

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา  
ค.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาเครื่องอบแห้งผลผลิตจากพืชด้วยแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์  
The Development on Solar Dryer with Storage Energy

27 มี.ค. 2552

249308

โดย

เริ่มบริการ

๒7 เม.ย. 2552

นางอชวดี ตันติวรานรักษ์  
ภาควิชาฟิสิกส์ - คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยบูรพา  
ปีงบประมาณ 2539

## คำนำ

รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบมีตัวสะสมพลังงาน เป็นการศึกษาเพื่อหาพลังงานทดแทนเพื่อใช้แทนพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป และเพียงแค่มุ่งหวังให้ทุกคนตื่นตระหนกในยามที่ขาดเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมัน ซึ่งเมื่อใช้แล้วจะทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ในงานวิจัยนี้ไม่ได้วิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เนื่องจากไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน แต่มีเฉพาะราคาการลงทุนสร้างเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และค่าตัวสะสมพลังงานเท่านั้น ซึ่งคาดว่าเมื่ออายุการใช้งานนานขึ้น เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่ไม่มีตัวสะสมพลังงานจะสามารถคุ้มทุนมากกว่าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีตัวสะสมพลังงาน

## บทคัดย่อ

โครงการพัฒนาเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบมีตัวสะสมพลังงานนี้ได้ทำการออกแบบและทดสอบตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบไม่มีตัวสะสมพลังงาน และตัวรับรังสีอาทิตย์แบบครีปและท่อในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบมีตัวสะสมพลังงาน พบว่าที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อนในช่วงระหว่าง  $5 \times 10^{-3}$  ถึง  $10 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อวินาที จะมีความเหมาะสมที่สุดที่จะใช้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบมีตัวสะสมพลังงาน ซึ่งให้พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ 69.5 วัตต์ และให้ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบมีตัวสะสมพลังงานจะสูงกว่าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบไม่มีตัวสะสมพลังงานตัวรับรังสีอาทิตย์ร้อยละ 30.6

## กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์สมบัติ การสมศาสตร์ อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่กรุณาเอื้อเฟื้ออุปการะในการทดสอบ และขอขอบคุณคุณสมพงษ์ จุลวิเชียร เจ้าหน้าที่ที่สร้างอุปกรณ์เสริมพลังงานให้ตามที่ได้ออกแบบ รวมทั้งขอบคุณนางสาวแววจี จรพินิจ นักศึกษาที่ทำโครงการพิเศษที่ช่วยรวบรวมและเก็บข้อมูลจนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นางอุษาวดี ตันติวรานุรักษ์

30 มีนาคม 2542

สารบัญ

หน้า

คำนำ	ข
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพประกอบ	ซ

บทที่

1	บทนำ	1
	ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
	ผลงานวิจัยที่ผ่านมา	1
	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
	ขอบเขตของงานวิจัย	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2	ทฤษฎี	3
	เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์	3
	ตัวอย่างของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ	4
	แผงรับรังสีอาทิตย์	6
	พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้	7
	ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์	8
3	การดำเนินการ	10
	อุปกรณ์และการติดตั้ง	11
	สถานที่ทำการทดสอบ	16
	วิธีการทดสอบ	16

**บทที่** **หน้า**

4	ผลและอภิปราย	18
	ผลจากการทดลอง	18
	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของแผงรับรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมง ภายในตู้อบแห้งแสงอาทิตย์	18
	อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์	25
	ประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์	30
5	สรุปและข้อเสนอแนะ	32
	เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่ไม่มีตัวสะสมพลังงาน	32
	เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่มีตัวสะสมพลังงาน	32
	สรุปงานวิจัย	32
	ข้อเสนอแนะ	33
	<b>บรรณานุกรม</b>	<b>34</b>
	<b>ภาคผนวก</b>	<b>35</b>
	ภาคผนวก ก ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ	36
	ภาคผนวก ข อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้	41

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่หนึ่ง และแบบที่สอง ชุดที่ 1 (วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2542)	19
2 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่หนึ่ง และแบบที่สอง ชุดที่ 1 (วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2542)	20
3 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่หนึ่ง และแบบที่สอง ชุดที่ 1 (วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2542)	21
4 อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ชุดที่ 1 (วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2542)	25
5 อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ชุดที่ 1 (วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2542)	26
6 อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ชุดที่ 1 (วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2542)	27
7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ	31
ภาคผนวก ก	39
ก.1 - ก.12	
ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่หนึ่ง และแบบที่สอง ชุดที่ 2-5	40
ภาคผนวก ข	44
ข.1 - ข.12	
อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ชุดที่ 2-5	45

## สารบัญญภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
1	3
2	4
3	4
4	5
5	6
6	7
7	10
8	11
9	12
10	13
11	13
12	14
13	15
14	15
15	22
16	23
17	23



สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
--------	------

18	อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของตัวรับรังสีอาทิตย์ชุดที่ 4	24
19	อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของตัวรับรังสีอาทิตย์ชุดที่ 5	24
20	พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมง ชุดที่ 1	28
21	พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมง ชุดที่ 2	28
22	พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมง ชุดที่ 3	29
23	พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมง ชุดที่ 4	29
24	พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมง ชุดที่ 5	30
25	ประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์ทั้งสองแบบ	31

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบันเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ได้รับการปรับปรุงและพัฒนาให้สามารถทำงานได้ตลอดวัน โดยการเพิ่มแหล่งพลังงานเสริมเข้าไปเพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องอบแห้งได้ในเวลาที่ไม่ได้มีแสงอาทิตย์ พลังงานที่ใช้เสริมมีอยู่หลายรูปแบบด้วยกัน เช่น เสริมด้วยพลังงานไฟฟ้าโดยติดตั้งขดลวดความร้อน (heater coils) เสริมด้วยก๊าซชีวมวล (producer gas) เสริมด้วยความร้อนเหลือทิ้งจากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น รวมทั้งการปรับปรุงระบบให้สามารถนำความร้อนที่สูญเสียหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีตัวสะสมพลังงาน โดยใช้ระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริมในเวลาที่ไม่ได้มีแสงอาทิตย์ เช่น ในยามกลางคืน ยามที่มีเมฆมาก เป็นต้น แต่การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งดังกล่าวจะมีปัจจัยหลายอย่าง เช่น ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์ อัตราการไหลของของไหลใช้งาน เป็นต้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแบบแผ่นที่ใช้ในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแบบครีปและท่อในเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ที่นำมาแทนแผงรับรังสีอาทิตย์แบบครีปและท่อว่ามีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ได้หรือไม่ อย่างไร

#### ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

การเสริมพลังงานแก่เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์จำเป็นถึงความสามารถที่จะทำงานได้ตลอดวัน ความสิ้นเปลืองพลังงานและความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์

ศิรินุช จินดารักษ์ ได้ทำการศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบโมดูลเพื่อการอบปลาหมึก เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์เสริมด้วยพลังงานไฟฟ้า โดยการติดตั้งขดลวดความร้อนและติดตั้งพัดลมเพื่อควบคุมอัตราการไหลของอากาศ สามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง รวมทั้งมีระบบหมุนเวียนอากาศเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ พบว่าสามารถประหยัดพลังงานร้อยละ 25.86 ของพลังงานที่สิ้นเปลืองทั้งหมดในการอบแห้ง

ธีระพงษ์ ภาระบุญ ศึกษาการอบแห้งเนื้อวัวโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานจากก๊าซชีวมวล เป็นระบบที่สามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง เช่นกัน โดยในช่วงกลางวันอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และในช่วงกลางคืนอบแห้งโดยใช้พลังงานจากก๊าซชีวมวล

โสจร ศิริเลิศ ศึกษาการอบแห้งกระเทียม โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานจากก๊าซชีวมวล โดยแบ่งการอบแห้งออกเป็นสองแบบ แบบแรกใช้พลังงานจากก๊าซชีวมวลเพียงอย่างเดียว แบบที่สองใช้พลังงานจากก๊าซชีวมวลร่วมกับพลังงานจากแสงอาทิตย์ พบว่าแบบที่สองสามารถประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 49 ของพลังงานที่สิ้นเปลืองทั้งหมด

สังวาล เพ็งพัด และ วัฒนพงษ์ รักษ์วีเชียร ศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์เนื้อและปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือน โดยเครื่องอบแห้งเสริมด้วยก๊าซชีวมวล สามารถควบคุมอุณหภูมิในตู้อบและนำอากาศหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้

เชิดชัย อุทธากิจ ศึกษาการอบแห้งต้นหอม โดยใช้ความร้อนเหลือทิ้งจากโรงงานไฟฟ้าพลังงานความร้อนไครณีโดยใช้อากาศเป่าผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบบและท่อ (finned and tube) ตัวเครื่องอบแห้งเป็นแบบเบดนิ่ง (fixed bed) มีการหมุนเวียนอากาศกลับมาใช้ใหม่ได้ร้อยละ 100

วิไลพร นพรัตน์ไกรลาศ ศึกษาหาระยะห่างของลวดรัดที่เหมาะสมที่สุดในตัวรับรังสีทำความร้อนแบบแผ่นราบ พบว่าสภาพการนำความร้อนระหว่างรอยต่อในการยึดท่อของไหลกลับแผ่นดุกกลืนรังสีของแผงทำความร้อนด้วยแสงอาทิตย์โดยการรัดลวดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะรัดลวดถี่ขึ้น

### วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์กับแผงรับรังสีอาทิตย์ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีแผงรับรังสีแบบครีบบและท่อของเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นและประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีแผงรับรังสีอาทิตย์แบบครีบบและท่อ
3. เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์และประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์

### ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบไหลเวียนตามธรรมชาติและเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบไหลเวียนตามธรรมชาติที่มีแหล่งพลังงานเสริมจากเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์โดยทำการปรับปรุงโครงสร้างแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเป็นแผงรับรังสีอาทิตย์แบบครีบบและท่อ เหมือนกับแผงรับรังสีของเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ โดยยึดท่อทองแดงกับแผ่นดุกกลืนรังสีซึ่งทำด้วยแผ่นอะลูมิเนียมทาสีดำด้านโดยการรัดด้วยลวดเหล็ก ไร้สนิมตามแบบที่เหมาะสมที่สุดของวิไลพร นพรัตน์ไกรลาศ [6]

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้เป็นประโยชน์ในการที่จะนำไปประยุกต์ใช้งาน
2. เพื่อพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ในการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดเป็นพลังงานทดแทน

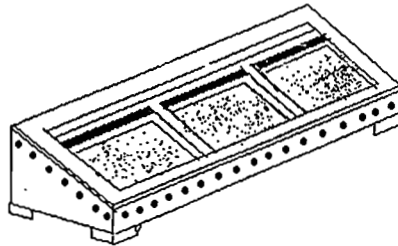
## บทที่ 2

## ทฤษฎี

### เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนใหญ่ใช้อากาศเป็นของไหลทำงาน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. รับพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้วใช้อบแห้งโดยตรง ได้แก่ ตู้อบแห้งผักและผลไม้ขนาดเล็ก (solar cabinet drier) มีลักษณะดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตู้อบแห้งผักและผลไม้ขนาดเล็ก

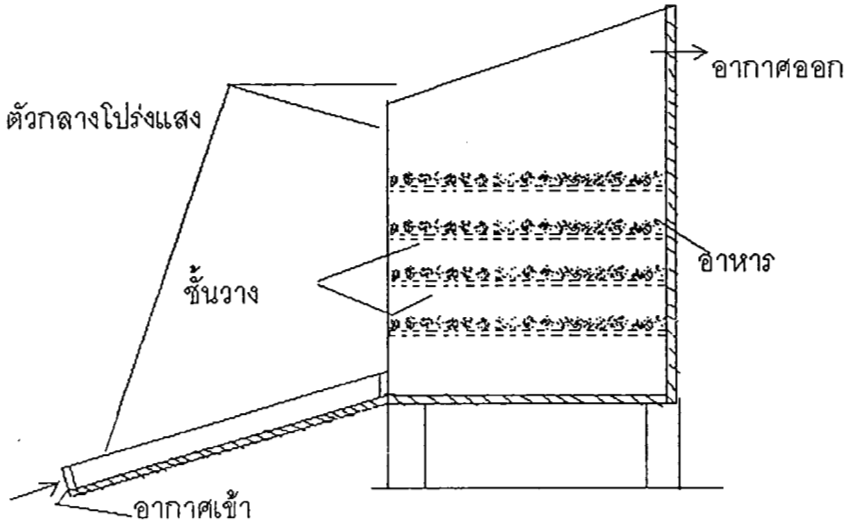
ด้านบนทำจากกระจก 2 แผ่น แสงอาทิตย์จะผ่านและตกกระทบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในตู้โดยตรง ใอน้ำจะลอยออกผ่านทางรูที่อยู่ด้านข้างของส่วนบนของตู้ ขณะที่อากาศผ่านเข้าไปในตู้อบทางตอนล่าง โครงตู้ทำด้วยไม้หรือเหล็ก ด้านข้างเป็นฉนวนภายในทาสีดำเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับตู้อบแสงอาทิตย์

2. รับพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้วให้อากาศร้อนก่อนส่งผ่านไปยังห้องอบแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ แผงรับรังสีอาทิตย์และส่วนที่เป็นห้องอบแห้ง ดังภาพที่ 2

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการไหลของของไหล คือ

1. เครื่องอบแห้งโดยการพาตามธรรมชาติ (natural convection drying)
2. เครื่องอบแห้งโดยการพาแบบบังคับ (forced convection drying)

เครื่องอบแห้งโดยการพาแบบบังคับจะมีพัดลมเป่า หรือดูดอากาศให้ผ่านผลิตภัณฑ์ที่ตากอยู่เพื่อควบคุมอัตราการไหลของอากาศ

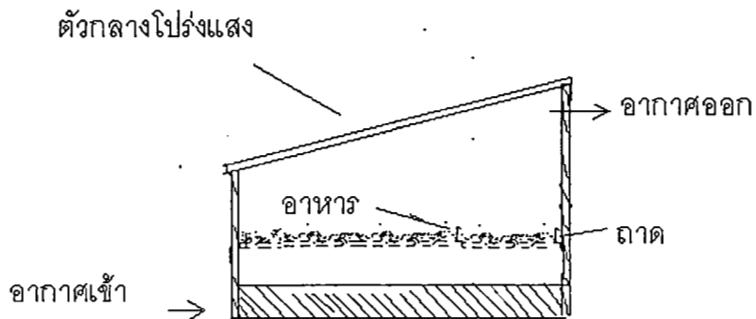


ภาพที่ 2 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่รับพลังงานแสงอาทิตย์แล้วให้อากาศร้อนก่อนส่งผ่านไปยังตู้อบแสงอาทิตย์

### ตัวอย่างของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ

#### 1. เครื่องอบแห้งอย่างง่าย

เครื่องอบแห้งอย่างง่าย (simple solar drier) คือ เต็นท์พลาสติกที่คลุมเหนือผลิตภัณฑ์ที่วางอยู่บนชั้นที่มีรูพรุนที่ยกสูงจากพื้นดิน อากาศร้อนจะเคลื่อนที่โดยการพาตามธรรมชาติผ่านช่องว่างและชั้นของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะทำให้อาหารแห้งเร็วขึ้น ถ้าพื้นผิวใสและส่วนอื่น ๆ ทึบแสง จะทำให้อากาศในตู้อบมีอุณหภูมิสูงขึ้น ลักษณะของตู้เป็นดังภาพที่ 3



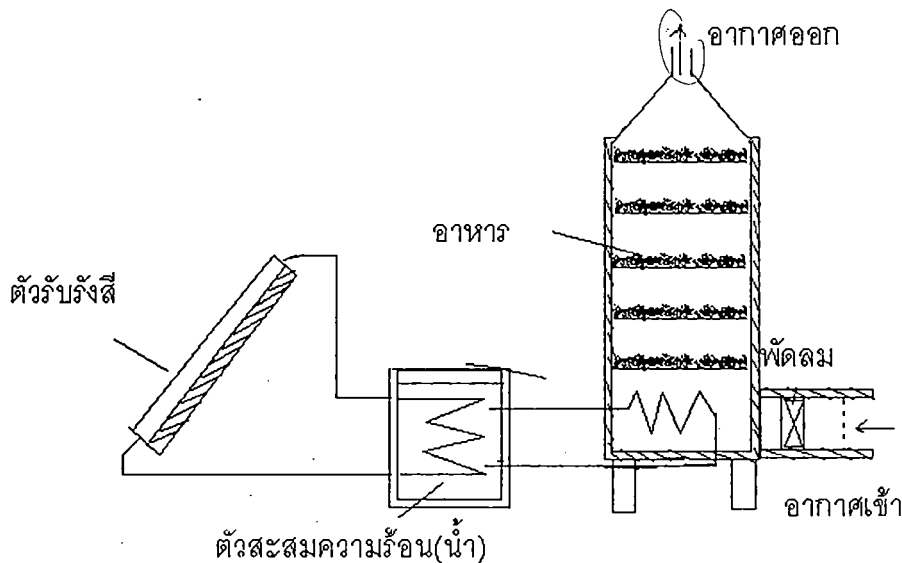
ภาพที่ 3 เครื่องอบแห้งอย่างง่าย

## 2. เครื่องอบแห้งที่มีชั้นวางหลายชั้น

เครื่องอบแห้งที่มีชั้นวางหลายชั้น (solar drier fitted with shelves) สามารถเก็บความร้อนได้ดีกว่าชนิดแรก อากาศจะถูกทำให้ร้อนโดยแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่น แล้วไหลผ่านรูพรุนของชั้นวางผลิตภัณฑ์โดยการพาตามธรรมชาติและจะลดลงที่ชั้นบนสุดของตู้และผ่านช่องระบายอากาศออกสู่ภายนอก ช่องระบายอากาศอยู่สูงทำให้อัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเพิ่มมากขึ้นถ้ามีการติดพัดลม ดังภาพที่ 2

## 3. เครื่องอบแห้งแบบมีตัวเก็บสะสมความร้อน

เครื่องอบแห้งแบบมีตัวเก็บสะสมความร้อน (solar drier with provision for heat storage) จะมีความร้อนจะถูกเก็บสะสมไว้ในถังเก็บน้ำหรือไว้ภายในแท่งหินที่บรรจุภายในตู้ ซึ่งจะนำมาใช้ในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ แหล่งพลังงานเสริมที่เตรียมไว้จะทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในขณะที่ทำการอบแห้งได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีแหล่งพลังงานสะสม สิ่งที่สามารถนำมาใช้เก็บสะสมความร้อนได้แก่ น้ำ หิน สารละลายเกลือ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เครื่องอบแห้งแบบมีตัวเก็บสะสมความร้อน

## 4. เครื่องอบแห้งแบบมีปั๊มดูดกลืน

เครื่องอบแห้งแบบมีปั๊มดูดกลืน (solar drier equipped with adsorption heat pump) ใช้การหมุนเวียนความร้อนกลับมาใช้ใหม่สามารถช่วยในการลดความชื้นที่สูญเสียไปกลับอากาศที่ออกจากตู้อบแสงอาทิตย์ แสดงดังภาพที่ 5

