

การศึกษาการใช้เครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีการเก็บความร้อนสำหรับเตาอบไม้

Study on Solar Collector with a Thermal Storage for Kiln Dryer

นายณัฐพงษ์	ใจขันกลาง	รหัส 48380218
นายเกียรติศักดิ์	ศาสตร์อนันต์	รหัส 48380228
นายทวิชัย	ทาด้อย	รหัส 48380323

ของสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
ได้รับ..... 14/ ก.ค. 2553
ลงทะเบียน..... 15072876 e.2
เรียกหนังสือ.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๗๖๓๑๓

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552



ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ	การศึกษาการใช้เครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีการเก็บความร้อนสำหรับเตาอบไม้		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายณัฐพงษ์	ใจชั้นกลาง	รหัส 48380218
	นายเกียรติศักดิ์	ศาสตรอนันต์	รหัส 48380228
	นายทวิชัย	ทาด้อย	รหัส 48380323
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์นินนาท	ราชประดิษฐ์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	2552		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
 การศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
 คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์นินนาท ราชประดิษฐ์)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร. ปิยะนันท์ เจริญสุวรรณค์)

.....กรรมการ

(อาจารย์พรรัตน์ สีหะวงษ์)

หัวข้อโครงการ	การศึกษาการใช้เครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีการเก็บความร้อน สำหรับเตาอบไม้		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายณัฐพงษ์	ใจชั้นกลาง	รหัส 48380218
	นายเกียรติศักดิ์	ศาสตรอนันต์	รหัส 48380228
	นายทวิชัย	ทาด้อย	รหัส 48380323
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์นินนาท	ราชประดิษฐ์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	2552		

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้ทำการออกแบบ สร้างเครื่องต้นแบบและทดสอบตัวรับรังสีอาทิตย์ที่มีวัสดุ
ตัวเก็บความร้อนซึ่งมีลักษณะคือ ตัวรับรังสีและตัวเก็บความร้อนเป็นหน่วยเดียวกันเพื่อใช้ผลิต
อากาศร้อนสำหรับใช้ร่วมในการอบไม้

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิสูงสุดในตัวเก็บความร้อน
ทั้ง 3 ชนิด จึงได้เลือกอิฐเป็นตัวเก็บความร้อนเพื่อทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป เมื่อทำการ
ทดลองโดยใช้อิฐเพียงชนิดเดียวโดยไม่มีอัตราการไหลของอากาศภายในเครื่องรับรังสีอาทิตย์
พบว่า อิฐสามารถทำอุณหภูมิสูงเพียงพอที่จะสามารถนำไปใช้ในการอบไม้ได้ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ใน
การอบไม้จะอยู่ที่ประมาณ $50 - 70^{\circ}\text{C}$ ^[6.7] และ เมื่อทำการทดลองโดยทำการเปิดพัดลม 1 ตัว และ 3
ตัวให้มีอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศภายในเครื่องที่ 0.06 kg/s และ 0.19 kg/s ตามลำดับ พบว่า
อุณหภูมิภายในเครื่องสามารถใช้ในการอบไม้ได้ และ ได้ทำการหาพลังงานที่ได้จากเครื่องรับรังสี
อาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อนพบว่า เมื่อทำการเปิดพัดลม 3 ตัว เครื่องรับรังสีอาทิตย์สามารถทำ
อุณหภูมิได้เกิน 50°C ในช่วงเวลาตั้งแต่ 10:00 am – 4.00 pm เป็นเวลา 6 Hr คิดอัตราการถ่ายเท
ความร้อนร้อนเฉลี่ยได้ 4.8 kW และทำการเปิดพัดลม 1 ตัว เครื่องรับรังสีอาทิตย์ สามารถทำ
อุณหภูมิเกิน 50°C ในช่วงเวลาตั้งแต่ 10:00 am – 4.00 pm เป็นเวลา 6 Hr คิดอัตราการถ่ายเทความ
ร้อนร้อนเฉลี่ยได้ 1.55 kW

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น สามารถนำไปใช้ในการทำนายอุณหภูมิและพลังงานความร้อนของเครื่องรับรังสีอาทิตย์ได้ถูกต้องพอสมควร ซึ่งความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการทำนายจะอยู่ที่ประมาณ 6.32 % จึงสามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการทำนายทำให้ประหยัดเวลาในการตัดสินใจในการเลือกใช้วัสดุที่จะนำมาทำเป็นตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เพื่อไปใช้ประโยชน์ต่อไป



Project Title Study on Solar Collector with a Thermal Storage for Kiln Dryer

Name Mr.Nattapong Chaichanglang ID. 48380218
 Mr.Kiatiasak sat-anan ID. 48380228
 Mr.Tawichai Tatoi ID. 48380323

Project Advisor Mr.Ninnat Rachapradit

Major Mechanical Engineering

Department Mechanical Engineering

Academic Year 2009

.....

ABSTRACT

This project will design, prototype and test the Solar containing materials, the storage of heat, which look is the radiation and the stored heat as single unit to produce heat for use with the drying of wood.

The results can be summarized as follows: It can make the temperature up in store heat and three species are selected It is a collection of heat to try the next step when tested using bricks only one without. Flow of air inside the Solar found that it is a temperature high enough to be used in drying wood to a temperature in the drying of wood is about 50 -70 °C^(6,7) and When the trial opened with a fan and a third the rate of the mass flow of air inside the 0.06 kg/s and 0.19 kg/s , respectively , showed that the temperature inside can be used in baking and wood. Have to find the energy from the Solar Collector Heat have found that when you open the fan , three receiver Solar temperature can exceed 50 °C. In the period from 10:00 am - 4.00 pm for 6 Hr rate of heat transfer and thermal averaging 4.8 kW open a fan body radiation Sun Temperatures can exceed 50 °C. In the period from 10:00 am - 4.00 pm for 6 Hr heat rate of thermal averaging 1.55 kW.

Mathematical model generated can be used to predict temperature and heat of the receiver Solar been to quite a discrepancy of prediction is about 6.32% can the mathematical model used. Predict the time-saving decision to choose materials that will be made to the Solar Collector to take advantage.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปริญญาบัตรครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือและได้รับคำแนะนำจาก อาจารย์นิพนธ์ ราชประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตร ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลในการทำปริญญาบัตรในครั้งนี้ และขอขอบคุณ ผศ.ดร. ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์ และอาจารย์พรรัตน์ สีหะวงษ์ ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้ตรวจสอบปริญญาบัตร และคอยให้คำแนะนำในส่วนของคุณวุฒิ ที่เกี่ยวกับปริญญาบัตรในครั้งนี้

ท้ายสุดขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติพี่น้อง ที่คอยดูแลและเป็นผู้สนับสนุนในด้านต่างๆ มาโดยตลอด และขอขอบคุณสถานประกอบการ ส.วัสดุก่อสร้าง จังหวัดพิษณุโลก ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลอง รวมถึงแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องการทำปริญญาบัตรในครั้งนี้

นายณัฐพงษ์

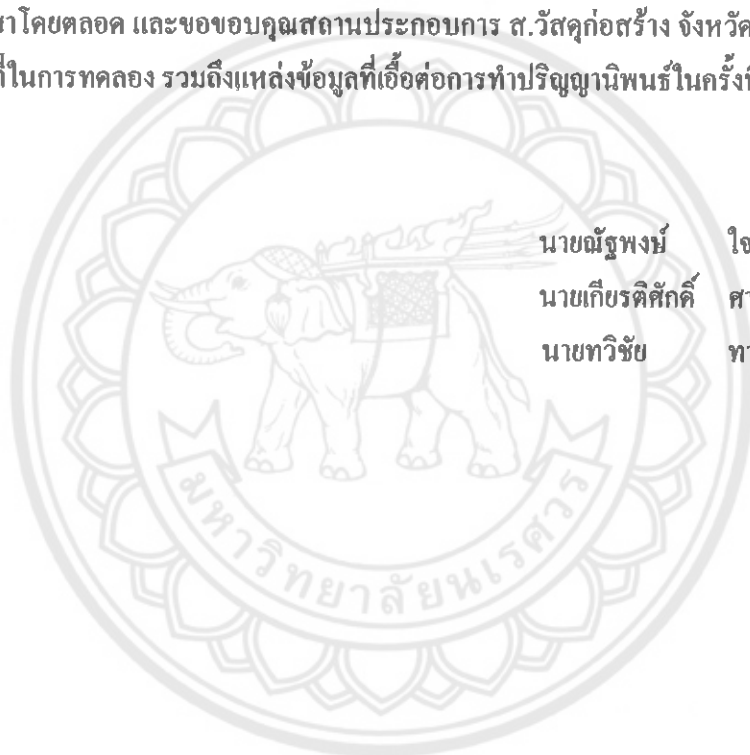
ใจชั้นกลาง

นายเกียรติศักดิ์

ศาสตรอนันต์

นายทวีชัย

ทาค่อย



สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการงานวิศวกรรมเครื่องกล	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ญ
ลำดับสัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.4 ขอบเขตของโครงการ	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน	3
1.7 แผนการดำเนินงาน	4
1.8 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์	5
2.2 การถ่ายเทความร้อน	10
2.3 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ	13
2.4 การสะสมพลังงานความร้อน	15
2.5 ระเบียบวิธีผลต่างสี่เหลี่ยม	15
2.6 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนผ่านเครื่องรับรังสีแสงอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน	17
2.7 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน	18
2.8 การวิเคราะห์โดยวิธีเชิงตัวเลข	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานและการทดสอบ	
3.1 ลักษณะของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีการเก็บความร้อนสำหรับเตาอบไม้	29
3.2 วัสดุเก็บความร้อน	32
3.3 เครื่องมือวัด	34
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	36
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์	
4.1 ผลการทดลองของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน	42
4.2 ผลการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	46
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	
5.1 สรุปผลการทดลอง	50
5.2 ปัญหาในการทำงานและแนวทางแก้ไข	51
5.3 แนวทางสำหรับการพัฒนา	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก วิธีการใช้เครื่อง AP-104	55
ภาคผนวก ข ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์	57
ภาคผนวก ค สมบัติทางความร้อนของวัสดุ และอากาศ	104
ภาคผนวก ง ทฤษฎี Numerical method	106
ประวัติผู้เขียน โครงการงาน	110

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (SILA AP – 104)	35
3.2 Pyranometer Specifications Model CM21	36
3.3 Hot Wire Anemometer Specifications Model TA-2	36
ข.1 ตารางแสดงวันที่ทำการทดลอง	58
ข.2 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 15/03/2552	59
ข.3 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 16/03/2552	62
ข.4 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 22/03/2552	69
ข.5 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 23/03/2552	76
ข.6 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 08/04/2552	79
ข.7 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 02/02/2552	82
ข.8 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 09/02/2552	84
ข.9 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 10/02/2552	87
ข.10 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 12/02/2552	89
ข.11 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 14/02/2552	91
ข.12 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 16/02/2552	93

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ข.13 ข้อมูลรังสีอาทิตย์,อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 17/02/2552	96
ข.14 ข้อมูลรังสีอาทิตย์,อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 30/01/2552	99
ข.15 ข้อมูลรังสีอาทิตย์,อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 31/01/2552	101
ก.1 Thermal properties of material	105



สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 แสดง โครงสร้างของดวงอาทิตย์	6
2.2 แสดง อันตรกิริยาและปริมาณของแสงอาทิตย์ในชั้นบรรยากาศโลก	7
2.3 แสดง ลักษณะของการเก็บความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์	15
2.4 แสดง การถ่ายเทความร้อนผ่านเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน	18
2.5 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_1	23
2.6 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_2	24
2.7 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_3	25
2.8 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_4	26
2.9 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_5	27
2.10 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_6	27
2.11 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_7	28
3.1 แสดง ลักษณะภายนอกของเครื่องรับรังสีอาทิตย์	30
3.2 แสดง ส่วนประกอบของด้านหลังของเครื่องรับรังสีอาทิตย์	30
3.3 แสดง ลักษณะด้านหน้าของเครื่องรับรังสีอาทิตย์	31
3.4 แสดง ลักษณะด้านข้างของเครื่องรับรังสีอาทิตย์	31
3.5 แสดง ลักษณะด้านบนของเครื่อง และถาดรองวัสดุ	32
3.6 แสดง ลักษณะของอิฐมอญ	32
3.7 แสดง ลักษณะของหินแม่น้ำ	33
3.8 แสดง ลักษณะของถ่านไม้	33
3.9 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ SILA AP – 104	34
3.10 เครื่องวัดความเร็วลม	34
3.11 เครื่องควบคุมพัลลวม	35
3.12 แสดง เครื่องมือวัดรังสีอาทิตย์รวม Pyranometer	35
3.13 แสดง การวัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ในเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน	37
3.14 แสดง การวัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ในเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน	38
3.15 แสดง การวัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ในเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน	39
3.13 แสดง การวัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ในเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน	40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสง และ อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุเก็บความร้อนทั้ง 3 ชนิด ของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน	42
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน	43
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน	44
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน	45
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับอุณหภูมิแวดล้อม	46
4.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับเวลาที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Math model) เทียบกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกับเวลาที่ได้จากการทดสอบจริง	47
4.7 กราฟแสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนกับเวลาของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อนจากการทดสอบจริง	48
4.8 กราฟแสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนกับเวลาของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Math model)	49
ก.1 แสดงการใช้งานเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์(SILA AP – 104)	56
ง.1 แสดงการแบ่งจุดต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ Finite-difference	107

ลำดับสัญลักษณ์

	หน่วย
A =	พื้นที่ผิวของตัวเก็บความร้อน (อีฐ) m ²
C _g =	ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat) ของกระจก มีค่า 800 J/kg·K
C _b =	ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat) ของอีฐ มีค่า 835 J/kg·K
C _p =	ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat) ที่ความดันคงที่ของอากาศ J/kg·K
d _g =	ความหนาของแผ่นกระจก m
Gap =	ระยะห่างระหว่างแผ่นกระจกกับอีฐมีค่าเท่ากับ 0.56 m
h =	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (heat transfer coefficient) W/m ² ·K
h ₁ =	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (heat transfer coefficient) ที่ผิวด้านนอก ของแผ่นกระจกกับอากาศแวดล้อม W/m ² ·K
h ₃ =	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (heat transfer coefficient) ที่ผิวด้านใน แผ่นกระจกกับอากาศในช่องระบายอากาศ W/m ² ·K
h ₄ =	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (heat transfer coefficient) ที่ผิวด้านบน ของอีฐกับอากาศในช่องระบายอากาศ W/m ² ·K
I _t =	ค่ารังสีอาทิตย์รวม (Total Solar Irradiation) ที่ตกกระทบบนแผ่นอีฐ W/m ²
i =	เวลาที่ i sec.
m =	ตำแหน่งจุดปมที่ m
k =	ค่าการนำความร้อน W/m·K
k _r =	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศ W/m·K
k _g =	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นกระจก W/m·K
k _b =	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอีฐ W/m·K
m' _A =	อัตราการไหลเชิงมวลในช่องว่างระหว่างแผ่นกระจกกับอีฐ kg/s
Nu =	ตัวเลขนัสเซลน์เบอร์ (Nusselt Number) สำหรับการไหลแบบบังคับ
Pr =	ตัวเลขพรานด์เทิล (Prandtl Number)
T =	อุณหภูมิวัตถุ K
T _f =	อุณหภูมิเฉลี่ยภายในช่องระหว่างแผ่นกระจกกับอีฐมีค่าเท่ากับ $T_f = \frac{T_o + T_i}{2}$ K

ลำดับสัญลักษณ์(ต่อ)

	หน่วย
T_s = อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	K
T_1 = อุณหภูมิผิวด้านบนของแผ่นกระจกสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	K
T_2 = อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของแผ่นกระจกสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	K
T_3 = อุณหภูมิผิวด้านล่างของแผ่นกระจกสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	K
T_b = อุณหภูมิอิฐ	K
T_c = อุณหภูมิต้นไม้	K
T_r = อุณหภูมิหินแม่น้ำ	K
T_s = อุณหภูมิภายในเครื่อง	K
T_{out} = อุณหภูมิที่ออกจากเครื่อง	K
T_{in} = อุณหภูมิที่ก่อนออกจากเครื่อง	K
T_g = อุณหภูมิของแผ่นกระจกใส	K
T_b = อุณหภูมิของอิฐ	K
T_o = อุณหภูมิของอากาศบริเวณทางออกเครื่องสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	K
ΔT = ความแตกต่างอุณหภูมิของแผ่นกระจกใสกับอิฐ	K
$t, \Delta t$ = เวลาและเวลาที่เพิ่มขึ้น	sec
$\frac{\partial T}{\partial x}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อระยะทาง	k/m
\bar{V} = ความเร็วเฉลี่ยของอากาศภายในเครื่องรับรังสีอาทิตย์	m/s
V = ความเร็วอากาศแวดล้อมเฉลี่ย	m/s
W = ความกว้างของเครื่องรับรังสีอาทิตย์	m
ΔX_b = ระยะที่กำหนดจุดปมของอิฐ มีค่า 0.005	m
ΔX_g = ระยะที่กำหนดจุดปมของแผ่นกระจกใส มีค่า 0.005	m
α_b = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนความร้อนของอิฐ (0.65)	
ε = ค่าการแผ่รังสี	
ε_b = ค่าการแผ่รังสี (Thermal emmissivity) ของอิฐมีค่า 0.93	
ε_g = ค่าการแผ่รังสี (Thermal emmissivity) ของแผ่นกระจกใสมีค่า 0.93	

ลำดับสัญลักษณ์(ต่อ)

	หน่วย
σ = ค่าคงที่สเตเฟน – โบลซ์แมน (Stefan-Boltzmann Constant) 5.66×10^{-8}	$W/m^2 \cdot K^4$
ρ_a = ค่าความหนาแน่นของอากาศ (Density of air)	kg/m^3
ρ_b = ค่าความหนาแน่นของอิฐมีค่า 1920	kg/m^3
ρ_g = ค่าความหนาแน่นของแผ่นกระจกใสมีค่า 2800	kg/m^3



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

1.1.1 การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีมานานแล้วและในปัจจุบันก็ยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์ถือว่าเป็นพลังงานสะอาดไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ อันทำให้เกิดมลพิษ อีกทั้งประเทศไทยมีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี จึงมีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ พลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับพลังงานอบแห้งวัสดุต่าง ๆ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นตัวรับรังสีแสงอาทิตย์เพื่อทำให้อากาศร้อน และส่วนที่เป็นเครื่องอบแห้งซึ่งใช้ ใสผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง

ชนิดการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือแบบการไหลของ อากาศเป็นแบบธรรมชาติ ซึ่งใช้หลักการของความหนาแน่นของอากาศทำให้อากาศร้อนเลื่อนตัวได้ โดยธรรมชาติและแบบการไหลของอากาศเป็นแบบบังคับ ซึ่งโดยทั่วไปใช้พัดลมเป็นอุปกรณ์ ในการบังคับการไหลของอากาศ ส่วนเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยทั่วไป ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือตัวส่วนที่เป็นเครื่องอบแห้งและตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ตัวรับรังสีทำหน้าที่ เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นความร้อนที่นำมาใช้อุ่นอากาศก่อนที่จะไหลเข้าห้องอบแห้ง

1.1.2 ตัวรับรังสีอาทิตย์

ตัวรับรังสีเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ สำหรับการอบแห้งมักจะ นำมาใช้ทำให้อากาศที่ผ่านร้อนขึ้น ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์สำหรับการอบแห้ง สามารถแบ่งชนิดได้ เป็น 6 ชนิด คือ

1. ตัวรับรังสีแบบออคลม
2. ตัวรับรังสีแบบรูปสามเหลี่ยม
3. ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ
4. ตัวรับรังสีบนเครื่องอบแห้ง
5. ตัวรับรังสีบนหลังคาและผนังของโรงเรือน
6. ตัวรับรังสีและตัวเก็บความร้อน

ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ที่สำหรับ โครงการนี้ เลือกใช้ แบบตัวรับรังสีที่เป็นตัวเก็บความร้อน ซึ่งมีลักษณะคือ ตัวรับรังสีและตัวเก็บความร้อนเป็นหน่วยเดียวกัน ตัวเก็บความร้อนสร้างจากชั้นวัสดุเล็กๆที่สามารถกักเก็บรังสีความร้อนได้ เช่น ก้อนอิฐ หรือ ก้อนหิน ซึ่งจะต้องทำสีดำตรงด้านที่รับรังสีแสงอาทิตย์ตกกระทบ ด้านบนปิดด้วยวัสดุโปร่งใส โดยอากาศจะไหลผ่านชั้นวัสดุที่เป็นตัวกักเก็บความร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผศ. อำไพ เปี่ยมอรุณ^[1] สร้าง "เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์" มีวัตถุประสงค์เพื่ออบไม้ และผลิตภัณฑ์จากไม้ ที่ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยอบด้วยความร้อนที่ 54°C เพราะฉะนั้นพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ และสามารถประยุกต์ใช้ได้ในระดับอุตสาหกรรม โดย เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ จะสามารถทำให้ได้อุณหภูมิเหมาะสม และเป็นระยะเวลาสั้นได้ แต่จะมีข้อเสียในช่วงที่มีฝนตก และในช่วงกลางคืน จึงจำเป็นต้องหาวิธีการนำความร้อนในช่วงตั้งแต่เวลา 10.00-13.00 น. ซึ่งมีความร้อนสูงมากมาเก็บไว้ โดยการนำกรวดที่มีขนาดก้อน 1-2 inch มาใส่ไว้เพื่อเก็บความร้อน ซึ่งจะสามารถนำเอาความร้อนที่สะสมนั้นมาใช้นายที่ไม่มีแสงแดดได้

ธีระศักดิ์ หุตากร^[2] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัววีสำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย ห้องอบแห้งขนาด $1 \times 1 \times 0.7 \text{ m}^3$ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบขนาด $3 \times 1 \text{ m}^2$ ซึ่งมีลักษณะเป็นร่องรูปตัววี โดยใช้อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 0.04 kg/s ผลผลิตที่ใช้ในการอบแห้ง คือ มะเขือเทศราชินีแช่อิ่ม โดยมีความชื้นเริ่มต้น 91 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ทำการอบแห้งครั้งละ 5 kg จำนวน 4 ภาชนะละ 1.25 kg จนกระทั่งเหลือความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 40.30 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จากการทดลองพบว่าในช่วงเวลา 9.00 am – 5.00 pm ของวันที่มีท้องฟ้าแจ่มใสอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งเฉลี่ยทั้งวันอยู่ที่ 47.0°C และมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 54.10°C โดยมีประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์สูงสุดที่ 56.23 % และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดเท่ากับ 16.90 % เครื่องอบแห้งนี้สามารถอบมะเขือเทศราชินีแช่อิ่มในเวลา 24 Hr ในขณะที่ตากแดดตามธรรมชาติใช้เวลาถึง 48 Hr

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ทำการศึกษาเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีการเก็บความร้อนเพื่อใช้สำหรับเตาอบไม้

1.4 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเตาอบไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
2. ออกแบบตัวรับรังสีแบบที่มีตัวเก็บความร้อนให้มีขนาดเหมาะสมกับเตาอบแห้ง
3. ทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเตาอบแห้งไม้ที่ใช้ตัวรับรังสี ที่มีการเก็บความร้อน
4. สร้างเครื่องต้นแบบ โดยย่อขนาดเพื่อทำการทดสอบและเก็บข้อมูล
5. ทดสอบและเก็บข้อมูล
6. วิเคราะห์และสรุป
7. ทำรายงาน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. แบบจำลองที่สามารถหาขนาดของตัวรับรังสีที่เหมาะสมกับขนาดของเตาอบไม้
2. ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ให้เกิดประโยชน์
3. ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเตาอบแห้งไม้ที่ใช้ตัวรับรังสีที่มีการเก็บความร้อน

1.6 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน

กิจกรรม	ระยะเวลาการดำเนินงาน(เดือน)									หมายเหตุ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1.การศึกษาข้อมูล										
2.ออกแบบตัวรับรังสี										
3.ทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์										
4.สร้างเครื่องต้นแบบ										
5.ทดสอบและเก็บข้อมูล										
6.วิเคราะห์และสรุป										
7.ทำรายงาน										

1.7 แผนการดำเนินงาน

1. การศึกษาข้อมูล
2. ออกแบบตัวรับรังสี
3. ทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
4. สร้างเครื่องต้นแบบ
5. ทดสอบและเก็บข้อมูล
6. วิเคราะห์และสรุป
7. ทำรายงาน

1.8 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1. ค่าใช้จ่ายค่าสร้างเครื่องต้นแบบ	2,000 บาท
2. ค่าใช้จ่ายในค่านเอกสาร	1,000 บาท
รวมเป็นเงิน	2,000 บาท
	(สองพันบาทถ้วน)
(หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ)	



บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์^[1]

แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่สะอาดและมีมากมายมหาศาลจนไม่มีวันใช้ได้หมดเพราะตราบโคที่ยังมีดวงอาทิตย์อยู่ในระบบสุริยะจักรวาลนี้ ตราบนั้นจะยังคงมีพลังงานจากดวงอาทิตย์ส่งมายังโลกเราทุกเวลาวัน อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าสิ่งมีชีวิตทุกสิ่งบนโลกได้ใช้ประโยชน์โดยตรงจากแสงอาทิตย์ แต่ปริมาณที่ใช้กันอยู่นั้นน้อยเสียเหลือเกินเมื่อเทียบกับปริมาณพลังงานที่ได้มา มนุษย์รู้จักการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนามานานนับร้อย ๆ ปี ถึงกระนั้นก็ตามในปัจจุบันนี้มนุษย์ก็ยังคงคิดค้นพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อที่จะนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ให้มากที่สุด ทั้งในรูปของพลังงานความร้อนโดยตรงหรือการเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งในอนาคตเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์จะเป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายกันมากขึ้น เพราะนอกจากจะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายของต้นทุนแหล่งพลังงานแล้ว ยังจะเป็นการช่วยลดมลพิษของโลกอีกด้วย

2.1.1 ดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ เป็นดาวฤกษ์ที่เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะของเรา ดาวเคราะห์ ดาวเคราะห์แคระ ดาวเคราะห์น้อย และดาวหาง ล้วนแล้วแต่โคจรรอบดวงอาทิตย์ทั้งสิ้น ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่สำคัญยิ่งต่อโลก เช่น ให้พลังงานแก่พืชในรูปของแสง และพืชก็เปลี่ยนแสงให้เป็นพลังงานในการตรึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นน้ำตาล ตลอดจนทำให้โลกมีสภาวะอากาศหลากหลายเอื้อต่อการดำรงชีวิต

2.1.2 ลักษณะทั่วไปของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ประกอบด้วยไฮโดรเจนอยู่ร้อยละ 74 โดยมวล ฮีเลียมร้อยละ 25 โดยมวล และธาตุอื่นๆ ในปริมาณเล็กน้อย ดวงอาทิตย์จัดอยู่ในสเปกตรัม G2V ซึ่ง G2 หมายความว่าดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิพื้นผิวประมาณ 5,780 เคลวิน (ประมาณ 5,515 องศาเซลเซียส หรือ 9,940 องศาฟาเรนไฮต์) ดวงอาทิตย์จึงมีสีขาว แต่เห็นบนโลกเป็นสีเหลือง เนื่องจากการกระเจิงของแสง ส่วน V (เลข 5) บ่งบอกว่าดวงอาทิตย์อยู่ในลำดับหลัก ผลิตพลังงานโดยการหลอมไฮโดรเจนให้เป็นฮีเลียม และอยู่ในสภาพสมดุล ไม่ยุบตัวหรือขยายตัว ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากศูนย์กลางดาราจักรทางช้างเผือกเป็น

ระยะทางโดยประมาณ 26,000 ปีแสง ใช้เวลาโคจรครบรอบดารจักรประมาณ 225-250 ล้านปี มีอัตราเร็วในวงโคจร 215 กิโลเมตรต่อวินาที หรือ 1 ปีแสง ทุกๆ 1,400 ปี^[4]

2.1.3 โครงสร้างของดวงอาทิตย์

นักวิทยาศาสตร์ได้แบ่งโครงสร้างของดวงอาทิตย์ออกเป็น 3 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยแต่ละส่วนมีลักษณะดังต่อไปนี้

1) แกนกลาง (Core) แกนกลางของดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานนิวเคลียร์ฟิวชัน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 27 เท่าของโลก มีอุณหภูมิสูงกว่า 15 ล้านองศาเซลเซียส

2) ชั้นแผ่รังสี (Radiative zone) เป็นส่วนที่รับและดูดกลืนรังสีอันเนื่องมาจากพลังงานที่ผลิตได้ และความร้อนจากแกนกลางถ่ายเทออกสู่ส่วนนอกโดยการแผ่รังสีแบบคลื่น

3) ชั้นพาหะรังสี (Convective zone) เป็นชั้นที่อนุภาคซึ่งได้รับพลังงานความร้อนจากชั้นแผ่รังสีมีการเคลื่อนที่ ถ่ายเทพลังงานให้กันและกัน ทำให้มีการพาพลังงานออกมาสู่ผิวชั้นนอกได้

4) โฟโตสเฟียร์ (Photosphere) เป็นพื้นผิวของดวงอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วยก๊าซร้อนซึ่งเคลื่อนที่ตลอดเวลา จะบริเวณที่เป็นเปลือกและมีลักษณะส่องสว่าง

5) โคโรนา (Corona) เป็นบรรยากาศของดวงอาทิตย์แผ่กระจายกว้างไกลจากดวงอาทิตย์ มีความสว่างน้อย จะต้องรอให้เกิดสุริยุปราคาเต็มดวงจึงสังเกตเห็น โคโรนา



รูป 2.1 แสดงโครงสร้างของดวงอาทิตย์

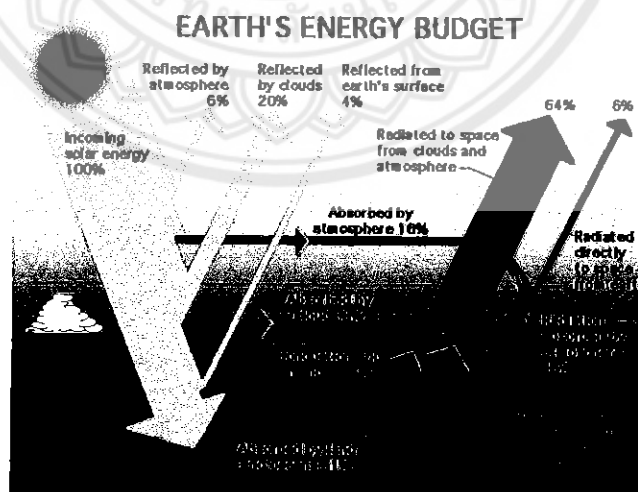
ที่มา: <http://rachaneza.exteen.com/page-2> (2008)

2.1.4 พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลก

เมื่อแสงอาทิตย์เดินทางโดยการแผ่ของคลื่น มายังโลกผ่านชั้นบรรยากาศที่มีคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ กัน กว่าที่แสงจะตกกระทบพื้นโลกซึ่งมีลักษณะภูมิศาสตร์ที่หลากหลายด้วย พื้นน้ำในมหาสมุทร เทือกเขา ที่ราบสูง หุบเขา เป็นต้น แสงอาทิตย์ย่อมมีปฏิสัมพันธ์กับก๊าซหลากหลายชนิด ไออน้ำ หรือ อนุภาคของแข็ง ไม่ว่าจะเป็นฝุ่นละออง หมอกควัน (Smog) ทำให้เกิดการดูดกลืน หักเห และสะท้อนกลับออกนอกบรรยากาศ มีผลทำให้แสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลกถูกลดทอนและเปลี่ยนทิศทาง เกิดการกระจายกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์บางส่วน ดังนั้น เมื่อพิจารณาพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่บนพื้นโลก จะพบว่า ณ ตำแหน่งใด ๆ จะมีพลังงานแสงอาทิตย์ 2 แบบ คือ

1) พลังงานแสงอาทิตย์แบบตรง (Direct Radiation) มาจากการเดินทางของคลื่นที่นำพลังงานแสงอาทิตย์จากดวงอาทิตย์ตกกระทบ ณ ตำแหน่งนั้น ๆ โดยตรง ดังจะปรากฏงาขึ้นเมื่อมีการบังแสง

2) พลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจาย (Diffuse Radiation) เกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์แนวตรงที่ถูกเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติโดยสภาพบรรยากาศและสภาพภูมิศาสตร์ ทำให้พลังงานแสงอาทิตย์กระจายตกทุกทิศทาง ยกตัวอย่าง เช่น ขณะที่อยู่ในที่ร่มก็ยังรับรู้ความร้อนและมีความสว่างมองเห็นได้ ก็เป็นผลจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจายนี้เองผลรวมของพลังงานแสงอาทิตย์แบบตรง และแบบกระจายจะเรียกว่าพลังงานแสงอาทิตย์รวม (Total Radiation หรือ Global Radiation) ดังนั้น ในวันที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทั่วบริเวณ องค์ประกอบของพลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงจะมีค่าเป็นศูนย์ มีแต่องค์ประกอบของพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจาย ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูป 2.2 แสดงอันตรกิริยาและปริมาณของแสงอาทิตย์ในชั้นบรรยากาศโลก

ที่มา: <http://asd-www.larc.nasa.gov/erbe/components2.gif>

2.1.5 ประเภทของรังสีอาทิตย์ที่ผิวโลก^[3]

พลังงานแสงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศมาสู่พื้น โลกนั้น ประกอบด้วยพลังงานจากรังสีของแสงที่ทะลุผ่านชั้นบรรยากาศลงสู่พื้น โลกโดยตรง และพลังงานจากรังสีของแสงที่เกิดจากการกระจายและการสะท้อนภายในชั้นบรรยากาศ นั่นคือสามารถแบ่งองค์ประกอบของพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้น โลกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1) รังสีตรง (Direct radiation หรือ beam radiation)

เป็นรังสีของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทะลุผ่านชั้นบรรยากาศลงสู่พื้น โลก โดยไม่เกิดอันตรกิริยากับอะตอมของธาตุใด ๆ ในชั้นบรรยากาศทำให้มีค่าความเข้มของแสงสูงเมื่อมาถึงพื้น โลก รังสีของแสงในลักษณะนี้เหมาะสำหรับการใช้กับอุปกรณ์ประเภทที่ต้องรวมแสง (concentrator) ชนิดต่าง ๆ ที่ต้องการค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์สูงๆ

2) รังสีกระจาย (Diffuse radiation หรือ scattered radiation)

เป็นรังสีของพลังงานแสงอาทิตย์ที่เกิดการชนกับอะตอมของธาตุต่าง ๆ ในชั้นบรรยากาศทำให้เกิดการกระจายของแสงและบางส่วนสะท้อนลงสู่พื้น โลก ค่าความเข้มของแสงจากรังสีประเภทนี้จะน้อยกว่ารังสีตรงมาก รังสีของแสงในลักษณะนี้เหมาะกับการใช้กับอุปกรณ์ที่ไม่ต้องการความเข้มแสงสูงนัก เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น

3) รังสีรวม (Total or Global Radiation)

คือผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายที่ตกกระทบผิวรับแสง ในกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นเอียง รังสีรวมจะประกอบด้วยรังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้าและผิวโลก เรียกรังสีรวมนี้ว่า Total Radiation สำหรับกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นราบ รังสีรวมจะมาจากรังสีตรงที่ตกกระทบท้องฟ้าไม่มีส่วนที่มาจากผิวโลก เรียกรังสีรวมกรณีนี้ว่า Global Radiation

สัดส่วนของรังสีตรงกับรังสีกระจายในแต่ละวันในแต่ละพื้นที่ จะมีความไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพของภูมิอากาศในแต่ละวันและแต่ละพื้นที่ ผลรวมของรังสีทั้งสองประเภทเรียกว่า รังสีรวม (total radiation หรือ global radiation) สำหรับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในแนวตั้งจากบนพื้นที่ 1 หน่วย นอกชั้นบรรยากาศโลกเรียกว่า ค่าคงที่สุริยะ (solar constant) มีค่าเท่ากับ 1,353 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งค่าคงที่นี้แม้ที่จริงแล้วอาจมีการผันแปรได้ในช่วงประมาณ $\pm 3.4\%$ ต่อปี แต่อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็ยังนิยมใช้เป็นค่าคงที่ดังกล่าวอยู่ ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ลงสู่พื้น โลกทั้งหมดต่อปีสามารถคำนวณได้ดังนี้ กำหนด 1 ปีเท่ากับ 365.25 วัน

$$E = 365.25 \times 24 \times 3600 \times 1353 \text{ } m^2$$

$$= 365.25 \times 24 \times 3600 \times 1.73 \times 10^{17}$$

$$E = 5.46 \times 10^{24} \quad (2.1)$$

ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ต่อปีนี้เมื่อเทียบกับ ปริมาณพลังงานที่มนุษย์ทั่วโลกใช้ตลอดปี เช่น สมมติว่าโลกมีการใช้พลังงานทุกชนิดในปี พ.ศ.2547 เท่ากับ 10,000 ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (1 ล้านตัน เทียบเท่าน้ำมันดิบ มีค่าเท่ากับ $12 \times 10^9 \text{ kWh}$) แสดงว่าการใช้พลังงานในหน่วยจูล เป็น

$$E = 10000 \times 12 \times 10^9 \text{ kWh}$$

$$= 10000 \times 12 \times 10^9 \times 3.6 \times 10^6$$

$$E = 4.32 \times 10^{20} \text{ J} \quad (2.2)$$

จากสมการ (2.1) และ (2.2) แสดงให้เห็นว่าค่าพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ตกมาสู่พื้นโลกภายใน 1 ปี เทียบได้เท่ากับพลังงานที่มนุษย์ทั่วโลกสามารถใช้ได้ประมาณ 12,639 ปี

2.1.6 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์^[4]

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งาน 3 ลักษณะ คือ

การอบแห้งระบบ Passive

การอบแห้งระบบ Passive คือระบบที่เครื่องอบแห้งทำงาน โดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ และกระแสลมที่พัดผ่าน ได้แก่

1) เครื่องตากแห้งโคจรธรรมชาติ เป็นการวางวัสดุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ

2) ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัสดุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใส ความร้อนที่เข้าอบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศชื้น

3) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัสดุที่อยู่ภายในจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านวัสดุอบแห้ง

การอบแห้งระบบ Active

การอบแห้งระบบ Active คือระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น จะมีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผล จึงพาความชื้นจากพืชผลออกสู่ภายนอกทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้

การอบแห้งระบบ Hybrid

การอบแห้งระบบ Hybrid คือระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ช่วยในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอหรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ และการหมุนเวียนของอากาศจะอาศัยพัดลมหรือเครื่องดูดอากาศช่วย

2.1.7 การผึ่งและอบไม้^{6,7)}

การผึ่งและอบไม้ หมายถึง ขบวนการหรือกรรมวิธีในการทำให้ความชื้นหรือน้ำระเหยออกจากเนื้อไม้ที่สดหรือมีความชื้นมากเกินไป โดยเหลือปริมาณความชื้นอยู่ในเนื้อไม้ได้ส่วนสมดุลกับบรรยากาศที่อยู่โดยรอบไม้ที่จะนำไปใช้ประโยชน์นั้น คือให้เหลือความชื้นอยู่ในไม้ประมาณ 1 ใน 10 ของความชื้นสดหรือประมาณ 8 – 16 % (12 % โดยเฉลี่ย) สำหรับสภาวะอากาศของประเทศไทย วัตถุประสงค์ของการผึ่งและอบไม้ เพื่อให้เสียเวลาน้อยที่สุดและต้องไม่ทำให้ไม้เมื่อผึ่งและอบแล้วมีตำหนิน้อยที่สุดเนื่องจากการอบแห้งผลิตภัณฑ์ไม้ ไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูงมาก โดยอยู่ระหว่าง 50–70 องศาเซลเซียสที่ความเร็วลมในช่วง 1.2 – 3.05 m/s ใช้ระยะเวลาในการอบประมาณ 6 - 7 วัน

2.2 การถ่ายเทความร้อน⁸⁾

การถ่ายเทความร้อนมี 3 รูปแบบ คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

2.2.1 การนำความร้อน (Conduction)

เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการอาศัยการส่งถ่ายความร้อนผ่านตัวกลางเดียวกันหรือตัวกลางที่อยู่ติดกันจากด้านที่มีความร้อนสูงกว่าไปสู่ด้านที่มีความร้อนต่ำกว่าโดยตรง เช่น การ

ถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารเนื่องจากอุณหภูมิภายนอกอาคารสูงกว่าอุณหภูมิภายในอาคาร การนำความร้อนจะเกิดขึ้นดีกับพวกโลหะ ในของไหลเช่นอากาศและน้ำ คุณสมบัติที่แสดงความสามารถของการนำความร้อนได้คือหรือไม่ คือค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) มีหน่วยเป็น W/m.K

สมการที่ใช้ในการคำนวณคือ

$$Q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.3)$$

โดยที่

Q	คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน โดยการนำ (W)
k	คือ ค่าการนำความร้อน (W / m.K)
A	คือ พื้นที่ผิวของวัตถุที่สัมผัสกับของไหล (m^2)
T	คือ อุณหภูมิ (K)
x	คือ ระยะทางการเคลื่อนที่ของความร้อน (K)

เครื่องหมายลบ หมายถึง ว่าทิศทางของการเคลื่อนที่ของ Q จะไปในทิศทางที่อุณหภูมิลดลงเสมอ

2.2.2 การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อนเกิดขึ้นเมื่อของไหล ไหลผ่านพื้นผิวของของแข็ง โดยที่ของไหลจะเป็นตัวพาความร้อนมาให้ของแข็งหรือเป็นตัวนำพาความร้อนไปจากของแข็ง ขึ้นอยู่กับว่าสิ่งใดมีอุณหภูมิสูงกว่ากัน เช่น ของไหลคืออากาศเย็นไหลผ่าน heat sink ซึ่งเป็นพื้นผิวของของแข็ง จะเกิดการนำความร้อนจากผิวของ heat sink ไปยังโมเลกุลของอากาศที่ไหลผ่าน อากาศจะร้อนขึ้นและ heat sink จะเย็นลง แต่เนื่องจากว่าอากาศมีการไหลตลอดเวลา ดังนั้น โมเลกุลของอากาศร้อนจะถูกแทนที่ด้วยโมเลกุลของอากาศเย็นตลอดเวลา ถ้าอากาศเย็นไหลเร็วขึ้นความร้อนที่ heat sink ก็จะถูกระบายได้เร็วขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้ ถ้าพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่าง heat sink และอากาศมีมากก็จะทำให้ความร้อนระบายได้เร็วขึ้นเช่นกัน อีกนัยหนึ่ง คือ เป็นการเคลื่อนไหวยของอากาศตามธรรมชาติเมื่ออากาศสัมผัสผิวของวัสดุที่จะมีความหนาแน่นน้อยลงและลอยตัวขึ้น อากาศที่เย็นและมี

ความหนาแน่นมากกว่าก็จะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ อากาศที่รับความร้อนจะนำความร้อนไปถ่ายให้กับบริเวณที่เย็นกว่า

สมการที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนที่ของความร้อนด้วยการพาความร้อน คือ

$$Q = hA(T_{hot} - T_{cold}) \quad (2.4)$$

โดยที่

Q	คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน โดยการพา (W)
h	คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W / m^2 \cdot K$)
A	คือ พื้นที่ผิวของวัตถุที่สัมผัสกับของไหล (m^2)
T_{hot}	คือ อุณหภูมิของอากาศร้อน (K)
T_{cold}	คือ อุณหภูมิของอากาศเย็น (K)

2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

เป็นความร้อน โดยตรงจากดวงอาทิตย์ในลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคล้าย ๆ คลื่นแสง เมื่อมีการกล่าวถึงการแผ่รังสีจะต้องมีการกล่าวถึงวัตถุดำ (Black body) วัตถุดำเป็นวัตถุสมบูรณ์แบบที่ดั่งขึ้นมาเพื่อให้วัตถุอื่นเปรียบเทียบความสามารถในการแผ่ความร้อน โดยที่วัตถุดำมีค่าการดูดรังสีความร้อนที่ตกกระทบได้อย่างสมบูรณ์ วัตถุดำเป็นเพียงวัตถุในอุดมคติเท่านั้น วัตถุที่มีอยู่จริงทุกชนิดจะมีการสะท้อนรังสีบางส่วนออกไปเสมอ

ค่ารังสีอาทิตย์นี้จะไม่ทำให้อากาศรอบ ๆ ตัวร้อนขึ้น แต่จะทำให้วัตถุที่ถูกกระทบจากคลื่นรังสีความร้อนนี้ร้อนขึ้น ๆ และรังสีความร้อนนี้จะสามารถทะลุผ่านวัตถุทุกชนิดไปได้ เช่น เมื่อเราอยู่ในอาคารเราจะรู้สึกร้อนมากกว่าภายนอกหรือหากนำเอาโลหะ เช่น เหล็กไปตากไว้กลางแดด โลหะนั้นจะร้อนมากจนเราจับต้องไม่ได้ในขณะที่อุณหภูมิรอบ ๆ ตัวเรานั้นน้อยกว่าอุณหภูมิของโลหะนั้นมาก

สมการที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนที่ของความร้อนด้วยการแผ่รังสีคือ

$$Q = \epsilon \sigma AT^4 \quad (2.5)$$

โดยที่

- Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยแผ่รังสี (W)
 ϵ คือ ค่าการแผ่รังสีของวัตถุเทา
 σ คือ ค่าคงที่สเตฟาน-โบลทซ์มันน์มีค่าเท่ากับ $5.67 \times 10^{-8} (W/m^2 \cdot K)$
 T คือ อุณหภูมิผิวของตัวแผ่รังสีความร้อน (K)

2.3 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ^[9]

ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบเป็นรูปแบบหนึ่งของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้อยู่ในรูปพลังงานความร้อน ตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีความแตกต่างจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั่วไป โดยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของไหลกับของไหลแต่ในกรณีของตัวเก็บรังสีอาทิตย์เป็นการถ่ายเทความร้อนจากของแข็งไปยังของไหล การวิเคราะห์ตัวเก็บรังสีจะพิจารณาเฉพาะปัญหาการเปลี่ยนแปลงพลักซ์ของพลังงาน และความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์กับรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบน

ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบถูกออกแบบมาเพื่อการใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมประมาณ 100 องศาเซลเซียส ทำหน้าที่รับรังสีรวม (Total Radiation) ที่ตกกระทบบน โดยไม่จำเป็นต้องมีระบบติดตามดวงอาทิตย์ นอกจากนี้แล้วตัวเก็บรังสีชนิดนี้ไม่ต้องการการบำรุงรักษา ทากนิก และมีกลไกการทำงานที่ซับซ้อนน้อยกว่าแบบรวมแสง การนำไปใช้งานส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการผลิตน้ำร้อน ทำความร้อนภายในอาคาร ระบบปรับอากาศ และกระบวนการที่ทำผนังห้อง ทำหน้าที่รับและดูดกลืนรังสีอาทิตย์ก็เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งของการระบายความร้อนแบบธรรมชาติของระบบความร้อนแบบพาสซีฟ (Passive Heating System)

2.3.1 ส่วนประกอบของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ

ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบประกอบด้วยผิวดูดกลืนรังสีดำซึ่งจะถ่ายเทพลังงานแสงอาทิตย์ที่ดูดกลืนไว้ให้กับของไหล แผ่นปิดใสเหนือผิวดูดรังสีจะช่วยลดการสูญเสียความร้อนออกสู่อากาศโดยการพาและแผ่รังสี และฉนวนที่อยู่ทางด้านล่างซึ่งจะทำหน้าที่ลดการสูญเสียเนื่องจากการนำความร้อน

สมรรถนะของตัวเก็บรังสี (Collector Performance) จะหาได้จากประสิทธิภาพการเก็บรังสี (Collection Efficiency) ซึ่งกำหนดให้เป็นอัตราส่วนของพลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์ในช่วงเวลาที่พิจารณาต่อพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบตัวเก็บรังสีในช่วงเวลานั้น ๆ

$$\eta = \frac{\int Q_u dt}{A_c \int G_T dt} \quad (2.6)$$

ในการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องคำนึงถึงราคาของพลังงานซึ่งไม่ควรสูงมากนัก ส่วนการออกแบบตัวรับรังสีอาจออกแบบให้มีประสิทธิภาพต่ำกว่าเทคโนโลยีที่มีอยู่ถ้าต้องการให้ระบบมีราคาถูกลง

2.3.2 อัตราการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนเป็นการศึกษาถึงอัตราการถ่ายเทพลังงานในรูปของความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบซึ่งอาจเกิดขึ้นระหว่างระบบสองระบบหรือระหว่างระบบหนึ่งและสิ่งแวดล้อม เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิ โดยไม่มีการเปลี่ยนรูปพลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานรูปอื่น เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในระบบจะทำให้พลังงานในรูปความร้อนถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าหรือกล่าวได้ว่าเกิดความลาดเอียงของอุณหภูมิ (Temperature Gradient) ขึ้นในระบบซึ่งหาได้จากค่าการกระจายของอุณหภูมิ (Temperature Distribution) เมื่อเราทราบการกระจายของอุณหภูมิก็คือสามารถหาอัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่ได้

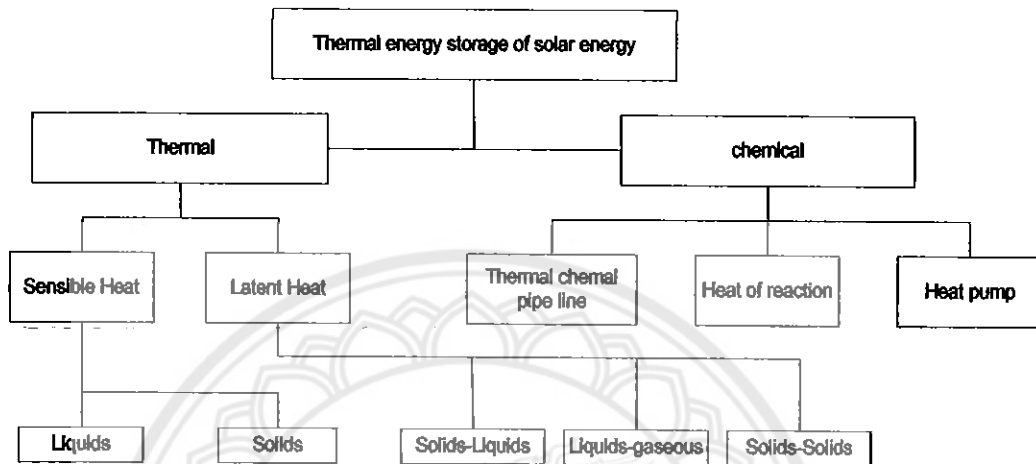
$$Q_s = \dot{V}_{ae} (1.23)(t_{out} - t_{in}) \quad (2.7)$$

โดยที่

Q_s	คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ (kW)
\dot{V}_{ae}	คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (m^3 / s)
1.23	คือ ค่าคงที่ที่ได้จากค่าความจุความร้อนจำเพาะ และค่าความหนาแน่นของอากาศมาตรฐาน ($\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot \frac{kg}{m^3}$)
t_{in}	คือ อุณหภูมิของอากาศที่เข้าเครื่อง ($^\circ C$)
t_{out}	คือ อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่อง ($^\circ C$)

2.4 การสะสมของพลังงานความร้อน (Thermal Energy Storage)^[10]

พลังงานความร้อนสามารถกักเก็บได้ดีในสสารที่เป็นของเหลวหรือของแข็งซึ่งสามารถแบ่งได้หลายรูปแบบดังรูป 2.3



รูป 2.3 ลักษณะของการเก็บความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

จากรูปการเก็บพลังงานความร้อนสะสม จะแบ่งเป็น พลังงานความร้อน และในรูปปฏิกิริยาเคมี ซึ่งในโครงการนี้ ได้ใช้การเก็บพลังงานความร้อนสะสมแบบ พลังงานความร้อน แบบสัมผัสในตัวกลางที่เป็นของแข็ง

การสะสมความร้อนสัมผัสในของแข็ง

การสะสมความร้อนในของแข็ง คือ การสะสมความร้อนในรูปแบบความร้อนสัมผัสของวัสดุที่เป็นของแข็ง เช่น อิฐ , หิน , คอนกรีต และ เหล็ก เป็นต้น ซึ่งจะมีคุณสมบัติยอมให้ความร้อนถ่ายเทเข้าออกได้ง่ายและเก็บความร้อนไว้ในตัวเองเป็นเวลานานเนื่องจากของแข็งมีความจุความร้อนค่อนข้างสูงทำให้สามารถกักเก็บความร้อนไว้ในเนื้อวัสดุได้มากกว่าก่อนที่จะค่อยๆถ่ายเทสู่ภายนอก ซึ่งคุณสมบัติการเก็บความร้อนของของแข็งที่ทำนำมาใช้ในการทดลองจะแสดงไว้ในภาคผนวก ค. ตาราง ค.1

2.5 ระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่อง (Finite Difference)^[11]

Incropera Dewitt Bergmann Lavine (2005) รายงานว่าระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่อง เป็นระเบียบวิธีเชิงตัวเลขขั้นสูงใช้ในการแก้สมการอนุพันธ์ย่อย ของปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ที่ไม่สามารถหาผลเฉลยแม่นยำตรงได้ เงื่อนไขและรูปแบบของปัญหามีความซับซ้อน หากต้องการทราบค่าที่ตำแหน่งอื่นๆจำเป็นต้องใช้หลักการประมาณค่า

2.4.1 ระเบียบวิธีแบบชัดแจ้ง (The Explicit Method)

สมการ Finite Difference ขึ้นอยู่กับการแทนค่าอุณหภูมิต่าง ๆ ถ้าเราใช้อุณหภูมิที่แต่ละจุด ณ เวลาเดิม สมการที่ได้เรียกว่า Explicit Method

$$T_i^{n+1} = T_i^n + \alpha(T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n) \quad (2.8)$$

$$\alpha = \frac{k\Delta t}{\rho c(\Delta x)^2} \quad (2.9)$$

$$\Delta t \leq \frac{\rho c(\Delta x)^2}{2k} \quad (2.10)$$

1) Fourier number

$$Fo = \frac{\alpha\Delta t}{(\Delta x)^2} \quad (2.11)$$

2) กรณีมิติเดียว

$$Fo \leq \frac{1}{2} \quad (2.12)$$

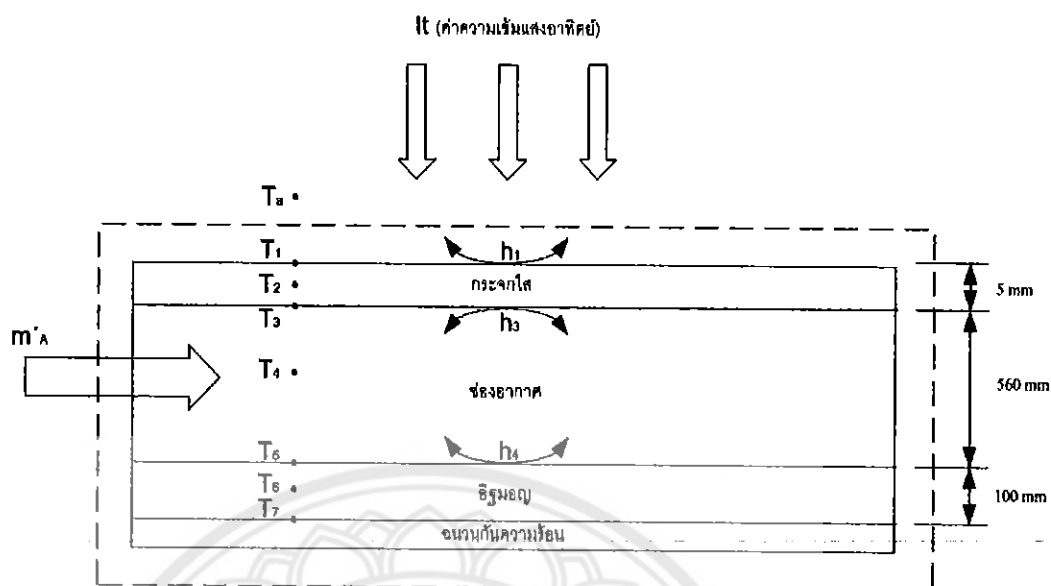
ความถูกต้องของผลลัพธ์จะมีมากขึ้นเมื่อเราลดค่า Δx และ Δt วิธีนี้ค่า Δt จะสูงสุดได้เพียงค่าหนึ่งเท่านั้น ถ้ามากกว่าที่กำหนดจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้

จากการหาค่า Fourier number นี้เราสามารถนำไปหาค่า Δt สูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้สำหรับค่า Δx และ α ที่กำหนดให้ได้

2.6 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนผ่านเครื่องรับรังสีแสงอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน

ในการถ่ายเทความร้อนที่เข้ามาในเครื่องรับรังสีแสงอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อนมีทั้ง 3 รูปแบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน โดยมีข้อสมมติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์การทำงานของเครื่องรับรังสีแสงอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน ดังต่อไปนี้

1. การถ่ายเทความร้อนเป็นไปในทิศทางเดียว 1 มิติ (จากผิวด้านนอกของแผ่นกระจกไหลเข้าสู่ตัวเก็บความร้อน)
2. เป็นการวิเคราะห์สภาวะการถ่ายเทความร้อนสำหรับสภาวะไม่สม่ำเสมอ (Unsteady state)
3. พิจารณาว่าการแผ่และการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของตัวเก็บความร้อนมีค่าสม่ำเสมอทั้งแผ่น
4. พิจารณาว่าอุณหภูมิภายในช่องว่างของตัวเครื่องรับรังสีอาทิตย์มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอที่ระดับความสูงเดียวกัน
5. พิจารณาว่าไม่มีฝุ่นและคราบสกปรกบนหลังคาของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีการเก็บความร้อน
6. พิจารณาว่าไม่มีการบังแสงบนหลังคาของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีการเก็บความร้อน
7. พิจารณาว่าการรั่วไหลของอากาศนอกเหนือจากช่องทางเดินอากาศของหลังคาของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีการเก็บความร้อนมีค่าน้อยมาก
8. การสูญเสียความร้อนจากผิวด้านหน้าและด้านข้างกับด้านหลังของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีการเก็บความร้อนคิดเทียบกับอุณหภูมิแวดล้อมเดียวกัน
9. สมบัติของวัสดุมีค่าคงที่ไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ
10. สมบัติทางความร้อนของอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ



รูป 2.4 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน

2.7 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน^(12,13)

2.7.1) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแผ่นกระจก

1) สมการแสดงสมดุลพลังงานของแผ่นกระจกใส สามารถเขียนได้เป็นที่ตำแหน่ง $x_g = 0$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Heat convection} \\ \text{to the air} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Heat gain} \\ \text{By conduction} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Rate of increase} \\ \text{of internal energy} \end{array} \right\}$$

$$h_1(T_a - T_1) + k_g \frac{\partial T_g}{\partial x_g} = \rho_g \cdot C_g \cdot \frac{\Delta x_g}{2} \cdot \frac{\partial T_1}{\partial t} \quad (2.13)$$

โดย $(k_g \frac{\partial T_g}{\partial x_g}) = k_g \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta x_g}$

2) สมการสมดุลบริเวณผิวด้านในแผ่นกระจกใส ที่ตำแหน่ง $0 < x_g < d_g$
 หลักการของการถ่ายเทความร้อนผ่านแผ่นสี่เหลี่ยมที่มีสมการเป็น

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Convection from} \\ \text{from Air Flow} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Heat emitted from} \\ \text{Clear glass} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Heat gain} \\ \text{By Conduction} \end{array} \right\} \\ = \left\{ \begin{array}{l} \text{Rate of increase} \\ \text{of internal energy} \end{array} \right\} \\ \frac{\partial}{\partial x} \left(k_g \frac{\partial T_g}{\partial x} \right) + g' = \rho_g \cdot C_g \frac{\partial T_g(x,t)}{\partial t} \quad (2.14)$$

No energy Source in medium $g' = 0, k_m = 0$ constant

ดังนั้น จะได้

$$\frac{\partial T_g(x,t)}{\partial t} = \alpha_g \frac{\partial^2 T_g}{\partial x^2} \quad (2.15)$$

เมื่อ $\alpha_g = \frac{k_g}{\rho_g C_g}$

3) สมการสมดุลบริเวณผิวด้านในแผ่นกระจกใสที่ตำแหน่ง $x_m = d_m$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Convection from} \\ \text{from Air Flow} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Heat emitted from} \\ \text{two parallel plate} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Heat gain} \\ \text{By Conduction} \end{array} \right\} \\ = \left\{ \begin{array}{l} \text{Rate of increase} \\ \text{of internal energy} \end{array} \right\}$$

$$h_3(T_4 - T_3) + \sigma \frac{(T_5^4 - T_3^4)}{\frac{1}{\varepsilon_g} + \frac{1}{\varepsilon_b} - 1} + k_g \frac{\partial T_g}{\partial x_g} = \rho_g C_g \frac{\Delta x_g}{2} \frac{\partial T_3}{\partial t} \quad (2.16)$$

เมื่อ $T_4 = T_f = \frac{T_o + T_i}{2}$

2.7.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์ของอากาศในช่องว่างระหว่างแผ่นกระจกกับตัวเก็บความร้อน

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Convection By} \\ \text{Air Flow to} \\ \text{Millor} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Convection By} \\ \text{Air Flow to} \\ \text{Solar Collector} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Energy Removed} \\ \text{By the Air By} \\ \text{Convection} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Rate of increase} \\ \text{of internal energy} \end{array} \right\}$$

$$h_3(T_3 - T_4) + h_5(T_5 - T_4) + \frac{m_A}{A} \cdot C_a (T_i - T_o) = \rho_a C_a A \cdot \text{Gap} \frac{\partial T_3}{\partial t} \quad (2.17)$$

อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศภายในช่องว่างระหว่างแผ่นกระจก กับ ตัวเก็บความร้อน

$$m_A = \rho_a \cdot \text{Gap} \cdot W \cdot \bar{V} \quad (2.18)$$

2.7.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ ตัวเก็บความร้อน

1) สมการสมดุลพลังงานบริเวณผิวด้านหน้าของตัวเก็บความร้อน สามารถเขียนได้เป็นที่ ตำแหน่ง $x_b = 0$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Heat gain} \\ \text{By Radiation} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Heat convection} \\ \text{to the air} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Heat emitted} \\ \text{two pararell plate} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Heat gain} \\ \text{By convection} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Rate of Increase} \\ \text{of internal energy} \end{array} \right\}$$

$$I\alpha + h_5(T_4 - T_5) + \sigma \frac{(T_3^4 - T_5^4)}{\frac{1}{\epsilon_g} + \frac{1}{\epsilon_b} - 1} + k_b \frac{\partial T_b}{\partial x_b} = \rho_b C_b \frac{\Delta x_b}{2} \cdot \frac{\partial T_4}{\partial t} \quad (2.19)$$

2) สมการสมดุลภายในเนื้ออิฐ ที่ตำแหน่ง $0 < x_b < d_g$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Convection from} \\ \text{from Air Flow} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Heat emitted from} \\ \text{two parallel plate} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Heat gain} \\ \text{By Conduction} \end{array} \right\} \\ = \left\{ \begin{array}{l} \text{Rate of increase} \\ \text{of internal energy} \end{array} \right\}$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_b \frac{\partial T_b}{\partial x} \right) + g' = \rho_b C_b \frac{\partial T_b(x,t)}{\partial t} \quad (2.20)$$

Heat conduction with no energy sources $g' = 0, k_g = \text{const.}$

$$\therefore k_g \frac{\partial^2 T_b}{\partial x^2} = \rho_b C_b \frac{\partial T_b(x,t)}{\partial t}$$

หรือ
$$\frac{\partial T_b(x,t)}{\partial t} = \alpha_b \frac{\partial^2 T_b}{\partial x^2} \quad (2.21)$$

โดยที่
$$\alpha_b = \frac{k_b}{\rho_b C_b}$$

3) สมการด้านข้างของอิฐโดยมีदनวนกันความร้อน ที่ตำแหน่ง $x_b = d_b$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Heat gain} \\ \text{By Conduction} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Rate of increase} \\ \text{of internal energy} \end{array} \right\}$$

$$k_b \frac{\partial T_b}{\partial x_b} = \rho_b c_b \Delta x_b \frac{\partial T_b}{\partial t} \quad (2.22)$$

4) คำสัมประสิทธิ์การพาความร้อนต่าง ๆ มีรายละเอียดการคำนวณ ดังต่อไปนี้
กระบวนการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน ของ จงจิตรี หิรัญลาก คณะพลังงานและ
วัสดุ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี⁽⁸⁾

- สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากผิวด้านบนของแผ่นวัสดุ โปร่งใสซึ่งถูกกระทำโดยลมซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์จากสมการความสัมพันธ์ของ Love day ดังนี้

$$h_f = 3.0 + 7.4\sqrt{V} \quad (2.23)$$

V = ความเร็วลมเฉลี่ยอากาศแวดล้อมมีค่าประมาณ 1.5 m/s

- สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างกระจกใสและอิฐใช้สมการของ Jurges ได้ดังนี้

$$h_c = 5.7 + 3.8V \quad (2.24)$$

2.8 การวิเคราะห์โดยวิธีเชิงตัวเลข (Numerical method)^[4]

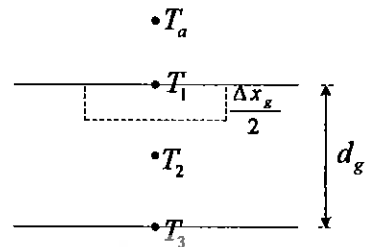
สำหรับการวิเคราะห์ปัญหาของการนำความร้อนภายในเนื้อวัสดุ ที่อยู่ในสถานะที่ไม่คงที่ (Transient) ซึ่งอุณหภูมิเป็นฟังก์ชันของตำแหน่งและเวลา เป็นเรื่องที่ยุ่งยากซับซ้อน ดังนั้น จึงต้องนำเอาวิธีเชิงตัวเลข (Numerical method) มาช่วยในการแก้ปัญหาโดยจะเลือกใช้วิธีที่ เรียกว่า "Finite-difference" แบบ Explicit

2.8.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแผ่นวัสดุโปร่งใสรับรังสีอาทิตย์รูปแบบ Explicit Finite-Difference

การคำนวณอุณหภูมิสำหรับทุกๆ โหนดของแผ่นวัสดุ โปร่งใสรับรังสีอาทิตย์จะประมาณจากสมการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

จากรูปที่ 2.3 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านเครื่องรับรังสีแสงอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน

1) สำหรับ (Node 1) ด้านบนกระบอก



รูป 2.5 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_1

$$h_1(T_a^i - T_1^i) + k_g \cdot \frac{(T_2^i - T_1^i)}{\Delta x_g} = \rho_g C_g \cdot \frac{\Delta x_g}{2} \cdot \frac{(T_1^{i+1} - T_1^i)}{\Delta t}$$

จัดรูปสมการใหม่จะได้เป็น

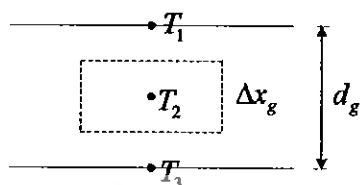
$$T_1^{i+1} = \frac{2 \cdot \Delta t}{\rho_g C_g \Delta x_g} \left[h_1(T_a^i - T_1^i) + \frac{k_g}{\Delta x} (T_2^i - T_1^i) \right] + T_1^i$$

หรือ

$$T_1^{i+1} = 2 \cdot Fo_1 \frac{\Delta x_g}{k_g} \left[h_1(T_a^i - T_1^i) + \frac{k_g}{\Delta x_g} (T_2^i - T_1^i) \right] + T_1^i \quad (2.25)$$

เมื่อ $\alpha_g = \frac{k_g}{\rho_g C_g}$ และ $Fo_1 = \alpha_g \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x^2} = \frac{k_g}{\rho_g C_g} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x^2}$

2) สำหรับ (Node 2) ภายในเนื้อกระบอก



รูป 2.6 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_2

$$\frac{\partial T_g(x,t)}{\partial t} = \alpha_g \frac{\partial^2 T_g}{\partial x^2}$$

$$\frac{T_g^{i+1} - T_g^i}{\Delta t} = \alpha \frac{T_{g-1}^i - 2T_g^i + T_{g+1}^i}{(\Delta x)^2}$$

จัดรูปใหม่จะได้

$$T_2^{i+1} = Fo_1(T_1^i + T_3^i) + (1 - 2Fo_1)T_2^i \quad (2.26)$$

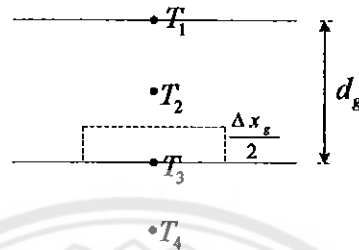
15072876

ปท.

03377

ว52

3) สำหรับ (Node 3) ด้านล่างกระจก



รูป 2.7 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_3

$$h_3(T_4 - T_3) + \sigma \frac{(T_5^{i4} - T_3^{i4})}{\frac{1}{\epsilon_g} + \frac{1}{\epsilon_b} - 1} + k_g \frac{\partial T_g}{\partial x_g} = \rho_g C_g \frac{\Delta x_g}{2} \frac{\partial T_3}{\partial t}$$

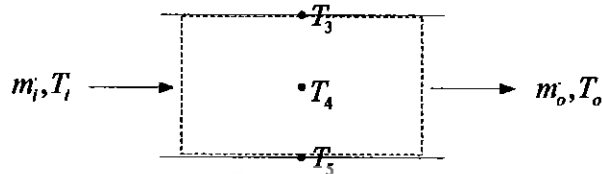
$$h_3(T_4^i - T_3^i) + \sigma \frac{(T_5^{i4} - T_3^{i4})}{\frac{1}{\epsilon_g} + \frac{1}{\epsilon_b} - 1} + \frac{k_g}{\Delta x_g} (T_2^i - T_3^i) = \rho_g C_g \frac{\Delta x_g}{2} \frac{(T_3^{i+1} - T_3^i)}{\Delta t}$$

แทนค่า $T_4 = T_f = \frac{T_1 + T_o}{2}$

หรือ จัดให้อยู่ในรูปของ Explicit Finite Difference Form

$$T_3^{i+1} = 2.Fo_1 \cdot \frac{\Delta x_g}{k_g} \left[h_3(T_f^i - T_3^i) + \sigma \frac{(T_5^{i4} - T_3^{i4})}{\frac{1}{\epsilon_g} + \frac{1}{\epsilon_b} - 1} + \frac{k_g}{\Delta x_g} (T_2^i - T_3^i) \right] + T_3^i \quad (2.27)$$

4) สำหรับช่องว่างอากาศ (Node 4 Air gap)

รูป 2.8 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_4

$$h_3(T_3' - T_4') + h_5(T_5' - T_4') + \frac{\dot{m}_A}{A} \cdot C_g(T_i' - T_o') = \rho_g C_g A \text{Gap} \frac{(T_4^{i+1} - T_4')}{\Delta t}$$

แทนค่า $T_f = T_4 = \frac{T_i + T_o}{2} \Rightarrow T_o = 2T_4 - T_i$

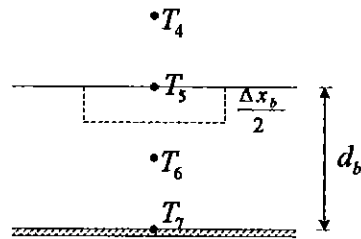
จะได้เป็น $\frac{\Delta t}{\rho_g C_g A \text{Gap}} \left[h_3(T_3' - T_f') + h_5(T_5' - T_f') + \frac{\dot{m}_A}{A} \cdot C_g(T_i' - T_o') \right] = (T_4^{i+1} - T_4')$

เนื่องจาก $h_3 = h_5 = h_c$ จัดรูปสมการใหม่จะได้เป็น

$$(T_4^{i+1} - T_4') = \frac{\Delta t}{\rho_A C_A A \text{Gap}} \left[h_c(T_3' + T_5') + 2h_c + \frac{\dot{m}_A}{A} \cdot C_A(T_i' - (2T_4' - T_i')) \right] \quad \text{หรือ}$$

$$T_4^{i+1} = \frac{\Delta t}{\rho_A C_A A \text{Gap}} \left[h_c(T_3' + T_5') + 2h_c + \frac{\dot{m}_A}{A} \cdot C_A(T_i' - (2T_4' - T_i')) \right] + T_4' \quad (2.28)$$

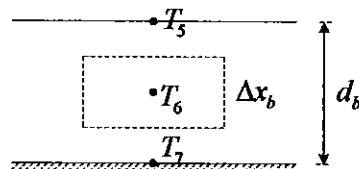
5) สำหรับ (Node 5) ด้านบนตัวเก็บความร้อน



รูป 2.9 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_5

$$T_5^{i+1} = 2.Fo_2 \cdot \frac{\Delta x_b}{k_b} \left[I\alpha + h_s(T_f^i - T_5^i) + \sigma \cdot \frac{(T_3^{i4} - T_5^{i4})}{\frac{1}{\epsilon_g} + \frac{1}{\epsilon_b} - 1} + \frac{k_b}{\Delta x_b} \cdot (T_5^i - T_6^i) \right] + T_5^i \quad (2.29)$$

6) สำหรับ (Node 6) เนื้อตัวเก็บความร้อน



รูป 2.10 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_6

$$\frac{T_b^{i+1} - T_b^i}{\Delta t} = \alpha \frac{T_{b-1}^i - 2T_b^i + T_{b+1}^i}{(\Delta x)^2}$$

จัดรูปใหม่จะได้

$$T_b^{i+1} = Fo_2 (T_{b-1}^i + T_{b+1}^i) + (1 - 2Fo_2) T_b^i \quad (2.30)$$

เมื่อ $\alpha_b = \frac{k_b}{\rho_b C_b}$, $Fo_2 = \alpha_b \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x^2} = \frac{k_b}{\rho_b C_b} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x^2}$ และ $k_b \frac{\partial T_b}{\partial x_b} = \rho_b C_b \Delta x_b \frac{\partial T_b}{\partial t}$

7) สำหรับ (Node 7) เนื้อตัวเก็บความร้อน



รูป 2.11 แสดง Control volume การหาอุณหภูมิที่จุด T_7

$$k_b \frac{(T_6 - T_7)}{\Delta x_b} = \rho_b C_b \Delta x_b (T_6 - T_7)$$

จัดรูปใหม่จะได้

$$T_7^{i+1} = \left[\frac{k_b \Delta t}{\rho_b C_b \Delta x^2} (T_6^i - T_7^i) \right] + T_7^i \quad (2.31)$$

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงานและการทดสอบ

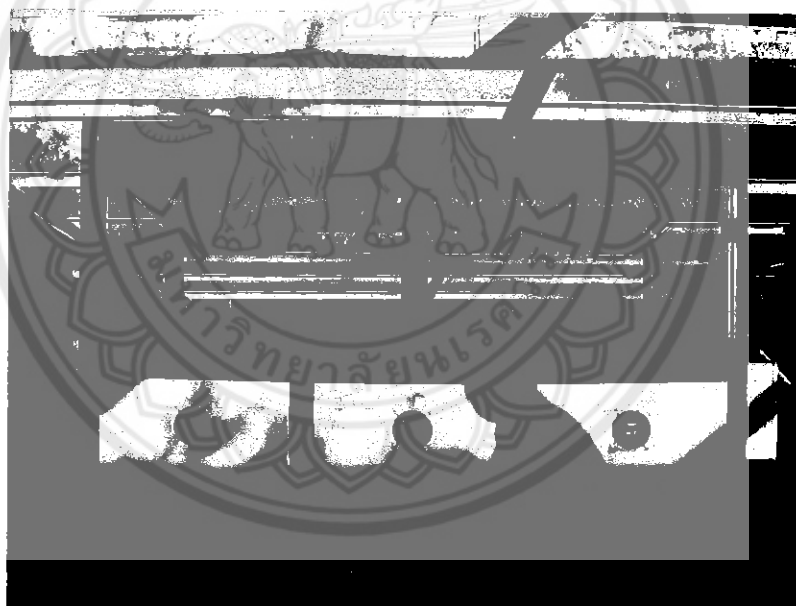
3.1 ลักษณะของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีการเก็บความร้อนสำหรับเตาอบไม้

เครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีการเก็บความร้อนสำหรับเตาอบไม้ ได้ทำการสร้างขึ้นเพื่อทดลองจำนวน 1 เครื่อง ซึ่งในเครื่องรับรังสีอาทิตย์ จะมีขนาดภายนอกกว้าง 107.50 cm ยาว 200 cm ด้านหน้าเครื่องสูง 104 cm ด้านหลังเครื่องสูง 126 cm โดยด้านบนทำมุมลาดเอียง 15 องศา ส่วนภายในมีถาดสำหรับใส่วัสดุ ตัวเก็บความร้อนทั้งหมด 3 ถาด ขนาดกว้าง 62 cm ยาว 94 cm สูง 10 cm ดังแสดงในรูป 3.1 และ รูปที่ 3.2 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีการเก็บความร้อนดังนี้

1. ด้านหลังทำเป็นประตูเปิดปิด ได้เพื่อเปลี่ยนวัสดุที่ทำการทดสอบ โดยประตูเป็นกระจก ขนาด 5 mm กว้าง 53 cm ยาว 90 cm และกระเบื้อง หนา 15 mm กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 190 cm ทำการเจาะรูใส่พัดลมดูดความร้อนจำนวน 3 ตัว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 cm
2. ด้านข้างทั้ง 2 ด้าน เป็นกระจกใสขนาด 5 mm เป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู และ แผ่นกระเบื้อง ด้านล่างหนา 5 mm กว้าง 30 cm ยาว 91 cm
3. ด้านหน้าเป็นกระจกใสขนาด 5 mm กว้าง 46.9 cm ยาว 190 cm และแผ่นกระเบื้องหนา 5 mm กว้าง 30 cm ยาว 190 cm
4. ด้านบนเป็นกระจกใสขนาด 5 มิลลิเมตร กว้าง 93 cm ยาว 191 cm
5. ถาดวางวัสดุเก็บความร้อนทั้งหมด 3 ถาด ขนาด กว้าง 62 cm ยาว 94 cm สูง 10 cm



รูป 3.1 แสดงลักษณะภายนอกของเครื่องรับรังสีอาทิตย์



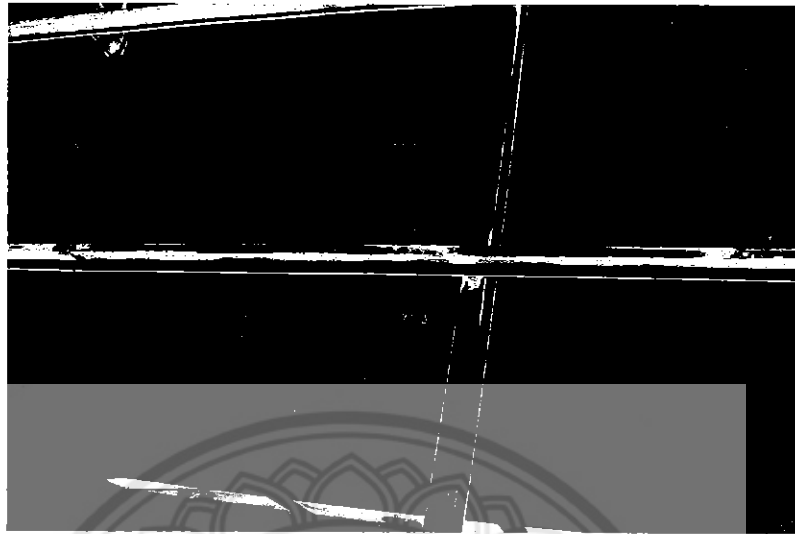
รูป 3.2 แสดงส่วนประกอบของด้านหลังของเครื่องรับรังสีอาทิตย์



รูป 3.3 แสดงลักษณะด้านหน้าของเครื่องรับรังสีอาทิตย์



รูป 3.4 แสดงลักษณะด้านข้างของเครื่องรับรังสีอาทิตย์

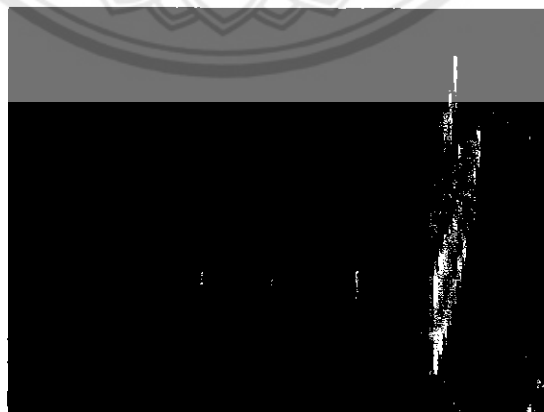


รูป 3.5 แสดงลักษณะด้านบนของเครื่อง และถาดรองวัสดุ

3.2 วัสดุเก็บความร้อน

1) อิฐมอญ

อิฐมอญ เป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันแพร่หลายมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน อิฐมอญทำจาก ดินเหนียว น้ำ และวัสดุที่ไม่มี ความเหนียว อาทิ ขี้เถ้า แกลบ ทราย ผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม นวดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ใส่แบบพิมพ์อัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมตามขนาดที่ต้องการ ทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นจึงนำไปเผาจนสุก อุณหภูมิที่เผาให้สุกตัวควรอยู่ในช่วง 950-1100 °C เพื่อให้อิฐมีความแข็งแรง โดยไม่มีการหดตัวหรือผิกรูปมากเกินไป



รูป 3.6 แสดงลักษณะของอิฐมอญ

2) หินแม่น้ำ

หิน คือ มวลของแข็งที่ประกอบไปด้วยแร่ชนิดเดียวกัน หรือหลายชนิดรวมตัวกันอยู่ตามธรรมชาติ เนื่องจากองค์ประกอบของเปลือกโลกส่วนใหญ่เป็นสารประกอบซิลิกอนไดออกไซด์



รูป 3.7 แสดงลักษณะของหินแม่น้ำ

3) ถ่านไม้

ถ่านไม้เป็นไม้ที่ถูกนำไปเผาด้วยความร้อนเพื่อให้มันกลายเป็นคาร์บอน ในเนื้อไม้จะประกอบด้วยส่วนประกอบของแร่ธาตุและสารต่าง ๆ เพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงในการหุงหาอาหาร หรือทำเป็นเชื้อเพลิงอื่น ๆ ในรูปของ ฟืน และ ถ่าน ขณะเผาไหม้



รูป 3.8 แสดงลักษณะของถ่านไม้

3.3 เครื่องมือวัด

3.3.1 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (SILA AP – 104)

ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ โดยจะรับและส่งข้อมูลที่สแกนข้อมูลได้แต่ละ Channel ส่งไปบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์



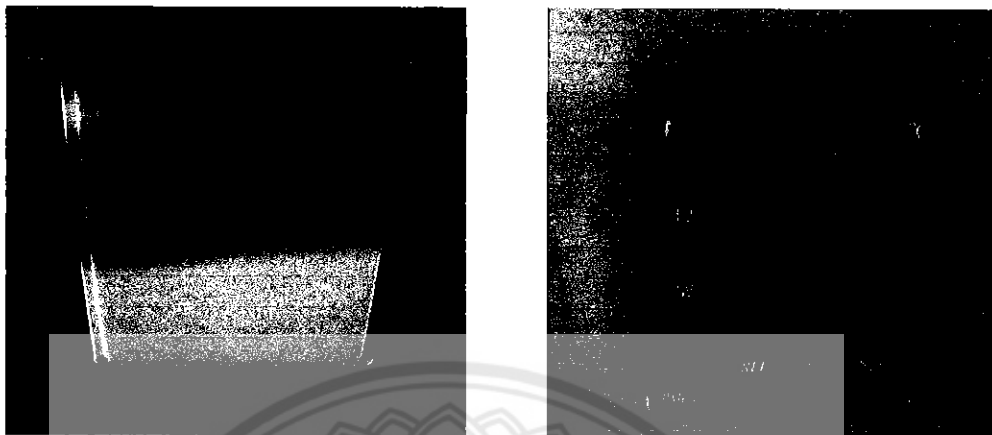
รูป 3.9 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์SILA AP – 104

3.3.2 เครื่องวัดความเร็วลม



รูป 3.10 เครื่องวัดความเร็วลม

3.3.3 เครื่องควบคุมพัดลม (Control fan)



รูป 3.11 เครื่องควบคุมพัดลม



รูป 3.12 แสดงเครื่องมือวัดรังสีอาทิตย์รวม Pyranometer

3.3.4 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (SILA AP – 104)

ใช้ในการวัดและบันทึกอุณหภูมิตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่ ต้องการแสดงในรูปที่ 3.6 มีลักษณะดังตารางนี้

ตาราง 3.1 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (SILA AP – 104)

Number of channel	5
Input Voltage	220 V
Temperature operating	-40°C – 120 °C
Humidity	10-90%RH

3.3.5 เครื่องมือวัดพลังงานความเข้มแสงอาทิตย์ (Pyranometer) รุ่น CM21

มีค่าคงที่เครื่อง Sensity เท่ากับ $9.2 \times 10^{-6} \text{ Volt/W.m}^{-2}$ แสดงดังรูปที่ 3.5 มีลักษณะดังนี้

ตาราง 3.2 Pyranometer Specifications Model CM21

Spectrum range	305 - 2800 nm
Solar radiance range	0-1400 W/m ²
Error range	± 10 %
Calibration Factor	9.2 $\mu\text{V/W/m}^2$
Temperature Operating	-40 - 80 °C
Mass	0.3 kg.

3.3.6 Hot Wire Anemometer (Model TA2-Anemometer/Thermometer)

ใช้ในการวัดความเร็วลมภายในห้องระบอบอากาศแสดงดังรูปที่ 3.3 มีลักษณะดังนี้

ตาราง 3.3 Hot Wire Anemometer Specifications Model TA-2

Batteries	4x1.5 V
Velocity	0 – 30 m/s or 0 – 6000 ft/min

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

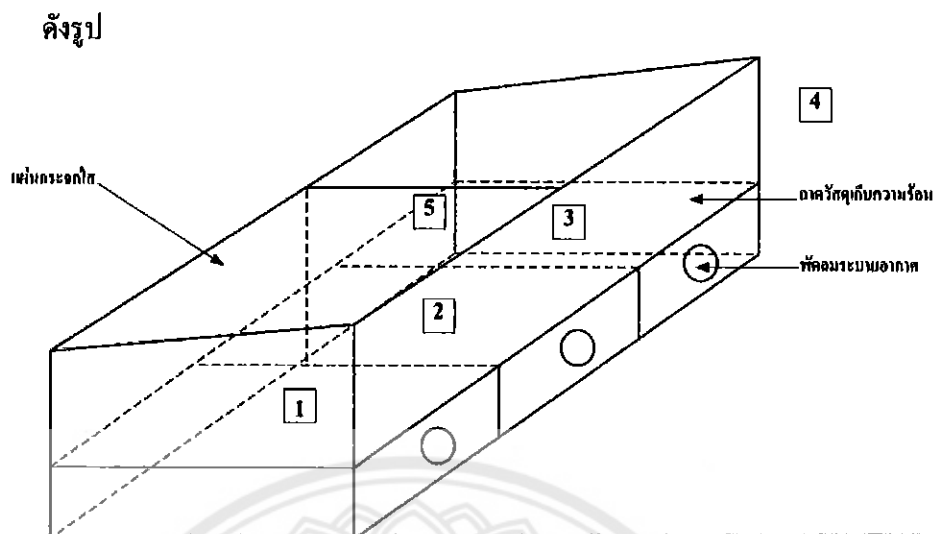
ในการทดลองแบ่งออกเป็น 4 การทดลอง ดังนี้

3.4.1 การทดลองที่ 1 พิจารณาเลือกวัสดุที่ใช้ในเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อนโดยไม่มีการเปิดพัดลม

ทำการทดลองเลือกวัสดุตัวเก็บความร้อนได้แก่ ถ่านไม้ หินแม่น้ำ และอิฐมอญ เพื่อเลือกวัสดุที่สามารถเก็บความร้อนได้ดีที่สุด ใช้เวลาในการทดลอง 3 วัน

1) ทำการกำหนดจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิทั้งหมด 5 จุด คือ

- จุดที่ 1 วัดอุณหภูมิของอิฐมอญ
- จุดที่ 2 วัดอุณหภูมิของหินแม่น้ำ
- จุดที่ 3 วัดอุณหภูมิของถ่านไม้
- จุดที่ 4 วัดอุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องรับรังสี
- จุดที่ 5 วัดอุณหภูมิของอากาศภายนอกเครื่องรับรังสี



รูป 3.13 แสดงการวัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ในเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน

2) ทำการเปิดเครื่อง AP – 104

ในการทดลองที่ 1 ใช้เวลาในการทดลองเป็นเวลา 2 วัน เพื่อทำการสลับตำแหน่งของวัสดุตัวเก็บความร้อน คือ อีฐมอญ, หินแม่น้ำและถ่าน ไม้ย่อยละ 1 วัน เริ่มทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาหลังการทดลอง

2.1) ทำการบันทึกข้อมูล

- เปิดไปที่ไคร์ C ทำการสร้างไฟล์เคอร์เพื่อเก็บผลการทดลองแต่ละวัน
- แล้ว Copy ไฟล์ผลการทดลองทั้ง 5 Channel ที่ปรากฏไปเก็บไว้ในไฟล์เคอร์ที่สร้างไว้ไคร์ C เพื่อเก็บผลการทดลองของแต่ละวัน

- ทำเหมือนกันทุกครั้งหลังทำการทดลอง

2.2) ปิดโปรแกรม AP – 104

3.4.2 การทดลองที่ 2 เพื่อตรวจสอบเงื่อนไขการใช้อุณหภูมิอากาศภายในเครื่องรับรังสีอาทิตย์โดยใช้อิฐเป็นตัวเก็บความร้อนและไม่มีการเปิดพัดลม

ทำการทดลองกับวัสดุที่เก็บความร้อนได้ดีที่สุดในการทดลองนี้ได้ทำการเลือกใช้ อิฐมอญ เพียงวัสดุเดียวทั้งหมด 3 ถาด โดยไม่มีการเปิดพัดลม ทำการทดลอง 1 วัน เพื่อดูว่าอิฐมอญสามารถทำให้อุณหภูมิภายในเครื่อง มีอุณหภูมิ 50-70 °C ได้หรือไม่

1) ทำการกำหนดจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ ทั้งหมด 5 จุด คือ

จุดที่ 1 วัดอุณหภูมิของอิฐมวลฉนวน

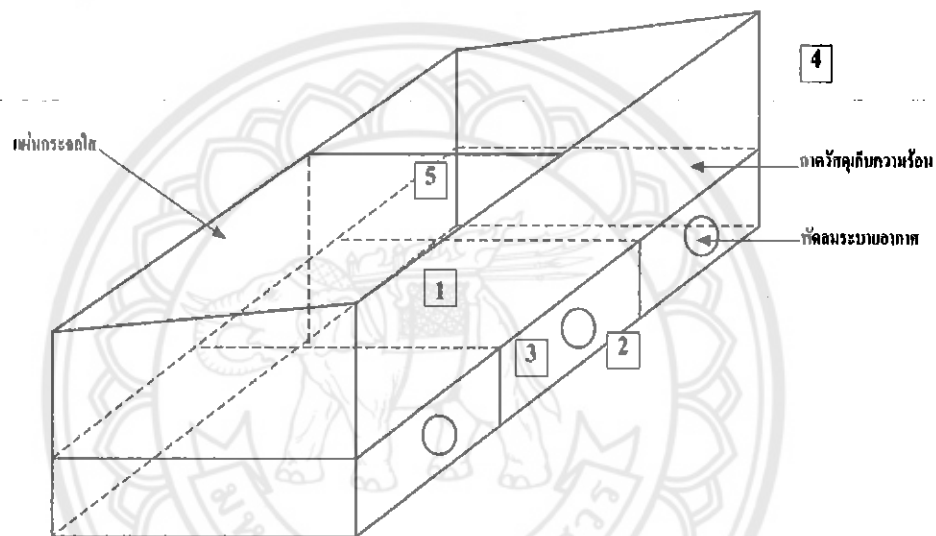
จุดที่ 2 วัดอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่อง

จุดที่ 3 วัดอุณหภูมิของอากาศก่อนออกจากเครื่อง

จุดที่ 4 วัดอุณหภูมิของอากาศภายนอกเครื่อง

จุดที่ 5 วัดอุณหภูมิภายในตัวเครื่อง

ผังรูป



รูป 3.14 แสดงการวัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ในเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน

2) ทำการเปิดเครื่อง AP- 104

ในการทดลองในการทดลองที่ 2 ใช้เวลาในการทดลอง 1 วัน โดยไม่มีการเปิดพัดลมเพื่อดึงความร้อนออกจากเครื่อง เริ่มทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 8.00 am – 5.00 pm

2.1) ทำการบันทึกข้อมูล

- เปิดไปที่ไคร์ C ทำการสร้างไฟล์เตอร์เพื่อเก็บผลการทดลองแต่ละวัน

- แล้ว Copy ไฟล์ผลการทดลองทั้ง 5 Channel ที่ปรากฏไปเก็บไว้ในไฟล์เตอร์ที่สร้างไว้ในไคร์ C เพื่อเก็บผลการทดลองของแต่ละวัน

- ทำเหมือนกันทุกครั้งหลังทำการทดลอง

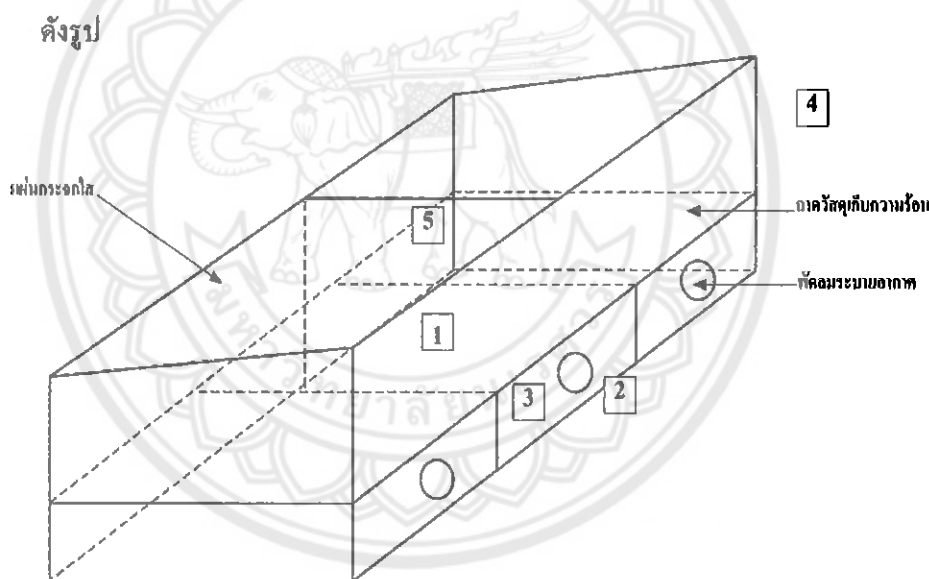
2.2) ปิดโปรแกรม AP – 104

3.4.3 การทดลองที่ 3 ทดสอบการทำงานของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน (เลือกใช้วัสดุทดลองและเปิดพัดลม 3 ตัว) เพื่อดูว่าจะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนเท่าไร

