



## รายงานการวิจัย

พัฒนาระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโฮมสเตย์

**Development of the solar hot water generation system in  
home stay**

คณะผู้วิจัย

นายมนตรี เรืองประดับ

นายสุภาพ บุญเรือง

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2556

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช



## รายงานการวิจัย

พัฒนาระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโฮมสเตย์

**Development of the solar hot water generation system in  
home stay**

คณะผู้วิจัย

นายมนตรี เรืองประดับ

นายสุภาพ บุญเรือง

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2556

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ชื่อโครงการ การพัฒนาระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโฮมสเตย์

แหล่งเงิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2556

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2555 ถึง กันยายน 2556

หัวหน้าโครงการวิจัย นายมนตรี เรืองประดับ สังกัด มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ผู้ร่วมโครงการวิจัย นายสุภาพ บุญเรือง สังกัด มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับโฮมสเตย์เพื่อลดการใช้พลังงาน มีอัตราการผลิตน้ำร้อน 250 ลิตรต่อวัน โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศของจังหวัดนครศรีธรรมราช อุณหภูมิน้ำร้อนที่ผลิตได้ไม่ต่ำกว่า 45 °C ศึกษาอุณหภูมิอากาศแวดล้อม อุณหภูมิน้ำ ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ และประสิทธิภาพของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทางด้านเข้า น้ำทางด้านออก น้ำร้อนในถังเก็บ อากาศแวดล้อม อากาศในแผงรับรังสีดวงอาทิตย์เท่ากับ 34.2°C, 51.2°C, 41.1°C, 36.8°C และ 50.3 °C ตามลำดับ และมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 529.2 W/m<sup>2</sup> ประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 71.9% ระยะเวลาการคืนทุนเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องผลิตน้ำร้อนแบบไฟฟ้าเท่ากับ 8.16 เดือน

คำสำคัญ : น้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

**Research Title:** Development of the solar hot water generation system in home stay

**Researcher:** Mr. Montri Rueangpradap

**Faculty:** Industrial Technology

**Department:** Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

### **ABSTRACT**

The objective of this research is to develop a solar hot water system suitable for home stay. To for energy saving. Rate of Produced hot water 250 liters per day. Using weather data of the Nakhon Si Thammarat. Temperature hot water produced by less than 45 °C. Study the ambient air, the water temperature, solar energy and the solar collector efficiency. The results showed that The average temperature of the inlet water, the outlet water, hot water storage tanks, ambient air, air in the solar collector was 34.20°C, 51.20°C, 41.10°C, 36.80°C and 50.3 °C, respectively, and the average solar energy 529.2 W /m<sup>2</sup>, the average solar collector efficiency 71.9 %. The term payback when compared with use of the water heater electric 8.16 months.

**Keywords :** solar hot water

## กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ประภาส เมืองจันทร์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่เอื้อเฟื้อสถานที่วิจัย และสนับสนุนเงินทุนการวิจัยในโครงการนี้ ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อ บิดา มารดาที่ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน รวมทั้งเพื่อนๆที่มีส่วนช่วยในการทำวิจัยให้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

มนตรี เรืองประดับ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญภาพ	(ช)
คำอธิบายสัญลักษณ์	(ฌ)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 สรุป	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์	5
2.2 ทฤษฎีระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	6
2.3 ศึกษาหลักการคำนวณประสิทธิภาพทางเทอร์โมไดนามิกส์	11
2.4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	13
2.5 สรุป	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	25
3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	26
3.2 หลักการทำงานของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	28
3.3 การทดลองเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	29
3.4 เครื่องมือการวิจัย	30
3.5 สรุป	32
	(ง)

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	33
4.1 ผลการทดลองผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	33
4.2 ผลการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์	39
4.3 สรุป	39
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	40
5.1 สรุปผลการวิจัย	40
5.2 ข้อเสนอแนะ	40
บรรณานุกรม	41
ภาคผนวก	42
ภาคผนวก ก	43
ภาคผนวก ข	47
ภาคผนวก ค	51
ภาคผนวก ง	57
ประวัติผู้เขียน	59

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงข้อแตกต่างของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบพื้นฐานแบบต่างๆ	9
2.2 แสดงรูปแบบของแผ่นรับรังสีอาทิตย์ที่จะนำมาศึกษา	10
2.3 แสดงการออกแบบการทดลองที่ใช้ปัจจัยต่างๆกัน	21
2.4 แสดงคุณสมบัติของสารเลือกรังสีชนิดต่างๆ	21
2.5 ราคาเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ Solar Heater	24
ข 1 ตารางบันทึกผลการทดลอง วันที่ 1 เมษายน 2558	48
ข 2 ตารางบันทึกผลการทดลอง วันที่ 2 เมษายน 2558	48
ข 3 ตารางบันทึกผลการทดลอง วันที่ 3 เมษายน 2558	49
ข 4 ตารางบันทึกผลการทดลอง วันที่ 4 เมษายน 2558	49
ข 5 ตารางบันทึกผลการทดลอง วันที่ 5 เมษายน 2558	50



## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 โหมสเตย์ชุมชนบ้านคีรีวง จ.นครศรีธรรมราช	2
2.1 โครงสร้างของ solar collector แบบ flat plate ด้าน top view	6
2.2 ส่วนประกอบของระบบ thermo siphon	8
2.3 ส่วนประกอบของระบบ closed loop freeze resistant	8
2.4 ส่วนประกอบของระบบ drain down	9
2.5 ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ collector เป็นคอนกรีต	13
2.6 ตัวอย่างของ Model บ้านที่ใช้ระบบ concrete - collector	13
2.7 แสดงโครงสร้างภายนอกของแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ	14
2.8 แสดงโครงสร้างภายในของแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ	15
2.9 แสดงประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ	15
2.10 แสดงโครงสร้างแผงรับรังสีอาทิตย์แบบไม่ใช้กระจกปิด	16
2.11 แสดงโครงสร้าง thermal diode	16
2.12 แสดงโครงสร้าง sheet และ tube	17
2.13 แสดงโครงสร้างของแผงรับรังสีแบบท่อแก้วสุญญากาศ	18
2.14 ทิศทางในระนาบต่างๆของ solar collector	18
2.15 แสดงการทำงานของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบ fix slope variable azimuth	19
2.16 แสดงการทำงานของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบ seasonal tracking collector	20
2.17 การทำงานของระบบ heat pipe	20
3.1 แสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย	25
3.2 ระบบเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	28
3.3 แสดงแผนผังการทดลองและการติดตั้งเครื่องมือวัด	29
3.4 การทดลองระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	30
3.5 เครื่องมือวัดอัตราการไหล	30
3.6 ไพราโนมิเตอร์	31
3.7 สายเทอร์โมคัปเปิ้ล	31
3.8 เครื่องบันทึกข้อมูลยี่ห้อ GRAPHTEC รุ่น GL 220	32

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.1 อุณหภูมิต่างของการทดลองวันที่ 1 เมษายน 2558	34
4.2 อุณหภูมิต่างของการทดลองวันที่ 2 เมษายน 2558	34
4.3 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์วันที่ 2 เมษายน 2558	35
4.4 อุณหภูมิต่างๆของการทดลองวันที่ 3 เมษายน 2558	36
4.5 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ วันที่ 3 เมษายน 2558	36
4.6 อุณหภูมิต่างๆของการทดลองวันที่ 4 เมษายน 2558	37
4.7 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ วันที่ 4 เมษายน 2558	37
4.8 อุณหภูมิต่างๆของการทดลองวันที่ 5 เมษายน 2558	38
4.9 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ วันที่ 5 เมษายน 2558	38
ก 1 ภาพถ่ายขณะทำการทดลอง	45
ก 2 ภาพถ่ายมิเตอร์วัดอัตราการไหล	45
ก 3 ภาพถ่ายท่อทางออกจากแผง	45
ก 4 ภาพถ่ายด้านล่างของแผง	45
ก 5 ภาพถ่ายถังน้ำและท่อนำน้ำไปใช้งาน	45
ก 6 ภาพถ่ายการติดตั้งไพรานอมิเตอร์	45
ก 7 ภาพถ่ายติดตั้งไพราโนมิเตอร์	46
ก 8 ภาพถ่ายData logger GL 220	46
ก 9 ภาพถ่ายมิเตอร์วัดไฟฟ้า	46
ก 10 ภาพถ่ายเครื่องผลิตน้ำร้อนไฟฟ้า	46
ง 1 ภาพถ่ายป้ายชื่อรีสอร์ท	58
ง 2 ภาพถ่ายร่วมกับชุมชน	58
ง 3 ภาพถ่ายร่วมกับชุมชน	58
ง 4 ภาพถ่ายสาริตการใช้งาน	58

## คำอธิบายสัญลักษณ์

$\eta$	ประสิทธิภาพของ solar collector (%)
$\Delta T$	อุณหภูมิแตกต่างของของไหล ( $^{\circ}\text{C}$ )
$A_c$	พื้นที่แผงรับรังสีดวงแสงอาทิตย์ ( $\text{m}^2$ )
$C_p$	ความร้อนจำเพาะของน้ำที่ความดันคงที่ ( $\text{kJ}/\text{kg } ^{\circ}\text{C}$ )
$G_t$	ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
$Q_u$	พลังงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (kW)
$I_b$	ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับรังสีอาทิตย์ ( $\text{kW}/\text{m}^2$ )
$F_R$	แฟกเตอร์การดึงความร้อนของตัวรับรังสีอาทิตย์
$S$	พลังงานที่แผ่นดูดซับสามารถรับจากแสงอาทิตย์ ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
$U_L$	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวม ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ )
$T_{f,i}$	อุณหภูมิของน้ำขาเข้า ( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_a$	อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\tau_g \alpha_p$	สัมประสิทธิ์การส่องผ่านและการดูดกลืนประสิทธิภาพ
$W$	ระยะห่างระหว่างท่อ (m)
$D$	เส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอกท่อ (m)
$F$	ประสิทธิภาพมาตรฐานของ fin
$C_b$	conductance of bond ( $\text{kW}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ )
$h_{f,i}$	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของน้ำในท่อ ( $\text{kW}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ )
$K_{fi}$	ค่าการนำความร้อนของแผ่นรับรังสีอาทิตย์ ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ )
$\delta$	ความหนาของแผ่นรับรังสีอาทิตย์ (m)
$U_T$	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านบน ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ )
$U_B$	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านล่าง ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ )
$U_E$	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนขอบ ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ )
$K_s$	ค่าการนำความร้อนของฉนวน ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ )
$\lambda_f$	ความหนาของฉนวน (m)
$\dot{m}_1$	อัตราการไหลของน้ำร้อนที่ผลิต (l/min)
$\dot{m}_2$	อัตราการไหลของน้ำเย็นที่ผสม (l/min)

### คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

$\dot{m}_3$	อัตราการไหลของน้ำอุ่นที่ใช้ (l/min)
$h_1$	เอนทาลปีของน้ำร้อนที่ผลิต (kJ/kg)
$h_2$	เอนทาลปีของน้ำเย็นที่ผสม (kJ/kg)
$h_3$	เอนทาลปีของน้ำอุ่นที่ใช้ (kJ/kg)
$m_w$	มวลของน้ำที่ถูกทำให้ร้อน (kg)
$T_i$	อุณหภูมิน้ำทางเข้า
$T_o$	อุณหภูมิน้ำทางออก
$T_c$	อุณหภูมิในแผงรับรังสี
$T_m$	อุณหภูมิน้ำในถัง
$T_a$	อุณหภูมิอากาศแวดล้อม

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

พลังงานนับได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมากโดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น การใช้เพื่อให้แสงสว่าง ให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย ประยุกต์ใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า การอบแห้ง เป็นต้น พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาดและบริสุทธิ์ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ การใช้เพื่อเป็นพลังงานทดแทนนั้นได้มีการศึกษาและวิจัยเป็นจำนวนมากและปัจจุบันพลังงานแสงอาทิตย์ได้ถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะในด้านการประหยัดพลังงาน

จากมูลพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยปี พ.ศ.2546 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร พบว่าการกระจายของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆแต่ละเดือนของประเทศไทย ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายน และพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20–24 MJ/m<sup>2</sup>.day และยังพบว่า ร้อยละ 50.2 ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ในช่วง 18–19 MJ/m<sup>2</sup>.day รังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยต่อปีของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 18.2 MJ/m<sup>2</sup>.day จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง

ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นระบบการผลิตน้ำร้อนที่มีค่าใช้จ่ายในการผลิตค่อนข้างต่ำและเนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีอยู่เกือบทุกพื้นที่จึงเป็นระบบที่ได้รับการยอมรับเป็นอย่างสูง ระบบนี้อาศัยหลักการการทำงานของ Flat plate solar collector ซึ่งเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยรับพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้วถ่ายเทให้น้ำ โดยอาจจะมีการติดตั้งระบบหมุนเวียนน้ำและพลังงานสำรองเพิ่ม ระบบการผลิตน้ำร้อนแบบนี้มีการเริ่มวิจัยกันในสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1891 ซึ่งในช่วงเริ่มต้นเป็นการผลิตเพื่อใช้ในการอุปโภคเพียงวันต่อวัน และยังมีศักยภาพการทำงานค่อนข้างต่ำ รวมถึงไม่สามารถลดการสูญเสียความร้อนในเวลากลางคืน แต่ต่อมาก็มีการศึกษาปรับปรุงและพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบันกันจนมีการนำไปใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศแถบทวีปยุโรป อเมริการวมถึงในทวีปเอเชีย อาทิ ญี่ปุ่น เกาหลี จีน เป็นต้น

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาระบบการทำงานของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดย ออกแบบให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์กับบ้านที่อยู่อาศัย ให้เข้ากับสภาพลักษณะภูมิอากาศและความเหมาะสมในการใช้งานจริงของอาคารที่อยู่อาศัยในเขตภาคใต้ของประเทศไทย

หมู่บ้านคีรีวงมีสถานที่ตั้งอยู่ที่ หมู่ 10 ตำบลกำโลน อำเภอลานสกา จังหวัด นครศรีธรรมราช เป็นหมู่บ้านหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจจากกลุ่มภายนอกในด้านการท่องเที่ยว โดยมี เป้าหมาย คือ การพิชิต ยอดเขาหลวง ยอดเขาที่สูงที่สุดในภาคใต้ เป็นแหล่งทรัพยากรทางธรรมชาติ ที่อยู่ใกล้ชิดชาวบ้านมากที่สุด มีทัศนียภาพ ที่สวยงามทางธรรมชาติ มีประวัติศาสตร์วิถีชีวิตและ วัฒนธรรมชุมชนที่สั่งสมกันมากกว่า 200 ปี จึงมีผู้คนแวะเวียนมา เยี่ยมเยือนเพื่อท่องเที่ยวและเพื่อ การศึกษาอย่างต่อเนื่อง ทางชุมชนได้ตั้งกลุ่มโฮมสเตย์ชุมชนบ้านคีรีวง เพื่อเป็นที่พักบริการ นักท่องเที่ยว ดังเช่น ขนน้ำบาวเล็ก ทำหารีสอร์ท คีรีวงรีสอร์ท ธารคีรีรีสอร์ท เป็นต้น แสดงในภาพ ที่ 1.1 โดยที่บ้านพักโฮมสเตย์เหล่านี้ มีที่ตั้งอยู่บนเนินเขาซึ่งไม่มีไฟฟ้าใช้ แต่มีความจำเป็นที่ต้องใช้ เครื่องทำน้ำอุ่นไว้บริการนักท่องเที่ยวที่มาพัก ซึ่งเครื่องผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถที่จะเข้าไปแก้ปัญหาให้กับชุมชนได้

การประหยัดพลังงานซึ่งเป็นวาระแห่งชาติที่ทุกคนควรให้ความสำคัญ ซึ่งเป็นการลดภาวะ โลกร้อนและยังสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ด้วย ทางผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการพัฒนาระบบผลิตน้ำ ร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคารที่อยู่อาศัย ซึ่งเป็นงานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีที่สามารถ ถ่ายทอดลงสู่ชุมชนได้นั้น ทำให้ชุมชนได้รับประโยชน์โดยตรง และส่งผลต่อการพัฒนาประเทศได้



ภาพที่ 1.1 โฮมสเตย์ชุมชนบ้านคีรีวง จ.นครศรีธรรมราช

## 1.2 วัตถุประสงค์โครงการ

1.2.1 ออกแบบและสร้างระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับโฮมสเตย์