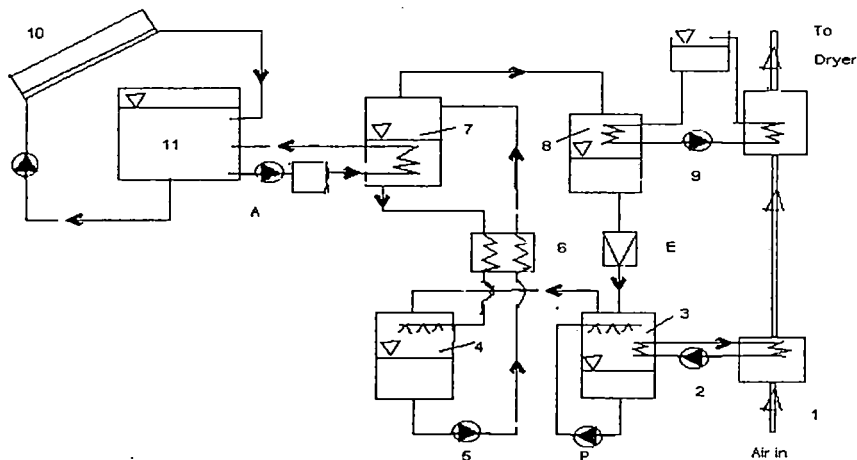
จากภาพที่ 5 หมายเลข

1. ทางเข้าของความร้อนจากอากาศภายนอกตู้อบ
2. ปั๊ม ใช้ปั๊มอากาศไปยังส่วนที่ 3
3. อิวาปอเรเตอร์ ทำให้น้ำที่อยู่ภายในระเหยกลายเป็นไอ
4. แทงก์น้ำเค็มที่ไอจากส่วนที่ 3 จะเคลื่อนที่ผ่าน
5. ปั๊ม ใช้ปั๊มน้ำเค็มไปยังส่วนที่ 6
6. รีเจเนอเรเตอร์ เป็นส่วนที่แลกเปลี่ยนความร้อนและส่งความร้อนไปส่วนที่ 7

7. หม้อต้มความดันสูง ความร้อนที่ใช้ในการทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูง เป็นความร้อนจากน้ำในแทงก์ในส่วนที่ 11 ซึ่งความร้อนในส่วนนี้เป็นความร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ที่เก็บสะสมไว้ในแผงรับรังสีอาทิตย์ในส่วนที่ 10

8. คอนเดนเซอร์
9. ปั๊ม
10. แผงรับรังสีอาทิตย์
11. แทงก์น้ำ

พลังงานเสริมจากส่วน A จะใช้ในการส่งน้ำเค็มกลับไปยังแทงก์ในส่วนที่ 4 โดยผ่านทางส่วนที่ 6 ไอน้ำจะถูกควบแน่นโดย คอนเดนเซอร์ในส่วนที่ 8 ความร้อนที่ได้จากส่วนนี้จะนำไปใช้ในตู้อบน้ำที่ถูกควบแน่น จะไหลผ่านวาล์ว E และไหลกลับมายัง อีวาปอเรเตอร์ในส่วนที่ 3



ภาพที่ 5 เครื่องอบแห้งแบบมีปั๊มดูดกลืน

ในงานวิจัยนี้เครื่องอบแห้งที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องอบแห้งที่มีชั้นวางหลายชั้น โดยปรับปรุงแผงรับรังสีอาทิตย์ให้ใช้กับพลังงานเสริม คือ น้ำร้อนจากเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ได้

### แผงรับรังสีอาทิตย์

ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ

#### 1. แผ่นดูดรังสี

แผ่นดูดรังสี (absorbing plate) ทำด้วยวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง เช่น โลหะทาสีดำ เพื่อให้มีค่าการดูดกลืนรังสีสูงหรือเคลือบด้วยผิวชนิดเลือกรังสี (selective surface) เพื่อให้ค่าการดูดกลืนรังสีสูงขึ้น

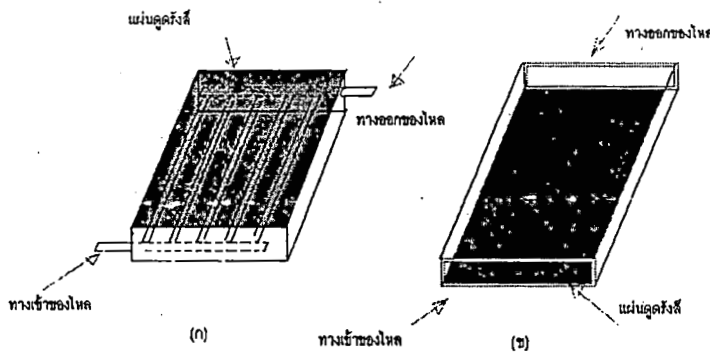
#### 2. แผ่นปิดด้านบน

แผ่นปิดด้านบน (top cover) ทำด้วยวัสดุโปร่งใส เช่น กระจก หน้าทีลดการสูญเสียความร้อน

### 3. ฉนวนกันความร้อน

ฉนวนกันความร้อนจะป้องกันการสูญเสียความร้อนบริเวณด้านข้างและด้านล่าง

การทำงานของตัวรับรังสีแบบแผ่น คือ เมื่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบแผ่นดูดกลืนจะถูกดูดกลืนไว้และมีบางส่วนที่สะท้อนหรือแผ่ออกไป โดยมีแผ่นปิดเป็นตัวกักรังสีเอาไว้ ซึ่งอุณหภูมิของแผ่นดูดจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ และถ่ายเทความร้อนให้แก่ของไหลภายในท่อ โครงสร้างของแผงจะเปลี่ยนไปตามลักษณะการนำไปใช้งาน เช่น ในการผลิตน้ำร้อนจะเปลี่ยนเป็นแบบครีบล้อและท่อ เป็นต้น ส่วนในการอบแห้งจะเป็นการใช้ตัวรับรังสีอาทิตย์อย่างง่าย ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผงรับรังสีอาทิตย์ (ก) แบบครีบล้อและท่อ (ข) แบบแผ่น

สำหรับแผงรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้ในงานวิจัยมี 2 แบบด้วยกันคือ แบบแรกเป็นแผงรับรังสีแบบแผ่นที่ใช้อากาศเป็นของไหลทำงาน และแผงรับรังสีอาทิตย์แบบที่สองเป็นแผงรับรังสีอาทิตย์แบบครีบล้อและท่อที่ปรับปรุงมาจากแผงรับรังสีอาทิตย์ในเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์โดยใช้อากาศและน้ำร้อนเป็นของไหลทำงาน

### พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ปริมาณความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่รับแสง คือ ผลต่างของปริมาณความร้อนที่แผงสามารถดูดกลืนไว้ได้กับปริมาณความร้อนที่สูญเสียออกจากระบบ

$$q_u = q_a - q_L$$

โดยที่	$q_u$	แทน	ปริมาณความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่รับแสง	$w/m^2$
	$q_a$	แทน	ปริมาณความร้อนที่แผงดูดกลืนไว้ได้ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่รับแสง	$w/m^2$
	$q_L$	แทน	ปริมาณความร้อนที่สูญเสียออกจากแผงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่รับแสง	$w/m^2$



$$q_a = (\tau\alpha)_e G_T$$

โดยที่	$(\tau\alpha)_e$	แทน	ผลคูณประสิทธิภาพของค่าการส่งผ่านและค่าการดูดกลืนรังสี (effective transmittance-absorptance product)
	$\tau$	แทน	ค่าการส่งผ่านรังสีของแผ่นปิดใส (transmittance)
	$\alpha$	แทน	ค่าการดูดกลืนของแผ่นดูดรังสี (absorptance)

$$q_L = U_L(t_{p,m} - t_a)$$

โดยที่	$U_L$	แทน	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมของระบบต่อสิ่งแวดล้อม	$\text{w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
	$t_{p,m}$	แทน	อุณหภูมิเฉลี่ยของแผ่นดูดกลืนรังสี	$^\circ\text{C}$
	$t_a$	แทน	อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม	$^\circ\text{C}$

นอกจากนี้ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ของระบบสามารถพิจารณาได้จากการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีของของไหลใช้งานได้ดังต่อไปนี้

$$q_u = G c_p (t_2 - t_1)$$

โดยที่	$G$	แทน	อัตราการไหลของของไหลต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่รับแสง	$\text{kg/sm}^2$
	$c_p$	แทน	ค่าความร้อนจำเพาะของของไหล	$\text{J/kg } ^\circ\text{C}$
	$t_1$	แทน	อุณหภูมิของไหลทางเข้าแผง	$^\circ\text{C}$
	$t_2$	แทน	อุณหภูมิของไหลออกจากแผง	$^\circ\text{C}$

### ประสิทธิภาพของแผงรับรังสี

ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่น สามารถวัดได้ด้วยประสิทธิภาพเชิงความร้อนซึ่งเท่ากับอัตราส่วนของพลังงานที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ต่อปริมาณรังสีที่ตกกระทบบนระนาบของแผงรับรังสีอาทิตย์

$$\eta = \int Q_u dt / A_c \int G_T dt$$

โดยที่	$\tau$	แทน	เวลา	s
	$Q_u$	แทน	ปริมาณรังสีที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ของแผงรับรังสีอาทิตย์	w
	$G_T$	แทน	ปริมาณรังสีรวมทั้งตกกระทบบนระนาบของแผงรับรังสีอาทิตย์	$\text{w/m}^2$

ที่เวลาใด ๆ ในช่วงสภาวะสม่ำเสมอ

$$\eta = Q_u / A_c G_T$$

แทนค่า  $q_u$  จากสมการ (4) จะได้

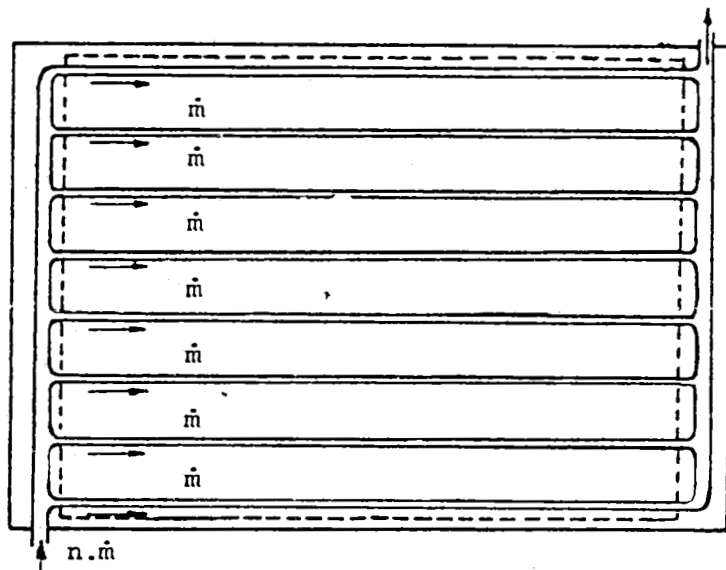
$$\eta = G C_p (t_2 - t_1) / G_T$$



### บทที่ 3

#### การดำเนินการ

การดำเนินการแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบที่หนึ่งเป็นการทดสอบเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์เป็นแบบแผ่นและตู้อบแห้งแสงอาทิตย์มี 5 ชั้นและแบบที่สองเป็นการศึกษาและออกแบบปรับปรุงโครงสร้างตัวรับรังสีอาทิตย์ในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ ให้มีลักษณะคล้ายกับตัวรับรังสีอาทิตย์แบบครีปและท่อในเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ โดยทำการเพิ่มส่วนที่เป็นท่อสำหรับน้ำร้อนไหลเวียนเพื่อนำน้ำร้อนจากเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งพลังงานเสริมแก่เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ในช่วงกลางวัน วัสดุที่ใช้คือท่อทองแดงขนาด 3/8 นิ้วเป็นท่อหลักและท่อทองแดงขนาด 6/8 นิ้วเป็นท่อรอง ลักษณะท่อเป็นแบบเฮดเดอร์ริสเซอร์ (header risser) ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมทาสีดำด้านโดยการรัดด้วยลวดเหล็กไร้สนิมที่ระยะห่างเท่ากันคือ 50 มิลลิเมตร จากงานวิจัยของวิไลพร นพรัตน์ไกรลาศ ระยะดังกล่าวมีผลต่อค่าสภาพการนำความร้อนระหว่างครีปและท่อเป็น 27.69 วัตต์ต่อเมตร องศาเซลเซียสลักษณะท่อเป็นดังภาพที่ 7



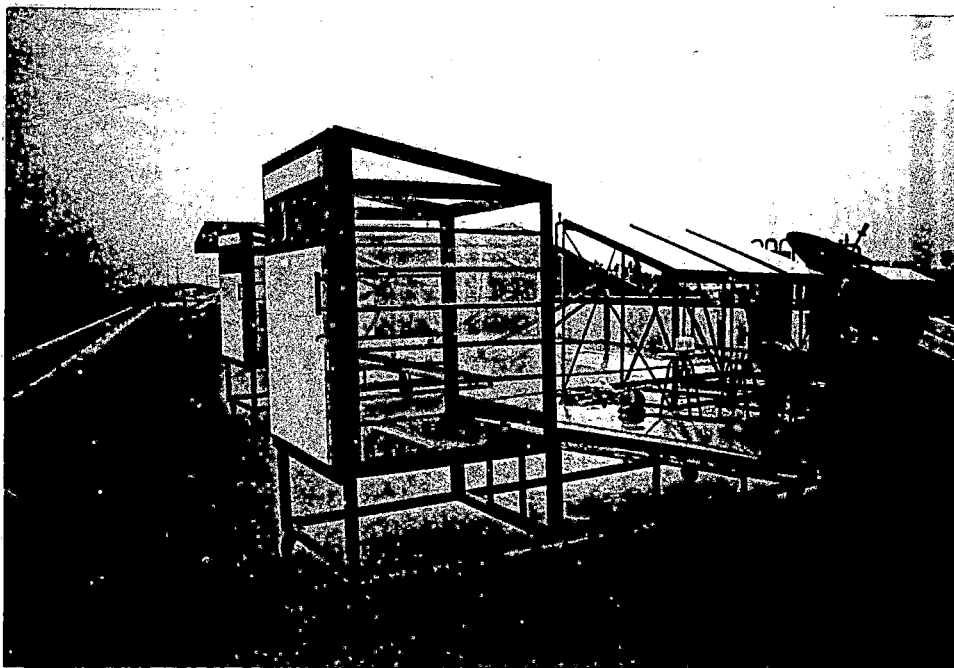
ภาพที่ 7 ลักษณะท่อแบบเฮดเดอร์ริสเซอร์

## อุปกรณ์และการติดตั้ง

1. เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบไหลเวียนตามธรรมชาติที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่น ดังภาพที่ 8 แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1.1 ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ โครงสร้างเป็นเหล็กกลวง ด้านบนด้านหน้าและด้านข้างปิดด้วยกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตรด้านล่างและด้านหลังปิดด้วยไม้อัดทาสีดำด้านนอกบุด้วยโฟมหนา 25 มิลลิเมตร บริเวณด้านหลังมีช่องระบายอากาศ 4 ช่องทำเป็นลิ้นปิด-เปิดได้ ภายในตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยชั้นสำหรับวางตะแกรงอบแห้งวัสดุ 5 ชั้น ตะแกรงทำด้วยโครงอลูมิเนียมและแผ่นตะแกรงเป็นลวดพลาสติก

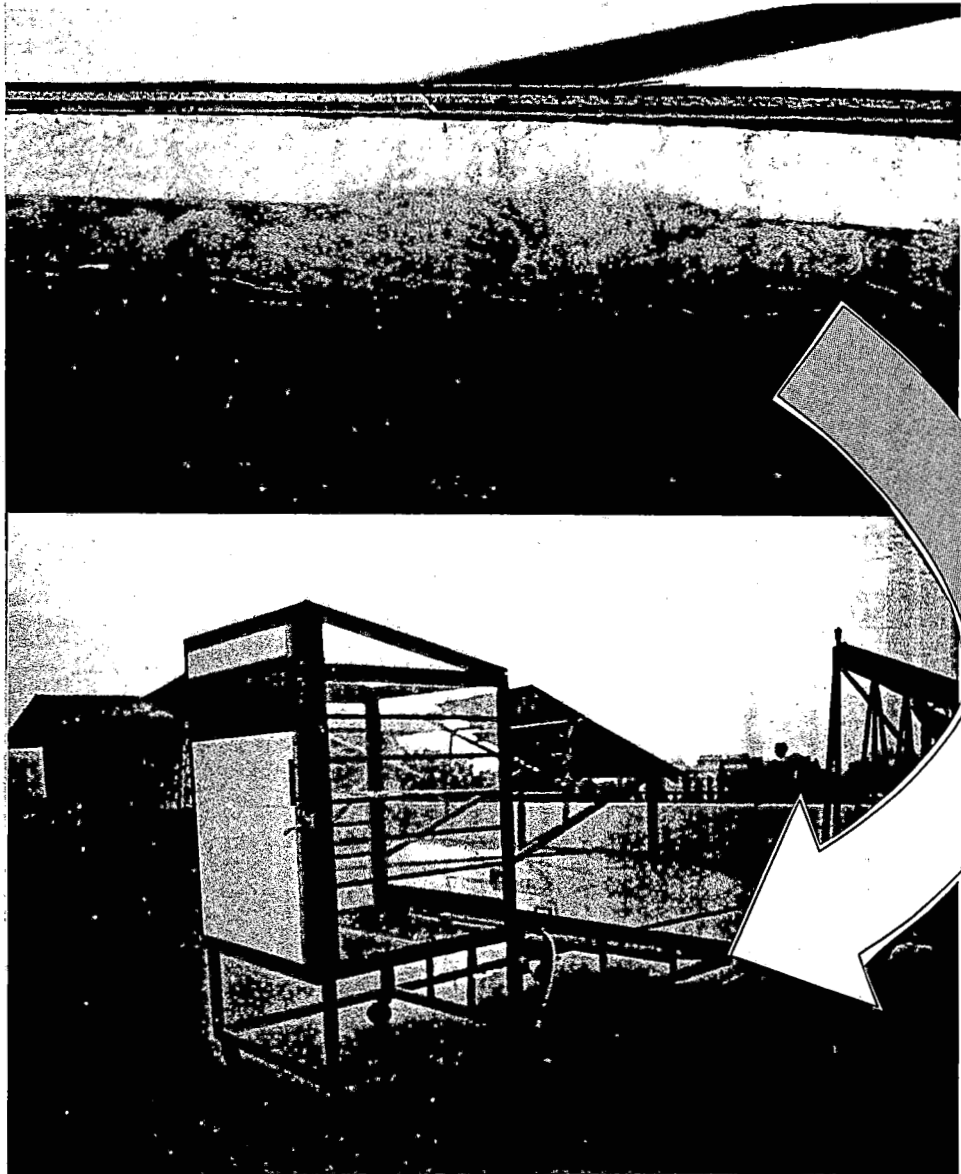
1.2 ตัวรับรังสีอาทิตย์ เป็นตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นประกอบด้วยแผ่นดูดพลังงานทำจากแผ่นอลูมิเนียมหนา 0.62 มิลลิเมตร ทาสีดำด้าน ด้านบนปิดด้วยกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างแผ่นดูดพลังงานและกระจก 30 มิลลิเมตร มีพื้นที่รับแสงอาทิตย์  $0.96 \times 1.75$  ตารางเมตร ด้านล่างบุด้วยใยแก้วหนา 50 มิลลิเมตรและโฟมหนา 25 มิลลิเมตร ตามลำดับ ตัวรับรังสีวางทำมุม 14 องศากับแนวระดับ



ภาพที่ 8 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบไหลเวียนตามธรรมชาติที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่น

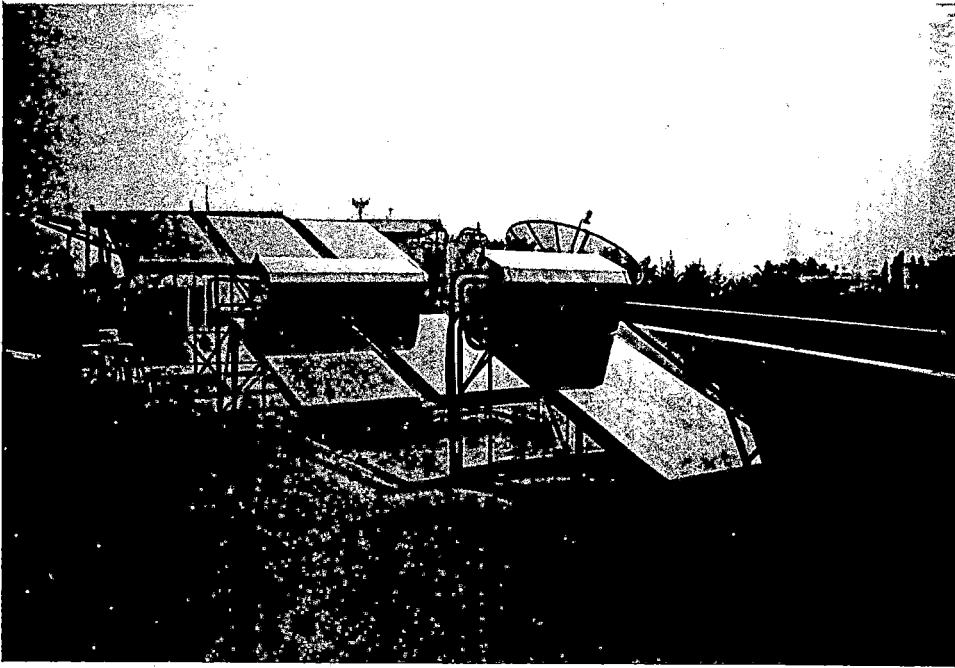
2. เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบไหลเวียนตามธรรมชาติที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์เป็นแบบครีปและท่อ

มีลักษณะเช่นเดียวกับแบบแรก ต่างกันตรงตัวรับรังสีอาทิตย์มีลักษณะคล้ายตัวรับรังสีแบบครีปและท่อในเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 9 โดยด้านล่างแผ่นดูดพลังงาน ประกอบด้วยท่อน้ำร้อนทำจากท่อทองแดงขนาด 3/8 นิ้ว จำนวน 7 ท่อ และท่อหลักมีขนาด 3/4 นิ้ว ลักษณะท่อเป็นแบบเฮดเดอร์ริสเซอร์ ยึดติดกับแผ่นดูดพลังงานโดยการรัดลวดระยะห่างของลวดรัดเป็น 50 มิลลิเมตรและระยะห่างระหว่างท่อ 120 มิลลิเมตร



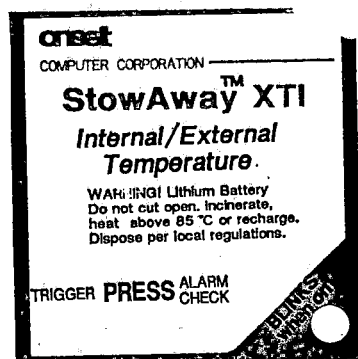
ภาพที่ 9 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบไหลเวียนตามธรรมชาติที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์แบบครีปและท่อ

3. ชุดระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ของบริษัทแซนแนล เนทเวิร์ท (Channel Network) ควบคุมโดยระบบอัตโนมัติสามารถผลิตน้ำร้อนได้ 400 ลิตรต่อวัน ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 60 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 10



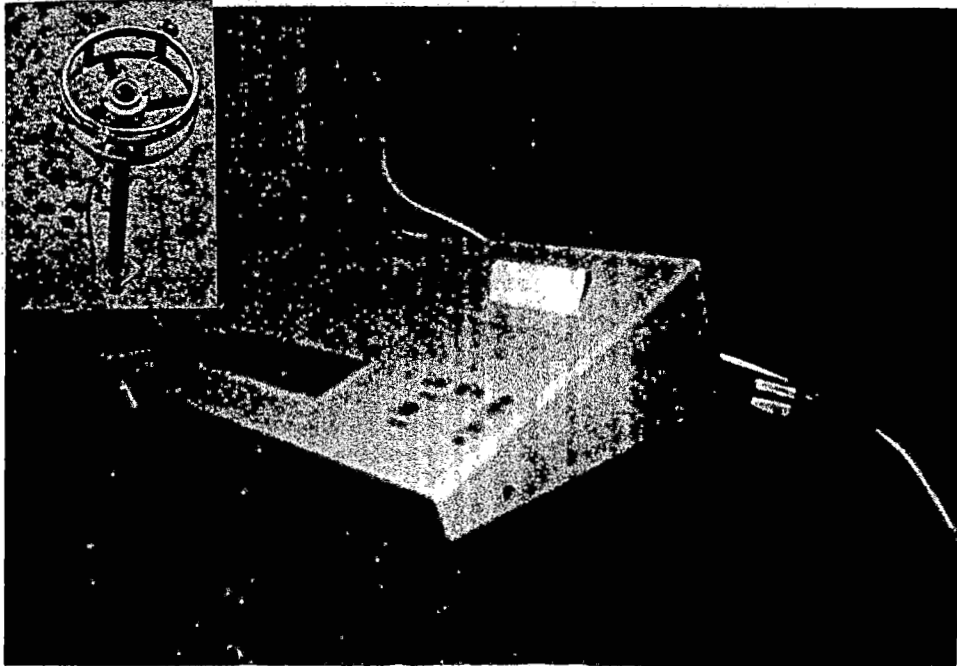
ภาพที่ 10 ชุดระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ของบริษัทแซนแนล เนทเวิร์ท

4. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอัตโนมัติของบริษัทซันเซตคอมพิวเตอร์ คอร์ปอเรชั่น (Sunset Computer Corporation) สามารถวัดอุณหภูมิตั้งแต่ -39 องศาเซลเซียส ถึง 122 องศาเซลเซียสและเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิทัลเป็นเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K รุ่น DP 70 สามารถวัดอุณหภูมิในช่วง -50 ถึง 1,300 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 11



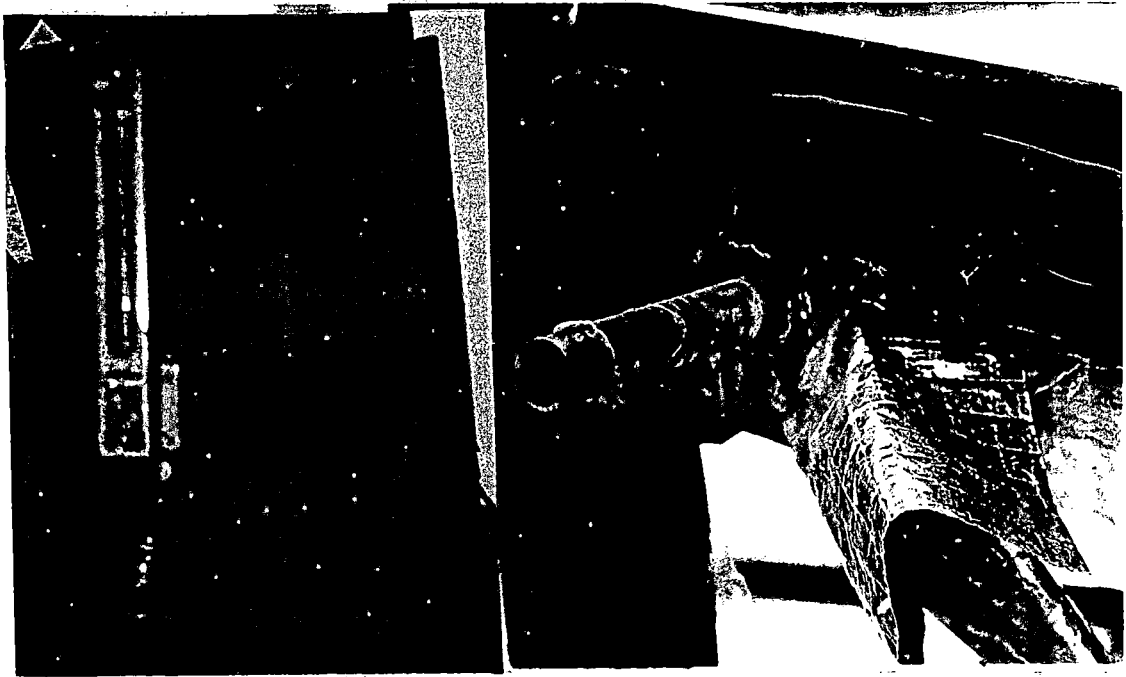
ภาพที่ 11 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ

5. เครื่องวัดความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ หรือ ไพรานอมิเตอร์ของบริษัทลิปโซแนนท์ (Kipp and Zonen) รุ่น CM 11 เป็นอุปกรณ์มาตรฐานระดับสากลใช้หลักการของเทอร์โมไฟล์ (thermopile) ติดตั้งบนศาลฟ้า ตึกฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งมีค่าเทียบมาตรฐาน 126 มิลลิโวลต์ รังสีอาทิตย์ 1 วัตต์ ต่อตารางเซนติเมตร ความต้านทานภายในของเทอร์โมไฟล์ 10.9 โอห์มและต่อสัญญาณไฟอิเล็กทรอนิกส์ เข้าเครื่องอินทิเกรตสัญญาณไฟอิเล็กทรอนิกส์ ของบริษัทลิปโซแนนท์ รุ่น CC 10 เป็นอุปกรณ์มาตรฐานระดับสากล ใช้หลักการอินทิเกรตสัญญาณไฟฟ้าจากไพรานอมิเตอร์และต่อสัญญาณจากเครื่องอินทิเกรตสัญญาณไฟอิเล็กทรอนิกส์เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้ Port RS 232 แสดงดังภาพที่ 12



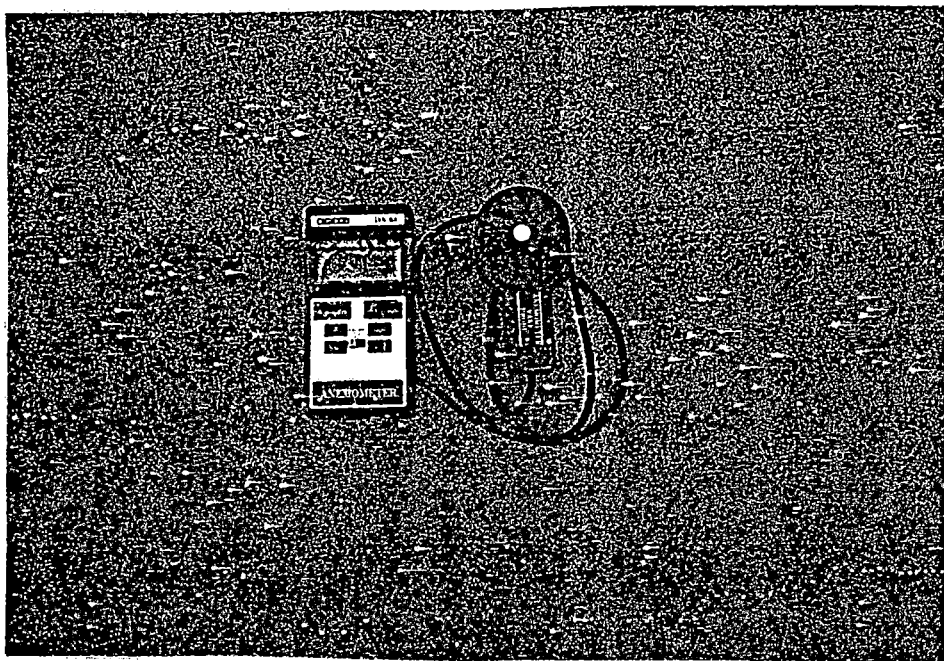
ภาพที่ 12 เครื่องวัดความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ และ เครื่องอินทิเกรตสัญญาณไฟอิเล็กทรอนิกส์ เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์

6. เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำของบริษัท โพลเซลล์ (Flowcell) สามารถวัดอัตราการไหลของน้ำในช่วง 0.3 ถึง 1.5 ลิตรต่อนาที แสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ

9. เครื่องมือวัดความเร็วลม ของบริษัทดิจิตอลสามารถวัดความเร็วลมได้ในช่วง 0.4 ถึง 30 เมตรต่อวินาที แสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 เครื่องมือวัดความเร็วลม



## สถานที่ทำงานวิจัย

สถานที่ทำงานวิจัยคือ ดาดฟ้าตึกฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ คือ เส้นแวง 100 องศา 59 ลิปดาตะวันออก เส้นรุ้ง 13 องศา 22 ลิปดาเหนือ ซึ่งมีค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 18.30 เมกะจูลต่อตารางเมตรในปี พ.ศ. 2542

## วิธีการทดสอบ

ทดสอบหาค่าประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่งคือตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นตั้งตั้งเวลา 8.00 - 21.00 น. และค่าประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สองคือตัวรับรังสีอาทิตย์แบบครีบบและท่อตั้งตั้งเวลา 8.00-17.00 น. โดยไม่ปล่อยน้ำไหลผ่านขดลวดในตัวรับรังสีอาทิตย์ และตั้งตั้งเวลา 18.00-21.00 น. โดยปล่อยน้ำไหลผ่านขดลวดในตัวรับรังสีอาทิตย์เข้าสู่อบแห้งแสงอาทิตย์ โดยบันทึกค่าต่าง ๆ ที่ใช้ทดสอบดังนี้

- 1 ค่ารังสีอาทิตย์รวมที่ตกกระทบบนพื้นราบ
- 2 ค่าความเร็วลม
- 3 อุณหภูมิอากาศแวดล้อม
- 4 อุณหภูมิทางเข้าตัวรับรังสีอาทิตย์
- 5 อุณหภูมิทางออกตัวรับรังสีอาทิตย์
- 6 อุณหภูมิตัวรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ย
- 7 อุณหภูมิห้องอบแห้งเฉลี่ย
- 8 อุณหภูมิทางออกห้องอบแห้ง
- 9 อุณหภูมิน้ำร้อนเข้าตัวรับรังสีอาทิตย์
- 10 อุณหภูมิน้ำร้อนออกจากตัวรับรังสีอาทิตย์

โดยตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้ทำการบันทึกของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสอง แบ่งเป็นตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่งเป็นตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นและตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สองเป็นตัวรับรังสีอาทิตย์แบบครีบบและท่อ มีสัญลักษณ์ที่ใช้ดังนี้

ค่ารังสีอาทิตย์รวมที่ตกกระทบบนพื้นราบ	$G_T$	$W/m^2$
รังสีอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนที่แผ่นดูดพลังงาน	$S$	$W/m^2$
ค่าความเร็วลม	$V$	m/s
อุณหภูมิอากาศแวดล้อม	$T_a$	$^{\circ}C$
อุณหภูมิอากาศตรงทางเข้าตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่ง	$T_{i1}$	$^{\circ}C$
อุณหภูมิตัวรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยแบบที่หนึ่ง	$T_{p,m1}$	$^{\circ}C$
อุณหภูมิแผ่นปิดใสของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่ง	$T_{c1}$	$^{\circ}C$
อุณหภูมิอากาศออกจากตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่ง	$T_{o1}$	$^{\circ}C$
อุณหภูมิห้องอบแห้งเฉลี่ยของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่ง	$T_{p,m \text{ room}1}$	$^{\circ}C$
อุณหภูมิอากาศออกจากห้องอบแห้งของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่ง	$T_{o \text{ room}1}$	$^{\circ}C$
สัมประสิทธิ์การสูญเสียเชิงความร้อนด้านบนของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่ง	$U_{t1}$	$W/m^2^{\circ}C$

สัมประสิทธิ์การสูญเสียเชิงความร้อนรวมของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่ง	$U_{L1}$	$W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$
ปริมาณความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่ง	$Q_{u1}$	W
อุณหภูมิอากาศตรงทางเข้าตัวรับรังสีอาทิตย์ แบบที่สอง	$T_{i2}$	$^\circ\text{C}$
อุณหภูมิตัวรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยของตัวรับรังสีอาทิตย์ แบบที่สอง	$T_{p,m2}$	$^\circ\text{C}$
อุณหภูมิแผ่นปิดใสของตัวรับรังสีอาทิตย์ แบบที่สอง	$T_{c2}$	$^\circ\text{C}$
อุณหภูมิอากาศออกจากตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สอง	$T_{o2}$	$^\circ\text{C}$
อุณหภูมิห้องอบแห้งเฉลี่ยของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สอง	$T_{p,m \text{ room}2}$	$^\circ\text{C}$
อุณหภูมิอากาศออกจากห้องอบแห้งของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สอง	$T_{o \text{ room}2}$	$^\circ\text{C}$
สัมประสิทธิ์การสูญเสียเชิงความร้อนด้านบนของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สอง	$U_{i2}$	$W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$
สัมประสิทธิ์การสูญเสียเชิงความร้อนรวมของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สอง	$U_{L2}$	$W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$
ปริมาณความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สอง	$Q_{u2}$	W
อุณหภูมิน้ำร้อนเข้าตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สอง	$T_{w,i}$	$^\circ\text{C}$
อุณหภูมิน้ำร้อนออกจากตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สอง	$T_{w,o}$	$^\circ\text{C}$
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ	$C_p$	$J/kg\text{ }^\circ\text{C}$
อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ	$m$	kg/s



## บทที่ 4

### ผลและอภิปราย

#### ผลจากการทดสอบ

หลังจากทำการติดตั้งอุปกรณ์เสร็จภายในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2542 จึงได้มีการทดสอบเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่งและเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สอง โดยทำการทดสอบดังนี้

1. ชุดที่ 1  
ศึกษาที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อน  $5 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อวินาที  
ระหว่างวันที่ 10 ถึง 12 กุมภาพันธ์ 2542
2. ชุดที่ 2  
ศึกษาที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อน  $10 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อวินาที  
ระหว่างวันที่ 13 ถึง 15 กุมภาพันธ์ 2542
3. ชุดที่ 3  
ศึกษาที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อน  $15 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อวินาที  
ระหว่างวันที่ 16 ถึง 18 กุมภาพันธ์ 2542
4. ชุดที่ 4  
ศึกษาที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อน  $20 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อวินาที  
ระหว่างวันที่ 19 ถึง 21 กุมภาพันธ์ 2542
5. ชุดที่ 5  
ศึกษาที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อน  $25 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อวินาที  
ระหว่างวันที่ 22 ถึง 24 กุมภาพันธ์ 2542

**ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของแผงรับรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงภายในตู้อบแห้งแสงอาทิตย์**

