



การสร้างเครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเก็บข้อมูลพลังงาน
แสงอาทิตย์ ในจังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดศรีสะเกษ

พันกร มนทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



BUILDING EQUIPMENT FOR MEASURING AND RECORDING DATA
OF SOLAR ENERGY IN UBON RATCHATHANI PROVINCE AND
SI SA KET PROVINCE

PANKORN MONTHONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN PHYSICS
FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2017
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การสร้างเครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ในจังหวัด
อุบลราชธานี และจังหวัดศรีสะเกษ

ผู้วิจัย นายพันกร มนทอง

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัฐสิทธิ์ ทับทิมแท้

ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ กสิพร้อง

กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพราช

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

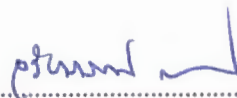


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ กสิพร้อง)



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชริดา ปุกหุต)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์



(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2560

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นิพนธ์ กสิพร้อง อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ อีกทั้งยังให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อัฐสิษฐ์ ทับทิมแท้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ และกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุดม ทิพราช ที่ให้ความรู้ คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ และ ช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขออุทิศแต่บิดาผู้ซึ่งให้การสนับสนุนให้ลูกได้เรียนหนังสือ และเป็นแรงบันดาลใจในการดำเนินชีวิต

สุดท้ายนี้กราบขอบพระคุณมารดา และทุกคนในครอบครัว ที่คอยชี้แนะแนวทางคอยให้กำลังใจ ในยามที่ท้อแท้และให้การสนับสนุนการเรียนต่อระดับมหาบัณฑิตตลอดจนการทำวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์และขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคน ในภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่คอยให้การสนับสนุนให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

พันกร มนทอง

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การสร้างเครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ใน
จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดศรีสะเกษ

ผู้วิจัย : พันกร มนทอง

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : ฟิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ กสิพร้อง

คำสำคัญ : เซนเซอร์วัดพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมและสร้างเครื่องมือเพื่อวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากเซนเซอร์วัดพลังงานแสงอาทิตย์โดยวัดเป็นรังสีอาทิตย์รวม วิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วย การต่อวงจรการวัดพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ไอซี ADS 1115 ในการรับค่าสัญญาณอนาล็อกซึ่งอยู่ในระดับ ไมโครโวลต์ถึงมิลลิโวลต์จากเซนเซอร์แล้วแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 8266 ในการควบคุมการรับส่งค่าไปยังผู้ใช้ผ่านสัญญาณ WiFi ซึ่งการรับส่งค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 8266 ไปยัง raspberry pi จะใช้ socket sever และ socket client จากนั้น raspberry pi จะส่งค่าข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จาก ESP 8266 ไปที่ Net pi เพื่อทำการรับส่งค่าข้อมูลในระยะไกลให้แก่ผู้ใช้ตามเวลาจริง (Real time) นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บเป็นฐานข้อมูลที่สามารถเรียกใช้ได้ตลอดเวลา

จากการนำเครื่องมือที่ได้มาทดลองเก็บข้อมูลในการอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดพลังงานแสงอาทิตย์บริเวณดาดฟ้า อาคารฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และวัดพลังงานแสงอาทิตย์ที่ ต.สำโรงพลัน อ.ไพรบึง จ.ศรีสะเกษ พบว่าเครื่องมือที่สร้างสามารถอ่านค่าจากเซนเซอร์ แปลงค่าที่ได้ให้เป็นพลังงานแสงอาทิตย์ รับส่งค่าตามคำสั่งของโปรแกรมที่ได้พัฒนาได้

ABSTRACT

TITLE : BUILDING EQUIPMENT FOR MEASURING AND RECORDING DATA OF SOLAR ENERGY IN UBON RATCHATHANI PROVINCE AND SI SA KET PROVINCE

AUTHOR : PANKORN MONTHONG

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : PHYSICS

ADVISOR : ASST. PROF. NIPON GASIPRONG, Ph.D.

KEYWORDS : SOLAR RADIATION SENSOR, SOLAR RADIATION

This research aimed to develop software and to fabricate circuits to measure solar energy from pyranometer sensors. We used ADS 1115 integrated circuit to converse analog voltages from the sensor to digital values. The voltage levels from the sensors are in the order of microvolts are conversed to millivolts. The ESP 8266 microcontroller is used to control the reading processes and sending data via WiFi network to the users. Raspberry pi receives data from ESP 8266 and send the data to Net pi to provide real time to users. The data also are kept in a file for further use.

We tested the developed equipment and measured solar radiation at the roof of physics department Ubon Ratchathani University and a village in Tumbon Samrongplun, Phrai Bueng district, Si sa ket Province, Thailand. The equipment could read data from the sensors, collect data, convert to solar radiation data, and receive and send data as expected by the developed software.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการทำวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 โครงสร้างของดวงอาทิตย์	3
2.2 แหล่งกำเนิดพลังงานแสงอาทิตย์	4
2.3 พลังงานทดแทน	5
2.4 ความเข้มรังสีอาทิตย์	5
2.5 สเปกตรัมของรังสีอาทิตย์	7
2.6 การวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์	8
2.7 เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์	10
2.8 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล	11
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 อุปกรณ์ในการวิจัย	16
3.2 การออกแบบวงจรหรือระบบการวัด	16
3.3 การอ่านค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากไพแรนอมิเตอร์	17
3.4 การสร้างวงจรและการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด ESP- 8266 ไปยัง Raspberry pi	19
3.5 การสร้างวงจรและการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด Raspberry pi ไปยัง NET pie	19
3.6 การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ Net Pie กับ Raspberry pi ที่เป็น User	20
3.7 การทดสอบเครื่องมือในการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.8 การเขียนโปรแกรมสร้างฐานข้อมูลใน Raspberry pi และจัดเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ลงในฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น	23
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 ผลที่ได้จากการสร้างวงจรและเขียนโปรแกรมควบคุมการอ่านค่าพลังงานแสงอาทิตย์	24
4.2 การสร้างวงจรและการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด ESP-8266 ไปยัง Raspberry pi	24
4.3 ผลการสร้างวงจรและการทดสอบโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด Raspberry pi ไปยัง NET pie	25
4.4 ผลการทดสอบโปรแกรมเชื่อมต่อ NET Pie กับ Raspberry pi ที่เป็น User	26
4.5 การทดสอบเครื่องมือในการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์	26
4.6 ผลของการสร้างฐานข้อมูลใน Raspberry pi และจัดเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ลงในฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น	30
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	32
5.2 ข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก	
ก แสดงตัวอย่างข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์	36
ข โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย	51
ประวัติผู้วิจัย	59

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าลักษณะเฉพาะของไพรานอมิเตอร์ Kipp and Zonen pyranometer cm 11	11

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างดวงอาทิตย์	4
2.2	การรวมตัวกันของไฮโดรเจนที่บริเวณแกนกลางของดวงอาทิตย์	4
2.3	การผ่านชั้นบรรยากาศของแสง (a) ณ.บริเวณเส้นศูนย์สูตร แสงกระทบตรงศีรษะ มีความเข้มสูง (b) ณ.บริเวณขั้วโลกเหนือละติจูดสูง (high latitude) ในขณะที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรแสงเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศยาวมีความเข้มแสงต่ำ	6
2.4	การผ่านชั้นบรรยากาศของแสงเวลาเที่ยงวัน (1) AM0 ตกกระทบนอกโลก (2) AM1 ตกกระทบตรงๆ ณ.บริเวณศูนย์สูตร (3) AM1.5 ตกกระทบ ณ.บริเวณขั้วโลกเหนือที่ละติจูด 48.2 องศา	7
2.5	สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์	8
2.6	รังสีอาทิตย์ที่ผ่านชั้นบรรยากาศมายังพื้นโลก (a)รังสีตรง (b) รังสีกระจาย และ (c) รังสีสะท้อน	9
2.7	ไพรานอมิเตอร์ Kipp and Zonen pyranometer cm 11	10
2.8	ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ADS 1115	12
2.9	บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีไอซี ESP – 8266 เป็นส่วนประกอบ	12
2.10	ส่วนประกอบของ Raspberry Pi 3 Model B	13
3.1	แผนภาพระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์	16
3.2	แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	17
3.3	แผนภาพวงจรการอ่านค่าจากไพรานอมิเตอร์	18
3.4	การสร้างวงจรและการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด ESP - 8266 ไปยัง Raspberry pi	19
3.5	การสร้างวงจรและการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด Raspberry pi ไปยัง NET pie	19
3.6	การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ NET Pie กับ Raspberry pi ที่เป็น User	20
3.7	ระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถส่งข้อมูลระยะไกลผ่านระบบ Net pie	21
3.8	การวัดพลังงานแสงอาทิตย์บนดาดฟ้า อาคารฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	22
3.9	แสดงการวัดพลังงานแสงอาทิตย์ ณ บ้านเลขที่ 112 หมู่ที่ 8 ตำบลสำโรงพลัน อำเภอยะผิง จ.ศรีสะเกษ	22
4.1	ผลที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมควบคุมการอ่านค่าพลังงานแสงอาทิตย์	24
4.2	ผลที่ได้จากการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด ESP - 8266 ไปยัง Raspberry pi	25
4.3	ผลการสร้างวงจรและการทดสอบโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด Raspberry pi ไปยัง NET pie	25
4.4	ผลการทดสอบโปรแกรมเชื่อมต่อ NET Pie กับ Raspberry pi ที่เป็น User	26

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.5	ตัวอย่างข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่บันทึกในคอมพิวเตอร์	27
4.6	ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ 14 พฤษภาคม 2561	27
4.7	ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ 15 พฤษภาคม 2561	28
4.8	ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ 21 มิถุนายน 2561	28
4.9	ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ 22 มิถุนายน 2561	29
4.10	ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ 24 มิถุนายน 2561	29
4.11	การเรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูลในวันที่ 24 มิถุนายน 2561	30
4.12	ฐานข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการทดสอบการวัดในจังหวัดศรีสะเกษ	31

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความจำเป็นและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ มนุษย์นำพลังงานจากซากดึกดำบรรพ์เช่น ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ มาใช้ในกระบวนการผลิต การขนส่ง และการดำเนินชีวิตประจำวัน การเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายอุตสาหกรรมของประเทศกำลังพัฒนาเป็นเหตุให้ต้องใช้พลังงานมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้มนุษย์ประสบปัญหาขาดแคลนพลังงาน

การนำพลังงานทดแทนมาใช้แทนพลังงานจากซากดึกดำบรรพ์นั้นเป็นอีกทางหนึ่งในการแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ซึ่งต้องคำนึงถึงความคุ้มค่า ความปลอดภัย และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พลังงานทดแทนที่กล่าวถึงก็คือพลังงานหมุนเวียน ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่หมดไป สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์เป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงาน เพราะเป็นพลังงานที่มีอยู่มาก มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย มีราคาต้นทุนลดลงมาก มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการใช้งาน

พลังงานที่เกิดจากดวงอาทิตย์จะแผ่ออกสู่อวกาศโดยรอบในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นต่างๆ เรียกว่า “รังสีอาทิตย์” นักวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาการวัดค่าคงตัวรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกมีค่า 1,367 วัตต์ต่อตารางเมตร [1] เมื่อรังสีอาทิตย์ผ่านชั้นบรรยากาศเข้ามายังพื้นผิวโลกก็จะถูกดูดกลืนโดย ไอน้ำ โอโซน โมเลกุลของแก๊สต่าง ๆ และฝุ่นละออง ทำให้ค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่บริเวณผิวโลกมีค่าลดลง ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่ระดับน้ำทะเลมีค่า 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร [2] พื้นที่ต่าง ๆ บนผิวโลกได้รับรังสีอาทิตย์ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ฤดูกาล และช่วงเวลา

การวัดรังสีอาทิตย์เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการวิจัยและการประยุกต์ใช้รังสีอาทิตย์ รังสีอาทิตย์ที่ผิวโลกแบ่งเป็น 4 ประเภทได้แก่ รังสีอาทิตย์ตรง รังสีอาทิตย์กระจาย รังสีอาทิตย์สะท้อน และรังสีอาทิตย์รวม การวัดรังสีอาทิตย์ประเภทต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน การวัดรังสีอาทิตย์รวมนั้นเป็นการวัดเพื่อเก็บข้อมูลสำหรับการสร้างระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์สุริยะ ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ การวัดรังสีอาทิตย์รวมต้องใช้เครื่องมือที่เรียกว่า “ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer)” ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดที่นักวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาและสร้างขึ้นหลายแบบ งานวิจัยนี้ใช้ไพรานอมิเตอร์แบบเทอร์โมไพล์ (Thermopile pyranometer) เนื่องจากสามารถตอบสนองต่อรังสีอาทิตย์ส่วนใหญ่ในช่วง 0.3-3.0 ไมครอน [3] สามารถทำงานในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้ และมีความละเอียดในการวัดสูง เอาท์พุทที่ได้จากไพรานอมิเตอร์เป็นค่าศักย์ไฟฟ้าซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก เครื่องบันทึกข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณดิจิทัล จากนั้นแปลงให้เป็นค่าพลังงานแสงอาทิตย์แล้วนำไปจัดเก็บในฐานข้อมูล

การจัดเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์มีความสำคัญต่อการวิจัยและพัฒนา เพราะการจัดเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์จะทำให้สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์และใช้ในการพยากรณ์ [4] ประมาณการค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคตได้ และสามารถนำข้อมูลไปเปรียบเทียบหรือคำนวณหาความ

คุ้มค่า หาประสิทธิภาพสูงสุด ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบที่ต้องอาศัยข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยจึงสร้างเครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมการอ่านค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากไพรานอมิเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และพัฒนาโปรแกรมในการควบคุมการอ่านค่า ส่งค่าพลังงานแสงอาทิตย์ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่าน WiFi เพื่อจัดเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และสามารถแสดงผลได้ตามเวลาจริง (Real time) [5]

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างอุปกรณ์วัดพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ไพรานอมิเตอร์ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล สามารถแสดงผลและนำไปวิเคราะห์ผล โดยทำการจัดเก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษและจังหวัดอุบลราชธานี

1.3 ขอบเขตการทำวิจัย

1.3.1 ใช้ไพรานอมิเตอร์รุ่น Kipp and Zonen pyranometer cm 11 ในการวัดค่ารังสีรวม Global radiation

1.3.2 สร้างโปรแกรมควบคุมการจัดเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ภาษา Python สำหรับควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP – 8266 , Raspberry pi

1.3.3 เก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ในเขต จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดศรีสะเกษ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ที่แสดงผลได้ทันที (Real time) สามารถเก็บข้อมูลได้ตลอดวัน และเรียกดูข้อมูลเมื่อผู้ใช้อยู่ในระยะใกล้ได้

1.4.2 ได้ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์บริเวณที่ทำการวัด เช่นจังหวัดอุบลราชธานี และ จังหวัดศรีสะเกษ เพื่อการประยุกต์ใช้ หรือทำการวิจัยต่อไป

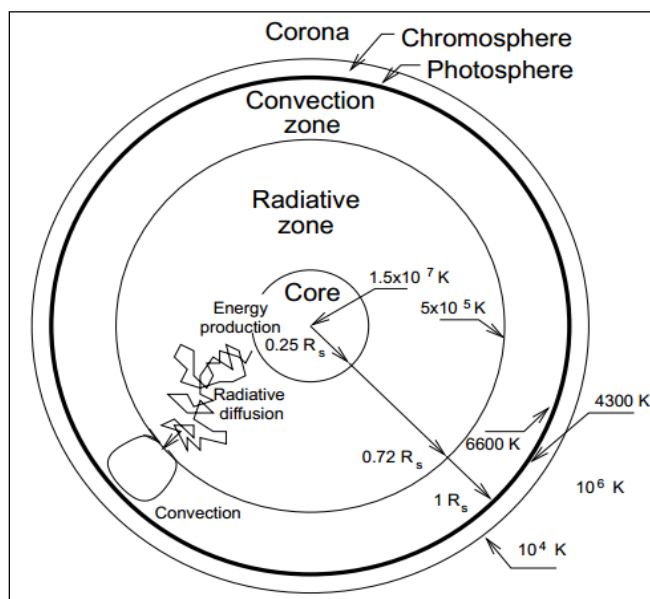
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงสร้างของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่มีขนาดใหญ่ ดวงอาทิตย์สามารถส่งพลังงานผ่านชั้นบรรยากาศมายังโลกประมาณ 1,367 วัตต์ต่อตารางเมตร พลังงานที่ดวงอาทิตย์ปล่อยออกมาอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศซึ่งประกอบไปด้วย อากาศ ไอน้ำ เมฆ และอนุภาคอื่น ๆ จะทำให้พลังงานบางส่วนถูกดูดกลืน ทำให้ตกกระทบผิวโลกประมาณ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร

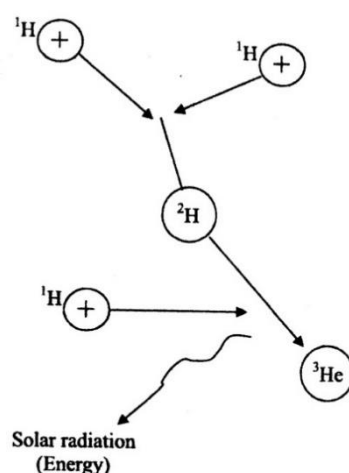
พลังงานแสงอาทิตย์ถูกสร้างขึ้นในแกนกลาง (core) ที่มีอุณหภูมิสูงด้วยปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ โดยมวลของดวงอาทิตย์ถูกดึงดูดด้วยแรงโน้มถ่วงจนทำให้บริเวณนี้มีความดันและอุณหภูมิสูง ภายนอกแกนกลางพลังงานจะไหลออกด้านนอกด้วยการแผ่รังสีในเขตการแผ่รังสี (Radiative zone) บริเวณรอยต่อระหว่างเขตการแผ่รังสีและเขตการพาความร้อน (Convection zone) อุณหภูมิจะลดลง ทำให้บริเวณนี้อนุภาคเคลื่อนที่ช้าลง ธาตุหนักมีโอกาสรวมตัวกับอิเล็กตรอนมากขึ้น เมื่อรวมตัวกันจึงเกิดการสะสมพลังงานทำให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและเคลื่อนตัวไปอยู่ข้างบน เกิดการถ่ายเทพลังงาน เมื่อพลังงานน้อยลงจะเคลื่อนที่มาอยู่ด้านล่างและหมุนเวียนมวลสาร ซึ่งเป็นการถ่ายเทพลังงานแบบพาความร้อน ชั้นถัดมาเป็นชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์ ชั้นล่างสุดที่อยู่ถัดจากชั้นการพาความร้อนคือชั้น โฟโตสเฟียร์ (Photosphere) พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลกส่วนใหญ่มาจากชั้นนี้ รังสีอาทิตย์จะอยู่ในช่วงคลื่นแสงสว่างและคลื่นอินฟราเรด ต่อจากชั้นโฟโตสเฟียร์จะเป็นชั้นโครโมสเฟียร์ (Chromosphere) ชั้นนี้ไม่สามารถเห็นด้วยตาเปล่าเพราะมีความเข้มการแผ่รังสีต่ำ และชั้นบนสุดของชั้นบรรยากาศคือชั้นโคโรนา (Corona) ชั้นนี้มีความหนาแน่นต่ำและมีอุณหภูมิสูง มวลสารชั้นนี้จึงสามารถเคลื่อนที่ได้ง่าย และบางครั้งก็สามารถหลุดออกมาสู่อวกาศภายนอกจึงเรียกว่า “ลมสุริยะ” โครงสร้างของดวงอาทิตย์ที่เราทราบในปัจจุบันแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างดวงอาทิตย์ [6]

2.2 แหล่งกำเนิดพลังงานของดวงอาทิตย์

จากการศึกษาสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ที่ส่งมายังผิวโลกจากชั้นโฟโตสเฟียร์ พบว่าส่วนประกอบหลักของมวลสารของดวงอาทิตย์ประกอบด้วยธาตุที่เบาที่สุด คือ ไฮโดรเจน (H) และฮีเลียม (He) จุดเริ่มต้นของรังสีอาทิตย์ที่โลกได้รับคือการแปลงไฮโดรเจนเป็นฮีเลียม ที่อุณหภูมิและความดันบริเวณใจกลางดวงอาทิตย์ฮีเลียมถูกสร้างจากไฮโดรเจน 4 ตัว โดยนิวเคลียส (Nuclei) ของไฮโดรเจน 4 ตัว รวมกันเป็นนิวเคลียสของฮีเลียม 1 ตัว ดังภาพที่ 2.2 ในระหว่างนั้น นิวเคลียสของไฮโดรเจน (Proton) ถูกทำให้ไม่เสถียรด้วยความร้อนและความดัน อันดับแรกจะรวมตัวกันเป็นนิวเคลียสของไฮโดรเจน 2 ตัว หลังจากนั้นนิวเคลียสเหล่านี้จะรวมตัวกับนิวเคลียสของไฮโดรเจนตัวที่สามเกิดเป็นฮีเลียม (^3He) พร้อมกับปล่อยพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า



ภาพที่ 2.2 การรวมตัวกันของไฮโดรเจนที่บริเวณแกนกลางของดวงอาทิตย์ [7]

ดวงอาทิตย์คือ พลาสมาขนาดใหญ่ประกอบด้วยไฮโดรเจน ฮีเลียมแรกเริ่ม และอะตอมของธาตุอื่นจำนวนเล็กน้อย พลาสมา (Plasma) คือสถานะของสสารเมื่ออิเล็กตรอนถูกแยกจากนิวคลีไอเพราะอุณหภูมิที่สูงทำให้พลังงานจลน์ของนิวคลีไอและอิเล็กตรอนสูงไปด้วย โปรตอนถูกเปลี่ยนไปเป็นนิวคลีไอของฮีเลียมและพลังงานโดยกระบวนการหลอมรวม (Fusion) มวลของโปรตอนทั้ง 4 ตัวมีค่ามากกว่ามวลของฮีเลียม มวลของสสารที่เป็นส่วนเกินถูกเปลี่ยนไปเป็นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าโดยตรงและกลายเป็นแหล่งพลังงานมหาศาลของพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานนี้ถูกสร้างขึ้นในส่วนของแกนกลางของดวงอาทิตย์ถูกส่งผ่านออกไปจากผิวของดวงอาทิตย์โดยผ่านการแผ่รังสีไปในอวกาศดวงอาทิตย์มีมวล 99% ของระบบสุริยะ ความหนาแน่นเฉลี่ยของดวงอาทิตย์มากกว่าน้ำเล็กน้อยที่ 1.4 g/cm^3 สาเหตุเพราะดวงอาทิตย์ประกอบด้วยธาตุที่เบาที่สุดคือไฮโดรเจน ดวงอาทิตย์ปล่อยพลังงานมหาศาลจากสมการที่ 2.1 ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันของไฮโดรเจนและฮีเลียม ในอุณหภูมิ $1.5 \times 10^6 \text{ K}$ ภายในแกนกลางของดวงอาทิตย์ [7]



2.3 พลังงานทดแทน

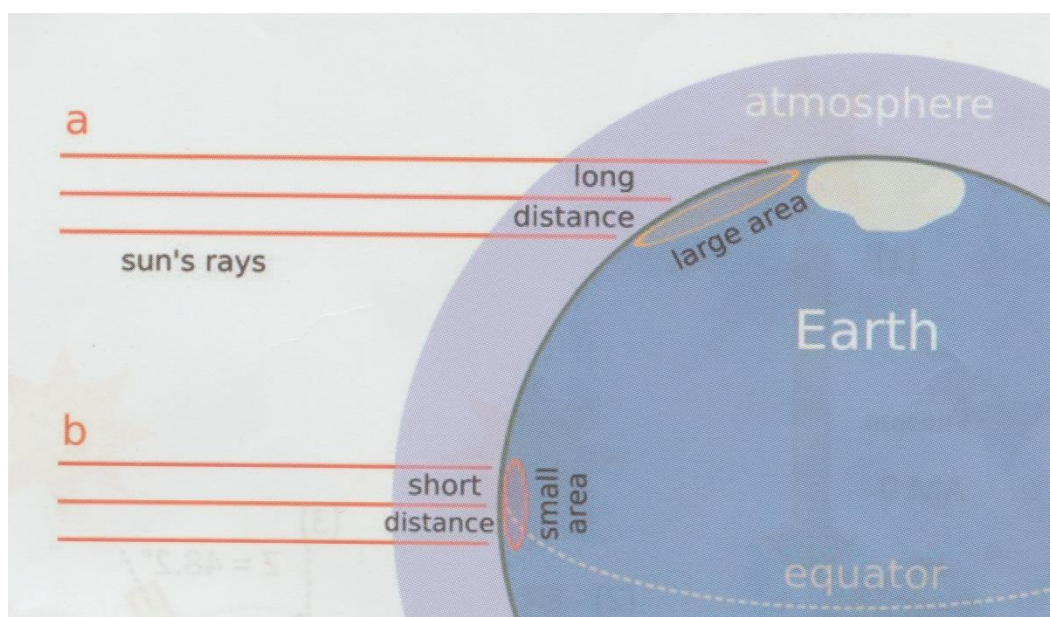
การผันพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรงโดยใช้สารกึ่งตัวนำไฟฟ้าที่เหมาะสมผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่าโฟโตโวลเทอิกเซลล์ (Photovoltaic cell : PV cells) หรือเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) เป็นวิธีการที่ฉลาดที่สุดวิธีหนึ่งเนื่องจากใช้เวลาในการผันสั้นมากในเวลาเพียงเสี้ยววินาที นอกจากนี้แล้วพลังงานแสงอาทิตย์ยังเป็นพลังงานยั่งยืน (sustainable energy) ใช้ไม่หมดและไม่ปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกใดๆ สหประชาชาติโลกจึงกล่าวได้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานสะอาดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันถือว่าพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนหรือพลังงานทางเลือก (alternative energy) พลังงานหมุนเวียน (renewable Energy) ที่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้ไม่หมดรบบเท่าที่ดวงอาทิตย์อยู่กับเรา

พลังงานทดแทนอื่นๆ ได้แก่ พลังงานลม (wind) พลังงานชีวมวล (Biomass) พลังงานแก๊สชีวมวล (Biogas) พลังงานน้ำ (Hydroelectric) พลังงานความร้อนใต้พิภพ (Geothermal Energy) เป็นต้น

2.4 ความเข้มรังสีของดวงอาทิตย์

ความเข้มแสงอาทิตย์ตกกระทบบนก่อนถึงชั้นบรรยากาศโลกมีค่า $1,367$ วัตต์ต่อตารางเมตร เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศสู่ผิวโลกพลังงานแสงอาทิตย์บางส่วนถูกดูดกลืนโดยบรรยากาศของโลกทำให้ความเข้มแสงอาทิตย์ตกกระทบบนมีค่าประมาณ $1,000$ วัตต์ต่อตารางเมตรความเข้มแสง $1,367$ วัตต์ต่อตารางเมตร อ้างถึง Air mass 0 (AM 0) หมายถึงความเข้มแสงอาทิตย์ที่ยังไม่ผ่านชั้นบรรยากาศของโลกโดยทั่วไปวันที่แสงแดดกระทบบนผิวโลกตรงๆบริเวณทะเลทรายและไม่มีเมฆความเข้มแสงอาทิตย์อาจถึง $1,350$ วัตต์ต่อตารางเมตร ในขณะที่ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ผ่านชั้นบรรยากาศของโลกและตกทำมุม 48.2 องศา กับแนวตั้ง หรือ Air mass 1.5 (Am1.5) มีค่าประมาณ $1,000$ วัตต์ต่อตารางเมตร หรือ 100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ($1 \text{ KW/m}^2 = 100 \text{ mW/cm}^2$) ทั้งนี้ความเข้มแสงอาทิตย์ลดลง

เนื่องจากผ่านชั้นบรรยากาศโลกยาวมาก บรรยากาศโลกดูดกลืนพลังงานแสงไปบางส่วนจากภาพที่ 2.3 จะเห็นว่าถ้าวัดความเข้มแสงของคนที่อยู่ทางขั้วโลกเหนือละติจูดสูง (high latitude) จะวัดความเข้มแสงได้น้อยกว่าคนที่อยู่เส้นศูนย์สูตร (equator) เนื่องจากที่ละติจูดสูงหรือที่ขั้วโลกเหนือแสงจะเดินทางผ่านบรรยากาศโลกที่ยาวไกลกว่า ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การผ่านชั้นบรรยากาศของแสง (a) ณ.บริเวณเส้นศูนย์สูตร แสงกระทบตรงศีรษะมีความเข้มสูง (b) ณ.บริเวณขั้วโลกเหนือละติจูดสูง (high latitude) ในขณะที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรแสงเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศยาวมีความเข้มแสงต่ำ

โดยทั่วไป Air mass x (AMx) คืออัตราส่วนความยาวที่แสงผ่านชั้นบรรยากาศต่อความยาวที่แสงผ่านตรงศีรษะ (L_0 : Zenith path length) ดังสมการที่ 2.2

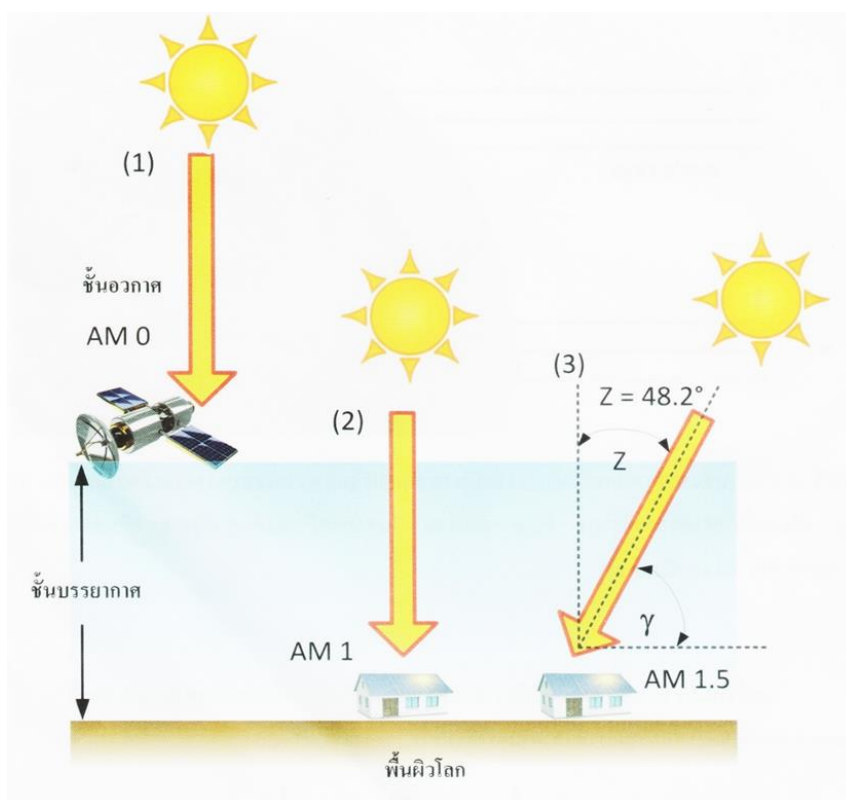
$$AMx = \frac{L}{L_0} \approx \frac{1}{\cos(Z)} = \frac{1}{\sin(\gamma)} \quad (2.2)$$

เมื่อใช้ $\cos(z)$ เมื่อ z คือมุม zenith ($z = \text{Zenith angle}$) ในหน่วยองศาหรืออาจใช้ $\sin(\gamma)$ เมื่อ γ คือมุมสูงของดวงอาทิตย์ ($\gamma = \text{Sun height angle}$) ดังภาพที่ 2.4 ตัวอย่าง Air mass 1 คือ เมื่อแสงตกกระทบตรงมุม 0 องศา

$$AM = \frac{1}{\cos(Z)} = \frac{1}{\cos 0} = 1 \text{ เรียกว่า Air mass 1 หรือ AM1}$$

ถ้าแสงตกกระทบเฉียงทำมุม 48.2 องศากับแนวตั้ง Air mass 1 คือ

$$AM = \frac{1}{\cos(Z)} = \frac{1}{\cos 48.2} = \frac{1}{0.6665} = 1.5 \text{ เรียกว่า Air mass 1.5 หรือ AM1.5}$$

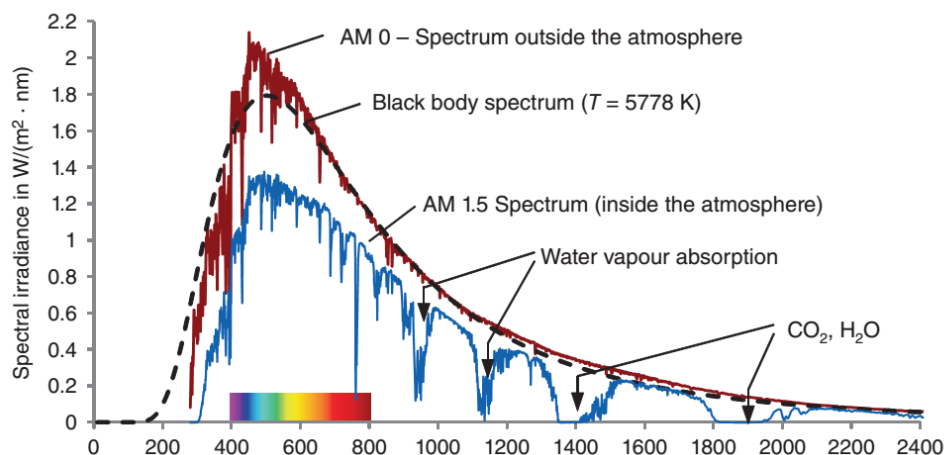


ภาพที่ 2.4 การผ่านชั้นบรรยากาศของแสงเวลาเที่ยงวัน (1) AM0 ตกกระทบนอกโลก (2) AM1 ตกกระทบนตรงๆ ณ.บริเวณศูนย์สูตร (3) AM1.5 ตกกระทบน ณ.บริเวณขั้วโลกเหนือที่ ละติจูด 48.2 องศา

เมื่อแสงตกกระทบบเซลล์แสงอาทิตย์ ความเข้มหรือพลังงานแสงแสง (วัด: W) ต่อพื้นที่ (ตารางเมตร: m^2) ของเซลล์แสงอาทิตย์หรือเรียกว่าฟลักซ์ของพลังงาน (energy flux) ที่ตกกระทบบเซลล์แสงอาทิตย์จะต่างกันและขึ้นอยู่กับมุมที่ระนาบของเซลล์แสงอาทิตย์กระทำต่อลำแสง ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานแสงต่างกัน

2.5 สเปกตรัมของรังสีอาทิตย์

วัตถุร้อนสามารถแผ่รังสีไปยังรอบๆตัวมันได้ตามกฎการแผ่รังสีของแพลงค์ (Planck's law of radiation) อุณหภูมิพื้นผิวเป็นตัวกำหนดสเปกตรัมของการแผ่รังสี ในกรณีของดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิพื้นผิวเป็น 5778 K ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงกับสเปกตรัมของวัตถุดำในอุดมคติดังภาพที่ 2.5 สเปกตรัมที่วัดได้นอกบรรยากาศโลก (AM0) มีค่าใกล้เคียงกับในอุดมคติ AM0 หมายถึง Air mass 0 หมายความว่าแสงไม่ได้ผ่านชั้นบรรยากาศ



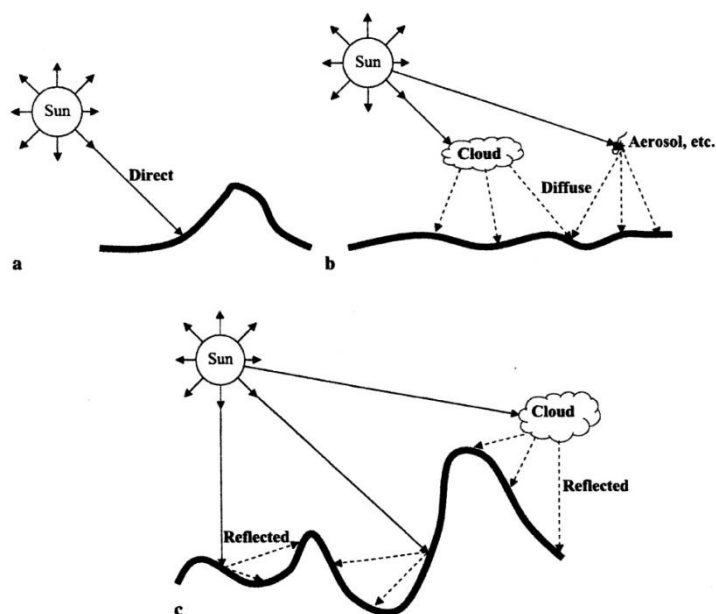
ภาพที่ 2.5 สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์ [1]

รังสีอาทิตย์ที่ผ่านชั้นบรรยากาศมาถึงโลกลดลง ซึ่งสาเหตุมาจากการสะท้อนของแสง การดูดกลืนแสงของโมเลกุลของ O_2 O_3 H_2O CO_2 เป็นต้น เมื่อโมเลกุลเหล่านี้ถูกกระตุ้นด้วยความยาวคลื่นของรังสีและดูดกลืนบางส่วนของรังสีโดยเฉพาะช่วงอินฟราเรด จากภาพที่ 2.5 ช่วงความยาวคลื่นเท่ากับ 1400 nm การกระเจิงของเรลลีย์เกิดขึ้นเมื่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบอนุภาคซึ่งมีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นเกิดการกระเจิงของเรลลีย์การกระเจิงขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น ทำให้ความยาวคลื่นที่สั้นมากๆ จะเกิดการกระเจิงมาก

การกระเจิงที่เกิดจากฝุ่นละอองในบรรยากาศเกิดกับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวคลื่นของแสงการกระเจิงของฝุ่นละอองจะขึ้นอยู่กับสถานที่ เช่น รังสีอาทิตย์มักจะกระเจิงมากบริเวณเขตพื้นที่อุตสาหกรรมหรือที่มีประชากรหนาแน่น

2.6 การวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์

การวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านชั้นบรรยากาศสามารถวัดได้ 4 ลักษณะ [8] ดังนี้อ้างอิงสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2544)



ภาพที่ 2.6 รังสีอาทิตย์ที่ผ่านชั้นบรรยากาศมายังพื้นโลก (a)รังสีตรง (b) รังสีกระจาย และ (c) รังสีสะท้อน [7]

2.6.1 การวัดรังสีตรง (direct radiation)

การวัดรังสีตรง คือการวัดค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่แสงเดินทางเป็นเส้นตรงเข้าสู่เครื่องมือวัด ไม่เป็นรังสีที่ผ่านการสะท้อนหรือหักเหจากชั้นบรรยากาศของโลก ดังนั้นจึงมีองค์ประกอบเฉพาะองค์ประกอบของรังสีตรงเพียงอย่างเดียว

2.6.2 การวัดรังสีกระจาย (diffuse radiation)

การวัดรังสีกระจายคือการวัดค่ารังสีอาทิตย์ ที่แผ่ตกกระทบกับชั้นบรรยากาศของโลก เกิดการสะท้อนหรือหักเหและกระจายในบรรยากาศของโลกมีทิศทางของรังสีดวงอาทิตย์ไม่แน่นอน ดังนั้นการวัดรังสีกระจายจึงวัดค่ารังสีรวมและกำจัดค่ารังสีตรง โดยวิธีบังแสงอาทิตย์ที่เดินทางเป็นเส้นตรงถึงเครื่องมือวัด จะเหลือเฉพาะองค์ประกอบของรังสีกระจายเท่านั้น

2.6.3 การวัดรังสีสะท้อน (reflected radiation)

การวัดรังสีสะท้อน คือการวัดค่ารังสีอาทิตย์ที่กระทบพื้นโลกแล้วสะท้อนมายังเครื่องมือวัด ดังนั้นการติดตั้งเครื่องมือวัดจึงหันด้านหน้าเข้าหาพื้น

2.6.4 การวัดรังสีรวม (global radiation)

การวัดผลของรังสีรวมทั้งหมด คือการวัดว่ารังสีแสงอาทิตย์ที่เกิดจากรังสีตรงและรังสีกระจาย ดังนั้นการวัดค่ารังสีรวมจึงเป็นการวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์โดยไม่มีการบังแสงอาทิตย์

2.7 เครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์

การวัดพลังงานแสงอาทิตย์สามารถวัดได้โดยใช้เครื่องมือวัดรังสีรวม (pyranometer) แบ่งได้ 3 ชนิด ตามประเภทการใช้งาน

2.7.1 เครื่องวัดรังสีรวมแบบโรบิตซ์ (robitzsch pyranometer)

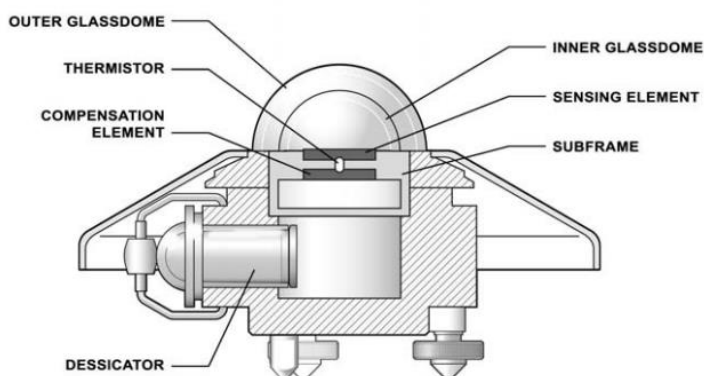
เครื่องวัดแบบโรบิตซ์ใช้หลักการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ แผ่นรับรังสีอาทิตย์สีดำจะสามารถดูดกลืนรังสีอาทิตย์มากกว่าแผ่นรับรังสีอาทิตย์สีขาว ทำให้แผ่นสีดำขยายตัวเนื่องจากความร้อนจากรังสีอาทิตย์มากกว่าแผ่นสีขาว แรงที่เกิดจากการขยายตัวจะทำให้ปากกาที่ใช้บันทึกสัญญาณลงกระดาษเคลื่อนที่เพื่อบันทึกสัญญาณลงกระดาษ สัญญาณที่บันทึกได้จะต้องนำไปแปลงเป็นค่ารังสีอาทิตย์โดยการสอบเทียบกับอุปกรณ์ที่สามารถวัดค่ารังสีอาทิตย์ได้โดยตรง [3]

2.7.2 เครื่องวัดรังสีรวมแบบโฟโตโวลตาอิก (photovoltaic pyranometer)

ไพรานอมิเตอร์แบบโฟโตโวลตาอิกใช้หลักการของสารกึ่งตัวนำโดยที่มีรอยต่อพี-เอ็น ซึ่งเครื่องวัดจะประกอบไปด้วยด้านบนเป็นแผ่นกระจายรังสีและมีสารกึ่งตัวนำอยู่ด้านล่าง เมื่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบแผ่นกระจายรังสี รังสีอาทิตย์จะถูกกระจายผ่านลงมาถึงตัวนำและเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้ สามารถนำไปแปลงให้เป็นค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์โดยอาศัยการสอบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน [3]

2.7.3 เครื่องวัดรังสีแบบเทอร์โมไพล์ (thermopile pyranometer)

ส่วนประกอบของไพรานอมิเตอร์แบบเทอร์โมไพล์ ดังภาพที่ 2.7 ทำจากแผ่นเซรามิกเคลือบสีดำมีเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) จำนวนมากต่อกันเป็นเทอร์โมไพล์ (Thermopile) เทอร์โมไพล์จำนวนมากเหล่านี้ถูกสร้างเป็นแผ่นฟิล์มไว้บนแผ่นเซรามิกสีดำ ที่ขอบของแผ่นประกอบไปด้วยจุดเชื่อมต่อที่เย็น (Cold junctions) จำนวนมาก ส่วนตรงกลางแผ่นเซรามิกจะมีจุดเชื่อมต่อที่ร้อน (Hot junctions) จำนวนมาก เมื่อรังสีตกกระทบแผ่นรับรังสี รังสีที่ถูกดูดกลืนทำให้เกิดความร้อนในแนวรัศมีไปยังขอบของแผ่น ทำให้ตรงกลางแผ่นมีอุณหภูมิสูงขึ้น เกิดศักย์ไฟฟ้า นำศักย์ไฟฟ้าที่ได้ไปคำนวณหาค่าพลังงานแสงอาทิตย์ [9]



ภาพที่ 2.7 ไพรานอมิเตอร์ Kipp and Zonen pyranometer cm 11

ไพรานอมิเตอร์ Kipp and Zonen pyranometer cm 11 มีลักษณะเฉพาะดังนี้ มีสภาพตอบสนองหรือสภาพไวแสง (Sensitivity) $4-6 \mu\text{V/W/m}^2$ สามารถตอบสนองต่อสเปกตรัมรังสีอาทิตย์ (Spectral Range) ในช่วงความยาวคลื่น 305 - 28000 nm สามารถทำงานในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิแตกต่างกันได้ (Temperature dependence) กล่าวคือจะมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ $\pm 1\%$ เมื่อมีอุณหภูมิแวดล้อมอยู่ระหว่าง -10 ถึง 40°C มีเวลาการตอบสนองสั้นอยู่ที่ 15 วินาที ซึ่งเป็นเวลาในการเพิ่มขึ้นของสัญญาณจากค่าต่ำสุดถึง 95% ของสัญญาณสูงสุดที่วัดได้ ลักษณะเฉพาะทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าลักษณะเฉพาะของไพรานอมิเตอร์ Kipp and Zonen pyranometer cm 11

Pyranometer Specifications cm11	values
Spectral Range	305 – 2800 nm (50% points)
Sensitivity	$4 - 6 \mu\text{V/W/m}^2$
Impedance (nominal)	700 – 1500 Ω
Response time (95%)	15 sec.
Non-linearity	$< \pm 0.6 \%$ ($< 1000 \text{ W/m}^2$)
Temp.dependence of sensitivity	$< \pm 1\%$ (-10 to $+40^\circ\text{C}$)
Directional error	$< \pm 10\% \text{ W/m}^2$ (beam 1000 W/m^2)
Tilt error	None
Zero-offset due to temp.changes	$< \pm 2\% \text{ W/m}^2$ at 5 K/h temp.change
Operating temperature	-40°C to $+80^\circ\text{C}$
ISO-9060 Class	Secondary Standard
Dimensions WxH	150.0 mm x 91.5 mm
Weight	850 grams
Cable length	10 m

2.8 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ค่าเอาต์พุตที่ออกมาจากไพรานอมิเตอร์เป็นสัญญาณอนาลอกจึงต้องทำการแปลงจากสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลโดยใช้ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ADS1115 สำหรับรับและแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลความละเอียด 16 - bit ส่งงานผ่านบัส I2C ต้องมีไฟเลี้ยง 2 ถึง 5 โวลต์ สามารถโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานได้ [10] ดังภาพที่ 2.8



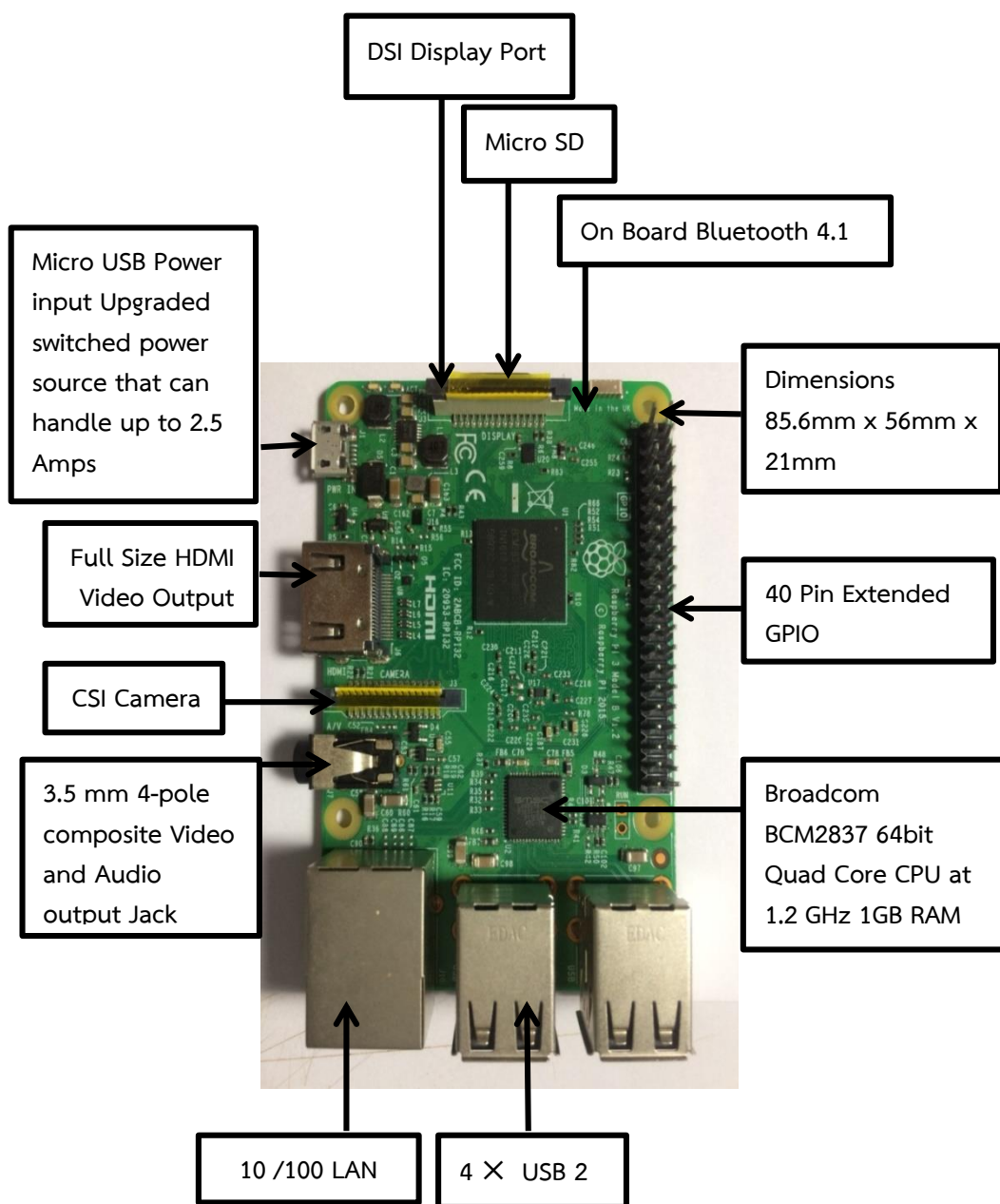
ภาพที่ 2.8 ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ADS 1115

ในการควบคุมการอ่านค่าและส่งค่าข้อมูลทาง WiFi จะใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีไอซี ESP - 8266 [11] ซึ่งสามารถโปรแกรมเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ESP8266 ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.3V - 3.6V มีตัวรับสัญญาณและแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล 10 บิต ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีไอซี ESP - 8266 เป็นส่วนประกอบ

Raspberry Pi [12] เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ขนาดประมาณบัตรเครดิต ออกแบบโดย Raspberry Pi Foundation สำหรับใช้ในการทดลอง และการศึกษา มีพอร์ตหรือช่องต่ออุปกรณ์ เช่น HDMI USB และ Ethernet เป็นต้น สามารถเชื่อมต่อกับ Net pie ในการส่งข้อมูลระยะไกลได้ นอกจากนี้ยังสามารถเขียนโปรแกรมสำหรับจัดเก็บข้อมูลเป็นฐานข้อมูล Raspberry Pi 3 Model B มีขนาด 85 x 56 x 17 มม. ชิพประมวลผล Broadcom BCM2837 64-bit ARM Quad-core ความเร็ว 1.2GHz สามารถส่งสัญญาณ Wireless และช่องต่อแสดงผล HDMI ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ส่วนประกอบของ Raspberry Pi 3 Model B