1.2.2 ศึกษาวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ในด้านค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคู่มือ โดยเปรียบเทียบระหว่างระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องทำน้ำร้อนที่ใช้พลังงานไฟฟ้า

1.2.3 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน กลุ่มโฮมสเตย์ชุมชนบ้านคีรีวง ตำบลกำโลน อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช

## 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

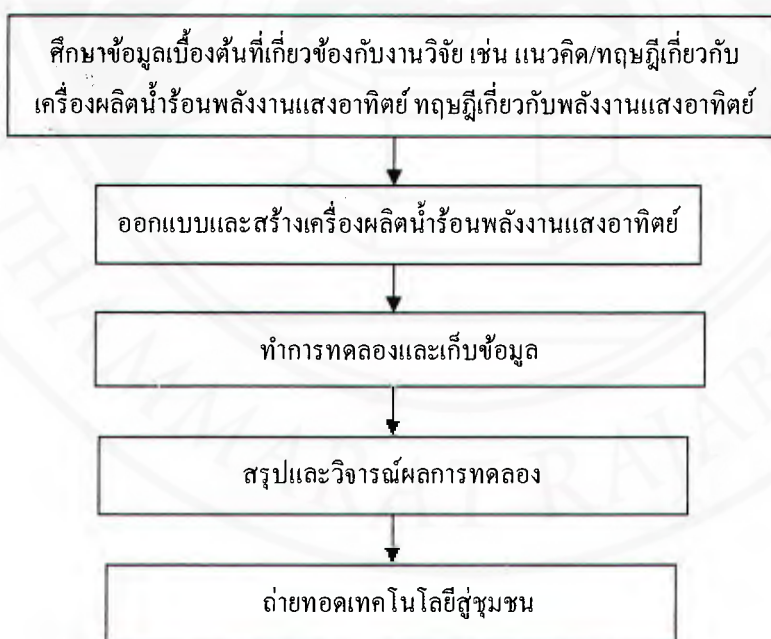
โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีขอบเขตของงานวิจัยดังนี้

1.3.1 ออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในโฮมสเตย์ขนาด 250 ลิตร โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศของจังหวัดนครศรีธรรมราช

1.3.2 อุณหภูมิน้ำร้อนที่ผลิตได้ไม่ต่ำกว่า  $45^{\circ}\text{C}$  ซึ่งสามารถปรับใช้ได้ตามอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยผสมกับน้ำเย็น

1.3.3 สร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง มีอัตราการผลิตน้ำร้อนที่ดี และสามารถสร้างขึ้นได้ด้วยวัสดุในท้องถิ่น

## 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย



## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับโฮมสเตย์ เพื่อลดการใช้พลังงาน นำไปใช้ประโยชน์กับกลุ่มโฮมสเตย์ บ้านคีรีวง ตำบลกำโลน อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช

1.5.2 สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อการใช้งานในขนาดที่ใหญ่ขึ้นต่อไป

1.5.3 สามารถทราบถึงความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานในระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับระบบผลิตน้ำร้อนที่ใช้พลังงานไฟฟ้า

1.5.4 ได้เพิ่มพูนประสบการณ์การเรียนรู้และความร่วมมือกันระหว่างสถาบันการศึกษา กับชุมชน

1.5.5 จะทำให้เกิดการถ่ายโอนความรู้ เทคโนโลยี และทักษะต่างๆตลอดจนแนวคิดที่เป็นประโยชน์ สู่ประชาชนในชุมชน ส่งผลให้ความเป็นอยู่และรายได้ดีขึ้น

## 1.6 สรุป

ในส่วน of รายละเอียดของเนื้อหาบทต่างๆ ที่จะกล่าวเป็นลำดับต่อไป โดยมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

บทที่ 2 จะกล่าวถึงหลักทฤษฎีที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ ทฤษฎีพลังงานแสงอาทิตย์ ทฤษฎีระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ หลักการคำนวณประสิทธิภาพทางเทอร์โมไดนามิกส์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 จะกล่าวถึงเนื้อหา 4 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนที่ 1 การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนที่ 2 หลักการทำงานของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนที่ 3 การทดลองเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนที่ 4 เครื่องมือการวิจัย โดยลำดับวิธีดำเนินการวิจัย

บทที่ 4 จะกล่าวถึงผลการทดลองของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น โดยทำการทดลองในช่วงเวลา 8.00-17.00 น. ของแต่ละวัน เพื่อศึกษาข้อมูลของอุณหภูมิอัตราการไหล ความเข้มแสงอาทิตย์ การทำงานของเครื่อง และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบ โดยทำการทดลองในเดือนเมษายน 2558 ระยะเวลา 5 วัน สถานที่ ณ มหาวิทยาลัยนครศรีธรรมราช ตำบลท่าจิว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

บทที่ 5 จะกล่าวถึงสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักทฤษฎีที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ ทฤษฎีพลังงานแสงอาทิตย์ ทฤษฎีระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ หลักการคำนวณประสิทธิภาพทางเทอร์โมไดนามิกส์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 พลังงานแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นกลุ่มก๊าซร้อน รูปทรงกลม มีความหนาแน่นสูง ประมาณ 100 เท่า ของความหนาแน่นของน้ำ ดวงอาทิตย์เปรียบได้กับเตาปฏิกรณ์ ที่เกิดปฏิกิริยาฟิวชันอย่างต่อเนื่อง ปฏิกิริยาที่สำคัญ คือ proton-proton reaction เกิดจากการหลอมรวมของธาตุไฮโดรเจน ไปเป็นธาตุฮีเลียม และคายพลังงานความร้อนออกมา ซึ่งพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นนี้ จะเกิดภายในดวงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิหลายล้านเคลวิน จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนมาที่ผิวของดวงอาทิตย์ และแผ่ออกสู่อวกาศจนถึงโลก

การแผ่ความร้อนของดวงอาทิตย์ อยู่ในรูปของการแผ่รังสี โดยจะแผ่รังสีผ่านชั้นบรรยากาศของโลก และแผ่รังสีลงสู่พื้นโลกอีกครั้งหนึ่ง การแผ่รังสีนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

(1) การแผ่รังสีตรง (Beam or Direct Radiation) คือรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรง และตกกระทบพื้นผิวรับแสง มีทิศทางแน่นอนที่เวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งทิศทางของรังสีตรงอยู่ในแนวลำแสงอาทิตย์

(2) รังสีกระจาย (Diffuse Radiation) คือรังสีอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อนจากบรรยากาศของโลก และวัตถุต่างๆที่อยู่ในแนวทางการเดินทางของแสง ก่อนตกกระทบพื้นผิวรับแสง รังสีกระจายนี้มาจากทุกทิศทางของท้องฟ้า

(3) รังสีรวม (Total or Global Radiation) คือผลรวมของรังสีตรง และรังสีกระจายที่ตกกระทบผิวรับแสง ในกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นเอียง รังสีรวมจะประกอบด้วย รังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้า และผิวโลกเรียกรังสีรวมนี้ว่า Total Radiation

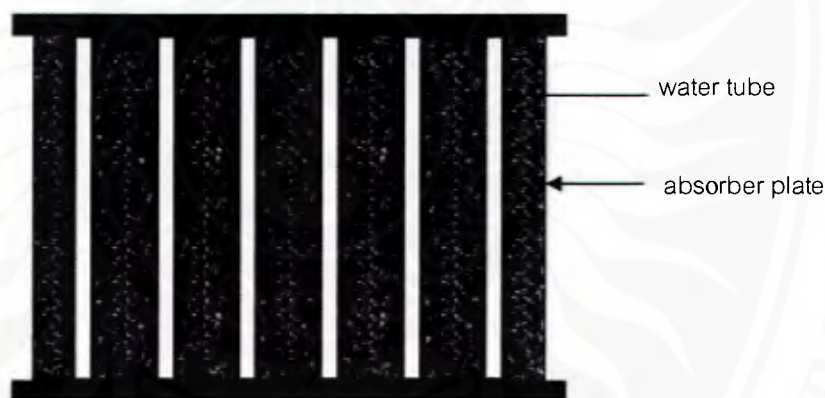
ค่าความเข้มของแสงที่แผ่ลงมายังโลกนั้น ยังขึ้นกับระยะห่างจากโลกกับดวงอาทิตย์ และขึ้นอยู่กับมุมเอียงของโลก ดังนั้นค่าความเข้มของรังสี จะแตกต่างกันตามฤดูกาล และตำแหน่งของรังสีที่ตกกระทบสู่ผิวโลก (ตามภูมิภาคของโลก) ในแต่ละภูมิภาคมีปริมาณความเข้มของแสงไม่เท่ากัน เนื่องจากในแต่ละภูมิภาค ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน ประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตร ก็

จะมีโอกาสที่จะได้รับปริมาณแสงจากดวงอาทิตย์สูงกว่าประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตเหนือเส้นศูนย์สูตร (จตุจักร หิรัญลาก 2520) ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตร จึงทำให้ปริมาณความเข้มของแสงสูง จากข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยปี พ.ศ.2546 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร พบว่าร้อยละ 50.2 ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ในช่วง 18–19 MJ/m<sup>2</sup>.day จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตน้ำร้อนได้

## 2.2 ทฤษฎีระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีส่วนประกอบสำคัญ หลักๆ อยู่ 3 ส่วน ได้แก่

(1) solar collector หรือแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ อาศัยหลักการทำงานของ การถ่ายเทความร้อนจากแสงอาทิตย์ไปสู่ absorber plate และแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างกับน้ำในท่อซึ่งฝังอยู่ใน absorber plate มักจะออกแบบ solar collector เป็นแบบ flat plate ซึ่งมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของ solar collector แบบ flat plate ด้าน top view

ด้านหน้าของแผ่นแบนรับแสงอาทิตย์พ่นด้วยสีดำบางๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดแสงอาทิตย์ ส่วนด้านล่างเป็นฉนวน 2 ชั้น โดยมีชั้นของขี้เลื่อยหนา และใยแก้ววางอยู่บนขี้เลื่อย โดย

อุปกรณ์ทั้งหมดจะบรรจุอยู่ในกล่อง ส่วนด้านหน้าที่หันเข้าหาแนวรังสีดวงอาทิตย์จะติดกระจก 1 แผ่นวางข้างบน เพื่อให้แสงอาทิตย์ผ่านเข้าไปได้ แต่รังสีความร้อนภายในผ่านออกได้น้อยมาก รอบๆผนังกล่องทุกด้านจะมีฉนวนหุ้มทำจากใยแก้ว โดยตัวกล่องจะวางอยู่ในแนวเหนือใต้ และทำมุมเอียงกับแนวราบเพื่อให้ได้รับแสงมากที่สุด

นอกจากนี้ยังมีการออกแบบ solar collector แบบอื่นๆอีกได้แก่แบบ triangular แบบ concrete และแบบ cylindrical ซึ่งแต่ละแบบต่างก็มีข้อดีเสียและความเหมาะสมตามการใช้งานแบบต่างๆ

(2) storage tank หรือ ถังเก็บน้ำร้อน เนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำร้อนไม่สามารถทำได้ตลอดทั้งวัน เพราะแสงอาทิตย์ที่มีศักยภาพพออาจจะมีแค่บางช่วงเวลา จึงต้องมีถังสำหรับเก็บน้ำร้อนที่ผลิตได้ในระหว่างวัน และเพื่อป้องกันการสูญเสียอุณหภูมิ ถังต้องหุ้มฉนวนโดยรอบและข้อต่อต่างๆ การออกแบบถังเก็บเก็บที่ดีควรสร้างเป็นรูปทรงกระบอก และให้มีความสูงของถังเป็น 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางจะทำให้อัตราส่วนปริมาตรต่อความสูงน้อย ทำให้ค่าการสูญเสียความร้อนมีค่าต่ำ

(3) circulation system and the auxiliary heating system หรือ ระบบหมุนเวียนน้ำและพลังงานสำรอง ในระบบการผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จะอาศัยการทำงานแบบ natural circulation เมื่อน้ำใน solar collector มีอุณหภูมิสูงพอจนทำให้เกิดความแตกต่างของความหนาแน่น น้ำร้อนจึงลอยตัวจาก solar collector เข้าสู่ถังเก็บ ซึ่งถ้าออกแบบให้อัตราการไหลของน้ำมีค่าสูงจะช่วยส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนระหว่าง absorber plate กับน้ำในท่อทองแดงดียิ่งขึ้น

ระบบพลังงานสำรองที่ติดตั้งให้กับระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มี 3 แบบ ได้แก่

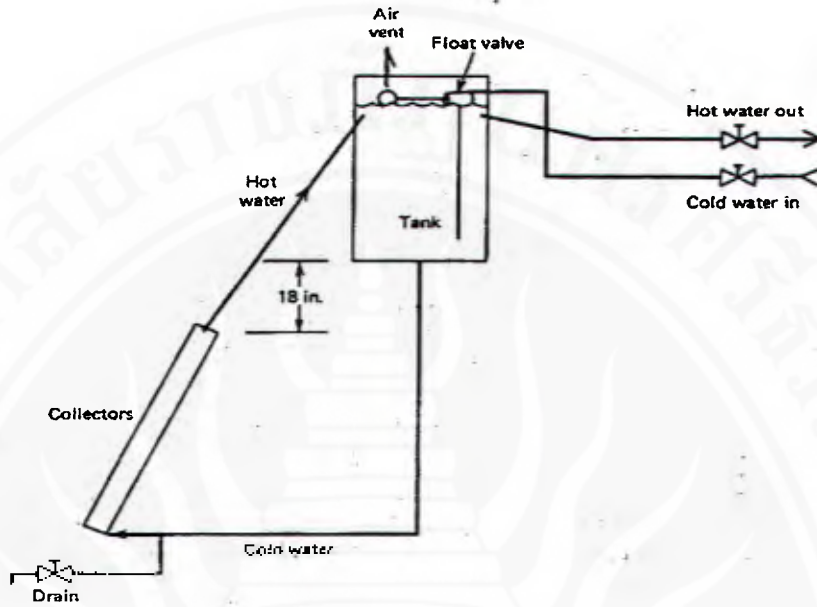
(1) แบบเพิ่มความร้อนให้กับน้ำในถังเก็บ ระบบนี้จะติด heater ชนิด thermal diode ไว้ภายในถังเพื่อควบคุมอุณหภูมิของน้ำร้อนในถังให้ได้ตามความต้องการใช้งาน

(2) แบบเพิ่มความร้อนให้กับน้ำขณะออกจากถัง ระบบนี้จะเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ถูกจ่ายออกจากถังเพื่อนำไปใช้งานให้เหมาะสม

(3) แบบผสมผสาน ระบบนี้จะดึงเอาความร้อนจากระบบปรับอากาศมาใช้เพิ่มอุณหภูมิของน้ำในระบบ ทำให้ช่วยให้ลดขนาดของ solar collector ลงได้

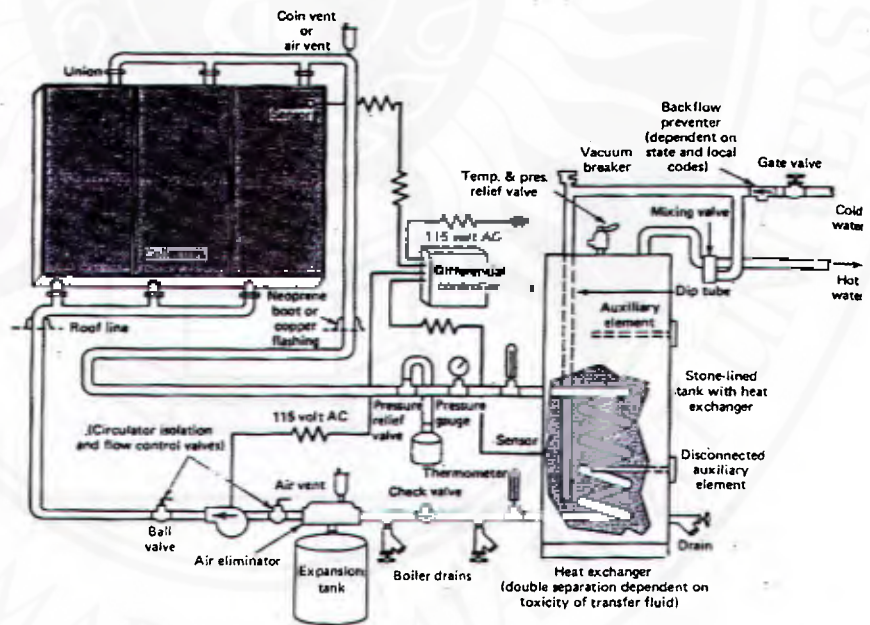
ระบบการผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบพื้นฐานได้แก่

1. thermo siphon system เป็นระบบพื้นฐานที่ออกแบบง่ายที่สุด ใช้ส่วนประกอบน้อย ดังแสดงตามภาพที่ 2.2



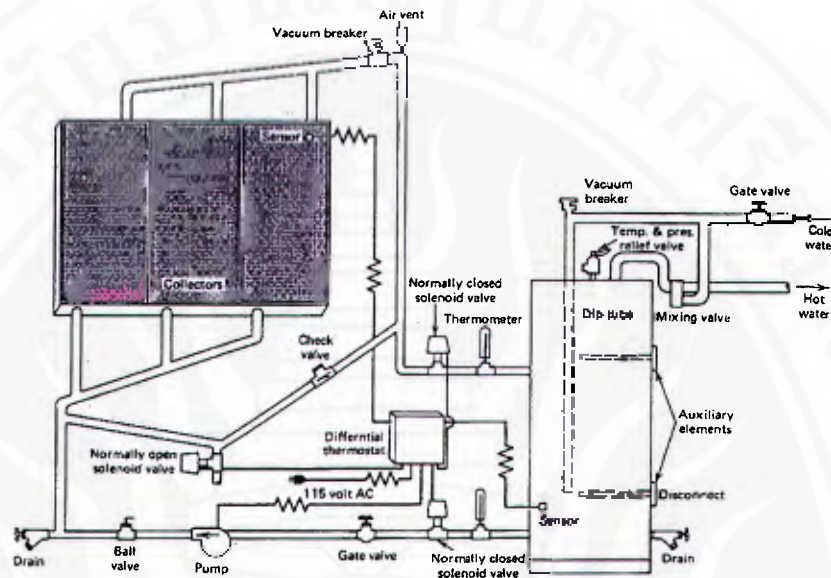
ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบของระบบ thermo siphon  
ที่มา : Russell H. Plante

2. closed loop freeze resistant system เป็นระบบที่มีการนำไปใช้มากที่สุดดังแสดงตามภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของระบบ closed loop freeze resistant  
ที่มา : Russell H. Plante

### 3. drain down system ระบบนี้จะไม่ใช้ heat exchanger แสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบของระบบ drain down

ที่มา : Russell H. Plante

### ตารางที่ 2.1 แสดงข้อแตกต่างของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบพื้นฐานแบบต่างๆ

ระบบ	ลักษณะทั่วไป	ข้อเด่น	ข้อด้อย
thermo siphon	<ul style="list-style-type: none"> <li>- collector แบบ flat plate liquid</li> <li>- open loop</li> <li>- ไม่ใช้ pump และ external energy</li> <li>- storage tank ใหญ่กว่า collector</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่ใช้ external energy</li> <li>- ส่วนประกอบน้อย</li> <li>- ประสิทธิภาพสูง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทำงานได้บางฤดูกาล</li> <li>- storage tank มีขนาดใหญ่ต้องใช้โครงสร้างแข็งแรงมาก</li> </ul>
closed loop freeze resistant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- collector แบบ flat plate liquid</li> <li>- close loop ช่วง piping จาก collector ถึง storage tank</li> <li>- ใช้ external energy</li> <li>- storage tank แบบ pressurize stone line</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้ในเขตหนาวเย็น</li> <li>- มีการจัดประกวดแข่งขันเพื่อปรับปรุงบ่อย</li> <li>- ใช้พลังงานภายนอกน้อย</li> <li>- ประสิทธิภาพสูง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อุปกรณ์ในระบบมากและต้องการดูแลรักษา</li> </ul>
drain down	<ul style="list-style-type: none"> <li>- collector แบบ flat plate liquid</li> <li>- ใช้การระบายแบบ auto valve</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่ใช้ heat exchanger</li> <li>- ไม่ใช้ tank ขนาดใหญ่</li> <li>- ประสิทธิภาพสูง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้ pump ขนาดใหญ่</li> <li>- ใช้ external energy</li> <li>- วัสดุซักราคาแพง</li> </ul>

ที่มา : Russell H. Plante

ศึกษาหลักการงานเบื้องต้นและงานวิจัยการปรับปรุงประสิทธิภาพ solar collector ที่ผ่านมา ซึ่งสามารถจำแนกตามลักษณะต่างๆดังนี้

จำแนกตามลักษณะ โครงสร้างของ collector ได้ดังนี้

- แบบคอนกรีต
- แบบ tubeless convex
- แบบแผ่นเรียบ
- แบบ cylindrical
- แบบท่อแก้วสุญญากาศ

จำแนกตามส่วนประกอบอื่นๆ ได้ดังนี้

- แบบ ไม่ใช้กระจกปิดด้านบน
- แบบ ใช้ thermal diode
- แบบ ใช้ reflector
- แบบ ใช้ selective surface
- แบบ ใช้ solar tracking

จากการศึกษารูปแบบต่างๆข้างต้น เมื่อนำข้อมูลมาพิจารณาเบื้องต้นพบว่ารูปแบบที่เหมาะสมในการนำมาศึกษาประสิทธิภาพสำหรับอาคารที่อยู่อาศัยแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงรูปแบบของแผ่นรับรังสีอาทิตย์ที่จะนำมาศึกษา

โครงสร้าง	มุมเอียง	การติดตั้งตัวสะท้อน	กระจกปิดด้านบน	สารเคลือบรังสี
แผ่นเรียบ	7 องศา	มีบนแผ่นดูดกลืนรังสี	1 ชั้น	Black paint
				Black chrome

### 2.3 ศึกษาหลักการคำนวณประสิทธิภาพทางเทอร์โมไดนามิกส์

การหาค่าประสิทธิภาพของ solar collector , (  $\eta$  )

$$\eta = \frac{\text{output}}{\text{input}} = \frac{Q_u}{A_c I_b} \quad (2.1)$$

โดยที่  $Q_u$  = พลังงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ,kW

$A_c$  = พื้นที่แผงรับรังสีอาทิตย์ , $m^2$

$I_b$  = ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับรังสีอาทิตย์  
( $kW/m^2$ )

การหาค่า Useful energy gained ,  $Q_u$

$$Q_u = A_c F_R [S - U_L (T_{fi} - T_a)] \quad (2.2)$$

โดยที่  $F_R$  = แฟกเตอร์การดึงความร้อนของตัวรับรังสีอาทิตย์

$S$  = พลังงานที่แผ่นดูดซับสามารถรับจากแสงอาทิตย์ ( $W/m^2$ )

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

$T_{fi}$  = อุณหภูมิของน้ำขาเข้า ( $^\circ C$ )

$T_a$  = อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ( $^\circ C$ )

การหาค่า absorbed radiation energy , $S$

$$S = I_b \tau_g \alpha_p \quad (2.3)$$

โดยที่  $\tau_g \alpha_p$  = สัมประสิทธิ์การส่องผ่านและการดูดกลืนประสิทธิภาพ

การหาค่า Collector heat removal factor,  $F_R$

$$F_R = \frac{(1/U_L)}{W \left( \frac{1}{U_L [D(W-D)F]} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{\pi D h_{f,i}} \right)} \quad (2.4)$$

โดยที่  $W$  = ระยะห่างระหว่างท่อ (m)  
 $D$  = เส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอกท่อ (m)  
 $F$  = ประสิทธิภาพมาตรฐานของ fin  
 $C_b$  = conductance of bond ( $\text{kW/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ )  
 $h_{f,i}$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของน้ำในท่อ ( $\text{kW/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ )

เมื่อ

$$F = \frac{\tanh \left[ \frac{M(W-D)}{2} \right]}{\frac{M(W-D)}{2}} \quad (2.5)$$

และ

$$M = \sqrt{\frac{U_L}{k_f \delta}} \quad (2.6)$$

โดยที่  $K_f$  = ค่าการนำความร้อนของแผ่นรับรังสีอาทิตย์ ( $\text{W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ )  
 $\delta$  = ความหนาของแผ่นรับรังสีอาทิตย์ (m)

การหาค่า Overall heat loss coefficient,  $U_L$

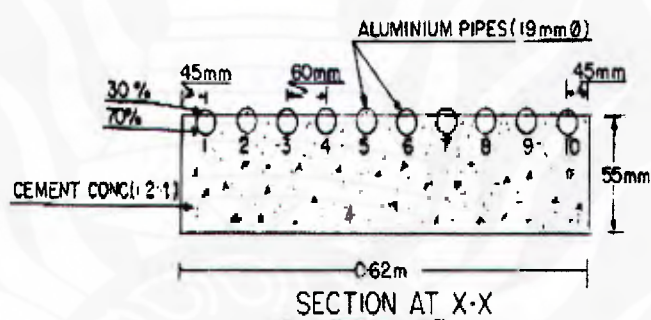
$$U_L = U_T + U_B + U_E \cong U_T + U_B \cong U_T + \frac{k_s}{\lambda_s} \quad (2.7)$$

โดยที่  $U_T$  = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านบน ( $\text{W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ )  
 $U_B$  = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านล่าง ( $\text{W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ )  
 $U_E$  = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนขอบ ( $\text{W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ )  
 $K_s$  = ค่าการนำความร้อนของฉนวน ( $\text{W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ )  
 $\lambda_s$  = ความหนาของฉนวน (m)



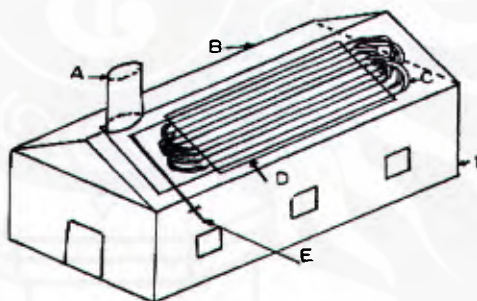
## 2.4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

P. B. L. Chaurasia [2000] ศึกษาการใช้ Collector แบบที่ใช้คอนกรีตเป็นโครงสร้างหลัก ซึ่งเป็นระบบที่รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง โดยมีท่ออะลูมิเนียมอยู่บนผิวคอนกรีตและไม่มีการใช้กระจกปิดด้านบน ดังแสดงในรูปที่ 3 ผลการทดลองพบว่าสามารถผลิตน้ำร้อนในช่วงฤดูหนาว ได้ที่อุณหภูมิ 36-58 °C และสามารถเพิ่มศักยภาพขึ้นได้อีก 2-5% โดยการติดตั้ง blackboard paint เข้ากับ concrete collector ระบบนี้เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารที่อยู่อาศัยโดยติดตั้งบนหลังคาดังแสดงในภาพที่ รูปที่ 2.5 และภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.5 ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ collector เป็นคอนกรีต

ที่มา : P.B.L. Chaurasia , 2000

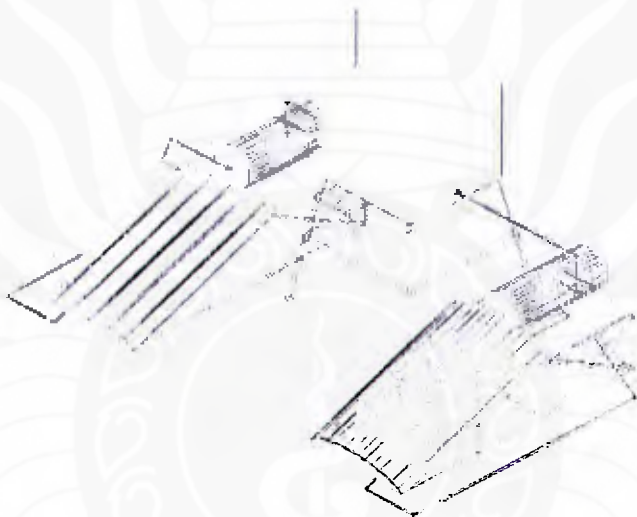


- A. OVER HEAD TANK
- B. ROOF
- C. HIGH DENSITY PVC PIPE
- D. ALUMINIUM PIPE
- E. HOT WATER LINE TO BATH ROOM & KITCHEN
- F. BUILDING

ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างของ Model บ้านที่ใช้ระบบ concrete - collector

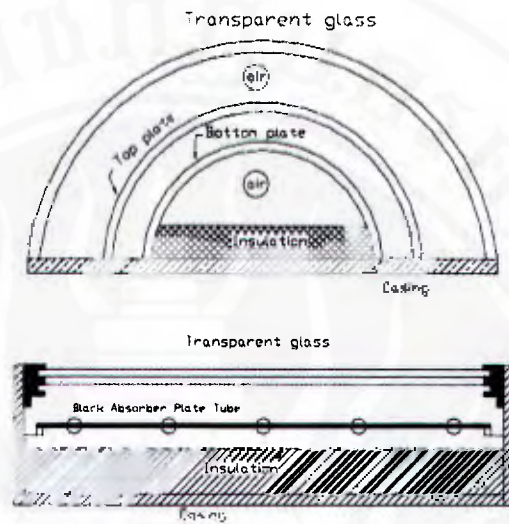
ที่มา : P.B.L. Chaurasia , 2000

Moh'd Abu-Qudais และคณะ [2002] ศึกษาการออกแบบแผงรับรังสีอาทิตย์แบบ tubeless convex เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นแบนที่จะมีประสิทธิภาพต่ำในช่วงเวลาพระอาทิตย์ขึ้นและตกทำให้เวลาที่สามารถผลิตน้ำร้อนได้จริงเป็นช่วงเวลาดสั้นๆ การทดลองมีการติดตั้งแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้ง 2 แบบในสถานะเงื่อนไขต่างๆเหมือนกันแสดงดังภาพที่ 2.7 และภาพที่ 2.8 ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 2.9 พบว่าแผ่นรับรังสีแบบ tubeless convex มีประสิทธิภาพในการรับความร้อนสูงกว่าแบบแผ่นแบนโดยเฉพาะในช่วงเวลา 8.00-9.00 น. และ 15.00-16.00 น. สามารถรับรังสีอาทิตย์ได้สูงกว่าแบบแผ่นแบนมาก



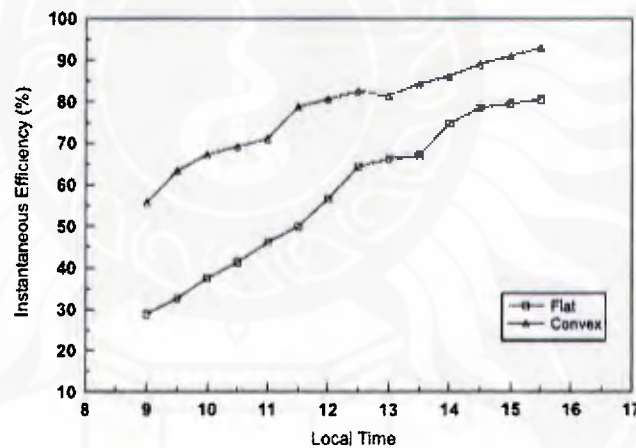
ภาพที่ 2.7 แสดงโครงสร้างภายนอกของแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ

ที่มา : Moh'd Abu-Qudais และคณะ, 2002



ภาพที่ 2.8 แสดงโครงสร้างภายในของแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ

ที่มา : Moh'd Abu-Qudais และคณะ, 2002

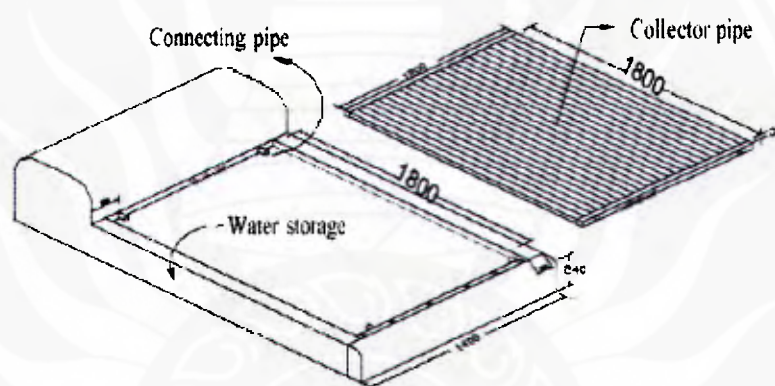


ภาพที่ 2.9 แสดงประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ

ที่มา : Moh'd Abu-Qudais และคณะ, 2002

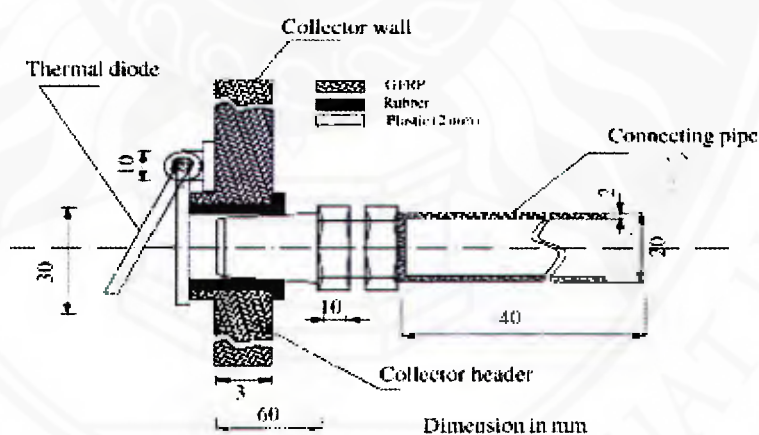
K. Sopian และคณะ [2004] ศึกษาประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์ที่ไม่ใช้กระจกปิดและออกแบบโครงสร้างแสดงดังภาพที่ 2.10 โดยพบว่าสำหรับระบบที่ต้องการผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิไม่สูงกว่า  $70^{\circ}\text{C}$  ไม่จำเป็นต้องใช้กระจกปิด ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตแผงรับรังสีอาทิตย์ โดยการทดลองออกแบบแผงรับรังสีอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 2.11 ผลการทดลองค่าประสิทธิภาพของ

ระบบประมาณ 45 % เมื่อทำงานที่ศักยภาพรังสีอาทิตย์ตกกระทบ 635 วัตต์ต่อตารางเมตร อุณหภูมิอากาศภายนอก 31 °C และยังศึกษาการลดการสูญเสียของอุณหภูมิในเวลากลางคืน โดยทดลองติดตั้ง thermal diode ดังแสดงในรูปที่ 7 และใช้ฉนวนที่มีศักยภาพสูงหุ้มภายนอก ผลการทดลอง ถ้าอุณหภูมิเริ่มต้นตอน 16.00 น. เป็น 58 °C จนถึงเวลา 8.00 น. ของวันใหม่ อุณหภูมิลดเหลือ 42°C และ 30°C กรณีไม่ติดตั้ง thermal diode การทดลองนี้พบว่าสามารถลดการสูญเสียของอุณหภูมิในเวลากลางคืนได้สูงถึง 50%



ภาพที่ 2.10 แสดง โครงสร้างแผงรับรังสีอาทิตย์แบบไม่ใช้กระจกปิด

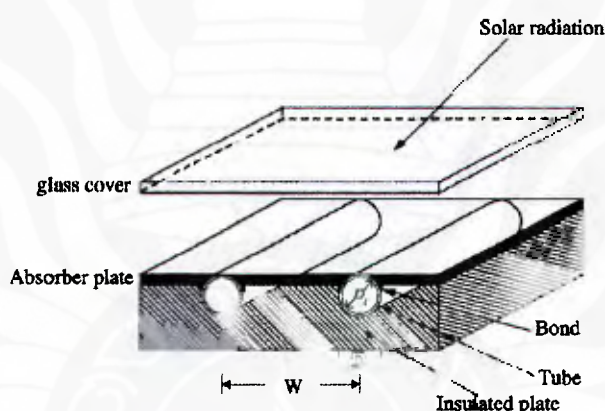
ที่มา : K. Sopian และคณะ, 2004



ภาพที่ 2.11 แสดง โครงสร้าง thermal diode

ที่มา : K. Sopian และคณะ, 2004

C.D. Ho และคณะ [2006] ศึกษาการทำงานของ solar collector แบบ double pass sheet and tube ออกแบบดังแสดงในภาพที่ 2.12 โดยศึกษาผลกระทบของจำนวนของ double tube กับประสิทธิภาพของ collector การทดลองพบว่าถ้าเพิ่มจำนวนของ double tube จาก 1 คู่เป็น 2 คู่ ศักยภาพของ collector เพิ่มขึ้นจาก 7.95% เป็น 17.20% แต่หากเพิ่มจำนวนเป็น 3 คู่ ประสิทธิภาพลดลงเหลือ 11.70% ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าจำนวนของ double tube มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของ collector



รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้าง sheet และ tube

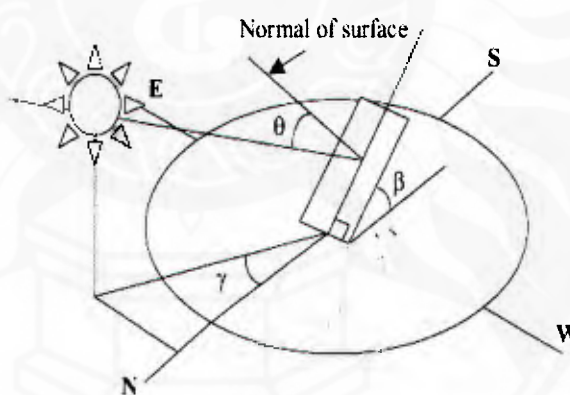
ที่มา : C.D. Ho และคณะ, 2006

G.L. Morrison และคณะ [2004] ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบใช้ท่อแก้วสุญญากาศและแบบแผ่นเรียบ การทดลองออกแบบท่อน้ำภายในแก้วเป็นแบบ U-tube แสดงดังรูปที่ 2.13 ผลการทดลองพบว่าระบบที่ใช้ท่อแก้วสุญญากาศจะให้ประสิทธิภาพในการรับรังสีอาทิตย์ดีกว่าแบบแผ่นเรียบ และมีต้นทุนที่ต่ำกว่า โดยเลือกใช้ท่อแก้วขนาดประมาณเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตรจำนวน 20 ท่อ ต่อขนาดถังเก็บน้ำร้อน 150 ลิตร และติดตั้ง reflector ด้านหลังท่อแก้วเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้สูงขึ้น



ภาพที่ 2.13 แสดงโครงสร้างของแผงรับรังสีแบบท่อแก้วสุญญากาศ  
ที่มา : G.L. Morrison และคณะ, 2004

Saiful Bari [2001] ศึกษาผลกระทบของทิศทางที่มีต่อศักยภาพการดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทดลองออกแบบความชันและมุมเอียงของ solar collector และอาศัยการป้อนข้อมูลลงในโปรแกรมแล้วทำการวิเคราะห์พบว่าค่าพลังงานที่ absorber plate ได้รับจากแสงอาทิตย์จะสูญเสียจากการออกแบบความชันและมุมเอียงที่ไม่เหมาะสมอยู่ในช่วง 10-35%

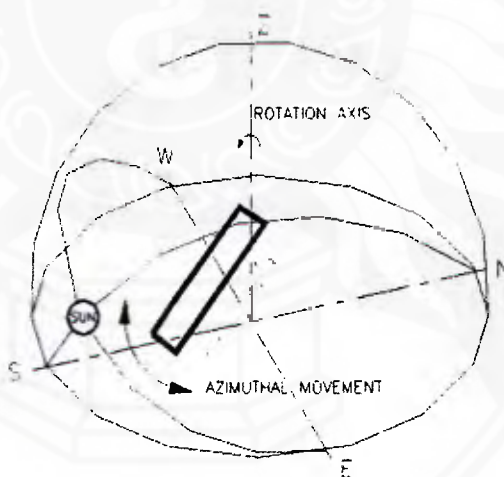


ภาพที่ 2.14 ทิศทางในระนาบต่างๆของ solar collector  
ที่มา : Saiful Bari, 2001

จอมภพ [2546] ศึกษาอิทธิพลของมุมเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อสมรรถนะเชิงความร้อน โดยออกแบบตัวรับรังสีอาทิตย์เป็นแบบแผ่นเรียบ และทำการจำลองสภาวะการทำงานตามมาตรฐานการทดสอบ ASHRAE 93-97 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพตัวปรับแก้มุมตกกระทบของรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิที่แผ่นปิดและแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่มุมเอียงในช่วง  $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$  ผลปรากฏ

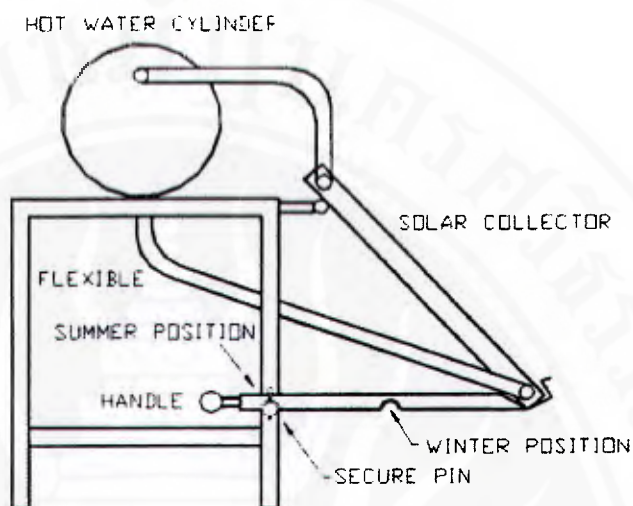
ว่าอุณหภูมิแผ่นปิดและแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์มีค่าอยู่ในช่วง  $50-55^{\circ}\text{C}$  และ  $104-116^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ในช่วง 58-67% โดยพบว่าการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์อย่างถูกต้องและเหมาะสมควรทำการติดตั้งให้มีมุมเอียงเท่ากับละติจูดของสถานที่ติดตั้งเพื่อที่จะทำให้ตัวรับรังสีอาทิตย์สามารถรับรังสีได้ตลอดทั้งปี และในการทดลองจริงเสนอแนะให้มีการทดสอบหาประสิทธิภาพ ณ เวลาเที่ยงสุริยะเพื่อที่จะได้ค่าพลังงานที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุด

I.M. Michaelides และคณะ [1990] เปรียบเทียบประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของแผงรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้ตัวปรับการตกกระทบของรังสีอาทิตย์ 3 แบบ ได้แก่ แบบ fixed surface แบบ fix slope variable azimuth แสดงดังภาพที่ 2.15 และแบบ seasonal tracking collector แสดงดังภาพที่ 2.16 ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของแผงรับทั้ง 3 แบบ คือ 79.7% 87.6% และ 81.6% ตามลำดับ โดยมีระยะคืนทุนคิดเป็น 5 ปี 10 ปี และ 6 ปี ตามลำดับ ผลที่ได้พบว่าการใช้แผงรับแบบ fix slope variable azimuth แม้จะให้ประสิทธิภาพที่สูงแต่ไม่ประสบความสำเร็จในทางธุรกิจ เนื่องจากใช้ระยะเวลาคืนทุนนานมาก ส่วนแบบ seasonal tracking collector มีการใช้งานตัวปรับการตกกระทบแค่ปีละ 2 ครั้งคือฤดูร้อนและฤดูหนาว ทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน โดยหากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์ควรเลือกใช้ reflector แทนการใช้ tracking เนื่องจากต้นทุนไม่สูงและไม่ต้องเสียค่าไฟฟ้าในการควบคุมเหมือนแบบ tracking



ภาพที่ 2.15 แสดงการทำงานของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบ fix slope variable azimuth

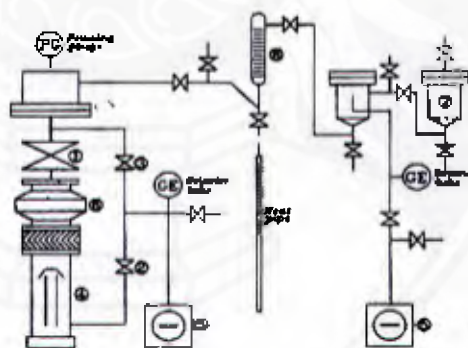
ที่มา : I.M.Michaelides และคณะ, 1990



ภาพที่ 2.16 แสดงการทำงานของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบ seasonal tracking collector

ที่มา : I.M. Michaelides และคณะ, 1990

Wongee Chun และคณะ [1999] ศึกษาการทำงานของ heat pipe ในระบบ natural convection ซึ่งแสดงระบบการทำงานดังภาพที่ 2.17 และการลดการสูญเสียอุณหภูมิในเวลากลางคืน พบว่าประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ heat pipe เท่ากับ 45% โดยที่ค่าประสิทธิภาพมากกว่า 7% เป็นผลกระทบบนจากการทำงานของ heat pipe



1. Main valve
2. Four-line valve
3. Roughing valve
4. Diffusion pump
5. Rotary pump
6. Cyro trap
7. Mass cylinder
8. Stainless container

ภาพที่ 2.17 การทำงานของระบบ heat pipe

ที่มา : Wongee Chun และคณะ, 1999



S.M. Luc และคณะ [2003] ศึกษาปัจจัย 3 ตัวที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของ absorber plate ได้แก่ collector surface coating และ Insulation glass fiber layer โดยออกแบบการทดลองในสถานะต่างๆ และได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงการออกแบบการทดลองที่ใช้ปัจจัยต่างๆกัน

การทดลองที่	การฉาบผิว collector	การหุ้มฉนวนด้วย glass fiber layer	ประสิทธิภาพของ collector, $\eta$
1	Black paint	ไม่หุ้ม	0.37
2	Black paint	หุ้ม	0.38
3	Black chrome plating	ไม่หุ้ม	0.44

ที่มา : S.M. Luc และคณะ, 2003

ข้อมูลในตารางที่ 2.3 แสดงให้เห็นว่าการใช้ Black chrome plating จะให้ค่า ประสิทธิภาพที่สูงกว่าแบบ Black paint จึงมีประสิทธิภาพในการดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ดีกว่า นอกจากนี้การติดตั้งฉนวนแบบ glass fiber layerทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับความร้อนและเก็บความร้อนได้ดีกว่าแบบไม่ติดฉนวน

Arif Abbas [2000] เปรียบเทียบคุณสมบัติของสารเคลือบสีที่มีใช้อยู่ในท้องตลาด พบว่าปัจจัยที่เป็นตัวแปรในการเลือกใช้สารเคลือบสี ได้แก่ reflectance absorptance transmittance และ emittance ซึ่งแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของสารเคลือบสีชนิดต่างๆ

ชนิดสารเคลือบสี	ชนิดการเคลือบ	ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์	ค่าการกระจายรังสีอาทิตย์
Black chrome	Electroplating	0.96	0.10
Black nickel	Electroplating	0.90	0.10
Black copper	Copper oxide	0.87-0.92	0.07-0.35
Black paint	Coating	0.97	0.89

ที่มา : Arif Abbas, 2000

จากงานวิจัยพบว่าการเลือกใช้สารเลือกรังสีควรมีลักษณะดังนี้ ค่าการดูดกลืนรังสีมากกว่า 0.9 ค่าการกระจายรังสีต่ำกว่า 0.2 และคุ้มค่างับราคา ในการทดลองเลือกใช้สารเลือกรังสีชนิด black chrome เนื่องจากมีจุดเด่นมากมายได้แก่ ค่าการดูดกลืนรังสีสูง ค่าการกระจายรังสีต่ำ ค่าการนำความร้อนสูง อายุการใช้งานนาน และค่าบำรุงรักษาต่ำ

Kumar [2005] เสนอแนวทางการกำหนดขนาดหรือออกแบบระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับประเทศไทย โดยแผ่รับแสงอาทิตย์ควรหันไปทางทิศใต้ ทำมุมเอียง  $0^\circ \pm 15^\circ$  การกำหนดขนาดแผ่ให้ประมาณจากความต้องการน้ำร้อนของผู้ใช้ เช่น ตามมาตรฐาน ASHARE แนะนำอยู่ที่ 70 ลิตรต่อคนต่อวัน หรือในเขตอบอุ่นอยู่ที่ 45 ลิตรต่อคนต่อวัน ขณะที่ถังเก็บน้ำร้อนจะมีขนาดประมาณ 2.5 เท่าของความต้องการน้ำร้อนต่อวันสำหรับระบบหมุนเวียนโดยธรรมชาติ และส่วนที่ต่ำสุดของถังเก็บน้ำร้อนควรอยู่สูงกว่าจุดสูงสุดของแผ่รับรังสีอาทิตย์ไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร อัตราการไหลของน้ำในระบบหมุนเวียนแบบธรรมชาติจะประมาณ 40 ลิตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตรของแผ่รับรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลาเที่ยงสุริยะ

ทงศ์ศักดิ์ [2549] ได้ศึกษาระบบผลิตน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ในที่พักแบบโฮมสเตย์กรณีนใช้น้ำร้อนเพื่อการอาบน้ำ โดยทำการศึกษาเลือกขนาดตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และขนาดของถังเก็บสะสมน้ำร้อนที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ชุดทดสอบที่ใช้ในการศึกษามี 3 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ 1 ตัว พื้นที่ 2 ตารางเมตร และถังเก็บน้ำร้อนขนาด 150 ลิตร 1 ถัง จากผลการทดสอบพบว่า กรณีนใช้น้ำร้อนเพื่อการอาบน้ำเพียงอย่างเดียว เงื่อนไขในการทดสอบคือ การใช้น้ำที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ใน 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเช้า เวลา 8.00 – 9.00 น. และช่วงค่ำเวลา 20.00 – 21.00 น. มีผู้ใช้น้ำจำนวน 4 คน คนละ 30 ลิตร พบว่าเพียงพอต่อความต้องการในการใช้งาน โดยระบบมีระยะเวลาคืนทุน 5 ปี 9 เดือน และมีอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เท่ากับ 12 %

พิสิฎฐ [2549] ได้ศึกษาเลือกขนาดระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับโรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็ก ในจังหวัดเชียงใหม่ ได้ทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบขนาด  $2 \text{ m}^2$  ตามมาตรฐาน ASHRAE 93-77 ผลการทดสอบค่า  $F_R(\tau\alpha)_c$  และค่า  $F_R U_L$  เป็น 0.802 และ  $10.37 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$  ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมของถังเก็บน้ำร้อนขนาด 200 ลิตร คือ  $3.247 \text{ W/}^\circ\text{C}$  ได้สร้างแบบจำลองระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมกับการใช้งาน และทำนายสมรรถนะของระบบตลอดปี ผลที่ได้พบว่าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ต่ออนุกรม หรือขนานกันจะให้ค่า  $F_R(\tau\alpha)_c$  และค่า  $F_R U_L$  ใกล้เคียงกันเมื่ออัตราการไหลของน้ำผ่านตัวเก็บรังสีต่อพื้นที่มีค่าเท่ากัน เมื่อเพิ่มพื้นที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์จาก  $2 \text{ m}^2$  เป็น  $4 \text{ m}^2$  จะได้เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่า Solar fraction เพิ่มขึ้น 18.80 % และ 10.43 % ตามลำดับ และขนาดของถังเก็บน้ำร้อนที่เหมาะสมคือ 250 ลิตร การประเมินดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อแสดงความคุ้มทุนของโครงการ ได้แก่

ค่าใช้จ่ายเทียบเท่ารายปี, มูลค่าปัจจุบันสุทธิ, ระยะเวลาคืนทุน และอัตราผลตอบแทนในการลงทุน พบว่าระบบที่ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์พื้นที่  $6 \text{ m}^2$  กับถังขนาด 250 ลิตร เป็นระบบที่เหมาะสมกับโรงฆ่าสัตว์แห่งนี้ เนื่องจากค่าใช้จ่ายเทียบเท่ารายปี และมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ต่ำสุดคือ 84,395 บาทต่อปี และ 585,966 บาท ตามลำดับ โดยระยะเวลาการคืนทุนกับอัตราผลตอบแทนในการลงทุนอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ 3.55 ปี และ 26.05 % ตามลำดับ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย [2553] กองพัฒนาพลังลมและแสงอาทิตย์ ฝ่ายพัฒนาพลังงานทดแทน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นอีกหน่วยงานหนึ่งที่ได้ทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ “Solar Heater” เพื่อทดสอบการใช้งานตามหน่วยงานของ กฟผ. เอง เช่น บ้านพักรับรองตามเขื่อนต่างๆ ปัจจุบัน ได้ผลิตเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ได้มาตรฐานจำหน่ายให้กับประชาชนผู้สนใจ มีขนาดใหญ่ที่ใช้กับโรงแรม โรงพยาบาล และโรงงานอุตสาหกรรม และขนาดที่ใช้สำหรับบ้านพักอาศัยทั่วไป มีให้เลือกใช้ 4 ขนาด คือ ขนาด 100, 160, 320, 600 ลิตรต่อวัน สามารถติดตั้งได้ทั้งบนหลังคาและพื้นราบ

สภาวะการใช้งานเบื้องต้นและการบำรุงรักษาระบบทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ คือ ระบบจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางการรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน พื้นที่ควรเป็นพื้นที่ราบ ไกลจากทางระบบน้ำฝน และควรอยู่ใกล้กับพื้นที่ (ห้องน้ำ ห้องครัว ฯ) ที่ต้องการใช้น้ำร้อน ถ้าระบบไม่ได้ถูกใช้ใน ช่วงฤดูร้อน ควรจะปล่อยให้มีการระบายน้ำออกจากระบบบ้าง ผุ่นที่มาเกาะจะลดประสิทธิภาพของแผ่นรับความร้อน ดังนั้นควรมีการทำความสะอาดอย่างน้อยอาทิตย์ละ 1 ครั้ง ระบบทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ไม่ต้องการการดูแลรักษาระบบ ยกเว้นในกรณีที่มีน้ำกระด้างเกาะอยู่ที่แผ่นรับความร้อน ควรจะมีการกำจัดออก ระยะเวลาที่คุณภาพสามารถทำงานได้ดี คือ ช่วง 15 – 20 ปี

ตารางที่ 2.5 ราคาเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ Solar Heater

รุ่น	ความจุ (ลิตร)	พื้นที่ติดตั้ง (ตารางเมตร)	น้ำหนักรวม (กิโลกรัม)	ราคา (บาท)		ค่าติดตั้ง (บาท)	
				ราคา (บาท)		ค่าติดตั้ง (บาท)	
				เกรด SU3304	เกรด SU3316L	วางบนพื้น	วางบนหลังคา
S-100	100	1.15 x 2.30	180	39,500.00	46,000.00	6,000.00	4,700.00
S-160	160	1.20 x 2.50	250	49,000.00	59,000.00	8,000.00	6,000.00
S-320	320	2.50 x 2.50	500	90,000.00	102,500.00	10,000.00	8,000.00
S-600	600	5.00 x 3.00	970	137,000.00	180,000.00	15,000.00	15,000.00

ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2553

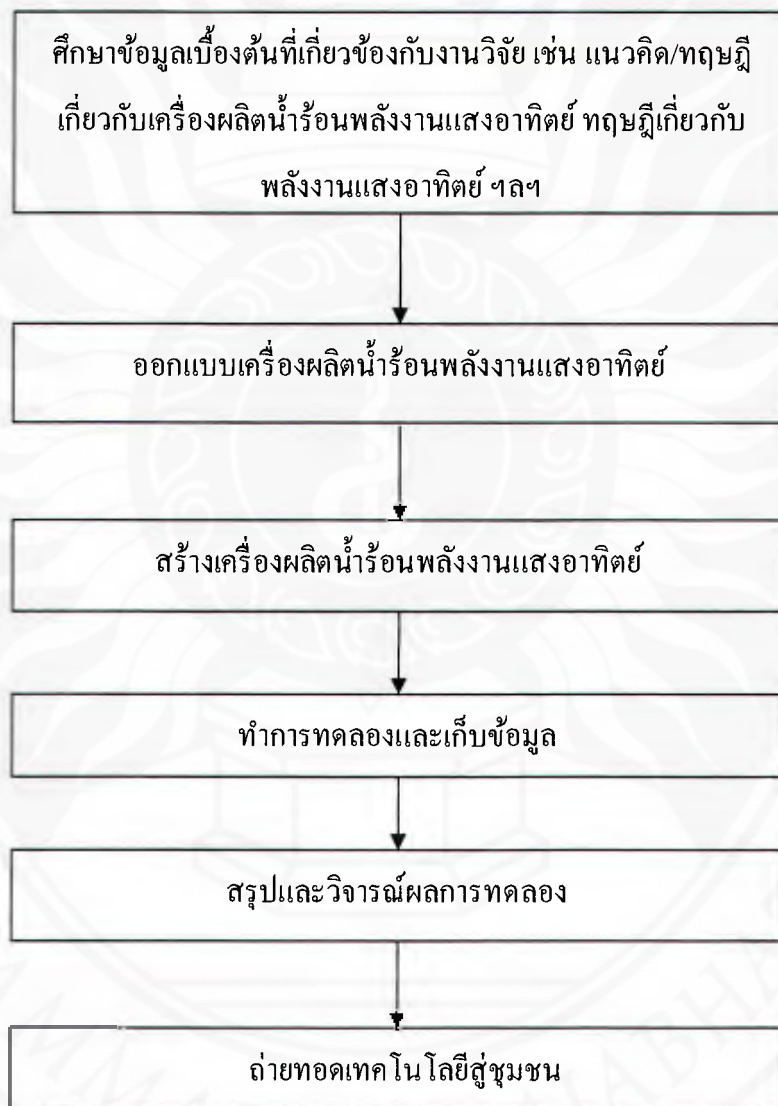
## 2.5 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงหลักทฤษฎีที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ ทฤษฎีพลังงานแสงอาทิตย์ ทฤษฎีระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ หลักการคำนวณประสิทธิภาพทางเทอร์โมไดนามิกส์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ระบบที่ต้องการผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิไม่สูงกว่า  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  ไม่จำเป็นต้องใช้กระจกปิด ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตแผงรับรังสีอาทิตย์ ความชันและมุมเอียงของ solar collector ที่ไม่เหมาะสมอยู่ในช่วง 10-35% โดยแผงรับแสงอาทิตย์ควรหันไปทางทิศใต้ ทำมุมเอียง  $0^{\circ} \pm 15^{\circ}$  การกำหนดขนาดแผงให้ประมาณจากความต้องการน้ำร้อนของผู้ใช้ เช่น ตามมาตรฐาน ASHARE แนะนำอยู่ที่ 70 ลิตรต่อคนต่อวัน

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงเนื้อหา 4 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนที่ 1 การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนที่ 2 หลักการทำงานของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนที่ 3 การทดลองเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนที่ 4 เครื่องมือการวิจัย โดยลำดับวิธีดำเนินการวิจัยแสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย

### 3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้กับที่อยู่อาศัยได้แก่ โฮมสเตย์ หอพัก ขนาด 3 คน โดยเฉลี่ยการใช้น้ำเพื่ออาบน้ำ คนละ 70 ลิตรต่อวัน ระบบประกอบด้วย แผงรับแสงอาทิตย์ทำด้วยท่อ PVC ฟันสีดำด้าน โครงสร้างเป็นอลูมิเนียม มีกระจกใสปิดด้านบน ถังเก็บน้ำร้อนใช้ถังน้ำสแตนเลสขนาด 315 ลิตร และระบบท่อทาง

#### 3.1.1 การคำนวณอุณหภูมิของน้ำร้อนด้วยหลักการทางเทอร์โมไดนามิกส์

ในการออกแบบจะกำหนดขนาดของระบบจากปริมาณความต้องการน้ำร้อนดังนี้

- ตามมาตรฐาน ASHARE แนะนำ 70 ลิตร ต่อคนต่อวัน
- ออกแบบสำหรับผู้อยู่อาศัย 3 คน = 210 ลิตร
- เวลาที่ใช้ในการอาบน้ำ 15 นาทีต่อครั้ง @ อัตราการใช้น้ำอุ่น 2.30 ลิตรต่อนาที
- อุณหภูมิน้ำอุ่นสำหรับอาบน้ำ  $35^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$  @  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $h_f = 167.57 \text{ kJ/kg}$
- อุณหภูมิน้ำเย็นที่ใช้ผสม  $29^{\circ}\text{C}$  @  $h_f = 121.66 \text{ kJ/kg}$

จากหลักของสมดุลมวล

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3 \quad (3.1)$$

- เมื่อ
- $\dot{m}_1$  = อัตราการไหลของน้ำร้อนที่ผลิต (ลิตรต่อนาที)
  - $\dot{m}_2$  = อัตราการไหลของน้ำเย็นที่ผสม (ลิตรต่อนาที)
  - $\dot{m}_3$  = อัตราการไหลของน้ำอุ่นที่ใช้ (ลิตรต่อนาที)

ในการทดลองกำหนดให้อัตราการผลิตน้ำร้อน = 2.03 ลิตรต่อนาที (40 ลิตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตรพื้นที่แผงรับรังสี) โดยให้อัตราการป้อนน้ำร้อนคิดเป็น 70% ของอัตราการผลิต

$$\text{ดังนั้น } \dot{m}_1 = 0.7 \times 2.03 = 1.42 \text{ ลิตรต่อนาที}$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad \dot{m}_2 &= \dot{m}_3 - \dot{m}_1 \\ \dot{m}_2 &= 0.88 \text{ ลิตรต่อนาที} \end{aligned}$$

จากหลักสมดุลพลังงาน

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3 \quad (3.2)$$

เมื่อ  $h_1$  = เอนทาลปีของน้ำร้อนที่ผลิต

$h_2$  = เอนทาลปีของน้ำเย็นที่ผสม

$h_3$  = เอนทาลปีของน้ำอุ่นที่ใช้

จะได้

$$h_1 = \frac{\dot{m}_3 h_3 - \dot{m}_2 h_2}{\dot{m}_1} = \frac{(2.30 \times 167.57) - (0.88 \times 121.66)}{1.42} = 196.02 \text{ kJ/kg}$$

จากตารางเทอร์โมไดนามิกส์ ที่ 196.02 kJ/kg จะได้อุณหภูมิเท่ากับ @ 46.8 °C  
ดังนั้นเราจะต้องทำการออกแบบระบบที่สามารถผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 46.8 °C

### 3.1.2 การออกแบบและสร้างถังเก็บน้ำร้อน

ออกแบบวัสดุที่ใช้ทำถังเก็บน้ำร้อน มีรายละเอียดดังนี้

(1) ตัวถังใช้ stainless steel ขนาดความจุ 315 ลิตร (1.5 เท่าของความต้องการน้ำร้อน)

เลือกใช้ถังน้ำที่มีขายตามท้องตลาด 350 ลิตร

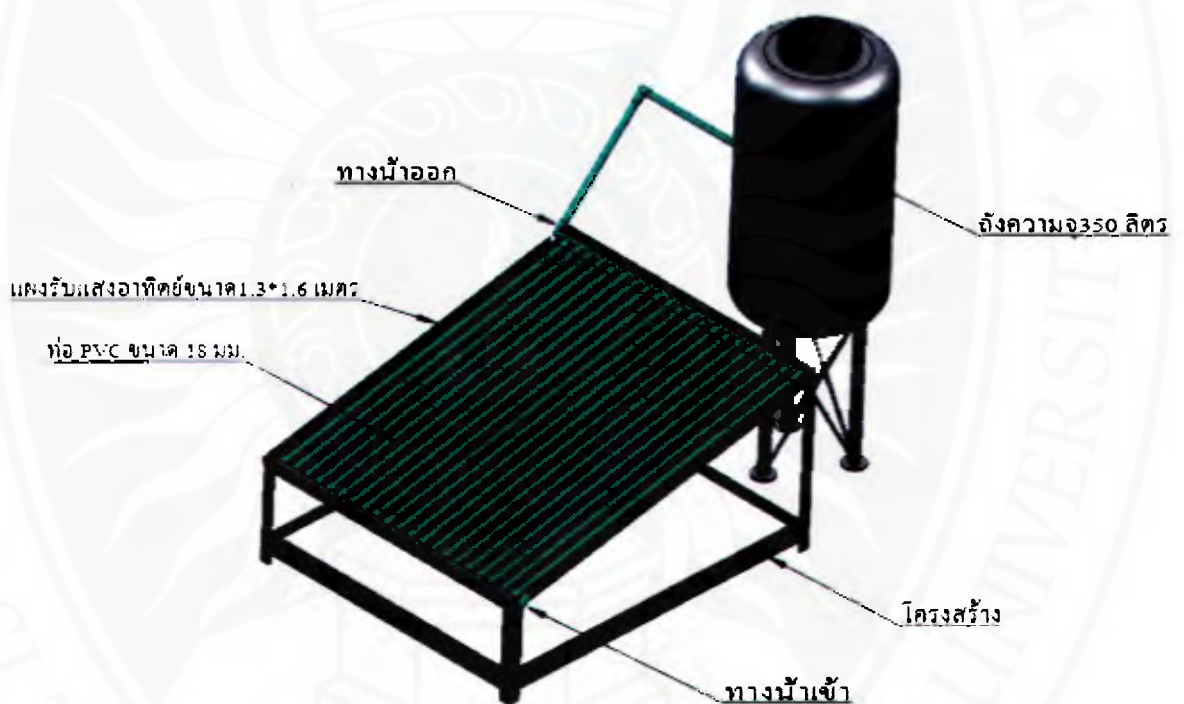
(2) ฉนวนใช้เส้นใยแก้วหนา 2 นิ้ว หุ้มถังน้ำเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อน

### 3.1.3 การออกแบบและสร้างแผงรับแสงอาทิตย์

ในการเลือกใช้วัสดุทำแผงรับแสงอาทิตย์ที่หาได้ในท้องถิ่นและมีต้นทุนต่ำกว่าที่จำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งจะพิจารณาต่อวิธี แผงรับแสงอาทิตย์มีขนาด 1.3x1.6 เมตร ออกแบบให้มีชั้นอากาศหนึ่งเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ โครงสร้างใช้เหล็กฉากขนาด 40x40x3 มิลลิเมตร ด้านข้างและด้านล่างบุด้วยไม้ฉัดและโฟมเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ใช้น้ำ PVC ขนาด 6 mm. ทาสีด้วยดำด้านเพื่อดูดซับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ โดยแผงมีความลาดเอียง 7-8 องศา ตามค่าละติจูดของจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อให้สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งปี

### 3.2 หลักการทำงานของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

การผลิตน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ น้ำไหลเข้าแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทางด้านเข้า โดยอาศัยการไหลแบบธรรมชาติ แผงรับรังสีประกอบด้วยแผ่นดูดกลืนรังสี ซึ่งทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ถ่ายเทให้กับน้ำที่ไหลในท่อ แผ่นกระจกใสซึ่งอยู่ด้านบนของแผงรับรังสี ทำหน้าที่ลดการสูญเสียความร้อนของชั้นอากาศหนึ่ง โดยป้องกันการพาความร้อน ฉนวนกันความร้อนที่อยู่ด้านล่างสุดของแผงรับรังสี ทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อน อากาศแวดล้อมที่ไหลผ่านแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น หลังจากนั้นน้ำที่ได้รับความร้อนจะไหลขึ้นด้านบนด้วยความแตกต่างของความหนาแน่นและไหลผ่านท่อทางด้านออกเข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อนขนาด 350 ลิตร ที่มีฉนวนหุ้ม ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ระบบเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

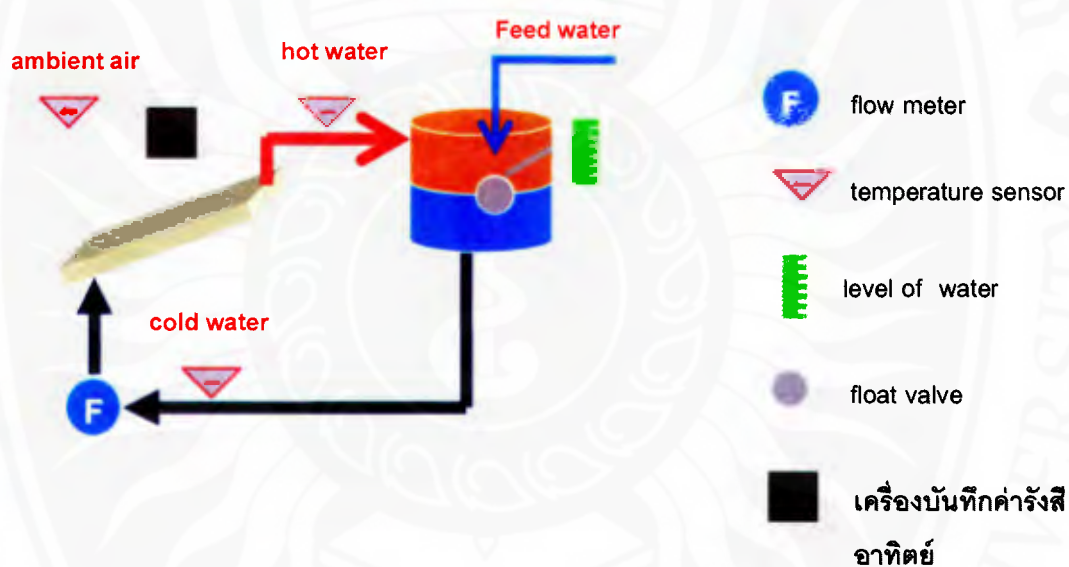


### 3.3 การทดลองเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

(1) ติดตั้งเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 3.4 และเครื่องมือวัด ได้แก่ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ไพรานอมิเตอร์ เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ ระดับน้ำ อุปกรณ์บันทึกข้อมูลที่ตำแหน่งต่างๆ ดังภาพที่ 3.3

(2) เตรียมเปิดวาล์วน้ำปรับอัตราการไหลเท่ากับ 0.65 ลิตรต่อนาที น้ำเย็นไหลเข้าแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนและไหลออกจากแผงเข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อน

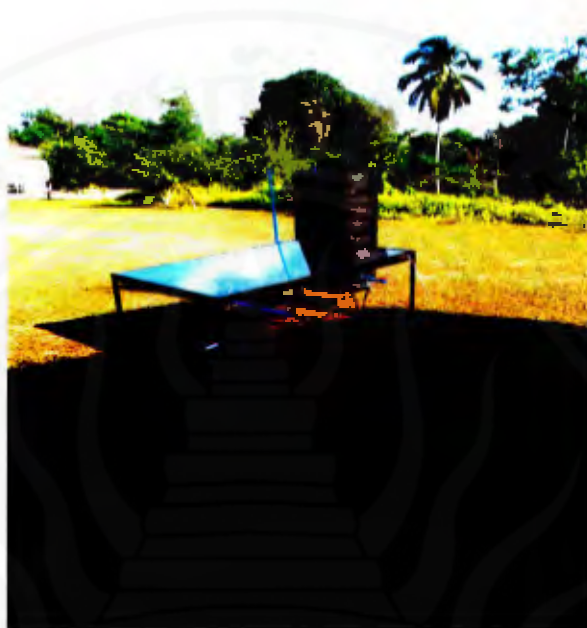
(3) บันทึกค่าอุณหภูมิที่ทางด้านเข้าและทางออกแผงรับรังสี ในแผงรับรังสี อากาศแวดล้อม และความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทุกๆ 1 นาที ช่วงเวลา 8.00-17.00 น. โดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูล ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ศักยภาพการทำงานของระบบเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3.3 แสดงแผนผังการทดลองและการติดตั้งเครื่องมือวัด

#### หมายเหตุ

ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง คือ  $T_i$  = อุณหภูมิน้ำทางเข้า,  $T_o$  = อุณหภูมิน้ำทางออก,  $T_c$  = อุณหภูมิในแผงรับรังสี,  $T_m$  = อุณหภูมิน้ำในถัง,  $T_a$  = อุณหภูมิอากาศแวดล้อม



ภาพที่ 3.4 การทดลองระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

### 3.4 เครื่องมือการวิจัย

- (1) เครื่องวัดอัตราการไหลแบบดิจิทัล ใช้วัดอัตราการไหลของน้ำที่เข้าสู่แผงรับรังสีดวงอาทิตย์



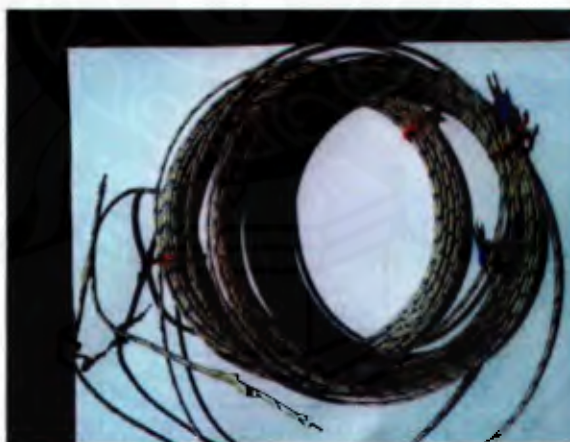
ภาพที่ 3.5 เครื่องมือวัดอัตราการไหล

(2) ไพราโนมิเตอร์ ยี่ห้อ KIPP & ZONEN รุ่น CMP11 มีค่า Sensitivity  $8.53 \times 10^{-6}$  V/Wm<sup>2</sup> ใช้วัดความเข้มรังสีรวม (global radiation) ที่ตกกระทบบน Solar collector



ภาพที่ 3.6 ไพราโนมิเตอร์

(3) เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิชนิดหนึ่งที่ต้องใช้ร่วมกับ Temperature Controller โดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า



ภาพที่ 3.7 สายเทอร์โมคัปเปิล

(4) เครื่องบันทึกข้อมูลยี่ห้อ GRAPHTEC รุ่น GL 220 ใช้ในการบันทึกข้อมูลจากอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ โดยรับเป็นสัญญาณไฟฟ้า ความถี่ในการบันทึกทุกๆ 1 นาที



ภาพที่ 3.8 เครื่องบันทึกข้อมูลมือชื่อ GRAPHTEC รุ่น GL 220

### 3.5 สรุป

ในบทที่ 3 ได้นำเสนอในส่วนของการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ หลักการทำงานของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ การทดลองเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องมือการวิจัย การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

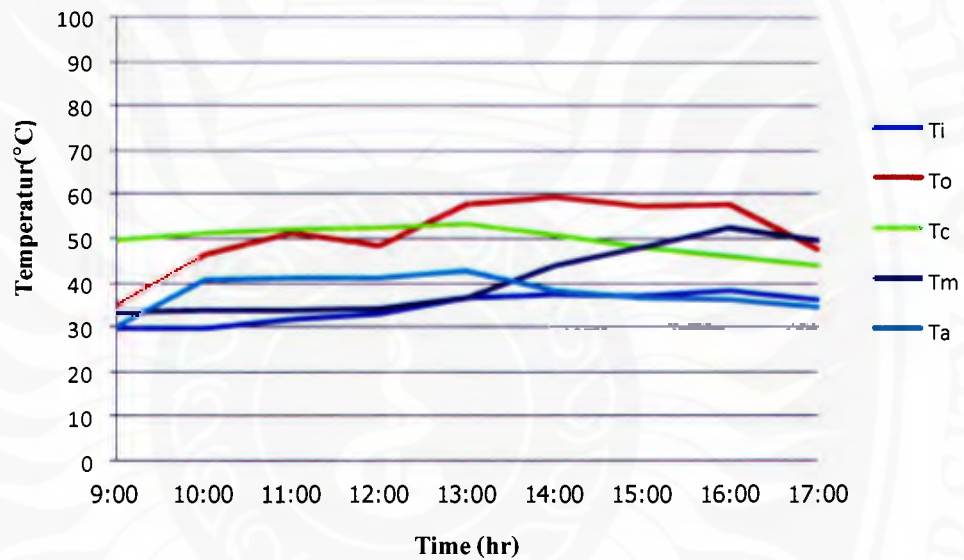
เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงผลการทดลองของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น โดยทำการทดลองในช่วงเวลา 8.00-17.00 น. ของแต่ละวัน เพื่อศึกษาข้อมูลของอุณหภูมิ อัตราการไหล ความเข้มแสงอาทิตย์ การทำงานของเครื่อง และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบ โดยทำการทดลองในเดือนเมษายน 2558 ระยะเวลา 5 วัน สถานที่ ณ มหาวิทยาลัยนครศรีธรรมราช ตำบลท่าวี อำเภอมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

#### 4.1 ผลการทดลองผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น มีต้นทุนต่ำ สามารถสร้างได้เอง ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า และยังช่วยลดมลพิษทางอากาศอีกด้วย โดยแผงรับแสงอาทิตย์มีขนาด 1.3x1.6 เมตร ออกแบบให้มีชั้นอากาศนิ่งเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อน โครงสร้างใช้เหล็กฉากขนาด 40x40x3 มิลลิเมตร ด้านข้างและด้านล่างบุด้วยไม้อัดและโฟมเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ใช้ท่อน้ำ PVC ขนาด ¾ นิ้ว ทาสีด้วยดำด้านเพื่อดูดซับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ การวางแผงรับรังสีดวงอาทิตย์หันหน้าไปทางใต้ เพื่อสามารถรับรังสีดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งปี ถึงเก็บน้ำใช้ถึงสแตนเลส ขนาด 350 ลิตร หุ้มด้วยใยแก้วหนา 2 นิ้ว เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน เครื่องผลิตน้ำร้อนออกแบบให้สามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกสามารถนำไปติดตั้งบนหลังคา หรือพื้นดินได้ ในการทดลองทำการศึกษาอุณหภูมิของน้ำที่ผลิตได้ภายใต้อัตราการไหลที่เหมาะสม และศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน การทดลองเริ่มตั้งแต่วันที่ 8.00-17.00 น ของทุกวัน ใช้เวลา 9 ชั่วโมงต่อวัน ช่วงเวลาการทดลองเดือนเมษายน 2558 โดยเป็นช่วงเวลาที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยมีค่าสูงสุด เครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมกับชุมชนในท้องถิ่น ราคาถูก บำรุงรักษาง่าย ลดการใช้พลังงานจากไฟฟ้าได้มากเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องผลิตน้ำร้อนแบบไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้ได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ชุมชนชาวศิริงค์ อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นกลุ่มประกอบธุรกิจโฮมสเตย์ การท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ บนเนินเขาซึ่งไม่มีไฟฟ้าใช้ ซึ่งมีความเหมาะสมและใช้งานได้ค่อนข้างดี

#### 4.1.1 ผลการทดลอง วันที่ 1 เมษายน 2558

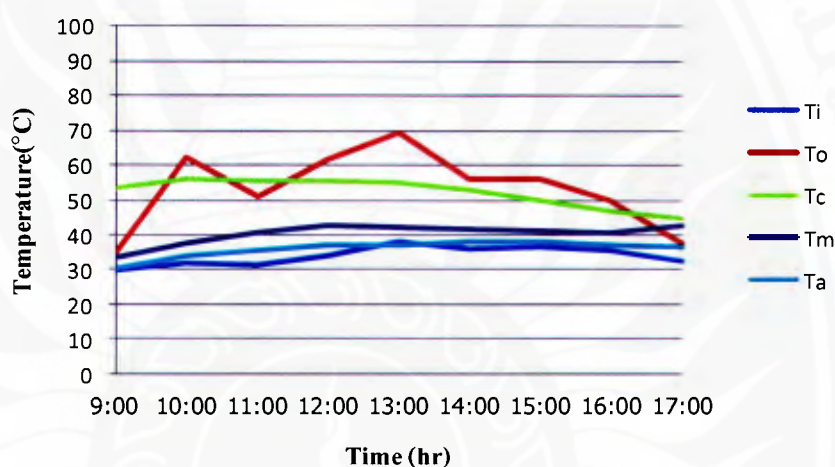
จากภาพที่ 4.1 แสดงผลการทดลองเวลา 8.00-17.00 น. โดยสภาพห้องฟ้าค่อนข้างโปร่งมีเมฆบางส่วน โดยที่อุณหภูมิเฉลี่ยของค่าต่างๆดังนี้ ของอากาศแวดล้อม น้ำทางด้านเข้า น้ำทางด้านออก อากาศในแผงรับรังสี น้ำในถัง เท่ากับ  $37.9^{\circ}\text{C}$   $34.4^{\circ}\text{C}$   $51.2^{\circ}\text{C}$   $49.7^{\circ}\text{C}$  และ  $40.6^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย  $514 \text{ W/m}^2$  โดยมีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ  $0.65 \text{ kg/min}$  ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนโดยเฉลี่ยเท่ากับ  $75 \%$



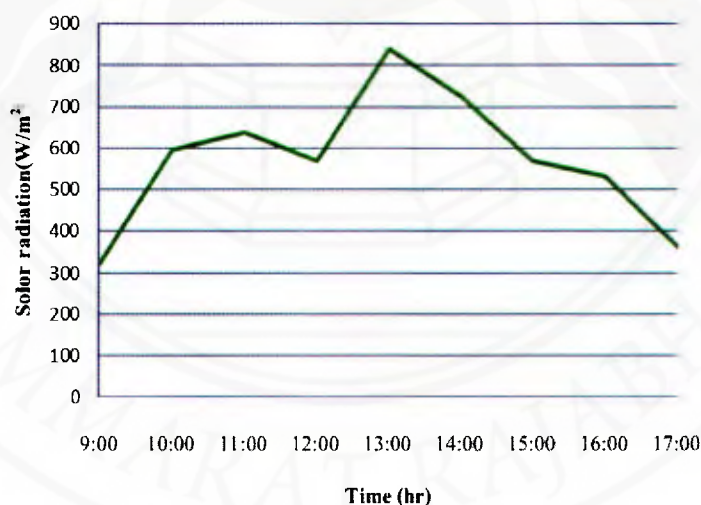
ภาพที่ 4.1 อุณหภูมิต่างของการทดลองวันที่ 1 เมษายน 2558

#### 4.1.2 ผลการทดลอง วันที่ 2 เมษายน 2558

จากภาพที่ 4.2 และ 4.3 แสดงผลการทดลองเวลา 8.00-17.00 น. โดยสภาพห้องฟ้าค่อนข้างโปร่งมีเมฆน้อย โดยที่อุณหภูมิเฉลี่ยของค่าต่างๆดังนี้ ของอากาศแวดล้อม น้ำทางด้านเข้า น้ำทางด้านออก อากาศในแผงรับรังสี น้ำในถัง เท่ากับ  $35.8^{\circ}\text{C}$   $33.8^{\circ}\text{C}$   $53.1^{\circ}\text{C}$   $52^{\circ}\text{C}$  และ  $40.1^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย  $517 \text{ W/m}^2$  โดยมีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ  $0.65 \text{ kg/min}$  ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนโดยเฉลี่ยเท่ากับ  $74.5 \%$



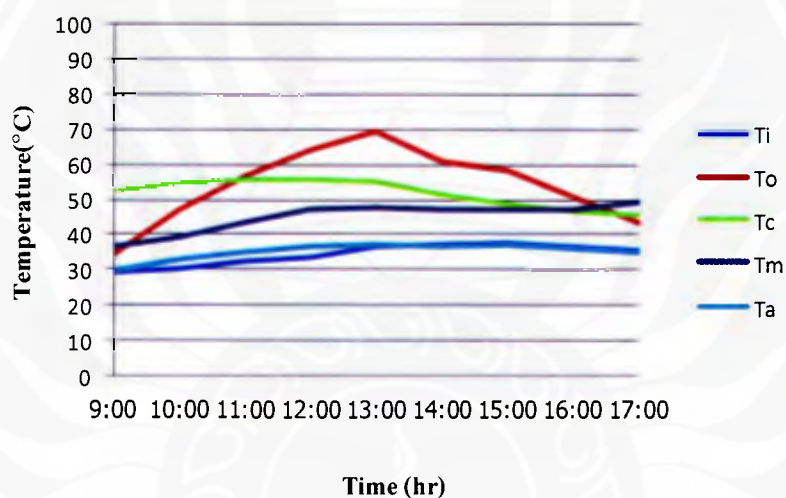
ภาพที่ 4.2 อุณหภูมิต่างของการทดลองวันที่ 2 เมษายน 2558



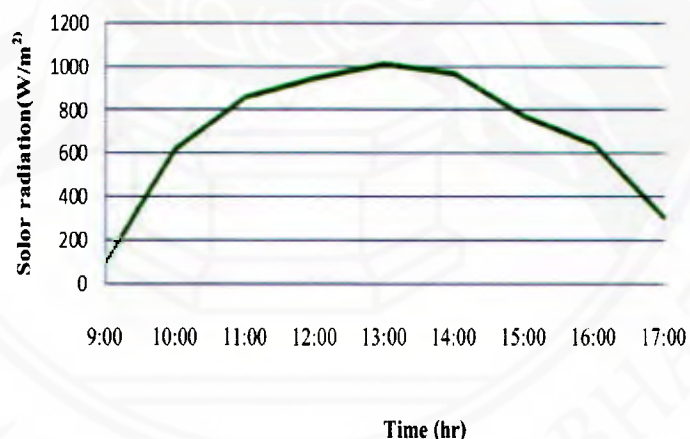
รูปที่ 4.3 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์วันที่ 2 เมษายน 2558

#### 4.1.3 ผลการทดลอง วันที่ 3 เมษายน 2558

จากภาพที่ 4.4 - 4.5 แสดงผลการทดลองเวลา 8.00-17.00 น. โดยสภาพท้องฟ้าค่อนข้างโปร่งมีเมฆน้อย โดยที่อุณหภูมิเฉลี่ยของค่าต่างๆดังนี้ ของอากาศแวดล้อม น้ำทางด้านเข้า น้ำทางด้านออก อากาศในแผงรับรังสี น้ำในถัง เท่ากับ  $38.7^{\circ}\text{C}$   $33.9^{\circ}\text{C}$   $49.7^{\circ}\text{C}$   $48.4^{\circ}\text{C}$  และ  $39.7^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย  $537 \text{ W/m}^2$  โดยมีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ  $0.65 \text{ kg/min}$  ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนโดยเฉลี่ยเท่ากับ  $67.4 \%$



ภาพที่ 4.4 อุณหภูมิต่างๆของการทดลองวันที่ 3 เมษายน 2558

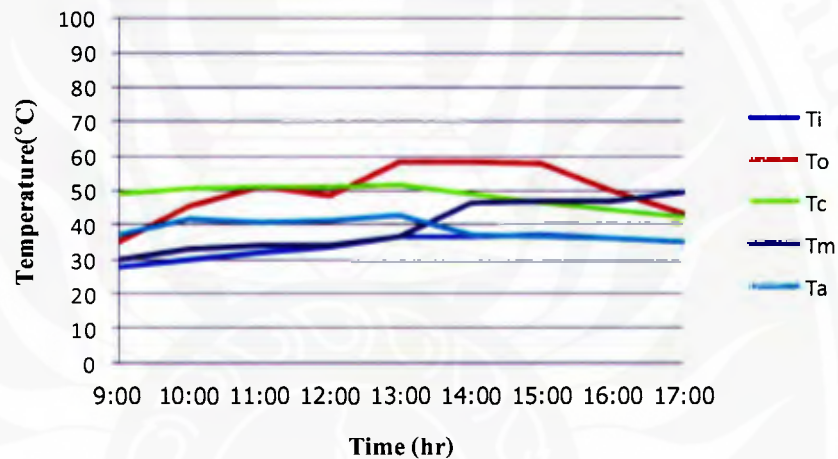


ภาพที่ 4.5 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ วันที่ 3 เมษายน 2558

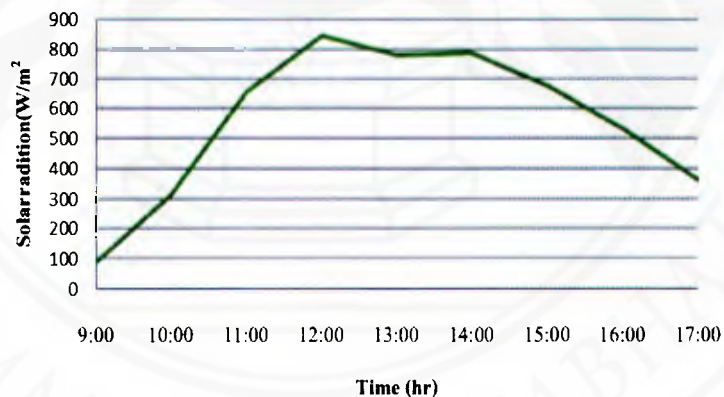


#### 4.1.3 ผลการทดลอง วันที่ 4 เมษายน 2558

จากภาพที่ 4.7-4.8 แสดงผลการทดลองเวลา 8.00-17.00 น. โดยสภาพห้องฟ้าค่อนข้างโปร่งมีเมฆบางส่วน โดยที่อุณหภูมิเฉลี่ยของค่าต่างๆดังนี้ ของอากาศแวดล้อม น้ำทางด้านเข้า น้ำทางด้านออก อากาศในแผงรับรังสี น้ำในถัง เท่ากับ  $34.9^{\circ}\text{C}$   $34.2^{\circ}\text{C}$   $51.3^{\circ}\text{C}$   $50.8^{\circ}\text{C}$  และ  $39.7^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย  $540 \text{ W/m}^2$  โดยมีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ  $0.65 \text{ kg/min}$  ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนโดยเฉลี่ยเท่ากับ  $71.2 \%$



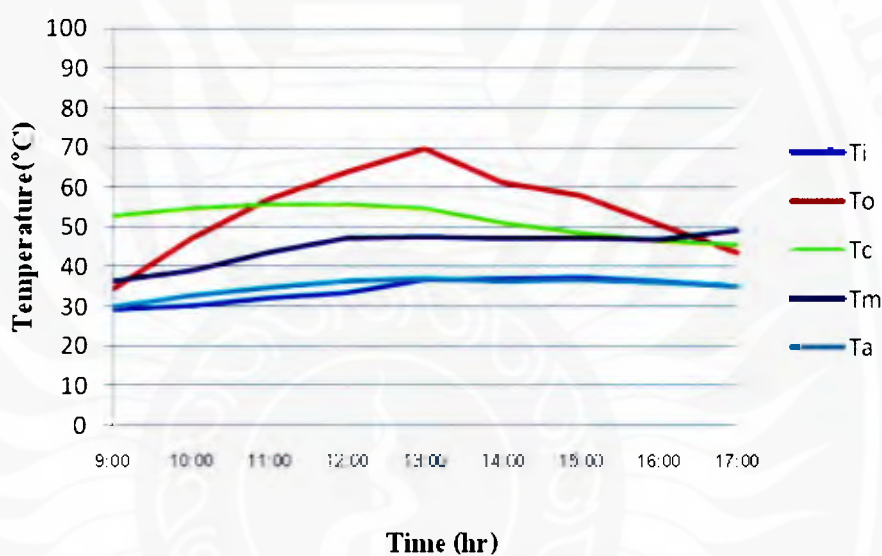
ภาพที่ 4.6 อุณหภูมิต่างๆของการทดลองวันที่ 4 เมษายน 2558



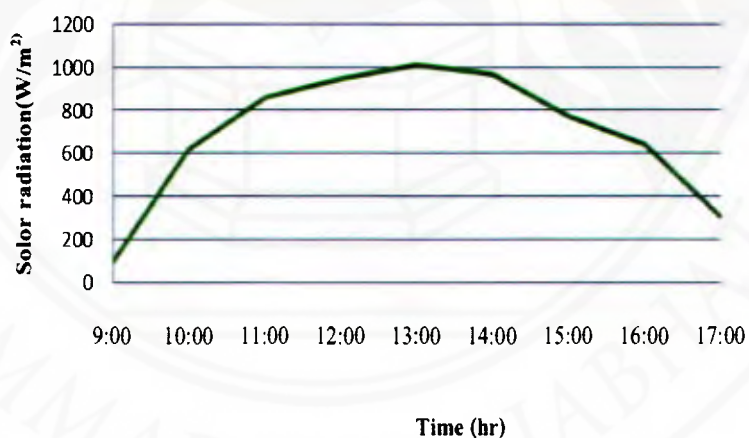
ภาพที่ 4.7 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ วันที่ 4 เมษายน 2558

#### 4.1.3 ผลการทดลอง วันที่ 5 เมษายน 2558

จากภาพที่ 4.1-4.14 แสดงผลการทดลองเวลา 8.00-17.00 น. โดยสภาพท้องฟ้าค่อนข้างโปร่งมีเมฆบางส่วน โดยที่อุณหภูมิเฉลี่ยของค่าต่างๆดังนี้ ของอากาศแวดล้อม น้ำทางด้านเข้า น้ำทางด้านออก อากาศในแผงรับรังสี น้ำในถัง เท่ากับ  $36.8^{\circ}\text{C}$   $34.4^{\circ}\text{C}$   $50.5^{\circ}\text{C}$   $50.7^{\circ}\text{C}$  และ  $41.2^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย  $538 \text{ W/m}^2$  โดยมีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ  $0.65 \text{ kg/min}$  ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 72 %



ภาพที่ 4.8 อุณหภูมิต่างๆของการทดลองวันที่ 5 เมษายน 2558



ภาพที่ 4.9 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ วันที่ 5 เมษายน 2558

## 4.2 ผลการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์

จากการทดลองเปรียบเทียบเครื่องผลิตน้ำร้อนแบบไฟฟ้ายี่ห้อ HITACHI รุ่น HES – 35 V ขนาด 3,500 วัตต์ 220 โวลต์ กับเครื่องผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น ระยะเวลาการทำงาน 1 ชั่วโมง 45 นาที สามารถผลิตได้ 350 ลิตร ใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 7 กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยที่อัตราค่าไฟฟ้า 7 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนค่าไฟฟ้าเท่ากับ  $7 \times 7 = 49$  บาทต่อวัน เท่ากับ 1,470 บาทต่อเดือน และค่าไฟฟ้าต่อปีคือ  $1,470 \times 12 = 17,640$  บาทต่อปี ต้นทุนการสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 1,200 บาท ดังนั้นสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 8.16 เดือน

## 4.3 บทสรุป

จากผลการทดลองเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยรวมทั้ง 5 วันดังกล่าวข้างต้น ช่วงเวลา 8.00-17.00 น. รวมเวลา 9 ชั่วโมงต่อวัน สามารถผลิตน้ำร้อนได้ 350 ลิตรต่อวัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยในภาพรวมของน้ำทางด้านเข้า น้ำทางด้านออก น้ำร้อนในถังเก็บ อากาศแวดล้อม อากาศในแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ เท่ากับ  $34.2^{\circ}\text{C}$ ,  $51.2^{\circ}\text{C}$ ,  $41.1^{\circ}\text{C}$ ,  $36.8^{\circ}\text{C}$  และ  $50.3^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ และมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย  $529.2 \text{ W/m}^2$  ประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 71.9% ระยะการคืนทุนเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องผลิตน้ำร้อนแบบไฟฟ้า 8.16 เดือน

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 จากการทดลองเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถผลิตน้ำร้อนได้ 350 ลิตร ต่อวัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยในภาพรวมของน้ำทางด้านเข้า น้ำทางด้านออก น้ำร้อนในถังเก็บ อากาศ แวดล้อม อากาศในแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ เท่ากับ  $34.2^{\circ}\text{C}$ ,  $51.2^{\circ}\text{C}$ ,  $41.1^{\circ}\text{C}$ ,  $36.8^{\circ}\text{C}$  และ  $50.3^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย  $529.2 \text{ W/m}^2$  ประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 71.9 %

5.1.2 จากการศึกษาวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ต้นทุนการสร้างเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 1,200 บาท สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 8.16 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องผลิตน้ำร้อนแบบไฟฟ้ายี่ห้อ HITACHI รุ่น HES – 35 V ขนาด 3,500 วัตต์ 220 โวลต์

5.1.3 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน กลุ่มโฮมสเตย์ชุมชนบ้านคีรีวง ตำบลกำโลน อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้กับห้องพักขนาด 3 คน ซึ่งชุมชนสามารถใช้ประโยชน์ได้จริง

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ท่อน้ำที่ไหลออกจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ เพื่อลดการสูญเสียความร้อน สามารถทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องสูงขึ้น

5.2.2 ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์กรองน้ำด้านท่อทางน้ำเข้าแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ในกรณีที่น้ำดิบมีสิ่งแปลกปลอมเพื่อป้องกันการอุดตันในท่อทางและจะได้น้ำใช้ที่สะอาด

5.2.3 ถ้าต้องการลดน้ำหนักของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ สามารถใช้แผ่นพลาสติกหรือแผ่นโพลีคาร์บอเนตแทนกระจกได้

5.2.4 การใช้เครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องผลิตน้ำร้อนแบบไฟฟ้า สามารถลดการใช้พลังงานได้มาก ส่งผลในเรื่องของการลดต้นทุน ควรมีการส่งเสริมให้มีการใช้ให้แพร่หลายในชุมชนต่อไป

### บรรณานุกรม

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2553). เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ คั่นเมื่อ เมษายน 10, 2555, จาก [http:// www/2.egat.co.th/re/egat\\_business/egat\\_heater/heater\\_price.htm](http://www/2.egat.co.th/re/egat_business/egat_heater/heater_price.htm)
- จอมภพ แวศักดิ์, 2546. Determination of Thermal Performance of a Rooftop Flat-Plate Solar Collector, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17.
- ทงนงค์ศักดิ์ เต๊ะสมัน. 2549. การเลือกขนาดระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ในที่พักแบบโฮมสเตย์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พิสิฎฐ์ สงวนตระกูล. 2549. การเลือกขนาดระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์สำหรับโรงฆ่าสัตว์, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Arif Abbas, 2000. Solchrome solar selective coatings-an effective way for solar water heaters globally, *Renewable Energy* 19:145-154.
- C.D. Ho and T.C. Chen, 2006. The Recycling effect on the collector efficiency improvement of double pass sheet and tube solar water heater with external recycle , *Renewable Energy* 31:953–970.
- G.L. Morrison, I. Budihardjo, M. Behnia, 2004. Water-in-glass evacuated tube solar water heaters, *Solar Energy* 76 :135–140.
- K. Sopian, M. Syahri, S. Abdullah, M. Y. Othman and B. Yatim, 2004. Performance of a non metallic unglazed solar water heater with integrated storage system, *Renewable Energy* 29:1421–1430.
- Moh'd Abu-Qudais, A. Tamimi, F. Al-Momani, 2002. Experimental study of a tubeless convex type solar collector, *Energy Conversion and Management* 43:791–797.
- M. Petrakisd, S. Lykoudisd, A.D. Adamopoulos, 1990. Comparison of performance and cost effectiveness of solar water heaters at different collector tracking modes in Cyprus and Greece, *Energy Conversion & Management* 40:1287-1303.
- M.Smytha, P.C. Eamesa and B. Nortonb, 2006. Integrated Collector Storage Solar Water heaters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 10:503–538
- P. B. L. Chaurasia, 2000. Solar water heaters based on concrete collectors, *Energy* 25 :703–716

### บรรณานุกรม(ต่อ)


Saiful Bari, 2001. Optimum orientation of domestic solar water heaters for the low latitude countries, *Energy Conversion Management* 42:1205-1214.

Wongee Chun, Yong Heack Kang, Hee Youl Kwak and Young Soo Lee, 1999. An Experimental study of the utilization of heat pipes for solar water heaters , *Applied Thermal Engineering* 19:807-817.

S.M. Luc, Y.C. M. Li and J.C. Tang, 2003. Optimum design of natural-circulation solar water heater by the Taguchi method, *Energy* 28:741-750

S. Kumar, 2005. Lecture note on Solar Energy. Energy Program. School of Energy. Resource and Environmetnal. Asian Institute of Technologies.





ภาคผนวก ก  
ภาพถ่ายการทดลองของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์





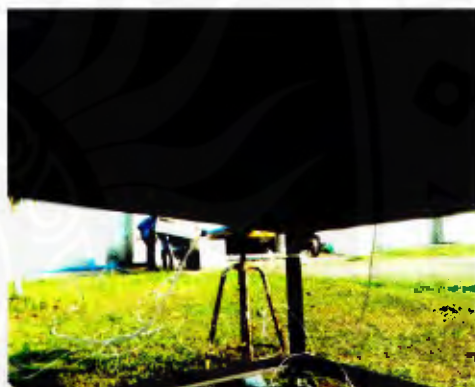
ภาพที่ ก 1 ภาพถ่ายขณะทำการทดลอง



รูปที่ ก 2 ภาพถ่ายมิเตอร์วัดอัตราการไหล



รูปที่ ก 3 ภาพถ่ายท่อทางออกจากแผง



รูปที่ ก 4 ภาพถ่ายด้านล่างของแผง



รูปที่ ก 5 ภาพถ่ายถึงน้ำและท่อนำน้ำไปใช้งาน



รูปที่ ก 6 ภาพถ่ายการติดตั้งไพรานอมิเตอร์



รูปที่ ก 7 ภาพถ่ายติดตั้งไพราโนมิเตอร์



รูปที่ ก 8 ภาพถ่ายData logger GL 220



รูปที่ ก 9 ภาพถ่ายมิเตอร์วัดไฟฟ้า



รูปที่ ก 10 ภาพถ่ายเครื่องผลิตน้ำร้อนไฟฟ้า

ภาคผนวก ข

ตารางบันทึกผลการทดลองของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ ข 1 ตารางบันทึกผลการทดลอง วันที่ 1 เมษายน 2558

เวลา	$T_i(^{\circ}\text{C})$	$T_o(^{\circ}\text{C})$	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$T_m(^{\circ}\text{C})$	$T_a(^{\circ}\text{C})$
9.00	29.76	35.07	49.62	33.40	30.17
10.00	29.81	46.25	51.35	33.60	40.66
11.00	31.72	51.08	52.04	33.80	40.84
12.00	32.99	48.46	52.41	34.05	41.09
13.00	36.55	57.7	53.24	36.56	42.82
14.00	37.33	59.57	50.75	43.84	38.38
15.00	37.02	57.52	48.16	47.93	36.59
16.00	38.24	57.69	45.91	52.26	35.97
17.00	36.28	47.76	43.75	49.73	34.35
เฉลี่ย	34.41	51.23	49.7	40.58	37.87

ตารางที่ ข 2 ตารางบันทึกผลการทดลอง วันที่ 2 เมษายน 2558

เวลา	$T_i(^{\circ}\text{C})$	$T_o(^{\circ}\text{C})$	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$T_m(^{\circ}\text{C})$	$T_a(^{\circ}\text{C})$
9.00	29.76	35.07	53.53	33.40	30.17
10.00	32.00	61.85	55.69	37.33	33.87
11.00	31.37	50.96	55.27	40.63	35.61
12.00	34.08	61.67	55.56	42.64	36.89
13.00	37.69	69.37	54.81	42.12	36.98
14.00	35.80	56.08	53.10	41.58	38.09
15.00	36.18	55.88	49.60	41.06	37.88
16.00	35.31	49.96	46.60	40.28	36.66
17.00	32.43	37.44	44.85	42.46	36.18
เฉลี่ย	33.85	53.14	52	40.16	35.82

ตารางที่ ข 3 ตารางบันทึกผลการทดลอง วันที่ 3 เมษายน 2558

เวลา	$T_i(^{\circ}\text{C})$	$T_o(^{\circ}\text{C})$	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$T_m(^{\circ}\text{C})$	$T_a(^{\circ}\text{C})$
9.00	27.71	34.84	48.82	29.77	37.13
10.00	29.68	45.50	50.33	33.16	41.75
11.00	31.83	51.07	50.97	33.83	40.87
12.00	33.29	48.72	51.20	34.16	41.14
13.00	36.79	58.34	51.75	36.70	42.97
14.00	36.79	58.32	49.18	46.27	36.89
15.00	37.35	57.68	46.65	47.12	36.81
16.00	36.31	50.08	44.10	46.93	36.13
17.00	35.12	43.16	42.37	49.48	34.85
เฉลี่ย	33.9	49.7	48.4	39.7	<b>38.7</b>

ตารางที่ ข 4 ตารางบันทึกผลการทดลอง วันที่ 4 เมษายน 2558

เวลา	$T_i(^{\circ}\text{C})$	$T_o(^{\circ}\text{C})$	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$T_m(^{\circ}\text{C})$	$T_a(^{\circ}\text{C})$
9.00	28.79	32.11	50.04	37.49	30.11
10.00	29.98	39.12	52.06	36.75	31.65
11.00	31.33	49.17	53.59	39.16	34.58
12.00	32.44	51.55	54.13	42.5	36.34
13.00	37.06	68.19	54.22	43.65	36.92
14.00	36.88	58.55	52.64	45.35	37.24
15.00	37.02	57.52	49.47	47.93	36.59
16.00	38.24	57.69	46.58	52.26	35.97
17.00	36.28	47.76	44.06	49.73	34.35
เฉลี่ย	34.2	51.3	50.8	43.9	34.9

ตารางที่ ข 5 ตารางบันทึกผลการทดลอง วันที่ 5 เมษายน 2558

เวลา	$T_i(^{\circ}\text{C})$	$T_o(^{\circ}\text{C})$	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$T_m(^{\circ}\text{C})$	$T_a(^{\circ}\text{C})$
9.00	29.22	31.17	48.67	31.04	28.05
10.00	29.77	43.02	50.70	34.13	36.62
11.00	30.99	49.79	51.73	33.71	41.57
12.00	32.42	49.37	52.15	33.81	41.00
13.00	37.22	60.77	52.91	40.50	40.95
14.00	37.06	57.77	51.78	45.26	36.83
15.00	38.22	59.59	50.64	52.34	36.40
16.00	37.13	51.63	48.85	50.10	34.92
17.00	37.13	51.63	48.81	50.10	34.92
เฉลี่ย	34.4	50.5	50.7	41.2	36.8

ภาคผนวก ค

การคำนวณประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ค 1 การคำนวณหาประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (วันที่ 1 เมษายน 2558)

$$\eta_{\text{solar}} = \frac{mC_p(\Delta T)}{G_t A_c} \times 100\%$$

เมื่อ	$A_c$	=	2.0 m <sup>2</sup> (พื้นที่รับรังสีของเครื่องทำน้ำร้อน)
	$T_1$	=	34.41°C (อุณหภูมิน้ำเข้า)
	$T_0$	=	51.23°C (อุณหภูมิน้ำออก)
	$m$	=	350 kg (มวลของน้ำที่ถูกทำให้ร้อน)
	$C_w$	=	4.19 kJ/kg.°C (ความร้อนจำเพาะของน้ำ)
	$G_t$	=	16,653 kJ/m <sup>2</sup> (ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี)

เวลาในการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 9 ชั่วโมงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในแผงเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 49.7 °C

วัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี = 514 W/m<sup>2</sup> x 9 hr x 3600 s = 16,653 kJ/m<sup>2</sup>

แทนค่าลงสมการ

$$\begin{aligned} \eta_{\text{solar}} &= \frac{350 \text{ kg} \times 4.19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{C} \times (51 - 34) \text{ C}}{16,653 \text{ kJ/m}^2 \times 2 \text{ m}^2} \times 100 \\ &= 75 \% \end{aligned}$$

∴ ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อน = 75 %



ค 2 การคำนวณหาประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (วันที่ 2 เมษายน 2558)

$$\eta_{\text{solar}} = \frac{mC_p(\Delta T)}{G_t A_c} \times 100\%$$

เมื่อ	$A_c$	=	2.0 m <sup>2</sup> (พื้นที่รับรังสีของเครื่องทำน้ำร้อน)
	$T_i$	=	33.85 °C (อุณหภูมิน้ำเข้า)
	$T_o$	=	53.14 °C (อุณหภูมิน้ำออก)
	$m$	=	350 kg (มวลของน้ำที่ถูกทำให้ร้อน)
	$C_w$	=	4.19 kJ/kg. °C (ความร้อนจำเพาะของน้ำ)
	$G_t$	=	16,750 kJ/m <sup>2</sup> (ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี)

เวลาในการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 9 ชั่วโมงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในแผงเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 52 °C

วัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี = 517 W/m<sup>2</sup> x 9 hr x 3600 s = 16,750 kJ/m<sup>2</sup>

แทนค่าลงสมการ

$$\begin{aligned} \eta_{\text{solar}} &= \frac{350 \text{ kg} \times 4.19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{C} \times (51 - 34) \text{ C}}{16,750 \text{ kJ/m}^2 \times 2 \text{ m}^2} \times 100 \\ &= 74.5 \% \end{aligned}$$

∴ ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อน = 74.4 %

ค 3 การคำนวณหาประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (วันที่ 3 เมษายน 2558)

$$\eta_{\text{solar}} = \frac{mC_p(\Delta T)}{G_t A_c} \times 100\%$$

เมื่อ	$A_c$	=	$2.0 \text{ m}^2$ (พื้นที่รับรังสีของเครื่องทำน้ำร้อน)
	$T_i$	=	$33.9 \text{ }^\circ\text{C}$ (อุณหภูมิน้ำเข้า)
	$T_o$	=	$49.7 \text{ }^\circ\text{C}$ (อุณหภูมิน้ำออก)
	$m$	=	$350 \text{ kg}$ (มวลของน้ำที่ถูกทำให้ร้อน)
	$C_w$	=	$4.19 \text{ kJ/kg. }^\circ\text{C}$ (ความร้อนจำเพาะของน้ำ)
	$G_t$	=	$17,398 \text{ kJ/m}^2$ (ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี)

เวลาในการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 9 ชั่วโมงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในแผงเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ  $48.4 \text{ }^\circ\text{C}$

วัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี =  $537 \text{ W/m}^2 \times 9 \text{ hr} \times 3600 \text{ s} = 17,398 \text{ kJ/m}^2$

แทนค่าลงสมการ

$$\begin{aligned} \eta_{\text{solar}} &= \frac{350 \text{ kg} \times 4.19 \text{ kJ/kg. }^\circ\text{C} \times (50 - 34)^\circ\text{C}}{17,398 \text{ kJ/m}^2 \times 2 \text{ m}^2} \times 100 \\ &= 67.4 \% \end{aligned}$$

$\therefore$  ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อน = 67.4 %

ค 4 การคำนวณหาประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (วันที่ 4 เมษายน 2558)

$$\eta_{\text{solar}} = \frac{mC_p(\Delta T)}{G_t A_c} \times 100\%$$

เมื่อ	$A_c$	=	2.0 m <sup>2</sup> (พื้นที่รับรังสีของเครื่องทำน้ำร้อน)
	$T_1$	=	34.2 °C (อุณหภูมิน้ำเข้า)
	$T_o$	=	51.3 °C (อุณหภูมิน้ำออก)
	$m$	=	350 kg (มวลของน้ำที่ถูกทำให้ร้อน)
	$C_w$	=	4.19 kJ/kg. °C (ความร้อนจำเพาะของน้ำ)
	$G_t$	=	17,496 kJ/m <sup>2</sup> (ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี)

เวลาในการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 9 ชั่วโมงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในแผงเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 50.8 °C

วัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี = 540 W/m<sup>2</sup> x 9 hr x 3600 s = 17,496 kJ/m<sup>2</sup>

แทนค่าลงสมการ

$$\begin{aligned} \eta_{\text{solar}} &= \frac{350 \text{ kg} \times 4.19 \text{ kJ} / \text{kg} \cdot \text{C} \times (51 - 34) \text{ C}}{17,496 \text{ kJ} / \text{m}^2 \times 2 \text{ m}^2} \times 100 \\ &= 71.2 \% \end{aligned}$$

∴ ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อน = 71.2 %

ค 5 การคำนวณหาประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2558)

$$\eta_{\text{solar}} = \frac{mC_p(\Delta T)}{G_t A_c} \times 100\%$$

เมื่อ	$A_c$	=	2.0 m <sup>2</sup> (พื้นที่รับรังสีของเครื่องทำน้ำร้อน)
	$T_1$	=	34.2 °C (อุณหภูมิน้ำเข้า)
	$T_0$	=	51.3 °C (อุณหภูมิน้ำออก)
	$m$	=	350 kg (มวลของน้ำที่ถูกทำให้ร้อน)
	$C_w$	=	4.19 kJ/kg.°C (ความร้อนจำเพาะของน้ำ)
	$G_t$	=	17,431 kJ/m <sup>2</sup> (ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี)

เวลาในการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 9 ชั่วโมงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในแผงเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 50.8 °C

วัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี = 538 W/m<sup>2</sup> x 9 hr x 3600 s = 17,431 kJ/m<sup>2</sup>

แทนค่าลงสมการ

$$\begin{aligned} \eta_{\text{solar}} &= \frac{350 \text{ kg} \times 4.19 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C} \times (51 - 34)^\circ\text{C}}{17,431 \text{ kJ/m}^2 \times 2 \text{ m}^2} \times 100 \\ &= 72 \% \end{aligned}$$

∴ ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อน = 72 %



รูปที่ ง 1 ภาพถ่ายป้ายชื้อรีสอร์ท



รูปที่ ง 2 ภาพถ่ายร่วมกับชุมชน



รูปที่ ง 3 ภาพถ่ายร่วมกับชุมชน



รูปที่ ง 4 ภาพถ่ายสาธิตการใช้งาน

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล

นายมนตรี เรืองประดับ

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	2542
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2553

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

อาจารย์สังกัดหลักสูตรเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ตำบลท่าจี้ อำเภอมะนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

งานวิจัย

- การพัฒนาเครื่องอบแห้งหมากโดยใช้พลังงานร่วมแสงอาทิตย์ชีวมวล ปี 2553 งบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- การพัฒนาเครื่องอบแห้งกล้วยเล็บมือนางโดยใช้พลังงานร่วมแสงอาทิตย์ชีวมวล ปี 2552 งบประมาณ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
- การพัฒนาระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโสมสเตย์ ปี 2556 งบประมาณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ภาคผนวก ง

ภาพถ่ายการถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สู่ชุมชน

ณ ชุมชนศรีวังศ์ อำเภอดานสะกา จังหวัดนครศรีธรรมราช