N Lat.

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	29	29	48	138	201	243	253	233	214	232
Feb.	31	31	88	178	226	244	238	201	174	263
Mar.	34	49	132	200	237	236	206	152	115	284
Apr.	38	92	166	213	228	208	158	91	58	287
May	47	123	184	217	217	184	124	54	42	283
June	59	135	189	216	210	173	108	45	42	278
July	48	124	182	213	212	179	119	53	43	278
Aug.	40	91	162	206	220	200	162	88	57	280
Sept.	36	46	127	191	225	225	199	148	114	275
Oct.	32	32	87	167	217	236	231	196	170	258
Nov.	29	29	48	136	197	239	249	229	211	230
Dec.	27	27	35	122	187	238	254	241	226	217

24°N Lat.

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	27	27	41	126	190	240	253	241	227	214
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	34	45	124	193	234	237	214	168	137	275
Apr.	37	88	159	209	228	213	169	107	75	283
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
June	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
July	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Aug.	38	87	156	205	220	204	162	103	72	277
Sept.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	268
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dec.	26	26	29	112	180	234	247	247	237	199

ภาคผนวก ค.

วิธีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) โดยการคำนวณมือ

1. ตำแหน่งและทิศทางของดวงอาทิตย์ ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

1.1 เวลาสุริยะ (solar time) คือ เวลาที่สอดคล้องกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ โดยเวลาที่ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่มีค่ามุมเงยหรือมุมยกขึ้น (altitude) สูงสุด คือ เวลาเที่ยงสุริยะ (solar noon) เวลาสุริยะ ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$t_s = t_l - 4(L_{gs} - L_{gl}) + E_{qt}$$ สมการที่ 1.ค.

โดยที่ t_s คือ เวลาสุริยะ

t_l คือ เวลามาตรฐานท้องถิ่น

L_{gs} คือ เส้นแวงหลักมาตรฐานสำหรับประเทศไทยเท่ากับ 105 องศาตะวันออก

L_{gl} คือ เส้นแวงของตำแหน่งที่พิจารณาสำหรับประเทศไทย ให้ใช้ค่าเท่ากับ 100.5องศาตะวันออก

E_{qt} คือ สมการของเวลา (equation of time) หรือผลต่างของเวลาสุริยะกับเวลาปกติ มีหน่วยเป็นนาที

สมการของเวลาคำนวณได้จาก

$$E_{qt} = 9.87(\sin 2B) - 7.53(\cos B) - 1.5(\sin B)$$ สมการที่ 1.2ค.

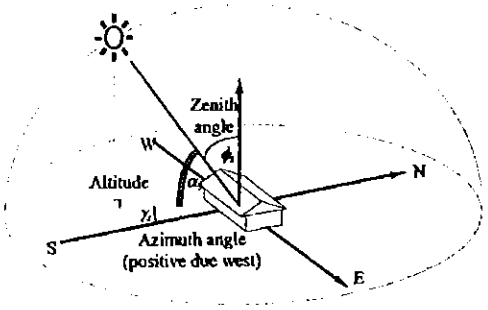
$$B = \frac{(360^{\circ})(j_d - 81)}{364}$$ สมการที่ 1.3ค.

โดยที่ j_d คือ วันจูเลียน (Julian date) คือ ลำดับที่ของวันในหนึ่งปี

เช่น 1 = วันที่ 1 มกราคม หรือ 152 = วันที่ 1 มิถุนายน เป็นต้น

1.2 ทิศทางของรังสีดวงอาทิตย์

ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตและตำแหน่งดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะ มุมอะติจูด และ มุมอะซิมุธ จากพิกัดศูนย์กลางของจุดที่สังเกตบนโลก ดังแสดงในรูป 1ค. ซึ่งอธิบายถึงองค์ประกอบทางเรขาคณิต เพื่อใช้สำหรับการตั้งค่าอ้างอิงพิกัดในทิศทางที่สำคัญ



รูปที่1ค. แสดงความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตของดวงอาทิตย์อ้างอิงจากจุดบนโลก