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทางเลือก (Alternative energy) ที่ควรนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่กระทบบนโลกต่อปีมีค่ามากกว่าพลังงานที่มนุษย์ต้องการใช้ต่อปี ประมาณ 7,000 เท่า อีกทั้งยังเป็นพลังงานที่ยั่งยืนสามารถใช้ได้จนกว่าดวงอาทิตย์จะดับไป และเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย

พลังงานแสงอาทิตย์เกิดจากการปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์ไปยังบริเวณโดยรอบ ผ่านชั้นบรรยากาศมายังผิวโลกเรียกว่า “รังสีอาทิตย์” รังสีอาทิตย์วัดที่บริเวณนอกชั้นบรรยากาศโลก เรียกว่า “ค่าคงที่รังสีอาทิตย์” (Solar constant) มีค่า 1,367 วัตต์ต่อตารางเมตร เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศโลกที่มีไอน้ำ โอโซน ฝุ่นละออง ความหนาแน่นของอากาศทำให้อัตราการแผ่รังสีที่บริเวณผิวโลกมีค่า 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร

วัตถุประสงค์ของการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับนำไปใช้ เช่น การวัดเพื่อเก็บข้อมูลประกอบการพยากรณ์อากาศจะทำการวัดโดยสถานีวัดในบริเวณต่าง ๆ Lorena Cornejo et al (2017) นำเสนอข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลการวัดการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้ง 3 สถานี ในเขตพื้นที่ Arica Parinacota ประเทศชิลี วัดและวิเคราะห์รังสีรวม, รังสีกระจายและรังสีตรง อุณหภูมิผิว ความเร็วลม ทิศทางลม เก็บข้อมูลมากกว่า 1 ปี ในแต่ละสถานี [13] การวัดพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการพยากรณ์หรือสร้างแบบจำลองเพื่อคำนวณหาพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อรวมกับระบบพลังงานที่ใช้ภายในประเทศ S.Mohanty et al (2017) การพยากรณ์พลังงานแสงอาทิตย์เป็นขั้นตอนที่จำเป็นในการรวมพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับโครงข่ายพลังงานของประเทศอินเดีย [4] การวัดเพื่อการคำนวณหาบริเวณที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ผันพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic panel)

รังสีอาทิตย์มีอยู่ 3 ชนิด คือรังสีตรง รังสีกระจาย รังสีรวม การวัดรังสีอาทิตย์ต้องใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการวัด การวัดรังสีรวมจะเป็นการวัดเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ การวัดรังสีรวมสามารถวัดโดยวางเซนเซอร์บนพื้นราบหรือสร้างอุปกรณ์ที่สามารถติดตามดวงอาทิตย์ได้ (Solar tracking) ซึ่งค่ารังสีอาทิตย์รวมที่ได้จากการวัดแบบติดตามดวงอาทิตย์จะมีค่ามากกว่าค่ารังสีอาทิตย์รวมที่วัดบนพื้นราบ เมื่อได้ค่ารังสีรวมที่ได้จากพื้นราบเราสามารถคำนวณหารังสีอาทิตย์รวมที่ได้จากการติดตามดวงอาทิตย์ได้ ธนกร ลิ้มสุวรรณ (2552) ได้พัฒนาระบบติดตามดวงอาทิตย์ โดยใช้การคำนวณจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการคำนวณและควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์ และได้ทดลองเปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่วัดได้จากไพรานอมิเตอร์ที่ติดตั้งบนเครื่องติดตามดวงอาทิตย์กับค่ารังสีที่วัดได้จากไพรานอมิเตอร์ที่ติดตั้งบนพื้นราบ พบว่าค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่วัดได้จากไพรานอมิเตอร์ที่ติดตามดวงอาทิตย์มีค่ามากกว่าค่ารังสีที่วัดได้จากไพรานอมิเตอร์ที่ติดตั้งบนพื้นราบร้อยละ 22 [8]

การวัดรังสีอาทิตย์รวมจะใช้ไพรานอมิเตอร์ในการวัด ซึ่งมีอยู่หลายแบบ มีหลักการทำงานแตกต่างกัน เช่น แบบเทอร์โมไพล์ ทำจากเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) จำนวนมากต่อกันแบบอนุกรมซึ่งเรียกว่าเทอร์โมไพล์ (Thermopile) โดยมีแผ่นรับรังสีอาทิตย์ (สีดำ) เมื่อรังสีตกกระทบแผ่นรับรังสี ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังเทอร์โมไพล์ ทำให้เทอร์โมไพล์มีอุณหภูมิสูงขึ้น เกิดศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วเทอร์โมไพล์ ค่าสัญญาณที่ออกมาจะเป็นค่าศักย์ไฟฟ้า หรือ กระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก

ทำให้มีความลำบากในการจัดเก็บข้อมูล จึงต้องแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยอุปกรณ์แปลงสัญญาณ ADC พัฒนาการของเครื่องมือวัดเริ่มจากเครื่องมือวัดที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลขับเคลื่อนปากกาให้บันทึกสัญญาณลงกระดาษซึ่งเคลื่อนที่ด้วยระบบไชลาน การมีเครื่องบันทึกข้อมูลที่แสดงเป็นตัวเลขออกมา การบันทึกข้อมูลลงในวัสดุเก็บข้อมูลเช่น แผ่นดิสฮาร์ดดิส การเก็บข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ และการเก็บข้อมูลระยะไกล (Remote) Renata I.S. Pereira et al (2018) ได้ทำการอธิบายและทดสอบระบบแสดงผลพลังงานหมุนเวียน ด้วยการเก็บข้อมูลและส่งผ่านข้อมูลตามเวลาจริง (Real time) ผ่านระบบ cloud โดยใช้บอร์ด Raspberry pi ในการติดต่อซึ่งสามารถวัดศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าได้จากอุปกรณ์ผันพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ พลังงานแสงอาทิตย์ และความชื้นสัมพัทธ์ได้ [5]

บทที่ 3

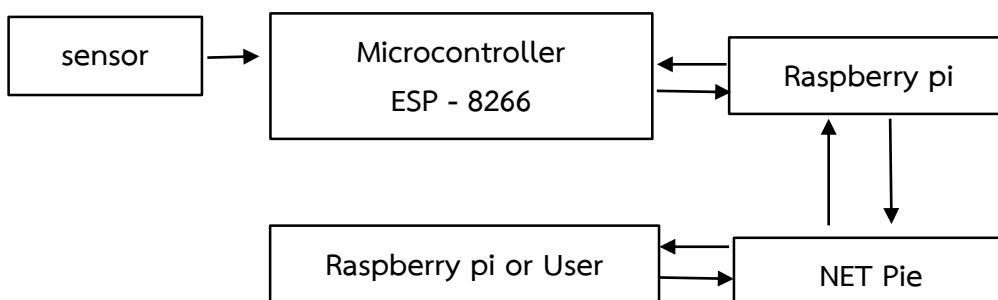
วิธีการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ในการวิจัย

- 3.1.1 เซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดพลังงานแสงอาทิตย์คือ Kipp and Zonen pyranometer รุ่น cm 11
- 3.1.2 ตัวแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล Analog to digital converter (ADC ขนาด 16 บิต รุ่น ADS 1115)
- 3.1.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP – 8266 [8] ทำหน้าที่รับค่าจาก ตัวแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล Analog to digital converter (ADC)
- 3.1.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry pi ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับ Net pie เพื่อการรับค่าข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ จาก ESP – 8266 ส่งไปยัง Net pie
- 3.1.5 เครื่องคอมพิวเตอร์

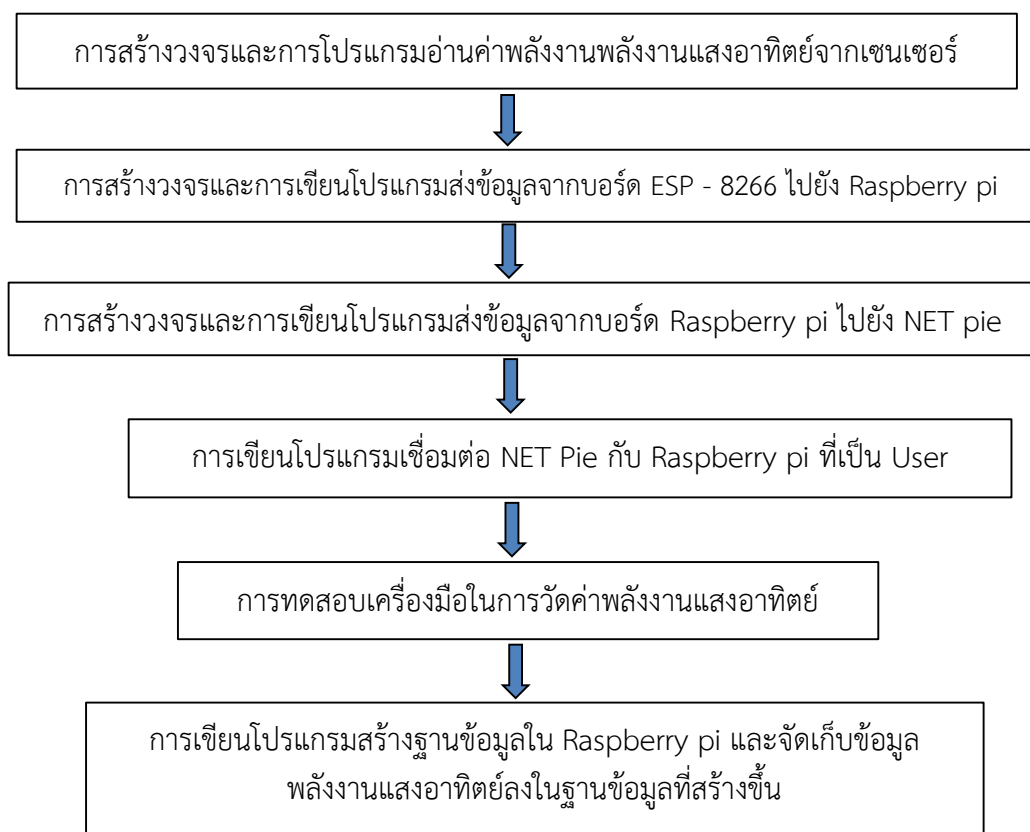
3.2 การออกแบบวงจรหรือระบบการวัด

ในการสร้างระบบวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้แสดงผลได้แบบตามเวลาจริง จะต้องมีส่วนประกอบในการทำงานหลายส่วน คือ เซนเซอร์ ในงานวิจัยนี้จะใช้ไพรานอมิเตอร์เพื่อวัดค่าความเข้มรังสีรวมซึ่งจะอ่านค่าสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณอนาลอก ดังนั้นจึงต้องแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อให้สามารถควบคุมได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจะส่งต่อข้อมูลไปยัง Raspberry pi เพื่อให้ Raspberry pi ส่งต่อข้อมูลไปยัง NET Pie ซึ่งผู้ใช้ User สามารถเรียกดูข้อมูลค่าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ด้วยการรันโปรแกรมเชื่อมต่อกับ NET Pie ดังแผนภาพที่ 3.1 นอกจากนี้ข้อมูลจะถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป



ภาพที่ 3.1 แผนภาพระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์

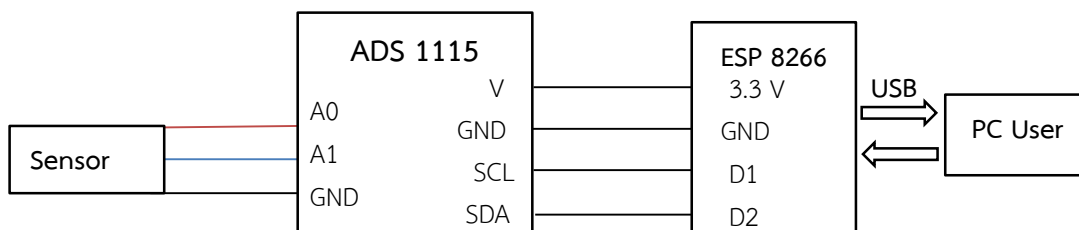
ในงานวิจัยเล่มนี้ได้ออกแบบระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์ให้สามารถอ่านค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากไพรานอมิเตอร์ที่สามารถแสดงผลแบบตามเวลาจริง ซึ่งจะต้องส่งค่าข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการเขียนโปรแกรม ESP - 8266 บอร์ด Raspberry pi เชื่อมต่อกับ Net pie และจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลใน Raspberry pi ขั้นตอนดำเนินการวิจัยแสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.3 การอ่านค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากไพรานอมิเตอร์

การอ่านค่าพลังงานแสงอาทิตย์ ค่าที่อ่านได้จากไพรานอมิเตอร์ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก จึงต้องทำการแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลก่อน ในงานวิจัยนี้จะใช้ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (ADC) เป็น ไอซี ADS 1115 ต่อกับบอร์ด ESP - 8266 โดยทำการสร้างวงจรแสดงดังภาพที่ 3.3 จากนั้นทำการทดสอบการอ่านค่า ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่า STEP



ภาพที่ 3.3 แผนภาพวงจรการอ่านค่าจากไพรานอมิเตอร์

3.3.1 ขั้นตอนการทำงาน

ภายในเซนเซอร์ประกอบด้วยแผ่นเซรามิกสีดำและสีขาวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ต่อเชื่อมจุดกึ่งกลางของทั้งสองแผ่นด้วยเทอร์มิสเตอร์ โดยแผ่นสีดำอยู่ด้านบนรับรังสีอาทิตย์ จะทำให้แผ่นบนเกิดความร้อนมากกว่าแผ่นล่าง เมื่อเกิดความร้อนที่ต่างกันจะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมแผ่นเซรามิกทั้งสอง ซึ่งค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจะมีขนาดระดับไมโครโวลต์ไปจนถึงระดับมิลลิโวลต์ จากค่าความไว (sensitivity) ของไพรานอมิเตอร์มีค่าเป็น $5 \mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$ ในการที่ ADC อ่านค่ามานั้นความต่างศักย์อ้างอิงที่เราเลือกใช้คือ 0.512V ซึ่ง ADC ที่มีความละเอียด 16 บิต นั้น จะมีความละเอียด

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2^{16}} \times 0.512\text{V} \\
 &= \frac{1}{65,536\text{step}} \times 0.512\text{V} \\
 &= 7.81\mu\text{V} / \text{step}
 \end{aligned}$$

จากค่า sensitivity $5\mu\text{V} = 1\text{W} / \text{m}^2$ ถ้า ADC อ่านค่าได้ 500step หมายความว่า ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ $500\text{step} \times 7.81\mu\text{V} / \text{step} = 3905\mu\text{V}$

$$\text{ดังนั้น ค่าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ } \frac{(3905\mu\text{V} \times 1\text{W} / \text{m}^2)}{5\mu\text{V}} = 781\text{W} / \text{m}^2$$

3.3.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าจากเซนเซอร์ แล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลโดย ADC converter ที่มีความละเอียด 16 บิต ได้ค่าระหว่าง 0 ถึง $\pm 32,768$ ออกมาในหน่วยโวลต์

3.3.3.2 แปลงจากตัวเลขเป็นความต่างศักย์

3.3.3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์แปลงค่าความต่างศักย์ให้เป็นค่าพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้

$$\text{สมการ } E = \frac{V}{S} \text{ โดยที่}$$

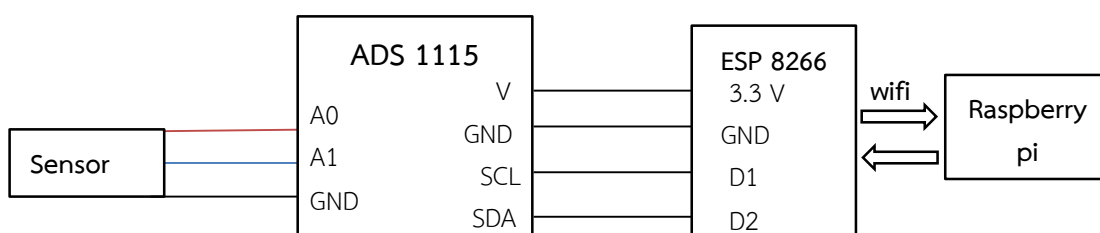
E คือพลังงานแสงอาทิตย์ในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร

V คือค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้จากไพรานอมิเตอร์ในหน่วยโวลต์

S คือค่า sensitivity สำหรับไพรานอมิเตอร์ Kipp and Zonen pyranometer cm 11 มีค่าเป็น $5\mu\text{V} / \text{W} / \text{m}^2$

3.4 การสร้างวงจรและการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด ESP-8266 ไปยัง Raspberry pi

