สมรรถนะของระบบทำน้ำร้อนด้วยแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์

นายอนุสรณ์ อินทองคุ้ม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

Performance of Water Heating System using Compound Parabolic Troughs without Solar Tracking System

MR. ANUSORN INTHONGKHUM

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สมรรถนะของระบบทำน้ำร้อนด้วยแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา ผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์
โดย	นายอนุสรณ์ อินทองคุ้ม
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

……... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

…... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.อุริช อัชชโคสิต)

อนุสรณ์ อินทองคุ้ม : สมรรถนะของระบบทำน้ำร้อนด้วยแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Performance of Water Heating System using Compound Parabolic Troughs without Solar Tracking System) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ ดร วิทยา ยงเจริญ, 169 หน้า.

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาถึงสรรมถนะของระบบแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์สำหรับการทำน้ำร้อนอุณหภูมิใช้งานที่ 70 องศาเซลเซียส แผงรับแสงถูกออกแบบให้มีความสามารถในการรับรังสีได้กว้างถึง 80 องศา โดยไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ แผงรับแสงอาทิตย์มีขนาด 1 x 1.9 ตารางเมตร และประกอบไปด้วยรางจำนวน 3 รางอยู่ภายในแผงเดียวกัน ในรางพาราโบลาผสมมีหลอดแก้วสูญญากาศแบบฮีตไปป์รางละ 1 หลอด ในการทดสอบใช้อัตราการไหลของน้ำที่ 5.2 ลิตรต่อนาที เก็บข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ และ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิน้ำร้อนเข้าและออกจากแผง ตั้งแต่เวลา 08:00 ถึง 16:00 น. เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพตามรูปแบบของ ASHRAE 93-77 ผลจากการทดสอบพบว่าแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ 38.9 % และ แผงมีประสิทธิภาพ 26.6 % ที่อุณหภูมิใช้งาน 70 องศาเซลเซียส จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ และ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ปี 2554 ทำให้ทราบว่าแผงสามารถผลิตพลังงานความร้อนได้ 608.2 kWh ต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 16 ปี สำหรับระบบที่มีความแตกต่างอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะต้องใช้ชุดแผงที่มีแผงต่ออนุกรมกันเป็นจำนวน 7 แผง มีประสิทธิภาพโดยรวมของชุดแผงเป็น 24.7 % และต้องการความร้อนเสริม ขนาด 0.7 kW สำหรับวันที่มีความเข้มแสงอาทิตย์ต่ำ

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต...
ปีการศึกษา ....2556....................ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก........................

##5287633220 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORDS :SOLAR ENERGY,COMPOUND PARABOLIC TROUGH, NON-TACKING SOLAR COLLECTOR .

ANUSORN INTHONGKHUM :PERFORMANCE OF WATER HEATING SYSTEM USING COMPOUND PARABOLIC TROUGHS WITHOUT SOLAR TRACKING SYSTEM.ADVISOR :ASSOC.PROF. WITHAYA YONGCHAREON,169 PP.

This research is represent for testing a solar collector with compound parabolic trough non-tacking system. The objective of this research is to find the efficiency curve of heat pipe evacuated tube collectors (ETC) with compound parabolic trough non-tacking system for water heating application used at 70 degree Celsius. The collector is designed without the need for mechanical tracking of the sun and has an ability to operate efficiently under solar irradiation 80 degree wide angle. The solar collector has 1.9 m^2 and consists of multiple compound parabolic troughs. The troughs has heat pipe with diameter 0.10 meter to absorb the heat from the sun. The testing conditions use water flow rate at 5.2 lpm. The data consist of ambient temperature, irradiation, water inlet and outlet temperature during 08:00 AM – 04:00PM. The experiment result shown that the maximum performance of compound parabolic trough non-tacking solar collector system is 38.9 % . and has the efficiency of 26.6 % at the temperature of 70 degree Celsius The forecasting energy production this solar collector has ability to produce energy 608.2 kWh per year and payback period at 16 years. For heating application need 5 temperature difference, the 7 series collectors is needed and the system efficiency has 24.7%. In the low solar intensity ,the electric heater backup is needed at the capacity of 0.7 kW.

Field of Study: Energy Technology and Management Student's Signature.............................
Academic Year: 2013 Advisor's Signature..............................

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงได้เลยหากไม่ได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือจากอาจารย์ รศ.ดร. วิทยา ยงเจริญ และ ดร.วัฒนา รติสมิทธ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่ามาช่วยตรวจสอบนับตั้งแต่เริ่มต้นดำเนินการจนเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ทั้งการให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ไข ปรับปรุงข้อบกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณณรงค์ อมรพิทักษ์พันธ์ บริษัท AMP METALWORKS ประเทศไทย จำกัด ที่ได้สร้างรางรับแสงอาทิตย์สำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้ และ ดร.อุริช อัชชโคสิต ซึ่งเป็นกรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ท่านได้กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและให้คำปรึกษาในทุกๆ ด้าน ตลอดจนเจ้าหน้าที่บัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงานทุกท่านที่ให้ความสะดวกด้านอำนวยการ และ ประสานงาน ในการทำวิทยานิพนธ์ให้ผู้เขียนตลอดมา ทำให้การจัดทำวิทยานิพนธ์ของผู้เขียนครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ที่ให้ชีวิต ให้กำลังใจและอยู่เคียงข้างตลอดเวลาในระหว่างการศึกษาวิจัยและที่ลืมไม่ได้คือ เพื่อนๆ และ พี่ๆทุกๆคนที่บริษัทออโต้ อินโฟ รวมถึงผู้บริหารที่ได้ให้โอกาสและเวลาในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาส นี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย………………………………………………………………………… ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ... จ
กิตติกรรมประกาศ.. ฉ
สารบัญ... ช
สารบัญตาราง.. ญ
สารบัญรูป.. ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ... ฒ
บทที่ 1 บทนำ.. 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.. 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.. 2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.. 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา……….. 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ... 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.. 4
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์.. 4
2.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มแสงอาทิตย์………………..……………… 6
2.1.2 การวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์……………………..……………. 6
2.1.3 ชนิดของรังสีอาทิตย์………………..………………..……………….. 8
2.2 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย…………………………………. 9
2.3 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์……………..……………………………………. 10
2.4 เทคโนโลยีระบบทำความร้อนด้วยการรวมแสงอาทิตย์………………………… 11
2.4.1 แบบระบบพาราโบลา………………….………………………………… 11
2.4.2 แบบระบบหอคอย…..………………….……………………………….. 11
2.4.3 แบบระบบจานพาราโบลา………………….…………………….……… 12
2.5 เทคโนโลยีระบบการทำความร้อนด้วยแผงรับแสงอาทิตย์…………………….. 13
2.5.1 แผงรับแสงอาทิตย์แบบท่อแก้วสูญญากาศ………………………….. 13

หน้า

2.5.2 แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ.................................. 14

2.5.3 แผงรับแสงอาทิตย์แบบฮีตไปป์.................................. 15

2.6 ส่วนประกอบของระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์.................................. 16

2.7 ระบบหมุนเวียนของน้ำร้อน.................................. 17

2.7.1 ระบบขับเคลื่อนด้วยปั๊ม.................................. 17

2.7.2 ระบบไหลเวียนโดยธรรมชาติ.................................. 17

2.8 การเลือกใช้งานระบบน้ำร้อน.................................. 18

2.9 การคำนวณทางความร้อน.................................. 20

2.10 การทดสอบหาประสิทธิภาพ.................................. 22

2.11 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์.................................. 24

2.11.1 วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ.................................. 25

2.11.2 วิธีอัตราผลตอบแทนภายใน.................................. 26

2.11.3 วิธีระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด.................................. 26

2.12 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.................................. 28

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.................................. 31

3.1 รายละเอียดข้อมูลแผงรับแสงอาทิตย์แบบไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ 31

3.2 แผนผังการทดสอบ.................................. 35

3.3 เงื่อนไขและวิธีการทดสอบ.................................. 36

3.4 รายการอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ.................................. 39

3.5 การดำเนินการทดสอบ.................................. 48

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล.................................. 52

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์.................................. 53

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม.................................. 53

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าแผงรับแสงอาทิตย์.................................. 54

4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิน้ำออกจากแผงรับแสงอาทิตย์.................................. 55

4.5 สรุปผลการทดสอบของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่นที่ 3.................................. 56

4.6 สมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd 59

4.7 ผลวิเคราะห์พลังงานที่แผงรับแสงอาทิตย์ผลิตได้ตลอดทั้งปี 60

4.8 สมรรถนะของระบบทำน้ำร้อน 62

หน้า

4.8.1 ผลวิเคราะห์อุณหภูมิสุดท้าย 62
4.8.2 ผลวิเคราะห์ประสิทธิภาพ 64
4.9 การหาความร้อนสำรองโดยการใช้ฮีทเตอร์ไฟฟ้า.. 67
4.11 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์.. 69
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.. 72
5.1 ผลการวิจัยและอภิปรายผล... 72
5.2 ข้อเสนอแนะ.. 73
รายการอ้างอิง.. 74
ภาคผนวก.. 76
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ.. 77
ภาคผนวก ข ตารางการเก็บข้อมูลของวันที่ทดสอบ... 89
ภาคผนวก ค ตารางการพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมง.......................... 118
ภาคผนวก ง ตารางสรุปข้อมูลเฉลี่ยรายชั่วโมงของวันที่ทำการทดสอบ.................. 141
ภาคผนวก จ ตารางข้อมูลสิ่งแวดล้อมและความเข้มแสงอาทิตย์ปี 2554............... 144
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……………………………………………………………….. 169

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าแบบต่างๆ.......... 13
ตารางที่ 2.2 ลักษณะการใช้งานระบบน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ.......... 18
ตารางที่ 2.3 ข้อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ กับ ไฟฟ้าและก๊าซ.......... 19
ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะของแผงทดสอบรุ่น 3rd 35
ตารางที่ 3.2 ตัวแปรและเงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบ.......... 36
ตารางที่ 3.3 ตารางการบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 นาที.......... 37
ตารางที่ 3.4 รายละเอียดจุดวัดของการทดสอบ.......... 49
ตารางที่ 4.1 วันที่ทดสอบและสภาวะในการทดสอบ.......... 52
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการวิเคราะห์หาสมรรถนะของแผง.......... 58
ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการทดแทนเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ 61
ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิที่แผงทำได้เมื่อนำมาต่ออนุกรมกันเป็นจำนวน 10 แผง.......... 63
ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพของแผงที่ลดลงเมื่อนำมาต่ออนุกรมกัน.......... 64
ตารางที่ 4.6 สมมุติฐานของผลิตภัณฑ์แผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd 69
ตารางที่ 4.7 ราคาประเมิณของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd.......... 70
ตารางที่ 4.8 ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของแผงรับแสงรุ่น 3rd 70

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 พลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์... 4

ภาพที่ 2.2 แสดง spectrum ของแสงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่น 200 - 2500 nm เปรียบเทียบระหว่างรังสีบนพื้นโลกกับรังสีในอวกาศ 5

ภาพที่ 2.3 ปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ในวันที่ฟ้าใสไม่มีเมฆและความเข้มแสงอาทิตย์ในวันที่มีเมฆฝน 7

ภาพที่ 2.4 แสดงกราฟรังสีอาทิตย์และเครื่องมือวัดต่างๆ 7

ภาพที่ 2.5 แสดงการเคลื่อนที่ของรังสีตรงและรังสีกระจาย 8

ภาพที่ 2.6 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542) 9

ภาพที่ 2.7 แสดงรูปรางแบบพาราโบลาและหลักการทำงาน...................................... 11

ภาพที่ 2.8 แสดงรูปแบบระบบหอคอยและหลักการทำงาน.. 12

ภาพที่ 2.9 แสดงรูปพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลาและหลักการทำงาน........... 12

ภาพที่ 2.10 แผงรับแสงอาทิตย์แบบท่อแก้วสูญญากาศ.. 14

ภาพที่ 2.11 แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ... 15

ภาพที่ 2.12 การนำแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบไปใช้งาน.................................... 15

ภาพที่ 2.13 แผงรับแสงอาทิตย์แบบฮีตไปป์ (Heat Pipe).. 16

ภาพที่ 2.14 ระบบหมุนเวียนโดยใช้ปั๊ม (Active System) 17

ภาพที่ 2.15 ระบบหมุนเวียนโดยธรรมชาติ (Passive System) 18

ภาพที่ 2.16 ระบบการทดสอบหาประสิทธิภาพ.. 22

ภาพที่ 2.17 สมการสมรรถนะของแผงตามมาตราฐาน ASHRAE 93-77......................... 23

ภาพที่ 2.18 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการรับรังสีของรางที่ออกแบบกับรางพาราโบลาปกติ... 30

ภาพที่ 2.19 แผงรับแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาที่ออกแบบสำหรับรวมแสง.......................... 30

ภาพที่ 3.1 โครงสร้างของแผงรุ่น 3rd Prototype พาราโบลาแบบผสม 31

ภาพที่ 3.2 การวางแผ่นดูดซับแสง.. 32

ภาพที่ 3.3 การรับแสงในช่วงเวลาต่างๆของแผงทดสอบรุ่น 3.................................... 33

ภาพที่ 3.4 แสดงภาพการสะท้อนของแสงเปรียบเทียบกับการจำลองทางคณิตศาสตร์....... 34

ภาพที่ 3.5 รูปแผงที่ใช้สำหรับทำการทดสอบ... 34

หน้า

ภาพที่ 3.6 แผนผังการทดสอบแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์…………………………………………………….. 35
ภาพที่ 3.7 การดำเนินการทดสอบและบันทึกผล………………………………………… 38
ภาพที่ 3.8 มอเตอร์ปั๊มน้ำ…………………………………………………………… 39
ภาพที่ 3.9 หอระบายความร้อน………………………………………………………….. 40
ภาพที่ 3.10 เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ……………………………………………….. 41
ภาพที่ 3.11 เครื่องปรับความเร็วรอบมอเตอร์……………………………………………... 42
ภาพที่ 3.12 เครื่องวัดรังสีอาทิตย์ …………………………………………………………. 43
ภาพที่ 3.13 ชุดตรวจวัดอุณหภูมิน้ำร้อน…………………………………………………… 44
ภาพที่ 3.14 ชุดควบคุม……………………………………………………………………….. 45
ภาพที่ 3.15 ชุดคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมเก็บข้อมูล……………………………………. 46
ภาพที่ 3.16 ชุดควบคุมHeaterไฟฟ้า………………………………………………………. 47
ภาพที่ 3.17 ตำแหน่งสถานที่ทำการทดสอบ………………………………………………. 48
ภาพที่ 3.18 แสดงหน้าจอที่ใช้สั่งการทำงานและเก็บข้อมูลของแผง………………………… 48
ภาพที่ 3.19 แสดงจุดตรวจวัดในการทดสอบ………………………………………………. 49
ภาพที่ 3.20 แสดงการวางแผงเพื่อทดสอบหาสมรรถนะ……………………………………. 50
ภาพที่ 4.1 ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ ……………………………….. 53
ภาพที่ 4.2 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม °C ของการทดสอบ…………………………………… 54
ภาพที่ 4.3 อุณหภูมิน้ำเข้าแผงทดสอบ °C ……………………………………………….. 54
ภาพที่ 4.4 อุณหภูมิน้ำขาออกจากแผงทดสอบ °C ……………………………………... 55
ภาพที่ 4.5 แสดงกราฟประสิทธิภาพของรางรุ่น 3rd Prototype …………………………… 59
ภาพที่ 4.6 ค่าพลังงานที่แผงทำได้รายเดือนจากการพยากรณ์ของปี2554 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส………………………………………………………………… 60
ภาพที่ 4.7 ค่าพลังงานที่แผงทำได้ต่อปีตามอุณหภูมิน้ำป้อนต่างๆ……………………….. 61
ภาพที่ 4.8 กราฟอุณหภูมิของแผงรุ่น 3rd เมื่อนำมาต่ออนุกรมกัน 10 แผง………………… 63
ภาพที่ 4.9 กราฟประสิทธิภาพของแผงรุ่น 3rd เมื่อนำมาต่ออนุกรมกัน 10 แผง………….. 65
ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิตามปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์………….. 66
ภาพที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพตามปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์……… 66
ภาพที่ 4.12 ค่าอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุดของแผงรับแสงอาทิตย์ในเดือนพฤศจิกายน2554……… 67

หน้า
ภาพที่ 4.13 แผงรับรังสีอาทิตย์รุ่น 3 ที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์…………….. 69
ภาพที่ 5.1 ตัวอย่างการต่อแผงอนุกรมกันที่ 7แผงและขนานกัน 4 ชุด…………………… 73

คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์		หน่วย
$\dot{m}$	อัตราการไหลของน้ำ……………………………………………………………	kg/s
Cp	ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ……………………………………………………	kJ/kg.K
$Tout$	อุณหภูมิน้ำร้อนออกจากแผงรับแสงอาทิตย์…………………………………...	^{o}C
Tin	อุณหภูมิน้ำร้อนเข้าแผงรับแสงอาทิตย์……………………………….............	^{o}C
Q_C	พลังงานของระบบที่เวลาใดๆ…………………………………………………...	Watt
Q_{in}	พลังงานที่ได้รับจากแผงอาทิตย์ที่เวลาใดๆ………………………………………..	Watt
Q_{total}	พลังงานที่ให้กับระบบทั้งหม………………………………………………………	Watt
Q_{useful}	พลังงานที่นำมาใช้ประโยชน์ …………………………………………………..	Watt
Q_{loss}	พลังงานที่สูญเสีย …………………………………………………………………	Watt
$I(t)$	ค่ารังสีตรงจากแสงอาทิตย์……………………………………………………..	W/m^2
A	พื้นที่รับแสงอาทิตย์……………………………………………………………..	m^2
η_c	ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์…………………………………………	%
$I_{t\theta}$	ค่ารังสีตรงจากแสงอาทิตย์……………………………………………………...	W/m^2
$(\tau\alpha)_\theta$	ค่าการทะลุผ่านของแผ่นปิดคูณค่าการดูดซับของแผ่นรับแสงที่มุมแสงตกกระทบ……………………………………………………………………………..	
F_R	ค่าเฟคเตอร์การดึงความร้อนของตัวเก็บรังสี (Heat removal factor) ……………..	
U_L	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านบน……………………………………...	W/m^{2}K
t_{fi}	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ที่เวลาใดๆ……………………………………………………	^{o}C
t_{at}	อุณหภูมิอากาศภายนอกที่เวลาใดๆ……………………………………………....	^{o}C
NPV	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ……………………………………………………………....	บาท
IRR	อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ………………………………………….........	%
$DPBP$	ระยะเวลาคืนทุนตามมูลค่าปัจจุบัน ……………………………………….…......	ปี
B	เงินที่ได้รับจากโครงการหลังจากหักค่าใช้จ่าย……………………………………	บาท
n	ระยะเวลาของโครงการ…………………………………………………………	ปี
I	เงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการ…………………………………………………	บาท

สัญลักษณ์		หน่วย
i'	อัตราลดค่าที่เหมาะสม	%
i	อัตราดอกเบี้ย...	%
j	อัตราเงินเฟ้อ...	%

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากการเพิ่มขึ้นของประชากรในโลก ทำให้เกิดการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก โดยแหล่งพลังงานส่วนใหญ่เป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากน้ำมันและก๊าซธรรมชาติหรือ(ฟอสซิล: Fossil) ที่กำลังจะหมดไปอย่างรวดเร็ว จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการศึกษาค้นคว้าหาแหล่งพลังงานใหม่ๆ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงที่กำลังจะหมดไป อีกทั้งยังจะต้องคำนึงถึงแหล่งพลังงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันระบบการทำความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์โดยใช้รางสะท้อนแสงชนิดรางพาราโบลิกต้องมีระบบติดตามดวงอาทิตย์ จึงจะสามารถทำอุณหภูมิได้สูงและไม่สามารถรับรังสีกระจายได้ ทำให้ระบบมีความซับซ้อนและค่าบำรุงรักษาสูง จึงไม่เหมาะสมในการใช้งานในประเทศไทยที่มีอัตราส่วนรังสีกระจายค่อนข้างสูง หากใช้วิธีการทำความร้อนที่ได้จากแผงรุ่น 3 ที่ออกแบบให้มีการรวมแสงขนาด 3.2 เท่า ด้วยแผงทรงพาราโบลาผสม ร่วมกับฮีตไปป์ โดยมีการออกแบบแผงรับแสงให้มีความสามารถรับรังสีกระจายได้กว้างถึง 80 องศา จึงทำให้ไม่ต้องพึ่งพาระบบติดตามดวงอาทิตย์ สามารถรับแสงได้ไม่ต่ำกว่า 76% ตลอดทั้งวัน ตั้งแต่ช่วงเวลาประมาณ 9.00 น. ถึง 15.00 น. ทำให้ไม่ต้องมีส่วนเคลื่อนไหวและระบบควบคุมที่ซับซ้อน ง่ายต่อการบำรุงรักษาและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงทำให้มีความเป็นไปได้ในการทำความร้อนได้สูงมากกว่า 100 องศา เนื่องจากการรวมแสง และ เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย ทำให้สามารถนำเอาน้ำร้อนที่ได้ไปใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น การนำเอาไปใช้ทำความเย็นร่วมกับเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ(Absorption Chiller) ที่อยู่ในบ้านพักที่อยู่อาศัย หรือ รีสอร์ทและการหุงต้มอาหาร เป็นต้น ทำให้ช่วยลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลลงได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การทดสอบหาสมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3 ที่ถูกออกแบบให้มีความสามารถในการทำความร้อนได้สูงโดยใช้การรวมแสงขนาด 3.2 เท่า และ ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์ตัวแปรอิสระ เช่น ความเข้มของ

แสงอาทิตย์ ตามช่วงเวลาตั้งแต่ 08:00 ถึง 16:00 นาฬิกา ของพื้นที่บนดาดฟ้าอาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ตัวแปรตาม คือ อุณหภูมิน้ำร้อนออก ของแผงรับแสง ตัวแปรคงที่ คือ อุณหภูมิน้ำร้อนเข้า และ อัตราการไหลของน้ำที่ทดสอบ โดยใช้ปั๊มส่งน้ำไหลเวียนพาความร้อนที่ได้รับ ซึ่ง เชื่อมต่ออยู่กับแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาผสมที่มีฮีตไปป์เชื่อมต่อกับวงจรการไหลเวียนโดยใช้น้ำ ผ่าน ไปยังหอระบายความร้อน ส่วนประกอบของแผง ประกอบไปด้วยรางรวมแสงแบบพาราโบลาผสมจำนวน 3 รางที่มีขนาดรวม 1 x 1.9 เมตร ภายในท่อหลอดแก้วรวมรังสีเป็นฮีตไปป์ที่มีความสามารถทำความร้อนได้สูง ประมาณ 190 องศาเซลเซียส (ข้อมูลจากเจ้าของผลิตภัณฑ์) จำนวน 3 หลอด มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหลอดละ 0.10 เมตร และ มีปั๊มขับดันน้ำให้เป็นตัวกลางพาความร้อนจากฮีตไปป์ไปยังถังน้ำร้อนขนาด 50 ลิตร โดยจะมีระบบตรวจวัด อุณหภูมิความร้อนของน้ำเข้าและออกจากแผง ที่ติดอยู่กับหัวของหลอดแก้วแบบฮีตไปป์จำนวน 2 จุด อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และความเข้มแสงอาทิตย์ มีชุดควบคุมอัตราการไหลให้คงที่ด้วยเครื่องปรับความเร็วรอบมอเตอร์ และชุดควบคุมความร้อน ขนาด 9 kW สำหรับควบคุมอุณหภูมิน้ำป้อนให้ได้ตามเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 30,40,50,60 และ 70 องศาเซลเซียส พร้อมเก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที เพื่อใช้วิเคราะห์หาสมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์รุ่น 3

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาสมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์ แบบไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์
2. เพื่อวิเคราะห์หาพลังงานที่แผงแสงอาทิตย์ทำได้ต่อปี

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ทดสอบแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์และมีคุณสมบัติในการรับรังสีตรงและรังสีกระจายได้ดี
2. ทำการศึกษาเฉพาะแผงรวมแสงแบบรางพาราโบลาผสม (CPC: Compound Parabolic Concentrator) ที่ไม่อาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์

3. ศึกษาตัวแปรอิสระ ได้แก่ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ความเข้มของแสงอาทิตย์ ตัวแปรตาม ได้แก่ อุณหภูมิน้ำออกจากแผงรวมแสง และค่าคงที่คือ อุณหภูมิน้ำเข้าและ อัตราการไหลของน้ำ

4. ทดสอบระบบเพื่อหาประสิทธิภาพตามรูปแบบของ ASHRAE 93-77
5. วิเคราะห์ผลพลังงานความร้อนที่แผงทำได้ตลอดปี
6. วิเคราะห์ผลที่ได้เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความร้อน

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

1. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย เทคโนโลยีด้านพลังงานแสงอาทิตย์และวิธีการหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์
2. หาประสิทธิภาพของรางรับแสงอาทิตย์โดยทำการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิน้ำ ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ ที่อัตราการไหล 5.2 ลิตรต่อนาที พร้อมทั้งควบคุมอุณหภูมิน้ำป้อนให้ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดที่อุณหภูมิ 30, 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส
3. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์ ในช่วงอุณหภูมิใช้งาน 30 ถึง 70 องศาเซลเซียส
2. ทราบพลังงานที่แผงแสงอาทิตย์ทำได้ต่อปี
3. ปริมาณความร้อนเสริมที่ต้องใช้กับเครื่องปรับอากาศแบบที่ต้องการอุณหภูมิแตกต่าง 5 องศา ตลอดทั้งวัน
4. ผลการประหยัดพลังงานโดยเทียบกับการใช้ไฟฟ้าในการทำความร้อน
5. ระยะเวลาคืนทุน

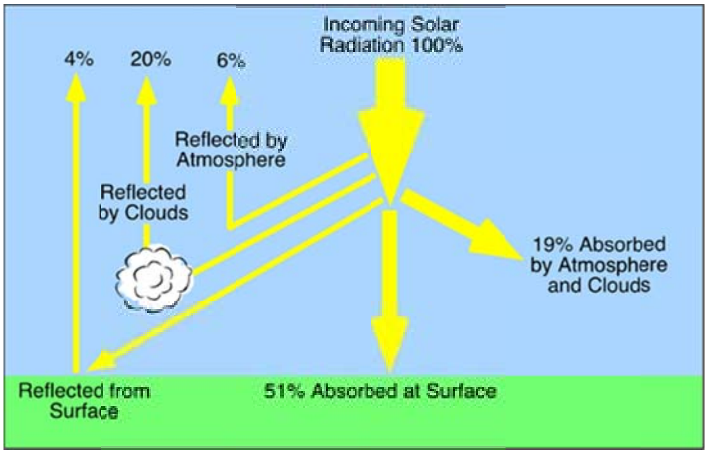
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาของบทนี้จะกล่าวถึง พลังงานแสงอาทิตย์และการทดสอบหาสมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ในการศึกษาหาสมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์ ที่ถูกออกแบบให้ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ ดังมีหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 **พลังงานแสงอาทิตย์** [8]

“ดวงอาทิตย์” เป็นกลุ่มก๊าซร้อนรูปทรงกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.39×10^9 เมตรและมีระยะทางห่างเฉลี่ยจากโลกประมาณ 1.5×10^{11} เมตร " พลังงานแสงอาทิตย์ " เป็นพลังงานสะอาดไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ อันจะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

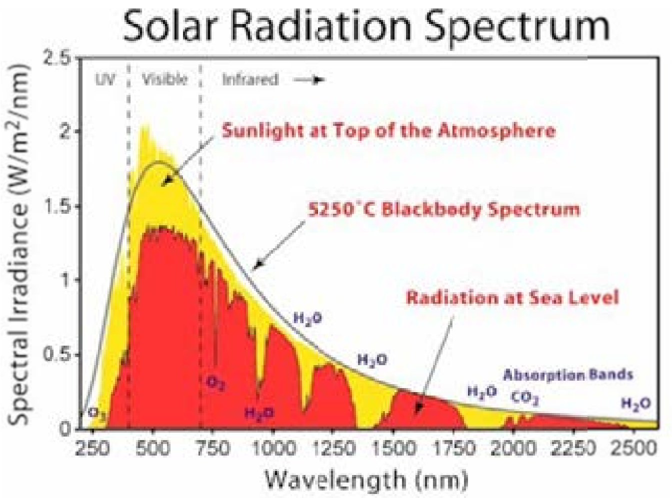
แสงจากดวงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ (Thermonuclear reaction) หรือ ปฏิกิริยาหลอมตัวทางนิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์ เมื่อแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงนอกชั้นบรรยากาศของโลกจะมีความเข้มแสงโดยเฉลี่ยประมาณ 1,350 วัตต์ต่อตารางเมตร แต่กว่าจะลงมาถึงพื้นโลก พลังงานบางส่วนต้องสูญเสียไปเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศต่าง ๆ ที่ห่อหุ้มโลก เช่น ชั้นโอโซน ชั้นไอน้ำ ชั้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความเข้มแสงลดลง เหลือประมาณ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร หรือประมาณ ร้อยละ 70 ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับบนพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง จะมีปริมาณสูงสุดเมื่อพื้นที่นั้นทำมุมตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ ดังนั้นหากต้องการให้พื้นที่ใดได้รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดต่อวัน ก็จะต้องปรับพื้นที่รับแสงนั้น ๆ ตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปสู่ทิศตะวันตกเสมอ



ภาพที่ 2.1 พลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ [9]

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีความสำคัญ เป็นพลังงานที่หล่อเลี้ยงสิ่งมีชีวิตบนโลก ทุกชีวิตบนโลกไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้โดยปราศจากดวงอาทิตย์ แสงอาทิตย์ที่ส่องถึงโลกถือว่าเป็นพลังงานอันน้อยนิด เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานที่ปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์ทั้งหมด พลังงานที่โลกได้รับจากแสงอาทิตย์เพียง 1 ชั่วโมง มากกว่าพลังงานที่ประชากรโลกใช้ตลอดทั้งปี

แสงอาทิตย์ที่ส่องถึงพื้นผิวโลกจะทำให้ spectrum ของแสงอาทิตย์ เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเนื่องจากการดูดซับ (absorption) และการกระเจิง (scattering) โดยอะตอมและโมเลกุลของก๊าซ ไอน้ำ aerosols และ อนุภาคต่างๆ บางส่วนสะท้อนกับสู่อวกาศประมาณร้อยละ 30 ดูดซับโดยชั้นบรรยากาศประมาณร้อยละ 19 และเคลื่อนที่สู่พื้นโลกร้อยละ 51



ภาพที่ 2.2 แสดง spectrum ของแสงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่น 200 - 2500 nm เปรียบเทียบระหว่างรังสีบนพื้นโลกกับรังสีในอวกาศ [9]

อะตอมและโมเลกุลของออกซิเจนและไนโตรเจน ดูดซับแสงความยาวคลื่นสั้น ทำให้เกิดการ block แสงที่ความยาวคลื่นน้อยกว่า 190 nm เมื่อโมเลกุลของออกซิเจนดูดซับแสงทำให้เกิดการแตกตัวจนเกิด โอโซน ซึ่งโอโซนก็จะดูดซับรังสี UV ในช่วงความยาวคลื่น 200-300 nm ได้ดี ส่วนไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถดูดซับรังสีในย่าน infrared ความยาวคลื่นของรังสีขึ้นกับการกระเจิงแบบ Rayleigh scattering และการกระเจิงของ Aerosols* หรืออนุภาคอื่นๆ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง spectrum ของแสงอาทิตย์ การกระเจิงของแสงทำให้ท้องฟ้าเป็นสีฟ้าเนื่องจากโมเลกุลของก๊าซอ๊อกซิเจน และไนโตรเจน จะกระเจิงแสงในช่วงความถี่สูงได้ดีกว่า ดังนั้น

จึงมองเห็นท้องฟ้าเป็นสีฟ้า ส่วนในเวลาเย็นหรือเช้า แสงจะทำมุมเฉียงกับพื้นโลก และต้องผ่านบรรยากาศหนาขึ้น แสงสีฟ้าส่วนใหญ่จะกระเจิงออกไปหมด ส่วนหนึ่งจะหายไปในอวกาศ ทำให้แสงที่เหลือเป็นพวกสีส้มสีแดง จึงทำให้มองเห็นท้องฟ้าเป็นสีส้มๆ ในช่วงเช้าและเย็น แต่ถ้าไม่มีชั้นบรรยากาศจะเห็นท้องฟ้าเป็นสีดำ

(*aerosols เป็นอนุภาคของแข็งซึ่งรวมถึงควันไฟ และฝุ่นละออง มีขนาดตั้งแต่ 1 nm จนถึง 100 nm)

2.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มแสงอาทิตย์

1.การสะท้อนออกสู่อวกาศเนื่องจากชั้นบรรยากาศ

2.การดูดซับโดยโมเลกุลในบรรยากาศ เช่น ไอน้ำ ก๊าซโอโซน คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน เป็นต้น

3.Rayleigh Scattering การกระเจิงของแสงเนื่องจากโมเลกุลของอากาศ

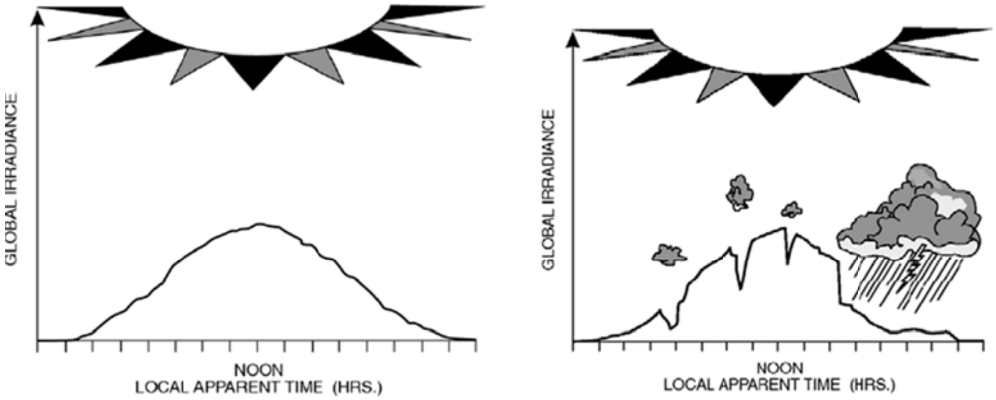
4.Mie Scattering การกระเจิงเนื่องจากฝุ่น และมลพิษทางอากาศ

5.ปริมาณเมฆในท้องฟ้า

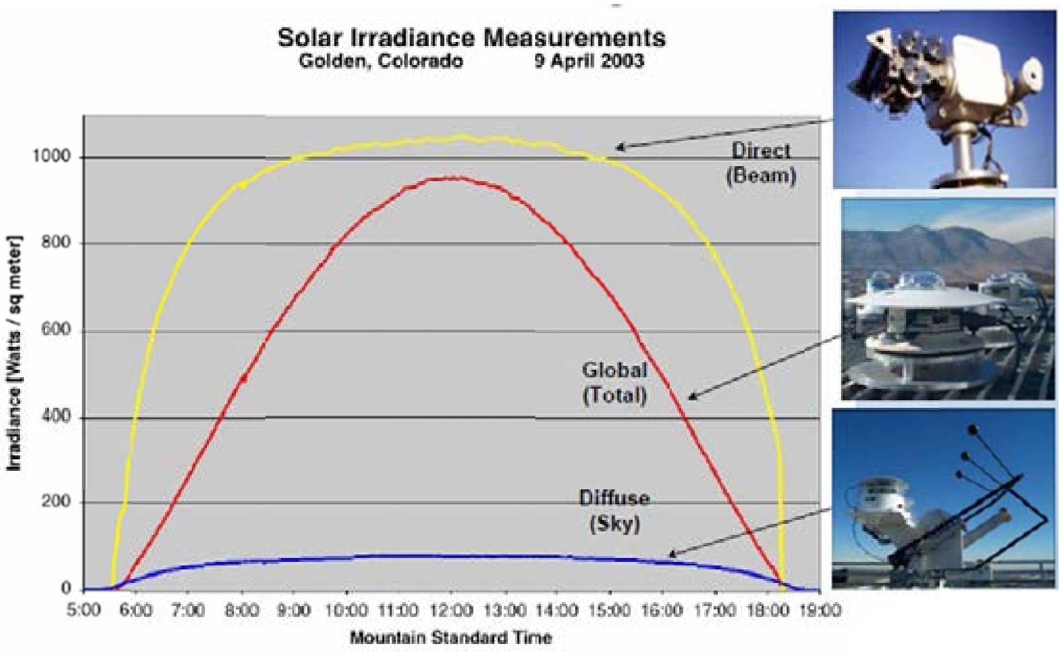
2.1.2 การวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์

การวัดรังสีรวมจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ไพรานอมิเตอร์ (pyranometer) ซึ่งใช้ thermoelectric sensor จะมี sensor ที่ทำด้วย โลหะ 2 ชนิดซึ่งเชื่อมติดกัน โดยปลายข้างหนึ่งเป็น hot junction และอีกข้างหนึ่งเป็น cold junction เมื่อ hot junction ถูกรังสีจากดวงอาทิตย์ ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิและก่อให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น โดยโลหะดังกล่าวจะทำหน้าที่เป็น thermocouple แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับความเข้มของแสงอาทิตย์

การวัดความเข้มแสงอาทิตย์ในวันที่ฟ้าใสไม่มีเมฆลักษณะกราฟจะมีการแจกแจงคล้ายรูป Gaussian แต่ถ้ามีเมฆเพียงบางส่วน พลังงานที่วัดได้จะลดลงในช่วงที่มีเมฆ และจะลดลงค่อนข้างมากในช่วงที่มีฝนตกดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ในวันที่ฟ้าใสไม่มีเมฆและความเข้มแสงอาทิตย์ในวันที่มีเมฆฝน



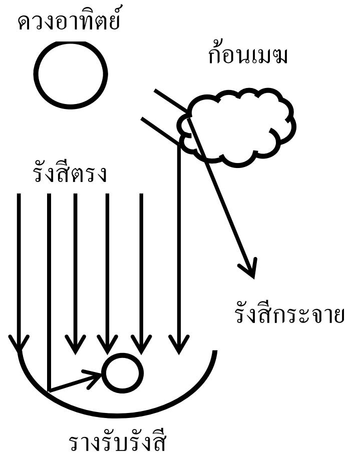
ภาพที่ 2.4 แสดงกราฟรังสีอาทิตย์และเครื่องมือวัดต่างๆ

ที่มา : http://www.nrel.gov/srrl

2.1.3 ชนิดของรังสีอาทิตย์

จากภาพที่ 2.4 เราสามารถแบ่งรังสีอาทิตย์ออกเป็น 3 ชนิดด้วยกันดังนี้

- รังสีตรง (Direct radiation) คือรังสีที่เดินทางจากดวงอาทิตย์มายังโลกโดยไม่มีการเปลี่ยนทิศทาง เครื่องมือในการวัดรังสีเรียกว่า ไพฮีลิโอมิเตอร์ (Pyrheliometer)
- รังสีกระจาย (Diffuse radiation) รังสีจากดวงอาทิตย์สะท้อนบนผิวเมฆหรือพื้นผิวโลก หรือการกระเจิงของโมเลกุลหรืออนุภาคในอากาศ ทำให้เกิดรังสีในทิศทางต่างๆ แม้ว่าท้องฟ้าจะใสหรือไม่มีเมฆ แสงอาทิตย์ก็เกิดรังสีกระจายได้เนื่องจากโมเลกุลหรือฝุ่นในอากาศเครื่องมือในการวัดรังสีเรียกว่า Pyranometer under a tracking ball

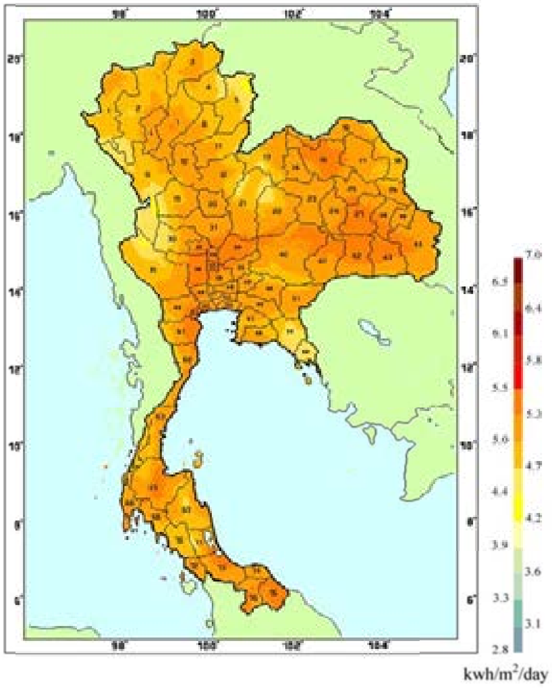


ภาพที่ 2.5 แสดงการเคลื่อนที่ของรังสีตรงและรังสีกระจาย

- รังสีรวม (Global solar radiation) ผลรวมของรังสีตรงกับรังสีกระจาย

ในยุโรปปริมาณสัดส่วนของรังสีกระจายต่อรังสีรวมมีค่าระหว่าง 50%-60% สังเกตุว่าช่วงเดือนตุลาคมเป็นเดือนที่มีปริมาณรังสีกระจายสูง ซึ่งเป็นเดือนที่ฟ้ามีเมฆน้อย ส่วนประเทศไทยมีสัดส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมของแสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีค่าอยู่ระหว่าง 31% ถึง 58% เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีจะมีปริมาณรังสีกระจายอยู่ที่ 44% ซึ่งถือว่าค่อนข้างสูง (ที่มาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมสำหรับประเทศไทย) ซึ่งทำให้อุปกรณ์รวมแสงต่างๆเช่น รางพาราโบลาโฟกัสสูงทั่วไป หรือ จานรวมแสง ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากรังสีส่วนนี้ได้เครื่องมือในการวัดรังสีเรียกว่า ไพรานิมิเตอร์ Pyranometer with a horizontal sensor หรือเราสามารถหารังสีรวมได้จากผลรวมของ รังสีตรง บวกกับ รังสีกระจาย

2.2 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย



ภาพที่ 2.6 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542)

ที่มา โดยกรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงานคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร [10]

ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้น โดยบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากจะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานสูง จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542) โดยกรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พบว่า การกระจายของความเข้ม รังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ในแต่ละเดือนของประเทศ ได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายน และพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยครอบคลุมบางส่วนของ จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อยุธยา และลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์ เฉลี่ยทั้งปี 19 ถึง 20 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2% ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ในช่วง 18-19 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน จากการคำนวณรังสีรวม

ของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่า มีค่าเท่ากับ 18.2 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงาน แสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง

นอกจากนี้ พบว่า การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ในประเทศไทยนั้น มีศักยภาพผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยได้ที่ 4.6 ถึง 5.3 หน่วย (kWh) ต่อตารางเมตรต่อวัน โดยมีจำนวนชั่วโมงการส่องสว่างของดวงอาทิตย์ 2,200 ถึง 2,900 ชั่วโมงต่อปี หรือ 6 ถึง 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งหากสามารถปรับพื้นที่รับแสงให้ติดตามแสงอาทิตย์ได้ตลอดเวลาแล้ว คาดว่าจะสามารถรับแสงได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1.3-1.5 เท่า

2.3 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์อาจจำแนกได้เป็น 2 รูปแบบ โดยดูจากประโยชน์ที่ได้รับ รูปแบบที่ 1 คือ เทคโนโลยี พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และ รูปแบบที่ 2 คือ เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน โดยงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อนเป็นหลัก อาจจะจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท ตามระดับอุณหภูมิ ได้แก่

1. ระดับผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิสูง (High Temperature solar thermal System ซึ่งสามารถผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเทคโนโลยีที่ใช้การรวมแสงอาทิตย์ (Concentrating Solar Power)
2. ระดับผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิต่ำ (Low Temperature solar thermal System) ซึ่งสามารถผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส

ปัญหาและอุปสรรคของเทคโนโลยีความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เกิดจากปัญหาและอุปสรรค ด้านเทคโนโลยี ซึ่งได้แก่

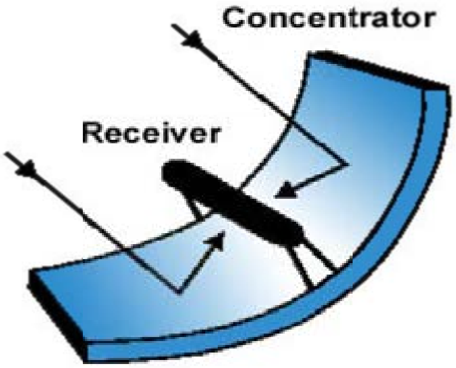
- ประสิทธิภาพของระบบ ยังไม่สูงเพียงพอ
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง
- วัสดุและอุปกรณ์ในระบบไม่ได้มาตราฐาน
- ไม่สะดวกในการใช้งาน

2.4 เทคโนโลยีระบบการทำความร้อนด้วยการรวมแสงอาทิตย์

เทคโนโลยีการรวมแสงอาทิตย์เพื่อการทำความร้อนสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบด้วยกัน คือ

2.4.1 แบบระบบพาราโบลา

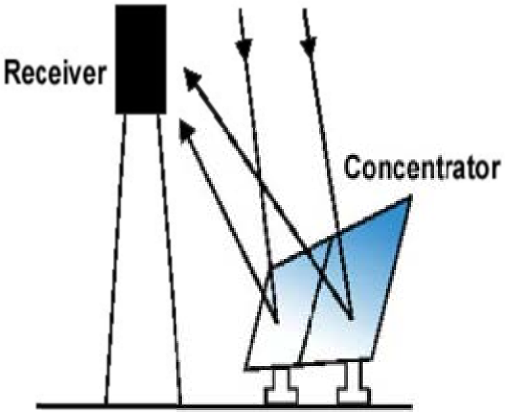
ลักษณะของรางประกอบไปด้วยตัวรับแสงที่เป็นรางยาวติดตั้งไว้บนระบบติดตามดวงอาทิตย์ รางเป็นแบบพาราโบลาออกแบบมาให้รับรังสีสะท้อนไปรวมกันอยู่ที่ตัวรับแสง ที่มีของเหลวไหลหมุนเวียนผ่านท่อ ซึ่งปกติจะเป็นน้ำ จนเดือดกลายเป็นไอแล้วไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 แสดงรูปรางแบบพาราโบลาและหลักการทำงาน [10]

2.4.2 แบบระบบหอคอย

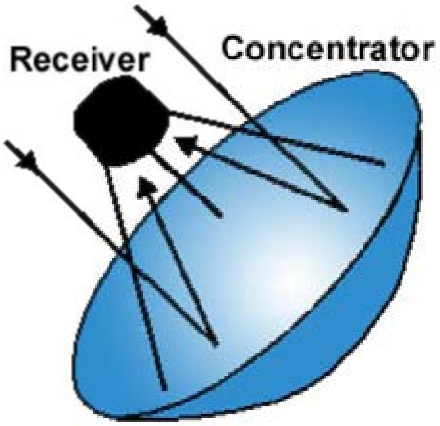
มีลักษณะประกอบด้วยตัวรับความร้อนที่ติดตั้งอยู่กับที่บนหอคอยที่ล้อมรอบด้วยแผงกระจกขนาดใหญ่จำนวนมาก ซึ่งจะหมุนตามดวงอาทิตย์และสะท้อนรังสีไปยังตัวรับความร้อน ซึ่งมีของเหลวอยู่ภายใน ของเหลวจะดูดซับความร้อนและส่งต่อไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือ นำไปเก็บไว้ในถังเก็บกักเพื่อนำไปใช้งานต่อไป แสดงดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงรูปแบบระบบหอคอยและหลักการทำงาน [10]

2.4.3 แบบระบบจานพาราโบลา

ประกอบไปด้วยตัวรวมแสงเป็นจานทรง Parabolic ที่มีจุดศูนย์รวมแสงเพื่อสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไปยังตัวรับความร้อน ที่อยู่บนจุดศูนย์รวม Parabolic Dishes จะใช้แผงสะท้อนที่มีลักษณะโค้งจำนวนมาก ซึ่งทำด้วยกระจกหรือแผ่นฟิล์มบางๆ ใช้ระบบหมุนเวียนตามดวงอาทิตย์สองแกน เพื่อรวมแสงให้เป็นจุดเดียวกันที่ตัวรับความร้อน ระบบนี้จะมีประสิทธิภาพสูงมากกว่า แบบ Parabolic Troughs สามารถทำอุณหภูมิได้สูงถึง 720 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มแสง 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร แสดงดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 แสดงรูปพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลาและหลักการทำงาน [10] พัฒนาโดย Boeing/SES

เทคโนโลยีการรวมแสงที่กล่าวมาทั้ง 3 แบบนี้ ยังคงต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีประสิทธิภาพของระบบรวมแสงทั้ง 3 แบบ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าแบบต่างๆ
ที่มา (IEA, 2003)

เทคโนโลยี	ประสิทธิภาพสูงสุด(%)	ประสิทธิภาพรายปี(%)
ระบบรางพาราโบลา	21	13
ระบบหอคอย	23	13
ระบบจานพาราโบลาร่วมกับเครื่องยนต์สเตอร์ลิง	29	15

2.5 **เทคโนโลยีระบบการทำความร้อนด้วยแผงรับแสงอาทิตย์**

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์แผงรับแสงอาทิตย์ที่ใช้งานในระบบขนาดเล็กสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

- แผงรับแสงอาทิตย์แบบท่อแก้วสุญญากาศ สามารถทำอุณหภูมิได้ประมาณ 70-90 องศาเซลเซียส
- แผงรับแสงแบบแผ่นราบ สามารถทำอุณหภูมิได้ประมาณ 60-90 องศาเซลเซียส
- แผงรับแสงอาทิตย์แบบฮีตไปป์ (Heat Pipe) สามารถทำอุณหภูมิได้สูงประมาณ 70-200 องศาเซลเซียส [9]

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอุณหภูมิใช้งานสูงเกิน 100 องศาเซลเซียสโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ นั้นมักเป็นการพัฒนาใช้งานสำหรับระบบขนาดใหญ่ เช่นการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังความร้อนจากแสงอาฑิตย์ ซึ่งจำเป็นต้องใช้แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดรวมแสง แบบรางพาราโบลาหรือจานสะท้อนแสง

2.5.1 **แผงรับแสงอาทิตย์แบบท่อแก้วสุญญากาศ** (Vacuum Tube Collector)

แผงประกอบไปด้วยหลอดแก้วสองชั้นที่มีชั้นนอกเป็นแก้วชนิดโปร่งใสและเป็นสุญญากาศ เพื่อให้รังสีอาทิตย์สามารถผ่านเข้าไปได้แต่สะท้อนกลับออกมาไม่ได้ หลอดแก้วชั้นในจะถูกเคลือบ

ด้วยกรรมวิธีที่เรียกว่า "Selective Coating" ด้วยสาร aluminum nitride ทำให้มีประสิทธิภาพในการดูดซับแสงอาทิตย์ และเปลี่ยนเป็นความร้อนได้สูง ด้านบนของหลอดแก้วทั้ง 2 ชั้น จะถูกหลอมเข้าด้วยกัน และอากาศที่อยู่ระหว่างหลอดแก้วทั้งสอง จะถูกดูดเพื่อให้เป็นสูญญากาศ สามารถผลิตน้ำร้อนได้ประมาณ 70-90 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพสูงกว่า 60 % มีลักษณะดังภาพที่ 2.10

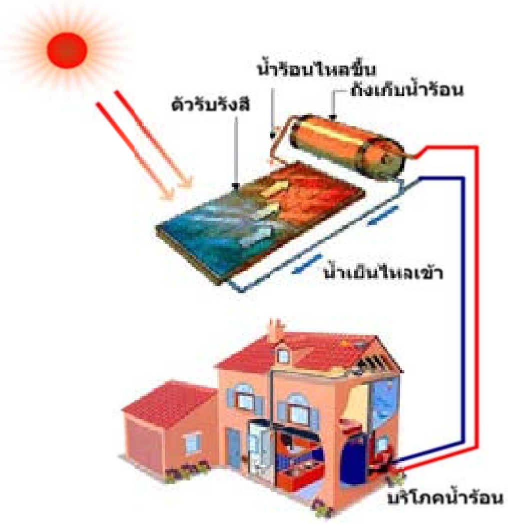
ภาพที่ 2.10 แผงรับแสงอาทิตย์แบบท่อแก้วสูญญากาศ

