

# อุณหภูมิของหลังคาเมทัลชีท ที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์เซรามิกโค้ทติ้ง

## Temperature of Metal Sheet Roof Coated with Solar Reflective Ceramic Coating

พุทธิ อุดลสุข

สาขาส่งเสริมและพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิต์

ศุภมล แซ่เฮง พิธิยัฐสังฆการ\*

ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการเผาไหม้และพลังงานทางเลือก ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ อีเมล: sumol.energy@hotmail.com

### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาอุณหภูมิของหลังคาเมทัลชีทที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์เซรามิกโค้ทติ้ง ห้องทดลองมีพื้นที่ใช้สอยขนาด  $1.2 \times 1.2 \text{ m}^2$  ทำการติดตั้งหลังคาเมทัลชีทที่เคลือบหลังคาด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์เพื่อวัดอุณหภูมิของหลังคาด้านทิศใต้ จากการทดลอง พบว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิหลังคาจะแปรผันตามความหนาของเมทัลชีท ความแตกต่างของอุณหภูมิตั้งแต่หลังคาและอุณหภูมิใต้หลังคามีค่าสูงในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 14.00 น. หลังคาเมทัลชีทความหนา 0.28 mm 0.35 mm และ 0.47 mm ที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิใต้หลังคาเฉลี่ยลดลง  $1.2^\circ\text{C}$   $1.7^\circ\text{C}$  และ  $2.2^\circ\text{C}$  จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิใต้หลังคาเฉลี่ยที่ลดลงนี้คิดเป็น 3.3% 4.5% และ 5.9% ตามลำดับ

**คำสำคัญ :** อุณหภูมิ, การสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์, หลังคาเมทัลชีท, เซรามิกโค้ทติ้ง

### Abstract

The objective of this research is to investigate the temperature of metal sheet roof coated with solar reflective ceramic coating. The area of the room was  $1.2 \times 1.2 \text{ m}^2$ . Metal sheet roof coated with solar reflective ceramic coating was installed for measuring the temperature of the south facing roof. From the experiment, it was found that the difference in temperature of the roof was proportional to the thickness of metal sheet. The difference of temperature on the roof surface and under the roof was high between 11 a.m. to 2 p.m. Metal sheet roofs with the following thicknesses: 0.28 mm 0.35 mm and 0.47 mm, were coated with solar reflective ceramic coating. The average temperature under coated roof was decreased by  $1.2^\circ\text{C}$   $1.7^\circ\text{C}$  and  $2.2^\circ\text{C}$ . From the statistical analysis, it had shown that the average temperature under coated roof was decreased for 3.3%, 4.5% and 5.9%, respectively.

**Keywords :** Temperature, Solar Reflectance, Metal Sheet Roof, Ceramic Coating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ ในสถานะที่แหล่งพลังงานที่มีอยู่ในปัจจุบันมีปริมาณจำกัด จึงต้องศึกษาวิธีการใช้พลังงานอย่างประหยัดและได้ประโยชน์สูงสุด ดังนั้น การพัฒนาแหล่งพลังงานอื่นเพื่อมาทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล รวมถึงการพัฒนาวัสดุประหยัดพลังงาน ตลอดจนการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานต่างก็วิธีในเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานได้อีกแนวทางหนึ่งด้วย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในบริเวณเขตร้อนชื้น (Tropical humid) ซึ่งมีอากาศร้อนและความชื้นสูง ทำให้ความต้องการทางด้านพลังงานในการทำความเย็นและปรับอากาศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้างสรรพสินค้า โรงแรม โรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงอาคารพาณิชย์ และบ้านพักอาศัย พบว่า อาคารเกือบทุกประเภทออกแบบให้ต้องพึ่งพาเครื่องปรับอากาศเป็นหลัก ดังนั้นจึงส่งผลให้มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้ามรวมของทั้งประเทศ ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงความร้อนที่เข้าสู่อาคารที่มีระบบปรับอากาศจึงเป็นปัญหาใหญ่อันดับต้น ๆ ที่ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองทางด้านพลังงานไฟฟ้าในการระบายความร้อนออกจากอาคาร ซึ่งถ้าสามารถลดภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศลงได้มากเท่าไรก็จะช่วยลดการใช้ไฟฟ้าได้ในปริมาณมากด้วยเช่นกัน [1-2]

นักวิจัยหลายท่านได้นำเสนอแนวความคิดในการประหยัดพลังงานด้านการทำความเย็นภายในอาคาร เช่น การออกแบบอาคารให้มีการบังเงา การออกแบบหลังคาสองชั้น การใช้ผนังเย็นฝั่งท่อน้ำติดตั้งที่ผนังด้านนอก การติดตั้งผนังสองชั้น การใช้ฉนวนมวลเบา วิธีหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมและช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มาก คือ การระบายอากาศแบบธรรมชาติโดยแรงลม ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงสถานะความสบายด้วย กล่าวคือ การระบายอากาศที่ดีต้องมีการนำเอาอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาแทนที่อากาศเดิมภายในห้อง ดังนั้น การใช้ความเร็วลมมาช่วยในการระบายอากาศจึงต้องอาศัยหลักการออกแบบช่องเปิดให้มี

ตำแหน่งและทิศทางที่เหมาะสม ตลอดจนการจัดวางและแบ่งพื้นที่ใช้สอยในอาคารบ้านพักอาศัยที่ดี ย่อมส่งผลให้ผู้ที่อยู่อาศัยรู้สึกสบายและมีสุขภาพดีอีกด้วย งานวิจัยก่อนหน้านี้ [3] ได้นำเสนอการจำลองการไหลของอากาศในอาคารที่มีแผงค้ำลมและการจัดเรียงแผงกันด้วยการระบายอากาศแบบธรรมชาติโดยแรงลม และวิเคราะห์ผลของรูปแบบการไหลโดยวิธีการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD) เพื่อหาสัมประสิทธิ์ความเร็วลมเฉลี่ยในการออกแบบแผงค้ำลมและการจัดเรียงแผงกันในอาคาร นอกจากนี้ยังมีการจำลองการกระจายอุณหภูมิและการถ่ายโอนความร้อนภายในอาคารที่ใช้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติด้วยการคำนวณพลศาสตร์ของไหล และคำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงและการลดอุณหภูมิในอาคารเพื่อสถานะสบายของผู้ที่อยู่ในอาคารด้วย นอกจากนี้ยังให้ความสำคัญกับปัจจัยภายนอกด้วย เช่น ความร้อนจากภายนอกอาคาร เป็นต้น [4]

การเลือกวัสดุที่ใช้ทำผนังหรือหลังคาซึ่งมีส่วนประกอบของสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์และมีสมบัติความเป็นฉนวนความร้อนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคารลงได้ แนวคิดในการลดอุณหภูมิโดยการสะท้อนความร้อนที่เกิดจากรังสีแสงอาทิตย์ก่อนที่จะถูกดูดกลืนและเปลี่ยนเป็นความร้อนที่สะสมจนเกิดการถ่ายโอนเข้าสู่ภายในอาคารถูกนำเสนอเป็นงานวิจัยในช่วงหลายปีที่ผ่านมา [5] การเคลือบกรอบอาคารด้วยสีเคลือบสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ได้รับความสนใจในอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย ข้อมูลจากงานวิจัยพบว่า สีเคลือบสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์บางตัวอย่างสามารถสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ได้ถึง 94% [6] ซึ่งสามารถลดปริมาณความร้อนสะสมบนแผ่นหลังคาและลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายโอนไปยังด้านในอาคาร และสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ดังกล่าวนิยมผลิตออกมาเป็นสีขาว

จากแนวความคิดในการเลือกใช้ผนังหรือหลังคาที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ และมีสมบัติเป็นฉนวนความร้อน ที่ช่วยให้อุณหภูมิภายในอาคารลดลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาอุณหภูมิภายใต้หลังคาที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์โดยทำการสร้างห้องทดลองเพื่อใช้เก็บข้อมูลอุณหภูมิในภาคสนาม โดยทำการวัดค่าอุณหภูมิของภายนอกและภายในหลังคาที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ทั้งนี้เพื่อวิเคราะห์ผลของการวัดอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของหลังคาเมทัลชีทที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่เคลือบสี ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทความนี้จะเป็นประโยชน์โดยตรงต่อเจ้าของอาคารหรือผู้ประกอบการที่ต้องการข้อมูลไปประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้วัสดุเพื่อก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่ต้องติดตั้งหลังคาเมทัลชีท

## 2. วิธีการทดลอง

สร้างห้องทดลองที่มีพื้นที่ใช้สอย  $1.2 \times 1.2 \text{ m}^2$  ซึ่งมีวัสดุผนังหลังคาประเภทเมทัลชีท เพื่อใช้ในการทดลองภาคสนาม โดยหลังคาของห้องทดลองด้านรับแสงวางอยู่ทางทิศใต้ การจัดเก็บข้อมูลอุณหภูมิตั้งหลังคา ( $T_{out}$ ) และอุณหภูมิใต้หลังคา ( $T_{in}$ ) ตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 17.00 น. เมทัลชีทที่นำมาใช้มีขนาดความหนา 3 ความหนา คือ 0.28 mm, 0.35 mm และ 0.47 mm โดยทำการเคลือบสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ (Ceramic Coat, Acrylic-White, Lot 0151113) ด้วยแปรงทาสีที่จำหน่ายตามร้านค้าทั่วไป

การทดลองนี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลในสองส่วนคือ ส่วนของหลังคาเมทัลชีทที่ไม่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ (uncoat) และส่วนของหลังคาเมทัลชีทที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ (coat) ซึ่งลักษณะพื้นผิวของหลังคาก่อนเคลือบและหลังเคลือบสีแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: ลักษณะพื้นผิวของหลังคา ก่อนเคลือบและหลังเคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์

ชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและบันทึกผลจะถูกต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลข้อมูลที่ได้จากการวัดอย่าง

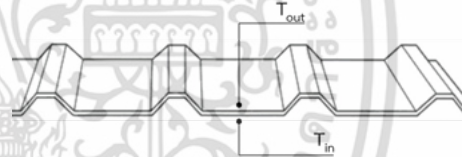
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้

ต่อเนื่อง ประกอบด้วยสายเทอร์โมคัปเปิล (LEAD WIRE TYPE K, CODE: TT-K-24) ที่ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล (DATA RECORDER, GRAPHTEC MT100-UM-801) และเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา การเตรียมความพร้อมในการเก็บข้อมูลภาคสนามแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2: การเตรียมความพร้อมในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

สำหรับการวัดอุณหภูมิของหลังคาเมทัลชีททั้งกรณีที่ไม่เคลือบ (coat) และไม่เคลือบ (uncoat) ด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์จะติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลเพื่อวัดอุณหภูมิตั้งหลังคา ( $T_{out}$ ) จำนวน 2 จุด และอุณหภูมิใต้หลังคา ( $T_{in}$ ) จำนวน 2 จุด โดยตำแหน่งของหัววัดต้องติดตั้งให้ตรงกัน ดังแสดงในรูปที่ 3



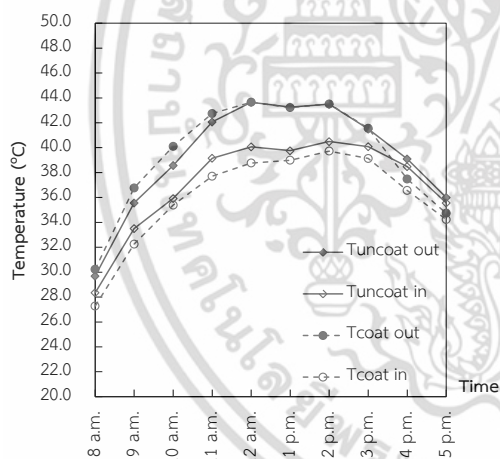
รูปที่ 3: ตำแหน่งของหัววัดอุณหภูมิ

## 3. ผลการทดลอง

### 3.1 ผลการวัดอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของหลังคาเมทัลชีท

อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของบนหลังคาและใต้หลังคาเมทัลชีทหนา 0.28 mm แสดงดังรูปที่ 4 กรณีที่ไม่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ (uncoat) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของบนหลังคา ( $T_{uncoat\ out}$ ) ซึ่งเป็นด้านนอกอาคารและรับแดดโดยตรงจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิใต้หลังคา ( $T_{uncoat\ in}$ ) โดยกราฟที่ได้มีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ กล่าวคือ อุณหภูมิจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากช่วงเวลา 8.00 น. และมีค่าสูงในช่วงเวลาประมาณ 11.00 น. ถึง 14.00 น. จากนั้นอุณหภูมิจะมีค่าลดลงจนถึงเวลา 17.00 น. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงบนหลังคาสูงสุด ( $T_{uncoat\ out, max}$ ) และอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงใต้หลังคาสูงสุด ( $T_{uncoat\ in, max}$ ) ที่วัดได้มีค่า  $43.7^{\circ}\text{C}$  และ  $40.5^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ ในขณะที่บันทึกค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

สูงสุดได้ 40.6°C เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างของ อุณหภูมิบนหลังคาและอุณหภูมิใต้หลังคาจะเห็นว่า ในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 14.00 น. มีอุณหภูมิแตกต่างกัน สูงสุดประมาณ 2-3°C แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า ในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น. อุณหภูมิบนหลังคาและอุณหภูมิใต้ หลังคามีค่าแตกต่างกันน้อยมาก บางวันอุณหภูมิใต้หลังคา ในช่วงนี้มีค่าสูงกว่าบนหลังคา ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่ หลังคาเมทัลชีทรับความร้อนตลอดทั้งวันจนทำให้วัสดุ อิ่มตัวไปด้วยความร้อนและพยายามถ่ายโอนความร้อน ให้กับอากาศทั้งภายในห้องทดลองซึ่งเป็นห้องปิดและ ภายนอกซึ่งเป็นพื้นที่โล่ง โดยในช่วงเวลาดังกล่าวอุณหภูมิ สิ่งแวดล้อมเริ่มมีค่าลดลงแล้ว ดังนั้น อุณหภูมิภายใน ห้องทดลองในบางช่วงจึงมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ ด้วยเหตุดังกล่าวส่งผลให้หลังคา ภายนอกถ่ายโอนความร้อนได้เร็วกว่า อุณหภูมิบนหลังคา จึงมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิใต้หลังคา

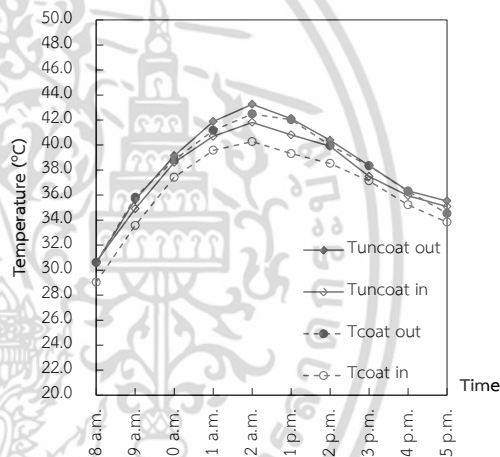


รูปที่ 4: อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของหลังคาเมทัลชีท ความหนา 0.28 mm

สำหรับกรณีที่เกิดโดยวัสดุสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ (coat) จากรูปที่ 4 พบว่า กราฟมีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ เช่นเดียวกับกรณีที่ไม่เกิดโดยวัสดุสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ (uncoat) โดยที่อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของบนหลังคา สูงสุด ( $T_{coat\ out, max}$ ) และใต้หลังคาสูงสุด ( $T_{coat\ in, max}$ ) มีค่า 43.7°C และ 39.7°C ตามลำดับ เมื่อนำค่าอุณหภูมิตั้ง บนหลังคาและอุณหภูมิใต้หลังคา มาพิจารณาจะพบว่า ในช่วง

เวลา 11.00 น. ถึง 14.00 น. จะมีค่าความแตกต่างของ อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 4-5°C

อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของบนหลังคาและใต้หลังคา เมทัลชีทหนา 0.35 mm แสดงดังรูปที่ 5 สำหรับกรณีที่ไม่ เกิดโดยวัสดุสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ (uncoat) จากผลการ วิเคราะห์ข้อมูลพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงบนหลังคา สูงสุด ( $T_{uncoat\ out, max}$ ) และใต้หลังคาสูงสุด ( $T_{uncoat\ in, max}$ ) ที่ วัดได้มีค่า 43.3°C และ 41.8°C ตามลำดับ ในขณะที่บันทึก ค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงสุดได้ 39.6°C เมื่อพิจารณาถึง ความแตกต่างของอุณหภูมิตั้งบนหลังคาและอุณหภูมิใต้ หลังคาจะเห็นว่า ในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 14.00 น. มี อุณหภูมิแตกต่างกันประมาณ 1-1.5°C และแตกต่างกัน เล็กน้อยในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น.

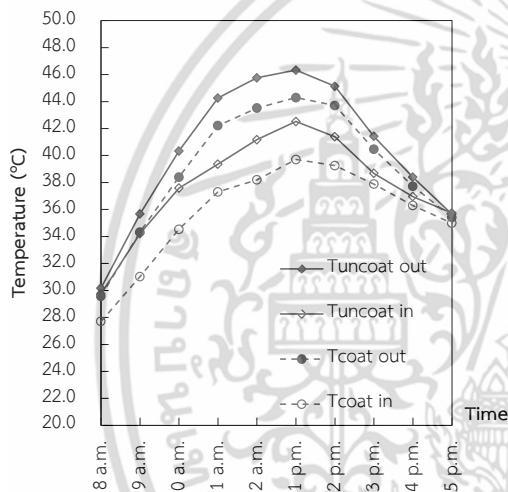


รูปที่ 5: อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของหลังคาเมทัลชีท ความหนา 0.35 mm

สำหรับกรณีที่เกิดโดยวัสดุสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ (coat) จากรูปที่ 5 พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงบน หลังคาสูงสุด ( $T_{coat\ out, max}$ ) และใต้หลังคาสูงสุด ( $T_{coat\ in, max}$ ) มีค่า 42.5°C และ 40.3°C ตามลำดับ เมื่อนำค่าอุณหภูมิตั้ง บนหลังคาและอุณหภูมิใต้หลังคาที่เกิดโดยวัสดุสะท้อนรังสี แสงอาทิตย์ (coat) มาพิจารณาจะพบว่า ในช่วงกลางวันจะ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 2.7°C ซึ่งอยู่ ในช่วงเวลาประมาณ 13.00 น.

กรณีหลังคาเมทัลชีทหนา 0.47 mm อุณหภูมิเฉลี่ยราย ชั่วโมงของบนหลังคาและใต้หลังคากรณีที่ไม่เกิดโดยวัสดุ สะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ (uncoat) แสดงดังรูปที่ 6 จากผล

การวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงบนหลังคาสูงสุด ( $T_{\text{uncoat out, max}}$ ) และอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงใต้หลังคาสูงสุด ( $T_{\text{uncoat in, max}}$ ) มีค่า  $46.3^{\circ}\text{C}$  และ  $42.5^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ โดยบันทึกค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงสุดได้  $40.3^{\circ}\text{C}$  ซึ่งตรงกับเวลาประมาณ 15.00 น. เป็นที่น่าสังเกตว่าช่วงเวลาที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงสุดเป็นช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันกับในกรณีก่อนหน้านี้ทั้งสองกรณีด้วยเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างของอุณหภูมิตั้งแต่หลังคาและอุณหภูมิใต้หลังคาจะเห็นว่าในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 14.00 น. มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงกว่าช่วงเวลาอื่น วัดค่าได้ประมาณ  $3.7\text{--}4.9^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 6: อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของหลังคามทัลลิตซ์ ความหนา 0.47 mm

และในกรณีที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ (coat) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงบนหลังคาสูงสุด ( $T_{\text{coat out, max}}$ ) และใต้หลังคาสูงสุด ( $T_{\text{coat in, max}}$ ) มีค่า  $44.3^{\circ}\text{C}$  และ  $39.7^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ เมื่อนำค่าอุณหภูมิตั้งแต่หลังคาและอุณหภูมิใต้หลังคาที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ (coat) มาพิจารณาจะพบว่า ในช่วง 11.00 น. ถึง 14.00 น. จะมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิตั้งแต่หลังคาและใต้หลังคาสูงสุดประมาณ  $4.4\text{--}5.3^{\circ}\text{C}$

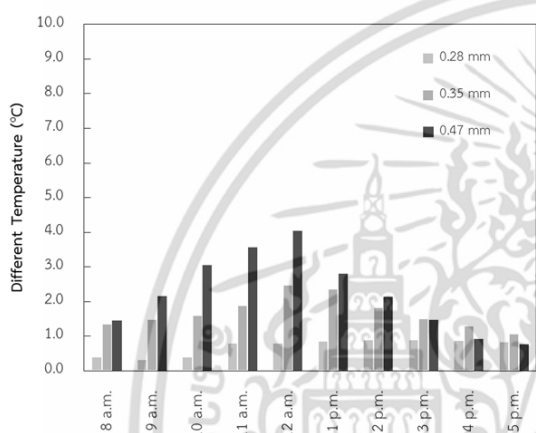
### 3.2 ผลของอุณหภูมิเฉลี่ยใต้หลังคามทัลลิตซ์

การวิเคราะห์ผลในขั้นตอนนี้จะพิจารณาเฉพาะอุณหภูมิใต้หลังคาเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากการใช้งานจริงแล้ว ผู้ที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานในอาคารจะสัมผัสกับอุณหภูมิภายใต้หลังคาเพียงด้านเดียว รวมถึงการนำข้อมูลไปใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศด้วย รูปที่ 7 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของการวัดอุณหภูมิใต้หลังคา ระหว่างกรณีเคลือบและไม่เคลือบสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ เมื่อนำมาคำนวณเพื่อหาความแตกต่างของอุณหภูมิใต้หลังคาเฉลี่ยทุกรายชั่วโมงเปรียบเทียบกันทั้งสามความหนาของหลังคา จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิใต้หลังคาที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์จะมีค่าต่ำกว่ากรณีไม่เคลือบสี ทั้งนี้เนื่องมาจากสีเคลือบที่ใช้ทาหลังคาเป็นสีขาวและมีอนุภาคของเซรามิกผสมอยู่ด้วย เมื่อนำไปทดสอบค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Reflectance) ด้วยเครื่อง Shimadzu UV-3100 (UV-VIS-NIR Recording Spectrophotometer) ตามมาตรฐาน JIS R3106 ผลการทดสอบพบว่า ฟิล์มที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์มีค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์สูงกว่ากรณีที่ไม่ได้เคลือบ ค่าการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ของเมทัลลิตซ์ความหนา 0.35 mm ที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์วัดได้ 71% เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ได้เคลือบสี 68% ดังนั้น รังสีความร้อนที่ผ่านหลังคาที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์จึงมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่ได้เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ และเมื่อนำไปทดสอบวัดค่าการคายความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C1371 ด้วยเครื่อง EMISSOMETER ของบริษัท DEVICES&SERVICE รุ่น AE พบว่า เมทัลลิตซ์หนา 0.35 mm ที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์มีค่าการคายความร้อน 0.9 เปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ได้เคลือบสีวัดค่าได้เพียง 0.2 จากผลการทดสอบแสดงว่า เมทัลลิตซ์ที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์มีค่าการคายความร้อนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณารูปที่ 7 จะเห็นว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิใต้หลังคาจะมีค่าสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 08.00 น. จนถึงเวลาประมาณ 12.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิใต้หลังคาสูงสุด และจะค่อยๆ ลดลงลักษณะคล้ายระฆังคว่ำจนถึงเวลาประมาณ 17.00 น. และเป็นที่น่าสังเกตว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิใต้หลังคาจะแปรผันตามความหนาของหลังคามทัลลิตซ์ กล่าวคือ ยิ่งหลังคามี