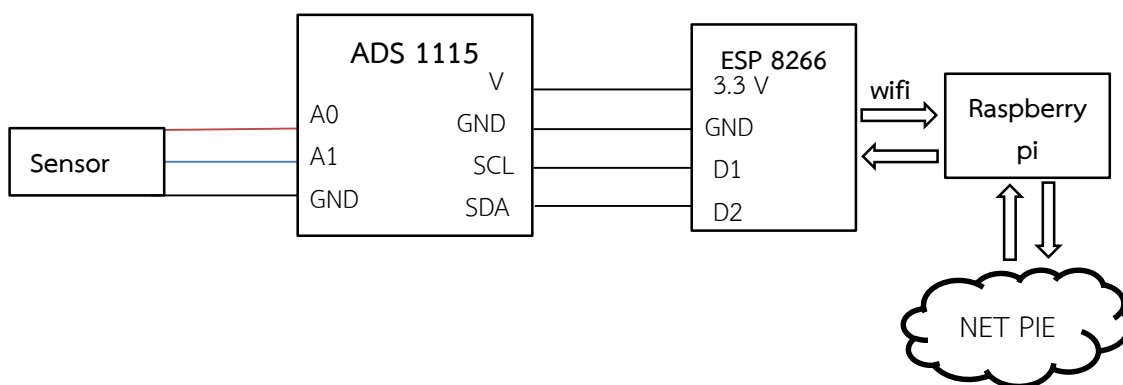
ในการส่งข้อมูลจากบอร์ด ESP – 8266 ไปยัง Raspberry pi ผ่านการเชื่อมต่อผ่าน WiFi ซึ่งต้องทำการเขียนโปรแกรมเพื่อเรียกใช้ SOCKET SERVER และ SOCKET CLIENT ในการเชื่อมต่อ เมื่อเรารันโปรแกรม SOCKET CLIENT จะทำการส่งข้อมูลการเชื่อมต่อโดยจะส่งค่า IP address และ Port ในการเชื่อมต่อ เมื่อ SOCKET SERVER รับรู้ค่า IP address และ Port ตรงกัน ก็จะส่งข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ไปให้



ภาพที่ 3.4 การสร้างวงจรและการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด ESP-8266 ไปยัง Raspberry pi

3.5 การสร้างวงจรและการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด Raspberry pi ไปยัง NET pie

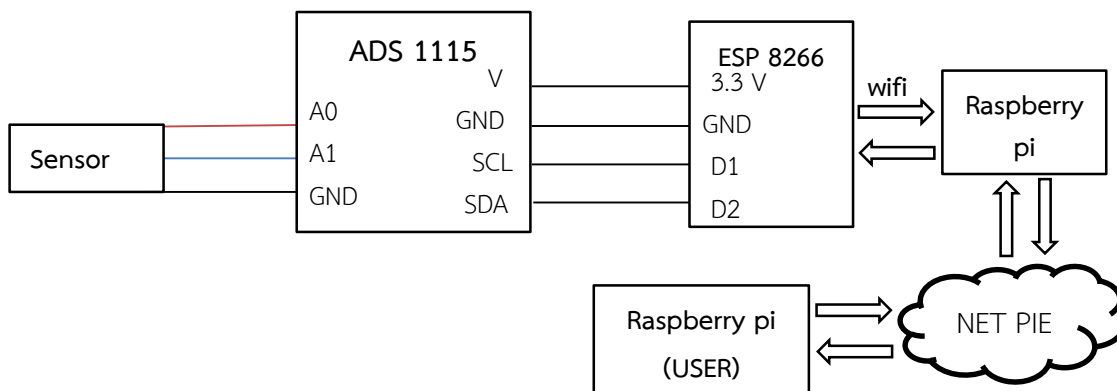
เมื่อเราสร้างวงจรและเขียนโปรแกรม ทดสอบโปรแกรมตามข้อ 3.4 แล้วขั้นตอนต่อไป จะทำการส่งข้อมูลจาก Raspberry pi ไปยัง NET Pie เพราะข้อมูลจาก NET Pie สามารถส่งค่าไปได้ไกล ถ้าต้องการใช้ข้อมูลก็เชื่อมต่อกับ NET Pie จากที่ไหนก็ได้ ซึ่งก่อนที่จะใช้ NET Pie ได้ ต้องทำการ Login เพื่อขอรหัสในการเชื่อมต่อ จากนั้นนำรหัสนี้มาเขียนโปรแกรมในการเชื่อมต่อ แล้วทำการทดสอบการทำงาน ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 การสร้างวงจรและการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด Raspberry pi ไปยัง NET pie

3.6 การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ NET Pie กับ Raspberry pi ที่เป็น User

เพื่อให้สามารถเรียกดูข้อมูลตามเวลาจริงได้โดยไม่ต้องอยู่ใกล้เซนเซอร์ จึงสร้างโปรแกรมในการเชื่อมต่อระหว่าง NET Pie กับ Raspberry pi ที่เป็น User โดยที่ Raspberry pi ที่เป็น User นี้จะอยู่ที่ไหนก็ได้ที่สามารถเชื่อมต่อกับ NET Pie ได้ ก็สามารถเรียกดูข้อมูลตามเวลาจริง โดยการเขียนโปรแกรมใช้งาน NET Pie ที่มีรหัสการใช้งานเพื่อให้ติดต่อกันได้ในระบบ แล้วทำการทดสอบโปรแกรม



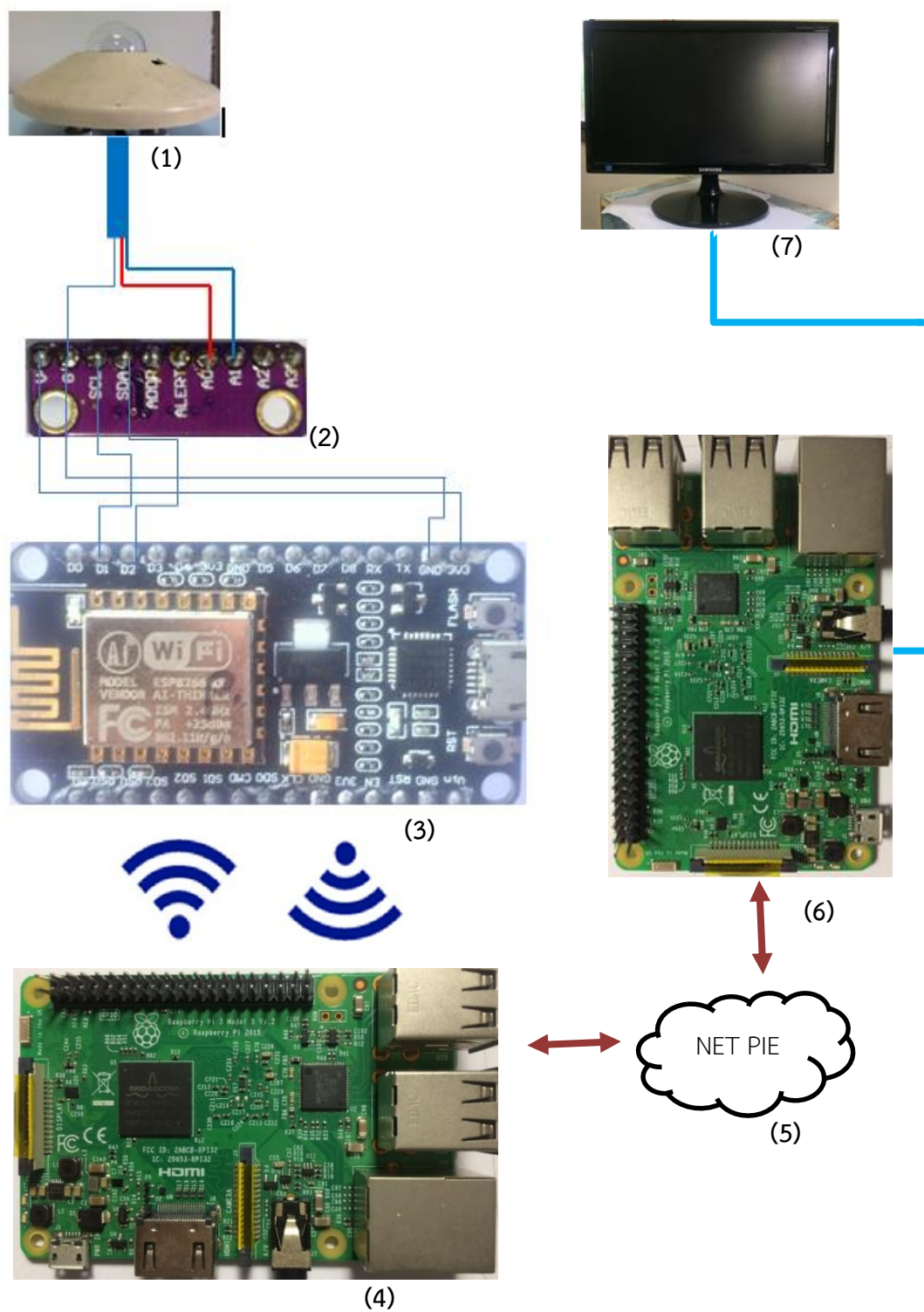
ภาพที่ 3.6 การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ NET Pie กับ Raspberry pi ที่เป็น User

3.7 การทดสอบเครื่องมือในการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์

3.7.1 การทดสอบเครื่องมือวัดพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างมาตามขั้นตอนตั้งแต่ขั้นตอนที่ 3.3 - 3.6 ซึ่งจะได้ระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์ดังภาพที่ 3.7 โดยนำไพรานอมิเตอร์ไปติดตั้งที่ตาดฟ้าตึก ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทำการวัดตั้งแต่วันที่ 08.30 - 17.30 น. นำค่าที่ได้มาพลอตกราฟ เพื่อดูแนวโน้มพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน โดยการทดสอบจะทำการวัดในสภาพอากาศจริง ซึ่งได้ทดสอบการวัดในวันที่ 14 - 15 พฤษภาคม 2561

3.7.2 การทดสอบวัดพลังงานแสงอาทิตย์ โดยนำไพรานอมิเตอร์ไปติดตั้งที่ บ้านเลขที่ 112 หมู่ที่ 8 ตำบลสำโรงพลัน อำเภอไพรบึง จังหวัดศรีสะเกษ ทำการวัดตั้งแต่วันที่ 08.30 - 17.30 น. นำค่าที่ได้มาพลอตกราฟ เพื่อดูแนวโน้มพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน โดยการทดสอบจะทำการวัดในสภาพอากาศจริง ซึ่งได้ทดสอบการวัดในวันที่ 20 - 24 มิถุนายน 2561

จากภาพที่ 3.7 สามารถอธิบายการทำงานโดยรวมได้ดังนี้ เมื่อติดตั้งไพรานอมิเตอร์ (1) พลังงานแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าที่ออกมา ถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยตัวแปลงสัญญาณ (2) จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ (3) จะแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสงอาทิตย์แล้วส่งต่อค่านี้ให้แก่ Raspberry pi ผ่านสัญญาณ WiFi (4) Raspberry pi ติดต่อกับ Net pie (5) เพื่อส่งพลังงานแสงอาทิตย์ให้ผู้ใช้ (6) ที่ทำการร้องขอ และสามารถแสดงผล (7) ได้ทันที



ภาพที่ 3.7 ระบบวัดพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถส่งข้อมูลระยะไกลผ่านระบบ Net pie



ภาพที่ 3.8 การวัดพลังงานแสงอาทิตย์บนดาดฟ้า อาคารฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
อุบลราชธานี



ภาพที่ 3.9 การวัดพลังงานแสงอาทิตย์ ณ บ้านเลขที่ 112 หมู่ที่ 8 ตำบลลำโรงพลัน
อำเภอไพรบึง จังหวัดศรีสะเกษ

3.8 การเขียนโปรแกรมสร้างฐานข้อมูลใน Raspberry pi และจัดเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ลงในฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น

หลังจากได้ทดสอบการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์แล้ว เราต้องการให้การจัดเก็บข้อมูลเป็นระบบมากขึ้นและสามารถเรียกดูได้ตลอดเวลา จึงทำการเขียนโปรแกรมการจัดการฐานข้อมูลที่อยู่ใน Raspberry pi โดยการเรียกใช้ My sql Python เมื่อข้อมูลได้ถูกส่งมาที่ USER แล้ว จะถูกส่งมาเก็บในตารางฐานข้อมูลโดยแบ่งเป็นสดมภ์ คือ ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ เวลา วันที่ เดือน ปี ที่ทำการอ่านข้อมูล ตามลำดับ

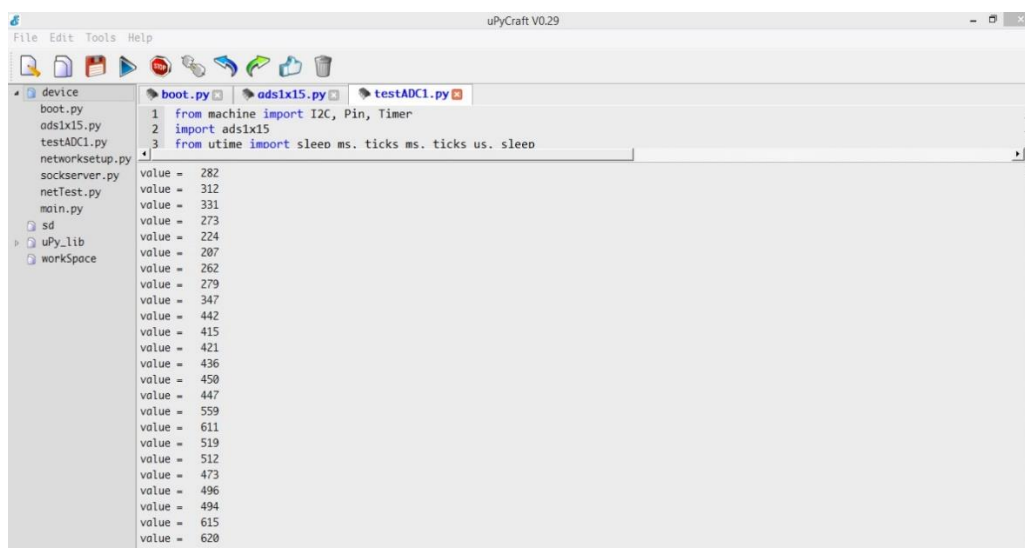
ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้เป็นการสร้างวงจรและทดสอบโปรแกรมเป็นส่วน ๆ แล้วนำไปเชื่อมต่อเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จนสมบูรณ์ ทั้งนี้การดำเนินการเป็นส่วน ๆ ช่วยให้สามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดและสามารถแก้ไขได้สะดวก ซึ่งยังสามารถพัฒนาต่อไปอีกได้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลที่ได้จากการสร้างวงจรและเขียนโปรแกรมควบคุมการอ่านค่าพลังงานแสงอาทิตย์

ในการอ่านค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากไพรานอมิเตอร์ ตัวแปลงสัญญาณจะทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยการควบคุมผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP - 8266 ค่าที่อ่านออกมาจะเป็นค่า step ที่เกิดจากการแปลงสัญญาณศักย์ไฟฟ้าเป็นสัญญาณดิจิทัล ทำการทดสอบผ่านโปรแกรมไมโครพายคราฟ Micropycraft



The screenshot shows the uPyCraft V0.29 IDE interface. On the left, a file explorer shows a project structure with folders 'device', 'sd', and 'uPy_lib', and a file 'workspace'. The main editor area displays a Python script named 'testADC1.py' with the following code:

```
1 from machine import I2C, Pin, Timer
2 import ads1x15
3 from utime import sleep ms, ticks ms, ticks us, sleep
```

Below the code, a list of 20 ADC values is displayed, each preceded by 'value =':

```
value = 282
value = 312
value = 331
value = 273
value = 224
value = 287
value = 262
value = 279
value = 347
value = 442
value = 415
value = 421
value = 436
value = 450
value = 447
value = 559
value = 611
value = 519
value = 512
value = 473
value = 496
value = 494
value = 615
value = 620
```

ภาพที่ 4.1 ผลที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมควบคุมการอ่านค่าพลังงานแสงอาทิตย์

4.2 การสร้างวงจรและการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด ESP - 8266 ไปยัง Raspberry pi

การส่งข้อมูลจาก บอร์ด ESP - 8266 ไปยัง Raspberry pi จะเป็นการควบคุมโดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการส่งข้อมูลผ่าน Socket โดย ESP - 8266 จะเป็นตัว Socketserver ซึ่งจะทำการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าจากผลข้อ 4.1 ให้เป็นค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร ส่วน Raspberry pi จะเป็นตัว Socketclient ซึ่งจะส่งคำสั่งร้องขอการเชื่อมต่อและขอข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์การแสดงผลดังภาพที่ 4.2 ซึ่งข้อมูลจะประกอบไปด้วย วัน เดือน ปี เวลา และค่าพลังงานแสงอาทิตย์

```

import socket
import time
from datetime import datetime

loop = range(100)
for i in loop:
    s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM) # create a socket object
    host = '172.20.10.9'
    port = 8888
    s.connect((host, port)) # connection to hostname on the
    # Receive no more than 1024 bytes
    msg = s.recv(1024)
    msg2 = msg
    msg = msg[:-1]
    #save to file
    data = open("data.txt", "a")
    msg2 = msg2.decode('ascii')
    date = datetime.now().strftime('%d-%m-%Y %H:%M:%S')
    date = date + ' '
    data.write(date)
    data.write(msg2)
    data.close()

    print(datetime.now().strftime('%d-%m-%Y %H:%M:%S'), ' Power = ', msg.decode('ascii'))
    s.close()

time.sleep(3)

```

ภาพที่ 4.2 ผลที่ได้จากการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด ESP - 8266 ไปยัง Raspberry pi

4.3 ผลการสร้างวงจรและการทดสอบโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด Raspberry pi ไปยัง NET pie