ที่มา www.biztrademaket.com ออนไลน์

2.5.2 **แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ** (flat plate Collector)

ลักษณะภายในแผงรับแสงอาทิตย์ จะมีแผ่นดูดซับรังสี (Absorber plate) ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อหรือครีบ ภายในท่อมีของไหลผ่านขึ้นลงได้ ด้านข้างและด้านล่างของกล่องถูกหุ้มฉนวนกันความร้อน และด้านที่หันเข้าหาแสงอาทิตย์อาจเป็นกระจกใสหรือแผ่นพลาสติก สามารถทำอุณหภูมิได้สูงประมาณ 60-90 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพระหว่าง 40-60 % มีลักษณะดังภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบบ[9]



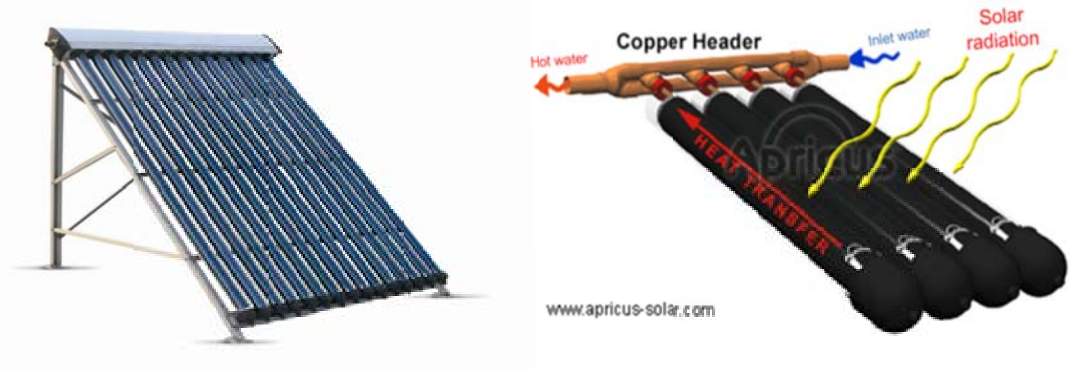
ภาพที่ 2.12 การนำแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบไปใช้งาน [9]

จากภาพที่ 2.12 แสดงการนำเอาแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบไปใช้ประโยชน์โดยต่อเข้ากับระบบภายในบ้าน เพื่อนำน้ำร้อนไปใช้งาน เช่น อาบน้ำ ล้างจาน เป็นต้น

2.5.3 **แผงรับแสงอาทิตย์แบบฮีตไปป์** (Heat Pipe)

มีส่วนประกอบคล้ายๆกับแบบหลอดแก้วสูญญากาศ แต่ภายในจะมีฮีตไปป์ เชื่อมต่ออยู่กับแผ่นดูดซับแสง ที่มีการเคลือบด้วยกรรมวิธีที่เรียกว่า “Selective Coating” เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการนำความร้อน ไปยังสารระเหยที่อยู่ภายในและจะนำความร้อนขึ้นไปยังส่วนบนสุดซึ่งมีความร้อนสูงไปเชื่อมต่อกับ ท่อนำความร้อน(Manifold) สำหรับต่อเข้ากับท่อน้ำให้ไหลเอาความร้อนจาก

ฮีตไปป์ไปใช้งานต่อไป ตัวท่อรับแสงสามารถออกแบบให้วางในแนว 0-90 องศาได้ จึงทำให้การออกแบบติดตั้งระบบทำได้ง่าย สามารถทำอุณหภูมิได้สูงประมาณ 70-200 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพสูงกว่า 60 % มีลักษณะดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 แผงรับแสงอาทิตย์แบบฮีตไปป์ (Heat Pipe) [9]

ที่มา www.apricus-solar.com

2.6 ส่วนประกอบของระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์

ระบบการทำความร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ต้องจัดให้มีแผงรับแสงรังสีตรงที่มาจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ โดยจัดวางแผงรับไว้บนหลังคาหรือดาดฟ้า ขณะเดียวกันก็ต้องตั้งมุมเอียงรับแสงอาทิตย์ให้ดีที่สุด สำหรับประเทศไทยนั้น ควรติดตั้งไปทางทิศใต้ทำมุมเอียงโดยประมาณ 15 องศา สำหรับแผงรับแสงแบบหลอดแก้วสูญญากาศ แผงรับแสงแบบแผ่นเรียบ ยกเว้นแผงรับแสงแบบฮีตไปป์ สามารถวางทำมุมได้ตั้งแต่ 0-90 องศา ขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ของผู้ออกแบบ ขนาดของเครื่องทำน้ำร้อนขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการใช้น้ำร้อน เครื่องทำน้ำร้อนส่วนมากมีระบบการทำงานอัตโนมัติ น้ำจะเติมเข้าสู่ระบบได้เองเมื่อใช้งาน ส่วนประกอบของเครื่องทำน้ำร้อนส่วนใหญ่จึงประกอบด้วย 3 ส่วนหลักด้วยกันคือ

1. แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector)
2. ท่อไหลเวียน (Circulation piping)
3. ถังเก็บน้ำร้อน (Hot water storage tank)

2.7 ระบบหมุนเวียนของน้ำร้อน

ระบบหมุนเวียนของการทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบด้วยกัน ได้แก่

2.7.1 ระบบขับเคลื่อนด้วยปั๊ม (Active System)

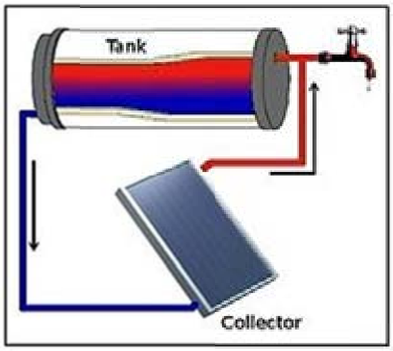
โดยมีหลักการทำงานคือ จะใช้ปั๊มเป็นตัวนำพาน้ำ ให้ไหลเวียนโดยตรงผ่านแผงรับแสงอาทิตย์ ก่อนเข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อน แสดงดังภาพที่ 2.14

ภาพที่ 2.14 ระบบหมุนเวียนโดยใช้ปั๊ม (Active System) [9]

<u>ข้อดีของระบบ</u>คือ มีประสิทธิภาพสูง ติดตั้งได้ง่าย แต่ข้อเสียคือ มีค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาตามมา เพราะมีส่วนเคลื่อนไหวในระบบ และ อายุการใช้งานสั้นกว่าแบบไหลเวียนตามธรรมชาติ (Passive System)

2.7.2 ระบบไหลเวียนโดยธรรมชาติ (Passive System)

มีหลักการทำงานคือ อาศัยการเคลื่อนที่ของน้ำจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ และน้ำจากอุณหภูมิต่ำไปยังน้ำอุณหภูมิที่สูงกว่า หรืออาจเรียกระบบนี้ว่า เทอร์โมไซฟอน (Thermo siphon) แสดงดังภาพที่ 2.14 จะไม่ใช้ปั๊มเป็นตัวนำพาน้ำ ให้ไหลเวียนผ่านแผงรับแสงอาทิตย์ ก่อนเข้าสู่ถังเก็บ ถังเก็บน้ำจะวางอยู่บนหลังคาจึงไม่ต้องอาศัยปั๊มน้ำทำงาน



ภาพที่ 2.15 ระบบหมุนเวียนโดยธรรมชาติ (Passive System)

ข้อดีของระบบ Passive System คือไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายเรื่องการบำรุงรักษา เพราะว่าไม่มีส่วนเคลื่อนไหว หรือ การทำงานด้วยไฟฟ้าแต่อย่างใด ทำให้มีอายุการใช้งานยาวนานกว่า Active System แต่การติดตั้งต้องถูกต้องได้ตามมาตราฐาน ข้อเสียคือ ถังน้ำร้อนต้องอยู่บนที่สูง จึงเป็นอุปสรรคในการติดตั้ง ส่วนใหญ่ใช้กับระบบขนาดเล็ก

2.8 การเลือกใช้งานระบบน้ำร้อน

ก่อนจะเลือกเครื่องทำน้ำร้อนเราจะต้องทราบลักษณะการใช้งานก่อน ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะการใช้งานระบบน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ

กระบวนการ	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)
อบแห้ง	30-90
ทำความสะอาด	40-80
ทำอาหาร	95-105
ทำความเย็น (Absorption Chiller)	70-100

เครื่องทำน้ำร้อนควรมีความสามารถในการผลิตอัตราน้ำร้อนเพียงพอกับความต้องการปกติแล้วคนหนึ่งๆ ต้องการน้ำร้อนในอัตราประมาณ 38 ลิตร/คน/ช.ม. หรือ 0.63 ลิตร/คน/นาที [4] การใช้น้ำร้อนในครัวได้แก่การใช้ทำอาหาร การล้างจาน และการฆ่าเชื้อด้วยน้ำร้อน ประมาณ 4.2-7.5 ลิตร/มื้อ/คน [5] เพราะฉะนั้นการเลือกการผลิตของเครื่องควรพิจารณาจำนวนผู้ใช้เป็นหลักต่อไป คือเรื่องความประหยัดและปลอดภัย หากใช้ก๊าซหรือไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานของเครื่องต้องพิจารณารวมเข้าไปด้วย นอกจากนี้ควรคำนึงถึงขนาดพื้นที่ในการติดตั้งด้วย ความสะอาดปราศจากสีและกลิ่น ปราศจากเชื้อโรคต่างๆ มีอุณหภูมิคงที่สม่ำเสมอ ความดันระบบพอเพียง

ประการสุดท้ายคือเรื่องของความ ทนทาน หากมีความทนทานมาก ก็จะทำให้มีอายุการใช้งานยาวนาน ส่งผลให้ได้ประโยชน์และประหยัดเงินในกระเป๋ามากขึ้น

เครื่องทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเครื่องทำน้ำร้อนที่ประหยัดมาก เนื่องจากไม่ต้องใช้ไฟฟ้าและก๊าซ เป็นเชื้อเพลิงความร้อน แต่อย่างใด เพียงใช้แสงอาทิตย์ที่มีอยู่ทั่วไป ถึงแม้ว่าต้นทุนในการติดตั้งแผงแพงและยุ่งยาก แต่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่า ดังข้อเปรียบเทียบตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ข้อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ไฟฟ้าและก๊าซ [4]

พลังงานแสงอาทิตย์	พลังงานไฟฟ้าและก๊าซ
ลงทุนเพียงครั้งเดียว	มีรายจ่ายติดตามจากเรื่องเชื้อเพลิง
ไม่มีอันตราย	อาจเกิดอุบัติเหตุจากก๊าซระเบิด ไฟฟ้ารั่ว
เป็นพลังงานบริสุทธิ์	พื้นที่การใช้งานมีมลภาวะเป็นพิษ
พลังงานที่ไม่มีวันหมดและขึ้นราคา	นับวันจะหมดไปและมีแนวโน้มแพงขึ้น
อายุการใช้งานนานกว่า 10 ปี	อายุการใช้งานสั้น อุปกรณ์เสื่อมชำรุด
ติดตั้งเพียงเครื่องเดียวสามารถจ่ายน้ำร้อนได้ทั่วทั้งระบบ	การติดตั้งเป็นจุดหรือหากเป็นจุดเดียวเครื่องใหญ่กินพลังงานมาก
อุปกรณ์ประกอบมีน้อยชิ้น	อุปกรณ์มากชิ้น
ซ่อมแซมง่าย	ซ่อมแซมยาก
ราคาเริ่มต้นแพง	ราคาถูก
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ	ค่าใช้จ่ายสูงเพราะซ่อมแซมยาก

2.9 การคำนวณทางความร้อน

พลังงานที่ให้กับระบบสามารถคำนวณได้จาก พลังงานความร้อนที่ใช้ประโยชน์ รวม กับพลังงานความร้อนสูญเสีย ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการที่ (1)

พลังงานที่ให้กับระบบทั้งหมด = พลังงานความร้อนที่ใช้ประโยชน์ + พลังงานความร้อนสูญเสีย หรือเขียนในรูปตัวแปรคือ

$$Q_{total} = Q_{useful} + Q_{loss} \qquad (1)$$

เมื่อ

Q_{total} พลังงานที่ให้กับระบบทั้งหมด (Watt)

Q_{useful} พลังงานความร้อนที่ใช้ประโยชน์ (Watt)

Q_{loss} พลังงานความร้อนสูญเสีย (Watt)

หากเรารู้ประสิทธิภาพของแผงรับแสงแล้วเราสามารถรู้ค่าพลังงานของแผงที่ได้รับได้ทันทีดังสมการที่ (2)

$$\eta_{collector} = \frac{Q_{collector}}{Q_{in}} \qquad (2)$$

เมื่อ

$\eta_{collector}$ ประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์ (%)

$Q_{collector}$ พลังงานความร้อนที่แผงสามารถทำได้ (Watt)

Q_{in} พลังงานความร้อนที่ได้รับ (Watt)

สูตรการหาค่าความร้อนชั่วขณะที่ได้รับจากแผงรับแสงอาทิตย์

จากสมการที่ (2) เราสามารถคำนวณหาพลังงานที่ได้รับของแผงรับแสงอาทิตย์ที่เวลาใดๆได้ เมื่อเรารู้ค่า ความแตกต่างของน้ำ อัตราการไหล และค่าความร้อนจำเพาะของสสารโดยการใช้สมการที่ (3) ในการคำนวณหา

$$Q_{Collector} = \dot{m}Cp\left(T_{out} - T_{in}\right) \quad (3)$$

เมื่อ

$Q_{collector}$	พลังงานที่แผงรับแสงอาทิตย์ได้รับ Watt
$\dot{m}$	อัตราการไหลของน้ำ kg/s
Cp	ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ kJ/kg.°C มีค่าเท่ากับ 4.182
T_{out}	อุณหภูมิน้ำออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ °C
T_{in}	อุณหภูมิน้ำเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ °C

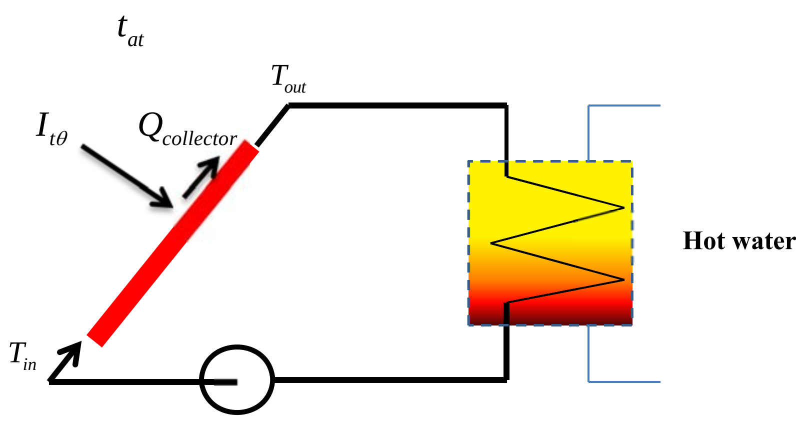
ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับจากแผงรับแสงอาทิตย์

$$Q_{in} = I(t).A \quad (4)$$

เมื่อ

Q_{in}	ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่แผงได้รับทั้งหมด (Watt)
$I(t)$	ค่ารังสีจากแสงอาทิตย์ (W/m^2)
A	พื้นที่รับแสงอาทิตย์ (m^2)

2.10 การทดสอบหาประสิทธิภาพ



ภาพที่ 2.16 ระบบการทดสอบหาประสิทธิภาพ

มาตรฐานที่ใช้หาสมการแสดงคุณสมบัติพื้นฐาน สำหรับกำหนดประสิทธิภาพทางความร้อน ของการทำงานของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ ภายใต้เงื่อนไขที่ภาวะคงที่ มีความสัมพันธ์ตามสมการ สูตรความสัมพันธ์ของแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบตามรูปแบบของ ASHRAE Standard 93-77

$$\eta_c = F_R.(\tau\alpha)_\theta - \frac{F_R.U_L.(t_{fi} - t_{at})}{I_{t\theta}} \quad (5)$$

เมื่อ

η_c ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (%)

$I_{t\theta}$ ค่ารังสีตรงจากแสงอาทิตย์ (W/m^2)

$(\tau\alpha)_\theta$ ค่าการทะลุผ่านของแผ่นปิดคูณค่าการดูดซับของแผ่นรับแสงที่มุมแสงตกกระทบ

F_R ค่าเฟคเตอร์การดึงความร้อนของตัวเก็บรังสี (Heat removal factor)

U_L สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านบน w/m^2 $^\circ$C

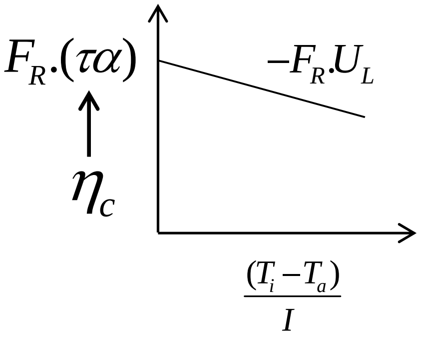
t_{fi} อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ที่เวลาใดๆ $^\circ$C

t_{at} อุณหภูมิอากาศภายนอกที่เวลาใดๆ $^\circ$C

หมายเหตุ

τ_θ คือค่าส่งผ่านของแผ่นปิดโปร่งแสง มีค่า 0.85 กรณีเป็นกระจกโปร่งแสง

α_θ คือค่าสภาพดูดกลืนของผิวดูดกลืนรังสี มีค่า 0.95 กรณีเป็นผิวสีดำด้าน



ภาพที่ 2.17 สมการสมรรถนะของแผงตามมาตราฐาน ASHRAE 93-77

จากภาพที่ 2.17 เราเรียกว่า สมการถดถอยเชิงเส้น แสดงความสัมพันธ์ว่าประสิทธิภาพของแผงจะเปลี่ยนแปลงตาม อุณหภูมิน้ำที่ ป้อน กับ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม โดยที่

$F_R U_L$ เรียกว่าค่าการสูญเสียความร้อน

$F_R(\tau\alpha)$ เรียกว่าประสิทธิภาพเชิงแสง

ค่า $F_R.U_L$ ใช้สำหรับดูว่า แผงที่ออกแบบมีค่าการถ่ายเทความร้อนเท่าไหร่ ถ้ามีค่าความความชันสูงๆแสดงว่ามี การสูญเสียความร้อน(Loss) มาก ค่าที่ดีควรเป็นค่าคงที่เท่ากันหมด ส่วนใหญ่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงแต่ละชนิด

จากสมการถดถอยเชิงเส้น ดังภาพที่ 2.12 เราสามารถเขียนใหม่ในรูปของสมการที่ 6

$$y = mx + b \qquad (6)$$

จากสมการที่ (6) นี้ ค่า X ที่ได้ คือ

$$x = \frac{(Ti - Ta)}{I} \qquad (7)$$

เมื่อ Y คือ ประสิทธิภาพของระบบ เพราะฉะนั้นเราสามารถหาประสิทธิภาพของระบบได้จากสมการถดถอยเชิงเส้น ดังสมการที่ 8

$$\eta_c = m\frac{(Ti - Ta)}{I} + b \qquad (8)$$

เมื่อ m และ b เป็นค่าคงที่

การคำนวณหาอุณหภูมิทางออกของแผงแสงอาทิตย์

จากสมการถดถอยเชิงเส้นทำให้เราทราบประสิทธิภาพของแผงที่เวลาใดๆแล้ว เราสามารถนำไปหาอุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงได้ จากสมการที่ (2) จะได้

$$m\frac{(Ti-Ta)}{I}+b=\frac{Q_{collector}}{Q_{in}} \tag{9}$$

จากสมการที่ 3 จัดสมการใหม่ได้ดังนี้

$$[m\frac{(Ti-Ta)}{I}+b].Q_{in}=\dot{m}C_p(Tout-Tin) \tag{10}$$

เมื่อให้ C คือ พลังงานที่แผงได้รับทั้งหมด แทนค่าลงในสมการที่ (10) จะได้

$$Q_{collector}=\dot{m}C_p(Tout-Tin) \tag{11}$$

เพราะฉะนั้น เราสามารถหาอุณหภูมิทางออกของแผงแสงอาทิตย์ได้ดังสมการที่ 12

$$Tout=\frac{Q_{collector}}{\dot{m}\,C_p}+Tin \tag{12}$$

2.11 **การประเมิณทางเศรษฐศาสตร์** [7]

เป็นการพิจารณาโครงการที่ต้องการลงทุน ซึ่งมีเครื่องมือและวิธีการในการหาความคุ้มค่าของโครงการ ดังต่อไปนี้

1. วิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback period : PB)
2. วิธีระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด(Discount Payback Period : DPBP)
3. วิธีค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV)
4. วิธีดัชนีกำไร (Profitability Index : PI)
5. วิธีอัตราผลตอบแทนภายในจากโครงการ (Internal Rate of Return : IRR)
6. วิธีอัตราผลตอบแทนจากโครงการแบบปรับค่า (Modified Internal Rate of Return : MIRR)

สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องมือและวิธีการสำหรับประเมิณความคุ้มค่าของโครงการดังนี้ คือวิธี NPV, IRR และ DPBP ซึ่งสามารถอธิบายความหมายและการประเมิณโครงการได้ดังต่อไปนี้

2.11.1 วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV)

หรือบางทีเราเรียกว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ กับ มูลค่าปัจจุบันของเงิน ที่จ่ายออกไป ณ อัตราลดค่า (Discount Rate) หรืออัตราดอกเบี้ย สิ่งที่ต้องการทราบในการคำนวณหาด้วยวิธีนี้คือ

- เงินลงทุนเริ่มแรกสุทธิ (บาท)
- เงินหรือผลประหยัดที่ได้รับจากโครงการหลังจากหักค่าใช้จ่ายทั้งหมดแล้ว (บาท)
- ระยะเวลาของโครงการ (ปี)
- อัตราลดค่า (Discount Rate) หรือ อัตราดอกเบี้ย (Interest Rate) % จะมีค่าเดียวกันตลอดอายุของโครงการ หรือ ขึ้นอยู่กับสภาพอัตราเงินเฟ้อ (Inflation rate)

จะสามารถหาค่า NPV ได้จากสมการ (13)

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B}{(1+i)^n} - I_0 \tag{13}$$

เมื่อ

NPV มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)

B เงินที่ได้รับจากโครงการหลังจากหักค่าใช้จ่ายแล้ว (บาท)

I_0 เงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการ (บาท)

n ระยะเวลาของโครงการ (ปี)

i อัตราลดค่า หรือ อัตราดอกเบี้ย (%)

การพิจารณาค่า NPV ที่ได้จากสมการที่ 13

1. ถ้าค่า NPV เป็น บวก เลือกลงทุนได้เพราะมีกำไร ณ มูลค่าปัจจุบัน
2. ถ้าค่า NPV เป็น ลบ หรือเป็น ศูนย์ ไม่ควรเลือกลงทุนเพราะมีแต่เท่าทุนกับขาดทุนเท่านั้น ณ มูลค่าปัจจุบัน
3. NPV จะพิจารณาค่าเงินตามกาลเวลา ยิ่งมีค่ามากยิ่งได้กำไรมาก

2.11.2 **วิธีอัตราผลตอบแทนภายในจากโครงการ** (Internal Rate of Return : IRR)

เป็นการพิจารณาค่าสะท้อน ของ อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนที่จุดเท่ากับเงินลงทุน เพื่อนำมาเปรียบเทียบในการพิจารณาหาอัตราดอกเบี้ยหรืออัตราลดค่าที่เหมาะสมของเงินใน โครงการ

สิ่งที่ต้องการทราบในการคำนวณหาด้วยวิธีนี้คือ

- เงินลงทุนเริ่มแรกสุทธิ (บาท)
- เงินหรือผลประหยัดที่ได้รับจากโครงการหลังจากหักค่าใช้จ่ายทั้งหมดแล้ว (บาท)
- ระยะเวลาของโครงการ (ปี)

หากพิจารณาที่ผลตอบแทนการลงทุนที่เท่ากับเงินทุนหรือ NPV = 0 จะสามารถหาค่า IRR ได้จาก สมการ (14)

$$I_0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{B}{(1+IRR)^t} \qquad (14)$$

เมื่อ

I_0 เงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการ (บาท)

B เงินที่ได้รับจากโครงการหลังจากหักค่าใช้จ่ายแล้วตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

n ระยะเวลาของโครงการ (ปี)

IRR อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ

หลักการพิจารณาค่าอัตราผลตอบแทนภายใน

1. ถ้า IRR มีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ย ถือว่าสามารถลงทุนได้
2. ถ้า IRR มีค่าน้อยกว่าอัตราดอกเบี้ย ไม่ควรเลือกลงทุนเพราะมีแต่ขาดทุน เท่านั้น
3. IRR เป็นค่าสะท้อนผลตอบแทนภายในโครงการที่นำมาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ย ยิ่งมีค่ามากยิ่งดี

2.11.3 **วิธีระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด**(Discount Payback Period : DPBP)

เป็นการพิจารณาหาระยะเวลาคืนทุนตามมูลค่าปัจจุบันที่ประกอบด้วยอัตราลดค่าแล้ว ซึ่งเราสามารถหาอัตราลดค่าที่เหมาะสมได้ จากค่าอัตราดอกเบี้ยและอัตราเงินเฟ้อ ดังสมการที่ 15

$$i' = \frac{(i-j)}{(1+j)} \qquad (15)$$

เมื่อ

i'	อัตราลดค่าที่เหมาะสม (%)
i	อัตราดอกเบี้ย (%)
j	อัตราเงินเฟ้อ (%)

หลังจากสมการที่ 15 แล้ว เราสามารถหาระยะเวลาคืนทุนตามมูลค่าปัจจุบัน ตามสมการที่ 16 เมื่อ

ระยะเวลาคืนทุน = จำนวนปีที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ศูนย์ (16)

หรือสามารถเขียนเป็นสูตรได้ตามสมการที่ (17)

$$DPBP = \frac{\ln \frac{1}{(1 - \frac{I_0 x i'}{B})}}{\ln(1 + i')} \tag{17}$$

เมื่อ

$DPBP$	ระยะเวลาคืนทุนตามมูลค่าปัจจุบัน (ปี)
I_0	เงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการ (บาท)
B	เงินที่ได้รับจากโครงการหลังจากหักค่าใช้จ่าย (บาท)
i'	อัตราลดค่าที่เหมาะสม (%)

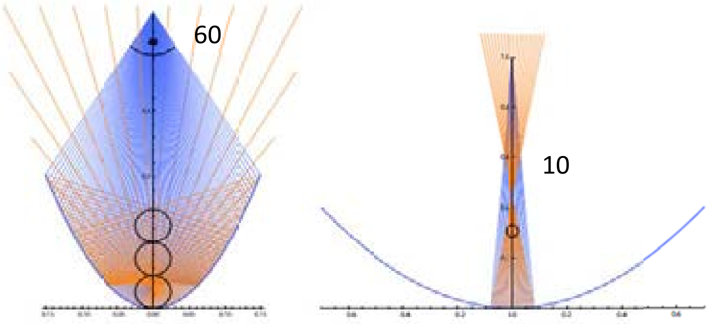
2.12 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คุณ สิริมงคล ใจกล้า และคณะ จากสถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้ทำการศึกษาถึงความเหมาะสมของการต่อใช้งานหลอดแก้วสูญญากาศสำหรับงานติดตั้งระบบปรับอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ [3] การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะการใช้งานที่เหมาะสมของชุดแผงหลอดแก้วสูญญากาศชนิดท่อความร้อน (Heat Pipe Evacuated Tube Collector : ETC) โดยศึกษาถึงรูปแบบการต่อแผง อัตราการไหล และอุณหภูมิน้ำเข้าแผงที่ส่งผลต่ออุณหภูมิน้ำทางออกชุดแผง รับแสงอาทิตย์ก่อนจ่ายป้อนให้เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับขนาด 20 ตัน ซึ่งต้องการน้ำร้อนใช้งานที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส อัตราการไหลที่ 15 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยมีผลต่างน้ำป้อนเข้าและออกเครื่อง 5 องศาเซลเซียส ในการทดลองใช้แผง ETC ซึ่งมีพื้นที่รับแสงอาทิตย์ขนาด 1.4 ตารางเมตร จำนวน 4 แผง การต่อท่อระหว่างแผงแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือแบบอนุกรมทั้งหมด 4 แผง (4x1) และแบบผสมระหว่างแบบอนุกรม 2 แผงต่อขนานกัน 2 ชุด (2x2) ใช้ปั๊มหมุนเวียนน้ำจากถังเก็บที่พยายามรักษาอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ตามเงื่อนไขการทดลองต่างๆก่อนป้อนจ่ายเข้าชุดแผง ETC และทำการทดลองโดยปรับค่า 2 เงื่อนไขหลักคือ อัตราการไหลของน้ำ (ระหว่าง 1 – 8 ลิตรต่อนาที) และอุณหภูมิของน้ำที่เข้าชุดแผง ระหว่าง 30-60 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองสรุปได้ว่า รูปแบบการต่อแผงที่เหมาะสมที่สุดคือการต่อแผงแบบอนุกรม (4x1) โดยอัตราการไหลของน้ำผ่านชุดแผงที่เหมาะสมมีค่า 6 ลิตรต่อนาที หรือประมาณ 0.360 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

คุณ เบญจมาศ ปุยอ๊อก และ วิทยา ยงเจริญ จาก สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้ว
สุญญากาศ [1] ที่มีขนาด 150 ลิตร พื้นที่รับแสง 1.99 ตารางเมตร จากการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบจะอยู่ในช่วง 42.8 % ถึง 78.5% และสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ย 3,661.68 บาท/ปี คิดเป็นไฟฟ้า 1220.5 kWh ต่อปี และมีระยะเวลาคืนทุน 13.7 ปี

นาย ธวรรธน์ มาลาหอม และ วิทยา ยงเจริญ ได้ทำการศึกษา หาสมรรถนะของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบฮีตไปป์ [2] ขนาด 1.1625 ตารางเมตร และถังเก็บน้ำร้อนหุ้มด้วยฉนวนโฟมขนาด 200 ลิตร มีปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อนและเครื่องควบคุมการทำงานของปั๊ม แผงรับแสงอาทิตย์วางหันหน้าไปทางทิศใต้ และวางทำมุม 35 องศากับแนวระดับ พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิน้ำในถึงเก็บน้ำร้อน อุณหภูมิน้ำเข้าและออกจากแผง อุณหภูมิภายนอก และความเร็วลม เก็บข้อมูลทุกๆ 2 นาที ตั้งแต่เวลา 08:00-16:00 เพื่อนำค่ามาวิเคราะห์หาผลของพารามิเตอร์ต่อประสิทธิภาพ จากการวิเคราะห์จะได้ว่าประสิทธิภาพของระบบจะขึ้นอยู่กับ ความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้น อุณหภูมิเฉลี่ยสุดท้ายของน้ำในถังเก็บน้ำร้อน และ อุณหภูมิอากาศภายนอก ได้ประสิทธิภาพของระบบจะอยู่ในช่วง 22-28 % น้ำร้อนมีพลังงานที่สะสมอยู่ในช่วง 3-6 MJ/day และสามารถทำน้ำร้อนได้อุณหภูมิสูงถึง 45.4 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นที่ 29.5 องศาเซลเซียส การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบทำโดยการใช้แผ่นสะท้อนแสงทำจากอลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งมีค่าการสะท้อนสูง สอดไว้ใต้แผงรับแสงอาทิตย์ เพื่อช่วยให้แผงรับแสงอาทิตย์ดูดซับแสงได้มากขึ้น จากผลการทดสอบปรากฏว่า การใช้แผ่นสะท้อนแสงทำให้น้ำในถังมีอุณหภูมิสะสมตลอดวันสูงขึ้น3-5 องศาเซลเซียส และทำให้ระบบมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 11-13 %

ดร.วัฒนา รติสมิทธิ์ และ คณะได้ทำการศึกษาและออกแบบแผงรับแสงอาทิตย์แบบไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ [12] สำหรับการทำความร้อนอุณหภูมิสูง จากการศึกษาพบว่า Solar Collector แบบพาราโบลาที่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ นั้นยังมีข้อด้อยในเรื่องของการรับรังสีกระจายอยู่ จึงต้องการพัฒนา การออกแบบรางรับแสงอาทิตย์ใหม่เพื่อให้มีความสามารถในการรับรังสีกระจายได้และไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ ตัวรางถูกออกแบบให้มี ขนาด 0.7 x 1.4 เมตร โดยการออกแบบนั้นจะมีรางแบบพาราโบลาที่ใช้หลักการสะท้อนแสงไปยังหลอดแก้วสูญญากาศที่วางเรียงกัน 3 หลอดมีจำนวนสามชุด เพื่อดูดซับรังสีแสงอาทิตย์ไปยังน้ำมัน สามารถวัดอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสูญญากาศได้ถึง 140 องศาเซลเซียส และมีความสามารถในการรับรังสีกระจายได้ 60 องศาในขณะที่รางพาราโบลาปกติอยู่ที่ 10 องศา ดูจากภาพที่ 2.13 การออกแบบนี้มีจุดเด่นที่ไม่ต้องมีส่วนเคลื่อนไหวของระบบ ทำให้การดูแลรักษาน้อย สามารถรับรังสีกระจายได้กว้าง จึงเหมาะสมสำหรับสภาพอากาศที่มีรังสีกระจายสูงสามารถทำอุณหภูมิได้สูงกว่าแผงรับแสงแบบแผ่นเรียบในพื้นที่ที่เท่ากัน



ภาพที่ 2.18 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการรับรังสีของรางที่ออกแบบกับรางพาราโบลาปกติ [12]

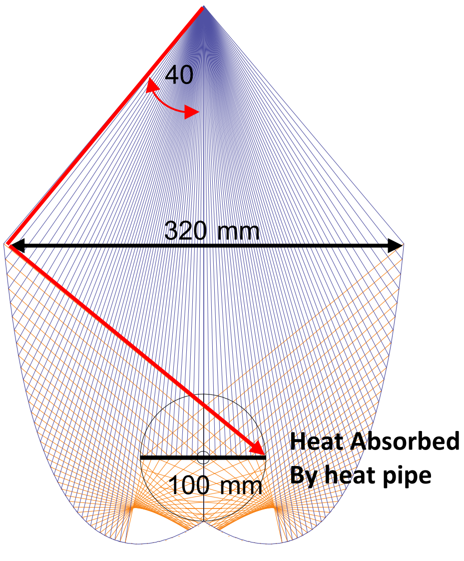
ภาพที่ 2.19 แผงรับแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาที่ออกแบบสำหรับรวมแสงรุ่นที่ 2nd [12]

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

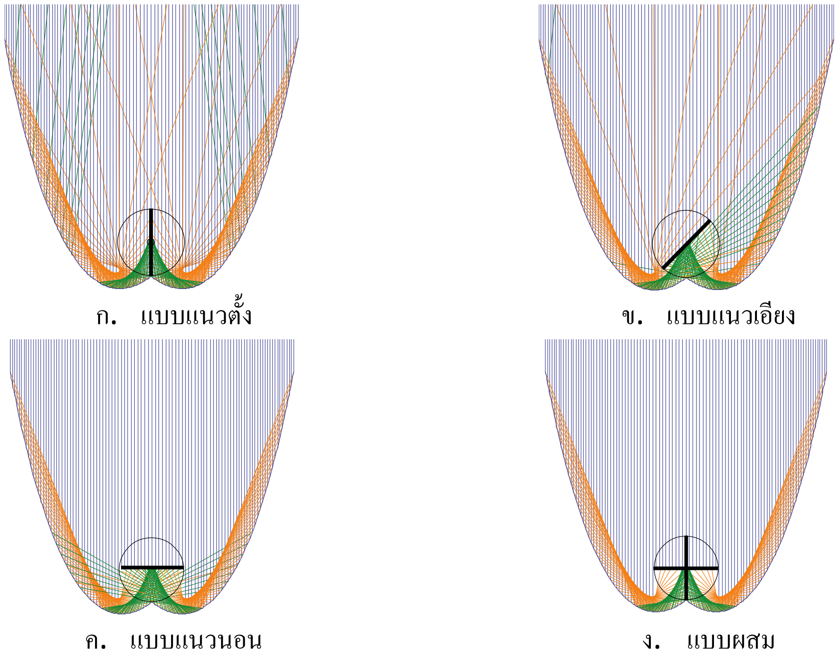
การศึกษาวิจัยได้เลือกใช้แผงที่ออกแบบโดยไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ และเตรียมการทดสอบหาสรรมถนะของแผงโดยใช้รูปแบบของ ASHRAE 93-77

3.1 รายละเอียดข้อมูลแผงรับแสงอาทิตย์แบบไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์

การออกแบบแผงรับแสงอาทิตย์แบบไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ มีการพัฒนาเริ่มจากรุ่นที่ 1 มีลักษณะแผงเป็นรางพาราโบลามีมุมโฟกัสสูงและใช้ท่อแก้วสูญญากาศทั่วไป หลังจากนั้นได้พัฒนาเป็น รุ่นที่ 2 มีลักษณะแผงเป็นรางพาราโบลา 3 รางและเพิ่มท่อแก้วสูญญากาศให้เป็น 3 หลอดต่อราง รวมมี 9 หลอด เพื่อเพิ่มปริมาณความร้อนและมีมุมในการรับรังสีกระจาย 60 องศา ทั้งสองรุ่นใช้หลักการไหลเวียนความร้อนแบบธรรมชาติ ต่อมาได้พัฒนาเป็นแผงรุ่นที่ 3 ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างของแผง ดังภาพที่ 3.1 ถูกออกแบบให้สามารถรับมุมกวาดได้กว้างถึง 80 องศา ตัวรางมีหน้าปากกว้าง 320 มิลลิเมตร ส่วนฐานถูกออกแบบเป็นรูปทรงพาราโบลาสองรูป มีมุมคว่ำที่ 15 องศาซ้อนกัน จึงเรียกว่าพาราโบลาแบบผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ ที่ศูนย์กลางของรางมีท่อหลอดแก้วสูญญากาศ ยี่ห้อ Seido-1-8 ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร หรือ 10 เซนติเมตร

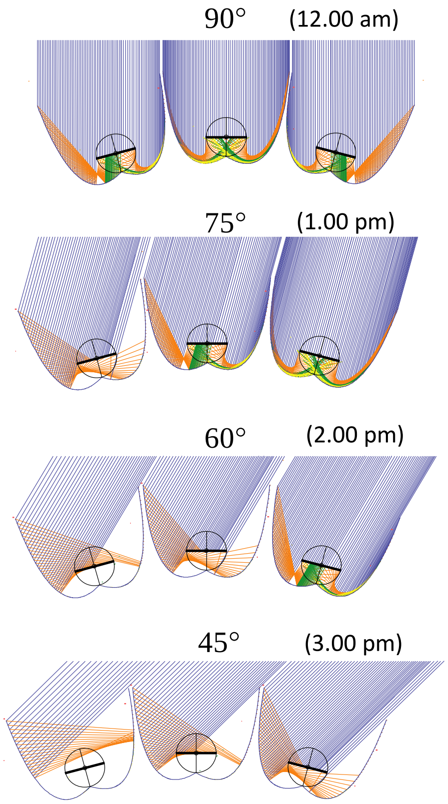


ภาพที่ 3.1 โครงสร้างของแผงรุ่น 3rd Prototype พาราโบลาแบบผสม



ภาพที่ 3.2 การวางแผ่นดูดซับแสง

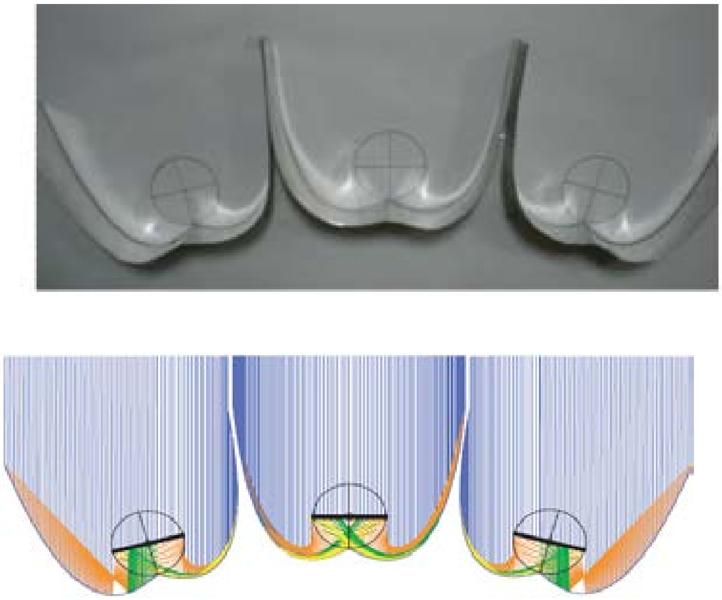
จากภาพที่ 3.2 จะเห็นว่าแผ่นดูดซับแสง ที่วางในแนวนอน สามารถรับการสะท้อนได้ดีกว่าแผ่นดูดซับแสงที่วางในแนวตั้ง และการวางแผ่นดูดซับแสงแบบผสม ทั้งแนวนอนและแนวตั้ง จะสามารถรับรังสีได้ทั้งหมด ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังไม่มีผลิตภัณฑ์แผ่นดูดซับแสงแบบผสม จึงเป็นเหตุผลให้ต้องใช้การวางแผ่นดูดซับแสงที่วางแนวนอนของแต่ละราง



ภาพที่ 3.3 การรับแสงในช่วงเวลาต่างๆของแผงทดสอบรุ่น 3

ภาพที่ 3.3 แสดงการสะท้อนแสงของรางพาราโบลาผสม โดยที่เส้นสีน้ำเงิน ส้ม เขียว และเหลืองคือรังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน ครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ โดยมีวงกลมคือตำแหน่งของหลอดแก้วสูญญากาศ

ในช่วงเวลาเที่ยงตรง 12.00 น. แผงรับแสงอาทิตย์สามารถรับรังสีสะท้อนได้ทั้งหมด จะเห็นว่ารางกลางมีการรวมแสงที่ตำแหน่งต่ำสุดภายในหลอดแก้ว และรางทั้งสองข้างจะมีการรวมแสงที่ตำแหน่งที่สูงขึ้นภายในหลอดแก้ว เมื่อเวลาเปลี่ยนไป การสะท้อนจะเคลื่อนที่ขึ้นและลงภายในหลอด ด้วยหลักการนี้ แผงรับแสงอาทิตย์ที่ออกแบบนี้สามารถรับรังสีสะท้อนได้ทุกๆเวลา อย่างไรก็ตามในช่วงเวลาเวลา 15.00 น. มีการสูญเสียปริมาณรังสีบ้างเล็กน้อย ซึ่งพบว่าแผงรับแสงนี้สามารถรับแสงได้ยาวนานกว่า 6 ชั่วโมง ส่วนในช่วงเวลาเช้าและเย็นจะรับแสงได้น้อยลง ซึ่งสามารถละทิ้งได้เพราะว่าช่วงดังกล่าวมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ค่อนข้างต่ำ



ภาพที่ 3.4 แสดงภาพการสะท้อนของแสงเปรียบเทียบกับการจำลองทางคณิตศาสตร์

ภาพที่ 3.4 เป็นภาพการสะท้อนของแสงเปรียบเทียบกับแบบการจำลองการสะท้อนของแสง จะเห็นว่าการสะท้อนของแสงมีความสอดคล้องกับการจำลองทางคณิตศาสตร์ของ การออกแบบรางพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์

ภาพที่ 3.5 รูปแผงรับแสงอาทิตย์รุ่นที่ 3 ที่ใช้ในการทดสอบ

จากภาพที่ 3.5 แสดงให้เห็นรูปแผงรุ่น 3rd Prototype ที่นำมาทำการทดสอบ ซึ่งวางอยู่บนแท่นที่สามารถปรับมุมได้ โดยมีคุณสมบัติและวัสดุที่ใช้ดังตารางที่ 3.1

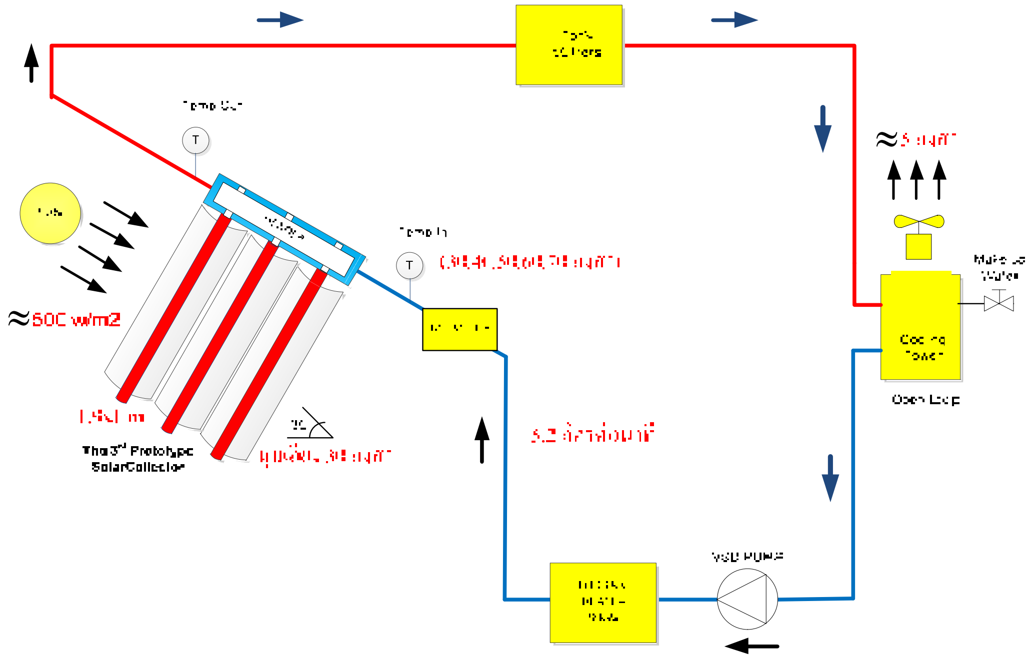
ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะของแผง รุ่น 3rd Prototype

ผลิตภัณฑ์	Header	จำนวนหลอด	อัตรารวมแสง	มุมเอียง	ขนาด (เมตร)กxย
The 3rd Prototype	ท่อทองแดง	3	3.2 เท่า	30 องศา	1x1.9

3.2 แผนผังการทดสอบ

มีรายละเอียดของส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1. ฐานรองรับแผง สามารถปรับองศาได้ 0-45 องศา
2. แผงรับแสงแบบไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ รุ่น 3rd Prototype
3. ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน (Manifold)
4. ระบบท่อและปั๊ม
5. ชุดควบคุมและเก็บข้อมูล
6. ชุดตรวจวัดอุณหภูมิและอัตราการไหล



ภาพที่ 3.6 แผนผังการทดสอบแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์

3.3 เงื่อนไขและวิธีการทดสอบ

เงื่อนไขที่กำหนดขึ้นนี้เป็นการกำจัดขอบเขตของการทดสอบให้เป็นไปตามมาตราฐาน ASHRAE 93-77 ดังมีรายละเอียดตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรและเงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบ

ตัวแปร	เงื่อนไข
ความละเอียดของข้อมูล	ทุกๆ 5 นาที
เวลาในการทดสอบ	ช่วงเวลาการทดสอบ 08:00-16:00 น.
ความเข้มรังสีอาทิตย์ I	ไม่ต่ำกว่า 500 W/m2
อัตราการไหลของน้ำ	5.2 ลิตรต่อนาที
อุณหภูมิอากาศแวดล้อม T_{at}	ในช่วง 25 – 40 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของน้ำทางเข้า T_{in}	30,40,50,60 และ 70 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของน้ำทางออก T_{out}	ในช่วง 30 - 90 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของน้ำในถังเริ่มต้น	20 - 30 องศาเซลเซียส
ค่าพลังงานที่ได้รับจากแผง Q_c	ได้จาก BTU meter หรือการคำนวณ

วิธีการบันทึกผลการทดสอบ

1. ติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ให้ทำมุม 30 องศา กับแนวระนาบ และ วางแผงให้หัวอยู่ทางทิศเหนือไปใต้
2. ตรวจสอบความพร้อมต่างๆและเริ่มเดินระบบทดสอบที่เวลา 08:00
3. เปิดระบบควบคุมอัตราการไหลและอุณหภูมิน้ำเข้าตามสภาวะที่กำหนดให้คงที่
4. เริ่มบันทึกข้อมูล ตามตารางที่ 3.3 ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ทุกๆ 5 นาที
5. ตรวจสอบค่าข้อมูลว่าสมบูรณ์หรือไม่
6. เสร็จแล้ว ทำการพล็อตค่าที่ได้ ออกมาอยู่ในรูปของกราฟ และหาสมการถดถอยเชิงเส้น
7. หากข้อมูลยังไม่สมบูรณ์ให้เริ่มกระบวนการทดสอบใหม่
8. หรือเริ่มทดสอบที่สภาวะต่อไป

9.จบกระบวนการทดสอบที่เวลา 16:00 น.

ตารางที่ 3.3 การบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 นาที เพื่อนำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบ

I	T_{at}	T_{in}	T_{out}	$(T_{in} - T_{at})$	$FlowRate$

จากตารางที่ 3.3 เป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการบันทึกซึ่งมีดังต่อไปนี้

I ความเข้มแสงอาทิตย์ W/m^2

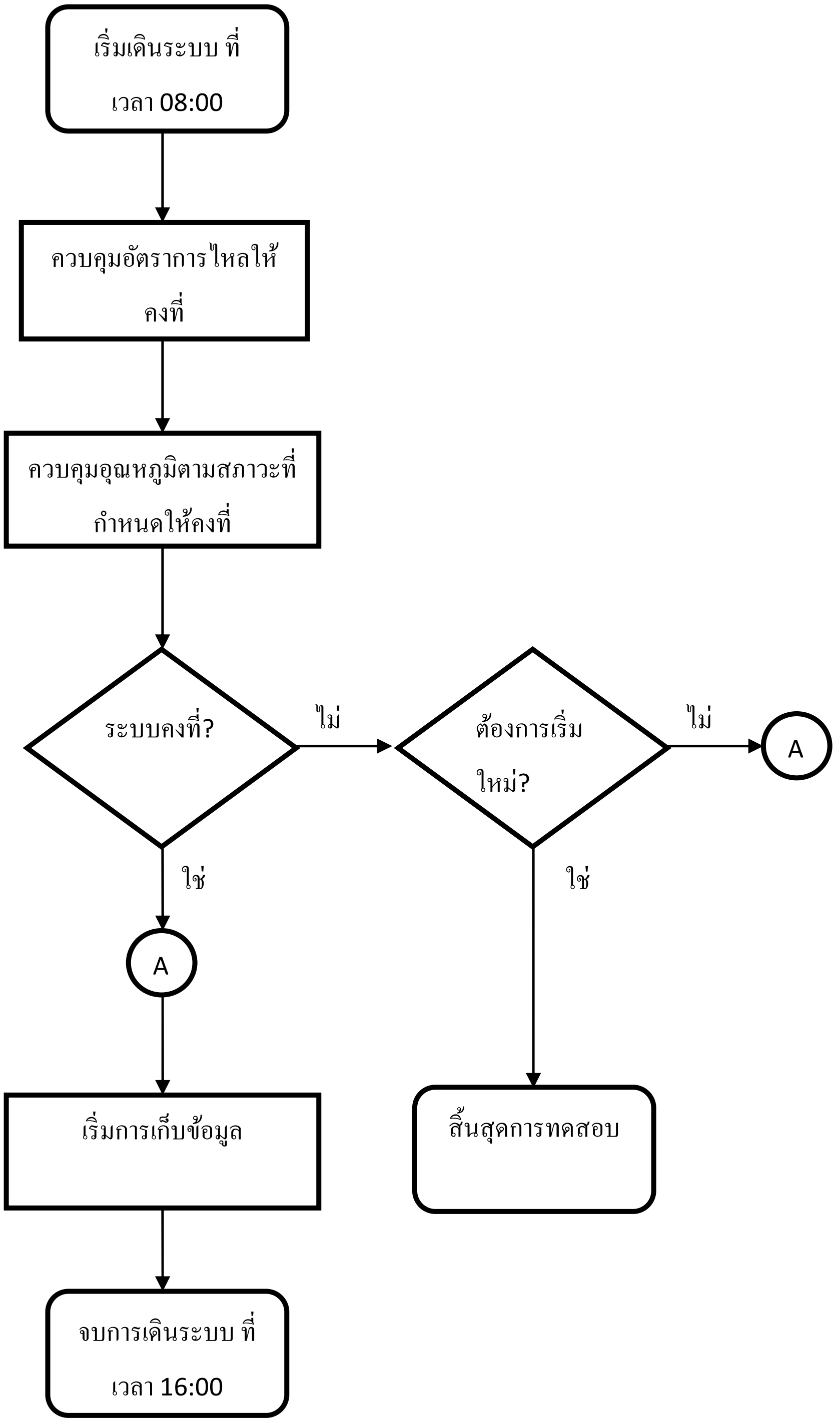
T_{at} อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม องศาเซลเซียส

T_{in} อุณหภูมิน้ำเข้าแผง องศาเซลเซียส

T_{out} อุณหภูมิน้ำออกจากแผง องศาเซลเซียส

$(T_{in} - T_{at})$ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเข้ากับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

$FlowRate$ ค่าอัตราการไหล หน่วยเป็น ลิตรต่อนาที



ภาพที่ 3.7 การดำเนินการทดสอบและบันทึกผล

3.4 รายการอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ

1. มอเตอร์ปั๊มน้ำ

ทำหน้าที่ขับดันน้ำที่อยู่ในระบบให้ไหลเข้าไปยังแผงที่ต้องการทดสอบที่อัตราการไหลตามที่ต้องการได้ โดยควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ ซึ่งจะทำงานผ่านเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (VSD) โดยผู้ทำการทดสอบสามารถเลือกความเร็วให้เหมาะสมกับอัตราการไหลที่ต้องการที่ 5.2 ลิตรต่อนาทีซึ่งจากการทดลองปรับแต่งระบบแล้วพบว่ามีค่าความเร็วรอบมอเตอร์อยู่ที่ 17.5 Hz

รายละเอียดมอเตอร์ปั๊มน้ำ

- ยี่ห้อ LOWARA รุ่น CEA80/5/A-V
- ผลิตที่ ประเทศอิตาลี
- ชนิดมอเตอร์ 3 เฟส
- ขนาดแรงดัน 380-415 โวลต์ 50 Hz
- ขนาดมอเตอร์ 0.75 kW
- ความดันระบบ 21-30 เมตร

ภาพที่ 3.8 มอเตอร์ปั๊มน้ำ

2. หอระบายความร้อน

ทำหน้าที่ระบายความร้อนที่ได้รับจากแผงและการทดสอบออกไปทิ้งสู่ภายนอก เป็นชนิด Water Cooled โดยให้น้ำตกลงมากระทบกับอากาศเพื่อดึงความร้อนออก ด้านบนจะมีมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งมีใบพัดติดอยู่จะทำงานควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่จะไหลเข้าระบบให้คงที่เพื่อให้แน่ใจว่าได้นำความร้อนที่ถูกสร้างขึ้นจากชุดทดสอบออกไปหมดแล้ว อีกทั้งยังเป็นที่เติมน้ำเข้าไปในระบบอีกด้วย เนื่องจากอาจมีการสูญเสียน้ำในระบบตามจุดรั่วซึมและข้อต่อต่างๆ โดยเฉพาะที่ผ่านหอระบายความร้อนเองก็ตาม ซึ่งตรงเกือบก้นถังของหอระบายความร้อนจะต่อกับท่อประปาที่มีลูกลอยติดอยู่เพื่อควบคุมระดับน้ำให้คงที่อยู่เสมอ

รายละเอียดหอระบายความร้อน

- ยี่ห้อ Cooling Man
- อุณหภูมิน้ำเข้า 30 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิน้ำออก 35 องศาเซลเซียส
- อัตราการไหล 10 m^3/h
- แรงดันตกคร่อม 0.04 Mpa

ภาพที่ 3.9 หอระบายความร้อน

3. เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ

ใช้สำหรับการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำในระบบ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบมีอัตราการไหลของน้ำตามที่ต้องการในการทดสอบ เป็นเครื่องวัดอัตราการไหลแบบใช้ใบพัดหมุนอยู่ภายในและตัวเครื่องจะมีแบตเตอร์รี่ติดตั้งอยู่ มีอายุอยู่ที่ 7 ปี สามารถทำการแสดงผลเป็นจอตัวเลขดิจิตอลได้ จึงสะดวกในการอ่านค่าอัตราการไหลของระบบ ระหว่างดำเนินการทดสอบ

รายละเอียดเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ

- ยี่ห้อ รุ่น SIEMENS MODEL WFN21
- อุณหภูมิใช้งาน 20-110 องศาเซลเซียส
- อัตราการไหลต่ำสุด 0.015 m^3/h
- ขนาดท่อ ¾ นิ้ว
- แรงดันที่ทนได้ 10 บาร์

ภาพที่ 3.10 เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ

4. เครื่องปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (VSD)

เครื่องปรับความเร็วรอบมอเตอร์ Variable Speed Drive (VSD) ใช้เพื่อปรับความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มน้ำให้มีอัตราการไหลตามที่ต้องการในการทดสอบ โดยที่ตัวเครื่องจะมีหน้าจอที่แสดงการทำงานต่างๆ ของตัวปรับความเร็วรอบ เช่น Hz , Current (A), % สามารถเพิ่มหรือลดความเร็วได้จากปุ่มที่ติดอยู่บนหน้าจอแสดงผล ตัวเครื่องปรับความเร็วรอบมอเตอร์สำหรับการทดสอบนี้จะเชื่อมต่ออยู่กับชุดสตาร์ทเตอร์ และตัวเครื่องจะอยู่ในตู้ควบคุมเพื่อป้องกันฝุ่นและความชื้นไม่ให้เข้าไปในตัวเครื่อง

รายละเอียดเครื่องปรับความเร็วรอบมอเตอร์

- ยี่ห้อ รุ่น ABB Model ACS-550
- มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส 50 Hz
- ขนาดแรงดัน 400/415 โวลต์
- ขนาดกำลัง 1.1 kW
- กระแส 3.3 Amp
- สูง 330 mm
- กว้าง 125 mm
- ลึก 212 mm

ภาพที่ 3.11 เครื่องปรับความเร็วรอบมอเตอร์

5. เครื่องวัดรังสีอาทิตย์ Pyranometer และ Solar Impact Sensor

ใช้สำหรับตรวจวัดความเข้มแสงอาทิตย์มีย่านการตรวจวัดที่ 0-1000 วัตต์ต่อตารางเมตร ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ทั้งสองเครื่องในการตรวจวัด

รายละเอียดของ Pyranometer

- ยี่ห้อ รุ่น CMP21
- Signal Output 0 to 15 mV
- Spectral Sensitivity 285 to 2800 nm

รายละเอียดของ Solar Impact Sensor

- ยี่ห้อ รุ่น SIEMENS Model QLS60
- แรงดัน 24 Vac or 24 Vdc
- ย่านการวัด 0-1000 วัตต์ต่อตารางเมตร
- สัญญาณ 4-20 mA

ก) ไพรานอมิเตอร์

ข) Solar Impact Sensor

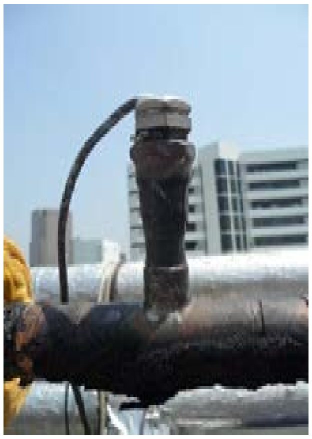
ภาพที่ 3.12 เครื่องวัดรังสีอาทิตย์ ก) ไพรานอมิเตอร์ ข) Solar Impact Sensor

6. ชุดตรวจวัดอุณหภูมิน้ำร้อน Cable Temperature Sensor

ใช้สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิที่ผ่านเข้าออกระหว่างแผง และ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมบริเวณที่ทำการทดสอบ เป็นเซนเซอร์ที่ออกแบบมาใช้สำหรับระบบทำน้ำร้อนโดยตรงสามารถทนอุณหภูมิได้สูงถึง 180 องศาเซลเซียส ส่วนหัวทำด้วยสแตนเลส มีขนาดความยาว 5 เซนติเมตร เวลาใช้งานจะต้องมี Pocket สำหรับใส่หัววัดลงไป ก่อนใส่จะต้องทา ซิลิโคน สำหรับ นำความร้อนเสียก่อน เพื่อให้หน้าสัมผัสของเซนเซอร์สามารถตรวจวัดความร้อนได้ดียิ่งขึ้น จึงลดความร้อนที่อาจจะสูญเสียไปเนื่องจากความต้านทานจากการนำความร้อนไม่ดี

รายละเอียดชุดวัดอุณหภูมิน้ำร้อน Cable Temperature Sensor

- ยี่ห้อ รุ่น — SIEMENS QAP21.2
- ย่านการวัด — -30 to 180 องศาเซลเซียส
- ชนิดเซนเซอร์ — LG-Ni 1000
- ความแม่นยำ — +/-0.4 องศาเซลเซียส
- Measurement and output — passive
- การป้องกัน — IP 67
- Time Constant — <30s
- Sensor Sleeve — Stainless steel V4A(1.4571)



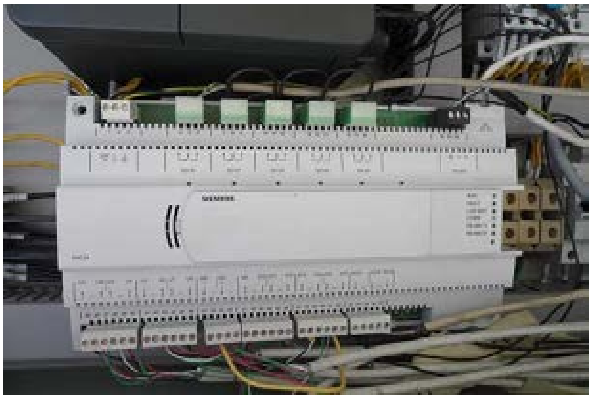
ภาพที่ 3.13 ชุดวัดอุณหภูมิน้ำร้อน

7. ชุดควบคุมการทำงาน

ใช้งานสำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ ชุดตรวจวัดอุณหภูมิน้ำร้อนเข้าและออกจากแผง อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ความเข้มแสงอาทิตย์ เป็นต้น เพื่อเก็บข้อมูลสำหรับนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้ อีกทั้งสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการทำงานได้ด้วย ซึ่งผู้วิจัยได้ทำฟังก์ชั่นการป้องกันอุณหภูมิของชุด ฮีทเตอร์ หากมีอุณหภูมิสูงเกินไปให้ทำการตัดการทำงานของชุด ฮีทเตอร์ เพราะ สาเหตุอาจจะมาจากน้ำในระบบขาดได้ เนื่องจากน้ำเติมไม่มี เป็นต้น ตัวชุดควบคุม ยังสามารถเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ที่ลงโปรแกรมสำหรับสื่อสารกับตัวมันเองได้ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นข้อมูล แบบรูปภาพ และ ตัวเลข ได้ทันที อีกทั้งยังสามารถนำไป วิเคราะห์ ในรูปแบบกราฟเส้นได้ทันทีอีกด้วย ชุดควบคุมนี้มีคุณสมบัติที่โดดเด่นคือในเรื่องของความสามารถในการเป็น Data Logger ภายในตัวเอง ซึ่งมี RAM สำหรับการจัดเก็บข้อมูลตามที่ผู้ใช้งานเป็นผู้กำหนด จึงทำให้เป็นเรื่องง่ายๆในการเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ

รายละเอียดชุดควบคุม

- ยี่ห้อ รุ่น SIEMENS Model PXC24.EF.A
- แรงดันไฟฟ้า 24 Vac ±20% input @ 50/60 Hz
- Power 20 VA @24 Vac
- Processor Motorola MPC852T, 100 MHz
- Memory 24 MB (16 MB SDRAM, 8 MB Flash ROM)
- A/D Resolution 16 bits
- Dimensions 272 mm × 150 mm × 62 mm (L x W x D)



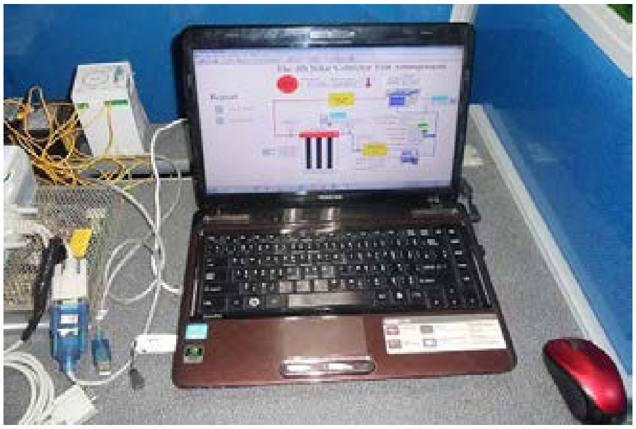
ภาพที่ 3.14 ชุดควบคุม

8. ชุดคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมเก็บข้อมูล

ใช้สำหรับติดตั้งโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับชุดควบคุมใช้ในการเฝ้าติดตามการทำงานของระบบและดึงค่าข้อมูลและสั่งงานชุดควบคุม Heater ความเร็วรอบของปั๊มน้ำ จึงทำให้ง่ายสำหรับการเฝ้าติดตามในการเก็บข้อมูล เป็นอย่างมาก ส่วนตัวโปรแกรมเองยังมีฟังก์ชั่นของการตั้งเวลาการเปิดปิดระบบได้ เนื่องจากระบบในบางครั้งต้องการให้ทำงานก่อนเพื่อปรับให้น้ำป้อนได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ เช่น ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อาจต้องใช้เวลานานเกือบหนึ่งชั่วโมงก่อนเริ่มทำการทดสอบที่เวลา 08:00 นาฬิกา จึงทำให้ผู้วิจัยไม่ต้องมาเริ่มระบบเองตั้งแต่เช้า

รายละเอียดชุดคอมพิวเตอร์

- ยี่ห้อ รุ่น TOSHIBA Model Satellite L745
- Operating System Windows 7
- Software Interface Insight 3.11 @ Siemens Trademark
- Hard disk 500 GB
- RAM 2GB



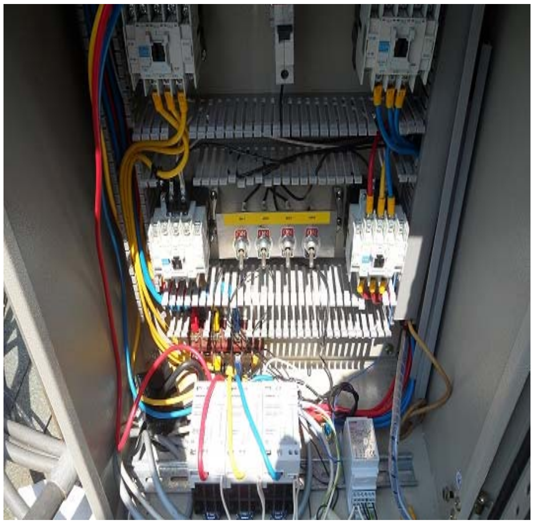
ภาพที่ 3.15 ชุดโปรแกรมควบคุม

9. ชุดควบคุม Heater ไฟฟ้า

ใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิน้ำป้อน หรือ อุณหภูมิน้ำก่อนเข้าแผงให้คงที่ ตามสภาวะการทดสอบที่อุณหภูมิ 30,40,50,60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยมีขดลวดความร้อนขนาด 9 kW เป็นชนิดสัมผัสกับน้ำโดยตรง จำนวน 4 ตัว แต่ละตัวมี Magnetics Relay ที่สามารถสั่งปิดเปิดไฟให้กับขดลวดความร้อนได้ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำให้ได้ตามการทดลอง ชุดควบคุมนี้จะเชื่อมต่ออยู่กับชุดควบคุมของระบบอีกทีหนึ่ง และจะถูกสั่งการทำงานตามลำดับการทำงานในการทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถมองเห็น ค่า อุณหภูมิ และ กระแสของตัวทำความร้อนได้

รายละเอียด Heater ไฟฟ้า

- ยี่ห้อ รุ่น ผลิตจากโรงงาน
- ขนาดแรงดัน 380 โวลต์ 50 Hz
- ขนาดกำลัง 9 x 4 kW

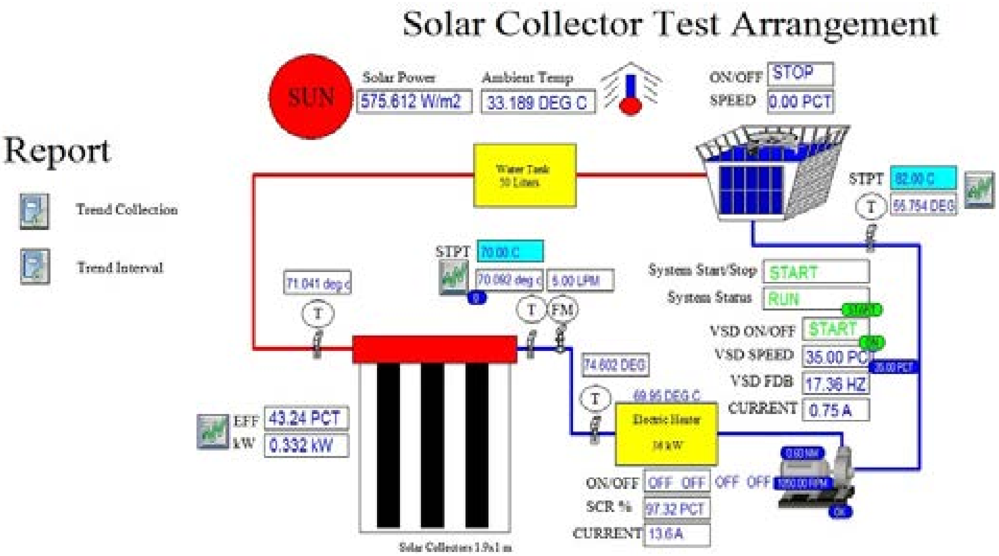


ภาพที่ 3.16 ชุดควบคุมฮีทเตอร์ไฟฟ้า

3.5 การดำเนินการทดสอบ

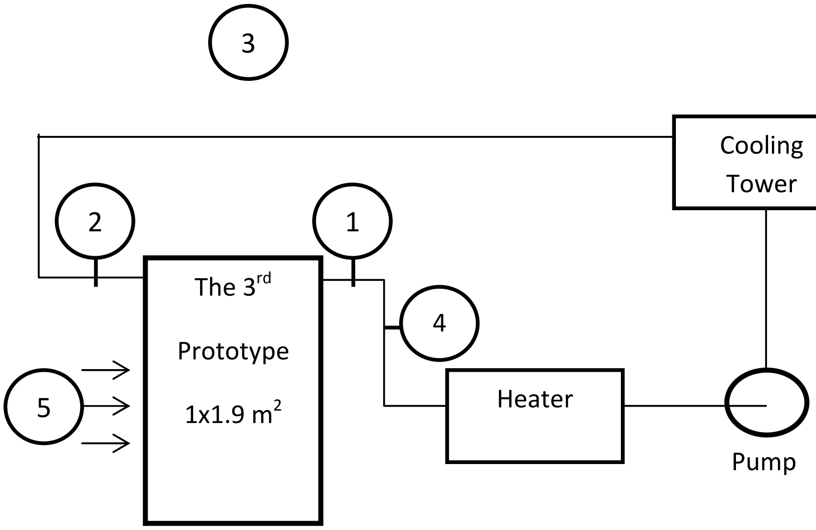
การดำเนินการทดสอบทำที่ดาดฟ้าสถาบันวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตำแหน่ง ละติจูด 13.742874,ลองติจูด 100.532804 ดังภาพที่ 3.17

ภาพที่ 3.17 ตำแหน่งสถานที่ทำการทดสอบ



ภาพที่ 3.18 แสดงหน้าจอที่ใช้สั่งการทำงานและเก็บข้อมูลของแผง

จากภาพที่ 3.18 เป็นหน้าจอกราฟฟิกสำหรับการควบคุมและสั่งงานระบบให้ทำการเดินมอเตอร์ที่ความเร็วตามที่กำหนด ในการทดลองนี้จะปรับที่อัตราการไหล 5.2 ลิตรต่อนาที ควบคุมอุณหภูมิน้ำทางเข้าแผงให้คงที่ที่อุณหภูมิ 30,40,50,60 และ 70 องศาเซลเซียส ในขณะเดินระบบสามารถตรวจสอบค่าอุณหภูมิน้ำร้อนเข้า และ น้ำร้อนออกได้ตลอดเวลา พร้อมทั้งยังสามารถแสดงค่าที่ได้ออกมาในรูปของ ค่าพลังงาน kWh และ ประสิทธิภาพของแผง เมื่อจบการทดสอบทุกครั้ง เราสามารถทำการออกรายงานเพื่อเก็บค่าตัวเลขที่ได้ในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบมาพล็อตเป็นกราฟ สำหรับการคำนวณต่อไปได้ทันที



ภาพที่ 3.19 แสดงจุดตรวจวัดในการทดสอบ

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดจุดวัดของการทดสอบ

จุดที่	บริเวณการตรวจวัด	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือที่ใช้
1	ท่อทางเข้าแผง	อุณหภูมิน้ำเข้า	LG-Ni1000
2	ท่อทางออกแผง	อุณหภูมิน้ำออก	LG-Ni1000
3	ใกล้ๆกับแผง	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	LG-Ni1000
4	ท่อทางเข้าแผง	อัตราการไหล	Flow Meter
5	ใกล้ๆกับแผง	ความเข้มแสงอาทิตย์	Pyranometer/Solar Impact

ภาพที่ 3.20 แสดงการวางแผงเพื่อทดสอบหาสมรรถนะ

การทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงดังภาพที่ 3.5 นั้น ตามเงื่อนไขในตารางที่ 3.2 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สำหรับบทต่อไปนั้นจะทำให้เราทราบสมการถดถอยเชิงเส้น เพื่อใช้ในการพยากรณ์ความสามารถของแผงที่จะผลิตความร้อนได้และการออกแบบระบบเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

การทดสอบหาประสิทธิภาพของแผงพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์นี้ เป็นการทดสอบภายใต้สภาพแวดล้อมจริง บนดาดฟ้าสถาบันวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อให้เราสามารถหาสมการถดถอยเชิงเส้นของแผงทดสอบ สำหรับนำไปใช้ในการหาประสิทธิภาพของแผงและคำนวณออกแบบระบบทำน้ำร้อนเพื่อใช้งานจริงต่อไปได้

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดและชุดควบคุมต่างๆดังภาพที่ 3.19
2. เตรียมระบบคอมพิวเตอร์สำหรับการบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 นาที ซึ่งมี อุณหภูมิน้ำเข้าและออกแผง ความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
3. ตรวจสอบน้ำในระบบให้มีอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการทดสอบ
4. ตรวจสอบเครื่องปรับความเร็วของมอเตอร์ให้มีความเร็วที่อัตราการไหลที่ 5.2 ลิตรต่อนาที
5. ตรวจสอบระบบไฟฟ้าที่เข้า Heater และชุดควบคุมสำหรับการปรับอุณหภูมิที่ป้อนเข้าแผงให้พร้อมอยู่เสมอ

6. เริ่มดำเนินการเดินระบบที่เวลา 08:00 นาฬิกา ปรับอุณหภูมิน้ำป้อนเริ่มแรกที่ 30 องศาเซลเซียส ก่อนเป็นลำดับแรก แล้ว ไปที่ 40,50,60 และ 70 ของวันทดสอบต่อๆไป จบการทดสอบที่เวลา 16:00 นาฬิกา
7. นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบหาสมรรถนะของ แผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นการพัฒนาและออกแบบของคณะสถาบันวิจัยพลังงาน ของมหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ นับเป็นการออกแบบในรุ่นที่ 3 โดยจะทำการทดสอบในสภาวะที่มีอัตราการไหล 5.2 ลิตรต่อนาที และมีการเก็บข้อมูล ตัวแปรอิสระคือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ความเข้มแสงอาทิตย์ ตัวแปรตามคือ อุณหภูมิน้ำร้อนออกจากแผง และปรับอุณหภูมิของน้ำป้อนในแต่ละวันที่ 30,40,50,60 และ 70 องศาตามลำดับ เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาสมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์ ตามรูปแบบของ ASHRAE 93-77 จะได้สมการถดถอยเชิงเส้นของแผงรับแสงอาทิตย์สำหรับนำไปใช้ในการออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนสำหรับใช้งานจริงที่อุณหภูมิระหว่าง 30-70 องศาเซลเซียส และ ใช้ประเมินการหาค่าพลังงานที่แผงรับแสงอาทิตย์ได้รับตลอดปี โดยการพยากรณ์ จากข้อมูลอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และความเข้มรังสีอาทิตย์ของประเทศไทย จาก กรมอุตุนิยมวิทยา โดยใช้ข้อมูลของปี 2554 เป็นปีพยากรณ์

การเก็บข้อมูลได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่วันที่ 18 มีนาคม 2556 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2556 เวลาทดสอบเริ่มต้นที่ 08:00 ถึง 16:00 น. ชุดตรวจวัดต่างๆได้ถูกเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล (Data Logger) เพื่อบันทึกผลข้อมูลทุกๆ 5 นาที สภาวะการทดสอบแสดงตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 วันที่ทดสอบและสภาวะในการทดสอบ

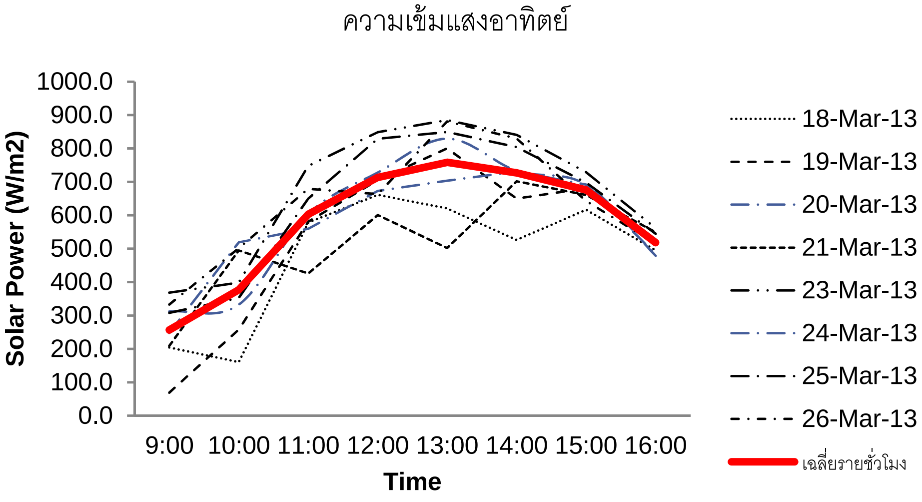
วันที่	เวลาทดสอบ	อัตราการไหล	อุณหภูมิน้ำป้อน	ความถี่ของข้อมูล
		lpm	°C	นาที
18 มี.ค. 2556	08:00 – 16:00	5.2	70	5
19 มี.ค. 2556	08:00 – 16:00	5.2	60	5
20 มี.ค. 2556	08:00 – 16:00	5.2	50	5
21 มี.ค. 2556	08:00 – 16:00	5.2	40	5
***22 มี.ค. 2556	08:00 – 16:00	5.2	40	5
23 มี.ค. 2556	08:00 – 16:00	5.2	30	5
24 มี.ค. 2556	08:00 – 16:00	5.2	70	5
25 มี.ค. 2556	08:00 – 16:00	5.2	70	5
27 มี.ค. 2556	08:00 – 16:00	5.2	70	5

*** ข้อมูลมีความผิดพลาดเพราะระบบมีปัญหา

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์

จากการเก็บข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระในระยะเวลาที่ทำการทดสอบ รวม 8 วันแล้วสามารถนำมาพล็อตกราฟได้ดังภาพที่ 4.1 จากข้อมูลทุกๆ 5 นาที แล้วนำมาทำการหาค่าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 9:00 ถึง 16:00 นาฬิกา แล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปพล็อตกราฟเป็นเส้นทึบ ในภาพที่ 4.1 ได้ค่าเฉลี่ยรายวันของความเข้มแสงอาทิตย์อยู่ที่ 578.8 W/m^2

หรือ (68.8 Min,884.8 Max,578.8 Avg)

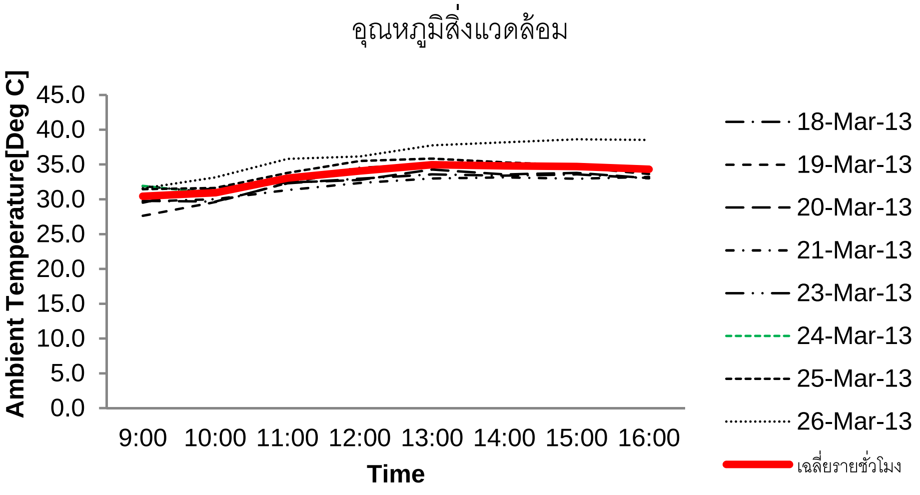


ภาพที่ 4.1 ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระในระยะเวลาที่ทำการทดสอบ รวม 8 วันแล้วสามารถนำมาพล็อตกราฟได้ดังภาพที่ 4.2 จากข้อมูลทุกๆ 5 นาที แล้วนำมาทำการหาค่าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 9:00 ถึง 16:00 นาฬิกา แล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปพล็อตกราฟเป็นเส้นทึบ ในภาพที่ 4.2 ได้ค่าเฉลี่ยรายวันของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 33.4 ^{o}C

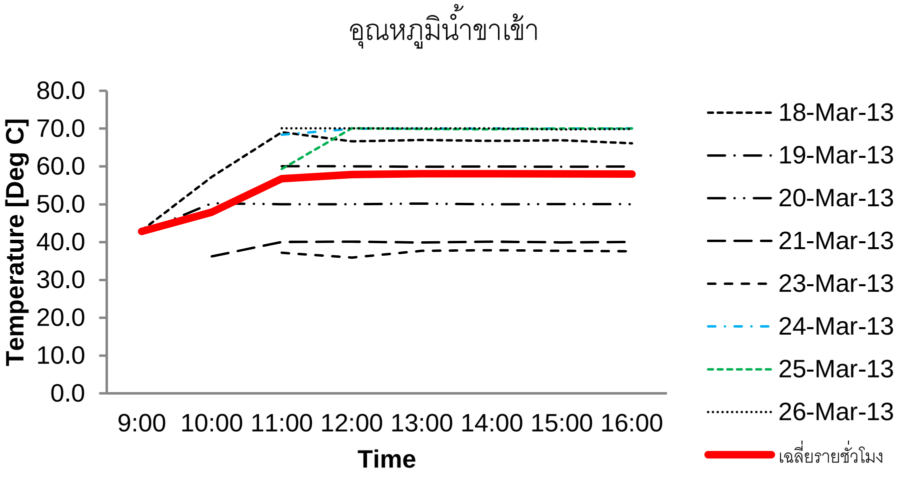
หรือ (27.6 Min,38.6 Max,33.4 Avg)



ภาพที่ 4.2 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม °C ของการทดสอบ

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าแผงรับแสงอาทิตย์

จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นตัวแปรคงที่ในระยะเวลาที่ทำการทดสอบ รวม 8 วัน ที่ อุณหภูมิ 30,40,50,60 และ 70 องศาเซลเซียส แล้วสามารถนำมาพล็อตกราฟได้ดังภาพที่ 4.3 จากข้อมูลทุกๆ 5 นาที แล้วนำมาทำการหาค่าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 9:00 ถึง 16:00 นาฬิกา แล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปพล็อตกราฟเป็นเส้นทึบในภาพที่ 4.3 ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ (35.9 Min,70.1 Max,56.7 Avg)

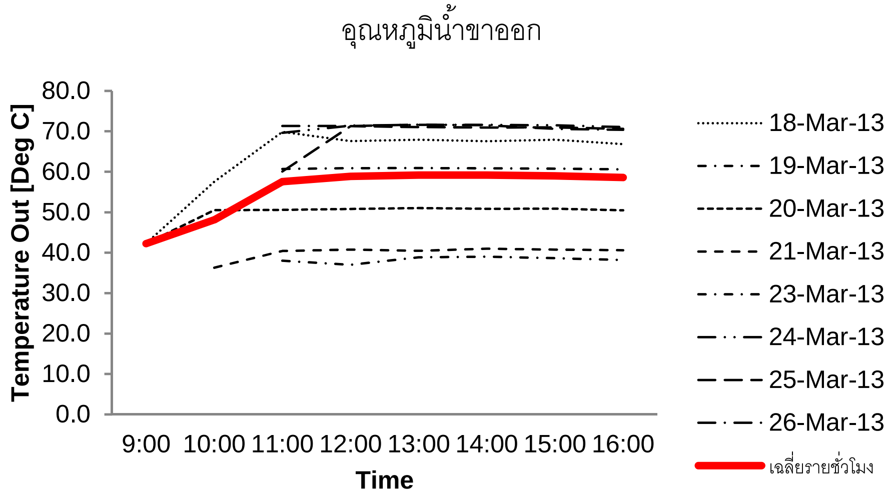


ภาพที่ 4.3 อุณหภูมิน้ำเข้าแผงทดสอบ °C

หมายเหตุ ภาพที่ 4.3 จากกราฟช่วงเวลาชั่วโมงที่ 9:00 และ 10:00 นาฬิกายังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำป้อนให้คงที่ได้ทำให้ค่าที่ได้ไม่ดี จึงไม่สามารถนำมาแสดงในกราฟได้

4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิน้ำออกจากแผงรับแสงอาทิตย์

จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิน้ำร้อนออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นตัวแปรตามในระยะเวลาที่ทำการทดสอบ รวม 8 วัน ที่ อุณหภูมิน้ำป้อน 30,40,50,60 และ 70 องศาเซลเซียส แล้วสามารถนำมาพล็อตกราฟได้ดังภาพที่ 4.4 จากข้อมูลทุกๆ 5 นาที แล้วนำมาทำการหาค่าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 9:00 ถึง 16:00 นาฬิกา แล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปพล็อตกราฟเป็นเส้นทึบ ในภาพที่ 4.4 ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ (36.3 Min,71.7 Max,57.5 Avg)



ภาพที่ 4.4 อุณหภูมิน้ำขาออกจากแผงทดสอบ ^{o}C

หมายเหตุ ภาพที่ 4.4 จากกราฟช่วงเวลาชั่วโมงที่ 9:00 และ 10:00 นาฬิกายังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำป้อนให้คงที่ได้ ทำให้ค่าที่ได้ไม่ดี จึงไม่สามารถนำมาแสดงในกราฟได้

4.5 สรุปผลการทดสอบของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่นที่ 3

จากการบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 นาทีแล้วนำมาเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมงของวันที่ 18 มีนาคม 2556 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2556 จะได้ค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวแปรดังนี้

ความเข้มข้นแสงอาทิตย์ เฉลี่ย ที่	578.8 W/m^2
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม เฉลี่ยที่	33.41 $^{\circ}C$
อุณหภูมิน้ำร้อนเข้าแผงที่ทดสอบ เฉลี่ยที่	56.7 $^{\circ}C$
อุณหภูมิน้ำร้อนออกจากแผงที่ทดสอบ เฉลี่ยที่	57.5 $^{\circ}C$

เราจะนำข้อมูลเฉลี่ยรายชั่วโมงมาดำเนินการหาค่าพลังงานที่แผงได้รับ และหาประสิทธิภาพของแผง โดยใช้สมการตามรูปแบบ ASHRAE 93-77 ดังต่อไปนี้

ก่อนอื่นเราต้องทราบค่าพลังงานที่แผงได้รับช่วงเวลาใดๆ ได้จากสมการที่ 18

$$Q_c = \dot{m} C_p (T_{out} - T_{in}) \qquad (18)$$

จากการทดสอบที่เวลา 11:00 เราใช้เงื่อนไขที่อัตราการไหล 5.2 ลิตรต่อนาที มีอุณหภูมิน้ำป้อนเฉลี่ย56.8 $^{\circ}C$ และ อุณหภูมิน้ำออกเฉลี่ย 57.6 $^{\circ}C$ เพราะฉะนั้นเราสามารถหาค่าพลังงานที่แผงได้รับ ช่วงเวลา 11:00 น. ได้ดังนี้

$$Q_c = \frac{5.2kg}{60s} 4.18 \frac{kJ}{kgC} (57.6 - 56.8)C$$

$$Q_c = 293.123W$$

ต่อไปเราสามารถหาแกน X ได้จากสมการที่ 19

$$\frac{Tin - Ta}{I} \qquad (19)$$

สมการที่ 19 สามารถหาแกน X ที่ชั่วโมงที่ 11:00 ได้ดังนี้ เมื่ออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 33.03 $^{\circ}C$ และความเข้มแสงอาทิตย์ 603.14 Watt

$$\frac{56.77-33.03}{603.14}=0.039$$

จะได้ค่า $\frac{T_{in}-T_a}{I}$ ที่เวลา 11:00 น. เท่ากับ 0.039

ซึ่งเราสามารถหาประสิทธิภาพของแผงที่เวลา 11:00 ได้จากสมการที่ 20

$$\eta_c=\frac{Q_c}{IA} \qquad (20)$$

เมื่อ

η_c ประสิทธิภาพของแผงรับแสง %

Q_c พลังงานที่แผงรับแสงอาทิตย์ทำได้ Watt

I ความเข้มแสงอาทิตย์ W/m^2

A พื้นที่รับแสงของแผงรับแสงอาทิตย์ m^2

โดยที่แผงรุ่น 3rd Prototype มีพื้นที่รับแสงอยู่ที่ 1.9 ตารางเมตร จะได้ประสิทธิภาพที่เวลา 11:00 น.

$$\eta_c=\frac{293.12}{603.14x1.9}=25.27$$

เพราะฉะนั้นเราสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงที่เวลา 11:00 น. ได้เท่ากับ 25.27 %

จากนั้นเราก็ทำการคำนวณหาค่าตามสมการที่ 18,19,20 ของ ชั่วโมงที่ 12:00 ถึง 16:00 ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลการวิเคราะห์หาสมรรถนะของแผงในตารางข้อมูลที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการวิเคราะห์หาสมรรถนะของแผง

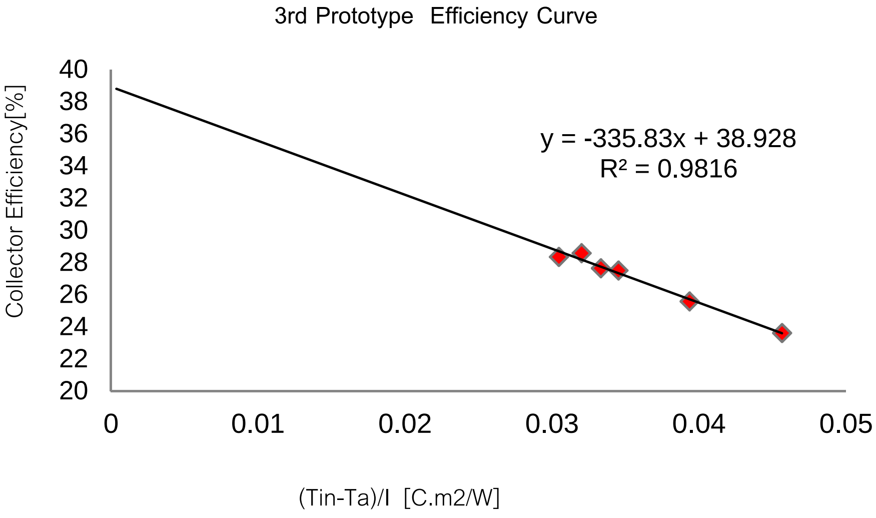
ตัวแปร	สัญลักษณ์	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
ความเข้มแสงอาทิตย์	I	256.3	377.1	603.1	713.6	758.8	727.1	676.2	518.3
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	T_a	30.4	30.9	33.0	34.1	35.0	34.8	34.7	34.3
อุณหภูมิน้ำเข้า	T_{in}	42.8	47.9	56.8	57.9	58.1	58.1	58.0	58.0
อุณหภูมิน้ำออก	Tout	42.3	48.1	57.6	58.9	59.2	59.2	59.0	58.6
แกน X	$\frac{T_{in}-T_a}{I}$	0.048	0.045	0.039	0.033	0.030	0.032	0.034	0.045
พลังงานที่แผงได้รับ	Q_c	***	***	293.1	374.8	408.6	394.8	353.3	232.5
ประสิทธิภาพของแผง	η_c	***	***	25.6	27.6	28.3	28.6	27.5	23.6

หมายเหตุ *** ข้อมูลไม่สมบูรณ์ เพราะระบบยังควบคุมน้ำป้อนไม่ได้

การทดสอบเพื่อให้เหมาะสมกับน้ำร้อนใช้งานที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เราจะใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.2 ไปหาสมรรถนะของแผง รุ่น 3rd Prototype ต่อไป

4.6 สมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd แบบพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 เราสามารถนำมาพล็อตหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์แบบไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ได้ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 แสดงกราฟประสิทธิภาพของรางรุ่น 3rd Prototype

จากกราฟประสิทธิภาพของแผงที่ได้นี้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า รางรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd Prototype นี้จะมีประสิทธิภาพสูงสุด อยู่ที่ 38.9 เปอร์เซ็นต์ และจะมีประสิทธิภาพสูงสุดที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเท่ากับอุณหภูมิน้ำป้อนเข้าแผงรับแสงอาทิตย์

จากกราฟเส้นในภาพที่ 4.5 สมการถดถอยเชิงเส้นที่ได้สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 18

$$y = -335.83x + 38.938 \tag{21}$$

หรือเขียนในรูปสมการตามรูปแบบของ ASHRAE 93-77 ได้ดังสมการที่ 19

$$\eta_c = -335.83[(T_{in} - T_a)/I] + 38.938 \tag{22}$$

เมื่อ

η_c ประสิทธิภาพของแผงรับแสง %

T_{in} อุณหภูมิน้ำป้อนเข้าแผงรับแสง °C

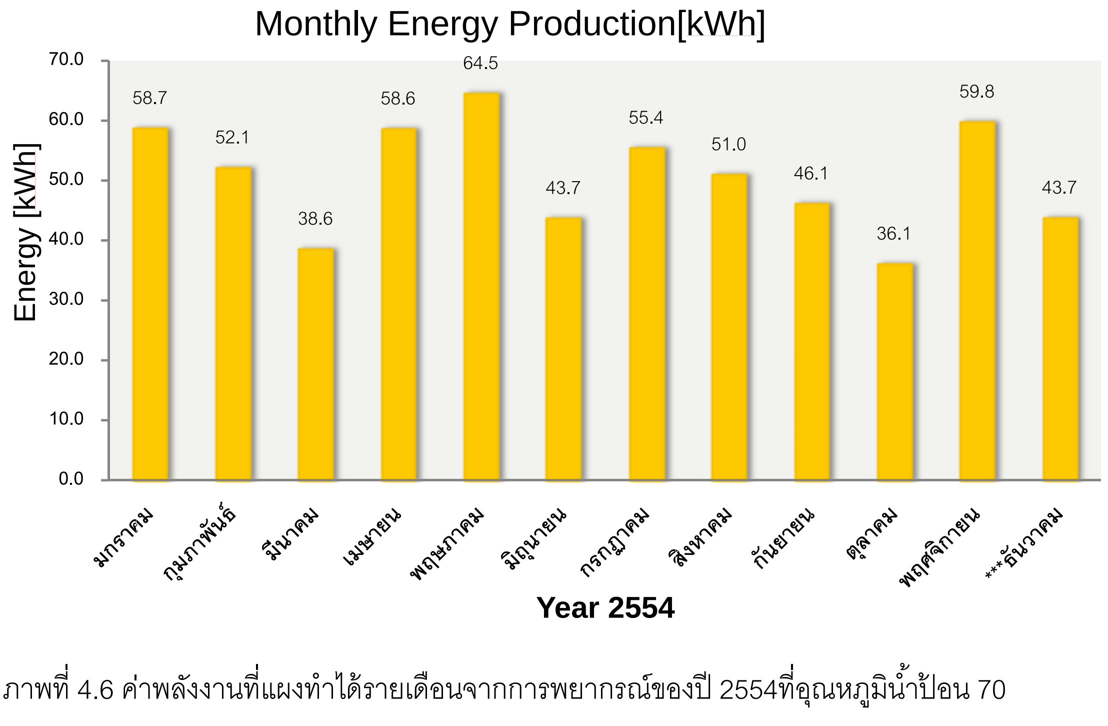
T_a อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม °C

I ความเข้มแสงอาทิตย์ W/m

จากสมการที่ 19 เราสามารถวิเคราะห์สมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์ได้ว่า
ผลการทดสอบแผงมีค่า Slope เท่ากับ - 0.335 และค่า Intercept เท่ากับ 0.38
แผงรับแสงอาทิตย์มีค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน $F_R U_L$ เท่ากับ 335.83
แผงรับแสงอาทิตย์มีค่าเฟคเตอร์การดึงความร้อนของตัวเก็บรังสี $F_R(\tau\alpha)$ เท่ากับ 38.93

4.7 ผลวิเคราะห์ของแผงรับแสงพลังงานที่แผงรับแสงอาทิตย์ผลิตได้ตลอดทั้งปี

หลังจากนั้นเราสามารถทำนายค่าพลังงานที่แผงรับแสงอาทิตย์นี้ได้รับรายเดือนตลอดปี 2554 ได้ โดยการใช้ค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และ ความเข้มแสงอาทิตย์ของ ปี 2554 จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา ของประเทศไทยได้ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.6 ค่าพลังงานที่แผงทำได้รายเดือนจากการพยากรณ์ของปี 2554ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซีย

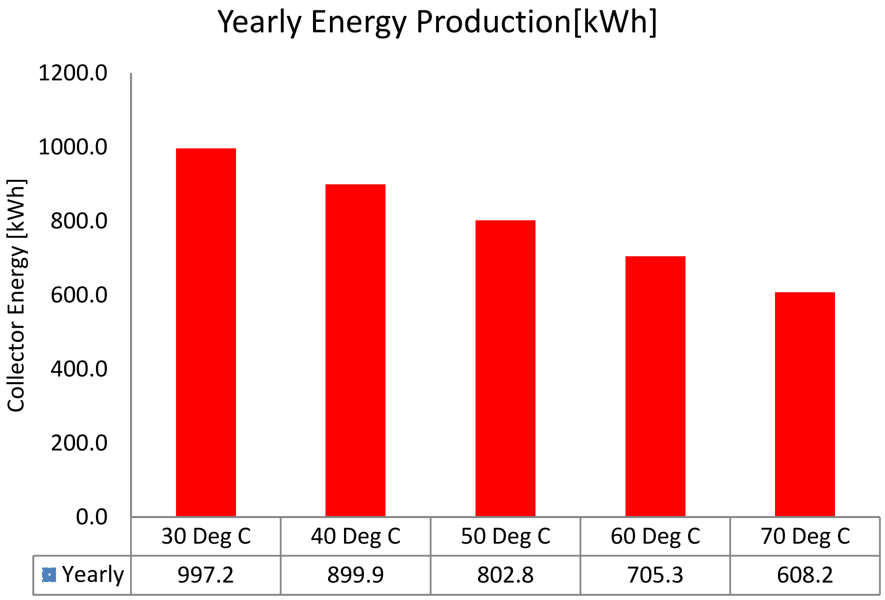
ค่าพยากรณ์พลังงานที่แผงรับแสงรุ่น 3rd ผลิตได้ ประจำปี 2554 มีค่าเท่ากับ 608.2 kWh สามารถทดแทนการใช้ไฟฟ้าได้เป็นเงินจำนวน 608.2 x 3.5 = 2128.7 บาทต่อปี

หมายเหตุคิดค่าไฟฟ้า 3.5 บาท ต่อหน่วย kWh จากข้อมูลในภาพที่ 4.6 สามารถนำมาคำนวณหาการทดแทนการใช้เชื้อเพลิงต่างๆได้ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการทดแทนเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ

เชื้อเพลิง	จำนวน/หน่วย
LPG	43.6 กิโลกรัม
น้ำมันเตา	55 ลิตร
น้ำมันดีเซล	60.1 ลิตร
ถ่าน	75.8 กิโลกรัม
แกลบ	152 กิโลกรัม
กากอ้อย	290.8 กิโลกรัม

เราสามารถทราบพลังงานที่แผงได้รับที่อุณหภูมิน้ำป้อน 30,40,50,60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และ ความเข้มแสงอาทิตย์ของปี 2554 ดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ค่าพลังงานที่แผงทำได้ต่อปีตามอุณหภูมิน้ำป้อนต่างๆโดยการพยากรณ์ของปี 2554

จากผลค่าพลังงานที่แผงผลิตได้ พลังงานความร้อนที่อุณหภูมิ 30 เป็น 997.2 kWh ที่อุณหภูมิ 40 เป็น 899.9 kWh ที่อุณหภูมิ 50 เป็น 802.8 kWh ที่อุณหภูมิ 60 เป็น 705.3 kWh และที่อุณหภูมิ 70 องศา เป็น 608.2 kWh ตามลำดับพบว่าที่อุณหภูมิน้ำป้อนต่ำลงแผงสามารถผลิตน้ำร้อนได้มากขึ้น เนื่องจากแผงรับแสงมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

4.8 สมรรถนะของระบบทำน้ำร้อน

สมรรถนะของระบบทำน้ำร้อน จะขึ้นอยู่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและความเข้มแสงอาทิตย์ เป็น หลัก จากสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดสอบเราสามารถวิเคราะห์หาอุณหภูมิสุดท้าย และ ประสิทธิภาพของระบบทำน้ำร้อนได้ดังต่อไปนี้

4.8.1 ผลวิเคราะห์อุณหภูมิสุดท้าย

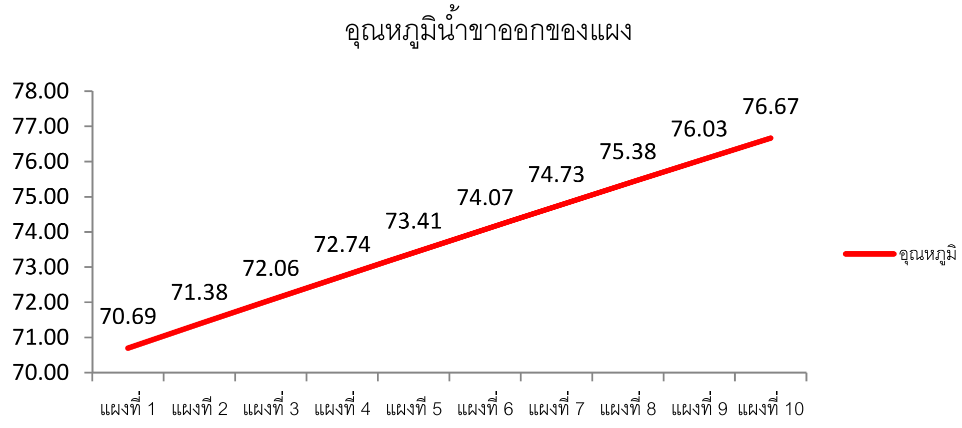
ระบบทำน้ำร้อนประกอบด้วยแผงที่ต่ออนุกรมกันเป็นจำนวน 10 แผง เราจะทำการวิเคราะห์ความสามารถในการทำอุณหภูมิสุดท้ายและประสิทธิภาพของแต่ละแผงและระบบที่สามารถทำได้ โดยการใช้ประสิทธิภาพของแผงรับแสง เพื่อประโยชน์ในการนำเอาไปใช้ออกแบบระบบการทำความร้อนให้เหมาะสมกับโหลดที่ต้องการที่อุณหภูมิใช้งาน 70 องศาเซลเซียส โดยมีค่าอัตราการไหลที่ 5.2 ลิตรต่อนาที

จากสมการถดถอยเชิงเส้นที่ได้ทำให้เราสามารถหาอุณหภูมิน้ำขาออกของแผงรุ่น 3rd ได้ที่ 70.7 องศาเซลเซียสของแผงที่ 1 ณ อุณหภูมิใช้งานที่ 70 องศาเซลเซียส มีค่าความต่างของแผงที่ 0.7 องศาเซลเซียส จากนั้นเราก็ทำการต่ออนุกรมแผงโดยให้น้ำป้อนของแผงที่สองที่มีอุณหภูมิเท่ากับ 70.7 เพื่อคำนวณหาอุณหภูมิน้ำขาออกของแผงที่สองที่สามต่อไปเรื่อยจนครบ 10 แผง เราจะได้อุณหภูมิน้ำขาออกจากแผงทั้งหมดดังตารางที่ 4.4 แล้วนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟ ดังภาพที่ 4.8

จากผลการจำลองอุณหภูมิต่างที่ได้พบว่า เมื่อนำแผงรับแสงรุ่น 3rd มาต่ออนุกรมกันเป็นจำนวน 10 แผงจะทำให้ได้อุณหภูมิต่างอยู่ที่ 5.97 องศาเซลเซียส จากกราฟภาพที่ 4.8 จะเห็นว่าอุณหภูมิตกคร่อมแผงที่สองและแผงที่สามจะลดลงเรื่อยๆเนื่องจากประสิทธิภาพของแผงตกลงเป็นผลมาจากอุณหภูมิน้ำป้อนที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิที่แผงทำได้เมื่อนำมาต่ออนุกรมกัน เป็นจำนวน 10 แผง

3rd Prototype	อุณหภูมิน้ำขาออก °C
แผงที่ 1	70.69
แผงที่ 2	71.38
แผงที่ 3	72.06
แผงที่ 4	72.74
แผงที่ 5	73.41
แผงที่ 6	74.07
แผงที่ 7	74.73
แผงที่ 8	75.38
แผงที่ 9	76.03
แผงที่ 10	76.67
อุณหภูมิต่างแผงที่ 10- แผงที่1	5.97



ภาพที่ 4.8 กราฟอุณหภูมิของแผงรุ่น 3rd เมื่อนำมาต่ออนุกรมกัน 10 แผง

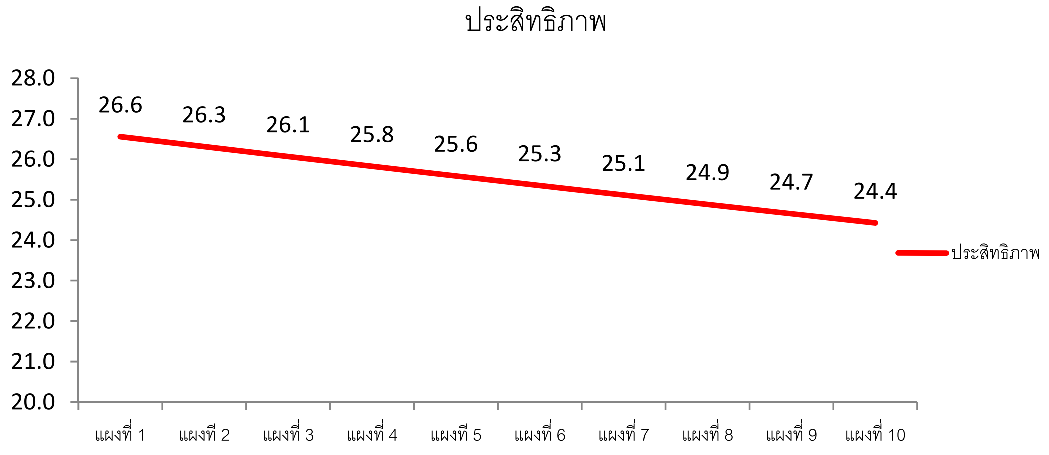
4.8.2 ผลวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

เช่นเดียวกันเราสามารถทำการวิเคราะหาประสิทธิภาพของแผง เมื่อนำเอามาต่ออนุกรมกันเป็นจำนวน 10 แผง โดยการใช้ข้อมูลจากสมการถดถอยเชิงเส้น ตามสมการที่ 19 ของแผงทดสอบรุ่น 3rd เพื่อประโยชน์ในการนำเอาไปใช้ออกแบบระบบการทำความร้อนให้เหมาะสมกับโหลดที่ต้องการที่อุณหภูมิใช้งาน 70 องศาเซลเซียส โดยมีค่าอัตราการไหลที่ 5.2 ลิตรต่อนาที

จากสมการถดถอยเชิงเส้นที่ได้ทำให้เราสามารถหาประสิทธิภาพของแผงรุ่น 3rd ได้ที่ 26.6 เปอร์เซ็นต์ ณ อุณหภูมิใช้งานที่ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นเราก็ทำการต่ออนุกรมแผงโดยให้น้ำป้อนของแผงที่สองที่มีอุณหภูมิเท่ากับ 70.7 เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงที่สองที่สามต่อไปเรื่อยจนครบ 10 แผง เราจะได้ประสิทธิภาพจากแผงทั้งหมดดังตารางที่ 4.5 แล้วนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟ ดังภาพที่ 4.9

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพของแผงที่ลดลงเมื่อนำมาต่ออนุกรมกัน

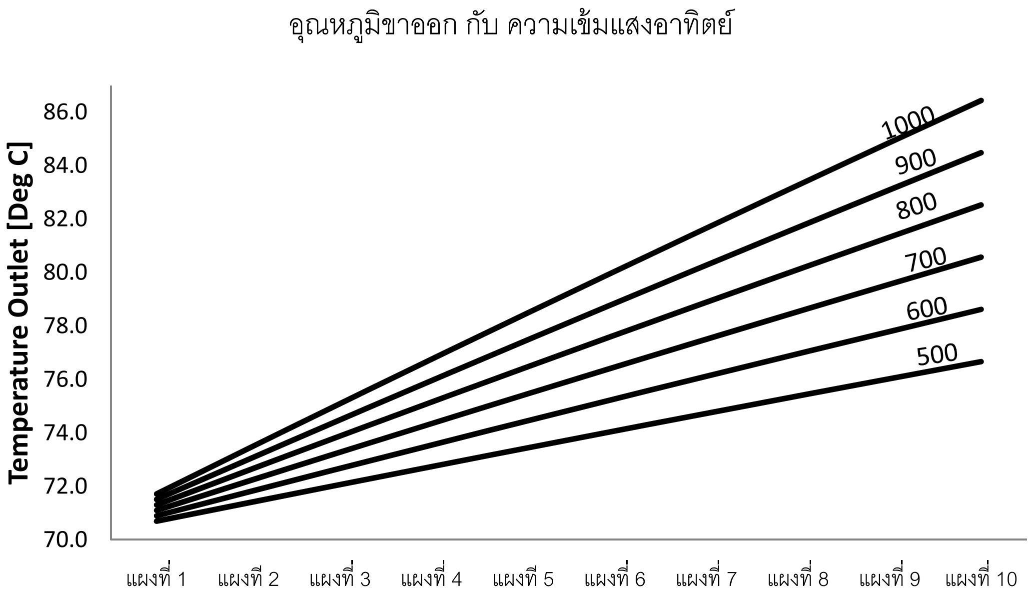
3rd Prototype	ประสิทธิภาพ
แผงที่ 1	26.6
แผงที่ 2	26.3
แผงที่ 3	26.1
แผงที่ 4	25.8
แผงที่ 5	25.6
แผงที่ 6	25.3
แผงที่ 7	25.1
แผงที่ 8	24.9
แผงที่ 9	24.7
แผงที่ 10	24.4
เฉลี่ย	25.5



ภาพที่ 4.9 กราฟประสิทธิภาพของแผงรุ่น 3rd เมื่อนำมาต่ออนุกรมกัน 10 แผง

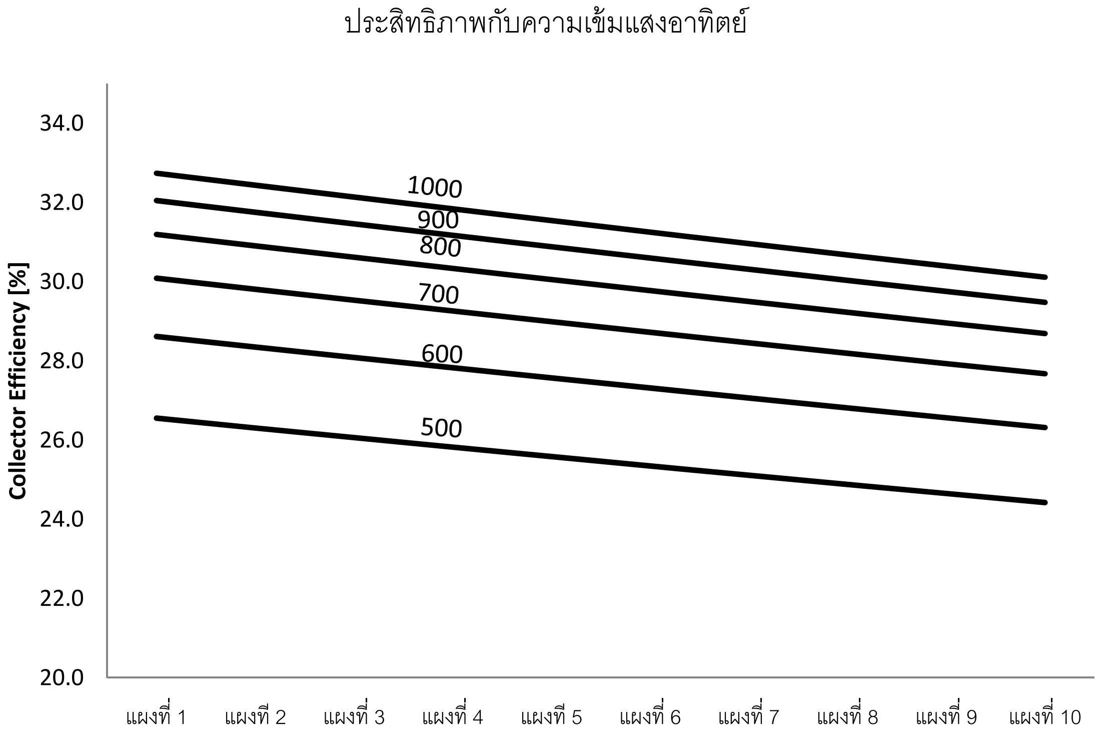
จากผลการจำลองอุณหภูมิที่ได้พบว่า เมื่อนำแผงรับแสงรุ่น 3rd มาต่ออนุกรมกันเป็นจำนวน 10 แผงจะทำให้ได้ประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 25.5 % จากกราฟภาพที่ 4.9 จะเห็นว่าประสิทธิภาพของแผงที่สองและแผงที่สามจะลดลงเรื่อยๆเนื่องจากอุณหภูมิน้ำป้อนของแผงเพิ่มขึ้น

ในทำนองเดียวกัน เราสามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพ และ อุณหภูมิน้ำขาออกของแผงรุ่น 3rd ได้โดยการใช้สมการของแผง เพื่อให้ง่ายในการนำไปใช้งานในบริเวณพื้นที่ๆมีความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยไม่เท่ากัน โดยทำการปรับค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ที่ 500,600,700,800,900 และ 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร จะได้กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความเข้มแสงอาทิตย์ดังภาพที่ 4.10 และ กราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับความเข้มแสงอาทิตย์ดังภาพที่ 4.11



ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิตามปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์

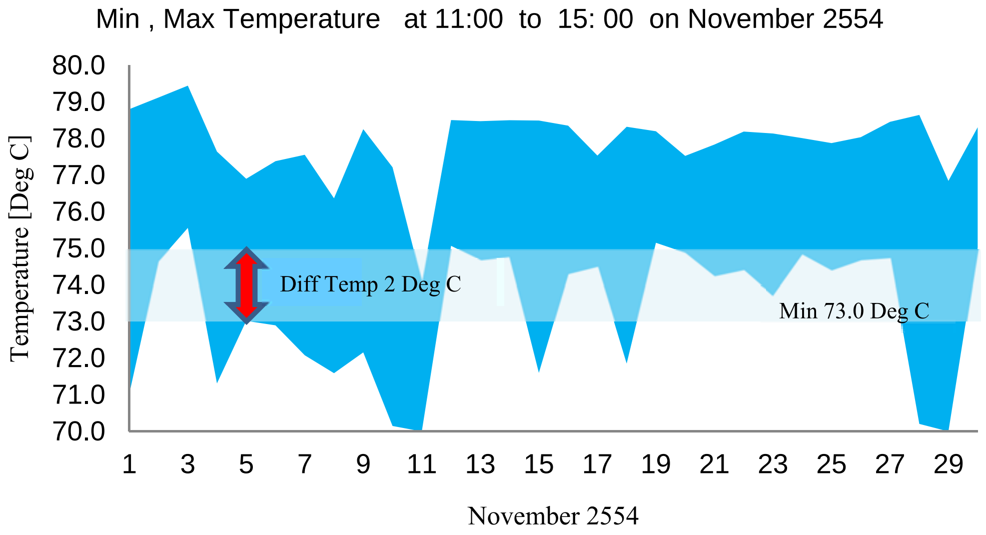


ภาพที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพตามปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์

4.9 การหาความร้อนสำรองโดยการใช้ฮีทเตอร์ไฟฟ้า

เราสามารถวิเคราะห์หาพลังงานความร้อนสำรองในกรณีที่แผงไม่สามารถทำความร้อนได้อุณหภูมิตามที่ต้องการโดยการเลือกใช้แหล่งความร้อนจากไฟฟ้าในการให้ความร้อนกับน้ำร้อนที่ใช้งาน เป็นตัวอย่างในการนำไปใช้งาน กับระบบที่ต้องการอุณหภูมิต่างเท่ากับ 5 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหลใช้งาน 5 ลิตรต่อนาที

การวิเคราะห์จะใช้ข้อมูลอุณหภูมิความเข้มแสงอาทิตย์ และ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของเดือนพฤศจิกายน 2554 มาทำการพล็อตกราฟ ดังภาพที่ 4.12 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส จากข้อมูลของอุณหภูมิการต่ออนุกรม 10 แผง ได้ผลต่างของอุณหภูมิเป็น 5.97 °C แต่ตามรายละเอียดของเครื่องทำน้ำเย็นใช้ผลต่างของอุณหภูมิเพียง 5 °C ดังนั้นจึงเลือกใช้การต่อแผงอนุกรมกันเท่ากับ 7 แผง



ภาพที่ 4.12 ค่าอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุดของแผงรับแสงอาทิตย์ในเดือนพฤศจิกายน 2554

จากการหาค่าเฉลี่ยพบว่าในเดือนพฤศจิกายน มีค่าอุณหภูมิน้ำร้อนขาออกที่แผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd ทำได้เฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ อุณหภูมิ 73 °C ทำให้ต้องใช้แหล่งไฟฟ้าสำรองจากฮีทเตอร์ในการทำความร้อนที่อุณหภูมิต่างเท่ากับ 2 °C เราสามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาขนาดฮีทเตอร์ได้ดังนี้

อุณหภูมิต่างระหว่างขาออกและขาเข้าแผง เท่ากับ 2 องศาเซลเซียส อัตราการไหลที่ 5 ลิตรต่อนาที จะได้ปริมาณฮีทเตอร์ที่ใช้ต่อ 1 แถว (7แผง) เท่ากับ

$$Q_C = (\frac{5kg}{60s}) * 4.200(\frac{kJ}{kgC}) * 2(C)$$

$$Q_C = 0.7kW$$

เพราะฉะนั้นเราต้องใช้ฮีทเตอร์ขนาด 0.7 kW สำหรับสำรองเวลาที่แผงรับแสงอาทิตย์ไม่สามารถทำอุณหภูมิได้ จากการวิเคราะห์ยังพบว่า วันที่แผงไม่ต้องใช้ฮีทเตอร์เลย คือวันที่ 3,12,19 และ 30 ของเดือนพฤศจิกายน 2554 และหากต้องใช้ฮีทเตอร์แล้วจะคิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าตลอดเดือนเท่ากับ 23.25 kWh คิดเป็น 7.9 % ของพลังงานที่แผงรับแสงอาทิตย์ รุ่น 3^{rd} สามารถผลิตได้ 322.21 kWh

การเดินระบบในสภาวะที่ความเข้มแสงน้อยต่ำกว่า 500 W/m^2 หรือแทบไม่มี เลยนั้น การตัดสินใจว่าจะเลือกเดินระบบหรือไม่จึงขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน เพราะหากเดินระบบที่ความเข้มแสงต่ำกว่า 500 W/m^2 จะทำให้ระบบมีความสามารถในการทำอุณหภูมิต่างได้ต่ำอันจะส่งผลให้โหลดหรืออุปกรณ์ที่ต้องนำไปใช้งานมีประสิทธิภาพต่ำตามไปด้วย ยกตัวอย่างเช่น การนำไปใช้กับระบบปรับอากาศสำหรับการทำความเย็นเป็นต้น

4.10 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนด้วยวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV โดยจะหาจุดคุ้มทุนที่การใช้งาน 1 แผงเท่านั้น โดยไม่รวมระบบที่มีพลังงานเสริมจาก ฮีทเตอร์ ตามการใช้งานที่อุณหภูมิน้ำร้อน 70 องศาเซลเซียสโดยมีข้อมูลในการสมมุติฐานดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 สมมุติฐานของผลิตภัณฑ์แผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd

รายการ	สมมุติฐาน
อายุผลิตภัณฑ์	16 ปี
อัตราดอกเบี้ยไม่เกิน 16 ปี	หาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธี IRR
ค่าเสื่อมราคา	ไม่คิดเพราะไม่มีส่วนเคลื่อนไหว
ค่าบำรุงรักษาต่อปี	300 บาท
อัตราเงินเฟ้อ	ไม่คิด
ราคาค่าไฟฟ้า	3.5 บาท ต่อหน่วย kWh

ข้อมูลราคาแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd

ตัวแผงถูกออกแบบให้สามารถทำงานโดยไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ มีส่วนประกอบไปด้วย แผงรับแสง ที่มีราง 3 ราง มีขนาด 1x1.9 ตารางเมตร ในรางมีหลอดแก้วสูญญากาศ ยี่ห้อ Sunda รุ่น Seido 1-8 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร มีส่วนดูดซับแสงที่เชื่อมต่อยู่กับ ฮีตไปป์ ซึ่งความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังน้ำที่ไหลผ่าน Header ที่ครอบส่วนหัวของ ฮีตไปป์ ดังภาพที่ 4.12

ภาพที่ 4.13 แผงรับรังสีอาทิตย์รุ่น 3rd ที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์

จากภาพที่ 4.13 เราสามารถประเมิณต้นทุนของแผงรุ่น 3^{rd} ได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ราคาประเมิณของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3^{rd}

รายการ	ราคา	หน่วย
ค่าหลอด Sunda 3 หลอด	10500	บาท
ค่ากระจก	3000	บาท
ค่า Manifold	5000	บาท
ราง+ฐาน+ข้อต่อ	10000	บาท
รวมเป็นเงิน	28500	บาท

เพราะฉะนั้นราคาประเมิณของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3^{rd} จะอยู่ที่ประมาณ 28500 บาท หมายเหตุ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ จึงยังทำให้แผงมีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลอด เราสามารถเขียนตารางข้อมูลสำหรับวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์แผงรับแสงรุ่น 3^{rd}

ผลิตภัณฑ์	แผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3^{rd}
เงินลงทุน (บาท)	28500
ปริมาณพลังงานที่แผงผลิตได้ตามอุณหภูมิที่ใช้งาน (หน่วยต่อปี)	$70^{\circ}C$
	608.2
ลดก๊าซ CO_2 (กิโลกรัมต่อปี) *** 0.66 Kg/kWh	401.41
ผลประหยัดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าทดแทน (บาท)	2128.7

Source: *** US EPA Electric Factors 1999-2002

- ที่อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งานที่ 70 องศาเซลเซียส

แผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 16.02 ปี อัตราผลตอบแทนเท่ากับ 0.3%

มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 15.42 บาท

สรุป แผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd นี้ไม่น่าลงทุนเพราะมีระยะเวลาคืนทุนนานเกินกว่าระยะเวลาผลิตภัณฑ์ 16 ปี และ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ต่ำ 0.3% จะไม่ดึงดูดทำให้ไม่มีผู้สนใจให้กู้ในการทำโครงการ ผลตอบแทนที่ได้ไม่ถึง 10 %

ดังนั้น หากอยากให้มีผู้สนใจ ควรมีการปรับราคาต้นทุนแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd ใหม่ให้ราคาอยู่ที่ประมาณ 10000 บาท ที่อายุการใช้งาน 10 ปี จะทำให้ มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 7.14 ปี มีอัตราผลตอบแทนเท่ากับ 11.3 % และมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 2839.11 บาท

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและทดสอบสมรรถนะ ของรางพาราโบล่าผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ รุ่น 3^{rd} Prototype นั้น เพื่อทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ที่สามารถทำได้ โดยวิเคราะห์จากสมการถดถอยเชิงเส้นที่บ่งบอกถึงการสูญเสียความร้อนของแผง ประสิทธิภาพของแผงเมื่อนำไปใช้งานในช่วงอุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหล 5.2 ลิตรต่อนาที หากนำไปใช้กับระบบที่มีอุณหภูมิแตกต่างมากขึ้น ก็ต้องนำแผงไปต่ออนุกรมเข้าด้วยกัน และ สามารถทำนายค่าพลังงานที่แผงสามารถทำได้ต่อปี และ การคำนวณหาแหล่งความร้อนเสริมสำหรับการใช้งานกับโหลดต่อเนื่อง เช่น เครื่องปรับอากาศแบบดูดซับเป็นต้น

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดสอบเมื่อนำข้อมูลมาพล็อตกราฟแล้วพบว่ารางพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์รุ่น 3^{rd} Prototype นี้จะมีสมการถดถอยเชิงเส้นตลอดช่วงอุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียสและอัตราการไหลที่ 5.2 ลิตรต่อนาทีคือ

$$y = -335.83x + 38.938$$

การทดสอบตามรูปแบบของ ASHRAE 93-77 แสดงให้เห็นว่ารางรุ่น 3^{rd} นี้มีประสิทธิภาพสูงสุดของแผง อยู่ที่ 38.938 % เมื่อต้องการนำเอาแผงรุ่น 3^{rd} ไปใช้งานกับระบบที่ต้องการอุณหภูมิแตกต่างที่ 5 องศาพบว่าจะต้องทำการต่ออนุกรมกันเป็นจำนวน 7 แผง ที่อุณหภูมิน้ำป้อนที่สูงขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้ประสิทธิภาพของแต่ละแผงตกลงตามลำดับ หากนำไปใช้งานกับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าประสิทธิภาพของระบบจะอยู่ที่ 24.7 %

หากต้องนำไปใช้กับโหลดต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิต่าง 5 องศาแล้ว พบว่าแผงสามารถเริ่มใช้งานได้เวลา 11:00 – 15:00 เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่างต่ำสุดของเดือนพฤศจิกายน อยู่ที่ 3 องศาเซลเซียส ทำให้ต้องใช้ ฮีทเตอร์สำรองที่อุณหภูมิต่าง 2 องศาเซลเซียส คิดเป็นขนาดฮีทเตอร์ 0.7 kW/ชุดแผง การใช้งานฮีทเตอร์ตลอดเดือนพฤศจิกายน 2554 พบว่าใช้พลังงานไฟฟ้าสำรองไป 23.5 kWh/ชุดแผง ในขณะที่ชุดแผงสามารถผลิตพลังงานได้รวม 322.21 kWh/ชุดแผง คิดเป็น 7.29 % ของพลังงานที่แผงสามารถผลิตได้

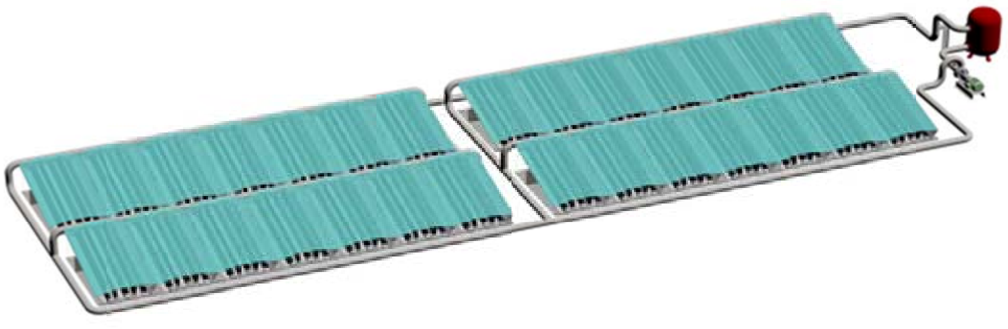
จากการพยาการณ์ค่าพลังงานที่แผงสามารถทำได้ต่อปีที่อุณหภูมิใช้งาน 70 องศาเซลเซียส แผงสามารถผลิตความร้อนได้ประมาณ 608.2 kWh ต่อปี สามารถทดแทนการใช้ไฟฟ้าได้ 2128.7 บาทต่อปี (ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท)

อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาพบว่าแผงพาราโบลาผสมที่ไม่ต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ รุ่น 3^{rd} Prototype นั้น ที่ความเข้มแสง 500 W/m^2 และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่ 35 องศาเซลเซียส อัตราการไหลที่ 5 ลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาแผงมีประสิทธิภาพอยู่ที่ 26.6 % ซึ่งนับว่ายังต่ำกว่าแผงรับแสงแบบท่อแก้วสูญญากาศแบบฮีตไปป์ทั่วไปที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยประมาณ 60 % ซึ่งอาจจะใช้พารามิเตอร์ที่ควบคุมแตกต่างกัน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ หรือ อัตราการไหลเป็นต้น ที่อุณหภูมิใช้งานที่ 70 องศาเซลเซียส แผงมีความสามารถในการทำอุณหภูมิแตกต่างๆได้น้อยประมาณ 0.7 องศาเซลเซียส ทำให้มีระยะเวลาคืนทุนนานกว่า 16 ปี

5.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

1. ในการทดสอบควรมีแสงเทียมเพื่อให้ผลทดสอบสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและไม่มีผลต่อสภาพอากาศ และสามารถทำการทดสอบได้ที่ค่าความเข้มแสงหลากหลาย
2. การถ่ายเทความร้อนไปยังน้ำของชุด Manifold ยังไม่ดี เนื่องจากส่วนที่สัมผัสกับของเหลวกับฮีตไปป์ แบบสวมในท่อแบบ (Bulb Well) จะทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้นถ้าท่อคอนเดนเซอร์ของฮีตไปป์สัมผัสโดยตรงกับน้ำที่มาระบายความร้อน
3. ถ้าต้องการปริมาณน้ำที่มากกว่า 5.2 ลิตรต่อนาที จำเป็นต้องนำชุดแผงมาต่อขนานกัน ให้ได้อัตราการไหลที่ต้องการ ดังแสดงดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 ตัวอย่างการต่อแผงอนุกรมกันที่ 7แผงและขนานกัน 4 ชุด

รายการอ้างอิง

[1] เบญจมาศ ปุยอ๊อก และ วิทยายงเจริญ "การหาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสูญญากาศ", สถาบันวิจัยพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,งานประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3, 23-25 พฤษภาคม 2550

[2] ธวรรธน์ มาลาหอม "การศึกษาสมรรถนะของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบฮีตไปป์" ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550

[3] สิริมงคล ใจกล้า และคณะ "การศึกษาความเหมาะสมของการต่อใช้งานแผงหลอดแก้วสูญญากาศชนิดท่อความร้อนสำหรับงานติดตั้งระบบปรับอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์" ,สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ,งานประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6 , 5-7 พฤษภาคม 2553

[4] มานะศิษฏ์ พิมพ์สาร ระบบน้ำร้อนในอาคาร บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด กทม 10600 ,2521

[5] สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย เทคนิคการผลิตน้ำร้อน โดยใช้ปั๊มความร้อน และร่างกฎกระทรวงเพื่อจัดทำประสิทธิภาพพลังงานปั๊มความร้อน สัมนาวิชาการ ครั้งที่ 2 ,2556

[6] อุตุนิยมวิทยา ข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ปี 2554. กรุงเทพมหานคร: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554.

[7] กรมพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวพลังงาน เครื่องมือในการประเมิณโครงการ [ออนไลน์] 2550 แหล่งที่มา : http://www2.dede.go.th/webpage/tools.htm [2556]

[8] เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ,2556

[9] พลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [ออนไลน์] แหล่งที่มา : http://www.energy.go.th [2556]

[10] ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสงในประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ร่วมกับห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร กันยายน, 2006

[11] NREL National Renewable Energy Laboratory [ออนไลน์] แหล่งที่มา : http://www.nrel.gov/srrl [2556]

[12] Wattana Ratismith,UrithArchakositt and Tawatchai Charinpanitkul “ Non-Tacking Parabolic Trough SolarCollector and the Possibility for High Temperature Application ,Solar Energy ,2011

[13] ศศิษา เรี่ยมสุวรรณ “การเปรียบเทียบระบบทำน้ำร้อนแบบใช้ปั๊มความร้อนกับใช้แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบสำหรับอาคารพักอาศัย” ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2554

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณหาพลังงานความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี โดยใช้รูปแบบสมการของ ASHRAE 93-77

สมการประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ รุ่น 3rdที่ได้จากการทดสอบ

y = -335.83x + 38.938

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของ ASHRAE 93-77 ได้

$$\eta_c = -335.83[(T_{in} - T_a)/I] + 38.938$$

จากสมการข้างต้นสามารถนำมาพยากรณ์หาพลังงานความร้อนรวมรายปี ที่แผงรับแสงอาทิตย์ รุ่น 3rdสามารถผลิตได้ใน 8 ชั่วโมงต่อวัน โดยในงานวิจัยใช้ข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศภายนอกของปี 2554 มาเฉลี่ยรายชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08:00 – 16:00 น.

<u>ตัวอย่างการหาประสิทธิภาพความร้อนรายชั่วโมงของวันที่ 1 มกราคม 2554</u>

จากข้อมูลของวันที่ 1 มกราคม2554 เฉลี่ยรายชั่วโมงที่เวลา 09:00 น.

ค่าความเข้มแสงอาทิตย์	265.4 W/m^2
อุณหภูมิน้ำป้อนเริ่มต้น	70˚C
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	23.2˚C
แผงมีพื้นที่รับแสงเท่ากับ	1.9 m^2

แทนค่า

$$\eta_c = 38.938 - 335.83[\frac{(70-23.2)C}{265.4\frac{W}{m^2}x1.9m^2}]$$

จะได้ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

$$\eta_c = 7.8\%$$

ดังนั้นค่าประสิทธิของแผงรับแสงอาทิตย์ชั่วโมงที่ 09:00 น.จะได้ 7.8%

จากนั้นแทนค่าประสิทธิภาพที่ได้ในสมการดังนี้

$$Q_{out} = \eta_c Q_{in}$$

<u>ตัวอย่างการหาพลังงานของแผงรายชั่วโมงที่ 9:00 น. ของวันที่ 1 มกราคม 2554</u>

แทนค่าจะได้พลังงานที่แผงรับแสงทำได้ชั่วโมงที่ 9:00 น. ของวันที่ 1 มกราคม 2554

$$Q_{out} = (7.8/100)x(265.4\frac{W}{m^2}x1.9m^2)\ x3600s$$

$$Q_{out} = 39.1Wh$$

<u>ตัวอย่างการหาพลังงานของแผงรายวันที่ 1 มกราคม 2554</u>

ในทำนองเดียวกับการหาค่าพลังงานความร้อนที่แผงรับแสงทำได้ในชั่วโมงที่ 10:00 , 11:00,12:00 ถึง 16:00 น. จะได้พลังงานทั้งหมดในวันที่ 1 มกราคม 2554 ดังนี้

$$Q_{total-1st-jan} = (39.1 + 169.0 + 320.5 + 362.3 + 405.4 + 373.8 + 242.6 + 125.7)$$

$$Q_{total-1st-jan} = 2.038kWh$$

<u>ตัวอย่างการหาพลังงานของแผงรายปี 2554 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส</u>

ซึ่งถ้าเราเอาค่าพลังงานที่ได้แต่ละวันรวมกันเป็น 1 เดือน และนำแต่ละเดือน ตั้งแต่ มกราคม ถึง ธันวาคม มารวมกันก็จะได้พลังงานที่แผงรับแสงทำได้ตลอดทั้งปี

$$Q_{total-year} = (58.7 + 52.1 + 38.6 + 58.6 + 64.5 + 43.7 +$$

$$+ 55.4 + 51.0 + 46.1 + 36.1 + 59.8 + 43.7)$$

$$Q_{total-year} = 608.2kWh$$

<u>ตัวอย่างการคำนวณหาอุณหภูมิน้ำสุดท้ายและประสิทธิภาพของแผง</u>

โดยใช้สมมุติฐาน ดังต่อไปนี้

ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ I 500 W/m^2

ค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม T_a 35°C

อัตราการไหล $\dot{m}$ 5.2 lpm

อุณหภูมิน้ำป้อน T_{in} 70 $^{\circ}$C

เมื่อแผงรับแสงรุ่น 3rdมีขนาด 1.9 ตารางเมตร

<u>ตัวอย่างการคำนวณหาประสิทธิภาพของแผง</u>

จะได้ประสิทธิภาพของแผงตามสมมุติฐานเป็น

$$\eta_c = -335.83[(70-35)/(500x1.9)] + 38.938$$

$$\eta_c = 26.6\%$$

เมื่อ เราทราบประสิทธิภาพของแผงแล้วเราสามารถหาพลังงานที่แผงได้รับโดย

พลังงานที่แผงได้รับ Q_{in} = ประสิทธิภาพ x พลังงานที่แผงได้รับทั้งหมด

จากสมมุติฐาน เราจะได้พลังงานของแผงเท่ากับ

พลังงานที่แผงได้รับ Q_{in} = 26.6 x (500*1.9) = 252.3 W

<u>ตัวอย่างการคำนวณหาอุณหภูมิสุดท้ายของแผง</u>

เราสามารถหาอุณหภูมิสุดท้ายของแผงได้จาก

$$T_{out} = \frac{Q_{in}}{\dot{m}C_p} + T_{in}$$

แทนค่าลงไปในสมการ

$$T_{out} = \frac{(252.3x60)}{4182x5.2} + 70$$

$$T_{out} = 70.7^{\circ}\mathrm{C}$$

ผลลัพธ์ที่ได้เป็นอุณหภูมิน้ำสุดท้ายที่แผงแรกทำได้ หากเราต้องการทราบแผงที่สอง เราจะต้องเอาอุณหภูมิน้ำสุดท้ายของแผงที่ 1 ในที่นี้คือ 70.7 เป็นอุณหภูมิน้ำป้อนของแผงที่ 2 แล้วคำนวณหาค่าอุณหภูมิน้ำสุดท้ายของแผงที่ 2 จากสมการเดียวกันไปเรื่อยตามค่าอุณหภูมิต่างที่เราต้องการ

<u>ตัวอย่างการคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบ</u>

จากการคำนวณหาอุณหภูมิสุดท้ายที่แผงทำได้ พบว่า หากนำไปใช้งานกับเครื่องที่ต้องการอุณหภูมิต่าง เท่ากับ 5 องศาที่อัตราการไหล 5.2ลิตรต่อนาที จะต้องใช้แผงรับแสงเป็นจำนวน 7 แผง มีอุณหภูมิต่างเท่ากับ 70-74.73 = 4.73 องศาเซลเซียส

ความเข้มแสงอาทิตย์ I	500 W/m^2
อัตราการไหล $\dot{m}$	5.2lpm
อุณหภูมิต่างของชุดแผง 7 แผง $T_{out} - T_{in}$	4.73 ^{o}C
ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ C_p	4.18 kJ/kg.K
พื้นที่รับแผง A	1.9 m^2

สามารถหาประสิทธิภาพของระบบได้

$$\eta_c = \frac{Q_{out}}{Q_{in}}$$

$$Q_{out} = \dot{m} C_p (T_{out} - T_{in})$$

$$Q_{out} = \frac{5kg}{60s} x4.180 \frac{kJ}{kgC} x4.73C = 1648.4W$$

$$Q_{in} = IA = 500 \frac{W}{m^2} x1.9m^2 x7 = 6650W$$

จะได้ประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ

$$\eta_c = \frac{1648.4W}{6650W} = 24.7\%$$

<u>ตัวอย่างการคำนวณหาขนาดฮีทเตอร์สำรอง</u>

ในการคำนวณหาขนาดฮีทเตอร์สำรองนี้เราต้องทราบข้อมูลอุณหภูมิที่ต้องการสำรองโดยพิจารณาจากค่าอุณหภูมิน้ำสุดท้ายที่ชุดแผงสามารถทำได้

การนำไปใช้กับเครื่องปรับอากาศที่ต้องการอุณหภูมิต่าง 5 องศา ต้องใช้แผงต่ออนุกรมกันเป็นจำนวน 7 แผง ได้อุณหภูมิน้ำสุดท้ายที่ 74.73 องศาเซลเซียส นำข้อมูลประสิทธิภาพของแผงที่ได้จากรูปแบบสมการ ASHRAE 93-77 ไปดำเนินการหาค่าเฉลี่ยที่แผงทำได้ต่ำสุด ว่ามีค่าเท่าใด ในตัวอย่างนี้ยกข้อมูลของเดือนพฤศจิกายนมาใช้

ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุดของแผงในแต่ละวัน จำนวน 30 วัน ดังตัวอย่าง

กำหนดอุณหภูมิน้ำป้อนTin = 70 ^{o}C

หาอุณหภูมิสุดท้ายของชุดแผงที่ 7 โดยวิธีเดียวกันกับตัวอย่างการหาอุณหภูมิสุดท้ายของแต่ละชั่วโมงของแต่ละวัน จากนั้นหาค่า Tminที่แผงสามารถทำได้ในแต่ละวันมาทำการหาค่าเฉลี่ย

$$T_{\min-avg} = \frac{\sum_{day=1}^{30} T_{\min} - T_i}{30}$$

จากข้อมูลอุณหภูมิสุดท้ายของเดือนพฤศจิกายน 2554 จะได้

Tmin-avg =

(1.0+4.6+5.6+1.3+3.0+2.9+2.1+1.6+2.2+0.2+0.0+5.1+4.7+4.8+1.6+4.3+4.5+1.9+5.2+4.9+4.2+4.4+3.7+4.8+4.4+4.7+4.7+0.2+0.0+5.0)/30

จะได้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำสุดที่แผงรับแสงสามารถทำได้ เท่ากับ 3.2 องศาเซลเซียส

ระบบต้องการค่าอุณหภูมิต่าง เท่ากับ 5 องศาเซลเซียส

เพราะฉะนั้นขนาดฮีทเตอร์ไฟฟ้าสำรองที่ระบบต้องการ คือ 5-3.2 = 1.8 องศาเซลเซียส

ในที่นี้เลือกที่ค่าอุณหภูมิต่างเป็น 2 องศาเซลเซียส คำนวณหาขนาดของฮีทเตอร์ไฟฟ้าสำรองได้

$$Q_C = (\frac{5.2kg}{60s}) * 4.200(\frac{kJ}{kgC}) * 2(C)$$

$$Q_C = 0.7kW$$

ซึ่งเป็นฮีทเตอร์สำรองที่ใช้กับชุดแผง 7 แผงที่อัตราการไหล 5.2ลิตรต่อนาที

<u>ตัวอย่างการคำนวณหาพลังงานที่ฮีทเตอร์สำรอง</u>

สิ่งที่ต้องทราบก่อนคำนวณหาคือ

ช่วงเวลาที่ใช้งาน (11:00-15:00) 4 ชั่วโมง

ค่าอุณหภูมิสุดท้ายที่ชุดแผงทำได้รายชั่วโมงที่ 11:00-15:00 น.

การใช้งานฮีทเตอร์จะใช้เมื่อเข้าเงื่อนไขคือ

อุณหภูมิสุดท้าย < 75 องศาเซลเซียส

นำอุณหภูมิต่างที่น้อยกว่า 75 องศาเซลเซียสของชั่วโมงนั้นๆมาคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ฮีทเตอร์ต้องใช้ เช่น วันที่ 1 พฤศจิกายน 2554 เวลา 14:00 น. ได้อุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 72.1 องศาเซลเซียส ทำให้มีอุณหภูมิต่างเท่ากับ 75-72.1 = 2.9 องศาเซลเซียส แต่ขนาดฮีทเตอร์ที่เลือกใช้สามารถสำรองได้ 2 องศาเซลเซียส เพราะฉะนั้นฮีทเตอร์ต้องใช้พลังงานไปเท่ากับ 0.7 kWh ในชั่วโมงที่ 14:00 น.คำนวณหาด้วยเงื่อนไขนี้ทุกๆชั่วโมงของแต่ละวัน จะได้พลังงานไฟฟ้าที่ฮีทเตอร์ต้องใช้ทั้งหมดในหนึ่งเดือน

จากข้อมูลการพยากรณ์อุณหภูมิสุดท้ายทำให้ทราบว่าต้องใช้พลังงานไฟฟ้ากับฮีทเตอร์สำรองเท่ากับ

$$Q_{heater} =$$

(1.4+0.1+0.0+2.4+0.7+0.7+2.5+1.5+0.7+2.1+3.1+0.0+0.1+0.1+1.0+0.2+0.3+1.1+0.0+0.1+0.3+0.2+0.6+0.1+0.2+0.1+0.1+1.0+2.8+0.0)

$$Q_{heater} = 23.5kWh$$

จากข้อมูลการพยากรณ์เดือนพฤศจิกายนพิจารณาที่เวลาใช้งานตั้งแต่11:00-15:00 น. รวมเป็นเวลา 5 ชั่วโมงแผงรับแสงอาทิตย์7 แผง สามารถผลิตพลังงานได้เท่ากับ 322.21 kWh การคิดให้คิดจากหาประสิทธิภาพของแผงแต่ละแผงด้วยอุณหภูมิน้ำป้อนที่เริ่มจาก 70 องศาเซลเซียส จากนั้นจะได้ประสิทธิภาพตามช่วงเวลา แล้ว ไปหาพลังงานที่แผงสามารถผลิตได้ตามช่วงเวลา นำมาบวกกันในเวลา 5 ชั่วโมงต่อวัน แล้วเอาแต่ละวันมารวมกันจึงได้พลังงานที่ชุดแผงผลิตได้คือ 322.21 kWh

คิดเป็นการใช้ฮีทเตอร์ไฟฟ้าสำรองเท่ากับ $\frac{23.5}{322.21}x100 = 7.29\%$

<u>ตัวอย่างการประเมิณทางเศรษฐศาสตร์</u>

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เครื่องมือในการประเมิณโครงการคือ NPV, IRR และ DPBP เพื่อประเมิณระยะเวลาคืนทุนของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rdจำนวน 1 แผง ตามสมมุติฐานดังนี้

อายุผลิตภัณฑ์	16ปี
อัตราดอกเบี้ยไม่เกิน 16ปี	หาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธี IRR
ค่าเสื่อมราคา	ไม่คิดเพราะไม่มีส่วนเคลื่อนไหว
ค่าบำรุงรักษาต่อปี	300 บาท
อัตราเงินเฟ้อ	ไม่คิด
ราคาค่าไฟฟ้า	3.5 บาทต่อหน่วย kWh

ราคาแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd= 28500 บาท

พลังงานที่แผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd@ 70^{o}Cผลิตได้ต่อปี = 608.2 kWh

คิดเป็นเงิน 2128 บาทต่อปี

<u>ตัวอย่างการหาค่า NPV ของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd</u>

จากสูตร

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B}{(1+i)^n} - I_0$$

เมื่อ

NPV มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)

B เงินที่ได้รับจากโครงการหลังจากหักค่าใช้จ่ายแล้ว2128-300= 1828

I_0 เงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการ= 28500 บาท

n ระยะเวลาของโครงการ= 16ปี

i อัตราลดค่า หรือ อัตราดอกเบี้ย = 0.3%

แทนค่าสมการ

$$NPV = \frac{1828}{(1+0.03)^1} + \frac{1828}{(1+0.03)^2} + \frac{1828}{(1+0.03)^3} + \frac{1828}{(1+0.03)^4} + \frac{1828}{(1+0.03)^5} + \frac{1828}{(1+0.03)^6}$$
$$+ \frac{1828}{(1+0.03)^7} + \frac{1828}{(1+0.03)^8} + \frac{1828}{(1+0.03)^9} + \frac{1828}{(1+0.03)^{10}} + \frac{1828}{(1+0.03)^{11}} + \frac{1828}{(1+0.03)^{12}}$$

$$+\frac{1828}{(1+0.03)^{13}}+\frac{1828}{(1+0.03)^{14}}+\frac{1828}{(1+0.03)^{15}}+\frac{1828}{(1+0.03)^{16}}-28500$$

$NPV =$ 15.41 บาท

<u>ตัวอย่างการหาค่า IRR ของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd</u>

จากสูตร

$$I_0=\sum_{t=1}^{n}\frac{B}{(1+IRR)^t}, NPV=0$$

แทนค่าสมการ

$$NPV=\frac{1828}{(1+IRR)^1}+\frac{1828}{(1+IRR)^2}+\frac{1828}{(1+IRR)^3}+\frac{1828}{(1+IRR)^4}+\frac{1828}{(1+IRR)^5}+\frac{1828}{(1+IRR)^6}$$
$$+\frac{1828}{(1+IRR)^7}+\frac{1828}{(1+IRR)^8}+\frac{1828}{(1+IRR)^9}+\frac{1828}{(1+IRR)^{10}}+\frac{1828}{(1+IRR)^{11}}+\frac{1828}{(1+IRR)^{12}}$$
$$+\frac{1828}{(1+IRR)^{13}}+\frac{1828}{(1+IRR)^{14}}+\frac{1828}{(1+IRR)^{15}}+\frac{1828}{(1+IRR)^{16}}-28500$$

สมมุตค่า IRR = 0.4 %เพราะเป็นค่าที่ทำให้ PV-Iเข้าใกล้ ศูนย์

$$NPV=\frac{1828}{(1+0.004)^1}+\frac{1828}{(1+0.004)^2}+\frac{1828}{(1+0.004)^3}+\frac{1828}{(1+004)^4}+\frac{1828}{(1+0.004)^5}+\frac{1828}{(1+0.004)^6}$$
$$+\frac{1828}{(1+0.004)^7}+\frac{1828}{(1+0.004)^8}+\frac{1828}{(1+0.004)^9}+\frac{1828}{(1+0.004)^{10}}+\frac{1828}{(1+0.004)^{11}}+\frac{1828}{(1+0.004)^{12}}$$
$$+\frac{1828}{(1+0.004)^{13}}+\frac{1828}{(1+0.004)^{14}}+\frac{1828}{(1+0.004)^{15}}+\frac{1828}{(1+0.004)^{16}}-28500$$

$NPV =$ -223.01บาท

การสมมุตหา IRR ตัวต่อไปควรจะน้อยกว่า 0.4 % เพื่อทำให้ค่า PV-I = ศูนย์

ครั้งที่ 2 สมมุติค่า IRR = 0.3 %

$$NPV=\frac{1828}{(1+0.004)^1}+\frac{1828}{(1+0.003)^2}+\frac{1828}{(1+0.003)^3}+\frac{1828}{(1+003)^4}+\frac{1828}{(1+0.003)^5}+\frac{1828}{(1+0.003)^6}$$
$$+\frac{1828}{(1+0.003)^7}+\frac{1828}{(1+0.003)^8}+\frac{1828}{(1+0.003)^9}+\frac{1828}{(1+0.003)^{10}}+\frac{1828}{(1+0.003)^{11}}+\frac{1828}{(1+0.003)^{12}}$$

$$+\frac{1828}{(1+0.003)^{13}}+\frac{1828}{(1+0.003)^{14}}+\frac{1828}{(1+0.003)^{15}}+\frac{1828}{(1+0.003)^{16}}-28500$$

$NPV =$ 15.42 บาท

หาผลต่างของ NPVที่เกิดขึ้น เท่ากับ 0.1 % (-223.01 -15.42 = -238.42)

ผลต่างที่ NPV=0 คือ (0-15.4117 = -15.4117)

ดังนั้นค่า IRR ส่วนต่างใกล้ ศูนย์คือ $\frac{15.42x0.1\%}{238.42} = 0.0064\%$

เพราะฉะนั้น IRR ที่จะทำให้ NPV เข้าใกล้ ศูนย์ = 0.3 + 0.0064 = 0.3064 %

<u>ตัวอย่างการหาระยะเวลาคืนทุนของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd</u>

จากเงื่อนไข

ระยะเวลาคืนทุน = จำนวนปีที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ศูนย์

จากสูตร

$$i' = \frac{(i-j)}{(1+j)}$$

เมื่อ

i' อัตราลดค่าที่เหมาะสม (%)

i อัตราดอกเบี้ยไม่เกินค่า IRR = 0.3064 % เลือกที่ 0.3 %

j อัตราเงินเฟ้อ (%)

ไม่คิดค่าอัตราเงินเฟ้อ

เพราะฉะนั้น ทำให้ได้อัตราลดค่า เท่ากับ 0.3 %

$$DPBP = \frac{\ln\frac{1}{(1-\frac{I_0xi'}{B})}}{\ln(1+i')}$$

เมื่อ

$DPBP$ ระยะเวลาคืนทุนตามมูลค่าปัจจุบัน (ปี)

I_0	เงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการ = 28500 บาท
B	เงินที่ได้รับจากโครงการหลังจากหักค่าใช้จ่าย= 1828 บาท
i'	อัตราลดค่า= 0.3 %

จะได้ระยะเวลาคืนทุน

$$DPBP = \frac{\ln\dfrac{1}{(1-\dfrac{28500.00x0.3\%}{1828.00})}}{\ln(1+0.3\%)} = \frac{0.047909}{0.00299} = 16.023 year$$

เนื่องจาก อัตราผลตอบแทนน้อยเกินไป และ ระยะเวลาคืนทุนนานถึง 16.023
ปีจึงเสนอแนวทางดังนี้

1. ควรมีการตั้งราคาใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับการแข่งขันและจูงใจ

<u>ตัวอย่างการหาระยะเวลาคืนทุนของแผงรับแสงอาทิตย์รุ่น 3rd เมื่อกำหนดราคาใหม่</u>

กำหนดราคาแผงรับแสงอาทิตย์ให้มีราคา 10000 บาท

ระยะเวลาคืนทุนกำหนดไว้ที่ไม่เกิน 10 ปี และอัตราดอกเบี้ยที่ 7 %

$$NPV = \frac{1828}{(1+0.7)^1} + \frac{1828}{(1+0.7)^2} + \frac{1828}{(1+0.7)^3} + \frac{1828}{(1+0.7)^4} + \frac{1828}{(1+0.7)^5} + \frac{1828}{(1+0.7)^6} + \frac{1828}{(1+0.7)^7} + \frac{1828}{(1+0.7)^8} + \frac{1828}{(1+0.7)^9} + \frac{1828}{(1+0.7)^{10}} - 10000$$

$NPV =$ 2839.11 **บาท**

$IRR =$ 11.3 %

$$DPBP = \frac{\ln\dfrac{1}{(1-\dfrac{10000.00x7\%}{1828.00})}}{\ln(1+7\%)} = \frac{0.4828}{0.0676} = 7.14 year$$

ปีที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
เงินลงทุน	28500																	
ค่าบำรุงรักษา		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
ผลประโยชน์ที่ได้รับ		1828	1828	1828	1828	1828	1828	1828	1828	1828	1828	1828	1828	1828	1828	1828	1828	1828
มูลค่าปัจจุบัน PV	0	1823	1817	1812	1806	1801	1795	1790	1785	1779	1774	1769	1763	1758	1753	1748	1742	1737
มูลค่าปัจจุบันสะสม		1823	3640	5451	7257	9058	10854	12644	14429	16208	17982	19751	21514	23272	25025	26773	28515	30253
กระแสเงินClash Flow	-28500	-26677	-23038	-23049	-21243	-19442	-17646	-15856	-14071	-12292	-10518	-8749	-6986	-5228	-3475	-1727	15	1753
NPV,บาท	15.41																	
Pay Back ,ปี	16.02																	
IRR%	0.3																	

ภาคผนวก ข
ตารางการเก็บข้อมูลของวันที่ทำการทดสอบ

ข้อมูลการทดสอบ

18 มีนาคม 2556

Date	Time	Intensity	Ta	Tin	Tout	Tin-Ta	Flowrate
		W/m^2	°C	°C	°C	°C	lpm
18-Mar-13	8:05	182.41	29.20	34.91	32.58	5.71	5.20
18-Mar-13	8:10	196.68	29.64	36.27	33.36	6.64	5.20
18-Mar-13	8:15	138.24	29.43	37.49	34.55	8.06	5.20
18-Mar-13	8:20	161.19	29.09	38.11	35.92	9.02	5.20
18-Mar-13	8:25	213.63	29.34	32.30	32.85	2.96	5.20
18-Mar-13	8:30	256.86	29.92	40.50	40.09	10.59	5.20
18-Mar-13	8:35	176.93	29.86	43.36	43.48	13.51	5.20
18-Mar-13	8:40	165.92	29.88	45.43	45.45	15.55	5.20
18-Mar-13	8:45	320.44	29.88	48.15	48.27	18.26	5.20
18-Mar-13	8:50	281.33	30.20	50.93	51.12	20.73	5.20
18-Mar-13	8:55	223.80	30.48	53.51	53.72	23.03	5.20
18-Mar-13	9:00	131.24	30.31	55.65	55.86	25.33	5.20
18-Mar-13	9:05	172.10	29.48	57.62	57.92	28.14	5.20
18-Mar-13	9:10	334.81	29.90	59.41	59.77	29.51	5.20
18-Mar-13	9:15	255.90	30.31	61.04	61.40	30.72	5.20
18-Mar-13	9:20	353.50	29.80	62.07	62.50	32.27	5.20
18-Mar-13	9:25	475.32	29.92	63.25	63.77	33.33	5.20
18-Mar-13	9:30	509.70	30.37	64.39	65.01	34.01	5.20
18-Mar-13	9:35	539.58	31.09	65.50	66.17	34.40	5.20
18-Mar-13	9:40	532.09	31.49	66.44	67.15	34.95	5.20
18-Mar-13	9:45	379.13	31.42	67.52	68.16	36.10	5.20
18-Mar-13	9:50	585.42	31.25	68.15	68.87	36.90	5.20
18-Mar-13	9:55	605.26	31.75	68.47	69.33	36.73	5.20
18-Mar-13	10:00	581.35	32.65	69.21	69.95	36.56	5.20
18-Mar-13	10:05	617.33	31.59	69.50	70.28	37.91	5.20

18-Mar-13	10:10	541.74	32.27	70.06	70.89	37.79	5.20
18-Mar-13	10:15	202.44	31.80	70.08	70.69	38.28	5.20
18-Mar-13	10:20	302.40	31.95	70.24	70.71	38.29	5.20
18-Mar-13	10:25	398.94	31.58	70.32	70.86	38.75	5.20
18-Mar-13	10:30	695.65	32.61	70.04	70.84	37.43	5.20
18-Mar-13	10:35	713.42	32.97	69.69	70.72	36.72	5.20
18-Mar-13	10:40	590.74	32.11	67.80	68.67	35.69	5.20
18-Mar-13	10:45	689.39	31.96	67.80	68.75	35.85	5.20
18-Mar-13	10:50	709.69	32.64	67.76	68.72	35.12	5.20
18-Mar-13	10:55	736.08	32.49	67.53	68.57	35.04	5.20
18-Mar-13	11:00	755.87	33.86	67.52	68.54	33.66	5.20
18-Mar-13	11:05	574.90	33.18	67.43	68.44	34.25	5.20
18-Mar-13	11:10	757.67	33.81	67.43	68.36	33.62	5.20
18-Mar-13	11:15	541.59	31.69	66.72	67.66	35.03	5.20
18-Mar-13	11:20	736.83	32.72	66.48	67.45	33.75	5.20
18-Mar-13	11:25	582.12	32.48	66.28	67.25	33.80	5.20
18-Mar-13	11:30	440.09	32.33	66.28	67.10	33.95	5.20
18-Mar-13	11:35	483.06	31.64	66.02	66.73	34.39	5.20
18-Mar-13	11:40	714.07	32.72	66.28	67.15	33.57	5.20
18-Mar-13	11:45	720.01	32.91	66.38	67.40	33.47	5.20
18-Mar-13	11:50	690.76	33.47	66.57	67.53	33.09	5.20
18-Mar-13	11:55	843.13	34.14	66.69	67.75	32.55	5.20
18-Mar-13	12:00	887.51	34.71	66.98	68.14	32.27	5.20
18-Mar-13	12:05	918.24	33.51	67.01	68.32	33.51	5.20
18-Mar-13	12:10	728.51	32.84	66.92	68.15	34.08	5.20
18-Mar-13	12:15	670.65	33.72	66.72	67.80	33.01	5.20
18-Mar-13	12:20	583.41	34.27	66.88	67.90	32.60	5.20
18-Mar-13	12:25	381.27	34.09	67.05	67.72	32.96	5.20
18-Mar-13	12:30	731.62	34.07	67.25	68.13	33.19	5.20

18-Mar-13	12:35	909.17	33.96	67.25	68.34	33.28	5.20
18-Mar-13	12:40	485.33	34.42	67.33	68.41	32.91	5.20
18-Mar-13	12:45	293.72	33.46	67.19	67.83	33.73	5.20
18-Mar-13	12:50	709.93	32.28	66.81	67.56	34.53	5.20
18-Mar-13	12:55	424.89	32.88	66.73	67.61	33.86	5.20
18-Mar-13	13:00	533.92	33.10	66.55	67.30	33.46	5.20
18-Mar-13	13:05	329.19	32.93	66.35	67.09	33.42	5.20
18-Mar-13	13:10	570.91	32.82	66.53	67.20	33.72	5.20
18-Mar-13	13:15	440.78	34.05	66.65	67.52	32.60	5.20
18-Mar-13	13:20	352.58	33.05	66.58	67.19	33.53	5.20
18-Mar-13	13:25	767.54	33.99	66.78	67.60	32.79	5.20
18-Mar-13	13:30	813.44	33.22	66.72	67.84	33.50	5.20
18-Mar-13	13:35	440.55	33.09	66.64	67.69	33.55	5.20
18-Mar-13	13:40	419.53	33.31	66.80	67.50	33.49	5.20
18-Mar-13	13:45	356.11	33.64	66.84	67.52	33.20	5.20
18-Mar-13	13:50	449.85	33.73	67.01	67.61	33.28	5.20
18-Mar-13	13:55	669.96	33.71	67.08	67.97	33.38	5.20
18-Mar-13	14:00	757.43	33.54	67.09	68.20	33.55	5.20
18-Mar-13	14:05	759.27	34.42	67.15	68.30	32.73	5.20
18-Mar-13	14:10	575.19	34.69	67.32	68.49	32.63	5.20
18-Mar-13	14:15	433.61	32.59	66.78	67.60	34.19	5.20
18-Mar-13	14:20	708.85	33.35	66.80	67.74	33.45	5.20
18-Mar-13	14:25	660.43	34.07	67.04	68.09	32.97	5.20
18-Mar-13	14:30	662.07	34.00	67.06	68.09	33.06	5.20
18-Mar-13	14:35	655.09	33.64	67.14	68.17	33.51	5.20
18-Mar-13	14:40	583.25	34.19	67.29	68.31	33.10	5.20
18-Mar-13	14:45	551.49	33.34	67.09	67.99	33.75	5.20
18-Mar-13	14:50	632.85	32.38	66.52	67.54	34.14	5.20
18-Mar-13	14:55	608.16	32.75	66.33	67.32	33.58	5.20

18-Mar-13	15:00	531.91	33.56	66.52	67.41	32.96	5.20
18-Mar-13	15:05	580.75	32.92	66.43	67.31	33.52	5.20
18-Mar-13	15:10	554.51	33.69	66.47	67.34	32.78	5.20
18-Mar-13	15:15	548.20	32.75	66.13	67.02	33.38	5.20
18-Mar-13	15:20	535.50	33.77	66.32	67.10	32.55	5.20
18-Mar-13	15:25	522.87	33.00	66.24	67.06	33.24	5.20
18-Mar-13	15:30	496.18	33.10	66.05	66.80	32.94	5.20
18-Mar-13	15:35	481.88	33.71	66.35	67.04	32.64	5.20
18-Mar-13	15:40	463.95	33.29	66.37	67.05	33.08	5.20
18-Mar-13	15:45	449.73	32.86	66.19	66.90	33.33	5.20
18-Mar-13	15:50	437.00	32.42	65.66	66.37	33.24	5.20
18-Mar-13	15:55	425.30	32.26	65.53	66.18	33.27	5.20
18-Mar-13	16:00	409.84	32.25	65.36	66.00	33.12	5.20

19 มีนาคม 2556

Date	Time	Intensity	Ta	Tin	Tout	Tin-Ta	Flowrate
		W/m^2	°C	°C	°C	°C	lpm
19-Mar-13	8:05	82.24	28.08	30.54	27.82	2.46	5.20
19-Mar-13	8:10	63.17	27.96	31.25	28.43	3.29	5.20
19-Mar-13	8:15	26.02	27.70	31.69	29.11	3.98	5.20
19-Mar-13	8:20	14.36	27.45	31.76	29.71	4.31	5.20
19-Mar-13	8:25	13.92	27.30	31.42	30.07	4.13	5.20
19-Mar-13	8:30	9.39	27.25	30.75	30.71	3.50	5.20
19-Mar-13	8:35	3.58	27.29	36.87	36.33	9.58	5.20
19-Mar-13	8:40	5.67	27.30	42.48	42.34	15.18	5.20
19-Mar-13	8:45	10.19	27.35	40.35	40.24	12.99	5.20
19-Mar-13	8:50	17.47	27.37	38.90	38.88	11.53	5.20
19-Mar-13	8:55	161.19	27.62	38.04	37.95	10.42	5.20
19-Mar-13	9:00	418.85	28.88	38.40	38.16	9.52	5.20

19-Mar-13	9:05	241.31	29.49	40.31	38.78	10.82	5.20
19-Mar-13	9:10	262.76	29.30	44.21	38.97	14.91	5.20
19-Mar-13	9:15	396.00	29.83	48.26	39.39	18.44	5.20
19-Mar-13	9:20	388.73	29.91	44.18	42.58	14.27	5.20
19-Mar-13	9:25	582.64	30.18	45.88	46.18	15.70	5.20
19-Mar-13	9:30	608.14	31.78	47.69	48.03	15.91	5.20
19-Mar-13	9:35	526.52	31.62	50.43	50.75	18.80	5.20
19-Mar-13	9:40	494.98	32.21	53.58	53.91	21.37	5.20
19-Mar-13	9:45	625.45	32.17	56.34	56.70	24.17	5.20
19-Mar-13	9:50	311.02	32.59	58.76	59.14	26.17	5.20
19-Mar-13	9:55	188.33	31.56	60.58	60.82	29.02	5.20
19-Mar-13	10:00	308.03	31.11	60.61	60.92	29.50	5.20
19-Mar-13	10:05	394.35	31.24	60.23	60.62	28.98	5.20
19-Mar-13	10:10	639.38	32.00	60.01	60.55	28.01	5.20
19-Mar-13	10:15	655.89	31.80	60.15	60.85	28.35	5.20
19-Mar-13	10:20	596.06	32.11	60.49	61.08	28.37	5.20
19-Mar-13	10:25	372.86	31.20	59.44	60.00	28.25	5.20
19-Mar-13	10:30	654.69	31.40	60.24	60.91	28.84	5.20
19-Mar-13	10:35	701.16	31.71	60.00	60.75	28.30	5.20
19-Mar-13	10:40	711.62	32.84	60.15	60.96	27.30	5.20
19-Mar-13	10:45	744.05	33.71	60.07	60.92	26.36	5.20
19-Mar-13	10:50	612.44	33.94	59.92	60.66	25.98	5.20
19-Mar-13	10:55	555.13	33.76	60.15	60.93	26.39	5.20
19-Mar-13	11:00	328.37	32.92	59.85	60.33	26.93	5.20
19-Mar-13	11:05	635.10	33.04	60.20	60.72	27.16	5.20
19-Mar-13	11:10	598.38	34.44	60.09	60.86	25.65	5.20
19-Mar-13	11:15	269.01	33.15	59.88	60.45	26.73	5.20
19-Mar-13	11:20	338.35	32.42	59.95	60.39	27.53	5.20
19-Mar-13	11:25	743.57	33.41	60.08	60.74	26.67	5.20

19-Mar-13	11:30	809.20	34.47	60.13	61.05	25.67	5.20
19-Mar-13	11:35	797.41	33.91	60.01	61.02	26.11	5.20
19-Mar-13	11:40	857.56	34.77	60.16	61.18	25.39	5.20
19-Mar-13	11:45	872.20	35.23	60.08	61.15	24.86	5.20
19-Mar-13	11:50	873.98	35.09	59.93	61.05	24.84	5.20
19-Mar-13	11:55	879.44	35.54	60.07	61.19	24.53	5.20
19-Mar-13	12:00	907.99	35.18	59.90	61.05	24.72	5.20
19-Mar-13	12:05	736.51	35.13	60.03	61.10	24.91	5.20
19-Mar-13	12:10	856.72	35.58	59.98	60.95	24.40	5.20
19-Mar-13	12:15	788.28	34.76	59.61	60.68	24.85	5.20
19-Mar-13	12:20	900.86	34.73	59.57	60.63	24.84	5.20
19-Mar-13	12:25	882.90	35.23	59.81	60.94	24.58	5.20
19-Mar-13	12:30	722.25	35.43	60.01	60.95	24.58	5.20
19-Mar-13	12:35	482.59	35.30	59.82	60.70	24.51	5.20
19-Mar-13	12:40	742.40	35.73	60.07	60.80	24.34	5.20
19-Mar-13	12:45	900.02	35.93	60.03	61.08	24.10	5.20
19-Mar-13	12:50	890.03	35.67	60.13	61.22	24.46	5.20
19-Mar-13	12:55	887.90	35.27	60.07	61.18	24.80	5.20
19-Mar-13	13:00	700.71	35.03	60.08	61.12	25.05	5.20
19-Mar-13	13:05	726.07	36.20	60.11	60.90	23.91	5.20
19-Mar-13	13:10	704.75	34.77	60.15	61.08	25.38	5.20
19-Mar-13	13:15	550.53	34.76	59.92	60.78	25.16	5.20
19-Mar-13	13:20	227.43	33.69	59.73	60.25	26.04	5.20
19-Mar-13	13:25	378.32	34.22	60.04	60.40	25.82	5.20
19-Mar-13	13:30	780.55	35.63	60.27	61.03	24.64	5.20
19-Mar-13	13:35	812.63	34.93	60.06	61.06	25.13	5.20
19-Mar-13	13:40	771.48	34.97	60.09	61.13	25.12	5.20
19-Mar-13	13:45	816.52	35.40	59.98	61.01	24.58	5.20
19-Mar-13	13:50	827.23	35.45	59.99	61.08	24.54	5.20

19-Mar-13	13:55	807.58	35.00	59.83	60.94	24.83	5.20
19-Mar-13	14:00	483.21	34.55	59.76	60.64	25.21	5.20
19-Mar-13	14:05	762.51	34.73	59.84	60.72	25.11	5.20
19-Mar-13	14:10	741.99	34.53	60.17	61.15	25.64	5.20
19-Mar-13	14:15	726.46	34.58	60.02	61.03	25.44	5.20
19-Mar-13	14:20	696.61	35.85	60.21	61.13	24.36	5.20
19-Mar-13	14:25	699.13	34.44	60.03	60.97	25.59	5.20
19-Mar-13	14:30	689.72	34.66	59.86	60.77	25.20	5.20
19-Mar-13	14:35	646.64	33.92	59.79	60.71	25.87	5.20
19-Mar-13	14:40	651.23	34.34	59.68	60.52	25.35	5.20
19-Mar-13	14:45	653.52	34.04	59.71	60.55	25.67	5.20
19-Mar-13	14:50	646.07	34.35	59.78	60.61	25.43	5.20
19-Mar-13	14:55	615.37	35.06	60.04	60.81	24.98	5.20
19-Mar-13	15:00	604.63	34.60	59.95	60.71	25.35	5.20
19-Mar-13	15:05	602.86	35.01	60.15	60.88	25.14	5.20
19-Mar-13	15:10	592.87	33.81	60.19	60.89	26.38	5.20
19-Mar-13	15:15	569.52	32.38	59.65	60.41	27.27	5.20
19-Mar-13	15:20	553.42	33.10	59.50	60.17	26.40	5.20
19-Mar-13	15:25	552.54	33.85	59.82	60.42	25.97	5.20
19-Mar-13	15:30	523.74	33.74	60.00	60.64	26.26	5.20
19-Mar-13	15:35	499.63	33.68	59.99	60.54	26.31	5.20
19-Mar-13	15:40	484.11	33.98	60.15	60.70	26.17	5.20
19-Mar-13	15:45	475.31	34.28	60.13	60.67	25.85	5.20
19-Mar-13	15:50	461.22	33.54	60.14	60.64	26.60	5.20
19-Mar-13	15:55	438.00	33.05	60.10	60.60	27.06	5.20
19-Mar-13	16:00	434.85	33.08	60.03	60.44	26.95	5.20

20 มีนาคม 2556

Date	Time	Intensity	Ta	Tin	Tout	Tin-Ta	Flowrate
		W/m^2	°C	°C	°C	°C	lpm
20-Mar-13	8:05	47.54	28.01	31.78	29.52	3.77	5.20
20-Mar-13	8:10	32.51	27.58	31.84	30.39	4.26	5.20
20-Mar-13	8:15	38.29	27.91	30.49	29.81	2.57	5.20
20-Mar-13	8:20	207.59	28.79	38.21	37.83	9.42	5.20
20-Mar-13	8:25	307.00	30.20	41.17	41.13	10.97	5.20
20-Mar-13	8:30	343.75	30.32	43.11	43.07	12.79	5.20
20-Mar-13	8:35	271.60	30.46	45.42	45.41	14.96	5.20
20-Mar-13	8:40	161.40	29.31	47.61	47.62	18.30	5.20
20-Mar-13	8:45	183.26	29.47	49.82	49.79	20.36	5.20
20-Mar-13	8:50	412.92	30.01	51.21	51.29	21.20	5.20
20-Mar-13	8:55	467.13	30.70	50.38	50.66	19.68	5.20
20-Mar-13	9:00	497.55	31.30	50.17	50.44	18.86	5.20
20-Mar-13	9:05	529.04	31.57	50.14	50.46	18.57	5.20
20-Mar-13	9:10	189.42	30.75	50.15	50.38	19.39	5.20
20-Mar-13	9:15	340.88	30.00	49.80	49.99	19.80	5.20
20-Mar-13	9:20	547.97	30.49	50.21	50.58	19.72	5.20
20-Mar-13	9:25	445.17	31.33	49.98	50.38	18.65	5.20
20-Mar-13	9:30	415.27	31.93	50.17	50.54	18.24	5.20
20-Mar-13	9:35	319.68	31.22	50.08	50.36	18.86	5.20
20-Mar-13	9:40	417.96	30.60	50.10	50.31	19.50	5.20
20-Mar-13	9:45	667.82	31.28	50.37	50.85	19.09	5.20
20-Mar-13	9:50	377.36	32.06	50.37	50.87	18.31	5.20
20-Mar-13	9:55	198.17	30.93	49.96	50.20	19.02	5.20
20-Mar-13	10:00	723.32	31.33	50.11	50.50	18.79	5.20
20-Mar-13	10:05	677.02	31.81	50.17	50.78	18.36	5.20
20-Mar-13	10:10	605.78	32.20	50.11	50.65	17.91	5.20

20-Mar-13	10:15	434.66	32.17	49.91	50.32	17.74	5.20
20-Mar-13	10:20	736.60	32.22	50.15	50.76	17.93	5.20
20-Mar-13	10:25	610.25	32.61	49.88	50.56	17.27	5.20
20-Mar-13	10:30	792.41	32.95	50.07	50.76	17.12	5.20
20-Mar-13	10:35	844.35	33.31	50.23	51.04	16.92	5.20
20-Mar-13	10:40	323.56	33.15	50.08	50.77	16.92	5.20
20-Mar-13	10:45	327.48	32.25	49.83	50.14	17.58	5.20
20-Mar-13	10:50	199.33	31.83	49.91	50.19	18.08	5.20
20-Mar-13	10:55	425.30	32.01	49.88	50.17	17.87	5.20
20-Mar-13	11:00	633.36	32.46	50.07	50.71	17.61	5.20
20-Mar-13	11:05	603.60	32.48	49.94	50.49	17.45	5.20
20-Mar-13	11:10	604.44	33.16	50.14	50.80	16.98	5.20
20-Mar-13	11:15	294.78	31.86	49.84	50.53	17.97	5.20
20-Mar-13	11:20	624.74	31.75	49.94	50.34	18.19	5.20
20-Mar-13	11:25	570.55	32.10	50.17	50.96	18.07	5.20
20-Mar-13	11:30	290.03	32.26	49.90	50.35	17.64	5.20
20-Mar-13	11:35	863.38	33.72	50.16	50.82	16.44	5.20
20-Mar-13	11:40	714.41	33.46	50.15	50.89	16.69	5.20
20-Mar-13	11:45	887.14	33.45	50.19	51.17	16.74	5.20
20-Mar-13	11:50	945.25	32.49	49.97	51.13	17.48	5.20
20-Mar-13	11:55	905.11	33.13	49.99	51.16	16.86	5.20
20-Mar-13	12:00	911.06	33.93	50.10	51.24	16.17	5.20
20-Mar-13	12:05	509.54	34.06	49.98	51.04	15.92	5.20
20-Mar-13	12:10	885.08	34.18	50.10	50.80	15.92	5.20
20-Mar-13	12:15	979.36	35.12	50.40	51.46	15.28	5.20
20-Mar-13	12:20	982.36	36.03	50.53	51.71	14.50	5.20
20-Mar-13	12:25	989.70	33.72	50.50	51.74	16.78	5.20
20-Mar-13	12:30	378.05	33.44	50.29	51.29	16.84	5.20
20-Mar-13	12:35	783.37	34.00	50.11	50.75	16.11	5.20

20-Mar-13	12:40	618.85	35.43	50.28	51.13	14.85	5.20
20-Mar-13	12:45	681.25	33.49	50.06	50.80	16.57	5.20
20-Mar-13	12:50	610.66	34.38	50.00	50.83	15.62	5.20
20-Mar-13	12:55	260.26	33.48	49.86	50.34	16.38	5.20
20-Mar-13	13:00	778.24	34.01	49.90	50.55	15.89	5.20
20-Mar-13	13:05	923.25	34.15	49.77	50.63	15.62	5.20
20-Mar-13	13:10	764.86	33.59	50.04	51.06	16.45	5.20
20-Mar-13	13:15	968.40	34.58	49.97	50.95	15.39	5.20
20-Mar-13	13:20	988.72	33.04	49.90	51.11	16.86	5.20
20-Mar-13	13:25	438.72	32.97	49.89	50.85	16.92	5.20
20-Mar-13	13:30	730.16	33.15	50.04	50.64	16.89	5.20
20-Mar-13	13:35	444.68	32.69	49.90	50.67	17.21	5.20
20-Mar-13	13:40	848.81	34.33	50.11	50.78	15.78	5.20
20-Mar-13	13:45	678.57	33.97	50.12	51.10	16.15	5.20
20-Mar-13	13:50	503.01	34.07	50.08	50.91	16.02	5.20
20-Mar-13	13:55	685.19	33.18	50.04	50.67	16.86	5.20
20-Mar-13	14:00	735.90	33.16	50.04	50.88	16.88	5.20
20-Mar-13	14:05	692.50	33.68	49.93	50.82	16.25	5.20
20-Mar-13	14:10	749.82	33.54	50.04	50.92	16.50	5.20
20-Mar-13	14:15	718.42	33.36	50.06	50.98	16.70	5.20
20-Mar-13	14:20	566.07	33.71	50.08	50.86	16.38	5.20
20-Mar-13	14:25	572.51	33.65	50.08	50.73	16.43	5.20
20-Mar-13	14:30	633.68	33.47	50.15	50.83	16.68	5.20
20-Mar-13	14:35	729.78	33.90	50.08	50.85	16.18	5.20
20-Mar-13	14:40	741.78	34.26	50.09	50.95	15.83	5.20
20-Mar-13	14:45	767.13	34.52	49.93	50.78	15.41	5.20
20-Mar-13	14:50	797.55	33.99	50.04	50.96	16.05	5.20
20-Mar-13	14:55	646.86	33.83	50.18	51.07	16.35	5.20
20-Mar-13	15:00	683.37	33.84	50.12	50.90	16.29	5.20

20-Mar-13	15:05	307.89	33.31	49.91	50.56	16.60	5.20
20-Mar-13	15:10	285.03	32.38	49.92	50.22	17.54	5.20
20-Mar-13	15:15	605.15	32.80	50.01	50.47	17.21	5.20
20-Mar-13	15:20	605.51	33.43	50.05	50.60	16.62	5.20
20-Mar-13	15:25	597.53	33.38	50.14	50.74	16.75	5.20
20-Mar-13	15:30	345.37	33.02	49.98	50.46	16.96	5.20
20-Mar-13	15:35	522.02	33.34	50.01	50.48	16.67	5.20
20-Mar-13	15:40	516.76	32.53	50.03	50.52	17.50	5.20
20-Mar-13	15:45	501.95	32.84	49.90	50.39	17.05	5.20
20-Mar-13	15:50	531.69	33.08	50.01	50.47	16.93	5.20
20-Mar-13	15:55	486.33	33.11	50.12	50.57	17.01	5.20
20-Mar-13	16:00	441.57	33.07	49.92	50.33	16.85	5.20

21 มีนาคม 2554

Date	Time	Intensity	Ta	Tin	Tout	Tin-Ta	Flowrate
		W/m^2	^{o}C	^{o}C	^{o}C	^{o}C	lpm
21-Mar-13	8:05	219.66	31.78	37.01	34.69	5.23	5.20
21-Mar-13	8:10	139.73	30.37	38.45	36.21	8.09	5.20
21-Mar-13	8:15	102.97	29.70	39.25	37.25	9.55	5.20
21-Mar-13	8:20	95.50	28.90	39.61	37.94	10.71	5.20
21-Mar-13	8:25	106.31	29.06	40.06	38.46	11.00	5.20
21-Mar-13	8:30	228.27	29.81	41.15	38.90	11.33	5.20
21-Mar-13	8:35	194.14	29.57	42.73	39.28	13.16	5.20
21-Mar-13	8:40	150.06	29.18	43.84	39.98	14.66	5.20
21-Mar-13	8:45	199.75	29.41	44.63	40.80	15.22	5.20
21-Mar-13	8:50	313.16	29.38	45.93	41.56	16.55	5.20
21-Mar-13	8:55	378.83	29.68	49.03	43.05	19.36	5.20
21-Mar-13	9:00	380.45	29.41	39.46	36.92	10.05	5.20
21-Mar-13	9:05	507.71	30.19	37.14	37.28	6.95	5.20

21-Mar-13	9:10	517.01	30.65	39.04	39.30	8.39	5.20
21-Mar-13	9:15	573.90	31.67	40.90	41.22	9.23	5.20
21-Mar-13	9:20	587.26	32.30	40.59	41.00	8.29	5.20
21-Mar-13	9:25	595.26	31.31	40.27	40.72	8.95	5.20
21-Mar-13	9:30	587.88	30.41	40.15	40.63	9.74	5.20
21-Mar-13	9:35	631.89	31.29	40.15	40.66	8.85	5.20
21-Mar-13	9:40	616.70	32.64	40.18	40.71	7.53	5.20
21-Mar-13	9:45	564.98	32.66	40.03	40.56	7.38	5.20
21-Mar-13	9:50	304.51	31.10	40.11	40.50	9.00	5.20
21-Mar-13	9:55	266.97	31.71	40.01	40.33	8.30	5.20
21-Mar-13	10:00	255.32	31.14	40.03	40.29	8.89	5.20
21-Mar-13	10:05	233.81	30.89	39.98	40.20	9.09	5.20
21-Mar-13	10:10	423.51	30.76	40.01	40.26	9.26	5.20
21-Mar-13	10:15	403.78	31.06	39.99	40.39	8.93	5.20
21-Mar-13	10:20	300.19	31.02	39.89	40.14	8.87	5.20
21-Mar-13	10:25	332.16	30.96	40.00	40.30	9.04	5.20
21-Mar-13	10:30	534.68	31.13	40.11	40.61	8.98	5.20
21-Mar-13	10:35	624.38	31.45	39.99	40.51	8.54	5.20
21-Mar-13	10:40	608.33	31.76	40.06	40.56	8.31	5.20
21-Mar-13	10:45	483.07	31.72	40.10	40.75	8.38	5.20
21-Mar-13	10:50	385.49	32.06	40.09	40.51	8.03	5.20
21-Mar-13	10:55	410.14	31.72	40.06	40.45	8.34	5.20
21-Mar-13	11:00	391.69	31.32	40.03	40.50	8.70	5.20
21-Mar-13	11:05	531.59	31.68	39.97	40.47	8.29	5.20
21-Mar-13	11:10	564.72	31.79	39.98	40.54	8.19	5.20
21-Mar-13	11:15	468.57	31.22	39.83	40.43	8.62	5.20
21-Mar-13	11:20	564.45	31.75	39.77	40.35	8.03	5.20
21-Mar-13	11:25	583.50	33.05	40.02	40.65	6.96	5.20
21-Mar-13	11:30	562.32	32.49	40.02	40.57	7.53	5.20

21-Mar-13	11:35	521.64	32.33	40.10	40.66	7.77	5.20
21-Mar-13	11:40	651.90	32.75	40.23	40.88	7.49	5.20
21-Mar-13	11:45	713.95	32.53	40.32	41.06	7.79	5.20
21-Mar-13	11:50	747.53	32.82	40.39	41.17	7.57	5.20
21-Mar-13	11:55	659.29	32.52	40.36	41.14	7.84	5.20
21-Mar-13	12:00	640.30	33.65	40.56	41.36	6.91	5.20
21-Mar-13	12:05	382.49	33.67	39.81	40.56	6.14	5.20
21-Mar-13	12:10	602.02	34.03	38.74	39.16	4.71	5.20
21-Mar-13	12:15	355.76	33.24	39.83	40.37	6.60	5.20
21-Mar-13	12:20	630.83	33.99	40.07	40.67	6.08	5.20
21-Mar-13	12:25	584.74	33.70	39.94	40.53	6.24	5.20
21-Mar-13	12:30	490.57	32.41	39.93	40.50	7.52	5.20
21-Mar-13	12:35	388.11	32.10	39.83	40.34	7.73	5.20
21-Mar-13	12:40	661.68	32.56	40.05	40.57	7.49	5.20
21-Mar-13	12:45	772.14	32.64	40.19	41.03	7.56	5.20
21-Mar-13	12:50	287.01	32.58	40.09	40.74	7.51	5.20
21-Mar-13	12:55	334.99	32.12	39.92	40.31	7.81	5.20
21-Mar-13	13:00	537.59	32.52	40.00	40.53	7.48	5.20
21-Mar-13	13:05	556.61	32.84	40.02	40.68	7.19	5.20
21-Mar-13	13:10	707.11	32.81	40.17	40.88	7.37	5.20
21-Mar-13	13:15	579.92	33.50	40.26	40.99	6.76	5.20
21-Mar-13	13:20	604.00	32.74	40.27	40.93	7.53	5.20
21-Mar-13	13:25	868.22	33.28	40.32	41.27	7.04	5.20
21-Mar-13	13:30	720.40	33.05	40.23	41.19	7.19	5.20
21-Mar-13	13:35	700.14	33.16	40.21	41.14	7.05	5.20
21-Mar-13	13:40	619.91	34.00	40.05	40.86	6.05	5.20
21-Mar-13	13:45	770.72	32.47	40.00	40.92	7.53	5.20
21-Mar-13	13:50	801.81	32.73	39.89	40.95	7.16	5.20
21-Mar-13	13:55	781.54	33.48	39.96	41.01	6.48	5.20

21-Mar-13	14:00	800.42	33.82	40.08	41.12	6.26	5.20
21-Mar-13	14:05	677.73	33.21	40.02	40.96	6.80	5.20
21-Mar-13	14:10	673.01	33.52	40.04	40.99	6.52	5.20
21-Mar-13	14:15	615.60	32.54	39.86	40.66	7.32	5.20
21-Mar-13	14:20	743.45	32.40	39.71	40.67	7.30	5.20
21-Mar-13	14:25	744.12	33.23	39.79	40.72	6.56	5.20
21-Mar-13	14:30	703.86	33.22	39.80	40.70	6.58	5.20
21-Mar-13	14:35	599.18	33.14	39.86	40.66	6.73	5.20
21-Mar-13	14:40	595.90	32.95	39.83	40.48	6.87	5.20
21-Mar-13	14:45	598.94	32.89	39.98	40.72	7.09	5.20
21-Mar-13	14:50	660.84	32.59	39.97	40.74	7.38	5.20
21-Mar-13	14:55	641.99	33.03	40.02	40.80	6.99	5.20
21-Mar-13	15:00	633.96	32.41	39.99	40.76	7.59	5.20
21-Mar-13	15:05	634.63	32.68	39.94	40.67	7.26	5.20
21-Mar-13	15:10	626.64	32.77	39.96	40.67	7.20	5.20
21-Mar-13	15:15	603.89	32.90	40.02	40.70	7.11	5.20
21-Mar-13	15:20	583.83	32.54	39.95	40.59	7.41	5.20
21-Mar-13	15:25	579.09	32.40	39.93	40.53	7.53	5.20
21-Mar-13	15:30	564.67	33.14	39.95	40.53	6.81	5.20
21-Mar-13	15:35	543.26	33.39	40.01	40.56	6.62	5.20
21-Mar-13	15:40	518.55	33.27	40.01	40.55	6.73	5.20
21-Mar-13	15:45	509.79	33.41	40.11	40.63	6.70	5.20
21-Mar-13	15:50	493.60	34.04	40.16	40.62	6.12	5.20
21-Mar-13	15:55	450.28	34.17	40.32	40.72	6.15	5.20
21-Mar-13	16:00	445.15	34.08	40.41	40.78	6.33	5.20

23 มีนาคม 2556

Date	Time	Intensity	Ta	Tin	Tout	Tin-Ta	Flowrate
		W/m^2	^{o}C	^{o}C	^{o}C	^{o}C	lpm
23-Mar-13	8:05	261.96	32.41	35.27	31.14	2.86	5.20
23-Mar-13	8:10	262.15	32.37	35.94	31.93	3.57	5.20
23-Mar-13	8:15	316.63	33.39	37.16	32.64	3.77	5.20
23-Mar-13	8:20	345.54	32.86	38.21	33.60	5.35	5.20
23-Mar-13	8:25	365.30	32.47	39.26	34.39	6.78	5.20
23-Mar-13	8:30	394.01	33.14	41.34	35.34	8.20	5.20
23-Mar-13	8:35	384.79	32.29	42.49	35.73	10.20	5.20
23-Mar-13	8:40	387.72	31.04	43.73	36.38	12.68	5.20
23-Mar-13	8:45	392.23	30.65	44.64	36.49	13.99	5.20
23-Mar-13	8:50	418.58	30.30	45.67	36.47	15.38	5.20
23-Mar-13	8:55	440.34	30.81	49.40	37.09	18.60	5.20
23-Mar-13	9:00	450.18	30.96	54.17	37.68	23.20	5.20
23-Mar-13	9:05	406.10	30.62	56.36	37.60	25.73	5.20
23-Mar-13	9:10	505.04	31.21	58.18	38.71	26.97	5.20
23-Mar-13	9:15	515.01	31.25	60.40	43.14	29.15	5.20
23-Mar-13	9:20	529.91	31.15	60.00	49.42	28.85	5.20
23-Mar-13	9:25	559.81	32.22	62.10	75.64	29.88	5.20
23-Mar-13	9:30	562.46	30.98	64.71	93.99	33.74	5.20
23-Mar-13	9:35	592.59	31.85	31.96	34.89	0.11	5.20
23-Mar-13	9:40	542.37	33.00	30.96	31.48	-2.04	5.20
23-Mar-13	9:45	457.41	31.65	31.89	32.30	0.24	5.20
23-Mar-13	9:50	640.33	31.28	32.85	33.39	1.57	5.20
23-Mar-13	9:55	651.80	31.94	33.59	34.17	1.65	5.20
23-Mar-13	10:00	672.70	32.67	34.33	34.94	1.67	5.20
23-Mar-13	10:05	675.69	32.48	34.96	35.60	2.48	5.20
23-Mar-13	10:10	687.41	32.48	35.73	36.37	3.25	5.20

23-Mar-13	10:15	703.98	32.39	36.43	37.11	4.04	5.20
23-Mar-13	10:20	720.53	33.18	37.07	37.78	3.89	5.20
23-Mar-13	10:25	736.08	32.37	37.69	38.45	5.32	5.20
23-Mar-13	10:30	744.09	33.12	38.22	39.04	5.10	5.20
23-Mar-13	10:35	760.15	32.85	38.61	39.46	5.77	5.20
23-Mar-13	10:40	774.07	33.40	38.83	39.73	5.43	5.20
23-Mar-13	10:45	782.88	32.99	38.26	39.23	5.28	5.20
23-Mar-13	10:50	794.49	33.49	37.35	38.31	3.86	5.20
23-Mar-13	10:55	806.01	34.00	36.96	37.92	2.96	5.20
23-Mar-13	11:00	811.89	33.44	36.43	37.45	2.98	5.20
23-Mar-13	11:05	820.00	35.07	36.06	37.07	1.00	5.20
23-Mar-13	11:10	827.62	34.22	35.87	36.92	1.65	5.20
23-Mar-13	11:15	826.52	35.15	35.64	36.69	0.49	5.20
23-Mar-13	11:20	839.90	35.31	35.61	36.70	0.30	5.20
23-Mar-13	11:25	844.77	35.13	35.69	36.79	0.56	5.20
23-Mar-13	11:30	838.42	34.64	35.72	36.83	1.08	5.20
23-Mar-13	11:35	851.39	33.77	35.73	36.88	1.96	5.20
23-Mar-13	11:40	865.64	33.98	35.81	36.96	1.83	5.20
23-Mar-13	11:45	868.79	34.18	35.95	37.11	1.76	5.20
23-Mar-13	11:50	866.03	34.32	36.08	37.23	1.76	5.20
23-Mar-13	11:55	865.41	34.44	36.29	37.44	1.85	5.20
23-Mar-13	12:00	884.50	34.36	36.51	37.67	2.15	5.20
23-Mar-13	12:05	885.04	34.47	36.92	38.08	2.45	5.20
23-Mar-13	12:10	880.78	34.44	36.93	38.09	2.49	5.20
23-Mar-13	12:15	883.23	35.23	37.25	38.38	2.02	5.20
23-Mar-13	12:20	890.85	35.02	37.55	38.69	2.53	5.20
23-Mar-13	12:25	886.96	34.95	37.82	38.97	2.86	5.20
23-Mar-13	12:30	887.39	34.99	38.04	39.17	3.05	5.20
23-Mar-13	12:35	888.69	34.81	38.09	39.26	3.28	5.20

23-Mar-13	12:40	890.22	35.02	38.10	39.26	3.08	5.20
23-Mar-13	12:45	886.97	35.44	38.14	39.28	2.70	5.20
23-Mar-13	12:50	876.05	35.00	37.96	39.12	2.96	5.20
23-Mar-13	12:55	881.70	35.70	38.06	39.17	2.35	5.20
23-Mar-13	13:00	877.42	35.32	37.91	39.03	2.59	5.20
23-Mar-13	13:05	874.54	34.66	37.88	39.01	3.22	5.20
23-Mar-13	13:10	866.11	35.33	37.87	39.01	2.53	5.20
23-Mar-13	13:15	867.50	35.59	38.03	39.17	2.44	5.20
23-Mar-13	13:20	854.68	35.49	37.90	39.04	2.42	5.20
23-Mar-13	13:25	845.93	34.73	37.98	39.13	3.25	5.20
23-Mar-13	13:30	842.22	34.66	37.82	38.97	3.16	5.20
23-Mar-13	13:35	833.56	34.85	37.83	38.99	2.98	5.20
23-Mar-13	13:40	829.20	34.49	37.80	38.95	3.31	5.20
23-Mar-13	13:45	826.20	34.61	37.74	38.87	3.12	5.20
23-Mar-13	13:50	821.36	35.57	37.85	38.97	2.28	5.20
23-Mar-13	13:55	815.97	34.64	37.94	39.07	3.29	5.20
23-Mar-13	14:00	795.51	34.44	37.87	38.98	3.43	5.20
23-Mar-13	14:05	781.70	34.48	37.85	38.94	3.37	5.20
23-Mar-13	14:10	774.51	34.34	37.73	38.80	3.40	5.20
23-Mar-13	14:15	749.97	34.33	37.67	38.69	3.34	5.20
23-Mar-13	14:20	751.62	34.94	37.74	38.72	2.80	5.20
23-Mar-13	14:25	749.09	34.28	37.90	38.87	3.62	5.20
23-Mar-13	14:30	746.55	34.72	37.68	38.65	2.97	5.20
23-Mar-13	14:35	721.30	35.02	37.74	38.65	2.72	5.20
23-Mar-13	14:40	712.93	33.97	37.62	38.52	3.65	5.20
23-Mar-13	14:45	690.07	34.24	37.54	38.41	3.30	5.20
23-Mar-13	14:50	691.59	34.26	37.54	38.36	3.28	5.20
23-Mar-13	14:55	677.02	35.24	37.73	38.53	2.49	5.20
23-Mar-13	15:00	672.10	34.88	37.82	38.57	2.94	5.20

23-Mar-13	15:05	654.85	34.65	37.79	38.55	3.13	5.20
23-Mar-13	15:10	639.20	34.06	37.69	38.42	3.62	5.20
23-Mar-13	15:15	617.89	34.54	37.70	38.37	3.16	5.20
23-Mar-13	15:20	594.71	35.00	37.66	38.30	2.66	5.20
23-Mar-13	15:25	582.59	34.38	37.57	38.19	3.19	5.20
23-Mar-13	15:30	576.72	34.37	37.47	38.06	3.10	5.20
23-Mar-13	15:35	550.69	34.87	37.55	38.11	2.68	5.20
23-Mar-13	15:40	518.61	34.16	37.62	38.18	3.46	5.20
23-Mar-13	15:45	508.60	34.08	37.58	38.09	3.50	5.20
23-Mar-13	15:50	505.26	34.39	37.60	38.08	3.21	5.20
23-Mar-13	15:55	481.82	33.92	37.47	37.91	3.55	5.20
23-Mar-13	16:00	462.33	34.45	37.41	37.79	2.95	5.20

24 มีนาคม 2556

Date	Time	Intensity	Ta	Tin	Tout	Tin-Ta	Flowrate
		W/m^2	^oC	^oC	^oC	^oC	lpm
24-Mar-13	8:05	243.21	32.52	35.45	34.86	2.93	5.20
24-Mar-13	8:10	297.64	33.46	36.56	36.36	3.09	5.20
24-Mar-13	8:15	274.25	33.71	38.94	37.27	5.22	5.20
24-Mar-13	8:20	232.79	32.75	40.47	38.43	7.72	5.20
24-Mar-13	8:25	225.03	30.89	41.10	39.57	10.21	5.20
24-Mar-13	8:30	269.17	31.07	42.58	40.40	11.51	5.20
24-Mar-13	8:35	345.11	31.61	44.56	41.31	12.95	5.20
24-Mar-13	8:40	393.52	31.45	46.98	42.46	15.54	5.20
24-Mar-13	8:45	444.36	32.34	50.09	44.28	17.75	5.20
24-Mar-13	8:50	427.58	32.45	53.12	46.27	20.67	5.20
24-Mar-13	8:55	281.33	30.54	54.33	47.07	23.79	5.20
24-Mar-13	9:00	308.08	30.53	55.52	47.96	24.99	5.20

24-Mar-13	9:05	358.19	30.86	56.66	48.82	25.81	5.20
24-Mar-13	9:10	551.41	32.08	59.86	50.43	27.78	5.20
24-Mar-13	9:15	556.90	32.89	53.46	50.31	20.56	5.20
24-Mar-13	9:20	474.43	32.08	41.75	41.64	9.67	5.20
24-Mar-13	9:25	415.00	32.73	45.51	45.82	12.78	5.20
24-Mar-13	9:30	441.54	31.52	47.56	47.89	16.04	5.20
24-Mar-13	9:35	436.60	31.73	50.43	50.78	18.70	5.20
24-Mar-13	9:40	439.01	31.80	53.29	53.67	21.49	5.20
24-Mar-13	9:45	409.10	32.71	56.06	56.50	23.36	5.20
24-Mar-13	9:50	554.42	32.28	58.58	59.07	26.30	5.20
24-Mar-13	9:55	658.69	32.32	60.82	61.51	28.50	5.20
24-Mar-13	10:00	668.24	33.77	62.98	63.82	29.22	5.20
24-Mar-13	10:05	521.10	32.87	64.28	65.24	31.41	5.20
24-Mar-13	10:10	605.95	33.05	65.48	66.47	32.43	5.20
24-Mar-13	10:15	601.01	33.20	66.88	67.99	33.68	5.20
24-Mar-13	10:20	723.18	33.44	67.71	68.95	34.27	5.20
24-Mar-13	10:25	715.03	33.04	68.51	69.80	35.46	5.20
24-Mar-13	10:30	576.19	33.36	69.13	70.44	35.77	5.20
24-Mar-13	10:35	727.34	32.92	69.35	70.67	36.43	5.20
24-Mar-13	10:40	703.65	34.27	70.01	71.56	35.73	5.20
24-Mar-13	10:45	527.70	33.63	70.20	71.59	36.57	5.20
24-Mar-13	10:50	456.39	32.88	70.02	71.32	37.14	5.20
24-Mar-13	10:55	465.85	33.22	70.31	71.56	37.09	5.20
24-Mar-13	11:00	544.55	33.36	70.25	71.55	36.89	5.20
24-Mar-13	11:05	484.77	32.49	69.78	70.89	37.29	5.20
24-Mar-13	11:10	786.68	33.29	70.43	71.83	37.14	5.20
24-Mar-13	11:15	766.84	33.97	69.94	71.43	35.97	5.20
24-Mar-13	11:20	653.27	34.54	70.06	71.43	35.52	5.20
24-Mar-13	11:25	678.22	34.40	69.93	71.26	35.53	5.20

24-Mar-13	11:30	788.05	34.39	69.92	71.37	35.53	5.20
24-Mar-13	11:35	823.99	34.31	70.11	71.70	35.79	5.20
24-Mar-13	11:40	763.02	33.27	69.74	71.35	36.47	5.20
24-Mar-13	11:45	846.28	35.10	70.06	71.60	34.96	5.20
24-Mar-13	11:50	777.98	34.47	70.11	71.84	35.64	5.20
24-Mar-13	11:55	664.65	34.56	69.72	71.20	35.16	5.20
24-Mar-13	12:00	786.09	35.00	69.87	71.42	34.88	5.20
24-Mar-13	12:05	757.76	34.42	69.89	71.44	35.48	5.20
24-Mar-13	12:10	853.69	33.85	69.99	71.67	36.14	5.20
24-Mar-13	12:15	615.59	34.99	69.79	71.47	34.80	5.20
24-Mar-13	12:20	817.04	34.20	69.74	71.10	35.54	5.20
24-Mar-13	12:25	888.68	35.40	69.95	71.59	34.55	5.20
24-Mar-13	12:30	859.08	35.91	69.97	71.65	34.06	5.20
24-Mar-13	12:35	878.17	34.70	70.19	71.90	35.48	5.20
24-Mar-13	12:40	874.00	34.64	70.22	71.99	35.58	5.20
24-Mar-13	12:45	864.51	35.33	70.12	71.89	34.79	5.20
24-Mar-13	12:50	843.93	34.68	69.96	71.68	35.28	5.20
24-Mar-13	12:55	878.35	34.89	69.77	71.49	34.88	5.20
24-Mar-13	13:00	856.81	35.75	70.02	71.76	34.27	5.20
24-Mar-13	13:05	828.29	35.13	70.14	71.90	35.01	5.20
24-Mar-13	13:10	833.89	35.68	70.26	71.98	34.58	5.20
24-Mar-13	13:15	827.27	34.73	70.05	71.79	35.32	5.20
24-Mar-13	13:20	812.31	34.93	69.79	71.50	34.86	5.20
24-Mar-13	13:25	811.84	35.89	70.11	71.82	34.22	5.20
24-Mar-13	13:30	625.38	34.16	69.82	71.49	35.66	5.20
24-Mar-13	13:35	512.27	35.02	69.95	71.39	34.93	5.20
24-Mar-13	13:40	592.46	34.11	69.72	71.00	35.61	5.20
24-Mar-13	13:45	583.40	34.60	69.81	71.18	35.22	5.20
24-Mar-13	13:50	669.47	34.85	70.04	71.35	35.19	5.20

24-Mar-13	13:55	869.99	34.34	70.36	72.08	36.02	5.20
24-Mar-13	14:00	809.98	34.34	69.94	71.72	35.60	5.20
24-Mar-13	14:05	792.21	35.70	69.99	71.68	34.30	5.20
24-Mar-13	14:10	788.19	35.56	70.17	71.86	34.61	5.20
24-Mar-13	14:15	761.84	34.34	70.10	71.77	35.76	5.20
24-Mar-13	14:20	752.23	33.53	69.80	71.44	36.27	5.20
24-Mar-13	14:25	671.41	34.26	69.66	71.22	35.40	5.20
24-Mar-13	14:30	679.89	35.62	70.14	71.57	34.52	5.20
24-Mar-13	14:35	640.64	34.40	69.89	71.40	35.49	5.20
24-Mar-13	14:40	572.17	34.79	69.93	71.32	35.15	5.20
24-Mar-13	14:45	601.27	34.08	70.01	71.34	35.93	5.20
24-Mar-13	14:50	684.94	34.47	70.01	71.40	35.55	5.20
24-Mar-13	14:55	682.69	34.56	70.12	71.57	35.55	5.20
24-Mar-13	15:00	644.18	35.09	70.22	71.64	35.13	5.20
24-Mar-13	15:05	578.94	35.72	70.27	71.56	34.54	5.20
24-Mar-13	15:10	581.94	35.02	70.33	71.49	35.31	5.20
24-Mar-13	15:15	427.00	33.95	69.81	70.88	35.86	5.20
24-Mar-13	15:20	314.58	33.96	69.80	70.60	35.84	5.20
24-Mar-13	15:25	606.86	33.93	70.06	70.99	36.13	5.20
24-Mar-13	15:30	582.93	33.74	69.89	70.96	36.15	5.20
24-Mar-13	15:35	552.16	33.57	69.92	70.92	36.35	5.20
24-Mar-13	15:40	523.96	33.73	70.01	71.02	36.28	5.20
24-Mar-13	15:45	505.41	33.90	70.08	71.05	36.18	5.20
24-Mar-13	15:50	465.89	33.71	70.08	71.03	36.37	5.20
24-Mar-13	15:55	346.13	33.59	70.21	71.09	36.62	5.20
24-Mar-13	16:00	159.90	33.73	70.03	70.76	36.29	5.20

25 มีนาคม 2556

Date	Time	Intensity	Ta	Tin	Tout	Tin-Ta	Flowrate
		W/m^2	°C	°C	°C	°C	lpm
25-Mar-13	8:05	287.49	31.90	35.78	35.86	3.88	5.20
25-Mar-13	8:10	226.70	31.76	37.62	37.17	5.87	5.20
25-Mar-13	8:15	121.66	30.56	37.98	38.59	7.42	5.20
25-Mar-13	8:20	258.60	30.73	38.30	39.48	7.57	5.20
25-Mar-13	8:25	298.92	31.32	40.33	40.02	9.01	5.20
25-Mar-13	8:30	321.07	31.59	42.59	40.96	11.00	5.20
25-Mar-13	8:35	321.00	31.53	43.90	42.13	12.37	5.20
25-Mar-13	8:40	373.46	31.38	45.19	43.57	13.80	5.20
25-Mar-13	8:45	314.43	32.13	47.40	45.22	15.27	5.20
25-Mar-13	8:50	264.96	31.66	48.26	46.14	16.60	5.20
25-Mar-13	8:55	429.91	31.23	49.14	47.03	17.91	5.20
25-Mar-13	9:00	478.67	31.79	52.11	48.34	20.32	5.20
25-Mar-13	9:05	357.34	31.67	57.39	50.24	25.71	5.20
25-Mar-13	9:10	230.17	31.91	61.04	50.39	29.12	5.20
25-Mar-13	9:15	326.31	31.58	57.83	48.86	26.25	5.20
25-Mar-13	9:20	536.34	31.90	67.07	52.27	35.17	5.20
25-Mar-13	9:25	480.82	31.47	84.67	48.46	53.20	5.20
25-Mar-13	9:30	417.89	32.02	88.29	48.84	56.27	5.20
25-Mar-13	9:35	431.01	32.32	89.08	53.29	56.76	5.20
25-Mar-13	9:40	571.53	32.59	90.26	60.98	57.66	5.20
25-Mar-13	9:45	632.64	32.94	91.53	76.10	58.60	5.20
25-Mar-13	9:50	681.86	33.00	91.94	86.40	58.94	5.20
25-Mar-13	9:55	611.05	33.91	70.17	69.58	36.26	5.20
25-Mar-13	10:00	501.84	33.19	45.94	46.58	12.75	5.20
25-Mar-13	10:05	699.08	33.04	47.55	48.15	14.51	5.20
25-Mar-13	10:10	722.83	33.63	49.89	50.64	16.26	5.20

25-Mar-13	10:15	717.83	34.72	52.79	53.52	18.06	5.20
25-Mar-13	10:20	704.16	33.87	55.50	56.23	21.63	5.20
25-Mar-13	10:25	471.16	33.88	58.07	58.78	24.19	5.20
25-Mar-13	10:30	469.45	33.05	59.92	60.46	26.88	5.20
25-Mar-13	10:35	736.84	33.87	62.02	62.75	28.15	5.20
25-Mar-13	10:40	752.09	33.37	63.94	64.85	30.57	5.20
25-Mar-13	10:45	757.25	33.40	65.07	66.02	31.67	5.20
25-Mar-13	10:50	658.03	34.22	66.25	67.17	32.03	5.20
25-Mar-13	10:55	416.89	34.06	67.14	67.94	33.08	5.20
25-Mar-13	11:00	754.05	34.71	68.08	68.83	33.37	5.20
25-Mar-13	11:05	800.96	34.99	69.11	70.19	34.12	5.20
25-Mar-13	11:10	812.53	34.93	69.70	70.86	34.77	5.20
25-Mar-13	11:15	817.97	34.23	70.26	71.45	36.03	5.20
25-Mar-13	11:20	826.44	35.85	70.87	72.07	35.02	5.20
25-Mar-13	11:25	825.63	36.21	70.62	71.89	34.42	5.20
25-Mar-13	11:30	842.73	35.71	69.87	71.08	34.16	5.20
25-Mar-13	11:35	840.66	35.15	70.15	71.41	35.00	5.20
25-Mar-13	11:40	835.78	34.68	69.85	71.13	35.17	5.20
25-Mar-13	11:45	808.45	35.81	70.04	71.27	34.24	5.20
25-Mar-13	11:50	853.69	36.72	70.05	71.24	33.33	5.20
25-Mar-13	11:55	842.07	35.76	70.42	71.70	34.66	5.20
25-Mar-13	12:00	844.47	36.17	70.20	71.46	34.02	5.20
25-Mar-13	12:05	838.43	35.30	70.04	71.27	34.74	5.20
25-Mar-13	12:10	858.90	36.48	70.07	71.33	33.59	5.20
25-Mar-13	12:15	861.86	35.32	69.84	71.15	34.52	5.20
25-Mar-13	12:20	834.99	36.15	70.09	71.33	33.94	5.20
25-Mar-13	12:25	844.89	36.75	70.15	71.38	33.39	5.20
25-Mar-13	12:30	860.73	36.86	70.21	71.35	33.36	5.20
25-Mar-13	12:35	863.78	35.98	69.62	70.72	33.65	5.20

25-Mar-13	12:40	862.83	35.04	69.40	70.52	34.36	5.20
25-Mar-13	12:45	850.22	35.31	69.53	70.60	34.22	5.20
25-Mar-13	12:50	835.03	35.49	69.95	71.01	34.46	5.20
25-Mar-13	12:55	840.76	35.54	70.01	71.10	34.47	5.20
25-Mar-13	13:00	837.72	35.97	70.01	71.10	34.04	5.20
25-Mar-13	13:05	836.11	35.59	70.12	71.25	34.53	5.20
25-Mar-13	13:10	831.93	35.89	70.19	71.32	34.31	5.20
25-Mar-13	13:15	817.17	34.96	69.82	70.99	34.86	5.20
25-Mar-13	13:20	825.36	35.87	69.79	70.93	33.92	5.20
25-Mar-13	13:25	806.57	36.16	69.83	70.96	33.67	5.20
25-Mar-13	13:30	811.11	35.76	69.87	71.01	34.11	5.20
25-Mar-13	13:35	792.96	35.15	69.84	70.96	34.69	5.20
25-Mar-13	13:40	791.59	34.64	69.48	70.59	34.83	5.20
25-Mar-13	13:45	788.19	35.15	69.47	70.58	34.32	5.20
25-Mar-13	13:50	786.11	34.48	69.53	70.65	35.04	5.20
25-Mar-13	13:55	780.74	35.00	69.76	70.84	34.76	5.20
25-Mar-13	14:00	757.46	34.73	69.98	71.12	35.26	5.20
25-Mar-13	14:05	742.15	35.60	70.17	71.17	34.58	5.20
25-Mar-13	14:10	739.56	35.07	70.10	71.19	35.03	5.20
25-Mar-13	14:15	730.57	34.84	69.83	70.86	34.99	5.20
25-Mar-13	14:20	727.16	35.52	70.18	71.17	34.66	5.20
25-Mar-13	14:25	716.99	34.22	69.93	70.96	35.72	5.20
25-Mar-13	14:30	705.32	34.11	69.69	70.65	35.57	5.20
25-Mar-13	14:35	686.88	35.86	70.17	71.06	34.31	5.20
25-Mar-13	14:40	676.41	34.56	69.87	70.79	35.30	5.20
25-Mar-13	14:45	670.80	34.80	69.98	70.86	35.19	5.20
25-Mar-13	14:50	662.72	34.70	70.14	71.00	35.44	5.20
25-Mar-13	14:55	652.19	34.41	70.10	70.96	35.69	5.20
25-Mar-13	15:00	641.89	34.50	70.08	70.95	35.58	5.20

25-Mar-13	15:05	623.70	34.20	69.88	70.71	35.68	5.20
25-Mar-13	15:10	613.12	35.02	70.22	70.95	35.20	5.20
25-Mar-13	15:15	600.01	34.68	69.77	70.54	35.09	5.20
25-Mar-13	15:20	582.74	34.45	69.87	70.56	35.42	5.20
25-Mar-13	15:25	572.04	34.32	70.00	70.66	35.69	5.20
25-Mar-13	15:30	550.69	34.58	70.15	70.78	35.57	5.20
25-Mar-13	15:35	535.78	34.73	70.20	70.82	35.47	5.20
25-Mar-13	15:40	516.47	33.77	69.96	70.54	36.19	5.20
25-Mar-13	15:45	501.02	34.46	70.09	70.59	35.63	5.20
25-Mar-13	15:50	482.90	34.96	70.09	70.60	35.13	5.20
25-Mar-13	15:55	469.23	33.88	69.69	70.15	35.82	5.20
25-Mar-13	16:00	450.00	34.78	70.01	70.42	35.23	5.20

26 มีนาคม 2556

Date	Time	Intensity	Ta	Tin	Tout	Tin-Ta	Flowrate
		W/m^2	^{o}C	^{o}C	^{o}C	^{o}C	lpm
26-Mar-13	8:05	132.69	29.56	33.14	32.84	3.58	5.20
26-Mar-13	8:10	288.49	31.32	35.16	33.40	3.84	5.20
26-Mar-13	8:15	315.71	32.03	37.21	33.84	5.18	5.20
26-Mar-13	8:20	307.75	31.62	38.92	34.84	7.30	5.20
26-Mar-13	8:25	407.33	32.00	40.32	36.77	8.33	5.20
26-Mar-13	8:30	433.63	32.56	42.67	39.45	10.11	5.20
26-Mar-13	8:35	322.05	31.62	39.76	37.61	8.14	5.20
26-Mar-13	8:40	183.85	31.05	43.83	43.85	12.79	5.20
26-Mar-13	8:45	283.69	30.78	45.42	45.64	14.65	5.20
26-Mar-13	8:50	420.81	31.41	47.33	47.57	15.92	5.20
26-Mar-13	8:55	431.89	32.07	50.93	51.20	18.86	5.20
26-Mar-13	9:00	466.38	32.82	53.86	54.22	21.04	5.20

26-Mar-13	9:05	506.11	33.20	56.39	56.80	23.19	5.20
26-Mar-13	9:10	456.63	32.99	58.20	58.66	25.21	5.20
26-Mar-13	9:15	550.86	32.62	60.59	61.16	27.97	5.20
26-Mar-13	9:20	546.60	32.77	62.20	62.87	29.43	5.20
26-Mar-13	9:25	603.89	33.75	63.48	64.14	29.73	5.20
26-Mar-13	9:30	515.37	34.29	64.66	65.37	30.37	5.20
26-Mar-13	9:35	511.99	34.39	66.10	66.85	31.70	5.20
26-Mar-13	9:40	491.07	34.13	66.99	67.81	32.86	5.20
26-Mar-13	9:45	516.54	33.96	67.91	68.69	33.95	5.20
26-Mar-13	9:50	491.53	34.62	68.52	69.40	33.90	5.20
26-Mar-13	9:55	624.32	33.66	69.08	70.03	35.43	5.20
26-Mar-13	10:00	660.73	34.42	69.44	70.51	35.02	5.20
26-Mar-13	10:05	695.35	35.41	69.82	70.96	34.41	5.20
26-Mar-13	10:10	711.32	35.01	70.03	71.28	35.02	5.20
26-Mar-13	10:15	715.50	35.39	70.25	71.51	34.86	5.20
26-Mar-13	10:20	719.87	35.50	70.17	71.41	34.67	5.20
26-Mar-13	10:25	729.73	35.55	70.03	71.15	34.48	5.20
26-Mar-13	10:30	761.60	36.13	70.54	71.76	34.41	5.20
26-Mar-13	10:35	760.20	36.44	70.30	71.64	33.86	5.20
26-Mar-13	10:40	752.90	36.24	70.13	71.47	33.88	5.20
26-Mar-13	10:45	809.64	35.86	70.01	71.40	34.14	5.20
26-Mar-13	10:50	663.19	36.71	70.05	71.51	33.34	5.20
26-Mar-13	10:55	361.70	35.84	69.80	70.89	33.96	5.20
26-Mar-13	11:00	402.17	35.74	69.98	70.87	34.24	5.20
26-Mar-13	11:05	334.35	35.32	69.95	70.82	34.63	5.20
26-Mar-13	11:10	824.90	36.02	70.03	71.13	34.01	5.20
26-Mar-13	11:15	764.10	36.66	70.11	71.56	33.45	5.20
26-Mar-13	11:20	599.47	35.97	69.99	71.32	34.02	5.20
26-Mar-13	11:25	349.27	35.68	69.97	71.06	34.29	5.20

26-Mar-13	11:30	487.78	35.65	69.81	70.77	34.16	5.20
26-Mar-13	11:35	476.30	35.67	69.72	70.75	34.05	5.20
26-Mar-13	11:40	734.07	36.21	69.92	71.10	33.71	5.20
26-Mar-13	11:45	891.41	36.80	70.41	71.93	33.61	5.20
26-Mar-13	11:50	875.75	36.96	70.63	72.27	33.67	5.20
26-Mar-13	11:55	864.96	36.32	70.10	71.73	33.77	5.20
26-Mar-13	12:00	869.22	36.69	69.81	71.45	33.12	5.20
26-Mar-13	12:05	868.03	37.41	70.07	71.71	32.65	5.20
26-Mar-13	12:10	871.13	37.77	69.77	71.44	32.00	5.20
26-Mar-13	12:15	863.42	38.08	70.03	71.67	31.95	5.20
26-Mar-13	12:20	887.82	37.76	70.03	71.68	32.27	5.20
26-Mar-13	12:25	877.36	37.05	70.19	71.77	33.14	5.20
26-Mar-13	12:30	891.45	37.58	69.92	71.51	32.34	5.20
26-Mar-13	12:35	899.79	38.11	69.92	71.51	31.81	5.20
26-Mar-13	12:40	888.54	37.65	70.20	71.83	32.55	5.20
26-Mar-13	12:45	856.66	37.91	70.41	72.00	32.49	5.20
26-Mar-13	12:50	905.49	38.32	70.22	71.80	31.90	5.20
26-Mar-13	12:55	881.96	38.30	70.06	71.70	31.76	5.20
26-Mar-13	13:00	880.25	37.05	69.84	71.48	32.80	5.20
26-Mar-13	13:05	873.32	37.94	70.15	71.84	32.21	5.20
26-Mar-13	13:10	868.25	38.54	70.11	71.78	31.57	5.20
26-Mar-13	13:15	873.58	38.32	70.01	71.66	31.68	5.20
26-Mar-13	13:20	854.33	37.34	70.33	71.95	32.98	5.20
26-Mar-13	13:25	830.21	38.36	70.27	71.75	31.91	5.20
26-Mar-13	13:30	826.14	38.33	69.91	71.35	31.58	5.20
26-Mar-13	13:35	828.67	38.76	69.87	71.20	31.11	5.20
26-Mar-13	13:40	810.43	37.75	70.17	71.45	32.42	5.20
26-Mar-13	13:45	809.94	39.04	70.16	71.41	31.12	5.20
26-Mar-13	13:50	813.69	37.78	70.01	71.30	32.24	5.20

26-Mar-13	13:55	789.12	38.02	70.02	71.28	32.00	5.20
26-Mar-13	14:00	756.73	38.24	69.61	70.81	31.37	5.20
26-Mar-13	14:05	751.00	38.34	69.18	70.29	30.84	5.20
26-Mar-13	14:10	735.91	38.24	69.36	70.46	31.13	5.20
26-Mar-13	14:15	703.28	38.57	69.53	70.55	30.96	5.20
26-Mar-13	14:20	675.46	38.67	69.60	70.56	30.93	5.20
26-Mar-13	14:25	616.45	38.82	69.93	70.78	31.11	5.20
26-Mar-13	14:30	704.08	39.02	70.04	70.87	31.02	5.20
26-Mar-13	14:35	674.76	38.84	69.81	70.67	30.97	5.20
26-Mar-13	14:40	677.12	39.16	70.05	70.85	30.89	5.20
26-Mar-13	14:45	590.03	38.81	69.84	70.65	31.04	5.20
26-Mar-13	14:50	470.01	38.24	69.93	70.50	31.69	5.20
26-Mar-13	14:55	537.62	38.16	70.08	70.63	31.92	5.20
26-Mar-13	15:00	552.43	38.73	70.27	70.80	31.54	5.20
26-Mar-13	15:05	570.02	38.82	70.22	70.95	31.40	5.20
26-Mar-13	15:10	437.11	38.13	69.93	70.43	31.80	5.20
26-Mar-13	15:15	561.26	39.29	70.12	70.67	30.83	5.20
26-Mar-13	15:20	557.48	38.90	70.05	70.62	31.16	5.20
26-Mar-13	15:25	541.01	38.53	69.88	70.46	31.35	5.20
26-Mar-13	15:30	538.15	38.62	69.65	70.16	31.03	5.20
26-Mar-13	15:35	523.66	38.33	69.51	70.02	31.18	5.20
26-Mar-13	15:40	495.40	38.24	69.67	70.14	31.43	5.20
26-Mar-13	15:45	499.01	38.18	69.74	70.15	31.57	5.20
26-Mar-13	15:50	493.54	38.23	69.93	70.32	31.69	5.20
26-Mar-13	15:55	467.08	38.38	69.84	70.22	31.46	5.20
26-Mar-13	16:00	460.56	38.59	69.97	70.31	31.38	5.20

ภาคผนวก ค
ตารางการพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมงของปี 2554

วันที่	ค่าพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมง ของเดือน มกราคม 2554 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส															
	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c
	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%
1-ม.ค.	504.3	7.8	819.7	20.6	1188.3	27.0	1285.4	28.2	1383.0	29.3	1308.0	28.6	969.2	25.0	670.5	18.7
2-ม.ค.	491.7	7.9	807.9	20.6	1176.3	26.9	1291.6	28.2	1385.5	29.0	1293.9	28.5	970.5	25.2	638.2	18.0
3-ม.ค.	462.8	6.4	758.7	20.1	1121.2	26.5	1275.3	28.3	1369.0	29.3	1273.0	28.7	943.0	25.0	590.1	16.7
4-ม.ค.	511.1	10.1	829.7	21.9	1218.1	27.8	1323.9	29.0	1334.9	29.3	1197.4	28.3	838.3	23.7	719.9	21.2
5-ม.ค.	420.3	3.6	688.0	18.2	1004.9	25.3	1333.4	29.1	1388.3	29.5	1337.8	29.2	1120.1	27.4	646.8	19.0
6-ม.ค.	572.3	13.9	808.8	21.6	784.3	21.8	702.1	20.0	1357.6	29.5	1269.0	28.9	603.3	17.9	682.5	20.0
7-ม.ค.	530.5	11.5	908.4	23.2	1291.1	28.0	1109.6	26.4	1416.3	29.3	1289.3	28.4	984.2	25.3	545.7	14.2
8-ม.ค.	366.9	-3.6	738.2	18.2	912.4	23.0	1135.4	26.7	1405.4	29.2	1339.9	28.9	1012.1	25.2	600.0	16.0
9-ม.ค.	467.4	6.2	793.8	20.5	1195.3	27.3	1370.7	29.0	1422.3	29.5	1336.7	28.9	1063.8	26.4	713.8	20.4
10-ม.ค.	474.4	5.9	831.6	20.7	1183.5	26.5	1350.3	28.2	1334.0	28.4	1360.2	28.7	1025.2	25.4	684.4	18.7
11-ม.ค.	457.0	5.6	826.9	20.7	1216.0	27.1	1073.3	25.8	777.3	21.1	717.8	19.6	645.4	17.2	532.6	12.8
12-ม.ค.	71.3	-181.7	180.5	-45.2	586.7	14.3	1103.0	26.1	1198.0	27.4	1003.0	24.8	388.0	2.4	261.3	-15.1
13-ม.ค.	494.6	7.6	816.2	20.7	1197.4	27.1	1369.7	28.9	1395.9	29.2	1346.5	29.0	918.3	24.5	647.1	18.3

14-ม.ค.	491.9	8.2	794.2	20.5	1161.9	26.8	1377.5	28.9	1301.3	28.5	719.7	20.1	505.0	12.7	447.1	9.2
15-ม.ค.	444.4	4.7	582.9	13.9	904.4	23.1	1373.9	28.7	1514.3	29.8	1374.3	29.1	1064.4	26.3	669.2	18.8
16-ม.ค.	461.7	3.0	684.8	15.4	1043.3	24.0	1374.8	28.0	1413.6	28.5	1343.1	28.2	1066.9	25.2	695.0	18.1
17-ม.ค.	338.4	-9.1	640.7	13.8	1120.4	25.0	1260.8	27.1	1360.4	28.2	1272.1	27.6	1011.0	24.9	655.1	17.2
18-ม.ค.	460.8	4.2	781.7	19.3	1169.1	26.3	1377.9	28.6	1414.4	29.1	1336.3	28.7	1053.2	26.2	688.9	19.3
19-ม.ค.	408.5	1.2	747.8	19.6	1177.6	27.0	1385.9	29.1	1433.4	29.7	1276.0	28.7	1068.0	26.6	710.6	20.4
20-ม.ค.	413.6	1.8	683.4	17.6	1113.4	26.4	1363.3	29.1	1301.1	28.6	1019.5	26.0	758.1	21.6	674.5	19.6
21-ม.ค.	493.1	8.8	822.5	21.7	1204.6	27.6	1414.9	29.6	1445.5	30.1	1370.3	29.7	1099.9	27.4	730.0	21.6
22-ม.ค.	353.4	-4.2	659.1	16.9	1031.1	25.3	1344.1	28.8	1338.0	29.0	1214.3	28.2	1019.0	26.2	683.6	20.0
23-ม.ค.	334.8	-5.7	732.6	19.1	1100.9	26.4	1316.3	28.9	1241.1	28.5	1165.5	27.9	848.5	23.7	773.3	22.6
24-ม.ค.	453.9	7.4	767.0	20.9	1129.9	27.0	1362.5	29.2	1410.9	29.9	1359.6	29.6	1096.3	27.4	716.5	21.4
25-ม.ค.	466.3	7.1	832.4	22.1	1243.6	28.0	1422.9	29.6	1475.4	30.0	1397.3	29.7	1127.8	27.2	724.3	21.2
26-ม.ค.	445.6	4.9	793.6	20.6	1218.1	27.5	1407.3	29.3	1458.3	29.9	1398.6	29.7	1159.6	27.9	736.3	21.3
27-ม.ค.	334.2	-5.0	644.3	17.1	908.8	24.0	965.2	25.2	1448.6	30.0	1371.8	29.6	1117.8	27.5	602.7	17.9
28-ม.ค.	254.4	-18.0	542.1	13.6	676.2	19.0	935.8	24.8	1378.1	29.6	1240.7	28.8	953.0	25.6	491.2	13.2
29-ม.ค.	318.6	-8.9	803.3	20.5	1146.5	26.4	1362.7	28.7	1387.8	29.1	1309.7	28.7	1059.3	26.3	684.2	19.3
30-ม.ค.	386.5	-2.3	667.1	15.8	723.0	18.7	1165.3	26.6	1417.8	29.0	1335.3	28.5	1057.5	26.0	709.1	19.5
31-ม.ค.	463.4	4.4	793.3	19.5	1153.5	26.1	1367.4	28.4	1406.6	28.9	1348.4	28.6	1095.9	26.3	729.4	20.0

วันที่	ค่าพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมง ของเดือน กุมภาพันธ์ 2554 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส															
	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c
	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%
1-ก.พ.	214.9	-33.7	548.5	11.4	688.0	17.5	1186.0	27.3	1384.9	29.0	1332.9	28.8	1075.2	26.5	730.2	20.7
2-ก.พ.	425.6	2.9	727.1	18.6	1071.8	25.6	1331.1	28.6	1357.4	28.9	1286.1	28.5	1009.9	25.9	703.8	20.2
3-ก.พ.	434.0	4.2	750.7	19.7	1099.7	26.2	1343.7	28.8	1406.0	29.3	1351.5	29.2	1089.8	27.0	728.5	21.1
4-ก.พ.	499.5	10.0	853.7	22.6	1264.3	28.3	1432.0	29.9	1499.1	30.4	1434.7	30.2	1175.9	28.4	772.4	22.7
5-ก.พ.	434.2	4.5	745.8	19.9	1160.7	27.2	1325.3	29.0	1211.3	28.3	1045.8	26.7	677.7	20.3	586.7	17.3
6-ก.พ.	393.1	0.7	703.2	18.2	1067.2	26.2	1090.6	26.8	1186.4	28.0	1339.3	29.5	1047.5	26.9	637.8	18.8
7-ก.พ.	415.9	3.1	741.8	19.8	1131.3	27.0	1371.8	29.3	1452.7	30.1	1383.2	29.7	1171.4	28.5	762.1	22.4
8-ก.พ.	520.6	10.5	907.6	23.7	1327.2	29.0	1496.4	30.4	1540.5	30.7	1440.2	30.3	1200.2	28.7	773.7	23.0
9-ก.พ.	369.6	-2.1	942.4	24.2	1276.8	28.3	1483.5	29.9	1499.7	30.1	1467.8	30.2	1181.6	28.5	778.1	22.9
10-ก.พ.	389.3	0.4	583.7	14.6	1077.3	26.5	1341.2	29.4	1482.2	30.4	1430.3	30.2	1236.3	29.0	778.8	23.1
11-ก.พ.	490.2	9.2	842.7	22.5	1000.5	25.8	1282.1	28.9	1499.3	30.7	1453.7	30.6	1221.1	28.8	813.6	23.8
12-ก.พ.	328.9	-5.1	676.6	18.5	857.7	23.0	1226.3	28.2	1334.0	29.4	1347.9	29.5	1083.0	27.2	721.2	21.2
13-ก.พ.	445.0	5.6	791.5	20.2	1159.6	27.1	1255.5	28.4	1460.3	30.1	1394.8	29.8	1204.6	28.3	788.5	22.6

14-ก.พ.	374.5	-0.2	612.6	15.8	679.4	19.0	1122.7	27.3	1172.5	28.0	1363.3	29.5	1076.7	27.3	712.5	21.1
15-ก.พ.	298.5	-11.7	46.4	-284.9	51.7	-256.1	419.1	3.3	1094.2	25.7	1038.2	25.5	1166.8	27.6	815.3	22.5
16-ก.พ.	486.6	8.9	574.2	14.6	1046.3	25.8	1473.3	30.2	1515.8	30.2	1450.5	28.8	1245.3	27.4	839.6	21.9
17-ก.พ.	524.4	11.8	887.7	23.6	1309.7	29.0	1352.8	29.6	1552.9	30.9	1457.1	30.5	1281.9	29.5	839.8	24.3
18-ก.พ.	422.4	5.8	809.8	22.4	1323.2	29.1	1389.1	29.9	1576.2	31.2	1401.1	30.3	1280.4	29.4	886.5	25.1
19-ก.พ.	488.3	10.0	903.6	24.2	1285.2	29.0	1540.3	30.8	1558.8	31.1	1423.3	30.4	1278.9	29.3	871.7	25.0
20-ก.พ.	426.2	6.3	877.0	23.7	814.5	22.9	1038.7	26.7	1313.3	29.4	1399.2	30.2	1286.9	29.5	816.4	23.8
21-ก.พ.	317.3	-5.7	392.9	4.3	475.6	11.2	665.2	18.9	1315.4	28.8	640.3	18.5	93.9	-103.8	81.1	-137.8
22-ก.พ.	212.6	-30.1	435.5	5.7	953.6	24.6	948.5	24.9	777.5	22.3	649.0	18.9	300.2	-7.8	339.7	-2.3
23-ก.พ.	125.4	-75.2	710.4	19.7	1208.2	28.1	745.8	21.5	762.7	22.1	680.4	20.2	674.1	19.3	661.4	19.1
24-ก.พ.	269.2	-15.5	378.9	1.1	1080.7	26.2	1356.2	29.3	1275.1	28.9	1434.3	30.2	1186.4	28.1	764.6	22.2
25-ก.พ.	478.4	9.5	872.3	23.5	992.8	25.8	1408.3	29.9	1443.8	30.3	1356.4	29.9	1122.3	28.0	739.3	22.1
26-ก.พ.	290.7	-10.4	751.5	20.4	810.0	22.5	537.3	14.4	648.7	18.5	865.8	23.9	718.4	20.8	438.5	9.8
27-ก.พ.	479.9	9.2	630.0	17.1	498.4	11.5	662.9	19.0	669.6	19.7	320.2	-0.2	771.8	22.5	656.1	19.5
28-ก.พ.	449.4	7.3	724.3	20.1	1008.5	25.9	1000.9	26.2	1129.6	27.9	1452.7	30.5	1101.2	27.9	840.8	24.3

วันที่	ค่าพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมง ของเดือน มีนาคม 2554 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส															
	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c
	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%
1-มี.ค.	412.1	5.6	755.4	21.4	1137.2	27.7	1348.1	29.6	1533.9	30.9	1415.9	30.2	1090.2	27.7	816.2	23.8
2-มี.ค.	443.7	7.8	551.8	15.0	632.1	18.9	958.4	25.7	887.9	23.2	885.2	24.7	960.8	25.9	842.8	24.3
3-มี.ค.	480.1	10.3	799.5	22.3	825.0	23.3	719.3	21.0	578.6	17.5	960.6	26.0	1019.4	27.1	671.5	20.6
4-มี.ค.	161.5	-50.5	352.5	-0.9	502.9	11.8	710.2	20.3	703.4	20.3	317.1	-2.0	432.6	8.5	383.8	4.9
5-มี.ค.	417.4	4.9	758.9	21.3	864.7	23.9	1293.0	29.2	1501.2	30.7	1267.7	29.4	1053.6	27.4	714.0	22.0
6-มี.ค.	511.5	12.3	869.3	24.1	1288.8	29.3	1492.3	31.0	1513.2	31.2	1217.0	29.4	567.2	18.0	605.3	19.0
7-มี.ค.	617.7	16.1	783.0	22.0	1291.8	29.1	1362.5	29.9	1464.9	30.9	1511.3	31.0	1296.9	29.9	862.6	25.3
8-มี.ค.	375.3	1.9	426.6	7.4	303.2	-4.2	597.7	17.6	719.9	21.3	492.7	13.1	232.6	-17.7	274.4	-10.8
9-มี.ค.	663.9	18.0	523.3	13.3	830.3	23.0	896.2	24.7	1119.5	27.5	503.7	14.2	238.1	-13.5	241.5	-17.0
10-มี.ค.	375.8	1.4	753.4	21.0	965.2	25.5	1183.1	28.3	1602.3	31.2	1280.0	29.3	975.5	26.2	569.6	17.2
11-มี.ค.	546.4	13.5	947.0	24.9	1356.4	29.5	1515.3	30.6	1497.8	30.7	1474.0	30.7	1153.9	28.5	716.7	22.0
12-มี.ค.	564.1	14.2	571.9	15.2	632.1	18.0	958.4	25.6	986.3	26.2	601.9	18.8	438.9	11.4	783.8	23.5
13-มี.ค.	541.3	12.6	1061.0	26.0	962.5	25.4	350.7	3.2	370.1	5.8	1397.5	30.0	1120.8	27.9	671.5	20.6

14-มี.ค.	520.2	12.8	550.4	15.3	1133.9	27.9	1472.7	30.4	1376.6	29.9	1427.7	30.7	1181.4	28.6	771.0	23.2
15-มี.ค.	115.7	-92.0	892.4	22.7	611.2	16.1	1112.5	27.1	1351.7	29.5	1193.6	28.1	682.7	20.4	592.2	17.7
16-มี.ค.	275.3	-18.3	397.5	0.1	495.7	8.4	292.4	-12.8	330.4	-7.1	202.4	-36.3	201.0	-37.4	101.5	-113.0
17-มี.ค.	166.1	-64.8	166.6	-65.7	247.2	-31.7	228.8	-37.0	214.7	-42.7	330.8	-14.9	290.5	-21.5	241.9	-33.3
18-มี.ค.	291.1	-19.5	666.1	14.5	1167.7	25.3	1304.4	27.0	1295.4	27.0	1112.3	25.0	1075.4	24.5	884.1	21.5
19-มี.ค.	429.8	2.0	853.9	20.9	1343.9	27.8	1561.2	29.8	1590.1	30.4	1456.9	29.8	1157.5	27.6	708.9	20.4
20-มี.ค.	665.6	18.0	1088.5	26.6	1426.9	29.9	1673.3	31.5	1588.8	31.2	1562.9	31.1	1383.8	30.1	930.1	26.1
21-มี.ค.	662.5	18.6	1029.0	26.3	1419.1	30.1	1490.0	30.8	1646.2	31.6	1572.8	31.2	1328.5	29.3	849.7	24.5
22-มี.ค.	507.7	11.8	807.7	22.7	697.1	20.6	1239.8	29.1	884.8	25.2	1443.4	30.6	728.7	22.7	373.2	7.6
23-มี.ค.	28.1	-521.2	69.2	-186.9	194.9	-40.3	173.7	-50.0	365.6	-2.6	697.1	17.5	756.4	19.3	539.4	12.0
24-มี.ค.	106.2	-101.5	140.8	-65.1	346.2	-2.9	1079.8	26.0	1099.5	26.6	508.4	12.7	513.8	13.0	694.5	19.8
25-มี.ค.	322.1	-6.5	496.7	10.2	620.7	16.6	763.4	21.5	639.0	17.7	617.3	16.8	295.3	-7.0	201.0	-28.6
26-มี.ค.	152.6	-57.5	337.6	-3.9	994.1	24.5	639.4	16.3	515.9	10.5	686.5	18.0	525.0	12.2	308.8	-6.1
27-มี.ค.	373.5	-1.9	564.3	12.4	511.5	9.8	461.9	6.6	194.4	-38.5	317.9	-8.1	250.8	-21.7	330.8	-6.9
28-มี.ค.	225.9	-33.9	354.5	-7.1	311.0	-13.8	366.9	-5.2	496.5	6.2	314.3	-13.1	415.2	-0.5	399.8	-1.5
29-มี.ค.	114.4	-106.4	223.3	-36.1	330.0	-11.3	554.0	9.2	615.8	12.3	739.7	17.0	395.6	-2.3	329.1	-10.9
30-มี.ค.	199.1	-45.9	490.0	5.1	796.7	18.6	1140.8	25.0	847.6	20.6	1121.4	25.2	1028.1	23.9	523.5	9.7
31-มี.ค.	160.6	-63.1	180.7	-49.7	521.4	9.3	834.3	21.2	1163.4	26.4	1516.4	29.4	1292.8	27.9	968.1	24.2

วันที่	ค่าพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมง ของเดือน เมษายน 2554 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส															
	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c
	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%
1-เม.ย.	536.6	11.8	745.6	20.1	1292.6	28.6	1593.9	30.9	1104.7	27.3	1338.9	29.6	724.1	21.6	486.6	13.3
2-เม.ย.	329.7	-2.5	653.8	18.5	827.8	23.2	1207.6	28.6	1073.3	27.6	393.9	8.7	341.8	3.3	594.3	18.2
3-เม.ย.	424.8	6.2	670.3	18.5	1348.2	29.4	1548.9	30.9	1583.3	31.1	1516.4	30.8	1331.9	30.0	1012.1	27.1
4-เม.ย.	357.8	0.3	618.3	17.1	1201.4	28.1	1304.2	29.3	1108.7	27.7	1517.7	30.8	1309.1	29.6	892.8	25.2
5-เม.ย.	358.2	-0.2	614.8	16.9	1043.1	26.3	1153.7	27.6	1309.5	29.1	938.8	22.3	233.1	-24.9	96.1	-116.2
6-เม.ย.	637.5	16.9	773.7	21.3	712.1	20.3	720.5	21.3	1369.5	29.6	1564.8	30.8	1372.9	29.9	975.1	26.2
7-เม.ย.	603.6	16.4	784.9	22.0	945.6	25.2	1440.0	30.0	1369.5	29.9	1525.1	30.8	1382.1	29.9	956.8	25.9
8-เม.ย.	584.8	15.7	866.0	23.5	1411.3	29.8	1538.1	30.8	1544.9	31.2	1372.8	30.0	1228.2	29.1	781.7	23.4
9-เม.ย.	550.4	12.9	789.5	21.5	894.1	23.8	1026.2	26.2	1319.7	29.2	869.6	24.4	352.6	3.7	401.1	7.7
10-เม.ย.	515.5	10.7	905.2	23.4	828.4	22.5	640.1	18.3	457.0	10.0	964.3	25.7	636.7	18.5	595.5	17.5
11-เม.ย.	585.2	15.3	937.1	24.6	730.9	20.5	1299.4	28.9	297.4	-4.2	1236.7	29.0	1004.3	26.3	631.8	17.9
12-เม.ย.	423.3	7.0	445.2	8.8	283.1	-8.3	657.2	18.9	1566.4	30.9	1533.9	30.8	1360.2	29.8	947.7	25.6
13-เม.ย.	365.0	1.7	287.1	-9.3	729.6	20.1	180.3	-35.4	234.1	-18.6	1274.0	28.5	1351.1	29.4	929.5	25. 4

14-เม.ย.	310.7	-6.7	245.3	-17.5	533.7	13.6	473.9	9.6	719.7	18.9	964.3	24.4	498.0	11.1	408.1	5. 6
15-เม.ย.	627.0	17.1	1024.1	26.1	1429.2	30.1	1517.0	30.6	1703.0	31.6	1589.2	31.2	1393.8	30.1	1004.2	26.8
16-เม.ย.	763.8	21.6	1256.1	28.8	1533.9	30.8	1695.8	31.7	1735.1	32.1	1639.3	31.7	1435.3	30.6	1043.1	27.3
17-เม.ย.	672.2	19.3	1212.4	28.3	1512.8	30.7	1676.8	31.7	1716.7	31.8	1628.7	31.6	1427.3	30.5	1023.5	27.2
18-เม.ย.	673.6	19.5	1087.0	27.4	1269.8	29.1	1287.4	29.6	1508.0	31.2	1590.5	31.6	1384.7	30.6	986.3	26.8
19-เม.ย.	484.1	10.8	551.4	15.4	62.1	-215.1	86.5	-137.0	304.0	-8.6	1043.9	25.6	972.0	25.1	554.8	14.6
20-เม.ย.	647.9	17.3	1150.3	27.7	1378.3	29.7	954.4	25.8	813.4	23.6	614.3	19.4	1049.9	27.3	212.4	-23.8
21-เม.ย.	600.2	16.5	1123.5	27.3	1231.8	28.3	1317.5	29.2	1687.4	31.1	1578.3	30.5	1251.3	27.9	686.9	20.1
22-เม.ย.	521.7	13.6	1080.3	26.9	1231.6	28.7	1383.0	30.1	1318.4	29.5	1588.6	31.2	1370.1	29.9	991.2	26.9
23-เม.ย.	239.4	-17.0	768.2	22.2	1064.2	26.9	927.6	25.5	1221.9	28.6	1344.8	29.9	1312.0	27.4	90.8	-131.5
24-เม.ย.	629.7	15.4	848.0	22.1	1065.9	26.2	1369.0	29.3	909.5	24.5	1150.1	28.0	1149.1	28.1	816.4	23.6
25-เม.ย.	175.6	-47.2	285.4	-13.1	478.0	8.6	901.7	23.4	936.3	24.6	541.7	13.9	652.7	18.4	596.0	16.5
26-เม.ย.	700.7	19.4	712.7	20.1	393.1	6.0	1044.8	26.5	1098.2	27.1	1582.9	30.9	1221.3	28.3	682.7	20.0
27-เม.ย.	388.7	3.7	272.7	-9.8	210.9	-22.4	297.5	-8.9	1007.6	25.9	1250.6	28.7	1067.0	27.4	948.5	26.0
28-เม.ย.	707.0	20.3	1202.5	28.1	1367.2	29.8	1669.3	31.6	1726.9	31.9	1621.1	31.4	1427.9	30.5	1059.3	27.5
29-เม.ย.	710.0	19.9	1116.6	27.0	920.6	25.0	779.6	20.7	1121.4	25.6	469.7	8.3	425.0	8.2	1173.6	28.2
30-เม.ย.	825.2	22.9	1085.1	27.0	1651.3	31.2	1613.7	31.1	1722.4	31.8	1566.7	31.0	1261.8	29.2	1047.9	27.3

วันที่	ค่าพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมง ของเดือน พฤษภาคม 2554 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส															
	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c
	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%
1-พ.ค.	75.8	-154.2	142.1	-63.2	888.6	22.9	960.5	24.3	579.1	15.2	509.4	11.8	407.7	5.2	400.9	5.4
2-พ.ค.	801.6	22.1	1308.2	28.9	1560.7	30.7	1684.2	31.3	1634.4	31.2	1667.4	31.3	1487.9	30.4	911.1	24.9
3-พ.ค.	750.3	21.5	984.6	26.1	1328.5	29.7	805.0	24.0	1496.4	30.9	1576.4	30.3	1122.3	26.2	386.3	2.2
4-พ.ค.	756.0	21.9	1093.3	27.4	1461.3	30.6	1659.7	31.9	1461.3	30.9	1602.7	31.7	1430.5	30.4	954.4	26.2
5-พ.ค.	715.4	20.2	1155.4	27.8	1469.5	30.4	1564.8	31.0	1024.7	27.0	1516.2	30.9	1416.1	29.6	958.6	25.1
6-พ.ค.	645.4	18.1	1073.5	26.8	1577.0	31.0	1742.7	31.5	1654.5	30.8	1667.8	31.2	1498.3	30.6	1065.1	27.5
7-พ.ค.	789.3	22.0	495.9	12.7	332.9	-5.9	622.3	16.2	1338.7	29.1	1626.2	31.3	1352.8	29.7	1152.4	28.3
8-พ.ค.	467.2	10.3	874.0	24.0	1454.8	30.1	1710.0	31.5	1369.7	29.6	704.1	20.6	569.2	16.2	409.6	6.1
9-พ.ค.	479.0	11.4	878.9	24.0	1160.3	27.7	1441.5	30.1	1500.8	30.5	1472.5	30.4	1425.2	30.0	999.8	26.3
10-พ.ค.	642.8	18.2	709.3	20.3	691.0	20.0	890.3	24.5	954.4	25.5	993.5	26.0	710.6	21.0	712.3	20.8
11-พ.ค.	537.5	13.7	1010.4	25.9	1286.5	29.0	1454.8	30.2	1565.6	31.0	1248.3	29.1	1346.3	30.0	826.1	24.4
12-พ.ค.	493.6	11.5	1046.0	26.4	1403.5	29.9	1697.7	31.7	1626.8	31.4	1270.3	29.6	957.8	26.9	798.6	24.3
13-พ.ค.	713.5	19.7	1057.0	26.4	1302.3	29.1	1396.5	30.0	1321.1	29.5	899.7	25.7	450.7	11.8	286.3	-10. 1

14-พ.ค.	530.9	12.1	653.8	17.4	137.0	-59.6	58.1	-221.0	73.3	-166.2	62.1	-201.6	106.4	-100.6	169.9	-47. 9
15-พ.ค.	627.6	16.7	436.4	8.4	935.8	23.3	257.6	-17.0	268.3	-12.4	329.1	-3.1	222.7	-23.4	300.8	-7.0
16-พ.ค.	261.1	-14.2	494.0	11.5	584.3	15.7	972.4	24.5	1012.3	25.7	1499.1	30.3	1452.9	30.2	1096.7	27.5
17-พ.ค.	500.3	12.0	646.8	18.7	663.7	19.7	1101.2	27.6	1201.2	28.4	1649.2	31.3	1424.8	30.0	936.3	24.8
18-พ.ค.	60.2	-212.0	186.0	-41.1	423.9	4.5	1094.0	26.1	1062.1	26.4	1185.4	27.9	852.3	24.1	1023.0	26.9
19-พ.ค.	659.1	18.4	1195.5	28.2	1137.2	27.8	1312.9	29.6	1724.8	31.9	1674.5	31.8	1369.5	30.1	669.4	21.3
20-พ.ค.	720.5	19.9	1082.1	26.7	1400.5	29.8	1575.7	31.0	1583.5	31.1	1556.1	31.2	1383.0	30.3	913.7	25.8
21-พ.ค.	555.2	14.8	824.4	23.1	1456.9	30.2	1529.9	30.8	1573.6	31.1	1581.0	31.4	1375.2	30.3	932.1	26.0
22-พ.ค.	803.7	22.3	1327.7	29.2	1532.2	30.7	1683.6	31.6	1557.8	31.1	1518.7	31.1	1015.4	27.3	509.4	15.4
23-พ.ค.	819.5	22.9	1250.6	28.7	1509.9	30.8	1513.9	30.8	1366.7	30.2	1394.2	30.4	1320.1	30.1	891.5	26.0
24-พ.ค.	781.7	22.3	1175.7	28.1	1324.5	29.6	1333.4	29.9	1337.8	29.8	1381.7	30.2	1158.1	28.8	1008.3	27.2
25-พ.ค.	447.6	7.6	852.3	23.3	1083.4	27.1	1037.4	26.8	415.2	7.7	698.3	19.2	291.8	-6.5	549.3	16.4
26-พ.ค.	771.8	20.0	924.0	23.7	1252.1	28.0	1076.5	26.7	1245.6	28.6	1558.4	30.8	1257.6	28.9	1103.9	27.4
27-พ.ค.	519.5	12.6	1023.9	26.0	753.2	21.7	571.5	15.8	528.8	12.5	186.6	-41.2	263.2	-15.7	804.3	21.5
28-พ.ค.	521.7	12.0	1181.8	27.4	1207.8	28.0	1349.6	29.3	1179.9	28.2	1022.2	26.9	1307.2	29.6	676.8	21.0
29-พ.ค.	213.4	-26.1	462.8	9.7	953.4	25.3	1166.8	27.8	1397.6	29.9	1400.5	30.1	1347.9	29.9	956.8	26.1
30-พ.ค.	668.4	19.1	852.0	23.4	733.0	21.4	823.3	23.4	1688.0	31.3	1663.5	31.3	1459.0	29.2	723.5	21.0
31-พ.ค.	211.1	-24.9	287.1	-7.5	644.1	17.8	968.8	25.7	841.5	24.1	1307.4	29.5	1457.7	30.3	1057.0	27.3

วันที่	ค่าพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมง ของเดือน มิถุนายน 2554 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส															
	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c
	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%
1-มิ.ย.	802.9	22.4	1284.0	28.8	1548.7	30.8	1308.3	29.5	1496.1	30.8	736.6	22.7	1167.0	28.8	990.5	26.6
2-มิ.ย.	530.7	13.1	939.0	24.9	783.8	22.5	1288.2	29.4	1321.1	27.9	1323.4	28.5	401.3	5.4	443.1	9.9
3-มิ.ย.	267.9	-16.5	904.2	23.1	80.8	-127.4	319.8	-7.9	1263.9	27.4	314.8	-6.2	172.0	-42.1	210.1	-26.1
4-มิ.ย.	180.3	-40.6	452.8	7.9	358.9	1.8	242.3	-17.2	373.4	2.0	340.5	-1.0	217.7	-23.1	284.8	-8.2
5-มิ.ย.	592.8	15.7	408.3	5.5	192.1	-32.6	1166.2	27.6	1532.5	30.7	1260.7	28.9	295.5	-4.7	277.0	-8.4
6-มิ.ย.	222.9	-22.6	448.0	9.1	553.1	15.1	1082.6	27.1	638.0	18.7	486.0	12.6	782.4	22.8	226.3	-16.7
7-มิ.ย.	422.4	4.7	782.6	21.0	1276.8	28.2	738.9	20.8	1006.8	26.0	668.2	19.8	562.0	16.1	310.3	-2.7
8-มิ.ย.	698.1	19.7	1136.4	27.4	1626.4	31.1	1412.5	30.1	1035.5	27.0	270.0	-6.2	236.9	-12.7	410.2	9.5
9-มิ.ย.	550.6	14.5	1129.9	27.2	1494.9	30.1	1500.2	30.3	1375.2	29.8	1228.7	28.7	1307.0	29.6	880.8	25.2
10-มิ.ย.	561.6	14.7	354.9	1.6	1373.5	29.6	906.3	25.1	970.0	25.6	1459.4	30.4	1089.5	27.2	77.1	-153.5
11-มิ.ย.	744.6	20.9	1229.3	28.3	1303.2	29.1	1239.9	28.7	561.5	16.4	786.6	22.7	518.1	14.5	777.3	22.2
12-มิ.ย.	199.7	-33.9	224.2	-23.8	606.7	16.7	389.7	4.2	599.3	14.9	748.2	20.5	587.9	15.8	376.8	3.2

13-มิ.ย.	247.6	-16.1	282.5	-9.7	793.3	21.8	841.3	23.1	841.3	22.9	762.9	21.5	1185.6	28.1	487.0	11.4
14-มิ.ย.	431.5	5.5	579.3	15.4	790.0	22.1	1481.1	30.2	1280.6	29.0	1574.0	30.9	1181.8	28.4	601.2	17.8
15-มิ.ย.	567.3	15.7	504.1	12.7	421.6	8.0	1137.0	27.5	1575.9	30.9	1305.9	29.2	707.2	21.2	333.6	0.5
16-มิ.ย.	359.1	-0.4	521.2	12.7	956.8	25.1	1606.5	31.0	1160.0	27.7	618.3	18.0	1109.2	27.3	660.3	18.9
17-มิ.ย.	619.8	17.1	904.0	24.5	1494.7	30.2	1248.1	28.7	524.6	12.0	982.3	25.4	406.6	6.3	625.3	17.2
18-มิ.ย.	489.3	10.8	654.7	17.8	504.1	11.8	538.8	13.8	1065.5	26.5	1178.0	27.9	474.4	12.0	606.7	16.6
19-มิ.ย.	770.3	21.8	866.2	24.0	1464.9	30.1	961.6	26.0	934.0	25.8	688.0	20.5	652.7	19.6	542.5	15.5
20-มิ.ย.	430.9	7.7	556.9	15.2	992.6	26.0	978.9	25.8	1128.4	27.7	1224.2	28.7	686.5	20.5	568.5	16.5
21-มิ.ย.	330.0	-2.6	642.8	18.1	1020.3	26.2	881.0	24.4	1178.8	28.0	1040.6	26.8	1096.3	27.6	789.3	23.1
22-มิ.ย.	335.9	-2.5	758.1	20.9	336.5	-1.0	1088.5	26.7	1170.0	27.8	706.8	21.0	489.6	13.3	232.2	-14.6
23-มิ.ย.	752.4	21.2	1170.2	27.8	1465.1	30.3	1440.0	30.2	1298.8	29.2	357.2	3.8	1372.8	29.7	852.0	24.1
24-มิ.ย.	488.5	12.0	642.4	18.6	859.9	24.3	982.9	25.9	621.5	18.2	643.2	19.0	297.5	-4.1	844.2	24.1
25-มิ.ย.	446.5	9.2	875.1	24.1	1104.1	27.5	1417.8	30.1	1180.7	28.3	1211.8	28.6	872.7	24.5	566.4	16.6
26-มิ.ย.	573.0	16.1	1102.6	27.2	1285.4	29.1	1583.3	30.9	1471.6	30.4	1313.5	28.1	1065.7	26.6	802.9	22.7
27-มิ.ย.	149.0	-56.9	454.1	7.7	468.2	10.0	482.0	10.7	659.7	18.6	570.2	15.7	638.8	18.5	256.1	-13.0
28-มิ.ย.	674.5	19.4	1122.0	27.6	1368.6	29.7	1409.8	29.8	1124.2	28.1	1524.4	31.1	1436.2	30.4	788.7	22. 9

29-มิ.ย.	319.4	-3.0	591.3	16.8	910.3	24.8	1428.0	30.1	1661.6	31.6	1271.7	29.2	739.9	22.5	644.9	20.3
30-มิ.ย.	579.7	14.8	552.3	14.4	582.4	16.4	627.8	18.5	828.6	23.4	565.1	16.3	307.6	-3.1	161.7	-42.9

วันที่	ค่าพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมง ของเดือน กรกฎาคม 2554 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส															
	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c
	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%
1-ก.ค.	378.9	0.8	493.1	10.3	648.3	17.6	584.8	15.4	343.1	-1.1	466.6	9.7	812.4	22.3	814.0	22.5
2-ก.ค.	541.9	12.3	850.1	22.5	629.1	17.0	692.2	19.5	567.2	15.3	761.0	21.4	929.7	24.7	512.4	13.3
3-ก.ค.	357.8	-1.6	734.7	19.8	882.7	23.5	959.5	25.1	697.3	20.1	465.5	10.9	641.6	18.6	1036.5	26.2
4-ก.ค.	726.8	19.1	1106.6	26.4	1267.5	28.3	1342.5	29.2	1337.6	29.3	1374.3	29.6	1524.8	30.5	886.0	24.1
5-ก.ค.	710.6	19.5	980.2	25.2	1263.7	28.5	1659.7	31.3	1689.3	31.6	1565.2	30.9	1375.8	29.3	1044.8	25.1
6-ก.ค.	826.7	22.4	1285.4	28.6	1543.0	30.5	1681.5	31.3	1577.8	30.9	1396.1	30.0	1042.5	27.0	817.6	24.0
7-ก.ค.	737.2	20.7	1227.4	28.2	1518.3	30.5	1639.1	31.2	1655.5	31.5	1388.7	30.1	1368.0	30.2	676.6	21.3
8-ก.ค.	758.9	21.4	1239.2	28.4	1387.6	29.8	1501.6	30.7	1716.7	31.9	1572.3	31.4	963.5	26.7	764.4	23. 7

9-ก.ค.	782.4	22.1	1181.6	28.0	1291.2	29.1	1346.3	29.7	1239.8	29.1	1029.0	27.3	764.0	23.2	411.4	9.5
10-ก.ค.	628.3	17.7	687.2	19.6	1068.2	26.8	1201.9	28.5	1397.3	30.1	1516.6	30.9	1266.9	29.5	1019.2	27.1
11-ก.ค.	688.9	18.9	885.0	23.9	1031.5	26.4	1181.4	28.0	1514.9	30.7	1298.8	29.3	1345.0	29.8	1011.8	26.3
12-ก.ค.	665.4	18.0	772.2	21.4	1298.7	27.6	1578.0	29.9	1691.6	30.9	790.8	22.4	341.6	-0.1	580.3	16.0
13-ก.ค.	697.9	19.3	892.2	24.2	935.6	25.1	987.6	25.9	837.5	23.8	855.6	24.0	848.2	23.8	569.4	16.2
14-ก.ค.	579.7	15.9	818.7	22.9	1089.5	27.2	1413.4	30.0	1568.6	31.0	1391.2	29.9	636.5	19.2	226.1	-17.8
15-ก.ค.	338.8	-1.9	518.1	12.7	738.7	20.7	1060.0	26.4	573.4	15.8	408.3	6.4	358.5	1.9	248.1	-14.5
16-ก.ค.	439.7	7.2	519.1	12.8	1118.5	27.0	1366.5	29.2	1348.8	29.3	1536.5	30.4	1306.1	29.1	1056.8	26.8
17-ก.ค.	731.7	20.4	897.2	24.1	1001.3	25.8	1418.0	29.8	1335.3	29.3	1010.0	26.1	879.5	24.3	301.3	-3.9
18-ก.ค.	538.7	13.3	889.4	24.1	914.1	24.6	1073.3	26.9	1124.0	27.5	1350.1	29.4	786.4	22.6	431.7	9.4
19-ก.ค.	537.3	14.0	779.8	22.2	905.4	24.5	895.9	24.4	530.3	13.2	451.3	5.9	75.4	-153.0	250.8	-18.0
20-ก.ค.	456.2	9.3	832.6	23.0	1214.7	28.3	1251.9	28.5	1701.8	31.4	1267.5	29.0	817.0	23.3	545.5	15.6
21-ก.ค.	440.8	7.2	260.5	-15.1	309.5	-7.4	166.4	-46.4	376.6	1.5	417.6	5.0	346.4	-0.9	305.1	-5.6
22-ก.ค.	344.9	-3.2	804.8	21.5	950.4	24.4	647.1	18.0	481.5	10.6	147.4	-55.4	112.3	-88.5	153.9	-52.7
23-ก.ค.	717.1	19.7	1015.7	25.7	923.0	24.7	1426.1	29.9	1121.0	27.5	1182.0	28.2	1220.2	28.7	779.6	23.1
24-ก.ค.	482.8	9.2	1182.9	27.3	1207.6	27.8	884.5	23.9	1068.2	26.7	821.2	23.3	1307.4	29.3	1179.9	28.0

25-ก.ค.	439.7	6.5	589.4	15.6	694.1	19.7	264.3	-14.1	637.1	17.9	1696.9	31.1	940.3	25.1	669.0	19.5
26-ก.ค.	492.9	10.0	773.9	21.4	957.4	25.0	1308.5	29.0	1252.5	28.7	1459.2	30.2	1303.0	29.2	705.5	21.2
27-ก.ค.	444.8	7.7	1007.0	25.7	1369.7	29.3	1599.4	30.8	1358.5	29.6	693.7	20.8	1030.0	26.8	773.5	22.9
28-ก.ค.	581.4	15.4	1204.8	27.9	1489.4	30.2	1494.4	30.5	1271.1	28.9	1265.8	29.1	1152.5	28.1	1069.9	27.3
29-ก.ค.	643.7	17.6	1058.7	26.3	1481.4	30.2	1669.5	31.3	1701.5	31.5	1678.8	31.5	769.5	22.8	934.4	25.6
30-ก.ค.	450.3	7.8	516.8	12.4	559.2	14.6	1052.8	26.1	790.8	22.0	719.9	20.3	479.2	10.9	427.1	7.1
31-ก.ค.	174.6	-45.5	310.1	-8.8	345.8	-2.5	395.4	2.6	529.9	12.0	379.6	1.9	373.7	1.7	289.0	-9.3

วันที่	ค่าพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมง ของเดือน สิงหาคม 2554 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส															
	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c
	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%
1-ส.ค.	291.1	-11.3	268.3	-15.3	362.0	-1.2	601.0	15.0	669.6	17.5	134.3	-68.3	56.8	-220.6	162.8	-51.0
2-ส.ค.	550.1	14.0	475.8	10.3	1027.9	25.8	1066.9	26.7	1489.0	30.1	1086.8	26.9	813.2	22.7	455.6	9.4
3-ส.ค.	461.1	9.9	1184.5	28.0	1505.4	30.5	1580.0	30.9	1243.6	28.9	1596.4	31.1	1177.8	28.2	864.7	24.3
4-ส.ค.	700.0	19.5	1044.6	26.2	1468.3	30.0	1545.1	30.6	834.1	24.0	1142.7	28.1	1254.0	29.3	863.4	25.0
5-ส.ค.	799.0	22.3	1223.0	28.3	1423.9	29.9	1572.4	30.9	713.5	21.3	684.0	20.4	892.6	24.1	458.9	9.7
6-ส.ค.	811.5	22.5	1027.7	26.2	1363.3	29.6	1398.4	30.1	1534.3	30.7	987.4	26.6	538.3	16.2	687.4	19.8
7-ส.ค.	371.3	2.3	569.6	16.2	516.6	13.7	838.3	23.9	808.8	23.4	1184.7	28.6	1061.2	27.2	598.9	18.2
8-ส.ค.	303.6	-6.1	398.1	5.0	718.0	20.7	984.4	25.7	1358.1	29.6	1050.5	27.1	1443.6	30.3	1155.6	28.1
9-ส.ค.	545.9	13.8	492.9	11.9	707.2	20.3	852.0	23.8	1073.5	26.9	389.3	6.7	388.4	6.2	555.9	14.9
10-ส.ค.	248.0	-17.8	636.9	17.5	835.1	23.0	1061.0	26.3	967.3	25.3	864.5	24.0	972.8	25.8	790.2	22.6
11-ส.ค.	293.4	-8.7	276.5	-11.4	358.0	-1.0	582.7	15.5	346.2	0.3	517.4	13.1	428.1	7.5	277.4	-8.9
12-ส.ค.	709.3	18.7	1018.0	25.3	1289.7	28.6	1129.2	27.5	1360.0	29.3	1226.8	28.4	1006.6	26.4	864.9	23.6

13-ส.ค.	944.9	23.9	1220.6	27.7	1304.9	28.6	1836.0	31.9	1473.5	30.2	795.2	23.2	898.9	24.9	1039.1	27.2
14-ส.ค.	812.6	21.8	1163.9	27.4	1483.9	30.2	1239.0	28.8	980.4	26.4	665.4	20.1	785.5	22.5	342.8	-2.7
15-ส.ค.	319.4	-6.9	435.5	6.0	792.7	21.7	1576.8	30.5	1135.4	27.3	212.2	-24.4	122.0	-82.8	165.9	-55.8
16-ส.ค.	330.0	-4.8	377.5	1.6	413.1	5.5	477.3	10.3	479.8	10.6	468.7	10.1	539.6	14.3	394.4	5.5
17-ส.ค.	468.9	8.1	990.5	24.8	936.3	24.4	1395.2	29.4	1365.7	29.5	1439.1	29.9	1199.3	28.3	1011.4	26.3
18-ส.ค.	635.9	17.1	802.6	21.9	1321.3	28.9	1137.0	27.4	1265.0	28.7	1089.5	27.0	1097.1	26.9	583.3	16.2
19-ส.ค.	328.9	-3.4	555.4	14.2	591.1	16.4	761.9	21.6	287.5	-7.0	526.3	13.8	718.4	20.5	287.9	-13.8
20-ส.ค.	390.5	2.9	565.1	14.5	1038.9	25.9	1461.5	29.9	1201.6	28.1	859.2	24.0	851.2	23.8	620.0	17.9
21-ส.ค.	469.3	9.6	647.9	18.4	844.4	23.3	1212.8	28.2	632.1	18.9	697.1	20.8	755.1	22.2	155.6	-42.9
22-ส.ค.	770.8	21.4	1196.4	27.8	1478.6	30.1	1655.9	31.3	1652.8	31.3	1521.3	30.9	1045.0	27.0	919.8	25.5
23-ส.ค.	788.7	22.0	1271.9	28.7	1541.3	30.6	1681.9	31.4	1716.5	31.8	1392.1	30.2	1152.2	28.5	990.5	26.9
24-ส.ค.	818.5	22.4	1282.3	28.7	1529.1	30.6	1684.4	31.5	1734.1	31.8	1480.1	30.8	1286.1	29.7	872.7	25.2
25-ส.ค.	291.8	-7.6	486.8	11.6	547.8	15.6	858.6	24.0	1287.4	29.4	988.4	26.5	788.3	23.5	726.8	22.3
26-ส.ค.	625.1	16.6	1126.3	27.0	1399.7	29.8	1103.9	27.5	189.1	-28.6	41.0	-267.1	125.4	-72.7	475.4	10.9
27-ส.ค.	688.2	18.9	950.6	24.9	1236.0	28.4	1352.8	29.4	642.6	19.0	787.0	23.0	766.8	20.7	506.0	10.1
28-ส.ค.	485.3	9.5	819.1	22.4	903.5	23.8	1095.7	26.9	403.4	6.1	483.0	11.9	908.0	23.4	593.2	15.5

29-ส.ค.	372.8	1.0	335.0	-2.8	467.0	8.6	722.4	19.0	415.5	5.3	700.2	19.9	675.3	19.5	553.3	15.3
30-ส.ค.	476.1	9.9	689.9	19.5	1109.8	27.2	1478.8	30.3	1453.5	30.2	1327.0	29.2	875.3	24.4	319.0	-1.3
31-ส.ค.	804.8	21.9	1413.2	29.5	1157.3	27.7	1254.2	28.8	1366.7	29.6	1078.8	27.3	1099.7	27.7	684.8	20.9

วันที่	ค่าพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมง ของเดือน กันยายน 2554 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส															
	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c
	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%
1-ก.ย.	480.9	10.7	905.0	24.2	1152.0	27.7	1495.3	30.5	1441.9	30.1	1286.7	29.0	1416.8	30.2	591.3	15.9
2-ก.ย.	609.3	15.4	470.8	8.8	605.9	16.6	1261.2	28.4	957.4	25.3	537.5	14.7	915.4	24.7	730.4	21.4
3-ก.ย.	496.7	11.9	998.8	25.7	1471.9	30.2	1697.7	31.5	1621.7	31.3	1436.2	30.2	1287.3	29.5	970.0	26.4
4-ก.ย.	685.9	18.8	1047.1	26.0	1498.2	30.2	1211.6	28.3	1642.6	31.3	1597.1	31.3	1418.9	30.4	918.7	25.3
5-ก.ย.	654.0	18.0	598.3	16.5	611.4	17.7	240.9	-14.0	289.0	-6.2	228.0	-20.6	295.5	-6.7	577.6	15.7
6-ก.ย.	406.4	5.1	847.0	23.1	1278.5	28.7	1143.6	27.7	1150.1	27.6	1282.5	28.9	1014.2	26.4	249.5	-17.2

7-ก.ย.	682.5	18.8	984.0	25.4	1329.8	29.2	1534.8	30.4	493.2	12.6	491.0	13.0	956.1	25.7	544.2	15.5
8-ก.ย.	479.4	10.1	684.8	19.1	558.8	15.3	1052.6	26.5	1082.2	27.1	1095.2	27.3	624.2	18.7	545.1	15.7
9-ก.ย.	507.1	11.3	622.3	17.1	976.4	25.3	1293.3	28.9	1228.9	28.4	398.4	6.6	675.1	20.5	349.4	2.7
10-ก.ย.	255.6	-19.6	590.7	13.6	591.7	13.7	336.7	-4.7	599.1	15.0	547.8	13.1	158.7	-50.6	82.8	-133.0
11-ก.ย.	170.8	-48.4	275.5	-14.0	270.9	-13.5	480.3	9.7	377.5	1.8	860.1	23.3	198.9	-29.6	138.3	-65.5
12-ก.ย.	575.3	14.2	987.2	25.0	1119.5	26.8	1390.8	29.3	1282.5	28.5	942.8	24.8	991.8	25.5	567.0	15.1
13-ก.ย.	449.7	8.5	869.3	23.6	1315.0	28.8	1370.7	29.4	1278.5	28.7	1296.4	28.9	1111.5	27.1	810.7	22.9
14-ก.ย.	585.4	15.8	1186.2	27.9	1260.3	28.5	1159.0	28.0	1286.5	29.1	1001.1	26.2	957.4	25.5	529.3	14.2
15-ก.ย.	576.1	15.1	692.4	19.9	1174.0	27.7	1191.9	28.2	1228.9	28.5	1184.1	28.0	421.2	8.1	165.1	-41.4
16-ก.ย.	745.4	20.5	1274.3	28.4	1347.1	29.2	1069.7	26.9	1425.6	30.2	636.9	19.2	726.0	21.3	572.1	16.9
17-ก.ย.	1038.0	25.8	817.0	22.7	1283.1	28.9	1098.0	27.2	728.8	21.6	923.2	25.1	1132.4	27.9	428.8	9.8
18-ก.ย.	871.0	23.3	1306.1	29.0	1504.0	30.4	1495.5	30.6	1096.3	27.4	668.6	20.5	969.6	26.1	490.6	14.1
19-ก.ย.	547.0	13.9	892.6	24.0	1275.5	28.7	1445.3	30.0	1203.1	28.3	863.4	24.6	1177.4	28.4	784.5	23.1
20-ก.ย.	444.6	7.7	590.0	16.1	899.1	24.2	717.4	20.9	665.6	19.6	1057.0	26.7	566.2	16.3	347.5	1.7
21-ก.ย.	284.6	-10.0	301.3	-6.7	300.4	-7.8	439.1	7.0	638.8	16.9	764.6	20.8	458.5	8.9	435.5	7.4
22-ก.ย.	179.2	-39.0	508.8	12.0	578.2	14.5	407.2	4.0	570.6	15.0	618.1	17.7	692.9	19.9	224.4	-29.2

23-ก.ย.	318.1	-6.6	671.3	17.7	787.6	21.3	855.4	23.4	445.0	9.3	996.9	25.8	926.4	24.9	362.0	2.5
24-ก.ย.	329.5	-4.9	441.0	6.9	1222.3	27.7	1067.8	26.5	1077.1	26.5	654.2	18.9	342.0	0.7	424.3	8.1
25-ก.ย.	498.8	10.9	899.8	23.7	1526.5	30.3	1393.8	29.6	1144.6	27.8	1523.2	30.6	999.0	26.4	538.1	15.1
26-ก.ย.	757.2	20.7	1148.0	27.2	1428.4	29.8	1188.1	28.1	666.3	19.9	1210.3	28.6	1030.8	26.8	550.1	16.4
27-ก.ย.	380.0	1.0	253.1	-17.3	401.1	4.1	601.0	16.1	694.5	19.4	437.2	7.4	259.7	-17.3	134.3	-71.6
28-ก.ย.	666.9	18.1	1159.2	27.3	1039.9	26.2	1064.4	26.7	880.8	24.2	1033.8	26.6	897.4	24.7	457.3	10.8
29-ก.ย.	852.5	23.0	1271.5	28.4	945.8	25.2	850.8	23.8	529.9	14.7	1220.6	28.3	1032.3	26.7	828.4	23.4
30-ก.ย.	715.2	19.6	759.8	21.6	1185.8	28.1	1665.7	31.4	1588.8	31.1	1337.8	29.6	756.6	21.9	539.0	14.6

วันที่	ค่าพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมง ของเดือน ตุลาคม 2554 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส															
	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c
	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%
1-ต.ค.	635.7	17.6	681.7	19.4	987.4	25.5	635.4	18.4	747.7	21.6	731.5	21.4	688.6	20.3	353.6	0.2
2-ต.ค.	411.4	4.7	915.4	24.1	1051.8	26.5	1333.4	29.3	1186.9	28.4	526.5	14.7	855.0	24.3	436.2	10.4
3-ต.ค.	166.8	-47.0	391.0	3.3	585.0	15.6	961.2	25.1	880.7	23.9	742.5	21.1	707.8	20.2	377.5	3.9
4-ต.ค.	409.5	2.3	822.7	21.4	1129.0	26.6	828.2	22.6	1037.4	26.1	819.9	22.6	350.7	1.2	848.9	23.1
5-ต.ค.	469.9	9.2	697.9	19.2	1154.1	27.5	1156.0	27.5	876.3	24.1	514.5	14.3	713.6	21.3	271.9	-6.9
6-ต.ค.	497.2	9.8	334.4	-3.2	947.7	24.1	1503.1	29.9	1427.7	29.0	883.3	23.4	1079.0	26.5	598.7	16.2
7-ต.ค.	236.9	-20.5	415.7	5.3	565.1	14.6	873.8	23.0	966.5	24.1	1086.4	25.6	418.8	5.4	255.7	-15.4
8-ต.ค.	104.1	-106.2	407.9	2.8	377.5	1.0	338.8	-1.7	289.8	-7.8	248.3	-15.2	258.2	-13.6	303.2	-5.9
9-ต.ค.	339.2	-3.7	825.2	21.6	669.6	17.7	549.5	13.9	691.6	20.1	944.9	25.0	808.8	23.3	810.9	23.0
10-ต.ค.	150.5	-58.6	329.5	-4.8	973.0	24.9	669.0	18.7	824.0	21.3	930.8	23.5	916.0	22.8	336.3	-5.1
11-ต.ค.	500.3	9.6	432.1	5.9	953.8	24.5	1350.3	29.0	743.5	21.3	1125.4	27.5	496.3	13.3	189.2	-28.5
12-ต.ค.	495.0	11.0	1226.1	27.9	1314.2	28.9	706.6	21.0	217.0	-19.3	564.1	14.5	243.0	-20.4	91.6	-116.9

13-ต.ค.	289.2	-10.4	427.7	6.0	385.9	3.5	408.9	6.0	494.2	11.8	716.5	20.0	816.1	22.6	450.9	9.4
14-ต.ค.	369.0	-0.8	695.2	18.7	981.2	24.8	565.4	15.0	121.8	-70.8	362.0	2.6	1281.4	29.0	625.9	18.1
15-ต.ค.	539.4	13.1	1003.8	25.4	656.8	19.0	1174.4	28.0	821.2	23.2	277.2	-6.4	409.1	7.8	329.3	-0.4
16-ต.ค.	508.4	11.1	558.6	13.8	990.9	25.2	285.4	-8.1	224.0	-20.6	153.5	-48.4	159.4	-45.6	390.3	3.0
17-ต.ค.	730.4	18.9	604.2	15.4	1134.7	26.8	1339.9	28.6	1272.2	28.1	1056.8	25.9	198.0	-31.1	138.9	-60.9
18-ต.ค.	419.9	4.9	829.2	22.4	1198.5	27.7	1224.7	28.1	784.3	21.9	676.0	19.2	768.7	21.5	375.4	3.4
19-ต.ค.	777.5	21.0	1169.3	27.5	1434.5	29.7	1482.0	30.3	1479.5	30.2	817.2	23.4	435.7	9.0	550.4	16.0
20-ต.ค.	704.3	19.5	762.1	21.5	655.7	18.3	423.3	7.4	455.2	9.7	574.9	16.3	538.8	14.3	508.1	11.6
21-ต.ค.	677.4	18.6	888.6	24.0	1278.5	28.6	1064.2	26.7	1392.3	29.8	1302.3	29.2	1118.5	27.5	670.5	19.5
22-ต.ค.	695.6	19.4	1202.7	28.0	1495.3	30.2	938.2	25.4	1274.5	28.9	1212.0	28.5	767.0	22.6	592.6	17.6
23-ต.ค.	623.4	16.8	983.8	25.3	444.8	9.9	733.8	21.4	389.3	6.5	751.1	22.2	977.0	26.1	444.6	10.8
24-ต.ค.	723.3	20.4	1150.5	27.4	1285.7	28.7	1448.6	30.0	1551.9	30.6	1402.0	30.1	1096.1	27.6	672.8	20.8
25-ต.ค.	713.6	20.3	1194.7	28.2	1395.4	30.0	1369.5	29.8	1165.8	28.2	1168.9	28.6	978.9	27.3	395.8	7.6
26-ต.ค.	516.4	13.0	605.0	17.4	921.3	25.0	781.1	22.7	1333.4	29.4	1495.3	30.3	804.1	23.5	283.7	-6.5
27-ต.ค.	671.1	19.0	1114.5	27.1	1391.2	29.7	1360.4	29.5	1562.2	30.7	1376.2	29.8	735.7	21.9	667.9	19.9
28-ต.ค.	678.5	18.8	938.0	24.4	1154.4	27.2	1381.5	29.3	977.6	25.6	615.8	17.9	431.9	9.3	204.4	-23.8

29-ต.ค.	740.6	20.3	1201.6	-	1320.3	-	1454.3	-	1226.6	-	1100.1	-	667.7	-	353.0	-
30-ต.ค.	762.9	-	1279.3	-	1370.9	-	1190.4	-	1012.1	-	1184.8	-	1128.4	-	458.9	-
31-ต.ค.	737.8	-	1156.9	-	1404.3	-	978.9	-	1365.7	-	1427.9	-	1023.2	-	631.6	-

วันที่	ค่าพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมง ของเดือน พฤศจิกายน 2554 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส															
	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c
	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%
1-พ.ย.	731.1	20.1	1138.5	27.2	1352.0	29.2	1536.5	30.6	1295.4	29.1	621.7	18.4	470.8	11.7	283.7	-6.4
2-พ.ย.	732.3	20.4	1165.1	27.5	1421.6	29.7	1582.9	30.7	1421.4	29.9	1087.8	27.2	965.8	25.6	640.5	19.0
3-พ.ย.	721.6	19.8	1144.6	27.2	1376.4	29.4	1559.1	32.3	1538.6	30.6	1323.4	29.4	1081.7	27.4	510.0	14.8
4-พ.ย.	665.8	18.4	798.2	22.2	867.2	23.6	1379.2	29.6	761.0	22.2	708.3	21.1	505.6	13.8	373.2	4.7
5-พ.ย.	566.8	15.0	846.5	23.4	1131.5	27.6	1251.0	28.8	1251.0	28.9	1267.3	29.0	738.3	21.8	417.4	8.1
6-พ.ย.	743.7	21.1	1128.2	27.5	1222.7	28.5	1339.5	29.4	1105.4	27.7	1224.6	28.9	712.9	21.7	668.6	20. 5

7-พ.ย.	617.5	16.9	910.5	24.7	1358.9	29.7	923.4	25.6	723.0	21.6	778.6	23.1	608.4	18.2	122.0	-68.2
8-พ.ย.	690.3	20.0	1082.6	27.2	1070.7	27.4	526.9	16.1	1090.6	27.5	1175.2	28.9	873.6	25.0	617.9	19.0
9-พ.ย.	675.3	19.0	1184.1	28.0	1379.6	29.9	1402.8	30.1	1447.8	30.4	1111.7	27.9	614.1	18.7	426.6	9.3
10-พ.ย.	704.9	18.9	1088.7	26.3	1337.4	28.8	1239.0	28.1	364.8	2.2	687.6	19.4	368.0	2.4	566.8	15.6
11-พ.ย.	649.2	16.8	809.2	21.8	514.9	12.6	907.1	24.1	416.1	6.9	681.3	19.7	240.2	-15.6	202.2	-26.0
12-พ.ย.	695.4	18.6	1063.2	25.9	1392.5	29.3	1504.0	30.2	1488.7	30.2	1345.2	29.3	1023.2	26.4	628.7	18.5
13-พ.ย.	398.2	3.8	642.0	17.3	1337.4	28.9	1494.2	30.3	1081.9	27.0	1266.4	28.9	964.1	25.9	354.9	2.9
14-พ.ย.	709.7	19.6	1097.4	26.6	1374.3	29.2	1480.1	30.2	1486.8	30.5	1368.0	29.7	975.3	26.0	399.2	7.5
15-พ.ย.	711.9	19.4	968.8	24.9	1153.5	27.4	898.5	24.5	1489.6	30.4	1302.1	29.5	540.9	15.8	504.3	13.8
16-พ.ย.	668.6	18.1	1014.0	25.6	1345.4	29.1	1476.3	30.2	1117.4	27.6	1329.4	29.6	905.9	25.3	254.4	-10.4
17-พ.ย.	659.1	18.4	1016.9	25.9	1322.0	29.1	1329.4	29.4	1352.4	29.7	969.8	26.1	936.3	25.6	589.8	17.8
18-พ.ย.	645.6	18.3	962.4	25.6	1290.9	29.2	1458.6	30.4	1454.3	30.5	1306.6	29.7	559.9	17.6	388.2	7.8
19-พ.ย.	624.2	17.6	941.1	25.3	1319.2	29.4	1435.3	30.4	1434.7	30.5	1341.6	30.1	1007.8	27.3	615.4	19.4
20-พ.ย.	603.8	15.8	711.6	19.9	1002.1	26.0	1180.1	28.1	1050.7	27.1	1348.1	29.8	993.1	26.5	610.7	18.5
21-พ.ย.	622.3	16.5	987.6	24.8	1299.8	28.7	1395.0	29.6	1408.1	29.7	1306.8	29.1	905.7	24.9	419.0	8.3
22-พ.ย.	681.3	18.9	1054.7	26.4	1355.7	29.3	1445.5	30.2	1339.9	29.7	1163.2	28.2	920.4	25.5	426.7	9.8

23-พ.ย.	612.6	16.6	1046.5	26.2	1325.3	28.9	1447.0	30.0	1327.5	29.3	954.4	25.6	827.8	23.8	471.0	12.2
24-พ.ย.	678.9	17.9	1042.2	25.6	1341.6	28.8	1439.4	29.7	1399.5	29.4	1069.3	26.7	1005.3	25.7	411.4	6.9
25-พ.ย.	631.2	15.9	976.4	24.4	1299.2	28.3	1411.1	29.4	1416.6	29.7	1295.8	28.9	939.6	25.0	575.9	16.2
26-พ.ย.	633.1	16.5	955.3	24.3	1293.1	28.5	1420.1	29.4	1434.3	29.9	1304.5	29.1	970.3	25.7	628.9	18.3
27-พ.ย.	647.0	17.6	990.9	25.3	1324.7	28.9	1495.1	30.2	1475.7	30.2	1331.7	29.4	972.2	26.0	636.5	19.0
28-พ.ย.	654.2	18.2	1018.4	25.9	1340.6	29.3	1364.2	29.7	1506.1	30.6	899.1	25.2	342.4	3.2	137.2	-51.7
29-พ.ย.	599.1	15.8	941.5	24.8	1262.2	28.9	733.6	21.8	242.6	-12.4	562.6	16.8	414.2	10.1	233.5	-15.3
30-พ.ย.	591.1	15.7	784.5	22.1	1347.3	29.4	1463.4	30.3	1418.7	30.2	1321.1	29.5	999.8	26.8	619.0	19.4

วันที่	ค่าพยากรณ์พลังงานที่แผงได้รับรายชั่วโมง ของเดือน ธันวาคม 2553 ที่อุณหภูมิน้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส															
	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c	Q_{in}	η_c
	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%
1-ธ.ค.	575.3	14.6	923.6	24.2	1298.3	28.9	1398.6	29.8	1335.3	29.3	1245.6	28.7	950.0	25.7	443.3	10.4
2-ธ.ค.	564.7	13.7	897.2	23.8	1240.3	28.3	1377.5	29.7	1351.1	29.4	733.6	22.0	517.2	15.2	475.0	12.3
3-ธ.ค.	570.0	13.3	870.8	22.6	1256.1	28.0	1403.9	29.4	1388.1	29.5	1314.2	29.2	913.1	24.5	570.0	15.4
4-ธ.ค.	438.1	5.1	723.1	19.1	876.1	23.1	1060.8	26.1	1134.7	27.2	1103.1	26.8	855.0	23.3	522.5	13.1
5-ธ.ค.	527.8	11.3	865.6	22.8	1224.4	28.0	1308.9	28.9	1256.1	28.7	992.2	25.6	580.6	15.9	216.4	-23.1
6-ธ.ค.	480.3	9.1	490.8	10.1	358.9	0.1	353.6	1.3	416.9	7.9	596.4	17.1	459.2	10.8	511.9	13.6
7-ธ.ค.	190.0	-37.1	337.8	-2.8	802.2	21.4	617.5	16.8	585.8	15.8	411.7	7.4	612.2	17.6	617.5	17.4
8-ธ.ค.	327.2	-6.5	427.5	4.3	591.1	15.0	1029.2	25.1	723.1	20.2	1081.9	26.8	891.9	24.0	564.7	15.4
9-ธ.ค.	538.3	11.5	844.4	22.3	1198.1	27.7	1303.6	28.8	1351.1	29.2	1113.6	27.3	897.2	24.3	575.3	16.2
10-ธ.ค.	485.6	8.7	786.4	20.9	886.7	23.8	654.4	18.6	480.3	11.4	870.8	24.1	833.9	23.2	533.1	14.5
11-ธ.ค.	348.3	-3.3	406.4	4.1	1008.1	25.5	1166.4	27.5	1308.9	28.8	1235.0	28.4	881.4	24.5	570.0	16.4
12-ธ.ค.	422.2	5.0	580.6	15.6	485.6	11.6	781.1	21.8	1087.2	26.8	1076.7	27.0	833.9	23.4	601.7	17. 5

13-ธ.ค.	195.3	-36.9	226.9	-25.3	358.9	-1.0	760.0	20.1	860.3	22.8	1335.3	28.9	1002.8	25.7	796.9	22.5
14-ธ.ค.	496.1	10.4	707.2	19.6	955.3	24.9	1045.0	26.7	1314.2	29.2	1145.3	28.0	865.6	24.7	511.9	14.1
15-ธ.ค.	501.4	10.8	786.4	22.1	770.6	22.3	939.4	25.7	1034.4	26.9	849.7	24.3	786.4	23.0	580.6	17.4
16-ธ.ค.	290.3	-8.8	364.2	1.4	501.4	13.1	1060.8	26.9	358.9	3.6	691.4	20.9	242.8	-12.0	279.7	-7.8
17-ธ.ค.	42.2	-345.6	242.8	-26.5	263.9	-20.8	1045.0	24.0	728.3	17.7	659.7	15.7	575.3	12.4	570.0	12.8
18-ธ.ค.	527.8	8.4	796.9	19.3	1097.8	25.2	1229.7	26.9	1271.9	27.5	1076.7	25.6	839.2	21.9	596.4	15.1
19-ธ.ค.	395.8	0.6	564.7	12.3	1055.6	25.2	833.9	21.9	1182.2	27.3	1023.9	25.7	812.8	22.9	570.0	15.5
20-ธ.ค.	480.3	7.6	770.6	20.0	1023.9	25.2	1140.0	26.9	960.6	25.2	680.8	19.4	812.8	22.7	459.2	9.8
21-ธ.ค.	485.6	9.0	765.3	20.8	1145.3	27.4	1224.4	28.5	1377.5	29.7	1113.6	27.5	728.3	21.6	295.6	-4.2
22-ธ.ค.	427.5	5.2	701.9	19.4	976.4	25.2	1124.2	27.4	1287.8	29.0	1087.2	27.3	860.3	24.3	464.4	11.3
23-ธ.ค.	411.7	4.3	628.1	17.1	733.6	20.8	1192.8	27.8	997.5	26.0	1124.2	27.5	781.1	22.5	496.1	13.1
24-ธ.ค.	459.2	7.6	765.3	21.2	675.6	19.3	939.4	25.0	285.0	-6.1	211.1	-21.2	184.7	-29.4	332.5	0.7
25-ธ.ค.	411.7	4.9	691.4	19.9	1002.8	26.0	786.4	22.8	612.2	18.1	649.2	20.1	411.7	7.9	285.0	-4.9
26-ธ.ค.	501.4	10.1	828.6	22.0	1198.1	27.4	1293.1	28.4	1382.8	29.1	1293.1	28.7	976.4	25.4	617.5	17.6
27-ธ.ค.	538.3	9.5	860.3	20.9	1256.1	27.1	1319.4	27.9	1430.3	29.1	1319.4	28.5	1008.1	25.2	665.0	18.2
28-ธ.ค.	480.3	6.8	802.2	20.8	1134.7	26.5	1213.9	27.6	1345.8	28.8	1240.3	28.2	902.5	24.2	617.5	17.2

29-ธ.ค.	485.6	6.9	643.9	15.8	860.3	22.5	844.4	22.9	992.2	25.3	1182.2	27.8	823.3	22.9	506.7	12.8
30-ธ.ค.	511.9	8.8	796.9	20.6	1155.8	26.8	1240.3	27.9	1324.7	28.8	1124.2	27.1	923.6	24.8	659.7	19.2
31-ธ.ค.	475.0	6.2	786.4	20.0	1208.6	27.0	1266.7	28.0	1261.4	28.1	1155.8	27.5	870.8	23.6	728.3	20.6

ภาคผนวก ง
ตารางสรุปข้อมูลของวันที่ทำการทดสอบ

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ยรายวัน
18-Mar-13	204.057	160.517	578.264	660.928	620.522	526.368	616.513	495.14	482.788773
19-Mar-13	68.836	257.641	580.974	705.277	800.0556	650.073	680.802	518.266	532.740619
20-Mar-13	247.545	518.977	559.525	673.022	703.3319	730.916	691.73	483.443	576.061275
21-Mar-13	209.07	494.864	425.625	600.807	501.9013	701.63	660.494	549.282	517.959102
23-Mar-13	368.285	398.787	747.675	848.665	884.7987	840.864	728.631	561.395	672.387565
24-Mar-13	311.837	332.482	604.112	727.913	829.3083	732.95	691.37	478.868	588.605154
25-Mar-13	308.072	352.594	649.674	828.817	849.1237	803.893	697.713	544.735	629.327608
26-Mar-13	332.854	501.269	679.333	663.531	880.9585	829.915	642.44	515.129	630.678815
เฉลี่ยรายชั่วโมง	256.32	377.141	603.148	713.62	758.75	727.076	676.212	518.282	

ข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ของอัตราการไหล 5.2 ลิตรต่อนาที

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ยรายวัน
18-Mar-13	29.7695	29.6658	32.3007	32.9732	33.5721	33.41	33.5761	33.0196	32.2858833
19-Mar-13	27.6298	29.5922	32.3495	34.1827	35.3135	34.9928	34.5789	33.6421	32.785175
20-Mar-13	29.505	31.689	32.4165	32.7878	34.2739	33.5819	33.7969	33.0451	32.6369792
21-Mar-13	29.687	30.0188	31.3202	32.3357	32.9887	33.1379	32.94	33.2088	31.9546375
23-Mar-13	31.8919	30.94	32.9986	34.5305	35.0307	34.9331	34.5487	34.4129	33.6607958
24-Mar-13	31.9442	30.822	33.2739	34.1263	34.8818	34.8461	34.6726	34.0737	33.5800729
25-Mar-13	31.4644	31.6232	33.793	35.4967	35.8455	35.3162	34.8439	34.4971	34.1099729
26-Mar-13	31.568	33.136	35.8088	36.1503	37.7428	38.1817	38.6221	38.5265	36.2170125
เฉลี่ยรายชั่วโมง	30.4325	30.9359	33.0327	34.0729	34.9561	34.7999	34.6974	34.3032	

ข้อมูลอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมของอัตราการไหล 5.2 ลิตรต่อนาที

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ยรายวัน
18-Mar-13	43.0519	57.2466	69.0603	66.6379	66.9826	66.7501	66.9279	66.1088	62.8457604
19-Mar-13	-	-	60.0658	60.0402	59.9291	60.004	59.9175	59.9871	54.3594104
20-Mar-13	42.6003	50.2542	50.0282	50.0398	50.1691	49.9898	50.0637	50.001	49.1432521
21-Mar-13	-	36.2472	40.0278	40.1179	39.8797	40.1205	39.9079	40.0554	39.7649417
23-Mar-13	-	-	37.1859	35.9044	37.7075	37.8749	37.7168	37.5973	40.3593229
24-Mar-13	-	-	68.4014	69.9774	69.9629	70.0035	69.9969	70.0424	64.9787854
25-Mar-13	-	-	59.3154	70.0759	69.9081	69.8135	70.0149	69.9961	63.5499063
26-Mar-13	-	-	70.0842	70.0419	70.0528	70.0593	69.7843	69.885	64.7774208
เฉลี่ยรายชั่วโมง	42.8261	47.916	56.7711	57.8544	58.074	58.077	58.0412	57.9591	

ข้อมูลอุณหภูมิขาเข้าของอัตราการไหล 5.2 ลิตรต่อนาที

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ยรายวัน
18-Mar-13	42.2696	57.5334	69.8786	67.5858	67.9382	67.5641	67.9328	66.86878	63.446394
19-Mar-13	-	-	60.7205	60.8904	60.9432	60.8719	60.7985	60.58852	54.713008
20-Mar-13	42.2465	50.5292	50.5738	50.8164	51.0454	50.8495	50.8874	50.49342	49.680196
21-Mar-13	-	36.2958	40.432	40.7549	40.4571	40.9856	40.745	40.62882	39.881473
23-Mar-13	-	-	38.0046	37.0131	38.8538	39.0155	38.6503	38.18137	37.796438
24-Mar-13	-	-	69.645	71.4407	71.6293	71.6061	71.5177	71.04417	64.613404
25-Mar-13	-	-	60.0709	71.2877	71.0727	70.9382	70.9702	70.61748	63.366671
26-Mar-13	-	-	71.3136	71.3182	71.6719	71.4995	70.6264	70.38237	65.512442
เฉลี่ยรายชั่วโมง	42.258	48.1195	57.5799	58.8884	59.2014	59.1663	59.016	58.60061	

ข้อมูลอุณหภูมิขาออกของอัตราการไหล 5.2 ลิตรต่อนาที

ภาคผนวก จ
ตารางข้อมูลสิ่งแวดล้อม และ ความเข้มแสงอาทิตย์ปี 2554 ของกรมอุตุนิยมวิทยา

ความเข้มแสงอาทิตย์ หน่วย(W/m^2)

มกราคม 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	265	431.4	625.4	676.5	727.9	688.4	510.1	352.9	534.8
2	259	425.2	619.1	679.8	729.2	681	510.8	335.9	530
3	244	399.3	590.1	671.2	720.5	670	496.3	310.6	512.7
4	269	436.7	641.1	696.8	702.6	630.2	441.2	378.9	524.6
5	221	362.1	528.9	701.8	730.7	704.1	589.5	340.4	522.3
6	301	425.7	412.8	369.5	714.5	667.9	317.5	359.2	446
7	279	478.1	679.5	584	745.4	678.6	518	287.2	531.3
8	193	388.5	480.2	597.6	739.7	705.2	532.7	315.8	494.1
9	246	417.8	629.1	721.4	748.6	703.5	559.9	375.7	550.2
10	250	437.7	622.9	710.7	702.1	715.9	539.6	360.2	542.4
11	241	435.2	640	564.9	409.1	377.8	339.7	280.3	410.9
12	37.5	95	308.8	580.5	630.5	527.9	204.2	137.5	315.2
13	260	429.6	630.2	720.9	734.7	708.7	483.3	340.6	538.5
14	259	418	611.5	725	684.9	378.8	265.8	235.3	447.3
15	234	306.8	476	723.1	797	723.3	560.2	352.2	521.6
16	243	360.4	549.1	723.6	744	706.9	561.5	365.8	531.8
17	178	337.2	589.7	663.6	716	669.5	532.1	344.8	503.9
18	243	411.4	615.3	725.2	744.4	703.3	554.3	362.6	544.9
19	215	393.6	619.8	729.4	754.4	671.6	562.1	374	540
20	218	359.7	586	717.5	684.8	536.6	399	355	482
21	260	432.9	634	744.7	760.8	721.2	578.9	384.2	564.5
22	186	346.9	542.7	707.4	704.2	639.1	536.3	359.8	502.8
23	176	385.6	579.4	692.8	653.2	613.4	446.6	407	494.3
24	239	403.7	594.7	717.1	742.6	715.6	577	377.1	545.9
25	245	438.1	654.5	748.9	776.5	735.4	593.6	381.2	571.7
26	235	417.7	641.1	740.7	767.5	736.1	610.3	387.5	566.9
27	176	339.1	478.3	508	762.4	722	588.3	317.2	486.4
28	134	285.3	355.9	492.5	725.3	653	501.6	258.5	425.8
29	168	422.8	603.4	717.2	730.4	689.3	557.5	360.1	531
30	203	351.1	380.5	613.3	746.2	702.8	556.6	373.2	490.9
31	244	417.5	607.1	719.7	740.3	709.7	576.8	383.9	549.9
เฉลี่ย	223	386.8	565.4	667.3	718.4	660.9	503.3	340.5	

ความเข้มแสงอาทิตย์ หน่วย(W/m^2)

กุมภาพันธ์ 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	113.1	288.7	362.1	624.2	728.9	701.5	565.9	384.3	471.1
2	224	382.7	564.1	700.6	714.4	676.9	531.5	370.4	520.6
3	228.4	395.1	578.8	707.2	740	711.3	573.6	383.4	539.7
4	262.9	449.3	665.4	753.7	789	755.1	618.9	406.5	587.6
5	228.5	392.5	610.9	697.5	637.5	550.4	356.7	308.8	472.8
6	206.9	370.1	561.7	574	624.4	704.9	551.3	335.7	491.1
7	218.9	390.4	595.4	722	764.6	728	616.5	401.1	554.6
8	274	477.7	698.5	787.6	810.8	758	631.7	407.2	605.7
9	194.5	496	672	780.8	789.3	772.5	621.9	409.5	592.1
10	204.9	307.2	567	705.9	780.1	752.8	650.7	409.9	547.3
11	258	443.5	526.6	674.8	789.1	765.1	642.7	428.2	566
12	173.1	356.1	451.4	645.4	702.1	709.4	570	379.6	498.4
13	234.2	416.6	610.3	660.8	768.6	734.1	634	415	559.2
14	197.1	322.4	357.6	590.9	617.1	717.5	566.7	375	468
15	157.1	24.4	27.2	220.6	575.9	546.4	614.1	429.1	324.4
16	256.1	302.2	550.7	775.4	797.8	763.4	655.4	441.9	567.9
17	276	467.2	689.3	712	817.3	766.9	674.7	442	605.7
18	222.3	426.2	696.4	731.1	829.6	737.4	673.9	466.6	597.9
19	257	475.6	676.4	810.7	820.4	749.1	673.1	458.8	615.1
20	224.3	461.6	428.7	546.7	691.2	736.4	677.3	429.7	524.5
21	167	206.8	250.3	350.1	692.3	337	49.4	42.7	261.9
22	111.9	229.2	501.9	499.2	409.2	341.6	158	178.8	303.7
23	66	373.9	635.9	392.5	401.4	358.1	354.8	348.1	366.3
24	141.7	199.4	568.8	713.8	671.1	754.9	624.4	402.4	509.5
25	251.8	459.1	522.5	741.2	759.9	713.9	590.7	389.1	553.5
26	153	395.5	426.3	282.8	341.4	455.7	378.1	230.8	333
27	252.6	331.6	262.3	348.9	352.4	168.5	406.2	345.3	308.5
28	236.5	381.2	530.8	526.8	594.5	764.6	579.6	442.5	507.1
เฉลี่ย	206.85	365.08	521.05	617.0	678.9	651.1	544.3	373.6	

ความเข้มแสงอาทิตย์ หน่วย(W/m^2)

มีนาคม 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	217	397.6	598.5	709.5	807.3	745.2	573.8	429.6	559.8
2	234	290.4	332.7	504.4	467.3	465.9	505.7	443.6	405.4
3	253	420.8	434.2	378.6	304.5	505.6	536.5	353.4	398.3
4	85	185.5	264.7	373.8	370.2	166.9	227.7	202	234.5
5	220	399.4	455.1	680.5	790.1	667.2	554.5	375.8	517.8
6	269	457.5	678.3	785.4	796.4	640.5	298.5	318.6	530.5
7	325	412.1	679.9	717.1	771	795.4	682.6	454	604.7
8	198	224.5	159.6	314.6	378.9	259.3	122.4	144.4	225.2
9	349	275.4	437	471.7	589.2	265.1	125.3	127.1	330
10	198	396.5	508	622.7	843.3	673.7	513.4	299.8	506.9
11	288	498.4	713.9	797.5	788.3	775.8	607.3	377.2	605.8
12	297	301	332.7	504.4	519.1	316.8	231	412.5	364.3
13	285	558.4	506.6	184.6	194.8	735.5	589.9	353.4	426
14	274	289.7	596.8	775.1	724.5	751.4	621.8	405.8	554.8
15	60.9	469.7	321.7	585.5	711.4	628.2	359.3	311.7	431
16	145	209.2	260.9	153.9	173.9	106.5	105.8	53.4	151.1
17	87.4	87.7	130.1	120.4	113	174.1	152.9	127.3	124.1
18	153	350.6	614.6	686.5	681.8	585.4	566	465.3	512.9
19	226	449.4	707.3	821.7	836.9	766.8	609.2	373.1	598.8
20	350	572.9	751	880.7	836.2	822.6	728.3	489.5	678.9
21	349	541.6	746.9	784.2	866.4	827.8	699.2	447.2	657.7
22	267	425.1	366.9	652.5	465.7	759.7	383.5	196.4	439.6
23	14.8	36.4	102.6	91.4	192.4	366.9	398.1	283.9	185.8
24	55.9	74.1	182.2	568.3	578.7	267.6	270.4	365.5	295.4
25	170	261.4	326.7	401.8	336.3	324.9	155.4	105.8	260.2
26	80.3	177.7	523.2	336.5	271.5	361.3	276.3	162.5	273.6
27	197	297	269.2	243.1	102.3	167.3	132	174.1	197.7
28	119	186.6	163.7	193.1	261.3	165.4	218.5	210.4	189.7
29	60.2	117.5	173.7	291.6	324.1	389.3	208.2	173.2	217.2
30	105	257.9	419.3	600.4	446.1	590.2	541.1	275.5	404.4
31	84.5	95.1	274.4	439.1	612.3	798.1	680.4	509.5	436.7
เฉลี่ย	194	313.5	420.4	505.5	521.1	511.8	408.9	303.9	

ความเข้มแสงอาทิตย์ หน่วย(W/m^2)

เมษายน 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	282	392.4	680.3	838.9	581.4	704.7	381.1	256.1	514.7
2	174	344.1	435.7	635.6	564.9	207.3	179.9	312.8	356.7
3	224	352.8	709.6	815.2	833.3	798.1	701	532.7	620.8
4	188	325.4	632.3	686.4	583.5	798.8	689	469.9	546.7
5	189	323.6	549	607.2	689.2	494.1	122.7	50.6	378.1
6	336	407.2	374.8	379.2	720.8	823.6	722.6	513.2	534.6
7	318	413.1	497.7	757.9	720.8	802.7	727.4	503.6	592.6
8	308	455.8	742.8	809.5	813.1	722.5	646.4	411.4	613.7
9	290	415.5	470.6	540.1	694.6	457.7	185.6	211.1	408.1
10	271	476.4	436	336.9	240.5	507.5	335.1	313.4	364.6
11	308	493.2	384.7	683.9	156.5	650.9	528.6	332.5	442.3
12	223	234.3	149	345.9	824.4	807.3	715.9	498.8	474.8
13	192	151.1	384	94.9	123.2	670.5	711.1	489.2	352
14	164	129.1	280.9	249.4	378.8	507.5	262.1	214.8	273.3
15	330	539	752.2	798.4	896.3	836.4	733.6	528.5	676.8
16	402	661.1	807.3	892.5	913.2	862.8	755.4	549	730.4
17	354	638.1	796.2	882.5	903.5	857.2	751.2	538.7	715.2
18	355	572.1	668.3	677.6	793.7	837.1	728.8	519.1	643.9
19	255	290.2	32.7	45.5	160	549.4	511.6	292	267
20	341	605.4	725.4	502.3	428.1	323.3	552.6	111.8	448.7
21	316	591.3	648.3	693.4	888.1	830.7	658.6	361.5	623.5
22	275	568.6	648.2	727.9	693.9	836.1	721.1	521.7	624
23	126	404.3	560.1	488.2	643.1	707.8	690.5	47.8	458.5
24	331	446.3	561	720.5	478.7	605.3	604.8	429.7	522.2
25	92.4	150.2	251.6	474.6	492.8	285.1	343.5	313.7	300.5
26	369	375.1	206.9	549.9	578	833.1	642.8	359.3	489.2
27	205	143.5	111	156.6	530.3	658.2	561.6	499.2	358.1
28	372	632.9	719.6	878.6	908.9	853.2	751.5	557.5	709.3
29	374	587.7	484.5	410.3	590.2	247.2	223.7	617.7	441.9
30	434	571.1	869.1	849.3	906.5	824.6	664.1	551.5	708.8
เฉลี่ย	280	423	519	584.3	624.3	663.4	560.1	397	

ความเข้มแสงอาทิตย์ หน่วย(W/m^2)

พฤษภาคม 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	39.9	74.8	467.7	505.5	304.8	268.1	214.6	211	260.8
2	422	688.5	821.4	886.4	860.2	877.6	783.1	479.5	727.3
3	395	518.2	699.2	423.7	787.6	829.7	590.7	203.3	555.9
4	398	575.4	769.1	873.5	769.1	843.5	752.9	502.3	685.5
5	377	608.1	773.4	823.6	539.3	798	745.3	504.5	646.1
6	340	565	830	917.2	870.8	877.8	788.6	560.6	718.7
7	415	261	175.2	327.5	704.6	855.9	712	606.5	507.3
8	246	460	765.7	900	720.9	370.6	299.6	215.6	497.3
9	252	462.6	610.7	758.7	789.9	775	750.1	526.2	615.7
10	338	373.3	363.7	468.6	502.3	522.9	374	374.9	414.7
11	283	531.8	677.1	765.7	824	657	708.6	434.8	610.2
12	260	550.5	738.7	893.5	856.2	668.6	504.1	420.3	611.5
13	376	556.3	685.4	735	695.3	473.5	237.2	150.7	488.6
14	279	344.1	72.1	30.6	38.6	32.7	56	89.4	117.9
15	330	229.7	492.5	135.6	141.2	173.2	117.2	158.3	222.2
16	137	260	307.5	511.8	532.8	789	764.7	577.2	485
17	263	340.4	349.3	579.6	632.2	868	749.9	492.8	534.4
18	31.7	97.9	223.1	575.8	559	623.9	448.6	538.4	387.3
19	347	629.2	598.5	691	907.8	881.3	720.8	352.3	641
20	379	569.5	737.1	829.3	833.4	819	727.9	480.9	672.1
21	292	433.9	766.8	805.2	828.2	832.1	723.8	490.6	646.6
22	423	698.8	806.4	886.1	819.9	799.3	534.4	268.1	654.5
23	431	658.2	794.7	796.8	719.3	733.8	694.8	469.2	662.3
24	411	618.8	697.1	701.8	704.1	727.2	609.5	530.7	625.1
25	236	448.6	570.2	546	218.5	367.5	153.6	289.1	353.6
26	406	486.3	659	566.6	655.6	820.2	661.9	581	604.6
27	273	538.9	396.4	300.8	278.3	98.2	138.5	423.3	306
28	275	622	635.7	710.3	621	538	688	356.2	555.7
29	112	243.6	501.8	614.1	735.6	737.1	709.4	503.6	519.7
30	352	448.4	385.8	433.3	888.4	875.5	767.9	380.8	566.5
31	111	151.1	339	509.9	442.9	688.1	767.2	556.3	445.7
เฉลี่ย	298	453.1	571.3	629.1	638.1	652.3	564.3	410.6	

ความเข้มแสงอาทิตย์ หน่วย(W/m^2)

มิถุนายน 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	423	675.8	815.1	688.6	787.4	387.7	614.2	521.3	614.1
2	279	494.2	412.5	678	695.3	696.5	211.2	233.2	462.5
3	141	475.9	42.5	168.3	665.2	165.7	90.5	110.6	232.5
4	94.9	238.3	188.9	127.5	196.5	179.2	114.6	149.9	161.2
5	312	214.9	101.1	613.8	806.6	663.5	155.5	145.8	376.7
6	117	235.8	291.1	569.8	335.8	255.8	411.8	119.1	292.1
7	222	411.9	672	388.9	529.9	351.7	295.8	163.3	379.5
8	367	598.1	856	743.4	545	142.1	124.7	215.9	449.1
9	290	594.7	786.8	789.6	723.8	646.7	687.9	463.6	622.9
10	296	186.8	722.9	477	510.5	768.1	573.4	40.6	446.9
11	392	647	685.9	652.6	295.5	414	272.7	409.1	471.1
12	105	118	319.3	205.1	315.4	393.8	309.4	198.3	245.6
13	130	148.7	417.5	442.8	442.8	401.5	624	256.3	358
14	227	304.9	415.8	779.5	674	828.4	622	316.4	521
15	299	265.3	221.9	598.4	829.4	687.3	372.2	175.6	431.1
16	189	274.3	503.6	845.5	610.5	325.4	583.8	347.5	459.9
17	326	475.8	786.7	656.9	276.1	517	214	329.1	447.7
18	258	344.6	265.3	283.6	560.8	620	249.7	319.3	362.6
19	405	455.9	771	506.1	491.6	362.1	343.5	285.5	452.6
20	227	293.1	522.4	515.2	593.9	644.3	361.3	299.2	432
21	174	338.3	537	463.7	620.4	547.7	577	415.4	459.1
22	177	399	177.1	572.9	615.8	372	257.7	122.2	336.7
23	396	615.9	771.1	757.9	683.6	188	722.5	448.4	572.9
24	257	338.1	452.6	517.3	327.1	338.5	156.6	444.3	353.9
25	235	460.6	581.1	746.2	621.4	637.8	459.3	298.1	504.9
26	302	580.3	676.5	833.3	774.5	691.3	560.9	422.6	605.1
27	78.4	239	246.4	253.7	347.2	300.1	336.2	134.8	242
28	355	590.5	720.3	742	591.7	802.3	755.9	415.1	621.6
29	168	311.2	479.1	751.6	874.5	669.3	389.4	339.4	497.8
30	305	290.7	306.5	330.4	436.1	297.4	161.9	85.1	276.6
เฉลี่ย	252	387.3	491.5	556.7	559.3	476.5	387	274.2	

ความเข้มแสงอาทิตย์ หน่วย(W/m^2)

กรกฎาคม 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	199	259.5	341.2	307.8	180.6	245.6	427.6	428.4	298.8
2	285	447.4	331.1	364.3	298.5	400.5	489.3	269.7	360.7
3	188	386.7	464.6	505	367	245	337.7	545.5	380
4	383	582.4	667.1	706.6	704	723.3	802.5	466.3	629.3
5	374	515.9	665.1	873.5	889.1	823.8	724.1	549.9	676.9
6	435	676.5	812.1	885	830.4	734.8	548.7	430.3	669.1
7	388	646	799.1	862.7	871.3	730.9	720	356.1	671.7
8	399	652.2	730.3	790.3	903.5	827.5	507.1	402.3	651.6
9	412	621.9	679.6	708.6	652.5	541.6	402.1	216.5	529.3
10	331	361.7	562.2	632.6	735.4	798.2	666.8	536.4	578
11	363	465.8	542.9	621.8	797.3	683.6	707.9	532.5	589.3
12	350	406.4	683.5	830.5	890.3	416.2	179.8	305.4	507.8
13	367	469.6	492.4	519.8	440.8	450.3	446.4	299.7	435.8
14	305	430.9	573.4	743.9	825.6	732.2	335	119	508.1
15	178	272.7	388.8	557.9	301.8	214.9	188.7	130.6	279.2
16	231	273.2	588.7	719.2	709.9	808.7	687.4	556.2	571.8
17	385	472.2	527	746.3	702.8	531.6	462.9	158.6	498.3
18	284	468.1	481.1	564.9	591.6	710.6	413.9	227.2	467.6
19	283	410.4	476.5	471.5	279.1	237.5	39.7	132	291.2
20	240	438.2	639.3	658.9	895.7	667.1	430	287.1	532
21	232	137.1	162.9	87.6	198.2	219.8	182.3	160.6	172.6
22	182	423.6	500.2	340.6	253.4	77.6	59.1	81	239.6
23	377	534.6	485.8	750.6	590	622.1	642.2	410.3	551.6
24	254	622.6	635.6	465.5	562.2	432.2	688.1	621	535.2
25	231	310.2	365.3	139.1	335.3	893.1	494.9	352.1	390.2
26	259	407.3	503.9	688.7	659.2	768	685.8	371.3	542.9
27	234	530	720.9	841.8	715	365.1	542.1	407.1	544.5
28	306	634.1	783.9	786.5	669	666.2	606.6	563.1	626.9
29	339	557.2	779.7	878.7	895.5	883.6	405	491.8	653.8
30	237	272	294.3	554.1	416.2	378.9	252.2	224.8	328.7
31	91.9	163.2	182	208.1	278.9	199.8	196.7	152.1	184.1
เฉลี่ย	294	446.8	543.9	606.9	594.8	549.4	460.4	347.9	

ความเข้มแสงอาทิตย์ หน่วย(W/m^2)

สิงหาคม 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	153	141.2	190.5	316.3	352.4	70.7	29.9	85.7	167.5
2	290	250.4	541	561.5	783.7	572	428	239.8	458.2
3	243	623.4	792.3	831.6	654.5	840.2	619.9	455.1	632.5
4	368	549.8	772.8	813.2	439	601.4	660	454.4	582.4
5	421	643.7	749.4	827.6	375.5	360	469.8	241.5	511
6	427	540.9	717.5	736	807.5	519.7	283.3	361.8	549.2
7	195	299.8	271.9	441.2	425.7	623.5	558.5	315.2	391.4
8	160	209.5	377.9	518.1	714.8	552.9	759.8	608.2	487.6
9	287	259.4	372.2	448.4	565	204.9	204.4	292.6	329.3
10	131	335.2	439.5	558.4	509.1	455	512	415.9	419.5
11	154	145.5	188.4	306.7	182.2	272.3	225.3	146	202.6
12	373	535.8	678.8	594.3	715.8	645.7	529.8	455.2	566.1
13	497	642.4	686.8	966.3	775.5	418.5	473.1	546.9	625.8
14	428	612.6	781	652.1	516	350.2	413.4	180.4	491.7
15	168	229.2	417.2	829.9	597.6	111.7	64.2	87.3	313.2
16	174	198.7	217.4	251.2	252.5	246.7	284	207.6	229
17	247	521.3	492.8	734.3	718.8	757.4	631.2	532.3	579.4
18	335	422.4	695.4	598.4	665.8	573.4	577.4	307	521.8
19	173	292.3	311.1	401	151.3	277	378.1	151.5	266.9
20	206	297.4	546.8	769.2	632.4	452.2	448	326.3	459.7
21	247	341	444.4	638.3	332.7	366.9	397.4	81.9	356.2
22	406	629.7	778.2	871.5	869.9	800.7	550	484.1	673.7
23	415	669.4	811.2	885.2	903.4	732.7	606.4	521.3	693.1
24	431	674.9	804.8	886.5	912.7	779	676.9	459.3	703.1
25	154	256.2	288.3	451.9	677.6	520.2	414.9	382.5	393.1
26	329	592.8	736.7	581	99.5	21.6	66	250.2	334.6
27	362	500.3	650.5	712	338.2	414.2	403.6	266.3	455.9
28	255	431.1	475.5	576.7	212.3	254.2	477.9	312.2	374.4
29	196	176.3	245.8	380.2	218.7	368.5	355.4	291.2	279
30	251	363.1	584.1	778.3	765	698.4	460.7	167.9	508.5
31	424	743.8	609.1	660.1	719.3	567.8	578.8	360.4	582.9
เฉลี่ย	287	423.5	537.7	631.5	544.7	465.5	436.7	322.2	

ความเข้มแสงอาทิตย์ หน่วย(W/m^2)

กันยายน 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	253	476.3	606.3	787	758.9	677.2	745.7	311.2	577
2	321	247.8	318.9	663.8	503.9	282.9	481.8	384.4	400.5
3	261	525.7	774.7	893.5	853.5	755.9	677.5	510.5	656.6
4	361	551.1	788.5	637.7	864.5	840.6	746.8	483.5	659.2
5	344	314.9	321.8	126.8	152.1	120	155.5	304	229.9
6	214	445.8	672.9	601.9	605.3	675	533.8	131.3	485
7	359	517.9	699.9	807.8	259.6	258.4	503.2	286.4	461.5
8	252	360.4	294.1	554	569.6	576.4	328.5	286.9	402.8
9	267	327.5	513.9	680.7	646.8	209.7	355.3	183.9	398.1
10	135	310.9	311.4	177.2	315.3	288.3	83.5	43.6	208.1
11	89.9	145	142.6	252.8	198.7	452.7	104.7	72.8	182.4
12	303	519.6	589.2	732	675	496.2	522	298.4	516.9
13	237	457.5	692.1	721.4	672.9	682.3	585	426.7	559.3
14	308	624.3	663.3	610	677.1	526.9	503.9	278.6	524
15	303	364.4	617.9	627.3	646.8	623.2	221.7	86.9	436.4
16	392	670.7	709	563	750.3	335.2	382.1	301.1	513
17	546	430	675.3	577.9	383.6	485.9	596	225.7	490.1
18	458	687.4	791.6	787.1	577	351.9	510.3	258.2	552.7
19	288	469.8	671.3	760.7	633.2	454.4	619.7	412.9	538.7
20	234	310.5	473.2	377.6	350.3	556.3	298	182.9	347.8
21	150	158.6	158.1	231.1	336.2	402.4	241.3	229.2	238.3
22	94.3	267.8	304.3	214.3	300.3	325.3	364.7	118.1	248.6
23	167	353.3	414.5	450.2	234.2	524.7	487.6	190.5	352.8
24	173	232.1	643.3	562	566.9	344.3	180	223.3	365.7
25	263	473.6	803.4	733.6	602.4	801.7	525.8	283.2	560.8
26	399	604.2	751.8	625.3	350.7	637	542.5	289.5	524.9
27	200	133.2	211.1	316.3	365.5	230.1	136.7	70.7	208
28	351	610.1	547.3	560.2	463.6	544.1	472.3	240.7	473.7
29	449	669.2	497.8	447.8	278.9	642.4	543.3	436	495.5
30	376	399.9	624.1	876.7	836.2	704.1	398.2	283.7	562.4
เฉลี่ย	285	422	542.8	565.2	514.3	493.5	428.3	261.2	

ความเข้มแสงอาทิตย์ หน่วย(W/m^2)

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา สมุทรปราการ ตุลาคม 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	335	358.8	519.7	334.4	393.5	385	362.4	186.1	359.3
2	217	481.8	553.6	701.8	624.7	277.1	450	229.6	441.9
3	87.8	205.8	307.9	505.9	463.5	390.8	372.5	198.7	316.6
4	216	433	594.2	435.9	546	431.5	184.6	446.8	410.9
5	247	367.3	607.4	608.4	461.2	270.8	375.6	143.1	385.1
6	262	176	498.8	791.1	751.4	464.9	567.9	315.1	478.4
7	125	218.8	297.4	459.9	508.7	571.8	220.4	134.6	317
8	54.8	214.7	198.7	178.3	152.5	130.7	135.9	159.6	153.1
9	179	434.3	352.4	289.2	364	497.3	425.7	426.8	371
10	79.2	173.4	512.1	352.1	433.7	489.9	482.1	177	337.4
11	263	227.4	502	710.7	391.3	592.3	261.2	99.6	381
12	261	645.3	691.7	371.9	114.2	296.9	127.9	48.2	319.6
13	152	225.1	203.1	215.2	260.1	377.1	429.5	237.3	262.4
14	194	365.9	516.4	297.6	64.1	190.5	674.4	329.4	329.1
15	284	528.3	345.7	618.1	432.2	145.9	215.3	173.3	342.8
16	268	294	521.5	150.2	117.9	80.8	83.9	205.4	215.2
17	384	318	597.2	705.2	669.6	556.2	104.2	73.1	426
18	221	436.4	630.8	644.6	412.8	355.8	404.6	197.6	412.9
19	409	615.4	755	780	778.7	430.1	229.3	289.7	535.9
20	371	401.1	345.1	222.8	239.6	302.6	283.6	267.4	304.1
21	357	467.7	672.9	560.1	732.8	685.4	588.7	352.9	552.1
22	366	633	787	493.8	670.8	637.9	403.7	311.9	538
23	328	517.8	234.1	386.2	204.9	395.3	514.2	234	351.8
24	381	605.5	676.7	762.4	816.8	737.9	576.9	354.1	613.9
25	376	628.8	734.4	720.8	613.6	615.2	515.2	208.3	551.5
26	272	318.4	484.9	411.1	701.8	787	423.2	149.3	443.4
27	353	586.6	732.2	716	822.2	724.3	387.2	351.5	584.2
28	357	493.7	607.6	727.1	514.5	324.1	227.3	107.6	419.9
29	390	632.4	694.9	765.4	645.6	579	351.4	185.8	530.5
30	402	673.3	721.5	626.5	532.7	623.6	593.9	241.5	551.8
31	388	608.9	739.1	515.2	718.8	751.5	538.5	332.4	574.1
เฉลี่ย	277	428.6	536.6	518	488.8	454.8	371.3	231.2	

ความเข้มแสงอาทิตย์ หน่วย(W/m^2)

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา สมุทรปราการ พฤษจิกายน 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	385	599.2	711.6	808.7	681.8	327.2	247.8	149.3	488.8
2	385	613.2	748.2	833.1	748.1	572.5	508.3	337.1	593.2
3	380	602.4	724.4	820.6	809.8	696.5	569.3	268.4	608.9
4	350	420.1	456.4	725.9	400.5	372.8	266.1	196.4	398.6
5	298	445.5	595.5	658.4	658.4	667	388.6	219.7	491.4
6	391	593.8	643.5	705	581.8	644.5	375.2	351.9	535.9
7	325	479.2	715.2	486	380.5	409.8	320.2	64.2	397.5
8	363	569.8	563.5	277.3	574	618.5	459.8	325.2	468.9
9	355	623.2	726.1	738.3	762	585.1	323.2	224.5	542.2
10	371	573	703.9	652.1	192	361.9	193.7	298.3	418.2
11	342	425.9	271	477.4	219	358.6	126.4	106.4	290.8
12	366	559.6	732.9	791.6	783.5	708	538.5	330.9	601.4
13	210	337.9	703.9	786.4	569.4	666.5	507.4	186.8	496
14	374	577.6	723.3	779	782.5	720	513.3	210.1	584.9
15	375	509.9	607.1	472.9	784	685.3	284.7	265.4	498
16	352	533.7	708.1	777	588.1	699.7	476.8	133.9	533.6
17	347	535.2	695.8	699.7	711.8	510.4	492.8	310.4	537.9
18	340	506.5	679.4	767.7	765.4	687.7	294.7	204.3	530.7
19	329	495.3	694.3	755.4	755.1	706.1	530.4	323.9	573.6
20	318	374.5	527.4	621.1	553	709.5	522.7	321.4	493.4
21	328	519.8	684.1	734.2	741.1	687.8	476.7	220.5	549
22	359	555.1	713.5	760.8	705.2	612.2	484.4	224.6	551.8
23	322	550.8	697.5	761.6	698.7	502.3	435.7	247.9	527.1
24	357	548.5	706.1	757.6	736.6	562.8	529.1	216.5	551.8
25	332	513.9	683.8	742.7	745.6	682	494.5	303.1	562.2
26	333	502.8	680.6	747.4	754.9	686.6	510.7	331	568.4
27	341	521.5	697.2	786.9	776.7	700.9	511.7	335	583.8
28	344	536	705.6	718	792.7	473.2	180.2	72.2	477.8
29	315	495.5	664.3	386.1	127.7	296.1	218	122.9	328.2
30	311	412.9	709.1	770.2	746.7	695.3	526.2	325.8	562.2
เฉลี่ย	343	517.7	662.4	693.3	637.5	586.9	410.2	240.9	

ความเข้มแสงอาทิตย์ หน่วย(W/m^2)

ธันวาคม 2553

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	303	486.1	683.3	736.1	702.8	655.6	500	233.3	537.5
2	297	472.2	652.8	725	711.1	386.1	272.2	250	470.8
3	300	458.3	661.1	738.9	730.6	691.7	480.6	300	545.1
4	231	380.6	461.1	558.3	597.2	580.6	450	275	441.7
5	278	455.6	644.4	688.9	661.1	522.2	305.6	113.9	458.7
6	253	258.3	188.9	186.1	219.4	313.9	241.7	269.4	241.3
7	100	177.8	422.2	325	308.3	216.7	322.2	325	274.7
8	172	225	311.1	541.7	380.6	569.4	469.4	297.2	370.8
9	283	444.4	630.6	686.1	711.1	586.1	472.2	302.8	514.6
10	256	413.9	466.7	344.4	252.8	458.3	438.9	280.6	363.9
11	183	213.9	530.6	613.9	688.9	650	463.9	300	455.6
12	222	305.6	255.6	411.1	572.2	566.7	438.9	316.7	386.1
13	103	119.4	188.9	400	452.8	702.8	527.8	419.4	364.2
14	261	372.2	502.8	550	691.7	602.8	455.6	269.4	463.2
15	264	413.9	405.6	494.4	544.4	447.2	413.9	305.6	411.1
16	153	191.7	263.9	558.3	188.9	363.9	127.8	147.2	249.3
17	22.2	127.8	138.9	550	383.3	347.2	302.8	300	271.5
18	278	419.4	577.8	647.2	669.4	566.7	441.7	313.9	489.2
19	208	297.2	555.6	438.9	622.2	538.9	427.8	300	423.6
20	253	405.6	538.9	600	505.6	358.3	427.8	241.7	416.3
21	256	402.8	602.8	644.4	725	586.1	383.3	155.6	469.4
22	225	369.4	513.9	591.7	677.8	572.2	452.8	244.4	455.9
23	217	330.6	386.1	627.8	525	591.7	411.1	261.1	418.8
24	242	402.8	355.6	494.4	150	111.1	97.2	175	253.5
25	217	363.9	527.8	413.9	322.2	341.7	216.7	150	319.1
26	264	436.1	630.6	680.6	727.8	680.6	513.9	325	532.3
27	283	452.8	661.1	694.4	752.8	694.4	530.6	350	552.4
28	253	422.2	597.2	638.9	708.3	652.8	475	325	509
29	256	338.9	452.8	444.4	522.2	622.2	433.3	266.7	417
30	269	419.4	608.3	652.8	697.2	591.7	486.1	347.2	509
31	250	413.9	636.1	666.7	663.9	608.3	458.3	383.3	510.1
เฉลี่ย	231	354.6	485.6	559.5	550.5	521.9	401.3	275.6	

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หน่วย °C

มกราคม 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	23.2	25.3	27.7	28.9	30.4	29.7	29.9	29.7	28.1
2	24.5	25.9	28	28.7	29.1	29.8	30.2	30.3	28.3
3	25.2	27.5	28.6	29.5	30.6	31.3	31	30.9	29.3
4	26.2	28	29.5	30.7	31.6	32	32	31.9	30.2
5	25.8	27.5	29.3	30.8	31	31.3	31.5	31.6	29.9
6	27.4	28.3	29.9	30.5	31.7	32.1	32.3	31.6	30.5
7	26.6	27.5	27.9	28.5	29.6	29.5	30	29.8	28.7
8	23.5	24.5	26.6	28.7	29.2	29.9	28.7	29	27.5
9	24.5	26.5	28.5	29.5	30.1	30.1	30.4	30.6	28.8
10	23.4	24.8	26.2	27	28.3	28.4	28.6	28.8	26.9
11	24.6	25.1	27.1	28.1	28.7	28.6	28.3	28.6	27.4
12	23.2	24.8	26.9	27.9	29	27.7	27.8	28	26.9
13	23.9	25.7	28	29.3	29.6	30.2	30.6	30.3	28.5
14	25	26.5	28.2	29	29.4	29.7	30.6	30.4	28.6
15	24.7	26.6	27.4	28.1	28.7	29.7	30	29.9	28.1
16	20.6	22	23.6	25.4	26.2	27.1	26.3	26.9	24.8
17	21.6	22	23.6	25.6	26.5	27.1	27.7	27.7	25.2
18	22.4	24.2	26.2	27.7	28.5	29.4	30.1	29.8	27.3
19	24.1	26.9	28.1	29.4	30.6	31	30.9	30.8	29
20	24.3	26.6	28.5	30	29.8	30.7	30.9	31.1	29
21	25.8	27.7	29.3	30.5	31.9	32.4	32.4	32.3	30.3
22	24.6	26.8	28.1	29.4	30.6	31.1	31.3	31.4	29.2
23	25.5	26.7	29	30.5	31.6	31.6	31.6	32.3	29.9
24	27.4	28.8	29.9	30.6	32	32.1	32.3	32.7	30.7
25	25.8	28.4	29.7	30.5	30.7	31.7	30.5	31.8	29.9
26	24.8	26.6	28.7	29.8	31	31.5	31.8	31.4	29.5
27	26.3	28.2	29.7	30.6	31.5	32	32	32.3	30.3
28	26.9	29.1	29.9	30.7	31.6	32.4	32.1	32.3	30.6
29	24.6	25.8	27.3	28.4	29.5	30.2	30.3	30	28.3
30	22.6	24	26.5	27.3	28.2	28.7	29.2	29	26.9
31	22.4	24.1	25.9	27.2	27.8	28.5	28.7	28.8	26.7
เฉลี่ย	24.6	26.2	27.9	29	29.8	30.2	30.3	30.4	

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หน่วย °C

กุมภาพันธ์ 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	23.5	25	26.2	28.8	29.2	29.8	30.2	30.4	27.9
2	24.3	26	27.5	28.9	29.5	29.9	30.8	30.8	28.5
3	25.1	27.1	28.2	29.3	29.9	30.8	31.4	31.4	29.2
4	26.9	28.4	30.1	31.3	32.1	32.5	33	32.7	30.9
5	25.5	27.7	29.3	30.8	31.6	31.9	32.5	32.2	30.2
6	25.2	26.7	29.4	30.6	31.4	32.4	32.4	31.7	30
7	25.6	27.7	29.9	30.7	31.8	31.8	33.6	32.4	30.4
8	26	28.8	30.9	31.9	32.2	33.1	33.4	33.4	31.2
9	24.9	28.8	29.7	30.2	30.7	32	33.3	32.9	30.3
10	25.3	27.8	30.2	31.8	32.4	32.9	33.6	33.2	30.9
11	26.6	28.7	30.9	31.9	33.1	33.8	33.2	33.4	31.5
12	26.9	28.9	29.2	30.9	32.3	32	32.1	32	30.5
13	25.9	25.8	29.2	30.6	31.6	32	31.8	31.7	29.8
14	26.4	27.8	29.6	31.1	31.7	31.8	32.7	32.2	30.4
15	25	25.3	24.6	25.5	26.8	28.5	30.8	30.2	27.1
16	26.5	28.4	29.1	31.8	30.8	26.4	27.4	27.4	28.5
17	27.6	29.5	31.3	32.3	32.9	33.3	34	33.5	31.8
18	28.3	30.1	31.4	32.6	33.5	34.2	33.8	33.6	32.2
19	28	30.4	31.9	32.7	33.8	34	33.3	33.8	32.2
20	28.6	30.2	31.2	32.1	32.9	33.7	33.7	33.3	32
21	27.8	29.5	30.8	30.4	30.2	31	30.1	27.3	29.6
22	26.3	26.9	29.3	30.3	31.4	31.3	28.2	28.3	29
23	27.4	29.4	30.9	31.3	31.7	32.1	30.7	30.9	30.6
24	26.4	27.3	29.1	31	32	32.7	31.6	31.9	30.3
25	28.1	30	31.2	32.3	32.7	33.5	33.6	33	31.8
26	27.3	28.5	30.4	30.8	30.6	31.2	31.2	32	30.3
27	27.5	29	29.3	30.7	31.6	32.7	32.3	32	30.6
28	27.7	29.5	30.8	32	32.9	33.4	33.7	33.4	31.7
เฉลี่ย	26.5	28.2	29.7	30.9	31.5	32	32.1	31.8	

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หน่วย °C

มีนาคม 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	29.1	30.6	32	32.5	33.4	33.4	33.5	33.3	32.2
2	28.9	30.7	32.3	32.2	28.4	32.4	32.7	33.2	31.4
3	29.1	30.3	31.7	31.5	33.1	32.9	34	33.4	32
4	27	28.2	29.4	30.5	30.9	31.4	30.8	31.1	29.9
5	27.7	30.1	31.3	32.7	33.4	34.2	33.8	34	32.2
6	29.5	31.7	33.2	34.7	35.3	35.5	34.7	34	33.6
7	28.1	30.5	32.2	33.3	34.8	34.5	35.3	34.9	33
8	28.6	29.9	31.1	32.1	32.2	32.1	30.8	29.4	30.8
9	28.6	30	30.7	32.1	31.9	32.9	32.8	29.8	31.1
10	28	29.7	31.3	32.7	33.2	33.2	33	33.2	31.8
11	28.6	30.5	32	32.4	33.2	34	34.3	33.9	32.4
12	28.5	29.6	30.7	32	32.7	34	34	34	31.9
13	27.5	29.3	31.1	32.7	33.5	32.9	33.1	33.4	31.7
14	29.5	31.2	32.6	32.4	33	35	33.7	33.8	32.7
15	24.9	26.9	28.5	30.8	32.2	31.6	32.4	32.6	30
16	23.1	24	24.9	25	24.7	24.7	24.3	24.1	24.4
17	18.7	18.1	18	18.3	17.8	17	17.7	18	18
18	19.4	21.6	22.5	23.6	24	24	23.9	24.2	22.9
19	22.7	24.2	25.3	27.7	29.4	30.5	30.9	30.8	27.7
20	28.6	30.2	31.5	33.1	33.3	33.6	33.6	34.4	32.3
21	29.8	31.3	32.7	34	34.2	33.8	32	33.5	32.7
22	29	30.9	32	33.7	33.9	34	34.8	35.2	32.9
23	23.1	23.5	24	24	24.8	25.5	25.8	26.8	24.7
24	25.6	26.4	26.9	28.5	29.6	30.3	30.4	30.4	28.5
25	26.4	27.5	28.8	30.3	29.6	29.4	29.6	29.6	28.9
26	26.2	26.9	27.2	27	26.4	27.2	28.2	28.6	27.2
27	24.6	25.4	25.7	25.6	25.2	25.5	24.7	24.9	25.2
28	21	21.4	21.2	21.8	21.6	21.3	21.2	21.9	21.4
29	20.5	20.1	20.6	20.9	21.2	21.7	21.4	21.2	21
30	19.7	20.7	21.8	22.7	23.8	24	24	24.5	22.7
31	21.2	22.3	24	26	26.5	27	27.5	27.5	25.3
เฉลี่ย	25.9	27.2	28.3	29.3	29.6	30	30	30	

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หน่วย °C

เมษายน2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	26.7	28.2	30.2	31.7	31.8	33	32.7	32.8	30.9
2	29.3	30.3	31.3	32.7	33.7	34.5	33.7	33.4	32.4
3	28.6	29.3	31.8	33.1	33.3	33.5	34.5	34.4	32.3
4	28.9	29.9	31.3	32.6	32.8	33.3	33.6	33.5	32
5	28.3	29.6	30.7	31.2	31.5	23.6	25.7	25.6	28.3
6	28.2	29.5	30.6	32.2	32	32.3	33.1	33.1	31.4
7	29.5	30.5	31.4	31.9	33.2	33.1	32.9	32.8	31.9
8	29.5	30.2	31.8	32.7	34.5	33.7	34	33.8	32.5
9	27.4	29	29.8	31.1	31.8	32.5	33	32.7	30.9
10	26.7	28.2	29.4	30.6	30.7	31.9	31.3	32	30.1
11	28.9	29.9	30	31.3	31.8	33.3	32.1	30.5	31
12	29.8	30	30.2	30.8	32.6	32.9	32.9	32.4	31.5
13	29.5	28.8	29.2	30.1	29.9	30.4	31.7	32.6	30.3
14	27.8	28.8	29.8	28.6	27.1	28.2	28.8	29.5	28.6
15	29.2	31	32.5	32.3	32.8	33.5	33.5	33.6	32.3
16	30.6	32	32.8	33.5	34.5	34.6	34.5	33.8	33.3
17	30.8	31.7	32.8	34.1	33.7	34.4	34.2	34.2	33.2
18	31.1	32.6	33	34.2	35.2	35.5	35.7	34.5	34
19	29.4	31.4	23	24.7	27	28.6	30	29.8	28
20	28.3	31.5	32	32.7	32.8	34.2	33.5	30.3	31.9
21	30	31.1	31.2	31.8	30.9	30.5	28.9	31.4	30.7
22	30.7	31.2	32.6	33.5	33	33.4	33.2	34.4	32.8
23	30.1	31.7	31.8	32.9	32.5	33.9	24.9	23.9	30.2
24	25.8	27.6	29.7	30.9	30.9	32.5	33	32.8	30.4
25	25	25.8	26.9	28.4	30.1	29.6	30.1	30.2	28.3
26	29.2	30.1	31.4	31.4	31.4	32.1	31.5	31.5	31.1
27	29.2	30.4	31.5	27.6	30.9	31.8	33.3	33.5	31
28	30.8	31.2	33	33.6	33.8	33.9	34.2	33.9	33.1
29	29.7	30.5	31.9	27.6	25.6	27.1	31.1	32.4	29.5
30	30.5	31.3	32.2	32.4	33.5	33.2	33.6	33.8	32.6
เฉลี่ย	29	30.1	30.9	31.4	31.8	32.2	32.2	32.1	

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หน่วย °C

พฤษภาคม2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	26.4	26.8	27.6	28.3	29	28.9	29.1	30	28.3
2	29.8	30.9	31.6	31.9	32.5	32.1	32	32	31.6
3	31.1	32.5	33.6	34.3	34.4	29.6	27.4	27.8	31.3
4	31.7	32.6	33.9	35.1	35.1	35.5	33.6	33.8	33.9
5	30.2	31.7	32.5	33	33.7	33.8	30.6	30.5	32
6	30	31.2	32.8	31.7	29.9	31.5	33	33.8	31.7
7	30.3	31.2	25.6	27.8	30.9	32.9	32.8	33.5	30.6
8	30.2	31.2	31.9	32.3	32	31.6	31.5	29.9	31.3
9	30.8	30.9	31.1	32	32.2	32.5	31.9	32.3	31.7
10	30.3	30.7	31.1	31.7	31.8	31.7	32	31.6	31.4
11	29.6	30.9	31.8	32.4	33	33.5	34.2	34.3	32.5
12	29.7	31	32.3	33.6	33.3	34.7	35.6	35.3	33.2
13	29.1	30.6	32	33	33	34.5	33.6	28.2	31.8
14	27.6	28.1	29.8	25	25.2	25.5	25.8	26.1	26.6
15	28.4	30.3	26.5	27.1	29	28.8	28.7	28.9	28.5
16	28.7	29.7	29.6	28.2	30.2	31.4	32.2	32.8	30.4
17	29.9	31.1	32.1	32.9	32.2	32.6	32.2	30.7	31.7
18	25	25.7	26.6	28.1	30.3	31.2	32.3	33.3	29.1
19	29.8	31.8	32.3	33.4	33.9	34.7	33.8	34.8	33.1
20	29.1	30.7	32.1	33	33.3	34	34.4	34.2	32.6
21	30.1	31.2	32.2	33	33.5	34.7	34.5	34.2	32.9
22	30.3	31.4	32.4	33.4	33.5	34.5	34.8	34.3	33.1
23	30.9	31.9	33.3	33.4	34.4	34.4	35.2	35.7	33.7
24	31.2	32.2	33.2	34.3	33.7	34.2	35.2	34.8	33.6
25	28.3	30.4	32	32.5	31.4	29	30.5	33.1	30.9
26	26.5	28	29.2	30.8	31.8	32.3	32.4	32.2	30.4
27	29.3	30.7	31.3	30.6	28.4	25.5	27.2	28.2	28.9
28	28.1	29.4	30.8	31.5	32.3	33.3	33.7	33.8	31.6
29	28.7	29.7	31.2	31.3	32.5	33.3	33.6	33.4	31.7
30	30.6	30.5	31.8	32	31.5	32	27.7	31.3	30.9
31	29.9	30.3	29.5	31.7	32.9	33.4	32.6	33.3	31.7
เฉลี่ย	29.4	30.5	31.1	31.6	32	32.2	32.1	32.2	

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หน่วย °C

มิถุนายน2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	30.6	31.3	32.4	33.4	34	34.4	34.7	33.6	33.1
2	29.2	30.7	31.6	33.3	26.7	28.9	29.9	31.7	30.3
3	25.8	27.4	30	25.4	26.5	27.7	28.5	29.3	27.6
4	27.3	28.2	30.3	29.5	28.9	29.5	29.8	30	29.2
5	29	29.3	29.1	30.8	32.5	32.4	31.6	31	30.7
6	29.2	30.2	30.8	31.8	31.5	31.9	32.5	32.5	31.3
7	27	28.3	29.4	30.1	31.3	31.9	31.8	31.5	30.2
8	30	31	31.9	33	33.3	33.7	33.6	34	32.6
9	30	30.5	30.8	31.5	32.8	32.7	33.7	34	32
10	29.4	30.6	31.7	32.6	31.6	32.8	32	25.8	30.8
11	30	31.1	32	32.3	32.4	31.9	32.3	31.3	31.7
12	26.7	28.1	29.9	29.7	27.2	28.9	29.5	29.9	28.7
13	29.4	29.1	29.6	30.4	29.8	30.5	31.6	30.1	30.1
14	27.1	29.4	30.5	31.5	32	32.6	32.8	32.2	31
15	30.8	30.7	31.2	31.2	32.1	32	32.6	31.8	31.6
16	28	29.3	30.5	32	31.2	31.5	31.5	30.7	30.6
17	29.7	31.2	31.3	32.1	27.9	30.4	30.5	29.5	30.3
18	29	28.9	29.3	29.7	30.6	31.3	31.9	29.7	30.1
19	30.7	31.6	31.7	32.9	33.4	32.3	32.5	32.1	32.2
20	29.9	30.6	31.8	31.8	32.2	32.6	32.3	32	31.7
21	29.2	30.2	31.2	32	31.6	32.5	32.9	32.8	31.6
22	28.6	29.3	30	30.4	31.2	32.3	32.6	33	30.9
23	30.2	31.1	32.3	32.6	32.2	32.6	32.4	32.5	32
24	30.9	31.2	32.5	31.9	31.7	31.9	31.9	32.8	31.9
25	30.5	31.3	32.5	32.8	32.8	32.7	32.6	32.3	32.2
26	31	31.5	32.2	32.3	32.5	27.6	30.8	31.2	31.1
27	27.5	27.8	29.7	29.5	30.1	30.5	31.1	30.4	29.6
28	30.8	32.1	32.5	31.7	33.9	34.6	33.6	32.3	32.7
29	30.1	31	31.6	32.6	33.8	33.3	33.9	34.2	32.6
30	28.3	29.7	31	31.8	31.6	32	31.5	30.6	30.8
เฉลี่ย	29.2	30.1	31	31.4	31.3	31.7	32	31.5	

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หน่วย °C

กรกฎาคม 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	27	27.9	28.9	29	29.1	29.4	29.8	30.1	28.9
2	27.1	28.5	29	29.9	30.1	30.3	30.7	30.9	29.6
3	26.8	28.1	29.4	30.6	30.9	31.1	31.1	30.8	29.9
4	27	28.7	30	31.3	31.7	31.9	31.9	30.8	30.4
5	28.9	29.9	30.9	32.2	33.1	32.5	30.6	27	30.6
6	29.4	30.4	31.4	31.9	32.1	33	33	33.7	31.9
7	29.9	30.9	31.8	32.5	33.3	33.6	34.4	34.5	32.6
8	30.5	31.3	32.4	33.2	33.9	34.9	34.9	35.4	33.3
9	30.8	31.6	32.4	33.1	33.7	34.3	34.3	33.9	33
10	30.2	30.5	31.4	32.6	33.4	33.9	34.3	34.2	32.6
11	29	30.3	31.4	31.6	32.8	32.7	33.3	32	31.6
12	28.5	29.8	26.3	27.4	29.6	31.1	30.3	30.4	29.2
13	29.2	30.8	31.6	31.7	32.2	32	31.7	31.4	31.3
14	30.3	31	31.9	32.4	32.9	32.8	32.7	31.8	32
15	28.8	29.5	30	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.1
16	28.4	29.6	30.4	30.5	31.2	31.1	31.6	31.8	30.6
17	29.6	30.5	30.9	31.5	31.6	31.5	31.6	31.6	31.1
18	28.9	30.7	31	31.6	31.8	31.6	31.7	32	31.2
19	30.1	31.1	31	31.3	29.3	25.6	26.9	27.5	29.1
20	29.7	30.6	31.5	31	31.9	32.4	32	32.1	31.4
21	28.3	28.1	27.3	27.7	28	27.8	28.9	29.5	28.2
22	26.7	28.3	28.8	29.7	29.4	28.6	27.4	28	28.4
23	28.9	30.1	30.8	31.7	31.9	32.3	32.9	33.2	31.5
24	27.3	28.9	29.9	30.5	31	31.8	32.5	31.7	30.5
25	27.6	29	30.2	28.3	30.2	30.4	31.2	31.2	29.8
26	27.5	29.7	30.3	31.3	31.8	32	32.3	32.8	31
27	28.7	30.2	30.9	31.4	32.1	32.5	32.9	33.1	31.5
28	29.3	30.6	31.1	32.4	32.2	32.9	32.7	32.8	31.8
29	29.2	30.3	31.5	32.3	32.6	32.7	33.1	32.9	31.8
30	28.2	29.1	29.5	29.7	30.2	30.1	30	29.5	29.5
31	26.1	25.9	27.3	27.2	27.5	28.2	28.6	28.5	27.4
เฉลี่ย	28.6	29.7	30.4	30.9	31.4	31.5	31.6	31.5	

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หน่วย °C

สิงหาคม 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	26.5	26.7	26.8	27.2	27.2	27.1	26.1	26.4	26.8
2	29.2	29.5	29.8	31.2	30.9	31.2	30.7	30	30.3
3	30.2	31.5	32.1	32.1	32.8	32.8	32.5	32.4	32.1
4	29.5	30.3	31.1	31.6	32.8	33	33.9	34.3	32.1
5	30.4	31.2	31.8	32.6	32.6	32.3	30.5	30	31.4
6	30.2	30.9	32.1	33.3	32.3	33.7	33.5	30.8	32.1
7	29.5	31.4	31.2	32.6	32.5	33.5	33	33	32.1
8	29.3	29.8	31.1	31.2	32.3	33.1	33.1	32.9	31.6
9	29.1	30.4	30.7	31.6	31.7	32.6	32.1	30.2	31.1
10	28.1	29.4	30.5	30	30.7	31.6	31.9	31.6	30.5
11	28.4	28.6	27.4	29.4	30.2	30.2	30	30.5	29.3
12	27.3	28.7	30.5	31.6	31	31.4	32.3	30.6	30.4
13	27.7	29.1	29.7	31.4	31.8	32.7	32.5	33.6	31.1
14	28.5	30.1	31.5	32.7	33.4	32.6	31.6	27.5	31
15	26.4	27.3	29.4	30.3	30.6	30	25.8	23.2	27.9
16	27	28	28.9	29.3	29.5	29.8	30.5	30.7	29.2
17	27	28.2	29.6	30.6	31.7	31.5	32.2	32	30.4
18	28.6	29.4	30.7	31	31.5	31.4	30.8	30.5	30.5
19	28.5	29.1	30.3	30.7	30.7	30.6	30.6	24.8	29.4
20	28.1	28.9	29.7	30.5	31.3	31.8	31.6	31.1	30.4
21	29	30.3	30.7	31.4	32.3	32.3	32.3	32.1	31.3
22	29.7	30.4	31.3	32.3	32.6	33.6	33	33.3	32
23	30.2	31.3	31.8	32.1	33.4	33.9	34.1	34.4	32.7
24	29.8	31	32.2	32.6	33.3	34.2	34.6	34.4	32.8
25	29.6	30.4	32	31.9	33.5	33.3	33.7	34.1	32.3
26	28.5	30.1	32.1	32.3	32	32.6	28.3	30.3	30.8
27	28.9	30.2	31.2	31.5	31.8	32.7	28.3	26.6	30.2
28	27.5	29.7	29.2	30.8	30.6	31.2	28	28.6	29.5
29	27.9	28.4	27.8	27.1	28.4	30.4	30.9	31	29
30	28.8	30	31.1	31.9	32.2	31.7	32.2	31.8	31.2
31	29.3	30.2	31.3	32	32	32.5	33.1	33.2	31.7
เฉลี่ย	28.7	29.7	30.5	31.2	31.6	32	31.4	30.8	

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หน่วย °C

กันยายน 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	29.6	30.3	31.6	32.6	32.3	31.9	33.1	29.4	31.4
2	27.3	27.8	29.7	30.4	31.1	31.3	31.3	31.8	30.1
3	30	30.7	31.6	32.5	33.4	32.7	33.9	33.7	32.3
4	28.9	29.8	31.1	31.5	32.7	33.7	33.8	32.6	31.8
5	29.2	30.1	31.3	32	31.2	29.6	29.9	30	30.4
6	29.1	30	30.9	31.7	31.1	31.8	32.2	28.3	30.6
7	29	30.4	31.4	31.2	31.4	32.1	32.3	32.1	31.2
8	28.9	29.5	30.7	31	31.8	32	32.4	32.3	31.1
9	28.3	29.5	30.3	31.5	31.5	31.7	32.9	32.3	31
10	25.5	25.5	25.5	26.3	27.3	27.8	27.7	27.6	26.7
11	25.6	26.6	27.7	28.2	28.3	29.9	29.4	27	27.8
12	27.7	29	29.7	30.3	30.1	30.3	30.4	29.8	29.7
13	29.2	30.3	30.4	31.1	30.9	31.1	31	31.2	30.7
14	29.6	30.9	30.8	32.2	32.4	32.1	31.7	31.1	31.4
15	29.1	30.8	30.8	31.8	32	31.4	31.3	30.5	31
16	29.1	30.2	31	31.7	32.9	32.5	31.8	32.5	31.5
17	29.4	30.5	31.7	31.5	32.3	32	32.7	32.8	31.6
18	29.4	31.2	31.7	32.8	32.5	33.3	33.1	33.7	32.2
19	29.3	30.2	31.2	31.7	32	33.1	33	33	31.7
20	28.7	29.9	30.7	31.4	31.6	31.6	31.8	31.5	30.9
21	28.5	29.1	28.2	28.3	28.1	28.7	29	29.1	28.6
22	28.4	29.2	28	27.7	29.4	30.9	30.8	24.5	28.6
23	26.9	27.6	28.7	30.5	30.8	31.1	31.3	30.7	29.7
24	27	28	29.3	30.5	30.2	31	31.1	31	29.8
25	28.4	29.3	30.7	31.4	32	32.4	32.7	31.9	31.1
26	28.8	29.8	31.2	31.8	32.3	32.6	32.8	33.1	31.6
27	27.1	27.6	28.4	29.1	29.7	28.9	26.5	25.8	27.9
28	28.6	29.8	30.7	31.3	31.4	31.9	32.1	31.7	30.9
29	29.5	30.3	31.3	31.8	31.7	31.4	32.3	31.8	31.3
30	28.8	30.7	31.9	32.6	33	32.7	31.7	30.9	31.5
เฉลี่ย	28.5	29.5	30.3	30.9	31.2	31.5	31.5	30.8	

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หน่วย °C

ตุลาคม 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	29.6	30.3	30.6	31.2	31.4	31.9	31.8	29.2	30.8
2	28.1	29.7	31.2	31.9	32.8	32	32.8	32.9	31.4
3	27.3	28.5	29.4	30.5	30.5	30.6	30.6	30.6	29.8
4	25.3	27	28.7	29.7	30.5	30.2	30.6	30	29
5	28.4	29.1	30.6	30.7	31.2	32.3	32.6	32.9	31
6	26.8	28.1	28.1	29.5	27.6	29.1	30	29.5	28.6
7	28.1	28.4	29	28.5	27.2	26.8	28.2	28.6	28.1
8	25	26.1	27.4	29	29.7	30	29.6	29.5	28.3
9	27	27.5	27.7	29	31.2	30.8	32.3	31.5	29.6
10	26.3	27.1	29.3	29.8	26.7	27.2	26	25.9	27.3
11	26.3	27.5	29.1	29.9	30.9	31.7	32.1	32	29.9
12	28.9	29.7	30.7	32.2	32.4	29	27.1	27.5	29.7
13	27.5	28.1	29.3	29.9	30.1	29.6	30.4	30.4	29.4
14	26.3	28.2	28.8	29.7	30.2	30.8	32	31.2	29.7
15	28.5	29.6	31	31.9	31.5	32.6	32.1	31.4	31.1
16	27.9	28.2	29.4	30	30.3	30.1	29.9	28.3	29.3
17	26.5	27.7	29	28.7	29.1	28.9	28.7	28.7	28.4
18	27.5	29.2	30.1	30.5	30.2	30.3	30.2	30.3	29.8
19	28.5	30.3	30.6	31.9	31.6	32.1	31.2	32.4	31.1
20	29.3	30.5	29.8	30.3	30.4	31.2	30.5	28.7	30.1
21	29.1	30.5	30.7	31.3	32.1	32.4	31.9	31.3	31.2
22	29.5	30.8	31.3	32.3	32.1	32.4	32.6	32.3	31.7
23	29	30.1	31.6	31.8	32.4	32.6	32.6	32.7	31.6
24	30	30.5	30.7	31.5	31.7	33.1	33.1	33.7	31.8
25	30.4	31.8	32.8	32.7	32.9	34	36	33.1	33
26	30.1	31.2	31.9	32.3	32.3	31.8	33	31.6	31.8
27	30.2	30.7	31.6	31.8	31.6	32.4	32.8	32.2	31.7
28	29.3	29.5	29.8	30.5	31.1	31.5	31.9	31.8	30.7
29	28.9	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เฉลี่ย	28.1	29.1	30	30.7	30.8	31	31.2	30.7	

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หน่วย °C

พฤษจิกายน 2554

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	29	30.1	30.7	31.7	32.1	32	31.8	31.7	31.1
2	29.5	30.4	31.1	31.4	31.8	32	31.8	32	31.3
3	29	30	30.8	39.3	31.8	32.5	32.9	33.3	32.5
4	29.4	30.3	30.5	31.5	32.1	32.5	32.2	32	31.3
5	29.6	30.8	31.7	32.2	32.6	32.7	32.4	31.7	31.7
6	30.5	31.5	32.2	32	33.1	33.5	33.4	33.4	32.5
7	29.5	31.5	32.5	33.4	32.6	33.2	32.5	31.1	32
8	31.1	32.3	33.4	34.2	32.9	34.9	33.7	33.4	33.2
9	30	31.6	32.9	33.1	33.3	33.4	33.1	32.4	32.5
10	28	29	29.6	30.2	30.1	30	30	30.7	29.7
11	27.3	28.8	29.7	29.9	30.3	30.9	31	30.9	29.9
12	28	28.9	30.2	30.7	31.3	31.5	31.9	31.7	30.5
13	28.4	28.7	29.9	31.4	31.6	32.2	32.5	31.9	30.8
14	29.2	29.8	30.3	31.4	32.7	32.4	32.6	32.6	31.4
15	28.5	29.6	30.4	31.4	32.2	33.5	32.7	32.3	31.3
16	28.5	29.9	30.5	31.5	32.3	33	33.2	32.6	31.4
17	29.8	30.6	31.3	32.4	32.9	33	32.9	32.9	32
18	30.4	31.9	32.7	32.8	33.6	34.1	34.5	34	33
19	30.4	31.8	32.7	33.6	33.9	34.7	35	34.2	33.3
20	28.4	29.6	31.4	31.9	33	33.3	33.1	32.8	31.7
21	28.4	28.5	30.3	31.4	31.2	31.9	32.3	31.8	30.7
22	29.3	30.5	31	32.5	33	32.8	33.3	33	31.9
23	29.3	30.3	30.6	31.5	31.8	32.2	32.8	32.5	31.4
24	27.5	28.6	29.5	30.4	30.5	31	30.3	30.8	29.8
25	26.8	27.9	28.9	30	30.9	31.4	30.9	31	29.7
26	27.8	28.3	29.8	29.9	31.4	31.8	31.8	31.4	30.3
27	28.9	29.9	30.4	31	31.5	32.3	32.5	32.3	31.1
28	29.6	30.4	31.6	32.5	32.7	33.3	33.6	33	32.1
29	28.8	30.5	32.4	32.5	32.9	33	34.5	32.3	32.1
30	29.1	30.8	31.9	32.3	33	33.1	33.9	34	32.3
เฉลี่ย	29	30.1	31	32	32.2	32.6	32.6	32.3	

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หน่วย °C

ธันวาคม 2553

วันที่	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	เฉลี่ย
1	28.4	29.6	31.1	31.8	31.6	32.2	32.6	32.4	31.2
2	27.6	29.5	30.7	32	31.8	33.1	33.4	32.3	31.3
3	26.5	27.6	29.1	30.1	31.1	31.8	30.8	30	29.6
4	25.9	27.3	28.7	29.6	30.5	30	30.2	29.8	29
5	26.5	28.5	30	30.8	31.6	30.6	30.2	30	29.8
6	27.3	27.8	28.5	30.4	31.5	31.2	31.6	31.4	30
7	27	28	28.2	29.3	29.7	31.3	31.2	30.4	29.4
8	25.7	25.9	27.9	27.6	29.7	30.8	30.4	30.4	28.6
9	26	28.2	29.8	30.8	30.8	31.4	30.9	31	29.9
10	26.3	27.9	30	30.3	30.6	31.5	31	31.2	29.9
11	26.2	27.9	29.7	30.4	30.6	31.3	32.1	31.7	30
12	27.3	29.6	30.5	30.2	30.6	31.9	31.4	31.6	30.4
13	25.9	26.6	27.3	27.3	28.6	30.3	30.6	31.1	28.5
14	27.9	29.2	30	31.8	32.1	32.8	33.2	32.2	31.2
15	28	30.7	31.8	33	32.9	32.9	32.6	32.7	31.8
16	28.7	29.3	31.5	31.9	32.2	32.8	33.2	31.1	31.3
17	21.7	22.7	23.1	23.6	23.9	24.4	24.6	25.7	23.7
18	22	23.4	25.1	26.1	26.6	27.3	27.4	27.6	25.7
19	24.8	25.2	26.8	27.7	29.1	29.8	31.1	30.3	28.1
20	25.2	26.6	28.2	29.1	30.7	30.4	30.8	30.2	28.9
21	26.7	28.8	30.6	32	32.3	32.1	32.4	32	30.9
22	27.1	29.1	30.2	31.3	31.8	32.2	32.4	31.8	30.7
23	27.5	29.2	30.5	30.6	31.6	31.7	31.8	31.9	30.6
24	27.2	29.5	30.6	31.1	31.8	32.2	32.4	32.2	30.9
25	28.3	30.8	31.5	32.2	32	33.6	32	32.8	31.7
26	27	28.3	29	29.4	29.4	30.5	30.6	30.7	29.4
27	22.9	23.8	25.8	26.7	28	28.9	28.9	28.9	26.7
28	24.1	26.6	27.9	29	29.4	30.2	30.4	30.1	28.5
29	23.7	25.7	27.8	29.6	29.6	31	30.7	30.6	28.6
30	24.1	26.6	28.3	29.2	30.1	30.5	31.1	31.3	28.9
31	23.7	25.7	27.2	28.8	29.5	30.5	30.3	30.3	28.3
เฉลี่ย	26	27.6	28.9	29.8	30.4	31	31	30.8	

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอนุสรณ์ อินทองคุ้ม เกิดที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร เมื่อวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2520 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานครฯ ในปีการศึกษา พ.ศ. 2547 ได้ทำงานที่แรกในตำแหน่งวิศวกรระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ ของบริษัท ออโต้อินโฟ จำกัด ตั้งแต่ พ.ศ. 2547 จนถึงปัจจุบัน ระหว่างที่กำลังทำงานอยู่ได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานครฯ