

การศึกษาการปรับปรุงกรอบอาคารตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน  
พ.ศ. 2550 กรณีศึกษาอาคารสำนักงานภาคเหนือ ธนาคารแห่งประเทศไทย  
จังหวัดเชียงใหม่

ธรรมรัตน์ มากทรัพย์

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีในอาคาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2556

**Building Envelope Improvement Act, BE 2550.**

**Bank of Thailand's office. Northern Region Office. Chiang Mai Province.**

**Thammarut Magsub**

**A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree of Master of Science**

**Department of Building Technology Management**

**Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University**

**2013**

|                  |   |
|------------------|---|
| หัวข้อสารนิพนธ์  | การศึกษาการปรับปรุงกรอบอาคารตามพระราชบัญญัติเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2550 กรณีศึกษาอาคารสำนักงานภาคเหนือ ธนาคารแห่งประเทศไทย จังหวัดเชียงใหม่ |
| ชื่อผู้เขียน     | ธรรมรัตน์ มากทรัพย์   |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดิเกะ บุณนาค   |
| สาขาวิชา         | การจัดการเทคโนโลยีในอาคาร   |
| ปีการศึกษา       | 2555  |

### บทคัดย่อ

การขยายตัวทางเศรษฐกิจ และการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ส่งผลต่อความต้องการพลังงานของประเทศที่เพิ่มขึ้น พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 จึงได้ถูกกำหนดเพื่อกำกับ ดูแล และส่งเสริมการใช้พลังงาน และได้มีการปรับแก้ไขเพิ่มเติมบทบัญญัติเพื่อให้เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน ดังพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นอาคารควบคุม ที่มีผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV 63.57 W/m<sup>2</sup> และ RTTV 58.37 W/m<sup>2</sup>) ไม่เป็นตามเกณฑ์มาตรฐาน แนวทางในการปรับปรุงกรอบอาคารในส่วนของผนังและหลังคา โดยการลดพื้นที่กระจก พื้นที่โปร่งแสงและการติดฟิล์มกรองแสง จากการประเมินการปรับปรุงด้วยโปรแกรม OTTVEE ผลจากการตรวจวัดอุณหภูมิ และวิเคราะห์โครงการด้านการลงทุนของโครงการมีความเหมาะสมต่อการลงทุน อีกทั้งค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคาเป็นไปตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

คำสำคัญ : ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร การปรับปรุงกรอบอาคาร  
พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550

|                        |  |
|------------------------|--|
| Thematic Paper Title   | Building Envelope Improvement Act, B.E. 2550 Bank of Thailand's office Northern Region Office. Chiang Mai Province |
| Author                 | Thammarut Magsub   |
| Thematic Paper Advisor | Asst. Prof. Dr. Tika Bunna   |
| Department             | Building Technology Management   |
| Academic Year          | 2012   |

### ABSTRACT

An economic expansion and an increasing population affect the high energy demand. The Energy Conservation Act B.E. 2535 has been designated to monitor and promote the use of energy efficiency. The regulations are adjusted for the current situation. Present, the latest regulation is The Energy Conservation Act (No. 2) B.E.2550. Bank of Thailand Northern Region Office at Chiang Mai Province is a control building follow to condition of The Energy Conservation Act B.E. 2535. Total value of heat transfer through the walls and roof (OTTV 63.57 W/m<sup>2</sup> and RTTV 58.37 W/m<sup>2</sup>) is not followed to The Energy Conservation Act B.E. 2535 and (No. 2) B.E. 2550 also. The improved building envelope is the Poly Eatheline form and the sun protected film which reduced transparency area. The building improvement project was evaluated by program OTTVVEE, temperature and investment project. The result shows that total heat transfer through the walls and roof are followed to the requirement of the Energy Conservation Act (No. 2) B.E. 2550.

Keywords : Heat Transfer through Building Envelop Value, Building envelope improvements,  
The Energy Conservation Promotion Act (No.2) B.E.2550

## กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์เรื่อง “การศึกษาการปรับปรุงกรอบอาคารตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2550 กรณีศึกษาอาคารสำนักงานภาคเหนือ ธนาคารแห่งประเทศไทย จังหวัดเชียงใหม่” สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ติกะ บุนนาค อาจารย์ที่ปรึกษา รวมถึงคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้แนวคิดและคำแนะนำให้ความรู้ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษานี้ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อสารนิพนธ์

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์จากเจ้าหน้าที่ทุกท่านของ สำนักงานภาคเหนือ ธนาคารแห่งประเทศไทย จังหวัดเชียงใหม่ และผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ของทีมวิศวกรรม 2 ส่วนงานก่อสร้างและบำรุงรักษา ธนาคารแห่งประเทศไทย(สำนักงานใหญ่ กรุงเทพฯ) ที่ให้ความร่วมมือ พร้อมทั้งให้ความรู้และแนวคิดจนสารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ประโยชน์อันใดที่เกิดจากสารนิพนธ์นี้ เป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่านดังกล่าว

ชรรมรัตน์ มากทรัพย์

สารบัญ

|   | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....   | ฅ    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....   | ง    |
| กิตติกรรมประกาศ.....  | จ    |
| สารบัญตาราง.....  | ช    |
| สารบัญรูป.....  | ญ    |
| บทที่   |      |
| 1. บทนำ.....  | 1    |
| 1.1 ที่มาของการศึกษา.....   | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....  | 4    |
| 1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....  | 4    |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา.....                           | 5    |
| 2. ทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....                                   | 6    |
| 2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....   | 6    |
| 2.2 เกณฑ์มาตรฐานที่จะใช้บังคับสำหรับการก่อสร้างอาคารหรือปรับปรุงอาคาร.. | 9    |
| 2.3 รายละเอียดพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2)    |      |
| พ.ศ. 2550.....  | 10   |
| 2.4 แนวทางและขอบเขตการบังคับใช้.....                                    | 20   |
| 2.5 ข้อดีและประโยชน์ของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน       |      |
| (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550.....  | 20   |
| 2.6 งานศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....  | 21   |
| 3. ระเบียบวิธีการศึกษา.....   | 25   |
| 3.1 อาคารที่ทำการศึกษา.....   | 25   |
| 3.2 รายละเอียดทั่วไปของอาคารธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ        |      |
| จังหวัดเชียงใหม่.....   | 26   |
| 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....                          | 28   |
| 3.4 โปรแกรม OTTVEE.....   | 30   |
| 3.5 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ.....                            | 37   |

## สารบัญ (ต่อ)

| บทที่  | หน้า |
|--|------|
| 4. ผลการวิเคราะห์จากการตรวจวัด.....          | 38   |
| 4.1 ก่อนปรับปรุง.....                        | 39   |
| 4.2 แนวทางการปรับปรุง และแก้ไขกรอบอาคาร..... | 58   |
| 4.3 หลังปรับปรุง.....                        | 61   |
| 5. สรุปผล.....                               | 71   |
| 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์.....                  | 73   |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ.....                          | 74   |
| บรรณานุกรม.....                              | 75   |
| ภาคผนวก.....                                 | 77   |
| ประวัติผู้เขียน.....                         | 90   |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| 1.1 อาคารควบคุมที่ดำเนินตามพระราชบัญญัติเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ปี พ.ศ.2535  | 2    |
| 2.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปี ของอาคาร 8 ประเภท.....  | 11   |
| พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศ และสัดส่วน  |      |
| 2.2 พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อพลังงานไฟฟ้ารวมของอาคาร.....   | 12   |
| 2.3 อัตราส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อขนาดพิคคของระบบปรับอากาศ.....  | 13   |
| 2.4 ค่ากำลังไฟฟ้าของการส่องสว่างและพิสัยระดับความส่องสว่าง.....  | 14   |
| 2.5 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ส่องสว่างต่อพื้นที่และสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่าง<br>ต่อพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด.....  | 14   |
| ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ และระบบ<br>แสงสว่างในประเภทอาคารเก่า และอาคารใหม่ ตามกำหนดในกฎกระทรวง<br>(พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน<br>พ.ศ. 2535.....   | 15   |
| 2.7 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ และระบบ<br>แสงสว่าง ตามกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และ<br>มาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์<br>พลังงาน พ.ศ. 2552..... | 16   |
| 2.8 อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังอาคาร.....  | 16   |
| 2.9 ค่าดัชนีมาตรฐาน.....   | 18   |
| 2.10 ค่าดัชนีพลังงานสำหรับกรณีที่มีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูง.....  | 19   |
| ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาของอาคารสำนักงาน ธนาคาร   |      |
| 4.1 แห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ ก่อนปรับปรุง.....  | 39   |
| รายละเอียด OTTV และ RTTV กรอบอาคารและหลังคา ก่อนปรับปรุง จาก   |      |
| 4.2 โปรแกรม OTTVEE .....   | 40   |
| ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังกับพื้นที่ผนัง โปร่งแสงแต่ละประเภทและ  |      |
| 4.3 สัดส่วนของ พื้นที่ผนัง โปร่งแสงต่อผนังทั้งหมด (WWR) ของแต่ละด้าน.....  | 59   |
| 4.4 OTTV ผนังแต่ละด้าน หลังปรับปรุงจากโปรแกรม OTTVEE .....   | 61   |



สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| 4.5 RTTV หลังการปรับปรุงโดยการลดพื้นที่กระจกและการติดฟิล์มกรองแสง<br>บริเวณหลังคา.....   | 62   |
| 4.6 การประมาณค่าใช้จ่ายการลดพื้นที่กระจกทั้งสองประเภทด้วยโพลีเอทิลีนและ<br>การติดฟิล์มกรองแสง.....                               | 68   |
| 4.7 การประมาณค่าใช้จ่ายค่าลงทุนอุปกรณ์และแรงงานในการปรับปรุงหลังคา<br>อาคารด้วย การลดพื้นที่โปร่งแสงของหลังคาและการติดฟิล์ม..... | 69   |
| 5.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมกรอบอาคารธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงาน<br>ภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่.....                               | 71   |
| 5.2 OTTV และ RTTV หลังการปรับปรุงระบบกรอบอาคารจากโปรแกรม<br>OTTVEE.....  | 72   |
| 5.3 ความเป็นไปได้ทางการเงินตามการดำเนินการปรับปรุงระบบกรอบอาคาร.....   | 73   |

สารบัญรูป

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 2.1 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535.....   | 7    |
| 2.2 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550.....   | 7    |
| 2.3 กฎกระทรวงกำหนด ประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552..... | 8    |
| 3.1 ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่.....  | 25   |
| 3.2 แผนที่ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่.....  | 26   |
| 3.3 อาคารด้านทิศเหนือ.....  | 27   |
| 3.4 อาคารด้านทิศตะวันออก.....   | 27   |
| 3.5 อาคารด้านทิศตะวันออกและทิศใต้.....  | 28   |
| 3.6 อาคารด้านทิศตะวันตก.....  | 28   |
| 3.7 เครื่องมือบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบต่อเนื่อง (Testo 174).....   | 29   |
| 3.8 กล้องถ่ายภาพความร้อน (Fluke Ti25 Thermal Imager).....   | 29   |
| 3.9 โปรแกรม OTTVEE.....   | 30   |
| 3.10 หน้าจอแรกของโปรแกรม OTTVEE.....  | 31   |
| 3.11 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนข้อมูลวัสดุฉนวน และวัสดุคู่ออก.....   | 32   |
| 3.12 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนข้อมูลวัสดุแผ่น และวัสดุฉนวน.....   | 32   |
| 3.13 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนข้อมูลกระจก และฟิล์มติดกระจก.....   | 33   |
| 3.14 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนข้อมูลฟิล์มอากาศภายนอก และภายใน.....  | 33   |
| 3.15 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนข้อมูลฟิล์มอากาศในช่องว่าง.....   | 33   |
| 3.16 ตัวอย่างหน้าจอการกำหนดทิศที่ทำการคำนวณ.....  | 34   |
| 3.17 ตัวอย่างหน้าจอผลการคำนวณค่า Q และการเลือกค่า TD ของผนัง.....   | 34   |
| 3.18 ตัวอย่างหน้าจอผลการคำนวณค่า Q และการเลือกค่า TD ของหลังคาทึบ และ หลังคาโปร่งแสง.....   | 35   |
| 3.19 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนรายละเอียดการออกแบบอาคารของโครงการ.....   | 36   |
| 3.20 ตัวอย่างหน้าจอการคำนวณค่า OTTV / RTTV .....  | 37   |
| 4.1 ลักษณะพื้นที่ทางด้านทิศเหนือของอาคาร.....   | 41   |
| 4.2 อุณหภูมิภายนอกผิวกระจกอาคารด้านทิศเหนือ.....  | 41   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 4.3 อุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศเหนือ.....                            | 42   |
| 4.4 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทางทิศเหนือของอาคาร.....                              | 42   |
| 4.5 ภาพถ่ายอุณหภูมิผิวกระจกด้านทิศเหนือ.....                               | 43   |
| 4.6 บริเวณอาคารทางด้านทิศใต้.....  | 44   |
| 4.7 อุณหภูมิภายนอกผิวกระจกอาคารด้านทิศใต้.....                             | 44   |
| 4.8 อุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศใต้.....                              | 44   |
| 4.9 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทางทิศใต้ของอาคาร.....                                | 45   |
| 4.10 ภาพถ่ายอุณหภูมิกระจกด้านทิศใต้.....                                   | 46   |
| 4.11 การใช้ต้นไม้ลดความร้อนเข้าอาคาร บริเวณชั้นล่างของอาคารด้านทิศใต้..... | 46   |
| 4.12 ลักษณะพื้นที่ด้านทิศตะวันออกของอาคารสำนักงาน.....                     | 47   |
| 4.13 บริเวณผนังทางด้านทิศตะวันออกที่มีลักษณะลาดเอียง.....                  | 48   |
| 4.14 ภาพถ่ายอุณหภูมิผนังด้านทิศตะวันออกที่มีลักษณะลาดเอียง.....            | 48   |
| 4.15 อุณหภูมิภายนอกผิวกระจกอาคารทิศตะวันออก.....                           | 49   |
| 4.16 อุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศตะวันออก.....                        | 49   |
| 4.17 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทางทิศตะวันออกของอาคาร.....                          | 50   |
| 4.18 ภาพถ่ายอุณหภูมิผิวกระจกด้านทิศตะวันออก.....                           | 50   |
| 4.19 ลักษณะพื้นที่ด้านทิศตะวันตกของอาคารสำนักงาน.....                      | 51   |
| 4.20 อุณหภูมิภายนอกผิวกระจกอาคารด้านทิศตะวันตก.....                        | 52   |
| 4.21 อุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศตะวันตก.....                         | 52   |
| 4.22 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทางทิศตะวันตกของอาคาร.....                           | 52   |
| 4.23 ภาพถ่ายอุณหภูมิผิวกระจกด้านทิศตะวันตก.....                            | 53   |
| 4.24 หลังคาโปร่งแสง.....   | 54   |
| 4.25 ภาพถ่ายอุณหภูมิฝ้าเพดาน.....  | 54   |
| 4.26 อุณหภูมิหลังคาด้านทิศเหนือภายนอกอาคาร.....                            | 55   |
| 4.27 อุณหภูมิหลังคาด้านทิศเหนือภายในอาคาร.....                             | 55   |
| 4.28 อุณหภูมิหลังคาด้านทิศใต้ภายนอกอาคาร.....                              | 56   |
| 4.29 อุณหภูมิหลังคาด้านทิศใต้ภายในอาคาร.....                               | 56   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 4.30 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของหลังคา.....                           | 56   |
| 4.31 ภาพถ่ายอุณหภูมิของหลังคาจั่วด้านนอก.....                  | 57   |
| 4.32 ภาพถ่ายอุณหภูมิของหลังคาจั่วด้านใน.....                   | 58   |
| 4.33 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศเหนือ.....    | 63   |
| 4.34 ภาพถ่ายอุณหภูมิผิวกระจกด้านทิศเหนือ หลังปรับปรุง.....     | 63   |
| 4.35 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศใต้.....      | 64   |
| 4.36 ภาพถ่ายอุณหภูมิผิวกระจกด้านทิศใต้หลังปรับปรุง.....        | 64   |
| 4.37 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศตะวันออก..... | 64   |
| 4.38 ภาพถ่ายอุณหภูมิของกระจกด้านทิศตะวันออก หลังปรับปรุง.....  | 65   |
| 4.39 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศตะวันตก.....  | 65   |
| 4.40 ภาพถ่ายอุณหภูมิผิวกระจกด้านทิศตะวันตก หลังปรับปรุง.....   | 66   |
| 4.41 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในหลังคาด้านทิศเหนือ.....           | 67   |
| 4.42 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในหลังคาด้านทิศใต้.....             | 67   |
| 4.43 ภาพถ่ายอุณหภูมิลหลังคาหลังปรับปรุง.....                   | 67   |

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาของการศึกษา

การขยายตัวทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมรวมทั้งการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อความต้องการพลังงานของประเทศตลอดในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่แหล่งพลังงานของประเทศมีจำนวนจำกัด จึงจำเป็นต้องอาศัยการนำเข้าพลังงานเป็นจำนวนมาก ทำให้สัดส่วนการพึ่งพาพลังงานนำเข้าจากต่างประเทศเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 60 (รายงานพลังงานของประเทศไทย ปี 2552) เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานทั้งประเทศ ถึงแม้จะมีการสำรวจและการพัฒนาแหล่งพลังงานทางเลือกใหม่ก็ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทั้งค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง และผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติที่อาจจะก่อให้เกิดในระยะยาว

รัฐบาลจึงริเริ่มให้มีการกำหนดพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ประกาศใช้เมื่อวันที่ 2 เมษายน 2535 และมีผลบังคับใช้ ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2535 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำกับ ดูแล และส่งเสริมการใช้พลังงานของอาคาร และโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูงให้เกิดประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานโดยรัฐจะเป็นผู้ให้การสนับสนุนทางเทคนิค และวิชาการทางด้านเทคโนโลยี ทั้งนี้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และพระราชกฤษฎีกา กำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 ได้กำหนดให้อาคารหรือกลุ่มอาคารที่เข้าข่ายตามข้อกำหนดที่อยู่ในเลขที่บ้านเดียวกันที่ใช้เครื่องวัดไฟฟ้า ตั้งแต่ 1,000 kW ขึ้นไป หรือติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียว หรือหลายชุดรวมกันเกินกว่า 1,175 kVA หรือใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ หรือพลังงานสิ้นเปลืองเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีมากกว่า 20 GJ (พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538) จะเข้าข่ายเป็นอาคารควบคุมและจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนด พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ดังกล่าว ซึ่งการปฏิบัติตามกฎหมายการอนุรักษ์พลังงานในส่วนของอาคารนั้น ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานด้านพลังงาน 3 ระบบหลักได้แก่ ระบบกรอบอาคาร (Building Envelope) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศของอาคารควบคุมที่ก่อสร้างแล้วเสร็จและกำลังใช้งาน อย่างไรก็ตามการดำเนินงานตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมและกฎกระทรวง พ.ศ. 2538

ออกตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มีบทบัญญัติบางประการไม่เหมาะสมกับสภาวการณ์ในปัจจุบันจึงมีการแก้ไขเพิ่มเติมบทบัญญัติ เพื่อให้สามารถกำกับและส่งเสริมการใช้พลังงานการอนุรักษ์พลังงานให้มีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งสามารถปรับเปลี่ยนแนวทางการอนุรักษ์พลังงานให้ทันต่อเทคโนโลยี ที่รองรับต่อการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม จึงได้มีการกำหนด “พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550” โดยให้มีผลบังคับใช้ ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2551 เป็นต้นไปนั้น (ที่มา : คู่มือคำอธิบายพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) สำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม) ยังมีข้อบกพร่องอยู่หลายประการ ที่ส่งผลให้ความสำเร็จด้านการอนุรักษ์พลังงานไม่กว้างขวางเท่าที่ควร จนถึงปัจจุบันอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มีจำนวนทั้งสิ้น 1,933 อาคาร สามารถแบ่งเป็นอาคารราชการ 797 อาคาร และอาคารเอกชน 1,136 อาคาร โดยอาคารควบคุมดังกล่าวส่งรายงานเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน เฉลี่ยร้อยละ 72 แต่มีอาคารที่ดำเนินการปรับปรุงจริงเพียงร้อยละ 63 เท่านั้น ที่เหลือประมาณ 700 อาคาร มิได้ดำเนินการ (ตารางที่ 1.1)

ตารางที่ 1.1 อาคารควบคุมที่ดำเนินการตามพระราชบัญญัติเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ปี พ.ศ. 2535

| ประเภทอาคาร | จำนวนอาคารที่ดำเนินการ |                   |                   |
|-------------|------------------------|-------------------|-------------------|
|             | ทั้งหมด                | ส่งเป้าหมายและแผน | ดำเนินการปรับปรุง |
| ราชการ      | 797                    | 606 (76%)         | 495 (62%)         |
| เอกชน       | 1,136                  | 784 (69%)         | 726 (64%)         |
| รวม         | 1,933                  | 1,390 (72%)       | 1,221 (63%)       |

ที่มา: คู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง

เกณฑ์มาตรฐานเดิม (พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535) ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นไม่ทันสมัยและไม่สอดคล้องกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี เช่น เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน (Absorption Chiller) และอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน (Boiler, Heat Pump and Water Heater) การนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ ได้แก่ การใช้แสงธรรมชาติทดแทนไฟฟ้าส่องสว่าง การใช้ไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ ดังนั้นการปรับปรุงอาคารเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเดิม จึงต้องใช้งบลงทุนสูง เพราะต้องปรับปรุงทุกระบบให้ผ่าน

เกณฑ์ โดยเฉพาะส่วนของกรอบอาคารซึ่งปรับปรุงได้ยากและลงทุนสูง เกณฑ์มาตรฐานของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ได้มีการเพิ่มทางเลือกให้สามารถผ่านเกณฑ์โดยพิจารณาจากการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (Whole Building Compliance) ซึ่งจะช่วยให้การลงทุนลดลง และทำให้ผลตอบแทนทางการเงินสูงขึ้นด้วย โดยเกณฑ์ใหม่นี้เริ่มบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2551 กับอาคารควบคุมที่มีพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 2,000 m<sup>2</sup> ขึ้นไป ที่จะขออนุญาตก่อสร้างหรือต้องการปรับปรุงอาคาร (คู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง) โดยการพิจารณาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของอาคารในสองกรณี คือ กรณีมาตรฐานและกรณีที่มีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูง ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของแต่ละกรณีได้ดังนี้ กรณีมาตรฐาน หมายถึง อาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งจะแบ่งตามประเภทของอาคารได้แก่ อาคารขนาดใหญ่พิเศษ หมายถึง อาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 10,000 m<sup>2</sup> ขึ้นไป ซึ่งจะต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (Overall Thermal Transfer Value : OTTV และ Roof Thermal Transfer Value : RTTV) ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่าง และค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศเป็นไปตามเกณฑ์ทั้งหมด และในส่วนของอาคารขนาดใหญ่และขนาดกลางซึ่งก็คืออาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยน้อยกว่า 10,000 m<sup>2</sup> แต่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 30 kW ทั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะค่าดัชนีประสิทธิภาพของกรอบอาคาร (OTTV และ RTTV) ที่เป็นไปตามเกณฑ์เท่านั้น กรณีที่มีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูง หมายถึง ผลตอบแทนเชิงเศรษฐศาสตร์สูง โดยจะต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยการก่อสร้างอาคารจะต้องพิจารณาถึงการใช้วัสดุอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงเพื่อให้ได้มูลค่าตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost : LCC) ต่ำกว่ากรณีมาตรฐาน แม้ว่าจะมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงกว่าก็ตาม ทั้งนี้ดัชนีดังกล่าวจะใช้สำหรับอาคารขนาดใหญ่พิเศษ อาคารใหญ่และขนาดกลาง

การศึกษานี้เป็นการศึกษาอาคารของธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นอาคารที่ก่อสร้างแล้วเสร็จและเปิดใช้งานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ซึ่งเป็นอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 จึงต้องปฏิบัติตามเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคาร ในกรณีที่ต้องการปรับปรุง เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนด พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 เนื่องจากเกณฑ์ดังกล่าวมีผลบังคับใช้กับอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 2,000 m<sup>2</sup> ขึ้นไป ซึ่งอาคารดังกล่าวมีพื้นที่ใช้สอยรวม 34,105 m<sup>2</sup> จึงจัดอยู่ในประเภทของอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV และ RTTV) ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่าง และค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศเป็นไปตามเกณฑ์ทั้งหมด

ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาหาแนวทางการแก้ไข และปรับปรุงอาคารควบคุมที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ ที่ได้ทำการตรวจวัดโดยวิธีการมาตรฐาน ซึ่งพบว่ามีการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV และ RTTV) เกินค่ามาตรฐาน จึงต้องดำเนินการให้สอดคล้องตามเกณฑ์มาตรฐานพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาข้อกำหนด และเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมในกฎกระทรวง และประกาศกระทรวงการอนุรักษ์พลังงาน
2. วิเคราะห์ และประเมินหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV และ RTTV) ก่อนและหลังการปรับปรุงอาคารสำนักงาน ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่
3. ศึกษาแนวทางปรับปรุง และดำเนินการแก้ไขกรอบอาคาร เพื่อให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV และ RTTV) เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน และความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

## 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550
2. วิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา ด้วยโปรแกรม OTTVEE
3. วางมาตรการในการปรับปรุงอาคารให้ได้ตามมาตรฐานของกระทรวงพลังงาน
4. ตรวจวัดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV และ RTTV) ก่อนและหลังการปรับปรุงของอาคารสำนักงาน ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่



#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1. ทำให้ทราบและเข้าใจเกณฑ์ของกฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือขนาดอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ฯ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 และการประเมินทางเศรษฐศาสตร์
2. เป็นแนวทางในการวางแผนการปรับปรุงแก้ไขกรอบอาคาร และหลักการพิจารณาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ ในการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ของอาคารสำนักงาน ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่
3. เป็นฐานข้อมูลแนวทางการปรับปรุง และแก้ไขกรอบอาคารรวม ในลักษณะอาคารที่ใกล้เคียงกัน
4. เพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของวัสดุ อุปกรณ์กรอบอาคารเดิม และการเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ประสิทธิภาพใหม่ ในแต่ละแนวทางการปรับปรุง และแก้ไข

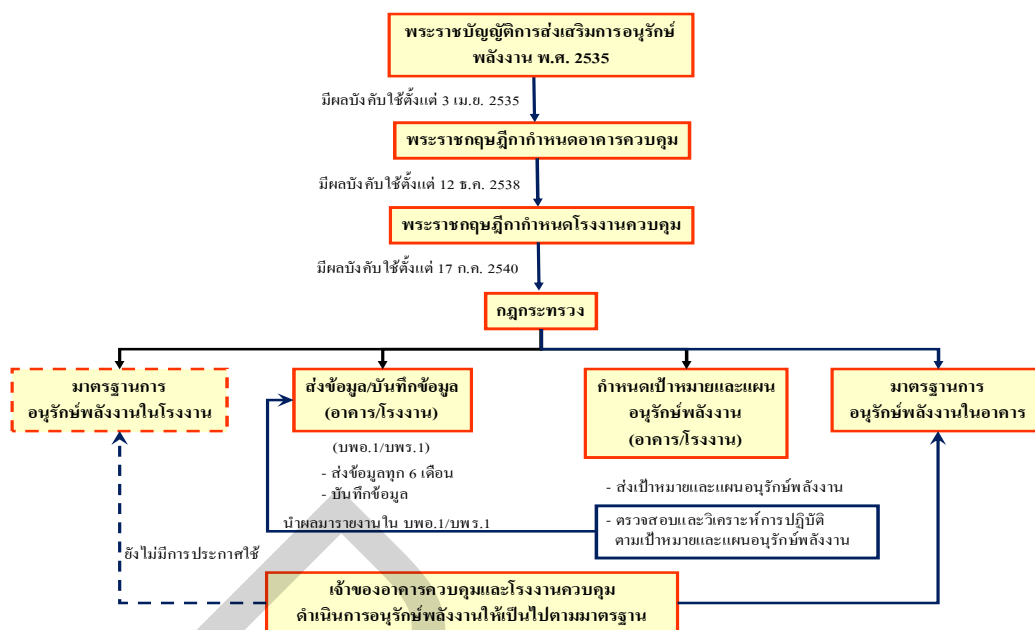
## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แนวคิดและทฤษฎี

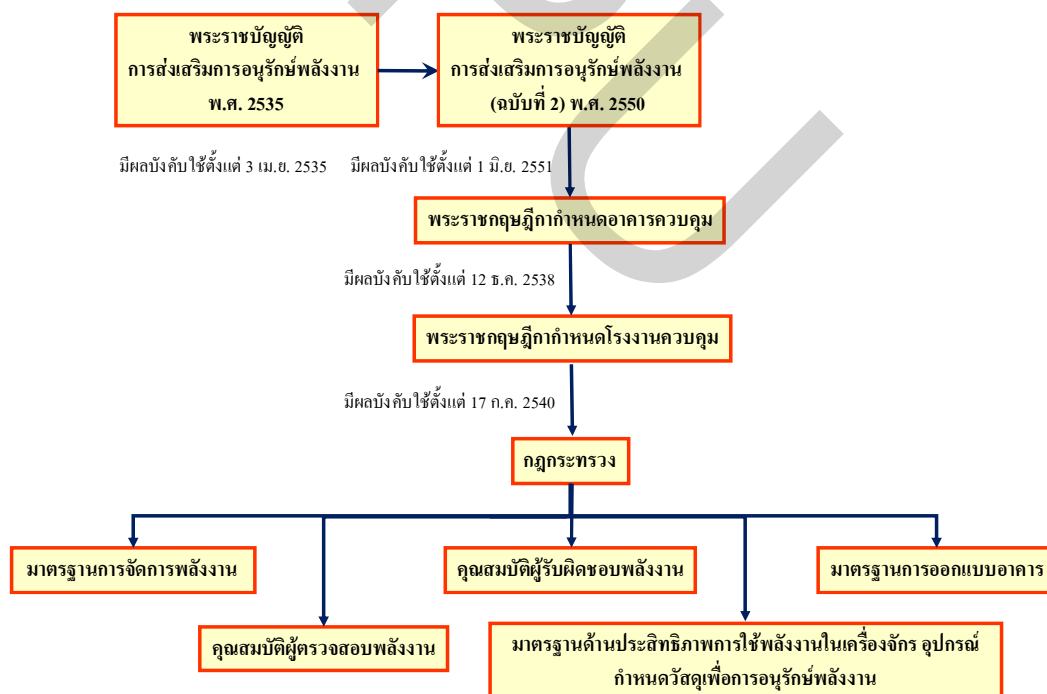
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) โดยสำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน ได้เล็งเห็นความสำคัญของการส่งเสริมและการกำกับการอนุรักษ์พลังงานของประเทศ เพื่อให้มีการผลิตและการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ตลอดจนการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานขึ้นภายในประเทศนั้น ยังไม่สามารถเร่งให้เกิดการดำเนินการให้บรรลุเป้าหมายได้ด้วยเหตุนี้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) จึงได้ยกร่างพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานขึ้น เพื่อกำหนดมาตรการในการกำกับ ดูแล ส่งเสริม และช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้พลังงาน โดยกำหนด “พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535” โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2535 และในปี พ.ศ. 2538 ได้ประกาศใช้พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมและกฎกระทรวง ซึ่งมีข้อกำหนดรายละเอียดและวิธีการอนุรักษ์พลังงาน แสดงดังรูปที่ 2.1

อย่างไรก็ตามเนื่องจากพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มีบทบัญญัติบางประการไม่เหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบัน จึงมีการแก้ไขเพิ่มเติมบทบัญญัติเพื่อให้สามารถกำกับและส่งเสริมการใช้พลังงานการอนุรักษ์พลังงานให้มีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งสามารถปรับเปลี่ยนแนวทางการอนุรักษ์พลังงานให้ทันต่อเทคโนโลยี ที่รองรับต่อการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมจึงได้มีการแก้ไขเพิ่มเติมพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ขึ้นเป็น “พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550” และให้มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2551 เป็นต้นไป โดยกำหนดให้อาคารควบคุมจัดสำรวจและวิเคราะห์การใช้พลังงานและให้จัดทำแผนและเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร และยังกำหนดเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพด้านพลังงานสำหรับอาคารด้วย และพระราชบัญญัติฉบับดังกล่าวได้ถูกปรับปรุงใหม่ในปี พ.ศ. 2550 แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

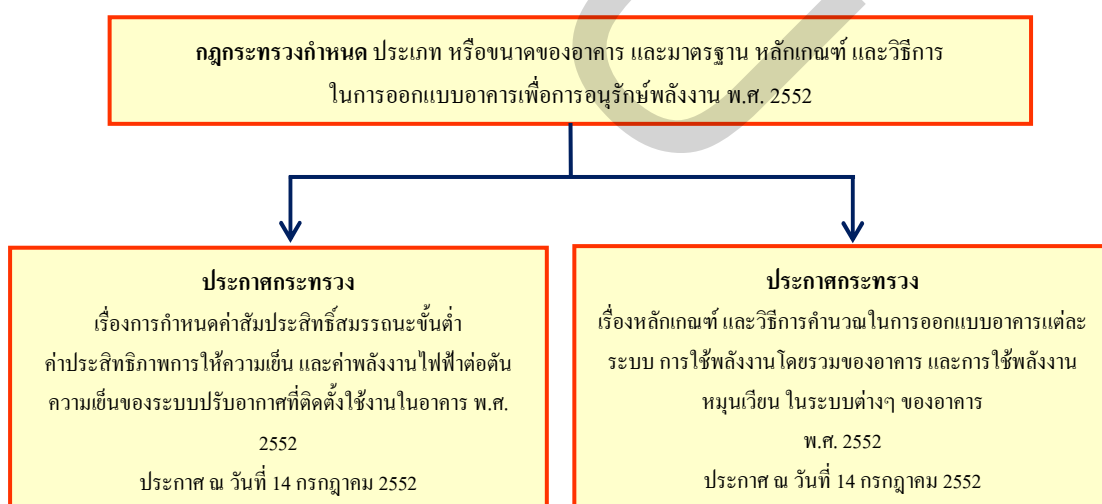
ที่มา: คู่มือฝึกอบรมผู้ตรวจสอบการจัดการพลังงาน



รูปที่ 2.2 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

ที่มา: คู่มือฝึกอบรมผู้ตรวจสอบการจัดการพลังงาน

ในการดำเนินการแก้ไข พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานนั้น ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานด้านพลังงานของ 3 ระบบหลัก ได้แก่ ระบบกรอบอาคาร ที่รวมถึงผนัง หลังคา พื้น และกระจกที่ปกคลุมตัวอาคาร (Building Envelope) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ ในกรณีอาคารควบคุมที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ และกำลังใช้งาน ในการดำเนินการปรับปรุง และแก้ไขนั้นอาจเป็นไปได้ยาก เนื่องจากในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง ยังไม่เอื้ออำนวยทั้งด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์ เพราะอาคารส่วนใหญ่จะออกแบบภายใต้แนวคิดสถาปัตยกรรมที่สวยงาม มากกว่าคำนึงถึงการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ใช้งานเป็นหลัก จึงมิได้คำนึงถึงการนำแนวคิดด้านการอนุรักษ์พลังงานมาประกอบในการออกแบบ เช่น การมีพื้นที่กระจก (ผนัง โปร่งแสง) มากกว่าผนังทึบ และไม่มี การติดตั้งอุปกรณ์บังแดด อีกทั้งไม่มีการแบ่งส่วนการใช้งานแต่ละพื้นที่ (Zoning) ตามกิจกรรมอย่างชัดเจน ฯลฯ ทำให้ในขั้นตอนการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศมีค่าสูงเกินกว่า (Over Design) การดำเนินการใช้งานจริงของกิจกรรมในอาคาร เพราะต้องออกแบบให้เพื่อรองรับการตอบสนองกิจกรรมในอนาคต ในขณะที่เจ้าของอาคารส่วนใหญ่เลือกที่จะลดงบประมาณในการลงทุน หากจะต้องมีการแก้ไขปรับปรุงของอาคาร ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ อีกทั้งเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานเดิม มิได้คำนึงถึงความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์ ทำให้ขาดการยอมรับ จึงไม่ประสบความสำเร็จด้านการอนุรักษ์พลังงาน ไม่กว้างขวางเท่าที่ควร



**รูปที่ 2.3** กฎกระทรวงกำหนด ประเภทหรือขนาดของอาคารและมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการ ในการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

**ที่มา:** คู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง

ดังนั้นการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขพระราชบัญญัติ ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดภาระและค่าใช้จ่ายของผู้ปฏิบัติตามกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน ปรับเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยี และครบถ้วนตามที่กฎหมายบัญญัติ โดยล่าสุดในปี พ.ศ. 2552 รัฐบาลได้ตรากฎกระทรวง ว่าด้วยการกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ. 2552 ดังรูปที่ 2.3 กับอาคารที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 m<sup>2</sup> ขึ้นไปที่ต้องการขออนุญาตก่อสร้างใหม่หรือต้องการปรับปรุงตัดแปลงอาคาร (กลุ่มมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือตัดแปลง) ทั้งนี้จะทำให้อาคารก่อนที่ทำการก่อสร้างจริงต้องเป็นอาคารที่ได้ดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน จึงจะส่งผลให้เกิดการยอมรับและความสำเร็จในการอนุรักษ์พลังงานอย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

## 2.2 เกณฑ์มาตรฐานที่จะใช้บังคับสำหรับการก่อสร้างอาคารหรือปรับปรุงอาคาร

ในช่วงต้นการดำเนินการตาม พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานนั้น ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานด้านพลังงานของ 3 ระบบหลัก ตามกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ได้แก่ ระบบกรอบอาคาร (Building Envelope) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ รวมทั้งได้มีการเพิ่มเติมหลักเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานในระบบการผลิตน้ำร้อน การใช้พลังงานหมุนเวียน ทดแทนเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์และการทำน้ำเย็นด้วยระบบดูดกลืน (กฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552)

การปรับปรุงข้อกำหนดดังกล่าวมีแนวคิดมาจากความต้องการที่จะลดภาระและเพิ่มการยอมรับของผู้ปฏิบัติ โดยเป็นการป้องกันแทนการแก้ไข โดยกำหนดระดับความสำคัญของเกณฑ์ตามน้ำหนักของต้นทุนและผลกระทบ เป็นการนำพฤติกรรมการใช้งาน อายุการใช้งาน และเศรษฐศาสตร์ มาประกอบการจัดทำเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้สามารถนำระบบที่มีประสิทธิภาพดีกว่าเกณฑ์มาชดเชยระบบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ให้มีค่าเท่ากับเกณฑ์รวม โดยทุกระบบไม่จำเป็นต้องผ่านเกณฑ์ หากเกณฑ์การใช้พลังงานรวมทั้งอาคารผ่านเกณฑ์ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานด้านพลังงานแต่ละระบบนั้นสามารถใช้ตัวชี้วัดได้ดังต่อไปนี้

### 2.2.1 กรอบอาคาร (Building Envelope)

กรอบอาคาร หมายถึง ผนัง หลังคา พื้นและกระจกที่ปกคลุมตัวอาคาร ในด้านการสะสมความร้อนในตัวอาคารจะมีตัวชี้วัดที่ใช้คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (Overall Thermal

Transfer Value) และหลังคา (Roof Thermal Transfer Value) หรือที่รู้จักกันดีในชื่อของ OTTV และ RTTV

### 2.2.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ในด้านระบบแสงสว่างของอาคารตัวชี้วัดที่ใช้คือกำลังไฟฟ้าส่องสว่าง ( $W/m^2$  ของพื้นที่ใช้งาน) และการชดเชยการใช้พลังงานเมื่อใช้แสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่าง

### 2.2.3 ระบบปรับอากาศและเครื่องทำน้ำเย็น

ระบบปรับอากาศและเครื่องทำน้ำเย็นเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานสูงสุดในอาคารซึ่งตัวชี้วัดที่ใช้จะแบ่งตามประเภทของระบบปรับอากาศโดยจะจัดกลุ่มของเครื่องปรับอากาศไว้ทั้งหมด 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก (Unitary air-conditioners) ระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ (Large air-conditioning system) แบบรวมศูนย์ และเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน (Absorption Chiller) ในส่วนนี้จะพบว่ามีเพิ่มเติมในส่วนของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนเพื่อให้มีความสอดคล้องกับเทคโนโลยีในปัจจุบัน

### 2.2.4 ระบบทำน้ำร้อนและความร้อน

อาคารที่เป็นอาคาร โรงพยาบาลและโรงแรมจะมีระบบทำน้ำร้อนและความร้อนจะมีตัวชี้วัดที่ใช้จะแบ่งตามประเภทของระบบการทำน้ำร้อนมีทั้งหมด 3 กลุ่มหลัก คือ หม้อไอน้ำ (Boiler), ปั๊มความร้อน (Heat Pump) และ เครื่องทำน้ำร้อน (Water Heater)

### 2.2.5 ระบบการใช้พลังงานหมุนเวียนทดแทนเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์

จากสถานการณ์พลังงานในปัจจุบันการใช้พลังงานทดแทนเข้ามาเพื่อลดต้นทุนการใช้เชื้อเพลิงโดยจะพิจารณาพลังงานทดแทนจาก 2 ระบบหลักคือ การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์และการใช้แสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่าง (นำไปชดเชยกับไฟฟ้าแสงสว่าง)

## 2.3 รายละเอียด พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

เมื่อพิจารณาผลจากการดำเนินงานในช่วงที่ผ่านมา พพ. ได้พัฒนาเกณฑ์การอนุรักษ์พลังงานใหม่ขึ้น โดย เกณฑ์ดังกล่าวครอบคลุมการกำหนดศักยภาพพลังงานของกรอบอาคาร ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบทำน้ำร้อนและการใช้พลังงานหมุนเวียน ซึ่งทาง พพ. ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของอาคารที่จะเกิดขึ้นจากกรณีที่มีการบังคับใช้เกณฑ์ใหม่นี้ โดยข้อมูลที่ใช้ประกอบการประเมินประกอบด้วย

1. ข้อมูลการใช้พลังงานและดัชนีพลังงานในอาคารควบคุมฐาน 5 ของ พพ.
2. ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจาก การไฟฟ้านครหลวง และ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

3. การจัดประเภทอาคารตามลักษณะการใช้งาน โดยใช้มาตรฐาน TSIC Code ได้แก่  
 สำนักงาน โรงแรม โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า (Department store)  
 สถานศึกษา อาคารอื่นๆ (สโมสร ฟิสิทรีจันท์ และสถานเริงรมย์)  
 อาคารชุด (ติดเครื่องวัดไฟฟ้าชุดเดียวและอาจเป็นอาคารบริการห้องเช่า)  
 ห้างสรรพสินค้าประเภทขายปลีกและส่ง (Hypermarket)

ทั้งนี้สถานภาพของประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารหนึ่งๆ สามารถประเมินได้จากดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปี ประกอบกับสัดส่วนของพื้นที่ที่มีการปรับอากาศ โดยการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุมถูกแบ่งออกเป็น 8 ประเภทหลักคือ สำนักงาน โรงแรม โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้าขายปลีก สถานศึกษา อาคารชุด ห้างสรรพสินค้าขายปลีกและส่ง และอาคารอื่น ๆ โดยจะเห็นได้ว่าอาคารที่มีสัดส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อพื้นที่ใช้สอยในสัดส่วนสูงจะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่สูงตามไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปี ของอาคาร 8 ประเภท

| อาคาร                       | ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอย/ปี<br>(kWh/m <sup>2</sup> /Year) |           |           | สัดส่วนพื้นที่ปรับอากาศ<br>ต่อพื้นที่ใช้สอย (%) |
|-----------------------------|--|-----------|-----------|---|
|                             | ค่าต่ำสุด  | ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย                                       |
| สำนักงาน                    | 25.5   | 660.1     | 146.4     | 28  |
| โรงแรม                      | 109.4  | 618.1     | 148.4     | 65  |
| โรงพยาบาล                   | 83.8   | 520.8     | 116.0     | 41  |
| ห้างสรรพสินค้าขายปลีก       | 111.0  | 1165.4    | 268.7     | 68  |
| สถานศึกษา                   | 33.3   | 171.4     | 37.3      | 27  |
| อาคารอื่น ๆ                 | 27.0   | 717.9     | 117.5     | 32  |
| อาคารชุด                    | 37.6   | 659.4     | 66.1      | 26  |
| ห้างสรรพสินค้าขายปลีกและส่ง | 32.8   | 793.7     | 359.6     | 72  |

ที่มา: คู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง

เมื่อพิจารณาถึงดัชนีการใช้พลังงานรวมของอาคาร (ตารางที่ 2.1) แล้ว ต้องมีการพิจารณาแยกตามระบบหลัก ได้แก่ ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบกรอบอาคาร ซึ่งจะพิจารณาตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

#### 1. ระบบปรับอากาศ

ในอาคารทั่วไประบบปรับอากาศจะใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วนที่สูงสุดและเมื่อคำนวณดัชนีการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศก็พบว่าดัชนีนี้มีค่าสูงเช่นเดียวกัน โดยในตารางที่ 2.2 จะแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศ และสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อพลังงานไฟฟ้ารวมของอาคารแต่ละประเภท

ตารางที่ 2.2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศ และสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อพลังงานไฟฟ้ารวมของอาคาร

| อาคาร                       | พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศ<br>(kWh/m <sup>2</sup> /Y) |           |           | สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อพลังงานไฟฟ้ารวม, (%) |
|-----------------------------|---|-----------|-----------|---|
|                             | ค่าต่ำสุด   | ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย   |
| สำนักงาน                    | 26.0  | 810.0     | 110.0     | 41  |
| โรงแรม                      | 114.3   | 256.4     | 143.2     | 64  |
| โรงพยาบาล                   | 100.2   | 258.9     | 162.1     | 56  |
| ห้างสรรพสินค้าชายปลีก       | 70.4  | 585.6     | 184.9     | 52  |
| สถานศึกษา                   | 63.6  | 165.0     | 76.2      | 53  |
| อาคารอื่นๆ                  | 29.1  | 979.3     | 216.5     | 43  |
| อาคารชุด                    | 13.5  | 750.0     | 168.1     | 58  |
| ห้างสรรพสินค้าชายปลีกและส่ง | 13.9  | 756.2     | 165.4     | 39  |

**ที่มา:** คู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศแสดงถึงประสิทธิภาพและจำนวนชั่วโมงการใช้งานของระบบปรับอากาศ หากระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงและจำนวนชั่วโมงการใช้งานไม่มากนัก ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ต่อปีจะมีค่าต่ำ ทั้งนี้โรงแรมมีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการปรับอากาศสูงกว่าอาคารสำนักงานซึ่งมีชั่วโมงการทำงานต่ำกว่า



โดยค่าสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการปรับอากาศต่อการใช้ไฟฟ้ารวมของแต่ละอาคารแสดงถึงผลจากค่าสัดส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อพื้นที่ใช้สอย จำนวนชั่วโมงการใช้งานเครื่องปรับอากาศและประสิทธิภาพการปรับอากาศ ดังนั้นพิสัยและค่าเฉลี่ยของขนาดพื้นที่ปรับอากาศต่อพิสัยของขนาดระบบปรับอากาศสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 อัตราส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อขนาดพิสัยของระบบปรับอากาศ

| อาคาร                 | อัตราส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อขนาดพิสัยของระบบปรับอากาศ<br>(ตร.ม./ตันความเย็น , m <sup>2</sup> .RFT) |           |
|-----------------------|--|-----------|
|                       | พิสัย  | ค่าเฉลี่ย |
| สำนักงาน              | 5.4 – 33.6   | 14.4      |
| โรงแรม                | 10.2 – 20.4  | 15.4      |
| โรงพยาบาล             | 5.3 – 27.3   | 15.6      |
| ห้างสรรพสินค้าชายปลีก | 11.5 – 37.5  | 21.5      |
| สถานศึกษา             | 5.2 – 41.2   | 19.9      |

ที่มา: คู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง

## 2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

อาคารพาณิชย์ ที่มีพื้นที่ปรับอากาศส่วนใหญ่ใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่างในบริเวณปรับอากาศแม้ในเวลากลางวัน โดยนิยมใช้หลอดไฟฟ้าตามลักษณะอาคาร เช่น อาคารสำนักงานนิยมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์กับบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา ห้างสรรพสินค้าใช้หลอดเมทัลเฮไลด์ (Metal halide) และหลอดฮาโลเจน (Halogen) เพื่อเน้นในส่วนของผลิตภัณฑ์สินค้า หรือหลอดไส้ธรรมดา และมีการแทนที่ด้วยหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact fluorescent) ในบางกรณีทั้งนี้ค่ากำลังไฟฟ้าในการส่องสว่างในอาคารมีค่าไม่สูงนัก แต่ระดับแสงสว่างอาจยังไม่สูงถึงขั้นมาตรฐานที่กำหนด ในปัจจุบันหากมีการออกแบบให้ได้ระดับแสงสว่างที่สูงขึ้น การใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่างก็จะมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่างอาจจะสูงเพิ่มขึ้นด้วย โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่างด้วยไฟฟ้าและพิสัยระดับความสว่างที่ได้ของอาคารบางประเภทได้แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่ากำลังไฟฟ้าของการส่องสว่างและพิสัยระดับความส่องสว่าง

| อาคาร                 | ค่ากำลังไฟฟ้าของการส่องสว่าง<br>(W/m <sup>2</sup> ) |           |           | พิสัยระดับความส่องสว่าง<br>(Lux) |
|-----------------------|---|-----------|-----------|----------------------------------|
|                       | ค่าต่ำสุด   | ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย | พิสัย                            |
| สำนักงาน              | 2.0   | 29.5      | 10.3      | 130 - 580                        |
| โรงแรม                | 4.5   | 28.8      | 17.2      | 190 - 350                        |
| โรงพยาบาล             | 2.0   | 50.6      | 13.4      | 200 - 400                        |
| ห้างสรรพสินค้าชายปลีก | 3.4   | 30.2      | 13.5      | 450 - 1,200                      |
| สถานศึกษา             | 3.7   | 33.7      | 11.2      | 200 - 550                        |

ที่มา: คู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง

ค่าพลังงานไฟฟ้าในการส่องสว่างของอาคารแต่ละแห่งขึ้นอยู่กับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่างและจำนวนชั่วโมงการใช้งาน โดยค่าพลังงานไฟฟ้าในการส่องสว่างต่อพื้นที่ต่อปีของอาคารแสดงได้ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ส่องสว่างต่อพื้นที่และสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการส่องสว่างต่อพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด

| อาคาร                       | พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ส่องสว่างต่อพื้นที่<br>(kWh/m <sup>2</sup> /Y) |           |           | สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการส่อง<br>สว่างต่อพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด<br>(%) |
|-----------------------------|--|-----------|-----------|---|
|                             | ค่าต่ำสุด  | ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย   |
| สำนักงาน                    | 4.8  | 94.5      | 27.1      | 22  |
| โรงแรม                      | 20.7   | 38.2      | 27.0      | 19  |
| โรงพยาบาล                   | 11.0   | 32.9      | 24.1      | 22  |
| ห้างสรรพสินค้าชายปลีก       | 13.6   | 163.5     | 56.2      | 22  |
| สถานศึกษา                   | 11.4   | 171.4     | 11.1      | 32  |
| อาคารอื่นๆ                  | 3.5  | 82.9      | 26.0      | 20  |
| อาคารชุด                    | 2.6  | 135.9     | 12.2      | 22  |
| ห้างสรรพสินค้าชายปลีกและส่ง | 7.5  | 176.2     | 84.8      | 24  |

ที่มา: คู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง

### 3. ระบบกรอบอาคาร

กรอบอาคารซึ่งประกอบด้วยผนังและหลังคาทำหน้าที่เสมือนเกราะป้องกันไม่ให้ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคาร โดยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคา เป็นดัชนีบ่งชี้ว่า อาคารมีประสิทธิภาพในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ OTTV (Overall Thermal Transfer Value) และ RTTV (Roof Thermal Transfer Value) ค่า OTTV และ RTTV เดิม สูตรการคำนวณค่า OTTV และ RTTV พัฒนาขึ้นสำหรับอาคารที่ใช้งาน เฉพาะช่วงเวลากลางวันเป็นหลัก เช่น อาคารสำนักงาน ซึ่งจะแสดงถึงศักยภาพการต้านทานการถ่ายเทความร้อน สำหรับสูตรการคำนวณค่า OTTV และ RTTV ที่พัฒนาขึ้นใหม่ ได้แสดงค่าเฉลี่ยของการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารโดยพิจารณาตามลักษณะและช่วงเวลาการใช้งานอาคาร ดังตารางที่ 2.6 ที่แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ และระบบแสงสว่าง ที่มีกำหนดในกฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และตารางที่ 2.7 ที่ได้มีการปรับแก้ไขค่าถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

ตารางที่ 2.6 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ และระบบแสงสว่าง ในประเภทอาคารเก่า และอาคารใหม่ ตามกำหนดในกฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

| ประเภทอาคาร  | ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ( $W/m^2$ )         |                       |
|--|---|-----------------------|
|  | ผนังด้านนอกอาคาร<br>(OTTV)                  | หลังคาอาคาร<br>(RTTV) |
| - อาคารเก่า  | 45  | 25                    |
| - อาคารใหม่  | 55  | 25                    |
| ประเภทอาคาร  | ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด<br>( $W/m^2$ ) |                       |
| - สำนักงาน โรงแรม สถานศึกษาและโรงพยาบาล/สถานที่พักผ่อน | 16  |                       |
| - ร้านขายของ ซูเปอร์มาร์เก็ต หรือศูนย์การค้า*          | 23  |                       |

หมายเหตุ: รวมไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไปที่ใช้ในการโฆษณาเผยแพร่สินค้ายกเว้นที่ใช้ในตู้กระจกแสดงสินค้า

ที่มา: กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม พ.ศ. 2538

**ตารางที่ 2.7** ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ และระบบแสงสว่าง ตามกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

| ประเภทอาคาร   | ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ( $W/m^2$ ) |                       | ไฟฟ้าแสงสว่าง**<br>ไม่รวมพื้นที่จอดรถ<br>( $W/m^2$ ) |
|---|-------------------------------------|-----------------------|--|
|   | ผนังด้านนอกอาคาร<br>(*OTTV)         | หลังคาอาคาร<br>(RTTV) |  |
| - สถานศึกษา สำนักงาน  | 50                                  | 15                    | 14   |
| - โรงแรม หอศิลป์ ศูนย์การค้า สถานบริการ<br>ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน | 40                                  | 12                    | 18   |
| - โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด  | 30                                  | 10                    | 12   |

**หมายเหตุ:** OTTV คำนวณจากค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้านรวมกัน

**ที่มา:** กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกสีบเนื่องจากรังสีอาทิตย์มีค่าสูง ดังนั้นอัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังรวม (Window to Wall Ratio : WWR) จะสัมพันธ์กับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร โดยค่าอัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่รวม (WWR) สำหรับอาคารประเภทต่างๆ ได้แสดงได้ดังตารางที่ 2.8

**ตารางที่ 2.8** อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังอาคาร

| อาคาร                 | อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อผนังอาคาร (%) |           |           |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------|-----------|
|                       | ค่าต่ำสุด                             | ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย |
| สำนักงาน              | 10                                    | 90        | 29        |
| โรงแรม                | 10                                    | 80        | 29        |
| โรงพยาบาล             | 13                                    | 77        | 26        |
| ห้างสรรพสินค้าชายปลีก | 13                                    | 76        | 22        |
| สถานศึกษา             | 14                                    | 86        | 26        |
| อาคารอื่นๆ            | 12                                    | 72        | 32        |

## ตารางที่ 2.8 (ต่อ)

| อาคาร                       | อัตราส่วนพื้นที่ที่ระจกต่อผนังอาคาร (%) |           |           |
|-----------------------------|---|-----------|-----------|
|                             | ค่าต่ำสุด                               | ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย |
| อาคารชุด                    | 13                                      | 25        | 20        |
| ห้างสรรพสินค้าขายปลีกและส่ง | 11                                      | 51        | 20        |

**ที่มา:** คู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง

### 4. การจัดแบ่งอาคารตามขนาด

ในการจัดแบ่งอาคารตาม พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 สามารถแบ่งตามขนาดพื้นที่ได้ดังนี้

อาคารขนาดใหญ่พิเศษ พื้นที่ใช้สอย  $>10,000 \text{ m}^2$

อาคารขนาดใหญ่และกลาง พื้นที่ใช้สอย  $<10,000 \text{ m}^2$

ความต้องการไฟฟ้า  $>30 \text{ kW}$

อาคารขนาดเล็ก

ความต้องการไฟฟ้า  $<30 \text{ kW}$

### 5. ขั้นตอนประเมิน

ในด้านของการประเมินผลการใช้พลังงานของควบคุม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้มีขั้นตอนการประเมินผลการใช้พลังงานดังนี้

- 1) ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานและดัชนีพลังงานในอาคารควบคุม (ฐาน 5)
- 2) คัดแยกและเปรียบเทียบข้อมูล
- 3) จัดทำแบบจำลองอาคารอ้างอิงสำหรับอาคารแต่ละประเภท
- 4) ประเมินพลังงานและไฟฟ้าที่อนุรักษ์ได้ในอาคารนั้นๆ

เกณฑ์มาตรฐานของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ได้มีการเพิ่มทางเลือกให้สามารถผ่านเกณฑ์โดยพิจารณาจากการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (Whole Building Compliance) ได้ ซึ่งจะช่วยให้การลงทุนลดลง และทำให้ผลตอบแทนทางการเงินสูงขึ้นด้วย โดยเกณฑ์ใหม่นี้จะบังคับใช้กับอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่  $2,000 \text{ m}^2$  ขึ้นไป ที่จะขออนุญาตก่อสร้างหรือปรับปรุงอาคาร โดยการพิจารณาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของอาคารในสองกรณี คือ กรณีมาตรฐานและกรณีที่มีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูง การที่อาคารหลังหนึ่งจะเพิ่มศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานขึ้นได้นั้น จะต้องมีการปรับเปลี่ยนสภาพของอาคารนั้นๆ การใช้อาคารอ้างอิงที่มีดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารอ้างอิงแต่ละประเภทมาพิจารณา

คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่างและค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

วิธีที่ใช้ประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของอาคารแต่ละประเภทนั้นจะต้องดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ต้องมีการกำหนดแบบจำลองอ้างอิงเพื่อใช้เป็นตัวแทนอาคารแต่ละประเภท ซึ่งแบบจำลองนี้จะมีค่าดัชนีพลังงานเท่ากับค่าเฉลี่ยที่คำนวณจากฐานข้อมูลของ พพ. โดยจะแบ่งอาคารเป็น 2 กลุ่ม คือ อาคารใหญ่พิเศษ และอาคารขนาดใหญ่และขนาดกลาง

2. กำหนดอาคารจำลองที่มีลักษณะสอดคล้องกับประเภทอาคารที่ต้องการประเมินศักยภาพ

3. แปรค่าดัชนีประสิทธิภาพพลังงานที่กำหนดในหลักเกณฑ์การอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นดัชนีประสิทธิภาพของกรอบอาคาร ดัชนีกำลังไฟฟ้าที่ส่องสว่าง และดัชนีประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีมาตรฐานและกรณีที่มีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูง ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของแต่ละกรณีได้ดังนี้

กรณีมาตรฐาน หมายถึง อาคารผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งจะแบ่งตามประเภทของอาคารได้แก่ อาคารขนาดใหญ่พิเศษ หมายถึง อาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 10,000  $m^2$  ขึ้นไป ซึ่งจะต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV และ RTTV) ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่าง และค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศเป็นไปตามเกณฑ์ทั้งหมด และในส่วนของอาคารขนาดใหญ่และขนาดกลาง ซึ่งก็คืออาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยน้อยกว่า 10,000  $m^2$  แต่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 30 kW ทั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะค่าดัชนีประสิทธิภาพของกรอบอาคาร (ค่า OTTV และ RTTV) เป็นไปตามเกณฑ์เท่านั้น ซึ่งเกณฑ์ที่กำหนดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ค่าดัชนีมาตรฐาน

| ดัชนี   | ประเภทอาคาร                                | ค่ามาตรฐาน |
|---|--|------------|
| ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง<br>( $W/m^2$ )   | สำนักงานและสถานศึกษา                       | 50         |
|   | โรงแรม โรงพยาบาลและอาคารชุด ห้างสรรพสินค้า | 30         |
|   | ทั้งสองประเภทและอาคารอื่นๆ                 | 40         |
| ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา<br>( $W/m^2$ ) | สำนักงานและสถานศึกษา                       | 15         |
|   | โรงแรม โรงพยาบาลและอาคารชุด ห้างสรรพสินค้า | 10         |
|   | ทั้งสองประเภทและอาคารอื่นๆ                 | 12         |

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

| ดัชนี   | ประเภทอาคาร                                | ค่ามาตรฐาน |
|---|--|------------|
| ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ส่องสว่าง ( $W/m^2$ )            | สำนักงานและสถานศึกษา                       | 14         |
|   | โรงแรม โรงพยาบาลและอาคารชุด ห้างสรรพสินค้า | 12         |
|   | ทั้งสองประเภทและอาคารอื่นๆ                 | 18         |
| ค่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก              | สัดส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)            | 9.6        |
| ค่าประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นขนาดใหญ่              | กำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/RFT)          | 0.63       |
| ค่าประสิทธิภาพของระบบอื่นๆ ของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ | กำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/RFT)          | 0.5        |

**ที่มา:** คู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง

กรณีที่มีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูง หมายถึง ผลตอบแทนเชิงเศรษฐศาสตร์สูง โดยจะต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ทั้งการก่อสร้างอาคารจะต้องพิจารณาถึงการใช่วัตถุอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงเพื่อให้ได้มูลค่าตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost : LCC) ต่ำกว่ากรณีมาตรฐาน แม้ว่าจะมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงกว่าก็ตาม ทั้งนี้ดัชนีดังกล่าวจะใช้สำหรับอาคารขนาดใหญ่พิเศษ อาคารใหญ่และขนาดกลาง โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 ค่าดัชนีพลังงานสำหรับกรณีที่มีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูง

| ดัชนี  | ประเภทอาคาร                              | ค่าดัชนี |
|--|--|----------|
| ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง ( $W/m^2$ )   | สำนักงาน                                 | 33.4     |
|  | โรงแรม                                   | 19.7     |
|  | โรงพยาบาล                                | 19.3     |
|  | ห้างสรรพสินค้าชายปลีก                    | 12.6     |
|  | สถานศึกษา                                | 31.3     |
|  | อาคารชุด                                 | 19.7     |
|  | ห้างสรรพสินค้าชายปลีกและชายส่ง           | 12.6     |
| ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา ( $W/m^2$ ) | สำนักงานและสถานศึกษา                     | 15.0     |
|  | โรงแรม โรงพยาบาลและอาคารชุด              | 10.0     |
|  | ห้างสรรพสินค้าทั้งสองประเภทและอาคารอื่นๆ | 12.0     |

ตารางที่ 2.10 (ต่อ)

| ดัชนี  | ประเภทอาคาร                               | ค่าดัชนี   |
|--|---|------------|
| ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ส่องสว่าง<br>(W/m <sup>2</sup> )  | อาคารทุกประเภท                            |            |
|  | บริเวณที่ต้องการความส่องสว่าง 1,000 ลักซ์ | 23.8       |
|  | บริเวณที่ต้องการความส่องสว่าง 500 ลักซ์   | 14.0       |
|  | บริเวณที่ต้องการความส่องสว่าง 300 ลักซ์   | 8.4        |
| ค่าประสิทธิภาพระบบปรับอากาศทั้งระบบ<br>COP<br>kW/RFT | อาคารทุกประเภท                            |            |
|  |   | 3.5<br>1.0 |

ที่มา: คู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง

#### 2.4 แนวทางและขอบเขตการบังคับใช้

พระราชบัญญัติเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 จะมีผลบังคับใช้กับอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 2,000 m<sup>2</sup> ขึ้นไป ที่จะขออนุญาตก่อสร้างและปรับปรุงอาคาร โดยเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำของแต่ละระบบ พิจารณาจากการวิเคราะห์ต้นทุนตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost Analysis) เพื่อให้มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยแยกพิจารณาในแต่ละระบบ และประเภทอาคารทั้งนี้การพิจารณาการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ใช้สมการพลังงานที่มีความละเอียดและครอบคลุมปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารมากขึ้น

#### 2.5 ข้อดีและประโยชน์ของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

เมื่อพิจารณาถึงผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ผู้ออกแบบสามารถออกแบบอาคารได้อย่างอิสระมากขึ้น เพราะสามารถแลกเปลี่ยนการใช้พลังงานระหว่างระบบ และพิจารณาผ่านเกณฑ์โดย “Whole Building Compliance” โดยไม่ต้องผ่านเกณฑ์ทุกระบบได้

1. การออกแบบอาคารได้อย่างอิสระมากขึ้น
2. เจ้าของอาคารสามารถเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีคุณภาพดียิ่งขึ้น ตามข้อกำหนดกฎหมายที่คำนึงถึงการอนุรักษ์พลังงาน และช่วยลดข้อจำกัดด้านราคาและต้นทุนที่จะส่งผลต่อความพึงพอใจของเจ้าของอาคาร

3. ได้อาคารที่มีทั้งความสวยงามและมีประสิทธิภาพด้านการอนุรักษ์พลังงาน



4. ลดค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคารในภายหลัง
5. ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคารในระยะยาวต่อเจ้าหน้าที่ของรัฐ  
(ผู้ตรวจสอบ/กำกับดูแลตามกฎหมาย) ที่จะส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานในภาพรวม
6. ลดภาระในการกำกับดูแล โดยไม่ต้องตรวจสอบเป้าหมายและแผนพลังงานและไม่ต้องปรับปรุงอาคารที่ไม่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานซึ่งแก้ไขยาก
7. ลดปริมาณการนำเข้าพลังงาน และการสูญเสียเงินตราต่างประเทศ
8. ลดการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อนำมาผลิตพลังงาน
9. ช่วยลดภาวะโลกร้อน

## 2.6 งานศึกษาที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาความหนาและชนิดของวัสดุที่เหมาะสมสำหรับผนังอาคาร โดย อนุชา สิทธิโรจน์ (2542) วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาถึงความหนาและชนิดของวัสดุที่เหมาะสมสำหรับผนังอาคาร ที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านจัดสรรในประเทศไทย ซึ่งแบบบ้านที่เลือกศึกษาเป็นบ้านเดี่ยว 2 ชั้น 4 ห้องนอน มีพื้นที่ใช้สอย 226 m<sup>2</sup> โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรก ทำการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ในการทำผนัง ของบ้าน โดยทั่วไป พร้อมทั้งวัสดุที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงผนังของบ้านที่ศึกษา ทั้งนี้ เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ และประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ของบ้านตัวอย่าง ส่วนสอง วิเคราะห์หาทิศทางที่เหมาะสมในการจัดวางทิศทางของบ้าน โดยจะคำนึงถึง ทิศทางการจัดวางบ้านที่ทำให้ค่า OTTV มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจากการศึกษาพบว่าทิศทางที่เหมาะสม คือ ให้ด้านที่มีอัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่รวมของผนังน้อยที่สุด 2 ด้าน หันไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งพบว่าค่าถ่ายเทความร้อนรวม ของบ้านเมื่อจัดวางตามทิศทางดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 62.87 W/m<sup>2</sup> ส่วนที่สาม ทำการปรับปรุงผนังอาคารของบ้านที่ศึกษา โดยการเสริมวัสดุฉนวนต่างๆ 3 ชนิด บริเวณผนังก่ออิฐฉาบปูน คือแผ่นยิปซัม แผ่นฉนวนใยแก้ว และแผ่นโฟม ซึ่งความหนา ที่เหมาะสมของวัสดุที่นำมาปรับเสริม คือความหนาที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมรายปีมีค่าต่ำสุด โดยค่าใช้จ่ายรวมรายปี ประกอบไปด้วย ค่าไฟฟ้าที่ใช้กับระบบปรับอากาศรายปีและค่าวัสดุ ที่นำมาปรับเสริมรายปี ซึ่งจากการศึกษาพบว่า เมื่อปรับเสริมแผ่นยิปซัมบริเวณผนังก่ออิฐฉาบปูน โดยให้มีช่องว่างอากาศ 20 mm. แผ่นฉนวนใยแก้ว แผ่นโฟมและแผ่นโฟมผนวกกับ แผ่นยิปซัม หนา 9 mm. จะได้ความหนาของวัสดุที่เหมาะสม คือ 9 mm., 100 mm. และ 60 mm. ตามลำดับ และมีผลให้ค่า OTTV ลดลงจากเดิมเป็น 54.95 W/m<sup>2</sup> สำหรับแผ่นยิปซัมซึ่งมีช่องว่างอากาศ 20 mm., 41.98 W/m<sup>2</sup> สำหรับแผ่นฉนวนใย

แก้ว  $43.73 \text{ W/m}^2$  สำหรับแผ่น โฟม และ  $43.37 \text{ W/m}^2$  สำหรับแผ่น โฟมผนวกกับแผ่นยิปซัมหนา 9 mm.

การลดภาระการทำความเย็นของผนังปล่องระบายอากาศแสงอาทิตย์ด้วยวิธีการคำนวณ OTTV โดย รัฐศักดิ์ พรหมมาศ (2543) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการคำนวณ OTTV ของผนังปล่องระบายอากาศแสงอาทิตย์ในการลดภาระการทำความเย็นของอาคารพิจารณาเฉพาะผนังอาคารด้านทิศตะวันตกโดยทำการศึกษากับผนังอาคาร 4 แบบ คือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่ใช้แผ่นยิปซัมเป็นปล่องระบายอากาศแสงอาทิตย์ด้านในอาคาร ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่ใช้แผ่น Metallic เป็นปล่องระบายอากาศแสงอาทิตย์ด้านนอกอาคาร และผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีปล่องระบายอากาศเป็นแผ่นยิปซัมติดตั้งด้านในอาคารคู่กับแผ่น Metallic ติดตั้งด้านนอกอาคาร ช่องว่างอากาศของผนังปล่องระบายอากาศแสงอาทิตย์ทุกแบบเท่ากับ 14 cm. โดยการหาค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกกับภายในอาคาร (Temperature Different equivalent : TDeq) ที่ได้จากการวัดและการคำนวณของผนังอิฐฉาบปูนเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเพื่อใช้ในการคำนวณ OTTV ซึ่งมีความแตกต่างกัน 5-7 % จากวิธีการนี้นำไปพัฒนาวิธีการคำนวณ OTTV ของผนังปล่องระบายอากาศแสงอาทิตย์ในการลดภาระการทำความเย็นของอาคารได้โดยการคำนวณ TDeq และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (U) และอีกวิธีหนึ่งเป็นการหาค่าปรับแก้โดยใช้ค่า U และ TDeq ที่ได้จากการคำนวณของผนังก่ออิฐฉาบปูน ทั้งสองวิธีนี้เป็นค่าที่ได้โดยประมาณและเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับห้องที่มีการปรับอากาศ และพัฒนาเป็นแบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากการคำนวณ OTTV ของผนังปล่องระบายอากาศแสงอาทิตย์สามารถลดความร้อนที่ผ่านผนังอาคารได้ประมาณ 50-70 %

เทคนิคการออกแบบปรับปรุงระบบเปลือกอาคาร เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพกรณีศึกษา: อาคารสำนักงานธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่) กรุงเทพมหานคร โดย จารุวรรณ ประภาทรงสิทธิ์ (2544) การออกแบบอาคารขนาดใหญ่ ที่ไม่ได้คำนึงถึงตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะในส่วนเปลือกอาคารเป็นผลให้การใช้พลังงานในอาคารเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นการออกแบบปรับปรุงเปลือกอาคารที่มีในปัจจุบันจึงเป็นแนวทางแก้ปัญหาแนวทางหนึ่งเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้อาคารสำนักงานธนาคารทหารไทย(สำนักงานใหญ่) เป็นกรณีศึกษา ความเป็นไปได้ของการปรับปรุงเปลือกอาคารจะพิจารณาจาก 2 แนวทาง คือ ในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์วิธีการดำเนินการศึกษากระทำโดยการสำรวจและ เก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษา เพื่อใช้ในการประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อทำการปรับปรุงเปลือกอาคารในแต่ละวิธี จากการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE-2 ควบคู่กับการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น พลังงานไฟฟ้าส่วน

ใหญ่ของอาคารใช้ในระบบปรับอากาศร้อยละ 63 ระบบแสงสว่างร้อยละ 18 และระบบอื่นๆ ร้อยละ 19 ภาวะปรับอากาศที่เกิดจากองค์ประกอบทางเปลือกอาคาร ได้แก่ ผนังโปร่งแสงร้อยละ 34.75 ผนังทึบร้อยละ 12.76 และหลังคาทึบร้อยละ 2.25 ดังนั้นเทคนิคการปรับปรุงเปลือกอาคารกรณีศึกษาที่พิจารณา ได้แก่ การปรับปรุงผนังโปร่งแสง การลดสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อผนังทั้งหมดของอาคาร และการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเพื่อส่องสว่างภายในอาคาร ผลการศึกษาพบว่า เทคนิคการปรับปรุงระบบเปลือกอาคารที่เหมาะสมที่สุดในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพของอาคารกรณีศึกษาซึ่งเป็นอาคารสูง คือ การลดสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดของอาคารเนื่องจาก สามารถลดภาวะปรับอากาศสูงสุดได้ร้อยละ 13.40 ลดภาวะปรับอากาศรายปี เมื่อคิดเฉพาะส่วนเปลือกอาคารได้ร้อยละ 23.87 ลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้ร้อยละ 10.17 และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารลดลงเหลือ  $43.47 \text{ W/m}^2$  ซึ่งงบประมาณในการลงทุนเพียง 739,504.29 บาท และมีระยะเวลาคืนทุนเร็ว คือ 1.1 ปี ขณะที่แนวทางปรับปรุงอื่นๆ มีความเป็นไปได้ในการลงทุนต่ำ เมื่อทำการปรับปรุงอาคารโดยผนวกตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานเปรียบเทียบกับอาคารเดิม พบว่า การออกแบบอาคารที่คำนึงถึงตัวแปรดังกล่าว สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีจากระบบอากาศ และการให้แสงสว่างได้ร้อยละ 36.67 และ 11.05 ตามลำดับ ดังนั้นการออกแบบและการปรับปรุงอาคารในแนวทางที่เหมาะสมจึงช่วยลดการใช้ พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองของอาคารกรณีศึกษาและอาคารที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดย วีรศักดิ์ เชี่ยวเชิงชล (2546) จากการค้นคว้าในด้านการอนุรักษ์พลังงาน นับเป็นจุดเริ่มต้นที่นำไปสู่การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน การเจาะช่องเปิดด้านข้างอาคารและการออกแบบแผงบังแดดนอกอาคารให้กับช่องเปิด ของอาคาร ถือเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน แต่ในการออกแบบแผงบังแดดนั้น ผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานในการอ่านค่าและการใช้สูตรในการคำนวณเป็นอย่างดี อีกทั้งต้องใช้ระยะเวลาในการคำนวณ ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการพัฒนา โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณค่าต่างๆ เพื่อใช้ในการออกแบบแผงบังแดด อย่างไรก็ตาม โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆ ที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้นล้วนแล้วแต่เป็นการกรอกข้อมูลที่เป็นตัวเลขรวมถึงการแสดงผลของโปรแกรมที่มีการแสดงผลออกมาในรูปแบบของข้อมูลทางตัวเลขหรือแผนภูมิ จึงทำให้โปรแกรมเป็นเสมือนเครื่องมือในการคำนวณและการวิเคราะห์ค่าการป้องกันความร้อนที่รวดเร็วและแม่นยำเท่านั้นไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อการออกแบบอย่างแท้จริง เพราะในการออกแบบแผงบังแดดนั้น ต้องคำนึงถึงรูปร่างหน้าตาของแผงบังแดดที่เกิดขึ้นด้วย ดังนั้นหากเรานำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยใน

การออกแบบแผงบังแดด โดยมีได้มุ่งเน้นที่การวิเคราะห์และการคำนวณค่าของการป้องกันความร้อนที่รวดเร็วและแม่นยำเพียงอย่างเดียวแต่มีการมุ่งเน้นในส่วนของรูปร่างหน้าตาของอาคาร ประกอบกันจะทำให้เราได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างแท้จริง ผลของการวิจัยสามารถสรุปแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบ สถาปัตยกรรมที่มีความสอดคล้องกับกระบวนการทำงาน สถาปัตยกรรมด้านการอนุรักษ์พลังงานได้คือ พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบอย่างแท้จริงมิใช่เครื่องมือเพื่อการคำนวณ การสร้างการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นในขณะใช้งาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ การใช้วิธีการเลือกและปรับเปลี่ยนค่าแทนการป้อนข้อมูลตัวเลข การแสดงผลเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการแสดงผลในทันทีที่มีการปรับเปลี่ยน ค่าของตัวแปร การแสดงผลในลักษณะของแนวทางในการออกแบบ นอกจากนี้แนวทางการพัฒนาโปรแกรมดังกล่าวยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรมด้านอื่นๆ เพื่อให้เกิดการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานควบคู่ไปกับการออกแบบของสถาปนิก

การปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษาอาคารโรงพยาบาลเลิดสิน วิจัยโดย ศราวุฒิ ศรีนุกสิษฐ์ (2549) โครงการการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพ การใช้พลังงานที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ ในอาคารโรงพยาบาลเลิดสิน ซึ่งประกอบด้วยอาคารหลัก 5 อาคาร มีจำนวนเตียงผู้ป่วยจำนวน 621 เตียง ขณะนี้โรงพยาบาลมีนโยบายที่จะปรับปรุงระบบปรับอากาศของอาคาร 2 อาคารให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงแนวทางในการปรับปรุงกรอบอาคารทั้ง 2 ให้สามารถลดความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร เป็นการลดภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลดลง โดยการศึกษาประกอบด้วยการสำรวจ ประเมินและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร ทำการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE-2 นำมาใช้เป็นตัวแทนกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดจริง เพื่อประเมินผลการใช้พลังงานในอาคาร และเสนอแนวทางในการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารที่เหมาะสม จากการศึกษาพบว่า วิธีที่ควรนำมาใช้ในการปรับปรุงโดยพิจารณาประกอบกับการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ได้แก่ การปรับผนังทึบของอาคาร การปรับปรุงหลังคาคอนกรีตของอาคาร และการปรับปรุงกระจกหน้าต่างของอาคาร ซึ่งการปรับปรุงที่ลดการใช้พลังงาน ไฟฟ้าได้มากที่สุดในแต่ละอาคารคือ การปรับปรุงกระจกในอาคาร 33 ปี ลดการใช้พลังงานได้ 45 MWh/year ระยะเวลาคืนทุน 5.2 ปี และการปูลงนวมใยแก้วบนฝ้าเพดานในอาคารอำนวยการ ลดการใช้พลังงานได้ได้ 37 MWh/year ระยะเวลาคืนทุน 3.8 ปี ส่วนมาตรการอื่นๆ สามารถประหยัดพลังงาน ได้ระหว่าง 2-17 MWh/year

## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีการศึกษา

#### 3.1 อาคารที่ทำการศึกษา

ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่เป็นแห่งที่สองของสาขาภาคเหนือ ได้รับพระมหากรุณาธิคุณจาก สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินมาทรงเปิดอาคารเมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2540 ก่อสร้างแล้วเสร็จและเปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2540 มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 37,005 m<sup>2</sup> จัดเป็นอาคารควบคุมตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมและกฎกระทรวง พ.ศ. 2538 ที่ต้องดำเนินการตรวจวัดและประเมินอาคารตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน อย่างไรก็ตามปัจจุบันอาคารมีผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารไม่เป็นตามเกณฑ์มาตรฐาน จึงต้องดำเนินการปรับปรุงและแก้ไข ในปี พ.ศ. 2551 เพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์ และข้อกำหนดมาตรฐาน พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2550 ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่

### 3.2 รายละเอียดทั่วไปของอาคารธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่

วัตถุประสงค์สำคัญเพื่อทำหน้าที่ให้บริการทางการเงินของภูมิภาคครอบคลุม 17 จังหวัด และช่วยส่งเสริมศักยภาพทางเศรษฐกิจของจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดอื่นในส่วนภูมิภาค ทางภาคเหนือให้เติบโตอย่างมั่นคงทางเศรษฐกิจตลอดจนกับประเทศเพื่อนบ้าน

อาคารทั้งหมดแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหน้าเป็นกลุ่มอาคารสำนักงานและเอนกประสงค์ ส่วนหลังเป็นอาคารพักอาศัยและอาคารประกอบ ดังต่อไปนี้

1. อาคารสำนักงาน
2. อาคารเอนกประสงค์
3. อาคารที่พักพนักงาน 4/1
4. อาคารที่พักพนักงาน 4/2
5. อาคารที่พักพนักงาน 5/1
6. อาคารที่พักพนักงาน 5/2
7. อาคารสถานสวัสดิ์สังคมเคราะห์



รูปที่ 3.2 แผนที่ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่

ที่อยู่ 68/3 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 107 (ถนนโชตนา) ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัด  
เชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50300

เบอร์กลาง 0-5393-1010, 0-5393-1001, 0-5393-1131

โทรสาร 0-5393-1012, 0-5322-4171

เบอร์โทรศัพท์

- ผู้บริหารทีมธุรการ 0-5393-1202
- เจ้าหน้าที่ควบคุม 0-5393-1205
- เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการสถานที่ 0-5393-1228
- ผู้จัดการบริการ (ซัดชัย) 0-5393-1124

E-mail: NROGroup@bot.or.th



รูปที่ 3.3 อาคารด้านทิศเหนือ



รูปที่ 3.4 อาคารด้านทิศตะวันออก



รูปที่ 3.5 อาคารด้านทิศตะวันออกและทิศใต้



รูปที่ 3.6 อาคารด้านทิศตะวันตก

### 3.3 รั้งสีอาทิตย์

#### เวลาสุริยะ

เวลาสุริยะ (Solar Time) เป็นเวลาที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า เวลาเที่ยงสุริยะ (Solar Noon) คือ เวลาที่ดวงอาทิตย์ข้ามเส้นเมริเดียนของตำแหน่งที่สังเกต สาเหตุที่เวลาสุริยะจากเวลามาตรฐานท้องถิ่น (Standard Time) เนื่องจาก

เส้นเมริเดียนของตำแหน่งที่ต้องการหาเวลาสุริยะ ต่างกันกับเส้นเมริเดียนที่ใช้คำนวณเวลามาตรฐานท้องถิ่น ดวงอาทิตย์ใช้เวลาประมาณ 4 นาที ต่อ 1 ลองจิจูดที่เปลี่ยนไป

การกวัดแกว่งของแกนหมุนของโลก ซึ่งมีผลต่อเวลาที่ดวงอาทิตย์ข้ามเส้นเมริเดียนของตำแหน่งที่สังเกตซึ่งการกวัดแกว่งนี้สามารถหาได้จากสมการเวลา (Equation of Time)



ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสุริยะและเวลามาตรฐานสามารถหาได้จาก

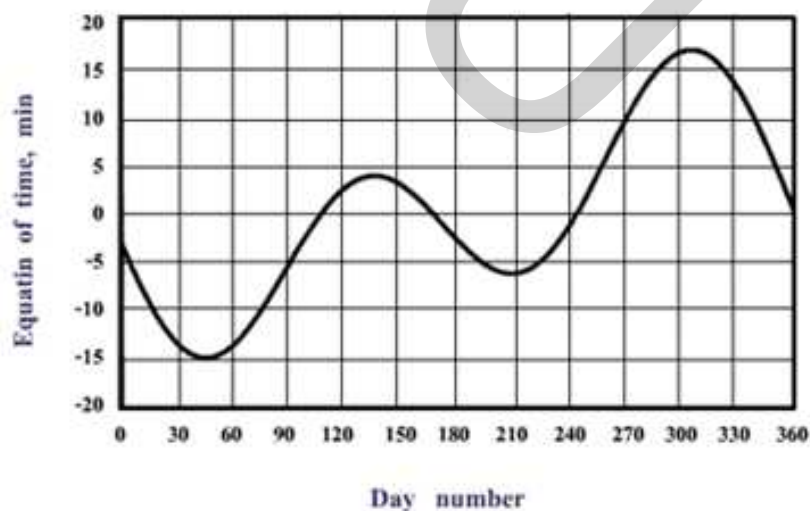
$$\text{Solar Time} = \text{Standard Time} \pm 4(L_s - L_{\text{local}}) + E \dots\dots\dots(3.1)$$

เมื่อ  $L_s$  = เส้นเมริเดียนที่ใช้คำนวณเวลามาตรฐานท้องถิ่น  
 $L_{\text{local}}$  = เส้นเมริเดียนของตำแหน่งที่ต้องการหาเวลาสุริยะ  
 $E$  = สมการเวลา (นาทิจ) สามารถหาได้จากรูปที่ 3.7 หรือจากสมการ 3.1 สำหรับเครื่องหมาย “±” หน้าเทอมที่ 2 ทางขวามือเป็น (+) สำหรับซีกตะวันตก และ (-) สำหรับซีกโลกตะวันออก

$$E = 229.2 [0.000075 + 0.001868 \cos B - 0.032077 \sin B - 0.014615 \cos 2B - 0.04089 \sin 2B] \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{เมื่อ } B = (n - 1) \left( \frac{360}{365} \right) \dots\dots\dots(3.3)$$

$n$  =  $n$  ลำดับที่ของปี ( $1 \leq n \leq 365$ )



รูปที่ 3.7 สมการเวลา E ในหน่วยนาที

ทิศทางของรังสีตรง

ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตระหว่างระนาบการหมุนของโลกที่เวลาใดๆ กับรังสีตรงหรือ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์เมื่อเทียบกับระนาบ สามารถอธิบายได้โดยใช้มุมต่างๆ ดังนี้

ละติจูด (Latitude,  $\phi$ ) คือ มุมที่อยู่ทางทิศเหนือหรือทางทิศใต้ของเส้นศูนย์สูตร เมื่อวัดไปทางทิศเหนือกำหนดให้มีค่าเป็นบวกและเป็นลบเมื่อวัดไปทางทิศใต้ ละติจูดมีค่าอยู่ระหว่าง  $-90^{\circ}$  ถึง  $90^{\circ}$

มุมเอียง (Slope,  $\beta$ ) คือ มุมระหว่างพื้นผิวของระนาบรับแสงกับแนวระดับ มีค่าอยู่ระหว่าง  $0^{\circ}$  ถึง  $180^{\circ}$

มุมชั่วโมง (Hour Angle,  $\omega$ ) คือ มุมที่แทนตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากเมอริเดียนท้องถิ่นไปทางตะวันออกหรือทางตะวันตก มีค่าเป็นลบในช่วงเวลาก่อนเที่ยงสุริยะ และเป็นบวกหลังเที่ยงสุริยะ โดยมีค่า  $15^{\circ}$  ต่อหนึ่งชั่วโมง

$$\omega = 15^{\circ}(\text{Solar time} - 12.00) \dots \dots \dots (3.4)$$

มุมเดคลิเนชัน (Declination Angle,  $\delta$ ) คือ มุมระหว่างแนวลำแสงอาทิตย์เมื่อเที่ยงสุริยะกับระนาบศูนย์สูตร กำหนดให้มีค่าเป็นบวกเมื่อวัดไปทางทิศเหนือ และมีค่าเป็นลบเมื่อวัดไปทางทิศใต้ มุมเดคลิเนชันมีค่าเปลี่ยนไปทุกวันระหว่าง  $-23.45^{\circ}$  ถึง  $23.45^{\circ}$  สามารถคำนวณได้จาก

$$\delta = 23.45 \sin \left[ 360 \frac{(284+n)}{365} \right] \dots \dots \dots (3.5)$$

มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ (Solar Altitude Angle,  $\alpha_s$ ) คือ มุมระหว่างพื้นราบกับแนวลำแสงดวงอาทิตย์ มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ที่เวลาใดๆ สามารถคำนวณได้จากสมการ

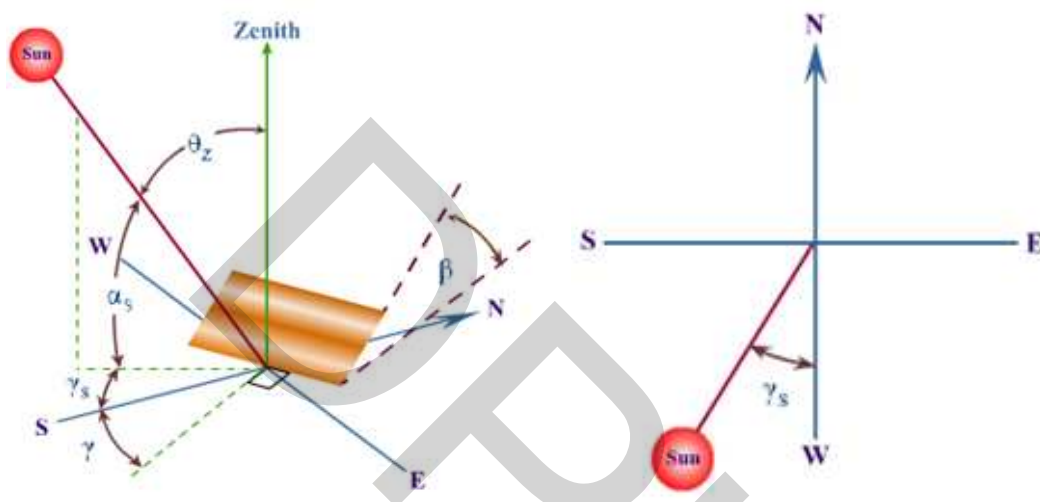
$$\sin \alpha = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta \dots \dots \dots (3.6)$$

มุมอะซิมุมพื้นดิน (Surface Azimuth Angle,  $\gamma_s$ ) คือ มุมระหว่างทิศใต้กับทิศทางการหันหน้าของแผงรับแสง มีค่าอยู่ในช่วง  $-180^{\circ}$  ถึง  $180^{\circ}$  โดยเป็นศูนย์เมื่อหันไปทางทิศใต้ เป็นบวกเมื่อหันไปทางทิศตะวันตก และเป็นลบเมื่อหันไปทางตะวันออก

มุมอะซิมุมดวงอาทิตย์ (Solar Azimuth Angle,  $\gamma_s$ ) คือ มุมระหว่างระนาบแนวตั้งของดวงอาทิตย์และระนาบของเมอริเดียนท้องถิ่น โดยกำหนดให้วัดจากทิศใต้ของระนาบแนวตั้งดวง

อาทิตย์ไปทางตะวันตกมีค่าเป็นบวก วัดไปทางตะวันออกมีค่าเป็นลบ และมีค่าเป็นศูนย์ที่ทิศใต้ มุมอะซิมูทดวงอาทิตย์มีค่าอยู่ในช่วง - 180° ถึง 180°สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha} \dots \dots \dots (3.7)$$



รูปที่ 3.8 พื้นผิวรับแสงและมุมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณหามุมภาคทิศ (Azimuth,  $\gamma_s$ ) เมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2551 ณ เวลา 10:00 น. ของธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ อยู่ที่ละติจูด ( $\phi$ ) +18.80° และ ลองจิจูด -98.98° อ้างอิงเวลามาตรฐานจากลองจิจูด -100.52° มีค่ามุมภาคทิศ (Azimuth,  $\gamma_s$ ) เท่ากับ - 190.84° และวันที่ 17 กันยายน 2555 ณ เวลา 10:00 น. มีค่ามุมภาคทิศ (Azimuth,  $\gamma_s$ ) เท่ากับ - 140.04°

### 3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

#### 3.4.1 เครื่องวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิ

ในการศึกษานี้จะใช้เครื่องวัด ในการบันทึกค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Testo 174) เป็น Data logger ขนาดเล็ก ทำงานด้วยแบตเตอรี่ สามารถเก็บค่าบันทึกข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีค่าคุณสมบัติดังนี้ (รูปที่ 3.9)

เครื่องวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิ เซนเซอร์เป็นชนิด NTC ติดตั้งภายใน

ช่วงการวัด  $-30$  to  $+70$  °C

ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 0.8$  °C ( $-30$  ถึง  $-20.1$  °C)

$\pm 0.5$  °C ( $-20$  ถึง  $+39.9$  °C)

$\pm 0.8$  °C ( $+40$  ถึง  $+70$  °C)

ค่าความละเอียด  $0.1$  °C ( $-20$  ถึง  $+70$  °C)



รูปที่ 3.9 เครื่องมือบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบต่อเนื่อง (Testo 174)

#### 3.4.2 กล้องถ่ายภาพความร้อน

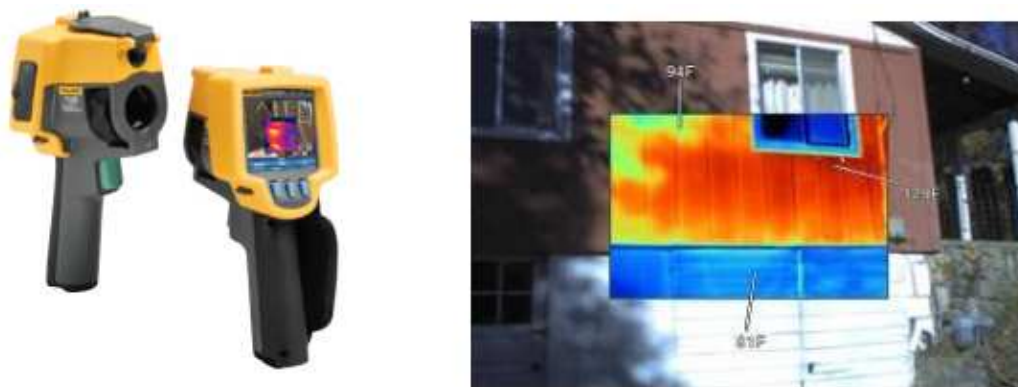
ในการศึกษานี้จะใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน Fluke Ti25 Thermal Imager (รูปที่ 3.10) ใช้ในการสแกนภาพความร้อนบริเวณที่ต้องการด้วยความสามารถในการรวมภาพความร้อนกับภาพที่ตาเห็นพร้อมกัน (Molded) แบบเต็มจอ (Full Screen) หรือวางภาพความร้อนบนบางส่วนของภาพจริง (Picture-in-Picture) โดยมีคุณสมบัติ ดังนี้

จอแสดงผลสีแบบ LCD กว้าง 3.6 นิ้ว ความละเอียด 640 x 480 จุด แนวนอน

ช่วงอุณหภูมิใช้งาน  $-20$  °C ถึง  $+350$  °C ( $-4$  °F ถึง  $+662$  °F)

Accuracy  $\pm 2$  °C or 2% (whichever is greater)

Minimum span (Auto/Manual)  $5$  °C /  $2.5$  °C



รูปที่ 3.10 กล้องถ่ายภาพความร้อน Fluke Ti25 Thermal Imager

### 3.5 โปรแกรม OTTVEE

ในการหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารตามกฎหมายนั้น จะใช้โปรแกรม OTTVEE ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร (OTTV) ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคา (RTTV) และการคำนวณการใช้พลังงานของอาคาร (Energy Estimation) ให้กับผู้ออกแบบ ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร



รูปที่ 3.11 โปรแกรม OTTVEE

### 3.5.1 ความสามารถของโปรแกรม OTTVEE

- 1) กำหนดค่า OTTV / RTTV ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
- 2) สามารถเพิ่มข้อมูลวัสดุ ตามกลุ่มวัสดุที่โปรแกรมกำหนดไว้
- 3) สามารถสร้างชั้นผนังทึบและผนังโปร่งแสงจากข้อมูลวัสดุที่ได้ป้อนเตรียมไว้ ผนังทึบป้อนข้อมูลเตรียมไว้ได้ 15 แบบ 10 ชั้น ส่วนผนังโปร่งแสงเตรียมไว้ได้ 10 แบบ 6 ชั้น
- 4) แบบของอุปกรณ์บังแดดภายนอกมีถึง 15 แบบ
- 5) ทิศทาง (Orientation) ของกรอบอาคารกำหนดได้ถึง 16 ทิศ
- 6) หาค่า TDeq ได้โดยผู้ใช้ไม่ต้องเปิดตาราง
- 7) ประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร
- 8) รายงานที่พิมพ์ออกมามีรายละเอียดการคำนวณค่า OTTV ของแต่ละชั้นของผนัง และมีสรุปค่า OTTV ไว้ที่แผ่นแรก ซึ่งทำให้ดูผลลัพธ์ได้ง่าย
- 9) เตรียมข้อมูลสภาพอากาศไว้เพื่อคำนวณภาระปรับอากาศ เป็นรายชั่วโมงตลอดปี
- 10) รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคาร
- 11) สามารถกำหนดการคิดค่าไฟฟ้าได้ด้วยตัวเอง
- 12) รายละเอียดการคำนวณสามารถนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นที่ RUN บน Windows ได้
- 13) ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร และจังหวัดใหญ่ในแต่ละภูมิภาค ได้แก่ เชียงใหม่ อุบลราชธานี นครราชสีมา ชลบุรี สงขลา ภูเก็ต อุตรดิตถ์ ขอนแก่น กาญจนบุรีและระยอง
- 14) เตรียมข้อมูล USER PATTERN ของอาคารต่างๆ ไว้ได้แก่ผู้ใช้อาคาร ระบบแสงสว่างและผู้ใช้สามารถกำหนดขึ้นมาใช้ได้ด้วยตนเอง อย่างง่ายดาย
- 15) นำข้อมูลกรอบอาคารจากที่ป้อนไว้เพื่อคำนวณค่า OTTV / RTTV มาใช้ในการประเมินภาระปรับอากาศไปจนถึงประเมินการใช้พลังงาน ได้โดยไม่ต้องป้อนข้อมูลกรอบอาคารใหม่ในอาคารเดียวกัน

### 3.5.2 การป้อนข้อมูลกรอบอาคาร และการคำนวณค่า OTTV / RTTV

#### 3.5.2.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น

ก่อนการป้อนข้อมูลใดๆ ต้องใส่ข้อมูลเฉพาะของโครงการ ได้แก่ ชื่อโครงการ ชื่อบริเวณ ประเภทอาคาร (สำนักงาน บ้านพักอาศัย ศูนย์การค้า โรงพยาบาล โรงแรม ร้านอาหาร โรงภาพยนตร์) ที่ตั้งโครงการ (จังหวัดที่ตั้งของอาคารที่ต้องการคำนวณในกรณีศึกษา นี้ คือ จังหวัดเชียงใหม่) ขนาดพื้นที่ (พื้นที่บริเวณปรับอากาศ,  $m^2$ ) ความสูงของบริเวณที่ปรับอากาศ



รูปที่ 3.12 หน้าจอแรกของโปรแกรม OTTVEE

### 3.5.2.2 การกำหนดรายการ

ข้อมูลวัสดุจะป้อนเก็บไว้ในโปรแกรม OTTVEE เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการคำนวณของอาคารต่างๆ และสามารถเพิ่มรายละเอียดวัสดุอื่นเพิ่มเติมได้ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกป้อนข้อมูลหรือป้อนเพิ่มเติมวัสดุดังกล่าวให้ตรงกับลักษณะวัสดุกรอบโครงสร้างของอาคารที่จะทำการคำนวณ เช่น วัสดุฉาบ วัสดุก่อ วัสดุแผ่น วัสดุฉนวน วัสดุกระจก फिल्मติดกระจก फिल्मติดอากาศภายนอกภายในและฟิล์มอากาศในช่องว่าง

| ลำดับที่ | รายการวัสดุ          | ความหนา | ค่า k  |
|----------|----------------------|---------|--------|
| 1        | ปูนฉาบ ฝั่งผิวภายใน  | 300     | 0.063  |
| 2        | ปูนฉาบ ฝั่งผิวภายนอก | 1104    | 0.2774 |
| 3        | เหล็กโครงสร้าง       | 616     | 0.115  |
| 4        | ปูนฉาบภายนอก         | 1568    | 0.533  |
| 5        | วงเหล็กรูป           | 640     | 0.202  |
| 6        | ปูนฉาบ               | 1200    | 0.326  |
| 7        | ทราย                 | 1000    | 0.210  |

| ลำดับที่ | รายการวัสดุ                         | ความหนา | ค่า k   |
|----------|-------------------------------------|---------|---------|
| 1        | อิฐดิน (Dimitok)                    | 2300    | 1.298   |
| 2        | อิฐดิน                              | 1760    | 0.807   |
| 3        | อิฐดิน 6%                           | 1872    | 1.211   |
| 4        | อิฐดิน (โกลดรูป)                    | 1800    | 1.154   |
| 5        | ฉนวนโฟม                             | 2400    | 1.442   |
| 6        | ฉนวนโฟมชนิดเบาขนาดความหนาผนัง       | 960     | 0.303   |
| 7        | ฉนวนโฟมชนิดเบาขนาดความหนาผนังภายนอก | 1120    | 0.346   |
| 8        | ฉนวนโฟมชนิดเบาขนาดความหนาผนังภายใน  | 1280    | 0.476   |
| 9        | ฉนวนโฟมชนิดเบาขนาดความหนาผนังภายนอก | 2672    | 211.000 |
| 10       | เหล็กเส้น                           | 8764    | 385.000 |
| 11       | เหล็กเส้น                           | 7840    | 47.800  |
| 12       | ฉนวนโฟม (รวมสูง) ความสูง 14%        | 1200    | 0.375   |
| 13       | ทราย                                | 2000    | 1.298   |

รูปที่ 3.13 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนข้อมูลวัสดุฉาบ และวัสดุก่อ



The first screenshot shows a list of 13 equipment materials with columns for 'ลำดับที่' (Serial No.), 'รายการวัสดุอุปกรณ์' (Equipment Material List), 'จำนวนหน่วย' (Quantity), and 'ค่า ร.' (Unit Price). The second screenshot shows a similar list with 13 items, including various types of cables and connectors.

รูปที่ 3.14 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนข้อมูลวัสดุแผ่น และวัสดุฉนวน

The first screenshot shows a list of 3 glass materials with columns for 'ลำดับที่' (Serial No.), 'รายการวัสดุกระจก' (Glass Material List), 'SC', 'จำนวนหน่วย' (Quantity), and 'ค่า ร.' (Unit Price). The second screenshot shows a list of 2 adhesive film materials with columns for 'ลำดับที่' (Serial No.), 'รายการฟิล์มติดกระจก' (Glass Adhesive Film List), and 'SC'.

รูปที่ 3.15 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนข้อมูลกระจก และฟิล์มติดกระจก

The first screenshot shows a list of 2 external air film materials with columns for 'ลำดับที่' (Serial No.), 'รายการฟิล์มอากาศภายนอก' (External Air Film List), and 'ค่า ร.' (Unit Price). The second screenshot shows a list of 8 internal air film materials with columns for 'ลำดับที่' (Serial No.), 'รายการฟิล์มอากาศภายใน' (Internal Air Film List), and 'ค่า ร.' (Unit Price).

รูปที่ 3.16 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนข้อมูลฟิล์มอากาศภายนอก และภายใน

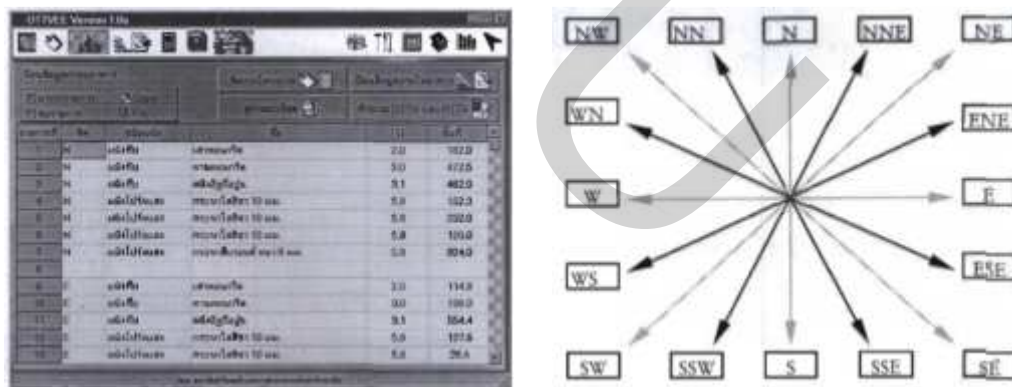


| ลำดับที่ | รายการฟิล์มอากาศภายในช่องว่าง  | ค่า R |
|----------|--|-------|
| 1        | ช่องว่างนึ่ง 5 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง                  | 0.110 |
| 2        | ช่องว่างนึ่ง 20 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง                 | 0.148 |
| 3        | ช่องว่างนึ่ง 100 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง                | 0.160 |
| 4        | ช่องว่างนึ่ง 5 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ                  | 0.250 |
| 5        | ช่องว่างนึ่ง 20 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ                 | 0.578 |
| 6        | ช่องว่างนึ่ง 100 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ                | 0.606 |
| 7        | ช่องว่างลึกลงตามแนวราบ 5 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง        | 0.110 |
| 8        | ช่องว่างลึกลงตามแนวราบ 20 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง       | 0.148 |
| 9        | ช่องว่างลึกลงตามแนวราบ 100 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง      | 0.174 |
| 10       | ช่องว่างลึกลงตามแนวราบ 22.5 5 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง   | 0.110 |
| 11       | ช่องว่างลึกลงตามแนวราบ 22.5 20 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง  | 0.148 |
| 12       | ช่องว่างลึกลงตามแนวราบ 22.5 100 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง | 0.165 |
| 13       | ช่องว่างลึกลงตามแนวราบ 45 5 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง     | 0.110 |

รูปที่ 3.17 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนข้อมูลฟิล์มอากาศในช่องว่าง

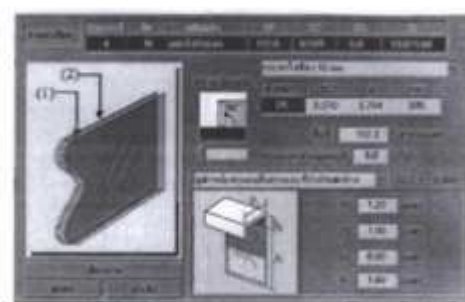
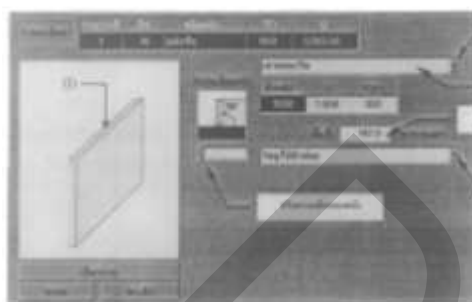
เลือกทิศ และชนิดผนัง

การป้อนทิศ และชนิดของรายการผนัง ทิศที่ OTTVEE สามารถกำหนดได้ 16 ทิศ โดยการกำหนดชนิดผนังกำหนดได้ 3 ชนิด ได้แก่ ผนังทึบ ผนังโปร่งแสง หลังคาทึบและหลังคาโปร่งแสง (รูปที่ 3.18 - 3.20)



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างหน้าจอการกำหนดทิศที่ทำการคำนวณ

| รายการที่ | รหัส | ชนิดผนัง     | ชื่อ               | U   | พื้นที่ |
|-----------|------|--------------|--------------------|-----|---------|
| 1         | N    | ผนังทึบ      | เสาคอนกรีต         | 2.0 | 182.0   |
| 2*        | N    | ผนังทึบ      | คานคอนกรีต         | 3.0 | 472.5   |
| 3         | N    | ผนังทึบ      | ผนังอิฐถือปูน      | 3.1 | 462.0   |
| 4         | N    | ผนังโปร่งแสง | กระจกใสสีชา 10 มม. | 5.8 | 152.3   |

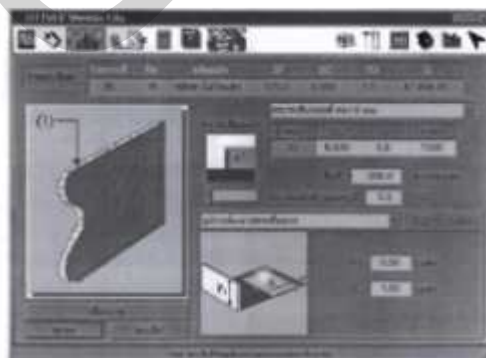
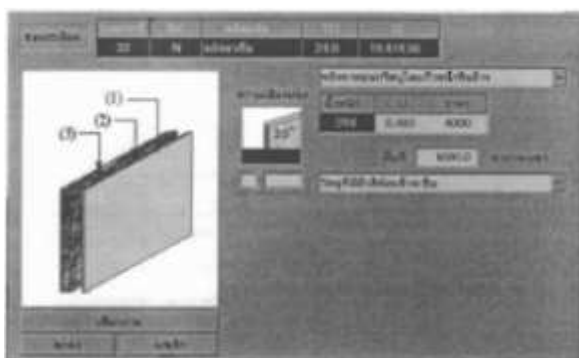


(ก) หน้าจอการกำหนดรายการผนังทึบ

(ข) หน้าจอการกำหนดรายการผนังโปร่งแสง

รูปที่ 3.19 ตัวอย่างหน้าจอผลการคำนวณค่า Q และการเลือกค่า TD ของผนัง

ข้อมูลหลังคาที่ต้องการคือ ชื่อหลังคา น้ำหนัก U ของผนัง ภาพ ความเอียงของหลังคา (ตั้งแต่ 0° ถึง 65°) SC พื้นที่ ความต่างแตกของอุณหภูมิ (TD) และสีผิววัสดุภายนอก



รูปที่ 3.20 ตัวอย่างหน้าจอผลการคำนวณค่า Q และการเลือกค่า TD ของหลังคาทึบ และหลังคาโปร่งแสง

## การคำนวณค่า OTTV / RTTV

ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร (OTTV และ RTTV) ด้วยโปรแกรม OTTVEE นั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยที่มีความสำคัญ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนัง ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของกระจก ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอาคาร ค่าประกอบรังสีดวงอาทิตย์ สัดส่วนพื้นที่ของกระจกต่อผนังรวมทั้งหมด และค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าเพื่อนำไปคำนวณดังแสดงในสมการที่ 3.8 และ 3.9

$$OTTV_i = (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (SC)(WWR)(SF) + (U_f)(WWR)(\Delta T) \dots \dots \dots (3.8)$$

|       |            |   |   |
|-------|------------|---|---|
| เมื่อ | $OTTV_i$   | = | ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังของด้านที่พิจารณา ( $W/m^2$ )   |
|       | $U_w$      | = | สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )   |
|       | WWR        | = | อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่าง และผนังของโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านนั้น  |
|       | $TD_{eq}$  | = | ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ   |
|       | SC         | = | สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง  |
|       | SF         | = | ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )   |
|       | $U_f$      | = | สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจกหรือผนังโปร่งแสง ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )  |
|       | $\Delta T$ | = | ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารสำหรับจังหวัดเชียงใหม่ค่านี้ได้จากอุณหภูมิเฉลี่ยของจังหวัดและอุณหภูมิภายในอาคารมีค่าเท่ากับ $9^\circ C$ |

$$RTTV_i = (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (SC)(WWR)(SF) + (U_f)(WWR)(\Delta T) \dots \dots \dots (3.9)$$

|       |           |   |   |
|-------|-----------|---|---|
| เมื่อ | $RTTV_i$  | = | ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาของด้านที่พิจารณา ( $W/m^2$ )   |
|       | $U_w$     | = | สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบ ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )                                 |
|       | WWR       | = | อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคา   |
|       | $TD_{eq}$ | = | ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคาทึบ |
|       | SC        | = | สัมประสิทธิ์การบังแดดของหลังคา  |

SF = ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$U_f$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาโปร่งแสง ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$\Delta T$  = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารสำหรับจังหวัด

เชียงใหม่ค่านี้ได้จากอุณหภูมิเฉลี่ยของจังหวัดและอุณหภูมิภายในอาคารมีค่าเท่ากับ  $20 \text{ }^\circ C$

| รายการที่ | ทิศ | ชนิดผนัง     | ชื่อ                   | U   | พื้นที่ |
|-----------|-----|--------------|------------------------|-----|---------|
| 1         | N   | ผนังทึบ      | เสาคอนกรีต             | 2.0 | 182.0   |
| 2         | N   | ผนังทึบ      | คานคอนกรีต             | 3.0 | 472.5   |
| 3         | N   | ผนังทึบ      | ผนังอิฐถือปูน          | 3.1 | 462.0   |
| 4         | N   | ผนังโปร่งแสง | กระจกใสสีชา 10 มม.     | 5.8 | 152.3   |
| 5         | N   | ผนังโปร่งแสง | กระจกใสสีชา 10 มม.     | 5.8 | 252.0   |
| 6         | N   | ผนังโปร่งแสง | กระจกใสสีชา 10 มม.     | 5.8 | 126.0   |
| 7         | N   | ผนังโปร่งแสง | กระจกสีบรอนซ์หนา 8 มม. | 5.8 | 924.0   |
| 8         |     |              |                        |     |         |
| 9         | E   | ผนังทึบ      | เสาคอนกรีต             | 2.0 | 114.8   |
| 10        | E   | ผนังทึบ      | คานคอนกรีต             | 3.0 | 196.0   |
| 11        | E   | ผนังทึบ      | ผนังอิฐถือปูน          | 3.1 | 554.4   |
| 12        | E   | ผนังโปร่งแสง | กระจกใสสีชา 10 มม.     | 5.8 | 127.6   |
| 13        | E   | ผนังโปร่งแสง | กระจกใสสีชา 10 มม.     | 5.8 | 26.4    |

รูปที่ 3.21 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนรายละเอียดครอบอาคารของโครงการ

| ชื่อรายการ  | ชนิดผนัง     | พื้นที่ | U     | TD   | SF    | SC    | Q, kWh                      |
|-------------|--------------|---------|-------|------|-------|-------|-----------------------------|
| [ผนังทึบ N] |              |         |       |      |       |       |                             |
| รายการที่-1 | ผนังทึบ      | 182.0   | 1.958 | 10.0 | -     | -     | 3,563.56                    |
| รายการที่-2 | ผนังทึบ      | 472.5   | 2.964 | 10.0 | -     | -     | 14,004.90                   |
| รายการที่-3 | ผนังทึบ      | 462.0   | 3.073 | 10.0 | -     | -     | 14,197.26                   |
| รายการที่-4 | ผนังโปร่งแสง | 152.3   | 5.764 | 5.0  | 111.4 | 0.509 | 13,021.99                   |
| รายการที่-5 | ผนังโปร่งแสง | 252.0   | 5.764 | 5.0  | 112.0 | 0.509 | 21,028.66                   |
| รายการที่-6 | ผนังโปร่งแสง | 126.0   | 5.764 | 5.0  | 112.0 | 0.509 | 10,814.33                   |
| รายการที่-7 | ผนังโปร่งแสง | 924.0   | 5.828 | 5.0  | 112.0 | 0.563 | 85,189.10                   |
| รวม         |              | 2,570.8 |       |      |       |       | 162,419.80                  |
| ค่า OTTV =  |              |         |       |      |       |       | 63.18 kWh/m <sup>2</sup> ปี |

รูปที่ 3.22 ตัวอย่างหน้าจอการคำนวณค่า OTTV / RTTV

ดังรูปที่ 3.22 หน้าจอส่วนนี้จะทำการคำนวณค่า OTTV / RTTV และแสดงผลลัพธ์ของค่าไว้ส่วนบนของหน้าจอ

### 3.6 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการศึกษานี้จะใช้การพิจารณาระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period) โครงการ ซึ่งหมายถึง ระยะเวลาที่ได้รับผลตอบแทนในรูปของกระแสเงินสดเข้าเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายลงทุน โดยไม่คำนึงถึงเรื่องมูลค่าของเงินตามระยะเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนจึงมองที่กระแสเงินสดรับ ไม่ใช่ตัวกำไรหรือขาดทุนของกิจการ โดยดูจากระยะเวลาคืนทุนที่เร็วที่สุดที่ความเหมาะสมโครงการ ไม่เกิน 3 -5 ปี ที่ช่วยให้ผู้ประกอบการประเมินโครงการด้วยความเสี่ยงจากการลงทุนน้อยที่สุด ดังแสดงในสมการที่ 3.10

$$Pb = \frac{I}{\Sigma B_n} \dots\dots\dots(3.10)$$

เมื่อ Pb = ระยะเวลาคืนทุน (ปี)  
 I = ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก (บาท)  
 B<sub>n</sub> = ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์จากการตรวจวัด

ในการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV และ RTTV) ของอาคารสำนักงานธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ โดยพิจารณาจากภาพถ่ายและจากแบบแปลนของอาคารโดยใช้โปรแกรม OTTVEE ในการประเมินพบว่าค่า OTTV และ RTTV ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ซึ่งจะต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา มีค่าไม่เกิน  $50 \text{ W/m}^2$  และ  $15 \text{ W/m}^2$  ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ดำเนินการตรวจวัดค่าอุณหภูมิของวัสดุที่ใช้ก่อสร้างอาคาร สภาพแวดล้อมภายนอก และภายในอาคาร รวมถึงสภาพการใช้อุปกรณ์หลักของอาคาร เช่น ระบบปรับอากาศ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานและค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร

การถ่ายเทความร้อนที่เข้าสู่อาคารจะเป็นภาระการทำงานของระบบปรับอากาศ ในด้านการใช้พลังงาน ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่ใช้พลังงานสูงสุดของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด มีค่าประมาณ 50 – 70 % หากมีความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคาร ในปริมาณมากจะส่งผลให้อาคารต้องใช้พลังงานในการปรับอากาศมากยิ่งขึ้น ดังนั้นเพื่อให้มีการใช้พลังงานในอาคารอย่างเหมาะสมมีประสิทธิภาพสูงสุด และอนุรักษ์พลังงาน จึงได้มีการกำหนดกฎหมายว่าด้วยเรื่องการอนุรักษ์พลังงานในอาคารตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งต่อมาได้มีการแก้ไขปรับปรุงให้เหมาะสมจนถึงฉบับล่าสุดคือ พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 เพื่อควบคุมการใช้พลังงานของอาคารขนาดใหญ่ที่จะส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานรวมของประเทศโดยตรง อาคารใดที่ก่อสร้างแล้ว แต่มีค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารเกินค่ามาตรฐานกฎกระทรวงฯ จะต้องลดภาระความร้อนดังกล่าว ซึ่งแนวทางการปรับปรุงของแต่ละอาคารย่อมมีวิธีการดำเนินการที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของอาคาร ทั้งนี้อาคารสำนักงานธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดจึงต้องมีการปรับปรุงลักษณะของกรอบอาคาร เพื่อให้ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

#### 4.1 ก่อนปรับปรุง

##### 4.1.1 รายละเอียดของ OTTV และ RTTV ทำการวัดก่อนปรับปรุง

ผลการตรวจวัดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาของอาคารสำนักงาน ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ นั้นสามารถแสดงดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาของอาคารสำนักงาน ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ ก่อนปรับปรุง

| ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม<br>ของอาคาร | OTTV                              |                                      | RTTV                              |                                      |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
|                                     | ค่ามาตรฐาน<br>(W/m <sup>2</sup> ) | ค่าการตรวจวัด<br>(W/m <sup>2</sup> ) | ค่ามาตรฐาน<br>(W/m <sup>2</sup> ) | ค่าการตรวจวัด<br>(W/m <sup>2</sup> ) |
| อาคารสำนักงาน                       | 50.00                             | <b>63.57</b>                         | 15.00                             | <b>58.37</b>                         |

อาคารดังกล่าวเป็นอาคารที่ก่อสร้างแล้วเสร็จและเปิดใช้งานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ซึ่งถือเป็นอาคารที่ต้องดำเนินการ ตามข้อกำหนดของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และฉบับแก้ไข (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่ต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV และ RTTV) ต้องมีค่าไม่เกิน 50 W/m<sup>2</sup> และ 15 W/m<sup>2</sup> ตามลำดับ โดยจากการวิเคราะห์พบว่า อาคารสำนักงานนั้นมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลรายละเอียดจากการใช้โปรแกรม OTTVEE ได้ดังตารางที่ 4.2 โดยมีค่าภาระการทำความเย็นของกรอบอาคารรวมก่อนปรับปรุง 1,084,833.68 Btu/hr ที่ได้ทำการประเมินในแต่ละทิศดังนี้

|                |                                       |
|----------------|---------------------------------------|
| ชื่อโครงการ    | ธนาคารแห่งประเทศไทย                   |
| ชื่อบริเวณ     | สำนักงานภาคเหนือ                      |
| ประเภทอาคาร    | อาคารสำนักงาน                         |
| ที่ตั้งโครงการ | จังหวัดเชียงใหม่                      |
| เวลาทำงาน      | 8 ชั่วโมง/วัน วันทำงาน 246-365 วัน/ปี |

##### พื้นที่ของอาคาร

|                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| พื้นที่ทั้งหมด        | 37,005.00 m <sup>2</sup> |
| พื้นที่ใช้สอยรวม      | 34,105.00 m <sup>2</sup> |
| พื้นที่ปรับอากาศ      | 25,670.00 m <sup>2</sup> |
| พื้นที่ไม่ปรับอากาศ   | 11,335.00 m <sup>2</sup> |
| พื้นที่จอดรถ(ในอาคาร) | 2,900.00 m <sup>2</sup>  |

ตารางที่ 4.2 รายละเอียด OTTV และ RTTV กรอบอาคารและหลังคาก่อนปรับปรุง จากโปรแกรม OTTVEE

| รายละเอียดค่า OTTV และ RTTV  |         |              |              |                        |                              |
|------------------------------|---------|--------------|--------------|------------------------|------------------------------|
|                              | ผนังทึบ | ผนังโปร่งแสง | รวม          | หน่วย                  | ภาระการทำความร้อน<br>BTU/hr. |
| ทิศ N                        | 30.53   | 84.56        | 58.78        | W/m <sup>2</sup>       | 268,766.92                   |
| ทิศ S                        | 30.25   | 92.51        | 65.65        | W/m <sup>2</sup>       | 299,843.46                   |
| ทิศ E                        | 30.34   | 81.57        | 60.36        | W/m <sup>2</sup>       | 282,952.40                   |
| ทิศ W                        | 27.32   | 89.15        | 71.83        | W/m <sup>2</sup>       | 233,270.91                   |
| <b>OTTV ของอาคารสำนักงาน</b> |         |              | <b>63.57</b> | <b>W/m<sup>2</sup></b> | <b>1,084,833.68</b>          |
| หลังคา                       | 14.00   | 222.63       | <b>58.37</b> | <b>W/m<sup>2</sup></b> | -                            |

#### 4.1.2 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผนัง ก่อนการปรับปรุง

ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ ต้องดำเนินการปรับปรุง เพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคาให้ผ่านเกณฑ์ ซึ่งในการพิจารณาตัวแปรที่มีผลกระทบดังกล่าวในข้างต้น ถึงลักษณะและประเภทอาคาร รวมถึงการใช้อาคารแล้วพบว่าธนาคารแห่งประเทศไทยจัดอยู่ในประเภทอาคารสำนักงาน มีการใช้งานช่วงเวลา 08:30 – 16:30 น. มีการออกแบบและจัดทำสภาพภูมิทัศน์ของอาคาร โดยการใช้ต้นไม้เข้ามาช่วยในการลดความร้อนก่อนเข้าสู่ตัวอาคารและติดตั้งโครงสร้างที่ต่อชายคายื่นยาวออกมา ซึ่งจากการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของกระจกที่ผนังด้านต่างๆ ตลอดระยะเวลา 4 วัน ในช่วงเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว โดยบันทึกภาพถ่ายอุณหภูมิในทิศต่างๆ และหลังการรวมถึงการตรวจวัดอุณหภูมิภายนอกและภายในของผิวกระจกตลอดวัน พร้อมดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการดำเนินมาตรการปรับปรุง ซึ่งผลการบันทึกข้อมูลสามารถแยกเป็นแต่ละทิศได้ดังนี้

##### 4.1.2.1 ทิศเหนือ

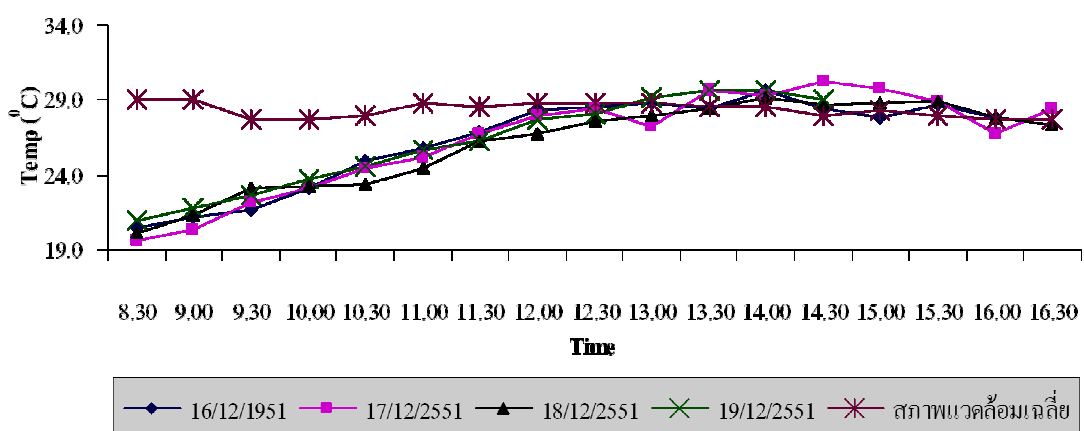
จากการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารด้านทิศเหนือจากแบบก่อสร้างของอาคารนั้นมีค่าอยู่ที่ 58.78 W/m<sup>2</sup> ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับทิศอื่นๆ ทิศดังกล่าวเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ที่น้อยกว่าทิศอื่น ๆ (ทิศอับแสง) ที่จะรับเฉพาะรังสีกระจายเท่านั้น ทั้งที่มีการปลูกต้นไม้เพื่อลดความร้อนจากรังสีอาทิตย์ แต่มีเพียงบางส่วนของบริเวณชั้นล่างเท่านั้นที่สามารถบังแดดได้ ดังรูปที่ 4.1



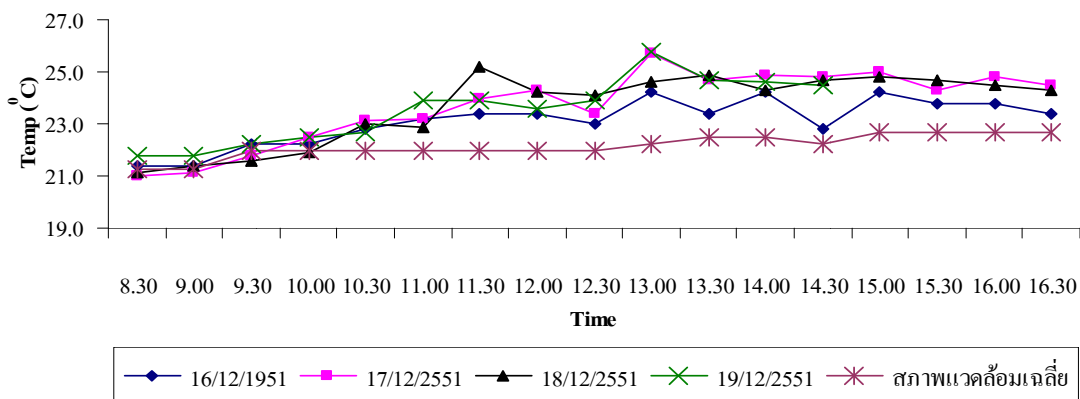


รูปที่ 4.1 ลักษณะพื้นที่ทางด้านทิศเหนือของอาคาร

ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผนังภายนอกอาคารพบว่าผนังเริ่มมีการสะสมความร้อนในช่วงเช้าและเริ่มคงที่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ  $27 - 29^{\circ}\text{C}$  ณ เวลา 12:00 น เป็นต้นไป (รูปที่ 4.2) เมื่อผนังได้รับความร้อนสะสมเต็มที่จะเริ่มคายความร้อนให้แก่บริเวณภายในอาคาร ถึงอุณหภูมิที่ผนังทางด้านทิศเหนือจะเพิ่มสูงขึ้น แต่อุณหภูมิโดยรอบภายในอาคารที่ทำการตรวจวัดนั้นมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยที่แตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในประมาณ  $2-3^{\circ}\text{C}$  เท่านั้น ทั้งนี้ในระหว่างการตรวจวัดจะเป็นช่วงฤดูหนาว แต่ผลของอุณหภูมิภายในอาคารทิศเหนือกลับมีการแกว่งตัวของอุณหภูมิผิวกระจกที่สูง (รูปที่ 4.3) แสดงให้เห็นถึงภาวะความร้อนที่เข้าสู่อาคารผ่านกระจกมีค่าสูงในระดับ  $3-5^{\circ}\text{C}$  ตลอดช่วงบ่าย

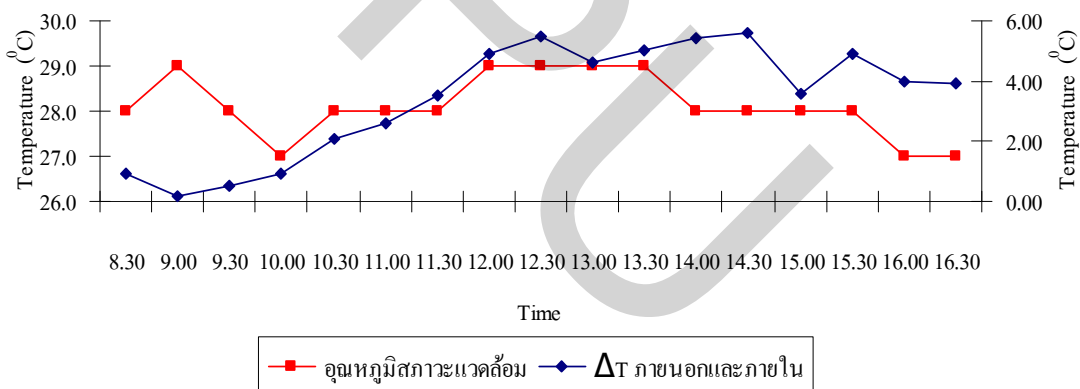


รูปที่ 4.2 อุณหภูมิภายนอกผิวกระจกอาคารด้านทิศเหนือ



รูปที่ 4.3 อุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศเหนือ

ผลต่างมากที่สุดของค่าอุณหภูมิผิวกระจกภายนอกและภายใน (รูปที่ 4.4) มีเกือบตลอดทั้งวัน โดยเฉพาะในช่วงเวลา 12:00 – 14:30 น. ที่ความแตกต่างสูงถึง 5 °C ส่งผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานมากยิ่งขึ้นในระบบการปรับอากาศในการลดความร้อนภายในอาคาร



รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทางทิศเหนือของอาคาร



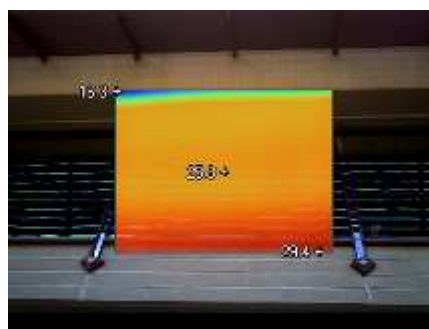
ผนังกระจกด้านในในเวลาเช้า (10:01 น.)



ผนังกระจกด้านนอกในเวลาเช้า (11:19 น.)



ผนังกระจกด้านในเวลาบ่าย (14:39 น.)



ผนังกระจกด้านนอกเวลาบ่าย (13:46 น.)

#### รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายอุณหภูมิผิวกระจกด้านทิศเหนือ

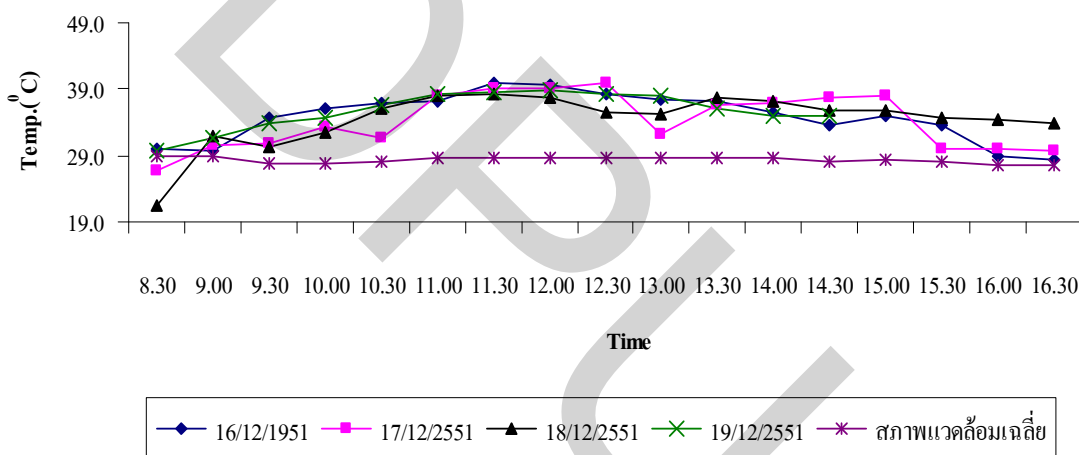
เมื่อพิจารณาผลจากภาพถ่ายอุณหภูมิผิวกระจกด้านทิศเหนือ (รูปที่ 4.5) พบว่าค่าอุณหภูมิผนังภายในและภายนอกมีค่าความแตกต่างกันไม่มากนัก ลักษณะกระจกเป็นแบบชั้นเดียว (รูปที่ 4.4) ในช่วงเวลา 8:30 – 10:00 น. ผิวผนังกระจกทั้งสองด้านมีความแตกต่างกันไม่เกิน  $2^{\circ}\text{C}$  เป็นผลจากสภาพภูมิอากาศที่มีฝนตก และอากาศเย็น ค่าอุณหภูมิผิวผนังทั้งสองด้านจึงเกิดจากการสะสมอุณหภูมิดังกล่าวส่งผลให้อาคารเย็น ที่มีค่าระหว่าง  $19 - 23^{\circ}\text{C}$  เมื่ออุณหภูมิกระจกเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิผิวผนังกระจกภายนอกโดยตรง ความร้อนจะถูกถ่ายเทเข้าสู่อาคารได้ทันที ทำให้ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกและภายในเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ภายในอาคารมีการปรับตั้งค่าอุณหภูมิปรับอากาศที่  $25^{\circ}\text{C}$  ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกอาคาร และด้วยทิศเหนือของอาคารเป็นทิศที่อับแสงซึ่งจะรับในส่วนของรังสีกระจาย จึงไม่มีการปรับปรุงนัก

##### 4.1.2.2 ทิศใต้

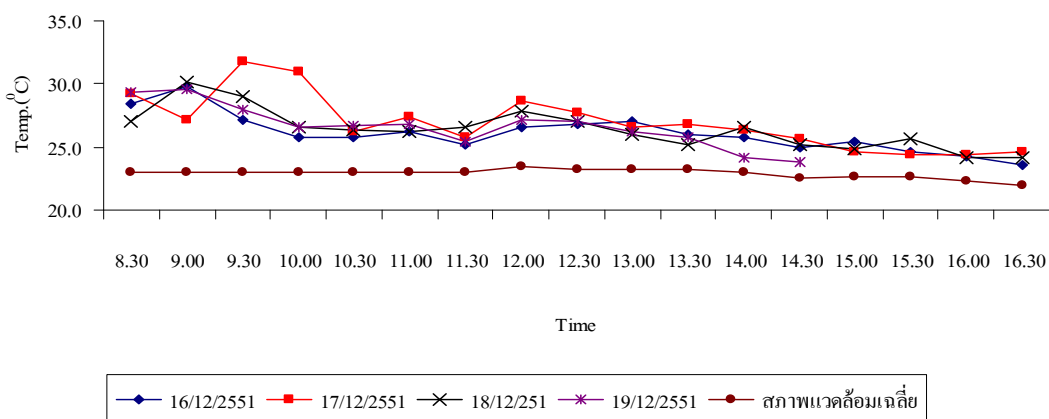
ทิศใต้เป็นทิศที่มีการรับรังสีตรงตลอดทั้งวัน (รูปที่ 4.6) จากอิทธิพลทางธรรมชาติของโลกที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ สามารถประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบผนังอาคารได้เท่ากับ  $65.65 \text{ W/m}^2$  และจากการตรวจวัดความแตกต่างของอุณหภูมิมะหว่างภายนอกและภายในทิศนี้ มีค่าสูงที่สุด กระจกมีการสะสมความร้อนและถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารตั้งแต่เช้า (รูปที่ 4.7) ในขณะที่บางวันในช่วงเช้าอุณหภูมิผิวผนังกระจกภายนอกมีอุณหภูมิต่ำกว่า  $20^{\circ}\text{C}$  อันเป็นผลจากอาคารเย็น จากสภาพภูมิอากาศเย็น และมีฝนตก แต่เมื่อกรอบอาคารภายนอกได้รับความร้อนและสะสมมากจนเกินขีดความสามารถ จะเริ่มคายความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร โดยมีอุณหภูมิผิวกระจกด้านนอกอาคารสูงสุดในช่วงเวลา 12:00 น. ที่อุณหภูมิประมาณ  $37 - 39^{\circ}\text{C}$  ส่งผลให้เกิดการระคายความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร และค่าการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศมีค่าสูงมากขึ้น (รูปที่ 4.8)



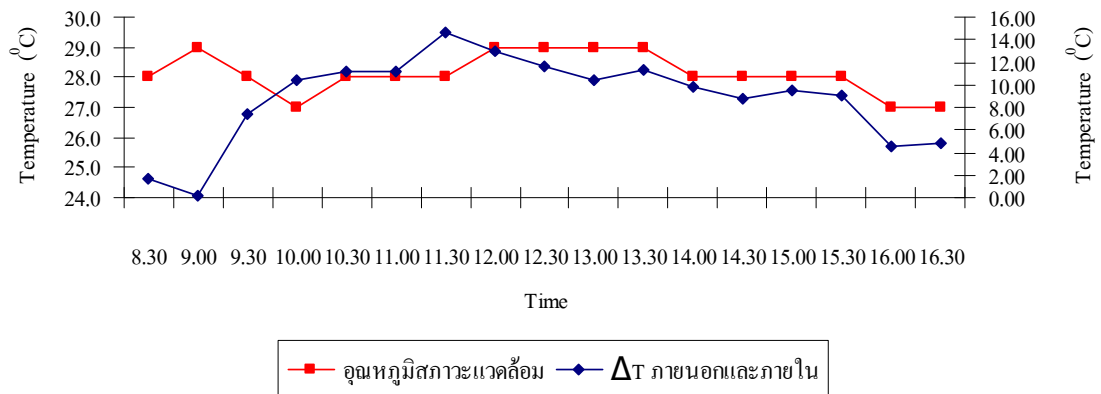
รูปที่ 4.6 บริเวณอาคารทางด้านทิศใต้



รูปที่ 4.7 อุณหภูมิภายนอกผิวกระจกอาคารด้านทิศใต้

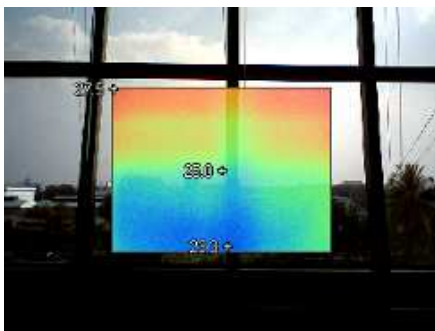


รูปที่ 4.8 อุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศใต้

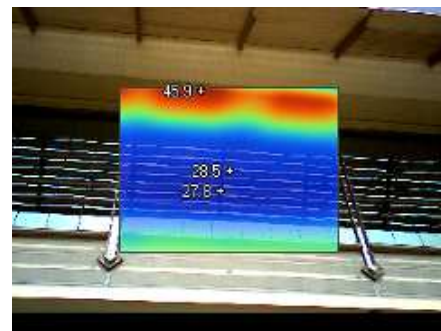


รูปที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทางทิศใต้ของอาคาร

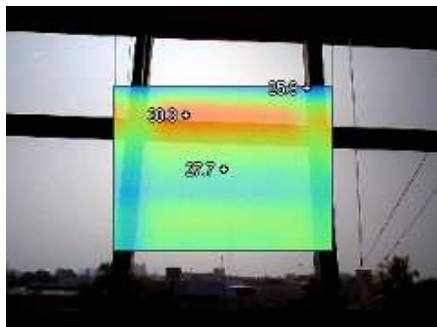
เมื่อพิจารณาทิศใต้ (รูปที่ 4.8) พบว่าช่วงเวลา 8:30 – 10:00 น. อุณหภูมิภายในผิวกระจกมีค่าระหว่าง 27 – 29 °C และค่อยๆปรับลดลงจนมีค่าใกล้เคียง 25°C โดยใช้เวลาคลายความร้อนประมาณ 2 ชั่วโมง ในขณะที่กลางวันในช่วงเวลาดังกล่าวอุณหภูมิผิวกระจกภายในมีค่าสูงกว่า 30 °C เป็นผลเนื่องจากระโหลดที่เพิ่มขึ้นจากพฤติกรรมการทำงานของผู้ใช้งานในบางช่วงเวลา (รูปที่ 4.9) และด้วยอุณหภูมิผิวกระจกภายใน และภายนอกในช่วงเช้าที่มีค่าใกล้เคียงมากทำให้บางช่วงเวลาค่าความแตกต่างอุณหภูมิผนังทั้ง 2 ด้านมีค่าเท่ากับ 0 ผนังที่สนิมมีอิทธิพลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารมากกว่าทิศอื่นๆ แม้ว่าอาคารจะมีการใช้หลังคาและกระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์ในการบังแดดที่มีค่าสูงแล้วก็ตาม (รูปที่ 4.10) จากภาพถ่ายพบว่าค่าอุณหภูมิสูงสุดถึง 42 °C ที่กรอบอลูมิเนียม ในขณะที่กระจกอุณหภูมิสูงสุดถึง 31 °C ส่งผลกระทบโดยตรงกับอาคาร



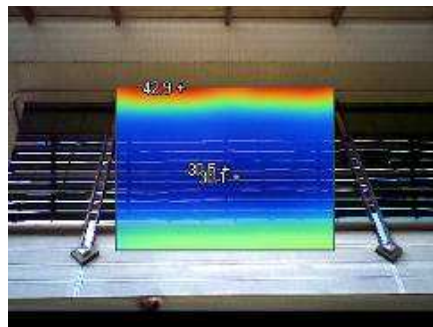
ผนังกระจกด้านในเวลาเช้า (10.56 น.)



ผนังกระจกด้านนอกเวลาเช้า (11.18 น.)



ผนังกระจกด้านในเวลาบ่าย (14.05 น.)



ผนังกระจกด้านนอกเวลาบ่าย (13.49 น.)

รูปที่ 4.10 ภาพถ่ายอุณหภูมิกระจกด้านทิศใต้



รูปที่ 4.11 การใช้ต้นไม้ลดความร้อนเข้าอาคาร บริเวณชั้นล่างของอาคารด้านทิศใต้

ด้านทิศใต้เป็นทิศที่มีอิทธิพลต่อการปรับอากาศมากที่สุด เนื่องจากการสะสมความร้อนและผิวกระจกมีอุณหภูมิสูงตลอดทั้งวัน เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารจากรูปที่ 4.9 มีค่าสูงสุด 14 °C เวลา 11:30 น. การเปลี่ยนแปลงค่าการถ่ายเทความร้อนในทิศนี้เกิดจากอิทธิพลหลักคือ อิทธิพลทางธรรมชาติ และอิทธิพลของวัสดุก่อสร้าง ซึ่งสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนด้วยการลดพื้นที่กระจกด้วยแผ่นฉนวนหรือการติดฟิล์มกรองแสง เป็นต้น



#### 4.1.2.3 ทิศตะวันออก

ทิศตะวันออกของอาคารถูกออกแบบให้มีสัดส่วนร้อยละ 58.60 ของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อผนังทั้งหมด ส่งผลให้การประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังสูงถึง  $60.36 \text{ W/m}^2$  แต่น้อยกว่าผนังด้านทิศใต้และทิศตะวันตก เมื่อพิจารณาผลการตรวจวัดอุณหภูมิผนัง พบว่าอุณหภูมิภายในอาคารมีค่าสูงเป็นอันดับสองรองจากทางด้านทิศใต้ เนื่องจากทิศนี้ได้รับรังสีตรงในช่วงเช้า เกิดการสะสมความร้อนที่วัสดุกรอบกระจกและในเนื้อกระจกในช่วงเช้าโดยจะใช้เวลาสะสมประมาณ 2-3 ชั่วโมง จากนั้นจะเกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าไปในตัวอาคาร



รูปที่ 4.12 ลักษณะพื้นที่ด้านทิศตะวันออกของอาคารสำนักงาน

การออกแบบสถาปัตยกรรมให้ผนังมีลักษณะลาดเอียงมุม  $70^\circ$  ด้านกึ่งกลางของผนังมีเนื้อที่ประมาณ  $203 \text{ m}^2$  เป็นวัสดุกระจกลาดเอียงจากชั้น 1 ถึงชั้น 3 (รูปที่ 4.12) ผนังส่วนนี้ได้รับรังสีความร้อนเพิ่มมากกว่าผนังตั้งจากปกติประมาณ  $8 - 10^\circ \text{C}$  (รูปที่ 4.13) ผลการสะสมความร้อนอุณหภูมิในช่วงบ่าย จากภาพถ่ายความร้อน (รูปที่ 4.14) พบว่าอุณหภูมิที่กระจกลาดเอียงมีอุณหภูมิกระจกสูงถึง  $43.1^\circ \text{C}$  แม้ว่าการตรวจวัดในครั้งนี้ จะอยู่ในช่วงฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิก่อนข้างต่ำก็ตาม กระจกในทิศนี้จะเป็นด้านที่ได้รับความร้อนในปริมาณสูงมากในช่วงฤดูร้อนส่งผลให้ค่า Cooling Load ช่วงบ่ายมีค่าอุณหภูมิแตกต่างกันสูงถึง  $18 - 25^\circ \text{C}$  ส่งผลต่อภาระโหลดการทำงานของระบบปรับอากาศ และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงขึ้นเช่นกัน ในการลดภาระความร้อนทำได้โดยการปลูกไม้ยืนต้นใกล้บริเวณผนังลาดเอียง หรือตัดแปลงทำน้ำตกราดกระจก เพื่อให้ น้ำระบายความร้อนที่สะสมบริเวณผิวกระจก ซึ่งน้ำจะสามารถลดอุณหภูมิได้ประมาณ  $3-5^\circ \text{C}$



รูปที่ 4.13 บริเวณผนังทางด้านทิศตะวันออกที่มีลักษณะลาดเอียง

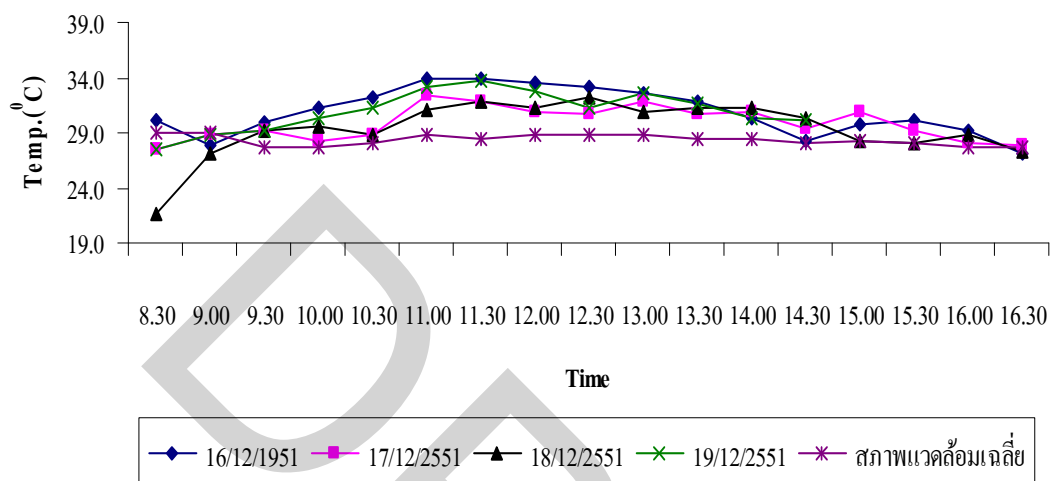


รูปที่ 4.14 ภาพถ่ายอุณหภูมิผนังด้านทิศตะวันออกที่มีลักษณะลาดเอียง

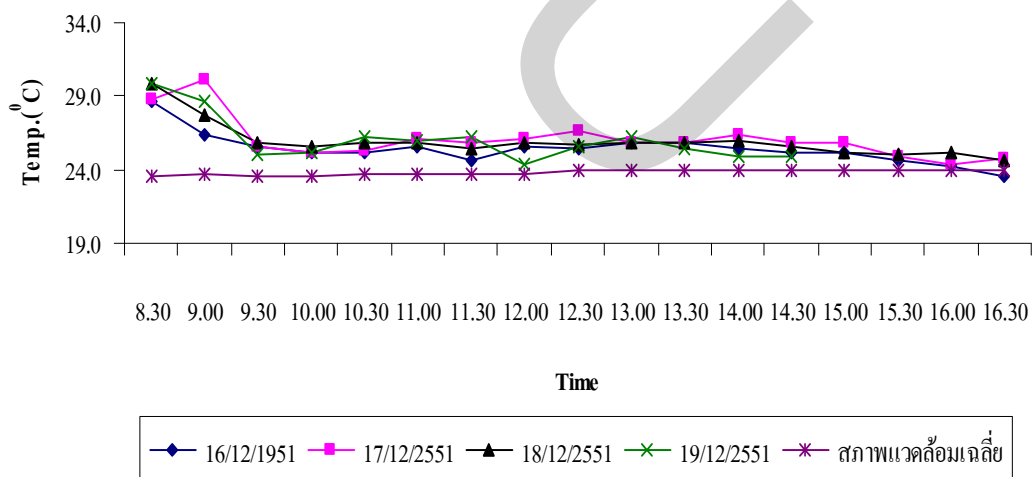
ผลการตรวจวัดอุณหภูมิในทิศตะวันออก (รูปที่ 4.15) พบว่าผนังด้านนอกจะมีอุณหภูมิที่สูงในช่วงเช้าในขณะที่บางวันอุณหภูมิผิวผนังกระจกภายนอกมีอุณหภูมิต่ำกว่า  $24^{\circ}\text{C}$  อันเป็นผลจากอาคารเย็น จากสภาพภูมิอากาศเย็น และมีฝนตก จากนั้นเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงถึง  $33^{\circ}\text{C}$  ในเวลา 11:00 น. การสะสมความร้อนของกระจกในระยะเวลา 4 ชั่วโมง และในส่วนของผนังด้านในจะมีอุณหภูมิสูงเฉพาะในช่วงเช้าที่ได้รับรังสีอาทิตย์ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคารสูงสุด  $8^{\circ}\text{C}$  (รูปที่ 4.17) ในขณะที่อุณหภูมิสถานะแวดล้อมมีการแกว่งของอุณหภูมิ จนมีค่า



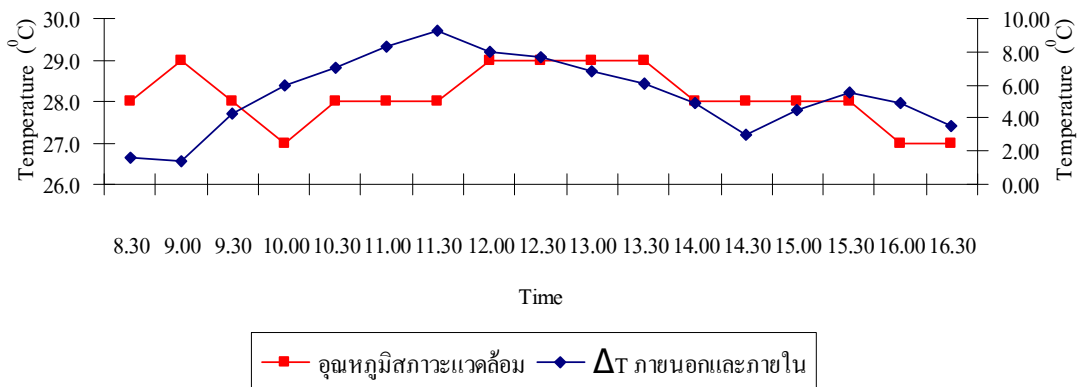
ต่ำสุดที่ประมาณ 27 °C และสูงสุดถึง 29 °C เป็นผลจากสภาพภูมิอากาศในระหว่างการตรวจวัดมีบางช่วงเวลามีฝนตกสลับกับแดดออก ซึ่งในช่วง 11.00 น. กระจกจะสะสมความร้อนไว้มากที่สุด (รูปที่ 4.15) และจะคายความร้อนออกมาบริเวณภายในอาคาร เนื่องจากบริเวณภายในมีค่าอุณหภูมิต่ำกว่าจากการติดตั้งระบบปรับอากาศ ที่มีการควบคุมค่าอุณหภูมิภายในให้มีค่าคงที่



รูปที่ 4.15 อุณหภูมิภายนอกผิวกระจกอาคารทิศตะวันออก



รูปที่ 4.16 อุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารทิศตะวันออก



รูปที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทางทิศตะวันออกของอาคาร

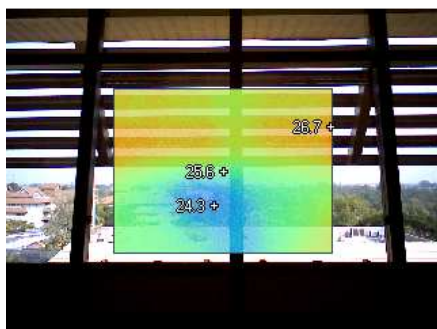
เมื่อพิจารณาผลจากภาพถ่ายอุณหภูมิและผลการตรวจวัดในช่วงเช้าและช่วงบ่ายพบว่า ทั้งด้านในและด้านนอก ค่าอุณหภูมิต่างกันเล็กน้อยเห็นได้ชัดโดยสังเกตความแตกต่างอุณหภูมิสีผนังกระจกภายในและภายนอก และค่าแสดงอุณหภูมิตั้งบนภาพถ่าย ดังรูปที่ 4.18



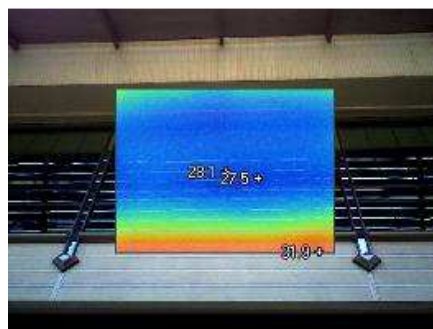
ผนังกระจกด้านในเวลาเช้า (10.00 น.)



ผนังกระจกด้านนอกเวลาเช้า (11.15 น.)



ผนังกระจกด้านในเวลาบ่าย (14.07 น.)



ผนังกระจกด้านนอกเวลาบ่าย (13.49 น.)

รูปที่ 4.18 ภาพถ่ายอุณหภูมิตั้งบนผนังกระจกด้านทิศตะวันออก

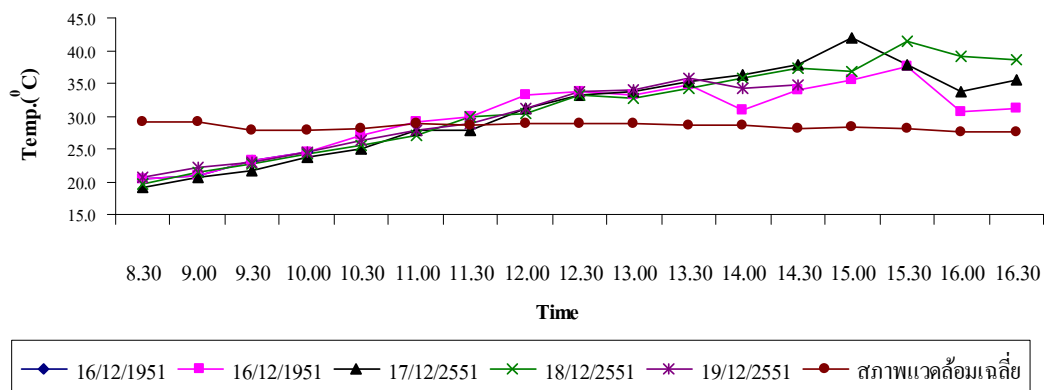
#### 4.1.2.4 ทิศตะวันตก

ทิศตะวันตกเป็นทิศที่มีค่าจากการประเมินตามแบบของอาคารแล้วมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังสูงที่สุดคือ  $71.83 \text{ W/m}^2$  ทั้งนี้เพราะมีค่าสัดส่วนของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อผนังทั้งหมดถึง 71.94% รวมทั้งการรับอิทธิพลจากรังสีแสงอาทิตย์ในช่วงบ่าย (รูปที่ 4.19)

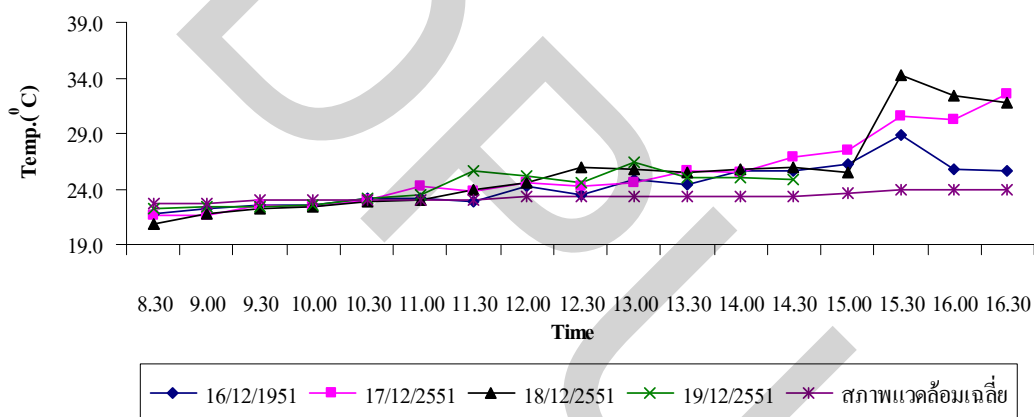


รูปที่ 4.19 ลักษณะพื้นที่ทางด้านทิศตะวันตกของอาคาร

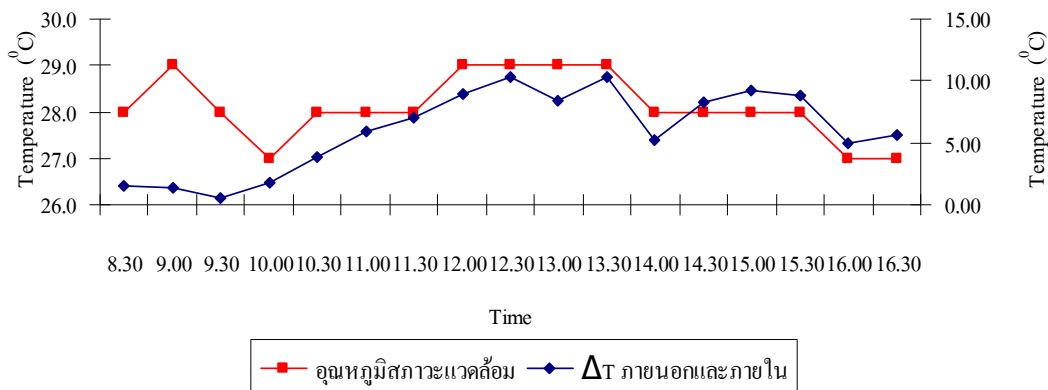
กระจกจะสะสมความร้อนในช่วงบ่าย และคายความร้อนในช่วงกลางคืน จึงไม่ได้ส่งผลต่อการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากอาคารจะทำงานในช่วงกลางวันเท่านั้น ซึ่งจากการตรวจวัดอุณหภูมิผิวผนังกระจก (รูปที่ 4.20 และ 4.21) ด้านทิศตะวันตก ภายในอาคารช่วงเวลา ระหว่าง 8:30 - 11:00 น. มีค่าอุณหภูมิประมาณ  $23 \text{ }^{\circ}\text{C}$  เริ่มมีอุณหภูมิเพิ่มสูงสุดเมื่อเวลา 15:00 น. จากนั้นค่าอุณหภูมิภายใน และภายนอกผิวกระจกมีการแกว่งตัวไม่คงที่ เป็นผลจากสภาพภูมิอากาศ บางช่วงเวลามีฝนตกสลับกับแดดออก (รูปที่ 4.22) ที่บางช่วงเวลาอุณหภูมิสภาพภูมิอากาศสูงถึง  $29 \text{ }^{\circ}\text{C}$  จากภาพถ่ายอุณหภูมิ (รูปที่ 4.23) อุณหภูมิจะสูงขึ้นมากในช่วงบ่าย โดยมีค่าแตกต่างเฉลี่ยอยู่ที่  $5\text{-}10 \text{ }^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 4.20 อุณหภูมิภายนอกผิวกระจกอาคารด้านทิศตะวันตก



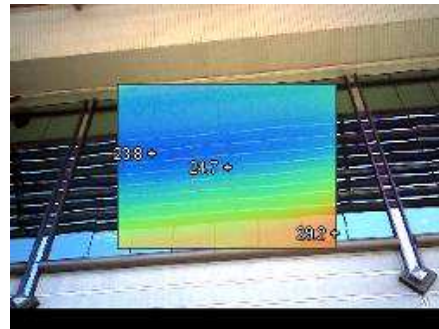
รูปที่ 4.21 อุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศตะวันตก



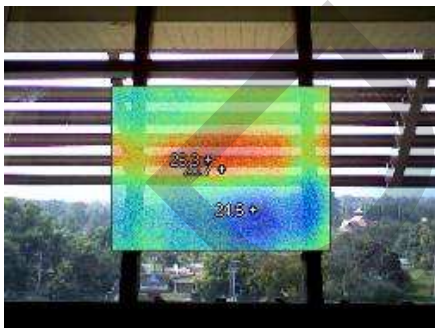
รูปที่ 4.22 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทางทิศตะวันตกของอาคาร



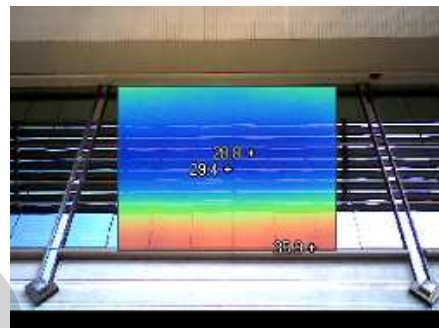
ผนังกระจกด้านในเวลาเช้า (10.16 น.)



ผนังกระจกด้านนอกเวลาเช้า (11.09 น.)



ผนังกระจกด้านในเวลาบ่าย (14.05 น.)



ผนังกระจกด้านนอกเวลาบ่าย (13.49 น.)

#### รูปที่ 4.23 ภาพถ่ายอุณหภูมิจากผนังกระจกด้านทิศตะวันตก

ทิศตะวันตกของอาคารจะเป็นทิศที่ได้รับภาระความร้อนในช่วงใกล้สิ้นสุดเวลาการทำงาน จึงไม่มีผลต่อภาระของระบบปรับอากาศมากนัก อย่างไรก็ตามในทิศนี้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังมากที่สุดจึงเป็นทิศสำคัญที่มีศักยภาพในการลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

##### 4.1.2.5 หลังคา

หลังคามีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเท่ากับ  $58.37 \text{ W/m}^2$  ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานถึง  $43.37 \text{ W/m}^2$  ย่อมส่งผลให้ภาระของระบบปรับอากาศและการใช้พลังงานของอาคารสูงมากขึ้นเนื่องจากบริเวณหลังคาโปร่งแสงทำจากวัสดุโพลีคาร์บอเนตที่มีค่าการส่องผ่านแสงและนำความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร (รูปที่ 4.24) ทั้งยังมีส่วนของชั้นอากาศร้อนที่หมุนเวียนรับความร้อนจากส่วนหลังคาจั่วด้านบนลงมาถ่ายเทความร้อนให้แก่ฝ้าเพดานด้านล่าง (รูปที่ 4.25) นอกจากนี้โลหะที่เป็นกรอบหลังคาโปร่งแสงเช่น รางระบายน้ำถือเป็นส่วนที่ทำให้การหน่วงความร้อนของผนังโปร่งแสง



จึงมีค่าที่ลดลงเนื่องจากความร้อนที่โครงหลังคาจะถ่ายเทเข้าสู่วัสดุกระฉกโดยการนำความร้อนส่งผลให้ความร้อนจึงถูกถ่ายเทเข้าสู่ตัวอาคารเร็วขึ้น

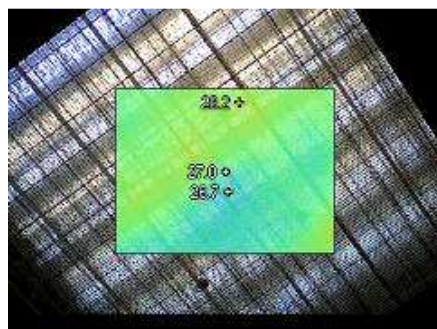
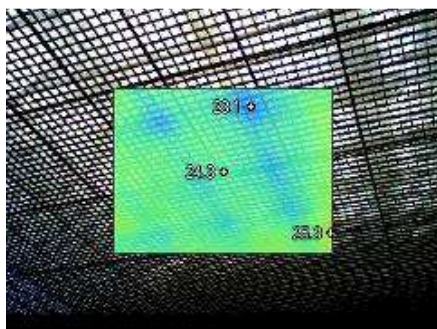


รูปที่ 4.24 หลังคาโปร่งแสง



ฝ้าเพดานด้านนอกอาคารเช้า (11.00 น.)

ฝ้าเพดานด้านนอกอาคารบ่าย (15.09 น.)

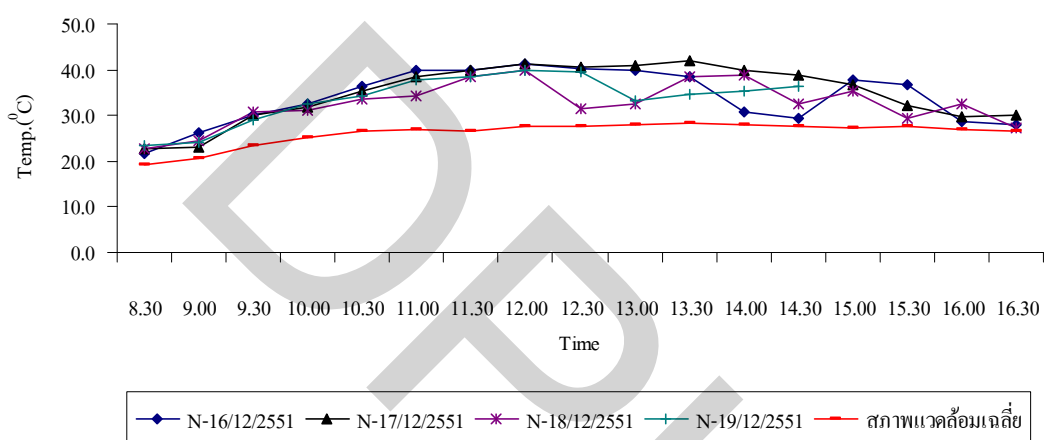


ฝ้าเพดานด้านในอาคารเช้า (10.01 น.)

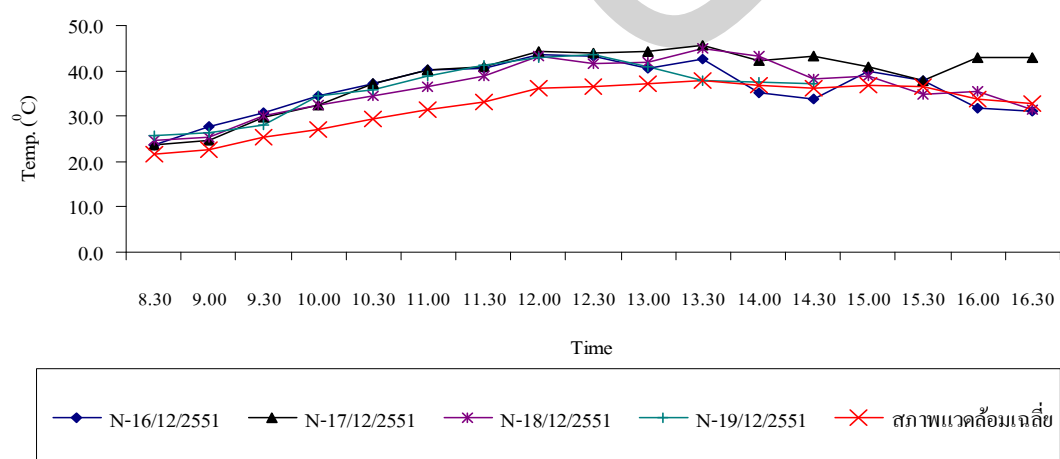
ฝ้าเพดานด้านในอาคารบ่าย (13.25 น.)

รูปที่ 4.25 ภาพถ่ายอุณหภูมิฝ้าเพดาน

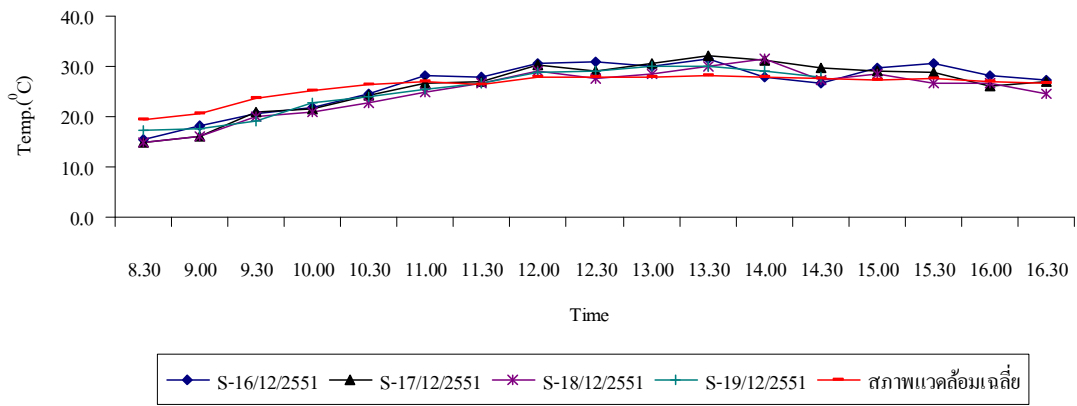
ด้านทิศเหนือภายนอก และภายในอาคาร (รูปที่ 4.26 และ 4.27) อุณหภูมิหลังคามีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อม ที่อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20 – 45 °C และสูงสุดในช่วงเวลา 11:30 – 12:00 น. ในขณะที่ช่วงเวลาย่ำ มีการแกว่งตัวของอุณหภูมิที่ไม่คงที่ ในด้านทิศใต้ อุณหภูมิหลังคาภายนอกอาคาร (รูปที่ 4.28) บริเวณหลังคาช่วงเวลา 8:30 – 11:00 น. อุณหภูมิหลังคามีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นคงที่ ที่อุณหภูมิ 15 °C และมีค่าสูงสุดที่ 30 - 32 °C ที่ช่วงเวลา 12:00 – 14:00 น. และเริ่มมีแนวโน้มลดลงของอุณหภูมิ เช่นเดียวกับอุณหภูมิหลังคาภายในอาคาร (รูปที่ 4.29)



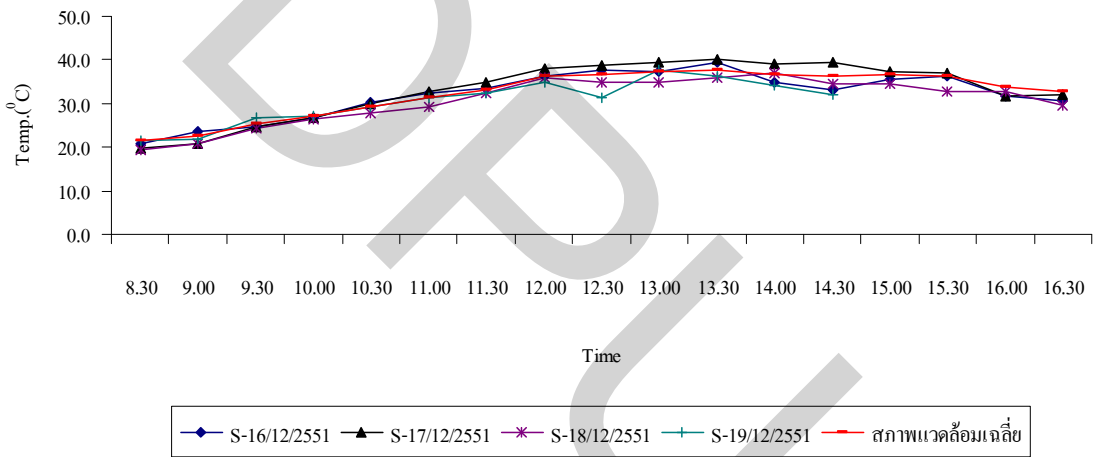
รูปที่ 4.26 อุณหภูมิหลังคาด้านทิศเหนือภายนอกอาคาร



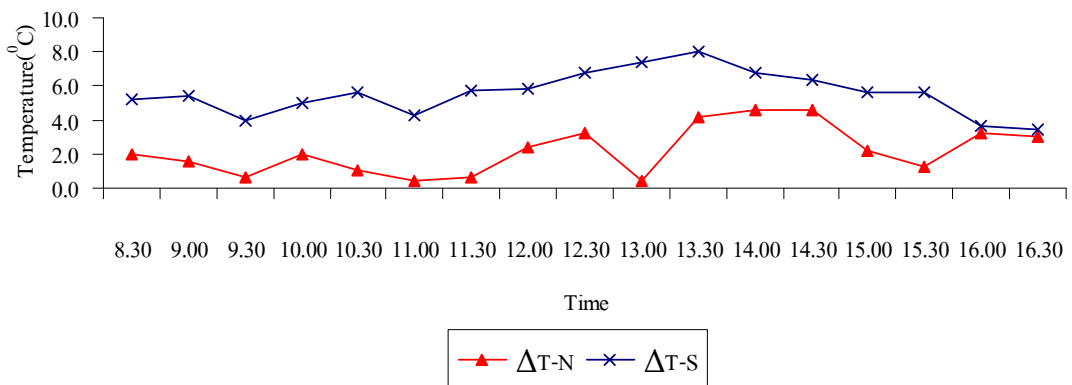
รูปที่ 4.27 อุณหภูมิหลังคาด้านทิศเหนือภายในอาคาร



รูปที่ 4.28 อุณหภูมิหลังคาด้านทิศใต้ภายนอกอาคาร



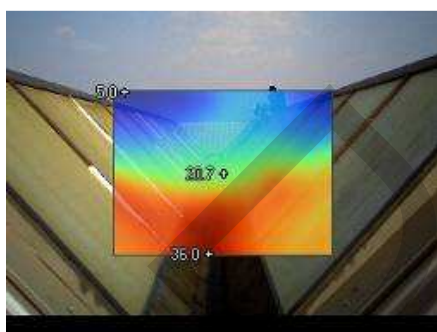
รูปที่ 4.29 อุณหภูมิหลังคาด้านทิศใต้ภายในอาคาร



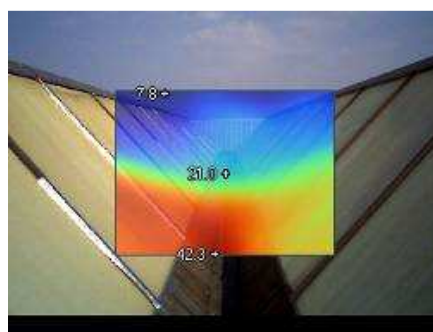
รูปที่ 4.30 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของหลังคา



เมื่อวิเคราะห์ผลการสะสมความร้อน (รูปที่ 4.30) ความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวกระจกภายนอกและภายในหลังคา ในส่วนของหลังคาจั่วด้านทิศใต้เป็นส่วนที่มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงมากกว่าทางด้านทิศเหนือ เนื่องจากอิทธิพลทางธรรมชาติ โดยมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุด  $5-7^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิต่างด้านทิศเหนือมีค่าสูงสุดเพียง  $2-4^{\circ}\text{C}$  และในบางช่วงเวลาด้วยสภาพภูมิอากาศเย็น และมีฝนตกสลับกับแดดออก ทำให้อุณหภูมิใกล้เคียงกัน จนไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ

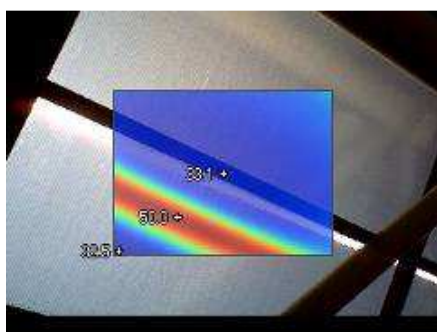


หลังคาจั่วด้านนอกอาคารเช้า (11.04 น.)

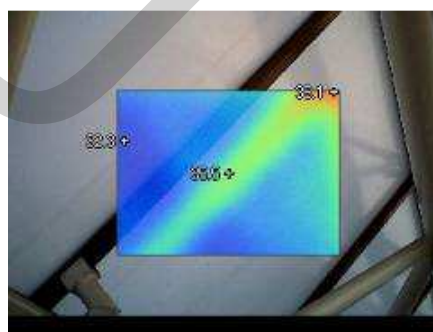


หลังคาจั่วด้านนอกอาคารบ่าย (14.15 น.)

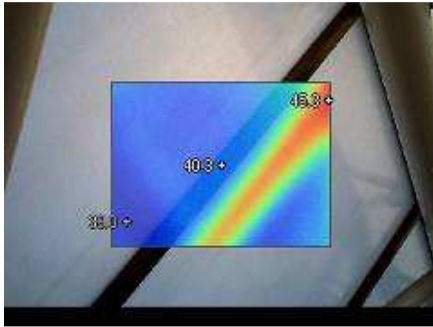
รูปที่ 4.31 ภาพถ่ายอุณหภูมิของหลังคาจั่วด้านนอก



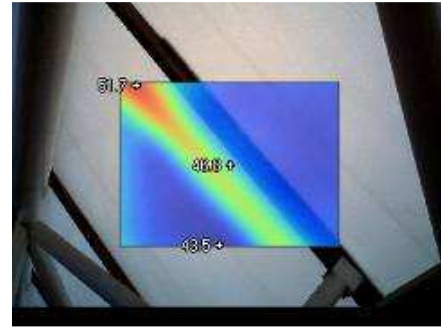
หลังคาจั่วด้านในอาคารเช้าทิศเหนือ  
(10.59 น.)



หลังคาจั่วด้านในอาคารเช้าทิศใต้  
(11.00 น.)



หลังคาจั่วด้านในอาคารป่วยทิศเหนือ  
(14.10 น.)



หลังคาจั่วด้านในอาคารป่วยทิศใต้  
(14.10 น.)

#### รูปที่ 4.32 ภาพถ่ายอุณหภูมิลหลังคาจั่วด้านใน

แนวทางในการปรับปรุงค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดสามารถทำได้หลายแนวทาง เช่น การติดกันสาดภายนอกของหลังคา การลดพื้นที่หลังคาจั่วทางด้านทิศใต้ หรือการติดฟิล์มกรองแสง เป็นต้น

### 4.2 แนวทางการปรับปรุง และแก้ไขกรอบอาคาร

#### 4.2.1 ปัญหาและการวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นอาคาร

ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ที่ก่อสร้างแล้วเสร็จและเปิดใช้งานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 มีพื้นที่ใช้สอยรวม 34,105 m<sup>2</sup> จัดอยู่ในประเภทอาคารขนาดใหญ่พิเศษ จึงต้องพิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV และ RTTV) ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่าง และค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยอาคารสำนักงานมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาเท่ากับ 63.57 W/m<sup>2</sup> และ 53.37 W/m<sup>2</sup> ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ที่จะต้องมีค่าไม่เกิน 50 W/m<sup>2</sup> และ 15 W/m<sup>2</sup> ตามข้อกำหนด จึงต้องหาแนวทางปรับปรุง และดำเนินการแก้ไข

ทั้งนี้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารนอกจากจะขึ้นอยู่กับทิศที่ตั้ง ยังขึ้นอยู่กับพื้นที่และชนิดของผนัง โปร่งแสงอีกด้วย ซึ่งสามารถแสดงค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่สัมพันธ์กับพื้นที่ผนัง โปร่งแสงแต่ละประเภทและสัดส่วนของพื้นที่ผนัง โปร่งแสงต่อผนังทั้งหมด (Window to Wall Ratio: WWR) ของแต่ละด้านได้แสดงดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังกับพื้นที่ผนังโปร่งแสงแต่ละประเภทและสัดส่วนของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อผนังทั้งหมด (WWR) ของแต่ละด้าน

| ทิศ      | ค่า OTTV และ RTTV   |             | พื้นที่ผนังโปร่งแสงแต่ละประเภท |                   | สัดส่วนของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อผนังทั้งหมด (%) |
|----------|---------------------|-------------|--------------------------------|-------------------|---|
|          | (W/m <sup>2</sup> ) |             | (m <sup>2</sup> )              |                   |   |
|          | มาตรฐาน             | ตรวจวัดจริง | กระจกใส                        | กระจก Silver blue |   |
| เหนือ    | 50                  | 58.78       | 201.6                          | 499.2             | 52.24   |
| ตะวันออก | 50                  | 60.36       | 97.9                           | 686.6             | 58.60   |
| ตะวันตก  | 50                  | 71.83       | 201.6                          | 483.6             | 71.94   |
| ใต้      | 50                  | 65.65       | 297.6                          | 483.6             | 56.81   |
| หลังคา   | 15                  | 58.37       | -                              | 420.3             | 27.01   |

เมื่อพิจารณาถึงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารในแต่ละทิศแล้ว พบว่าทุกทิศมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมสูงกว่ามาตรฐาน (50 W/m<sup>2</sup>) โดยทิศตะวันตกมีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังสูงสุดเท่ากับ 71.83 W/m<sup>2</sup> ทั้งนี้เนื่องมาจากสัดส่วนผนังโปร่งแสงต่อผนังทั้งหมดมีค่าสูงถึง 71.94% ในด้านทิศใต้ซึ่งเป็นทิศรับแสงตลอดทั้งวันประกอบกับอาคารออกแบบให้มีพื้นที่โปร่งแสงมากค่าการถ่ายเทความร้อนรวมในทิศนี้จึงมีค่าสูงเป็นอันดับรองลงมา มีค่าเท่ากับ 65.65 W/m<sup>2</sup> อย่างไรก็ตามในทิศตะวันออกของอาคารมีการออกแบบผนังโปร่งแสงที่มีลักษณะแนวลาดเอียงเพื่อเชื่อมต่อกับบ่อน้ำด้านหลัง ซึ่งเป็นการออกแบบตกแต่งทางภูมิสถาปัตยกรรมที่ 4.33 จึงส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมมีค่าเท่ากับ 60.36 W/m<sup>2</sup> ในด้านทิศเหนือแม้จะเป็นทิศอับแสงแต่เนื่องจากการออกแบบให้มีพื้นที่ผนังโปร่งแสงในสัดส่วนที่สูงจึงส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมมีค่าเท่ากับ 58.78 W/m<sup>2</sup> ในส่วนของการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา (RTTV) มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (15 W/m<sup>2</sup>) มาก อันเป็นผลมาจากการออกแบบให้อาคารมีพื้นที่หลังคาที่เป็นวัสดุโปร่งแสงจำนวนมากจึงส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคามีค่าสูงถึง 58.37 W/m<sup>2</sup>

ทั้งนี้แนวทางในการลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารนั้นสามารถทำได้หลายแนวทาง เช่น การติดฟิล์มกรองแสงเพื่อลดการสะสมความร้อนของกระจกและเพิ่มค่าการสะท้อนรังสีอาทิตย์ การติดตั้งกันสาดแนวนอนหรือแนวตั้งเพื่อลดปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบกระจก การลดพื้นที่ผนังโปร่งแสง รวมถึงการติดกันสาดภายนอก (External Shading) และการเพิ่มฉนวน เป็นต้น ซึ่งในการปรับปรุงในส่วนของกรอบอาคารทุกรูปแบบมีการลงทุนสูง ดังนั้นการ

วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะต้องพิจารณาควบคู่กับวิธีการที่เหมาะสมทางวิศวกรรมและภูมิสถาปัตย์ การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมและดำเนินการแก้ไขปรับปรุง เพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารของอาคารสำนักงานธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 และทำการวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ทางการเงินด้วย

#### 4.2.2 แนวทางการปรับปรุง และแก้ไขกรอบอาคาร

ในการแก้ไขกรอบอาคารจะใช้วิธีแบบผสมผสานและนำหลักการอนุรักษ์พลังงานจากธรรมชาติเข้ามาช่วยในการลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร โดยการสร้างสภาพแวดล้อมให้มีความร่มรื่น ทั้งการติดฟิล์มกรองแสง การลดพื้นที่กระจก พร้อมทั้งการปรับแต่งอาคารให้มีความสวยงามและอนุรักษ์พลังงาน โดยสามารถทำการแก้ไขระบบกรอบผนังและหลังคาของอาคารได้ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 4.2.2.1 แนวทางการปรับปรุงระบบกรอบอาคารส่วนของผนังและหลังคา

ในการปรับปรุงผนังของอาคารให้มีความการถ่ายเทความร้อนรวม สามารถเลือกใช้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ โดยพิจารณาเลือกใช้วัสดุที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปและการตกแต่งที่ไม่ทำให้อาคารเปลี่ยนแปลงรูปลักษณะไปจากเดิมมากนัก เพื่อคงความสวยงามทางสถาปัตยกรรมเป็นหลัก โดยมีแนวทางการปรับปรุงกรอบอาคารในส่วนของผนัง โดยการลดพื้นที่กระจกทั้งสองประเภทด้วยโพลีเอทิลีนและการติดฟิล์มกรองแสง

ในการปรับปรุงหลังคาของอาคาร เพื่อให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมลดลงสามารถเลือกใช้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำหรือการลดพื้นที่ผนัง โปร่งแสงลงเนื่องจากค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาของอาคารมีค่าสูงกว่ามาตรฐานมาก โดยมีค่าเท่ากับ  $58.37 \text{ W/m}^2$  ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่ได้กำหนดค่าไม่เกิน  $15 \text{ W/m}^2$  สำหรับอาคารประเภทสำนักงาน โรงแรม สถานศึกษาและโรงพยาบาล รวมถึงสถานที่พักฟื้นตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 เพราะฉะนั้นค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบหลังคาของอาคารนี้ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ในการพิจารณาจะเลือกใช้วัสดุที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป และมีการตกแต่งที่ไม่ทำให้อาคารเปลี่ยนแปลงรูปลักษณะไปจากเดิมมากนัก เพื่อคงความสวยงามทางสถาปัตยกรรม จึงเลือกแนวทางการปรับปรุงส่วนของหลังคาโดยการลดพื้นที่โปร่งแสงของหลังคาและการติดฟิล์มกรองแสง

### 4.3 หลังปรับปรุง

ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ได้ดำเนินการปรับปรุงกรอบอาคารและหลังคาเพื่อปรับปรุงค่าถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคา โดยผลการดำเนินการดังนี้

#### 4.3.1 รายละเอียดการวิเคราะห์ค่า OTTV จากโปรแกรม OTTVEE

##### 4.3.1.1 การลดพื้นที่กระจกทั้งสองประเภทด้วยโพลีเอทิลีนและการติดฟิล์มกรองแสง

การปรับปรุงแนวทางนี้เป็นแบบเฉพาะส่วน สำหรับการติดฟิล์มกรองแสงและลดพื้นที่กระจก โดยการติดฟิล์มกรองแสง ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดเท่ากับ 0.25 บริเวณพื้นที่ผนังโปร่งแสงเฉพาะทิศตะวันตกเพียงทิศเดียว ซึ่งมีพื้นที่โปร่งแสงเท่ากับ 685.2 m<sup>2</sup> ทิศนี้เป็นด้านหน้าของอาคารที่ต้องการภาพลักษณ์ที่สวยงาม ในด้านทิศอื่นๆ นั้นจะทำการติดแผ่นฉนวน โพลีเอทิลีน (Poly Eatheline Foam) ที่มีความหนาชั้นละ 5 mm. จำนวน 2 ชั้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity : k) เท่ากับ 0.029 W/m<sup>2</sup>.<sup>0</sup>C ค่าความหนาแน่น (Density) 45 kg/m<sup>3</sup> ในจำนวน 1/2 ส่วนของผนังโปร่งแสงของแต่ละชั้นในแต่ละทิศ รวมเป็นพื้นที่ในการติดตั้งฉนวนทั้งหมด 1,066.7 m<sup>2</sup> ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังมีค่าเท่ากับ 43.99 W/m<sup>2</sup> โดยมีค่าการทำความเย็นของกรอบอาคารรวมหลังดำเนินการปรับปรุง 751,046.90 Btu/hr ซึ่งลดภาระการทำความเย็นถึง 30.77% ดังรายละเอียดตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 OTTV ผนังแต่ละด้านหลังปรับปรุง จาก โปรแกรม OTTVEE

| รายละเอียดค่า OTTV           |         |              |              |                        |                              |
|------------------------------|---------|--------------|--------------|------------------------|------------------------------|
| ทิศ                          | ผนังทึบ | ผนังโปร่งแสง | รวม          | หน่วย                  | ภาระการทำความเย็น<br>BTU/hr. |
| ทิศ N                        | 30.34   | 72.92        | 41.47        | W/m <sup>2</sup>       | 189,618.31                   |
| ทิศ E                        | 30.19   | 68.97        | 40.14        | W/m <sup>2</sup>       | 183,331.55                   |
| ทิศ S                        | 30.21   | 57.86        | 43.51        | W/m <sup>2</sup>       | 203,963.86                   |
| ทิศ W                        | 27.32   | 63.85        | 53.62        | W/m <sup>2</sup>       | 174,133.18                   |
| <b>OTTV ของอาคารสำนักงาน</b> |         |              | <b>43.99</b> | <b>W/m<sup>2</sup></b> | <b>751,046.90</b>            |

ผลการวิเคราะห์ค่า OTTV ของผนังแต่ละด้านด้วยโปรแกรม OTTVEE พบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออก และทิศใต้ ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ประเภทอาคารสำนักงานซึ่งจะต้องมีค่าไม่เกิน 50 W/m<sup>2</sup> ในขณะที่ผนังด้านทิศตะวันตกมีค่า OTTV สูงกว่า

เกณฑ์ แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ OTTV รวมของอาคารพบว่า อาคารธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ มีค่า OTTV หลังการปรับปรุงผนังผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

#### 4.3.2 รายละเอียดการวิเคราะห์ค่า RTTV จากโปรแกรม OTTVEE

4.3.2.1 การปรับปรุงโดยการลดพื้นที่โปร่งแสงของหลังคาและการติดฟิล์มกรองแสง การลดพื้นที่โปร่งแสงของหลังคา จะใช้ฉนวนโพลีคาร์บอเนตทาสีอ่อนซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity : k) เท่ากับ  $0.029 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  ค่าความหนาแน่น (Density) เท่ากับ  $45 \text{ kg/m}^3$  หนาชั้นละ 5 mm. จำนวน 10 ชั้น ความหนา 50 mm. ปิดบริเวณหลังคาเพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ซึ่งจะลดพื้นที่โปร่งแสงลงได้  $210.2 \text{ m}^2$  คิดเป็น 1/2 ส่วนของพื้นที่โปร่งแสงของหลังคาทั้งหมด ทั้งนี้หลังคาโปร่งแสงในส่วนที่เหลือจะติดฟิล์มกรองแสง ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดเท่ากับ 0.25 ซึ่งจะทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาลดลง มีค่าเท่ากับ  $14.67 \text{ W/m}^2$  ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 RTTV หลังการปรับปรุงโดยการลดพื้นที่กระจกและการติดฟิล์มกรองแสงบริเวณหลังคา

| รายละเอียดค่า RTTV           |         |              |              |                                  |
|------------------------------|---------|--------------|--------------|----------------------------------|
|                              | ผนังทึบ | ผนังโปร่งแสง | รวม          |                                  |
| หลังคา                       | 11.29   | 43.15        | 14.67        | $\text{W/m}^2$                   |
| <b>RTTV ของอาคารสำนักงาน</b> |         |              | <b>14.67</b> | <b><math>\text{W/m}^2</math></b> |

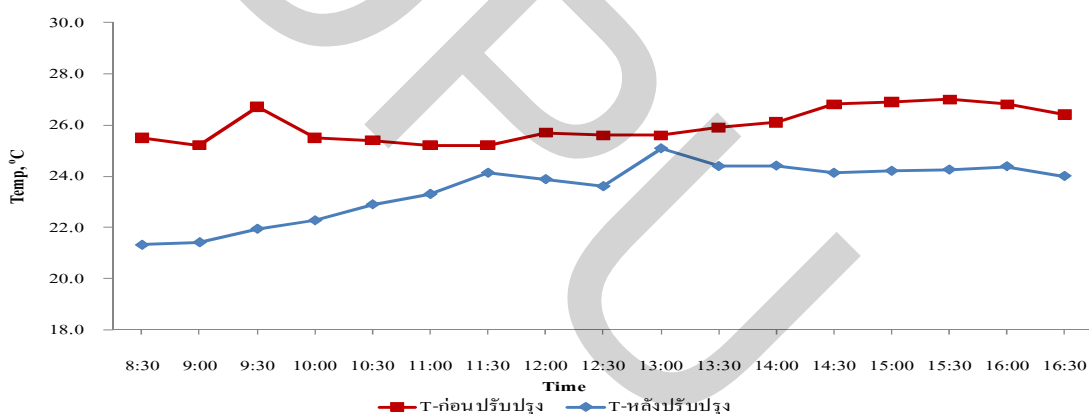
#### 4.3.3 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิกรอบอาคารหลังการปรับปรุง

ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ ได้ดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา ด้วยการลดพื้นที่กระจกและการติดฟิล์มกรองแสง โดยทำการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิผิวกระจกทิศต่างๆ และหลังคา

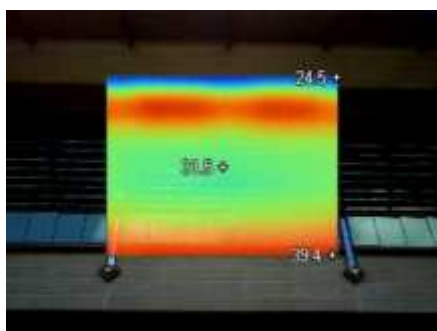
##### 4.3.3.1 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผนังหลังการปรับปรุง

หลังการดำเนินการปรับปรุงผนังอาคาร ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ โดยการลดพื้นที่กระจกทั้งสองประเภทด้วยโพลีเอทิลีนและการติดฟิล์มกรองแสง เมื่อทำการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายใน ด้วยเครื่องมือบันทึกค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Testo 174) และกล้องถ่ายภาพความร้อน (Fluke Ti25 Thermal Imager) (รูปที่ 4.33, 4.35 4.37 และ 4.39) ค่าการตรวจวัดอุณหภูมิภายในผิวกระจกหลังปรับปรุงด้านทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออก และ ตะวันตกมีแนวโน้มต่ำกว่าอุณหภูมิภายในผิวกระจกก่อนปรับปรุงด้านทิศเหนือ (รูปที่ 4.33)

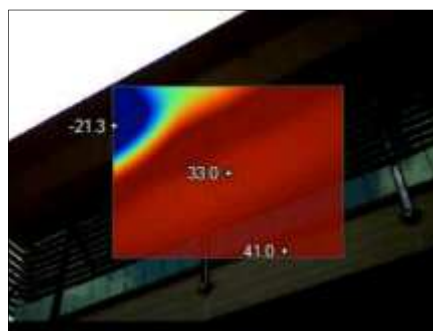
อุณหภูมิภายในผิวกระจกหลังปรับปรุงด้านทิศเหนือในขณะช่วงเวลา 12:30 - 13:00 น. มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในผิวกระจกเป็นผลเนื่องจากภาวะโหลดของอาคารที่เพิ่มขึ้นจากผู้ใช้งานที่กลับเข้าสู่อาคารหลังจากพักกลางวันและจะค่อยๆปรับลดจนคงที่ในระดับ  $23^{\circ}\text{C}$  ในด้านทิศใต้ อุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคาร (รูปที่ 4.35) ก่อนปรับปรุงมีแนวโน้มการแกว่งตัวของอุณหภูมิจนมีค่าใกล้เคียงกับค่าหลังปรับปรุงในบางช่วงเวลา เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ก่อนปรับปรุงอากาศเย็นมีฝนตกสลับกับแดดออกในช่วงเวลา ในขณะที่หลังปรับปรุงในช่วงกลางวันอากาศร้อนมาก กลางคืนอากาศเย็นไม่มีฝนตก หลังดำเนินการปรับปรุง เมื่ออาคารเปิดระบบปรับอากาศ อุณหภูมิผิวกระจกภายในหลังปรับปรุงมีแนวโน้มลดลงจากค่าที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงเช้า โดยมีแนวโน้มในการรักษาระดับอุณหภูมิไว้ที่  $25-26^{\circ}\text{C}$  ตั้งแต่เวลา 10:00 น. ส่วนหนึ่งเป็นผลจากการปรับอากาศดึงภาวะโหลดความร้อนออกจากอาคาร อีกทั้งการลดพื้นที่กระจกที่ช่วยด้านการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ทำให้รังสีความร้อนที่ตกกระทบมีการถ่ายเทความร้อนเข้าอาคารน้อยลง ส่งผลให้อาคารมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศที่น้อยลง



รูปที่ 4.33 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศเหนือ

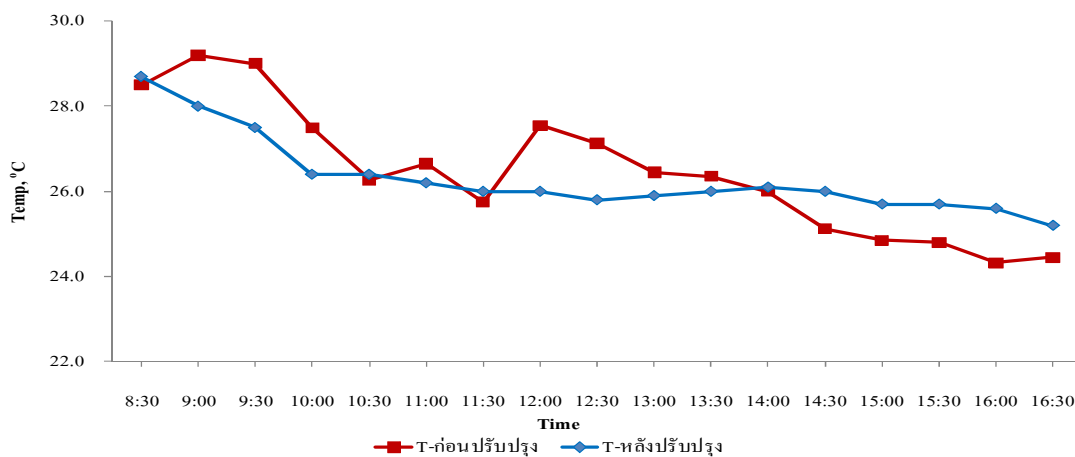


ผนังกระจกด้านนอกเวลาเช้า (11:16 น.)



ผนังกระจกด้านนอกเวลาเช้า (11:17 น.)

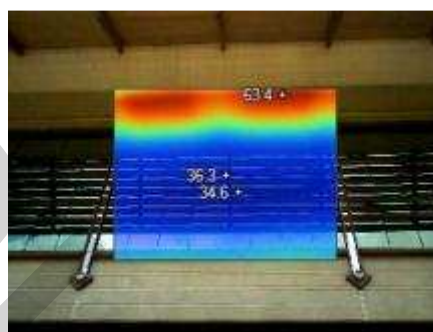
รูปที่ 4.34 ภาพถ่ายอุณหภูมิภายในผิวกระจกด้านทิศเหนือ หลังปรับปรุง



รูปที่ 4.35 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศใต้

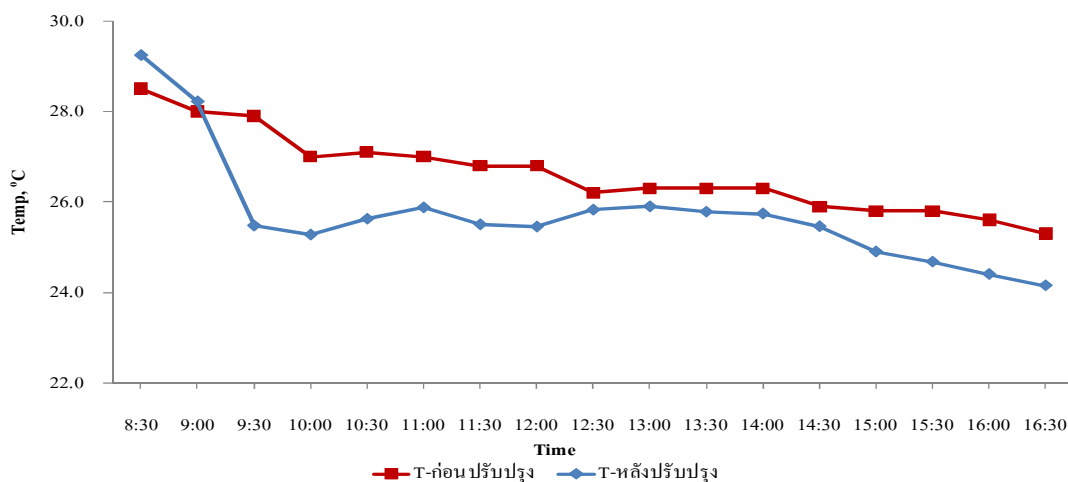


ผนังกระจกด้านในเวลาเช้า (10:31 น.)



ผนังกระจกด้านนอกเวลาเช้า (11:27 น.)

รูปที่ 4.36 ภาพถ่ายอุณหภูมิผิวกระจกด้านทิศใต้หลังปรับปรุง

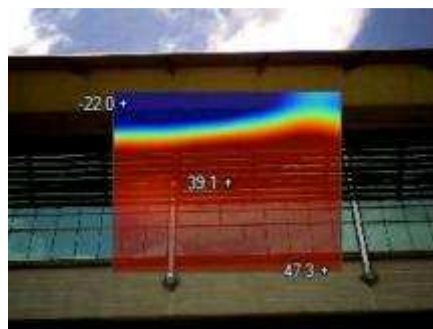


รูปที่ 4.37 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศตะวันออก



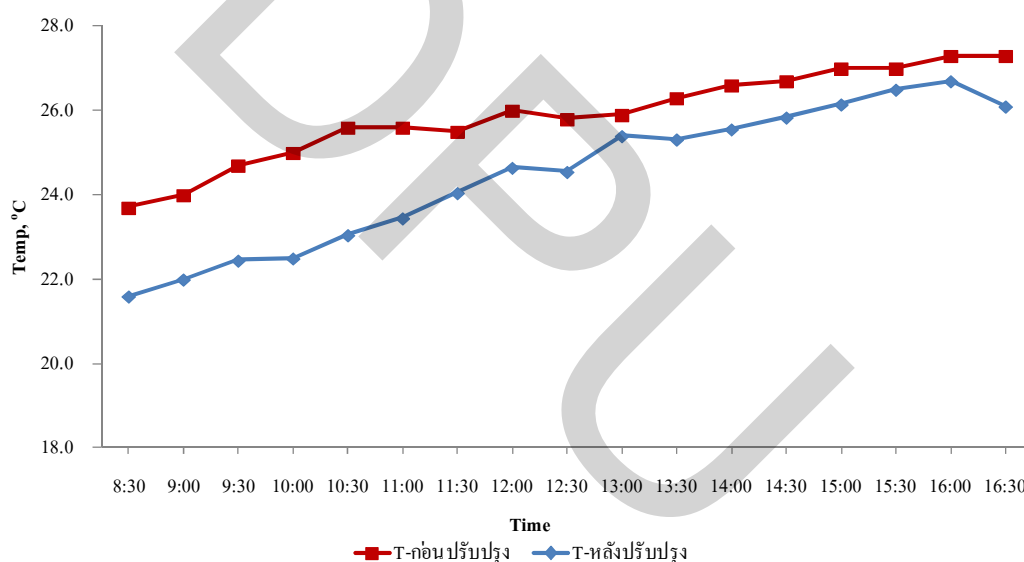


ผนังกระจกลาดเอียงด้านนอก (10:53 น.)



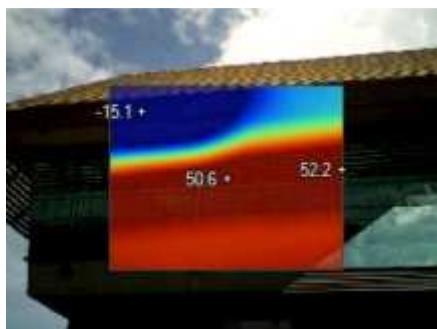
ผนังกระจกตั้งฉากด้านนอก (10:53 น.)

รูปที่ 4.38 ภาพถ่ายอุณหภูมิของกระจกด้านทิศตะวันออก หลังปรับปรุง



รูปที่ 4.39 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในผิวกระจกอาคารด้านทิศตะวันตก

อุณหภูมิภายในผิวกระจกทั้งก่อนและหลังปรับปรุงด้านตะวันตก (รูปที่ 4.39) มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ตั้งแต่เวลา 8:30 น. เนื่องจากทิศนี้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังมากที่สุด แต่เมื่อดำเนินการปรับปรุงผนังอาคารในทิศนี้ ค่าอุณหภูมิภายในผิวกระจกหลังปรับปรุงต่ำกว่าค่าอุณหภูมิปรับปรุง



ผนังกระจกด้านนอกซ้ายบนเวลาเช้า

(11:30 น.)



ผนังกระจกด้านนอกขวาบนเวลาเช้า

(11:31 น.)



ผนังกระจกด้านนอกซ้ายล่างเวลาเช้า

(10:03 น.)



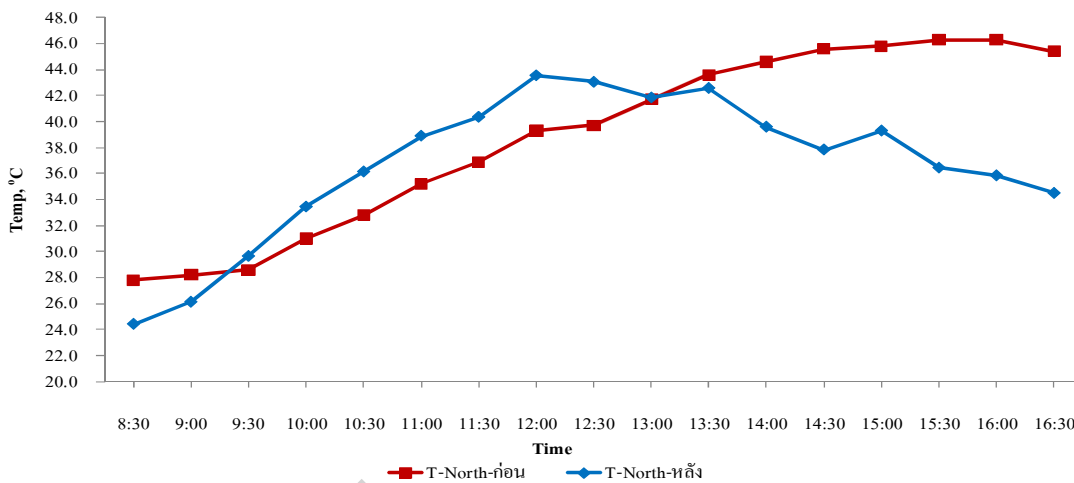
ผนังกระจกด้านนอกขวาล่างเวลาเช้า

(10:04 น.)

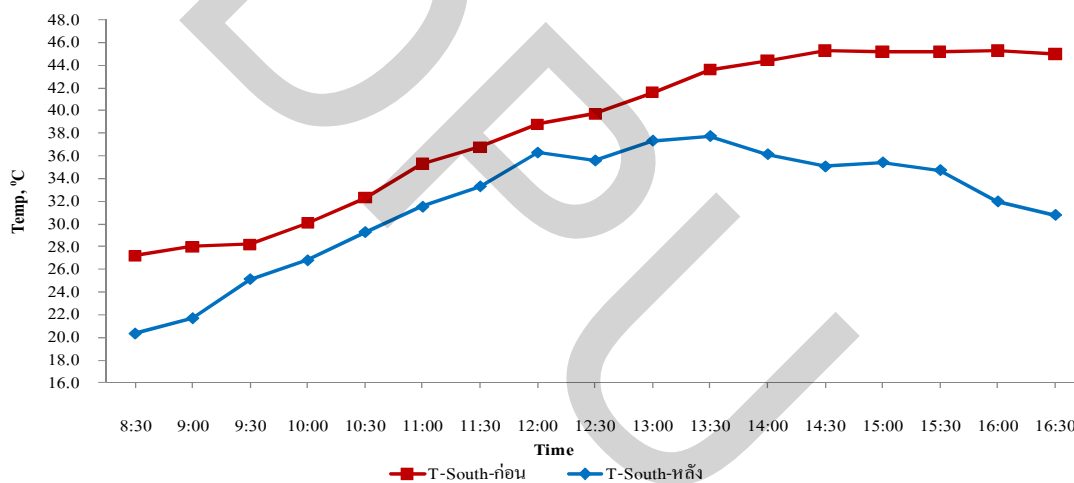
#### รูปที่ 4.40 ภาพถ่ายอุณหภูมิผิวกระจกด้านทิศตะวันตก หลังปรับปรุง

##### 4.3.3.2 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิหลังคาหลังการปรับปรุง

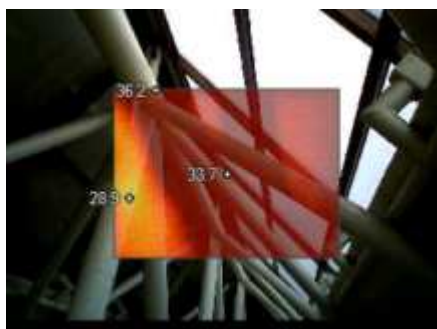
เมื่อวิเคราะห์ผลการตรวจวัดอุณหภูมิหลังปรับปรุงหลังคาด้านทิศเหนือ (รูปที่ 4.41) พบว่าอุณหภูมิภายในหลังคาหลังปรับปรุงมีในช่วงเวลา 9:30 – 13:00 น. มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิก่อนปรับปรุง 2-4 °C และมีค่าใกล้เคียงในบางช่วงเวลา เนื่องจากสภาพภูมิอากาศหลังปรับปรุงช่วงกลางวันอากาศค่อนข้างร้อนมากกว่าสภาพภูมิอากาศก่อนปรับปรุง ในขณะที่ก่อนปรับปรุงมีสภาพภูมิอากาศเย็น และมีฝนตกสลับกับแดดออก ส่วนในช่วงบ่ายมีแนวโน้มอุณหภูมิภายในหลังคาหลังปรับปรุงลดลงจนถึงช่วงเวลา 16:30 น. ในขณะที่อุณหภูมิภายในหลังคา ก่อนปรับปรุงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับด้านทิศใต้ (รูปที่ 4.42) ที่อุณหภูมิภายในหลังคาหลังปรับปรุงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลา 8:30 - 13:00 น. หลังจากนั้นอุณหภูมิมีการลดลงอย่างคงที่ตลอดจนถึงเวลา 16:30 น. การที่บริเวณผิวกระจกภายในหลังคามีค่าอุณหภูมิสะสมลดลงเป็นผลจากคุณสมบัติของฟิล์มกันความร้อนที่ป้องกันรังสีความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร



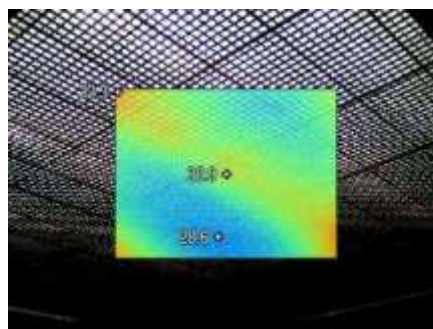
รูปที่ 4.41 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในหลังคาด้านทิศเหนือ



รูปที่ 4.42 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในหลังคาด้านทิศใต้



ฝ้าเพดานด้านนอกอาคารเวลาเช้า (9:17 น.)



หลังคาด้านในอาคารเวลาเช้า (10:37 น.)

รูปที่ 4.43 ภาพถ่ายอุณหภูมิหลังคาหลังปรับปรุง

#### 4.3.4 การวิเคราะห์โครงการปรับปรุงอาคาร

##### 4.3.4.1 โครงการปรับปรุง OTTV ผนังอาคารสำนักงาน

โครงการปรับปรุงมีความคุ้มค่าในการลงทุน จากการวิเคราะห์โครงการที่มีระยะเวลาการคืนทุนที่มีความเหมาะสมไม่เกิน 5 ปี การปรับปรุงด้วยแนวทางนี้จะทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเป็นไปตามหลักเกณฑ์ และครอบคลุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และ 2550 แนวทางการใช้ฟิล์มกรองแสงเฉพาะด้านทิศตะวันตกที่เป็นทางเข้าด้านหน้า เพื่อให้ภาพลักษณ์ของอาคารมีความสวยงาม และใช้แผ่นฉนวนโพลีเอทิลีนในการลดพื้นที่กระจกกระจายไปตามทิศต่างๆ ของอาคารจึงไม่ก่อให้เกิดความรู้สึกไม่สบายกับบุคลากร จากการติดแผ่นฉนวนในลักษณะครึ่งล่างของผนังโปร่งแสงของแต่ละชั้นจึงสามารถมองเห็นทัศนียภาพด้านนอกได้เช่นเดิม และลดภาระความร้อนด้วยการนำน้ำตกจำลองบริเวณผนังลาดเอียงด้านทิศตะวันออก รวมทั้งมูลค่าในการลงทุนนั้นก็อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งมีค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้น 671,666 บาท โดยมีระยะเวลาคืนทุนของโครงการที่ 2 ปี 11 เดือน ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การประมาณค่าใช้จ่ายการลดพื้นที่กระจกทั้งสองประเภทด้วยโพลีเอทิลีนและการติดฟิล์มกรองแสง

| รายการ                                 | จำนวน<br>(หน่วย)              | ราคา/หน่วย<br>(บาท)          | รวมค่าใช้จ่าย<br>(บาท) |
|--|-------------------------------|------------------------------|------------------------|
| ฟิล์มกรองแสงรุ่น P18 ARL รวมค่าติดตั้ง | 685.2 m <sup>2</sup>          | 750 บาท/ชั้น                 | 513,900                |
| ฉนวน PE                                | 911.7 m <sup>2</sup> * 2 ชั้น | 5,000 บาท/ 90 m <sup>2</sup> | 105,000                |
| ค่าแรงในการติดตั้งฉนวน PE              | 5 คน x 10 วัน                 | 189 บาท/คน/วัน               | 15,120                 |
| ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด 5%                 | -                             | -                            | 37,646                 |
| รวม                                    |                               |                              | 671,666                |

เนื่องจากค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER) ของระบบปรับอากาศอาคารนี้มีค่าเท่ากับ 8.99 ค่าดังกล่าวสามารถนำมาคิดผลประหยัดจากการลดลงของค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบผนังของอาคารก่อนปรับปรุงมีค่า 63.57 W/m<sup>2</sup> และเมื่อทำการปรับปรุงโดยลดพื้นที่กระจกทั้งสองประเภทด้วยโพลีเอทิลีนและการติดฟิล์มกรองแสง ค่า OTTV หลังปรับปรุงมีค่าลดลงเป็น 43.99 W/m<sup>2</sup> ซึ่งเป็นไปตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และ 2550 หรือคิดเป็นกำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 37.20 kW เมื่อเทียบคำนวณกับค่า EER เฉลี่ยของ

เครื่องปรับอากาศในอาคาร ในกรณีอาคารทำงานวันละ 8 ชั่วโมง/วัน ใน 261 วัน/ปี ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จะเป็น 77,673.60 kWh/ปี หรือคิดเป็น 233,020.80 บาท/ปี (ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3.00 บาท/kWh)

ดังนั้นสามารถทำการวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุน โครงการด้านการเงิน จากสมการที่ 3.10 โดยการคำนวณสามารถสรุปผลได้ดังนี้

$$Pb = \frac{I}{\sum B_n}$$

$$= 671,666 / 233,020.8$$

$$= 2 \text{ ปี } 11 \text{ เดือน}$$

#### 4.3.4.2 โครงการปรับปรุง RTTV หลังคาอาคารสำนักงาน

การปรับปรุงด้วยแนวทางนี้ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเป็นไปตามหลักเกณฑ์ และครอบคลุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และ 2550 มีความคุ้มค่าในการลงทุน ด้วยระยะเวลาการคืนทุนของโครงการ 6.5 เดือน โดยการลดพื้นที่โปรงแสงของหลังคาและการติดฟิล์มที่มีค่าใช้จ่ายรวม 111,253 บาท ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การประมาณค่าใช้จ่ายค่าลงทุนอุปกรณ์และแรงงานในการปรับปรุงหลังคาอาคารด้วยการลดพื้นที่โปรงแสงของหลังคาและการติดฟิล์ม

| รายการ                                 | จำนวน<br>(หน่วย)               | ราคา/หน่วย<br>(บาท)          | รวมค่าใช้จ่าย<br>(บาท) |
|--|--------------------------------|------------------------------|------------------------|
| ฉนวน PE                                | 210.2 m <sup>2</sup> x 10 ชั้น | 5,000 บาท/ 90 m <sup>2</sup> | 12,000                 |
| ค่าแรงในการติดตั้งฉนวน PE              | 5 คน x 3 วัน                   | 189 บาท/คน/วัน               | 2,835                  |
| ฟิล์มกรองแสงรุ่น P18 ARL รวมค่าติดตั้ง | 210.2 m <sup>2</sup>           | 750 บาท/ชั้น                 | 78,825                 |
| ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด 5%                 | -                              | -                            | 17,593                 |
| รวม                                    |                                |                              | 111,253                |

เนื่องจากค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER) ของระบบปรับอากาศอาคารนี้มีค่าเท่ากับ 8.99 ซึ่งค่าดังกล่าวสามารถนำมาคิดผลประหยัดจากการลดลงของค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบหลังคาของอาคารก่อนปรับปรุงมีค่า 58.37W/m<sup>2</sup> และเมื่อทำการปรับปรุงโดยลดพื้นที่โปรงแสงของหลังคาและการติดฟิล์ม ค่า RTTV หลังปรับปรุงมีค่าลดลงเป็น 14.67 W/m<sup>2</sup> ซึ่ง

เป็นไปตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และ 2550 หรือคิดเป็นกำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 32.78 kW เมื่อเทียบคำนวณกับค่า EER เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศในอาคาร ในกรณีอาคารทำงานวันละ 8 ชั่วโมง/วันใน 261 วัน/ปี ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จะเป็น 68,444.64 kWh/ปี หรือคิดเป็น 205,334 บาท/ปี (ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3.00 บาท/kWh)

ดังนั้นสามารถทำการวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุน โครงการด้านการเงิน จากสมการที่ 3.10 โดยการคำนวณสามารถสรุปผลได้ดังนี้

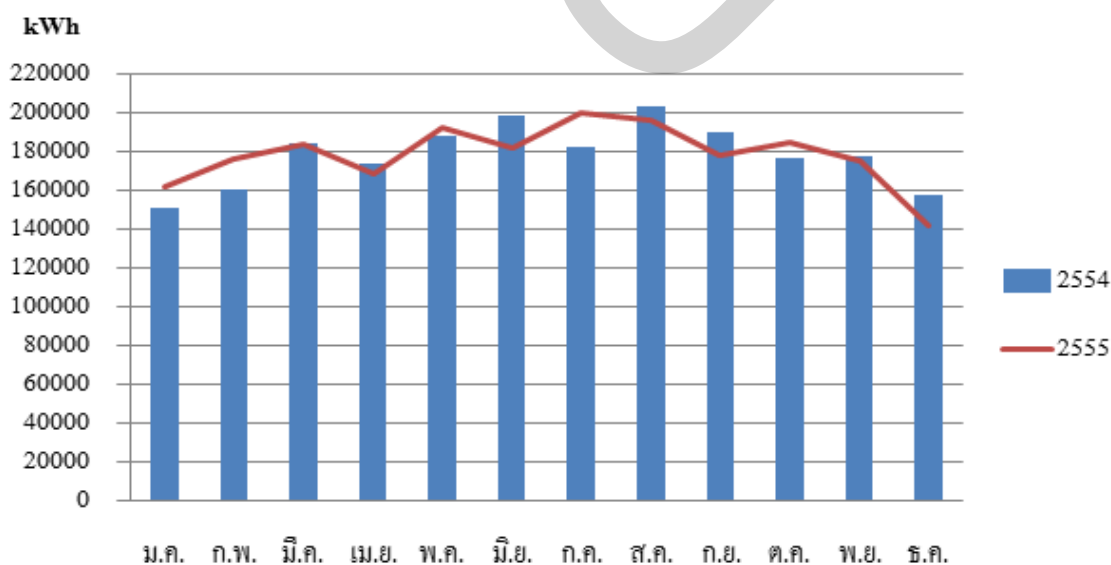
$$Pb = \frac{I}{\sum B_n}$$

$$= 111,253 / 205,334$$

$$= 6.5 \text{ เดือน}$$

#### 4.3.4.3 ผลการดำเนินโครงการ

อาคารได้ดำเนินการปรับปรุงระบบกรอบอาคารแล้วเสร็จในเดือนเมษายน 2554 (รูปที่ 4.44) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังดำเนินการมีแนวโน้มลดลง แต่เนื่องจากข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นข้อมูลที่รวมปริมาณกับอาคารอื่นที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงด้วย จึงอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าในบางเดือน การติดตั้งมิเตอร์แยก อาจช่วยในการประเมินผลการปรับปรุงได้ชัดเจน



รูปที่ 4.44 เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงาน ก่อน-หลังดำเนินการปรับปรุง

## บทที่ 5

### สรุปผล

#### 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 กำหนดเพื่อกำกับ ดูแล ส่งเสริม และช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้พลังงาน โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2535 ต่อมาในปี พ.ศ. 2538 ได้ประกาศใช้พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมและกฎกระทรวง ซึ่งมีข้อกำหนดรายละเอียดและวิธีการอนุรักษ์พลังงาน แต่อย่างไรก็ตามมีบทบัญญัติบางประการไม่เหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบัน จึงมีการแก้ไขเพิ่มเติมบทบัญญัติเป็น พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ขึ้นเพื่อให้อาคารใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และอนุรักษ์พลังงาน

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV และ RTTV) เป็นข้อกำหนดหนึ่งของอาคาร ที่ต้องดำเนินการให้เป็นไปตามกฎกระทรวงฯ ซึ่งจากการประเมินด้านการอนุรักษ์พลังงานของอาคารธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ โดยพิจารณาจากภาพถ่ายและแบบแปลนอาคารด้วยโปรแกรม OTTVEE พบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV  $63.57 \text{ W/m}^2$  และ RTTV  $58.37 \text{ W/m}^2$ ) ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และ พ.ศ. 2550 ดังแสดงในตารางที่ 5.1

**ตารางที่ 5.1** ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมกรอบอาคาร ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่

| รายการ   | ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ( $\text{W/m}^2$ ) |                       |
|--|--|-----------------------|
|  | ผนังด้านนอกอาคาร<br>(OTTV)                 | หลังคาอาคาร<br>(RTTV) |
| พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 1) พ.ศ. 2535 | 55   | 25                    |
| พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 | 50   | 15                    |
| ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือจังหวัดเชียงใหม่             | 63.57                                      | 58.37                 |

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTV และ RTTV) ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เป็นผลเนื่องจากรูปแบบโครงสร้างอาคาร ทิศทางการรับรังสีอาทิตย์ คุณสมบัติการต้านทานความร้อนเข้าสู่กรอบอาคารของวัสดุที่ต่างกัน และระบบปรับอากาศของอาคาร เพื่อให้อาคารดำเนินการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 จึงมีการดำเนินมาตรการเพื่อปรับปรุงแก้ไขระบบกรอบอาคาร โดยการลดพื้นที่กระจก และการติดฟิล์มกรองแสง โดยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารใหม่ และความเป็นไปได้ทางการเงินจากการปรับปรุง และแก้ไขระบบกรอบอาคารที่ได้จากการประเมินโครงการด้วยโปรแกรม OTTVEE ได้แสดงดังตารางที่ 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.2 OTTV และ RTTV หลังการปรับปรุงระบบกรอบอาคารจากโปรแกรม OTTVEE

| พื้นที่ปรับปรุง  | OTTV<br>(W/m <sup>2</sup> ) |          |        |         |         | RTTV<br>(W/m <sup>2</sup> ) |
|--|-----------------------------|----------|--------|---------|---------|-----------------------------|
|  | เหนือ                       | ตะวันออก | หลังคา | ตะวันตก | ผนังรวม | หลังคา                      |
| ส่วนของผนัง  |                             |          |        |         |         |                             |
| การลดพื้นที่กระจกทั้งสองประเภทด้วยโพลีเอทิลีนและการติดฟิล์มกรองแสง |                             |          |        |         |         |                             |
| ผนังทึบ  | 30.34                       | 30.19    | 30.21  | 27.32   | -       | -                           |
| ผนังโปร่งแสง   | 72.92                       | 68.97    | 57.86  | 63.85   | -       | -                           |
| รวม  | 41.47                       | 40.14    | 43.51  | 53.62   | 43.99   | -                           |
| ส่วนของหลังคา  |                             |          |        |         |         |                             |
| การปรับปรุงโดยการลดพื้นที่โปร่งแสงของหลังคาและการติดฟิล์มกรองแสง   |                             |          |        |         |         |                             |
| ผนังทึบ  | -                           | -        | -      | -       | -       | 11.29                       |
| ผนังโปร่งแสง   | -                           | -        | -      | -       | -       | 43.16                       |
| รวม  | -                           | -        | -      | -       | -       | 14.67                       |



ตารางที่ 5.3 ความเป็นไปได้ทางการเงินตามการดำเนินการปรับปรุงระบบกรอบอาคาร

| แนวทางการปรับปรุง  | ผลประหยัด<br>(kWh/ปี) | ค่าใช้จ่าย<br>(บาท) | ระยะเวลาคืนทุน<br>(ปี) |
|--|-----------------------|---------------------|------------------------|
| ส่วนของผนัง  |                       |                     |                        |
| - การลดพื้นที่กระจกทั้งสองประเภทด้วยโพลีเอทิลีนและการติดฟิล์มกรองแสง | 77,673.60             | 671,666             | 2 ปี 11 เดือน          |
| ส่วนของหลังคา  |                       |                     |                        |
| - การปรับปรุงโดยการลดพื้นที่โปร่งแสงของหลังคาและการติดฟิล์มกรองแสง   | 68,444.64             | 111,253             | 6.5 เดือน              |

การแก้ไขกรอบอาคารได้ใช้แนวคิดแบบผสมผสาน โดยแนวทางการปรับปรุงระบบกรอบอาคารในส่วนของผนังโดยการลดพื้นที่กระจกด้วยโพลีเอทิลีนและการติดฟิล์มกรองแสง ที่มีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 11 เดือน ส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังมีค่าเท่ากับ 43.99 W/m<sup>2</sup> จากการประเมินด้วยโปรแกรม OTTVEE ซึ่งเป็นไปตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่จะต้องมีค่าไม่เกิน 50 W/m<sup>2</sup> และครอบคลุมถึงพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 1) พ.ศ. 2535 ที่ต้องมีค่าไม่เกิน 55 W/m<sup>2</sup> ในส่วนแนวทางการปรับปรุงหลังคา โดยการลดพื้นที่โปร่งแสงของหลังคาและการติดฟิล์มกรองแสงที่มีระยะเวลาคืนทุน 6.5 เดือน ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังมีค่าเท่ากับ 14.67 W/m<sup>2</sup> ก็เป็นไปตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่ต้องมีค่าไม่เกิน 15 W/m<sup>2</sup> และครอบคลุมถึงพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 1) พ.ศ. 2535 ที่ต้องมีค่าไม่เกิน 25 W/m<sup>2</sup> เช่นกัน

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาทางด้านภาระการทำความเย็นที่เกิดจากกรอบอาคาร สามารถศึกษาในด้านอื่น ๆ ได้อีกดังนี้

1) การศึกษาภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการใช้ sky light ที่มีการนำแสงจากธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารเพื่อลดการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง โดยมุ่งเน้นการศึกษาที่ภาระการปรับอากาศ ที่เกิดขึ้นจากการใช้ sky light กับอาคาร ซึ่งส่งผลให้ภาระปรับอากาศสูงขึ้น และทำให้ระบบปรับอากาศมีการใช้ปริมาณพลังงานมากขึ้นกว่าที่ควร

2) การศึกษาพฤติกรรมกรรมการสะสมความร้อนของกรอบอาคาร และหลังคา โดยศึกษาวัสดุที่นำมาทำโครงสร้างกรอบอาคาร โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิกระจกที่เก็บบันทึกในแต่ละฤดูกาล ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศของอาคาร เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการวางมาตรการป้องกันภาระปรับอากาศในอาคารที่กำลังออกแบบเพื่อก่อสร้างจริงหรือปรับปรุงอาคารเก่าให้เกิดการประหยัดพลังงานที่ดีขึ้น

3) การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการปรับปรุงอาคาร หรือการออกแบบอาคารใหม่ โดยมุ่งเน้นการศึกษาการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการอนุรักษ์พลังงานของโครงการด้านเทคนิคเบื้องต้นด้วยโปรแกรม OTTVEE จากการค้ามาตรการที่ไม่มีการลงทุน เช่น การนำหลักการทางธรรมชาติมาใช้ในการลดการนำความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ด้วยการปลูกต้นไม้แบบแนวตั้ง การทำน้ำตกจำลอง ฯลฯ ควบคู่กับแนวทางการปรับปรุงอาคารจากการเลือกใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงมาทดแทน เพื่อเป็นเกณฑ์ให้เจ้าของอาคารตัดสินใจในการลงทุนก่อสร้างอาคาร

กรม  
การ  
การ  
การ

บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

#### หนังสือ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2552). รายงานพลังงานของประเทศไทย

กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). คู่มือมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงาน สำหรับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง (เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการตรวจประเมินอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลงเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย).

กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). คู่มือฝึกอบรมผู้ตรวจสอบการจัด

การพลังงาน(เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการพัฒนาผู้ตรวจสอบการจัด การพลังงาน). กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

#### วิทยานิพนธ์

อนุชา สิริธิโรจน์ (2542). การศึกษาความหนาและชนิดของวัสดุที่เหมาะสมสำหรับผนังอาคาร

(วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

รัฐศักดิ์ พรหมมาศ. (2543). การลดภาระการทำความเย็นของผนังปล่องระบายอากาศแสงอาทิตย์

ด้วยวิธีการคำนวณ OTTV (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จารุวรรณ ประภาทรงสิทธิ์. (2544). เทคนิคการออกแบบปรับปรุงระบบเปลือกอาคาร เพื่อการใช้

พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพกรณีศึกษา : อาคารสำนักงานธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่) กรุงเทพมหานคร (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีรศักดิ์ เชื้อวงษ์ชิงชล. (2546). โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือก

อาคาร และการออกแบบแผงบังแดดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศราวุฒิ ศรีนุศิษย์. (2549). *การปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษาอาคารโรงพยาบาลเลิดสิน (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

### เอกสารอื่น

พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538. (2538, 17 กรกฎาคม). มาตรา 3, ข้อ 1, 2. หน้า 1-2.

คู่มือคำอธิบายพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) สำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม (2552, 17 สิงหาคม). หน้า 1.

กฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552. (2552, 20 กุมภาพันธ์). เล่ม 126, ตอนที่ 12 ก. หน้า 9-13.

กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม พ.ศ. 2538. (2538, 15 พฤศจิกายน). เล่ม 112, ตอนที่ 46 ก. หน้า 2-3.

กรม  
การ  
การ

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา  
ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่  
ก่อนปรับปรุง โดยโปรแกรม OTTVEE

ตารางที่ 1 รายละเอียด OTTV ด้านทิศเหนือ

| N | รหัสรายการ    | ชนิดผนัง                 | พื้นที่<br>(sq.m) | U<br>(W/sq.m. ° C) | TD<br>(° C)      | SF    | SC    | Q<br>(Watt) |
|---|---------------|--------------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------|-------|-------------|
|   | รายการที่ - 1 | ผนังทึบ                  | 493.2             | 3.100              | 11.0             | -     | -     | 16,818.12   |
|   | รายการที่ -2  | ผนังทึบ                  | 36.7              | 1.600              | 11.0             | -     | -     | 646.27      |
|   | รายการที่ -3  | ผนังทึบ                  | 23.0              | 2.100              | 11.0             | -     | -     | 532.22      |
|   | รายการที่ -4  | ผนังทึบ                  | 86.4              | 1.600              | 11.0             | -     | -     | 1,520.64    |
|   | รายการที่ -5  | ผนังโปร่งแสง             | 100.8             | 5.600              | 9.0              | 111.4 | 0.420 | 9,794.86    |
|   | รายการที่ -6  | ผนังโปร่งแสง             | 100.8             | 5.600              | 9.0              | 111.4 | 0.420 | 9,794.86    |
|   | รายการที่ -7  | ผนังโปร่งแสง             | 499.2             | 5.600              | 9.0              | 111.4 | 0.261 | 39,668.91   |
|   | รวม           | พื้นที่ผนังทึบ           | 639.3             |                    | m <sup>2</sup>   |       |       |             |
|   |               | Q ของผนังทึบ             | 19,517.25         |                    | W                |       |       |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังทึบ      | 30.53             |                    | W/m <sup>2</sup> |       |       |             |
|   |               | พื้นที่ผนังโปร่งแสง      | 700.8             |                    | m <sup>2</sup>   |       |       |             |
|   |               | Q ของผนังโปร่งแสง        | 59,258.63         |                    | W                |       |       |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง | 84.56             |                    | W/m <sup>2</sup> |       |       |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังด้านนี้  | 58.78             |                    | W/m <sup>2</sup> |       |       |             |



ตารางที่ 2 รายละเอียด OTTV ด้านทิศตะวันออก

| E | รหัสรายการ    | ชนิดผนัง                 | พื้นที่<br>(sq.m) | U<br>(W/sq.m. ° C) | TD<br>(° C) | SF               | SC    | Q<br>(Watt) |
|---|---------------|--------------------------|-------------------|--------------------|-------------|------------------|-------|-------------|
|   | รายการที่ - 8 | ผนังทึบ                  | 420.2             | 3.100              | 11.0        | -                | -     | 14,330.18   |
|   | รายการที่ -9  | ผนังทึบ                  | 24.5              | 1.600              | 11.0        | -                | -     | 430.85      |
|   | รายการที่ -10 | ผนังทึบ                  | 23.0              | 2.100              | 11.0        | -                | -     | 532.22      |
|   | รายการที่ -11 | ผนังทึบ                  | 86.4              | 1.600              | 11.0        | -                | -     | 1,520.64    |
|   | รายการที่ -12 | ผนังโปร่งแสง             | 203.0             | 5.600              | 9.0         | 179.0            | 0.146 | 15,537.59   |
|   | รายการที่ -13 | ผนังโปร่งแสง             | 50.4              | 5.600              | 9.0         | 179.0            | 0.371 | 5,887.92    |
|   | รายการที่ -14 | ผนังโปร่งแสง             | 47.5              | 5.600              | 9.0         | 179.0            | 0.371 | 5,549.13    |
|   | รายการที่ -15 | ผนังโปร่งแสง             | 483.6             | 5.600              | 9.0         | 179.0            | 0.146 | 37,014.67   |
|   | รวม           | พื้นที่ผนังทึบ           |                   | 554.1              |             | m <sup>2</sup>   |       |             |
|   |               | Q ของผนังทึบ             |                   | 16,813.89          |             | W                |       |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังทึบ      |                   | 30.34              |             | W/m <sup>2</sup> |       |             |
|   |               | พื้นที่ผนังโปร่งแสง      |                   | 784.5              |             | m <sup>2</sup>   |       |             |
|   |               | Q ของผนังโปร่งแสง        |                   | 63,989.31          |             | W                |       |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง |                   | 81.57              |             | W/m <sup>2</sup> |       |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังด้านนี้  |                   | 60.36              |             | W/m <sup>2</sup> |       |             |

ตารางที่ 3 รายละเอียด OTTV ได้

| S | รหัสรายการ    | ชนิดผนัง                 | พื้นที่<br>(sq.m) | U<br>(W/sq.m. <sup>o</sup><br>C) | TD<br>( <sup>o</sup> C) | SF               | SC    | Q<br>(Watt) |
|---|---------------|--------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------|-------|-------------|
|   | รายการที่ -16 | ผนังทึบ                  | 446.5             | 3.100                            | 11.0                    | -                | -     | 15,225.31   |
|   | รายการที่ -17 | ผนังทึบ                  | 36.7              | 1.600                            | 11.0                    | -                | -     | 646.27      |
|   | รายการที่ -18 | ผนังทึบ                  | 23.0              | 2.100                            | 11.0                    | -                | -     | 532.22      |
|   | รายการที่ -19 | ผนังทึบ                  | 86.4              | 1.600                            | 11.0                    | -                | -     | 1,520.64    |
|   | รายการที่ -20 | ผนังโปร่งแสง             | 100.8             | 5.600                            | 9.0                     | 178.2            | 0.378 | 11,871.69   |
|   | รายการที่ -21 | ผนังโปร่งแสง             | 100.8             | 5.600                            | 9.0                     | 178.2            | 0.378 | 11,871.69   |
|   | รายการที่ -22 | ผนังโปร่งแสง             | 76.8              | 5.600                            | 9.0                     | 178.2            | 0.378 | 9,045.10    |
|   | รายการที่ -23 | ผนังโปร่งแสง             | 483.6             | 5.600                            | 9.0                     | 178.2            | 0.149 | 37,216.77   |
|   | รายการที่ -24 | ผนังโปร่งแสง             | 19.3              | 5.600                            | 9.0                     | 178.2            | 0.378 | 2,273.05    |
|   | รวม           | พื้นที่ผนังทึบ           |                   |                                  | 592.6                   | m <sup>2</sup>   |       |             |
|   |               | Q ของผนังทึบ             |                   |                                  | 17,924.44               |                  | W     |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังทึบ      |                   |                                  | 30.25                   | W/m <sup>2</sup> |       |             |
|   |               | พื้นที่ผนังโปร่งแสง      |                   |                                  | 781.3                   | m <sup>2</sup>   |       |             |
|   |               | Q ของผนังโปร่งแสง        |                   |                                  | 72,278.30               |                  | W     |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง |                   |                                  | 92.51                   | W/m <sup>2</sup> |       |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังด้านนี้  |                   |                                  | 65.65                   | W/m <sup>2</sup> |       |             |

ตารางที่ 4 รายละเอียด OTTV ด้านทิศตะวันตก

| W | รหัสรายการ     | ชนิดผนัง                 | พื้นที่<br>(sq.m) | U<br>(W/sq.m. <sup>o</sup><br>C) | TD<br>( <sup>o</sup> C) | SF               | SC    | Q<br>(Watt) |
|---|----------------|--------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------|-------|-------------|
|   | รายการที่ - 25 | ผนังทึบ                  | 149.3             | 3.100                            | 11.0                    | -                | -     | 5,090.45    |
|   | รายการที่ - 26 | ผนังทึบ                  | 36.7              | 1.600                            | 11.0                    | -                | -     | 646.27      |
|   | รายการที่ - 27 | ผนังทึบ                  | 23.0              | 2.100                            | 11.0                    | -                | -     | 532.22      |
|   | รายการที่ - 28 | ผนังทึบ                  | 57.6              | 1.600                            | 11.0                    | -                | -     | 1,013.76    |
|   | รายการที่ - 29 | ผนังโปร่งแสง             | 483.6             | 5.600                            | 9.0                     | 171.5            | 0.155 | 37,230.24   |
|   | รายการที่ - 30 | ผนังโปร่งแสง             | 100.8             | 5.600                            | 9.0                     | 171.5            | 0.396 | 11,926.85   |
|   | รายการที่ - 31 | ผนังโปร่งแสง             | 100.8             | 5.600                            | 9.0                     | 171.5            | 0.396 | 11,926.85   |
|   | รวม            | พื้นที่ผนังทึบ           |                   |                                  | 266.6                   | m <sup>2</sup>   |       |             |
|   |                | Q ของผนังทึบ             |                   |                                  | 7,282.70                | W                |       |             |
|   |                | ค่า OTTV ของผนังทึบ      |                   |                                  | 27.32                   | W/m <sup>2</sup> |       |             |
|   |                | พื้นที่ผนังโปร่งแสง      |                   |                                  | 685.2                   | m <sup>2</sup>   |       |             |
|   |                | Q ของผนังโปร่งแสง        |                   |                                  | 61,038.94               | W                |       |             |
|   |                | ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง |                   |                                  | 89.15                   | W/m <sup>2</sup> |       |             |
|   |                | ค่า OTTV ของผนังด้านนี้  |                   |                                  | 71.83                   | W/m <sup>2</sup> |       |             |

ตารางที่ 5 รายละเอียด RTTV ด้านหลังคา

| หลังคา | รหัสรายการ     | ชนิดผนัง                 | พื้นที่<br>(sq.m) | U<br>(W/sq.m. ° C) | TD<br>(° C)      | SF    | SC    | Q<br>(Watt) |
|--------|----------------|--------------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------|-------|-------------|
|        | รายการที่ - 32 | หลังคาทึบ                | 1,556.0           | 0.700              | 20.0             | -     | -     | 21,784.00   |
|        | รายการที่ - 33 | หลังคา<br>โปร่งแสง       | 420.3             | 5.600              | 20.0             | 370.0 | 0.299 | 93,571.39   |
|        | รวม            | พื้นที่ผนังทึบ           |                   | 1,556.00           | m <sup>2</sup>   |       |       |             |
|        |                | Q ของผนังทึบ             |                   | 21,784.00          | W                |       |       |             |
|        |                | ค่า OTTV ของผนังทึบ      |                   | 14.00              | W/m <sup>2</sup> |       |       |             |
|        |                | พื้นที่ผนังโปร่งแสง      |                   | 420.3              | m <sup>2</sup>   |       |       |             |
|        |                | Q ของผนังโปร่งแสง        |                   | 93,571.39          | W                |       |       |             |
|        |                | ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง |                   | 222.63             | W/m <sup>2</sup> |       |       |             |
|        |                | ค่า OTTV ของผนังด้านนี้  |                   | 58.37              | W/m <sup>2</sup> |       |       |             |

ภาคผนวก ข

ผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา  
ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่  
หลังปรับปรุง โดยโปรแกรม OTTVEE

ตารางที่ 1 รายละเอียด OTTV และ RTTV ด้านทิศเหนือ

| N | รหัสรายการ    | ชนิดผนัง                 | พื้นที่<br>(sq.m) | U<br>(W/sq.m. ° C) | TD<br>(° C) | SF               | SC    | Q<br>(Watt) |
|---|---------------|--------------------------|-------------------|--------------------|-------------|------------------|-------|-------------|
|   | รายการที่ - 1 | ผนังทึบ                  | 493.2             | 3.100              | 11.0        | -                | -     | 16,818.12   |
|   | รายการที่ -2  | ผนังทึบ                  | 36.7              | 1.600              | 11.0        | -                | -     | 646.27      |
|   | รายการที่ -3  | ผนังทึบ                  | 23.0              | 2.100              | 11.0        | -                | -     | 532.22      |
|   | รายการที่ -4  | ผนังทึบ                  | 86.4              | 1.600              | 11.0        | -                | -     | 1,520.64    |
|   | รายการที่ -5  | ผนังทึบ                  | 100.8             | 2.000              | 15.0        | -                | -     | 3,024.00    |
|   | รายการที่ -6  | ผนังโปร่งแสง             | 100.8             | 5.600              | 9.0         | 111.4            | 0.336 | 8,851.95    |
|   | รายการที่ -7  | ผนังทึบ                  | 249.6             | 2.000              | 15.0        | -                | -     | 7,488.00    |
|   | รายการที่ -8  | ผนังโปร่งแสง             | 249.6             | 5.800              | 9.0         | 111.4            | 0.132 | 16,698.12   |
|   | รวม           | พื้นที่ผนังทึบ           | 989.7             |                    |             | m <sup>2</sup>   |       |             |
|   |               | Q ของผนังทึบ             | 30,029.25         |                    |             | W                |       |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังทึบ      | 30.34             |                    |             | W/m <sup>2</sup> |       |             |
|   |               | พื้นที่ผนังโปร่งแสง      | 350.4             |                    |             | m <sup>2</sup>   |       |             |
|   |               | Q ของผนังโปร่งแสง        | 25,550.07         |                    |             | W                |       |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง | 72.92             |                    |             | W/m <sup>2</sup> |       |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังด้านนี้  | 41.47             |                    |             | W/m <sup>2</sup> |       |             |

ตารางที่ 2 รายละเอียด OTTV ด้านทิศตะวันออก

| E | รหัสรายการ    | ชนิดผนัง                 | พื้นที่<br>(sq.m) | U<br>(W/sq.m. °C) | TD<br>(°C)       | SF    | SC    | Q<br>(Watt) |
|---|---------------|--------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------|-------|-------------|
|   | รายการที่ -9  | ผนังทึบ                  | 420.2             | 3.100             | 11.0             | -     | -     | 14,330.18   |
|   | รายการที่ -10 | ผนังทึบ                  | 24.5              | 1.600             | 11.0             | -     | -     | 430.85      |
|   | รายการที่ -11 | ผนังทึบ                  | 23.0              | 2.100             | 11.0             | -     | -     | 532.22      |
|   | รายการที่ -12 | ผนังทึบ                  | 86.4              | 1.600             | 11.0             | -     | -     | 1,520.64    |
|   | รายการที่ -13 | ผนังทึบ                  | 101.5             | 2.000             | 15.0             | -     | -     | 3,045.00    |
|   | รายการที่ -14 | ผนังโปร่งแสง             | 101.5             | 5.800             | 5.0              | 179.0 | 0.132 | 5,342.28    |
|   | รายการที่ -15 | ผนังทึบ                  | 50.4              | 2.000             | 15.0             | -     | -     | 1,512.00    |
|   | รายการที่ -16 | ผนังทึบ                  | 47.5              | 2.000             | 15.0             | -     | -     | 1,425.00    |
|   | รายการที่ -17 | ผนังโปร่งแสง             | 241.8             | 5.800             | 9.0              | 179.0 | 0.132 | 18,336.49   |
|   | รายการที่ -18 | ผนังทึบ                  | 241.8             | 2.000             | 15.0             | -     | -     | 7,254.00    |
|   | รวม           | พื้นที่ผนังทึบ           | 995.3             |                   | m <sup>2</sup>   |       |       |             |
|   |               | Q ของผนังทึบ             |                   | 30,049.89         | W                |       |       |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังทึบ      |                   | 30.19             | W/m <sup>2</sup> |       |       |             |
|   |               | พื้นที่ผนังโปร่งแสง      | 343.3             |                   | m <sup>2</sup>   |       |       |             |
|   |               | Q ของผนังโปร่งแสง        |                   | 23,678.77         | W                |       |       |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง |                   | 68.97             | W/m <sup>2</sup> |       |       |             |
|   |               | ค่า OTTV ของผนังด้านนี้  |                   | 40.14             | W/m <sup>2</sup> |       |       |             |

ตารางที่ 3 รายละเอียด OTTV ได้

| S   | รหัสรายการ    | ชนิดผนัง                 | พื้นที่<br>(sq.m) | U<br>(W/sq.m. <sup>o</sup> C) | TD<br>( <sup>o</sup> C) | SF    | SC               | Q<br>(Watt) |
|-----|---------------|--------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------|-------|------------------|-------------|
|     | รายการที่ -19 | ผนังทึบ                  | 446.5             | 3.100                         | 11.0                    | -     | -                | 15,225.31   |
|     | รายการที่ -20 | ผนังทึบ                  | 36.7              | 1.600                         | 11.0                    | -     | -                | 646.27      |
|     | รายการที่ -21 | ผนังทึบ                  | 23.0              | 2.100                         | 11.0                    | -     | -                | 532.22      |
|     | รายการที่ -22 | ผนังทึบ                  | 86.4              | 1.600                         | 11.0                    | -     | -                | 1,520.64    |
|     | รายการที่ -23 | ผนังทึบ                  | 100.8             | 2.000                         | 15.0                    | -     | -                | 3,024.00    |
|     | รายการที่ -24 | ผนังโปร่งแสง             | 100.8             | 5.500                         | 6.0                     | 178.2 | 0.136            | 5,769.86    |
|     | รายการที่ -25 | ผนังโปร่งแสง             | 76.8              | 5.500                         | 6.0                     | 178.2 | 0.136            | 4,396.08    |
|     | รายการที่ -26 | ผนังโปร่งแสง             | 483.6             | 5.800                         | 9.0                     | 178.2 | 0.136            | 28,088.42   |
|     | รายการที่ -27 | ผนังทึบ                  | 19.3              | 2.000                         | 15.0                    | -     | -                | 579.00      |
| รวม |               | พื้นที่ผนังทึบ           |                   |                               | 712.7                   |       | m <sup>2</sup>   |             |
|     |               | Q ของผนังทึบ             |                   |                               | 21,527.44               |       | W                |             |
|     |               | ค่า OTTV ของผนังทึบ      |                   |                               | 30.21                   |       | W/m <sup>2</sup> |             |
|     |               | พื้นที่ผนังโปร่งแสง      |                   |                               | 661.2                   |       | m <sup>2</sup>   |             |
|     |               | Q ของผนังโปร่งแสง        |                   |                               | 38,254.36               |       | W                |             |
|     |               | ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง |                   |                               | 57.86                   |       | W/m <sup>2</sup> |             |
|     |               | ค่า OTTV ของผนังด้านนี้  |                   |                               | 43.51                   |       | W/m <sup>2</sup> |             |



ตารางที่ 4 รายละเอียด OTTV ด้านทิศตะวันตก

| W | รหัสรายการ     | ชนิดผนัง                 | พื้นที่<br>(sq.m) | U<br>(W/sq.m. °C) | TD<br>(°C) | SF               | SC    | Q<br>(Watt) |
|---|----------------|--------------------------|-------------------|-------------------|------------|------------------|-------|-------------|
|   | รายการที่ - 28 | ผนังทึบ                  | 149.3             | 3.100             | 11.0       | -                | -     | 5,090.45    |
|   | รายการที่ - 29 | ผนังทึบ                  | 36.7              | 1.600             | 11.0       | -                | -     | 646.27      |
|   | รายการที่ - 30 | ผนังทึบ                  | 23.0              | 2.100             | 11.0       | -                | -     | 532.22      |
|   | รายการที่ - 31 | ผนังทึบ                  | 57.6              | 1.600             | 11.0       | -                | -     | 1,013.76    |
|   | รายการที่ - 32 | ผนังโปร่งแสง             | 483.6             | 5.800             | 9.0        | 171.5            | 0.033 | 27,981.17   |
|   | รายการที่ - 33 | ผนังโปร่งแสง             | 100.8             | 6.100             | 9.0        | 171.5            | 0.033 | 7,885.25    |
|   | รายการที่ - 34 | ผนังโปร่งแสง             | 100.8             | 6.100             | 9.0        | 171.5            | 0.336 | 7,885.25    |
|   | รวม            | พื้นที่ผนังทึบ           | 266.6             |                   |            | m <sup>2</sup>   |       |             |
|   |                | Q ของผนังทึบ             | 7,282.70          |                   |            | W                |       |             |
|   |                | ค่า OTTV ของผนังทึบ      | 27.32             |                   |            | W/m <sup>2</sup> |       |             |
|   |                | พื้นที่ผนังโปร่งแสง      | 685.2             |                   |            | m <sup>2</sup>   |       |             |
|   |                | Q ของผนังโปร่งแสง        | 43,751.67         |                   |            | W                |       |             |
|   |                | ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง | 63.85             |                   |            | W/m <sup>2</sup> |       |             |
|   |                | ค่า OTTV ของผนังด้านนี้  | 53.62             |                   |            | W/m <sup>2</sup> |       |             |

ตารางที่ 5 รายละเอียด RTTV ด้านหลังคา

| Roof | รหัสรายการ     | ชนิดผนัง                   | พื้นที่<br>(sq.m) | U<br>(W/sq.m. ° C) | TD<br>(° C)      | SF    | SC    | Q<br>(Watt) |
|------|----------------|----------------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------|-------|-------------|
|      | รายการที่ - 33 | หลังคาทึบ                  | 1556.0            | 0.600              | 20               | -     | -     | 18,672      |
|      | รายการที่ - 34 | หลังคาโปร่งแสง             | 210.2             | 0.800              | 5                | 310.8 | 0.126 | 9,070.24    |
|      | รายการที่ - 35 | หลังคาทึบ                  | 210.2             | 0.300              | 20               | -     | -     | 1,260.90    |
|      | รวม            | พื้นที่หลังคาทึบ           | 1,766.2           |                    | m <sup>2</sup>   |       |       |             |
|      |                | Q ของหลังคาทึบ             | 19,932.90         |                    | W                |       |       |             |
|      |                | ค่า RTTV ของหลังคาทึบ      | 11.29             |                    | W/m <sup>2</sup> |       |       |             |
|      |                | พื้นที่หลังคาโปร่งแสง      | 210.2             |                    | m <sup>2</sup>   |       |       |             |
|      |                | Q ของหลังคาโปร่งแสง        | 9,070.24          |                    | W                |       |       |             |
|      |                | ค่า RTTV ของหลังคาโปร่งแสง | 43.15             |                    | W/m <sup>2</sup> |       |       |             |
|      |                | ค่า RTTV ของหลังคานี้      | 14.67             |                    | W/m <sup>2</sup> |       |       |             |

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล

นายธรรมรัตน์ มากทรัพย์

ประวัติการศึกษา

บริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาการจัดการคุณภาพ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา พ.ศ. 2548

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ช่างเทคนิคอาวุโส ระดับเจ้าหน้าที่  
ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานใหญ่

DPU