จากการทดสอบอุณหภูมิของตัวรับรังสีอาทิตย์ทั้งสองแบบมีลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงของตัวรับรังสีอาทิตย์ พบว่าสำหรับการทดสอบชุดที่ 1 ที่ศึกษาที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อน  $5 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อวินาที ระหว่างวันที่ 10-12 กุมภาพันธ์ 2542 แสดงดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่หนึ่งและเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่สองชุดที่ 1 (วันที่ 10-12 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$G_s (W/m^2)$				$V (m/s)$				$T_a (°C)$				$T_H (°C)$				$T_{p,m} (°C)$				$T_{o_1} (°C)$			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
8.00	72	41	6	39.7	0.6	0.1	0.9	0.5	24.3	25.7	28.2	26.1	26.8	27.0	28.1	26.5	29.4	28.3	27.9	27.7	30.1	29.4	27.9	28.9
9.00	183	148	13	114.7	2.0	0.8	0.9	1.2	28.2	30.1	27.5	28.6	33.6	34.8	27.7	30.2	39.0	39.4	27.9	33.6	41.1	42.0	27.9	36.3
10.00	286	254	47	195.7	0.6	0.3	1.2	0.7	31.5	32.3	27.9	30.6	40.5	39.6	28.8	33.3	49.4	47.0	29.7	39.1	53.5	50.4	29.4	43.1
11.00	344	319	20	227.7	0.4	0.5	0.1	0.3	34.2	33.8	27.5	31.8	45.6	42.9	28.6	35.2	56.9	51.9	29.7	42.4	61.2	55.2	29.4	47.2
12.00	363	373	61	265.7	0.4	0.5	0.1	0.3	35.4	36.6	29.3	33.8	45.3	46.4	31.6	37.8	55.2	56.3	33.9	45.2	58.1	59.9	33.5	49.5
13.00	367	360	89	272.0	0.9	0.5	0.1	0.5	36.6	37.8	30.1	34.8	45.0	48.2	33.1	39.3	53.5	58.7	36.2	46.6	56.3	62.5	35.8	50.6
14.00	362	363	106	277.0	0.2	0.5	0.1	0.3	37.0	37.8	31.2	35.3	42.2	47.6	35.5	40.0	47.4	57.5	39.9	46.5	49.9	59.3	40.7	49.1
15.00	298	280	66	214.7	0.2	0.5	0.1	0.3	37.0	39.4	30.1	35.5	42.0	47.9	33.5	39.5	47.0	56.3	37.0	45.1	44.2	56.3	35.8	46.4
16.00	199	158	77	144.7	0.2	0.5	0.1	0.3	35.0	35.4	30.1	33.5	39.1	40.7	32.6	36.1	43.3	46.0	35.0	40.0	41.5	42.4	34.2	40.0
17.00	102	73	42	72.3	0.2	0.5	0.1	0.3	33.4	35.4	28.6	32.5	38.8	40.2	30.7	34.8	44.2	45.1	32.7	38.9	42.4	44.2	32.0	40.1
18.00	16	11	13	13.3	0.1	0.2	0.1	0.1	29.3	29.3	27.9	28.8	32.0	30.8	29.2	29.8	34.6	32.3	30.5	31.6	34.6	31.5	29.7	32.0
19.00	0	0	0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	28.2	24.6	26.8	26.5	28.6	25.7	27.2	27.0	29.0	26.8	27.6	27.7	28.3	25.7	27.2	27.3
20.00	0	0	0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	27.5	26.8	25.7	26.7	27.7	26.8	25.9	26.7	27.9	26.8	26.1	26.9	27.2	26.1	25.7	26.6
21.00	0	0	0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	27.5	27.1	25.4	26.7	27.4	27.2	25.4	26.7	27.2	27.2	25.4	26.7	26.8	26.1	25.1	26.1
เฉลี่ย	183	170	39	131.3	0.4	0.4	0.3	0.4	31.8	32.3	28.3	30.8	36.8	37.6	29.8	33.1	41.7	42.8	31.4	37.0	42.5	43.6	31.0	38.8

หมายเหตุ 1 แทน วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2542  
 2 แทน วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2542  
 3 แทน วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2542

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่หนึ่งและเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่สองชุดที่ 1 (วันที่ 10-12 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$T_{p,m1}$ (°C)				$T_{o1}$ (°C)				$T_{i2}$ (°C)				$T_{p,m2}$ (°C)				$T_{o2}$ (°C)			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
8.00	31.2	30.9	29.4	30.1	32.3	32.4	31.0	31.5	27.0	27.1	28.2	29.2	29.6	28.5	28.2	27.9	30.4	29.0	27.9	28.8
9.00	43.3	43.3	28.6	37.7	45.4	44.7	28.2	39.1	33.6	34.5	27.6	35.8	38.9	38.9	27.8	33.4	39.8	33.6	27.9	35.5
10.00	56.9	53.0	32.4	46.3	60.3	55.6	35.5	49.3	39.2	38.6	28.7	42.5	46.8	45.0	29.6	37.9	50.4	46.9	29.3	41.0
11.00	63.9	56.7	31.7	49.9	66.6	58.3	34.0	52.1	43.3	41.3	28.4	45.4	52.3	48.8	29.3	40.5	57.5	50.4	29.0	43.9
12.00	60.0	61.2	35.3	51.5	62.0	62.0	37.0	53.2	44.1	44.4	31.4	45.9	52.9	52.3	33.4	43.3	55.2	55.7	33.1	47.2
13.00	57.6	63.2	37.6	52.4	58.9	63.8	39.5	53.6	44.4	46.1	32.9	46.0	52.3	54.5	35.7	44.9	52.4	56.9	35.0	48.1
14.00	51.8	60.5	41.0	50.5	53.7	61.7	41.3	51.6	43.1	46.1	35.3	45.0	49.3	54.5	39.3	45.6	47.4	54.6	39.4	47.8
15.00	44.0	56.6	35.2	45.3	43.6	56.8	34.6	45.1	42.1	46.4	33.1	41.0	47.3	53.4	36.1	43.9	43.7	54.1	35.4	45.6
16.00	40.4	41.0	33.0	38.5	39.2	39.7	31.7	37.3	38.4	40.4	32.5	37.2	41.9	44.5	34.9	39.3	38.2	41.1	33.8	38.9
17.00	42.2	44.2	32.4	39.7	42.0	44.2	32.9	39.8	38.8	44.5	30.6	39.0	44.1	53.6	32.6	41.7	41.1	43.3	31.6	39.7
16.00	34.9	31.8	29.9	32.1	33.0	31.9	30.1	32.3	32.1	31.0	29.1	31.7	34.9	32.6	30.4	31.7	35.0	32.7	29.7	32.4
19.00	28.3	25.7	27.0	27.0	28.3	25.7	26.8	26.9	30.0	26.2	27.7	27.4	31.9	27.8	28.5	28.8	29.0	27.2	27.2	28.8
20.00	27.0	25.9	25.6	26.2	26.8	25.7	25.4	26.0	28.8	27.5	26.9	27.1	30.0	28.2	28.2	28.4	27.5	27.5	26.1	27.9
21.00	26.6	25.9	24.8	25.8	26.4	25.7	24.6	25.6	28.2	27.8	26.2	25.8	28.9	28.5	27.1	27.9	26.8	27.5	25.4	27.3
เฉลี่ย	43.4	44.3	31.7	39.5	44.3	44.9	32.4	40.2	36.7	37.3	29.9	37.2	41.5	42.2	31.5	36.8	41.0	41.9	30.8	38.1

หมายเหตุ 1 แทน วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2542  
 2 แทน วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2542  
 3 แทน วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2542

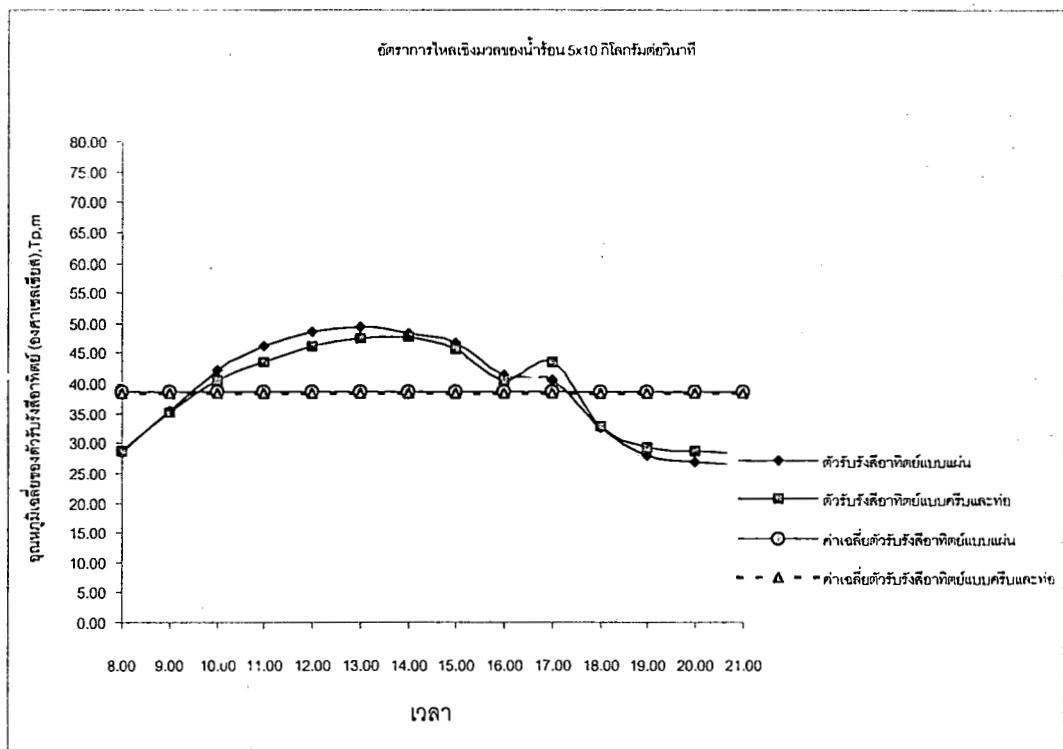
ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่หนึ่งและเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่สองชุดที่ 1 (วันที่ 10-12 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$T_{p,m2}(^{\circ}C)$				$T_{o2}(^{\circ}C)$				$T_{w,1}(^{\circ}C)$				$T_{w,o}(^{\circ}C)$			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
8.00	31.9	30.1	28.1	29.5	33.4	31.2	28.2	30.4	-	-	-	-	-	-	-	-
9.00	47.8	46.4	28.1	38.1	55.7	52.9	28.2	43.0	-	-	-	-	-	-	-	-
10.00	58.6	57.6	30.8	46.3	66.7	68.3	32.3	53.1	-	-	-	-	-	-	-	-
11.00	64.5	61.4	29.7	49.5	71.5	72.3	30.4	55.7	-	-	-	-	-	-	-	-
12.00	66.1	63.6	35.0	51.3	76.9	71.5	37.0	58.2	-	-	-	-	-	-	-	-
13.00	66.7	64.6	38.2	51.8	81.0	72.3	41.5	60.2	-	-	-	-	-	-	-	-
14.00	62.2	65.3	42.5	51.7	77.0	76.0	45.5	61.2	-	-	-	-	-	-	-	-
15.00	56.0	58.6	37.4	46.6	68.3	63.2	39.4	52.9	-	-	-	-	-	-	-	-
16.00	48.4	47.0	37.3	40.8	58.7	52.9	40.7	47.3	-	-	-	-	-	-	-	-
17.00	43.8	43.5	32.9	39.2	46.4	43.7	34.2	40.6	-	-	-	-	-	-	-	-
18.00	34.0	32.3	30.1	32.5	33.1	31.9	30.4	32.1	52.0	52.3	52.0	52.2	48.8	44.5	37.0	43.4
19.00	27.9	26.5	26.8	27.4	26.8	25.7	26.4	26.7	56.1	50.0	56.1	54.1	49.1	46.0	47.5	47.5
20.00	26.6	26.6	25.4	26.5	25.7	25.7	24.6	25.6	48.1	45.4	48.1	47.2	44.8	41.7	51.8	48.1
21.00	26.3	27.0	24.3	26.0	25.7	26.4	23.2	25.3	60.0	55.1	60.0	58.4	52.8	44.1	52.1	49.7
เฉลี่ย	47.2	46.5	31.9	39.8	53.4	51.0	33.0	43.7	54.1	50.7	54.1	53.0	48.9	44.1	47.1	46.7

หมายเหตุ

1	แทน	วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2542
2	แทน	วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2542
3	แทน	วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2542

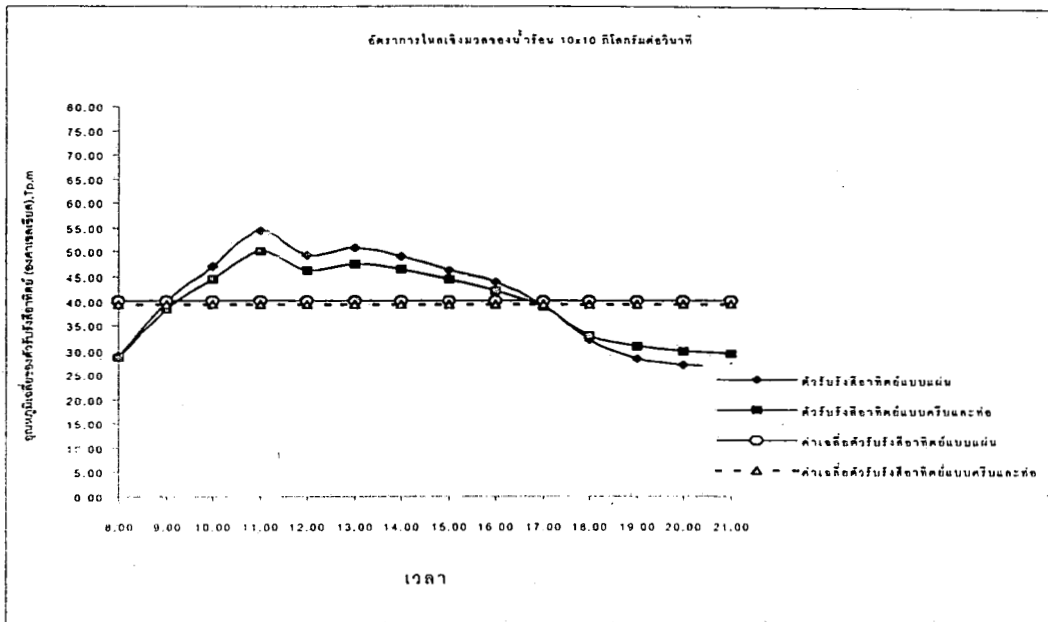
จากนั้นนำค่าในตารางที่ 1-3 มาเฉลี่ยหาค่าตัวแปรต่าง ๆ ในชุดที่ 1 ที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อน  $5 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อวินาที จะได้กราฟภาพที่ 15



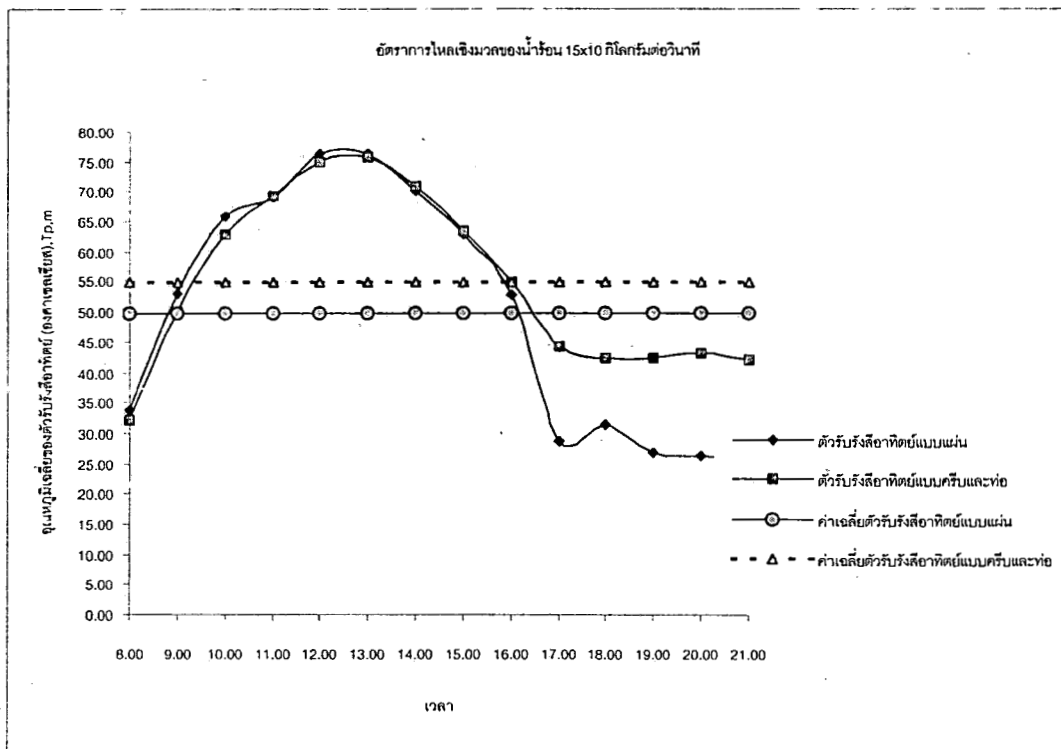
ภาพที่ 15 อุณหภูมิเฉลี่ยของตัวรับรังสีอาทิตย์รายชั่วโมงของชุดทดสอบที่ 1

สำหรับรายละเอียดของข้อมูลในการทดสอบชุดที่ 2-5 แสดงข้อมูลการทดสอบไว้ในภาคผนวก ก ซึ่งมีการทดสอบดังภาพที่ 16-19

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา  
 23  
 ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131



ภาพที่ 16 อุณหภูมิเฉลี่ยของตัวรับรังสีอาทิตย์รายชั่วโมงของชุดทดสอบที่ 2



ภาพที่ 17 อุณหภูมิเฉลี่ยของตัวรับรังสีอาทิตย์รายชั่วโมงของชุดทดสอบที่ 3

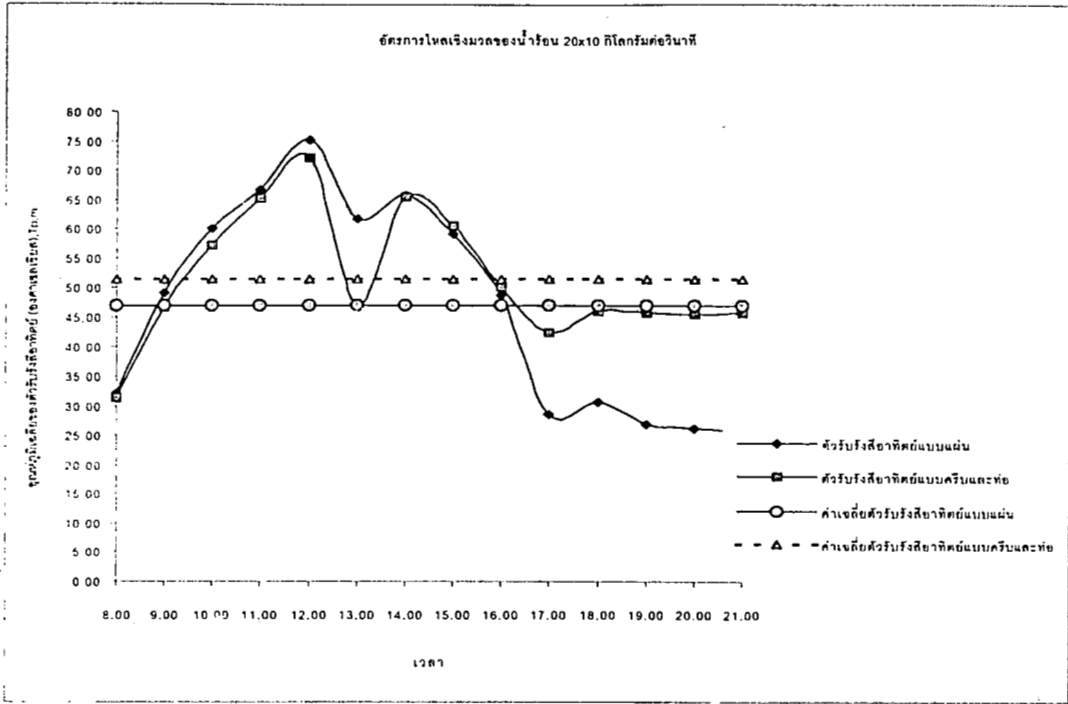
๒๒.๔๗

๐๘๖๔๘

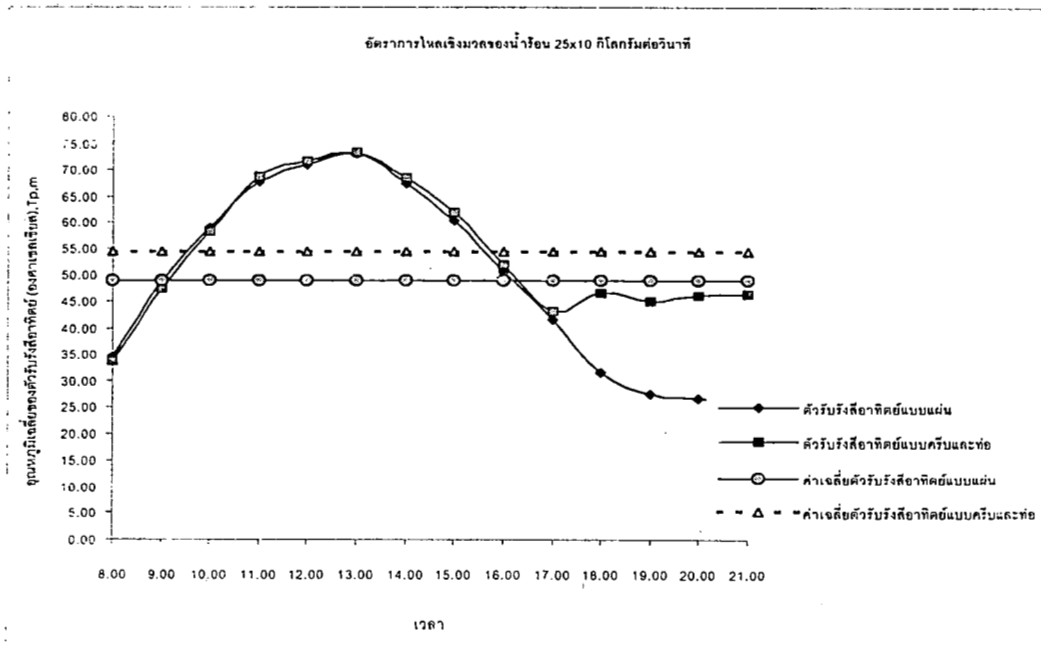
๑.๒

249308





ภาพที่ 18 อุณหภูมิเฉลี่ยของตัวรับรังสีอาทิตย์รายชั่วโมงของชุดทดสอบที่ 4



ภาพที่ 19 อุณหภูมิเฉลี่ยของตัวรับรังสีอาทิตย์รายชั่วโมงของชุดทดสอบที่ 5

### อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

จากการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งที่กล่าวมาข้างต้นแล้วมาวิเคราะห์หาพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมงได้ในแต่ละวัน จะได้พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมงในตัวรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงตามตารางที่ 4-6 ซึ่งพบว่าในวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2542 พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้รายชั่วโมงในตัวรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่งมีค่า 149.7 วัตต์และพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้รายชั่วโมงในตัวรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สองมีค่า 189.7 วัตต์ตามลำดับและในวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2542 พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้รายชั่วโมงในตัวรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่งมีค่า 118.4 วัตต์และพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้รายชั่วโมงในตัวรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สองมีค่า 139.7 วัตต์ตามลำดับแต่ในวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2542 พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้รายชั่วโมงในตัวรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่งมีค่า 21.7 วัตต์และพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้รายชั่วโมงในตัวรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สองมีค่า 49.7 วัตต์ตามลำดับทั้งนี้จะเห็นว่าค่าที่ได้ในวันที่ 12 กุมภาพันธ์มีค่าต่ำเนื่องจากฝนตกและมีเมฆปกคลุมมากถึงอย่างไรก็ตามอัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สองมีค่ามากกว่าตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่งดังภาพที่ 20 ในทำนองเดียวกัน สำหรับชุดทดสอบอื่น ๆ จะแสดงข้อมูลในภาคผนวก ข ดังภาพที่ 21-24

ตารางที่ 4 พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมงในตัวรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมง ชุดที่ 1 (วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2542)

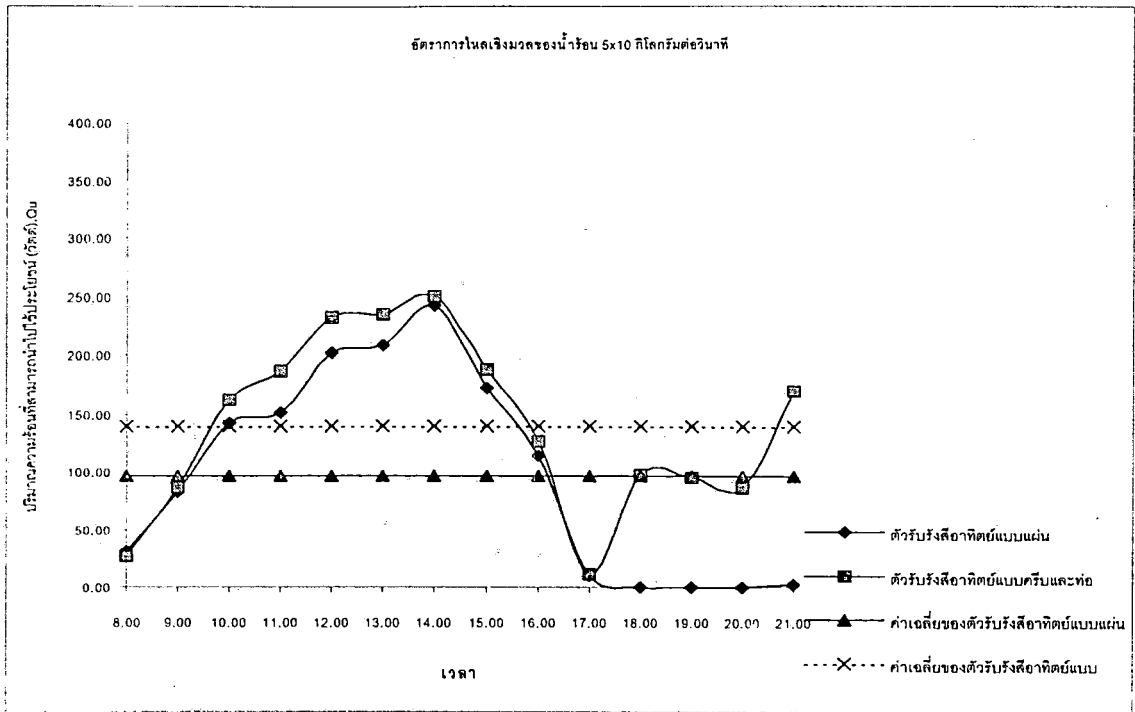
เวลา	G <sub>t</sub>	S	V	T <sub>a</sub>	T <sub>i</sub>	T <sub>p,m</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>o</sub>	U <sub>t</sub>	U <sub>L</sub>	UL(T <sub>i</sub> -T <sub>a</sub> )	Q <sub>u</sub>
	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	m/s	°C	°C	°C	°C	°C	W/m <sup>2</sup> °C	W/m <sup>2</sup> °C	W/m <sup>2</sup>	W
8.00	72	62.7	0.6	24.3	26.8	29.4	26.3	30.1	3.9	7.2	18.2	44.2
9.00	183	159.4	2.0	28.2	33.6	39.0	32.7	41.1	4.14	7.4	39.8	134.1
10.00	286	249.1	0.6	31.5	40.5	49.4	39.2	53.5	4.4	7.6	67.7	191.2
11.00	344	299.6	0.4	34.2	45.6	56.9	44.4	61.2	4.4	7.6	86.8	211.9
12.00	363	316.2	0.4	35.4	45.3	55.2	44.2	58.1	4.4	7.6	75.5	277.5
13.00	367	319.7	0.9	36.6	45.0	53.5	43.5	56.3	4.6	7.9	66.8	312.5
14.00	362	315.3	0.2	37.0	42.2	47.4	41.7	49.9	4.2	7.38	38.7	399.7
15.00	298	259.6	0.2	37.0	42.0	47.0	41.5	44.2	4.2	7.4	36.9	312.1
16.00	199	173.3	0.2	35.0	39.1	43.3	38.7	41.5	4.1	7.3	30.3	189.3
17.00	102.0	88.8	0.2	33.4	38.8	44.2	38.3	42.4	4.1	7.3	39.2	17.5
18.00	16.0	13.9	0.1	29.3	32.0	34.6	31.7	34.6	3.8	7.0	18.7	0.0
19.00	0.0	0.0	0.1	28.2	28.6	29.0	28.6	28.3	3.7	6.9	2.7	0.0
20.00	0.0	0.00	0.1	27.5	27.7	27.9	27.7	27.2	3.7	6.9	1.4	0.0
21.00	0.0	0.00	0.1	27.5	27.4	27.2	27.2	26.8	8.3	11.6	1.8	6.0
เฉลี่ย	185.0	161.3	0.4	31.8	36.8	41.7	36.1	42.5	4.4	7.6	37.2	149.7

ตารางที่ 5 พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมงในตัวรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมง  
ชุดที่ 1 (วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2542)

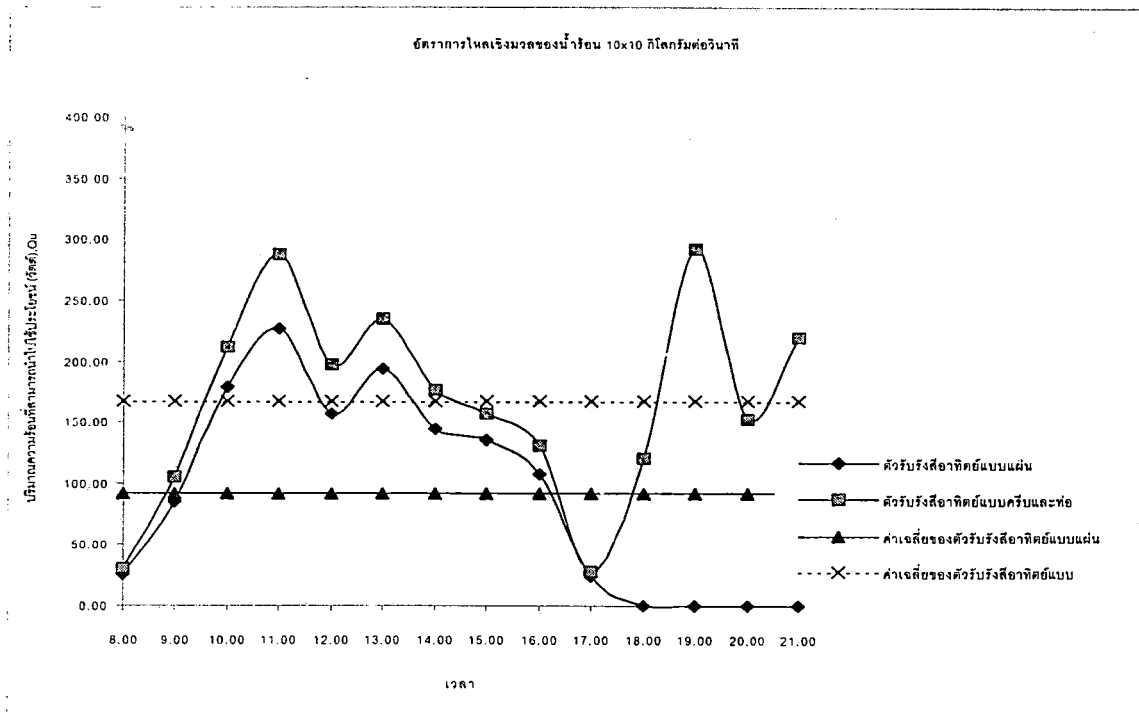
เวลา	$G_t$	$\bar{S}$	$V$	$T_a$	$T_l$	$T_{p,m}$	$T_c$	$T_o$	$U_t$	$U_L$	$UL(T_l-T_a)$	$Q_u$
	$W/m^2$	$W/m^2$	m/s	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$W/m^2^{\circ}C$	$W/m^2^{\circ}C$	$W/m^2$	W
8.00	41.0	35.7	0.1	25.7	27.0	28.3	26.8	29.4	3.7	6.9	8.8	30.4
9.00	148.0	128.9	0.8	30.1	34.8	39.4	33.8	42.0	4.3	7.5	35.1	98.7
10.00	254.0	221.2	0.3	32.3	39.6	47.0	38.8	50.4	4.2	7.4	54.1	189.8
11.00	319.0	277.9	0.5	33.8	42.9	51.9	41.7	55.2	4.4	7.6	68.8	235.6
12.00	373.0	324.9	0.5	36.6	46.4	56.3	45.3	59.9	4.5	7.7	76.3	289.6
13.00	360.0	313.6	0.5	37.8	48.2	58.7	47.1	62.5	4.6	7.8	81.4	253.3
14.00	363.0	316.2	0.5	37.8	47.6	57.5	46.5	59.3	4.5	7.8	76.5	274.2
15.00	280.0	243.9	0.5	39.4	47.9	56.3	46.9	56.3	4.5	7.7	65.6	189.5
16.00	158.0	137.6	0.5	35.4	40.7	46.0	39.9	42.4	4.3	7.5	40.0	96.8
17.00	73.0	63.6	0.5	35.4	40.2	45.1	39.5	44.2	4.3	7.5	36.4	0
18.00	11.0	9.6	0.2	29.3	30.8	32.3	30.6	31.6	3.8	7.0	10.6	0
19.00	0.0	0.0	0.1	24.6	25.7	26.8	25.6	25.7	3.6	6.9	7.5	0
20.00	0.0	0.0	0.1	26.8	26.8	26.8	26.8	26.1	3.7	6.9	0.2	0
21.00	0.0	0.0	0.1	27.1	27.2	27.2	27.2	26.1	3.7	6.9	0.2	0
เฉลี่ย	170.0	148.1	0.4	32.3	37.6	42.8	36.9	43.7	4.1	7.4	40.1	118.4

ตารางที่ 6 พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมงในตัวรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมง  
ชุดที่ 1 (วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2542)

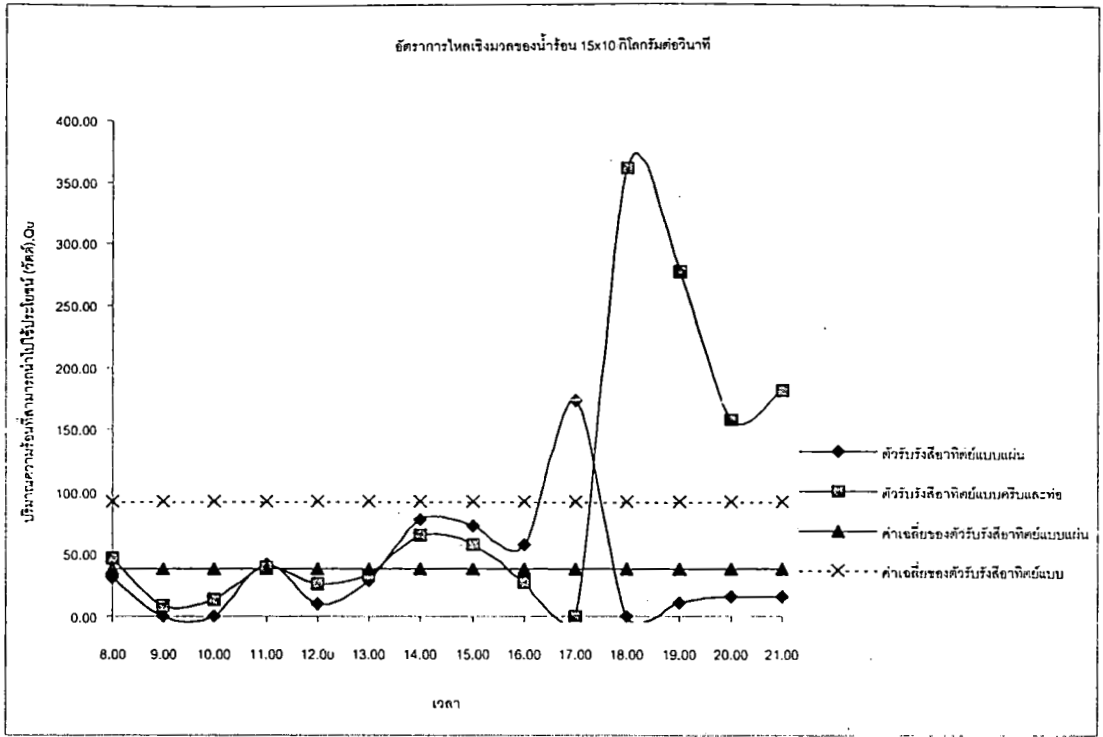
เวลา	$G_t$	$S$	$V$	$T_a$	$T_l$	$T_{p,m}$	$T_c$	$T_o$	$U_t$	$U_L$	$UL(T_l-T_a)$	$Q_u$
	$W/m^2$	$W/m^2$	m/s	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$W/m^2^{\circ}C$	$W/m^2^{\circ}C$	$W/m^2$	W
8.00	6.0	5.2	0.9	28.2	28.1	27.9	27.9	27.9	10.8	14.0	-2.2	16.1
9.00	13.0	11.3	0.9	27.5	27.7	27.9	27.7	27.9	4.1	7.3	1.5	14.0
10.00	47.0	40.9	1.2	27.9	28.8	29.7	28.5	29.4	4.2	7.5	7.0	45.3
11.00	20.0	17.4	0.1	27.5	28.6	29.7	28.5	29.4	3.7	6.9	7.7	3.3
12.00	61.0	53.1	0.1	29.3	31.6	33.9	31.4	33.5	3.8	7.0	15.9	35.7
13.00	89.0	77.5	0.1	30.1	33.1	36.2	32.8	35.8	3.8	7.1	21.7	57.3
14.00	106.0	92.3	0.1	31.2	35.5	39.9	35.1	40.7	3.9	7.1	31.0	51.0
15.00	66.0	57.5	0.1	30.1	33.5	37.0	33.2	35.8	3.9	7.1	24.5	14.1
16.00	77.0	67.1	0.1	30.1	32.5	35.0	32.3	34.2	3.8	7.0	17.5	53.9
17.00	42.0	36.6	0.1	28.6	30.7	32.7	30.4	32.0	3.8	7.0	14.4	13.0
18.00	13.0	11.3	0.1	27.9	29.2	30.5	29.1	29.7	3.7	6.9	9.1	0
19.00	0.0	0.0	0.1	26.8	27.2	27.6	27.1	27.2	3.7	6.9	2.7	0
20.00	0.0	0.0	0.1	25.7	25.9	26.1	25.9	25.7	3.6	6.9	1.4	0
21.00	0.0	0.0	0.1	25.4	25.4	25.4	25.4	25.0	3.6	6.8	0.2	0
เฉลี่ย	38.6	33.6	0.3	28.3	29.8	31.4	29.7	31.0	4.3	7.5	10.9	21.7



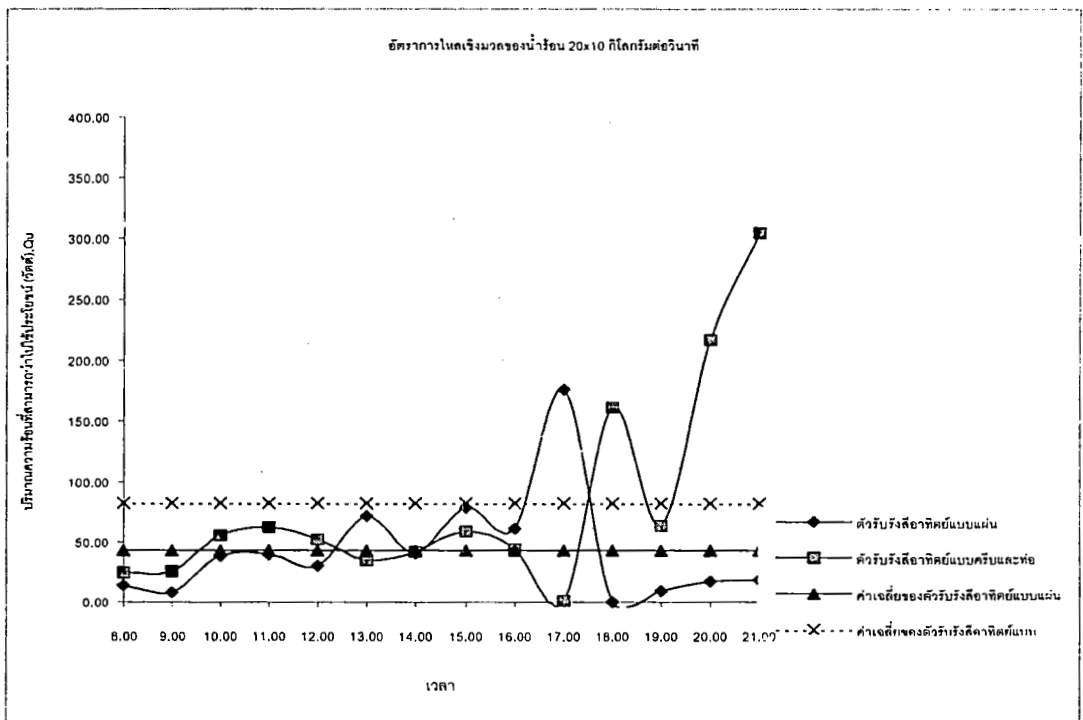
ภาพที่ 20 พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมงชุดที่ 1



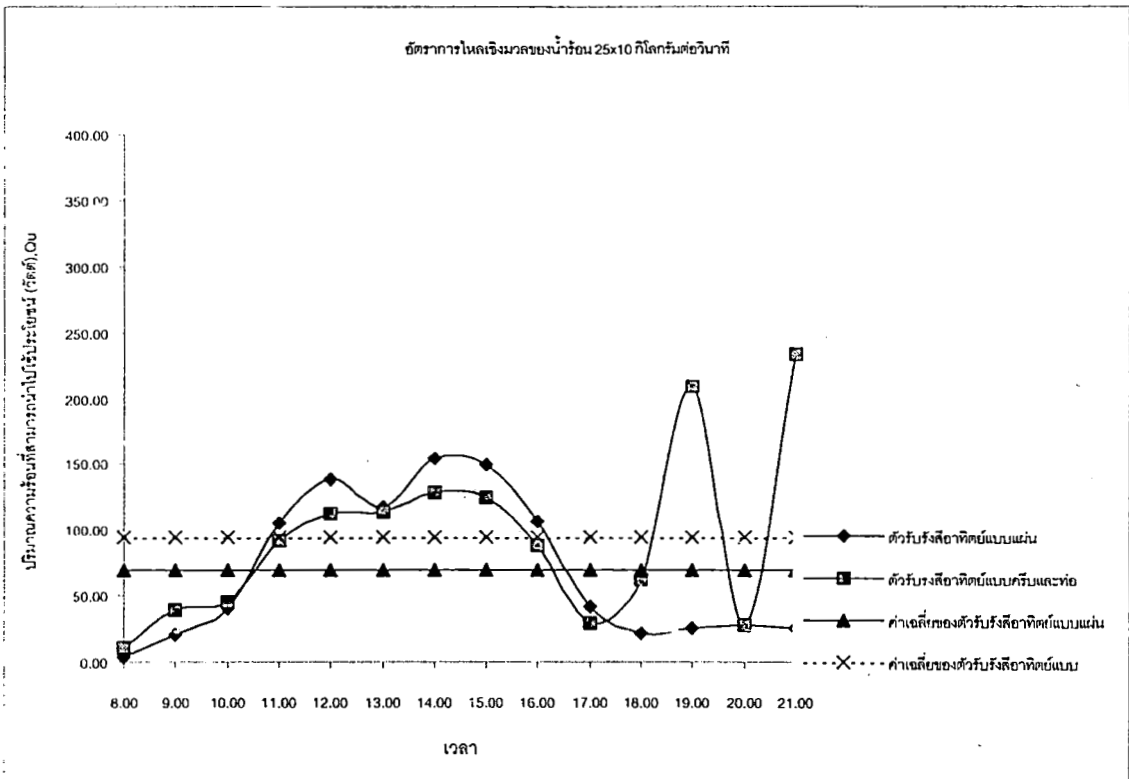
ภาพที่ 21 พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมงชุดที่ 2



ภาพที่ 22 พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมงชุดที่ 3



ภาพที่ 23 พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมงชุดที่ 4



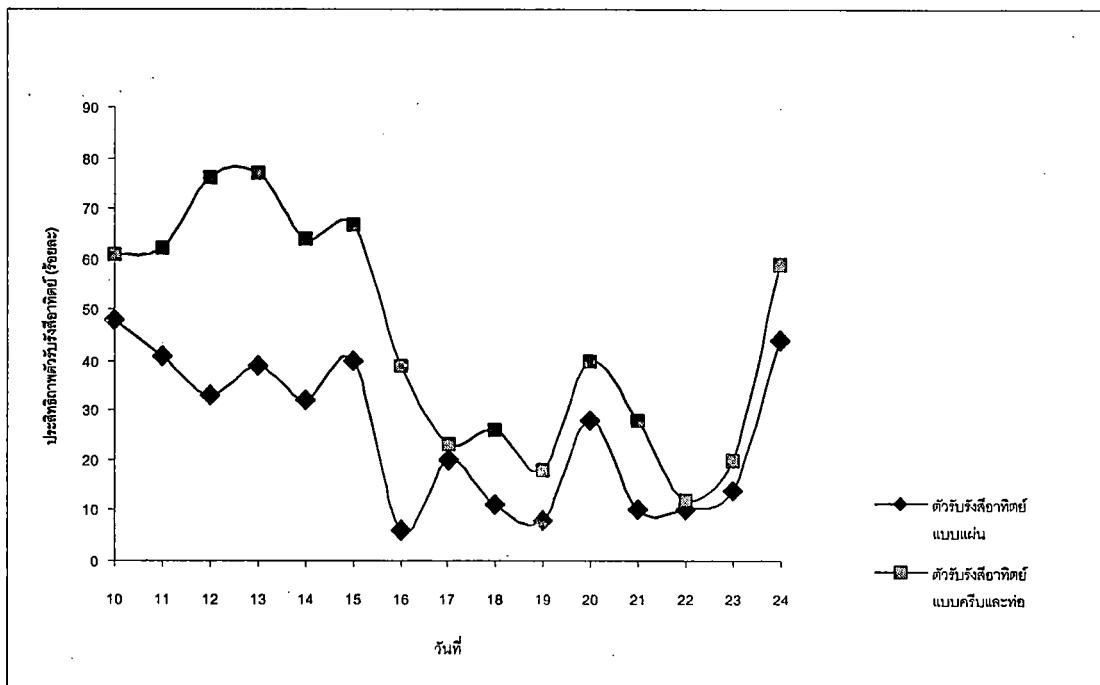
ภาพที่ 24 พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์รายชั่วโมงชุดที่ 5

### ประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์

การหาประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์ จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบของชุดที่ 1-5 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์ทั้งสองแบบแปรตามปริมาณพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์และประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สองมีค่าโดยเฉลี่ยตลอดช่วงการทดสอบเท่ากับ 44.6 ซึ่งสูงกว่าประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยตลอดช่วงการทดสอบของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นที่มีค่าเท่ากับ 25.6 และที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อนเท่ากับ  $5 \times 10^3$  กิโลกรัมต่อวินาทีและที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อนเท่ากับ  $10 \times 10^3$  กิโลกรัมต่อวินาที จะเห็นว่าประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่สองจะมีค่าสูงสุดร้อยละ 69.7 และ 69.3 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่หนึ่งจะมีค่าสูงสุดร้อยละ 40.7 และ 37.0 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 7 และภาพที่ 25

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ'

ชุดที่	m kg/s	วันเดือนปี	$Q_{u1}$ W	$Q_{u1}$ W	$Q_{u2}$ W	$Q_{u2}$ W	$\eta$ แบบที่ 1 ร้อยละ	$\eta$ แบบที่ 1 ร้อยละ	$\eta$ แบบที่ 2 ร้อยละ	$\eta$ แบบที่ 2 ร้อยละ
1	5	10 กุมภาพันธ์ 2542	149.7		189.7		48.0		61.0	
		11 กุมภาพันธ์ 2542	118.4	96.6	178.1	139.7	41.0	40.7	62.0	69.7
		12 กุมภาพันธ์ 2542	21.7		49.7		33.0		76.0	
2	10	13 กุมภาพันธ์ 2542	93.7		183.8		39.0		77.0	
		14 กุมภาพันธ์ 2542	62.2	91.3	121.4	167.4	32.0	37.0	64.0	69.3
		15 กุมภาพันธ์ 2542	118.9		197.0		40.0		67.0	
		16 กุมภาพันธ์ 2542	19.1		127.6		6.0		39.0	
3	15	17 กุมภาพันธ์ 2542	63.8	38.4	70.8	92.7	20.0	12.3	23.0	29.3
		18 กุมภาพันธ์ 2542	32.2		79.8		11.0		26.0	
		19 กุมภาพันธ์ 2542	20.3		45.4		8.0		18.0	
4	20	20 กุมภาพันธ์ 2542	82.0	43.3	119.3	82.1	28.0	15.3	40.0	28.7
		21 กุมภาพันธ์ 2542	27.5		81.6		10.0		28.0	
		22 กุมภาพันธ์ 2542	29.1		37.8		10.0		12.0	
5	25	23 กุมภาพันธ์ 2542	42.5	69.8	60.9	94.1	14.0	22.7	20.0	30.3
		24 กุมภาพันธ์ 2542	137.9		183.6		44.0		59.0	
		เฉลี่ย			67.9		115.1			25.6



ภาพที่ 25 ประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์ทั้งสองแบบ



## บทที่ 5

### สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่หนึ่ง

จากการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่หนึ่งคือเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์เป็นแบบแผ่นและมีของไหลทำงานเป็นอากาศนั้น จะให้พลังงานความร้อนไปใช้ประโยชน์ได้ใกล้เคียงกับเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่สองในตอนที่ยังไม่เสริมด้วยน้ำจากเครื่องทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์และประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบนี้จะใช้ได้ดีในช่วงกลางวันตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 16.00 น.

#### เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่สอง

จากการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่สองคือเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์เป็นแบบครีบลอยน้ำ ซึ่งมีของไหลทำงานเป็นอากาศในช่วงที่มีแสงอาทิตย์และมีของไหลทำงานเป็นน้ำในช่วงไม่มีแสงอาทิตย์นั้น พบว่าที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อนต่ำกว่า  $10 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อวินาที จะให้พลังงานความร้อนไปใช้ประโยชน์ได้และประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบนี้สูงกว่าเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่หนึ่ง

#### สรุปงานวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบของอุณหภูมิเฉลี่ยของตัวรับรังสีอาทิตย์รายชั่วโมงของตัวรับรังสีอาทิตย์ทั้งสองแบบพบว่าประสิทธิภาพทั้งสองในช่วงที่ไม่มีพลังงานเสริมมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ถ้ามีการเสริมพลังงานความร้อนจากเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์เข้าไปก็จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพแล้วยังเป็นการรักษาอุณหภูมิในยามกลางคืนหรือในยามที่ไม่มีแสงอาทิตย์ได้โดยการอบแห้งแสงอาทิตย์ในช่วงเช้าก็ยังมีอุณหภูมิในการอบแห้งใหม่ไม่ต้องเริ่มที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้

ดังนั้นถ้าต้องการจะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่หนึ่งควรติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนเสริมเข้าไปโดยใช้อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำอยู่ในช่วง  $5 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อวินาทีถึงที่อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อน  $10 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อวินาที

สรุปผลการเปรียบเทียบของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีการไหลเวียนตามธรรมชาติแบบที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นและเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบครีบล้อและท่อในช่วงที่ไม่มีพลังงานเสริมพบว่าจะให้พลังงานความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ใกล้เคียงกันรวมทั้งประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ที่มีการไหลเวียนตามธรรมชาติแบบที่มีตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นและเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบครีบล้อและท่อก็ใกล้เคียงกัน แต่เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบครีบล้อและท่อในช่วงที่มีพลังงานเสริมจากเครื่องทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ในช่วงอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อน  $5 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อวินาทีถึง  $10 \times 10^{-3}$  กิโลกรัมต่อวินาทีมากกว่า จึงเหมาะสมที่จะรักษาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของตัวรับรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ไว้ในการอบแห้งของวันต่อไปได้ ซึ่งจะช่วยให้ปริมาณความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์และมีประสิทธิภาพของการอบแห้งแสงอาทิตย์ดีขึ้น

#### ข้อเสนอแนะ

1. หาพลังงานเสริมแบบอื่น ๆ เพื่อให้ลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำลงและเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้สูงขึ้น
2. หาวัสดุที่จะนำมาทดแทนโครงสร้างที่มีราคาสูงเพื่อใช้วัสดุได้จริงเพื่อลดต้นทุนในการผลิตควรทำการศึกษาต่อโดยการอบวัสดุจริง

### บรรณานุกรม

วิไลพร นพรัตน์ไกรลาศ, การศึกษาหาระยะห่างของลวดรัดที่เหมาะสมที่สุดในตัวรับรังสีทำความร้อน

แบบแผ่นเรียบพีช , วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
ธนบุรี, กรุงเทพฯ 2538.

สมชาติ ไสภณรณฤทธิ์ , การอบแห้งเมล็ดพีช , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี, พิมพ์  
ครั้งที่ 6

กรุงเทพฯ , 2526.

สมศรี จรุงเรืองและคณะ , เทอร์โมไดนามิกส์ , โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
กรุงเทพฯ , 2526.

Black, W.Z. and J.G. Hartley , Thermodynamics , 2d ed , Harper Collins Publishers ,  
USA. , 1991 .

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ

ชุดที่ 2 - ชุดที่ 5

ตาราง ก-1 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ทดสอบของชุดที่ 2 (วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	G <sub>c</sub>	v	T <sub>a</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>p,m1</sub>	T <sub>o1</sub>	T <sub>p,mr1</sub>	T <sub>or1</sub>	T <sub>i2</sub>	T <sub>p,m2</sub>	T <sub>o2</sub>	T <sub>p,mr2</sub>	T <sub>or2</sub>	T <sub>w1</sub>	T <sub>w2</sub>
	W	m/s	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
8.00	39	0.8	24.99	26.28	27.56	28.62	30.17	31.71	26.22	27.44	27.88	28.60	29.32		
9.00	177	0.8	28.59	34.02	39.44	41.12	42.46	43.8	33.14	37.69	39.01	45.45	51.88		
10.00	270	1.5	31.17	39.07	46.96	50.98	53.50	56.11	37.62	44.07	47.41	54.29	61.17		
11.00	378	1.5	34.59	45.75	56.91	61.88	63.42	64.96	43.20	51.8	56.89	62.97	69.04		
12.00	174	0.5	32.29	38.24	44.19	43.28	44.54	45.79	37.08	41.87	41.97	44.92	47.87		
13.00	219	0.5	34.2	40.58	46.96	46.94	47.58	48.21	39.36	44.52	45.08	49.01	52.94		
14.00	156	0.3	33.43	38.37	43.3	42.84	44.03	45.21	37.65	41.87	41.53	45.19	48.84		
15.00	232	0.3	35.37	42.13	48.89	48.88	49.14	49.39	41.10	46.83	46.47	51.96	57.45		
16.00	219	0.1	34.98	42.19	49.39	48.39	47.01	45.63	40.91	46.83	46	49.47	52.94		
17.00	100	0.9	34.2	38.10	41.99	41.97	41.97	41.96	37.82	41.43	41.11	42.63	44.15		
18.00	17	0.5	31.54	33.68	35.81	35.79	35.98	36.16	34.01	36.48	35.78	35.19	34.59	50.9	48.5
19.00	0	0.1	29.32	29.90	30.47	29.72	29.72	29.71	31.35	33.37	30.82	29.89	28.96	59.6	50.4
20.00	0	0.1	27.5	27.71	27.91	27.18	26.99	26.8	29.12	30.73	28.24	27.34	26.43	51.6	46.5
21.00	0	0.1	27.14	27.17	27.19	26.82	26.63	26.44	28.57	29.99	27.52	26.62	25.72	64.2	57.5
เฉลี่ย	142	0.8	31.38	35.94	40.50	41.02	41.65	42.28	35.51	39.64	39.69	42.39	45.09	56.58	50.73

ตาราง ก-2 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ทดสอบของชุดที่ 2 (วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	G <sub>c</sub>	v	T <sub>a</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>p,m1</sub>	T <sub>o1</sub>	T <sub>p,mr1</sub>	T <sub>or1</sub>	T <sub>i2</sub>	T <sub>p,m2</sub>	T <sub>o2</sub>	T <sub>p,mr2</sub>	T <sub>or2</sub>	T <sub>w1</sub>	T <sub>w2</sub>
	W	m/s	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
8.00	41	0.3	25.35	27.54	29.73	31.2	32.75	34.3	27.12	28.89	30.08	30.81	31.54		
9.00	137	0.3	29.32	34.80	40.28	41.97	42.64	43.3	33.91	38.5	39.42	41.79	44.15		
10.00	252	0.3	33.43	41.41	49.39	54.07	57.15	60.23	39.90	46.37	50.36	55.13	59.89		
11.00	338	0.9	34.2	44.98	55.75	59.32	61.65	63.98	42.74	51.28	54.05	61.95	69.84		
12.00	221	0.3	33.43	41.16	48.89	48.88	50.66	52.43	39.67	45.9	45.54	52.10	58.65		
13.00	203	0.2	34.2	40.82	47.44	46.94	48.79	50.64	39.59	44.98	44.62	48.25	51.88		
14.00	165	0.5	34.2	40.82	47.44	48.88	49.21	49.53	39.82	45.43	46.47	48.92	51.36		
15.00	85	0.8	29.32	33.97	38.62	38.61	38.03	37.44	33.51	37.69	38.59	38.79	38.98		
16.00	85	0.5	28.22	31.24	34.25	34.23	32.98	31.72	31.18	34.14	34.22	35.19	36.16		
17.00	62	0.3	27.5	30.49	33.48	33.85	34.30	34.75	30.25	32.99	33.84	34.61	35.37		
18.00	10	0.1	26.42	27.35	28.27	28.26	28.46	28.66	27.66	28.89	28.61	28.24	27.87	47.4	43.5
19.00	0	0.1	26.07	26.28	26.48	26.1	25.91	25.72	27.67	29.26	27.17	26.45	25.72	56.5	53.8
20.00	0	0.1	25.71	25.92	26.12	25.74	25.55	25.36	27.67	29.62	26.81	25.91	25	51.2	48.3
21.00	0	0.1	25.71	25.74	25.77	25.38	25.19	25	27.30	28.89	26.44	25.54	24.64	50.7	46.3
เฉลี่ย	114	0.3	29.51	33.75	37.99	38.82	39.52	40.22	33.43	37.35	37.59	39.55	41.50	51.45	47.98

ตาราง ก-3 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ทดสอบของชุดที่ 2 (วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	G <sub>c</sub>	v	T <sub>a</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>p,m1</sub>	T <sub>o1</sub>	T <sub>p,mr1</sub>	T <sub>or1</sub>	T <sub>i2</sub>	T <sub>p,m2</sub>	T <sub>o2</sub>	T <sub>p,mr2</sub>	T <sub>or2</sub>	T <sub>w1</sub>	T <sub>w2</sub>
	W	m/s	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
8.00	61	0.1	25.35	27.36	29.37	33.08	34.22	35.36	27.31	29.26	32.32	32.12	31.92		
9.00	137	0.1	28.95	34.62	40.28	42.84	44.98	47.11	33.93	38.91	40.68	42.87	45.06		
10.00	245	0.1	30.42	37.76	45.1	48.39	51.78	55.16	36.80	43.18	45.08	52.81	60.53		
11.00	309	0.3	32.29	41.34	50.39	51.4	54.09	56.77	39.56	46.83	46.94	55.40	63.85		
12.00	349	1.2	34.59	44.89	55.19	56.9	58.85	60.79	42.94	51.28	51.91	61.28	70.65		
13.00	385	0.1	36.16	47.13	58.1	60.58	61.88	63.17	44.78	53.4	55.17	62.91	70.65		
14.00	348	0.3	36.16	46.25	56.33	57.49	59.38	61.27	44.25	52.33	52.97	60.23	67.48		
15.00	286	0.3	36.16	43.79	51.41	49.87	49.60	49.33	42.71	49.26	45.54	55.41	65.27		
16.00	194	0.3	36.16	42.28	48.4	46.47	45.28	44.09	41.03	45.9	49.36	51.70	54.03		
17.00	101	0.3	30.42	36.21	41.99	41.97	41.74	41.51	36.36	42.3	41.97	43.06	44.15		
18.00	19	0.3	27.86	30.10	32.34	32.33	32.52	32.7	30.62	33.37	32.69	32.31	31.92	48.2	45.9
19.00	0	0.1	27.14	27.53	27.91	27.53	27.53	27.52	28.57	29.99	28.24	27.52	26.79	57.8	48.7
20.00	0	0.1	26.78	26.99	27.19	26.82	26.63	26.44	28.02	29.26	27.52	26.80	26.07	51.4	48.5
21.00	0	0.1	26.07	26.28	26.48	26.1	25.91	25.72	27.85	29.62	27.17	26.09	25	52.3	47.6
เฉลี่ย	174	0.3	31.04	36.61	42.18	42.98	43.88	44.78	36.05	41.06	41.25	45.03	48.81	52.43	47.68

ตาราง ก-4 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ทดสอบของชุดที่ 3 (วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	G <sub>c</sub>	v	T <sub>a</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>p,m1</sub>	T <sub>o1</sub>	T <sub>p,mr1</sub>	T <sub>or1</sub>	T <sub>12</sub>	T <sub>p,m2</sub>	T <sub>o2</sub>	T <sub>p,mr2</sub>	T <sub>or2</sub>	T <sub>w,i</sub>	T <sub>w,o</sub>
	W	m/s	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
8.00	116	0.1	25.35	28.64	31.92	30.1	31.79	33.47	28.09	30.83	29.99	31.53	33.07		
9.00	170	0.1	29.68	41.31	52.94	42.86	43.75	44.63	39.78	49.87	41.43	42.80	44.17		
10.00	274	0.1	31.17	46.95	66.73	46.96	48.42	49.87	45.55	59.93	45.43	47.40	49.36		
11.00	347	0.3	34.2	53.27	72.34	55.19	56.34	57.49	51.64	69.08	51.8	54.64	57.48		
12.00	385	0.5	36.16	56.07	75.98	58.71	60.30	61.88	54.71	73.26	54.5	56.95	59.39		
13.00	393	0.1	38.16	59.61	81.06	63.23	63.57	63.91	58.07	77.97	58.57	60.55	62.53		
14.00	367	0.2	38.16	57.07	75.98	60.58	60.90	61.22	55.71	73.26	56.78	58.36	59.93		
15.00	301	0.3	36.95	54.65	72.34	54.63	53.02	51.4	52.24	67.52	52.33	51.10	49.86		
16.00	212	1.2	37.76	47.31	56.86	51.93	51.16	50.38	47.92	58.08	49.75	49.31	48.87		
17.00	109	0.5	30.42	36.84	43.26	41.56	41.77	41.97	37.98	45.54	41.43	41.92	42.4		
18.00	19	0.1	28.59	30.45	32.3	33.1	33.29	33.47	35.28	41.97	34.53	34.38	34.22	64.5	57.3
19.00	0	0.1	27.5	27.15	26.79	28.27	28.08	27.89	35.84	44.18	34.14	31.93	29.71	63.7	56.5
20.00	0	0.1	27.14	26.61	26.07	27.56	27.19	26.82	35.66	44.18	32.23	30.42	28.61	63.7	58.6
21.00	0	0.1	26.42	25.89	25.36	26.84	26.65	26.46	35.98	45.54	32.23	30.00	27.88	56.1	54.5
เฉลี่ย	193	0.3	31.98	42.41	52.85	44.39	44.73	45.06	43.89	55.80	43.94	44.38	44.82	62.00	56.73

ตาราง ก-5 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ทดสอบของชุดที่ 3 (วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	G <sub>c</sub>	v	T <sub>a</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>p,m1</sub>	T <sub>o1</sub>	T <sub>p,mr1</sub>	T <sub>or1</sub>	T <sub>12</sub>	T <sub>p,m2</sub>	T <sub>o2</sub>	T <sub>p,mr2</sub>	T <sub>or2</sub>	T <sub>w,i</sub>	T <sub>w,o</sub>
	W	m/s	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
8.00	73	0.1	26.78	31.28	35.77	31.97	33.88	35.79	29.93	33.08	32.23	33.62	35		
9.00	175	0.1	30.79	41.30	51.8	45.1	47.99	50.88	40.33	49.87	44.07	46.47	48.87		
10.00	272	0.1	31.92	47.82	63.71	54.63	57.61	60.58	47.56	63.2	52.33	55.51	58.69		
11.00	336	0.1	33.82	50.65	67.48	58.1	59.99	61.88	51.45	69.08	54.5	57.22	59.93		
12.00	376	0.5	34.98	55.96	76.94	59.33	59.64	59.94	55.03	75.08	56.19	57.44	58.69		
13.00	385	0.5	34.98	53.66	72.34	61.23	62.23	63.22	54.12	73.26	57.37	58.97	60.56		
14.00	362	0.2	33.82	49.91	65.99	56.91	58.43	59.94	51.45	69.08	54.5	55.70	56.89		
15.00	295	0.3	33.43	46.32	59.2	51.93	51.92	47.65	61.86	50.77	50.57	50.36			
16.00	201	0.3	32.29	43.16	54.03	47.44	46.49	45.54	43.45	54.61	46.37	45.50	44.62		
17.00	107	0.1	29.68	16.03	2.38	41.13	41.34	41.54	36.93	44.18	40.58	41.06	41.53		
18.00	21	0.1	27.86	29.33	30.8	31.22	31.40	31.57	35.35	42.84	33.37	33.03	32.69	58.5	54.2
19.00	0	0.1	27.14	26.97	26.79	27.56	27.55	27.53	33.92	40.69	31.86	30.24	28.61	59.6	56.4
20.00	0	0.1	26.78	26.43	26.07	27.19	27.01	26.82	35.03	43.28	29.99	28.76	27.52	57.7	57.5
21.00	0	0.1	26.42	25.89	25.36	26.84	26.47	26.1	33.13	39.84	29.62	28.22	26.81	52.7	49.4
เฉลี่ย	186	0.2	30.76	38.91	47.05	44.33	45.14	45.95	42.52	54.28	43.84	44.45	45.06	57.13	54.38

ตาราง ก-6 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ทดสอบของชุดที่ 3 (วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	G <sub>c</sub>	v	T <sub>a</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>p,m1</sub>	T <sub>o1</sub>	T <sub>p,mr1</sub>	T <sub>or1</sub>	T <sub>12</sub>	T <sub>p,m2</sub>	T <sub>o2</sub>	T <sub>p,mr2</sub>	T <sub>or2</sub>	T <sub>w,i</sub>	T <sub>w,o</sub>
	W	m/s	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
8.00	24	0.1	26.78	30.30	33.82	30.84	31.96	33.08	29.75	32.71	31.11				
9.00	163	0.1	29.68	41.86	54.03	42.86	44.90	46.94	40.21	50.73	42.74				
10.00	262	0.1	32.29	49.51	66.73	54.08	56.70	59.32	48.80	65.3	52.33				
11.00	345	0.1	33.05	50.27	67.48	57.5	60.71	63.91	51.47	69.88	55.62				
12.00	368	0.1	33.05	54.52	75.98	63.23	65.01	66.78	54.54	76.02	59.82				
13.00	388	0.3	33.82	54.43	75.04	63.23	64.64	66.04	54.92	76.02	59.82				
14.00	353	0.1	34.59	51.42	68.25	58.71	64.02	69.32	52.65	70.7	56.78				
15.00	292	0.1	31.92	44.39	56.86	51.41	52.20	52.98	46.24	60.56	50.77				
16.00	207	0.9	31.54	39.23	46.92	44.19	43.96	43.73	41.73	51.92	44.07				
17.00	110	0.9	29.68	34.96	40.23	39.03	39.65	40.27	36.05	42.41	39.33				
18.00	20	0.3	27.86	29.15	30.43	31.22	31.40	31.57	35.14	42.41	33.76	57.6	57.6	57.6	51.8
19.00	0	0.1	27.5	27.15	26.79	27.91	27.72	27.53	34.74	41.97	31.86	59.5	59.5	59.5	56.6
20.00	0	0.1	27.14	26.79	26.43	27.56	27.37	27.18	34.56	41.97	31.11	52.7	52.7	52.7	50.4
21.00	0	0.1	26.42	26.07	25.72	26.84	26.65	26.46	33.56	40.69	30.73	53.9	53.9	53.9	50.1
เฉลี่ย	181	0.2	30.38	40.00	49.62	44.19	45.49	46.79	42.45	54.52	44.28	55.93	55.93	55.93	52.23

ตาราง ก-7 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ทดสอบของชุดที่ 4 (วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$G_c$	$v$	$T_a$	$T_{H1}$	$T_{p,m1}$	$T_{o1}$	$T_{p,mr1}$	$T_{or1}$	$T_{I2}$	$T_{p,m2}$	$T_{o2}$	$T_{p,mr2}$	$T_{or2}$	$T_{w,l}$	$T_{w,o}$
	W	m/s	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
8.00	56	0.1	26.78	29.92	33.06	30.1	30.84	31.57	29.37	31.95	30.36				
9.00	154	0.1	29.68	40.52	51.36	41.99	43.54	45.08	38.79	47.89	41.43				
10.00	251	0.1	31.92	49.33	66.73	49.89	52.54	55.18	46.89	61.86	49.26				
11.00	290	0.2	33.43	48.99	64.55	55.19	57.26	59.32	50.10	66.77	53.4				
12.00	357	0.1	33.05	54.05	75.04	59.95	61.59	63.22	53.60	74.15	57.97				
13.00	278	0.2	32.67	47.25	61.83	52.46	52.72	52.98	47.60	62.53	50.26				
14.00	295	0.2	33.82	47.83	61.83	52.46	53.27	54.07	48.86	63.89	50.77				
15.00	192	0.9	31.54	39.71	47.87	46.02	45.33	44.63	40.96	50.37	44.98				
16.00	149	0.1	31.92	38.49	45.06	42.42	42.20	41.97	39.43	46.94	41.87				
17.00	88	0.1	29.68	35.17	40.66	39.44	39.64	39.84	35.61	41.54	39.33				
18.00	18	0.1	28.22	29.33	30.43	30.84	30.84	30.83	37.11	46	34.53	55.1	55.1	55.1	55.1
19.00	0	0.1	27.5	27.51	27.51	28.27	28.08	27.89	36.52	45.54	33.37	56	55.4	56	55.4
20.00	0	0.1	27.5	27.33	27.15	27.91	27.72	27.53	37.22	46.94	34.14	57.4	55.6	57.4	55.6
21.00	0	0.1	26.42	25.89	25.36	26.84	26.47	26.1	33.13	39.84	29.62	28.22	26.81	52.7	49.4
เฉลี่ย	186	0.2	30.76	38.91	47.05	44.33	45.14	45.95	42.52	54.28	43.84	44.45	45.06	57.13	54.38

ตาราง ก-8 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ทดสอบของชุดที่ 4 (วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$G_c$	$v$	$T_a$	$T_{H1}$	$T_{p,m1}$	$T_{o1}$	$T_{p,mr1}$	$T_{or1}$	$T_{I2}$	$T_{p,m2}$	$T_{o2}$	$T_{p,mr2}$	$T_{or2}$	$T_{w,l}$	$T_{w,o}$
	W	m/s	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
8.00	43	0.2	25.35	27.16	28.96	27.19	27.54	27.89	26.99	28.62	27.08	27.48	27.88		
9.00	161	0.6	27.5	36.74	45.98	37	38.01	39.02	35.39	43.28	36.09	37.34	38.59		
10.00	252	0.9	29.68	41.86	54.03	45.1	46.99	48.88	41.06	52.44	42.3	44.62	46.94		
11.00	329	1.2	31.54	48.41	65.27	50.39	51.96	53.52	46.70	61.86	46.83	49.11	51.39		
12.00	371	0.1	34.98	52.41	69.84	58.1	59.99	61.88	51.64	68.29	53.4	56.05	58.69		
13.00	370	0.1	36.95	51.00	65.04	61.88	62.55	63.22	54.67	72.38	56.78	58.04	59.3		
14.00	344	0.1	37.35	55.29	73.22	62.55	62.22	61.88	55.75	74.15	58.57	58.63	58.69		
15.00	287	0.1	33.82	46.55	59.27	51.39	51.40	51.4	47.84	61.86	49.75	49.56	49.36		
16.00	194	0.1	33.05	42.73	52.41	47.44	45.81	44.18	43.83	54.61	45.9	44.81	43.72		
17.00	100	0.6	30.42	15.75	1.08	39.44	39.23	39.07	35.77	41.12	38.91	39.17	39.42		
18.00	18	0.2	28.59	29.88	31.17	31.97	31.77	31.57	37.53	46.47	34.92	33.62	32.32	64.8	61.5
19.00	0	0.2	27.14	26.61	26.07	27.91	27.55	27.18	36.11	45.08	33.76	31.37	28.97	62.8	61.7
20.00	0	0.1	26.78	25.89	25	26.48	26.29	26.1	35.93	45.08	33.76	31.19	28.61	56.1	53.2
21.00	0	0.1	26.42	25.71	25	26.12	25.93	25.74	35.98	45.54	33.37	30.81	28.24	70	63.3
เฉลี่ย	176	0.3	30.68	37.57	44.45	42.35	42.66	42.96	41.80	52.91	42.24	42.27	42.29	63.43	59.93

ตาราง ก-9 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ทดสอบของชุดที่ 4 (วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$G_c$	$v$	$T_a$	$T_{H1}$	$T_{p,m1}$	$T_{o1}$	$T_{p,mr1}$	$T_{or1}$	$T_{I2}$	$T_{p,m2}$	$T_{o2}$	$T_{p,mr2}$	$T_{or2}$	$T_{w,l}$	$T_{w,o}$
	W	m/s	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
8.00	75	0.2	26.42	30.51	34.59	31.59	33.30	35.01	29.95	33.47	31.86	33.04	34.22		
9.00	179	0.2	30.42	40.13	49.83	44.19	47.03	49.87	39.65	48.87	42.74	44.84	46.94		
10.00	281	0.4	32.29	45.78	59.27	48.89	52.32	55.74	44.59	56.89	46.83	49.90	52.97		
11.00	366	0.2	34.59	52.22	69.84	56.91	60.76	64.61	50.68	66.77	52.86	56.40	59.93		
12.00	394	0.4	34.2	57.63	81.06	54.08	55.49	56.9	54.18	74.15	52.86	54.30	55.73		
13.00	208	1.2	33.82	45.94	58.05	49.39	48.41	47.42	19.76	5.7	46.83	46.65	46.47		
14.00	258	1.9	36.16	49.00	61.83	48.89	50.67	52.45	47.42	58.68	47.31	48.84	50.36		
15.00	331	0.4	38.57	54.21	69.84	59.33	59.64	59.94	53.83	69.08	55.62	56.26	56.89		
16.00	171	0.1	34.59	41.47	48.35	46.96	46.25	45.54	41.49	48.38	44.98	44.58	44.17		
17.00	111	0.2	31.54	37.85	44.15	39.44	40.07	40.69	38.09	44.63	40.16	40.42	40.68		
18.00	17	0.2	28.59	29.70	30.8	31.22	31.21	31.2	36.84	45.08	34.14	33.23	32.32	56.1	53.6
19.00	0	0.1	27.5	27.33	27.15	27.91	27.72	27.53	36.99	46.47	34.14	31.74	29.34	57.5	56.9
20.00	0	0.1	27.5	26.97	26.43	27.19	27.01	26.82	36.07	44.63	34.92	32.32	29.71	59.5	56.4
21.00	0	0.1	27.14	26.61	26.07	27.19	27.01	26.82	37.52	47.89	34.14	31.74	29.34	57.5	56.5
เฉลี่ย	171	0.4	31.67	40.38	49.09	42.37	43.35	44.32	40.50	49.34	42.81	43.16	43.51	57.65	55.85



ตาราง ข-4 อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ  
ของชุดที่ 3 (วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$G_t$	S	v	$T_a$	$T_i$	$T_{p,m}$	$T_c$	$T_o$	$U_i$	$U_L$	$U_L(T_i - T_a)$	$Q_u$
	W	W	m/s	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{W/m}^2\text{C}$	$\text{W/m}^2\text{C}$	$\text{W/m}^2$	W
8.00	116.0	101.0	0.1	25.4	28.6	31.9	28.3	30.1	3.7	6.9	22.8	93.1
9.00	170.0	148.1	0.1	29.7	41.3	52.9	40.6	42.9	4.1	7.3	85.2	0.0
10.00	274.0	238.7	0.1	31.2	49.0	66.7	48.5	47.0	4.4	7.6	135.0	0.0
11.00	347.0	302.2	0.3	34.2	53.3	72.3	52.4	55.2	4.6	7.9	149.9	4.1
12.00	389.0	338.8	0.5	36.2	56.1	76.0	54.7	58.7	4.9	8.1	160.9	28.7
13.00	393.0	342.3	0.1	38.2	59.6	81.1	59.6	63.2	4.7	8.0	170.5	2.1
14.00	367.0	319.7	0.2	38.2	57.1	76.0	56.6	60.6	4.7	7.9	149.8	33.8
15.00	301.0	262.2	0.3	37.0	54.6	72.3	53.8	54.6	4.7	7.9	139.8	0.0
16.00	212.0	184.7	1.2	37.8	47.3	56.9	45.3	51.9	4.9	8.1	77.3	50.6
17.00	109.0	94.9	0.5	30.4	36.8	43.3	35.9	41.6	4.2	7.4	47.5	0.0
18.00	19.0	16.5	0.1	28.6	30.4	32.3	30.2	33.1	3.8	7.0	12.9	0.0
19.00	0.0	0.0	0.1	27.5	27.1	26.8	26.8	28.3	8.3	11.6	-4.1	13.8
20.00	0.0	0.0	0.1	27.1	26.6	26.1	26.1	27.6	8.3	11.5	-6.2	20.7
21.00	0.0	0.0	0.1	26.4	25.9	25.4	25.4	26.8	8.3	11.5	-6.1	20.5
เฉลี่ย	192.6	167.3	0.3	32.0	42.4	52.9	41.7	44.4	5.3	8.5	81.1	19.1

ตาราง ข-5 อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ  
ของชุดที่ 3 (วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$G_t$	S	v	$T_a$	$T_i$	$T_{p,m}$	$T_c$	$T_o$	$U_i$	$U_L$	$U_L(T_i - T_a)$	$Q_u$
	W	W	m/s	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{W/m}^2\text{C}$	$\text{W/m}^2\text{C}$	$\text{W/m}^2$	W
8.00	73.0	63.6	0.1	26.8	31.3	35.8	30.8	32.0	3.8	7.0	31.5	0.9
9.00	175.0	152.4	0.1	30.8	41.3	51.8	40.6	45.1	4.1	7.3	77.0	0.0
10.00	272.0	236.9	0.1	31.9	47.8	63.7	47.3	54.6	4.3	7.6	120.0	0.0
11.00	336.0	292.7	0.1	33.8	50.7	67.5	52.2	58.1	4.4	7.6	128.6	59.6
12.00	376.0	327.5	0.5	35.0	56.0	76.9	54.5	59.3	4.9	8.1	169.5	0.0
13.00	385.0	335.3	0.5	35.0	53.7	72.3	52.2	61.2	4.8	8.0	149.3	61.9
14.00	362.0	315.3	0.2	33.8	49.9	66.0	49.2	56.9	4.5	7.7	123.5	114.7
15.00	295.0	257.0	0.3	33.4	46.3	59.2	45.3	51.9	4.4	7.6	98.1	102.2
16.00	201.0	175.1	0.3	32.3	43.2	54.0	42.2	47.4	4.3	7.5	81.5	20.2
17.00	107.0	93.2	0.1	29.7	16.0	2.4	40.3	41.1	4.1	7.3	-99.9	492.3
18.00	21.0	18.3	0.1	27.9	29.3	30.8	29.2	31.2	3.7	7.0	10.2	0.0
19.00	0.0	0.0	0.1	27.1	27.0	26.8	26.8	27.6	8.3	11.5	-2.0	6.8
20.00	0.0	0.0	0.1	25.9	23.4	20.1	26.1	27.2	8.3	11.5	-4.1	13.7
21.00	0.0	0.0	0.1	26.4	25.9	25.4	25.4	26.8	8.3	11.5	-6.1	20.5
เฉลี่ย	185.9	161.9	0.2	30.8	38.9	47.0	40.0	44.3	5.2	8.4	62.6	63.8

ตาราง ข-6 อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ  
ของชุดที่ 3 (วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$G_t$	S	v	$T_a$	$T_i$	$T_{p,m}$	$T_c$	$T_o$	$U_i$	$U_L$	$U_L(T_i - T_a)$	$Q_u$
	W	W	m/s	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{W/m}^2\text{C}$	$\text{W/m}^2\text{C}$	$\text{W/m}^2$	W
8.00	24.0	20.9	0.1	26.8	30.3	33.8	29.9	30.8	3.8	7.0	24.6	0.0
9.00	163.0	142.0	0.1	29.7	41.9	54.0	41.2	42.9	4.1	7.4	89.5	0.0
10.00	262.0	228.2	0.1	32.3	49.5	66.7	49.0	54.1	4.4	7.6	131.0	0.0
11.00	345.0	300.5	0.1	33.1	50.3	67.5	49.8	57.5	4.4	7.6	131.4	63.5
12.00	368.0	320.5	0.1	33.1	54.5	76.0	54.4	63.2	4.6	7.8	167.2	0.0
13.00	388.0	338.0	0.3	33.8	54.4	75.0	53.6	63.2	4.7	7.9	163.0	20.0
14.00	353.0	307.5	0.1	34.6	51.4	68.3	51.0	58.7	4.4	7.7	128.9	83.4
15.00	292.0	254.3	0.1	31.9	44.4	56.9	43.8	51.4	4.2	7.4	92.7	116.0
16.00	207.0	180.3	0.9	31.5	39.2	46.9	37.7	44.2	4.5	7.7	59.1	104.5
17.00	110.0	95.8	0.9	29.7	35.0	40.2	33.8	39.0	4.3	7.5	39.8	27.3
18.00	20.0	17.4	0.3	27.9	29.1	30.4	29.0	31.2	3.8	7.1	9.1	0.0
19.00	0.0	0.0	0.1	27.5	27.1	26.8	26.8	27.9	8.3	11.6	-4.1	13.8
20.00	0.0	0.0	0.1	27.1	26.8	26.4	26.4	27.6	8.3	11.5	-4.1	13.8
21.00	0.0	0.0	0.1	26.4	26.1	25.7	26.1	26.8	3.6	6.9	-2.4	8.1
เฉลี่ย	180.9	157.5	0.2	30.4	40.0	49.6	39.5	44.2	4.8	8.0	73.3	32.2

ตาราง ข-7 อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ  
ของชุดที่ 3 (วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$G_t$	S	v	$T_a$	$T_i$	$T_{p,m}$	$T_c$	$T_o$	$U_i$	$U_L$	$U_L(T_i-T_a)$	$Q_u$
	W	W	m/s	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$W/m^2 \cdot ^{\circ}C$	$W/m^2 \cdot ^{\circ}C$	$W/m^2$	W
8.00	56.0	48.8	0.1	26.8	29.9	33.1	29.6	30.1	3.8	7.0	21.9	8.4
9.00	154.0	134.1	0.1	29.7	40.5	51.4	39.8	42.0	4.1	7.3	79.2	0.0
10.00	251.0	218.6	0.1	31.9	49.3	66.7	48.8	49.5	4.4	7.6	132.3	0.0
11.00	290.0	252.6	0.2	33.4	49.0	64.6	48.2	55.2	4.4	7.7	119.0	24.4
12.00	357.0	311.0	0.1	33.1	54.0	75.0	53.8	60.0	4.6	7.8	163.1	0
13.00	278.0	242.1	0.2	32.7	47.3	61.8	46.4	52.5	4.4	7.5	110.7	35.0
14.00	295.0	257.0	0.2	33.8	47.8	61.8	47.0	52.5	4.4	7.6	106.4	74.0
15.00	192.0	167.2	0.9	31.5	39.7	47.9	38.1	46.0	4.5	7.7	62.9	69.7
16.00	149.0	129.8	0.1	31.9	38.5	45.1	38.0	42.4	4.0	7.2	47.4	58.7
17.00	88.0	76.7	0.1	29.7	35.2	40.7	34.7	39.4	3.9	7.1	39.1	0.0
18.00	18.0	15.7	0.1	28.2	29.3	30.4	29.2	30.8	3.7	6.9	7.7	0.6
19.00	0.0	0.0	0.1	27.5	27.5	27.5	27.5	28.3	3.7	6.9	0.0	0.0
20.00	0.0	0.0	0.1	27.5	27.3	27.2	27.2	27.9	8.3	11.6	-2.0	6.8
21.00	0.0	0.0	0.1	27.1	27.0	26.8	26.8	27.6	8.3	11.5	-2.0	6.8
เฉลี่ย	152.0	132.4	0.2	30.3	38.7	47.1	38.2	41.8	4.7	8.0	63.3	20.3

ตาราง ข-8 อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ  
ของชุดที่ 4 (วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$G_t$	S	v	$T_a$	$T_i$	$T_{p,m}$	$T_c$	$T_o$	$U_i$	$U_L$	$U_L(T_i-T_a)$	$Q_u$
	W	W	m/s	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$W/m^2 \cdot ^{\circ}C$	$W/m^2 \cdot ^{\circ}C$	$W/m^2$	W
8.00	43.0	37.5	0.2	25.4	27.2	29.0	26.9	27.2	3.7	7.0	12.5	20.8
9.00	161.0	140.2	0.6	27.5	36.7	46.0	35.3	37.0	4.3	7.5	69.0	3.7
10.00	252.0	219.5	0.9	29.7	41.9	54.0	39.7	45.1	4.6	7.8	94.8	50.1
11.00	329.0	286.6	1.2	31.5	48.4	65.3	45.2	50.4	5.0	8.2	138.0	17.9
12.00	371.0	323.1	0.1	35.0	52.4	69.8	52.0	58.1	4.5	7.7	134.2	91.9
13.00	370.0	322.3	0.1	37.0	51.0	65.0	50.5	61.9	4.4	7.6	107.2	181.4
14.00	344.0	299.6	0.1	37.4	55.3	73.2	55.0	62.6	4.6	7.8	139.7	33.9
15.00	287.0	250.0	0.1	33.8	46.5	59.3	46.0	51.4	4.3	7.5	95.3	99.7
16.00	194.0	169.0	0.1	33.1	42.7	52.4	42.1	47.4	4.1	7.4	71.2	44.5
17.00	100.0	87.1	0.6	30.4	15.8	1.1	39.3	39.4	4.4	7.6	-111.5	520.9
18.00	18.0	15.7	0.2	28.6	29.9	31.2	29.7	32.0	3.8	7.0	9.1	0
19.00	0.0	0.0	0.2	27.1	26.6	26.1	26.1	27.9	8.6	11.8	-6.3	21.2
20.00	0.0	0.0	0.1	26.8	25.9	25.0	25.0	26.5	8.3	11.5	-10.2	34.4
21.00	0.0	0.0	0.1	26.4	25.7	25.0	25.0	26.1	8.3	11.5	-8.2	27.4
เฉลี่ย	176.4	153.6	0.3	30.7	37.6	44.5	38.4	42.4	5.2	8.4	52.5	82.0

ตาราง ข-9 อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ  
ของชุดที่ 4 (วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$G_t$	S	v	$T_a$	$T_i$	$T_{p,m}$	$T_c$	$T_o$	$U_i$	$U_L$	$U_L(T_i-T_a)$	$Q_u$
	W	W	m/s	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$W/m^2 \cdot ^{\circ}C$	$W/m^2 \cdot ^{\circ}C$	$W/m^2$	W
8.00	75.0	65.3	0.2	26.4	30.5	34.6	30.0	31.6	3.8	7.1	28.8	13.0
9.00	179.0	155.9	0.2	30.4	40.1	49.8	39.3	44.2	4.1	7.4	71.3	22.3
10.00	281.0	244.8	0.4	32.3	45.8	59.3	44.5	48.9	4.4	7.7	103.3	64.0
11.00	366.0	318.8	0.2	34.6	52.2	69.8	51.5	56.9	4.5	7.8	136.8	76.0
12.00	394.0	343.2	0.4	34.2	57.6	81.1	56.6	54.1	4.9	8.1	189.8	0
13.00	208.0	181.2	1.2	33.8	45.9	58.1	43.5	49.4	4.8	8.1	97.6	0
14.00	258.0	224.7	1.9	36.2	49.0	61.8	45.5	48.9	5.2	8.5	108.6	12.7
15.00	331.0	288.3	0.4	38.6	54.2	69.8	53.1	59.3	4.7	7.9	124.0	67.8
16.00	171.0	148.9	0.1	34.6	41.5	48.4	41.0	47.0	4.1	7.3	50.3	81.2
17.00	111.0	96.7	0.2	31.5	37.8	44.2	37.2	39.4	4.0	7.3	45.8	8.6
18.00	17.0	14.8	0.2	28.6	29.7	30.8	29.6	31.2	3.8	7.0	7.7	0
19.00	0.0	0.0	0.1	27.5	27.3	27.2	27.2	27.9	8.3	11.5	-2.0	6.8
20.00	0.0	0.0	0.1	27.5	27.0	26.4	27.0	27.2	3.7	6.9	-3.7	12.3
21.00	0.0	0.0	0.1	27.1	26.6	26.1	27.1	27.2	8.3	11.5	-6.2	20.7
เฉลี่ย	170.8	148.8	0.4	31.7	40.4	49.1	39.5	42.4	4.9	8.1	68.0	27.5

ตาราง ข-10 อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ  
ของชุดที่ 5 (วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$G_t$	S	v	$T_a$	$T_i$	$T_{p,m}$	$T_o$	$T_c$	$T_e$	$U_i$	$U_L$	$U_L(T_i-T_a)$	$Q_u$
	W	W	m/s	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$W/m^2C$	$W/m^2C$	$W/m^2$	W
8.00	66.0	57.5	0.1	26.8	31.3	35.8	30.8	30.1	3.8	7.0	31.5	0	
9.00	179.0	155.9	0.2	29.0	38.9	48.8	38.0	41.6	4.1	7.3	72.8	17.3	
10.00	279.0	243.0	0.5	31.2	47.5	63.8	45.9	48.9	4.6	7.8	127.3	0	
11.00	340.0	296.1	0.2	35.0	52.4	69.8	51.7	60.0	4.5	7.8	135.3	43.1	
12.00	379.0	330.1	0.2	34.6	50.7	66.7	49.9	60.6	4.5	7.7	123.7	138.8	
13.00	381.0	331.9	0.1	36.2	55.6	75.0	55.4	61.9	4.6	7.8	151.8	47.4	
14.00	343.0	298.8	0.2	35.0	55.5	76.0	55.0	55.2	4.7	7.9	161.5	0	
15.00	283.0	246.5	0.1	35.0	47.4	59.9	46.9	53.5	4.3	7.5	93.7	99.4	
16.00	173.0	150.7	0.1	31.9	40.9	49.8	40.3	47.0	4.1	7.3	65.4	33.5	
17.00	70.0	61.0	0.1	30.1	34.5	39.0	34.1	37.8	3.9	7.1	31.7	0	
18.00	15.0	13.1	0.1	29.0	29.9	30.8	29.7	31.2	3.7	7.0	6.4	0.3	
19.00	0.0	0.0	0.1	27.9	27.9	27.9	27.9	28.6	8.4	11.6	0.1	0	
20.00	0.0	0.0	0.1	27.9	27.5	27.2	27.2	27.9	8.3	11.6	-4.1	13.8	
21.00	0.0	0.0	0.1	27.5	27.1	26.8	26.8	27.9	8.3	11.6	-4.1	13.8	
เฉลี่ย	179.1	156.0	0.2	31.2	40.5	49.8	37.8	43.7	5.1	8.3	70.9	29.1	

ตาราง ข-11 อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ  
ของชุดที่ 5 (วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$G_t$	S	v	$T_a$	$T_i$	$T_{p,m}$	$T_o$	$T_c$	$T_e$	$U_i$	$U_L$	$U_L(T_i-T_a)$	$Q_u$
	W	W	m/s	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$W/m^2C$	$W/m^2C$	$W/m^2$	W
8.00	62.0	54.0	0.1	25.7	29.6	33.4	29.2	30.5	3.8	7.0	26.9	0.2	
9.00	146.0	127.2	0.1	30.1	38.5	46.9	37.9	41.1	4.0	7.2	60.9	8.9	
10.00	255.0	222.1	0.1	33.1	45.6	58.1	44.9	51.9	4.2	7.5	93.3	59.8	
11.00	347.0	302.2	0.1	34.6	49.9	65.3	49.4	59.3	4.4	7.6	116.7	115.5	
12.00	379.0	330.1	0.1	34.6	57.3	80.0	57.3	61.9	4.7	7.9	178.8	0	
13.00	379.0	330.1	0.3	34.6	54.4	74.1	53.5	60.0	4.7	7.9	156.1	30.0	
14.00	353.0	307.5	0.1	33.4	48.3	63.2	47.8	56.3	4.3	7.6	112.4	138.8	
15.00	296.0	257.8	0.1	33.8	46.5	59.3	46.0	51.9	4.3	7.5	95.3	112.9	
16.00	206.0	179.4	0.1	32.7	41.5	50.3	40.9	47.0	4.1	7.3	64.7	84.1	
17.00	107.0	93.2	0.1	30.1	35.6	41.1	35.1	41.1	3.9	7.1	39.3	24.4	
18.00	24.0	20.9	0.1	28.2	29.9	31.5	29.7	32.3	3.7	7.0	11.6	0	
19.00	0.0	0.0	0.1	27.5	27.5	27.5	27.5	27.9	3.7	6.9	0.0	0	
20.00	0.0	0.0	0.1	27.1	27.0	26.8	26.8	27.6	8.3	11.5	-2.0	6.8	
21.00	0.0	0.0	0.1	26.8	26.4	26.1	26.1	27.2	8.3	11.5	-4.1	13.7	
เฉลี่ย	182.4	158.9	0.1	30.9	39.8	48.8	39.4	44.0	4.7	8.0	67.9	42.5	

ตาราง ข-12 อัตราพลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ของเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบ  
ของชุดที่ 5 (วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2542)

เวลา	$G_t$	S	v	$T_a$	$T_i$	$T_{p,m}$	$T_o$	$T_c$	$T_e$	$U_i$	$U_L$	$U_L(T_i-T_a)$	$Q_u$
	W	W	m/s	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$W/m^2C$	$W/m^2C$	$W/m^2$	W
8.00	67.0	58.4	0.1	27.1	30.9	34.6	30.5	31.6	3.8	7.0	26.1	10.4	
9.00	172.0	149.8	0.1	33.4	42.1	50.8	41.6	44.6	4.1	7.3	63.9	37.0	
10.00	203.0	176.8	0.1	36.2	45.7	55.1	45.1	46.0	4.2	7.4	70.6	59.8	
11.00	341.0	297.0	0.1	41.1	54.3	67.5	53.9	58.7	4.5	7.7	102.0	156.2	
12.00	390.0	339.7	0.1	43.3	54.6	66.0	54.2	58.1	4.5	7.7	87.8	275.8	
13.00	404.0	351.9	0.2	46.0	57.9	69.8	57.4	60.0	4.7	7.9	94.3	274.4	
14.00	374.0	325.8	0.2	46.0	54.6	63.2	54.0	56.9	4.6	7.8	66.8	322.8	
15.00	309.0	269.1	0.2	45.1	53.4	61.8	52.9	54.1	4.5	7.7	64.9	234.0	
16.00	216.0	188.1	0.2	42.4	46.9	51.4	46.5	47.4	4.3	7.5	33.8	202.7	
17.00	113.0	98.4	0.2	39.0	41.6	44.2	41.3	43.3	4.1	7.4	19.0	101.5	
18.00	24.0	20.9	0.2	33.4	32.7	31.9	31.9	33.5	8.8	12.1	-9.1	65.7	
19.00	0.0	0.0	0.1	31.2	29.2	27.2	27.2	27.9	8.4	11.6	-23.3	78.3	
20.00	0.0	0.0	0.1	29.7	28.1	26.4	26.4	27.2	8.3	11.6	-18.8	63.1	
21.00	0.0	0.0	0.1	28.6	27.3	26.1	26.1	26.8	8.3	11.5	-14.5	48.9	
เฉลี่ย	186.6	162.6	0.1	37.3	42.8	48.3	42.1	44.0	5.5	8.7	40.2	137.9	