

แผงรับแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องอบแห้งธัญพืช



นางสาวภัทรา ประจัญญะพุกษ์  
นางสาวสุวิษา สืบจากดี  
นางสาวหนึ่งฤทัย ไชยสิทธิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมเคมี  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2541

เลขหมึก.....  
เลขทะเบียน..... 33996  
วัน, เดือน, ปี..... 27 ก.ย. 2542

สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตรเรื่อง แฉงรับแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องอบแห้งธัญพืช  
โดย นางสาวภัทรา ประจัญญะพฤษ  
นางสาวสุวิษา สืบจากดี  
นางสาวหนึ่งฤทัย ไชยสิทธิ์  
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์

ปริญญาบัตรนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี  
คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาบัตร

.....ประธานกรรมการ  
(ดร. ไพศาล นาคพิพัฒน์)

.....กรรมการ  
(ดร. ประกอบ กิจไชยา)

.....กรรมการ  
(อ. บุญชัย โชติวิริยวานิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง แผลงรับแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องอบแห้งธัญญาพืชม

โดย นางสาวภัทรา ปรงธัญญาพฤษ  
นางสาวสุวิษา สืบจากคิ  
นางสาวหนึ่งฤทัย ไชยสิทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา คร. ไพศาล นาคพิพัฒน์

ปริญญาานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี  
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

#### บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบแผลงรับแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องอบแห้งธัญญาพืชมเพื่อศึกษาการทำงานของระบบ แผลงรับแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องอบแห้งในโครงการนี้เป็นแบบที่แตกต่างจากแบบทั่วไป โดยการใช้เทคนิคการไหลผ่านของอากาศแบบทบทกลับสองหนและใช้วิธีการหมุนเวียนอากาศร้อนทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงพอที่จะใช้กับเครื่องอบแห้งธัญญาพืชมแบบฟลูอิด ไคซ์เบคได้ และได้ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของแผลงรับแสงอาทิตย์ โดยประสิทธิภาพของแผลงรับแสงอาทิตย์อยู่ในช่วง 25-80%

**Report title** Solar collector for crop dryer

Miss Phatthra Prungthunyapluek

Miss Suwitchaya Suebjakdee

Miss Nungruetai Chaiyasit

**Advisor** Dr. Paisal Nakpipat

**Report** Bachelor Degree of Chemical Engineering,  
Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

### **Abstract**

This project is the design and construction of the prototype of solar collector for crop dryer. The solar collector for crop dryer in this project is differed from the conventional type. By using double folded airflow technique and hot air recycled, it gets high enough efficiency for the fluidized bed crop dryer. The study of it function, the experiment and the efficiency are investigated. The efficiency of the collector is about 25-80%

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร. ไพศาล นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้ความรู้ ให้ความช่วยเหลือ และคอยดูแลตลอดระยะเวลาการทำงาน

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่าน ที่ช่วยให้คำแนะนำ จนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณที่พิสันต์ ผลโพธิ์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณนายอัญญา บุญศรีรัตน์ และนายวุฒิพงษ์ โสมรักษ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในหลายๆด้าน

ขอขอบคุณเพื่อนภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณบุคลากรและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้กำลังใจมาโดยตลอด

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ค)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ง)
กิตติกรรมประกาศ	(จ)
สารบัญ	(ข)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญรูปภาพ	(ญ)
สัญลักษณ์พิเศษ	(ฉล)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของปริญญาานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การอบแห้ง	
2.1 ความชื้นในวัสดุ	3
2.2 กลไกการถ่ายเทความร้อนของการอบแห้ง	4
2.3 อัตราการอบแห้ง	4
บทที่ 3 แผลงรับแสงอาทิตย์	
3.1 แผลงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบ	9
3.2 ประเภทแผลงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบ	11
3.3 ส่วนต่างๆของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผลงรับแสงอาทิตย์	14
3.4 การสูญเสียความร้อนของแผลงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบ	14
3.5 การเลือกผิวรับรังสีเพื่อประโยชน์ในการใช้งาน	15
3.6 หลักการสำคัญในการได้มาซึ่งผิวอุคมคติ	16
3.7 การวัดพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องมือ	16
3.8 การเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแผลงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบ	17

3.9	ข้อควรทราบบางประการในการออกแบบและสร้างแผงรับแสงอาทิตย์ แผ่นราบ	17
3.10	สมการพลังงานสำหรับแผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบ	18
บทที่ 4	ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งและหลักการทำงาน	
4.1	ส่วนประกอบ	23
4.2	หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิด ไคซ์เบคโคยใช้ แผงรับแสงอาทิตย์	29
บทที่ 5	การทดลองหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์	
5.1	ขั้นตอนการทดลอง	30
5.2	ผลการทดลอง	31
5.3	การหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์	56
5.4	ผลการหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์	58
5.5	สรุปผลการทดลอง	82
5.6	วิจารณ์ผลการทดลอง	82
5.7	ข้อเสนอแนะ	83
เอกสารอ้างอิง		84
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก. ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งรัญญูพีชโคยใช้ แผงรับแสงอาทิตย์	86
	ภาคผนวก ข. ค่าพลังงานแสงอาทิตย์	89
	ภาคผนวก ค. ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์	90

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 การสูญเสียความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบต่างๆไป	17
ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 5 เมตร/วินาที วันที่ 13 มีนาคม 2542	32
ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 8 เมตร/วินาที วันที่ 16 มีนาคม 2542	33
ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 10 เมตร/วินาที วันที่ 13 มีนาคม 2542	34
ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 12 เมตร/วินาที วันที่ 16 มีนาคม 2542	35
ตารางที่ 5.5 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 15 เมตร/วินาที วันที่ 13 มีนาคม 2542	36
ตารางที่ 5.6 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 18 เมตร/วินาที วันที่ 16 มีนาคม 2542	37
ตารางที่ 5.7 ผลการทดลองที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 5 เมตร/วินาที วันที่ 17 มีนาคม 2542	38
ตารางที่ 5.8 ผลการทดลองที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 8 เมตร/วินาที วันที่ 18 มีนาคม 2542	39
ตารางที่ 5.9 ผลการทดลองที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 10 เมตร/วินาที วันที่ 17 มีนาคม 2542	40
ตารางที่ 5.10 ผลการทดลองที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 12 เมตร/วินาที วันที่ 18 มีนาคม 2542	41
ตารางที่ 5.11 ผลการทดลองที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 15 เมตร/วินาที วันที่ 17 มีนาคม 2542	42
ตารางที่ 5.12 ผลการทดลองที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 18 เมตร/วินาที วันที่ 18 มีนาคม 2542	43

ตารางที่ 5.13 ผลการทดลองที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 5 เมตร/วินาที วันที่ 19 มีนาคม 2542	44
ตารางที่ 5.14 ผลการทดลองที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 8 เมตร/วินาที วันที่ 22 มีนาคม 2542	45
ตารางที่ 5.15 ผลการทดลองที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 10 เมตร/วินาที วันที่ 19 มีนาคม 2542	46
ตารางที่ 5.16 ผลการทดลองที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 12 เมตร/วินาที วันที่ 22 มีนาคม 2542	47
ตารางที่ 5.17 ผลการทดลองที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 15 เมตร/วินาที วันที่ 19 มีนาคม 2542	48
ตารางที่ 5.18 ผลการทดลองที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 18 เมตร/วินาที วันที่ 22 มีนาคม 2542	49
ตารางที่ 5.19 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 5 เมตร/วินาที วันที่ 19 เมษายน 2542	50
ตารางที่ 5.20 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 8 เมตร/วินาที วันที่ 20 เมษายน 2542	51
ตารางที่ 5.21 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 10 เมตร/วินาที วันที่ 19 เมษายน 2542	52
ตารางที่ 5.22 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 12 เมตร/วินาที วันที่ 22 เมษายน 2542	53
ตารางที่ 5.23 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 15 เมตร/วินาที วันที่ 19 เมษายน 2542	54
ตารางที่ 5.24 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 18 เมตร/วินาที วันที่ 22 เมษายน 2542	55
ตารางที่ 5.25 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 5 เมตร/วินาที วันที่ 13 มีนาคม 2542	59
ตารางที่ 5.26 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 8 เมตร/วินาที วันที่ 16 มีนาคม 2542	59
ตารางที่ 5.27 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 10 เมตร/วินาที วันที่ 13 มีนาคม 2542	60

ตารางที่ 5.28 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 12 เมตร/วินาที วันที่ 16 มีนาคม 2542	60
ตารางที่ 5.29 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 15 เมตร/วินาที วันที่ 13 มีนาคม 2542	61
ตารางที่ 5.30 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 18 เมตร/วินาที วันที่ 16 มีนาคม 2542	61
ตารางที่ 5.31 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 5 เมตร/วินาที วันที่ 17 มีนาคม 2542	62
ตารางที่ 5.32 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 8 เมตร/วินาที วันที่ 18 มีนาคม 2542	62
ตารางที่ 5.33 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 10 เมตร/วินาที วันที่ 17 มีนาคม 2542	63
ตารางที่ 5.34 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 12 เมตร/วินาที วันที่ 18 มีนาคม 2542	63
ตารางที่ 5.35 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 15 เมตร/วินาที วันที่ 17 มีนาคม 2542	64
ตารางที่ 5.36 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 18 เมตร/วินาที วันที่ 18 มีนาคม 2542	64
ตารางที่ 5.37 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 5 เมตร/วินาที วันที่ 19 มีนาคม 2542	65
ตารางที่ 5.38 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 8 เมตร/วินาที วันที่ 22 มีนาคม 2542	65
ตารางที่ 5.39 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 10 เมตร/วินาที วันที่ 19 มีนาคม 2542	66
ตารางที่ 5.40 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 12 เมตร/วินาที วันที่ 22 มีนาคม 2542	66
ตารางที่ 5.41 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 15 เมตร/วินาที วันที่ 19 มีนาคม 2542	67
ตารางที่ 5.42 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 18 เมตร/วินาที วันที่ 22 มีนาคม 2542	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.43 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 5 เมตร/วินาที วันที่ 19 เมษายน 2542	68
ตารางที่ 5.44 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 8 เมตร/วินาที วันที่ 20 เมษายน 2542	68
ตารางที่ 5.45 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 10 เมตร/วินาที วันที่ 19 เมษายน 2542	69
ตารางที่ 5.46 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 12 เมตร/วินาที วันที่ 20 เมษายน 2542	69
ตารางที่ 5.47 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 15 เมตร/วินาที วันที่ 19 เมษายน 2542	70
ตารางที่ 5.48 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 18 เมตร/วินาที วันที่ 20 เมษายน 2542	70
ตารางที่ 5.49 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็ว 5 เมตร/วินาที มุมเอียง 0 8 และ 15 องศา	71
ตารางที่ 5.50 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็ว 8 เมตร/วินาที มุมเอียง 0 8 และ 15 องศา	72
ตารางที่ 5.51 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที มุมเอียง 0 8 และ 15 องศา	73
ตารางที่ 5.52 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็ว 12 เมตร/วินาที มุมเอียง 0 8 และ 15 องศา	74
ตารางที่ 5.53 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็ว 15 เมตร/วินาที มุมเอียง 0 8 และ 15 องศา	75
ตารางที่ 5.54 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็ว 18 เมตร/วินาที มุมเอียง 0 8 และ 15 องศา	76
ตารางที่ 5.55 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่แต่ละอัตราเร็วลม มุมเอียง 0 องศา	77
ตารางที่ 5.56 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่แต่ละอัตราเร็วลม มุมเอียง 8 องศา	78
ตารางที่ 5.57 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่แต่ละอัตราเร็วลม มุมเอียง 15 องศา	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.58 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่แต่ละอัตราเร็วลม  
มุมเอียง 0 องศา

80



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การอบแห้งกับเวลา	5
รูปที่ 2.2 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง	6
รูปที่ 3.1 ก ลักษณะทั่วไปของเครื่องทำน้ำร้อน	11
รูปที่ 3.1 ข เครื่องทำน้ำร้อนแบบที่มีการไหลแบบเทอร์โมไฮฟอนหรือ การไหลเวียนแบบธรรมชาติ	12
รูปที่ 3.1 ค ลักษณะทั่วไปของเครื่องทำอากาศร้อน	13
รูปที่ 3.1 ง เครื่องทำอากาศร้อนประเภทต่างๆ	13
รูปที่ 3.2 ส่วนต่างๆของพลังแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับแสงอาทิตย์	14
รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของแผงรับแสงอาทิตย์	24
รูปที่ 4.2 ส่วนประกอบของคอลลิมน์	26
รูปที่ 4.3 ส่วนประกอบของไฮโคลอน	27
รูปที่ 4.4 พัดลมดูดอากาศและอุปกรณ์ควบคุมความเร็วลม	28
รูปที่ 4.5 โครงสร้างของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิด ไคซ์เบค โดยใช้แผงรับแสงอาทิตย์	29
รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 5 เมตร/วินาที วันที่ 13 มีนาคม 2542	32
รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 8 เมตร/วินาที วันที่ 16 มีนาคม 2542	33
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 10 เมตร/วินาที วันที่ 13 มีนาคม 2542	34
รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 12 เมตร/วินาที วันที่ 16 มีนาคม 2542	35
รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 15 เมตร/วินาที วันที่ 13 มีนาคม 2542	36
รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 18 เมตร/วินาที วันที่ 16 มีนาคม 2542	37

รูปที่ 5.7	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 5 เมตร/วินาที วันที่ 17 มีนาคม 2542	38
รูปที่ 5.8	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 8 เมตร/วินาที วันที่ 18 มีนาคม 2542	39
รูปที่ 5.9	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 10 เมตร/วินาที วันที่ 17 มีนาคม 2542	40
รูปที่ 5.10	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 12 เมตร/วินาที วันที่ 18 มีนาคม 2542	41
รูปที่ 5.11	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 15 เมตร/วินาที วันที่ 17 มีนาคม 2542	42
รูปที่ 5.12	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 8 องศา อัตราเร็วลม 18 เมตร/วินาที วันที่ 18 มีนาคม 2542	43
รูปที่ 5.13	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 5 เมตร/วินาที วันที่ 19 มีนาคม 2542	44
รูปที่ 5.14	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 8 เมตร/วินาที วันที่ 22 มีนาคม 2542	45
รูปที่ 5.15	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 10 เมตร/วินาที วันที่ 19 มีนาคม 2542	46
รูปที่ 5.16	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 12 เมตร/วินาที วันที่ 22 มีนาคม 2542	47
รูปที่ 5.17	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 15 เมตร/วินาที วันที่ 19 มีนาคม 2542	48
รูปที่ 5.18	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 15 องศา อัตราเร็วลม 18 เมตร/วินาที วันที่ 22 มีนาคม 2542	49
รูปที่ 5.19	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 5 เมตร/วินาที วันที่ 19 เมษายน 2542	50
รูปที่ 5.20	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 8 เมตร/วินาที วันที่ 20 เมษายน 2542	51
รูปที่ 5.21	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 10 เมตร/วินาที วันที่ 19 เมษายน 2542	52

รูปที่ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 12 เมตร/วินาที วันที่ 20 เมษายน 2542	53
รูปที่ 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 15 เมตร/วินาที วันที่ 19 เมษายน 2542	54
รูปที่ 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเข้ากับอุณหภูมิออกที่มุมเอียง 0 องศา อัตราเร็วลม 18 เมตร/วินาที วันที่ 20 เมษายน 2542	55
รูปที่ 5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงและประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ ที่อัตราเร็วลม 5 เมตร/วินาที	71
รูปที่ 5.26 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงและประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ ที่อัตราเร็วลม 8 เมตร/วินาที	72
รูปที่ 5.27 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงและประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ ที่อัตราเร็วลม 10 เมตร/วินาที	73
รูปที่ 5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงและประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ ที่อัตราเร็วลม 12 เมตร/วินาที	74
รูปที่ 5.29 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงและประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ ที่อัตราเร็วลม 15 เมตร/วินาที	75
รูปที่ 5.30 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงและประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ ที่อัตราเร็วลม 18 เมตร/วินาที	76
รูปที่ 5.31 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมและประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ ที่มุมเอียง 0 องศา	77
รูปที่ 5.32 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมและประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ ที่มุมเอียง 8 องศา	78
รูปที่ 5.33 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมและประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ ที่มุมเอียง 15 องศา	79
รูปที่ 5.34 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมและประสิทธิภาพทางทฤษฎี ของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา	80
รูปที่ 5.35 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมและประสิทธิภาพที่แท้จริง ของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา	81
รูปที่ 5.36 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมและประสิทธิภาพเมื่อออกจาก พัดลมดูดอากาศของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0 องศา	81

## สัญลักษณ์พิเศษ

$\rho$	ความหนาแน่นของอากาศ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
$\rho_1$	ความหนาแน่นของอากาศที่เข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
$\mu$	ความหนืดของอากาศ (กิโลกรัม/เมตร-วินาที)
$\theta$	เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (วินาที)
$\epsilon_v$	ค่าการส่งออกรังสีความร้อนของฉนวน
$\epsilon_w$	ค่าการส่งออกรังสีความร้อนของกระจก
$\lambda_w$	ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (จูล/กิโลกรัม)
$(T\alpha)$	ผลคูณระหว่างค่าการทะลุผ่านของรังสีและค่าการดูดกลืนรังสีของกระจก
$A$	พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนของวัสดุ (ตารางเมตร)
$A_1$	พื้นที่หน้าตัดที่อากาศไหลเข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ (ตารางเมตร)
$A_c$	พื้นที่ผิวรับรังสี (ตารางเมตร)
$C_p$	ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (จูล/กิโลกรัม-องศาเซลเซียส)
$C_{p,avg}$	ความจุความร้อนจำเพาะเฉลี่ยของอากาศภายในแผงรับแสงอาทิตย์ (จูล/กิโลกรัม-องศาเซลเซียส)
$D_s$	ค่าสัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่ของน้ำภายในวัสดุ (ตารางเมตร/วินาที)
$H$	อัตราการตกกระทบของรังสีแสงอาทิตย์ทั้งรังสีตรงและรังสีกระจายบนพื้นที่หนึ่งหน่วยบนแผงรับแสงอาทิตย์ (วัตต์/ตารางเมตร)
$H_1$	ความชื้นของอากาศขาเข้า
$H_2$	ความชื้นของอากาศที่ออกจากพัดลมดูดอากาศ
$H_g$	ความชื้นของลมร้อน (กิโลกรัมน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง)
$H_w$	ความชื้นอิมิต์ที่อุณหภูมิระเหยเปียก (กิโลกรัมน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง)
$h_v$	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากผิวสัมผัสไปยังอากาศ (วัตต์/ตารางเมตร-องศาเซลเซียส)
$h_w$	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลม (วัตต์/ตารางเมตร-องศาเซลเซียส)
$k$	สภาพนำความร้อนของอากาศ (วัตต์/เมตร-องศาเซลเซียส)
$k_1$	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลจากผิวสัมผัสไปยังอากาศ (กิโลกรัมอากาศ/วินาที-ตารางเมตร)
$k_v$	สภาพนำความร้อนของฉนวน (วัตต์/เมตร-องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L	ความยาวของแผงรับแสงอาทิตย์ (เมตร)
Ls	น้ำหนักวัสดุแห้ง (กิโลกรัมวัสดุแห้ง)
m <sub>1</sub>	อัตราการไหลโดยมวลของอากาศที่เข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ (กิโลกรัม/วินาที)
Np1	ประสิทธิภาพที่แท้จริงของแผงรับแสงอาทิตย์
Np2	ประสิทธิภาพเมื่อออกจากพัดลมดูดอากาศของแผงรับแสงอาทิตย์
N <sub>Pr</sub>	Prandtl number = $C_p \mu / k$
N <sub>Re,L</sub>	Reynolds number = $Lu\rho/\mu$
Nt	ประสิทธิภาพทางทฤษฎีของแผงรับแสงอาทิตย์
Q <sub>L</sub>	อัตราการสูญเสียพลังงานความร้อนโดยการพาความร้อน การนำความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน (วัตต์)
Q <sub>Lb</sub>	พลังงานความร้อนที่สูญเสียทางด้านล่าง (Back heat loss) (วัตต์)
Q <sub>Lu</sub>	พลังงานความร้อนที่สูญเสียทางด้านบน (Top heat loss) (วัตต์)
Q <sub>s</sub>	อัตราการสะสมพลังงานความร้อนที่ผิวรับรังสี (วัตต์)
Q <sub>U</sub>	อัตราการส่งผ่านความร้อน ไปสู่อากาศ (วัตต์)
R <sub>c</sub>	ค่าอัตราการอบแห้งคงที่ (กิโลกรัมน้ำ/วินาที-ตารางเมตร)
R <sub>r</sub>	ค่าอัตราการอบแห้งที่ช้าลง (กิโลกรัมน้ำ/วินาที-ตารางเมตร)
T <sub>α</sub>	อุณหภูมิของอากาศรอบแผงรับแสงอาทิตย์ซึ่งมีค่าเท่ากับอุณหภูมิของอากาศ (องศาเซลเซียส)
T <sub>1</sub>	อุณหภูมิของอากาศขาเข้า (องศาเซลเซียส)
T <sub>2</sub>	อุณหภูมิของอากาศขาออก (องศาเซลเซียส)
T <sub>3</sub>	อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากพัดลมดูดอากาศ (องศาเซลเซียส)
T <sub>A</sub>	อุณหภูมิของแผ่นอลูมิเนียมชั้นล่างของแผงรับแสงอาทิตย์ (องศาเซลเซียส)
T <sub>C</sub>	อุณหภูมิของผิวรับรังสี (องศาเซลเซียส)
T <sub>g</sub> , T <sub>v</sub>	อุณหภูมิของลมร้อนและวัสดุ (องศาเซลเซียส)
T <sub>I</sub>	อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากชั้นล่างและเข้าสู่ชั้นบนของแผงรับแสงอาทิตย์ (องศาเซลเซียส)
T <sub>w</sub>	อุณหภูมิของกระจก (องศาเซลเซียส)
T <sub>Y</sub>	อุณหภูมิของฉนวน (องศาเซลเซียส)
u	ความเร็วของอากาศ (เมตร/วินาที)
u <sub>1</sub>	ความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ (เมตร/วินาที)
U <sub>b</sub>	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนทางด้านล่าง (วัตต์/ตารางเมตร-องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้หมิ่นให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$U_t$	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนทางด้านบน (วัตต์/ตารางเมตร-องศาเซลเซียส)
$W_w$	ปริมาณความร้อน (กิโลกรัม/กิโลกรัมวัสดุแห้ง)
$W_d$	อัตราส่วนความร้อน (กิโลกรัม/กิโลกรัมวัสดุแห้ง)
$w$	ค่าอัตราส่วนความร้อนของวัสดุ (กิโลกรัม/กิโลกรัมวัสดุแห้ง)
$w_1$	อัตราส่วนความร้อนวิกฤตของวัสดุ (กิโลกรัม/กิโลกรัมวัสดุแห้ง)
$w_2$	อัตราส่วนความร้อนสุดท้ายของวัสดุ (กิโลกรัม/กิโลกรัมวัสดุแห้ง)
$w_c$	ค่าอัตราส่วนความร้อนสมดุลของวัสดุ (กิโลกรัม/กิโลกรัมวัสดุแห้ง)
$x_1$	ความหนาของวัสดุ (เมตร)
$x$	ความหนาของฉนวน (เมตร)



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาของปริญญานิพนธ์

การตากแห้งธัญพืชได้กระทำกันมาตั้งแต่สมัยก่อนจนถึงปัจจุบัน โดยการกลั้วธัญพืชไว้บนพื้นที่ที่เตรียมไว้เพื่อให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง การตากแห้งแบบนี้ต้องใช้พื้นที่มากทำให้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเตรียมพื้นที่สูง ใช้เวลานานกว่าธัญพืชจะแห้งตามต้องการ และใช้แรงงานสูงในการเก็บและนำออกตาก เพื่อกำจัดปัญหาดังกล่าวนี้ จึงได้มีการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดพลังงานผสม โดยใช้แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) เป็นตัวรับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ทดแทนการใช้เครื่องกำเนิดความร้อนซึ่งอาศัยพลังงานไฟฟ้าหรือน้ำในการทำให้เกิดความร้อนเพื่อใช้ในการอบแห้ง ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายและประหยัดต้นทุนในการผลิตพลังงานความร้อน หลักการของแผงรับแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม คือ การใช้วัสดุที่มีค่าความนำความร้อน (Thermal conductivity) สูงฉาบผิวด้วยวัสดุสีดำ เพื่อป้องกันการสะท้อนของความร้อน ความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์จะถ่ายเทไปสู่อากาศที่ไหลผ่าน ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ขึ้นกับการเลือกวัสดุที่เหมาะสมและการออกแบบที่ดี การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดเป็นเทคนิคหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงเพราะเมล็ดพืชจะลอยตัวอย่างอิสระภายในเบดด้วยกระแสลมร้อนที่เป่ามาทางด้านล่างของเครื่องอบแห้ง

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาวิธีการนำพลังงานจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ เพื่อทดแทนพลังงานไฟฟ้าและพลังงานจากเชื้อเพลิงอื่น
2. ศึกษาหาเทคนิคใหม่เพื่อการออกแบบแผงรับแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง สำหรับเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์
3. ใช้เทคโนโลยีด้านวิศวกรรมเคมีมาประยุกต์ในอุตสาหกรรม

### 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาความรู้เบื้องต้นและหลักการของแผงรับแสงอาทิตย์
2. ออกแบบและสร้างต้นแบบแผงรับแสงอาทิตย์
3. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ประกอบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิด ไคซ์เบด
4. ทดลองหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลที่ได้จากการทดลองนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อนำไปใช้ในด้านวิศวกรรมเคมีและอุตสาหกรรมอื่นๆ
2. เป็นการสร้างแนวความคิดในการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สามารถนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ให้เป็นประโยชน์



## บทที่ 2 การอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) หมายถึง กระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยกระบวนการระเหย ความร้อนที่ถ่ายเทจะเท่ากับความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Heat of vaporization) และความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิวัสดุเพิ่มขึ้น โดยไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Sensible heat) ระหว่างกระบวนการอบแห้งจะเกิดการถ่ายเทมวลและการถ่ายเทความร้อนในเวลาเดียวกัน และมักจะเป็นกระบวนการสุดท้ายในกระบวนการผลิต

จุดประสงค์ของการอบแห้ง เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เก็บไว้ได้นาน ลดปริมาณและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ในการเก็บและขนส่ง ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่อาจเกิดจากความชื้นภายในผลิตภัณฑ์

### 2.1 ความชื้นในวัสดุ

#### 2.1.1 ปริมาณความชื้น (คิดจากวัสดุเปียก) และอัตราส่วนความชื้น (คิดจากวัสดุแห้ง)

วิธีแสดงความชื้น (น้ำ) ที่มีอยู่ในวัสดุเปียกมี 2 แบบ คือ อัตราส่วนความชื้นซึ่งคิดโดยเปรียบเทียบกับวัสดุที่แห้ง และปริมาณความชื้นซึ่งคิดโดยเปรียบเทียบกับวัสดุที่เปียก แบบแรกจะเรียกสั้นๆ ว่า อัตราส่วนความชื้น ส่วนแบบหลังจะเรียกสั้นๆ ว่า ปริมาณความชื้น ถ้าให้  $W_d$  (กิโลกรัม น้ำ/กิโลกรัม วัสดุแห้ง) เป็นอัตราส่วนความชื้น และ  $W_w$  (กิโลกรัม น้ำ/กิโลกรัม ของวัสดุเปียก) เป็นปริมาณความชื้น ความสัมพันธ์ระหว่างสองแบบนี้ จะเป็นดังนี้

$$W_w = \frac{W_d}{(1 - W_d)} \quad (2.1)$$

$$W_d = \frac{W_w}{(1 + W_w)} \quad (2.2)$$

#### 2.1.2 อัตราส่วนความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content)

เมื่อวางวัสดุเปียกไว้ในก๊าซ (หรืออากาศ) ที่มีอุณหภูมิกิ่งที่และความชื้นคงที่ วัสดุนั้นจะแห้งขึ้นหรือดูดความชื้นเพิ่มขึ้นจนเข้าสู่ภาวะสมดุล อัตราส่วนความชื้นในที่นี้เรียกว่า อัตรา

4) การเคลื่อนที่เนื่องจากเกรเดียนต์ของความดันที่เกิดจากการหดตัวของวัสดุ

ในกรณีที่วัสดุมีเนื้อแน่นและสม่ำเสมอ การระเหยเกิดจากผิวด้านเดียวของวัสดุ อัตราการอบแห้งที่ช้าลงจะคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$R_r = -\frac{L_r dw}{A d\theta} = \frac{L_r \pi^2 D_r (w - w_c)}{4Ax_1^2} \quad (2.6)$$