ความหนาเพิ่มขึ้นความแตกต่างของอุณหภูมิได้หลังคาที่จะมีค่าสูงขึ้นไปด้วย ดังนั้น เมื่อนำอุณหภูมิได้หลังคาที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับหลังคาที่ไม่ได้เคลือบสีดังกล่าว พบว่า หลังคาเมทัลชีทความหนา 0.28 mm 0.35 mm และ 0.47 mm ที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิได้หลังคาเฉลี่ยลดลง  $1.2^{\circ}\text{C}$   $1.7^{\circ}\text{C}$  และ  $2.2^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติแล้วจะได้ว่า อุณหภูมิได้หลังคาเฉลี่ยที่ลดลงนี้คิดเป็น 3.3% 4.5% และ 5.9% ตามลำดับ



รูปที่ 7: ความแตกต่างของอุณหภูมิได้หลังคาเฉลี่ยรายชั่วโมงของหลังคาเมทัลชีท

#### 4. สรุป

การศึกษาอุณหภูมิของหลังคาเมทัลชีทที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์เซรามิกโค้ทติ้ง ด้วยการสร้างห้องทดลองมีพื้นที่ใช้สอยขนาด  $1.2 \times 1.2 \text{ m}^2$  และทำการติดตั้งหลังคาเมทัลชีทที่เคลือบหลังคาด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์เพื่อวัดอุณหภูมิของหลังคาด้านทิศใต้ เมทัลชีทที่ใช้มีหลังคามี 3 ความหนา คือ 0.28 mm 0.35 mm และ 0.47 mm โดยวัดอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของบนหลังคาและใต้หลังคา ซึ่งมีตำแหน่งของหัววัดอุณหภูมิติดตั้งตรงกันทั้งบนหลังคาและใต้หลังคา จากการทดลอง พบว่า อุณหภูมิของหลังคาจะมีค่าสูงขึ้นไปจากเวลา 08.00 น. จนถึงเวลาประมาณ 12.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุด และจะมีค่าลดลงจนถึงเวลา 17.00 น. ลักษณะกราฟคล้ายระฆังคว่ำ ความแตกต่างของอุณหภูมิตั้งแต่บนหลังคาและอุณหภูมิใต้หลังคาในช่วงเวลา

11.00 น. ถึง 14.00 น. มีค่าสูงกว่าช่วงเวลาอื่น หลังคาเมทัลชีทความหนา 0.28 mm 0.35 mm และ 0.47 mm ที่เคลือบด้วยสีสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิได้หลังคาเฉลี่ยลดลง  $1.2^{\circ}\text{C}$   $1.7^{\circ}\text{C}$  และ  $2.2^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติแล้วจะได้ว่า อุณหภูมิได้หลังคาเฉลี่ยที่ลดลงนี้คิดเป็น 3.3% 4.5% และ 5.9% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิได้หลังคาจะแปรผันตามความหนาของหลังคาเมทัลชีท

#### 5. เอกสารอ้างอิง

- [1] V. Olgyay, "Design with climate", Princeton, Princeton University Press, New Jersey, 1969.
- [2] J. Khedari, A. Sangprajak and J. Hirunlabh, "Thailand climatic zones", Renewable Energy, vol. 25, pp. 267–280, 2002.
- [3] S. Sae-Heng and T. Swasdisevi, "Modelling of Natural Ventilation System in a Commercial Building with Air Grille", Engineering Journal Chiang Mai University", vol.19 (1), pp. 87-100, 2012.
- [4] S. Wasananon, "Simulation of Temperature Distribution and Heat Transfer in a Building with Ventilation System using Computational Fluid Dynamics", Master's thesis in Engineering, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2005.
- [5] P. Rakkwamsuk, J. Wootthikanokkhan and Wanlop Harnarongchai, "Coloured Solar Reflective Coating for Energy Conservation", KMUTT Research & Development Journal, vol.30 (4), pp. 591-600, 2007.
- [6] A. Srisroal, "The Study of Thermo-reflective Coating Material", Master's thesis in Engineering, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2002.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้