NET pie เป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการด้านการเชื่อมต่อกับสิ่งต่าง ๆ ต้องทำการลงทะเบียนใช้งานแล้วจะได้รหัส สำหรับการเชื่อมต่อ

```

import microgears as microgears
import time
import logging
import socket
from datetime import datetime
appid = "microgearsTest"
apikey = "jYtYvWpW10p"
gateway = "Z17bYb11Dda5XRd59KELwE"

microgears.create(apikey, gateway, appid, { 'debugmode': True })

def connect():
    logging.info("Now I am connected with netpie")

def subscription(topic, message):
    logging.info(topic + " " + message)

def disconnect():
    logging.debug("disconnect is work")

microgears.setalias("disconnect")
microgears.on_connect = connection
microgears.on_message = subscription
microgears.on_disconnect = disconnect
microgears.subscribe("main")
microgears.connect()
print("Netpie")

while True:
    s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM) # create a socket object
    host = '172.20.10.9'
    port = 8888
    s.connect((host, port)) # connection to hostname on the port.
    # Receive no more than 1024 bytes
    msg = s.recv(1024)
    msg2 = msg
    msg = msg[:-1]
    msg2 = msg2.decode('ascii')
    if microgears.connected:
        microgears.chat("netpie", msg2 + time.asctime(time.localtime(time.time))) # chat(time.time())
        microgears.chat("Client", msg2 + time.asctime(time.localtime(time.time))) # chat(time.time())

    time.sleep(30)
    print(msg2 + time.asctime(time.localtime(time.time)))

```

ภาพที่ 4.3 ผลการสร้างวงจรและการทดสอบโปรแกรมส่งข้อมูลจากบอร์ด Raspberry pi ไปยัง NET pie

จากรูปจะเห็นได้ว่าจอแสดงผลการตรวจสอบการเชื่อมต่อกับ NET Pie เมื่อเชื่อมต่อเสร็จแล้วจะแสดงความพร้อมในการส่งข้อมูลค่าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะแสดงข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกส่งเข้ามาทุก ๆ 30 วินาที ค่าข้อมูลนี้พร้อมที่จะส่งให้แก่ USER ที่ส่งคำสั่งในการร้องขอที่ NET Pie

4.4 ผลการทดสอบโปรแกรมเชื่อมต่อ NET Pie กับ Raspberry pi ที่เป็น User

ในการทดสอบโปรแกรมนี้ต้องทำการทดสอบใน Raspberry pi ที่เป็น User ควบคุมการเชื่อมต่อและการรับค่าข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทดสอบในโปรแกรม Python ค่าข้อมูลที่ได้จะทำการแยกข้อมูล (split) และแปลงค่าข้อมูลเป็น Integer ในโปรแกรมเพื่อนำไปจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลใน Raspberry pi

```

pyranoread3.py - /home/pi/pyranoread3.py (2.7.13)
File Edit Format Run Options Window Help
gearkey = "3yD7DddggLcg0HL"
gearsecret = "dIx1Vc1sgcHh3JaSkF5y1uL7"
appid = "niponNetpieTest"

client.create(gearkey,gearsecret,appid,{"debugmode": True})

def connection():
    print("Now I am connected with netpie")

def monthToNum(month):
    return{
        'Jan': 1,
        'Feb': 2,
        'Mar': 3,
        'Apr': 4,
        'May': 5,
        'Jun': 6,
        'Jul': 7,
        'Aug': 8,
        'Sep': 9,
        'Oct': 10,
        'Nov': 11,
        'Dec': 12
    }[month]

def subscription(topic,message):
    s = message
    #------
    #s = b'6.256\nWed May 30 15:14:31 2018'
    s1 = str(s)
    record = s1.split()
    power = float(record[0])
    month = monthToNum(record[2])

Python 2.7.13 Shell - /home/pi/workspace/pyranoread3.py (2.7.13)
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 2.7.13 (default, Nov 24 2017, 17:33:09)
[GCC 6.3.0 20170516] on linux2
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
===== RESTART: /home/pi/pyranoread3.py =====
20/06/2018 09:29:41 AM WARNING Deprecatcd soon: Please consider using setalias()
20/06/2018 09:29:41 AM INFO Check stored token.
20/06/2018 09:29:43 AM INFO Connected with result code 0
Now I am connected with netpie
20/06/2018 09:29:43 AM INFO Auto subscribe /niponNetpieTest/gearname/doraemo
n2
20/06/2018 09:29:43 AM INFO Auto subscribe /niponNetpieTest/maile
20/06/2018 09:29:43 AM INFO Auto subscribe /&id/pFkxb5M10DWE17B/#
331.568
6
20
(16, 29, 54)
2018
-----
337.824
6
20
(16, 30, 26)
2018
-----
386.308
6
20
(16, 30, 58)
2018
-----
317.492
6
20

```

ภาพที่ 4.4 ผลการทดสอบโปรแกรมเชื่อมต่อ NET Pie กับ Raspberry pi ที่เป็น User

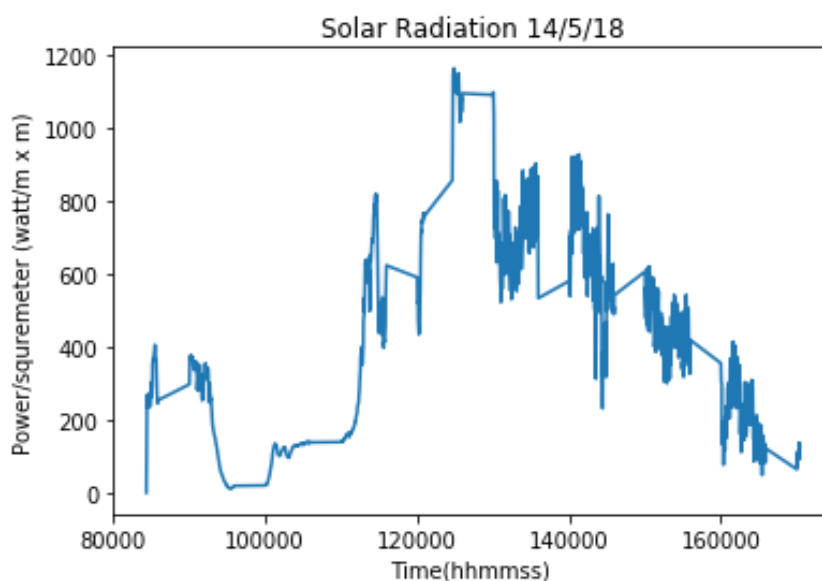
4.5 การทดสอบเครื่องมือในการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์

ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากการวัด ถูกส่งเข้ามาบันทึกไว้ในรูปแบบไฟล์ tex และแสดงผลในคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ (Pc user) โดยเรียงจากคอลัมน์ซ้ายมาขวาคือ วันที่ทำการทดลอง เวลาที่ทำการทดลอง และพลังงานแสงอาทิตย์ ในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ

14-05-2018	12:58:53	Power	=	1043.19	Watt/Squaremeter
14-05-2018	12:59:20	Power	=	1082.29	Watt/Squaremeter
14-05-2018	12:59:48	Power	=	1094.8	Watt/Squaremeter
14-05-2018	13:00:15	Power	=	1090.11	Watt/Squaremeter
14-05-2018	13:00:42	Power	=	1097.93	Watt/Squaremeter
14-05-2018	13:01:10	Power	=	1036.93	Watt/Squaremeter
14-05-2018	13:01:37	Power	=	767.924	Watt/Squaremeter
14-05-2018	13:02:04	Power	=	725.696	Watt/Squaremeter
14-05-2018	13:02:31	Power	=	805.46	Watt/Squaremeter
14-05-2018	13:02:58	Power	=	799.204	Watt/Squaremeter
14-05-2018	13:03:25	Power	=	697.544	Watt/Squaremeter
14-05-2018	13:03:53	Power	=	708.492	Watt/Squaremeter
14-05-2018	13:04:20	Power	=	855.508	Watt/Squaremeter
14-05-2018	13:04:47	Power	=	725.696	Watt/Squaremeter
14-05-2018	13:05:14	Power	=	631.856	Watt/Squaremeter

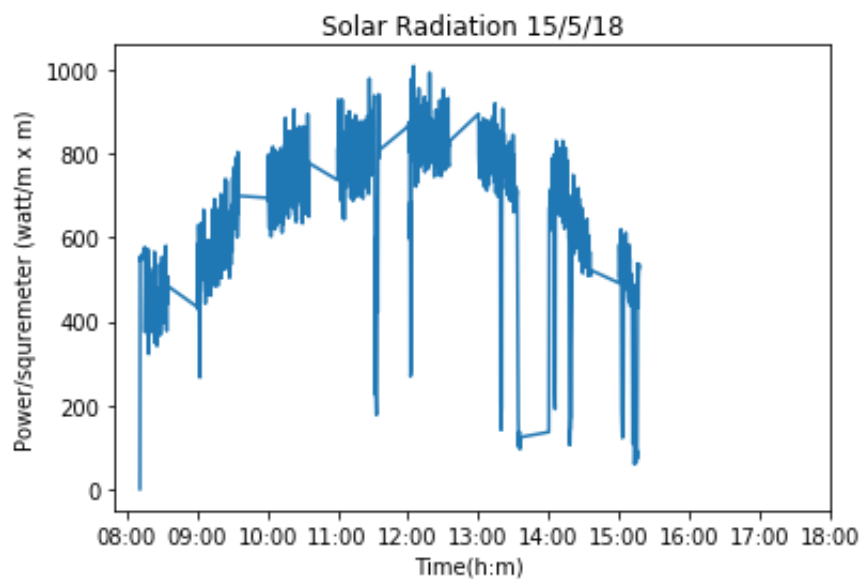
ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่บันทึกในคอมพิวเตอร์

กราฟแสดงข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ แกนนอนคือเวลาที่ใช้ในการวัดเริ่มตั้งแต่เวลา 08:00:00 น. ไปจนถึง 17:00:00 น. ส่วนแกนตั้งคือพลังงานแสงอาทิตย์ในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร



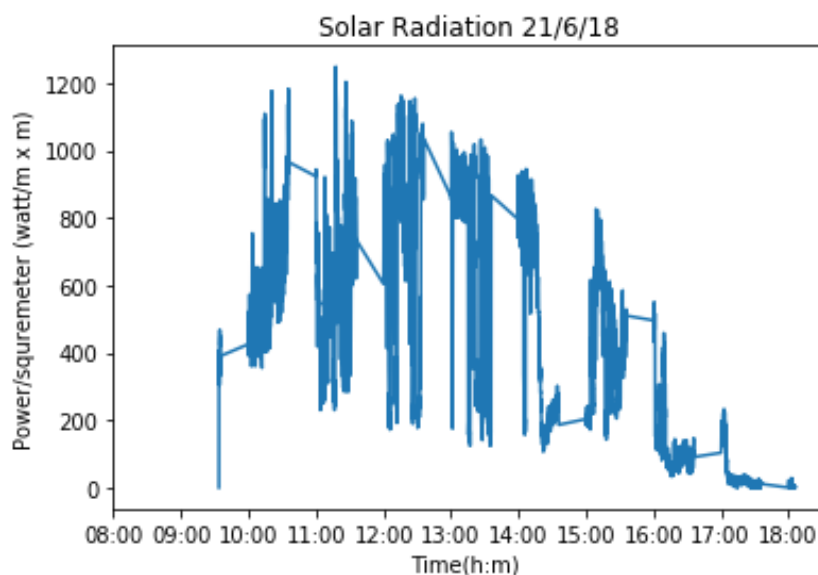
ภาพที่ 4.6 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ 14 พฤษภาคม 2561

จากผลการทดลองพบว่าโปรแกรมที่พัฒนาสามารถควบคุมวงจรการอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดพลังงานแสงอาทิตย์ได้ ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นและสูงสุดในช่วงเวลา 12:00-13:00 น. จากนั้นพลังงานแสงอาทิตย์จะลดลงหลังจากเวลาประมาณ 13:00 น. เป็นต้นไป



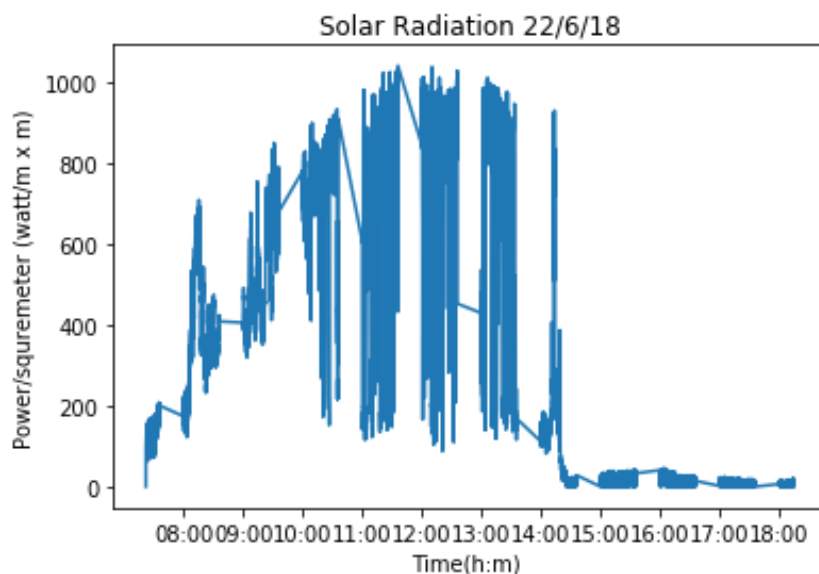
ภาพที่ 4.7 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ 15 พฤษภาคม 2561

จากภาพที่ 4.7 พลังงานแสงอาทิตย์จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 12.00 น. ถึงเวลา 13.00 น. หลังจากนั้นจะลดลง บางช่วงที่พลังงานแสงอาทิตย์ลดลงอย่างมากสาเหตุมาจากเมฆมาบดบังแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบไพรานอมิเตอร์ แต่จะเพิ่มขึ้นทันทีถ้าไม่มีเมฆมาบัง



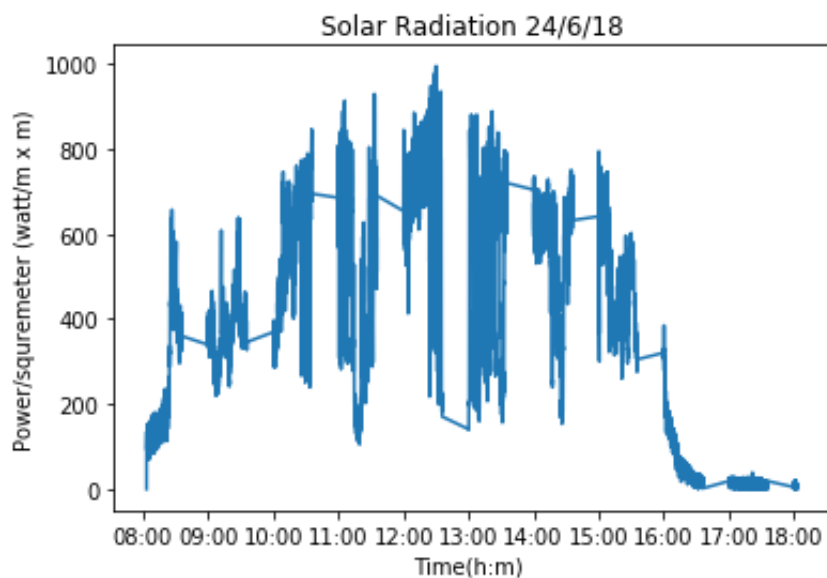
ภาพที่ 4.8 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ 21 มิถุนายน 2561

จากภาพที่ 4.8 พลังงานแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 11.00 น. ถึงเวลา 12.00 น. หลังจากนั้นจะลดลง บางช่วงที่พลังงานแสงอาทิตย์ลดลงอย่างรวดเร็ว สาเหตุมาจากเมฆมาบดบังแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบไพรานอมิเตอร์ แต่จะเพิ่มขึ้นทันทีถ้าไม่มีเมฆมาบัง



ภาพที่ 4.9 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ 22 มิถุนายน 2561

จากภาพที่ 4.9 พลังงานแสงอาทิตย์จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง เวลา 13.00 น. และในแต่ละช่วงพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าลดลงและเพิ่มขึ้นกลับไปกลับมาอย่างรวดเร็ว ในช่วงเวลา 15.00 น. เป็นต้นไป พลังงานแสงอาทิตย์ลดลง และมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวมีเมฆมากและฝนตกเป็นเวลานาน



ภาพที่ 4.10 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ 24 มิถุนายน 2561

จากภาพที่ 4.10 พลังงานแสงอาทิตย์จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 12.00 น. ถึงเวลา 13.00 น. และในแต่ละช่วงพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าลดลงและเพิ่มขึ้นกลับไปกลับมาอย่างรวดเร็ว เช่นในช่วงเวลา 12.30 น.-13.30 น. ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ลดลงเป็นเวลานาน เนื่องจากช่วงดังกล่าวมีเมฆมาก

4.6 ผลของการสร้างฐานข้อมูลใน Raspberry pi และจัดเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ลงในฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น

ฐานข้อมูลถูกสร้างขึ้นโดยการเขียนโปรแกรมในการเก็บค่าข้อมูลต่าง ๆ ลงใน Raspberry pi อย่างเป็นระบบ ซึ่งสามารถเรียกดูข้อมูลโดยการพิมพ์คำสั่งใน Raspberry pi ได้ โดยเราสามารถเรียกดูได้ทั้งหมดหรือบางส่วนขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของคำสั่ง

```

MariaDB [pyrano2]> describe pyranouBOW;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Field | Type | Null | Key | Default | Extra |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id     | int(11) | NO | PRI | NULL | auto_increment |
| year   | int(4) | NO | | NULL | |
| month  | int(2) | NO | | NULL | |
| date   | int(2) | NO | | NULL | |
| hour   | int(2) | NO | | NULL | |
| min    | int(2) | NO | | NULL | |
| sec    | int(2) | NO | | NULL | |
| sunpower | float(6,3) | NO | | NULL | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
8 rows in set (0.01 sec)

MariaDB [pyrano2]> SELECT* FROM pyranouBOW where date=24;
ERROR 1064 (42000): You have an error in your SQL syntax; check the manual that corresponds to your MariaDB server version for the right syntax t
o use near 'min=25' at line 1
MariaDB [pyrano2]> SELECT* FROM pyranouBOW where date=24;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id | year | month | date | hour | min | sec | sunpower |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 2788 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 7 | 42 | 104.788 |
| 2787 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 8 | 14 | 121.992 |
| 2788 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 9 | 46 | 126.684 |
| 2789 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 9 | 18 | 75.872 |
| 2790 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 9 | 50 | 132.940 |
| 2791 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 10 | 23 | 134.504 |
| 2792 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 10 | 55 | 132.940 |
| 2793 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 11 | 27 | 134.504 |
| 2794 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 11 | 59 | 148.580 |
| 2795 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 12 | 31 | 153.272 |
| 2796 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 13 | 4 | 128.248 |
| 2797 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 13 | 36 | 115.736 |
| 2798 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 14 | 8 | 96.712 |
| 2799 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 14 | 40 | 132.940 |
| 2800 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 15 | 13 | 111.044 |
| 2801 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 15 | 45 | 125.120 |
| 2802 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 16 | 17 | 150.144 |
| 2803 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 16 | 50 | 143.888 |
| 2804 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 17 | 22 | 150.144 |
| 2805 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 17 | 54 | 96.968 |
| 2806 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 18 | 26 | 134.504 |
| 2807 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 19 | 0 | 136.088 |
| 2808 | 2018 | 6 | 24 | 8 | 19 | 32 | 119.196 |

```

ภาพที่ 4.11 การเรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูลในวันที่ 24 มิถุนายน 2561

ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลที่ได้จากการวัดได้ โดยสามารถเรียกดูทั้งหมดในฐานข้อมูลหรือเลือกเฉพาะเจาะจงวันเวลาที่ต้องการได้

```

File Edit Tabs Help
p@rashee:~$
+-----+
| Tables_in_pyranos2 |
+-----+
| pyranosrisaket      |
| pyranosubow         |
+-----+
2 rows in set (0.00 sec)

MariaDB [pyranos2]> describe pyranosrisaket;
+-----+
| Field | Type | Null | Key | Default | Extra |
+-----+
| id     | int(11) | NO | PRI | NULL | auto_increment |
| year   | int(4) | NO | | NULL |
| month  | int(2) | NO | | NULL |
| date   | int(2) | NO | | NULL |
| hour   | int(2) | NO | | NULL |
| min    | int(2) | NO | | NULL |
| sec    | int(2) | NO | | NULL |
| sunpower | float(6,3) | NO | | NULL |
+-----+
8 rows in set (0.00 sec)

MariaDB [pyranos2]> SELECT* FROM pyranosrisaket;
Empty set (0.00 sec)

MariaDB [pyranos2]> SELECT* FROM pyranosrisaket;
+-----+
| id | year | month | date | hour | min | sec | sunpower |
+-----+
| 1 | 2018 | 6 | 24 | 13 | 37 | 32 | 380.052 |
| 2 | 2018 | 6 | 24 | 13 | 38 | 4 | 694.416 |
| 3 | 2018 | 6 | 24 | 13 | 38 | 37 | 442.612 |
| 4 | 2018 | 6 | 24 | 13 | 39 | 9 | 630.292 |
| 5 | 2018 | 6 | 24 | 13 | 39 | 41 | 477.620 |
| 6 | 2018 | 6 | 24 | 13 | 40 | 13 | 423.498 |
| 7 | 2018 | 6 | 24 | 13 | 40 | 45 | 330.504 |
| 8 | 2018 | 6 | 24 | 13 | 41 | 18 | 298.724 |
| 9 | 2018 | 6 | 24 | 13 | 41 | 50 | 314.364 |
| 10 | 2018 | 6 | 24 | 13 | 42 | 22 | 716.312 |
| 11 | 2018 | 6 | 24 | 13 | 42 | 54 | 586.580 |
| 12 | 2018 | 6 | 24 | 13 | 43 | 26 | 749.156 |
| 13 | 2018 | 6 | 24 | 13 | 43 | 58 | 622.472 |
+-----+
13 rows in set (0.00 sec)

MariaDB [pyranos2]>

```

ภาพที่ 4.12 ฐานข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการทดสอบการวัดในจังหวัดศรีสะเกษ

ประกอบด้วยรายละเอียดข้อมูลดังนี้ จากซ้ายสุดเป็นลำดับข้อมูล ปีที่ทำการวัด เดือนที่ทำการวัด วันที่ เวลาที่ทำการวัด และค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากการวัดในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

สามารถออกแบบวงจรและสร้างโปรแกรมควบคุมการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ โดยใช้บอร์ด ESP - 8266 ในการอ่านค่าจากไพแรนอมิเตอร์ผ่านตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งค่าข้อมูลไปยังบอร์ด Raspberry pi ซึ่งทำหน้าที่ในการส่งค่าข้อมูลไปที่ NET PIE จากนั้น NET PIE ส่งข้อมูลไปที่ Raspberry pi ตัวที่ทำหน้าที่เป็นผู้ใช้ (User) ที่ทำหน้าที่จัดเก็บเป็นฐานข้อมูลแบบตามเวลาจริง (Real time) ซึ่งผู้ใช้ (User) อยู่ระยะไกลได้

จากผลการทดลองพบว่าโปรแกรมที่พัฒนาสามารถควบคุมวงจรการอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดพลังงานแสงอาทิตย์ได้ ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นและสูงสุดในช่วงเวลา 12:00-13:00 น. จากนั้นพลังงานแสงอาทิตย์จะลดลงหลังจากเวลาประมาณ 13:00 น. เป็นต้นไป จากงานวิจัยนี้จะเห็นว่าสามารถนำข้อมูลและผลการวิจัยไปพัฒนาการวัดพลังงานแสงอาทิตย์ให้สามารถจัดเก็บข้อมูลในหลายๆ สถานที่พร้อมกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการอ่านค่าจากเซนเซอร์นั้นค่าสัญญาณที่อ่านได้จะอยู่ในระดับไมโครโวลต์ไปจนถึงในระดับมิลลิโวลต์ ซึ่งต้องขยายสัญญาณให้เหมาะสมแล้วจึงทำการแปลงค่าให้เป็นค่าพลังงานแสงอาทิตย์

5.2.2 ควรทำการสอบเทียบเครื่องมือกับไพแรนอมิเตอร์อ้างอิงมาตรฐาน ก่อนที่จะทำการวัดเพื่อให้ได้ค่าข้อมูลที่ถูกต้อง ซึ่งในงานวิจัยนี้วัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทดสอบเครื่องมือที่สร้างขึ้น

5.2.3 ควรนำความรู้จากงานวิจัยนี้ ไปพัฒนาสร้างสถานีวัดพลังงานแสงอาทิตย์หลาย ๆ สถานีที่สามารถเรียกดูข้อมูลตามเวลาจริงได้

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Mertens, K. **Photovoltaics Fundamentals, technology and practice**. United Kingdom: John Wiley and Son Ltd., 2014.
- [2] อรุณ ขำแจ้ว. **พลังงานหมุนเวียน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.
- [3] เสริม จันทร์ฉาย. **รังสีอาทิตย์**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2560.
- [4] Mohanty, S Patra, PK, Sahoo, SS and Mohanty, A. “Forecasting of solar energy with application for a growing economy like India: Survey and implication”, **Renewable and sustainable reviews**. 78: 539-553; 6 May, 2017.
- [5] Pereira, RIS, Dupont, IM, Carvalho, PCM and Jucá, SCS. “IoT embedded linux system based on Raspberry Pi applied to real-time cloud monitoring of a decentralized photovoltaic plant”, **Measurement**. 114: 286–297; 27 September, 2017.
- [6] Hannu, K and Rami, V. **Lectures on Solar Physics: From the core to the heliopause**. C.J. Schriver & G.L. Siscoe (eds.): Cambridge University Press, 2010.
- [7] Zekai, S. **Solar energy fundamentals and modeling techniques**. London: springer-Verlag London Limited, 2008.
- [8] ธนกร ลิ้มสุวรรณ. **การพัฒนาระบบติดตามดวงอาทิตย์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2552.
- [9] Kipp and Zonen B.V. **Instruction manual pyranometer/albedometer cm11 cm14**. Holland: Kipp and Zonen B.V., 2000.
- [10] Physicsfour. (2012). “Analog To Digital Converter. การแปลงสัญญาณอนาล็อก-ดิจิทัล”, **อนาล็อก**. <https://physicsfour.wordpress.com/2012/01/24/analog-to-digital-converter>. 14 พฤษภาคม, 2561.
- [11] ESP8266 Module. (2018). “Arduino ESP8266 (NodeMCU)”, **ESP8266**. <http://narong.ece.engr.tu.ac.th/ei444/document/ESP8266.pdf>. 14 May, 2018.
- [12] Cleevely, D. and et al. **Raspberry Pi Foundation**. Cambridge: Datwyler Holding, 2008.
- [13] Cornejo, L and et al. “A through analysis of solar irradiation measurements in the region of Arica Parinacota, Chile”, **Renewable energy**. 112: 197-208; 8 May, 2017.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แสดงตัวอย่างข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์

Python 3.5.4rc1 (v3.5.4rc1:385b368, Jul 24 2017, 14:37:10) [MSC v.1900 64 bit
(AMD64)] on win32

Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.

>>>

===== RESTART: C:\Users\nipon\Desktop\sockclient2.py

=====

15-05-2018	08:19:11	Power	=	0.0	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:19:38	Power	=	553.656	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:20:05	Power	=	544.272	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:20:33	Power	=	555.22	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:21:00	Power	=	545.836	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:21:27	Power	=	555.22	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:21:54	Power	=	553.656	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:22:22	Power	=	556.784	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:22:49	Power	=	548.964	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:23:16	Power	=	552.092	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:23:43	Power	=	563.04	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:24:10	Power	=	567.732	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:24:38	Power	=	567.732	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:25:05	Power	=	569.296	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:25:32	Power	=	570.86	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:25:59	Power	=	573.988	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:26:26	Power	=	577.116	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:26:54	Power	=	373.796	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:27:21	Power	=	478.584	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:27:48	Power	=	498.916	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:28:15	Power	=	522.376	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:28:42	Power	=	405.076	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:29:09	Power	=	502.044	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:29:36	Power	=	423.844	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:30:03	Power	=	420.716	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:30:30	Power	=	572.424	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:30:57	Power	=	544.272	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:31:24	Power	=	431.664	Watt/Squaremeter

15-05-2018	08:31:51	Power	=	322.184	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:32:18	Power	=	516.12	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:32:45	Power	=	514.556	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:33:12	Power	=	477.02	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:33:40	Power	=	376.924	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:34:07	Power	=	447.304	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:34:34	Power	=	505.172	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:35:01	Power	=	439.484	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:35:28	Power	=	375.36	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:35:55	Power	=	380.052	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:36:22	Power	=	470.764	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:36:49	Power	=	412.896	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:37:16	Power	=	475.456	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:37:43	Power	=	439.484	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:38:10	Power	=	512.992	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:38:37	Power	=	527.068	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:39:04	Power	=	367.54	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:39:31	Power	=	365.976	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:39:58	Power	=	566.168	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:40:26	Power	=	348.772	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:40:53	Power	=	461.38	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:41:20	Power	=	386.308	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:41:47	Power	=	386.308	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:42:14	Power	=	428.536	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:42:41	Power	=	408.204	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:43:08	Power	=	362.848	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:43:35	Power	=	340.952	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:44:02	Power	=	478.584	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:44:30	Power	=	453.56	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:44:57	Power	=	362.848	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:45:24	Power	=	466.072	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:45:51	Power	=	439.484	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:46:18	Power	=	450.432	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:46:45	Power	=	380.052	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:47:12	Power	=	392.564	Watt/Squaremeter

15-05-2018	08:47:39	Power	=	536.452	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:48:06	Power	=	456.688	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:48:33	Power	=	367.54	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:49:00	Power	=	448.868	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:49:27	Power	=	462.944	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:49:55	Power	=	428.536	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:50:22	Power	=	395.692	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:50:49	Power	=	553.656	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:51:16	Power	=	505.172	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:51:43	Power	=	442.612	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:52:10	Power	=	405.076	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:52:37	Power	=	522.376	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:53:04	Power	=	395.692	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:53:31	Power	=	417.588	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:53:58	Power	=	498.916	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:54:25	Power	=	505.172	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:54:53	Power	=	467.636	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:55:20	Power	=	458.252	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:55:47	Power	=	430.1	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:56:14	Power	=	580.244	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:56:41	Power	=	469.2	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:57:08	Power	=	376.924	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:57:35	Power	=	470.764	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:58:02	Power	=	441.048	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:58:29	Power	=	505.172	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:58:56	Power	=	506.736	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:59:23	Power	=	442.612	Watt/Squaremeter
15-05-2018	08:59:50	Power	=	483.276	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:00:17	Power	=	434.792	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:00:44	Power	=	514.556	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:01:12	Power	=	584.936	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:01:39	Power	=	428.536	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:02:06	Power	=	506.736	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:02:33	Power	=	630.292	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:03:00	Power	=	577.116	Watt/Squaremeter

15-05-2018	09:03:28	Power	=	384.744	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:03:55	Power	=	412.896	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:04:22	Power	=	265.88	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:04:49	Power	=	553.656	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:05:16	Power	=	470.764	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:05:43	Power	=	491.096	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:06:11	Power	=	519.248	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:06:38	Power	=	498.916	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:07:05	Power	=	634.984	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:07:32	Power	=	539.58	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:07:59	Power	=	547.4	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:08:26	Power	=	630.292	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:08:53	Power	=	581.808	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:09:20	Power	=	553.656	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:09:47	Power	=	666.264	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:10:14	Power	=	594.32	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:10:41	Power	=	506.736	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:11:08	Power	=	566.168	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:11:36	Power	=	548.964	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:12:03	Power	=	442.612	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:12:30	Power	=	541.144	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:12:57	Power	=	544.272	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:13:24	Power	=	533.324	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:13:51	Power	=	470.764	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:14:18	Power	=	522.376	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:14:45	Power	=	547.4	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:15:12	Power	=	497.352	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:15:39	Power	=	481.712	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:16:07	Power	=	462.944	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:16:34	Power	=	594.32	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:17:01	Power	=	564.604	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:17:28	Power	=	480.148	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:17:55	Power	=	520.812	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:18:22	Power	=	534.888	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:18:49	Power	=	525.504	Watt/Squaremeter

15-05-2018	09:19:16	Power	=	542.708	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:19:43	Power	=	573.988	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:20:10	Power	=	461.38	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:20:38	Power	=	547.4	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:21:05	Power	=	519.248	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:21:32	Power	=	575.552	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:21:59	Power	=	498.916	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:22:26	Power	=	525.504	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:22:53	Power	=	667.828	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:23:20	Power	=	491.096	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:23:47	Power	=	639.676	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:24:14	Power	=	575.552	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:24:41	Power	=	578.68	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:25:09	Power	=	691.288	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:25:36	Power	=	689.724	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:26:03	Power	=	483.276	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:26:30	Power	=	581.808	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:26:57	Power	=	600.576	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:27:24	Power	=	530.196	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:27:51	Power	=	602.14	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:28:18	Power	=	572.424	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:28:46	Power	=	605.268	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:29:13	Power	=	581.808	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:29:40	Power	=	642.804	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:30:07	Power	=	484.84	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:30:34	Power	=	591.192	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:31:01	Power	=	667.828	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:31:28	Power	=	649.06	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:31:55	Power	=	605.268	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:32:22	Power	=	616.216	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:32:49	Power	=	523.94	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:33:16	Power	=	581.808	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:33:44	Power	=	669.392	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:34:11	Power	=	703.8	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:34:38	Power	=	699.108	Watt/Squaremeter

15-05-2018	09:35:05	Power	=	503.608	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:35:32	Power	=	672.52	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:35:59	Power	=	520.812	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:36:26	Power	=	639.676	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:36:53	Power	=	656.88	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:37:20	Power	=	545.836	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:37:47	Power	=	600.576	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:38:14	Power	=	597.448	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:38:42	Power	=	620.908	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:39:09	Power	=	630.292	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:39:36	Power	=	600.576	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:40:03	Power	=	523.94	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:40:30	Power	=	572.424	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:40:57	Power	=	739.772	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:41:24	Power	=	653.752	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:41:51	Power	=	656.88	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:42:18	Power	=	735.08	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:42:45	Power	=	697.544	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:43:12	Power	=	608.396	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:43:39	Power	=	616.216	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:44:07	Power	=	661.572	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:44:34	Power	=	555.22	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:45:01	Power	=	570.86	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:45:28	Power	=	559.912	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:45:55	Power	=	655.316	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:46:22	Power	=	577.116	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:46:49	Power	=	503.608	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:47:16	Power	=	539.58	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:47:43	Power	=	628.728	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:48:10	Power	=	545.836	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:48:37	Power	=	534.888	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:49:04	Power	=	641.24	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:49:32	Power	=	677.212	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:49:59	Power	=	633.42	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:50:26	Power	=	606.832	Watt/Squaremeter

15-05-2018	09:50:53	Power =	567.732	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:51:20	Power =	742.9	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:51:47	Power =	636.548	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:52:14	Power =	624.036	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:52:41	Power =	735.08	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:53:08	Power =	710.056	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:53:36	Power =	767.924	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:54:03	Power =	625.6	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:54:30	Power =	660.008	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:54:57	Power =	644.368	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:55:24	Power =	694.416	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:55:51	Power =	711.62	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:56:18	Power =	791.384	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:56:45	Power =	620.908	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:57:12	Power =	694.416	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:57:39	Power =	600.576	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:58:06	Power =	803.896	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:58:34	Power =	656.88	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:59:01	Power =	675.648	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:59:28	Power =	791.384	Watt/Squaremeter
15-05-2018	09:59:55	Power =	699.108	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:00:22	Power =	694.416	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:00:49	Power =	686.596	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:01:16	Power =	796.076	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:01:43	Power =	791.384	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:02:10	Power =	694.416	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:02:37	Power =	688.16	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:03:04	Power =	620.908	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:03:31	Power =	799.204	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:03:58	Power =	624.036	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:04:26	Power =	700.672	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:04:53	Power =	756.976	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:05:20	Power =	686.596	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:05:47	Power =	602.14	Watt/Squaremeter

15-05-2018	10:22:30	Power	=	674.084	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:22:57	Power	=	796.076	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:23:24	Power	=	786.692	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:23:51	Power	=	782.0	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:24:19	Power	=	821.1	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:24:46	Power	=	708.492	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:25:13	Power	=	655.316	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:25:40	Power	=	791.384	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:26:07	Power	=	885.224	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:26:34	Power	=	746.028	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:27:01	Power	=	844.56	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:27:28	Power	=	802.332	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:27:55	Power	=	789.82	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:28:22	Power	=	752.284	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:28:49	Power	=	658.444	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:29:16	Power	=	686.596	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:29:44	Power	=	695.98	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:30:11	Power	=	645.932	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:30:38	Power	=	683.468	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:31:05	Power	=	700.672	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:31:32	Power	=	841.432	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:31:59	Power	=	853.944	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:32:26	Power	=	775.744	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:32:53	Power	=	832.048	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:33:20	Power	=	819.536	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:33:47	Power	=	758.54	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:34:14	Power	=	681.904	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:34:42	Power	=	697.544	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:35:09	Power	=	697.544	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:35:36	Power	=	756.976	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:36:03	Power	=	670.956	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:36:30	Power	=	822.664	Watt/Squaremeter

15-05-2018	10:52:18	Power	=	855.508	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:52:46	Power	=	783.564	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:53:13	Power	=	688.16	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:53:40	Power	=	719.44	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:54:07	Power	=	656.88	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:54:34	Power	=	738.208	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:55:01	Power	=	675.648	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:55:28	Power	=	863.328	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:55:55	Power	=	744.464	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:56:23	Power	=	680.34	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:56:50	Power	=	735.08	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:57:17	Power	=	796.076	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:57:44	Power	=	894.608	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:58:11	Power	=	744.464	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:58:38	Power	=	780.436	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:59:05	Power	=	649.06	Watt/Squaremeter
15-05-2018	10:59:33	Power	=	777.308	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:00:00	Power	=	736.644	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:00:27	Power	=	813.28	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:00:54	Power	=	785.128	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:01:21	Power	=	929.016	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:01:48	Power	=	908.684	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:02:16	Power	=	746.028	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:02:43	Power	=	796.076	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:03:10	Power	=	860.2	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:03:37	Power	=	805.46	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:04:04	Power	=	688.16	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:04:31	Power	=	868.02	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:04:58	Power	=	716.312	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:05:26	Power	=	756.976	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:05:53	Power	=	705.364	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:06:20	Power	=	929.016	Watt/Squaremeter

15-05-2018	11:06:47	Power	=	817.972	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:07:14	Power	=	647.496	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:07:41	Power	=	772.616	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:08:08	Power	=	766.36	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:08:36	Power	=	802.332	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:09:03	Power	=	846.124	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:09:30	Power	=	642.804	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:09:57	Power	=	730.388	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:10:24	Power	=	742.9	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:10:51	Power	=	746.028	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:11:18	Power	=	744.464	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:11:46	Power	=	817.972	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:12:13	Power	=	717.876	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:12:40	Power	=	857.072	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:13:07	Power	=	811.716	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:13:34	Power	=	889.915	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:14:01	Power	=	739.772	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:14:28	Power	=	857.072	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:14:56	Power	=	783.564	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:15:23	Power	=	736.644	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:15:50	Power	=	789.82	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:16:17	Power	=	827.356	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:16:44	Power	=	900.864	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:17:11	Power	=	869.584	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:17:38	Power	=	736.644	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:18:06	Power	=	882.096	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:18:33	Power	=	694.416	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:19:00	Power	=	882.096	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:19:27	Power	=	733.516	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:19:54	Power	=	719.44	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:20:21	Power	=	711.62	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:20:49	Power	=	738.208	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:21:16	Power	=	778.872	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:21:43	Power	=	689.724	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:22:10	Power	=	844.56	Watt/Sqaremeter

15-05-2018	11:22:37	Power =	688.16	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:23:04	Power =	836.74	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:23:31	Power =	749.156	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:23:59	Power =	861.764	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:24:26	Power =	817.972	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:24:53	Power =	807.024	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:25:20	Power =	891.479	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:25:47	Power =	789.82	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:26:14	Power =	864.892	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:26:41	Power =	794.512	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:27:09	Power =	702.236	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:27:36	Power =	772.616	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:28:03	Power =	835.176	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:28:30	Power =	697.544	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:28:57	Power =	760.104	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:29:24	Power =	816.408	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:29:52	Power =	772.616	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:30:19	Power =	747.592	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:30:46	Power =	866.456	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:31:13	Power =	778.872	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:31:40	Power =	796.076	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:32:07	Power =	877.404	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:32:35	Power =	739.772	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:33:02	Power =	835.176	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:33:29	Power =	821.1	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:33:56	Power =	752.284	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:34:23	Power =	699.108	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:34:50	Power =	753.848	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:35:17	Power =	763.232	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:35:45	Power =	763.232	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:36:12	Power =	692.852	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:36:39	Power =	755.412	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:37:06	Power =	877.404	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:37:33	Power =	755.412	Watt/Squaremeter
15-05-2018	11:38:00	Power =	763.232	Watt/Squaremeter

15-05-2018	11:38:27	Power =	785.128	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:38:55	Power =	797.64	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:39:22	Power =	766.36	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:39:49	Power =	771.052	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:40:16	Power =	719.44	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:40:43	Power =	756.976	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:41:10	Power =	730.388	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:41:37	Power =	877.404	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:42:05	Power =	767.924	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:42:32	Power =	889.915	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:42:59	Power =	772.616	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:43:26	Power =	741.336	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:43:53	Power =	705.364	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:44:20	Power =	703.8	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:44:48	Power =	767.924	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:45:15	Power =	979.063	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:45:42	Power =	916.504	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:46:09	Power =	810.152	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:46:36	Power =	863.328	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:47:03	Power =	747.592	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:47:30	Power =	789.82	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:47:57	Power =	767.924	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:48:25	Power =	752.284	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:48:52	Power =	786.692	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:49:19	Power =	900.864	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:49:46	Power =	846.124	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:50:13	Power =	785.128	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:50:40	Power =	791.384	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:51:07	Power =	852.38	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:51:35	Power =	908.684	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:52:02	Power =	938.4	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:52:29	Power =	882.096	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:52:56	Power =	799.204	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:53:23	Power =	225.216	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	11:53:50	Power =	509.864	Watt/Sqaremeter

15-05-2018	12:53:58	Power	=	788.256	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	12:54:25	Power	=	778.872	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	12:54:52	Power	=	841.432	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	12:55:19	Power	=	855.508	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	12:55:47	Power	=	927.452	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	12:56:14	Power	=	786.692	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	12:56:41	Power	=	782.0	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	12:57:08	Power	=	932.143	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	12:57:35	Power	=	780.436	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	12:58:02	Power	=	774.18	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	12:58:29	Power	=	769.488	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	12:58:56	Power	=	819.536	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	12:59:24	Power	=	819.536	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	12:59:51	Power	=	830.484	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:00:18	Power	=	894.608	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:00:45	Power	=	797.64	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:01:12	Power	=	764.796	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:01:39	Power	=	775.744	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:02:06	Power	=	758.54	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:02:33	Power	=	741.336	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:03:00	Power	=	850.816	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:03:28	Power	=	741.336	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:03:55	Power	=	832.048	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:04:22	Power	=	777.308	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:04:49	Power	=	746.028	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:05:16	Power	=	841.432	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:05:43	Power	=	875.84	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:06:10	Power	=	794.512	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:06:37	Power	=	866.456	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:07:04	Power	=	883.66	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:07:32	Power	=	883.66	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:07:59	Power	=	858.636	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:08:26	Power	=	788.256	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:08:53	Power	=	721.004	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:09:20	Power	=	832.048	Watt/Sqaremeter

15-05-2018	13:09:47	Power	=	775.744	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:10:14	Power	=	832.048	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:10:41	Power	=	803.896	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:11:09	Power	=	878.968	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:11:36	Power	=	772.616	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:12:03	Power	=	711.62	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:12:30	Power	=	761.668	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:12:57	Power	=	805.46	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:13:24	Power	=	839.868	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:13:51	Power	=	833.612	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:14:18	Power	=	832.048	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:14:45	Power	=	861.764	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:15:13	Power	=	725.696	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:15:40	Power	=	810.152	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:16:07	Power	=	789.82	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:16:34	Power	=	825.792	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:17:01	Power	=	810.152	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:17:28	Power	=	855.508	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:17:55	Power	=	878.968	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:18:22	Power	=	785.128	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:18:50	Power	=	756.976	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:19:17	Power	=	810.152	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:19:44	Power	=	788.256	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:20:11	Power	=	780.436	Watt/Sqaremeter
15-05-2018	13:20:38	Power	=	789.82	Watt/Sqaremeter

ภาคผนวก ข
โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

ข.1 โปรแกรมทดสอบการอ่านค่าผ่าน ADC

```
from machine import I2C, Pin, Timer
import ads1x15
from time import sleep_ms, ticks_ms, ticks_us, sleep
import time
addr = 72
gain = 2
i2c = I2C(scl=Pin(5), sda=Pin(4), freq=400000)
time.sleep(1)
adc = ads1x15.ADS1115(i2c, addr, gain)
adc.set_conv(4, 0)
while True:
    value = adc.read_rev()
    print("value = ", value)
    time.sleep(1)
```

ข. 2 โปรแกรม Socket server ใน ESP - 8266 สำหรับการแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ และส่งค่าไปยัง Raspberry pi (Socket client)

```
value = 0
print("value = ", value)
value = value * 7.82 / 5
return value
#import for socket
import socket
serversocket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
host = '172.20.10.9'
port = 8888
serversocket.bind((host, port))
serversocket.listen(5)
print("This is main.py")
while True:
    clientsocket,addr = serversocket.accept()
    print("Got a connection from %s" % str(addr))
```

```

power = readpyrano()
power = power * 7.82 / 5
print("power = ", power)
powermsg = str(power)
msg= powermsg + "\n# + "watt/Squaremeter" + "\n" # "srisakate" +
clientsocket.send(msg.encode('ascii'))
clientsocket.close()
time.sleep(1)

```

ข.3 โปรแกรม socket client ใน raspberry pi สำหรับการร้องขอข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์จาก socket server ใน ESP – 8266

```

import socket
import time
from datetime import datetime
loop = range(10000)
for i in loop :
    s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)    # create a socket
    object
    host = '172.20.10.9'
    port = 8888
    s.connect((host, port))                                # connection to hostname on
    the port.
    # Receive no more than 1024 bytes
    msg = s.recv(1024)
    msg2 = msg
    msg = msg[:-1]
    #save to file
    data = open("data.txt", "a")
    msg2 = msg2.decode('ascii')
    date = datetime.now().strftime('%d-%m-%Y   %H:%M:%S')
    date = date + '      '
    data.write(date)
    data.write(msg2 )

```



```

data.close()
    print(datetime.now().strftime('%d-%m-%Y   %H:%M:%S') , ' Power   =   ',
msg .decode('ascii') , ' Watt/Squaremeter')
    s.close()
    time.sleep

```

ข.4 โปรแกรมสำหรับส่งค่าจาก Raspbrry pi ไปยัง Net pi

```

import microgear.client as microgear
import time
import logging
import socket
from datetime import datetime
appid = "niponNetpieTest"
gearkey = "jnYgYwWn6wL9Rpr"
gearsecret = "ZkFNyB11IBrlak5XRaS9KELwE"

microgear.create(gearkey,gearsecret,appid,{'debugmode': True})
def connection():
    logging.info("Now I am connected with netpie")
def subscription(topic,message):
    logging.info(topic+" "+message)
def disconnect():
    logging.debug("disconnect is work")
microgear.setalias("doraemon")
microgear.on_connect = connection
microgear.on_message = subscription
microgear.on_disconnect = disconnect
microgear.subscribe("/mails")
microgear.connect()
print("Nipon")
while True:
    s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)    # create a
socket object

```

```

host = '172.20.10.9'
port = 8888
s.connect((host, port))
# connection to hostname on the port.
# Receive no more than 1024 bytes
msg = s.recv(1024)
msg2 = msg
msg = msg[:-1]
msg2 = msg2.decode('ascii')
if(microgear.connected):
    microgear.chat("python",msg2 +
time.asctime(time.localtime(time.time())) )    #str(int(time.time()))
    microgear.chat("Giant",msg2 +
time.asctime(time.localtime(time.time())) )    #str(int(time.time()))
    time.sleep(30)
    print(msg2 + time.asctime(time.localtime(time.time())) )

```

ข.5 โปรแกรมสำหรับ Raspberry pi ของ User ทำการเชื่อมต่อกับ Net pie เพื่อดึงข้อมูลค่าพลังงานแสงอาทิตย์มาเก็บไว้ในฐานข้อมูล

```

import microgear.client as client
import time
import MySQLdb

gearkey = "3yD7DddggLcg0HL"
gearsecret = "dlx1VcisgcHh3JaSsKF5y1uL7"
appid = "niponNetpieTest"

client.create(gearkey,gearsecret,appid,{'debugmode': True})

def connection():
    print ("Now I am connected with netpie")

def monthToNum(month):

```

```

return{
    'Jan' : 1,
    'Feb' : 2,
    'Mar' : 3,
    'Apr' : 4,
    'May' : 5,
    'Jun' : 6,
    'Jul' : 7,
    'Aug' : 8,
    'Sep' : 9,
    'Oct' : 10,
    'Nov' : 11,
    'Dec' : 12
}[month]

def subscription(topic,message):

    s = message
    #-----
    print(s)
    s1 = str(s)
    record = s1.split()
    power = float(record[0])
    month = monthToNum(record[2])
    date = int(record[3])
    year = int(record[5])
    time = record[4]
    time2 = time.split(':')
    hour = int(time2[0])
    min = int(time2[1])
    sec = int(time2[2])
    db = MySQLdb.connect("localhost","pankorn","123456","pyrano2" )
    cursor = db.cursor()
    sql = "INSERT INTO pyranoUBON VALUES ('%d' ,'%d', '%d', '%d','%d', '%d', '%d',
'%f' )" % \

```

```

        (0, year , month , date , hour , min , sec , power )

try:
    # Execute the SQL command
    cursor.execute(sql)
    # Commit your changes in the database
    db.commit()
except:
    # Rollback in case there is any error
    db.rollback()

# disconnect from server
db.close()
print("-----")
#-----

client.setname("doraemon2")
client.setalias("python")
client.on_connect = connection
client.on_message = subscription
client.subscribe("/mails")

client.connect(True)

#while True:
#    client.chat("doraemon","Hello world from pyranoread. "+str(int(time.time())))
#    time.sleep(2)

```

ข.6 โปรแกรมสร้างฐานข้อมูล เพื่อเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ไว้ใน Raspberry pi โดยเก็บข้อมูลเป็น ปี เดือน วันที่ เวลา และค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตรตามลำดับ

```
create table pyranoUBON(
  id int not null auto_increment,
  year int(4) not null,
  month int(2) not null,
  date int(2) not null,
  hour int(2) not null,
  min int(2) not null,
  sec int(2) not null,
  sunpower float(6,3) not null,
  primary key (id));
GRANT SELECT,INSERT,UPDATE,DELETE,CREATE,DROP on piranometer1.* to
'pankorn'@'localhost
'identified by '123456';
MariaDB [pyranometer1]> create table pyranoUBON(
-> id int not null auto_increment,
-> year int(4) not null,
-> month int(2) not null,
-> date int(2) not null,
-> hour int(2) not null,
-> min int(2) not null,
-> sec int(2) not null,
-> sunpower float(6,3) not null,
-> primary key (id));
Query OK, 0 rows affected (4.07 sec)import MySQLdb
```

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายพันกร มนทอง
เกิดวันที่	9 กันยายน พ.ศ. 2528
E-mail	jaoyingnoi22@gmail.com
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านไทร อำเภอไพรบึง จังหวัดศรีสะเกษ มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนชุมชน อำเภอขุขันธ์ จังหวัดศรีสะเกษ ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิตฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี
การทำงาน	โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา อำเภอกันทรลักษณ์ จังหวัดศรีสะเกษ