- โดย  $R_r$  ค่าอัตราการอบแห้งที่ช้าลง (กิโลกรัม/วินาที-ตารางเมตร)  
 $D_r$  ค่าสัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่ของน้ำภายในวัสดุ (ตารางเมตร/วินาที)  
 $x_1$  ความหนาของวัสดุ (เมตร)  
 $w_c$  ค่าอัตราส่วนความชื้นสมดุลของวัสดุ (กิโลกรัม/กิโลกรัมวัสดุแห้ง)

ในกรณีที่การระเหยเกิดขึ้นจากผิวทั้ง 2 ด้านให้ใช้  $x/2$  แทนค่าในสมการ (2.6) สมการดังกล่าวใช้ได้กับช่วงเวลาทั้งหมดของการอบแห้งวัสดุจำพวกสับ ภูเขาหิน กาว และช่วงเวลาสุดท้ายของการอบแห้งไม้ แปะก๊วย กระจ่าง ดินเหนียว เป็นต้น

จากการอินทิเกรตสมการ (2.6) จะได้ว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งดังสมการต่อไปนี้

$$\theta = \frac{4x^2 \ln(w_1 - w_2)}{\pi^2 D_r} \quad (2.7)$$

- โดย  $w_1$  อัตราส่วนความชื้นวิกฤตของวัสดุ (กิโลกรัม/กิโลกรัมวัสดุแห้ง)  
 $w_2$  อัตราส่วนความชื้นสุดท้ายของวัสดุ (กิโลกรัม/กิโลกรัมวัสดุแห้ง)

### บทที่ 3 แผงรับแสงอาทิตย์

พื้นผิวของวัตถุใดก็ตามเมื่อได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ส่องมากระทบ พื้นผิวของวัตถุนั้นก็จะดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์และสะสมไว้ ทำให้วัตถุนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความสามารถในการดูดพลังงานความร้อนนี้ขึ้นกับคุณสมบัติของวัตถุแต่ละชนิด เมื่อวัตถุที่ได้รับแสงอาทิตย์ส่องมากระทบมีอุณหภูมิสูงกว่าวัตถุอื่นที่อยู่รอบๆ เช่น อากาศ น้ำ ดิน วัตถุนั้นจะเริ่มถ่ายเทความร้อนที่สะสมไว้ออกไป ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิและมวลของวัตถุทั้งสอง ดังนั้นเพื่อที่จะนำพลังงานความร้อนที่สะสมในวัตถุรับแสงอาทิตย์นี้ไปใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด กล่าวคือ มีการถ่ายเทความร้อนจากวัตถุรับแสงอาทิตย์ไปยังวัตถุที่เป็นตัวกลางมากที่สุด และมีการสูญเสียพลังงานความร้อนน้อยที่สุด จึงต้องออกแบบและสร้างที่เก็บรวบรวมพลังงานขึ้นมา ซึ่งอุปกรณ์ส่วนนี้เราเรียกว่า แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector) ซึ่งสามารถรับได้ทั้งรังสีตรงและรังสีกระจาย ไม่จำเป็นต้องหมุนตามดวงอาทิตย์ และไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษามาก แผงรับแสงอาทิตย์โดยทั่วไปแบ่งประเภทได้หลายลักษณะ คือ

ก. แบ่งตามอุณหภูมิที่ใช้งาน เช่น ต่ำ (น้อยกว่า  $100^{\circ}\text{C}$ ) ปานกลาง ( $100 - 300^{\circ}\text{C}$ ) สูง (มากกว่า  $500^{\circ}\text{C}$ )

ข. แบ่งตามตัวกลางหรือของไหลที่ใช้งาน เช่น อากาศ น้ำ สารละลายเอทิลีน-ไกลคอล หรือฟร็อน

ค. แบ่งตามลักษณะของผิวรับรังสี เช่น แผ่นราบ แผ่นโค้งรวมรังสีเป็นเส้นหรือรวมเป็นจุด ได้มีผู้ศึกษาและทดลองพบว่า แผงรับแสงอาทิตย์จะต้องหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์และตั้งอยู่ในแนวตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ จึงสามารถรับแสงและพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์มากที่สุด นอกจากนี้แผงรับแสงอาทิตย์จะต้องสามารถส่งพลังงานความร้อนที่ได้รับต่อไปยังตัวกลางที่เก็บสะสมได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพเพื่อให้ความร้อนสูญเสียไปน้อยที่สุด

#### 3.1 แผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบ (Flat plate collector)

แผงรับแสงอาทิตย์แบบนี้มีส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญ คือ

1. แผ่นรับรังสี (Absorbing plate) โดยทั่วไปจะเป็นแผ่นโลหะที่ฉาบสีดำด้านไว้เพื่อให้มีพฤติกรรมเช่นวัตถุดำ (วัตถุดำคือตัวดูดรังสีความร้อนที่สมบูรณ์โดยไม่คำนึงถึงความยาวคลื่นและ

ทิศทางที่รังสีตกกระทบวัตถุดำ รังสีตกกระทบทั้งหมดจะถูกดูดเอาไว้ วัตถุดำเป็นเพียงวัตถุที่สมมุติขึ้นมา เนื่องจากวัตถุจริงทั้งหลายจะสะท้อนรังสีบางส่วนและยอมให้รังสีบางส่วนผ่านทะลุได้) โดยธรรมชาติถึงแม้ว่าจะไม่มีวัตถุดำที่แท้จริงเกิดขึ้นก็ตาม วัตถุบางชนิดก็มีคุณสมบัติใกล้เคียงวัตถุดำ เช่น แผ่นคาร์บอนดำหาครุรังสีความร้อนที่ตกกระทบได้ทั้งหมดประมาณ 99% ก็อาจถือว่าเป็นวัตถุดำได้ เนื่องจาก ไม่มีการสะท้อนกลับของรังสี

2. แผ่นปิดคลุมด้านหน้า โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่ใช้ปิดแผงรับแสงอาทิตย์ต้องเป็นวัสดุที่ยอมให้แสงผ่านได้ เช่น กระจก แผ่นกระจกจะวางปิดด้านบนของแผงรับแสงอาทิตย์ เพราะฉะนั้นจะมีด้านหนึ่งของกระจกหันเข้าหาดวงอาทิตย์ส่วนอีกด้านหนึ่งหันลงข้างล่าง เมื่อแสงอาทิตย์กระทบแผงรับแสงอาทิตย์จึงเกิดการสูญเสียพลังงานโดยการสะท้อนกลับได้ คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของกระจกสำหรับแผงรับแสงอาทิตย์คือความสามารถในการยอมให้รังสีผ่านได้ ซึ่งวัตถุออกมาเป็นค่าการผ่านทะลุ โดยค่านี้ขึ้นอยู่กับค่าครุขี้นการหักเหของกระจก

การสูญเสียพลังงานจากแสงอาทิตย์โดยการดูดกลืนแสงอาทิตย์ของกระจกขึ้นอยู่กับปริมาณ  $Fe_2O_3$  (Iron oxide) ในเนื้อกระจก ถ้าเนื้อกระจกมีปริมาณ  $Fe_2O_3$  น้อยจะดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์เพียงเล็กน้อย แต่ถ้าเนื้อกระจกมีปริมาณ  $Fe_2O_3$  มากจะดูดกลืนรังสีในช่วงอินฟราเรดไว้วิธีหนึ่งที่จะทราบได้ว่ากระจกนั้นมีปริมาณ  $Fe_2O_3$  มากหรือน้อยสังเกตได้จากสีของขอบกระจก ถ้าขอบกระจกมีสีเขียวมากแสดงว่ามีปริมาณ  $Fe_2O_3$  มาก

เราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ให้ดูดความร้อนได้มากขึ้นโดยเพิ่มจำนวนกระจกที่ใช้ปิดแผงรับแสงอาทิตย์ อาจจะเป็นสองหรือสามชั้นก็ได้ แต่การเพิ่มจำนวนแผ่นกระจกอาจไม่มีประโยชน์หากแผงรับแสงอาทิตย์ฉาบไว้ด้วยวัสดุที่ดูดความร้อนได้ดีและคายความร้อนช้า เพราะจะกลายเป็นการลดปริมาณความร้อนที่จะผ่านทะลุเข้ามากระทบแผงรับแสงอาทิตย์

แผ่นปกคลุมอาจใช้พลาสติกใสแทนได้ แต่พลาสติกใสจะมีอายุการใช้งานสั้นเนื่องจากมันจะสูญเสียคุณสมบัติโปร่งใสไปทีละน้อย ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานลดลงเรื่อยๆ อย่างไรก็ตามแผ่นพลาสติกก็มีราคาถูกกว่ากระจก ในปัจจุบันแผ่นพลาสติกได้รับการปรับปรุงอยู่เรื่อยๆจนกระทั่งมีอายุการใช้งานนานขึ้น เช่น แผ่นพลาสติกฮาไลต์ แผ่นพลาสติกเทคตา และแผ่นพลาสติกไมลา หรือที่เรียกว่าแผ่นโพลีไวนิลฟลูออไรด์ (Polyvinyl fluoride)

3. ฉนวน ทำด้วยใยแก้วหรือโฟม เป็นส่วนที่อยู่ด้านล่างและรอบๆข้างของแผงรับแสงอาทิตย์ ทำหน้าที่ป้องกันการถ่ายเทความร้อนออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ทางด้านล่างและด้านข้าง

4. ท่อ ซึ่งจะใช้เฉพาะในระบบที่ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน ซึ่งท่อนี้จะติดอยู่กับแผ่นรับรังสีเพื่อทำหน้าที่คอยรับพลังงานความร้อนจากแผ่นรับรังสีเข้าสู่ของไหลภายในท่อ จากนั้นก็นำของเหลวที่มีอุณหภูมิสูงนี้ไปใช้งาน

ในการออกแบบสร้างตัวรับแสงแผ่นราบนี้ สิ่งที่ต้องพิจารณาคือ ช่องว่างระหว่างแผ่นดูดรังสีกับฝาปิดโปร่งใส Sayigh [4] ทดลองพบว่า ระยะห่างนี้ต้องไม่ต่ำกว่า 4 เซนติเมตร และไม่มากกว่า 8 เซนติเมตร เพราะจะเกิดเงาจากฝาด้านข้าง

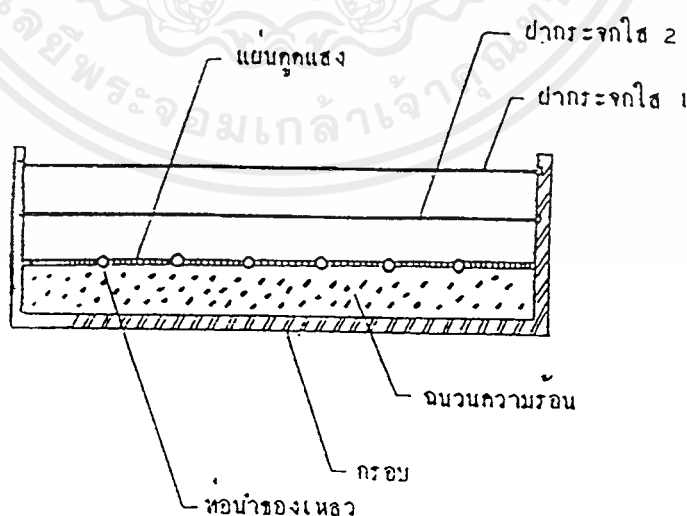
แผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบที่ผลิตจำหน่ายทั่วไปส่วนมากมีประสิทธิภาพตั้งแต่ 50 % ถึง 67 % และผู้ผลิตจะไม่พยายามออกแบบให้มีประสิทธิภาพให้สูงตามทฤษฎี เนื่องจากต้องการลดต้นทุนการผลิตให้มากที่สุด

### 3.2 ประเภทแผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบ

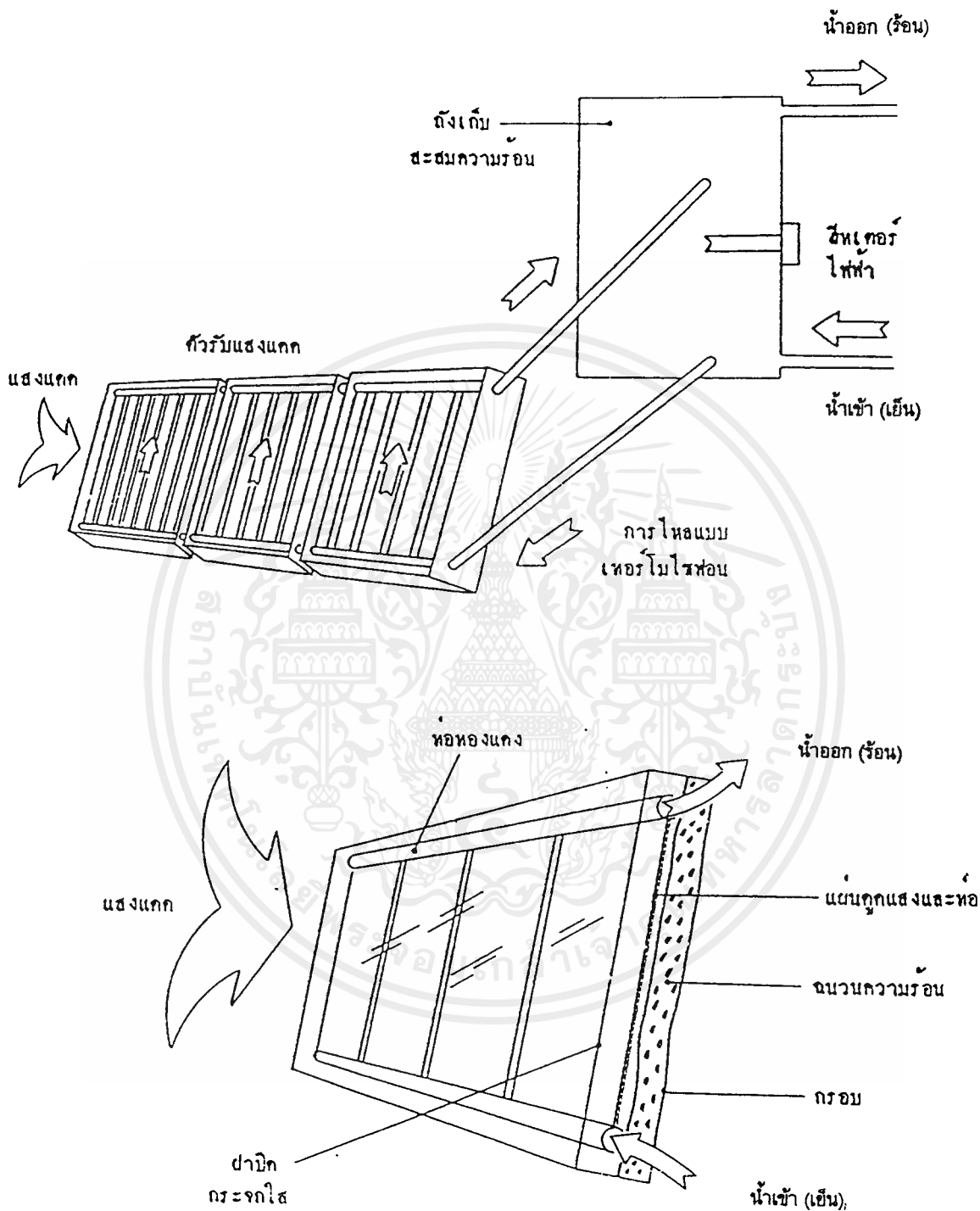
แผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบแบ่งตามประเภทของไหลทำงาน คือ เครื่องทำน้ำร้อน และ เครื่องทำอากาศร้อน

1. เครื่องทำน้ำร้อน ใช้น้ำเป็นของไหลทำงาน อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ได้มักต่ำกว่า 90 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับใช้ตามบ้านเรือนหรืออุตสาหกรรมบางประเภท ลักษณะของเครื่องทำน้ำร้อนแสดงดังรูปที่ 3.1 ก และ ข

2. เครื่องทำอากาศร้อน ใช้อากาศเป็นของไหลทำงาน ใช้สำหรับปรับอากาศให้อุ่น และใช้อบไล่ความชื้นจากอาหารและเมล็ดพืช ลักษณะของเครื่องทำอากาศร้อนแสดงดังรูปที่ 3.1 ค และ ง สำหรับแผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบที่ใช้ในโครงการนี้เป็นประเภทเครื่องทำอากาศร้อน ดังรูปที่ 3.1 ง (2)

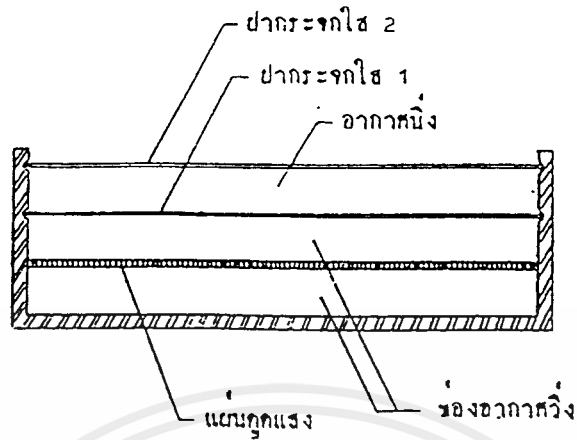


รูปที่ 3.1 ก ลักษณะทั่วไปของเครื่องทำน้ำร้อน

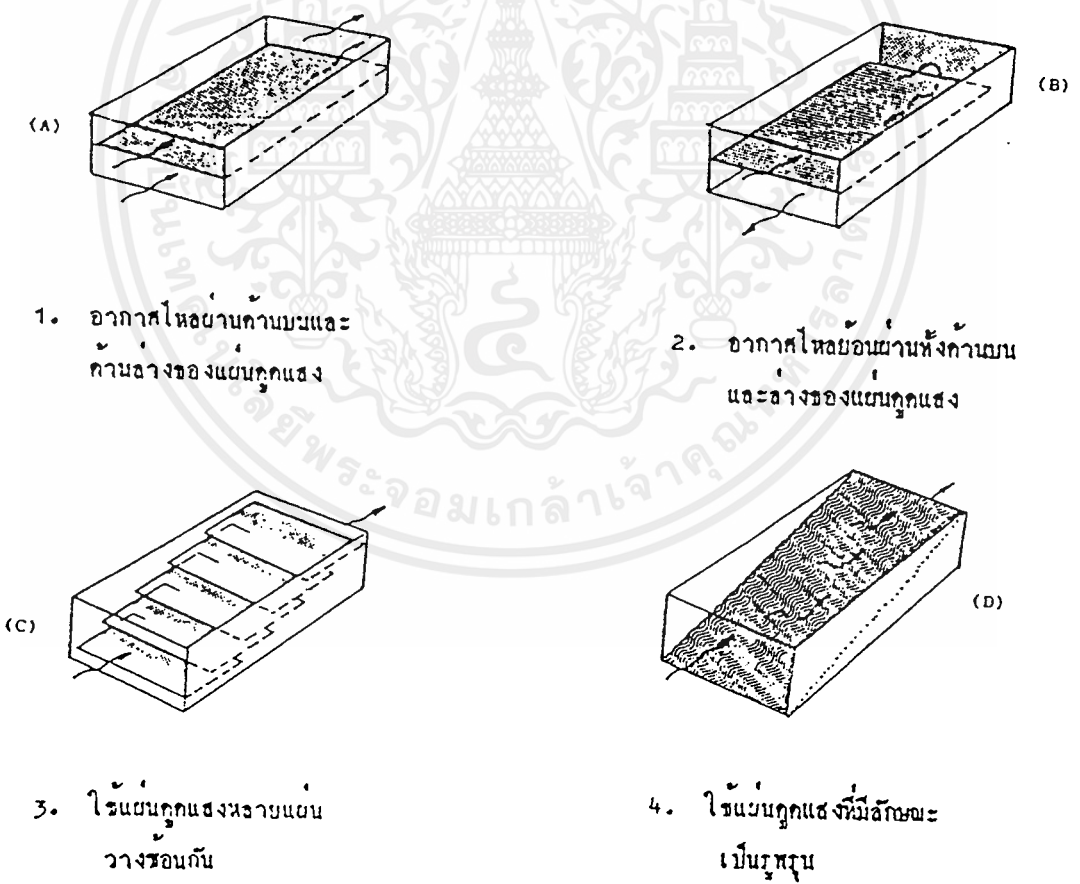


**รูปที่ 3.1 ข เครื่องทำน้ำร้อนแบบที่มีระบบการไหลแบบเทอร์โมไซฟอน หรือการไหลเวียนแบบธรรมชาติ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



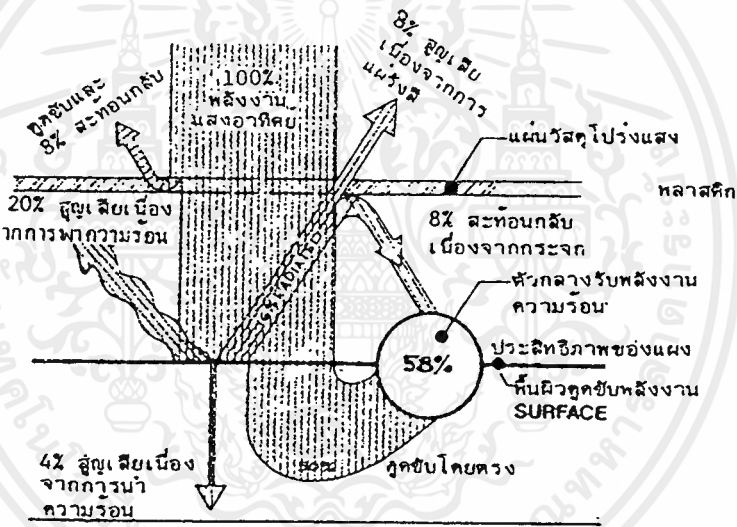
รูปที่ 3.1 ค ลักษณะทั่วไปของเครื่องทำอากาศร้อน



รูปที่ 3.1 ง เครื่องทำอากาศร้อนประเภทต่างๆ

3.3 ส่วนต่างๆของพลังแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 3.2 พลังงานจากแสงอาทิตย์เมื่อส่องมากระทบบนแผงรับแสงอาทิตย์ที่ปิดด้วยแผ่นวัสดุโปร่งใส เช่น แผ่นกระจกหรือพลาสติก ปริมาณความร้อนประมาณ 8% จะถูกแผ่นวัสดุโปร่งใสดูดซับและสะท้อนกลับ ที่เหลือออกนั้นประมาณ 92% จะถูกส่งผ่านไปยังพื้นผิวดูดซับพลังงาน พลังงานความร้อนประมาณ 20% จะสูญเสียไปจากการพาความร้อนของอากาศที่คั่นระหว่างแผ่นวัสดุโปร่งใสกับพื้นผิวดูดซับ พลังงานอีก 16% จะสูญเสียไปจากการแผ่รังสีของพื้นผิว แต่จะได้กลับคืนมา 8% เนื่องจากการสะท้อนกลับที่แผ่นวัสดุโปร่งใส และพลังงาน 4% จะสูญเสียไปจากการนำความร้อนของพื้นผิวดูดซับพลังงาน สรุปแล้วเราจะได้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประมาณ 58% คือ 50% จากการที่ตัวกลางสะสมพลังงานความร้อนดูมาโดยตรง และอีก 8% จากการสะท้อนกลับที่แผ่นวัสดุโปร่งใส [7]



รูปที่ 3.2 ส่วนต่างๆของพลังแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับแสงอาทิตย์

3.4 การสูญเสียความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบ

การสูญเสียความร้อนแบ่งตามลักษณะการสูญเสียความร้อนได้เป็น 3 แบบ ดังนี้

1. การสูญเสียความร้อนโดยการนำความร้อน (Conduction heat loss) โดยการนำผ่านทางด้านข้างและด้านหลังของแผงรับแสงอาทิตย์ โดยปกติการสูญเสียความร้อนโดยการนำความร้อนจะไม่น่ามาคิดในการออกแบบด้านแผงรับแสงอาทิตย์นั้นมีการรบกวนไว้เป็นอย่างดี
2. กรณีที่ใช้น้ำเป็นของไหลทำงาน การสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อน(Convection heat loss) เกิดขึ้นระหว่างแผ่นรับรังสีกับบรรยากาศโดยรอบของแผงรับแสงอาทิตย์ ผ่านตัวพาความร้อนแต่ละด้านของแผ่นวัสดุโปร่งใส การลดขนาดของช่องอากาศระหว่างแผ่นวัสดุโปร่งใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(กรณีที่ใช้ฝาปิดโปรงใสมากกว่า 1 ชั้น) ให้อยู่ในช่วง 0.4-0.75 นิ้ว จะเป็นการช่วยลดการสูญเสียความร้อนโดยการพาให้อยู่ในระดับที่น้อยที่สุด

อีกวิธีที่ช่วยลดการสูญเสียความร้อนโดยการพา คือ การใส่วัสดุที่คล้ายรังผึ้งเข้าไประหว่างแผ่นรับรังสีและฝาปิดโปรงใส ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียได้ แผ่นรังผึ้งนี้จะไม่ขวางทางแสงอาทิตย์ที่ต้องเข้ามาถ้าจัดรูของแผ่นรังผึ้งให้อยู่ในมุมที่เหมาะสม แผ่นรังผึ้งจะช่วยสะท้อนแสงจากภายนอกที่ต้องเข้าไปให้สะท้อนกระทบผิวรับรังสีโดยที่แผงรับแสงอาทิตย์อยู่ในแนวดิ่ง

ถ้าจะลดการสูญเสียความร้อนจากการพาให้หมดไป เราต้องทำให้ช่องว่างระหว่างฝาปิดโปรงใสกับผิวรับรังสีเป็นสุญญากาศ ซึ่งการทำเช่นนี้จะทำให้สิ้นเปลืองมากและราคาจะแพงขึ้นโดยไม่จำเป็น

3. การสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสี (Radiation heat loss) การสูญเสียแบบนี้สามารถลดได้โดยการเลือกใช้สารที่เคลือบผิวรับรังสีให้มีความการดูดซับรังสีแสงอาทิตย์มากกว่าและเท่ากับ 0.9 การสูญเสียความร้อนแบ่งตามพื้นที่การสูญเสียความร้อน แบ่งได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การสูญเสียความร้อนทางด้านบน คือ จากแผ่นรับรังสีมายังฝาปิดโปรงใสโดยการพาความร้อน และการแผ่รังสีอินฟราเรด จากนั้นความร้อนจะถูกถ่ายเทจากฝาปิดโปรงใสออกไปสู่บรรยากาศโดยการพาความร้อน และโดยการแผ่รังสีอินฟราเรด

2. การสูญเสียความร้อนทางด้านล่างในกรณีที่แผงรับแสงอาทิตย์เป็นแบบชั้นเดียว คือ จากแผ่นรับรังสีลงมาทางด้านล่างโดยการนำความร้อนผ่านทางฉนวน และจากผิวฉนวนสู่บรรยากาศโดยการพาและการแผ่รังสีความร้อน

ปกติแล้วการสูญเสียความร้อนทางด้านบนจะสูงกว่าทางด้านล่างมาก

### 3.5 การเลือกผิวรับรังสีเพื่อประโยชน์ในการใช้งาน

ดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิที่ผิวประมาณ 6000 K รังสีที่ออกจากดวงอาทิตย์เป็นรังสีคลื่นสั้นหรือรังสีแสงอาทิตย์ (Solar or short wave radiation) และมีความยาวคลื่นประมาณ 0.3-3.0 ไมโครเมตร ส่วนรังสีที่ออกจากดินกำเนิดที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยากาศเป็นรังสีคลื่นยาวและมีความยาวคลื่นมากกว่า 3 ไมโครเมตร ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคลื่นของรังสีความร้อนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุที่ปล่อยรังสี วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงจะปล่อยรังสีคลื่นสั้นกว่าวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ด้วยเหตุนี้วัสดุที่ใช้ทำแผงรับแสงอาทิตย์จะต้องมีผิวที่มีค่าการดูดรังสีความร้อนสูง สำหรับรับรังสีจากดวงอาทิตย์ และมีค่าการปล่อยรังสีความร้อนต่ำสำหรับรังสีคลื่นยาว ผิวที่มีคุณสมบัติเช่นนี้สามารถทำได้เพราะมีการเหลื่อมกันเล็กน้อยในช่วงความยาวคลื่นระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้ามาและรังสีคลื่นยาวที่ปล่อยออกไป

### 3.6 หลักการสำคัญในการได้มาซึ่งผิวอุดมคติ

1. ใช้วัสดุเคลือบที่มีค่าการดูดรังสีความร้อนสูงสำหรับรังสีแสงอาทิตย์ และมีค่าการผ่านทะลุสูงสำหรับรังสีคลื่นยาว ทาเคลือบวัตถุที่มีค่าการปล่อยรังสีความร้อนต่ำสำหรับรังสีคลื่นยาว วัสดุที่ใช้เคลือบอาจเป็นเนื้อเดียวกันหรือมีโครงสร้างเป็นชั้นเล็กๆ (Particular structure) เช่น วัสดุเคลือบที่เป็นออกไซด์ของโลหะ

