

การศึกษารูปแบบและวัสดุหน้าต่างที่มีผลต่อสมรรถนะทางด้านอุณหภูมิ

Investigating Influence of Different Materials on Window Thermal Performance

วชิระ แสงรัศมี¹ และ ธนัช ศรีพนม²

Vachira Sangrutsamee¹ and Tanut Sripanom²

¹ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

Faculty of Architecture, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

² คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

E-mail: vachira_s@rmutt.ac.th¹, sripanam_s@rmutt.ac.th²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อค้นหาประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนและเปรียบเทียบพฤติกรรมทางด้านอุณหภูมิของหน้าต่างที่มีชั้นและวัสดุแตกต่างกันโดยแบ่งเป็น 4 ชนิด คือ 1) หน้าต่างบานกระจกใสกรอบอลูมิเนียม 2) หน้าต่างบานกระจกใสกรอบไม้ 3) หน้าต่างบานและกรอบไม้ 4) หน้าต่างสองชั้นที่มีชั้นในเป็นหน้าต่างบานกระจกใสกรอบอลูมิเนียม ชั้นนอกเป็นหน้าต่างบานเกล็ดไม้เปิด-ปิดได้ การศึกษานี้วิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุและตรวจสอบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิพื้นผิววัสดุต่างๆ โดยสร้างหน้าต่างต้นแบบขนาด 1.00X0.50 เมตร ที่ติดตั้งในกล่องทดสอบที่บุแผ่นฉนวนโฟมห้าด้าน ทำการเก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง

ผลการทดสอบพบว่าค่าการต้านทานความร้อนของบานไม้สูงกว่าบานกระจกประมาณ 1.4 เท่า กล่องทดสอบหน้าต่างทั้งสี่แบบมีค่าอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยมีค่าอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบที่ 36.5–56.7 องศาเซลเซียส เวลา 13.00–14.40 น. และมีอุณหภูมิต่ำสุดที่ 25.0 องศาเซลเซียส เวลา 06.00 น. หน้าต่างบานกระจกใสกรอบอลูมิเนียมมีค่าอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบสูงสุดและมีค่าอุณหภูมิแตกต่างกันมากที่สุดระหว่างเวลากลางวันกับกลางคืน ส่วนหน้าต่างสองชั้นมีค่าอุณหภูมิแตกต่างกันต่ำสุด ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่าหน้าต่างสองชั้นมีประสิทธิภาพที่ดีในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ช่วยลดภาระการทำความเย็นและช่วยอนุรักษ์พลังงาน

Abstract

This study is an experimental research study in order to find the effectiveness of the heat transfer and to compare the temperature behaviors of the windows with different layers made of various materials. The windows were divided into four types: 1) clear glass window with aluminum frames, 2) clear glass window with wooden frames, 3) wooden window, and 4) double layered window with a clear glass and aluminum sliding window (the inner layer) and a wooden louvered window (the outer layer). In this study, the heat transfer values of the materials were analyzed. The temperatures of the air and material surfaces were checked. The size of the created prototype was 1.00 x 0.50 meters installed in the test box that had foam insulation on its five sides. Data were recorded for 24 hours.

The results show that the heat resistance of the wooden materials was approximately 1.4 times higher than the glass materials. The air temperatures inside all test boxes were higher than that of the surrounding air. The highest air temperatures inside the test boxes were 36.5 - 56.7 °C during 01.00 p.m. – 02.40 p.m. The lowest air temperature was 25 °C at 06.00 a.m. The clear glass window with aluminum frames had the highest temperature in the test box and the highest difference between the temperatures at day and night. The double layered window had the lowest difference. Finally, it can be concluded that the double layered window could effectively protect heat transferring into the buildings, reduce the cooling load, and facilitate energy conservation.

คำสำคัญ (Keywords)

สมรรถนะทางอุณหภูมิจของหน้าต่าง (Window Thermal Performance)

การถ่ายเทความร้อนของกระจก (Heat Transfer Through Glass)

ผลกระทบด้านความร้อนของกระจก (Heat Glass Effect)

หน้าต่างกระจกใส (Clear Glass Windows)

1. บทนำ

จากวิกฤติการณ์พลังงานและราคาพลังงานที่สูงขึ้นในปัจจุบัน ทำให้การออกแบบอาคารสมัยใหม่ควรใส่ใจและให้ความสำคัญกับการประหยัดพลังงาน และเสริมสร้างความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น หน้าต่างกระจกถูกนำมาใช้เป็นกรอบอาคารพักอาศัยสมัยใหม่จำนวนมากเพื่อรับแสงธรรมชาติ และสร้างมุมมองทั้งภายใน และภายนอกอาคาร แต่หน้าต่างกระจกก็มีข้อเสียทางด้านสมบัติการถ่ายเทความร้อนที่สูงมากกว่าวัสดุประกอบอาคารอื่นๆ ส่งผลให้นักวิจัยจำนวนมากต่างพยายามพัฒนาหน้าต่างและอุปกรณ์บังแดดโดยการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน การลดภาระการใช้พลังงาน และค้นหาวิธีการป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ให้กับกรอบของอาคารในรูปแบบต่างๆ

จากการศึกษารูปแบบหน้าต่างของอาคารในอดีตที่มีการออกแบบช่องเปิดให้สามารถทำหน้าที่ทั้งเชื่อมต่อและปิดกั้นพื้นที่ว่างระหว่างภายในและภายนอกอาคารสามารถป้องกันแสงแดด ฝน และสามารถระบายอากาศได้ด้วย ไม่ถูกใช้เป็นวัสดุประกอบหลักซึ่งมีสมบัติการนำความร้อนที่ต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 1

แต่ในปัจจุบันหน้าต่างส่วนมากนิยมใช้วัสดุกระจกเป็นส่วนใหญ่โดยสามารถมองเห็นทัศนียภาพได้ดี ส่งผลให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้สูง ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวความคิดในการพัฒนาหน้าต่างสองชั้นที่สามารถระบายอากาศและมองเห็นทัศนียภาพได้ โดยนำรูปแบบหน้าต่างในอดีตมาใช้เป็นหน้าต่างด้านนอกมีกรอบไม้และบานเกล็ดไม้สำหรับระบายอากาศ มีสองลักษณะในการเปิด-ปิดใช้งาน คือ การผลักกรอบไม้ outward จะกลายเป็นอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง ส่วนการผลักบานเกล็ดไม้ขึ้นข้างบนจะกลายเป็นอุปกรณ์บังแดดแนวนอน ดังแสดงในรูปที่ 2

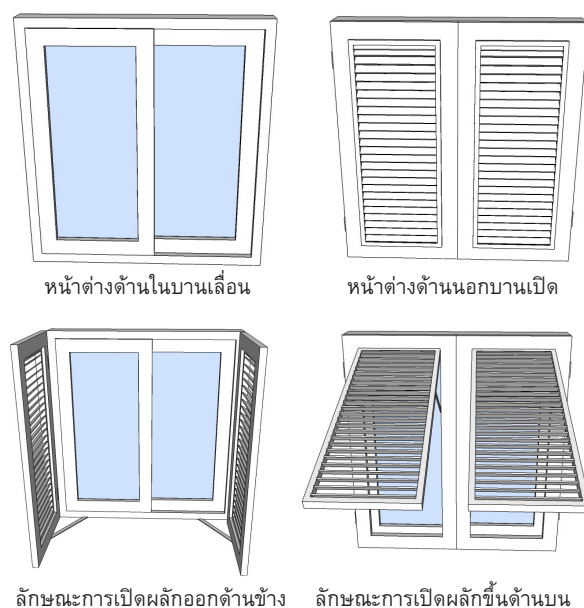
การศึกษาในครั้งนี้จึงการค้นหาค่าประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนและเปรียบเทียบพฤติกรรมทางด้านอุณหภูมิของรูปแบบหน้าต่างและวัสดุประกอบที่แตกต่างกันสี่แบบเพื่อใช้เป็นแนวทางออกแบบหน้าต่างสำเร็จรูปประหยัดพลังงานสำหรับอาคารพักอาศัย

2. วิธีการทดสอบ

ในการศึกษานี้แบ่งขั้นตอนออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งทำการออกแบบหน้าต่างและวัสดุประกอบ



รูปที่ 1 ลักษณะหน้าต่างในอดีต



รูปที่ 2 ลักษณะหน้าต่างสองชั้นที่ทำการออกแบบ

หน้าต่างทั้งสี่แบบ หลังจากนั้นทำการคำนวณหาประสิทธิภาพค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหน้าต่างทั้งสี่แบบเพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบขั้นต้น ส่วนที่สองเป็นการนำหน้าต่างทั้งสี่แบบมาทดสอบพฤติกรรมทางด้านอุณหภูมิในภาคสนามช่วงเดือนสิงหาคม บนหลังคาตาดฟ้าอาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี โดยออกแบบกล่องทดสอบที่ติดตั้งด้วยฉนวนโฟมทั้งห้าด้าน เหลือไว้หนึ่งด้านที่ติดตั้งหน้าต่างที่มีรูปแบบแตกต่างกันจำนวน 4 กล่องทดลอง เมื่อทำการทดสอบหากล่องทดลองด้านที่มีหน้าต่างไปตามทิศต่างๆ ดังนี้ คือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และทิศใต้ ส่วนทิศเหนือไม่ได้นำผลมาทำการวิเคราะห์เนื่องจากวันที่ทดสอบมีฝนตกและกระแสไฟฟ้าดับเป็นบางช่วงทำให้ข้อมูลที่บันทึกก็คลาดเคลื่อน กล่องทดสอบทุก

กล่องจะถูกบุด้วยฉนวนโฟมและอุดรอยรั่วซึมด้วยซิลิโคนอย่างดีก่อนทำการทดสอบ หลังจากนั้นจึงนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของรูปแบบและวัสดุประกอบหน้าต่างทั้งสี่แบบ

2.1 รูปแบบหน้าต่าง

หน้าต่างที่ทำการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3 มีขนาด 1.00X0.50 เมตร ความหนาของบานที่ 0.025 เซนติเมตร โดยมีการออกแบบและติดตั้งที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือ

1. หน้าต่างกรอบอลูมิเนียมขนาด 2"X1" บานกระจกโลหะ 5 มิลลิเมตร ราคาวัสดุประมาณ 1,200 บาท
2. หน้าต่างกรอบไม้ขนาด 2"X1" บานกระจกโลหะ 5 มิลลิเมตร ลูกฟักไม้ ราคาวัสดุประมาณ 1,000 บาท
3. หน้าต่างกรอบไม้ขนาด 2"X1" บานไม้หนา 12 มิลลิเมตร ราคาวัสดุประมาณ 1,500 บาท
4. หน้าต่างสองชั้น (กรอบไม้และบานไม้กับกรอบไม้และบานเกล็ดไม้) ราคาวัสดุประมาณ 2,200 บาท

หน้าต่างทั้งหมดถูกติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิทั้งหมด 4 จุด คือ อุณหภูมิอากาศด้านนอก ผิวด้านนอกหน้าต่าง ผิวด้านในหน้าต่าง และอุณหภูมิอากาศด้านใน



หน้าต่างแบบที่ 1



หน้าต่างแบบที่ 2



หน้าต่างแบบที่ 3



หน้าต่างแบบที่ 4

รูปที่ 3 รูปแบบกล่องและหน้าต่างทดสอบ

2.2 กล่องทดสอบ

กล่องทดสอบทั้งสี่แบบอยู่ในสภาพปิด ขนาด 0.70X0.54X1.20 เมตร วัสดุของกล่องทดสอบประกอบด้วย

- โครงสร้างกล่องเหล็กฉาก 1 1/2"X1 1/2"หนา 2 มม.
- ผนังกล่องบุไม้อัดหนา 5 มม. 5 ด้าน ยกเว้นด้านที่ติดหน้าต่าง

- ผนังภายนอกบุด้วยโฟมหนา 1 1/2" 5 ด้าน ยกเว้นด้านที่ติดหน้าต่าง

- การเชื่อมระหว่างแผ่นโฟมด้วยกาวและติดผ้าเทปรอบขอบอีกชั้นหนึ่ง รอยต่อบานและกระจกต่าง ๆ ปิดด้วยฉนวนซิลิโคน

2.3 อุปกรณ์ทดสอบ

- สายเทอร์โมคัปเปิล (Thermal couple type-K) ตำแหน่งติดตั้งในการวัดอุณหภูมิ 4 จุด คือ

- o อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ
- o จุดพื้นผิวด้านในหน้าต่าง
- o จุดพื้นผิวด้านนอกหน้าต่าง
- o อุณหภูมิอากาศภายนอก



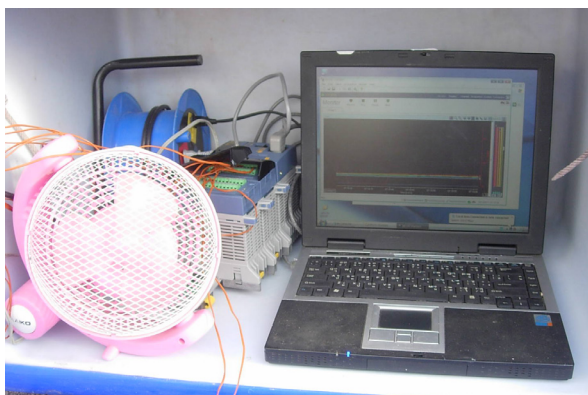
รูปที่ 4 สภาพการทดสอบการภาคสนาม

- เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) Yokogawa รุ่น MX100 ชั่งสัญญา 20 จุด
- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับเชื่อมต่อกับเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Yokogawa) แสดงในรูปที่ 5

2.4 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

- วันที่เก็บข้อมูลอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม บนชั้นดาดฟ้าของอาคารพาณิชย์ อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี

- การเก็บข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยในตำแหน่งต่างๆ ทุก 10 นาที โดยทำการเก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมงของวัน จำนวนสามวัน ในทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และทิศใต้



รูปที่ 5 ชุดเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger)

3. ผลการทดสอบ

3.1 ผลวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อน

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหน้าต่าง ด้านนอกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$OTTV = (U_w)(-WWR)(T_{Deq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

ตารางที่ 1 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ในการประเมินการหาค่าการถ่ายเทความร้อน

รายการ	U_w ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)	1-WWR	T_{Deq} ($^\circ C$)	U_f ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)	WWR	ΔT ($^\circ C$)	WWR	SHGC	SC	ESR (W/m^2)	OTTV (W/m^2)	ทิศ
หน้าต่าง แบบที่ 1	5.376	0.405	6.4	5.893	0.595	3	0.595	0.73	1.0	80.68	59.50	เหนือ
	5.376	0.405	7.8	5.893	0.595	3	0.595	0.73	1.0	106.98	73.97	ใต้
	5.376	0.405	8.2	5.893	0.595	3	0.595	0.73	1.0	116.26	78.87	ตะวันออก
	5.376	0.405	7.6	5.893	0.595	3	0.595	0.73	1.0	102.86	71.74	ตะวันตก
หน้าต่าง แบบที่ 2	2.897	0.405	6.4	5.893	0.595	3	0.595	0.73	1.0	80.68	53.07	เหนือ
	2.897	0.405	7.8	5.893	0.595	3	0.595	0.73	1.0	106.98	66.14	ใต้
	2.897	0.405	8.2	5.893	0.595	3	0.595	0.73	1.0	116.26	70.64	ตะวันออก
	2.897	0.405	7.6	5.893	0.595	3	0.595	0.73	1.0	102.86	64.11	ตะวันตก
หน้าต่าง แบบที่ 3	4.229	1.00	6.4	0	0	0	0	0	0	0	27.07	เหนือ
	4.229	1.00	7.8	0	0	0	0	0	0	0	32.99	ใต้
	4.229	1.00	8.2	0	0	0	0	0	0	0	34.68	ตะวันออก
	4.229	1.00	7.6	0	0	0	0	0	0	0	32.14	ตะวันตก
หน้าต่าง แบบที่ 4	2.897	0.405	6.4	4.070	0.595	3	0.595	0.73	0.37	80.68	27.74	เหนือ
	2.897	0.405	7.8	4.070	0.595	3	0.595	0.73	0.37	106.98	33.61	ใต้
	2.897	0.405	8.2	4.070	0.595	3	0.595	0.73	0.37	116.26	35.57	ตะวันออก
	2.897	0.405	7.6	4.070	0.595	3	0.595	0.73	0.37	102.86	32.71	ตะวันตก

จากสมการแสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ (U_w) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง (U_f) เป็นตัวแปรเบื้องต้นที่สำคัญในการเลือกวัสดุประกอบหน้าต่าง ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (SHGC) ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) เป็นตัวแปรที่สำคัญที่จะช่วยบังแสงแดดให้กับช่องเปิด ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายในและภายนอกอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ (T_{Deq}) ค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง และ/หรือผนังทึบแสง

การวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ของกรอบหน้าต่างทั้งสี่แบบขนาด 1.00X0.50 เมตร แสดงดังตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าหน้าต่างแบบที่ 1 และ 2 ที่มีบานกระจกใสมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมสูงมาก และแตกต่างกันตามในแต่ละทิศ ทิศตะวันออกมีการถ่ายเทความร้อนรวมสูงสุด ตามด้วยทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศเหนือตามลำดับ การใช้เลือกใช้วัสดุบานหน้าต่างเป็นไม้ (หน้าต่างแบบที่ 3) และการเลือกใช้หน้าต่างสองชั้น (หน้าต่างแบบที่ 4) โดยชั้นในเป็นบานกระจก ชั้นนอกเป็นบานเกล็ดไม้ช่วยบังแดดและช่วยระบายอากาศจะช่วยลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมได้

จากค่าการต้านทานความร้อนจะเห็นได้ว่าวัสดุไม้ ($R=0.236 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{w}$) มีค่าการต้านทานความร้อนสูงกว่าวัสดุกระจก ($R=0.170 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{w}$) ประมาณ 1.4 เท่า วัสดุกรอบไม่มีค่าการต้านทานความร้อนสูงกว่าวัสดุกรอบอลูมิเนียม ดังนั้น จึงควรให้ความสำคัญกับการเลือกวัสดุทั้งกรอบและบานหน้าต่างด้วย

3.2 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศ

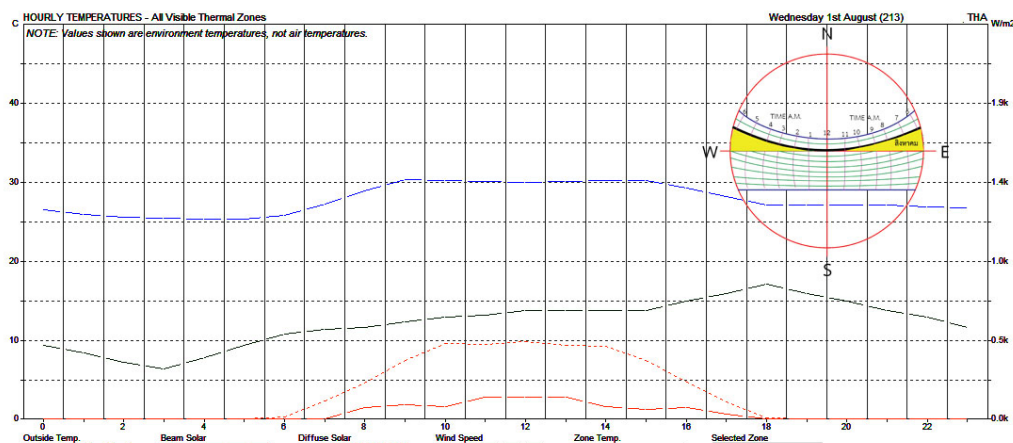
การตรวจสอบค่าอุณหภูมิและปริมาณรังสีอาทิตย์เฉลี่ยในรอบ 10 ปี ในช่วงเดือนสิงหาคม แสดงดังรูปที่ 6 มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 25.2 องศาเซลเซียส ที่เวลา 06.00 น. พบว่า มีค่าใกล้เคียงกับการทดสอบภาคสนาม

ส่วนค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดที่ 31.0 องศาเซลเซียส ที่เวลา 14.00 น. พบว่า ช่วงเวลาดังกล่าวมีใกล้เคียงกัน แต่ค่าอุณหภูมิอากาศในภาคสนามมีค่าสูงกว่าประมาณ 5-7 องศาเซลเซียส

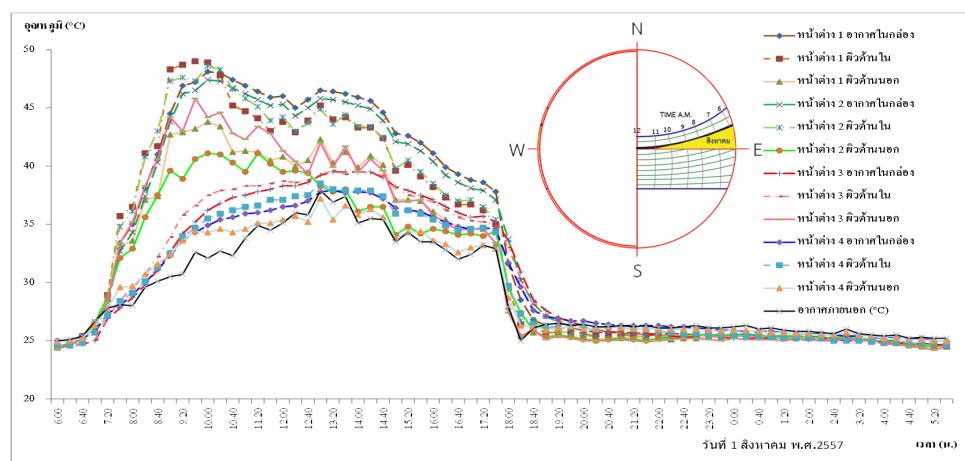
3.3 ผลการตรวจสอบทางด้านอุณหภูมิ

3.3.1 อุณหภูมิของกล่องทดสอบที่หน้าต่างหันไปด้านทิศตะวันออก

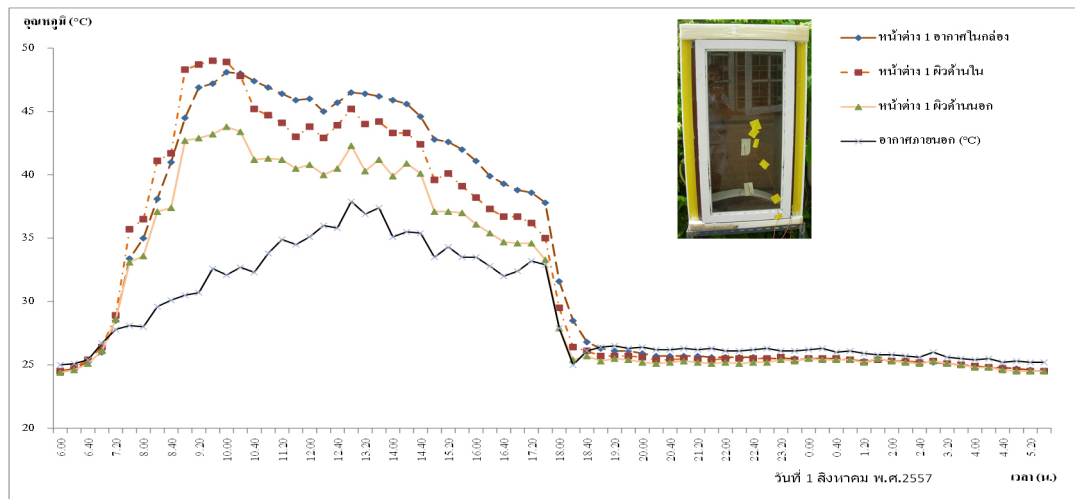
ผลการตรวจสอบอุณหภูมิทั้งภายนอกและภายในกล่องทดสอบแสดงในรูปที่ 7-11 และนำผลมาเปรียบเทียบค่าดังตารางที่ 2 ช่วงที่รังสีตรงอาทิตย์มีผลกระทบคือช่วงเวลาประมาณ 05.50-11.00 น.



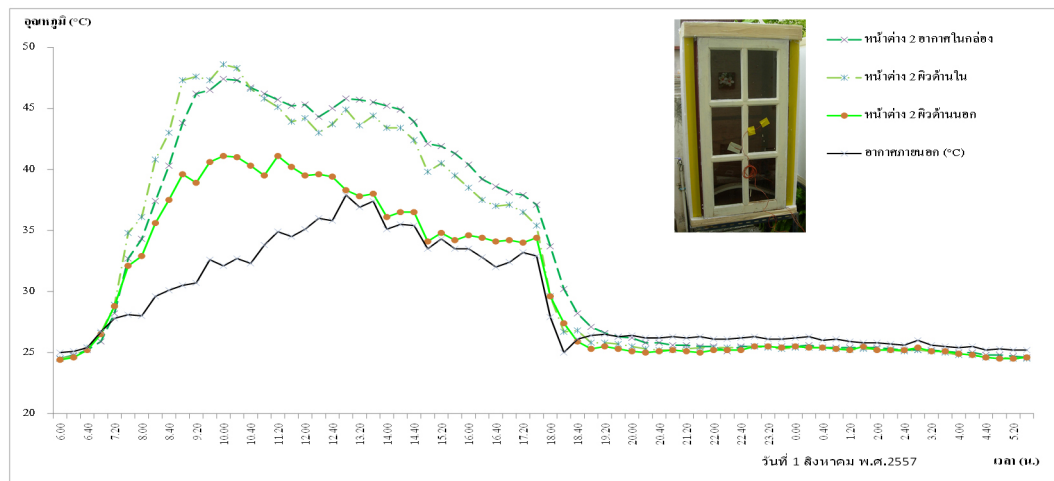
รูปที่ 6 การวิเคราะห์อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละชั่วโมงของวันในเดือนสิงหาคม



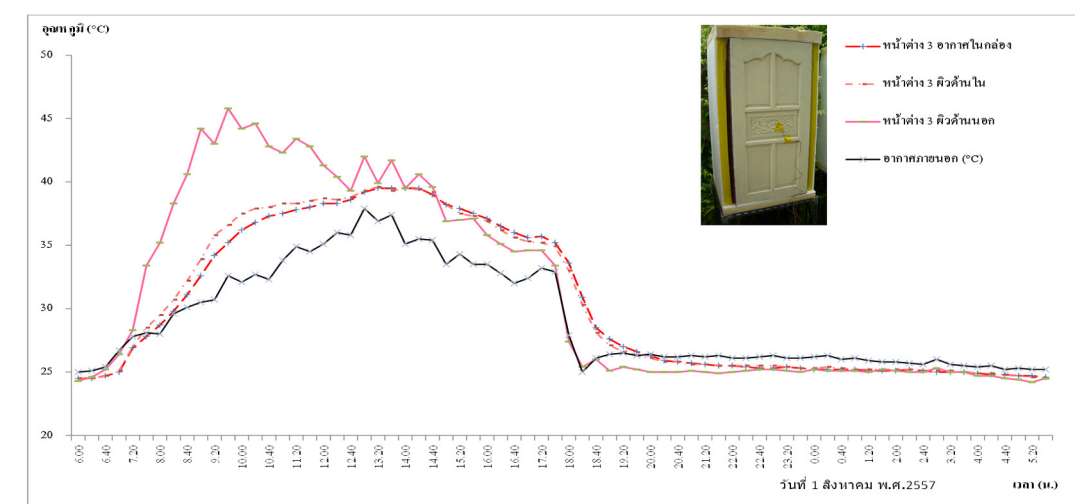
รูปที่ 7 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 1-4 ด้านทิศตะวันออก



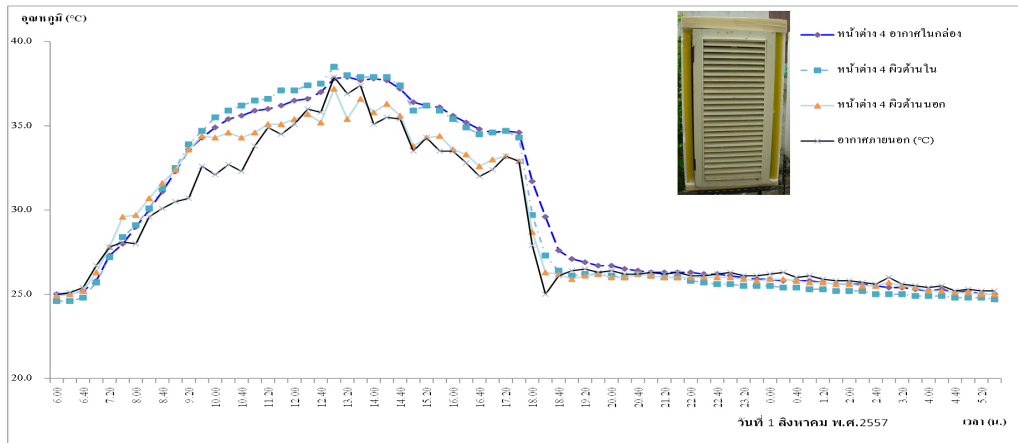
รูปที่ 8 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 1 ด้านทิศตะวันออก



รูปที่ 9 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 2 ด้านทิศตะวันออก



รูปที่ 10 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 3 ด้านทิศตะวันออก



รูปที่ 11 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 4 ด้านทิศตะวันออก

ตารางที่ 2 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา ด้านทิศตะวันออก

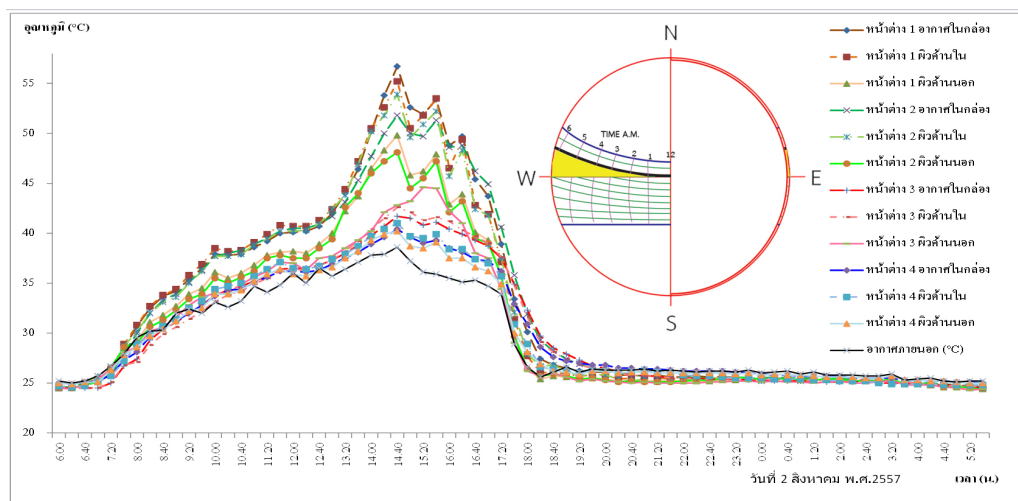
อุณหภูมิอากาศ	ช่วงเวลา น.	อุณหภูมิต่ำสุด °C	ช่วงเวลา น.	อุณหภูมิสูงสุด °C	ความแตกต่าง °C
ภายนอก	6.00	25.0	13.00	37.0	12.0
ภายในกล่อง 1	6.00	24.5	09.40	49.0	24.5
ภายในกล่อง 2	6.00	24.5	10.00	47.4	22.9
ภายในกล่อง 3	6.00	24.5	13.30	39.6	15.1
ภายในกล่อง 4	6.00	25.0	13.00	37.9	12.9

3.3.2 อุณหภูมิของกล่องทดสอบที่หน้าต่างหันไปด้านทิศตะวันตก

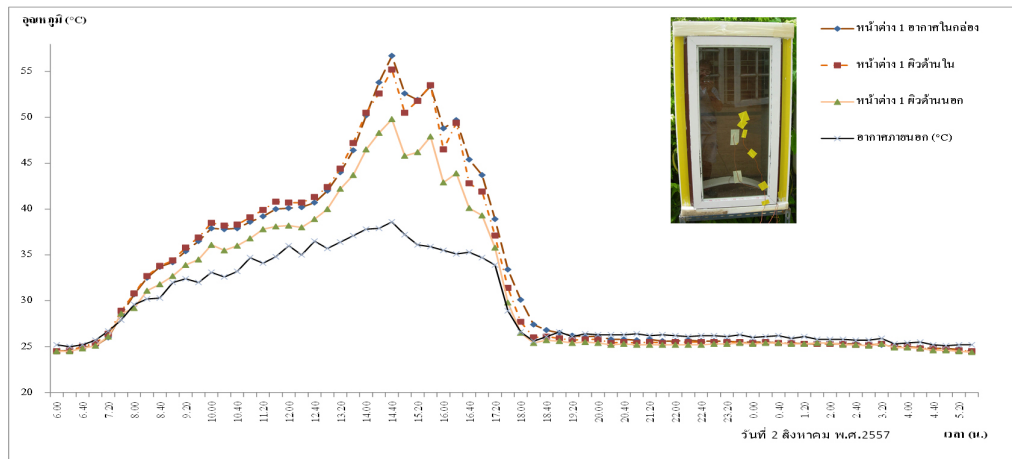
ผลการตรวจสอบอุณหภูมิทั้งภายนอกและภายในกล่องทดสอบแสดงในรูปที่ 12-16 และนำผลมาเปรียบเทียบค่าดังตารางที่ 3 ช่วงที่รังสีตรงอาทิตย์มีผลกระทบคือช่วงเวลาประมาณ 13.00-18.20 น.

3.3.3 อุณหภูมิของกล่องทดสอบที่หน้าต่างหันไปด้านทิศใต้

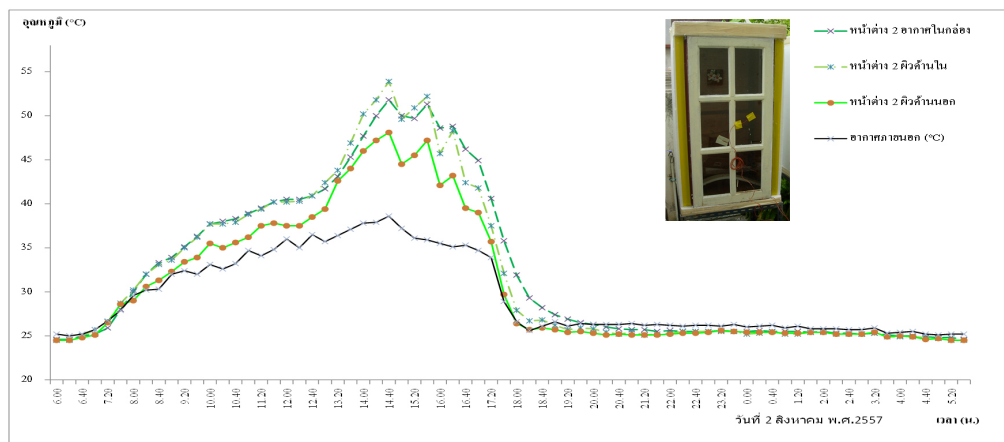
ผลการตรวจสอบอุณหภูมิทั้งภายนอก และภายในกล่องทดสอบแสดงในรูปที่ 17-21 และนำผลมาเปรียบเทียบค่าดังตารางที่ 4 ช่วงที่เวลาที่รังสีรวมมีผลกระทบ จะไม่ได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์



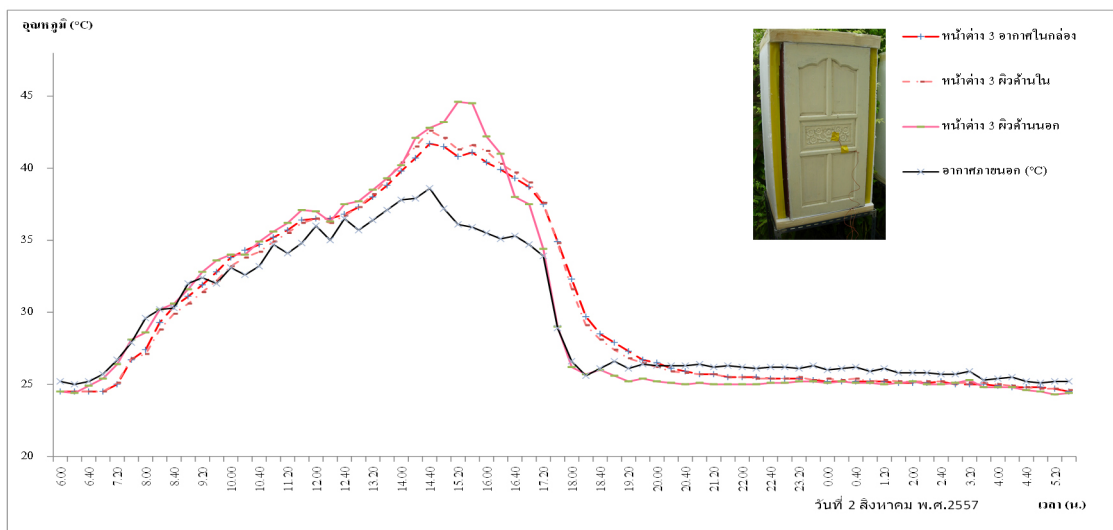
รูปที่ 12 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 1-4 ด้านทิศตะวันตก



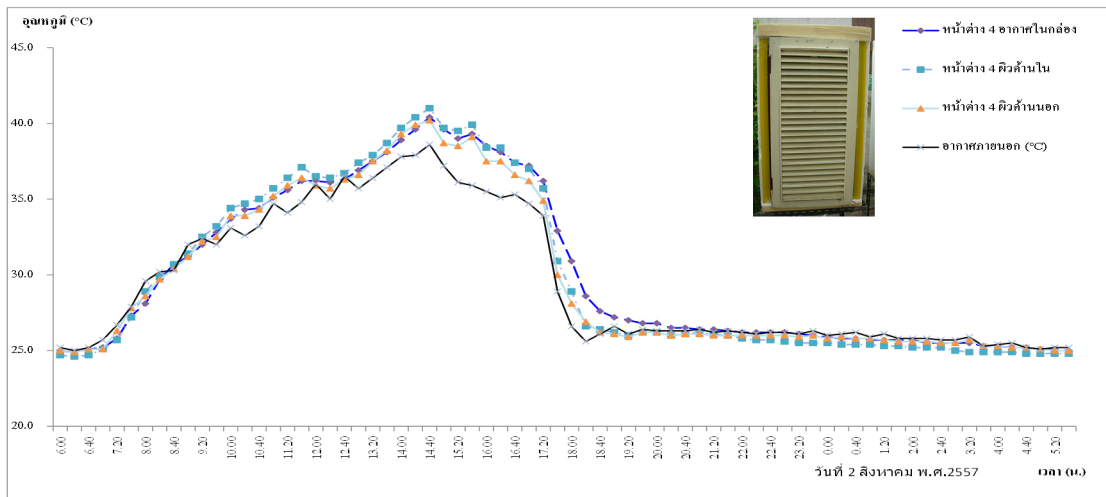
รูปที่ 13 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 1 ด้านทิศตะวันตก



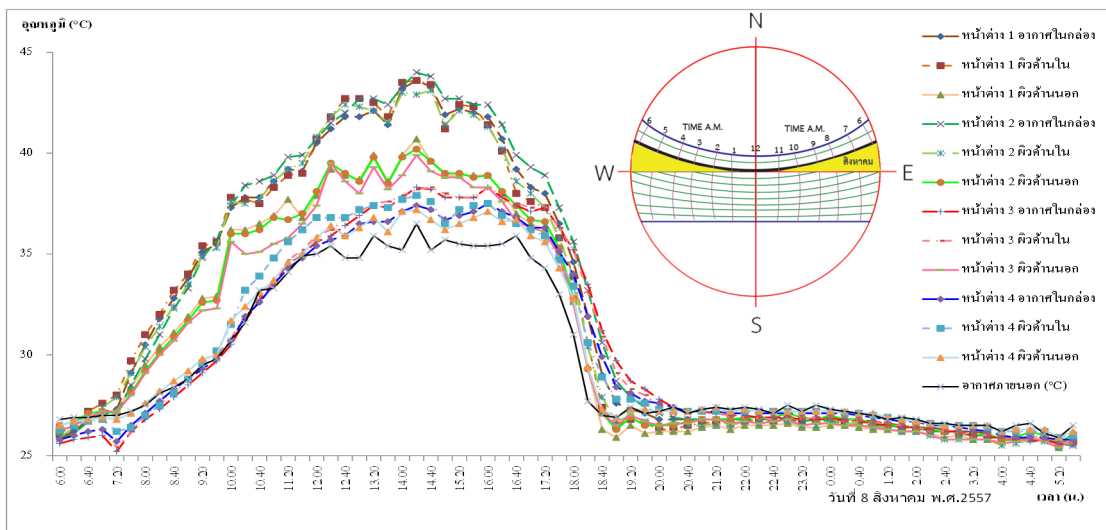
รูปที่ 14 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 2 ด้านทิศตะวันตก



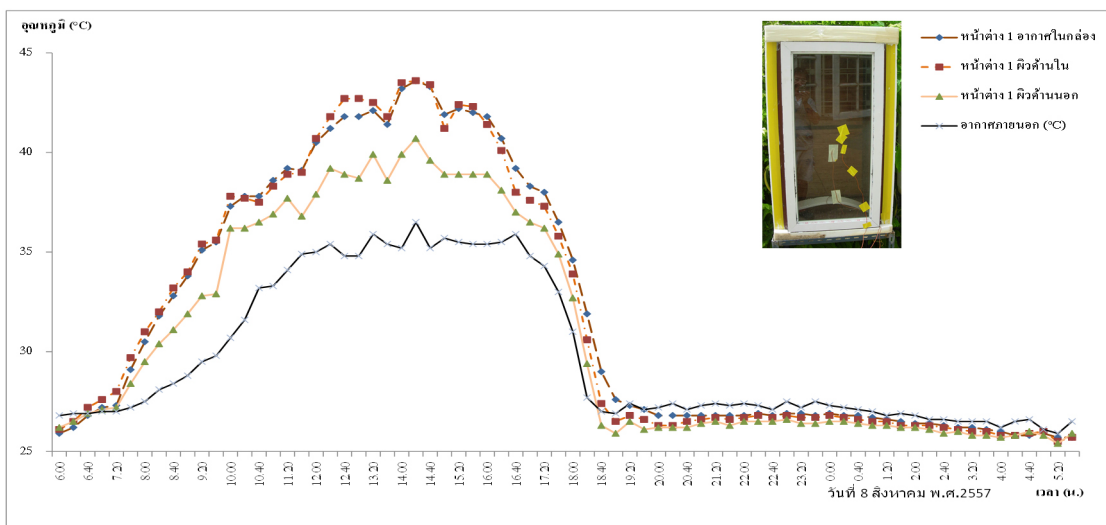
รูปที่ 15 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 3 ด้านทิศตะวันตก



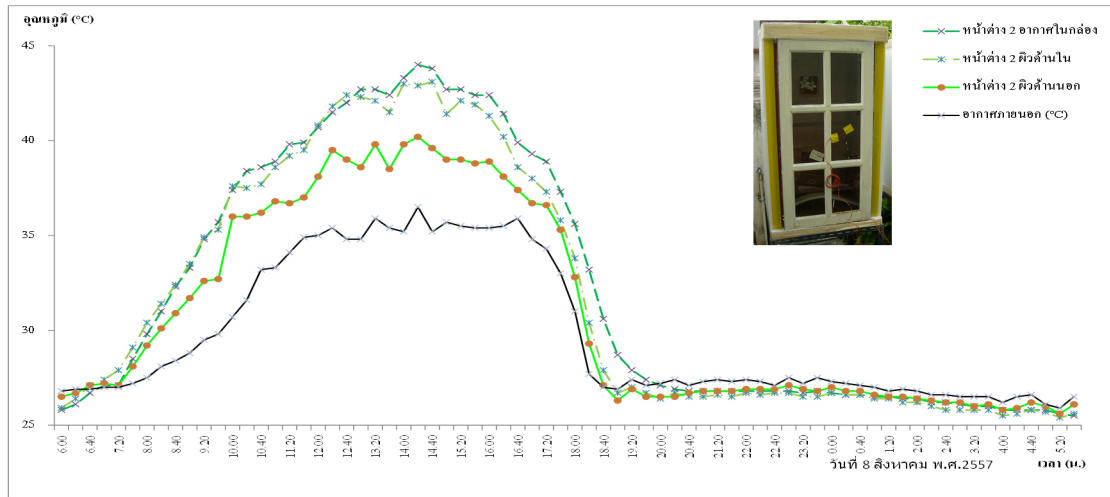
รูปที่ 16 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 4 ด้านทิศตะวันตก



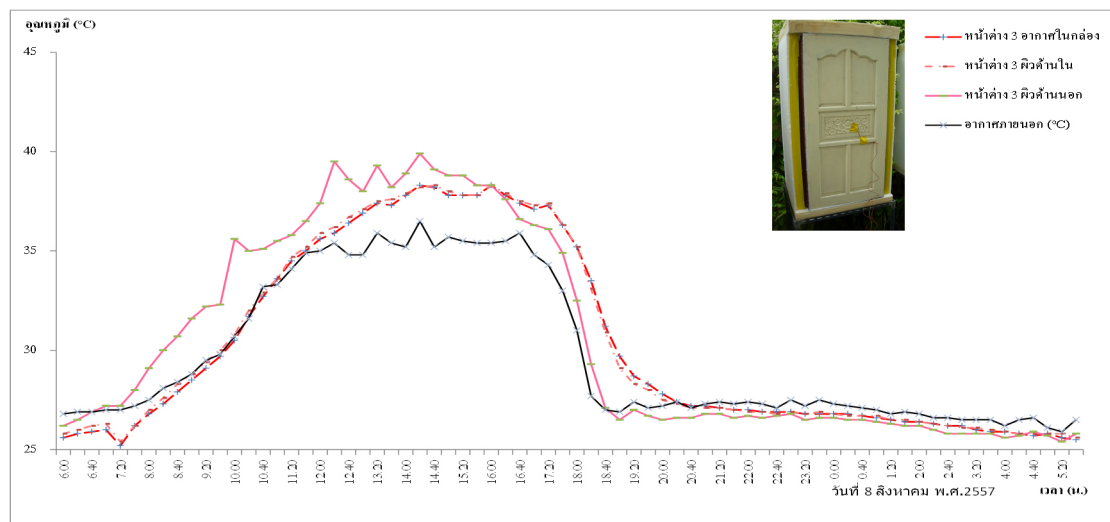
รูปที่ 17 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 1-4 ด้านทิศใต้



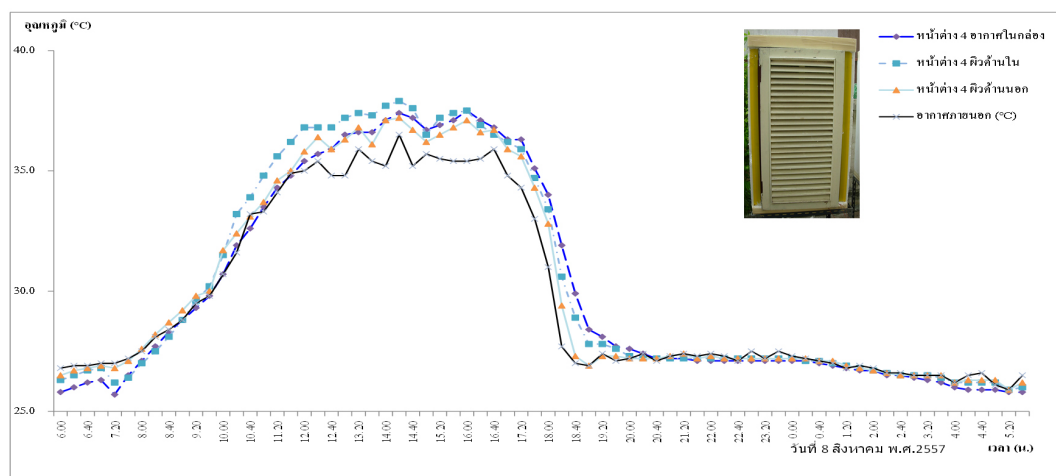
รูปที่ 18 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 1 ด้านทิศใต้



รูปที่ 19 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 2 ด้านทิศใต้



รูปที่ 20 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 3 ด้านทิศใต้



รูปที่ 21 อุณหภูมิของหน้าต่างแบบที่ 4 ด้านทิศใต้

ตารางที่ 3 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา ด้านทิศตะวันตก

อุณหภูมิอากาศ	ช่วงเวลา น.	อุณหภูมิ ต่ำสุด °C	ช่วงเวลา น.	อุณหภูมิ สูงสุด °C	ความ แตกต่าง °C
ภายนอก	6.00	25.2	14.40	38.6	13.4
ภายในกล่อง 1	6.00	24.5	14.40	56.7	32.2
ภายในกล่อง 2	6.00	24.6	14.40	51.6	27.0
ภายในกล่อง 3	6.00	24.5	14.40	41.7	17.2
ภายในกล่อง 4	6.00	25.0	14.40	40.4	15.4

4. อภิปรายผลการทดลอง

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าค่าความแตกต่างอุณหภูมิอากาศในช่วงกลางวัน และกลางคืนอยู่ที่ 9.7–13.4 องศาเซลเซียส ซึ่งในช่วงที่อุณหภูมิต่ำสุดของวันคือช่วงเวลา 06.00 น. เฉลี่ยอยู่ที่ 25.0 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงสภาพสบายทางด้านอุณหภูมิ เมื่อดวงอาทิตย์ขึ้นจากขอบฟ้าสภาพอุณหภูมิอากาศจะเพิ่มขึ้น และสูงสุดเวลาประมาณ 13.00–14.40 น. ประมาณ 36.5–38.6 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิอากาศก็จะลดลงตามลำดับ

อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบทั้งสี่แบบมีค่าแตกต่างกันโดยหน้าตงแบบที่ 1 กรอบบานอลูมิเนียมจะมีค่าอุณหภูมิภายในกล่องแตกต่างกันในช่วงเวลากลางวันกับช่วงเวลากลางคืนมากที่สุดประมาณ 17.7–32.2 องศาเซลเซียส เนื่องจากวัสดุประกอบหน้าต่างสามารถถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในด้วยการนำ และการแผ่รังสีได้เร็วในช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิสูงสุดที่ 56.7 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่ามอุณหภูมิสูงมากเวลาประมาณ 14.40 น. เนื่องจากไม่มีการระบายอากาศภายในกล่องทดสอบทำให้เกิดอุณหภูมิสะสมในกล่องทดสอบ

หน้าตงแบบที่ 4 มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบในช่วงเวลากลางวัน และกลางคืนประมาณ 10.6–15.4 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างอุณหภูมิน้อยสุดเมื่อเปรียบเทียบกับหน้าตงทั้งหมด เนื่องจากเป็นหน้าต่างสองชั้นที่มีชั้นนอกเป็นบานเกล็ดระบายอากาศได้ ช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบสูงสุดที่ 40.4 องศาเซลเซียส เวลาประมาณ 14.40 น. ที่ทิศตะวันตก เนื่องจากหน้าต่างบานที่บทำหน้าทที่ช่วยป้องกันความร้อน และระบายอากาศก่อนถึงหน้าต่างกระจกชั้นใน

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวกระจกภายใน และผิวกระจกภายนอกของหน้าต่างแบบที่ 1 และ 2 พบว่า มีอุณหภูมิแตกต่างกันคือผิวกระจกอุณหภูมิภายนอกมี

ตารางที่ 4 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา ด้านทิศใต้

อุณหภูมิอากาศ	ช่วงเวลา น.	อุณหภูมิ ต่ำสุด °C	ช่วงเวลา น.	อุณหภูมิ สูงสุด °C	ความ แตกต่าง °C
ภายนอก	6.00	26.8	14.20	36.5	9.7
ภายในกล่อง 1	6.00	25.9	14.20	43.6	17.7
ภายในกล่อง 2	6.00	25.8	14.20	44.0	18.2
ภายในกล่อง 3	6.00	25.6	16.00	38.3	12.7
ภายในกล่อง 4	6.00	25.9	16.00	36.5	10.6

อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิผิวกระจกภายใน เนื่องจากอุณหภูมิผิวกระจกด้านนอกสามารถถ่ายเทความร้อนจากการพาของกระแสลมทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าสภาพอุณหภูมิผิวกระจกภายในที่อยู่ในสภาพปิด หน้าตงแบบที่ 3 เป็นบานไม้ทึบมีอุณหภูมิที่ผิวไม้ภายนอกและผิวภายในใกล้เคียงกัน เนื่องจากไม้สามารถถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในน้อยกว่าและใช้เวลานานกว่า

หน้าตงแบบที่ 4 มีอุณหภูมิผิวกระจกด้านในกล่องทดสอบและผิวด้านนอกมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีหน้าต่างบานเกล็ดด้านนอกทำหน้าที่ป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในจากการแผ่รังสีตรงจากดวงอาทิตย์

เมื่อพิจารณาหน้าต่างที่ทดสอบทั้งหมดด้านทิศตะวันออกจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบทั้งหมดมีค่าสูงสุดที่เวลาประมาณ 09.30 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่หน้าต่างได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์มากที่สุด ส่วนหน้าต่างที่ทดสอบด้านทิศตะวันตกจะมีค่าอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบสูงสุดที่ช่วงเวลา 14.40 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่หน้าต่างได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์มากที่สุดและจากการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิอากาศ

เมื่อสังเกตค่าอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบทั้งหมดที่หน้าต่างหันไปด้านทิศใต้ซึ่งไม่ได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์เลยในวันและเดือนที่ทดสอบ แต่มีค่าอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบทั้งหมดสูง เนื่องมาจากการถ่ายเทความร้อนจากสภาพแวดล้อมเข้าสู่ภายในกล่องทางหน้าต่างโดยเฉพาะวัสดุด้านนอกที่เป็นกระจกจะมีค่าอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบสูง

5. สรุปผลการทดสอบ

– จากการคำนวณหาค่าการต้านทานความร้อน และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหน้าต่างและวัสดุมีผลสอดคล้องกับการทดสอบจริงในภาคสนาม

- สภาพอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวันจะส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในกล่องทดสอบแตกต่างกันมากที่สุดและเป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงกว่าขอบเขตความสบาย
 - การใช้วัสดุกระจกใสจะส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงมากหากไม่มีการอุปกรณ์บังแดด
 - หน้าต่างกรอบอลูมิเนียมบานกระจกใสและหน้าต่างแบบที่กรอบไม้บานกระจกใส มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้ต่ำสุด
 - หน้าต่างสองชั้น (แบบที่ 4) โดยมีชั้นนอกเป็นบานเกล็ดไม้ทึบมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้ดีที่สุด
- ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบและวัสดุหน้าต่างสองชั้น (แบบที่ 4) มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในกล่องทดลองได้ดีที่สุด โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับช่องเปิดอาคารที่พักอาศัยได้ เช่น หน้าต่างกระจกใสด้านในเป็นบานเลื่อนที่สามารถเลื่อนเปิด-ปิดได้ ส่วนหน้าต่างด้านนอกเป็นบานเกล็ดทึบ เมื่อเปิดจะป้องกันแสงแดดและมีช่องว่างของเกล็ดทึบให้อากาศถ่ายเท หน้าต่างบานเกล็ดทึบนี้สามารถเปิดเพื่อมองทัศนียภาพภายนอกได้สองแบบด้วยกรอบบานพับสองแบบในหนึ่งบาน คือกรอบบานพับแรกผลักขึ้นด้านบนจะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์บังแดดแนวนอน กรอบบานพับสองเปิดออกด้านข้างจะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งซึ่งมีลักษณะและเทคนิคหน้าต่างบานเกล็ดทึบเหมือนบ้านคหบดีในอดีตซึ่งเป็นหนึ่งในภูมิปัญญาของนักออกแบบที่ใส่ใจเรื่องการใช้งานที่สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ

6. ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาและส่งเสริมออกแบบและพัฒนาแนวทางการออกแบบหน้าต่างสองชั้นสำเร็จรูปที่ประหยัดพลังงาน ออกสู่ตลาดวัสดุก่อสร้าง โดยหน้าต่างชั้นในควรเป็นหน้าต่างบานเลื่อนจะช่วยให้การเปิด-ปิดใช้งานหน้าต่างชั้นนอกได้ง่ายและสะดวกขึ้น ส่วนหน้าต่างชั้นนอกควรเป็นบานเปิดและบานผลักที่ทำจากวัสดุทึบแสงน้ำหนักเบา เช่น ไม้ พลาสติก เป็นต้น ลักษณะการเปิดจะสามารถเปิด-ปิดด้านข้างเป็นอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งและสามารถผลักขึ้นด้านบนเป็นอุปกรณ์บังแดดแนวนอน การใช้ติดตั้งหน้าต่างบานด้านนอกนี้ช่วยช่วยเป็นสามารถสลับสับเปลี่ยนเป็นอุปกรณ์บังแดดและเปิด-ปิดมุมมองหรือทัศนียภาพ (ทำหน้าที่แทนผ้าม่าน) และเป็นอุปกรณ์ป้องกันขโมยแทนการติดเหล็กดัดด้วยก็ได้

กิตติกรรมประกาศ

- ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนด้านงบประมาณ
- ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือทดสอบ

References

- Misiowiecki, C., Gustavsen, A. & Jelle, B. P. (2013). Investigating influence of different shading devices on window thermal performance. *Paper presented in the 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, August 26-28, France.*
- Arasteh, D., Griffith, B. & LaBerge, P. (1994). Integrated window systems: An advanced energy-efficient residential fenestration product. *The proceeding in The 19th national passive solar conference, June 25-30, American Solar Energy Society, Inc.*
- Kragh, J. (2008). Energy gaining windows for residential buildings, paper presented in the 8th Nordic Symposium. *Session W4A-Windows and Facades, 1173-1180.*
- Petchdee, P. & Chungloo, S. (2013). Improvement of louvers and openings of factory building to remove heat through natural wind. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 10(2), 31-44.*
- Sudprasert, S. & Klinsmith, S. (2014). Assessment of overall thermal transfer value (OTTV) in buildings. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 11(1), 109-118.*
- Srisutapan, A. (2009). การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของอาคาร: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต [The Assessment of Building Energy Performance: Thammasat University, Rangsit Campus]. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 6(1), 14-29.*
- Theppipit, J. & Jindavanig, T. (2013). เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ส่งผ่านกระจก กับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด [The Comparison of effective shading coefficient between glazing glass and shading device]. *Journal of Energy Research, 10(2), 32-44.*
- Yanachai, K., Khuhaprema, T. & Wayupak, P. (2009). การศึกษาการลดภาระความร้อน จากอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ในพื้นที่หน้าต่างกระจก เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศ: กรณีศึกษา ห้องสมุดชั้นสองอาคาร สันถนาการ สถาบันมะเร็งแห่งชาติ [A study of load reduction by outside shading device on the fenestration area for electrical saving in air conditioning: Case study library on 2nd floor, sunthanakarn building, National Cancer Institute]. *Journal of Srinakharinwirot University (Science and Technology), 1(2), 40-41.*