α_s : มุมเงยของดวงอาทิตย์ คือมุมที่แนวเส้นตรงซึ่งลากจากจุดบนโลกไปยังดวงอาทิตย์กระทำกับพื้นราบ

γ_S : มุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์ คือมุมที่ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแนวระนาบกระทำกับทิศใต้

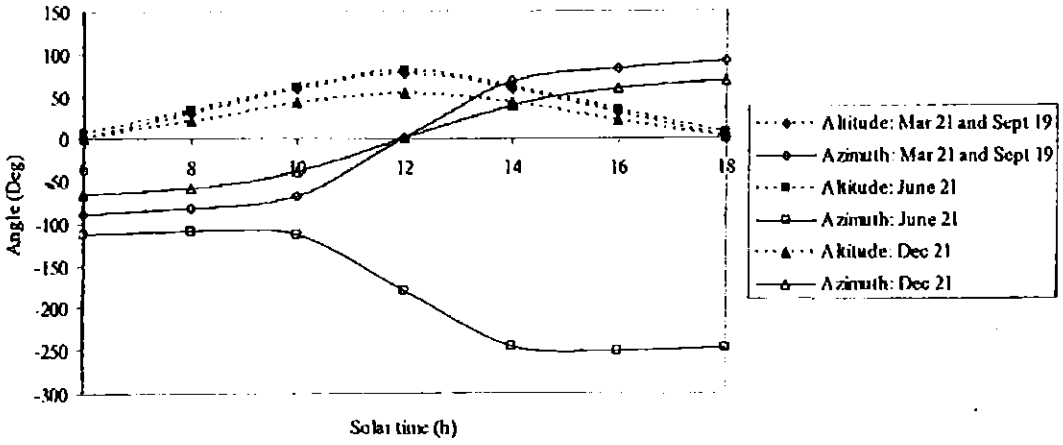
Z: มุมของตำแหน่งดวงอาทิตย์ คือมุมที่แนวเส้นตรงซึ่งลากจากจุดบนโลกไปยังดวงอาทิตย์กระทำกับแนวตั้งฉากของโลกและ ผลรวมของมุมอะติจูดกับมุมซีนิทจะเท่ากับ 90 °

เวลาใดก็ตาม เราจะเห็น ดวงอาทิตย์ที่ปรากฏอยู่บนโลก ในตำแหน่งที่แตกต่างกันออกไป โดยจะขึ้นอยู่กับเวลา และสถานที่ที่เราสังเกต โดยในวันที่ 21มีนาคม ของทุกปี จะเห็นดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งเหนือหัวพอดี (α_s=90°, γ_s = 0 °) แต่ที่เราสังเกตที่ละติจูด 23.5° ในฤดูร้อน จะสามารถเห็น ดวงอาทิตย์ทำมุม 23 ° กับแนวตั้งฉากของโลก (α_s=90° -23.5° = 66.5°, γ_s = 0 °)

กรุงเทพตั้งอยู่ที่ละติจูด 13.7 °องศาเหนือ และลองติจูด 100.5 ° องศาตะวันออก เมื่อครบกำหนด กรุงเทพจะเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศเหนือพอดี ในตอนเที่ยงของวันที่ 21 มิถุนายน และจะเห็นพระอาทิตย์ขึ้นทางทิศใต้พอดี ในวันที่ 21 ธันวาคม

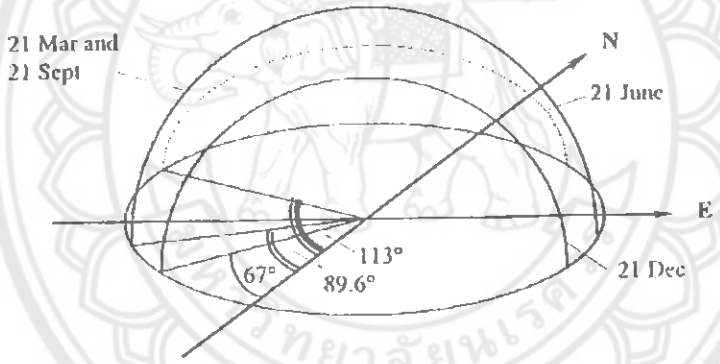
ตารางที่ 1ค. แสดงมุมอัลติจูด และมุมอะซิมุท ของดวงอาทิตย์ ณ เวลาต่างๆ ในแต่ละวัน โดยอ้างอิงจาก 4 วัน คือ 21 มีนาคม, 21 มิถุนายน, 21 กันยายน และ 21 ธันวาคม