ทำการทดลองกับวัสดุที่เก็บความร้อนได้ดีที่สุดในการทดลองนี้ได้ทำการเลือกใช้ อิฐมอญ เพียงวัสดุเดียวทั้งหมด 3 ถาด โดยมีการเปิดพัดลม 3 ตัว เนื่องจากในการใช้งานจริง จะต้องมีการดึงเอาอากาศร้อนภายในเครื่องออกมาใช้ร่วมในการอบไม้ จากนั้นนำมาหาอัตราการถ่ายเทความร้อน

1) ทำการกำหนดจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิทั้งหมด 5 จุด คือ

- จุดที่ 1 วัดอุณหภูมิของอิฐมอญ
- จุดที่ 2 วัดอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่อง
- จุดที่ 3 วัดอุณหภูมิของอากาศก่อนออกจากเครื่อง
- จุดที่ 4 วัดอุณหภูมิของอากาศภายนอกเครื่อง
- จุดที่ 5 วัดอุณหภูมิภายในตัวเครื่อง



รูป 3.15 แสดงการวัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ในเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน

2) ทำการเปิดเครื่อง AP- 104

ในการทดลองในการทดลองที่ 3 ใช้เวลาในการทดลอง 1 วัน โดยไม่มีการเปิดพัดลมเพื่อดึงความร้อนออกจากเครื่อง เริ่มทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 8.00 am – 5.00 pm

2.1) ทำการบันทึกข้อมูล

- เปิดไปที่ไคร์ C ทำการสร้างไฟล์เคอร์เพื่อเก็บผลการทดลองแต่ละวัน

- แล้ว Copy ไฟล์ผลการทดลองทั้ง 5 Channel ที่ปรากฏไปเก็บไว้ในโฟลเดอร์ที่สร้างไว้ในไดร์ C เพื่อเก็บผลการทดลองของแต่ละวัน

- ทำเหมือนกันทุกครั้งหลังทำการทดลอง

2.2) ปิดโปรแกรม AP – 104

3.4.4 การทดลองที่ 4 ทดสอบการทำงานของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน (เลือกใช้วัสดุทดลองและเปิดพัดลม 1 ตัว) เพื่อดูว่าจะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนเท่าไร

ทำการทดลองกับวัสดุที่เก็บความร้อนได้ดีที่สุดในการทดลองนี้ได้ทำการเลือกใช้ อีฐมอญ เพียงวัสดุเดียวทั้งหมด 3 ถาด โดยมีการเปิดพัดลม 1 ตัว เนื่องจากในการใช้งานจริง จะต้องมีการดึงเอาอากาศร้อนภายในเครื่องออกมาใช้ร่วมในการอบไม้ จากนั้นนำมาหาอัตราการถ่ายเทความร้อน

1) ทำการกำหนดจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิทั้งหมด 5 จุด คือ

จุดที่ 1 วัดอุณหภูมิของอิฐมอญ

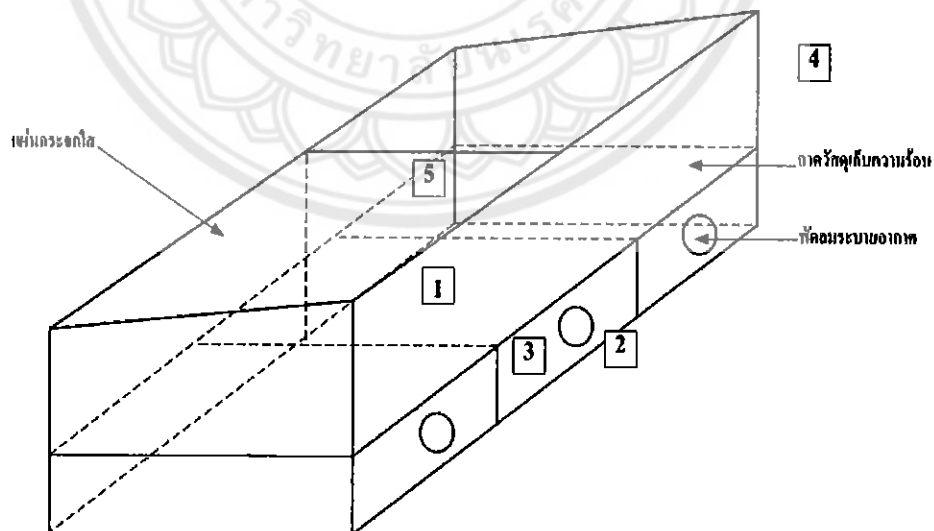
จุดที่ 2 วัดอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่อง

จุดที่ 3 วัดอุณหภูมิของอากาศก่อนออกจากเครื่อง

จุดที่ 4 วัดอุณหภูมิของอากาศภายนอกเครื่อง

จุดที่ 5 วัดอุณหภูมิภายในตัวเครื่อง

ผังรูป



รูป 3.16 แสดงการวัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ในเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน

2) ทำการเปิดเครื่อง AP - 104

ในการทดลองในการทดลองที่ 4 ใช้เวลาในการทดลอง 1 วัน โดยไม่มีการเปิดพัดลมเพื่อดึงความร้อนออกจากเครื่อง เริ่มทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 8.00 am - 5.00 pm

2.1) ทำการบันทึกข้อมูล

- เปิดไปที่ไดรฟ์ C ทำการสร้างไฟล์เคอร์เพื่อเก็บผลการทดลองแต่ละวัน
- แล้ว Copy ไฟล์ผลการทดลองทั้ง 5 Channel ที่ปรากฏไปเก็บไว้ในไฟล์เคอร์ที่สร้างไว้ในไดรฟ์ C เพื่อเก็บผลการทดลองของแต่ละวัน
- ทำเหมือนกันทุกครั้งหลังทำการทดลอง

2.2) ปิดโปรแกรม AP - 104



บทที่ 4

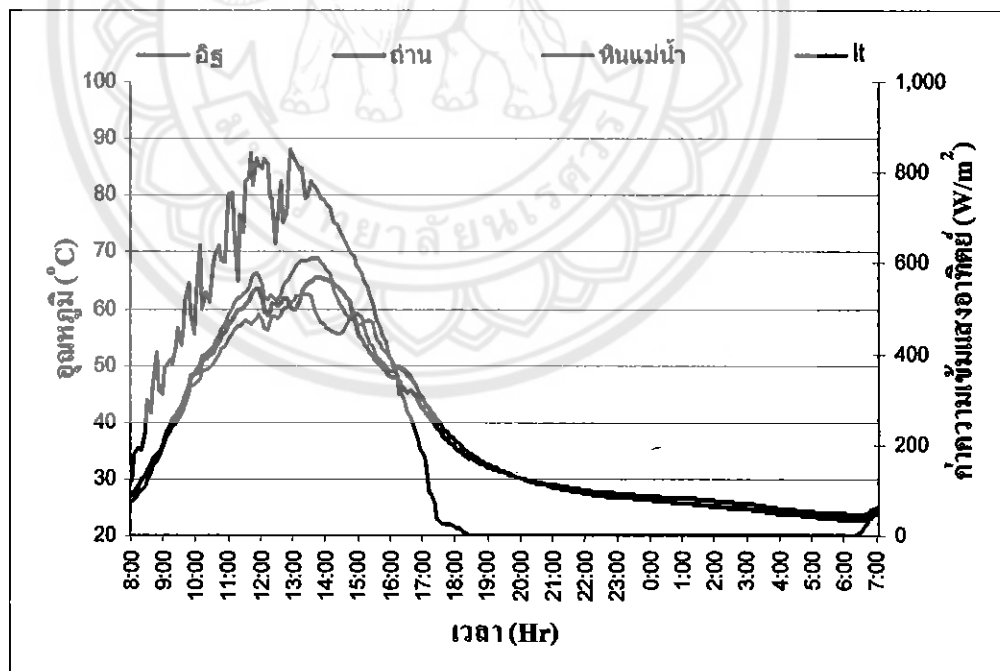
ผลการทดลองและวิเคราะห์

จากการทดลองและเก็บข้อมูลเป็นเวลา 14 วัน ในช่วงเดือนมกราคมและเมษายน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง ซึ่งข้อมูลทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก ข. ทำการเลือกข้อมูลวันที่มีผลของการแปรปรวนของโปรแกรมเก็บข้อมูลและสภาวะแวดล้อมภายนอกน้อยที่สุดและนำมาแสดงผลในรูปของกราฟดังนี้

4.1 ผลการทดลองของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน

4.1.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์เพื่อพิจารณาเลือกวัสดุที่ใช้ในเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อนโดยไม่มีการเปิดพัดลม

ในการพิจารณาตัวเก็บความร้อนได้ใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและค่าความเข้มแสงต่อเวลาของวันที่ 16 มีนาคม 2552 โดยทำการทดลองเป็นเวลา 24 Hr ซึ่งมีอุณหภูมิดังรูป 4.1

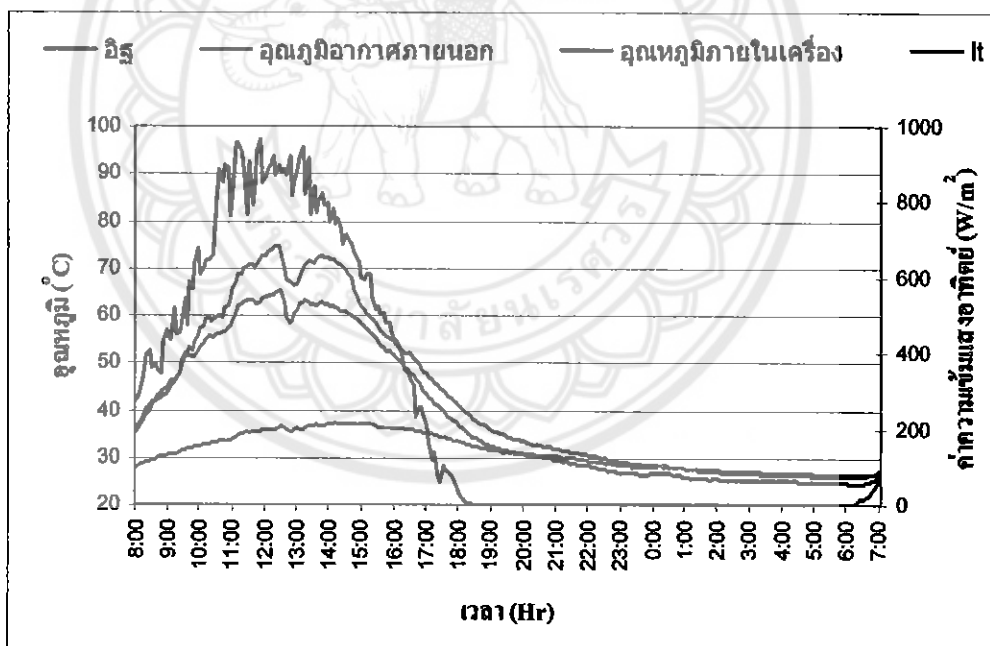


รูป 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสง และ อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุเก็บความร้อนทั้ง 3 ชนิด ของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน

จากรูป 4.1 จากการทดลองนำวัสดุ 3 ชนิดคือ อิฐมอญ หินแม่น้ำ และถ่านไม้ นำมาทดลอง จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุเก็บความร้อนทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่าความเข้ม แสงอาทิตย์ ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิที่ผิวของอิฐมอญมีอุณหภูมิสูงกว่าวัสดุเก็บความร้อนอีก 2 ชนิด และยังรวมถึงความสามารถในการเก็บความร้อนได้ดีกว่าถ่านไม้และหินแม่น้ำ ดังนั้นจึงเลือกใช้อิฐ มอญเป็นวัสดุเก็บความร้อนสำหรับเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อนเพื่อนำมาทดลองใน การทดลองที่ 2 ต่อไป

4.1.2 ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์เงื่อนไขการใช้อุณหภูมิอากาศภายในเครื่องรับรังสี อาทิตย์โดยใช้อิฐเป็นตัวเก็บความร้อนและไม่มีการเปิดพัดลม

ในการพิจารณาการทำงานของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อนโดยใช้อิฐมอญ เป็นตัวเก็บความร้อนและไม่มีการเปิดพัดลม ได้ใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและค่าความเข้ม แสงต่อเวลาของวันที่ 22 มีนาคม 2552 ทำการทดลองเป็นเวลา 24 Hr ซึ่งมีค่าความเข้มแสงและ อุณหภูมิดังรูป 4.2

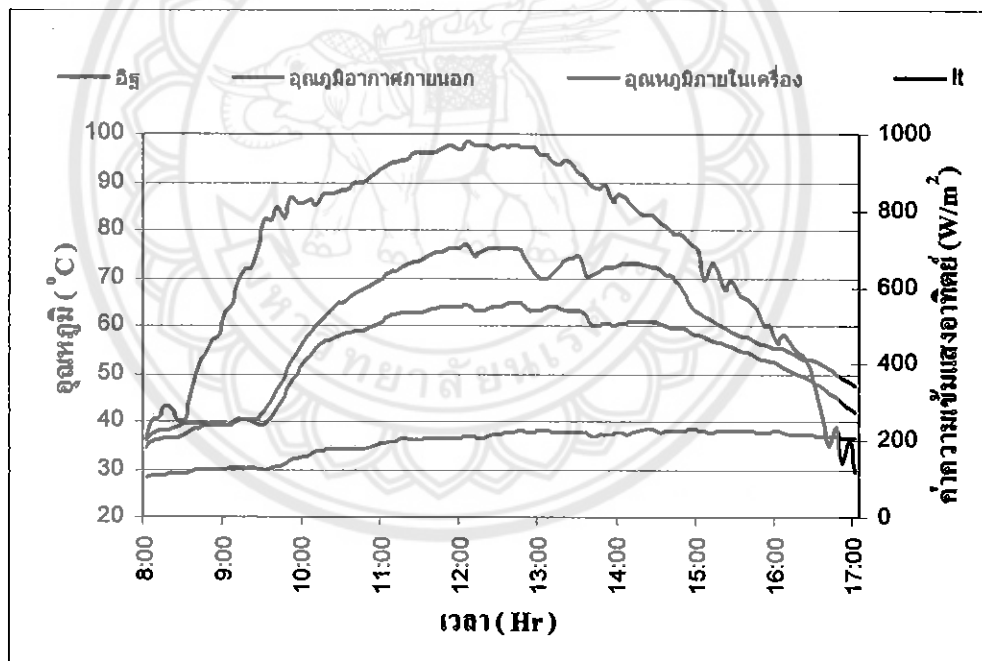


รูป 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน

จากรูป 4.2 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ผิวอิฐมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่าความเข้มแสงอาทิตย์ส่งผลทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องรับรังสีอาทิตย์มีค่าอุณหภูมิสูงถึงอุณหภูมิที่สามารถนำไปใช้ช่วยในการอบไม้ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบไม้จะอยู่ในช่วง 50-70 °C โดยเครื่องรับรังสีอาทิตย์สามารถทำอุณหภูมิตั้งแต่ 50 °C ได้ตั้งแต่ช่วงเวลา 10:00 am -4.00 pm และยังสามารถวัดอุณหภูมิสูงสุดของผิวอิฐและอุณหภูมิภายในเครื่อง ได้เท่ากับ 75 และ 65 °C ตามลำดับ ซึ่งเท่ากับค่าความเข้มแสงเท่ากับ 964.47 W/m²

4.1.3 ผลการทดลองและวิเคราะห์การทำงานของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน (เลือกใช้อิฐทดลองและเปิดพัดลม 3 ตัว)

ในการพิจารณาการทำงานของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน โดยเลือกใช้อิฐมอญเป็นตัวเก็บความร้อนและเปิดพัดลม 3 ตัว ได้ใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและค่าความเข้มแสงต่อเวลา ของวันที่ 23 มีนาคม 2552 ซึ่งมีค่า ความเข้มแสงและอุณหภูมิ ดังรูป 4.3

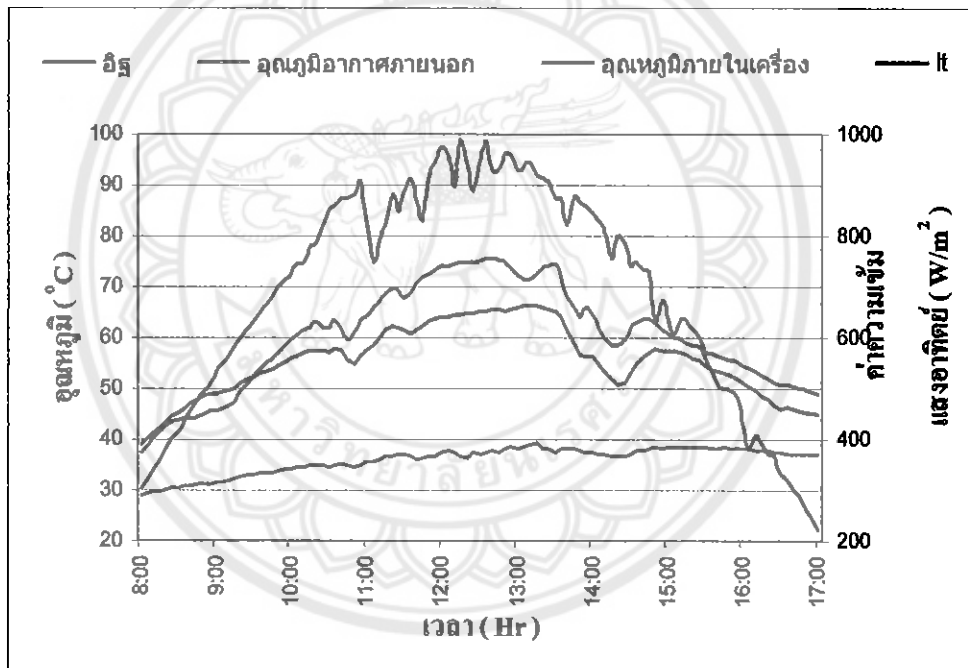


รูป 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน

จากรูป 4.3 นี้เป็นการทดลองโดยการเลือกใช้อิฐมวลฉนวน และทำการทดลองโดยการเปิดพัดลม 3 ตัว ตลอดจนการเก็บข้อมูล จะเห็นว่า เมื่อมีการเปิดพัดลม 3 ตัว ซึ่งจะทำให้เกิดอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 0.19 kg/s เมื่อทำการทดลองและเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์แล้ว สามารถหาอัตราการถ่ายเทความร้อนได้เท่ากับ 4.8 kW

4.1.4 ผลการทดลองและวิเคราะห์การทำงานของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน (เลือกใช้อิฐทดลองและเปิดพัดลม 1 ตัว)

ในการพิจารณาการทำงานของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน โดยเลือกใช้อิฐมวลฉนวนเป็นตัวเก็บความร้อนและเปิดพัดลม 1 ตัว ได้ใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและค่าความเข้มแสงต่อเวลา ของวันที่ 8 เมษายน 2552 ซึ่งมีค่า ความเข้มแสงและอุณหภูมิ ดังรูป 4.4



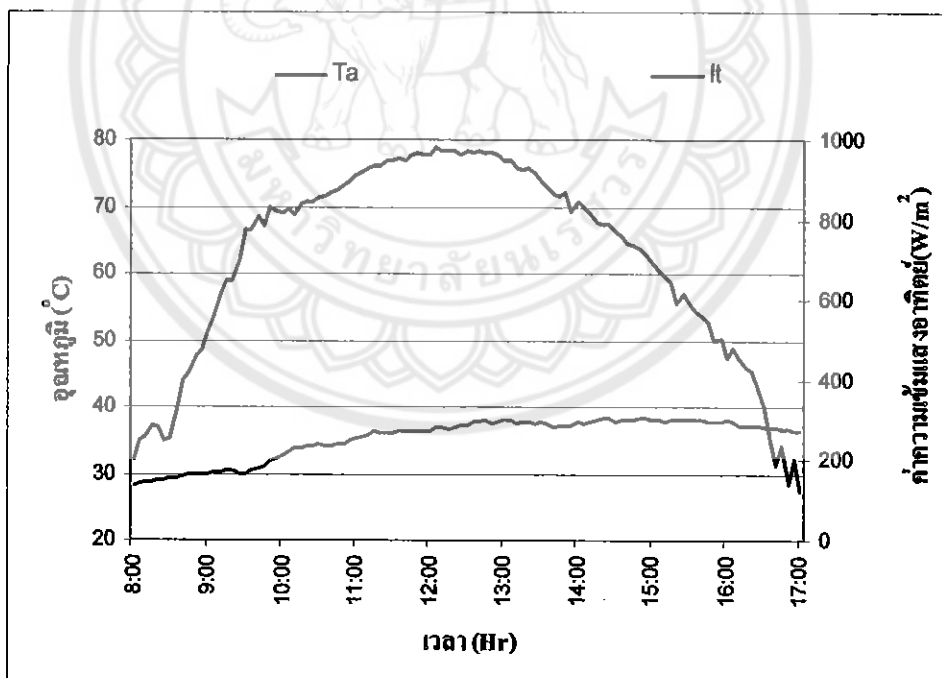
รูป 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน

จากรูป 4.4 นี้เป็นการทดลองโดยการเลือกใช้อิฐมอญ และทำการทดลองโดยการเปิดพัดลม 1 ตัว และตั้งตัวควบคุมพัดลมให้พัดลมทำงานเมื่อมีอุณหภูมิภายในเครื่องถึง 50°C เพื่อดู จะสามารถผลิตลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C ได้เป็นเวลากี่ชั่วโมง และมีอัตราการถ่ายเทความร้อนเท่าไร ที่ อัตราการไหลของอากาศเชิงมวลเท่ากับ 0.06 kg/s พบว่า เมื่อทำการทดลองและเก็บข้อมูลมา วิเคราะห์แล้ว สามารถหาอัตราการถ่ายเทความร้อนได้เท่ากับ 1.55 kW

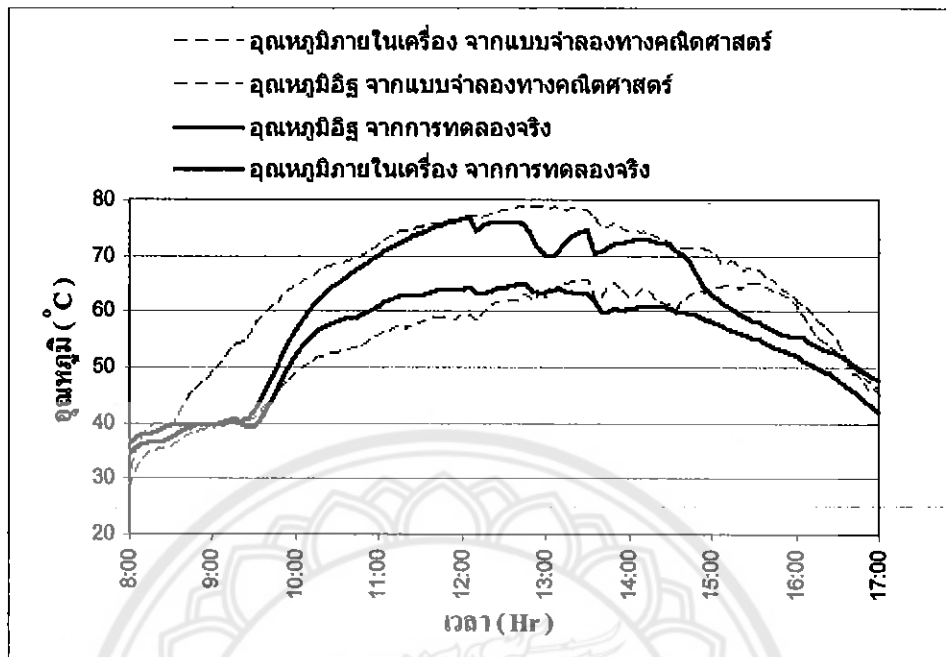
4.2 ผลการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.2.1 เปรียบเทียบอุณหภูมิของตัวเก็บความร้อนและช่องอากาศที่ได้จากการคำนวณจาก แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลการทดสอบจริง

ในการพิจารณาเปรียบเทียบอุณหภูมิตามจุดต่างๆจากผลการทดลองจริงกับผลการคำนวณ จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ต่อเวลาของวันที่ 23 มีนาคม 2552 ซึ่งมีความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมตาม รูป 4.5



รูป 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับอุณหภูมิแวดล้อม

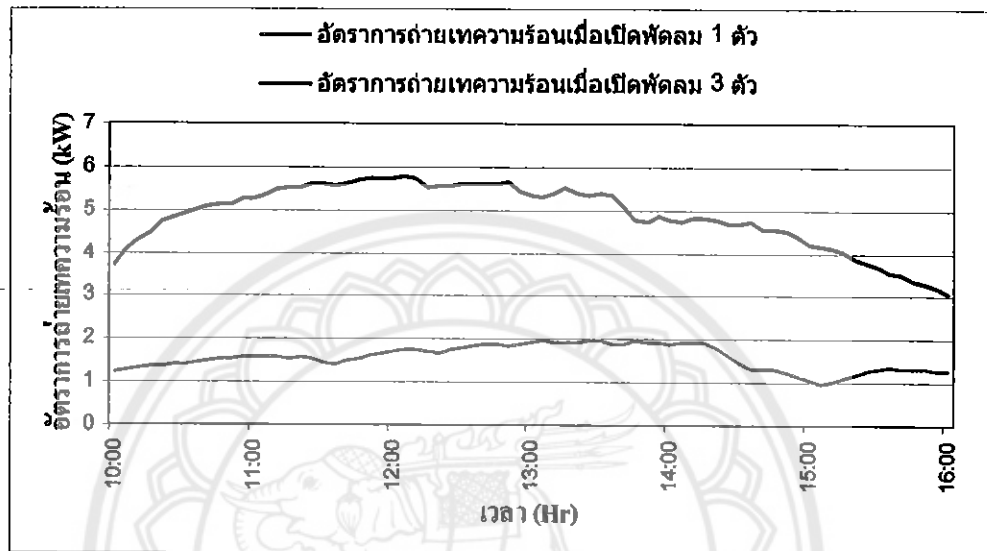


รูป 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับเวลาที่ได้จากการคำนวณ โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เทียบกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกับเวลาที่ได้จากการทดลองจริง

จากรูป 4.6 เป็นกราฟแสดงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงตามจุดต่าง ๆ ของเครื่องรับรังสีอาทิตย์จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และกราฟแสดงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงตามจุดต่าง ๆ ของเครื่องรับรังสีอาทิตย์จากการทดลองจริง ณ เวลาต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลวันที่ 23 มีนาคม 2552 เวลา 8.00 am – 5.00 pm ผลจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์และผลการทดลองจริงเมื่อหาค่าความแตกต่าง ของอุณหภูมิแต่ละจุดจากการคำนวณ ได้ผลความ คลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 6.32 %

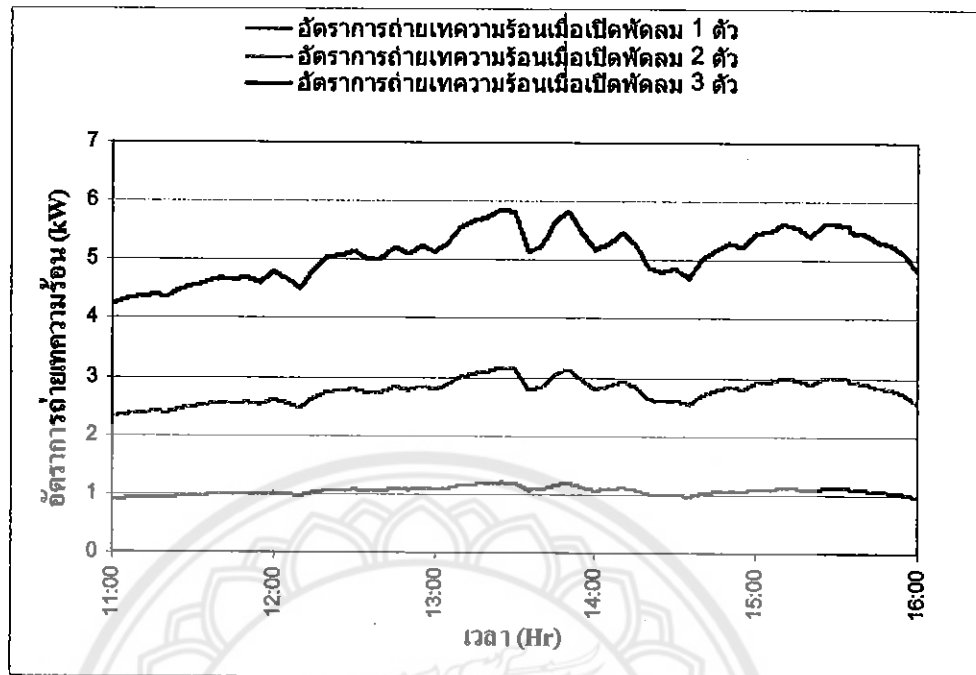
4.2.2 การวิเคราะห์อัตราการใช้พลังงานความร้อน

ในการพิจารณาอัตราการใช้พลังงานความร้อนของเครื่องรับรังสีอาทิตย์โดยใช้ข้อมูลการทดลอง ในวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2552 ซึ่งมีการเปิดพัดลม 3 ตัว และวันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2552 ซึ่งมีการเปิดพัดลม 1 ตัว เพื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานความร้อนเฉลี่ย



รูป 4.7 แสดงอัตราการใช้พลังงานความร้อนกับเวลาของเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อนจากการทดลองจริง

จากรูป 4.7 พบว่าวันที่มีการเปิดพัดลม 3 ตัว สามารถหาอัตราการใช้พลังงานความร้อนเฉลี่ยได้ 4.8 kW และวันที่มีการเปิดพัดลม 1 ตัว สามารถหาอัตราการใช้พลังงานความร้อนเฉลี่ยได้ 1.55 kW



รูป 4.8 แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนของเครื่องรับรังสีอาทิตย์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากรูป 4.8 ได้นำข้อมูลของวันที่ทำการทดลองโดยเปิดพัดลม 3 ตัว มาใช้ในการคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าการเปิดพัดลม 1 ตัว จะทำให้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 1.027 kW, การเปิดพัดลม 2 ตัว จะทำให้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 2.68 kW และการเปิดพัดลม 3 ตัว จะทำให้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 4.96 kW จะเห็นว่าเมื่อใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาหาอัตราการถ่ายเทความร้อนก็ยังแนวโน้มใกล้เคียงกับการทดลองจริง ดังแสดงในรูป 4.7

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าอิฐสามารถทำอุณหภูมิได้สูงสุดในตัวเก็บความร้อน ทั้ง 3 ชนิด จึงได้เลือกอิฐเป็นตัวเก็บความร้อนเพื่อทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป เมื่อทำการทดลองโดยใช้อิฐเพียงชนิดเดียวโดยไม่มีอัตราการไหลของอากาศภายในเครื่องรับรังสีอาทิตย์ พบว่า อิฐสามารถทำอุณหภูมิสูงเพียงพอที่จะสามารถนำไปใช้ในการอบไม้ได้ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบไม้จะอยู่ที่ประมาณ $50 - 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[6.7] และ เมื่อทำการทดลองโดยทำการเปิดพัดลม 1 ตัว และ 3 ตัวให้มีอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศภายในเครื่องที่ 0.06 kg/s และ 0.19 kg/s ตามลำดับ พบว่า อุณหภูมิภายในเครื่องสามารถใช้ในการอบไม้ได้ และ ได้ทำการหาพลังงานที่ได้จากเครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อนพบว่า เมื่อทำการเปิดพัดลม 3 ตัว เครื่องรับรังสีอาทิตย์สามารถทำอุณหภูมิได้เกิน $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ในช่วงเวลาตั้งแต่ 10:00 am – 4.00 pm เป็นเวลา 6 Hr คิดอัตราการถ่ายเทความร้อนร้อนเฉลี่ยได้ 4.8 kW และทำการเปิดพัดลม 1 ตัว เครื่องรับรังสีอาทิตย์ สามารถทำอุณหภูมิเกิน $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ในช่วงเวลาตั้งแต่ 10:00 am – 4.00 pm เป็นเวลา 6 Hr คิดอัตราการถ่ายเทความร้อนร้อนเฉลี่ยได้ 1.55 kW

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น สามารถนำไปใช้ในการทำนายอุณหภูมิและพลังงานความร้อนของเครื่องรับรังสีอาทิตย์ได้ถูกต้องพอสมควร ซึ่งความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการทำนายจะอยู่ที่ประมาณ 6.32% จึงสามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการทำนายทำให้ประหยัดเวลาในการตัดสินใจในการเลือกวัสดุที่จะนำมาทำเป็นตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เพื่อไปใช้ประโยชน์ต่อไป

5.2 ปัญหาในการทำงานและแนวทางแก้ไข

5.2.1 การเก็บข้อมูลต้องเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมาก

- การแก้ปัญหาจึงได้มีการนำเครื่อง AP-104 และใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ในการเก็บ

ข้อมูลเพื่อลดปัญหาด้านการผิดพลาด

5.2.2 อุณหภูมิภายในเครื่องมีการสูญเสียความร้อนมากเกินไป

- การแก้ปัญหาจึงควรลดขนาดของช่องอากาศภายในเครื่อง ให้น้อยลง เพื่อที่จะให้อุณหภูมิ

ภายในช่องอากาศสูงขึ้น

5.2.3 ในบางช่วงของวันมีการบดบังแสงอาทิตย์จากอาคารหรือต้นไม้

- การแก้ปัญหาจึงควรทำการติดตั้งเครื่องรับรังสีไว้ในที่โล่งแจ้ง เพื่อให้เครื่องรับรังสี

อาทิตย์ได้ดีขึ้น

5.3 แนวทางสำหรับการพัฒนา

5.3.1 ออกแบบเครื่องให้มีการสูญเสียความร้อนน้อยที่สุด

5.3.2 เลือกใช้วัสดุอื่นเก็บความร้อนอาจทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพมากขึ้น



เอกสารอ้างอิง

- [1] ศศ.อำไพ เปี่ยมอรุณ. (2548). เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์. สืบค้นเมื่อ 15 ธ.ค. 52,
จาก <http://www.ku.ac.th/e-magazine/oct48/agri/stove.htm>
- [2] ชีระศักดิ์ หุตากร.(2552). การศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัววี สำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.สืบค้นเมื่อ 4 ม.ค. 53,
จาก http://www.me.psu.ac.th/tsme/ME_NETT23/topic/file/ETM-019329.pdf
- [3] rachaneza. (2008). โครงสร้างภายในของดวงอาทิตย์. สืบค้นเมื่อ เมื่อ 15 ธ.ค. 52,
จาก <http://rachaneza.exteen.com/page-2>
- [4] กรณิการ์ ฝักแก้ว และ ทิพย์สุตา วงษ์จันทร์.(2552). การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. สืบค้น
เมื่อ 15 ธ.ค. 52, จาก
<http://server.thaigoodview.com/node/51245/forprod/tips/details/woodkilning.htm>
- [5] บางรักษ์ เชนฐสิงห์. (2547). การฝังและอบไม้. สืบค้นเมื่อ 15 ธ.ค. 52, จาก
<http://www.forest.go.th /forprod/tips/details/woodkilning.htm>
- [6] โครงการการพัฒนาชาติระบบอบแห้งสำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปไม้และเครื่องจักสาน (สำหรับ
ผลิตภัณฑ์แปรรูปไม้), สืบค้นเมื่อ 15 ธ.ค. 52, จาก
<http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=855>
- [7] หลักการอบแห้ง-แปรรูป ผักและผลไม้. สืบค้นวันที่ 15 ธ.ค. 52, จาก
http://www.toolmartasia.com/index.php?option=com_content&task=view&id=97&Itemid=32
- [8] รศ.สุนันท์ ศรีนยนิศย์. (2545). การถ่ายเทความร้อน (หน้า 2-20). กรุงเทพมหานคร: สมาคม
ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [9] HP Garg J Prakash (2002). Solar Energy (pp.351-369).Tata Mcgreaw-Hill Publishing
Company Limited.
- [10] จงจิตร หิรัญลาภ. (2541). กระบวนการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน (หน้า 70-72).
กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [11] Incropera Dewitt Bergmann Lavine (2007). **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**
(6th ed., pp. 303-304). John Wiley and Sons (Asia) Pte Ltd : Asia.
- [12] Arumi, F. and Hourmanash, M.(1997). **Energy Performance of Solar Wall** ,Vol 1.(pp.167-
174). A Computer analysis.

- [13] นินนาท ราชประดิษฐ์. (2545). โครงการวิจัยชุดการระบายความร้อนภายในช่องหลังคาโดยหลังคา รั้วรังสีอาทิตย์แบบอากาศด้านข้าง. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [14] ปราโมทย์ เศษะอำไพ. (2538). ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.





ภาคผนวก

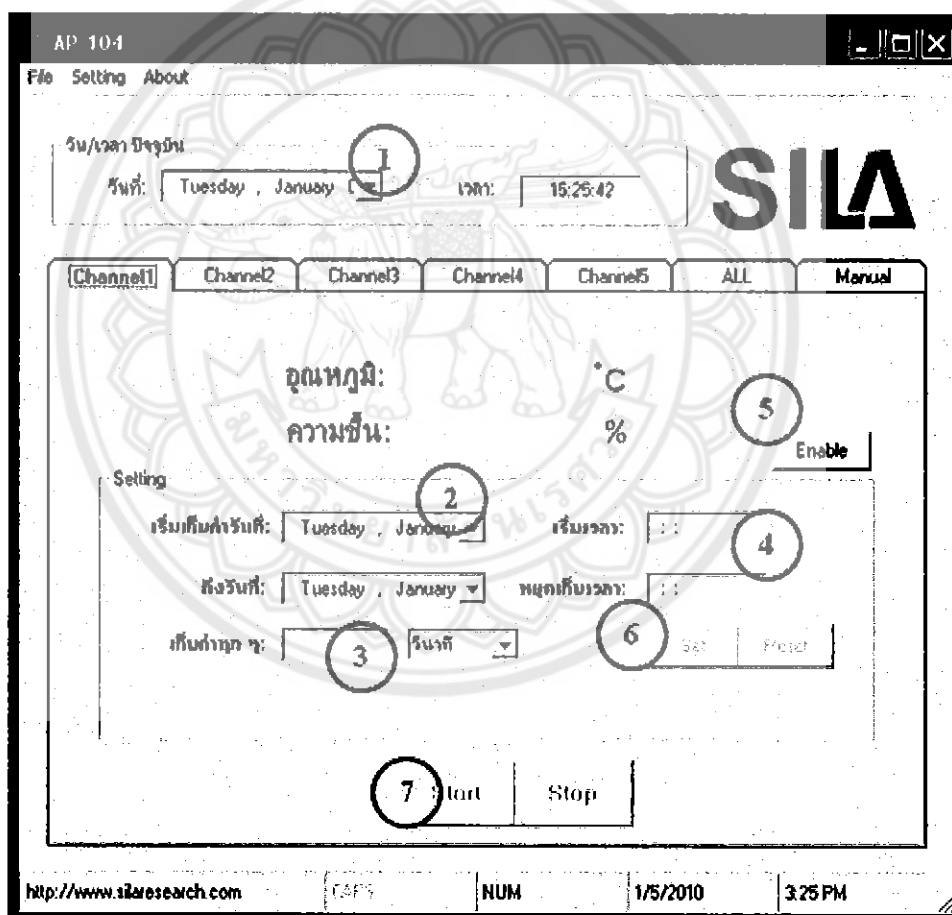
มหาวิทยาลัยนเรศวร



เปิดโปรแกรม AP – 104 ในคอมพิวเตอร์

การตั้งค่าในโปรแกรม AP- 104

- หมายเลข 1 ทำการตั้งวันที่และเวลาปัจจุบันของโปรแกรม
- หมายเลข 2 ตั้งช่วงวันที่เก็บค่าและหยุดเก็บค่า
- หมายเลข 3 ตั้งค่าเพื่อให้โปรแกรมเก็บค่าทุกๆ 5 นาที(สำหรับการทดลองนี้)
- หมายเลข 4 ตั้งช่วงเวลาและเริ่มหยุดเก็บค่า
- หมายเลข 5 คลิกที่ Enable เพื่อให้โปรแกรมเชื่อมต่อกับเครื่อง AP - 104
- หมายเลข 6 คลิกที่ Set เพื่อให้โปรแกรมบันทึกค่าต่าง ๆ ที่ได้ตั้งไว้
- หมายเลข 7 คลิกที่ Start เพื่อให้โปรแกรมเริ่มทำงาน
- ทำเหมือนกันจนครบ 5 Channel



รูป ก.1 แสดงการใช้งานเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์(SILA AP – 104)



ภาคผนวก ข

ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์แบบมีตัวเก็บความร้อน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

โดยการทดลองทั้งหมด ได้แบ่งเป็น 4 การทดลอง

ตาราง ข.1 ตารางแสดงวันที่ทำการทดลอง

การทดลอง ที่	วัน/เดือน/ปี	คำอธิบายการทดลอง
1	30/01/2552 31/01/2552 15/03/2552 16/03/2552	ทำการทดลองโดยเลือกใช้วัสดุตัวเก็บความร้อน 3 ชนิด ได้แก่ ถ่าน หินแม่น้ำ และอิฐมอน เพื่อเลือกวัสดุที่สามารถทำอุณหภูมิได้สูงที่สุดและเก็บความร้อนได้ดีที่สุด
2	02/02/2552 03/02/2552 09/02/2552 22/03/2552	ทำการทดลองกับวัสดุที่เก็บความร้อนที่ทำอุณหภูมิได้สูงที่สุดและเก็บความร้อนได้ดีที่สุด การทดลองนี้ได้ทำการเลือกใช้ อิฐมอนเพียงวัสดุเดียวทั้งหมด 3 ถาด โดยไม่มีการเปิดพัดลม
3	10/02/2552 12/02/2552 23/03/2552	ทำการทดลองกับวัสดุที่เก็บความร้อนที่ทำอุณหภูมิได้สูงที่สุดและเก็บความร้อนได้ดีที่สุด การทดลองนี้ได้ทำการเลือกใช้ อิฐมอนเพียงวัสดุเดียวทั้งหมด 3 ถาด โดยเริ่มมีการเปิดพัดลม 3 ตัว เพื่อดึงความร้อนออกจากเครื่อง
4	17/02/2552 14/02/2552 08/04/2552	ทำการทดลองกับวัสดุที่เก็บความร้อนที่ทำอุณหภูมิได้สูงที่สุดและเก็บความร้อนได้ดีที่สุด การทดลองนี้ได้ทำการเลือกใช้ อิฐมอนเพียงวัสดุเดียวทั้งหมด 3 ถาด โดยเริ่มมีการเปิดพัดลม 1 ตัว เพื่อดึงความร้อนออกจากเครื่อง

ตาราง ข.2 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 15/03/2552

Time	Tb	Tc	Tr	Ts	Ta
8:40:00	31.9	31.7	30.2	23.5	30.6
8:45:00	32.4	32.3	31	23.7	31.5
8:50:00	32.8	32.8	31.9	23.9	32
8:55:00	33.4	33.3	32.6	24.1	32.6
9:00:00	34.2	33.9	33.5	24.3	33.2
9:05:00	35.7	34.9	35.1	24.5	34.2
9:10:00	37.5	35.9	36.7	24.8	35.6
9:15:00	39.2	37	38.1	25.1	36.7
9:20:00	40.4	37.9	39.2	25.4	37.7
9:25:00	41.2	38.9	39.9	25.6	38.4
9:30:00	42.6	40.3	41.1	25.7	39.2
9:35:00	43.7	41.7	42.1	26.1	40.2
9:40:00	45	43.2	43.1	26.3	41.1
9:45:00	46.2	44.7	44.3	26.8	42.1
9:50:00	46.8	45.5	44.9	27	42.7
9:55:00	47.4	46.2	45.4	27.1	43.2
10:00:00	48.8	47.6	46.7	27.5	44
10:05:00	49.8	48.8	47.7	27.8	44.8
10:10:00	50.9	49.9	48.6	28	45.7
10:15:00	52	51	49.5	28.1	46.5
10:20:00	52.7	51.6	50	28.4	47.1
10:25:00	53.7	52.5	50.9	28.8	47.7
10:30:00	54.7	53.4	51.6	28.6	48.4
10:35:00	55.6	54.3	52.4	29	49
10:40:00	56.8	55.3	53.3	29.2	49.7
10:45:00	57.9	56.4	54.3	29.5	50.6
10:50:00	58.9	57.3	55.1	29.7	51.4
10:55:00	59.6	57.9	55.6	29.5	51.9
11:00:00	60.3	58.4	56.1	30	52.3
11:05:00	61	59	56.6	30.3	52.8
11:10:00	61.7	59.6	57.2	30.4	53.3
11:15:00	62.6	60.5	58	30.6	53.9
11:20:00	63.4	61.2	58.6	30.8	54.5
11:25:00	64	61.7	58.9	31.1	54.8
11:30:00	64.5	62	59.3	31.2	55.1
11:35:00	64.6	62	59.2	31.2	55.1
11:40:00	65.2	62.5	59	31.4	55.4
11:45:00	65.9	63.1	58.1	31.9	55.8
11:50:00	65.8	62.7	57.3	32.1	55.8
11:55:00	65.4	62.2	57.6	32.1	55.6
12:00:00	65.4	62.1	58	32.1	55.4
12:05:00	64.9	61.6	58.2	31.8	55.1
12:10:00	64.7	61.6	58.4	31.9	55
12:15:00	63.8	61	58.2	31.7	54.7
12:20:00	63.9	61.5	58.9	31.9	54.8

ตาราง ข.2 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 15/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tc	Tr	Ts	Ta
12:25:00	63.2	61.3	58.8	31.6	54.7
12:30:00	62.4	61.3	59	31.9	54.7
12:35:00	62.1	61.4	59.2	31.9	54.9
12:40:00	63.3	62.4	60.1	32.4	55.5
12:45:00	63.7	62	59.8	32.4	55.7
12:50:00	64.7	61.8	59.9	32	55.7
12:55:00	64.9	60.8	59.8	32.2	55.7
13:00:00	64.8	59.5	59.6	32	55.6
13:05:00	64.2	58.2	59	32.3	55.2
13:10:00	64.3	57.8	58.9	32.2	54.8
13:15:00	64.6	58.5	59.3	32.3	55.1
13:20:00	64.7	59.4	59.3	32.3	55.2
13:25:00	64.8	60.1	59.3	32.4	55.1
13:30:00	65.2	61	59.6	32.5	55.4
13:35:00	65.1	61.3	59.2	32.3	55.4
13:40:00	64.4	61	58	32.3	55.2
13:45:00	64.6	61.2	56.8	32.4	55.2
13:50:00	65.2	61.7	56	32.5	55.1
13:55:00	65.9	62.6	55.6	32.7	55.8
14:00:00	65.3	62.5	55.3	32.8	56
14:05:00	63.4	60.6	54.3	32.4	54.7
14:10:00	62.5	60.1	53.8	32.6	54.2
14:15:00	61.5	59.9	53.5	32.6	54
14:20:00	60.4	60.4	53.5	32.7	54.1
14:25:00	59.6	61.2	53.7	32.9	54.7
14:30:00	59	61.5	54	32.7	55
14:35:00	58.4	61.6	54.4	32.8	55.1
14:40:00	57.6	61.3	55.3	32.4	54.9
14:45:00	57	60.2	56.1	32.6	54.2
14:50:00	56.5	59	57.1	32.3	54
14:55:00	56	56.7	57.2	32.3	52.7
15:00:00	55.5	54.8	57.1	32.6	52.3
15:05:00	55.5	53.7	57.1	32.7	52
15:10:00	55.8	52.8	57.1	32.7	51.9
15:15:00	56.1	52.2	55.8	32.7	51.7
15:20:00	56.6	51.5	53.7	32.6	51
15:25:00	57.2	50.7	52.3	32.5	50.2
15:30:00	56.7	50.1	52.1	32.4	49.4
15:35:00	55.2	49.7	51.1	32.1	49
15:40:00	53.6	49.2	50.3	31.9	48.5
15:45:00	52.6	48.8	49.7	32	48.1
15:50:00	51.8	48.5	49.2	32	47.8
15:55:00	51.1	48	48.7	32	47.2
16:00:00	50.7	47.5	48.2	31.9	46.6
16:05:00	49.9	47.1	47.8	31.9	46

ตาราง ข.2 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 15/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tc	Tr	Ts	Ta
16:10:00	49	46.8	47.9	31.9	45.4
16:15:00	48.2	47.1	49.1	31.7	45
16:20:00	48.1	46.3	49.7	31.5	44.6
16:25:00	48.4	45.7	49.8	31.4	44.2
16:30:00	48.9	45.1	49.6	31.3	43.8
16:35:00	48	44.4	48.6	31	43
16:40:00	46.8	44.4	48.1	30.8	42.2
16:45:00	46.3	44.5	47.5	30.9	41.7
16:50:00	45.6	44.2	46.4	30.8	41.1
16:55:00	44.5	43.1	45.3	30.7	40.3
17:00:00	43.4	41.9	44.1	30.5	39.5
17:05:00	42.6	40.9	43	30.4	38.7
17:10:00	41.8	40	42	30.3	37.9
17:15:00	41.1	39.3	41.3	30.1	37.3
17:20:00	40.6	38.8	40.8	30.1	36.9
17:25:00	40.1	38.3	40.2	30	36.5
17:30:00	39.6	37.8	39.6	29.9	36
17:35:00	39	37.2	38.9	29.8	35.5
17:40:00	38.3	36.6	38.2	29.6	34.9
17:45:00	37.7	36	37.5	29.4	34.3
17:50:00	37.1	35.5	36.9	29.3	33.8
17:55:00	36.6	35.1	36.4	29.1	33.4
18:00:00	36.1	34.6	35.9	28.9	33
18:05:00	35.6	34.1	35.3	28.7	32.5
18:10:00	35.1	33.7	34.8	28.5	32.1
18:15:00	34.6	33.2	34.3	28.3	31.6
18:20:00	34	32.8	33.9	28.2	31.2
18:25:00	33.6	32.4	33.4	28.1	30.8
18:30:00	33.2	32.1	33	27.9	30.5

ตาราง ข.3 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อมและ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 16/03/2552

Time	Tb	Tc	Tr	Ts	Ta
8:05:00	26.9	27.4	26	23.6	26.3
8:10:00	27.2	27.7	26.4	23.7	26.8
8:15:00	28.1	28.5	27	23.8	27.5
8:20:00	29	29.2	27.6	24	28.3
8:25:00	29.7	29.9	28.1	24.2	28.9
8:30:00	30.2	30.5	28.6	24.3	29.5
8:35:00	31	31.5	29.5	24.6	30.6
8:40:00	32	32.5	30.8	24.8	31.9
8:45:00	33	33.5	32.2	25.2	32.9
8:50:00	33.6	34.2	32.8	25.2	33.4
8:55:00	34.4	34.7	33.7	25.4	34.3
9:00:00	36	35.7	35.3	25.5	35.4
9:05:00	37.2	36.5	36.2	25.7	36.1
9:10:00	38.4	37.3	37.3	25.8	37
9:15:00	39.5	38.3	38.2	26.1	37.7
9:20:00	40.6	39.3	39.2	26.3	38.4
9:25:00	41.2	40.1	39.7	26.8	39
9:30:00	41.9	41	40.3	27.1	39.7
9:35:00	43	42.3	41.3	27.3	40.5
9:40:00	43.8	43.3	41.9	27.6	41.1
9:45:00	44.9	44.5	43	27.9	42.1
9:50:00	46.7	46.4	44.8	28.1	43.3
9:55:00	48.1	47.9	46.1	28.4	44.3
10:00:00	48.7	48.4	46.6	28.6	44.8
10:05:00	49.1	48.7	46.8	28.8	45.2
10:10:00	50.1	49.7	47.7	29.2	46
10:15:00	51.4	50.9	48.8	29.6	46.8
10:20:00	51.9	51.3	49.1	30	47.2
10:25:00	52.3	51.5	49.3	30	47.4
10:30:00	52.6	51.8	49.6	30.3	47.6
10:35:00	53.2	52.2	50.1	30.2	48
10:40:00	54.2	53.2	51	30.6	48.7
10:45:00	55.3	54.2	51.9	30.8	49.5
10:50:00	56.3	55.1	52.7	30.9	50
10:55:00	57.1	55.7	53.3	31.1	50.6
11:00:00	57.8	56.5	53.9	31.1	51
11:05:00	58.7	57.1	54.4	31.4	51.6
11:10:00	59.9	58.2	55.5	31.6	52.5
11:15:00	60.8	59	56.3	31.8	53.1
11:20:00	61.7	59.7	56.8	31.9	53.6
11:25:00	61.9	59.9	57	32.2	54
11:30:00	62.4	60.3	57.4	32.7	54.5
11:35:00	62.9	60.8	57.8	32.7	54.9
11:40:00	63.6	61.4	57.6	32.8	55.4
11:45:00	64.8	62.5	57.1	33	56.1

ตาราง ข.3 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 16/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tc	Tr	Ts	Ta
11:50:00	65.7	63.3	57.5	32.9	56.8
11:55:00	66	63.6	58.3	32.9	56.8
12:00:00	65.8	63.4	58.9	33.2	56.6
12:05:00	64.2	61.6	57.9	33	55.1
12:10:00	62.1	59.4	56.5	32.9	53.9
12:15:00	61.5	58.7	56.3	32.7	53.7
12:20:00	62.1	59.9	57.6	32.8	54.4
12:25:00	62	60.8	58.4	33	54.9
12:30:00	61.6	60.7	58.4	33.2	54.9
12:35:00	61.4	60.6	58.3	33.4	55
12:40:00	62.4	61.1	58.9	33.4	55.5
12:45:00	63.8	61.8	59.7	33.4	56.1
12:50:00	64.7	61.9	60.1	33.7	56.4
12:55:00	65.1	61.1	60.2	33.8	56.4
13:00:00	65.9	60.1	60.8	33.9	56.9
13:05:00	66.7	59.7	61.5	34	57.5
13:10:00	67.5	60.2	62	34.2	58.1
13:15:00	68	61.5	62.3	34.1	58.4
13:20:00	68.3	63	62.6	34.1	58.6
13:25:00	68.6	64	62.6	34.6	58.6
13:30:00	68.5	64.5	62.5	34.1	58.4
13:35:00	68.7	64.9	62	34.3	58.4
13:40:00	68.8	65.3	60.9	34.1	58.4
13:45:00	68.9	65.5	59.4	34.2	58.4
13:50:00	68.7	65.5	58.3	34.2	58.2
13:55:00	68.2	65.4	57.5	34.2	58.1
14:00:00	67.6	65.3	57.1	34.2	57.9
14:05:00	66.9	65.2	56.6	34.4	57.6
14:10:00	66.2	64.9	56.2	34.5	57.5
14:15:00	64.9	64.7	56	34.6	57.3
14:20:00	63	64.3	55.7	34.5	56.8
14:25:00	61.7	63.9	55.4	34.7	56.8
14:30:00	60.7	63.5	55.5	34.6	56.4
14:35:00	59.7	62.8	55.7	34.5	56
14:40:00	59.1	62.2	56.6	34.5	55
14:45:00	58.6	61.4	57.8	34.6	55.2
14:50:00	58.1	60.2	58.8	34.5	54.9
14:55:00	57.7	58.1	59.1	34.5	54.2
15:00:00	57.4	56.6	59.2	34.5	53.9
15:05:00	57.2	55.3	59	34.4	53.3
15:10:00	57.2	54.5	58.6	34.6	53.1
15:15:00	57.5	53.8	56.8	34.5	52.6
15:20:00	57.7	52.8	54.9	34.3	51.6
15:25:00	57.9	52.2	53.8	34.2	50.9
15:30:00	57.4	51.5	53.3	34	50.2

ตาราง ข.3 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 16/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tc	Tr	Ts	Ta
15:35:00	55.8	50.8	52.2	34	49.5
15:40:00	54.6	50.5	51.4	34	49.2
15:45:00	53.7	50	50.8	33.9	48.9
15:50:00	53	49.5	50.4	33.7	48.1
15:55:00	52.3	49	49.8	33.5	47.3
16:00:00	51.8	48.3	49.2	33.4	46.6
16:05:00	51	47.8	48.9	33.3	46.4
16:10:00	50.3	47.8	49.2	33.2	45.9
16:15:00	49.6	47.8	49.9	33	45.4
16:20:00	49.4	47.1	50	32.8	44.9
16:25:00	49.3	46.2	49.5	32.7	43.8
16:30:00	49	45.7	49.2	32.7	43.6
16:35:00	48.3	45.3	48.8	32.6	43.2
16:40:00	47.6	45.4	48.2	32.6	42.8
16:45:00	47.3	45.3	47.4	32.5	42.2
16:50:00	46.5	44.7	46.4	32.5	41.6
16:55:00	45.7	43.6	45.4	32.4	40.9
17:00:00	44.8	42.8	44.5	32.4	40.5
17:05:00	44.1	42.2	43.6	32.3	39.9
17:10:00	43.4	41.5	42.9	32.2	39.4
17:15:00	42.7	40.9	42.1	32.1	38.7
17:20:00	41.9	40.2	41.4	31.9	38.1
17:25:00	41.2	39.5	40.7	31.8	37.4
17:30:00	40.5	38.8	40.1	31.6	36.7
17:35:00	39.8	38.2	39.5	31.4	36.2
17:40:00	39.2	37.6	38.9	31.2	35.6
17:45:00	38.7	37.1	38.5	31.1	35.1
17:50:00	38.1	36.6	37.9	30.9	34.7
17:55:00	37.6	36.2	37.4	30.7	34.3
18:00:00	37.1	35.8	37	30.5	34
18:05:00	36.7	35.4	36.5	30.4	33.6
18:10:00	36.3	35	36.1	30.2	33.3
18:15:00	35.8	34.7	35.7	30.1	32.9
18:20:00	35.4	34.4	35.2	30	32.6
18:25:00	35	34.1	34.8	29.9	32.3
18:30:00	34.6	33.7	34.4	29.7	32
18:35:00	34.3	33.5	34.1	29.5	31.8
18:40:00	33.9	33.2	33.7	29.4	31.5
18:45:00	33.6	33	33.4	29.3	31.3
18:50:00	33.3	32.7	33.1	29.2	31
18:55:00	33	32.5	32.8	29.1	30.8
19:00:00	32.7	32.2	32.5	29	30.6
19:05:00	32.5	32.1	32.3	28.9	30.4
19:10:00	32.2	31.9	32.1	28.8	30.2
19:15:00	32	31.7	31.9	28.7	30

ตาราง ข.3 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 16/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tc	Tr	Ts	Ta
19:20:00	31.8	31.6	31.7	28.6	29.8
19:25:00	31.6	31.3	31.5	28.5	29.7
19:30:00	31.4	31.2	31.3	28.5	29.5
19:35:00	31.2	31	31.1	28.4	29.4
19:40:00	31	30.8	30.9	28.3	29.3
19:45:00	30.8	30.7	30.8	28.2	29.1
19:50:00	30.6	30.6	30.6	28.1	29
19:55:00	30.4	30.4	30.4	28	28.8
20:00:00	30.3	30.3	30.3	27.9	28.7
20:05:00	30.1	30.1	30.1	27.7	28.5
20:10:00	29.9	30	30	27.6	28.4
20:15:00	29.7	29.9	29.8	27.5	28.3
20:20:00	29.6	29.7	29.6	27.5	28.1
20:25:00	29.4	29.6	29.5	27.4	28
20:30:00	29.3	29.5	29.4	27.4	27.9
20:35:00	29.1	29.4	29.2	27.5	27.8
20:40:00	29	29.3	29.1	27.4	27.7
20:45:00	28.9	29.2	29	27.4	27.6
20:50:00	28.8	29.1	28.9	27.4	27.5
20:55:00	28.7	29	28.8	27.4	27.4
21:00:00	28.5	28.9	28.7	27.3	27.3
21:05:00	28.4	28.8	28.6	27.3	27.2
21:10:00	28.3	28.8	28.4	27.2	27.2
21:15:00	28.2	28.7	28.4	27.2	27.1
21:20:00	28.1	28.6	28.3	27.1	27
21:25:00	28	28.5	28.2	27.1	26.9
21:30:00	27.9	28.5	28.1	26.9	26.8
21:35:00	27.9	28.4	28	26.8	26.8
21:40:00	27.8	28.3	27.9	26.7	26.7
21:45:00	27.7	28.2	27.8	26.7	26.6
21:50:00	27.6	28.2	27.7	26.7	26.5
21:55:00	27.5	28.1	27.6	26.7	26.5
22:00:00	27.4	28.1	27.5	26.7	26.4
22:05:00	27.3	28	27.5	26.7	26.3
22:10:00	27.2	27.9	27.4	26.7	26.3
22:15:00	27.2	27.8	27.3	26.7	26.2
22:20:00	27.1	27.8	27.3	26.7	26.2
22:25:00	27.1	27.7	27.2	26.8	26.2
22:30:00	27	27.7	27.1	26.7	26.1
22:35:00	27	27.7	27.1	26.7	26.1
22:40:00	26.9	27.6	27	26.7	26.1
22:45:00	26.8	27.6	27	26.7	26
22:50:00	26.8	27.5	26.9	26.7	26
22:55:00	26.7	27.5	26.8	26.6	25.9
23:00:00	26.7	27.4	26.8	26.5	25.9

ตาราง ข.3 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 16/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tc	Tr	Ts	Ta
23:05:00	26.7	27.4	26.7	26.5	25.8
23:10:00	26.6	27.3	26.7	26.5	25.8
23:15:00	26.6	27.3	26.6	26.5	25.8
23:20:00	26.5	27.3	26.6	26.5	25.7
23:25:00	26.5	27.2	26.6	26.5	25.7
23:30:00	26.5	27.2	26.5	26.5	25.7
23:35:00	26.4	27.1	26.5	26.5	25.7
23:40:00	26.4	27.1	26.4	26.4	25.6
23:45:00	26.4	27	26.4	26.5	25.6
23:50:00	26.3	27	26.3	26.5	25.6
23:55:00	26.3	27	26.3	26.4	25.6
0:00:00	26.2	26.9	26.3	26.4	25.5
0:05:00	26.2	26.9	26.2	26.4	25.5
0:10:00	26.1	26.9	26.2	26.4	25.5
0:15:00	26.1	26.9	26.2	26.4	25.5
0:20:00	26.1	26.9	26.1	26.4	25.4
0:25:00	26	26.8	26.1	26.4	25.4
0:30:00	26	26.8	26	26.4	25.4
0:35:00	26	26.8	26	26.3	25.3
0:40:00	25.9	26.7	25.9	26.2	25.2
0:45:00	25.9	26.7	25.8	26.2	25.2
0:50:00	25.9	26.7	25.8	26.1	25.2
0:55:00	25.8	26.7	25.8	26.1	25.2
1:00:00	25.8	26.7	25.7	26	25.1
1:05:00	25.8	26.7	25.6	26	25.1
1:10:00	25.7	26.6	25.6	25.9	25
1:15:00	25.7	26.6	25.5	25.8	25
1:20:00	25.6	26.5	25.5	25.9	24.9
1:25:00	25.6	26.5	25.4	25.8	24.8
1:30:00	25.5	26.4	25.3	25.7	24.8
1:35:00	25.5	26.4	25.3	25.7	24.7
1:40:00	25.4	26.3	25.3	25.7	24.7
1:45:00	25.4	26.3	25.2	25.6	24.6
1:50:00	25.3	26.2	25.2	25.6	24.6
1:55:00	25.3	26.2	25.1	25.6	24.6
2:00:00	25.3	26.2	25.1	25.5	24.5
2:05:00	25.2	26.1	25	25.5	24.5
2:10:00	25.2	26.1	25	25.5	24.4
2:15:00	25.1	26	24.9	25.5	24.4
2:20:00	25.1	26	24.9	25.5	24.4
2:25:00	25.1	25.9	24.9	25.5	24.3
2:30:00	25	25.9	24.8	25.5	24.3
2:35:00	25	25.9	24.8	25.5	24.3
2:40:00	25	25.8	24.8	25.4	24.3
2:45:00	25	25.8	24.7	25.4	24.3

