

การเปรียบเทียบสมรรถนะทางความร้อนของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบที่
ใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ เป็นฉนวนกันความร้อน

Comparison of Thermal performance of Flat Plate Solar Collector Using
Various Materials as Thermal Insulator

พิภพ นราแก้ว^{1*} และสมัย ศรีสวຍ²

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

²สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะทางความร้อนของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบที่ใช้ฉนวนความร้อนแบบต่าง ๆ แผงรับรังสีอาทิตย์ดังกล่าวมีขนาด (กว้าง 1.5 เมตร X ยาว 4 เมตร) โดยใช้แผ่นพลาสติกใสปิดด้านบน ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตปิดด้านข้าง และใช้แผ่นอลูมิเนียมปิดด้านล่าง ส่วนด้านในติดครีป 0.0254 ตารางเมตร จำนวน 32 อัน เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อน ผู้วิจัยได้ทดลองใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ฟางข้าว โฟม แผ่นใยแก้ว เป็นฉนวนด้านหลังของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ จากผลการวิจัยพบว่าตัวรับรังสีอาทิตย์มีประสิทธิภาพทางความร้อนที่ดีกับวัสดุทุกอย่างที่ใช้ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาด้านราคาและความสะดวกในการจัดหา ผู้วิจัยเสนอแนะให้ใช้ฟางข้าวเป็นฉนวน

คำสำคัญ : แผงรับรังสีอาทิตย์ พลังงานดวงอาทิตย์ ฉนวนความร้อน

Abstract

This research investigates the thermal performance of a flat-plate solar collector using various materials as thermal insulator. The solar collector has a width of 1.5 m and a length of 4 m. The top side of collector is covered by colorless plastic sheet. White polycarbonate sheet was used as the side wall of the collector and the aluminum plates were used to cover the back side of the collector. In addition, a total of 32 fins with an area of 0.0254 m^2 were installed inside the solar collector for integrate heat transfer area. Rice straw, foam and fiber glass, were used as thermal insulation for the back side. Experiments were conducted to investigate the performance of the collector using these materials as insulator. The results indicate that solar collector has good solar thermal efficiency for materials using considering the cost and availability of materials, rice straw is recommended to use.

Keyword : solar collector, Solar energy, thermal Insulator

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในแถบเส้นศูนย์สูตร ปริมาณของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่ของประเทศไทยโดยเฉลี่ย $18.2 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่มีศักยภาพและความเหมาะสมในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์อย่างสูงซึ่งสามารถเหมาะที่จะใช้ในการอบแห้ง ผู้วิจัยจึงเห็นว่าเป็นปัจจัยที่จะช่วยทำให้การอบแห้งมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นต้องมีการพัฒนาส่วนที่จะสร้างความร้อนให้แก่เครื่องอบแห้งอันได้แก่ ตัวรับรังสีอาทิตย์ (Solar collector) ถ้าอุปกรณ์นี้มีประสิทธิภาพที่สามารถเปลี่ยนรังสีดวงอาทิตย์ให้เป็นความร้อนได้มากหรือได้ค่าความร้อนที่สูงก็จะส่งผลต่อการได้รับความร้อนและการให้ความร้อนแก่เครื่องอบแห้งที่ดีด้วย (พฤทธิ 2548) เช่นกัน แต่ตัวรับรังสีที่มีประสิทธิภาพสูงในปัจจุบันก็จะใช้วัสดุที่มีราคาสูง ซึ่งโดยธรรมชาติของเกษตรกรจะไม่สามารถจัดหามาใช้ได้ ดังนั้นตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ที่จะสร้างขึ้นโดยเน้นวัสดุที่สามารถจัดหาได้ง่าย ราคาถูก แต่มีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับวัสดุที่มีราคาสูงเหล่านั้น เพื่อให้เกษตรกรเข้าถึงเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ของเกษตรกรได้อย่างทั่วถึง โดยในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทดสอบการใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ เพื่อเป็นฉนวนความร้อนสำหรับตัวรับรังสีอาทิตย์

หลักการ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

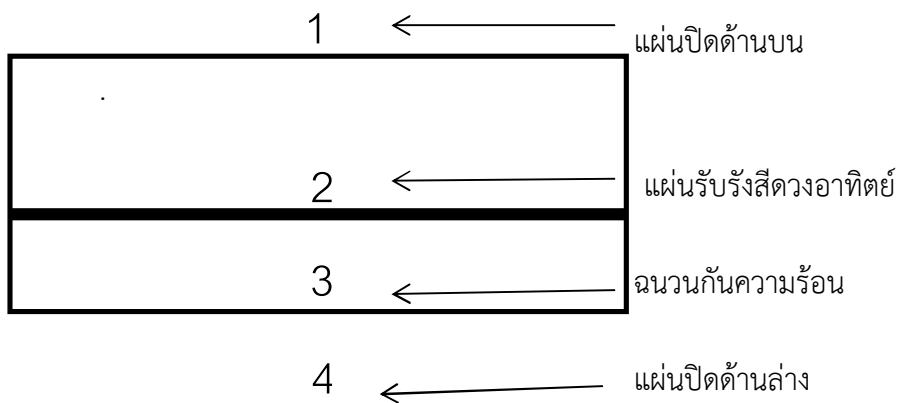
แผงรับรังสีอาทิตย์ (Solar Collector) เป็นเครื่องมือที่เปลี่ยนรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนเพื่อนำไปใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น การอบแห้ง การทำน้ำร้อน ฯลฯ โดยในปัจจุบันมีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น อนุสรณ์ (2544) ได้ปรับปรุงประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์ของแผง PV/T โดยการใช้รูปแบบของครีบริบายความร้อนแบบไม่คงที่ (non uniform fin shape, NFS) ติดในแผง ทดแทนครีบริบายความร้อนแบบคงที่ (uniform fin shape, UFS) จากการศึกษาการทำงานเปรียบเทียบกันที่ความเร็วลมเข้าแผงรับรังสีความร้อน (Basic Science Division, 2546) การหาสมรรถนะเชิงความร้อนของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบ แผ่นเรียบที่ติดตั้งบนหลังคาบ้านพักอาศัยในเขตกรุงเทพฯ เพื่อที่จะศึกษาถึงอิทธิพลของมุมเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่มีต่อสมรรถนะและพบว่าอุณหภูมิแผ่นปิดและอุณหภูมิแผ่น ดูดกลืนรังสีอาทิตย์มีค่าอยู่ในช่วง $50\text{-}55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ และ $104\text{-}116 \text{ }^{\circ}\text{C}$ โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ในช่วง 58%-67%

Jos (2006) กล่าวถึงแผ่นรับรังสีความร้อนว่าเป็นสิ่งสำคัญในการใช้งานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ งานวิจัยดังกล่าวอธิบายถึงการออกแบบและการทดสอบการสะสมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อพัฒนามีประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์ โดย

ทดลองเป็นไปตามมาตรฐาน ASHRAE 93-86 และมาตรฐานยุโรป EN 12975 2006 (ASHRAE STANDARD, 1981)

จากงานวิจัยที่ผ่านมา ยังไม่พบการวิจัยเกี่ยวกับการใช้วัสดุราคาถูกเพื่อใช้เป็นฉนวนความร้อนในแผงรับรังสีอาทิตย์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะของแผงรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้วัสดุต่าง ๆ เป็นฉนวนความร้อน

ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์เปลี่ยนเป็นความร้อน และถ่ายเทให้กับสิ่งแวดล้อม มีส่วนประกอบดังนี้

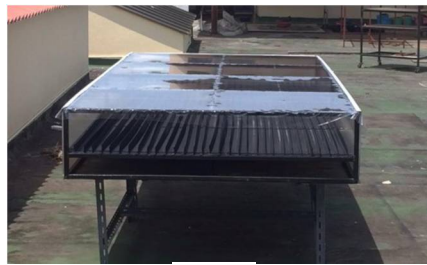


ภาพที่ 1 แสดงส่วนประกอบของแผงรับรังสีอาทิตย์

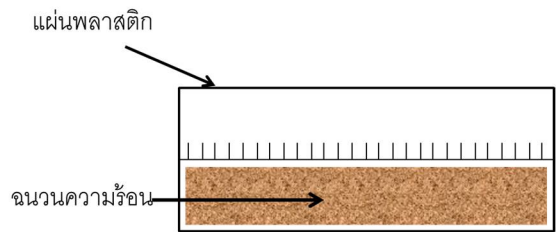
การไหลของความร้อนในแผงรับรังสีอาทิตย์ จากรังสีดวงอาทิตย์ 100% จะมีการสะท้อนออกไป 10% แผ่นปิดด้านบนจะรับรังสีดวงอาทิตย์ไว้ 5% ส่งผ่านไปยังภายในของแผงรับรังสีอาทิตย์ 85% เกิดการสะท้อนภายใน 5% และอีก 80% ถูกดูดกลืนในชั้นของฉนวนกันความร้อน จะเห็นว่าชั้นฉนวนมีความสำคัญอย่างมากในการออกแบบ Struckmann (2008)

วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาแผงรับรังสีอาทิตย์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ให้ดีขึ้น โดยการใช้ฉนวนความร้อนที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งและมีอยู่โดยทั่วไป และออกแบบภายในตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยการเพิ่มพื้นที่รับรังสีอาทิตย์ให้มากขึ้นอีกด้วย โดยรูปแบบของตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผู้วิจัยออกแบบดังภาพที่ 2



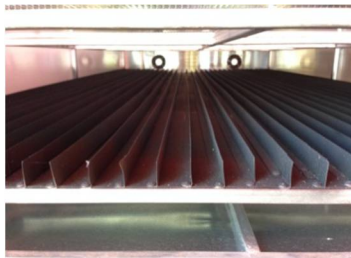
ก)



ข)

ภาพที่ 2 ตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ได้พัฒนาขึ้น ก) ภาพถ่าย ข) แผนภาพตัดขวาง

ตัวรับรังสีอาทิตย์มีขนาด กว้าง 4 เมตร ยาว 1.5 เมตร และสูง 0.3 เมตร ด้านล่างทำจากแผ่นสังกะสีเพิ่มครีบ จำนวน 32 แถว ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3 ด้านข้างใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นส่วนประกอบ ชั้นฉนวนใช้วัสดุ 3 ชนิดในการเปรียบเทียบ ได้แก่ โฟมหนา 2 นิ้ว โยแก้วและฟางข้าว ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 รูปองค์ประกอบของแผงรับรังสีอาทิตย์



โฟมหนา 2 นิ้ว



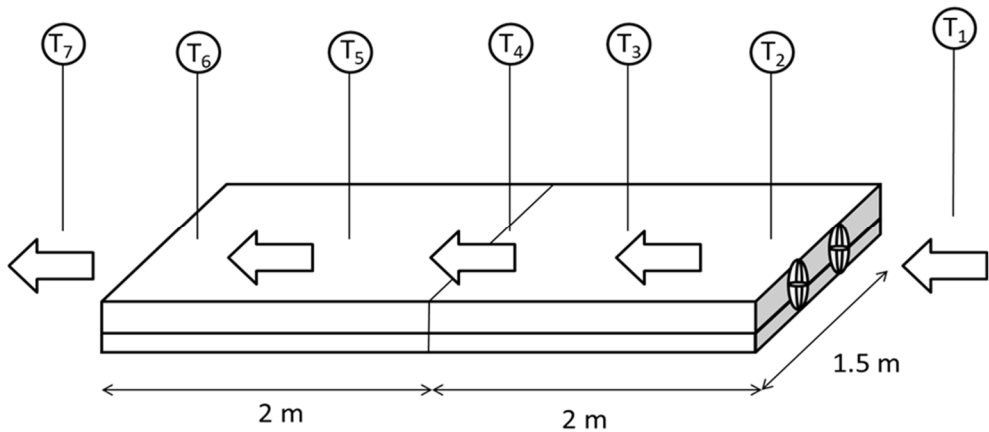
แผ่นฉนวนกันความร้อน



ฟางข้าว

ภาพที่ 4 วัสดุที่ใช้ทำฉนวนในตัวรับรังสีอาทิตย์

การทดสอบหาประสิทธิภาพทางความร้อนจะใช้วิธีการวัดค่าของอุณหภูมิ 5 ตำแหน่งภายในแผงรับรังสี และภายนอก 2 ตำแหน่ง โดยเก็บข้อมูลในเครื่องบันทึกข้อมูล TM 100 ใช้สายเทอร์โมคัปเปิล K-TYP เพื่อวัดอุณหภูมิโดยจะให้พัดลม 2 เครื่อง เป่าอากาศ ความเร็วลม 1.0, 2.0 และ 3.0 เมตรต่อวินาที เพื่อนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้จากการเปลี่ยนฉนวนความร้อนจะเลือกใช้วัสดุต่างชนิด เช่น ฟางข้าว โยแก๊ว โฟม และวัดค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่บันทึกได้จากเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ (Hukseflux SR03) เครื่องบันทึกข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ รุ่น LI-19 แสดงจุดที่วัดดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 รูปตำแหน่งที่ใช้วัดในตัวรับรังสีอาทิตย์

ในการวิเคราะห์ผลการวิจัยผู้วิจัยจะคำนวณประสิทธิภาพ (η) ของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (บงกช 2546) โดยใช้สมการ

$$\eta = \frac{Q_u}{G_T A_c}$$

โดยที่ Q_u คือพลังงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (J)

G_T คือปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ ($J \cdot day / m^2$)

A_c คือพื้นที่ของตัวรับรังสีอาทิตย์ (m^2)

ตัวแปรต่าง ๆ สามารถหาได้จาก

$$Q = \dot{m}C_p(T_{fo} - T_{fi})$$

โดยที่ Q คือค่าพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (J)

C_p คือค่าความจุความร้อนจำเพาะ ($J/kg \text{ } ^\circ C$)

\dot{m} คือค่าอัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)

T_{fo} คือค่าอุณหภูมิออกจากตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ ($^\circ C$)

T_{fi} คือค่าอุณหภูมิเข้าตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ ($^\circ C$)

โดยใช้หลักการสมดุลพลังงานในการหาค่าสมรรถนะของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์เมื่อพิจารณาที่สภาวะคงที่ (Steady state condition) สามารถหาพลังงานที่ตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ได้รับ (Q_{coll}) จากพลังงานเข้า = พลังงานออก + พลังงานที่ตัวเก็บรังสีได้รับ (Duffie and Beckman, 1991)

$$A_c(\tau\alpha)_e I_T = U_L A_c (T_p - T_a) + Q_{coll}$$

โดยที่ Q_{coll} คือค่าพลังงานที่ตัวเก็บรังสีได้รับ (J)

A_c คือค่าพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ของแผงรับรังสี (m^2)

$(\tau\alpha)_e$ คือค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านและการดูดกลืนประสิทธิผล

I_T คือค่ารังสีดวงอาทิตย์ (W/m^2)

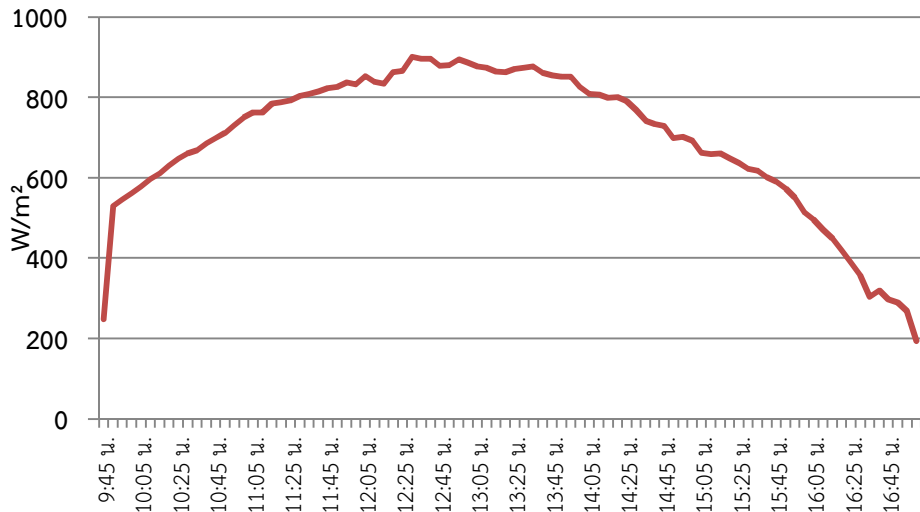
U_L คือค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวม ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

T_p คือค่าอุณหภูมิที่เข้าแผงรับรังสี ($^\circ C$)

T_a คือค่าอุณหภูมิแวดล้อม ($^\circ C$)

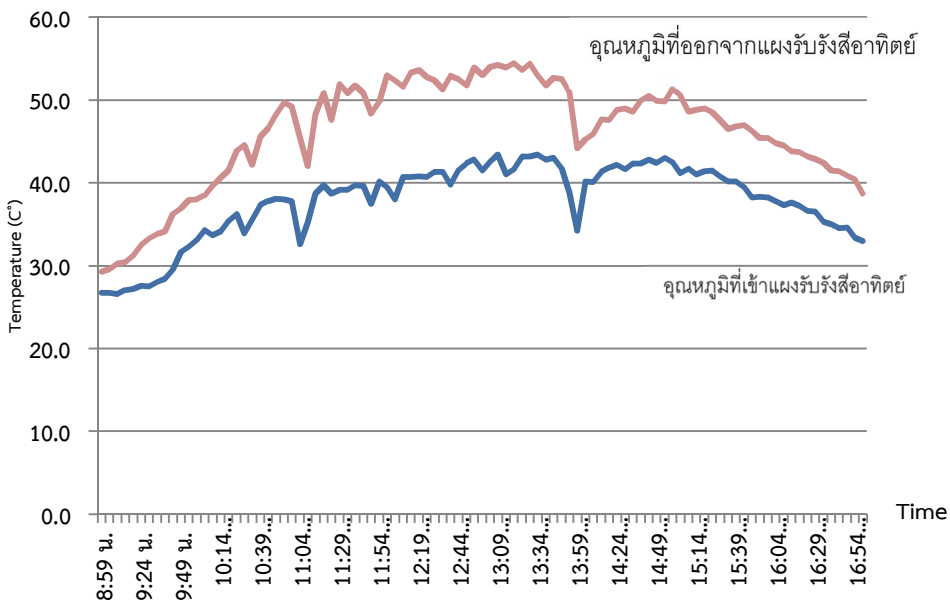
ผลการวิจัย และการวิเคราะห์

จากการทดลองการทดสอบอุณหภูมิ ความเร็วลม และค่ารังสีอาทิตย์โดยใช้วัสดุเก็บความร้อน คือ โยแก้วโพน และฟางข้าวซึ่งความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ กับเวลาทุก ๆ 5 นาที ระหว่างวันที่ 28 พฤศจิกายน ถึง 7 ธันวาคม 2559 โดยเริ่มทดสอบตั้งแต่เวลา 9.00 ถึง 17.00 น. แสดงดังภาพที่ 6 ถึง 9



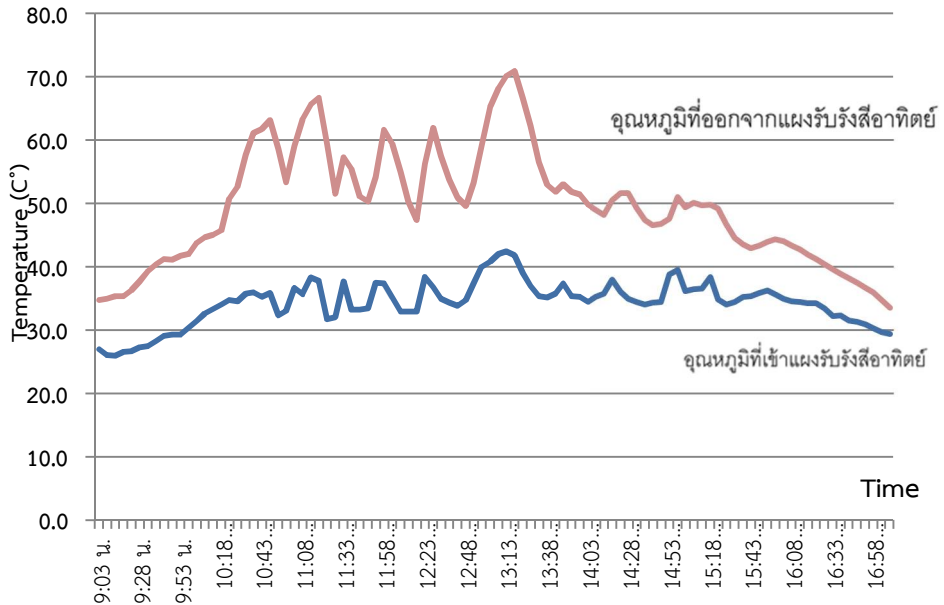
ภาพที่ 6 แสดงค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยระหว่างวันที่ 28 พฤศจิกายน ถึง 7 ธันวาคม 2559

กราฟแสดงค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยในภาพที่ 6 ในช่วงที่ทำการวิจัยพบว่า มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 880 W/m^2 ซึ่งเป็นค่าที่มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในอบแห้ง และทำการวิจัยที่เกี่ยวข้อง



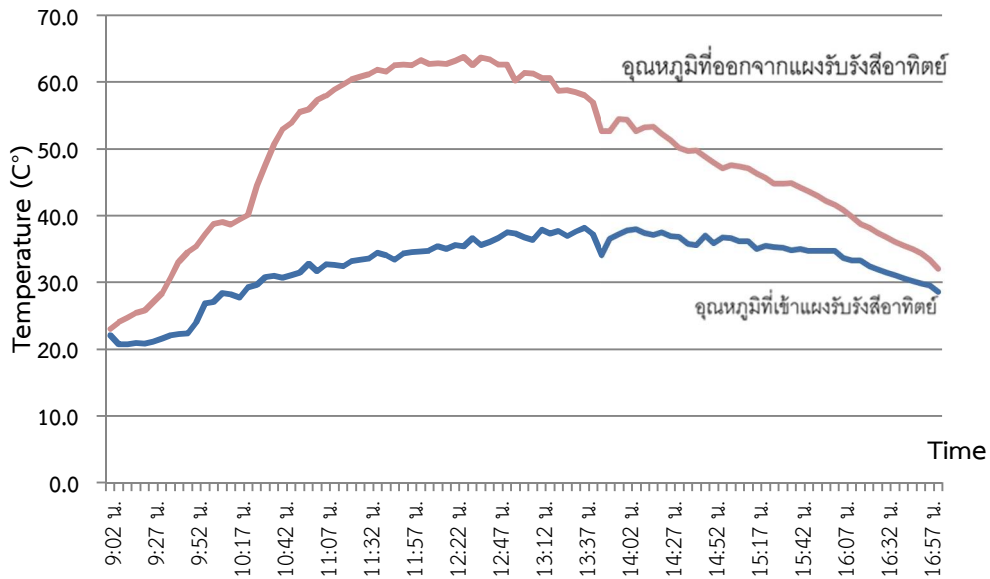
ภาพที่ 7 แสดงค่าของอุณหภูมิที่เข้าแผงรับรังสีอาทิตย์และตำแหน่งทางออกของรังสีอาทิตย์โดยไม่มีวัสดุในชั้นฉนวนความร้อน

กราฟของค่าอุณหภูมิที่เข้าแผงรับรังสีอาทิตย์และที่ออกจากแผงรับรังสีอาทิตย์ที่ไม่มีชั้นฉนวนความร้อนพบว่า มีความแตกต่างโดยเฉลี่ย 14.5 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 8 แสดงอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของตัวรับรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัวที โดยใช้ใยแก้วเป็นวัสดุเก็บความร้อน

จากกราฟภาพที่ 8 แสดงค่าของอุณหภูมิที่เข้าแผงรับรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิที่จากแผงรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัวทีที่ใช้ใยแก้วเป็นวัสดุเก็บความร้อน มีค่าความต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 9 แสดงอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของตัวรับรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัวที โดยใช้โคมเป็นวัสดุเก็บความร้อน

จากกราฟภาพที่ 9 แสดงค่าของอุณหภูมิที่เข้าแผงรับรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิที่ออกจากแผงรับรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัวทีที่ใช้โคมเป็นวัสดุเก็บความร้อน มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส

จากภาพที่ 6 ถึง 9 พิจารณาได้ว่าค่าความร้อนที่ส่งมากระทบแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าที่ใกล้เคียงกันโดยเฉลี่ย โดยใช้ฉนวนที่ใช้ โฟมใยแก้วและฟางข้าว เปรียบเทียบกันจะพบว่ามีค่าประสิทธิภาพที่ต่างกันไม่มากนัก คือ 60, 54 และ 51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

บทสรุป

จากการวิจัยพบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุใยแก้ว โฟม และฟางข้าวเป็นฉนวน มีค่า 65, 60 และ 51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชั้นฉนวนที่สามารถลดการสูญเสียความร้อนจากภายในตัวรับรังสีออกสู่สิ่งแวดล้อมที่ดีที่สุดได้แก่ ใยแก้ว โฟม ทราาย และฟางข้าว โดยมีค่าความต่างของอุณหภูมิภายในเครื่องและอุณหภูมิใต้แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ เท่ากับ 42.9, 29.8 และ 24.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยถ้าเทียบราคาของฉนวนจะพบว่า ฉนวนใยแก้ว โฟม ทราาย และฟางข้าว มีราคาจากมากไปน้อยตามลำดับ

จากการพิจารณาการด้านราคาวัสดุและการจัดหาวัสดุ ผู้วิจัยเสนอและให้ใช้ฟางข้าวเป็นวัสดุสำหรับเป็นฉนวนความร้อน

เอกสารอ้างอิง

- จอมภพ แววศักดิ์. 2546. การหาสมรรถนะเชิงความร้อนของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ติดตั้งบนหลังคา. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17. 15-17 ตุลาคม 2546 จังหวัดปราจีนบุรี.
- บงกช ประสิทธิ์, พิสิษฐ์ มณีโชติ, อภิโชติ แสนสม, ประพิธาร์ ชนารักษ์ และยุวดี คงมัน 2546. การเปรียบเทียบสมรรถนะตัวรับรังสีแสงอาทิตย์แผ่นเรียบตามมาตรฐาน ASHRAE STANDARD 93-77. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร (11)1: 11-22.
- พฤทธิ มาเนตร และคณะ. 2548. การเพิ่มประสิทธิภาพแผงรับรังสีอาทิตย์ ด้วยแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 111-13 พฤษภาคม 2548 โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ซิตี จอมเทียน จังหวัดชลบุรี
- อนุสรณ์ แสงประจักษ์. 2544. การปรับปรุงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน PV/T air solar collector. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ASHRAE STANDARD. 1981. Method of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors part 93-77. New York, The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.
- Duffie, A. D. and Beckman, W. A. 1991. Solar Engineering of Thermal Processes. 2nd Edition, Wiley, New York.
- Basic Science Division. 2546. Determination of Thermal Performance of a Rooftop Flat-Plate Solar Collector. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17 15-17 ตุลาคม 2546 จังหวัดปราจีนบุรี.
- Jos, D. THE ANNALS OF "DUNAREA DE JOS" UNIVERSITY OF GALATI FASCICLE IV REFRIGERATING TECHNIQUE, INTERNAL COMBUSTION ENGINES, BOILERS AND TURBINES, ISSN 1221-4558 2006.
- Struckmann, F. "Analysis of a Flat-plate Solar Collector", 2008, MVK160 Heat and Mass Transport, May 08, 2008, Lund, Sweden.