Time (solar)	Mar 21 and Sept 21		June 21		December 21	
	α_s	γ_s	α_s	γ_s	α_s	γ_s
06.00	0.0	-89.6	5.4	-112.8	0.0	-66.6
08.00	29.1	-81.8	32.7	-109.3	20.6	-58.1
10.00	57.3	-67.0	60.0	-113.4	42.7	-38.6
12.00	76.3	0.0	80.3	-180.0	52.9	0.0
14.00	57.3	67.0	60.0	-246.6	42.7	38.6
16.00	29.1	81.8	32.7	-250.7	20.6	58.1
18.00	0.0	89.6	5.4	-247.2	0.0	66.6



รูปที่2ค. การหาค่าจากตารางที่ 1ค มา Plot กราฟ

จากผลการสำรวจในตารางที่ 1 ทำมาวาดเป็นภาพกราฟฟิก ให้เห็นได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 1.19



รูปที่3ค. แสดงเส้นทางการโคจรของดวงอาทิตย์ ตามวันที่อ้างอิงจากตารางที่ 1สำหรับกรุงเทพฯ

1.3 ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของตำแหน่งของดวงอาทิตย์

มุมเงยและมุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์ สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\sin\alpha_s = (\sin L_t)(\sin\delta) + (\cos L_t)(\cos\delta)(\cos\omega) \qquad \text{สมการที่ 1.4ค.}$$

$$\sin\gamma_s = \frac{(\cos\delta)(\sin\omega)}{(\cos\alpha_s)} \qquad \text{สมการที่ 1.5ค.}$$

โดยที่ L_t คือ เส้นรุ้ง (latitude) ของตำแหน่งที่พิจารณา เช่น กรุงเทพมหานครให้ใช้ค่าเท่ากับ 13.7 องศาเหนือ

δ คือ มุมเบี่ยงของดวงอาทิตย์ หรือมุมเดคลิเนชั่น (declination angle)

มีหน่วยเป็น เรเดียน (rad)

ω คือ มุมแทนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ก่อนหรือหลังเวลาเที่ยงสุริยะ

(solar hour angle) มีหน่วยเป็น เรเดียน (rad)

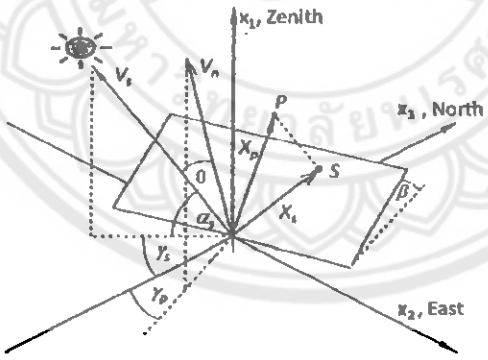
$$\omega = \pi(t_s - 12)/12$$ สมการที่ 1.6ค.

มุมเบี่ยงของดวงอาทิตย์ คือ มุมที่แนวลำแสงอาทิตย์ไปยังจุดกึ่งกลางของโลก กระทำกับระนาบเส้นศูนย์สูตร มุมเบี่ยงของดวงอาทิตย์สำหรับวันจูเลียน (j_d) ใดๆ ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$\delta = 23.45 \sin\left(\frac{(360)(284+j_d)}{365}\right)$$ สมการที่ 1.7ค.

1.4 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ตำแหน่งและทิศทางของดวงอาทิตย์ ให้คำนวณจากสมการดังนี้



รูปที่4ค. ตำแหน่งและทิศทางของระนาบและจุดต่าง ๆ บนระนาบที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์

พิจารณาพิกัด (x_1, x_2, x_3)ซึ่งถูกกำหนดด้วยเส้นซีนิธ (zenith) ทิศตะวันออก และทิศเหนือ เวคเตอร์แสดงทิศทางของดวงอาทิตย์ (โซลาร์เวคเตอร์, V_s^x) และเวคเตอร์ของระนาบเอียง (V_n^x) ซึ่งตั้งฉากกับระนาบเอียง ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$V_s^x = \begin{bmatrix} \sin\alpha_s \\ -\cos\alpha_s \cdot \sin\gamma_s \\ -\cos\alpha_s \cdot \cos\gamma_s \end{bmatrix}$$, โซลาร์เวกเตอร์

$$V_n^x = \begin{bmatrix} \cos\beta \\ -\sin\beta \cdot \sin\gamma_p \\ -\sin\beta \cdot \cos\gamma_p \end{bmatrix}$$,เวกเตอร์ของระนาบเอียง

เมื่อ θ คือมุมระหว่างเวคเตอร์ทั้งสอง ให้คำนวณค่า $\cos\theta$ จากสมการดังนี้

$$\cos\theta = (V_s^x, V_n^x) = (\sin\alpha_s)(\cos\beta) + (\cos\alpha_s)(\sin\gamma_s)(\sin\beta)(\sin\gamma_p) + (\cos\alpha_s)(\cos\gamma_s)(\sin\beta)(\cos\gamma_p)$$ สมการที่ 1.8ค.

โดยที่ β คือ มุมเอียง (inclination angle) ของระนาบที่พิจารณา

γ_p คือ มุมอะซิมุทของระนาบที่พิจารณา (azimuth of surface)

$\cos\theta$ คือโคซายน์ของมุมระหว่างระนาบที่พิจารณากับทิศทางของดวงอาทิตย์ (โซลาร์เวกเตอร์)

1.5 รังสีอาทิตย์บนระนาบที่ไม่มีการบังแดด

กรณีที่ช่องแสงของผนังหรือระนาบใดๆ ไม่มีการบังแดดปริมาณรังสีรวมของดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่ตกกระทบลงบนระนาบดังกล่าว ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$E_{et\theta} = E_{es}\cos\theta + E_{ed}\frac{(1+\cos\beta)}{2}$$ สมการที่ 1.9ค.

โดยที่ E_{es} คือ รังสีตรงของดวงอาทิตย์ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (w/m^2)

E_{ed} คือ รังสีกระจายของดวงอาทิตย์บนพื้นผิวแนวนอน มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (w/m^2)

1.6 ตำแหน่งเกิดเงาเหนือระนาบที่พิจารณา

จากรูปที่ 4ค. หากกำหนดให้ x_p เป็นเวคเตอร์แสดงพิกัดของจุด P ซึ่งอยู่เหนือระนาบที่พิจารณาและให้ระยะทางจากระนาบเอียงถึงจุด P เท่ากับ h ให้ S เป็นเงาของจุด P ที่ตกลงบน

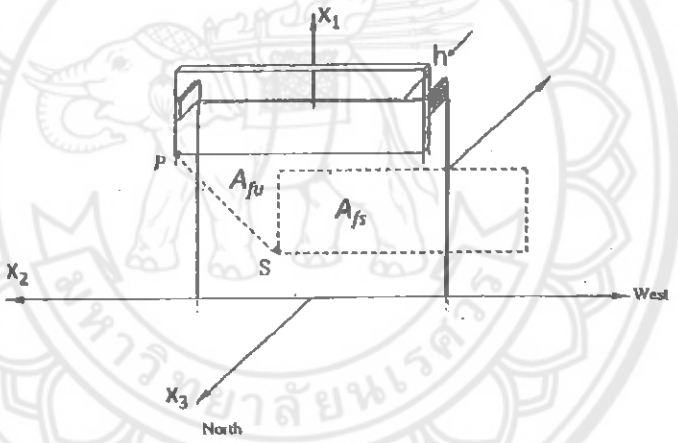
ระนาบที่พิจารณาเมื่อได้รับแสงอาทิตย์ เวคเตอร์ x_s แสดงพิกัดของจุด S เวคเตอร์ x_s เวคเตอร์ x_p และเวคเตอร์ V_s^x มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$x_s = x_p - \frac{hV_s^x}{\cos\theta} \qquad \text{สมการที่ 1.10ค.}$$

เงาจะเกิดขึ้นบนระนาบที่พิจารณา ก็ต่อเมื่อจุดที่ทำให้เกิดเงาอยู่เหนือ หรือหน้าระนาบที่พิจารณา และเมื่อดวงอาทิตย์หันเข้าหาระนาบที่พิจารณา

1.7 เงาที่เกิดจากอุปกรณ์บังแดด

ให้พิจารณาอุปกรณ์บังแดดแนวนอนที่ติดตั้งอยู่ด้านหน้าของหน้าต่างในรูปดังนี้



รูปที่ 5ค. การบังแดดโดยอุปกรณ์บังแดดแนวนอนที่ติดตั้งอยู่ด้านหน้าของหน้าต่าง

หน้าต่างหันไปทางทิศเหนือ จุด P จะอยู่ที่มุมของอุปกรณ์บังแดดถ้าพิกัดของจุด P แทนด้วย x_p พิกัดของจุด S หรือจุดเงาที่เกิดขึ้นบนระนาบของหน้าต่างอันเนื่องมาจากจุด Pแทนด้วยx_s เวคเตอร์ x_s คำนวณได้จากสมการ1.15สำหรับกรณีนี้ h คือ ระยะทางระหว่างอุปกรณ์บังแดดกับหน้าต่าง พื้นที่ของเงาที่เกิดขึ้น คือ พื้นที่ที่เกิดจากการต่อจุดของจุดเงาที่เกิดจากมุมแต่ละมุมของอุปกรณ์บังแดด พื้นที่ A_{fs} คือ พื้นที่ที่เกิดเงาบนหน้าต่าง ซึ่งก็คือพื้นที่ที่ไม่ได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ พื้นที่ A_{fu} คือ พื้นที่ที่ไม่เกิดเงาบนหน้าต่าง ทั้งรังสีตรงและบางส่วนของรังสีกระจายของดวงอาทิตย์จึงตกลงบนพื้นที่ส่วน A_{fu}นี้ ขณะที่มีเฉพาะรังสีกระจายบางส่วนของดวงอาทิตย์เท่านั้นที่ตกลงบนพื้นที่ส่วน A_{fs}

1.8 รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบหน้าต่างที่มีอุปกรณ์บังแดด

ถ้าพื้นที่ของหน้าต่างที่ไม่อยู่ภายใต้เงาคือ A_{fu}และพื้นที่หน้าต่างทั้งหมดคือ A_fรังสีอาทิตย์ที่ผ่านอุปกรณ์บังแดดมาตกกระทบบนหน้าต่าง (E_{ew}) สำหรับหน้าต่างที่มีมุมเอียง β ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$E_{ew} = (A_{fu}/A_f)(E_{es})(\cos\theta) + (E_{ed})\frac{(1+\cos\beta)}{2}$$ สมการที่ 1.16

1.9 สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร (SC)

$$SC = \frac{E_{ew}}{E_{et\theta}}$$ สมการที่ 1.17

โดยที่ E_{ew} คือ รังสีอาทิตย์ที่ผ่านอุปกรณ์บังแดดมาตกกระทบบนหน้าต่าง ที่พิจารณามีหน่วยเป็นวัตต์ต่อ ตารางเมตร (w/m^2)

$E_{et\theta}$ คือ รังสีรวมของดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่ตกกระทบบนหน้าต่างที่พิจารณาเสมือนหนึ่งไม่มีอุปกรณ์บังแดด มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (w/m^2) ค่าเฉลี่ยตลอดปีของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด หาได้จากอัตราส่วนของผลรวมของปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ผ่านอุปกรณ์บังแดดมาตกกระทบบนหน้าต่างที่พิจารณาตลอดช่วงเวลาการใช้งานอาคารในแต่ละวันของวันอ้างอิง 4 วัน ต่อผลรวมของปริมาณรังสีอาทิตย์ทั้งหมดที่ตกกระทบบนหน้าต่างที่พิจารณาเสมือนหนึ่งไม่มีอุปกรณ์บังแดดในช่วงเวลาเดียวกัน โดยที่วันอ้างอิงทั้ง 4 วัน คือวันที่ 21 มีนาคม, 22 มิถุนายน 23 กันยายน และ 22 ธันวาคม