ตาราง ข.3 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 16/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tc	Tr	Ts	Ta
2:50:00	25	25.8	24.7	25.3	24.2
2:55:00	24.9	25.7	24.6	25.3	24.2
3:00:00	24.9	25.6	24.6	25.2	24.1
3:05:00	24.8	25.6	24.5	25.1	24.1
3:10:00	24.8	25.5	24.5	25	24
3:15:00	24.7	25.5	24.4	25	23.9
3:20:00	24.7	25.4	24.4	24.9	23.8
3:25:00	24.6	25.3	24.3	24.8	23.8
3:30:00	24.6	25.3	24.2	24.7	23.7
3:35:00	24.5	25.2	24.2	24.7	23.6
3:40:00	24.4	25.1	24.1	24.6	23.5
3:45:00	24.4	25.1	24	24.5	23.4
3:50:00	24.3	25	24	24.5	23.3
3:55:00	24.2	24.9	23.9	24.5	23.2
4:00:00	24.2	24.8	23.8	24.4	23.2
4:05:00	24.1	24.8	23.8	24.4	23.1
4:10:00	24.1	24.7	23.7	24.4	23.1
4:15:00	24	24.6	23.7	24.3	23
4:20:00	24	24.6	23.6	24.3	23
4:25:00	23.9	24.6	23.6	24.3	22.9
4:30:00	23.8	24.5	23.6	24.3	22.9
4:35:00	23.8	24.4	23.5	24.2	22.8
4:40:00	23.7	24.4	23.5	24.2	22.8
4:45:00	23.7	24.4	23.4	24.2	22.8
4:50:00	23.6	24.3	23.4	24.2	22.7
4:55:00	23.6	24.3	23.3	24.2	22.7
5:00:00	23.5	24.2	23.3	24.2	22.7
5:05:00	23.5	24.2	23.2	24.2	22.6
5:10:00	23.5	24.1	23.2	24.1	22.6
5:15:00	23.4	24.1	23.1	24.1	22.5
5:20:00	23.4	24.1	23	24.1	22.5
5:25:00	23.4	24	23	24.1	22.5
5:30:00	23.3	24	23	24.1	22.5
5:35:00	23.3	24	23	24.1	22.5
5:40:00	23.3	24	22.9	24	22.5
5:45:00	23.3	24	22.9	24	22.5
5:50:00	23.2	23.9	22.9	23.9	22.4
5:55:00	23.2	23.9	22.8	23.9	22.4
6:00:00	23.2	23.9	22.8	23.8	22.4
6:05:00	23.2	23.9	22.8	23.7	22.4
6:10:00	23.2	23.8	22.7	23.7	22.4
6:15:00	23.1	23.8	22.7	23.7	22.3
6:20:00	23.1	23.8	22.7	23.6	22.3
6:25:00	23.1	23.7	22.6	23.6	22.2
6:30:00	23.1	23.7	22.6	23.6	22.3

ตาราง ข.3 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 16/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
6:35:00	23.1	23.7	22.6	23.6	22.3
6:40:00	23.1	23.8	22.7	23.7	22.4
6:45:00	23.2	23.9	22.8	23.7	22.5
6:50:00	23.4	24.1	23	23.8	22.8
6:55:00	23.7	24.5	23.2	23.8	23.1
7:00:00	24.1	24.8	23.5	23.9	23.4
7:05:00	24.3	25.1	23.7	24	23.7
7:10:00	24.7	25.3	23.9	24	24
7:15:00	25	25.6	24.1	24.1	24.3
7:20:00	25.2	25.8	24.4	24.1	24.5
7:25:00	25.3	26	24.5	24.2	24.7
7:30:00	25.3	26.1	24.7	24.2	24.8
7:35:00	25.6	26.3	24.9	24.2	25
7:40:00	25.9	26.5	25.3	24.2	25.3
7:45:00	26.4	26.9	25.7	24.3	25.7
7:50:00	26.8	27.2	26.1	24.4	26
7:55:00	27.1	27.5	26.4	24.6	26.4
8:00:00	27.7	28.1	27	24.8	

ตาราง ข.4 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 22/03/2552

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
8:10:00	36	28.6	28.1	28.1	35.4
8:15:00	37.1	28.9	28.3	28.4	36.3
8:20:00	38.3	29.2	28.4	28.6	37.3
8:25:00	39.4	29.5	28.6	28.8	38.2
8:30:00	40.3	29.7	28.7	29	39.2
8:35:00	41.1	29.9	28.8	29.1	39.9
8:40:00	41.6	30.1	29.1	29.4	40.9
8:45:00	41.9	30.4	29.1	29.5	42
8:50:00	42.1	30.6	29.3	29.8	42.9
8:55:00	42.5	30.7	29.4	30.1	43.7
9:00:00	42.8	30.9	29.5	30.2	44.2
9:05:00	43.4	31.2	29.8	30.4	44.7
9:10:00	44.1	31.4	29.9	30.6	45.5
9:15:00	44.8	31.5	30.1	30.8	46
9:20:00	45.6	31.9	30	30.6	46.3
9:25:00	46.7	31.9	30.3	30.7	46.8
9:30:00	47.8	32.2	30.7	31.1	47.8
9:35:00	50.6	32.5	31	31.4	49.2
9:40:00	52.2	32.9	31.2	31.5	51.1
9:45:00	51.7	32.9	31.4	31.7	51.1
9:50:00	53.1	33.2	31.3	31.7	51.4
9:55:00	52.6	33.1	31.3	31.9	51.2
10:00:00	54.3	33.2	31.6	32.1	51.4
10:05:00	55.5	33.6	31.6	32.2	52.4
10:10:00	57.3	33.7	31.8	32.3	53.1
10:15:00	57.6	33.9	32	32.5	53.9
10:20:00	59.3	34.2	32.3	32.7	55
10:25:00	59.7	34.3	32.3	32.6	55.7
10:30:00	58.9	34.2	32.5	32.9	55.6
10:35:00	59.2	34.1	32.7	33	55.3
10:40:00	59.8	34.4	32.7	33.2	55.9
10:45:00	60.1	34.5	32.7	33.4	56.1
10:50:00	59.7	34.4	32.7	33.4	56.3
10:55:00	61.4	34.7	32.8	33.5	56.5
11:00:00	61.9	34.6	32.9	33.3	57.4
11:05:00	63.1	35.1	33	33.5	57.7
11:10:00	65.6	35.4	33.2	33.7	59
11:15:00	67	35.2	33.3	34.4	60.5
11:20:00	68.6	35.9	33.5	34.5	61.9
11:25:00	68.9	35.6	33.4	34.9	62.5
11:30:00	70	35.9	33.4	35.2	62.7
11:35:00	70.2	36.4	33.9	35.3	63.3
11:40:00	70.5	36.4	34	35.2	63
11:45:00	70.7	36.6	34.2	35.3	63.3
11:50:00	69.9	36.5	34.2	35.6	62.9

ตาราง ข.4 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 22/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
11:55:00	70.7	36.7	34.1	35.4	62.3
12:00:00	71.8	36.8	34.6	35.5	62.9
12:05:00	72.6	36.9	35	35.7	63.5
12:10:00	72.7	37.2	34.9	35.8	63.8
12:15:00	73.3	37.4	35.4	35.9	63.8
12:20:00	73.8	37.9	35.1	35.7	64.2
12:25:00	74.4	38	35.9	35.8	64.4
12:30:00	74.6	38.1	36.6	35.8	64.9
12:35:00	74.5	38.1	37.2	36.2	65.1
12:40:00	73.2	38.2	36.8	36.5	65
12:45:00	70	37.6	36.5	36.1	62.7
12:50:00	67.6	37	35.6	35.8	59.8
12:55:00	67.2	37.1	36.7	35.5	58.6
13:00:00	66.8	37.7	37.3	35.6	58.9
13:05:00	66.5	38	38.5	35.8	60.2
13:10:00	66.6	38.4	39.1	36.1	61.3
13:15:00	68.1	38.7	39.4	35.9	62.5
13:20:00	69.9	39.1	40.3	36	62.8
13:25:00	70.8	39.1	41	36.4	63.1
13:30:00	71.3	38.9	41	36.6	62.9
13:35:00	71.3	39.3	41	36.8	62.5
13:40:00	71	39.6	40.9	36.7	62.2
13:45:00	71.7	39.3	41.1	36.9	62
13:50:00	72.3	39.2	39.5	36.6	62.5
13:55:00	72.7	39.9	39.1	36.6	62.7
14:00:00	72.3	39.5	40	36.8	62.3
14:05:00	72.1	39.2	38.7	37	62.2
14:10:00	71.8	39.5	37.8	37	61.9
14:15:00	71.7	39.6	38.3	37.1	61.8
14:20:00	71.5	39.7	38.7	37.3	61.6
14:25:00	71.2	39.6	40.9	37	61.4
14:30:00	70.8	38.9	42.2	37.1	60.8
14:35:00	70.2	38.5	44.7	37	60.8
14:40:00	69.7	39.3	45.6	37.1	60.8
14:45:00	68.9	39.7	46.2	37.1	60.5
14:50:00	67.8	40.4	47	37.2	60.1
14:55:00	65.5	40.8	45.2	37.2	59.6
15:00:00	64	40.8	45.9	37.1	59.2
15:05:00	62.8	41.3	46.6	37.1	58.8
15:10:00	62	41.9	46.4	37.2	58.4
15:15:00	61.1	41.6	46.7	37	57.7
15:20:00	60.4	41.5	45.9	37.1	57.3
15:25:00	59.6	42.1	44.9	36.9	56.6
15:30:00	59.1	41.6	46.3	36.9	55.9
15:35:00	58.5	42.2	44.5	36.6	55.3

ตาราง ข.4 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 22/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
15:40:00	57.6	42.3	44.6	36.4	54.4
15:45:00	56.9	42.2	45.2	36.4	53.8
15:50:00	56.2	41.6	45.4	36.3	53.1
15:55:00	55.7	41.5	43.5	36.3	52.6
16:00:00	55.2	41.5	43.7	36.2	52.3
16:05:00	54.9	41.4	45.1	36.2	51.9
16:10:00	54.7	40.9	43.4	36.3	51.4
16:15:00	54.4	40.1	41.7	36.3	50.9
16:20:00	53	40.1	40.8	36.2	50.1
16:25:00	52.6	39.9	40.7	36.1	49.6
16:30:00	52.1	39.8	39.6	36	49
16:35:00	52.1	39.7	40.1	36	48.4
16:40:00	51.9	39.2	40.1	35.8	47.9
16:45:00	51	39.2	40.1	35.8	47.3
16:50:00	50.3	38.8	39.6	35.5	46.5
16:55:00	49.6	38.4	39.4	35.4	45.7
17:00:00	49	38.1	39.2	35.3	44.9
17:05:00	48.3	37.7	38.9	35.1	44
17:10:00	47.7	37.4	38.5	35	43.3
17:15:00	47	37.1	38	35	42.6
17:20:00	46.4	36.9	37.9	34.9	42
17:25:00	45.8	36.7	37.8	34.8	41.4
17:30:00	45.3	36.6	37.8	34.6	40.9
17:35:00	44.7	36.5	37.7	34.4	40.4
17:40:00	44.2	36.3	37.6	34.3	39.9
17:45:00	43.7	36.1	37.7	34.1	39.4
17:50:00	43.1	36	37.3	33.9	38.8
17:55:00	42.5	35.8	37.2	33.8	38.3
18:00:00	42	35.5	37	33.6	37.8
18:05:00	41.5	35.2	36.6	33.4	37.3
18:10:00	40.9	34.9	36.3	33.3	36.7
18:15:00	40.3	34.8	36.3	33.2	36.2
18:20:00	39.8	34.6	36.3	33	35.7
18:25:00	39.3	34.6	36.3	32.8	35.3
18:30:00	38.9	34.3	36.1	32.6	34.8
18:35:00	38.4	34.2	36	32.4	34.4
18:40:00	38	34	35.9	32.2	34.1
18:45:00	37.6	33.9	35.8	32.1	33.7
18:50:00	37.2	33.7	35.7	31.9	33.4
18:55:00	36.9	33.5	35.4	31.8	33.1
19:00:00	36.6	33.2	35.2	31.7	32.8
19:05:00	36.2	33.1	35.1	31.6	32.5
19:10:00	35.9	33	35.1	31.5	32.3
19:15:00	35.6	32.8	34.8	31.5	32.1
19:20:00	35.4	32.8	34.8	31.4	31.9

ตาราง ข.4 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 22/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
19:25:00	35.1	32.7	34.8	31.3	31.7
19:30:00	34.9	32.6	34.8	31.2	31.5
19:35:00	34.6	32.6	34.7	31.2	31.4
19:40:00	34.4	32.6	34.7	31.2	31.3
19:45:00	34.2	32.6	34.7	31.1	31.1
19:50:00	34	32.5	34.6	31	31
19:55:00	33.8	32.4	34.5	31	30.8
20:00:00	33.7	32.3	34.4	30.9	30.7
20:05:00	33.5	32.2	34.2	30.9	30.6
20:10:00	33.4	32.1	33.9	30.8	30.5
20:15:00	33.2	31.9	33.5	30.6	30.4
20:20:00	33	31.7	33.3	30.6	30.3
20:25:00	32.8	31.6	33	30.6	30.2
20:30:00	32.7	31.5	32.9	30.6	30.2
20:35:00	32.6	31.5	33.1	30.4	30.1
20:40:00	32.5	31.4	33.2	30.4	30.1
20:45:00	32.4	31.3	33.3	30.4	30
20:50:00	32.3	31.2	33.2	30.4	29.9
20:55:00	32.2	31.2	33	30.3	29.9
21:00:00	32.1	31.1	33	30.3	29.8
21:05:00	32	31	32.7	30.2	29.7
21:10:00	31.8	31	32.7	30.1	29.5
21:15:00	31.7	30.8	32.6	30.1	29.4
21:20:00	31.6	30.8	32.4	30	29.3
21:25:00	31.5	30.6	32.4	30	29.2
21:30:00	31.4	30.5	32.3	29.9	29.1
21:35:00	31.2	30.6	32.5	29.9	28.9
21:40:00	31.1	30.5	32.4	29.8	28.8
21:45:00	31	30.4	32.4	29.8	28.6
21:50:00	30.9	30.3	32.2	29.7	28.5
21:55:00	30.8	30.2	32	29.6	28.4
22:00:00	30.7	30.1	31.9	29.5	28.4
22:05:00	30.6	30.1	31.7	29.5	28.3
22:10:00	30.4	29.9	31.7	29.3	28.2
22:15:00	30.4	29.8	31.7	29.3	28.1
22:20:00	30.3	29.7	31.5	29.2	28
22:25:00	30.1	29.6	31.4	29.1	27.9
22:30:00	30	29.5	31.3	29	27.7
22:35:00	29.9	29.4	31.4	29	27.6
22:40:00	29.8	29.3	31.3	28.9	27.5
22:45:00	29.7	29.2	31.2	28.8	27.3
22:50:00	29.6	29.2	31.2	28.8	27.2
22:55:00	29.4	29.1	31.2	28.6	27.1
23:00:00	29.4	29	31	28.6	27
23:05:00	29.3	28.9	30.8	28.5	26.9

ตาราง ข.4 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่อง
รับรังสีอาทิตย์ วันที่ 22/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
23:10:00	29.2	28.9	30.8	28.4	26.9
23:15:00	29.1	28.8	30.7	28.4	26.8
23:20:00	29	28.8	30.8	28.3	26.7
23:25:00	28.9	28.7	30.7	28.2	26.7
23:30:00	28.8	28.7	30.5	28.1	26.6
23:35:00	28.7	28.6	30.4	28.1	26.6
23:40:00	28.7	28.5	30.3	28	26.6
23:45:00	28.6	28.4	30.3	28	26.5
23:50:00	28.5	28.4	30.3	28	26.5
23:55:00	28.5	28.4	30.4	28	26.4
0:01:00	28.4	28.3	30.2	28.1	26.5
0:06:00	28.4	28.3	30.1	28.1	26.6
0:11:00	28.4	28.3	30.1	28.1	26.6
0:16:00	28.3	28.3	30	28.1	26.6
0:21:00	28.3	28.2	30	28.2	26.6
0:26:00	28.3	28.2	29.8	28.2	26.6
0:31:00	28.2	28.2	29.8	28.1	26.6
0:36:00	28.2	28.1	29.7	28.1	26.6
0:41:00	28.1	28.1	29.6	28.1	26.6
0:46:00	28.1	28	29.6	27.9	26.5
0:51:00	28	27.9	29.5	27.9	26.4
0:56:00	28	27.8	29.5	27.8	26.3
1:01:00	27.9	27.8	29.6	27.8	26.2
1:06:00	27.8	27.8	29.7	27.8	26.1
1:11:00	27.7	27.8	29.7	27.7	25.9
1:16:00	27.6	27.8	29.7	27.7	25.8
1:21:00	27.5	27.7	29.5	27.7	25.7
1:26:00	27.5	27.7	29.3	27.7	25.7
1:31:00	27.4	27.6	29.3	27.6	25.6
1:36:00	27.3	27.5	29.2	27.6	25.6
1:41:00	27.3	27.5	29.3	27.6	25.5
1:46:00	27.2	27.5	29.3	27.5	25.4
1:51:00	27.1	27.4	29.2	27.5	25.4
1:56:00	27.1	27.4	29.2	27.4	25.3
2:01:00	27.1	27.3	29	27.5	25.4
2:06:00	27.1	27.3	28.9	27.5	25.4
2:11:00	27	27.3	28.7	27.4	25.4
2:16:00	26.9	27.2	28.7	27.3	25.3
2:21:00	26.9	27.1	28.6	27.3	25.3
2:26:00	26.8	27.1	28.6	27.2	25.2
2:31:00	26.8	27	28.7	27.1	25.1
2:36:00	26.7	26.9	28.4	27.1	25.1
2:41:00	26.7	26.9	28.4	27.1	25.1
2:46:00	26.7	26.8	28.2	27	25.1
2:51:00	26.6	26.8	28.2	27	25.1

ตาราง ข.4 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่อง
รับรังสีอาทิตย์ วันที่ 22/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
2:56:00	26.6	26.8	28.2	27	25.1
3:01:00	26.6	26.8	28.1	27	25.1
3:06:00	26.6	26.7	28	27	25.1
3:11:00	26.6	26.7	28.1	27.1	25.1
3:16:00	26.6	26.8	28	27.1	25.2
3:21:00	26.6	26.8	28	27	25.2
3:26:00	26.6	26.7	27.9	27	25.2
3:31:00	26.5	26.7	27.9	27	25.2
3:36:00	26.5	26.7	27.9	26.9	25.1
3:41:00	26.5	26.6	27.8	26.9	25
3:46:00	26.4	26.6	27.8	26.8	25
3:51:00	26.4	26.5	27.7	26.8	25
3:56:00	26.4	26.5	27.7	26.8	25
4:01:00	26.4	26.6	27.7	26.9	25
4:06:00	26.4	26.5	27.6	26.8	25.1
4:11:00	26.4	26.5	27.5	26.8	25.1
4:16:00	26.4	26.5	27.5	26.7	25.1
4:21:00	26.4	26.5	27.5	26.7	25
4:26:00	26.3	26.4	27.4	26.6	25
4:31:00	26.3	26.4	27.4	26.6	25
4:36:00	26.3	26.4	27.4	26.6	25
4:41:00	26.3	26.4	27.4	26.6	24.9
4:46:00	26.2	26.3	27.2	26.6	24.9
4:51:00	26.2	26.3	27.2	26.6	24.9
4:56:00	26.2	26.3	27.2	26.6	24.9
5:01:00	26.2	26.3	27.2	26.6	24.9
5:06:00	26.1	26.2	27.2	26.6	24.8
5:11:00	26.1	26.2	27.1	26.5	24.8
5:16:00	26.1	26.2	27.1	26.5	24.8
5:21:00	26.1	26.2	27.1	26.5	24.8
5:26:00	26.1	26.2	27	26.5	24.8
5:31:00	26.1	26.2	27	26.5	24.8
5:36:00	26.1	26.2	27	26.4	24.8
5:41:00	26	26.1	27	26.4	24.8
5:46:00	26	26.1	27	26.4	24.7
5:51:00	26	26.1	27	26.4	24.7
5:56:00	26	26.1	27	26.4	24.7
6:01:00	26	26.1	27	26.4	24.7
6:06:00	26	26	26.9	26.4	24.6
6:11:00	25.9	26	26.9	26.4	24.6
6:16:00	25.9	26	26.9	26.3	24.5
6:21:00	25.8	26	26.9	26.3	24.5
6:26:00	25.8	26	27	26.3	24.3
6:31:00	25.8	26	27	26.3	24.3

ตาราง ข.4 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่อง
รับรังสีอาทิตย์ วันที่ 22/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
6:36:00	25.9	26	27.1	26.3	24.4
6:41:00	25.9	26	27	26.4	24.4
6:46:00	26	26	26.9	26.4	24.6
6:51:00	26.2	26	26.9	26.4	24.8
6:56:00	26.3	26	26.9	26.4	25
7:01:00	26.5	26.1	27	26.4	25.2
7:06:00	26.7	26.2	27.1	26.5	25.6
7:11:00	27.1	26.3	27.1	26.5	26.1
7:16:00	27.4	26.4	27	26.6	26.5
7:21:00	27.8	26.5	27.1	26.7	27.2
7:26:00	28.5	26.7	27.3	26.8	28.3
7:31:00	29.3	27	27.4	27	29.2
7:36:00	29.8	27.3	27.4	27.1	29.9
7:41:00	30	27.4	27.5	27.1	29.9
7:46:00	30.5	27.5	27.6	27.3	30
7:51:55	32.5	27.8	27.8	27.6	31.3
7:56:55	33.9	28.1	28	27.8	32.7

ตาราง ข.5 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่อง
รับรังสีอาทิตย์ วันที่ 23/03/2552

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
8:05:00	36.2	30.6	28.2	28.2	34.5
8:10:00	37.4	31.5	30	28.5	35.5
8:15:00	37.9	32.1	31.4	28.7	36.2
8:20:00	38	32.5	31.9	28.8	36.4
8:25:00	38.3	32.8	32.2	28.9	36.4
8:30:00	38.9	33	32.5	29	36.6
8:35:00	39.5	33.4	32.8	29.2	37.2
8:40:00	39.7	33.9	33.3	29.4	38
8:45:00	39.5	34.3	33.8	29.7	38.6
8:50:00	39.4	34.7	34.1	29.8	39.1
8:55:00	39.4	35.2	34.4	30	39.7
9:00:00	39.4	35.4	34.5	29.9	39.7
9:05:00	39.4	35.4	34.5	29.9	39.4
9:10:00	39.7	35.4	34.7	30.1	39.4
9:15:00	40.2	35.7	35	30.2	39.9
9:20:00	40.5	35.9	35	30.3	40.2
9:25:00	40.3	35.9	35	30.3	39.9
9:30:00	40.5	35.8	34.8	29.9	39.3
9:35:00	41.9	35.8	35.1	30	39.2
9:40:00	44.2	36.5	36	30.3	40.7
9:45:00	46.6	37.5	37	30.6	42.9
9:50:00	49.1	38.4	38	31.1	45
9:55:00	52	39.6	39.1	31.7	47.7
10:00:00	54.5	40.7	40.1	32.2	50
10:05:00	56.5	41.7	41.1	32.6	52
10:10:00	58.3	42.7	41.8	33.1	53.7
10:15:00	60.1	43.5	42.6	33.7	55.1
10:20:00	61.7	44.2	43.2	33.8	56.4
10:25:00	62.7	44.8	43.4	34	57
10:30:00	64.2	45.2	43.8	34.2	57.7
10:35:00	64.9	45.5	43.8	34.3	58.1
10:40:00	65.8	45.9	44.3	34.2	58.6
10:45:00	66.8	46	44.3	34.1	58.7
10:50:00	67.6	46.3	44.5	34.3	58.9
10:55:00	68.3	46.7	44.9	34.5	59.6
11:00:00	69.2	47.2	45.7	34.9	60.1
11:05:00	70	47.7	46.2	35.3	60.9
11:10:00	71	48.3	46.7	35.6	61.8
11:15:00	71.5	48.7	47	35.8	62.2
11:20:00	72.2	49.2	47.6	36.3	62.7
11:25:00	72.8	49.5	47.1	36	62.8
11:30:00	73.5	49.5	47.5	36	62.9
11:35:00	73.9	49.4	47.7	36	62.7
11:40:00	74.4	49.8	48.2	36.3	63.1
11:45:00	75.1	50.1	48.4	36.3	63.6

ตาราง ข.5 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่อง
รับรังสีอาทิตย์ วันที่ 23/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
11:50:00	75.4	50.3	48.3	36.3	63.8
11:55:00	76	50.3	48.5	36.4	63.9
12:00:00	76.1	50.2	48.2	36.4	63.8
12:05:00	76.6	50.4	48.7	36.3	63.9
12:10:00	76.9	50.6	48.9	36.9	64.3
12:15:00	74.4	50.5	48.2	36.8	63.3
12:20:00	75.4	50.3	49	36.5	63.1
12:25:00	75.9	50.3	50	36.8	63.5
12:30:00	76.1	50.6	50.4	37.1	64
12:35:00	75.9	51	50.7	37.2	64.1
12:40:00	76.1	51.3	50.8	37.7	64.6
12:45:00	76	51.5	50.9	37.8	64.7
12:50:00	75.6	51.8	51.6	37.9	64.9
12:55:00	73.3	51.6	50.9	37.6	63.7
13:00:00	71.1	51.6	51.5	37.7	63.2
13:05:00	69.9	51.9	51.4	37.9	63.3
13:10:00	69.8	52.3	52.1	38.1	63.9
13:15:00	71	52.7	52.5	37.6	64.1
13:20:00	72.7	52.7	53	37.7	63.4
13:25:00	73.6	52.9	53.2	37.7	63.3
13:30:00	74.2	52.9	53.4	37.5	63.3
13:35:00	74.6	53.3	53.6	37.8	63.3
13:40:00	70.3	52.9	51.2	37.6	62
13:45:00	70.6	51.9	51	37	59.9
13:50:00	71.5	52.1	52.7	37.2	59.9
13:55:00	72.2	52.6	53.1	37.1	60.4
14:00:00	72.1	52.7	52.2	37.3	60.1
14:05:00	72.6	52.7	51.7	37.7	60.4
14:10:00	72.9	52.8	51.7	37.4	60.5
14:15:00	72.9	53	52.8	37.8	60.9
14:20:00	72.8	53.3	52.5	38.1	60.9
14:25:00	72.4	53.2	51.4	38.3	60.8
14:30:00	72.3	52.9	51.2	38.3	60.8
14:35:00	71.8	52.7	50.9	37.8	60.4
14:40:00	70.7	52.6	50.8	38.1	59.9
14:45:00	70.1	52.6	51.7	37.9	59.7
14:50:00	68.6	52.7	52.3	38	59.5
14:55:00	66.2	52.9	52.9	38.2	59.2
15:00:00	64.1	52.9	52.8	38.3	58.5
15:05:00	62.9	52.7	53.4	38.1	58.1
15:10:00	62	52.7	53.4	37.9	57.6
15:15:00	61	52.5	53.7	37.7	56.9
15:20:00	60.3	52.6	53.7	37.9	56.4
15:25:00	59.5	52.6	53.4	38	56
15:30:00	58.8	52.8	54	37.9	55.6

ตาราง ข.5 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่อง
รับรังสีอาทิตย์ วันที่ 23/03/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
15:35:00	58.1	52.9	54.1	38	55
15:40:00	57.7	52.9	53.7	38	54.7
15:45:00	57.1	52.6	53.6	37.9	54.1
15:50:00	56.5	52.2	53.1	37.8	53.5
15:55:00	55.9	51.9	53	37.8	53.1
16:00:00	55.6	51.5	52.6	37.8	52.5
16:05:00	55.3	51	51.8	37.9	52.1
16:10:00	55.4	50.1	50.5	37.7	51.2
16:15:00	54.4	49.2	49	37.3	50.6
16:20:00	53.7	48.5	47.8	37.2	49.9
16:25:00	53.1	48	47.5	37.3	49.3
16:30:00	52.8	47.4	46.8	37.2	48.8
16:35:00	52.5	46.7	46.3	37	47.8
16:40:00	51.7	46.1	46	36.9	46.9
16:45:00	50.8	45.5	45.5	36.9	46
16:50:00	49.9	44.9	44.3	36.7	45.2
16:55:00	49.1	44.2	43.5	36.6	44
17:00:00	48.3	43.5	42.9	36.4	42.9
17:05:00	47.5	43	42.2	36.3	41.9
17:10:00	46.8	42.4	41.4	36.2	41
17:15:00	46.1	41.9	41.1	36.1	40.4
17:20:00	45.4	41.4	40.5	35.9	39.8
17:25:00	44.8	40.9	40.1	35.6	39.1
17:30:00	44.1	40.4	39.7	35.4	38.6
17:35:00	43.5	40.1	39.4	35.3	38
17:40:00	42.9	39.7	39	35.1	37.6
17:45:00	42.4	39.3	38.6	34.9	37.1
17:50:00	41.8	39	38.3	34.7	36.6
17:55:00	41.3	38.6	38	34.6	36.2
18:00:00	40.8	38.4	37.8	34.5	35.9

ตาราง ข.6 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่อง
รับรังสีอาทิตย์ วันที่ 08/04/2552

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
8:00:00	37.3	29.2	28.9	29	38.9
8:05:00	38.6	29.4	29.1	29.3	40.1
8:10:00	40	29.7	29.4	29.5	41.2
8:15:00	41.4	29.9	29.7	29.8	42.2
8:20:00	42.6	30.3	30	30.1	43.2
8:25:00	43.5	30.8	30.4	30.3	44.3
8:30:00	43.7	31.1	30.7	30.5	45.2
8:35:00	44	31.5	31	30.6	46.1
8:40:00	44.2	31.7	31.3	30.8	47
8:45:00	44.6	32	31.3	31.1	47.8
8:50:00	45	32.4	31.8	31	48.5
8:55:00	45.6	33.1	33	31.1	48.8
9:00:00	45.7	37.1	38	31.5	49
9:05:00	46	38.8	39.3	31.5	49.1
9:10:00	46.5	39.9	40	32	49.5
9:15:00	47.5	40.4	40.5	32.3	50.1
9:20:00	49.5	41.2	41.2	32.7	51
9:25:00	51	41.7	41.6	32.8	51.8
9:30:00	52.6	42.1	41.9	32.8	52.2
9:35:00	53.8	42.6	42.5	33.2	52.8
9:40:00	55.1	43.1	42.9	33.3	53.4
9:45:00	56.1	43.4	43.2	33.5	53.8
9:50:00	57.2	43.9	43.7	33.7	54.5
9:55:00	58.4	44.4	44.1	34.1	55.2
10:00:00	59.5	44.7	44.4	34.1	55.8
10:05:00	60.5	45.1	44.7	34.4	56.3
10:10:00	61.6	45.4	45.1	34.3	56.9
10:15:00	61.8	45.7	45.3	34.7	57.3
10:20:00	62.8	46	45.5	34.9	57.5
10:25:00	62	46	45.3	34.9	57.3
10:30:00	62	45.8	45.4	34.6	56.9
10:35:00	63.3	46.2	46.1	35	57.7
10:40:00	61.4	46.4	46	35.3	57.3
10:45:00	59.6	46	45.3	34.9	55.4
10:50:00	61.1	45.7	45.3	34.5	54.7
10:55:00	63.3	46.3	46.4	35	56.3
11:00:00	64	46.9	46.8	35.4	57.5
11:05:00	65.9	47.3	47.4	35.5	58.7
11:10:00	67.2	47.9	47.9	35.9	60.1
11:15:00	68.4	48.6	48.6	36.5	61.3
11:20:00	69.5	49.1	48.9	36.8	62.1
11:25:00	69.4	49.1	48.6	36.9	62
11:30:00	67.6	49.2	48.4	36.9	61.5
11:35:00	69	48.9	48.5	36.7	60.7
11:40:00	70.6	49.2	49.3	36	61.4

ตาราง ข.6 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับ

รังสี อาทิตย์ วันที่ 08/04/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	TIn	Ta	Ts
11:45:00	71.8	49.6	49.8	36.2	62.2
11:50:00	72.6	50	50.2	36.5	63.2
11:55:00	73.3	50.3	50.1	36.7	63.6
12:00:00	73.9	50.5	50.3	37.3	64.2
12:05:00	74	50.9	50.7	37.6	64.2
12:10:00	74.5	51	50.8	37.4	64.4
12:15:00	74.9	51.1	51.3	36.8	64.5
12:20:00	75	51.2	51.7	36.2	64.8
12:25:00	75	51.4	51.9	37.3	64.7
12:30:00	75.3	51.5	52	37.2	65
12:35:00	75.4	51.7	52.4	37.5	65.3
12:40:00	75.4	52.1	52.6	37.7	65.7
12:45:00	75.2	52.2	52.8	37.4	65.5
12:50:00	74.9	52.6	53.1	38.1	65.3
12:55:00	73.8	53	53.5	38.4	65.7
13:00:00	72.1	53.4	53.9	38.1	66.1
13:05:00	71.3	53.6	54	38.4	66.3
13:10:00	71.3	53.9	54.5	39	66.4
13:15:00	72.7	54.2	54.5	39.1	66.2
13:20:00	73.6	54.2	54.8	38.3	65.8
13:25:00	73.9	54.3	55.1	38	65.4
13:30:00	74.3	54.4	55.3	37.5	65
13:35:00	71.9	54.2	53.8	38.1	64.1
13:40:00	68.2	53	51.8	38.2	61.5
13:45:00	65.8	51.6	50.2	38.1	58.8
13:50:00	64	50.5	49.5	37.8	56.6
13:55:00	66.1	50.5	51	37.5	56.3
14:00:00	64.3	50.7	50.3	37.3	56.4
14:05:00	62	49.9	49	37.2	55
14:10:00	60.1	49	47.9	37	53.3
14:15:00	58.7	48.3	47.5	36.8	51.7
14:20:00	58.4	47.9	47.4	36.6	50.7
14:25:00	59.8	47.9	48	36.7	51
14:30:00	61.8	48.6	48.8	37.1	52.8
14:35:00	63	49.5	49.7	37.6	54.7
14:40:00	63.6	50	49.9	37.8	56.2
14:45:00	63.7	50.5	50.8	38.1	57.2
14:50:00	62.9	51	51.3	38.4	57.6
14:55:00	61.6	51	51.5	38.3	57.4
15:00:00	60.8	51.2	51.8	38.6	57.4
15:05:00	60	51.4	52	38.6	57.5
15:10:00	59.6	51.3	51.9	38.7	57.1
15:15:00	59	51.3	51.8	38.4	56.8
15:20:00	58.4	51.2	51.9	38.5	56.1
15:25:00	58	51.1	51.3	38.5	55.4

ตาราง ข.6 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่อง
รับรังสีอาทิตย์ วันที่ 08/04/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
15:30:00	57.2	50.8	50.9	38.4	54.4
15:35:00	56.9	50.6	50.8	38.3	53.8
15:40:00	56.4	50.5	50.8	38.3	53.3
15:45:00	56	50.3	50.4	38.4	52.9
15:50:00	55.7	49.9	49.5	38.2	52.5
15:55:00	55.2	49.5	49.1	38.2	52
16:00:00	54.6	48.9	48.4	38	51.1
16:05:00	54.1	48.2	47.7	38	50.4
16:10:00	53.5	47.8	47.4	37.8	49.7
16:15:00	52.7	47.3	46.8	37.7	48.7
16:20:00	51.9	46.6	45.9	37.6	47.6
16:25:00	51.1	45.9	45.2	37.5	46.5
16:30:00	50.8	43.1	42.3	37.3	46
16:35:00	50.8	41.6	39.9	37.2	46.2
16:40:00	50.3	40.8	39	37.2	46
16:45:00	49.9	40.4	38.6	37.2	45.6
16:50:00	49.7	40	38.8	37.1	45.3
16:55:00	49.4	39.7	38.6	36.9	45.1
17:00:00	49	39.4	38.7	36.9	44.7
17:05:00	48.6	39.3	38.7	36.7	44.3
17:10:00	48	39.2	38.4	36.6	43.8
17:15:00	47.5	38.8	37.9	36.5	43.3
17:20:00	47.3	38.5	37.5	36.4	42.9
17:25:00	46.7	38.3	37.4	36.3	42.4
17:30:00	46.2	38.2	37.6	36.1	41.9
17:35:00	45.7	38.1	37.5	36	41.5
17:40:00	45.1	37.9	37	35.8	41
17:45:00	44.6	37.8	36.7	35.7	40.5
17:50:00	44.1	37.6	36.4	35.5	40.1
17:55:00	43.6	37.4	36.2	35.4	39.6
18:00:00	43.1	37.2	36	35.4	39.2

ตาราง ข.7 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่อง
รับรังสีอาทิตย์ วันที่ 02/02/2552

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
9:20:16	30.8	30.8	33	27	36.1
9:25:16	31.5	31.5	34	27.2	37.4
9:30:16	32.3	32.2	35	27.5	38.3
9:35:16	33.1	32.9	35.9	27.6	39.1
9:40:16	33.9	33.6	36.8	27.6	39.7
9:45:16	34.7	34.3	37.7	27.9	40.5
9:50:16	35.5	35	38.5	28.2	41.4
9:55:16	36.2	35.7	39.4	28.5	42.3
10:00:16	37	36.4	40.2	28.6	43.2
10:05:16	37.8	37.1	40.9	28.9	44.1
10:10:16	38.5	37.8	41.8	29.1	45.1
10:15:16	39.3	38.4	42.5	29.4	45.9
10:20:16	40	39.1	43.2	29.6	46.5
10:25:16	40.6	39.7	43.9	29.9	47.3
10:30:16	41.3	40.3	44.5	29.7	47.8
10:35:16	41.8	41	45.2	29.9	48.2
10:40:16	42.4	41.6	45.8	30.3	48.8
10:45:16	42.8	42	46.3	30.6	49.4
10:50:16	43.2	42.4	46.7	30.5	49.3
10:55:16	43.5	42.9	47	30.6	49.3
11:00:16	43.9	43.4	47.5	31	49.8
11:05:16	44.3	43.9	47.9	31.2	50.4
11:10:16	44.5	44.3	48.3	31.2	50.7
11:15:16	44.8	44.7	48.6	31.3	50.6
11:21:01	45.3	45.3	49.2	31.4	51.6
11:26:01	45.7	45.8	49.7	31.7	52.2
11:31:01	46.1	46.3	50.3	32	53.1
11:36:01	46.6	46.9	51	32	53.9
11:41:01	46.9	47.4	51.6	32.1	54.5
11:46:01	47.3	47.9	52.1	32.4	54.7
11:51:01	47.6	48.3	52.5	32.4	55
11:56:01	48	48.7	53	32.5	55.2
12:01:01	48.1	49	53.3	32.6	55.2
12:06:01	48.4	49.3	53.7	32.9	55.6
12:11:01	48.6	49.7	54.2	32.9	56
12:16:01	48.8	50	54.6	32.9	56.3
12:21:01	48.8	50.2	54.9	33.1	56.3
12:26:01	48.9	50.4	55.1	33.1	56.5
12:31:01	49.1	50.6	55.1	33.5	56.8
12:36:01	49.3	50.9	55	33.6	57.1
12:41:01	49.5	51	54.7	33.4	57.1
12:46:01	49.7	51.2	54.6	33.8	56.9
12:51:01	49.9	51.3	54.7	33.7	56.8
12:56:01	50	51.6	55.2	33.6	56.7
13:01:01	50.2	51.8	55.7	33.7	56.8

ตาราง ข.7 ข้อมูลรังสีอาทิตย์,อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่อง
รับรังสีอาทิตย์ วันที่ 02/02/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
13:06:01	50.4	51.9	56.1	34.1	57
13:11:01	50.6	52.2	56.5	33.8	57.1
13:16:01	50.8	52.4	56.9	34.1	57.2
13:21:01	50.9	52.6	57.2	34.4	57.3
13:26:01	51.1	52.9	57.5	34.6	57.5
13:31:01	51.3	53.2	57.8	35	57.8
13:36:01	51.5	53.4	58.1	34.9	58
13:41:01	51.7	53.7	58.3	34.9	58
13:46:01	51.9	53.8	58.5	35	57.9
13:51:01	52.1	54	58.5	34.7	57.6
13:56:01	52.1	54	58.4	34.4	57.1
14:01:01	52.1	54.1	58.3	34.7	56.9
14:06:01	52	54.3	58.2	34.8	56.7
14:11:01	52	54.1	57.8	34.9	56.2
14:16:01	51.7	53.5	57	34.6	54.8
14:21:01	51.3	52.5	56	34.1	52.8
14:26:01	50.8	51.6	54.9	33.8	51
14:31:01	50.3	50.8	53.8	33.2	49.3
14:36:01	49.7	50.2	52.7	33.1	48.1
14:41:01	49.2	49.5	51.7	32.9	47.2
14:46:01	48.6	48.9	50.8	32.6	46.1
14:51:01	48.1	48.6	50.1	32.6	46
14:56:01	47.8	48.4	49.6	32.7	46.7
15:01:01	47.6	48.5	49.2	32.7	47.3
15:06:01	47.6	48.4	49	32.6	47.7
15:11:01	47.6	48.2	48.8	32.9	47.8
15:16:01	47.5	48	48.9	32.9	47.8
15:21:01	47.2	47.8	49.1	32.8	47.6
15:26:01	47	47.5	48.9	32.8	47.2
15:31:01	46.8	47.2	48.5	32.7	46.7
15:36:01	46.5	46.9	48.1	32.7	46.3
15:41:01	46.3	46.6	47.8	32.8	46.1
15:46:01	46.1	46.3	47.4	32.9	46
15:51:01	45.9	46.1	47.3	32.7	45.7
15:56:01	45.6	45.7	47	32.7	45.2
16:01:01	45.4	45.4	46.6	32.6	44.8
16:06:01	45.2	45.1	46.2	32.6	44.5
16:11:01	45.1	44.8	45.9	32.6	44.1
16:16:01	45.1	44.9	45.9	32.6	43.7
16:21:01	45	44.8	46	32.6	43.2
16:26:01	44.9	44.7	45.9	32.6	42.8
16:31:36	44.7	44.6	45.8	32.4	42
16:36:36	44.5	44.4	45.6	32.3	41.4
16:41:36	44.4	44.2	45.4	32.2	40.9
16:46:36	44.1	44	45.1	32.2	40.3

ตาราง ข.7 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่อง
รับรังสีอาทิตย์ วันที่ 02/02/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
16:52:34	43.8	43.6	44.7	32.2	40
16:57:34	43.3	43	44	32.1	39.4
17:05:00	42.8	42.5	43.2	32	38.4
17:08:00	42.6	42.4	43	31.9	38.2
17:13:00	42.3	42.1	42.4	31.9	37.7
17:18:00	41.9	41.7	41.9	31.7	37.3
17:23:00	41.5	41.2	41.4	31.6	36.9
17:28:00	41.1	40.7	40.9	31.5	36.4
17:33:00	40.7	40.3	40.5	31.3	35.9
17:38:00	40.3	39.9	40	31.2	35.4
17:43:00	39.9	39.4	39.6	31	34.9
17:48:00	39.5	38.9	39.1	30.8	34.3
17:53:00	39.1	38.5	38.7	30.6	33.8
17:58:00	38.7	38	38.2	30.4	33.3
18:03:00	38.3	37.6	37.8	30.2	32.8
18:08:00	37.9	37.2	37.3	29.9	32.2
18:13:00	37.5	36.7	36.9	29.7	31.7
18:18:00	37.1	36.3	36.4	29.5	31.3
18:23:00	36.7	35.9	36	29.4	30.8
18:28:00	36.3	35.5	35.6	29.1	30.4
18:33:00	35.9	35	35.2	28.9	30
18:38:00	35.6	34.7	34.8	28.7	29.7
18:43:00	35.2	34.3	34.4	28.7	29.3
18:48:00	34.9	34	34.1	28.6	29
18:53:00	34.6	33.6	33.7	28.5	28.8
18:58:00	34.2	33.3	33.5	28.3	28.5
19:03:00	33.9	33	33.2	28.2	28.3
19:08:00	33.6	32.8	32.9	28	28.1
19:13:00	33.4	32.5	32.6	27.9	27.9
19:18:00	33.1	32.2	32.4	27.7	27.6
19:23:00	32.8	31.9	32.1	27.6	27.4
19:28:00	32.5	31.7	31.9	27.5	27.3
19:33:00	32.3	31.5	31.7	27.5	27.1
19:38:00	32	31.2	31.5	27.4	26.9
19:43:00	31.8	31	31.2	27.2	26.7
19:48:00	31.6	30.8	31	27.1	26.6
19:53:00	31.3	30.6	30.9	27.1	26.4
19:58:00	31.1	30.4	30.7	27.1	26.3

ตาราง ข.8 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่อง
รับรังสีอาทิตย์ วันที่ 09/02/2552

Time	Tb	Tout	TIn	Ta	Ts
11:10:00	40.1	55.8	39.4	32.2	49.7
11:15:00	41	56.3	40.6	32.6	50.6
11:20:00	41.7	57.1	41.3	32.7	51.5
11:25:00	42.2	57.6	41.9	32.6	52
11:30:00	42.4	58.7	42.2	33.1	52.7
11:35:00	43	59.7	42.8	33.3	53.7
11:40:00	43.5	60.3	43.2	33.3	54.2
11:45:00	43.9	61	43.6	33.7	54.6
11:50:00	44.2	61.5	44.1	34	55
11:55:00	44.2	61.9	44.3	34	55.2
12:00:00	44.5	62.3	44.7	34.1	55.3
12:05:00	44.7	62.7	44.8	34.2	55.3
12:10:00	44.9	63	45.1	34.3	55.3
12:15:00	45.3	63.3	45.3	34.1	55.4
12:20:00	45.4	63.1	45.4	33.9	55.4
12:25:00	45.5	63.4	45.3	34.6	55.6
12:30:00	45.8	63.3	45.5	34.4	55.9
12:35:00	46	63.1	45.8	34.4	56
12:40:00	46.4	62.9	46.1	34.5	56.1
12:45:00	46	62.9	45.9	34.9	56.1
12:50:00	46.5	61.6	46.1	35.1	56.3
12:55:00	46.4	60.6	46.1	35.3	56.6
13:00:00	46.9	60	46.5	35.3	56.7
13:05:00	47.1	61.4	46.7	35.4	56.7
13:10:00	47	61.8	46.7	35.3	55.5
13:15:00	47.4	62.6	46.9	35.5	55.4
13:20:00	47.8	63	47.3	35.5	55.4
13:25:00	47.7	63.1	47.4	35.1	55.5
13:30:00	47.7	63.1	47.4	35	55.2
13:35:00	47.8	62.9	47.5	35.1	54.4
13:40:00	47.7	62.8	47.5	35.2	54.4
13:45:00	47.9	62.7	47.6	35.2	54.3
13:50:00	48	62.9	47.8	35.2	54.5
13:55:00	48	62.8	48	35	54.3
14:00:00	47.6	62	47.9	34.7	53.6
14:05:00	47.7	61.5	47.9	34.7	52.9
14:10:00	47.9	61.1	48	34.8	52.6
14:15:00	47.5	60.4	47.8	34.4	52.3
14:20:00	47.3	59.8	47.6	34.3	52
14:25:00	46.8	58.9	47.1	34.2	51.6
14:30:00	46.7	58	47	33.9	51
14:35:00	46.8	57	46.8	33.9	50.6
14:40:00	47.1	55.1	46.8	34	50.3
14:45:00	47	53.8	46.5	34.1	50.1
14:50:00	46.8	53.2	46.2	34.2	49.8

ตาราง ข.8 ข้อมูลรังสีอาทิตย์,อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจากเครื่อง
รับรังสีอาทิตย์ วันที่ 09/02/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
14:55:00	47	52.6	46.1	34.2	49.6
15:00:00	47	52	46.2	34.2	49.6
15:05:00	46.9	51.7	46.1	34.3	49.5
15:10:00	47	51.4	46.1	34.1	49.1
15:15:00	46.7	51.4	46	34	48.8
15:20:00	46.4	51	45.7	33.7	48.3
15:25:00	46.1	50.6	45.5	33.8	47.9
15:30:00	45.6	49.8	45.1	33.5	47.1
15:35:00	45.3	49.2	44.7	33.5	46.5
15:40:00	45.3	48.7	44.5	33.6	45.8
15:45:00	44.9	48.3	44.3	33.5	45.5
15:50:00	44.3	48	44	33.5	45.1
15:55:00	44	47.6	43.6	33.3	44.6
16:00:00	43.1	47.7	43	33.2	44
16:05:00	42.3	47	42.5	33	43.4
16:10:00	42.2	46.7	42.2	33	43
16:15:00	41.8	46.4	41.7	32.9	42.4
16:20:00	41.5	46.3	41.3	32.9	42
16:25:00	41.2	46.8	40.8	32.9	41.5
16:30:00	40.9	47.1	40.6	32.8	41.1
16:35:00	40.9	47.2	40.5	32.9	40.9
16:40:00	40.4	46.9	40.2	32.7	40.6
16:45:00	39.8	46.5	39.9	32.6	40.1
16:50:00	39.4	46.1	39.6	32.5	39.7
16:55:00	39	45.2	39.2	32.4	39.1

ตาราง ข.9 ข้อมูลรังสีอาทิตย์,อุณหภูมิแวดล้อม และความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 10/02/2552

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
9:00:00	28.5	38.9	28.6	27.4	39.6
9:05:00	32.7	39.1	32.1	27.6	39.4
9:10:00	33.8	39.1	33.8	27.8	38.4
9:15:00	34	39.8	34.4	28.1	38.2
9:20:00	34.4	40.7	34.9	28.3	38.4
9:25:00	34.6	41.6	35.3	28.5	38.7
9:30:00	34.9	42.6	35.7	28.7	39
9:35:00	35	43.4	36.1	29.1	39.5
9:40:00	35.6	44.2	36.7	29.6	40
9:45:00	36.2	45	37.2	29.8	40.8
9:50:00	36.4	45.8	37.6	30	41.3
9:55:00	36.9	46.5	38	30.4	41.7
10:00:00	37.3	47.1	38.5	30.7	42.3
10:05:00	37.3	47.8	38.8	31.1	42.9
10:10:00	37.7	48.4	39.1	31.4	43.3
10:15:00	37.7	49	39.3	31.4	43.6
10:20:00	37.8	49.5	39.4	31.7	43.9
10:25:00	38.4	50	39.9	31.9	44.2
10:30:00	38.1	50.6	39.9	32	44.6
10:35:00	38.6	51	40.3	32.3	45
10:40:00	39.1	51.4	40.7	32.4	45.3
10:45:00	39.2	52	41.1	32.7	45.8
10:50:00	39.7	52.6	41.5	32.8	46.3
10:55:00	40.2	53.1	41.8	32.9	46.6
11:00:00	40	53.6	41.9	33.1	46.9
11:05:00	40.5	54.1	42.3	33.1	47.2
11:10:00	40.4	54.6	42.3	32.9	47.4
11:15:00	40.3	55.1	42.2	32.7	47.2
11:20:00	40.4	55.4	42.1	32.8	47.2
11:25:00	40.3	55.6	42.1	33	47.1
11:30:00	40.6	55.9	42.3	33.2	47.3
11:35:00	40.8	56.5	42.7	33.7	47.8
11:40:00	40.9	56.5	42.8	33.8	48.1
11:45:00	41.1	56.5	43	34.1	48.4
11:50:00	41.8	56.5	43.5	34.2	48.3
11:55:00	41.9	56.7	43.8	34.3	48.6
12:00:00	42.8	56.2	44	34.3	48.5
12:05:00	42.9	56.1	44.2	34.5	48.7
12:10:00	42.9	55.9	44.3	34.7	48.8
12:15:00	43	56.1	44.4	34.9	48.9
12:20:00	43.1	56.2	44.5	34.8	49
12:25:00	43	55	44.5	34.5	48.9
12:30:00	43.2	53.8	44.5	34.5	48.4
12:35:00	43.9	53	44.9	34.4	48.2
12:40:00	44	53.8	45	34.6	48.1

ตาราง ข.9 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 10/02/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
12:45:00	44.2	54.6	45.2	34.6	48.2
12:50:00	43.5	55	45.1	34.4	48.1
12:55:00	43.5	55	45.1	34.4	48.1
13:00:00	43.3	55.2	44.9	34.3	47.7
13:05:00	43.6	55.4	45.1	34.3	47.7
13:10:00	43.7	55.3	45	34.3	47.5
13:15:00	43.7	55.2	45	34.1	47.3
13:20:00	43.9	55.2	45.1	33.7	47
13:25:00	44.1	55.2	45.3	33.7	47
13:30:00	44.1	55.2	45.4	33.6	46.9
13:35:00	43.9	55.3	45.3	33.9	47
13:40:00	44.1	55	45.5	33.8	47.1
13:45:00	43.5	53.5	45.1	33.8	46.6
13:50:00	43.2	52.6	44.5	33.5	45.7
13:55:00	43	52.4	44.2	33.4	45.2
14:00:00	42.6	52.2	43.9	33.5	45.1
14:05:00	42.9	52.1	43.9	33.6	45
14:10:00	42.8	51.9	44	33.4	45
14:15:00	42.9	51.4	43.7	33.5	44.8
14:20:00	42.9	50	43.7	33.2	44.8
14:25:00	42.9	49	43.5	33.6	44.7
14:30:00	42.8	48	43.4	33.6	44.6
14:35:00	42.5	47.5	42.9	33.5	44.1
14:40:00	42.5	47.1	42.8	33.3	43.7
14:45:00	42.5	46.6	42.7	33.3	43.5
14:50:00	42.3	46.5	42.5	33.2	43
14:55:00	42.2	46.2	42.6	33.2	42.8
15:00:00	41.9	45.8	42.4	33.1	42.4
15:05:00	41.8	45.3	42.1	33.1	41.9
15:10:00	41.4	44.7	41.9	33	41.5
15:15:00	41.2	44.2	41.6	32.9	41.1
15:20:00	41.1	43.9	41.3	33	40.8
15:25:00	40.9	43.4	41.2	32.9	40.5
15:30:00	40.6	43.3	40.8	32.9	40.3
15:35:00	40.5	42.9	40.7	32.9	39.9
15:40:00	39.6	42.9	40.1	32.8	39.4
15:45:00	39.1	42.3	39.8	32.7	39
15:50:00	39.2	41.9	39.5	32.6	38.6
15:55:00	38.9	41.7	39.2	32.4	38.2
16:00:00	38.6	41.7	38.8	32.2	37.7
16:05:00	38.3	42	38.4	32.2	37.3
16:10:00	38	42	38.1	32.1	36.9
16:15:00	37.6	41.8	37.8	32	36.5
16:20:00	37.4	41.6	37.5	31.8	36.1
16:25:00	36.9	41.2	37.1	31.7	35.7

ตาราง ข.10 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 12/02/2552

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
16:25:00	36.5	41	36.8	31.7	35.3
16:30:00	36.2	40.1	36.5	31.4	34.8
16:35:00	35.8	39.2	36.1	31.3	34.5
9:20:00	27.3	37.6	27.2	24.2	39.8
9:25:00	27.6	38.5	27.6	24.5	40.7
9:30:00	31.6	39.1	30	24.7	41.2
9:35:00	33.5	38.6	33.2	25	38.5
9:40:00	34.1	38.8	34.3	25.3	37.2
9:45:00	34.4	39.3	34.8	25.6	36.6
9:50:00	34.5	39.7	35	26	36.4
9:55:00	34.5	39.8	35.1	26.4	36
10:00:00	34.7	40.2	35.3	26.8	36.1
10:05:00	35	41	35.6	27.2	36.8
10:10:00	35.2	42	36.1	27.5	37.2
10:15:00	35.9	42.9	36.6	27.9	37.8
10:20:00	36.3	43.9	37.1	28.3	38.4
10:25:00	36.3	44.6	37.3	28.8	38.9
10:30:00	36.5	44.9	37.6	29.1	39
10:35:00	36.6	45.4	37.8	29.4	39.2
10:40:00	36.8	46	38	29.6	39.5
10:45:00	36.9	46.6	38.2	29.8	39.6
10:50:00	37.1	47.2	38.4	30.1	39.9
10:55:00	37.5	47.9	38.8	30.6	40.3
11:00:00	37.8	48.6	39.1	30.8	40.6
11:05:00	38.1	49.1	39.5	31.1	40.9
11:10:00	38.5	49.8	39.9	31.4	41.3
11:15:00	38.9	50.7	40.4	31.3	42
11:20:00	39.2	51	40.8	31.7	42.3
11:25:00	39.4	51.6	41	31.8	42.8
11:30:00	39.6	51.8	41.2	32.1	42.9
11:35:00	39.7	52.1	41.6	32.5	43.4
11:40:00	40	52.4	41.8	32.8	43.6
11:45:00	39.8	52.6	41.7	32.8	43.3
11:50:00	40	52.6	41.7	32.9	43.1
11:55:00	39.8	52.2	41.5	33.3	42.7
12:00:00	40.2	52.3	41.7	33.2	42.5
12:05:00	40	52.8	41.7	33.6	42.7
12:10:00	40.1	52.9	41.7	33.8	43
12:15:00	40.2	53.2	41.8	34.1	43.2
12:20:00	40.7	53.8	41.9	34.2	43.3
12:25:00	40.9	54.1	42	34.2	43.5
12:30:00	41.4	54.4	42.4	34.3	43.9
12:35:17	42	54.7	42.9	34.5	44.6
12:40:17	42	54.8	43.2	34.6	45.1
12:45:17	42.2	54.7	43.4	34.7	44.9

ตาราง ข.10 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากรถ
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 12/02/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
13:10:17	43.2	54.5	44	35.1	44.7
13:15:17	43.1	54.8	44.1	35	44.9
13:20:17	43	54.8	44.2	34.7	44.8
13:25:17	43	54.5	44	34.7	44.4
13:30:17	42.9	54.3	44.1	34.7	44.4
13:35:17	43.3	54.6	44.4	34.6	44.6
13:40:17	43.6	54.8	44.5	34.5	44.8
13:45:17	43.5	54.5	44.5	34.6	44.6
13:50:17	43.5	54.7	44.6	34.7	44.5
13:55:17	43.3	54.7	44.6	34.4	44.7
14:00:17	43.3	55.1	44.7	34.6	44.8
14:05:17	43.7	55.3	44.9	34.9	45.1
14:10:17	43.7	55.2	45	34.9	44.8
14:15:17	43.7	54.7	45.1	34.8	44.9
14:20:17	43.5	54.4	45	34.9	44.9
14:25:17	43.5	53.8	45	35	44.8
14:30:17	43.3	53.3	44.6	35.1	44.5
14:35:17	43.1	52.2	44.3	35.1	44.1
14:40:17	43	50.7	43.9	35.1	43.6
14:45:17	43.1	49.7	43.8	35.1	43.3
14:50:17	42.7	49.2	43.3	35.2	42.8
14:55:17	42.6	48.3	43	35.1	42.4
15:00:17	42.5	47.8	42.8	35.2	42.2
15:05:17	42.7	47.3	42.8	35.1	42.3
15:10:17	42.6	47	42.8	35	42.3
15:15:17	42.9	46.9	43	34.9	42.4
15:20:17	43.2	46.8	43.3	35	42.4
15:25:17	43.3	46.5	43.5	35	42.5
15:30:17	43	46.1	43.4	35	42.3
15:35:17	42.7	45.7	43.1	34.9	42.1
15:40:17	42.3	45.1	42.7	34.8	41.5
15:45:17	41.9	44.6	42.3	34.8	41
15:50:17	41.5	44.3	41.9	34.9	40.5
15:55:17	41.2	43.9	41.5	34.5	40
16:00:17	40.6	43.5	41.1	34.4	39.5
16:05:17	39.9	42.8	40.7	34.3	39
16:10:17	39.5	42.4	40.1	34.1	38.6
16:15:17	39.2	42.1	39.6	34	38.1
16:20:17	38.9	42.1	39.2	33.8	37.7
16:25:17	38.5	42.2	38.8	33.5	37.3
16:30:17	38.3	42.1	38.5	33.4	37
16:35:17	38	42	38.2	33.3	36.7
16:40:17	37.7	42.1	37.9	33.2	36.5
16:45:17	37.1	41.9	37.6	33.1	36.2
16:50:17	36.7	41.3	37.2	33	35.8
16:55:17	36.3	40.4	36.8	32.8	35.4
17:00:17	35.8	39.6	36.4	32.7	35

ตาราง ข.11 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 14/02/2552

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
9:05:00	23	31	23	23.6	31.9
9:10:00	23	31.5	23.2	23.7	33
9:15:00	23.1	32.3	23.4	23.9	34.1
9:20:00	23.4	33.2	23.8	24.2	35.2
9:25:00	23.9	34.1	24.2	24.5	36.2
9:30:00	24.1	35.2	24.5	24.7	37.2
9:35:00	24.3	36.9	24.7	25	38.1
9:40:00	24.5	38.6	25	25.3	39
9:45:00	24.9	40.3	25.4	25.6	40
9:50:00	25.3	42	25.7	26	40.9
9:55:00	25.6	43.5	26.1	26.4	41.9
10:00:00	25.9	44.9	26.4	26.8	42.9
10:05:00	26.2	46.2	26.7	27.2	43.8
10:10:00	26.7	47.5	27.2	27.5	44.7
10:15:00	27.1	48.5	27.5	27.9	45.6
10:20:00	27.5	49.5	27.9	28.3	46.5
10:25:00	27.9	50.5	28.3	28.8	47.2
10:30:00	28.1	51.4	28.6	29.1	48
10:35:00	28.4	52.3	28.8	29.4	48.7
10:40:00	28.8	53.2	29.2	29.6	49.4
10:45:00	28.9	54	29.4	29.8	50
10:50:00	29.1	54.8	29.5	30.1	50.6
10:55:00	29.6	55.6	29.9	30.6	51.3
11:00:00	29.7	56.4	30.2	30.8	51.9
11:05:00	30	57.2	30.4	31.1	52.5
11:10:00	30.5	58.1	30.8	31.4	53
11:15:00	30.7	58.8	31.1	31.3	53.7
11:20:00	31.5	59.5	31.7	31.7	54.2
11:25:00	39.2	56.2	39.4	31.8	48.1
11:30:00	39.6	54.3	40.9	32.1	44.6
11:35:00	39.8	53.7	41.4	32.5	43.4
11:40:00	39.7	53.3	41.5	32.8	42.7
11:45:00	39.7	53.2	41.4	32.8	42.1
11:50:00	40.1	53.3	41.7	32.9	42.2
11:55:00	40	53.7	41.6	33.3	42.3
12:00:00	40.1	53.8	41.9	33.2	42.7
12:05:00	40.3	53.9	41.9	33.6	42.8
12:10:00	40.8	53.9	42.2	33.8	42.5
12:15:00	40.6	54.2	42.3	34.1	42.8
12:20:00	41.2	54.2	42.5	34.2	42.8
12:25:00	41.3	54.2	42.6	34.2	42.7
12:30:00	41.2	54	42.5	34.3	42.9
12:35:00	41.7	53.8	42.8	34.5	43
12:40:00	41.6	53.8	42.8	34.6	43.2
12:45:00	41.7	53.8	42.9	34.7	43.5

ตาราง ข.11 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจาก
เครื่องรับรังสีอาทิตย์ วันที่ 14/02/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
12:50:00	42	52.6	43	34.6	43.2
12:55:00	42.4	51.8	43.2	34.8	43.5
13:00:00	42.8	51.6	43.7	34.9	43.5
13:05:00	43.1	52.5	44.1	35	43.6
13:10:00	43.3	53.4	44.2	35.1	43.8
13:15:00	43	54	44.2	35	43.5
13:20:00	43.3	54.1	44.3	34.7	43.3
13:25:00	43.3	54.1	44.4	34.7	43.1
13:30:00	43.4	54.1	44.4	34.7	42.9
13:35:00	43.2	54.1	44.2	34.6	42.7
13:40:00	43.3	54	44.3	34.5	42.7
13:45:00	43.6	54.1	44.4	34.6	42.7
13:50:00	43.6	54.1	44.6	34.7	42.7
13:55:00	43.3	54.1	44.6	34.4	42.6
14:00:00	43.1	53.8	44.6	34.6	42.8
14:05:00	43.4	53.9	44.6	34.9	42.9
14:10:00	43.5	53.8	44.6	34.9	42.7
14:15:00	43.4	54	44.7	34.8	43.4
14:20:00	43	53.3	44.6	34.9	43.3
14:25:00	43.1	52.7	44.5	35	43.2
14:30:00	43.2	52.4	44.4	35.1	43.2
14:35:00	43.5	51.8	44.5	35.1	43.1
14:40:00	43.5	50.5	44.3	35.1	43
14:45:00	43.5	49.4	44.1	35.1	42.8
14:50:00	43.5	48.5	43.9	35.2	42.5
14:55:00	43.4	47.7	43.7	35.1	42.6
15:00:00	43.5	47.2	43.7	35.2	42.5
15:05:00	43.8	47.4	43.5	35.1	42.7
15:10:00	43.1	48.6	41.5	35	45.8
15:15:00	43.4	49.6	40.5	34.9	47.7
15:20:00	44	50.3	39.9	35	48.9
15:25:00	43.4	50.4	39.9	35	49.5
15:30:00	44.1	49.2	42.4	35	48.2
15:35:00	43.2	47.4	43.5	34.9	44.3
15:40:00	42.6	47.4	42.1	34.8	44.6
15:45:00	42.8	46	43	34.8	42.6
15:50:00	42.5	45.1	42.9	34.9	41.3
15:55:00	42.1	44.3	42.3	34.5	40
16:00:00	41.2	44	41.7	34.4	39.3
16:05:00	40.5	43	41.2	34.3	38.7
16:10:00	40	42.4	40.8	34.1	38.4
16:15:00	40.2	42.7	40.5	34	38.3
16:20:00	40.2	44.2	39.4	33.8	40.3
16:25:00	39.9	46	38.9	33.5	41.6
16:30:00	40.3	47.4	38.3	33.4	42.3

ตาราง ข.11 ข้อมูลรังสีอาทิตย์,อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับ
รังสีอาทิตย์ วันที่ 14/02/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
16:35:00	40.4	48	38.2	33.3	42.6
16:40:00	40.4	48.3	38.1	33.2	42.8
16:45:00	39.3	48.3	37.7	33.1	42.7
16:50:00	37.9	48.1	37.3	33	42.5
16:55:00	36.6	47.4	36.7	32.8	42
17:00:00	35.3	45.8	36.1	32.7	41.4



ตารางที่ ข.12 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับ
รังสีอาทิตย์ วันที่ 16/02/2552

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
9:00:00	27	32.7	27.7	24.2	30.3
9:05:00	27.9	32.5	28.6	24.6	30.3
9:10:00	28.5	32.9	29.4	24.9	30.8
9:15:00	28.9	33.5	29.9	25.3	31.2
9:20:00	29.4	34.1	30.5	25.7	31.8
9:25:00	30.1	34.7	31.1	26	32.4
9:30:00	30.3	35.3	31.7	26.5	32.8
9:35:00	30.9	36	32.4	26.9	33.7
9:40:00	31.3	36.5	32.9	27.1	34.4
9:45:00	31.3	36.7	33.1	27.6	34.6
9:50:00	31.5	36.8	33.5	28	34.4
9:55:00	31.6	37	33.7	28.2	34.6
10:00:00	31.5	37.6	34.3	28.7	35.2
10:05:00	32.4	38.3	34.8	29	35.4
10:10:00	32.9	39	35.3	29.4	35.8
10:15:00	33.6	39.7	36	29.8	36.9
10:20:00	34.5	40.4	36.5	30.2	37.5
10:25:00	34.3	41	36.8	30.7	38.2
10:30:00	34.3	41.6	37.3	31.1	39.1
10:35:00	35	42.3	37.8	31.5	39.7
10:40:00	35.5	42.7	38.1	31.8	40.4
10:45:00	34.9	43.2	38.2	31.9	40.6
10:50:00	35.4	43.4	38.3	32.3	40.4
10:55:00	35.7	43.4	38.3	32.4	40.1
11:00:00	35.2	43.3	38.3	32.6	40.2
11:05:00	35.8	43.3	38.4	32.5	40.2
11:10:00	36.2	43.7	38.7	32.6	40.7
11:15:00	36.8	44.1	39.2	32.6	41.4
11:20:00	37.1	44.7	39.4	32.6	41.5
11:25:00	37.1	45.2	39.8	32.8	42.3
11:30:00	37.6	45.9	40.3	33.4	42.5
11:35:00	38.2	46.7	40.9	33.8	43.5
11:40:00	38.2	47.5	41.5	34.1	43.9
11:45:00	38.8	48.3	41.9	34	44.9
11:50:00	39.3	48.8	42.2	33.9	45.3
11:55:00	39.1	48.8	42.3	34.2	45
12:00:00	39.6	49.2	42.5	34.1	45.1
12:05:00	39.2	49.6	42.5	34.6	44.9
12:10:00	40.1	50.1	42.9	34.7	45.4
12:15:00	40.3	50.5	43.1	35	45.9
12:20:00	41	51	43.4	35.4	46.2
12:25:00	41.3	51.6	43.7	35.3	46.3
12:30:00	41.6	51.7	43.8	35.6	46.2
12:35:00	42.2	51.7	43.9	35.7	46.4
12:40:00	42.8	51.9	44.2	35.7	46.4

ตาราง ข.12 ข้อมูลรังสีอาทิตย์ ,อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับ
รังสีอาทิตย์ วันที่ 16/02/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
12:45:00	42.8	52	44.3	35.7	46.6
12:50:00	43.1	52.3	44.5	35.6	47.2
12:55:00	42.5	51.5	44.3	35.8	46.7
13:00:00	42.7	50.5	44.5	36	46.5
13:05:00	43.1	50.2	44.8	35.9	46.6
13:10:00	43.6	50.1	45	36	46.2
13:15:00	43.9	50.8	45.2	35.8	46.1
13:20:00	44.2	51.2	45.3	35.8	46.4
13:25:00	44	51.3	45.4	35.9	46.1
13:30:00	44.3	51.3	45.5	35.9	46.2
13:35:00	44.1	51.3	45.5	36.1	46.3
13:40:00	44.4	51.3	45.5	35.7	46.2
13:45:00	44.2	50.8	45.4	35.8	45.1
13:50:00	44.5	50.5	45.4	36	45.1
13:55:00	43.9	50.5	45.5	36.4	45.2
14:00:00	43.9	50.6	45.6	36.5	45.3
14:05:00	43.4	50.4	45.6	36.5	45.4
14:10:00	44.5	50.3	45.6	36.5	45.6
14:15:00	44.4	50.2	45.6	36.6	45.5
14:20:00	43.6	49.9	45.6	36.6	45.4
14:25:00	43.1	49.7	45.1	36.3	45
14:30:00	42.8	49.2	44.8	36.3	44.8
14:35:00	42.7	48.8	44.5	36.3	44.3
14:40:00	42.9	48.2	44.2	36.1	43.8
14:45:00	43.5	47.5	44.1	36	43.6
14:50:00	44.2	47.2	44	36.1	43.8
14:55:00	44.2	46.8	43.8	35.9	43.5
15:00:00	43.9	46.3	43.4	35.9	43
15:05:00	43.6	45.9	43	35.8	42.4
15:10:00	43.7	45.5	42.8	35.8	42
15:15:31	43.6	45	42.8	35.6	41.6
15:20:31	43.7	44.5	42.8	35.7	41.4
15:25:31	43.2	44.1	42.5	35.5	40.9
15:30:31	42.9	43.7	42.2	35.4	40.6
15:35:31	42.5	43.2	41.9	35.3	40.2
15:40:31	42.3	42.6	41.6	35.2	39.9
15:45:31	42.4	42.3	41.4	35.2	39.8
15:50:31	42.3	42.1	41.2	35.2	39.7
15:55:31	42	41.8	41	34.9	39.4
16:00:31	41.6	41.7	40.6	35	39.3
16:05:31	41.1	41.6	40.6	35.1	39.2
16:10:31	39.8	41.3	40.2	35	39.1
16:15:31	39.4	40.8	39.7	34.8	38.5

ตาราง ข.12 ข้อมูลรังสีอาทิตย์ ,อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับ
รังสีอาทิตย์ วันที่ 16/02/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
16:20:56	39.3	40.2	39.4	34.7	38.1
16:25:56	38.9	39.7	38.9	34.6	37.6
16:30:56	38.9	39.6	38.6	34.4	37.4
16:35:56	38.9	39.8	38.3	34.3	37.1
16:40:56	38.8	39.7	38.3	34.2	37.1
16:45:56	38.6	39.7	38.2	34.1	37.1
16:50:56	38.3	39.5	38.1	34	37
16:55:56	37.5	39.1	37.8	33.9	36.7
17:00:56	36.6	38.4	37.3	33.7	36.1



ตาราง ข.13 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับ
รังสีอาทิตย์ วันที่ 17/02/2552

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
9:00:00	24.7	34.9	25	24.9	33.3
9:05:00	25.1	35.8	25.2	25.2	34.5
9:10:00	25.3	36.8	25.5	25.4	35.6
9:15:00	25.6	37.9	25.7	25.7	36.7
9:20:00	25.8	38.8	25.9	26	37.7
9:25:00	26.1	39.6	26.2	26.3	38.8
9:30:00	26.4	40.3	26.5	26.6	39.7
9:35:00	26.7	41.1	26.7	26.9	40.7
9:40:00	27.1	41.9	27.1	27.1	41.6
9:45:00	27.4	42.7	27.4	27.4	42.4
9:50:00	27.5	43.4	27.6	27.7	43.3
9:55:00	27.7	44.2	27.8	27.9	44.1
10:00:00	27.9	44.9	28.1	28.2	45
10:05:00	28.2	45.7	28.4	28.5	45.9
10:10:00	28.6	46.4	28.6	28.8	46.8
10:15:00	28.8	47.2	28.9	29.1	47.6
10:20:00	29	47.8	29.2	29.3	48.3
10:25:00	29.2	48.5	29.3	29.5	48.9
10:30:00	29.4	49	29.5	29.7	49.4
10:35:00	29.7	49.7	29.7	29.9	50.1
10:40:00	30	50.3	30	30.2	50.7
10:45:00	30.3	50.9	30.3	30.6	51.3
10:50:00	30.6	51.6	30.5	30.8	52
10:55:05	30.9	52.1	30.6	31.3	52.7
11:00:05	31.3	52.6	31	31.6	53.2
11:05:05	31.6	53.2	31.2	31.8	53.7
11:10:05	32.1	53.9	31.5	32.1	54.2
11:15:05	32.5	54.6	31.9	32.3	54.6
11:20:05	32.8	55.1	32.2	32.7	54.9
11:25:05	33.4	55.8	32.6	33.1	55.3
11:30:05	33.3	56.4	32.6	33.1	55.6
11:35:05	33.5	57.1	32.8	33.3	56.1
11:40:05	33.7	57.8	32.9	33.8	56.6
11:45:05	33.9	58.3	33.1	33.9	56.9
11:50:05	34.1	58.9	33.4	34	57.2
11:55:05	34.6	59.3	33.6	34.4	57.4
12:00:05	37	58.5	37	34.8	55.7
12:05:05	39.6	54.7	41	35.1	50.5
12:10:05	40.2	52.4	42.1	35.2	47.3
12:15:05	40.7	51.1	42.4	35.2	45.3
12:20:05	41.2	50.5	42.5	35.1	44.1
12:25:05	41.6	50	42.6	35.1	43.8
12:30:05	42.2	49.8	42.8	35.2	44
12:35:05	42.7	50	42.9	35.4	44.8
12:40:27	42.4	49.7	43	35.4	44.5

ตาราง ข.13 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับ
รังสีอาทิตย์ วันที่ 17/02/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	TIn	Ta	Ts
12:45:27	42.4	49.4	42.8	35.7	43.9
12:50:27	42.2	49.2	42.7	35.3	43.3
12:55:27	42.4	48.5	42.8	35.2	43.3
13:00:27	42.5	48.1	42.7	35	43
13:05:27	42.6	47.9	42.9	35	43.1
13:10:27	42.9	48.3	43	35	43
13:15:27	43.2	49	43.2	35	43.1
13:20:27	43.2	49.4	43.4	35.1	43.2
13:25:27	43.5	49.4	43.5	35.2	43.2
13:30:27	43.7	49.5	43.8	35.3	43.4
13:35:27	43.7	49.5	43.8	35.4	43.3
13:40:27	44.1	49.5	44	35.6	43.5
13:45:27	44.2	49.5	44	35.4	43.4
13:50:27	44.3	49.4	44.2	35.6	43.6
13:55:27	44.2	49.6	44.2	35.3	43.7
14:00:27	43.8	49.4	44.3	35.7	43.8
14:05:27	43.9	49.2	44.4	36	44
14:10:27	44.1	49.1	44.4	36.2	44.2
14:15:27	44.2	48.8	44.4	36.2	44.1
14:20:27	43.9	48.6	44.5	36.3	44.3
14:25:27	43.5	48.2	44.3	36.1	43.8
14:30:27	43.4	48	44.2	36	43.7
14:35:27	43.3	47.7	44.1	36	43.5
14:40:27	43.7	47.4	44	35.9	43.4
14:45:27	43.9	47	43.7	35.9	43.2
14:50:27	44.1	46.4	43.6	36	43.2
14:55:27	44.2	46.1	43.5	36	43.1
15:00:27	43.8	45.6	43.2	35.9	42.7
15:05:27	43.1	46.1	42	35.7	43.9
15:10:27	41.8	47.5	40.3	35.6	46.4
15:15:27	41	48.4	39.2	35.6	47.8
15:20:27	40.7	48.9	38.5	35.4	48.5
15:25:27	40.3	48.9	38.2	35.3	48.6
15:30:27	40.6	48.9	38	35.2	48.6
15:35:27	40.6	48.8	38	35.2	48.4
15:40:27	40.6	48.7	38	35.1	48.2
15:45:27	39.9	48.3	37.9	34.9	47.8
15:50:27	39.8	48.1	37.8	34.8	47.4
15:55:27	39.8	47.6	37.7	34.8	46.9
16:00:27	39.4	47.3	37.6	34.5	46.6
16:05:27	38.8	47	37.4	34.6	46.2
16:10:27	38.3	46.7	37	34.5	46

ตารางที่ ข.13 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับ
รังสีอาทิตย์ วันที่ 17/02/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
16:15:27	37.8	46.4	36.9	34.4	45.7
16:20:27	38	45.9	36.7	34.3	45.3
16:25:27	38.3	45.5	36.6	34.2	44.9
16:30:27	38.2	45.3	36.6	34.1	44.3
16:35:27	38.3	45	36.6	34.1	43.7
16:40:27	38	44.7	36.5	34.1	43.2
16:45:27	37.8	44.4	36.2	33.9	42.7
16:50:27	37.3	44	35.9	33.8	42.2
16:55:27	36.6	43.6	35.6	33.7	41.7
17:00:27	35.4	43	35.3	33.5	41.1



ตาราง ข.14 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับ
รังสีอาทิตย์ วันที่ 30/01/2552

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
12:30:00	55.2	57.2	53.8	36.8	54.5
12:35:00	56.4	54.9	51.7	38.6	51.8
12:40:00	59.4	55.2	52.3	38.1	54.1
12:45:00	59.8	56.1	52.9	38.2	54.8
12:50:00	60.2	57.7	53.5	37.9	55.4
12:55:00	60.9	58.9	54.2	37.5	56.1
13:00:00	61.3	59.9	54.9	37.5	56.7
13:05:00	61.6	60.3	55.2	37.4	56.8
13:10:00	61.7	60.7	55.4	37.4	56.9
13:15:00	61.9	60.9	55.4	37.3	56.8
13:20:00	62.3	61	55.4	37.4	56.7
13:25:00	62.3	61	55.5	37.6	56.8
13:30:00	62.3	61.1	55.4	37.6	56.5
13:35:00	62.7	61.2	55.6	37.8	56.6
13:40:00	62.8	61.4	55.8	37.9	56.9
13:45:00	62.7	61.2	55.8	38.1	56.8
13:50:00	62.5	61.2	55.9	38.2	56.7
13:55:00	61.3	60.7	55.8	38.3	56.3
14:00:00	59.8	60.5	55.5	38.4	56
14:05:00	59.1	60.2	55.4	38.4	56
14:10:00	58.5	59.7	55.1	38.3	55.7
14:15:00	57.8	59.2	54.8	38	55.3
14:20:00	57.9	58.2	54.4	38	54.9
14:25:00	57.9	56.7	54	38.1	54.9
14:30:00	57.3	55.5	53.3	38.1	53.7
14:35:00	57.3	54.7	52.7	38.2	53.5
14:40:00	57.5	54.1	52.3	38.3	53.4
14:45:00	57.9	53.7	51.9	38.4	53.1
14:50:00	58.1	53.2	51.4	38.5	52.4
14:55:00	56.5	52.8	51	38.7	51.8
15:00:00	54.9	52.5	50.5	38.7	50.9
15:05:00	54.3	52	49.7	38.7	49.9
15:10:00	54.3	51.9	49.3	38.8	49.5
15:15:00	53.2	51.6	49.2	38.9	49.9
15:20:00	52.5	51.1	48.8	38.9	49.3
15:25:00	51.9	50.5	48.4	39	48.7
15:30:00	51.5	50.1	48.1	39	48.4
15:35:00	51.1	49.8	48	38.8	48
15:40:00	50.9	49.4	47.7	38.9	47.8
15:46:00	50.7	49.1	47.5	39	47.6
15:51:00	52.2	49	48	39.1	47.4
15:56:00	53.1	48.4	47.6	39	47
16:01:00	53.3	47.9	47	38.9	46.5
16:06:47	53.2	47.6	46.5	38.6	45.7
16:11:47	53	47.8	46.2	38.3	45.4

ตาราง ข.14 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับ
รังสีอาทิตย์ วันที่ 30/01/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
16:16:47	52.6	48.3	46.7	38.1	44.9
16:21:47	52.1	48.3	46.7	38	44.5
16:26:47	51.3	48.1	46.6	37.7	43.8
16:32:28	51	47.8	46.1	37.6	43.3
16:37:28	50.3	47.4	45.6	37.5	42.7
16:42:28	48.7	47.1	45.1	37.3	42.2
16:47:28	47.8	46.6	44.6	37	41.8
16:52:28	47.9	45.5	43.8	36.8	41
16:57:28	47.8	44.8	43.1	36.5	40.2



ตาราง ข.15 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับ
รังสีอาทิตย์ วันที่ 31/01/2552

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
10:10:00	44.5	43.1	42	29.8	42.7
10:14:01	45.2	44.2	43.4	30.1	44.1
10:19:01	46.2	45.6	44.6	30.4	45.7
10:24:01	47.1	47	45.7	30.8	47.2
10:29:01	48.1	48.2	46.8	31.2	48.5
10:34:01	48.9	49.3	47.7	31.6	49.5
10:39:01	49.7	50.1	48.6	31.9	49.9
10:44:01	51.9	51.2	49.4	32.2	50.8
10:49:01	53.2	52.2	50	32.5	51.7
10:54:01	53.9	52.9	50.7	32.8	52.1
10:59:01	54.5	53.8	51.4	33	52.6
11:04:01	55.3	54.6	52	33.3	53.1
11:09:01	56.1	55.2	52.7	33.5	53.7
11:14:01	56.8	56	53.3	33.7	54.3
11:19:06	57.7	56.9	53.9	34	55.2
11:24:06	57.8	57.5	54.5	34.3	55.6
11:29:06	58.8	58.2	55	34.7	56.1
11:34:06	59.8	59.1	55.5	35	56.8
11:39:06	60.5	59.6	55.9	35.2	57.2
11:44:06	61.1	60.3	56.3	35.3	57.6
11:49:06	61.6	60.5	56.6	35.4	57.7
11:54:06	61.6	60.7	57	35.3	57.7
11:59:06	61.8	61.1	57.1	35.5	58
12:04:06	62	61.5	57.3	35.6	58.4
13:05:00	63.6	62.4	59.6	37.2	58.3
13:10:00	63.6	62.4	59.5	37.4	58.2
13:15:00	63.6	62.6	59.5	37.6	58.2
13:20:00	63.5	62.8	59.5	37.7	58
13:25:00	63.5	63	59.6	37.9	58.1
13:30:00	63.4	63.1	59.7	38.1	58.2
13:35:00	63.3	63.2	59.7	38.2	58.1
13:40:00	63.1	63.2	59.7	38.2	58
13:45:00	59.3	59.5	59.6	38.5	56.1
13:50:00	56.8	54.2	59	38.5	56.2
13:55:00	55.8	52.1	54.5	38.5	56.7
14:00:00	55.3	51.3	52	38.5	57
14:05:00	56.1	51	50.4	38.5	57.2
14:10:00	54.9	51	49.3	38.6	57
14:15:00	54.7	50.9	48.6	38.5	56.7
14:20:00	54.6	50.9	48.1	38.4	56.7
14:25:00	54.5	50.7	47.7	38.3	56.4
14:30:00	54.3	50.5	47.4	38.4	56.1
14:35:00	54.1	50.3	47.2	38.5	56
14:40:00	53.8	50.1	47	38.6	55.8
14:45:00	53.6	49.9	46.9	38.7	55.7

ตาราง ข.15 ข้อมูลรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิแวดล้อม และ ความเร็วลมที่ออกจากเครื่องรับ
รังสีอาทิตย์ วันที่ 31/01/2552 (ต่อ)

Time	Tb	Tout	Tin	Ta	Ts
14:50:00	53.4	49.6	46.9	38.7	55.5
14:55:00	53.3	49.3	46.8	38.7	55
15:00:40	53.2	49.1	46.9	38.9	54.5





ก.1 สมบัติทางความร้อนของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องรับรังสีอาทิตย์

ตาราง ก.1 Thermal properties of material

Material	Thickness (mm)	Density (Kg. m ⁻³)	Specific heat (J. kg ⁻¹ . K ⁻¹)	Thermal Conductivity	Thermal Emmisivity
Glass	5	2800	840	0.81	0.93
Brick	100	1920	1000	0.72	0.93
sandstone	-	2200	840	1.83	-
Charcoal	-	600	900	1.7	-

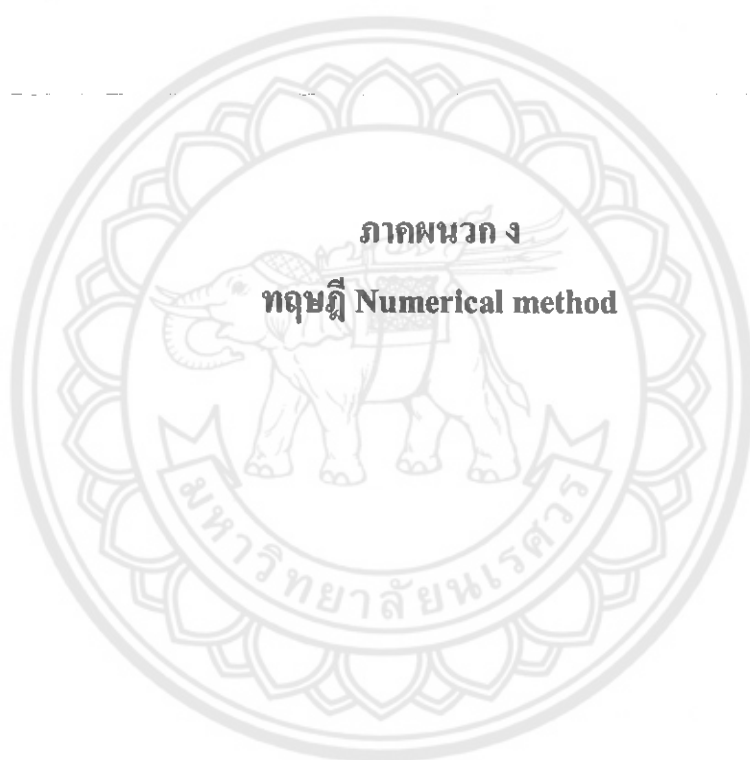
ก.2 คุณสมบัติของอากาศ (The properties of air)

คุณสมบัติของอากาศพิจารณาขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
คุณสมบัติของอากาศกับอุณหภูมิแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป

$$C_p = (0.9957 + 3.7 \times 10^{-5} T_A) \times 10^3$$

$$K_r = 0.0029 + 7.76 \times 10^{-5} T_A$$

$$\rho = 2.4405 - 4018 \times 10^{-3} T_A$$

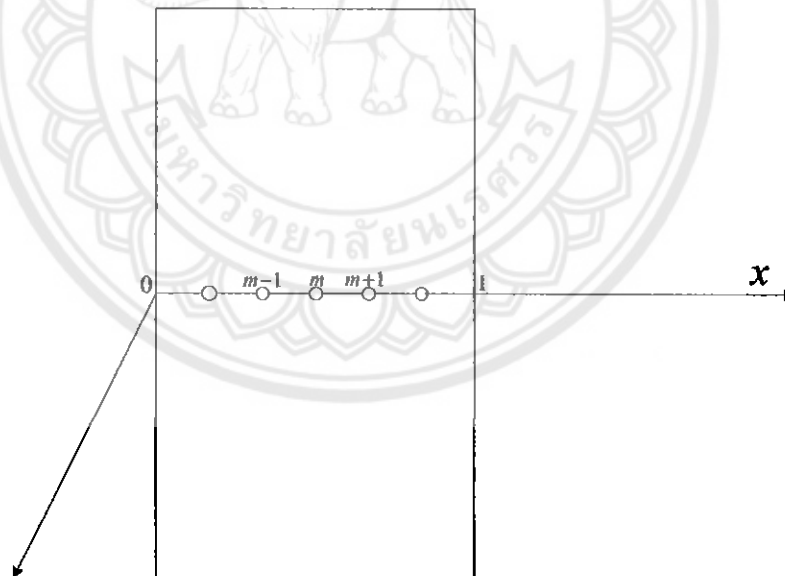


ทฤษฎี Numerical method

การนำความร้อนภายในวัตถุ 1 มิติ (One dimensional) ที่อยู่ในสภาวะไม่สม่ำเสมอ อุณหภูมิที่จุดใด ๆ ภายในเนื้อวัตถุอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลาพร้อม ๆ กับตำแหน่ง กล่าวคือ $T = T(x,t)$ ระบบมิติเดียวที่ไม่มีการดำเนินพลังงานภายในตัวกลางและสัมพันธ์กับการนำความร้อนที่มีค่าเท่ากันตลอดจะมีสมการเป็นดังนี้

$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = \alpha \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับมิติ 1 ตัว คือระยะทาง x และตัวแปรที่เป็นเวลา คือ t พื้นที่ ๆ จะวิเคราะห์จะถูกแบ่งออกเป็นส่วนเล็ก ๆ เพื่อวิเคราะห์ทาง Finite-difference และมีความหนา $0 < x < L$ ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็นช่องเล็ก ๆ ส่วนความกว้างนั้นไม่จำกัด และต้องการหาค่าของ T ที่แต่ละจุดที่เวลา t ใด ๆ ดังรูป 2.6



รูป ๓.1 แสดงการแบ่งจุดต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ Finite-difference

จากสมการ 2.15 เป็นสมการดิฟเฟอเรนเชียล ซึ่งจะต้องมีเงื่อนไขที่ขอบ (boundary condition) 2 เงื่อนไขในแกน x บวกกับเงื่อนไขเริ่มต้น (initial condition) ที่เวลา $t = 0$ อีกหนึ่งเงื่อนไขจึงแก้สมการได้

$$\text{เงื่อนไขเริ่มต้นที่: } t = 0, T(x, 0) = 0$$

$$x = 0, T(0, t) = T_0$$

$$\text{เงื่อนไขที่ขอบ: } x = L, T(L, t) = T_1$$

สมการอนุพันธ์อันดับที่ 1 และอันดับที่ 2 ของอุณหภูมิ $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ ที่จุด x_g และเวลา t สามารถเขียนให้อยู่รูปของ Finite-difference โดยประมาณได้ดังนี้

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{m,i} \cong \frac{T_{m+1}^i - T_m^i}{\Delta x}$$

$$\left. \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right|_{m,i} \cong \frac{\bar{T}_{m-1}^i - 2\bar{T}_m^i + \bar{T}_{m+1}^i}{(\Delta x)^2}$$

เมื่อ T_{m-1}^i และ T_{m+1}^i คืออุณหภูมิที่แต่ละข้างของจุด T_m^i ที่เวลา i และอนุพันธ์เทียบกับเวลาที่ตำแหน่ง m จะประมาณจาก

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{m,i} \cong \frac{T_m^{i+1} - T_m^i}{\Delta x}$$

เมื่อ T_m^{i+1} คือค่าอุณหภูมิที่จุด m ที่เวลา $i+1$ แทนค่าสมการ(2.21) และ (2.22) ลงไปในสมการที่ (2.20) จะได้เป็น

$$\frac{T_m^{i+1} - T_m^i}{\Delta x} = \alpha \frac{T_{m-1}^i - 2T_m^i + T_{m+1}^i}{(\Delta x)^2}$$

จัดรูปสมการใหม่จะได้ดังนี้

$$T_m^{i+1} = Fo(T_{m-1}^i + T_{m+1}^i) + (1 - 2Fo)T_m^i$$

เมื่อ $i = 0, 1, 2$ และ $Fo = \frac{\alpha \Delta t}{(\Delta x)^2}$

จากสมการที่ (2.19) เราเรียกว่า Explicit finite difference form of the one dimensional สมการนี้จะมีความเสถียรภาพ (Stability)



ประวัติผู้เขียนโครงการ



ชื่อ นายณัฐพงษ์ ใจชั้นกลาง
 ภูมิลำเนา 73/1 ม.1 ต.ฟากท่า อ.ฟากท่า จ.อุดรดิตถ์
 ประวัติการศึกษา
 - จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนฟากท่าวิทยา
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 5
 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร
 E-mail : bal.l@hotmail.com



ชื่อ นายเกียรติศักดิ์ ศาสตร์อนันต์
 ภูมิลำเนา 90/110 ม.7 ต.วาเลย์ อ.พมพระ จ.ตาก
 ประวัติการศึกษา
 - จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนแม่กุวิทยาคม
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 5
 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร
 E-mail : chengell_me@hotmail.com



ชื่อ นายทวีชัย ทาซอย
 ภูมิลำเนา 13 ม.2 ต.สองคอน อ.ฟากท่า จ.อุดรดิตถ์
 ประวัติการศึกษา
 - จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนฟากท่าวิทยา
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 5
 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร
 E-mail : tawichal_01@hotmail.com