2. โครงสร้างของผิวโลหะที่มีการสะท้อนรังสีสูง อาจทำให้ผิวเป็นตัวรับรังสีที่ดีของรังสีคลื่นสั้นได้โดยการทำให้เป็นร่องหรือบ่อ (Grooving or pitting) ที่ผิวให้มีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่นวิกฤต ดังนั้นผิวนี้จะดูดกลืนรังสีคลื่นสั้นแต่จะปล่อยรังสีคลื่นยาวเหมือนผิวเรียบ

3. เลือกผิวอุดมคติตามทิศทางได้โดยเจาะผิวเป็นรูปตัววีใหญ่ (V) เพื่อให้มีการสะท้อนกลับหลายครั้งในช่อง ทำให้ค่าการดูดกลืนรังสีคลื่นยาวเพิ่มขึ้น แต่ในขณะที่ผิวเคลือบค่าการส่งออกรังสีคลื่นยาวก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

### 3.7 การวัดพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องมือ

พลังงานแสงอาทิตย์ส่วนที่สามารถนำมาใช้งานได้ แบ่งเป็น 2 ชนิดตามความยาวคลื่น คือ

1. พลังงานชนิดคลื่นสั้นหรือพลังงานแบบรังสีตรง (Beam radiation) พลังงานชนิดนี้ได้มาจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์

2. พลังงานชนิดคลื่นยาว (ความยาวคลื่นมากกว่า 30 ไมโครเมตร) หรือพลังงานแบบกระจาย (Diffuse solar radiation) พลังงานชนิดนี้ไม่ได้แผ่รังสีมาจากดวงอาทิตย์โดยตรง แต่มาจากแหล่งอื่นที่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์จนตนเองมีอุณหภูมิสูงขึ้น แล้วจึงแผ่รังสีมาให้แผ่นรับรังสี

สำหรับวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส (บรรยากาศที่ปกคลุมผิวโลกขณะนั้นประกอบด้วยปริมาณไอน้ำหรือเมฆน้อย) พลังงานที่รับได้เกือบทั้งหมดเป็นชนิดคลื่นสั้น ส่วนในวันที่ท้องฟ้าไม่แจ่มใส พลังงานที่ได้รับจะเป็นชนิดคลื่นยาวมากกว่าคลื่นสั้น จะมากน้อยกว่าเท่าไรขึ้นกับความไม่แจ่มใสของท้องฟ้า แต่ถ้าขณะใดก็ตามที่ปริมาณเมฆหนาจนไม่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์ นั้นหมายถึงจะไม่มีพลังงานชนิดคลื่นสั้น

เครื่องมือวัดปริมาณแสงอาทิตย์แบ่งได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด (Total or global solar radiation) จะวัดพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบรังสีตรงและแบบกระจาย เครื่องมือที่ใช้วัดคือ ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer)

2. เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์แบบรังสีตรง แบบนี้วัดเฉพาะพลังงานแบบคลื่นสั้นหรือแบบรังสีตรง เครื่องมือที่ใช้วัดคือ ไพเรลิโอมิเตอร์ (Pyrheliometer)

๗ ตำแหน่งและเวลาเดียวกัน ปริมาณพลังงานที่อ่าน โดยไพราโนมิเตอร์จะมีค่าสูงกว่าแบบไพร์เฮลิโอมิเตอร์ ปริมาณพลังงานส่วนที่มากกว่าคือพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจาย

3.8 การเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบ

ตารางที่ 3.1 การสูญเสียความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบทั่วไป [4]

ชนิดของการสูญเสีย	ร้อยละ
ที่ขอบ	1-3
ด้านหลัง	5-10
การแผ่รังสี	5-7
การพาความร้อน	22-30

ดังนั้นถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ ก็ต้องพยายามลดการสูญเสียความร้อน ดังนี้

1. เพิ่มค่าการส่งผ่านรังสีของฝาปิดโปร่งใส โดยใช้แผ่นกระจกที่มีปริมาณ  $Fe_2O_3$  ต่ำ หรือใช้พลาสติกสังเคราะห์ เช่น ฮายลา เทคลา และ ไมลา เป็นต้น
2. ทำให้ที่ว่างภายในตัวรับแสงเป็นสุญญากาศ
3. กรณีที่ใช้น้ำเป็นของไหลทำงาน ใช้ผนังแบบรวงผึ้ง (Honey comb) วางในช่องว่างระหว่างฝาปิดกับแผ่นดูดรังสี ทำให้อากาศนิ่ง ป้องกันการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อน
4. ลดการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสี โดยการเลือกใช้สารที่เคลือบผิวแผ่นดูดรังสีเพื่อให้มีสภาพการแผ่รังสีอินฟราเรดต่ำ และมีสภาพการดูดรังสีในช่วงคลื่นสั้นสูง ปัจจุบันจะเคลือบแผ่นรับรังสีด้วยแบล็คโครม (Black chrome) ซึ่งมีสภาพการดูดคลื่นรังสี ( $\alpha$ ) เท่ากับ 0.92-0.94 และสภาพการส่งออกรังสี ( $\epsilon$ ) เท่ากับ 0.08-0.10 ซึ่งนำมาใช้ผลิตในทางอุตสาหกรรมได้

3.9 ข้อควรทราบบางประการในการออกแบบและสร้างแผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบ

1. ปกติจะไม่ปิดฝากระจกให้แน่นสนิทจนอากาศเข้าออกไม่ได้ เพราะต้องการให้ช่องว่างภายในมีอากาศเช่นเดียวกับบรรยากาศภายนอก เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนจากการพาและการแผ่รังสีความร้อน ผลเสียที่เกิดตามมาคือ มีฝุ่นและความชื้นเล็ดลอดเข้าไปทำให้แผ่นรับรังสีสุกก่อน
2. วัสดุฉนวนที่นำมาบุในตัวรับแสงมักมีความชื้น เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น ความชื้นจะระเหยขึ้นมาและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่ผิวของฝากระจกด้านใน ทำให้บังแสงอาทิตย์ที่ส่องเข้ามา ความชื้นที่เกิดขึ้นนี้จะกัดกร่อนแผ่นรับรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต้องเว้นที่ว่างไว้สำหรับการขยายตัวออกของฝากระจก มิฉะนั้นจะเกิดความเค้นเนื่องจากความร้อนทำให้กระจกแตก และขอบแผงรับแสงอาทิตย์ควรทำให้ลาดเอียงเพื่อป้องกันน้ำขังบนฝากระจก

4. กรณีที่ใช้น้ำเป็นของไหลทำงาน อย่างนำแผงรับแสงอาทิตย์ไปใช้งานในขณะที่ไม่มีของไหลอยู่ภายใน มิฉะนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นจะสูงมากทำให้ฝากระจกเกิดการขยายตัวมากผิดปกติ ทำให้แตกเสียหายได้

5. ถ้าต้องการป้องกันไม่ให้รังสีอินฟราเรดเล็ดลอดออกไป สามารถทำได้โดยเคลือบสารเคมีพิเศษบนผิวกระจกด้านใน

### 3.10 สมการพลังงานสำหรับแผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบ

ใช้สมการพลังงานอธิบายการทำงานของแผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบ แบบฝาปิดเป็นกระจก 1 ชั้น และตัวแผงมี 2 ชั้น โดยอากาศจะผ่านเข้าทางด้านล่างและไหลย้อนผ่านทางด้านบนของแผง ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับที่ใช้ในโครงการนี้ โดยแสดงให้เห็นว่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบนั้นถูกใช้ประโยชน์ และมีการสูญเสียพลังงานมากน้อยอย่างไร สมการพลังงานของแผงรับแสงอาทิตย์เขียนได้เป็น

$$H(TC)A_c = Q_u + Q_L + Q_s \quad (3.1)$$

โดย	H	อัตราการตกกระทบของรังสีแสงอาทิตย์ทั้งรังสีตรงและรังสีกระจายบนพื้นที่หนึ่งหน่วยบนแผงรับแสงอาทิตย์ (วัตต์/ตารางเมตร)
	$A_c$	พื้นที่ผิวรับรังสี (ตารางเมตร)
	(TC)	ผลคูณระหว่างค่าการทะลุผ่านของรังสีและค่าการดูดกลืนรังสีของกระจก
	$Q_u$	อัตราการส่งผ่านความร้อนไปสู่อากาศ (วัตต์)
	$Q_L$	อัตราการสูญเสียพลังงานความร้อน โดยการพาความร้อน การนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน (วัตต์)
	$Q_s$	อัตราการสะสมพลังงานความร้อนที่ผิวรับรังสี (วัตต์)

#### 3.10.1 การคำนวณอัตราการสูญเสียพลังงานความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์

สมการสำหรับคำนวณอัตราการสูญเสียพลังงานความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์เขียนได้เป็น

$$Q_L = Q_{L_t} + Q_{L_b} \quad (3.2)$$

โดย	$Q_{L_t}$	พลังงานความร้อนที่สูญเสียทางด้านบน (Top heat loss) (วัตต์)
	$Q_{L_b}$	พลังงานความร้อนที่สูญเสียทางด้านล่าง (Back heat loss) (วัตต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำ  $Q_{Lr}$

การสูญเสียพลังงานความร้อนทางด้านบนของแผงรับแสงอาทิตย์เกิดจาก การสูญเสียพลังงานความร้อนโดยการพาและการแผ่รังสีความร้อนจากกระจกออกสู่บรรยากาศโดยรอบ ส่วนการสูญเสียพลังงานความร้อนโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนจากผิวรับรังสีสู่อากาศทางด้านบนของผิวรับรังสีจะไม่นำมาคำนวณเป็นพลังงานความร้อนที่สูญเสียทางด้านบน เนื่องจากพลังงานส่วนนี้จะถูกถ่ายเทให้กับอากาศเหนือผิวรับรังสีเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ดังนั้น

$$Q_{Lr} = h_w A_c (T_w - T_\alpha) + 0.171 A_c \epsilon_w \left[ \left( \frac{T_w}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_\alpha}{100} \right)^4 \right] \quad (3.3)$$

$$Q_{Lr} = \left[ h_w A_c + \frac{0.171 A_c \epsilon_w (T_w^2 + T_\alpha^2)(T_w + T_\alpha)}{(100)^4} \right] (T_w - T_\alpha) \quad (3.4)$$

$$h_w = j(\rho C_p) / N_{Pr}^{2/3} \quad (3.5)$$

$$j\text{-factor} = 2.47 N_{Re,L}^{-0.58} \quad (3.6)$$

$$Q_{Lr} = U_i (T_w - T_\alpha) \quad (3.7)$$

ดังนั้น

$$U_i = h_w A_c + \frac{0.171 A_c \epsilon_w (T_w^2 + T_\alpha^2)(T_w + T_\alpha)}{(100)^4} \quad (3.8)$$

**หมายเหตุ** สมการ (3.5) ใช้ได้สำหรับแผงรับแสงอาทิตย์ที่มีมุมเอียงอยู่ในช่วง 0-20 องศาและความเร็วลมที่พัดผ่านเหนือระนาบแผงมีค่าไม่เกิน 3 เมตร/วินาที [5]

โดย	$h_w$	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลม (วัตต์/ตารางเมตร-องศาเซลวิน)
	$T_w$	อุณหภูมิของกระจก (องศาเซลวิน)
	$T_\alpha$	อุณหภูมิของอากาศรอบแผงรับแสงอาทิตย์ซึ่งมีค่าเท่ากับอุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่แผง (องศาเซลวิน)
	$\epsilon_w$	ค่าการส่งออกรังสีความร้อนของกระจก
	$N_{Re,L}$	Reynolds number = $Lu\rho / \mu$
	$N_{Pr}$	Prandtl number = $C_p \mu / k$
	$L$	ความยาวของแผงรับแสงอาทิตย์ (เมตร)
	$u$	ความเร็วของอากาศ (เมตร/วินาที)
	$\rho$	ความหนาแน่นของอากาศ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

$\mu$	ความหนืดของอากาศ (กิโลกรัม/เมตร-วินาที)
$k$	สภาพนำความร้อนของอากาศ (วัตต์/เมตร-องศาเซลวิน)
$C_p$	ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (จูล/กิโลกรัม-องศาเซลวิน)
$U_i$	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนทางด้านบน (วัตต์/ตารางเมตร-องศาเซลวิน)

การทำ  $Q_{Lb}$

การสูญเสียพลังงานความร้อนของชั้นล่างของแผงรับแสงอาทิตย์เกิดจากการสูญเสียพลังงานความร้อนจากการนำความร้อนผ่านทางฉนวน การพาและการแผ่รังสีความร้อนจากด้านล่างของแผงรับแสงอาทิตย์ออกสู่บรรยากาศโดยรอบ ส่วนพลังงานความร้อนที่สูญเสียโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนจากผิวรับรังสีสู่อากาศทางด้านล่างของผิวรับรังสีจะไม่นำมาคำนวณเป็นการสูญเสียความร้อนทางด้านล่าง เนื่องจากพลังงานส่วนนี้จะถูกถ่ายเทให้กับอากาศใต้ผิวรับรังสี ดังนั้น สมการที่ใช้ในการคำนวณการสูญเสียความร้อนทางด้านล่างจึงเป็นดังนี้

- การสูญเสียพลังงานความร้อนโดยการนำผ่านฉนวน

$$Q_{Lb} = \frac{k_y}{x} A_c (T_A - T_Y) \quad (3.9)$$

โดย  $k_y$  สภาพนำความร้อนของฉนวน (วัตต์/เมตร-องศาเซลวิน)

$x$  ความหนาของฉนวน (เมตร)

$T_A$  อุณหภูมิของแผ่นอุทมิเนียมชั้นล่างของแผงรับแสงอาทิตย์ (องศาเซลวิน)

$T_Y$  อุณหภูมิเฉลี่ยของฉนวน (องศาเซลวิน)

- การสูญเสียพลังงานความร้อนโดยการพาและการแผ่รังสีความร้อนจากฉนวนออกสู่บรรยากาศโดยรอบ

$$Q_{Lb} = h_w A_c (T_Y - T_\alpha) + 0.171 A_c \epsilon_y \left[ \left( \frac{T_Y}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_\alpha}{100} \right)^4 \right] \quad (3.10)$$

$$Q_{Lb} = \left[ h_w A_c + \frac{0.171 A_c \epsilon_y (T_Y^2 + T_\alpha^2)(T_Y + T_\alpha)}{(100)^4} \right] (T_Y - T_\alpha) \quad (3.11)$$

โดย  $\epsilon_y$  ค่าการส่งออกรังสีความร้อนของฉนวน

จากสมการ (3.9) และ (3.11) จะได้

$$Q_{Lb} \left[ \frac{x}{k_Y A_c} + \frac{1}{h_w A_c + \frac{0.171 A_c \epsilon_Y (T_Y^2 + T_\alpha^2)(T_Y + T_\alpha)}{(100)^4}} \right] = T_A - T_\alpha \quad (3.12)$$

$$Q_{Lb} = \frac{1}{\frac{x}{k_Y A_c} + \frac{1}{h_w A_c + \frac{0.171 A_c \epsilon_Y (T_Y^2 + T_\alpha^2)(T_Y + T_\alpha)}{(100)^4}}} (T_A - T_\alpha) \quad (3.13)$$

$$Q_{Lb} = U_b (T_A - T_\alpha) \quad (3.14)$$

ดังนั้น

$$U_b = \frac{1}{\frac{x}{k_Y A_c} + \frac{1}{h_w A_c + \frac{0.171 A_c \epsilon_Y (T_Y^2 + T_\alpha^2)(T_Y + T_\alpha)}{(100)^4}}} \quad (3.15)$$

โดย  $U_b$  สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนทางค้ำล่าง (วัตต์/ตารางเมตร-องศาเซลเซียส)

### 3.10.2 การคำนวณอัตราการส่งผ่านความร้อน ไปสู่อากาศ

คำนวณจากสมการ (3.1) จะได้

$$Q_U = H(T\alpha)A_c - Q_L - Q_S \quad (3.16)$$

### 3.10.3 การคำนวณอุณหภูมิที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์

คำนวณโดยใช้สมการต่อไปนี้

$$Q_U = m_1 C_{p,AVG} (T_2 - T_1) \quad (3.17)$$

$$m_1 = \rho_1 u_1 A_1 \quad (3.18)$$

ดังนั้น

$$T_2 = \frac{Q_U}{m_1 C_{p,AVG}} + T_1 \quad (3.19)$$

โดย  $m_1$  อัตราการไหลโดยมวลของอากาศที่เข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ (กิโลกรัม/วินาที)

$C_{p,Avg}$	ความจุความร้อนจำเพาะเฉลี่ยของอากาศภายในแผงรับแสงอาทิตย์ (จูล/กิโลกรัม-องศาเซลเซียส)
$T_2$	อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ (องศาเซลเซียส)
$T_1$	อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ (องศาเซลเซียส)
$A_1$	พื้นที่หน้าตัดที่อากาศไหลเข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ (ตารางเมตร)
$\rho_1$	ความหนาแน่นของอากาศที่เข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
$u_1$	ความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ (เมตร/วินาที)

#### 4.10.4 การคำนวณประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ หมายถึง อัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่นำมาใช้ได้จากแผงต่อพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ให้กับแผงรับแสงอาทิตย์นั้น คำนวณดังนี้

$$\eta = \frac{Q_u}{HA_c} \times 100 \quad (3.20)$$

หรือ

$$\eta = \frac{m_1 C_{p,Avg} (T_2 - T_1)}{HA_c} \times 100 \quad (3.21)$$

- 1) ประสิทธิภาพทางทฤษฎี คำนวณจากสมการ (3.20) หรือ (3.21) โดยใช้ค่า  $Q_u$  หรือ  $T_2$  ที่คำนวณได้
- 2) ประสิทธิภาพที่แท้จริง คำนวณจากสมการ (3.21) โดยใช้ค่า  $T_2$  ที่ได้จากการทดลอง

## บทที่ 4

### ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งและหลักการทำงาน

เครื่องอบแห้งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

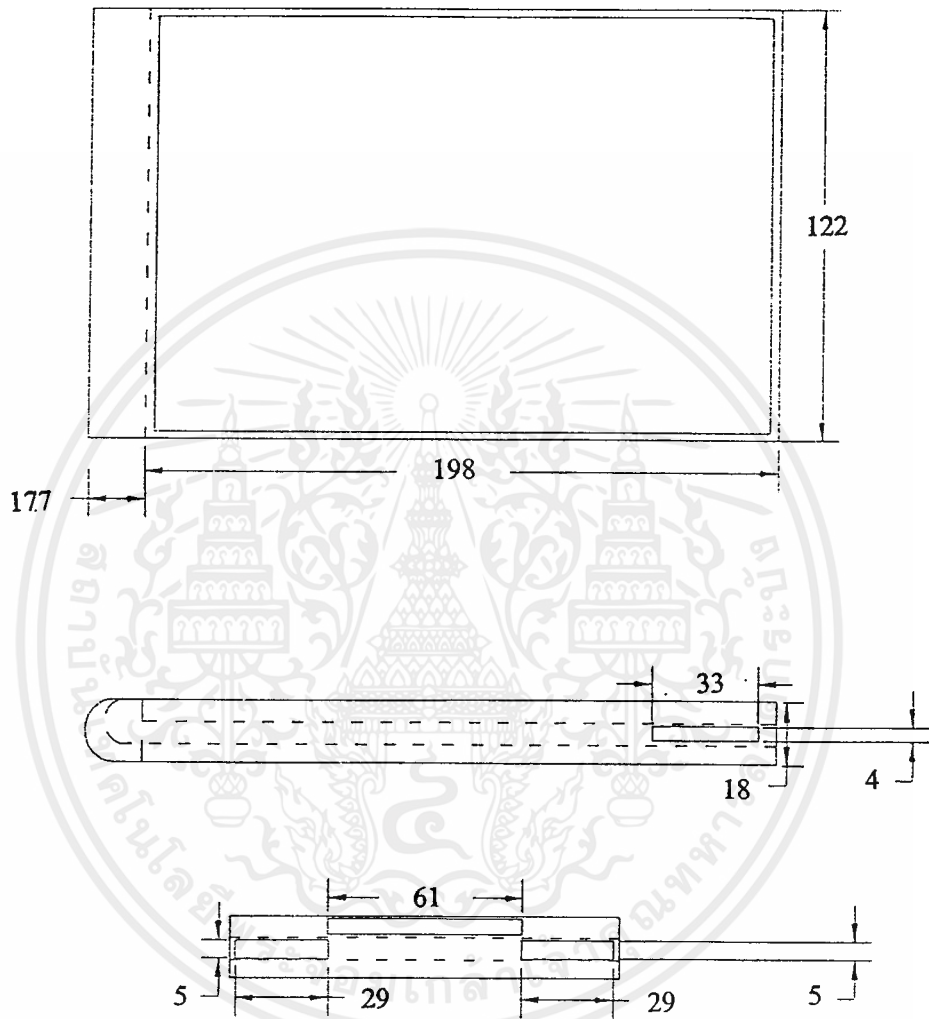
1. แผงรับแสงอาทิตย์
2. คอลัมน์อบแห้งแบบฟลูอิด ไคซ์เบค
3. ไซโคลน
4. พัดลมดูดอากาศ
5. ระบบท่อเชื่อมอุปกรณ์

#### 4.1 ส่วนประกอบ

##### 4.1.1 แผงรับแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย

- 1) แผ่นอลูมิเนียมหนา 2 มิลลิเมตร
- 2) แผ่นอลูมิเนียมหนา 1 มิลลิเมตร
- 3) เหล็กฉาก 2.54 เซนติเมตร
- 4) เหล็กแบน 2.54 เซนติเมตร
- 5) เหล็กกล่อง 2.54 เซนติเมตร
- 6) แผ่นกระຈกขนาด 122 เซนติเมตร×198 เซนติเมตร
- 7) สีสาค้าน

ดังรูปที่ 4.1



**หมายเหตุ** หน่วยที่ใช้ : เซนติเมตร

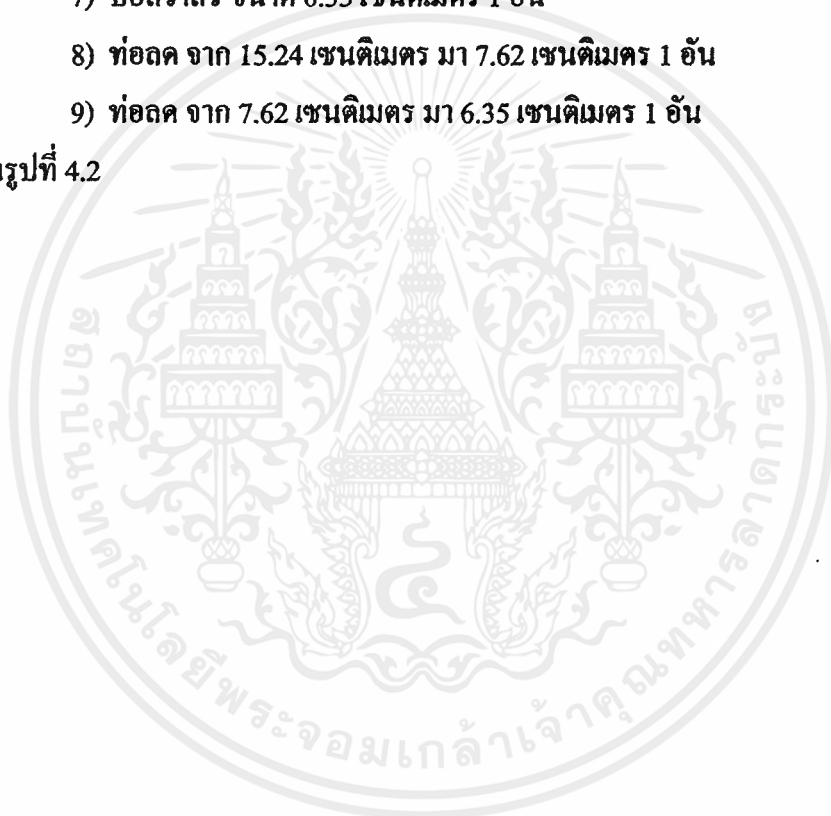
#### รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของแผงรับแสงอาทิตย์

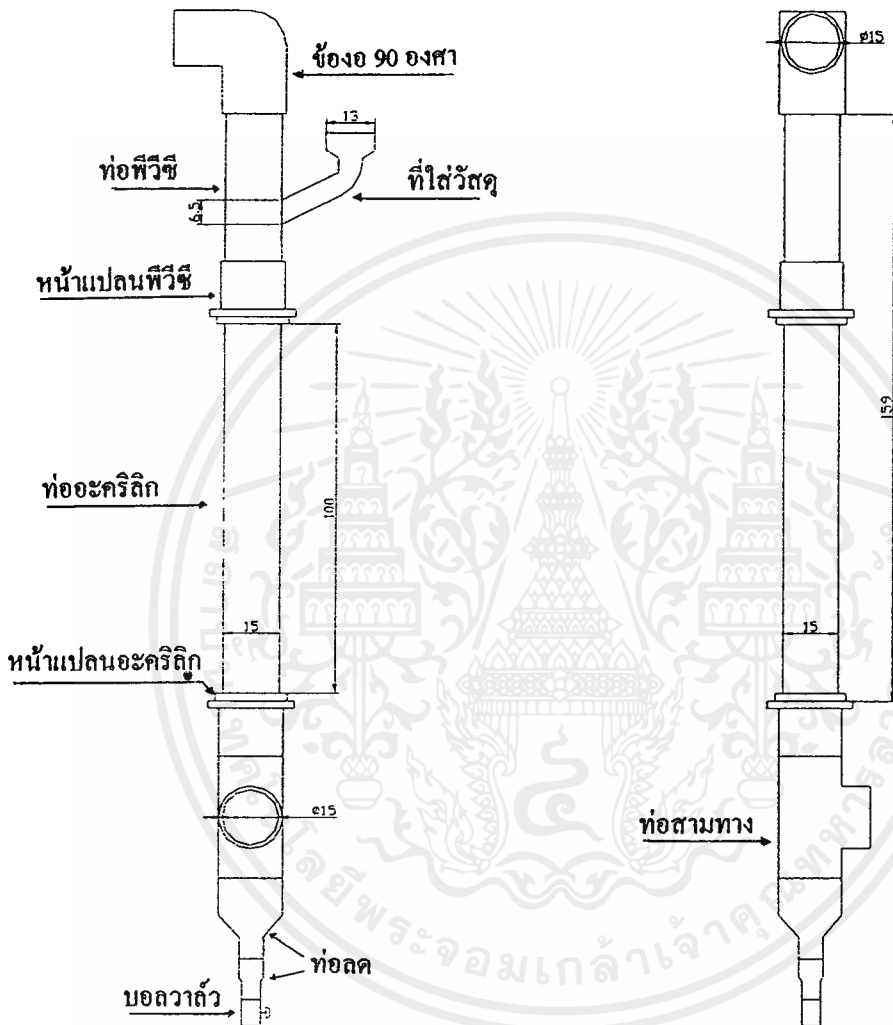
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 คอลัมน์อบแห้งแบบฟลูอิด ไคซ์เบค ประกอบด้วย

- 1) ท่ออะคริลิก เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร
- 2) ท่อพีวีซี เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร
- 3) หน้าแปลนพีวีซี เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร 2 อัน
- 4) หน้าแปลนอะคริลิก เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร 2 อัน
- 5) ท่อสามทาง เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร 1 อัน
- 6) ซ็อกอ 90 องศา เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร 1 อัน
- 7) บอลวาล์ว ขนาด 6.35 เซนติเมตร 1 อัน
- 8) ท่อลด จาก 15.24 เซนติเมตร มา 7.62 เซนติเมตร 1 อัน
- 9) ท่อลด จาก 7.62 เซนติเมตร มา 6.35 เซนติเมตร 1 อัน

ดังรูปที่ 4.2



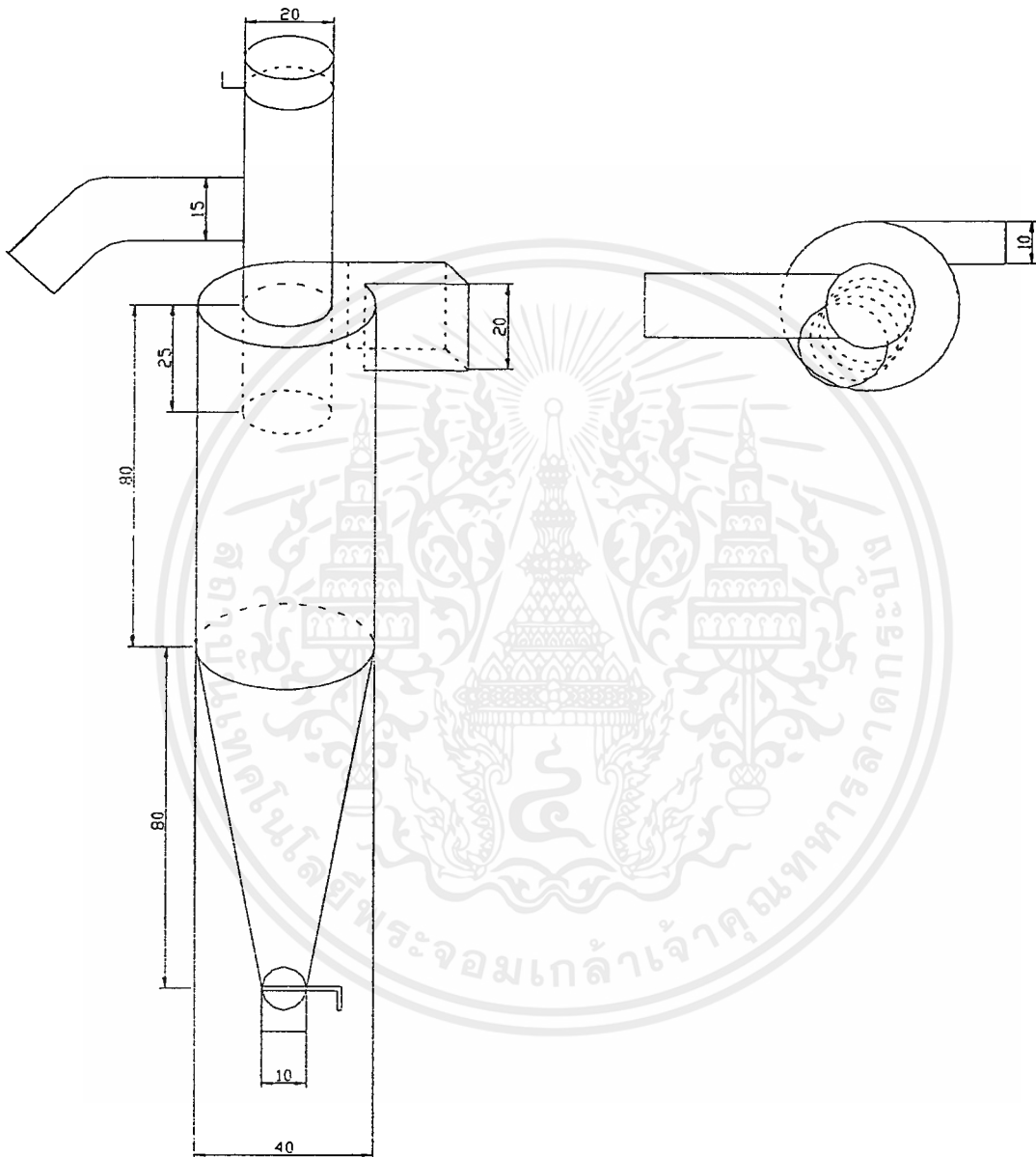


**หมายเหตุ** หน่วยที่ใช้ : เซนติเมตร

#### รูปที่ 4.2 ส่วนประกอบของกอดัมน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.1.3 ไซโคลน มีขนาดดังรูปที่ 4.3



**หมายเหตุ หน่วยที่ใช้ : เซนติเมตร**

**รูปที่ 4.3 ส่วนประกอบของไซโคลน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.4 พัฒลมคูอากาศและอุปกรณ์ควบคุมความเร็วลม

##### 1) รายละเอียดของพัฒลมคูอากาศ

ชนิด : AV-B110

เลขลำดับ : 1817

กำลังงาน : 0.75 กิโลวัตต์

ความเร็วรอบ : 2800 รอบต่อนาที

ความต้งศักย์ : 380 โวลต์

กระแส : 1.8 แอมแปร์

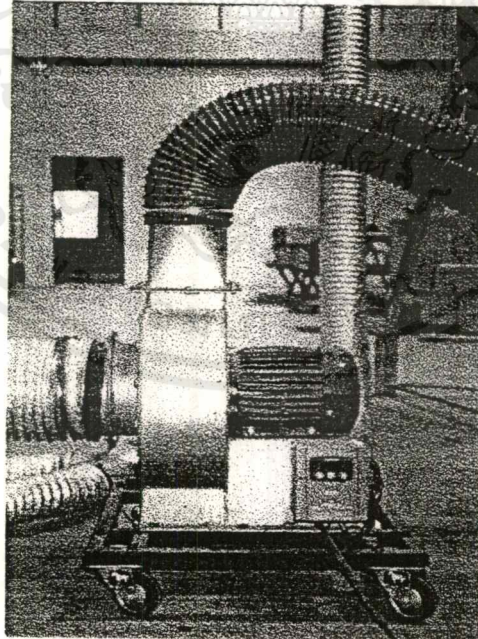
ความถี่ : 50 เฮิร์ต

##### 2) รายละเอียดของอุปกรณ์ควบคุมความเร็วลม

รุ่น : L100-007 NFC

กำลังงาน : 0.75 กิโลวัตต์

คังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 พัฒลมคูอากาศและอุปกรณ์ควบคุมความเร็วลม

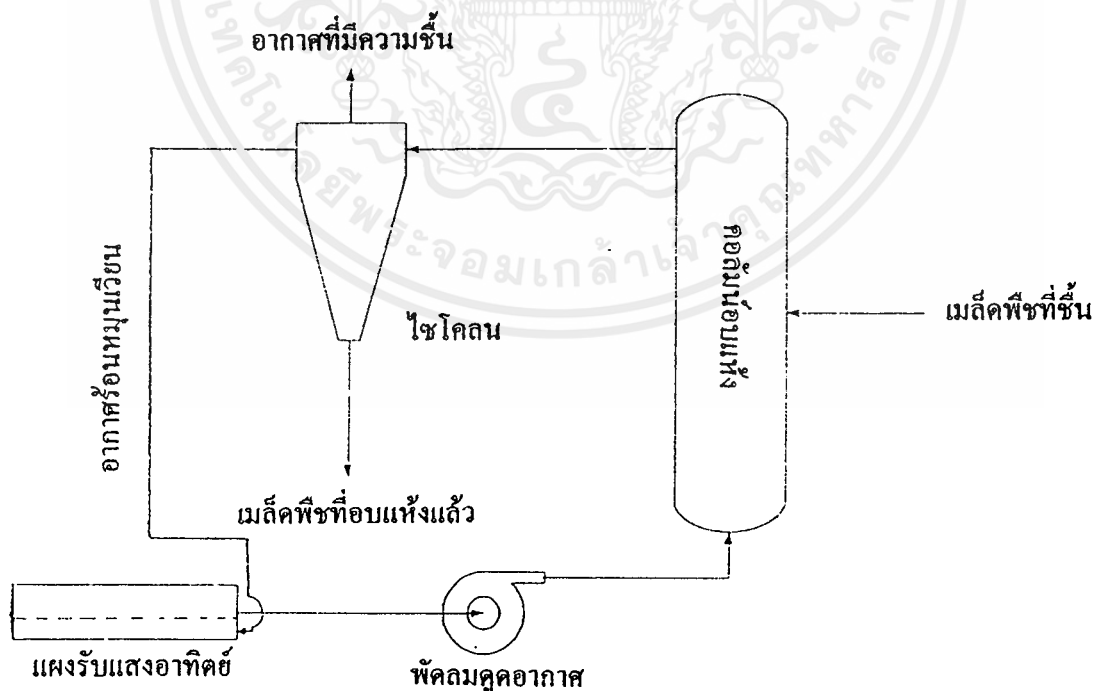
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.5 ระบบท่อต่อเชื่อมอุปกรณ์

- 1) ท่อฟลอยด์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.24 เซนติเมตร
- 2) ท่อฟลอยด์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.62 เซนติเมตร

#### 4.2 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดโดยใช้แผงรับแสงอาทิตย์

หลักการทำงานของเครื่องอบแห้ง คือ ใช้แผงรับแสงอาทิตย์เป็นตัวรับความร้อนจากแสงอาทิตย์มาผลิตลมร้อน โดยอากาศจะเข้าทางด้านข้างทั้งสองของชั้นล่างของแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นการให้ความร้อนเริ่มแรก (Preheated) และอากาศจะผ่านขึ้นไปชั้นบนของแผงรับแสงอาทิตย์ตามแรงดูดของพัดลมดูดอากาศ (Blower) อากาศที่ผ่านแผงรับแสงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น หลังจากนั้นจะผ่านอากาศร้อนไปยังคอลัมน์อบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดซึ่งเป็นส่วนอบแห้งวัสดุ อากาศร้อนจะทำให้วัสดุลอยตัวขึ้นและประพติตัวเป็นของไหลพร้อมกับระเหยความชื้นออกจากวัสดุ เมื่อความชื้นของวัสดุลดลง วัสดุจะมีน้ำหนักน้อยลงและลอยออกจากคอลัมน์อบแห้งเข้าสู่ไซโคลน ซึ่งไซโคลนจะทำหน้าที่แยกวัสดุกับอากาศร้อนที่ผ่านการอบแห้งแล้ว อากาศร้อนที่ผ่านการใช้งานแล้วบางส่วนจะนำกลับมาใช้อีก โดยจะมีการกำจัดอากาศที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นออกไปบางส่วน ผ่านเข้าทางด้านหลังของชั้นล่างของแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อผสมกับอากาศจากภายนอกแล้วนำมาใช้ออบแห้งต่อไป ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 โครงสร้างของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดโดยใช้แผงรับแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### การทดลองหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

#### 5.1 ขั้นตอนการทดลอง

##### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของอัตราเร็วลมที่มีต่อประสิทธิภาพแผง
2. เพื่อศึกษาผลของมุมเอียงแผงที่มีต่อประสิทธิภาพแผง

##### อัตราเร็วลมที่ทำการศึกษา

5 8 10 12 15 และ 18 เมตร/วินาที

##### มุมเอียงของแผงที่ทำการศึกษา

0 8 และ 15 องศา

##### วิธีการทดลอง

1. ในช่วงเดือนมีนาคม นำแผงรับแสงอาทิตย์ไปตั้งไว้กลางแจ้งในช่วงเวลาประมาณ 10.00-15.00 นาฬิกาของวันที่ท้องฟ้าและอากาศแจ่มใส โดยที่มุมเอียงหนึ่งๆจะทำการปรับอัตราเร็วลมทุกๆ 20 นาที ทำการศึกษ้อัตราเร็วลมวันละ 3 ค่า แบ่งเป็น 5 10 15 เมตร/วินาที และ 8 12 18 เมตร/วินาที ดังนั้นที่มุมเอียงหนึ่งๆจะทำการทดลอง 2 วัน ที่ทำการทดลองเช่นนี้เนื่องจากเวลาในการทดลองมีจำกัด ทำการบันทึกผลในแต่ละอัตราเร็วและแต่ละมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์

2. ในช่วงเดือนเมษายน ทำการทดลองซ้ำ โดยปรับอัตราเร็วลมทุกๆ 30 นาที เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานซ้ำของแผงรับแสงอาทิตย์ (Reproducibility) พร้อมทั้งศึกษาตัวแปรอื่นๆที่ไม่ได้ทำการศึกษาในเดือนมีนาคม สามารถทดลองซ้ำได้เฉพาะที่มุมเอียง 0 องศาเท่านั้น เนื่องจากสภาพท้องฟ้าและอากาศในเดือนนี้ส่วนใหญ่ไม่ค่อยแจ่มใส มีฝนตก และมีเมฆมาก

##### อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ

เทอร์โมมิเตอร์ สเกลองศา 200 องศาเซลเซียส และเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K

##### อุปกรณ์ที่ใช้วัดความชื้น

ไฮโกรมิเตอร์

##### ข้อมูลที่ทำการศึกษาในช่วงเดือนมีนาคม

อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ ( $T_1$ )

อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ ( $T_2$ )

อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากพัดลมดูดอากาศ ( $T_3$ )

อุณหภูมิของกระจก ( $T_w$ )

ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ ( $H_1$ )

ความชื้นของอากาศที่ออกจากพัดลมดูดอากาศ ( $H_2$ )

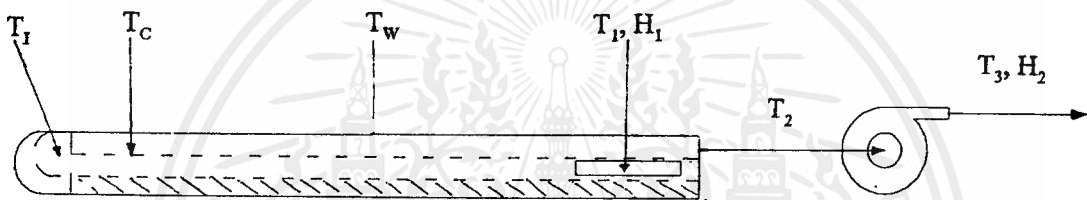
ความเร็วลมที่พัดผ่านเหนือระนาบแผง อยู่ในช่วง 0-2.8 เมตร/วินาที

ข้อมูลที่ทำการศึกษาเพิ่มเติมในช่วงเดือนเมษายน

อุณหภูมิของผิวรับรังสี ( $T_c$ )

อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากชั้นล่างและเข้าสู่ชั้นบนของแผงรับแสงอาทิตย์ ( $T_1$ )

ตำแหน่งของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ทำการศึกษาข้อมูล



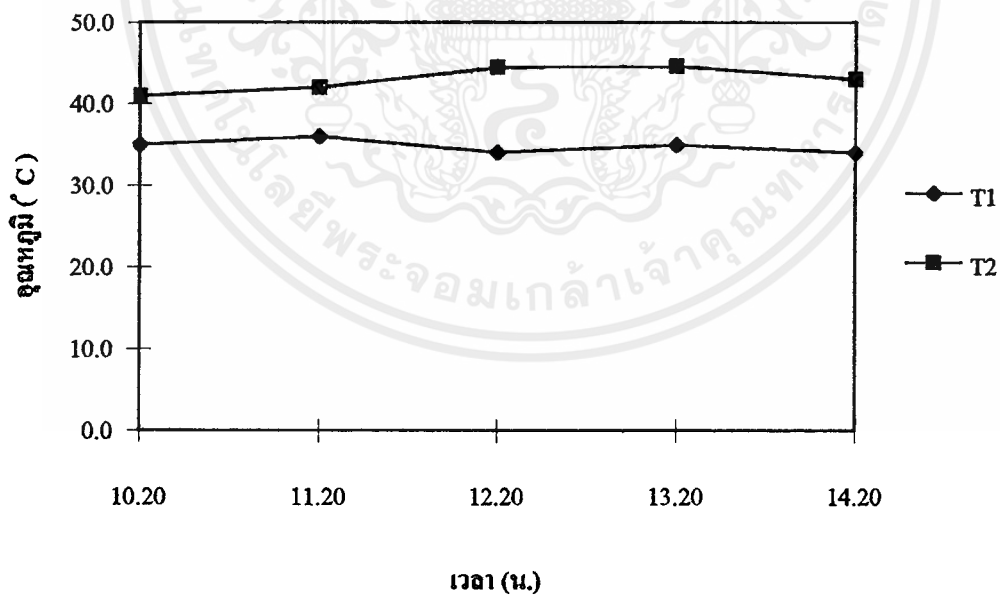
## 5.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองในเดือนมีนาคม แสดงดังตารางที่ 5.1 ถึง 5.18 และรูปที่ 5.1 ถึง 5.18

ผลการทดลองในเดือนเมษายน แสดงดังตารางที่ 5.19 ถึง 5.24 และรูปที่ 5.19 ถึง 5.24

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 5 m/s  
วันที่ 13 มีนาคม 2542

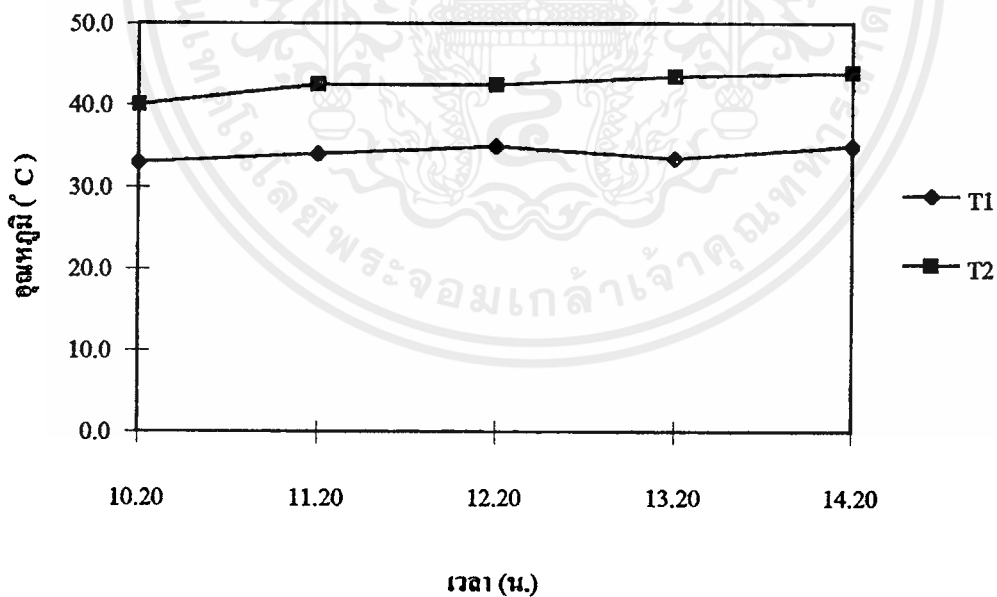
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.20	35.00	41.00	41.40	60.00	44.60
11.20	36.00	42.00	42.70	54.50	45.10
12.20	34.00	44.50	44.80	48.90	40.50
13.20	35.00	44.60	45.00	48.50	40.00
14.20	34.00	43.00	43.30	53.20	44.40
ค่าเฉลี่ย	34.80	43.02	43.44	53.02	42.92



รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 5 m/s

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองที่มุมเอียง  $0^{\circ}$  อัตราเร็วลม 8 m/s  
วันที่ 16 มีนาคม 2542

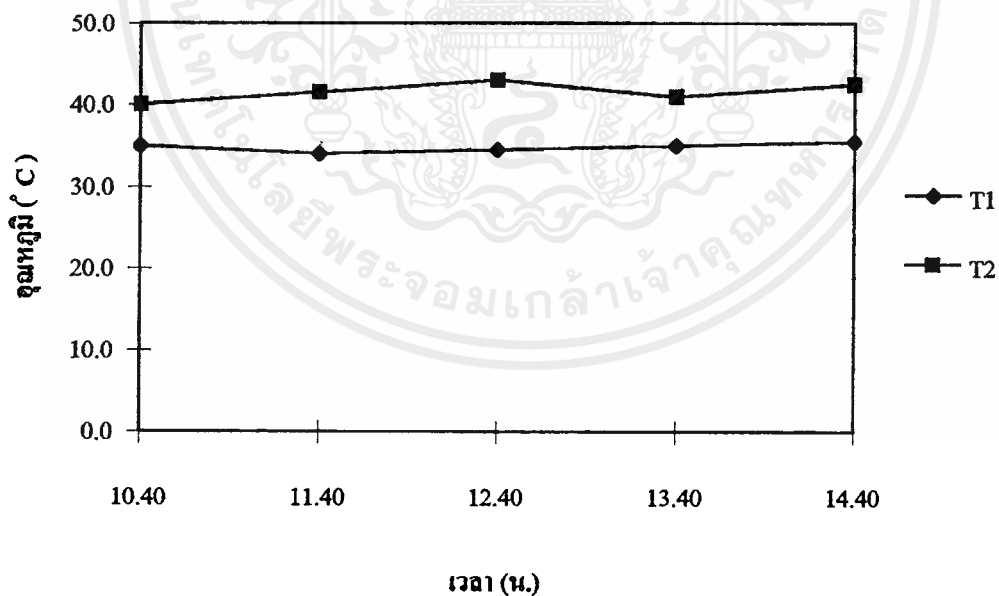
เวลา (น.)	T1 ( $^{\circ}\text{C}$ )	T2 ( $^{\circ}\text{C}$ )	T3 ( $^{\circ}\text{C}$ )	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.20	33.00	40.00	40.30	61.90	47.80
11.20	34.00	42.50	42.70	55.20	43.40
12.20	35.00	42.50	42.80	53.00	42.30
13.20	33.50	43.50	43.80	48.30	41.00
14.20	35.00	44.00	44.50	50.00	39.30
ค่าเฉลี่ย	34.10	42.50	42.82	53.68	42.76



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง  $0^{\circ}$  อัตราเร็วลม 8 m/s

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 10 m/s  
วันที่ 13 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.40	35.00	40.00	40.80	62.20	46.70
11.40	34.00	41.50	42.40	54.80	45.20
12.40	34.50	43.00	43.50	50.00	42.10
13.40	35.00	41.00	42.60	52.00	42.70
14.40	35.50	42.50	43.60	40.10	40.60
ค่าเฉลี่ย	34.80	41.60	42.58	51.82	43.46

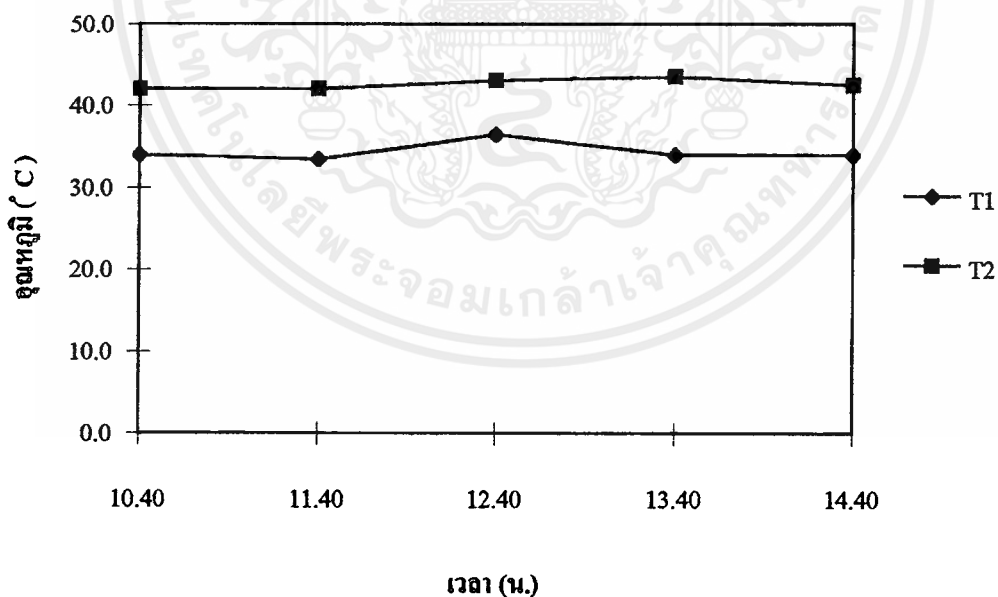


รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 10 m/s

ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 12 m/s

วันที่ 16 มีนาคม 2542

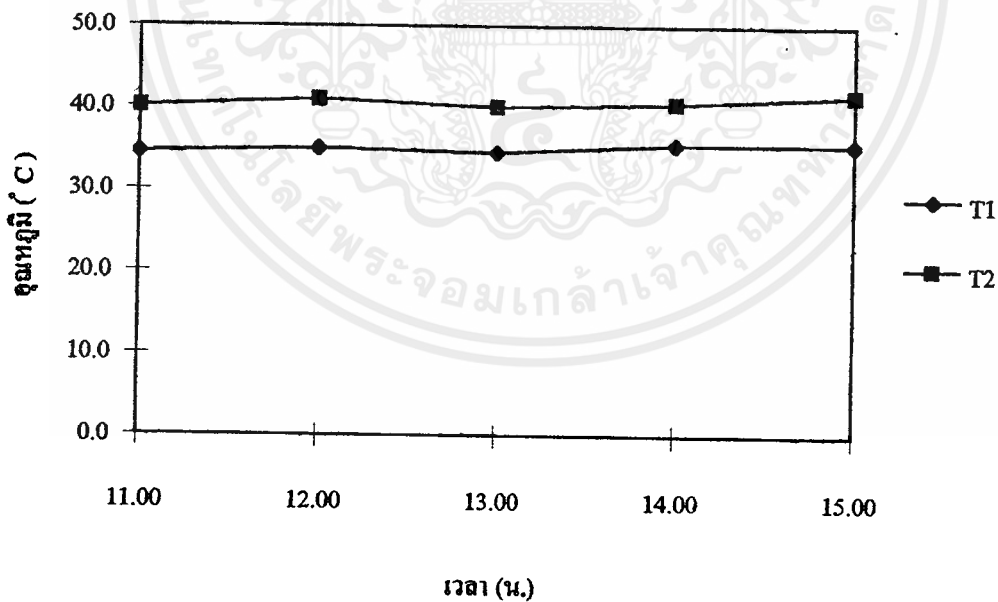
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.40	34.00	42.00	42.10	52.40	44.80
11.40	33.50	42.00	42.80	53.20	43.00
12.40	36.50	43.00	43.60	46.80	39.20
13.40	34.00	43.50	43.70	46.00	37.40
14.40	34.00	42.50	43.30	42.60	35.80
ค่าเฉลี่ย	34.40	42.60	43.10	48.20	40.04



รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 12 m/s

ตารางที่ 5.5 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 15 m/s  
วันที่ 13 มีนาคม 2542

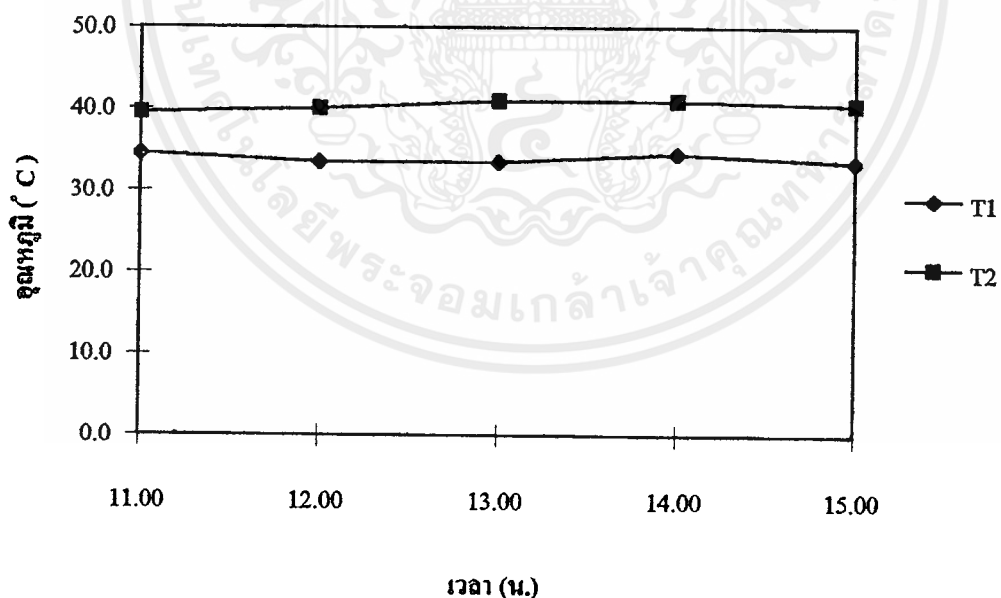
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
11.00	34.50	40.00	41.30	54.30	47.40
12.00	35.00	41.00	41.60	57.80	46.30
13.00	34.50	40.00	41.70	64.80	45.90
14.00	35.50	40.50	41.50	55.80	46.30
15.00	35.50	41.50	42.20	48.80	43.50
ค่าเฉลี่ย	35.00	40.60	41.66	55.70	45.88



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 15 m/s

ตารางที่ 5.6 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 18 m/s  
วันที่ 16 มีนาคม 2542

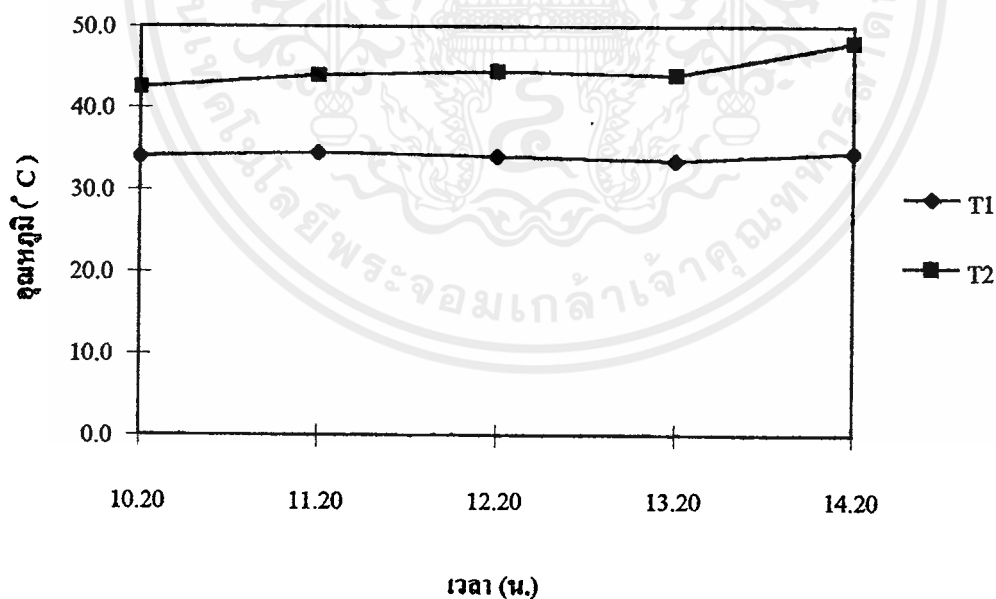
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
11.00	34.50	39.50	39.90	52.80	47.70
12.00	33.50	40.00	40.10	52.00	46.40
13.00	33.50	41.00	41.90	49.00	40.50
14.00	34.50	41.00	41.40	46.20	39.00
15.00	33.50	40.50	40.60	42.40	38.50
ค่าเฉลี่ย	33.90	40.40	40.78	48.48	42.42



รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 18 m/s

ตารางที่ 5.7 ผลการทดลองที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 5 m/s  
วันที่ 17 มีนาคม 2542

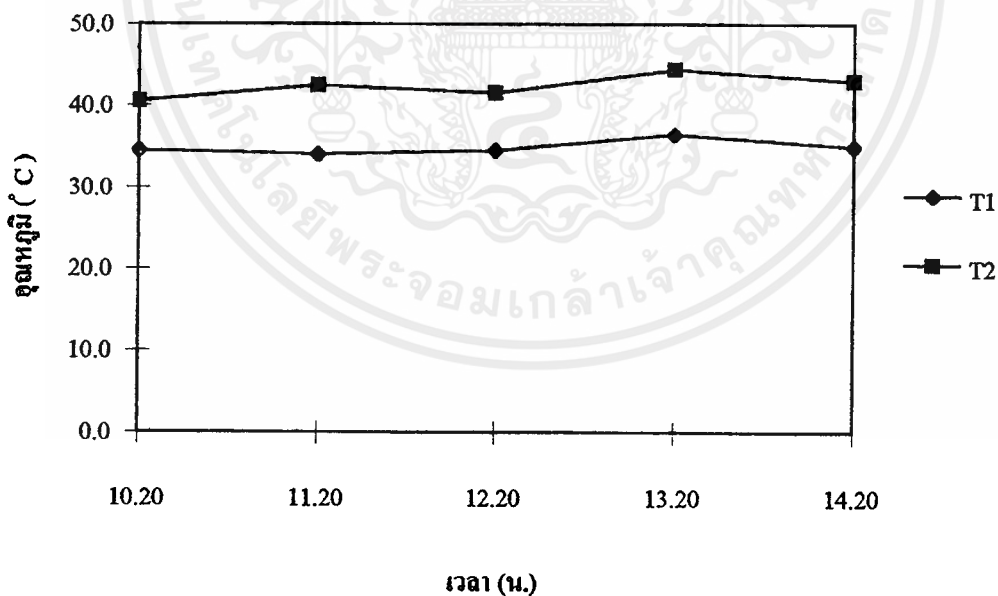
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.20	34.00	42.50	43.30	52.80	42.20
11.20	34.50	44.00	45.40	48.80	38.50
12.20	34.00	44.50	45.10	50.00	37.80
13.20	33.50	44.00	45.60	53.30	38.00
14.20	34.50	48.00	48.10	47.50	33.80
ค่าเฉลี่ย	34.10	44.60	45.50	50.48	38.06



รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 5 m/s

ตารางที่ 5.8 ผลการทดลองที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 8 m/s  
วันที่ 18 มีนาคม 2542

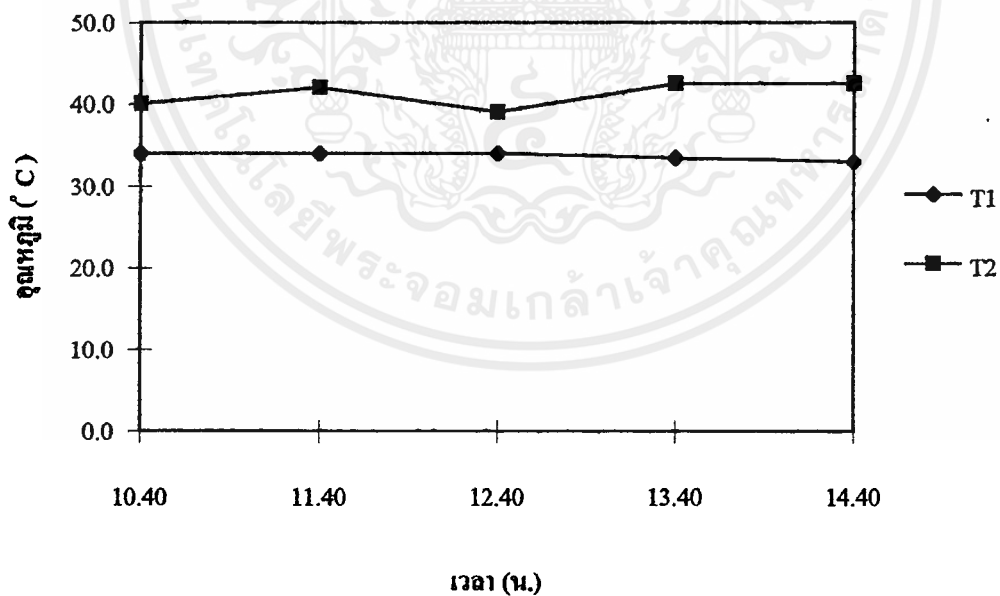
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.20	34.50	40.50	41.00	55.00	43.50
11.20	34.00	42.50	42.80	52.80	40.50
12.20	34.50	41.50	42.20	47.30	43.30
13.20	36.50	44.50	45.90	48.90	37.70
14.20	35.00	43.00	43.80	50.20	40.10
ค่าเฉลี่ย	34.90	42.40	43.14	50.84	41.02



รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 8 m/s

ตารางที่ 5.9 ผลการทดลองที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 10 m/s  
วันที่ 17 มีนาคม 2542

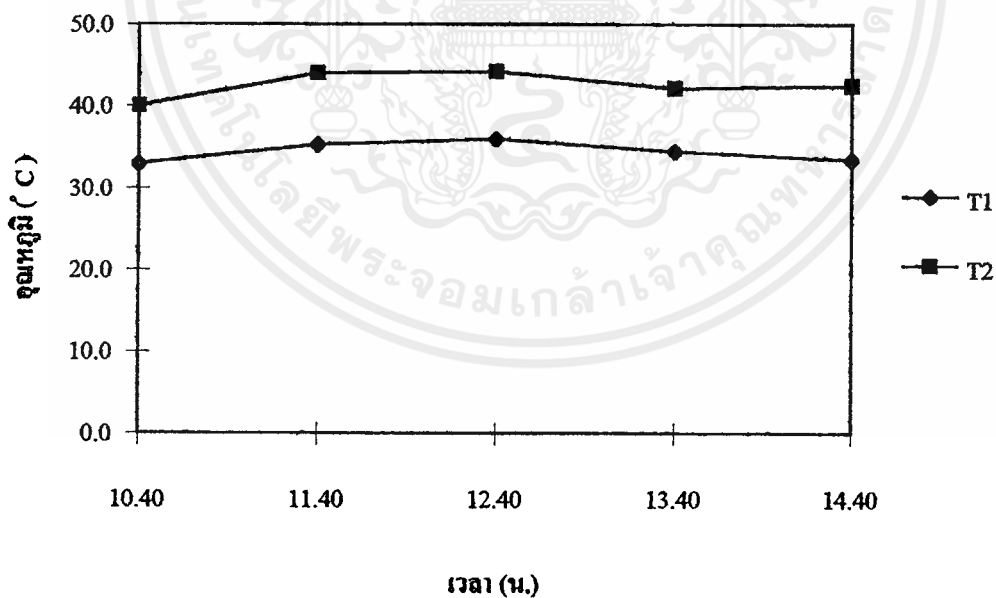
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.40	34.00	40.00	40.40	55.00	46.90
11.40	34.00	42.00	42.30	50.90	43.00
12.40	34.00	39.00	40.50	49.20	45.00
13.40	33.50	42.50	44.00	51.00	39.50
14.40	33.00	42.50	43.50	52.80	39.50
ค่าเฉลี่ย	33.70	41.20	42.14	51.78	42.78



รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 10 m/s

ตารางที่ 5.10 ผลการทดลองที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 12 m/s  
วันที่ 18 มีนาคม 2542

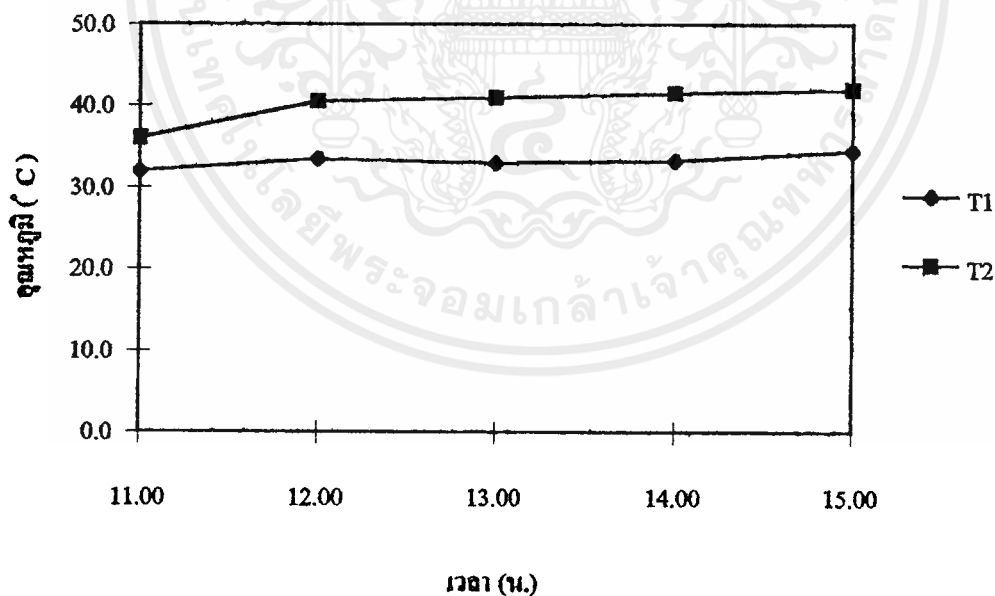
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.40	33.00	40.00	40.20	54.80	47.40
11.40	35.30	44.00	44.90	48.40	39.40
12.40	36.00	44.20	45.30	47.90	38.90
13.40	34.50	42.20	42.90	54.10	41.50
14.40	33.50	42.50	43.20	52.30	40.30
ค่าเฉลี่ย	34.46	42.58	43.30	51.50	41.50



รูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 12 m/s

ตารางที่ 5.11 ผลการทดลองที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 15 m/s  
วันที่ 17 มีนาคม 2542

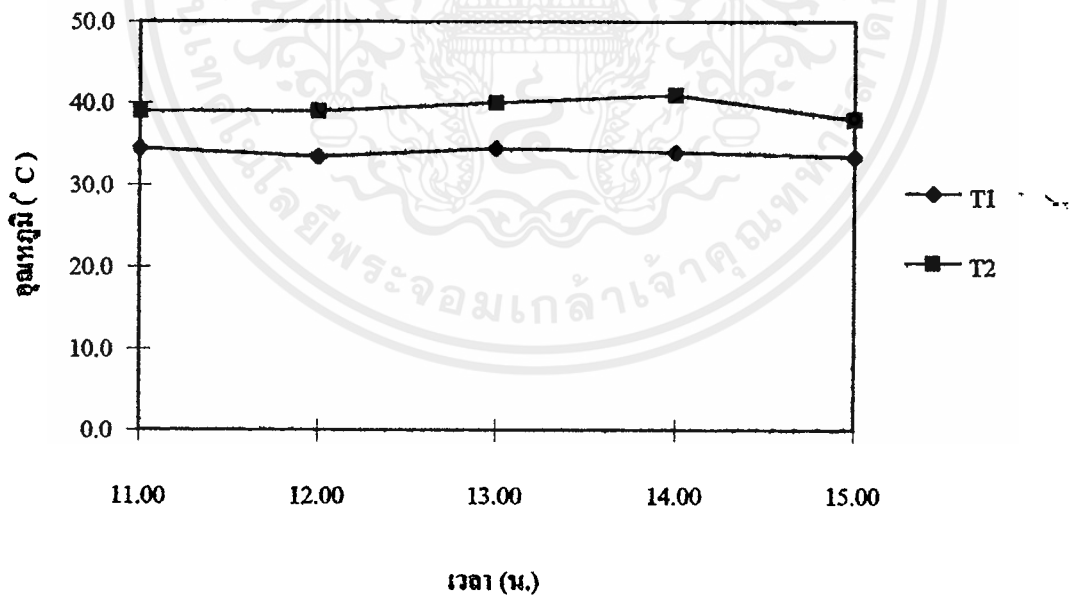
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
11.00	32.00	36.00	36.40	53.40	53.40
12.00	33.50	40.50	40.60	50.80	46.50
13.00	33.00	41.00	41.30	49.80	42.10
14.00	33.30	41.50	41.80	51.00	43.00
15.00	34.50	42.00	42.60	45.70	38.50
ค่าเฉลี่ย	33.26	40.20	40.54	50.14	44.70



รูปที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 15 m/s

ตารางที่ 5.12 ผลการทดลองที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 18 m/s  
วันที่ 18 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
11.00	34.50	39.00	39.70	51.50	47.00
12.00	33.50	39.00	39.90	54.50	48.80
13.00	34.50	40.00	41.20	47.00	44.70
14.00	34.00	41.00	42.20	46.00	42.90
15.00	33.50	38.00	39.10	55.80	49.00
ค่าเฉลี่ย	34.00	39.40	40.42	50.96	46.48

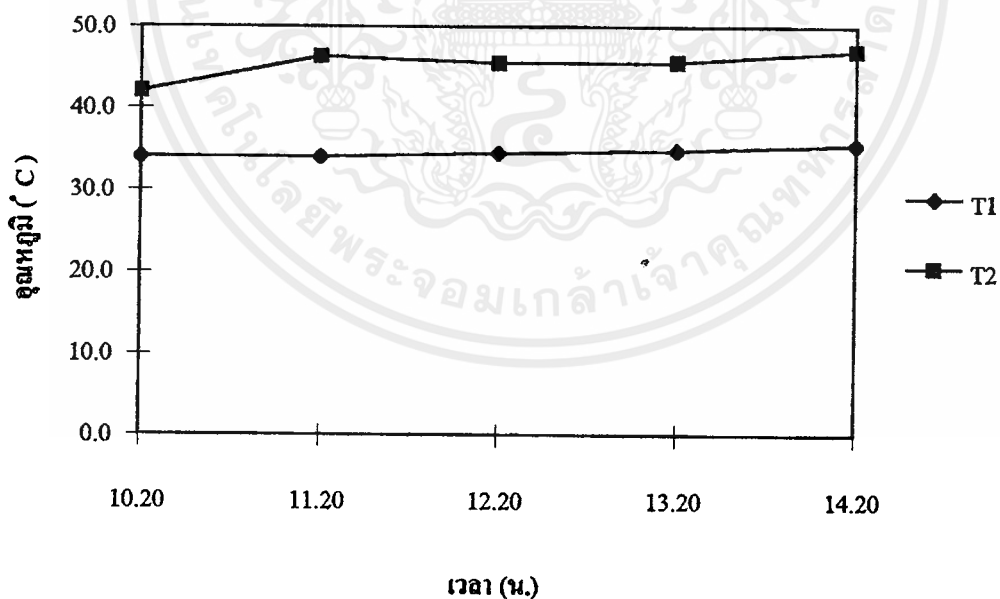


รูปที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 18 m/s

ตารางที่ 5.13 ผลการทดลองที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 5 m/s

วันที่ 19 มีนาคม 2542

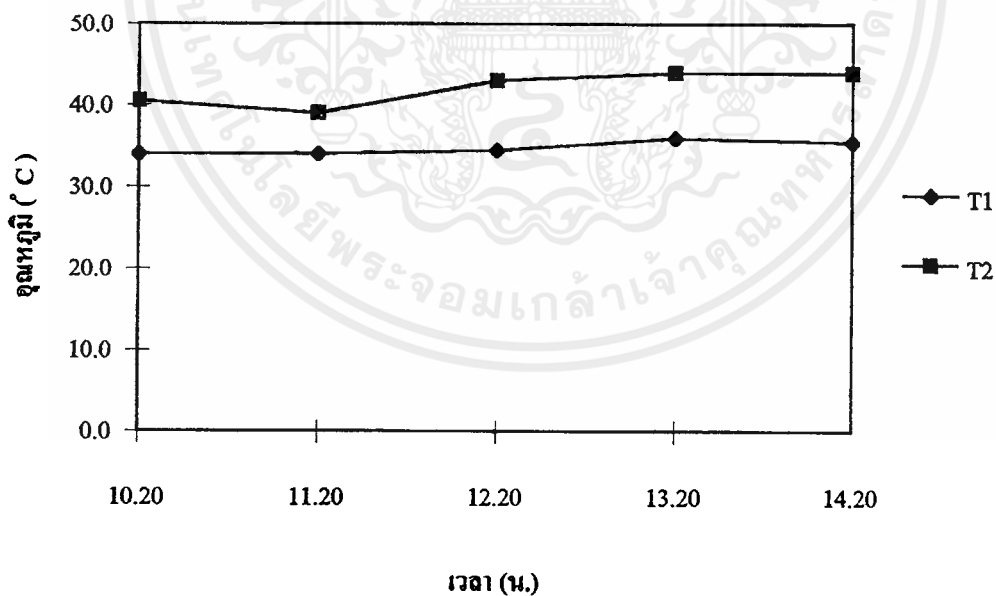
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.20	34.00	42.00	42.80	62.40	42.90
11.20	34.00	46.30	47.00	52.00	34.90
12.20	34.50	45.50	47.50	50.10	32.10
13.20	34.80	45.60	46.00	50.20	32.90
14.20	35.50	47.00	47.60	43.90	29.20
ค่าเฉลี่ย	34.56	45.28	46.18	51.72	34.40



รูปที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 5 m/s

ตารางที่ 5.14 ผลการทดลองที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 8 m/s  
วันที่ 22 มีนาคม 2542

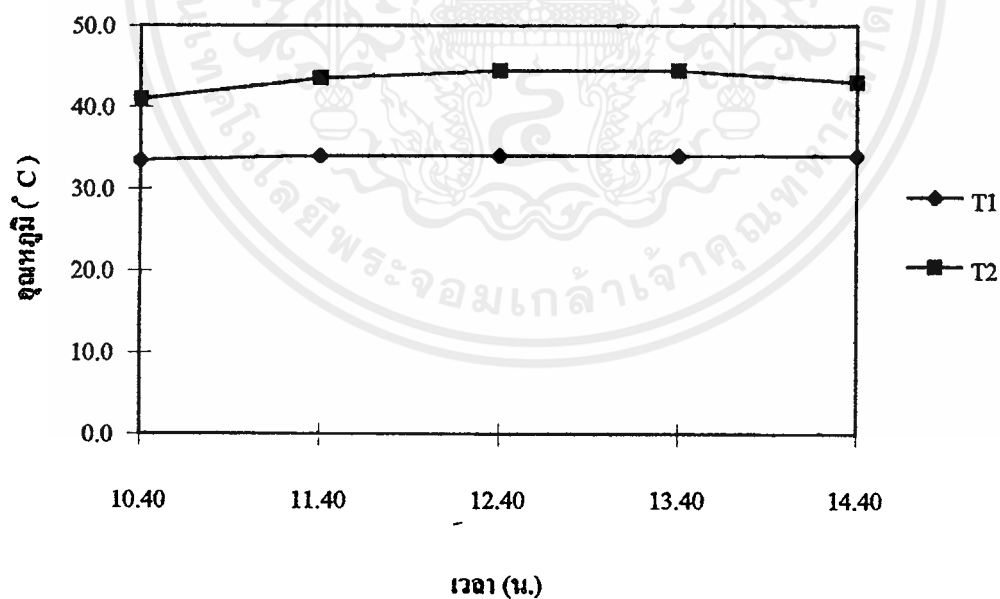
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.20	34.00	40.50	40.80	64.50	48.80
11.20	34.00	39.00	39.40	61.00	49.90
12.20	34.50	43.00	43.20	53.70	43.30
13.20	36.00	44.00	44.50	53.20	39.00
14.20	35.50	44.00	44.20	51.00	36.30
ค่าเฉลี่ย	34.80	42.10	42.42	56.68	43.46



รูปที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 8 m/s

ตารางที่ 5.15 ผลการทดลองที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 10 m/s  
วันที่ 19 มีนาคม 2542

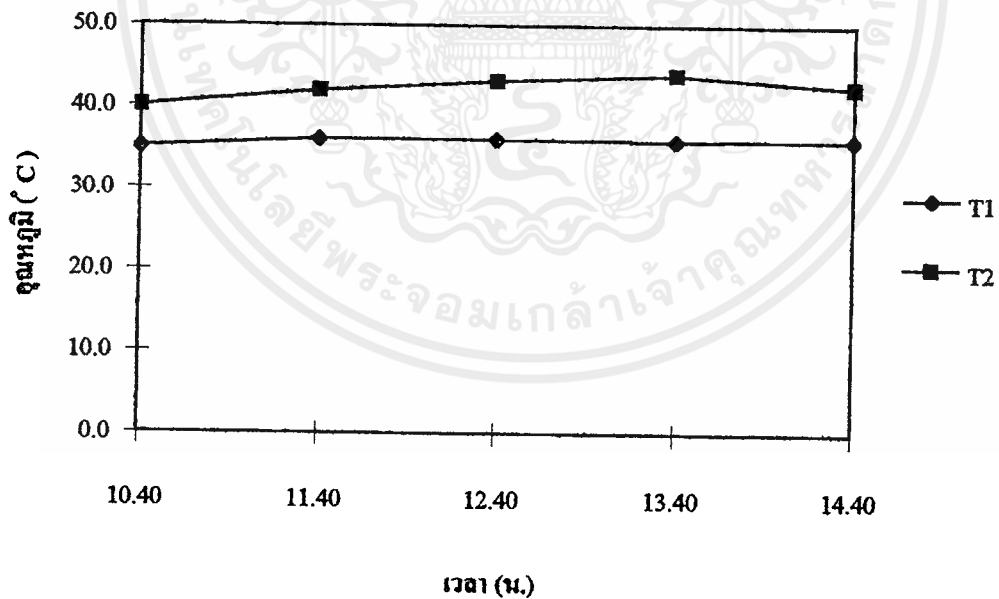
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.40	33.50	41.00	41.30	58.30	45.80
11.40	34.00	43.50	43.80	56.40	38.30
12.40	34.00	44.50	45.00	53.00	36.60
13.40	34.00	44.50	44.80	43.60	34.50
14.40	34.00	43.00	43.90	46.80	36.40
ค่าเฉลี่ย	33.90	43.30	43.76	51.62	38.32



รูปที่ 5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 10 m/s

ตารางที่ 5.16 ผลการทดลองที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 12 m/s  
วันที่ 22 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.40	35.00	40.00	41.10	58.20	45.40
11.40	36.00	42.00	43.20	51.40	42.90
12.40	36.00	43.20	43.90	49.80	41.50
13.40	35.80	44.00	45.00	47.00	38.10
14.40	36.00	42.50	43.70	47.20	38.20
ค่าเฉลี่ย	35.76	42.34	43.38	50.72	41.22

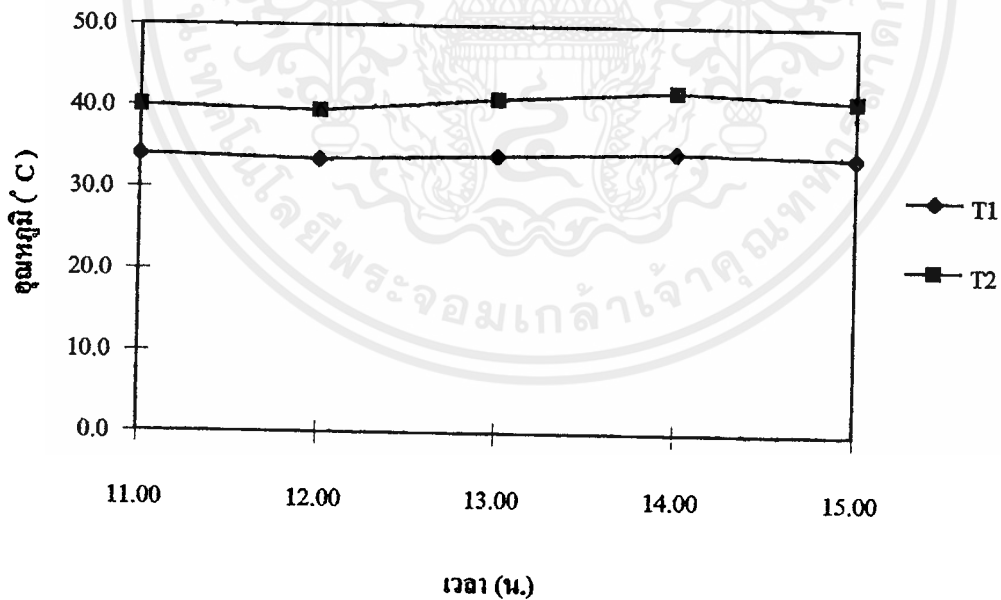


รูปที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 12 m/s

ตารางที่ 5.17 ผลการทดลองที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 15 m/s

วันที่ 19 มีนาคม 2542

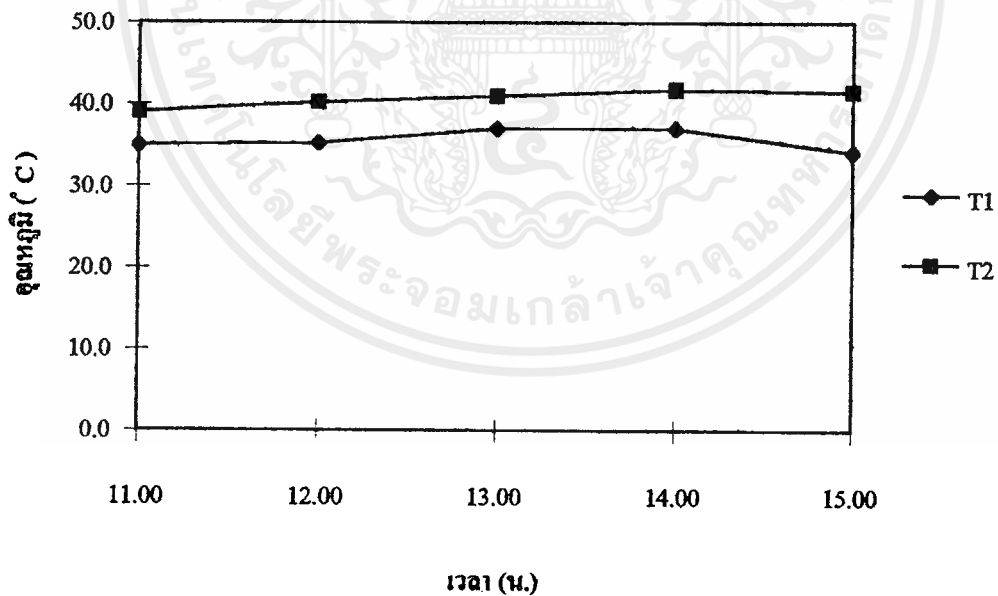
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
11.00	34.00	40.00	40.70	55.00	45.20
12.00	33.50	39.50	39.90	51.30	44.50
13.00	34.00	41.00	42.00	48.80	39.60
14.00	34.50	42.00	42.70	50.50	38.20
15.00	34.00	41.00	42.00	43.70	37.60
ค่าเฉลี่ย	34.00	40.70	41.46	49.86	41.02



รูปที่ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 15 m/s

ตารางที่ 5.18 ผลการทดลองที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 18 m/s  
วันที่ 22 มีนาคม 2542

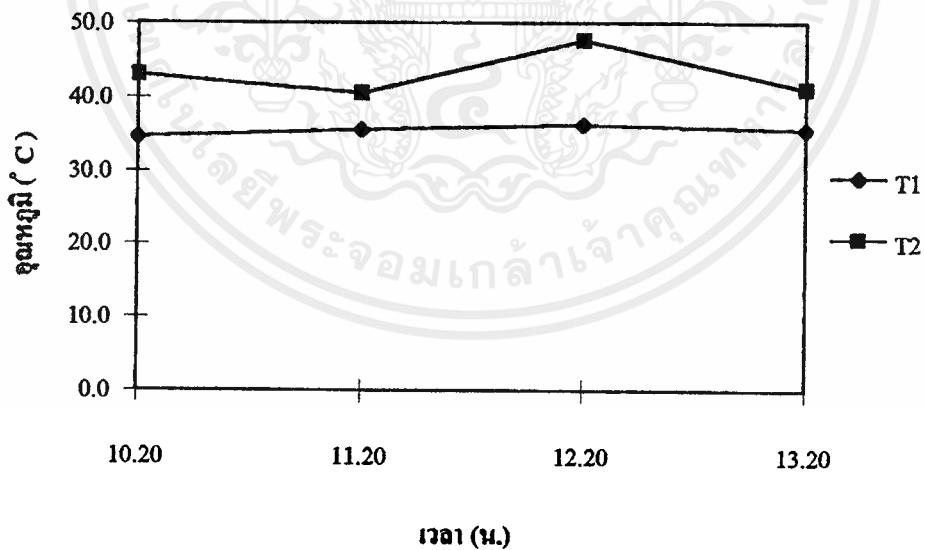
เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
11.00	35.00	39.00	39.60	57.70	49.70
12.00	35.20	40.20	41.30	50.50	45.20
13.00	37.00	41.00	42.50	45.70	40.20
14.00	37.00	41.80	42.90	46.90	40.40
15.00	34.20	41.50	42.00	55.10	52.60
ค่าเฉลี่ย	35.68	40.70	41.66	51.18	45.62



รูปที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 18 m/s

ตารางที่ 5.19 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 5 m/s  
วันที่ 19 เมษายน 2542

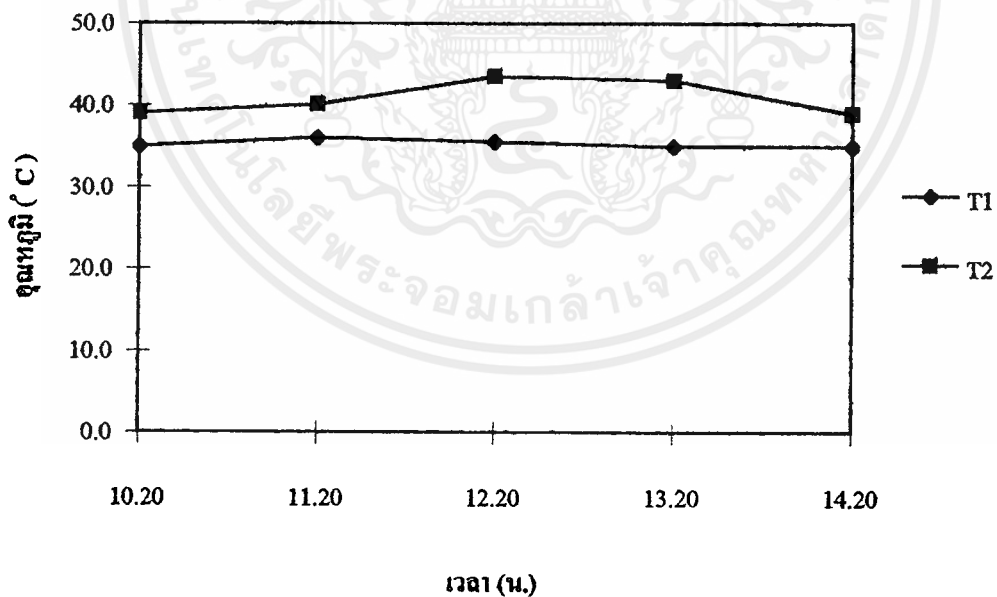
เวลา (น.)	T1 (°C)	TC (°C)	TI (°C)	TW (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.20	34.50	49.60	39.00	43.50	43.00	43.60	59.00	42.70
11.20	35.50	43.50	36.50	41.90	40.50	41.20	52.40	44.90
12.20	36.20	56.20	43.20	48.70	47.60	47.80	43.10	34.90
13.20	35.50	43.30	39.00	41.80	41.00	41.30	50.80	43.00
ค่าเฉลี่ย	35.43	48.15	39.43	43.98	43.03	43.48	51.33	41.38



รูปที่ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 5 m/s

ตารางที่ 5.20 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 8 m/s  
วันที่ 20 เมษายน 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	TC (°C)	TI (°C)	TW (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.20	35.00	42.00	36.20	41.30	39.00	39.60	68.80	49.8
11.20	36.00	43.50	37.40	41.30	40.10	40.60	58.60	48.3
12.20	35.50	46.40	39.00	44.50	43.50	43.80	55.60	42.8
13.20	35.00	45.90	39.00	44.90	43.00	42.80	56.00	43.9
14.20	35.00	42.90	36.50	40.00	39.00	39.30	59.80	47.5
ค่าเฉลี่ย	35.30	44.14	37.62	42.40	40.92	41.22	59.76	46.46

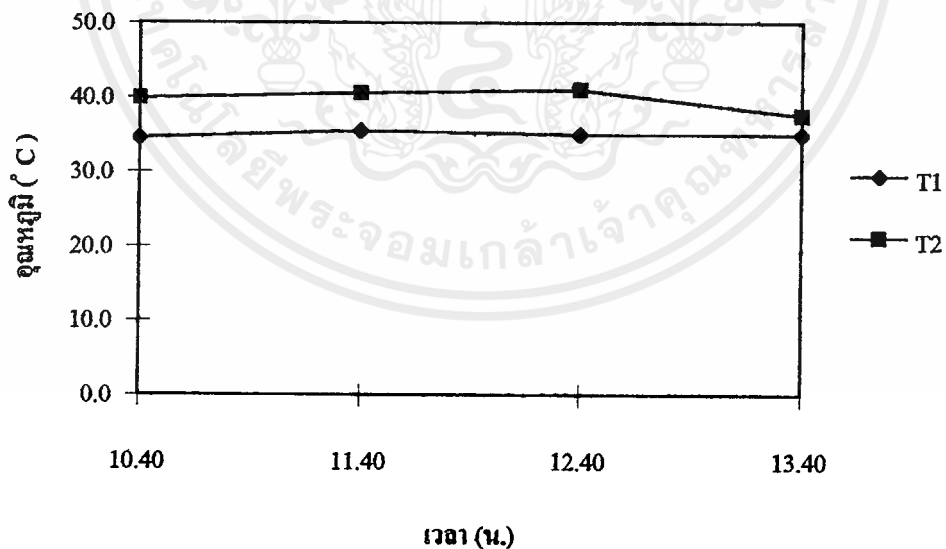


รูปที่ 5.20 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 8 m/s

ตารางที่ 5.21 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 10 m/s

วันที่ 19 เมษายน 2542

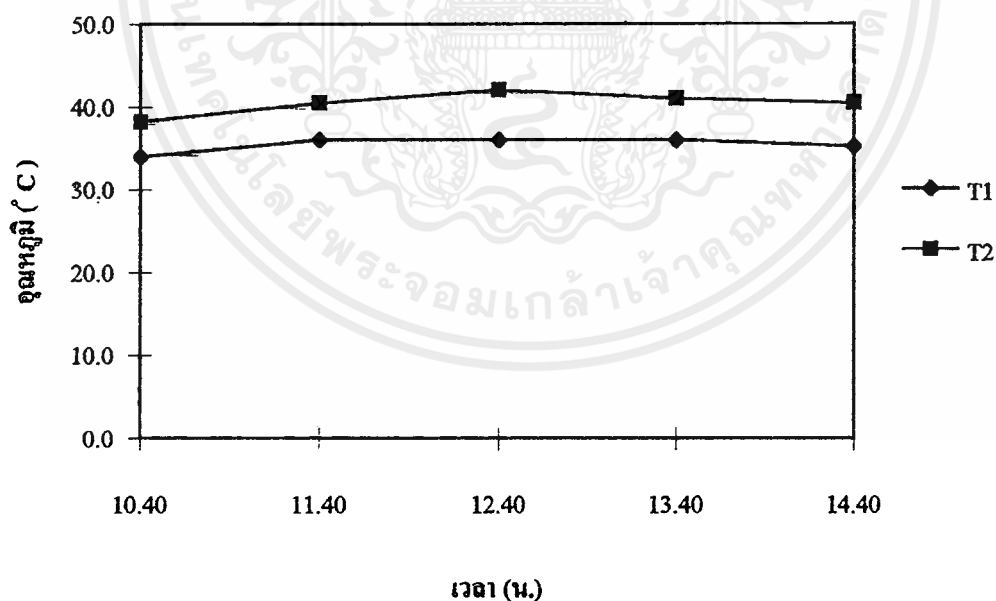
เวลา (น.)	T1 (°C)	TC (°C)	TI (°C)	TW (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.40	34.50	42.30	37.00	40.90	39.80	39.90	58.40	49.20
11.40	35.50	43.50	36.50	41.90	40.50	41.00	52.40	44.90
12.40	35.00	46.40	38.90	42.70	41.00	42.00	49.40	42.50
13.40	35.00	39.10	35.50	39.60	37.50	38.00	53.40	50.50
ค่าเฉลี่ย	35.00	42.83	36.98	41.28	39.70	40.23	53.40	46.78



รูปที่ 5.21 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 10 m/s

ตารางที่ 5.22 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 12 m/s  
วันที่ 20 เมษายน 2542

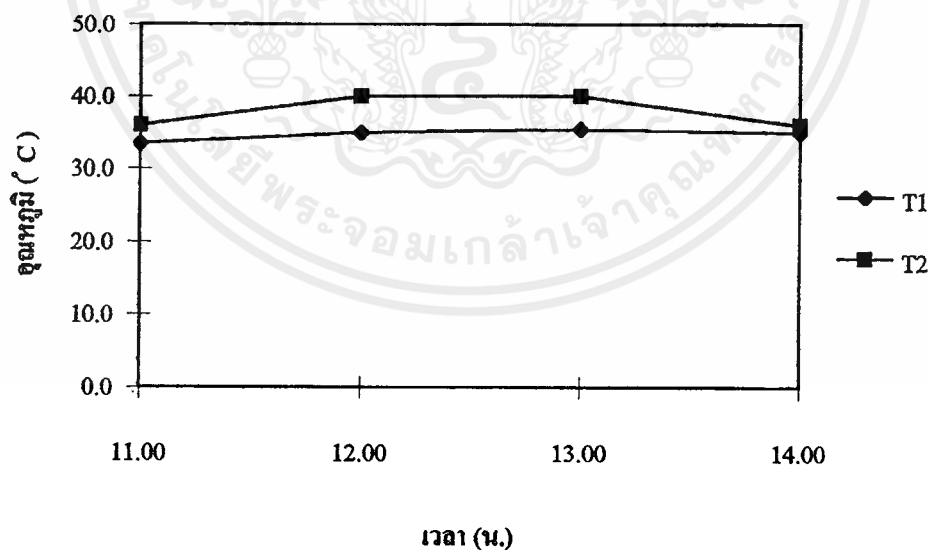
เวลา (น.)	T1 (°C)	TC (°C)	TI (°C)	TW (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
10.40	34.00	40.00	35.50	41.60	38.20	38.90	62.70	51.90
11.40	36.00	42.50	37.00	42.80	40.50	41.00	56.30	47.90
12.40	36.00	45.60	39.00	45.80	42.00	42.70	56.60	44.00
13.40	36.00	40.00	38.00	41.50	41.00	40.20	59.80	49.20
14.40	35.20	45.30	37.50	41.80	40.50	41.30	47.60	42.80
ค่าเฉลี่ย	35.44	42.68	37.40	42.70	40.44	40.82	56.60	47.16



รูปที่ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 12 m/s

ตารางที่ 5.23 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 15 m/s  
วันที่ 19 เมษายน 2542

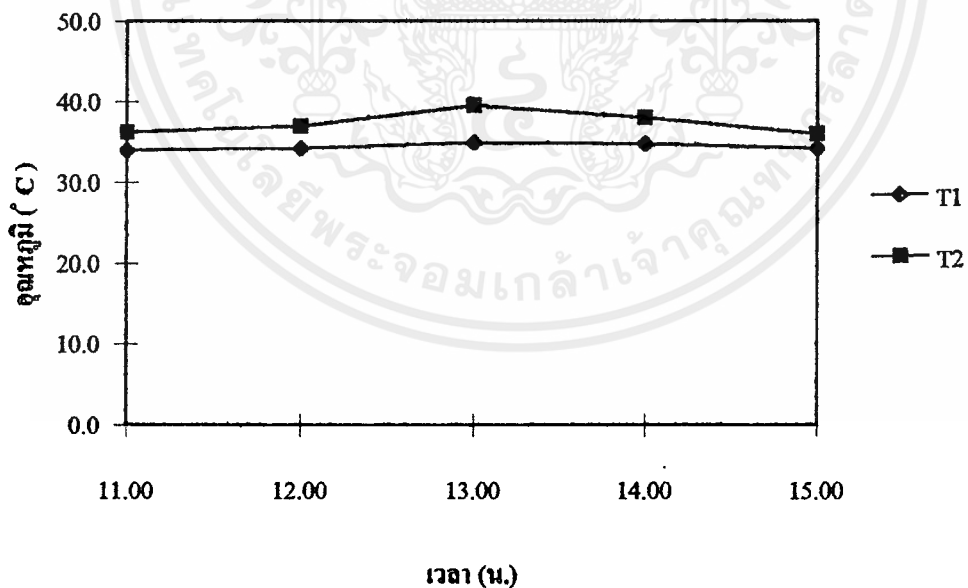
เวลา (น.)	T1 (°C)	TC (°C)	TI (°C)	TW (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
11.00	33.50	40.20	35.00	37.80	36.00	37.00	61.10	56.5
12.00	35.00	44.20	38.00	43.30	40.00	42.60	45.80	43.3
13.00	35.50	41.20	38.00	44.40	40.00	40.50	53.00	46.3
14.00	35.00	36.60	35.20	37.20	36.00	37.50	54.00	52.8
ค่าเฉลี่ย	34.75	40.55	36.55	40.68	38.00	39.40	53.48	49.73



รูปที่ 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 15 m/s

ตารางที่ 5.24 ผลการทดลองที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 18 m/s  
วันที่ 20 เมษายน 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	TC (°C)	TI (°C)	TW (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	H1 (%RH)	H2 (%RH)
11.00	34.00	36.90	34.50	38.70	36.20	36.90	63.30	54.60
12.00	34.20	38.20	35.00	39.60	37.00	37.60	57.40	53.70
13.00	35.00	41.70	37.00	43.50	39.50	40.20	56.50	47.60
14.00	34.80	36.90	35.50	39.10	38.00	38.30	60.30	53.50
15.00	34.20	36.30	34.20	37.60	36.00	36.80	54.20	52.90
ค่าเฉลี่ย	34.44	38.00	35.24	39.70	37.34	37.96	58.34	52.46



รูปที่ 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิเข้าและอุณหภูมิออก  
ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 18 m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 การหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

คำนวณจากสมการ (3.20) หรือ (3.21) โดยมีสมมติฐานดังนี้

1. สมมติว่าค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2542 มีค่าใกล้เคียงกับค่าสูงสุดของพลังงานแสงอาทิตย์เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2540
2. สมมติว่าค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2542 มีค่าใกล้เคียงกับค่าสูงสุดของพลังงานแสงอาทิตย์เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2540
3. สมมติว่าค่าเฉลี่ยของพลังงานแสงอาทิตย์ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของพลังงานแสงอาทิตย์ที่เขตภาคกระบุง จังหวัดกรุงเทพมหานคร
4. แผงรับแสงอาทิตย์ทำงานที่สภาวะคงตัว (steady state) ดังนั้น อัตราการสะสมพลังงานความร้อนที่ผิวรับรังสี ( $Q_s$ ) มีค่าเป็นศูนย์
5. ไม่คิดการสูญเสียความร้อนทางด้านข้าง เนื่องจากพื้นที่ด้านข้างมีพื้นที่น้อยมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ด้านบนและด้านล่าง
6. ไม่คิดการสูญเสียความร้อนทางด้านล่าง ( $Q_{Lb}$ ) เนื่องจากฉนวนสามารถป้องกันการสูญเสียความร้อนได้ 100 %

#### ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

1. ค่าสูงสุดของพลังงานแสงอาทิตย์เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2540 ที่สถานีวัดพลังงานแสงอาทิตย์ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่า 511.57 แคลอรี / ตารางเซนติเมตร / วัน หรือเทียบเป็นกำลังงานได้ 734.79 วัตต์ / ตารางเมตร
2. ค่าสูงสุดของพลังงานแสงอาทิตย์เดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2540 ที่สถานีวัดพลังงานแสงอาทิตย์ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่า 543.10 แคลอรี / ตารางเซนติเมตร / วัน หรือเทียบเป็นกำลังงานได้ 989.16 วัตต์ / ตารางเมตร
3. พื้นที่ของแผ่นรับรังสี ( $A_p$ ) มีขนาดเท่ากับ 2.415 ตารางเมตร
4. ความยาวของแผงรับแสงอาทิตย์ ( $L$ ) เท่ากับ 1.98 เมตร
5. พื้นที่หน้าตัดที่อากาศไหลเข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์เท่ากับ  $17.67 \times 10^{-3}$  ตารางเมตร
6. ความเร็วลมเหนือระนาบแผงรับแสงอาทิตย์มีค่าตั้งแต่ 0–2.8 เมตร / วินาที
7. ผลคูณของค่าการทะลุผ่านและค่าการดูดซับรังสีของกระจก ( $\tau\alpha$ ) เท่ากับ 0.92
8. ค่าการส่งออกรังสีความร้อนของกระจก ( $\epsilon_w$ ) เท่ากับ 0.94

#### ขั้นตอนการคำนวณ

1. คำนวณความเร็วลมเฉลี่ยเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ  $N_{ReL}$  ดังนี้

$$u_{Avg} = \frac{w_1 u_1 + w_2 u_2}{w_1 + w_2} \quad (5.1)$$

โดย  $u_1$  ความเร็วลมต่ำสุด  
 $u_2$  ความเร็วลมสูงสุด  
 $w_1$  อัตราส่วนการถ่วงน้ำหนักของการเกิดความเร็วลมต่ำสุด  
 $w_2$  อัตราส่วนการถ่วงน้ำหนักของการเกิดความเร็วลมสูงสุด

ดังนั้น

$$u_{avg} = 0.3(0) + 0.7(2.8) = 1.96 \text{ เมตร/วินาที}$$

2. คำนวณค่า  $Q_L$  จากสมการ (3.4) ถึง (3.6) ดังนี้

$$Q_L = Q_{Lc} = \left[ h_w A_c + \frac{0.171 A_c \epsilon_w (T_w^2 + T_\alpha^2)(T_w + T_\alpha)}{(100)^4} \right] (T_w - T_\alpha) \quad (3.4)$$

$$h_w = j(\rho C_p) / N_{Pr}^{2/3} \quad (3.5)$$

$$j\text{-factor} = 2.47 N_{Re,L}^{-0.58} \quad (3.6)$$

3. คำนวณค่า  $Q_U$  จากสมการ (3.16) ดังนี้

$$Q_U = H(\tau_\alpha) A_c - Q_L - Q_s \quad (3.16)$$

4. คำนวณหาประสิทธิภาพทางทฤษฎีของแผงรับแสงอาทิตย์จากสมการ (3.20)

$$\eta = \frac{Q_U}{H A_c} \times 100 \quad (3.20)$$

5. คำนวณหาประสิทธิภาพที่แท้จริงของแผงรับแสงอาทิตย์จากสมการ (3.21) โดยใช้ค่า  $T_2$  จากการทดลอง ดังนี้

$$\eta = \frac{m_1 C_{p,Avg} (T_2 - T_1)}{H A_c} \times 100 \quad (3.21)$$

6. คำนวณหาประสิทธิภาพเมื่อออกจากพัดลมดูดอากาศของแผงรับแสงอาทิตย์จากสมการ (3.21) โดยแทนค่า  $T_2$  ด้วยค่า  $T_3$  จากการทดลอง

#### หมายเหตุ

1. เมื่อทำการคำนวณประสิทธิภาพทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่าค่าประสิทธิภาพบางค่าในเดือนมีนาคมมีค่ามากกว่า 100% แสดงว่าค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่สมมติไว้มีค่าน้อยไป จึงคำนวณหาพลังงานแสงอาทิตย์ใหม่จากสมการ (3.21) โดยใช้ค่าอุณหภูมิเข้าและออก ( $T_1$  และ  $T_2$ ) ของตารางที่ 5.30 เวลา 13.00 น. เป็นตัวเทียบ เนื่องจากผลการทดลองค่านี้มีค่าประสิทธิภาพเกิน

100% มากที่สุด คำนวณหาค่าพลังงานแสงอาทิตย์ใหม่ได้เท่ากับ 1286.28 วัตต์/ตารางเมตร จากนั้น คำนวณประสิทธิภาพของผลการทดลองในเดือนมีนาคมใหม่ โดยใช้ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ค่าใหม่

## 2. ตัวอย่างการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ค.

### 5.4 ผลการคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

ผลการคำนวณประสิทธิภาพในช่วงเดือนมีนาคม แสดงดังตารางที่ 5.25 ถึง 5.42

ผลการคำนวณประสิทธิภาพในช่วงเดือนมีนาคม แสดงดังตารางที่ 5.43 ถึง 5.48

ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียงต่างๆ ในแต่ละอัตราเร็วลม แสดงดัง ตารางที่ 5.49 ถึง 5.54 และรูปที่ 5.25 ถึง 5.30

ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็วลมต่างๆ ในแต่ละมุมเอียง แสดงดัง ตารางที่ 5.55 ถึง 5.57 และรูปที่ 5.31 ถึง 5.33

ค่าประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่แต่ละอัตราเร็วลมของมุมเอียง 0 องศา ในการ ทดสอบการทำงานซ้ำของแผงรับแสงอาทิตย์ แสดงดังตารางที่ 5.58 และรูปที่ 5.34 ถึง 5.36

สัญลักษณ์ที่ใช้ในตารางที่ 5.25 ถึง 5.57 และรูปที่ 5.25 ถึง 5.33

To อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ทางทฤษฎี

Nt ประสิทธิภาพทางทฤษฎีของแผงรับแสงอาทิตย์ =  $\frac{Q_u}{HA_c}$

Np1 ประสิทธิภาพที่แท้จริงของแผงรับแสงอาทิตย์ =  $\frac{m_i C_{p,Avg} (T_2 - T_1)}{HA_c}$

Np2 ประสิทธิภาพเมื่อออกจากพัดลมดูดอากาศของแผงรับแสงอาทิตย์

$$= \frac{m_i C_{p,Avg} (T_3 - T_1)}{HA_c}$$

สัญลักษณ์ที่ใช้ในตารางที่ 5.58 และรูปที่ 5.34 ถึง 5.36

Nt,1 ประสิทธิภาพทางทฤษฎีของผลการทดลองในช่วงเดือนมีนาคม

Nt,2 ประสิทธิภาพทางทฤษฎีของผลการทดลองในช่วงเดือนเมษายน

Np1,1 ประสิทธิภาพที่แท้จริงของแผงรับแสงอาทิตย์ของผลการทดลองในช่วงเดือน มีนาคม

Np1,2 ประสิทธิภาพที่แท้จริงของแผงรับแสงอาทิตย์ของผลการทดลองในช่วงเดือน เมษายน

ตารางที่ 5.25 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง  $0^{\circ}$  อัตราเร็วลม 5 m/s  
วันที่ 13 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 ( $^{\circ}\text{C}$ )	T2 ( $^{\circ}\text{C}$ )	T3 ( $^{\circ}\text{C}$ )	To ( $^{\circ}\text{C}$ )	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
10.20	35.00	41.00	41.40	62.54	90.37	19.69	21.00
11.20	36.00	42.00	42.70	63.63	90.35	19.62	21.91
12.20	34.00	44.50	44.80	61.10	89.25	34.58	35.57
13.20	35.00	44.60	45.00	62.23	89.36	31.51	32.82
14.20	34.00	43.00	43.30	61.12	89.30	29.64	30.63
ค่าเฉลี่ย	34.80	43.02	43.44	62.12	89.73	27.01	28.39

ตารางที่ 5.26 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง  $0^{\circ}$  อัตราเร็วลม 8 m/s  
วันที่ 16 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 ( $^{\circ}\text{C}$ )	T2 ( $^{\circ}\text{C}$ )	T3 ( $^{\circ}\text{C}$ )	To ( $^{\circ}\text{C}$ )	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
10.20	33.00	40.00	40.30	50.06	90.19	37.00	38.59
11.20	34.00	42.50	42.70	51.03	89.71	44.79	45.84
12.20	35.00	42.50	42.80	52.13	89.96	39.38	40.96
13.20	33.50	43.50	43.80	50.47	89.55	52.78	54.37
14.20	35.00	44.00	44.50	52.07	89.66	47.26	49.89
ค่าเฉลี่ย	34.10	42.50	42.82	51.15	89.82	44.24	45.93

ตารางที่ 5.27 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 10 m/s

วันที่ 13 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
10.40	35.00	40.00	40.80	48.77	90.37	32.81	38.06
11.40	34.00	41.50	42.40	47.64	89.83	49.39	55.32
12.40	34.50	43.00	43.50	48.15	89.78	55.89	59.18
13.40	35.00	41.00	42.60	48.71	89.96	39.38	49.88
14.40	35.50	42.50	43.60	49.24	90.01	45.87	53.08
ค่าเฉลี่ย	34.80	41.60	42.58	48.50	89.99	44.67	51.11

ตารางที่ 5.28 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 12 m/s

วันที่ 16 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
10.40	34.00	42.00	42.10	45.40	90.12	63.22	64.02
11.40	33.50	42.00	42.80	44.83	89.69	67.29	73.63
12.40	36.50	43.00	43.60	48.02	90.28	50.94	55.64
13.40	34.00	43.50	43.70	45.36	89.76	75.09	76.67
14.40	34.00	42.50	43.30	45.35	89.69	67.18	73.51
ค่าเฉลี่ย	34.40	42.60	43.10	45.79	89.91	64.74	68.69

ตารางที่ 5.29 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 15 m/s  
วันที่ 13 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
11.00	34.50	40.00	41.30	43.65	90.26	54.23	67.06
12.00	35.00	41.00	41.60	44.16	90.21	59.07	64.98
13.00	34.50	40.00	41.70	43.64	90.10	54.23	71.00
14.00	35.50	40.50	41.50	44.68	90.21	49.14	58.97
15.00	35.50	41.50	42.20	44.67	90.10	58.97	65.85
ค่าเฉลี่ย	35.00	40.60	41.66	44.16	90.18	55.13	65.57

ตารางที่ 5.30 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 18 m/s  
วันที่ 16 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
11.00	34.50	39.50	39.90	42.13	90.28	59.16	63.90
12.00	33.50	40.00	40.10	41.08	89.99	77.17	78.36
13.00	33.50	41.00	41.90	41.06	89.73	89.05	99.75
14.00	34.50	41.00	41.40	42.10	89.92	76.92	81.65
15.00	33.50	40.50	40.60	41.07	89.85	83.11	84.30
ค่าเฉลี่ย	33.90	40.40	40.78	41.49	89.95	77.08	81.59

ตารางที่ 5.31 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 5 m/s  
วันที่ 17 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
10.20	34.00	42.50	43.30	61.24	89.71	27.99	30.63
11.20	34.50	44.00	45.40	61.75	89.59	31.23	35.84
12.20	34.00	44.50	45.10	61.07	89.16	34.58	36.56
13.20	33.50	44.00	45.60	60.53	89.18	34.64	39.92
14.20	34.50	48.00	48.10	61.45	88.63	44.40	44.73
ค่าเฉลี่ย	34.10	44.60	45.50	61.21	89.26	34.57	37.54

ตารางที่ 5.32 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 8 m/s  
วันที่ 18 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
10.20	34.50	40.50	41.00	51.65	90.21	31.55	34.19
11.20	34.00	42.50	42.80	51.05	89.83	44.79	46.37
12.20	34.50	41.50	42.20	51.57	89.78	36.82	40.50
13.20	36.50	44.50	45.90	53.68	89.75	41.80	49.12
14.20	35.00	43.00	43.80	52.06	89.59	42.01	46.21
ค่าเฉลี่ย	34.90	42.40	43.14	52.00	89.83	39.39	43.28

ตารางที่ 5.33 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 10 m/s  
วันที่ 17 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
11.40	34.00	40.00	40.40	47.68	90.10	39.51	42.14
12.40	34.00	42.00	42.30	47.61	89.62	52.69	54.66
13.40	34.00	39.00	40.50	47.67	89.99	32.92	42.80
14.40	33.50	42.50	44.00	47.00	89.09	59.38	69.28
15.40	33.00	42.50	43.50	46.50	89.23	62.78	69.39
ค่าเฉลี่ย	33.70	41.20	42.14	47.29	89.61	49.46	55.66

ตารางที่ 5.34 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 12 m/s  
วันที่ 18 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
10.40	33.00	40.00	40.20	44.34	89.87	55.50	57.09
11.40	35.30	44.00	44.90	46.68	89.52	68.46	75.55
12.40	36.00	44.20	45.30	47.40	89.48	64.37	73.02
13.40	34.50	42.20	42.90	45.87	89.73	60.75	66.28
14.40	33.50	42.50	43.20	44.79	89.39	71.25	76.80
ค่าเฉลี่ย	34.46	42.58	43.30	45.81	89.60	64.07	69.75

ตารางที่ 5.35 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 15 m/s  
วันที่ 17 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
11.00	32.00	36.00	36.40	41.08	90.31	39.77	43.74
12.00	33.50	40.50	40.60	42.61	90.17	69.26	70.25
13.00	33.00	41.00	41.30	42.06	89.76	79.29	82.27
14.00	33.30	41.50	41.80	42.36	89.67	81.20	84.17
15.00	34.50	42.00	42.60	43.60	89.78	73.97	79.89
ค่าเฉลี่ย	33.26	40.20	40.54	42.34	89.94	68.70	72.06

ตารางที่ 5.36 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 8° อัตราเร็วลม 18 m/s  
วันที่ 18 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
11.00	34.50	39.00	39.70	42.14	90.44	53.24	61.53
12.00	33.50	39.00	39.90	41.07	89.92	65.30	75.99
13.00	34.50	40.00	41.20	42.11	90.10	65.08	79.29
14.00	34.00	41.00	42.20	41.59	89.94	82.98	97.21
15.00	33.50	38.00	39.10	41.10	90.19	53.42	66.48
ค่าเฉลี่ย	34.00	39.40	40.42	41.60	90.12	64.00	76.10

ตารางที่ 5.37 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 5 m/s  
วันที่ 19 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
10.20	34.00	42.00	42.80	61.35	90.05	26.34	28.98
11.20	34.00	46.30	47.00	60.87	88.51	40.52	42.82
12.20	34.50	45.50	47.50	61.43	88.56	36.17	42.75
13.20	34.80	45.60	46.00	61.91	89.04	35.48	36.79
14.20	35.50	47.00	47.60	62.68	89.06	37.69	39.66
ค่าเฉลี่ย	34.56	45.28	46.18	61.65	89.05	35.24	38.20

ตารางที่ 5.38 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 8 m/s  
วันที่ 22 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
10.20	34.00	40.50	40.80	51.10	90.10	34.24	35.82
11.20	34.00	39.00	39.40	51.08	89.96	26.34	28.45
12.20	34.50	43.00	43.20	51.53	89.59	44.71	45.76
13.20	36.00	44.00	44.50	53.13	89.64	41.87	44.49
14.20	35.50	44.00	44.20	52.59	89.57	44.56	45.61
ค่าเฉลี่ย	34.80	42.10	42.42	51.89	89.77	38.34	40.03

ตารางที่ 5.39 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 10 m/s  
วันที่ 19 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
10.40	33.50	41.00	41.30	47.12	89.83	49.47	51.45
11.40	34.00	43.50	43.80	47.66	89.99	62.57	64.55
12.40	34.00	44.50	45.00	47.52	89.09	69.16	72.46
13.40	34.00	44.50	44.80	47.54	89.20	69.16	71.14
14.40	34.00	43.00	43.90	47.59	89.48	59.28	65.21
ค่าเฉลี่ย	33.90	43.30	43.76	47.49	89.52	61.93	64.96

ตารางที่ 5.40 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 12 m/s  
วันที่ 22 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
10.40	35.00	40.00	41.10	46.47	90.35	39.37	48.04
11.40	36.00	42.00	43.20	47.46	89.96	47.10	56.52
12.40	36.00	43.20	43.90	47.47	90.05	56.52	62.02
13.40	35.80	44.00	45.00	47.23	89.82	64.42	72.28
14.40	36.00	42.50	43.70	47.48	90.12	51.02	60.45
ค่าเฉลี่ย	35.76	42.34	43.38	47.22	90.06	51.69	59.86

ตารางที่ 5.41 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 15 m/s  
วันที่ 19 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
11.00	34.00	40.00	40.70	43.15	90.33	59.26	66.18
12.00	33.50	39.50	39.90	42.62	90.26	59.36	63.32
13.00	34.00	41.00	42.00	43.11	89.96	69.15	79.03
14.00	34.50	42.00	42.70	43.61	89.80	73.97	80.87
15.00	34.00	41.00	42.00	43.08	89.73	69.15	79.03
ค่าเฉลี่ย	34.00	40.70	41.46	43.11	90.02	66.18	73.69

ตารางที่ 5.42 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 15° อัตราเร็วลม 18 m/s  
วันที่ 22 มีนาคม 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
11.00	35.00	39.00	39.60	42.69	90.79	47.25	54.34
12.00	35.20	40.20	41.30	42.86	90.47	59.02	72.01
13.00	37.00	41.00	42.50	44.74	90.85	46.93	64.54
14.00	37.00	41.80	42.90	44.73	90.72	56.32	69.23
15.00	34.20	41.50	42.00	41.85	90.61	86.48	92.40
ค่าเฉลี่ย	35.68	40.70	41.66	43.37	90.69	59.20	70.50

ตารางที่ 5.45 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 10 m/s  
วันที่ 20 เมษายน 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
10.40	34.50	39.80	39.90	45.04	90.10	45.30	46.15
11.40	35.50	40.50	41.00	46.08	90.10	42.59	46.85
12.40	35.00	41.00	42.00	45.51	89.71	51.20	59.73
13.40	35.00	37.50	38.00	45.62	90.63	21.33	25.59
ค่าเฉลี่ย	35.00	39.70	40.23	45.56	90.13	40.10	44.58

ตารางที่ 5.46 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 12 m/s  
วันที่ 19 เมษายน 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
10.40	34.00	38.20	38.90	89.74	42.74	43.14	50.33
11.40	36.00	40.50	41.00	89.97	44.82	45.92	51.02
12.40	36.00	42.00	42.70	89.08	44.73	61.23	68.38
13.40	36.00	41.00	40.20	90.36	44.86	51.02	42.85
14.40	35.20	40.50	41.30	90.04	44.00	54.23	62.42
ค่าเฉลี่ย	35.44	40.44	40.82	89.84	44.23	51.11	55.00

ตารางที่ 5.47 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 15 m/s  
วันที่ 19 เมษายน 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
11.00	33.50	36.00	37.00	90.72	40.55	32.15	45.01
12.00	35.00	40.00	42.60	89.53	42.00	63.99	97.28
13.00	35.50	40.00	40.50	89.35	42.49	57.49	63.88
14.00	35.00	36.00	37.50	91.35	42.14	12.80	31.99
ค่าเฉลี่ย	34.75	38.00	39.40	90.24	41.80	41.61	59.54

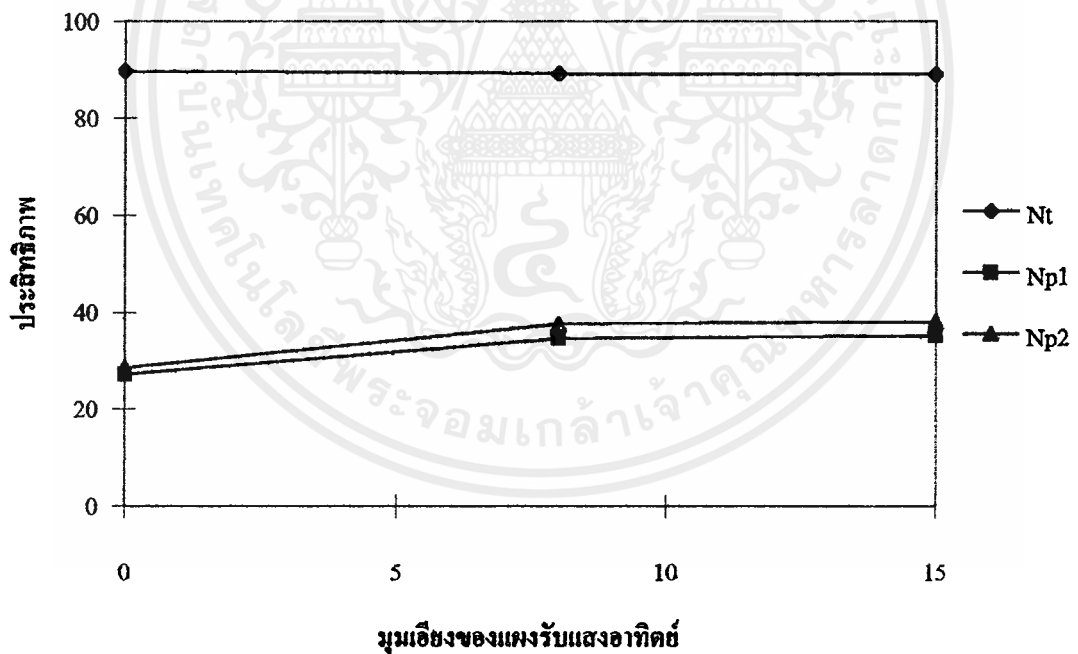
ตารางที่ 5.48 ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มุมเอียง 0° อัตราเร็วลม 18 m/s  
วันที่ 20 เมษายน 2542

เวลา (น.)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
11.00	34.00	36.20	36.90	90.60	39.88	33.90	44.68
12.00	34.20	37.00	37.60	90.39	40.07	43.11	52.35
13.00	35.00	39.50	40.20	89.47	40.83	69.11	79.86
14.00	34.80	38.00	38.30	90.72	40.70	49.17	53.78
15.00	34.20	36.00	36.80	90.99	40.11	27.71	40.03
ค่าเฉลี่ย	34.44	37.34	37.96	90.44	40.32	44.60	54.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.49 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็วลม 5 m/s มุมเอียง 0°, 8°, 15°

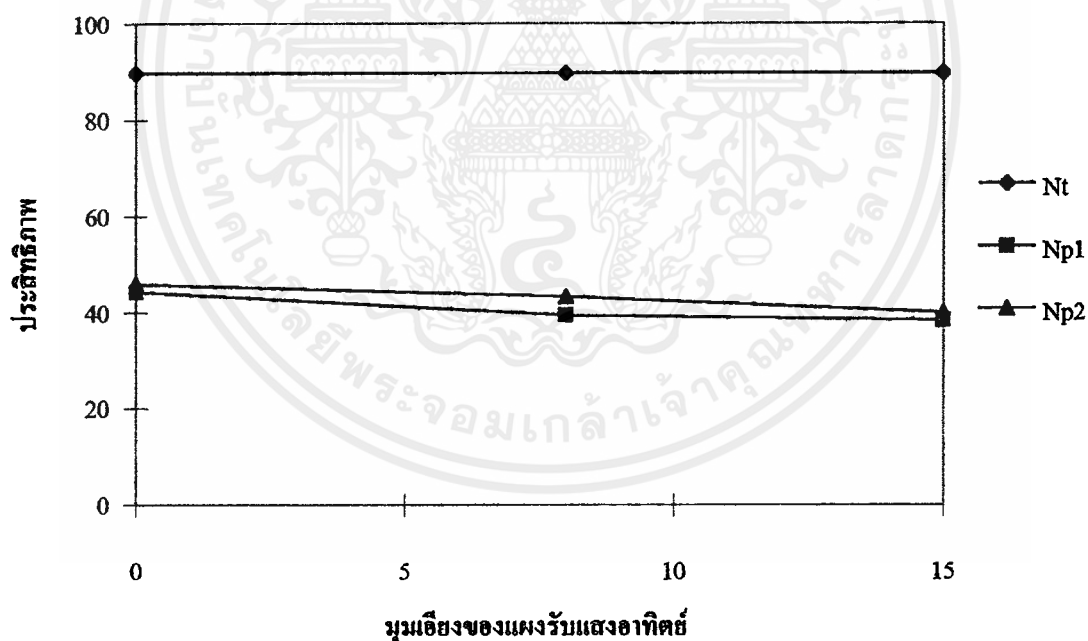
มุมเอียง	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
0°	34.80	43.02	43.44	62.12	89.73	27.01	28.39
8°	34.10	44.60	45.50	61.21	89.26	34.57	37.54
15°	34.56	45.28	46.18	61.65	89.05	35.24	38.20



รูปที่ 5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ และประสิทธิภาพ ที่อัตราเร็วลม 5 m/s

ตารางที่ 5.50 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็วลม 8 m/s มุมเอียง 0°, 8°, 15°

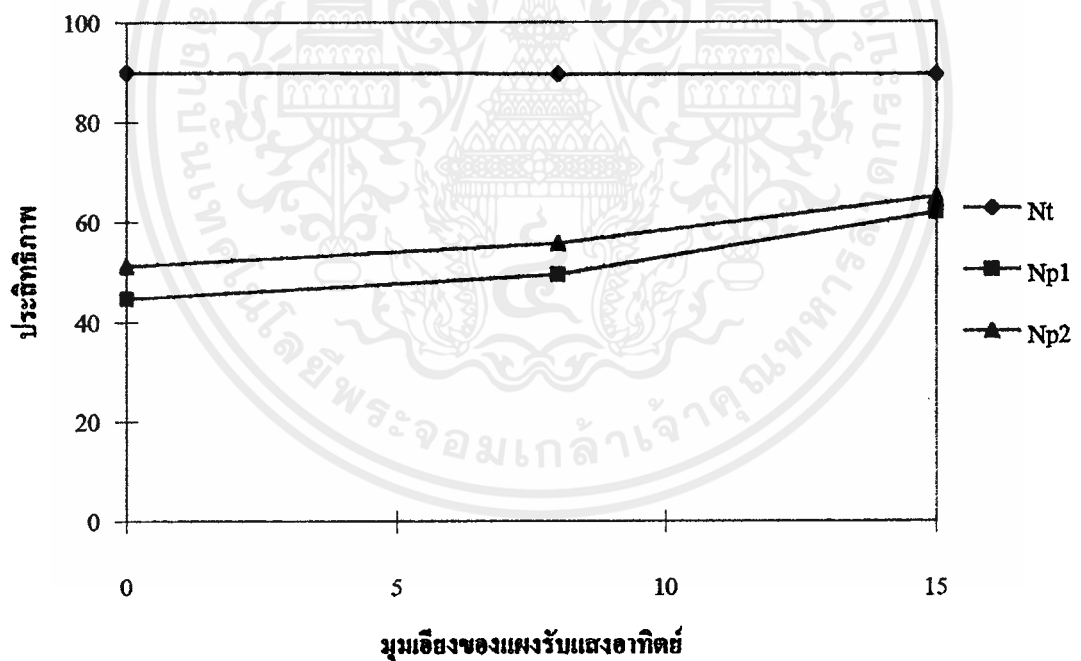
มุมเอียง	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
0°	34.10	42.50	42.82	51.15	89.82	44.24	45.93
8°	34.90	42.40	43.14	52.00	89.83	39.39	43.28
15°	34.80	42.10	42.42	51.89	89.77	38.34	40.03



รูปที่ 5.26 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์  
และประสิทธิภาพ ที่อัตราเร็วลม 8 m/s

ตารางที่ 5.51 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็วลม 10 m/s มุมเอียง 0°, 8°, 15°

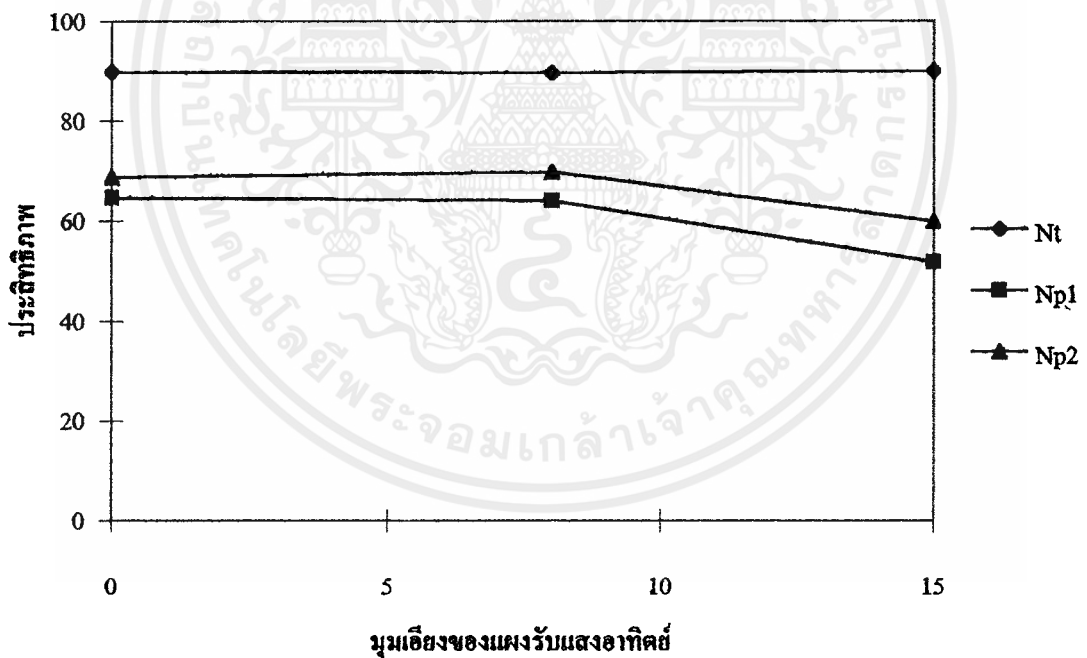
มุมเอียง	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
0°	34.80	41.60	42.58	48.50	89.99	44.67	51.11
8°	33.70	41.20	42.14	47.29	89.61	49.46	55.66
15°	33.90	43.30	43.76	47.49	89.52	61.93	64.96



รูปที่ 5.27 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ และประสิทธิภาพ ที่อัตราเร็วลม 10 m/s

ตารางที่ 5.52 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็วลม 12 m/s มุมเอียง 0°, 8°, 15°

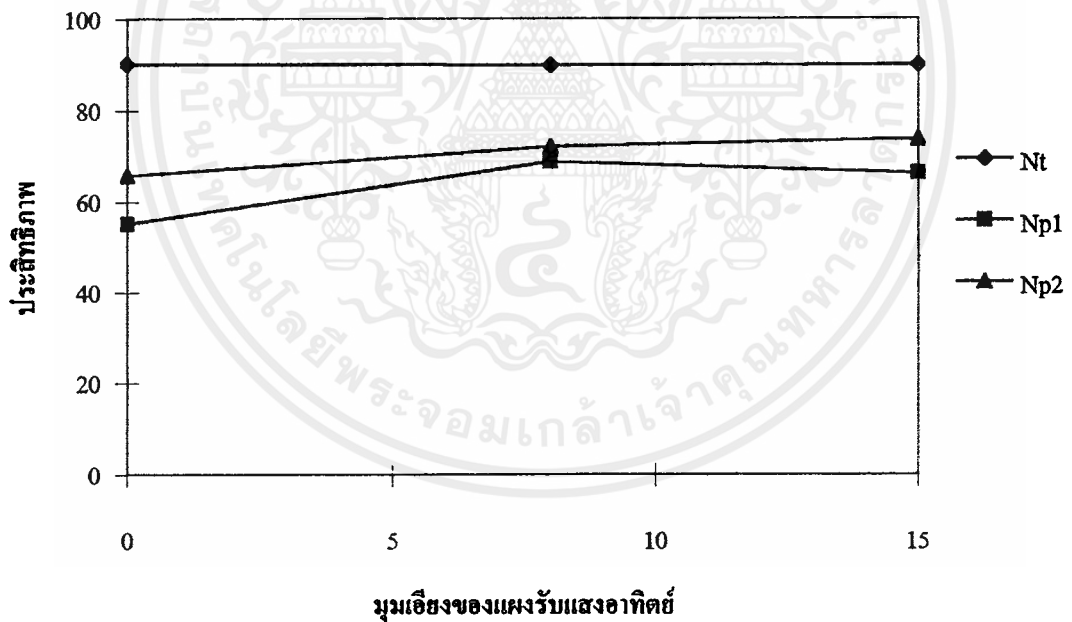
มุมเอียง	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
0°	34.40	42.60	43.10	45.79	89.91	64.74	68.69
8°	34.46	42.58	43.30	45.81	89.60	64.07	69.75
15°	35.76	42.34	43.38	47.22	90.06	51.69	59.86



รูปที่ 5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ และประสิทธิภาพ ที่อัตราเร็วลม 12 m/s

ตารางที่ 5.53 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็วลม 15 m/s มุมเอียง 0°, 8°, 15°

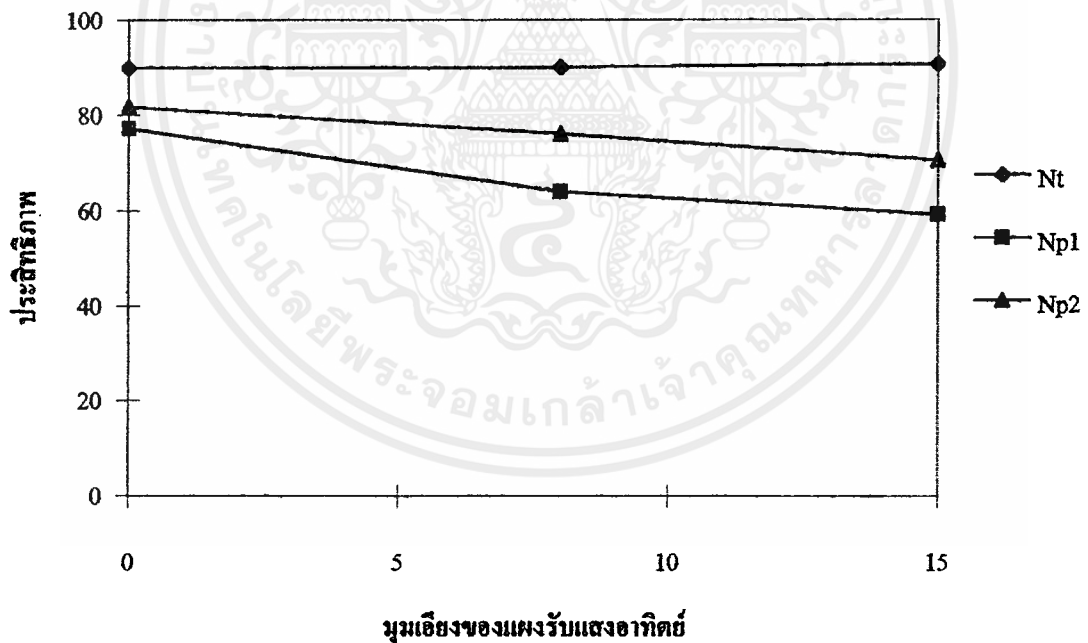
มุมเอียง	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
0°	35.00	40.60	41.66	44.16	90.18	55.13	65.57
8°	33.26	40.20	40.54	42.34	89.94	68.70	72.06
15°	34.00	40.70	41.46	43.11	90.02	66.18	73.69



รูปที่ 5.29 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์  
และประสิทธิภาพ ที่อัตราเร็วลม 15 m/s

ตารางที่ 5.54 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็วลม 18 m/s มุมเอียง 0°, 8°, 15°

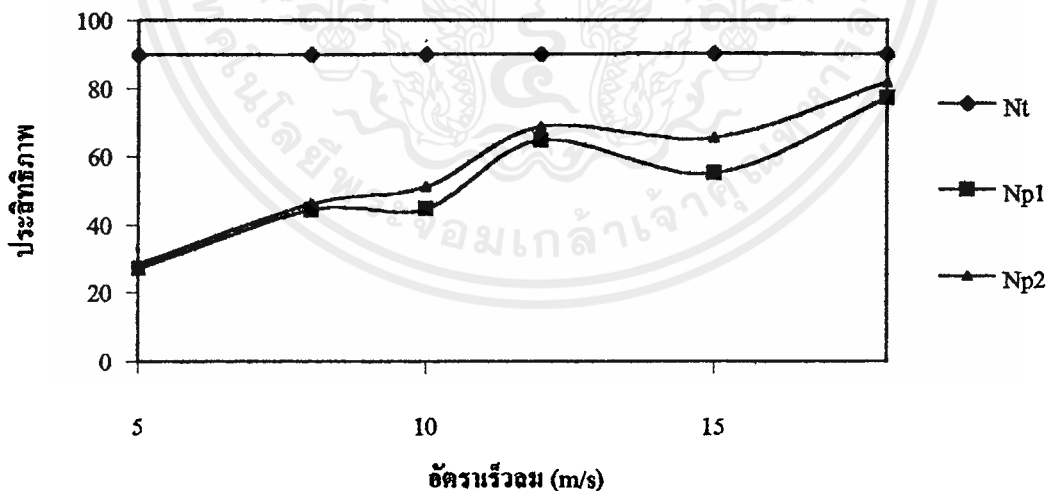
มุมเอียง	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
0°	33.90	40.40	40.78	41.49	89.95	77.08	81.59
8°	34.00	39.40	40.42	41.60	90.12	64.00	76.10
15°	35.68	40.70	41.66	43.37	90.69	59.20	70.50



รูปที่ 5.30 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ และประสิทธิภาพ ที่อัตราเร็วลม 18 m/s

ตารางที่ 5.55 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่แต่ละอัตราเร็วลม มุมเอียง 0°

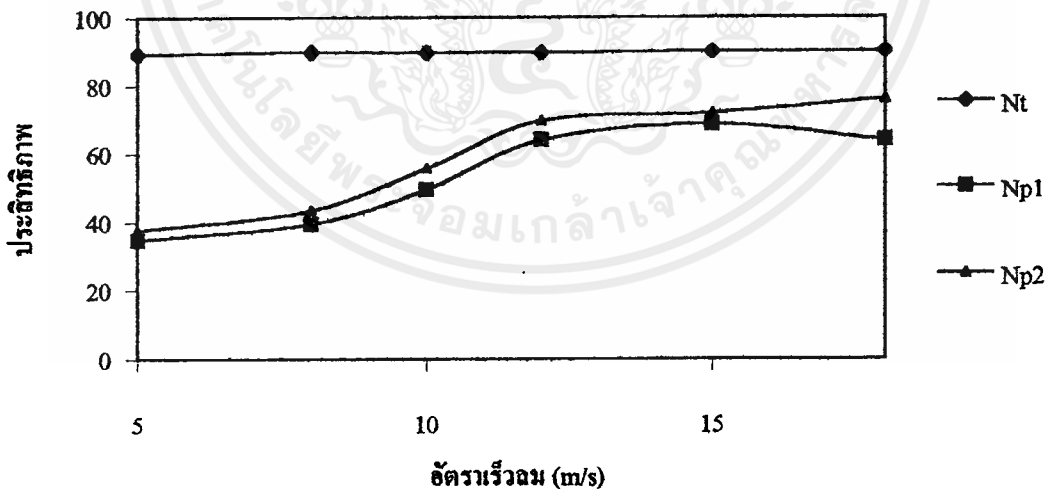
อัตราเร็วลม (m/s)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
5	34.80	43.02	43.44	62.12	89.73	27.01	28.39
8	34.10	42.50	42.82	51.15	89.82	44.24	45.93
10	34.80	41.60	42.58	48.50	89.99	44.67	51.11
12	34.40	42.60	43.10	45.79	89.91	64.74	68.69
15	35.00	40.60	41.66	44.16	90.18	55.13	65.57
18	33.90	40.40	40.78	41.49	89.95	77.08	81.59
ค่าเฉลี่ย	34.50	41.79	42.40	48.87	89.93	52.15	56.88



รูปที่ 5.31 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมและประสิทธิภาพที่มุมเอียง 0°

ตารางที่ 5.56 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่แต่ละอัตราเร็วลม มุมเอียง 8°

อัตราเร็วลม (m/s)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
5	34.10	44.60	45.50	61.21	89.26	34.57	37.54
8	34.90	42.40	43.14	52.00	89.83	39.39	43.28
10	33.70	41.20	42.14	47.29	89.61	49.46	55.66
12	34.46	42.58	43.30	45.81	89.60	64.07	69.75
15	33.26	40.20	40.54	42.34	89.94	68.70	72.06
18	34.00	39.40	40.42	41.60	90.12	64.00	76.10
ค่าเฉลี่ย	34.07	41.73	42.51	48.38	89.73	53.37	59.07

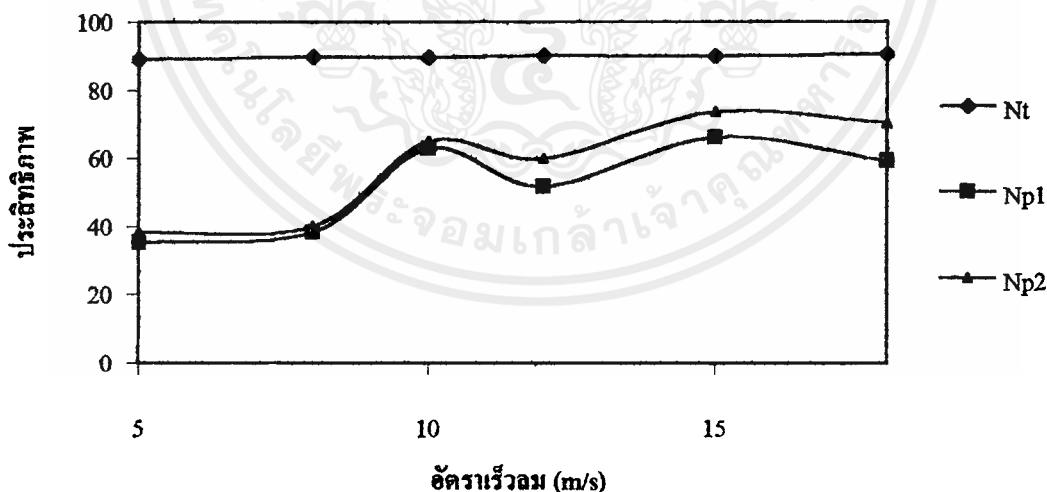


รูปที่ 5.32 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมและประสิทธิภาพ  
ที่มุมเอียง 8°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.57 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่แต่ละอัตราเร็วลม มุมเอียง 15°

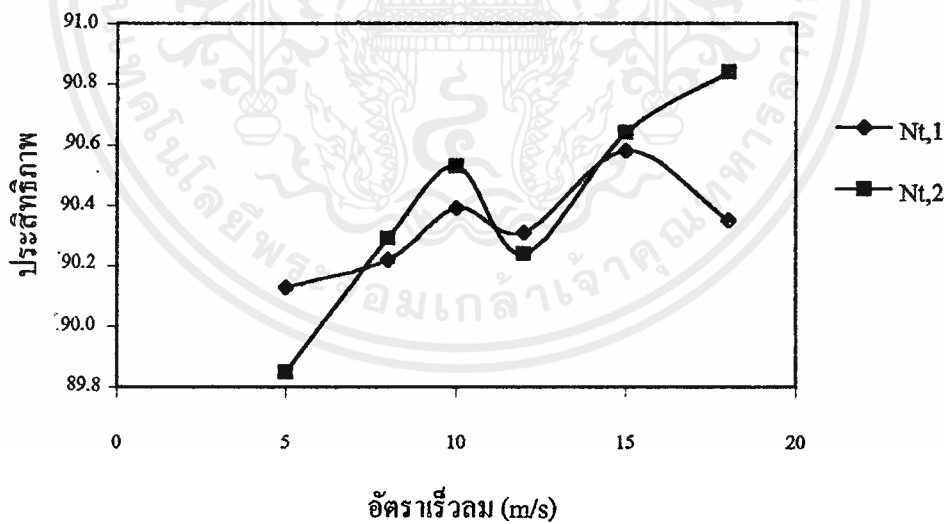
อัตราเร็วลม (m/s)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	To (°C)	Nt (%)	Np1 (%)	Np2 (%)
5	35.56	45.28	46.18	61.65	89.05	35.24	38.20
8	34.80	42.10	42.42	51.89	89.77	38.34	40.03
10	33.90	43.30	43.76	47.49	89.52	62.93	64.96
12	35.76	42.34	43.38	47.22	90.06	51.69	59.86
15	34.00	40.70	41.46	43.11	90.02	66.18	73.69
18	35.68	40.70	41.66	43.37	90.69	59.20	70.50
ค่าเฉลี่ย	34.95	42.40	43.14	49.12	89.85	52.26	57.87



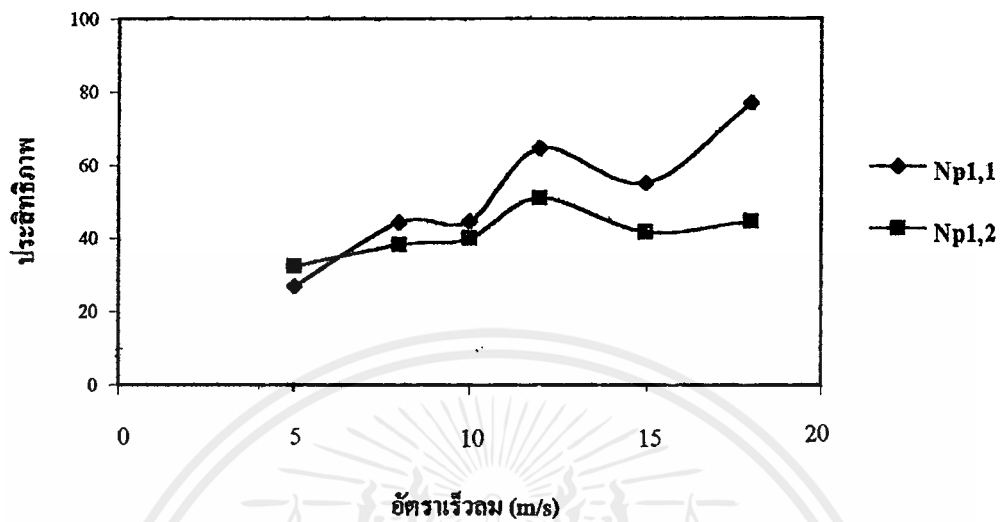
รูปที่ 5.33 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมและประสิทธิภาพ  
ที่มุมเอียง 15°

ตารางที่ 5.58 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ที่แต่ละอัตราเร็วลม มุมเอียง 0°

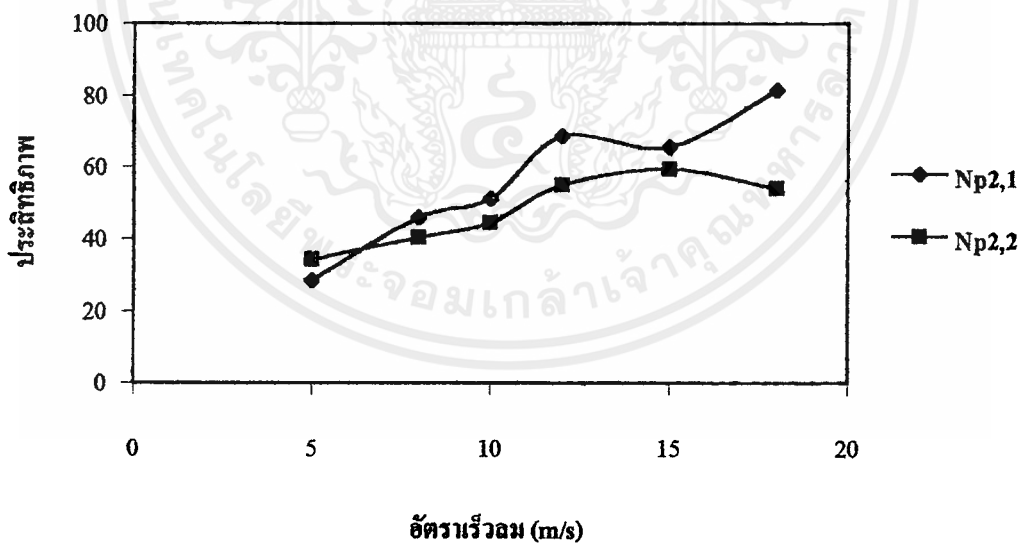
อัตราเร็วลม (m/s)	5	8	10	12	15	18	ค่าเฉลี่ย
Nt,1 (%)	89.73	89.82	89.99	89.91	90.18	89.95	89.93
Np1,1 (%)	27.01	44.24	44.67	64.74	55.13	77.08	52.15
Np2,1 (%)	28.39	45.93	51.11	68.69	65.57	81.59	56.88
Nt,2 (%)	89.45	89.89	90.13	89.84	90.24	90.44	90.00
Np1,2 (%)	32.38	38.33	40.10	51.11	41.61	44.60	41.36
Np2,2 (%)	34.30	40.37	44.58	55.00	59.54	54.14	47.99



รูปที่ 5.34 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมและประสิทธิภาพทางทฤษฎีที่มุมเอียง 0°



รูปที่ 5.35 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมและประสิทธิภาพ  
ที่แท้จริงที่มุมเอียง 0°



รูปที่ 5.36 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมและประสิทธิภาพ  
เมื่อออกจากพัดลมดูดอากาศที่มุมเอียง 0°

### 5.5 สรุปผลการทดลองหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

1. จากตารางที่ 5.49 ถึง 5.54 และรูปที่ 5.25 ถึง 5.30 พบว่าเมื่อมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์เปลี่ยนไปจะทำให้ประสิทธิภาพของแผงเพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่เกิน 20% โดยไม่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปในทิศทางเดียวกัน จึงสรุปไม่ได้ว่ามุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์มีผลอย่างไรต่อประสิทธิภาพของแผง

2. จากตารางที่ 5.55 ถึง 5.57 และรูปที่ 5.31 ถึง 5.33 สรุปได้ว่าอุณหภูมิที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ทางทฤษฎีและทางปฏิบัติมีค่าลดลงเมื่ออัตราเร็วลมเพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะเวลาที่อากาศรับพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทจากผิวรับรังสีน้อยลง

3. จากตารางที่ 5.58 และรูปที่ 5.34 ถึง 5.36 พบว่าเมื่อทำการทดลองซ้ำที่มุมเอียงและอัตราเร็วลมเดียวกัน ประสิทธิภาพที่คำนวณได้มีค่าไม่ต่างกันมากนัก และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน จึงสรุปว่าแผงรับแสงอาทิตย์ในโครงการนี้มีประสิทธิภาพในการทำงานซ้ำใกล้เคียงกัน

4. ประสิทธิภาพทางทฤษฎีของแผงรับแสงอาทิตย์มีค่าคงที่ประมาณ 90% เนื่องจากอัตราการสูญเสียพลังงานความร้อนของแผงที่คำนวณได้มีค่าค่อนข้างคงที่

5. ประสิทธิภาพที่แท้จริงและประสิทธิภาพเมื่อออกจากพัฒลมคูอากาศของแผงรับแสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราเร็วลมเพิ่มขึ้น เนื่องจากอากาศที่จะมารับพลังงานความร้อนจากแผงมีมวลเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถพาพลังงานความร้อนได้มากขึ้น

6. ประสิทธิภาพโดยรวมของแผงรับแสงอาทิตย์มีค่าอยู่ในช่วง 25-80% ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วลมและมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์

### 5.6 วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ในโครงการนี้อาจได้ผลคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงบ้างเนื่องจาก

1. ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ (H) ที่ใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพไม่ใช่ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ทำการทดลอง เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์จึงใช้ค่าพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดของเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน พ.ศ. 2540 ที่สถานีวัดพลังงานแสงอาทิตย์ อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา [11]

2. ในการทดลองตั้งสมมติฐานว่า ไม่มีการสะสมความร้อนที่แผ่นคูคกิ้นแสงซึ่งในความจริงอาจมีการสะสมความร้อนที่แผ่นคูคกิ้นแสง

3. การทดลองในแต่ละวันได้ปรับเปลี่ยนอัตราเร็วลมเป็น 3 ค่า คือ 5 10 15 เมตร/วินาที และ 8 12 18 เมตร/วินาที โดยใช้เวลา 20 นาทีในแต่ละอัตราเร็ว ผลัดเปลี่ยนไปในช่วง 10.00 - 15.00 น. และแสงแดดในเวลาคงกล่าวไม่คงที่ ซึ่งอาจทำให้การคำนวณหาประสิทธิภาพในแต่ละอัตราเร็วมีความคลาดเคลื่อนไปบ้าง

4. อุณหภูมิที่ออกจากพัดลมดูดอากาศมีค่ามากกว่าที่เข้าพัดลมดูดอากาศเล็กน้อยเนื่องมาจากงาน (shaft work) ของพัดลมดูดอากาศ

### 5.7 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากช่วงเวลาที่ทำการทดลองมีจำกัดรวมทั้งสภาพดินฟ้าอากาศในเดือนที่ทำการทดลองส่วนใหญ่ไม่ค่อยแจ่มใส มีฝนตกและที่เมฆมาก ทำให้ต้องปรับเปลี่ยนอัตราเร็วลมเป็น 3 ค่าใน 1 วัน คือ 5 10 15 เมตร/วินาที และ 8 12 18 เมตร/วินาที โดยใช้เวลา 20 นาทีในแต่ละอัตราเร็ว ซึ่งการทดลองเช่นนี้อาจมีผลต่อประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ ถ้ามีเวลาในการทดลองมากกว่านี้ควรจะทำการทดลองวันละ 1 อัตราเร็วลม

2. ควรจะวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ทุกวันที่ทำการทดลองถ้าสามารถหาอุปกรณ์วัดแสงอาทิตย์ได้ หรือหาสมการที่เหมาะสมสำหรับคำนวณค่าพลังงานแสงอาทิตย์

## เอกสารอ้างอิง

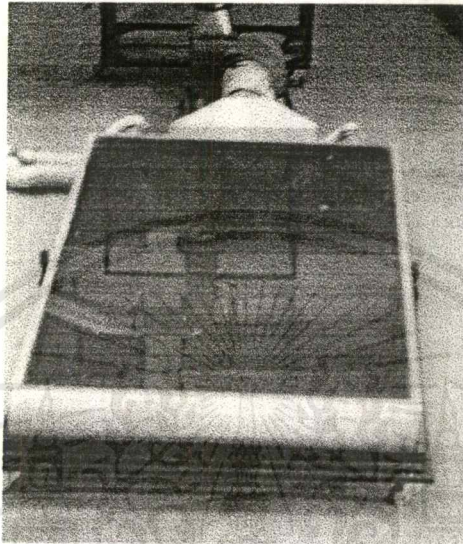
1. Max S. Peter, Klauss D. Timmerhaus, *Plant Design and Economics for Chemical Engineer*, 4<sup>ed</sup>, McGraw-Hill
2. J.P. Holman, *Heat Transfer*, 4<sup>ed</sup>, McGraw-Hill
3. Christi J. Geankopis, *Transport Processes and Unit Operations*, 3<sup>ed</sup>, Prentice-Hall
4. ธงชัย ศิริประยุกต์ พลังงานแสงแดด (*introduction to solar energy*) ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5. ไชยยศ ศิริเพาประดิษฐ์ คำสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลมเหนือแผงรับแสงอาทิตย์ ชนิดแผ่นราบ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2531
6. การตากแห้งเมล็ดธัญพืชแบบฟลูอิด ไคซ์เบค วารสารเคมีวิศวกรรมเทคโนโลยีทางอาหารและเชื้อเพลิง ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2523 หน้า 71-79
7. พลังงานแสงอาทิตย์ ธรรมชาติของเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
8. รศ.ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ รศ.ดร. มานิจ ทองประเสริฐ สุวิทย์ บุญยวณิชกุล รศ. จริญญา มหิตราฟองกุล การศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ กันยายน พ.ศ. 2528
9. ดร. จรววย บุญยบุต มุมเอียงที่เหมาะสมสำหรับแผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบ วารสารวิศวกรรมศาสตร์ พ.ศ. 2525
10. สมพรรษ์ พูลผล การติดตั้งชุดทดสอบแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อแสดงประสิทธิภาพของแผงในรูปสมการเส้นโค้ง วารสารเคมีวิศวกรรมและเทคโนโลยีทางอาหารและเชื้อเพลิง ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2525
11. สถิติศึกษาภาพพลังงานแสงอาทิตย์ ฝ่ายสำรวจประเมินศักยภาพแหล่งพลังงานส่วนสำรวจ สำนักงานศึกษาและพัฒนาพลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม



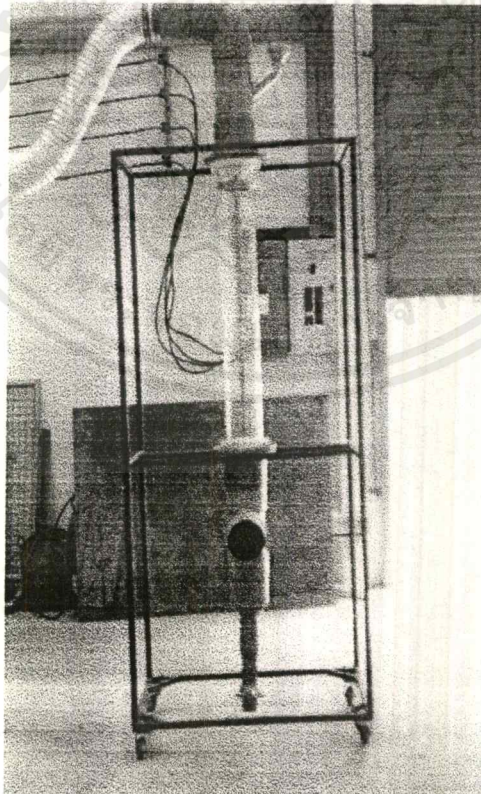
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ส่วนประกอบของเครื่องอบธัญพืชโดยใช้แผงรับแสงอาทิตย์

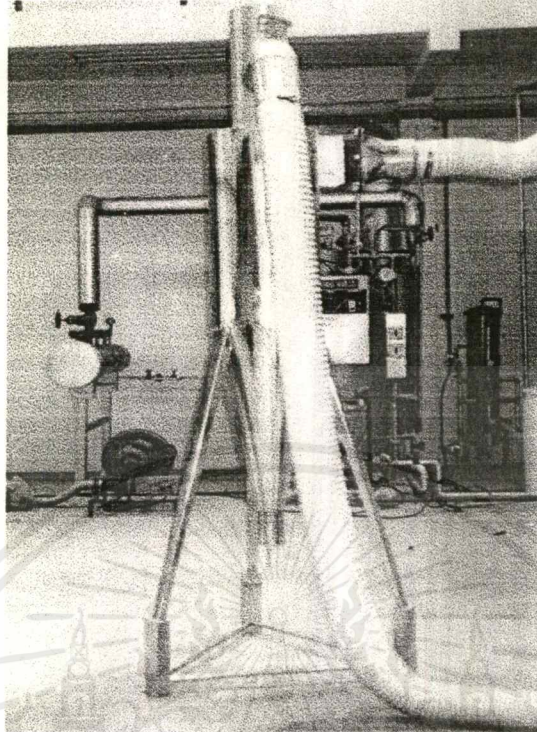


รูปที่ ก.1 แผงรับแสงอาทิตย์

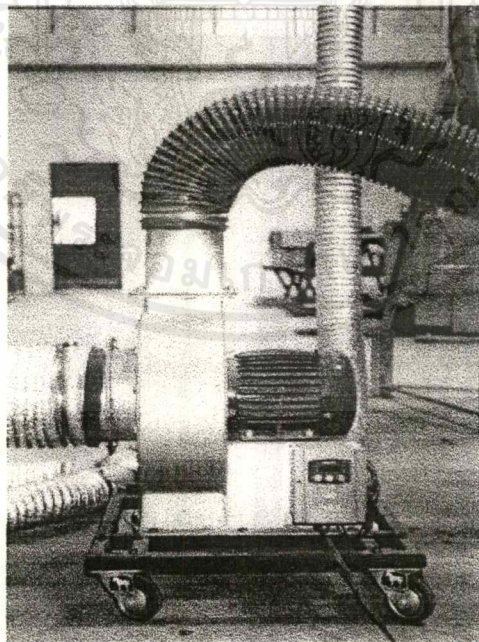


รูปที่ ก.2 คอลัมน์อบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

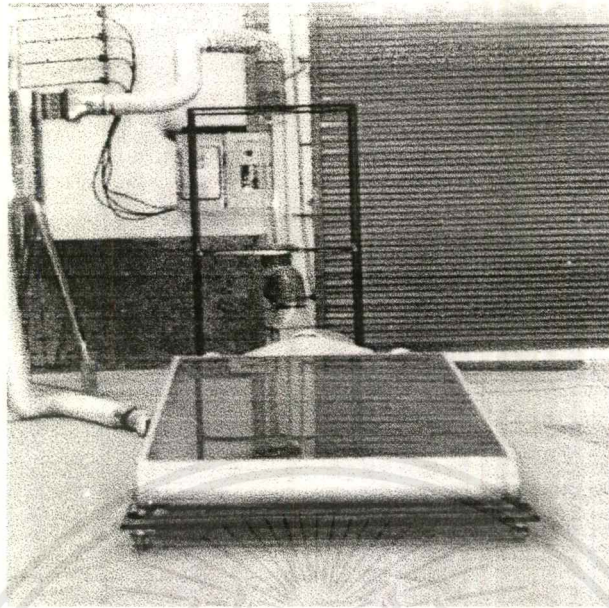


รูปที่ ก.3 ไซโคลน

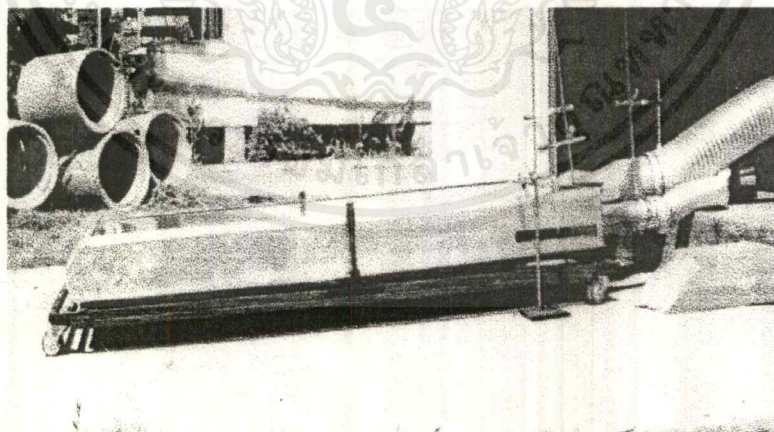


รูปที่ ก.4 พัดลมดูดอากาศและอุปกรณ์ควบคุมความเร็วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 เครื่องอบแห้งรังสีพิชโดยใช้แผงรับแสงอาทิตย์



รูปที่ ก.6 การทดลองหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

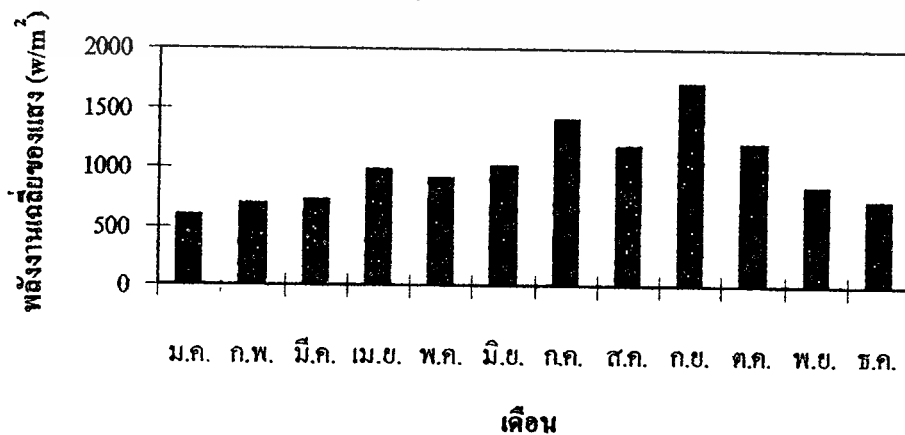
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวก ข.

ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ประจำปี พ.ศ. 2540 [11]

เดือน	ความเข้มแสง (cal / cm <sup>2</sup> ) / day			ความยาวนานของแสง hour / day			พลังงานสูงสุดของแสง (W / m <sup>2</sup> )
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	
	ม.ค.	384.56	253.14	341.18	9.83	0.00	
ก.พ.	471.44	189.19	390.72	10.00	0.08	7.87	696.08
มี.ค.	511.57	244.54	432.80	9.17	2.83	8.09	734.79
เม.ย.	543.10	185.44	381.90	11.75	1.08	6.38	989.16
พ.ค.	542.88	144.87	382.80	10.33	2.92	6.86	919.57
มิ.ย.	537.59	170.67	382.95	10.00	0.67	6.18	1010.81
ก.ค.	479.82	122.16	338.83	8.50	0.00	3.98	1400.88
ส.ค.	509.80	173.32	357.56	10.00	0.00	4.98	1189.53
ก.ย.	449.39	137.37	301.64	7.58	0.00	3.04	1717.73
ต.ค.	474.52	113.34	326.99	9.00	0.00	4.61	1196.08
พ.ย.	436.16	160.31	333.38	10.00	0.00	5.98	847.52
ธ.ค.	427.78	217.64	336.67	8.08	1.17	6.88	722.50

ค่าพลังงานสูงสุดของแสงอาทิตย์ปี พ.ศ. 2540



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

- การคำนวณประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่อัตราเร็ว 5 เมตรต่อวินาที มุมเอียง 0 องศา วันที่ 13 มีนาคม 2542 เวลา 10.20 น.

ผลการทดลองของวันที่ 13 มีนาคม 2542

$$T_1 = 35.0 \text{ องศาเซลเซียส}$$

$$T_w = 42.1 \text{ องศาเซลเซียส}$$

$$T_2 = 41.0 \text{ องศาเซลเซียส}$$

$$T_3 = 41.4 \text{ องศาเซลเซียส}$$

สมบัติต่างๆของอากาศที่  $T_1$

$$\rho = 1.148 \text{ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร}$$

$$\mu = 1.888 \times 10^{-5} \text{ กิโลกรัม/เมตร-วินาที}$$

$$C_p = 1.0048 \times 10^{-3} \text{ จูล/กิโลกรัม-องศาเซลวิน}$$

$$N_{Pr} = 0.706$$

สมบัติต่างๆของอากาศที่  $T_2$

$$C_p = 1.0053 \times 10^{-3} \text{ จูล/กิโลกรัม-องศาเซลวิน}$$

สมบัติต่างๆของอากาศที่  $T_3$

$$C_p = 1.0053 \times 10^{-3} \text{ จูล/กิโลกรัม-องศาเซลวิน}$$

1. คำนวณหาค่า  $N_{Re}$  จาก

$$N_{Re} = \frac{Lu_{avg} \rho}{\mu}$$

ดังนั้น

$$N_{Re} = \frac{1.98 \times 1.96 \times 1.148}{1.888 \times 10^{-5}} = 235983$$

2. หาค่า  $h_w$  จากสมการ (3.5) และ (3.6) ดังนี้

$$h_w = 2.47 N_{Re,L}^{-0.58} (\rho C_p) / N_{Pr}^{2/3}$$

แทนค่าตัวแปรต่างๆจะได้

$$h_w = 2.47 (235983)^{-0.58} (1.148 \times 1.0048 \times 10^{-3}) / (0.706)^{2/3}$$

$$= 2.75 \text{ จูล/ตารางเมตร-องศาเซลเซียส}$$

จากนั้นคำนวณหาค่า  $Q_L$  จากสมการ (3.4) ดังนี้

$$Q_L = Q_U = \left[ h_w A_c + \frac{0.171 A_c \epsilon_w (T_w^2 + T_\alpha^2)(T_w + T_\alpha)}{(100)^4} \right] (T_w - T_\alpha)$$

แทนค่าตัวแปรต่างๆจะได้

$$Q_L = 2.75 \times 2.415 \times (42.1 - 35) +$$

$$\left[ \frac{0.171 \times 2.415 \times 0.94 [(42.1 + 273)^2 + (35 + 273)^2] (42.1 + 273 + 35 + 273)}{(100)^4} \right] (42.1 - 35)$$

ดังนั้น

$$Q_L = 50.49 \text{ วัตต์}$$

3. คำนวณค่า  $Q_U$  จากสมการ (3.16) ดังนี้

$$Q_U = H(TO)A_c - Q_L - Q_s$$

จะได้

$$Q_U = (1286.28 \times 0.92) - 50.49 - 0 = 2807.37 \text{ วัตต์}$$

4. คำนวณหาประสิทธิภาพทางทฤษฎีของแผงรับแสงอาทิตย์จากสมการ (3.20) ดังนี้

$$\eta = \frac{Q_U}{HA_c} \times 100$$

จะได้

$$\eta = \frac{2807.37}{1286.28 \times 2.415} \times 100 = 90.37$$

5. คำนวณหาประสิทธิภาพที่แท้จริงของแผงรับแสงอาทิตย์จากสมการ (3.21) โดยใช้ค่า  $T_2$  จากกราฟทดลอง ดังนี้

$$\eta = \frac{m \cdot C_{p, \text{Avg}} (T_2 - T_1)}{HA_c} \times 100$$

จะได้

$$\eta = \frac{1.148 \times 5 \times 17.67 \times 10^{-3} \times (1.0048 + 1.0053) \times 10^3 (41 - 35)}{2 \times 1286.28 \times 2.415} \times 100$$

ดังนั้น

$$\eta = 19.69$$

6. คำนวณหาประสิทธิภาพเมื่อออกจากพัดลมดูดอากาศของแผงรับแสงอาทิตย์จากสมการ (3.21) โดยแทนค่า  $T_2$  ด้วยค่า  $T_3$  จากการทดลอง ดังนี้

$$\eta = \frac{m_1 C_{P,AVG} (T_3 - T_1)}{HA_c} \times 100$$

จะได้

$$\eta = \frac{1.148 \times 5 \times 17.67 \times 10^{-3} \times (1.0048 + 1.0053) \times 10^3 (41.4 - 35)}{2 \times 1286.28 \times 2.415} \times 100$$

ดังนั้น

$$\eta = 21.00$$