ค่าเฉลี่ยตลอดปีของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$(SC)_y = \left[\frac{(\sum_{h=1}^{n} E_{ew})_{21\ March} + (\sum_{h=1}^{n} E_{ew})_{22\ June} + (\sum_{h=1}^{n} E_{ew})_{23\ September} + (\sum_{h=1}^{n} E_{ew})_{22\ December}}{(\sum_{h=i}^{n} E_{et\theta})_{21\ March} + (\sum_{h=i}^{n} E_{et\theta})_{22June} + (\sum_{h=1}^{n} E_{et\theta})_{23\ September} + (\sum_{h=1}^{n} E_{et\theta})_{22\ December}}\right]$$

สมการที่ 1.18

โดยที่ $(SC)_y$ คือ ค่าเฉลี่ยตลอดปีของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอก อาคาร

i และ n คือ ชั่วโมงที่ดวงอาทิตย์ขึ้นและตก

รังสีตรง (E_{es}) และรังสีกระจาย (E_{ed}) ของดวงอาทิตย์บนพื้นผิวแนวนอน สำหรับวันอ้างอิง 4 วันให้ใช้ค่าตามที่กำหนดในตารางที่ 3

ตารางที่ 2ค. แสดงค่ารังสีตรง (beam, E_{es}) และรังสีกระจาย (diffuse, E_{ed}) ของดวงอาทิตย์ สำหรับวันอ้างอิง 4 วัน

เวลา	พลังงานของรังสีอาทิตย์(W/m2)							
	21 มีนาคม		22 มิถุนายน		23 กันยายน		22 ธันวาคม	
	beam	diffuse	beam	diffuse	beam	diffuse	beam	diffuse
01.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
03.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
04.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
05.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
06.00	0.0	0.0	7.5	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0
07.00	68.5	44.9	105.0	77.8	94.4	77.1	64.4	19.9
08.00	185.7	121.6	196.2	145.4	202.3	165.1	270	83.5
09.00	290.1	190.0	275.6	204.3	296.2	241.8	454.4	150.5
10.00	374.8	245.5	338.6	250.9	369.9	302.0	603.3	186.5
11.00	433.8	284.1	381.2	282.6	418.3	341.4	704.9	217.9
12.00	463.2	303.4	401.1	297.3	437.9	357.5	751.3	232.2
13.00	461.0	301.9	397.0	294.2	427.6	349.0	738.9	228.4
14.00	427.3	279.8	369.1	273.6	388.0	316.7	668.7	206.7
15.00	364.5	238.7	319.1	236.4	321.7	262.6	546.1	168.8
16.00	276.7	181.2	250.0	185.3	233.5	190.6	380.8	117.7
17.00	170.0	111.3	165.9	123.0	129.2	105.5	185.6	57.4
18.00	51.0	33.9	72.0	53.3	16.1	13.1	0.0	0.0
19.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ-นามสกุล : นางสาววราภรณ์ อินอำไพ

ภูมิลำเนา : 97 หมู่ 2 ต.หนองปลิง อ. เมือง จ.กำแพงเพชร 62000

ประวัติการศึกษา

จบระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนทรัพย์สถิตวิทยาคาร จ.กำแพงเพชร

จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม จ.กำแพงเพชร

ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

ชื่อ-นามสกุล : นายจิรพงศ์ อนุจร

ภูมิลำเนา : 69 หมู่ 3 ต.วรนคร อ.ปัว จ.น่าน 55120

ประวัติการศึกษา

จบระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนจอมแจ้งวิทยาคาร จ.น่าน

จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนปัว จ.น่าน

ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

ชื่อ-นามสกุล : นางสาวณัฐชิดา มีรุ่งเรือง

ภูมิลำเนา : 28/425 ซอยประชาอุทิศ 54 แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

ประวัติการศึกษา

จบระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนอรพินพิทยา จ.ลำพูน

จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ จ.ลำพูน

ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก