



เฉลี่ยผลการทดลองทุก ๆ 15 นาที เพื่อทำการประมวลผล ใช้เวลาบันทึกค่าในแต่ละความเข้มรังสี 2 ชั่วโมง และใช้เวลาในกล่องทดลองทั้งสิ้นเป็นเวลา 10 ชั่วโมง และทำการควบคุมแสงที่ใช้ในการทดลองให้ได้ค่าปริมาณความเข้มรังสีที่ 0 วัตต์ต่อตารางเมตร 200 วัตต์ต่อตารางเมตร 400 วัตต์ต่อตารางเมตร 600 วัตต์ต่อตารางเมตร และ 800 วัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ

ผลจากการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาว่าความร้อนจากปล่องแสงอาทิตย์ส่งผลกระทบต่อพื้นที่กล่องทดลองด้านล่างหรือไม่ และสำรวจความเป็นไปได้ในการเกิดการลอยตัวของอากาศในกล่องทดลองจริง โดยการวัดค่าอุณหภูมิในกล่องทดลองบริเวณ 8 จุด คือ ผิวโลหะ ผิวกระจกด้านใน ผิวกระจกด้านนอก ลมออก อากาศห่างจากฐานปล่อง 0.30 เมตร อากาศห่างจากฐานปล่อง 0.60 เมตร อากาศห่างจากฐานปล่อง 0.90 เมตร และลมเข้า โดยควบคุมอากาศภายนอกที่ 22 องศาเซลเซียส และแสดงผลเป็นตารางผลการทดลองและกราฟค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ณ จุดตั้งเซนเซอร์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1

ผลการทดลองอุณหภูมิเฉลี่ย ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในกล่องทดลองที่ 1 (เบื้องต้น)

| ความ<br>เข้มรังสี<br>(W/m <sup>2</sup> ) | อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ (°C) |                    |                     |       |                          |         |         |        |
|------------------------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------|-------|--------------------------|---------|---------|--------|
|                                          | ผิว<br>โลหะ                   | ผิวกระจก<br>ด้านใน | ผิวกระจก<br>ด้านนอก | ลมออก | ลมตำแหน่งห่างจากฐานปล่อง |         |         | ลมเข้า |
|                                          |                               |                    |                     |       | 0.30 m.                  | 0.60 m. | 0.90 m. |        |
| 0                                        | 24.77                         | 24.50              | 22.21               | 21.78 | 22.88                    | 21.99   | 21.66   | 22.50  |
| 200                                      | 35.33                         | 35.39              | 38.44               | 28.10 | 23.60                    | 23.31   | 22.58   | 22.78  |
| 400                                      | 55.75                         | 43.68              | 47.43               | 29.59 | 22.10                    | 21.84   | 20.82   | 20.99  |
| 600                                      | 75.04                         | 59.42              | 62.63               | 37.28 | 23.85                    | 23.54   | 22.42   | 22.43  |
| 800                                      | 78.57                         | 63.93              | 65.68               | 36.55 | 23.65                    | 23.32   | 22.11   | 22.10  |

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิอากาศที่ห่างจากกล่องทดลอง 0.30 เมตร 0.60 เมตร และ 0.90 เมตร ไม่แตกต่างกัน และมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิลมเข้า ในขณะที่อุณหภูมิลมออกมีค่ามากกว่าอุณหภูมิลมเข้าถึง 12 องศาเซลเซียส เมื่อวัดที่ความเข้มรังสี 800 วัตต์ต่อตารางเมตร ความร้อนจากปล่องแสงอาทิตย์จึงไม่มีผลกระทบต่ออากาศภายในอาคาร และเมื่อเพิ่มความร้อนที่ให้แก่ปล่องแสงอาทิตย์จะสังเกตได้ว่าอุณหภูมิผิวของโลหะ อลูมิเนียมทาสีดำมีค่ามากที่สุด ถัดมาเป็น ผิวกระจกด้านใน และผิวกระจกด้านนอก ตามลำดับ ซึ่ง

อุณหภูมิวัสดุดังกล่าวทั้งหมดส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศในปล่องแสงอาทิตย์ให้มีค่ามากขึ้นด้วย แต่ไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศในช่องทดลอง เมื่อวัดอุณหภูมิห่างจากปล่องแสงอาทิตย์ 0.30 เมตร

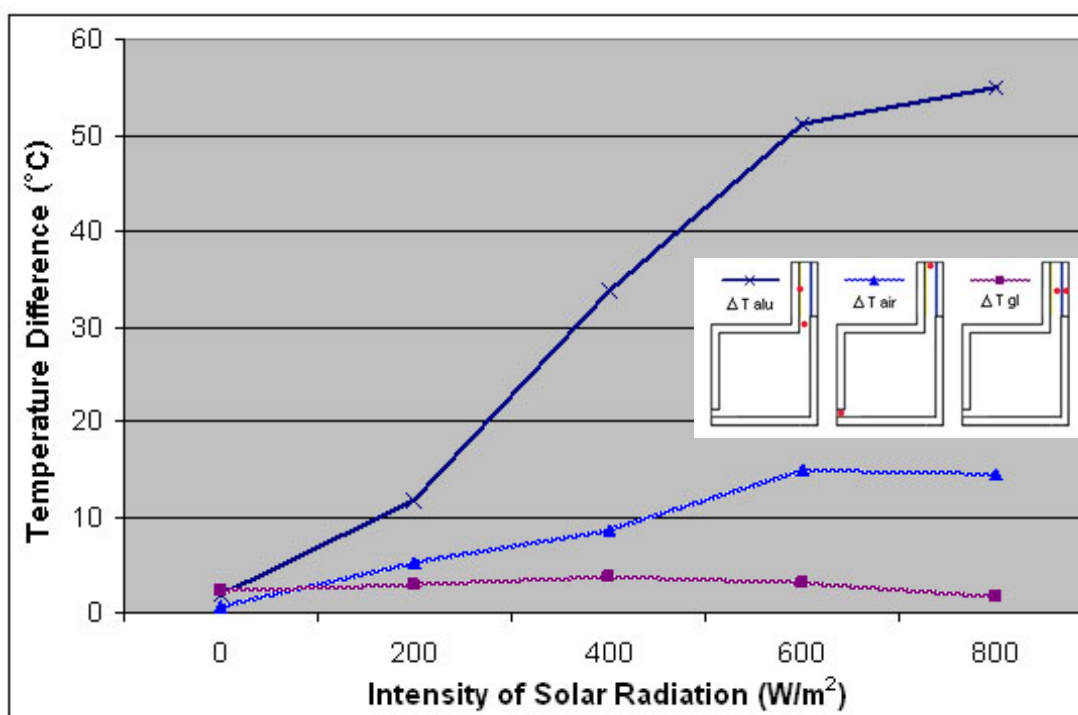
ตารางที่ 4.2

ผลความแตกต่างของอุณหภูมิในช่องทดลองที่ 1 (เบื้องต้น)

| ความเข้มรังสี<br>( $\text{W/m}^2$ ) | ความแตกต่างอุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ ) |                |                   |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|----------------|-------------------|
|                                     | ลมเข้า-ออก                                 | ผิวกระจกใน-นอก | ผิวโลหะโลหะ-อากาศ |
| 0                                   | 0.72                                       | 2.29           | 1.89              |
| 200                                 | 5.32                                       | 3.05           | 11.73             |
| 400                                 | 8.6                                        | 3.75           | 33.65             |
| 600                                 | 14.85                                      | 3.21           | 51.19             |
| 800                                 | 14.45                                      | 1.75           | 54.92             |

ภาพที่ 4.2

ผลการทดลองความแตกต่างของอุณหภูมิในช่องทดลองที่ 1 (เบื้องต้น)



จากตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2 ผลการทดลองเบื้องต้นทำให้ทราบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากปล่องทดลองมีค่ามากกว่าอุณหภูมิอากาศเข้าปล่องทดลอง ดังนั้นจึงเกิดการลอยตัวของอากาศขึ้นภายในปล่องทดลองได้ และที่ความเข้มรังสี 0 - 200 วัตต์ต่อตารางเมตร วัดค่าอัตราการไหลของอากาศไม่ได้ เนื่องจากอุณหภูมิลมเข้า - ออกแตกต่างกันน้อยเกินไป จึงไม่ส่งผลต่ออัตราเร็วลมเลย และอุณหภูมิผิววัสดุโลหะอุณหภูมิที่มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศมาก ๆ นั้น จะถ่ายเทสู่อากาศในปล่องแสงอาทิตย์ทำให้เกิดการลอยตัวของอากาศออกสู่ภายนอกปล่องทดลองได้

$$Q = A^* \cdot v \quad (\text{สมการ 4.1})$$

โดยที่  $Q$  = อัตราการระบายอากาศ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $A^*$  = ผลคูณของพื้นที่ช่องเปิดกับสัมประสิทธิ์ความฝืดของช่องเปิด ( $\text{m}^2$ )  
 $v$  = อัตราเร็วลม ( $\text{m/s}$ )

อัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นในปล่องทดลองนั้น ได้มาจากการวัดค่าความเร็วลม ( $\text{m/s}$ ) ที่เกิดขึ้นในปล่องทดลองตามตำแหน่งต่าง ๆ แล้วทำการคำนวณให้เป็นอัตราการระบายอากาศด้วยการคูณพื้นที่หน้าตัดช่องเปิดส่วนนั้นเข้าไป ตามสมการ 4.1 จึงได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3

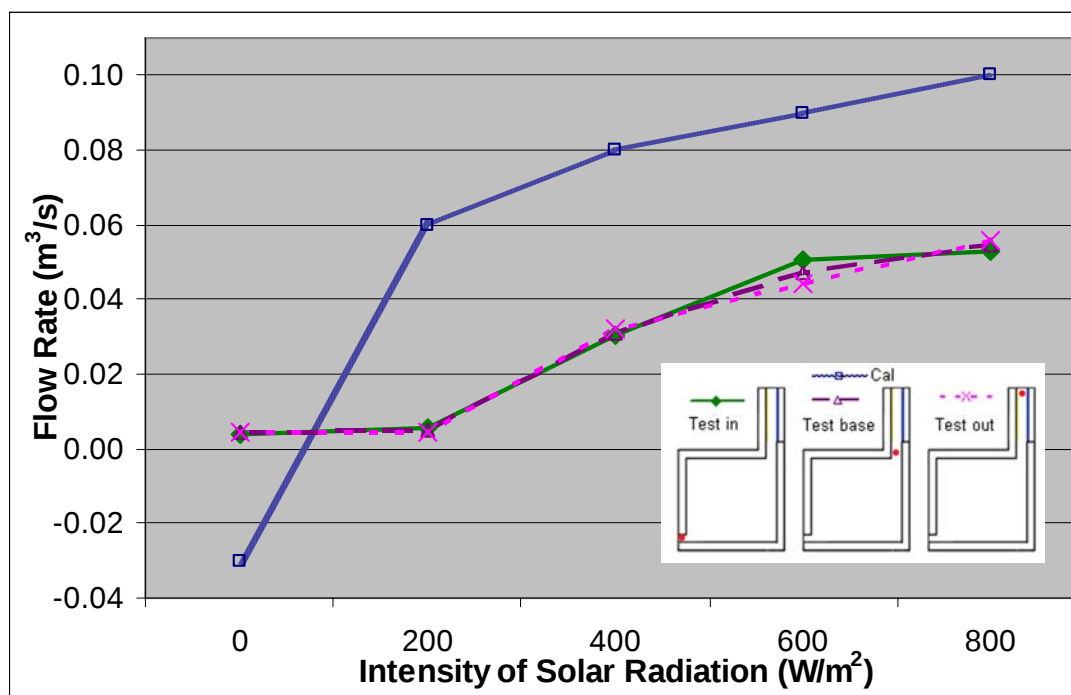
ตารางที่ 4.3

อัตราการระบายอากาศในปล่องทดลองที่ 1 เปรียบเทียบกับการคำนวณ

| ความเข้มรังสี<br>(W/m <sup>2</sup> ) | อัตราการระบายอากาศ (m <sup>3</sup> /s) |       |               |       |
|--------------------------------------|----------------------------------------|-------|---------------|-------|
|                                      | กล่องทดลอง                             |       |               | คำนวณ |
|                                      | ลมเข้า                                 | ลมออก | ลมที่ฐานปล่อง |       |
| 0                                    | 0.00                                   | 0.00  | 0.00          | -0.03 |
| 200                                  | 0.01                                   | 0.00  | 0.01          | 0.06  |
| 400                                  | 0.03                                   | 0.03  | 0.03          | 0.08  |
| 600                                  | 0.05                                   | 0.04  | 0.05          | 0.09  |
| 800                                  | 0.05                                   | 0.06  | 0.05          | 0.10  |

ภาพที่ 4.3

อัตราการระบายอากาศในกล่องทดลองที่ 1 เปรียบเทียบกับการคำนวณ



จากตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3 ทำให้ทราบว่าผลการระบายอากาศภายในกล่องทดลองที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำกว่า 200 วัตต์ต่อตารางเมตร มีค่าต่ำมากจนไม่สามารถวัดค่าได้ หรือวัดได้ที่ระดับ 0.00 เมตรต่อวินาที โดยเกิดจากปัจจัยเรื่องความสูงของปล่องและปริมาณความเข้มรังสีไม่มากพอที่จะทำให้เกิดความแตกต่างอุณหภูมิที่เพียงพอจะทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศในอาคารได้ และข้อจำกัดเรื่องเครื่องมือที่ไม่สามารถวัดหรืออ่านค่าที่ละเอียดกว่า 0.00 เมตรต่อวินาที ได้ และที่ระดับความเข้มรังสีสูง 800 วัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้เกิดอุณหภูมิบริเวณปล่องแสงอาทิตย์สูงมาก จนอาจเกิดผลกระทบต่อการอ่านค่าความเร็วลมอากาศที่บริเวณนั้นได้ การคำนวณหาอัตราการระบายอากาศในกล่องทดลองจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของช่องเปิดที่ได้จากกล่องทดลองจริง โดยหาจากสมการ 4.2 ส่วนผลที่ได้จากการคำนวณนั้นมีค่ามากกว่าผลที่ได้จากการทดลองจริง เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องเครื่องมือที่เกิดขึ้นทำให้การอ่านค่าไม่เที่ยงตรงเพียงพอ จึงต้องนำไปปรับปรุงเพื่อใช้ในการทดลองถัดไป

$$A^* = \frac{\sqrt{2}a_1c_1a_2c_2}{\sqrt{(a_1c_1)^2 + (a_2c_2)^2}}$$

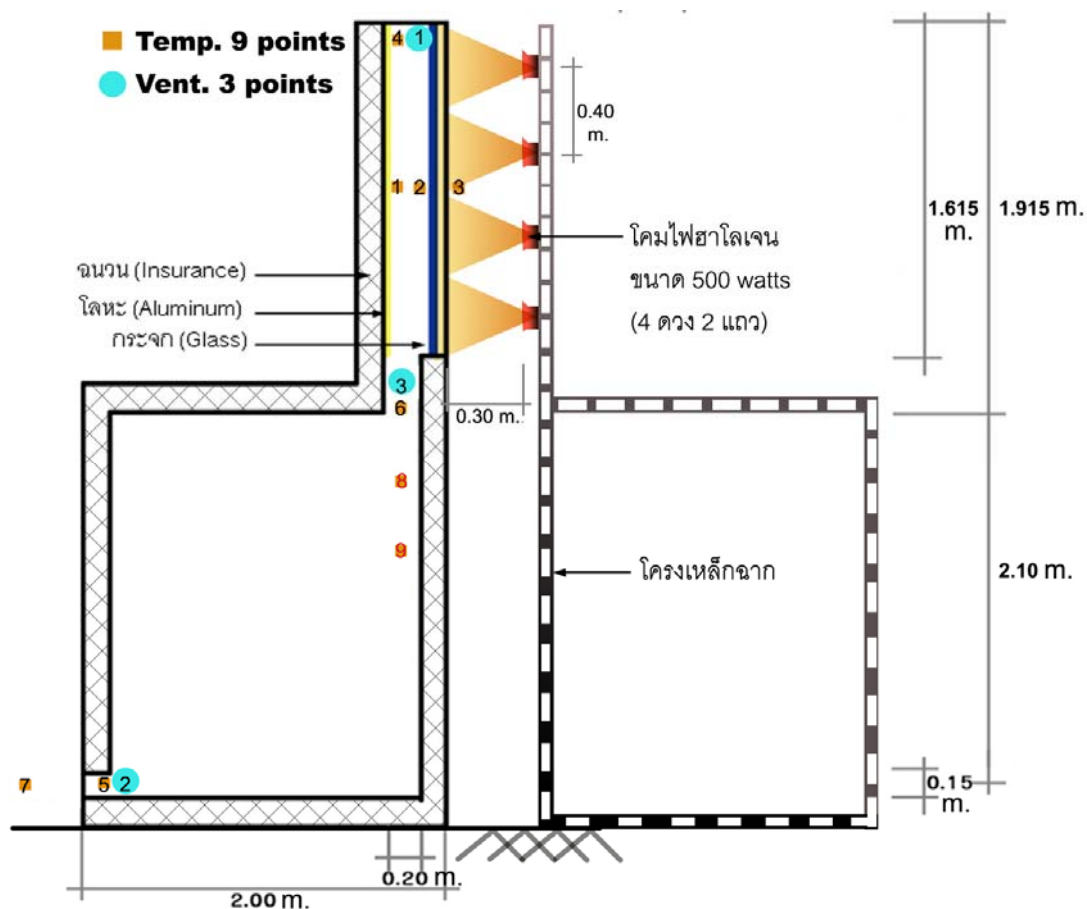
(สมการ 4.2)

- โดยที่
- $a_1$  = พื้นที่หน้าตัดของช่องเปิดด้านล่างปล่อง ( $m^2$ )
  - $a_2$  = พื้นที่หน้าตัดของช่องเปิดด้านบนปล่อง ( $m^2$ )
  - $c_1$  = สัมประสิทธิ์ความฝืดของช่องเปิดด้านล่างปล่อง
  - $c_2$  = สัมประสิทธิ์ความฝืดของช่องเปิดด้านบนปล่อง

#### 4.1.2 กล้องทดลองที่ 2

ภาพที่ 4.4

การติดตั้งเครื่องมือในกล้องทดลองที่ 2



จากกล่องทดลองเบื้องต้นในการทดลองที่ 1 ทำให้ทราบข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในการทดลองเรื่องเครื่องมือ และขนาดกล่องทดลองที่มีขนาดเล็กเกินไปจนทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศที่น้อยกว่าที่คาดคำนวณไว้ จึงได้ทำการศึกษาถึงผลการทดลองใหม่อีกครั้งโดยปรับปรุงตัวกล่องให้สูงขึ้นเป็น 2.40 เมตร และติดตั้งตำแหน่งเซนเซอร์บันทึกผลการทดลองตามภาพที่ 4.4 แต่ไม่ต้องบันทึกค่าอุณหภูมิเฉพาะที่ตำแหน่ง 8 และ 9 ให้ปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ตั้งแต่ 300-800 วัตต์ต่อตารางเมตร (ใช้โคมไฟฮาโลเจน ขนาด 500 วัตต์ จำนวนทั้งสิ้น 8 ดวง ตั้งห่างจากกล่องทดลองประมาณ 0.30 เมตร เพื่อกระจายรังสีอย่างทั่วถึง)

ผลที่ได้จากการทดลองโดยการบันทึกข้อมูลเป็นช่วงเวลา โดยบันทึกค่าทุก ๆ 10 วินาทีเฉลี่ยผลการทดลองทุก ๆ 15 นาที เพื่อทำการประมวลผล ใช้เวลาบันทึกค่าในแต่ละความเข้มรังสี 2 ชั่วโมง และใช้เวลาในกล่องทดลองทั้งสิ้นเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และทำการควบคุมแสงที่ใช้ในการทดลองให้ได้ค่าปริมาณความเข้มรังสีที่ 300 วัตต์ต่อตารางเมตร 400 วัตต์ต่อตารางเมตร 500 วัตต์ต่อตารางเมตร 600 วัตต์ต่อตารางเมตร 700 วัตต์ต่อตารางเมตร และ 800 วัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ได้ผลการทดลองอุณหภูมิในจุดต่าง ๆ ของกล่องทดลอง ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4

ผลการทดลองอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในกล่องทดลองที่ 2

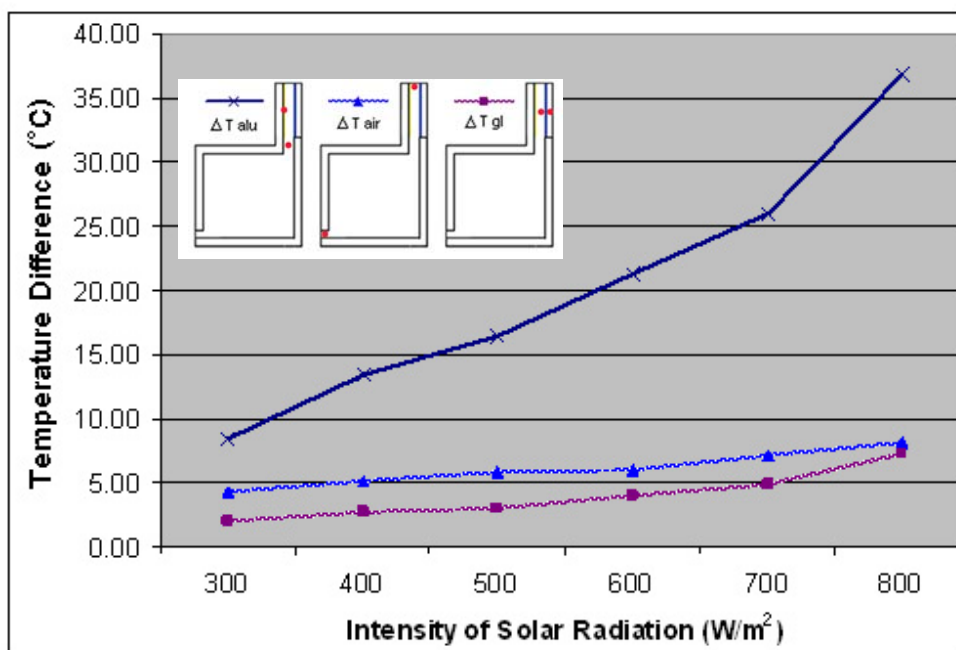
| ความเข้มรังสี ( $W/m^2$ ) | อุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ( $^{\circ}C$ ) |         |                |                 |       |          | นอกกล่องทดลอง |
|---------------------------|--------------------------------------|---------|----------------|-----------------|-------|----------|---------------|
|                           | ลมเข้า                               | ผิวโลหะ | ผิวกระจกด้านใน | ผิวกระจกด้านนอก | ลมออก | ฐานปล่อง |               |
| 300                       | 27.84                                | 39.17   | 35.89          | 33.95           | 32.97 | 30.14    | 27.94         |
| 400                       | 28.66                                | 44.76   | 39.50          | 36.84           | 34.32 | 30.78    | 29.04         |
| 500                       | 28.67                                | 48.20   | 42.53          | 39.56           | 35.36 | 30.89    | 30.01         |
| 600                       | 29.25                                | 52.72   | 45.46          | 41.46           | 35.37 | 31.35    | 30.08         |
| 700                       | 29.35                                | 56.95   | 48.19          | 43.38           | 35.76 | 31.47    | 29.74         |
| 800                       | 29.48                                | 67.01   | 54.81          | 47.46           | 36.00 | 31.73    | 29.18         |

ส่วนผลต่างของอุณหภูมิต่าง ๆ ที่เกิดในกล่องทดลองตามตารางที่ 4.4 นั้น อุณหภูมิผิวโลหะที่สูงถึง 67.01 องศาเซลเซียส ทำให้อุณหภูมิอากาศออกจากปล่องแสงอาทิตย์สูงถึง 36.00 องศาเซลเซียส แต่ไม่มีผลกระทบต่ออุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่กล่องทดลอง

ตารางที่ 4.5  
ผลความแตกต่างของอุณหภูมิในกล่องทดลองที่ 2

| ความเข้มรังสี<br>( $\text{W/m}^2$ ) | ความแตกต่างอุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ ) |                            |                               |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
|                                     | ลม <sub>เข้า-ออก</sub>                     | ผิวกระจก <sub>ใน-นอก</sub> | ผิวโลหะ <sub>โลหะ-อากาศ</sub> |
| 300                                 | 4.30                                       | 1.95                       | 8.38                          |
| 400                                 | 5.08                                       | 2.66                       | 13.40                         |
| 500                                 | 5.89                                       | 2.98                       | 16.47                         |
| 600                                 | 6.01                                       | 4.00                       | 21.26                         |
| 700                                 | 7.09                                       | 4.80                       | 26.06                         |
| 800                                 | 8.17                                       | 7.35                       | 36.87                         |

ภาพที่ 4.5  
ผลความแตกต่างของอุณหภูมิในกล่องทดลองที่ 2



จากตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.5 ผลความแตกต่างอุณหภูมิในกล่องทดลองที่ 2 เพื่อศึกษาถึงปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศในกล่องทดลอง มีผลความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวอลูมิเนียมกับอากาศเข้าป่องแสงอาทิตย์น้อยกว่า

การทดลองที่ 1 เมื่อให้ปริมาณความเข้มรังสีสูงขึ้น เนื่องจากการทดลองใช้อากาศจากสภาพแวดล้อมจริงในการทดลอง แต่การทดลองที่ 1 นั้น ถูกควบคุมอุณหภูมิภายนอกกล่องทดลองไว้ที่ 22 องศาเซลเซียส เท่านั้น จึงเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในกล่องทดลองมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิผิวโลหะก็ยังถ่ายเทสู่อากาศด้านบนปล่องแสงอาทิตย์จนทำให้อุณหภูมิอากาศเข้าและออกจากกล่องทดลองเกิดความแตกต่างกัน และทำให้เกิดการลอยตัวของอากาศในที่สุด ซึ่งการทดลองในสภาพแวดล้อมจริง แม้จะทำให้เกิดค่าความแตกต่างอุณหภูมิของอากาศด้านบนและล่างปล่องไม่มาก แต่ก็เพียงพอที่จะทำให้เกิดการระบายอากาศในกล่องทดลองที่มากขึ้น

การวัดค่าอัตราการระบายอากาศทั้งบริเวณลมเข้า-ออกจากกล่องทดลองและฐานปล่องทดลอง รวมทั้งสิ้น 3 จุด ซึ่งผลที่ได้จะทำการเฉลี่ยจากการวัดทุก 15 นาที ใน 2 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.6 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6

อัตราการระบายอากาศในกล่องทดลองที่ 2

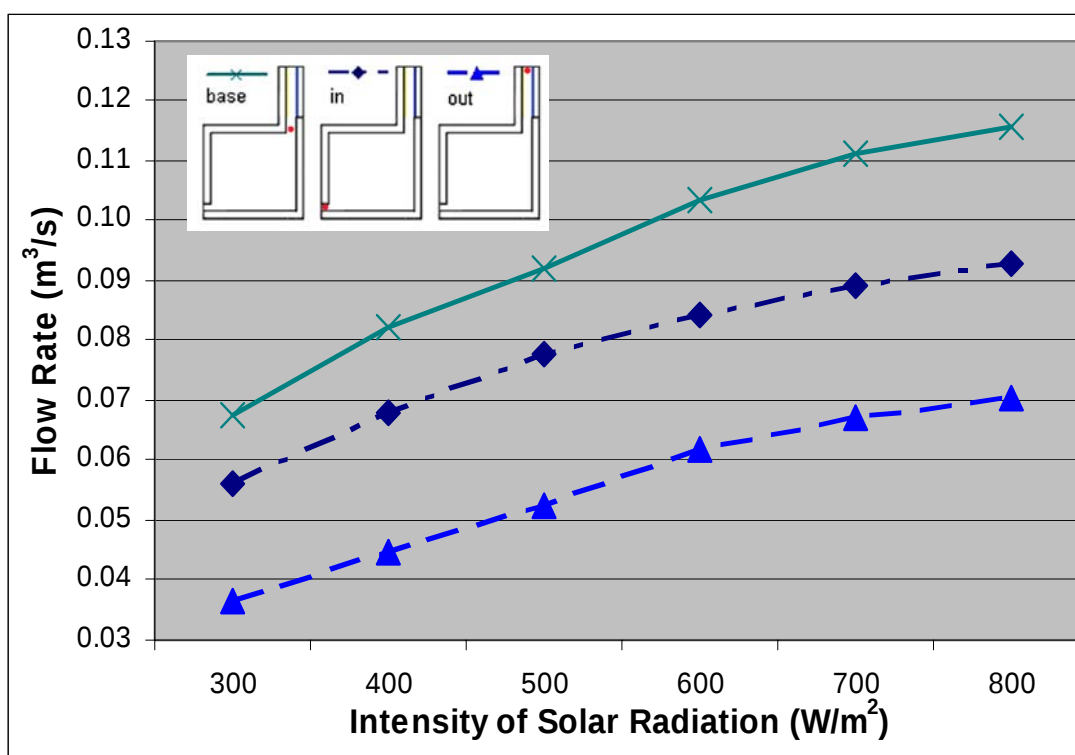
| ความเข้มรังสี<br>( $W/m^2$ ) | อัตราการระบายอากาศ ( $m^3/s$ ) |       |               |
|------------------------------|--------------------------------|-------|---------------|
|                              | ลมเข้า                         | ลมออก | ลมที่ฐานปล่อง |
| 300                          | 0.06                           | 0.04  | 0.07          |
| 400                          | 0.07                           | 0.04  | 0.08          |
| 500                          | 0.08                           | 0.05  | 0.09          |
| 600                          | 0.08                           | 0.06  | 0.10          |
| 700                          | 0.09                           | 0.07  | 0.11          |
| 800                          | 0.09                           | 0.07  | 0.12          |

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า เมื่อให้ความร้อนที่ปล่องแสงอาทิตย์สูงขึ้นจะทำให้อัตราการระบายอากาศสูงขึ้นด้วย และค่าเฉลี่ยอัตราการระบายอากาศออกมีค่าน้อยกว่าอัตราการระบายอากาศเข้า เนื่องจากขนาดช่องเปิดที่แตกต่างกัน และค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดที่ปล่องด้านบนมากกว่าด้านล่าง จึงทำให้อัตราการระบายอากาศออกน้อยกว่าอากาศเข้า เนื่องจากขนาดช่องระบายอากาศเข้ามีขนาดเล็กกว่าช่องระบายอากาศออกทำให้มีความฝืด 0.30 และในส่วนปล่องระบายอากาศออก อากาศจะต้องผ่านส่วน

ปล่องแสงอาทิตย์ ซึ่งมีความผิดมาประมาณ 0.77 ทำให้อัตราการระบายอากาศออกของปล่องแสงอาทิตย์มีค่าน้อยที่สุด 0.03 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 300 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่ามากที่สุดที่ฐานปล่องแสงอาทิตย์ 0.11 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีที่ความร้อน 800 วัตต์ต่อตารางเมตร

ภาพที่ 4.6

อัตราการระบายอากาศในกล่องทดลองที่ 2

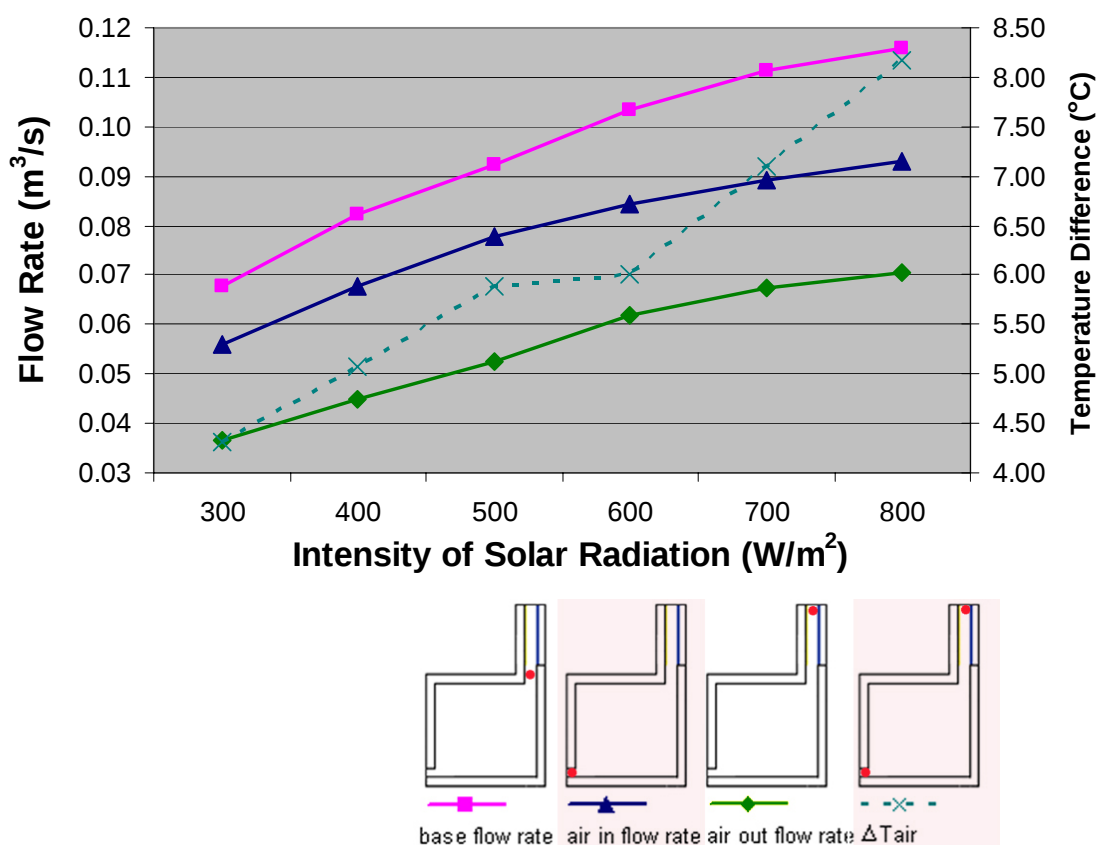


ภาพที่ 4.7 อัตราการระบายอากาศเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ระดับความเข้มรังสีแตกต่างกัน สังเกตได้ว่าอุณหภูมิอากาศของอากาศออกจากปล่องเท่านั้นที่มีค่าแปรผันตรงกับอัตราการระบายอากาศของกล่องทดลอง เพราะความร้อนที่ใช้ในปล่องแสงอาทิตย์จะไม่ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิกับอากาศที่ฐานปล่องแสงอาทิตย์และอากาศเข้ากล่องทดลอง แต่จะทำให้อากาศร้อนในปล่องแสงอาทิตย์ลอยตัวสูงขึ้น และเกิดแรงดันอากาศให้อากาศด้านล่างปล่องลอยขึ้นมาแทนที่อากาศที่สูญเสียไป อัตราการระบายอากาศในกล่องทดลองจึงแปรผันตามกัน

ส่วนค่าอุณหภูมิอากาศที่ฐานปล่องแสงอาทิตย์กับอากาศเข้ากล่องทดลองนั้น เป็นอุณหภูมิอากาศปกติที่เข้ามาแทนที่อากาศเดิม

ภาพที่ 4.7

อัตราการระบายอากาศเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ระดับความเข้มรังสีแตกต่างกัน



#### 4.2 ผลการทดลองจากการคำนวณ

จากการคำนวณอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองที่ใช้กระจก 1 ชั้น ที่ตำแหน่งต่าง ๆ จะได้ค่าอุณหภูมิของตำแหน่งอากาศออก อากาศเข้า อากาศที่ฐานปล่อง ผิวกระจกด้านใน ผิวโลหะ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงที่ได้และคำนวณหาอัตราการระบายอากาศต่อไปตามสมการ 4.3 และ 4.4 ส่วนอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของกล่องทดลอง ที่ได้จากการคำนวณนั้นหาได้จากสมการความร้อนสมการ 4.5 ถึง 4.13

$$Q = [A^*]^{\frac{2}{3}} \cdot \left[ \frac{g \cdot \infty}{\rho \cdot C_p} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot [H_v]^{\frac{1}{3}} \cdot (h_1 + h_2)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{สมการ 4.3})$$

$$H_v = H_{in} + H_{w-g} - H_r - H_g + \gamma H_g - H_{inf} \quad (\text{สมการ 4.4})$$

$$H_{air} = mc_p (T_{m,o} - T_{m,i}) \quad (\text{สมการ 4.5})$$

$$H_{loss(out)} = A_g U_g (T_g - T_{out}) \quad (\text{สมการ 4.6})$$

$$H_{loss(in)} = -H_g + H_{w-g} \quad (\text{สมการ 4.7})$$

$$H_r = A_w U_w (T_g - T_r) \quad (\text{สมการ 4.8})$$

$$H_g = A_g h (T_g - T_{air}) \quad (\text{สมการ 4.9})$$

$$H_w = A_w h (T_w - T_{air}) \quad (\text{สมการ 4.10})$$

$$H_{in} = \tau \cdot H_{sol}$$

$$H_{w-g} = \frac{\sigma(T_w^4 - T_g^4)}{\frac{1 - \varepsilon_w}{\varepsilon_w A_w} + \frac{1}{A_w F_{w-g}} + \frac{1 - \varepsilon_g}{\varepsilon_g A_g}} \quad (\text{สมการ 4.11})$$

$$H_{inf} = \frac{q_{inf}}{A \cdot (T_g - T_{in})} \quad (\text{สมการ 4.12})$$

$$H_v = H_{in} + H_{w-g} - H_r - H_g + \gamma H_g - H_{inf} \quad (\text{สมการ 4.13})$$

|        |           |                                                                             |
|--------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| โดยที่ | $g$       | = แรงโน้มถ่วงของโลก ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )                                |
|        | $h_1$     | = ระยะระหว่างช่องเปิดด้านล่างและฐานปล่องระบายอากาศ (m.)                     |
|        | $h_2$     | = ความสูงปล่องระบายอากาศ (m.)                                               |
|        | $\rho$    | = ความหนาแน่น ( $\text{kg/m}^3$ )                                           |
|        | $Q$       | = อัตราการระบายอากาศ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )                              |
|        | $A^*$     | = ผลคูณของพื้นที่ช่องเปิดกับสัมประสิทธิ์ความฝืดของช่องเปิด ( $\text{m}^2$ ) |
|        | $\infty$  | = ค่าคงที่อัตราการขยายตัวของอุณหภูมิ ( $1/\text{K}$ )                       |
|        | $C_p$     | = ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ ( $\text{J/kgK}$ )                           |
|        | $H_v$     | = ความร้อนจากดวงอาทิตย์ (W)                                                 |
|        | $H_g$     | = ความร้อนจากกระจก (Watt)                                                   |
|        | $H_{in}$  | = ความร้อนเข้ามาในปล่อง (Watt)                                              |
|        | $H_{w-g}$ | = ความร้อนสูญเสียของระบบ (Watt)                                             |
|        | $H_r$     | = ความร้อนที่วัสดุรับแสงอาทิตย์ (โลหะ) (Watt)                               |

$H_v$  = ความร้อนที่ทำให้เกิดการลอยตัวของอากาศ (Watt)

$H_{inf}$  = ความร้อนที่สูญเสียไปกับการรั่วซึม (Watt)

ตารางที่ 4.7

ผลการทดลองอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ จากการคำนวณในการทดลองที่ 3 (วัสดุกระจก 1 ชั้น)

| ความ<br>เข้มรังสี<br>(W/m <sup>2</sup> ) | อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ (องศาเซลเซียส) |                    |                     |              |                   |               |         |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------|-------------------|---------------|---------|
|                                          | ผิวโลหะ                                 | ผิวกระจก<br>ด้านใน | ผิวกระจก<br>ด้านนอก | อากาศ<br>ออก | อากาศ<br>ฐานปล่อง | อากาศ<br>เข้า | Ambient |
| 300                                      | 38.94                                   | 35.73              | 33.95               | 32.96        | 30.78             | 28.66         | 29.18   |
| 300                                      | 45.74                                   | 40.30              | 36.84               | 34.42        | 31.35             | 29.25         | 29.74   |
| 500                                      | 47.13                                   | 41.38              | 39.56               | 35.12        | 31.73             | 29.48         | 30.08   |
| 600                                      | 52.02                                   | 45.53              | 41.46               | 35.61        | 31.47             | 29.35         | 30.01   |
| 700                                      | 59.91                                   | 50.64              | 43.38               | 35.81        | 30.89             | 28.67         | 29.04   |
| 800                                      | 65.07                                   | 52.79              | 47.46               | 35.87        | 30.14             | 27.84         | 27.94   |

ตารางที่ 4.8

ผลความแตกต่างของอุณหภูมิจากการคำนวณในการทดลองที่ 3 (วัสดุกระจก 1 ชั้น)

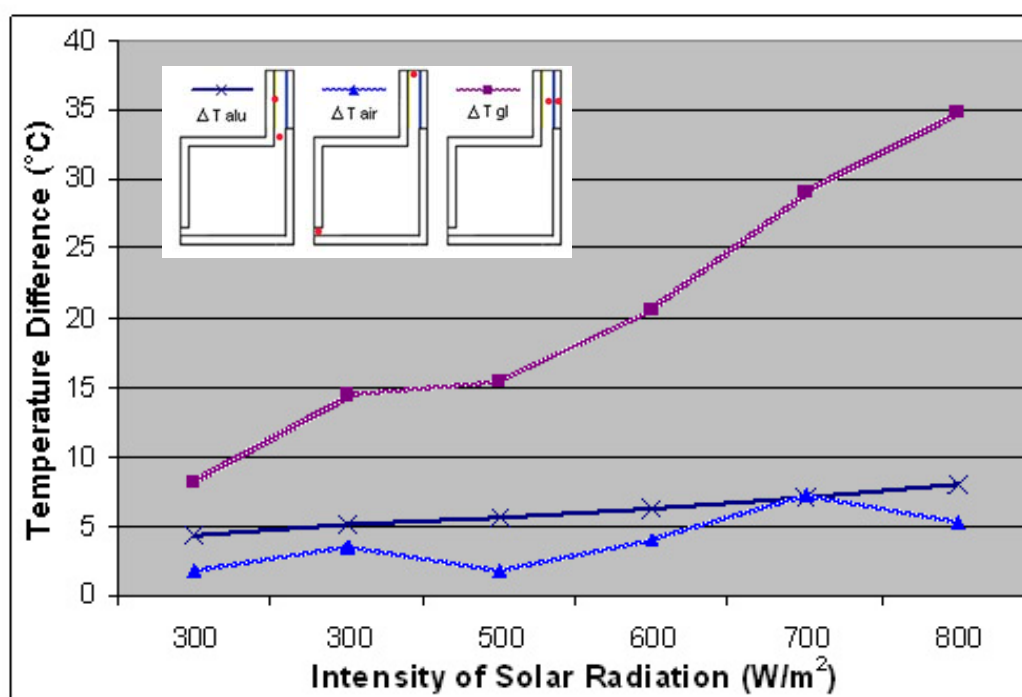
| ความเข้มรังสี<br>(W/m <sup>2</sup> ) | ความแตกต่างอุณหภูมิ (°C) |                |                   |
|--------------------------------------|--------------------------|----------------|-------------------|
|                                      | ลมเข้า-ออก               | ผิวกระจกใน-นอก | ผิวโลหะโลหะ-อากาศ |
| 300                                  | 4.3                      | 1.78           | 8.16              |
| 400                                  | 5.17                     | 3.46           | 14.39             |
| 500                                  | 5.64                     | 1.82           | 15.40             |
| 600                                  | 6.26                     | 4.07           | 20.55             |
| 700                                  | 7.14                     | 7.26           | 29.02             |
| 800                                  | 8.03                     | 5.33           | 34.93             |

ผลของอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณในแต่ละตำแหน่งไม่แตกต่างจากผลที่ได้จากการทดลองในกล่องทดลองจริง โดยตำแหน่งที่มีความแตกต่างกันมากที่สุด คือ ผิวโลหะอลูมิเนียม และค่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณนี้จะนำไปคำนวณหาค่าอัตราการระบายอากาศเพื่อ

เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลอง และทำนายค่าอัตราการระบายอากาศที่น่าจะเกิดขึ้นในแต่ละภูมิภาคต่อไป

ภาพที่ 4.8

ผลความแตกต่างของอุณหภูมิจากการคำนวณในการทดลองที่ 3 (วัสดุกระจก 1 ชั้น)



จากตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.9 ผลความแตกต่างของอุณหภูมิจากการคำนวณในการทดลองที่ 3 (วัสดุกระจก 1 ชั้น) เกิดผลเช่นเดียวกับการทดลองที่ผ่านมา คือ อุณหภูมิที่ผิวโลหะสูงส่งผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนสู่อากาศในช่องแสงอาทิตย์จนเกิดอัตราการระบายอากาศขึ้นในตัวอาคาร

ผลที่ได้จากการคำนวณจะใช้สมการ 4.3 เป็นสมการเพื่อคำนวณหาอัตราการระบายอากาศในช่องทดลองเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงในการทดลองที่ 2 เมื่อให้ปริมาณความเข้มรังสีแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.9 โดยผลที่ได้จากการคำนวณมีค่าอัตราการระบายอากาศไปในทางเดียวกันกับผลที่ได้จากการทดลองในช่องทดลอง คือ มีค่ามากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มรังสี แต่อัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าอัตราการระบายอากาศจากช่องทดลองเล็กน้อย

การคำนวณค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยจะได้อาจจากการนำอุณหภูมิอากาศและความร้อนที่ได้จากการวัดจริงมาทำการคำนวณ โดยผลอัตราการระบายอากาศที่ได้มีค่าค่อย ๆ สูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิวัสดุและอากาศในปล่องสูงขึ้น ส่วนกราฟที่ได้จากการคำนวณ เมื่อให้ความร้อนสูงขึ้นถึง 800 วัตต์ต่อตารางเมตร จะทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศสูงขึ้นไปด้วยประมาณ 0.13 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เป็นผลมาจากความร้อนที่ทำให้เกิดการลอยตัวของอากาศขึ้นสู่ที่สูง

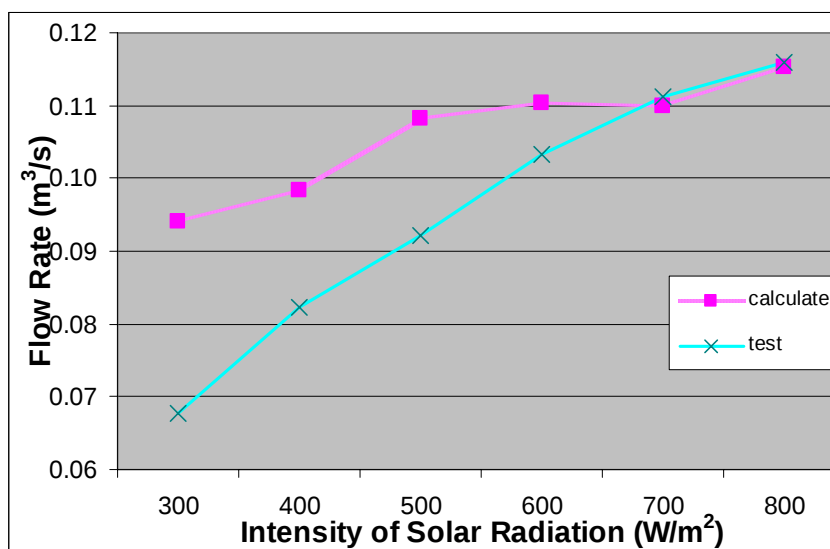
ตารางที่ 4.9

การคำนวณอัตราการระบายอากาศจากกล่องทดลอง

| ความเข้มรังสี<br>(W/m <sup>2</sup> ) | อัตราการระบายอากาศเฉลี่ย ณ ค่าความร้อนต่าง ๆ (m <sup>3</sup> /s) |       |               |       |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------|---------------|-------|
|                                      | กล่องทดลอง                                                       |       |               | คำนวณ |
|                                      | ลมเข้า                                                           | ลมออก | ลมที่ฐานปล่อง |       |
| 300                                  | 0.06                                                             | 0.04  | 0.07          | 0.09  |
| 400                                  | 0.07                                                             | 0.04  | 0.08          | 0.10  |
| 500                                  | 0.08                                                             | 0.05  | 0.09          | 0.11  |
| 600                                  | 0.08                                                             | 0.06  | 0.10          | 0.11  |
| 700                                  | 0.09                                                             | 0.07  | 0.11          | 0.11  |
| 800                                  | 0.09                                                             | 0.07  | 0.12          | 0.12  |

ภาพที่ 4.9

อัตราการระบายอากาศเฉลี่ยจากการคำนวณและผลจากการทดลอง



จากภาพที่ 4.9 ค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการวัดจริงกับการคำนวณในช่วงความร้อนมีลักษณะเส้นกราฟที่ไปในทางเดียวกัน คือ เมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการระบายอากาศเพิ่มขึ้นด้วย แต่ผลอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าที่ได้จากการทดลองเล็กน้อย โดยในช่วงที่มีปริมาณความชื้นรังสีน้อยกว่า 400 วัตต์ต่อตารางเมตร จะเกิดความคลาดเคลื่อนของการทดลองมาก เนื่องจากเครื่องมือวัดความเร็วลมที่อ่านค่าได้ค่อนข้างรวดเร็ว และเกิดความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่าได้ง่าย (sensitive) มีความละเอียดในการวัดที่ 0.01 เมตรต่อวินาที จึงเป็นเครื่องมือที่ไม่เหมาะจะวัดค่าความเร็วลมที่เกิดขึ้นในช่วงปริมาณความชื้นรังสีอาทิตย์ 0 - 400 วัตต์ต่อตารางเมตร ผลที่ได้ในภาพที่ 4.9 จึงมีความคลาดเคลื่อนในช่วงปริมาณความชื้นรังสีอาทิตย์ต่ำมาก ในขณะที่เมื่อให้ปริมาณความชื้นรังสีอาทิตย์ที่มากขึ้น จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลน้อยลง จนในที่สุดมีค่าอัตราการระบายอากาศใกล้เคียงกันมากที่ปริมาณความชื้นรังสี 700-800 วัตต์ต่อตารางเมตร เนื่องจากเป็นช่วงที่มีความเร็วลมสูงเพียงพอที่วัดได้และไม่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล

ผลการคำนวณกับการทดลองจริงมีค่าไปในทางเดียวกัน คือ เมื่อให้ปริมาณความชื้นรังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่มีช่วงที่เกิดความคลาดเคลื่อนสูงในช่วง 300 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยผลอัตราการระบายอากาศก็ต่างกันเพียง 0.02 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งโดยรวมแล้วทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลไม่ถึง 20% จึงถือว่ายังสามารถนำข้อมูลมาใช้ได้

#### 4.2.1 การทดลองที่ 3

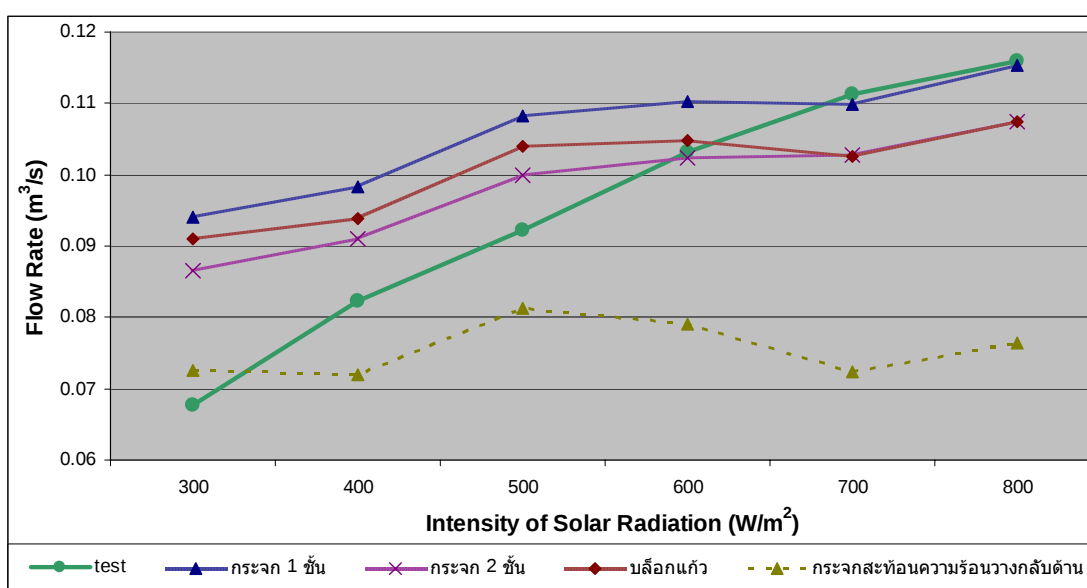
การทดลองที่ 3 เป็นการคำนวณค่าอุณหภูมิและอัตราการระบายอากาศของกล่องทดลองที่ใช้วัสดุโปร่งแสงแตกต่างกัน 4 ชนิด คือ กระฉก 1 ชั้น กระฉก 2 ชั้น กระฉกสะท้อนความร้อนแบบวางกลับด้าน และบล็อกแก้ว

เนื่องจากวัสดุโปร่งแสงที่ใช้เพื่อกักความร้อนในปล่องแสงอาทิตย์มีหลากหลายรูปแบบ และที่นิยมใช้ในแถบภูมิประเทศเขตอบอุ่น คือ บล็อกแก้ว ส่วนที่นิยมใช้โดยทั่วไป คือ กระฉก 1 ชั้น และจากการศึกษาทางทฤษฎีความร้อนพบว่ากระฉก 2 ชั้น และกระฉกสะท้อนความร้อนแบบวางกลับด้านก็สามารถกักเก็บความร้อนไว้ในปล่องแสงอาทิตย์ได้มากเช่นกัน จึงได้ทำการคำนวณโดยใช้ค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ได้จากกล่องทดลอง เพื่อทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณและการทดลองได้

ผลอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณมีการปรับค่าตามผลการคำนวณ  
กระจก 1 ชั้นเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากวัสดุกระจกอื่น ๆ ด้วย และจากภาพที่ 4.10 กระจก  
1 ชั้น จะทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศมากที่สุด โดยทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศมากที่สุด  
0.11 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 800 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีอัตราการระบายอากาศ  
น้อยที่สุด 0.07 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่ความร้อน 300 วัตต์ต่อตารางเมตร วัสดุบล็อกแก้วทำ  
ให้เกิดอัตราการระบายอากาศในปล่องแสงอาทิตย์น้อยกว่ากระจก 1 ชั้น แต่มากกว่าวัสดุกระจก  
สองชั้น ในขณะที่อัตราการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกสะท้อนความร้อนวาง  
กลับด้านมีค่าน้อยที่สุด จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในปล่องแสงอาทิตย์

ภาพที่ 4.10

ผลการคำนวณอัตราการระบายอากาศในปล่องแสงอาทิตย์



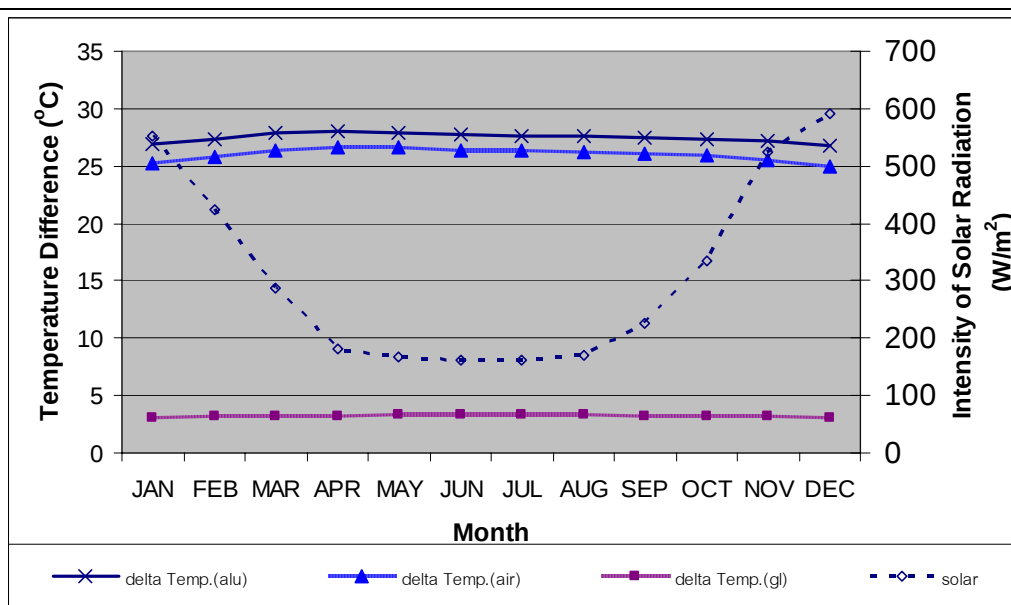
#### 4.2.2 การทดลองที่ 4

การทดลองที่ 4 เป็นการคำนวณหาอุณหภูมิและอัตราการระบายอากาศที่  
สภาพแวดล้อมอากาศแตกต่างกัน ตามลักษณะภูมิอากาศโลก ซึ่งจะมีประเทศที่เป็นตัวแทน 5  
ประเทศด้วยกัน คือ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย กัวราจี ประเทศปากีสถาน ลอนดอน  
ประเทศอังกฤษ ซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย และเฮลซิงกิ ประเทศฟินแลนด์

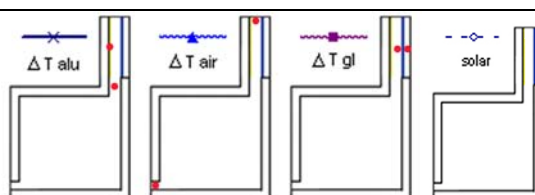
ในการคำนวณหาค่าอุณหภูมิอากาศที่ออกจากปล่อง ผิวโลหะอลูมิเนียม ผิวกระจกด้านนอก ผิวกระจกด้านใน (กระจก 1 ชั้น หนา 6 มิลลิเมตร) และผลการทดลองได้มาจากการใช้สมการที่ 4.3-4.13 มาใช้ในการคำนวณ โดยใช้อุณหภูมิอากาศทั่วไปจากค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละประเทศที่เป็นตัวแทนเขตภูมิอากาศทั่วโลก ทำให้ได้ผลอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของกล่องทดลอง ดังภาพที่ 4.11 อุณหภูมิแตกต่างที่ได้จากการคำนวณ กรุงเทพมหานคร มีอุณหภูมิผิวโลหะสูงที่สุด 59.68 องศาเซลเซียส ที่เดือนเมษายน อุณหภูมิผิวโลหะต่ำที่สุด 55.08 องศาเซลเซียส ที่เดือนธันวาคม ทำให้อุณหภูมิอากาศออกสูงตามไปด้วย ในขณะที่อุณหภูมิอากาศทั่วไป อากาศเข้า และอากาศภายในกล่องทดลองที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกัน แต่อุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะมีความมากกว่าอากาศภายนอกเล็กน้อย และอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนมากในช่วงกลางปีซึ่งแปรผกผันกับปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ ซึ่งจะมีปริมาณมากในช่วงปลายปีและต้นปี เนื่องจากเป็นเมืองที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร

ภาพที่ 4.11

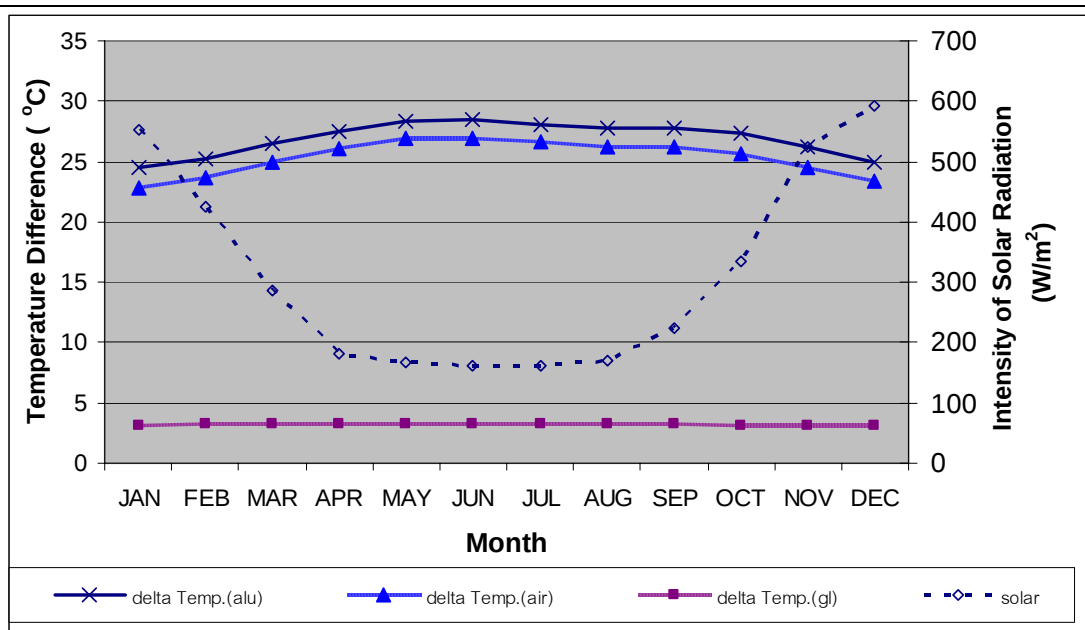
อุณหภูมิแตกต่างที่ได้จากการคำนวณ



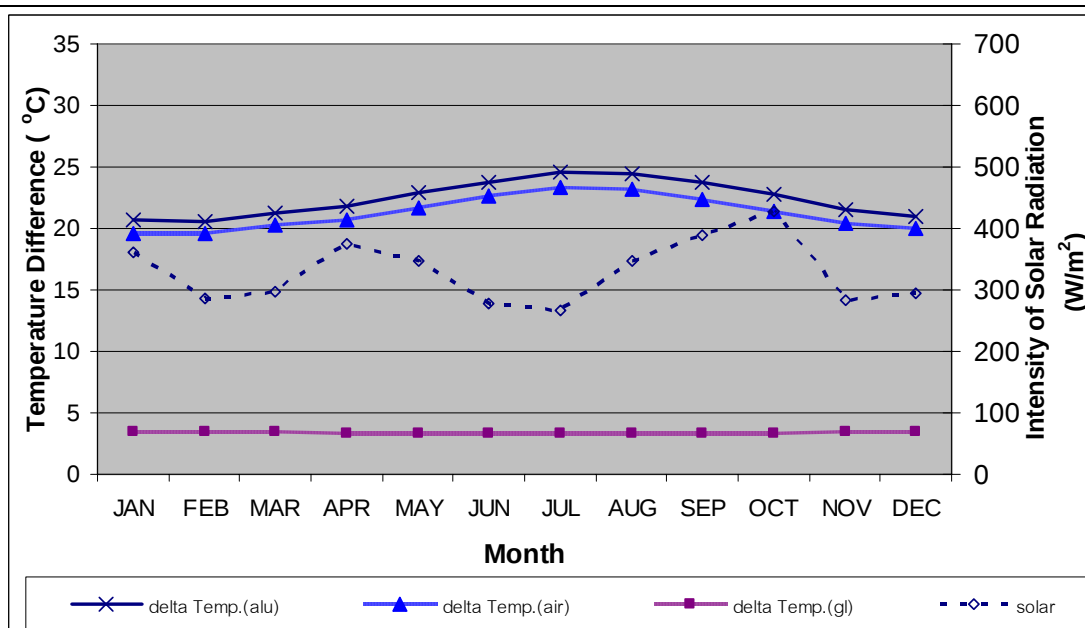
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย



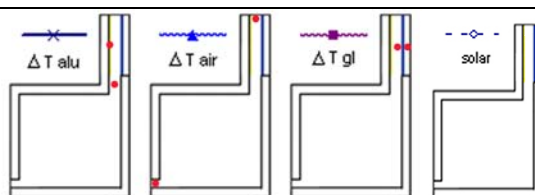
ภาพที่ 4.11 (ต่อ)



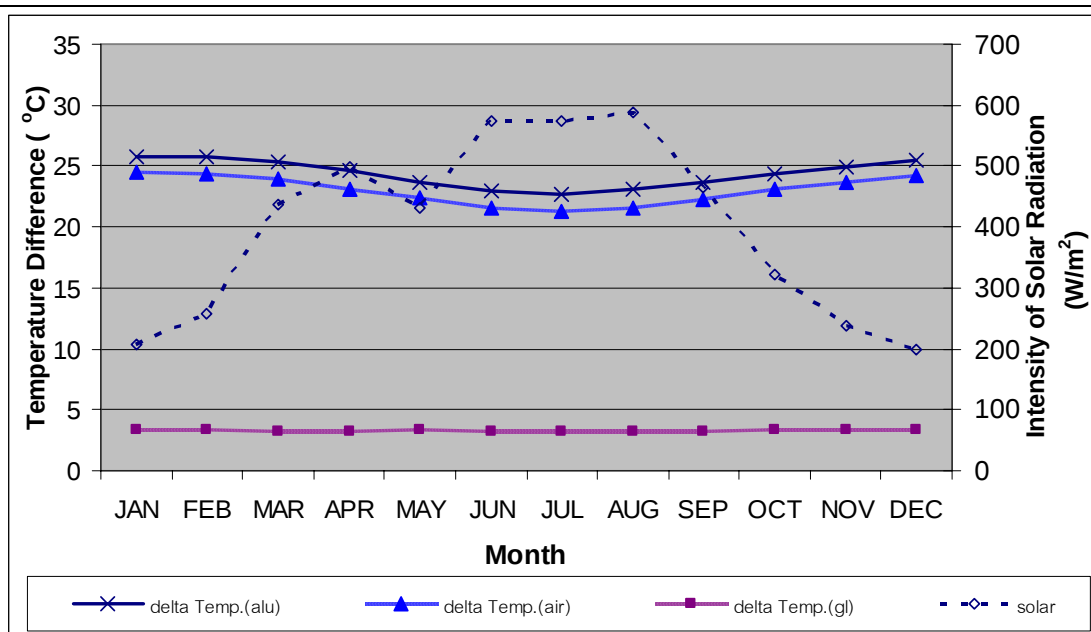
การวิจัย ประเทศปากีสถาน



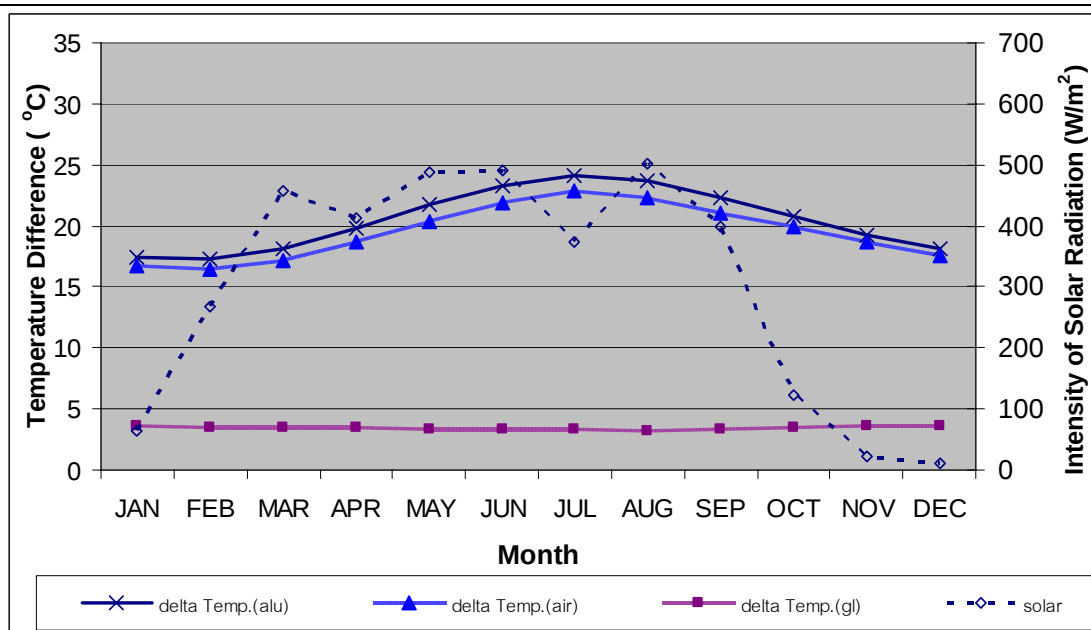
ลอนดอน ประเทศอังกฤษ



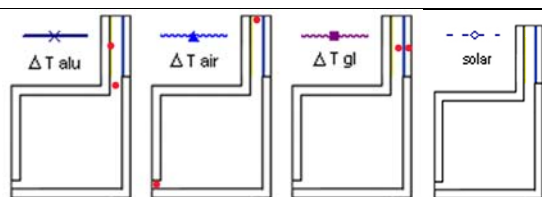
ภาพที่ 4.11 (ต่อ)



ชนิดนี้ ประเทศออสเตรเลีย



เฮลซิงกิ ประเทศฟินแลนด์



กรุงเทพมหานครมีอุณหภูมิแตกต่างของผิวโลหะมากถึง 28 องศาเซลเซียส ในช่วงเดือนเมษายน จากปัจจัยทางด้านอุณหภูมิอากาศ และความร้อนที่ได้จากปริมาณแสงอาทิตย์ ซึ่งส่งผลให้เกิดอุณหภูมิแตกต่างของอากาศที่มากขึ้นเช่นกัน

การวิจัยเป็นเมืองเขตร้อนแห้ง ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศรุนแรง ผลการคำนวณ พบว่า อุณหภูมิผิวโลหะสูงที่สุด 60.88 องศาเซลเซียส ที่เดือนมิถุนายน อุณหภูมิผิวโลหะต่ำสุด 47.48 องศาเซลเซียส ที่เดือนมิถุนายน อุณหภูมิอากาศทั่วไปที่ต่ำลงในช่วงนี้ เนื่องจากเป็นช่วงฤดูพายุฝน อุณหภูมิที่มากในช่วงกลางปีจะแปรผกผันกับปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ เหมือนกรุงเทพมหานคร

ลอนดอนเป็นเมืองเขตอบอุ่นที่มีสภาพอากาศไม่แน่นอน เนื่องจากมีหมอกปกคลุมประเทศตลอดปี ทำให้ปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ไม่คงที่ตลอดทั้งปีเช่นกัน ส่วนอุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล คือ ในช่วงเดือนกรกฎาคมมีอุณหภูมิผิวโลหะมากที่สุดที่ 47.98 องศาเซลเซียส และต่ำที่สุด 34.38 องศาเซลเซียส ที่เดือนกุมภาพันธ์

ซิดนีย์เป็นเมืองเขตอบอุ่นได้เส้นศูนย์สูตร ทำให้มีปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์มากในช่วงกลางปี ซึ่งจะสลับกลับประเทศในเขตเหนือเส้นศูนย์สูตร เช่นเดียวกับอุณหภูมิอากาศที่จะมีค่าอุณหภูมิมากในช่วงปลายปีและต้นปี ทำให้อุณหภูมิผิวโลหะสูงที่สุด 51.68 องศาเซลเซียส ในเดือนมกราคม และมีค่าน้อยที่สุด 41.38 องศาเซลเซียส ในเดือนกรกฎาคม ซึ่งแปรผกผันกับปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ที่จะมีมากในช่วงกลางปี

เฮลซิงกิเป็นเมืองที่มีอากาศหนาวเย็นแบบขั้วโลก มีปริมาณรังสีอาทิตย์มากในช่วงกลางปี ซึ่งเป็นสาเหตุให้อุณหภูมิอากาศทั่วไปสูงตามปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ โดยเป็นผลให้อุณหภูมิผิวโลหะสูงที่สุด 46.38 องศาเซลเซียส ในเดือนกรกฎาคม และต่ำที่สุด 23.08 องศาเซลเซียส ในเดือนกุมภาพันธ์

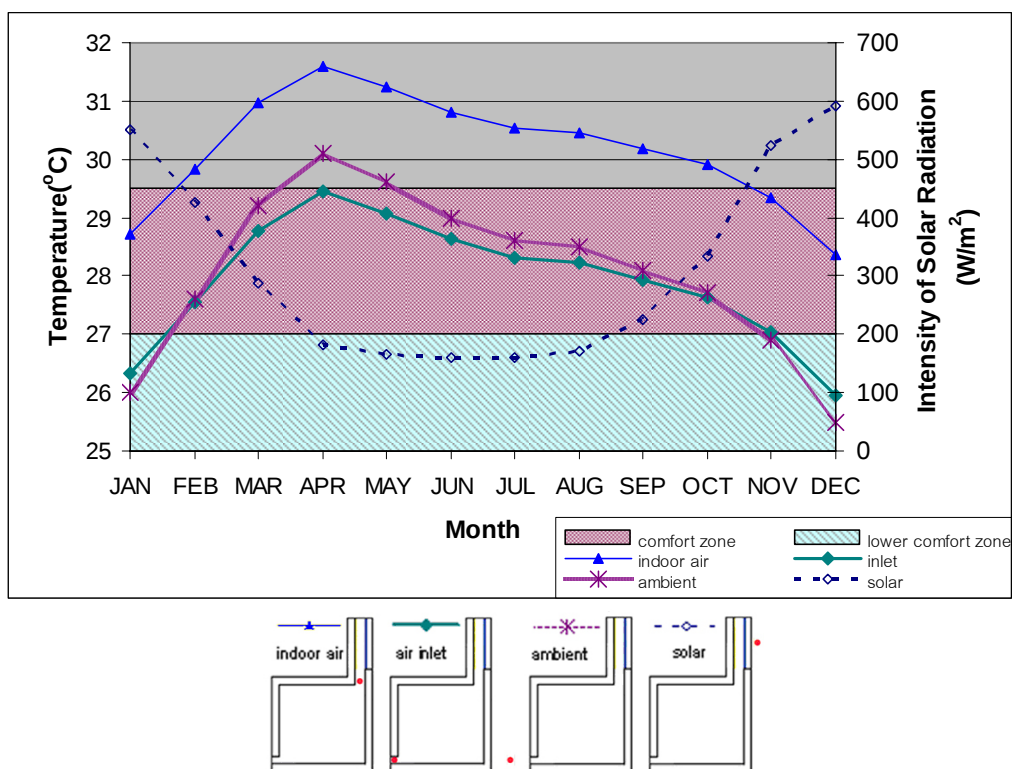
ส่วนอุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่กล่องทดลองนั้นใช้การทำนายค่าจากอุณหภูมิอากาศทั่วไปที่ได้จากการเฉลี่ยรายเดือนตลอดทั้งปี จากค่าอุณหภูมิอากาศเข้าสู่กล่องทดลองและค่าอัตราการระบายอากาศในกล่องที่ได้จากการคำนวณในส่วนของปล่องแสงอาทิตย์ จะได้ค่าอุณหภูมิอากาศที่ฐานปล่อง ซึ่งเทียบเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร (จากการทดลองเบื้องต้น เพื่อทดสอบว่าอุณหภูมิความร้อนจากปล่องแสงอาทิตย์ไม่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศในกล่องทดลอง) ดังนั้นจะได้ค่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารจากเมืองต่าง ๆ ที่เป็นตัวแทนสภาพภูมิอากาศทั่วโลก ดังนี้

ภาพที่ 4.12 อุณหภูมิอากาศได้จากการคำนวณของกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย  
อุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปและอุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่

อาคาร และเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศในสภาวะนำสบายแล้ว สังเกตได้ว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปจะต่ำกว่าสภาวะนำสบายในช่วงต้นปีและปลายปี ซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงอาทิตย์มาก ในขณะที่อุณหภูมิภายในอาคารจะสูงกว่าสภาวะนำสบายเกือบตลอดทั้งปี ยกเว้นช่วงต้นปีและปลายปี que อุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะลดลงจนเข้าสู่สภาวะนำสบาย จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมในการใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ

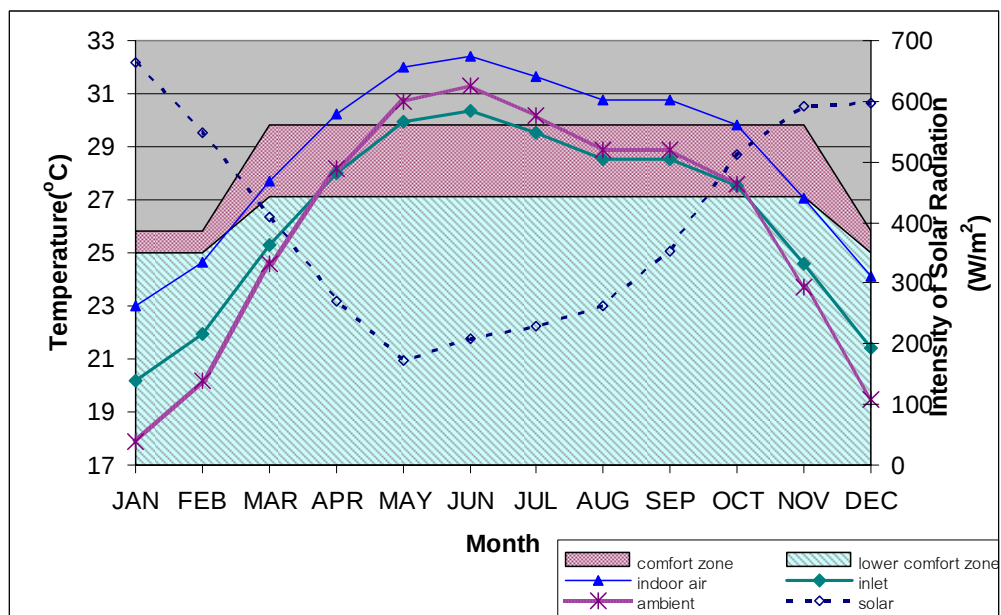
ภาพที่ 4.12

อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณของกรุงเทพมหานคร

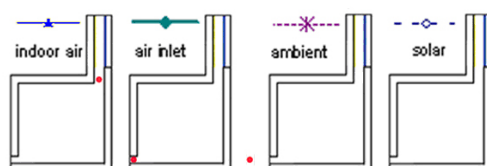
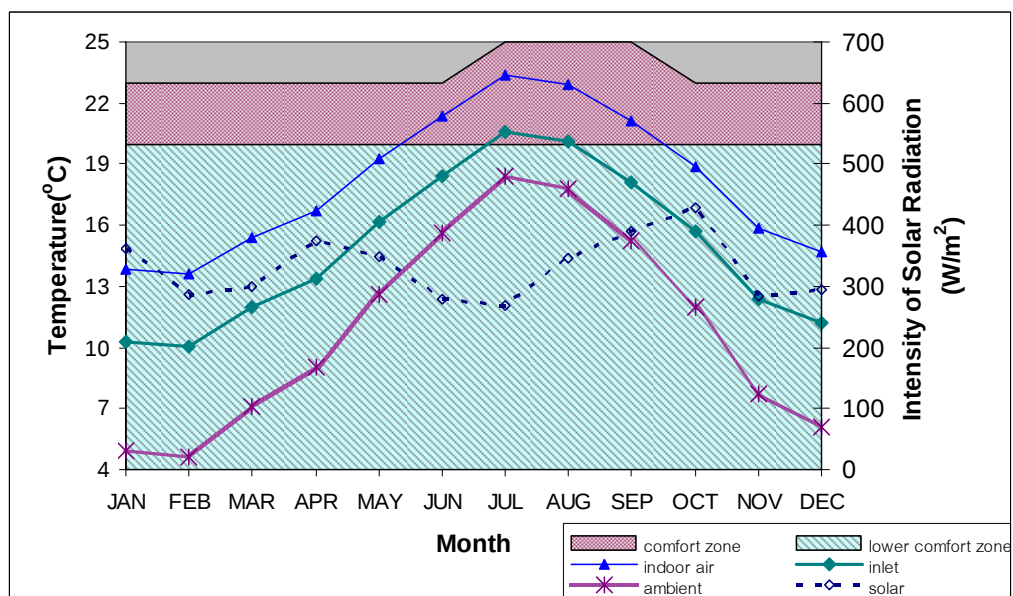


จากภาพที่ 4.13 อุณหภูมิอากาศได้จากการคำนวณของ gara จี ประเทศปากีสถาน อุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปและอุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่อาคาร เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศในสภาวะนำสบายแล้ว สังเกตได้ว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปจะต่ำกว่าสภาวะนำสบายในช่วงต้นปีและปลายปี ซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงอาทิตย์มาก ในขณะที่อุณหภูมิภายในอาคารจะสูงกว่าสภาวะนำสบายช่วงกลางปี เข้าสู่สภาวะนำสบายเดือนมีนาคมและเดือนพฤศจิกายน จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมในการใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ แต่ช่วงต้นปีและปลายปี que อุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะลดลงจนต่ำกว่าสภาวะนำสบาย

ภาพที่ 4.13  
อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณของการราจี



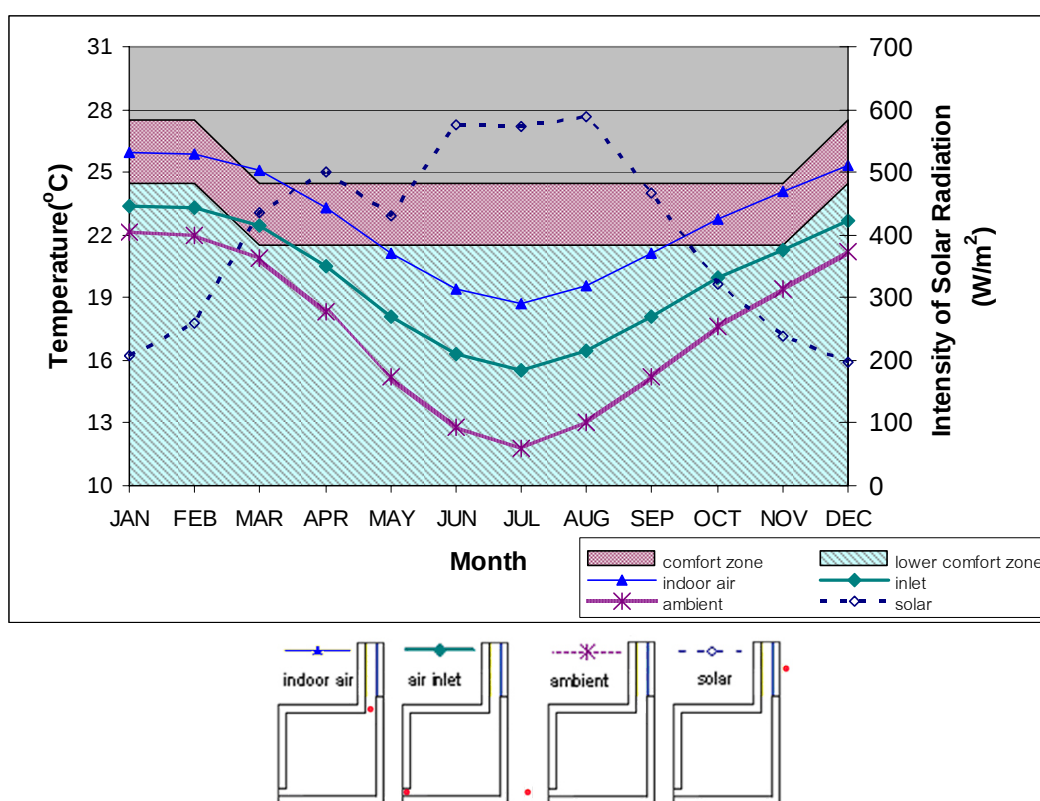
ภาพที่ 4.14  
อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณของลอนดอน



จากภาพที่ 4.14 อุณหภูมิอากาศได้จากการคำนวณของลอนดอน ประเทศอังกฤษ อุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปและอุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่อาคาร เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศในสภาวะน่าสบายแล้ว สังเกตได้ว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปจะต่ำกว่าสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปี ในขณะที่ปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าไม่คงที่ตลอดปี อุณหภูมิภายในอาคารเข้าสู่สภาวะน่าสบายช่วงกลางปี จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมในการใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ แต่ช่วงต้นปีและปลายปี que อุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะลดลงจนต่ำกว่าสภาวะน่าสบาย

ภาพที่ 4.15

อุณหภูมิอากาศได้จากการคำนวณของซิดนีย์



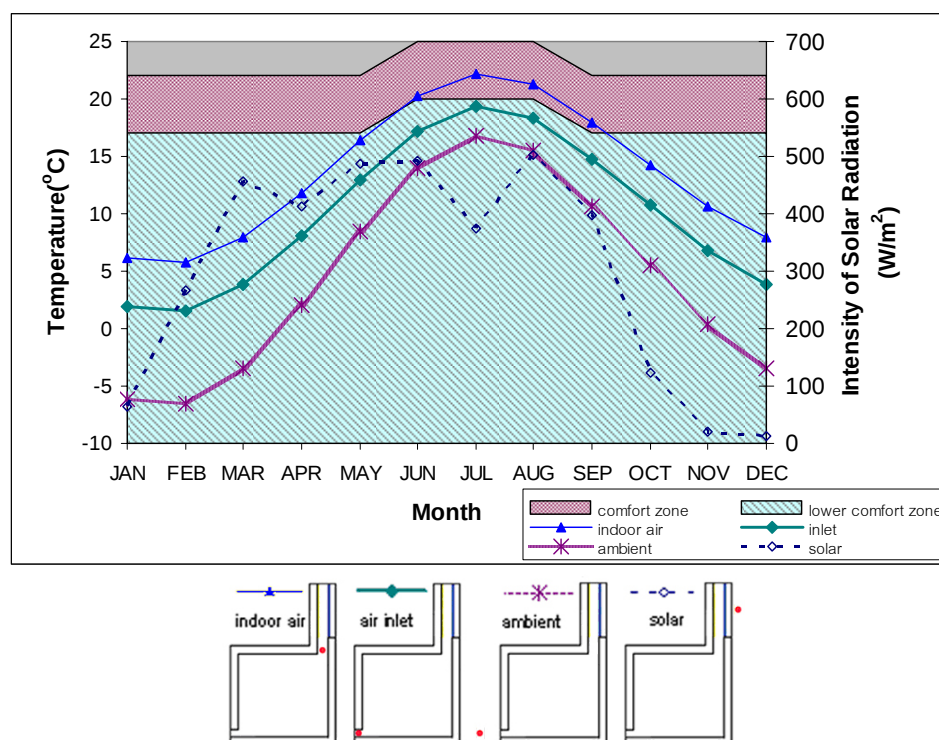
จากภาพที่ 4.15 อุณหภูมิอากาศได้จากการคำนวณของซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย อุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป และอุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่อาคาร และเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศในสภาวะน่าสบายแล้ว สังเกตได้ว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปจะต่ำกว่าสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปี ในขณะที่ปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์มีค่ามาก

ในช่วงกลางปี อุณหภูมิภายในอาคารเข้าสู่สภาวะน่าสบายช่วงปลายปีและต้นปี จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมในการใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ แต่ช่วงกลางปีอุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะลดลงจนต่ำกว่าสภาวะน่าสบาย

จากภาพที่ 4.16 อุณหภูมิอากาศได้จากการคำนวณของเฮลซิงกิ ประเทศฟินแลนด์ อุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปและอุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่อาคาร เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศในสภาวะน่าสบายแล้ว สังเกตได้ว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปจะต่ำกว่าสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปี ในขณะที่ปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์มีค่ามากในช่วงกลางปี อุณหภูมิภายในอาคารเข้าสู่สภาวะน่าสบายช่วงกลางปี จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมในการใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ แต่ช่วงปลายปีและต้นปีอุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะลดลงจนต่ำกว่าสภาวะน่าสบายมาก

ภาพที่ 4.16

อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณของเฮลซิงกิ

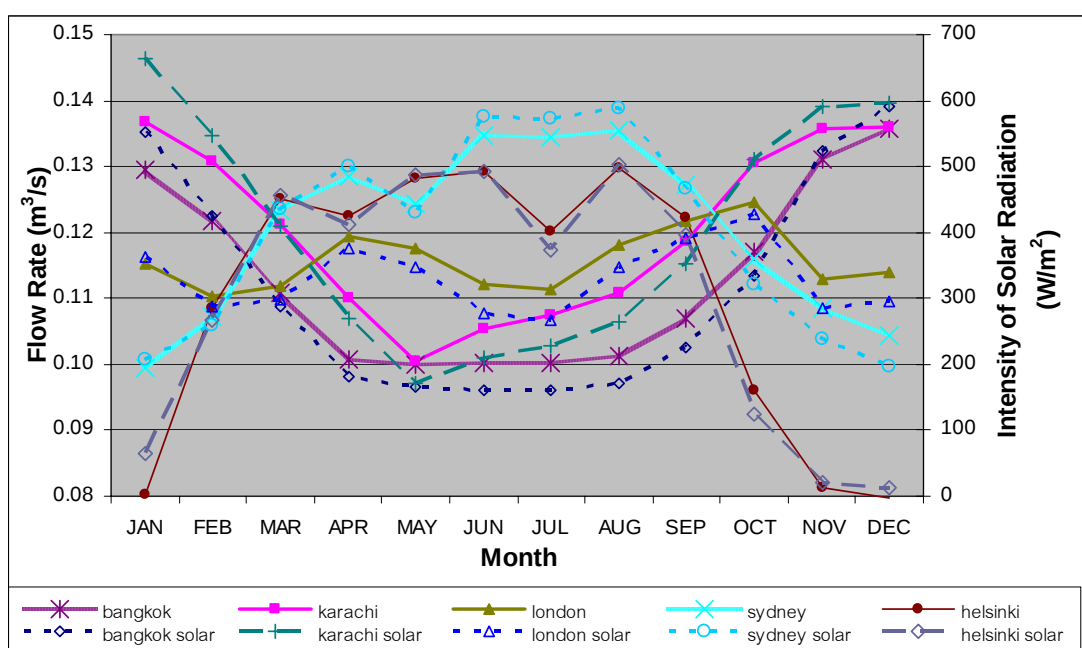


จากการคำนวณอุณหภูมิอากาศของตัวแทนแต่ละภูมิภาคทั่วโลกจะนำไปสู่การคำนวณอัตราการระบายอากาศทั่วโลก โดยอัตราการระบายอากาศของกรุงเทพมหานครจะมี

ค่าสูงในช่วงเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์และช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม และจะลดอัตราการระบายอากาศลงในช่วงกลางปี ซึ่งจะแปรผันตรงกับปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนของประเทศไทย

ภาพที่ 4.17

ผลการคำนวณอัตราการระบายอากาศในเมืองตัวแทนเขตภูมิอากาศทั่วโลก



อัตราการระบายอากาศของการาจีจะมีค่าสูงในช่วงเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์และช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม และจะลดอัตราการระบายอากาศลงในช่วงกลางปี ซึ่งจะแปรผันตรงกับปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนของปากีสถาน มีลักษณะเส้นกราฟของกรุงเทพมหานคร แต่ภูมิอากาศในช่วงต้นปีและปลายปี อาจมีโอกาสใช้ปล่องแสงอาทิตย์ได้น้อยกว่าในประเทศไทย เนื่องจากช่วงที่แสงอาทิตย์มากในเมืองกลับมีพายุฝน ซึ่งอาจมีผลต่ออัตราเร็วลมภายในอาคาร

อัตราการระบายอากาศลอนดอนจะมีค่าไม่คงที่ตามปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ แต่อัตราการระบายอากาศจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นเมืองที่ปกคลุมด้วยหมอกตลอดทั้งปี

อัตราการระบายอากาศชนิดนี้ ประเทศออสเตรเลีย จะมีค่าสูงในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม และจะลดอัตราการระบายอากาศลงในช่วงปลายปีและต้นปี ซึ่งจะแปรผันตรงกับปริมาณความเข้มข้นสีอาทิตยเจลียรายเดือนของประเทศออสเตรเลีย

อัตราการระบายอากาศเฮลซิงกิ จะมีค่าสูงในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม และจะลดอัตราการระบายอากาศลงในช่วงปลายปีและต้นปี เช่นเดียวกับเมืองชนิดนี้ ซึ่งจะแปรผันตรงกับปริมาณความเข้มข้นสีอาทิตยเจลียรายเดือนของประเทศฟินแลนด์

#### 4.3 ผลประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ประสิทธิภาพการระบายอากาศในปล่องแสงอาทิตย์ที่ได้จากการคำนวณค่าอัตราการระบายอากาศในปล่องแสงอาทิตย์เทียบกับอัตราการระบายอากาศปล่องระบายอากาศธรรมดา (stack effect) ในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย โดยหาจากค่าอัตราการระบายอากาศจากปล่องแสงอาทิตย์ (solar chimney) หารด้วยค่าอัตราการระบายอากาศเข้าในปล่องระบายอากาศธรรมดา (stack effect) จะได้ค่าประสิทธิภาพการระบายอากาศ ดังสมการ 4.14

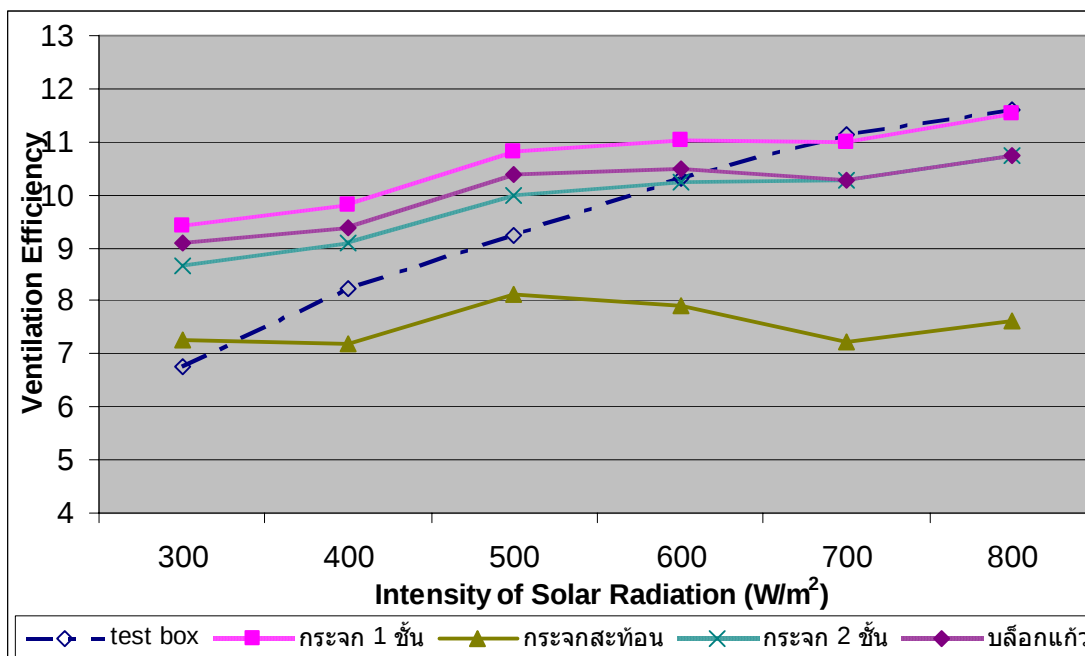
$$V_f = \frac{Q_c}{Q_s} \quad (\text{สมการ 4.14})$$

โดยที่  $V_f$  = ประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์  
 $Q_c$  = อัตราการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $Q_s$  = อัตราการระบายอากาศของปล่องระบายอากาศธรรมดา ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

ภาพที่ 4.18 กราฟประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์ที่ได้จากการคำนวณตามสมการ 4.14 มีลักษณะความชันเป็นบวก ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ดีขึ้น โดยประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจก 1 ชั้น เป็นวัสดุรับแสงดีที่สุด รองลงมาเป็นบล็อกแก้ว และกระจก 2 ชั้น ตามลำดับ โดยทั้ง 3 กรณี มีความชันเส้นกราฟใกล้เคียงกัน ในขณะที่ปล่องแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกสะท้อนความร้อนวางกลับด้านมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด และมีความชันน้อยกว่ากราฟเส้นอื่น จึงเป็นวัสดุที่ไม่ควรนำมาใช้ในปล่องแสงอาทิตย์

ภาพที่ 4.18

ประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์



#### 4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

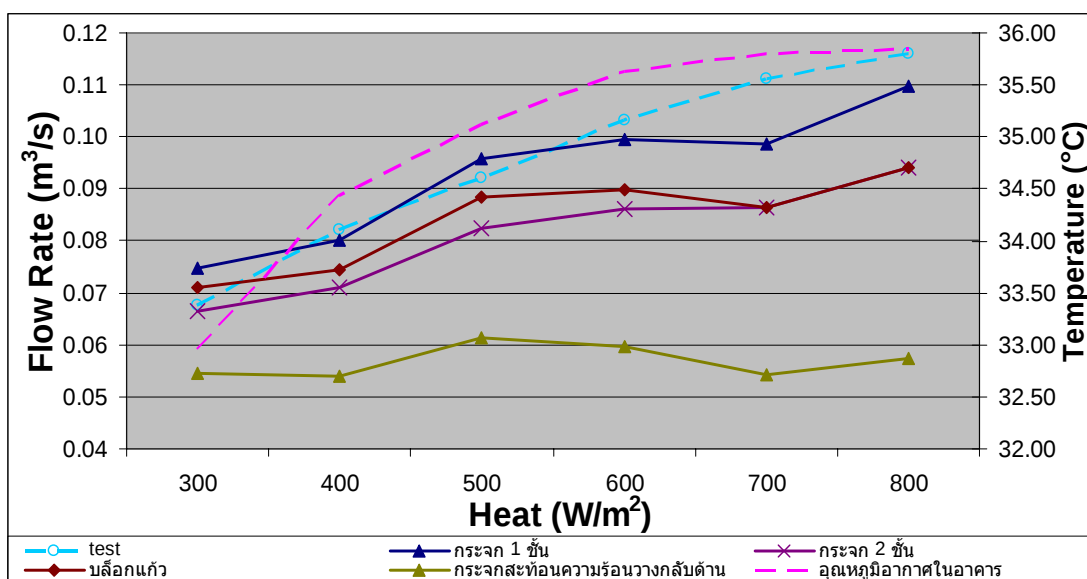
ผลการทดลองความเร็วลมทั้งที่ได้จากกล่องทดลอง และจากสมการที่ใช้วัสดุกระฉกชั้นเดียวเหมือนกัน พบว่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันของอากาศในปล่องทำให้ความเร็วลมในกล่องทดลองเพิ่มขึ้นโดยอุณหภูมิผิวของโลหะอุณหภูมิในและอุณหภูมิผิวกระจกภายในปล่องจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความร้อนจากแสงไฟหลอดได้ ทำให้เกิดการสะสมความร้อนและคายความร้อนให้แก่อากาศที่อยู่ในปล่องด้วย ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศบริเวณปล่องเพิ่มขึ้นด้วยและเกิดการลอยตัวของอากาศ เมื่อเกิดการลอยตัวของอากาศในปล่องทำให้อากาศในกล่องทดลองลอยขึ้นมาแทนที่จนเกิดความเร็วลมในกล่องทดลอง และเนื่องจากลมที่ลอยตัวขึ้นนำพาอากาศภายนอกกล่องด้านล่างที่อุณหภูมิเย็นกว่าบริเวณปล่องเข้ามาแทนที่อากาศเดิมจึงทำให้ที่ระยะห่างจากปล่องลงมาในกล่องทดลอง 30 เซนติเมตร ไม่มีผลด้านอุณหภูมิความร้อนมารบกวน

ส่วนด้านบนของปล่องทดลองสามารถระบุได้ว่า อุณหภูมิความร้อนของอากาศในปล่องที่เพิ่มขึ้นมีผลมาจาก ความร้อนจากแสงที่ปล่องได้รับ วัสดุโลหะอุณหภูมิในพื้นสีดำที่ใช้ในการทดลอง กระฉก พื้นที่กระจกและโลหะ ขนาดช่องเปิด โดยค่าที่มีผลมากต่อความร้อนในปล่อง คือ

โลหะอลูมิเนียมและกระจก ซึ่งในการทดลองที่ควรทำการศึกษาต่อก็คือ ตัวแปรกระจก ซึ่งมีความหลากหลายทางด้านคุณสมบัติการสะท้อน การส่งผ่านความร้อน และการกักเก็บความร้อนไว้ในตัวปล่องทดลอง

ภาพที่ 4.19

การคำนวณอัตราการระบายอากาศ

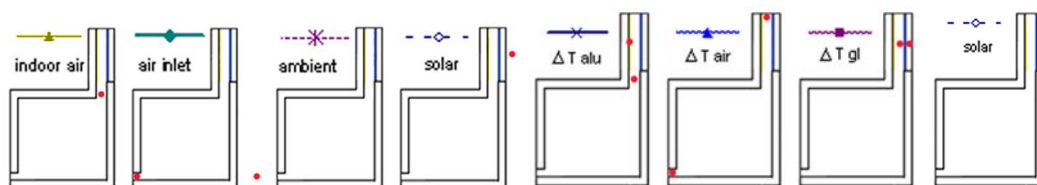
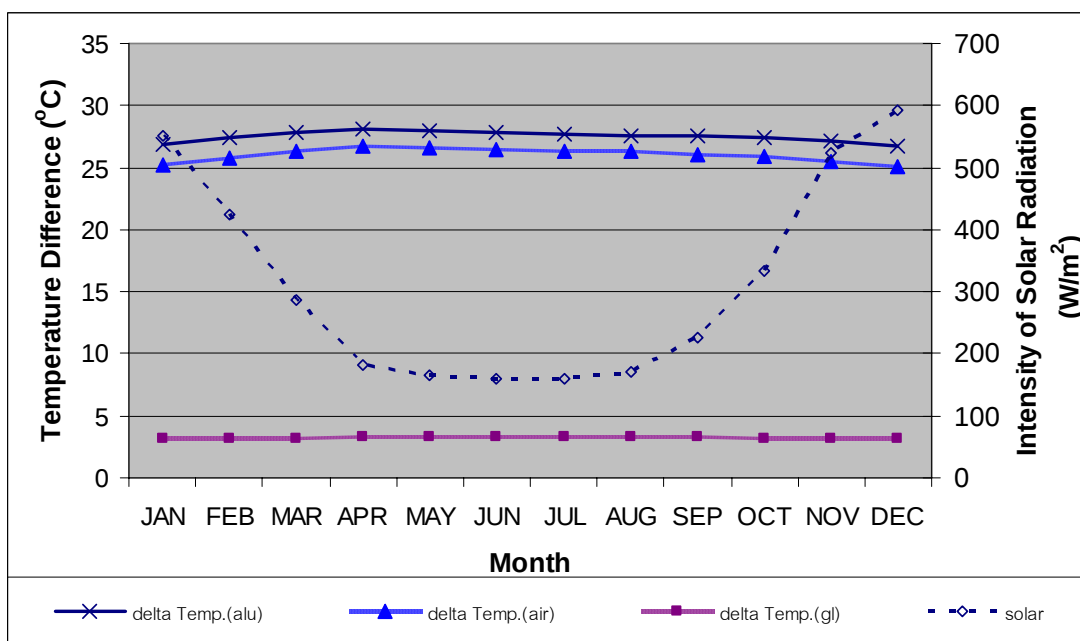
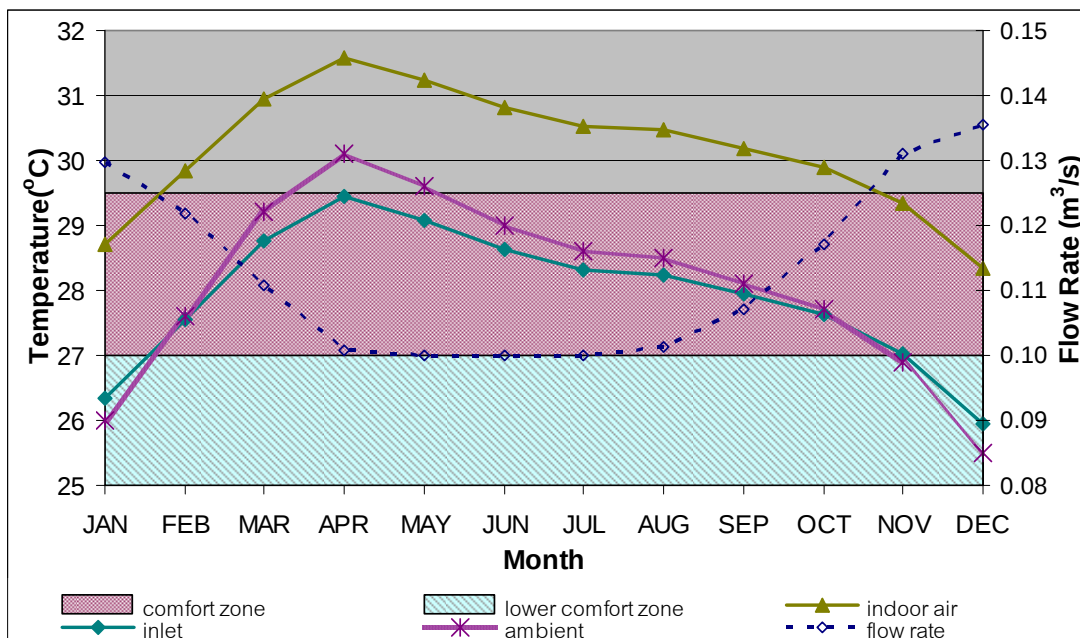


จากภาพที่ 4.19 ผลการคำนวณอัตราการระบายอากาศเมื่อใช้วัสดุกระจกที่แตกต่างกัน 4 ชนิด อัตราการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกชั้นเดียวมีค่ามากที่สุด ส่วนอัตราการระบายอากาศของบล็อกแก้วที่สูงสูญเสียไปการรั่วซึมของอากาศในปล่อง จึงมีค่าน้อยกว่ากระจก 1 ชั้น จะใช้เป็นการคำนวณเปรียบเทียบกับอัตราการระบายอากาศทั่วโลก อัตราการระบายอากาศในอาคารที่เพิ่มขึ้นจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร โดยอุณหภูมิอากาศภายในอาคารเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในปล่องทดลองจากการคำนวณกับอัตราการระบายอากาศของแต่ละประเทศดังภาพที่ 4.20 พบว่าอัตราการระบายอากาศไม่แปรผันตามอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร แต่แปรผันตรงกับปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ในภาพที่ 4.21 เนื่องจากปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ที่มากขึ้น จะทำให้เกิดความแตกต่างอุณหภูมิอากาศเข้าและอากาศออกมากขึ้น เป็นการเพิ่มอัตราการระบายอากาศภายในอาคารไปด้วย โดยปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์จะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้อัตราการระบายอากาศในปล่องแสงอาทิตย์มีค่ามากที่สุด

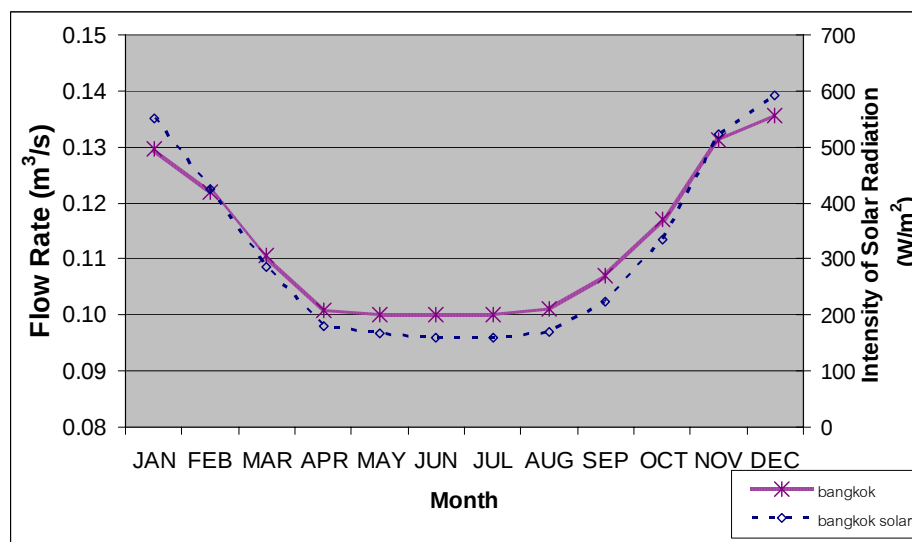
ภาพที่ 4.20

การคำนวณอุณหภูมิอากาศและอัตราการระบายอากาศ กรุงเทพมหานคร



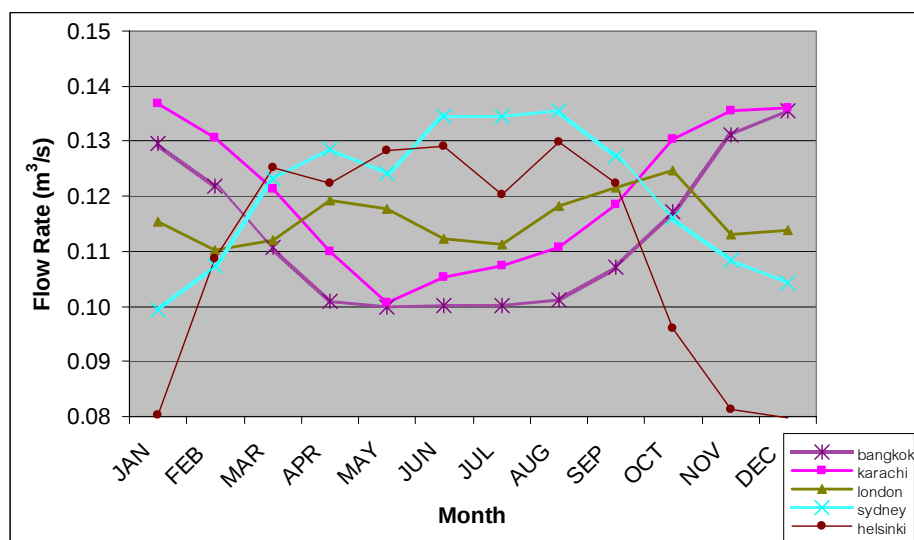
ภาพที่ 4.21

การคำนวณอัตราการระบายอากาศเปรียบเทียบกับปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ กรุงเทพมหานคร



ภาพที่ 4.22

การคำนวณอัตราการระบายอากาศเปรียบเทียบกับปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์



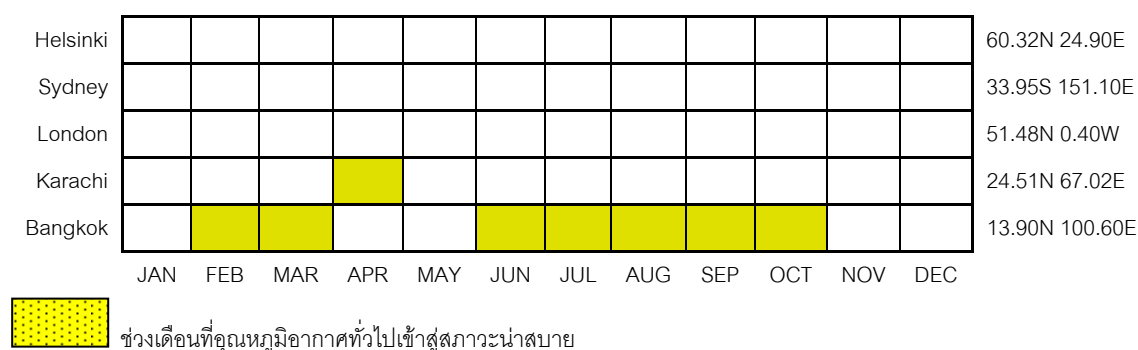
จากภาพที่ 4.22 เมื่อใช้การระบายอากาศแบบปล่อยแสงอาทิตย์ จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้นจนเข้าสู่สภาวะน่าสบายมากขึ้นในแต่ละประเทศ และเมื่อใช้ปล่อยแสงอาทิตย์ระบายอากาศควบคู่ไปกับการใช้การระบายอากาศธรรมชาติในช่วงเวลาที่กำหนดไว้

ตามภาพที่ 4.25 จะทำให้กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย สามารถใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยอุณหภูมิอากาศยังอยู่ในสภาวะน่าสบายทั้งสิ้น 10 เดือน ซึ่งอีก 2 เดือนที่เหลือ คือ ช่วงที่ประเทศไทยมีอากาศร้อนมากที่สุด อาจใช้การระบายอากาศอื่น ๆ ที่มีการลดอุณหภูมิอากาศได้ เช่น การลดอุณหภูมิอากาศด้วยไอน้ำ เป็นต้น เพื่อใช้ควบคู่ไปกับการระบายอากาศแบบธรรมชาติเดิมที่ใช้อยู่ได้

การวิจัย ประเทศปากีสถาน สามารถใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศเพื่อให้อุณหภูมิภายในอาคารอยู่ในสภาวะน่าสบายเพิ่มขึ้นได้ 3 เดือน และเมื่อใช้ควบคู่ไปกับการระบายอากาศปกติจะสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศอยู่ในสภาวะน่าสบายได้ทั้งสิ้น 4 เดือน ส่วนช่วงเวลาที่เหลือเป็นช่วงที่สภาพอากาศมีความรุนแรงมาก คือ หนาวจัดจากพายุฝน และร้อนจัดจากสภาวะทะเลทราย จึงมีโอกาสทำให้อุณหภูมิอากาศเข้าสู่สภาวะน่าสบายได้น้อยกว่าเมืองอื่น

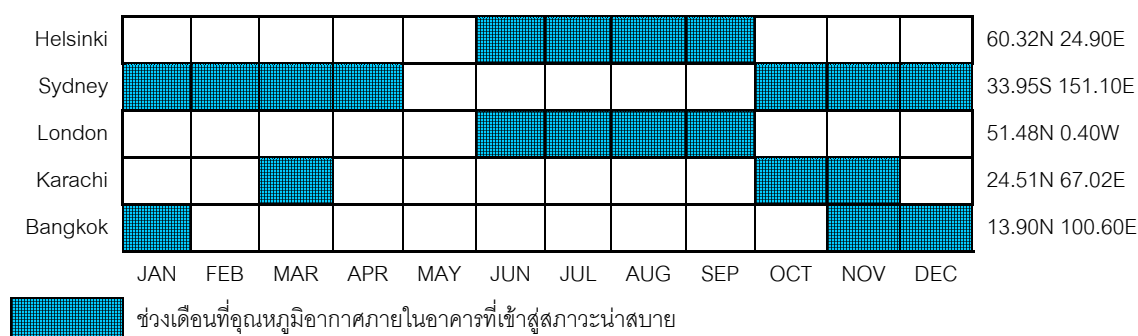
ภาพที่ 4.23

ช่วงเดือนที่อุณหภูมิอากาศทั่วไปเข้าสู่สภาวะน่าสบาย



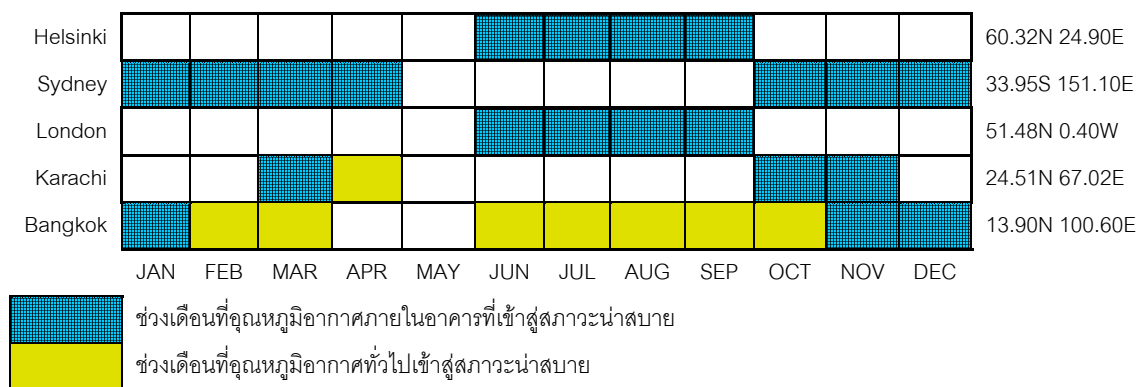
ภาพที่ 4.24

ช่วงเดือนที่ผลการคำนวณอุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่เข้าสู่สภาวะน่าสบาย



ภาพที่ 4.25

ช่วงเดือนที่ผลการคำนวณอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและอากาศทั่วไปเข้าสู่สภาวะน่าสบาย



ลอนดอน ประเทศอังกฤษ อุณหภูมิอากาศทั่วไปต่ำกว่าสภาวะน่าสบายตลอดปี แต่เมื่อใช้การระบายอากาศแบบปล่องแสงอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารสูงขึ้นจนเข้าสู่สภาวะน่าสบายได้ แต่เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่มีหมอกปกคลุมประเทศเกือบตลอดปี จึงทำให้สามารถใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศเพื่อให้ได้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่อยู่ในสภาวะน่าสบายได้เพียง 4 เดือน แต่หากเป็นช่วงที่บรรยากาศแจ่มใสตลอดปี จะใช้ปล่องแสงอาทิตย์ได้หลากหลายเดือนกว่านี้

ซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย จากภาพที่ 4.23 อุณหภูมิอากาศทั่วไปต่ำกว่าสภาวะน่าสบายตลอดปี แต่เมื่อใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศทำให้อุณหภูมิอากาศเข้าสู่สภาวะน่าสบายทั้งสิ้น 7 เดือน ในช่วงต้นปีและปลายปี ส่วนช่วงกลางปี แม้จะสามารถเพิ่มอุณหภูมิอากาศได้ใกล้เคียงสภาวะน่าสบาย แต่อุณหภูมิก็ยังต่ำกว่าสภาวะน่าสบายอยู่ 2 - 3 องศาเซลเซียส

เฮลซิงกิ ประเทศฟินแลนด์ เป็นประเทศเขตสภาพภูมิอากาศหนาวจัด อุณหภูมิอากาศทั่วไปต่ำกว่าสภาวะน่าสบายตลอดปี และสามารถที่ใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศเพื่อให้อุณหภูมิอากาศเข้าสู่สภาวะน่าสบายได้ 4 เดือน ในช่วงกลางปี ส่วนช่วงเวลาที่เหลือ แม้จะใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ อุณหภูมิอากาศก็ยังคงต่ำกว่าสภาวะน่าสบายมาก