

**การประหยัดพลังงานโดยตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์  
ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์**  
**ENERGY SAVING BY SOLAR COLLECTOR IN SRINAGARIND HOSPITAL**

วิศรุต เชิดชู และ อรรถวิทย์ ดีนาง\*

Witsarut Cherdchoo and Attawit Deenang\*

งานซ่อมบำรุง ฝ่ายกายภาพและสภาพแวดล้อม คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**บทคัดย่อ**

โรงพยาบาลศรีนครินทร์ ได้ดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ด้านไฟฟ้า แสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และด้านการใช้พลังงานความร้อน ได้ทำการติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อนำมาอุ่นน้ำป้อนจ่ายให้กับหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา ขนาด 5 ตันต่อชั่วโมง โดยประกอบด้วยถังเก็บน้ำร้อน ขนาด 15,000 ลิตร และแผงรับรังสี ชนิดหลอดแก้วสุญญากาศ จำนวน 310 แผง ติดตั้งบนหลังคาซึ่งสามารถทำอุณหภูมิได้ในช่วง 70 - 90 องศาเซลเซียส การศึกษานี้ได้ทำการเก็บข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ จากมิเตอร์ที่ติดตั้งไว้ตามโหลดใช้งานจริงในการเดินเครื่อง แล้วนำมาคำนวณเปรียบเทียบเพื่อหาปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา ระยะคืนทุน ในช่วงก่อนและหลังการติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

ผลที่ได้พบว่า ปริมาณการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ ทั้งสองช่วงมีค่าใกล้เคียงกันที่ 1,787.14 และ 1,791.41 กิโลกรัมไอน้ำต่อชั่วโมง แต่ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาลดลง โดยดัชนีการผลิตไอน้ำต่อเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับ 14.36 และ 15.61 กิโลกรัม-ไอน้ำต่อลิตร จากค่าดัชนีการผลิตไอน้ำต่อเชื้อเพลิงที่มีค่าสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าหม้อไอน้ำสามารถผลิตไอน้ำได้มากขึ้นขณะที่มีการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาต่อลิตรเท่าเดิม เป็นผลจากการเพิ่มอุณหภูมิน้ำ

---

\* ผู้ประสานงาน: อรรถวิทย์ ดีนาง

อีเมล: D\_attawit@hotmail.com

ป้อนที่จ่ายให้กับหม้อไอน้ำ โดยการติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าว และยังสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาลงได้ 77,285 ลิตรต่อปี คิดเป็น 8.01% ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น 6.81 ปี

**คำสำคัญ:** ตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์, หม้อไอน้ำ, การประหยัดพลังงาน

### Abstract

Srinagarind Hospital was implemented by various energy conservation measures such as electric, lighting, air conditioning and heating. For heat measure, installed solar collector system for 5 ton/hr boiler. The system an installation on the roof has 310 panels evacuated tubular with 15,000 liters of storage, the temperature in the range of 70-90 °C. The study collected data of variables according to the actual load in accordance with compared in the period 2014 and 2016.

The result, both before and after has a steam 1,787.14 and 1,791.41 kg-s/hr, and the index of steam production per fuel oil was 14.35 and 15.61 kg-s/l then the amount of fuel consumption was lower than the original 8.01%, It was found that the energy saving is 77,285 liters per year and a payback period within 6.81 years.

**Keywords:** Solar collector, Boiler, Energy savings

## บทนำ

โรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีอาคารสูงประมาณ 33 หลัง เป็นหน่วยงานที่ให้บริการ ด้านการรักษาพยาบาลสำหรับผู้ป่วย การเรียนการสอนนักศึกษาแพทย์ พยาบาล และเจ้าหน้าที่ เป็นสถานประกอบการที่ต้องเปิดทำการอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง จัดเป็นอาคารประเภทที่ใช้พลังงานสูงประเภทหนึ่ง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553)

ในปี 2554 โรงพยาบาลศรีนครินทร์ ได้สนองนโยบายของมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยได้เริ่มดำเนินโครงการอนุรักษ์พลังงาน โดยได้ดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานด้านต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้านใหญ่ ๆ คือ ด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าและด้านการใช้พลังงานความร้อน ซึ่งในด้านการใช้พลังงานความร้อนนั้น มีการใช้งานเชื้อเพลิงน้ำมัน (ดีเซล เบนซิน) สำหรับเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ จักรยานยนต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง และเชื้อเพลิงน้ำมันเตาเอ สำหรับหม้อไอน้ำ ซึ่งใช้ในการผลิตไอน้ำ โดยนำไอน้ำที่ผลิตได้ไปใช้ในกิจการของโรงพยาบาลศรีนครินทร์ เพื่อใช้ในการประกอบอาหาร การซัก อบ เสื้อผ้าผู้ป่วย และนำไปอบฆ่าเชื้อสำหรับเครื่องมือ อุปกรณ์ทางการแพทย์ ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการให้บริการรักษาพยาบาลผู้ป่วย

การดำเนินกิจกรรมอนุรักษ์พลังงาน ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานในภาพรวม ลงได้ 18.50% ในปี พ.ศ. 2555 เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2554 โดยกิจกรรมด้านการอนุรักษ์พลังงานในด้านการใช้พลังงานความร้อนของหม้อไอน้ำ สามารถลดการใช้น้ำมันเตาลงได้ 6.23% โดยทางหมวดผลิตไอน้ำ หน่วยเครื่องกล งานซ่อมบำรุง ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรง ได้มีการดำเนินการหลาย ๆ ด้าน เช่น การเปลี่ยนกับดักไอน้ำ การหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ การปรับปรุงเครื่องผลิตไอน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูล การประหยัดพลังงานสำหรับหม้อไอน้ำ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การอุ่นอากาศก่อนการเผาไหม้, การบำรุงรักษาหม้อไอน้ำที่ส่งผลต่อการลดการสูญเสียพลังงาน, การนำน้ำคอนเดนเสดกลับมาใช้, การอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำ และหากสามารถเพิ่มอุณหภูมิให้น้ำป้อนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นได้ทุก ๆ 6 องศาเซลเซียส จะสามารถช่วยลดการใช้ พลังงานเชื้อเพลิง ลงได้ประมาณ 1% เป็นต้น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

ในปี 2557 ทางคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ขอรับการสนับสนุนงบประมาณจาก โครงการ Campus Power ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน เพื่อทำการติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar collector) เพื่ออุ่นน้ำป้อน (Feed water) ที่จ่ายให้หม้อไอน้ำ ซึ่งประกอบด้วย ถังเก็บน้ำร้อน (Storage tank) ขนาด 15,000 ลิตร แผงรับรังสี ชนิดหลอดแก้วสุญญากาศ (Evacuated tubular collector) จำนวน 310 แผง และสำหรับใช้เป็นน้ำอุ่นสำหรับหอผู้ป่วยโดยตรง ซึ่งประกอบด้วย ถังเก็บน้ำร้อน (Storage tank) ขนาด 4,000 ลิตร แผงรับรังสี ชนิดหลอดแก้วสุญญากาศ (Evacuated tubular collector) จำนวน 30 แผง

การที่เลือกใช้แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ชนิดหลอดแก้วสุญญากาศ เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงสามารถดูดซับความร้อน สามารถทำอุณหภูมิได้ในช่วง 70-90 องศาเซลเซียส (ณัฐนิ วรรณยศ และคณะ, 2552) โดยติดตั้งบนหลังคาอาคารหม้อไอน้ำ งานซ่อมบำรุง คณะแพทยศาสตร์ ซึ่งการติดตั้งแผงรับรังสี จากดวงอาทิตย์ยังเป็นฉนวนกันความร้อน และมุมเอียงบนหลังคา มีส่วนช่วยให้ลดความร้อนที่จะเข้าสู่ภายในอาคาร (Joseph K. et al., 1997) อีกทั้งอุปกรณ์ดังกล่าวยังเป็นเทคโนโลยี ที่จะสามารถช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาของหม้อไอน้ำได้ โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัย มีดังนี้

1. เพื่อการศึกษาการทำงานระบบการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ และการประหยัดพลังงาน โดยติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่ออุ่นน้ำป้อนที่จ่ายให้หม้อไอน้ำ ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2. สามารถคำนวณเปรียบเทียบหาผลประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันเตา ของหม้อไอน้ำ ก่อนและหลังการติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ รวมไปถึงคำนวณหาจุดคุ้มทุนได้

## วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาแนวทางการในอนุรักษ์พลังงานด้านความร้อนของระบบผลิตไอน้ำ  
กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการ การควบคุม ปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักร และอุปกรณ์พลังงานที่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนใด ๆ ได้แก่ เชื้อเพลิง น้ำมัน ก๊าซ ชีวมวล พลังงานทดแทนหรือพลังงานไฟฟ้า เพื่อแปลงรูปให้เป็นพลังงานความร้อนเพื่อนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตต่าง ๆ โดยอุปกรณ์ที่สำคัญได้แก่

หม้อไอน้ำ เตาหลอมโลหะ เตาเผาและเตาอบโลหะ อุปกรณ์เหล่านี้นับว่าเป็นหัวใจของระบบการผลิต การจัดการอนุรักษ์พลังงานด้านความร้อนโดยมาตรการของระบบไอน้ำ มีหลายมาตรการ เช่น มาตรการปรับปรุงแก้ไขการรั่วไหลของไอน้ำ, มาตรการหุ้มฉนวนท่อส่งจ่ายไอน้ำ และอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ, มาตรการลดการระบายน้ำทิ้งของหม้อไอน้ำ (Blowdown), มาตรการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ, มาตรการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ, มาตรการเพิ่มอุณหภูมิ น้ำป้อนของหม้อไอน้ำ, มาตรการอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำจากปล่องก๊าซไอเสีย, มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ, มาตรการลดเวลาการใช้งานหม้อไอน้ำ ฯลฯ (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น, 2543)

และดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานเฉพาะ (SEC) หรือค่าการใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยผลผลิตของการผลิตไอน้ำ คือ กิโลกรัมไอน้ำที่ผลิตได้ต่อเชื้อเพลิง โดยค่าที่ได้จากการใช้งานหม้อไอน้ำ หากมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน จะแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำลดต่ำลง ต้นทุนการผลิตไอน้ำจะสูงขึ้น ดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ดัชนีการผลิตไอน้ำต่อเชื้อเพลิง

| ชนิดเชื้อเพลิง | ดัชนีการผลิตไอน้ำต่อเชื้อเพลิง              |
|----------------|---------------------------------------------|
| ของเหลว        | 14 กิโลกรัม-ไอน้ำ / ลิตร                    |
| ของแข็ง        | 8 กิโลกรัม-ไอน้ำ / กิโลกรัม-เชื้อเพลิง      |
| ก๊าซ           | 13 กิโลกรัม-ไอน้ำ / ลูกบาศก์เมตร-เชื้อเพลิง |

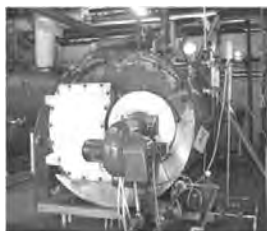
2. ศึกษาข้อมูลทั่วไปของหม้อไอน้ำ ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

หม้อไอน้ำ คือ เครื่องกำเนิดไอน้ำชนิดภาชนะปิด ทำด้วยเหล็กกล้าหรือวัสดุอื่น ๆ ภายในประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนเก็บน้ำและส่วนเก็บไอน้ำ ผลลัพธ์ที่ได้คือพลังงานไอน้ำและความร้อน จัดว่าเป็นเครื่องจักรที่อันตรายและใช้พลังงานสูง ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ มีการใช้หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ (Fire tube) ใช้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันเตาเอ โดยมีรายละเอียดดังนี้

หม้อไอน้ำตัวที่ 1 ขนาด 3.5 ตัน/ชั่วโมง หัวเผาแบบ Nozzle ชนิด Fire tube ยี่ห้อ Hust, Model S5-A6-350-150 ขนาด 350 Hp, Max Presser 10 bar (150 PSI), สหรัฐอเมริกา 2008 (ยกเลิกใช้งาน)

หม้อไอน้ำตัวที่ 2 ขนาด 4 ตัน/ชั่วโมง หัวเผาแบบ Nozzle ชนิด Fire tube ยี่ห้อ Standard Kassel, Max Presser 10 bar (1502PSI), เยอรมัน 1990

หม้อไอน้ำตัวที่ 3 ขนาด 5 ตัน/ชั่วโมง หัวเผาแบบ Nozzle ชนิด Fire tube ยี่ห้อ DonLee, Max Presser 10 bar (1502PSI)



**รูปที่ 1** หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ ขนาด 3.5, 4 และ 5 ตัน/ชั่วโมง ตามลำดับ

ถังเก็บน้ำมันเตา จำนวน 3 ถังขนาดความจุรวม 45,000 ลิตร โดยใช้น้ำมันเตาเอ



**รูปที่ 2** ถังเก็บน้ำมันเตาเอ

จากความต้องการใช้น้ำ ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ เจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ จะทำการเดินเครื่องหม้อไอน้ำขนาด 5 ตันต่อชั่วโมง 15-20 ชั่วโมงต่อวัน ความต้องการใช้น้ำอยู่ที่ 30-35 ตัน-ไอน้ำต่อวัน แรงดันไอน้ำที่ผลิตเท่ากับ 10 บาร์ ดังรูปที่ 3



**รูปที่ 3** เกจวัดแรงดันหม้อไอน้ำและเครื่องวัดอุณหภูมิ

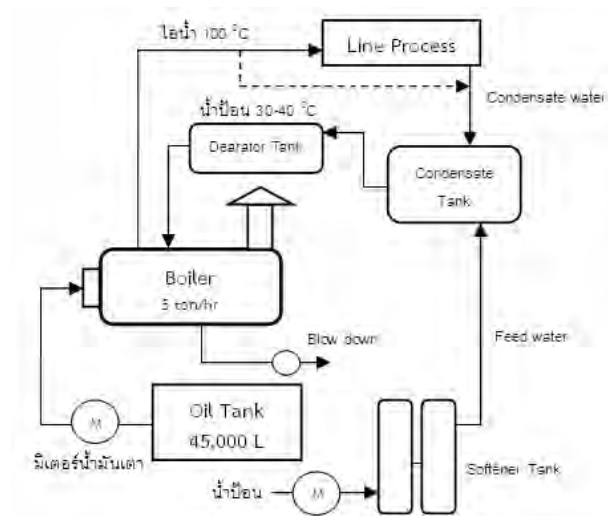
ไอน้ำที่ผลิตได้จะจ่ายโดยผ่านหัวจ่ายแรงดันไอน้ำ ให้กับหน่วยซักฟอก งานแม่บ้าน เพื่อนำไปใช้ในการซัก อบผ้า รีดผ้าผู้ป่วย ที่แรงดันไอน้ำ 7 บาร์, งานโภชนาการ เพื่อนำไปใช้ในการประกอบอาหาร ที่แรงดันไอน้ำ 4 บาร์, งานจ่ายกลาง เพื่อนำไปใช้ในเครื่องอบฆ่าเชื้ออุปกรณ์ เครื่องมือแพทย์ ที่แรงดันไอน้ำ 5 บาร์ ดังรูปที่ 4



**รูปที่ 4** หัวจ่ายแรงดันไอน้ำใช้งาน

หลังจากที่ได้จ่ายไอน้ำเพื่อให้หน่วยงานนำไปใช้งานแล้ว ในส่วนน้ำที่เหลือจากการใช้งาน (Condensate water) ซึ่งยังมีความร้อนหลงเหลืออยู่ ทางโรงพยาบาลฯ นำกลับมาอุ่นน้ำป้อนที่ถังพักน้ำเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากระยะทางการส่งไป-กลับ ของไอน้ำจากแหล่งผลิตไปที่หน่วยงานเพื่อใช้งาน มีระยะทางไกล และไม่ได้ติดตั้งมิเตอร์ในการตรวจวัดปริมาณ

การเติมน้ำป้อน (Feed water) ของหม้อไอน้ำจะต้องผ่านการปรับสภาพน้ำจากถังปรับสภาพน้ำ (Softener tank) แล้วส่งตามท่อมาผสมกันกับน้ำที่เหลือจากการใช้งาน ในถังพัก (Condensate tank) ก่อนจ่ายเข้าสู่ถังกำจัดอากาศ (Deaerator tank) แล้วถึงเติมเข้าสู่หม้อไอน้ำ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าในช่วง 30-40 องศาเซลเซียส ในส่วนของการระบายน้ำทิ้งของหม้อไอน้ำ (Blowdown) เพื่อควบคุมค่าความเข้มข้นสารแขวนลอย (Total Dissolved Solid: TDS) ของหม้อไอน้ำ จากการตรวจวัดประจำวันตามค่ามาตรฐาน < 3500 ppm และค่า TDS ของน้ำป้อนตามค่ามาตรฐาน < 200 ซึ่งระบบการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ ในโรงพยาบาลฯ แสดงได้ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ระบบผลิตไอน้ำ ก่อนติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงาน  
แสงอาทิตย์ (Solar Collector)

3. ศึกษาการติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่ออุ่นน้ำป้อนที่  
จ่ายให้หม้อไอน้ำ ของโรงพยาบาลศรีนครินทร์

การติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย ถังเก็บน้ำร้อน (Storage Tank) ขนาด 15,000 ลิตร จำนวน 1 ถัง (โดยภายในถังจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนบนและส่วนล่าง ในอัตราส่วน 4:1) และแผงรับรังสี ชนิดหลอดแก้วสุญญากาศ (Evacuated tubular collector) จำนวน 310 แผง เนื่องจากมีประสิทธิภาพสามารถดูดซับ

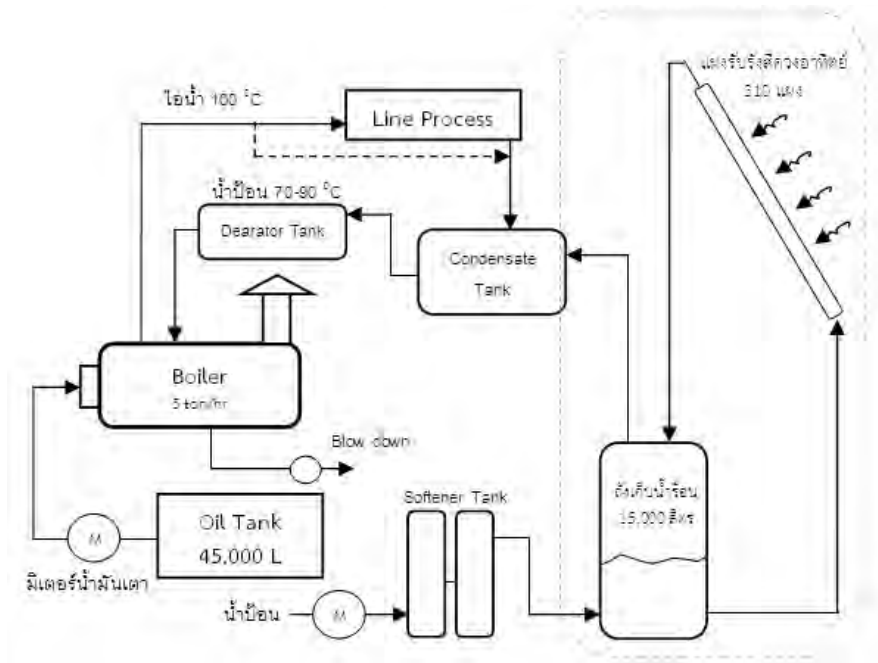


ความร้อน ซึ่งมีความต้องการใช้งานที่สม่ำเสมอตลอดวัน การผลิตน้ำร้อนได้คงที่มากกว่าแบบแผ่นเรียบ มีความเหมาะสมที่จะติดตั้งและใช้งานในโรงพยาบาล ฯ มากกว่าแบบแผ่นเรียบ (สุริยะ สุชินทร์ และคณะ, 2554)

โดยทางโรงพยาบาลฯ ได้ติดตั้งแผงรับรังสี ชนิดหลอดแก้วสุญญากาศ บนหลังคาอาคารหม้อไอน้ำ งานซ่อมบำรุง พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ 790.5 ตารางเมตร มีปั๊มสูบน้ำหมุนเวียน 2 ตัว ซึ่งได้ทำการออกแบบการเดินท่อจ่ายน้ำป้อนใหม่ แตกต่างจากระบบเดิม คือ การนำน้ำป้อนที่ผ่านการปรับสภาพน้ำจากถังปรับสภาพน้ำ แล้วส่งเข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อน (ด้านล่าง) โดยมีปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนขึ้นสู่แผงรับรังสี ชนิดหลอดแก้วสุญญากาศ เพื่อรับการถ่ายเทความร้อนที่รับรังสีมาจากแสงอาทิตย์ ซึ่งจะทำให้น้ำป้อนจากเดิมที่อุณหภูมิน้ำปกติ ประมาณ 30-40 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิสูงขึ้นได้สูงสุดถึง 70-90 องศาเซลเซียส (ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละวัน)

หลังจากนั้น น้ำร้อนที่ได้จะเข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อน (ด้านบน) แล้วจะถูกส่งเข้าสู่ถังพักน้ำเพื่อผสมกับน้ำที่เหลือจากการใช้งานในถังพัก (Condensate tank) ซึ่งมีปริมาณน้ำมีน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำจากถังเก็บน้ำร้อน (Storage tank) จึงไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิของน้ำป้อน ก่อนจะถูกจ่ายเข้าสู่ถังกำจัดอากาศ (Deaerator tank) ก่อนเติมเข้าสู่หม้อไอน้ำ ซึ่งทั้งหมดจะถูกควบคุมด้วยระบบ PLC (Programmable Logic Controller) ดังรูปที่ 6

ตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์



**รูปที่ 6** ระบบผลิตไอน้ำ หลังติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงาน  
แสงอาทิตย์ (Solar Collector)

การติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ดำเนินการในช่วงปี 2558 แล้วเสร็จและสามารถเริ่มทดสอบการใช้งานได้สมบูรณ์ โดยข้อมูลในการทำงานของระบบ เช่น อุณหภูมิ อัตราการไหล นั้นจะบันทึกค่าโดยอัตโนมัติ (Data Logger)



**รูปที่ 7** ติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ของโรงพยาบาลศรีนครินทร์

#### 4. ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล ตัวแปร และ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การเก็บข้อมูลจะทำการจดบันทึกข้อมูล (Log sheet) การเดินเครื่องหม้อไอน้ำ ของการใช้งานจริงของโรงพยาบาลศรีนครินทร์ เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงก่อนการติดตั้งฯ เดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2557 มาเปรียบเทียบกับช่วงหลังการติดตั้งฯ เดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2559 โดยในช่วงเดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2558 นั้น อยู่ในช่วงการ ติดตั้งและทดสอบระบบ จึงไม่นำข้อมูลมาคำนวณเปรียบเทียบ ตัวแปรที่นำไปคำนวณหา ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาและจุดคุ้มทุน มีดังนี้

4.1 ปริมาณการจ่ายน้ำมันเตาสำหรับหม้อไอน้ำ เพื่อผลิตไอน้ำ ได้จากการจด บันทึกจากมิเตอร์ การจ่ายน้ำมันเข้าหัวฉีดและกลับออกมา (โดยผู้ควบคุมเครื่อง) นำมาหัก ลบกันจะได้ปริมาณการใช้น้ำมันเตาที่ใช้จริง ในแต่ละชั่วโมงการเดินเครื่อง ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 มาตรวัดปริมาณการจ่ายน้ำมันเตา

4.2 ปริมาณการจ่ายน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ ได้จากการจดบันทึกจากมิเตอร์น้ำ ที่จ่ายน้ำเข้าถึงตู้ถังปรับสภาพน้ำ Softener (โดยผู้ควบคุมเครื่อง) จะได้ปริมาณการใช้น้ำจริงใน แต่ละชั่วโมงการเดินเครื่อง ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 มาตรวัดปริมาณการจ่ายน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

4.3 ชั่วโมงการเดินเครื่องในแต่ละวัน จากการจดบันทึกค่าของผู้ควบคุม

4.4 ค่า TDS ของน้ำป้อนและน้ำหม้อไอน้ำ ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำส่งตรวจในห้อง Lab เป็นประจำทุกวัน

5. ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันเตาและจุดคุ้มทุน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) ดังสมการ ต่อไปนี้

$$\text{Blow down rate} = \frac{(\text{TDS น้ำป้อน} \times \text{ปริมาณไอน้ำที่ผลิต})}{(\text{TDS น้ำโบว์ดาร์นที่ควบคุม} - \text{TDS น้ำป้อน})} \quad (1)$$

$$\text{ปริมาณไอน้ำ (Steam)} = \text{ปริมาณน้ำป้อน (Feed water)} - \text{Blow down} \quad (2)$$

$$\text{ดัชนีการผลิตไอน้ำต่อเชื้อเพลิง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ}}{\text{ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง}} \quad (3)$$

$$\text{การประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง} = \text{ปริมาณน้ำมันที่ใช้ก่อนติดตั้ง} - \text{หลังติดตั้ง} \quad (4)$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น} = \frac{\text{เงินลงทุนติดตั้งระบบ}}{\text{เงินที่ประหยัดได้}} \quad (5)$$

ในส่วนของการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น (Simple Pay Back Period, PB) คือ ระยะเวลาที่การลงทุนนั้นใช้ไปในการลงทุน เพื่อให้กระแสเงินสดสุทธิที่ได้จากการลงทุนคุ้มค่างบต้นทุนที่ต้องลงทุนไป (อัคราวุฒิ ครองยุติ และคณะ, 2556) ดังสมการที่ 5

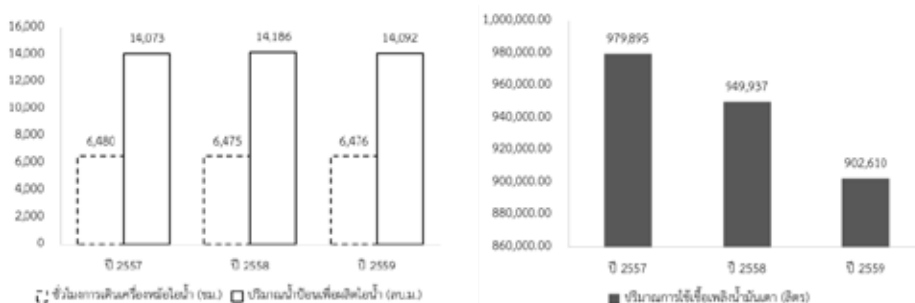
### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากข้อมูลที่ได้ในการเดินเครื่องหม้อไอน้ำขนาด 5 ตันต่อชั่วโมง เพื่อผลิตไอน้ำจ่ายให้แก่หน่วยงานในโรงพยาบาลฯ ก่อนและหลังการติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่ออุ่นน้ำป้อนที่จ่ายให้หม้อไอน้ำ ผลที่ได้สามารถแสดงดัง ตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ปริมาณการใช้ เชื้อเพลิงน้ำมันเตา เวลาการเดินเครื่อง และน้ำป้อนหม้อไอน้ำ

| เดือน      | ปี 2557                                          |                      |                    | ปี 2558                                               |                      |                    | ปี 2559                                          |                      |                    |
|------------|--------------------------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------------------------|----------------------|--------------------|
|            | (ก่อนติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์) |                      |                    | (ดำเนินการติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์) |                      |                    | (หลังติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์) |                      |                    |
|            | น้ำมันเตา<br>(ลิตร)                              | เดินเครื่อง<br>(ชม.) | น้ำป้อน<br>(ลบ.ม.) | น้ำมันเตา<br>(ลิตร)                                   | เดินเครื่อง<br>(ชม.) | น้ำป้อน<br>(ลบ.ม.) | น้ำมันเตา<br>(ลิตร)                              | เดินเครื่อง<br>(ชม.) | น้ำป้อน<br>(ลบ.ม.) |
| ม.ค.       | 92,710                                           | 564                  | 1,167              | 80,180                                                | 541                  | 1,186              | 74,740                                           | 540                  | 1,288              |
| ก.พ.       | 73,270                                           | 499                  | 1,001              | 78,110                                                | 504                  | 1,024              | 74,360                                           | 506                  | 1,025              |
| มี.ค.      | 77,580                                           | 549                  | 1,178              | 82,550                                                | 549                  | 1,137              | 78,960                                           | 548                  | 1,150              |
| เม.ย.      | 77,940                                           | 522                  | 1,210              | 88,920                                                | 549                  | 1,376              | 68,350                                           | 524                  | 1,146              |
| พ.ค.       | 77,447                                           | 545                  | 1,137              | 83,570                                                | 534                  | 1,366              | 75,370                                           | 540                  | 1,061              |
| มิ.ย.      | 76,550                                           | 530                  | 1,176              | 83,350                                                | 549                  | 1,325              | 77,380                                           | 536                  | 1,102              |
| ก.ค.       | 78,750                                           | 549                  | 1,117              | 78,090                                                | 526                  | 1,148              | 76,420                                           | 562                  | 1,186              |
| ส.ค.       | 85,940                                           | 554                  | 1,297              | 74,027                                                | 547                  | 1,063              | 76,380                                           | 544                  | 1,246              |
| ก.ย.       | 85,650                                           | 536                  | 1,230              | 77,400                                                | 534                  | 1,107              | 74,010                                           | 536                  | 1,220              |
| ต.ค.       | 87,060                                           | 557                  | 1,189              | 74,460                                                | 559                  | 1,185              | 75,110                                           | 556                  | 1,209              |
| พ.ย.       | 83,074                                           | 534                  | 1,168              | 74,470                                                | 545                  | 1,148              | 73,120                                           | 536                  | 1,270              |
| ธ.ค.       | 83,924                                           | 541                  | 1,203              | 74,810                                                | 538                  | 1,121              | 78,410                                           | 548                  | 1,189              |
| <b>รวม</b> | <b>979,895</b>                                   | <b>6,480</b>         | <b>14,073</b>      | <b>949,937</b>                                        | <b>6,475</b>         | <b>14,186</b>      | <b>902,610</b>                                   | <b>6,476</b>         | <b>14,092</b>      |

จากข้อมูลที่ได้แสดงในตารางที่ 2 นั้นแสดงให้เห็นว่า เวลาการเดินเครื่องหม้อไอน้ำและปริมาณน้ำป้อนเพื่อผลิตไอน้ำ ในแต่ละปีนั้นไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากว่าความต้องการใช้น้ำในโรงพยาบาลฯ มีค่าใกล้เคียงกัน แต่พบว่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตามีค่าลดลง ดังในรูปที่ 10

**รูปที่ 10** เปรียบเทียบชั่วโมงการเดินเครื่อง ปริมาณน้ำป้อน และปริมาณการใช้น้ำมันเตา

ซึ่งจากเดิม น้ำป้อนที่จ่ายเข้าหม้อไอน้ำจะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงปกติ ที่ 30-40 องศาเซลเซียส เมื่อทางโรงพยาบาลมีการติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ในช่วงปี 2558 เป็นต้นมา พบว่าอุณหภูมิ น้ำป้อนที่จ่ายเข้าในหม้อไอน้ำเพิ่มสูงขึ้น ที่ 70-90 องศาเซลเซียส จึงส่งผลให้การจ่ายเชื้อเพลิงน้ำมันเตา ในการที่จะใช้ต้มน้ำในหม้อไอน้ำให้กลายเป็นไอน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส มีค่าลดลง และในการเดินเครื่องหม้อไอน้ำ ช่างผู้ควบคุมได้ทำการควบคุม ค่าความเข้มข้นสารแขวนลอย (Total Dissolved Solid: TDS) ตามค่ามาตรฐาน โดยได้ทำการตรวจวัดค่าประจำวัน ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของน้ำในหม้อไอน้ำอยู่ที่ 2,100 ppm (มาตรฐาน < 3,500 ppm) และของน้ำป้อนอยู่ที่ 150 ppm (มาตรฐาน < 200 ppm) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของการเดินเครื่องหม้อไอน้ำดังกล่าว

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลที่ได้เฉพาะในช่วงปี 2557 ซึ่งเป็นปีก่อนที่จะติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ และในช่วงปี 2559 หลังการติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ มาคำนวณเปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงาน (โดยไม่ได้นำข้อมูลในปี 2558 ซึ่งอยู่ในช่วงการติดตั้งและทดสอบการทำงาน) เพื่อจะได้เห็นผลการเปรียบเทียบผลที่ชัดเจน ได้แสดงดัง ตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ผลการคำนวณของค่าเฉลี่ยตัวแปรต่าง ๆ ต่อชั่วโมง ในการเดินเครื่องหม้อไอน้ำ

| ปี พ.ศ.     | ปริมาณการใช้น้ำมันเตาต่อชั่วโมงเดินเครื่อง (ลิตร/ชั่วโมง)            | ปริมาณน้ำป้อนต่อชั่วโมงเดินเครื่อง (กิโลกรัม/ชั่วโมง) | ปริมาณไอน้ำ (กิโลกรัม-ไอน้ำ/ชั่วโมง) | ดัชนีการผลิตไอน้ำต่อเชื้อเพลิง (กิโลกรัม-ไอน้ำ/ลิตร) |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 2557 (ก่อน) | 151.22                                                               | 2171.76                                               | 1,787.14                             | 14.36                                                |
| 2558        | ดำเนินการติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ และทดสอบการทำงาน |                                                       |                                      |                                                      |
| 2559 (หลัง) | 139.38                                                               | 2176.03                                               | 1,791.41                             | 15.61                                                |

การคำนวณตามสมการที่ (1) ถึง (5) แสดงค่าได้ ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{Blow down rate} &= \frac{(150 \text{ ppm} \times 5,000 \text{ kg/hr.})}{(2,100 \text{ ppm} - 150 \text{ ppm})} \\ &= 384.62 \text{ กิโลกรัม/ชั่วโมง}\end{aligned}$$

ปี 2557 (ก่อนติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์)

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณไอน้ำ (Steam)} &= 2,171.76 - 384.62 \\ &= 1,787.14 \text{ กิโลกรัม-ไอน้ำ/ชั่วโมง}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ดัชนีการผลิตไอน้ำต่อเชื้อเพลิง} &= \frac{2,171.76}{151.22} \\ &= 14.36 \text{ กิโลกรัม-ไอน้ำ/ชั่วโมง}\end{aligned}$$

ปี 2559 (หลังติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์)

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณไอน้ำ (Steam)} &= 2,176.03 - 384.62 \\ &= 1,791.41 \text{ กิโลกรัม-ไอน้ำ/ชั่วโมง}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ดัชนีการผลิตไอน้ำต่อเชื้อเพลิง} &= \frac{2,176.03}{139.38} \\ &= 15.61 \text{ กิโลกรัม-ไอน้ำ/ชั่วโมง}\end{aligned}$$

เปรียบเทียบผลการคำนวณในปี 2557 และปี 2559 แสดงให้เห็นว่า

- พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันเตา ที่ใช้ในการผลิตไอน้ำมีค่าลดลง

$$\begin{aligned}&= \frac{(15.61 - 14.36) \times 100}{15.61} \\ &= 8.01\%\end{aligned}$$

ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น (Simple Pay Back Period, PB)

$$\begin{aligned}\text{- ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาลดลง} &= 979,895 - 902,610 \\ &= 77,285 \text{ ลิตร}\end{aligned}$$

- ราคาน้ำมันเตา เฉลี่ยลิตรละ 19 บาท จะสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงเป็นเงิน  $77,285 \times 19 = 1,468,415$  บาทต่อปี

- ราคาเงินลงทุนติดตั้งอุปกรณ์สะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar collector) ขนาด 15,000 ลิตร ประมาณ 10,000,000 บาท ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น (Simple Pay Back Period, PB)

$$= \frac{10,000,000}{1,468,415} = 6.81 \text{ ปี}$$

### สรุปผลการวิจัย

จากผลการคำนวณการใช้งานหม้อไอน้ำขนาด 5 ตันต่อชั่วโมง เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่ออุ่นน้ำป้อนที่จ่ายให้หม้อไอน้ำ มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้ง คือช่วงปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2559 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณการผลิตไอน้ำต่อชั่วโมง มีค่าใกล้เคียงกัน โดยในปี 2557 เท่ากับ 1,787.14 กิโลกรัม-ไอน้ำต่อชั่วโมง และในปี 2559 เท่ากับ 1,791.41 กิโลกรัม-ไอน้ำต่อชั่วโมง เนื่องจากโหลดการใช้งานในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละปี แต่พบว่า ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา มีค่าลดลงจากเดิม และเมื่อนำมาคำนวณหาค่า ดัชนีการผลิตไอน้ำต่อเชื้อเพลิง ช่วงปีก่อนติดตั้งฯ มีค่าเท่ากับ 14.36 และปีหลังติดตั้งฯ มีค่าเท่ากับ 15.61 ซึ่งพบว่ามีความสูงกว่าช่วงก่อนการติดตั้งฯ แสดงให้เห็นว่าหม้อไอน้ำ สามารถผลิตไอน้ำได้มากขึ้น ขณะที่มีการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาต่อลิตรเท่าเดิม เป็นผลมาจากการเพิ่มอุณหภูมิ น้ำป้อนที่จ่ายให้หม้อไอน้ำ โดยการติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ดังกล่าว ส่งผลให้สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา ลงได้ 8.01% ซึ่งเมื่อคำนวณหาระยะเวลาการคืนทุนเบื้องต้นแล้ว จะสามารถคืนทุนภายในระยะเวลา 6.81 ปี ทั้งนี้ผลดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับชั่วโมงการเดินเครื่องผลิตไอน้ำและสภาพอากาศในรอบปีนั้น ๆ อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงราคาเชื้อเพลิง ที่แปรผันขึ้น-ลง ซึ่งตัวแปรดังกล่าวมีผลต่อระยะเวลาการคืนทุนทั้งสิ้น

เมื่อทำการวิเคราะห์ ข้อดี-ข้อเสีย จะพบว่าการติดตั้งตัวสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่ออุ่นน้ำป้อนที่จ่ายให้หม้อไอน้ำ เป็นเทคโนโลยีใหม่ไม่มีต้นทุนด้านวัตถุดิบ เป็นพลังงานสะอาด รักษาสิ่งแวดล้อม แต่ต้องใช้เงินลงทุนในส่วนของผู้ประกอบการติดตั้งที่ค่อนข้างสูง อีกทั้งช่างผู้ควบคุมจะต้องได้รับการอบรมให้ความรู้ในการควบคุมการ



ใช้งาน ซึ่งจากการวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางแก่หน่วยงานต่าง ๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งาน ในการอนุรักษ์พลังงานเชื้อเพลิงด้านอื่น ๆ ได้อีกด้วย

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการเก็บข้อมูลการวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). *ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (โรงงาน) ตอนที่ 1 บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานด้านพลังงาน*. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554). *ตำราอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโส ด้านปฏิบัติ บทที่ 5 การอนุรักษ์พลังงานในระบบหม้อไอน้ำ*. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.
- ณัฐนี วรรณศ, วิภาวดี วงศ์สุวรรณ และ ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2552). การพัฒนาระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ในประเทศไทย. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 18(2), 55-69.
- สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น. (2543). *เทคนิคการประหยัดพลังงานความร้อนในอุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: สมาคมฯ.
- สุริยะ สุรินทร์, พงศ์พิชญ์ ต่วนภูษา และ สถาพร ทองวิก. (2554). การศึกษาความเหมาะสมในการใช้งานของแผ่นผลิตน้ำร้อนแบบแผ่นเรียบและแบบหลอดแก้วสุญญากาศ. *การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7*. หน้า 1017.

- อัศววุฒิ ครองยุติ, พัฒนะ รักความสุข และ กุสกานา กุบาฮา. (2556). การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างและการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานในอาคารสาธารณะ. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ*. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 5
- Joseph, K., J. Hirunlabh & T. Bunnag. (1997). *Experimental study of a roof solar collector towards the natural ventilation of new houses. Energy and Building, 26*, 159-164.